

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

高架作業墜落分析與配戴安全帶效用研究(第2年)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 100-2221-E-040-010-MY2
執行期間：101年08月01日至102年07月31日
執行單位：中山醫學大學職業安全衛生學系暨碩士班

計畫主持人：林彥輝
共同主持人：陳志勇、陳志勇
計畫參與人員：大專生-兼任助理人員：王思婷
大專生-兼任助理人員：謝孟庭
大專生-兼任助理人員：陳佳儀
大專生-兼任助理人員：簡庭偉

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 102年10月23日

中文摘要：深入分析職業墜落發生的原因，對於建構墜落的情境將有很大的助益。本研究之目的在分析國內勞工工作相關墜落因素，以及各因子間的相關性，以建構墜落時的情境；同時，在實驗室以假人模型模擬高架作業時，不同墜落情境下之傷害模式，以評估安全帶配戴之效用。本研究以二年的時間完成此計畫，第一年探討影響墜落之因子及各因子間之關係，以建構墜落時之情境；第二年在實驗室模擬高架作業墜落時，配戴安全帶之身體受力分佈情形。本年度完成的工作，係在實驗室以假人模型模擬高架作業時，不同墜落情境下之傷害模式，以評估安全帶配戴之效用。假人墜落模擬實驗結果顯示，在進行模擬墜落時，假人的頭部最容易受到撞擊，使用繫身型安全帶比較容易發生旋轉情形，這種瞬間的衝擊力可能會造成腰椎的損傷。實驗分析結果未來可提供與電腦模擬進行比較，以作為墜落電腦模擬參數設計之依據，也希望本研究結果可以作為擬定預防營造業發生墜落重大職災之參考。

中文關鍵詞：職業墜落意外事故、假人模型、安全帶

英文摘要：Occupational falling accident analysis is an important source of information when developing the falling accident scenarios. The purpose of this project is to conduct the contributing factors related to occupational falling accidents, and reconstruct the accident pattern scenarios. Besides, the pedestrian dummy simulates work-related falling accidents during high-elevation task for assessing effectiveness of harness is evaluated through laboratory measurements. This project proceed in two years. The first year, survey the contributing factors related to occupational falling accidents to construct the accident scenarios; the second year, evaluation the effects of harness on high-elevation task in the laboratory. The tasks have been completed in this year are as followed. This project is to reconstruct the accident pattern scenarios. Besides, the pedestrian dummy simulates work-related falling accidents during high-elevation task for assessing effectiveness of harness is evaluated through laboratory measurements. The results indicated that the Dummy's head is most likely to be impacted. Also, it is easily rotated in the waist-belt harness,

and the impact may result in lumbar spine injuries. The experimental results were compared with the computer simulations to further explore the differences among various falls and associated injuries. These analytical findings provide guidelines for developing strategies and programs for preventing occupational falls in the construction industry.

英文關鍵詞： Occupational falling accident, dummy, harness

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

高架作業墜落分析與配戴安全帶效用研究

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 100-2221-E-040-010-MY2

執行期間：100年08月01日至102年07月31日

計畫主持人：林彥輝

共同主持人：陳志勇

計畫參與人員：簡庭偉、陳佳儀、謝孟庭、王思婷

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可公開查詢

執行單位：中山醫學大學職業安全衛生學系

中華民國 102 年 10 月 23 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

高架作業墜落分析與配戴安全帶效用研究

計畫編號：NSC 100-2221-E-040-010-MY2

執行期間：100年08月01日至102年07月31日

計畫主持人：林彥輝 教授

執行單位：中山醫學大學職業安全衛生學系

中文摘要

深入分析職業墜落發生的原因，對於建構墜落的情境將有很大的助益。本研究之目的在分析國內勞工工作相關墜落因素，以及各因子間的相關性，以建構墜落時的情境；同時，在實驗室以假人模型模擬高架作業時，不同墜落情境下之傷害模式，以評估安全帶配戴之效用。本研究以二年的時間完成此計畫，第一年探討影響墜落之因子及各因子間之關係，以建構墜落時之情境；第二年在實驗室模擬高架作業墜落時，配戴安全帶之身體受力分佈情形。本年度完成的工作，係在實驗室以假人模型模擬高架作業時，不同墜落情境下之傷害模式，以評估安全帶配戴之效用。假人墜落模擬實驗結果顯示，在進行模擬墜落時，假人的頭部最容易受到撞擊，使用繫身型安全帶比較容易發生旋轉情形，這種瞬間的衝擊力可能會造成腰椎的損傷。實驗分析結果未來可提供與電腦模擬進行比較，以作為墜落電腦模擬參數設計之依據，也希望本研究結果可以作為擬定預防營造業發生墜落重大職災之參考。

關鍵詞：職業墜落意外事故、假人模型、安全帶

Abstract

Occupational falling accident analysis is an important source of information when developing the falling accident scenarios. The purpose of this project is to conduct the contributing factors related to occupational falling accidents, and reconstruct the accident pattern scenarios. Besides, the pedestrian dummy simulates work-related falling accidents during high-elevation task for assessing effectiveness of harness is evaluated through laboratory measurements. This project proceed in two years. The first year, survey the contributing factors related to occupational falling accidents to construct the accident scenarios; the second year, evaluation the effects of harness on high-elevation task in the laboratory. The tasks have been completed in this year are as followed. This project is to reconstruct the accident pattern scenarios. Besides, the pedestrian dummy simulates work-related falling accidents during high-elevation task for assessing effectiveness of harness is evaluated through laboratory measurements. The results indicated that the Dummy's head is most likely to be impacted. Also, it is easily rotated in the waist-belt harness, and the impact may result in lumbar spine injuries. The experimental results were compared with the computer simulations to further explore the differences among various falls and associated injuries. These analytical findings provide guidelines for developing strategies and programs for preventing occupational falls in the construction industry.

Keywords: Occupational falling accident, dummy, harness

一、報告內容

1. 緒論

Williamson et al. (1996) 的研究發現，深入瞭解職業意外事故發生的原因，是避免職業災害事故的基礎[8]。善用職業災害統計資料，可確實掌握安全衛生狀況，並研擬適當對策，以降低因職業傷害事故所衍生之額外成本[9]。Chi & Wu (1997) 蒐集 1989、1990、1992 共三年之臺灣地區 1,230 重大職業災害實例發現，墜落職業死亡案例所佔的比例最高，共有 488 件(39.7%)[10]；Cattledge et al. (1996) 分析美國 1980~1989 年營造業之職業死亡傷害顯示，營造業墜落死亡人數共計 2798 人，佔所有行業墜落個案之 49.6 %，且大部分死亡案例均發生在年輕的白人族群[1]。Buckley, et al.(1996)分析紐西蘭墜落職業災害發現，每年每 10 萬人中有 0.3 人因墜落而死亡，69%的墜落死亡是發生在建築物[11]。Suruda, et al. (1995) 分析 1984-1986 年美國職業死亡案例發現，288 件從梯子墜落之職業死亡案例中，有 232(80%)件是發生於營造業[12]。由以上結果可見墜落所造成之高職業死亡案例，是世界各國共同存在的問題，而墜落災害最嚴重的行業莫過於營造業。

過去許多研究已經探討重大職災的發生因素，包括：性別、年齡、行業別、工作經驗與公司規模等。Chi & Wu(1997)提出 5 種年齡與意外事故發生率之相關類型。他們發現，不同行業別及災害類型職災發生率與年齡之關係出現極大差異，製造業及運輸倉儲通信業隨年齡增加呈線性或指數關係遞增，營造業則在年

齡層最高與最低兩端出現最高與最低發生率[10]。Dillingham(1981)探討性別差異與職業傷害關係顯示，男性發生職業傷害比例遠高於女性[13]。除了深入瞭解造成職業墜落意外事故發生的原因與建構意外發生的可能情境外，如何提供足夠的防護措施，以及針對這些防護措施進行評估，也是重要的課題。研究建議，對於職業墜落意外事故的預防措施，如使用適當的個人防護設備(安全網、護欄或安全帶)、作業人員墜落相關預防訓練、作業風險評估[1-2]。在這些職業墜落意外事故的預防措施中，最常使用的莫過於安全帶的配戴[3]。

一般而言，對於高架作業使用之安全帶的評估不外兩種方式，第一為著眼於其功能的測試，如張銘坤等人(1994)測試市面販售之高處用安全帶性能，其測試結果顯示有兩種安全帶不符合 CNS 動態衝擊試驗標準[4]。另一為測試作業人員配戴安全帶之生理反應與舒適度，如 Ho, Liou, & Tsai (2009) 探討繫身型與背負式安全帶對作業人員之生理反應與舒適度發現，使用不同類型的安全帶對於作業人員之心跳、血壓及舒適度均有顯著差異[3]。這兩種評估安全帶效能的方式雖然有其意義，但因基於安全考量，無法針對作業人員在配戴安全帶於高架作業的狀況下，模擬發生滾落、墜落等實際作業情境進行身體各部位之受力評估。因此，對於作業人員於高處作業時，其所配戴之安全帶是否能確實減低墜落時可能產生之傷害並不清楚。

Parsons 在環境對作業人員危害中提到，4 種主要評估環境危害的方法：分別為主觀評量法(Subjective methods)、客觀評量法(Objective methods)、行為評量

法(Behavioral methods)與模式評量法(Modeling methods)，其中以模式評量法最符合實際的情境[5]。在墜落對於作業人員危害的評估上，雖然，以真人進行撞擊或墜落實驗所得到之結果是最真實的，但因其可能產生之危險是無法預料的，因此實務上並不可行。起而代之的，利用假人模型(Dummy)進行撞擊、墜落等模擬實驗，則是較能接近真實狀態的一種方式，如以假人模型進行汽車座椅振動暴露研究[6-7]。本研究為瞭解高處作業人員不慎墜落時，其所配戴之安全帶對於身體部位受力之影響，擬以假人模型進行相關模擬實驗，以研擬相關墜落預防策略。

2、研究方法及步驟

本研究以二年的時間完成此研究計畫，包括：探討影響墜落之因子及各因子間之關係，以建構墜落時之情境(第一年完成)；實驗室模擬高架作業墜落時，配戴安全帶之身體受力探討(第二年完成)。第一年計畫內容說明如下：

2.1 第一年計畫(子題)：影響墜落之因子及各因子間之關係與墜落情境之建構

第一年計畫包含二個工作項目：

2.1.1 影響墜落之因子及各因子間關係探討

(1)資料來源

本研究以行政院勞工委員會網站上所公佈之歷年重大職災案例報告為分析對象，將選取 90~99 年間之墜落案例加以分析。

(2)資料編碼

本研究針對重大職災案例報告之內容，將參考相關研究報告之變項分類作法並加以修改，以進行資料編碼。本研究對於各變項之編碼說明如下：

(a)行業分類：分為一般土木工程業、建物裝修及裝潢業、房屋建築工程業、其他營造業等四大類。

(b)媒介物：分為施工架、開口部份、屋頂屋架及樑、工作台踏板、建築物及施工設備、梯子等。

(c)墜落高度：分為 2 公尺以下、2~10 公尺、10~20 公尺、大於 20 公尺等四種高度。

(d)發生時間：分為早上(8 點~12 點)、下午(12 點~18 點)、晚上(18 點~24 點) 等三個時段。

(e)發生月份：分為 3~5 月、6~8 月、9~11 月、12~2 月等。

(f)受傷部位：分為頭、胸、全身、內臟、肋骨、其他等部位。

(g)墜落因素：分為不安全行為(不當姿勢或施力、未按正常操作程序、不當進入危險工作區域、體力不繼和精神不集中)、不安全環境(不安全上下設備、隨機具或重物墜落)、不安全機具設備(安全網不安全、不安全護欄、施工架不符合規定、不安全踏板(屋頂)、不安全護蓋、不安全氣候或照明、無任何防墜設施、開口未設警告標示、其他不安全環境)、個人安全裝備不安全(沒有使用個人安全裝備、沒有正確使用個人安全裝備、沒有提供任何個人防護具)等四類。

(3)資料分析工具與方法

本研究先將所有案例依罹災人數編號後，再進行資料輸入，最後使用 SPSS 進行數據分析。資料呈現包括：描述性統計資料(次數分配、百分比分析)、變項間之交叉分析等。

2.1.2 墜落情境之建構

由上述墜落因子分析所得結果，整理出最常發生之高架墜落類型，如從施工架或屋頂開口墜落或滾落等，並據此建構作業人員墜落時之可能作業姿勢、與現場狀況。在墜落情境建構場地為勞委會勞工安全衛生研究所之生物力學實驗室，該實驗室挑高 10 公尺，擬在該實驗室搭架 3 公尺高之鋼構作業平台與護欄一座；在墜落方式上，初步構想為在作業平台上，設計一木製平台並裝設可活動板子，將內部裝設感應器之假人模型配戴安全帶後放置於板子上，拉動可活動板子，使假人模型由開口墜落或滾落，以模擬墜落之情境。

2.2 第二年計畫(子題)：實驗室模擬高架作業墜落之配戴安全帶身體受力探討

第一年完成高處墜落因子分析與墜落情境建構後，本研究第二年在實驗室模擬高處墜落時，假人模型配戴安全帶之身體受力評估。以下分別說明實驗操弄之參數與實驗流程：

2.2.1 實驗設備

實驗設備包括：假人模型，為美國 First Technology Safety System 公司所製造之 Hybrid III (Model: 78051-218P)假人模型。該假人模型係以美國成年男性第

50 百分位身高、體重為設計參數。其材質以橡膠及鋁為主，頸部、上肢、下肢與軀幹等為可活動肢段，各肢段內部可裝設力感測器，以偵測各肢段之受力情形，該假人模型已被廣泛應用於汽車、輪椅、醫學與運動等方面之撞擊研究；鋼構作業平台與護欄(圖 1)；高處作業用安全帶，包括：繫身型一款、背負式兩款；高速攝影機；測量繩索張力之荷重計、測量加速度之 3 軸向 ICP 加速度規與記錄器(圖 2)。

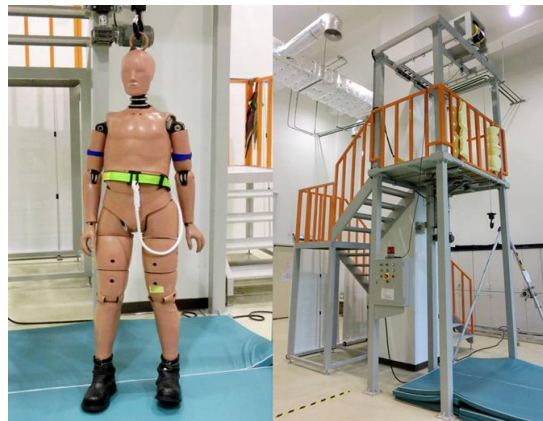


圖 1 假人模型與鋼構作業平台與護欄



圖 2 測量繩索張力之荷重計、測量加速度之 3 軸向 ICP 加速度規、記錄器

2.2.2 實驗設計

實驗自變項包括：a.墜落姿勢：正立、側身及背仰共三種(圖 3)、b.安全帶類型：繫身型安全帶與背負式安全帶共三款、c.墜落角度：30 度與 90 度共兩種。

每個墜落情境與安全帶類型組合各執行一次，因此本研究將執行十八次墜落實驗 (3x3x2)，如表 1 所示。實驗過程中記錄器以 1000 Hz/ch 頻率進行取樣，記錄掛繩之張力以及假人腹部之 3 軸向加速度，並以錄影方式記錄墜落實驗過程。實驗測量結果以 Viewlog 軟體進行初步分析，計算繩索之最大張力以及人偶腹部之最大加速度峰值（三軸合向量大小）。假人各作業姿勢之擺設主要透過魔術帶、掛勾及尼龍繩，調整及固定假人上肢，假人主要重量仍由其腿部支撐（約體重之 70%）。



圖 3 作業姿勢設置 (A)正立 (B)側身 (C)背仰

表 1 墜落實驗參數組合情形

墜落方式	安全帶種類	作業姿勢		
		直立	後仰	側身
直線墜落 (90 度)	繫身型	✓	✓	✓
	Type A	✓	✓	✓
	Type B	✓	✓	✓
傾角墜落 (30 度)	繫身型	✓	✓	✓
	Type A	✓	✓	✓
	Type B	✓	✓	✓

2.2.3 實驗步驟

墜落實驗的操作流程可詳細區分為以下四個步驟：

1. 操作人員進入墜落實驗平台上層，並將人偶以捲揚機吊起。
2. 待操作人員以捲揚機將假人吊起後，操作人員將墜落踏板升起復位。
3. 位於墜落實驗平台上層之操作人員開始進行假人姿勢擺位調整，並將人偶肢體各部位之懸吊纜線進行鈎掛。
4. 操作人員離開墜落實驗平台，轉移至地面主控制箱前操作。等待墜落實驗平台周圍危險區域內人員淨空之後，調整復位機構至設定位置（角度），在取得負責控制資料收集系統人員之同意後，按下釋放控制鈕，將墜落實驗平台上之墜落踏板與懸吊纜線釋放使人偶墜落。

實驗過程中記錄器以 1000 Hz/ch 頻率進行取樣，記錄掛繩之張力以及假人腹部之 3 軸向加速度，並以錄影方式記錄墜落實驗之過程。測量繩索張力之荷重計 (Model ULB-1000kg, Flintec Ltd.) 鈎掛於假人正上方，其額訂荷重為 1000 kgw；測量加速度之 3 軸向 ICP 加速度規 (Model 356121, PCB Piezotronics Inc.)，被安置固定於假人肚臍位置，x、y、z 方向分別為向下、向左、與向右。記錄器則置放於腰包內，懸掛於假人小腹前，以避免訊號線纏繞及受肢體的擺動拉扯。

2.2.4 實驗數據分析

實驗數據，包括假人墜落三軸向加速度及繩索張力之分析，均進行描述性統計與單因子變異數分析。

3. 結果與討論

3.1 歷年重大職災案例統計

使用統計軟體 SPSS 進行描述性統計分析民國 90 年至 99 年營造業墜落職災案件，根據圖表分佈的結果可看出(表 2)。行業類別以其他營造業為最高(37.1%)，而一般土木工程業次之(28.2%)、房屋建築工程業(26.6%)、建物裝修及裝潢業(8.1%)。媒介物以開口部分(37.8%)發生墜落職災的件數最多、屋頂、屋架及樑(19.4%)、施工架(16.6%)、建築物及施工設備(13.0%)、梯子(7.6%)、工作台踏板(5.6%)。墜落高度的分析，有 50% 以上是屬於高度 2~10 公尺的墜落(61.0%)、10~20 公尺(23.1%)、大於 20 公尺(11.0%)、2 公尺以下(4.8%)。根據統計結果發現，最常發生墜落職災的時間是在早上 8 點~12 點(51.4%)、下午 12 點~18 點(46.6%)、晚上 18 點~24 點(2.0%)是比較少發生的。發生的月份，比例較高的是發生在秋天 9~11 月(24.5%)、夏天 6~8 月(33.5%)這兩個季節，但統計上春天 3~5 月(22.1%)與冬天 12~2(19.9%)比較這兩個季節的統計結果，並無太大差異。意外發生受創的部位以頭部(44.8%)遭受撞擊導致腦出血的情況最多、其他部位(28.8%)、

胸部(15.3%)撞擊或被外物刺傷導致氣胸等情況、全身(8.5%)、肋骨(1.4%)、內臟(1.3%)。墜落原因的部分，高達九成的原因是不安全環境 (44.4%)和個人安全裝備不安全 (43.0%)，不安全機具設備(5.3 %)、不安全行為(7.2%)。

表 2 墜落職災因素統計

因素	因素類別	百分比
行業分類	一般土木工程業	28.2%
	建物裝修及裝潢業	8.1%
	房屋建築工程業	26.6%
	其他營造業	37.1%
媒介物	施工架	16.6%
	開口部分	37.8%
	屋頂、屋架、樑	19.4%
	工作台踏板	5.6%
	建築物及施工設備	13.0%
墜落高度	梯子	7.6%
	2公尺以下	4.8%
	2~10公尺	61.0%
	10~20公尺	23.1%
發生時間	大於20公尺	11.0%
	早上(8點~12點)	51.4%
	下午(12點~18點)	46.6%
發生月份	晚上(18點~24點)	2.0%
	3~5月	22.1%
	6~8月	33.5%
	9~11月	24.5%
受傷部位	12~2月	19.9%
	頭	44.8%
	胸	15.3%
	全身	8.5%
	內臟	1.3%
墜落因素	肋骨	1.4%
	其它	28.8%
	不安全行為	7.2%
	不安全環境	44.4%
	不安全機具設備	5.3%
	個人安全裝備不安全	43.0%

3.2 落體加速度

墜落實驗落體加速度使用 viewlog 程式進行收集與分析，結果顯示:Type A 安全帶中，上下向(X 軸)加速度在 90 度正面最大達 123.68 m/s^2 ，左右向(Y 軸)則在 30 度側身與 90 度側身時最大達 139.20 m/s^2 ，前後向(Z 軸)最高值也為 30 度側身與 90 度側身達 69.72 m/s^2 ；在 Type B 安全帶中 90 度側身時，而上下向(X 軸)加速度在 30 度正面最大達 158.22 m/s^2 ，左右向(Y 軸)則在 30 度後仰時最大達 92.70 m/s^2 ，前後向(Z 軸)為 90 度後仰最大達 66.47 m/s^2 ；繫身型安全帶中，而上下向(X 軸)加速度在 30 度正面最大達到 149.77 m/s^2 ，左右向(Y 軸)也為 30 度正面最大達 126.83 m/s^2 ，前後向(Z 軸)則在 30 度側身時最大達 64.42 m/s^2 。

以軸向合併 30 度與 90 度平均加速度顯示，Type A 安全帶中上下向(X 軸)正面的 30 度與 90 度，有較高之平均加速度，達 114.89 m/s^2 ，左右向(Y 軸)側身的 30 度與 90 度，平均加速度為 139.20 m/s^2 ，前後向(Z 軸)側身的 30 度與 90 度，平均加速度為 69.72 m/s^2 ；Type B 安全帶中，上下向(X 軸)正面的 30 度與 90 度，有較高之平均加速度，達 109.50 m/s^2 ，垂直向(Y 軸)後仰的 30 度與 90 度，平均加速度為 67.65 m/s^2 ，前後向(Z 軸)後仰的 30 度與 90 度，平均加速度為 64.80 m/s^2 ；繫身型安全帶中上下向(X 軸)正面的 30 度與 90 度，有較高之平均加速度，達 106.39 m/s^2 ，左右向(Y 軸)正面的 30 度與 90 度，平均加速度為 83.64 m/s^2 ，前後向(Z 軸)側身的 30 度與 90 度，平均加速度為 65.06 m/s^2 ；三款安全帶在上下向(X 軸)皆有較高之平均加速度。角度合併三軸向平均加速度顯示，Type A 安

全帶在側身 30 度與 90 度皆有較高之平均加速度，達 83.54 m/s^2 ；Type B 安全帶在 30 度正面，有較高之平均加速度，達 81.98 m/s^2 ；繫身型安全帶在 30 度正面，有較高之平均加速度，達 110.87 m/s^2 ；比較 30 度與 90 度，大部分 30 度傾角墜落之加速度，無論姿勢，將會大於 90 度直線墜落，但在 Type A 安全帶與繫身型安全帶的側身則反之。單因子變異數統計分析實驗參數與 X 軸向、Y 軸向、Z 軸向加速度之相關性，顯示墜落姿勢與 X 軸向加速度有顯著相關性。

3.3 安全繩索張力

表 3 顯示在 Type A 30 度側身與 90 度側身有較高的繩索張力，分別達 790.00 Kgw 與 788.00 Kgw ；而 Type B 則在 90 度側身有較高的繩索張力，達 735.24 Kgw ；繫身型安全帶在 90 度正面有較高的繩索張力，達 368.55 Kgw 。單因子變異數統計分析實驗參數與繩索最大張力之相關性顯示，墜落姿勢與繩索最大張力有顯著相關性。

表 3 三款安全帶之繩索最大張力(單位：Kgw)

安全帶種類	繩索最大張力	安全帶種類	繩索最大張力	安全帶種類	繩索最大張力
Type A 30 度正面	569.328	Typ B 30 度正面	454.035	繫身 30 度正面	308.481
Type A 30 度後仰	293.23	Typ B 30 度後仰	225.049	繫身 30 度後仰	342.543
Type A 30 度側身	790.005	Typ B 30 度側身	383.308	繫身 30 度側身	355.727
Type A 90 度正面	617.683	Typ B 90 度正面	681.686	繫身 90 度正面	368.544
Type A 90 度後仰	270.206	Typ B 90 度後仰	245.811	繫身 90 度後仰	239.952
Type A 90 度側身	788.008	Typ B 90 度側身	735.239	繫身 90 度側身	150.833

3.4 落體碰撞結構物

落體碰撞結構物之定義為：當繩索達最大張力前，資料接收器讀取資料之峰值與實驗影片時間做比對之判定。假人模擬墜落實驗中，碰撞部位以頭部碰撞為最多，其次則為手部碰撞及背部碰撞。胸部碰撞只出現在假人佩戴背負式安全帶情況下；而臀部碰撞及腳的碰撞只出現在使用繫身型安全帶的情況下。

經由假人模擬墜落實驗我們可以歸納出以下幾點：

- 一、30度的墜落角度，因為墜落踏板的角度比較小，所以在模擬假人墜落時，假人的腳容易卡到墜落踏板。
- 二、在進行模擬墜落時，假人的頭部最容易受到撞擊，原因由於實驗平台之設計與墜落踏板之開口位置。
- 三、實驗影片顯示，使用繫身型安全帶較容易發生旋轉情形。
- 四、使用繫身型安全帶進行墜落模擬時，可發現假人在墜落時，身體會呈現大幅度的彎曲，這種瞬間的衝擊力可能會造成腰椎的損傷。
- 五、本實驗使用之鋼構作業平台於實驗進行時，假人碰撞至結構物，模擬勞工於高架作業，墜落意外發生時有配戴安全帶，受傷部位之參考。

4. 研究結論與建議

本研究統計彙整國內與營造業有關的參考文獻，統計民國90至99年間台灣營造業發生重大職災587件加以分析以及編碼致災因素(含行業類別、媒介物、發生

時間、發生月份、墜落高度、墜落因素、受傷部位)，得出主要的災害情境，其結果可提供後續的安全教育訓練及管理的指南，進而研擬職災發生情境之模擬。

墜落媒介物中由開口部分墜落占有個案的37.8%，為防止工作人員於地板開口墜落，開口部分必須採用固定式護欄或適當的護蓋保護，例如：能夠支撐物件重量及顯示出開口位置的木板或是金屬蓋。開口處必須有明確告示與固定式護欄或適當警示繩索。另外，只允許配置背負式安全帶裝備並繫掛上安全母索的勞工才能進入2.5公尺高沒有安全護蓋的開口區域。

在墜落高度方面，統計結果發生在2~10公尺高的墜落高度61.0%占最多數，為防止工作人員由高處墜落，在營造物橫樑跟鋼架上，必須使用墜落制止系統(安全母索及安全帶)以及安全網系統(安全網)以防止墜落。另外，管理者除了提供適當的防護具外，還需讓勞工接受安全教育訓練。受傷部位以頭部受傷44.8%為最多數，可能的原因為未配戴或是沒有正確配戴安全帽及個人防護具，所以應加強工作人員個人防護具配戴的管理以及勞工安全衛生教育訓練。統計出的墜落情境，最常發生的原因為不安全環境44.4%以及個人安全裝備不安全43.0%，其中原因多為在開口處未設置適當的護欄以及工作人員未正確配戴安全防護具，在開口處加設護欄或是安全母索與安全網，使用個人防護具並繫掛在安全母索上，藉以改善不安全的工作環境以及不安全的個人防護具。探討作業環境中所存在的不安全設備、不安全環境與不安全行為等，設立有效的改善方法來避免類似的職業災害再次發生。

本研究使用假人模擬墜落情形來還原墜落現場的情境，因為我們無法得知多數墜落意外發生時的情境，所以由此研究的結果可以讓我們了解墜落發生時人員墜落的姿勢變化。本研究所得到的結果可提供於電腦模擬方面進行比較，如果實驗結果和電腦模擬結果相似，則未來就不必透過實驗來進行墜落測試，可以直接使用電腦來進行墜落模擬。

研究結果顯示假人墜落的過程中，若於掛繩完全拉伸產生最大張力前，假人肢體與實驗平台碰撞或是未完全脫離墜落踏板的情形，則繩索張力會明顯減少，反之，最大張力則會超過體重的 8~10 倍。在比較兩款安全帶，繫身型與背負式繩索張力值有很大的差異，研判為由於兩款安全帶掛繩位置不同，繫身型安全帶掛繩於腰間，而背負式安全帶掛繩於背部，導致落距的不同，進而影響繩索張力值。

本研究所統計分析之行政院勞工委員會重大職業災害，發生重大職災之案例皆為未使用個人安全防護具，落實個人安全防護具(安全帶)的使用可減少重大職業災害發生時之嚴重度；本實驗針對使用安全帶發生墜落意外時之情境進行模擬。結果顯示背負式安全帶無論瞬間最大加速度與最大繩索張力，皆大於繫身型安全帶，但這並不顯示繫身型安全帶較背負式全帶安全，本次實驗並未針對假人各部位碰撞做數據量測，未來研究可針對頭部、頸部、胸部、下肢等重要部位之剪力(垂直於頸部的力量)以及橫向的力矩(彎曲或伸展)等力量作為量化的數據，更精確的了解各部位之傷害指數，以減少假人模擬實驗與勞工實際墜落間之

差距。

致謝

本研究經費由國科會補助，計畫編號: NSC 100-2221-E-040-010-MY2，特

此致謝。

二、參考文獻

- [1] Cattledge, G.H., Hendricks, S., Stanevich, R., 1996, Fatal occupational falls in the U.S. construction industry, 1980-1989, *Accident Analysis and Prevention*, 28, 647-654.
- [2] Jeong, B.Y., 1998. Occupational deaths and injuries in the construction industry. *Applied Ergonomics*, 29, 355-360.
- [3] Hsien-Chung Ho, Yuh-When Liou, I-Chu Tsai, 2009. Physiological Responses to Harness Suspension, *Journal of Occupational Safety and Health*, 17, 221-238.
- [4] 張銘坤、曹常成、林英傑，1994，國內市售或進口之高處作業用安全帶性能認定與測試，勞工安全衛生研究報告，IOSH83-S352，台北。
- [5] Parsons, K.C., 2000, Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models, *Applied Ergonomics*, 31, 581-594.
- [6] Mozaffarin, A., Pankoke, S., Wölfel, H.P., 2008, MEMOSIK V-An active dummy for determining three-directional transfer functions of vehicle seats and vibration exposure ratings for the seated occupant, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38,471-482.
- [7] Néglise, H., Patra, S., Rakheja, S., Boutin, J., Boileau, P.E., 2008, Assessments of two dynamic manikins for laboratory testing of seats under whole-body vibration, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38,457-470.
- [8] Williamson, A.M., Feyer, A.M., and Cairns, D.R., 1996, Industrial differences in accident causation, *Safety Science*, 24, 1-12.
- [9] 呂承東、劉鴻世，1995，善用職業災害統計資料擬定安全衛生實施對策，工業安全衛生科技，17，22-29。
- [10] Chi, C.F., Wu, M.L., 1997, Fatal occupational injuries in Taiwan-relationship between fatality rate and age, *Safety Science*, 27, 1-17.
- [11] Buckley, S.M., Chalmers, D.J., Langley, J.D., 1996, Falls from buildings and other fixed structures in New Zealand, *Safety Science*, 21, 247-254.
- [12] Suruda, A., Fosbroke, D. and Braddee, R., 1995, Fatal work-related falls from roofs, *Journal of*

Safety Research, 26, 1-8.

- [13] Dillingham, A.E., 1981, Sex differences in labor market injury risk. *Industrial Relations*, 20, 117-122.

國科會補助教師出席國際會議心得報告書

計畫編號：：NSC 100-2221-E-040 -010 -MY2

繳交期限：102 年 10 月 31 日

報告人	林彥輝	學校	中山醫學大學
會議名稱	中文：2013 美國工業衛生研討會	會議地點	國家：加拿大
	英文：AIHce 2013		城市：蒙特婁
發表論文題目	中文：營造推車在不同地面下對勞工之肩膀與手部生物力學負荷評估		
	英文：Effects of different surfaces on biomechanical loading of the shoulder and hand while pushing construction carts		

心 得 報 告

一、 參加會議經過

本研討會(AIHce 2013)於 102 年 5 月 16 日至 23 日舉行，大會前四天為職業衛生專業課程(Professional Development Courses, PDC)，後面四天有上百個不同性質與題材的論文或壁報發表議程以及圓桌會議，內容舉凡工業安全、衛生、氣膠技術、奈米技術、生物監控、生物安全、侷限空間、營造安全、人因工程研究等，提供與會人員最新技術與觀念。5 月 20 日起接著展開各項研討會活動，包括職業衛生各相關議題之口頭報告(Podium, PO)、圓桌會議座談會(Roundtable, RT)、專題演講(Crossover Program, CR)、海報發表(Poster Sessions)，以及數百家廠商之展覽(Expo Activities)。除了參加海報發表及廠商之展覽外(如圖 1 所示)，也續參加多個場次之口頭報告及座談會，包括 Construction、Ergonomics、Exposure assessment strategies、Healthcare、Noise、Safety 等，並於 5 月 21 日發表壁報論文「營造推車在不同地面下對勞工之肩膀與手部生物力學負荷評估」與世界各國專家學者共同討論並接受發問(如圖 2 所示)。

國科會補助教師出席國際會議心得報告書

計畫編號：：NSC 100-2221-E-040 -010 -MY2

繳交期限：102 年 10 月 31 日



圖 1 作者參觀廠商之展覽

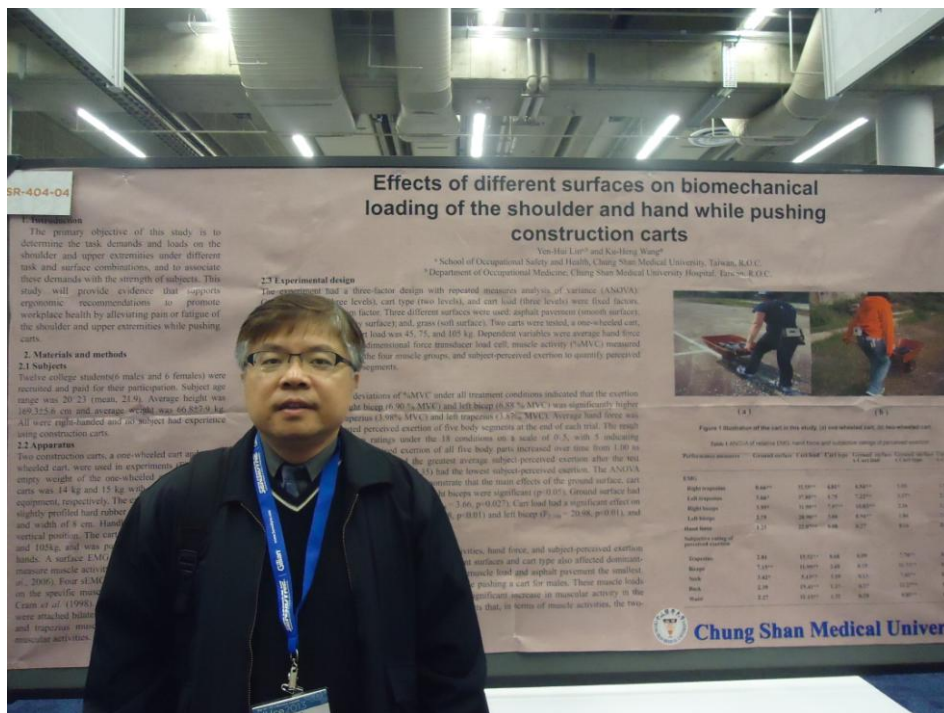


圖 2 作者攝於壁報論文前

國科會補助教師出席國際會議心得報告書

計畫編號：：NSC 100-2221-E-040 -010 -MY2

繳交期限：102 年 10 月 31 日

二、 參與研討會心得

美國工業衛生研討會為國際職業衛生界之一年一度的盛事，每年均有很多職業安全衛生之國際學術重量級人士參與。今年雖然遭逢全球不景氣，使得參與人數略減，惟仍有許多非常有見地的研究論文及實務經驗在此做充分溝通與交流，對技術新知及經驗增進非常有幫助，而出席此國際會議也有助提升我國在國際職業衛生領域之可見度與知名度，讓國際社會瞭解我國對於職業衛生研究之努力。整個會議期間，除了與會場的各國研究人員進行交換意見外，更拓展了研究視野，增進了參與國際學術場合的臨場經驗，及激盪產生不同的思考想法，為個人研究實力累積更多的能量。

三、 建議

參與本次研討會，讓我深刻覺得國內在職業安全衛生的研究上，可以朝以下幾個方向加強：

1.鼓勵國內研究國際化

參加國際性的場合，除能開拓研究視野，並宣傳國內的研究成果外，亦能增加腦力激盪的機會。除此之外，在參與這樣的國際性場合，除能增進個人所學外，並能更加瞭解國際職業安全衛生之發展趨勢，透過與世界各國相關領域之學者互相討論及交換研究心得，更能使國內的研究與國際接軌，不至於限縮自己的研究方向，期日後能使自己在研究上更有進步。

2.鼓勵學者國內外再進修與研習

在與會期間，看到很多資深研究學者、教授等大師級的人物，仍然參加訓練課程以及場場的論文發表，甚至壁報論文也不缺席。這樣的確令人感動、震撼。所以，國內學者

國科會補助教師出席國際會議心得報告書

計畫編號：：NSC 100-2221-E-040 -010 -MY2

繳交期限：102 年 10 月 31 日

不能再封閉在象牙塔裡了，應多多參與國際學術交流，增進自己的見識與眼光，並時時警惕與進步，如此，才能不被瞬息萬變的世界所淘汰。

3.國內應多增取舉辦國際學術研討會

舉辦國際職業安全衛生學術研討會，除了可以提升台灣學術界的國際知名度外，並可使國內學者有機會可以跟國際上大師級學者學習。同時，並可增進國內外學者之交流與經驗分享，如此，必有助於我國年輕學者視野眼光之提升，讓我們在職業安全衛生相關領域之研究趕得上國際水準。

四、 攜回資料名稱及內容

1. 研討會議程與論文資料：內容包括每天議程、口頭與海報論文題目、參展廠商名錄。
2. 職業安全衛生廠商展示資料：內容包括光碟、書面資料與樣品等。

五、 其他

特別感謝國科會核定註冊費用、機票及膳宿等費用之補助，得以順利參加此次國際會議，並完成論文之發表。

六、 發表之論文題目及摘要

Title: Effects of different surfaces on biomechanical loading of the shoulder and hand while pushing construction carts

Abstract

Objective: This study examines the effects of ground surface, cart load, and cart type on muscular activities, hand force, and subject-perceived exertions while pushing a construction cart in a straight line on a horizontal surface.

Methods: Twelve subjects pushed the cart on three different surfaces: asphalt pavement, paving

國科會補助教師出席國際會議心得報告書

計畫編號：：NSC 100-2221-E-040 -010 -MY2

繳交期限：102 年 10 月 31 日

gravel, and grass. Cart load was 45, 75, and 105 kg, and two construction carts (a one-wheeled cart and two-wheeled cart) were used in experiments.

Results: Experimental results show that cart load significantly affected muscular activities, hand force, and subject-perceived exertion while pushing construction carts. Additionally, different ground surfaces and cart types also affected the muscular activities of the dominant hand; grass generated the highest muscle load and asphalt pavement generated the smallest muscle load.

Conclusions: Muscular activity increased significantly in dominant hand with the one-wheeled cart when compared with the two-wheeled cart, suggesting that, in terms of muscle loads, the two-wheeled cart is better than the one-wheeled cart.

Keywords: Pushing task, construction cart, muscular activity.

國科會補助教師出席國際會議心得報告書

計畫編號：：NSC 100-2221-E-040 -010 -MY2

繳交期限：102 年 10 月 31 日

報告人	林彥輝	學校	中山醫學大學
會議名稱	中文：2013 美國工業衛生研討會	會議地點	國家：加拿大
	英文：AIHce 2013		城市：蒙特婁
發表論文題目	中文：營造推車在不同地面下對勞工之肩膀與手部生物力學負荷評估		
	英文：Effects of different surfaces on biomechanical loading of the shoulder and hand while pushing construction carts		

心 得 報 告

一、 參加會議經過

本研討會(AIHce 2013)於 102 年 5 月 16 日至 23 日舉行，大會前四天為職業衛生專業課程(Professional Development Courses, PDC)，後面四天有上百個不同性質與題材的論文或壁報發表議程以及圓桌會議，內容舉凡工業安全、衛生、氣膠技術、奈米技術、生物監控、生物安全、侷限空間、營造安全、人因工程研究等，提供與會人員最新技術與觀念。5 月 20 日起接著展開各項研討會活動，包括職業衛生各相關議題之口頭報告(Podium, PO)、圓桌會議座談會(Roundtable, RT)、專題演講(Crossover Program, CR)、海報發表(Poster Sessions)，以及數百家廠商之展覽(Expo Activities)。除了參加海報發表及廠商之展覽外(如圖 1 所示)，也續參加多個場次之口頭報告及座談會，包括 Construction、Ergonomics、Exposure assessment strategies、Healthcare、Noise、Safety 等，並於 5 月 21 日發表壁報論文「營造推車在不同地面下對勞工之肩膀與手部生物力學負荷評估」與世界各國專家學者共同討論並接受發問(如圖 2 所示)。

國科會補助教師出席國際會議心得報告書

計畫編號：：NSC 100-2221-E-040 -010 -MY2

繳交期限：102 年 10 月 31 日



圖 1 作者參觀廠商之展覽

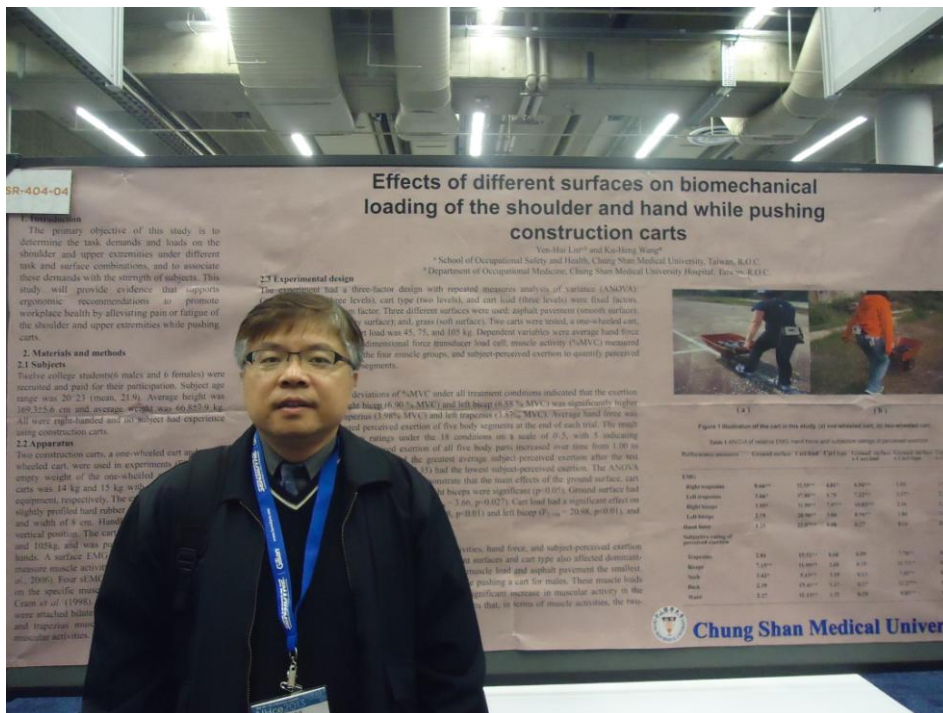


圖 2 作者攝於壁報論文前

國科會補助教師出席國際會議心得報告書

計畫編號：：NSC 100-2221-E-040 -010 -MY2

繳交期限：102 年 10 月 31 日

二、 參與研討會心得

美國工業衛生研討會為國際職業衛生界之一年一度的盛事，每年均有很多職業安全衛生之國際學術重量級人士參與。今年雖然遭逢全球不景氣，使得參與人數略減，惟仍有許多非常有見地的研究論文及實務經驗在此做充分溝通與交流，對技術新知及經驗增進非常有幫助，而出席此國際會議也有助提升我國在國際職業衛生領域之可見度與知名度，讓國際社會瞭解我國對於職業衛生研究之努力。整個會議期間，除了與會場的各國研究人員進行交換意見外，更拓展了研究視野，增進了參與國際學術場合的臨場經驗，及激盪產生不同的思考想法，為個人研究實力累積更多的能量。

三、 建議

參與本次研討會，讓我深刻覺得國內在職業安全衛生的研究上，可以朝以下幾個方向加強：

1.鼓勵國內研究國際化

參加國際性的場合，除能開拓研究視野，並宣傳國內的研究成果外，亦能增加腦力激盪的機會。除此之外，在參與這樣的國際性場合，除能增進個人所學外，並能更加瞭解國際職業安全衛生之發展趨勢，透過與世界各國相關領域之學者互相討論及交換研究心得，更能使國內的研究與國際接軌，不至於限縮自己的研究方向，期日後能使自己在研究上更有進步。

2.鼓勵學者國內外再進修與研習

在與會期間，看到很多資深研究學者、教授等大師級的人物，仍然參加訓練課程以及場場的論文發表，甚至壁報論文也不缺席。這樣的精神的確令人感動、震撼。所以，國內學者不能再封閉在象牙塔裡了，應多多參與國際學術交流，增進自己的見識與眼光，並時時警惕與進步，如此，才能不被瞬息萬變的世界所淘汰。

國科會補助教師出席國際會議心得報告書

計畫編號：：NSC 100-2221-E-040 -010 -MY2

繳交期限：102 年 10 月 31 日

3.國內應多增取舉辦國際學術研討會

舉辦國際職業安全衛生學術研討會，除了可以提升台灣學術界的國際知名度外，並可使國內學者有機會可以跟國際上大師級學者學習。同時，並可增進國內外學者之交流與經驗分享，如此，必有助於我國年輕學者視野眼光之提升，讓我們在職業安全衛生相關領域之研究趕得上國際水準。

四、 攜回資料名稱及內容

1. 研討會議程與論文資料：內容包括每天議程、口頭與海報論文題目、參展廠商名錄。
2. 職業安全衛生廠商展示資料：內容包括光碟、書面資料與樣品等。

五、 其他

特別感謝國科會核定註冊費用、機票及膳宿等費用之補助，得以順利參加此次國際會議，並完成論文之發表。

六、 發表之論文題目及摘要

Title: Effects of different surfaces on biomechanical loading of the shoulder and hand while pushing construction carts

Abstract

Objective: This study examines the effects of ground surface, cart load, and cart type on muscular activities, hand force, and subject-perceived exertions while pushing a construction cart in a straight line on a horizontal surface.

Methods: Twelve subjects pushed the cart on three different surfaces: asphalt pavement, paving gravel, and grass. Cart load was 45, 75, and 105 kg, and two construction carts (a one-wheeled cart and two-wheeled cart) were used in experiments.

Results: Experimental results show that cart load significantly affected muscular activities, hand force, and subject-perceived exertion while pushing construction carts. Additionally, different ground surfaces and cart types also affected the muscular activities of the dominant hand; grass generated the highest muscle

國科會補助教師出席國際會議心得報告書

計畫編號：：NSC 100-2221-E-040 -010 -MY2

繳交期限：102 年 10 月 31 日

load and asphalt pavement generated the smallest muscle load.

Conclusions: Muscular activity increased significantly in dominant hand with the one-wheeled cart when compared with the two-wheeled cart, suggesting that, in terms of muscle loads, the two-wheeled cart is better than the one-wheeled cart.

Keywords: Pushing task, construction cart, muscular activity.

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2013/10/23

國科會補助計畫	計畫名稱: 高架作業墜落分析與配戴安全帶效用研究
	計畫主持人: 林彥輝
	計畫編號: 100-2221-E-040-010-MY2 學門領域: 人因工程與工業設計
無研發成果推廣資料	

100 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：林彥輝		計畫編號：100-2221-E-040-010-MY2					
計畫名稱：高架作業墜落分析與配戴安全帶效用研究							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	1	1	100%		
		研討會論文	2	2	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	1	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p style="text-align: center;">其他成果</p> <p>(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>深入分析職業墜落發生的原因，對於建構墜落的情境將有很大的助益。本研究之目的在分析國內勞工工作相關墜落因素，以及各因子間的相關性，以建構墜落時的情境；同時，在實驗室以假人模型模擬高架作業時，不同墜落情境下之傷害模式，以評估安全帶配戴之效用。本研究以二年的時間完成此計畫，第一年探討影響墜落之因子及各因子間之關係，以建構墜落時之情境；第二年在實驗室模擬高架作業墜落時，配戴安全帶之身體受力分佈情形。本年度完成的工作，係在實驗室以假人模型模擬高架作業時，不同墜落情境下之傷害模式，以評估安全帶配戴之效用。假人墜落模擬實驗結果顯示，在進行模擬墜落時，假人的頭部最容易受到撞擊，使用繫身型安全帶比較容易發生旋轉情形，這種瞬間的衝擊力可能會造成腰椎的損傷。實驗分析結果未來可提供與電腦模擬進行比較，以作為墜落電腦模擬參數設計之依據，也希望本研究結果可以作為擬定預防營造業發生墜落重大職災之參考。</p>
--	--

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

深入分析職業墜落發生的原因，對於建構墜落的情境將有很大的助益。本研究之目的在分析國內勞工工作相關墜落因素，以及各因子間的相關性，以建構墜落時的情境；同時，在實驗室以假人模型模擬高架作業時，不同墜落情境下之傷害模式，以評估安全帶配戴之效用。本研究以二年的時間完成此計畫，第一年探討影響墜落之因子及各因子間之關係，以建構墜落時之情境；第二年在實驗室模擬高架作業墜落時，配戴安全帶之身體受力分佈情形。本年度完成的工作，係在實驗室以假人模型模擬高架作業時，不同墜落情境下之傷害模式，以評估安全帶配戴之效用。假人墜落模擬實驗結果顯示，在進行模擬墜落時，假人的頭部最容易受到撞擊，使用繫身型安全帶比較容易發生旋轉情形，這種瞬間的衝擊力可能會造成腰椎的損傷。實驗分析結果未來可提供與電腦模擬進行比較，以作為墜落電腦模擬參數設計之依據，也希望本研究結果可以作為擬定預防營造業發生墜落重大職災之參考。