

輕鋼構低層住宅施工與危害因子

Hazardous Factors of Light Weight Steel Low-Level Housing during Construction

林春陽¹ 潘煌鏗² 李茂宏³ 莊詠翔³

¹高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所碩士 (E-mail:chunyang0326@yahoo.com.tw)

²高雄應用科技大學土木工程系教授

³高雄應用科技大學土木工程系專題生

摘要

2009年台灣遭受莫拉克颱風的侵襲，致使多民眾無家可歸，因輕鋼構永久屋建造工期較短、構築方式較傳統鋼筋混凝土構築方式快速，有利災民提早遷入居住，但為了縮短工期，趕工情形亦在所難免，大批的作業勞工會在短時間內進場施工，有關現場作業的施工作業安全，應更加注意。本文以在高雄縣月眉農場興建的低層輕鋼構永久屋為對象，探討輕鋼構施工作業流程及其可能之危害因子，採用流程管制方式，分析輕鋼構施工所涉及可能危害勞工作業安全之人員墜落、感電及物體倒塌等相關缺失，針對每個施工作業之流程，探討其可能之危害狀況、災害類型、災害原因、預防對策及安全衛生設備或措施等，據以製成初步危害分析表、主要作業程序分析表、施工災害初步分析表、特有災害評估表、作業危害分析圖及勞工安全衛生參考圖說，期能提供有關輕鋼構施工之業主、承造廠商及監造廠商參考運用，以臻減少施工作業災害。

關鍵字：永久屋、輕鋼構、作業安全、職業災害

Abstract

Light weight steel low-level housing having a benefit of shortened construction time is suitable for the survivors of Typhoon Morakot in 1999 to reside. To build these housing, a lot of labors working in the construction site simultaneously may cause some unsafe operations. In this study, we focus on light weight steel permanent homes built by the Buddhist Compassion Relief Tzu Chi Foundation at Yuemei Farm in Kaohsiung Country, and discuss hazardous factors of the construction. Based on the analysis of controlled flow chart, hazardous factors involve occupational injuries with the labor falling, electrical shock and stuff collapses in light weight steel constructions. In each step of construction operations, we have analyzed the possibilities of hazardous conditions, types of injury, causes of the accident, risk factors of the preventive strategy and the facilities of occupational safety-health in the preliminary analysis table. Hazardous analyses have been shown by means of preliminary hazard table, primary operation table, preliminary injury table, particular injury table, flow chart of endangered operation, and the drawing illustration of occupational safety-health. The results obtained might help the proprietor, builder and management consultant reduce labor injuries during construction.

Keywords: Permanent housing、Light weight steel、Operation safety、Occupational injury

一、前言

低層鋼構建築物的施工方法與構材形式、大小和高層鋼構建築不盡相同，為區別這兩種施工法，就有「輕鋼構」名詞的出現。在台灣，許多人以為輕型鋼構建築就是冷軋型鋼構建築，而重型鋼構建築就是熱軋型鋼構建築，會這樣認為是因為冷軋鋼構材的斷面厚度比較薄，而熱軋鋼構材斷面較厚。然而，結構用冷軋型鋼構件的斷面厚度有時可達到 25~40mm，而熱軋鋼構件的斷面厚度確只有 4.5mm，因此若僅以鋼材斷面厚度來區分冷軋鋼與熱軋鋼，並不恰當【1】。

有關鋼材的製造，中國國家標準 CNS G3122 與 CNS G1011 只敘述鋼材的標稱尺寸，並沒有對輕型鋼進行定義。例如，CNS G3122（一般結構用輕型鋼）將「用於建築及其他結構用冷軋成型輕型鋼」簡稱為「輕型鋼—Light Gauge Steel」，在 CNS G3123（一般結構用鉚接 H 型輕型鋼）將「輕型鋼 Light Gauge H Steel」以「鋼板以連續電阻鉚接或高週波感應鉚接併用鉚接而成的 H 形鋼材」簡稱，而前者是以鋼捲片冷軋成形製造【1】。另外，日本建築學會「輕鋼構造設計施工指針」對輕鋼構建築的適用範圍定義在厚度 6mm 以下的薄板部材，並未針對冷軋或熱軋型鋼設限；且輕鋼構的英文名稱和台灣有些不同，是以 Light Weight Steel 稱之【2】。因此，輕鋼構建築是指使用輕量化的鋼材構件建築，而不是低層鋼構建築就一定是輕鋼構建築。

2009 年 8 月 8 日台灣遭逢世紀災難的莫拉克風災，造成台灣南部民眾生命財產嚴重損傷，為解決災民住家生活的問題，在財團法人中華民國佛教慈濟慈善事業基金會提出興建永久屋的構想，並獲各界支持與認同，因此政府遂結合民間公益團體之力量，建造永久屋供受災戶居住使用。因輕鋼構永久屋除擁有安全、健康、舒適、省能、環保等優質性能外，主要係輕鋼構永久屋建造的工期較短，可利災民提早遷入居住，所以莫拉克風災後之永久屋大多係以輕鋼構為建築型式【3】。

本研究係以高雄縣杉林鄉月眉農場永久屋為對象，該輕鋼構的永久屋之比較大的尺寸有鋼柱 H175×175×7.5×11 和 D165×3，及鋼樑 H298×149×5.5×8 和 H248×124×5×8 等。因本案的建築規模僅係一或二樓層之模塊化鋼構住宅建築，故本案永久屋認定為「輕鋼構低層住宅」，如圖 1 為永久屋之標準建築圖。

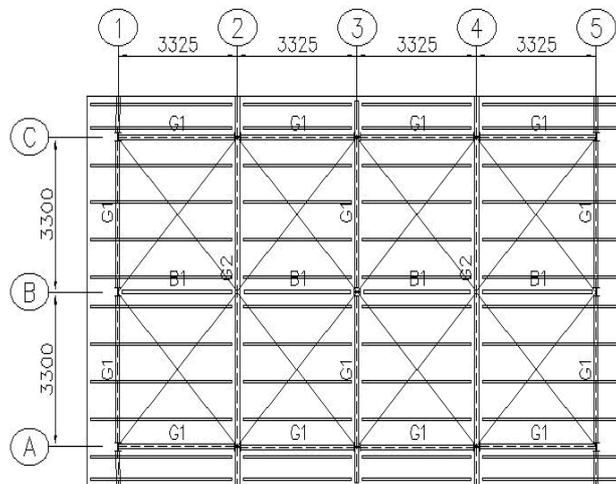


圖 1 永久屋標準建築圖

輕鋼構之低層住宅非常適合災後重建，惟因輕鋼構構築方式原本就較傳統鋼筋混凝土構築方式快速（如圖 2），加上政府及公益團體希望災民能夠早日安心搬進新家，所以趕工情形亦就在所難免，造成施工中容易產生危害作業安全。故本文以低層輕鋼構永久屋為對象，探討永久屋施工作業流程及相關危害因子，針對輕鋼構施工所涉及可能危害勞工作業安全之人員墜落、感電及物體倒塌等相關缺失，以流程管制方式，提出消除風險因子方案，以達保障輕鋼構施工之結構作業安全，因而進行輕鋼構工程作業危害分析、特有災害評估與勞工安全衛生參考圖說。希冀上述輕鋼構工程作業危害、特有災害分析與勞工安全衛生參考圖說，可供日後建造模塊化之鋼構永久屋時參考。



(a)

圖 2 (a) 鋼構屋頂組裝完成



(b)

圖 2 (b) 永久屋興建完成

二、案例回顧

鑑於九二一組合屋在興建後三年要拆除的前例，財團法人中華民國佛教慈濟慈善事業基金會決定為高雄縣八八水災災民興建永久屋，在取得政府公部門的同意後，選定高雄縣杉林鄉杉林國中旁邊的月眉農場近 60 公頃土地興建永久屋（第一期 748 戶已完工）。依照行政院內政部營建署管理組所公布的《永久屋申請資格說明資料》，經審定符合資格者，各縣（市）政府可依 2 人以下配住 14 坪，3-5 人配住 28 坪，6-10 人配住 34 坪，以 10 人為單元類推之原則辦理，所以本工程所設計興建的永久屋坪數分別為 14、28、32 坪等三種型態。

本研究將該永久屋工程分成基礎工程、輕鋼構工程及內外部裝修工程等三項分項工程，而輕鋼構工程部分是屬危害程度較高之分項工程，所以將分項工程中之輕鋼構工程作為此次研究範圍。永久屋係由中華民國財團法人佛教慈濟慈善事業基金會之營建處發包予各廠商施工，其中之基礎工程有猛揮營造股份有限公司及順鼎營造有限公司承作，輕鋼構工程有新時代鋼架股份有限公司及聯順金屬工程有限公司承作。

工程在施工期間，參與工程的志工共約 5、6 萬人次，軍方也每天出動 2000 多人次，每棟建築物自基礎施工至輕鋼構組配完成僅 2 至 3 週時間，因戶數較多及工期較短的工程特性，故每日進場作業之勞工（含義工）幾乎都超過一千人，工程之唯一目標亦是最高指導原則即為「如期完工」，可能導致現場有關勞工安全衛生設施缺乏或未完善之情形。

本工程工地之承攬廠商眾多及承攬關係複雜，且鋼構工程係屬高危險性營造作業，若未於作業前詳細規劃作業時應採取之安全衛生措施，將無法有效遏止施工或職業災害之發生。因此為希望本工程完成後除能提供災民安全舒適，安身立命的居住環境外，於施工期間亦能提供作業勞工安全的工作環境，所以工程進行時必須有輕鋼構工程作業危害分析、特有災害評估與勞工安全衛生參考圖說。本案因該輕鋼構工程於施工期間主辦單位及各承攬商均主動積極落實工地勞工安全衛生管理之作為，使得該工程於施工期間均未發生重大職業災害。

三、輕鋼構施工流程及風險

輕鋼構工程具有施工期短和危害風險高的特性，而工程可分輕鋼構構件廠內製作之前置作業及現場組配施工兩部分，前者占整體工程 90% 之成本，而後者現場施工的成本僅占 10%，各有其風險特性【4】，如下圖 3 所示，包括平面作業風險和高架作業風險。

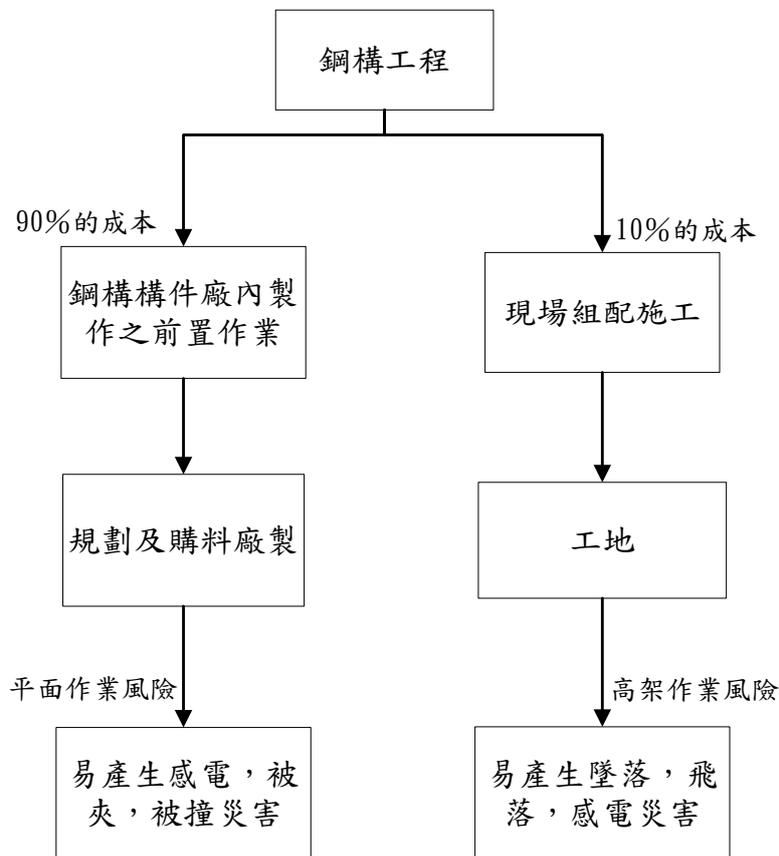


圖 3 鋼構工程之風險特性

本研究探討輕鋼構工程作業風險，就現場施工安全管理的部分，高架作業安全風險高於平面作業風險甚多，因此必須從現場作業流程了解其危害之所在。輕鋼構工程現場作業流程如圖 4 輕鋼構住宅作業程序示意圖，包括(1).鋼柱吊裝、(2).鋼樑吊裝、(3).鋼樓梯安裝、(4).屋頂地面組裝、(5).屋頂吊裝、(6).DECK 鋪設、(7).高拉力螺栓鎖緊、(8).鋼筋、點焊鋼絲網鋪設及水電配管、(9).1F 及 2F 樓板灌漿、(10).屋頂浪板鋪設等之第一階作業。

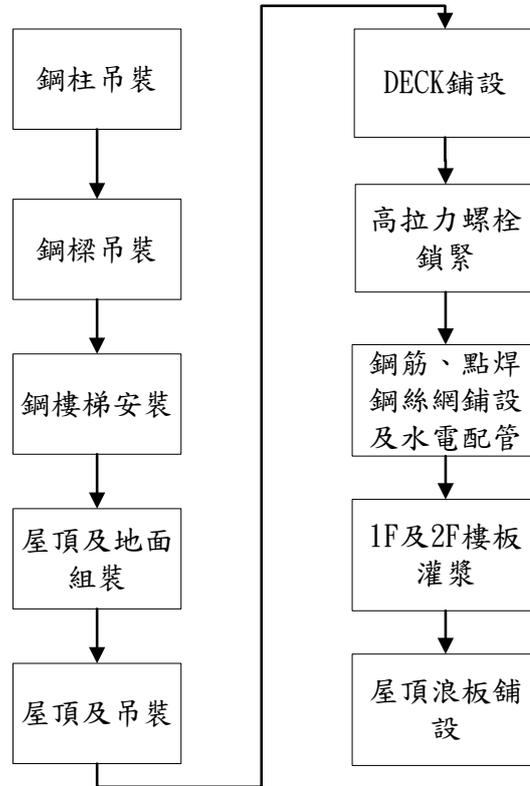


圖 4 輕鋼構住宅作業程序示意圖

依據樹狀圖原理，輕鋼構工程之第二階作業係將第一階作業再進一步細分，例如將前述(1). 鋼柱吊裝再細分成「水平高程定位」、「鋼柱吊放定位」、「柱底鉸螺栓鎖固」及「吊具脫鉤」等，其餘作業類推。藉由上述之鋼構工程作業程序分階段拆解後，將第二階作業項目可能之危害狀況、災害類型、災害原因、預防對策及安全衛生設備或措施等訂出輕鋼構工程作業危害分析、特有災害評估與勞工安全衛生參考圖說。

四、施工危害與災害評估

在輕鋼構工程施工過程中，可能產生倒塌、墜落、滾落、物體飛落及感電等危害項目，而這些災害的來源可能來自於施工期間之鋼樑上未設置安全母索、未使用安全帶、未張掛安全網或未設上下設備等危害來源，致使施工人員自高處墜落或遭物體飛落擊傷等，而其預防對策可以在水平動線設置安全母索、作業人員確實使用安全帶、鋼樑懸吊完成後立即鋪安全網及設置合格的上下設備等原則，達成初步之危害分析【5】，如表 1 為初步危害分析表，包括危害項目、危害來源、主要影響和預防原則。

表1 初步危害分析表

主要項目及施工方法	危害項目	危害來源	主要影響	預防原則
輕鋼構工程	墜落、滾落	1.爬梯未設置安全母索 2.鋼樑上未設置安全母索 3.未使用安全帶 4.未張掛安全網	人員墜落	1.垂直動線須具合格上下設備。 2.水平動線須具安全母索。 3.作業人員確實使用安全帶。 4.鋼樑懸吊完成即鋪防護網。
	物體飛落	1.吊運作業 2.機具組拆操作 3.吊運操作不當 4.施工人員身心欠佳 5.吊具未設防滑舌片 6.傳料不慎掉落 7.夜間施工照明不足	物體飛落	1.要求勞工使用個人防護具。 2.訂定標準作業程序。 3.派專人指揮。 4.起吊前派專人檢查。 5.吊具設置防滑舌片、限制非相關作業人員進入管制區。 6.確實執行吊運安全作業標準。 7.工作人員需有適當執照。 8.作業前工人危害告知及加強檢查。 9.避免夜間施工，須夜間施工時須於施工面設置照度達200~300米燭光以上照明。
	感電	1.電焊機 2.供電設備	人員感電	1.電焊機安裝自動電擊防止裝置。 2.受電設備安裝漏電斷路器。 3.雨天禁止電焊 4.電器設備由合格電工施工維護
	物體倒塌、崩塌	1.鋼柱吊裝時起重機具之吊鉤或吊具無防止吊物脫落之裝置 2.螺栓未確實鎖固 3.吊索斷裂	人員被壓	1.起重機吊鉤裝置之防滑舌片 2.鋼柱吊裝以布繩纏繞鋼柱方式者，應有防止布繩滑脫裝置或設備 3.不得使用損傷、腐蝕或變形之吊裝

為從現場作業流程了解其危害因子之所在，依圖4輕鋼構住宅作業程序示意圖之施工程序所示，輕鋼構工程之第一階作業包括1.鋼柱吊裝、2.鋼樑吊裝、3.鋼樓梯安裝、4.屋頂地面組裝、5.屋頂吊裝、6.DECK鋪設、7.高拉力螺栓鎖緊、8.鋼筋、點焊鋼絲網鋪設及水電配管、9.1F及2F樓板灌漿、10.屋頂浪板鋪設。為更清楚了解各項作業間之關係，進而以表2主要作業程序分析表來表示各項作業之關係。以本案輕鋼構工程第一階作業中各項作業可能所涉之災害類型來分析，計有物體倒塌、墜落滾落、感電、物體飛落等，分析統計如表3施工災害初步分析表【5】。

本案分項工程中之鋼構工程依據表1初步危害分析表、表2主要作業程序分析表及表3施工災害初步分析表分析，共訂出9項作業危害分析圖，例如在圖5的鋼樑吊裝作業危害分析表，該作業危害分析中包括分項工程（如輕鋼構工程）、第一階作業（如1.鋼柱吊裝、2.鋼樑吊裝、3.鋼樓梯安裝、4.屋頂地面組裝、5.屋頂吊裝、6.DECK鋪設、7.高拉力螺栓鎖緊、8.鋼筋、點焊鋼絲網鋪設及水電配管、9.1F及2F樓板灌漿、10.屋頂浪板鋪設。）、第二階作業（如「水平高程定位」、「鋼柱吊放定位」、「柱底鈹螺栓鎖固」及「吊具脫鉤」等）及災害評估（如物體飛落等）。

表 2 主要作業程序分析表

分項工程名稱：輕鋼構工程	
主要作業項目及程序(以進度表圖示作業拆解所得第一階段作業項目與作業程序)	
(第一階段作業項目) 輕鋼構工程	輕鋼構工程
1. 鋼柱吊裝	
2. 鋼樑吊裝	
3. 鋼樓梯安裝	
4. 屋頂地面組裝	
5. 屋頂吊裝	
6. DECK 鋪設	
7. 高拉力螺栓鎖緊	
8. 鋼筋、點焊鋼絲網鋪設及水電配管	
9. 1F 及 2F 樓板灌漿	
10. 屋頂浪板鋪設	

表 3 施工災害初步分析表

危害因子 作業程序	物體倒塌. 崩塌	墜落. 滾落	被撞. 衝撞	感電	物體飛落
1. 鋼柱吊裝	○	○			○
2. 鋼梁吊裝	○	○			○
3. 鋼樓梯安裝	○	○			○
4. 屋頂及地面組裝	○				
5. 屋頂及吊裝	○	○			○
6. DECK 鋪設		○			○
7. 高拉力螺栓鎖緊		○		○	○
8. 鋼筋. 點焊鋼絲網 鋪設及水電配管		○	○	○	
9. 1F 及 2F 樓板灌漿		○			○
10. 屋頂浪板鋪設		○			

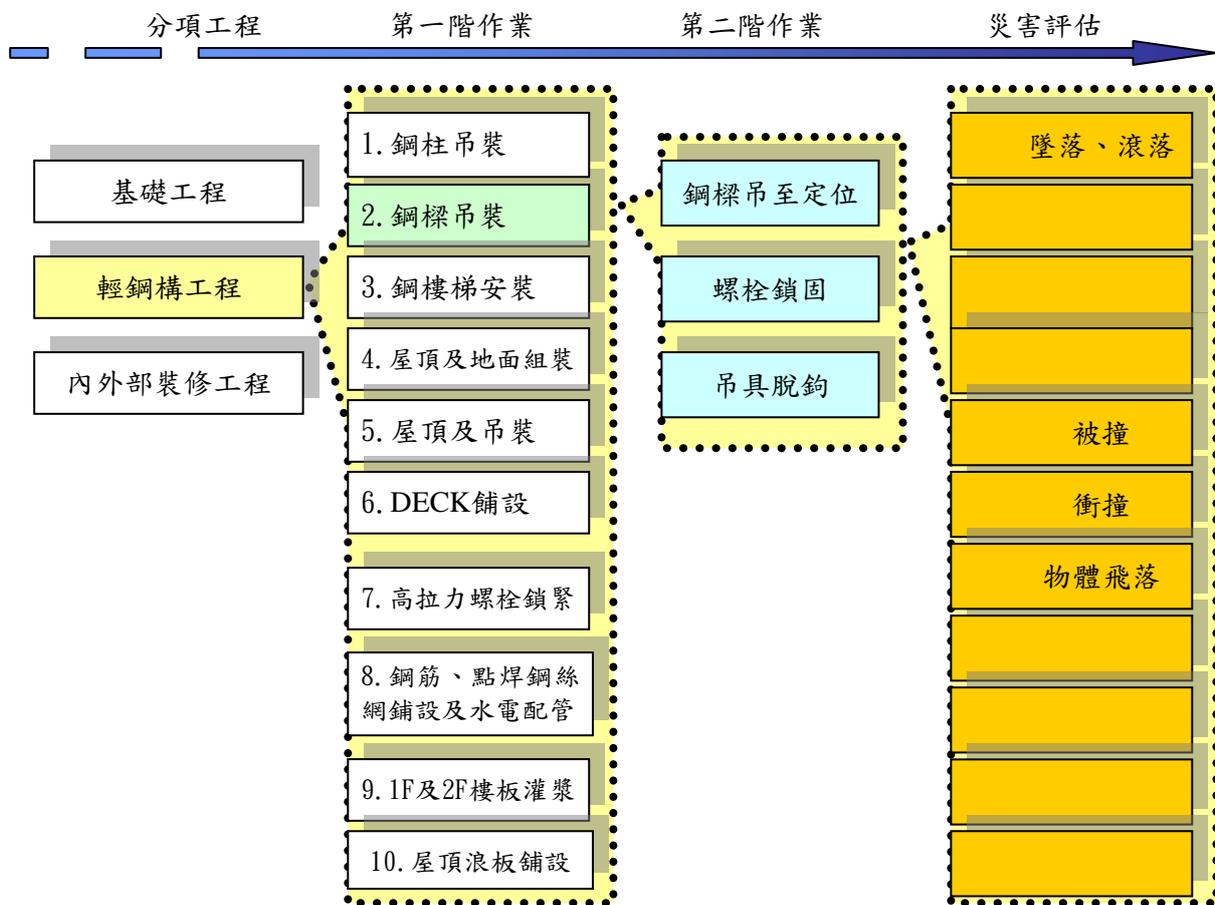


圖 5 鋼樑吊裝第二階段作業危害分析圖

依鋼構工程之施工特性，探討其危害狀況、災害類型、災害原因、預防對策及安全衛生設備或措施等，藉此製作特有災害評估表，以了解從分項作業至第一、二階作業件之順序及從屬關係，並從中分析第二階作業順序中之危害種類。輕鋼構工程之特有災害評估表共 9 張，例如表 4 為鋼梁吊裝作業特有災害評估表【5】。

綜合上述之作業危害分析圖及特有災害評估表等資料，再配合現場實際施工執行之情況，繪製成各種作業之勞工安全衛生施工圖說，圖說中除繪製各重點之圖示外，並輔以文字說明，如鋼樑吊裝時，於圖面繪出移動式起重機之警示交通錐及指揮人員之配置，並說明為防止墜落，應使用符合規定之合梯，設置安全之上下設備，鋼樑設置安全母索，配合使用高空作業車及勞工應確實使用安全帽安全帶。本工程製作各分項工程作業之勞工安全衛生參考圖說共 7 張，例如圖 6 及圖 7 分別為鋼樑吊裝作業及高空作業之安全衛生圖說。

表 4 鋼梁吊裝作業特有災害評估表

分項工程名稱：貳、輕鋼構工程				
第一階段作業名稱		評估節點第二階段作業名稱		
2.鋼樑吊裝		鋼樑吊至定位、螺栓鎖固、吊具脫鈎		
評估節點				
作業方法		作業步驟（以流程圖示之）		使用機械
1. 起重機將鋼柱吊至定位組立		○起重機吊鋼樑至定位 → 螺栓鎖固 → 脫鈎		移動式起重機
災害類型	可能之危害狀況	災害原因	預防對策	安全衛生設備或措施
墜落、滾落	1.從事鋼樑螺栓鎖固作業時，從高處墜落造成傷亡。	1.未設置安全之上下設備。 2.未設置安全母索 3.未使用符合規定之合梯 4.未使勞工確實戴用安全帽及安全帶	1.以符合規定合梯於高度 2 公尺以下高度完成螺栓鎖固 2.設置安全之上下設備 3.設置安全母索 4.使用高空工作車 5.未使勞工確實戴用安全帽及使用安全帶	1.使用符合規定之合梯 2.安全之上下設備 3.安全母索 4.使用高空工作車 5.安全帽及安全帶
被撞	1.吊裝作業時，勞工被鋼樑碰撞造成傷亡。 2.作業勞工被移動式起重機碰撞造成傷亡。	1.車輛、營建機械操作人員不小心。 2.作業勞工未注意	1.作業場所設置專人指揮。 2.設置警戒區域	1.專人指揮管制無關人員禁止進入操作半徑範圍。 2.擺設交通錐或拒馬等交通警示設施
物體飛落	1.鋼樑吊運時掉落造成傷亡。	1.鋼樑吊裝時起重機具之吊鈎或吊具無防止吊物脫落之裝置 2.螺栓未確實鎖固 3.吊索斷裂	1.吊具或吊掛點應採防止吊物脫落之裝置 2.螺栓確實鎖固 3.使用無腐蝕、變形或損壞之吊索	1.起重機吊鈎及相關吊具裝置防滑舌片。 2.不得使用損傷、腐蝕或變形之吊索。

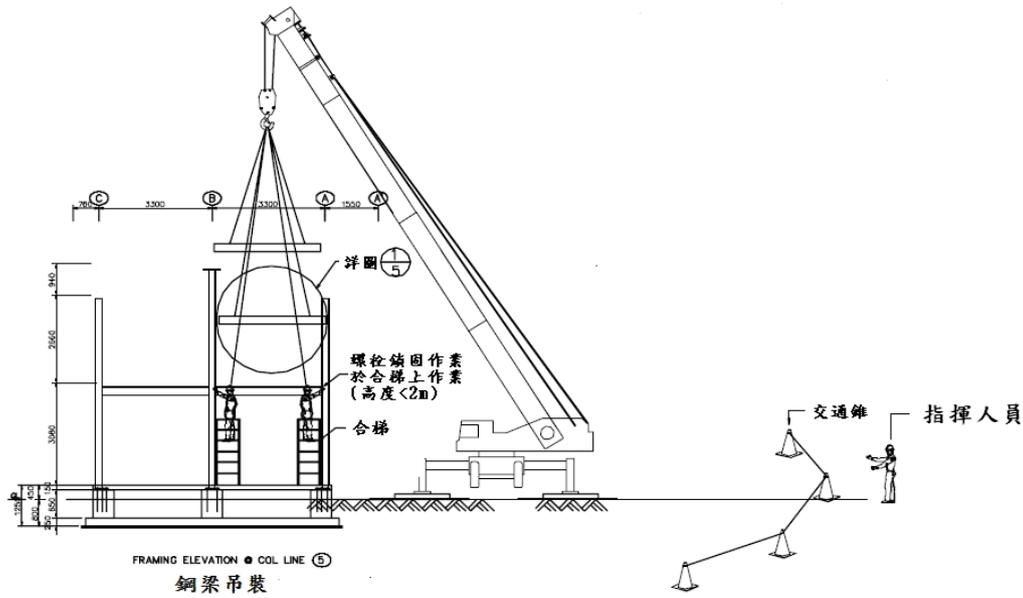


圖 6 鋼樑吊裝作業安全衛生圖

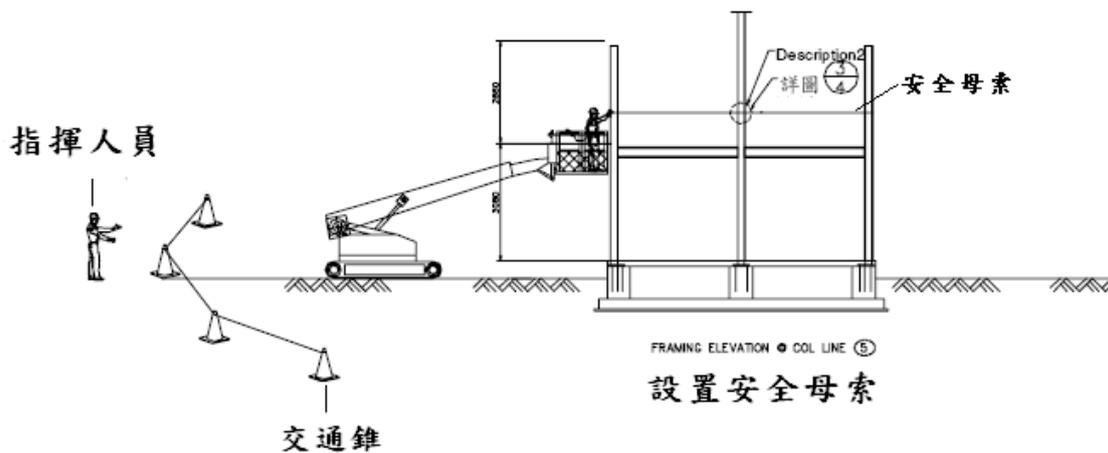


圖 7 高空作業安全衛生圖

五、結論

永久屋之興建具有「限期完工」之特性，在如此緊迫之工期狀況下，施工廠商皆投入大量之人力及機具，非常容易造成工地施工人員工作傷害，因此，勞工安全衛生之管理即顯得格外重要，若能事前的縝密規劃及施工中的確實執行，如本研究所提，主辦單位於設計規劃階段，即要求設計規劃單位依勞工安全衛生法規，規劃安全衛生注意事項、圖說、施工安全衛生規範及安全衛生經費明細表供承攬廠商參考，而承攬廠商則參考此資料實施危害分析及災害評估，並繪製施工安全衛生圖說及實施安全衛生管理，如此，經由施工前之源頭管理及施工中之工程安全衛生管理雙管齊下，必能有效防止趕工工程之施工災害發生。本研究經由探討永久屋輕鋼構施工作業流程及研判其可能之危害因子，對輕鋼構施工可能涉及危害勞工作業安全等相關缺失進行分析，已提出其可能之危害狀況、災害類型、災害原因、預防對策及安全衛生設備或措施等，並製成初步危害分析表、主要作業程序分析表、施工災害初步分析表、特有災害評估表、九種作業危害分析圖及七張勞工安全衛生參考圖說，能夠提供業主、承造廠商及監造等從事輕鋼構工程作業時參考運用，以減少施工災害發生。

誌謝

本研究承蒙中華民國財團法人佛教慈濟慈善事業基金會、猛揮營造股份有限公司、順鼎營造有限公司、新時代鋼架股份有限公司、聯順金屬工程有限公司及行政院勞工委員會南區勞動檢查所張所長金鏘、李副所長柏昌、許組長峯源、陳技正明財、陳檢查員世偉及吳檢查員鳳瑜之協助，特此致謝。

參考文獻

- [1] 黃杰鳴，「國內輕鋼構住宅樓版構法之研究」，國立成功大學建築研究所碩士論文，2002。
- [2] 日本建築學會編，「輕鋼構造設計施工指針」，日本建築學會，1985
- [3] 陳明財，「以高雄縣杉林鄉永久屋之興建過程談趕工工程之營建安全」，99 年度職業安全衛生技術與實務論文研討會，台北，台大醫院國際會議中心，2010。
- [4] 李柏昌，「結構規劃、設計與施工安全結合—以高科技廠房工程為例」，國立高雄應用科技大學碩士論文，2008。
- [5] 許峯源，「勞工安全衛生費用編列模式合理化之研究—以建築工程之基礎為例」，國立高雄應用科技大學碩士論文，2008。