

輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究

內政部建築研究所

103

年度度

資料蒐集分析報告

輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋) 防火安全與消防搶救對策之研究

資料蒐集分析報告

內政部建築研究所資料蒐集分析報告

中華民國 103 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

10361B0002

輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋) 防火安全與消防搶救對策之研究

資料蒐集分析報告

研究主持人：陳瑞鈴

協同主持人：紀人豪

研 究 員：陳政洞

蘇鴻奇

研究助理：張尚文

白坤鼎

內政部建築研究所資料蒐集分析報告

中華民國 103 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 表次 | III |
| 圖次 | V |
| 摘要 | VII |
| Abstract | XIII |
| 第一章 緒論 | 1 |
| 第一節 研究緣起與背景 | 1 |
| 第二節 研究目的與目標 | 5 |
| 第三節 研究方法與流程 | 7 |
| 第二章 國內、外法規研析、文獻回顧及案例分析 | 11 |
| 第一節 國內外法規研析 | 11 |
| 第二節 文獻回顧 | 25 |
| 第三節 國內火災案例分析 | 41 |
| 第四節 建築物火災發展與消防搶救的運作機制 | 63 |
| 第五節 小結 | 77 |
| 第三章 火害後鋼板的實驗分析與成果 | 79 |
| 第一節 概述 | 80 |
| 第二節 火害後鋼板金相複製與抗拉實驗分析規劃 | 85 |
| 第三節 火害後鋼板金相複製與抗拉實驗成果討論 | 89 |
| 第四節 小結 | 98 |
| 第四章 鐵皮屋火災的消防搶救對策 | 99 |
| 第一節 概述 | 99 |
| 第二節 鐵皮屋火災崩塌原因分析 | 101 |
| 第三節 鐵皮屋建築物火災消防搶救進場前準備作業及進 | |

| | |
|--------------------------------------|------------|
| 場後應變對策 | 103 |
| 第四節 鐵皮屋建築物法規研析及未來修正建議 | 111 |
| 第五章 研究結論與建議..... | 115 |
| 第一節 研究結論 | 115 |
| 第二節 研究建議 | 119 |
| 參考書目 | 123 |
| 附錄一：消防機關火場指揮及搶救作業要點 | 127 |
| 附錄二：第 1 次工作會議紀錄..... | 133 |
| 附錄三：第 2 次工作會議紀錄..... | 141 |
| 附錄四：第 1 次專家學者座談會意見彙整及回覆 | 149 |
| 附錄五：期中會議審查意見與回應..... | 153 |
| 附錄六：第 3 次工作會議紀錄..... | 157 |
| 附錄七：第 2 次專家學者座談會意見彙整及回覆 | 159 |
| 附錄八：第 4 次工作會議紀錄..... | 163 |
| 附錄九：期末會議審查意見與回應..... | 165 |
| 附錄十：第 5 次工作會議紀錄..... | 169 |

表 次

| | | |
|--------|--|----|
| 表 2-1 | 工廠及倉儲類定義表..... | 9 |
| 表 2-2 | 各類居室堆積可燃物每 1 平方公尺的發熱量表..... | 10 |
| 表 2-3 | IBC 建築構件之耐火等級要求(小時)表..... | 20 |
| 表 2-4 | 鐵皮屋構築方式..... | 31 |
| 表 2-5 | 新北市幸世機電工業有限公司火警事故燃燒情形及現場 勘查照片彙整表..... | 42 |
| 表 2-6 | 高雄博愛路家具工廠火警事故燃燒情形及現場勘查照 片彙整表..... | 46 |
| 表 2-7 | 桃園五金鐵皮工廠火警事故燃燒情形及現場勘查照片 彙整表..... | 49 |
| 表 2-8 | 新竹市明湖路鐵皮屋火警事故燃燒情形及現場勘查照 片彙整表..... | 53 |
| 表 2-9 | 新北市泰山區鐵皮工廠火警事故燃燒情形及現場勘查 照片彙整表..... | 56 |
| 表 2-10 | 台中市大里工業區西湖路鐵皮工廠火警事故燃燒情 形及現場勘查照片彙整表..... | 59 |
| 表 2-11 | 一般火災發生搶救標準作業步驟說明表..... | 66 |
| 表 3-1 | 金相複製技術之相關儀器照片與重要規格對照表... | 80 |
| 表 3-2 | 本計畫加熱鋼板的實驗條件與配置規劃表..... | 82 |
| 表 3-3 | A36 鋼板於不同受熱條件與冷卻方式之金相顯微組織 成份比例對照表..... | 89 |

圖 次

| | | |
|--------|--|----|
| 圖 1-1 | 鋼材在高溫下的折減係數圖..... | 3 |
| 圖 1-2 | 整體研究計畫流程圖..... | 8 |
| 圖 2-1 | 鐵皮屋常見類型照片圖..... | 30 |
| 圖 2-2 | 火災發展的時間和溫度曲線圖..... | 63 |
| 圖 2-3 | 消防隊反應介入火場之時間流程圖..... | 63 |
| 圖 2-4 | 一般火災事件由開始至撲滅之流程圖..... | 69 |
| 圖 3-1 | 拋光及被腐蝕之晶粒示意圖..... | 77 |
| 圖 3-2 | 腐蝕所產生之晶界及表面凹溝的橫截面示意圖...77 | |
| 圖 3-3 | 顯微鏡觀察下光線反射在不平均表面之示意圖...78 | |
| 圖 3-4 | 金相複製技術檢測施作流程及說明圖..... | 81 |
| 圖 3-5 | 製作鋼板受熱之相關加熱設備照片圖..... | 83 |
| 圖 3-6 | 現場金相複製製作情形照片圖..... | 85 |
| 圖 3-7 | 鋼板承受不同受熱溫度時的外觀照片圖..... | 87 |
| 圖 3-8 | A36 鋼板於未加熱與加熱至 1,000°C 持溫 1 小時淬 火處理後其金相顯微組織圖..... | 90 |
| 圖 3-9 | A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 淬 火處理後其金相顯微組織圖..... | 91 |
| 圖 3-10 | A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 自然冷卻處理之抗拉強度曲線圖..... | 92 |
| 圖 3-11 | A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 水淬處理之抗拉強度曲線圖..... | 92 |

| | | |
|--------|---|----|
| 圖 3-12 | A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 自然冷卻處理之伸長率曲線圖..... | 93 |
| 圖 3-13 | A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 水淬處理之伸長率曲線圖..... | 93 |
| 圖 3-14 | A36 鋼板加熱至 800 °C 以上經不同冷卻方式處理 後其金相顯微組織變化圖..... | 94 |
| 圖 4-1 | 鐵皮屋火災可能崩塌流程分析圖..... | 99 |

摘 要

關鍵詞：輕量型鋼結構、鐵皮屋、防火安全、消防搶救、金相複製

一、研究緣起

依照目前國內建築結構使用型態，輕量型鋼結構建築物即民間俗稱為鐵皮屋仍占有相當高的使用率，特別是許多高火載量的家具工廠、化學工廠、倉儲量販店等，甚至廣泛使用於違章建築物、臨時建築物等。然此類建築物不但構築雜亂，破壞都市景觀，且多數未經詳細結構分析計算，以及完善的施工監造，致使其鋼結構工程品質不佳。

鋼骨鐵皮類建築物耐久性與防火性能嚴重不足，一旦發生火災，多數由於內部火載量甚高，火災猛烈度甚大，短時間即超越鋼結構桿件的耐熱強度，鋼材的強度會急速降低，造成建築物短時間即崩塌之慘劇，不但大量縮短內部人員的避難逃生時間，也造成許多消防搶救人員的重大傷亡事故，例如 94 年 3 月高雄市博愛路家具工廠火災 2 名消防人員殉職、100 年 8 月桃園五金鐵皮工廠火災 3 名消防人員重傷、101 年 3 月新竹明湖路鐵皮屋火災 5 位民眾逃生不及而罹難、102 年 7 月新北市泰山鐵皮工廠 2 名消防人員殉職等。

綜上所述，建築技術規則鋼構造建築物應強化防火構造的規定，還是火災時應將建築物主要構造撤水降溫，或改變消防戰略避開可能倒塌的建築物，應廣泛收集資料、實驗理論分析以及參考國內外規範等，進一步加以研究探討。

二、研究方法及過程

本研究擬搜集國內、外近年來輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)火災事件，深究其火災發生原因、人員傷亡程度等相關資料，並比較國外相關法規與研究成果，針對現行國內相關法規，提出修正建議。另外，利用金相分析、鋼板抗拉試驗等方法，針對鐵皮屋常用的輕量型鋼結

構材料(A36)，進行 600、700、800、900、950、1,000 °C 的火害實驗，探討鋼材在不同加熱溫度下，水淬後其表面的金相顯微組織，及內部鋼結構缺陷之變化情形，研擬此類輕量型鋼結構建築物火災的防火安全與消防搶救之對策。

期望透過本研究成果，提供國內相關法規修正之參考，調整此類建築物火災的消防搶救之對策，以避免輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)火災造成重大傷亡悲劇一再發生。

三、重要發現

經過國內鐵皮屋火災案例分析、相關法規研析、火害鋼板金相複製實驗等結果，本研究對輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策，初步摘錄有以下幾點重要發現：

- (一)輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)有以下幾點火災特性：
 - (1)結構不堅固。
 - (2)火勢成長迅速。
 - (3)屋內無防火區劃。
 - (4)火災猛烈度大。
- (二)鐵皮屋一但發生火災，多數由於內部火載量甚高，火災猛烈度甚大，短時間即超越鋼結構桿件的耐熱強度，其鋼骨容易因受熱而彎曲，整間鐵皮屋即會因重心不穩，失去平衡而塌陷。且鐵皮屋建築物內通常無防火區劃，一旦火災形成，如初期無法控制，在預燃相乘效應，可燃物會加速分解，致命之閃燃現象往往在消防隊介入時就已發生，增加了消防搶救困難。
- (三)根據鋼(鐵)板火害後實驗研究成果，結構用低碳鋼板(A36)成份為 80 % 肥粒鐵(F) + 20 % 波來鐵(P)，在經過鋼板加熱至 800 °C 以上時，已多轉為變為沃斯田鐵相，經極速淬火處理(水冷)後，受熱鋼板的金相組織將變為變韌鐵相及麻田散鐵相，此時如重新加熱，則其金相組織仍為麻田散鐵相。

- (四)鋼板加熱至 800 °C 以上時，雖已轉為變為沃斯田鐵相，但如以自然冷卻方式，使高溫鋼板逐漸冷卻，則其金相組織將恢復部分波來鐵相，此時鋼板仍保有部分的韌性，不會發生突發性的脆裂行為。
- (五)支撐鐵皮屋的鋼架在約 538°C 就會軟化，尤其很多鐵皮建築物都搭建 2 層，當火勢在 2 樓流竄，甚至達到閃燃時，在 1 樓救災人員根本看不到 2 樓的火勢，不知道自己已身陷危險之中，等到屋頂因猛烈燃燒而塌陷時，救災人員已來不及撤退。
- (六)在許多鐵皮建築物，1 樓有許多鋼架支撐 2 樓地板，而 2 樓地板至天花板則為挑空，看不到任何垂直支撐之鋼架，所以當 2 樓猛烈燃燒時，非常容易塌陷，這也是所有消防救災人員必須特別注意的狀況，如果鐵皮屋是屬於 2 樓以上之結構，1、2 樓同時有燃燒現象，如果沒有人命救助的任務時，現場指揮官一定要瞭解清楚火勢延燒的路徑，妥善部署後，才可以命令同仁深入火場搶救。

四、建議

建議一

立即可行建議：主管機關應透過風險評估觀念，執行環境及設施改善及加強輔導

主辦機關：各縣市政府

協辦機關：內政部消防署、營建署

應針對區內鐵皮建築物(工廠、倉庫等)，實施主被動設施風險危害評估，提出分段改善方案之輔導計畫，並提升業者自主性安全文化的素養。列管之場所，應加以進行防火診斷、防火管理、消防組訓，推動密集區域的區域聯防機制。

各地方縣市政府應加強實施區內廠房安全評估機制，並加強改

善建築防火與消防安全設備部份，建議應邀集組成聯合輔導小組，以有效控制鐵皮廠房火災危害及風險。特別是不合法之鐵皮工廠，仍應鼓勵設置消防安全設備，消防單位仍應加以列管查核、管理、溝通，以早期發現消防安全問題，加以解決。

建議二

立即可行建議：加強消防人員防救災戰技之能力，並增進改善設備之功能

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：各縣市政府消防局

救災安全教育必須落實，對於火場環境判斷，應設置符合火場內部實際情形的閃燃、爆燃、燃燒訓練設施。並增加國內訓練設施，以早中期燃燒模擬，做為火場環境判斷之火勢發展、煙層變化、煙層射水控制之育訓練使用。

另救災安全管理人員之安全官及安全幕僚要特別培育，使其具備實質上安全管理能力。

建議三

中長期建議：建構重大火災指揮效能，並運用 3G 即時提供災情訊息

主辦機關：各縣市政府

協辦機關：內政部消防署、內政部營建署

結合 GIS、GPS，Google 街景地圖(3G)、安管及數位圖像等系統，強化值勤員於火災發生時之資料蒐集及圖像辨識能力，並於派遣通報時立即協助火災地點情報收集、GIS 圖面管理、指揮支援人力部署策略、掌握各梯次支援單位及搶救之動態、聯絡災害現場附近友軍提供支援，

運用 GIS 掌握道路寬度、樓層數、建物正面寬度與縱深、消防栓位置，指揮官藉此建構由攻擊車至起火建物所需延伸水線，及由

出入口往內延伸水線的最長對角線（決定瞄子手攜帶水帶數），放水瞄子數量、放水壓力及中繼供水車佔用水源之街廓分布（避免共撞），GPS 引導車輛進行部署動線，Google 街景地圖看出建物外觀、窗口大小、道路停車狀況，此時大致可估火面周長、所需放水瞄子數、水壓、防護半徑，下達部署策略築起最佳防護延燒模式。

建議四

中長期建議：研擬鐵皮類建築物防火安全設備改善項目之研究

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部消防署、內政部營建署

透過鐵皮類建築物及工廠之廠房佈置、構造、設置等環境調查，並結合各機關單位辦理危害辨識、分析及輔導，研擬提出供業者於法規及成本下考量可進行改善防火安全項目及期程之方案，可協助事業單位建置完善且適當的安全防災環境，進而有效控制危害及風險，預防或消滅災害發生的可能性或後果嚴重度。

建議五

中長期建議：增修「建築技術規則」部分條文

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部消防署、內政部建築研究所

在臺灣最常見到之構造型式，即為俗稱之鐵皮屋，大都為非防火構造之建築物。鐵皮屋係鋼構造或鋼鐵架造之建築物，鋼鐵屬於建築技術規則建築設計施工編第 1 條第 28 款的不燃材料，且鋼材加熱到 600°C 後的伸長率大增，鋼構建築物的柱、梁等主要構件，局部長度大增，可能發生內應力導致結構體崩塌，而一般火場可能達 1,100°C，足以造成上述崩塌現象。當鋼構造或鋼鐵架造之建築物，如果沒有達到防火構造的要求，遭遇上述火害時，建築結構極可能發生倒塌的情形。

工廠以及倉儲類之建築物，因為生產以及保管儲存物質，具有高於一般建築物居室的火載量，一旦發生火災時，火災猛烈度將比一般建築物居室來的強，當工廠面積大時，無論避難、救災的困難度均會增加。另外，鐵皮屋經常在火災時發生倒塌情形，可能危害使用者及消防救災人員的生命安全。故工廠建築，應有加強防火構造之需要。針對建築技術規則建築設計施工編第 69 條規定：工業、倉儲類（C 類）之總樓地板面積中「工廠除外」之文字，建議刪除修正條文。

Abstract

Keywords: Light Gauge Steel Structure, sheet metal building, fire safety, Fire Fighting Strategies, metallographic reproduction.

1. Background

Light Gauge Steel (LGS) structures, also known as sheet metal buildings, still account for a high percentage of building structures in Taiwan, especially buildings with high fire load, such as furniture stores, chemical factories and warehouse stores. LGS is also widely used for the illegal and temporary structures. These structures are disordered, messy and damaging to the urban landscape. Many of them lack careful structural analysis and calculation as well as supervision during construction, which leads to poor structural quality in steel construction.

Buildings with steel frame and sheet metal covering are inadequate in durability and fire prevention. When the fire occurs, the high fire load within the building and the raging fire quickly exceed the fire resistance of the steel structure. The strength of the steel is reduced drastically, causing injuries and fatality among the fire fighting workers. For instance, two firefighters were killed on duty during the March 2005 fire at a furniture store on Boai Road, Kaohsiung City. Three firefighters were injured during a fire occurred at a sheet metal factory in Taoyuan in August 2011. In March 2012, five residents did not escape in time and died in the fire occurred in the sheet metal building on Minghu Road in Hsinchu. In July 2013, two fire fighters died on duty in a sheet metal factory in Taishan, New Taipei City.

In summary, researchers should explore further by collecting more

information from a wide scope of fields, conducting more analysis and experiments on the theories as well as referencing the regulations and standards from around the world. They need to determine whether the building regulations concerning steel buildings should be reinforced to focus on fire prevention structure, whether the building should be sprayed with water during the fire to reduce the temperature, or change the fire fighting strategy to avoid buildings that might collapse.

2. Research Method and Process

This study collects fire incidences that occurred at LGS structures (sheet metal buildings) from Taiwan and around the world to determine information including the cause, injuries and fatality. Regulations and research studies from Taiwan and around the globe are also compared to provide recommendations for current domestic regulations. In addition, the study conducts metallographic analysis and tests the steel plate tensile strength for the fire tests at 600, 700, 800, 900, 950 and 1,000 °C on A36, the LGS material typically used for the sheet metal buildings. The tests examine the metallographic microstructure on the surface of the quenched steel and internal structural defects within the steel. The findings will help formulate the fire safety and fighting strategies during fires occurred in LGS buildings.

It is the hope that the findings from this study may serve as a reference for regulatory amendments in Taiwan, which will adjust the strategies applied toward fire fighting and fighting during this type of fire, and prevent LGS fires and such fatal tragedy from ever happening again.

3.Important Research Results

Examination of case studies, regulatory analysis and experiments on metallographic reproduction of the steel plates used during the fire renders the following key findings concerning the fire safety and fighting strategies for LGS buildings (sheet metal buildings) :

- (I) LGS buildings (sheet metal buildings) have the following fire characteristics : (1) Weak structure; (2) The fire spreads quickly; (3) Lack of indoor fire planning; (4) The fire is strong.
- (II) When fire occurs within a sheet metal building, the high fire load within and the fierce fire quickly exceed the thermal resistance of the steel structure. The steel frame is likely to bend due to heat, which destabilizes the entire building and causes collapse. There is usually a lack of fire prevention plan within the building. Once the fire starts and cannot be controlled quickly, the multiplier effect from the preheating would quickly dissolve the flammable objects, causing the fatal flashover long before the firefighters arrive, making the fighting efforts even more difficult.
- (III) According to the post-fire steel (metal) plate test, A36 plate is composed of 80% Ferrite (F) and 20% Pearlite (P). When the temperature reaches 800 °C , the steel turns to Austenite. After quenching, the metallographic structure of the heated steel plate becomes Bainite and Martinsite. If the steel is reheated at this point, the metallographic structure remains as Martinsite.
- (IV) Though the steel plate becomes Martinsite when it is heated to 800 °C , when it is cooled down naturally, it returns to be partly Pearlite, which retains the partial toughness without brittle fracture.
- (V) The steel frame that supports the sheet metal building starts to soften

at 538°C. This type of building is typically two-story structure. When the fire spreads to the second floor and when flashover occurs, the fighting firefighters cannot see the fire on the second floor and thus are unknowingly caught in danger. By the time the roof collapses, it is too late to escape.

- (VI) In many sheet metal buildings, the steel columns on the first support the second floor while there are no supporting structures on the second floor except the walls, which is why the second floor ceiling tends to collapse during fire. This is something of which all firefighters must take precaution. If the sheet metal building is a two-story structure or above while both the first and second floors are burning, under the premise of no human lives are threatened, the commander on site must understand the fire spread first and then send the firefighters in after careful deployment.

4.Main Suggestions

Suggestion 1 : The competent authority should improve the environment and facilities with enhanced coaching with the concept of risk assessment.

Executive institution : County and city governments

Cooperative institution : National Fire Agency and Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior

Governments should conduct proactive and reactive risk assessments on the sheet metal structures within the jurisdiction, such as factories and warehouses, provide coaching programs that help with phased improvements, and enhance the safety awareness of business owners. Controlled locations that are listed for fire prevention determination, management, organization and training to promote regional defense

mechanism in dense regions.

City and county governments should enhance the safety evaluation mechanism for the factories within their jurisdiction and improve building fire prevention as well as safety and fire fighting equipment. It is recommended that the governments form a united coaching team to effectively control the risks and danger of fire at sheet metal buildings. Illegal sheet metal factories, in particular, should be encouraged to install fire fighting equipment. The fire units shall pay additional attention on inspection, management and communication to detect and solve any fire safety issues.

Suggestion 2 : Enhance the fire workers ability in disaster relief and combating fire as well as improve the functions of the facilities and equipment.

Executive institution : National Fire Agency, Ministry of the Interior

Cooperative institution : City and County Fire Departments

Safety and disaster relief education must be fully implemented. Training must include facilities that simulate actual fire scenes with scenarios of flashover, backdraft and combustion. Increasing training facilities that simulate the combustion from early to mid-stages may provide educational training for determining the fire spread, changes in smoke layers and the control when spraying the smoke layer at the fire scene.

In addition, the fire safety and disaster relief officers must undergo special training to be fully capable of safety management.

Suggestion 3 : Build command functions for major fire and utilize 3G to provide real time disaster information.

Executive institution : County and city governments

Cooperative institution : National Fire Agency and Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior

Recommendations include integrating systems such as GIS, GPS, and Google Maps (3G), security management and digital imaging; strengthening duty officers' ability in data collection and imaging recognition during the fire; helping collect information concerning the fire scene during reporting and deployment; GIS image management; deployment strategies for staff support; grasping the dynamics of rescue efforts from various units; contacting the military service close to the fire scene for support.

GIS can be utilized to pinpoint the road width, building levels, width and depth as well as the location of fire hydrants. The commander may utilize it to estimate the length of extension water belt needed from the fire truck to the building on fire. GIS can also calculate the longest diagonal to determine the number of water belt to be carried by the person controlling the nozzle, the number of nozzle, water pressure, and the street layout for locations of water source for the replay trucks to avoid conflicts. GPS may guide the fire trucks through the line of movement. Google Maps Street View can provide information such as building facades, the size of windows and parking condition. With these information, a few calculations can be made, such as the circumference of the fire spread, the number of water nozzles, water pressure and protection radius to build the optimal model and strategy to prevent the fire from spreading.

Suggestion 4 : Conduct studies that improve the fire safety and equipment for sheet metal buildings.

Executive institution : Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior

Cooperative institution : National Fire Agency and Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior

By conducting site surveys that include the decoration, structure and installation in sheet metal and factory buildings and combining the risk recognition, analysis and coaching from all units and departments, authorities may provide businesses with proposals that meet the regulatory and cost concerns while improving fire safety details and schedule. The proposals may also help businesses establish comprehensive, adequate and safe disaster prevention environment to effectively control the risks and danger and prevent or eliminate the possibilities or consequences of disasters.

Suggestion 5 : Amend part of the provisions in Building Code and Regulations.

Executive institution : Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior

Cooperative institution : National Fire Agency and Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior

Sheet metal buildings, which are mostly without fire prevention, are a common form of building structure in Taiwan. They are often built with steel or metal, which is classified as non-combustible materials under Item 28, Article 1 of Building Design and Construction of the Building Code and

Regulations. When the steel reaches the temperature of 600°C, its percent elongation increases dramatically, causing the partial length of beams and columns and internal stress, which lead to collapse. The temperature may reach 1,100°C at a typical fire scene, which is able to cause the collapse mentioned previously. Steel or metal buildings that are not built according to the fire prevention requirements, such collapse is very likely to happen during fire.

Buildings such as factories and warehouses are used for production or storage purposes and therefore have a higher fire load than regular buildings. When the fire breaks out, it is usually stronger than it would be in regular structures. The larger the factory, the more difficult it is for evacuation and rescue. Additionally, sheet metal buildings often collapse during fire, which endangers the lives and safety of the firefighters and fighting workers. Therefore, it is necessary to reinforce the fire resistance of factory buildings. Article 69 of Building Design and Construction of the Building Code and Regulations excludes factory area from the gross floor area of industrial and warehouse uses (category C). It is recommended that such exclusion be deleted.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

一、研究緣起

依照目前國內建築結構使用型態，輕量型鋼結構建築物即民間俗稱為鐵皮屋仍占有相當高的使用率，特別是許多高火載量的家具工廠、化學工廠、倉儲量販店等，甚至廣泛使用於違章建築物、臨時建築物等。然此類建築物不但構築雜亂，破壞都市景觀，且多數未經詳細結構分析計算，以及完善的施工監造，致使其鋼結構工程品質不佳。

鋼骨鐵皮類建築物耐久性與防火性能嚴重不足，一旦發生火災，多數由於內部火載量甚高，火災猛烈度甚大，短時間即超越鋼結構桿件的耐熱強度，鋼材的強度會急速降低，造成建築物短時間即崩塌之慘劇，不但大量縮短內部人員的避難逃生時間，也造成許多消防搶救人員的重大傷亡事故，例如 94 年 3 月高雄市博愛路家具工廠火災 2 名消防人員殉職、100 年 8 月桃園五金鐵皮工廠火災 3 名消防人員重傷、101 年 3 月新竹明湖路鐵皮屋火災 5 位民眾逃生不及而罹難、102 年 7 月新北市泰山鐵皮工廠 2 名消防人員殉職等。另外，根據建築技術規則第 69 條，2 層以下的 C 類建築物(工業、倉儲類)，及 3 層以上規模較小的工廠類建築物，可不需具有防火時效規定之要求，只要達到不燃程度即可。因此，造成此類建築物耐久性與防火性能嚴重不足，一旦發生火災，內部火載量又很大，火災猛烈度甚大，更可能造成建築物短時間即崩塌之可能性。

二、研究背景

目前國內多以鋼筋混凝土及鋼結構為主要的建築材料，其中輕量型鋼結構因具有工期短及耐震性強等優點¹，廣泛使用於許多家具工

¹簡丞宏、楊國珍，「H 型鋼柱高溫整體結構行為研究」，碩士論文，國立高雄第一科技大學營建

廠、化學工廠、倉儲量販店等，甚至違章建築物、臨時建築物等，例如民間俗稱為鐵皮屋，在都市建築中占有相當高的使用率；再加上許多建築物內部的家具、設備、裝修材料等，皆為鋼鐵製品，故目前建築物使用鋼鐵材料比例相當高。另外，根據文獻²，一般輕量型鋼結構建築物（鐵皮屋）有以下幾點火災特性：

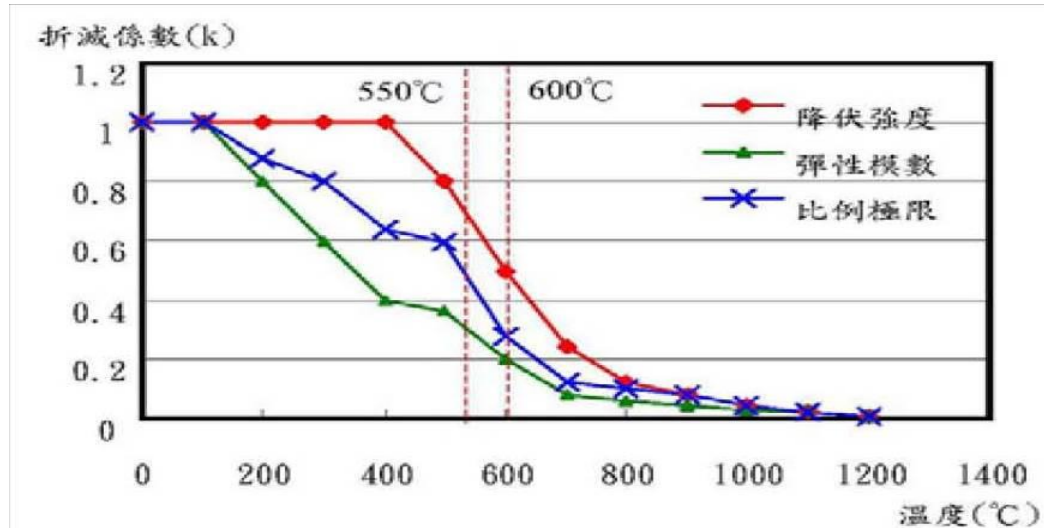
- (一)結構不堅固：一般輕量型鋼結構建築物（鐵皮屋）之樑柱多由鋼骨或 C 型鋼所造，其屋頂及牆壁皆以鐵皮搭蓋，一旦火場大火溫度達 600°C 以上，即會破壞鋼性，而一般火場溫度皆高達 1,000°C 以上，鋼骨即容易受熱彎曲，整間鐵皮屋即會因重心不穩，失去平衡而塌陷。
- (二)火勢成長迅速：鐵皮屋建築物因空間利用及光線取得，加高加大空間設計，致使火災初、中期即充沛氧氣供應，利於燃燒進行且因室溫成長使壓力增高，空間氣體膨脹形成對流快速，火勢成長相對較快。
- (三)屋內無防火區劃：鐵皮屋建築物內通常無防火區劃，一旦小火形成，如於初期無法控制，在預燃相乘效應，輕質可燃物分解加速，致命之閃燃現象往往在消防隊介入時就已發生，增加了消防搶救困難。
- (四)火災猛烈度大：鐵皮屋建築物如使用在儲存物品，其火載量與火災猛烈度比一般住宅型態大，若屋內堆積易燃性原料、半成品及成品，當堆積燃料相鄰燃燒，致高能量電磁波相互吸收，高溫高熱經由輻射、對流、傳導、能量不斷回饋，促進燃料快速分解，輻射能回饋效應顯著。二樓地板為鐵板或木板，其材質不但無法阻隔熱，且空間特性使火災燃燒之熱煙流持續囤積在屋內，容易形成巨大火爐。

根據莊有清等研究，鋼結構在常溫及高溫下的受力行為受其機械

工程研究所，台灣高雄，2005 年。

²陳俊勳，「鐵皮屋火災危險性及閃(復)燃模擬實驗」，內政部消防署，90 年 10 月。

性質影響，如降伏強度、彈性模數等，會隨著溫度的升高而下降。當鋼材溫度達 550 °C 時，降伏強度之折減係數約為 0.8；溫度達 600 °C 時，降伏強度之折減係數約為 0.6，約為原始設計強度之 50%，而一般火災現場僅需 5 分鐘即可達到此溫度，此時鋼材膨脹率約 1%，即可能導致鋼材變形而倒塌，其溫度與折減係數關係如圖 1 所示³。鋼材受



熱達一定高溫時，火害溫度或冷卻方式將對鋼材的機械性質造成不同程度的影響⁴。

圖 1-1 鋼材在高溫下的折減係數圖(資料來源：參考書目 3)

綜上所述，以鋼材料的性質及國內外法規規範，我國二樓以下的工業、倉儲類建築物，依法得為非防火構造建築物，建築物的主要構造樑、柱與樓板，都不需要具有防火時效，只要達到不燃程度即可，因此許多工廠類建築物都是以沒有防火被覆保護的鋼結構建造。然而火災發生時，這些鋼材的強度急速降低，可能導致建築物倒塌，危害入內救火的消防隊員的生命安全。建築技術規則鋼構造建築物應強化防火構造的規定，還是火災時應將建築物主要構造撤水降溫，或改變

³莊有清，「鋼材在高溫環境下之行為探討」，碩士論文，國立成功大學土木工程研究所，台南，2004 年。

⁴周民瑜、鍾興陽，「常見結構用鋼材火害後機械性質之研究」，碩士論文，國立成功大學土木工程研究所，台南，2008 年。

消防戰略避開可能倒塌的建築物，應廣泛收集資料以及參考國外規範，進一步研究。

第二節 研究目的與目標

一、研究目的

本研究計畫主題為「輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究」，依據招標文件之需求說明，我國二樓以下的工業、倉儲類建築物，依法得為非防火構造建築物，建築物的主要構造樑、柱與樓板，都不需要具有防火時效，只要達到不燃程度即可，因此許多工廠類建築物都是以沒有防火被覆保護的鋼結構建造。然而火災發生時，這些鋼材的強度急速降低，可能導致建築物倒塌，危害入內救火的消防隊員的生命安全。建築技術規則鋼構造建築物應強化防火構造的規定，還是火災時應將建築物主要構造撤水降溫，或改變消防戰略避開可能倒塌的建築物，應廣泛收集資料以及參考國外規範，進一步研究。

有鑑於此，本研究擬搜集國內、外近年來輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)火災事件，深究其火災發生原因、人員傷亡程度等相關資料，並比較國外相關法規與研究成果，針對現行國內相關法規，提出修正建議。另外，利用金相分析、超音波掃瞄等設備，針對鐵皮屋常用的輕量型鋼結構材料(A36)，進行 600、700、800、900、950、1,000 °C 的火害實驗，探討鋼材在不同加熱溫度下，水淬後其表面的金相顯微組織，及內部鋼結構缺陷之變化情形，研擬此類輕量型鋼結構建築物火災的消防搶救之對策。期望透過本研究成果，提供國內相關法規修正之參考，調整此類建築物火災的消防搶救之對策，以避免輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)火災造成重大傷亡悲劇一再發生。

二、研究目標

針對上述研究目的，本研究預期目標如下：

- (一) 蒐集國內、外鐵皮屋的重大火災案例資料，作為後續研究及未來法規修正建議等重要參考資訊。
- (二) 檢視建築、消防與搶救等相關法規，探討國內外目前法規在輕量型鋼結構類型建築物(鐵皮屋)的火災風險。
- (三) 藉由 A36 鋼材火害實驗結果，獲得水淬後其表面的金相顯微組織，及內部鋼結構缺陷之變化情形，找出此類建築物在火害後之危險特性及特徵。
- (四) 研提改善鐵皮屋火災時坍塌破壞之具體可行對策。
- (五) 探討輕量型鋼結構類型建築物(鐵皮屋)的火災風險，並建立輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救的運作機制。

第三節 研究方法與流程

一、研究方法

根據彭朋畿等人試驗研究結果，鋼板(SN490C)加熱至 800°C 以上時已多轉變為沃斯田鐵相，經水冷後可得到變韌鐵及麻田散鐵相，其細化組織可改變超音波之訊號，尤其是超音波之波速與衰減。而有關超音波探頭之選用，經試驗發現由於頻率較高之探頭在鋼材傳導過程中衰減較大，故建議選擇較低頻之 2MHz 探頭，以利超音波檢測法之評估。另 800°C 以上之水冷試片部分組織，已轉為變韌鐵及麻田散鐵相，故經拉伸試驗發現降伏強度及抗拉強度雖有增加趨勢，但伸長率卻降低(尤其是 1,000°C 之水冷試片)⁵。

此外，根據蘇俊吉等人研究，現場金相複製技術，可檢測材料受熱微結構的變化以及裂紋型態，同時可檢測早期的潛變損傷，整個金相複製評估過程中，可運用相當多的技術，包括檢測、材料冶金和應力及分析計算⁶。由前述可見，鋼材受熱後，材料性質受到高溫影響甚大，應可於現場利用金相複製技術，進行非破壞性檢測作業，以瞭解其微結構組織之變化。

因此，本研究將先以文獻蒐集、法規研析、火災案例蒐集與分析等方式，建立輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救的運作機制，作為後續研究及法規修正等相關研發之重要參考資訊。然後，運用金相分析、超音波掃瞄等設備，進行 6 種溫度的火災實驗，獲得水淬後其表面的金相顯微組織，及內部鋼結構缺陷之變化情形，以研擬輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)火災的消防搶救之對策。

本研究計畫主要研究方法將以相關文獻研析、國內外火災案例搜集、A36 鋼材的火災實驗、金相分析、火災後鋼板抗拉試驗等實驗、

⁵彭朋畿、張沛倫，李國鍵，施嘉裕，「模擬火災鋼板之超音波評估與研究」。

⁶蘇俊吉、陳孟宏、許峰彰，「火災事故後設備和管線之完整性評估」，台灣中油股份有限公司 97 年安全衛生觀摩研討會，2008 年。

專家學者座談會等方式。

- (一) 本計畫將以過去幾年的研究為基礎，再持續搜集國內外相關的火災案例，以及相關國內外的相關論文、著作、期刊，研究其理論、學說及方法，進行系統化的整理。
- (二) 藉由產險業者與消防單位等協助，獲得建築物火災後鋼板及鑑定調查等之相關研究，將其內容要點予以分析與歸納後，作為後續金相複製實驗之準備。
- (三) 本計畫將依前述章節，以常用建築結構用鋼板(A36)，透過高溫加熱設備，考量加熱 600、700、800、900、950、1,000 °C 等 6 種溫度，持溫 60 分鐘，以及自然及淬火等 2 種降溫方式。將前述各種不同加熱條件的鋼板，利用金相複製技術，獲得其金相顯微組織特徵，以研擬輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)火災的消防搶救之對策。
- (四) 執行火害後鋼板抗拉試驗，量測火害後鋼板的降伏強度、拉力強度、伸長率等機械性質。
- (五) 經由會議審查、專家學者研討等方式，針對前述各項研究成果，予以審閱與考核，並建議後續研究發展要項、法規與標準的研修方向等。
- (六) 邀請政府機關、民間團體、研究單位等各界代表，共同參與專家學者的座談會，檢討前述各項研究成果。

二、研究流程

有關本研究在執行上述研究方法與步驟，其研究計畫流程如圖 1-2 所示。

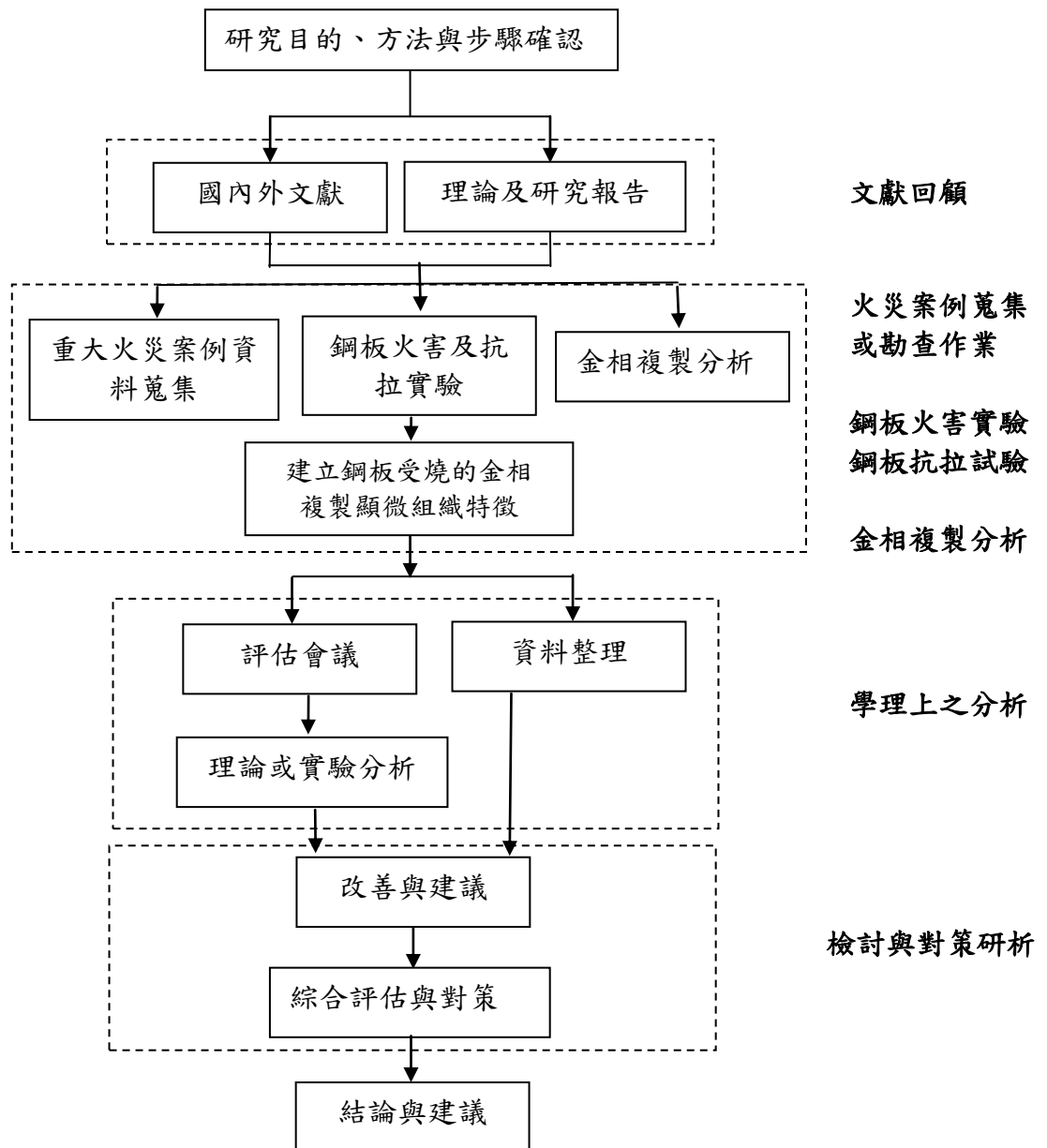


圖 1-2 整體研究計畫流程圖
(資料來源：本研究整理)

第二章 國內、外法規研析、文獻回顧及案例分析

第一節 國內外法規研析

一、國內法規探討

(一) 工廠及倉儲在建築法的定義

工廠在建築法歸類為(C類)建築物，包含工業及倉儲類，類別定義為供儲存、包裝、製造、檢驗、研發、組裝及修理物品之場所。依照「建築物使用類組及變更使用辦法」(內政部，102年6月)⁷，又細分為C-1類：供儲存、包裝、製造、檢驗、研發、組裝及修理工業物品，且具公害之場所。以及C-2類：供儲存、包裝、製造、檢驗、研發、組裝及修理一般物品之場所。

表 2-1 工廠及倉儲類定義表

| 類別 | | 類別定義 | 組別 | 組別定義 |
|--------|------------|---|-----|--|
| C 類 | 工業、 倉儲類 | 供儲存、包裝、 製造、檢驗、研 發、組裝及修理 物品之場所。 | C-1 | 供儲存、包裝、製造、檢驗、研發、 組裝及修理工業物品，且具公害 之場所。 |
| | | | C-2 | 供儲存、包裝、製造、檢驗、研發、 組裝及修理一般物品之場所。 |

(二) 工廠及倉儲的火載量

依照「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」(內政部建築研究所，97年6月)，各類居室堆積可燃物每1平方公尺的發熱量如下表4-2，其中編號(十)倉庫及其他儲放物品的房間，係指保管儲存物質之場所，如一般的倉儲、量販店之倉庫等場所可燃物，每1平方公尺的發熱量達2,000 MJ/m²，比其他類型建築物居室的發熱量高出甚多。

表 2-2 各類居室堆積可燃物每1平方公尺的發熱量表

⁷ 內政部營建署網站(103年10月)，內政部102.6.27台內營字第1020806573號令修正「建築物使用類組及變更使用辦法」。

| 編號 | 居室的種類 | | 發熱量 (MJ/m ²) |
|-----|-------------------------------|---|-----------------------------|
| (一) | 住宅的居室 | | 720 |
| | 住宅以外建築物內的臥室 | | 240 |
| (二) | 辦公室及其他類似場所 | | 560 |
| | 會議室及其他類似場所 | | 160 |
| (三) | 教室 | | 400 |
| | 體育設施的運動場及其他類似場所 | | 80 |
| | 博物館或美術館的展示場及其他類似場所 | | 240 |
| (四) | 百貨商場或其他販賣物品的店舖 | 家具或書籍等賣場及其他類似場所 | 960 |
| | | 其他 | 480 |
| | 餐飲店或其他餐廳 | 簡易餐廳 | 240 |
| | | 其他餐廳 | 480 |
| (五) | 劇場、電影院、演藝場、觀覽場、集會廳、集會場及其他類似場所 | 觀眾席部份 | 400 |
| | | 固定座位 其他 | 480 |
| | 舞台部份 | | 240 |
| (六) | 室內停車場或汽車修理廠 | 室內停車場及其他類似場所 | 240 |
| | | 車道及其他類似場所 | 32 |
| (七) | 走廊、樓梯及其他通道 | | 32 |
| | 玄關、大廳及其他類似場所 | 劇場、電影院、演藝場、觀覽場、集會廳、集會場及其他類似場所或百貨商場或其他販賣物品的店舖,以及其他作為類似該用途之場所 | 160 |
| | | 其他 | 80 |
| (八) | 升降機及其他建築設備的機械室 | | 160 |
| (九) | 頂樓廣場或陽台 | | 80 |
| (十) | 倉庫及其他儲放物品的房間 | | 2,000 |

(三)工廠及倉庫防火構造的規定

依照建築技術規則建築設計施工編（以下簡稱本編）第 69 條規定⁸，下表之建築物應為防火構造。但工廠建築，除依下表 C 類規定外，作業廠房樓地板面積，合計超過 50 平方公尺者，其主要構造，均應以不燃材料建造。

| 建築物使用類組 | | 應為防火構造者 | | | |
|---------|-----------|---------|--------------------------|--------------------|---|
| 類別 | 組別 | 樓層 | 總樓地板面積 | 樓層及樓地板面積之和 | |
| A 類 | 公共集會類 | 全部 | 全部 | — | — |
| B 類 | 商業類 | 全部 | 三層以上之樓層 | 3,000 平方公尺以上 | 二層部分之面積在 500 平方公尺以上。 |
| C 類 | 工業、倉儲類 | 全部 | 工廠：三層以上之樓層 | 1,500 平方公尺以上（工廠除外） | 變電所、飛機庫、汽車修理場、發電場、廢料堆置或處理場、廢棄物處理場及其他經地方主管建築機關認定之 150 平方公尺以上者。 |
| D 類 | 休閒、文教類 | 全部 | 三層以上之樓層 | 2,000 平方公尺以上 | — |
| E 類 | 宗教、殯葬類 | 全部 | | | |
| F 類 | 衛生、福利、更生類 | 全部 | 三層以上之樓層 | — | 二層面積在 300 平方公尺以上。醫院限於有病房者。 |
| G 類 | 辦公、服務類 | 全部 | 三層以上之樓層 | 2,000 平方公尺以上 | — |
| H 類 | 住宿類 | 全部 | 三層以上之樓層 | — | 二層面積在 300 平方公尺以上。 |
| I 類 | 危險物品類 | 全部 | 依危險品種類及儲藏量，另行由內政部以命令規定之。 | | |

⁸ 全國法規資料庫網站（103 年 10 月），內政部 102.11.28 台內營字第 1020812044 號令。
<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=D0070115>。

本條文（第 69 條）關於建築物應為防火構造之適用對象，依建築物使用類組、組別、樓層及總樓地板面積判斷之。上表內三層以上之樓層，係表示三層以上之任一樓層供表列用途時，該棟建築物即應為防火構造，表示如在第二層供同類用途使用，則可不受防火構造之限制。但該使用之樓地板面積，超過表列規定時，即不論層數如何，均應為防火構造。

按 C-1、C-2 類組之列舉用途引用都市計畫法規中的分類標準，已不合社會發展現況，且以該用途無聲、光等環境公害為分組依據，與本條文防止建築物倒塌之立法目的並無關聯，爰使 C-1 及 C-2 類適用一致之標準，另列舉建築物中火災危險性較高但未達 I 類基準者，總樓地板面積達 150m² 即應為防火構造建築物。

「防火構造」一詞，依據本編第 1 條第 33 款，係指建築物具有本編第三章第三節所定防火性能與時效之構造。第三章第三節條文整理如下：

| 條次 | 內容大要 |
|--------|-------------------------|
| 第 69 條 | 防火構造：規定應為防火構造之建築物。 |
| 第 70 條 | 防火時效：規定主要構造之防火時效。 |
| 第 71 條 | 三小時防火時效：規定三小時防火時效之構造內容。 |
| 第 72 條 | 二小時防火時效：規定二小時防火時效之構造內容。 |
| 第 73 條 | 一小時防火時效：規定一小時防火時效之構造內容。 |
| 第 74 條 | 半小時防火時效：規定半小時防火時效之構造內容。 |
| 第 75 條 | 防火設備：規定防火設備之種類。 |
| 第 76 條 | 防火門窗：規定防火門窗之構造。 |

依照前揭建築技術規則第 69 條規定應為防火構造之建築物，其主要構造應具有第 70 條規定之防火時效。依照建築法第 8 條規定：本法所稱建築物之主要構造，為基礎、主要樑柱、承重牆壁、樓地板及屋頂之構造。因此防火構造建築物，包含基礎、柱、樑、牆、樓地板及屋頂，即應具有第 70 條規定之防火時效。防火時效分別有 3 小時、2

小時、1小時、半小時，其構造方式與內容，分別依照第71條到第74條規定。如有開口，應設置防火設備及防火門窗，分別依照第75條及第76條規定辦理。茲就第70條到第76條規定說明如下：

1. 第70條

防火構造之建築物，其主要構造之柱、樑、承重牆壁、樓地板及屋頂應具有左表規定之防火時效：

| 主要構造部分 | 層數 | | |
|--|----------------|---------------------|-----------------|
| | 自頂層起算不超過四層之各樓層 | 自頂層起算超過第四層至第十四層之各樓層 | 自頂層起算第十五層以上之各樓層 |
| 承重牆壁 | 一小時 | 一小時 | 二小時 |
| 樑 | 一小時 | 二小時 | 三小時 |
| 柱 | 一小時 | 二小時 | 三小時 |
| 樓地板 | 一小時 | 二小時 | 二小時 |
| 屋頂 | | | 半小時 |
| (一) 屋頂突出物未達計算層樓面積者，其防火時效應與頂層同。 (二) 本表所指之層數包括地下層數。 | | | |

本條明定主要構造之防火時效，以確保火災發生後，建築物結構體不致於因高溫之破壞而倒塌。所謂「防火時效」，依照本編第1條第31款規定，係指建築物主要結構構件、防火設備及防火區劃構造遭受火災時可耐火之時間。本條表列規定之防火時效，其層數之計算係自頂層起算，並算至最下之地下樓層為止。

2. 第71條

具有三小時以上防火時效之樑、柱，應依左列規定：

一、樑：

- (一) 鋼筋混凝土造或鋼骨鋼筋混凝土造。
- (二) 鋼骨造而覆以鐵絲網水泥粉刷其厚度在八公分以上（使用輕骨材時為七公分）或覆以磚、石或空心磚，其厚度在九公分以上者（使用輕骨材時為八公分）。
- (三) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者。

- 二、柱：短邊寬度在四十公分以上並符合左列規定者：
- (一) 鋼筋混凝土造或鋼骨鋼筋混凝土造。
 - (二) 鋼骨混凝土造之混凝土保護層厚度在六公分以上者。
 - (三) 鋼骨造而覆以鐵絲網水泥粉刷，其厚度在九公分以上（使用輕骨材時為八公分）或覆以磚、石或空心磚，其厚度在九公分以上者（使用輕骨材時為八公分）。
 - (四) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者。

本條文明定 3 小時防火時效之梁、柱之構造標準，條文分別就鋼筋混凝土造、鋼骨鋼筋混凝土造、鋼骨造等一般常見之構造型式加以規定，另有其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能之規定，以因應日新月異的新建築材料與新建築工法，新產品應依照「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請要點」之規定，申請認可具有同等以上之防火性能。

3.第 72 條

具有二小時以上防火時效之牆壁、樑、柱、樓地板，應依左列規定：

- 一、牆壁：
- (一) 鋼筋混凝土造或鋼骨鋼筋混凝土造厚度在十公分以上，且鋼骨混凝土造之混凝土保護層厚度在三公分以上者。
 - (二) 鋼骨造而雙面覆以鐵絲網水泥粉刷，其單面厚度在四公分以上，或雙面覆以磚、石或空心磚，其單面厚度在五公分以上者。但用以保護鋼骨構造之鐵絲網水泥砂漿保護層應將非不燃材料部分之厚度扣除。
 - (三) 木絲水泥板二面各粉以厚度一公分以上之水泥砂漿，板壁總厚度在八公分以上者。
 - (四) 以高溫高壓蒸氣保養製造之輕質泡沫混凝土板，其厚度在七·五公分以上者。
 - (五) 中空鋼筋混凝土版，中間填以泡沫混凝土等其總厚度在十二公分以上，且單邊之版厚在五公分以上者。
 - (六) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能。
- 二、柱：短邊寬二十五公分以上，並符合左列規定者：
- (一) 鋼筋混凝土造或鋼骨鋼筋混凝土造。
 - (二) 鋼骨混凝土造之混凝土保護層厚度在五公分以上者。
 - (三) 經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者。

三、樑：

- (一) 鋼筋混凝土造或鋼骨鋼筋混凝土造。
- (二) 鋼骨混凝土造之混凝土保護層厚度在五公分以上者。
- (三) 鋼骨造覆以鐵絲網水泥粉刷其厚度在六公分以上（使用輕骨材時為五公分）以上，或覆以磚、石或空心磚，其厚度在七公分以上者（水泥空心磚使用輕質骨材得時為六公分）。
- (四) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者。

四、樓地板：

- (一) 鋼筋混凝土造或鋼骨鋼筋混凝土造厚度在十公分以上者。
- (二) 鋼骨造而雙面覆以鐵絲網水泥粉刷或混凝土，其單面厚度在五公分以上者。但用以保護鋼鐵之鐵絲網水泥砂漿保護層應將非不燃材料部分扣除。
- (三) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者。

明定 2 小時防火時效牆壁、梁、柱、樓地板之構造標準，以便於建築實務上之應用，搭配第 70 條執行，相較第 71 條，多出了牆壁以及樓地板防火時效構造之規定。

4.第 73 條

具有一小時以上防火時效之牆壁、樑、柱、樓地板，應依左列規定：

一、牆壁：

- (一) 鋼筋混凝土造、鋼骨鋼筋混凝土造或鋼骨混凝土造厚度在七公分以上者。
- (二) 鋼骨造而雙面覆以鐵絲網水泥粉刷，其單面厚度在三公分以上或雙面覆以磚、石或水泥空心磚，其單面厚度在四公分以上者。但用以保護鋼骨之鐵絲網水泥砂漿保護層應將非不燃材料部分扣除。
- (三) 磚、石造、無筋混凝土造或水泥空心磚造，其厚度在七公分以上者。
- (四) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者。

二、柱：

- (一) 鋼筋混凝土造、鋼骨鋼筋混凝土造或鋼骨混凝土造。
- (二) 鋼骨造而覆以鐵絲網水泥粉刷其厚度在四公分以上（使用輕骨材時得為三公分）或覆以磚、石或水泥空心磚，其厚度在五公分以上者。
- (三) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者。

三、樑：

- (一) 鋼筋混凝土造、鋼骨鋼筋混凝土造或鋼骨混凝土造。
- (二) 鋼骨造而覆以鐵絲網水泥粉刷其厚度在四公分以上（使用輕骨材時為三公分以上），或覆以磚、石或水泥空心磚，其厚度在五公分以上者（水泥空心磚使用輕骨材時得為四公分）。
- (三) 鋼骨造屋架、但自地板面至樑下端應在四公尺以上，而構架下面無天花板或有不燃材料造或耐燃材料造之天花板者。
- (四) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者。

四、樓地板：

- (一) 鋼筋混凝土造或鋼骨鋼筋混凝土造厚度在七公分以上。
- (二) 鋼骨造而雙面覆以鐵絲網水泥粉刷或混凝土，其單面厚度在四公分以上者。但用以保護鋼骨之鐵絲網水泥砂漿保護層應將非不燃材料部分扣除。
- (三) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者。

明定「1小時防火時效」牆壁、梁、柱、樓地板之構造標準，以便於建築實務上之應用。

鋼骨鋼筋混凝土造或鋼骨混凝土造之柱、樑，具有1小時防火時效；鋼骨鋼筋混凝土造或鋼骨混凝土造厚度在七公分以上之牆壁及樓地板，具有1小時防火時效。

鋼骨造具有結構作用之牆壁而雙面覆以鐵絲網水泥粉刷，其單面厚度在三公分以上或雙面覆以磚、石或水泥空心磚，其單面厚度在四公分以上者，具有1小時防火時效。鋼骨造而覆以鐵絲網水泥粉刷其厚度在四公分以上（使用輕骨材時得為三公分）或覆以磚、石或水泥空心磚，其厚度在五公分以上之柱、樑，具有1小時防火時效。鋼骨造而雙面覆以鐵絲網水泥粉刷或混凝土，其單面厚度在四公分以上之樓地板，具有1小時防火時效。

5.第 74 條

- 具有半小時以上防火時效之非承重外牆、屋頂及樓梯，應依左列規定：
- 一、非承重外牆：經中央主管建築機關認可具有半小時以上之防火時效者。
 - 二、屋頂：
 - (一) 鋼筋混凝土造或鋼骨鋼筋混凝土造。
 - (二) 鐵絲網混凝土造、鐵絲網水泥砂漿造、用鋼鐵加強之玻璃磚造或鑲嵌鐵絲網玻璃造。
 - (三) 鋼筋混凝土（預鑄）版，其厚度在四公分以上者。
 - (四) 以高溫高壓蒸汽保養所製造之輕質泡沫混凝土板。
 - (五) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者。
 - 三、樓梯：
 - (一) 鋼筋混凝土造或鋼骨鋼筋混凝土造。
 - (二) 鋼造。
 - (三) 其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者

明定「半小時防火時效」非承重外牆、屋頂及樓梯之構造標準，以便於建築實務上之應用。

6.第 75 條

防火設備種類如左：

- 一、防火門窗。
- 二、裝設於防火區劃或外牆開口處之撒水幕，經中央主管建築機關認可具有防火區劃或外牆同等以上之防火性能者。
- 三、其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者

防火設備係指防火區劃牆壁或建築物外牆上開口處，具有防止火災延燒性能之設備，最常見者為防火門窗、撒水幕等，但撒水幕或其他具有同等以上防火性能之設備，應以取得中央主管建築機關認可者為限。防火設備以阻止火災之蔓延為目的，此與消防設備以撲滅火災為目的者顯有不同。防火設備之種類除本條列舉者外，尚有風管使用之防火閘門及防火閘板；電力通訊、給排水管線貫穿牆壁、樓地板時，與貫穿部位合成之防火構造（本編第 85 條）。

本條規定之防火門窗，其構造應依本編第 76 條之規定。防火門窗在實務上多用於安全梯間之出入口、避難通道出口，及外牆上有延燒

之虞之開口、防火區劃牆壁之開口、防空避難室出口等處所。防火區劃牆壁及樓地板為防火區劃之主要設備，其構造應依本編第 77 條、第 78 條之規定。至於防火區劃牆壁、樓地板之使用除本編第 4 節，第 79 條至第 87 條有強制性之規定外，本編第四章「防火避難設施及消防設備」亦有相關規定。本條第 2 款所稱「撒水幕」，應指於火災發生時能自動撒水，隔絕火源，使燃燒室之高溫空氣經過其開口處之水幕後，能有效降低其溫度之設備。惟此種設備之標準尚乏國家標準，執行上殊難認定，而本規則其他條文亦未硬性規定何種情形應裝設撒水幕，為確保其防火性能，故規定應經中央主管建築機關認可。又本條所稱「防火設備」除防火門窗、撒水幕外，其他諸如風管內裝設之「防火閘門(板)」、電力、給水等設備管線貫穿防火區劃牆壁、樓地板，其貫穿部位之合成防火構造等(本編第 85 條)⁹。

防火門屬於經濟部標準檢驗局規定之應施檢驗項目，其防火時效應經經濟部標準檢驗局認可。防火窗並非經濟部標準檢驗局規定之應施檢驗項目，其防火時效應經內政部營建署建築新技術新工法新設備及新材料認可。撒水幕之防火性能需視個案認定，應由個案依循「建築物防火避難性能設計計畫書申請認可要點」之規定，經內政部營建署認可。

7.第 76 條

防火門窗係指防火門及防火窗，其組件包括門窗扇、門窗樘、開關五金、嵌裝玻璃、通風百葉等配件或構材；其構造應依左列規定：

- 一、防火門窗周邊十五公分範圍內之牆壁應以不燃材料建造。
- 二、防火門之門扇寬度應在七十五公分以上，高度應在一百八十公分以上。
- 三、常時關閉式之防火門應依左列規定：
 - (一) 免用鑰匙即可開啟，並應裝設經開啟後可自行關閉之裝置。
 - (二) 單一門扇面積不得超過三平方公尺。

⁹ 陳建忠、黃武達、許宗熙、張尚文、蔡之豪(93年12月)。「我國建築技術規則建築設計施工編第三、四章修正條文解說與補充圖例」。內政部建築研究所。

- (三) 不得裝設門止。
 - (四) 門扇或門樘上應標示常時關閉式防火門等文字。
- 四、常時開放式之防火門應依左列規定：
- (一) 可隨時關閉，並應裝設利用煙感應器連動或其他方法控制之自動關閉裝置，使能於火災發生時自動關閉。
 - (二) 關閉後免用鑰匙即可開啟，並應裝設經開啟後可自行關閉之裝置。
 - (三) 採用防火捲門者，應附設門扇寬度在七十五公分以上，高度在一百八十公分以上之防火門。
- 五、防火門應朝避難方向開啟。但供住宅使用及宿舍寢室、旅館客房、醫院病房等連接走廊者，不在此限。

本條明定防火門窗之細部構造規定，以確保防火及避難之安全。防火門窗為建築物重要之防火設備之一，依本條之規定，其組件包括門窗扇、門窗樘、開關五金、嵌裝玻璃、通風百葉等配件構材。

二、美國 International Building Code (IBC) 規範¹⁰

IBC 由 International Code Council (ICC) 出版，ICC 指派五個草擬小組委員會，小組成員係由 International Code Council 當時的三名法制成員代表所組成，包括 BOCA(國際性建築官署與法典管理公司，Building Officials and Code Administrator International Inc.)、ICBO(建築官署國際會議 International Conference of Building Officials)、SBCCI(國際性南方建築法國會 (Southern Building Code Congress International))。其目的係在於為建築體系草擬一個涵蓋現行模範法典並與之一致的內容豐富法典。舉行了 1997 年、1998 年與 1999 年之修正建議公聽會後，係採用 BOCA、ICBO 與 SBCCI 最新發布的模範法典作為發展的基礎後，持續修正至今。

依據 IBC 規範第六章構造類型，將構造依照材料的種類分為 Type I、Type II、Type III、Type IV、Type V 等五種構造型式。

¹⁰ ICC(International Code Council (2006)), 2006, USA.

- (一) Type I 與 Type II 構造類型係指下表臚列之建築物要素係不燃材料之構造類型而言。
- (二) Type III 構造類型係指外牆為不燃材料且內部建築物成分為該法規許可材料之構造類型。
- (三) Type IV 構造類型 (粗大橫樑, HT) 係指外牆為不燃材料且內部建築物成分為無隱藏空間之實心或薄板狀木材之構造類型。
- (四) Type V 構造類型係指其結構成分、外牆與內部牆壁係屬該法規許可之任何材料之構造類型。

針對上述五種構造類型，對應建築各部位，例如結構構架、承重牆、非承重牆、樓地板、屋頂等建築構件，其應具有的防火時效，規定如下表 2-3 所示。

表 2-3 IBC 建築構件之耐火等級要求 (小時) 表

| 建築構件 | Type I | | Type II | | Type III | | Type IV | Type V | |
|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------|------------------|---|
| | A | B | A ^e | B | A ^e | B | HT | A ^e | B |
| 結構構架 | 3 ^b | 2 ^b | 1 | 0 | 1 | 0 | HT | 1 | 0 |
| 承重牆 | | | | | | | | | |
| 室外 | 3 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 室內 | 3 ^b | 2 ^b | 1 | 0 | 1 | 0 | 1/HT | 1 | 0 |
| 非承重牆 | -(查閱 602 表) | | | | | | | | |
| 室外 | | | | | | | | | |
| 非承重牆 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | | 0 |
| 室內 | | | | | | | | | |
| 樓地板 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | HT | | 1 |
| 包括支撐樑與托樑 | | | | | | | | | |
| 屋頂 | 1 | 1 ^{c,d} | 1 ^{c,d} | 0 ^{c,d} | 1 ^{c,d} | 0 ^{c,d} | HT | 1 ^{c,d} | 0 |
| 包括支撐樑與托樑 | 1/2 ^c | | | | | | | | |

(資料來源：參考書目 10)

結構構架係指柱以及與柱（及支撐桿件）直接相連之大樑、小樑、桁架與承重腰牆。屋頂支撐如係僅用於支撐屋頂之結構構架與承重牆，得減少 1 小時耐火等級。除 Group F-1、Group H、Group M 與 Group S-1 用途外，無須結構構件之火災保護，包括在所有屋頂構造在樓地板正上方超過 20 呎之每部分的屋頂骨架與鋪設層板的保護。任何該等未受保護之構件應許可使用經阻燃處理的木材構件。就所有用途而言，於規定要求 1 小時或以下耐火等級之處，應容許使用大材料。容許以符合規定之一套自動撒水系統代替 1 小時防火時效構造，以及不能低於該法規其他節規定要求之耐火等級。

依照該規範第三章之用途分類，將建築物分為 Group A 會場、Group B 商業用途、Group E 教育用途、Group F 工廠與工業、Group H 高危險用途、Group I 機構用途、Group M 商品銷售用途、Group R 住宅用途、Group S 倉儲用途、Group U 公共事業用途及其他用途等，分別有不同的適用規定。

因此工廠與工業類（Group F-1）、高危險用途（Group H）、商品銷售用途（Group M）與倉儲用途（Group S-1），該規範認為上述場所的危險性較高，其結構必須有耐火保護。並以條列方式臚列收容物品，如果倉儲類（Group S）的建築物，收容條文列舉的危險物品，則應歸類為高危險用途（Group H），則其構造型式及防火時效，將另有限制。該規範對於工廠及倉庫採取較一般建築物嚴格的防火構造與防火時效規定，這點與我國現行工業及倉儲類（C 類），對於防火構造與防火時效的要求，反而較之其他建築物寬鬆，有很大的不同。

此外，該規範具有防火替代性的精神。該規範以用途、樓層數、構造種類、是否安裝消防設備等，來限制可建築的樓地板面積，因此如果希望提高樓地板面積，則需要強化建築物的構造種類，防火時效隨之提升。例如規定已安裝撒水器之一層樓建築物，就 Group B、Group F、Group M 或 Group S 用途建築物或 Type V 構造類型以外之一層樓

Group A-4 用途而言，當該建築物係依規定配備一套自動撒水系統且由公共通道或寬度不低於 60 呎 (18,288 mm) 院子環繞或鄰接著時，其一層樓面積不應受到限制。因此當選擇的 Type V 這種防火能力較弱的構造型式時，樓地板面積就會受到限制，當採用其他防火能力較佳的構造型式時，且能夠符合其他條件時，則允許建築的樓地板面積將獲得放寬，如果不符合規定，則允建樓地板面積將受到限制。

第二節 文獻回顧

一、建築物火災特性

建築物火災的特性依建築物構造、內裝材料、收容可燃物的量及開口部的大小等因素而有所不同，但火災一般都是以類似的發展過程進行燃燒，如火災初期時只有起火源附近在燃燒，當時室內的溫度並不高，之後火焰會隨著牆壁向天花板竄升而逐漸升高溫度，當天花板上方的可燃性氣體燃燒後，便釋放出大量的輻射熱並造成其他的可燃物開始熱分解，而熱分解的可燃性氣體進入燃燒範圍，形成激烈的燃燒，使區劃內全部陷入火焰包圍等現象¹¹。

本研究是以輕量型鋼結構(鐵皮屋)建築物火災為研究對象，而國內目前一般建築物的構造大致可區分為磚造、鋼筋混凝土與鋼構等防火構造居多，木造建築物為少數，而一般發生的建築物火災類型¹²，主要有老舊眷村(木構造房屋)火災、鐵皮屋倉庫火災、高樓及集合式住宅火災、高科技廠房火災、地下建築物火災、騎樓火災等六大類，各類型火災之特性如下：

(一) 老舊眷村(木構造房屋)火災特性

1. 木造房屋延燒迅速：

老舊眷村建築多為木造平房房屋，一般內部多以木材等易燃材料裝修並有搭蓋鐵皮等共同特點，建築物內電源配線老舊，使建築物發生火災之危險因素，比其他建築物高出了許多，且眷村中各戶一般皆為連通屋頂，或僅有木板做為隔間，一旦不小心發生火災極易造成火勢燃燒迅速並擴大延燒的現象。

2. 巷道狹窄、搶救不易

眷村內之巷道多為狹小巷弄，部份僅約一至二米寬，發生火災時，常造成消防車無法迅速進入及靠近起火建築物，造成搶救不易。

¹¹李立成，「建築物火災避難行為與空間安全特性之研究－以住宿型建築物為對象」，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，民國 87 年 6 月。

¹²鄧子正，「從都市消防救災探討緊急應變之組織及其運作」，國立交通大學經營研究所博士論文。

3.居住人口密度高(年齡層老化)

行動不便之老人，常因熟睡等因素，降低警覺心，致防火警覺不足，若發生火災，往往因無法順利逃生而釀成災情。

(二) 鐵皮屋建築物(倉庫或工廠)火災特性²

一般鐵皮屋建築物(倉庫或工廠)有以下幾點火災特性：

1.結構不堅固：

一般鐵皮屋建築物(倉庫或工廠)之樑柱多由鋼骨或 C 型鋼所造，其屋頂及牆壁皆以鐵皮搭蓋，一旦火場大火溫度達 600°C 以上，即會破壞鋼性，而一般火場溫度皆高達 1,000°C 以上，鋼骨即容易受熱彎曲，整間鐵皮屋即會因重心不穩，失去平衡而塌陷。

2.火勢成長迅速：

鐵皮屋建築物因空間利用及光線取得，加高加大空間設計，致使火災初、中期即充沛氧氣供應，利於燃燒進行且因室溫成長使壓力增高，空間氣體膨脹形成對流快速，火勢成長相對較快。

3.屋內無防火區劃：

鐵皮屋建築物內通常無防火區劃，一旦小火形成，如於初期無法控制，在預燃相乘效應，輕質可燃物分解加速，致命之閃燃現象往往在消防隊介入時就已發生，增加了消防搶救困難。

4.火災猛烈度大：

鐵皮屋建築物如使用在儲存物品，其火載量與火災猛烈度比一般住宅型態大，若屋內堆積易燃性原料、半成品及成品，當堆積燃料相鄰燃燒，致高能量電磁波相互吸收，高溫高熱經由輻射、對流、傳導、能量不斷回饋，促進燃料快速分解，輻射能回饋效應顯著。二樓地板為鐵板或木板，其材質不但無法阻隔熱，且空間特性使火災燃燒之熱煙流持續囤積在屋內，容易形成巨大火爐現象。

(三) 高樓及集合式住宅火災特性

經由無數的火災案例證實，在各種防火條件大致相同的條件下，高層建築比單層建築或多層建築火災危害性更大，而且火災發生後更

容易造成重大損失及傷亡事故，其火災特性分述如下¹³：

1.火勢蔓延途徑多且危害大：

高層建築物的樓層間、電梯管道、電線管道、空調管道及排水管道等豎向管道，如沒有考慮防火區劃或防火區劃措施處理不當，火災發生時，猶如一座座高聳的煙囪，通風作用大，即成為火勢蔓延的途徑。

2.因疏散困難而容易造成重大傷亡事故：

高層建築的特點，一是層數多，垂直距離遠，需要較長的疏散時間；二是人員比較集中，疏散時容易出現擁擠的情況；三是發生火災時的煙氣和火勢往豎向蔓延快，給安全疏散帶來困難，而平時使用的電梯由於不防火煙和斷電等原因停止使用。所以火災時，高層建築物的安全疏散主要靠樓梯，如果樓梯間不能有效地防止火、煙侵入，則煙氣就會迅速灌滿樓梯間，而嚴重阻礙人們的安全疏散，甚至威脅人們的生命安全。

3.消防設備不夠完備導致搶救困難：

搶救高層建築物火災主要立足於建築物內消防給水設備，由於受到建築結構及消防安全設備條件的限制，常常給搶救工作帶來不少困難。例如，大面積火災時，建築物內消防水源就不一定夠用，便無法及時有效控制火勢蔓延；又如消防水泵等建築物內消防給水設備發生故障，就得靠消防車利用本身裝載之水源或抽吸建築物外消防水源進行搶救，但是消防水帶並無法承受巨大壓力，往往由於水壓過大，使得水帶破裂，延誤救災時機。

4.用途複雜而起火因素多：

一些面積大、層數多的高層建築物，其特點在於：內部功能複雜，使用單位多，管理制度鬆散，火災防護漏洞多，容易引起大的火災事故。有些建築物使用單位多，人員集中，管理不良，在疏散走道、樓梯平台甚至門口附近，堆放大量可燃物，在部份房間內，有的存放貴重設備，有的作為實驗室使用，存放多種危險物品，無形中已增加火災發生危險性。

¹³葉俊興，「超高層建築物消防搶救管理策略之研擬」，國立臺北科技大學碩士論文，2001年。

5.各種管道密佈：

高樓內部設有各種管路系統，包括空調系統、電線系統、電梯系統、排煙系統以及供水、排水等水管。這些管路不但平面分佈於各角落，且上下連貫，形成網路。火災時，這些管路乃成為火煙向上延伸之最佳孔道。尤其下層發生火災時，整棟大樓將立即陷入煙霧之中。

(四) 高科技廠房火災特性¹⁴

1.廠房寬廣，人員分佈密度小：

高科技廠房為配合不同性質用途、不同流程設備儀器之擺設及便於修改使用方式等需求，各廠之廠房均十分寬敞高大以便於應用，由於工廠寬廣，加上運用高度自動化的儀器及設備，使得廠房人員分佈的密度變的極小，且每個工作人員熟知的工作區域極為有限，一旦災害發生，萬一探測裝置或警報設備故障的話，勢將難以發現並及時進行應變。

2.區劃設計特殊：

高科技廠房內之無塵室多為一封閉之區劃空間，門、窗量很少，一旦起火，大量的煙、熱會聚集在內，難以排除。在廠房設計之分，為了避免一旦有一個區域受到污染波及其他區域，當確定有狀況發生時，整棟無塵室的空調通風系統會自動關閉，使得煙、熱更不易排到室外。此外，為了減少空氣的流動及污染源的侵入，所有人、車、器材及設備進入無塵室時，均需經過嚴密的換鞋、更衣、盥洗及吹淋等步驟。而為達成上述目的，通常會使建築內的平面佈置較為曲折，由外入內須通過重重電子管制門，延遲應變人員進入搶救時間。

3.各種管線錯綜：

高科技廠房內充滿各種連接儀器、機械、化學氣體及化學液體之管路，其中不乏易燃、易爆的液體或氣體，如矽甲烷及氫氣等，這些管線的承載量大，經常連續運轉，而且有的管道就設置

¹⁴陳火炎，「台南科學工業園區防災體系建制之研究」，台南科學工業園區管理局成果報告書，民國91年8月。

在牆內，萬一發生洩漏，將難以及時發現處理；萬一洩漏出的易燃（爆）氣體聚集到爆炸下限時，就有可能會引起起火或爆炸。各種有毒化學氣體及火流亦將順管道迅速蔓延至廠區各處。而且廠內管路四處通竄，其穿透處及管路本身，若未能有效的予以填充洩漏或裝設閘門，將成為煙熱在廠區中流竄的最佳途徑。

4.伴隨化學物質火災

高科技廠房製程中充滿了高危險性物品，例如處理晶片氧化過程中所需要的純氧、蝕刻過程中的各種強酸及進行氧化氣相沉積（Chemical Vapor Deposition，簡稱 CVD）成膜時的極端易燃與高腐蝕性物質等。這些物質的大量存積，加上半導體廠多屬於二十四小時不停的運轉生產，使得其內部幾乎是處處暗藏危機。不僅如此，倘若災害事故一發生，大量危險的化學物質便可能迅速外洩，進而危害到第一線的搶救人員，及四周的環境安全。

（五）地下建築物火災特性

1.濃煙密佈：

地下建築物發生火災時，濃煙密佈，充滿有毒氣體，因開口部較少，空氣不足，更易產生大量之濃煙。

2.高溫灼熱：

地下建築物因四周完全封閉之故，火災發生時，熱量無法消散，燃燒蓄積之結果，自然形成高溫、高熱，火災溫度常超過 1,000°C 以上。

3.迅速延燒：

地下建築物火災有迅速向上延燒之特性，地下層一旦起火，地面層以下各層頓時陷入危險，火勢容易沿管道間或樓梯間向上竄燒。

4.逃生不易：

地下建築物由於空間大，內部構造複雜，火災發生時漆黑無光，加上隔間、通道、門戶或雜物之阻礙，在濃煙高熱中逃生時極容易迷失方向。

5. 搶救困難

地下建築物火災，因受上升之濃煙與高熱之壓迫，搶救工作困難重重。有時消防人員進入地下層時，必須攜帶空氣呼吸器始能入內，故無法長時間滯留其內，燃燒狀況判斷困難，無法採取有效之搶救作為，且有時因新鮮空氣之突然侵入，而造成易燃氣體之復燃，釀成極端之危機¹⁵。

(六) 騎樓火災特性¹⁶

1. 多為機車火災

台灣有一千萬輛機車，平均每二人就有一輛。機車平常就擺在住家的前面或是騎樓下，而停放在騎樓下的情形最多，有時甚至是雙排停放，據張旭富於建築騎樓主要可燃物燃燒行為研究-機車燃燒行為研究中指出，125c.c 塑膠殼機車之座墊與塑膠外殼燃燒所產生的最大熱釋放率峰值分別為 619.0kW 與 1268.0 kW，總發熱量為 68.49MJ 與 210.0MJ，而單輛機車內所有塑膠材料之發熱量約佔機車整體可燃物發熱量的 71.2%，可見機車停放於騎樓，若發生火災將燃燒迅速，並波及附近建築物。

2. 容易造成延燒

都市中之騎樓多為店家所佔用，除廣告物、廣告招牌等易燃物外，部份騎樓亦有設有天花板裝潢，一旦發生火災火勢容易延燒廣告看板或裝潢擴大延燒。

3. 波及建築物後產生煙囪效應

停放於騎樓之機車發生火災擴大燃燒後，若遇僅有單一通道或單一樓梯出口之建築物，火勢往往會沿著通道或樓梯間向上竄燒，此時即容易形成煙囪效應，造成延燒及阻礙逃生¹⁷。

¹⁵陳秋蒼，「建築物火災人命安全因素及評估之研究」，中央警官學校警政研究所碩士論文，民國 84 年 6 月。

¹⁶張旭富，「建築騎樓主要可燃物燃燒行為研究-機車燃燒行為研究」，國立台灣科技大學碩士論文，民國 86 年 6 月。

¹⁷張冠吾、郭豐裕、謝伯毅合著，騎樓火災，消防月刊，2005 年 3 月。

二、鐵皮屋類型概述

(一)鐵皮屋類型

於民國 60 年代間，鋼筋混凝土在台灣開始流行，其為以模板加以以固定、澆灌之溼式施工，為可大量製造、快速生產之建築形式。其主要建築特徵為平屋頂，但其因不考慮氣候特徵，所以並無法解決台灣多與之氣候環境，且因其早期施工技術不佳，以致屋頂易於漏水，為改善此問題，並增加私人空間之使用，多採取屋頂加蓋之形式。初期加蓋以石綿瓦或塑膠浪板為主，但因石綿瓦經研究顯示易導致癌症，且此二建材易因使用年限即耐候性不足而脆化、損壞，後期多以鋼浪板為主要加蓋材料，即泛稱之「鐵皮屋」。

城市中大量鐵皮屋頂與庭院加蓋，鄉村區農舍加建鐵皮屋提供儲藏、停車之用；工業區則提供較大跨度與挑高之工作空間；農業區內違規營業之餐飲、特種營業，將其價廉與可拆特性，發揮至最大。另一方面，鐵皮屋運用於臨時建築物，例如：營建工地之工寮、事務所，重大災害後之避難屋。根據文獻¹⁸故本研究所謂鐵皮屋，依建築類型可分為加蓋鐵皮屋、組合屋、倉儲廠房等三類：

- 1.加蓋鐵皮屋：於原建物屋頂、露台、屋側空地加蓋之附屬設施。本類型多為建築物完成後，因應實際需要加蓋，故多未納入正式建築管理程序而屬違章建築。
- 2.組合屋：屬臨時建築物，運用於工地工寮、事務所或災後避難組合屋，於事件完成後即拆除。本類型為建築之假設工程，或災難後公部門之救援設施，故雖未納入正式建管體系，仍屬合法建築物。
- 3.廠房：中小型工廠常於工業區或都市計畫外搭建較大跨度與挑高空間，充當營業、工作、儲藏之用。本類型因地點、擁有者、使用者不同，有很大差異，以現有情況而言，大部分會納入正式建管體系，以取得用水、用電及合法營業登記。

¹⁸ 謝明哲，民 90，視而不見、存而不論-鐵窗與鐵皮屋現象：被忽略之本土意義，台北科技大學建築與都市設計研究所



屋頂加蓋型式



工地臨時事務所



小型工廠



儲存倉庫

圖 2-1 鐵皮屋常見類型照片 (資料來源：參考書目 18)

(二)鐵皮屋構築方式¹⁸

鐵皮屋主要以屋頂、牆體、支架物三部份組成，可為部份使用或整體之獨棟鐵皮屋。因其早期多以彌補鋼筋混凝土於氣候適應上之不足，最常被使用為屋頂部份，多作為平屋頂之加蓋部份；牆體部份次之，主要在於圍塑空間私密性，及界定領域範圍。最顯著的特徵即為：斜屋頂、薄牆，在構造型態與組構方式上與木構造最為相近。由於外在加工而較其他構造材料耐候性高，出簷深度較有彈性。

鐵皮屋為「輕型鋼構建築」之泛稱，在國內制定之中國國家標準 CNS G3122(一般結構用輕型鋼)，簡稱為輕型鋼(Light Gange Steel)。主要組構方式以兩部份進行說明，分別為：(1)支架體；(2)填充材。若不計基礎部分，鐵皮屋之主要材料為 C 型鋼與彩色鋼板，構築方式為骨架面板式，即以 C 型鋼為梁柱組成支架體，以彩色鋼板為填充體，

兩者之間以 C 型鋼、接合鐵件為中介結合。構築原理分述如下：

1. 支架體：為鐵皮屋之主要結構，小型工程使用 C 型鋼、組合 C 型鋼為柱、梁、屋架，較大工程則使用以 H 型鋼、組合 C 型鋼形成構架抵抗垂直力；水平力則以斜撐拉桿（bracing）抵抗。若為貳層以上建物，其樓板採用鋼承板（Deck）。支架體之接合方式在工廠以焊接為主，在工地現場以螺栓（高拉力）為主。
2. 填充體：為鐵皮屋之外殼包覆，可分為開口部、牆面與屋頂，開口部為門窗，均為外購之「部品化」材料，牆面與屋頂則以彩色鋼板為主。圍封體之接合為利用彎折形狀疊接，門窗、鋼板與各式收邊材以自攻螺絲鎖定，矽膠（Silicone）填縫。另填充體內有一中介結構，即鐵皮屋之支架體與填充體間結合物，可為 C 型鋼或接合鐵件，以螺栓或自攻螺絲固定。

表2-4 鐵皮屋構築方式

| 區分 | 力作用 | 應用部位 | 使用材料 | 接合方式 |
|----------------------|----------------|------|---------------------|--------------|
| 支架體 (主要結構) | 抵抗垂直力 抵抗水平力 | 柱 | H型鋼 組合C型鋼 C型鋼 | 焊接 螺栓鎖合 |
| | | 梁 | | |
| | | 屋架 | | |
| | | 樓版 | 鋼承板 | 剪力釘,RC |
| | | 斜撐 | 圓鋼棒 | 焊接 螺栓鎖合 |
| 填充體 (外殼包覆) | 承擔自重 | 開口 | 金屬門窗 | 螺絲鎖合 |
| | | 外牆 | 鍍鋅鋼浪 | 彎折疊接 螺絲鎖合 |
| | | 屋頂 | | |
| 填充體 中介結構 (次結構) | 傳遞應力 | 屋頂桁條 | C型鋼 | 螺絲鎖合 |
| | | 樓板小梁 | | |

(資料來源：參考書目 18)

三、鐵皮屋(工廠)建築物之火災危害風險及改善建議

台灣民生基礎之重要產業常用之建築物類型為鐵皮屋建築物，也是我國傳統產業最常使用之建築物類型。然而因為製程、設備管線複雜，物料又具易燃之高風險特性，稍有不慎，即可能發生重大火災或爆炸，除造成人員傷亡、營運損失外，無形的社會成本難以估量¹⁹，例如歷年發生多起的鐵皮屋(工廠及倉庫)建築物火災事故，常造成人員生命及財物嚴重受損，且引起鄰近居民極大不安，後續更引發社會不安及諸多國家資源耗費。

一般鐵皮屋(工廠及倉庫)建築物有很高的內部與外部之火災風險因素，且廠房易存放許多的公共危險物品與高壓可燃性氣體，其相關構造、設施與設備，以及廠房火災搶救等方面，屬於內政部業管範圍。另外，依據歷年火災案例調查分析、現場案例實際勘查作業及初步危害分析調查結果，彙整出一些問題及改善建議，用以檢視鐵皮屋建築物業者及各級主管機關是否落實自我管理及檢查制度，提醒業者應常保危機意識，確實依循相關法規，而非流於形式應付，惟有從平日落實各項作業安全等管理及檢點，方能有效預防事故、減少職業災害發生。

(一)風險潛勢分析

1.管理制度面

- (1)存有大量易燃物質，有潛在火災及爆炸之危害。
- (2)如地震及水災等天然災害造成危險物品儲槽或管線受損，進而可能引起危險物品外洩發生之重大火災或爆炸災害，宜有適當對策。
- (3)就廠房提供之資料顯示，近幾年均無製程變更及設備更新之情形。
- (4)職災事故請檢討作業危害之辨識、評估及控制情形，並檢視相

¹⁹大型石化廠公共安全管理聯合督導計畫，聯合稽查結果總報告，經濟部工業局彙編，2011年。

關安全作業標準是否足夠。

- (5)宜多注意人為操作不當（不正確的動火程序、不安全動作、操作程序錯誤等）引起的風險。

2.設備設施面

- (1)製程設備及管線等構件維護及檢測不落實可能有劣化或腐蝕等情形。
- (2)機械設備及控制系統如發生故障有過熱及異常反應等風險。
- (3)製程因機器設備、管線老舊或操作不當，有造成危險物品外洩引發火災甚至造成爆炸等危害。
- (4)製程設備管線已多年未實施檢測，亦未建立管線風險分級管理、測厚位置及檢測週期之評估管理機制，易因管線鏽蝕發生洩漏而肇災。
- (5)廠區內之電氣室及控制室坐落在製程及生產設備群中，或鄰近製程及生產設備，易受製程及生產設備之工安影響。
- (6)建築物與建築物間之法定空地，搭蓋棚架作為工作場所，未留設適當之防火間隔，如發生火災恐有延燒之危害。

(二)鐵皮工廠危害改善建議

1.整體改善建議

- (1)災害預防比後續處理更重要，除從工程專業的工作內容去考慮外，主管人員可以思考如何運用訓練、教育深耕工作人員的工安意識。
- (2)對於整個廠區的環境綠化工作可再加強，廠區環境綠化雖與工安無直接關係，但影響工作情緒，工作環境愈佳，相對工作情緒好，工安事故亦有可能減少。

2.消防安全設備

- (1)廠房屬老舊廠房，設置之消防安全設備應以有效滅火為主要考量，因此，除需符合「各類場所消防安全設備設置標準」相關

規定外，應檢視廠區放置物品之化學性質與數量、規模大小及發生火災時之損害程度與搶救難易度，檢討設置適當數量與性能之消防安全設備，並採取其他必要措施（如施以防火被覆、防火區劃等）。

- (2)鐵皮廠房多屬老舊廠房，部分廠房有不符公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法第 79 條之規定之情形，建議全面檢視各區域之位置構造設備是否適切，並予改善，以維護廠內安全。
- (3)廠房內如有增建或改建致涉及公共危險物品場所位置、構造、設備及消防安全設備部分，應將消防設計圖說預先送請當地消防機關審查。
- (4)在製程區或儲存區內，有電線電纜穿牆處皆應有類似防火填塞的耐火材料，建議加強，以避免火災發生時造成延燒。
- (5)消防安全設備，應定期於每年委託消防設備師（士）或檢修機構進行檢修，且依規定將檢修結果報請消防機關備查。
- (6)為確保消防安全設備正常堪用，應按月定期實施廠區消防安全設備自主檢查，檢查結果應確實填寫於自主檢查表內。
- (7)消防安全設備於自主檢查發現缺失時，應紀錄於自主檢查表內，並立即陳報相關主管，儘速予以修復改善。
- (8)偵測警報設備應依規定定期測試及校正，並定期維護保養及紀錄備查。
- (9)消防管線、製程設備及管線等構件有劣化或腐蝕等情形，建請加強檢測、維護或更換。

3.消防防災（防護）計畫

- (1)保安監督人應對場所內之防火避難設施、火氣設備使用、公共危險物品保安監督及電氣設備等落實自主檢查，並確實將檢查結果詳填於「保安監督自主檢查表」，且應說明每隔多久時間

檢查 1 次。

- (2)施工作業之保安監督人對於該施工現場之作業人員，應嚴格要求遵守施工安全管理事項。
- (3)廠區如有施工情形，應事先協訂場所施工安全計畫，確立場所整體的保安管理對策，然後據以落實防災管理體制。對於施工之進行狀況、防災對策、教育訓練等之實施，隨時檢討改進。
- (4)應針對歷年來國內外類似工廠發生之災例事故，擬具因應對策及應變改善計畫，並做為教育訓練計畫依據。
- (5)應強化員工教育訓練，強化法制教育及灌輸防災意識，另應加強承攬商之安全管理訓練，如用火用電之管理。
- (6)應制定之自主安全檢查項目，應於平時落實檢查，並定期檢討執行情形，修正檢查方式、項目或檢查頻次。
- (7)火災應變標準作業程序中，對於火災相關的意外事件發生時之處置方法為在廠房無法自行處理時，才尋求外力協助，此規劃甚為不妥，因廠房內可能有大量易燃原物料及成品，建議有可能引發火勢的意外事件發生時，應於第一時間立即通報當地消防機關及工業區主管機關（立即啟動聯防機制），以避免災情擴大。
- (8)針對地震及水災等天然災害發生時，應評估廠區之公共危險物品受災之可能危害，研議防災應變對策及實施教災演練，以防止災害擴大、減少人命傷亡及財產損失。
- (9)應確實依防災計畫之內容實施廠區消防安全設備及其他設施檢查與維修、施工安全對策、員工危險物品安全管理教育訓練、自衛消防運作對策及洩漏、爆炸等意外事故之應變措施等事項。
- (10)場所管理權人將消防防災計畫向消防機關申報完畢後，應交由保安監督人保存妥當；計畫內容部分，如人員、連絡方式及訓練等內容有所異動時，須隨時修改防災計畫內容。

- (11)廠區如有增建或改建致涉及公共危險物品場所位置、構造、設備及消防安全設備部分，應將消防設計圖說預先送請當地消防機關審查。

4.勞工安全衛生管理

- (1)安全衛生管理計畫雖依法定事項訂定，但部分事項僅敘述依據資料之名稱，未見具體內容，應改善增訂。
- (2)部分機械設備自動檢查表之檢查項目及內容未顯示檢查結果（正常或故障待修），建議重新檢視檢查表之項目，並增列判定合格之標準。
- (3)每日作業前自動檢點表，單位主管欄不能用蓋章方式，應以簽名方式確認。
- (4)勞工安全衛生管理計畫、自動檢查計畫及製程危害分析資料內容過於簡略或無具體內容，建議就各項目之執行子計畫再予補充。
- (5)事故調查發生原因為員工不安全行為及人為疏失之比率甚高，建議重新審慎分析有無其他原因，如管理或自動檢查是否確實落實等，始能提出有效改善對策。
- (6)失誤模式與影響分析對工安助益甚大，建議可針對反應器進行分析，更可預防並掌控反應器可能發生之災害。
- (7)為防止職災事故之發生，請全面檢討相關工作環境或作業危害之辨識、評估及控制情形，並擬定執行計畫，且事故調查應再更詳細，部分無追蹤紀錄。

5.工作場所作業活動、設備及設施

- (1)應改善現場原物料管線流向、顏色及閥件開關標示不一致或不清晰等。
- (2)甲類危險性工作場所有預塑廠（管線的切割或加工），內有氧氣及乙炔等鋼瓶，且於加工區域旁又有瓦楞紙紙箱及油漆桶，

其火載量很大，一旦造成火災，即容易危及焚化爐造成更大的災害，建議加強場區之安全管理。

- (3)槽區許多管線跨接線（閥件）不完整，宜全面檢修並補足。
- (4)廠區排水溝有些加蓋，有些沒有加蓋或金屬柵板，宜全面檢討是否應加蓋，避免夜間或執行緊急應變時人員誤踏跌倒受傷。
- (5)若油槽儲區管線支架鏽蝕斷裂時，應予修復。
- (6)部分室外儲槽採懸空設置，是否符合設計規範？若係早期所許可，建議重新評估構體防震及結構安全等，並予補強。
- (7)應適時更新工作場所之物質安全資料表。
- (8)廢棄建築物周圍之警戒線應再加大範圍，以防止物體飛落之危害。

6.建築物公共安全

- (1)工廠建築物應每年委託專業檢查人或機構辦理年度建築物公共安全檢查簽證及申報。
- (2)目前年度建築物公共安全檢查簽證及申報書內容：申報棟數、分間牆位置與現場不甚相符，防火材料耐燃等級未標示，建議應加以改正。

四、鋼結構及鋼鐵材火害特性

建築物火災的特性依建築物構造、內裝材料、收容可燃物的量及開口部的大小等因素而有所不同，但火災一般都是以類似的發展過程進行燃燒，如火災初期時只有起火源附近在燃燒，當時室內的溫度並不高，之後火焰會隨著牆壁向天花板竄升而逐漸升高溫度，當天花板上方的可燃性氣體燃燒後，便釋放出大量的輻射熱並造成其他的可燃物開始熱分解，而熱分解的可燃性氣體進入燃燒範圍，形成激烈的燃燒，使區劃內全部陷入火焰包圍等現象。

鋼結構在現代建築中有許多優點，如施工快速，耐震性佳及結構

重量輕等等。因此在地狹人稠的都會區中，鋼構建築提供了建築業界許多好處。但是鋼結構受火害後，對鋼材之強度影響較大，故鋼結構雖具工期短及耐震性強等優點，但是溫度對鋼材之影響，仍無法避免¹。另外，鋼結構雖有節能環保、韌性佳等優勢，然因鋼材耐火性能不佳，且鋼材的力學性質受溫度的影響甚大，尤其當溫度上升至 600°C 時，其降伏強度下降至原有強度的四成以下。依據 ISO 834 的升溫曲線，火場在 20 分鐘內即可升溫至 800°C，在此溫度下一般鋼材的降伏強度及彈性模數，已下降至原有強度的一成以下，顯然其強度與勁度嚴重不足，而此一特性，恐將限制鋼結構在工程實務上的應用²⁰。為確保鋼結構建築物在火災下之安全性，工程上多採用防火被覆阻隔鋼結構構件受高溫影響，以彌補傳統鋼結構耐火性能不足之缺點。

另外，根據孫彥輝等人針對 SS400、Q235B 和 Q345B 鋼材的熱塑性進行研究，結果發現此類鋼材存在兩個低塑性區，即凝固脆性溫區和低溫脆性溫區，由試體斷面的金相組織成分顯示，產生凝固脆性溫區的原因，主要是高溫下枝晶間有害元素 S、P 和 O 等雜質元素集結形成液模。而產生低溫脆性溫區的原因，主要是奧氏體晶界出現鐵素體薄膜，以及細小 AlN 析出造成連鑄環的塑性降低²¹。Beland 也提出隨著溫度的升高，金屬的表面會呈現不同的顏色，主要是因其在不同溫度下表面與氧氣發生氧化反應，產生金屬氧化物不同，從而造成其顏色上的差異²²。

²⁰楊國珍、林南交，「銲接型式對高溫下軸向受力鋼柱破壞模式之影響」，內政部建築研究所委託研究報告，2011 年。

²¹孫彥輝、倪有金、許中波、蔡發科，「中碳鋼溫力學和冶金行為」，北京科技大學學報，VOL.31 NO.6 JUN. 2009 年。

²²Beland, B. Examination of arc beads, fire and Arson Investigator, 44(4):20-22, 1994.

第三節 國內火災案例分析

以銅為鏡，可正衣冠；以史為鏡，可知興替；以人為鏡，可明得失，因此，本計畫擬進行輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)調查分析研究，主要分為火災案例分析，以及現場勘查與訪談作業等兩大部分。在火災案例分析方面，以整理國內、外重大火災事故之發生因素，經過系統化的整理分析後，作為後續此類建築物防火安全之參考，勿重蹈覆轍及舊事重演，確保人員與設備之安全。

本研究擬以輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)為研究標的物，經由廠房業者、產險業者、各縣市消防單位的協助，收集國內、外重大火災案例相關資料，並以該類建築物火災發生時間、地點、原因等基本資料，經過適當地資料分析彙整與統計後，探討與分析出各項危害因子，並再進行系統化的火災因素分析，獲得研究成果。

爾後，再針對數個國內輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)的現場勘查與消防搶救過程參與人員的訪談作業，深入瞭解鐵皮屋的發展概況、危害因子，以及此類建築物在火災防範方面的困境。

案例一、新北市幸世機電工業有限公司火警事故

(一)火災概況：

- 1.時間：93 年 07 月 13 日 0 時 35 分。
- 2.地點：新北市三峽鎮溪東路 34 巷 19-3 號。
- 3.死傷情形(含消防人員)：1 名消防人員死亡。
- 4.死亡原因：二樓樓板塌陷，致人員掉落 1 樓窒息死亡。
- 5.建築物損毀情形：未倒塌，但內部二樓部分樓板坍塌，且鋼骨結構已受不同程度之火熱影響而變色或變形。
- 6.火災災因：電氣引燃火災。
- 7.消防人員搶救過程(簡述)：
 - (1)於溪東路 34 巷口可看見 19-3 號幸世機電有限公司 2 樓窗戶不斷冒煙，到達現場時 2 樓尚未有火舌冒出，鐵門及各窗戶均呈關閉狀態，電源未開啟。
 - (2)轄區分隊三峽分隊佈 2 水線從後面入室搶救射水，期間 2 樓突冒出火舌，火勢轉趨猛烈。
 - (3)火災搶救之中後期，支援單位車輛佔據附近 4 處消防水源中繼供水予三峽車組持續搶救，三峽分隊出水線 4 線進入射水滅火。
 - (4)於現場 1 樓約中間處所走道附近發現 1 具焦屍，另依其陳屍位置附近掉落之空氣瓶、面罩、消防衣、消防鞋及無電等殘骸研判為消防隊員王○○，再據死者軀體嚴重受燒及空氣呼吸器上之壓力表懸掛於上方鐵桿之情形，研判死者最先應陳屍於 2 樓，待 2 樓木質地板燒穿後掉落至 1 樓。
- 8.現場照片、火災搶救照片、火災後照片：詳如下表 2-5。
- 9.其他補充資料：
 - (1)火場合法性：不合法。
 - (2)建築物結構：鋼骨鐵皮構造。
 - (3)建築物破壞原因、位置：鋼骨結構承受不同程度之火熱影響而

變色或變形，並造成內部二樓東南側部分樓板坍塌。

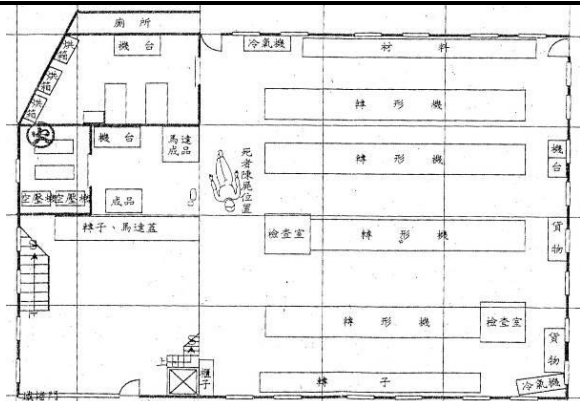
(二)進階調查：(以投入各火災案例進行火災搶救過程進行調查)

- 1.車輛：水箱車 16 輛、水庫車 15 輛、救護車 5 輛，總計 36 輛。
- 2.裝備：空氣呼吸器 130 套、雙節梯 5 具、火鉤 5 支、火斧 4 把、發電機 2 部、圓盤切割器 2 具、瞄子 14 支。
- 3.人數：消防 78 人、義消 49 人、消防役 36 人，總計 163 人。
- 4.水量：約 6,603 噸。
- 5.搶救時間軸：搶救時總計 345 分鐘。
 - (1)通報：93 年 7 月 13 日 0 時 35 分
 - (2)出勤：93 年 7 月 13 日 0 時 36 分
 - (3)到達：93 年 7 月 13 日 1 時 14 分(初報地址有誤)
 - (4)灌救：93 年 7 月 13 日 2 時 15 分
 - (5)控制：93 年 7 月 13 日 2 時 10 分
 - (6)熄滅：93 年 7 月 13 日 6 時 30 分

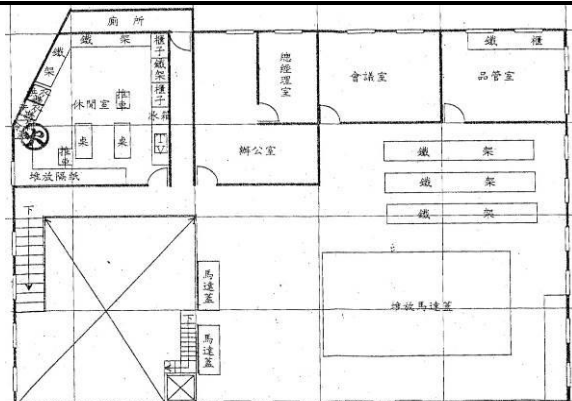
(三)火災防範與改善對策：

- 1.結晶槽與反應槽間進料管線之反應液洩漏後，二甲苯溶劑蒸發遇營運中作業區之結晶槽馬達可撓式金屬軟管內電線火花引火燃燒部分，建議經常檢查儲存桶、儲存槽、輸送管線、輸送管線連接處、啟閉閥等以防止洩漏事故。
- 2.廠房 1 樓內部設備擺設複雜，空間狹小(設備與設備間僅容 1 人)，阻隔分散進入搶救之救災人員。
- 3.廠房內部裝潢隔間採用易燃材料，造成火勢燃燒猛烈，搶救不易。

表 2-5 新北市幸世機電工業有限公司火警事故燃燒情形及現場勘查照片彙整表



廠房內部 1 樓平面配置圖



廠房內部 2 樓平面配置圖



火場東側外觀



火場西側外觀



廠房內部 1 樓東南側燃燒後情形



廠房內部 1 樓約中間處所燃燒後情形



廠房內部 1 樓北側燃燒後情形



廠房內部 2 樓約中間處所燃燒後情形

(資料來源：本研究整理)

案例二、94年3月高雄市博愛路家具工廠火警事故(鑫富邦家具行)

(一)火災概況：

- 1.時間：94年3月25日14時30分。
- 2.地點：高雄市左營區博愛三路462號「百芳傢具企業有限公司」，建物招牌名稱為「鑫富邦傢具」。
- 3.死傷情形(含消防人員)：2死3傷(皆為消防人員)。
- 4.死傷原因：火場閃燃。
- 5.建築物損毀情形：全毀。
- 6.火災災因：原因不明。
- 7.消防人員搶救過程(簡述)：

- (1)初期轄區新莊分隊消防人車到達現場時，發現倉庫處有黑煙冒出，另火災戶東側開口有較大量濃煙冒出，加上現場風向為西風，其東側之「安康養護之家」情勢岌岌可危。第一滅火小組由隊員周○○、陳○○擔任，延伸水線至1樓倉庫射水，第二滅火小組則沿第一滅火小組之水線佈線。防護小組為避免火勢向東側延燒安養中心，操作消防水箱車之朝天瞄子射水防護。
- (2)鼎金分隊及中華分隊消防人車到達後，共佈4條水線由南側空地延伸水線至火災戶東南側，並開始射水防護，隨後在現場怪手之協助下，破壞鐵皮射水灌救。十全分隊人車抵達後由博愛路火場正面延伸2線入室灌救；另隨後15公尺雲梯車到達，部署博愛路，升梯破壞2樓正面大型玻璃俾利排煙。
- (3)14時50分火勢持續燃燒，濃煙滾滾，火災戶大型玻璃不時爆裂，瞬間發生全面燃燒(閃燃)。初期指揮官發現隊員周○○、陳○○失聯，指揮中心指派人員進行外部找尋，並針對北側分區現有滅火水線加強延伸入室搶救，及增派一組水線人員加強滅火及執行搜尋。

(4)後續左營分隊消防人車到達後，分別由曾子路及博愛路火場正面延伸 2 線入室灌救，大昌分隊人車側延伸 2 水線防護西南側車輛修理廠。

(5)中期火勢全面燃燒，後側大樓及對面京城大道大樓受濃煙危害住戶情勢危急，為防護後側 E 世代大樓及養護之家，大昌分隊之水線支援東南側之水線，中華分隊 1 線水線移至該大樓 2 樓防護。

(6)15 時 25 分火勢控制、17 時 10 進行殘火處理，17 時 22 分於火場 1 樓發現 2 具罹難者屍體，20 時 30 分火勢熄滅。

8.現場照片、火災搶救照片、火災後照片：詳如下表 2-6。

9.其他補充資料：

(1)火場合法性：不合法建築物。

(2)建築物結構：鋼骨鐵皮構造。

(3)建築物破壞原因、位置：2 層樓之展示區樓建物多已坍塌，1 層樓之倉儲區鋼骨結構承受不同程度之火熱影響，造成變色或變形。

(二)進階調查：消防搶救特性分析：(以投入各火災案例進行火災搶救過程進行調查)

1.車輛：水箱車 17 輛、水庫車 7 輛、雲梯車 2 輛、空壓車 1 輛、排煙車 1 輛、化學車 1 輛、救護車 4 輛及指揮車 3 輛，合計 36 輛。

2.人數：高雄市消防局消防人員 112 人、高雄縣消防局 4 人、楠梓加工區消防隊 3 人。

3.搶救時間軸：搶救時總計 355 分鐘。

(1)通報：94 年 3 月 25 日 14 時 30 分

(2)出勤：94 年 3 月 25 日 14 時 31 分

(3)到達：94 年 3 月 25 日 14 時 35 分

(4)控制：94年3月25日15時25分

(5)殘火處理：94年3月25日17時10分

(6)熄滅：94年3月25日20時30分

(三)火災防範與改善對策：

- 1.搶救之人員未攜帶無線電，應加強訓練與教育。
- 2.搶救人員失聯後應即時指揮人員及集中水線，組成搜救小組，優先進行人命救援。
- 3.充實入室搶救人員之救災裝備器材，如救命器、呼吸器等。

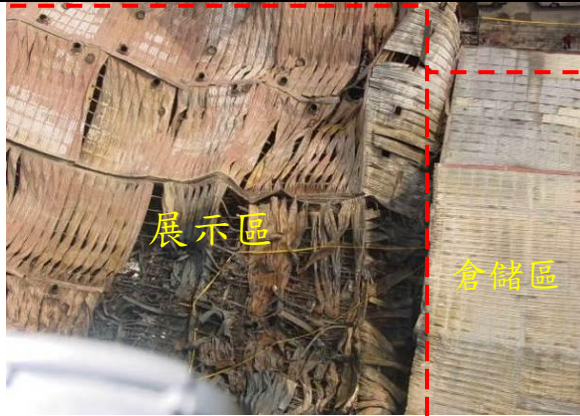
表 2-6 高雄博愛路家具工廠火警事故燃燒情形及現場勘查照片彙整表



火災發生時消防人員搶救之情形



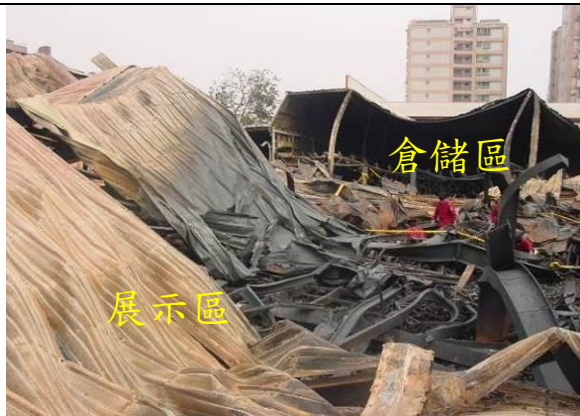
火災發生時消防人員搶救之情形



火災後 2 層樓之展示區樓建物多已坍塌，1 層樓之倉儲區鋼骨結構承受不同程度之火熱影響，造成變色或變形



火災後 2 層樓之展示區樓建物多已坍塌



火災後 2 層樓之展示區樓建物多已坍塌



火災後展示區未完全坍塌之內部鋼骨結構亦承受不同程度之火熱影響而變色或變形

(資料來源：本研究整理)

案例三、100 年 8 月桃園五金鐵皮倉庫火警事故

(一)火災概況：

- 1.時間：100 年 8 月 12 日。
- 2.地點：桃園縣大園鄉五權村大埔 24-1 號(桃園縣昇璋環境企業社倉庫)。
- 3.死傷情形(含消防人員)：3 名消防人員受傷。
- 4.死傷原因：現場爆炸波及，造成受傷。
- 5.建築物損毀情形：全毀。
- 6.火災災因：化學物品使用不當。
- 7.消防人員搶救過程(簡述)：
 - (1)轄區大園分隊救災車組於途中持續看到黑色濃煙，立即請求指揮中心加派人車支援。
 - (2)轄區分隊大園分隊到達現場後，大園分隊立即佈水線二線進行防護及人命搜救。
 - (3)第一梯次之新坡、觀音、蘆竹、山腳、青埔等分隊及三搜人員抵達後人員至前線支援佈線搶救，另大竹分隊到達現場後，中繼供水予大園分隊。
 - (4)6 時 58 分至 7 時 10 分，第二梯次支援單位人車陸續抵達現場，其中青埔分隊及桃園分隊，車輛部署於廠房後方並射水搶救，八德分隊中繼水源給大竹分隊，另二搜、一搜、四搜、中路、八德、坪頂、茄冬、中歷、內歷等分隊人員抵達後人員至前線支援佈線搶救。
 - (5)7 時 13 分現場發生爆炸，波及 3 名消防人員受傷，立即由大竹分隊載送 3 名救災受傷人員就醫。
- 8.現場照片、火災搶救照片、火災後照片：詳如下表 2-7。
- 9.其他補充資料：
 - (1)火場合法性：不合法。

(2)建築物結構：鋼骨鐵皮構造。

(3)建築物破壞原因、位置：廠房中段(倉庫 2)部分受燒後坍塌，南側區域(倉庫 1)鋼骨結構，經過不同程度之火熱影響而變色或變形。

(二)進階調查：消防搶救特性分析：(以投入各火災案例進行火災搶救過程進行調查)

1.車輛：水箱車 8 輛、水庫車 10 輛、器材車 2 輛、救護車 2 輛、其他車輛 5 輛，合計 27 輛。

2.人數：消防人員 65 人，義消 10 人

3.搶救時間軸：搶救時總計 873 分鐘。

(1)通報：100 年 08 月 12 日 06 時 23 分

(2)到達：100 年 08 月 12 日 06 時 46 分

(3)灌救：100 年 08 月 12 日 06 時 47 分

(4)控制：100 年 08 月 12 日 07 時 01 分

(5)殘火處理：100 年 08 月 12 日 07 時 23 分

(6)熄滅：100 年 08 月 12 日 21 時 20 分

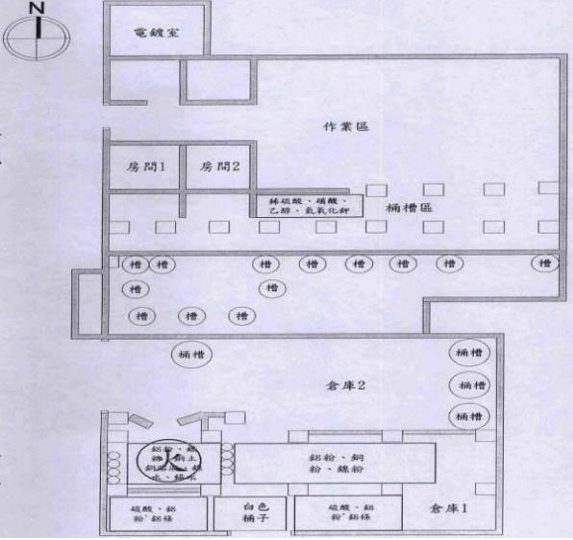


(三)火災防範與改善對策：

1.結晶槽與反應槽間進料管線之反應液洩漏後，二甲苯溶劑蒸發遇營運中作業區之結晶槽馬達可撓式金屬軟管內電線火花引火燃燒部分，建議經常檢查儲存桶、儲存槽、輸送管線、輸送管線連接處、啟閉閥等以防止洩漏事故。

2.到達現場須立即詢問管理人是否內部有化學物品，必要時穿著各級防護衣作業，值班同仁可立即查詢毒化物處理方式及可能對人員造成的傷害。

3.因位處水源末端及高處消防栓壓力不足，自來水公司加壓送水亦無法達到所需壓力，建議未來應予改善。

表 2-7 桃園五金鐵皮工廠火警事故燃燒情形及現場勘查照片彙整表

| | |
|---|---|
|  <p>廠區平面圖</p> |  <p>火災搶救後期，火勢在廠區南側倉庫 1 燃燒，倉庫 2 已坍塌。</p> |
|  <p>火災搶救後期，桶槽區屋頂鐵皮受熱變色；作業區僅煙燻</p> |  <p>廠區以倉庫 1、倉庫 2 及桶槽區受火熱不同程度燒損，燒損程度以倉庫 1 較為嚴重，並波及作業區</p> |
|  <p>作業區僅受輕微煙燻</p> |  <p>桶槽區內部物品、機械設備、牆壁鐵皮及屋頂鐵皮均受火熱不同程度燒損</p> |



廠房倉庫 2 區域已坍塌，氧化情形較為嚴重



倉庫 1 北側內部物品、牆壁及屋頂鐵皮均受火熱不同程度燒損



倉庫 1 內部物品靠近北側西端處嚴重燒損



倉庫 1 內部物品靠近北側西端處受燒情形

(資料來源：本研究整理)

案例四、101年3月新竹市明湖路鐵皮廠火警事故

(一)火災概況：新竹市明湖路鐵皮廠火災。

1.時間：101年3月12日。

2.地點：新竹市明湖路367號之2。

3.死傷情形(含消防人員)：5死3傷。

4.死傷原因：濃煙及火熱。

5.建築物損毀情形：全毀。

6.火災災因：人為縱火。

7.消防人員搶救過程(簡述)：

(1)新竹市消防局派遣科於2時45分接獲民眾報案指稱明湖路367-2號住家倉庫發生火警，立即派遣轄區竹光、中山、明湖等單位前往搶救，共計出勤各式救災車輛12輛，消防人員30名、義消41名、警察人員2名參與救災。

(2)現場火災現場為鐵皮屋平房，用途為住家及倉庫，燃燒面積約50坪。於3時20分已向消防署勤指中心警用電話報備(初報)。

(3)現場受傷2名，一名女性36歲送往台大醫院；另一名男性33歲送往南門醫院，另現場發現5具焦屍，共3男2女。

8.現場人員訪談情形(簡述)：

(1)火災現場為1樓鐵皮建築物，於到達現場時，明湖路367-2號皆已冒出黑色濃煙及紅色火光；現場並無任何特殊臭味及爆炸之情形，明湖分隊立即回報長江分隊為二級火警。

(2)明湖車組立即部署明湖1線由火場西南側立面實施滅火，由明湖分隊許小隊長擔任救生搜索指揮官，並由中山、竹光車組人員於東南側立面及西北側立面出水實施滅火，由中山分隊陳小隊長擔任滅火排煙指揮官及竹光分隊于小隊長擔任水源救護指揮官，並由第二大隊林副大隊長擔任火場總指揮官兼安全官。

(3)火勢於各車組極力搶救出水後於3時7分控制，於起火建築物內大廳中發現1具焦屍，大廳旁房間之浴室內發現4具焦屍，於現場皆已無生命徵象。

(4)火勢於消防人員搶救下，於3時15分熄滅，另於現場進行排煙及後續殘火處理，並由明湖分隊同仁責其現場相關人員配合製作相關火災調查作業。

9.現場照片、火災搶救照片、火災後照片：詳如下表 2-8。

10.其他補充資料：

(1)火場合法性：不合法。

(2)建築物結構：鋼骨鐵皮構造。

(3)建築物破壞原因、位置：

(二)進階調查：(以投入各火災案例進行火災搶救過程進行調查)

1.車輛：各式消防車輛 14 台。

2.人數：消防人員 33 員；義勇消防人員 41 員，合計 74 員。

3.水量：水箱車 3 輛；水庫車 3 輛。

4.搶救時間軸：

(1)通報：101 年 3 月 12 日 2 時 45 分。

(2)出勤：101 年 3 月 12 日 2 時 46 分。

(3)到達：101 年 3 月 12 日 2 時 51 分。

(4)灌救：101 年 3 月 12 日 2 時 52 分。

(5)控制：101 年 3 月 12 日 3 時 07 分 (15 分鐘)。

(6)熄滅：101 年 3 月 12 日 3 時 15 分 (8 分鐘)。

(7)返隊：101 年 3 月 12 日 5 時 30 分 (2 小時 15 分鐘)。

(三)火災防範與改善對策：

1.加強鐵皮屋建築物內部空間之物品使用類型。

2.加強老舊電線或器材管控，並隨時防範注意電線走火。

表 2-8 新竹市明湖路鐵皮屋火警事故燃燒情形及現場勘查照片彙整表



起火建築外觀



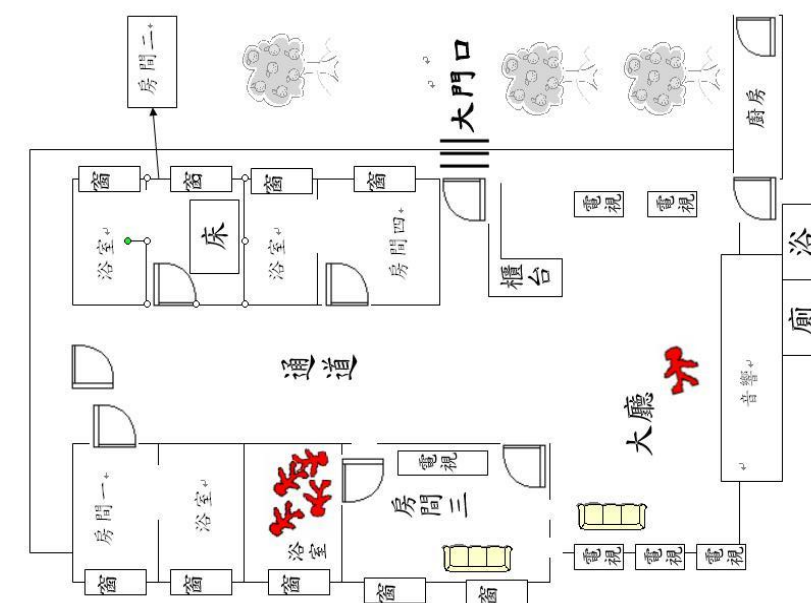
起火建築外觀



起火建築內部



起火建築內部



人員死傷位置圖

(資料來源：本研究整理)

案例五、102 年 7 月新北市泰山區鐵皮工廠火警事故(新北市泰山區利塔國際公司倉房火警)

(一)火災概況：

- 1.時間：102 年 07 月 06 日下午 13 時 15 分。
- 2.地點：新北市泰山區中港西路鐵皮工廠。
- 3.死傷情形(含消防人員)：2 名消防人員死亡。
- 4.死傷原因：火場閃燃二樓樓板塌陷，致人員掉落 1 樓窒息死亡。
- 5.建築物損毀情形：全毀。
- 6.火災災因：電氣引燃火災。
- 7.消防人員搶救過程(簡述)：

(1)13 時 26 分初期消防人車抵達現場，發現現場為 3 間連棟鐵皮工廠冒黑煙，為傢俱工廠火載量很大，已佈線搶救，對面工廠員工表示該工廠員工發現冒煙後就跑掉了，尚未發現火點，3 間鐵皮工廠各約 200 坪。泰山分隊出水線 1 線攻擊第 3 面、出水線 2 線攻擊第 1 面、出水線 1 線中繼供水予德音分隊，德音分隊出 4 線防護阻隔第 3 面延燒。

(2)13 時 29 分回報中港及泰山消防人員已入室搜索，尚未發現火點。

(3)中港分隊於 13 時 33 分到達現場後出 2 水線中繼供水予前方泰山分隊，並出 1 水線攻擊第 1 面；中、後期時為出 2 水線攻擊第 1 面。

(3)13 時 34 分回報尚未找到火點，持續搜索中，目前 5 間在冒黑煙，黑煙持續擴大，137 號之 4 有發現些許火源。

(4)13 時 34 分，137-4 號工廠發生閃燃。13 時 35 分，泰山分隊入室搜索之 2 名消防人員失聯。

(6)15 時 1 分火勢控制，15 時 27 分殘火處理。

(7)16 時 15 分在火場找到兩名失聯泰山分隊同仁。

(8)7 日 00 時 49 分火勢熄滅。

8.現場照片、火災搶救照片、火災後照片：詳如下表 2-9。

9.其他補充資料：

(1)火場合法性：不合法。

(2)建築物結構：鋼骨鐵皮構造。

(3)建築物破壞原因、位置：內部夾層樓板坍塌，且鋼骨結構已承受不同之火熱影響而變色或變形。

(二)進階調查：(以投入各火災案例進行火災搶救過程進行調查)

1.車輛：水箱車 14 輛、水庫車 19 輛、化學車 3 輛、雲梯車 1 輛、救助器材空壓照明車 5 輛、一般型救護車 4 輛、前進指揮車 2 輛、後勤車 4 輛、照明車(器材)1 輛、器材車 2 輛、排煙車 1 輛、器材車(空壓)1 輛合計共 57 輛。

2.人數：消防 136 人、義消 87 人、消防役 2 人與實習生 2 人，合計 227 人。

3.搶救時間：搶救時間總計 695 分鐘。

(1)通報：102 年 7 月 6 日 13 時 14 分

(2)到達：02 年 7 月 6 日 13 時 26 分

(3)控制：102 年 7 月 6 日 15 時 01 分

(4)殘火處理：102 年 7 月 6 日 15 時 27 分

(5)熄滅：102 年 7 月 7 日 0 時 49 分

(三)火災防範與改善對策：

1、國內外救災現場因閃燃或爆燃導致建築物坍塌，致救災人員發生傷亡案例頗多，應加強消防人員針對此類型火災進行相關教育訓練。

2、消防人車到達現場後若發現有大量火煙狀況時，因火場內部資訊不明且火載量過大恐有坍塌之虞，在確定火場內部無人員受困後，初期搶救應以阻隔火勢延燒為第一優先。

表 2-9 新北市泰山區鐵皮工廠火警事故燃燒情形及現場勘查照片彙整表



初期消防人員搶救情形



火勢初期係由 137-4 號竄出，其餘工廠並未
有火勢(光)竄出



初期消防人員搶救情形



火災中期配合重型機具進行搶救



火災中後期搶救之情形



137-4 號火災後南側外觀情形



137-4 號北側 1 樓內部火災後情形



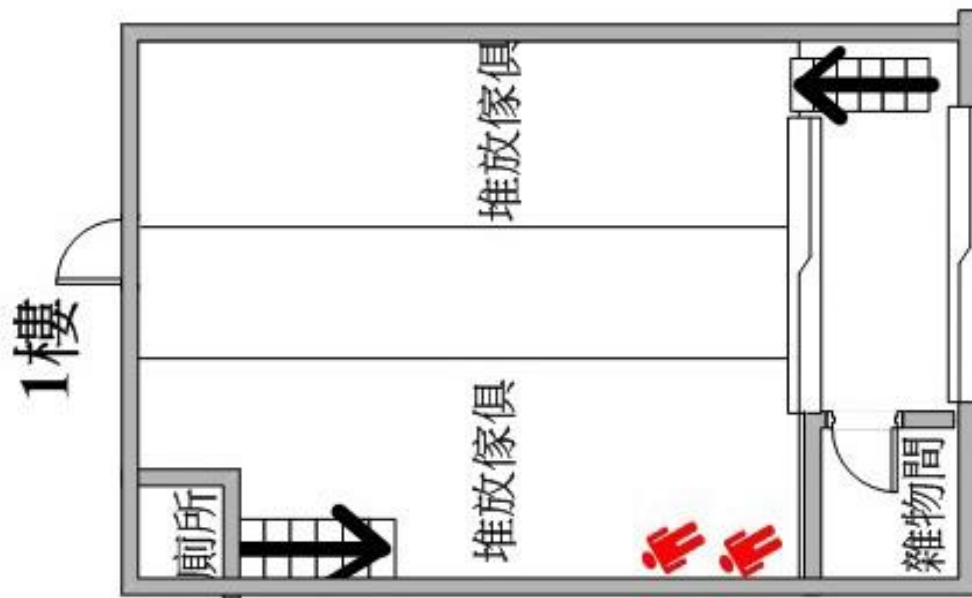
137-4 號北側上方夾層之 C 型鋼橫樑火災
後變形嚴重



137-4 號西南側上方夾層之 C 型鋼支架及橫樑嚴重變形



泰山消防分隊 2 名同仁於搶救火場中，於 137-4 號雜物間北側罹難



137-4 號廠區 1 樓平面及死傷人員示意圖

(資料來源：本研究整理)

案例六、台中市大里工業區西湖路鐵皮工廠火警事故

(一)火災概況：

- 1.時間：95 年 10 月 14 日
- 2.地點：台中市大里區西湖路○○○號
- 3.死傷情形(含消防人員)：無
- 4.死亡原因：無
- 5.火災災因：分電箱(Distribution panel)內開關部電纜線短路，造成電氣火災(電線走火)。
- 6.現場人員訪談情形(簡述)：根據該公司員工賴○○(經歷火災之當事人)及相關人士之轉述：火災事故約發生於 10 月 14 日星期六下午 3:00 左右。據該公司員工賴○○陳述，星期六下午 2 點左右，與另一名機械公司之維修人員沈○○，相約至該公司之沖壓工廠(即上述之事故地點)，逕行機械維修保養工程。工程僅進行至拆卸模具，賴○○正蹲在機器旁與躺在機器內拆卸模具沈先生討論機器故障原因，並忽見廠房東北角出現火光，隨即拖出躺在機器內的沈○○一同向門外逃出，其逃出後見廠房後方冒出陣陣濃煙，此時他用手機報案，時間約下午 3 點 45 分。據其說明，另當時已有人先行通報消防隊前來搶救。
- 7.現場照片、火災搶救照片、火災後照片：詳如下表 2-10。
- 8.其他補充資料：
 - (1)火場合法性：部分合法，部分違章建築。
 - (2)建築物結構：鋼骨鐵皮構造。
 - (3)建築物破壞原因、位置：鐵皮屋全毀，機台全毀。

(二)火災防範與改善對策：

- 1.加強注意機械設備及控制系統，如發生故障有過熱及異常反應等現象，應停機檢修。
- 2.宜多注意人為操作不當(不正確的動火程序、不安全動作、操作

程序錯誤等) 引起的風險。

3. 電線火花防止對策上則應定時更換電線、電纜、開關以及儀表檢測是否過度負載取代目前大部分廠商以目視檢測電線、電纜有無熔融、開關有無損傷等。

表 2-10 台中市大里工業區西湖路鐵皮工廠火警事故燃燒情形及現場勘查照片彙整表



鑑定標的物座落全區空照



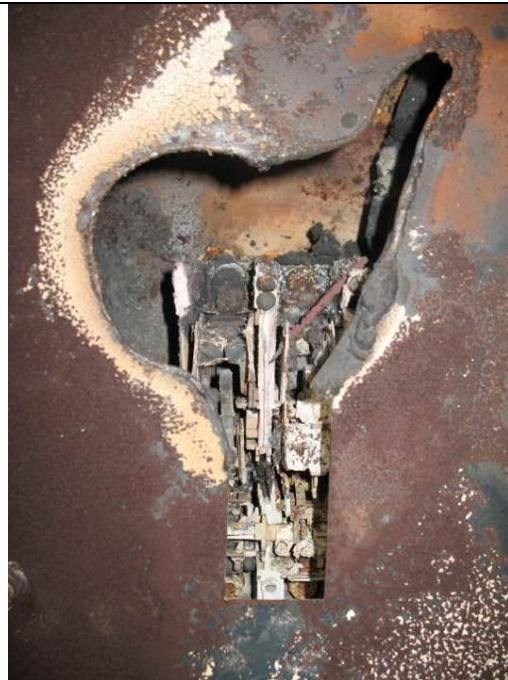
火場現況照片



火場現況照片



火災後現場機台之照片



現場機台之分電箱燃燒後照片

(資料來源：本研究整理)

第四節 建築物火災發展與消防搶救的運作機制

建築物起火後，其擴展之過程可用溫度或熱釋放率的時間變化說明之，亦可以採「消防隊之活動時間序列」方式，予以分析一個消防單位如何組織及運作一個典型的消防搶救滅火活動。因此本研究將針對消防搶救與火災發展過程之相關性提出分析探討。

一、閃燃與發生閃燃所需之時間(Time to flashover)

建築物起火後成長至發生閃燃為本研究探討之關鍵臨界點(Critical Point)。有兩個原因使閃燃成為火災發展的關鍵階段。

- 1.起火點房內沒有任何生物能存活，因此消防隊員搶救生還者的機會微乎其微。
- 2.閃燃會使燃燒率暴增，需要極大量的水才能將燃燒物降低至著火點下。閃燃亦使得必須要更多的人員配備來掌控較大的水帶以撲滅火災。閃燃後火勢會燃燒的更熾熱，也移動的更快，它會讓火災現場滅火搶救工作更加困難。

因此以下針對閃燃與其發生所需時間提出探析：

(一)閃燃的發生：關於閃燃的定義、現象，國內外有相當多的學者曾論述過。從定性方面來看，在 1997 年日本火災便覽指出閃燃發生現象之定義從文獻看出有以下各種²³：

- 1.局部的燃燒擴大為火災室內可燃性全部表面燃燒之現象。
- 2.火災區劃空間內整個被火焰包圍之現象。
- 3.急遽溫度快速上昇之現象。
- 4.從開口開始噴出火焰之現象。
- 5.依 ISO 3261 指出區劃空間可燃性物質被火焰全體包圍之現象。

另國內火災學學者黃伯全氏，對閃燃的看法為：閃燃是指區劃空間內火災發生後，當第一著火物或第二著火物形成的火勢足夠大，引

²³火災便覽第 3 版，日本火災學會編，共立出版株社會社。

起室內絕大多數可燃物的熱解、氣化，當氣體可燃物的濃度達到著火極限之後，在室內形成氣相著火的現象，這種氣相火焰將點燃絕大多數的室內可燃物，使火災迅速進入最(全)盛期。一旦發生閃燃，不僅是內大火撲滅困難，而且會燒毀門窗向鄰近房間蔓延。有時因條件的差異，此種狀況並不十分明顯²⁴。

若從定量的角度來定義閃燃現象的發生，從相關文獻整理分析得知，常見的發生閃燃的條件為：

- 1.地板面的熱通量大於 20kW/m^2 。
- 2.平均上層溫度大於 600°C 。

(二) 閃燃發生所需時間

要花多少時間才會產生閃燃，火勢成長中至產生閃燃所需之時間到底是多少？依據 Francis L. Brannigan 於美國國家標準局(現改為 NIST)以一般建築物地下室房間作實體火災屋試驗顯示，而這房間可能做為客廳、機械房、休憩室、辦公室等，然而在這些火災屋試驗裡，火勢不到 4 分鐘內火勢猛烈地充斥整個房間內，到 6 分鐘後，室內平均氣體溫度經量測為 700°C ²⁵。根據文獻資料，經過實驗測試且歸納出在起火後 6 到 10 分鐘之間產生²⁶，如圖 2-2 所示。

二、消防隊介入時間與閃燃之關係

正如本文上述，火勢成長與消防搶救活動皆可以時間變化來加以說明。因此以下我們以時間來探討消防隊反應介入火場之時刻，與建築物內火勢成長到達臨界點(閃燃(Critical Point))之間做探討比較：

²⁴盧守謙、黃伯全，「火災閃燃現象各國研究發展與其定義」，現代消防 90 期，民國 89 年 9 月。

²⁵L. Francis Brannigan, "Building Construction for the Fire Service", third edition. (Quincy, Mass. : National Fire Protection Association), 404. 1992.

²⁶Tracy Fire Department, "Standards of Cover Study", June 1998.

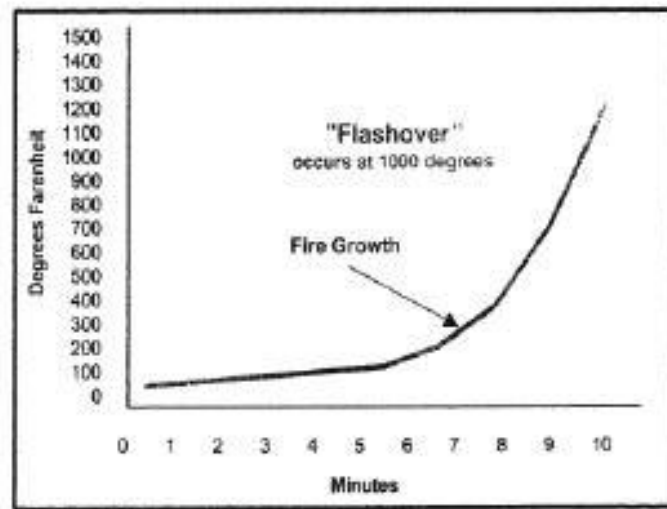


圖 2-2 火災發展的時間和溫度曲線圖(資料來源：參考書目 25)

(一)消防隊介入時間

從起火到火勢熄滅之時刻，這是一個時間序列的問題。所以為了提供一個能描述消防隊滅火行動之架構，我們將事件發生之考量從火災的開始到其被撲滅為止，整個連續事件的過程以時距模式如圖 2-3 所示²⁷⁻²⁸。以下就每個階段提出說明：

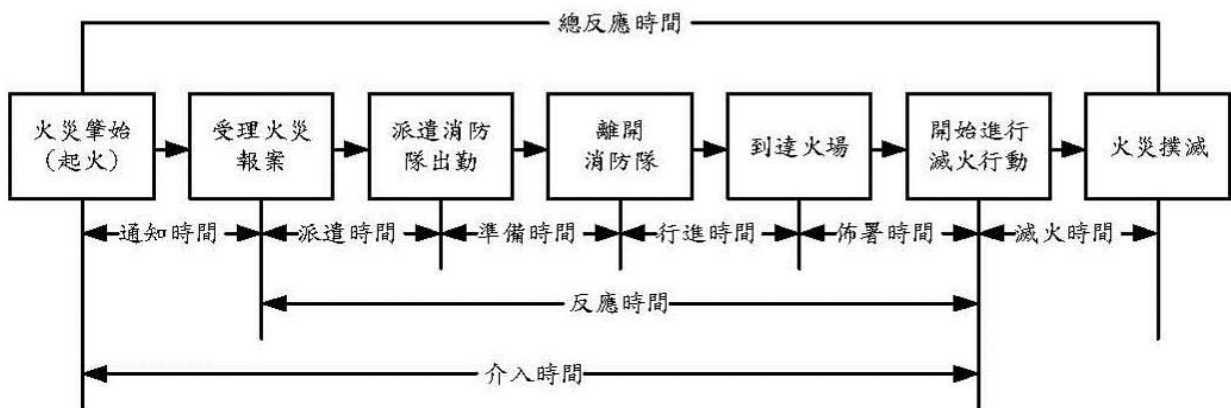


圖 2-3 消防隊反應介入火場之時間流程圖(資料來源：參考書目 26-27)

²⁷Clinton E. Petersen, "1998 AMES Fire Department Response Time Study", Ames, Iowa, 1998.

²⁸郭建廷，「消防隊搶救效能模式運用於建築物火災危險度電腦評估模式之研究」，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，民國 88 年 6 月。

1.通知時間

所謂的通知時間，可定義為「建築物內一旦起火，最後將由建築物內的居民或是以自動探測的方式所得知。而自火災開始到消防隊被通知為止所經過的時間即稱為通知時間」。由於通知時間亦是整個時間序列中相當重要的一環，但這個時間的影響因素為各種火警探測系統對於火災的察覺靈敏程度(因此與火災成長有關)、信賴度、有無直接與消防單位的連線、人員對於火警的查覺程度及可能報警之機率等。

由上述可知，建築物起火後得知的方式可分為居民或探測器二種，依方式之不同會影響消防隊被通知的時間，以下針對二種方式提出分析探討：

- (1)由居民發現通知消防單位：這個時間應由實際發生的災例統計分析得知，但目前筆者尚無發現國內有相關的數據。根據「日本神戶市消防局統計資料」顯示，從起火到通報消防單位的時間為 5.84 分鐘²⁹。
- (2)由探測器感知後，居民通知消防單位：這個時間可分成探測器動作+居民通報時間(有時要加上居民覺醒時間)；根據人員處於睡眠狀態、覺醒情況、通報方式，以及探測器作動時間等有不同差異時間。

2.派遣時間(Dispatch Time)

指勤務指揮中心自接獲火警報案後至通知應出動消防單位的時間。在 119 救災救護指揮中心接獲報案至完成派遣管轄單位出動的整個時間過程，國內法規並無特別規定。根據文獻資料的分析，平均處理時間約為 20~40 秒間³⁰⁻³¹。

²⁹沈子勝，「關於避難開始時間決定因素之調查」，警學叢刊 25 卷 1 期，民國 83 年 9 月。

³⁰張忠誠，「都市消防系統配置規劃之研究」，交通大學管理科學研究所碩士論文，民國 67 年。

³¹蔡嘉哲，「台北市消防隊區位之研究-以中山、大同、延平、建成四區為例」，中興大學都市計劃研究所碩士論文，民國 71 年。

3.準備時間(Turnout Time)

指自消防分隊接獲通知至消防車輛離開車庫出動之時間。在消防單位尚未自警政體系獨立之前，在「台灣省各縣市警察局、所火警搶救規定」中明定，消防隊之準備出動時間，日間以 60 秒為限，夜間則以 90 秒為限。根據相關文獻³²⁻³³統計資料顯示，平均準備出動時間分別為 1.02 分鐘及 0.95 分鐘。

4.行進時間(Travel Time)

指自消防車輛離開車庫出動至抵達火災現場之時間。行進時間與行車距離有關。另外從相關文獻探討得知，除距離影響行車時間外，行車的速度及道路交通狀況也會反應在平均行車速度上。

根據文獻資料得知^{23、24}，平均行進時間分別為 3.85 分鐘及 5.25.分鐘。

5.佈署時間

所謂的佈署時間可定義為「消防隊到達火場之後，在進行任何滅火戰鬥及救援行動前，佈署及準備設備、車輛及任務編組所需花費的時間」。根據文獻²³⁻²⁴之統計資料顯示，平均佈署時間為 1.33 及 1.36 分鐘。

另外，根據一般火災發生搶救標準作業程序，主要流程重點說明如表 2-12 所示，皆有明確說明各項工作內容。

³²熊光華，「台灣都會區消防力規劃及消防分小隊配置之研究(II)」，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，民國 86 年。

³³黃建華，「建築物火災財務損失影響因素及解釋模式之研究」，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，民國 91 年。

表 2-11 一般火災發生搶救標準作業步驟說明表

| 作 流 | 業 程 | 步 驟 | 說 明 |
|--------|--------|---|--------|
| 1、 | 火災發生 | 可燃性物體（質）在達到燃燒三要素的條件下，火苗便會漸漸擴大範圍形成火災。 | |
| 2、 | 受理報案 | 受理報案→派遣處置→立即反應。 | |
| 3、 | 出動 | 出動：出動→熟悉路況→行駛安全→火勢判斷→申請支援。 | |
| 4、 | 到達 | 到達→停車靠邊→水帶佈線→出水。 | |
| 5、 | 指揮 | 火場指揮→延伸水帶→攻防火災→車輛調度。 | |
| 6、 | 部署 | 部署→水源不斷→有效攻擊→射水防禦。 | |
| 7、 | 搶救 | 射水→人命救助→防止延燒→佔據水源→中繼放水。 | |
| 8、 | 控制 | 控制→瞄子手接替→有效注水→佈線調整。 | |
| 9、 | 殘火處理 | 殘火處理→支援人車離去→收拾多餘裝具。 | |
| 10、 | 熄滅 | 熄滅→清點人員裝備器材→確定不會復燃。 | |
| 11、 | 歸隊 | 歸隊→水箱加滿水→清洗車輛及水帶→檢查車輛機件及器材。 | |
| 12、 | 準備 | 車輛器材整理完畢回復出動前狀態，人員則在隊休息補充體力，以應下一次的救災勤務。 | |

(資料來源：本研究整理)

三、用水對火災滅火活動之控制

消防搶救射水主要產生兩大滅火效果，並可藉簡單的實驗來認定與觀察。射水主要藉降低火焰和熱氣散佈到燃料而造成熱解率降低，亦即減少外加的熱流與射水穿越火焰抵達燃燒表面，藉冷卻表面而導致降低熱解率，亦即增加表面熱流失的速率³⁴。因此以下針對滅火活動用水對火災之控制提出分析探討。

³⁴ Svensson S., "Solving tactical problems using control engineering : systems identification and modeling", Lund, 1998.

(一)消防活動用水滅火作用

水是一種來源豐富、取用方便、價值低廉的滅火劑，在滅火中獲得了最廣泛的應用。

- 1.冷卻燃燒物質的作用冷卻是水的主要滅火作用。水的熱容量和氣化潛熱很大。水的比熱為 4.184 焦/克.度，也就是說，每公斤水的溫度升高 1°C，就會吸收 4,184 焦的熱量；水的蒸發潛熱為 2.259 千焦/克，即每公斤水蒸發氣化時，要吸收 2,259 千焦的熱量。因此當水與熾熱的燃燒物接觸時，在被加熱和氣化的過程中，就會大量吸收燃燒物的熱量，使燃燒物冷卻。
- 2.隔絕空氣，窒息燃燒作用水滅火時，遇到熾熱燃燒物而氣化，產生大量水蒸汽，一公斤水可生成 1,700 升(100°C)水蒸汽。當溫度 t 升高，生成的水蒸汽更多。
水變成水蒸汽後，體積急劇增大，大量的水蒸汽佔據了燃燒區的空間，阻止了周圍的空氣進入燃燒區，從而顯著地降低燃燒區域內的含氧量，迫使氧逐漸減少。在一般情況下，空氣中含有 35% 體積的水蒸汽，燃燒就會停止。
- 3.對水溶性可燃、易燃液體的稀釋作用水溶性可燃、易燃液體發生火災時，在可能用水撲救的條件下，水與可燃、易燃液體混合後，可降低它的濃度和燃燒區內可燃蒸汽的濃度，使燃燒濃度減低。在水溶性可燃、易燃液體的濃度降低到可燃濃度以下時，燃燒即自行停止。但在大量水溶性溶劑存在情況下，必須注意稀釋後，由於體積增大是否會溢出容器造成延燒。
- 4.乳化可燃液體作用用水噴霧滅火設備撲救油類等非水溶性可燃液體時，由於霧狀水射流的高速水擊作用，微粒水珠進入液層並引起劇烈的擾動，使可燃液體表面形成一層由水粒和非水溶性液體混合組成的乳狀物表層，這樣就可減少可燃液體的蒸發量而難於繼續燃燒。

5.水力沖擊作用水在機械的作用下，密集的水流具有強大動能和沖擊力，可達數十甚至數百牛頓每平方厘米。高壓的密集水流強烈地沖擊著燃燒物和火焰，使燃燒物沖散和減弱燃燒強度進而達到滅火目的。由上述可見，水的滅火作用不是其一種作用，而是幾種綜合作用的結果。

(二)消防搶救射水方式與範圍

水作為滅火劑有二種常使用的射水方式，射水的方式不同，滅火效果也不同。

1.直線射水

直線射水是水通過泵浦加壓並由直線瞄子噴出後形成。直線射水在強大的壓力作用下，具有較大的沖壓力量，射程較遠，並能沖擊燃燒物內部，阻止分解物的擴散和隔離燃燒區，快速使燃燒停止。其缺點為反作用力大，操作時會因持水線人數而受到限制。

2.噴霧射水

噴霧射水是水通過泵浦加壓並由噴霧瞄子噴出後形成。因水霧之吸熱作用，具有良好冷卻滅火效果；對於室內火災，因可生成水蒸氣，具稀釋或窒息之滅火效果。對於因輻射熱或對流熱，致無法接近火點時，可以保護水幕掩護攻擊，可以較大涵蓋面射水攻擊。對油類及電器火災等具滅火效果。

噴霧射水滅火的特點是水漬損失小，降溫快，且易沈降煙霧。但與直線射水相比，噴霧射水的射程都較近，不能遠距離使用。

四、消防搶救及滅火效果之影響因子

正如本文前面所述，當火災發生後消防機關所進行的相關搶救工作是減少火災損失最重要的力量，也是消防機關直接介入火災防護體系的最後一道防線。但在執行這些相關工作時，有許多的因素會影響到其滅火效果。

消防搶救作業是一項極為複雜的過程，由於火災情勢的複雜與狀況的易變，加上各種主、客觀因素的差異，使得每一次的火災搶救過程很難一致。但在前人不斷努力與經驗累積下，逐漸掌握了影響消防搶救滅火效果之關鍵所在。這些因素對於從事火災搶救的消防機關而言，是絕佳的借鏡與參考資料³⁵。

以滅火過程而言(如圖 2-4)，效果的表現應該是在「火災發生(Fire Cue or Begging Ignition)到撲滅火災(Extinguish)」²³的這段時間內。以理論上而言，消防力越早介入，所能達成的滅火效果應該越高。根據分析將可能影響消防搶救滅火效果因子整理如下：

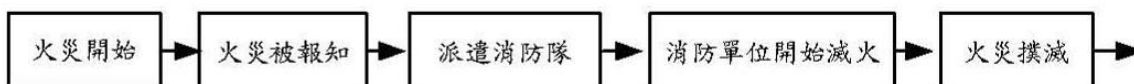


圖 2-4 一般火災事件由開始至撲滅之流程圖

(資料來源：參考書目 23)

(一)時間因素

時間因素在滅火搶救上是十分重要的，就理論上而言，消防隊投入搶救的所需人力、物力及所需水量等，會與消防隊到達火場時之火勢狀況有關。若是能愈早偵知火災的發生，則在火勢尚未進入全盛期

³⁵ 鄧子正，「火場作業影響因素之調查研究」，行政院國科會專題研究計畫成果報告，民國 88 年 7 月。

前所有控制的機率也就會越高。因此在滅火行動當中，時間變得相當重要，需以秒計而不是分計，也就是為了節省各種的時間，這些可以事先注意之處都必須審慎規劃，才能形成一個有效率的系統³⁶。

然而有多種方式可以用來減少從火災開始到火災撲滅的這段時間，分述如下²³：

1.更快探測到火警的發生：

利用更靈敏的探測器或者其他設備，縮短所需探測的時間。一般而言，火警發現後均需再透過相關人員以電話方式對消防單位進行通報，因此在愈早查覺異狀下，反應者可有更充份的時間進行確認及通知消防隊的動作。當然在探測設備與消防隊間若有直接連線，當然其時間更能減少。

2.更好的派遣方式：

利用改善派遣方式，縮短在派遣時所可能導致的時間延誤，以茲縮短此段時間。

3.改善消防隊的配置：

選擇最有利的消防隊配置方式，以縮短搶救隊伍到達火災現場的時間。行進時間受到行進過程之交通狀況、與搶救客體之相對距離及可替代道路之選用等因素有關。

4.使用更有效的火災搶救戰術：

戰術乃火場指揮官所為去達成策略計畫之方法，以最佳的戰術運用，在最短的時間內，能完成人命搜救、滅火戰鬥、財務保護及殘火處理等工作。若能針對搶救客體預先擬定消防防護計畫，預先選擇行進路線、任務分攻擊水源確定等，將能有效縮短佈署搶救之時間。

³⁶William K. Bare, "Introduction to Fire Science and Fire Protection", New York : John Willy & Sons, 1977.

5.建立消防搶救作業流程之標準作業程序(SOP)

透過標準作業程序的建立，使實際從事消防搶救工作人員，無論在勤務派遣或火場佈署有依循的標準，不會遇到狀況時而不知所措，因而達到消防搶救介入時間之縮短效果。

(二)火勢因素

火災發生後會影響整個搶救滅火效果的另一個重要因素乃是當時建築物火勢的狀況。火災成長隨時間而變化，火勢越大釋放出的高溫、高熱就越大。在這種情況下，消防搶救人員在超出其能忍受之火場環境溫度時，根本無法靠近射水搶救，所以其滅火效果就會受到影響。而建築物發生之火災，常因其形狀、構造、火載量(fire load)、環境等條件之不同，致其火災行為互有差異存在。

對於此一影響因素相關的內容主要可從以下幾方面來加以說明：

1.建築物構造及空間幾何狀況

建築物內容及本體的燃燒程度、建築材料的抗火性、空間與結構的配置均影響建築物結構體在火災的完整性³⁷，同時也影響消防人員在搶救過程中的火勢狀況。根據文獻的分析可知，建築物內部裝修材料對火災影響有以下幾個重點³⁸：

- (1)影響火災起火至閃燃之速度。
- (2)火焰在內裝材料表面蔓延，助長火勢及擴大延燒。
- (3)增加火載量，助長火災的熱強度。

再者，影響建築物空間內燃燒物質轉變成致命火勢之臨界點(閃燃)的時間因素有房間開口部之尺寸及位置、房間形狀與尺寸等。

³⁷呂和樹，「建築物火災人命危險度之評估－以居室用途為例」，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，民國89年6月。

³⁸ Donald W. Belles, "Interior Finish", Fire Protection Handbook, 18th ed. NFPA, 1997, Section 7, P.36.

另一方面，當建築物內一處發生火災後，常常迅速蔓延到整個建築物，其主要原因之一是沒有防火區劃或防火區劃存在漏洞。因此建築物構造及空間幾何狀況會影響火災成長過程之火勢大小。

2.抑制系統動作與否

撒水系統或其他自動滅火系統的使用，在火勢尚未擴大前，能先將火勢予以控制。若是火勢能順利被控制下來，則相對於未受控制火災之火勢狀況，所需之消防力相對均能降低。

3.燃料

燃料是燃燒三要素之一。發生火災時，建築物內火熱狀況大小最大的影響要因是建築物內可燃物量的多寡(火載量高低)。建築物內之可燃物大致可分固定可燃物及積載可燃物兩種。

另外在火災成長期，有關火災的發展速率受限於可燃物的幾何形狀與可燃性多寡而定。當閃燃發生時，室內所有可燃材料突然全面的著火燃燒，雖然影響這時期的燃燒因素甚多，但最主要不外是可燃物的量及通風的狀況。因此火載量之高低影響當消防力介入時之火勢大小。

(三)救災因素

根據相關文獻分析，對於影響消防搶救滅火效果之救災因素整理說明如下：

1.人力與裝備器材

人及裝備是火災搶救之兩大要素；面對可能之火場規模，足夠的人力及物力是消防隊能否成功介入，以及能否達到預期搶救目標之關鍵。

人力主要也就是是否具有足夠以及充分訓練的火場搶救人員，而其構成因素則為質與量因素³⁰：

(1)質的因素：

乃是指消防人員的執勤素質，其關連因素甚多，個別方面如消防人員所受之教育與訓練是否充足，救災經驗、技能及知識是否足夠，對裝備的操作能力是否良好等。而在整體方面，則包括分隊所有成員執勤士氣是否良好，隊員與隊員之間對於任務的配合程度是否熟練，對於每一個隊員的個別任務分配與整體救災需求的配合性是否恰當等。

而對於火場指揮官則必須衡量其火場指揮的知能是否充足，包括是否有足夠的經驗、訓練、或程序等。

(2)量的因素：

指當火災發生之後，是否會有足夠的消防人員操作相關裝備、器材，並且延伸水帶進行佈署，以撲滅火勢。通常在評估量的因素時，都是考量所需的消防車輛數，再以每部車輛需要多少人員進行配置。不過，亦有以火災延燒面積的多寡來計算所需佈署的瞄子數(nozzle)及水線數，從而計算所需人員數量。

2.戰術策略

戰術乃火場指揮官為達成策略計畫之方法。火場指揮官選擇有效的策略牽涉到幾個重要但基本的決定事項，最基本決定在於作業時必須依據可用資源之能力，以及對消防人員可能造成的傷害來判斷究係要採攻勢還是守勢。如採攻勢作業，消防人員必須延展水帶進入火場找出火點，並將火源撲滅；而採守勢時，則只須將大水流水帶部署於火場外，進行防禦控制火勢即可。

同時，策略也必須根據現場狀況分別出要將資源置於何戰術位置之優先性。故策略計畫就是界定在何處及何時要將戰力用以控制火勢，以及它們這些活動要如何整合及其優先性如何等事項。

3.訓練

教育訓練是一切的根本，不論裝備器材如何優越，但若其操作人員之知識、技能及體力不能配合，則無法達到預期之功效。因此，透過平時之教育訓練鍛鍊其體力，並藉以提升其相關搶救、防禦知識，及裝備操作與處理之技能是必要的²³。

4. 搶救時間及水源

水是最常用的滅火藥劑。當火災搶救時，以不同流量及不同大小之水滴噴撒，對於火勢的撲滅或控制均有影響。

另外搶救時間亦會影響火災搶救時的灌救時間。不同的水應用時間，也會產生不同的滅火效果。

第五節 小結

一般燃燒可分為初期、成長期、最盛期及衰退期四個階段，而從火災發生初期，一般住宅房間約經過 4 至 6 分鐘，溫度達到 500°C 至 600°C 時就會發生閃燃，閃燃後才會進入全面燃燒之最盛期。所以在高雄鑫富邦的火場中，有一個怵目驚心的畫面，就是雲梯車被火焰吞沒，同仁匆忙從雲梯車上跳下逃生，這不是在台灣才會發生，在國外也有消防同仁在雲梯上救災時，突然發生火舌猛烈竄出，造成兩位消防同仁受傷之案例，其主要原因就是搶救救災人員較不易判斷閃燃發生前之現象。閃燃發生前，門窗等開口處之濃煙會變成黑色中夾雜著黃褐色，而且呈現滾動狀，因此，不管指揮官或救災人員發現這種現象時，最好立即撤離，以免發生危險。

另外，發現鐵皮屋火災的特性，在火災時很容易變形，就會產生縫隙，形成通風良好，所以容易達到閃燃條件，進而引起擴大燃燒，而且鐵皮變色會先變白，然後變成鐵灰色、最後變成生鏽，與 NFPA 921 的說明相吻合。而支撐鐵皮屋的鋼架在 538°C 就會軟化，尤其很多鐵皮建築物都搭建 2 層，當火勢在 2 樓流竄，甚至達到閃燃時，在 1 樓救災人員根本看不到 2 樓的火勢，不知道自己已身陷危險之中，等到屋頂因猛烈燃燒而塌陷時，救災人員已來不及撤退。尤其在很多鐵皮建築物，1 樓有許多鋼架支撐 2 樓地板，而 2 樓地板至天花板則為挑空，看不到任何垂直支撐之鋼架，所以當 2 樓猛烈燃燒時，非常容易塌陷，這也是所有消防救災人員必須特別注意的狀況，如果鐵皮屋是屬於 2 樓以上之結構，1、2 樓同時有燃燒現象，如果沒有人命救助的任務時，建議現場指揮官一定要瞭解清楚火勢延燒的路徑，妥善部署後，才可以命令同仁深入火場搶救。

第三章 火害後鋼板的實驗分析與成果

隨著社會的發展，建築物的使用用途也越來越複雜化，建築物火災鑑定技術作為查明起火原因的一種重要科學技術，也越來越受到社會各個領域的重視。尤其於近年來一般建築物或是工廠廠房發生重大火災事件時有所聞，除了造成人員的傷亡外，對於結構安全性亦造成無可避免的傷害。例如以鋼鐵為建物或結構體之結構材料時，當受到火場高溫影響後，對於結構力學之強度影響，或者材料顯微組織之變異程度，無法單獨藉由外觀檢視而正確判斷其受損程度。再者，一般事業單位在尚未釐清結構體堪用性前，為了確保該結構體或設備整體之完整性，往往無法取樣以獲得適當樣品於實驗室中進行相關試驗，進而造成火損評估上的困難度。建築物火災鑑定技術是指公部門消防機構為了解決專門性問題，委託或聘請具有專門知識和技能的人(包括專家與學者)，對現場勘查中發現併收集各種痕跡物證進行技術鑑定而導出公平及公正的結論，對查明建築物火災原因、起火點，以及延燒過程，能找出一定的答案及規律。

非破壞檢測技術由於不須破壞結構件，即能了解工件品質之特性，所以目前已有相關鋼結構之法規，說明鋼結構之鋼板與鉚道檢測方法及相關接受基準。但經資料蒐集與文獻回顧後，發現鋼結構建築物受火害後之非破壞檢測評估研究較少，故本研究針對國內較常見之建築結構用鋼板 (ASTM A36)，試驗經不同高溫加熱及冷卻方式後，利用非破壞之金相複製技術，獲得其金相顯微組織，並比較高溫加熱及冷卻後之機械性質與金相組織 (其中冷卻試驗分為自然緩冷與加水冷卻)，以進一步了解鋼板受火害後之性質差異，同時提供業界研究與參考，並作為火災調查鑑定之新技術，是建立完善建築防火工程的重要一環。

第一節 概述

一、金相顯微理論

光學顯微鏡學是使用光學顯微鏡來研究微結構，由於一開始是使用此種技巧在金屬檢驗上，所以此種又被稱為金相學 (metallographic)。

首先，試片的表面必須經過研磨、拋光至光滑近似鏡面，砂紙用來研磨，而粉末則用來拋光。接著，利用一種稱為浸蝕 (etching) 的化學表面處理技術，以適當的化學藥劑進行表面處理來顯示微結構。

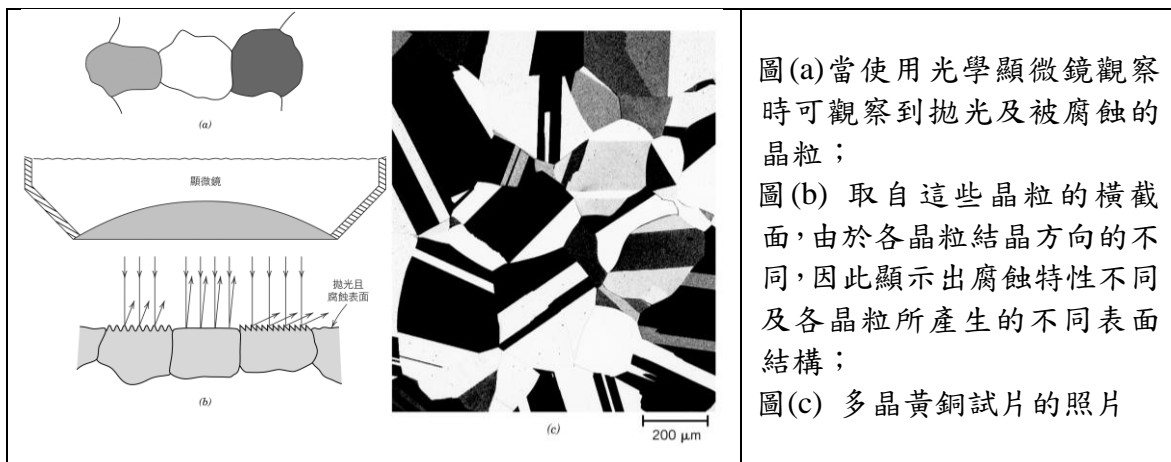


圖 3-1 拋光及被腐蝕之晶粒示意圖

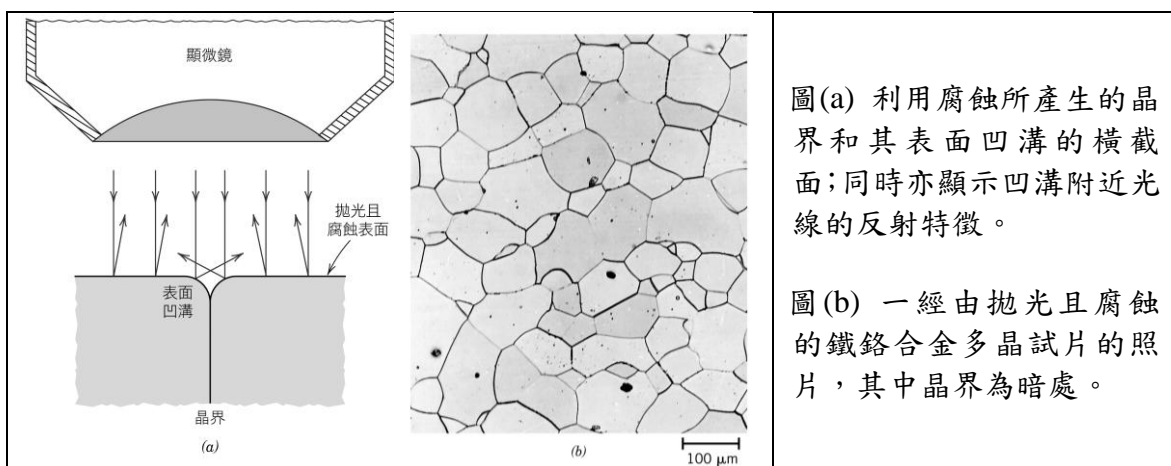


圖 3-2 腐蝕所產生之晶界及表面凹溝的橫截面示意圖

金相分析實驗經拋光後，試片在顯微鏡下可觀察到夾雜物顆粒及孔洞，主要是因為這些非金屬夾雜物的光學反射率與金屬基材差異很大，而孔洞處的凹陷會造成光線反射的不平均，如圖 3-3 所示。因此，在顯微鏡下觀察時，夾雜物與孔洞呈現暗色，而金屬基地則為亮色，若拋光面上存在兩種不同的物相，如果兩相間的光學反射率差異很大，也能產生足夠的對比將其分辨出來。

對於大部分的材料，由於拋光後的鏡面會使顯微鏡光源的入射光線造成平行的反射，因此只能看到光亮的一邊，無法觀察到細部的組織，將拋光面浸蝕處理後，顯微鏡組織內部的各細節，如不同的晶粒方向、不同的相、相邊界、晶界、微觀偏析、差排等，會反映出不同程度的腐蝕效應，則浸蝕的結果，將使鏡片拋光面，產生不平坦的地形效果，藉著光線反射，將隱藏在內部的顯微組織完全顯現出來³⁹。

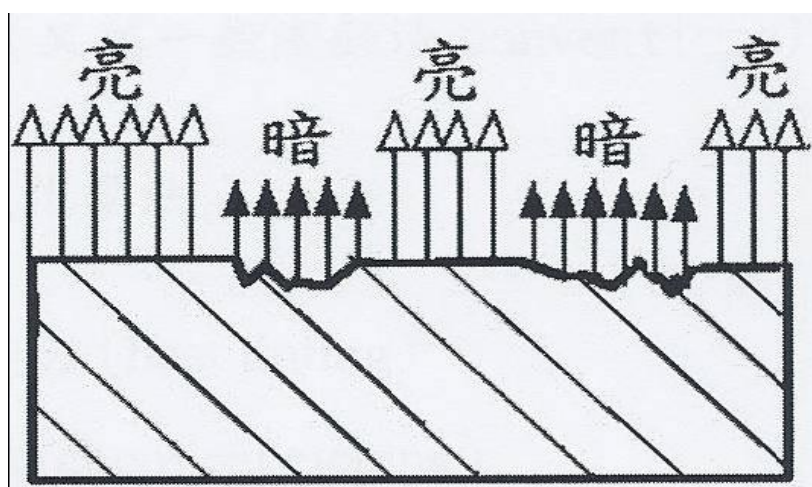


圖 3-3 顯微鏡觀察下光線反射在不平均表面之示意圖

(資料來源：參考書目 38)

所以，本計畫將針對不同受熱條件的鋼板材料，於實驗室獲得其金相顯微組織等特徵，如成分、比例等，再依照試體在不同加熱溫度、加熱時間、冷卻方式、表面防火時效程度等條件，分別將其實驗結果建立其資料庫，作為後續研究的基礎。

³⁹朱世富，「材料科學與工程」，新文京開發出版股份有限公司，台灣，2002 年。

二、金相複製檢測流程及技術

金相複製技術是將大型、複雜、無法切割取樣觀察之試體，利用印模複製技術，直接拓印欲檢測部位之表面形貌，以顯微鏡觀察組織結構之材料分析檢測技術。金相檢測可看出物件組織及相形態，另可檢視出碳化物及析出物尺寸及分布等資料，主要分為金相試片製備與顯微鏡觀察兩部份。




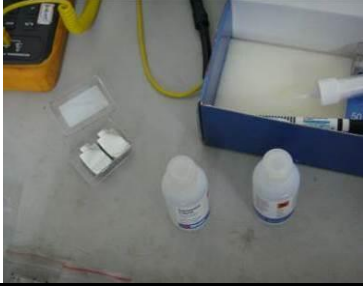

金相製備目的是以研磨、拋光方式，去除試件表面不平整、氧化現象或其它雜質附著，當表面達光滑平整後，以特定浸蝕液予以腐蝕，以各組織對腐蝕程度差異所表現出不同特徵，再塗覆乙酸纖維素及複製模拓印，最後利用顯微鏡放大倍率觀察判斷，以間接瞭解材料內部組織，有關前述金相複製技術的相關實驗步驟，以及注意要項論述如下：

- 1.將表面鏽皮去除，以砂輪片(砂紙)從粗到細(號碼從小到大)，依序研磨試片，研磨時注意每一道研磨工序需將前次研磨的痕跡去除。
- 2.研磨完畢後，使用絨布毛輪沾上鑽石膏對試片進行拋光程序。
- 3.使用 4%硝酸對量測點腐蝕，時間約 5~10 秒。
- 4.使用酒精清除腐蝕液後，使用顯微鏡觀察腐蝕是否成功。
- 5.將複製膜以軟化劑滴入後貼於試片表面，靜置 10 分鐘左右取下，以顯微鏡再次確認拓印是否成功。

由於，本計畫不論於室內實驗室或實際火災現場，均需運用金相複製技術等相關儀器，以獲得不同受熱條件的鋼板材料，其金相顯微組織照片，有關該技術所有相關該儀器設備照片與重要規格，如表 3-1 所述。

現場金相檢測不需取樣破壞工件，且可在工件上進行重覆性研究，其檢測施做流程及說明，詳如圖 3-4 所示。

表 3-1 本計劃金相複製技術之相關儀器照片與重要規格對照表

| 項目 | 示意圖 | 重要規格 |
|-------------|---|--|
| 現場金相 研磨機 |  | <p>(1)一次可接 2 個研磨頭 (2)攜帶式研磨機，研磨頭角度可更換，非固定式90° or 45° (3)研磨/拋光頭需可更換 (4)研磨/拋光機轉速應可調整，轉速控制：至少1000 ~ 25000min⁻¹ (5)最大扭力:4.8 cN · m (6)含90度研磨頭1 支,研磨墊 5支 φ30mm (7)附鋁殼攜帶盒 1只</p> |
| 各種粗細 研磨片 |  | <p>從粗到細（號碼從小到大） (1)背膠砂紙φ32mm P180 (200張) (2)背膠砂紙φ32mm P400 (200張) (3)背膠砂紙φ32mm P800 (200張) (4)背膠砂紙φ32mm P1200 (200張)</p> |
| 粘貼 藥劑 |  | <p>(1)鑽石膏 3u/5g (5條/組) (2)鑽石膏 0.25u/5g (5條/組) (3)拋光油 950c.c/瓶 (3瓶/組) (4)拋光布φ32mm背膠,3u使用(200張/組) (5)拋光布 φ32mm 背膠,0.25u 使用 (200張/組)</p> |
| 顯影劑 |  | <p>藥水40ml(7 瓶/組)</p> |
| 金相複製 與粘貼 |  | <p>影像複製膜片(200 片/盒)</p> |

金相顯微鏡組



- (1)總合倍率可達 200 倍
- (2)附光源及攜帶盒,轉接頭
- (3)可直接將影像傳輸到電腦

(資料來源：本研究團隊/中龍鋼鐵冶金技術處)

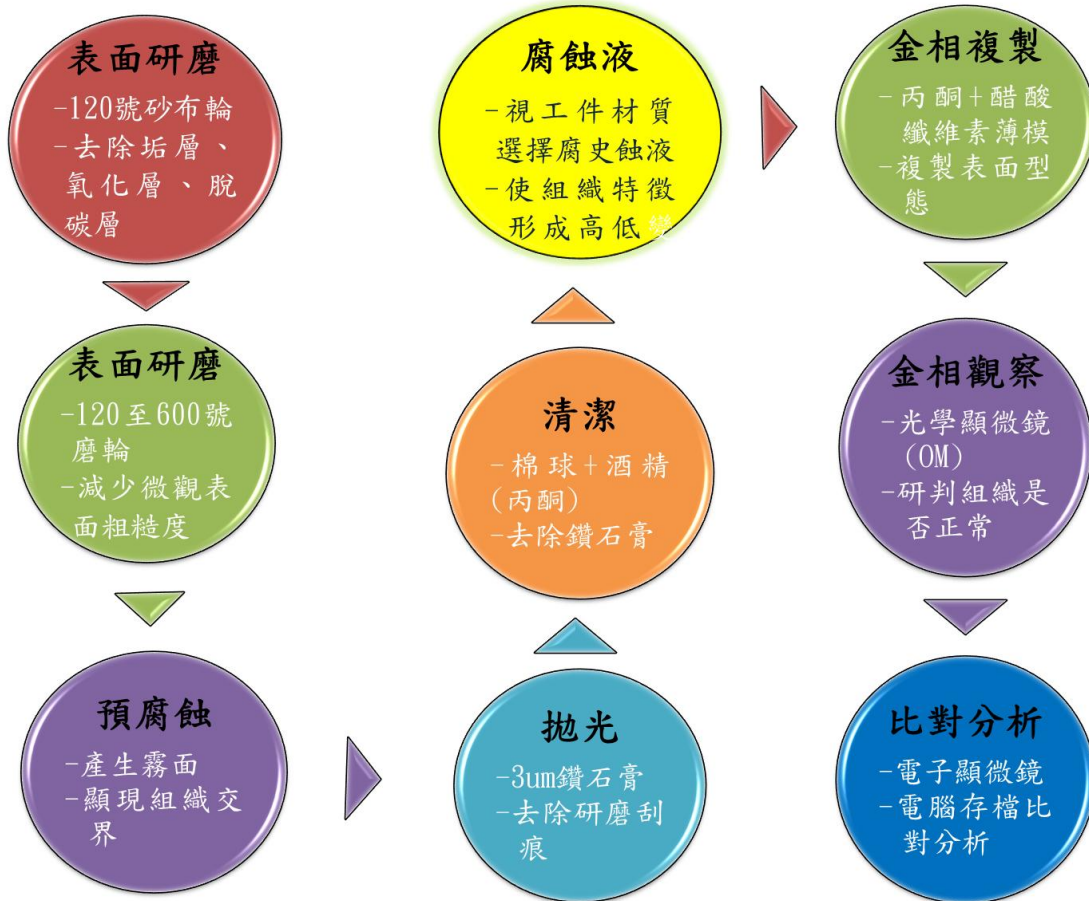


圖 3-4 金相複製技術檢測施作流程及說明圖

(資料來源：本研究團隊/中龍鋼鐵冶金技術處)

第二節 火害後鋼板金相複製與抗拉實驗分析規劃

本研究計畫擬以利用非破壞性的金相複製技術、鋼板抗拉試驗等方法分析，針對鐵皮屋常用的鋼結構材料(A36)，進行 600、700、800、900、950、1,000 °C 的 6 種鋼板加熱溫度，採用不同冷卻方式，進行金相複製分析與抗拉實驗，探討鋼材在不同加熱溫度下，水淬後其表面的金相顯微組織，及內部鋼結構缺陷之變化情形，研擬此類輕量型鋼結構建築物火災的防火安全與消防搶救之對策。

期能透過本研究成果，提供國內相關法規修正之參考，調整此類建築物火災的消防搶救之對策，以避免輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)火災造成重大傷亡悲劇一再發生。相關鋼板加熱溫度及冷卻方式說明如下表 3-2 所示。

表 3-2 加熱鋼板的實驗條件與配置規劃表

| (1)針對 ASTM A36 鋼板，利用密閉式加熱爐，考量加熱 600、700、800、900、950、1,000°C 等 6 種溫度，歷時 60 分鐘等 1 種時間，以及自然、淬火等 2 種冷卻方式。 | | | |
|---|----------|---------|------|
| (2)將前述各種不同加熱條件的鋼板，利用金相複製技術，獲得其各組金相顯微組織。 | | | |
| 冷卻方式 | 預期溫度(°C) | 持溫時間(分) | 實驗類型 |
| 自然冷卻 | 600 | 60 分 | 6 |
| | 700 | | |
| | 800 | | |
| | 900 | | |
| | 950 | | |
| | 1,000 | | |
| 淬火處理 | 600 | 60 分 | 6 |
| | 700 | | |
| | 800 | | |
| | 900 | | |
| | 950 | | |
| | 1,000 | | |

(資料來源：本研究整理)

另外，利用非破壞性的金相複製技術，在不用破壞前述鋼鐵材料的燃燒殘跡之前提下，可於火災現場勘查的重要路徑上，將金屬類燃燒殘跡的金相顯微組織，與實驗室對照條件下的組織特徵，予以分析比對，則可獲知各取樣點，可能的受熱時間及最高受熱溫度。

本計畫擬與中龍鋼鐵股份有限公司冶金技術服務處合作，利用瓦斯加熱器、密閉式加熱爐及電子溫控器等設備，於實驗室製作不同受熱條件的鋼板材料，如圖 3-5 所示。圖 3-6 為現場金相複製製作情形圖。



(a)瓦斯加熱器

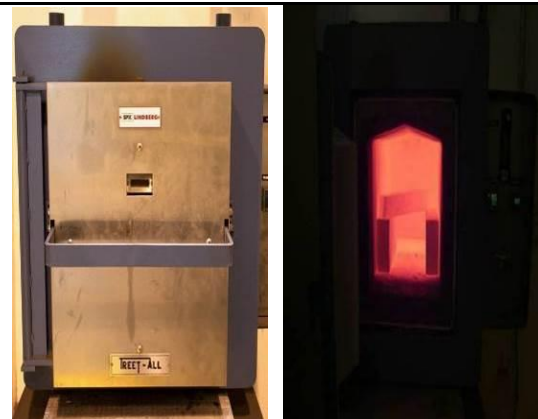


(b)4 孔加熱器噴嘴

(內部溫度可達 1,050°C)



(c)電子溫控器與感溫棒(一式 4 組)



(d)密閉式加熱爐

(內部溫度可達 1,200°C)

圖 3-5 製作鋼板受熱之相關加熱設備照片圖

(資料來源：本研究整理)



鋼板加熱前之表面狀況



加熱鋼板取出狀況



將試片置入淬火槽



金相複製染劑及清潔用品



現場金相研磨機及研磨片



現場金相研磨情形



現場金相研磨情形



現場金相顯微鏡觀察情形



現場金相複製粘貼情形



現場金相複製粘貼製模情形



金相複製粘貼模片



現場金相複製觀察情形

圖 3-6 現場金相複製製作情形照片圖

(資料來源：本研究團隊/中龍鋼鐵冶金技術處)

第三節 火害後鋼板金相複製與抗拉實驗成果討論

鋼材受熱達一定高溫時，火害溫度或冷卻方式將對鋼材的機械性質造成不同程度的影響⁴。根據彭朋畿等人試驗研究結果，鋼板加熱至800°C以上時已多轉變為沃斯田鐵相，經水冷後可得到變韌鐵及麻田散鐵相，其細化組織可改變超音波之訊號，尤其是超音波之波速與衰減。而有關超音波探頭之選用，經試驗發現由於頻率較高之探頭在鋼材傳導過程中衰減較大，故建議選擇較低頻之2MHz探頭，以利超音波檢測法之評估。另800°C以上之水冷試片部分組織，已轉為變韌鐵及麻田散鐵相，故經拉伸試驗發現降伏強度及抗拉強度雖有增加趨勢，但伸長率卻降低（尤其是1,000°C之水冷試片）⁵。

此外，根據蘇俊吉等人研究，現場金相複製技術，可檢測材料受熱微結構的變化以及裂紋型態，同時可檢測早期的潛變損傷，整個金相複製評估過程中，可運用相當多的技術，包括檢測、材料冶金和應力及分析計算⁶。由前述可見，鋼材受熱後，材料性質受到高溫影響甚大，應可於現場利用金相複製技術，進行非破壞性檢測作業，以瞭解其微結構組織之變化。

一、鋼板的加熱實驗分析

針對鋼板放入已預熱至指定溫度的加熱爐中之後，再維持1小時持溫使試體各部份溫度均勻，再將試體從高溫爐中移出進行外觀檢視照片(圖3-7)。針對前述照片外觀特徵，發現加熱指定溫度達200°C時，僅鋼板表面的防銹漆粉狀化，對鋼版本體並無何影響；在溫度達300°C時，原表面的防銹漆已被碳化顯現暗灰色，並有明顯氣泡隆起；在溫度達400°C時，原表面的防銹漆已完全碳化顯現暗黑灰色，氣泡已產生龜裂及剝離現象，此時鋼板防銹漆已被完全破壞，故對一般火場而言，受燒後的鋼板表面如果生鏽嚴重，則代表該位置於火場最高溫度應超過400°C。在溫度達500°C時，原表面防銹漆已完全燒失，此時

表面為鋼板本體之顏色，表面將呈顯淡粉紅色，並有局部龜裂剝離現象。在溫度達 600 °C 時，鋼板本體表面顏色將顯現淡粉紅色，並有龜裂及輕微斑點之現象。而在溫度達 700°C 時，鋼板本體表面顏色將顯現灰白色，並有更明顯的龜裂及斑點之現象。



(a)加熱指定溫度 200 °C



(b)加熱指定溫度 300 °C



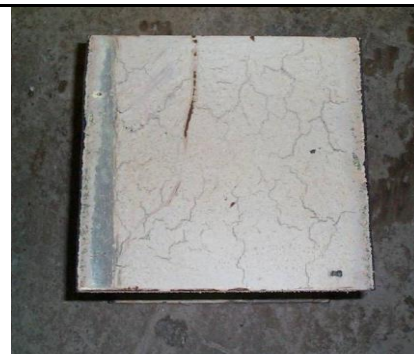
(c)加熱指定溫度 400 °C



(d)加熱指定溫度 500 °C



(e)加熱指定溫度 600 °C



(f)加熱指定溫度 700 °C

圖 3-7 鋼板承受不同受熱溫度時的外觀照片圖

(資料來源：本研究整理)

二、加熱鋼板金相複製結果與分析

本研究團隊至中龍鋼鐵股份有限公司冶金技術服務處合作，並利用該公司的密閉式高溫爐(圖 3-5)，分別將建築結構常用建材(A36 鋼板)加熱至 600、700、800、900、950、1,000°C 後，持溫 1 小時後，取出加熱爐後，立即置入水槽冷卻(淬火處理)，再以金相複製技術取得不同受熱條件下，鋼板的金相顯微組織，經具有專業證照的金相工程師認定後，將其結果整理如表 3-3 所示。

本研究由表 3-3 的試驗結果發現，未受加熱的鋼板或加熱溫度達 600°C 以上，若採用自然冷卻方式，其組織成份皆無任何變異。其金相顯微組織的成份與比例，皆為 80 % 的肥粒鐵(簡稱 F)及 20 % 的波來鐵(簡稱 P)，如圖 3-8(a)。如同樣試體在加熱至 800 °C，持溫 1 小後，淬火(急速冷卻方式)處理後的金相顯微組織的成份與比例，已改變為 75 % 的肥粒鐵(F)、10 % 的變韌鐵(簡稱 B)及 15 % 的麻田散鐵(簡稱 M)，而原來的波來鐵成份則完全消失。且同樣試體條件，加熱至 1,000 °C 時，其金相顯微組織的成份與比例，則變為 25 % 的肥粒鐵(F)、35 % 的變韌鐵(B)及 45 % 的麻田散鐵(M)，同樣波來鐵(P)成份亦完全消失，組織變細化，亦會改變超音波訊號。

由前述金相顯微組織的相變化可知，原有鋼板在未加熱前的波來鐵(P)，當加熱溫度達 800 °C 以上，且採用淬火處理時，其波來鐵(P)成份即完全消失；而原來成分比例高達 80 % 的肥粒鐵(F)，當加熱溫度達 1,000 °C 以上時，即迅速減少至 20 %；而前述所消失的成分比例，則因高溫加熱轉換成變韌鐵相(B)及麻田散鐵相(M)，其中麻田散鐵相(M)最高達 45 %，雖可使鋼板降伏及抗拉強度提高，但卻會容易脆化，使鋼板幾乎沒有延展性，造成鋼板組織細化如圖 3-8(b)及脆化的情形，將使鋼板產生突發性的脆裂破壞，失去鋼結構材料應有的優勢。

圖 3-9 為 A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 淬火處理後其金相顯微組織圖，可明顯看出加熱溫度愈高時，其麻田散鐵相

比例愈高。

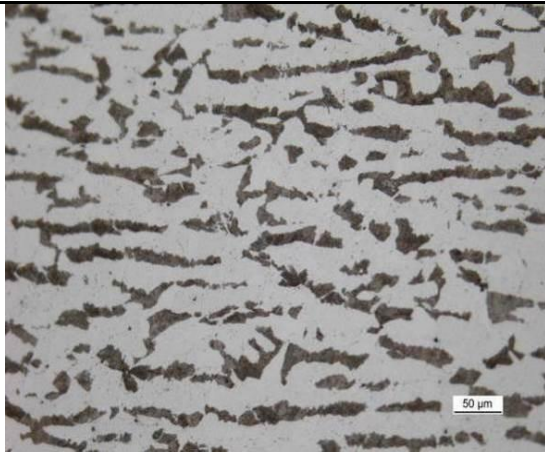
800°C 以上之水冷試體部分組織已轉為變韌鐵及麻田散鐵相，經拉伸試驗發現降伏強度及抗拉強度有增加趨勢，但伸長率明顯降低(尤其 1,000°C 水冷試片)。另 800°C 以上之水冷試體衝擊值明顯降低(韌性較差)，但硬度值提高。

表 3-3 A36 鋼板於不同受熱條件與冷卻方式之金相顯微組織成份比例對照表

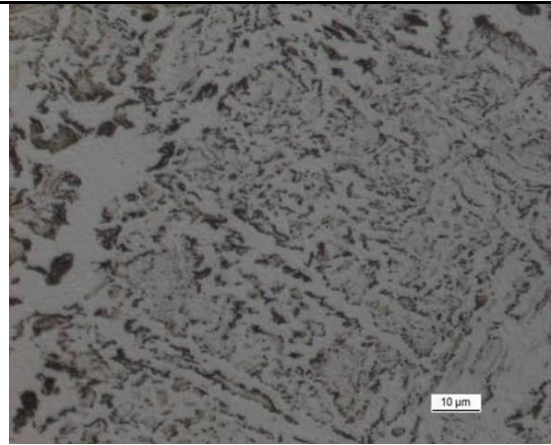
| 加熱溫度(°C) | 持溫時間(分) | 冷卻方式 | 組織比例(%) |
|----------|---------|--------------------|--------------------|
| 未加熱 | - | - | 80%F + 20%P |
| 600 | 60 分鐘 | 自然冷卻 | 80%F + 20%P |
| | | 水淬處理 | |
| 700 | | 自然冷卻 | 80%F + 20%P |
| | | 水淬處理 | |
| 800 | | 自然冷卻 | 80%F + 20%P |
| | | 水淬處理 | 75%F + 10%B + 15%M |
| 900 | | 自然冷卻 | 80%F + 20%P |
| | | 水淬處理 | 60%F + 15%B + 25%M |
| 950 | | 自然冷卻 | 80%F + 20%P |
| | | 水淬處理 | 40%F + 25%B + 35%M |
| 1,000 | 自然冷卻 | 80%F + 20%P | |
| | 水淬處理 | 20%F + 35%B + 45%M | |

註：F(肥粒鐵)、P(波來鐵)、B(變韌鐵)、M(麻田散鐵)

(資料來源：本研究團隊/中龍鋼鐵冶金技術處)



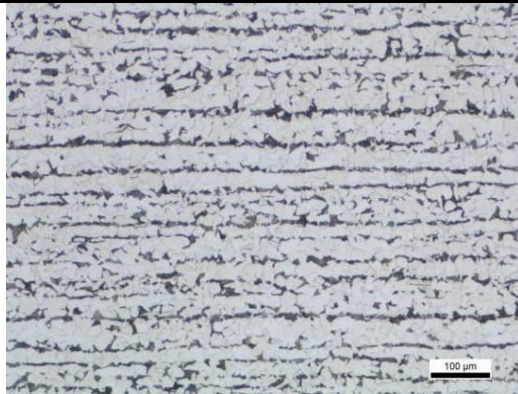
(a)未加熱或採自然冷卻方式之鋼板金相顯微組織(成份比例為 80% F+20% P)



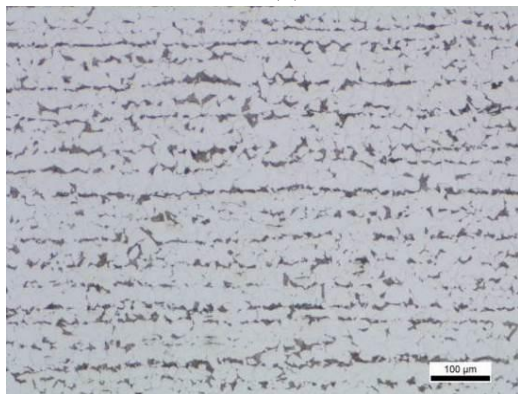
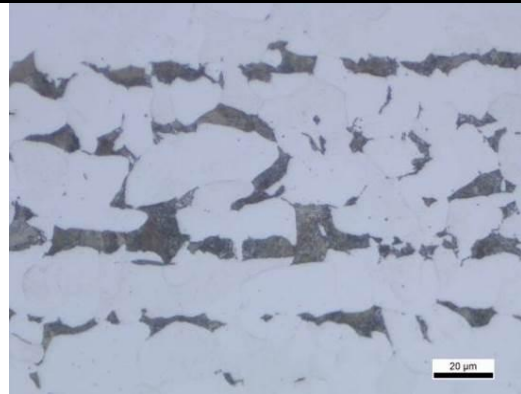
(b)加熱至 1,000 °C 鋼板水淬處理後之金相顯微組織

(成份比例為 20% F+35% B+45% M)

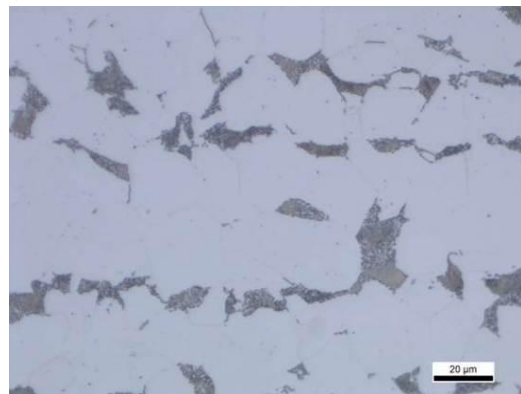
圖 3-8 A36 鋼板於未加熱與加熱至 1,000°C 持溫 1 小時淬火處理後其金相顯微組織圖(資料來源：本研究團隊/中龍鋼鐵冶金技術處)



(a)600 度/1hr/水冷，組織：波來鐵+肥粒鐵



(b)700 度/1hr/水冷，組織：波來鐵+肥粒鐵



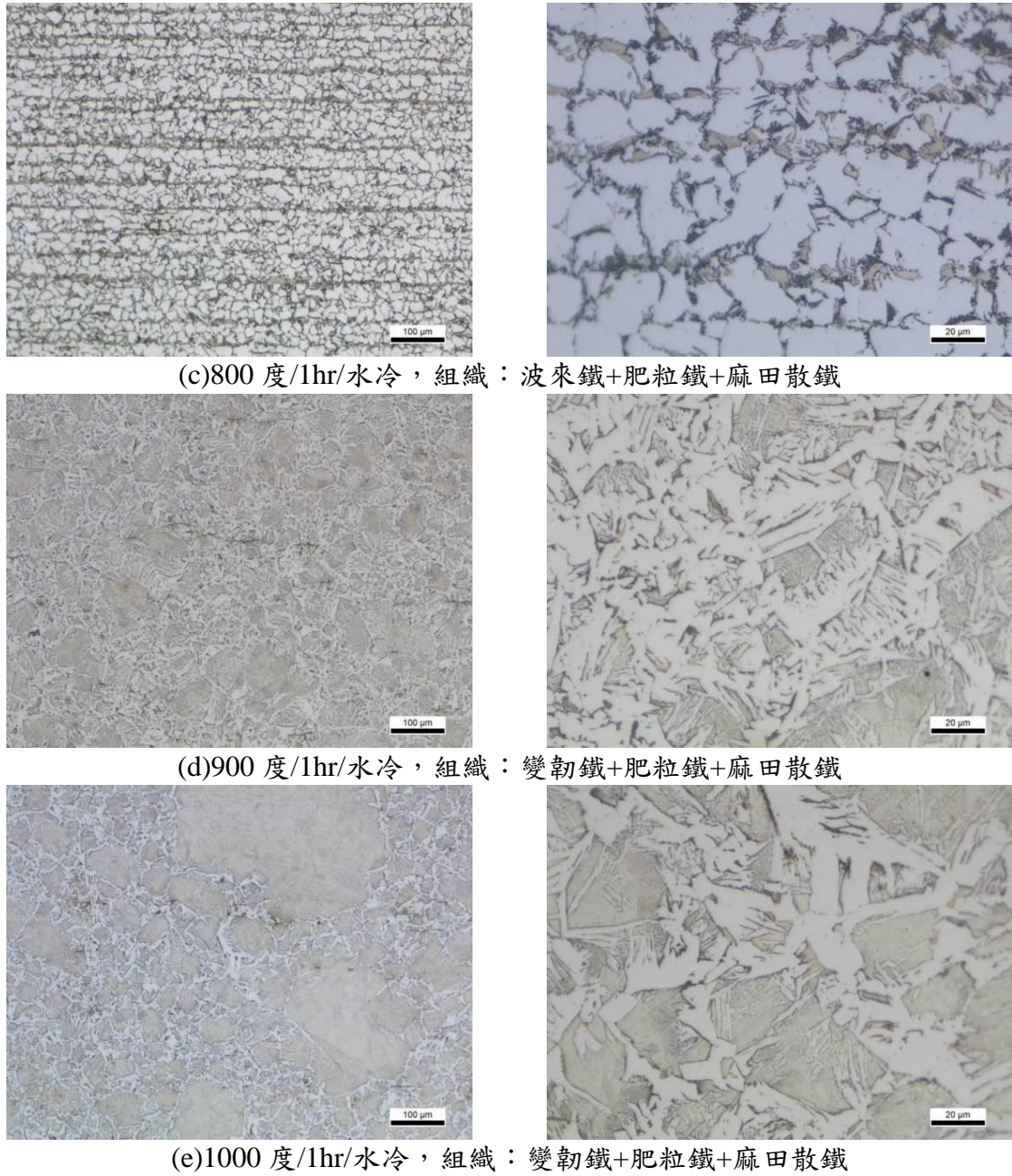


圖 3-9 A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 水淬處理後其金相顯微組織圖(資料來源：本研究團隊/中龍鋼鐵冶金技術處)

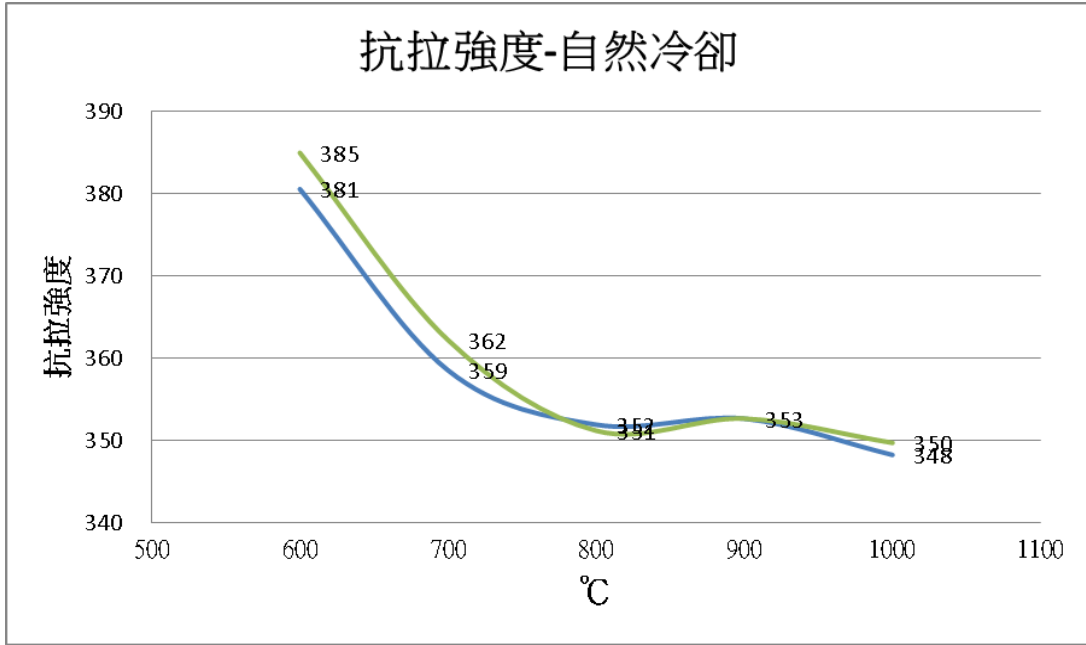


圖 3-10 A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 自然冷卻處理之抗拉強度曲線圖(資料來源：本研究團隊/中龍鋼鐵冶金技術處)

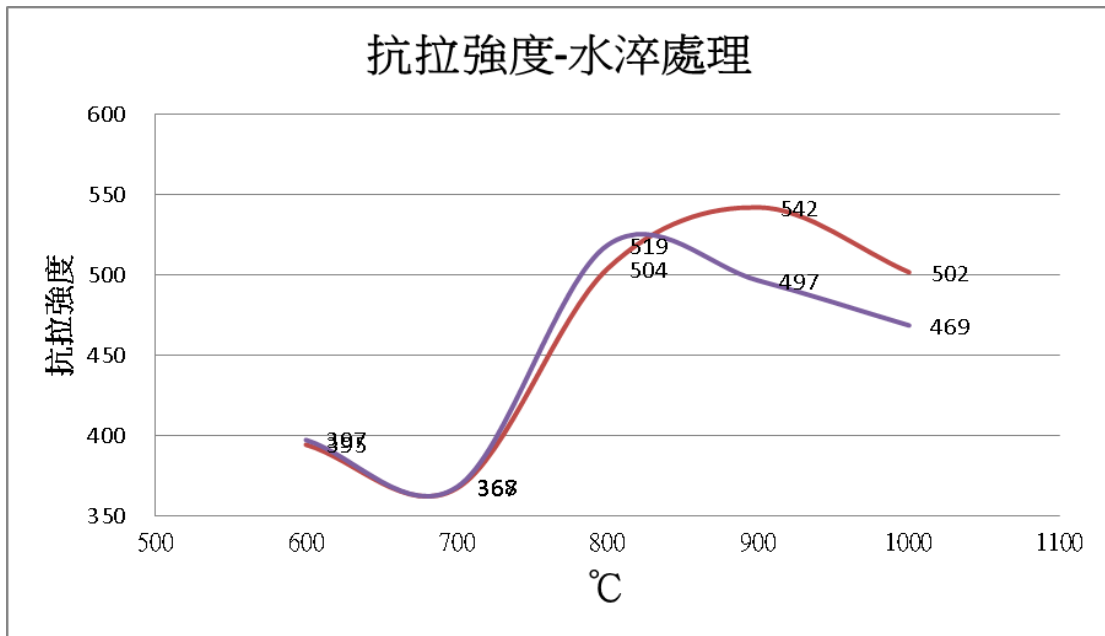


圖 3-11 A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 水淬處理之抗拉強度曲線圖(資料來源：本研究團隊/中龍鋼鐵冶金技術處)

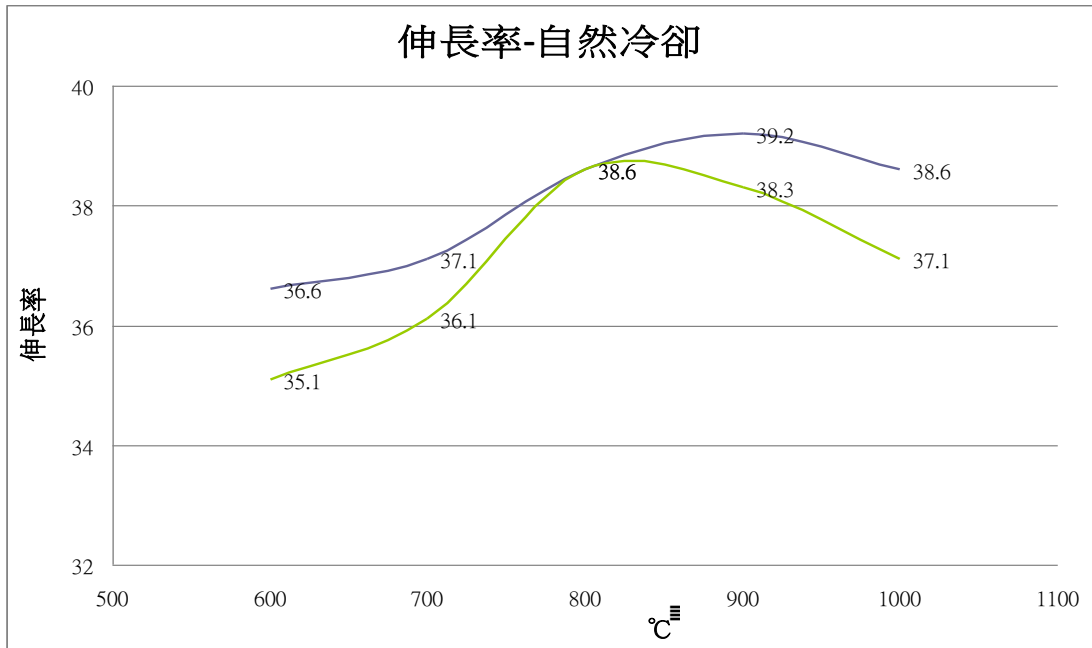


圖 3-12 A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 自然冷卻處理之伸長率曲線圖(資料來源：本研究團隊/中龍鋼鐵冶金技術處)

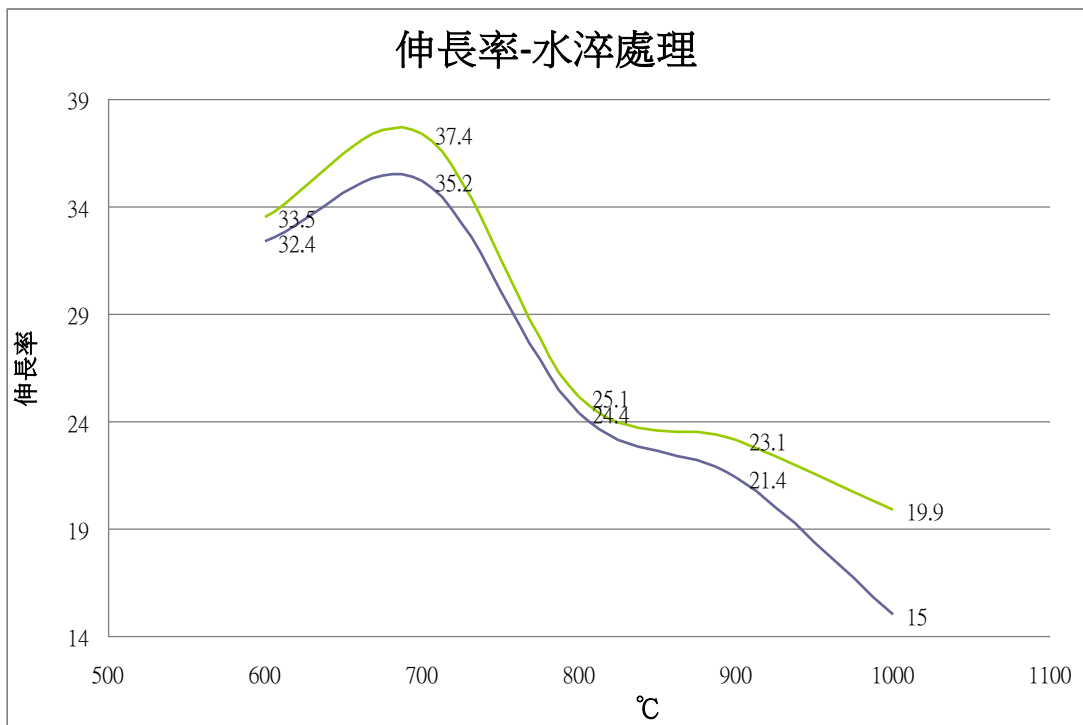


圖 3-13 A36 鋼板加熱至 600、700、800、900 及 1,000°C 水淬處理之伸長率曲線圖(資料來源：本研究團隊/中龍鋼鐵冶金技術處)

根據前述研究成果，發現鋼板加熱至 800 °C 以上時，已多轉為變為沃斯田鐵相，經極速淬火處理(水冷)後，受熱鋼板的金相組織將變為變韌鐵相及麻田散鐵相，此時如重新加熱，則其金相組織仍為麻田散鐵相。反之，若同樣鋼板加熱至 800 °C 以上時，雖已轉為變為沃斯田鐵相，但如以自然冷卻方式，使高溫鋼板逐漸冷卻，則其金相組織將恢復部分波來鐵相，此時鋼板仍保有部分的韌性，不會發生突發性的脆裂行為，如圖 3-14 所示。

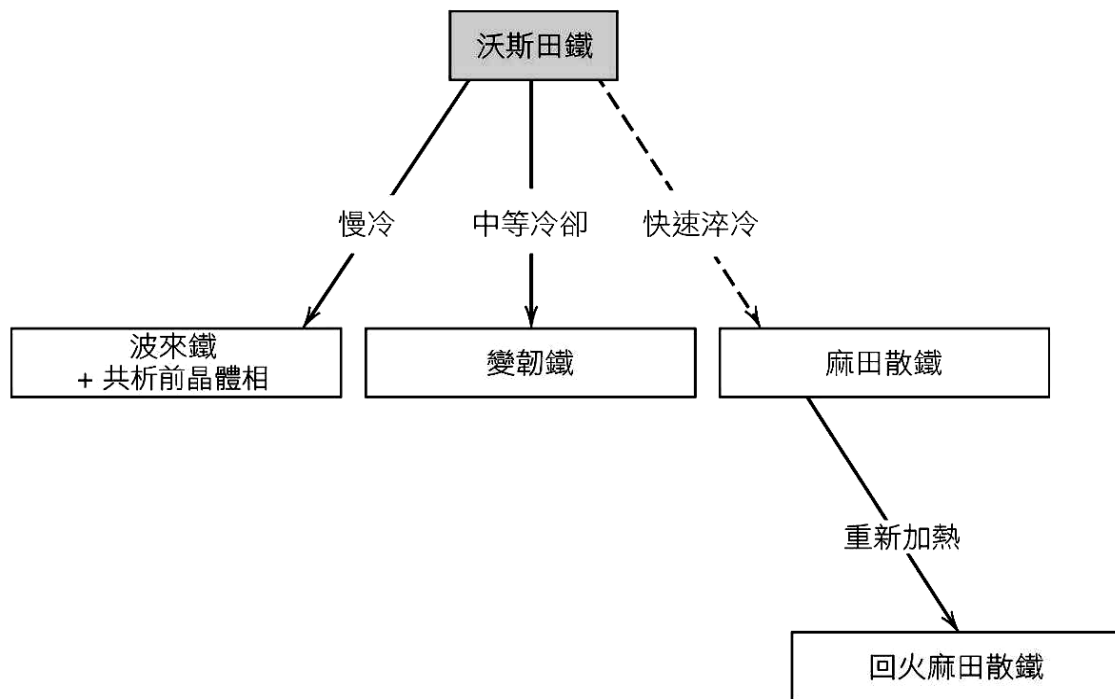


圖 3-14 A36 鋼板加熱至 800 °C 以上經不同冷卻方式處理後其金相顯微組織變化圖(資料來源：參考書目 38)

第四節 小結

金相複製技術為工程界的多種非破壞性檢測方法之其中一種，目前通常應用在鋼結構橋梁工程、大型工廠的鋼管輸送系統、鋼製高壓力容器等非破壞性品質檢測方面，將其運用在防火工程領域，僅有在火災發生後，針對其管線與設備等再用性，利用此技術予以評估。因此，環顧目前國內、外相關文獻資料中，尚無將金相複製技術運用在火災調查領域，此為本研究計畫的創新之處。

本研究針對 A36 低碳鋼板，分別加熱至 600、700、800、900、950 及 1,000 °C，再分別持溫一個小時後，以自然冷卻方式，以及水冷方式(將試體直接置入水槽)，以模擬鋼板於火場中施以射水(淬火處理)之情境。再將各種受熱條件下的試體，利用金相複製技術，取得其金相顯微組織特徵，確認受熱後的鋼鐵材料，於加熱 800 °C 以上，採用淬火冷卻處理方式，其組織構造將由受熱前，80 % 的肥粒鐵(簡稱 F)與 20 % 的波來鐵(簡稱 P)，開始變化成麻田散鐵(簡稱 M)、變韌鐵(簡稱 B)與肥粒鐵之組織，其中麻田散鐵相的比例由原來的零，快速增長至 45 %，將使鋼鐵韌性消失與組織細化、脆化。

此外，一般鋼鐵材料在溫度達 1,100°F (593°C) 時，降伏及抗拉強度約減至原來的 50 %，而一般火災現場僅約需 5 分鐘即可達到此溫度，此時鋼材膨脹率約 1%，即可能導致鋼材變形而倒塌³。近年來，對於鋼結構工程的防火方式，雖已開發膨脹型耐火塗料，作為建築物鋼結構之防火被覆材料，但根據建築技術規則第 69 條，3 層以下的 C 類建築物(工業、倉儲類)，及 3 層以上規模較小的 C 類建築物，皆免受防火構造的相關規定之約束⁷，因此低樓層或小規模的鋼結構建築物之業主，大多不願負擔鋼結構防火成本，造成一旦發生火災，多數由於內部火載量甚高，火災猛烈度甚大，短時間即超越鋼結構桿件的耐熱強度，鐵皮屋建築物短時間即崩塌之慘劇。因此，前述金相複製的研究結果，不但可作為火災調查的判斷基礎，火場中施以射水(淬火處理)，使鋼鐵韌性消失與組織細化之結果，更可提供改進消防搶救戰術之參考。

第四章 鐵皮屋火災的消防搶救對策

第一節 概述

消防搶救作業是一項極為複雜的過程，由於火災情勢的複雜與狀況的易變，加上各種主、客觀因素的差異，使得每一次的火災搶救過程很難一致。但在前人不斷努力與經驗累積下，逐漸掌握了影響消防搶救滅火效果之關鍵所在。這些因素對於從事火災搶救的消防機關而言，是絕佳的借鏡與參考資料。

正如本文前面所述，當火災發生後消防機關所進行的相關搶救工作是減少火災損失最重要的力量，也是消防機關直接介入火災防護體系的最後一道防線。但在執行這些相關工作時，有許多的因素會影響到其滅火效果。

以滅火過程而言，消防力越早介入，所能達成的滅火效果越高。根據分析將可能影響消防搶救滅火效果因子整理如下：

(一)在建築物火災特性方面

- 1.火災的發展過程受到熱釋放速率、閃燃發生的時間、抑制系統作動後對火災的影響、引火源的種類、空間幾何學的影響、門窗是否關閉或開著及建築物的性質等因素影響。
- 2.火災區劃空間內的溫度變化視內部的燃燒情況而定，起火後一段時間，溫度會急劇上升，此一急劇上升的現象就是所謂的「閃燃」。閃燃之後，室內的火勢頓成火海一般，並持續一定的高溫。不久所有的可燃物燃燒殆盡，溫度逐漸下降。
- 3.火災中的熱釋放率(Heat Release Rate)是表示火災發展的一個主要參數。火災初期的熱釋放率是控制火災主要關心的問題之一。

(二)在消防搶救與火災發展過程相關性方面

- 1.消防隊反應是否能在建築物空間內燃燒物質轉變成致命火勢之臨界點(閃燃)前到達火場部署射水呢?根據統計資料與文獻探討分析結果顯示，這個答案幾乎是不可能(除少數特例外)，消防隊難以在建築物空間內火勢發展為閃燃之前到達且部署射水。
- 2.消防搶救射水主要產生兩大滅火效果，並可藉簡單的實驗來認定與觀察。射水主要藉降低火焰和熱氣散佈到燃料而造成熱解率降低，亦即減少外加的熱流與射水穿越火焰抵達燃燒表面，藉冷卻表面而導致降低熱解率，亦即增加表面熱流失的速率。
- 3.滅火活動用水對火災之控制，原則上消防搶救非常簡單，所要做的就是將適當數量的水噴撒在正確的位置，然後火災就控制住。

第二節 鐵皮屋火災崩塌原因分析

本研究擬以輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)為研究標的物，經由廠房業者、產險業者、各縣市消防單位的協助，收集國內重大火災案例相關資料，並以該類建築物火災發生時間、地點、原因等基本資料，經過系統化資料彙整分析，另進行該類建築物(鐵皮屋)的現場勘查與消防搶救過程參與人員的訪談作業，深入瞭解鐵皮屋的火災概況、危害因子，以及此類建築物在火災防範方面的困境。

根據本研究團隊鐵皮屋火災案例現場勘查，研究成果初步找出鐵皮屋建築結構物火災崩塌原因，詳如後圖 4-1 說明。



(1)火災案例空照圖



(2)單層山形結構系統



(3)內部少部分區域有夾層



(4)鋼梁接頭受熱後產生強大拉力



(5)鋼樑與鋼柱產生大量變形，造成屋頂塌陷



(6)鋼柱挫屈變形(近照)，造成屋頂塌陷



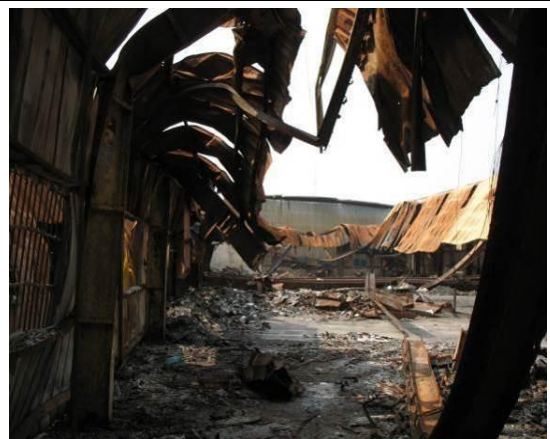
(7)原鋼樑於屋脊接頭處(圓圈)，尚未拉斷，故屋頂未完全塌陷



(8)原鋼樑於屋脊接頭處(圓圈)，因螺栓已被拉斷，故屋頂完全塌陷



(9)鋼樑與鋼柱產生大量變形(近照)，造成屋頂塌陷、鋼柱挫屈



(10)鋼樑變形，屋頂完全塌陷(殘跡以清理)，鋼柱大量挫屈變形

圖 4-1 鐵皮屋火災可能崩塌流程分析圖(資料來源：本研究整理)

第三節 鐵皮屋建築物火災消防搶救進場前準備作業及進場後應變對策

在台灣到處都可以看得到鐵皮建築，就 100 及 101 年度此類工廠火災占總體火災發生率 10.8 %～11.1 %，死亡率占總體火災死亡率 5.0 %～6.4 %，受傷率占總體火災受傷率 13.3 %～13.6 %，而火災的財損、燒損面積及使用消防車輛數，都超乎一般建築物甚多，深入觀察發現在新北市、台中市及桃園縣呈現較高傷亡數⁴⁰；而當建物面積超過 500m²，呈現車多、人多、時間長、水線多但幾乎建物全毀的結局；又中午之前的火災，燒損面積小，而下午或下班之後火災，燒損面積幾乎達整棟建物，值得探索。

當指揮官掌握地區環境、建築物外觀及面積，可隨著燃燒行為及時間先預測可能燒損面積，為避免燒損面積擴大，判斷及指揮消防力部署，計量出動車輛數（如第一梯出動 4～5 輛）、放水車輛數（事先指定攻擊車、中繼車）、放水瞄子數（每車有 4 個出水口、每支瞄子所需放水壓力及放水量、每支瞄子在某一壓力下水平射水距離及防護半徑）、每個消防栓管徑及放水量、消防水源最大間隔及平均間隔，形成可操作的阻絕火災延燒模式。

(一)佈線射水：

第一部消防車到達現場即佈線完成接裝瞄子，瞄子手選擇最有利的攻擊位置，當車輛放水開始即展開射水攻擊，一般小火採攻擊戰，中火採攻防戰，大火採防禦戰，要求作有效射水同時才進入屋內射水。在射水前先了解有無斷電，建築物是否有倒塌之虞，入屋前是必要先向上方掃射，確定安全才深入，射水時應視火煙及燃燒狀況採取直線射水或水霧射水或水幕射水等方式。

⁴⁰ 吳武泰，「提升鐵皮工廠火災搶救指揮效能之研究—以台北市社子島為例」。

(二)搶救受困人員：

當車輛到達火場，發現有人受困呼救，立刻利用雙節梯、雲梯車或進入屋內引導至安全區。現場內部還有人受困，立刻展開搜救行動，以二人至三人為一組，配戴空氣呼吸器、無線電、照明燈、繩索、破壞器材等，配合瞄子手水霧射水掩護入室搜索桌子下、樓梯轉角、床鋪下、陽台、浴室等處所，若發現受困人員尚未死亡，先以空氣呼吸器助其呼吸或以濕毛巾、活性碳口罩掩口鼻脫離，若已意識昏迷亦須搬運出火場送醫救治。

(三)防阻延燒：

鐵皮工廠火災，必須防止火苗向上及向水平橫向延燒，只要有延燒之虞，判斷火勢無法壓制或一舉撲滅，則必須射水阻隔擴大延燒。

(四)建構有效水源：

水源的佔據使用以消防栓為第一優先，再考慮其他天然水源，消防栓有選擇性時應部署在水量充足之大口徑管徑，在使用消防栓佔據水源時應使用機械進水方式，以幫浦運轉吸水送出，節省進水時間。

(五)延伸供水：

當佈線攻擊車與佔據水源車距離過長致前線壓力不足時，應調派中繼車輛加強壓力與水量的輸送，送水時後車水帶應接前車進水口以幫浦直接驅動運轉方式，一部接一部將水源源不斷供應前方。

(六)破壞：

火災搶救進行中，往往因門、窗、鐵捲門、廣告招牌等，阻礙了救災通道，使消防人員無法進入火場，必須使用圓盤切割器、氧氣切割器、油壓破壞器材、切斷器、鏈鋸、斧頭等破壞器材迅速加以排除，才能順利持續執行救災行動。

(七)排除煙熱：

在進入火場搶救時，往往受到濃煙及熱氣的侵襲，無法逼近火點，必須設法利用排煙機具做機械排煙或運用門窗做自然排煙，將室內濃煙排出散熱，才能做有效的射水。

因此，根據上述各章節研究及專家學者提供意見，本研究綜整鐵皮屋建築物防火安全及消防搶救對策，且在消防搶救對策方面，區分有進場前準備作業及進場後應變對策等二方面，臚列如下：

一、鐵皮屋建築物防火安全對策

(一)鐵皮建築設施設備改善

- 1.應加強對鐵皮屋建築物內部裝潢與隔間材料之管制，應採用耐燃材料。並加強被動式防火結構（牆壁、柱、窗戶及開口、屋頂、樓地板）之防火時效、防火區劃等。
- 2.建議可配合地方政府的行政裁量權限，鼓勵鐵皮屋建築物業者，提升其建築物的防火安全及消防安全設備等級。
- 3.有關鐵皮屋建築物鋼結構工程之規劃、設計與施工監造，宜由專業技師簽證把關。
- 4.縣市政府應針對區內鐵皮建築物(工廠、倉庫等)，應加以進行防火診斷、防火管理、消防組訓，推動密集區域的區域聯防機制。並建立工廠內部儲放物質(品)建檔管理，並瞭解其為製造生產場所或僅為倉儲空間。
- 5.不合法之鐵皮工廠或倉庫，仍應鼓勵設置消防安全設備，消防單位仍應加以列管查核、管理、溝通，以早期發現消防安全問題。
- 6.建議鐵皮廠房於設置時之屋頂一定範圍內採用透明採光罩等，火災時遇一定之熱度即能熔掉，以避免火災時造成大量崩塌情形，鐵皮廠房之間應有一定之防火間隔距離，以有效避免火災持續擴大延燒情形發生。

(二)維護管理

- 1.應加強鐵皮屋建築物內部空間物品之使用管制，特別是使用類型、儲存位置、儲存量等。
- 2.消防管線、製程設備及管線等構件有劣化或腐蝕等情形，建請加強檢測、維護或更換，以避免發生電器火災。
- 3.加強員工防火安全教育訓練，避免人為不當操作機械設備及控制系統等，並強化工作場所的火、氣、電之使用管制。
- 4.施工作業之保安監督人對於該施工現場之作業人員，應嚴格要求遵守施工安全管理事項。
- 5.工廠建築物應每年委託專業檢查人或機構辦理年度建築物公共安全檢查簽證及申報。並應制定之自主安全檢查項目，於平時落實檢查，並定期檢討執行情形，修正檢查方式、項目或檢查頻次。

二、鐵皮屋建築物消防搶救對策

(一)進場前準備作業

- 1.消防人車到達後，若發現大量火煙狀況時，且對火場內部資訊不明時，在確認內部無人受困時，應以阻隔火勢延燒為初期搶救之第一優先對策。
- 2.搶救人員不得已需進入火場時，應有完善救災裝備器材，如無線電通訊設備、生命狀態救命器或電子式空氣呼吸器等，否則指揮人員不應指派人員進場。
- 3.搶救人員進場前，應確認火場內部各項資訊，包含儲存物品、內部裝潢隔間、建築物配置等，瞭解屋內燃燒情形，是否有毒性化學物質或爆炸物質，採取必要之防護措施，始可在防護裝具齊全下方能進入火場。
- 4.到達現場後可訪查廠房人員或查看現場危險物標誌以探知危險物

種類，並瞭解工廠儲存之化學物是否有毒性、爆炸性、危險性等相關特性後，翻查「緊急應變指南」，選擇最有效之滅火方法或防堵化學物質外洩方式以降低傷害。

5. 指揮人員應能隨時掌握內部搶救人員動線，並清楚瞭解火勢延燒路徑等情境，妥善部署後，方能要求同仁進入火場；同仁進入火場後，應能集中供水，必要時，應先組成搜救小組，隨時待命救援。
6. 應加強搶救人員在建築結構方面之知識，特別是對於火害結構之特徵，應有充分瞭解，以作為緊急撤離之判斷基準。
7. 搜救時應注意深入室內之距離，留意空氣呼吸器的使用時間（當空氣瓶殘壓警報音響鳴動時，應迅速沿原路或預留退路退出）。

(二) 進場後應變對策

1. 目前建築結構多採”強柱弱梁”設計，搶救人員進入火場後，可盡量靠近外牆的柱桿件緩緩向前推進。
2. 搶救人員應隨時注意建築結構桿件，在高溫中的變化情形，特別是鋼結構接合處如產生變形，或是有大量墜落物時，應立即回報指揮人員，並迅速撤離火場。
3. 搶救人員進入火場後，應避免因直線射水造成高溫中建築物主要梁、柱桿件，受到急速冷卻(淬火)情形，進而造成建築物崩塌之危險，建議應盡量採水霧防護射水。
4. 高溫中的鐵皮屋鋼結構，因降伏強度降低，及韌性因淬火而消失等因素，造成結構行為呈現不穩定狀態，搶救人員身處高度危險場所時，應保持最高警覺性，一旦有不利自身安全情境發生時，應立即回報指揮人員，並迅速撤離火場。
5. 入室或開啟門窗前應有「測溫」動作，並注意觀察室內火燄、濃煙、熱氣之變化及悶燒狀況，以防範火勢擴大或閃（爆）燃之情形發生。

- 6.一般搜索救生編組應由 2 人以上組成，並指定 1 名具有豐富經驗者為帶隊官，不可 1 人單獨貿然進入，並配合水線射水掩護。
- 7.搜救小組的帶班人員（屋外）和屋內搜救人員間的確保繩索應保持不鬆不緊的狀態，準備退出時，彼此間應以拉繩、無線電、警笛或擴音器做為聯絡之方式。
- 8.應逐層部署搶救，不可跳層搶救以免被困，另進入複雜通道須注意退路，可循繩索或水帶退出火場。
- 9.針對閃燃或爆燃發生前，提供入室搶救或搜索人員下列判斷之徵兆與應變建議：
 - (1)閃燃：
 - A.徵兆：
 - (a)在區劃內溫度快速增加，且在天花板有高溫的火氣增幅射熱。
 - (b)有痛覺的幅射熱。
 - (c)可以見到在煙層處有火舌冒出、跳動。
 - (d)可以見到在其他未著火的可燃物表面冒出煙或火焰。
 - (e)很低的中性帶，且中性帶下面空氣的吸進逐漸變強，且開口部的寬度變窄時，可以看出煙噴出有喘息繼續的現象。
 - (f)煙的顏色（黑色或褐黃色）。
 - B.應變作為：
 - (a)發生閃燃時，可有約 2 秒鐘可應變。
 - (b)使用防禦式短水霧。
 - C、閃燃時瞄子使用方式：
 - (a)與閃燃區劃空間距離，應在水霧瞄子射程內。
 - (b)儘速射出水霧，但勿將水射至天花板。
 - (c)水量應選擇最低的水量。
 - (d)使用寬水霧—45 至 60 度範圍。

- (e)使用短水霧點放，而不是長時間放水，而產生過多的水。
- (f)使用水霧點放，在延遲閃燃的發生時，會比使用直線還好用。
- (g)採取點放的方式是為避免產生過多的水蒸氣而迫使煙層下降。

(2)爆燃：

A.徵兆：

- (a)火勢在不通風或限制通風的建築物內。
- (b)濃厚的煙但沒有見到火焰或一點點火焰。
- (c)煙將窗戶燻黑。
- (d)煙強力地往外吐。
- (e)煙好像在呼吸，在有開口、窗戶細縫間，一進一出。
- (f)門上有熱留下的痕跡。
- (g)藍色的火焰。
- (h)煙的顏色（黑色或褐黃色）。

B.應變作為：

- (a)部署水線應避免在出入口處或通入居室大門後，應迅速往大門側面移動，避開爆燃爆出火舌之路徑，採低姿勢進行救災。
- (b)進入時，開門時應先進行開門程序（使用長水霧約 2-3 秒，朝天花板處煙層點放射水 2 次，重複至水滴落下確認煙層已降溫）。
- (c)持續溫度檢查（以約 1 秒短水霧朝天花板射水，檢視室內煙層溫度是否過高）。
- (d)冷卻火氣射水（以 0.5 秒短水霧點放冷卻煙層，使煙層降溫、可燃性氣體濃度降至燃燒下限以下，讓煙層可燃性氣體無法起燃）。

- (e)最後到達火點處，勿直接針對火點射水，應先進行火點旁的天花板、牆壁進行 1-2 秒長水霧點放射水降溫，使火點火勢變小後（非直接滅火射水），再進行火點直接滅火射水，以水霧點放射水或無衝擊力量之水柱點放射水，滅掉火點範圍火勢，最後再進行殘火處理，開大水霧澆掉火星。
- (f)進入時，應使用楔形木或固定門用 U 型環，將入口的門固定，避免門因爆燃衝擊力將門卡死，使內部救災人員無法逃生

第四節 鐵皮屋建築物法規研析及未來修正建議

防火構造建築物係指建築物具有防火性能，其主要構造之柱、樑、承重牆壁、樓地板及屋頂應為具有防火時效之構造方法建造，防火構造規範之目的即為避免建築物因為火害而倒塌。

由建築技術規則本編第 69 條規定觀之，各類場所中，未達防火構造之情形如下：

| 建築物使用類組 | | | 應為防火構造者 | | |
|---------|-----------|----|---------|--------------|----------------------|
| 類別 | 組別 | 樓層 | 總樓地板面積 | 樓層及樓地板面積之和 | |
| B 類 | 商業類 | 全部 | 二層以下 | 3,000 平方公尺以下 | 二層部分之面積在 500 平方公尺以下。 |
| C 類 | 工業、倉儲類 | 全部 | 二層以下 | 2,000 平方公尺以下 | |
| | | | 二層以下 | 工廠不受限 | |
| D 類 | 休閒、文教類 | 全部 | 二層以下 | 2,000 平方公尺以下 | — |
| E 類 | 宗教、殯葬類 | | | | |
| F 類 | 衛生、福利、更生類 | 全部 | 二層以下 | — | 二層面積在 300 平方公尺以下。 |
| G 類 | 辦公、服務類 | 全部 | 二層以下 | 2,000 平方公尺以下 | — |
| H 類 | 住宿類 | 全部 | 二層以下 | — | 二層面積在 300 平方公尺以下。 |

上述各類組中，公共集會類（A 類）及危險物品類（I 類）需全面為防火構造建築物。變電所、飛機庫、汽車修理場、發電場、廢料堆置或處理場、廢棄物處理場及其他經地方主管建築機關認定之建築物，其總樓地板面積在 150 平方公尺以上應為防火構造建築物外。其餘各類組免依防火構造建造之情形，整理如下：

- (一)一層建築物，得為非防火構造建築物。
- (二)衛生、福利、更生類（F類）以及住宿類（H類）建築物，建築物為二層，且二樓面積在 300 平方公尺以下，得為非防火構造建築物。
- (三)休閒、文教類（D類）、宗教、殯葬類（E類）、辦公、服務類（G類），建築物為二層，且總樓地板面積 1999 平方公尺以下，得為非防火構造建築物。
- (四)商業類（B類），建築物為二層，且總樓地板面積 3,000 平方公尺以下，且二樓面積在 500 平方公尺以下，得為非防火構造建築物。
- (五)工業、倉儲類（C類）之倉儲，建築物為二層，且總樓地板面積 1,500 平方公尺以下，得為非防火構造建築物。
- (六)工業、倉儲類（C類）之廠房，建築物為二層，得為非防火構造建築物。但作業廠房樓地板面積超過 50 平方公尺者，其主要構造，均應以不燃材料建造。

前述得為非防火構造之建築物，在臺灣最常見到之構造型式，即為俗稱之鐵皮屋。鐵皮屋係鋼構造或鋼鐵架造之建築物，鋼鐵屬於建築技術規則建築設計施工編第 1 條第 28 款的不燃材料，依照火害後鋼板金相複製與抗拉實驗成果討論以節（本文第三章第三節），鋼材加熱到 600 °C 後的抗拉強度大幅折減，鋼材強度折減可能導致結構強度不足造成倒塌；鋼材加熱到 600 °C 後的伸長率大增，鋼構建築物的柱、梁等主要構件，局部長度大增，可能發生內應力導致結構體崩塌，而一般火場可能達 1,100 °C，足以造成上述崩塌現象。當鋼構造或鋼鐵架造之建築物，如果沒有達到防火構造的要求，遭遇上述火害時，建築結構極可能發生倒塌的情形。

前述六種得為非防火構造之建築物中，其中的工廠建築發生火災致死案例較為頻繁，建議優先考量改進。前述的第（六）款，工業、倉儲類（C類）之廠房，建築物為二層，得為非防火構造建築物，但作業廠房樓地板面積超過 50 平方公尺者，其主要構造，均應以不燃材

料建造。因此只要樓層在二樓以下之工廠，無論面積多少，都不需要施作防火構造，因此絕大部分的工廠，以未施做防火被覆的鋼構造建造，或者是鋼鐵架造建造。

工廠以及倉儲類之建築物，因為生產以及保管儲存物質，具有高於一般建築物居室的火載量，一旦發生火災時，火災猛烈度將比一般建築物居室來的強，當工廠面積大時，無論避難、救災的困難度均會增加。由本文國內火災案例分析（本文第二章第三節），多個火災案例分析結果指出：鐵皮屋經常在火災時發生倒塌情形，可能危害使用者及消防救災人員的生命安全。故工廠建築，應有加強防火構造之需要。針對建築技術規則建築設計施工編第 69 條規定：工業、倉儲類（C 類）之總樓地板面積中「工廠除外」之文字，建議刪除，建議修正條文如下：

| 建築物使用類組 | | | 應為防火構造者 | | | |
|-----------------|-----|------------|---------|--------------------|----------------------------|---|
| 類別 | | 組別 | 樓層 | 總樓地板面積 | 樓層及樓地板面積之和 | |
| 修正前 現行 條文 | C 類 | 工業、 倉儲類 | 全部 | 工廠：三 層以上之 樓層 | 1,500 平方公 尺以上（工 廠除外） | 變電所、飛機庫、汽車修理場、發電場、廢料堆置或處理場、廢棄物處理場及其他經地方主管建築機關認定之建築物，其總樓地板面積在 150 平方公尺以上者。 |
| 建議 修正 後 | C 類 | 工業、 倉儲類 | 全部 | 工廠：三 層以上之 樓層 | 1,500 平方公 尺以上 | 變電所、飛機庫、汽車修理場、發電場、廢料堆置或處理場、廢棄物處理場及其他經地方主管建築機關認定之建築物，其總樓地板面積在 150 平方公尺以上者。 |

（資料來源：本研究整理）

第五章 研究結論與建議

第一節 研究結論

一、國內鐵皮屋火災案例分析

- (一)完成幾件國內重大鐵皮屋火災案例調查資料，研究找出鐵皮屋火災的特性，並研擬分析鐵皮屋火災可能崩塌流程及原因。
- (二)發現鐵皮屋火災的特性，在火災時很容易變形，就會產生縫隙，形成通風良好，所以容易達到閃燃條件，進而引起擴大燃燒，而且鐵皮變色會先變白，然後變成鐵灰色、最後變成生鏽，跟 NFPA 921 的解釋吻合。
- (三)一般燃燒可分為初期、成長期、最盛期及衰退期四個階段，而從火災發生初期，約經過 4 至 6 分鐘，溫度可達到 500°C 至 600°C 時就會發生閃燃，閃燃後才會進入全面燃燒之最盛期。閃燃發生前，門窗等開口處之濃煙會變成黑色中夾雜著黃褐色，而且呈現滾動狀，因此，不管指揮官或救災人員發現這種現象時，最好立即撤離，以免發生危險。
- (四)輕量型鋼結構建築物（鐵皮屋）有以下幾點火災特性：(1)結構不堅固。(2)火勢成長迅速。(3)屋內無防火區劃。(4)火災猛烈度大。
- (五)鐵皮屋一但發生火災，多數由於內部火載量甚高，火災猛烈度甚大，短時間即超越鋼結構桿件的耐熱強度，其鋼骨容易因受熱而彎曲，整間鐵皮屋即會因重心不穩，失去平衡而塌陷。且鐵皮屋建築物內通常無防火區劃，一旦火災形成，如初期無法控制，在預燃相乘效應，可燃物會加速分解，致命之閃燃現象往往在消防隊介入時就已發生，增加了消防搶救困難。

二、火害鋼板金相複製實驗結果

- (一)根據鋼(鐵)板火害後實驗研究成果，A36 鋼板加熱溫度至 600℃ 以上，若採用自然冷卻方式降溫，其組織成份無任何變異。
- (二)根據鋼(鐵)板火害後實驗研究成果，結構用低碳鋼板(A36)成份為 80 % 肥粒鐵(F) + 20 % 波來鐵(P)，在經過鋼板加熱至 800 °C 以上時，已多轉為變為沃斯田鐵相，經極速淬火處理(水冷)後，受熱鋼板的金相組織將變為變韌鐵相及麻田散鐵相，此時如重新加熱，則其金相組織仍為麻田散鐵相。
- (三)加熱溫度至 800 °C 以上時，如經過自然冷卻方式，其組織成份比例無任何改變；反正，如經過淬火處理（加水冷卻至常溫方式），其組織成份變化為肥粒鐵(F)下降、波來鐵(P)消失，麻田散鐵(M)產生增加。
- (四)若同樣鋼板加熱至 800 °C 以上時，雖已轉為變為沃斯田鐵相，但如以自然冷卻方式，使高溫鋼板逐漸冷卻，則其金相組織將恢復部分波來鐵相，此時鋼板仍保有部分的韌性，不會發生突發性的脆裂行為。

三、鐵皮屋建築物防火安全

- (一)應多注意人為操作不當（不正確的動火程序、不安全動作、操作程序錯誤等）引起的風險。且應特別注意機器設備、管線老舊或操作不當，有造成危險物品外洩引發火災甚至造成爆炸等危害。
- (二)災害預防比後續處理更重要，除從工程專業的工作內容去考慮外，應強化員工教育訓練，強化法制教育及灌輸防災意識，另應加強承攬商之安全管理訓練，如用火用電之管理。
- (三)廠房屬老舊廠房，設置之消防安全設備應以有效滅火為主要考量，因此，除需符合「各類場所消防安全設備設置標準」相關規定外，應檢視廠區放置物品之化學性質與數量、規模大小及發生火災時之

損害程度與搶救難易度，檢討設置適當數量與性能之消防安全設備，並採取其他必要措施（如施以防火被覆、防火區劃等）。

- (四)鐵皮廠房多屬老舊廠房，部分廠房有不符公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法第 79 條之規定之情形，建議全面檢視各區域之位置構造設備是否適切，並予改善，以維護廠內安全。
- (五)透過本案研究計畫，瞭解鐵皮類建築物火災崩塌原因，主要為鋼梁柱接頭受到高溫火害後，並經射水(水淬處理)後，造成鋼鐵材韌性消滅與組織細化之結果，建議能於建管法令在鐵皮構造建築物之山型結構梁柱接頭部位要求需有耐高溫及防火設計。

四、鐵皮屋火災搶救方面

- (一)支撐鐵皮屋的鋼架在約 538°C 就會軟化，尤其很多鐵皮建築物都搭建 2 層，當火勢在 2 樓流竄，甚至達到閃燃時，在 1 樓救災人員根本看不到 2 樓的火勢，不知道自己已身陷危險之中，等到屋頂因猛烈燃燒而塌陷時，救災人員已來不及撤退。
- (二)在許多鐵皮建築物，1 樓有許多鋼架支撐 2 樓地板，而 2 樓地板至天花板則為挑空，看不到任何垂直支撐之鋼架，所以當 2 樓猛烈燃燒時，非常容易塌陷，這也是所有消防救災人員必須特別注意的狀況，如果鐵皮屋是屬於 2 樓以上之結構，1、2 樓同時有燃燒現象，如果沒有人命救助的任務時，現場指揮官一定要瞭解清楚火勢延燒的路徑，妥善部署後，建議才可以命令同仁深入火場搶救。
- (三)消防搶救作業是一項極為複雜的過程，由於火災情勢的複雜與狀況的易變，加上各種主、客觀因素的差異，使得每一次的火災搶救過程很難一致。以滅火過程而言，效果的表現應該是在「火災發生(Fire Cue or Begging Ignition)到撲滅火災(Extinguish)」的這段時間內。以理論上而言，消防力越早介入，所能達成的滅火效果應該越高。
- (四)目前國內多數建築結構多採梁、柱構架系統，實際火災搶救應避免

對高溫狀態下的鋼結構梁、柱等主要構架直接射水，以免發生突發性的崩塌破壞。

(五)研擬提出鐵皮屋建築物消防搶救對策，分為進場前準備作業及進場後應變對策等各項應注意要點。

第二節 研究建議

彙整國內重大鐵皮廠房火災案例，進行系統化的火災原因分析，並根據現場救災及勘查人員訪談、鋼材火害後金相複製試驗分析等結果，獲知國內鐵皮廠房建築物火災防範的現況，以及所面臨的問題等相關資訊，並綜合歷次報告審查會議及專家學者座談會之委員建議，提出後續研究發展的建議如下所述：

建議一

立即可行建議：主管機關應透過風險評估觀念，執行環境及設施改善及加強輔導

主辦機關：各縣市政府

協辦機關：內政部消防署、營建署

應針對區內鐵皮建築物(工廠、倉庫等)，實施主被動設施風險危害評估，提出分段改善方案之輔導計畫，並提升業者自主性安全文化的素養。列管之場所，應加以進行防火診斷、防火管理、消防組訓，推動密集區域的區域聯防機制。

各地方縣市政府應加強實施區內廠房安全評估機制，並加強改善建築防火與消防安全設備部份，建議應邀集組成聯合輔導小組，以有效控制鐵皮廠房火災危害及風險。特別是不合法之鐵皮工廠，仍應鼓勵設置消防安全設備，消防單位仍應加以列管查核、管理、溝通，以早期發現消防安全問題，加以解決。

建議二

立即可行建議：加強消防人員防救災戰技之能力，並增進改善設備之功能

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：各縣市政府消防局

救災安全教育必須落實，對於火場環境判斷，應設置符合火場

內部實際情形的閃燃、爆燃、燃燒訓練設施。並增加國內訓練設施，以早中期燃燒模擬，做為火場環境判斷之火勢發展、煙層變化、煙層射水控制之育訓練使用。

另救災安全管理人員之安全官及安全幕僚要特別培育，使其具備實質上安全管理能力。

建議三

中長期建議：建構重大火災指揮效能，並運用 3G 即時提供災情訊息
主辦機關：各縣市政府

協辦機關：內政部消防署、內政部營建署

結合 GIS、GPS，Google 街景地圖(3G)、安管及數位圖像等系統，強化值勤員於火災發生時之資料蒐集及圖像辨識能力，並於派遣通報時立即協助火災地點情報收集、GIS 圖面管理、指揮支援人力部署策略、掌握各梯次支援單位及搶救之動態、聯絡災害現場附近友軍提供支援，

運用 GIS 掌握道路寬度、樓層數、建物正面寬度與縱深、消防栓位置，指揮官藉此建構由攻擊車至起火建物所需延伸水線，及由出入口往內延伸水線的最長對角線（決定瞄子手攜帶水帶數），放水瞄子數量、放水壓力及中繼供水車佔用水源之街廓分布（避免共撞），GPS 引導車輛進行部署動線，Google 街景地圖看出建物外觀、窗口大小、道路停車狀況，此時大致可估火面周長、所需放水瞄子數、水壓、防護半徑，下達部署策略築起最佳防護延燒模式。

建議四

中長期建議：研擬鐵皮類建築物防火安全設備改善項目之研究

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部消防署、內政部營建署

透過鐵皮類建築物及工廠之廠房佈置、構造、設置等環境調查，

並結合各機關單位辦理危害辨識、分析及輔導，研擬提出供業者於法規及成本下考量可進行改善防火安全項目及期程之方案，可協助事業單位建置完善且適當的安全防災環境，進而有效控制危害及風險，預防或消滅災害發生的可能性或後果嚴重度。

建議五

中長期建議：增修「建築技術規則」部分條文

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部消防署、內政部建築研究所

在臺灣最常見到之構造型式，即為俗稱之鐵皮屋，大都為非防火構造之建築物。鐵皮屋係鋼構造或鋼鐵架造之建築物，鋼鐵屬於建築技術規則建築設計施工編第 1 條第 28 款的不燃材料，且鋼材加熱到 600°C 後的伸長率大增，鋼構建築物的柱、梁等主要構件，局部長度大增，可能發生內應力導致結構體崩塌，而一般火場可能達 1,100°C，足以造成上述崩塌現象。當鋼構造或鋼鐵架造之建築物，如果沒有達到防火構造的要求，遭遇上述火害時，建築結構極可能發生倒塌的情形。

工廠以及倉儲類之建築物，因為生產以及保管儲存物質，具有高於一般建築物居室的火載量，一旦發生火災時，火災猛烈度將比一般建築物居室來的強，當工廠面積大時，無論避難、救災的困難度均會增加。另外，鐵皮屋經常在火災時發生倒塌情形，可能危害使用者及消防救災人員的生命安全。故工廠建築，應有加強防火構造之需要。針對建築技術規則建築設計施工編第 69 條規定：工業、倉儲類（C 類）之總樓地板面積中「工廠除外」之文字，建議刪除修正條文。

參考書目

- 1、簡丞宏、楊國珍，「H 型鋼柱高溫整體結構行為研究」，碩士論文，國立高雄第一科技大學營建工程研究所，台灣高雄，2005 年。
- 2、陳俊勳，「鐵皮屋火災危險性及閃(復)燃模擬實驗」，內政部消防署，90 年 10 月。
- 3、莊有清，「鋼材在高溫環境下之行為探討」，碩士論文，國立成功大學土木工程研究所，台南，2004 年。
- 4、周民瑜、鍾興陽，「常見結構用鋼材火害後機械性質之研究」，碩士論文，國立成功大學土木工程研究所，台南，2008 年。
- 5、彭朋畿、張沛倫，李國鏈，施嘉裕，「模擬火害鋼板之超音波評估與研究」。
- 6、蘇俊吉、陳孟宏、許峰彰，「火災事故後設備和管線之完整性評估」，台灣中油股份有限公司 97 年安全衛生觀摩研討會，2008 年。
- 7、內政部營建署網站 (103 年 10 月)，內政部 102.6.27 台內營字第 1020806573 號令修正「建築物使用類組及變更使用辦法」。
- 8、全國法規資料庫網站 (103 年 10 月)，內政部 102.11.28 台內營字第 1020812044 號令。
<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=D0070115>。
- 9、陳建忠、黃武達、許宗熙、張尚文、蔡之豪 (93 年 12 月)。「我國建築技術規則建築設計施工編第三、四章修正條文解說與補充圖例」。內政部建築研究所。
- 10、ICC(International Code Council (2006) , 2006, USA.
- 11、李立成，「建築物火災避難行為與空間安全特性之研究—以住宿型建築物為對象」，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，民國 87 年 6 月。
- 12、鄧子正，「從都市消防救災探討緊急應變之組織及其運作」，國立交通大學經營研究所博士論文。
- 13、葉俊興，「超高層建築物消防搶救管理策略之研擬」，國立臺北科

- 技大學碩士論文，2001 年。
- 14、陳火炎，「台南科學工業園區防災體系建制之研究」，台南科學工業園區管理局成果報告書，民國 91 年 8 月。
 - 15、陳秋蒼，「建築物火災人命安全因素及評估之研究」，中央警官學校警政研究所碩士論文，民國 84 年 6 月。
 - 16、張旭富，「建築騎樓主要可燃物燃燒行為研究-機車燃燒行為研究」，國立台灣科技大學碩士論文，民國 86 年 6 月。
 - 17、張冠吾、郭豐裕、謝伯毅合著，騎樓火災，消防月刊，2005 年 3 月。
 - 18、謝明哲，視而不見、存而不論-鐵窗與鐵皮屋現象：被忽略之本土意義，台北科技大學建築與都市設計研究所，1999。
 - 19、大型石化廠公共安全管理聯合督導計畫，聯合稽查結果總報告，經濟部工業局彙編，2011 年。
 - 20、楊國珍、林南交，「銲接型式對高溫下軸向受力鋼柱破壞模式之影響」，內政部建築研究所委託研究報告，2011 年。
 - 21、孫彥輝、倪有金、許中波、蔡發科，「中碳鋼溫力學和冶金行為」，北京科技大學學報，VOL.31 NO.6 JUN. 2009 年。
 - 22、Beland, B. Examination of arc beads, fire and Arson Investigator, 44(4):20-22, 1994.
 - 23、火災便覽第 3 版，日本火災學會編，共立出版株社會社。
 - 24、盧守謙、黃伯全，「火災閃燃現象各國研究發展與其定義」，現代消防 90 期，民國 89 年 9 月。
 - 25、L. Francis Brannigan, "Building Construction for the Fire Service", third edition. (Quincy, Mass. : National Fire Protection Association), 404. 1992.
 - 26、Tracy Fire Department, "Standards of Cover Study", June 1998.
 - 27、Clinton E. Petersen, "1998 AMES Fire Department Response Time Study", Ames, Iowa, 1998.
 - 28、郭建廷，「消防隊搶救效能模式運用於建築物火災危險度電腦評估

- 模式之研究」，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，民國 88 年 6 月。
- 29、沈子勝，「關於避難開始時間決定因素之調查」，警學叢刊 25 卷 1 期，民國 83 年 9 月。
- 30、張忠誠，「都市消防系統配置規劃之研究」，交通大學管理科學研究所碩士論文，民國 67 年。
- 31、蔡嘉哲，「台北市消防隊區位之研究-以中山、大同、延平、建成四區為例」，中興大學都市計劃研究所碩士論文，民國 71 年。
- 32、熊光華，「台灣都會區消防力規劃及消防分小隊配置之研究(II)」，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，民國 86 年。
- 33、黃建華，「建築物火災財務損失影響因素及解釋模式之研究」，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，民國 91 年。
- 34、Svensson S., “Solving tactical problems using control engineering : systems identification and modeling”, Lund, 1998.
- 35、鄧子正，「火場作業影響因素之調查研究」，行政院國科會專題研究計畫成果報告，民國 88 年 7 月。
- 36、William K. Bare, “Introduction to Fire Science and Fire Protection”, New York : John Willy & Sons, 1977.
- 37、呂和樹，「建築物火災人命危險度之評估—以居室用途為例」，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，民國 89 年 6 月。
- 38、Donald W. Belles, “Interior Finish”, Fire Protection Handbook, 18thed. NFPA, 1997, Section7, P.36.
- 39、朱世富，「材料科學與工程」，新文京開發出版股份有限公司，台灣，2002 年。
- 40、吳武泰，「提升鐵皮工廠火災搶救指揮效能之研究—以台北市社子島為例」。

附錄一：消防機關火場指揮及搶救作業要點

101.12.25 修正版

一、為提升消防機關火場指揮能力，強化火災搶救效率，發揮整體消防戰力，以確保人民生命財產安全，特訂定本要點。

二、火場指揮官區分：

- (一)火場總指揮官：由消防局局長擔任。
- (二)火場副總指揮官：由消防局副局長擔任。
- (三)救火指揮官：依情形由轄區消防大(中)隊長、消防分隊長或救災救護指揮中心指定人員擔任。
- (四)警戒指揮官：協調轄區警察局派員擔任。
- (五)偵查指揮官：協調轄區警察局派員擔任。

三、火場指揮官任務：

(一)火場總指揮官(副總指揮官)：

- 1.成立火場指揮中心。
- 2.統一指揮火場救災、警戒、偵查等勤務之執行。
- 3.依據授權，執行消防法第三十一條「調度、運用政府機關公、民營事業機構消防、救災、救護人員、車輛、船舶、航空器及裝備，協助救災」。
- 4.必要時協調臨近之軍、憲、民間團體或其他有關單位協助救災或維持現場秩序。

(二)救火指揮官：

- 1.負責指揮人命救助及火災搶救部署任務。
- 2.劃定火場警戒區。
- 3.建立人員裝備管制站。
- 4.指揮電力、自來水、瓦斯等相關事業單位，配合執行救災。
- 5.指揮救護人員執行緊急救護。
- 6.災情回報及請求支援等事宜。

(三)警戒指揮官：

- 1.指揮火場警戒及維持治安勤務。
- 2.指揮火場週邊道路交通管制及疏導勤務。
- 3.指揮強制疏散警戒區之人車，維護火場秩序。
- 4.必要時由轄區消防機關通知協助保持火場現場完整，以利火場勘查及鑑定。

(四)偵查指揮官：

- 1.刑案發生，指揮現場勘查工作。
- 2.指揮火警之刑事偵查工作。
- 3.火警現場之其他偵防工作。

四、火場指揮官應配戴指揮臂章，顏色規定如下：

- (一)火場總指揮官、副總指揮官佩戴黃色臂章。
- (二)救火指揮官佩戴紅色臂章。
- (三)警戒指揮官佩戴藍色臂章。
- (四)偵查指揮官佩戴綠色臂章。前項臂章由消防局製發。

五、指揮權指派及轉移規定：

- (一)消防機關接獲火警報案派遣人車出動，應同時指派適當層級救火指揮官到場指揮，初期救火指揮官由轄區消防分隊長，或由救災救護指揮中心指定人員擔任；研判災情達成災標準時，應通報大(中)隊長到場指揮；可能達重大火災層級時，則應通報消防局局長到場擔任總指揮官；若達到特殊重大火災層級時，則另通報直轄市、縣(市)首長或首長指定之代理人知悉。
- (二)總指揮官未到場時，由副總指揮官代理總指揮官任務，總指揮官及副總指揮官未達火場時，救火指揮官代理總指揮官任務，救火指揮官未到達火場前，由在場職務較高或資深救災人員暫代各項指揮任務，各級指揮官陸續到達火場後，指揮權隨即逐級轉移。
- (三)警戒、偵查指揮官指揮權指派及轉移規定，由警察局自行訂定之。

六、為利於火場指揮及搶救，得設火場指揮中心、人員裝備管制站及編組幕僚群：

- (一)火場指揮中心：由火場總指揮官於現場適當位置設立，統一指揮執行救火、警戒、偵查勤務及其他協助救災之單位及人員。
- (二)人員裝備管制站：由救火指揮官於室內安全樓層或室外適當處所設立，指定專人負責人員管制及裝備補給，並做為救災人員待命處所。
- (三)幕僚群：
 - 1.作戰幕僚：隨時掌握火場發展狀況、攻擊進度、人力派遣、裝備需求、戰術運用、人命救助等資訊，適時研擬方案供指揮官參考。
 - 2.水源幕僚：瞭解、估算火場附近之水源情形(消防栓、蓄水池、天然水源等)，並建議適當的使用水源方式。
 - 3.通訊幕僚：負責指揮官與指揮中心、火場內部救災人員間，指揮命令及火場資訊之傳遞。
 - 4.後勤幕僚：負責各項救災戰力裝備、器材及其他物資之後勤補給。
 - 5.聯絡幕僚：負責與其他支援救災單位之聯繫。
 - 6.新聞幕僚：負責提供新聞媒體所需之各項資料，如火災發生時間、災害損失、出動戰力、目前火場掌握情形等資料。

七、火災搶救作業要領：

(一)整備各式搶救資料：

- 1.當日人員、車輛救災任務派遣編組表。
- 2.甲、乙種搶救圖(甲種搶救圖：就地圖內相關街道、建築物位置、樓層高度、水源狀況、消防栓管徑大小、位置及池塘、蓄水池、河川、湖泊、游泳池位置等可供消防救災車輛出入等相關資料，予以符號標記標示，提供災害搶救參考；乙種搶救圖：針對轄內高危險特定區域或建物(如違建區、超高樓、集合住宅……)，以會審、勘之消防圖說繪製，並註記各對象物可供救災運用之消防設備、位置、數量及供人命救助、災害搶救參考之內部設施資訊)。
- 3.高危險對象搶救部署計畫圖。
- 4.化災現場消防搶救安全手冊、物質安全資料表、緊急應變指南等相關搶救資料。

(二)受理報案：

- 1.救災、救護指揮中心(以下簡稱指揮中心)(或分、小隊值班人員)受理火警報案後，應持續蒐集火場情資、並立即派遣救災人、車出動及通報義消、友軍(警察、

環保、衛生、電力、自來水、瓦斯等單位) 支援配合救災。

2.調閱甲、乙種搶救圖、搶救部署計畫圖或相關搶救應變指南。

3.出動時間：於出動警鈴響起至消防人車離隊，白天六〇秒內，夜間九〇秒內。

(三)出動派遣：

1.車輛派遣：除特種車(如雲梯車、化學車等)依狀況需要派遣外，車輛派遣應以「車組」作戰為原則，忌用「車海」戰術。『註：「車組」係以兩輛消防車組成具獨立救災作戰之基本單位，一為攻擊車、另一為水源車，一般常見的車組為水箱車加水箱車、水箱車加水倉車、雲梯車加水箱車、化學車加水箱車等。』

2.人員派遣：依救災任務派遣編組表所排定任務作為，並配合每一攻擊車應至少能出二線水線為人力考量原則。

3.初期救火指揮官應攜火警地址登錄紙、甲、乙種搶救圖、搶救部署計畫圖、及其他相關搶救應變指南等資料出動。

(四)出動途中處置：

1.出動途中應隨時與指揮中心保持聯繫，將所觀察之火、煙狀況，立即回報指揮中心，並進一步了解指揮中心蒐集之現場情資。

2.初期救火指揮官應就派遣之人車預作搶救部署腹案，並以無線電告知所屬及支援人員，以便抵達火場時能立即展開搶救作業。

(五)抵達火場處置：

1.災情回報：初期救火指揮官到達火場，應立即瞭解火場現況(建築物內部結構、火點位置、延燒範圍、受困災民、儲放危險物品等)，並回報指揮中心。

2.請求支援：初期救火指揮官就災情研判，現有人、車、裝備等救災戰力，如有不足，應立即向指揮中心請求支援。

3.指揮權轉移：若火勢擴大，火災等級升高，指揮層級亦相對提高，初期救火指揮官應向後續到達之高層指揮官報告人、車、裝備部署狀況、人員搜救情形及分析火勢可能發展情形，並接受新任務派遣，以完成指揮權轉移手續。

4.車輛部署：以「車組作戰」及「單邊部署」為原則，三樓以上建築物火場正面空間，應留給高空作業車使用。

5.水源運用：以接近火場之水源為優先使用目標，但避免「水源共撞」(注意是否同一管路及管徑大小)，另充分利用大樓採水口、專用蓄水池等水源。

6.水線部署：以爭取佈線時間及人力為原則。

(1)室內佈線：沿室內樓梯部署水線之方式，適用較低樓層。

(2)室外佈線：利用雲梯車、雙(三)節梯加掛梯及由室內垂下水帶等方式部署水線，適用較高樓層。

(3)佈線時應善用三(分)叉接頭，以節省佈線時間及人力。

7.人命搜救：抵達火場後，應優先進行人命搜救任務。

(1)第一梯次抵達火場之救災人、車，應優先進行人命搜救任務，水源部署應掩護搜救任務之進行。

(2)搜救小組應以兩人以上為一組，以起火層及其直上層為優先搜救目標，樓梯、走道、窗邊、屋角、陽台、浴廁、電梯間等，應列為搜救重點。

(3)由指揮官分配各搜索小組搜索區域、聯絡信號，入室搜索前應先登錄管制搜救小組「姓名」、「人數」、「時間」、「氣瓶壓力」，每一區域搜索完畢後，需標註記號，以避免重複搜索或遺漏搜索。

- (4)入室搜索應伴隨水線掩護，並預留緊急脫離路線。
- (5)設有電梯處所發生火警時，應立即將所有電梯管制至地面層，以防止民眾誤乘電梯，並協助避難。
- (6)對被搜救出災民應做必要之緊急救護程序，並同時以救護車儘速送往醫療機構急救。
- 8.侷限火勢：無法立即撲滅火勢，應先將火勢侷限，防止火勢擴大。
- 9.周界防護：對有延燒可能之附近建築物，應部署水霧進行防護。
- 10.滅火攻擊：消防力具有優勢時，應集中水線，一舉撲滅火勢。
- 11.破壞作業：
 - (1)破壞前應有「測溫」動作，並注意內部悶燒狀況，以免因破壞行動使火勢擴大或引發閃(爆)燃之虞。
 - (2)擊破玻璃應立於上風處，手應保持在擊破位置上方，以免被玻璃碎片所傷。
 - (3)可用堆高機、乙炔氧熔斷器、斧頭、撬棒或切斷器等切割、破壞鐵捲門、門鎖、門門等。
 - (4)平時應將轄內有重機械處所(如堆高機、挖土機、吊車等)設立緊急聯絡簿，以便需要時，可隨即聯絡協助破壞作業。
- 12.通風排煙作業：
 - (1)適當的採取通風排煙作業(垂直、水平、機械、水力等)，可使受困災民呼吸引進的冷空氣，並改善救災人員視線，有利人命救助，且可縮短滅火的時間。
 - (2)執行通風排煙作業前，應有水線待命掩護，並注意避開從開口冒出的熱氣、煙霧或火流。
 - (3)適當的在建築物頂端開口通風排煙，可藉煙囪效應直接將熱氣、煙霧及火流向上排解出去，有助於侷限火勢。
- 13.飛火警戒：對火場下風處應派員警戒，以防止飛火造成火勢延燒。
- 14.殘火處理：火勢撲滅後，對可能隱藏殘火處所，加強清理、降溫以免復燃。
- 15.人事室，人員裝備清點：火勢完全熄滅後，指揮官應指示所有參與救災單位清點人員、車輛、裝備器材，經清點無誤後始下令返隊，並回報指揮中心。
- 16.其他：高層建築物、地下建築物、集合住宅或其他特種災害(化學災害、隧道、航空器、船舶、山林、地震等)火災，另須針對其專有特性，預擬各項搶救應變指南，實施消防戰術推演、加強救災人員訓練。

八、通訊聯絡：

- (一)無線電通訊代號：消防機關應以簡單、明瞭、易記為原則，訂定無線電通訊代號，俾利火場指揮官命令及指揮中心之指揮傳遞，並有助各作戰車組彼此間之通訊聯繫。
- (二)消防車無線電代號編列原則：

| 各式消防車輛無線電代號對照表 | | | |
|----------------|---|-------|---|
| 車 | 種 | 無線電代號 | 備 |
| | | | |

考

| | | | |
|---------|----------|--------|----------|
| 高低壓水箱車 | 一一、一二... | 「單位名稱」 | 一一、一二... |
| 低壓水箱車 | 一六、一七... | 「單位名稱」 | 一六、一七... |
| 直線雲梯車 | 二一、二二... | 「單位名稱」 | 二一、二二... |
| 曲折雲梯車 | 三一、三二... | 「單位名稱」 | 三一、三二... |
| 四輪驅動吉普車 | 四一、四二... | 「單位名稱」 | 四一、四二... |
| 化學車 | 五一、五二... | 「單位名稱」 | 五一、五二... |
| 水庫車 | 六一、六二... | 「單位名稱」 | 六一、六二... |
| 救助器材車 | 七一、七二... | 「單位名稱」 | 七一、七二... |
| 空壓車 | 七五 | 「單位名稱」 | 七五... |
| 排煙車 | 七六 | 「單位名稱」 | 七六... |
| 照明車 | 八一 | 「單位名稱」 | 八一... |
| 救護車 | 九一、九二... | 「單位名稱」 | 九一、九二... |
| 加護型救護車 | 九五 | 「單位名稱」 | 九五... |

九、製作火災搶救報告書或案例教育資料：

(一)轄內火災災情有下列情形之一者，應製作火災搶救報告書(格式如附件一)，並邀集參與救災單位召開會議，就搶救過程之聯繫作業、搶救處置及指揮決策等，檢討優劣得失，作為策進搶救作業模式及參與救災人員獎懲依據；前揭會議主席應由火災實際到場指揮官上一層級職務人員擔任；如該場火災由消防局局長擔任指揮官，則由消防局局長或代理人擔任。

- 1.死亡兩人以上、死傷合計十人以上、房屋延燒十戶(間)以上或財物損失達新臺幣五百萬元以上。
- 2.重要場所(軍、公、教辦公廳舍或政府首長公館)、重要公共設施發生火災。
- 3.影響社會治安。
- 4.有消防人員或義勇消防人員因執勤死亡或受傷住院者。

(二)轄內救災人員傷亡或救災車輛發生事故，應召開會議檢討優劣；另製作案例教育(格式如附件二、三)函發或宣達所屬。

(三)火災搶救報告書(含會議紀錄)或案例教育應於案發後二週內函報內政部消防署。

十、跨轄申請調度支援作業：

各消防機關轄內發生災害，因消防、救災、救護人力、裝備、器材不足，不能及時有效搶救或控制時，或與他轄交界發生災害，因地理、環境、交通等因素，

申請由鄰近消防機關支援搶救較為有利時，得依「各級消防機關災害搶救消防力調度支援作業要點」規定向鄰近各消防機關申請跨轄支援。

十一、直轄市、縣(市)消防機關應依災害應變、災害善後權責分工原則，協調各直轄市、縣(市)政府相關單位(警察、衛生、社會、環保、工務局)及電力、自來水、瓦斯公司等事業單位，訂定該直轄市、縣(市)火災指揮搶救作業規範；並得依所轄地區環境特性，補充加強相關措施。

十二、港務消防隊應依本作業要點，視實際需求及機關性質，訂定該港務火災指揮搶救作業規範。

附錄二：第 1 次工作會議紀錄

內政部建築研究所 103 年協同研究計畫案

「輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究」

第 1 次工作會議紀錄

- 壹、會議時間：103 年 03 月 25 日(星期二) 下午 14 時
- 貳、會議地點：內政部建築研究所 15 樓討論室
- 參、主 席：蔡組長綽芳
- 肆、出席人員：雷博士明遠、蘇研究員鴻奇、紀教授人豪、
陳研究員政洞

| 出席人員 | 簽到 |
|--------|-----|
| 蔡組長綽芳 | 蔡綽芳 |
| 雷博士明遠 | 雷明遠 |
| 蘇研究員鴻奇 | 蘇鴻奇 |
| 紀教授人豪 | 紀人豪 |
| 陳研究員政洞 | 陳政洞 |
| | |
| | |
| | |
| | |

伍、會議議程：

(一)主席報告：(略)

(二)研究單位報告：

本次會議重點在瞭解本研究案目前執行進度、初步研究成果，以及研擬討論未來研究規劃重點、研究報告書(期中報告)章節初稿、及第 1 次學者專家座談會議建議名單。

1. 本研究案預定研究進度及實際執行進度對照表，詳附件 1。
2. 本研究目前已蒐集國內外有關輕量型建築物(鐵皮屋)、鋼(鐵)材料相關防火安全、火害特性等文獻研究，共計 25 篇。
3. 完成火災案例調查資料表，如附件 2，並已開始著手進行案例調查。
4. 排定本(103)年 3 月 28 日至中龍鋼鐵廠，現場實地進行鋼板火害試驗，並利用金相複製技術，獲得其各組金相顯微組織，初步試驗規劃，詳如附件 3。

(三)討論事項：

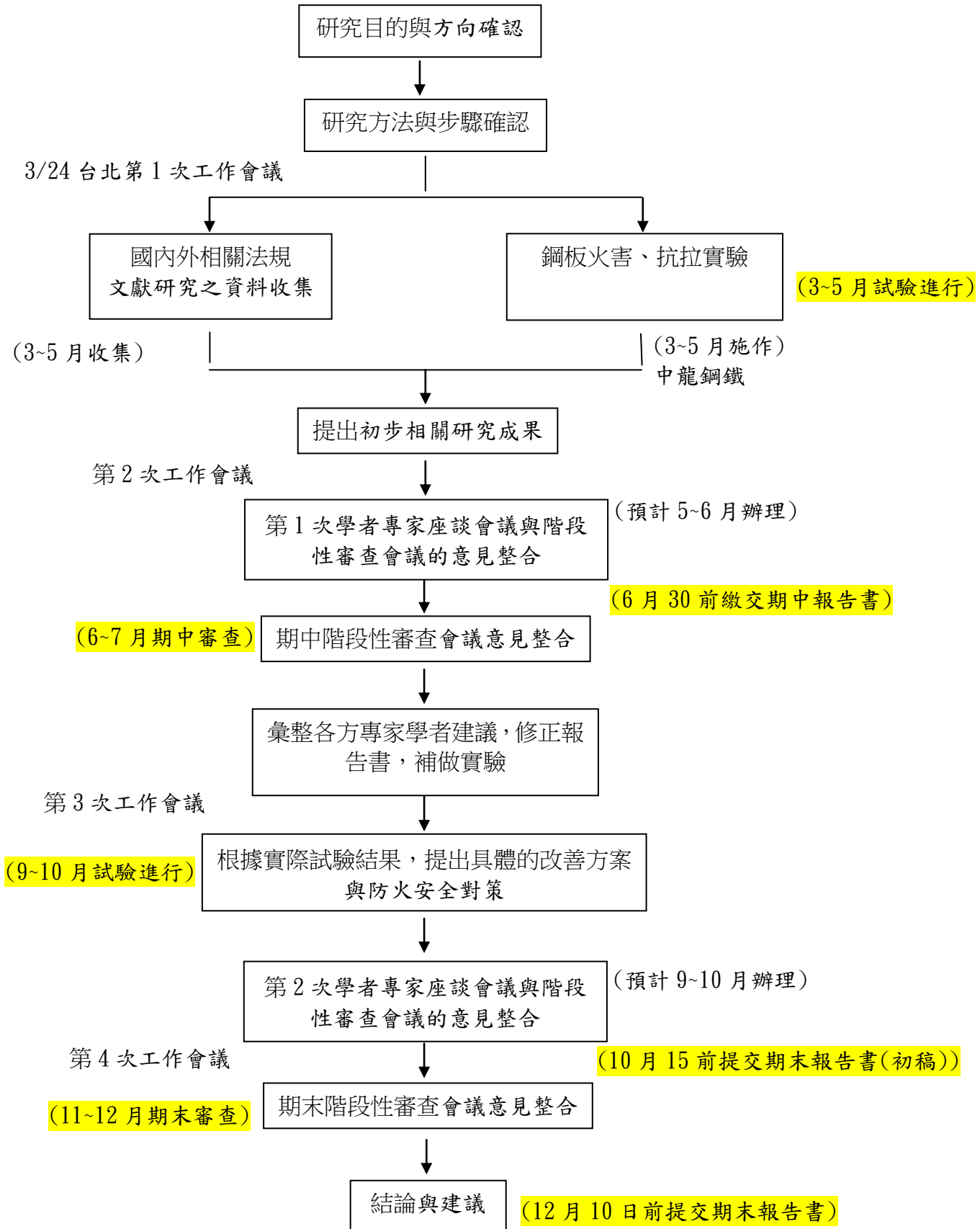
1. 本研究計畫主題為「輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究」，當火災發生時，一般鋼結構材料的強度會急速降低，可能導致建築物倒塌，危害住戶及入內救火消防隊員之生命安全。爰此建築技術規則鋼構造建築物應強化防火構造的規定，還是火災時應將建築物主要構造撤水降溫，或改變消防戰略避開可能倒塌的建築物，應廣泛收集資料以及參考國外規範，進一步研究。本案初擬研究報告書(期中報告)之章節初步規劃，如附件 4。
2. 為召開第 1 次專家學者座談會議，研擬建議名單(初稿)提請討論，詳如附件 5。(註：本案預計辦理 2 次專家學者座談會，每場次預計邀請 7 人，共計 14 人次)。

陸、重要結論：

- (一)建議可先與內政部消防署溝通協調，以瞭解未來本研究計畫之規劃及需求方向。
- (二)預定於5月上旬召開第2次工作會議，並同步修正附件1之工作項目時程表。
- (三)建議修正試驗規劃，自然冷卻方式為靜置至室內溫度25°C。
- (四)預定6月份辦理第1次專家學者座談會，建議名單修正如後附件5。
- (五)建議訪談內政部消防署，以瞭解此案之未來規劃及需求方向。

附件1：

| 工作項目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 備註 |
|---------------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|
| 資料收集 | | | ■ | | | | | | | | | | |
| 文獻回顧 | | | ■ | | | | | | | | | | |
| 案例蒐集與勘查 | | | ■ | | | | | ■ | | | | | |
| 實驗分析 | | | | | ■ | | | ■ | | | | | |
| 學理分析與探討 | | | | ■ | | | | | | | | | |
| 研析對策與檢討 | | | | ■ | | | | ■ | | | | | |
| 結論與建議 | | | | | | | | ■ | | | | | |
| 撰寫報告書 | | | | | ■ | | | | | ■ | | | |
| 工作小組會議 | | | ★ | | ★ | | ★ | | ★ | | ★ | | |
| 專家會議 | | | | | | ★ | | | | ★ | | | |
| 審查會議 | | | | | | | ★ | | | | | ★ | |
| 預定進度 (累積數) | 0% | 0% | 13% | 30% | 47% | 57% | 60% | 70% | 80% | 93% | 97% | 100% | |
| 說明： | | | | | | | | | | | | | |
| 1 工作項目請視計畫性質及需要自行訂定，預定研究進度以粗線表示其起訖日期。 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 科技計畫請註明查核點，作為每一季所預定完成工作項目之查核依據。 | | | | | | | | | | | | | |



本計劃整體研究流程圖

附件 2：火災案例調查表

| | |
|---|---|
| 基本資料 | 1. 案例名稱： 2. 火災時間： 3. 火場位置(地址)： 4. 死傷人數(含消防人員)、死傷原因： 5. 建築物損毀情形： 6. 火災災因： 7. 消防人員搶救過程(簡述)： 8. 現場人員訪談情形(簡述)： 9. 現場照片、火災搶救照片、火災後照片。 10. 其他補充資料，例如火場合法性、儲存物品、建築物結構、材料，以及建築物破壞原因、位置等。 |
| 進階資料 | 1. 消防搶救特性分析：(以投入各火災案例進行火災搶救過程進行調查) (1) 車輛 (2) 裝備 (3) 人數 (4) 水量 (5) 搶救時間軸 (6) 其他 2. 其他佐證資料，包括搶救指揮、設備不足、設備不佳、訓練不足等原因，非建築物倒塌造成人員死傷等其他原因，皆可論述。 |
| 註： (1) 各火災案例調查，以實際情形及火災勘查報告資料為準，人員訪談為輔。 (2) 以國內案例為主(94年3月高雄市博愛路家具工廠火災、100年8月桃園五金鐵皮工廠火災、101年3月新竹明湖路鐵皮屋火災、102年7月新北市泰山鐵皮工廠火災等)，主要以鐵皮屋建築物火災案例研究標的物，並造成建築物倒塌、損毀、搶救失敗、其他原因等，造成人員傷亡。 (3) 國外鐵皮屋火災案例。 (4) 其他可收入研究報告內火災案例調查資料等。 | |

附件 3：鋼板火害試驗

- (1)針對 ASTM A36 鋼板，利用密閉式加熱爐，考量加熱 600、700、800、900、950、1,000°C 等 6 種溫度，歷時 60 分鐘等 1 種時間，以及自然、淬火等 2 種冷卻方式。
- (2)將前述各種不同加熱條件的鋼板，利用金相複製技術，獲得其各組金相顯微組織。

| 冷卻方式 | 預期溫度(°C) | 持溫時間(分) | 實驗類型 |
|------|----------|---------|------|
| 自然冷卻 | 600 | 60 分 | 6 |
| | 700 | | |
| | 800 | | |
| | 900 | | |
| | 950 | | |
| | 1000 | | |
| 淬火處理 | 600 | 60 分 | 6 |
| | 700 | | |
| | 800 | | |
| | 900 | | |
| | 950 | | |
| | 1000 | | |

附件 4：期中報告書章節目次初稿

| 目次(初稿) | 本研究初步成果 |
|---|---|
| 表次 圖次 摘要 | |
| 第一章 緒論 第一節 研究緣起與背景 第二節 研究目的與目標 第三節 研究方法與流程 | 已完成初稿。 |
| 第二章 國內、外法規研析、文獻回顧及案例分析 第一節 國內外法規研析(預期效益第 1 點) 第二節 文獻回顧(預期效益第 1 點) 第三節 案例分析(預期效益第 1 點) 第四節 小結(預期效益第 1、2 點) | (1)已初步完成國內法規研析討論。 (2)已完成國內外參考文獻蒐集。 (3)已完成初步案例調查資料及彙整。 |
| 第三章 試驗計畫(預期效益第 2、3-3 點) 第一節 試驗構想與內容 第二節 試驗規劃 第三節 試驗步驟 | (1)已完成初步試驗構想與內容。 (2)預定於 3 月 28 日(星期五)至中龍鋼鐵進行第 1 次研究試驗。 |
| 第四章 實驗結果與討論(預期效益第 3 點) 第一節 實驗結果 第二節 實驗討論 第三節 小結 | |
| 第五章 結論與未來工作事項(預期效益第 2、3 點) 第一節 結論 第二節 未來工作事項 | |
| 參考書目 附錄 | 已完成初步收集作業，共計有 25 篇。 |

附件 5：第 1 次專家學者座談會議建議名單

| 編號 | 單位 | 職稱 | 姓名 | 備註 |
|----|-----------|------|-----|------|
| 1 | 內政部消防署災管組 | 組長 | 林金宏 | |
| 2 | 內政部消防署預防組 | 組長 | 吳俊瑩 | 建議刪除 |
| 3 | 內政部消防署搶救組 | 科長 | 陳世勳 | |
| 4 | 內政部消防署調查組 | 視察 | 周鴻呈 | |
| 5 | 新北市政府消防局 | 副局長 | 陳崇岳 | |
| 6 | 中龍鋼鐵冶金技術處 | 博士 | 彭朋畿 | |
| 7 | 中華大學建築系 | 副教授 | 江崇誠 | 建議刪除 |
| 8 | 台灣科技大學建築系 | 助理教授 | 莊英吉 | |
| 9 | 中華大學營建管理系 | 教授 | 鄭紹材 | 建議刪除 |
| 10 | 徐伯瑞建築師事務所 | 建築師 | 徐伯瑞 | 建議刪除 |
| 11 | 李明治建築師事務所 | 建築師 | 李明治 | |

附錄三：第 2 次工作會議紀錄

內政部建築研究所 103 年協同研究計畫案

「輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究」

第 2 次工作會議

壹、會議時間：103 年 05 月 16 日(星期五) 上午 10 時 30 分

貳、會議地點：內政部建築研究所 13 樓討論室

參、主 席：蔡組長綽芳

肆、出席人員：雷博士明遠、蘇研究員鴻奇、紀教授人豪、

陳研究員政洞

| 出席人員 | 簽到 |
|--------|-----|
| 蔡組長綽芳 | 蔡綽芳 |
| 雷博士明遠 | 雷明遠 |
| 蘇研究員鴻奇 | 蘇鴻奇 |
| 紀教授人豪 | 紀人豪 |
| 陳研究員政洞 | 陳政洞 |
| | |
| | |

伍、會議議程：

(一)主席報告：(略)

(二)研究單位報告：

本次會議重點在瞭解本研究案目前執行進度、初步研究成果、第 1 次專家學者座談會議建議名單等事宜。

(三)綜合討論：

1. 就第 1 次工作會議結論，完成修正本研究案預定研究進度表、整體計劃研究流程圖，以及研究報告書(期中報告)之章節初步規劃，詳附件 1。
2. 本研究目前已蒐集國內外有關輕量型建築物(鐵皮屋)、鋼(鐵)材料相關防火安全、火害特性，以及金相試驗等文獻研究，共計 30 篇。
3. 完成幾件火災案例調查資料，初步研究發現鐵皮屋火災的特性如下：
 - (1) 鐵皮屋建築物在火災時很容易變形，就會產生縫隙，形成通風良好，所以容易達到閃燃條件，進而引起擴大燃燒。
 - (2) 鐵皮屋的鋼架在 500 多度就會軟化，尤其很多鐵皮建築物都搭建 2 層，當火勢在 2 樓流竄，甚至達到閃燃時，在 1 樓救災人員根本看不到 2 樓的火勢，不知道自己已身陷危險之中，等到屋頂因猛烈燃燒而塌陷時，救災人員已來不及撤退。
 - (3) 在很多鐵皮建築物，1 樓有許多鋼架支撐 2 樓地板，而 2 樓地板至天花板則為挑空，看不到任何垂直支撐之鋼架，所以當 2 樓猛烈燃燒時，非常容易塌陷，這也是所有消防救災人員必須特別注意的狀況，如果鐵皮屋是屬於 2 樓以上之結

構，1、2樓同時有燃燒現象，如果沒有人命救助的任務時，現場指揮官一定要瞭解清楚火勢延燒的路徑，妥善部署後，建議才可以命令同仁深入火場搶救。

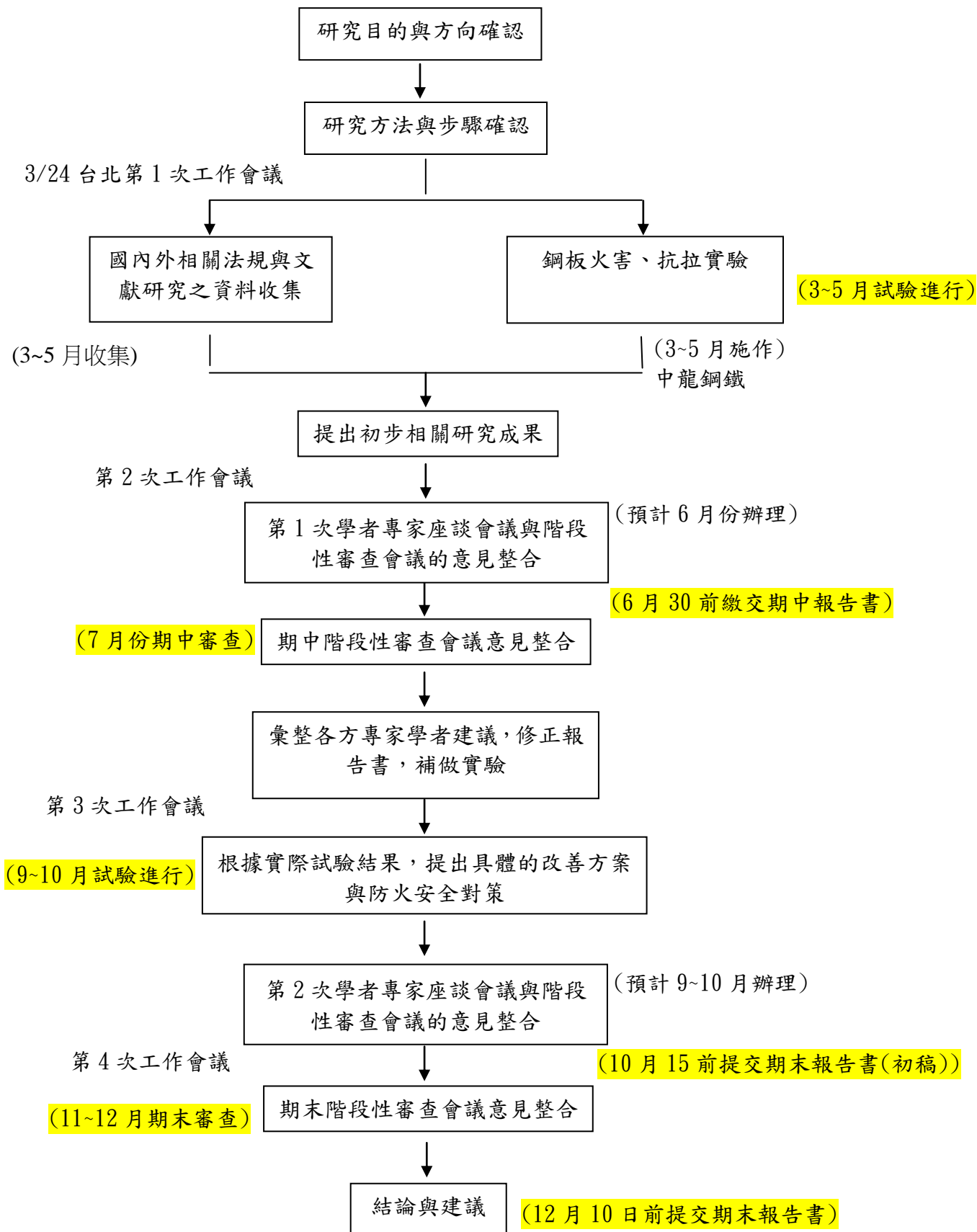
4. 完成幾次鋼板火害試驗，並利用金相複製技術，獲得其各組金相顯微組織，初步研究成果發現，詳如附件 2。
5. 就 103 年 3 月 25 日召開本案第 1 次工作小組會議決議，修正第 1 次專家學者座談會議之建議名單，並預定於 103 年 6 月 9 日至 6 月 20 日擇一半日舉行辦理，提請討論，詳如附件 3。(註：本案預計辦理 2 次專家學者座談會，每場次預計邀請 7 人，共計 14 人次)。

陸、重要結論：

- (一)建議未來火場外之消防人員於消防搶救時不可直接對鐵皮屋建築物直接射水，可用水霧方式防護降溫，並禁止消防人員使用昇降梯升起從高處對鐵皮屋建築物非火勢之處結構部分強力射水。
- (二)建議未來研究成果可朝設計面、法規面及實務操作面等方向，提出研究成果建議。
- (三)根據研究團隊鐵皮屋火災案例現場勘查及鋼板火害金相實驗等結果，初步完成鐵皮屋建築物結構火災崩塌原因，建議可於報告書中提出鐵皮屋建築物消防搶救之對策關係及應注意事項。
- (四)擬暫訂於本(103)年 6 月 20 日(星期五)，假內政部建築研究所召開本案第 1 次專家學者座談會，其專家學者建議名單修正如後附件 3。

附件 1：

| 工作項目 | 月 | | | | | | | | | | | | 備註 |
|--|----|----|------------|------------|------------|-----|------------|------------|-----|------------|-----|------|----|
| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | |
| 資料收集 | | | ██████████ | | | | | | | | | | |
| 文獻檢視與回顧 | | | ██████████ | | | | | | | | | | |
| 案例蒐集與勘查 | | | ██████████ | | | | | ██████████ | | | | | |
| 實驗分析 | | | | | ██████████ | | | ██████████ | | | | | |
| 學理分析與探討 | | | | ██████████ | | | | | | | | | |
| 研析對策與檢討 | | | | ██████████ | | | ██████████ | | | | | | |
| 結論與建議 | | | | | | | | ██████████ | | | | | |
| 撰寫報告書 | | | | | ██████████ | | | | | ██████████ | | | |
| 工作小組會議 | | | ★ | | ★ | | ★ | | ★ | | ★ | | |
| 專家會議 | | | | | | ★ | | | | ★ | | | |
| 審查會議 | | | | | | | ★ | | | | | ★ | |
| 預定進度 (累積數) | 0% | 0% | 13% | 30% | 47% | 57% | 60% | 70% | 80% | 93% | 97% | 100% | |
| <p>說明：</p> <p>1 工作項目請視計畫性質及需要自行訂定，預定研究進度以粗線表示其起訖日期。</p> <p>2 預定研究進度百分比一欄，係為配合追蹤考核作業所設計。請以每一小格組線為一分，統計求得本計畫之總分，再將各月份工作項目之累積得分(與之前各月加總)除以總分，即為各月份之預定進度。</p> <p>3 科技計畫請註明查核點，作為每一季所預定完成工作項目之查核依據。</p> | | | | | | | | | | | | | |



本計劃整體研究流程圖

期中報告書章節目次初稿

| 目次(初稿) | 本研究初步成果 |
|--|--|
| 表次 圖次 摘要 | |
| 第一章 緒論 第一節 研究緣起與背景 第二節 研究目的與目標 第三節 研究方法與流程 | 已完成初稿。 |
| 第二章 國內、外法規研析、文獻回顧及案例分析 第一節 國內外法規研析(預期目標第 2 點) 第二節 文獻回顧(預期目標第 2 點) 第三節 國內火災案例分析(預期目標第 1 點) 第四節 建築物火災發展與消防搶救的運作機制 (預期目標第 5 點) 第五節 小結(預期目標第 1、2、5 點) | (1) 已初步完成國內法規研析討論。 (2) 已完成國內外參考文獻蒐集。 (3) 已完成初步案例調查資料及彙整。 |
| 第三章 火害後鋼板的實驗分析與成果 第一節 概述 第二節 金相複製與抗拉實驗分析與規劃 第三節 金相複製與抗拉實驗結果與討論 (預期目標第 3 點) 第四節 小結 | (1) 已完成初步試驗構想與內容。 (2) 至中龍鋼鐵完成數次實驗結果。 |
| 第四章 鐵皮屋火災的消防搶救對策 第一節 概述 第二節 鐵皮屋火災危害之案例分析 第三節 專家、學者座談會意見彙整 (預期目標第 7 點) 第四節 鐵皮屋火災的消防搶救對策 (預期目標第 4 點) 第五節 小結(預期目標第 4 點) (建築技術規則第 69 條之未來修法建議) | (1) 已有初步實驗結果。 |
| 第五章 結論與未來工作事項 第一節 結論 第二節 未來工作事項(預期目標第 8 點) | |
| 參考書目 附錄 | 已完成初步收集作業，共計有 30 篇。 |

附件 2：A36 鋼板火害試驗

- (1) 針對 ASTM A36 鋼板，利用密閉式加熱爐，考量加熱 600、700、800、900、950、1,000°C 等 6 種溫度，歷時 60 分鐘等 1 種時間，以及自然、淬火等 2 種冷卻方式。
- (2) 將前述各種不同加熱條件的鋼板，利用金相複製技術，獲得其各組金相顯微組織。

| 冷卻方式 | 預期溫度(°C) | 持溫時間(分) | 實驗類型 |
|------|----------|---------|------|
| 自然冷卻 | 600 | 60 分 | 6 |
| | 700 | | |
| | 800 | | |
| | 900 | | |
| | 950 | | |
| | 1000 | | |
| 淬火處理 | 600 | 60 分 | 6 |
| | 700 | | |
| | 800 | | |
| | 900 | | |
| | 950 | | |
| | 1000 | | |

初步研究成果發現：

- (1) 根據鋼(鐵)板火害後實驗研究成果，結構用低碳鋼板(A36)成份為 80 % 肥粒鐵(F)+20 % 波來鐵(P)，在經過鋼板加熱至 800 °C 以上時，已多轉為變為沃斯田鐵相，經極速淬火處理(水冷)後，受熱鋼板的金相組織將變為變韌鐵相及麻田散鐵相，此時如重新加熱，則其金相組織仍為麻田散鐵相。
- (2) 若同樣鋼板加熱至 800 °C 以上時，雖已轉為變為沃斯田鐵相，但如以自然冷卻方式，使高溫鋼板逐漸冷卻，則其金相組織將恢復部分波來鐵相，此時鋼板仍保有部分的韌性，不會發生突發性的脆裂行為，如下圖所示。
- (3) 由下表可知，加熱溫度至 600°C 以上，不論什麼冷卻方式，其組織成份無任何變化。
- (4) 加熱溫度至 800 °C 以上時，如經過自然冷卻方式，其組織成份比例無「任何改變」；反正，如經過淬火處理(加水冷卻至常溫方式)，其組織成份變化為肥粒鐵(F)下降、波來鐵(P)消失，麻田散鐵(M)產生增加。

| 加熱溫度(°C) | 持溫時間(分) | 冷卻方式 | 組織比例(%) |
|----------|---------|------|--------------------|
| 600 | 60 分鐘 | 自然冷卻 | 80%F + 20%P |
| | | 淬火處理 | 80%F + 20%P |
| 800 | | 自然冷卻 | 80%F + 20%P |
| | | 淬火處理 | 75%F + 15%M + 10%B |

註：F(肥粒鐵)、P(波來鐵)、M(麻田散鐵)、B(變韌鐵)

(本研究整理)

附件 3：第 1 次專家學者座談會議建議名單

| 編號 | 單位 | 職稱 | 姓名 | 備註 |
|----|--------------|------|-----|------|
| 1 | 內政部消防署災管組 | 組長 | 林金宏 | |
| 2 | 內政部消防署搶救組 | 專門委員 | 吳武泰 | |
| 3 | 內政部消防署搶救組 | 科長 | 陳世勳 | |
| 4 | 內政部消防署調查組 | 視察 | 周鴻呈 | |
| 5 | 新北市政府消防局 | 副局長 | 陳崇岳 | |
| 6 | 中龍鋼鐵冶金技術處 | 博士 | 彭朋畿 | |
| 7 | 警察大學消防學系 | 教授 | 鄧子正 | |
| 8 | 警察大學消防學系 | 教授 | 沈子勝 | |
| 9 | 台灣科技大學建築系 | 助理教授 | 莊英吉 | 建議刪除 |
| 10 | 明道大學綠環境設計系 | 助理教授 | 張尚文 | |
| 11 | 李明智建築師事務所 | 建築師 | 李明智 | |
| 12 | 消防設備師公會全國聯合會 | 理事長 | 曾順正 | 建議刪除 |

附錄四：第 1 次專家學者座談會意見彙整及回覆

| | | |
|----------|---|--|
| 協辦研究計畫名稱 | 輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究 | |
| 會議名稱 | 第 1 次專家學者座談會議 | |
| 會議時間及地點 | 103 年 6 月 20 日(星期五) 上午 10 點整 (23143)新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓 內政部建築研究所會議室 | |
| | 委員/意見內容 | 回覆意見 |
| | <p><u>林金宏組長(內政部消防署災管組)</u></p> <p>(1)火災案例的正確性請再查證。</p> <p>(2)希望能研究出如何從煙的判斷，接下來可能多久時間就會造成崩塌，務必考慮產生時間、起火點位置等時間軸及空間軸的交互影響關係。</p> <p>(3)考慮連動鐵皮建築物的非起火戶之救災安全。</p> <p>(4)研究屋頂改成可燒穿材質是否可行?可提供更大保證。</p> | <p>(1)感謝委員指正，於期中報告中全面檢視案例之資料正確性。</p> <p>(2)感謝委員建議，本案於案例調查表會盡量清查各案例發生之前後時間軸反應，並參照參與救災之隊員訪談，以更能完整性及正確性提出消防搶救之對策。</p> <p>(3)感謝委員建議，納入未來研究之參照。</p> <p>(4)感謝委員建議，納入未來消防安全對策之研究參照。</p> |
| | <p><u>吳武泰專門委員(內政部消防署搶救組)</u></p> <p>(1)希望能透過本案研究計畫建立教導消防人員辨識鐵皮屋火災可不可以入室搶救之原則。</p> <p>(2)遇火災案件，要落實火場安全管理，另遇工廠火災，搶救時均要使用大流量之水帶及瞄子。</p> <p>(3)希望透過本案研究計畫，能於建管法令建議於鐵皮構造建築物之山型結構的接頭部位要求需有耐高溫及防火設計。</p> | <p>(1)感謝委員建議。</p> <p>(2)感謝委員建議，納入未來研究之建議參照。</p> <p>(3)感謝委員建議，納入未來研究之建議參照。</p> |
| | <p><u>陳世勳科長(內政部消防署搶救組)</u></p> <p>(1)有關簡報第 19 張投影片—歷年消防(義消)人員搶救火警造成死亡情形表，內容特別列出「總計成 32 人死亡」文字，尤引人矚目，惟表中所列殉職情形，多數意旨不清，且部分案例並非屬本日議題有關之案例，如此呈現恐造成誤解，建議考量列出確定與本案主題相關之案例。</p> | <p>(1)感謝委員建議，於期中報告書修正。</p> <p>(2)感謝委員建議，納入未來研究之建議參照。</p> <p>(3)感謝委員建議，納入未來研究之建議參照。</p> <p>(4)感謝委員建議，納入未來法規研析及建議專節討論及修正。</p> <p>(5)感謝委員建議，本研究團隊將參</p> |

- (2)依據本署 103 年 5 月 19 日提供貴所科技計畫研究課題建議表—鐵皮屋火災調查分析之研究案資料，鐵皮屋因具獨特之建築型態，一旦發生火災，火勢成長、延燒速度及火災猛烈度均較一般住宅為大，閃燃時間大幅縮短，消防搶救困難。自 97 年起至 101 年止，鐵皮屋火災數已達 1,341 件，占火災總數 12.15%；死亡人數 82 人，占火災總死亡人數 15.19%；受傷人數 179 人，占火災總受傷人數 12.06%，凸顯鐵皮屋公共安全問題等等。故未來研究期能藉由本研究在預防勝於搶救、「預防做得好搶救沒煩惱」之邏輯下，能於預防管理面有所思考與助益。
- (3)另對於造成人命死亡火災案，本署內部相關單位共同檢視之相關案例中亦發現，以住宅或工廠之鐵皮屋結構場所居多，代表過去國內對於普遍使用鐵皮屋結構之建築或場所，在防範火災發生、縮短起火發現時間、防止延燒或延長人員逃生等方面，應可思考該建立或強化相關機制或管理措施，當然面對眾多場所及囿於政府機關人力問題，可考量急迫性，以一定範圍之場所或建築物、常造成傷亡等因素為初步推動之對象物，逐步推動；以熱水器之安裝使用為例，經政府相關機關之努力下，已由取得相關證照之專業技術人員、依其將場所特性安裝適合機型之熱水器，如未依規定安裝、造成人命傷亡，將面臨行政罰或民、刑事責任，並輔以大量宣導，死亡人數已逐年降低，事實證明所採取措施有其成效。
- (4)另對於鐵皮結構物中的易燃性物質，例如：隔熱材料等，亦是造成燃燒、延燒迅速重要因素之一，所以常見到一般頂樓加蓋民宅，當發現起火、報案，消防單位迅速趕到現場時，多已呈現全面燃燒之情景，是否有相關措施(如：在建築技術規則、相關標準、施工規範等予以禁止一定特性之材質等)，引導業者開發替代品，兼顧上述之功能，期能降低民眾之傷亡，亦可考量。

照「消防人員安全救災手冊」，納入未來研究之建議參照。

| | |
|---|--|
| <p>(5)另囿於使用鐵皮屋之建築，功能、型態、環境性質等態樣繁多，本署在提供給各級消防機關參閱的救災安全手冊內，業有以不同建築形態(如：木造、高層、地下建築物等)列有相關注意事項，以提醒同仁注意救災安全；當然與時俱進的，本署也已在進行救災安全手冊之檢討修訂作業中，將鐵皮屋搶救注意事項列入檢討增訂之內容，嗣後將由各級消防機關再做綜合性討論後定案。</p> | |
| <p><u>周鴻呈視察(內政部消防署調查組)</u></p> <p>(1)實驗時間是否設定在 60 分鐘，有無 10 分鐘、30 分鐘。</p> <p>(2)一般鐵皮住家死傷人員，多在夾層的住戶，故是否可以研究鐵皮屋內部的溫度分佈加以說明。</p> <p>(3)鐵皮屋造成建物全面加熱，可燃性物質的熱分解之濃煙分布情形可否以加說明。</p> | <p>(1)本案實驗目前僅規畫鋼版加熱持溫 60 分鐘，以期能達到內部全面可達到指定實驗規劃之溫度；未來研究將建議考量其他加熱時間。</p> <p>(2)感謝委員建議，由於本案主要針對消防搶救人員的搶救對策，至於，鐵皮屋火災住戶的傷亡型態分析，將建議納入後續研究課題。</p> <p>(3)感謝委員建議，本研究期程內如時間允許，將以一個案例進行電腦模擬分析，以探究鐵皮屋火災特性分析；倘若研究時間不允，則會納入後續研究建議。</p> |
| <p><u>沈子勝教授(警察大學消防學系)</u></p> <p>(1)本案應針對新北市消防人員傷亡案例進行較詳細之分析。</p> <p>(2)建議蒐集日本和新北市針對鐵皮屋火災之搶救對策。</p> <p>(3)期待本案能提出消防人員判斷之指標。</p> <p>(4)在鐵皮屋未進入最盛期燃燒前，因情況未明，亦難以判斷消防人員應進入與否之階段，是未來搶救對策擬定之重點。</p> | <p>(1)感謝委員建議，本案報告書中會有專章節論述國內幾件鐵皮屋重大火災案例，並進行詳細時間軸分析討論。</p> <p>(2)感謝委員建議，遵照辦理。</p> <p>(3)感謝委員建議，納入未來研究重點方向。</p> <p>(4)感謝委員建議，納入未來研究重點方向。</p> |
| <p><u>張尚文助理教授(明道大學綠環境設計系)</u></p> <p>(1)鋼結構受火害軟化，救災時沖水降溫維護強度，研究從淬火可能造成脆化之原理，是很好的開端。</p> <p>(2)建築技術規則第 69 條，全面防火構造或用非</p> | <p>(1)感謝委員支持肯定。</p> <p>(2)感謝委員建議，納入未來研究之建議參照。</p> |

| | |
|--|---|
| <p>防火構造於建照申請時加註，提供救火指揮官瞭解結構狀況。</p> | |
| <p><u>彭朋畿博士(中龍鋼鐵冶金技術處)</u> (1)建議未來針對非破壞試驗可作研究，如超音波等。 (2)未來可再多瞭解梁柱接頭之影響，如螺栓與銲接等。</p> | <p>(1)感謝委員建議，本研究目前僅針對金相複製進行非破壞性實驗，至於其他非破壞性實驗方法，則可納入後續研究建議。 (2)感謝委員建議，根據本研究團隊多次進入火場勘查發現，鐵皮屋火害後，其結構破壞位置多與接頭處相關，主要在於不論是螺栓與銲接等接合方式，多僅考量強度分析，一旦接合處受火害時，則容易脆化而斷裂，造成結構性的崩塌情形，故針對接合方式的火害行為，確實可以納入未來研究建議。</p> |
| <p><u>李明智建築師(李明智建築師事務所)</u> (1)肯定此研究議題的重要性，因目前國內依經濟部統計數量約有 8 萬家以上違章鐵皮屋工廠。 (2)本案已研究材料金相破壞外，於建築型態、材料不同與產業型態不同、火載量不同，一旦於火災發生後，隨火時間變化或跡象變化可判斷作業搶救對策參考。 (3)對消防搶救人員未來安全性研究，本研究深具意義。</p> | <p>(1)感謝委員支持肯定。 (2)感謝委員建議，本研究未來將在案例分析方面，加強這方面的研析工作。 (3)感謝委員支持肯定。</p> |
| <p><u>蔡綽芳組長(內政部建築研究所安全防災組)</u> (1)建議針對火災案例之人員罹難原因細部再加強說明，以印證為主結構或次結構之破壞、材料墜落或其他非構造原因所造成之傷害。 (2)建議就鐵皮屋的搶救模式進行檢討，與一般建築物的差異，例如內部無人時，只有財務，是否僅考量不進入火場，只從外部降溫。</p> | <p>(1)感謝委員建議，本案報告書中會有專章節論述國內幾件鐵皮屋重大火災案例，並進行詳細時間軸分析討論。 (2)感謝委員建議，本研究團隊將參考相關文獻資料，如日本鐵皮屋火災搶救對策、國內鐵皮屋火災搶救案例分析等，加強探討消防人員面對鐵皮屋火災時，其進入火場時機，以及相關策進作為。</p> |

(紀錄：陳政洞研究員)

附錄五：期中會議審查意見與回應

| | |
|----------|---|
| 協辦研究計畫名稱 | 輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究 |
| 研究計畫執行期程 | 103年3月1日至103年12月31日 |
| 會議時間及地點 | 103年7月30日(星期三)下午2時30分 內政部建築研究所會議室 (新台北市新店區北新路三段200號大坪林聯合開發大樓15樓第2會議室) |
| 會議紀錄 | <p>一、主席報告： 鄭主任秘書元良：內容(略)。</p> <p>二、研究單位報告： 紀人豪博士：內容(略) 紀錄：陳政洞</p> <p>三、會議主要內容： 1.研究計畫內容簡介：內容(略)。 2.相關文獻研究成果分析：內容(略)。</p> <p>四、審查委員意見：(僅記錄與本計畫相關部份)</p> <p>(一)林教授慶元： 1.期中研究報告內容符合需求。 2.期末報告時請就是否應將鐵皮屋納入防火構造規定範圍提出建議。 3.鐵皮屋建築物於崩塌是否有徵兆可尋?可供消防作業判定,如有成果可於期末報告時提出。</p> <p>(二)陳教授純森： 1.鐵皮屋之主要結構種類包括：(A)鋼構造(B)圓鋼桁架(C)輕量型鋼造。 2.輕量型鋼之結構，本案宜明確定義。民國93年內政部頒「冷軋型鋼構造規範」，厚度0.45~5mm，材質為CNS6183一般結構用輕型鋼SSC400化學成分僅限制C碳、P磷、S硫等。 3.本研究案之鋼材A36與前述材質有明顯差異，成分含C碳、P磷、S硫、Si矽與Mn錳之限制。是否代表「鐵皮屋」之所有構造，宜說明。 4.研究報告所附火害案例均為非法建築，如何將既有之8萬間鐵皮屋納管或修改規則予以規範很重要，不能任憑消防隊員從事無謂</p> |

之犧牲。

- 5.鐵皮屋之構造火害探討，除考慮溫度外，應考慮厚度與時間等因素。
- 6.本報告有關 SN490C 鋼板之耐火性能調查，其種類與鐵皮屋關係甚微。
- 7.報告書第 74 頁等有關鋼材水淬之討論宜與火害現場之「滅火短暫水淬」有所區別。

(三)唐教授雲明：

- 1.針對鐵皮屋「強柱弱樑」的設計方式，對消防搶救所提供具體防止崩塌之射水(造成淬火效應)，頗具實務參考價值。惟鐵皮屋類型(用途)，宜再分類討論之。
- 2.實務上發現，鐵皮屋火災時往往因高溫停電造成鐵捲門無法打開，對內部人員逃生造成莫大威脅。本研究除樑、柱結構外，鐵捲門影響救災如何解決，建議一併考量。

(四)許委員哲銘：

- 1.除整棟式鐵皮屋之類型外，連動式集合住宅之屋頂加蓋鐵皮屋亦是常見之火災類型，且延燒迅速、本研究案能否將其納入探討。
- 2.鐵皮屋防火安全如何規範或結合規定，即有鐵皮屋之強化措施如裝住宅警報器、防火被覆、增加逃生出口及管道，防火填塞等。
- 3.發展出鐵皮屋搶救對策供(A)學校教育、(B)消防單位常年訓練、(C)消防署訓練中心加設鐵皮屋防災教練場。
- 4.初步研究成果六個防火安全對策及九個搶救對策，可再進一步探討並與中央、地方消防機關討論。

(五)楊委員逸詠：

- 1.輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)之定義應再明確。
- 2.請確認六個案例之結構型式是否屬於輕量型鋼結構。

(六)鄧教授子正：

- 1.本研究報告註釋及引用內容之正確性請再檢視。
- 2.報告書第二章國內法規之說明不足，第 17 頁第二項之說明不合適，請再補強。
- 3.報告書第 26 頁與第 37 頁案例中，對相關人員之訪談資料未列入，且改善對策是如何獲得，請再補充說明。
- 4.報告書第 51 頁表 2-8 的合理性，請再檢視。

- 5.報告書第三章鋼板結構與鐵皮屋之差異應加留意，且應加強對鐵皮屋之火害分析。
- 6.報告書第四章的說明較為分散，建議再聚焦彙整。
- 7.研究方向宜再加強鐵皮屋建築之型態、用途、火災行為，及對救災人員之影響，藉以找出消防救災對策。

(七)內政部營建署（孫研究員立言）：

- 1.本研究案之研究對象建議宜加以確定於建築法規中之組類。
- 2.C類應為防火構造之規模有誤。
- 3.報告書第49頁簽證制度，現行法規已有規定。

(八)中華民國土木技師公會全國聯合會（林技師增志書面意見）：

- 1.「鐵皮屋」是否為彩色金屬鋼板，建議加以定義或說明。
- 2.報告書第12頁第6行之倉庫(或工廠)，建議增加「工廠」。
- 3.輕量型鋼結構請加以定義是指C型、Z型之輕型鋼，或角鐵、I型鋼鋼結構。
- 4.應對輕量型鋼之防火性能多加說明或試驗。

(九)中華民國消防設備師公會全國聯合會（林技師世昌）：

- 1.有關鐵皮屋的結構強度、耐火特性與火災特性都分析得很清楚，希望後續研究能針對火災時坍塌破壞，提出具體可行建議。例如600°C簡單的火災情境，就必需撤出火場，當作消防員訓練的判斷方法。

五、研究單位回應說明：

紀教授人豪：

- 1.非常感謝各位產官學界代表所提供的寶貴意見，本研究將儘量於今年的研究時程內完成，部份意見若屬於長遠性的建議，本研究亦將於期末報告中載明未來發展方向。
- 2.有關各位委員意見，本研究團隊將納入考量，另外將積極與內政部建築研究所聯繫，瞭解目前執行面所需，以修正本研究內容。

附錄六：第 3 次工作會議紀錄

內政部建築研究所 103 年協同研究計畫案

「輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究」

第 3 次工作會議

壹、會議時間：103 年 08 月 23 日(星期六) 上午 10 時 30 分

貳、會議地點：台灣省消防設備師協會討論室(台中市大里區青松街 121 號)

參、主 席：紀教授人豪

肆、出席人員：蘇慶昌消防設備師、張尚文博士、陳政洞研究員、

白坤鼎研究助理、陳錦龍研究助理

伍、重要結論：

- (一)本計畫已完成期中報告審查會議，請各位研究團隊，確實依期中報告審查委員意見進行修正，並定期回報計畫主持人。
- (二)根據鐵皮屋火災案例現場勘查及鋼板火害金相實驗等結果，初步完成鐵皮屋建築物結構火災崩塌原因，將於期末報告書中提出鐵皮屋建築物消防搶救之對策關係及應注意事項。
- (三)為召開第 2 次學者專家座談會議，擬暫定於 103 年 9 月辦理，並研擬建議名單(初稿)提送建築研究所核定。(註：本案預計辦理 2 次學者專家座談會，並已於 103 年 6 月 20 日辦理第 1 場次，已邀護 8 位專家學者一同討論，預計第 2 次專家學者座談會再邀護 6 位，合計共 14 位)。

附錄七：第 2 次專家學者座談會意見彙整及回覆

| | | |
|----------|---|--|
| 協辦研究計畫名稱 | 輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究 | |
| 研究計畫執行期程 | 103年3月1日至103年12月31日 | |
| 會議名稱 | 第2次專家學者座談會議 | |
| 會議時間及地點 | 103年9月16日(星期二)下午2點30分 (23143)新北市新店區北新路三段200號13樓 內政部建築研究所會議室(捷運新店線大坪林站) | |
| | 委員/意見內容 | 回覆意見 |
| | <p><u>陳崇岳副局長(新北市政府消防局)</u></p> <p>(1)就新北市政府消防局針對轄內鐵皮屋工廠的消防安全管理提出下列經驗分享：</p> <p>①防火診斷：</p> <p>a.工廠內部儲放物質(品)建檔管理，並瞭解其為製造生產場所或僅為倉儲空間。</p> <p>b.轄內工廠火災以電氣或機械設備原因起火最高，利用儀器協助廠房偵測電源器(線)之工作溫度，溫度過高時予以提醒找專業技師人員處理。</p> <p>c.工廠防火安全診斷宣導，並要求防火診斷海報張貼於廠內公佈欄，讓所屬員工均能瞭解其所在之環境。</p> <p>d.結合鄰近之工廠，辦理跨廠之消防聯防編組與訓練</p> <p>②廠內設有居住之閣樓，易造成人命傷亡，要求廠內不要住人。</p> <p>③工廠與保全系統連結，可加快火災發生時初報速度。</p> <p>(2)依轄內工廠火災搶救經驗，歸納出下列心得：</p> <p>①取得火災場所平面圖：利用平時查察建立轄內場所平面圖資料，針對儲存之物品及擺設位置亦需標記。</p> <p>②搶救時火場分區規劃。</p> <p>③消防人員體力訓練。</p> <p>④地形許可，應利用高空作業車進行搶救，有效侷限火勢。</p> <p>⑤消防水源充實與列管。</p> <p>⑥利用重機具(如小山貓、怪手等)協助進行破壞與開挖，提升搶救效率。</p> | <p>(1)感謝委員各項建議，將納入期末報告鐵皮屋建築物防火對策。</p> <p>(2)感謝委員各項建議，將納入期末報告鐵皮屋建築物消防搶救對策之參照。</p> |

| | |
|---|---|
| <p><u>林金宏組長(內政部消防署災管組)</u></p> <p>(1)如何判斷火、煙、熱應更具體的說明。 (2)建議鐵皮屋屋頂要有開口。 (3)有些雷同的內容可以整合。 (4)遇危險物品的洩漏或火災要用無人瞄子。 (5)建議各縣市政府消防局應建立轄內鐵皮屋火災案例資料庫。 (6)查證民國 92 年的台南火災案例。</p> | <p>(1)感謝委員建議，於期末報告中更詳細說明。 (2)感謝委員建議，將參照配合法規面研析納入期末報告中。 (3)感謝委員建議，配合修正。 (4)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。 (5)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。 (6)感謝委員建議，將收集彙整案例資料後納入期末報告。</p> |
| <p><u>吳武泰專門委員(內政部消防署搶救組)</u></p> <p>(1)鐵皮屋工廠聚落，週邊道路多狹小，善用鄰里長及其擴播系統，協助火災地點週邊道路交通改善及管制。 (2)新北市政府消防局於 9 月 16 日發表了火場指揮決策輔助系統，利用平板、GIS、GPS 等工具，指揮官於到達火災現場前即可取得火場建築物之資訊(如四面有無鄰接物、建築物長、寬、樓層、開口等)，進而可初步推算所需車組、輛輛種類及如何佈署。 (3)在消防搶救對策方面有提及消防人員佈線入室搶救前應有完善救災裝備，建議增加熱影像儀。 (4)在搶救對策內少有提到水源配置的部分，除消防戰術上應用之長距離佔水佈署或送水戰術，建議可在鐵皮屋工廠聚落週邊附近開鑿水井，或以一定區域內設置一 FRP 水槽等方式。 (5)建立多功能之消防車輛、機具或器械資訊平台。</p> | <p>(1)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。 (2)感謝委員建議，將收集相關資料後，納入期末報告建議參照。 (3)感謝委員建議，將納入期末報告鐵皮屋建築物消防搶救對策之參照。 (4)感謝委員建議，將收集相關資料後，納入期末報告建議參照。 (5)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> |
| <p><u>施順仁大隊長(彰化縣消防局第三大隊)</u></p> <p>(1)目前台灣常見的鐵皮屋主要分為三種：①全棟式：可能為單純工廠或廠住合一，②加建式：屋頂加建鐵皮屋樓層，③修補式：傳統建築物翻修，而型式不同，所提的預防與搶救策略會有所不同，建議本研究案能明確界定係針對何種型式之鐵皮屋為宜。 (2)針對鐵皮屋工廠部分，消防機關已逐步列管要求消防設備與檢查，但針對工廠設計非供人員居住使用，而有人居住使用之場所，消防機關與建築管理機關應合</p> | <p>(1)感謝委員建議，本計畫案主要為探討鐵皮屋建築物防火安全及消防搶救之初步研究，目前主要針對鐵皮鋼骨工為研究目標物；有關委員建議部分，將納入本計畫案未來研究建議內容。 (2)感謝委員建議，將納入</p> |

| | |
|---|---|
| <p>作，一有發現宜重新檢討該場所安全構造及設備，另外，未達法定應設消防安全設備之小型廠住合一(如汽車修配廠)，除主體應符合建築技術規則外，消防安全宜加強避難逃生設備與住警器之裝設，以利遇火災事故時爭取逃生時間。</p> <p>(3)連棟式鐵皮建築物在火災搶救時，應注意火勢可能因天花板上方為連通未有隔間，火煙經由天花板上方連通空間流竄至另一間鐵皮建築物。</p> | <p>期末報告建議參照。</p> <p>(3)感謝委員建議，將納入期末報告防火安全對策及消防搶救之建議參照。</p> |
| <p>莫懷祖副局長(桃園縣政府消防局)</p> <p>(1)不合法之鐵皮工廠，仍應鼓勵設置消防安全設備，消防單位仍應加以列管查核、管理、溝通，以早期發現消防安全問題，加以解決。</p> <p>(2)列管之場所，應加以進行防火診斷、防火管理、消防組訓，推動密集區域的區域聯防機制。</p> <p>(3)屋頂開口設置通風排煙設計(如太子樓)，以強化入室消防人員之安全。</p> <p>(4)對無人命傷亡之虞而可入室搶救之情形，應予以定義，以做為消防人員是否入室搶救的參考依據。</p> | <p>(1)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(2)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(3)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(4)感謝委員建議。</p> |
| <p>蘇慶昌理事長(台灣省消防設備師協會)</p> <p>(1)連棟式鐵皮屋應視為同一棟建築物來考量防火安全與消防搶救對策，因開放式廠房及連棟式廠房有不一樣的方式。</p> <p>(2)鐵皮屋為台灣建築特色之一，但常建築在農業區上，一旦發生火災，其週邊水源常不足因應搶救所需，建議將灌溉用水及河川用水納入列管。</p> <p>(3)鐵皮廠房排煙是消防搶救之要項，建議廠房興建時應考量運用自然排煙或機械排煙，將火災發生時之濃煙排出。</p> <p>(4)鐵皮屋廠房興建時應需設計有二個方向以上的出口。</p> <p>(5)希望藉由本研究案，可以在鐵皮屋的規範上有一安全的標準，讓民眾有一個依歸。</p> <p>(6)利用公安申報的制度，強制將防火間隔保留並強力執法以維護防止延燒的必要空間，有效避免火災持續擴大。</p> | <p>(1)感謝委員建議。</p> <p>(2)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(3)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(4)感謝委員建議。</p> <p>(5)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(6)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> |
| <p>雷明遠博士(內政部建築研究所)</p> <p>(1)簡報內容第 37~38 頁在討論鐵皮屋建築物的防火安全對策，屬維護管理層面，建議再收集國內外之文獻、法規資料等彙整，以向營建署提供建議。</p> | <p>(1)感謝委員建議，於期末報告中修正。</p> <p>(2)感謝委員建議，於期末報告中修正。</p> |

| | |
|---|---|
| <p>(2)防火安全對策內建議針對鐵皮建築物型態、用途...等，設計轉換為風險潛勢因子分析並列表，以利列管後進行安全評估，另在消防搶救對策進場後應變方面，針對危害徵兆的判斷，如鋼結構受火害情形、火煙狀況等提供明確判斷準則，俾以消防人員入室搶救後，在建築物結構坍塌或發生危險之前有退出之參考依據。</p> <p>(3)建議相關單位明文禁止鋼板披覆 PU 材質的生產。</p> | <p>(3)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> |
| <p><u>莊英吉博士(台灣科技大學建築系)</u></p> <p>(1)鐵皮屋外牆屋頂禁止使用 PU 等非耐燃材料披覆其上。</p> <p>(2)禁止鐵皮工廠內部夾層作為人員居住空間。</p> <p>(3)工廠用電負荷及配線要定期檢測，並建議要經過專業之水電技師簽證。</p> <p>(4)增加鐵皮工廠之開口或逃生口。</p> <p>(5)建議規定於鐵皮工廠屋頂一定範圍內設置透明採光罩等，火災時遇一定之熱度即能熔掉變成開口。</p> <p>(6)建議外牆設計為容易拆除之型式，以利火災時之搶救。</p> <p>(7)鐵皮屋頂之阻熱性是否有其必要性，建議可向 CNS12514 及建築技術規則修正。</p> <p>(8)鐵皮工廠之間應有一定之防火間隔。</p> | <p>(1)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(2)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(3)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(4)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(5)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(6)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(7)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> <p>(8)感謝委員建議，將納入期末報告建議參照。</p> |

(紀錄：陳政洞研究員)

附錄八：第 4 次工作會議紀錄

內政部建築研究所 103 年協同研究計畫案

「輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究」

第 4 次工作會議

壹、會議時間：103 年 10 月 18 日(星期六) 上午 10 時

貳、會議地點：台灣省消防設備師協會討論室(台中市大里區青松街 121 號)

參、主 席：紀教授人豪

肆、出席人員：蘇慶昌消防設備師、張尚文博士、陳政洞研究員、

白坤鼎研究助理

伍、重要結論：

(一)本計畫已於 103 年 9 月 16 日完成第 2 次專家學者座談會議、，請各位研究團隊就委員意見修正納入期末報告書中，並定期回報計畫主持人各項進度作業。

(二)第 2 次專家學者會議，各委員有針對鐵皮屋防火安全及消防搶救對策之各項內容，提出寶貴意見及想法，應將各項內容及對策，詳細紀錄分析比對結果，將於期末報告書中提出鐵皮屋建築物消防搶救之對策關係及應注意事項。

(三)根據契約規定，規劃單位應於 103 年 10 月 15 日前提出期末報告 20 冊及繳交依本所規定稿件格式壹份；經查本研究團隊已於 103 年 10 月 15 日前繳交期末報告書 20 冊送至建築研究所，俾利進行期末報告審查會議。

(四)有關至中龍鋼鐵冶金技術進行火害後鋼板金相複製等相關實驗，很感謝中龍鋼鐵鼎力協助，並將由所內發感謝函。

附錄九：期末會議審查意見與回應

| | |
|----------|--|
| 協辦研究計畫名稱 | 輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究 |
| 研究計畫執行期程 | 103年3月1日至103年12月31日 |
| 會議時間及地點 | 103年11月12日(星期三)上午9時30分 內政部建築研究所會議室 (新台北市新店區北新路三段200號大坪林聯合開發大樓15樓會議室) |
| 會議紀錄 | <p>一、主席報告： 鄭主任秘書元良：內容(略)。</p> <p>二、研究單位報告： 紀教授人豪：內容(略) 紀錄：陳政洞</p> <p>三、會議主要內容： 1.研究計畫內容簡介：內容(略)。 2.研究成果分析與討論：內容(略)。</p> <p>四、審查委員意見：(僅記錄與本計畫相關部份)</p> <p>(一)周主任工程司智中： 1.本研究案實驗成果良好，但未能具體提出於消防搶救對策之運用情況，後續成果報告應再加強此部份的關聯性說明。 2.應訂出具體的消防搶救對策原則，例如火災初期以人命搶救為原則，但火災成長期時則是阻止火災擴大延燒為主。</p> <p>(二)唐教授雲明： 1.建議針對不同鋼構廠房(鐵皮屋)之類型提出各種消防搶救對策。</p> <p>(三)許委員哲銘： 1.部分筆誤、贅字部分：第34頁第12行之「...林園...」。 2.建議補充從鐵皮屋燃燒外觀之變化情形及安全相關性，提供救火指揮官指揮入室、撤退、噴水、救生等作為參考。以及提供入室搶救人員之射水、撤退等搶救作為參考。 3.建議補充鐵皮屋燃燒崩塌之變數，如鋼材、材質、型式、接合、承重等，對火災搶救之相關性，或作為未來之研究建議。</p> |

(四)鄧教授子正(書面意見):

- 1.報告撰寫內容及排版格式請再檢查,以符合合約書及委託單位要求。
- 2.所作的結論與研究成果,應從消防救災過程以及消防人員的操作需要進行規範,確保研究成果有助於消防搶救作業進行。

(五)內政部營建署(孫研究員立言):

- 1.對於建築技術規則有關工廠類建築物應為防火構造之法規請精準描述,如第3頁提到2層樓以下可為非防火構造1節,將總樓地板面積達 1500m^2 之門檻漏掉(當然,依規定工廠不受 1500m^2 限制),又第105頁依照建築技術規則之規定,列出可免為防火構造之建築物,但條文 3000m^2 以上應為防火構造,不等同報告書所列「 2999m^2 以下」可為非防火構造,改為 $<3000\text{m}^2$ 以下可為非防火構造才相等。又現行法規係以建築物規模規定其應具有的構造防火性能,IBC法規亦是同樣的精神,如要超過規定規模,法規則要求其構造防火性能提高,第24頁末段提到國內法規係以容積限制建築物規模,建議參考IBC規定限制鐵皮屋規模1節,有所誤解,建請刪除。
- 2.第114頁建議三,建議運用3G即時提供災情訊息1節,請考量3G之整合是否已完成,如尚未完成,本項建議尚需協調相關單位並完成3G整合之建置後方能實行,列為「中期建議」恐過於樂觀,另合法建築物之圖資為各縣市政府建管單位所保管,協辦機關應列入各縣市政府。
- 3.第32~37頁似為特定案例之訪查結果,但未交代,並出現「就廠房提供的資料顯示,近幾年均無製程變更...」等與本研究無關之內容,請就研究案所需作適當篩選,並交代資料來源或屬性。

(六)中華民國土木技師公會全國聯合會(林技師增吉):

- 1.本文著重於輕量型鋼結構以A36鋼材為主,但為論及桁條及金屬板(鐵皮)是否適用?及火害時發生崩壞順序應為如何?請說明。

(七)雷研究員明遠:

- 1.建請提供鐵皮屋火災成長階段之建築外觀研判參考準則,供消防搶救作業參考,例如從建築外觀如鐵皮顏色因高溫產生變化、變形,鋼結構變形等,可以評估屋內火災發展階段或溫度等。

(八)鄭主任秘書元良：

- 1.本文內容若述及鐵皮類建築物為違章建築者，於建築管理之部分即屬違法，建議改善僅限於消防部分。
- 2.研究成果若為法規或規範修正之建議，請研究團隊將修正法規條文或規範內容明確列出。

五、執行團隊回應(紀教授人豪)：

- 1.有關本案火害後鋼板的金相複製與抗拉試驗之結果，主要在探討鐵皮屋火災崩塌的主要原因，作為研擬消防搶救對策之基礎；另外，提供火場指揮官與入室消防人員，判斷火場危害的跡象，後續本研究亦會將火害後鋼板表面的變化，以及火場煙流變化，予以適當納入。
- 2.由於國內鐵皮屋構造類型眾多，研究上不容易收斂，故本研究首先蒐集民國 51 年至 102 年 7 月，全國火災案例中，造成消防搶救人員死亡共有 20 件，其中屬於鐵皮屋構造計有 5 件，分析這 5 件案例的主要構造皆為 A36 鋼板，故本研究以 A36 鋼板火害為實驗對象，至於，鐵皮屋次要構造等其他鋼材，其成分亦同屬於低碳鋼，因此，對於本研究金相複製實驗成果影響不大。
- 3.針對國內鐵皮屋建築物在建築技術規則 69 條之修正建議，本研究在報告書第 107 頁已有法規建議修正前、後之對照表；另外，有關違法建築物的防火安全對策，本研究僅針對消防安全設備提出改善對策，並不涉及建管領域。

附錄十：第 5 次工作會議紀錄

內政部建築研究所 103 年協同研究計畫案

「輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究」

第 5 次工作會議

壹、會議時間：103 年 11 月 15 日(星期六) 上午 10 時 30

貳、會議地點：台灣省消防設備師協會討論室(台中市大里區青松街 121 號)

參、主 席：紀教授人豪

肆、出席人員：張尚文博士、陳政洞研究員、白坤鼎研究助理

伍、重要結論：

(一)本究究計畫已進入期末審查階段，並於 103 年 11 月 12 日辦理期末報告審查會議，請各位研究團隊就委員意見修正納入期末報告書中，並定期回報計畫主持人各項進度作業。

(二)計畫執行已進行尾聲，請各位研究團隊，應加強報告書內容及完整性，各階段審查委員及專家學者針對鐵皮屋防火安全及消防搶救對策之各項內容，有提出寶貴意見及想法，應將各項內容及對策，納入期末報告書附錄中應注意事項。

(三)根據契約規定，規劃單位應於 103 年 12 月 10 日前依建築研究所規定之格式，提出資料蒐集分析報告 1 冊、資料蒐集分析報告光碟 1 份(電子檔應為.DOC 格式)及修正後之本所規定稿件格式 1 份。

(四)各期核銷作業已如實完成，其中尚有需要流出流用情形，尚可再加強經費管控及核銷進行。

輕量型鋼結構建築物(鐵皮屋)防火安全與消防搶救對策之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3 段200 號13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陳瑞鈴、紀人豪、陳政洞、蘇鴻奇、張尚文、白坤鼎

出版年月：103 年 12 月

版次：第1版

ISBN：978-986-04-3468-2 (平裝)