

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

內政部建築研究所研究報告

中華民國 101 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)

計畫編號: 10161B001

撤水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

研究主持人：陳建忠

協同主持人：何三平

研究員：簡賢文

李其忠

研究助理：林典叡

柯佳禎

內政部建築研究所研究報告

中華民國 101 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

| | |
|------------------------------|------|
| 目次..... | I |
| 表次..... | III |
| 圖次..... | V |
| 摘要..... | IX |
| ABSTRACT..... | XIII |
| 第一章 緒 論..... | 1 |
| 第一節 研究緣起與背景..... | 1 |
| 第二節 研究流程與步驟..... | 3 |
| 第三節 進度說明..... | 5 |
| 第二章 文獻回顧..... | 9 |
| 第一節 國內外集熱板之材質、形式及配置情形蒐集..... | 9 |
| 第二節 國內外集熱板設計案例、法規蒐集..... | 12 |
| 第三節 國內外集熱板滅火試驗蒐集..... | 21 |
| 第三章 研究方法與設計..... | 25 |
| 第一節 FDS 電腦模擬..... | 26 |
| 第二節 實驗設置與實驗規劃..... | 33 |
| 第四章 研究發現與建議事項..... | 43 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 第一節 FDS 電腦模擬研究發現..... | 43 |
| 第二節 兩層式撒水頭實驗 | 53 |
| 第三節 集熱板有效性實驗 | 73 |
| 第四節 開放式滅火試驗 | 78 |
| 第五章 結論與建議..... | 83 |
| 第一節 結論..... | 83 |
| 第二節 建議..... | 85 |
| 附錄一 第一次專家座談會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表 | 87 |
| 附錄二 期中審查會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表..... | 97 |
| 附錄三 第二次專家座談會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表 | 99 |
| 附錄四 期末審查會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表..... | 101 |
| 附錄五 各類場所消防安全設備設置標準修訂條文內容..... | 105 |
| 參考書目 | 111 |

表次

| | |
|---|----|
| 表 1-1 研究進度說明表 | 5 |
| 表 1-2 研究計畫進度甘特圖 | 7 |
| 表 2-1 集熱板形式與材質分類 | 9 |
| 表 2-2 國內設置集熱板相關案例 | 12 |
| 表 2-3 國內法規場所分類 | 15 |
| 表 2-4 國內法規撒水頭配置 | 15 |
| 表 2-5 國內法規側面有樑時撒水頭配置 | 16 |
| 表 2-6 各國法規設置集熱板比較 | 21 |
| 表 3-1 場勘各條件分析 | 28 |
| 表 3-2 場勘遮蔽率分析 | 29 |
| 表 3-3 模擬條件 | 31 |
| 表 4-1 貨架式撒水頭模擬情境 | 49 |
| 表 4-2 貨架式撒水頭模擬情境一與情境二結果 | 49 |
| 表 4-3 貨架式撒水頭模擬情境三到情境七結果 | 51 |
| 表 4-4 撒水分佈於樓地板四分之一撒水頭高度 5.2 公尺放射壓力 1kgf/cm ² 不同時間 | 53 |
| 表 4-5 撒水分佈於樓地板四分之一撒水頭高度 5.2 公尺時間 3 分鐘不同 | |

| | |
|--|----|
| 放射壓力..... | 55 |
| 表 4-6 撒水分佈於樓地板中央撒水頭高度 5.2 公尺放射壓力 1kgf/cm ² 不同時間..... | 56 |
| 表 4-7 撒水分佈於樓地板中央撒水頭高度 5.2 公尺放射時間 3 分鐘不同放射壓力..... | 57 |
| 表 4-8 撒水分佈於樓地板四分之一撒水頭高度 4 公尺時間 5 分鐘放射壓力 1kgf/cm ² | 58 |
| 表 4-9 撒水分佈於樓地板中央撒水頭高度 4 公尺時間 5 分鐘放射壓力 1kgf/cm ² | 59 |
| 表 4-10 兩層式撒水頭滅火試驗情境..... | 61 |
| 表 4-11 兩層式撒水頭滅火試驗情境一到情境五實驗結果..... | 62 |
| 表 4-12 兩層式撒水頭滅火試驗情境六到情境八實驗結果..... | 64 |
| 表 4-13 兩層式撒水頭滅火試驗情境九到情境十一實驗結果..... | 65 |
| 表 4-14 兩層式撒水頭滅火試驗情境十二到情境十四實驗結果..... | 68 |
| 表 4-15 集熱板有效性實驗情境..... | 73 |
| 表 4-16 集熱板有效性實驗結果總表..... | 77 |
| 表 4-17 四顆密閉式撒水頭撒水頭溫度曲線圖..... | 79 |
| 表 4-18 油盤水量蒐集測試結果總表..... | 80 |
| 表 4-19 集熱板形式與材質分類..... | 81 |
| 表 4-20 集熱板設計相關案例..... | 82 |

圖次

| | |
|------------------------------------|----|
| 圖 1-1 研究流程圖 | 4 |
| 圖 2-1 大陸法規集熱板示意圖 | 17 |
| 圖 2-2 大陸法規集熱板設置示意圖 | 19 |
| 圖 2-3 我國法規貨架倉儲撒水頭配置圖 | 20 |
| 圖 2-4 NFPA 中高架倉儲水平隔板或排面隔板示意圖 | 20 |
| 圖 3-1 集熱板模擬建置圖 | 27 |
| 圖 3-2 模擬遮蔽率百分比之示意圖 | 30 |
| 圖 3-3 貨架式模擬示意圖 | 31 |
| 圖 3-4 撒水頭與樑模擬示意圖 | 32 |
| 圖 3-5 實驗空間 | 33 |
| 圖 3-6 實驗架設鳥瞰圖 | 34 |
| 圖 3-7 熱電偶架設上視圖與剖面圖 | 34 |
| 圖 3-8 實驗空間架設示意圖 | 35 |
| 圖 3-9 遮蔽物架設示意圖 | 35 |
| 圖 3-10 遮蔽率 35%架設情形 | 36 |
| 圖 3-11 遮蔽率 70%架設情形 | 36 |
| 圖 3-12 遮蔽率 80%架設情形 | 36 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 圖 3-13 兩層式撒水頭火源架設情形 | 37 |
| 圖 3-14 集熱板有效性火源架設情形 | 38 |
| 圖 3-15 密閉式撒水頭與天花板距離示意圖 | 38 |
| 圖 3-16 有無集熱板撒水頭裝設示意圖 | 39 |
| 圖 3-17 集水盤與磅秤量測圖 | 39 |
| 圖 3-18 撒水分佈位置鳥瞰圖 | 40 |
| 圖 3-19 資料擷取系統示意圖 | 40 |
| 圖 3-20 熱電偶配置示意圖 | 41 |
| 圖 4-1 有無集熱板對於撒水頭裝設高度之模擬結果 | 44 |
| 圖 4-2 有無集熱板對於撒水頭裝設高度之模擬結果 | 44 |
| 圖 4-3 裝設集熱板對於不同遮蔽率與撒水頭裝設高度之模擬結果 | 45 |
| 圖 4-4 有無集熱板於不同遮蔽率與撒水頭裝設高度之模擬結果 | 46 |
| 圖 4-5 裝設集熱板對於不同遮蔽率與撒水頭裝設高度之模擬結果 | 47 |
| 圖 4-6 裝設集熱板對於不同遮蔽率與撒水頭裝設高度之模擬結果 | 47 |
| 圖 4-7 貨架式模擬風速風向剖面圖 | 51 |
| 圖 4-8 樑異側火源位置剖面圖 | 52 |
| 圖 4-9 樑異側火源位置剖面圖 | 52 |
| 圖 4-10 樑側之撒水頭裝設集熱板於不同高度不同火源位置 | 52 |
| 圖 4-11 兩層式撒水頭情境一火源溫度曲線圖 | 63 |

| | |
|---|----|
| 圖 4-12 兩層式撒水頭情境五火源溫度曲線圖 | 63 |
| 圖 4-13 兩層式撒水頭情境六火源溫度曲線圖 | 64 |
| 圖 4-14 兩層式撒水頭情境九火源溫度曲線圖 | 66 |
| 圖 4-15 快速反應型撒水頭 | 66 |
| 圖 4-16 情境十與情境十一撒水頭溫度與撒水頭上方天花板溫度 | 67 |
| 圖 4-17 改變天花板高度與撒水頭高度 | 68 |
| 圖 4-18 不同天花板高度與撒水頭高度其撒水頭溫度與撒水頭上方天花板溫度 | 69 |
| 圖 4-19 情境十二火源溫度曲線圖 | 69 |
| 圖 4-20 情境十三撒水頭溫度與撒水頭上方天花板溫度曲線圖 | 70 |
| 圖 4-21 情境十三撒水頭作動時間與撒水頭作動五分鐘 | 70 |
| 圖 4-22 情境十三撒水頭作動十分鐘與火源最後情形 | 70 |
| 圖 4-23 情境十三撒水頭作動十分鐘與火源最後情形 | 71 |
| 圖 4-24 遮蔽率 70% 亂流示意圖 | 71 |
| 圖 4-25 遮蔽率 70% 無集熱板情境一與情境二撒水頭溫度 | 74 |
| 圖 4-26 遮蔽率 70% 有集熱板情境三撒水頭溫度 | 74 |
| 圖 4-27 遮蔽率 70% 有集熱板情境三與情境四撒水頭溫度 | 75 |
| 圖 4-28 情境四加大火源熱釋放率 | 75 |
| 圖 4-29 遮蔽率 0% 有無集熱板情境五與情境六撒水頭溫度 | 76 |

圖 4-30 遮蔽率 80%有無集熱板情境七與情境八撒水頭溫度76

圖 4-31 四顆密閉式撒水頭撒水頭位置示意圖.....78

圖 4-32 四顆開放式撒水頭火源溫度曲線.....79

圖 4-33 油盤水量蒐集測試.....80

摘要

關鍵詞：集熱板、撒水設備、兩層式撒水頭、FDS、障礙物

一、研究緣起

近年來台灣經濟發展蓬勃，建築物也越蓋越高，人們更懂得享受大空間或挑高空間的設計，這些建築物不外乎是大賣場、機場、車站、捷運站等。而這些場所因根據法規規定當撒水頭迴水板離天花板超過 30cm 時，必須設置集熱板之規定。但其設置集熱板之情形皆有不同之情況，其集熱板對於撒水設備之有效性是值得進行探討。

二、研究流程與步驟

首先本研究將蒐集國內、外撒水頭集熱板之材質、形式及配置情形，作為此研究進行相關比較之依據，目前蒐集之資料顯示歐美並無集熱板之相關法規要求，而其他國家則將於研究時蒐集分析及討論。同時亦將蒐集國內、外撒水頭設置集熱板之相關設計案例、法規規範，作為此研究之參考，並將其進行整合比較及分析。

依據蒐集之資料，了解國內外目前撒水頭設置集熱板實況，建置 FDS(Fire Dynamics Simulator)模擬空間進行電腦模擬，分析集熱板設置之高度、距離、形狀、材質等來求得其撒水頭作動之情境。根據其模擬結果設計實驗之情況據以觀察影響探測器作動時間之因子。

首先對於國內實務上多有於「各類場所消防安全設備設置標準」第四十七條規範以外之其他處所設置集熱板之情形，將至現場勘查以規納目前集熱板使用之現況，作為實驗設計之參考。爾後針對該分類場所設置及未設置集熱板實驗，比較其是否影響撒水頭動作之有效性。最後，考量撒水頭下方有沖孔天花板等是否會有整流效果，導致因撒水無法充分擴散之撒水障礙，本研究將量測有無沖孔天花板所造成之撒水分佈差異及水滴到達地面之速度情況以比較其滅火之特性差異為何？另針對是否設置兩層撒水頭及搭配集熱板之比較亦將進行探討以進行其可行性分析。綜合上述實驗之結果進行探討與分析以得到對於集熱板之設置的最佳化條件。

三、重要發現

於文獻之資料收集分析比較國內外法規及進行模擬與實驗結果有以下幾項重要發現：

- 1、首先針對於國內、外設置集熱板現況本案蒐集了 22 件設置集熱板之現況，並加以進行 FDS 模擬可得知，對於現今裝設集熱板之情形，其有效性只位於火源火羽區內(fire plume)範圍內，才能使其達到有效蓄熱之效果。且根據先前所蒐集相關美國集熱板滅火試驗所得到的結果相同，因此，對於現今裝設集熱板與未設集熱板之情境皆須位於火源之火羽區內(fire plume)才能使其達到作動之基準。
- 2、目前美國及日本已經皆未出現集熱板相關法規及設計，且對於美國相關集熱板滅火試驗也可得知集熱板已經於 1990 年證實為無效之設計。而根據設計案例所蒐集之資料顯示目前僅我國與大陸目前還有集熱板之設置與法規規範，但皆未有相關實驗去證實其集熱板之有效性。因此，本案對於集熱板之有效性於模擬及實驗部分，已經證實裝設集熱板並未能增加撒水頭蓄熱之效果。
- 3、因實驗空間限制，其集熱板實質效果及有效性實驗可能與模擬空間與架設之情境無法達到相同之設置。但針對實驗結果，針對於本案所蒐集之國內設計案例，可發現其目前設置集熱板之情形皆為無效。
- 4、對於上方有障礙物時裝設兩層式撒水頭作動較為不穩定，且容易造成撒水障礙，而須考量到設置高度才能使目前裝設一般反應型之撒水系統的有效性顯現出來。若設置兩層式撒水頭可建議消防主管機關仍可要求設置上層撒水頭以控制上層火災之部分。但因下層會造成撒水障礙，因此仍須設置撒水頭於下層部分，且將自動撒水設備改採取探測器連動開放式撒水頭，並能有效的達到下層防護機制。

四、主要建議

根據研究發現，本研究針對撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究，及各專家學者審查後提出下列具體建議，分別從立即可行之建議及中長期建議加以列舉。

建議一

修訂集熱板相關條文：立即可行之建議

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：內政部建築研究所

在本研究實驗與電腦模擬於集熱板相關有效性實驗結果發現，不管其有無裝設集熱板僅火源位於火羽流範圍內才能達到有效啟動滅火之情形。且針對於裝設集熱板，並未能有效增加撒水頭溫度，而現今美國、日本已經無相關集熱板之設置與法規規範。且根據實驗與模擬結果可與美國對於集熱板有效性得到相似之成果。因此，建議消防署以本案成果為修訂法規之草案依據，將各類場所消防安全設備設置標準第四十六條第二項第一款第四目以及第四十七條第二項進行修訂，其相關條文修訂請參閱附錄六。

建議二：

不同天花板高度及遮蔽條件下探測器及撒水頭有效作動與滅火效能測試之研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

針對不同天花板高度及遮蔽條件下探測器及灑水頭有效作動與滅火效能之掌握，將隨著集熱板之廢止使用而成為重要之議題，唯有進行全面性的探討與研究，方能提供如具風管等障礙物所造成撒水障礙之問題的解決。

ABSTRACT

Keywords: Heat Absorbing Plate, Sprinkler System, Two Layer Sprinkler, FDS, Obstruction

Research Introduction

The buildings are built taller and taller because the economy of Taiwan grows quiet quickly. The shopping malls, airports, train stations, subway were all built with very tall atrium and large spaces. The heat absorbing plates were used quite often, however their misuses increase the fire risk of these buildings. Therefore, the applications should be explored to make sure the safety of the buildings.

Research Procedure

The applications and requirements of the heat absorbing plates should be collected and discussed to find their reasons of installation in Taiwan and other countries in order to modify the code of NFA.

FDS is also used to simulate the actuation time of sprinklers under different conditions, such as height, configuration, or space of the sprinkler installation, to find the appropriate conditions in order to set up the experiments of the tests.

The fire experiments consider two-layer ceiling tests in order to make sure if the water can suppress the fire or not during the secondary ceiling layer block.

Important Discovery

By using FDS simulation, it is found that the heat absorbing plates are only available inside the fire plume area.

The heat absorbing plates are only used in Taiwan and China from the literature review and it is found they were installed at inappropriate locations.

The fire tests also prove that the heat absorbing plates are not a useful design.

From the fire tests under two-layer ceiling, it was found that the fire could not be extinguished when the sprinkler was actuated on the upper ceiling layer because the water was blocked and could not reach the fire effectively.

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

Recommendations

Recommendation 1:

To modify the article of the heat absorbing plate in the code of NFA: immediately feasible recommendation

In Charge Organization: NFA

Assistant Organization: ABRI

Recommendation 2:

The performance tests of detectors and sprinklers under different ceiling height and shield conditions: long term recommendation

In Charge Organization: ABRI

Assistant Organization: ABRI

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

近年來台灣經濟發展蓬勃，建築物也越蓋越高，人們更懂得享受大空間或挑高空間的設計，這些建築物不外乎是大賣場、機場、車站、捷運站等；而這些場所更是民眾眾多的場所，若火災發生時，更顯得消防的重要性。而自動撒水系統可以延遲或避免火場的閃燃發生，於火場中有效控制火勢延燒及避免結構物破壞的消防設備之一(蘇崇輝等，2011)。依「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第四十七條撒水頭側面有樑時，當撒水頭與天花板距離超過三十公分以上，應有設置集熱板之法規規範，而目前集熱板應用於實務上時其撒水頭與天花板之距離可能五十公分或甚至距離一百八十公分以上或非位於樑之旁邊時亦已設置集熱板之方式為之，而其是否能夠有效幫助撒水頭作動，其集熱板之設置實質性是需要進行探討的。

根據「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第 47 條撒水頭側面有樑，係考量撒水頭要符合設於裝置面下方 30 公分內，迴水板又要與樑底保持在一定距離以下，因可能無法兼顧二者之規定，故有設集熱板之規定且當撒水頭其迴水板與天花板或樓板之距離超過三十公分時，依下列規定設置集熱板：

1. 集熱板應使用金屬材料，且直徑在三十公分以上
2. 集熱板與迴水板之距離，在三十公分內以下。

根據國內法規「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第四十六條高架儲存倉庫貨架撒水頭設置集熱板，係為避免感熱元件遭上方撒水頭淋濕，影響作動時間，而此標準並無施工規範，而第四十七條第二項當撒水頭迴水板下方四十五公分內及水平方向三十公分內，應保持淨空間，不得有障礙物，而當其迴水板與天花板或樓板之距離超過三十公分時，應依規定設置集熱板。

而觀察現今大型空間與挑高空間建築物，撒水頭的安裝位置不一定都能位於上方的蓄熱空間。目前均設置集熱板以幫助撒水頭作動，並且廣泛應用於上方有阻礙物之場所，然而當撒水頭的迴水板與天花板的距離太大時，熱的蓄積效果不佳，不容易使

撤水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

撤水頭作動。因此本研究將針對其設置位置之適當性進行探討與分析。另外撤水頭下方經常出現之整流天花板是否會出現滅火性能阻礙亦是本研究希冀探討之問題。

第二節 研究流程與步驟

首先本研究將蒐集國內、外撒水頭集熱板之材質、形式及配置情形，作為此研究進行相關比較之依據，目前蒐集之資料顯示歐美並無集熱板之相關法規要求，而其他國家則將於研究時蒐集分析及討論。同時亦將蒐集國內、外撒水頭設置集熱板之相關設計案例、法規規範，作為此研究之參考，並將其進行整合比較及分析。

依據蒐集之資料，了解國內外目前撒水頭設置集熱板實況，建置 FDS(Fire Dynamics Simulator)模擬空間進行電腦模擬，分析集熱板設置之高度、距離、形狀、材質等來求得其撒水頭作動之情境。根據其模擬結果設計實驗之情況據以觀察影響探測器作動時間之因子。首先針對貨架撒水頭設置集熱板之施工規範芻議，實驗其動作及防護情形，分析其實驗結果並作為撰寫施工規範之參考。

其次，對於國內實務上多有於「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第四十七條規範以外之其他處所設置集熱板之情形，將至現場勘查以規納目前集熱板使用之現況，作為實驗設計之參考。爾後針對該分類場所設置及未設置集熱板實驗，比較其是否影響撒水頭動作之有效性。最後，考量撒水頭下方有沖孔天花板等是否會有整流效果，導致因撒水無法充分擴散之撒水障礙，本研究將量測有無沖孔天花板所造成之撒水分佈差異及水滴到達地面之速度情況以比較其滅火之特性差異為何？另針對是否設置兩層撒水頭及搭配集熱板之比較亦將進行探討其可行性分析。綜合上述實驗之結果進行探討與分析以得到對於集熱板之設置的最佳化條件。

最後將統整後之資料與結果，針對撒水頭設置集熱板設置規範細節芻議之相關研究提出建議以作為各類場所消防安全設備設置標準修訂之參考。

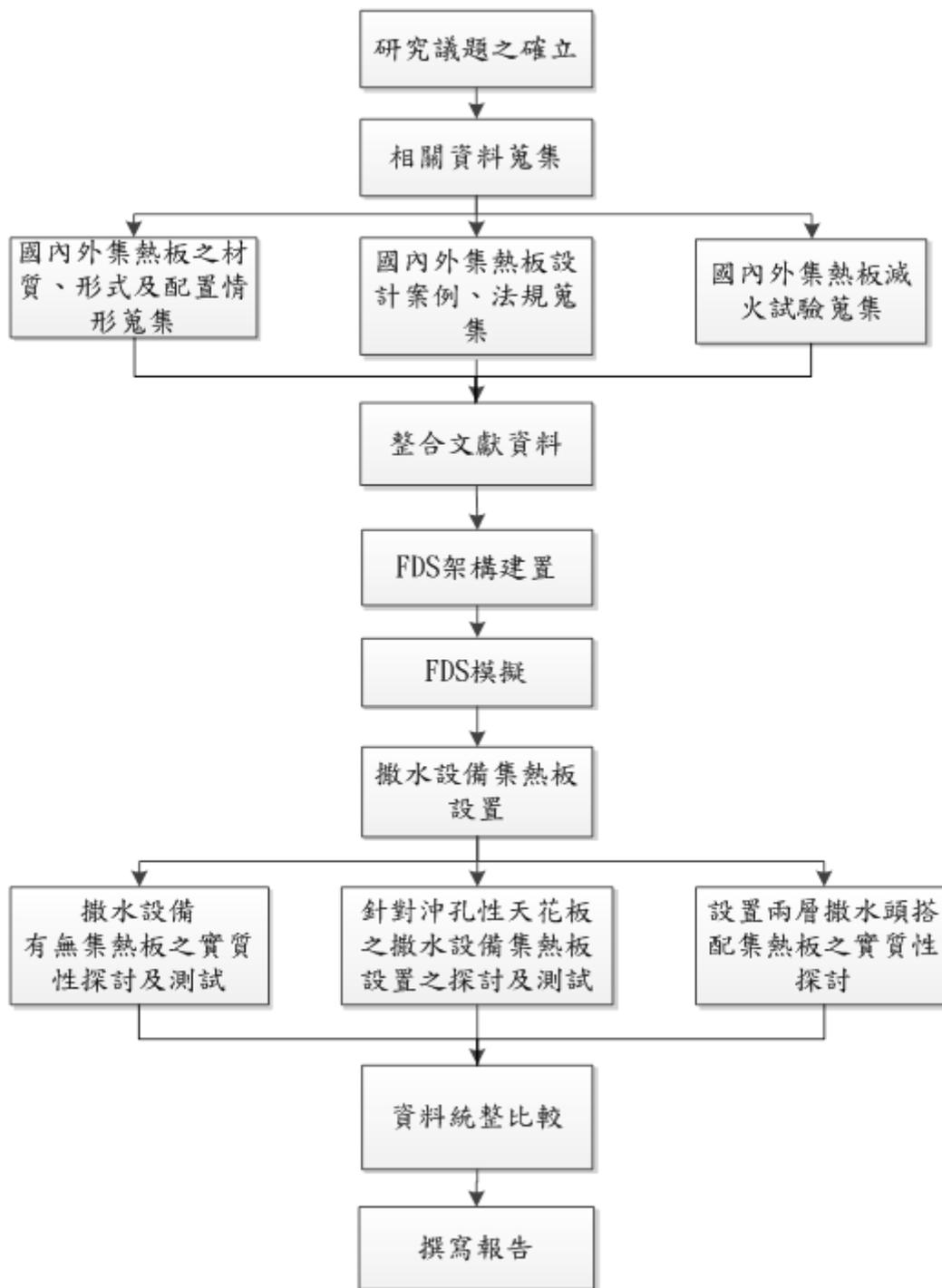


圖 1-1 研究流程圖

(資料來源：本研究自行整理)

第三節 進度說明

本案目前已完成之進度說明如下表 1-1 所示，並以表 1-2 計畫進度甘特圖說已完成之進度與預期完成之時間。

表 1-1 研究進度說明表

| 工作項目 | 完成進度 | 說明 |
|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 國內外集熱板之材質、形式及配置情形蒐集 | 已蒐集台灣、大陸相關之形式情形。 | |
| 國內外集熱板設計案例、法規蒐集 | 已蒐集台灣、大陸之相關設計案例，已蒐集台灣、大陸等地法規文獻。 | |
| 國內外集熱板滅火試驗蒐集 | 已蒐集台灣、美國之相關研究文獻。 | |
| FDS 架構建置 | 已完成。 | |
| FDS 模擬 | 已完成。 | |
| 第一次專家座談會 | 已完成。 | 會議內容如附錄 1 所示。 |
| 期中報告 | 已完成。 | 已提出期中報告書面資料。 會議內容如附錄 2 所示。 |
| 撒水設備有無集熱板之實質性探討及測試 | 已完成。 | |
| 針對沖孔性天花板之撒水設備集熱板設置之探討及測試 | 已完成。 | |
| 設置兩層撒水頭搭配集熱板之實質性探討 | 已完成 | |

撤水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | |
|----------|----------------------|--------------|
| 第二次專家座談會 | 已完成。 | 會議內容如附錄3所示。 |
| 期末報告 | 已完成。 | 已提出期中報告書面資料。 |
| 研究成果提出 | 依計畫進度於期末報告修訂後提出研究成果。 | |

(資料來源：本研究自行整理)

表 1-2 研究計畫進度甘特圖

(..... 已完成進度、—— 預期完成進度)

| 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 |
|--------------------------|----|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----|
| 國內外集熱板之材質、形式及配置情形蒐集 | | | —— | —— | | | | | | | | | |
| 國內外集熱板設計案例、法規蒐集 | | | —— | —— | | | | | | | | | |
| 國內外集熱板滅火試驗蒐集 | | | —— | —— | | | | | | | | | |
| FDS 架構建置 | | | —— | —— | —— | | | | | | | | |
| FDS 模擬 | | | | —— | —— | —— | —— | | | | | | |
| 第一次專家座談會 | | | | —— | —— | | | | | | | | |
| 期中報告 | | | | | —— | —— | | | | | | | |
| 撒水設備有無集熱板之實質性探討及測試 | | | | | | —— | —— | —— | —— | | | | |
| 針對沖孔性天花板之撒水設備集熱板設置之探討及測試 | | | | | | | —— | —— | —— | | | | |
| 設置兩層撒水頭搭配集熱板之實質性探討 | | | | | | | —— | —— | —— | | | | |
| 第二次專家座談會 | | | | | | | | | —— | —— | | | |
| 期末報告 | | | | | | | | | —— | —— | | | |
| 研究成果提出 | | | | | | | | | | —— | —— | —— | |
| 預定進度 (累積數) | % | 4% | 16% | 31% | 40% | 52% | 64% | 73% | 85% | 94% | 97% | 100% | |

(資料來源：本研究自行整理)

第二章 文獻回顧

第一節 國內外集熱板之材質、形式及配置情形蒐集

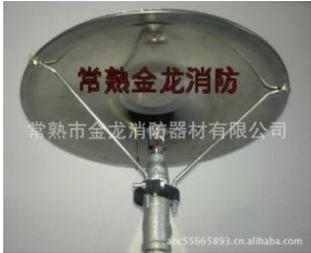
國內外集熱板之材質、形式：

依國內「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第四十六條、第四十七條與大陸「自動噴水滅火系統設計規範」(大陸，2005)第 7.1.7 條、第 7.2.3 條等，依照標準規範須設置集熱板，以下整理為集熱板形式與材質分類如表 2-1 所示：

表 2-1 集熱板形式與材質分類

| 來源 | 形式 | 材質 | 規格 |
|-------|---|----|---------------------|
| 台灣 | 向上型集熱板  | 金屬 | 直徑三十公分 架腳高三十公分 |
| 台灣 | 向下型集熱板  | 金屬 | 直徑三十公分 |
| 台灣蘇崇輝 | 集熱加強型集熱板 | 金屬 | 開孔率為 5%，每個洞孔直徑為十五公厘 |

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | | |
|-----------------|--|---|-------------------------|
| |  | | |
| 大陸常熟市金龍消防器材有限公司 | <p>直立型聚熱罩</p>  | <p>0.3 公厘不鏽鋼板 0.3 公厘不銹鐵板 0.3 公厘冷軋鐵板</p> | <p>直徑二十公分、三十公分、四十公分</p> |
| | <p>下垂型聚熱罩</p>  | <p>0.3 公厘不鏽鋼板 0.3 公厘不銹鐵板 0.3 公厘冷軋鐵板</p> | <p>直徑二十公分、三十公分、四十公分</p> |
| | <p>邊牆測噴集熱罩</p>  | <p>0.3 公厘不鏽鋼板 0.3 公厘不銹鐵板 0.3 公厘冷軋鐵板</p> | <p>長二十公分 寬十五公分</p> |
| 大陸北京消防器材設備銷售中心 | 集熱罩 | <p>鏡面不鏽鋼 馬口鐵(鍍鋅鋼板)</p> | <p>直徑二十公分、三十公分、</p> |

| | | | |
|-------------------------------------|--|---------------|---|
| |  | | <p>四十公分。</p> |
| <p>大陸福建省南安市 威達消防器材有限 公司</p> | <p>集熱罩</p>  | <p>不鏽鋼集熱罩</p> | <p>直徑二十公分、 三十公分、 三十八公分、 四十公分。</p> |

(資料來源：本研究自行整理)

第二節 國內外集熱板設計案例、法規蒐集

國內設計案例與法規：

針對於國內設置集熱板相關場所設計案例，整理如表 2-2 所示。

表 2-2 國內設置集熱板相關案例

| 地點 | 照片 | 天花板高度 | 集熱板高度 | 相差高度 |
|--------------|---|-------|-------|------|
| 特力屋 |  | 7.2m | 6.6m | 0.6m |
| 特力屋 |  | 7.2m | 5.6m | 1.6m |
| 旺來鄉-食品原料專業賣場 |  | 3.6m | 3.3m | 0.3m |
| HOLA-特力和樂 |  | 5.2m | 4.3m | 0.9m |

| | | | | |
|----------------------|---|------|-------|------|
| 家樂福 |  | 5.3m | 4m | 1.3m |
| 家樂福 |  | 5.3m | 4m | 1.3m |
| 大潤發 |  | 5.3m | 4m | 1.3m |
| 台糖嘉年華購物中心-Sugar Mall |  | 6.6m | 4m | 2.6m |
| 台灣高鐵台南站 |  | 6.3m | 5.4m | 0.9m |
| | | 6.6m | 5.8m | 0.8m |
| | | 12m | 11.1m | 0.9m |

撤水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | | | |
|--------------|---|------|------|------|
| 京站時尚廣場 B2 |  | 4.7m | 3.6m | 1.1m |
| 京站時尚廣場 F2 |  | 5.6m | 3.4m | 2.2m |
| 台北車站地下街 |  | 3.4m | 2.2m | 1.2m |
| 中山地下街 |  | 3.4m | 2.5m | 0.9m |
| | | 4.6m | 3.7m | 0.9m |
| 徐匯廣場 |  | 4.5m | 3.1m | 1.4m |

(資料來源：本研究自行整理)

根據表 2-2 所蒐集之國內相關集熱板設置場所，並依據「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第十二條場所分類，如下表 2-3 所示。

表 2-3 國內法規場所分類

| | | | |
|--------------------------|----------|----------|---------------|
| | 商場 | 車站 | 地下街通路 |
| 根據表 2-2 蒐集個數 | 12 個 | 3 個 | 4 個 |
| 根據「各類場所消防安全設備設置標準」第十二條分類 | 商場為甲類第四目 | 車站為乙類第一目 | 地下街通路為戊類場所第三目 |

(資料來源：本研究自行整理)

由表 2-3 場所分類得知目前所蒐集之集熱板相關案例，場所分類為商場、車站、地下街通路，而根據「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第四十六條撒水頭配置之情形，如表 2-4 所示。

表 2-4 國內法規撒水頭配置

| 商場 | 車站 | 地下街通路 |
|--|--|---|
| 根據「各類場所消防安全設備設置標準」第四十六條進行配置 | | |
| (一) 一般反應型撒水頭(第二種感度)，各層任一點至撒水頭之水平距離在二點一公尺以下。但防火構造建築物，其水平距離，得增加為二點三公尺以下。 | (一) 一般反應型撒水頭(第二種感度)，各層任一點至撒水頭之水平距離在二點一公尺以下。但防火構造建築物，其水平距離，得增加為二點三公尺以下。 | 六、地下建築物天花板與樓板間之高度，在五十公分以上時，天花板與樓板均應配置撒水頭，且任一點至撒水頭之水平距離在二點一公尺以下。但天花板以不燃性材料裝修者，其樓板得免設撒水頭。 |

(資料來源：本研究自行整理)

根據「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第四十六條第二項第一款第四目，當設置貨架式撒水頭設置符合第四十七條第二項規定之集熱板。但使用經中央主管機關認可之貨架撒水頭者，不在此限。

根據「各類場所消防安全設備設置標準」第四十七條第一項第八款密閉式撒水頭側面有樑時，依下表 2-5 裝置。

表 2-5 國內法規側面有樑時撒水頭配置

| | | | | |
|--------------------|-------|----------------|------------------|--------|
| 撒水頭與樑側面淨距離 (公分) | 74 以下 | 75 以上 99 以下 | 100 以上 149 以下 | 150 以上 |
| 迴水板高出樑底面尺寸 (公分) | 0 | 9 以下 | 14 以下 | 29 以下 |

(資料來源：見內政部消防署，各類場所消防安全設備設置標準，2012)

且根據「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第四十七條第二項規定，當第四十七條第一項第八款之撒水頭，其迴水板與天花板或樓板之距離超過三十公分時，依下列規定設置集熱板：

- (1) 集熱板應使用金屬材質，且直徑在三十公分以上。
- (2) 集熱板與迴水板之距離，在三十公分以下。

國外設計案例與法規：

針對蒐集大陸設計集熱板之案例，設計案例如下：

大陸某工廠單層廠房樓地板面積三萬多平方米，按照大陸建築設計防火規範規定該廠房應設置消防栓滅火系統外，還應設置自動噴水滅火系統。廠房內有四處採光天窗且天花板高度平均為 8.3 公尺，其中兩處採光窗面積為 720 平方公尺，另外兩處採光窗面積為 540 平方公尺，由於採用豎式天窗，故採光天窗比其他地方高於 3 公尺，若該處噴頭懸吊於天花板時，則噴頭高度離地面大於 8 公尺以上噴頭感熱元件的作動會受影響。若選用其他高流量噴頭或快速反應大粒徑噴頭，大陸方面此類產品較少，另一方面同一空間內不宜適用兩種不同壓力之噴撒系統，經多次研究比較決定採用集熱板的輔助技術措施方案解決。

集熱板在高架儲存倉庫內分層布置噴頭時，當分層板上有孔洞、縫隙時應於該處噴頭上方設置集熱板。目的是當火災發生時，使噴頭感熱元件能在其上方局部面積迅速聚熱而作動撒水。

最後設計為，噴頭安裝高度一致離地面 7.6 公尺到 8.1 公尺，在採光窗處下方噴頭則距離採光天窗處為小於等於 3.3 公尺，因噴頭感熱元件無法達到預期效果，該處每個噴頭（約兩百多個撒水頭）上方均裝設集熱板。(大陸)

大陸某貨運中心原設計天花板高度為 8.1 公尺，屋頂為金屬承重結構，按相關規定設置自動撒水滅火系統，原設計噴頭安裝高度距離地面 7.7 公尺。後因需要業主自行決定將鋼屋架連同自動撒水系統管道往上提高 2.3 公尺，而噴頭安裝高度則改變為離地面 10 公尺，經大陸消防部門檢驗不合格。經研究後採用加層安裝自動撒水系統，原安裝於 10 公尺之管道與噴頭高度不變，但在下方 7.6 公尺處應增設自動撒水滅火系統。

而上層撒水頭為保護屋頂鋼板使用，上層撒水頭使用向上式撒水頭，這樣天花板屋頂則不需防火塗料等其他防火措施，下方新增撒水系統則做為保護地面可燃物使用，但由於噴頭離天花板達 2.8 公尺遠遠超過了規範所規定離天花板 15 公分之要求。因此，在下層撒水系統每顆噴頭上方均設置集熱板，如案例一做法相同。(大陸)

根據大陸「自動噴水滅火系統設計規範」(大陸，2005)第 7.1.7 條，當貨架上方的貨架層板，應為封閉層板。貨架內噴頭上方如果有孔洞、縫隙，應在噴頭上方設置集熱擋水板。而集熱擋水板應為正方形或圓形金屬板，其平面面積不宜小於 0.12 平方公尺，周圍彎邊的下沿，宜與噴頭濺水盤平齊。如下圖 2-1 所示。

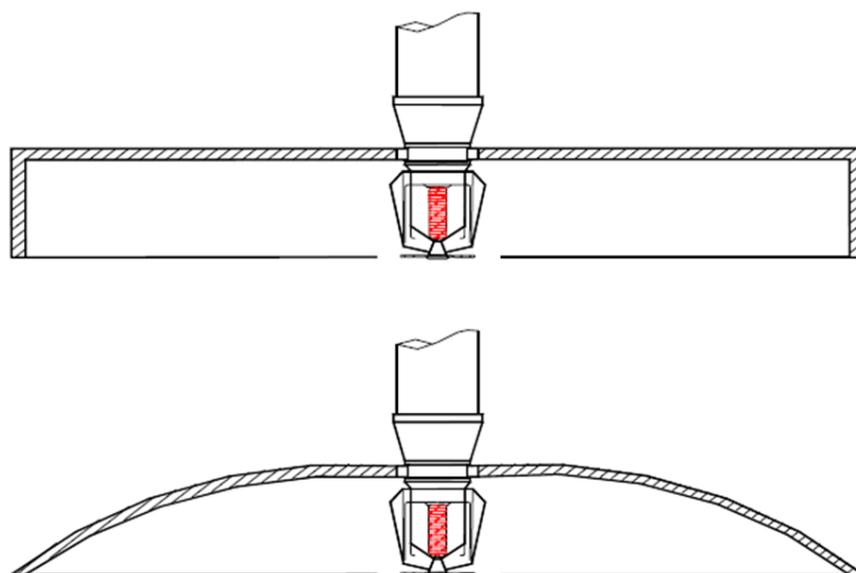


圖 2-1 大陸法規集熱板示意圖

(資料來源：見大陸，自動噴水滅火系統設計規範，2005)

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

大陸「自動噴水滅火系統設計規範」(大陸，2005)第 7.2.3 條，當管道、成排佈置的管道、橋架等障礙物的寬度大於 1.2 公尺時，其下方應增設噴頭(此規範根據 NFPA13 2002 年版)。增設噴頭上方如有縫隙時應設置集熱板。如下圖 2-2 所示。

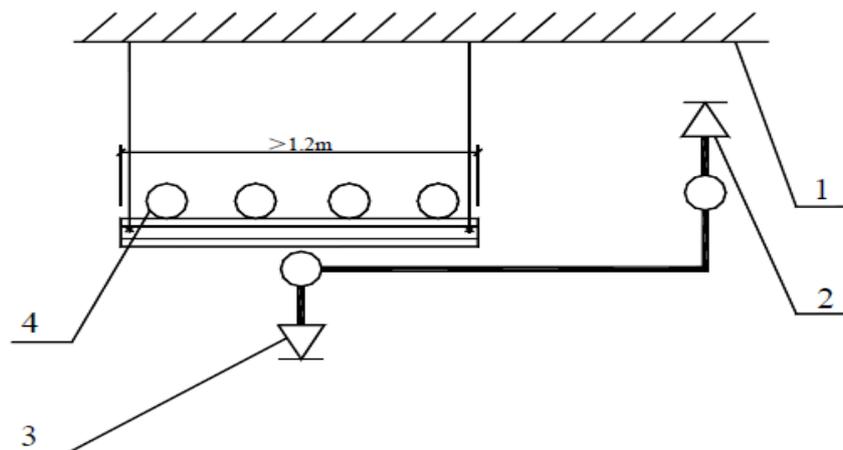


圖 2-2 大陸法規集熱板設置示意圖

(資料來源：見大陸，自動噴水滅火系統設計規範，2005)

根據大陸「汽車庫、修車庫、停車場設計防火規範」(大陸，1998)第 7.2.3.2 條，機械式立體汽車庫、複式汽車庫的噴頭除在屋面板或樓板下按停車位的上方佈置外，還應按停車的拖板位置分層佈置，且應在噴頭的上方設置集熱板。

陳文龍(陳文龍，1997:22)針對貨架式撒水頭裝設之美國 NFPA 與我國法規進行比較，國內「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第四十六條規定，設貨架式撒水頭依儲存物品有所不同，儲存棉花類、塑膠類、木製品、紙製品或紡織製品等易燃物品時，每四公尺高度至少設置一個貨架式撒水頭；儲存其他物品時，每六公尺高度至少設置一個，並應採交錯配置如圖 2-3 所示。美國 NFPA 有關於高架倉儲為防止往上延燒，要求設置水平隔板或排面撒水頭，但兩者並非一定同時設置，其設置如圖 2-4 所示。

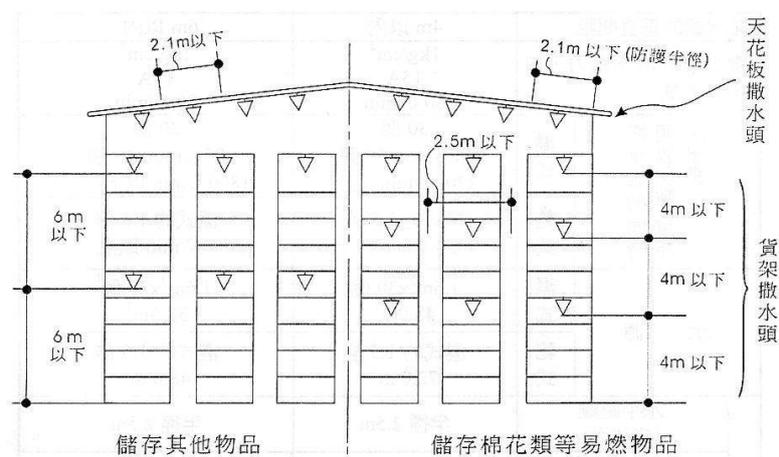


圖 2-3 我國法規貨架倉儲撒水頭配置圖

(資料來源：見陳文龍，高架儲存倉庫自動撒水設備等的設置及比較，1997)

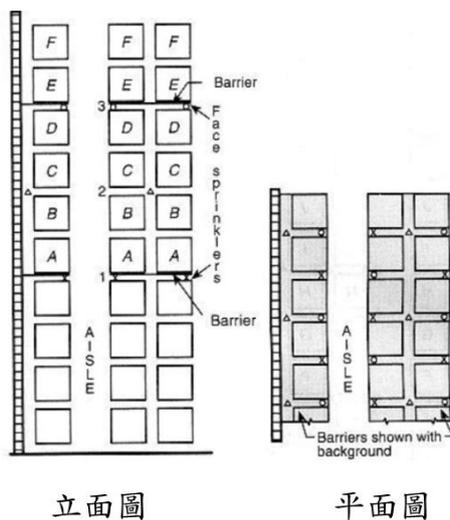


圖 2-4 NFPA 中高架倉儲水平隔板或排面隔板示意圖

(資料來源：見陳文龍，高架儲存倉庫自動撒水設備等的設置及比較，1997)

第三節 國內外集熱板滅火試驗蒐集

蘇崇輝、劉俊豪、鐘豐安、黃健智(蘇崇輝等，2007:342)提出由 FDS 模擬結果顯示，撒水頭感測到煙的溫度，煙會先上浮至天花板慢慢累積煙層並蓄積熱量，故無裝設集熱板，但距離天花板高度下三十公分之撒水頭作動時間較快；相較於雖然設置集熱板且靠近火源，但集熱板與撒水頭溫度探測點仍有法規規定，因此集熱板所蒐集之對流熱及輻射熱效果並不明顯，顯示裝設集熱板之撒水頭傳熱效果有限。

林一聲(林一聲，2011)提出縱觀美日兩國的最新規範 (2010 版) 已經全盤否決集熱板的存在，現在所有既設的裝置幾乎全處於不安全的狀態，現存有關集熱板的規定都必須加以檢討、修改，如表 2-6 所示。

表 2-6 各國法規設置集熱板比較

| 「各類場所消防安全設備設置標準」 | 日本消防安全規則 平成 22 年版 | NFPA 13 2010 年版 |
|--|----------------------|--------------------|
| 第 47 條第二項 前項第八款之撒水頭，其迴水板與天花板或樓板之距離超過 30 公分時，依照下列規定設置集熱板。 一. 集熱板應使用金屬材料，且直徑在 30 公分以上。 二. 集熱板與迴水板之距離，在 30 公分以下。 | 並無相關規定 | 並無相關規定 |

(資料來源：見林一聲，談撒水頭集熱板的存廢，2011)

蘇崇輝、吳健璋、陳國基(蘇崇輝等，2011)提出若將集熱板適當改善，可提升集熱效果。並有效控制每一次火源燃燒時都相同的基準下，經與傳統式集熱板比較撒水頭破裂時間，改善之集熱板可提早四分之一至三分之一作動時間。

根據美國核能管理委員會 (United States Nuclear Regulatory Commission, 簡稱為 NRC) 資訊公告中(NRC, 2002)提出於探測器與撒水頭安裝集熱板 (heat collectors) 相對之潛在問題。其集熱板的主要目的是減少撒水頭離天花板差距越大時所需作動時間。

對於 20 世紀 70 年代末與 80 年代初一些自動撒水滅火系統設計師與消防工程师師支持安裝集熱板可以幫助其作動時間，而他們的理由火羽所創造的溫度或 draft conditions

導致水滴打入火羽之前蒸發，而撒水頭和地面可燃物品之間間隙可能導致問題加大之情形產生，因此他們安裝集熱板使得撒水頭可更接近可燃物。而其他自動撒水滅火系統設計師與消防工程師認為，天花板上方有電纜、管道、配管、通風系統過於壅塞時，撒水頭可安裝低於這些天花板水平障礙物，並應制定適當的噴撒模式。而 NFPA 13 標準 1999 年版規定撒水頭安裝於天花板阻塞時規範出：當無障礙建築物，撒水頭迴水板與天花板距離應為最小 1 英吋（2.54 公分）與最大 12 英吋（30.48 公分），NFPA 13 標準允許於受阻礙建築物其安裝距離可放大至 22 英寸（55.88 公分）以下，還要求撒水頭安裝必須低於這些固定障礙物，並提供充分撒水覆蓋於天花板水平。

而 NFPA 13 標準也未針對集熱板安裝有相關規定，NFPA 13 標準推出最早版本位於 1963 年，而 Guards & Shields 一詞最早出現於 NFPA13 標準中，其主要功效用於保護噴頭部分。而集熱板在 NFPA 技術文件修訂為 baffles 一詞於 1963 年版，並於 1973 年再次進行全面修訂，又將 baffles 一詞改為 shields。而 shields 設計與集熱板非常相似，shields 是一種金屬板被設置火災區域的半空中，並提供完整的天花板水平撒水保護。Shields 功能是為了保護從半空中撒水產生的 cold-soldering，cold-soldering 發生於當撒水頭作動時（位於天花板附近之撒水頭）弄濕半空中的撒水噴頭以至於延遲其作動時間。（NFPA13，2002）NFPA231C 針對於貨架儲存物料之貨架式噴頭，如果 shields 不造成水平障礙應直接提供 shields 或是使用上市已配備 shields 之撒水頭。（NFPA231C，2002）

集熱板第一次測試於美國原子能委員會（U.S. Atomic Energy Commission，簡稱為 AEC 之後便發展為 NRC）於 1973 年的報告中提出測試集熱板對於煤油火災的撒水頭作動影響性。在 1989 年春天 Russell P. Fleming（Russell P. Fleming，1989:21）按照撒水頭統計數據提出集熱板是有缺陷的。Fleming 的結論是集熱板且裝設標準反應撒水頭位於 3 英尺（0.91 公尺）的煤油火災，其撒水頭主要依靠輻射熱來達到作動基準。而在更現實的火災場景，撒水頭主要依靠對流熱來達到作動基準。（McCormick, J.W 等，1973）

而 U.S. Department of Energy Rocky Flats Plant 在 1990 年 1 月（Shanley, J. H. 等，1990）得到相似的結果，此研究中進行了大規模與小規模實驗來證明集熱板作動之依據

為火羽噴流所產生對流熱使其達到作動。此研究提出了使用快速撒水頭搭配集熱板之效果，得到四點結論：

- (1) 集熱板的側邊緣產生一個無效的空氣空間，所以反應時間參數較長。
- (2) 集熱板必須在火羽的有效範圍內，超過 1 英尺至 2 英尺不論其靈敏度若是一般標準型撒水頭可能需要較長的作動時間。
- (3) 如果火勢位於兩顆撒水頭中間，因屋頂噴流所產生的對流熱，不論集熱板之大小並不影響作動時間。
- (4) 快速撒水頭作動時間較快只有當火源位於集熱板正下方時。

NRC 檢查人員提出因缺乏技術文件、相關測試或計算無法支持自動撒水滅火系統集熱板安裝於火場中。也同時發現一些相關機構人員安裝集熱板於他們設施中並沒有進行相關工程評估去證明。值得關注的是當撒水頭裝有集熱板需裝設於可燃物的下方(即電纜等)，但在此配置情況下電纜發生火災，則撒水頭將無法達到作動情形。技術層面關注的是，當集熱板傾斜或垂直模式其無法撒水達到控制火勢。

在於 NFPA 標準規範要求層面，對於集熱板 NRC 檢查人員提出兩個問題:

- (1) 天花板上的撒水頭距離、間距與位置等並不符合 NFPA13 標準之規定(即當集熱板被安裝於電纜的下方)
- (2) 在某些消防應用，撒水系統已安裝集熱板設計，且根據 NFPA15 標準之要求使用開放式之撒水頭，其因開放式撒水頭並沒有感熱元件，其當偵測到火災時所有噴頭會同時撒下進行放射並控制火勢。且如之前所述，當使用密閉式撒水頭搭配自動撒水滅火系統時，其感熱元件需妥散安裝於天花板屋頂噴流之對流熱位置。當安裝集熱板之撒水頭遠低於天花板沒有被證明是有效的，並可能損害自動撒水滅火系統之有效性。(NFPA15, 2002)

吳冠廷(吳冠廷, 2011)提出當空間以 $2l \times 3m \times 5n$ 之方式進行模擬時，其電腦計算時間明顯較未以 $2l \times 3m \times 5n$ 之方式模擬時間來的長，但模擬結果卻是沒有太大的差異，而模擬之時間並未遵循使用手冊之結果，其可能之影響因素為 MESH 切割數量與串聯之電腦數量，以及空間內部設置之複雜度，皆可能影響模擬之時間長短。此文獻對於本研究之模擬情形以及模擬空間等設置之方法。

Gunnar Heskestad (Gunnar Heskestad, 2002)提出如何估計火羽流之寬度、溫度及速度最先由 Cetegen and Zukoski 所發展出來的。Cetegen and Zukoski 藉由虛擬原點之概念及火羽流之溫度、速度成高斯分佈之特性，發展出估算火羽流溫度及速度之公式。利用此公式計算本研究實驗之火的大小，且對於火羽流的溫度與速度進而分析其撒水頭作動之溫度與速度等之依據進行相關探討。

陳泓翔(陳泓翔, 2011)提出 Alpert's Correlation、Heskestad 和 Delichatsios 之天花板噴流經驗公式主要功用有:同位置之煙氣最高溫度及最大速度，出現最高溫度與最大速度後，便可用此估算探測器之作動時間。本研究之探測器連動撒水頭作動之溫度與速度，皆可使用此公式進行推算。

林杰宏(林杰宏, 2011)提出撒水頭作動時間之比較，經由比較之後，電腦模擬所得到之撒水頭作動時間與實際實驗之撒水頭作動時間相距不大，誤差於 10% 以內。此研究可做為本研究模擬撒水頭作動之時間與實驗結果之比較，可以作為參考之依據。

NFPA 92B, "Guide for Smoke Management System in Malls", Atria, and Large Areas, National Fire Protection Association(NFPA 92B, 2002)提出傳統之煙控系統設計中，常將建築物劃分為高溫煙層與低溫空氣層，並以兩者間的介面定義為煙層高度。但實際上，高溫煙層與低溫空氣層之間會存在一煙層過度區域，此過度區域之底部稱為煙層第一徵兆。此文獻可對於撒水頭或探測器之作動煙控等之參考用。

陳清峰(陳清峰, 2006)根據其實驗結果發現有隔層建築物之隔層會阻礙煙層之沉澱，使煙層之煙濃度分布會隨著隔層高度而有所不同。無隔層建築物並無隔層阻礙煙層沉降之問題，使煙濃度會隨者建築物高度降低而均勻遞減。而本文獻中對於煙層與阻礙等皆可提供於本研究中進行相關實驗設計等之使用。

第三章 研究方法與設計

首先本研究將蒐集國內、外撒水頭集熱板之材質、形式及配置情形，作為此研究進行相關比較之依據，目前蒐集之資料顯示歐美並無集熱板之相關法規要求，而其他國家則將於研究時蒐集分析及討論。同時亦將蒐集國內、外撒水頭設置集熱板之相關設計案例、法規規範，作為此研究之參考，並將其進行整合比較及分析。

依據蒐集之資料，了解國內外目前撒水頭設置集熱板實況，建置 FDS (Fire Dynamics Simulator) 模擬空間進行電腦模擬，分析集熱板設置之高度、距離、形狀、材質等來求得其撒水頭作動之情境。根據其模擬結果設計實驗之情況據以觀察影響探測器作動時間之因子。首先對於國內實務上多有於「各類場所消防安全設備設置標準」(內政部消防署，2012)第四十七條規範以外之其他處所設置集熱板之情形，將至現場勘查以規納目前集熱板使用之現況，作為實驗設計之參考。爾後針對該分類場所設置及未設置集熱板實驗，比較其是否影響撒水頭動作之有效性。最後，考量撒水頭下方有沖孔天花板等是否會有整流效果，導致因撒水無法充分擴散之撒水障礙，本研究將量測有無沖孔天花板所造成之撒水分佈差異及水滴到達地面之速度情況以比較其滅火之特性差異為何？另針對是否設置兩層撒水頭及搭配集熱板之比較亦將進行探討以進行其可行性分析。綜合上述實驗之結果進行探討與分析以得到對於集熱板之設置的最佳化條件。

第一節 FDS 電腦模擬

模擬軟體介紹

FDS(National Institute of Standards Technology, 2002)是由 National Institute of Standards and Technology (NIST) 發展出來的一套電腦模擬軟體，它可用來模擬火災發生以及氣流動態等情況。此程式之設計原理為遵循質量守衡(Conservation of Mass)、物種守衡 (Conservation of Species)、動量守衡 (Conservation of Momentum) 以及能量守衡 (Conservation of Energy) 等四種守衡關係而發展出來的程式。

FDS 主要是以大渦流模擬法 (Large Eddy Simulation, LES) 為基礎，將建築物空間切割為多格細小之格點，利用數值法求得各守恆方程式之解，可以用來模擬火災發生以及氣體流動之狀態等情境。Smoke view 將 FDS 所計算之結果，利用繪圖軟體呈現出 2D 或 3D 動畫效果。

依據蒐集之資料，了解國內外目前撒水頭設置集熱板實況，建置 FDS(Fire Dynamics Simulator)模擬空間進行電腦模擬，分析集熱板設置之高度、距離、形狀、材質等來求得其撒水頭作動之情境。根據其模擬結果設計實驗之情況據以觀察影響探測器作動時間之因子。

模擬方法步驟流程

(一) 本研究以法規規定 500 平方公尺設置自動撒水設備，利用 FDS 模擬以實際集熱板裝置之情形，模擬各種不同情境進行比較其撒水作動時間以及其有效性。

(二) 設立量測點—熱電偶 (thermocouple) 可量測其空間中之溫度、速度、能見度。所以本研究會於不同高度、位置及集熱板上方裝設熱電偶，以測量以上所需數據，以探討不同位置所產生之情境。

(三) 裝設集熱板設備之撒水系統設置—利用法規規定之裝設距離、防護範圍、設置高度、顆數等，設置於模擬空間中，並可判斷其作動之時間、溫度、速度等進行比較其實質性之探討。

模擬空間建置

確立模擬工具後，本研究以蒐集國內相關裝設集熱板之場所，如表 2-2 所示，做為其改變集熱板模擬之條件。本研究模擬情境項目分為三種配置：

(1)集熱板模擬有效性，將按照以法規規定500平方公尺為一防煙區劃進行繪製，如圖 3-1 所示。

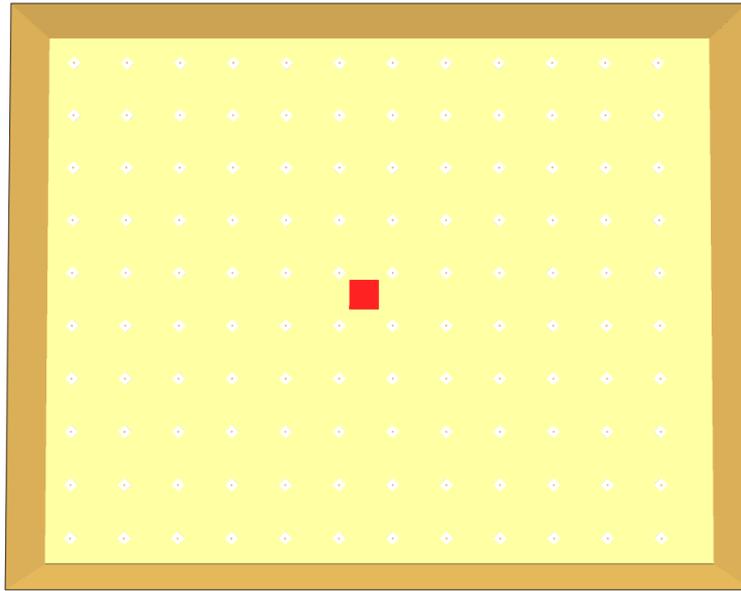


圖 3-1 集熱板模擬建置圖

且針對於場勘所蒐集之各個場所設置集熱板之情形可發現，一般設置集熱板現況有兩種情形，一種為上方並無障礙物，另一種設置情形為上方有障礙物導致撒水頭需設置於障礙物下方，但又因法規對於設置撒水頭規定，當撒水頭與天花板距離差距 30 公分以上時，需設置集熱板之必要性。因此對於此障礙物之情形，依據所蒐集之照片依照其遮蔽率百分比進行分析統整如表 3-1 所示。

表 3-1 場勘各條件分析

| 地點 | 天花板高度 | 集熱板高度 | 相差高度 | 集熱板上方遮蔽率 |
|----------------------|-------|-------|------|----------|
| 特力屋 | 7.2m | 6.6m | 0.6m | 0% |
| 特力屋 | 7.2m | 5.6m | 1.6m | 50% |
| 旺來鄉-食品原料專業賣場 | 3.6m | 3.3m | 0.3m | 0% |
| HOLA-特力和樂 | 5.2m | 4.3m | 0.9m | 100% |
| 家樂福 | 5.3m | 4m | 1.3m | 0% |
| 家樂福 | 5.3m | 4m | 1.3m | 25% |
| 大潤發 | 5.3m | 4m | 1.3m | 100% |
| 台糖嘉年華購物中心-Sugar Mall | 6.6m | 4m | 2.6m | 0% |
| 台灣高鐵台南站 | 6.3m | 5.4m | 0.9m | 0% |
| 台灣高鐵台南站 | 6.6m | 5.8m | 0.8m | 0% |
| 台灣高鐵台南站 | 12m | 11.1m | 0.9m | 0% |
| 京站時尚廣場 B2 | 4.7m | 3.6m | 1.1m | 99.99% |
| 京站時尚廣場 F2 | 5.6m | 3.4m | 2.2m | 84.39% |
| 台北車站地下街 | 3.4m | 2.2m | 1.2m | 97.75% |
| 中山地下街 | 3.4m | 2.5m | 0.9m | 96% |
| 中山地下街 | 4.6m | 3.7m | 0.9m | 0.88% |
| 徐匯廣場 | 4.5m | 3.1m | 1.4m | 68.15% |
| 徐匯廣場 | 4.5m | 3.1m | 1.4m | 7.96% |
| 大陸案例一 | 8.3m | 5m | 3.3m | 未知 |
| 大陸案例二 | 10m | 7.2m | 2.8m | 未知 |

(資料來源：本研究自行整理)

由表 3-1 可分析出兩種現況之情形，第一種現況設定為上方遮蔽率為 0%，第二種現況設定上方障礙物為 70% 以上。因此將此兩種現況分為現況 1 與現況 2 進行模擬分析與討論，如表 3-2 所示。

表 3-2 場勘遮蔽率分析

| | 現勘圖例 | 遮蔽率 | 現勘場所數量 |
|------|---|--------|--------|
| 現況 1 |  | 0% | 9 個 |
| 現況 2 |  | 70% 以上 | 7 個 |

(資料來源：本研究自行整理)

並根據場勘蒐集天花板高度進行模擬之設置，場勘天花板高度最高為 12 公尺，最低為 3.4 公尺，最多為 5.3 公尺，因此對於模擬空間設置天花板高度使用 5.3 公尺為設置條件。而針對於不同火勢之大小，並找出撒水頭作動與未作動之臨界點。且改變不同裝設集熱板之高度其撒水頭作動之比較。並依據現況改變上方障礙物之遮蔽率百分比（遮蔽率 0%、40%、50%、60%、70%、80%、90%），如圖 3-2 所示，進行撒水頭作動時間之比較，且若改變火源位置其撒水作動時間之情形。其模擬條件如表 3-3 所示。

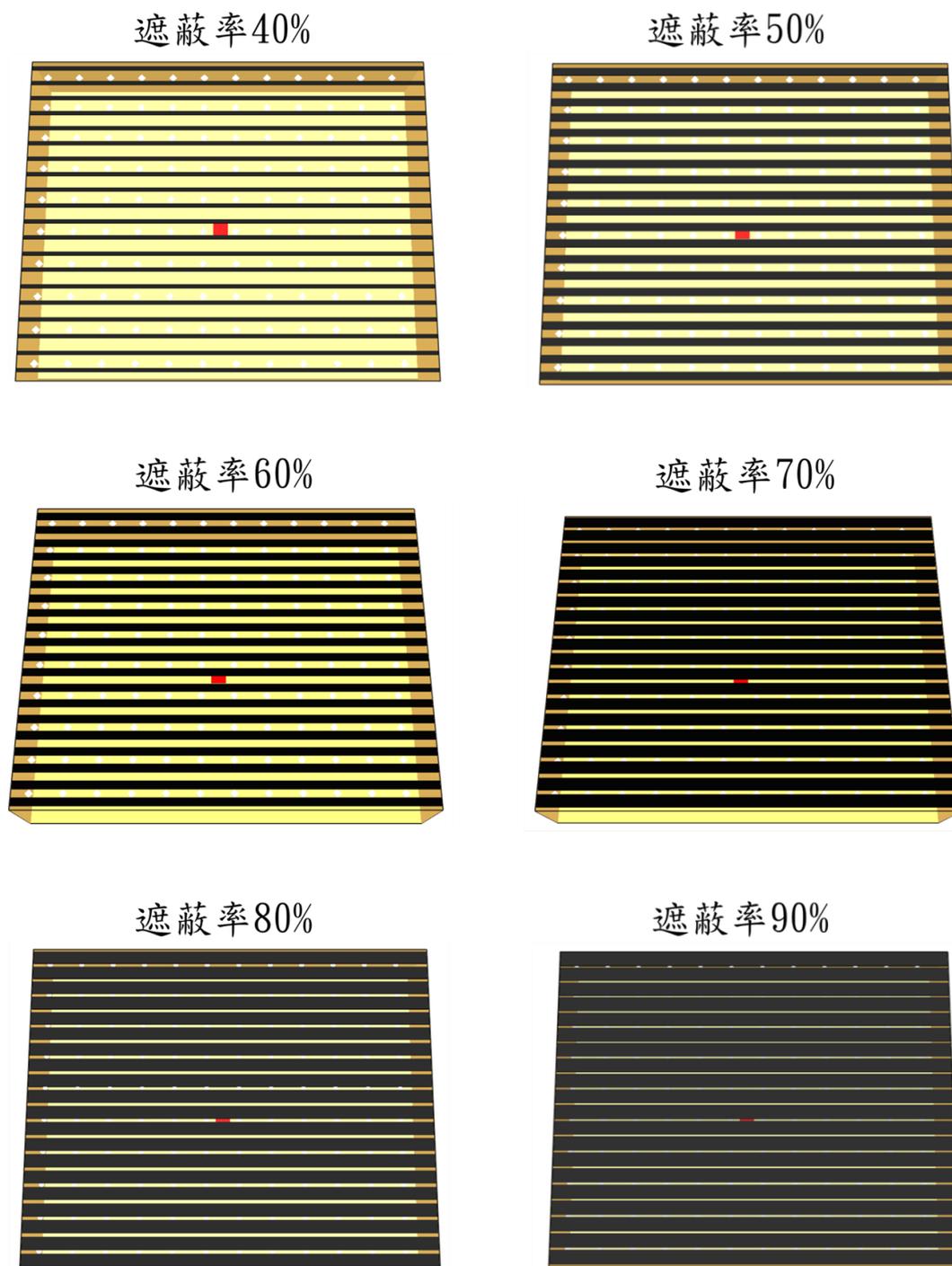


圖 3-2 模擬遮蔽率百分比之示意圖

表 3-3 模擬條件

| | | |
|---------|---|---------|
| 模擬之空間大小 | 25m*20m*5.3m | |
| 撒水頭數量 | 56 顆 (利用法規配置, 撒水頭間距 3m) | |
| 上方遮蔽率 | 由根據現況進行改變上方遮蔽率, 利用天花板面積計算百分比, 並平均分布於天花板(長方形障礙物條狀開口) | |
| 火源位置 | 中央四顆撒水頭中間 | 兩顆撒水頭中間 |
| 火源大小 | 用正庚烷油盤不同面積計算之火源熱釋放率 | |
| | 油盤直徑 | 熱釋放率 |
| | 0.6m | 615kW |
| | 0.7m | 930kW |
| | 0.9m | 1800kW |

(資料來源：本研究自行整理)

(2) 本研究模擬第二種配置將設置兩組貨架, 如圖 3-3 所示。其尺寸為寬 1.2 公尺、長 5.2 公尺、高 4.5 公尺, 且每一層貨架高度為 1.5 公尺, 進行當天花板撒水頭作動時, 貨架式撒水頭裝設有無集熱板時, 是否會影響其作動情形。且火源架設於最底層之貨架。

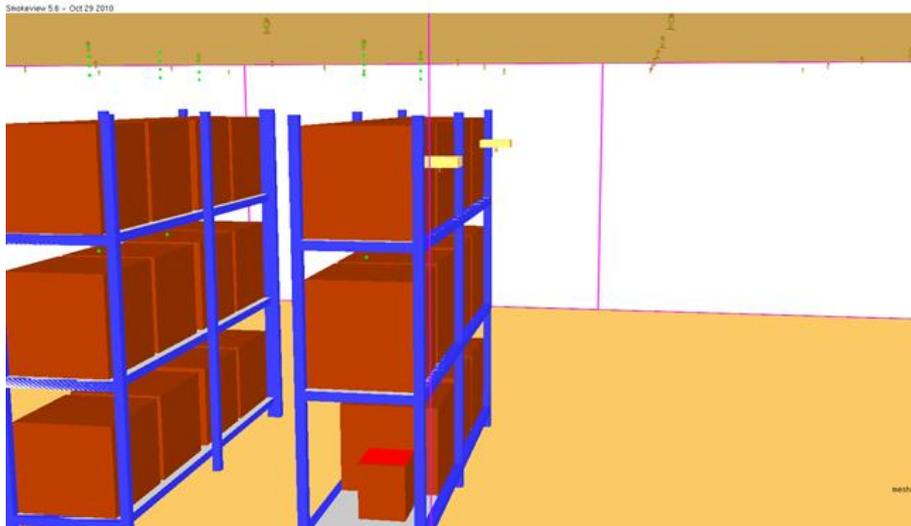


圖 3-3 貨架式模擬示意圖

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

(3) 本研究模擬第三種配置將設置撒水頭與樑側淨距不同時，如圖 3-4 所示。裝設集熱板是否能增加其有效性模擬，且火源位置放置於與撒水頭同側、異側與樑正下方，並將撒水頭高度分別設置於 5.2 公尺、5 公尺、4.8 公尺進行模擬比較。且樑所設置的高度為 50 公分，因此當撒水頭設置於 4.8 公尺時將會與樑平行同高。於此情形下集熱板是否會增加撒水頭作動溫度與有效性。

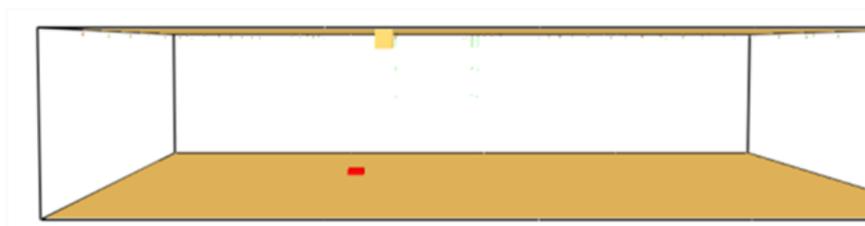


圖 3-4 撒水頭與樑模擬示意圖

第二節 實驗設置與實驗規劃

實驗空間

本研究實驗空間為內政部建築研究所防火實驗中心提供，如圖 3-5 所示，本次研究實驗分為兩個部分：(1) 集熱板有效性：集熱板上方有遮蔽物時，其遮蔽率 0%、70%、80% 對於有無裝設集熱板撒水頭之作動有效性。(2) 兩層式撒水頭：整流板設置時，其上層撒水頭與下層撒水頭之作動有效性，且對於上層撒水頭之撒水分布與滅火測試實驗分析。



圖 3-5 實驗空間

實驗架設

其實驗平台一為長 6 公尺、寬 6 公尺及天花板高 5.3 公尺之空間進行實驗，如圖 3-5 所示。其撒水頭配置為一顆配置於實驗空間中央以及設置偵煙式、定溫式、差動式探測器於撒水頭旁，並於上方架設鐵板為障礙物或整流板進行實驗第一、二部分。且於撒水頭、天花板與火源位置上設置熱電偶串以利於分析其溫度，如圖 3-7 所示，其架設整體空間之情形如圖 3-8 所示。

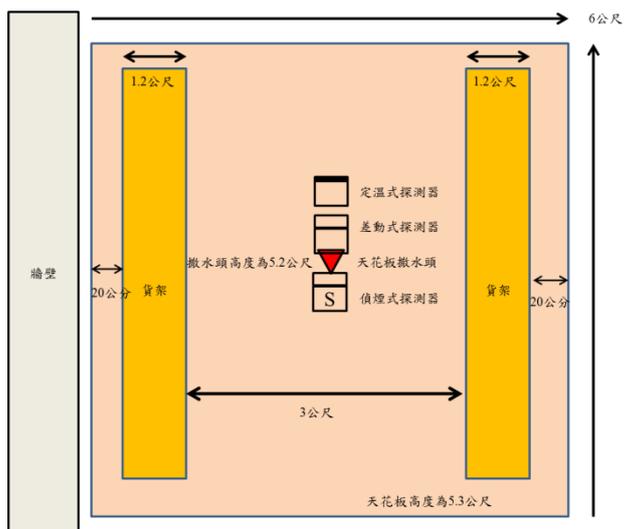


圖 3-6 實驗架設鳥瞰圖

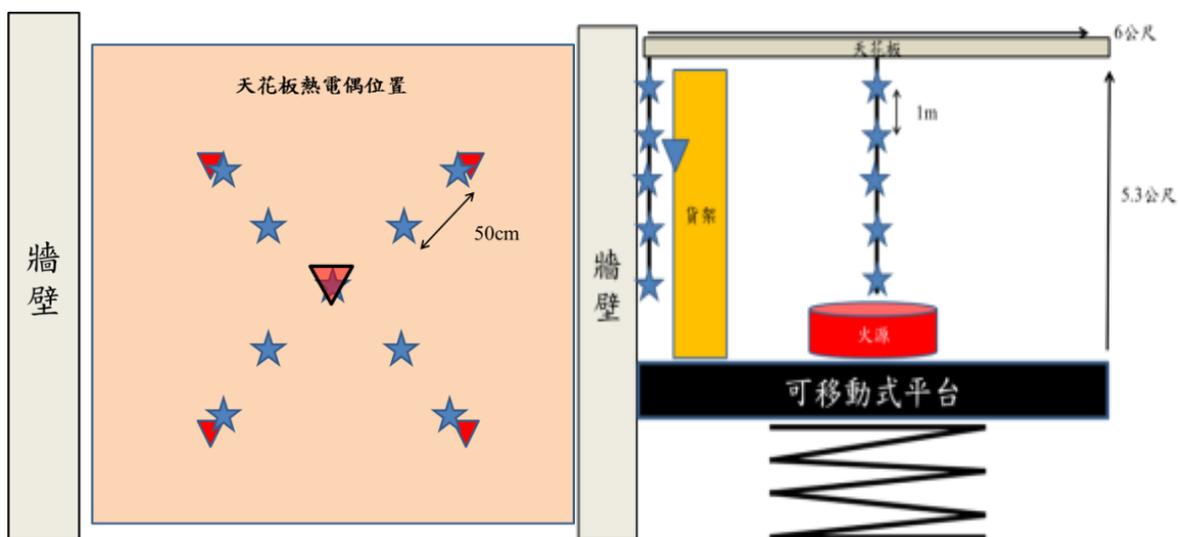


圖 3-7 熱電偶架設上視圖與剖面圖



圖 3-8 實驗空間架設示意圖

實驗架設遮蔽物情形

對於實驗第一部分與第二部分，上方需架設所謂遮蔽物、整流板進行不同遮蔽率實驗與分析。因此，本研究架設方法為使用鐵板當作遮蔽物進行架設於兩組貨架中間，間距 3 公尺，其遮蔽率計算方式為：每個鐵板尺寸為長 3 公尺、寬 30 公分，且每片鐵板皆有一個縫隙，其遮蔽率計算為一片鐵板與一個縫隙搭配。例如 70% 遮蔽率計算為： $\text{鐵板寬} / \text{鐵板寬} + \text{縫隙寬} = 30\text{cm} / 30\text{cm} + 12.5\text{cm} = 0.70$ ，即等於 70% 遮蔽率。遮蔽率示意圖如圖 3-9 所示。實驗實際架設遮蔽率 35%、70%、80% 如圖 3-10~圖 3-12 所示。

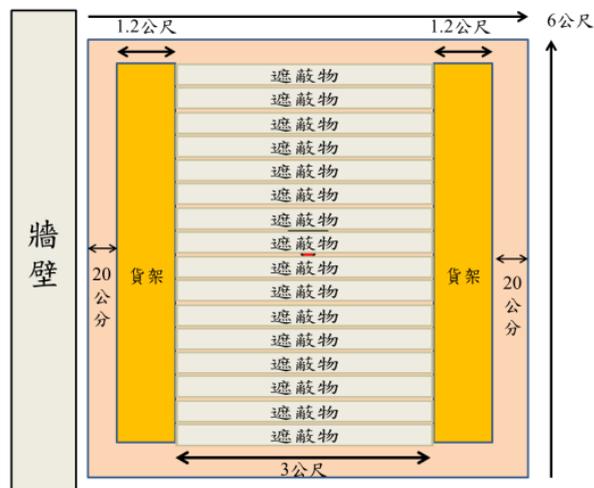


圖 3-9 遮蔽物架設示意圖



圖 3-10 遮蔽率 35%架設情形



圖 3-11 遮蔽率 70%架設情形



圖 3-12 遮蔽率 80%架設情形

實驗火源規劃與架設

(一)A 類火災

A 類火災之燃料採用單一之柳安木其規格各為高 30 公分、寬 15 公分、高 1.75 公分，而每支重量約為 27 公克，依每層以 10 支為單位訂製 14 層為一組木框架，其總支數為 140 支。從文獻得知 3 組木框架熱釋放率為 288.99kW。因此本次研究實驗將採用 6 組、9 組、12 組木框架進行實驗，且依序火源熱釋放率為 577.98kW、866.97kW、1155.96kW。

(二)火源位置

其兩層式撒水頭火源位置分別置於撒水頭正下方為一號位置、與撒水頭間距 130 公分為二號位置以及於撒水頭間距 150 公分為三號位置，如圖 3-13 所示。

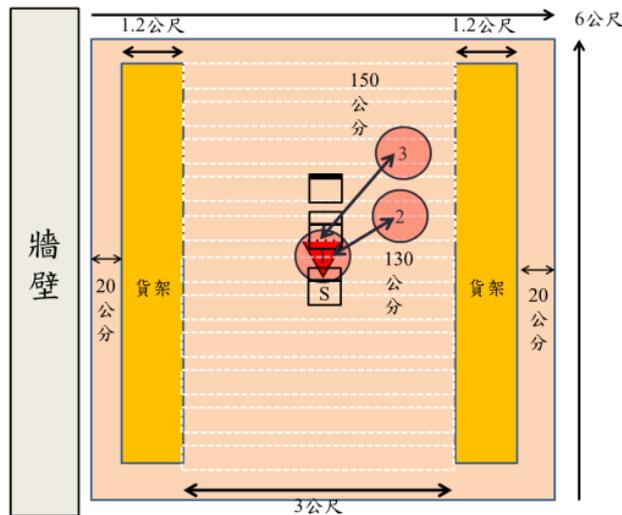


圖 3-13 兩層式撒水頭火源架設情形

其集熱板有效性火源位置分別位於距撒水頭 150 公分為一號位置與撒水頭間距 130 公分為二號位置，如圖 3-14 所示。

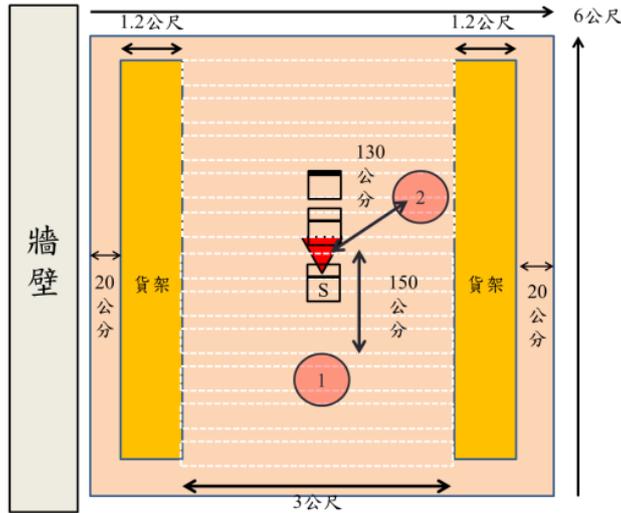


圖 3-14 集熱板有效性火源架設情形

實驗撒水頭規劃與架設

(一) 兩層式撒水頭實驗

於障礙物上方即天花板處設置密閉式撒水頭 (K 值=80)，如圖 3-15 所示。且實驗平台與天花板距離分別為 5.3 公尺與 4.1 公尺，而撒水頭裝設位於離平台高度 5.2 公尺與 4 公尺高，且障礙物分別距離天花板為 2.2 公尺與 1 公尺，並進行不同遮蔽率時於遮蔽物上層之撒水頭是否會造成撒水障礙以及影響撒水頭作動之情形。

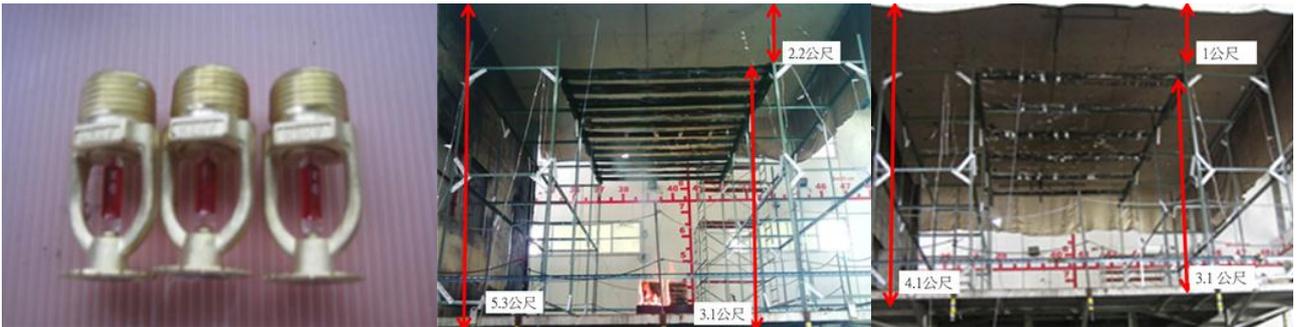


圖 3-15 密閉式撒水頭與天花板距離示意圖

(資料來源：本研究自行整理)

(二) 集熱板有效性實驗

於實驗平台距天花板高 5.3 公尺，且於高度 3.1 公尺位置架設障礙物，並將撒水頭

下拉至離地板面 3 公尺高處，如圖 3-16 所示。且使用密閉式撒水頭（K 值=80）進行有無裝設集熱板是否會影響撒水頭作動之情形。



圖 3-16 有無集熱板撒水頭裝設示意圖

撒水分佈實驗規劃與架設

測試當上方遮蔽率 0% 時，上層撒水頭撒水所造成的分佈情形。並使用 25 個尺寸為長 30cm 公分、寬 30 公分、高 20 公分的集水盤蒐集水量並分析其每個集水盤所獲得的水量，且利用磅秤秤量集水盤所蒐集到的水重量扣掉原桶重，如圖 3-17 所示。並將 25 個集水盤分別放置於樓地板 1/4 與中央位置，進行撒水分佈之測量，如圖 3-18 所示。



圖 3-17 集水盤與磅秤量測圖

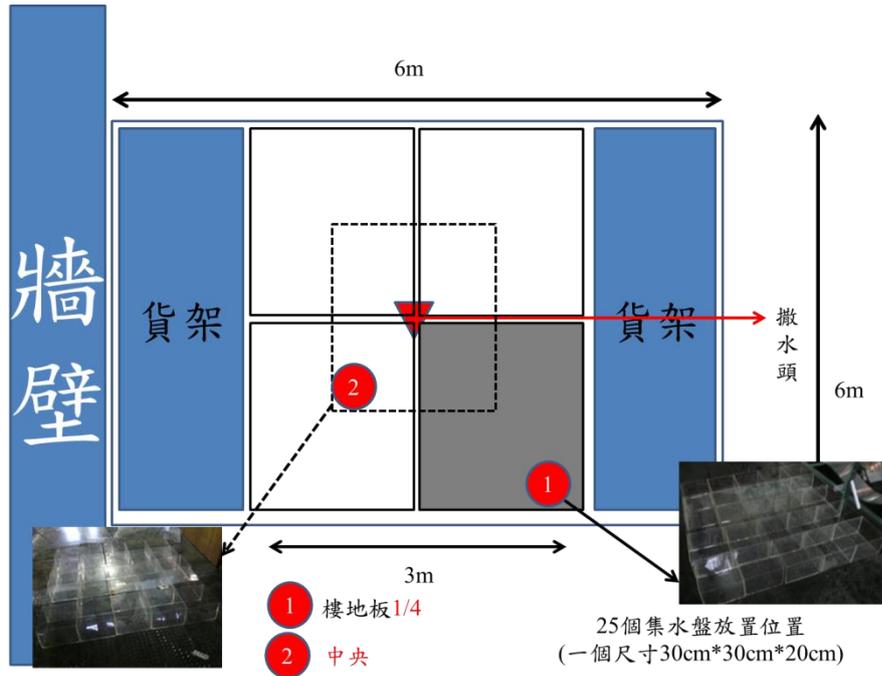


圖 3-18 撒水分佈位置鳥瞰圖

實驗測量設備

(一)資料擷取系統(Data Acquisition,DAQ)

實驗中使用感測器（熱電偶、熱通量計）所量測之類比電壓訊號源，可藉由資料擷取卡（DAQ Device）配合資料擷取軟體（Lab View 虛擬圖控程式語言），將類比訊號（Analog Signal）轉換成數位訊號（Digital Signal），顯示於電腦螢幕端之虛擬圖控系統，並於電腦端將資料統整記錄，以利後續分析與整理，其連接方式顯示於圖 3-19 所示。

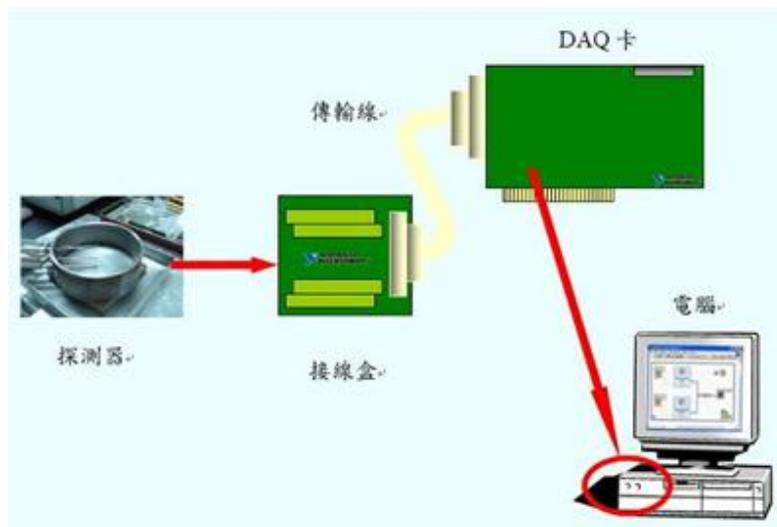


圖 3-19 資料擷取系統示意圖

(二)熱電偶 (Thermocouple)

熱電偶 (Thermocouple) 之感測元件係是以差動電壓表示溫度，因此在兩組資料進行差動運算時，已將外部雜訊干擾消除，其穩定性比一般熱敏電阻、電阻溫度計、以及熱阻器來的好，也因此廣為工業界使用。

熱電偶之基本原理係由兩種不同金屬線焊接或絞合在一起，以構成一環路，不同金屬在環路上造成兩個接合點，其中一個接點稱為量測接點或熱接點，另一接點稱為參考接點或冷接點，此兩接點置於不同溫度中會因溫度差而造成環路電壓，稱為塞貝克效應 (Seebeck effect)，而當兩種金屬形成一接點時會因為熱電動勢的不同而產生一電位差，此電位差會因為溫度的上升而增大，故可以應用於溫度量測。熱電偶配置情形如圖 3-20 所示。



圖 3-20 熱電偶配置示意圖

第四章 研究發現與建議事項

第一節 FDS 電腦模擬研究發現

集熱板有效性模擬

模擬情境根據於場勘蒐集分類為兩種情境進行模擬與分析，分成上方遮蔽物為 0% 為情境 1，上方遮蔽物為 70% 以上為情境 2，而現今所蒐集之現況以現況 1 居多，且對於兩種情境根據不同火源大小，撒水頭高度，有無裝設集熱板等進行情境模擬與探討。

情境 1:

上方無遮蔽物時，為遮蔽率 0%，因此針對此現況進行有無裝設集熱板之撒水頭位於不同高度、不同火源大小進行模擬。

圖 4-1 為情境 1 之模擬情境，針對於有無裝設集熱板以及不同撒水頭設置高度，且火源位於四顆撒水頭中間，火源熱釋放率為 930kW。由圖可得知當撒水頭離天花板三十公分以上，其作動時間比一般設置離天花板三十公分以內之撒水頭慢了 282 秒，其有無裝設集熱板，當撒水頭離天花板超過三十公分以上，其要使撒水頭作動必須要靠上層煙的累積與溫度的累積達到一定高度，才能使撒水頭達到作動。而上層煙層累積與溫度累積是往下(地板)慢慢增加，但其裝設集熱板反而造成了阻礙撒水頭碰到累積煙層與溫度，反而有裝設集熱板之情況在撒水頭位於 5m 位置是沒有達到作動的。

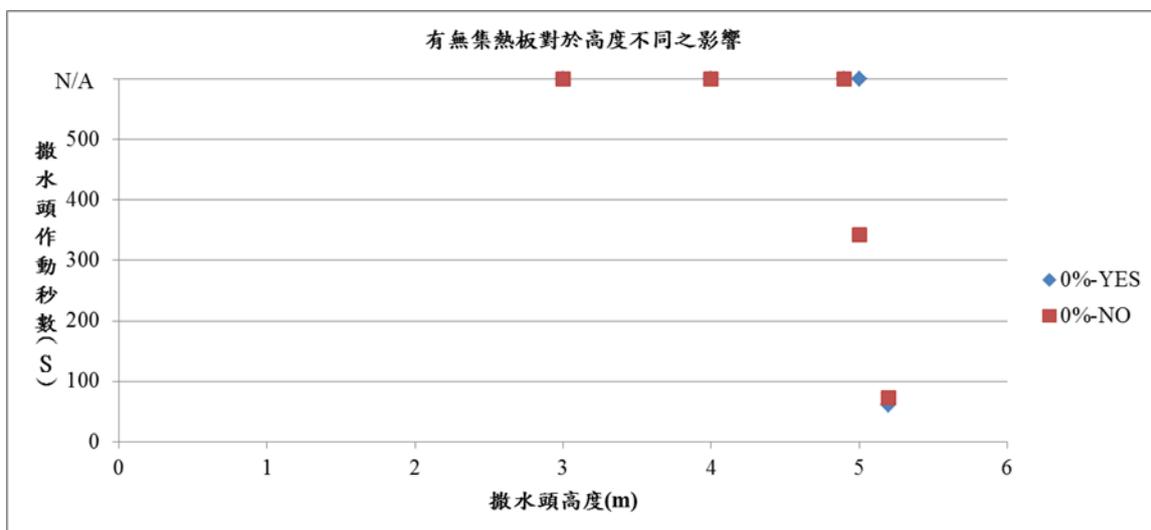


圖 4-1 有無集熱板對於撒水頭裝設高度之模擬結果

因圖 4-1 所顯示，目前集熱板設計之現況離天花板都超過 30 公分以上皆未達到作動之情形。因此，我們將火源大小降低至 615kW 與加大至 1800kW，並進行有無集熱板之探討。

如圖 4-2 所示可得知當火源熱釋放率為 630 kW、915 kW 時（都位於四顆撒水頭中間），不管有無裝設集熱板以及撒水頭高度位於 4.9m、4m、3m，其撒水頭都在 600 秒時未達到作動，其因為撒水頭並沒有位於火源的 fire plume 的範圍內。因撒水頭為控制初期火災的消防設備，其有效性在小火源且位於火羽區外是失效的。

而當火源熱釋放率增大至 1800 kW 時，不管有無裝設集熱板以及撒水頭高度位於 4.9m、4m、3m，其作動時間皆為相近，其因撒水頭位於火源 fire plume 範圍內。當火源大到 1800 kW 時，其有無裝設集熱板與撒水頭高度位置，其作動時間皆為一致。

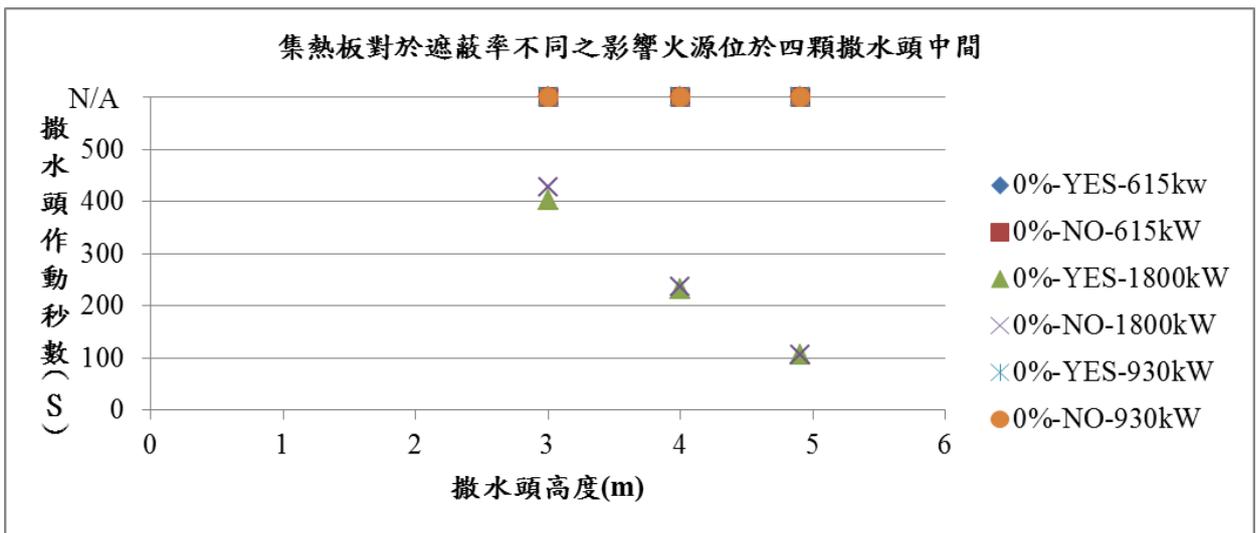


圖 4-2 有無集熱板對於撒水頭裝設高度之模擬結果

針對於情境 1 小結：

對於此現況來說，無論是否有裝設集熱板，只要當撒水頭高度離天花板超過三十公分，其有效性是較為不好的。對於現今大多裝設集熱板之情形，其有裝設集熱板跟無裝設集熱板對於初期火災之控制是較差的。

情境 2:

上方有遮蔽物時，為遮蔽率 70%~90% 居多，因此針對此現況進行有無裝設集熱板之撒水頭位於不同高度、不同火源大小進行模擬。

圖 4-3 為情境 2 之模擬情境，針對於不同遮蔽率且裝設集熱板之情形，並於不同安裝集熱板之撒水頭高度，且火源位於四顆撒水頭中間，火源熱釋放率為 930kW 進行模擬與探討。

其模擬結果可得知當撒水頭上方遮蔽率增加時，撒水頭作動時間越快，其因上方有遮蔽物會擋住 fire plume 上來的溫度、速度，使 ceiling jet 產生於遮蔽物處，便使撒水頭達到作動。

而針對於此模擬之結果可分為：

(1) 當上方遮蔽物遮蔽率達 40%~70% 時，其撒水頭高度越高越快作動，其因遮蔽物的縫隙較大，使得火源上來的煙氣與溫度穿透遮蔽物至上方並隨著時間往下累積至地板，當碰到撒水頭時，便使撒水頭達到作動。

(2) 當上方遮蔽物遮蔽率達 80%~90% 時，其撒水頭高度越低越快作動，其因遮蔽物的縫隙較小，使得遮蔽物會擋住煙氣與溫度，並使撒水頭越低其作動時間越快。

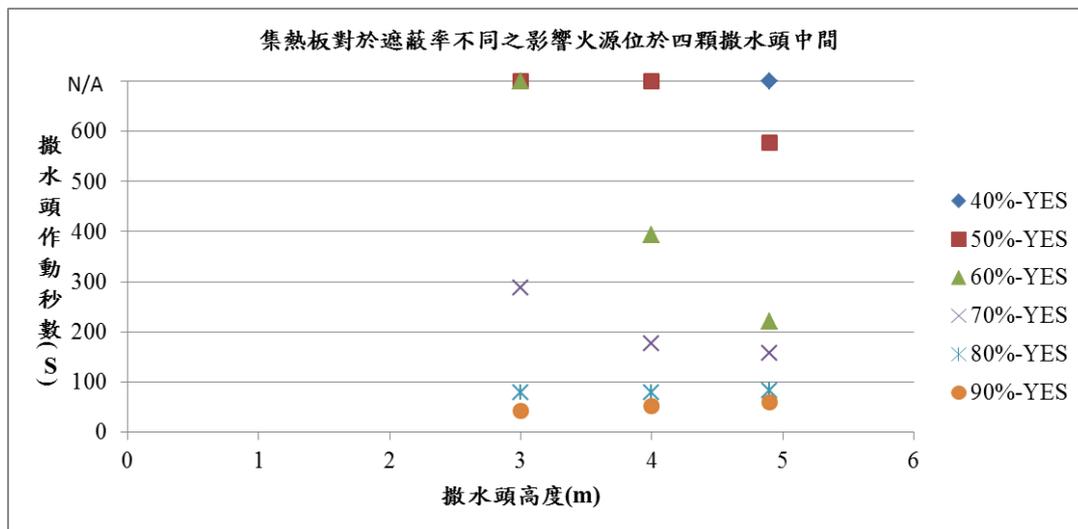


圖 4-3 裝設集熱板對於不同遮蔽率與撒水頭裝設高度之模擬結果

由圖 4-3 當上方遮蔽率 70% 到 80% 呈現不同模擬之結果。因此，我們將火源加大

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

至 1800 kW，並進行上方遮蔽率 70%、80%、90%且針對於有無裝設集熱板以及不同撒水頭高度進行模擬。

由圖 4-4 可得知當上方遮蔽率達 70%以上時，有裝設集熱板比未裝設集熱板之撒水頭作動時間要快，其上方有遮蔽物且達到 70%以上時，且裝設集熱板才有達到蓄熱之效果並使撒水頭較快作動。但未裝設集熱板之撒水頭，隨者撒水頭裝設高度越低，其作動時間越慢，但對於火源熱釋放率 1800 kW 比火源熱釋放率 930 kW 作動時間較快，其因為火源增大了 fire plume 的範圍，使撒水頭位於 fire plume 範圍內，並使其受熱並且達到作動。

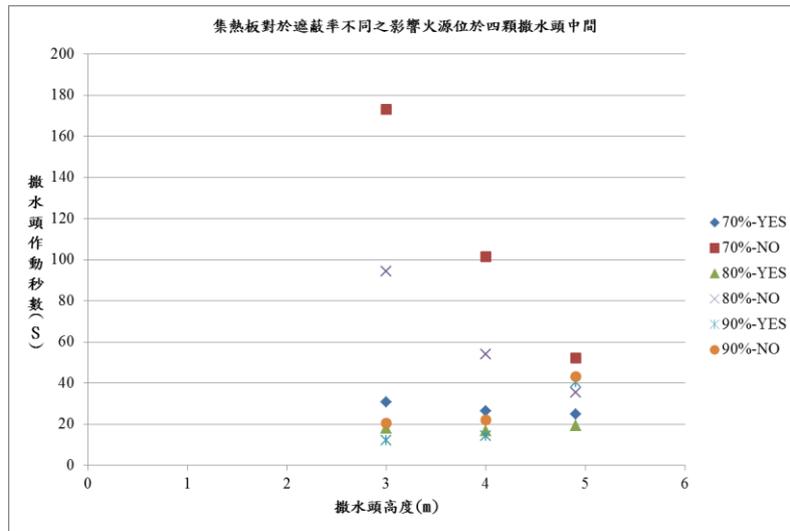


圖 4-4 有無集熱板於不同遮蔽率與撒水頭裝設高度之模擬結果

改變火源位置

針對於不同火源位置時，進行情境 2 之情境模擬探討與分析。如圖 4-5 所得知當火源位於兩顆撒水頭中間時，其因縮減火源與撒水頭之距離，使撒水頭位於 fire plume 的範圍內，其此火源位置與火源熱釋放率 930 kW，對於裝集熱板之撒水頭高度與不同遮蔽率情況下對於撒水頭之作動時間都無影響之差異性。

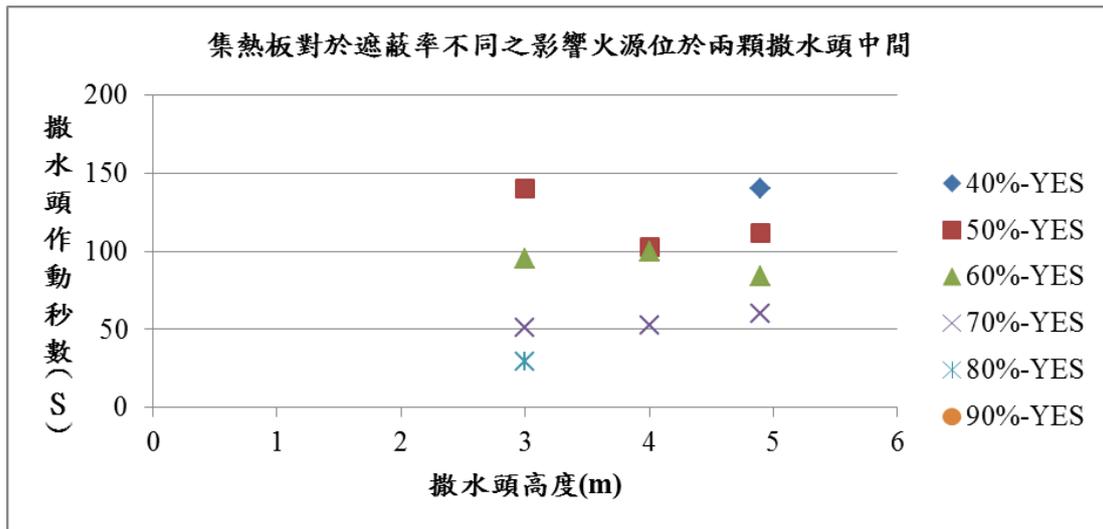


圖 4-5 裝設集熱板對於不同遮蔽率與撒水頭裝設高度之模擬結果

因此我們將火源位於兩顆撒水頭中間與火源熱釋放率降低至 615 kW，並且上方遮蔽率為 70%、80%、90%，以及有無裝設集熱板與不同撒水頭裝設高度進行模擬與探討。結果如圖 4-6 所示，當撒水頭裝設高度越低時，其作動因上方阻礙物擋住煙氣與溫度，並使其作動時間越快。此火源熱釋放率 615 kW 其 fire plume 並未位於撒水頭範圍內，其作動之依據為 fire plume 上來之溫度與速度撞到遮蔽物與集熱板，並使有裝設集熱板之撒水頭較快作動，其未裝設則於 600 秒都未作動。其裝設集熱板時，當上方有遮蔽物反而其有效性為正向於集熱板的。

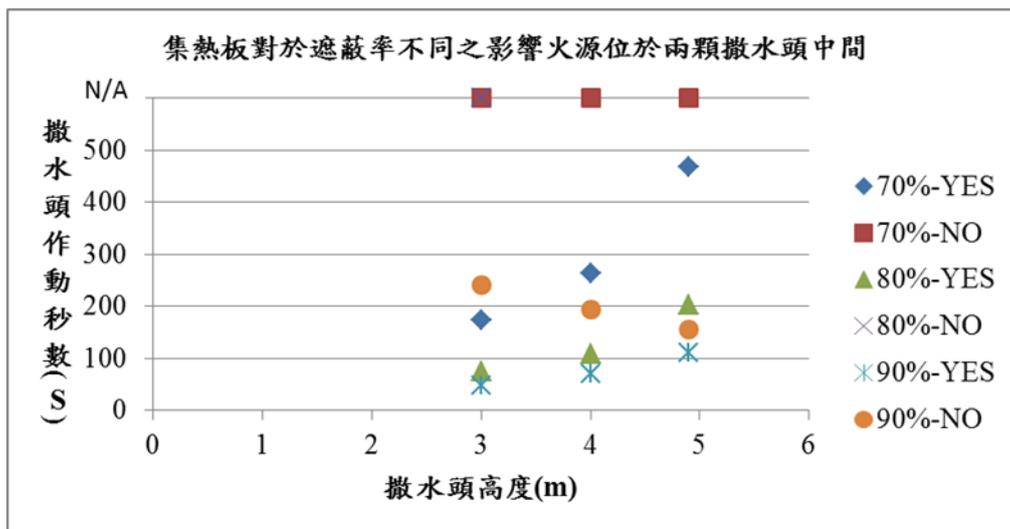


圖 4-6 裝設集熱板對於不同遮蔽率與撒水頭裝設高度之模擬結果

針對於情境 2 小結：

對於此情境來說，當撒水頭高度越低時，其上方遮蔽率越大才能正向於撒水頭作動時間。因此，當有裝設集熱板時，其上方遮蔽率大到 80% 以上，對於集熱板之有效性是較好的情形。

經由集熱板有效性模擬可得知三種結論：

(1) 對於現今裝設集熱板大多之情形為情境 1，而模擬結果對於此情況得知當上方無遮蔽物時，不管裝設集熱板或未裝設集熱板，當撒水頭高度離天花板超過 30 公分以上時，其皆未達到有效性。而自動撒水滅火系統是針對於控制火災初期，此現況對於火災初期之控制火勢皆為失效的。對於此情況需進行實驗以利於證明其有效性是值得需要探討的。

(2) 當建築物上方障礙物遮蔽率較大時，將撒水頭設置於障礙物下方，其撒水頭設置越低且有裝設集熱板時，反而對於撒水頭之感熱原件較佳，且較容易使撒水頭作動。因此，對於撒水頭上方障礙物大於 80% 以上時，設置集熱板之撒水頭其有效性才能得到較好之防護機制。

(3) 當裝設集熱板之撒水頭，其有效性只位於火源 fire plume 範圍內，才能使其達到有效蓄熱之效果。且根據先前所蒐集相關集熱板滅火試驗所得到的結果相同，因此，對於此模擬結果可得知當火源熱釋放率大到一定程度無論有無裝設集熱板之撒水頭皆可達到作動，而對於現今裝設集熱板與未集熱板之情形皆位於火源 fire plume 才能使其達到作動之基準。

貨架式撒水頭模擬

針對於貨架式撒水頭有無裝設集熱板時，是否會因上方撒水頭作動影響其貨架式撒水頭作動之情形，進行六種情境模擬，其模擬條件如表 4-1 所示。

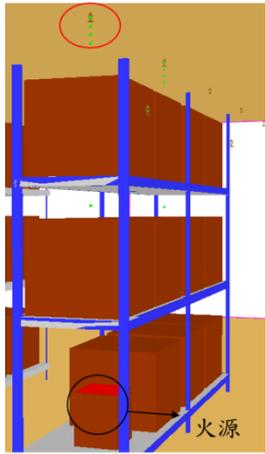
表 4-1 貨架式撒水頭模擬情境

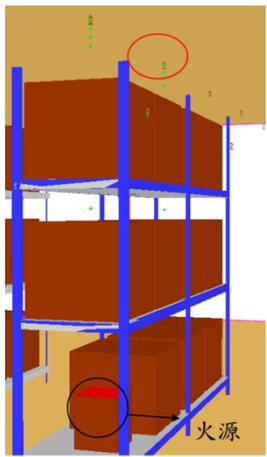
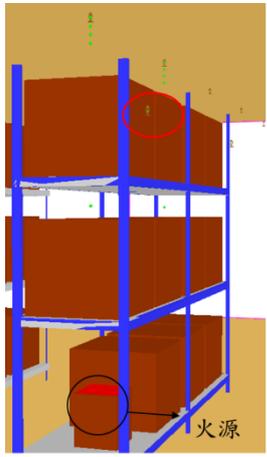
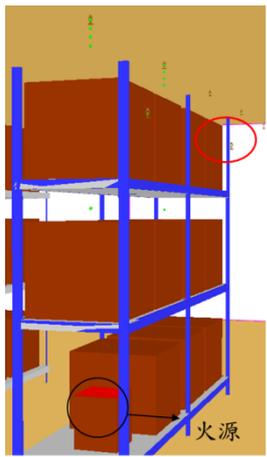
| 項目 | 情境一 | 情境二 | 情境三 | 情境四 | 情境五 | 情境六 | 情境七 |
|------------|--------------|-----|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 木框架數量 | 四組 | | 四組 | 六組 | 九組 | 十二組 | 十五組 |
| 火源 熱釋放率 | 385.32 kW | | 385.32 kW | 577.98 kW | 866.7 kW | 1155.6 kW | 1444.5 kW |
| 貨物材質 | 可燃物 | | 不可燃物 | 不可燃物 | 不可燃物 | 不可燃物 | 不可燃物 |
| 有無集熱板 | 有 | 無 | 有 | 有 | 有 | 有 | 有 |

表 4-2 為情境一與情境二模擬結果，由此模擬結果可得知，當位於天花板處上方撒水頭作動撒水時，裝設集熱板之撒水頭會比無裝設集熱板之撒水頭較慢作動。

貨架式撒水頭模擬情境一與情境二結果，如下表 4-2 整理所示。

表 4-2 貨架式撒水頭模擬情境一與情境二結果

| 撒水頭位置 | 情境一 | 情境二 |
|--|--------|--------|
|  <p>天花板撒水頭第一顆作動時間</p> | 85.7 秒 | 82.8 秒 |

| | | |
|---|----------------|----------------|
|  <p>天花板撒水頭第二顆作動時間</p> | <p>127.9 秒</p> | <p>109.8 秒</p> |
|  <p>貨架式撒水頭離地面 4m 處 撒水頭作動時間</p> | <p>147.3 秒</p> | <p>132.6 秒</p> |
|  <p>貨架式撒水頭離地面 4m 處 撒水頭作動時間</p> | <p>164.1 秒</p> | <p>151.8 秒</p> |

且由圖 4-7 可以發現，火源初期因為吸引空氣關係，導致風向會先偏向兩組貨架中間，使得上方天花板撒水頭先行被燒破，等到風向被上方撒水頭導向貨架式撒水頭

才使得貨架式撒水頭達到作動。

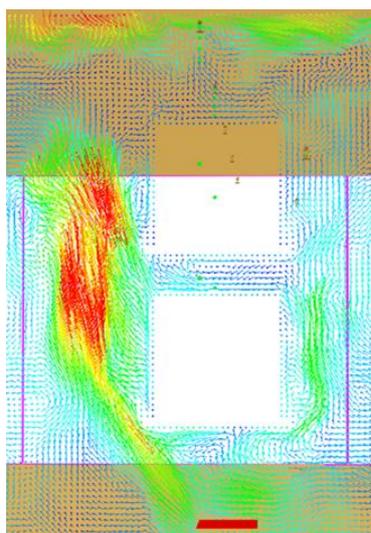


圖 4-7 貨架式模擬風速風向剖面圖

針對於此部分之貨架式撒水頭模擬若將進行後續實驗驗證，並依據情境三到情境七進行相關火源之參數取用，但從表 4-3 可得知。當上方貨物為不可燃物時，其貨架式撒水頭皆未達到作動之基準。

貨架式撒水頭模擬情境三到情境七結果總表，如下表 4-3 整理所示。

表 4-3 貨架式撒水頭模擬情境三到情境七結果

| 項目 | 情境三 | 情境四 | 情境五 | 情境六 | 情境七 |
|-----------------------|-----|---------|------|--------|------|
| 天花板撒水頭 第一顆 作動時間 | 未作動 | 124.2 秒 | 47 秒 | 28.1 秒 | 19 秒 |
| 貨架式撒水頭 第一顆 作動時間 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 |

撒水頭與樑模擬

此部分模擬於樑旁邊 20 公分處分別設置撒水頭於 5.2 公尺、5 公尺、4.8 公尺高處，並針對於撒水頭於樑側邊時裝設集熱板是否會增加其作動有效性。由圖 4-8 所示，先進行了將火源設置於與樑間距 1.5 公尺，且與撒水頭為異側位置，但根據模擬結果得知，只有在異側天花板上的撒水頭先達到作動，在樑旁邊 20 公分的撒水頭不論在 5.2 公尺、5 公尺、4.8 公尺皆未達到作動。



圖 4-8 樑異側火源位置剖面圖

因此後續我們改變火源於樑正下方，如圖 4-9 所示。且根據圖 4-10 模擬結果可得知，當撒水頭與樑平行（即為撒水頭於 4.8 公尺高）時，其裝設集熱板也無法令其達到作動之基準。且位於 5.2 公尺與 5 公尺其撒水頭迴水板皆與天花板差距小於 30 公分的有效範圍內，其皆可達到作動。



圖 4-9 樑異側火源位置剖面圖

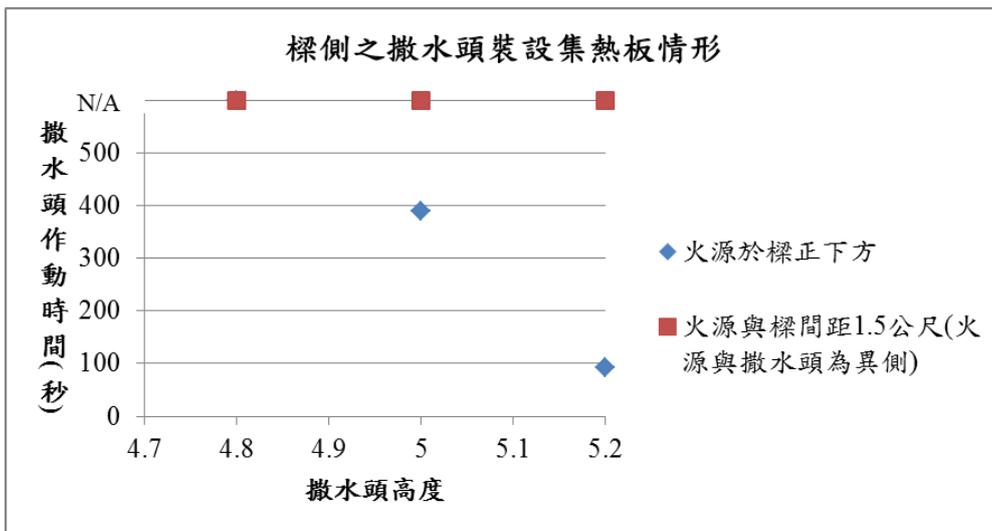


圖 4-10 樑側之撒水頭裝設集熱板於不同高度不同火源位置

第二節 兩層式撒水頭實驗

撒水分佈

首先針對於兩層式撒水頭於遮蔽率 0%（即上方無任何阻礙物或障礙物）時，進行了撒水頭高度位於 5.2 公尺與 4 公尺的撒水分佈實驗，因後續會進行兩層式撒水頭滅火實驗，可將其目前測得撒水分佈量置入於火源位置，並可以得知此火源位置將得到多少放射量的水量才可達到滅火。

表 4-4 為撒水分佈於樓地板四分之一位置 25 個集水盤所得到水量(單位:l/min)，其撒水頭高度為 5.2 公尺且放射壓力為 1kgf/cm^2 ，並針對其不同放射時間 3 分鐘、5 分鐘、7 分鐘進行水量蒐集。由表 4-4 可得知，當我們設定放射時間 7 分鐘與 3 分鐘所蒐集到的水量非常接近，因此針對於後續撒水分佈撒水頭放射時間皆採用 3 分鐘進行放射。

撒水分佈於樓地板四分之一撒水頭高度 5.2 公尺放射壓力 1kgf/cm^2 不同時間實驗結果，如下表 4-4 整理所示。

表 4-4 撒水分佈於樓地板四分之一撒水頭高度 5.2 公尺放射壓力 1kgf/cm^2 不同時間

| l/min | | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.07 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.13 | 0.16 |
| 1kgf/cm^2 -5min | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.12 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -7min | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.12 | 0.15 |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.12 | 0.15 |

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.09 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.16 |
| 1kgf/cm^2 -5min | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.12 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -7min | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.12 | 0.15 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.14 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -5min | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -7min | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.14 |
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.18 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.18 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -5min | 0.17 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.14 |
| 1kgf/cm^2 -7min | 0.16 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.14 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.14 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.16 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -5min | 0.16 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -7min | 0.16 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.14 |

由表 4-4 可得放射時間為 3 分鐘為穩定值，因此後續將撒水頭壓力改變為 2kgf/cm^2 、 1.5kgf/cm^2 、 1kgf/cm^2 進行不同壓力之撒水分佈情形，且撒水頭高度與集水盤位置一樣位於樓地板四分之一與 5.2 公尺而放射時間皆為 3 分鐘，實驗結果如表 4-5 所示。由表 4-4 可得知當撒水頭放射壓力越大時，所蒐集到的撒水量則越多。因此，後續進行滅火實驗時將採用法規規定放射壓力為 1kgf/cm^2 進行滅火試驗。

撒水分佈於樓地板四分之一撒水頭高度 5.2 公尺時間 3 分鐘不同放射壓力實驗結果，如下表 4-5 整理所示。

表 4-5 撒水分佈於樓地板四分之一撒水頭高度 5.2 公尺時間 3 分鐘不同放射壓力

| l/min | | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.07 | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.13 | 0.16 |
| 1.5kgf/cm^2 -3min | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.17 |
| 2kgf/cm^2 -3min | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.20 |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.12 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.13 | 0.16 |
| 1.5kgf/cm^2 -3min | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.16 |
| 2kgf/cm^2 -3min | 0.15 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.21 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.14 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | 0.15 |
| 1.5kgf/cm^2 -3min | 0.15 | 0.12 | 0.12 | 0.14 | 0.16 |
| 2kgf/cm^2 -3min | 0.16 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.19 |
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.18 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.15 |
| 1kgf/cm^2 -3min | 0.18 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.15 |
| 1.5kgf/cm^2 -3min | 0.20 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.16 |
| 2kgf/cm^2 -3min | 0.27 | 0.18 | 0.15 | 0.16 | 0.21 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
| 1kgf/cm²-3min | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.14 |
| 1kgf/cm²-3min | 0.16 | 0.16 | 0.14 | 0.13 | 0.15 |
| 1.5kgf/cm²-3min | 0.18 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.15 |
| 2kgf/cm²-3min | 0.27 | 0.22 | 0.16 | 0.15 | 0.17 |

由表 4-4 與表 4-5 可得知，撒水頭正下方附近的撒水量較外圍的撒水量少。因此針對於此現象後續撒水分佈實驗將採用於撒水頭正下方（即為樓地板中央位置）進行撒水分佈之水量蒐集。表 4-6 為撒水分佈之撒水頭高度於 5.2 公尺且位於樓地板中央位置而放射壓力皆為 1kgf/cm² 只改變不同放射時間所得到的撒水分佈量。表 4-6 也與表 4-4 得到結果一樣，當放射時間皆為 3 分鐘就達到所蒐集到的穩定值。但從表 4-6 可以得到於撒水頭下方撒水半徑 75 公分範圍內所得到的水量皆與外圍之半徑 150 公分處得到的水量還要來的少。

撒水分佈於樓地板中央撒水頭高度 5.2 公尺放射壓力 1kgf/cm² 不同時間實驗結果，如下表 4-6 整理所示。

表 4-6 撒水分佈於樓地板中央撒水頭高度 5.2 公尺放射壓力 1kgf/cm² 不同時間

| l/min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1kgf/cm²-3min | 0.11 | 0.11 | 0.09 | 0.09 | 0.12 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.11 | 0.13 |
| 1kgf/cm²-7min | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.11 | 0.12 |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1kgf/cm²-3min | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.13 | 0.13 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.13 | 0.13 |
| 1kgf/cm²-7min | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.13 | 0.13 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1kgf/cm²-3min | 0.09 | 0.12 | 0.08 | 0.11 | 0.12 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.09 | 0.11 | 0.07 | 0.10 | 0.11 |
| 1kgf/cm²-7min | 0.09 | 0.12 | 0.09 | 0.11 | 0.11 |
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

| | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1kgf/cm²-3min | 0.10 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.09 |
| 1kgf/cm²-7min | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.08 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 1kgf/cm²-3min | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.09 | 0.10 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.09 | 0.10 |
| 1kgf/cm²-7min | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.08 | 0.09 |

後續撒水分佈實驗也於樓地板中央位置且撒水頭高度位於 5.2 公尺其放射時間為 3 分鐘只改變不同壓力於 1.5kgf/cm²、1kgf/cm² 進行撒水分佈之測量。由下表 4-7 可得知結果與表 4-5 相同，當放射壓力越大時所得到的水量則越多。且由表 4-7 也可證明在撒水頭正下方半徑 75 公分範圍內比撒水半徑 150 公分還來的少。

撒水分佈於樓地板中央撒水頭高度 5.2 公尺放射時間 3 分鐘不同放射壓力實驗結果，如下表 4-7 整理所示。

表 4-7 撒水分佈於樓地板中央撒水頭高度 5.2 公尺放射時間 3 分鐘不同放射壓力

| l/min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 1kgf/cm²-3min | 0.11 | 0.11 | 0.09 | 0.09 | 0.12 |
| 1.5kgf/cm²-3min | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.14 |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1kgf/cm²-3min | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.13 | 0.13 |
| 1.5kgf/cm²-3min | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.15 |
| | 11 | 12 | | 14 | 15 |
| 1kgf/cm²-3min | 0.09 | 0.12 | 0.08 | 0.11 | 0.12 |
| 1.5kgf/cm²-3min | 0.13 | 0.15 | 0.12 | 0.13 | 0.13 |

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1kgf/cm²-3min | 0.10 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
| 1.5kgf/cm²-3min | 0.14 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.10 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 1kgf/cm²-3min | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.09 | 0.10 |
| 1.5kgf/cm²-3min | 0.11 | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.11 |

後續我們改變撒水頭高度於 4 公尺，且針對於樓地板四分之一與中央進行放射壓力 1kgf/cm² 且放射時間皆為 5 分鐘，如表 4-8 與表 4-9 所示。

表 4-8 撒水分佈於樓地板四分之一撒水頭高度 4 公尺時間 5 分鐘放射壓力

1kgf/cm²

| | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| l/min | | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.30 | 0.15 | 0.15 | 0.19 | 0.23 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.27 | 0.14 | 0.15 | 0.18 | 0.22 |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.17 | 0.13 | 0.16 | 0.21 | 0.24 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.17 | 0.12 | 0.15 | 0.22 | 0.25 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.15 | 0.14 | 0.19 | 0.29 | 0.32 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.16 | 0.13 | 0.18 | 0.28 | 0.33 |
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

| | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1kgf/cm²-5min | 0.17 | 0.16 | 0.20 | 0.23 | 0.29 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.18 | 0.16 | 0.19 | 0.22 | 0.27 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.15 | 0.19 | 0.21 | 0.22 | 0.20 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.17 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.20 |

表 4-9 撒水分佈於樓地板中央撒水頭高度 4 公尺時間 5 分鐘放射壓力 1kgf/cm²

| l/min | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1kgf/cm²-5min | 0.16 | 0.14 | 0.17 | 0.12 | 0.14 |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.19 | 0.27 | 0.20 | 0.15 | 0.15 |
| | 11 | 12 | | 14 | 15 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.15 | 0.19 | 0.29 | 0.15 | 0.16 |
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1kgf/cm²-5min | 0.12 | 0.10 | 0.17 | 0.12 | 0.14 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| 1kgf/cm²-5min | 0.11 | 0.11 | 0.15 | 0.13 | 0.16 |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|

針對於撒水分佈實驗可得知兩結論：

(1) 撒水分佈放射時間 3 分鐘、5 分鐘、7 分鐘所蒐集到的水量相差不大，因此撒水分佈穩定時間為 3 分鐘以上。

(2) 當放射壓力越大其所蒐集到的水量就越多，因此放射壓力將採用法規規定放射壓力 1kgf/cm² 進行後續不同滅火測試比較。

兩層式撒水頭滅火試驗

兩層式撒水頭滅火試驗情境如下表 4-10 所示：

表 4-10 兩層式撒水頭滅火試驗情境

| 情境 | 上方遮蔽率 | 火源位置 | 撒水頭放射壓力 | 撒水頭高度 | 撒水頭 RTI | 天花板高度 | 火源大小 |
|----|-------|------|---------------------|-------|---------|-------|----------------------------|
| 一 | 70% | 1 | 1kg/cm ² | 5.2m | 80 | 5.3m | 六座木框架， 熱釋放率 577.98kW |
| 二 | 70% | 1 | 2kg/cm ² | 5.2m | 80 | 5.3m | |
| 三 | 70% | 1 | 2kg/cm ² | 5.2m | 80 | 5.3m | |
| 四 | 70% | 2 | 2kg/cm ² | 5.2m | 80 | 5.3m | |
| 五 | 70% | 3 | 2kg/cm ² | 5.2m | 80 | 5.3m | |
| 六 | 35% | 1 | 2kg/cm ² | 5.2m | 80 | 5.3m | |
| 七 | 35% | 2 | 2kg/cm ² | 5.2m | 80 | 5.3m | |
| 八 | 35% | 2 | 2kg/cm ² | 5.2m | 80 | 5.3m | |
| 九 | 0% | 2 | 2kg/cm ² | 5.2m | 80 | 5.3m | |
| 十 | 0% | 2 | 2kg/cm ² | 5.2m | 80 | 5.3m | 九座木框架， 熱釋放率 866.7kW |
| 十一 | 0% | 2 | 2kg/cm ² | 5.2m | 50 | 5.3m | |
| 十二 | 0% | 2 | 1kg/cm ² | 4m | 80 | 4.1m | 六座木框架， 熱釋放率 577.98kW |
| 十三 | 70% | 2 | 1kg/cm ² | 4m | 80 | 4.1m | |
| 十四 | 35% | 2 | 1kg/cm ² | 4m | 80 | 4.1m | |

兩層式撒水頭滅火試驗-遮蔽率 70%

其兩層式撒水頭情境一到情境五實驗結果如下表 4-11 所示。由表 4-11 可得知於情境一時上方遮蔽率為 70%且撒水頭位於 5.2 公尺高而放射壓力為 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 時，其撒水頭於 906 秒作動，但於放射壓力 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 是無法達到滅火的，如圖 4-11 所示，可以發現其火源溫度並無達到降低的情況，因此於上層之撒水頭是會造成其撒水障礙。

且於情境二與情境三進行改變撒水頭放射壓力至 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 也無法達到滅火之情形。因此判斷於此火源位置（即撒水頭正下方）是仍會造成其撒水障礙。

因此對於情境四與情境五進行了火源位置於撒水頭間距 130 公分與 150 公分處，由表 4-11 可得知情境四撒水頭未達到作動基準，其可判定為無法滅火。且如圖 4-12 可得知，情境五之火源溫度曲線圖，其撒水頭作動也無法冷卻其火源溫度，皆可判定為無法滅火。

兩層式撒水頭滅火試驗情境一到情境五實驗結果，如下表 4-11 所示：

表 4-11 兩層式撒水頭滅火試驗情境一到情境五實驗結果

| | 情境一 | 情境二 | 情境三 | 情境四 | 情境五 |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 火源位置 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 遮蔽率 | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |
| 撒水頭放射壓力 | $1\text{kg}/\text{cm}^2$ | $2\text{kg}/\text{cm}^2$ | $2\text{kg}/\text{cm}^2$ | $2\text{kg}/\text{cm}^2$ | $2\text{kg}/\text{cm}^2$ |
| 撒水頭 RTI | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 撒水頭高度 | 5.2m | 5.2m | 5.2m | 5.2m | 5.2m |
| 天花板高度 | 5.3m | 5.3m | 5.3m | 5.3m | 5.3m |
| 撒水頭作動時間 | 906 秒 | 788 秒 | 1299 秒 | 未作動 | 849 秒 |
| 偵煙式作動時間 | 234 秒 | 339 秒 | 231 秒 | 196 秒 | 169 秒 |
| 定溫式作動時間 | 778 秒 | 542 秒 | 732 秒 | 643 秒 | 706 秒 |
| 差動式作動時間 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 695 秒 |
| 是否達到滅火 | 否 | 否 | 否 | 否 | 否 |

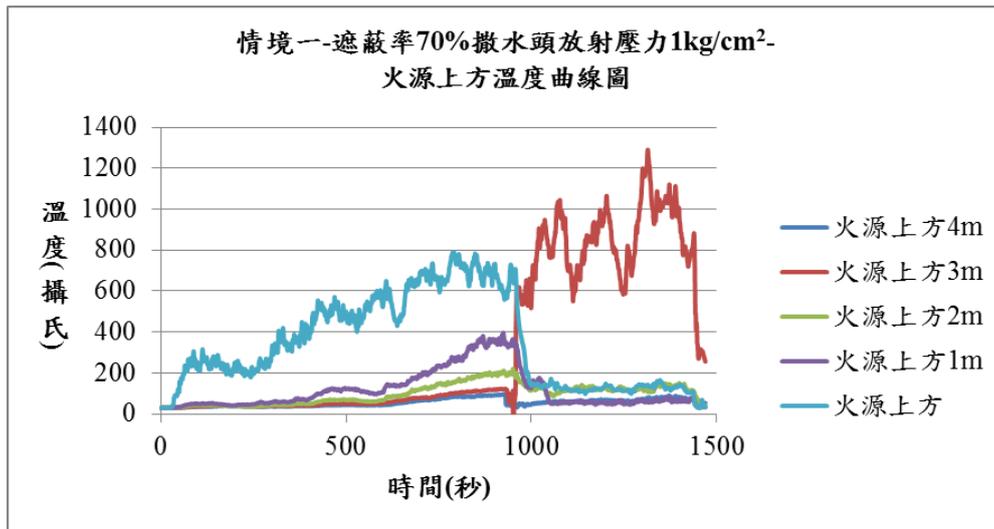


圖 4-11 兩層式撒水頭情境一火源溫度曲線圖

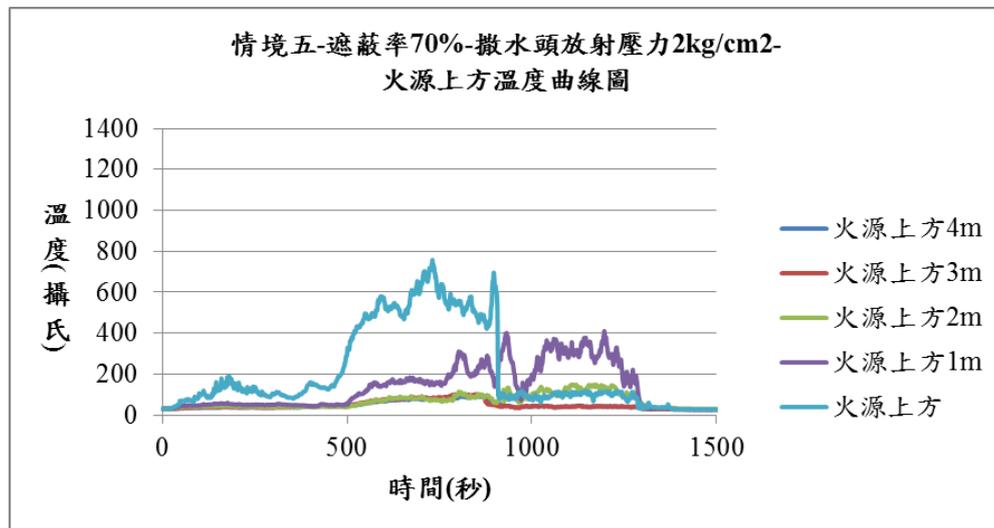


圖 4-12 兩層式撒水頭情境五火源溫度曲線圖

因此針對於遮蔽率 70%兩層式撒水頭滅火情境一到五皆可發現，其當火源上方有障礙物時且遮蔽率達到 70%，是會造成撒水障礙並影響滅火之情形。且對於上方設置撒水頭是無法有效達到滅火之情形。但位於上層之撒水頭雖作動時間不穩定，仍可進行預防風管等障礙物上層火災部分。

兩層式撒水頭滅火試驗-遮蔽率 35%

兩層式撒水頭於遮蔽率 35%時實驗結果，如表 4-12 所示。且由表 4-12 可得知情境六撒水頭於 991 秒達到作動，但由圖 4-13 可發現其火源溫度也未達到降低之情形。因此判定其為無法有效滅火。

且表 4-12 中情境七與情境八撒水頭皆未達到作動之情形，由此結果可得知即使改變火源位置，其撒水頭作動皆為失效，即使作動也會造成撒水障礙的。

兩層式撒水頭滅火試驗情境六到情境八實驗結果，如下表 4-12 所示：

表 4-12 兩層式撒水頭滅火試驗情境六到情境八實驗結果

| | 情境六 | 情境七 | 情境八 |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 火源位置 | 1 | 2 | 2 |
| 遮蔽率 | 35% | 35% | 35% |
| 撒水頭放射壓力 | 2kg/cm ² | 2kg/cm ² | 2kg/cm ² |
| 撒水頭 RTI | 80 | 80 | 80 |
| 撒水頭高度 | 5.2m | 5.2m | 5.2m |
| 天花板高度 | 5.3m | 5.3m | 5.3m |
| 撒水頭作動時間 | 991 秒 | 未作動 | 未作動 |
| 偵煙式作動時間 | 227 秒 | 未作動 | 240 秒 |
| 定溫式作動時間 | 701 秒 | 717 秒 | 673 秒 |
| 差動式作動時間 | 668 秒 | 未作動 | 未作動 |
| 是否達到滅火 | 否 | 否 | 否 |

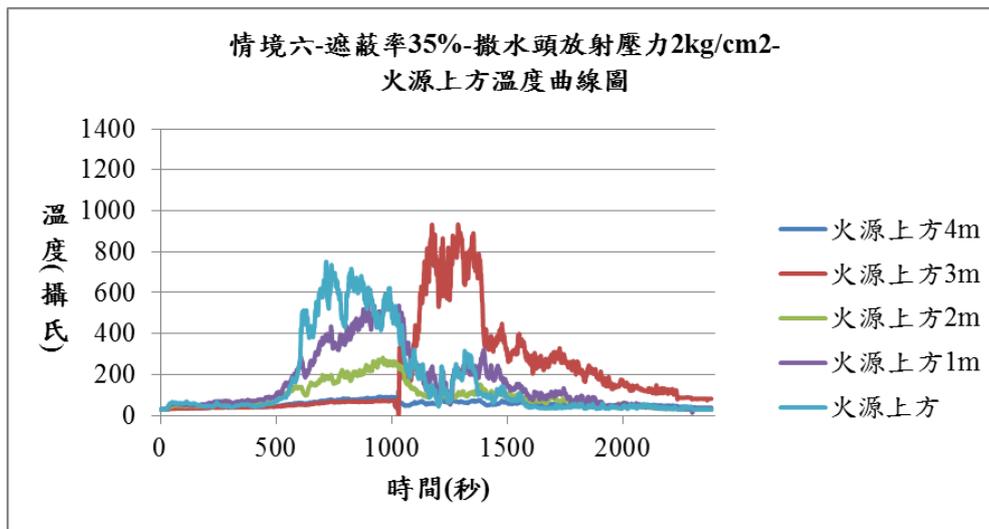


圖 4-13 兩層式撒水頭情境六火源溫度曲線圖

因此針對於遮蔽率 35% 兩層式撒水頭情境六到情境八皆可發現與遮蔽率 35% 皆會造成撒水障礙或使撒水頭達到無法作動之基準。且設置兩層式於上層之撒水頭是造成無效之設置。

兩層式撒水頭滅火試驗-遮蔽率 0%

兩層式撒水頭遮蔽率 0% 實驗結果如表 4-13 所示。由此表可得知當情境九與情境十火源位置擺放相同時，可以發現兩者撒水頭作動時間相差很大，且由圖 4-14 可發現情境九撒水頭作動時間太晚，導致火源溫度已經開始降低，完全無法進行滅火之功能。

兩層式撒水頭滅火試驗情境九到情境十一實驗結果，如下表 4-13 所示：

表 4-13 兩層式撒水頭滅火試驗情境九到情境十一實驗結果

| | 情境九 | 情境十 | 情境十一 |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 火源位置 | 2 | 2 | 2 |
| 遮蔽率 | 0% | 0% | 0% |
| 撒水頭放射壓力 | 2kg/cm ² | 2kg/cm ² | 2kg/cm ² |
| 撒水頭 RTI | 80 | 80 | 50 |
| 撒水頭高度 | 5.2m | 5.2m | 5.2m |
| 天花板高度 | 5.3m | 5.3m | 5.3m |
| 撒水頭作動時間 | 1618 秒 | 648 秒 | 未作動 |
| 偵煙式作動時間 | 未作動 | 未作動 | 未作動 |
| 定溫式作動時間 | 680 秒 | 423 秒 | 431 秒 |
| 差動式作動時間 | 未作動 | 263 秒 | 681 秒 |
| 是否達到滅火 | 否 | 否 | 否 |

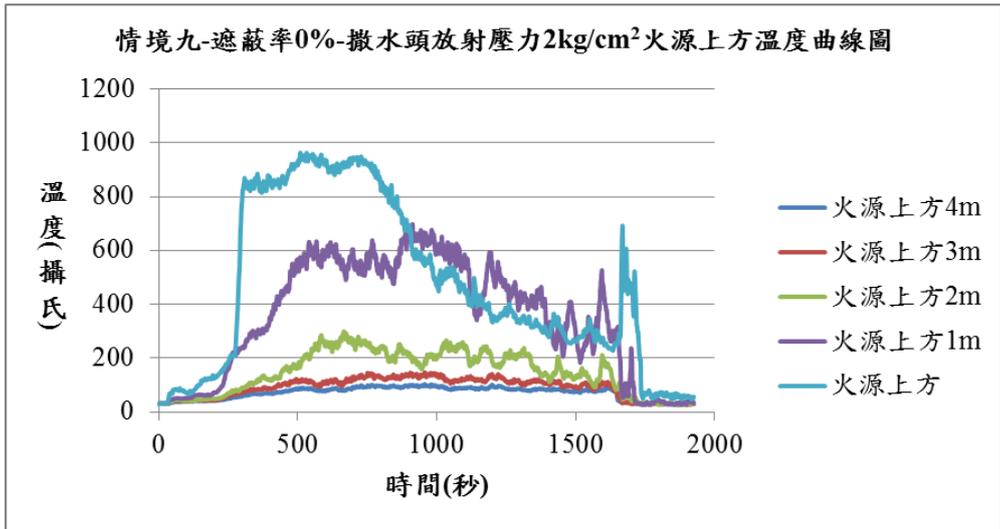


圖 4-14 兩層式撒水頭情境九火源溫度曲線圖

而後續情境十一使用國內快速反應型撒水頭，如圖 4-15 所示。且根據表 4-12 實驗結果其快速反應型撒水頭連作動都無法作動。其因撒水頭 RTI 作動是依據風速與溫度才達到作動之基準，且如圖 4-16 可發現，進行情境十一的撒水頭溫度比情境十溫度要低，其可判定在此高度情況下，其此火源大小是無法使撒水頭達到有效的作動情形。且從圖 4-16 可得知當我們將撒水頭下拉至 5.2m 時與天花板(5.3m)的溫度有很明顯差距。



圖 4-15 快速反應型撒水頭

(資料來源：本研究自行整理)

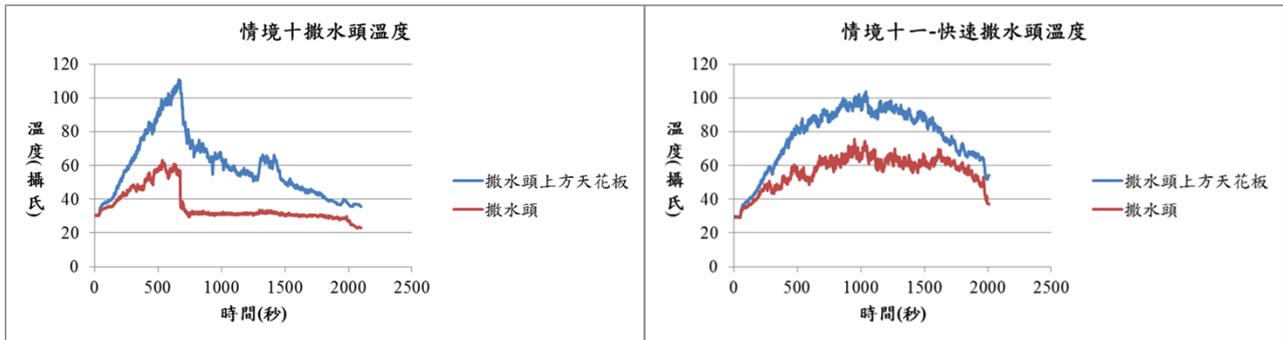


圖 4-16 情境十與情境十一撒水頭溫度與撒水頭上方天花板溫度

因此針對於兩層式撒水頭於遮蔽率 0%情形下，其撒水頭作動時間差距很大，其撒水頭作動之穩定性非常差，且更換國內快速反應型撒水頭也無法有效使撒水頭達到作動，在此情況下，其設置於高處（5.2 公尺）第二層撒水頭是無法有效的達到其防範之功能。

針對於兩層式撒水頭情境一到情境十一小結：

根據實驗結果得知，遮蔽率 0%、35%、70%且於 5.2 公尺裝設兩層式撒水頭，上方撒水頭作動時間較長或無法感知，且即時作動撒水也無法有效滅火，其裝設兩層式撒水頭是無效且會造成撒水障礙。

偵煙式探測器，其作動時間較為於火災初期產生大量煙粒子時，能夠有效感知，若搭配開放式撒水系統，能達到早期偵測早期滅火的效果。

差動式探測器，其穩定性較差，因火場高度關係導致差動式偵測溫昇效果較不好，其裝設之場所選定極為重要。

定溫式探測器，其穩定性較好，所感知火災時間皆為相近，但其因為防護面積較小，其感知時間較慢，若能於正確場所使用，能達到最好的防護效果。

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

兩層式撒水頭改變天花板與撒水頭高度

由前述實驗小結可得知對於兩層式撒水頭於遮蔽率 0%、35%、70% 且於撒水頭高度 5.2 公尺設置兩層式撒水頭皆為無效。因此針對於不同天花板高度 4.1 公尺與撒水頭高度 4 公尺進行改變如圖 4-17 所示，其實驗結果於表 4-14 所示。

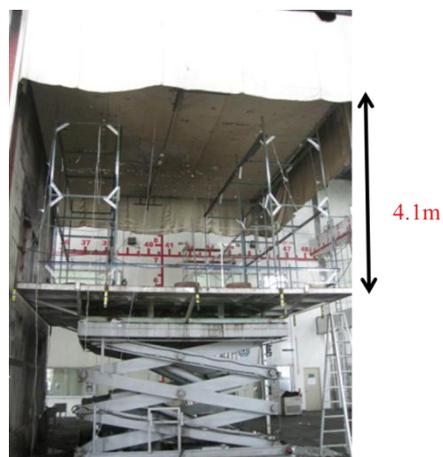


圖 4-17 改變天花板高度與撒水頭高度

兩層式撒水頭滅火試驗情境十二到情境十四實驗結果，如下表 4-14 所示：

表 4-14 兩層式撒水頭滅火試驗情境十二到情境十四實驗結果

| | 情境十二 | 情境十三 | 情境十四 |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 火源位置 | 2 | 2 | 2 |
| 遮蔽率 | 0% | 70% | 35% |
| 撒水頭放射壓力 | 1kg/cm ² | 1kg/cm ² | 1kg/cm ² |
| 撒水頭 RTI | 80 | 80 | 80 |
| 撒水頭高度 | 4m | 4m | 4m |
| 天花板高度 | 4.1m | 4.1m | 4.1m |
| 撒水頭作動時間 | 506 秒 | 446 秒 | 未作動 |
| 偵煙式作動時間 | 152 秒 | 260 秒 | 未作動 |
| 定溫式作動時間 | 314 秒 | 319 秒 | 459 秒 |
| 差動式作動時間 | 未作動 | 未作動 | 未作動 |
| 是否達到滅火 | 是 | 否 | 否 |

且由圖 4-18 可看出當我們將樓地板高度從 5.2m 改變為 4m 時，其天花板與撒水頭的溫度差異變小，便使得撒水頭作動時間較為快與穩定。而如圖 4-19 於情境十二之火源溫度，當撒水頭一作動立刻將火源給撲滅，並達到滅火之情形。

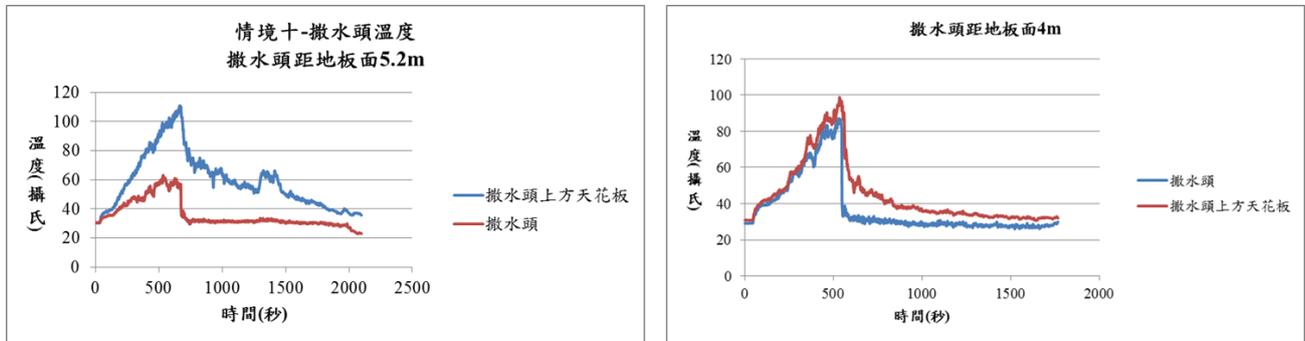


圖 4-18 不同天花板高度與撒水頭高度其撒水頭溫度與撒水頭上方天花板溫度

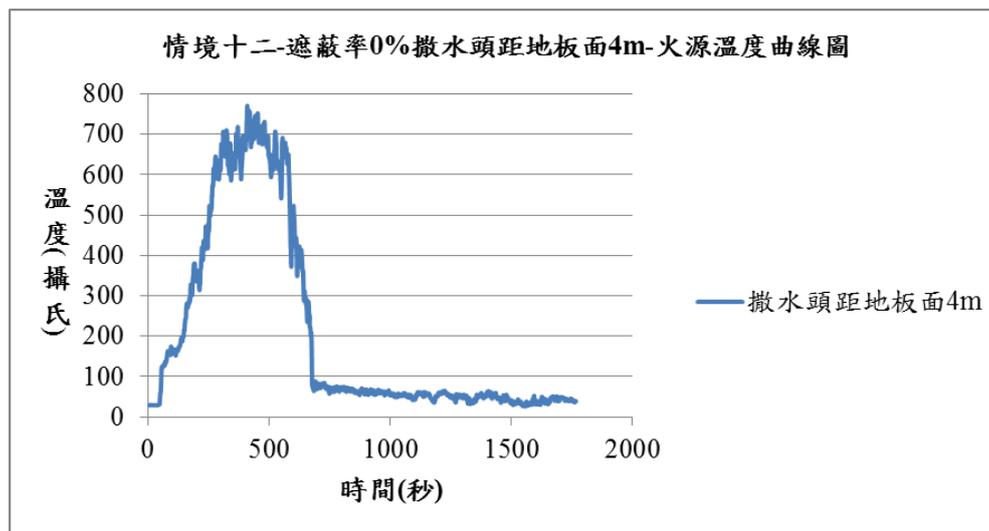


圖 4-19 情境十二火源溫度曲線圖

圖 4-20 為情境十三撒水頭與撒水頭上方天花板溫度曲線圖，從此圖也可以看出確實位於此高度之火源使得兩者間的溫度差異變小。但從圖 4-21 到圖 4-23 可以看出，雖然撒水頭作動時間較快，但因上方有障礙物且遮蔽率達 70%，造成部分撒水障礙。由圖 4-22 可以看出撒水頭作動十分鐘後，還有一座木框架仍然持續燃燒，並未達到滅火之情形。也可從火源最後情形發現，有一座木框架已經燒完。便可判定其未達到滅火之情形。

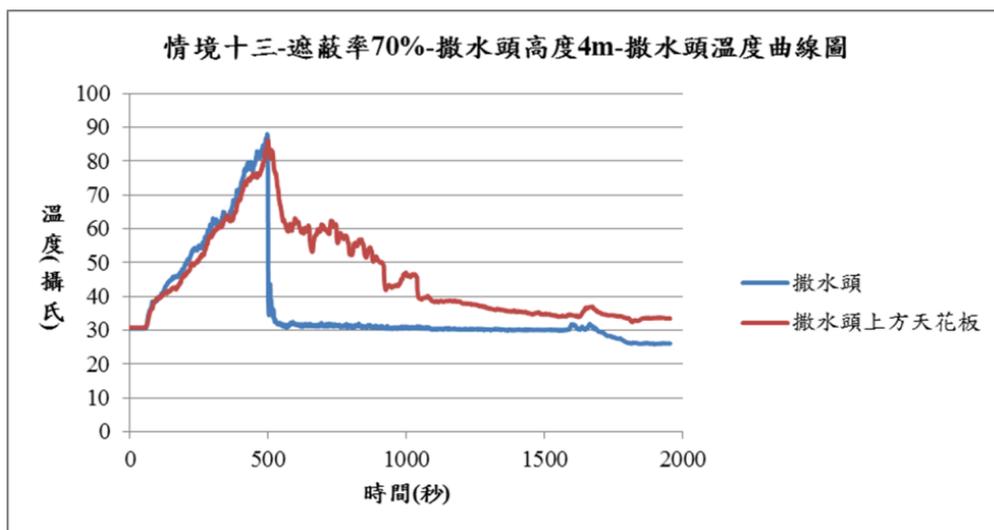


圖 4-20 情境十三撒水頭溫度與撒水頭上方天花板溫度曲線圖



圖 4-21 情境十三撒水頭作動時間與撒水頭作動五分鐘



圖 4-22 情境十三撒水頭作動十分鐘與火源最後情形

而從圖 4-23 可得知情境十二到情境十四撒水頭溫度情形。並由此圖可以發現當遮蔽率 70%時撒水頭溫度比 0%、35%要來的低，其因撒水頭使 RTI 作動之基準為風速與溫度造成，而此代表溫度較低可能因風速較高導致其撒水頭較快達到作動。

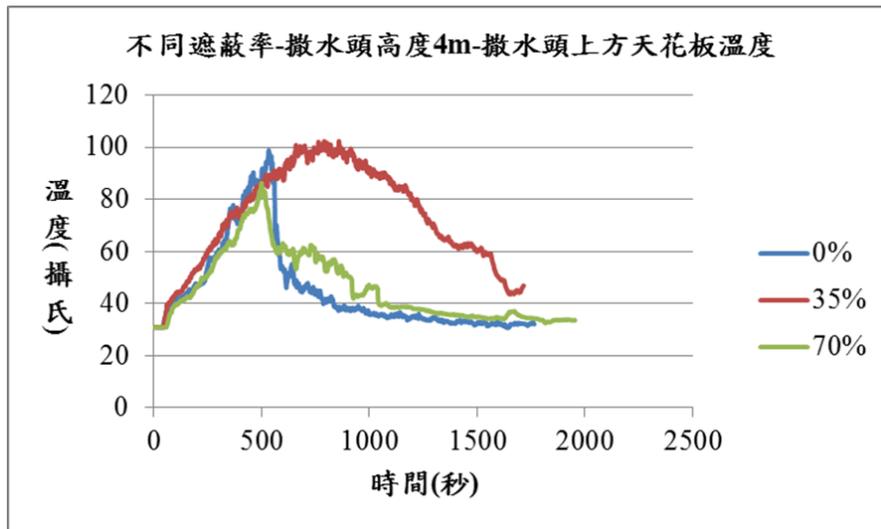


圖 4-23 情境十三撒水頭作動十分鐘與火源最後情形

且由圖 4-24 可發現因遮蔽率 70% 的縫隙比遮蔽率 35% 縫隙來的要小，導致火羽上衝時容易通過縫隙而導致遮蔽物上層產生亂流，並使得遮蔽率 70% 撒水頭作動時間比遮蔽率 0% 與遮蔽率 35% 來的快。

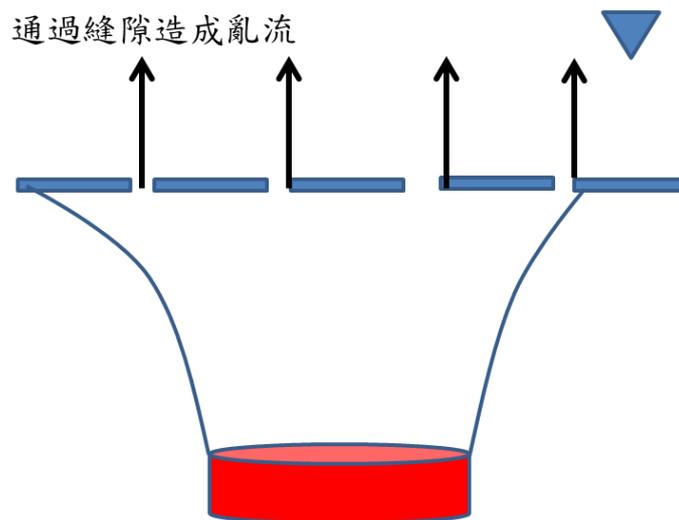


圖 4-24 遮蔽率 70% 亂流示意圖

針對於兩層式撒水頭滅火試驗三點結論如下：

(1) 根據前項實驗結果得知，當撒水頭位於 5.2m 時，無論遮蔽率 0%、35%、70%，上層撒水頭既不穩定且作動也無法將下層火災達到滅火，因撒水頭設置過高，於此情況下設置是無法達到其撒水系統的功能。但位於上層之撒水頭仍可防範於風管、管線等障礙物上方之火災。

(2) 對於當撒水頭位於 4m 時，其遮蔽率於 0% 時，才能夠有效達到滅火之情形。但遮蔽率於 70% 時，還是會造成部分撒水障礙，且火源只有部分達到滅火。

(3) 因此對於上方有障礙物時裝設兩層式撒水頭是會造成撒水障礙，而須考量到設置高度才能使目前裝設一般反應型之撒水系統的有效性顯現出來。但若設置兩層式撒水頭可建議消防主管機關仍可規劃上層設置撒水頭以進行控制風管、管線等障礙物上層火災之部分。但因下層會造成撒水障礙，因此仍須設置撒水頭於下層部分，且將自動撒水設備改採取探測器連動開放式撒水頭，並能有效的達到下層火災之防護機制。

第三節 集熱板有效性實驗

因實驗空間限制，上方遮蔽率情形並無法像 FDS 模擬所設置，且遮蔽率設置方式則為於兩貨架中間架設 3 公尺長之障礙物，而集熱板有效性實驗情境如下表 4-15 所示。

表 4-15 集熱板有效性實驗情境

| 情境 | 上方遮蔽率 | 火源位置 | 有無集熱板 | 撒水頭高度 | 天花板高度 | 撒水頭放射壓力 | 火源大小 |
|----|-------|------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------------|
| 一 | 70% | 1 | 無 | 3m | 5.3m | 1kg/cm ² | 九座木框架， 熱釋放率 866.7kW |
| 二 | 70% | 1 | 無 | 3m | 5.3m | 1kg/cm ² | |
| 三 | 70% | 1 | 有 | 3m | 5.3m | 1kg/cm ² | |
| 四 | 70% | 1 | 有 | 3m | 5.3m | 1kg/cm ² | 十二座木框架，熱釋放率 1155.6kW |
| 五 | 0% | 2 | 無 | 3m | 5.3m | 1kg/cm ² | 九座木框架， 熱釋放率 866.7kW |
| 六 | 0% | 2 | 有 | 3m | 5.3m | 1kg/cm ² | |
| 七 | 80% | 2 | 無 | 3m | 5.3m | 1kg/cm ² | |
| 八 | 80% | 2 | 有 | 3m | 5.3m | 1kg/cm ² | |

集熱板有效性實驗-遮蔽率 70%

首先針對於遮蔽率 70%且撒水頭無裝設集熱板之情境一與情境二結果可由圖 4-25 所示。由此圖可得知其撒水頭位於此高度是無法達到作動之溫度，使得法規規定需加裝集熱板。但從圖 4-26 可看出情境三即使加裝集熱板，也無法有效達到蓄熱之效果，其設置集熱板為無效之設置。

因此針對於情境四將火源加大至 12 座木框架，如圖 4-28 所示。但從圖 4-27 可以看出，雖然火源增大確實導致撒水頭溫度有升高之情形，但只有一小段時間，並未能

完全燒破撒水頭。因此對於加裝集熱板是無法有效增加其撒水頭溫度。

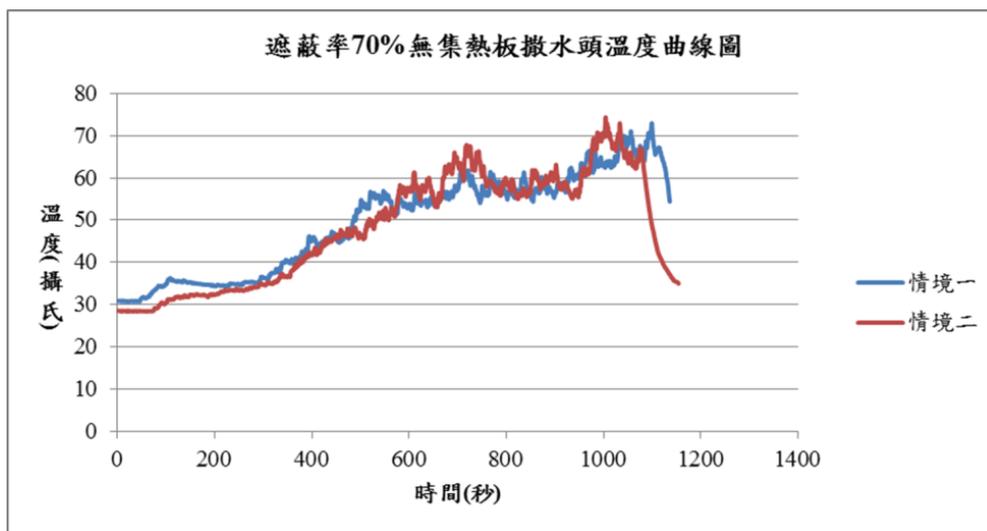


圖 4-25 遮蔽率 70%無集熱板情境一與情境二撒水頭溫度

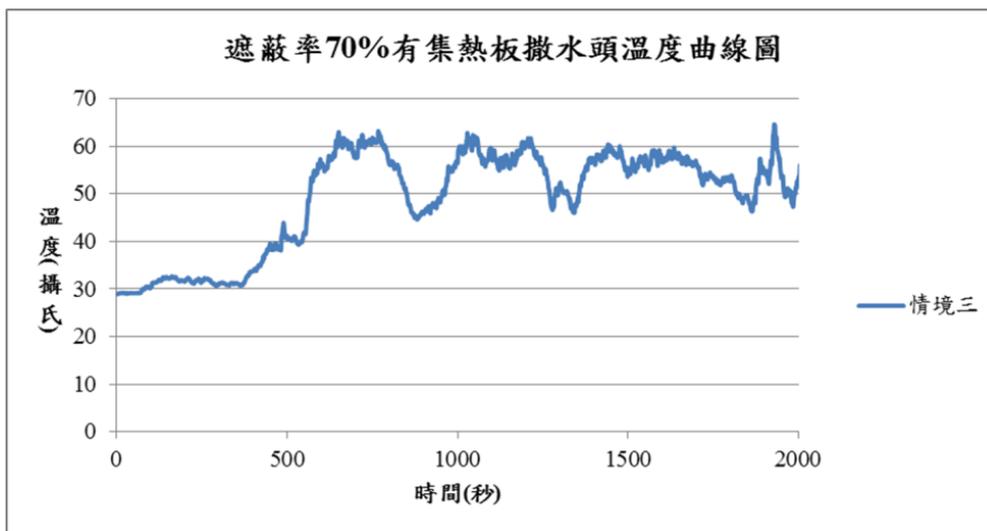


圖 4-26 遮蔽率 70%有集熱板情境三撒水頭溫度

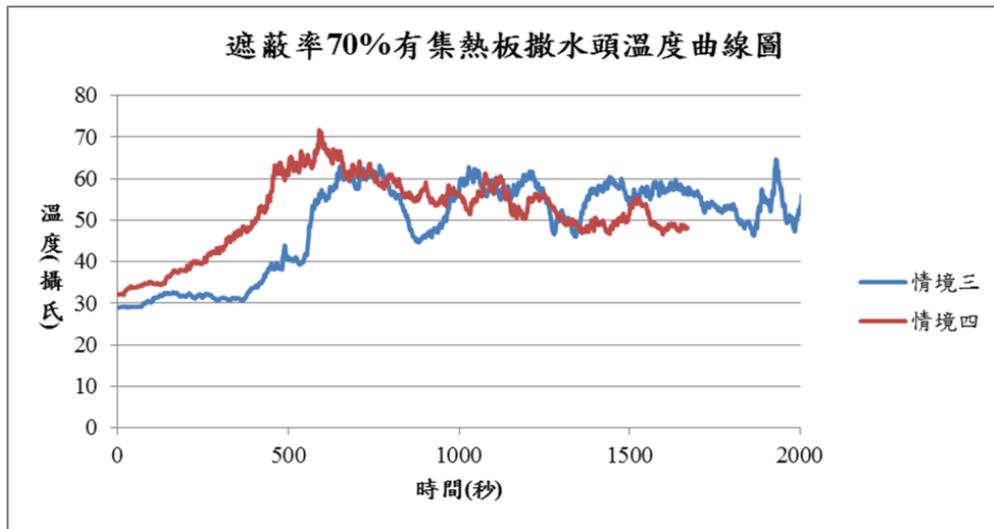


圖 4-27 遮蔽率 70%有集熱板情境三與情境四撒水頭溫度



圖 4-28 情境四加大火源熱釋放率

集熱板有效性實驗-遮蔽率 0%

由圖 4-29 可得知，其遮蔽率為 0%且撒水頭高度離地板面 3 公尺高，且不管有無加裝集熱板，皆未使撒水頭能達到作動之溫度，其加裝集熱板與前面模擬現況 1 之部分，皆產生失效之情形。

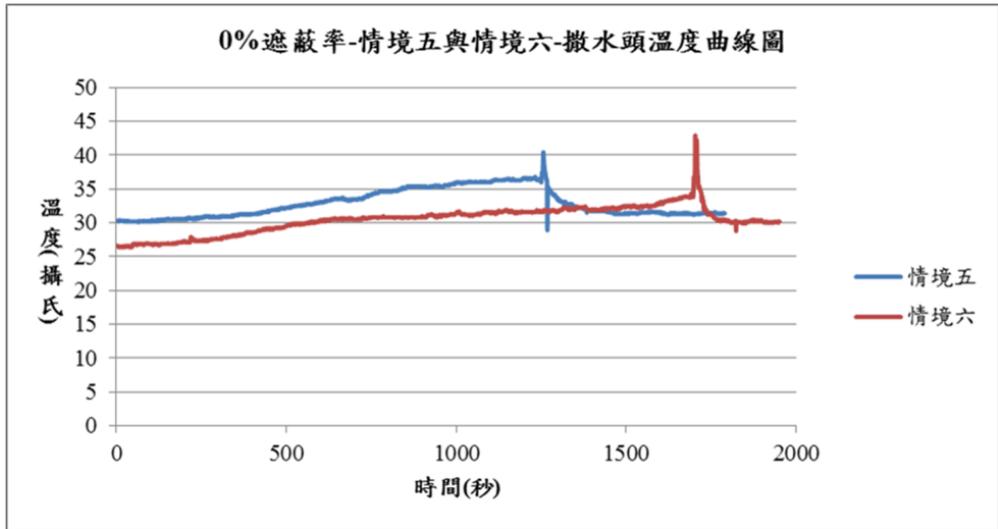


圖 4-29 遮蔽率 0%有無集熱板情境五與情境六撒水頭溫度

集熱板有效性實驗-遮蔽率 80%

由圖 4-30，其遮蔽率增加至 80%且撒水頭高度離地板面 3 公尺高，且不管有無加裝集熱板，皆與遮蔽率 0%、70%相同實驗結果，未能使撒水頭達到作動溫度。

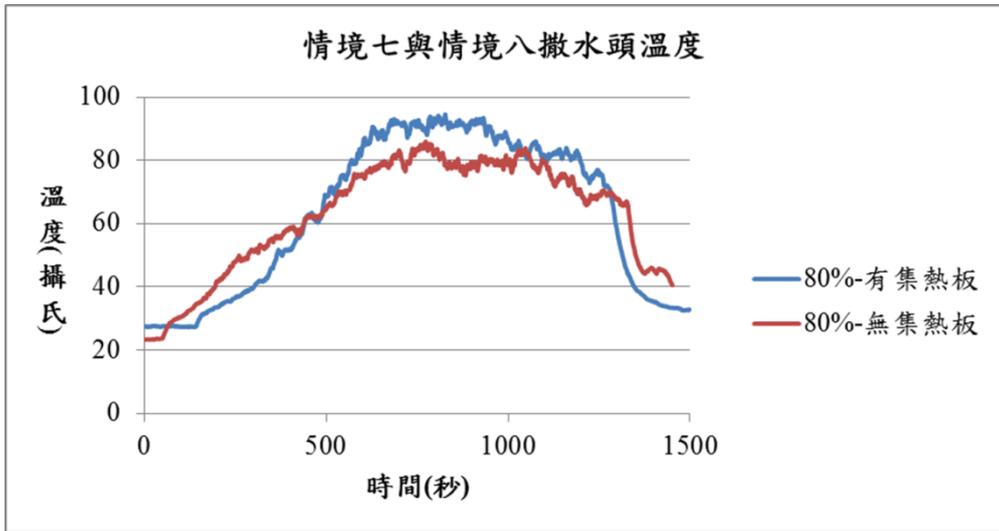


圖 4-30 遮蔽率 80%有無集熱板情境七與情境八撒水頭溫度

針對於集熱板之有效性實驗得到兩點結論：

- (1) 對於火源從九座木框架增加至十二座木框架，對於 70%遮蔽率且撒水頭位於 3m 不管有無裝設集熱板都是無法使撒水頭達到作動，也無法使撒水頭增加溫度。
- (2) 而 0%遮蔽率且撒水頭位於 3m 不管有無裝設集熱板都無法增加撒水頭溫度，

其裝設集熱板是無效的。因此，針對於表 2-2 與表 4-18 所蒐集國內集熱板之案例，其現況 1 裝設集熱板皆為達到失效之情形。

集熱板有效性實驗結果總表，如下表 4-16 整理所示。

表 4-16 集熱板有效性實驗結果總表

| | 情境一 | 情境二 | 情境三 | 情境四 | 情境五 | 情境六 | 情境七 | 情境八 |
|---------|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 火源位置 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 火源熱釋放率 | 九座木框架， 熱釋放率 866.7kW | | | 十二座 木框架 1155.6kW | 九座木框架， 熱釋放率 866.7kW | | | |
| 遮蔽率 | 70% | 70% | 70% | 70% | 0% | 0% | 80% | 80% |
| 撒水頭高度 | 3m | 3m | 3m | 3m | 3m | 3m | 3m | 3m |
| 天花板高度 | 5.3m | 5.3m | 5.3m | 5.3m | 5.3m | 5.3m | 5.3m | 5.3m |
| 撒水頭放射壓力 | 1kg/cm ² | 1kg/cm ² | 1kg/cm ² | 1kg/cm ² | 1kg/cm ² | 1kg/cm ² | 1kg/cm ² | 1kg/cm ² |
| 有無集熱板 | 無 | 無 | 有 | 有 | 無 | 有 | 無 | 有 |
| 撒水頭作動時間 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 |
| 偵煙式作動時間 | 267 秒 | 191 秒 | 404 秒 | 115 秒 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 |
| 定溫式作動時間 | 989 秒 | 625 秒 | 736 秒 | 471 秒 | 791 秒 | 827 秒 | 404 秒 | 331 秒 |
| 差動式作動時間 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 | 未作動 |
| 是否達到滅火 | 否 | 否 | 否 | 否 | 否 | 否 | 否 | 否 |

第四節 開放式滅火試驗

根據實驗結果可得知對於上方有障礙物時裝設兩層式撒水頭是會造成下層火災撒水滅火障礙，而須考量到設置高度才能使目前裝設一般反應型之撒水系統的有效性顯現出來。而建議上層式撒水頭仍需設置防範上方風管等管線火災，而下層建議採用開放式撒水頭進行連動式滅火。因此，本節進行相關開放式滅火測試試驗，並將提供相關水量以利於判定滅火之基準。

四顆密閉式撒水頭

首先於開放式滅火試驗，進行四顆密閉式撒水頭並設置於天花板 5.3 公尺高處，且每顆撒水頭間距為 3 公尺寬，並使用一般反應型 ($K=80$) 之撒水頭，且撒水頭放射壓力設定為 1kgf/cm^2 。火源採用九座木框架且位於四顆撒水頭中央。其四顆撒水頭位置，如下圖 4-31 所示。

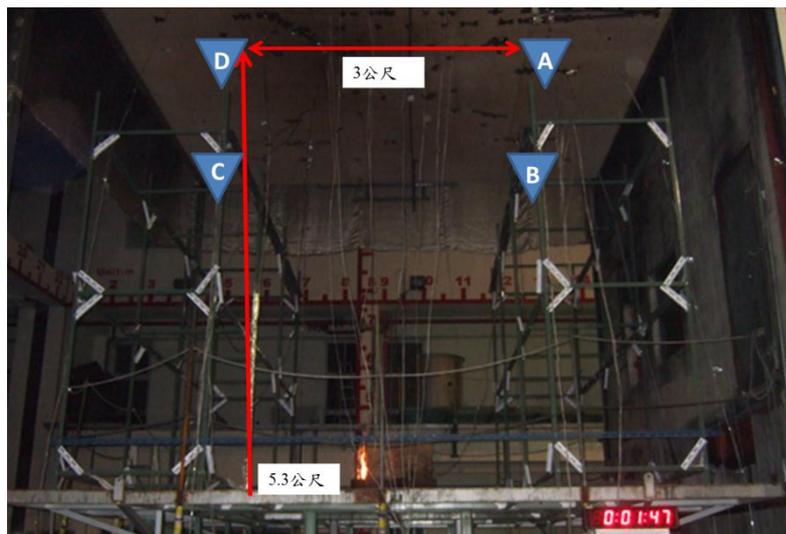
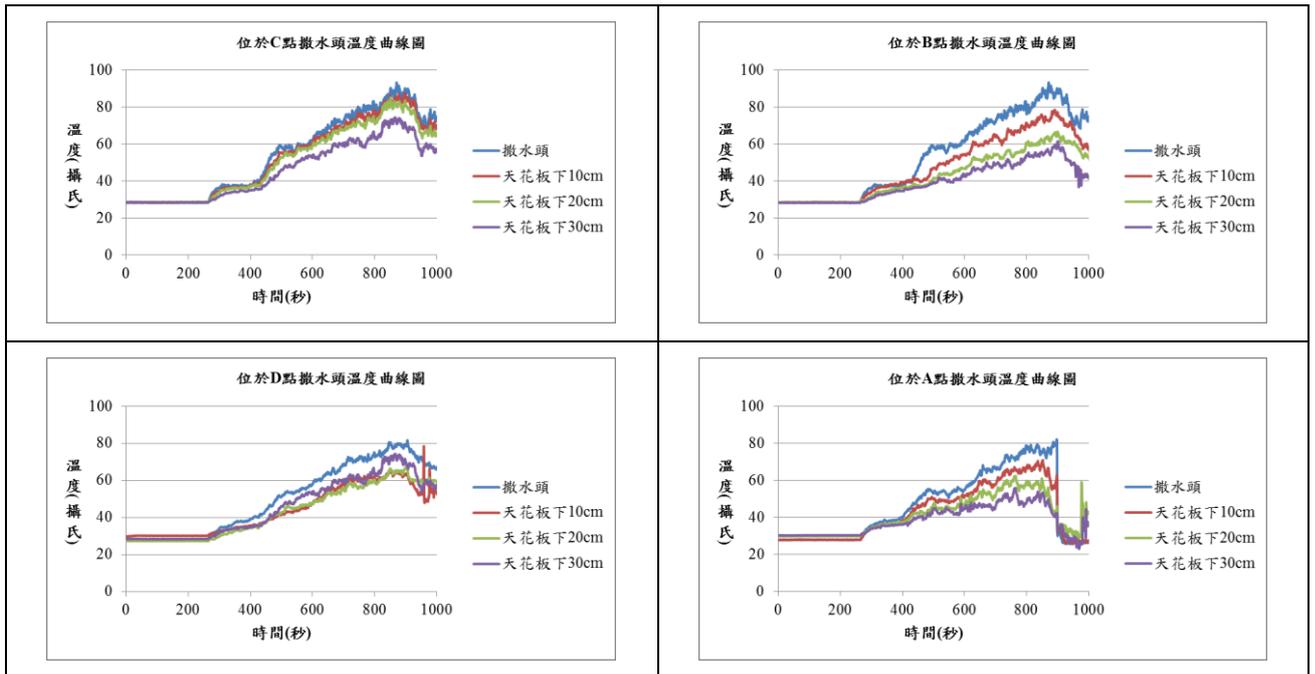


圖 4-31 四顆密閉式撒水頭撒水頭位置示意圖

由下表結果所示，可看出位於 A 點撒水頭先行於 606 秒達到作動，但卻冷卻其它三顆撒水頭，使得其他顆撒水頭於火源燃燒三十分鐘皆未作動。因此，四顆密閉式撒水頭於此情況下，是無法達到滅火之效果。

表 4-17 四顆密閉式撒水頭撒水頭溫度曲線圖



四顆開放式撒水頭

後續將四顆密閉式撒水頭改為開放式撒水頭，其配置相同且於接近 900 秒時利用手動開放式撒水並進行滅火，其結果如下圖。由下圖可看出，當 900 秒手動開啟開放式撒水頭後，火源溫度立刻達到降溫，並且達到滅火之效果。

因此，可建議若於此情況下，可將撒水頭改為開放式撒水頭，確實能比密閉式撒水頭達到較好之防護效果。

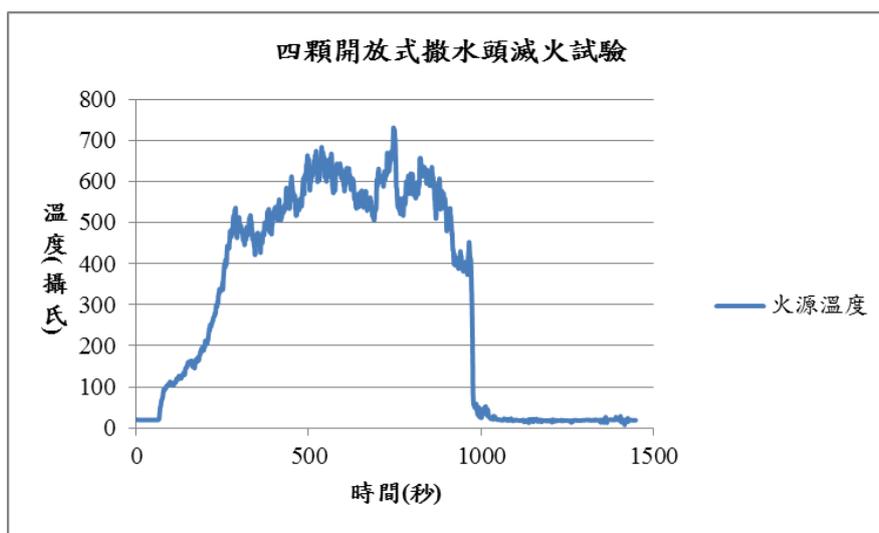


圖 4-32 四顆開放式撒水頭火源溫度曲線

油盤水量蒐集

針對不同位置、壓力、不同高度撒水頭，並與先前所做相關滅火測試，確實得到撒水頭進入火源油盤中的水量，是否能達到滅火之效果。首先，先量測每個油盤的淨重，如下圖 4-33 所示。



圖 4-33 油盤水量蒐集測試

其油盤水量蒐集測試結果總表，如下表 4-18 所示。並從而得知當火源三個油盤所得到撒水量大於 1.55 l/min 時，即可達到滅火之效果。而經由兩層式撒水頭實驗可得知位於 4m 高之密閉式撒水頭且遮蔽率為 0%，才能有效達到滅火之情形。

表 4-18 油盤水量蒐集測試結果總表

| 項次 | 撒水頭數量 | 撒水頭放射壓力 | 撒水頭高度 | 油盤位置 | 三個油盤所蒐集水量(l/min) | 是否達到滅火 |
|----|-------|----------------------|-------|-----------|------------------|--------|
| 一 | 4 顆 | 1kgf/cm ² | 5.2m | 四顆中央 | 7.77 | 是 |
| 二 | 2 顆 | 2kgf/cm ² | 5.2m | 四顆中央 | 3.76 | |
| 三 | 1 顆 | 3kgf/cm ² | 5.2m | 四顆中央 | 2.5 | |
| 四 | 1 顆 | 1kgf/cm ² | 5.2m | 撒水頭正下方 | 1.12 | 否 |
| 五 | 1 顆 | 2kgf/cm ² | 5.2m | 撒水頭正下方 | 1.31 | |
| 六 | 1 顆 | 1kgf/cm ² | 4m | 撒水頭正下方 | 1.17 | |
| 七 | 1 顆 | 1kgf/cm ² | 5.2m | 撒水量分佈較多位置 | 0.92 | 否 |
| 八 | 1 顆 | 1kgf/cm ² | 4m | 撒水量分佈較多位置 | 1.55 | 是 |
| 九 | 1 顆 | 2kgf/cm ² | 5.2m | 撒水量分布較多位置 | 1.44 | 否 |

本研究蒐集之集熱板型式、材質如下表 4-17 整理所示。

表 4-19 集熱板形式與材質分類

| 來源 | 形式 | 材質 | 規格 |
|------------------|----------|--|---------------------------|
| 台灣 | 向上型集熱板 | 金屬 | 直徑三十公分 架腳高三十公分 |
| 台灣 | 向下型集熱板 | 金屬 | 直徑三十公分 |
| 台灣蘇崇輝 | 集熱加強型集熱板 | 金屬 | 開孔率為 5%，每個洞孔 直徑為十五公厘 |
| 大陸常熟市金龍消防器材有限公司 | 直立型聚熱罩 | 0.3 公厘不鏽鋼板 0.3 公厘不銹鐵板 0.3 公厘冷軋鐵板 | 直徑二十公分、三十公分、 四十公分 |
| | 下垂型聚熱罩 | 0.3 公厘不鏽鋼板 0.3 公厘不銹鐵板 0.3 公厘冷軋鐵板 | 直徑二十公分、 三十公分、 四十公分 |
| | 邊牆測噴集熱罩 | 0.3 公厘不鏽鋼板 0.3 公厘不銹鐵板 0.3 公厘冷軋鐵板 | 長二十公分 寬十五公分 |
| 大陸北京消防器材設備銷售中心 | 集熱罩 | 鏡面不鏽鋼 馬口鐵(鍍鋅鋼板) | 直徑二十公分、 三十公分、 四十公分。 |
| 大陸福建省南安市威達消防器材有限 | 集熱罩 | 不鏽鋼集熱罩 | 直徑二十公分、 三十公分、 |

| | | | |
|----|--|--|-----------------|
| 公司 | | | 三十八公分、 四十公分。 |
|----|--|--|-----------------|

(資料來源：本研究自行整理)

本研究蒐集之集熱板相關案例如下表 4-18 整理所示。

表 4-20 集熱板設計相關案例

| 地點 | 天花板高度 | 集熱板高度 | 相差高度 | 集熱板上方遮蔽率 |
|----------------------|-------|-------|------|----------|
| 特力屋 | 7.2m | 6.6m | 0.6m | 0% |
| 特力屋 | 7.2m | 5.6m | 1.6m | 50% |
| 旺來鄉-食品原料專業賣場 | 3.6m | 3.3m | 0.3m | 0% |
| HOLA-特力和樂 | 5.2m | 4.3m | 0.9m | 100% |
| 家樂福 | 5.3m | 4m | 1.3m | 0% |
| 家樂福 | 5.3m | 4m | 1.3m | 25% |
| 大潤發 | 5.3m | 4m | 1.3m | 100% |
| 台糖嘉年華購物中心-Sugar Mall | 6.6m | 4m | 2.6m | 0% |
| 台灣高鐵台南站 | 6.3m | 5.4m | 0.9m | 0% |
| 台灣高鐵台南站 | 6.6m | 5.8m | 0.8m | 0% |
| 台灣高鐵台南站 | 12m | 11.1m | 0.9m | 0% |
| 京站時尚廣場 B2 | 4.7m | 3.6m | 1.1m | 99.99% |
| 京站時尚廣場 F2 | 5.6m | 3.4m | 2.2m | 84.39% |
| 台北車站地下街 | 3.4m | 2.2m | 1.2m | 97.75% |
| 中山地下街 | 3.4m | 2.5m | 0.9m | 96% |
| 中山地下街 | 4.6m | 3.7m | 0.9m | 0.88% |
| 徐匯廣場 | 4.5m | 3.1m | 1.4m | 68.15% |
| 徐匯廣場 | 4.5m | 3.1m | 1.4m | 7.96% |
| 大陸案例一 | 8.3m | 5m | 3.3m | 未知 |
| 大陸案例二 | 10m | 7.2m | 2.8m | 未知 |

(資料來源：本研究自行整理)

第五章 結論與建議

第一節 結論

1. 探討分析國內、外撒水頭設置集熱板現況，得以下結論

首先針對於國內、外設置集熱板現況，本案蒐集了 22 件設置集熱板之現況加以分析，得知上方遮蔽物為 0% 佔有九件；而上方遮蔽物為 70% 以上佔有七件。並將兩種現況進行 FDS 模擬可得知，對於上方無任何裝障礙物而設集熱板之情境模擬結果得知不管裝設集熱板或未裝設集熱板，當撒水頭高度離天花板超過 30 公分以上時，其皆未達到有效性。而當建築物上方障礙物遮蔽率較大時，將撒水頭設置於障礙物下方，其撒水頭設置越低且有裝設集熱板時，反而對於撒水頭之感熱原件較佳，且較容易使撒水頭作動但其有效性只位於火源火羽流 (fire plume) 範圍內，才能使其達到有效蓄熱之效果。且根據所蒐集相關美國集熱板滅火試驗所得到的結果相同。因此，對於此模擬結果可得知當火源熱釋放率大到一定程度無論有無裝設集熱板之撒水頭皆可達到作動，而對於現今裝設集熱板與未裝設集熱板之情形皆需位於火源火羽流範圍內才能使其達到作動之基準。

2. 國內、外撒水頭設置集熱板設計案例、法規規範蒐集資料並整理，得以下結論

由蒐集資料所顯示，目前美國及日本取消集熱板相關法規及設計，在美國 NRC 報告中，Russell P. Fleming 於 1989 年提出裝設於撒水頭上方集熱板主要依靠輻射熱來達到作動基準，另外 Shanley 等人於 1990 年也針對裝置集熱板之撒水頭進行相關試驗，並提出結論說明集熱板必須在火羽流的有效範圍內才能達到作動，由上述等相關文獻皆可證實本案對於集熱板現況模擬分析結論相同。而根據文獻所蒐集呈現，我國與大陸目前還有集熱板之設置與法規規範，但皆未有相關實驗去證實其集熱板之有效性。因此，本案對於集熱板之有效性於模擬及實驗部分，已經證實裝設集熱板並未能增加撒水頭蓄熱之效果。

3. 分析撒水頭設置集熱板實質效果及有效性

集熱板實質效果及有效性實驗與模擬空間架設，因實驗空間限制而有些許差異。但針對實驗結果，當上方遮蔽率 70%、80% 且撒水頭位於 3m 高之位置不論有無裝設集

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

熱板皆無法達到蓄熱之效果。且於遮蔽率 0%而撒水頭位於 3m 高之位置也顯示相同之實驗結果。而利用 FDS 電腦模擬進行之結果發現集熱板須位於火源火羽流範圍內才能達到作動之基準，此結果與集熱板試驗之相關文獻結果相符。故由本次所進行之實驗或模擬結果，可明確顯示目前本案蒐集之集熱板設置案例為無效之設計。

4. 研提各類場所消防安全設備設置標準設置針對撒水頭設置規範細節之芻議，供增、修訂消防相關法規條文之參考，建議如下

建議消防主管機關應於目前設置集熱板之場所，將其自動撒水設備改採取探測器連動開放式撒水頭，並能有效的達到防護機制。且應將各類場所第四十六條第二項第一款第四目與第四十七條第二項相關設置集熱板之條文刪除，並防止目前集熱板濫用之情形。

5. 撒水頭下方有沖孔性天花板等障礙物是否有整流效果，致生因撒水無法充分擴散之撒水障礙，且設置兩層式撒水頭是否搭配集熱板之比較實驗

根據兩層式撒水頭設置實驗結果得知，當一般反應型撒水頭位於 5.2m 時，無論遮蔽率 0%、35%、70%無法達到整流效果，而上層撒水頭既不穩定且即使作動也無法將下層火災達到滅火，因撒水頭設置過高，於此情況下設置是無法達到其撒水系統的功能。但位於上層之撒水頭仍可防範於風管、管線等障礙物上方之火災。且對於當一般反應型撒水頭位於 4m 時，其遮蔽率於 0%時，才能夠有效達到滅火之情形。但遮蔽率於 70%時，還是會造成部分撒水障礙，且火源只有部分達到滅火。因此，對於上方有障礙物時裝設兩層式撒水頭是會造成下層火災撒水滅火障礙，而須考量到設置高度才能使目前裝設一般反應型之撒水系統的有效性顯現出來。但若設置兩層式撒水頭可建議消防主管機關仍可訂定設置上層撒水頭進行控制風管、管線等障礙物上層火災之部分。但因下層會造成撒水障礙，因此仍須設置撒水頭於下層部分，且將自動撒水設備改採取探測器連動開放式撒水頭，並能有效的達到下層火災之防護機制。

第二節 建議

根據研究發現，本研究針對撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究，及各專家學者審查後提出下列具體建議，分別從立即可行之建議及中長期建議加以列舉。

建議一

修訂集熱板相關條文：立即可行之建議

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：內政部建築研究所

在本研究實驗與電腦模擬於集熱板相關有效性實驗結果發現，不管其有無裝設集熱板僅火源位於火羽流範圍內才能達到有效啟動滅火之情形。且針對於裝設集熱板，並未能有效增加撒水頭溫度，而現今美國、日本已經無相關集熱板之設置與法規規範。且根據實驗與模擬結果可與美國對於集熱板有效性得到相似之成果。因此，建議消防署以本案成果為修訂法規之草案依據，將各類場所消防安全設備設置標準第四十六條第二項第一款第四目以及第四十七條第二項進行修訂，其相關條文修訂請參閱附錄五。

建議二：

不同天花板高度及遮蔽條件下探測器及撒水頭有效作動與滅火效能測試之研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

針對不同天花板高度及遮蔽條件下探測器及撒水頭有效作動與滅火效能之掌握，將隨著集熱板之廢止使用而成為重要之議題，唯有進行全面性的探討與研究，方能提供如具風管等障礙物所造成撒水障礙之問題的解決。

附錄一 甄審會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表

內政部建築研究所 101 年度「撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究」

甄審會議記錄

甄審成員發言單及廠商回應一覽表

| 項次 | 甄審意見 | 廠商回應 |
|---------|--|---|
| 曹甄審成員文琬 | | |
| 1 | 撒水設備建置 FDS 模擬，考量集熱板設置之高度、距離、形狀、材質，再加上探測器、兩層撒水頭沖孔性天花板，請具體說明所需模擬之情境？ | 感謝委員建議，詳細之實驗規劃，將於集熱板之現況現勘後進行規劃，並於第 1 次專家座談會議討論。 |
| 2 | 請說明撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究，是針對施工規範（簡報第 12 頁），還是設置之法規及是否有必要去訂法規來規範。 | 本研究並未進行法規規範之制定，將著重於法規上規定之集熱板使用現況及存在必要性之探討。 |
| 江甄審成員崇誠 | | |
| 1 | 從相關文獻回顧中得知集熱板之使用具有相當之有效性，但美日卻對於集熱板之設置全盤否決，兩者似乎矛盾， | 感謝委員建議，將於集熱板使用等文獻蒐集及了解其背景條件後，分析探討其原因，以作為後續規劃參考。 |

| | | |
|---------|---|--|
| | 故建議本案日後應將上述二者文獻之背景強化撰述，供日後行政部門法條修訂上之參考。 | |
| 2 | 本案以 FDS 模擬，僅供作為各實驗條件訂定上之參考依據，為避免日後誤會模擬結果與實驗結果之一致性比較，故應於報告書中，明文敘述 FDS 模擬使用上之意義，而非比較研究。 | 本研究將於報告書中說明 FDS 為實驗規劃之參考資料，並非作為比對之用。 |
| 郭甄審成員詩毅 | | |
| 1 | 歐盟及日本相關文獻、法規建議蒐集參考。 | 本案將於研究中進行歐盟及日本相關文獻蒐集。 |
| 2 | 研究規劃的試驗所選擇的試驗變數，是否能涵蓋研究的內容，所規劃的試驗組數是否足夠？所得結果足以分析否？以達到研究的預期目標。 | 本研究實驗規劃，將於集熱板之現況現勘後進行規劃，並於第 1 次專家座談會議討論。 |
| 3 | 研究團隊成員（協同主持人及研究員）都具有豐富的相關領 | 謝謝委員指導。 |

| | | |
|---------|---|---|
| | 域經驗，對本研究計畫的完成有幫助。 | |
| 許甄審成員哲銘 | | |
| 1 | 本案研究過程與結果請呼應「研究計畫需求說明」之4個「預期成果及效益」。 | 本計畫執行參考委員意見，針對計畫需求進行研究。 |
| 2 | 本計畫實驗如何做？FDS要達到什麼成果？ | 本研究實驗規劃，將於集熱板之現況現勘後進行規劃，並於第1次專家座談會議討論，FDS則作為實驗規劃之參考資料。 |
| 3 | 實務上之已設置「集熱板」，有無符合法規？符合的及不符合的在實務上有無效果，應予以「實質上」的了解及證明，並可作為修法或刪除法規之依據。 | 集熱板有效性分析，於現勘及資料蒐集後，系統化地規劃目前實務遭遇之問題及分析解決方案，以作為法規條文修訂之參考依據。 |
| 4 | 有關「加裝探測器偵測」部分，對本研究有何關係，請釐清。 | 本案加裝探測器偵測之部分，僅作為部分解決方案之探討，並非針對不同主題進行深入之研究。 |

| | | |
|---------|--|--|
| 蘇甄審成員鴻奇 | | |
| 1 | 本計畫實驗內容之場景設定應依招標需求進行設計，例如，大賣場、倉庫等。 | 本研究實驗場景之選定，依委員意見，針對大賣場及倉庫等場所進行現況勘查，以作為後續研究及實驗之規劃內容之依據。 |
| 2 | 本研究實驗參數例如火源種類、位置等應配合前述空間設計。 | 實驗參數之設計及選定如前所述，現況勘查後，於第 1 次專家座談會議討論。 |
| 3 | 有關美日兩國已取消集熱板的設置，請研究團隊除了文獻的收集之外，請再深入以實驗數據證明集熱板的有效性。 | 感謝委員意見，於本研究中納入探討。 |
| 蔡甄審成員銘儒 | | |
| 1 | 請就設置施工提出具體規範條文草案。 | 會依委員意見針對施工提出具體條文說明。 |
| 2 | 請研提集熱板檢驗法草案(有設置必要時)。 | 將於研究中探討集熱板之檢驗方式。 |
| 3 | 請將詳細實驗規劃、實驗程序、實驗數據與實驗結果撰寫於報告書中，並將實驗數據、影像電子檔燒錄光碟送交本所。 | 將來所有之研究資料，燒錄至光碟送交貴所存查。 |

| | | |
|---|------------------------------|---------------------------------|
| 4 | 請將 FDS 模擬完整設定與模擬結果送交 1 份至本所。 | FDS 等之模擬結果完整送交貴所存查，以利未來研究對比及參考。 |
|---|------------------------------|---------------------------------|

附錄二 第一次專家座談會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表

內政部建築研究所 101 年度 「建築防火科技發展計畫及鋼骨鋼筋混凝土

構造火害及耐火性能設計研究計畫」第 2 案

「撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究」計畫

第一次專家座談會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表

| 項次 | 專家意見 | 意見回覆 |
|--------|---|---|
| 吳教授玉祥 | <ol style="list-style-type: none"> 實務上遮蔽率是如何計算?FDS 的理想遮蔽率與實驗上遮蔽率是否符合實務上的遮蔽率計算值? 實驗參數一:利用遮蔽率 0%，火源大小 1800kw，撒水頭 3m。因 FDS 先前模擬結果:當火源大到 1.8MW 時，其有無裝設集熱板與撒水頭高度位置，其作動時間皆為一致。建議將實驗參數一之火源大小降低，以實測是否加集熱板可以有效動作。 | <ol style="list-style-type: none"> 本研究實務上遮蔽率是計算集熱板被遮蔽之百分比，而 FDS 遮蔽率為樓板面積遮蔽百分比。經委員意見後，將會修訂實務上遮蔽率百分比為樓板面積百分比。以符合實務上之情形。 感謝委員意見，實驗火源依據之大小會再進行調整，以利於比較集熱板之有效動作之情形。 |
| 林理事長世昌 | <ol style="list-style-type: none"> 建議遮蔽率的定義:集熱板與遮蔽率之間距離，是否有限制條件，其限制條件是否比照，撒水頭安裝的限制條件。 確認法規的正確性:法規對撒水頭安裝在天花板下方 30 公分範圍內，可否比較無集熱板前提下，30 公分、40 公分、50 公分，對撒水頭動作時間的影響，是否超過 30 公分，撒水頭就不動作。 確認集熱板的功效:集熱板直徑 30 公分、40 公分、50 公分，在 FDS 模擬中有何影響，當集熱板變大，會如同天花板效果。 確認沖孔性集熱板的功效，可以建議主管機關採納:集熱板沖孔 | <ol style="list-style-type: none"> 感謝委員建議，本研究目前模擬條件集熱板與遮蔽物並無差距之情形所得模擬結果。後續會進行當遮蔽物與集熱板有差距之情形。 本研究於現況一之情形，以比較有無集熱板撒水頭距離天花板下方 10 公分、30 公分、40 公分之動作影響性，當撒水頭位於天花板下方 10 公分時其有無裝設集熱板動作時間較無影響性，而當撒水頭位於天花板下方 30 公分時，反而有裝設集熱板位於 600 秒沒有達到作動之情形，當撒水頭位於天花板下方 40 公分時，不管有無裝設集熱板皆於 |

| | | |
|---------------------|--|---|
| | <p>在導引熱氣流，紅外線熱顯像儀來顯示熱氣流方向，並對照集熱板無沖孔下的熱氣流方向。</p> | <p>600 秒未達到作動之情形。</p> <p>3. 感謝委員意見，因集熱板直徑增大之效果，蘇崇輝助理教授已於 2007 進行將集熱板直徑增大至 40 公分與 60 公分其撒水頭作動時間皆為 150 秒內動作。因此本研究將不進行此類模擬情境之探討性質，但於實驗中會利用不同集熱板之型式進行其集熱板大小之影響性。</p> <p>4. 感謝委員意見，本研究後續實驗情況也會針對沖孔性天花板是否會有整流之效果進行相關實驗，也會利用紅外線熱顯像儀進行拍照與錄影以顯示氣流流動方向之情形。</p> |
| <p>李工程顧問 廷遠</p> | <p>1. 當遮蔽物達 70%~90%場所，實驗所設置四個撒水頭，其撒水頭上方是否有遮蔽物，還是無遮蔽物？還是有無遮蔽物均相同？</p> <p>2. 本次討論集熱板與撒水頭動作相互影響關係，是否不同動作 RTI 的撒水頭而有不同狀況。集熱板在「各類場所消防安全設備設置標準」第 47 條第一項第八款所提集熱板為金屬材質，只要是金屬材質即可，還是有特定材質的金屬材質？其集熱板有無其形式之定義？</p> <p>3. 如簡報所提林一聲建築師引用日本與美國在 2010 均以取消集熱板的設置，是否可了解其取消設置集熱板之原因？先進國家均以刪除集熱板使用，那麼「各類場所消防安全設備設置標準」第 47 條所提集熱板是否藉此研究做以討論設置與否。</p> | <p>1. 本研究實驗所設計之遮蔽率百分比是依照天花板面積平均分布遮蔽物，而模擬情境只依據四顆撒水頭是否有達到作動之基準，並未進行此類相關探討，但於後續實現時，將會進行兩顆撒水頭位於障礙物正下方與兩顆撒水頭位於障礙物中間，進行探討與比較其影響性。</p> <p>2. 本研究模擬與實驗將使用 RTI 為 80 撒水頭進行探討。而當 RTI 越大時，其作動時間越慢。而本研究後續實驗也會進行不同集熱板之比較情形。</p> <p>3. 感謝委員建議，會再進行日本與美國相關取消集熱板之文獻蒐集以藉此討論是否設置集熱板。</p> |
| <p>邱教授文豐</p> | <p>1. 建議探討各型天花板不同遮蔽率狀況下，熱氣流的影響(樓板</p> | <p>1. 感謝委員建議，後續實驗會於樓板下方與天花板下方設置探測</p> |

| | | |
|---------------------------------------|---|---|
| | <p>下方及天花板下方測點)，以及 2. 模擬及未來實驗，建請注意任兩 顆撒水頭最大間距能依據「各類 場所消防安全設備設置標準」第 46 條規定。</p> | <p>點並進行相關撒水水量分布之 測試。 2. 感謝委員意見，後續模擬與實驗 將會修正兩顆撒水頭最大間 距，並依「各類場所消防安全設 備設置標準」第 46 條設置。</p> |
| <p>高榮譽理事 長士峰</p> | <p>1. 實驗設定(設定參數及內容應留 意)應符合預期目標，其設置標 準參數應有正確方向。</p> | <p>1. 感謝委員意見，本研究後續模擬 與實驗將會回歸到預期目標之 成果。</p> |
| <p>許組長哲銘</p> | <p>1. 實際之研究情形應依研究計畫 內容來做，否則情形很豐富，不 能呼應研究計畫內容及預期成 果效益亦是無甚麼用處。所以研 究情形一定要符合研究計畫內 容四大項。 2. 研究情形引用法規及解釋令要 引用得宜，不宜片斷或缺失，如 引用「各類場所消防安全設備設 置標準」第 47 條之條文。 3. 國內外設置集熱板之案例雖蒐 集，但法規規範可再多蒐集。 4. 集熱板之材質、型式似乎尚未蒐 集。 5. 目前研究情形有部分呼應「實驗 效果」及「有效性」，但對該項 下有三小項似未完全觸及，如 下： (1)貨架撒水頭集熱板之動作及 防護情形仍為探討其「實際設置 之有效性如何」？ (2)有設置與未設置集熱板，比 較其撒水頭動作有效性，令實驗 要分析撒水頭存在 fire plume 及未在 fire plume 之範圍。 (3)撒水頭下方有沖孔性天花板 之障礙等情形亦應探討。 6. 內政部民國 99 年 3 月 15 日消防 法令執法疑義研討會提案三之 決議附件可參考。</p> | <p>1. 感謝委員意見，本研究後續模擬 與實驗將會依研究計畫內容之 預期成果進行。 2. 感謝委員意見，本研究引用法規 及解釋令將會注意其法規與解 釋令之完整性。 3. 感謝委員建議，本研究後續會再 針對國內外法規規範進行蒐集 並加以探討。 4. 感謝委員建議，本研究後續將會 蒐集集熱板相關材質與型式並 加以彙整於報告中。 5. 感謝委員意見，本研究後續進行 實驗之部分，將會進行貨架式撒 水頭、現今實務上設置集熱板之 情形、撒水頭側面有樑之情況以 及撒水頭下方有沖孔性天花板 之障礙四種不同情況之實驗進 行探討與分析。 6. 感謝委員建議，將會內政部民國 99 年 3 月 15 日消防法令執法疑 義研討會提案三之決議附件，以 利於本研究進行參考。 7. 感謝委員意見，本研究後續將會 進行美國與日本廢除之原因與 相關法規規範。 8. 感謝委員意見，本研究先行進行 模擬探討實務上設置集熱板之 情形，後續實驗部分將會回歸於 研究計畫內容之預期成果四大</p> |

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | |
|---------------|---|--|
| | <ol style="list-style-type: none"> 7. 美日法規(2010年版)以全盤否決集熱板的存在,建議以前有無法規存在之情形,為何因素廢除或從未規定呢? 8. 目前研究實驗情形著重在遮蔽率之有無及遮蔽率大小,是否回歸到研究計畫內容四大項目。 | <p>項目之執行。</p> |
| <p>曾理事長順正</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 依主持人意見:應與消防署溝通所需成果為何。 2. 各個撒水頭型式不一,建議增加溫度測量點。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照委員意見,本研究計畫預期成果四大項目將會進行實驗進行相關之驗證與探討。 2. 遵照委員意見,本研究後續實驗將會進行溫度之探測點量測,以利於分析撒水頭附近之溫度。 |

附錄三 期中審查會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表

內政部建築研究所 101 年度 「建築防火科技發展計畫及鋼骨鋼筋混凝土

構造火害及耐火性能設計研究計畫」第 2 案

「撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究」計畫

期中審查會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表

| 項次 | 專家意見 | 意見回覆 |
|-------------|--|---|
| 李副研究員 其忠 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書有關蒐集撒水設置集熱板設計案例，僅為國內及大陸，請再蒐集歐美日等國資料。 2. 目前僅蒐集國內及大陸撒水頭集熱板之材質、形式及配置情形，請再蒐集歐美日等國資料。 3. 請將內政部 99 年 3 月 15 日消防法令執法疑義研討會提案三之決議附件納入報告書內。 4. 本案實驗規劃請將集熱板之材質及形式納入考量。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，將持續蒐集歐美日等國有關撒水設置集熱板設計案例與撒水頭集熱板之材質、形式等資料。 2. 感謝委員建議，會將其納入報告書內。 3. 感謝委員建議，會將其納入報告書內。 4. 感謝委員建議，將考量於實驗時納入實驗中。 |
| 黃理事長秀 莊 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 從報告書中世界各國尚有完整法令參考，則必須從測試中取得適合設置之標準尺寸以擬定法令規範，所以測試需要多次，以求得合適距離尺寸及遮蔽率，俾供主管機關作為制定法令之依據。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，會於實驗中進行多次試驗，並依實驗結果分析檢討，以利於後續提供主管機關修法之依據。 |
| 馮主任秘書 俊益 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 目前資料中尚無撒水頭下方有沖孔性天花板之實驗分析說明，盼能依規劃盡速進行。 2. 後續法規增修條文之研議，建議應一併考量現行設置集熱板無效場所之改善方案。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，本研究已計畫於 7、8 月進行沖孔性天花板實驗之分析。 2. 感謝委員建議，後續會提出現行設置集熱板無效場所之改善方案。 |
| 林理事長世 昌 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 第二層撒水頭裝置是否有效，在目前消防法規有規定風管寬度大於 1.2 公尺要於風管下方安裝第二層撒水頭，請研究團隊能 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，會先以模擬進行探討。 2. 感謝委員建議，會於整流板實驗時進行撒水分布以利於分析其 |

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | |
|-------------|--|---|
| | <p>夠進行實驗或模擬來取得數據，對工程實務面有助益。</p> <p>2. 撒水頭下方 45 公分內不得有障礙物有關障礙物，大部分是吊架或懸吊多孔性天花板，請研究團隊能夠進行實驗或模擬出多少比例的透空率，不影響放水密度及滅火效果。</p> <p>3. 遮蔽率的計算方式要先說明。例如：為多大範圍為分母與撒水頭有效防護面積是否有關聯。</p> | <p>影響滅火之效果。</p> <p>3. 感謝委員意見，後續會於報告書中補上遮蔽率之計算方式。</p> |
| 林教授宜君 | <p>1. 實驗設計設定的參數及模擬條件宜有說明國內外依據其設置標準參考原則，並應符合預期目標。</p> <p>2. 請增加外文期刊書籍文獻。</p> | <p>1. 感謝委員意見，後續實驗相關設置都是依照各類場所消防安全設備設置標準所設置來進行實驗。</p> <p>2. 感謝委員建議，會再蒐集相關外文文獻資料。</p> |
| 陳副理事長 崇賢 | <p>1. 依初步實驗結果，有無集熱板似乎無差別（僅遮蔽率 70%以上有差別）與現行法規具挑戰性。建議實驗數據應再增加，並與有無集熱板再做對比性的實驗，提出結果後，再做為法規建議。</p> | <p>1. 感謝委員建議，會於實驗中持續進行有無集熱板之對比性的比較，所得結果，提供可供相關法規之參考建議。</p> |
| 陳組長建忠 | <p>1. 以第一次專家會議許組長所提供的意見，請持續詳細的進行令研究專家所運用。</p> <p>2. 試驗時宜模擬評估最密、最寬的條件來提供使用者參考。</p> | <p>1. 感謝委員建議，會依照許組長給予意見進行本研究案之執行，以利給予相關專家所運用。</p> <p>2. 感謝委員意見，實驗時所配置為法規配置來進行相關實驗與模擬。</p> |

附錄四 第二次專家座談會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表

內政部建築研究所 101 年度 「建築防火科技發展計畫及鋼骨鋼筋混凝土

構造火害及耐火性能設計研究計畫」第 2 案

「撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究」計畫

第二次專家座談會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表

| 項次 | 專家意見 | 意見回覆 |
|--------------|--|--|
| 溫維謙顧問 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 實驗結果，法規所訂的集熱板均無效果，建議將本實驗成果做為取消集熱板法規之依據。 2. 全程實驗過程很詳實，值得肯定。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員肯定，將會將實驗結果由此案提出修訂集熱板法規之依據。 |
| 李工程顧問 廷遠 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 簡報內容中所實驗數值是採一顆撒水頭放射高度，是否可以增加四顆撒水頭模式放射，以比較一顆與四顆實驗結果比較。 2. 密閉式撒水頭動作均在 4 公尺，反觀 5.2 公尺與 3 公尺卻未作動，實驗數值與各類場所設置標準第四十七條條文內容不相符，是否在於實驗時能否將撒水頭作動高度範圍標出。 3. 關於集熱板於實驗中反映似乎無法顯示其功能，是否能參考國外法規對於集熱板之可行性。若是國外已取消集熱板，又與本次研究佐證集熱板無其必要，能否建議消防機關納入法規修正。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，後續將會補上採用四顆撒水頭放射模式之實驗結果加以比較。 2. 感謝委員意見，會於實驗內容部分補上撒水頭高度範圍。 3. 感謝委員建議，將會繼續努力蒐集相關可以佐證集熱板無效之國外法規。 |
| 高榮譽理事 長士峰 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 此計畫執行實驗成果值得肯定，建議將實驗結果提出為取消集熱板法規之依據。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員肯定，將會將實驗結果由此案提出修訂集熱板法規之依據。 |

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | |
|---------------|---|---|
| <p>蔡建築師仁毅</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 現有實驗顯示，集熱板對撒水設備並無直接之影響，此一實驗結果與國外之情境模擬是否相同，是否可參考國外(尤其日本)之相關經驗來做交叉比較，並藉以印證本研究之合理性。 2. 本案未來將作為消防署修法之建議，故宜將研究結果於未來之條文中提出條文之草案，並供主管機關(消防署)參考。 3. 如有本階段無法完成事宜，及修法建議亦可建議建研所可納維下階段研究之參考。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，於文獻回顧已經蒐集美國相關集熱板實驗，其皆已證實集熱板是一個無效之設備。 2. 感謝委員建議，會於未來之條文中提出相關條文之草案，並與消防署緊密聯繫。 3. 感謝委員建議，若有相關研究會提出於建研所明年度計畫案之執行。 |
|---------------|---|---|

附錄五 期末審查會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表

內政部建築研究所 101 年度 「建築防火科技發展計畫及鋼骨鋼筋混凝土

構造火害及耐火性能設計研究計畫」第 2 案

「撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究」計畫

期末審查會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表

| 項次 | 專家意見 | 意見回覆 |
|-------------|--|--|
| 林理事長世昌 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 遮蔽率的定義要明確，讓消防工程人員容易解讀研究報告。 2. 集熱板在實務面誤用已久，本研究案可以解決主管機關長久的疑慮。 3. 撒水頭 5.2 公尺以上在研究報告上，有滅火困難的實驗結論。這點有與國外的撒水頭技術資料相異，值得再說明其研究背景撒水頭試驗 K 值等資料，避免消防工程人員誤解實驗結果。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，已將遮蔽率定義明確表現於報告書中第五十頁，請參閱。 2. 感謝委員對本研究案認同與肯定。 3. 感謝委員意見，已將相關撒水頭 K 值等資料補充於報告書中第五十三頁，請參閱。 |
| 中華民國全國建築師公會 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 經由本研究確定集熱板為無效，請消防署進行刪除相關條文。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員對本研究案認同與肯定。 |
| 內政部消防署 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 針對第十七頁引用 NFPA 1997 年的研究，其現行法令是否修正。 2. 於國內文獻有提出將集熱板進行改善後有功效之顯現，且於遮蔽率的結果也顯示部分裝設集熱板之撒水頭有作動之情形，就這部分就將國內集熱板條文廢除是否適宜。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，會再進行確認現行法令是否修正。 2. 感謝委員意見，本研究對於 FDS 模擬以及文獻部分顯示，有設置集熱板之撒水頭或未裝設集熱板之撒水頭均須位於火羽流範圍內，才能達到其有效作動，故顯示集熱板之蓄熱效果並不明顯。因此建議國內集熱板條文進行廢除，避免擴大濫用之情形。 |

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

| | | |
|---------|---|--|
| 林教授宜君 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 針對(第 65 頁)於兩層式撒水頭情境一至十一實驗結果建議搭配偵煙式探測器連動預動式撒水系統，但在本研究摘要重要發現卻建議改用探測器連動開放式撒水系統，兩者所採用系統不一致，請修正補充原由說明。 2. 表 3-3 及第 29、30 頁 FDS 之模擬條件如場所規模、用途、火載量、火源大小(位置、熱釋放率)參數，請補充其參考依據來源?為何與內政部建築研究所防火實驗中心所實驗條件設計不一，兩者存有差異如何作理論與實驗比對。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，已進行修正。 2. 感謝委員意見，本案之 FDS 電腦模擬為初步之觀察與驗證，而實驗依其進行修正實驗方法，再以實際實驗結果分析後，得出集熱板確實為無效之設計。 |
| 向科長永財 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 本案經研究小組檢討分析國、內外撒水頭設置集熱板設計相關案例，對於集熱板之有效性於模擬與實驗部份，證實裝設集熱板未能增加撒水頭蓄熱效果，並發現目前國內設置集熱板之情形皆為無效。 2. 消防安全設備設置應考量實務面之效果為宜，本案件請主管機關針對「各類場所消防安全設備設置標準」有關集熱板相關條文修訂。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員對本研究案認同與肯定。 2. 感謝委員建議，已將有關集熱板相關條文修訂於報告書中附錄六，以利相關主管機關進行參考之依據。 |
| 黃理事長秀莊 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 已於實驗中進行多次試驗，請依實驗結果分析檢討，俾利於後續提供主管機關修法之依據。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員對本研究案認同與肯定。 |
| 馮主任秘書俊益 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 已詳盡分析國內外設置集熱板現況。 2. 已分析實驗集熱板實效及有效性。 3. 已提出修法具體建議修文草案。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員對本研究案認同與肯定。 |
| 邵教授佩君 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 在探討集熱板之效用時，除了 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見，對於不同材質 |

附錄五 期末審查會議紀錄-專家意見及意見回覆一覽表

| | | |
|--------------|---|---|
| | <p>集熱板上方天井遮蔽率之考量外，是否未來也可放入遮蔽材質之影響參數？</p> <p>2. 加壓水量與貨架式置放物品之關係，是否也應探討，因物品種類會影響火勢，也直接影響加壓、水量之大小。</p> <p>3. 實驗條件、規格、撒水頭類型與裝設基準應說明清楚，避免實驗結果會被誤解。</p> | <p>之遮蔽率以及各種不同條件下並非本案研究之探討內容且限於經費有限，但會於成果報告書中建議提出作為未來計畫之方針。</p> <p>2. 感謝委員意見，本研究因經費有限，實驗之撒水頭 K 值以及放射壓力等皆採用法規規定之極限值進行判斷其滅火效果。</p> <p>3. 感謝委員意見，已將</p> |
| <p>林組長建宏</p> | <p>1. 將實驗環境、參數等條件，請描述清楚以利參考人員了解其限制條件。</p> <p>2. 有關於條文修正之部分，請擬定原條文與欲修正之條文進行比對，以利於後續相關人員討論。</p> | <p>1. 感謝組長之建議，已經將部分實驗環境、參數等條件，修正於報告書中。</p> <p>2. 感謝組長之建議，已將條文修正之部分，擬定於報告書中附錄六中，以利相關主管機關參考。</p> |

附錄六 各類場所消防安全設備設置標準修訂條文內容

原
條
文

第四十六條 撒水頭，依下列規定配置：

一、戲院、舞廳、夜總會、歌廳、集會堂等表演場所之舞臺及道具室、電影院之放映室或儲存易燃物品之倉庫，任一點至撒水頭之水平距離，在一點七公尺以下。

二、前款以外之建築物依下列規定配置：

(一)一般反應型撒水頭(第二種感度)，各層任一點至撒水頭之水平距離在二點一公尺以下。但防火構造建築物，其水平距離，得增加為二點三公尺以下。

(二)快速反應型撒水頭(第一種感度)，各層任一點至撒水頭之水平距離在二點三公尺以下。但防火構造建築物，其水平距離，得增加為二點六公尺以下。

三、第十二條第一款第三目、第六目、第二款第七目、第五款第一目等場所之住宿居室、病房及其他類似處所，得採用小區劃型撒水頭(以第一種感度為限)，任一點至撒水頭之水平距離在二點六公尺以下，且任一撒水頭之防護面積在十三平方公尺以下。

四、前款所列場所之住宿居室等及其走廊、通道與其類似場所，得採用側壁型撒水頭(以第一種感度為限)，牆面二側至撒水頭之水平距離在一點八公尺以下，牆壁前方至撒水頭之水平距離在三點六公尺以下。

五、中央消防主管機關認定儲存大量可燃物之場所天花板高度超過六公尺，或其他場所天花板高度超過十公尺者，應採用放水型撒水頭。

六、地下建築物天花板與樓板間之高度，在五十公分以上時，天花板與樓板均應配置撒水頭，且任一點至撒水頭之水平距離在二點一公尺以下。但天花板以不燃性材料裝修者，其樓板得免設撒水頭。

第十七條第一項第六款之高架儲存倉庫，其撒水頭依下列規定配置：

一、設在貨架之撒水頭，應符合下列規定：

(一)任一點至撒水頭之水平距離，在二點五公尺以下，並以交錯方式設置。

(二)儲存棉花類、塑膠類、木製品、紙製品或紡織製品等易燃物品時，每四公尺高度至少設置一個；儲存其他物品時，每六公尺高度至少設置一個。

(三)儲存之物品會產生撒水障礙時，該物品下方亦應設置。

(四)設置符合第四十七條第二項規定之集熱板。但使用經中央主管機關認可之貨架撒水頭者，不在此限。

二、前款以外，設在天花板或樓板之撒水頭，任一點至撒水頭之水平距離在二點一公尺以下。

第四十七條 撒水頭之位置，依下列規定裝置：

一、撒水頭軸心與裝置面成垂直裝置。

二、撒水頭迴水板下方四十五公分內及水平方向三十公分內，應保持淨空間，不得有障礙物。

三、密閉式撒水頭之迴水板裝設於裝置面（指樓板或天花板）下方，其間距在三十公分以下。

四、密閉式撒水頭裝置於樑下時，迴水板與樑底之間距在十公分以下，且與樓板或天花板之間距在五十公分以下。

五、密閉式撒水頭裝置面，四周以淨高四十公分以上之樑或類似構造體區劃包圍時，按各區劃裝置。但該樑或類似構造體之間距在一百八十公分以下者，不在此限。

六、使用密閉式撒水頭，且風管等障礙物之寬度超過一百二十公分時，該風管等障礙物下方，亦應設置。

七、側壁型撒水頭應符合下列規定：

(一)撒水頭與裝置面（牆壁）之間距，在十五公分以下。

(二)撒水頭迴水板與天花板或樓板之間距，在十五公分以下。

(三)撒水頭迴水板下方及水平方向四十五公分內，保持淨空間，不得有障礙物。

八、密閉式撒水頭側面有樑時，依下表裝置。

| | | | | |
|--------------------|-------|----------------|------------------|--------|
| 撒水頭與樑側面淨距離 (公分) | 74 以下 | 75 以上 99 以下 | 100 以上 149 以下 | 150 以上 |
| 迴水板高出樑底面尺寸 (公分) | 0 | 9 以下 | 14 以下 | 29 以下 |

前項第八款之撒水頭，其迴水板與天花板或樓板之距離超過三十公分時，

依下列規定設置集熱板。

一、集熱板應使用金屬材料，且直徑在三十公分以上。

二、集熱板與迴水板之距離，在三十公分以下。

修
訂
條
文

第四十六條 撒水頭，依下列規定配置：

一、戲院、舞廳、夜總會、歌廳、集會堂等表演場所之舞臺及道具室、電影院之放映室或儲存易燃物品之倉庫，任一點至撒水頭之水平距離，在一點七公尺以下。

二、前款以外之建築物依下列規定配置：

(一)一般反應型撒水頭(第二種感度)，各層任一點至撒水頭之水平距離在二點一公尺以下。但防火構造建築物，其水平距離，得增加為二點三公尺以下。

(二)快速反應型撒水頭(第一種感度)，各層任一點至撒水頭之水平距離在二點三公尺以下。但防火構造建築物，其水平距離，得增加為二點六公尺以下。

三、第十二條第一款第三目、第六目、第二款第七目、第五款第一目等場所之住宿居室、病房及其他類似處所，得採用小區劃型撒水頭(以第一種感度為限)，任一點至撒水頭之水平距離在二點六公尺以下，且任一撒水頭之防護面積在十三平方公尺以下。

四、前款所列場所之住宿居室等及其走廊、通道與其類似場所，得採用側壁型撒水頭(以第一種感度為限)，牆面二側至撒水頭之水平距離在一點八公尺以下，牆壁前方至撒水頭之水平距離在三點六公尺以下。

五、中央消防主管機關認定儲存大量可燃物之場所天花板高度超過六公尺，或其他場所天花板高度超過十公尺者，應採用放水型撒水頭。

六、地下建築物天花板與樓板間之高度，在五十公分以上時，天花板與樓板均應配置撒水頭，且任一點至撒水頭之水平距離在二點一公尺以下。但天花板以不燃性材料裝修者，其樓板得免設撒水頭。

第十七條第一項第六款之高架儲存倉庫，其撒水頭依下列規定配置：

一、設在貨架之撒水頭，應符合下列規定：

(一)任一點至撒水頭之水平距離，在二點五公尺以下，並以交錯方式設置。

(二)儲存棉花類、塑膠類、木製品、紙製品或紡織製品等易燃物品時，每四公尺高度至少設置一個；儲存其他物品時，每六公尺高度至少設置一個。

(三)儲存之物品會產生撒水障礙時，該物品下方亦應設置。

二、前款以外，設在天花板或樓板之撒水頭，任一點至撒水頭之水平距離在二點一公尺以下。

第四十七條 撒水頭之位置，依下列規定裝置：

一、撒水頭軸心與裝置面成垂直裝置。

二、撒水頭迴水板下方四十五公分內及水平方向三十公分內，應保持淨空間，不得有障礙物。

三、密閉式撒水頭之迴水板裝設於裝置面（指樓板或天花板）下方，其間距在三十公分以下。

四、密閉式撒水頭裝置於樑下時，迴水板與樑底之間距在十公分以下，且與樓板或天花板之間距在五十公分以下。

五、密閉式撒水頭裝置面，四周以淨高四十公分以上之樑或類似構造體區劃包圍時，按各區劃裝置。但該樑或類似構造體之間距在一百八十公分以下者，不在此限。

六、使用密閉式撒水頭，且風管等障礙物之寬度超過一百二十公分時，該風管等障礙物下方，亦應設置。

七、側壁型撒水頭應符合下列規定：

(一)撒水頭與裝置面（牆壁）之間距，在十五公分以下。

(二)撒水頭迴水板與天花板或樓板之間距，在十五公分以下。

(三)撒水頭迴水板下方及水平方向四十五公分內，保持淨空間，不得有障礙物。

八、密閉式撒水頭側面有樑時，依下表裝置。

| | | | | |
|--------------------|-------|----------------|------------------|--------|
| 撒水頭與樑側面淨距離 (公分) | 74 以下 | 75 以上 99 以下 | 100 以上 149 以下 | 150 以上 |
| 迴水板高出樑底面尺寸 (公分) | 0 | 9 以下 | 14 以下 | 29 以下 |

修
訂
原
因

根據內政部建築研究所 101 年度「建築防火科技發展計畫及鋼骨鋼筋混凝土構造火害及耐火性能設計研究計畫」第 2 案「撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究」計畫研究成果顯示出，集熱板是無法增加撒水頭溫度，且無蓄熱之效果，並無設置之必要性。

因此，建議各類場所消防安全設備設置標準進行集熱板之廢除並將法規擬定於內政部建築研究所 101 年度「建築防火科技發展計畫及鋼骨鋼筋混凝土構造火害及耐火性能設計研究計畫」第 2 案「撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究」計畫研究成果報告書附錄六，以利於相關主管機關參考。

參考書目

- 【1】蘇崇輝、吳健璋、陳國基，自動撒水系統集熱板集熱效應之有效性分析，2011，中華水電冷凍空調月刊 100 年 03 月。
- 【2】內政部消防署，各類場所消防安全設備設置標準，2012。
- 【3】大陸，自動噴水滅火系統設計規範，2005。
- 【4】大陸，高、大型建築自動消防設計探討廈門中建東北設計院。www.zuowenw.com
- 【5】大陸，汽車庫、修車庫、停車場設計防火規範，1998。
- 【6】陳文龍，高架儲存倉庫自動撒水設備等的設置及比較，消防技術資訊月刊 p22，1997 年第 5 期。
- 【7】蘇崇輝、劉俊豪、鐘豐安、黃建智，撒水裝置集熱板之及熱效應分析，p337-p342，2007。
- 【8】林一聲，談撒水頭集熱板的存廢，2011，中華水電冷凍空調月刊 100 年 1 月。
- 【9】UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION OFFICE OF NUCLEAR REACTOR REGULATION WASHINGTON, D.C. 20555-0001，2002。
- 【10】NFPA 13, “Standard for the Installation of Sprinkler Systems,” National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts. °
- 【11】NFPA 231C, “Rack Storage of Materials,” 1998 edition, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts. °
- 【12】Fleming, Russell P., “High-On Sprinklers,” Part II, Sprinkler Quarterly, Spring 1989, p 21 °
- 【13】McCormick, J.W., and DeMonbrun, J.R., “Experiments With Sprinkler Head Canopies for Fire Protection, Oak Ridge Y-12 Plant,” U.S. Atomic Energy Commission Y-JA-96 July 2, 1973 °

- 【14】 Shanley, J. H. , and Budnick, E.K., “A Study of the Utility of Heat Collectors in Reducing the Response Time of Automatic Fire Sprinklers located in Production Modules of Building 707,” RFP-4874, Hughes Associates, Inc., January 1990 。
- 【15】 NFPA 15, “Water-Spray Fixed Systems for Fire Protection,” National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts 。
- 【16】 吳冠廷，歌劇院等大型空間避難性能化設計探討，長榮大學，職業安全與衛生學系研究所，2011 。
- 【17】 Gunnar Heskestad, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 3th edition, National Fire Protection Association, Quincy MA ，2002 。
- 【18】 陳泓翔，火警探測器之性能化設計，長榮大學，職業安全與衛生學系研究所，2006 。
- 【19】 林杰宏，建築防煙技術及實驗研究(I)排煙與撒水設備交互影響特性，2002 。
- 【20】 NFPA 92B, “Guide for Smoke Management System in Malls”, Atria, and Large Areas, National Fire Protection Association ，2002 。
- 【21】 陳清峰，特殊空間煙控系統之性能化評估，長榮大學，職業安全與衛生學系研究所，2006 。
- 【22】 National Institute of Standards Technology, “ Fire Dynamics Simulator (Version 4)-User’s Guide” ，2002.

撒水設備集熱板設置探討及法規擬定研究

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：陳建忠、何三平、簡賢文

出版年月：101年12月

版次：第1版

ISBN 978-986-03-4374-8 (平裝)

ISBN : 978-986-03-4374-8