

防火遮煙門輕量化技術開發及性能 驗證

資料蒐集分析報告

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 111 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)

11115B0002

防火遮煙門輕量化技術開發及性能 驗證

資料蒐集分析報告

研究主持人： 王順治

協同主持人： 林大惠

研 究 員： 詹家旺、王天志、陳佳玲、陳俊貴

研究助理： 許哲明、葉冠廷

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 111 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.....	VII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究方法與過程.....	2
第三節 研究進度及預期完成之工作項目.....	3
第二章 文獻分析.....	5
第一節 建築技術規則分析.....	5
第二節 建築用防火門同型式判定原則.....	8
第三節 相關中華民國國家標準(CNS)試驗法.....	18
第四節 防火門種類與文獻分析.....	22
第三章 防火門資料蒐集與統整.....	33
第一節 性能規格評定書彙整與分析.....	33
第二節 防火門各部件規格統計.....	42
第三節 研究標的說明.....	48
第四章 防火門遮焰與阻熱性能測試.....	49
第一節 實驗設備與標準.....	49
第二節 試體規劃與架設.....	54
第三節 試體遮焰與阻熱性能試驗.....	61
第四節 阻熱性能數值模擬分析.....	75
第五章 新型材料開發技術測試分析.....	81
第一節 實驗設備與標準.....	81
第二節 試體規劃與架設.....	81
第三節 試體遮焰與阻熱性能試驗.....	82
第四節 實尺寸門扇實驗.....	83
第六章 結論與建議.....	87
第一節 結論.....	87
第二節 建議.....	89
附件一.....	91

附件二.....	94
附件三.....	104
附件四.....	120
附件五.....	124
附件六.....	128
附件七.....	128
附件八.....	128
參考書目.....	142

表次

表 1-1 計畫進度表	3
表 1-2 查核表	4
表 3-1 防火門及建築用門遮煙性能評定書統計	35
表 3-2 防火門重量佔比範圍	36
表 3-3 中心材種類彙整	42
表 3-4 層間材種類彙整	43
表 3-5 材料規格比較	44
表 3-6 扇面板種類彙整	46
表 4-1 總試體參數彙整	55
表 4-2 試驗用材料規格彙整	56
表 4-3 各試體概況統整	63
表 4-4 試體概況描述(一)	66
表 4-5 試體概況描述(二)	68
表 4-6 試體概況描述(三)	70
表 4-7 試體概況描述(四)	72
表 4-8 試體阻熱性試驗結果整理	73
表 4-9 模擬材料參數彙整	76
表 5-1 實尺寸門扇各部位尺寸規格	82

圖次

圖 2-1 標準時間—溫度曲線圖例.....	18
圖 2-2 非曝火面熱電偶位置(單扇門 1,200 mm) 一般布置圖 例	19
圖 2-3 測試艙(範例)	21
圖 2-4 木質防火門種類	22
圖 2-5 鋼質防火門種類	23
圖 2-6 門樁型式種類	23
圖 2-7 鉸鏈種類型式	24
圖 2-8 關門器種類型式	24
圖 2-9 門鎖種類型式	24
圖 2-10 膨脹填縫條	25
圖 3-1 性能規格評定書-門扇材質種類統計	33
圖 3-2 木製防火門主要各部位重量佔比.....	36
圖 3-3 鋼製防火門主要各部位重量佔比.....	37
圖 3-4 木製防火門中心材使用之佔比.....	38
圖 3-5 鋼製防火門中心材使用之佔比.....	39
圖 3-6 木製防火門層間材使用之佔比.....	39
圖 3-7 鋼製防火門層間材使用之佔比.....	40
圖 4-1 小型門牆耐火加熱爐	49
圖 4-2 門牆耐火加熱爐	50
圖 4-3 試驗框架示意圖	51
圖 4-4 變形量量測建議位置(單扇門組件)圖例.....	53
圖 4-5 試體縱切面示意圖	54
圖 4-6 試體內部中心材及層間材	58
圖 4-7 試體架設過程	60
圖 4-8 小型門牆耐火加熱爐升溫曲線.....	61
圖 4-9 中心材+層間材+中心材之試驗數據結果比較	66

圖 4-10 層間材+中心材+層間材之試驗數據結果比較(一) ..	68
圖 4-11 層間材+中心材+層間材之試驗數據結果比較(二) ..	70
圖 4-12 層間材+中心材+層間材之試驗數據結果比較(一) ..	72
圖 4-13 Ansys Fluent 模擬對象	75
圖 4-14 模擬試體及介面示意圖	76
圖 4-15 試體模擬結果比較	78
圖 4-16 模擬試體表面溫度	78
圖 5-1 新型材料試體架設	80
圖 5-2 新型材料試體非曝火面溫度量測結果	81
圖 5-3 實尺寸門扇曝火面及非曝火面示意圖	83
圖 5-4 實尺寸門扇之實驗數據結果	84

摘要

關鍵字：防火門、阻熱性能、輕量化、同型式判定原則

一、研究起源

近年發生多起火災有關的新聞案件，其中造成重大意外傷亡的，往往跟防火區劃的設置安全與否有著重要的關係。建築技術規則建築設計施工編第 79 條等規定，防火構造建築物內之挑空部分、昇降階梯間、安全梯之樓梯間、昇降機道、垂直貫穿樓板之管道間及其他類似部分，應以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備與該處防火構造之樓地板形成區劃分隔。

現今流通在市面上的防火門，其重量普遍相當大，造成了耐用性和啟閉困難的缺點。因此，在輕量化設計仍有提升空間，例如減少製造商在運輸和現場組裝時面臨的重量問題，減少開啟和關閉過程所需的時間、力量，和提升其耐用性等。

防火門在長期護理機構、醫院、半導體製造廠等皆有其市場和需求，因此若能改善防火門重量，除了對一般民眾在真正發生火災時能更容易使用，增加逃生時間外，同時也能夠促使產業發展進步，促使相關廠商更積極研發新材料或結構設計優化。

二、研究方法及過程

本研究首先收集國內外防火門相關材料、工法與研究成果，並分析填充材料與結構設計對於防火遮煙門輕量化之影響。目標期望以較簡單的更換填充材料方式對既有防火門進行改良，提昇其各項性能。進行試驗驗證後，其結果除直接推廣應用外，也可用於改善「防火門同型式判定原則」，以鼓勵業界開發使用新材料新技術。

1. 文獻分析

本研究計畫將依照計畫之研究議題，蒐集包含國內外防火遮煙門設計工

法、材料特性、測試案例以及相關文獻資料，並且相互比較分析與歸納整理，作為本研究計畫在實驗設計規劃階段之基礎參考。藉由收集文獻的分析與比對了解國際間與本研究議題相關之發展方向與現況，作為本研究計畫報告與投稿論文撰寫之文獻回顧資料庫。

2. 專家諮詢法

研究結果經初步整理後，研究團隊將定期邀請相關學者以及產業界、工會專家進行意見溝通交流，並針對研究內容進行審議，提出應修正及增刪之意見，作為充實、加強本研究計畫內容之參考。並擇期辦理期中、期末簡報來說明研究計畫執行成效、進度及所遭遇之問題。

3. 實尺寸實驗驗證

於選定目標防火遮煙門後，即可以其原始性能作為基準進行改良。在輕量化後需以實尺寸實驗驗證其性能，包括 CNS 1227-1「防火時效試驗法—第 1 部：門及捲門組件」，檢測防火時效性，以及 CNS 15038「建築用門遮煙性試驗法」，檢測遮煙性能，期望在至少不降低性能時效下進行輕量化。其它亦需測量如總重、開關力等，以評量輕量化成效。

三、重要發現

1. 本研究收集國內 99 份具遮煙性能與 1 小時防火時效之防火門報告書，以及 1 份只具有 1 小時防火時效之防火門報告書。分析各項材料組成之重量比例。其中多數為鋼製門，而鋼製門重量佔比第一為扇面板佔 38.32%，第二即為中間的芯材(中心材+層間材)佔 30.46%。研究中使用頻率最高的陶瓷棉、岩棉、矽酸鈣板等，製作去除防火門骨架、配件等部份，純為探討材料性質的小型試體進行耐火試驗。研究結果顯示：

(1) 由於探討的試體數量較多，無法全部做實尺寸試驗，因此本研究將以小型試體進行試驗。小型試體之阻熱性較原尺寸差，使用 1 小時防火時效材料的小型試體，僅有部份可達到 30 分鐘阻熱性能。而在 30 分鐘時試體雖有膨脹變形，但表面無破損，遮焰性良好。模擬結果也顯示小試體非曝火面

溫度上升速率會高於實尺寸試體。因此若為實尺寸試體，非曝火面的溫度上升較緩慢，可延長阻熱時效。

- (2) 30 分鐘時效之不同試體結果顯示，岩棉比陶瓷棉的重量較輕且阻熱性較佳；纖維水泥板比矽酸鈣板、石膏板重量重且阻熱性較差，矽酸鈣板比石膏板重量略重、阻熱性接近。
 - (3) 由不同中心材與層間材的結構組合，於阻熱性能結果顯示，主要與材料之熱傳導係數有關，但仍有如試驗過程中，板材破損與框架周邊熱傳等現象可能造成阻熱性的差異。
2. 針對不同中心材與層間材的結構組合與測試結果，是能以替換填充材料之方式進行輕量化，如用既有常見材料，以岩棉替代陶瓷棉或是矽酸鈣板替代纖維水泥，矽酸鈣板與石膏板性質相近時可互換等。但各材料有其適用性，如岩棉阻熱性雖較佳，但高於 600°C 即開始劣化，而陶瓷棉可耐 1000°C 以上等，超過 1 小時的防火試驗亦需納入評估。原因為 CNS12514-1 升溫曲線在 1 小時的溫度約 945°C，此時使用岩棉的防火門，其岩棉溫度是否高於 600°C 導致劣化，則是要確認的重點。此外，本研究也使用新型材料的氣凝膠酚醛發泡樹脂作為層間材，實尺寸防火門通過 CNS 11227-1 的 60 分鐘遮焰與阻熱性能。此門扇重量 86.5kg 輕於礦製單門扇的平均 172kg，以及最輕的 92kg。
 3. 本試驗並未探討結構是否會對防火門遮焰與阻熱性能造成影響，因此撇除橫料、立料及骨架等防火門組成構件，單純探討不同中心材及層間材組合替換的情況下，遮焰與阻熱性能的優劣差異。針對不同中心材與層間材的結構組合與測試結果顯示，原材料之熱傳導係數(k)可替換更小熱傳導係數(k)之材料，及需要更長的時效驗證。例如：
 - (1) 中心材：岩棉的重量與 k 值小於陶瓷棉，試驗結果顯示岩棉替換成陶瓷棉，能提升阻熱性。(但各中心材有其適用性，如岩棉阻熱性雖較佳，但高於 600°C 即開始劣化，而陶瓷棉可耐 1000°C 以上等，超過 1 小時的防火試驗亦需納入評估。原因為 CNS12514-1 升溫曲線在 1 小時的溫度約 945°C，此時使用岩棉的防火門，其岩棉溫度是否高於 600°C，則是要確認的重點。)

- (2) 層間材：(a)石膏板與矽酸鈣板的重量與 k 值小於纖維水泥板，石膏板與矽酸鈣板的測試結果優於纖維水泥板。(b)本研究所採用的石膏板與矽酸鈣板 k 值相近，試驗結果亦顯示石膏板與矽酸鈣板具有互換性。

四、主要建議事項

建議一

中長期建議：防火門同型式判定原則於中心材、層間材各式材料替換性

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所、中華民國防火門商業同業公會

防火門的防火時效測試與相關評定認可，在國內已行之有年，相關廠商也有許多商品通過測試並取得相關認可報告。現有的『防火門同型式判定原則』並未有中心材、層間材替換的同型式判定原則說明。本研究參考通過遮煙及防火性能的評定書中出現之中心材、層間材組合，歸納出「中心材+層間材+中心材」及「層間材+中心材+層間材」之組合。以縮小尺度並且排除其他立料、橫料的結構性影響，探討陶瓷棉、岩棉、纖維水泥板、矽酸鈣板及石膏板，共計 16 種試體組合的遮焰與阻熱性能。參照 CNS 12514-1 升溫曲線針對不同中心材與層間材的結構組合與測試結果顯示，原材料之熱傳導係數(k)可替換更小熱傳導係數(k)之材料，及需要更長的時效驗證。

例如：

1. 中心材：岩棉的重量與 k 值小於陶瓷棉，試驗結果顯示岩棉替換成陶瓷棉，能提升阻熱性。(但各中心材有其適用性，如岩棉阻熱性雖較佳，但高於 600°C 即開始劣化，而陶瓷棉可耐 1000°C 以上等，超過 1 小時的防火試驗亦需納入評估。原因為 CNS12514-1 升溫曲線在 1 小時的溫度約 945°C，此時使用岩棉的防火門，其岩棉溫度是否高於 600°C，則是要確認的重點。)
2. 層間材：(1)本研究使用之石膏板與矽酸鈣板的厚度大於纖維水泥板；但重量與 k 值小於纖維水泥板。石膏板與矽酸鈣板的測試結果優於纖維水泥

板，可替換纖維水泥板。(2)本研究所採用的石膏板與矽酸鈣板 k 值相近，試驗結果亦顯示石膏板與矽酸鈣板具有互換性。

建議二

中長期建議：釐清鋼製防火門結構變化對中心材、層間材的影響性

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：中華民國防火門商業同業公會

本研究的實驗試體，在設計外觀、結構、支撐構造等，不同於現今防火門結構，主要是以去除防火門骨架、配件等部份，單純探討不同材料性質與組合在防火試驗過程(CNS 12514-1)的遮焰與阻熱性能變化。實驗的試體分為(1)中心材+層間材+中心材，(2)層間材+中心材+層間材，兩大類。由研究結果顯示，原材料之熱傳導係數(k)可替換更小熱傳導係數(k)之材料，及需要更長的時效驗證。

但不同中心材、層間材與防火門骨架之間的結構固定，以及在防火試驗過程(CNS 11227-1)，防火門整體結構的變化或變形量是否直接影響中心材與層間材的性能，更甚至於是否直接或間接影響遮煙性能，都需要再進一步的釐清。建議未來可探討防火門結構變形與中心材、層間材之間的相互影響性，以及是否影響原有的遮煙性能。

建議三

中長期建議：防火門製造之於 2050 淨零碳排的分析與對策研究

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：中華民國防火門商業同業公會

目前政府以 2050 淨零排放為主要目標。市售防火門以鋼製和木製防火門為主，其中又以鋼製防火門為大宗。鋼製防火門主要結構組成為扇面板、骨架、橫立料等，此等門組件的材料大多為鍍鋅鋼板、不銹鋼板、五金配件等金屬材質。此類金屬材質在加工製造過程需耗費大量的能源與碳排，對環境有一定程度影響。而木製防火門的結構，除了芯材(中心材+層間材)和五金配件以外，大部分為木質材料，相較鋼製防火門來說，製造過程所需耗費的能源與碳排也不

相同。由於木質材料可視為生質材料，因此具有可再生、低碳足跡與對環境較為友善之特性。建議可針對鋼製及木質門，於原料端、加工製造端、配送端...等過程，進行能耗與碳排分析比較，且擬定減少能耗與碳排之對策，往 2050 淨零碳排目標邁進。

ABSTRACT

Keywords: Fire Door, Heat Resistance, Lightweight, The Principle of Same Type Identification

The majority of fire doors available today meet both the CNS 11227-1 or CNS 15038 standards for fire resistance and smoke shielding performance. The fire doors' heavy weight has the disadvantages of being less durable and more challenging to open and close. Therefore, there remains room for improvements in the lightweight design and simple opening, such as lowering the weight problems manufacturers encounter while shipping and on-site assembly, as well as lowering the time, force, and durability needed for the opening and shutting procedure of fire doors. The company's fire door has a market and demand in long-term care centers, hospitals, semiconductor manufacturing facilities, etc.

The common specifications and types of fire door components have been discovered by compiling the reports provided by the fire door judgment institution. The specimens were created based on the aggregated materials, and the experiment was carried out in accordance with CNS 11227-1. The same type identification principle is one of the essential elements in this study, therefore it is crucial to not only determine whether it is possible to replace the infilled materials but also to design new material types which are more lightweight and higher heat resistant than the existing ones.

The experiment was carried out without taking structural concerns into account, and it was discovered from the test results that rock wool has a high likelihood of replacing ceramic wool and performs even better in terms of heat insulation when the same kind of fireboard is used within the specimen. Additionally, gypsum or calcium silicate board can be changed out for fiber cement board. They can both be used in place of one another because they have comparable thermal conductivity and densities. Moreover, it has been confirmed that the new type of material, aerogel phenolic foam board, has stable mechanical qualities, excellent insulating performance, and is lightweight, etc. Finally, it was successfully applied to a fire door that offers flame protection and heat insulation for 60 minutes, while also being lighter in weight than conventional fire doors.

The specimens do, however, exhibit the expansion phenomena. When it is discovered that many of the inside fireproof boards have clearly been cracked, significantly decreasing the specimens' ability to withstand heat. It is conceivable that the structure influences the fire door's ability to withstand heat to a certain degree. The outcomes of this study imply that future work will have to focus more on the design of fire door structures as well as the relationship between the structure and infilled materials.

Research methods:

1. Collect domestic and foreign fire door related materials, construction methods and research results.
2. Design the specimens and conduct the fire test, then analyze the influence of infilled materials and structural design on the lightweight of fire doors.
3. Find out how to improve the heat performance of fire doors, and the possibility about replacing infilled materials under the principle of same type identification.

Major outcomes:

1. The experimental result shows that it is possible to replace ceramic wool by rock wool, and there is a possibility of substitution between the calcium silicate board and gypsum board.
2. The new-typed material has been developed, and successfully applied to fire door which has 60 minutes of heat insulation and flame shielding, moreover, it is more lightweighted comparing to other fire doors.
3. All the specimens have the phenomenon of expansion. and it is found that many of the fireproof boards inside have been obviously broken, which leads to poor heat resistance.
4. The infilled materials and fire door structure have a certain degree of influence on the heat resistance of fire door, and there is a need to do a further analysis about the relation between infilled materials and structure.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

當建築物發生火災，室內相關可燃物質，會受到火焰的高溫與氣流影響，使其產生大量有毒的氣體與煙流，若建築物未有良好的防火區劃或遮煙產品的性能設計，則相關火焰、有毒氣體與煙流會四處流竄，甚至影響相關逃生避難路徑，增加人員逃生與消防救援的難度。因此，建築物需有完善的防火區劃設計，亦須考量開口部設備構件之遮煙性能設計。目前建築技術規則建築設計施工編於防火區劃的各條內容，分別有規定昇降機道及管道間垂直區劃裝設之防火設備應具有遮煙性能；如設有昇降機間併同昇降機道區劃者，並得調整防火設備及其遮煙性能設備之位置，高層建築物昇降機間之出入口裝設之防火設備及進入室內安全梯之防火門應具有遮煙性能。簡而言之，防火設備或門，除了需有防火時效能力之外，及/或應具有遮煙之性能；藉此減少火災產生的有毒氣體或煙流，通過昇降機道、管道間、安全梯間侵入其他樓層，進而影響人員的逃生避難。目前常用的設備為防火門、具有遮煙性能之防火門或遮煙門依據防火區劃的設計情境來交互使用。相關性能可由 CNS 11227-1 及 CNS 15038 進行判定。

目前市售防火門大多具有符合 CNS 11227-1 或同時具有 CNS 15038 所要求的遮煙性能，由於防火門具有相當程度的重量，造成耐久性與開關難易度問題，因此在輕量化設計與容易開合之議題，仍有許多可以改善與探討的方向，如減少廠商運送與現地組裝所面臨的重量困擾、能夠減少防火門開合過程所需的時間、施力及耐久性等，此種輕量化的防火門，於相關長照、醫院、科技廠房等皆有其市場與需求。

本研究首先收集國內外防火門相關材料、工法與研究成果，並分析填充材料與結構設計對於防火遮煙門輕量化之影響。目標期望以較簡單的更換填充材料方式對既有防火門進行改良，提昇其各項性能。進行試驗驗證後，其結果除

直接推廣應用外，也可用於改善「防火門同型式判定原則」，以鼓勵業界開發使用新材料新技術，以下為研究重點：

1. 探討填充材料與結構設計對於防火遮煙門輕量化影響分析。
2. 探討既有防火門進行輕量化改善時，直接改善填充材料之可行性。
3. 探討新型輕量化防火遮煙門設計可行性及防火試驗驗證。
4. 新型輕量化防火遮煙門之防火、防煙時效等級及成本分析。

第二節 研究方法與過程

本研究以文獻分析、專家諮詢法及實尺寸實驗驗證三方式進行：

1. 文獻分析

本研究計畫將依照計畫之研究議題，蒐集包含國內外防火遮煙門設計工法、材料特性、測試案例以及相關文獻資料，並且相互比較分析與歸納整理，作為本研究計畫在實驗設計規劃階段之基礎參考。藉由收集文獻的分析與比對了解國際間與本研究議題相關之發展方向與現況，作為本研究計畫報告與投稿論文撰寫之文獻回顧資料庫。

2. 專家諮詢法

研究結果經初步整理後，研究團隊將定期邀請相關學者以及產業界、工會專家進行意見溝通交流，並針對研究內容進行審議，提出應修正及增刪之意見，作為充實、加強本研究計畫內容之參考。並擇期辦理期中、期末簡報來說明研究計畫執行成效、進度及所遭遇之問題。

3. 實尺寸實驗驗證

於選定目標防火遮煙門後，即可以其原始性能作為基準進行改良。在輕量化後需以實尺寸實驗驗證其性能，包括 CNS 1227-1「防火時效試驗法—第 1 部：門及捲門組件」，檢測防火時效性，以及 CNS 15038「建築用門遮煙性試驗法」，檢測遮煙性能，期望在至少不降低性能時效下進行輕量化。其它亦需測量如總重、開關力等，以評量輕量化成效。

第三節 研究進度及預期完成之工作項目

本節針對目前計畫進度、已完成項目及待完成項目進行說明，表 1-1 為本計畫進度，表 1-2 為本計畫查核表，分別於三個時間點設置相關查核項目。

表 1-1 計畫進度表

月 工作項目	第 1 個 月	第 2 個 月	第 3 個 月	第 4 個 月	第 5 個 月	第 6 個 月	第 7 個 月	第 8 個 月	第 9 個 月	第 10 個 月	第 11 個 月	備 註
相關研究文獻 收集與彙整	■	■	■	■								
收集防火門材 料、產品種 類、設計與施 作工法	■	■	■	■								
防火門各項材 料、報告書、 評定方式分析			■	■	■	■						
數據整理					■	■	■					
期中審查						■	■					
防火門的防火 時效試驗(1)						■	■	■	■	■		
防火門的防火 時效與遮煙試 驗(2)								■	■	■		
數據整理						■	■	■	■	■		
期末審查									■	■		
研究成果提出									■	■	■	
預定進度 (累積數)	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	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 預定研究進度百分比一欄，係為配合追蹤考核作業所設計。請以每一小格粗組線為一分，統計求得本案之總分，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。 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。												

表 1-2 查核表

查核點編號	預定完成日期	查核點敘述
1	111.07.31	(1) 相關研究文獻收集與彙整 (2) 收集防火門材料、產品種類、設計與施作工法 (3) 防火門各項材料、報告書、評定方式分析
2	111.10.30	防火門的防火時效試驗(1)
3	111.11.31	防火門的防火時效與遮煙試驗(2)

查核點編號 1 說明：

本研究彙整 100 份的性能規格評定書，從彙整資料顯示木製防火門採用的芯材(中心材+層間材)種類較單一集中；而鋼製防火門所使用到的芯材(中心材+層間材)種類較廣泛分散。統計各類材料密度的範圍，可發現岩棉的密度最小，而統計占多數的陶瓷棉，密度約 130 kg/m³ 以下；另外氧化鎂板因為有含水率的問題，密度相比其他材料就高出許多。因此，若防火門使用大量氧化鎂板，其重量理應高過使用其他種類材料的防火門許多，此外，氧化鎂板有腐蝕面板的情況，目前市面也無銷售氧化鎂板。

查核點編號 2 說明：

本研究彙整防火門通過遮煙及阻熱性能評定書之組合，歸納出「中心材+層間材+中心材」、「層間材+中心材+層間材」、「單一種類中心材或層間材」，以上防火門內部材料組成方式。首先以陶瓷棉、岩棉、纖維水泥板、矽酸鈣板及石膏板，共計兩種中心材和三種層間材，設計並製作出共 16 種試體組合，在依照 CNS 12514-1 升溫曲線的試驗，觀察其個別之阻熱性能優劣，進而選出重量較輕但具有相似或甚至更佳阻熱性能的組合，達到防火門輕量化之目標。從試驗結果發現，以 CNS 12514-1 之防火時效為判定標準，試體 CS-R1-CS、CS-R2-CS、G-C2-G、G-R1-G、G-R2-G 皆具有 30 分鐘的阻熱性能。

查核點編號 3 說明：

本研究開發出新型材料-氣凝膠酚醛發泡板，做為和珍珠岩板及珍珠岩複合板之比較材料，經實驗發現性質穩定、阻熱性高、重量輕，並成功應用於實尺寸門扇，顯示其應用及發展性。

第二章 文獻分析

防火門一般具有相當程度的重量，易造成耐久性方面與難以開關的問題，若進行輕量化，則可減少如廠商運送、現地組裝的難易度；也能減少防火門開合過程所需的時間、施力；增進耐久性等。改善研究之成果可進一步對「防火門同型式判定原則」提出建議，鼓勵業界開發、採用新材料。

第一節 建築技術規則分析

建築技術規則建築設計施工編[1]關於防火門的相關法規如下所述：

建築技術規則建築設計施工編：第三章 建築物之防火-第三節 防火構造

第七十五條：防火設備種類如左：

- (1) 防火門窗。
- (2) 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。
- (3) 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。

第七十六條：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：

1. 防火門窗周邊十五公分範圍內之牆壁應以不燃材料建造。
2. 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。
3. 常時關閉式之防火門應依左列規定：
 - (1) 免用鑰匙即可開啟，並應裝設經開啟後可自行關閉之裝置。
 - (2) 單一門扇面積不得超過三平方公尺。
 - (3) 不得裝設門止。
 - (4) 門扇或門樘上應標示常時關閉式防火門等文字。
4. 常時開放式之防火門應依左列規定：
 - (1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

5. 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。

建築技術規則建築設計施工編：第三章 建築物之防火-第四節 防火區劃

第七十九條：防火構造建築物總樓地板面積在一、五〇〇平方公尺以上者，應按每一、五〇〇平方公尺，以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備與該處防火構造之樓地板區劃分隔。防火設備並應具有一小時以上之阻熱性。

第八十條：非防火構造之建築物，其主要構造使用不燃材料建造者，應按其總樓地板面積每一、〇〇〇平方公尺以具有一小時防火時效之牆壁及防火門窗等防火設備予以區劃分隔。

建築技術規則建築設計施工編：第四章之一 建築物安全維護設計 第六節 防火間隔

第一百一十條：防火構造建築物，除基地鄰接寬度六公尺以上之道路或深度六公尺以上之永久性空地側外，依左列規定：

1. 建築物自基地境界線退縮留設之防火間隔未達一、五公尺範圍內之外牆部分，應具有一小時以上防火時效，其牆上之開口應裝設具同等以上防火時效之防火門或固定式防火窗等防火設備。
2. 建築物自基地境界線退縮留設之防火間隔在一、五公尺以上未達三公範圍內之外牆部分，應具有半小時以上防火時效，其牆上之開口應裝設具同等以上防火時效之防火門窗等防火設備。但同一居室開口面積在三平方公尺以下，且以具半小時防火時效之牆壁（不包括裝設於該牆壁上之門窗）與樓板區劃分隔者，其外牆之開口不在此限。

3. 一基地內二幢建築物間之防火間隔未達三公尺範圍內之外牆部分，應具有一小時以上防火時效，其牆上之開口應裝設具同等以上防火時效之防火門或固定式防火窗等防火設備。
4. 一基地內二幢建築物間之防火間隔在三公尺以上未達六公尺範圍內之外牆部分，應具有半小時以上防火時效，其牆上之開口應裝設具同等以上防火時效之防火門窗等防火設備。但同一居室開口面積在三平方公尺以下，且以具半小時防火時效之牆壁（不包括裝設於該牆壁上之門窗）與樓板區劃分隔者，其外牆之開口不在此限。
5. 建築物配合本編第九十條規定之避難層出入口，應在基地內留設淨寬一·五公尺之避難用通路自出入口接通至道路，避難用通路得兼作防火間隔。臨接避難用通路之建築物外牆開口應具有一小時以上防火時效及半小時以上之阻熱性。
6. 市地重劃地區，應由直轄市、縣（市）政府規定整體性防火間隔，其淨寬應在三公尺以上，並應接通道路。

第二節 建築用防火門同型式判定原則

防火門的防火時效測試與相關評定認可，在國內已行之有年，相關廠商也有許多商品通過測試並取得相關認可報告。以建築新技術新工法新設備及新材料認可制度為例，其主要用意為達到建築管理的目的，以及激發產業界對新材料、新技術、新工法、新設備的研發，帶動整體產業進步及競爭力提升[2]。隨著國內評定認可制度的建立，相關科學研究與廠商技術發展等狀況，防火門已具有同型式判定原則[3]，詳述如下：

中華民國 91 年 10 月 15 日經濟部標準檢驗局經標三字第 09130007970 號令訂定發布全文 5 點

中華民國 107 年 10 月 19 日經濟部標準檢驗局經標三字第 10730005790 號令修正發布全文 10 點，並自即日生效

(1) 為簡化建築用防火門（以下簡稱防火門）檢驗作業，特訂定本原則供同型式防火門判定。

(2) 本原則名詞定義如下：

(2.1) 型式：係指門組件之結構、門扇數量、門扇開啟方式、防火性能（阻熱性及遮焰性）等基本設計。

(2.2) 門組件：門組件是指整套門，由門樘、推開門扇或拉門/分段門扇、側板、採光板（鑲嵌玻璃）、門楣板、透氣百葉、五金配件及密封件組成。

(2.3) 結構：係指門扇兩表面材間（不含）之組構件規格、接合方式；及門扇骨架之規格、斷面形狀；及門樘之規格、斷面形狀。

(2.4) 相似結構：原門組件結構僅配合五金、鑲嵌玻璃使用之補強結構不同；亦或因應門扇尺度大小變化，依設計而影響骨架數量不同，惟骨架排列間距應小於或等於原門組件結構。

(2.5) 規格：係指構件的各種尺度、密度、材質成分等。

(2.6) 五金配件：門組件中使用的零組件。例：制動機件（如門鎖、門門、防撬栓、關門器、斜形鎖舌及鉸鏈等）、把手、滑動傳動裝置、關閉裝置、電子元件、配線等。

- (2.7)向開啟：門扇向一個方向開啟。
- (2.8)雙向開啟：門扇向兩個方向開啟。
- (2.9)支撐構造：用於支撐門組件的一種結構。
- (3) 同型式防火門組件，除本原則所規定之變更外，其防火性能不得低於原型式防火門；門組件的結構應與原型式門組件的結構相同，且門扇的數量及開啟方式(例：滑動、旋轉、摺疊、單向開啟或雙向開啟)不應改變。
- (4) 同型式防火門容許之尺度變化：
- (4.1)同型式防火門之尺度不得大於原型式防火門，門扇尺度縮減時，下列原則擇一辦理，且應符合第五點第二款之規定：
- (4.1.1) 門扇尺寸縮減程度不得超過通過試驗之防火門門扇寬度之百分之五十及高度之百分之七十五。
- (4.1.2) 具相同或相似結構，僅尺度差異之防火門組件，執行最大尺度及小尺度(門扇高一百八十公分、寬七十五公分)試驗，通過後，同型式防火門組件尺度可介於兩者之間。
- (4.1.3) 管道間維修門之最小尺度若小於小尺度之寬度百分之五十或高度百分之七十五時，則須再以最小尺度試驗，通過後，始可擴充範圍至最小尺度。
- (4.2)同型式防火門其門扇與門樘之間隙尺度須介於原型式防火門最小值與最大值之範圍內。
- (4.3)防火門門扇之高度、寬度尺度公差為一公分。
- (4.4)木質門組件之門扇厚度不得減少但可增加。門扇厚度或密度可以增加但不可大於總質量百分之二十五。
- (5) 同型式防火門組五金配件之替代規定如下：
- (5.1)替代之五金配件，須在其他相同或相似結構，且在相同、較低阻熱性或較高遮焰性之門組上通過試驗者，始得替代，必要時，得依試驗條件限定適用之門組件尺度。五金配件更換時，須將局部之補強結構整組替代。
- (5.2)所有制動機件數量不得減少，經試驗通過者除外；制動機件數量增加時不得破壞防火門結構及防火性能。

(5.3)同型式防火門，其制動機件之間距改變不得大於原型式。

(5.4)五金配件替換申請得以本局相關自願性產品驗證證書作為判定依據，經審查符合，始得替代。

(6) 防火門之鑲嵌玻璃變化

(6.1)鑲嵌玻璃型式(含廠牌、型號)及其邊緣固定方法，包括周邊每單位長度固定件數量及尺度應與原型式防火門相同，不得改變。如鑲嵌玻璃型式或其邊緣固定方法變更，須以不小於原型式尺度且門扇結構相同或相似之門組件通過試驗後，始可獲認定。

(6.2)不涉及門扇骨架結構改變者，鑲嵌玻璃數量及每個窗格中玻璃尺度可以減小，不得增大，且鑲嵌玻璃厚度亦不得減少。惟當鑲嵌玻璃面積大於門扇面積之百分之六十時，不得變更。

(6.3)取消鑲嵌玻璃(其面積小於門扇面積之百分之五十以下)且改變門扇骨架結構者，應以不小於原型式尺度且相似結構之門組件通過試驗後，始可取消。

(6.4)玻璃窗邊緣與門扇周邊間之距離，及玻璃窗間之距離，不得減小。只有在不涉及內部結構變化的情況下，門扇上玻璃的位置才能變更。

(7) 門樘變化

(7.1)木質門樘(含槽口)剖面之尺度及/或密度不得減少但可增加。

(7.2)為了適應支撐構造厚度的增加，可以增加金屬門樘的尺度。材料的厚度最大可以增加百分之二十五。

(7.3)門樘之材質或尺度等其他變更超過前二款規定時，須以不小於原型式尺度且門扇結構相同或相似之門組件通過試驗後，始獲認定，且門樘所屬配件須整組替代。

(8) 裝飾板或木質合板變化

(8.1)厚一點五公釐以下的裝飾板或木質合板可黏貼在符合阻熱性標準的門扇表面(非側邊)上；厚超過一點五公釐的裝飾板或合板，應視為門組件的一部分，應以不小於原型式尺度且相同或相似結構之門組件，黏貼最大厚度之裝飾板或合板在門扇表面(非側邊)上，經試驗後，始得認定。

(8.2) 裝飾板或木質合板經認定，且其類型、材質相同時，得允許顏色、圖案、製造廠等差異。

(9) 其他變化

(9.1) 在預料漆層不影響耐火試驗(防火性能)時，允許使用替代漆，並用在毛面的門扇或門槿上。當漆層有助於門的耐火試驗(防火性能)時(例：膨脹漆)，則不允許變更。

(9.2) 木質板製品(例：粒片板、木心板等)材質不得變更(例：樹脂類型)，應與試驗時相同，密度不得減少但可增加。

(9.3) 對於金屬製非阻熱門，加強件的數量及面板固定件的數量及尺度，可以隨尺度的增加成比例增加，不得減少。

(9.4) 採柔性支撐構造通過測試者，可適用剛性支撐結構；採剛性支撐構造通過測試者，僅適用於剛性支撐結構，不可用於柔性支撐結構。

(9.5) 門扇表面材、門(扇)擋條或門扇封邊之規格及固定方式變更，須以不小於原型式尺度且門扇結構相同或相似之門組件通過試驗後，始獲認定，且其所屬配件須整組替代。

(9.6) 同材質之最大及最小厚度表面材，若已分別於具相同或相似結構，且不小於原型式尺度之防火門組件上，試驗通過後，則該材質表面材厚度可介於兩者之間。

(10) 申請

(10.1) 同型式判定之申請應由原型式試驗申請者檢具相關技術文件資料、原型式試驗報告、與原型式變更對照表及註明符合本原則之條款，向原型式試驗室提出判定申請，惟原型式試驗室不具本局指定試驗室認可資格時除外。

(10.2) 符合本局最新公告檢驗標準之試驗報告或本局自願性產品驗證證書皆為前款所稱之技術文件，惟情況特殊並經本局同意，試驗報告引用規定由本局另訂之。

建築用門遮煙性能評定原則[4]，詳述如下：

(1) 為執行建築技術規則具遮煙性能建築用門之性能規格評定作業，參考 ISO

5925-1 之規定，特訂定本原則，供內政部指定之評定專業機構做為評定依據。

- (2) 具遮煙性能之門組，除本規則規定應用範圍之變更外，其餘均須與原試驗門組之構造及型式相同。
- (3) 具遮煙性能之防火門組及非防火門組之評定申請注意要項如下：
 - (3.1) 申請具遮煙性能之防火門組，如尺寸為 3m×3m 範圍內者，應符合經濟部標準檢驗局之檢驗規定，並檢具遮煙性能試驗報告書；如尺寸超過 3m×3m 者應檢具防火性能及遮煙性能試驗報告書。經評定合格者，得適用於建築技術規則建築設計施工編第 79 條之 2、第 97 條、第 99 條之 1、第 203 條及第 242 條。
 - (3.2) 申請具遮煙性能之非防火門組，應檢具遮煙性能試驗報告書。經評定合格者，得適用於建築技術規則建築設計施工編第 79 條之 2 第 2 項及第 203 條第 2 項「.....升降機間出入口裝設之門非防火設備但開啟後能自動關閉且具有遮煙性能時.....」所稱之升降機間出入口裝設之門。
 - (3.3) 原評定為具遮煙性能之非防火門組，欲申請為具遮煙性能之防火門組時，應視產品尺寸檢具經濟部標準檢驗局之檢驗合格文件或防火性能試驗報告書，重新申請評定。
- (4) 具有遮煙性能之建築用門應用範圍具有遮煙性能之建築用門應為與通過測試之門組具相同構造及型式，可在下列條件進行應用。
 - (4.1) 門扇表面裝飾材得允許改變。
 - (4.2) 如果門樘上受測的遮煙機制(sealing technique)保持不變，門樘的斷面得允許擴大。
 - (4.3) 門縫與間隙得小於受測通過的門縫與間隙。其中雙扇門應確認活動束制情形。
 - (4.4) 僅在門扇下門縫之遮煙機制(floor seal)經驗證有效，門扇下緣與地板間的縫隙得允許改變。
 - (4.5) 門組的尺寸得減小但不可增加。惟門組之門扇總寬度超過 3 公尺或高度超過 3 公尺者，由評定機構進行個案判定。

- (4.6) 鑲嵌玻璃的尺寸得減小但不可增加。
- (4.7) 玻璃周圍介面的填縫系統(sealing system)沒改變的情形下，玻璃的型式(如硬化玻璃、膠合玻璃、鋼絲網玻璃或矽酸硼(borosilicate)玻璃)得允許更換。
- (4.8) 如果附加自動關閉裝置的推開門(在室溫下)通過測試，可使用相同型式、關閉功能(closing moment)不減之自動關閉裝置，且遮煙機制沒有改變。
- (4.9) 依據試驗確認的結果，已受測通過門組的遮煙機制(seal)得允許互換。
- (4.10) 特殊個案僅單面需求限定使用者，得測試一面，只能應用於火災是發生在該受測方向的條件下。門組件兩面完全對稱，得測試一面，兩方向皆可應用。

評定之申請應由試驗申請者檢具相關技術文件資料、試驗報告，具防火性能者，須檢附防火試驗報告(如已獲得同型式判定者，另須檢附同型式判定報告)、經濟部標準檢驗局之檢驗合格文件，應用變更對照表及註明符合本原則之條款，提出申請評定。經整理發現，目前尚未有填充材料變化的說明，因此整理國外防火門測試並直接應用(替換)之標準，和國內 CNS 進行比較。歐洲標準(EN)法規-測試結果的直接應用領域，其中 BS EN 1634 為防火門、捲門組件、可開窗及五金配件的耐火與遮煙性能試驗；BS EN 1634-1 為第 1 部分：門和捲門組件以及可開窗的耐火試驗；BS EN 1634-3 為第 3 部分：門與捲門組件的遮煙試驗。

BS EN 1634-1(防火門)[5]規範簡述如下：

1. 總則

在通過防火時效測試之後，允許對試體樣品的修改是由直接應用的領域規定的。無須評定機關要求額外的評估、計算或許可，這些變化可以直接應用。

註：當預期擴大產品尺寸要求時，為了通過模擬相同比例的組件之間的相互作用來最大化測試結果的擴展，測試樣本內某些組件的尺寸可能小於預期用於全尺寸的尺寸。

2. 材料與結構

(2.1) 概述

除非在下文中另有說明，門組或可開窗的材料和結構應與測試的相同。門扇數量和操作方式（例如滑動、單動或雙動）不得改變。

(2.2) 對材料和結構的具體限制

(2.2.1) 木結構

(2.2.1) 金屬結構

(2.2.3) 玻璃結構

(2.3) 裝飾面板

(2.3.1) 漆料

(2.3.2) 裝飾層壓板

(2.4) 固定裝置

(2.5) 五金配件

3. 允許的尺寸變化

(3.1) 概述

在特定參數範圍內，允許使用與測試樣品不同尺寸的門組件，但變化取決於產品類型和滿足性能標準的時間長短。

整體尺寸以及每扇門扇、側板、上板單獨尺寸均以直接應用領域授權的尺寸增減為準。

根據(2.2.3)規定的玻璃不得增加寬度或高度。

(3.2) 測試時間

(3.3) 與產品類型相關的尺寸變化

(3.3.1) 概述

(3.3.2) 鉸鏈門、旋轉門和可開窗

(3.3.2.1) 對於尺寸變化

(3.3.2.2) 其他變化

(3.3.2.3) 側板和橫樑板

(3.3.2.4) 木結構

(3.3.2.5) 門縫

(3.3.3) 水平滑動和垂直滑動門組(包括分段門)

(3.3.4) 鋼製單層折疊門 (未隔熱)

(3.3.5) 推拉門和折疊門 (隔熱)

(3.3.6) 捲門

(3.3.7) 可操作的織物門簾

4. 不對稱裝配

(4.1)概述

根據 BS EN 1363-1，必須對兩個測試樣本（每個方向一個）測試兩側必須耐火的分離元件，除非該元件是完全對稱的。在某些情況下，在一個方向評估的非對稱門組件的耐火性可能仍然適用於從相反方向暴露的火焰。如果考慮僅限於特定類型的門組件和適用的標準，則制定此類規則的可能性會提高（例如，僅完整性的門）。

(4.2)具體規則

5. 支撐結構

(5.1)概述

當安裝在不同類型的結構中時，在一種標準支撐結構中測試過的門組件的耐火性可能適用也可能不適用。剛性和柔性類型通常不可互換，(5.2)至(5.4)提供了控制每個門組直接應用的規則。然而在某些情況下，特定類型的門組件的測試結果，可應用於不同類型的標準支撐結構中。

在(5.4)中，提供了鉸鏈門和旋轉門系統的具體指南。

(5.2)剛性標準支撐結構（高密度或低密度）

(5.3)柔性標準支撐結構

(5.4)鉸鏈門或旋轉門的具體規則

6. 相關支撐結構

已經在相關支撐結構中評估過的門其耐火性無法直接應用；應屬於擴展應用。

BS EN 1634-3(遮煙門)[6]規範簡述如下：

1. 總則

測試結果的直接應用範圍僅限於廠商在成功進行煙霧洩漏測試後對測試樣本所做的允許更改。這些變化可以自動引入，無需進行額外的評估、計算或批准。

洩漏測試的結果繼續適用於不同結構的組件，但要符合以下條件：

- (a) 組件具有類似的通用結構，例如木框架中的實木門扇或鋼框架中的折疊金屬板門扇。
- (b) 操作模式相同，例如單扇、雙扇、捲門或折疊門。
- (c) 對於只需要限制一個方向洩漏率的組件，則該方向與測試方向沒有變化。
- (d) 支撐結構的剛度以及將框架固定和密封到支撐或相關結構的方法不應小於被測結構的剛度（可能是某些爐子中的試體框架）。

在柔性結構中測試的門可以安裝到剛性結構中，但反之則不行。在柔性結構中測試以達到環境溫度等級 S_a 的門可以安裝在替代的柔性結構中。 S_m 級門的替代柔性結構的使用將是擴展應用考慮的主題。

2. 組裝結構

(2.1) 概述

- (a) 油漆等裝飾面板可能會有所不同。
- (b) 組件之間的間隙可能會有所不同，但不應大於測試組件中的間隙，間隙較小時，不應影響門扇或門簾關閉的能力，特別是在鉸鏈的兩個門扇的情況下或旋轉門組件同時打開或關閉。
- (c) 在密封製造商指定的運動範圍內，由活動密封件保護的閾值間隙可能會有所不同。

(2.2) 鉸接或樞轉的門扇組件

(2.2.1) 木門扇

(2.2.2) 金屬門扇

(2.2.3) 折疊門組件

(2.3) 捲門

3. 尺寸和縱橫比

(3.1) 鉸鏈和樞軸門扇組件

(3.2) 折疊門組件

(3.3)捲門

4. 鑲嵌玻璃
5. 五金配件
6. 密封件

比較 CNS 及 EN 標準之後，發現兩者在門扇支撐結構、五金配件及鑲嵌玻璃等皆有直接應用(替換)之標準；但在芯材(中心材+層間材)是否可直接應用或替換上，並未有明確規範說明。透過本研究資料彙整及實驗結果，在國內同型式判定原則上，期望給予更換配套規定修正建議。

第三節 相關中華民國國家標準(CNS)試驗法

防火門相關之中華民國國家標準(CNS)包括 CNS 11227-1[7]及其引用之 CNS12514-1[8]；遮煙部份則為 CNS15038[9]。

CNS 11227-1[7]防火時效試驗法 第一部：門及捲門組件。此試驗法適用於單扇門、雙扇門、推開門、雙扇推開門、單扇橫拉門、捲門、含嵌裝玻璃之推開門。試驗設備及試驗條件應符合CNS 12514-1[8] 建築物構造構件耐火試驗法 第一部：一般要求事項，如爐內溫度加熱曲線等。

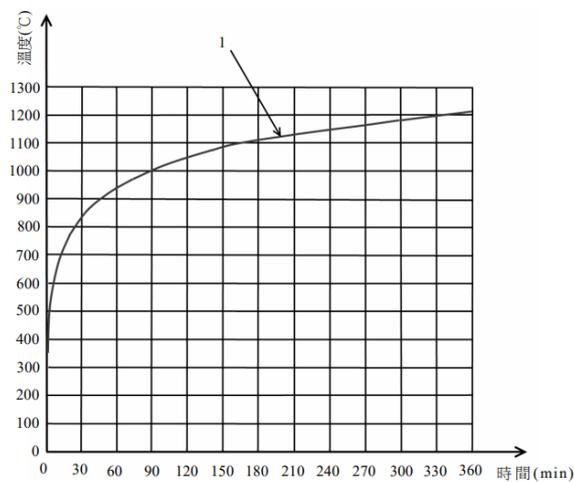


圖 2-1 標準時間—溫度曲線圖例

(資料來源：CNS 12514-1，建築物構造構件耐火試驗法-第 1 部：一般要求事項，中華民國國家標準)

1. 性能基準：遮焰性

試體依CNS 12514-1[8]之遮焰性規定，試體在試驗中持續維持其區劃功能且沒有下列情形之一發生所經過的時間：(1)棉花墊引燃、(2)測隙規穿過試體、(3)非曝火面產生超過 10 s的持續性火焰。

2. 性能基準：阻熱性

當要求阻熱性時，門或捲門組件應符合下列規定：

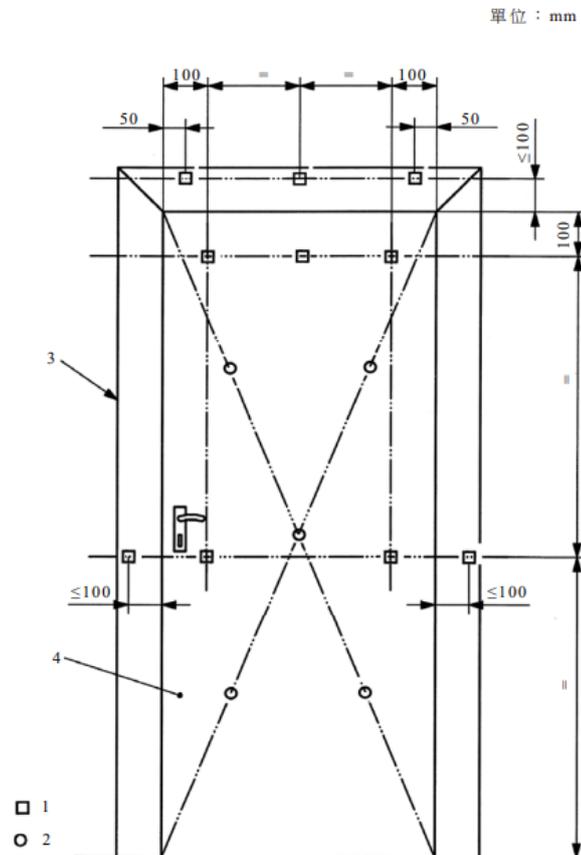
- (1) 門或捲門組件具不同阻熱性區域，每一區域應個別進行阻熱性判斷。
- (2) 試體依CNS 12514-1[8]之規定，評估試體任一點(包含移動式熱電偶)的

最大溫度較初始溫度上升不超過 180°C (初始溫度為試驗開始前非曝火面之平均溫度)。門樘或捲門組件導軌的溫度較初始溫度上升不超過 360°C 。

- (3) 試體應依CNS 12514-1[8]規定評估，試體平均溫度上升不超過初始溫度 140°C 。

3. 非曝火面熱電偶

門及捲門組件或其任何部分不要求阻熱性標準評估時，不需量測非曝火面溫度。要求阻熱性標準評估時，應使用 CNS 12514-1[8] 規定的熱電偶量測非曝火面溫度。圖 2-2 為非曝火面熱電偶位置(單扇門 1,200 mm) 一般布置圖例。



說明

- 1 最大上升溫度熱電偶
- 2 平均上升溫度熱電偶
- 3 門樘
- 4 門扇

圖 2-2 非曝火面熱電偶位置(單扇門 1,200 mm) 一般布置圖例

(資料來源：CNS 11227-1，防火時效試驗法—第 1 部：門及捲門組件，中華民國國家標準)

4. 試驗結果的直接應用範圍

木質門

- (1) 門扇厚度不得減少但可增加。門扇厚度及/或密度可增加但不可大於總質量 25 %。
- (2) 木質纖維板製品(例：粒片板、木心板等) 成分不得變更(例：樹脂類型)，應與試驗時相同，密度不得減少但可增加。
- (3) 木質門樁(含槽口)剖面之尺度及/或密度不得減少但可增加。

鋼製門

- (1) 為了適應支撐構造厚度的增加，可以增加門樁的尺度。材料的厚度最大可以增加 25 %。
- (2) 對於非阻熱門，加強件的數量及面板固定件的數量及尺度，可以隨尺度的增加成比例增加，不得減少。

鑲嵌玻璃

- (1) 玻璃類型及其邊緣固定方法，包括周邊每單位長度(m)固定件數量及尺度應與試驗時相同，不得改變。
- (2) 包括在木質或鋼製試體中的玻璃窗數量及每個窗格中玻璃尺度，可以減小，不得增大。
- (3) 玻璃窗邊緣及門扇周邊的距離，及玻璃窗之間的距離，不應比試體中的相應距離小。只有在不涉及內部結構變化的情況下，門扇上玻璃的位置才能變更。備考：若嵌裝玻璃變更位置靠近熱通量計，則需增加熱通量量測點，並記錄於試驗報告。

固定件/五金

- (1) 防火門組件與支撐構造間的固定件可以增加，不得減少。固定件間距可以減小，不得增大。
- (2) 允許更換五金配件，前提是可替換的五金配件在其他相似結構的門中且由本標準試驗通過。
- (3) 任何制動機件如鎖門、斜形鎖舌及鉸鏈可增加，不得減少。

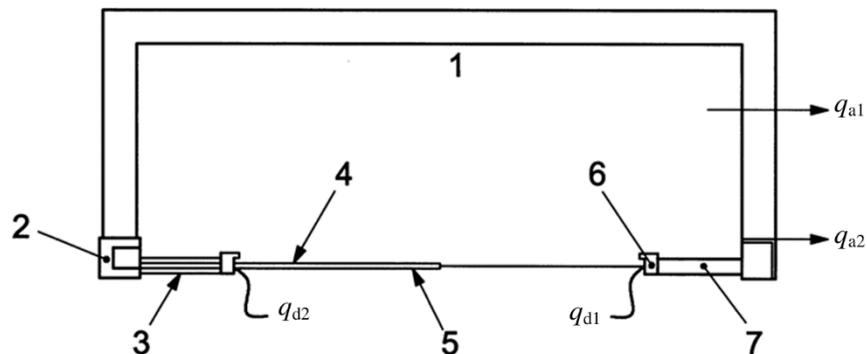
CNS 15038 建築用門遮煙性試驗法[9]

測試艙：測試艙密封時，於室溫及中溫測試後，且溫度降至升溫前 13°C 範圍內時，依測試規範之壓力條件分別量測，所量得之洩漏量修正為標準狀態後，不得超過 $7\text{ m}^3/\text{h}$ (測試艙之設計範例參照圖 3-3)。此艙須裝設：

1. 能提供在門兩面壓力差至 55 Pa 以上之加壓系統、能加熱空氣至 $(200 \pm 20)^{\circ}\text{C}$ 之加熱系統及供氣 $55\text{ m}^3/\text{h}$ 以上之供氣系統。
2. 供應測試之氣源設施，應足以使兩門面間之壓力差保持均勻。

門組件兩面均須受測^{註(1)}。中溫試驗須 2 組門組件各測試一面。

註(1)：門組件兩面完全對稱，或特殊個案僅單面需求限定使用者，得測試一面，但應於測試報告詳載。



編號說明：1. 測試艙、2. 測試框架、3. 裝配構造、4. 門扇、5. 試體(含門樘)、6. 門樘、7. 支撐構造。

圖 2-3 測試艙(範例)

(資料來源：CNS 15038，建築用門遮煙性試驗法，中華民國國家標準)

第四節 防火門種類與文獻分析

1. 防火門種類

防火門依材質分類可分為：木質防火門、鋼質防火門、鋼木質防火門以及其他材質防火門。再進一步區分，門扇可分為單扇或雙扇門，並且有無含嵌裝玻璃。若以開啟方式區分，又可分為：推開門、橫拉門、捲門[10-11]。常用為木質與鋼製防火門(如圖 2-4 與圖 2-5)。門樘型式可分為，L 型門樘、凸型門樘、方形門樘[12]，如圖 2-6 所示。相關五金配件，如鉸鏈[13]、關門器、門鎖、膨脹條...等，如圖 2-7 至圖 2-10 所示。

			
單扇推開門	單扇推開門含嵌裝玻璃	雙扇推開門	雙扇推開門含嵌裝玻璃
			
單開橫拉門	單開橫拉門含嵌玻璃	雙開橫拉門	雙開橫拉門含嵌玻璃

圖 2-4 木質防火門種類

(資料來源：防火門知識總結，一文看懂，2021 年；玄關門橫拉防火門，威盾實業股份有限公司)

			
單扇推開門	單扇推開門含嵌裝玻璃	雙扇推開門	雙扇推開門含嵌裝玻璃
			
單開橫拉門	單開橫拉門含嵌裝玻璃	雙開橫拉門	雙開橫拉門含嵌裝玻璃

圖 2-5 鋼質防火門種類

(資料來源：防火門知識總結，一文看懂，2021年；玄關門橫拉防火門，威盾實業股份有限公司)

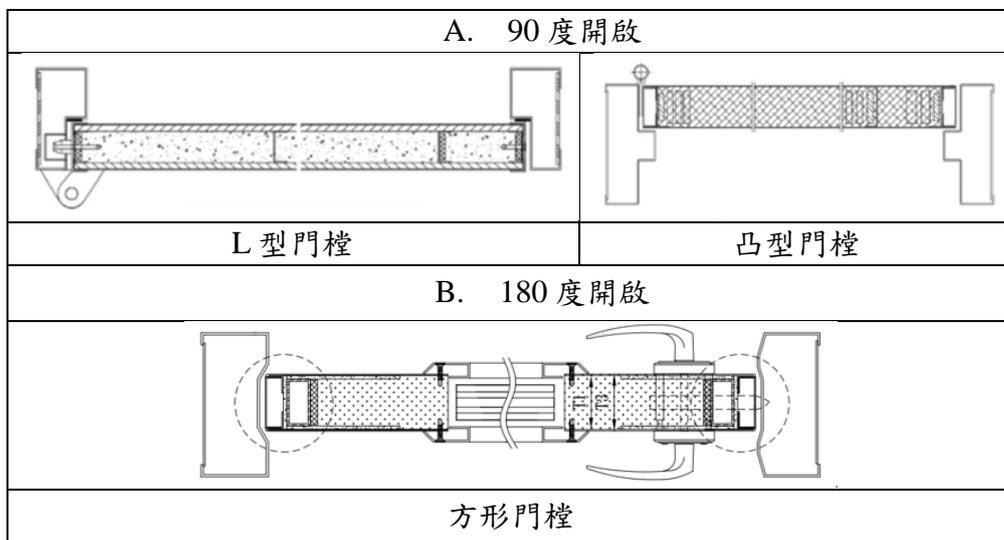


圖 2-6 門檯型式種類

(資料來源：吳秉融，「建築用防火門同型式判定之機制探討」，國立臺北科技大學土木與防災研究所碩士論文，2009)

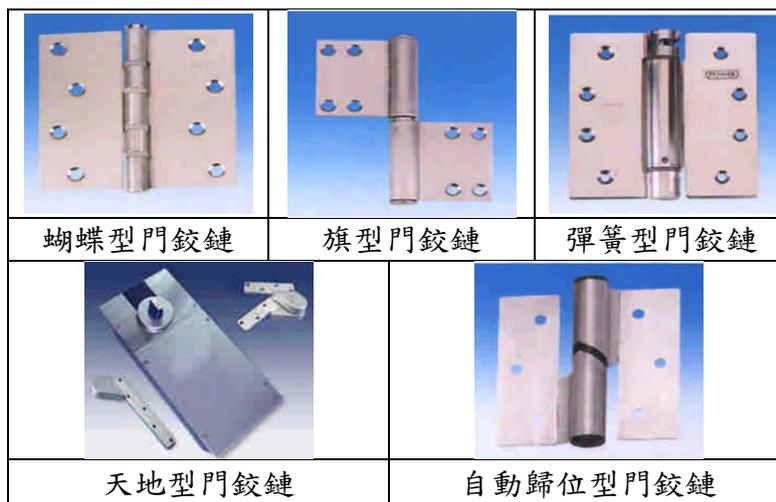


圖 2-7 鉸鏈種類型式

(資料來源：石忠榮，「防火門五金配件防火時效研究」，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程所碩士論文，2005)

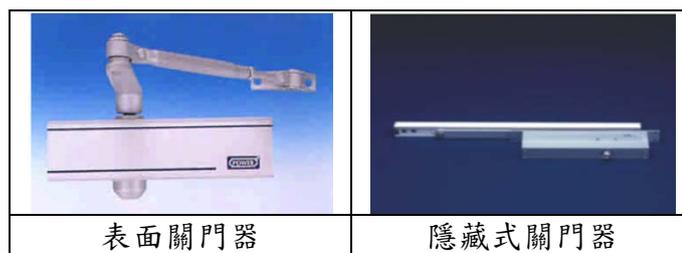


圖 2-8 關門器種類型式

(資料來源：石忠榮，「防火門五金配件防火時效研究」，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程所碩士論文，2005)

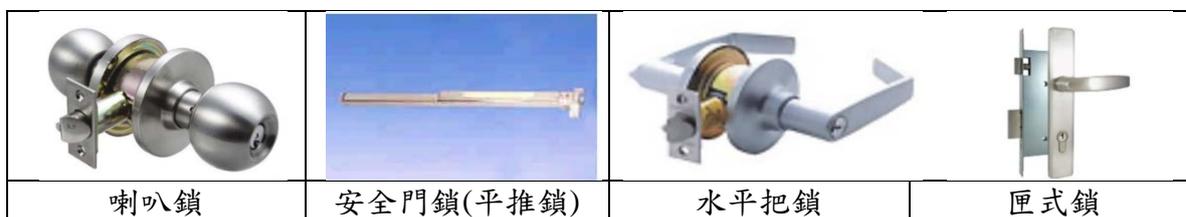


圖 2-9 門鎖種類型式

(資料來源：石忠榮，「防火門五金配件防火時效研究」，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程所碩士論文，2005)

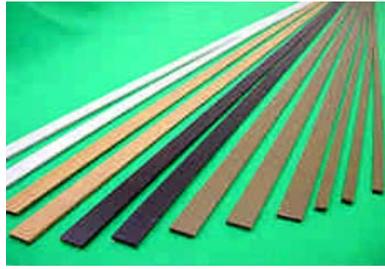


圖 2-10 膨脹填縫條

(資料來源：石忠榮，「防火門五金配件防火時效研究」，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程所碩士論文，2005)

防火門常用芯材(包括報告書內之中心材及層間材)可分為：蛭石防火板、陶瓷纖維棉、岩棉、無機發泡、珍珠岩、氧化鎂板、氧化鎂發泡板、玻璃纖維棉、矽酸鈣板、石膏板，詳細敘述如下：

- (1) 蛭石防火板：為一種新型的無機材料，以膨脹蛭石為主要原料，與一定比例的無機粘合劑混合，經過一系列工序加工而成的具有耐高溫、防火、綠色環保、絕熱、隔音、不含有害物質的板材。高溫加熱至 1200°C 後也不產生危害人體健康的氣體。特點為不燃、不熔、耐高溫、恆久的保溫性、良好的隔音性無毒、無煙，綠色環保；耐衝擊性良好的尺寸穩定性及耐侯性、優異的抗黴菌、蟲蛀性；可鋸、釘、刨、鑽，易於安裝及施工。
- (2) 陶瓷纖維棉：陶瓷纖維散棉是將高純度的黏土熟料、氧化鋁粉、矽石粉、鉻英砂等原料在工業電爐中高溫熔融，形成流體。然後採用壓縮空氣噴吹或用甩絲機甩絲成纖維狀，經過集棉器集棉，形成陶瓷纖維棉。纖維棉可進一步加工成纖維毯、板、紙、布、繩等製品。陶瓷纖維是一種高效絕熱材料，具有重量輕、強度高、抗氧化、導熱率低、柔軟性好、耐腐蝕、熱容小及隔音等特點，其中結構氣孔性高，因此具有非常好得隔熱作用。
- (3) 岩棉：以天然岩石如白雲石、鐵礦石、玄武岩等為主要原料，經過 1000°C 以上的高溫熔化、纖維化而製成的無機質纖維。纖維經加工，可製成板、管等各種製品。岩棉具有多孔性結構，而有優良的隔音和吸聲性能。

- (4) 無機發泡：無機非金屬材料是一種固體無機材料，具有很強的整體性，其對酸鹼反應敏感度不大，具有很好的耐酸鹼性，且能承受高溫，為一種很好的防火材料，有別於一般高分子有機材料，使用上容易造成環境汙染與燃燒後毒性氣體問題，如發泡聚胺酯(Polyurethane, PU)、擠塑型聚苯乙烯(Extruded polystyrene, XPS)、發泡型聚苯乙烯(Expanded Polystyrene, EPS)等都是高分子有機材料，均屬於 B 級可燃材料。特點為物理、化學性質穩定，不易老化、風化，耐久性優異、具有很好的耐酸鹼性、能承受高溫。
- (5) 珍珠岩：一種類似流紋岩的酸性火山噴發熔岩，由於噴發後急速冷卻，形成球粒狀玻璃質岩石，有弧形或圓形裂紋，如珍珠的結構，所以被命名為珍珠岩。珍珠岩一般為淺灰色、淡綠色和褐色，二氧化矽含量達 70%，水分含量為 3 - 5%，當將珍珠岩加熱到 850~900°C 時，由於玻璃質軟化，其中水分蒸發，造成體積膨脹，可以達到原有體積的 7~16 倍，為膨脹珍珠岩。珍珠岩的特點具有吸音性好，吸濕性小，抗凍性強的性能[14]。
- (6) 氧化鎂板(玻鎂平板)：原料氧化鎂及氯化鎂與添加物木屑、膨脹珍珠岩充分拌合後，再與玻璃纖維棉、不織布結合初凝後生成強度,經最後養生後成型。有些會於成型後於板面施以油蠟塗佈,藉以形成保護膜。特點具有耐燃、隔音、吸音、隔熱、耐腐蝕、質地輕、抗彎曲、板身柔韌有彈性、防蟲蛀等特性[15]。功能及用途適用於牆板、吊頂板、防火板、防水板、包裝箱等，可替代木質膠合板做牆裙、門窗、板門板、家具等。也可根據需要表面塗調和漆、清水漆，並可加工成各種類型的板面。還可用於地下室、礦井等潮濕環境的工程，和多種保溫材料複合使用，製成複合保溫板材[16]。
- (7) 氧化鎂發泡板：由氧化鎂加氯化鎂後起化學變化發泡而製成，這些材料均屬於鹼金屬鹽類雖有防火效能，但它反潮非常厲害，當氧化鎂發泡板吸潮後是鬆散狀就沒有防火效果，且會散發氯離子，它會腐蝕鋼板。吸水吸潮後，鹼金屬岩中的鈉、鎂等活性離子與金屬發生化學反應會腐蝕防火門的鋼木結構導致防火門破壞，遇高溫明火燃燒時，則會產生劇毒

濃煙和致命氣體。特點為發泡能力強、發泡倍數高、單位體積產泡量大、泡孔細膩均勻不易破碎、產品脫模速度快、表面光澤度好和產品後期強度高的特點。

- (8) 玻璃纖維棉：以玻璃球或廢舊玻璃為原料經高溫熔制、拉絲、絡紗、織布等工藝製造成的，其單絲的直徑為幾個 mm 到二十幾 mm，每束纖維原絲都由數百根甚至上千根單絲組成。化學成分屬玻璃類，是一種無機質纖維[17]。特點為成型好、體積密度小、熱導率小、保溫絕熱、機械強度高、吸音性能好、耐腐蝕、化學性能穩定。在實際使用中，並不適於直接使用，通常用作複合材料的增強材料，電絕緣材料和絕熱保溫材料，電路基板等。
- (9) 矽酸鈣板：由石英粉、矽藻土、水泥、石灰、紙漿、玻璃纖維等，經過製漿、成型、蒸養、表面砂光等程序製成的輕質板材。特點具有優良的防火，防潮，隔音，防蟲蛀，耐久性[18]。
- (10) 石膏板：以石膏為主要原料(一般加入玻璃纖維以增加強度)作為芯材，並以石膏板專用紙包覆芯材兩面及長度方向側面之板。在國內因消費者較不能接受石膏板表面硬度較差的特性，在住家裝潢中的使用率偏低；但在整體層間材市場中，石膏板亦佔有 60% 以上[19]。特點為質地輕、強度高、防火、防蛀、容易加工、可吸濕透氣，但吸濕後其強度減低。

2. 防火門研究相關文獻

Cheung et al. [20]說明火災場景中，防火門即使關上，也會有門縫讓熱氣和煙霧通過。為了達到防火門相關要求標準，確保其有效防止煙霧蔓延，以及門的順利開啟，是很值得探討的問題。Cheung et al. [20]以計算流體動力學 (CFD) 方式，進行防火門間隙對火災煙霧蔓延的影響性研究；防火門間隙尺寸的參數為 3、5、7 和 10 mm。研究結果顯示門縫間隙尺寸越大，對熱氣或煙霧蔓延的阻擋能力越低，門縫間隙尺寸為 3 mm 的防火門有最佳阻止煙霧擴散的能力。但較小門縫間隙的室內會有較大的壓力，因此門可能會被推開。

Wu et al.[21]以無填充鋼製防火門進行防火時效測試。試體以冷軋鋼板為主要材料，結構分別為兩片鋼板、一個鋼製門框、八個鉸鍊和一個鎖具組裝而

成。此試體於防火時效測試過程，試體沒有坍塌，非曝火面沒有火焰燃燒具有遮焰性；並在噴水試驗過程，試體沒有產生開口或穿孔，通過噴水試驗。但試體的阻熱性能於測試時間 10 分鐘，非曝火面平均溫度超過初始溫度 140°C 以上，以及單點超過初始溫度 180°C 以上。綜上所述，這種無填充鋼製防火門具有良好的遮焰性(3 小時)，但由於其內部並無填充材料，導致其阻熱性能差(約 10 分鐘)。

Kim et al.[22]研究改善防火門絕熱性能的表現，設計出帶有真空絕熱板的高絕熱防火門，設定了 48 mm (48T)跟 60 mm(60T) 兩種不一樣的厚度，發現 60 mm 的絕熱效果較佳。此外，在高絕熱防火門的設計上使用了陶瓷板、玻璃棉、石墨膠帶、礦棉、襯墊，達到增加防火性和絕熱性目的。實驗方法分成三部分。首先第一部分是模擬分析，利用 Physibel TRISCO 三維穩態熱傳模擬軟體，去分析在不同邊框外觀、襯墊位置、以及兩者參數互相搭配下，模擬表面的溫度分佈。第二部分是防火性測試，分成 48T、60T、60T 加上石墨膠帶，依照 ISO 834-1[23]規定之方法燃燒測試試體。第三部分是絕熱性/氣密度/結露冷凝表現測試，依據 ASTM C 1363[24] (絕熱性測試),跟 ASTM E 783[25] (氣密度測試) 結露試驗是在 20°C、40%濕度的溫度條件下，將低溫區的空氣溫度從 5°C 降低到-10°C，每隔 5°C 進行一次。

Kim et al. [22]的研究是為了提高門的耐熱性能，在模擬分析後，由於添加了絕緣材料作為 60 T 背襯結構，發現 60 T 的高絕熱防火門熱損失小於 48 T 的高絕熱防火門。通過高絕熱防火門的防火時效結果，可以滿足 60 分鐘的耐火目標，並表現出 40 分鐘的隔熱效果。根據石墨膠帶的應用，發現有很高的防火性，在測試 60 T 跟 60 T 加上石墨膠帶時，有石墨膠帶的熱傳率比起前者降低了大約 18%。此研究還有設計許多參數，像是真空絕熱板的應用提高防火門隔熱性能，陶瓷板應用、襯墊位置調整...等。

洪如嫻[26]研究市面上防火門的芯材種類，並根據四項性能基準去評估防火效能：分別為(1)遮焰性，(2)阻熱性，(3)穩定性，(4)遮煙性。透過加熱試驗、衝擊試驗，去判定為 A 或 B 種防火門(A 種特別規定非加熱面溫度不可超過 260°C)。檢驗規定依據 CNS 11227，加熱時間依序為 30 分鐘、1 小時、2 小時，對應最高加熱溫度：840°C、925°C、1010°C。研究內容指出，市面上常使用的

防火門芯材為：(1)珍珠岩板，(2)氧化鎂板，(3)氧化鎂發泡板，(4)陶瓷棉。另外，此研究利用柏拉圖分析法，做重要性能問卷調查，在眾多防火門芯材的選用因素中選出前六個最重要的，分別為：(1)防火性能，(2)阻熱性能，(3)吸水率，(4)材質酸鹼性，(5)成本考量，(6)氯離子含量。李克特量表觀察個別的量表分數，發現珍珠岩板除了成本，其他的表現都是最佳。氧化鎂、氧化鎂發泡板雖然在成本的表現較佳，但其含有游離性氯離子，和鋼板結合易造成生鏽，防火性能及安全考量上會有所顧慮。陶瓷棉不同於其他芯材，是以磅數區分，越蓬鬆性能越佳，需搭配氧化鎂板輔助增加結構穩定性，因此成本和珍珠岩板差不多。

Nussbaumer et al. [27] 研究將木質防火門裡面使用真空絕熱板(VIPs)作為隔熱材料，進一步去比較了有真空絕熱板、真空絕熱板損壞、無使用真空絕熱板而使用傳統隔熱材料(纖維板)、有無安裝金屬五金配件，下去進行模擬和實驗，驗證他們分別的熱通量、熱傳導係數...研究結果顯示使用真空絕熱板並且沒有安裝金屬五金配件，可以達到最好的絕熱效果(五金配件會導致熱橋效應)，另外就算真空絕熱板有損壞，其應用的防火門絕熱效果仍然高於未使用真空絕熱板的。若要達到相同絕熱效果，未使用真空絕熱板的門厚度需 194 mm，而使用真空絕熱板的門厚度只需要 33 mm。此外也有指出，使用真空絕熱板能減少將近百分之 25 的能量損失。

D'Amore G. K. O. et al. [28] 研究透過有限元素分析(FEA)模擬防火門的熱阻性能，並分析證實影響防火性能的關鍵參數(熱橋)。此外模擬和實驗並進，比較了在穩態、非穩態下的模擬，發現穩態會高估防火門的耐火溫度，只有非穩態的情況模擬下可以符合耐火標準。此外，透過模擬分析證實了熱橋效應確實會導致防火門的絕熱性能下降；必須降低熱梯度、門扇變形、火焰跟煙從門跟門樁之間穿過的可能性。最後作者利用減少門扇封邊的厚度(從原本 5.0 mm 降低成 1.5 mm)，結果證實門扇中心降低 20°C，而門扇最旁邊比原本的降低了達到 130°C。最後設計出 B 防火門(門扇厚度 52 mm，鋼板厚度 1 mm)與原先的 A 防火門(門扇厚度 60 mm，鋼板厚度 1.5 mm)做比較，結果皆達到耐火測試標準，並且 B 防火門還比 A 防火門輕了 61 kg。

N. Cai et al. [29]利用 CFD 研究了不同通風係數下房間火災引起的門洞氣流

流動。開口平面上的壓力分佈顯示，隨著通風係數的增加，通過開口的氣流會更加活躍，開口的位置也會對氣流產生影響。當開口靠近房間頂部時，由於熱空氣的浮力，通風率會增加。

J H Beh et al. [30]在此研究中提出，在不影響防火時效的情況下，發明了密度更輕的耐火夾芯板。生產了三塊不同厚度的防火夾芯板（X、Y、Z），進行了兩小時的防火測試。防火夾芯板是使用相應比例的蛭石製成的，並通過成型技術與膨脹黏合劑加固。選擇蛭石作為製造防火板的主要材料的理由即密度輕，絕緣值較高，為含水層狀矽酸鹽或片狀矽酸鹽礦物。此外，蛭石是一種化學惰性耐用的環保材料，當加熱到 $600^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 時，它會膨脹到原來尺寸的 8 到 20 倍，所以它可以用來增加隔音、隔熱，最重要的是增強防火。在這項研究中，蛭石芯的厚度對防火時效起著重要作用。另外，添加到面板 Z 的蛭石芯中的超細纖維被認為可以通過在燃燒過程中熔化和形成氣泡來進一步幫助減慢熱傳遞速率，它們通過橋接和黏合蛭石顆粒有助於提高面板 Z 的機械強度和改善芯部可能發生的任何內部微裂紋。因此，在完成黏合強度試驗、耐火試驗和三點彎曲試驗後，數據顯示，與防火板 X 和 Y 相比，防火板 Z 取得了更好的綜合性能（重量最輕、結構強度最強、最高溫度最低），此種創新方法，未來具有進一步發展為工業用途的潛力。

Daniel Joyeux[31]提及在許多情況下，與自然火災相比，傳統火災的熱作用模擬太過度理想設計，反而某些情況會導致比常規火災更嚴重的熱作用，耐火時間要求與真實火災中建築構件的行為不相符。在這項研究中，報告了與酒店典型房間相關的兩次自然火災測試的結果。已經研究了兩種具有 ISO 防火等級的門：EI30 木門和 EI45 和 E60 鋼門。顯示劇烈且嚴重的火災會對防火門產生強烈影響，並縮短防火門的耐火時間，以至於在閃燃後 10 或 15 分鐘就會發生火勢蔓延。總結，為了進行全面、一致的消防安全工程分析，有必要提高我們對自然火災情況下耐火構件火災行為的認識。

Luciano Moro et al. [32]提出了一種創新的防火門設計，以改進機構，並通過數值分析和實驗（遵循規定的溫度-時間關係）與傳統門進行比較。關於常規防火門的結構是以薄鋼板製成的箱體中填充絕緣材料（岩棉）；而創新的防火門將兩塊鋼板從門的外部移動到門的內部並保持它們連接（帶有加強肋），外部採用具有相當熱阻性但密度更高的矽酸鈣板。最後比較了傳統防火門和創新防火門的平面外位移。結果顯示，加強筋的數量越多，位移越小，而傳統防火門的

位移最大。此外，模擬結果和實驗結果也有很好的一致性，門的機械響應得到改善，而不會影響其絕緣性能。此創新防火門的溫度比傳統防火門低 50°C 左右，滿足 A-60 級門。此外，創新門的位移比傳統門小 3 倍。通過該方法，作者成功地降低了熱梯度，降低了最大位移。

E. Hugi et al. [33]研究通過耐火試驗驗證了鋼門框受火溫度分佈的數值模擬，在門扇往火爐打開和打開遠離火爐兩種情況下，測量的對接鋼門框的熱響應通過基於這些部分的絕熱邊界條件假設的二維模型成功地進行了數值分析。從熱學的角度來看，遠離火爐（鉸鏈側著火）的情況比進入火爐（鉸鏈側著火）的情況更嚴重，這是因為在前一種情況下，框架與火直接接觸的表面積更大。對接的鋼門框相比於環繞式或可調節式的來說，框架內部的絕緣材料對室內非曝火面溫度，以及門扇熱阻性的影響更大，因此，優化幾何對接框架和填充隔熱材料的熱性能，包括門扇在內，將是未來防火門強度提升的重要課題。

Azieyanti N A et al. [34]指出使用玻璃纖維作為防火材料時，玻璃纖維一旦被吞嚥和吸入，就會導致健康問題，並可能無限期地留在肺部，可能導致肺癌。而在這項研究中，他指出石膏和天然纖維的複合混合物可以被作為防火絕熱材料，而且可以提高防火門的耐火等級。在不同成分和厚度的石膏與木棉纖維的複合混合物樣品比較下，發現 1000 g 石膏、30 g 厚度為 12.7 mm 的木棉纖維的組合物，達到的最高耐火等級為 153 分鐘；1000 g 石膏、10 g 厚度為 6.4 mm 的木棉纖維的組合物，最低耐火等級為 71 分鐘。可以清楚地看出樣品的厚度對耐火等級有顯著影響，並且複合樣品中木棉纖維的成分不同也會對耐火等級有所影響。

K. Ghazi Wakili et al. [35]在本文中，根據國際標準 ISO 834（與 CNS 12514-1 相似）對內置在巨大磚牆中的鋼門的可調節鋼框架進行了防火處理。並且根據標準要求的熱電偶，將熱電偶放置在鋼框架橫截面的不同位置，以驗證為研究其隔熱性能而進行的數值分析。此外，結合火災試驗和數值模擬的結果，對多個參數進行了多次變化計算，量化了它們對溫度演化的影響。將原始測量結果與每個單參數變化的結果進行比較，發現不管是框架型式（環繞式、可調節式）、門扇開合方向、框架內有無填充材，皆對防火門阻熱性有一定程度影響。

第三章 防火門資料蒐集與統整

第一節 性能規格評定書彙整與分析

本研究彙整 100 份的性能規格評定書，防火門種類以鋼製的占最大部分比例(83%)，其次為木製(13%)，另外還有少量礦物製，幾乎所有的防火門評定性能皆為具遮煙性能之建築用門，且具有 f(60A)以上的防火時效。圖 3-1 顯示相關防火門統計資料，分別來自四家不同評定單位：(A) 財團法人成大研究發展基金會、(B) 國立台灣科技大學(建築性能規格評定中心)、(C) 財團法人臺灣建築中心、(D) 臺灣建築學會(建築性能評定中心)。所有性能規格評定書之出具年份為 103~111 年。

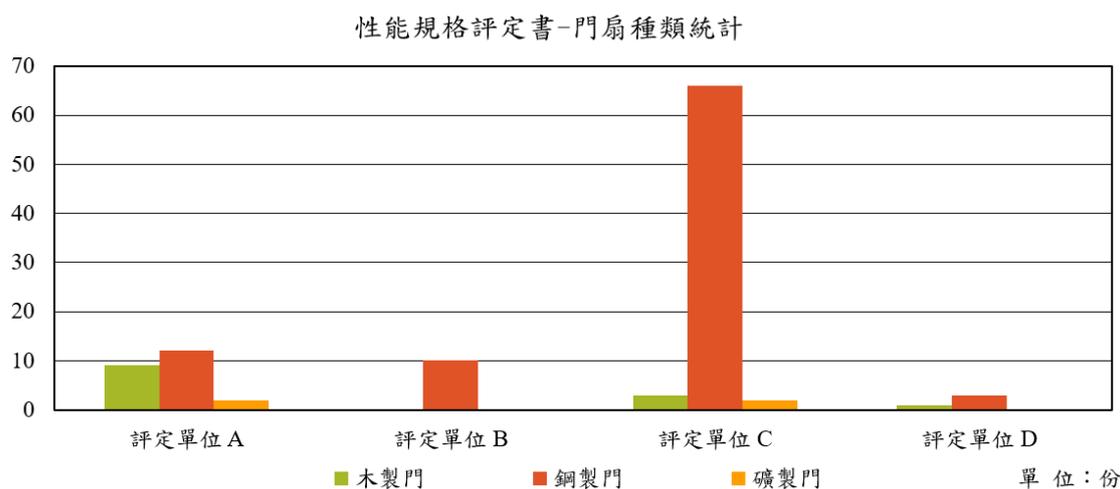


圖 3-1 性能規格評定書-門扇材質種類統計

(資料來源：本研究自行整理)

表 3-1 顯示本研究分析的 100 份性能規格評定書，依據材料種類可分為：鋼製門、木製門、礦製門；其中產品種類為防火門的僅有 1 篇，其餘的 99 篇皆為建築用門遮煙性能。

在所有收集的 100 份性能規格評定書當中，有 99 份通過防火與遮煙性能測試。目前市面上的防火門某些雖然不具有阻熱性能(B 級)，但遮煙性能幾乎是門扇需具備的門檻，這也同時呼應了當火災發生時，絕大多數的傷亡都是因吸入

過量濃煙導致，因此防火門是否具備遮煙性能，將是影響避難者等待救援時間長短一個重要的因素。

影響防火門遮煙性能的優劣關鍵，在於門扇安裝後底部距離地面的門縫大小，關閉後與門樘的密合度，以及周圍有無氣密、防煙條。在門縫與密合度方面主要與製造、施工有關。而氣密、防煙條常為橡膠/塑膠材質，常見之下降式壓條則含金屬件，但氣密條設置在門扇-門樘之間；下降式壓條設於下門縫，兩者材質輕、佔比小，故與整體門扇相比重量比例低。上述影響遮煙性能的要點，之於本研究門扇輕量化主題能改善的範圍非常有限，因此門扇遮煙性能的實驗與探討，非本研究優先執行的項目。本研究先著重防火門各構件的材料與重量分析，並探討不同中心材與層間材結構組合是否有互換性。

由現行公開的評定書彙整成表 3-1 後發現，大多數評定的防火門種類為鋼製門，其次為木製門，而礦製門佔極少數，因此在具備足夠的參考資料下，選擇鋼製防火門作為本研究輕量化目標之門扇種類。

表 3-1 防火門及建築用門遮煙性能評定書統計

鋼製門	
防火時效/門扇型式	數量
鋼製單扇單面平板橫拉門	1
鋼製 f(60A)單扇雙面平板橫拉門	1
鋼製 f(60A)單扇雙面平板推開門	9
鋼製單扇雙面平板推開門(附玻璃)	1
鋼製 f(60B)單扇雙面平板推開門(附玻璃)	1
鋼製 f(60A)單扇雙面平板推開門(附玻璃)	34
鋼製 f(120A)單扇雙面平板推開門(附玻璃)	1
鋼製 f(120/60A)單扇雙面平板推開門(附玻璃)	1
鋼製 f(60A)雙扇雙面平板推開門	6
鋼製 f(120/60A)雙扇雙面平板推開門	1
鋼製 f(60A)雙扇雙面平板推開門(附玻璃)	27
木製門	
防火時效/門扇型式	數量
木製單扇雙面平板推開門	1
木製 f(60A)單扇雙面平板推開門(附玻璃)	6
木製雙扇雙面平板推開門(附玻璃)	1
木製 f(60A)雙扇雙面平板推開門(附玻璃)	5
礦物製	
防火時效/門扇型式	數量
礦物(玻璃)製 f(60A)單扇框構推開門	1
鋼框礦物(玻璃纖維) f(60A)單扇雙面平板推開門	1
鋼框礦物(玻璃纖維) f(60A)單扇雙面平板推開門(附玻璃)	1
鋼框礦物(玻璃纖維) f(60A)雙扇雙面平板推開門	1

(資料來源：本研究自行整理)

防火門重量佔比範圍如表 3-2 所示，可以發現在芯材(中心材+層間材)在重量上介於約 20~409 kg，另外中心材及層間材為防火門使用的種類多樣化，因此在輕量化上有較多可以探討改善的空間。

表 3-2 防火門重量佔比範圍

	門扇重量(kg)			門樑重量(kg)			扇面板重量(kg)			芯材(中心材+層間材)重量(kg)			骨架重量(kg)			其他重量(kg)		
	平均	最輕	最重	平均	最輕	最重	平均	最輕	最重	平均	最輕	最重	平均	最輕	最重	平均	最輕	最重
鋼製單扇門	142	102	219	23	16	32	54	39	68	45	32	96	24	17	43	21	14	33
鋼製雙扇門	304	175	895	29	18	57	136	92	240	176	33	409	63	47	133	51	40	113
木製單扇門	135	93	154	26	22	32	11	6	37	76	32	130	34	8	37	14	5	25
木製雙扇門	243	223	260	31	27	36	8	7	9	147	104	169	51	34	60	39	25	48
礦製單扇門	172	92	330	29	24	35	50	26	90	94	20	160	62	47	70	7	3	10
礦製雙扇門	220			27			102			35			72			11		

(資料來源：本研究自行整理)

市面防火門以鋼製及木製為主，因此進一步分析鋼製及木製防火門各部位所佔的重量百分比，作為後續防火門輕量化設計的依據參考。圖 3-2 顯示木製防火門占比由重至輕的部分依序為：(1)芯材(中心材+層間材)佔 56.65%，(2)骨架佔 25.34%，(3)其他五金配件佔 10.27%，(4)扇面板佔 7.74%。木製防火門所使用的面板材大多數為美耐板，其耐熱強度較低，因此需要更多芯材(中心材+層間材)填充，達到耐燃絕熱的目標。

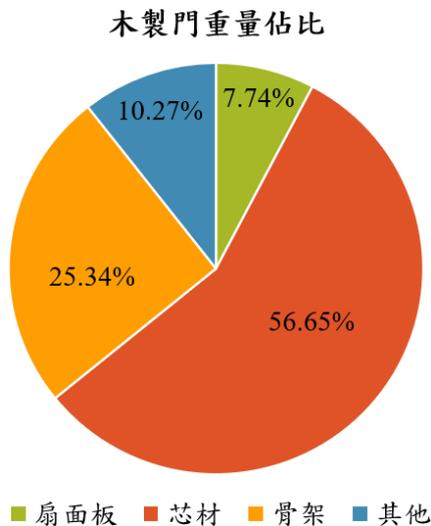


圖 3-2 木製防火門主要各部位重量佔比

(資料來源：本研究自行整理)

鋼製防火門占比由重至輕的部分依序為：(1)扇面板佔 38.32%，(2)芯材(中心材+層間材) 佔 30.46%，(3)骨架佔 16.64%，(4)其他五金配件佔 14.58%，如圖 3-3 所示。鋼製防火門面板材通常採用鍍鋅鋼板，需具備 1.0 mm~1.6 mm 的厚度避免在試驗時燒穿或過度變形，影響防火時效，故鋼製防火門的面板重量占比最大。

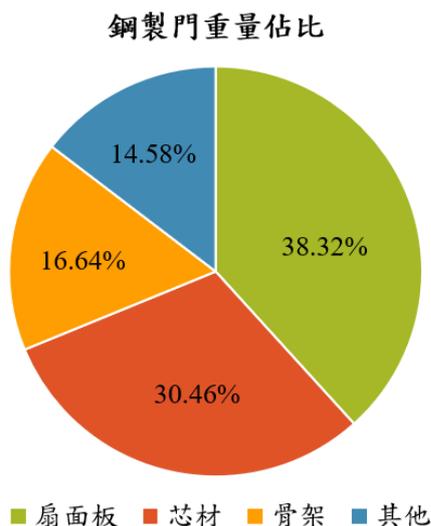


圖 3-3 鋼製防火門主要各部位重量佔比

(資料來源：本研究自行整理)

由圖 3-3 可以發現，面板材的重量在鋼製防火門來說佔的比例最高，但因為其尺寸配合各家廠商需求設計會有所不同，且材質又大多同為鍍鋅鋼板，故若要降低重量僅能減少其厚度，更薄之面板是否仍有同等防火時效則需進行試驗驗證。所以輕量化方向若撇除面板材，就是佔比第二的芯材(中心材+層間材)種類規格有關，因此選擇往替換防火門中心材及層間材的方向發展。

本研究對於防火門輕量化目標，應考慮芯材(中心材+層間材)或骨架，擇一方向達成輕量化之最大效益。而現今防火門的市場日趨成熟的情況下，各家廠商所做的防火門型式、種類，結構與骨架設計都具有一定的性能。因此本研究初步朝向更換中心或填充材料方式對既有防火門進行輕量化改善，並探討中心或填充材料的替換是否影響防火時效。此外，目前防火門同型式判定，尚未有替換芯材的說明與標準，本研究可依據填中心或充材料的替換是否影響防火時效而給予說明。

圖 3-4、圖 3-5、圖 3-6 與圖 3-7 為防火門中心材與層間材的使用之佔比分析。發現木製防火門的中心材大部分採用木質纖維板(粒片板)；層間材採用木夾板以及氧化鎂板。另外鋼製防火門常使用的中心材有珍珠岩複合板、珍珠岩板、陶瓷棉、陶瓷棉毯；層間材採用陶瓷棉、氧化鎂板、矽酸鈣板。從彙整資料來看，木製防火門採用的芯材種類較單一集中；而鋼製防火門所使用到的芯材(中心材+層間材)種類較廣泛分散。由此相關數據分析，可以發現氧化鎂板、陶瓷棉這兩種材料最常使用。

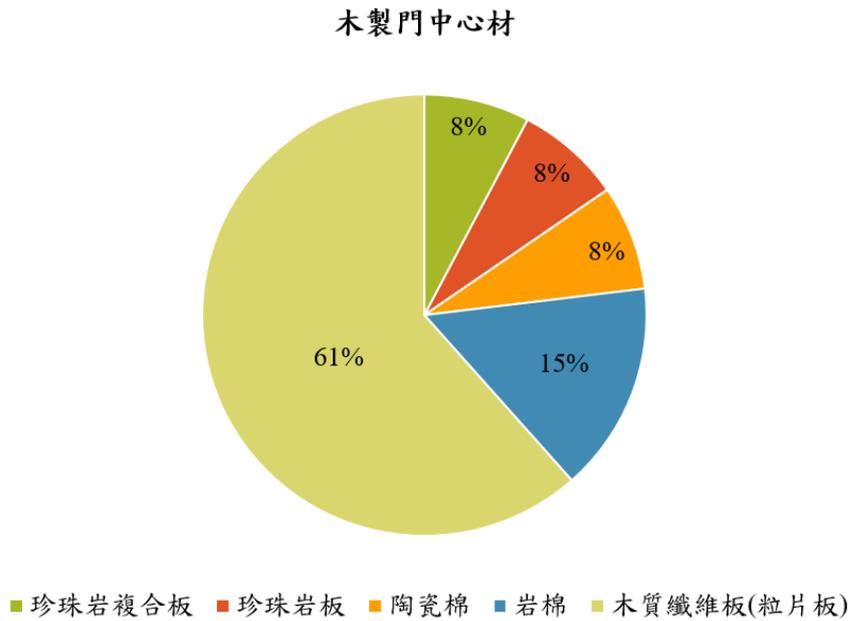


圖 3-4 木製防火門中心材使用之佔比

(資料來源：本研究自行整理)

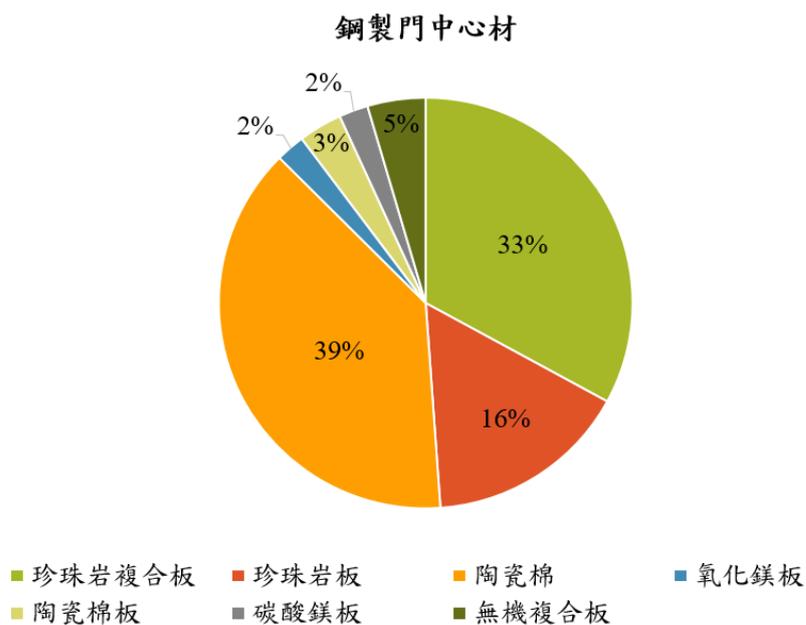


圖 3-5 鋼防火製門中心材使用之佔比

(資料來源：本研究自行整理)

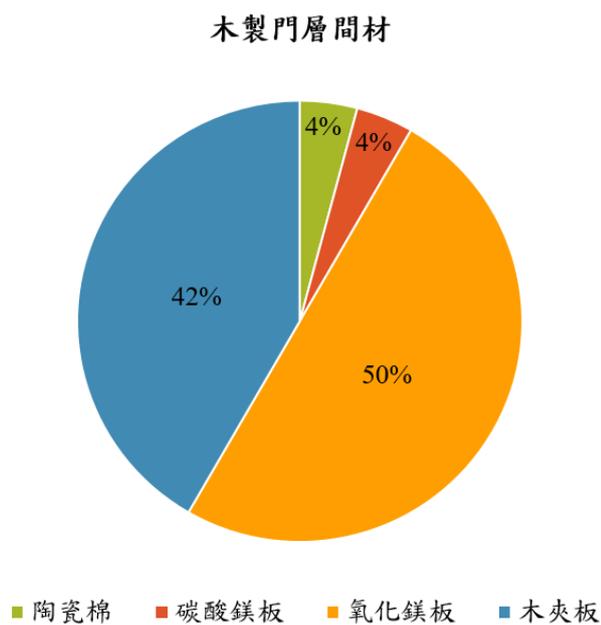


圖 3-6 木製門層間材使用之佔比

(資料來源：本研究自行整理)

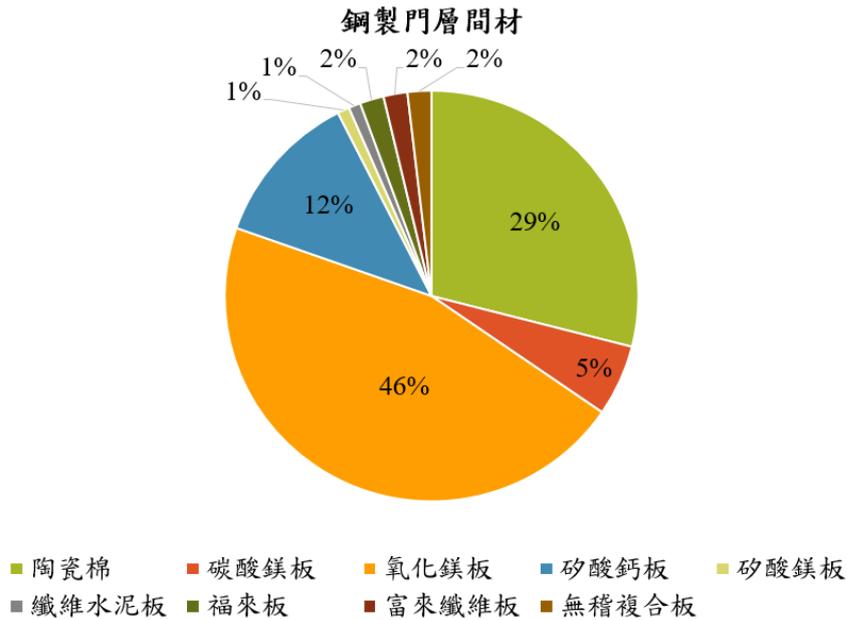


圖 3-7 鋼製門層間材使用之佔比

(資料來源：本研究自行整理)

由 100 份的性能規格評定書，統計各類材料密度的範圍，可發現岩棉的密度最小，而圖 3-4 與圖 3-5 統計占多數的陶瓷棉，密度約 130 kg/m^3 以下；另外氧化鎂板因為有含水率的問題，密度相比其他材料就高出許多。因此，若防火門使用大量氧化鎂板，其重量理應高過使用其他種類材料的防火門許多。

本研究分析 100 份性能規格評定書，防火門種類以鋼製的佔最大部分比例 (83%)，其次為木製 (13%)，另外還有少量的礦製。

1. 木製防火門佔比由重至輕的部分依序為：(1)芯材(中心材+層間材)56.65%，(2)骨架 25.34%，(3)其他五金配件 10.27%，(4)面板材 7.374%。木製防火的中心材大部分採用木質纖維板(粒片板)；層間材採用木夾板以及氧化鎂板。
2. 鋼製防火門佔比由重至輕的部分依序為：(1)扇面板 38.32%，(2)芯材(中心材+層間材)30.46%，(3)骨架 16.64%，(4)其他五金配件 14.58%。鋼製防火門常使用的中心材有陶瓷棉 39%、珍珠岩複合板 33%、珍珠岩板 16%；層間材採用氧化鎂板 46%、陶瓷棉 29%、矽酸鈣板 12%。

彙整所有性能規格評定書裡的資料後，最後可以歸納出防火門內部材料組成的方式分為兩大類：(1) 「中心材+層間材+中心材」或「層間材+中心材+層間材」、(2) 「單一種類中心材或層間材」。本研究欲探討的層間材及中心材是否具有可替換性，採用第(1)類材料組成方式，設計了小試體防火時效試驗，作為探討依據；新型材料之開發並應用於實尺寸門扇實驗的設計則採用第(2)類材料組成方式，目的為探討使用新型輕量化材料替換目前市面上常用防火材料的可行性。

第二節 防火門各部件規格統計

表 3-3 彙整的資料來源為財團法人成大研究發展基金會、國立台灣科技大學建築性能規格評定中心、臺灣建築學會建築性能評定中心，三家評定單位之性能規格評定書，以及[36-40]。可以發現在防火填充材種類之中，陶瓷棉為常用之防火門中心材，而這些統計資料數大部分皆分佈於鋼製防火門。

表 3-3 中心材種類彙整

	厚度(mm)	密度(kg/m ³)	樣本數
陶瓷棉(6P)	6.0	96	2
	12.5	96	40
	20.0	96	1
	25.0	85~96	32
	38.0		1
	50.0	96	7
陶瓷棉(8P)	6.0	128	6
	12.5		6
	25.0		2
岩棉(60K)		60	2
岩棉(80K)		80	1
酚醛樹脂	44.0	96	1

(資料來源：本研究自行整理)

表 3-4 彙整的資料來源為性能規格評定書，以及[36-40]。可以發現在最常用之層間材種類為氧化鎂板、矽酸鈣板、珍珠岩板及珍珠岩複合板，而這些統計資料數主要分佈在鋼製防火門，其次木製防火門，最後為鋼框礦物製。另外可以發現木質纖維板(粒片板)及夾板較常為木製防火門所使用，有顏色標示之方格為文獻資料[36-40]中有使用之材料，但並未提及確切數量，因此以此表示。

表 3-4 層間材種類彙整

	厚度(mm)	密度(kg/m ³)	含水率(%)	總氯含量(%)	樣本數
氧化鎂板	3.0	900~1300	10.0~16.0	0.02	51
	6.0	1070~1130	21.9~27.6		11
矽酸鈣板	4.0	1000	3.0~7.5		2
	6.0	870~1060	7.4~10.2	0.016	11
	9.0	1000~1090	6.7~10.2		7
珍珠岩板	40.0	230~350	19.6~30.8		8
	46.0	230~400	15.4~30.8		12
珍珠岩複合板	40.0	230~1290	4.3~30.8		20
	46.0	230~1290	4.3~30.8		21
	48.0	300~600	22.3~29.1	0.023~0.087	8
無機複合板	3.0	1000~1400	13.5~15.4	0.001~0.128	2
	38.0	290	14.1	0.001~0.025	2
	41.0	290	14.1	0.001~0.025	2
	46.5	300~1010	7.5~21.8		2
	48.0	240~320	13.5~16.4	0.001~0.074	2
碳酸鎂板	4.0	800~1200	12.5~16.7	0.002~0.087	5
纖維水泥板	4.0	1000	3.8	0.02	1
木質纖維板(粒片板)	30.0	760	7.4		6
	31.0	700~760	7.9		2
	36.0				
礦纖板	38.0				
	43.0				
夾板	2.7				10
	3.0				
密集板	3.0				
EPS 輕質水泥板	50.0				
註：顏色標示之文字及方格為行政院國家科學委員會專題研究計畫之成果報告統計彙整之資料					

(資料來源：本研究自行整理)

進一步規格統計結果中可以發現，首先中心材主要使用之陶瓷棉，其厚度落在 6~50 mm，密度主要分為 6P(96 kg/m³)及 8P(128 kg/m³)兩種；常用層間材規格方面，常用的氧化鎂板、矽酸鈣板、珍珠岩板、珍珠岩複合板，其厚度可大致分成 3~6 mm 以及 40~48 mm 兩種級距。3~6 mm 的層間材通常搭配中心材(陶瓷棉或岩棉)合併組成並為防火門使用；而 40~48 mm 級距的珍珠岩板及珍珠岩複合板，在防火門應用上通常為單獨使用。藉由性能規格評定書彙整結果，可歸納出兩種材料組成：(1)「中心材+層間材+中心材」及「層間材+中心材+層間材」，此為第四章防火門遮焰與阻熱性能測試的實驗設計依據；(2)「單一種類中心材或層間材」，此為第五章新型材料開發技術測試分析的實驗設計依據。

透過此分析彙整，得以了解其種類以及厚度尺寸規格，並參考表 3-5 可比較出各材料密度及熱傳導係數之間的差異。為之後防火門阻熱性能測試的實驗試體設計規劃重要參考依據。詳細防火門層間材及中心材規格統計，請參閱附件二。

表 3-5 材料規格比較

	密度(kg/m ³)	熱傳導係數(W/mK)	耐溫(°C)	耐燃級數
岩棉	40~200	0.0375、0.0432 (0.03~0.45)	750	1 級/2 級
陶瓷棉	85~128	0.088 (0.088~0.18)	1300	1 級
陶瓷棉板	96~285.5	0.11	1200	
氧化鎂板	900~1300	0.13 (0.13~0.163)		1 級/2 級
碳酸鎂板	350~800	0.12 (0.12~0.21)		
珍珠岩板	230~400	0.047 (0.047~0.054)	800	1 級
珍珠岩複合板	200~1290			
矽酸鈣板	870~1090	0.23 (0.15~0.31)	1000	1 級
矽酸鎂板	800	0.08		1 級
無機複合板	290~1040			
纖維水泥板	430~1000	0.35 (0.3~0.48)	1200	1 級/2 級
福來板	229.3			
富萊纖維板	1266	1.20		
木質纖維板 (粒片板)	700~760	0.23 (0.1~0.3)		
木夾板	350~750			
石膏板	710~1110	0.14 (0.1~0.3)	1000	

(資料來源：本研究自行整理)

除此之外，在其它防火門部件規格統計結果中可以發現，首先門扇規格方面，高度落在 2101~4000 mm，常用分佈級距為高度 2301~2600 mm 的鋼製門；門扇寬度落在 1101~3900 mm，常用分佈級距為寬度 1201~1300 mm、

1401~1500 mm 的鋼製單扇門，以及 2401~2500 mm 的鋼製雙扇門；門扇厚度落在 45~95 mm，常用分佈規格為 48 mm、50 mm 和 52 mm。

門樘規格方面，材質分成鍍鋅鋼板及不銹鋼板。以鍍鋅鋼板製成的門樘來說，高度落在 2201~3000 mm，常用分佈級距為 2401~2500 mm、2501~2600 mm 及 2601~2700 mm；寬度落在 1101~3000 mm，若門扇為單扇門種類，其常用的門樘分佈級距為寬度 1301~1400 mm、1401~1500 mm，門扇為雙扇門種類時常用的門樘分佈級距為寬度 2401~2500 mm。以不銹鋼板製成的門樘來說，高度落在 2301~4000 mm，寬度落在 1201~3000 mm，相對鍍鋅鋼板製成的來說，不銹鋼板製成的門樘較少使用。

扇面板規格方面，藉由表 3-6 可以發現鋼製門最常使用的扇面板為鍍鋅鋼板製成，其尺寸厚度 1.0 mm 為最大宗；而木製門最常使用的扇面板為美耐板製成，其尺寸厚度落在 0.7~1.0 mm。

表 3-6 扇面板種類彙整

	厚度(mm)	樣本數
鍍鋅鋼板	0.8	11
	1.0	60
	1.0(浮雕壓花板)	1
	1.2	2
	1.2(替換防火型式)	3
	1.6(門扇面飾材)	1
不銹鋼板	1.0	1
	1.2	1
木夾板	5.0	1
美耐板	0.7	4
	0.8	5
	1.0	1
	1.0	
硬板	3.0	
玻璃纖維板	2.0	2
	3.0	1
註：顏色標示之文字及方格為行政院國家科學委員會專題研究計畫之成果報告統計彙整之資料		

(資料來源：本研究自行整理)

骨架規格方面，其製造所用之材質及尺寸種類較繁雜，其中鋼製門最常使用的為鍍鋅鋼板製成的骨架；而木製門最常使用的為天然硬木及天然實木製成的骨架。門扇所用的防煙條、氣密條規格，兩者在使用的種類及尺寸上分佈較繁雜且分散，並無特別明顯集中的資料分佈，顯示廠商在防火門結構設計上較具有各自立場及商業獨特性考量。

最後五金配件規格方面，透過彙整可以發現，門鎖常用種類為匣式電子鎖、匣式水平鎖、喇叭鎖及平推鎖；鉸鏈常用種類為自動地鉸鏈、旗型鉸鏈及蝴蝶鉸鏈；門弓器、下降條和防撬門最常為鋼製門所採用。而其它的五金配件，則根據各家廠商的商業設計考量，所採用之配件有明顯不同，不過仍可以發現像凹槽取手、貓眼以及天地栓這些五金配件，同樣也較為被廣泛的應用於防火門上，在同型式配件的替換上具有相當的可能性。詳細防火門各部件規格統計，請參閱附件三。

第三節 研究標的說明

本研究蒐集的所有 100 份性能規格評定書，總共可將防火門種類分為鋼製、木製及礦製三大類，其中鋼製門種類有 83 份，佔了絕大部分比例，在擁有足夠資料的基數下，因此選用鋼製門作為研究方向。

鋼製防火門重量佔比圖可發現，扇面板佔 38.32%，芯材(中心材+層間材)佔 30.46%，骨架佔 16.64%，其他五金配件佔 14.58%。本研究沒有選擇佔比最大的扇面板進行輕量化探討，原因為鋼製防火門使用之扇面板以鍍鋅鋼板為主，且厚度大多數皆為 1.0 mm，能替換的種類及尺寸不多，較難改善防火門重量，在單一材質下若要降低重量僅能減少厚度，而更薄之面板是否仍有同等防火時效需進行試驗驗證。

鋼製防火門重量佔比第二的芯材(中心材+層間材)，資料彙整後發現，鋼製防火門所使用的中心材及層間材種類多元，且不同材料之間具有相同尺寸，有替換之可能性。因此本研究探討不同中心材與層間材的結構組合，進行防火時效測試，並分析中心材、層間材的替換性。

此外，現行建築用防火門同型式判定原則中，並未有關於中心材或層間材變化的說明，因此在最後研究結果中，可提出對防火門同型式判定原則有關芯材(中心材+層間材)更換配套規定修正建議。

本研究針對替換中心材或層間材，期望對既有防火門做出輕量化改良，而並未針對遮煙部分去做探討，原因主要有兩個，(1)防火門遮煙性能的優劣，與門縫大小有關，若防火門因無法承受高溫，造成門扇骨架變形，可能產生更多、更大的縫隙，造成遮煙性能下降。而根據 CNS 15038 之(5.4.4)加熱程序，規範在常溫(25±15)°C 及中溫試驗(200±20)°C 時進行洩漏量測試時，此溫度相較依 CNS 12514-1 加熱至 30 分鐘或 1 小時以上的溫度來說低很多，幾乎不會使試體產生巨觀的變形量。(2)防火門是否具備氣密條或遮煙條，而氣密條或遮煙條對於整體門扇來說，其重量極輕，若對此進行輕量化改善效果並不顯著。

第四章 防火門遮焰與阻熱性能測試

第一節 實驗設備與標準

本研究小試體實驗所用之試驗裝置-小型門牆耐火加熱爐，如圖 4-1 所示。主要依據 ISO 834-1 建築構件耐火試驗標準第一部分之耐火試驗一般要求，同時符合 CNS 12514-1 標準。加熱爐參考尺寸：爐內為 120W x 120H x 120L (cm)，爐外為 160W x 160H x 160L (cm)；試體加熱面積為 120W x 120H (cm)，耐火加熱能力可達 4 小時。加熱爐之爐壁四周耐高溫達 1400°C 以上，爐內燃燒器為平火焰燃燒器(flat flame burner)，使用燃料為液化石油瓦斯(LPG)。



圖 4-1 小型門牆耐火加熱爐

(資料來源：本研究自行拍攝)

本研究實尺寸門扇實驗所用之試驗裝置-門牆耐火加熱爐，如圖所示。依據 ISO 834-1 建築構件耐火試驗標準第一部分之耐火試驗一般要求，同時符合 CNS 12514-1 標準。其主要針對一般防火門（包含鐵捲門、木門和鋼製門等）、牆或防火玻璃等項目，依照標準升溫曲線進行耐火試驗。加熱爐參考尺寸：爐內為 430W x 450H x 100L(cm)，加熱時間可達 4 小時。加熱爐之爐壁四周為耐高溫 1400°C 以上，爐內燃燒器為平火焰燃燒器(Flat flame burner)，使用燃料為液化石油瓦斯(LPG)。



圖 4-2 門牆耐火加熱爐

(資料來源：本研究自行拍攝)

圖 4-3 為本次實驗所用之試驗框架示意圖，此試驗框架由紅磚砌水泥砂漿自然風乾製成，外觀為 1.1 m x 1.1 m 的田字形，內部 4 個箕空的 35 cm x 35 cm 正方形為架設試體的地方，之後將試驗框架吊掛固定於小型門牆耐火加熱爐，對試體進行加熱。

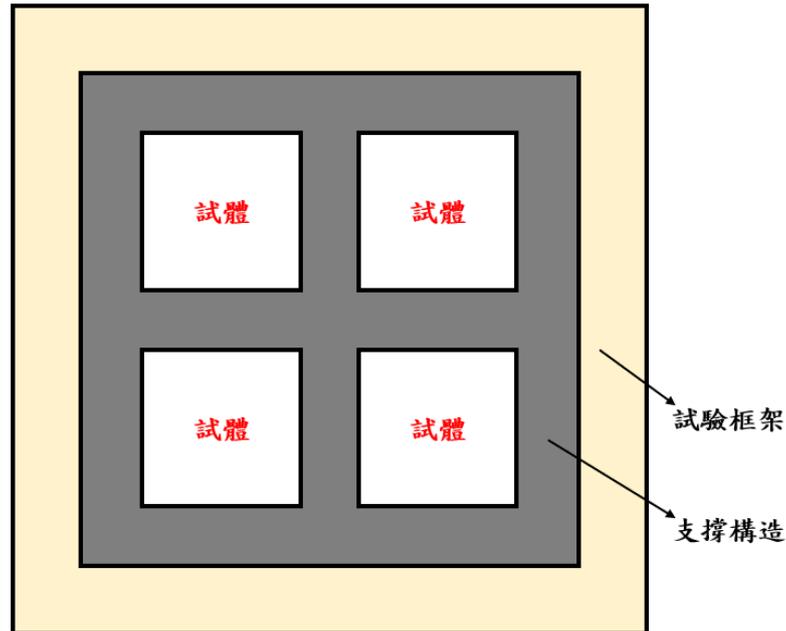


圖 4-3 試驗框架示意圖

(資料來源：本研究自行整理)

根據 CNS 12514-1 (6.2)，爐內壓力差規範如下：

6.2.1 一般

加熱爐內高度方向之氣壓分布大概呈線性梯度狀態，雖然此壓力梯度會因為爐內溫度的改變稍有變化，但在評估爐內壓力狀態時，可假設該壓力梯度平均值為 8 Pa/m。

在特定高度的爐內壓力值應為標稱平均值，不考慮紊流等相關因素所造成的壓力不穩定波動，且以相對於爐外相同高度的壓力值表示。爐內控制壓力的平均值應依據 9.4.2 執行監視，在試驗開始初期 5 min 應保持在 ± 5 Pa，至 10 min 時須保持在 ± 3 Pa。

6.2.2 垂直構件

原則上從試體底端起 500 mm 高度處之壓力值應為零(中性壓力面)；但試體最頂端壓力不得大於 20 Pa，因此壓力平面的高度應隨之調整。

6.2.3 水平構件

爐內壓力應於試體下方 100 mm 或測試梁構件時應於天花板水平底面下方 100 mm，其控制壓力應為 20 Pa。

根據 CNS 11227-1 (附錄 A)，支撐構造狀態調節要求事項如下：

A.1 一般

CNS 12514-1 規定試體應充分進行狀態調節，使其強度與含水率接近於實際應用狀態。但如磚造或混凝土造之支撐構造，可能耗費幾個月的時間進行狀態調節並不切實際。本附錄之目的係規定支撐構造狀態調節之必要要求。因(含水率、強度)方面的狀態調節結果，將影響測試構造之防火時效(遮焰性及阻熱性)。此需求代表試體在充分狀態調節與實驗室實際運作間之協議。本規定適用於標準及輔助支撐構造。

A.2 要求

A.2.1 使用混凝土或磚造支撐構造者，例：CNS 12514-1 所述，測試前應進行 28 天狀態調節。

A.2.2 磚牆之磚石若使用特殊黏著劑施以短期修護者依 CNS 12514-1 要求進行養護，特殊黏著劑應具足夠或 24 h 以上養護時間。

A.2.3 柔性標準支撐構造，依 CNS 12514-1 要求進行養護。除填縫物質外，例：石膏灰用於填補裝飾面板外層之接合處，其養護時間需達 24 h 以上。

A.2.4 使用濕式填縫材料且支撐構造與門組件之間隙為 10 mm 以下時，測試前應進行 7 天養護時間。

A.2.5 使用濕式填縫材料且支撐構造與門組件之間隙超過 10 mm 時，測試前應進行 28 天養護時間。

A.2.6 門檯內填水混合材料，例：回填或壓力灌漿之鋼框，測試前應進行 28 天養護時間。

根據 CNS 11227-1 (9.6)變形量之量測規範如下：

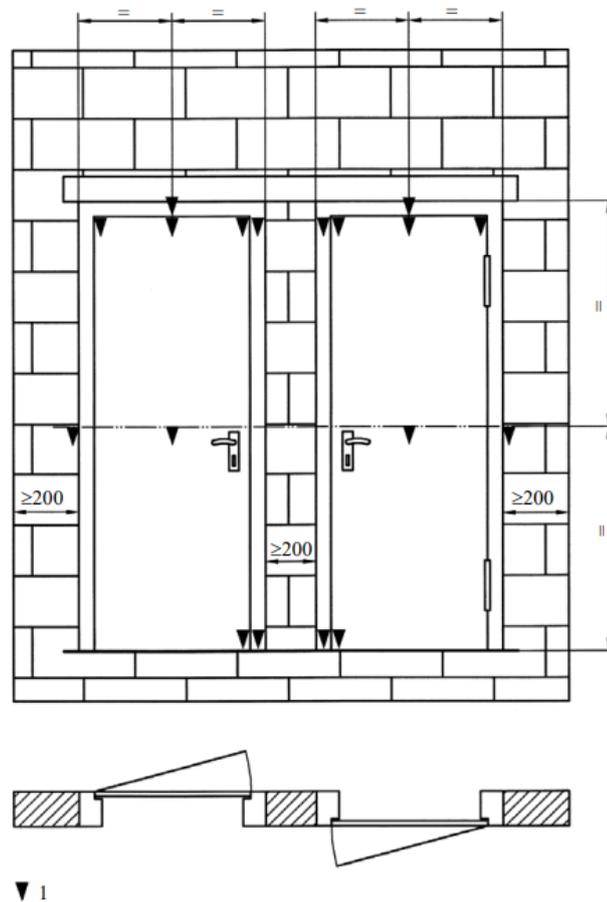
9.6.1 應使用適當儀器於試驗過程中量測試驗構造顯著變形量之歷程變化(例：大於 3 mm)，可能發生顯著變形量之位置如下。

- (a) 門扇相對於門檯之位置
- (b) 門檯相對於支撐構造之位置；
- (c) 支撐構造。

9.6.2 測定原則為針對一固定基準點進行量測，測定間隔應呈現試驗時之變形量歷程，試驗構造變形量判斷方式及包括建議選擇適當間隔如 CNS 14815[41]所述。

雖與性能條件無關聯但變形量測定為強制性之必要條件（舊標準 CNS11227 建築用防火門耐火試驗法中，規範加熱試體中周邊任何一邊垂直於門面方向之變形量，未超過門扇厚度之二分之一），試體組件間、試體與支撐構造間、支撐構造本身相關變形量資訊對判定試驗結果應用領域非常重要。建議單扇門組件量測變形量位置如圖 4-4 所示。

單位：mm



說明

1 量測變形量建議位置

圖 4-4 變形量量測建議位置(單扇門組件)圖例

(資料來源：CNS 11227-1，防火時效試驗法—第 1 部：門及捲門組件，中華民國國家標準)

第二節 試體規劃與架設

本實驗規劃參考先前第三章第一節和第二節，性能規格評定書彙整與分析，以及統計了市面上常用之防火門各部件規格，彙整後發現，面板常用為厚度 1 mm 之鍍鋅鋼板，門扇常用厚度為 48 mm，報告書通過之常用中心材為陶瓷棉、岩棉、矽酸鈣板...等等，這些重要且常用之防火門構成要素，被作為此實驗試體設計之重要依據。另外，本次實驗並未探討結構是否會對防火門阻熱性能造成影響，因此撇除了橫料、立料及骨架等防火門組成構件，單純探討不同中心材及層間材組合替換的情況下，阻熱性能的優劣差異，以及同型式判定下其替換之可能性。

在試體外觀上如圖 4-5 所示，是一 300 mm x 300 mm x 48 mm 的正方形盒子，材質為鍍鋅鋼板製成，厚度是 1 mm，而在此方形盒子中，則放入本研究規劃的總共 16 種不同組合的試體，其中分成「中心材+層間材+中心材」(4 種)、「層間材+中心材+層間材」(12 種)兩大類組合方式。

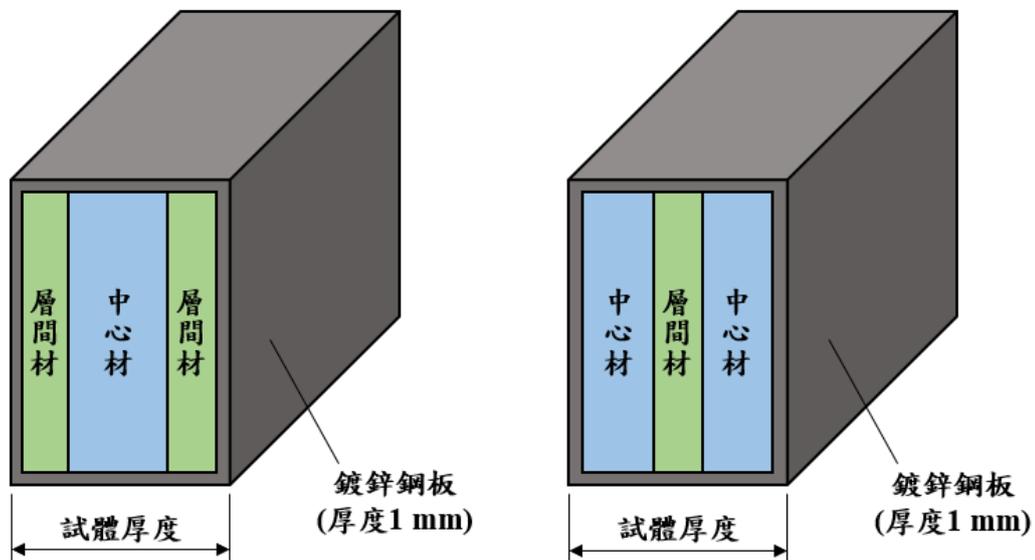


圖 4-5 試體縱切面示意圖

(資料來源：本研究自行整理)

在「中心材+層間材+中心材」這類組合中，所使用的中心材規格為陶瓷棉：6P x 25 mm (C1)，岩棉：60K x 25 mm (R1)；所使用的板類規格為纖維水泥板：4 mm (FC)，矽酸鈣板：6 mm (CS)。因此，可以得到 2 x 2 共 4 種的組合。

在「層間材+中心材+層間材」這類組合中，所使用的棉類規格為陶瓷棉：6P x 25 mm (C1)、6P x 38 mm (C2)，岩棉：60K x 25 mm (R1)、80K x 36 mm (R2)；所使用的板類規格為纖維水泥板：4 mm (FC)，矽酸鈣板：6 mm (CS)，石膏板：7 mm (G)。因此，可以得到 4 x 3 共 12 種的組合。所有試體參數總表如表 4-1 所示。以上實驗規劃所選用之材料，皆從 f(60A)防火門性能規格評定書統計出來常用的材料組合。表 4-2 為試驗用材料相關規格與性質彙整。

表 4-1 總試體參數彙整

試體	左	中	右	厚度(mm)	重量(kg)	材料成本(元)
C1-FC-C1	C	FC	C	25 + 4 + 25 = 54	0.216 + 0.522 + 0.261 = 0.954	112.928
R1-FC-R1	R (25 mm, 60K)	FC	R (25 mm, 60K)	25 + 4 + 25 = 54	0.135 + 0.522 + 0.135 = 0.792	108.158
C1-CS-C1	C	CS	C	25 + 6 + 25 = 56	0.216 + 0.464 + 0.216 = 0.896	122.731
R1-CS-R1	R (25 mm, 60K)	CS	R (25 mm, 60K)	25 + 6 + 25 = 56	0.135 + 0.464 + 0.135 = 0.734	117.961
FC-C1-FC	FC	C (25 mm)	FC	4 + 25 + 4 = 33	0.522 + 0.216 + 0.522 = 1.260	68.717
FC-C2-FC	FC	C (38 mm)	FC	4 + 38 + 4 = 46	0.522 + 0.328 + 0.522 = 1.372	95.954
FC-R1-FC	FC	R (25 mm, 60K)	FC	4 + 25 + 4 = 33	0.522 + 0.135 + 0.522 = 1.179	66.332
FC-R2-FC	FC	R (36 mm, 80K)	FC	4 + 36 + 4 = 44	0.522 + 0.259 + 0.522 = 1.303	133.333
CS-C1-CS	CS	C (25 mm)	CS	6 + 25 + 6 = 37	0.464 + 0.216 + 0.464 = 1.145	88.322
CS-C2-CS	CS	C (38 mm)	CS	6 + 38 + 6 = 50	0.464 + 0.328 + 0.464 = 1.257	115.560
CS-R1-CS	CS	R (25 mm, 60K)	CS	6 + 25 + 6 = 37	0.464 + 0.135 + 0.464 = 1.064	85.937
CS-R2-CS	CS	R (36 mm, 80K)	CS	6 + 36 + 6 = 48	0.464 + 0.259 + 0.464 = 1.188	152.939
G-C1-G	G	C (25 mm)	G	7 + 25 + 7 = 39	0.473 + 0.216 + 0.473 = 1.161	79.495
G-C2-G	G	C (38 mm)	G	7 + 38 + 7 = 52	0.473 + 0.328 + 0.473 = 1.273	106.733
G-R1-G	G	R (25 mm, 60K)	G	7 + 25 + 7 = 39	0.473 + 0.135 + 0.473 = 1.080	77.110
G-R2-G	G	R (36 mm, 80K)	G	7 + 36 + 7 = 50	0.473 + 0.259 + 0.473 = 1.204	144.112

(資料來源：本研究自行整理)

表 4-2 試驗用材料規格彙整

(A)

Galvanized Steel Plate			
Conductivity (W/mK)	C _p (J/kg·K)	Density (kg/m ³)	References
8.43	470.7 J/kg·K	7760	Company E
45		7860	Technical Specification A
27.6~53.3			Fire Technology, 53, 1833–1846, 2017

(B)

Ceramic Wool			
Conductivity (W/mK)	C _p (J/kg·K)	Density (kg/m ³)	References
0.088~0.18		96	Company A
0.06~0.2		128	Company B
0.1376~0.946		96	Company C
0.086~0.2322		128	Company C
0.08~0.16		250	Company D
0.038~0.044		20~40	Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 6, 4007-4012, 2014
0.035		170	Chinese Journal of Ship Research, Vol. 15, No. 4, 97-104, 2020
0.17			Green Energy and Technology, 2022
Rock Wool			
0.0432		60	Company A
0.0375		80	Company A
0.03	1313.5	40	Company E
0.042		40~160	Technical Specification A
0.035~0.044			Fire Technology, 53, 1833–1846, 2017
0.0299~0.0386		91	Energy and Buildings, 144, 262–275, 2017
0.033~0.04	800~1000	40~200	Sustainable Materials and Technologies, Vol. 4, 1–17, 2015
0.033~0.045		30~180	Journal of Building Engineering, Vol.44, 102604, 2021
0.035			Green Energy and Technology, 2022
※Note: The marked color is the specification for the experiment.			

(C)

Fiber Cement Board			
Conductivity (W/mK)	C _p (J/kg·K)	Density (kg/m ³)	References
			Company F
0.35		1350~1550	Journal of Building Engineering 21 (2019) 312–316
0.48			Journal of Building Engineering 21 (2019) 312–316
0.3035~0.333		1400~1480	Advanced Materials Research, Vol. 338, 566-571, 2011
0.3498~0.4444		1658~2300	Materials Science and Engineering, 928, 022054, 2020
Calcium Silicate Board			
0.15	630	900	Company E
		860	Company G
0.31		600~1200	Technical Specification A
0.05~0.2			Fire Technology, 53, 1833–1846, 2017
0.110~0.279	747.7		National Institute of Standards and Technology, 2007
0.059~0.065	1300	200~240	Renewable and Sustainable Energy Reviews, 131, 110038, 2020
Gypsum Board			
		700~800	Company H
		650~900	Company I
0.17		710~1110	Technical Specification A
0.115~0.302	1080.4		National Institute of Standards and Technology, 2007
0.10~0.29		650~830	Fire and Materials, 39, 85–94, 2015
0.14~0.28		630~810	Journal of Fire Science, Vol. 25, 2007
※Note: The marked color is the specification for the experiment.			

(資料來源：本研究自行整理)

本研究共設計了共 16 種防火實驗試體，分別以不同種類及不同厚度的層間材、中心材組合而成。試體外部是以 1 mm 厚的鍍鋅鋼板製成的 300 mm x 300 mm x 48 mm 一正方形盒子，所有試體內的層間材及中心材陳列如圖 4-6 所示。



圖 4-6 試體內部中心材及層間材

(資料來源：本研究自行拍攝)

在所有試體組合完成後，即準備將試體固定在測試框架上，如圖 4-7 (A)所示。本實驗所採用之試驗框架為紅磚砌水泥砂漿自然風乾製成，外觀為 1.1 m x 1.1 m 的田字形，內部 4 個簍空的 35 cm x 35 cm 正方形為架設試體的地方。

為了讓試體牢固的固定在測試框架上，使用陶瓷棉填塞固定在簍空的正方形周圍，再將組裝好的試體塞入，如圖 4-7 (B)所示，剩下的縫隙繼續使用陶瓷棉固定補強，達到穩固試體的效果，而陶瓷棉具有良好的耐燃性，因此也能有效防止火焰從試體和試驗框架之間的縫隙竄出，影響實驗結果。

試體穩固的架設在試驗框架上後，即準備將熱電偶貼附在試體的非曝火面上，如圖 4-7 (C)所示。實驗所用之熱電偶為 K 型熱電偶(測溫範圍約-200°C至+1000°C)，每個試體皆佈有兩個熱電偶，以預防其中之一突然故障導致無法準確量測溫度，熱電偶以鋁箔膠帶黏貼，一個在試體正中央，另一個位於其正上方約 5 cm，並且每個熱電偶都有各自獨立之編號，連接至數據搜集器，以確保能夠清出判別各個試體之測溫。

在最後確認所有熱電偶佈置完成，且試體周圍密封牢固之後，吊掛整個試驗框架至加熱爐前，如圖 4-7 (D)所示，將其對正並鎖緊固定，另外熱電偶的線連接至收集數據的機台，即完成所有試驗前的準備工作。



圖 4-7 試體架設過程

(資料來源：本研究自行拍攝)

第三節 試體遮焰與阻熱性能試驗

本章第二節總計共 16 個試體，分為四次實驗進行，圖 4-8 為四次實驗之小型門牆耐火加熱爐升溫曲線，可以發現和 CNS 12514-1 相似，且在第 30 分鐘時溫度皆在約 842°C 附近，爐壓控制值為 4 Pa，因此本實驗符合標準規範。但實驗後發現，根據先前防火門性能規格評定書統計出通過 f(60A) 材料組合，卻發現很多未能到達 30 分鐘的阻熱性能，其它最多約到 40 分鐘的阻熱性能。另外，所有試體都沒有被燒穿的現象，均具有遮焰性能。由於小試體與真正防火門門扇大小和結構不同，且沒有骨架及支撐構造，在試驗過程有熱傳的差異。

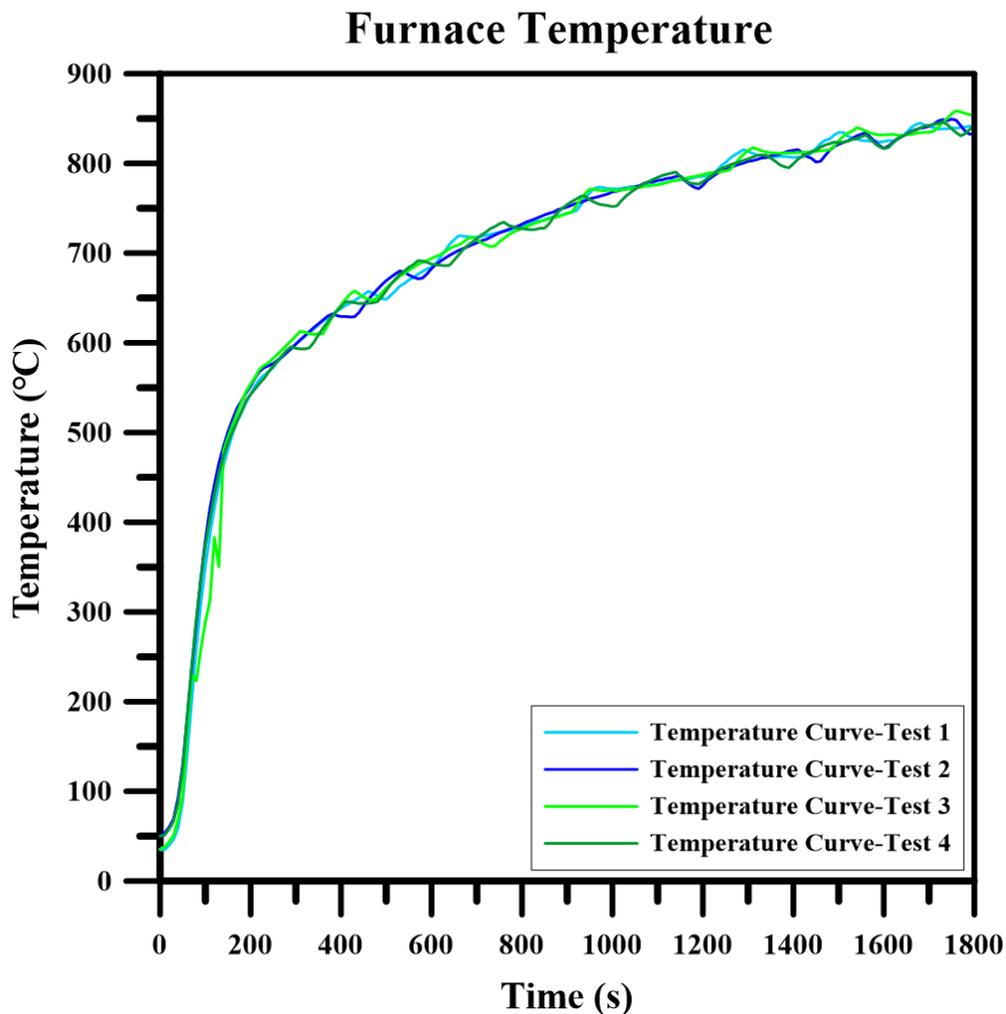


圖 4-8 小型門牆耐火加熱爐升溫曲線

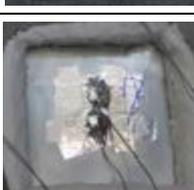
(資料來源：本研究自行整理)

各試體概況統整如表 4-2 所示，可以發現在本次試驗結束後，所有試體皆有膨脹的現象，推測其可能原因，由於試體是由鍍鋅鋼板彎曲拗製，並且所有縫隙以焊接完全密封，在試體受熱後，內部層間材及中心材因高溫而體積膨脹，進而將試體之鍍鋅鋼板撐開，導致試體膨脹變形。而有些試體在試驗經過一段時間後，周圍有顯而易見的火光，原因可能為試體因受熱膨脹後，周圍的支撐構造(陶瓷棉)無法有效負荷其變形力，加上在施工過程試體並未牢固的安裝在試驗框架上，導致試體周圍產生縫隙，而此現象也間接導致更多的熱從周圍散出，進而影響在試體非曝火面的熱電偶測溫表現，甚至在最後一組試驗過程中，試體因受熱過度膨脹變形，造成熱電偶從試體非曝火面剝落的現象。

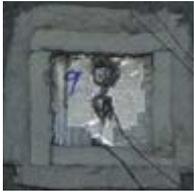
儘管如此，雖然有些試體因結構設計上與防火門不同，沒有骨架、橫立料、門樑等支撐，導致膨脹並跟試驗框架之間產生縫隙，有可見的火光產生；但試體本身並沒有因高溫而燒穿或產生裂痕。另外文獻[21]提及，以無填充鋼製防火門進行防火時效測試，非曝火面沒有火焰燃燒具有遮焰性，具有良好的遮焰性，因此若試體結構和支撐構造和市面上防火門相同，則理論上能具備遮焰性。表 4-3 為各試體概況統整。

表 4-3 各試體概況統整

(A)

試體	試驗前	試驗後	層間材狀況
C1-FC-C1			
R1-FC-R1			
C1-CS-C1			
R1-CS-R1			
FC-C1-FC			
FC-C2-FC			
FC-R1-FC			
FC-R2-FC			

(B)

試體	試驗前	試驗後	層間材狀況
CS-C1-CS			
CS-C2-CS			
CS-R1-CS			
CS-R2-CS			
G-C1-G			
G-C2-G			
G-R1-G			
G-R2-G			

(資料來源：本研究自行整理)

此次試驗的試體非曝火面之初始平均溫度為 33.6°C，根據 CNS12514-1 之規定，本實驗之試體非曝火面最高溫度不得超過 213.6°C，且平均溫度不得超過 173.6°C，若兩者規範溫度其中之一超過標準，則判定阻熱性能失效。

圖 4-9 在「中心材+層間材+中心材」的結構中，可以觀察到溫度表現呈近似線性的上升。此外，在層間材使用矽酸鈣板情況下，能夠發現會比起使用纖維水泥板有較好的阻熱性能。而層間材同樣是矽酸鈣的情況下，中心材使用陶瓷棉時比起岩棉(60K)，在非曝火面的溫度有更好的表現，進行比對之後發現，若層間材使用纖維水泥板的情況下，也會有同樣的結果。從試數據來看，「陶瓷棉+矽酸鈣板+陶瓷棉」以及「岩棉+矽酸鈣板+岩棉」有通過 30 分鐘的阻熱性能驗證，而綜合結果來說，以「陶瓷棉+矽酸鈣板+陶瓷棉」擁有最佳的阻熱表現。其他較詳細的試體概況，如表 4-4 所示。

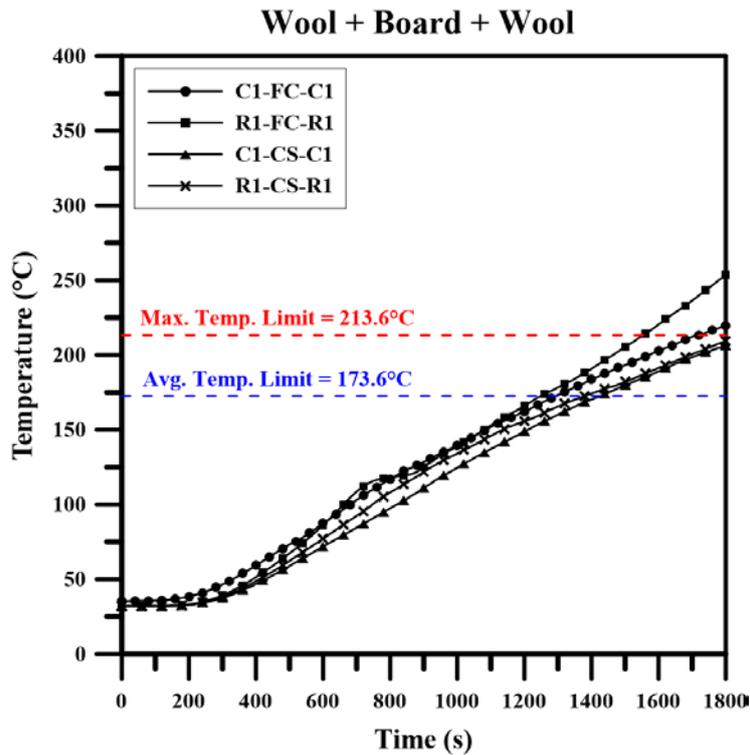


圖 4-9 中心材+層間材+中心材之試驗數據結果比較

(資料來源：本研究自行整理)

表 4-4 試體概況描述(一)

(A)

試體	試體概況描述
C1-FC-C1	約 5 分鐘時開始膨脹，約 40 分鐘時固定熱電偶之鋁箔膠帶些微脫落，試驗約 40 分鐘時終止，變形量約 62 mm。
R1-FC-R1	約 10 分鐘時開始膨脹，試驗約 31 分鐘時終止，變形量約 77 mm。
C1-CS-C1	約 11 分鐘時開始膨脹，試驗約 31 分鐘時終止，變形量約 82 mm。
R1-CS-R1	約 12 分鐘時開始膨脹，試驗約 31 分鐘時終止，變形量約 47 mm。

(B)

試體	厚度(mm)	重量(kg)
C1-FC-C1	25 + 4 + 25 = 54	0.216 + 0.522 + 0.261 = 0.954
R1-FC-R1	25 + 4 + 25 = 54	0.135 + 0.522 + 0.135 = 0.792
C1-CS-C1	25 + 6 + 25 = 56	0.216 + 0.464 + 0.216 = 0.896
R1-CS-R1	25 + 6 + 25 = 56	0.135 + 0.464 + 0.135 = 0.734

(資料來源：本研究自行整理)

圖 4-10 在「層間材+中心材+層間材」的結構中，可以觀察到試體溫度表現在大約 6 分鐘時，有些微快速的上升，之後便趨近線性攀升。而在固定層間材為纖維水泥板的情況下，不管中間的替換中心材是陶瓷棉或岩棉，非曝火面溫度平均皆較高，且未有任何一個試體通過至少 30 分鐘以上的阻熱性能驗證。在「纖維水泥板+岩棉（80K）+纖維水泥板」的組合中，在大約 24 分鐘時溫度快速攀升，推測試體因過度膨脹，造成試體與支撐構造之間未能有效穩固，產生縫隙，使熱從縫隙間擴散出去，進而影響非曝火面的溫度表現。而膨脹過度的試體，也間接影響熱電偶黏貼在試體上的牢固性，造成熱電偶剝落，因此至大約 319.2°C 時溫度便急遽下降。此外，若按照合理的趨勢性發展，撇除試體安裝的因素影響，可以發現使用岩棉當作最中間之中心材時，會有略為較優異的阻熱性能，但彼此溫度表現相差不大。其他較詳細的試體概況，如表 4-5 所示。

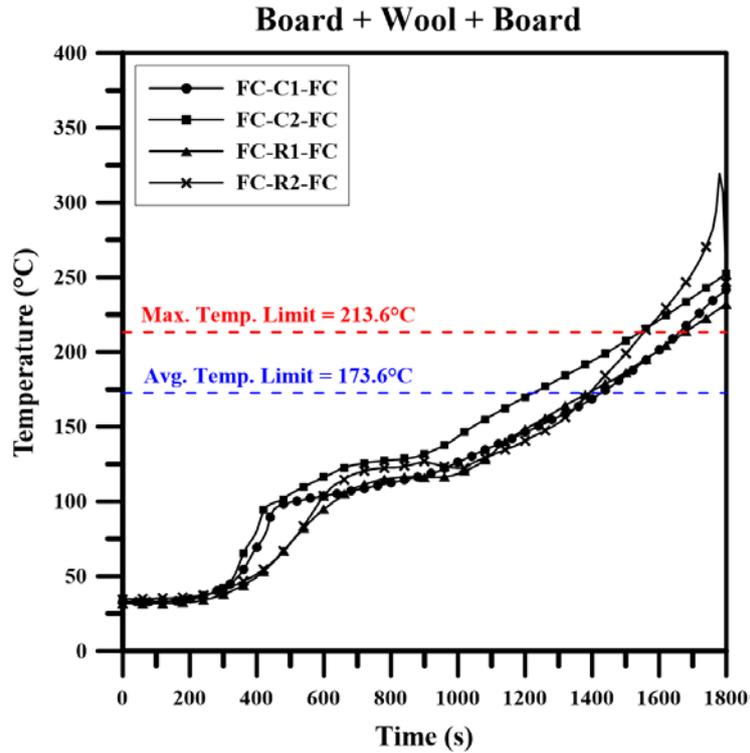


圖 4-10 層間材+中心材+層間材之試驗數據結果比較(一)

(資料來源：本研究自行整理)

表 4-5 試體概況描述(二)

(A)

試體	試體概況描述
FC-C1-FC	約 10 分鐘時試體周圍開始冒煙，試驗約 30 分鐘時終止，變形量約 35 mm。
FC-C2-FC	約 8 分鐘時開始膨脹，試驗約 30 分鐘時終止，變形量約 87 mm。
FC-R1-FC	約 11 分鐘時開始膨脹，約 14 分鐘時試體周圍開始冒煙，試驗約 31 分鐘時終止，變形量約 72 mm。
FC-R2-FC	約 3 分鐘時開始膨脹，約 11 分鐘時試體周圍開始冒煙，約 23 分鐘時試體周圍產生明顯的縫隙，可以看見火光，約 29 分鐘 50 秒時熱電偶及固定用鋁箔膠帶皆脫落，試驗約 40 分鐘時終止，變形量約 92 mm。

(B)

試體	厚度(mm)	重量(kg)
FC-C1-FC	4 + 25 + 4 = 33	0.522 + 0.216 + 0.522 = 1.260
FC-C2-FC	4 + 38 + 4 = 46	0.522 + 0.328 + 0.522 = 1.372
FC-R1-FC	4 + 25 + 4 = 33	0.522 + 0.135 + 0.522 = 1.179
FC-R2-FC	4 + 36 + 4 = 44	0.522 + 0.259 + 0.522 = 1.303

(資料來源：本研究自行整理)

圖 4-11 在「層間材+中心材+層間材」的結構中，可以發現試體溫度表現在大約 7 分鐘時，有些微快速的上升，之後便趨近線性攀升。從圖中可以明顯看出，在固定層間材為矽酸鈣板的情況下，中心材為岩棉(60K、80K)時，有較為出色的阻熱性能。另外，在最中間層中心材為陶瓷棉的情況，厚度為 25 mm 有著比 38 mm 還佳的阻熱性表現。在此資料群組中，唯獨 CS-C2-CS 試體未能通過 30 分鐘的阻熱性能驗證，其餘皆通過。其他較詳細的試體概況，如表 4-6 所示。

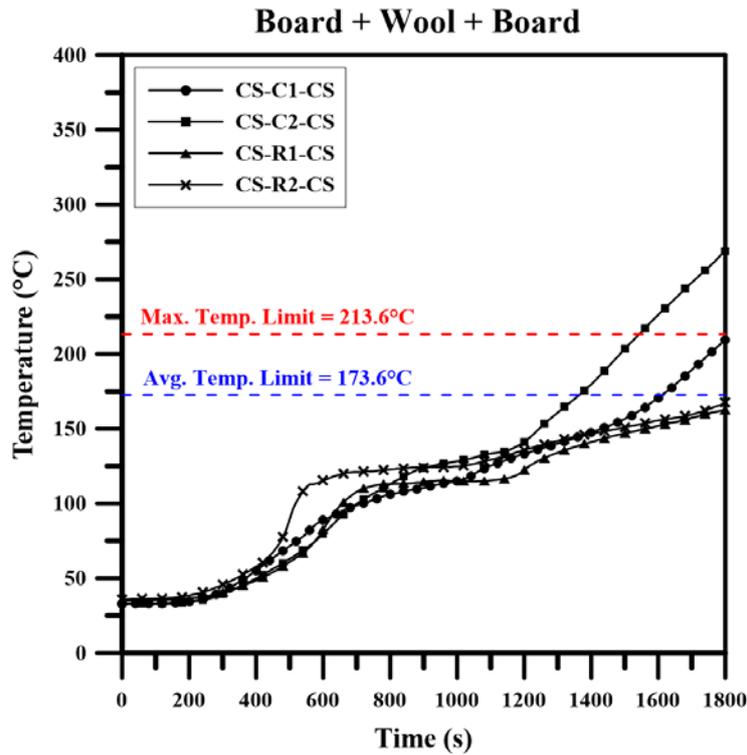


圖 4-11 層間材+中心材+層間材之試驗數據結果比較(二)

(資料來源：本研究自行整理)

表 4-6 試體概況描述(三)

(A)

試體	試體概況描述
CS-C1-CS	約 14 分鐘時試體周圍開始冒煙，試驗約 30 分鐘時終止，變形量約 21 mm。
CS-C2-CS	約 4 分鐘 30 秒時開始膨脹，約 12 分鐘時試體周圍開始冒煙，試驗約 30 分鐘時終止，變形量約 102 mm。
CS-R1-CS	約 6 分鐘時開始膨脹，試驗約 42 分鐘 30 秒時終止，變形量約 57 mm。
CS-R2-CS	約 5 分鐘時開始膨脹，約 14 分鐘時試體周圍開始冒煙，試驗約 42 分鐘 30 秒時終止，變形量約 62 mm。

(B)

試體	厚度(mm)	重量(kg)
CS-C1-CS	$6 + 25 + 6 = 37$	$0.464 + 0.216 + 0.464 = 1.145$
CS-C2-CS	$6 + 38 + 6 = 50$	$0.464 + 0.328 + 0.464 = 1.257$
CS-R1-CS	$6 + 25 + 6 = 37$	$0.464 + 0.135 + 0.464 = 1.064$
CS-R2-CS	$6 + 36 + 6 = 48$	$0.464 + 0.259 + 0.464 = 1.188$

(資料來源：本研究自行整理)

圖 4-12 在「層間材+中心材+層間材」的結構中，可以發現試體溫度表現在大約 7 分鐘時，有些微快速的上升，之後便趨近線性攀升。由圖可以觀察到，資料群體明顯分為兩部分，首先層間材為石膏板的情況下，無論中心材使用陶瓷棉(38 mm)或是岩棉(60K、80K)時，皆通過 30 分鐘的阻熱性能驗證，且在所有實驗結果中，非曝火面的溫度平均來說表現最為優異；但唯獨試體 G-C1-G，在試驗進行大約至 20 分鐘時，溫度開始急遽上升，此情況與先前的試體 FC-R2-FC 一樣，試體因過度膨脹，造成試體與支撐構造之間未能有效穩固，產生縫隙，使熱從縫隙間擴散出去，影響非曝火面的溫度表現。而膨脹過度的試體，也間接影響熱電偶黏貼在試體上的牢固性，造成熱電偶剝落，因此最後在溫度上升至約 582.6°C 時急遽下降，而此試體也是在固定層間材為石膏板的情況下，唯一未通過 30 分鐘的阻熱性能驗證的試體。其他較詳細的試體概況，如表 4-7 所示。

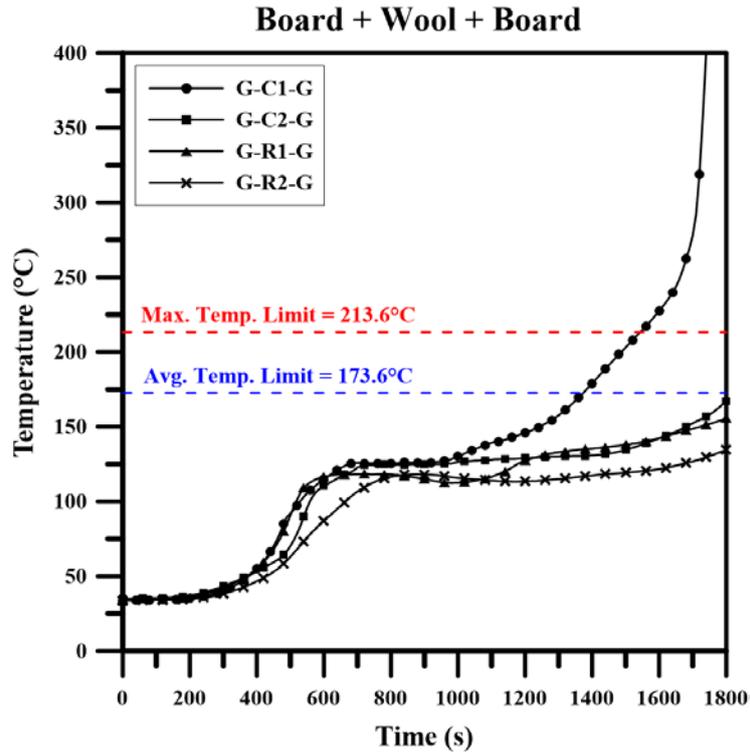


圖 4-12 層間材+中心材+層間材之試驗數據結果比較(三)

(資料來源：本研究自行整理)

表 4-7 試體概況描述(四)

(A)

試體	試體概況描述
G-C1-G	約 5 分鐘 30 秒時開始膨脹，約 27 分鐘時試體周圍產生明顯的縫隙，可以看見火光，約 29 分鐘時熱電偶及固定用鋁箔膠帶皆脫落，試驗約 40 分鐘時終止，變形量約 102 mm。
G-C2-G	約 7 分鐘時開始膨脹，並且約 12 分鐘時試體周圍開始冒煙，約 30 分鐘時試體周圍產生明顯的縫隙，可以看見火光，試驗約 42 分鐘 30 秒時終止，變形量約 107 mm。
G-R1-G	約 7 分鐘時開始膨脹，並且約 11 分鐘時試體周圍開始冒煙，試驗約 42 分鐘 30 秒時終止，變形量約 82 mm。
G-R2-G	約 4 分鐘時開始膨脹，約 11 分鐘 30 秒時試體周圍開始冒煙，試驗約 40 分鐘時終止，變形量約 77 mm。

(B)

試體	厚度(mm)	重量(kg)
G-C1-G	$7 + 25 + 7 = 39$	$0.473 + 0.216 + 0.473 = 1.161$
G-C2-G	$7 + 38 + 7 = 52$	$0.473 + 0.328 + 0.473 = 1.273$
G-R1-G	$7 + 25 + 7 = 39$	$0.473 + 0.135 + 0.473 = 1.080$
G-R2-G	$7 + 36 + 7 = 50$	$0.473 + 0.259 + 0.473 = 1.204$

(資料來源：本研究自行整理)

表 4-8 以是否通過 30 分鐘阻熱性能試驗為標準，彙整了所有試體在實驗結束後的結果，通過試體非曝火面最大單點溫度及最大平均溫度標準的為試體 CS-R1-CS、CS-R2-CS、G-C2-G、G-R1-G 及 G-R2-G。

表 4-8 試體阻熱性試驗結果整理

試體	變形量 (mm)	變形量 百分比 (%)	30 分鐘加熱 時間(單點溫 度 180°C)	30 分鐘加熱 時間(平均溫 度 140°C)	板材破裂
C1-FC-C1	62	129	×	×	無
R1-FC-R1	77	160	×	×	有
C1-CS-C1	82	171	○	×	無
R1-CS-R1	47	98	○	×	無
FC-C1-FC	35	100	×	×	有
FC-C2-FC	87	181	×	×	有
FC-R1-FC	72	150	×	×	有
FC-R2-FC	92	192	×	×	有
CS-C1-CS	21	60	○	×	無
CS-C2-CS	102	213	×	×	有
CS-R1-CS	57	119	○	○	無
CS-R2-CS	62	129	○	○	有
G-C1-G	102	213	×	×	有
G-C2-G	107	223	○	○	有
G-R1-G	82	171	○	○	有
G-R2-G	77	160	○	○	有
※註：○表示通過，×表示未通過					

(資料來源：本研究自行整理)

從試驗結果發現，所有的試體均有膨脹之現象，將其切開發現內部的層間材，很多都已經明顯破裂，而最後試體也膨脹變形約 60%~223%；原因為試體外部以鍍鋅鋼板焊接完全封死，並沒有像一般的防火門在門邊或五金配件接合處有些許的縫隙，可以讓因加熱膨脹的氣體、中心材及層間材產生的水氣或揮發物排出，因此可以推測結構對整體防火門阻熱性能有一定程度的影響。本研究試體的變形量(約 60%~223%)高過 CNS 11227 的要求範圍。

第四節 阻熱性能數值模擬分析

在經過小型耐火試驗後，可發現報告書中可符合 f(60A)之材料組合在小型試體中僅有部份通過 f(30A)。為探討其成因，本研究利用 Ansys Fluent 流體模擬軟體，對實驗試體進行了簡單阻熱性能數值模擬分析，如圖 4-13 所示。



圖 4-13 Ansys Fluent 模擬對象

(資料來源：本研究自行整理)

此模擬依據實驗試體 CS-C2-CS，設計了小尺寸(300 mm x 300 mm x 50 mm)及大尺寸(2000 mm x 2000 mm x 50 mm)兩種模擬試體，與先前實驗試體一樣皆不考慮結構的前提，並在同樣邊界條件假設下，比較小試體和大試體(同型式放大但厚度不變)，在曝火面受熱時其結果差異，為簡化及聚焦於面板與邊框(鋼板)之熱傳現象，模擬中未考慮試體變型及輻射熱傳。邊界條件與模擬設定簡述如下：(1) 非曝火面為空氣自然對流散熱，(2) 試體除曝火面及非曝火面之外，其餘四邊設定絕熱，(3) 使用暫態、層流模型，(4) 每五分鐘暫態計算流場與熱傳，(6) 起始溫度為 300K (27°C)，加熱面溫度依據 CNS 12514-1 升溫曲線變化。模擬試體及介面示意圖如圖 4-14 所示，模擬材料參數如表 4-9 所示。

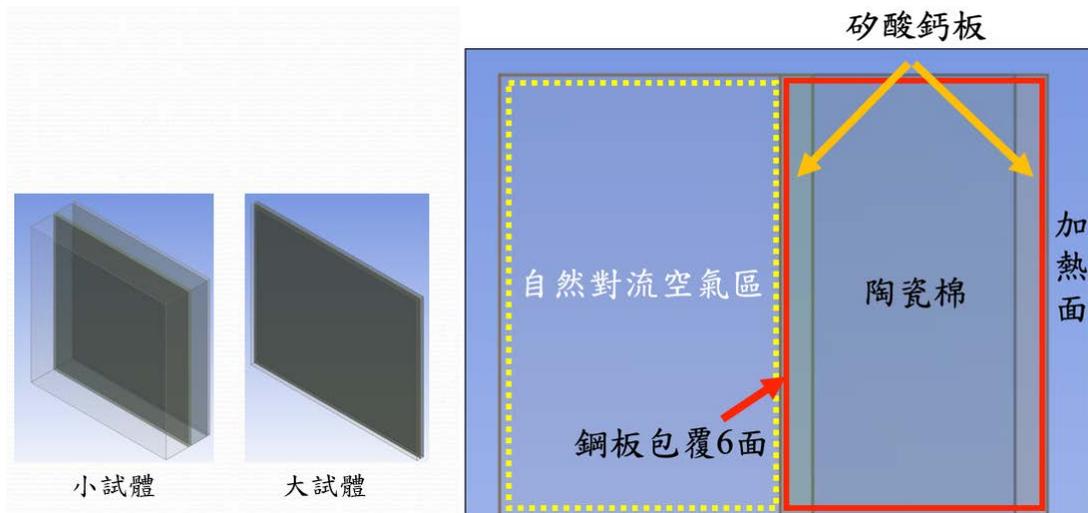


圖 4-14 模擬試體及介面示意圖

(資料來源：本研究自行整理)

表 4-9 模擬材料參數彙整

	鋼板	矽酸鈣板	陶瓷棉	空氣區
厚度 (mm)	1 x 2	6 x 2	36	50
熱傳導係數k (W/m-K)	48.8-29.7 (300-990K) ¹	$0.911 - 0.00014 T + 3.13 \times 10^{-7} T^2$ (T in K) ¹	0.09-0.31 (673-1273K) ³	0.0242 ⁵
密度ρ (kg/m ³)	7860 ¹	1000 ²	96 ²	1.225 ⁵
熱容Cp (J/kg-K)	$51.11 + 2.019 T - 0.0030135 T^2 + 1.829 \times 10^{-6} T^3$ (T in K) ¹	1074 ¹	1130 ⁴	1006.42 ⁵

¹Thermal Performance of Fire Resistive Materials I. Characterization with Respect to Thermal Performance Models, NIST 2007
²產品標示
³<https://www.isolite.co.jp/en/products/rcf/isowool-blanket/>
⁴參考其它陶瓷棉性質 <https://www.morganadvancedmaterials.com/media/2910/kaowoolblankets-kaowoolblanketszrenglish-new.pdf>
⁵軟體內建資料庫

(資料來源：本研究自行整理)

從圖 4-15 結果比較發現，在模擬至加熱 10 分鐘時，小試體在非曝火面的中心溫度雖然與大試體相同，但在外圍的溫度分佈已經比大試體還高溫，而隨著模擬至加熱到達 30 分鐘，可以明顯發現小試體溫升速率高於大試體，其非曝火面整體平均溫度，約高於大試體 200K。其主要原因為：

1. 熱橋效應(thermal bridge)，由於鋼材與其它耐火材料的熱傳導系數差異大，常溫下約為 48.8 對比 0.9 及 0.09 W/m-K，故爐內高溫由試體正、反面(300 mm x 300 mm)外之四邊傳至爐外之速度較經由中央的矽酸鈣板與陶瓷棉部份快。而又縮小試體時使用材料相同，作為面板、邊框材的 1 mm 鋼板在小試體的正面所佔比例將大於大試體時，故小試體表面溫升較快。同邊框厚度之小試體與大試體也可類比於相同尺寸之門扇但邊框厚度不同，邊框較厚者對應小試體(邊緣佔比較大)；邊框較薄者對應大試體(邊緣佔比較小)。在文獻[28]使用有限元素法模擬邊框 1.5 mm 與 5 mm 防火門加熱 60 分的結果中也可看出此效應，如圖 4-16 所示，兩側邊緣處溫度較高，且厚度 5 mm 時整體溫度高於 1.5 mm 時。
2. 表面熱傳，小試體的尺寸遠小於大試體，其邊緣至試體中心位置的距離較小，造成熱從四邊傳遞至非曝火面中心(實驗中之量測點位置)的時間也較短，中心點溫升較快。而在向中心熱傳同時，非曝火面整體亦在加熱外界空氣，產生自然對流帶走熱量，面積較大時熱量散失較多。

由於模擬結果顯示出小試體非曝火面溫度上升快於大試體，可以推測若先前實驗的試體尺寸變大，則會有更好防火時效(阻熱性)。本研究之模擬並未考慮骨架、橫立料等防火門結構的前提下進行，未來若要比較結構對防火門阻熱性能的影響，包括是否造成熱橋或其它現象等，需更進一步分析探討。

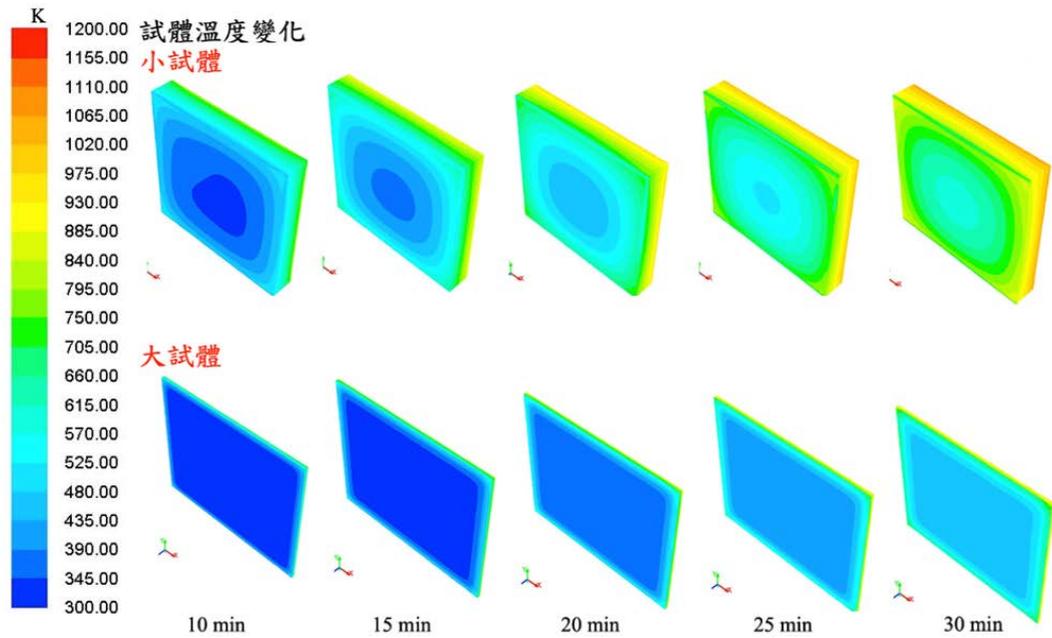


圖 4-15 試體模擬結果比較

(資料來源：本研究自行整理)

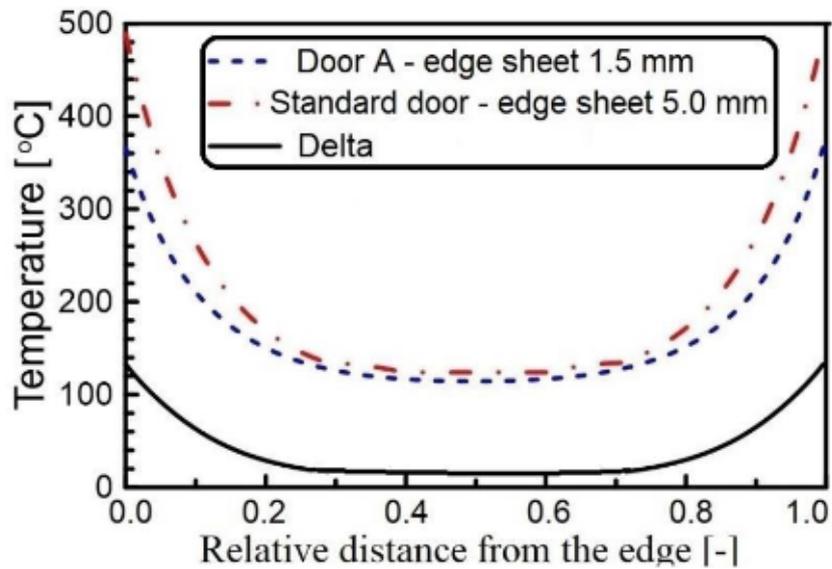


圖 4-16 模擬試體表面溫度

(資料來源：D'Amore G. K. O. et al., Numerical Modeling of Fire Resistance Test as a Tool to Design Lightweight Marine Fire Doors: A Preliminary Study, Journal of Marine Science and Engineering, Volume 8, 520, 2020)

第五章 新型材料開發技術測試分析

第一節 實驗設備與標準

本章第三節小試體實驗所用之小型門牆耐火加熱爐，其實驗設備與標準，參考先前第四章第一節內容。而本章第四節的實尺寸門扇實驗，所用之設備為門牆耐火加熱爐，參考第四章第一節 CNS 12514-1 建築物構造構件耐火試驗法-第一部：一般要求事項之內容。另外關於單扇推開門之非曝火面熱電偶布置，參考第二章第三節圖 2-2。

第二節 試體規劃與架設

透過第三章彙整的資料，發現防火門內部材料組成，除了「中心材+層間材+中心材」或「層間材+中心材+層間材」之外，另外一種就是「單一種類中心材或層間材」，而統計後發現珍珠岩板和珍珠岩複合板為最常單一使用之防火材料，為了達到改善既有材料並輕量化，本研究因此致力嘗試研發新型材料。

目前市面上常用之酚醛發泡板，其組成大致上為酚醛樹脂及阻燃劑、抑制劑、固化劑、發泡劑、及其他助劑等多種物質，混和而成的閉孔行硬質板材。酚醛發泡板之特性為抗腐蝕、抗老化、能夠耐大部分的有機酸、無機酸，此外在碰上火焰燃燒時，不會有融化之現象、無捲曲、不會產生毒氣，並且熱傳導係數低且具隔熱(斷熱)保溫效果，常應用於室內裝潢、天花板或壁內等地方。

本研究所開發之新型材料-氣凝膠酚醛發泡板[42]，具備防火、隔熱、輕量、防潮特性，其關鍵在將二氧化矽氣凝膠粉體加入酚醛樹脂中，此粉體具備疏水性、多孔性、高比表面積、低熱傳導係數、低介電常數的關鍵特性，且可將平均粒徑控制在 $20\mu\text{m}$ 。以此方式製成並發泡後形成的耐燃板材，對於現階段致力防火門輕量化的課題而言，有其應用的價值。圖 5-1 為試體固定在小型門牆耐火加熱爐之影像。

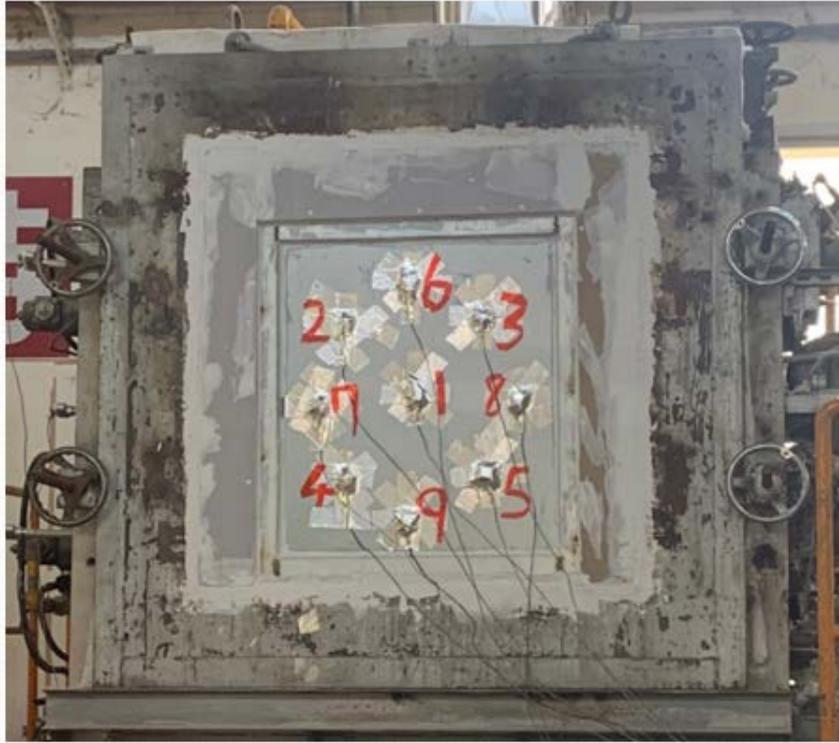


圖 5-1 新型材料試體架設

(資料來源：本研究自行拍攝)

第三節 試體遮焰與阻熱性能試驗

此種新型材料沒有骨架及橫立料支撐，在不考慮結構的前提下製作成小試體，依照 CNS 12514-1 規範下進行實驗，其實驗結果如圖 5-2 顯示。一開始約在實驗進行 5 分鐘時，非曝火面溫度急速上升，原因可能為氣凝膠酚醛發泡板中的水分受熱蒸發，造成阻熱性能下降，之後溫度上升趨近平緩持續約 20 分鐘，顯示材料之穩定性，而在實驗歷程來到約 40 分鐘時，材料阻熱性達到臨界值，溫度再次急遽上升，45 分鐘時溫度超過非曝火面最大平均溫度上升 140°C ，48 分鐘時超過非曝火面單點最大溫度上升 180°C 。

實驗結束後，和前面第四章第三節提及的情況相同，具有良好的遮焰性。

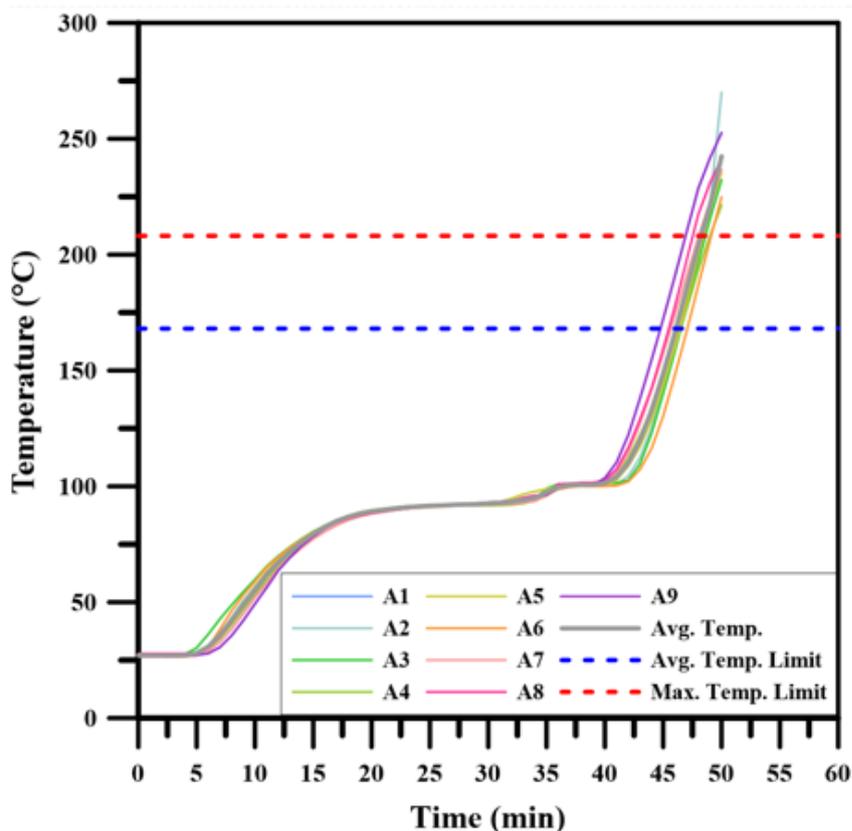


圖 5-2 新型材料試體非曝火面溫度量測結果

(資料來源：本研究自行整理)

藉由第四章第四節的阻熱性能模擬數值分析，發現小試體實驗非曝火面溫度上升的速率，會比大試體還要快速，因此試體尺寸大小對於其阻熱性能有一定的影響。經過實驗後發現小試體有大約 47 分鐘的遮焰及阻熱性能，若將試體尺寸放大，可能具備應用在實際防火門的可能性，因此設計實尺寸門扇實驗作為驗證。

第四節 實尺寸門扇實驗

本實驗用之門扇寬度為 1110 mm，高度為 2440 mm，對照先前第三節第二章之內容，為常用防火門的規格級距。另外形式檢驗結果之重量為 86.5 kg，根據第三章第一節統計彙整的結果，可以發現比所有蒐集的性能規格評定書上之木製單扇推開門的重量還輕。此門扇各個標稱尺寸及部位使用之材料規格如表 5-1 所示。

表 5-1 實尺寸門扇各部位尺寸規格

(A)

部位名稱	門樘寬度	門樘高度	單扇寬度	門扇高度	鉸鏈側門縫	鎖側門縫	上門縫	下門縫
標稱尺寸	1200	2500	1110	2440	5	5	5	15
形式檢驗 檢驗結果	1200	2500	1114	2440				
部位名稱	門扇重量	門樘重量	鎖舌高度	把手高度	輔助鎖高度	鉸鏈至門扇上緣距離	鉸鏈至鉸鍊上緣距離	鉸鏈至門扇下緣距離
標稱尺寸	81.0kg	22.5kg	1220	1220	1370	57	400	353
形式檢驗 檢驗結果	86.5	25	1220	1220	1370	57	400	357

(B)

	部位名稱	使用材料	材質規格	備註
1	面板	SMC 玻璃纖維板	2.0mm 厚	2.0±0.2mm
2	封邊條	PVC	52x2mm	
3	骨架(1)	硬木	47x15mm	
4	骨架(2)	硬木	47x25mm	
5	骨架(3)	硬木	47x31mm	
6	骨架(4)	複合木	47x50mm	35mm 指接硬木+雙面 6mm 碳酸鎂板
7	骨架(5)	複合木	47x68mm	35mm 指接硬木+左右兩側 9mm 碳酸鎂板+上下雙面 6mm 碳酸鎂板
8	骨架(6)	複合木	47x86mm	35mm 指接硬木+左右兩側 9mm 碳酸鎂板兩塊+上下雙面 6mm 碳酸鎂板
9	骨架(7)	複合木	47x100mm	35mm 指接硬木+左右兩側 9mm 碳酸鎂板、9mm 碳酸鎂板兩塊內夾 3mm 補強鐵+上下雙面 6mm 碳酸鎂板
10	中心材	酚醛發泡	47.0mm 厚	比重：0.13*
11	接著劑	A6000L	-	SMC 用膠
12	防煙條(1)	A1040H-2.4	40.0x1.0mm	

(資料來源：本研究自行整理)

圖 5-3 非曝火面熱電偶布置參考第二章第三節之規範，任一扇門的非曝火面熱電偶分布數量為 15 個。另外門扇之變形量，依照 CNS 11227-1 (9.6) 規範量測。此實驗試體數量共兩扇門，一扇之鉸鏈裝設在曝火面；另一扇則反之。

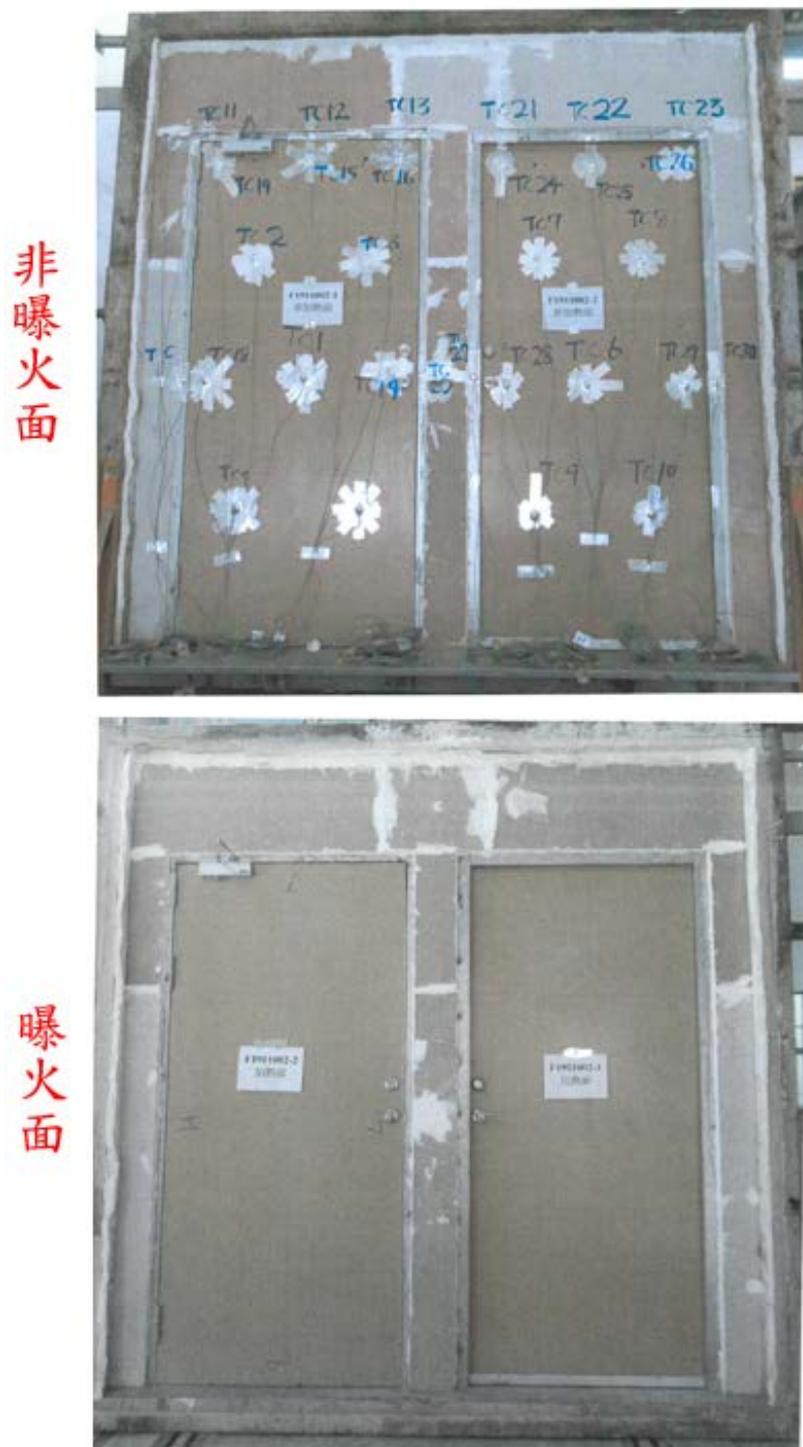


圖 5-3 實尺寸門扇曝火面及非曝火面示意圖

(資料來源：本研究自行整理)

由圖 5-4 實驗結果可以發現，若鉸鏈裝設在門扇曝火面，在總實驗時間為 60 分鐘，所有門扇上點位的熱電偶最大溫度，較初始溫度上升沒有超過 180 °C，僅有兩處位於門檯上的熱電偶溫度超過標準線(門檯溫度較初始溫度上升不超過 360°C，阻熱性能並無失效)，同時門扇也沒有被燒穿或有火光產生，因此達到防火時效 f(60A)的表現，而變形量有符合規範。此外對照現今市面上普遍防火門重量，在具備同樣阻熱性能的前提下，也成功達到輕量化之效果，此外既有市面上防火門常用之珍珠岩板、珍珠岩複合板，未來也具有替換的可能。

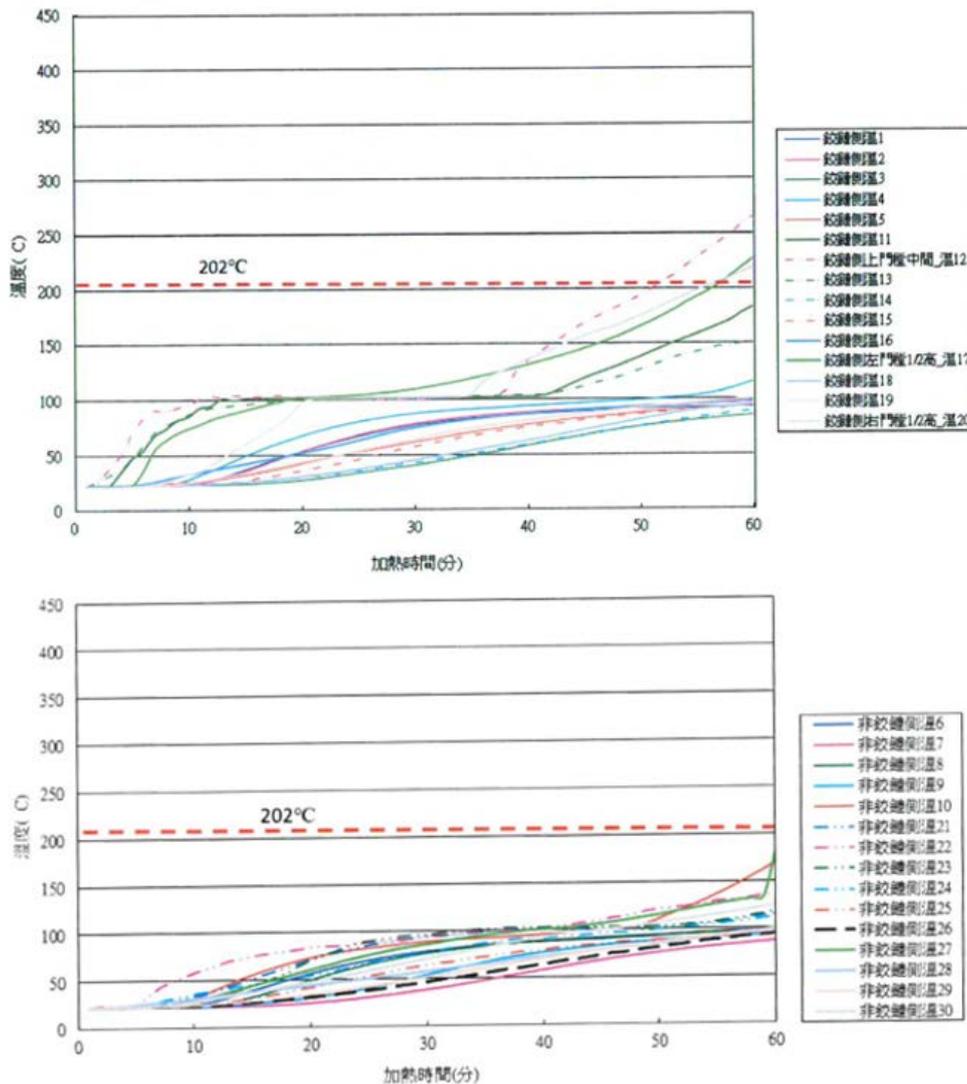


圖 5-4 實尺寸門扇之實驗數據結果

(資料來源：本研究自行整理)

第六章 結論與建議

第一節 結論

本研究結論 3 點如下：

一、針對既有防火門，提出輕量化改善之建議工法

針對不同中心材與層間材的結構組合與測試結果，是能以替換填充材料之方式進行輕量化，如用既有常見材料，以岩棉替代陶瓷棉或是矽酸鈣板替代纖維水泥，矽酸鈣板與石膏板性質相近時可互換等。但各材料有其適用性，如岩棉阻熱性雖較佳，但高於 600°C 即開始劣化，而陶瓷棉可耐 1000°C 以上等，超過 1 小時的防火試驗亦需納入評估。原因為 CNS12514-1 升溫曲線在 1 小時的溫度約 945°C，此時使用岩棉的防火門，其岩棉溫度是否高於 600°C 導致劣化，則是要確認的重點。

除常見材料外，研究中也使用新型材料的氣凝膠酚醛發泡樹脂作為層間材，實尺寸防火門通過 CNS 11227-1 的 60 分鐘遮焰與阻熱性能。此門扇重量 86.5kg 輕於礦製單門扇的平均 172kg，以及最輕的 92kg。

二、填充材料與結構設計對防火遮煙門輕量化之影響分析

本研究收集國內 99 份具遮煙性能與 1 小時防火時效之防火門報告書，以及 1 份只具有 1 小時防火時效之防火門報告書，分析各項材料組成之重量比例。其中多數為鋼製門，而鋼製門重量佔比第一為扇面板佔 38.32%，第二即為中間的芯材(中心材+層間材)佔 30.46%。研究中以使用頻率最高的陶瓷棉、岩棉、矽酸鈣板等，製作去除防火門骨架、配件等部份，純為探討材料性質的小型試體進行耐火試驗。

研究結果顯示：

1. 由於探討的試體數量較多，無法全部做實尺寸試驗，因此本研究將以小型試體進行試驗。小型試體之阻熱性較原尺寸差，使用 1 小時防火時效材料的小型試體，僅有部份可達到 30 分鐘阻熱性能。而在 30 分鐘時試體雖有

膨脹變形，但表面無破損，遮焰性良好。模擬結果也顯示小試體非曝火面溫度上升速率會高於實尺寸試體。因此若為實尺寸試體，非曝火面的溫度上升較緩慢，可延長阻熱時效。

2.防火時效 30 分鐘之不同試體結果顯示，岩棉比陶瓷棉的重量較輕且阻熱性較佳；纖維水泥板比矽酸鈣板、石膏板重量重且阻熱性較差，矽酸鈣板比石膏板重量略重、阻熱性接近。

3.由不同中心材與層間材的結構組合，於阻熱性能結果顯示，主要與材料之熱傳導係數有關，但仍有如試驗過程中，板材破損與框架周邊熱傳等現象可能造成阻熱性的差異。

三、提出「防火門同型式判定原則」有關芯材(中心材+層間材)更換配套規定修正建議

本試驗並未探討結構是否會對防火門遮焰與阻熱性能造成影響，因此撇除橫料、立料及骨架等防火門組成構件，單純探討不同中心材及層間材組合替換的情況下，遮焰與阻熱性能的優劣差異。

針對不同中心材與層間材的結構組合與測試結果顯示，原材料之熱傳導係數(k)可替換更小熱傳導係數(k)之材料，及需要更長的時效驗證。

例如：

1.中心材：岩棉的重量與 k 值小於陶瓷棉，試驗結果顯示岩棉替換成陶瓷棉，能提升阻熱性。(但各中心材有其適用性，如岩棉阻熱性雖較佳，但高於 600°C 即開始劣化，而陶瓷棉可耐 1000°C 以上等，超過 1 小時的防火試驗亦需納入評估。原因為 CNS12514-1 升溫曲線在 1 小時的溫度約 945°C，此時使用岩棉的防火門，其岩棉溫度是否高於 600°C，則是要確認的重點。)

2.層間材：(a)石膏板與矽酸鈣板的重量與 k 值小於纖維水泥板，石膏板與矽酸鈣板的測試結果優於纖維水泥板。(b)本研究所採用的石膏板與矽酸鈣板 k 值相近，試驗結果亦顯示石膏板與矽酸鈣板具有互換性。

第二節 建議

建議一

防火門同型式判定原則中心材、層間材互換可行性評估：中長期建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

防火門的防火時效測試與相關評定認可，在國內已行之有年，相關廠商也有許多商品通過測試並取得相關認可報告。有關現行『防火門同型式判定原則』並未提及中心材、層間材替換的同型式判定原則說明。本研究針對防火門使用不同中心材之試驗前後溫度變化情形及更換後中心材之試驗數據，例如阻熱性、耐燃性及比重等測試數據結果，建議2點如下：

1. 中心材：

岩棉的重量與 k 值小於陶瓷棉，試驗結果顯示岩棉替換成陶瓷棉，能提升阻熱性。

2. 層間材：

(1) 本研究使用之石膏板與矽酸鈣板的厚度大於纖維水泥板；但重量與 k 值小於纖維水泥板。石膏板與矽酸鈣板的測試結果優於纖維水泥板，可替換纖維水泥板。

(2) 本研究所採用的石膏板與矽酸鈣板 k 值相近，試驗結果亦顯示石膏板與矽酸鈣板具有互換性。

建議二

釐清鋼製防火門結構變化對中心材、層間材的影響性：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

本研究的實驗試體，在設計外觀、結構、支撐構造等，不同於現今防火門結構，主要是以去除防火門骨架、配件等部份，單純探討不同材料性質與組合在防火試驗過程(CNS 12514-1)的遮焰與阻熱性能變化。實驗的試體分為(1)中心材+層間材+中心材，(2)層間材+中心材+層間材，兩大類。由研究結果顯示，原

材料之熱傳導係數(k)可替換更小熱傳導係數(k)之材料，及需要更長的時效驗證。

但不同中心材、層間材與防火門骨架之間的結構固定，以及在防火試驗過程(CNS 11227-1)，防火門整體結構的變化或變形量是否直接影響中心材與層間材的性能，更甚至於是否直接或間接影響遮煙性能，都需要再進一步的釐清。建議未來可探討防火門結構變形與中心材、層間材之間的相互影響性，以及是否影響原有的遮煙性能。

建議三

防火門製造之於 2050 淨零碳排的分析與對策研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

目前政府以 2050 淨零排放為主要目標。市售防火門以鋼製和木製防火門為主，其中又以鋼製防火門為大宗。鋼製防火門主要結構組成為扇面板、骨架、橫立料等，此等門組件的材料大多為鍍鋅鋼板、不銹鋼板、五金配件等金屬材質。此類金屬材質在加工製造過程需耗費大量的能源與碳排，對環境有一定程度影響。而木製防火門的結構，除了芯材(中心材+層間材)和五金配件以外，大部分為木質材料，相較鋼製防火門來說，製造過程所需耗費的能源與碳排也不相同。由於木質材料可視為生質材料，因此具有可再生、低碳足跡與對環境較為友善之特性。建議可針對鋼製及木質門，於原料端、加工製造端、配送端...等過程，進行能耗與碳排分析比較，且擬定減少能耗與碳排之對策，往 2050 淨零碳排目標邁進。

附件一

內政部建築研究所「前瞻建築防火避難及結構防火科技研

發整合應用計畫(一)協同研究計畫」第2案

防火遮煙門輕量化技術開發及性能驗證

第一次工作會議紀錄

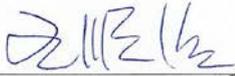
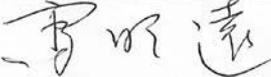
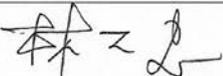
時間：111年4月22日		
出席人員：		
內政部建築研究所：王組長順治、雷研究員明遠		
成功大學：林中心主任大惠、陳研究員俊貴		
工作會議事項		
1. 本年度計畫執行事項說明		
出席人員		
姓名	單位	簽章
王順治	內政部建築研究所	
雷明遠	內政部建築研究所	
林大惠	成功大學	
陳俊貴	成功大學	

內政部建築研究所「前瞻建築防火避難及結構防火科技研發整

合應用計畫(一)協同研究計畫」第2案

防火遮煙門輕量化技術開發及性能驗證

第一次工作會議紀錄

時間：111年4月22日		
出席人員：		
內政部建築研究所：王組長順治、雷研究員明遠		
成功大學：林中心主任大惠、陳研究員俊貴		
工作會議事項		
1. 本年度計畫執行事項說明		
出席人員		
姓名	單位	簽章
王順治	內政部建築研究所	
雷明遠	內政部建築研究所	
林大惠	成功大學	
陳俊貴	成功大學	

附件二

防火板材種類彙整(一)

防火板 防火門型式	氧化 鎂板	矽酸 鈣板	珍珠 岩板	珍珠 岩複 合板	陶 瓷 棉 板	無 機 複 合 板	碳 酸 鎂 板	纖 維 水 泥 板	矽 酸 鎂 板	木 質 纖 維 板(粒 片 板)	夾 板
鋼製單扇雙面 平板推開遮煙 門	29	7	11	29	3	5	3	1	1		
鋼製雙扇雙面 平板推開防火 門	22	11	11	18		5	2				
鋼框木製單扇 雙面平板推開 防火門	6		2	2						4	4
鋼框木製雙扇 雙面平板推開 防火門	6						1			4	6
鋼框礦物(玻璃 纖維)製單扇雙 面平板推開門		2		1							
鋼框礦物(玻璃 纖維)製雙扇雙 面平板推開門		2		1							
※註：各式防火板材出現於不同種類型式防火門總次數											

防火板材種類彙整(二)

防火板 防火門型式	矽酸鈣板	木質纖維板 (粒片板)	礦纖板	夾板	密集板	EPS 輕質 水泥板
鋼製防火門						
木製防火門	4	10	6	11	2	
※註：各式防火板材出現於不同種類型式防火門總次數(顏色標是方格為行政院國家科學委員會專題研究計畫之 成果報告統計彙整之資料)						

防火填充材種類彙整

填充材 防火門型式	陶瓷棉	岩棉	酚醛樹脂	無機發泡體
鋼製單扇雙面平板推開遮煙門	52			
鋼製雙扇雙面平板推開防火門	41			
鋼框木製單扇雙面平板推開防火門	3	1		
鋼框木製雙扇雙面平板推開防火門		2		
鋼框礦物(玻璃纖維)製單扇雙面平板推開門	1		1	
鋼框礦物(玻璃纖維)製雙扇雙面平板推開門				
※註：各式填充材出現於不同種類型式防火門總次數(顏色標是方格為行政院國家科學委員會專題研究計畫之成果報告統計彙整之資料)				

防火板材規格

氧化鎂板										
厚度 (mm)	比重	密度 (g/cm ³)	含水 率(%)	總氣 含量 (%)	防火門型式					
					鋼製		木製		礦製	
					單	雙	單	雙	單	雙
3.0					2	2				
3.0	0.9		12.6		6	7				
3.0	0.94		16.0		1	1				
3.0	1.0		13.0		3					
3.0	1.11		11.2				1			
3.0	1.11		14.6		3	3	1			
3.0	1.2		12.0		6	2				
3.0	1.2		12.2		1					
3.0	1.29		13.7		5	4				
3.0	1.3		10.0			2				
3.0			10.0	0.02	1					
4.0						1				
6.0					1		2	2		
6.0	1.07		27.6				2	2		
6.0	1.13		21.9					2		

矽酸鈣板										
厚度 (mm)	比重	密度 (g/cm ³)	含水 率(%)	總氣 含量 (%)	防火門型式					
					鋼製		木製		礦製	
					單	雙	單	雙	單	雙
4.0	1.0		3.0						1	
4.0	1.0		7.5							1
6.0					1					
6.0		0.87	7.4	0.016	2					
6.0	0.99		9.3		1	1				
6.0	1.06		10.2		2	3				
6.0	1.01		7.7			1				
6.0										
9.0	1.0		7.5		1					
9.0	1.01		7.5			1				
9.0	1.02		10.2			1				
9.0	1.05		10.2						1	
9.0	1.06		10.2			2				
9.0	1.09		6.7			1				
15.0	1.03		3.7							1
20.0	1.01		7.7			1				

註：顏色標示之文字及方格為行政院國家科學委員會專題研究計畫之成果報告統計彙整之資料

珍珠岩板										
厚度 (mm)	比重	密度 (g/cm ³)	含水 率(%)	總氣 含量 (%)	防火門型式					
					鋼製		木製		礦製	
					單	雙	單	雙	單	雙
40.0 (以 46 裁切)					2					
40.0 (以 46 裁切)	0.23		30.8		1	3				
40.0 (以 46 裁切)	0.35		22.1			1				
40.0	0.29		19.6				1			
44.0	0.34		1.8		2	2				
46.0	0.23		30.8		3	3				
46.0	0.29		19.6				1			
46.0	0.35		22.1		2	1				
46.0	0.4		15.4		1	1				

珍珠岩複合板										
厚度 (mm)	比重	密度 (g/cm ³)	含水 率(%)	總氣 含量 (%)	防火門型式					
					鋼製		木製		礦製	
					單	雙	單	雙	單	雙
40.0 (以 46.0 裁切)	0.23		30.8		1	1				
40.0 (以 46.0 裁切)	0.29		19.6		1	1				
40.0 (以 46 裁切)	0.32		11.6				1			
40.0 (以 46.0 裁切)	0.34		4.3		1					
40.0 (以 46.0 裁切)	0.34		12.3			2				
40.0 (以 46.0 裁切)	0.35		22.1		2	3				
40.0 (以 48.0 裁切)	0.6		29.1		1	1				
40.0 (以 46.0 裁切)	1.29		19.6		1					

珍珠岩複合板										
厚度 (mm)	比重	密度 (g/cm ³)	含水 率(%)	總氯 含量 (%)	防火門型式					
					鋼製		木製		礦製	
					單	雙	單	雙	單	雙
40.0 (以 48.0 裁切)		0.3	22.3	0.023	2					
40.0 (以 48.0 裁切)		0.3	22.3	0.087	1					
40.0 (以 48.0 裁切)	0.6		29.1		1					
44.0		0.33	20.5		1					
44.0		0.33	20.5	0.016		1				
46.0		0.40	29.6	0.023	1					
46.0	0.23		30.8		4	2				
46.0	0.29		19.6		1	1				
46.0	0.32		11.6				1			
46.0	0.34		4.3		1					
46.0	0.34		12.3			2				
46.0	0.35		22.1		4	3				
46.0	1.29		19.6		1					
48.0		0.3	22.3	0.023	3					
48.0		0.3	22.3	0.087	1					
48.0	0.34		28.8						1	1
48.0	0.6		29.1		1	1				

陶瓷棉板										
厚度 (mm)	比重	密度 (g/cm ³)	含水 率(%)	總氯 含量 (%)	防火門型式					
					鋼製		木製		礦製	
					單	雙	單	雙	單	雙
25.0		96			1					
25.0		285.5			2					
無機複合板										
3.0		1.0	13.5	< 0.1	1					
3.0		1.04	15.4	0.128		1				
38.0		0.29	14.1	< 0.1	1					
38.0		0.29	14.1	0.025		1				
41.0		0.29	14.1	< 0.1	1					
41.0		0.29	14.1	0.025		1				
46.5	0.3		21.8			1				
46.5	1.01		7.5		1					
48.0		0.24	13.5	0.074		1				
48.0		0.32	16.4	< 0.1	1					
碳酸鎂板										
4.0		0.8	16.7	0.087	1					
4.0	0.8		14.9		1	1				
4.0	1.2		12.5	0.002	1	1				
6.0								1		
纖維水泥板										
					單	雙	單	雙	單	雙
4.0	1.0		3.8	0.02	1					

木質纖維板(粒片板)										
厚度 (mm)	比重	密度 (g/cm ³)	含水 率(%)	總氣 含量 (%)	防火門型式					
					鋼製		木製		礦製	
					單	雙	單	雙	單	雙
30.0							2	2		
30.0		0.76	7.4					2		
31.0		0.7	7.9				1			
31.0		0.76	7.9				1			
36.0										
礦纖板										
38.0										
43.0										
夾板										
2.7							4	6		
3.0										
密集板										
3.0										
EPS 輕質水泥板										
50.0										
註：顏色標示之文字及方格為行政院國家科學委員會專題研究計畫之成果報告統計彙整之資料										

填充材規格

陶瓷棉							
厚度(mm)	密度(kg/m ³)	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
6P x 6 mm (以 50 mm 裁切)	96		1				
6P x 6 mm	96	1					
6P x 12.5 mm	96	23	17				
6P x 20 mm	96		1				
6P x 25 mm	85		1				
6P x 25 mm	96	17	11	2		1	
6P x 38 mm		1					
6P x 50 mm	96	3	4				
8P x 6.0 mm	128	3	2	1			
8P x 12.5 mm		3	3				
8P x 25 mm		1	1				
岩棉							
60K x 25					2		
80K x 36				1			
酚醛樹脂							
44.0	96					1	
無機發泡體							
	0.5					1	
註：顏色標示之文字及方格為行政院國家科學委員會專題研究計畫之成果報告統計彙整之資料							

附件三

門扇規格

高度						
尺寸(mm)	防火門型式					
	鋼製		木製		礦製	
	單	雙	單	雙	單	雙
2101~2200	1					
2201~2300	1	2				
2301~2400	12	8	3		1	1
2401~2500	11	5	2	2	1	
2501~2600	11	6				
2601~2700	4	4		1		
2701~2800	4	1	2	2		
2801~2900	0	1				
2901~3000	3	6		1	1	
3901~4000		1				
寬度						
1101~1200	3					
1201~1300	26		2		1	
1301~1400	6		3			
1401~1500	12		2		1	
1501~1600						
1601~1700					1	
2301~2400		1				
2401~2500		12		4		1
2501~2600		5		2		
2601~2700		4				
2701~2800		3				
2801~2900		1				
2901~3000		7				
3801~3900		1				
※註：顏色標示為尺寸較大之級距						

厚度						
尺寸(mm)	防火門型式					
	鋼製		木製		礦製	
	單	雙	單	雙	單	雙
45	1					
46		4				
47	3					
48	14	12				
48.8			1			
49	1	1				
50	11	6	3	6	1	
52	4	3	2		1	1
53	7	1				
54		4				
56	3	1	1			
59	1	1				
61					1	
62	1					
67	1					
95		1				

※註：顏色標示為區分不同級距

門檣規格(材質鍍鋅鋼板)

高度						
尺寸(mm)	防火門型式					
	鋼製		木製		礦製	
	單	雙	單	雙	單	雙
2201~2300	1	1				
2301~2400	1	4				
2401~2500	11	5	4	2	1	1
2501~2600	9	4	1		1	
2601~2700	6	4		1		
2701~2800	2	1	2	2		
2801~2900	1	3				
2901~3000	2	5		1		
寬度						
1101~1200	1					
1201~1300	4		1		1	
1301~1400	16		4			
1401~1500	9		2		1	
1501~1600	3					
2401~2500		10		3		1
2501~2600		2		3		
2601~2700		4				
2701~2800		4				
2801~2900		2				
2901~3000		5				

門樘規格(材質不銹鋼板)

高度						
尺寸(mm)	防火門型式					
	鋼製		木製		礦製	
	單	雙	單	雙	單	雙
2301~2400	3	1				
2401~2500	5	2				
2501~2600	4					
2601~2700		1				
2901~3000	2	2				
3001~3100					1	
3901~4000		1				
寬度						
1201~1300	6					
1301~1400	5					
1401~1500	3					
1601~1700					1	
2401~2500		3				
2601~2700		1				
2801~2900		1				
2901~3000		1				

扇面板規格

鍍鋅鋼板							
尺寸(mm)	密度(g/cm ³)	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
0.8		5	6	1			
1.0		35	25				
1.0(浮雕壓花板)		1					
1.2		1	1				
1.2(替換防火型式)		3					
1.6(門扇面飾材)			1				
15x18		1					
不銹鋼板							
1.0			1				
1.2		1					
木夾板							
5.0				1			
美耐板							
0.7				2	2		
0.8				2	3		
1.0					1		
1.0							
玻璃纖維板							
2.0						1	1
3.0						1	
硬板							
3.0							
※註：顏色標示之文字及方格為行政院國家科學委員會專題研究計畫之成果報告統計彙整之資料，非性能規格評定書之內容彙整。							

骨架規格

鍍鋅鋼板							
尺寸(mm)	密度(g/cm ³)	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
0.8		6	1				
1.0		11	12				
1.2		4	5				
1.6		5	3				
3.0		1	1				
38x3.0		2					
44x3.0		1	1				
45x2.0			1				
47x3.0		1	1				
37x20x1.6		1					
37.5x20x1.6		1					
41.5x20x2.0		1					
41.5x30x2.0		1					
42x30x2.0		1					
45x31x1.0			1				
20x25x25			2				
鍍鋅扁管							
20x40x1.4		2	2				
20x40x1.5						1	
32x14x2.0		1	1				
40x20x1.4			1				
40x20x1.6		2					
50x25x1.4		1					
鍍鋅扁鐵							
40x3.0		1					
20x40x1.5							1
鍍鋅扁方管							
32x14x2.0		1	2				

鍍鋅鋼方管							
尺寸(mm)	密度(g/cm ³)	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
30x42x1.6			1				
38x38x2.0						1	
40x80x2.0						1	
門型鍍鋅鋼							
15.0x28.0x1.0						1	
54.0x15.0x1.0						1	
10x108x10x1.2						1	
10x151x10x1.2						1	
22x38x22x2.0						1	
扁管							
38x3.0		3					
20x40x1.4		3					
20x40x1.6		2	1				
40x20x1.2		1					
40x20x1.4		5	4				
40x20x1.6		7	6	1			
40x20x2.0		2					
扁鐵							
25x3.0		1	1				
32x6.0		2	3				
38x3.0		2	4	1			
38x4.5		10	9				
38x6.0		15	7				
38x9.0		9	3				
40x3.0	0.96	3	1	1			
50x6.0		1					
40x20x1.6	0.96	1		1			
方管							
38x36x0.55		2	3				
40x20x2.0			5				
75x75x3.0			1				

天然硬木								
尺寸(mm)	密度(g/cm ³)	含水率(%)	防火門型式					
			鋼製		木製		礦製	
			單	雙	單	雙	單	雙
60x30.0		14.5				3		
60x31.0	0.96				3			
77x30.0		14.5				2		
84x30.0		14.5				2		
90x31.0	0.96				2			
102x30.0	0.79	14.5				2		
天然實木								
45x30.0					2			
48x30.0					2			
50x30.0					2			
52x30.0						1		
97x30.0					2			
120x30.0						1		
硬木								
47.0x18.0	0.6	15					1	
50.0x18.0	0.6	15					1	
50x30	>0.65					1		
90x30	>0.65					1		
100x30	>0.65					1		
冰片木								
45x30.0	>0.65					1		
60x30.0	>0.65					1		
矽酸鈣板								
44.0x12.0	1.05	0.08					1	
47.0x8.0	1.05	0.08					1	
50.0x8.0	1.05	0.08					1	
88.0x8.0	1.05	0.08					1	

防煙條規格(門扇)

防煙條							
種類	尺寸(mm)	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
防煙條	20x1.0(以 50 mm 裁切)	2					
防煙條	25x1.0(以 50 mm 裁切)	1	1				
防煙條	35x1.0(以 50 mm 裁切)		2				
防煙條	4x10.0				2		
防煙條	10x2.0				1	1	
防煙條	15x2.0			1			
防煙條	20x1.0					1	
防煙條	20x2.0		1		1	1	
防煙條	20x3.0		1				
防煙條	38x1.0		1				
防煙條	40x1.0	4			1		
防煙條	45x1.0	2	1				
防煙條	46.5x1.0				1		
防煙條	48x2.0		1				
防煙條	50x1.0	1	1				
防煙條(為防火及遮煙性能同時必須)	20x1.0 (以 45 mm 裁切)	1					
防煙條(為防火及遮煙性能同時必須)	25x1.0 (以 45 mm 裁切)	1					
防煙條(為防火及遮煙性能同時必須)	45x1.0	2					
硬質防煙條	12x1.0 (以 40 mm 裁切)	1					
硬質防煙條	12x1.0 (以 50 mm 裁切)	1					
硬質防煙條	20x1.0 (以 40 mm 裁切)	1	1	1			
硬質防煙條	20x1.0(以 50 mm 裁切)	3	2				
硬質防煙條	25x1.0(以 45 mm 裁切)		2				

防煙條							
種類	尺寸(mm)	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
硬質防煙條	30x1.0(以 50 mm 裁切)	1					
硬質防煙條	35x1.0(以 50 mm 裁切)	1					
硬質防煙條	40x1.0(以 50 mm 裁切)	1				1	
硬質防煙條	45x1.0(以 50 mm 裁切)		2				
硬質防煙條	30x1.0		2				
硬質防煙條	40x1.0	1	1				
硬質防煙條	50x1.0	1	1				
硬質防煙條(為防火及遮煙性能同時必須)	35x1.0(以 50 mm 裁切)		1				
硬質防煙條(為防火及遮煙性能同時必須)	40x1.0		1				
防煙膨脹條	38x1.0		1				
發泡防撞型防煙條(為防火及遮煙性能同時必須)	11x23		1				

氣密條規格(門扇)

氣密條							
種類	尺寸(mm)	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
氣密條	5x14				1		
氣密條	6x13		1				1
氣密條	9x24		2				
氣密條	9.8x10.7		1				
氣密條	10x9				1		
氣密條	10x21		3				
氣密條	10x25		1				
氣密條	10.7x9.8				1		
氣密條	11x23		5				
氣密條	12x3						1
氣密條	13x6	1	1		2		
氣密條	13x8				2		
氣密條	14x8				1		
氣密條	14x11		2				
氣密條	14x20				1		
氣密條	18x13		1				
氣密條	18x15	1					
氣密條	18.5x18.5		2				
氣密條	24.5x25				1	1	
氣密條	11.5x19x10		2	1			
防火氣密條	11.5x19x10		1				
防撞氣密條	10x21		4				
防撞氣密條	13x18		4				

五金配件規格

門鎖							
種類	材質	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
電子鎖	不銹鋼、鐵、塑膠	3	4				
匣式鎖	不銹鋼、鐵、銅		1			1	1
匣式鎖(加壓氣密葫蘆連體鎖)	不銹鋼、鋼鐵	1					
匣式電子鎖	鋅合金、不銹鋼、塑膠	6	5	1	1		
匣式水平鎖	不銹鋼、鐵、銅	8	8				
電子匣式水平鎖	不銹鋼、鋼鐵、塑膠	1					
水平匣式電子鎖	鋅合金、鋼鐵、塑膠	6	2				
水平匣式鎖(替換防火型式)	不銹鋼、鋼鐵	1	1				
水平把手鎖	不銹鋼、鐵	1	1	2	2	2	
水平鎖+輔鎖	不銹鋼、鋼鐵	2	2	3			
輔助鎖	不銹鋼、鐵			2	3	2	
喇叭鎖	不銹鋼、鐵、銅	2	5	1	1		
喇叭鎖+喇叭把手	不銹鋼、鋼鐵				2		
平推鎖	不銹鋼、鋼鐵	7					
平推鎖+水平把手	不銹鋼、鐵	2					
電子感應密碼鎖	不銹鋼、塑膠	1					
陽極鎖	鋁、鐵	2	1			1	
地鎖	不銹鋼、鐵	1					
自動鎖(替換防火型式)	不銹鋼、鋼鐵	1					
三合一電子鎖	不銹鋼、鋼鐵、塑膠	1	2				
匣式水平鎖+造型白鐵把手+副鎖 x2+連接桿+鎖心	鋼鐵、不銹鋼、銅	1	1				
連動鎖	不銹鋼、鐵		1				
閘式水平鎖	不銹鋼、鐵		2				

鉸鏈							
種類	材質	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
地鉸鏈	不銹鋼、鐵	2	3				
自動地鉸鏈	不銹鋼、鐵	8	13	1		1	
旗型鉸鏈	不銹鋼、鋼鐵	22	9	1	1	2	1
蝴蝶鉸鏈	不銹鋼	4	5	2	1		
自動地鉸鏈(替換防火型式)	不銹鋼、鑄鐵	1					
天地鉸鏈	不銹鋼、鋁合金	1	3		1		
非自由鉸鏈		1					
門弓器							
門弓器	鋁合金、鋼鐵	23	11	4		2	
門弓器(改用防火通過型式)	鋁合金		1				
外掛式門弓器	鋁、鋼鐵	1					1
外露式門弓器	鋁合金、鐵	5	1	2	1		
隱藏式門弓器	鋁合金、鋼鐵	4	4		5		
隱藏式門弓器(參照防火門型式試驗報告書)	鋁合金、鐵	1					
隱藏式門弓器(替換防火型式)	鋁合金		1				
下降條							
種類	材質	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
下降壓條	鋁合金、橡膠	6	10	1			
隱藏式下降壓條	鋁、橡膠	19	6	2			
隱藏式下降壓條	鋁擠型、軟質 PVC 條、鐵片						1
隱藏式下降隔音條					2		
下降氣密條	鋁、橡膠、不銹鋼	1					
下降式擋煙條	鋁、橡膠	2					
隱藏式下降擋煙條	鋁、塑膠	2					
外掛式下降壓條	鋁、橡膠		4				
外掛式下降擋煙條	鋁、橡膠		1				

下降條							
種類	材質	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
外裝式下降壓條	鋁擠型、PVC 氣密條					1	
外露式下降條	鋁合金、橡膠		2	1	2		
升降壓條	鋁合金					1	
自動升降壓條	鋁、橡膠			2			
防撬門							
防撬門	不銹鋼、鋼鐵、鍍鎳鐵	26	18	2		1	
防撬門	不銹鋼、鐵、塑膠	1					
防撬門(改用防火通過型式)	不銹鋼		1				
其他							
種類	材質	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
安全扣	不銹鋼、鐵	1					
外裝式防塵器	鋁、橡膠、鋼鐵	2					
把手	不銹鋼、鐵、橡膠	1					
兩彎把手	不銹鋼					1	
水平把手	不銹鋼、鋼鐵						1
大型把手	不銹鋼						1
方形取手	不銹鋼、鋼鐵	2					
N型取手	不銹鋼、鋼鐵	1					
凹槽取手	不銹鋼	5	8		2	1	
凹槽把手(替換防火型式)	不銹鋼	1					
隱藏式門底墊	鋁、橡膠	2	3				
隱藏式門底條	鋁合金、橡膠		1				
貓眼(防盜眼)	銅、玻璃	7	4	2	4		1
通電金具	不銹鋼、鐵	2	2				
過門器	不銹鋼、鋼鐵	1					
無限通電器	不銹鋼、塑膠	1					
防塵桿	鋁、塑膠、橡膠	1					

其他							
種類	材質	防火門型式					
		鋼製		木製		礦製	
		單	雙	單	雙	單	雙
防塵座	不銹鋼、鋼鐵		2		4		
外裝式防塵器	鋁、橡膠、鋼鐵	2	3	1	1	1	
隱藏式防塵器	鋁合金、橡膠	1	1				
天地栓	不銹鋼、鐵、銅		28		6		1
天地栓(替換防火型式)	不銹鋼		2				
天地栓(可調式天地栓)	鋼鐵、不銹鋼		3				
天地插梢	不銹鋼、鐵		1				
自動門底墊	鋁、橡膠		2				
自動關門器	不銹鋼、鋼鐵	3					
自動下降底座	鋁合金、橡膠	1					
龍吐珠	不銹鋼		1		2		

附件四

第一次專家座談會議記錄

委員	委員意見/建議	研究團隊回應
李經理明賢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 根據以往經驗，材料的來源是由廠商提供，許多研究室的分析材料只能照單全收，造成後續進行判定時可能會產生誤差，也會造成影響機制不一。在進行實驗時也許分成2種不同型態的門(層間材及中心材)再看機制會更好。結構(週邊框架)的部份，要如何做設定? 最好一開始設計試驗時就能明確定義各參數的影響性以，後續做設計試驗才會更有意義。 2. 試計試驗所取的材料，建議最好能一次性設計足，讓變異性降低，後續才会有更好的結果與歸納。不然常受限於以往的報告，資訊會有誤導的嫌疑。輕量化是未來想進行的目標，但是一開始材料的資訊需要有很清楚的釐定。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝審查委員的意見，本研究首先彙整評定報告書並分析常用的設計型式與材料規格。由相關資料再進行層間材及中心材的規格統計與差異性分析。目前已彙整常用的層間材、中心材種類與規格，後續以鋼製門的層間材、中心材配置為實驗參數，規劃數個配置組合，以小型門牆爐依據 CNS12514-1 升溫曲線，進行實驗並探討各層間材、中心材之間的可互換性與差異性。 2. 本實驗各層間材與中心材的配置組合，會先以尺寸、材料性質可互換性為優先考量，而且會請廠商提過相關材料的出廠證明。
陳經理盈月	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 CNS11227-1 測試標準進行測試較原本更嚴格(重量較重)。如果以 CNS11227-1 能夠讓產品輕量化，可以對產業界有很大幫助，但目前遮煙防火門扇以 CNS11227-1 進行測試者很少，相關的評定認可文件較為不足。是否在報告前言處針對此做說明：「此研究的輕量化是指期待能夠利用同型式芯材的部份，能夠提供輕量防火門的應用」。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝審查委員的意見。本研究會於報告前言處，增加「此研究的輕量化是指期待能夠利用同型式芯材的部份，能夠提供輕量防火門的應用」。 2. 本研究會以 CNS 11227-1 測試為主，並於通過 CNS 11227-1 測試的設計再進行 CNS 15038 測試。

	<p>2. 目前營建署公告遮煙評定原則，面飾材是得以接受相互應用，但心材並未獲同意。想請問研究團隊，目前芯材替換進行試驗是否也有進行 CNS 15038 的測試? 或是只有針對 CNS 11227-1 的測試?</p> <p>3. 遮煙性能成敗與否，有賴其遮煙機制及耐火之後的變形量。CNS 11227-1 進行測試時是否也會觀察變形量?</p> <p>4. 研究團隊所整理的 100 份由台灣建築中心的認可報告書資料，其產出的年份是? 因為營建所請我們研究氧化鎂板的含氮量問題，但現在防火門其實大部份都不太用氧化鎂板了。在報告 p.24 提到輕量化芯材的部份是要用氧化鎂及矽酸鈣板做替換，這部份是否符合產業實務上的期待與需求?</p> <p>5. 報告 p.11 提到，珍珠岩門板較薄但也有一定的使用數量，研究團隊是否再思考在心材替代的部份，是否使用未來大家比較會廣為使用的材料做討論。</p> <p>6. 長照機構很多都是使用橫移式的防火門扇，因為其橫移機制，所以門扇輕量化的需求會比外推門高。建築中心評定過的橫移式防火遮煙門扇，它的中心材是用防火泥發泡板，但較厚有 48mm；也有碳酸鎂和硫氧纖維做層間材所組成，這個組合相對薄，大概只有 9mm。目前坊間具防火兼遮煙的橫移門扇只有一扇，如果團隊有需要，建築中心可以提供參考資料。</p>	<p>3. 本研究以 CNS 11227-1 測試時，會同時觀察試體的變形量。</p> <p>4. 本研究所分析的評定報告書年份為 104 到 110 年。目前防火門雖然不太用氧化鎂板，但在評定報告書彙整的資料顯示，氧化鎂板佔大量的樣本數。因此本研究仍先規劃氧化鎂板的試驗，並與規格相近的矽酸鈣板進行實驗比對，以及探討替換的可能性。</p> <p>5. 本研究會探討廣泛使用的中心材之間是否具有替換性，並且會收集與探討新材料是否能使用在中心材的可行性。</p> <p>6. 感謝審查委員的意見與願意提供資料。</p>
<p>林經理子傑</p>	<p>1. 報告 P.24 及 P.25，研究團隊並沒有把珍珠岩複合板納入</p>	<p>1. 本研究後續會進行珍珠岩複合板的研究組</p>

	<p>研究組合的原因?研究數據是否會進行熱傳的分析?</p> <p>2. P.12 在分析重量，是以平均值計算心材與骨架所佔的比例?報告的統計數據的基礎?</p> <p>3. 確認 P.15 資料 48 是否為氧化鎂板的材料? 因為數值差異頗大，是否為研究室報告上呈現的誤差?</p> <p>4. P.18 比重 1.29 的資料是否為珍珠岩複合板，請再確認。</p>	<p>合，並進行相關熱傳行為的分析。</p> <p>2. 本研究的重量分析，是先計算每一份報告的防火門重量百分比之後再以平均值的方式呈現。</p> <p>3. 本研究會再確認報告書的資料與數據。</p> <p>4. 本研究會再確認報告書的資料與數據。</p>
<p>林祕書長建昌</p>	<p>1. 業界比較在意的是，如果換了中心材，是否之前做過的測試(如果被判定是結構的部份)就不能再度引用? 若是如此會增加測試費用，影響業者引用的意願。</p> <p>2. 門扇重量，1m² 的木製門為 28kg，鋼製門為 38kg</p>	<p>感謝審查委員的資料與意見，目前同型式判定尚未有替換中心材的說明，本研究後續會依據成果，建議給予同型式判定的相關建議。</p>
<p>蔡教授匡忠</p>	<p>1. 報告對於防火門相關文獻資料收集完善。</p> <p>2. 報告 P.12 中鋼製門與木製門只有顯示佔比資料，是否有兩者各別的重量資料? 由此可以知道輕量化重點是否是在鋼製門?</p> <p>3. 目前實驗設計比較難看到實驗完成後，最終成果如何能有具體的展現與論述? 可能要有更多的論述，如果都選擇密度較低的材料，會不會就是最輕的?材料是否會影響結構? 防火門公會後續會分享資訊。</p>	<p>1. 感謝審查委員的意見。</p> <p>2. 鋼製門與木製門的各別重量資料後續會增列在報告內。</p> <p>3. 感謝審查委員的意見，後續具體內容會詳述於報告內，相關成果後續會與防火門公會分享。</p>
<p>蔡博士銘儒</p>	<p>1. 由報告 p.12 看出，研究方向是以鋼製和木製門為主，由圖表中看出鋼製的影響重量比較大的就是面板材和芯材，木製的主要是芯材的部份</p> <p>2. 面板材需要考量；要考慮到面板材的部份，可以再由其它板材中考慮(如輕質混凝土) 芯材要考慮受熱收縮性再考</p>	<p>感謝審查委員的意見，本研究會收集與探討新材料是否能使用在中心材的可行性。</p>

	慮輕量化	
--	------	--

附件五

期中會議審查回覆

委員	委員意見/建議	研究團隊回應
曾教授偉文	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案規劃 10 月開始加入實驗結果比較，審查人期待對研究主題能有進一步的認識。 2. 防火設備輕量化，除材質工法外，對於相關構件及環境條件，亦會造成設備性能的影響，建議在結論時，對於非關本案主要探討變數，例如：門弓器以及通風換氣與排煙設備動作壓差等外部影響因素能加入說明。 	<p>感謝審查委員相關意見，後續會再彙整防火門其他構件的資料。</p>
蔡教授匡忠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 防火門相關組件之調查詳實，可作為未來相關研究之重要參考。 2. 材料性質建議增加熱傳係數。 3. 新型態材料之評估需納入。 4. 芯材是否影響結構性能建請評估。 5. 建請進行成本分析，以說明業者。 6. 實驗進度需掌握。 	<p>感謝審查委員相關意見，後續會再彙整防火門其他構件的資料、相關材料與新型態材料的熱傳導性質說明與比較、芯材是否影響結構性能，亦會注意實驗期程的安排。</p>
莫組長懷祖	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究非常充實，文獻彙整所得可以做為主管機關參考。 2. 初步研究著重在輕量化議題，就防火門開合過程所需時間及工法部分尚少探討，後續宜討論。 3. 輕量化課題研究重點似乎在門扇部分，建議門樘朝組合式輔以施工工法發展，以做為現場施工時改善工法，求精進施工效率，請參考。 	<p>感謝審查委員相關意見，後續會再彙整防火門工法相關資料，以及分析現場施工改善之工法。</p>
洪總工程司 德豪	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第 5 頁有關建築技術規則「防火門」相關規定之整理尚有缺漏(如特定建築物、高層建築物、地下建築物各章)。 2. 第 26 頁，本研究蒐集 100 份 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝審查委員相關意見，有關建築技術規則「防火門」相關規定之整理，會再補足說明。

	<p>的防火門性能規格評定書，惟圖 3-1 所示 A、B、C 三個評定單位的總數合計似非 100 份，請研究單位再釐清。</p> <p>3. 第 26 頁，為何 3 個評定單位的防火門資料，8 成以上取決於 C 單位「臺灣建築學會建築性能評定中心」？是否會造成統計偏差？又 100 份的防火門性能規格評定書，是否均符合驗證登錄證書「有效年限 3 年」規定？建議附錄二彙整統計表揭露「認可通知書編號」等訊息。</p> <p>4. 本研究之內文及附件，提及有關防火門構造之相關用詞，建議參採標準檢驗局最新修正「應施檢驗建築用防火門商品之相關檢驗規定」，例如「內骨材」修正為「骨架結構」；「防火板」修正為「層間材」；「填充材」修正為「中心材」；「面板材」修正為「面飾材」；「木製防火門」修正為「木質防火門」等。</p>	<p>2. 防火門性能規格評定書的總數會再進行確認。</p> <p>3. 本研究所收集的評定單位的防火門資料，主要以網路公開資料為主，另是否均符合驗證登錄證書「有效年限 3 年」規定，以及相關用詞，本研究所會再進行確認與修正。</p>
林秘書長建昌	<p>1. 材料科學發展日新月異，以防火門而言，業者也不斷朝使用性能更佳、質量更輕、成本更低的材料發展，但往往受限「防火門同型式判定原則」的規定，致使業者對於開發新技術及新材料的意願不高。</p> <p>2. 防火遮煙門輕量化技術，可以分兩部分來探討，除了門組「輕量化」之外，另一方面可以透過改善制動機件來減輕推拉門組的施力，例如重型鉸鏈、地鉸鏈、門弓器。五金業者對制動機件的發展從來都是不遺餘力，但</p>	<p>1. 感謝審查委員相關意見，本研究後續會再彙整防火門其他構件資料，並分析制動機件減輕推拉門組的施力方式。另外，「防火門同型式判定原則」的規定，於後續研究成果，亦會給予相關建議。</p> <p>2. 感謝審查委員對「氧化板」已逐漸減少使用的訊息，本研究團隊會注意。</p>

	<p>標準檢驗局對於防火門五金自願性產品驗證（VPC）的規劃遲遲未有進一步的確定，五金業者仍必須請各家防火門業者協助測試，在成本考量上也遇到被配套法規制約的問題。</p> <p>3. 綜上所訴，防火門公會建議防火遮煙門輕量化技術開發及性能驗證，必須將檢討「防火門同型式判定原則」配套規定納入計畫執行的重點，在實務上方能順利推動。</p> <p>4. 本研究中對防火門業界所使用的門芯板如「氧化板」已逐漸減少使用似乎未有察覺，在此特提出予研究團隊注意。</p>	
<p>李理事長明智</p>	<p>1. 本研究就從各項材料製作以及內部構材輕重比例分配均已作詳細統計分析，相當用心，值得肯定。</p> <p>2. 期待於後續針對重質材料如鋼製防火門如何輕量化設計，並經由防火時效及遮煙性能測試，能提出良好具體的設計內容建議。</p>	<p>感謝審查委員相關意見。</p>
<p>王組長順治</p>	<p>1. 本研究應強調輕量化的優點，對未來產業推廣以及建築師、設計師在設計上有所助益，輕量化技術開發對未來產業可提升效益。</p> <p>2. 同型式判定的建議，對既有觀點盡量不造成阻礙技術發展並推動。</p> <p>3. 可蒐集國外案例補充說明防火門具有隔音、綠建材等綜合效益，對推動輕量化技術更有說服力。</p>	<p>感謝審查委員相關意見，本研究會強調輕量化的優點，以及依據研究成果將對「防火門同型式判定原則」的規定給予相關建議。本案會持續收集國外案例與研究成果。</p>

附件六

第二次專家座談會議記錄

委員	委員意見/建議	研究團隊回應
李經理明賢	<p>3. 因為 2 種試驗門扇表面鋼板厚度都控制在 48mm，所以實驗都要屈就此厚度。特別就層間材而言，因為防火板的尺度是固定的，當要擠進有限空間裡，需要釐清厚度不符合時，是要兩片壓密還是後端另做處理?這會決定後續做防火時效的重要關鍵，不同表面鋼板厚度，中間填充材後續如果厚度不符合，要怎麼操作進行裡面有限空間?材料組成如何避免產品變異部份?</p> <p>4. 防火板用在兩側的部份，國際間很多 building code 的部份，為何時常只有歸納岩綿、石膏板、矽酸鈣板?從實驗所做的東西，不管是周圍密封或是相對於材料的變形而言，就防火時效的再現性，的確比很多建材廠商研發新產品一直在講防火時效而言穩定太多，所以 building code 為何只放這幾個板子的主要原因，就是因為會有很多的變因會影響試驗結果。所以在實驗所認為防火時效四個，一個是中間都是用岩棉的 60k 或是 80k，表面如果用矽酸鈣板和石膏板，因為厚度不一樣，這中間可能又會牽涉中間填充材的組合方式?到底有無壓密?兩層壓密還是一層的方式?都會讓實驗產生不一樣的結</p>	<p>1. 本研究表面鋼板厚度都控制在 48 mm，在中心材與層間材組合的初始厚度超過 48 mm 時，會將兩片防火板(層間材)對棉(中心材)壓密；若中心材與層間材組合的初始厚度低於 48 mm 時，則會將鋼板厚度減少，使其符合中心材與層間材組合的尺寸。</p> <p>2. 關於防火板(層間材)對棉(中心材)是否進行壓密之情況，如前項所述，而試體中間的填充材組合方式，以及有無壓密是否影響試驗結果，本研究會將各試體的試驗結果，再進行分析與探討。</p> <p>3. 本研究的試體厚度變形量是將試驗後的試體放在平面，量測試體最大變形量的高度與比例。</p>

	<p>果。</p> <p>5. 厚度的變形量是試驗之後把試體放在平面上面量最高的高度所做的變型和變型比例嗎?</p>	
陳經理盈月	<p>7. 研究主要是防火門輕量化的研究探討，建議是否可補充構材的總厚度及總量? 實驗是以全尺寸或是部份構件進行? 如果是部份構件，報告中幾組試體也能呈現不同板材組成的變型量是有所不同的，也可以提供給業界做為參考，建議補充說明清楚試驗條件。</p> <p>8. 試驗與評定的部份，建議寫法還是用評定書慣用的寫法，比如面材、層間材及填充材等寫法。因為研究報告都是寫防火板或填充材這樣的用語，防火板三個字其實容易被誤解，這部份建議使用評定書的寫法。</p> <p>9. 研究團隊提到有一個構法的組合是填充材加防火板加填充材，其實它都會有個面材，建議強調雖然是棉板，都是棉的組成，但是它一定有一個面板，一般都是用鋼板，鋼板的部份厚度與材質要標示清楚。</p>	<p>1. 感謝委員審查意見，相關鍍鋅鋼板、中心材、層間材等材料性質、厚度與總重會補充在期末報告內容。本試驗並未探討結構是否會對防火門遮焰與阻熱性能造成影響，因此撇除橫料、立料及骨架等防火門組成構件，單純探討不同中心材及層間材組合替換的情況下，遮焰與阻熱性能的優劣差異。</p> <p>2. 依據委員審查意見，將試驗與評定的部份改以評定書慣用寫法。</p> <p>3. 感謝委員審查意見，本研究會清楚註明小試體是以鍍鋅鋼板包覆不同中心材、層間材的多層結構組合。相關材料、材質會補充逾期末報告。</p>
林經理子傑	<p>5. 此研究有幾個課題，第一是輕量化，第二是要探討材料透過實驗的替代性。在輕量化的部份，後續有試著做板材組合? 是否有資料可補充? 至於替代性的部份，為何沒有測到60分鐘而是只測30分鐘? 是否現階段是想探討30分鐘? 假設是30分鐘又會</p>	<p>1. 本研究除了不同板材組合的輕量化探討，還另有找尋新材料的應用性。相關試驗結果與資料，會補充於報告內容。本研究小試體的試驗並非以30分鐘為限，而是在試驗過程，發現原具有1小時防火時效材料，僅有部份可達到30分鐘阻熱性能，但遮</p>

	<p>回歸到替代到目前的產品，這部份可能需要再做論述。</p> <p>6. 小尺寸和大尺寸還是會有差距，後續是否會有補充的研究或是其它方式進行論述?</p> <p>7. 試體設計，兩面是板材，中間是石膏板，為何當初是這樣設計?</p> <p>8. 防火門不一定是滿焊接合，在封邊和交界不會是全滿焊的接合，門的試體空氣還是稍微會跑出來，也許膨脹會和目前所做實驗不太一樣。</p>	<p>焰性能良好。</p> <p>2. 本研究會依據小試體的試驗結果，再選擇進行全尺寸試體的試驗。此外，小試體與大試體的尺寸影響，後續會以熱流計算的方式進行探討。</p> <p>3. 本研究彙整 100 份評定報告書，分析防火門常用的中心材與層間材種類，再依其性質特性，規劃中心材、層間材的試體組合，以進行防火性能試驗。</p> <p>4. 本研究的小試體在試驗過程產生膨脹，初步分析為試體外部以鍍鋅鋼板焊接完全封死，並沒有像一般的防火門在門邊或五金配件接合處有些許的縫隙，可以讓因加熱膨脹的氣體、中心材及層間材產生的水氣或揮發物排出。</p>
<p>林祕書長建昌</p>	<p>3. 報告中爐壓因素並未在試驗當中被考量。對變形量而言，爐壓也是一個很重要的因素，應當被考慮進來。</p> <p>4. 每一個板材厚度差異如此明顯，厚度要如何控制都在 48mm?</p> <p>5. 此實試只是模擬，並不是 full-scale 的測試，當然會有差異性。究竟此試驗可以提供給業者什麼經驗值或比較好的建議?如果說這些防火板、填充材被當成是支撐結構的主要材料的話，那它的替換性很明顯的可能就會被否決掉。</p>	<p>1. 本研究依據 CNS 12514-1 升溫曲線與爐壓標準進行試驗。</p> <p>2. 試體厚度控制在 48 mm，是因為本研究彙整 100 份評定報告書，發現試體厚度 48 mm 具有較多的樣本數。</p> <p>3. 由於探討的試體數量較多，無法全部做實尺寸試驗，因此本研究將以小型試體進行試驗。以縮小尺度並且排除其他立料、橫料的結構性影響，探討陶瓷棉、岩棉、纖維水泥板、矽酸鈣板及石膏板，共計 16 種試體組合的遮焰與阻熱性能，並分析各材料互相替換的可行性。</p>
<p>詹聘用副研究員家旺</p>	<p>預期成果有三樣東西：此份簡報只是講述結果，不知期末審查時是否會針對</p>	<p>簡報內容會再修改、補充資料與說明，並於期末審查針對三項預期成果進行</p>

	三項預期成果進行更多論述。	論述。
雷研究員名遠	本研究原預期有新材料與輕量化的實尺寸試體，但目前簡報內容尚未看到，後續是否能提出輕量化的實尺寸試體。	相關小試體與實尺寸試體的試驗於近期完成，但相關數據尚未完全彙整完畢。後續會於期末審查補充相關資料與結果說明。

附件七

期末會議審查回覆

委員	委員意見/建議	研究團隊回應
林教授慶元	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前成果似未能符合預期，建議修正後再審。 2. 在現況分析上，未能呈現各類鋼門總重檢討。 3. 未能提出輕量化之量化目標，而該量化目標是基於何?而能為之之輕量化極限有可能對現況問題無法解決! 4. 整理之同品名材料規格密度動輒差距一倍，未能進一步分析不同密度值的出現頻度及所造成之影響等。 5. 遮焰性能未見討論! 6. 熱傳試算未在測試中驗證! 7. 防火時效 1 小時為防火門一般要求標準，採 30 分鐘小試體加熱試驗實難窺全貌。 8. 遮煙完全未討論。其可能與面外變形有關，應補足。 9. 耐火性、開關難易度是框架、鉸鏈問題?還是門板問題?後者才有輕量化需求。 10. 學理檢討後，可以減少些許不必要的試驗(熱傳導率與密度呈正向相關)。 11. 石膏板、矽酸鈣板會破裂，水泥纖維板不會破裂，酚醛發泡板? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究由於各項實驗較晚完成，相關數據彙整與討論說明未盡完善，期末報告內容撰寫有諸多疏漏，特此致歉。目前即刻補正各項缺失，將大幅修正期末報告，補充說明計畫的研究方向、釐清研究課題、各材料性質的比對、新材料開發、實尺寸輕量化防火門試驗結果及同型式判定原則等內容。同時將再召開一次專家會議，說明修正內容及回應委員審查意見，以確認修正後期末成果符合預期目標。 2. 各類鋼門總重分析與檢討內容，將補充說明於修正的期末報告。 3. 本研究彙整公開揭露的評定報告書共 100 份，鋼製門佔 83%，因此本研究聚焦探討鋼製門輕量化課題。鋼製門各部件的重量比例分別為：扇面板 38.32%，芯材(中心材+層間材) 30.46%，骨架 16.64%，其他(含相關五金配件、鉸鏈、遮煙條等) 14.58%。面板材主要是鍍鋅鋼板或不銹鋼，骨架以鍍鋅鋼材料為主。由此可知，面板與骨架所使用的材料較為單一，難以討論不同材料的可替換性，但芯材(中心材+層間材)的材料組合較為多元，具有輕量化與各項材料替換的可行性。 4. 本研究整理的材料品名、規格、密度等數值，均來自於報告書的公開資訊。關於有些數值差異過大的問題，研究團隊

		<p>難以追溯或確認正確性，因此本研究只針對常用與差異性小的資料進行分析；差距過大或不合理的數據則未納入分析。</p> <p>5. 遮焰性能說明會補充於修正期末報告。另外，遮煙性能試驗屬於低溫測試(200°C)，且影響遮煙性能的主要因子為膨脹條或氣密填充材料，以及試體的變形和破裂。前者沒有輕量化的效益，後者可由高溫防火性能試驗來檢視。考慮研究期程有限及輕量化的研究目標，本研究現階段不考慮遮煙性能的探討，重點聚焦於防火門所需主要的防火性能檢視。相關說明會補充於修正的期末報告。</p> <p>6. 本研究重新以各材料的基礎性質進行比對，並分析大試體與小試體的熱傳與溫度變化。詳細內容會在補充於修正的期末報告。</p> <p>7. 本研究小試體的試驗並非以 30 分鐘為限，而是在試驗過程，發現試體未達 30 分鐘或僅能達到 30 分的遮焰與阻熱性能，進而停止測試。</p> <p>8. 回覆說明如第 5 點所述。</p> <p>9. 本研究彙整評定報告書估算各部件的重量比例，鋼製門各部件的重量比例分別為：扇面板 38.32%，芯材(中心材+層間材) 30.46%，骨架 16.64%，其他(含相關五金配件、鉸鏈、遮煙條等) 14.58%。分析結果顯示，其他項目的重量比例低於面板材、芯材、骨架，可輕量化的改善較為有限。因此本研究著重於門板構件可否輕量化及各項材料是否具有可替換性。</p> <p>10. 本研究彙整分析防火門常用的中心材與層間材種類，再依其</p>
--	--	--

		<p>性質特性，規劃中心材、層間材的試體組合，以進行防火性能試驗。一般而言，單一材料的熱傳導率與密度呈正向相關，但不同材料有不同的熱傳導率，與密度間的相關性不盡相同。此外，各種材料的阻熱性，以及受到高溫影響後的性質變化，也不相同。因此本研究規劃「中心材+層間材+中心材」、「層間材+中心材+層間材」共 16 組試體，進行防火性能試驗，藉此瞭解各中心材與層間材的組合，是否具有可替換性。</p> <p>11. 本研究規劃「中心材+層間材+中心材」、「層間材+中心材+層間材」共 16 組試體，於防火試驗後，發現有 11 組試體的板材產生破裂；石膏板、矽酸鈣板、纖維水泥板都有破裂的現象。</p>
<p>蔡教授匡忠</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 期末報告提出酚醛發泡板替代材料，初步評估成果佳，可做為材料替換之建議。 2. 研究針對棉+板+棉、板+棉+板進行實驗，惟未加入面板材，其驗證可靠性是否足夠？請評估。 3. 預期成果 3 須提出同型式原則中芯材更換建議，請補充。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝審查委員意見，本研究會依據整體成果，提出相關材料替換的建議。 2. 本研究於「棉+板+棉」、「板+棉+板」的實驗，均有統一使用面板材(鍍鋅鋼板)，相關文字說明會再清楚標示；並且將「棉+板+棉」、「板+棉+板」的文字敘述修改為「中心材+層間材+中心材」、「層間材+中心材+層間材」。 3. 本研究的結論會依據研究成果提出同型式原則中芯材更換之建議。
<p>莫組長懷祖</p>	<p>研究結論及建議有使用「需要更深入的分析」或「需要更進一步的相關研究」，是否符合本案預期成果，應請釐清。</p>	<p>本研究結論及建議的說明，會再修改用字語句，以期符合本案預期成果。</p>
<p>林秘書長建昌</p>	<p>以下謹就本人「防火門產業」的角度提出意見與研究團隊討論：</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝審查委員的意見。 2. 本研究的小樣品試體，相關爐溫、爐壓、測試時間均依據

	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有關「防火門」輕質化的目的，一則減少安裝上的不便及消除搬運上的安全疑慮，二則降低開啟負荷及配件載重的故障因素。本報告對防火門產業的貢獻厥偉，謹代表防火門產業對研究團隊的肯定及感謝。 2. 礙於國內試驗室量能不足，報告中以小樣品而非實際尺寸進行測試，相關爐溫、爐壓、測試時間是否相當於實際尺寸的試驗？ 3. 報告圖文編排有點混亂，比對上不太方便。報告第 49 頁，說明內容第一行：比較「棉+板+棉」以及「板+棉+板」的組合發現，「棉+板+棉」的組合在阻熱性能以及輕量化表現上，會比「板+棉+板」的組合來的優異...可是最後竟推估出使用「板+棉+板」的組成結構對未來防火門輕量化同時具備阻熱性能有比較看好的發展前景，不知此處是否為誤植。 4. 會議報告的簡報，最後提出岩棉的阻熱性能優於陶瓷棉，顯然與產業界認知不符，且綜觀整份報告亦提到陶瓷棉除了重量之外在阻熱效果上優於岩棉，相關測試的數據值得進一步檢視。 	<p>CNS 12514-1 的標準加熱曲線與爐壓進行測試。</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. 本研究由於各項實驗較晚完成，相關數據彙整與討論說明未盡完善，期末報告內容撰寫有諸多疏漏，特此致歉。目前即刻補正各項缺失，將大幅修正期末報告，補充說明計畫的研究方向、釐清研究課題、各材料性質的比對、新材料開發、實尺寸輕量化防火門試驗結果及同型式判定原則等內容。 4. 一般岩棉耐溫約 600°C，陶瓷棉耐溫約 1000°C 以上，以耐高溫性能而言，陶瓷棉是優於岩棉。但本研究彙整與分析各項材料的基本性質與熱傳導係數，發現常用的岩棉規格(60 或 80 kg/m³)，其熱傳導係數會低於常用的陶瓷棉(96 kg/m³)。因此岩棉有較佳的阻熱性能。本小樣品試體測試結果，也顯示含有岩棉試體的阻熱性能有優於陶瓷棉試體的現象。
<p>李理事長明智</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 肯定本案文獻蒐集分析，以及試驗驗證之完整性，可作為新材料、新技術研發，深具價值 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝審查委員的意見。 2. 本研究所探討的中心材及層間材，將依據各項材料性質比對

	<p>性。</p> <p>2. 建議未來研究可進一步於中心材與層間材相互置換性，可進一步探討分析；另關於輕量化與防焰遮煙使用難易、耐久之關連性亦可併同檢討。</p>	<p>與實驗結果分析，將其成果提出同型式原則更換的建議。另本研究的實尺寸防火門試驗係依據 CNS 11227-1，相關輕量化工法與試驗結果內容，會在研究報告書補充說明，以符合預期成果。</p>
<p>中華民國全國建築師公會 劉建築師國隆</p>	<p>本研究可更進一步探討結構輕量化，研究團隊對於材料的特殊性及防火性的研究值得嘉許，後續研究建議以整個防火門來探討。</p>	<p>感謝審查委員的意見。</p>
<p>中華民國全國消防設備師公會全國聯合會 顏理事長順福 (書面意見)</p>	<p>1. 現有防火門重量及安裝不易確為實務上的問題。感謝團隊的用心，可讓防火建材進一步的普及化有落實的契機。</p> <p>2. 經本研究及後續研究如證實防火門得予以輕量化後仍可維持其防火時效及阻熱性，則建議可進一步分析其製作成本，或得做予市場應用階段的參考。</p>	<p>1. 感謝審查委員的意見。</p> <p>2. 感謝審查委員的意見，本研究將初步分析成本效益。</p>
<p>王副研究員 鵬智</p>	<p>本研究確實有達到輕量化成果，後續可依 CNS11227-1 標準進行測試能有更完整驗證研究。</p>	<p>本研究的實尺寸防火門試驗係依據 CNS11227-1 進行試驗，相關內容會在研究報告書補充說明。</p>
<p>詹聘用副研究員家旺</p>	<p>1. 研究內容有提到實尺寸防火門試驗也有達到輕量化結果，該試驗依據 CNS11227-1 標準測試得到的試驗結果，建議於報告書內增加補充實驗過程的輕量化工法，以符合預期成果。</p> <p>2. 關於同型式配套規定，研究內容中心材及層間材的比對結果，建議於報告書中納入同型式判定原則配套規定，以供主管機關參考。</p>	<p>1. 本研究的實尺寸防火門試驗結果，相關輕量化工法與試驗結果內容，會在研究報告書補充說明，以符合預期成果。</p> <p>2. 本研究所探討的中心材及層間材，會依據各項材料性質比對與實驗結果分析，將其成果提出同型式原則更換之建議。</p>
<p>王組長順治</p>	<p>建議補充修正報告內容納入</p>	<p>本研究由於各項實驗較晚完成，相</p>

	<p>遮煙課題及同型式判定原則，本案後續將評估增加專家座談會議，本案研究團隊很用心也很辛苦，進行很多次實驗，可能時間上沒有安排得很好，就題目及成果開發輕量化防火門目的及技術研究成果已有達到，惟研究報告內容應加強補充說明。</p>	<p>關數據彙整與討論說明未盡完善，期末報告內容撰寫有諸多疏漏，特此致歉。目前即刻補正各項缺失，將大幅修正期末報告，補充說明計畫的研究方向、釐清研究課題、各材料性質的比對、新材料開發、實尺寸輕量化防火門試驗結果及同型式判定原則等內容。同時將再召開一次專家會議，說明修正內容及回應委員審查意見，以確認修正後期末成果符合預期目標。</p>
--	--	---

附件八

第三次專家座談會議記錄

委員	委員意見/建議	研究團隊回應
林教授慶元	<ol style="list-style-type: none"> 1. 團隊有努力在最後結案報告下功夫。題目的命題限縮了範圍。新的簡報也提出試體的變型量數據，但變型量是因為什麼才造成的？是否相關資訊也要補充。新開發材料的變型量狀況也建議補充說明，才能符合題目所說「遮煙」性。 2. 過去都是鋼製門做為研究對象，但如果因應淨零碳排，應該是以木製門更符合趨勢。是否所裡面要開新的課題，研究實心木製門的碳排。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員審查意見。本研究的小試體在試驗過程產生膨脹，原因為試體外部以鍍鋅鋼板焊接完全封死，並沒有像一般的防火門在門邊或五金配件接合處有些許的縫隙，可以讓因加熱膨脹的氣體、中心材及層間材產生的水氣或揮發物排出，因此可以推測結構對整體防火門阻熱性能或遮煙性有一定程度的影響。新開發材料依據 CNS 11227-1 進行測試，該試驗結果顯示變型量通過 CNS 的要求。 2. 感謝委員審查建議，該建議會納入建議事項。
李經理明賢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究內容顯示岩棉的效果比陶瓷棉好，這在市場上會有疑慮，建議補充說明。 2. 有些試體的棉有被壓縮，是否影響實驗結果？ 3. 小試體的溫升比大試體快，以熱流計算結果，是能夠解釋該現象，但若以均質材料的角度解釋，就不一定。 4. 遮煙的說明，可用變形量情況來補充說明。 5. 中心材、層間材的替換，可明確說明替換條件。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究已補充岩棉與陶瓷棉的相關說明與適用性。由研究結果顯示岩棉的重量與 k 值小於陶瓷棉，試驗結果顯示岩棉替換成陶瓷棉，能提升阻熱性。(但各中心材有其適用性，如岩棉阻熱性雖較佳，但高於 600°C 即開始劣化，而陶瓷棉可耐 1000°C 以上等，超過 1 小時的防火試驗亦需納入評估。原因為 CNS12514-1 升溫曲線在 1 小時的溫度約 945°C，此時使用岩棉的防火門，其岩棉溫度是否高於 600°C，則是要確認的重點。) 2. 棉被壓縮的試體，由試驗結果顯示，試體阻熱性能

		<p>主要還是材料 k 值所主導。</p> <p>3. 本研究的小試體是以鍍鋅鋼板包覆不同中心材、層間材的多層結構組合，整體性質與均質材料不完全相同。本研究的試驗結果與熱流計算有較佳的符合性。</p> <p>4. 感謝委員審查意見。本研究的小試體在試驗過程產生膨脹，原因為試體外部以鍍鋅鋼板焊接完全封死，並沒有像一般的防火門在門邊或五金配件接合處有些許的縫隙，可以讓因加熱膨脹的氣體、中心材及層間材產生的水氣或揮發物排出，因此可以推測結構對整體防火門阻熱性能或遮煙性有一定程度的影響。</p> <p>5. 感謝委員審查意見。本研究於同型式的規格替換建議，提出原材料之熱傳導係數(k)可替換更小熱傳導係數(k)之材料，及需要更長的時效驗證；並對中心材與層間材分別說明。</p>
<p>陳經理盈月</p>	<p>1. 小尺寸試驗的變形量，可再增加說明。</p> <p>2. 石膏板和矽酸鈣板的厚度可再標示說明。</p> <p>3. 簡報 P20 的斷面圖，鍍鋅鋼板標示是否應該在表面？</p>	<p>1. 依委員審查意見，小尺寸試驗的變形量說明，補充在第四章的第三節。</p> <p>2. 依委員審查意見，石膏板、矽酸鈣板與其他材料的厚度說明，補充在表 4-1。</p> <p>3. 報 P20 的斷面圖，顯示鍍鋅鋼板是當外殼將中心材和層間材包覆在內部。</p>
<p>林經理子傑</p>	<p>1. 報告內容豐富。簡報 P.39 對於同型式判定的描述，「仍需考慮材料對耐受性」，建議是否明確說明與修正字句「及需要更長</p>	<p>1. 依委員審查意見，將字句修正「及需要更長的時效驗證」。</p> <p>2. 依委員審查意見，將圖形說明，修改成實際試驗照</p>

	<p>的時效驗證」。</p> <p>2. 建議簡報 P.18 的圖形說明，修改成實際試驗照片的樣式。</p>	<p>片的樣式。</p>
蔡教授匡忠	<p>1. 借由小尺寸的試驗認證，k 值還是一個非常重要的參數，資料的整理非常有價值，給予肯定。</p> <p>2. 新材料與輕量化的開發成果給予肯定。</p> <p>3. 對於同型式的規格可提出建議。</p>	<p>1. 感謝委員審查意見。</p> <p>2. 感謝委員審查意見。</p> <p>3. 本研究於同型式的規格替換建議，提出原材料之熱傳導係數(k)可替換更小熱傳導係數(k)之材料，及需要更長的時效驗證；並對中心材與層間材分別說明。</p>
蔡博士銘儒	<p>1. 技術開發的方向在進行，計畫又牽扯到同型式，是業界非常期盼的測試，幫助會很大。是否可在整理 en1634-1 防火門第 13 節裡有提到直接應用的資料；另外在遮煙 en1634-3 同型式的方式資料先整理出來後，再針對今年計畫限縮是芯材(中心材+層間材)的部份。</p> <p>2. 門的輕量化，以遮煙而言；遮煙試驗是在常溫和中溫進行。在常溫條件不會有所謂試體變型，中溫條件也沒有防火試驗的高溫。遮煙試驗另個重點是在壓力變化。試驗時在不同壓力，輕量化的門相對振動會比較大，氣密條的配置位置可再注意。</p>	<p>1. 感謝委員審查意見，本研究會補充 BS EN 1634-1 與 BS EN 1634-3 的相關說明，以及今年計畫限縮在芯材替換(中心材+層間材)的部份。</p> <p>2. 感謝委員審查建議。</p>
林建昌祕書長	<p>1. 在業界的實務裡，陶瓷棉在高溫的確能夠獲得比較好的阻熱。在前幾次我有提出，似乎與我們實務上有偏差。此次報告有提到相關說明與多一些比較，我覺得這是正確的方向，這樣的報告是值得參考的。</p> <p>2. 原期末報告 P.49 板門板或</p>	<p>1. 感謝委員審查意見。</p> <p>2. 本研究已大幅修改與釐清在第四章的報告內容。</p> <p>3. 感謝委員審查意見。</p>

	<p>門板門的說明是否有釐清？</p> <p>3. 報告整體與實務狀況是比較接近，能給業界參考。</p>	
--	--	--

參考書目

1. 內政部營建署，建築技術規則設計施工編，
<http://w3.cpami.gov.tw/law/law/lawe-2/b-rule.htm>
2. 何郡玲，現階段「建築新技術新工法新設備及新材料認可制度」之研究，
國立成功大學建築研究所碩士論文，2004。
3. 經濟部標準檢驗局，建築用防火門同型式判定原則
<https://www.bsmi.gov.tw/bsmiGIP/wSite/ct?xItem=1509&ctNode=6732&mp=1>
4. 內政部建築研究所實驗中心，建築用門遮煙性能評定原則
https://www.lab.abri.gov.tw/News_Content.aspx?n=11795&s=41632
5. BS EN 1634-1:2014+A1:2018，Fire resistance and smoke control tests for door and shutter assemblies, openable windows and elements of building hardware-Part1: Fire resistance test for door and shutter assemblies and openable windows，2018
6. BS EN 1634-3:2004，Fire resistance and smoke control tests for door and shutter assemblies, openable windows and elements of building hardware-Part 3: Smoke control test for door and shutter assemblies，2004
7. 經濟部標準檢驗局，CNS 11227-1 防火時效試驗法—第 1 部：門及捲門組件，
https://www.cnsonline.com.tw/?node=detail&generalno=11227-1&locale=zh_TW
8. 經濟部標準檢驗局，CNS 12514-1 建築物構造構件耐火試驗法—第 1 部：一般要求事項，
https://www.cnsonline.com.tw/?node=result&typeof=common&locale=zh_TW
9. 經濟部標準檢驗局，CNS 15038 建築用門遮煙性試驗法，
https://www.cnsonline.com.tw/?node=detail&generalno=15038&locale=zh_TW
10. 防火門知識總結，一文看懂，2021 年，<https://nonglinyumu.com/zh-tw/forestry/143847.html>
11. 玄關門橫拉防火門，威盾實業股份有限公司，
https://www.winnerdoor.com.tw/product_list.php?id1=7&id2=25
12. 吳秉融，建築用防火門同型式判定之機制探討，國立臺北科技大學土木與

- 防災研究所碩士論文，2009。
13. 石忠榮，防火門五金配件防火時效研究，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程所碩士論文，2005。
 14. 維基百科，自由的百科全書，珍珠岩，
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%8F%8D%E7%8F%A0%E5%B2%A9>
 15. 中華民國室內設計裝修商業同業公會全國聯合會，矽酸鈣板與氧化鎂板的不同，<https://www.idroc.org.tw/upload/20190329131829.pdf>
 16. 每日頭條，什麼是氧化鎂板及其產品用途淺析，
<https://kknews.cc/home/5mp43el.html>
 17. 科好特保溫隔熱，常見的保溫材料，玻璃纖維棉，岩棉，矽酸鋁氈三者各有什麼特點？，https://twgreatdaily.com/BP_3LGwBmyVoG_1ZldKg.html
 18. 維基百科，自由的百科全書，矽酸鈣板，
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9F%BD%E9%85%B8%E9%88%A3%E6%9D%BF>
 19. 隔間分析 - 矽酸鈣板 vs 石膏板比較，
<https://peter607.pixnet.net/blog/post/27197690>
 20. Sherman C.P. Cheung, S.M.Lo, G.H.Yeoh, Richard K.K.Yuen, The Influence of Gaps of Fire-resisting Doors on the Smoke Spread in a Building Fire, *Fire Safety Journal*, Volume 41, Issue 7, Pages 539-546, 2006.
 21. Wu X., Liu J., Zhao X., Yang Z., Xu R., Study of the Fire Resistance Performance of a Kind of Steel Fire Door, *Procedia Engineering*, Volume 52, Pages 440-445, 2013.
 22. Kim Y. Uk., Chang S. J., Lee, Y. J., No H., Choi G. S., Kim S., Evaluation of the Applicability of High Insulation Fire Door with Vacuum Insulation Panels: Experimental Results from Fire Resistance, Airtightness, and Condensation Tests, *Journal of Building Engineering*, Volume 43, 102800, 2021.
 23. International Organization for Standardization, ISO 834-1, Fire-resistance tests — Elements of building construction — Part 1: General requirements.
 24. American Society for Testing and Materials International, ASTM C1363,

- Standard Test Method for Thermal Performance of Building Materials and Envelope Assemblies by Means of a Hot Box Apparatus.
25. American Society for Testing and Materials International, ASTM E783, Standard Test Method for Field Measurement of Air Leakage Through Installed Exterior Windows and Doors.
 26. 洪如嫻，國內建築用防火門常用芯材選用因素之應用研究，國立雲林科技大學營建工程系碩士論文，2015。
 27. Nussbaumer T., Bundi R., Tanner Ch., Muehlebach H., Thermal Analysis of a Wooden Door System with Integrated Vacuum Insulation Panels, *Energy and Buildings*, Volume 37, Pages 1107-1113, 2005.
 28. D'Amore G. K. O., Marinò A., Kašpar J., Numerical Modeling of Fire Resistance Test as a Tool to Design Lightweight Marine Fire Doors: A Preliminary Study, *Journal of Marine Science and Engineering*, Volume 8, 520, 2020.
 29. N. Cai, W.K. Chowa, Air Flow through the Door Opening Induced by a Room Fire under Different Ventilation Factors, *Procedia Engineering*, Volume 43, Pages: 125-131, 2012
 30. J H Beh, M C Yew, L H Saw, Development of lightweight fire resistant sandwich panel, *Earth and Environmental Science*, Volume 476, 2020
 31. Daniel Joyeux, Experimental investigation of fire door behavior during a natural fire, *Fire Safety Journal*, Volume 37, Pages 605-614, 2002
 32. Luciano Moro, Francesco De Bona, Alessandro Gasparetto, Jelena Srnc Novak, Innovative Design of Fire Doors: Computational Modeling and Experimental Validation, *Fire Technology*, Volume 53, Pages 1833-1846, 2017
 33. E. Hugi, K. Ghazi Wakili, L. Wullschlegler, Measured and calculated temperature evolution on the room side of a butted steel door frame subjected to the standard fire of ISO 834, *Fire Safety Journal*, Volume 44, Pages 808-812, 2009
 34. Azieyanti N A , Alif Hakim, Hasril Hasini, Mixture of natural fiber with gypsum to improve the fire resistance rating of a fire door: The effect of kapok fiber,

- Journal of Physics, Volume 914, 2017
35. K. Ghazi Wakili, L. Wullschleger, E. Hugi, Thermal behaviour of a steel door frame subjected to the standard fire of ISO 834 Measurements, numerical simulation and parameter study, Fire Safety Journal, Volume 43, Pages 325-333, 2008
 36. 邱耀正、連寬宏、徐聰榮、許協勝、方聰明、黃豐崇、廖金桃、孫彰男、戴明正，建築用防火門防火性能技術提昇之開發研究，國立成功大學土木工程學系暨成大防火安全研究中心，2002。
 37. 林曉洪、王秀華，建築用木質防火門門扇內框材之開發研究，國立屏東科技大學木材工業系，2003。
 38. 鄭紹材、黃冠雄、李曉婷、劉昱佑、周彥婷，輕質水泥板應用於防火門心材之開發研究，中華大學營建工程學系，2004。
 39. 林曉洪，門扇結構對木質防火門防火時效之改善研究，國立屏東科技大學木材科學與設計系，2006。
 40. 林曉洪、賴家俊、范姜士勳、謝伊琳、劉佩玲、林盈宏，輕量化 2 小時防火時效木質防火門之研發，國立屏東科技大學木材科學與設計系，2009。
 41. 經濟部標準檢驗局，CNS 14815 建築物構造構件耐火試驗法－鑲嵌玻璃構件，
https://www.cnsonline.com.tw/?node=result&typeof=common&locale=zh_TW
 42. 李訓谷，世界最輕的固體材料－氣凝膠在節能科技的應用，
<https://trh.gase.most.ntnu.edu.tw/tw/article/content/260>

防火遮煙門輕量化技術開發及性能驗證

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：王順治、林大惠、詹家旺、王天志、陳佳玲、陳俊貴、許哲明、葉冠廷

出版年月：111年12月

版次：第1版

ISBN : 978-626-7138-50-2(平裝)