

外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒 關聯性研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 109 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)

外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒 關聯性研究

研究主持人： 陳佳玲

研究期程： 中華民國 109 年 2 月至 109 年 12 月

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 109 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

表次.....	IV
圖次.....	VI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究目的與預期成果.....	2
第二章 文獻回顧.....	5
第一節 建築外牆隔熱飾板構造及設計工法.....	5
第二節 外牆隔熱飾板火災案例.....	12
第三節 國內外牆隔熱飾板應用案例.....	18
第四節 外牆隔熱飾板火災特性研究.....	21
第三章 建築物外牆隔熱飾板防火試驗.....	27
第一節 圓錐量熱儀法.....	27
第二節 中尺度試驗.....	28
第三節 試體規劃及試驗結果.....	31
第四節 小結.....	49
第四章 結論與建議.....	51
第一節 結論.....	51
第二節 建議.....	52
附錄一 期初、期中及期末會議紀錄回覆.....	55
附錄二 CNS 15213-1.....	61
附錄三 量測紀錄.....	65
參考書目.....	77

表次

表 2-1 外牆節能設計手法分類	6
表 2-2 宜蘭住宅使用隔熱材料實測結果	7
表 2-3 起火點的外牆火災統計（澳洲，2003-2007）	17
表 2-4 起火點的外牆火災統計（紐西蘭，2005-2010）	17
表 2-5 外牆隔熱材料燃燒試驗結果	24
表 3-1 試體加熱時間	28
表 3-2 聚胺酯試驗結果表	32
表 3-3 聚碳酸酯板試驗結果表	34
表 3-4 外牆隔熱飾板試驗紀錄表	37
表 3-5 外牆隔熱飾板溫度表	38
表 3-6 外牆隔熱飾板熱通量結果表	40
表 3-7 聚碳酸酯板試驗紀錄表	44
表 3-8 聚碳酸酯板溫度量測表	45
表 3-9 聚碳酸酯板熱通量結果表	47
表 4-1 延燒試驗結果比較表	50
表 4-2 耐燃與延燒試驗比較表	51

圖次

圖 2-1 澳洲墨爾本建築物 PU 節能外牆實例	7
圖 2-2 熱橋現象	9
圖 2-3 通氣層工法	10
圖 2-4 密著工法	10
圖 2-5 釜山伍星火金套房火災	12
圖 2-6 土耳其伊斯坦布爾市波拉特塔火災	13
圖 2-7 杜拜 Tamweel 火災	13
圖 2-8 車臣公寓火災	14
圖 2-9 Grenfell Tower 火災	15
圖 2-10 沙迦住宅大樓火災	15
圖 2-11 韓國蔚山住商大樓火災	16
圖 2-12 北市榮民超市	18
圖 2-13 台茂購物中心	18
圖 2-14 氣爆區立面改善前照片	19
圖 2-15 立面設計	20
圖 2-16 外牆隔熱材料	20
圖 2-17 牆面改善前、後比較	21
圖 2-18 3D 模型模擬火災發展	23
圖 2-19 圓錐量熱儀試體	23
圖 2-20 中尺度試驗	25
圖 3-1 圓錐量熱儀設備	27
圖 3-2 CNS15213-1 建築物外牆立面防火試驗法設備	29
圖 3-3 溫度量測位置	30
圖 3-4 聚胺酯試驗前	31

圖 3-5 聚胺酯加熱試驗.....	32
圖 3-6 聚胺酯熱釋放率.....	32
圖 3-7 聚胺酯試驗後.....	33
圖 3-8 聚碳酸酯板試驗前.....	33
圖 3-9 聚碳酸酯板加熱試驗.....	34
圖 3-10 聚碳酸酯板熱釋放率.....	34
圖 3-11 聚碳酸酯板試驗後.....	35
圖 3-12 外牆隔熱飾板.....	35
圖 3-13 外牆隔熱飾板貼附於支撐背牆及支撐側牆上.....	36
圖 3-14 外牆隔熱飾板主立面試體溫度變化圖.....	39
圖 3-15 外牆隔熱飾板側立面試體溫度變化圖.....	39
圖 3-16 外牆隔熱飾板熱通量變化圖.....	40
圖 3-17 外牆隔熱飾板試驗歷程.....	42
圖 3-18 聚碳酸酯板.....	42
圖 3-19 聚碳酸酯板貼附於支撐背牆及支撐側牆上.....	43
圖 3-20 聚碳酸酯板主立面試體溫度變化圖.....	46
圖 3-21 聚碳酸酯板側立面試體溫度變化圖.....	46
圖 3-22 聚碳酸酯板熱通量變化圖.....	47
圖 3-23 聚碳酸酯板試驗歷程.....	48

摘要

關鍵詞：隔熱材、外牆飾板、熱釋放率、延燒

一、研究緣起

建築物使用隔熱材料之後，對於一般空調可以節省 50%~80% 的耗能，因此很多國家把隔熱材料視為繼石油、煤炭、核能及天然氣以外的第五大能源。外牆隔熱確實是建築物節能有效的手法之一。而建築中常使用的外牆隔熱飾板的施工方式主要有外牆內隔熱及外牆外隔熱等類型，本次研究之範疇為外牆外隔熱飾板進行研究。

外牆隔熱飾板其系統通常由隔熱材料、黏結層和裝飾面材組成，其防火性能受使用材料的類型、厚度、燃燒性能及系統整體構造等因素影響。在歐美國家外牆外系統已有完整健全的防火性能要求，都非常重視保溫材料和外牆飾板整體系統的防火性能研究，且對防火要求相關法規及評估方法也建立相當完善，如不同外牆系統應用範圍的限制，尤其注意在高層及超高層牆面使用上的限制。其防火性能的要求，主要分為材料的燃燒性與系統的防火性二方面評估外牆隔熱系統的火災風險。建築物外牆隔熱飾板若具有防火性能，將可防止或延緩火焰成長與傳播，而我國現行建築規範對於此材料之防火性能並沒有具體要求。但在進行老舊建築外牆整建維護時，不論只是外觀單純拉皮或是引用節能材料來改善建築能耗，在設計及施工時除必須思考其材料使用的耐用性、美觀性、成本及節能外，應要同時顧及防火安全性。

二、研究方法及過程

本研究將依我國現有標準 CNS 15213-1「建築物外牆立面防火試驗法-中尺度試驗」〔4〕，為規定貼附於建築物外牆上中尺度非承重立面之防火試驗方法，及 CNS 14705-1 建築材料燃燒熱釋放率試驗法-圓錐量熱儀法〔5〕，進行試驗比對探討，若能得知小尺寸及中尺度試驗結果的合理關連性，則可先以成本較低廉的小尺寸實驗，建立其防火特性的分類及篩選，對於有危險疑慮的系統則再進行中大尺度試驗，因中大尺度試驗皆屬勞力與材料成本高的試驗，若能由小尺度試

驗預測其外牆隔熱系統的性能，除可作為提升業者開發創新具防火性能之建築外牆隔熱飾板之研發能力，也可研究國內常用之外牆飾板發生火災時其材料的特性變化，以作為訂定判定基準之參考。

三、重要發現

藉由文獻回顧及試驗結果彙整分析，可得到以下結論：

一、由 1 級聚胺酯發泡材+非耐燃等級之聚碳酸酯板組合的外牆飾板試驗結果火焰延燒至最頂端，無耐燃等級之聚碳酸酯板僅於受熱處融化並未燃燒，二者相對而言，反而屬較為安全之外牆飾板。由本次試驗結果顯示耐燃與延燒試驗似乎未有顯著的關聯性，若比較二種試驗條件在試體尺寸、配置方式及熱源等有諸多差異，是否能找出其關聯性需要更大量的試驗。

二、火災時雖起火點在高樓層，但極可能會因燃燒試體滴落而造成低樓層的外牆飾板引燃，此種試體若使用於建築物上將可能增加火災擴大的風險。

三、脫落的燃燒殘片於地面時仍持續燃燒或燃燒時間過久，則災害就會因其掉落範圍愈大火災的範圍也擴大，鄰棟建築物危險性也就相對增高，因此垮塌的區域的限制也應列入防火性能要求之中。

四、ISO 13785-1 中尺度試驗其試體要求繁瑣程度較小，使用此測試標準的結果應嚴謹對待，在升級為大尺寸試驗之前，可將其視為篩選測試工具。

四、主要建議事項

建議一

立即可行建議：對不同板材-隔熱材料組合其耐燃性與延燒性其關連性值得持續探討。

主管機關：內政部建築研究所

協辦機關：

建築永續共生的需求日益受到重視，而外牆節能設計概念也已廣泛應用，隔熱材

料、外牆系統在國內進行老舊建築外牆整建維護時，也已有多處案例採用以達到隔熱美觀的功能。若能對國內現有板材、隔熱材、黏結材、收邊方式及工法等組合以大量實驗得知其耐燃性與延燒性的關聯，作為評估系統防火性能的初步篩選，對於業界產品開發及提升我國建材品質將有很大助益。

建議二

中長期建議-目前國內針對外牆隔熱飾板防火性能的法規要求、試驗標準判定均仍有待研究探討。

主管機關：內政部建築研究所

協辦機關：

國內對於外牆本體上加裝的立面隔熱材之防火性，尚無明確規定其材料和系統的耐火與延燒試驗標準及防火要求。可參考 IBC、BS 等規定，建立各項性能判定規則對於外牆貼附材料、系統工法，持續針對材料的燃燒性能、防護層厚度、防火隔離帶、開口周邊防護、火焰蔓延、物件掉落熔滴等，以建立未來我國法規管理要求之依據。

ABSTRACT

Keywords: Building exterior wall panel, exterior wall trim, heat release rate, flame spread

The system of exterior wall thermal insulation panels is usually composed of thermal insulation materials, adhesive layers and decorative surface materials, and its fire resistance is affected by factors such as the type, thickness, combustion performance and overall structure of the system. In European and American countries, external wall systems have complete and sound fireproof performance requirements, and they all attach great importance to the research on the fireproof performance of the overall system of insulation materials and external wall decorative panels, and the relevant regulations and evaluation methods for fire protection requirements have also been established quite complete, if different Restrictions on the application range of exterior wall systems, especially on the use of high-rise and super high-rise walls. The requirements for fire performance are mainly divided into two aspects: the combustibility of materials and the fire resistance of the system to assess the fire risk of the external wall insulation system. If the building exterior wall heat-insulating veneer has fire resistance, it will prevent or delay the growth and spread of flames. The current building codes in my country have no specific requirements for the fire resistance of this material. However, when the exterior wall of old buildings is rebuilt and maintained, whether it is just a simple peeling of the appearance or the use of energy-saving materials to improve the energy consumption of the building, in the design and construction, in addition to the durability, aesthetics, cost and In addition to energy saving, it is necessary to take into account the exterior wall thermal insulation panel. The system usually consists of thermal insulation materials, adhesive layers and decorative surface materials. Its fire performance is affected by factors such as the type, thickness, combustion performance and overall structure of the system. . In European and American countries, external wall systems have complete and sound fireproof performance requirements, and they all attach great importance to the research on the fireproof performance of the overall system of insulation materials and external wall decorative panels, and the relevant regulations and evaluation methods for fire protection requirements have also been established quite complete, if different Restrictions on the application range of exterior wall systems, especially on the use of high-rise and super high-rise walls. The requirements for fire protection performance are mainly divided into two aspects: the combustibility of materials and the fire resistance of the system to assess the fire risk of the external wall insulation system. If the building exterior wall heat-insulating veneer has fire-resistant properties, it will prevent or delay the growth

and spread of flames. However, my country' s current building codes do not have specific requirements for the fire-resistant properties of this material. However, when the exterior wall of old buildings is rebuilt and maintained, whether it is just a simple peeling of the appearance or the use of energy-saving materials to improve the energy consumption of the building, in the design and construction, in addition to the durability, aesthetics, cost and In addition to energy saving, fire safety should also be considered.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

根據統計，30 年以上的建築物已有 410 萬棟〔1〕，這些老舊建築物外牆面貼磁磚的工法已開始出現老化現象，極易造成剝落問題，為解決此類問題常是透過外牆整建的方法改善。內政部訂定「中央都市更新基金補助辦理自行實施更新辦法」作為自主補助作業之法源依據，已逐年受理數直轄市、縣（市）政府推動的一系列的「老屋拉皮」風，補助老房子或外牆破損的大樓進行外牆美化，使既有建築物透過整建活化，再賦予新的生命週期達到都市更新目的及資源再利用的永續發展目標。國際間於 1992 年巴西舉辦的地球高峰會議以來，地球環保熱潮興起，建築產業界也開始綠建築運動。依據我國綠建築評估系統，日常節能指標依綠建築 EEWB 評估系統〔2〕慣例，以「建築外殼」、「空調系統」及「照明系統」等三項來進行節能評估，其中「建築外殼」又包含「外牆節能」、「屋頂節能」兩大部份，而高樓層建築外牆所佔建築外殼表面積比例較屋頂所佔面積較大。對於亞熱帶氣候的我們，且台灣面對能源的有限，加上環保意識抬頭，思考如何利用外牆隔熱飾板的設計，於夏季時達到隔熱、遮陽、通風的功能，已是建築節能設計手法的選項之一。

建築物使用隔熱材料之後，對於一般空調可以節省 50%~80% 的耗能，因此很多國家把隔熱材料視為繼石油、煤炭、核能及天然氣以外的第五大能源。外牆隔熱確實是建築物節能有效的手法之一。而建築中常使用的外牆隔熱飾板的施工方式主要有外牆內隔熱及外牆外隔熱等類型，本次研究之範疇為外牆外隔熱飾板進行研究。

外牆隔熱飾板其系統通常由隔熱材料、黏結層和裝飾面材組成，其防火性能受使用材料的類型、厚度、燃燒性能及系統整體構造等因素影響。在歐美國家外牆外系統已有完整健全的防火性能要求，都非常重視保溫材料和外牆飾板整體系統的防火性能研究，且對防火要求相關法規及評估方法也建立相當完善，如不同外牆系統應用範圍的限制，尤其注意在高層及超高層牆面使用上的限制。其防

火性能的要求，主要分為材料的燃燒性與系統的防火性二方面評估外牆隔熱系統的火災風險。建築物外牆隔熱飾板若具有防火性能，將可防止或延緩火焰成長與傳播，而我國現行建築規範對於此材料之防火性能並沒有具體要求。但在進行老舊建築外牆整建維護時，不論只是外觀單純拉皮或是引用節能材料來改善建築能耗，在設計及施工時除必須思考其材料使用的耐用性、美觀性、成本及節能外，應要同時顧及防火安全性。

第二節 研究目的與預期成果

國內目前在建築節能改善或建築外觀整修時，部分案例已有採用類似前述發生大火的外牆立面隔熱材的使用，其防火性能受到各界的重視及疑慮，值得加以研究驗證。建築物外牆立面隔熱材料和系統，若具有防火性能，將可防止或延緩火焰成長與傳播，但近年來常使用的各種外牆立面隔熱材裝修系統，火災時是否造成火勢蔓延，頗有疑慮？依文獻顯示〔3〕，外牆整建從廠商供給面與消費者需求面來調查統計，均以防火外牆排名第一，可見此防火性能實有驗證的必要。

外牆隔熱飾板組成包含隔熱材料、抗裂砂漿、玻璃纖維網格布及裝飾面等，可選用種類許多，相互搭配可作多種變化的組合，若每種組合都需進行各項防火實驗，要花費的人力物力成本都高。因此本研究將依我國現有標準 CNS 15213-1 「建築物外牆立面防火試驗法-中尺度試驗」〔4〕，為規定貼附於建築物外牆上中尺度非承重立面之防火試驗方法，及 CNS 14705-1 建築材料燃燒熱釋放率試驗法-圓錐量熱儀法〔5〕，進行試驗比對探討，若能得知小尺寸及中尺度試驗結果的合理關連性，則可先以成本較低廉的小尺寸實驗，建立其防火特性的分類及篩選，對於有危險疑慮的系統則再進行中大尺度試驗，因中大尺度試驗皆屬勞力與材料成本高的試驗，若能由小尺度試驗預測其外牆隔熱系統的性能，除可作為提升業者開發創新具防火性能之建築外牆隔熱飾板之研發能力，也可研究國內常用之外牆飾板發生火災時其材料的特性變化，以作為訂定判定基準之參考。其預期成果為：

1. 小尺度的耐燃試驗結果可以表現材料對火反應的特性，中尺度延燒試驗可以得知系統在火災時其水平或垂直的延燒能力，若能找到二者間的關連性，則可以小尺度試驗預測系統的防火性能，評估和消除進行延燒試驗之前失效的材

料或組件後，再對外牆隔熱系統進行成本較高之中尺度檢驗。

2. 未來可提供業界產品開發人員為作為建材研發階段之實驗需求，增加本所防火試驗中心檢測收入。

第二章 文獻回顧

第一節 建築外牆隔熱飾板構造及設計工法

一、建築外牆隔熱飾板之定義：

建築外牆隔熱飾板是指貼附於建築物外牆上非承重外牆立面，也就是貼附在既存外牆或框架上之非承重立面，以濕式貼著飾面、粉刷飾面之飾材或飾材乾掛飾面等工法，黏著或設置於外牆構造體之建築材料。但不包括帷幕牆，因帷幕牆屬架構於建築物之非承重外牆構造，非屬外牆飾材。建築技術規則〔6〕建築設計施工篇第一條規定：「外牆：為建築物外圍之牆壁」、「承重牆：承受本身重量及本身所受地震、風力外並承載及傳導其他外壓力及載重之牆壁」，本研究之範圍主要係針對材料應用於外牆隔熱飾板之防火性探討，因此非屬結構性能之牆體。

建築物造成空調能耗之主要熱負荷來源包括：「室內發散熱負荷」、「新鮮外氣熱負荷」及「建築外殼熱負荷」。其中「建築外殼熱負荷」則是由建築牆體、屋頂、透光開口部位流入室內的熱量。其中，屋頂與牆體的隔熱性能及開窗部位的遮陽性能是上述三大因素中，可透過建築外殼熱性能來抑制經由屋頂面、玻璃面與牆壁以熱傳透方式進出的熱流〔7〕。依據內政部建築研究所-外牆節能技術指南草案〔8〕牆外節能設計手法分為五大類型，分別為：1. 建築造型遮陽；2. 遮陽構件；3. 開口率控制；4. 開口部通風；5. 隔熱構造與材料。如表 1.1 所示。

表 2-1 外牆節能設計手法分類

指南技術手法之分類		
外牆節能設計手法	複合通風型(RS)	全空調型(BC)
SS 建築造型遮陽 (Building Self-Shading)	RS-SS01 造型陽台遮陽 RS-SS02 翻展式立面	BC-SS01 造型陽台遮陽 BC-SS02 樓板退縮 BC-SS03 翻轉式立面 BC-SS04 表層單元模組化
S 遮陽構件 (Shading Elements and Devices)	RS-S01 盒狀遮陽 RS-S02 格柵遮陽 RS-S03 百葉遮陽 RS-S04 沖孔遮陽	BC-S01 盒狀遮陽 BC-S02 格柵遮陽 BC-S03 沖孔遮陽 BC-S04 可動導光板 BC-S05 可動遮陽板 BC-S06 立面分段板片 BC-S07 環境感應式轉動遮陽 BC-S08 環境感應式形變遮陽 BC-S09 植生綠牆遮陽 BC-S10 多層次遮陽 BC-S11 太陽能板遮陽
WR 開口率控制 (Window Ratio)	RS-WR01 漸變開口 RS-WR02 轉向開口	BC-WR01 漸變開口 BC-WR01 模組式開口
G 開口部通風 (Glazed Ventilation)	RS-G01 可開啟窗 RS-G02 先進窗系統	BC-G01 層間換氣口 BC-G02 先進窗系統
M 隔熱構造與材料 (Thermal Insulation Materials)	RS-M01 複層帷幕 RS-M02 隔熱牆體構造 RS-M03 隔熱塗料	BC-M01 複層隔熱造型構件 BC-M02 複層帷幕 BC-M03 特殊材料複層隔熱牆

(資料來源：內政部建築研究所，外牆節能技術指南草案)

其中，外牆節能設計手法 M 隔熱構造與材料 RS-M02 隔熱牆體構造之節能特性主要與壁體的熱傳透率 (U 值) 有關，就外牆構造之熱傳透率而言，12 cm 厚的 RC 外牆 U 值高達 $3.78 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，而有良好隔熱層鋁金屬帷幕牆可在 $0.71 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以下，可知 RC 外牆既笨重且其隔熱效能不佳，外牆構造應以減少外熱侵入為必要條件，因此建築物外牆需增加隔熱性能與降低日射吸熱，有加裝隔熱材可以有良好之節能效果 [9]。依據住宅實測結果得知，建築物使用隔熱材料之後，一般空調可以節省 50 %~80 % 的耗能。

表 2-2 宜蘭住宅使用隔熱材料實測結果

保美板隔熱實際量測紀錄

量測時間	屋外溫度	屋內溫度	屋內屋頂溫度	屋頂保美板隔熱溫度	東曬牆溫度	西曬牆溫度
09:00	33	32.5	35.5	33	33	
10:00	34	32.6	35.6	33.2	34	
11:00	35	32.8	35.7	33.3	35	
12:00	36	33	36	33.4	35.5	33.6
13:00	37	33.2	36.6	33.6	36	34
14:00	37.1	33.4	36.9	33.7	36.1	35
15:00	37.2	33.6	37.2	33.8	36.2	35.8
16:00	37	33.4	38	33.8	36.8	36.3
17:00	36	33.2	39.2	33.4	35.4	37
18:00	35	32.6	40.3	32.8		37.2
19:00	34	32.4	40.8	32.6		

（資料來源：永詳有限公司）

依據美國建規範 ASTM 定義，外牆外隔熱系統是一種非承重的外牆覆蓋系統，由美國能源部支持橡樹嶺國家實驗室進行研究，證實相對於磚塊，灰泥及水泥纖維板是為控制熱和濕度表現最好的覆層〔10〕。



圖 2-1 澳洲墨爾本建築物 PU 節能外牆實例

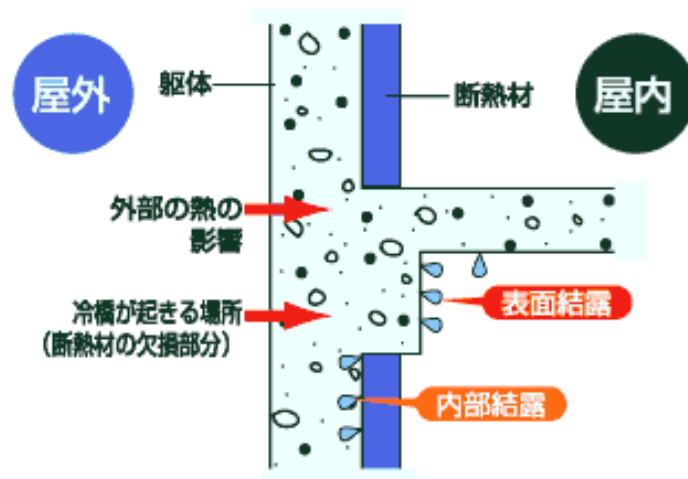
（資料來源：永詳有限公司）

二、外牆隔熱飾板的類型與構造工法

一般常見的外牆隔熱原理為利用隔熱材與空氣層區隔內外牆以隔絕外界熱

量進入，也就是在牆面加上熱傳導係數較低的隔熱材料，增加牆體的熱阻值，以達到炎熱的夏季外面的熱氣不會傳到室內，而冬季室內的溫度不會散失到外面。外牆隔熱飾板的節能類型：依隔熱材料設置位置的不同，其類型可分為外牆內隔熱及外牆外隔熱〔11〕。

1. 外牆內隔熱：將隔熱飾板設在外牆的內側，這種方法因是在室內做隔熱，所以對隔熱系統的防水性、耐候性的技術要求較不高，因此面飾材的選擇較為多樣，如壁紙、各類板材或粉刷等等。施工範圍被樓板分隔，僅在一個樓高的牆面施作，也就大大降低施工的難度與成本。其缺點在於：因材料或施工的問題表面易出現裂縫，室內需吊掛時可能有較大的限制，且因隔熱系統放置於室內，也會佔用室內的使用空間。另一個較麻煩的問題為熱橋的存在，由於外牆沒有隔熱材料包覆的部份，當室內外溫差大、冷熱空氣頻繁接觸時，而牆體隔熱保溫導熱不均勻的時候，則會造成房屋內如牆板的接縫、牆角等處結露、發霉甚至滴水等熱橋現象（圖 2-2）。



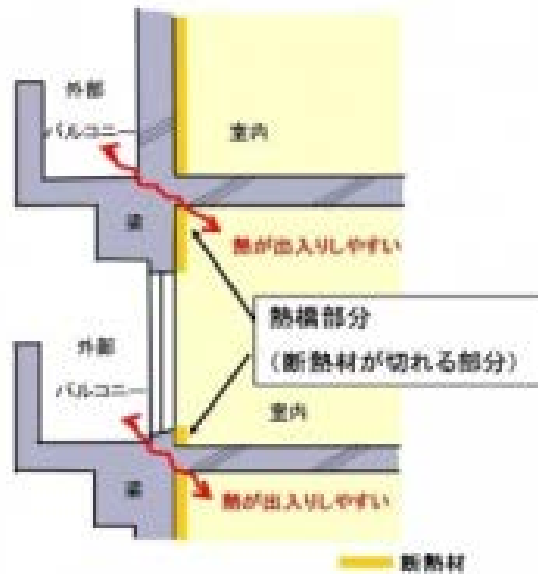


圖 2-2 熱橋現象

(資料來源：<http://www.perma-stone.com/merit.html>) [12]

2. 外牆外隔熱：將隔熱飾板放置於建築外牆的外側以達到隔熱的目的，適用範圍較廣，其優點為：(1) 避免熱橋效應，因為隔熱飾板設在牆體的外側，梁柱等構造都有包覆，可防止這些部位結露而產生熱橋現象；(2) 適用範圍較廣，新建的建築物或舊有建築外牆改善都可應用；(3) 因隔熱飾板架設於外牆的外側，可以減少外界溫度、濕度及紫外線等等大自然造成牆面局部收縮變形或產生裂縫，延長建築物結構的使用壽命。其缺點是生產技術、品質要求及施工成本較為嚴格及昂貴 [13]。

二、建築物外牆外隔熱飾板工法：

外牆外隔熱飾板其節能工法依空氣層的有無可分為二種，如下圖所示（圖 2-3、圖 2-4）：

1. 通氣層工法：組成是在隔熱飾板與既有牆體間留設空氣層，其原理為在外牆底部及上方設置通氣口，太陽照射加熱後在透氣層會形成空氣對流，熱

空氣藉由上方通氣口排出。對於居住空間可藉由外牆的傳導大幅降低冷熱，冬暖夏涼。此外也可隔絕濕氣的傳遞，不會有壁癌的問題〔14〕。

2. 密著工法：即隔熱飾板以建築黏貼膠泥貼附於建築外牆牆面上，歐洲普遍使用此工法，甚至隔熱材料如聚氨酯（PU）通過耐候性試驗、防水試驗及抗風壓試驗、防火試驗等等安全測試，直接貼附於既有外牆上即可作為節能裝飾板。

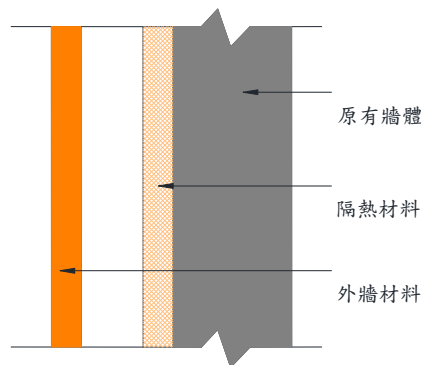


圖 2-3 通氣層工法

（資料來源：本研究繪製）

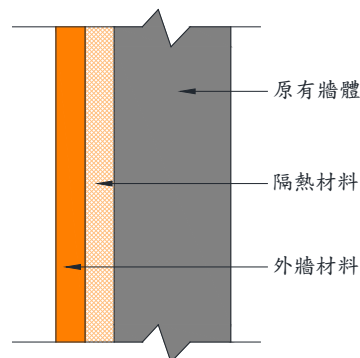


圖 2-4 密著工法

（資料來源：本研究繪製）

三、隔熱材料：

外牆隔熱飾板主要由原建築牆體、隔熱層、保護層及面飾層組合而成。目前各國廣泛採用的隔熱材料主要有無機材料及有機材料（如圖 2-6）二大類：

- （1）無機保溫材料：是一種採用無機材料作為原料研製而成的保溫材料，如岩

綿、玻璃綿、珍珠岩類膠凝複合保溫等，此種材料具備安全不燃、高效能的隔音特性、節能環保且價格低廉，雖其材料本身無防火的問題，但是其強度低、吸水率高且保溫性能較差〔15〕。

(2) 有機保溫材料：優點是質輕、保溫、隔熱性好，但最大的缺點是易燃燒防火性差，燃燒時烟霧大、有毒性。類別有：

- a. 發泡聚苯乙烯 (expanded polystyrene board, EPS)，俗稱保麗龍，為保溫材節能材料裡應用最多最廣的材料，屬熱塑性高分子材料，在燃燒過程中，會有滴產生而且會有收縮現象。目前生產的的阻燃聚苯乙烯最常使用的方法是添加阻燃劑。
- b. 擠塑聚苯乙烯 (XPS) 為聚苯板的一種，以聚苯乙烯樹脂為主要成份，添加少量添加劑，以加熱擠塑成型的硬質泡沫塑料製品。具防水與保溫作用，剛性強抗壓性佳，導熱系數低，用於屋面頂、地板或牆面的節能材料極為適合。
- c. 酚醛板：是由苯酚和甲醛的酚醛樹脂與其他添加劑和填充劑等混合製成的多孔型酚醛泡沫板，其熱導系數比擠塑聚苯板低，日本國家的保溫材料大量使用此類材料。但酚醛板有容易粉化、強度低、脆性無延展性和高吸水率的缺點，不適合作為外牆保溫的材料〔16〕。
- d. 石墨聚苯板：為發泡聚苯板的一種，在聚苯乙烯原料裡添加了可以反射熱輻射的材料，使保溫性能大量提高。在歐洲石墨聚苯板是目前保溫材料中最優的保溫節能材料。
- e. 聚胺酯 (polyurethanes, PU)：1937 年德國拜爾首先用二異氰酸酯與二元醇反應製成，硬質泡沫聚胺酯主要用作隔熱、吸音、包裝、絕緣材料等〔17〕。

第二節 外牆隔熱飾板火災案例

一、隔熱節能材料普遍存在節能與防火難兼顧的情形，各國近年來發生火災的案例有：

1. 韓國釜山伍星火金套房酒店

時間：2010 年 10 月 1 日

原因：四樓電源插座引起的火花引燃，火勢燃燒至外牆隔熱系統，並在 20 分鐘內延燒到達屋頂。

傷亡：4 名居民和 1 名消防員受傷。



圖 2-5 釜山伍星火金套房火災

（資料來源：Wikipedia）

2. 土耳其伊斯坦布爾市波拉特塔(Polat Tower)

時間：2012 年 7 月 17 日

類型：42 層商住兩用大樓。

原因：空調故障引起火災。

傷亡：無人死亡。



圖 2-6 土耳其伊斯坦布爾市波拉特塔火災

(資料來源：北京新浪網)

3. 阿拉伯聯合大公國，杜拜 Tamweel (坦威爾塔)

時間：2012 年 11 月 18 日

類型：37 層樓住商混合大樓。

原因：大火是由一根廢棄的香煙點燃易燃的外牆導致火焰蔓延至整個建築物。

傷亡：無人傷亡。



圖 2-7 杜拜 Tamweel 火災

(資料來源：Youtube)

4. 俄羅斯車臣

時間：2013 年 4 月 3 日

類型：40 層住宅大樓。

原因：外牆空調系統短路引起，除 1 樓外其餘大樓都被大火吞噬，火災面積達 1.8 萬平方米。

傷亡：無人傷亡。



圖 2-8 車臣公寓火災

（資料來源：CNN）

5. 英國倫敦西區白城，格倫菲大樓（Grenfell Tower）

時間：2017 年 6 月 14 日

類型：24 層住宅大樓

原因：4 樓住戶冰箱故障起火而延燒外牆隔熱系統，火災當天至少有 200 名消防員和 40 輛消防車參與滅火，大火之後整座塔樓幾乎被火災摧毀。。

傷亡：87 人死亡，百餘人受傷。



圖 2-9 Grenfell Tower 火災

(資料來源：美聯社)

6. 阿拉伯聯合大公國沙迦 (Sharjah)

時間：2020 年 5 月 5 日

類型：48 層住宅大樓

傷亡：7 人受傷。



圖 2-10 沙迦住宅大樓火災

(資料來源：Baber Saleem)

7. 韓國蔚山

時間：2020 年 10 月 9 日

類型：33 層樓高住商混合大樓，共有 137 戶住戶

概要：3 樓露台外牆延燒火勢隨著強風從建築物外牆蔓延至屋頂，整棟大樓的正面幾乎陷入火海。蔚山市消雲梯車最高僅達 52 公尺，不足以撲滅高層建築火災，因此臨時向釜山尋求協助，高架雲梯車於 1 小時後抵達，已錯過了滅火黃金時間。外牆的大火在午夜過後已熄滅，但在強風助長下，馬路對面大樓的屋頂、附近賣場、加油站甚至也起火。傷亡：77 名居民躲藏在設有避難空間的大樓 15 樓、28 樓、屋頂等地安全獲，救 91 人送醫。



圖 2-11 韓國蔚山住商大樓火災

（資料來源：朝鮮日報）

二、國外火災案例統計：〔18〕

1. 瑞典(2004-2011)和芬蘭(2004-2012)多層住宅樓外牆火災的火災

統計數據進行調查。其結果為：

- 大約 88-92% 的起火點是從內部的
- 除陽台火災外，大約 2-3% 的起火點是從外部點火
- 大約 5-6% 的起火點是陽台上的外部點火

- 在多層住宅建築火災中，3% 的火災會蔓延到起火空間外

2. 澳洲（2003-2007）針對起火點的外牆火災統計，調查結果顯示從牆壁組件/隱藏的牆壁空間開始的火災是總火災的 0.5%，從外牆表面開始的火災是總火災的 1.3%。其外牆的火災比例較低這可能原因是對於超過 3-4 層的建築物有不燃性要求。

表 2-3 起火點的外牆火災統計（澳洲，2003-2007）

Area of fire origin	Year			
	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07
Wall assembly, concealed wall space	34	31	32	32
Exterior wall surface	82	77	95	69
Total building fires (all areas of fire origin)	6,388	6,165	6,566	6,257

3. 紐西蘭 2005-2010 針對起火點的外牆火災統計如表 2-3 所示。結果顯示從牆壁組件/隱藏的牆壁空間開始的火災是總火災的 1.7%，從外牆表面開始的火災是總火災的 5.0%。

表 2-4 起火點的外牆火災統計（紐西蘭，2005-2010）

Area of fire origin	Year				
	2009/10	2008/09	2007/08	2006/07	2005/06
Wall assembly, concealed wall space	72	111	121	99	98
Exterior wall surface	224	321	355	307	290
Total building fires (all areas of fire origin)	4,738	6,361	6,235	6,269	6,111

三、外牆隔熱系統火災原因分析

1. 對有使用隔熱系統的外牆進行審核監督程度的高低，會影響外牆火災發生的機率。
2. 內部火災蔓延到外牆是常見的火災開始情景。

3. 掉落的燃燒碎片會引燃下方的外牆系統，使火勢蔓延的範圍更大。
4. 可燃外牆系統安裝施工期間包含材料堆置現場於現場，是發生火災的危險期。

第三節 國內外牆隔熱飾板應用案例

目前國內因應建築節能或外牆拉皮，已有案例使用相關的外牆覆板材料或系統，例如北市某公有超市外牆翻修，設計考量隔熱、節能、建築物減重及整體超市美觀同時兼顧建築設計的活潑性與豐富性，有近8成外牆面採用聚乙烯材質的隔熱板作為外牆節能飾板，因隔熱板外包灰色仿石材塗料，外觀看起來與石牆無異。國內其他採用此方式案例如桃園台茂購物中心、基隆火車站、新北市立圖書館、中央研究院國際研究生大樓、臺北市萬華運動中心、清華大學實驗室等等。



圖 2-12 北市榮民超市



圖 2-13 台茂購物中心

案例介紹：高雄氣爆區透天厝拉皮案

高雄氣爆事故是發生於 2014 年 7 月 31 日 23 時 55 分以後至 8 月 1 日凌晨間，因丙烯外洩造成這起規模慘重的連環爆炸事件，造成 32 人死亡、321 人受傷，並造成多條重要道路嚴重損壞。經調查認定為四吋丙烯管線遭不當包覆於排水箱涵內，致管壁由外向內腐蝕並日漸變薄，而無法負荷輸送管內之壓力而破損，在運送中原先作為化工原料之液態丙烯外洩，而引起本次爆炸事故。



圖 2-14 氣爆區立面改善前照片

（資料來源：台灣綠領協會）

氣爆災後重建善款委員會在與災民溝通後，部份房屋結構受損不嚴重、修復仍堪居住的區段，決定以外牆更新的方式，協助災民回復既有的生活。台灣綠領協會接受委託時決定以「外殼節能」的設計帶入重建案中，並選擇將 LOW-E 膠合玻璃、隔熱建材等，作為外牆更新的材料，期望能引進綠色科技讓「綠拉皮」的概念能受到社會更多的重視〔19〕。



圖 2-15 立面設計

(資料來源：台灣綠領協會)

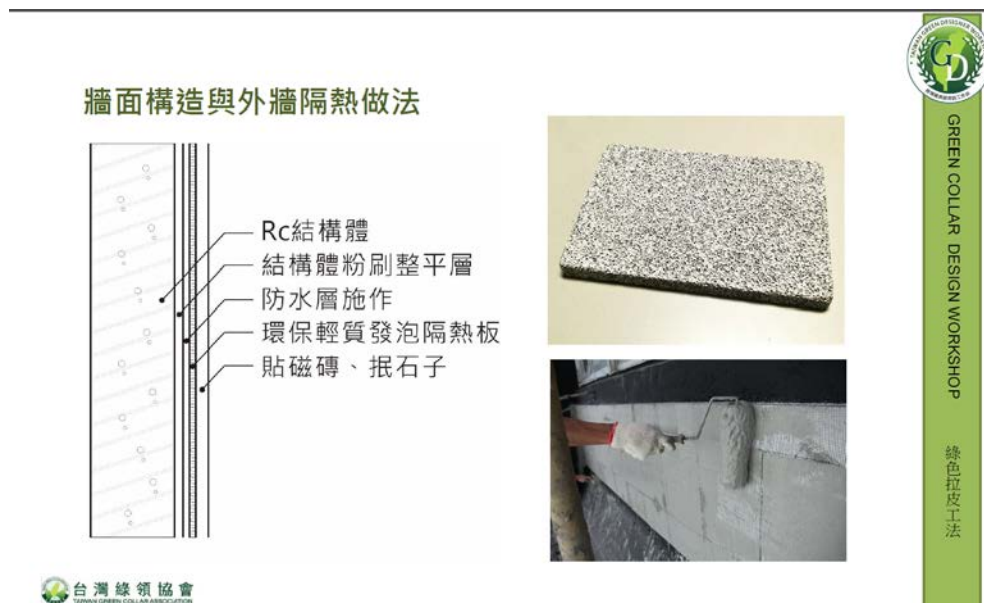


圖 2-16 外牆隔熱材料

(資料來源：台灣綠領協會)



圖 2-17 牆面改善前、後比較

（資料來源：台灣綠領協會）

第四節 外牆隔熱飾板火災特性研究

隨著各國外牆節能飾板應用普及日增，其防火問題不可忽視，等別是以採用聚苯乙烯和聚氯酯發泡材料作為其隔熱材料時，必須要求其材料的耐燃性及系統的防火性，特別在門、窗等開口部位的側面，必須使用有防火材料完全包覆以保護隔熱材，不能有外露情形。因未有耐燃防火處理的普通聚苯乙烯和聚氯酯發泡材屬易燃材料且在著火後會有火焰延燒的危險。

建築物起火時，門窗玻璃在火焰或高溫下，很快破碎脫落，火舌從這些破碎的門窗伸出再向外蔓延途徑有：1. 為輻射熱穿過門窗引燃對面的建築物外牆；2. 火舌從窗口伸出向上竄，將上層窗口的可燃物引燃，逐層向上蔓延。特別是外牆飾板發生火災後，因煙囪效應火災蔓延特別迅速。如果外牆飾板的裝飾材為瓷磚、石材等材料，當發生火災時，火焰和煙氣將使局部外牆面溫度升高，可能因面磚與隔熱層的導熱係數不一致而出現變形，而造成面磚大面積脫落，此時隔熱材料若未有任何耐燃或防火功能，很快會引燃大量燃燒導致火災迅速擴大蔓延，同時，隔熱材料燃燒產生的煙氣及毒氣對於消防人員造成極大傷害。

Chow, C. L. [20] 等人提出使用較差的隔熱材料會導致較高的熱量損失，

從而增加供暖、通風和空調系統的運作負荷。新的建築特色，如雙層立面可以降低散熱率，但是對於具有隔熱外牆的建築物來說，有可能更容易發生閃燃，因為火災中產生的熱量會被困住，使室內空氣溫度迅速上升。

陳建忠〔21〕等人於研究圓錐量熱儀之發展與應用時提出，利用圓錐量熱儀試驗結果可適切地了解建材燃燒時之熱釋放率變化情形，並可模擬不同物品在火災發生時，可能產生之生成物，如黑煙、有毒物、腐蝕物等。早期法規遇到的問題在於判定不燃物的重要變數不合理，發展至今認定熱釋放率可作為重要判定指標，現今國際上普遍肯定圓錐量熱儀具有足夠公信力。

萬復森〔22〕使用未具試體頂端延伸板及具試體頂端延伸板兩項實驗，針對不同寬度及厚度之 1 m 高 PMMA 進行牆面火焰延燒研究。依具延伸板的實驗結果得知：1. 其火焰高度於延燒後期有明顯產生差異，越寬的火焰，其火焰高度愈高。2. 火焰的加熱強度，明顯隨火焰寬度增加而增加。3. 火焰寬度應確實會影響延燒結果，牆面火焰延燒速率隨著火焰寬度增加而增加，且寬度對火焰的高度及加熱強度均有影響。

Eric Guillaume 等人〔23〕使用 2017 年 6 月 14 日在倫敦發生的格倫菲大樓火災中可用的照片、影片和文獻等大量數據進行驗證，將火災歷程時間進行定量分析，並建立格倫菲大樓的 3D 模型作火災發展的模擬及計算。分析結果得知，火焰垂直傳播的速度有不同階段：1. 四樓引燃後，火勢向高處延燒，其速度約為 3.5 m / min，2. 燒至第六層時速度減慢，3. 最後當火延燒至建築物頂部時，燃燒速率加快，最大垂直火勢蔓延速率約為 8 m / min。而水平延燒在建築頂部時最快（ 0.293 ± 0.005 m / min），離地面越低時燃燒受到如消防，柱子，窗戶等外部影響越來越大，火焰蔓延速度逐漸降低，所以水平蔓延的速度和高度之間存在線性關係，這就是導致塔上觀察到的 V 型火焰蔓延的原因。

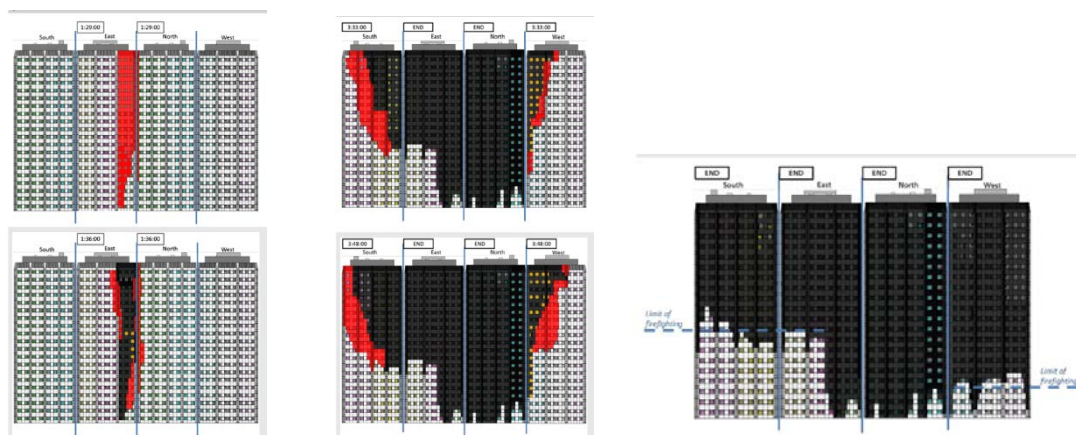


圖 2-18 3D 模型模擬火災發展

朱春玲〔24〕等人提出圓錐量熱儀小尺寸的試驗結果，可用於外牆隔熱系統可否通過大尺寸防火實驗的初步判定。根據其試驗的熱釋放率峰值分為 3 類：

(1) 當熱釋放率峰值 $< 5 \text{ kW/m}^2$ 時，可判斷系統不具火焰傳播性，不需進行系統防火試驗；

(2) 當熱釋放率峰值為 $5 \text{ kW/m}^2 \sim 250 \text{ kW/m}^2$ 時，不能判斷系統不具火焰傳播性，需進行系統防火試驗；

(3) 當熱釋放率峰值 $> 250 \text{ kW/m}^2$ 時，可判斷系統具火焰傳播性，不需進行系統防火試驗。

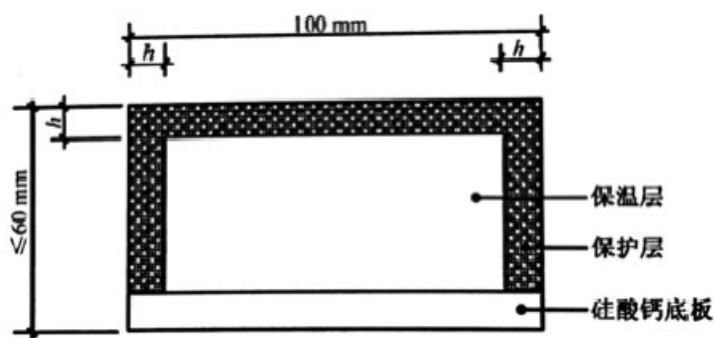


圖 2-19 圓錐量熱儀試體

Babrauskas 與 Janssens〔25〕以圓錐量熱儀試驗之平均熱釋放量、引燃時間、持續燃燒火焰期間的數據計算出“b”參數以預測全尺度曝火試驗性能。如 $b \leq -0.4$ ，則此材料無法助成閃燃； $b \leq 0$ ，則產生火災風險不顯著，是為有限的火災危險材料； $b > 0$ ，則會有閃燃發生。

曾緒斌〔26〕研究中以 3 組薄抹灰外牆隔熱系統進行實體火災試驗，其分別使用等級為 C 級（試體 1）、B 級（試體 2）與 D 級（試體 3）的聚氨酯隔熱材料。實驗主要觀察火焰傳的速度和高度、試驗後隔熱材料碳化或損毀的範圍

及對相鄰樓層的影響。由於薄抹灰外牆隔熱系統表面是一層水泥砂漿，對火焰具有一定的抵制作用，但隨著火災規模的增加，聚氨酯發泡材在火焰的熱作用下會分解出可燃氣體，可燃氣體被點燃，則外牆系統會被引燃。試驗結果隔熱材料為試體 1 (C 級) 及試體 2 (B 級) 的外牆系統在實體火災實驗中防火性能明顯好於試體 3 (D 級)。

內政部建築研究所 107 年自行研究計畫「建築外牆飾板防火性能研究初探」[27]，對國內建築物使用之隔熱材料進行 CNS 14705-1 圓錐量熱儀耐燃試驗及試體尺寸為寬 0.8 m x 高 1 m 的延燒試驗，由結果得知：

1. 當外牆使用不耐燃的隔熱材料裸露而不慎被引燃，火焰會向上延燒，對高樓層有很大的危險性，而溶解滴落的火花也會造成造成低樓層燃燒，當液滴附著於背板上會使火勢加劇，增加火災危險性。但當不耐燃之隔熱材料與石膏板結合其測試結果提升為耐燃 2 級，顯示易燃的隔熱材料與良好的外飾材料結合，可提升其防火安全等級。
2. 耐燃 1 級之聚胺脂發泡隔熱材也未發生延燒的現象，其結果與耐燃試驗有相同的一致性。

表 2-5 外牆隔熱材料燃燒試驗結果

試體名稱	試驗結果	
	耐燃試驗 尺寸寬 10 cm x 10 cm	延燒試驗 尺寸寬 80 cm x 高 100 cm
發泡聚苯乙烯	無耐燃	★
發泡聚苯乙烯	無耐燃	★
聚胺酯	1 級	☆
高度聚氨酯	無耐燃	★
高度聚氨酯+石膏板	2 級	—

★有延燒 ☆無延燒

Eric Guillaume 等人[28]為了了解包覆層與隔熱材料之間不同相互作用

下，其對於外牆系統防火性能的影響，使用了三種不同組合的鋁複合材料(1. ACM A2：鋁板+高阻燃不燃礦物填充芯、2. ACM-FR：鋁板+不燃礦物填充芯、3. ACM-PE：鋁板+聚乙烯芯)以及三種不同的隔熱材料(1. 厚 50 mm 酚醛發泡板、2. 厚 50 mm 硬質聚氨酯泡沫板、3. 厚 100 mm 礦棉)，進行 ISO 13785-1 9 次測試，對其熱釋放、熱通量、煙產生量及一氧化碳、二氧化碳釋放量等等進行收集分析。結果顯示，外牆系統的包覆層是火災時的最重要部份，尤其在火勢較大高熱釋放率的試驗中更為明顯，而在釋放出的能量或氣體方面，隔熱材料的貢獻相對是低的。測結結果與相關性實際數據進行比較後認為，對於多種材料及工法配置相互變化的外牆隔熱系統，中尺寸規模測試可以作為初步評估其防火性的方法及途徑，再擴展於大型系統中試驗。

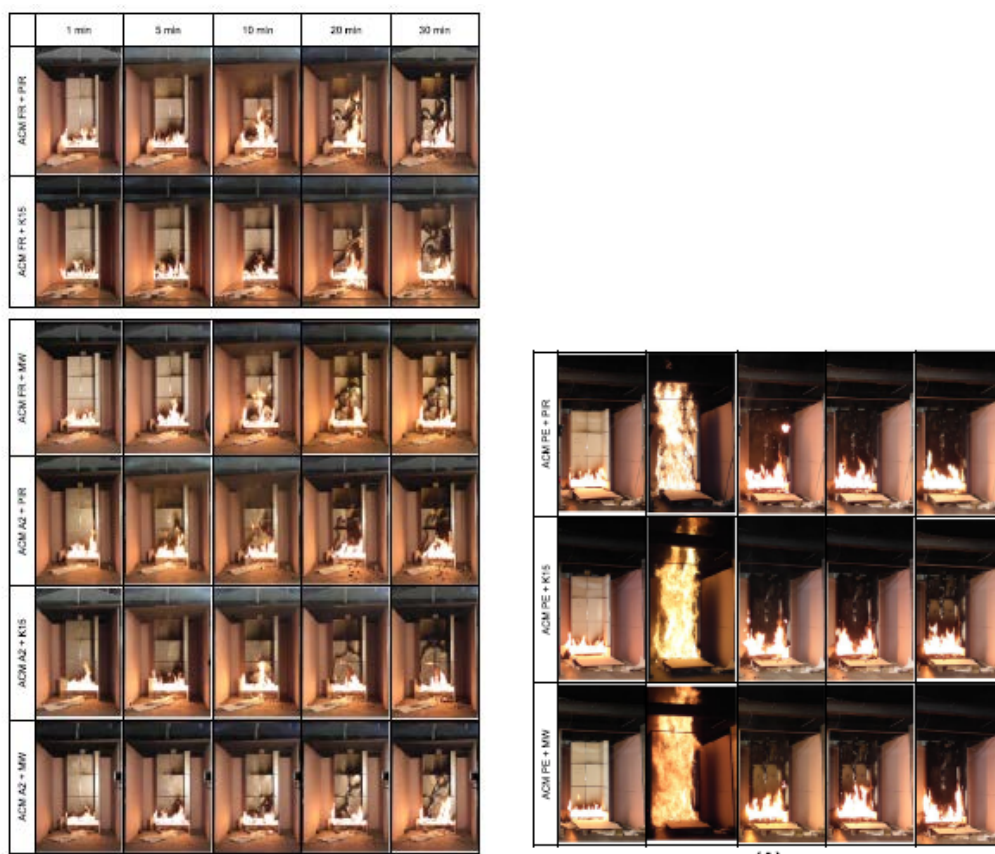


圖 2-20 中尺度試驗

宋長友〔29〕等人針對整體構造系統以 UL 104 牆角防火試驗、BS 8414-1 窗口防火試驗進行，針對局部構造或單一材料以 GB/T 8625 中尺度燃燒爐試驗，小尺度 ASTM E 1354 圓錐量熱儀試驗進測試。透過大量試驗數據結果得知：

1. 有機隔熱材料的燃燒性能是影響系統防火安全性的基本條件，通過大量實驗證明，外牆系統構造設計（包含粘結或固定方式、防火層間帶、防火保護面材及面材厚度），可以解決有機隔熱材料的防火安全問題。
2. 大尺寸的牆角火災實驗和窗口火災實驗，是對外牆系統的整體防火性能進行檢驗，可以觀測到火焰在隔熱系統的水平或垂直的延燒能力，以實際火災對建築物的攻擊而言，大尺寸實驗更具普遍意義。
3. 小尺度圓錐量熱儀試驗結果科學、客觀地表現了外牆系統對火反應的特性，實用性強，可用於外牆輔助檢驗。
4. 外牆隔熱系統防火等級劃分及適用建築高度規定是提高防火安全性的有效途徑。

第三章 建築物外牆隔熱飾板防火試驗

本研究選用國內已使用的外牆隔熱飾板(包含隔熱材、面飾材及封邊材)，分別進行耐燃性試驗及延燒性試驗，以探討二者結果之關連性。試驗方法則依據 CNS 14705-1 建築材料燃燒熱釋放率試驗法-圓錐量熱儀法及 CNS 15213-1 建築物外牆立面防火試驗法-中尺度試驗。

第一節 圓錐量熱儀法

CNS 14705-1(2010) 建築材料燃燒熱釋放率試驗法-圓錐量熱儀法，乃我國建築材料在其火災初期之耐燃性試驗方法，方法為材料在圓錐輻射電熱器穩定熱通量 (50 kW/m^2) 作用，材料對火反應過程中釋放出的熱量及放熱速率，其基本原理是採用材料燃燒時消耗氧氣原理，即材料燃燒期間氧氣消耗質量與熱釋放量間的比例關係，其關係為：每消耗 1 kg 氧氣約可釋出 (13.1×10^3) kJ 熱量，以模擬材料的實際火災狀況，同時測定材料的點火性、熱釋放及質量損失等等結果。



圖 3-1 圓錐量熱儀設備

(本研究拍攝)

一、試體尺寸為邊長應為 100_{-2}^0 mm 之正方形，試體厚度若為 50 mm 以下，則以全厚度受測，若大於 50 mm，則切削試體之非曝露面，使其厚度為 50 mm。

二、熱源：50 kW/m² 水平配置加熱熱通量。

三、耐燃級別參照表 3-1 進行加熱試驗。

表 3-1 試體加熱時間

耐燃性級別	加熱時間 (min)
耐燃1級	20
耐燃2級	10
耐燃3級	5

三、經加熱試驗結果後需符合下列條件則視為合格：

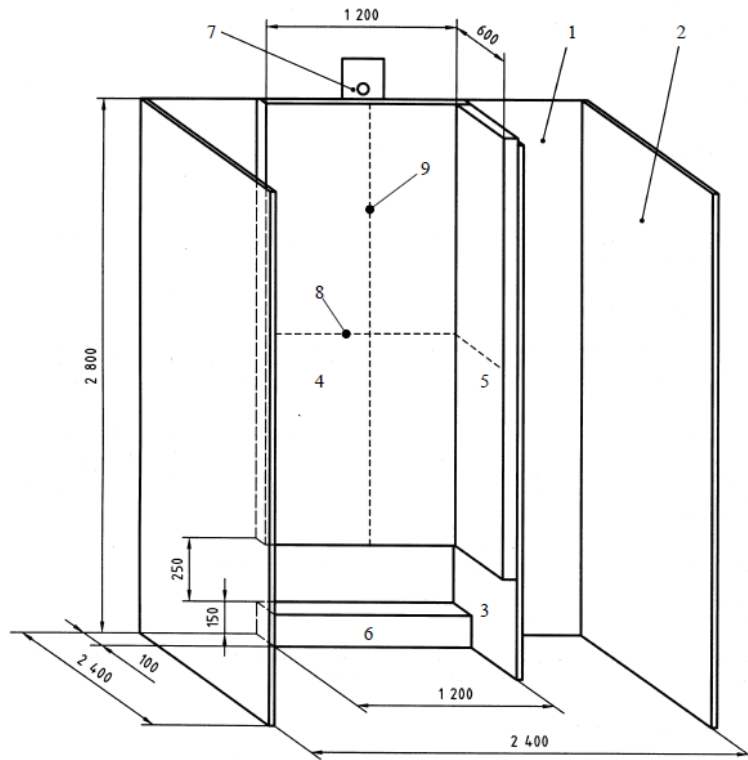
1. 耐燃 1 級材料總熱釋放量為 8 MJ/m² 以下，或總熱釋放量為 15 MJ/m² 以下，且依 CNS 14705-3 之 A.2 計算所得 b 參數為 -0.4 以下。
2. 耐燃 2 級及 3 級材料總熱釋放量為 8 MJ/m² 以下。
3. 最大熱釋放率無持續 10 秒以上超過 200 kW/m²。
4. 無防火上有害之貫穿至背面之龜裂及孔穴。

第二節 中尺度試驗

經濟部標準檢驗局於 97 年公布 CNS 15213-1 建築物外牆立面防火試驗法-中尺度試驗，為規定貼附於建築物外牆上中尺度非承重立面之防火試驗方法。內政部建築研究所 108 年於防火實驗中心依此標準建置試驗設備，其試驗的原理以火焰直接加熱由 90°內牆角所構成之中尺度外牆立面表面，評估其火焰延燒行為、驗證外牆隔熱飾板發生火災時所產生的各種現象與特性變化，也可進一步作為國內標準建立其防火性能的分級及評估要求標準之參考。

一、試體尺寸：試體包含主立面及側立面二個區域，主立面試體尺寸為寬 120 cm×高 240 cm，安裝時應貼附於支撐背牆中間，且應包含一位於中央高度

之水平接合部及位於中心線之垂直接合部。側立面試體為寬 60 cm×高 240 cm，安裝時要貼附於支撐邊牆上。試體的上緣要切齊試體支撐架上緣，底部距地板面的距離為 0.4 m。



圖例：

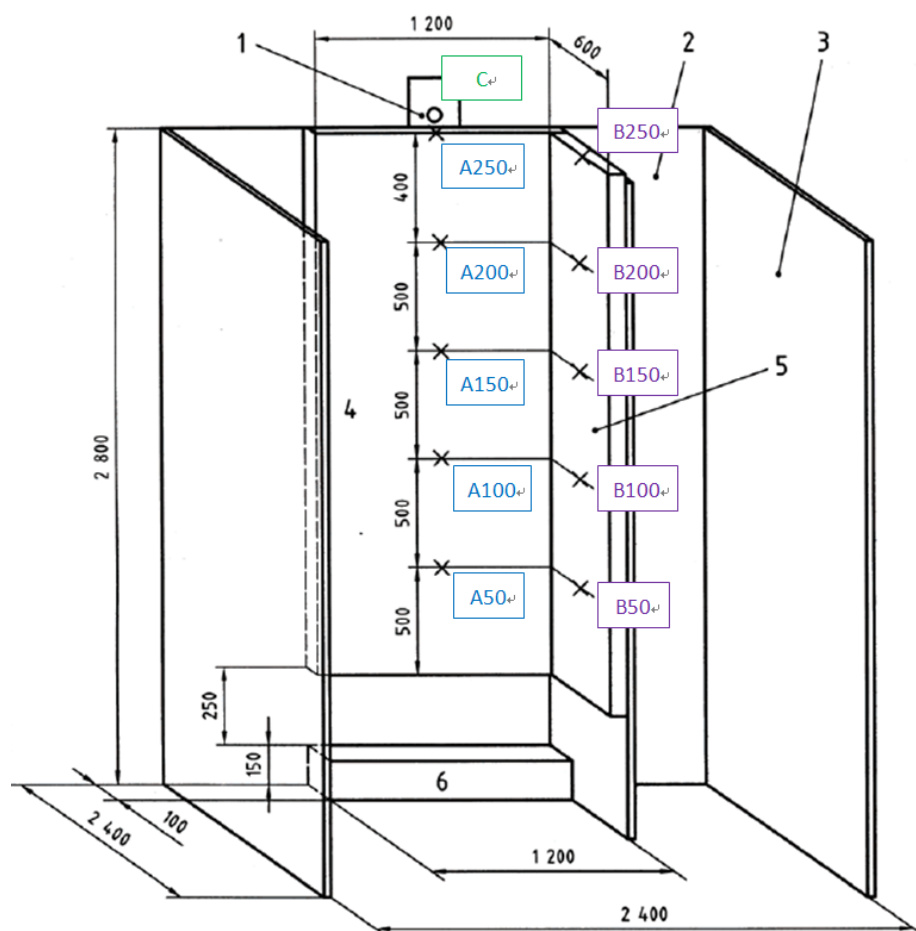
- | | |
|-----------|----------|
| 1. 支撐背牆 | 2. 支撐側牆 |
| 3. 支撐邊牆 | 4. 主立面試體 |
| 5. 側立面試體 | 6. 引燃源 |
| 7. 熱通量計位置 | 8. 水平接合部 |
| 9. 垂直接合部 | |

圖 3-2 CNS15213-1 建築物外牆立面防火試驗法設備

(資料來源：CNS15213-1)

二、熱源：引燃源之燃料為丙烷其熱釋放率應為 (100 ± 5) kW。

三、試驗程序：試驗期間要記錄試體引燃、火焰頂端平均位置達試驗高度 0.5 m、1.0 m、1.5 m、2.0 m、2.4 m 處及火焰從試體背部竄出的時間（如圖 3-3），當試體上緣布滿火焰或試驗時間經過 30 分鐘後，試驗結束。



圖例：

- | | |
|--------------|----------|
| 1. 熱通量計位置 | 2. 支撐背牆 |
| 3. 支撐側牆 | 4. 主立面試體 |
| 5. 側立面試體 | 6. 引燃源 |
| 7. × 試體熱電偶位置 | |

圖 3-3 溫度量測位置

（資料來源：本研究整理）

第三節 試體規劃及試驗結果

試體採用國內市售且實際已應用於建築物牆體之材料進行圓錐量熱儀及中尺度試驗，材料包含隔熱材、外飾板及封邊材料，試驗規劃分為二部份：

一、CNS 14705-1 圓錐量熱儀法：

1. 隔熱材料：本所 107 自辦案「建築外牆飾板防火性能研究初探」進行國內常用的 11 種隔熱材料之耐燃試驗，選用其結果為唯一符合耐燃一級之隔熱材。

(1) 試體：聚胺酯 (Polyurethane, PU) (圖 3-4)，由無機粉體及助劑發泡成型，厚度 50 mm。

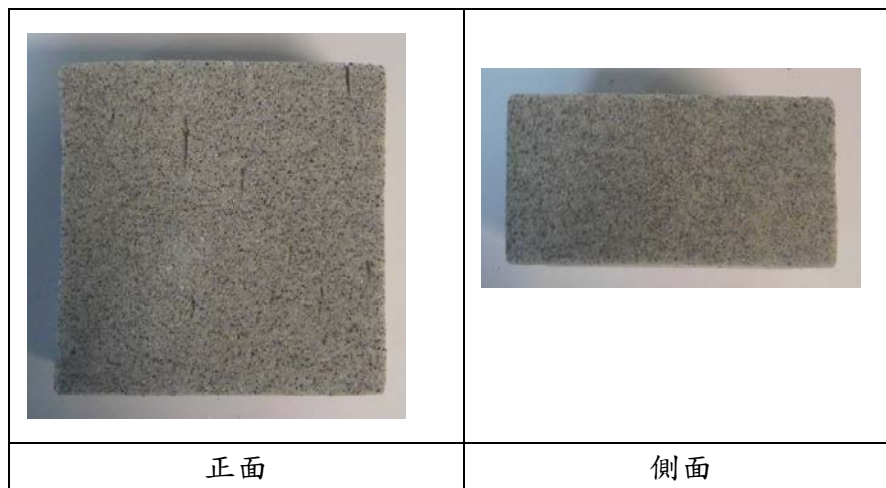


圖 3-4 聚胺酯試驗前

(資料來源：本研究整理)

- (2) 試體數目：3 個。
- (3) 加熱試驗時間：1200 秒 (圖 3-5)。
- (4) 試驗結果：總熱釋放為 15 MJ/m^2 以內且 b 參數為 -0.4 以下 (表 3-2)、最大熱放率無持續 10 秒超過 200 kW/m^2 (圖 3-6)、未產生防火上有害之貫穿至背面之龜裂及孔穴 (圖 3-7)，判定符合耐燃 1 級材料。



圖 3-5 聚胺酯加熱試驗

(資料來源：本研究整理)

表 3-2 聚胺酯試驗結果表

判定條件	聚胺酯-1	聚胺酯-2	聚胺酯-3
總熱釋為 15 MJ/m^2 以下	13.3	14.4	14.9
b 參數為 -0.4 以下	-0.5	-0.5	-0.5
最大熱釋放率無持續 10 秒超過 200 kW/m^2	符合	符合	符合
無防火上有害之貫穿至背面之龜裂及孔穴	符合	符合	符合
結果判定：耐燃一級			

(資料來源：本研究整理)

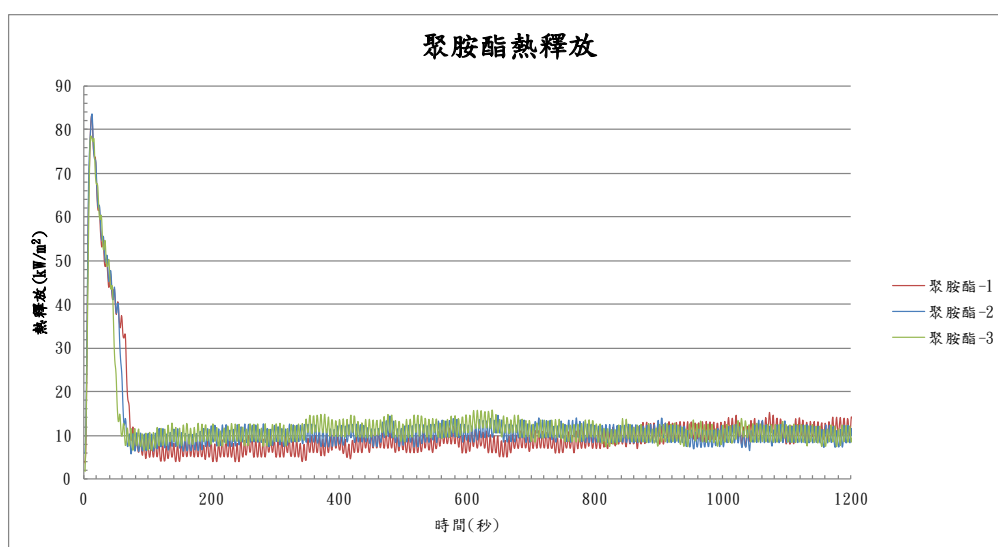


圖 3-6 聚胺酯熱釋放率

(資料來源：本研究整理)

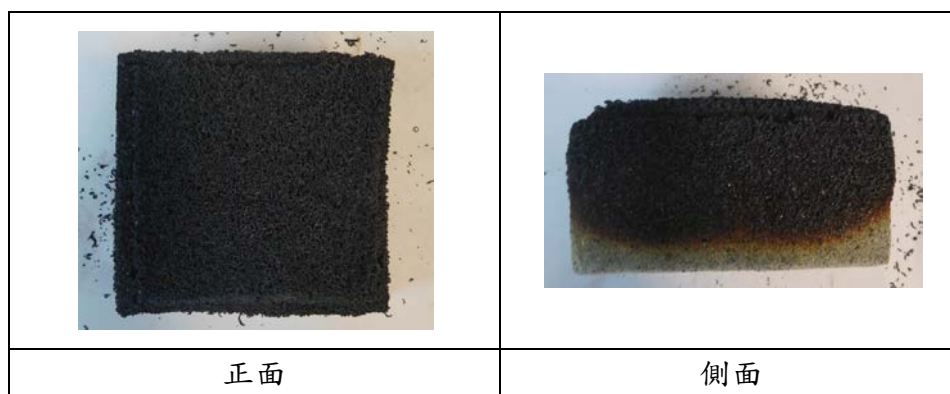


圖 3-7 聚胺酯試驗後

(資料來源：本研究整理)

2. 外牆飾板

- (1) 試體：聚碳酸酯板 (圖 3-8)，通過耐候、風壓、地震及耐衝擊測試，為 100% 可回收綠色環保材料。



圖 3-8 聚碳酸酯板試驗前

(資料來源：本研究整理)

- (2) 試體數目：3 個。
- (3) 加熱試驗時間：300 秒 (圖 3-9)。
- (4) 試驗結果：總熱釋超過 8 MJ/m^2 (表 3-3)、最大熱放率有持續 10 秒超過 200 kW/m^2 (圖 3-10)、有產生防火上有害之貫穿至背面之龜裂及孔穴 (圖 3-11)，判定為非耐燃材料。



圖 3-9 聚碳酸酯板加熱試驗

(資料來源：本研究整理)

表 3-3 聚碳酸酯板試驗結果表

判定條件	聚碳酸酯板 1	聚碳酸酯板 2	聚碳酸酯板 3
總熱釋為 8 MJ/m ² 以下	37.0	29.3	29.3
最大熱釋放率無持續 10 秒超過 200 kW/m ²	未符合	未符合	未符合
無防火上有害之貫穿至背面之龜裂 及孔穴	未符合	未符合	未符合
結果判定：非耐燃材料			

(資料來源：本研究整理)

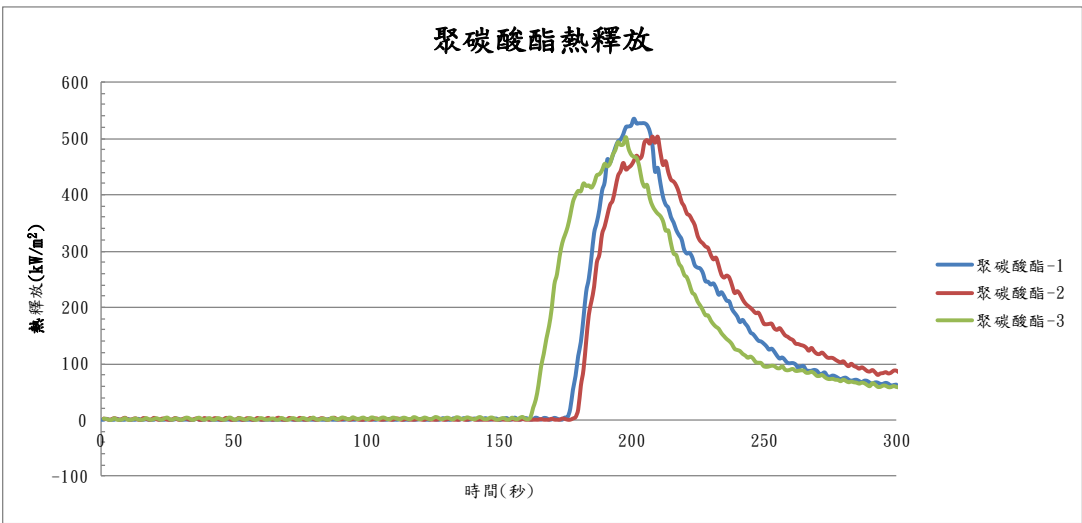


圖 3-10 聚碳酸酯板熱釋放率

(資料來源：本研究整理)

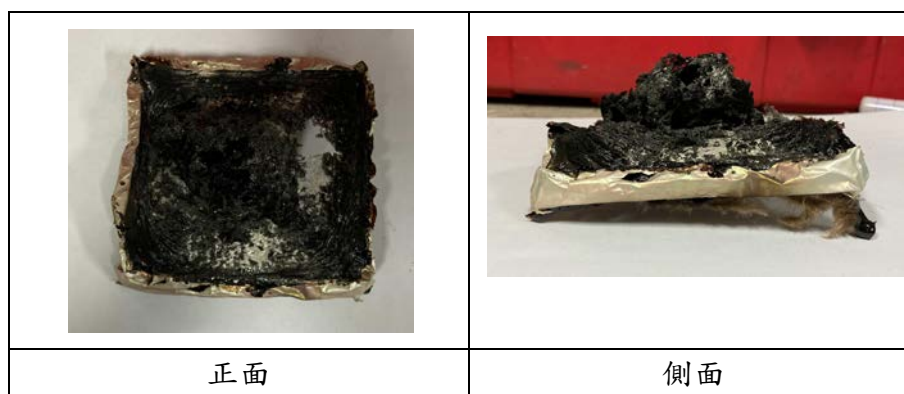


圖 3-11 聚碳酸酯板試驗後

(資料來源：本研究整理)

二、CNS 15213-1 建築物外牆立面防火試驗法-中尺度試驗：

1. 外牆隔熱飾板

- (1) 組成：底材為聚胺酯隔熱材料、面飾材為聚碳酸酯板、四周為 C 型鋼材封邊 (圖 3-12)，以密著式工法貼附於支撐背牆及支撐側牆上 (圖 3-13)。



圖 3-12 外牆隔熱飾板

(資料來源：本研究整理)

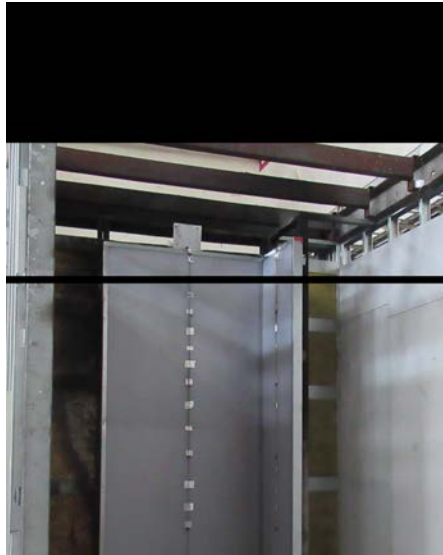


圖 3-13 外牆隔熱飾板貼附於支撐背牆及支撐側牆上

(資料來源：本研究整理)

(2) 試體數目：1 個。

(3) 試驗結果：試體的面飾材料受熱後於 1 分 36 秒開產生融化及物質滴落現象 (表 3-4)，燃燒滴落的試體會在地面繼續燃燒，融化高度至 50m 時溫度為 315°C ，隔熱材料 0.5 m 處於 2 分 30 秒時被引燃其溫度為 302°C ，火焰持續往高處延燒火勢變大，7 分 41 秒時火焰至最頂端，這時有更多試體掉落至地面同時燃燒，9 分 25 秒時主、側立面試體的各點溫度都超過 550°C 以上，主立面試體溫度平均更高達為 800°C 以上 (表 3-5、圖 3-14 及圖 3-15)。隨著火勢加大熱通量值也逐漸變大，8 分鐘時量測值為 2.83 W/cm^2 ，為避免因火勢過大而造成損壞，於 8 分 5 秒移除熱通量計，此時量測值已快速升高為 3.2 W/cm^2 (表 3-6、圖 3-16)。試驗結束於 20 分，掉落至地面的試體仍持續燃燒 (圖 3-17)。

表 3-4 外牆隔熱飾板試驗紀錄表

時間（分：秒）	試體試驗現象
0	引燃器引燃，加熱試驗開始。
1:36	面飾材接觸火源處開始有融化現象。
1:59	面飾材有大量物質滴落。
2:14	面飾材融化至 0.5 m 處。
2:30	隔熱材引燃延燒至 0.5 m 處。
2:58	面飾材融化至 1.0 m 處。
5:04	隔熱材火焰延燒至 1.0 m 處。
6:09	火焰延燒至 1.5 m 處。
7:00	火焰延燒至 2.0 m 處。
7:41	火焰延燒至頂端。
8:42	試體全面燃燒，關閉引燃器。
9:51	試體吊落。
20:00	試驗結束。

（資料來源：本研究整理）

表 3-5 外牆隔熱飾板溫度表

	A50	A100	A150	A200	A250	B50	B100	B150	B200	B250	試驗現象
秒	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	
0	30.1	29.6	29.3	29.3	28.8	28.9	28.9	28.9	29.8	29.3	
5	30.1	29.6	29.3	29.3	28.8	28.9	28.9	28.9	29.8	29.3	
90	294.6	213.9	164.8	119.1	95.6	72.7	57.6	52.5	57.6	61.8	
95	282.3	211.8	167.7	121.6	97.3	75.7	58.2	52.7	57.6	61.2	面飾材融化
100	278.8	219.2	173.3	122.4	99.0	79.3	59.8	54.1	58.2	60.3	
105	282.4	223.3	173.9	121.3	98.0	82.6	62.2	55.9	59.4	60.7	
110	286.2	226.4	175.2	123.9	102.1	86.3	64.9	58.0	60.0	60.7	
115	286.6	228.6	176.2	123.2	102.1	91.2	66.1	58.9	61.4	61.8	
120	302.1	226.7	172.2	121.9	102.1	94.5	67.5	60.5	63.0	62.8	
125	317.3	230.6	169.9	120.2	101.1	96.5	70.2	61.6	64.1	64.4	
130	316.6	248.0	173.4	123.9	103.8	99.6	71.9	62.7	64.5	65.1	
135	315.1	260.5	178.1	127.1	106.1	103.4	74.2	64.0	65.1	66.2	面飾材融化至0.5m
140	308.0	260.1	179.2	126.8	104.6	106.2	77.2	64.5	65.1	65.5	
145	302.0	254.4	179.6	129.8	106.6	109.8	79.5	65.7	65.9	65.1	
150	302.1	262.5	185.8	131.0	109.2	113.5	81.9	66.1	65.4	64.0	隔熱材延燒至0.5m
155	289.4	251.6	177.6	126.1	103.4	115.4	83.2	66.4	65.6	63.9	
160	284.6	244.7	173.9	124.6	101.9	117.7	83.5	67.3	65.7	64.9	
165	277.4	234.5	169.0	122.8	100.0	121.4	85.9	69.0	66.3	65.5	
170	302.3	231.2	172.1	125.1	101.9	125.1	87.6	69.2	66.4	66.1	
175	360.4	229.4	177.6	129.3	104.9	128.0	88.3	69.1	65.4	63.9	面飾材融化至1m
180	412.8	236.0	185.0	133.9	108.9	130.4	88.6	68.9	64.7	62.8	
185	451.4	232.6	190.0	136.8	111.2	131.7	88.9	68.9	64.6	62.4	
295	666.8	191.1	266.8	180.1	126.8	115.3	98.1	77.9	68.1	66.6	
300	646.8	192.6	275.9	184.0	128.4	116.5	100.0	80.0	70.2	68.3	
305	637.1	194.7	282.2	186.0	127.9	118.7	101.8	82.1	72.4	70.0	隔熱材延燒至1m
310	618.1	202.8	271.0	180.4	123.4	122.0	103.0	85.6	73.8	70.8	
315	591.8	210.3	269.5	178.2	121.2	123.8	104.5	87.3	76.2	72.2	
360	683.0	256.7	311.0	179.4	120.9	158.2	121.7	117.4	109.6	103.0	
365	671.7	272.5	352.3	195.8	127.9	166.5	126.5	122.2	113.0	106.3	
370	581.5	294.3	349.4	195.0	127.4	174.4	129.6	125.2	117.4	109.6	融化及火焰延燒至1.5m
375	493.6	308.7	392.2	204.9	130.7	180.0	133.5	129.1	117.6	110.1	
380	433.0	332.2	439.7	213.7	133.2	183.0	135.1	131.3	117.6	109.3	
410	688.6	433.8	563.1	257.4	160.3	211.1	141.4	136.1	123.8	110.6	
415	687.6	444.7	530.6	262.2	164.5	213.9	142.3	135.5	121.6	109.2	
420	679.9	435.7	496.9	254.3	162.0	231.7	201.9	149.3	127.2	115.3	融化及火焰延燒至2m
425	671.2	414.1	489.3	245.2	158.0	239.7	239.1	167.2	133.9	119.9	
430	641.0	409.4	497.3	241.1	157.5	250.8	266.5	183.6	133.8	116.8	
450	646.8	380.6	644.9	300.0	174.7	312.8	229.3	168.3	129.7	111.8	
455	710.1	366.6	682.3	329.8	185.7	322.9	220.7	169.0	132.0	111.8	
460	715.6	370.0	721.7	335.5	194.7	327.2	212.3	168.5	131.7	111.6	火焰延燒至頂端
465	721.5	380.5	715.3	338.5	201.4	328.9	208.7	177.6	142.6	120.9	
470	711.5	389.4	723.8	341.1	209.4	330.1	212.3	181.9	144.0	122.9	
510	735.4	707.8	810.6	544.4	358.0	329.8	289.8	354.1	208.8	165.9	
515	701.3	645.2	789.9	516.7	401.0	330.9	308.0	353.3	220.5	172.3	
520	674.0	590.4	791.5	490.2	453.2	337.5	320.6	349.5	226.8	179.0	全面燃燒關閉引燃器
525	676.2	584.7	735.9	472.6	526.8	347.7	330.1	344.0	241.7	196.1	
530	696.3	597.6	656.8	499.4	564.2	357.2	341.3	344.0	251.8	229.7	
580	851.3	838.0	868.6	876.8	757.0	827.2	807.8	806.2	552.4	660.9	
585	812.5	809.5	856.0	859.7	770.3	810.4	803.3	789.8	540.7	654.4	
590	777.7	794.5	832.9	848.8	771.9	798.7	799.8	791.3	541.5	645.4	試體掉落
595	781.0	836.6	828.7	869.5	762.5	799.2	802.5	811.0	559.8	637.6	
600	743.0	772.9	733.9	805.7	727.9	803.7	809.2	830.4	567.6	622.0	
1195	72.7	87.6	70.3	84.7	120.8	95.4	81.1	78.7	66.7	82.7	
1200	72.2	87.4	70.8	84.3	120.0	94.8	80.9	78.4	66.1	82.3	試驗結束

(資料來源：本研究整理)

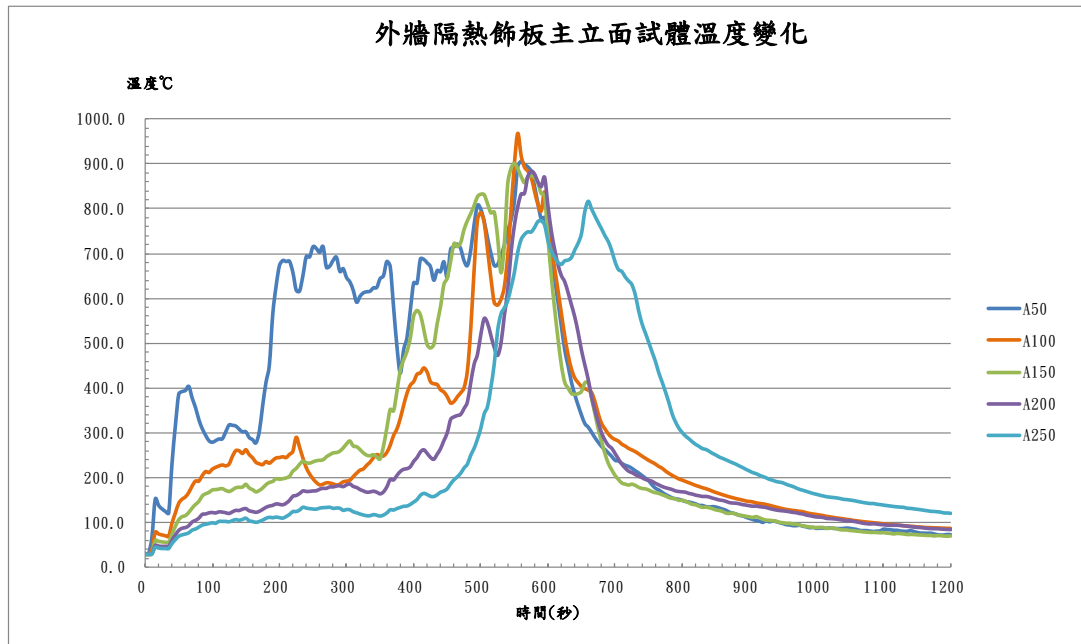


圖 3-14 外牆隔熱飾板主立面試體溫度變化圖

(資料來源：本研究整理)

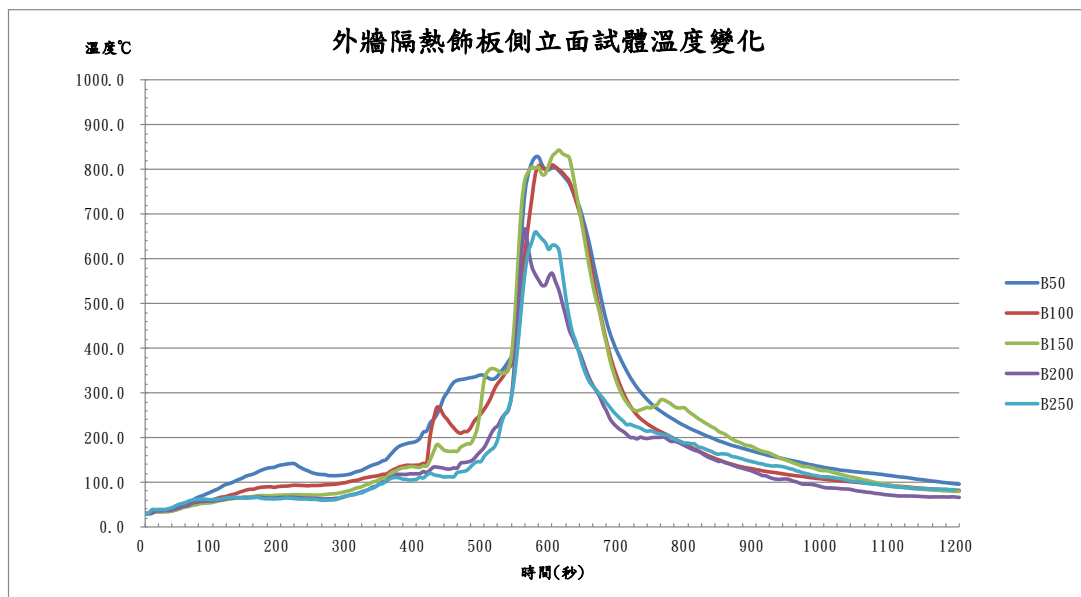


圖 3-15 外牆隔熱飾板側立面試體溫度變化圖

(資料來源：本研究整理)

表 3-6 外牆隔熱飾板熱通量結果表

	外牆隔熱飾板	備註
秒	W/cm^2	
0	0.2	
50	0.3	
100	0.4	
150	0.8	
200	1.4	
250	1.8	
300	1.7	
350	1.3	
400	2.1	
450	2.1	
485	3.2	移除熱通量計

(資料來源：本研究整理)

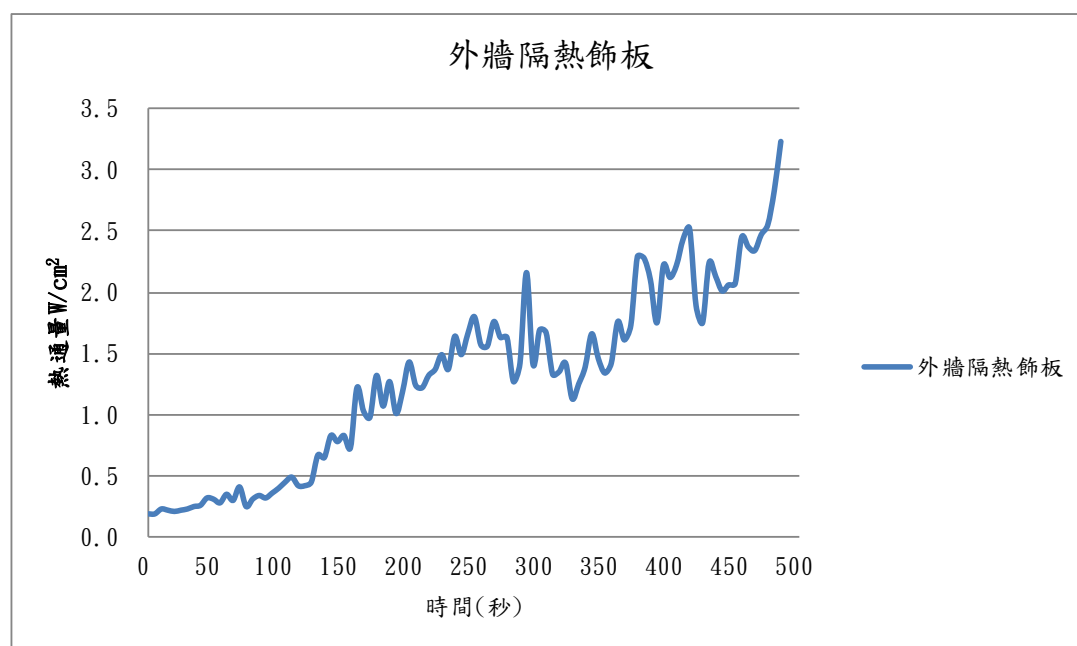


圖 3-16 外牆隔熱飾板熱通量變化圖

(資料來源：本研究整理)

	
00:00	02:43
	
04:53	06:12
	
08:57	12:02
	
15:23	20:00 試驗結束

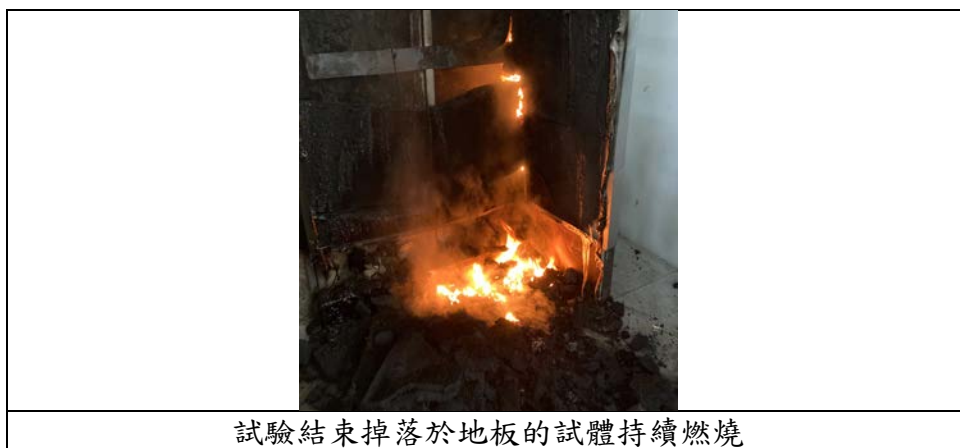


圖 3-17 外牆隔熱飾板試驗歷程

(資料來源：本研究整理)

2. 外牆飾板：為聚碳酸酯板四周以鋁料封邊（圖 3-18），用密著式工法貼附於支撐背牆及支撐側牆上（圖 3-19）。



圖 3-18 聚碳酸酯板

(資料來源：本研究整理)



圖 3-19 聚碳酸酯板貼附於支撐背牆及支撐側牆上

(資料來源：本研究整理)

(2) 試體數目：1 個。

(3) 試驗結果：試體於加熱試驗 1 分 25 秒後開始融化並有物質滴落 (表 3-7)，燃燒滴落的試體於地面持續燃燒。主立面試體熔化高度達 0.5m 時溫度為 380℃，最終融化高度為 1.5m。試驗中主立面試體溫度較高處為 0.5m 及 1m 處，約為 350℃~500℃ 間，側立面試體為 0.5m 處於 370 秒至 390 秒時溫度為 500℃~800℃，其餘時間各點溫度大都在 300℃ 以下 (表 3-8、圖 3-20、圖 3-21)。側立面試體其融化皆在二試體夾角處，原因可能是因輻射熱加乘效果所產生，最終融化高度為 2m。試體至試驗結束皆未引燃，但受熱處會產生融化，因此試體形成 V 形缺口，最大熱通量為 1.4 W/cm² (表 3-9、圖 3-22)。試驗結束於 20 分，掉落至地面的試體仍持續燃燒 (圖 3-23)。

表 3-7 聚碳酸酯板試驗紀錄表

時間（分：秒）	試體試驗現象
0	引燃器引燃，加熱試驗開始。
1:25	正立面試體底部開始融化並有物質滴落。
1:34	側立面試體底部開始融化。
1:53	正立面試體融化至 0.5 m。
2:20	正立面試體融化至 1.0 m。
4:30	側立面試體角落融化至 0.5 m。
4:36	側立面試體角落融化至 1.0 m。
4:55	正立面試體融化至 1.5 m。
6:31	側立面試體角落融化至 1.5 m。
8:15	側立面試體角落融化至 2.0 m。
11:08	剩餘滴落在地面的試體燃燒。
20:00	試驗結束。

（資料來源：本研究整理）

表 3-8 聚碳酸酯板溫度量測表

	A50	A100	A150	A200	A250	B50	B100	B150	B200	B250	試驗現象
秒	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	
0	33.5	33.1	31.5	31.1	30.8	30.6	30.5	30.5	31.3	31.3	
5	35.0	34.1	31.8	31.3	31.1	30.6	30.5	30.4	31.3	31.4	
75	246.8	173.2	93.0	79.0	67.5	70.8	51.5	51.5	43.3	58.9	
80	245.6	168.3	95.8	82.4	70.5	72.9	52.0	52.1	44.1	57.7	
85	274.6	232.2	111.9	96.0	77.7	75.5	53.1	51.5	45.1	59.6	正立面開始有融化現象
90	271.9	250.0	126.7	103.8	82.5	79.2	56.4	54.2	46.0	59.7	
95	315.5	286.1	149.1	117.8	89.4	82.0	59.5	57.6	47.0	61.0	側立面開始有融化現象
100	382.1	308.9	159.9	123.9	95.5	86.3	61.6	60.4	47.9	61.9	
105	423.0	332.4	170.3	136.0	100.9	92.4	65.4	61.3	48.5	62.7	
110	430.1	348.0	175.8	142.8	106.0	100.1	68.2	62.5	50.0	63.7	
115	380.0	270.0	159.6	129.9	98.5	107.9	70.8	64.6	50.6	63.9	正立面融化至0.5m
120	353.5	239.3	156.4	127.5	96.4	113.5	73.2	65.0	51.6	64.9	
125	335.2	238.5	164.1	141.2	101.9	120.8	76.6	66.5	52.8	66.7	
130	320.4	250.6	172.2	152.1	107.6	125.4	80.7	66.9	53.5	67.6	
135	310.5	260.1	163.8	143.5	104.2	129.1	82.9	65.6	54.2	67.5	
140	304.8	298.0	164.0	141.2	103.5	135.8	87.6	66.3	54.9	69.9	正立面融化至1m
145	300.9	338.8	172.4	148.8	107.1	142.4	93.3	69.3	56.1	71.4	
150	299.1	358.8	175.8	154.5	111.0	148.0	99.9	71.4	57.5	74.6	
260	354.7	352.5	183.6	137.0	116.4	209.9	190.3	129.2	77.9	90.9	
265	352.3	349.5	182.1	134.1	112.7	207.4	189.6	129.8	79.7	92.9	
270	349.0	346.8	179.4	129.6	110.9	220.5	190.0	131.3	80.8	94.4	側立面角落融化至0.5m
275	346.3	361.5	177.7	131.4	113.9	231.7	199.8	142.5	84.3	95.0	側立面角落融化至1m
280	345.5	366.2	176.3	131.4	115.6	256.8	215.3	182.2	103.0	108.7	
285	346.3	368.1	177.0	129.8	112.8	262.1	204.5	211.2	113.6	114.8	
290	347.7	375.1	175.8	129.6	109.3	275.9	211.8	219.2	120.4	116.1	
295	345.4	369.1	175.5	129.5	107.8	278.1	211.4	244.0	123.0	117.6	正立面融化至1.5m
300	342.0	354.9	174.4	128.6	109.6	276.4	201.0	220.3	137.2	122.7	
305	341.7	353.6	173.1	128.5	110.1	276.0	198.3	209.4	159.2	138.5	
380	346.2	385.4	182.3	115.2	105.2	802.0	241.0	194.3	187.2	131.3	
385	348.3	384.7	183.7	114.3	106.0	772.0	244.0	200.4	190.1	130.0	
390	347.7	385.8	184.8	112.3	104.0	577.8	246.5	217.7	199.1	131.4	側立面角落融化至1.5m
395	350.1	392.2	186.2	110.4	102.8	419.4	248.6	227.3	213.2	130.8	
400	350.2	384.2	188.0	110.7	102.0	352.7	250.6	247.8	232.6	131.3	
485	310.1	408.9	209.7	122.9	122.8	236.2	261.5	232.4	231.5	128.2	
490	305.6	409.2	210.6	122.7	123.6	238.9	261.2	229.4	227.5	127.5	
495	300.4	405.1	211.8	123.0	123.9	238.8	261.2	226.5	222.7	125.1	側立面角落融化至2m
500	298.3	404.8	212.7	121.6	123.1	244.7	261.1	222.8	214.2	123.6	
505	301.3	405.7	214.5	122.7	123.4	259.6	261.3	218.7	202.5	119.0	
1195	285.5	404.2	241.2	225.5	148.0	258.9	171.4	107.5	109.7	107.1	
1200	286.8	411.9	241.1	225.9	149.1	258.7	171.2	107.6	110.0	106.8	試驗結束

(資料來源：本研究整理)

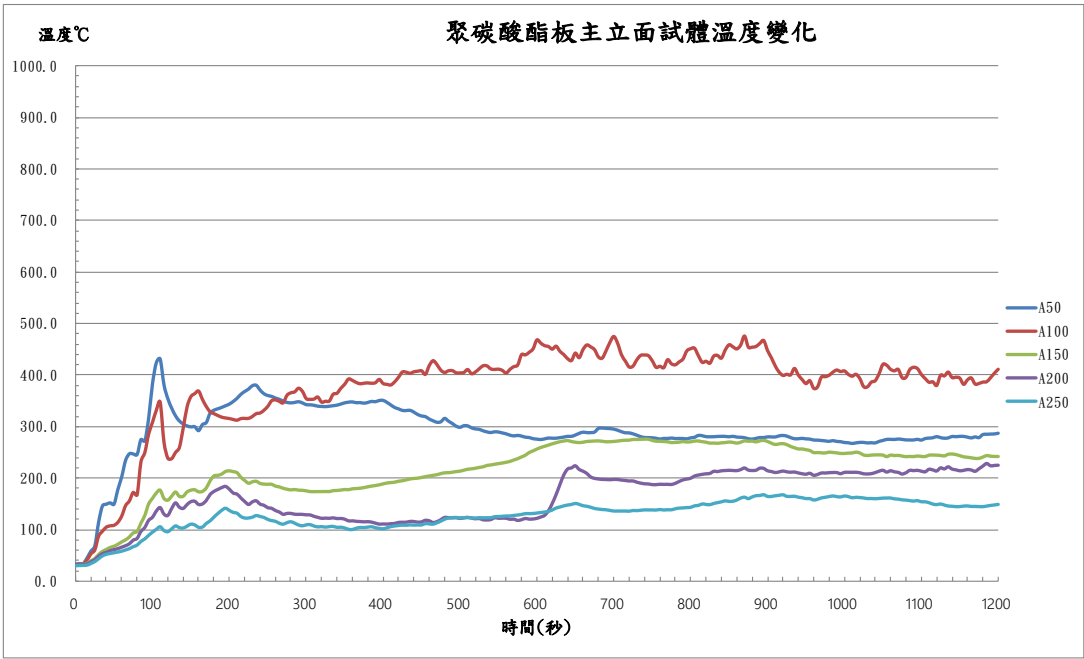


圖 3-20 聚碳酸酯板主立面試體溫度變化圖

(資料來源：本研究整理)

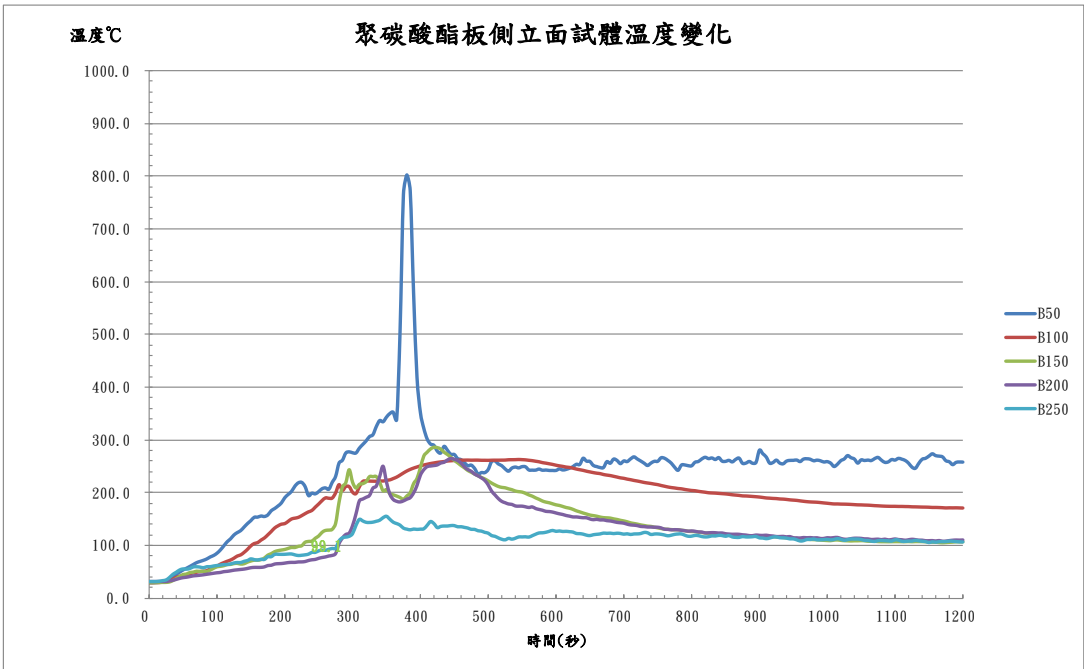


圖 3-21 聚碳酸酯板側立面試體溫度變化圖

(資料來源：本研究整理)

表 3-9 聚碳酸酯板熱通量結果表

	外牆飾板	備註
秒	W/cm^2	
0	0.2	
50	0.3	
100	0.5	
150	0.6	
200	0.7	
250	0.9	
300	1.1	
350	0.9	
400	0.9	
450	0.9	
500	1.2	
550	1.3	
600	1.2	
650	1.1	
700	1.2	
750	1.1	
800	1.2	
850	1.5	
900	1.1	
950	1.2	
1000	1.5	
1050	1.4	
1100	1.1	
1150	1.4	
1200	1.4	試驗結束

(資料來源：本研究整理)

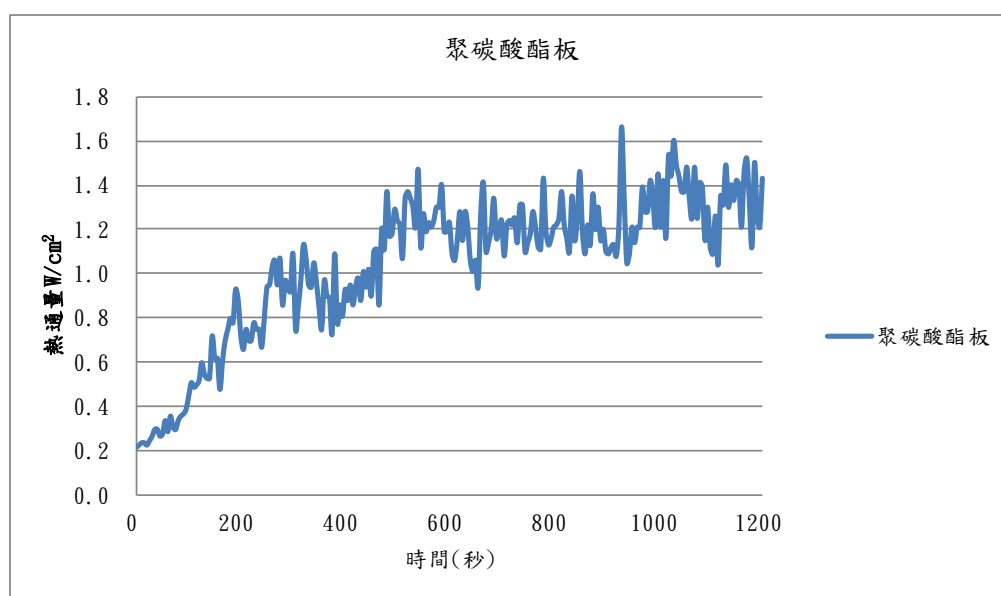


圖 3-22 聚碳酸酯板熱通量變化圖

(資料來源：本研究整理)

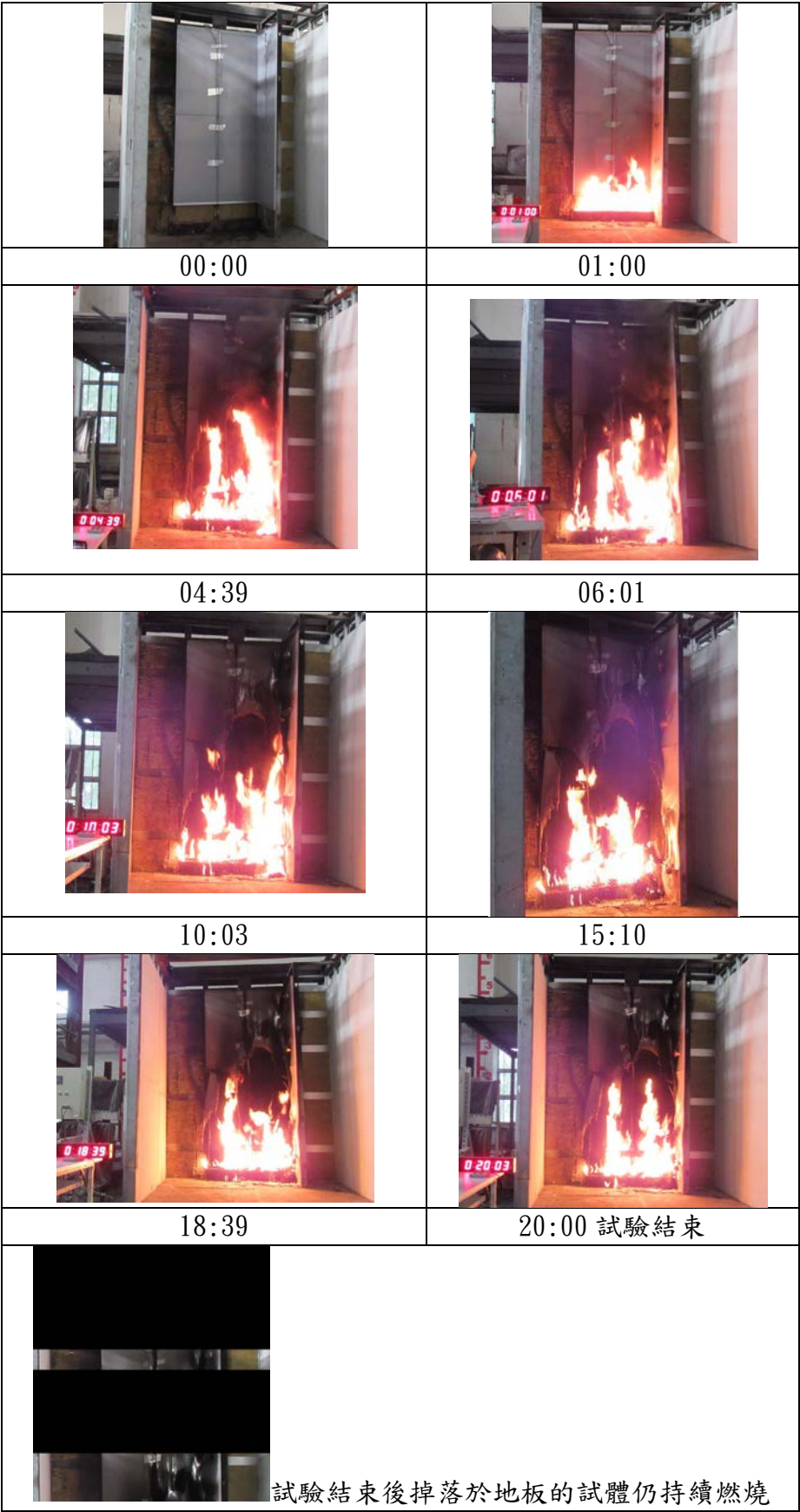


圖 3-23 聚碳酸酯板試驗歷程

(資料來源：本研究整理)

第四節 小結

- 一、CNS 14705-1 耐燃試驗結果為，聚胺酯發泡材（PU）符合耐燃一級判定，聚碳酸酯板不具耐燃性不屬耐燃等級之材料。
- 二、CNS 15213-1 中尺度試驗結果（表 4-1）：外牆飾板以密著式工法貼附於支撐背牆及支撐側牆上。
 1. 第一組試體組合為底材耐燃 1 級聚胺酯發泡材、面材是無耐燃等級聚碳酸酯板，四邊用不鏽鋼材封邊之外牆飾板。試驗於 2 分 30 秒時引燃，7 分 41 秒火焰延燒至頂端且全面燃燒，期間最高溫度為 967℃，主要為聚胺酯發泡材釋放可燃氣體，當被引燃後可燃氣持續釋放加上試體蓄積熱能的累加下，造成火焰快速延燒及大量燃燒，是為火災發生時屬高危險的外牆材料。
 2. 第二組試體為無耐燃等級之聚碳酸酯板，加熱試驗 1 分 25 秒後主立面試體開始融化並有物質滴落，此時 0.5m 處溫度約為 380℃，最終融化高度為 1.5m。側立面試體融化範圍皆發生在二試體的夾角處，是為受到輻射熱加乘效果的影響，最終融化高度 2m。試驗過程中除 370 秒至 390 秒時溫度超過 500℃，其餘時間各點溫度大都在 500℃ 以下。至加熱試驗結束皆未發生試體引燃，但受熱處會產生融化，最終試體形成 V 形缺口。

表 4-1 延燒試驗結果比較表

項目	面材：聚碳酸酯板 (非耐燃) 隔熱材：聚胺酯發泡材 (耐燃 1 級)	聚碳酸酯板 (非耐燃)
融化開始	1' 36"	1' 25"
引燃時間	2' 30"	無
融化高度	頂端 (7' 41")	正立面 1.5m (4' 5") 側立面 2m (8' 15")
延燒高度	頂端 (7' 41")	無
各點最高溫度 ℃	A50 : 906.8 , B50 : 827.2 A100 : 967.1 , B100 : 809.2 A150 : 900.2 , B150 : 844.7 A200 : 883.4 , B200 : 667.0 A250 : 815.5 , B250 : 660.9	A50 : 379.4 , B50 : 802.0 A100 : 476.4 , B100 : 262.7 A150 : 274.7 , B150 : 286.4 A200 : 225.9 , B200 : 264.3 A250 : 167.8 , B250 : 150.1

第四章 結論與建議

第一節 結論

一、由 1 級聚胺酯發泡材+非耐燃等級之聚碳酸酯板組合的外牆飾板試驗結果火焰延燒至最頂端，無耐燃等級之聚碳酸酯板僅於受熱處融化並未燃燒，二者相對而言，反而屬較為安全之外牆飾板。由本次試驗結果顯示耐燃與延燒試驗似乎未有顯著的關聯性，若比較二種試驗條件在試體尺寸、配置方式及熱源等有諸多差異(表 4-2)，是否能找出其關聯性需要更大量的試驗。

表 4-2 耐燃與延燒試驗比較表

項目	耐燃試驗	延燒試驗
試體尺寸 (cm)	10 × 10	主立面 120 × 240 側立面 60 × 240
引燃源	直徑 17.7 cm 電熱器提供 50 kW/m ² 熱通量	120×10×15 cm 之容器以丙烷提供 100kW 熱釋放率
組裝方式	水平配置	垂直配置
加熱方式	試體放置電熱器下方 2.5 cm	主立面試體下方明火燃燒

二、火災時雖起火點在高樓層，但極可能會因燃燒試體滴落而造成低樓層的外牆飾板引燃，此種試體若使用於建築物上將可能增加火災擴大的風險。

三、脫落的燃燒殘片於地面時仍持續燃燒或燃燒時間過久，則災害就會因其掉落範圍愈大火災的範圍也擴大，鄰棟建築物危險性也就相對增高，因此垮塌的區域的限制也應列入防火性能要求之中。

四、ISO 13785-1 中尺度試驗其試體要求繁瑣程度較小，使用此測試標準的結果應嚴謹對待，在升級為大尺寸試驗之前，可將其視為篩選測試工具。

五、本次中尺度延燒試驗皆模擬密著式工法，試體貼附於支撐背牆及支撐側牆上進行試驗，其火焰燃燒行為與外牆飾板跟背牆及側牆間留設空氣層之通氣層工法的試驗結果必有差異。

第二節 建議

建議一

立即可行建議：對不同板材-隔熱材料組合其耐燃性與延燒性其關連性值得持續探討。

主管機關：內政部建築研究所

協辦機關：

建築永續共生的需求日益受到重視，而外牆節能設計概念也已廣泛應用，隔熱材料、外牆系統在國內進行老舊建築外牆整建維護時，也已有多處案例採用以達到隔熱美觀的功能。若能對國內現有板材、隔熱材、黏結材、收邊方式及工法等組合以大量實驗得知其耐燃性與延燒性的關聯，作為評估系統防火性能的初步篩選，對於業界產品開發及提升我國建材品質將有很大助益。

建議二

中長期建議-目前國內針對外牆隔熱飾板防火性能的法規要求、試驗標準判定均仍有待研究探討。

主管機關：內政部建築研究所

協辦機關：

國內對於外牆本體上加裝的立面隔熱材之防火性，尚無明確規定其材料和系統的耐火與延燒試驗標準及防火要求。可參考 IBC、BS 等規定，建立各項性能判定規則對於外牆貼附材料、系統工法，持續針對材料的燃燒性能、防護層厚度、防火隔離帶、開口周邊防護、火焰蔓延、物件掉落熔滴等，以建立未來我國法

規管理要求之依據。

附錄一 期初、期中及期末會議紀錄回覆

一、期初審查會議紀錄與回應

審查意見	研究回應
1. 請先行調查目前國內建築物拉皮或外牆翻修案例，並就其使用之材料、構造型式進行整理分析，再衡酌選取有延燒可能之類型進行試驗及檢討，較能獲得具體資料以供研提建議或注意事項。 2. 若實務上外牆隔熱材無法全面使用不燃材料，可對其系統工法、間距及立面防火阻隔帶等提出改善建議，研究結果會更有價值。 3. 近年建築師因應綠能要求標準提高，普遍使用外牆隔熱設計，其延燒問題廣泛引起各界關心；國外對於外牆延燒管制，主要依據樓層高度就外牆材料耐燃性及中大尺度之構體延燒性測試加以限制，然各國實施方式差異甚大，且在此詳細規定下仍是火災案例不斷，建議就其差異及規定加以探討其可能原因。 4. 本研究將以實驗方式探討外牆上立面材料耐燃性(以小尺度耐燃試驗)與構體延燒性(以中尺度延燒試驗)之間的關連性，但前者為材料性質的反應、而後者是材料與構法之綜合反應，兩者難以等同，因此在論述時要特別清楚說明其條件及限制，以免外界誤用。 5. 目前 CNS 雖訂有延燒試驗標準，但未有判定基準，建議可透過本研究實驗及國外相關資料比對分析，作為我國外牆上非承重立面防火性能基準參考。 6. 綜整以上意見擬修正研究課題為：「外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒關聯性研究」，以利聚焦研究主題。	1. 將選用國內已實際應用於建築物外牆隔熱系統進行試驗比對。 2. 本案係先對國內本土材料其防火性進行試驗，有關建築物間距、高度及隔離帶等火災風險評估，於未來相關研究進行。 3. 材料耐燃性與構造延燒性其試體條件及試驗結果之差異性，將陳述於報告書中。 4. 將收集國外中尺度延燒試驗判定相關基準，以作為我國外牆上非承重立面防火性能基準參考。 5. 研究課題修正為：「外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒關聯性研究」。

二、期中審查會議紀錄與回應

審查委員	審查意見	研究回應
蔡教授匡忠	建議補充 CNS 15213-1 之測試基準。	已依委員意見補充於附錄。
	未來建議考量懸空型掛牆實驗，並探討其火災風險。	因限於經費，本研究外牆立面之防火試驗以密著式工法為主，委員建議評估考慮於後續研究進行。
蘇建築師鴻奇	研究案執行符合預定進度。	謝謝指教。
	中尺度延燒試驗依 CNS 15213-1 要求，僅紀錄火焰延燒長度及量測熱通量，而圓錐量熱儀試驗其主要結果為熱釋放，若要得知二者試驗結果的關聯性，建議進行中尺度試驗時，可將設備放置於防火實驗中心 10MW 量熱儀或利用 ICAL 設備下進行，如此便可增加量測熱釋放以利結果分析比對。	為尋求圓錐量熱儀及中尺度試驗結果有更多數據關連性，中尺度試驗時將依實驗場地配置及 10MW 設備狀態，搭配進行增加熱釋放量測。
	本案研究目的係探討耐燃與延燒關係，兩者間之連接關鍵因素是熱釋放率？還是有其他因素，目前限於經費僅進行 2 組試驗，建議宜再檢檢相關參數，才能精準獲得分析數據。	期望能於小尺度試驗結果之熱釋放率值找出其材料是否會延燒之關聯性，以作為防火性能之初步判定。
	建議期末報告將期初、期中審查紀錄與回應列入。	已依委員意見補充於附錄。
郭教授詩毅	研究符合預期成果需求。	謝謝指教。
	中尺度試驗設備在試驗前的準備工作宜先作規劃及操作熟練，減少可能的失誤及耗時，試驗終止條件及時機的掌握。	為避免因火勢過大造成設備損害或實驗數據未收集完整，量測元件作更妥適處理。

張建築師尚文	研究外牆隔熱綠建材的防火性能，是目前法規漏洞，相當值得研究。	謝謝指教。
	小尺寸及大尺寸實驗，建議考慮由延燒度（單位時間延燒距離、炭燒面積）嘗試尋找關連性。	謝謝指教。
	倘若能發現大、小尺寸防火特性之關連性，將是相當大的貢獻。	謝謝指教。
社團法人台灣防火材料協會 陳消防設備師佳暉	本次使用的中尺度試驗方法 CNS 15213-1（ISO 13785-1）屬歐洲系統，若考慮美國市場應是使用 NFPA 285，其火源設計於試驗屋內、外各有 1 支，更能模擬室內火災蔓延至外牆的情景。	因限於經費，本研究防火試驗依據國家已訂定之 CNS 15213-1 中尺度進行試驗，委員建議評估考慮於後續研究進行。
中華民國全國建築師公會 張建築師力文	建築技術規則對建築物綠建材使用面積有相關規定，但外牆隔熱飾板此種節能材料卻還未有防火要求規範，本課題相當重要。	謝謝指教。
	以建築師設計及監造觀點，若能於產品性能規格端要求把關，則能提供防火安全材料使用，且實驗中心又能增加驗證收入，樂觀其成。	謝謝指教。
蔡組長綽芳	簡報資料內國外文獻請標示出處。	已依委員意見補充。
	本研究目的在於能以小尺寸試驗結果擴展推測至中大尺度試驗結果，以作為材料防火性能初步篩選，但其應用的範圍及限制（例：屬通氣層工法或密著工法）於報告書內要嚴謹說明清楚。	研究範疇、結果應用限制將於報告書內清楚敘述。

三、期末審查會議紀錄與回應

審查委員	審查意見	研究回應
林教授大惠	研究內容探討聚胺酯發泡材及聚碳酸酯板的耐燃特性（圓錐量熱儀）和延燒特性（中尺度試驗），兩種試驗法呈現有相異的防火性能，其因可能來自試體本身融化特性，可以深入分析外牆飾板材料的融化對火焰延燒的影響。	
	研究成果具體呈現外牆飾板的耐燃與延燒特性，符合預期目標。	
	未來可進行有通氣層工法（雙面延燒）情形下外牆飾板的延燒行為。	因限於經費本年度外牆立面之防火試驗以密著式工法為主，通氣層工法將納入未來研究進行之參考
蘇建築師鴻奇	本研究 CNS 15213-1 中尺度實驗係採密著式工法，另一種通氣層工法是否可以適用本案實驗成果?建議加以論述分析。	本次中尺度延燒試驗皆模擬密著式工法，試體貼附於支撐背牆及支撐側牆上進行試驗，其火焰燃燒行為與外牆飾板跟背牆及側牆間留設空氣層之通氣層工法的試驗結果必有差異，報告書中將會說明清楚其應用的範圍及限制。
	中尺度實驗第一組試體底材為耐燃一級性能之聚胺酯發泡材質，其實驗結果卻遜於第二組為無耐燃等級之聚碳酸酯板試體，建議論述說明。	中尺度實驗含有耐燃一級性能之聚胺酯發泡材質，其防火性能卻較第二組無耐燃等級之聚碳酸酯板更具危險性，原因可能為聚胺酯發泡材會釋放可燃氣體，當被引燃後可燃

		氣持續釋放加上試體蓄積熱能的累加下,造成火焰快速延燒及全面燃燒。
郭教授詩毅	後續研究課程留意研究成果的持續累積，二、三年後會有較顯著的結果。	
	結論的章節參考前述研究目的與研究成果等章節內容，比較容易聚焦，此寫論文的方式，較像分析的小結。	結論的撰寫將依研究目的與研究成果等章節內容作修正，以利聚焦。
	結論中的部分結論說明，結論並不確定，可列入”建議”章節中。未來可提供業界產品人員作為建材研發階段之實驗需求	
中華民國全國建築師公會 蔡建築師 孟哲	外牆隔熱材對外殼節能有很大幫助，但耐燃性有疑慮，此研究對業界在設計使用上有參考價值。	
	對於部分外牆隔熱材料實驗結果與原預想的耐燃等級不同，其原因為何值得進一步探討。	

附錄二 CNS 15213-1

ICS 13.220.50; 91.060.10

- 1 -

中華民國國家標準		建築物外牆立面防火試驗法 －中尺度試驗	總號	15213-1
CNS			類號	A3411-1
Reaction to fire tests for facades – Intermediate scale test				
1. 適用範圍				
本標準規定貼附於建築物外牆上中尺度非承重立面之防火試驗方法。				
備考：本試驗法分大、中尺度試驗法，大尺度試驗法另詳 CNS 15213-2〔建築物外牆立面防火試驗法－大尺度試驗〕。				
2. 用語釋義				
外牆立面(facade)：貼附在既存外牆或框架上之非承重立面。				
3. 試驗原理				
本標準以火焰直接加熱由 90°內牆角所構成之中尺度外牆立面表面，評估其火焰延燒行為。				
4. 試驗設備				
4.1 整體架構				
包含試體支撐架及引燃源，如圖 1 所示。				
4.2 試體支撐架				
4.2.1 試體支撐架由四面高度 2.8 m 牆面構成，如圖 1 所示，支撐背牆應與兩面支撐側牆及支撐邊牆相互垂直，主立面試體應貼附於支撐背牆中間，側立面試體應貼附於支撐邊牆上。				
4.2.2 支撐背牆應由兩層寬度 2.4 m、厚度 100 mm、密度 100 kg/m ³ 之岩棉板構成。兩側之支撐側牆應由寬度 2.4 m、厚度 12 mm、密度(700±200)kg/m ³ 之不燃板構成，底部應緊貼地面且不可存有縫隙。另支撐邊牆應由寬度 0.6 m、厚度 12 mm、密度(700±200)kg/m ³ 之不燃板構成。				
4.2.3 試體上緣應切齊試體支撐架上緣，試體底部距地板面之距離應為 0.4 m。				
4.3 引燃源				
4.3.1 引燃源為 1.2 m×0.1 m×0.15 m(長×寬×高)之槽狀容器，其內填滿不燃之細材質(例如：砂)，使燃料能均勻由孔隙逸出。				
4.3.2 引燃源應置於主立面試體下地板處，背部應貼附於支撐背牆。				
4.3.3 引燃源之燃料為純度 95%以上之丙烷，流量之準確度為±3%。				
4.3.4 引燃源熱釋放率應為(100±5)kW，熱釋放率計算方式為流量與燃燒熱(46.4 kJ/g)之乘積。				
5. 試體				
5.1 試體結構及材料應與實際使用狀態一致，例如：接合部、固定部等。				
5.2 試體包含主立面及側立面兩區域，尺度分別 1.2 m×2.4 m(寬×高)及 0.6 m×2.4 m				
確認日期：105 年 6 月				
(共 4 頁)				
公 布 日 期 97 年 9 月 11 日		經濟部標準檢驗局印行		修 訂 公 布 日 期 年 月 日

印行年月 97 年 9 月

本標準非經本局同意不得翻印

(寬×高)，接合部及固定部應與最終使用狀態一致，主立面試體應另包含一位於中央高度之水平接合部及位於中心線之垂直接合部。試體底部得裝置不影響其表面材料量測之保護層。

6. 量測儀器

6.1 熱電偶

6.1.1 試體表面應個別安裝 5 支熱電偶於垂直中心線上，如圖 2 所示，從底部起算高度分別為 0.5 m、1.0 m、1.5 m、2.0 m 及 2.4 m 處。

6.1.2 若試體內部存有空隙時，在試體空隙處距試體底部高度分別為 1.2 m 及 2.3 m 位置內安裝兩支熱電偶量測內部溫度。

6.1.3 熱電偶應具可量測溫度 10 °C ~ 800 °C 以上溫度之性能。

6.2 熱通量計

6.2.1 熱通量計須能量測 0 kW/m² ~ 50 kW/m² 以上之熱通量，其接收表面圓直徑約 25 mm，且以水冷方式冷卻。

6.2.2 熱通量計安裝位置如圖 1 所示，置於尺度 200 mm×200 mm，最小厚度 25 mm 不燃板垂直中心線上之 25 mm 直徑圓孔內，圓孔中心距不燃板底部 30 mm。

7. 其他設備

7.1 資料擷取器

應能從量測儀器記錄及儲存資料，擷取間隔不得超過 10 秒。

7.2 計時器

具 1 秒之刻度。

8. 試驗環境

8.1 試體從安裝至試驗，溫度須維持(25±15)°C。

8.2 環境風速不得超過 0.5 m/s。

9. 試驗程序

9.1 試體表面自底部每隔 0.5 m 處畫上明顯記號，以便觀察試體表面火焰延燒情形。

9.2 將引燃源、熱電偶及熱通量計安裝於指定位置。

9.3 引燃源引燃前兩分鐘，開啟所有紀錄設備及量測儀器。

9.4 引燃源引燃後，其熱輸出功率須於 10 秒內達 100 kW。

9.5 試驗中利用相機或影像紀錄器記錄之，計時器應出現於所有照片中。

9.6 試驗期間，記錄以下觀察及發生時間：

9.6.1 試體引燃。

9.6.2 火焰頂端平均位置達試體高度 0.5 m、1.0 m、1.5 m、2.0 m 及 2.4 m 處。

9.6.3 火焰從試體背部竄出。

9.7 記錄任何不正常行為。

9.8 當試體上緣布滿火焰或試驗時間經 30 分鐘後，試驗終了。

9.9 熄滅引燃源。

10. 結果紀錄

10.1 試體防火性能由觀察結果及紀錄數據判定之，總熱通量及溫度以每一分鐘之平

均值表示。

10.2 安裝於試體內空隙處之熱電偶，應提供試體內層及空隙之火焰延燒資訊。

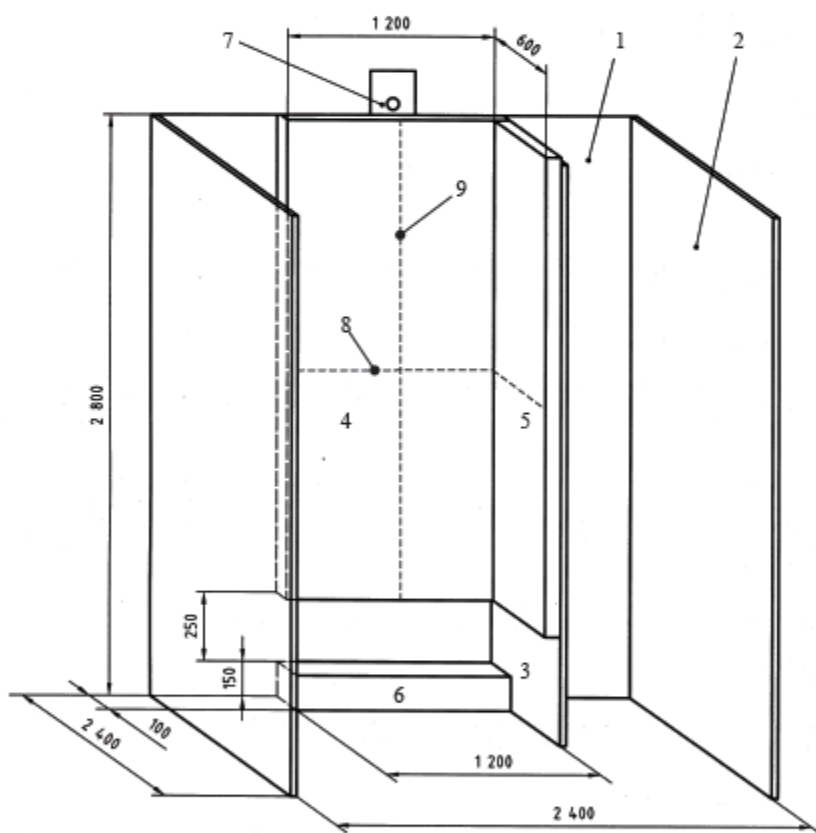
11. 試驗報告

試驗報告須包含下列事項。

- (1) 試體之陳述，包括設計圖、安裝結構、所含物質詳細說明、結合部及固定部詳細資訊。
- (2) 試驗結果，包括熱通量時間歷程圖、熱電偶溫度時間歷程圖、最大熱通量值、描述火災發展情形(相片)及試驗過程中所觀察之現象。

圖 1 試驗設備示意圖

單位：mm



圖例：

1. 支撐背牆
2. 支撐側牆
3. 支撐邊牆
4. 主立面試體
5. 側立面試體
6. 引燃源：1.2 m 長、0.1 m 寬、0.15 m 高

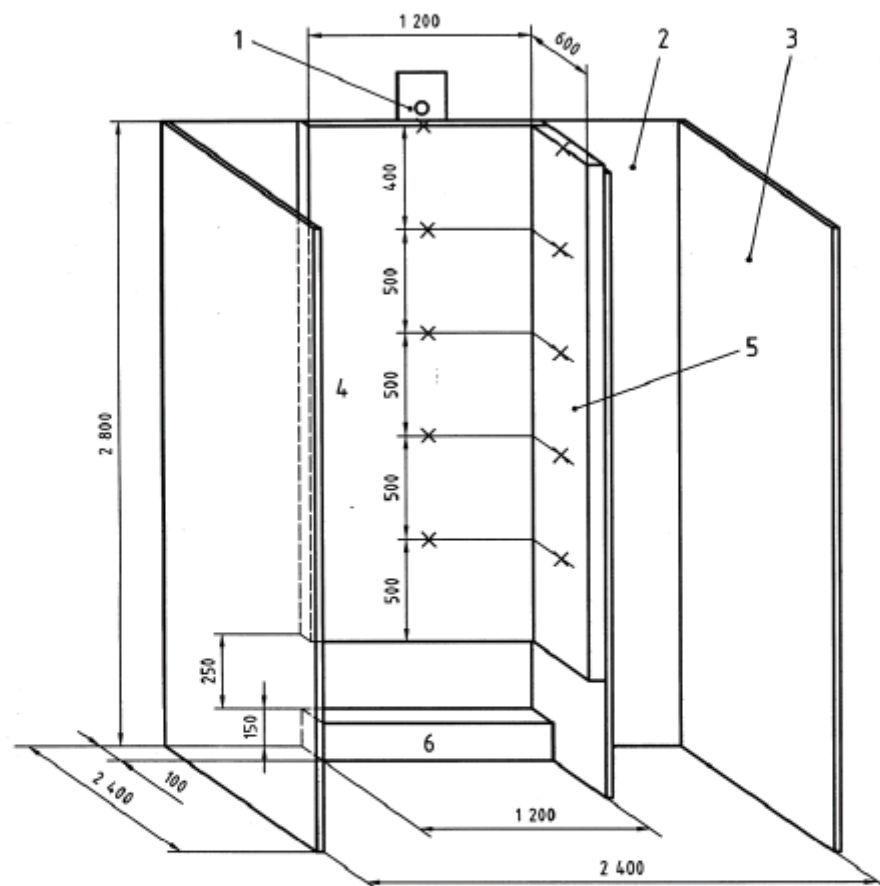
CNS 15213-1, A 3411-1

— 4 —

- 7.熱通量計位置
8.水平接合部
9.垂直接合部

圖 2 量測位置示意圖

單位：mm



圖例：

- 1.熱通量計位置
- 2.支撐背牆
- 3.支撐側牆
- 4.主立面試體
- 5.側立面試體
- 6.引燃源：1.2 m 長、0.1 m 寬、0.15 m 高
× 熱電偶位置

引用標準：CNS 15213-2 建築物外牆立面防火試驗法—大尺度試驗

附錄三 量測紀錄

一、外牆隔熱飾板熱電偶溫度時間表

	A50	A100	A150	A200	A250	B50	B100	B150	B200	B250	試驗現象
秒	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	
0	30.1	29.6	29.3	29.3	28.8	28.9	28.9	28.9	29.8	29.3	
5	30.1	29.6	29.3	29.3	28.8	28.9	28.9	28.9	29.8	29.3	
10	65.9	39.4	31.8	30.5	29.6	30.5	30.1	30.2	30.6	30.5	
15	151.8	78.7	60.4	48.5	44.1	33.0	33.2	32.9	35.4	38.0	
20	137.6	74.9	58.6	47.5	42.6	33.4	33.3	32.9	35.6	38.1	
25	130.0	72.8	57.6	46.9	41.7	33.5	33.5	33.2	36.3	38.5	
30	124.4	71.1	56.9	47.1	41.7	34.1	33.8	33.5	36.4	38.5	
35	120.5	70.2	57.0	47.2	41.7	34.4	33.8	33.5	36.5	38.4	
40	231.7	99.3	75.4	60.4	52.9	37.2	35.2	35.0	38.2	40.7	
45	315.8	121.8	92.3	72.4	61.4	39.8	37.3	36.8	40.4	42.6	
50	386.2	143.3	106.9	82.6	69.0	42.9	39.8	38.8	42.4	46.7	
55	392.1	152.3	113.6	87.3	72.0	46.9	43.0	41.5	45.9	50.0	
60	394.6	157.6	116.2	88.8	74.0	51.1	46.7	43.5	46.9	52.1	
65	403.6	167.4	123.3	93.0	76.6	54.4	48.5	45.2	49.4	54.5	
70	377.6	181.9	132.9	101.3	82.7	58.7	49.9	47.3	53.6	57.9	
75	356.3	192.8	141.0	104.9	85.1	63.4	52.3	48.3	54.7	59.5	
80	329.2	192.8	147.8	109.9	89.4	66.6	54.4	50.8	56.4	60.9	
85	309.3	204.9	159.7	118.2	93.8	69.2	56.5	51.7	57.1	61.3	
90	294.6	213.9	164.8	119.1	95.6	72.7	57.6	52.5	57.6	61.8	
95	282.3	211.8	167.7	121.6	97.3	75.7	58.2	52.7	57.6	61.2	面飾材融化
100	278.8	219.2	173.3	122.4	99.0	79.3	59.8	54.1	58.2	60.3	
105	282.4	223.3	173.9	121.3	98.0	82.6	62.2	55.9	59.4	60.7	
110	286.2	226.4	175.2	123.9	102.1	86.3	64.9	58.0	60.0	60.7	
115	286.6	228.6	176.2	123.2	102.1	91.2	66.1	58.9	61.4	61.8	
120	302.1	226.7	172.2	121.9	102.1	94.5	67.5	60.5	63.0	62.8	
125	317.3	230.6	169.9	120.2	101.1	96.5	70.2	61.6	64.1	64.4	
130	316.6	248.0	173.4	123.9	103.8	99.6	71.9	62.7	64.5	65.1	
135	315.1	260.5	178.1	127.1	106.1	103.4	74.2	64.0	65.1	66.2	面飾材融化至0.5m
140	308.0	260.1	179.2	126.8	104.6	106.2	77.2	64.5	65.1	65.5	
145	302.0	254.4	179.6	129.8	106.6	109.8	79.5	65.7	65.9	65.1	
150	302.1	262.5	185.8	131.0	109.2	113.5	81.9	66.1	65.4	64.0	隔熱材延燒至0.5m
155	289.4	251.6	177.6	126.1	103.4	115.4	83.2	66.4	65.6	63.9	
160	284.6	244.7	173.9	124.6	101.9	117.7	83.5	67.3	65.7	64.9	
165	277.4	234.5	169.0	122.8	100.0	121.4	85.9	69.0	66.3	65.5	
170	302.3	231.2	172.1	125.1	101.9	125.1	87.6	69.2	66.4	66.1	
175	360.4	229.4	177.6	129.3	104.9	128.0	88.3	69.1	65.4	63.9	面飾材融化至1m
180	412.8	236.0	185.0	133.9	108.9	130.4	88.6	68.9	64.7	62.8	
185	451.4	232.6	190.0	136.8	111.2	131.7	88.9	68.9	64.6	62.4	
190	563.8	238.6	192.2	138.3	110.2	132.4	87.5	69.6	64.4	62.4	
195	627.4	244.3	198.3	141.6	111.6	135.5	89.1	70.0	64.9	61.9	
200	673.5	245.0	197.0	140.6	110.5	137.6	89.9	70.2	65.7	62.5	
205	685.0	246.9	198.3	139.6	109.3	138.6	90.3	70.5	65.9	62.7	
210	682.7	245.1	200.0	143.2	113.0	140.2	90.6	70.6	66.0	64.0	
215	683.2	252.2	203.7	149.4	117.5	140.8	91.5	71.1	66.3	64.1	
220	658.7	258.9	215.0	158.6	124.0	140.7	92.5	71.3	66.1	63.5	
225	618.8	290.2	221.1	160.4	124.0	135.7	92.1	71.1	65.4	62.9	
230	616.7	268.2	230.4	164.7	127.5	131.3	91.9	71.1	65.2	62.3	
235	651.4	243.8	237.2	170.5	133.6	127.5	91.5	70.8	64.6	61.7	
240	694.0	222.5	233.8	169.3	131.7	124.5	91.0	70.5	64.6	62.1	
245	693.0	208.6	232.9	169.5	130.6	121.0	91.7	70.5	64.0	61.6	
250	715.9	197.8	235.7	170.5	129.6	118.6	91.7	70.3	63.8	61.1	
255	711.9	189.6	238.3	170.9	129.4	117.1	91.9	70.5	63.6	61.1	
260	703.3	184.3	239.3	174.4	131.7	116.3	92.3	70.8	62.8	60.4	
265	716.1	185.8	240.3	176.3	132.7	116.1	93.3	71.6	62.5	59.1	
270	669.8	189.0	247.1	176.2	133.0	113.8	93.6	72.4	63.1	59.1	
275	672.6	188.5	251.6	179.5	133.7	113.9	94.2	73.2	62.9	59.5	
280	685.4	186.6	255.8	179.4	131.1	113.5	94.4	73.6	63.9	59.7	
285	692.1	184.0	256.5	181.4	131.9	114.1	95.7	74.5	64.3	60.3	
290	660.7	186.0	259.7	181.9	131.3	114.5	97.0	76.3	65.5	62.4	
295	666.8	191.1	266.8	180.1	126.8	115.3	98.1	77.9	68.1	66.6	
300	646.8	192.6	275.9	184.0	128.4	116.5	100.0	80.0	70.2	68.3	
305	637.1	194.7	282.2	186.0	127.9	118.7	101.8	82.1	72.4	70.0	隔熱材延燒至1m
310	618.1	202.8	271.0	180.4	123.4	122.0	103.0	85.6	73.8	70.8	
315	591.8	210.3	269.5	178.2	121.2	123.8	104.5	87.3	76.2	72.2	
320	604.9	217.0	263.2	173.6	118.5	126.3	107.2	89.6	78.9	74.6	
325	612.7	219.8	255.8	170.5	116.4	130.4	109.1	93.2	81.4	76.1	
330	615.1	228.1	250.7	167.7	114.7	134.1	110.4	95.5	83.9	79.7	
335	616.4	234.8	249.4	168.2	114.7	137.4	111.9	99.7	89.2	84.1	
340	623.8	244.7	251.6	169.8	117.2	139.7	112.8	101.5	91.0	85.6	
345	625.0	251.6	246.8	167.6	115.8	142.6	114.2	105.2	95.2	89.4	
350	644.6	249.2	242.4	164.0	113.9	146.8	116.8	108.8	100.6	96.3	

外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒關聯性研究

	A50	A100	A150	A200	A250	B50	B100	B150	B200	B250	試驗現象
秒	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	
355	651.1	248.8	270.8	168.3	116.3	149.4	117.1	109.3	101.6	96.1	
360	683.0	256.7	311.0	179.4	120.9	158.2	121.7	117.4	109.6	103.0	
365	671.7	272.5	352.3	195.8	127.9	166.5	126.5	122.2	113.0	106.3	
370	581.5	294.3	349.4	195.0	127.4	174.4	129.6	125.2	117.4	109.6	融化及火焰延燒至1.5m
375	493.6	308.7	392.2	204.9	130.7	180.0	133.5	129.1	117.6	110.1	
380	433.0	332.2	439.7	213.7	133.2	183.0	135.1	131.3	117.6	109.3	
385	485.8	361.4	462.8	218.7	135.7	185.2	137.0	132.1	117.4	106.4	
390	512.6	388.2	481.5	220.1	136.3	187.2	136.9	134.3	118.8	106.0	
395	574.2	406.3	512.0	224.4	140.0	188.4	136.8	134.1	118.7	104.4	
400	635.0	414.4	561.1	236.5	145.2	191.1	137.2	132.9	119.0	105.2	
405	634.5	430.6	572.8	244.8	150.7	197.4	137.8	132.5	119.1	106.2	
410	688.6	433.8	563.1	257.4	160.3	211.1	141.4	136.1	123.8	110.6	
415	687.6	444.7	530.6	262.2	164.5	213.9	142.3	135.5	121.6	109.2	
420	679.9	435.7	496.9	254.3	162.0	231.7	201.9	149.3	127.2	115.3	融化及火焰延燒至2m
425	671.2	414.1	489.3	245.2	158.0	239.7	239.1	167.2	133.9	119.9	
430	641.0	409.4	497.3	241.1	157.5	250.8	266.5	183.6	133.8	116.8	
435	662.5	407.8	543.7	252.4	161.4	267.3	263.2	179.3	132.9	114.7	
440	660.3	396.2	581.5	264.6	167.3	287.9	248.7	171.9	131.3	113.6	
445	682.3	391.1	630.8	282.8	169.8	299.1	240.2	169.2	129.6	111.3	
450	646.8	380.6	644.9	300.0	174.7	312.8	229.3	168.3	129.7	111.8	
455	710.1	366.6	682.3	329.8	185.7	322.9	220.7	169.0	132.0	111.8	
460	715.6	370.0	721.7	335.5	194.7	327.2	212.3	168.5	131.7	111.6	火焰延燒至頂端
465	721.5	380.5	715.3	338.5	201.4	328.9	208.7	177.6	142.6	120.9	
470	711.5	389.4	723.8	341.1	209.4	330.1	212.3	181.9	144.0	122.9	
475	684.5	400.6	752.9	354.2	221.1	331.7	212.9	185.3	145.2	124.0	
480	674.0	438.6	772.8	368.6	229.8	333.3	221.4	186.2	147.3	126.8	
485	708.3	532.0	788.8	412.2	249.8	334.7	235.7	200.0	153.0	134.5	
490	765.7	663.2	806.3	452.8	264.9	337.2	243.5	223.5	162.1	141.7	
495	808.2	774.4	826.3	474.8	285.6	339.6	252.2	273.5	169.8	145.8	
500	799.3	790.8	831.6	519.3	309.8	337.6	263.0	332.0	178.4	146.0	
505	772.7	769.0	830.3	554.7	341.9	333.1	274.9	347.5	192.7	157.6	
510	735.4	707.8	810.6	544.4	358.0	329.8	289.8	354.1	208.8	165.9	
515	701.3	645.2	789.9	516.7	401.0	330.9	308.0	353.3	220.5	172.3	
520	674.0	590.4	791.5	490.2	453.2	337.5	320.6	349.5	226.8	179.0	全面燃燒間引燃器
525	676.2	584.7	735.9	472.6	526.8	347.7	330.1	344.0	241.7	196.1	
530	696.3	597.6	656.8	499.4	564.2	357.2	341.3	344.0	251.8	229.7	
535	719.3	625.2	720.9	561.1	577.8	368.8	353.9	350.3	260.4	251.3	
540	751.9	694.3	854.2	617.0	593.7	380.4	362.0	384.8	292.4	262.2	
545	775.8	795.2	889.1	701.3	623.9	395.1	389.6	472.3	376.4	290.8	
550	817.1	898.7	900.2	762.4	656.8	487.5	424.3	604.3	486.5	342.6	
555	895.2	967.1	888.6	803.9	701.9	656.5	526.8	724.1	615.4	414.6	
560	906.8	917.9	871.3	832.2	729.9	750.1	613.0	779.4	667.0	496.0	
565	899.4	892.3	857.2	833.7	741.4	790.9	676.8	795.6	620.8	569.2	
570	894.4	882.9	870.6	870.9	747.4	814.8	733.6	806.3	582.6	616.0	
575	883.8	869.5	872.6	883.4	747.0	827.0	787.6	804.0	565.4	638.1	
580	851.3	838.0	868.6	876.8	757.0	827.2	807.8	806.2	552.4	660.9	
585	812.5	809.5	856.0	859.7	770.3	810.4	803.3	789.8	540.7	654.4	
590	777.7	794.5	832.9	848.8	771.9	798.7	799.8	791.3	541.5	645.4	試體掉落
595	781.0	836.6	828.7	869.5	762.5	799.2	802.5	811.0	559.8	637.6	
600	743.0	772.9	733.9	805.7	727.9	803.7	809.2	830.4	567.6	622.0	
605	693.0	712.5	648.7	749.7	705.2	803.7	804.6	838.1	548.2	631.2	
610	642.6	666.1	575.4	708.6	690.5	796.3	798.6	844.7	529.0	630.6	
615	591.7	617.0	509.3	674.6	679.4	788.2	792.1	836.9	500.3	621.0	
620	538.1	565.9	450.8	650.4	674.9	778.9	783.3	832.5	471.6	572.1	
625	485.2	515.8	412.8	636.6	682.8	768.8	773.7	827.9	441.3	516.1	
630	449.3	473.9	400.1	612.3	684.5	751.5	753.1	795.0	424.4	471.4	
635	412.7	442.1	388.0	585.2	690.3	733.2	728.9	751.6	406.4	436.1	
640	385.1	422.3	386.3	557.9	707.3	717.0	704.2	711.1	391.7	415.0	
645	361.2	411.9	387.7	523.2	722.2	690.9	675.2	668.1	371.9	387.8	
650	339.4	403.8	392.8	483.6	744.1	663.1	640.6	623.2	350.7	362.0	
655	320.4	398.8	411.9	450.9	793.2	632.2	602.1	579.9	331.8	341.0	
660	312.5	395.3	411.9	418.8	815.5	595.6	561.3	540.6	316.9	325.0	
665	301.2	390.0	376.7	380.0	798.4	560.2	519.8	506.5	304.2	314.9	
670	289.0	369.7	342.8	349.7	782.8	526.3	484.7	478.9	291.3	307.2	
675	278.7	342.2	308.5	322.4	767.8	490.7	447.8	441.9	273.3	296.9	
680	269.0	320.6	280.1	299.2	753.6	459.3	414.9	409.5	259.6	288.4	
685	262.3	308.8	253.8	283.4	738.4	433.7	385.3	374.6	242.5	277.8	
690	254.8	297.8	232.0	271.9	725.3	412.8	359.0	347.2	231.9	268.4	
695	247.2	289.8	218.1	265.5	705.3	393.9	337.2	323.9	224.4	258.6	
700	238.4	285.3	205.6	253.9	680.3	377.8	316.7	305.5	217.9	250.6	

附錄三 量測紀錄

	A50	A100	A150	A200	A250	B50	B100	B150	B200	B250	試驗現象
秒	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	
705	237.0	281.8	196.6	241.7	663.3	362.2	298.8	289.6	213.4	243.1	
710	231.6	274.9	188.6	230.0	659.2	347.8	283.0	277.9	207.0	236.6	
715	227.4	270.8	186.3	221.7	647.1	334.1	269.8	268.0	200.2	228.7	
720	224.8	265.6	184.1	214.6	638.2	322.2	259.0	261.6	199.9	229.6	
725	220.5	262.1	186.0	211.4	629.6	311.2	249.5	259.3	197.0	226.2	
730	215.1	258.4	183.4	207.0	607.6	301.7	241.7	261.6	200.8	223.8	
735	210.2	253.6	179.1	203.1	572.0	292.7	235.7	264.3	198.7	221.1	
740	204.5	248.4	176.5	200.1	543.1	284.3	229.9	267.2	197.8	217.0	
745	198.9	243.7	175.7	196.2	522.5	276.5	224.9	265.8	199.2	213.9	
750	192.6	238.9	173.2	194.4	501.5	269.6	220.3	269.9	200.2	215.0	
755	183.7	234.9	169.5	192.0	480.0	263.5	215.9	274.1	200.3	212.4	
760	176.1	230.8	167.1	187.5	459.1	258.1	212.1	284.0	200.3	209.4	
765	172.3	225.4	165.6	184.0	433.6	252.9	208.4	283.7	200.9	208.1	
770	167.0	221.5	162.6	180.4	412.9	247.8	204.8	279.5	196.2	205.5	
775	162.1	215.2	160.0	177.7	390.8	243.2	200.6	275.1	191.4	205.3	
780	158.3	210.2	156.3	175.7	367.6	238.7	196.4	269.1	191.5	201.2	
785	154.4	205.5	154.5	173.6	341.7	234.0	192.6	265.9	189.6	196.8	
790	152.6	201.6	153.4	170.5	323.9	229.6	189.2	266.1	186.0	193.5	
795	151.3	197.5	150.0	169.2	309.9	225.8	185.8	266.3	182.2	190.3	
800	149.0	194.9	150.3	168.4	300.1	221.8	181.9	259.3	178.4	187.5	
805	146.3	191.9	148.1	167.6	292.2	218.0	177.4	253.3	174.6	187.6	
810	145.3	189.0	144.4	164.9	286.2	214.6	173.3	248.2	171.4	185.8	
815	143.2	186.2	141.1	163.4	279.5	211.5	169.7	242.2	169.2	185.5	
820	141.2	183.1	140.2	161.1	273.7	208.0	165.9	237.9	165.3	179.2	
825	137.7	180.7	137.0	159.7	269.4	204.6	162.2	232.6	160.2	177.6	
830	137.5	178.0	134.6	158.1	264.3	201.5	158.4	228.5	156.1	174.7	
835	135.0	175.9	134.9	158.2	262.5	198.6	155.5	223.5	152.9	171.3	
840	134.0	173.3	133.7	157.0	258.5	195.3	152.3	220.1	149.9	168.7	
845	134.9	170.2	131.6	154.5	253.7	191.9	149.5	213.6	146.7	164.5	
850	134.0	167.4	128.9	152.6	250.1	189.6	146.7	210.1	147.0	162.4	
855	131.8	164.9	127.5	150.4	245.6	186.8	143.8	206.7	143.5	163.5	
860	129.4	162.4	125.4	149.3	242.6	184.1	141.3	201.0	141.7	162.8	
865	126.9	160.0	121.8	147.3	239.4	181.5	139.2	196.2	138.8	161.6	
870	122.7	157.8	120.9	144.6	236.0	179.5	137.0	192.0	135.8	157.6	
875	120.6	155.8	121.7	143.5	232.6	177.5	134.9	189.3	133.3	156.3	
880	118.6	153.8	119.1	143.1	229.6	175.3	133.3	186.1	131.4	154.3	
885	115.4	152.1	117.1	141.8	225.6	173.1	131.7	182.4	129.2	152.1	
890	114.2	150.4	116.1	140.0	222.1	171.0	130.4	181.3	127.2	149.6	
895	111.1	148.4	114.6	138.9	218.0	169.0	129.2	179.2	124.7	147.6	
900	108.6	147.4	113.4	137.5	214.5	166.7	127.4	175.0	121.4	145.5	
905	106.2	146.3	112.1	136.5	210.8	164.7	126.2	171.4	118.4	144.0	
910	103.7	144.2	113.8	136.7	208.5	162.7	124.6	168.6	114.9	141.6	
915	102.5	142.9	111.3	135.4	204.9	160.7	123.3	167.0	114.3	140.7	
920	99.8	142.1	108.1	134.6	202.1	158.4	122.1	164.9	110.9	138.1	
925	103.3	140.6	106.0	133.5	199.2	156.8	121.3	161.1	108.5	137.2	
930	101.1	138.8	105.7	131.3	195.7	155.3	120.3	157.9	106.9	135.7	
935	103.0	136.8	104.7	129.5	193.6	153.7	119.0	153.7	106.4	136.5	
940	101.4	134.9	103.7	127.9	190.9	152.0	117.7	151.4	107.1	135.4	
945	99.0	132.9	101.1	126.8	189.6	150.4	116.7	148.8	107.2	134.6	
950	97.1	131.2	100.3	126.1	187.9	148.5	115.3	145.8	105.8	132.5	
955	94.6	129.5	99.0	125.2	184.7	147.1	114.5	142.9	102.6	130.1	
960	93.9	128.5	99.0	124.0	182.1	145.3	113.4	140.2	100.8	128.6	
965	92.4	127.3	97.2	122.7	179.8	143.9	112.7	137.5	97.8	125.3	
970	92.4	126.5	97.2	121.9	176.4	141.9	111.8	134.6	95.6	123.4	
975	93.2	125.4	94.7	120.0	173.4	140.1	110.6	134.3	95.7	120.7	
980	91.2	124.4	93.3	119.0	171.3	138.5	109.3	133.0	95.3	119.0	
985	89.6	122.2	92.0	116.6	168.9	137.2	108.6	131.0	94.5	117.1	
990	87.7	120.6	90.8	115.3	166.6	135.3	107.5	128.6	92.7	115.2	
995	88.3	119.4	90.1	113.7	164.2	134.2	106.9	126.0	90.6	114.2	
1000	86.4	118.4	89.6	112.4	162.5	132.4	105.9	125.3	88.5	112.4	
1005	86.7	117.1	89.9	112.1	160.4	131.1	105.1	124.9	87.3	111.5	
1010	86.7	115.9	89.7	111.2	158.8	129.8	104.2	123.1	87.2	111.7	
1015	86.5	114.2	87.6	109.2	157.1	129.1	103.8	120.8	86.8	110.8	
1020	87.4	113.1	88.1	108.8	156.1	127.5	103.0	118.7	86.4	110.2	
1025	86.2	111.8	88.4	108.3	155.3	126.1	102.1	117.1	85.5	108.5	
1030	86.0	110.6	86.8	107.6	154.4	125.3	101.4	114.8	85.0	108.1	
1035	85.8	109.7	84.8	106.3	153.1	124.6	100.8	112.9	84.8	106.2	
1040	86.2	108.7	84.2	105.3	151.3	123.6	100.0	111.1	83.9	104.5	
1045	87.1	107.4	84.1	104.2	150.7	122.8	99.5	109.6	82.0	102.4	

外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒關聯性研究

	A50	A100	A150	A200	A250	B50	B100	B150	B200	B250	試驗現象
秒	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	
1050	86.3	106.5	82.9	104.0	149.6	122.0	98.7	107.8	80.5	101.7	
1055	85.1	105.2	82.4	102.7	148.6	121.2	98.2	106.2	79.7	101.2	
1060	83.8	104.3	81.5	101.4	147.0	120.3	97.4	104.2	78.5	99.6	
1065	81.7	103.3	80.9	99.9	145.5	120.0	96.9	103.0	77.5	97.8	
1070	81.3	102.3	79.7	98.3	144.1	119.0	95.9	100.9	76.9	96.9	
1075	81.3	101.5	79.4	97.4	142.9	118.6	95.4	99.2	75.3	96.1	
1080	80.2	100.8	78.6	96.8	141.9	117.4	94.5	97.6	74.6	95.4	
1085	79.4	100.0	78.7	97.3	141.9	116.7	94.0	96.3	73.6	94.5	
1090	80.2	99.3	78.4	96.5	140.3	115.6	93.5	94.9	72.3	93.4	
1095	80.8	98.3	77.9	95.5	139.5	114.5	92.6	93.4	71.7	92.1	
1100	84.6	97.4	78.2	95.0	138.3	113.6	91.7	92.0	70.8	90.9	
1105	83.7	96.6	77.1	94.2	137.3	112.5	90.9	90.7	70.3	90.0	
1110	83.2	96.1	76.5	93.9	136.3	111.5	90.1	89.6	69.3	89.1	
1115	82.2	95.5	75.3	93.9	135.3	110.6	89.5	88.8	69.2	88.5	
1120	82.0	94.8	76.4	94.0	134.5	109.9	89.0	87.7	69.3	88.1	
1125	80.5	94.2	75.9	93.5	133.9	109.0	88.3	87.0	69.0	87.3	
1130	79.9	93.4	75.2	92.7	133.3	107.9	87.4	86.0	69.2	86.7	
1135	79.8	92.7	74.0	91.9	131.4	106.5	86.7	85.2	68.7	85.6	
1140	81.3	92.1	74.1	90.9	131.0	105.5	86.0	84.1	68.5	85.4	
1145	79.3	91.7	74.0	89.9	130.0	104.8	85.6	83.4	67.9	84.8	
1150	77.3	90.8	73.2	89.3	129.1	103.7	85.0	83.0	67.6	85.0	
1155	75.8	90.3	72.9	88.8	128.1	102.6	84.4	82.2	67.0	85.0	
1160	75.8	89.7	72.5	88.0	126.9	101.7	83.8	81.7	67.0	84.7	
1165	75.3	89.2	71.9	87.0	125.8	100.9	83.3	81.3	67.3	84.4	
1170	75.6	89.1	72.0	86.6	124.7	100.0	83.0	81.0	67.0	83.7	
1175	73.9	88.7	70.8	86.2	124.2	98.8	82.3	80.2	67.3	84.4	
1180	72.3	88.5	71.6	86.2	123.5	98.0	82.1	79.9	67.0	83.7	
1185	71.4	88.1	71.4	85.6	122.7	97.2	81.9	79.4	66.9	84.0	
1190	71.6	87.8	70.5	85.0	120.9	96.2	81.4	79.0	67.4	83.0	
1195	72.7	87.6	70.3	84.7	120.8	95.4	81.1	78.7	66.7	82.7	
1200	72.2	87.4	70.8	84.3	120.0	94.8	80.9	78.4	66.1	82.3	試驗結束

二、聚碳酸脂板熱電偶溫度時間表

	A50	A100	A150	A200	A250	B50	B100	B150	B200	B250	試驗現象
秒	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	
0	33.5	33.1	31.5	31.1	30.8	30.6	30.5	30.5	31.3	31.3	
5	35.0	34.1	31.8	31.3	31.1	30.6	30.5	30.4	31.3	31.4	
10	35.0	34.6	32.0	31.6	31.4	30.8	30.8	30.6	31.3	31.4	
15	46.0	41.9	33.7	32.5	31.9	31.2	30.8	30.8	31.5	31.9	
20	59.2	54.1	38.9	36.6	35.1	31.6	31.5	30.9	31.4	33.1	
25	68.9	61.4	43.0	40.7	38.7	32.5	32.2	31.0	31.5	34.4	
30	115.4	88.5	51.0	47.5	44.3	36.2	34.1	31.8	32.5	39.1	
35	146.6	97.8	57.1	52.5	49.7	41.5	37.3	34.4	33.8	45.1	
40	149.7	105.7	60.8	55.1	52.8	46.4	40.5	38.1	35.4	49.1	
45	152.4	108.2	64.7	58.3	54.3	50.5	42.6	42.1	37.3	53.4	
50	149.9	109.3	67.0	60.4	55.8	54.6	44.3	45.8	38.7	55.4	
55	178.3	115.1	70.8	62.4	57.1	57.9	45.1	46.7	39.5	54.9	
60	202.6	127.2	75.5	65.2	58.8	61.3	47.0	49.6	40.7	56.2	
65	234.3	147.3	79.4	68.1	61.2	64.9	49.1	50.3	42.0	59.2	
70	247.1	156.6	85.1	71.8	63.7	68.5	50.2	52.1	42.6	59.5	
75	246.8	173.2	93.0	79.0	67.5	70.8	51.5	51.5	43.3	58.9	
80	245.6	168.3	95.8	82.4	70.5	72.9	52.0	52.1	44.1	57.7	
85	274.6	232.2	111.9	96.0	77.7	75.5	53.1	51.5	45.1	59.6	正立面開始有融化現象
90	271.9	250.0	126.7	103.8	82.5	79.2	56.4	54.2	46.0	59.7	
95	315.5	286.1	149.1	117.8	89.4	82.0	59.5	57.6	47.0	61.0	側立面開始有融化現象
100	382.1	308.9	159.9	123.9	95.5	86.3	61.6	60.4	47.9	61.9	
105	423.0	332.4	170.3	136.0	100.9	92.4	65.4	61.3	48.5	62.7	
110	430.1	348.0	175.8	142.8	106.0	100.1	68.2	62.5	50.0	63.7	
115	380.0	270.0	159.6	129.9	98.5	107.9	70.8	64.6	50.6	63.9	正立面融化至0.5m
120	353.5	239.3	156.4	127.5	96.4	113.5	73.2	65.0	51.6	64.9	
125	335.2	238.5	164.1	141.2	101.9	120.8	76.6	66.5	52.8	66.7	
130	320.4	250.6	172.2	152.1	107.6	125.4	80.7	66.9	53.5	67.6	
135	310.5	260.1	163.8	143.5	104.2	129.1	82.9	65.6	54.2	67.5	
140	304.8	298.0	164.0	141.2	103.5	135.8	87.6	66.3	54.9	69.9	正立面融化至1m
145	300.9	338.8	172.4	148.8	107.1	142.4	93.3	69.3	56.1	71.4	
150	299.1	358.8	175.8	154.5	111.0	148.0	99.9	71.4	57.5	74.6	
155	299.4	364.6	176.5	155.2	109.4	154.3	104.3	72.9	58.1	73.1	
160	291.8	369.6	172.6	148.9	104.8	154.6	106.0	72.9	58.1	72.5	
165	303.6	353.4	173.4	150.0	105.4	156.7	110.8	74.0	58.2	73.8	
170	307.5	339.6	180.1	156.9	112.3	155.8	114.8	77.1	59.1	73.5	
175	325.7	329.4	194.0	168.5	117.4	158.7	120.7	82.5	61.6	78.6	
180	331.3	325.7	203.4	174.6	124.7	166.7	126.9	85.2	62.1	78.7	
185	334.0	322.2	204.6	178.4	131.4	170.8	133.5	89.0	64.4	83.1	
190	336.7	319.0	206.9	182.0	137.6	175.7	137.6	90.9	65.1	83.3	
195	339.9	317.4	212.1	184.4	141.7	181.4	140.8	92.1	65.4	83.2	
200	343.1	316.3	213.2	178.9	137.4	191.3	141.8	93.2	66.2	83.3	
205	348.2	314.5	211.7	171.3	133.7	197.5	146.1	95.2	67.2	83.8	
210	354.3	313.1	209.6	169.2	132.0	203.3	150.6	97.0	67.6	83.9	
215	362.0	316.2	200.7	161.7	125.7	213.3	152.1	96.9	67.6	82.2	
220	367.5	316.6	194.5	154.7	122.8	219.5	153.6	99.1	68.4	81.0	
225	372.2	316.6	189.2	148.9	122.9	220.3	156.9	100.3	68.5	81.5	
230	378.7	320.4	192.0	154.1	124.5	212.4	160.6	106.8	69.2	82.3	
235	379.4	325.8	193.0	156.1	127.6	195.4	164.0	108.4	71.2	83.6	
240	370.2	327.1	188.8	149.6	125.7	199.9	166.6	109.0	72.5	87.0	
245	363.1	332.4	187.6	147.3	123.9	198.6	172.9	114.4	73.2	87.0	
250	359.7	340.0	187.2	142.6	120.1	202.9	178.8	118.7	75.3	89.9	
255	357.9	350.8	187.2	141.4	117.8	208.3	185.2	125.6	76.8	91.2	
260	354.7	352.5	183.6	137.0	116.4	209.9	190.3	129.2	77.9	90.9	
265	352.3	349.5	182.1	134.1	112.7	207.4	189.6	129.8	79.7	92.9	
270	349.0	346.8	179.4	129.6	110.9	220.5	190.0	131.3	80.8	94.4	側立面角落融化至0.5m
275	346.3	361.5	177.7	131.4	113.9	231.7	199.8	142.5	84.3	95.0	側立面角落融化至1m
280	345.5	366.2	176.3	131.4	115.6	256.8	215.3	182.2	103.0	108.7	
285	346.3	368.1	177.0	129.8	112.8	262.1	204.5	211.2	113.6	114.8	
290	347.7	375.1	175.8	129.6	109.3	275.9	211.8	219.2	120.4	116.1	
295	345.4	369.1	175.5	129.5	107.8	278.1	211.4	244.0	123.0	117.6	正立面融化至1.5m
300	342.0	354.9	174.4	128.6	109.6	276.4	201.0	220.3	137.2	122.7	
305	341.7	353.6	173.1	128.5	110.1	276.0	198.3	209.4	159.2	138.5	
310	340.8	354.0	172.9	125.7	107.4	285.1	211.1	216.3	184.0	149.9	
315	339.1	358.0	173.0	123.7	105.7	292.0	221.2	217.7	187.5	146.9	
320	338.6	348.1	173.0	121.8	106.2	298.8	222.3	221.4	190.8	144.3	
325	338.2	349.8	173.2	122.2	105.2	307.0	222.0	230.9	194.4	144.0	
330	339.0	350.2	173.1	121.8	106.2	310.5	221.8	230.9	208.1	144.6	
335	340.0	363.4	174.8	122.7	106.6	325.9	221.8	230.9	212.1	146.3	
340	341.1	365.3	175.2	121.3	104.8	337.3	222.4	219.8	230.3	148.3	
345	343.2	375.0	176.0	121.5	105.1	335.0	222.1	204.1	249.5	153.2	
350	345.5	382.8	177.0	120.1	103.5	343.8	223.5	206.4	219.6	155.8	

外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒關聯性研究

	A50	A100	A150	A200	A250	B50	B100	B150	B200	B250	試驗現象
秒	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	
355	346.8	393.0	176.8	116.7	101.0	350.6	224.3	198.8	196.8	150.1	
360	347.3	390.3	178.4	116.9	100.6	353.0	226.8	196.5	186.6	144.5	
365	345.8	386.3	178.9	115.9	103.1	339.0	229.5	194.2	183.2	141.9	
370	346.0	383.8	179.6	115.5	104.5	505.4	233.3	191.4	182.0	138.9	
375	344.9	384.8	180.8	114.9	104.4	765.1	237.3	188.0	184.0	133.2	
380	346.2	385.4	182.3	115.2	105.2	802.0	241.0	194.3	187.2	131.3	
385	348.3	384.7	183.7	114.3	106.0	772.0	244.0	200.4	190.1	130.0	
390	347.7	385.8	184.8	112.3	104.0	577.8	246.5	217.7	199.1	131.4	側立面角落融化至1.5m
395	350.1	392.2	186.2	110.4	102.8	419.4	248.6	227.3	213.2	130.8	
400	350.2	384.2	188.0	110.7	102.0	352.7	250.6	247.8	232.6	131.3	
405	346.4	382.6	189.6	110.5	103.9	322.7	252.3	269.7	243.0	131.9	
410	341.4	381.4	190.5	111.2	106.3	302.4	253.7	277.1	248.8	138.6	
415	336.6	387.5	191.3	111.8	107.4	292.8	255.1	283.2	250.0	145.8	
420	333.9	396.4	193.1	113.7	108.4	290.4	256.2	286.4	250.9	141.8	
425	330.9	406.5	194.1	114.1	109.1	279.4	257.3	285.7	252.1	134.2	
430	330.6	406.2	195.7	114.2	108.8	275.9	258.1	283.0	255.7	136.5	
435	331.1	404.1	197.5	115.7	109.6	288.5	258.8	277.0	257.1	137.2	
440	327.5	406.9	198.5	115.5	109.1	281.0	259.8	272.7	261.5	137.2	
445	323.0	408.1	199.1	114.3	109.4	273.2	260.3	267.5	264.3	138.1	
450	320.1	408.9	200.4	114.9	109.4	273.1	260.8	261.7	262.6	138.0	
455	318.9	402.1	202.0	117.9	112.1	265.3	261.0	257.0	260.4	135.8	
460	314.2	419.0	203.3	116.9	111.4	263.3	261.4	251.9	255.5	135.9	
465	310.9	428.5	204.6	113.5	110.9	257.7	261.5	247.5	248.2	134.6	
470	308.0	421.0	205.8	115.3	113.6	251.7	261.6	242.5	243.3	133.3	
475	308.9	410.1	207.9	119.1	116.8	253.0	261.4	239.2	240.1	130.9	
480	315.5	405.7	209.4	123.6	120.5	246.6	261.5	235.7	234.7	130.8	
485	310.1	408.9	209.7	122.9	122.8	236.2	261.5	232.4	231.5	128.2	
490	305.6	409.2	210.6	122.7	123.6	238.9	261.2	229.4	227.5	127.5	
495	300.4	405.1	211.8	123.0	123.9	238.8	261.2	226.5	222.7	125.1	側立面角落融化至2m
500	298.3	404.8	212.7	121.6	123.1	244.7	261.1	222.8	214.2	123.6	
505	301.3	405.7	214.5	122.7	123.4	259.6	261.3	218.7	202.5	119.0	
510	301.0	411.3	216.3	123.6	123.7	260.9	261.4	215.3	195.3	117.6	
515	297.2	403.2	217.2	122.2	123.1	255.2	261.4	212.3	188.3	114.5	
520	295.2	406.6	218.3	120.9	122.9	251.9	261.5	210.6	183.1	112.0	
525	294.3	412.8	219.9	121.4	123.4	245.8	261.6	209.8	180.5	110.9	
530	291.5	418.7	221.1	118.9	123.2	241.5	262.2	207.8	178.1	113.7	
535	289.4	418.4	223.7	118.6	123.4	247.4	262.3	206.2	177.3	112.2	
540	288.2	412.6	224.7	119.3	123.4	249.3	262.4	203.7	174.4	113.9	
545	289.6	411.5	226.0	122.9	125.3	247.8	262.7	202.5	174.0	116.4	
550	289.1	412.1	227.3	121.9	125.6	250.1	262.4	201.7	174.0	116.4	
555	287.4	409.7	228.4	122.1	126.2	249.8	262.0	199.3	172.8	116.7	
560	285.6	404.4	229.9	121.9	126.7	243.8	261.2	196.3	171.5	116.1	
565	283.1	411.7	231.6	119.9	126.8	243.5	260.5	194.0	172.6	118.8	
570	281.7	417.0	234.3	120.2	127.8	243.5	259.4	190.7	169.5	121.6	
575	282.6	420.0	236.9	117.7	128.6	245.5	258.4	188.0	167.8	124.0	
580	281.3	440.2	240.2	119.1	129.7	243.3	256.8	184.8	166.3	124.3	
585	279.2	439.7	243.6	121.5	131.3	243.7	255.8	182.8	164.2	125.3	
590	278.5	444.9	248.8	120.2	131.3	242.9	254.6	181.5	163.8	127.1	
595	276.3	451.4	252.0	120.5	131.6	242.9	253.4	179.5	162.8	128.8	
600	275.4	468.8	255.5	121.8	132.4	242.9	251.9	177.6	161.1	127.1	
605	274.7	462.6	258.5	124.4	133.4	245.8	250.7	176.4	159.5	127.8	
610	275.9	457.7	260.9	127.5	134.4	243.8	249.7	174.5	158.2	126.8	
615	277.5	456.0	263.2	136.6	135.7	244.9	248.4	172.5	156.3	127.1	
620	277.2	450.9	265.7	151.0	138.3	247.2	247.7	171.2	155.1	126.4	
625	277.3	456.6	267.8	168.5	142.1	250.1	246.3	169.0	153.6	125.7	
630	278.3	446.6	269.7	188.2	144.1	254.6	244.7	166.3	153.6	123.0	
635	279.4	440.3	271.1	207.0	146.3	254.2	243.4	164.3	152.8	122.7	
640	280.8	432.3	272.0	218.5	147.9	266.0	242.2	162.1	152.1	121.7	
645	280.8	428.8	270.0	220.7	149.0	260.5	240.6	160.2	152.0	119.8	
650	283.3	443.3	268.8	224.8	150.9	259.9	239.3	158.3	149.8	119.0	
655	286.6	434.3	268.1	217.6	149.2	252.4	238.0	157.2	148.4	120.6	
660	288.8	450.2	268.8	214.2	146.5	250.3	236.9	156.1	149.1	121.4	
665	288.0	459.0	270.2	209.7	145.5	248.4	236.1	154.5	147.9	122.1	
670	288.0	455.2	270.7	202.8	143.5	248.4	234.4	153.4	148.0	123.7	
675	289.1	449.8	271.1	200.2	141.3	259.6	233.3	153.0	146.6	123.3	
680	296.1	435.9	271.3	198.9	140.1	256.5	232.4	152.5	146.0	123.6	
685	296.8	433.5	270.6	198.1	139.2	264.4	231.0	151.0	144.7	122.8	
690	296.2	447.9	269.7	197.9	138.7	261.8	229.6	149.9	143.3	123.5	
695	295.8	464.1	269.8	197.5	137.5	255.8	228.1	148.3	142.6	123.0	
700	294.7	475.5	270.3	198.1	136.3	260.9	227.2	147.1	141.8	121.7	

附錄三 量測紀錄

	A50	A100	A150	A200	A250	B50	B100	B150	B200	B250	試驗現象
秒	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	
705	292.6	462.2	271.0	197.9	136.3	259.7	225.7	145.5	139.9	122.4	
710	289.8	440.0	272.1	196.8	136.3	264.8	224.6	143.5	138.5	121.1	
715	287.7	427.8	272.6	196.0	136.3	268.6	223.2	142.3	138.0	122.1	
720	287.5	416.3	272.8	195.0	136.0	264.5	222.1	141.1	137.2	122.2	
725	285.6	418.0	274.1	195.1	137.3	260.7	220.8	139.6	135.6	122.9	
730	283.0	430.3	274.1	192.6	137.1	256.6	219.4	138.5	135.3	125.0	
735	280.2	438.8	274.5	190.8	137.8	252.3	218.4	137.3	134.5	124.3	
740	278.6	439.5	274.7	189.5	138.5	256.8	217.5	136.8	134.5	121.1	
745	278.4	438.3	274.6	189.2	138.4	260.2	216.3	135.4	134.1	122.0	
750	278.0	428.5	272.2	187.9	138.4	260.2	215.3	134.1	134.1	122.1	
755	277.1	415.6	270.8	187.8	138.2	266.9	213.7	132.8	132.8	121.4	
760	275.6	417.7	270.6	188.6	139.2	266.0	212.3	131.7	130.4	120.1	
765	276.8	414.9	270.1	188.3	138.3	261.8	210.9	131.3	130.1	118.6	
770	276.7	430.4	269.6	188.5	138.8	256.7	209.8	130.8	129.2	119.7	
775	277.5	422.4	268.1	188.2	138.7	248.9	209.0	130.4	129.5	121.3	
780	276.6	420.5	268.4	190.4	140.7	243.2	208.0	130.5	129.2	122.0	
785	276.7	426.1	268.9	194.0	141.9	253.1	207.4	129.5	128.4	122.1	
790	276.6	431.8	270.0	197.2	142.3	253.3	206.2	128.9	127.5	119.7	
795	276.0	447.5	269.2	198.8	143.0	251.9	205.2	127.6	126.7	117.7	
800	277.9	451.7	269.6	200.4	143.4	251.7	204.3	127.2	127.1	117.9	
805	279.0	452.7	271.0	204.7	146.3	258.4	203.8	126.9	126.4	119.3	
810	282.6	438.3	271.1	206.6	147.1	259.9	202.7	126.0	125.2	118.9	
815	282.0	425.3	269.8	208.0	150.0	264.7	201.8	125.3	125.0	117.2	
820	280.2	427.4	268.8	209.1	149.0	267.8	201.0	124.3	123.4	116.4	
825	280.0	423.6	267.0	209.8	148.6	265.3	200.0	124.0	123.6	116.9	
830	280.1	437.4	267.2	214.0	150.9	266.5	199.6	123.5	123.9	118.4	
835	280.6	438.6	266.7	213.5	152.5	263.6	199.3	123.3	123.7	118.2	
840	280.8	433.4	267.6	215.0	154.1	267.2	198.8	122.7	123.1	119.4	
845	280.7	449.3	268.1	215.5	155.9	260.5	198.3	122.4	123.2	119.0	
850	280.0	459.4	269.1	215.9	154.9	260.1	197.8	121.1	121.8	117.7	
855	280.8	455.3	268.4	215.6	155.2	262.0	197.1	120.5	121.2	119.0	
860	279.4	451.4	267.1	215.3	157.5	259.1	196.2	119.6	120.8	116.4	
865	279.0	458.6	268.7	217.3	161.3	263.8	195.6	119.3	120.9	115.6	
870	278.2	476.4	271.5	220.5	163.0	266.2	195.0	118.6	120.7	115.5	
875	276.2	454.7	270.6	216.3	160.3	256.5	194.1	119.0	119.8	117.1	
880	275.5	454.7	271.0	215.6	163.5	256.8	193.9	119.1	119.3	116.4	
885	276.9	456.1	269.4	216.1	165.9	259.9	193.5	118.5	118.3	116.4	
890	278.5	462.1	271.5	220.1	166.3	256.5	193.0	118.6	118.2	116.8	
895	278.5	467.6	272.3	219.6	167.8	258.1	192.5	118.0	119.3	117.3	
900	279.8	448.1	270.2	215.0	164.5	281.2	191.9	117.8	118.8	114.6	
905	279.7	434.1	266.9	213.6	164.5	274.5	191.1	117.2	118.6	114.3	
910	279.6	418.3	264.4	211.6	165.8	268.4	190.2	116.8	119.0	113.1	
915	281.7	406.4	265.5	212.8	166.6	256.8	189.8	117.2	118.0	114.2	
920	282.5	400.0	266.0	214.5	167.7	257.9	189.3	117.2	117.5	116.1	
925	281.3	402.1	264.1	213.0	164.7	262.4	189.0	116.9	116.5	116.4	
930	278.4	400.9	260.6	212.2	164.5	256.8	188.3	116.5	116.5	114.9	
935	276.2	413.5	258.0	212.6	164.8	255.5	188.0	115.7	116.8	114.7	
940	276.2	400.7	255.7	210.8	163.0	260.6	187.4	115.1	115.9	114.1	
945	276.9	391.9	255.7	209.2	162.0	261.9	186.6	114.6	116.4	112.7	
950	275.9	384.1	254.2	208.3	160.3	262.0	186.1	114.3	114.2	112.7	
955	275.5	389.7	252.7	210.1	160.3	262.6	185.6	113.9	114.0	110.9	
960	273.7	374.9	248.6	206.2	157.6	259.7	184.7	113.2	113.7	108.7	
965	273.5	377.6	248.8	207.7	159.0	264.4	183.9	112.7	114.6	109.3	
970	272.8	396.7	248.2	210.7	161.6	265.0	183.2	112.3	114.2	111.6	
975	272.0	397.4	247.9	210.6	162.8	264.1	182.7	112.1	114.5	111.6	
980	271.2	400.2	249.5	211.3	164.2	261.2	182.4	111.8	113.9	112.4	
985	272.5	406.3	248.9	211.6	165.4	262.4	182.1	111.5	114.1	110.9	
990	271.0	410.4	248.1	211.5	164.1	261.2	181.5	110.9	112.8	111.0	
995	270.5	407.5	247.0	209.3	163.5	258.9	180.8	110.5	112.9	111.2	
1000	268.9	408.6	247.0	211.9	165.3	259.6	180.2	110.1	114.2	111.7	
1005	268.4	402.1	247.7	212.1	164.2	256.8	179.5	109.9	113.8	110.8	
1010	267.1	398.4	247.9	212.0	161.9	250.4	178.9	110.9	114.5	111.6	
1015	268.2	402.1	249.5	212.1	162.8	254.6	178.9	111.2	114.8	113.2	
1020	269.1	393.9	247.9	211.1	162.3	261.4	178.6	110.4	112.9	111.9	
1025	269.1	378.1	243.9	209.1	161.5	264.6	178.5	109.8	111.5	110.0	
1030	268.1	377.9	243.1	208.8	160.4	271.0	178.3	109.6	111.4	111.2	
1035	268.5	387.0	243.8	209.4	160.5	267.1	178.0	109.3	112.5	112.5	
1040	268.1	389.6	244.2	211.5	160.0	264.5	177.6	109.6	113.3	112.3	
1045	271.0	403.1	244.2	214.2	160.6	256.8	177.2	109.6	113.3	112.4	

外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒關聯性研究

	A50	A100	A150	A200	A250	B50	B100	B150	B200	B250	試驗現象
秒	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	
1050	272.9	421.4	243.8	216.0	161.2	262.9	177.1	109.9	113.0	111.5	
1055	274.9	419.6	240.8	212.5	161.4	261.7	176.8	109.6	112.1	109.8	
1060	275.0	411.8	243.8	215.1	161.4	262.5	176.6	108.8	112.0	109.6	
1065	274.8	408.8	242.9	212.9	159.8	261.6	176.2	108.7	110.9	108.4	
1070	275.6	411.6	243.2	211.9	159.3	265.4	175.7	108.6	111.2	107.8	
1075	274.9	395.6	241.9	208.6	157.9	267.5	175.4	108.1	111.5	109.3	
1080	273.9	396.2	240.8	211.2	157.4	262.3	175.0	107.9	110.6	109.6	
1085	273.8	411.3	241.2	215.9	156.4	258.2	174.7	107.9	111.5	109.2	
1090	273.8	415.7	240.9	215.3	155.5	259.1	174.5	107.8	110.2	109.0	
1095	275.0	413.1	242.0	215.9	156.4	263.5	174.4	107.9	110.8	108.5	
1100	273.6	401.9	241.2	214.2	154.2	262.5	174.4	108.0	111.9	110.9	
1105	276.5	393.9	241.0	213.0	154.1	265.8	174.2	108.0	110.8	110.4	
1110	277.4	386.7	243.6	218.0	152.4	264.2	174.2	107.9	110.4	108.1	
1115	278.1	387.5	243.9	216.7	149.7	261.8	174.0	107.9	109.5	108.0	
1120	280.3	380.5	243.6	214.6	148.7	256.6	173.9	108.1	110.4	108.5	
1125	278.3	400.3	243.1	220.7	149.9	249.1	173.5	107.8	111.3	108.5	
1130	277.2	399.0	242.2	218.7	147.8	247.0	173.4	108.1	110.6	109.9	
1135	277.8	406.4	245.4	222.8	146.0	256.3	173.2	108.1	109.7	109.1	
1140	280.6	395.8	245.9	218.3	145.5	264.1	173.0	108.0	109.6	108.1	
1145	280.1	396.4	244.8	216.9	144.8	265.9	172.9	107.8	108.6	107.5	
1150	280.8	394.7	242.7	215.0	144.9	270.1	172.7	107.3	108.6	105.7	
1155	280.7	382.6	240.5	215.8	145.8	274.4	172.3	106.9	108.8	107.1	
1160	279.3	391.3	239.6	217.4	146.1	270.9	172.3	106.9	108.1	106.4	
1165	277.8	395.0	238.5	216.5	145.2	270.0	172.1	106.3	108.9	107.3	
1170	279.7	383.2	237.4	214.0	145.2	268.6	171.8	105.9	107.6	107.5	
1175	278.4	384.3	237.5	219.0	144.9	261.3	171.4	106.3	107.9	107.5	
1180	284.3	387.0	239.9	224.2	144.7	259.3	171.6	106.7	108.8	108.5	
1185	284.8	387.7	242.9	229.3	145.9	253.9	171.5	107.1	109.5	108.1	
1190	285.2	395.4	241.7	224.8	147.1	258.2	171.6	107.7	109.9	107.5	
1195	285.5	404.2	241.2	225.5	148.0	258.9	171.4	107.5	109.7	107.1	
1200	286.8	411.9	241.1	225.9	149.1	258.7	171.2	107.6	110.0	106.8	試驗結束

三、延燒試驗熱通量時間表

秒	外牆隔熱飾板 W/cm2	外牆飾板 W/cm2	試驗現象
0	0.2	0.2	
5	0.2	0.2	
10	0.2	0.2	
15	0.2	0.2	
20	0.2	0.2	
25	0.2	0.3	
30	0.2	0.3	
35	0.3	0.3	
40	0.3	0.3	
45	0.3	0.3	
50	0.3	0.3	
55	0.3	0.3	
60	0.4	0.3	
65	0.3	0.4	
70	0.4	0.3	
75	0.3	0.3	
80	0.3	0.3	
85	0.3	0.4	
90	0.3	0.4	
95	0.4	0.4	
100	0.4	0.5	
105	0.5	0.5	
110	0.5	0.5	
115	0.4	0.5	
120	0.4	0.5	
125	0.5	0.6	
130	0.7	0.6	
135	0.7	0.5	
140	0.8	0.5	
145	0.8	0.7	
150	0.8	0.6	
155	0.7	0.6	
160	1.2	0.5	
165	1.0	0.6	
170	1.0	0.7	
175	1.3	0.8	
180	1.1	0.8	
185	1.3	0.8	
190	1.0	0.9	
195	1.2	0.9	
200	1.4	0.7	
205	1.2	0.7	
210	1.2	0.8	
215	1.3	0.7	
220	1.4	0.7	
225	1.5	0.8	
230	1.4	0.8	
235	1.6	0.8	
240	1.5	0.7	
245	1.7	0.8	
250	1.8	0.9	
255	1.6	1.0	
260	1.6	1.0	
265	1.8	1.1	
270	1.6	1.0	
275	1.6	1.1	
280	1.3	0.9	
285	1.4	1.0	
290	2.2	0.9	
295	1.4	0.9	
300	1.7	1.1	
305	1.7	0.8	
310	1.3	0.9	
315	1.4	1.0	
320	1.4	1.1	
325	1.1	1.1	
330	1.3	1.0	
335	1.4	0.9	
340	1.7	1.1	
345	1.5	1.0	
350	1.3	0.9	

外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒關聯性研究

	外牆隔熱飾板	外牆飾板	試驗現象
秒	W/cm2	W/cm2	
355	1.4	0.8	
360	1.8	1.0	
365	1.6	0.9	
370	1.7	0.9	
375	2.3	0.7	
380	2.3	1.1	
385	2.1	0.8	
390	1.8	0.9	
395	2.2	0.8	
400	2.1	0.9	
405	2.2	0.9	
410	2.4	1.0	
415	2.5	0.9	
420	1.9	0.9	
425	1.8	1.0	
430	2.2	0.9	
435	2.1	1.0	
440	2.0	0.9	
445	2.1	1.0	
450	2.1	0.9	
455	2.5	1.1	
460	2.4	1.1	
465	2.3	0.9	
470	2.5	1.2	
475	2.6	1.1	
480	2.8	1.4	
485	3.2	1.2	
490		1.2	外牆隔熱飾板抽除熱通量計
495		1.3	
500		1.2	
505		1.2	
510		1.1	
515		1.3	
520		1.4	
525		1.3	
530		1.3	
535		1.2	
540		1.5	
545		1.1	
550		1.3	
555		1.2	
560		1.2	
565		1.2	
570		1.2	
575		1.3	
580		1.3	
585		1.4	
590		1.2	
595		1.2	
600		1.2	
605		1.1	
610		1.1	
615		1.2	
620		1.3	
625		1.2	
630		1.3	
635		1.2	
640		1.1	
645		1.0	
650		1.1	
655		0.9	
660		1.3	
665		1.4	
670		1.1	
675		1.1	
680		1.2	
685		1.3	
690		1.2	
695		1.2	
700		1.2	

附錄三 量測紀錄

	外牆隔熱飾板	外牆飾板	試驗現象
秒	W/cm2	W/cm2	
705		1.1	
710		1.2	
715		1.2	
720		1.2	
725		1.3	
730		1.1	
735		1.3	
740		1.3	
745		1.1	
750		1.1	
755		1.2	
760		1.3	
765		1.2	
770		1.1	
775		1.1	
780		1.4	
785		1.2	
790		1.1	
795		1.2	
800		1.2	
805		1.2	
810		1.3	
815		1.4	
820		1.2	
825		1.2	
830		1.1	
835		1.4	
840		1.2	
845		1.3	
850		1.5	
855		1.2	
860		1.1	
865		1.2	
870		1.1	
875		1.4	
880		1.2	
885		1.3	
890		1.2	
895		1.2	
900		1.1	
905		1.1	
910		1.1	
915		1.1	
920		1.1	
925		1.2	
930		1.7	
935		1.3	
940		1.1	
945		1.1	
950		1.2	
955		1.1	
960		1.2	
965		1.2	
970		1.4	
975		1.3	
980		1.3	
985		1.4	
990		1.3	
995		1.2	
1000		1.5	
1005		1.2	
1010		1.4	
1015		1.2	
1020		1.5	
1025		1.4	
1030		1.6	
1035		1.5	
1040		1.4	
1045		1.4	

外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒關聯性研究

	外牆隔熱飾板	外牆飾板	試驗現象
秒	W/cm2	W/cm2	
1050		1.4	
1055		1.5	
1060		1.3	
1065		1.3	
1070		1.5	
1075		1.3	
1080		1.4	
1085		1.4	
1090		1.2	
1095		1.3	
1100		1.1	
1105		1.1	
1110		1.3	
1115		1.0	
1120		1.4	
1125		1.3	
1130		1.5	
1135		1.3	
1140		1.4	
1145		1.3	
1150		1.4	
1155		1.4	
1160		1.2	
1165		1.5	
1170		1.5	
1175		1.3	
1180		1.1	
1185		1.5	
1190		1.3	
1195		1.2	
1200		1.4	試驗結束

參考書目

- [1] 內政部不動產資訊平台，<http://pip.moi.gov.tw/V2/Default.aspx>
- [2] 內政部建築研究所，2015 綠建築評估手冊基本型 EEWB-BC 技術手冊。
- [3] 彭雲宏，2010，外牆整建專利技術分析與預測，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- [4] CNS 15213-1 建築物外牆立面防火試驗法-中尺度試驗，2008，經濟部標準檢驗局。
- [5] CNS 14705-1 建築材料燃燒熱釋放率試驗法-第 1 部：圓錐量熱儀法，2013，經濟部標準檢驗局。
- [6] 建築技術規則，內政部營建署。
- [7] 經濟部能源局，2013，建築節能應用技術手冊。
- [8] 內政部建築研究所，2015，外牆節能技術指南草案。
- [9] 陳嘉懿，鄭泰昇，潘晨安，馬瑜嬪，黃紹筑，陳思吟，2015，建築物節能外牆之應用研究，內政部建築研究所委託研究報告。
- [10] EIMA, 外牆外節能系統，
<https://www.eima.com/about-eifs.shtm1#sthash.y2AsiXTW.dpuf>
- [11] 楊維菊，高燕，2007，淺析高層建築外牆保溫飾面，工業建築。
- [12] 外断熱のメリット PUF 外断熱構法，
<http://www.perma-stone.com/merit.html>
- [13] 劉建平，2016，關於外牆保溫的類型和應用，低碳地產。
- [14] 顧宗沛，2004，以雙重壁原理探討外牆改修構法，國立成功大學建築研究所碩士論文。
- [15] 王天志，2019，應用 CNS 國家標準大尺度試驗驗證建築外牆立面隔熱材防火性，內政部建築研究所自行研究報告。

- [16] 汪立青，2011，常見的外牆保溫材料有哪些？
<https://www.zhihu.com/question/23236092/answer/91797991>]
- [17] 塑膠 e 學院，2003，
<http://psdn.pidc.org.tw/ike/doclib/2003/2003doclib/2003ike18-0/2003ike18-0-307.asp>
- [18] Nathan White, "Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components", 2014, THE FIRE PROTECTION RESEARCH FOUNDATION Report.
- [19] 台灣綠領協會，2015，綠色拉皮工法，低碳生活部落格。
- [20] Chow, C. L. and Chow, W. K., "Fire Safety Concern on Well-Sealed Green Buildings with Low OTTVs", International High Performance Buildings Conference, 2010.
- [21] 陳建忠、蔡銘儒、吳展維、蕭宜峯、蒲仁勇、林大惠，2003，圓錐量熱儀之發展與應用，中華民國力學學會。
- [22] 萬復森，2005，牆面火焰延燒寬度效應之研究，國立高雄第一科技大學環境與安全生工程系碩士論文。
- [23] Eric Guillaume, Virginie Dréan, Bertrand Girardin, Faiz Benameur, "Reconstruction of Grenfell Tower fire. Part 1: Lessons from observations and determination of work hypotheses", FIRE AND MATERIALS, An International Journal, 2019.
- [24] 朱春玲、呂振鋼、李廣其，2010，行業標準建築外牆保溫系統防火試驗方法介紹，建築科學第 26 卷第 12 期。
- [25] Babrauskas, V., and Janssens, M., Quantitative Variables to Replace the Concept of 'Noncombustibility,' pp. 77-90 in Proc. Fire & Materials 2009, Interscience Communications Ltd, London (2009)
- [26] 曾緒斌、趙成剛、盧國建、劉軍軍，2014，不同應用的聚氨酯外牆保溫系統防火性能研究，建築材料科學報第 17 卷第 5 期。

- [27] 陳佳玲，2018，建築外牆飾板防火性能研究初探，內政部建築研究所自行研究報告。
- [28] Eric Guillaume, Talal Fateh, Renaud Schillinger, Roman Chiva, Sebastian Ukleja, “Study of fire behaviour of facade mock-ups equipped with aluminium composite material- based claddings, using intermediate-scale test method” , Fire and Materials, 2018.
- [29] 宋長友、季廣期、陳丹林、黃振利，2008，外牆保溫體系防火試驗方法、防火等級評價標準及建築應用範圍的科技研究,建築科學第24卷第2期。