

防火區劃貫穿部完整性與耐火性能驗證

蔡銘儒*

*內政部建築研究所

摘要

建築防火安全往往是因相關措施發生重大災情時才會被關注，防火區劃之完整對於建築物防火安全具有重要關鍵，本研究結果可得以下幾點結論：構件線形接合（縫隙）密封部及帷幕（非承重外牆）層間縫隙填塞系統耐火性納入驗證與認可，防火區劃才能完整，CNS 15206可作為國內構件線形接合（縫隙）密封部耐火性試驗法，帷幕（非承重外牆）層間縫隙填塞系統耐火性試驗法，以ASTM E2307相較與實際建築情境相近，試驗條件與試樣相較於EN簡易，可作為國內層間縫隙填塞系統耐火性試驗法參考，建築防火區劃牆上之配電盤及插座開關等單面穿透，形成牆體之耐火性弱點，在驗證與認可作業上不容忽視。

關鍵詞：防火區劃、線形接合（縫隙）密封部、層間縫隙

一、研究緣起

1973年英國曼島道格拉斯的Summerland度假村火災造成50人死亡。由於外牆及周邊水平防火帶材料和設計的缺陷，火勢從外牆和縫隙蔓延到整個建築物，1977年洛杉磯歐美中心大樓火災，該大樓為洛杉磯第一摩天大樓，其外圍帷幕牆由防水保護的磨石子磚及強化玻璃組成。火災起火原因是人為縱火，消防人員在火警系統偵測到第13樓起火後3分鐘收到警報而趕到現場，隨即發現火舌已使窗戶破碎，火勢已蔓延到第22樓，短短不到10餘分鐘，火災即已延燒9個樓層，1980年內華達州拉斯維加斯米高梅飯店(MGM GRAND HOTEL)火災，造成679人受傷，84人死亡，大火發生於1樓，卻導致68人窒息死於23樓，原因是有毒的煙與熱氣通過帷幕牆層間縫、電纜貫穿孔及各種管道向上蔓延，1981年拉斯維加斯希爾頓飯店火災，該火災起火點位在第8樓東塔的電梯大廳，隨即因為可燃的內部油漆和家具而讓火勢迅速蔓延。火勢迅速吞燒這棟30層鋼筋混凝土結構大樓，由於火焰的熱度，火勢不到25分鐘內迅速由第9樓竄燒到14樓，造成8人喪生，1987年62層高美國洛杉磯First Interstate Bank大廈，由於玻璃破碎，玻璃纖維保溫棉熔化，焰捲效應導致火勢從13層外牆和周邊水平防火帶空隙上竄到16層，造成1人死亡，1991年Basingstoke辦公大樓火災，該樓為一棟14層樓鋼骨結構的建築物，全棟皆由鋁框玻璃帷幕牆所包圍。火災發生在第8層，並經由外牆面向上延燒至第10層，1991年美國賓州費城38層高One Meridian Plaza，大火從22層開始，通過樓板邊緣空隙上竄到30層。幸虧

第 30 層裝備有自動噴淋系統（其他幾層沒有），將火勢控制下來。因為是周末大樓沒人，有 3 名消防人員死亡，1992 年賓州市場街大火，火勢是直接由樓板與帷幕牆間的空隙而由第 20 樓竄燒到第 21 樓，此災例證明帷幕牆層間塞材料之防火性能之重要性，在國內以汐止東科火災火勢自 A 棟的 16 樓擴及到 26 樓的原因，消防署表示，初步猜測是因為東方科學園區屬於帷幕式大樓，各樓層地板和帷幕牆間留有空隙，其中的填充材料被火場的高溫燒融，研判火舌是利用樓板與帷幕玻璃間隙向上竄燒且燒破玻璃帷幕，帷幕牆與建築物結構間有間隙：16 樓以上之樓層係經由玻璃帷幕牆往上延燒，初步研判帷幕牆與樓板接縫間之防火填塞可能不完備。

英國災損預防協會（Loss Prevention Council）曾針對類似本次火災建築物（辦公室環境火載量： $420\text{MW}/\text{m}^2$ ）之鋁合金框構玻璃帷幕牆進行全尺寸火災延燒實驗，結果顯示在第 13 分鐘玻璃即破壞，第 24 分鐘鋁合金框料破壞，第 28 分鐘鋁合金繫件支架（Bracket）亦遭破壞，倘若帷幕系統欠缺良好的防火層閉塞，破壞時間則更加縮短。

2004 年美國芝加哥 LaSalle Bank 大廈，大火從 29 層開始連續燒了 6 個小時，最終只有 29 層和 30 層受到影響，無人死亡。主要歸功於建築物周邊水平防火帶及防火棉，有效抑制了火勢向上發展，臺北縣三重市頂崁工業區興德路贏翼大樓，於 2008 年 1 月 5 日凌晨 1 點 39 分發生火災，起火樓層 10 樓的防火區劃未遭嚴重破壞，即使悶燒十餘個鐘頭，大火始終未燒到上方第 11、12 樓，由上述災例與成功案例，顯現非承重外牆及層間縫隙之耐火性能驗證之重要性。

二、防火區劃完整性探討

（一）防火區劃相關耐火性試驗法

一般建築物的火災歷程，依室內溫度（或熱釋放率）變化及火災現象之不同，可細分為起火期、成長期、閃燃現象、全盛期和衰減期等五個時期，如圖 1。

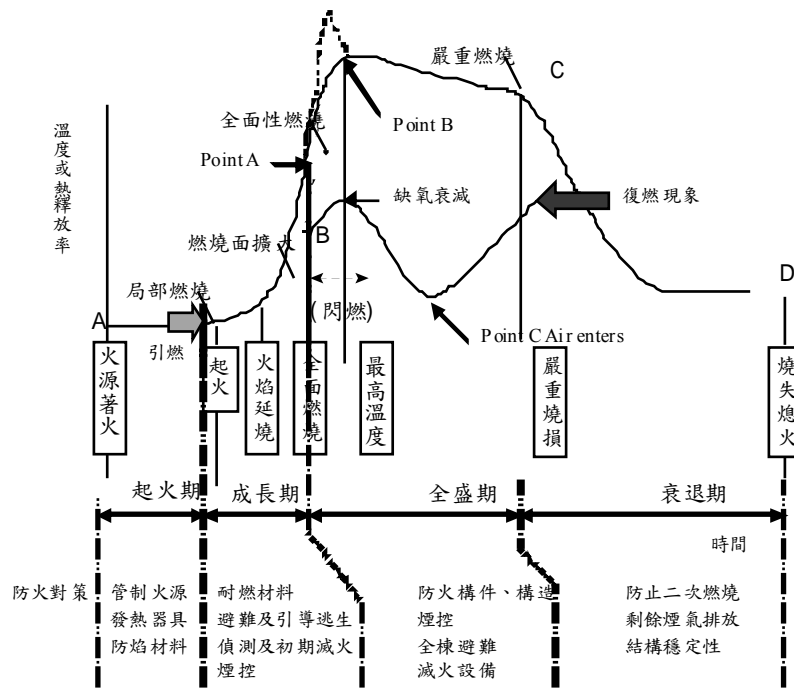


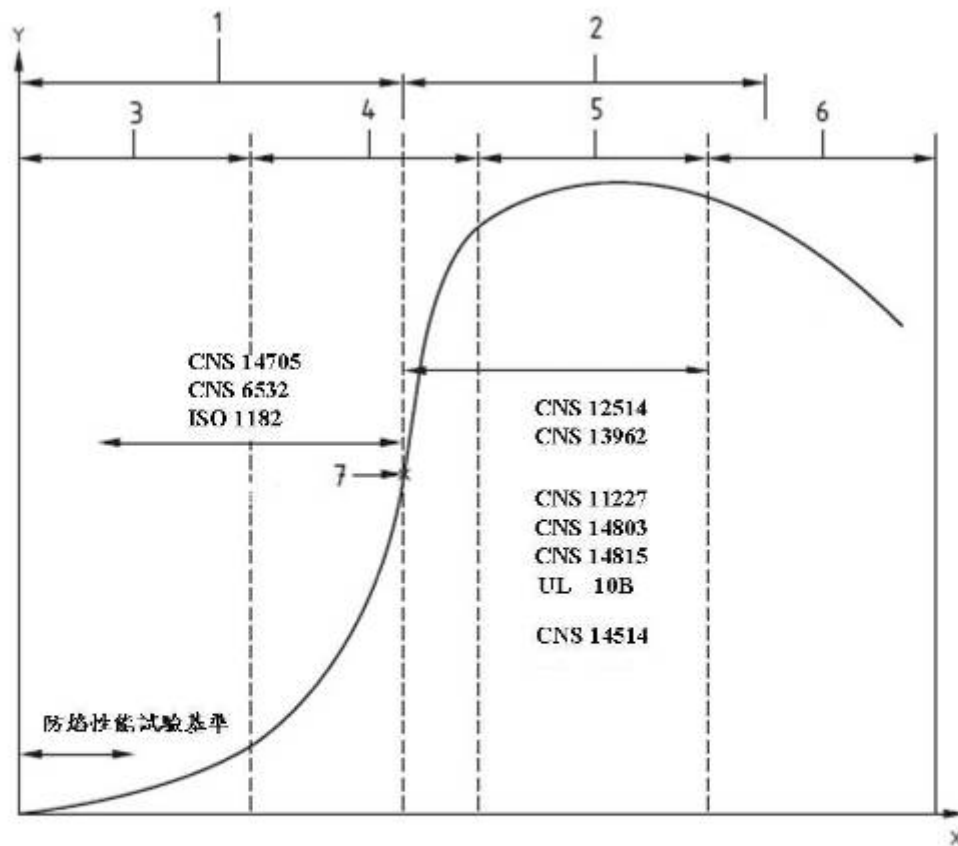
圖 1 火災歷程的溫度或熱釋放率變化

(資料來源：本研究整理)

防火對策包括三大基本策略，火災預防、火災控制和避難救助；其努力方向在於：(1)防止起火，預防失控燃燒狀況發生，(2)延緩或防止室內延燒及向外擴大，(3)減低煙毒氣體生成量，及(4)確保火災時避難救助行動的安全性、有效性。在手段方式可分為以材料、構件、構造為主的自然式或被動式防火(Passive Fire Precaution)，及以消防安全設備為主的積極式或主動式防火(Active Fire Precaution)。防止火災的延燒擴大，基本上有滅火、延遲、限制等三種方法。滅火法係使用滅火設備，在火災初期進行撲滅、壓制行動。延遲法利用內裝不燃化及減少可燃物量，來抑制急劇燃燒。至於限制法，則是藉劃定區間來阻止火災擴大至另一區間，如防火安全區劃(Fire Safety Compartment)。防火安全區劃的主要目的為限制火災危害範圍，隔離火災有害因子，且提供人員避難行動之安全空間。其功能要求包括：在火災持續燃燒時間內，限制向鄰近空間及上、下樓層擴大延燒；從火災發生起在避難通道（走廊、樓梯、排煙室）不得有煙、熱氣、火焰、輻射熱等火災危害，直到室內人員完成避難為止。

由火災歷程與防火對策，在現行建築相關法規對於以材料、構件、構造為主的自然式或被動式防火，所規定引用之試驗法標準整理如圖 2，在起火期階段主要以消防法所規範制訂之防焰物品防焰性試驗基準，成長期階段為建築技術規則規範之耐燃材料，其引用標準為中華民國國家標準 CNS 14705 及 CNS 6532(或 ISO 1182)，全盛期階段為規範構件、構造與防火區劃耐火性，其引用標準為 CNS 12514(構件、構造耐火性)、CNS 13962(鋼構件防火被覆耐火性，試驗法以 CNS 12514 試驗)，防火區劃部分除 CNS 12514 外，尚包括 CNS 14803(捲門)、開口部

防火設備 CNS 11227(防火門)、CNS 14815(防火固定窗)、UL 10B(電梯層門)，以及貫穿部 CNS 14514(管線貫穿耐火構件)。



註：

- | | |
|--------|-------|
| 1 曝火反應 | 6 衰退期 |
| 2 耐火性 | 7 閃燃 |
| 3 起火期 | X 時間 |
| 4 成長期 | Y 溫度 |
| 5 全盛期 | |

圖 2 火災歷程與各階段建材耐火試驗法

(資料來源：本研究整理)

(二)由國內外災例探討防火區劃完整性

1. 國內火災災例

(1) 汐止東方科學園區大樓火災

該大樓位於台北縣汐止新台五路，為地上 26 層、地下 3 層之鋼骨大樓，分由 A、B、C、D 等四棟同高建築物所構成之廠辦綜合大樓，A、B、C 三棟併連一體呈「品」字型，另以地面連絡走廊連接 D 棟。火災發生在 5 月 12 日凌晨，由 A 棟第 3 樓辦公室不慎起火，在缺乏自動撒水設備（依當時消防法規 10 層以下樓層免設）及防火區劃牆之火災控制措施，火災迅速燒燬 A 棟第 3 樓近 1500 m² 的面積（包括三家公司），同時火災亦從垂直管道間、外牆玻璃帷幕破壞缺口向

上延燒，在消防隊搶救下火勢延燒至第5樓後受到控制，此時火災歷經約2小時。其後逐層搜索、清理殘火，惟受到各公司大門（鐵捲門）無法順利開啟影響（因假日未上班之故），搜索、清理速度進展緩慢，經過13小時後，第16樓出現火災，火苗係隱藏在垂直管道間內緩慢燃燒塑膠、橡膠管材、電線電纜等，待熱量及通風條件合適時，即從管道間竄燒出來，適有不少易燃物助燃，火勢在自動撒水設備未發揮功能情形下（緊急發電機及消防幫浦失靈而無法順利供水），迅速破壞玻璃帷幕牆，讓室內熊熊火焰從缺口噴出，火焰高度有時可達兩層樓高（約8公尺），其後火勢一路向上猛烈延燒，消防隊亦難以控制。從第16樓燒至第26樓約僅2小時30分鐘，平均向上延燒一層所需時間不過15分鐘。災後可見近二分之一帷幕牆殘破不堪，其玻璃全數破碎，大量碎片遍佈於受火害樓層地板，鋁構架受高溫高熱影響，無不變形、軟化或熔化，殘留扭曲、燒失的框架，令人感歎火災威力及燃燒擴大之快速[1]。

全棟大樓延燒過程如圖3，A1區向B3區之延燒：起火點位置鄰近B3區「生活工場」家飾品商店，A1區與B3區之分間牆使用石膏板及鋼板組合輕質牆構造，經火災搶救後，外覆之石膏板脫落，僅剩鋼板及骨架。A1區的火焰及熱煙氣從該牆體上方與樓板（底部使用波浪型鋼承板）接合部孔縫，或者牆角直交兩面牆體接合部孔縫。

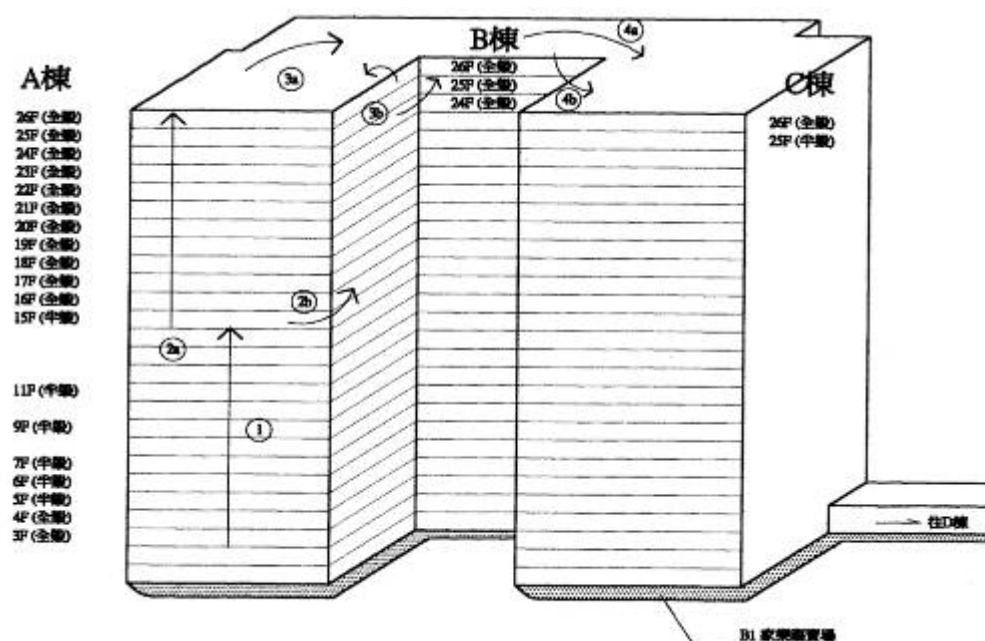


圖3 東方科學園區大樓延燒過程及主要途徑[2]

（資料來源：蕭江碧，”九十年五月十二日台北縣汐止東方科學園區大樓火災”）

採用玻璃帷幕構造的外牆，帷幕牆支撐骨架及玻璃框料等金屬材料因高熱變形對玻璃造成破壞應力，或者玻璃本身因溫度急劇變化（溫差達250°C時）而爆裂，均會導致玻璃帷幕破壞而出現延燒開口（如照片3、23）。玻璃帷幕開口的噴出火焰，會持續對開口上方的框料及玻璃直接加熱，逐漸造成開口加大；此

外，噴出火焰亦對層間塞部位加熱，火焰及熱煙氣可經由孔穴、裂隙向上層竄燒。

牆體施工時，在上方與樓板接近部位大多殘留有數公分不等之空隙，或管路、管線水平穿出之貫穿孔未見封閉。

機電設備箱體直接在牆體上鑿孔後嵌入，並未施予防火補強措施，嚴重破壞管道間防火完整性。

本棟大樓 A 棟三、四、五樓外牆以石材貼覆為主，窗戶使用強化玻璃，惟少部分面積採用玻璃帷幕牆，前述火災在三樓 A1、A2 區猛烈燃燒時，三樓窗戶玻璃或因高溫爆裂，或因消防隊射水需要破壞形成開口，均造成大量新鮮空氣引入室內火場，其間並引起多次閃燃，巨大火焰向外噴出，不過由於三樓大部分外牆上下窗戶間隔充分之故，火焰較難直接燒及上層玻璃。

東科大火擴大延燒主因之一被動式防火設備及管理問題，有關防火區劃部分主要包含：

「管道間防火區劃不完備」（配管、配線貫穿管道間及防火區劃防火牆之空隙未予填塞不燃材料）：本次火災擴大延燒之路徑，由 3 樓擴大延燒至 16 樓之樓層部分，主要係經由管道延燒，研判係管道間防火區劃未能有效阻隔。

「垂直層間塞間隙，空調管線及共同管道間造成垂直延燒」帷幕牆與建築物結構間有間隙：16 樓以上之樓層係經由玻璃帷幕牆往上延燒，研判帷幕牆與樓板接縫間之防火填塞可能不完備。

「破壞水平防火區劃造成水平蔓延」：建築物依建築技術規則設計施工編第七十九條規定，應按每一、五〇〇平方公尺以防火牆、防火樓板及防火門窗予以區劃分隔；依同法第八十三條規定，十一層以上部分，應按每一〇〇平方公尺予以區劃分隔；另依同法第七十六條規定，設置防火區劃用之常時開放式防火門（防火捲門），於火災發生時應即自動關閉。惟經查現場 A 棟三樓防火牆破壞，二十二樓北區與南區相連之防火鐵捲門無法關閉，二十五、二十六樓 A B C 棟防火區劃之防火牆，已遭破壞打通，致使火勢、濃煙蔓延。

「電力纜線任意穿孔破壞豎穴區劃」等問題。

(2) 台北市東帝士大樓火災[1]

該大樓座落於高層辦公大樓集中的敦化南路，為地上 35 層、地下 4 層之鋼骨造帷幕牆辦公大樓，每樓層面積約為 1,021 m²（約 315 坪）。90 年 6 月 30 日清晨約 5 點該大樓第 10 樓某房屋仲介公司辦公室起火，消防隊抵達現場時，部分帷幕牆玻璃窗已破壞，濃煙及火舌已噴出。10 樓火勢一度擴大，致火焰從帷幕牆破壞開口向上延燒，造成 11 樓外牆及內部靠窗辦公室燃燒，經約 3 小時 30 分鐘搶救後火勢始得控制。10 樓燒毀範圍約 750 m²（約 230 坪），餘則受到嚴重煙燻，致有 8 人受到輕微嗆傷（消防人員 6 人，居民 2 人）。本次火災損害範圍有限，除有賴於消防隊搶救戰術得宜外，尚可歸功於該大樓各層樓板四周圍有邊樑設計。邊樑因位於帷幕牆內側，構成如同層窗間牆作用之防火垂壁（或側壁），故能發揮減小玻璃開口噴出火焰高度之作用，因此可減少對上層帷幕牆之破壞。

(3) 中壢金像電子公司中壢廠大火[1]

金像電子公司係生產印刷電路板為主之股票上市公司，位於桃園縣中壢工業區西園路之廠房（一廠），為四層樓鋼骨造建築物，外覆金屬及玻璃帷幕牆，總樓板面積近10,000m²。於91年9月1日凌晨約3點半發生火災，起火點為該廠二樓二次銅生產區，因生產電路板原料不慎引燃造成火災。由於現場原料及半成品多屬可燃物或化學危險物品，火勢一發即迅速擴大而難以控制，消防隊抵達時，建築物內部火煙四處流竄，熊熊火焰及大量濃煙冒出，鄰近高速公路上遙遙可見。火勢幸經消防隊噴水隔離冒出火焰，並未大面積向上波及四樓帷幕牆玻璃窗，亦未延燒鄰近建築物（二廠），火勢延燒近7小時被控制。本火災燒燬二樓大部分廠區、三樓管道間及局部生產區、四樓管道間及屋頂排氣設備，燒損面積約5,000m²，其餘內部受到不同程度之煙燻，此外，鄰棟之行政大樓帷幕牆亦遭燒損。該廠當時近300名員工安全逃離，幸無傷亡，估計財損達億元以上。本次火災建築物屬高危險物質工業廠房，其火載量（Fire load）遠高於一般辦公大樓，猛烈火勢不僅破壞玻璃窗後向上延燒，亦由內部燒穿帷幕牆竄出火焰，以致鋁帷幕牆留下熔化開口（非玻璃窗開口）及受熱變形外觀。

(4)日月光半導體公司位於中壢之工廠發生大火[3]

2005年5月1日(星期日)，日月光半導體公司位於中壢之工廠發生大火，主要原因於A棟大樓一樓之鍋爐燃油外洩，導致置於鍋爐上面之廢棄瓦斯排放管燃燒，火勢迅速蔓延至3樓之化學倉區即刻產生爆炸，隨後延燒至整棟大樓，並波及B、C二棟廠房，大火燃燒將近12個小時才被控制住。此次造成財物損失約85億元(包括廠房、機器設備、存貨等損壞)，燃燒面積約1萬638平方公尺，1名消防人員吸入性嗆傷及9名民眾輕傷。

在日月光事故中會引發如此大之火災，造成財務上之重大損失，主要有以下幾點原因：

- 日月光之鍋爐設備係置放於工廠生產大樓內，未與製程區有效隔絕。
- 供應系統未依規定定期檢查。
- 供應系統之檢測裝置未發揮應有之功能。
- 廠區每一層樓未做水平及垂直之防火填塞(阻絕煙塵進入)。

2. 國外火災災例

(1)1973年英國曼島道格拉斯的 Summerland 度假村火災[4]

英國曼島道格拉斯的 Summerland 度假村火災造成 50 人死亡。由於外牆及周邊水平防火帶材料和設計的缺陷，火勢從外牆和縫隙蔓延到整個建築物。

(2)1977年洛杉磯歐美中心大樓火災[5]

該大樓為洛杉磯第一摩天大樓，其外圍帷幕牆由防水保護的磨石子磚及強化玻璃組成。火災起火原因是人為縱火，消防人員在火警系統偵測到第 13 樓起火後 3 分鐘收到警報而趕到現場，隨即發現火舌已使窗戶破碎，火勢已蔓延到第 22 樓，短短不到 10 餘分鐘，火災即已延燒 9 個樓層。

(3)1981年內華達州拉斯維加斯希爾頓飯店火災[5]

該火災起火點位在第 8 樓東塔的電梯大廳，隨即因為可燃的內部油漆和家具而讓火勢迅速蔓延。火勢迅速吞燒這棟 30 層鋼筋混凝土結構大樓，由於火焰的熱度，火勢不到 25 分鐘內迅速由第 9 樓串竄燒到 14 樓，造成 8 人喪生。

(4)1988 年美國加州洛杉磯第一州際銀行大樓火災[1]

該樓為一棟 62 層樓鋼骨結構的建築物，當時火災造成一人死亡，並燒毀了四層樓，財產損失約 38 萬美金。起火原因係辦公室其中一個工作站的可燃物突然起火燃燒，且火勢蔓延迅速，很快便延燒到其他大量的可燃物質。外牆的玻璃開始破裂，正好提供了助燃的氧氣，使火勢加速燃燒。火勢從第 14 樓一直延燒到 17 樓，火舌從玻璃帷幕破裂的開口竄出，並對室內可燃物預先加熱，終至引燃起室內的易燃物，最後整層樓都陷入火海。火焰也從樓層地板/天花板版塊和帷幕牆的縫隙（約 100mm 寬）蔓延到上層。調查證實玻璃帷幕牆係因鋁製間柱（Mullion）受室內火燒變形後才導致窗戶破壞。

(5)1991 年美國賓州費城子午線商場大火[1, 4]

該樓為一棟 38 層樓鋼骨結構的建築物，本場火災造成 3 名消防隊員死亡，九層樓全燬，財產損失約 33 萬美金。這場火災起因於在第 22 樓浸有溶劑的的破布突然產生自燃，火勢因貫穿孔隙、停電及大樓水塔系統的壓力控制閥裝設不當等多重因素下，從第 22 樓開始，通過樓板邊緣空隙上竄到 31 樓，除此，辦公室之高火載量及大樓開放式平面配置設計也是加重火災效應的因素之一。該樓外牆超過 50%面積為玻璃帷幕牆，所以火災當時可見到火焰主要沿著建築物外側延燒。不過因為第 31 樓已全面改裝自動撒水系統，所以當火燒到第 31 樓時，撒水系統啟動，讓火勢得以控制。這場火災可以說明撒水系統在控制火勢上的成功，同時也說明了火勢因貫穿孔隙及玻璃帷幕牆開口而在樓層間蔓延的危險。

(6)1991 年英國 Basingstoke 辦公大樓火災[1]

該樓為一棟 14 層樓鋼骨結構的建築物，全棟皆由鋁框玻璃帷幕牆所包圍。火災發生在第 8 層，並經由外牆面向上延燒至第 10 層。此火災造成財產損失約 23 萬美金。

(7)1992 年賓州市場街大火[5]

賓州市場街大火，火勢是直接由樓板與帷幕牆間的空隙而由第 20 樓竄燒到第 21 樓，此災例證明帷幕牆層間塞材料之防火性能之重要性。

(三)防火區劃完整性驗證檢討

國內現行建築法規對於防火區劃之驗證主要以構件、防火設備及管線貫穿部之耐火性進行規範，由國內外火災災例探討，除違規與建築防火安全不合格項目外，對於如機電設備箱體直接在牆體上鑿孔後嵌入，並未施予防火補強措施，嚴重破壞管道間防火完整性，火焰及熱煙氣從該牆體上方與樓板（底部使用波浪型鋼承板）接合部孔縫，或者牆角直交兩面牆體接合部縫隙，帷幕牆與建築物結構間之間隙以及由外牆面向上延燒，上述項目皆是造成延燒之問題，對於機電設備箱體或插座開關直接在牆體上鑿孔後嵌入，由現行試驗標準 CNS 12514 之附錄 B 有其試驗法，但目前驗證核可之牆體皆未有所考慮，對於構件線形接合（縫隙）

密封部，帷幕牆與建築物結構間之層間縫隙以及由外牆面向上延燒耐火性方面，至今並未有所規範，以致防火區劃之完整性上有所不足。

三、構件線形接合與層間縫隙耐火性能驗證規範

(一)國內相關法規規範

1. 建築技術規則

綜整建築技術規則建築設計施工編有關外牆耐火性規定如表 1，並就各條為摘錄說明如下。

表 1 建築技術規則有關外牆及貫穿防火區劃縫隙耐火性規定

外牆			
建築設計施工編	範圍		耐火性能
第 1 條第 1 項 第 22 款	外牆定義		---
第 1 條第 1 項 第 26 款	帷幕牆定義		---
第 74 條	適用材料或認可規定		半小時以上
第 79-4 條	防火構造建築物之外牆，除本編第七十九條及第七十九條之三及第一百十條規定外之其他部分外牆		半小時以上
第 79 條、 第 79-3 條	防火構造建築物	防火區劃構件免突出外牆者其外牆、帷幕牆面與防火區劃之構件(牆、樓地板)交接處長度九十公分以上部分	與防火區劃之構件同 等以上防火時效
第 84 條 第 80 條	非防火構造建築物	防火區劃構件免突出外牆者其外牆與防火區劃牆交接處長度三 • 六公尺以上部分有或無開口，有開口但裝設之防火設備	
第 81 條			一小時以上
第 84-1 條	基地內距境界線三公尺，與二幢建築物相對距離在六公尺範圍內，及其上之開口之防火設備。		半小時以上

(資料來源：本研究整理)

表 1 建築技術規則有關外牆及貫穿防火區劃縫隙耐火性規定(續)

外牆		
建築設計施工編	範圍	耐火性能
第 99 條	五層以上之樓層供 A-1、B-1 及 B-2 組使用者，與屋頂避難平臺連接之外牆。	一小時以上
	開設之門窗。	半小時以上
第 110 條	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，及其牆上之開口。	一小時以上
	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尺範圍內之外牆部分，及其牆上之開口。	半小時以上
	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，及其牆上之開口。	一小時以上
	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，及其牆上之開口。	半小時以上
第 110-1	自基地境界線退縮留設之防火間隔超過六公尺之建築物外牆與屋頂部分，及一基地內二幢建築物間留設之防火間隔超過十二公尺之建築物外牆與屋頂部分	得不受本編第八十四條之一應以不燃材料建造或覆蓋之限制
貫穿防火區劃縫隙		
建築設計施工編	範圍	耐火性能
第 85 條	貫穿防火區劃牆壁或樓地板之風管，應在貫穿部位任一側之風管內裝設防火閘門或閘板，電力管線、通訊管線及給排水管線或管線匣，其與貫穿部位合成之構造	一小時以上
第 85-1 條	設備開關控制箱嵌裝於防火區劃牆壁者	一小時以上

表 1 建築技術規則有關外牆及貫穿防火區劃縫隙耐火性規定(續)

貫穿防火區劃縫隙		
建築設計施工編	範圍	耐火性能
第 205 條	給水管、瓦斯管、配電管及其他管路均應以不燃材料製成，其貫通防火區劃時，貫穿部位與防火區劃合成之構造	二小時以上
第 247 條	高層建築物各種配管管材均應以不燃材料製成，或使用具有同等效能之防火措施，其貫穿防火區劃之孔隙應使用防火材料填滿或設置防火閘門。	-----

(資料來源：本研究整理)

外牆定義依建築技術規則建築設計施工編第 1 條二十二、外牆：建築物外圍之牆壁，同條二十五、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，及二十六、帷幕牆：構架構造建築物之外牆，除承載本身重量及其所受之地震、風力外，不再承載或傳導其他載重之牆壁，因此本研究之非承重外牆為帷幕牆，由第 74 條具有半小時以上防火時效之非承重外牆、屋頂及樓梯，應依左列規定：一、非承重外牆：經中央主管建築機關認可具有半小時以上之防火時效者，主要採認可方式。

依第 79 條第 3 項防火區劃之牆壁，應突出建築物外牆面五十公分以上。但與其交接處之外牆面長度有九十公分以上，且該外牆構造具有與防火區劃之牆壁同等以上防火時效者，得免突出。第 4 項建築物外牆為帷幕牆者，其外牆面與防火區劃牆壁交接處之構造，仍應依前項之規定。第 79-3 條第 1 項防火構造建築物之樓地板應為連續完整面，並應突出建築物外牆五十公分以上。但與樓板交接處之外牆面高度有九十公分以上，且該外牆構造具有與樓地板同等以上防火時效者，得免突出。第 2 項外牆為帷幕牆者，其牆面與樓地板交接處之構造，應依前項之規定。第 3 項建築物有連跨複數樓層，無法逐層區劃分隔之垂直空間者，應依前條規定。第 79-4 條防火構造建築物之外牆，除本編第七十九條及第七十九條之三及第一百十條規定外，其他部分外牆應具有半小時以上防火時效。第 80 條第 2 項前項之區劃牆壁應自地面層起，貫穿各樓層而與屋頂交接，並突出建築物外牆面五十公分以上。但與區劃牆壁交接處之外牆有長度九十公分以上，且具有一小時以上防火時效者，得免突出。第 84 條非防火構造之連棟式建築物，其建築面積超過三〇〇平方公尺且屋頂為木造等可燃材料建造之屋架時，應在長度每十五公尺範圍內以具有一小時以上防火時效之牆壁區劃之，並應突出建築物外牆面五十公分以上。但與其交接處之外牆面長度有九十公分以上，且該外牆構造具有與防火區劃之牆壁同等以上防火時效者，得免突出(如圖 4)。

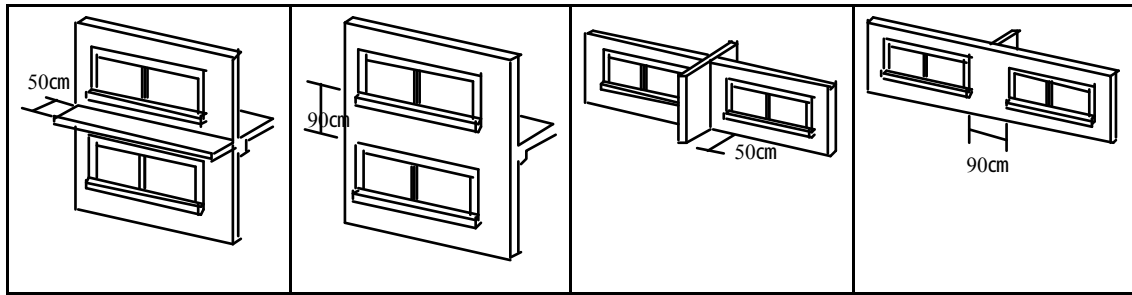


圖 4 外牆與防火區劃構件

(資料來源：本研究整理)

第 81 條第 1 項非防火構造之建築物，其主要構造為木造等可燃材料建造者，應按其總樓地板面積每五〇〇平方公尺，以具有一小時以上防火時效之牆壁予以區劃分隔。第 2 項前項之區劃牆壁應為獨立式構造，並應自地面層起，貫穿各樓層與屋頂，除該牆突出外牆及屋面五十公分以上者外，與該牆交接處之外牆及屋頂應有長度三·六公尺以上部分具有一小時以上防火時效且無開口，或雖有開口但裝設具有一小時以上防火時效之防火門窗等防火設備。區劃牆壁不得為無筋混凝土或磚石構造。第一項之區劃牆壁上需設開口者，其寬度及高度不得大於二·五公尺，並應裝設具有一小時以上防火時效及阻熱性之防火門窗等防火設備。第 84-1 條非防火構造建築物之外牆及屋頂，應使用不燃材料建造或覆蓋。且基地內距境界線三公尺範圍內之建築物外牆及頂部部分，與二幢建築物相對距離在六公尺範圍內之外牆及屋頂部分，應具有半小時以上之防火時效，其上之開口應裝設具同等以上防火性能之防火門窗等防火設備。但屋頂面積在十平方公尺以下者，不在此限。第 99 條建築物在五層以上之樓層供建築物使用類組 A-1、B-1 及 B-2 組使用者，應依左列規定設置具有戶外安全梯或特別安全梯通達之屋頂避難平臺：四、與屋頂避難平臺連接之外牆應具有一小時以上防火時效，開設之門窗應具有半小時以上防火時效。第 110 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：一、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。二、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。三、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。四、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。五、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。六、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 110-1 條非防火構造建築物，除基地鄰接寬度六公尺以上道路或深度六公尺以上之永久性空地側外，建築物應自基地境界線（後側及兩側）退縮留設淨寬一·五公尺以上之防火間隔。一基地內兩幢建築物間應留設淨寬三公尺以上之防火間隔。前項建築物自基地境界線退縮留設之防火間隔超過六公尺之建築物外牆與屋頂部分，及一基地內二幢建築物間留設之防火間隔超過十二公尺之建築物外牆與屋頂部分，得不受本編第八十四條之一應以不燃材料建造或覆蓋之限制。

依據第 74 條非承重外牆之耐火性須經中央主管建築機關認可，本研究就經中央主管建築機關認可之非承重外牆整理於表 2，針對認可之防火外牆與樓板間組構型態，約可區分為 8 種型態如表 3。

表 2 經中央主管建築機關認可之防火外牆

91 年~101 年 2 月認可防火外牆				
防火時效(hr)	0.5	1	2	3
認可件數	3	50	7	2

(資料來源：本研究整理)

表 3 防火外牆與樓板之組構型態

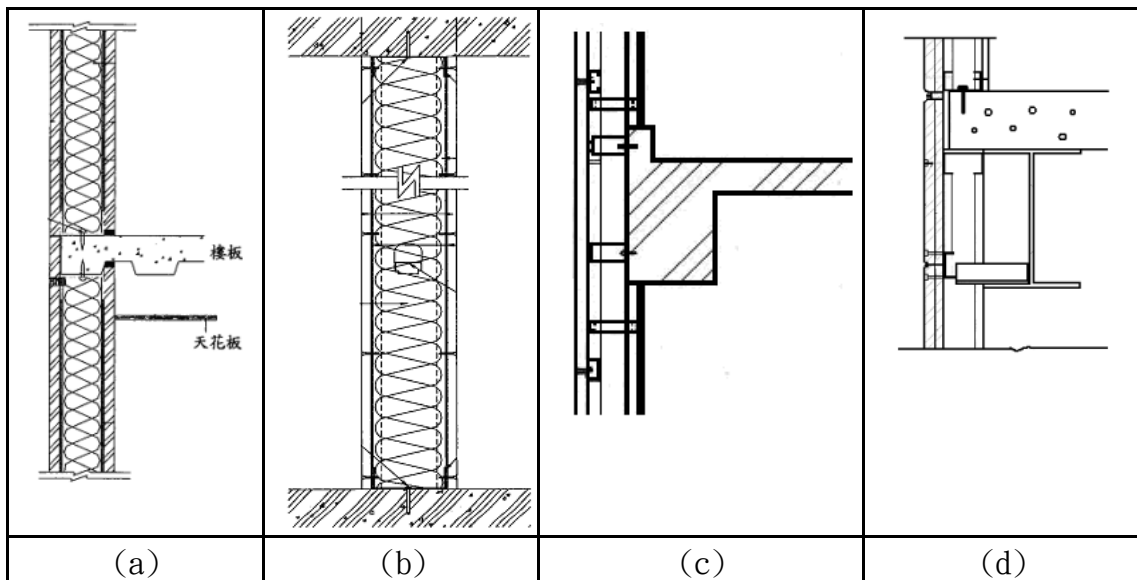
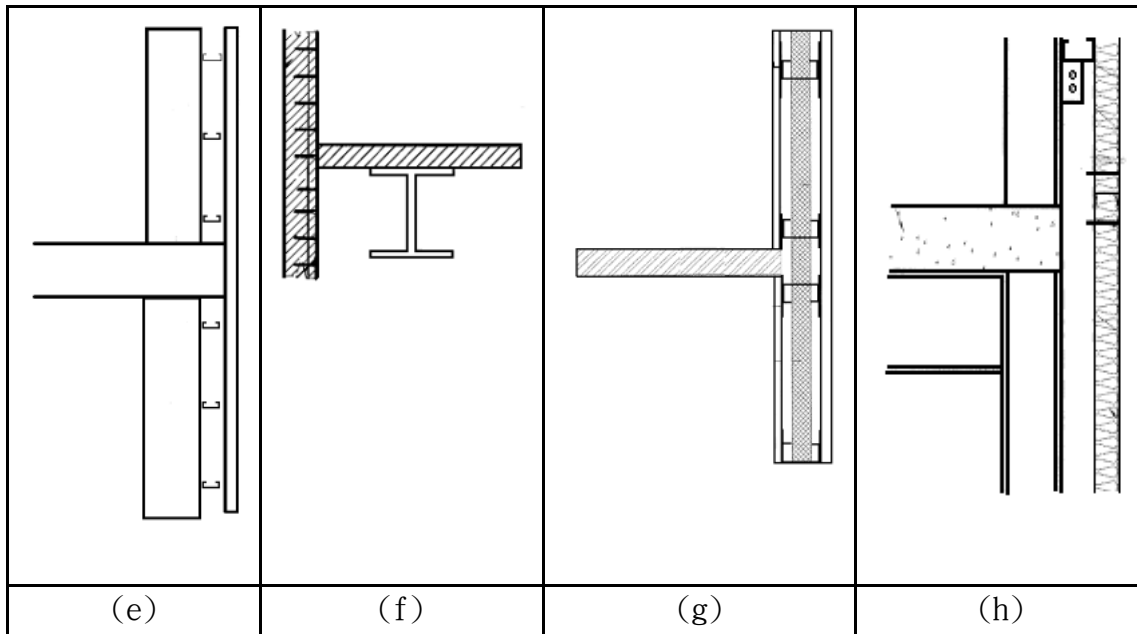


表 3 防火外牆與樓板之組構型態(續)



(資料來源：本研究整理)

由認可之防火外牆與樓板組構型態，除 2 種型態上下端固定於梁下或樓板上，其他 6 種型態皆與樓板間留有縫隙，再由建築技術規則建築設計施工編探討，除第 81 條、第 84-1 條、第 99 條及第 110 條外牆防火性規定與第 110-1 條除外規定外，有關第 79 條、第 79-3 條、第 79-4 條、第 80 條及第 84 條規定，為防火區劃之牆壁、樓板交接之外應突出建築物外牆面五十公分以上或與其交接處之外牆面長度有九十公分以上須具防火時效，在交接處之外牆面長度有九十公分以外則無防火性能之要求。

對於機電設備箱體或插座開關直接在牆體上鑿孔後嵌入，於第 85-1 條各種電氣、給排水、消防、空調等設備開關控制箱設置於防火區劃牆壁時，應以不破壞牆壁防火時效性能之方式施作。前項設備開關控制箱嵌裝於防火區劃牆壁者，該牆壁仍應具有一小時以上防火時效。

第 85 條貫穿防火區劃牆壁或樓地板之風管，應在貫穿部位任一側之風管內裝設防火閘門或閘板，其與貫穿部位合成之構造，並應具有一小時以上之防火時效。貫穿防火區劃牆壁或樓地板之電力管線、通訊管線及給排水管線或管線匣，與貫穿部位合成之構造，應具有一小時以上之防火時效。第 205 條給水管、瓦斯管、配電管及其他管路均應以不燃材料製成，其貫通防火區劃時，貫穿部位與防火區劃合成之構造應具有二小時以上之防火時效。及第 247 條高層建築物各種配管管材均應以不燃材料製成，或使用具有同等效能之防火措施，其貫穿防火區劃之孔隙應使用防火材料填滿或設置防火閘門。所規範的為管線貫穿孔之防火性，對於構件接合部縫隙，帷幕牆與建築物結構間之間隙以及由外牆面向上延燒耐火性方面，法規上亦無規範。

2. 公共工程

在公共工程委員會之施工綱要工具書，尚非屬標準施工規範，應用時需就

擬發包之工程特性，全面檢視所用綱要規範之內容是否足可符合發包工程之需要，以下就有關非承重外牆(帷幕牆)相關施工規範加以整理與探討，第 03455 章 V4.0 預鑄混凝土帷幕牆，於第 1.2 節工作範圍包含第 1.2.4 節填縫，相關章節第 1.3.8 節引至第 07921 章--填縫材，第 03456 章 V3.0 預鑄混凝土帷幕牆於第 1.2 節工作範圍包含第 1.2.3 節隔熱、填縫，相關章節第 1.3.3 節引至第 07921 章--填縫材，第 07921 章填縫材第 1.2 節工作範圍：凡契約圖說中所涉及之門窗、玻璃、混凝土、帷幕牆、伸縮縫、工作縫或其他防水填縫(Sealers or Caulking)，包括一液型填縫劑、二液型填縫劑、施工中所需之一切人工及施工機具。此章主要為以材料性質規範未涉防火性要求。

第 08911 章鋁帷幕牆，於第 1.2 節工作範圍包含第 1.2.2 節如無特殊規定時，工作內容應包括但不限於鋁製帷幕牆本體、轉角、門窗框座、門窗開口、窗台板、窗簾箱、層間塞之截火填塞材料、飾板或面板／隔熱板、固定件、玻璃、填縫料及其他五金配件等。相關章節第 1.3.9 節引至第 07840 章--防火阻絕，及第 1.3.10 節引至第 07921 章--填縫材，第 2.1 節功能有關防火性規範為：

第 2.1.6 節防火時效及截火填塞材料(俗稱層間塞)

- (1) [鋁製帷幕牆應符合[CNS 11227 A3223][ASTM][]之相關規定，其防火時效應達[2][1][]小時以上。]
- (2) 各樓層結構體與帷幕牆之層間空隙，須加裝[防火岩棉][截火填塞材料][]防火阻絕材料予以封閉，並應達到與樓地板相同之防火時效。
- (3) [若使用防火岩棉為截火填塞材料時，其樓地板面層尚需加裝[防火補土泥][防火噴霧塗料][防火矽力康][]面材予以密封。]
- (4) 所安裝之截火填塞材料，應符合第 07840 章「防火阻絕」之相關規定。

第 08910 章金屬帷幕牆相關章節第 1.3.9 節，引至第 07900 章--填縫料，第 2.1.3 (12)節耐火性：其防火時效應在[2 小時][]以上，各樓層 RC 梁與帷幕牆之空隙，須加裝[鍍鋅鐵板][防火岩棉][截火填塞材料][]予以封閉，並應達到與樓地板相同之防火時效。第 07900 章填縫料 1.2.1 依據契約及設計圖示之規定，凡使用於建築物結構體構件、帷幕牆或內外裝修之天花、牆面、地坪、屋頂及門窗、玻璃等之伸縮縫、工作縫或其他防水填縫位置，其圖示為填縫料者均屬之。此章亦僅就材料性質規範未涉防火性要求。

第 07840 章 V3.0 防火阻絕第 1.1 節本章概要：本章說明貫穿防火區劃或結構體之防火阻絕材料(以下簡稱阻火材料)之產品及其施工與驗收等相關規定。第 1.2.1 節如無特殊規定，工作範圍應包括但不限於下列：

- (1) 安裝於樓板、外牆、防火分間牆或其他建築構造物之無物空洞、貫穿部周邊及開孔內，防止火、煙蔓延之材料。
- (2) 防火構造物上機械、電氣相關管線、設備貫穿孔道之阻燃材料。
- (3) 凡契約圖說上所標示之位置或規範中其他章節列舉之位置。

第 1.4 節相關準則

第 1.4.1(2)節 CNS 14514 建築物防火區劃貫穿部耐火試驗法

第 1.4.2(1)節 ASTM E814 貫穿物防火材料性能標準試驗法

第 1.4.3(1)節 UL 1479 貫穿開孔阻火測試方法

第 1.5.8 節施工圖所列工法應通過 CNS 14514 之測試並取得中央主管建築機關之審核認可書，防火等級為遮焰級(B 種或稱 F Rating)至少[1 小時][]，或阻熱級(A 種或稱 T Rating)至少[1 小時][]。

由以上規範對於帷幕牆之防火阻絕之耐火性試驗，主要以管線貫穿部耐火性試驗，但對於鋁製帷幕牆應符合[CNS 11227 A3223]之規定，因 CNS 11227 為建築用防火門耐火試驗法，並不適用於帷幕牆之耐火性試驗。

公共工程委員會，”機電設備工程品質管理實務回訓教材第三章 消防設備工程品質管理實務” [6]，對於建築物防火區劃貫穿部須施作防火填塞者包括下列部分：

- (1)給水、排水管貫穿樓板及牆壁部份之縫隙。
- (2)電線、電纜、線槽貫穿樓板及牆壁部份之縫隙。
- (3)空調、排煙風管貫穿樓板及牆壁部份之縫隙。
- (4)帷幕牆與樓板交接處。
- (5)樓板與樓板、樓板與牆、牆與牆間伸縮接合縫。

3. 中華民國國家標準

對於建築物防火區劃貫穿部須施作防火填塞，在 CNS 相對應之試驗法列於表 4。

表 4 有關建築物防火區劃貫穿部耐火性試驗法

貫穿型態	試驗標準
貫穿孔道系統	CNS 14514
構件接縫系統	CNS 15206
層間縫	NA

(資料來源：本研究整理)

(二) 國外相關法規規範

1. 美國

美國於建築物防火區劃貫穿部區分為管線貫穿 (Through-Penetrations) 如圖 5、構造間線形接合部 (Construction Joints) 如圖 6 及帷幕層間縫隙 (Perimeter Containment) 如圖 7[7]，其耐火試驗規定於 IBC 規定如表 5[8]，NFPA 之規定如表 6[9]，NFPA 對於單面穿透 (Membrane-Penetrations) 如圖 8[8] 亦予以規定。



圖 5 管線貫穿部

(資料來源：International Building Code (IBC))



圖 6 構造間線形接合部

(資料來源：International Building Code (IBC))

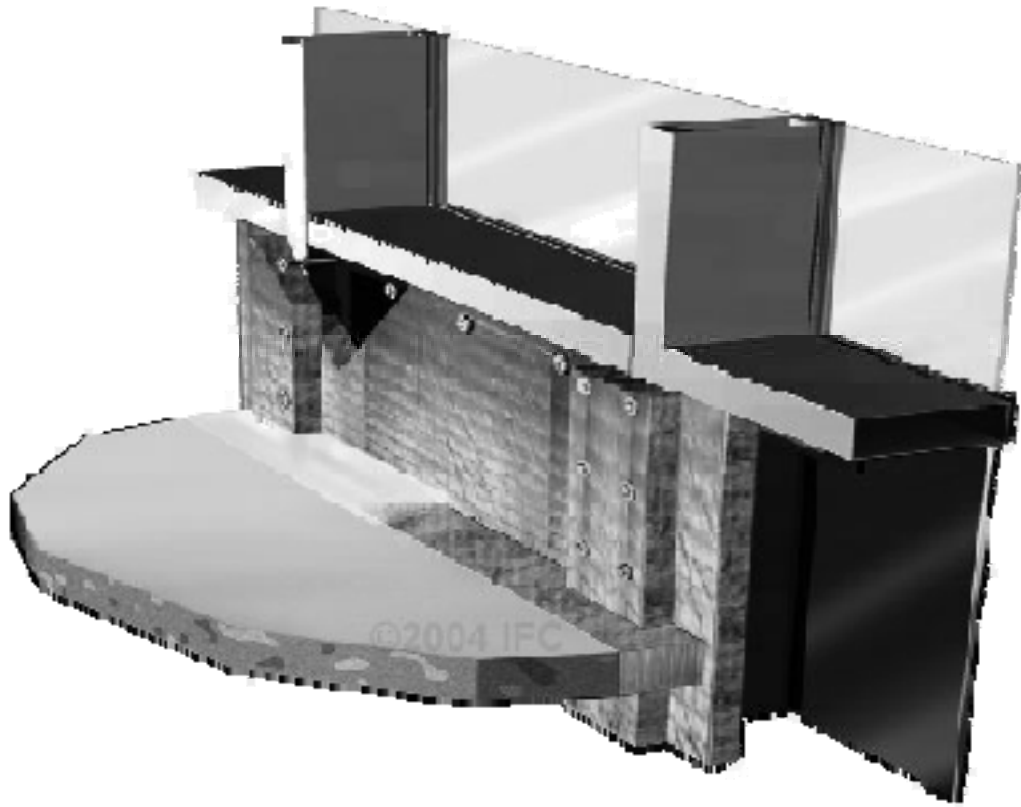


圖 7 帷幕層間縫
(資料來源：International Building Code (IBC))



圖 8 單面穿透
(資料來源：International Building Code (IBC))

表 5 IBC 有關建築物防火區劃貫穿部耐火性試驗法

條文	試驗法
712.3.1.2 Through Penetration Firestop	防火牆貫穿部 ASTM E814 ANSI/UL1479
712.4.1.1.2 Through Penetration Firestop	樓板貫穿部 ASTM E814 ANSI/UL1479
714.3 Fire Test (Joints)	ASTM E1966 UL2079
714.4 Curtain Wall	ASTM E2307.

(資料來源：本研究整理)

表 6 NFPA 101 有關建築物防火區劃貫穿部耐火性試驗法

條文	試驗法
8.3.5.1 Firestop Systems and Devices Required.	ASTM E814 ANSI/UL1479.
8.3.5.6.2 Membrane penetrations	ASTM E814 ANSI/UL1479.
8.3.6.5 Joints and Test Standards	ASTM E1966 UL2079.
8.3.6.7 Curtain Walls and Perimeter Joints	ASTM E2307

(資料來源：本研究整理)

2. 歐州

由 BS 476-10[10]整理歐州在火災歷程各階段材料耐火性試驗標準如圖 9，以及室內外火災延燒路徑之防火試驗標準如圖 10，有關建築物防火區劃貫穿部耐火性試驗法整理如表 7。

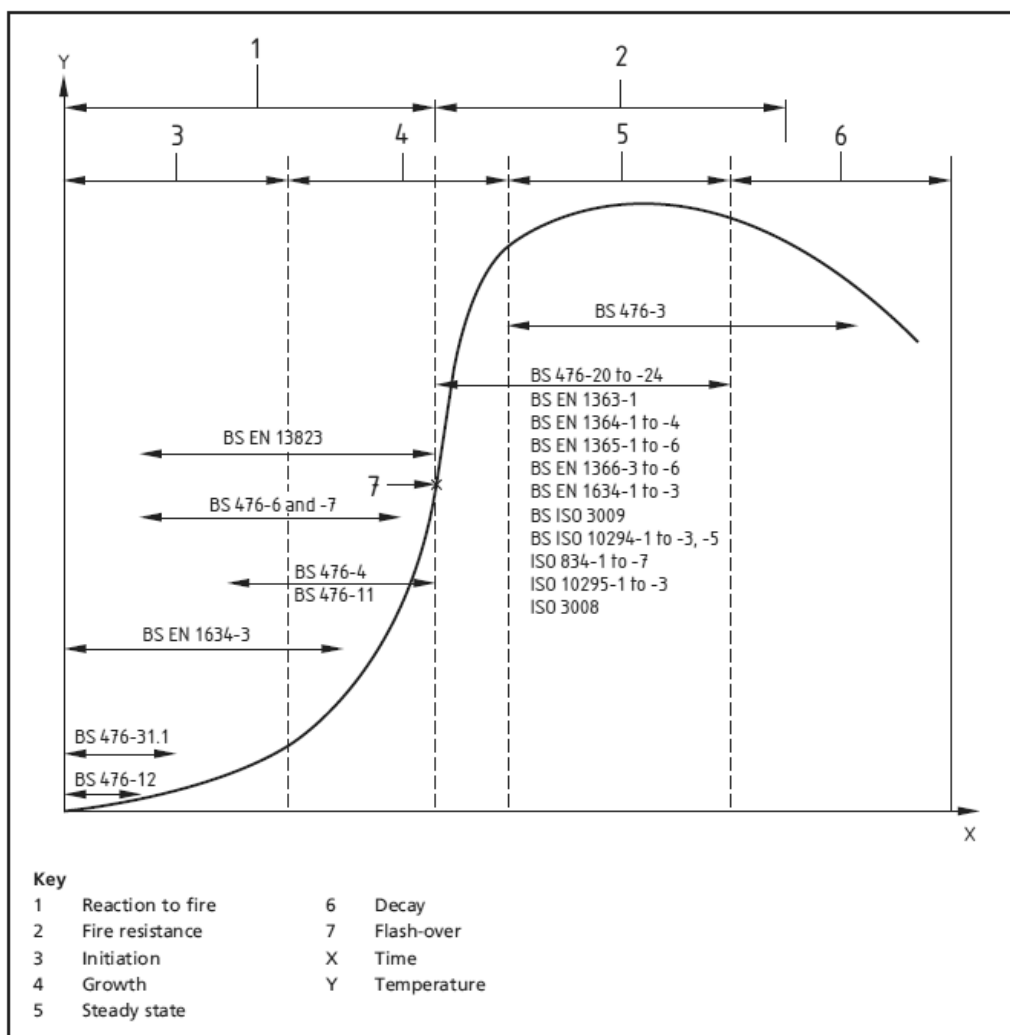


圖 9 BS 476-10 火災歷程各階段材料耐火性試驗標準
(資料來源：BS 476-10)

由圖 10(k)表示與樓板交接部分外牆及窗玻璃無耐火性，則 BS 476、EN 及 ISO 無相關標準檢驗其延燒性，(l)與樓板交接部分外牆具耐火性、窗玻璃無耐火性，其延燒性在 BS 476 及 ISO 無相關標準檢測，僅 EN 1364-4 有所規定，(m)與樓板交接部分外牆及窗玻璃皆具耐火性，則以 EN 1364-3 檢測。

表 7 有關建築物防火區劃貫穿部耐火性試驗法

貫穿型態	試驗標準
貫穿孔道系統	EN1366-3 ISO 10295-1
構件接縫系統	EN1366-4 ISO10295-2
外牆及層間縫	EN 1364-3 EN 1364-4

(資料來源：本研究整理)

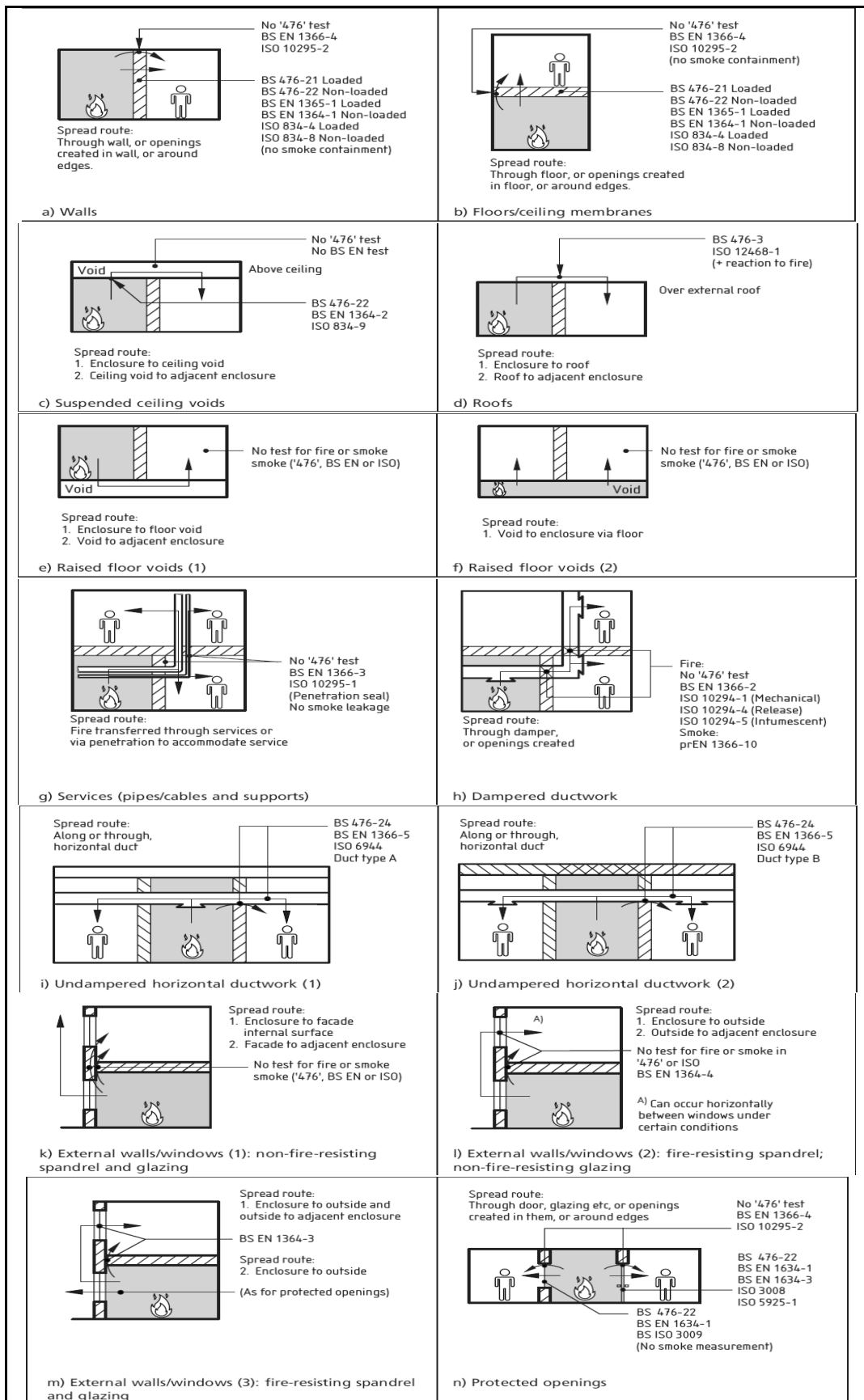


圖10 火災延燒路徑潛勢與防火試驗標準

(資料來源：BS 476-10)

3. 日本

由日本建築基準法施行令第129條之2之5第1項第7號，主要以管線貫穿防火區劃防火構件部份，加以防火與試驗法規定，另由日本建材試驗中心品質性能試驗報告書[11]之試驗試體（如圖11），顯示亦有針對構件接縫系統進行耐火試驗。

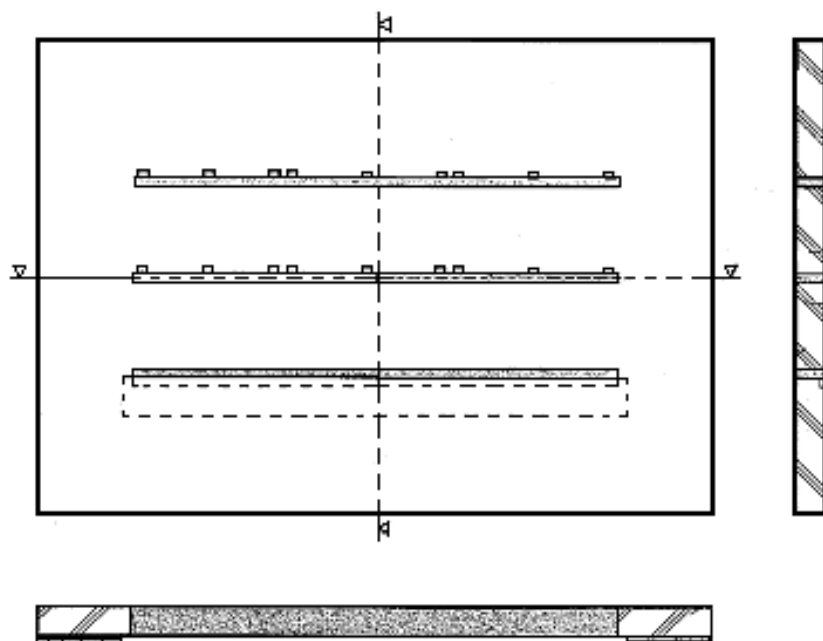


圖 11 乾式層間耐火材之耐火性能試驗試體圖
（資料來源：日本建材試驗中心）

(三)小結

綜整歐美對於建築物防火區劃貫穿部耐火性，區分為管線貫穿（Through-Penetrations）、構造間線形接合部（Construction Joints）及帷幕層間縫隙（Perimeter Containment），各國建築物防火區劃貫穿部耐火性試驗法比較彙整於表 8，針對不同貫穿型態有其相應之試驗法規定，在日本雖主要以管線貫穿為主，但由層間耐火材之品質性能試驗，試驗法同歐美之構件接縫系統耐火試驗，對於國內建築物防火區劃貫穿部耐火性僅以管線貫穿耐火性規範，是否足以符合構造間線形接合部及帷幕層間縫隙，為本研究主要探討目的。

表 8 各國建築物防火區劃貫穿部耐火性試驗法比較

貫穿型態	IBC	EN	日本建築基準法施行令	我國建築技術規則
貫穿孔道系統	ASTM E814 ANSI/UL1479	EN1366-3 ISO 10295-1	防火区画等を貫通する管の性能試験・評価業務方法書	CNS 14514
構件接縫系統	ASTM E1966 UL2079.	EN1366-4 ISO10295-2	無	無
外牆及層間縫	ASTM E2307	EN 1364-3 EN 1364-4	無	無

(資料來源：本研究整理)

四、防火區劃構件與設備國內試驗法

由國內外火災災例探討，對於如機電設備箱體直接在牆體上鑿孔後嵌入，並未施予防火補強措施，嚴重破壞管道間防火完整性，火焰及熱煙氣從該牆體上方與樓板（底部使用波浪型鋼承板）接合部孔縫，或者牆角直交兩面牆體接合部縫隙，帷幕牆與建築物結構間之間隙以及由外牆面向上延燒，上述項目皆是造成延燒之問題，以致防火區劃之完整性上有所不足。

藉由 BS 476-10 之火災延燒路徑潛勢，檢討國內相關試驗法之完整性，圖 12 及圖 13 為防火區劃牆與樓板之延燒路徑潛勢，其延燒路徑有牆及樓板之本體，現行試驗法為 CNS 12514，另一路逕為牆與牆、牆與樓板、牆與梁或牆與柱等防火區劃構件與構件之接合部大於 20 mm(如圖 6)，現行 CNS 制訂公布有 CNS 15206 建築物構造線形接合密封部耐火試驗法，惟此試驗法在國內相關法規並未有所引用。

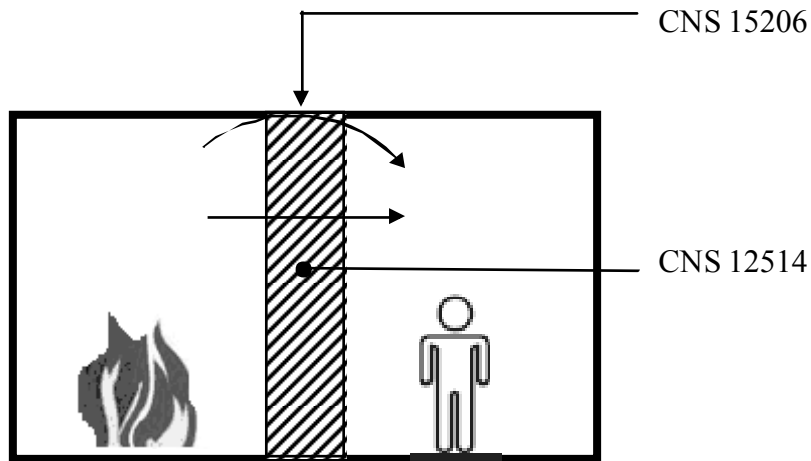


圖12 牆延燒路徑潛勢
(資料來源：本研究整理)

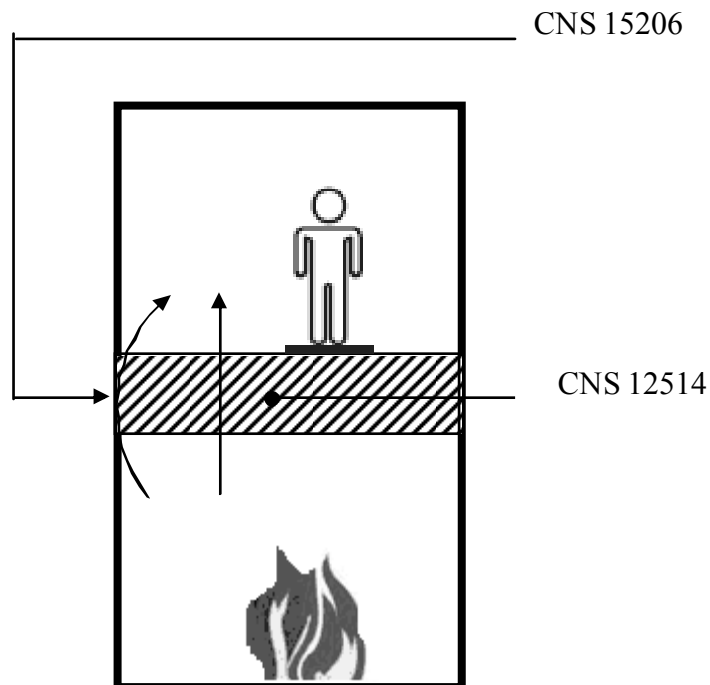


圖13 樓板/天花板延燒路徑潛勢
(資料來源：本研究整理)

當樓板下裝修天花板，而防火區劃牆高度僅至天花板，形成天花板與樓板之間空隙貫穿兩區劃如圖14，再此情況下天花板須具有防火區劃功能，CNS 12514適用於樓板（有或無天花板）、屋頂（有或無天花板）之耐火測試，但標準並未對於天花板與樓板之間空隙貫穿兩區劃，此空隙空間防止延燒之試驗法，由BS 476-10亦表示EN及ISO此部份也無相關標準，因此，在此情境之天花板應符合遮焰性與阻熱性之防火時效性能。

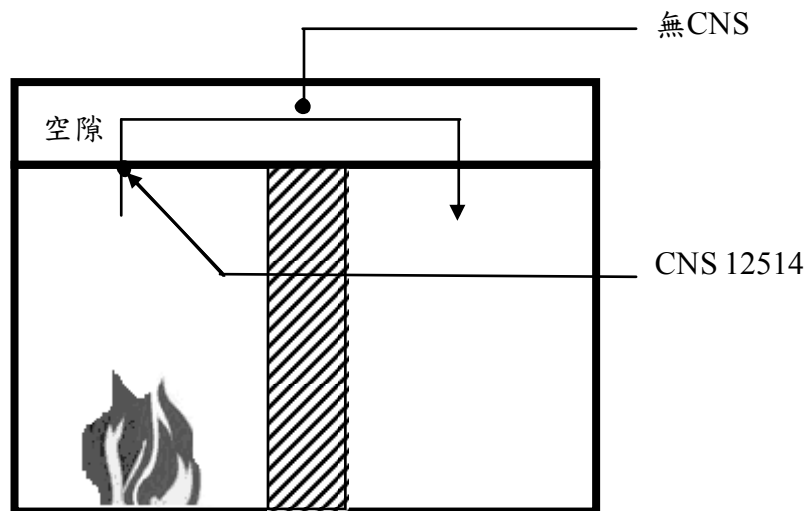


圖14 天花板與樓板空隙延燒路徑潛勢
(資料來源：本研究整理)

屋頂在防火構造建築物依建築技術規則建築設計施工編第70條，應具半小時防火時效，圖15之延燒路徑在防火構造建築物則須依CNS 12514試驗，在同編第84-1條非防火構造建築物，應使用不燃材料建造或覆蓋，其材料不燃性則須依CNS 14705及CNS 6532(或ISO 1182)基材不燃性兩項試驗。

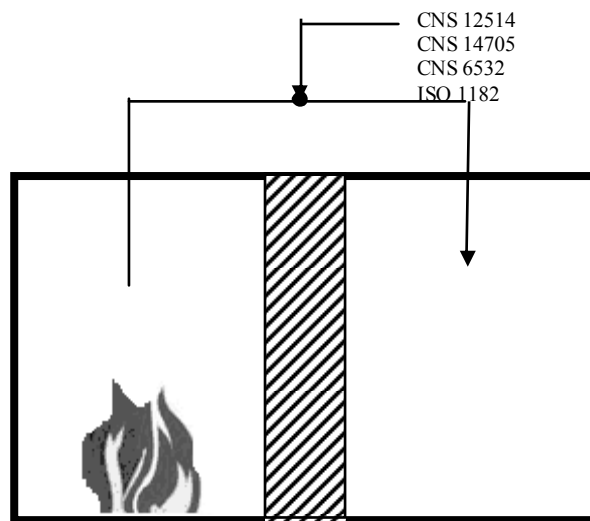


圖15 屋頂延燒路徑潛勢
(資料來源：本研究整理)

建築物如因特殊須求而有高架雙層樓板情形，且在雙層樓板間之空隙貫穿防火區劃，不論是由一空間起火或是由空隙起火(圖16、圖17)，以致延燒至另一區劃，CNS 並無此情境之試驗法，在EN及ISO也無此試驗法，建築物如有此種設計，則雙層樓板皆應符合防火區劃耐火性能規定。

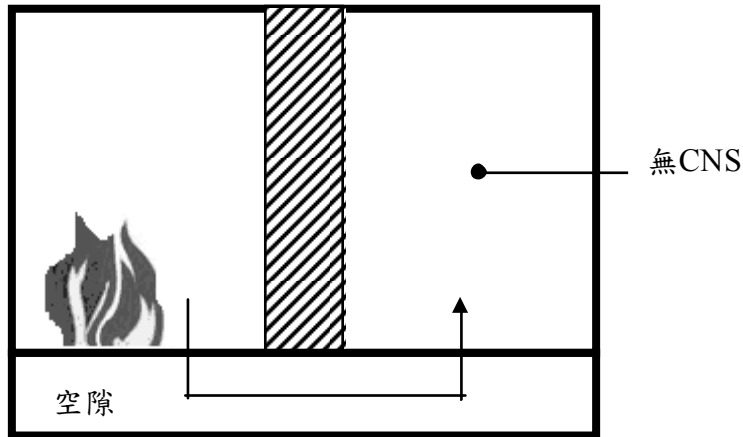


圖16 高架雙層樓板空隙延燒路徑潛勢(1)
(資料來源：本研究整理)

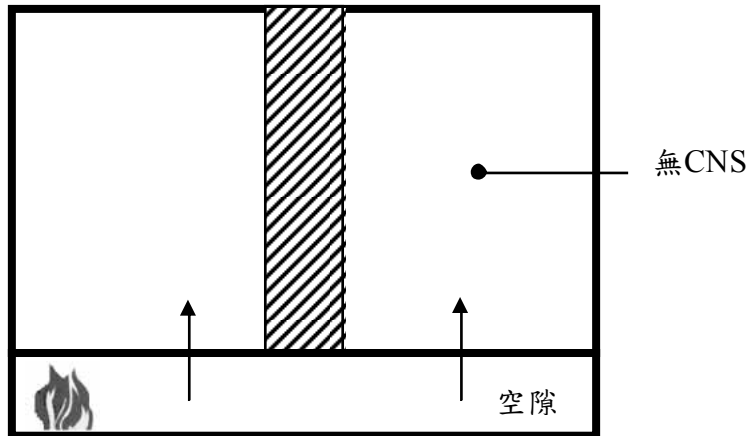


圖17 高架雙層樓板空隙延燒路徑潛勢(2)
(資料來源：本研究整理)

法規規範貫穿防火區劃牆壁或樓地板之電力管線、通訊管線及給排水管線或管線匣，與貫穿部位合成之構造之防火性能如圖 18，管線貫穿部位現行依 CNS 14514 試驗，另對於貫穿防火區劃牆壁或樓地板之風管，規範應在貫穿部位任一側之風管內裝設防火閘門或閘板如圖 19，主要用於排煙設備，是試驗法依「排煙設備用閘門認可基準」，對於貫穿防火區劃之無閘門風管如圖 20 及圖 21，現行法規尚無規範，在試驗法方面，CNS 於 2012 年參考 ISO 6944-1-2008 起草制訂「通風管道耐火試驗方法」。

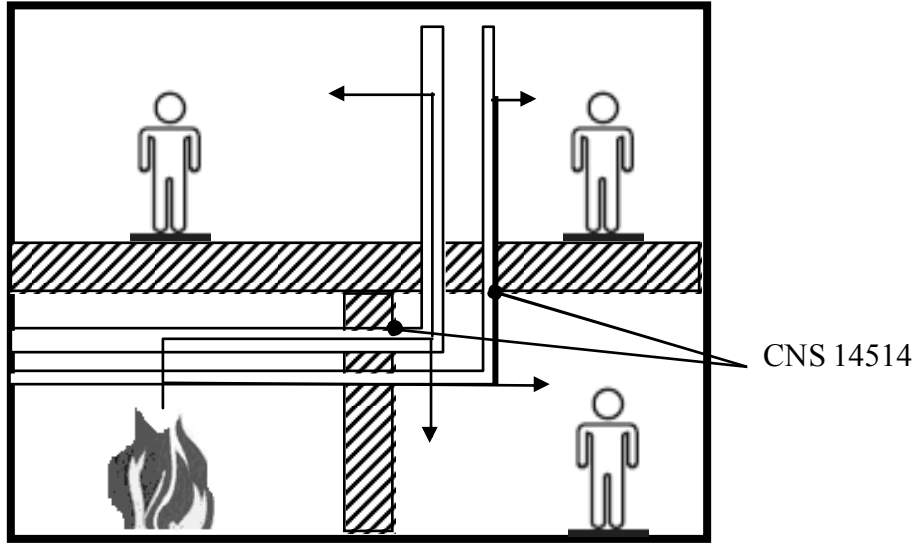


圖18 管線/電纜及支撐延燒路徑潛勢
(資料來源：本研究整理)

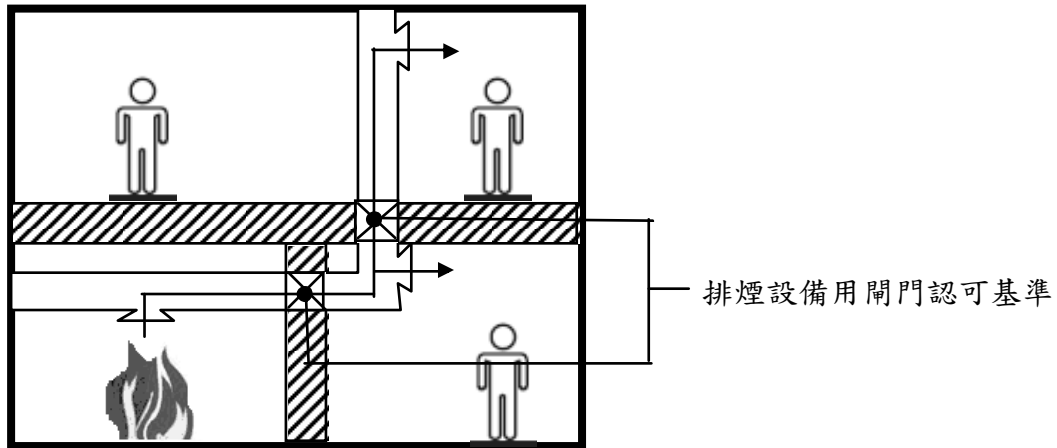


圖19 風管系統之閘門延燒路徑潛勢
(資料來源：本研究整理)

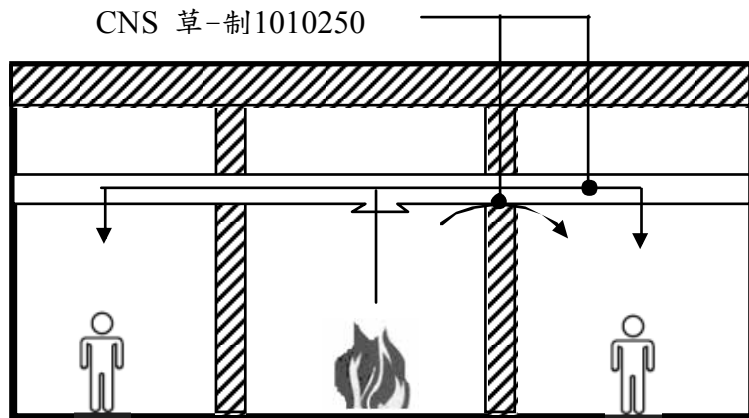


圖20 無閘門水平風管系統延燒路徑潛勢(1)
(資料來源：本研究整理)

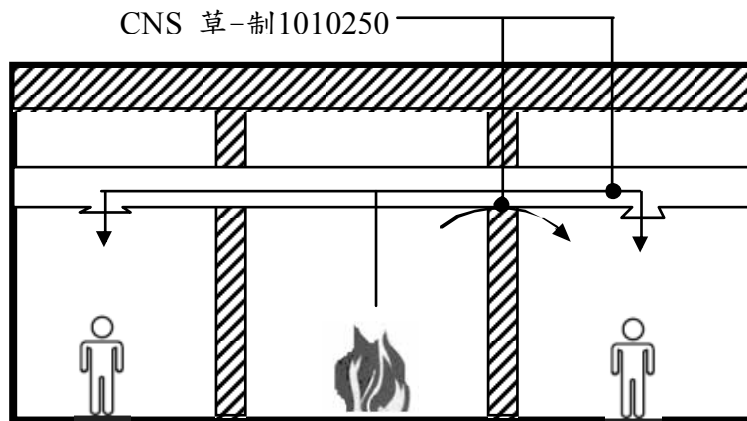


圖21 無閘門水平風管系統延燒路徑潛勢(2)

(資料來源：本研究整理)

外牆依耐火性須求概分為三種情境，圖22為非耐火層間牆及非耐火玻璃窗，此情境在 CNS、EN及ISO等標準並無適用之試驗法；圖23為耐火層間牆；非耐火玻璃窗，由層間縫隙及由開口噴出火焰對上層玻璃窗加熱，在CNS並無適用之耐火試驗法；圖24為耐火層間牆及耐火玻璃窗，耐火玻璃窗可由CNS 14815測試其耐火性，但無阻熱性其經熱傳及輻射而延燒則無適用之CNS標準，上述三種情境之層間縫隙之延燒防止耐火性能，因縫隙大且受層間牆之層間變位，火災時層間牆受火之熱變形，皆對層間縫隙耐火性具有影響性，在考量這些因素下，CNS並無適用之試驗法。

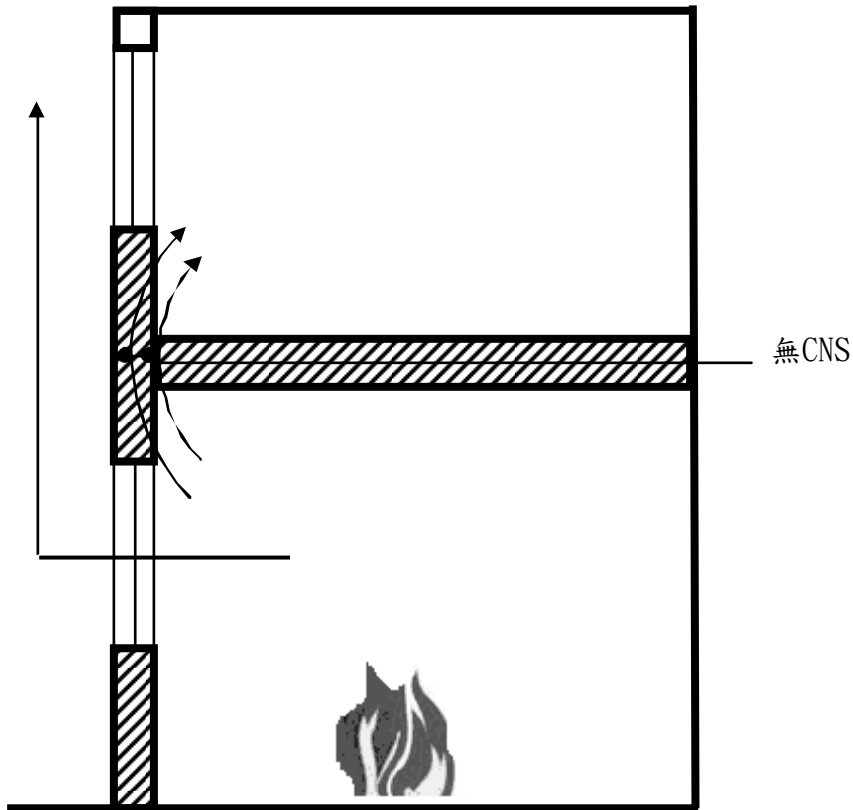


圖22 外牆/窗延燒路徑潛勢(1)：非耐火層間牆及非耐火玻璃窗
 (資料來源：本研究整理)

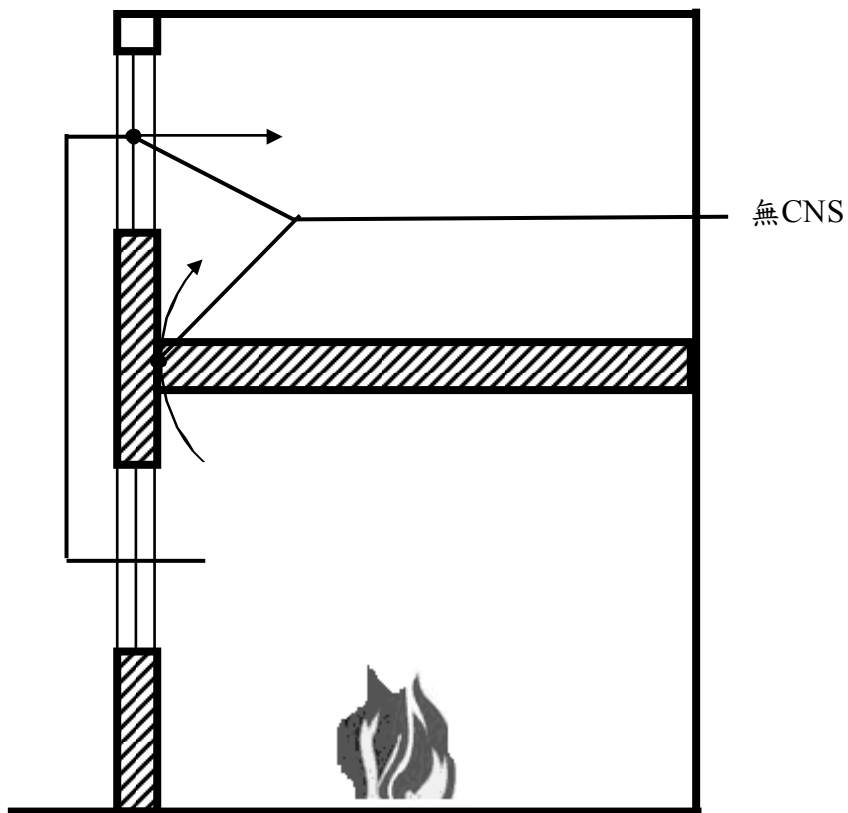


圖23 外牆/窗延燒路徑潛勢(2)：耐火層間牆；非耐火玻璃窗
 (資料來源：本研究整理)

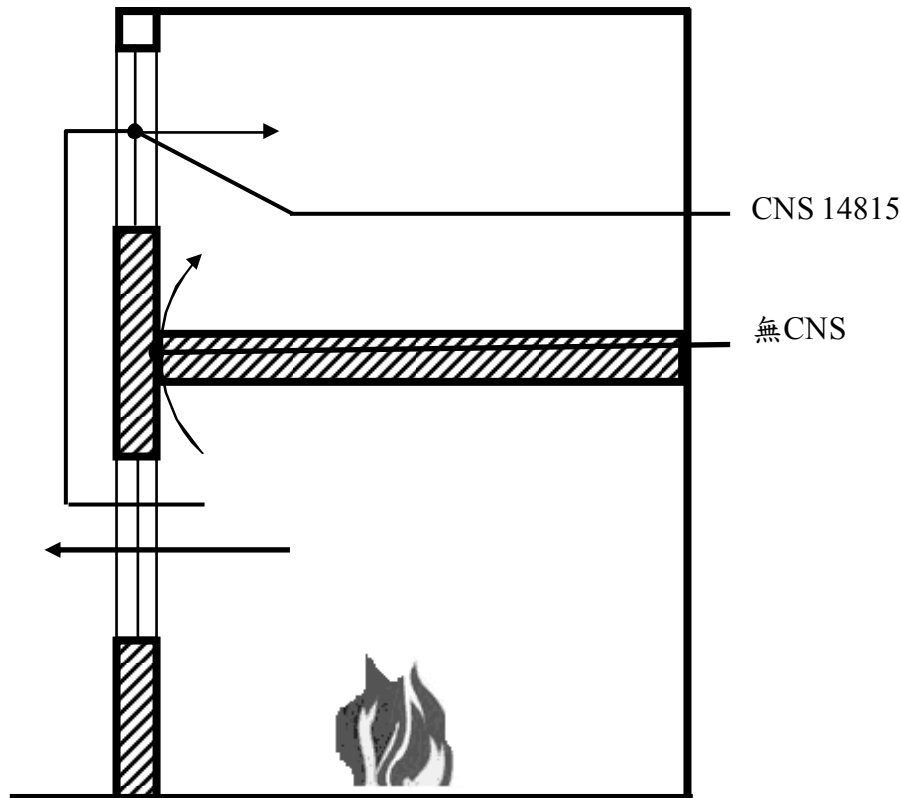


圖24 外牆/窗延燒路徑潛勢(3)：耐火層間牆及耐火玻璃窗
(資料來源：本研究整理)

在防火區劃內開口部防火設備(如圖25)如防火窗以CNS 14815測試，防火門以CNS 11227測試耐火性，CNS 15038測試遮煙性，耐火捲門以CNS 14803測試，在防火設備或耐火捲門與防火構件接合部，係以構件及防火設備(或防火捲門)構成一體試驗體，進行耐火試驗，並不須要另以接合縫隙耐火試驗法進行測試。

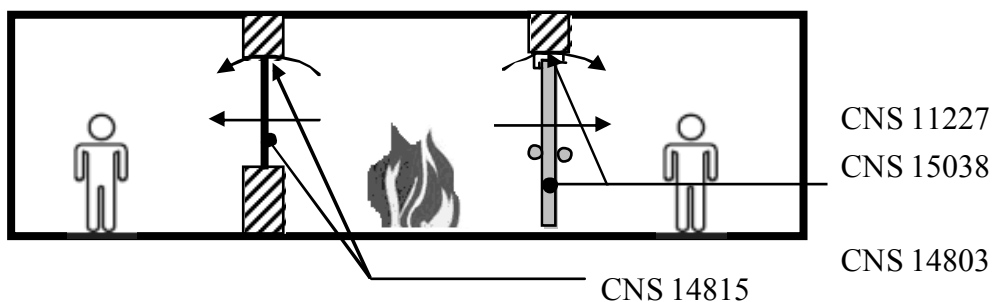


圖25 開口部防火設備延燒路徑潛勢
(資料來源：本研究整理)

建築物外部火源由屋頂外部延燒(如圖26)，依建築技術規則建築設計施工編第70條，防火構造建築物屋頂應具半小時防火時效，因此，已具防止延燒性能，同編第84-1條非防火構造建築物之屋頂，應使用不燃材料建造或覆蓋，不燃材料即為耐燃一級材料，為同時通過CNS 14705及CNS 6532(ISO 1182)基材不燃性試驗二項標準之測試。

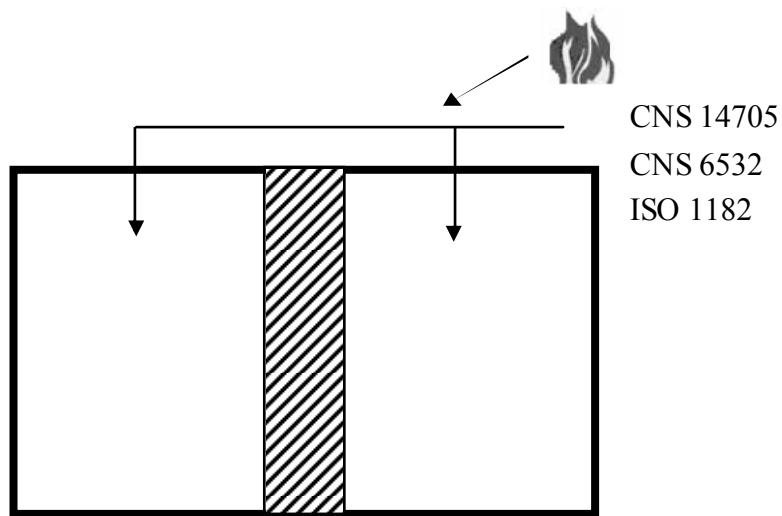


圖26 屋頂外部火災延燒路徑潛勢

(資料來源：本研究整理)

建築物外部火源造成外牆面延燒(如圖27)，依建築技術規則建築設計施工編第84-1條非防火構造建築物之外牆，應使用不燃材料建造或覆蓋，由同時通過CNS 14705及CNS 6532(ISO 1182)基材不燃性試驗二項標準之測試驗證不燃性，CNS 15213-1及CNS 15213-2係以中、大尺度測試外牆面之延燒性。

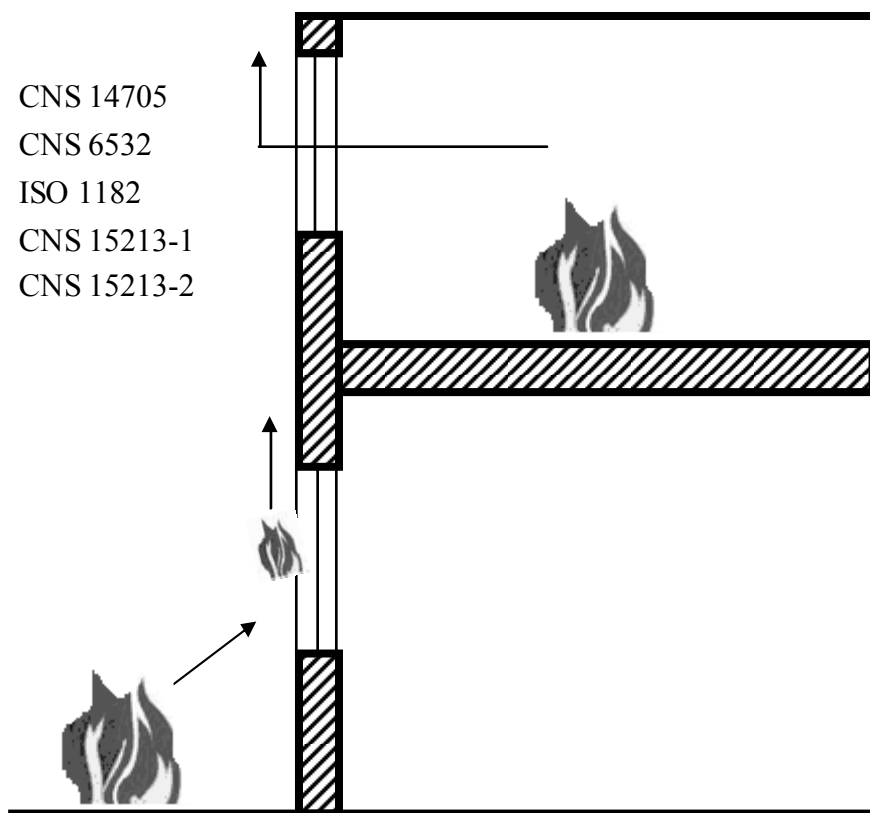


圖27 建築物外表面延燒路徑潛勢

(資料來源：本研究整理)

綜整完整防火區劃之各項耐火試驗法，在法規規範及CNS標準部分，尚有無閘門風管系統之耐火性試驗及層間縫隙與上層開口延燒無相關規範與試驗法標準，無閘門風管系統CNS已起草制訂，層間縫隙與上層開口延燒耐火試驗法則待研訂。

五、非承重外牆與層間縫隙耐火驗證法探討

在本研究分析檢討，現行防火區劃構件、防火設備、管線貫穿部及風管系統之閘門耐火性試驗法，法規與試驗法標準皆已訂定實施中，無閘門風管系統風管部分，CNS 已起草審查中，而構件線形接合（縫隙）密封部耐火性評估包括接合部經設計可容許移動，且具有大於 20 mm 寬度之情況下，導致的移動效應時，線性接合部防火遮焰性與阻熱能力 CNS 10295-2 可供此方面之驗證，法規部分有檢討納入驗證之必要，外牆與樓板層間縫隙、外牆有無開口之耐火性及外牆開口噴出火焰對上層開口或鄰棟開口延燒耐火試驗法(如圖 28)，現行法規並未規範且 CNS 亦無適用之試驗法標準。

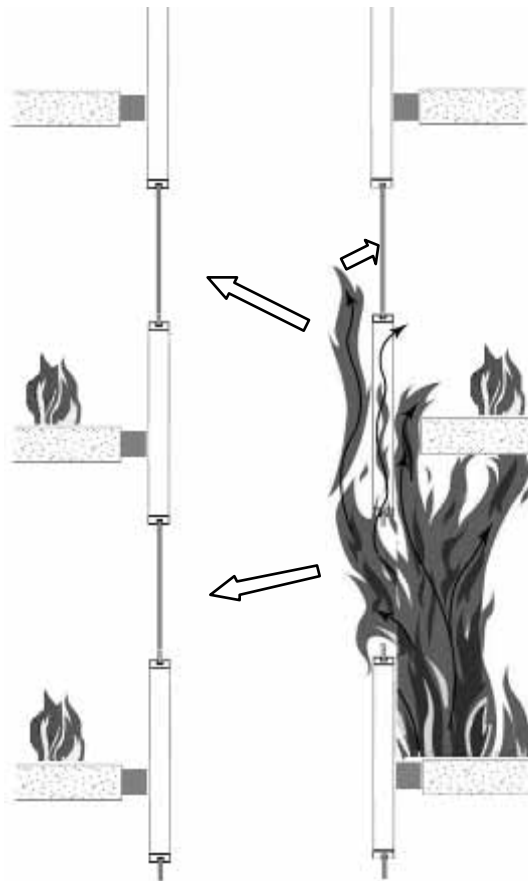


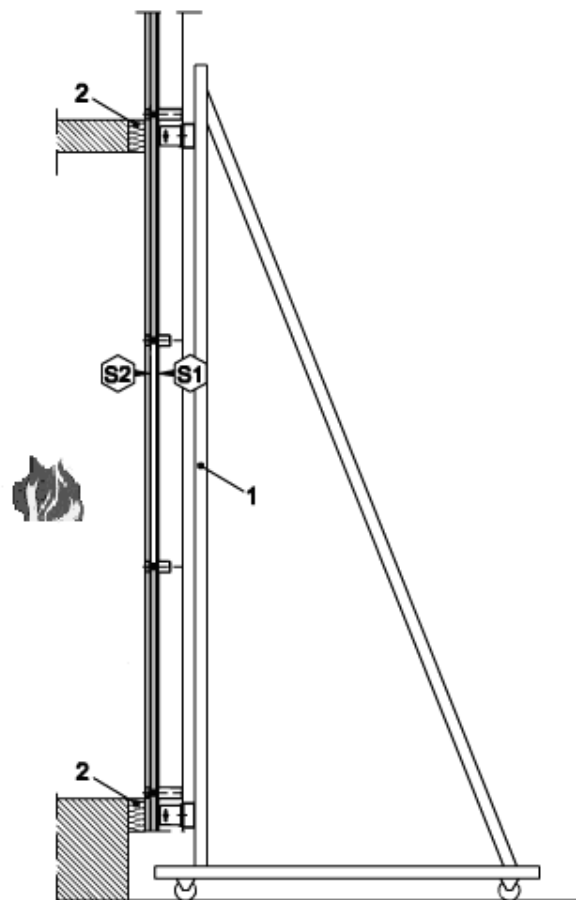
圖 28 外牆面火災延燒路徑

(資料來源：本研究整理)

本研究將就外牆與樓板層間縫隙及外牆有無開口之耐火性及外牆開口噴出火焰對上層開口或鄰棟開口延燒耐火試驗法進行探討，由文獻[12~17]所探討與進行之實驗方法，主要以全尺寸實驗屋之帷幕牆火災實驗，就國外相關法規規範之探討，在外牆與層間縫隙耐火試驗標準，以歐盟之 EN 1364-3、EN 1364-4 及美國 ASTM E2307 有具體試驗法，本研究將就 EN 及 ASTM 探討國內適用之試驗法。

(一) 歐盟試驗標準

首先就外牆(具耐火性)無開口或有開口但裝設防火設備，此情境可參考 EN 1364-3 測試層間縫隙阻火系統之耐火性，試驗之設備、試驗法可依 CNS 12514 規定，試驗體則依圖 29 至圖 35。



- | | |
|--|--|
| <p>▨</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>S1</p> <p>S2</p> | <p>試驗爐體</p> <p>支承框</p> <p>以耐燃 1 級材料填塞試驗爐體與試體間縫隙</p> <p>表面 1</p> <p>表面 2(外牆室外側)</p> |
|--|--|

圖 29 由室外側暴火之試體支承框

(資料來源：EN 1364-3)

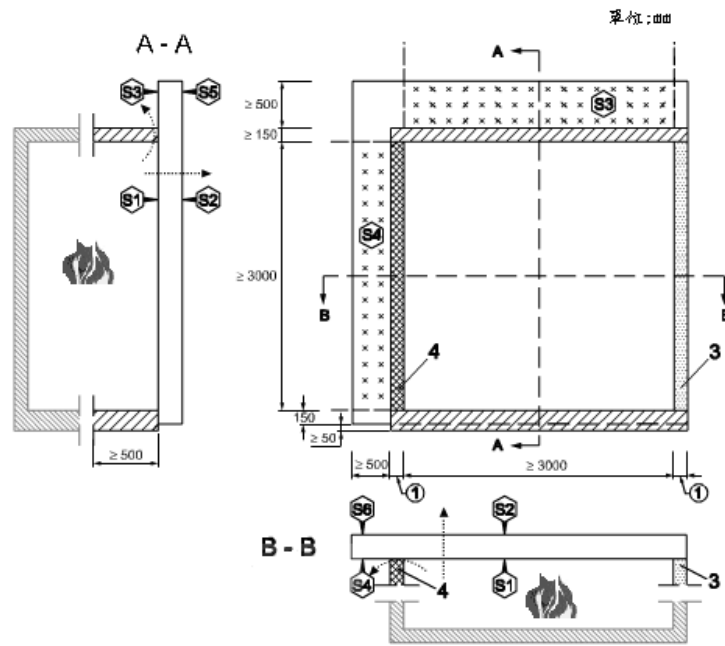


圖 30 由室內側暴火

(資料來源：EN 1364-3)

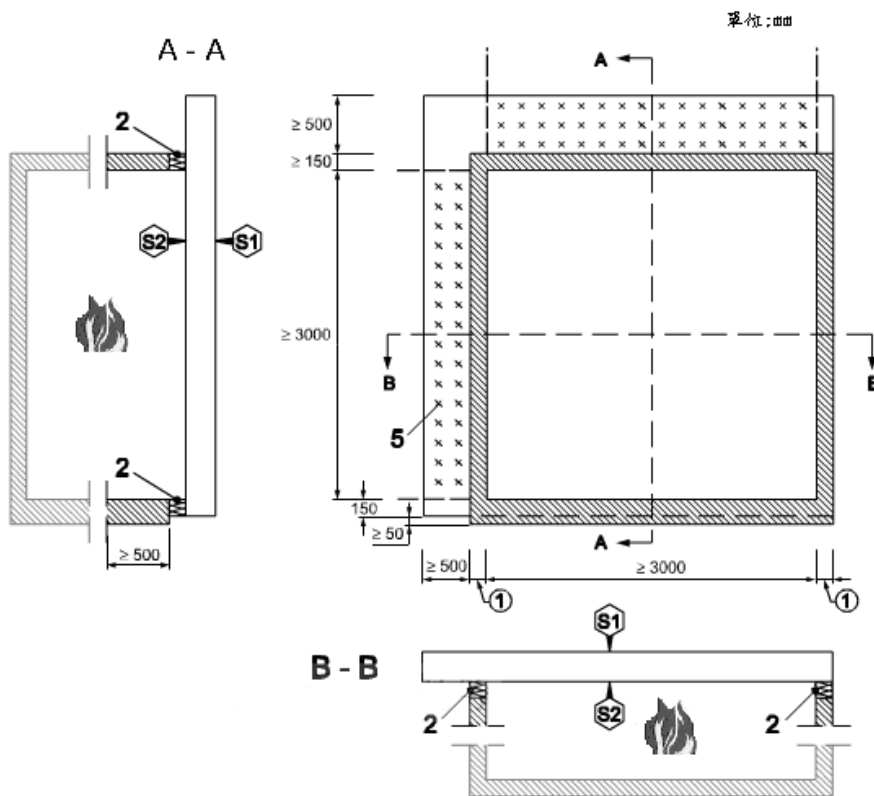


圖 31 由室外側暴火

(資料來源：EN 1364-3)

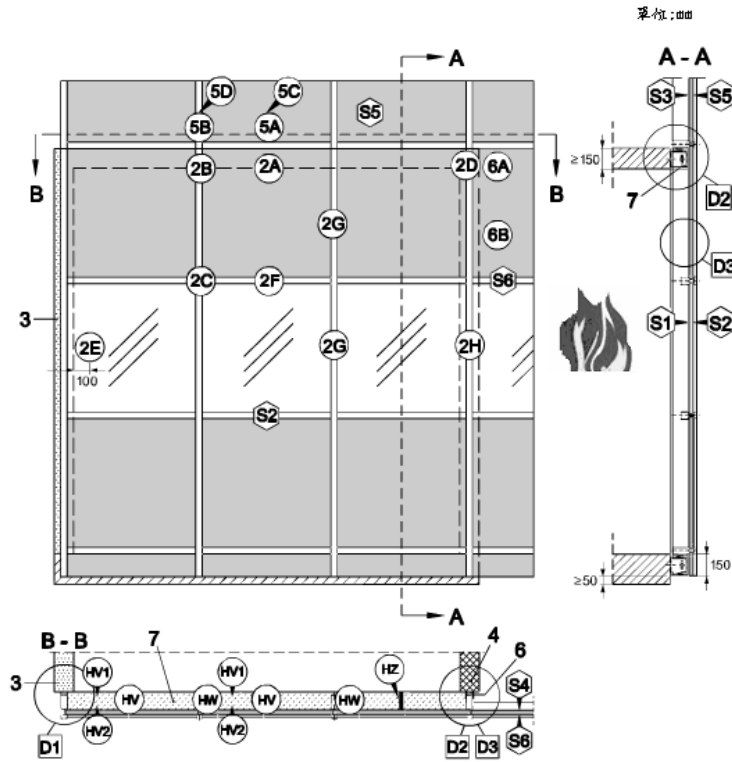


圖 32 室內側暴火之熱電偶設置位置(最大溫昇)-由爐外視圖

(資料來源: EN 1364-3)

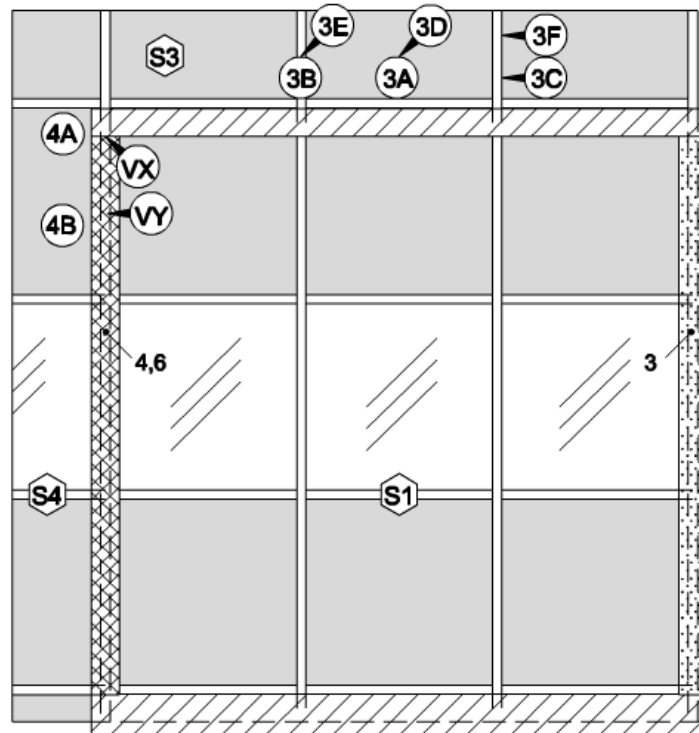


圖 33 室內側暴火之熱電偶設置位置(最大溫昇)-由爐內視圖

(資料來源: EN 1364-3)

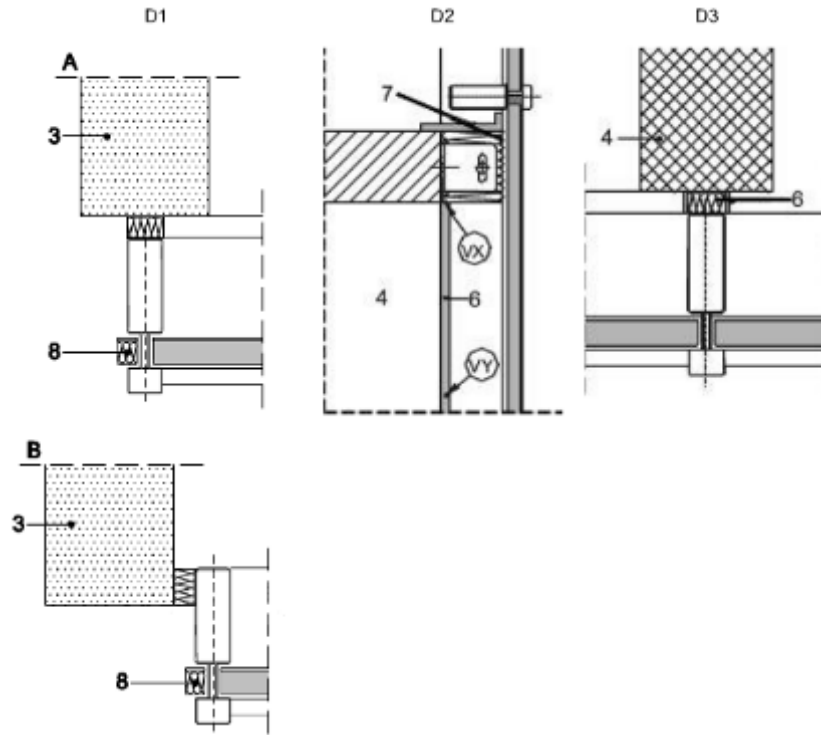


圖 34 室內側暴火之熱電偶設置位置(最大溫昇)-細部
 (資料來源：EN 1364-3)

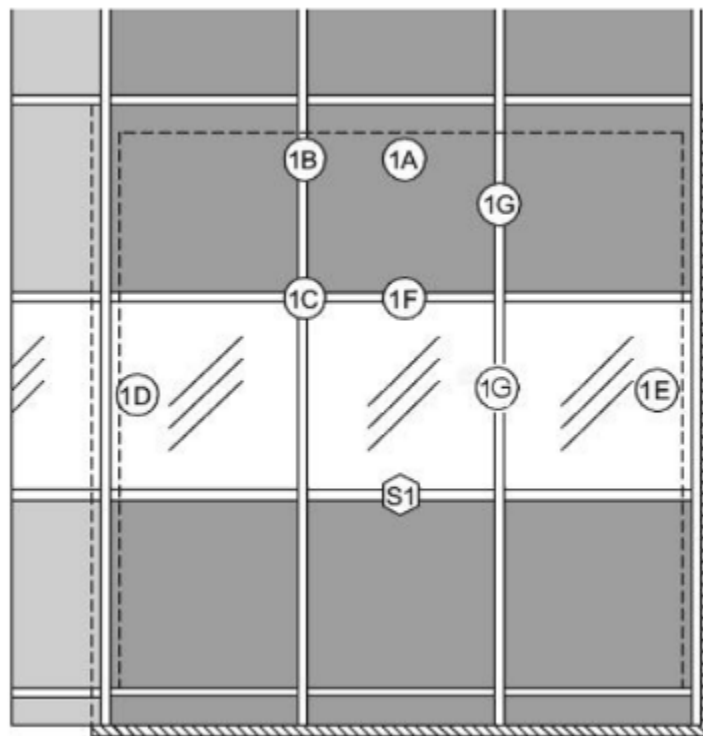


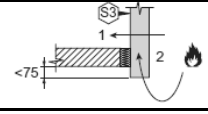
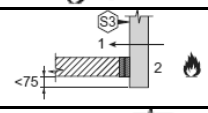
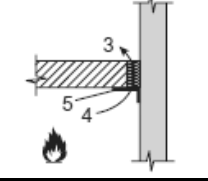
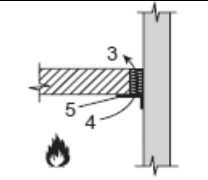
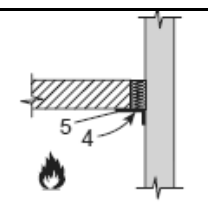
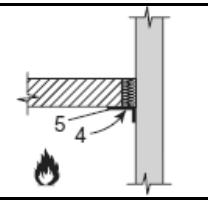
圖 35 室外側暴火之熱電偶設置位置(最大溫昇)-由爐外視圖
 (資料來源：EN 1364-3)

外牆(具耐火性)有開口，且開口不具耐火性，參考表 9 之暴火情境，就測試組件與測試條件，測試所須之耐火性能。圖 36 至圖 38 為測試面及溫度測點示意圖，圖 39 為測試時室內側暴火與室外側暴火所依據之測試時間溫度曲線，室內側暴火之時間溫度曲線與國內構件耐火測試標準 CNS 12514 之時間溫度曲線相同，室外側之暴火溫度主要為固定 680°C 加熱。

表 9 測試原理說明

標準試驗組態	暴火面 ^a	暴火條件與測試面	可能分級/註記 ^b	適用進行測試的帷幕牆系統產品/組件	帷幕牆系統之型式
1	室內側		層牆： E(i→o), E(i↔o), EI(i→o), EI(i↔o) 水平線狀填縫：EI	向上+向下層牆， 水平線狀填縫， 固定件， 組合	非耐火玻璃
2	室外側		層牆： E(o→i), EI(o→i)	向上+向下層牆	
3	室內側		層牆： E(i→o), EI(i→o), EW(i→o) 水平線狀填縫：EI	向上+向下層牆， 水平線狀填縫， 固定件， 組合	耐火玻璃
4	室外側		層牆： E(o→i), EI(o→i)	向上+向下層牆	
5	室內側		層牆： E(i→o), E(i↔o) 水平線狀填縫：EI	向下層牆， 水平線狀填縫， 固定件， 組合	非耐火玻璃
6	室外側		層牆： E(o→i)	向下層牆	
7	室內側		層牆： E(i→o), EI(i→o), EW(i→o) 水平線狀填縫：EI	向下層牆， 水平線狀填縫， 固定件， 組合	耐火玻璃
8	室外側		層牆： E(o→i), EI(o→i), EW(o→i)	向下層牆	耐火玻璃
9	室內側		層牆： E(i→o), E(i↔o), EI(i→o), EI(i↔o) 水平線狀填縫：EI	向上層牆， 水平線狀填縫， 固定件， 組合	非耐火玻璃

表 9 測試原理說明(續)

10	室外側		層牆： E(o→i), EI(o→i)	向上層牆	
11	室內側		層牆： E(i→o), EI(i→o), EW(i→o) 水平線狀填縫：EI	向上層牆， 水平線狀填縫， 固定件， 組合	耐火玻璃
12	室外側		層牆： E(o→i), EI(o→i), EW(o→i)	向上層牆	
13	室內側		水平線狀填縫：EI	水平線狀填縫， 固定件	非耐火玻璃
14	室內側		水平線狀填縫：EI	水平線狀填縫， 固定件	耐火玻璃
15	室內側		承重功能	水平線狀填縫， 固定件	非耐火玻璃
16	室內側		承重功能	固定件	耐火玻璃
<p>註： 單位：mm</p> <p>S1, S2, S3, S5 表面 1, 2, 3, 5</p> <p>1 層間牆(向上/向下層牆)之遮焰性(及阻熱性 140K/180K)</p> <p>2 層間牆(向上/向下層牆)之機構穩定性</p> <p>3 水平線狀填縫之遮焰性及阻熱性 180K</p> <p>4 適當的固定件-承重功能</p> <p>5 固定件</p> <p>a 室內側=依據 EN 1363-1 之標準時間溫度曲線，室外側=依據 EN 1363-2 室外側暴火曲線</p> <p>b 依據國家法規</p>					

(資料來源：EN 1364-4)

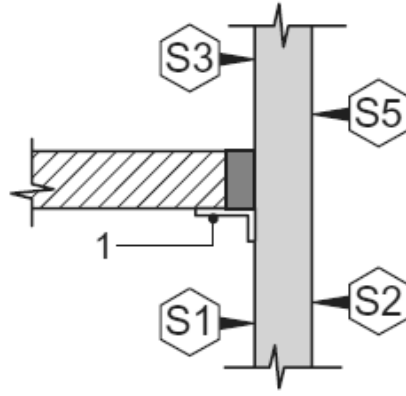


圖 36 表面之定義
(資料來源：EN 1364-4)

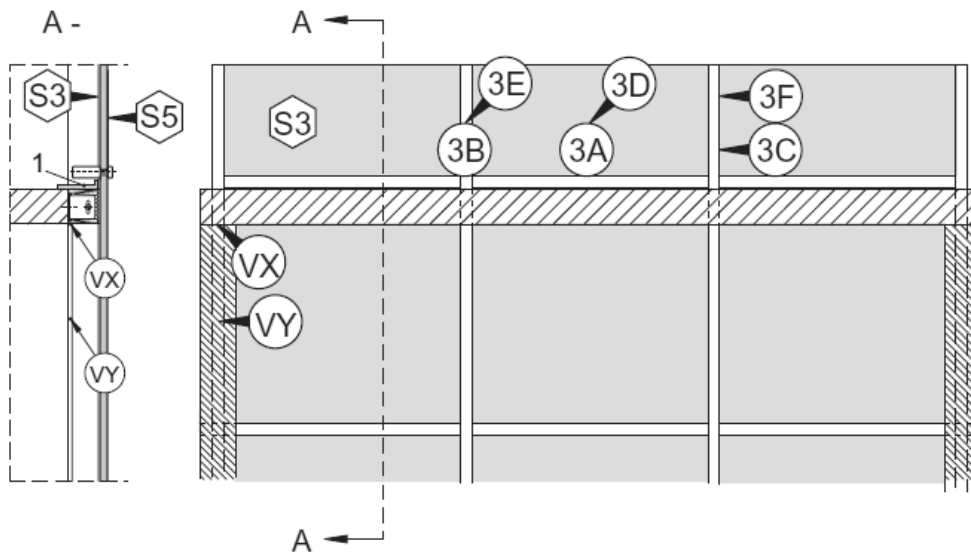


圖 37 由室內側暴火及室外側暴火在表面 S3 之熱電偶位置-由爐內視圖
(資料來源：EN 1364-4)

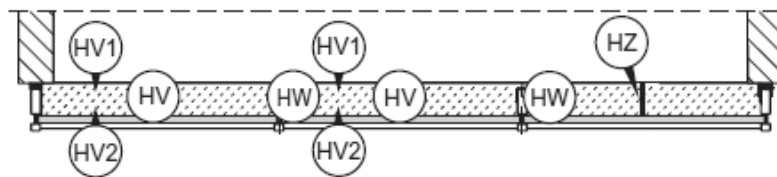


圖 38 水平線狀填縫上之熱電偶位置(水平剖面)
(資料來源：EN 1364-4)

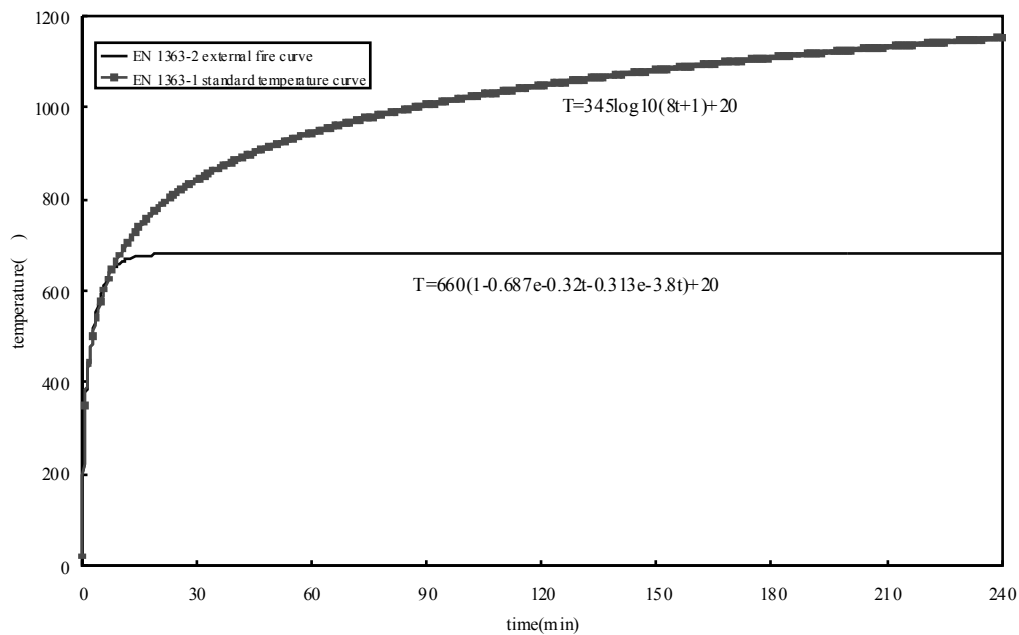
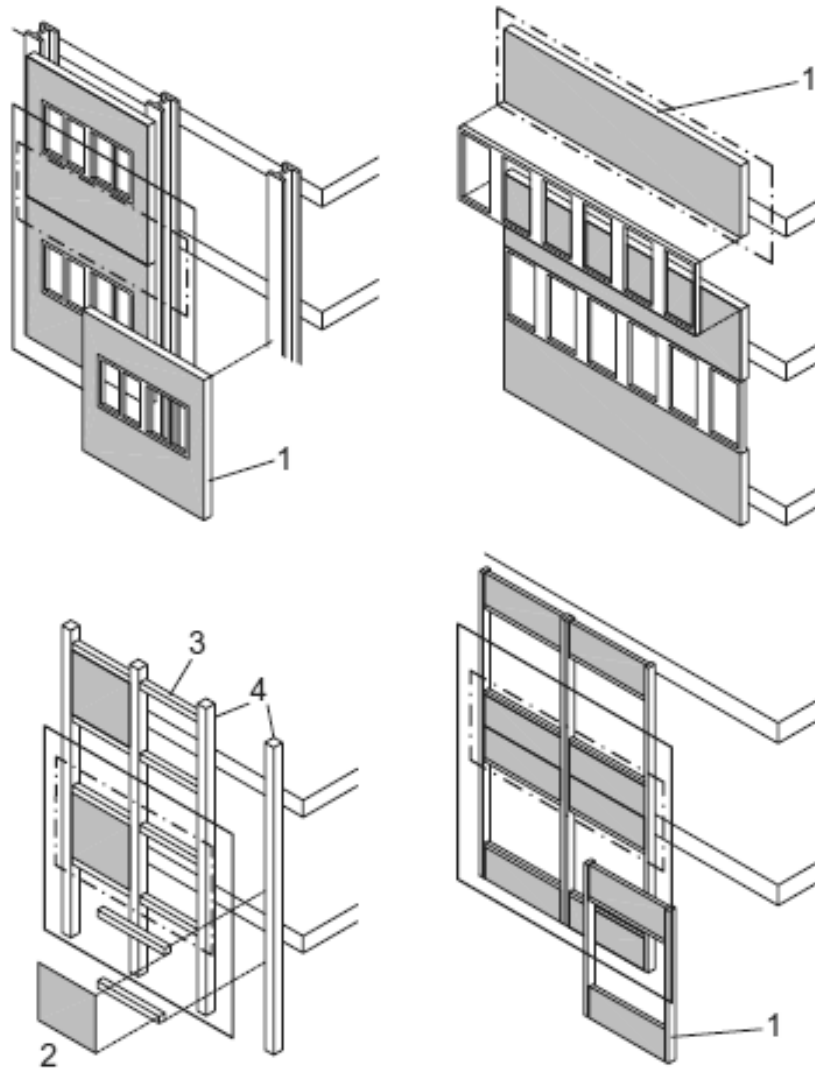


圖 39 室內側與室外側暴火依據之時間溫度曲線

(資料來源：本研究整理)

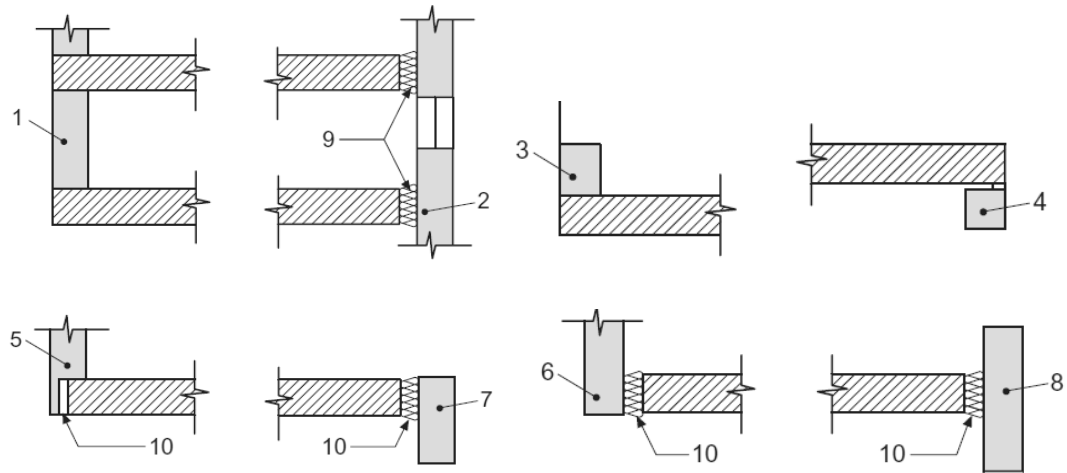
綜整上述情境，對於外牆針對不同的牆體配置相應的測試方法如圖 40，再依據外牆/帷幕牆型態(構件)規定其試驗法與標準如圖 41，圖 42 至圖 54 為各種情境之標準配置，耐火試驗爐可以 ISO 834-1(CNS 12514)水平爐或垂直爐進行測試。



- 全組態試驗構件(EN 1364-3)
- 局部組態試驗構件(EN 1364-4)

圖 40 針對不同的牆體配置相應的測試方法

(資料來源：EN 1364-4)

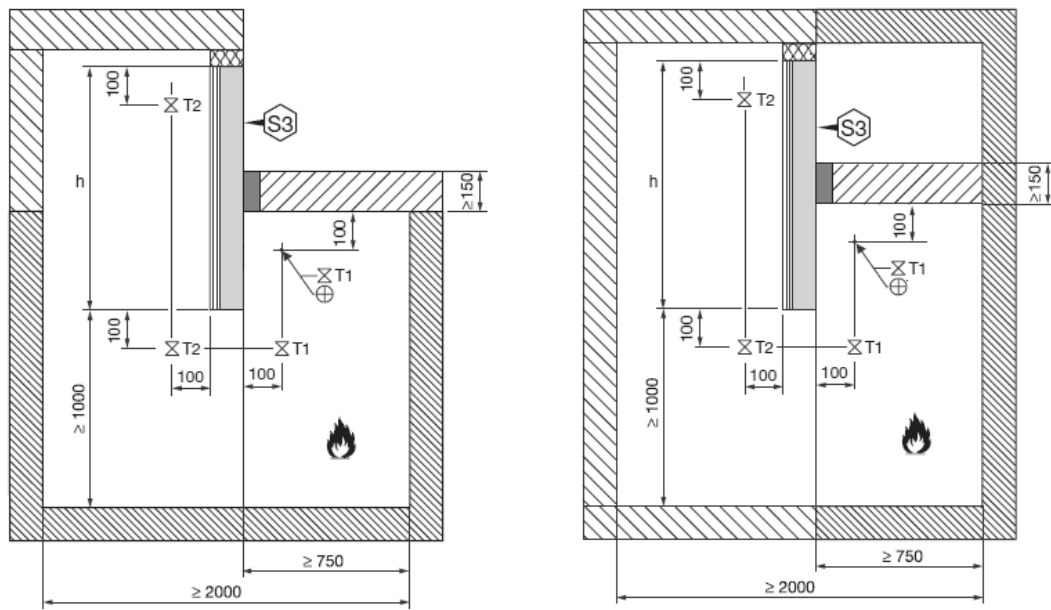


項次	外牆型式	試驗法	標準
1	分離外牆於樓板之間	外牆	EN 1364-1 (CNS 12514)
2	帷幕牆系統	完整構造及耐火性玻璃	EN 1364-3 (CNS 12514)
3	向上層牆完全置於樓板上	部分構造無耐火性玻璃	EN 1364-1 (CNS 12514)
4	向下層牆懸掛於樓板下	部分構造無耐火性玻璃	EN 1364-1 (CNS 12514)
5	向上層牆部分置於樓板上	部分構造無耐火性玻璃	EN 1364-4
6	向上層牆置於樓板前面	部分構造無耐火性玻璃	EN 1364-4
7	向下層牆置於樓板前面	部分構造無耐火性玻璃	EN 1364-4
8	層間牆(組合)	部分構造無耐火性玻璃	EN 1364-4
9	水平線狀填縫	完整構造及耐火性玻璃	EN 1364-3 (CNS 12514)
10	水平線狀填縫	部分構造無耐火性玻璃	EN 1364-3 (CNS 12514) 或 EN 1364-4

圖 41 適當之測試方法取決於外牆/帷幕牆型態(構件)

(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm



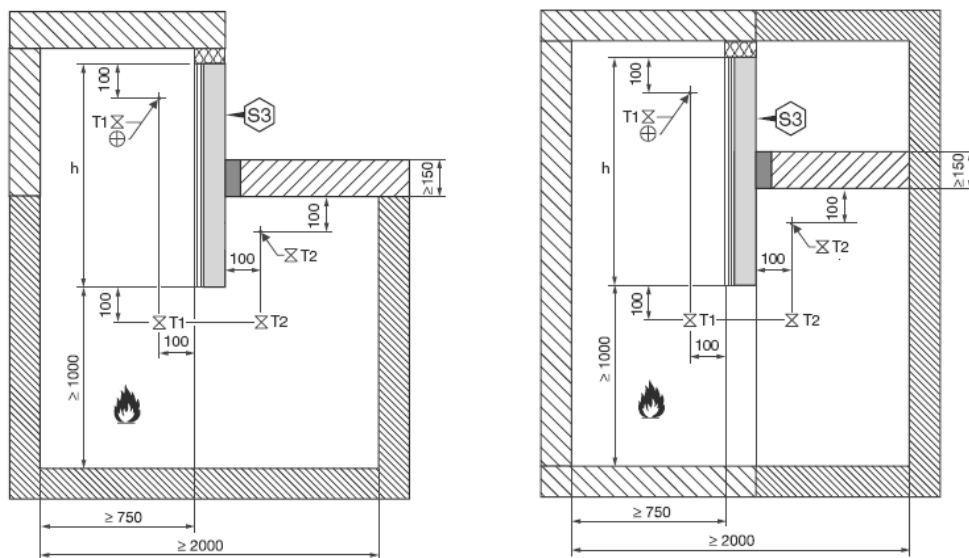
樓板爐

牆爐

圖 42 標準組態 1(非耐火玻璃)向上/向下組合，水平線狀填縫，所有的組合-室內側暴火

(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm



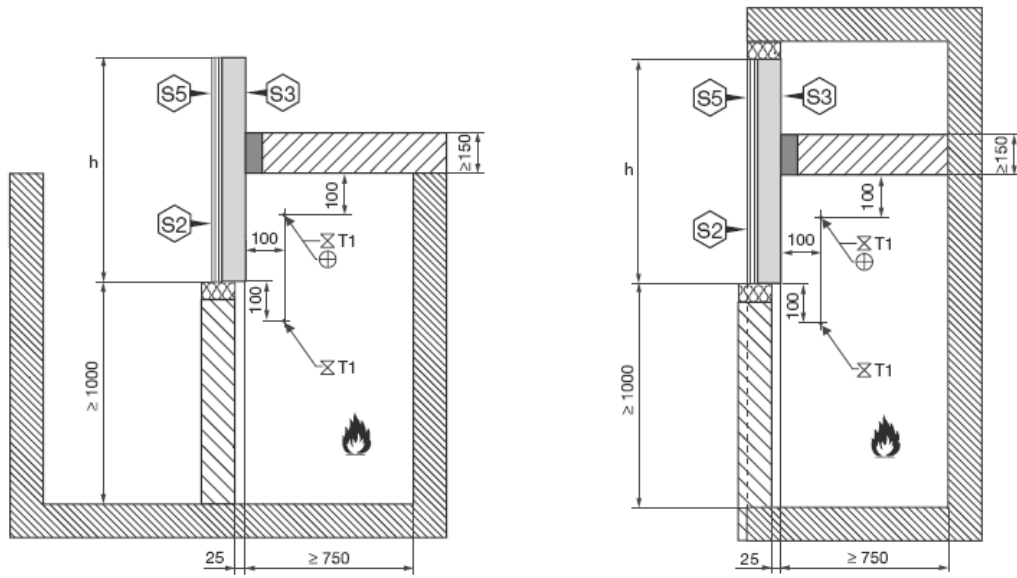
樓板爐

牆爐

圖 43 標準組態 2(非耐火玻璃)向上/向下組合-室外側暴火

(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm



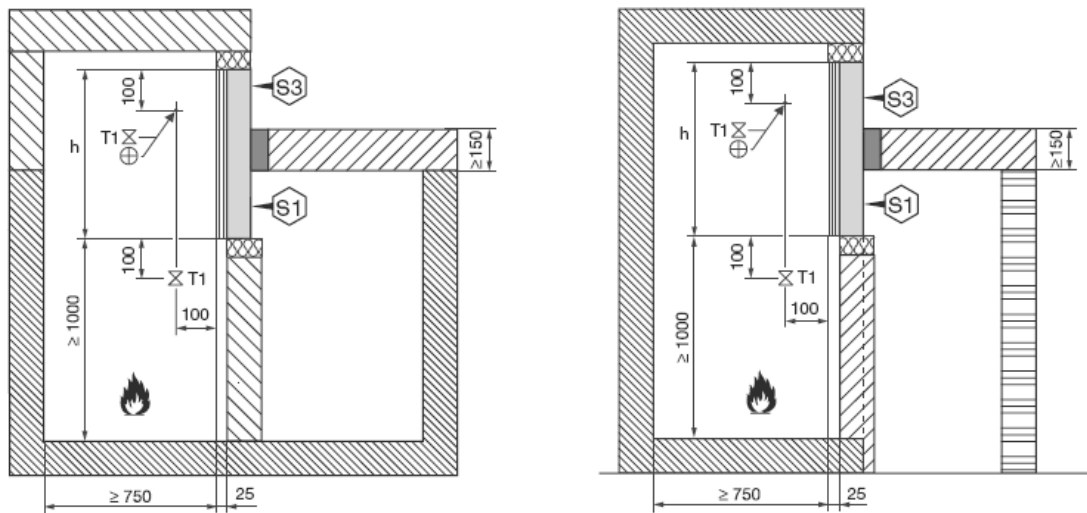
樓板爐

牆爐

圖 44 標準組態 3(耐火玻璃)向上/向下組合，水平線狀填縫，所有的組合-室內側暴火

(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm



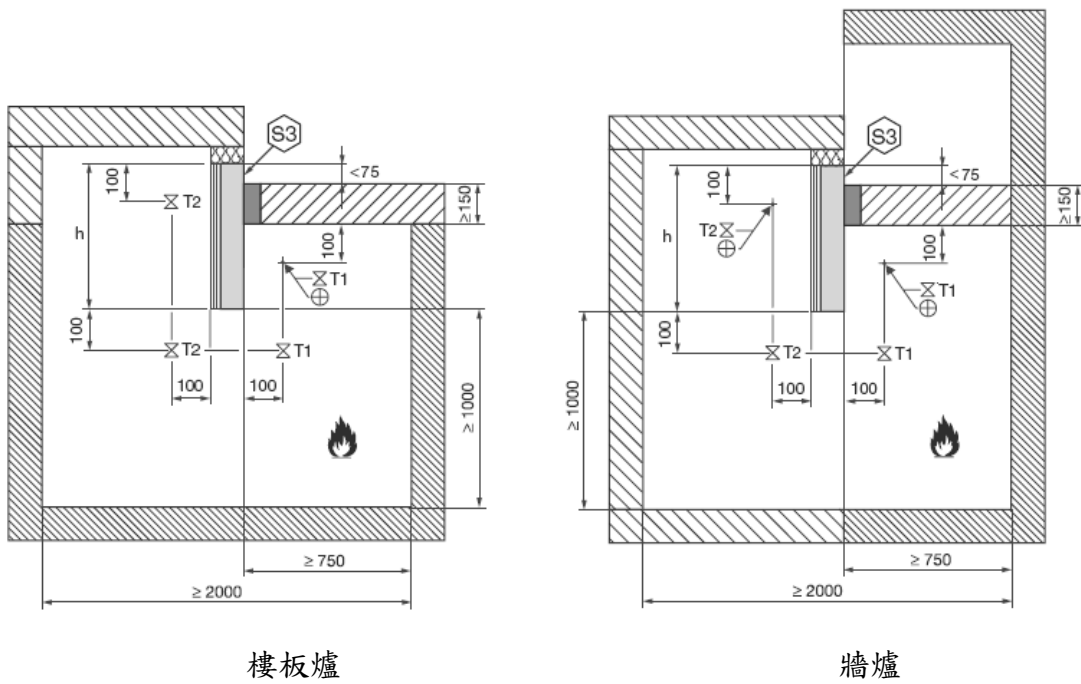
樓板爐

牆爐

圖 45 標準組態 4(耐火玻璃)向上/向下組合-室外側暴火

(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm



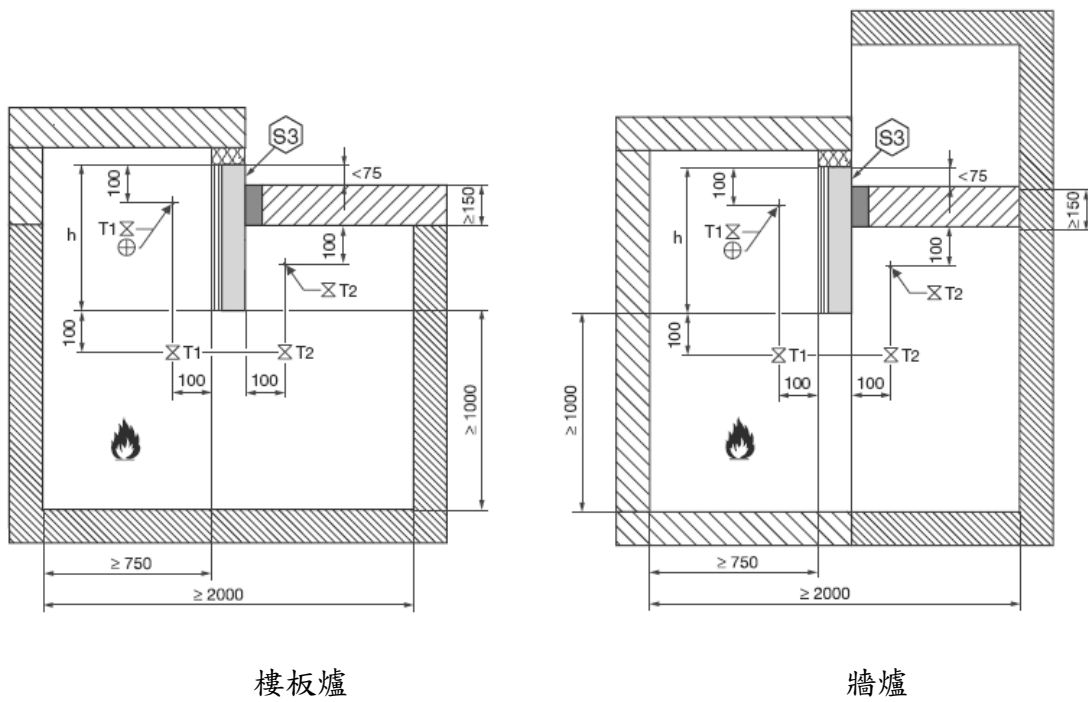
樓板爐

牆爐

圖 46 標準組態 5(非耐火玻璃)向下，水平線狀填縫-室內側暴火

(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm



樓板爐

牆爐

圖 47 標準組態 6(非耐火玻璃)向下-室外側暴火

(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm

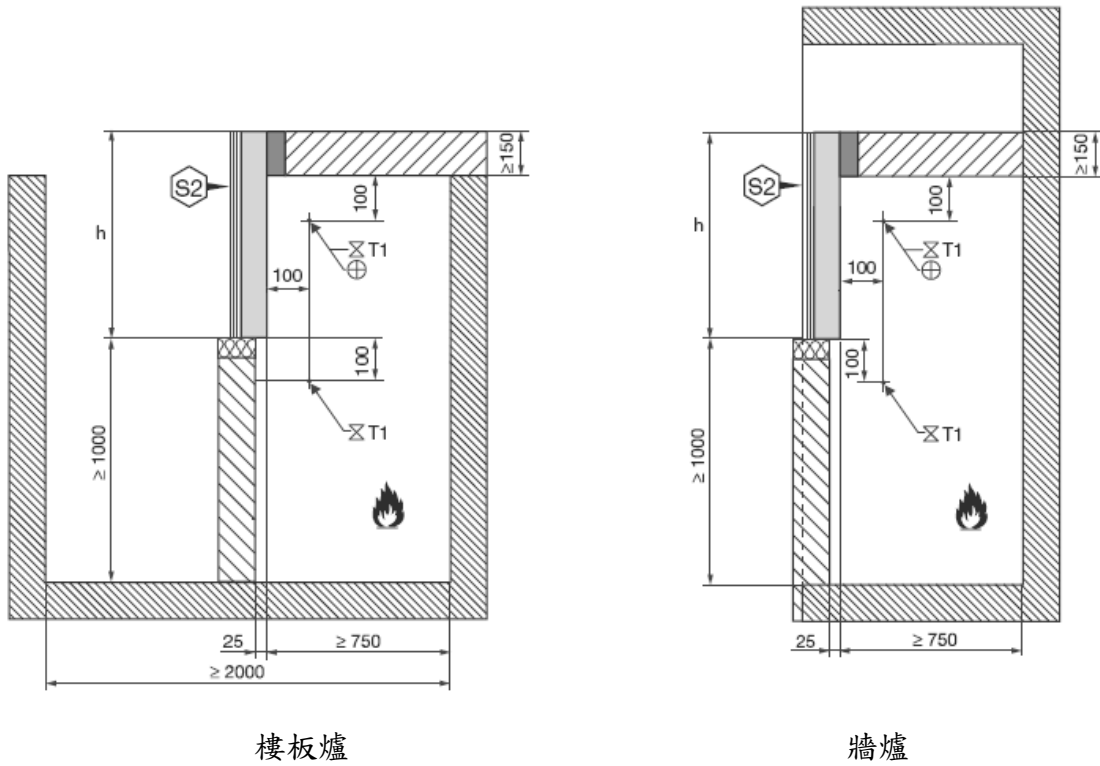


圖 48 標準組態 7(耐火玻璃)向下，水平線狀填縫-室內側暴火
(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm

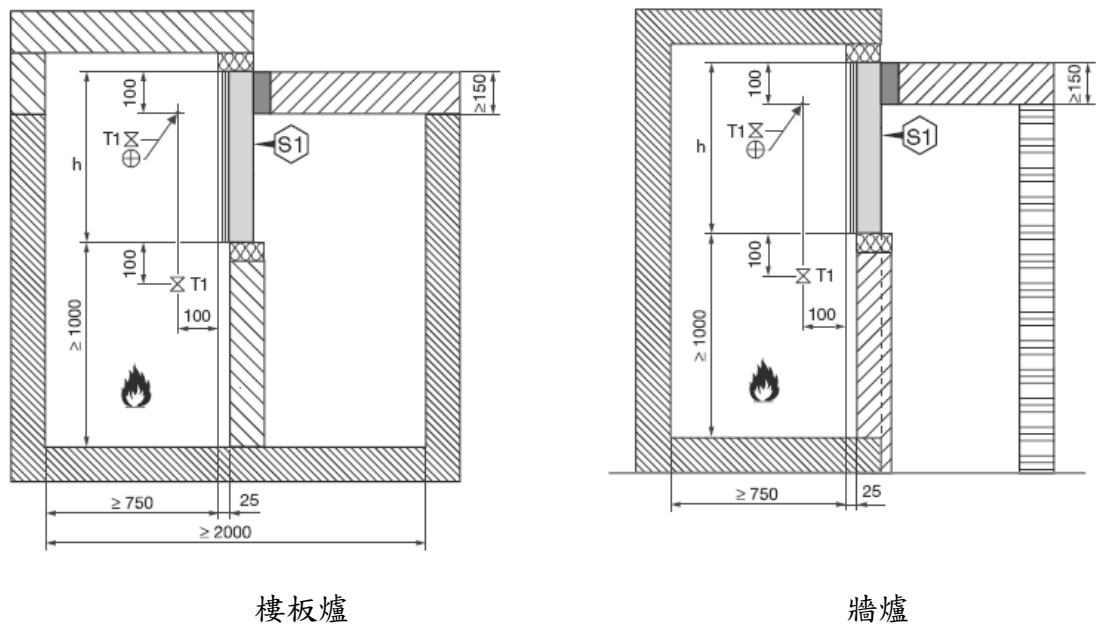
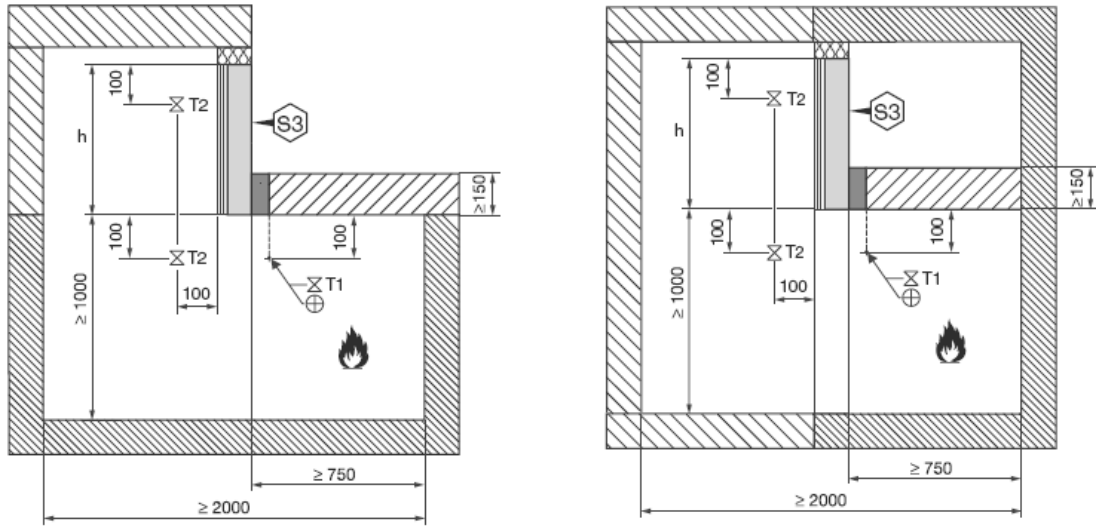


圖 49 標準組態 8(耐火玻璃)向下-室外側暴火
(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm



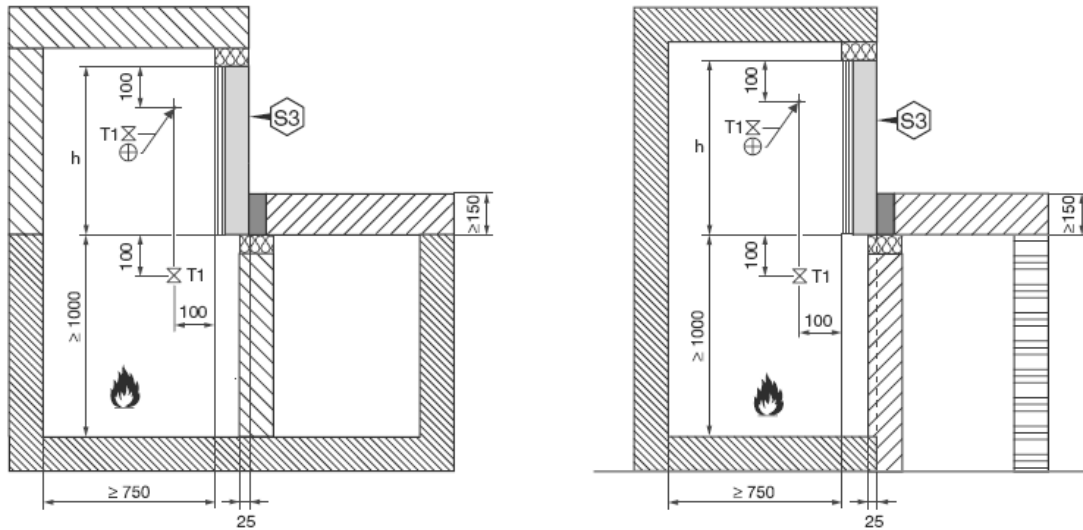
樓板爐

牆爐

圖 50 標準組態 9(非耐火玻璃)向上，水平線狀填縫-室內側暴火

(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm



樓板爐

牆爐

圖 51 標準組態 10(非耐火玻璃)向上-室外側暴火

(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm

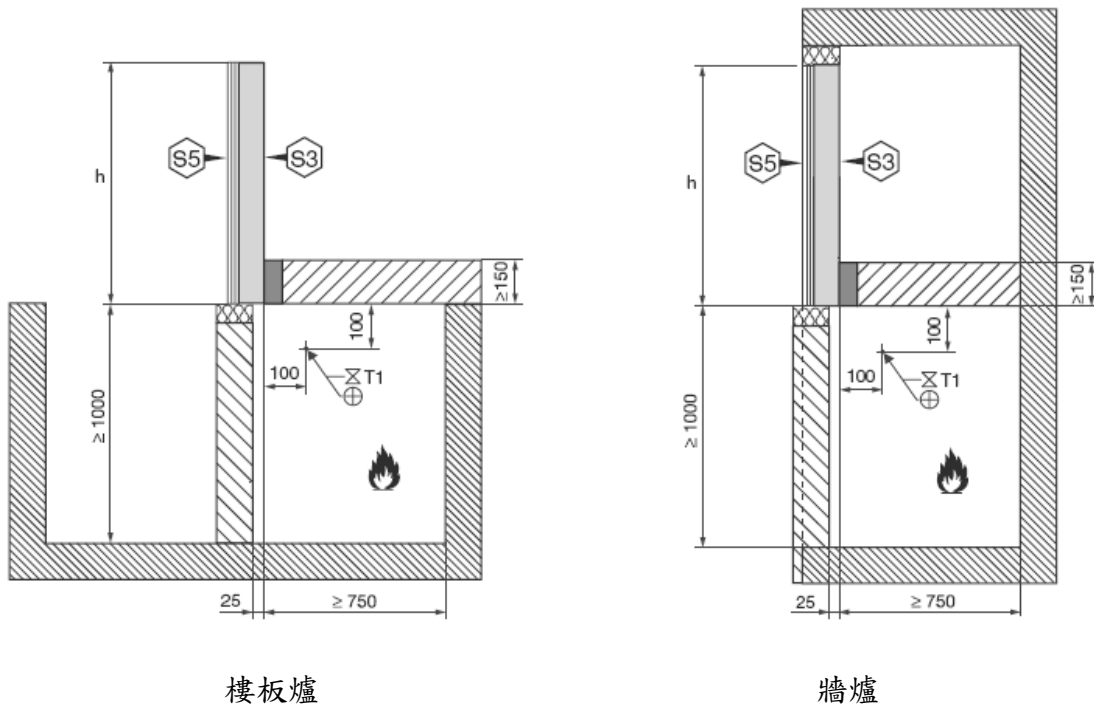


圖 52 標準組態 11(耐火玻璃)向上，水平線狀填縫-室內側暴火
(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm

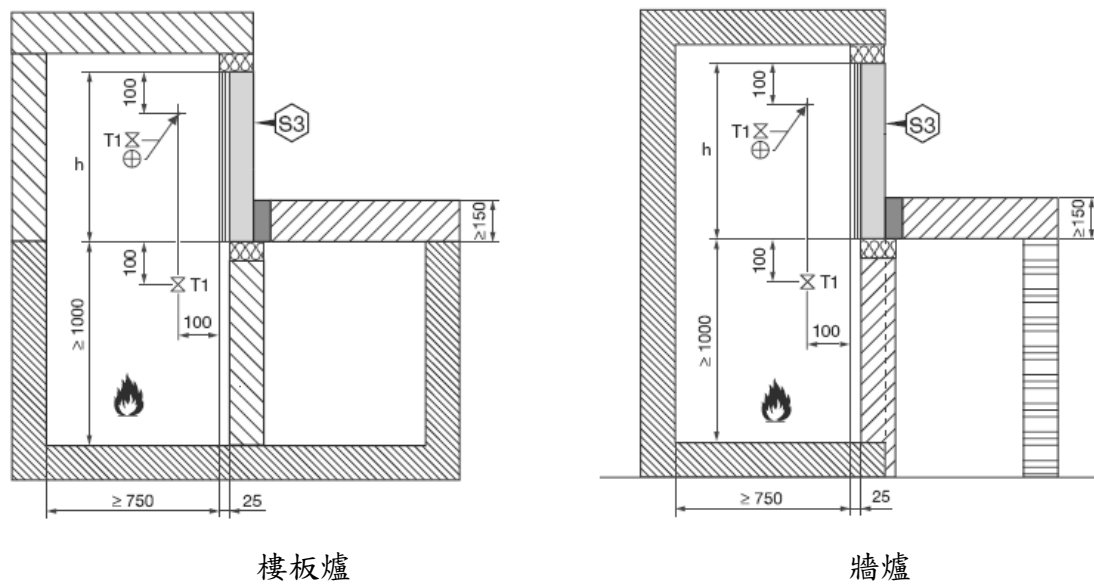


圖 53 標準組態 12(耐火玻璃)向上-室外側暴火
(資料來源：EN 1364-4)

單位：mm

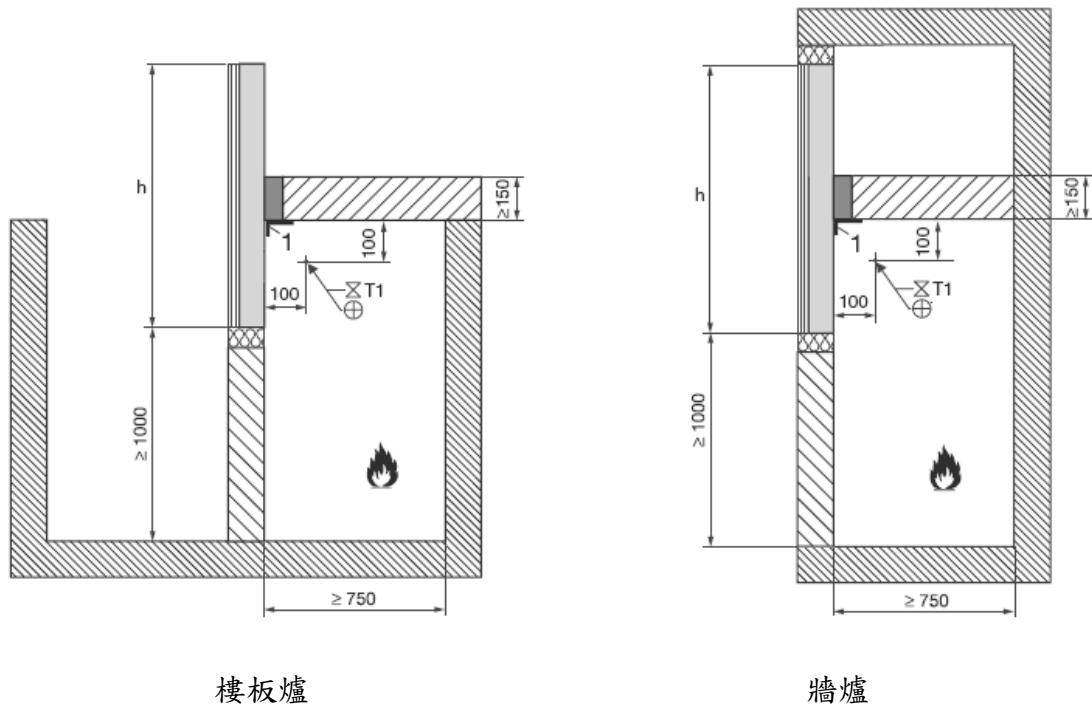


圖 54 標準組態 13 及 15(非耐火玻璃)以及 14 及 16(耐火玻璃)水平線狀填縫，固定件-室內側暴火

(資料來源：EN 1364-4)

(二)美國試驗標準

在美國的外牆與層間縫隙耐火試驗依據 ASTM E2307 進行。用於測試帷幕牆與樓板層間縫隙的耐火性能，即在構件破碎、脫落、支撐強度降低及大變形等情況下，層間縫隙阻火材在燃燒時能夠維持阻火功能之能力。

此試驗法設施是由上下二層構造組成：下層為燃燒室，上層為觀察室。圖 55 為整體設施設備側視圖，圖 56 為燃燒室平面圖，前方為被測試的牆體，其它三面均為厚 203 mm 以上不燃牆體。燃燒室的三面牆及天花板均鋪上一層 15mm 厚耐燃 1 級防火石膏板，再覆蓋一層 38~45mm 厚陶瓷纖維棉（密度為 128 kg/m^3 ）。地面和底層試體牆背面鋪設二層同樣耐燃等級的防火石膏板。圖 57 及圖 58 為二層構造為立面寬度、高度及試驗面組合細部。

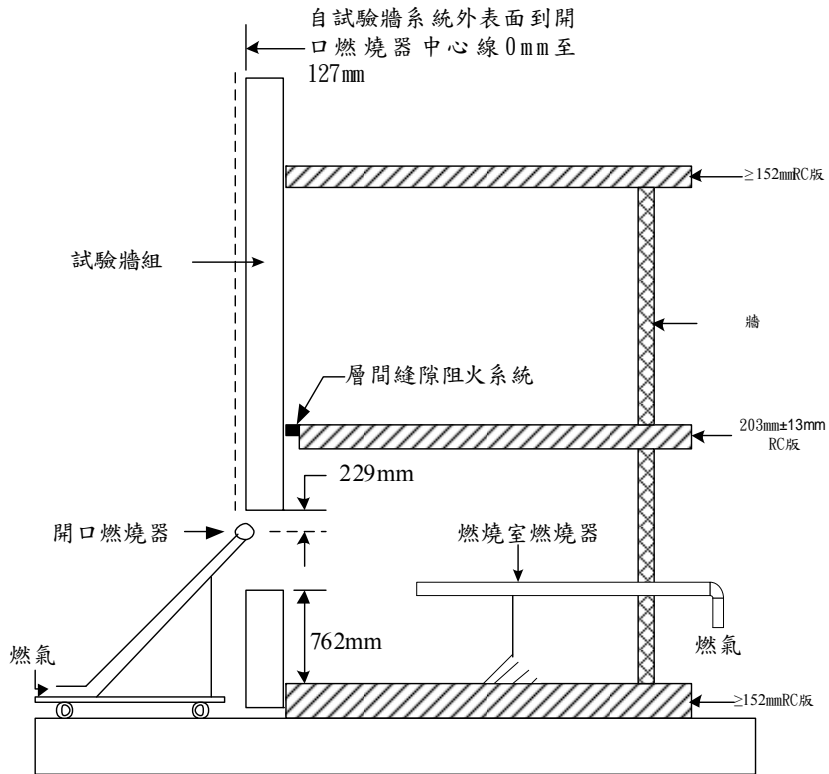


圖 55 試驗設施設備側視圖

(資料來源：本研究繪製)

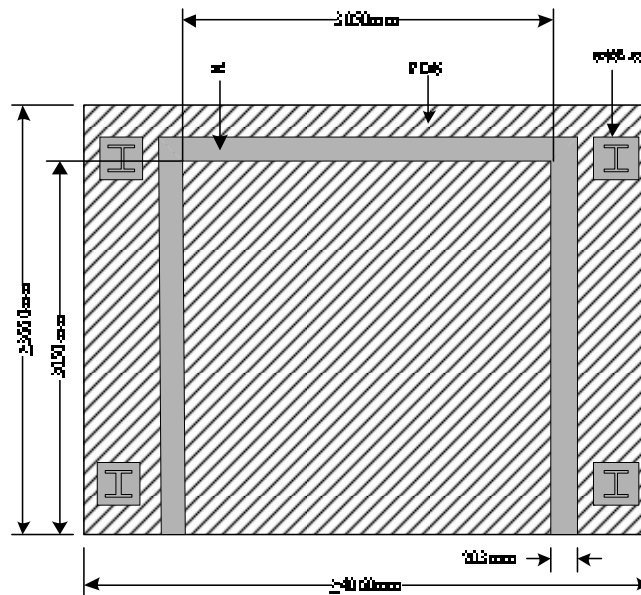


圖 56 燃燒室平面圖

(資料來源：本研究繪製)

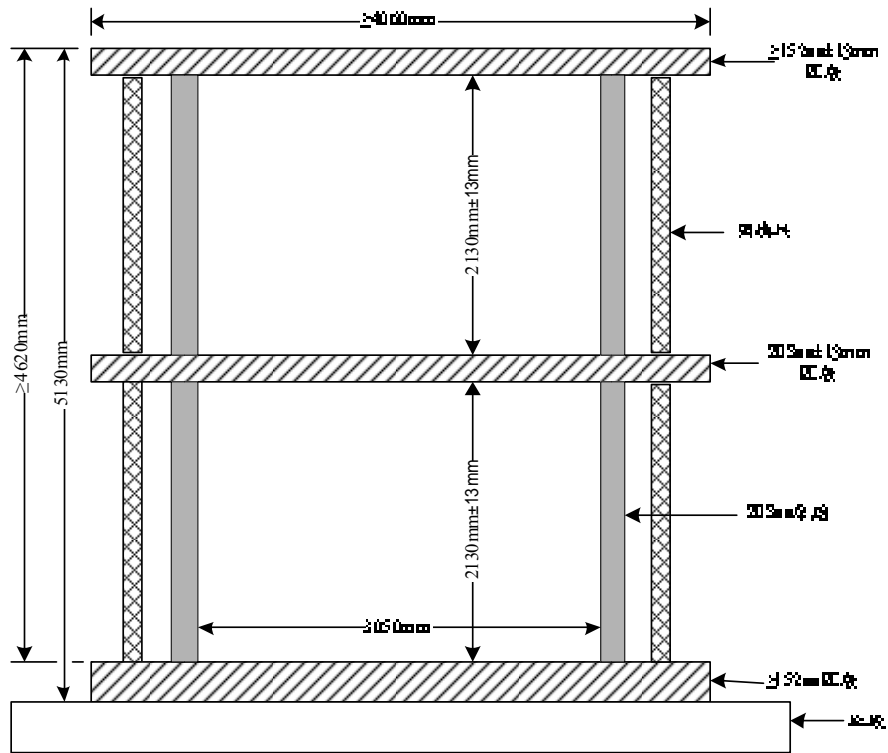


圖 57 二層構造立面圖

(資料來源：本研究繪製)

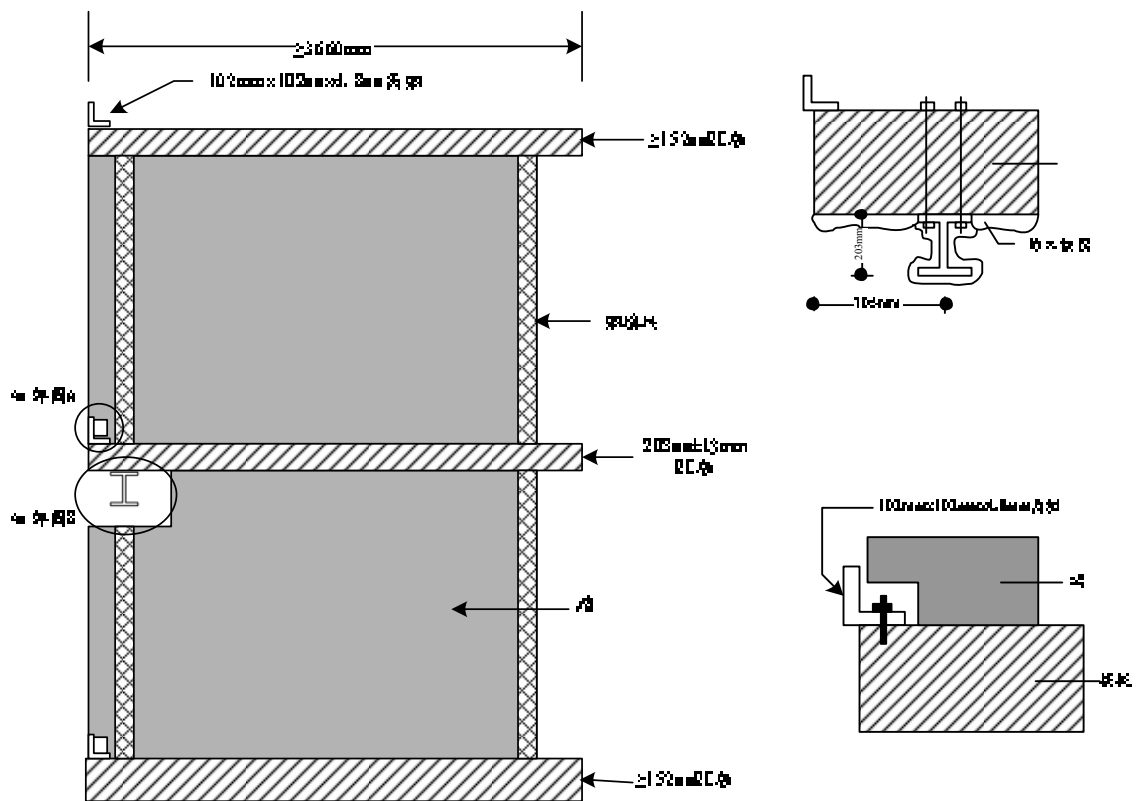


圖 58 二層構造側面圖

(資料來源：本研究繪製)

燃燒室設置二台天然氣燃燒器，燃燒室燃燒器(圖 59)透過燃燒室內天花板五個熱電偶(圖 60)溫度值，取其平均值來控制燃燒器天然氣的流量(表 10)，從而達到控制燃燒室的溫度。

表 10 燃氣與熱流率

時間(min)	燃燒室燃燒器		開口燃燒器	
	m ³ /min	kW	m ³ /min	kW
0:00-5:00	1.08	687	0.00	0
5:00-10:00	1.08	687	0.25	163
10:00-15:00	1.22	777	0.34	217
15:00-20:00	1.30	831	0.45	289
20:00-25:00	1.30	831	0.54	343
25:00-30:00	1.42	904	0.62	398

註：校正流率（依據天然瓦斯 NG）

（資料來源：ASTM E2307）

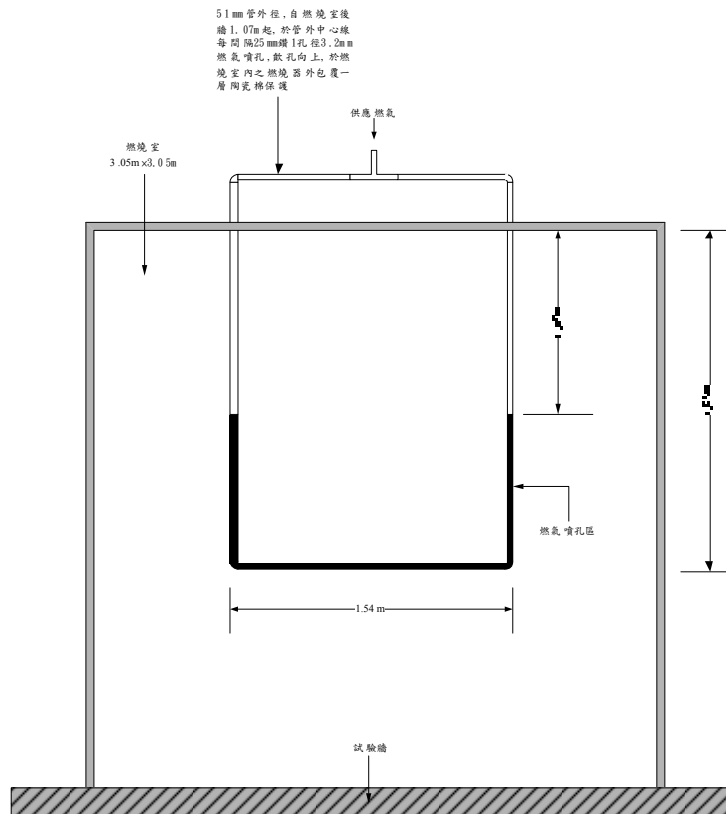


圖 59 燃燒室燃燒器

（資料來源：本研究繪製）

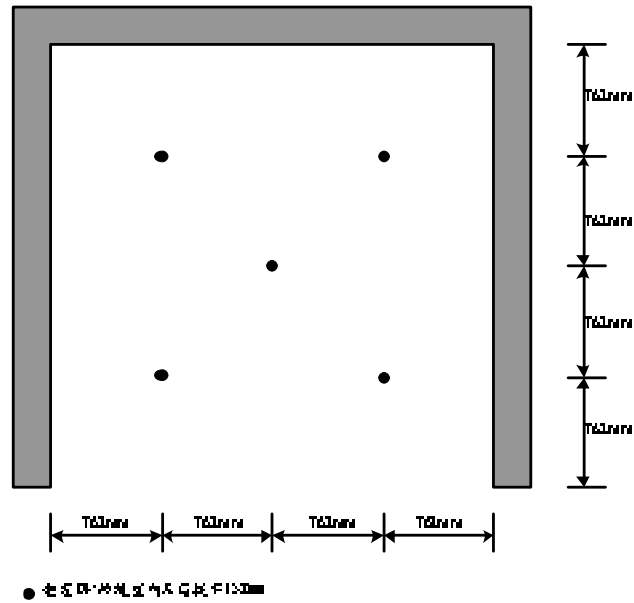


圖 60 燃燒室測溫點

(資料來源：本研究繪製)

另於外牆設一開口，模擬外牆開口玻璃破裂情境，此時火焰將由開口竄出及向上；因此，於此時移置開口燃燒器模擬火焰竄出燃燒如圖 61。測試外牆置於一框架上(圖 62)，再組合至二層試驗構造(圖 63)，外牆體與層間阻火系統之溫度測點佈設如圖 64 至圖 67。

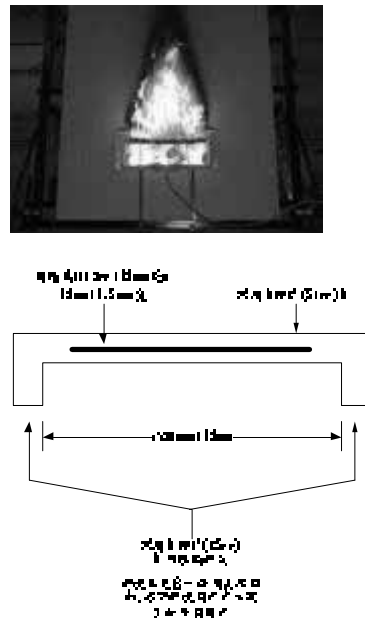


圖 61 開口燃燒

(照片來源：<http://ww1.prweb.com/prfiles/2012/02/21/9215686/NFPA%20285%20Test%20Chamber.jpg>)

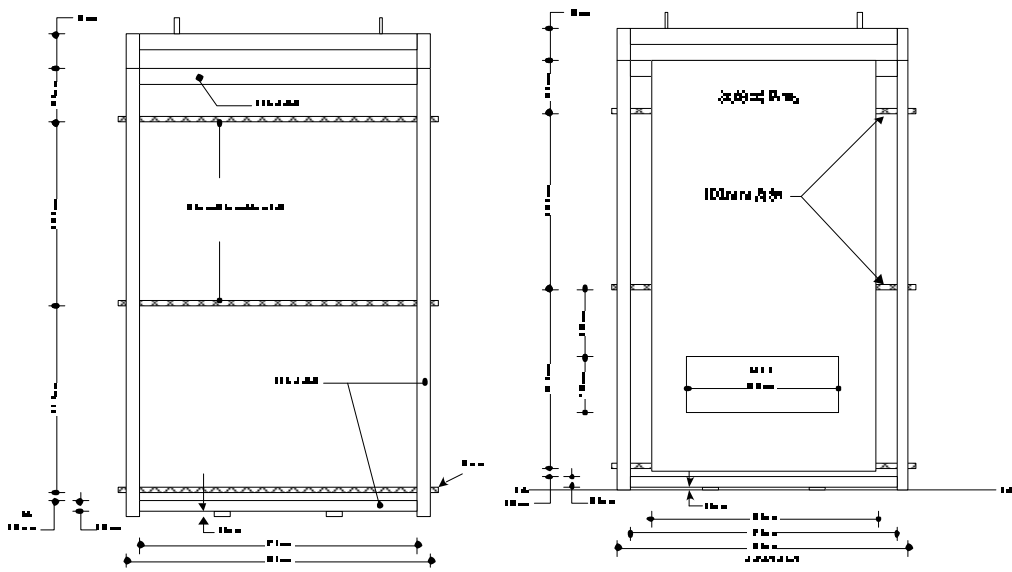


圖 62 試驗框架與外牆測試體

(資料來源：本研究繪製)

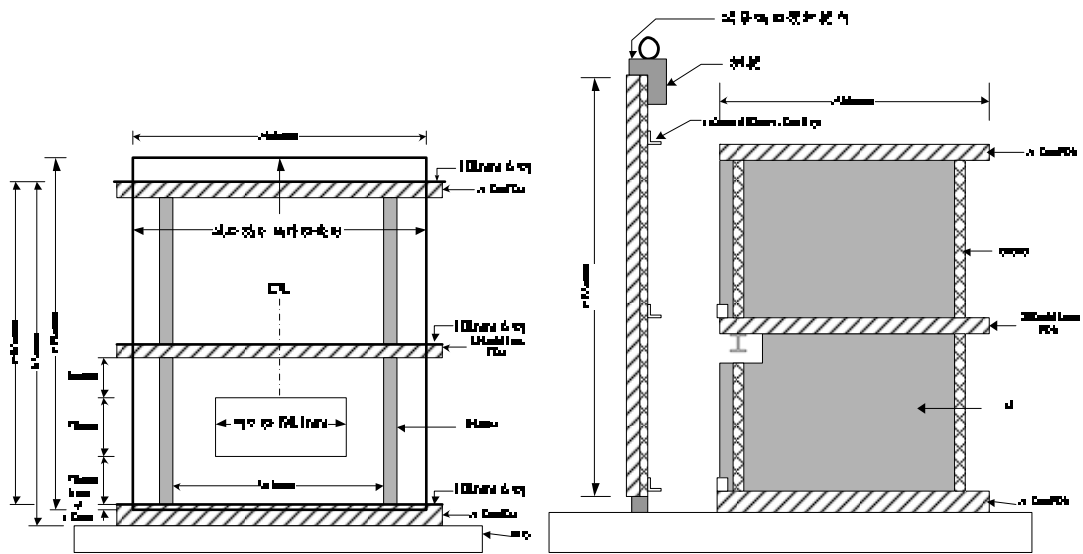


圖 63 試驗外牆體組合於二層構造

(資料來源：本研究繪製)

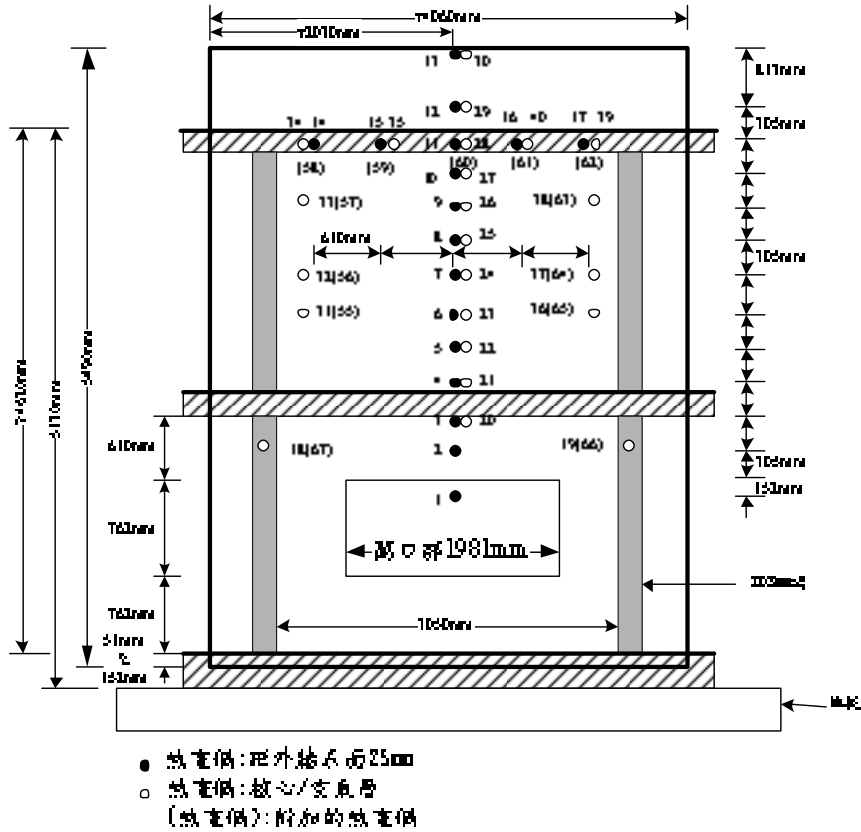


圖 64 外牆室外側測點

(資料來源：本研究繪製)

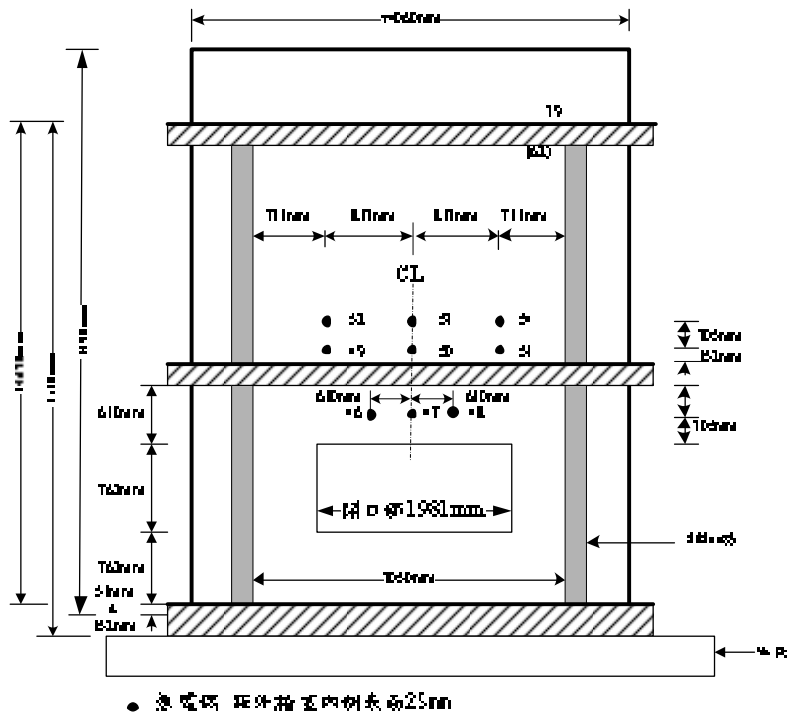
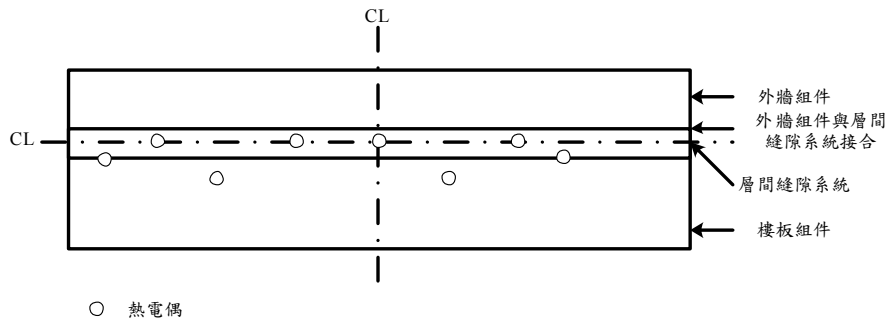
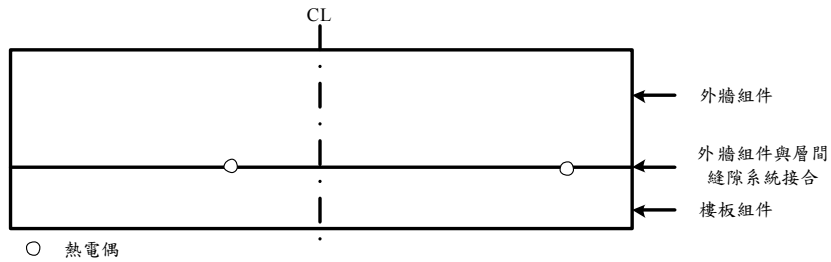


圖 65 外牆室內側測點

(資料來源：本研究繪製)



觀察室的地板上層間縫隙熱電偶配置平面圖



觀察室的地板上接合的內部視圖

圖 66 層間阻火系統測點

(資料來源：本研究繪製)

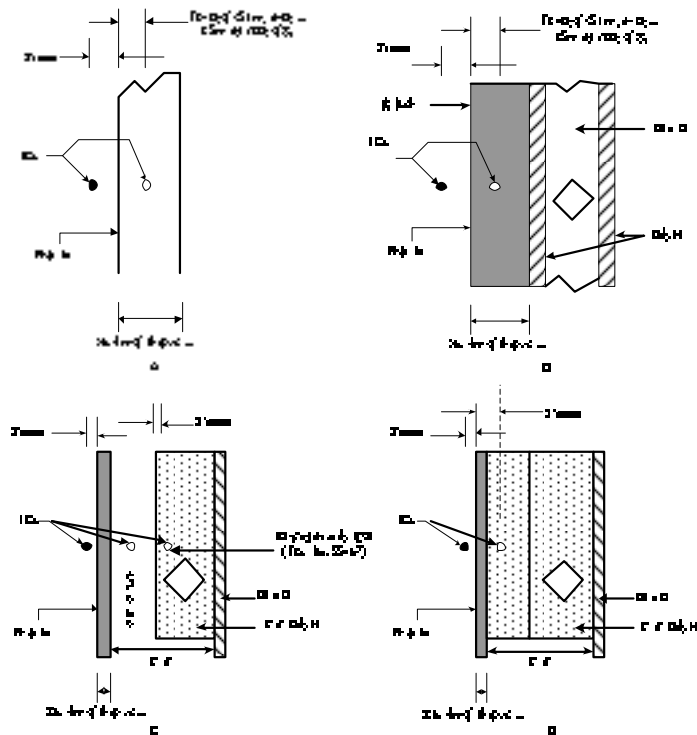


圖 67 外牆構造型式與測點

(資料來源：本研究繪製)

為使外牆與層間阻火系統在一致測試條件下進行測試，此試驗法以一石

膏板牆(圖 68)，在牆體之室內與室外側佈設溫度與熱輻射測點(圖 69 及圖 70)，定期進行校正以憑供適度調整燃氣流量或更換燃燒室內之保溫材，以達表 11 條件作為測試依據。

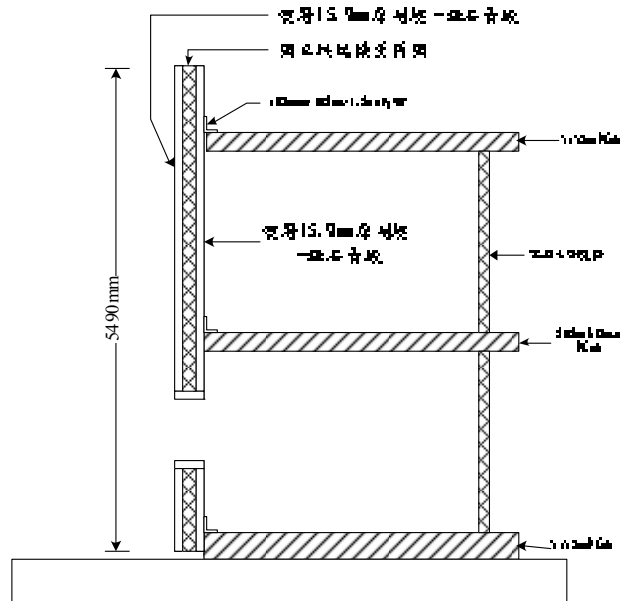
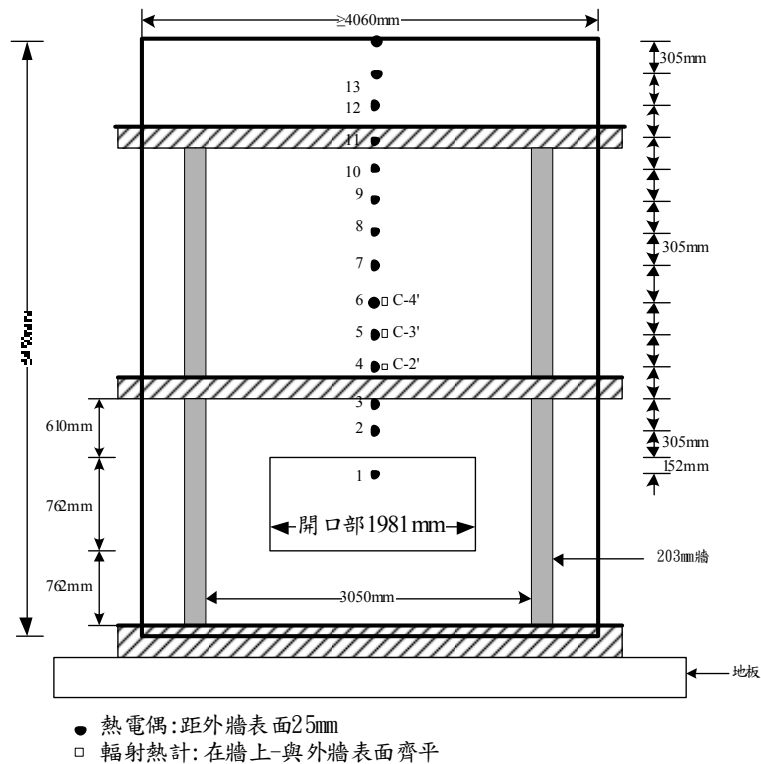


圖 68 校正石膏板牆

(資料來源：本研究繪製)



- 熱電偶：距外牆表面 25mm
- 輻射熱計：在牆上-與外牆表面齊平

圖 69 校正牆室外側測點

(資料來源：本研究繪製)

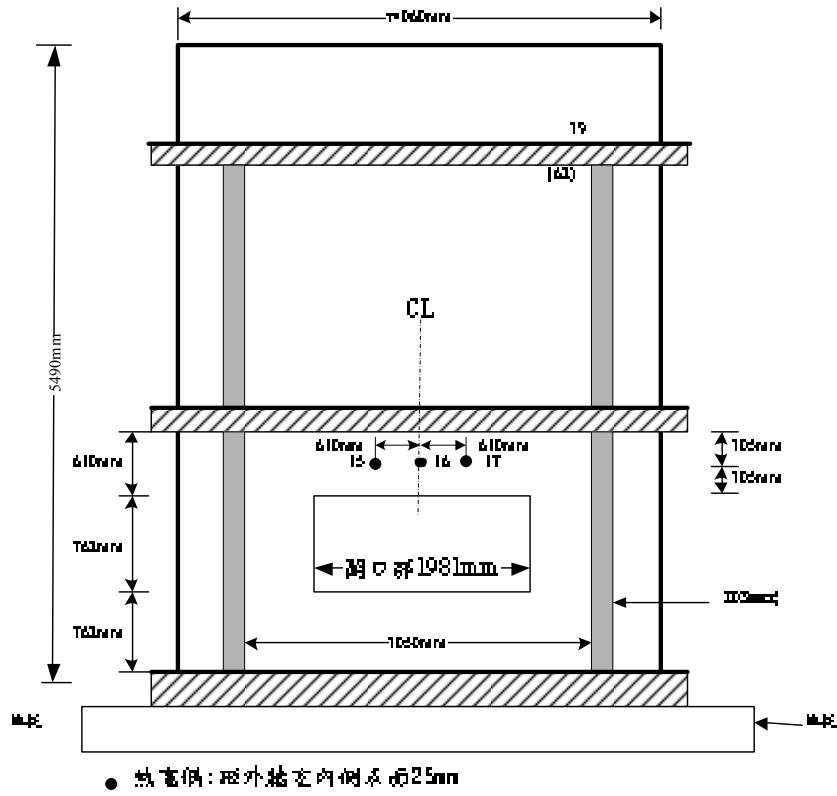


圖 70 校正牆室內側測點

(資料來源：本研究繪製)

表 11 校正時間與平均測值

測點	0-5min	5-10min	10-15min	15-20min	20-25min	25-30min
	°C					
燃燒室內	622	730	806	871	869	898
外牆室內側	574	703	778	859	858	902
TC-2	317	466	511	533	563	581
TC-3	359	546	605	639	674	702
TC-4	341	521	591	634	674	712
TC-5	302	459	528	573	613	662
TC-6	272	407	469	509	542	597
TC-7	244	366	419	458	489	543
	W/cm ²					
C-2'	0.9±0.2	1.9±0.4	2.5±0.5	2.9±0.6	3.4±0.7	3.8±0.8
C-3'	1.0±0.2	2.0±0.4	2.6±0.5	3.2±0.6	3.7±0.7	4.0±0.8
C-4'	0.8±0.2	1.5±0.3	2.0±0.4	2.5±0.5	3.0±0.6	3.4±0.7

(資料來源：ASTM E2307)

(三) 標準比較

將 EN 與 ASTM 之加熱溫度時間值以曲線圖(圖 71)比較，ASTM 在燃燒室與外牆室內側加溫度略高於 EN 1363-1，外牆室外側則低於 EN 1363-2，但 ASTM 係以外牆具開口或外牆在被燒穿產生開口情況下，外牆同時受內外火焰燃燒加熱，除測試層間阻火系統直接耐火性，以及外牆受到內外燃燒情況對阻火系統之間接耐火性外，當開口火焰對上層外牆體燃燒加熱之防止延燒性，而 EN 係就外牆室內側與室外側不同條件須求下個別測試其耐火性。

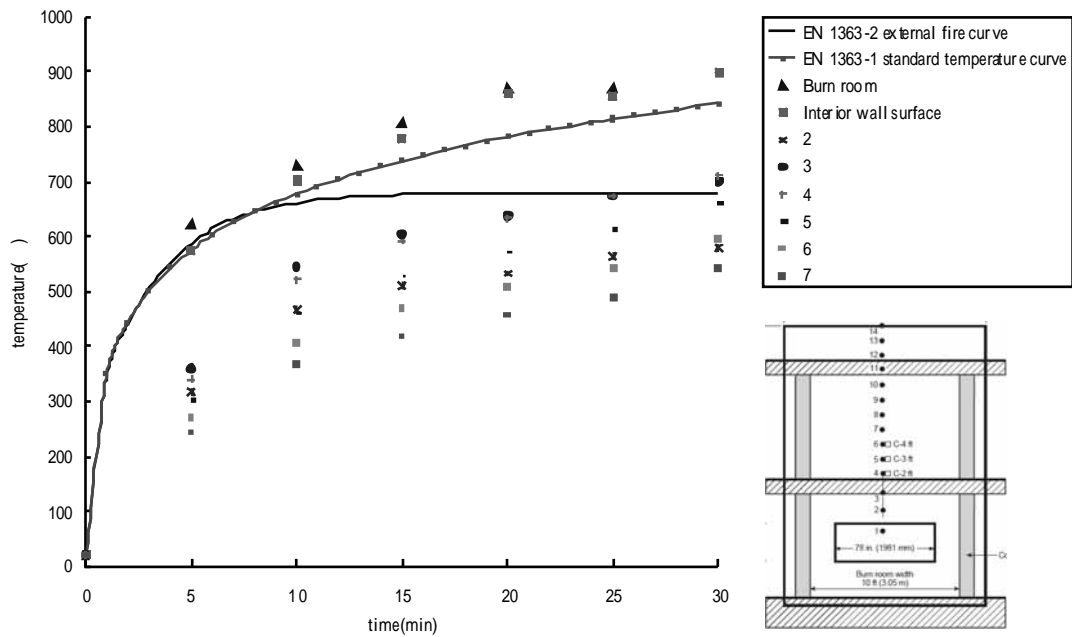


圖 71 EN 與 ASTM 加熱時間曲線比較

(資料來源：本研究整理)

ASTM 試驗法之燃燒室燃燒器與開口燃燒器之燃氣累計流量與時間加以圖示，並與內政部建築研究所防火實驗中心曾進行之樓板、柱與門牆耐火爐空爐加熱，過程所耗用之燃氣量比較如圖 72，由圖可知 ASTM 此試驗法所用之燃氣量大於耐火爐加熱所耗用之燃氣量，而開口燃燒器燃燒所耗用之燃氣量雖低於耐火爐，但已接近門牆耐火爐所耗用之燃氣量，整體而言 ASTM 此法在燃燒室燃燒器與開口燃燒器同時燃燒情況下，其所用之燃氣量約 48m^3 相較高於樓板爐所用燃氣量 24.8m^3 ，以所使用燃氣燃燒熱值比較，ASTM 此法燃燒室燃燒器與開口燃燒器同時燃燒，其燃燒熱值合計約 509.2MJ (圖 73)，相較於樓板爐燃氣燃燒之熱值約 263.5MJ 約 1 倍之燃氣與加熱量。

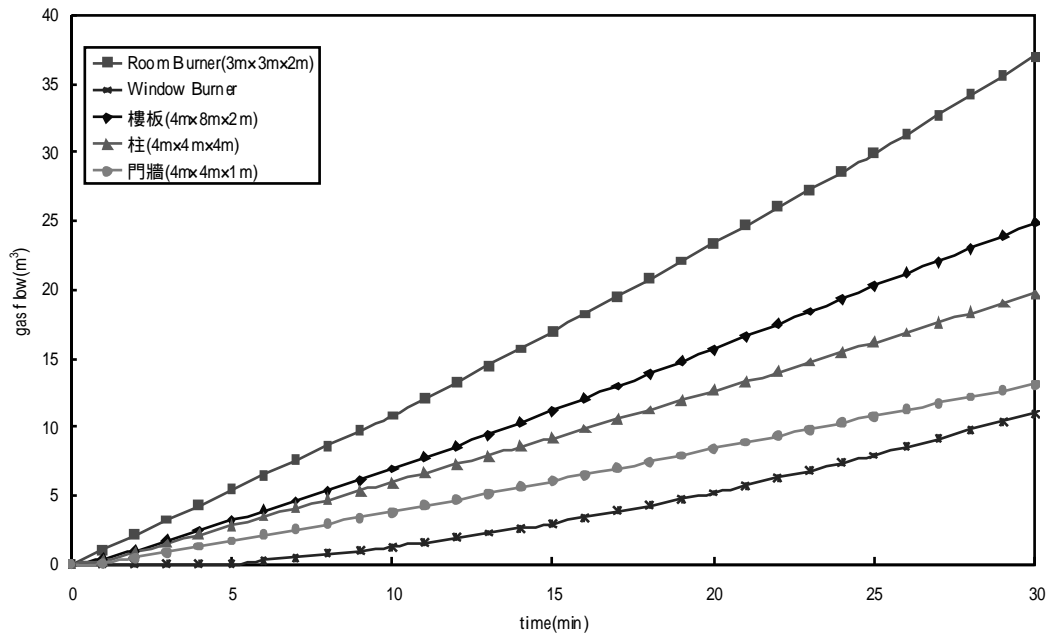


圖 72 ASTM E2307 燃燒燃氣量與構件耐火爐加熱燃氣量比較

(資料來源：本研究整理)

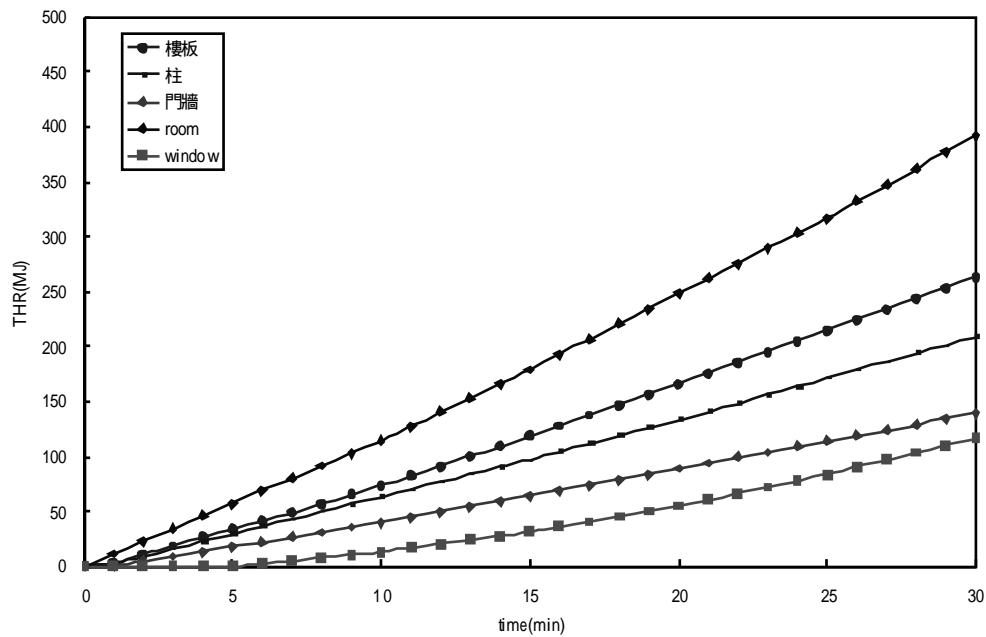


圖 73 ASTM E2307 與構件耐火爐加熱燃氣燃燒熱值比較

(資料來源：本研究整理)

綜整 EN 與 ASTM 兩標準，除加熱條件外 ASTM E2307 對於外牆與層間阻火系統之耐火性測試相較較接近於建築火災實際狀況，在複雜度方面 EN 依試驗組態

型式區分為 16 種，歸類成 13 種試驗組構型式，再依室內或室外曝火分別以 2 個試驗標準溫昇條件測試；另外依外牆型式與耐火性須求，區分為 10 種型式，依型式與耐火性須求分別以 3 個試驗標準測試。

ASTM E2307 試驗是在室內可控制的環境下進行，依據試驗測試要求，對於此一雙層外牆模擬結構，主要是控制下層燃燒室燃燒溫度，測試外牆外表面及上層觀察室的溫度升高情形，觀察帷幕牆結構的變形、脫落等對層間縫隙阻火材的影響，觀察層間縫隙阻火材的耐火性能（是否產生變形、開裂、縫隙、火焰及熱氣流滲透等），同時可觀察上層煙流情況，此試驗法試驗組構條件簡單加熱條件一致。

(四) 規範檢討

依據 CNS 15206 草-修 1010248 (ISO 10295-2:2009) 建築構件與零組件防火試驗-配管設置防火測試-第 2 部：線形接合（縫隙）密封部，為兩並排構件之間或其內部，長寬比在 10:1 以上之線形縫隙，此縫隙之接合密封部(joint seal)係經設計且在需要處配合特定之位移程度（含加載承重之位移）用以維持防火區劃功能之系統，據此所須耐火性能相較於 CNS 14514 配管貫穿有較大之位移性下仍能維持其耐火性。

再參考美國 IBC 對於防火區劃之完整性考量及分別驗證方式，以 UL 驗證材料為例：

UL 系統工法編碼

1. 配管貫穿部

例：C-AJ-1240 即金屬管件穿牆穿樓板工法

第一碼

F…… 樓板

W…… 牆

C…… 樓板及牆

第二、三碼

A …… 水泥地板厚度 5” 以下（含 5”）。

B …… 水泥地板厚度 5” 以上。

C …… 組合地板。

D …… 鋼鐵浪板（DECK）。

E~I…… 尚未使用。

J …… 水泥牆板厚度 8” 以下（含 8”）。

K …… 水泥牆板厚度 8” 以上。

L …… 組合牆。

M…… 落水頭。

N~Z…… 尚未使用。

數字碼

0000 ~ 0999 — 空（無穿透物）。

1000 ~ 1999 — 金屬管（鐵管、銅管、EMT 管等）。

2000 ~ 2999 — 非金屬管（PVC 管、PE 管等）。

3000 ~ 3999 — 電纜。

4000 ~ 4999 — 電纜線架加電纜。

5000 ~ 5999 — 保溫管。

6000 ~ 6999 — 匯流排。

7000 ~ 7999 — 風管。

8000 ~ 8999 — 混合（鐵管、保溫管、電纜線架等）。

9000 ~ 9999 — 尚未使用。

2. 線形接合密封部

例：FF-D-1025

第一、二碼

FF…… 樓板對樓板

WW…… 牆對牆

FW…… 樓板對牆

HW…… 牆頂

BW…… 牆底

CG……

第三碼

D…… Dynamic（非固定介面）

S…… Static（固定介面）

數字碼

0000 ~ 0999 …… 間隙 $\leq 2''$ （5 cm）

1000 ~ 1999 …… 間隙 $> 2'' \leq 6''$ （5 cm~15 cm）

2000 ~ 2999 …… 間隙 $> 6'' \leq 12''$ （15 cm~30 cm）

3000 ~ 3999 …… 間隙 $> 12'' \leq 24''$ （30 cm~60 cm）

4000 ~ 4999 …… 間隙 $> 24''$ （60 cm）

3. 層間縫隙

例：CW-D-2058

第一、二碼

CW…… 樓板對帷幕牆

第三碼

D…… Dynamic (非固定介面)

S……Static (固定介面)

數字碼

0000 ~ 0999 …… 間隙 $\leq 2''$ (5 cm)

1000 ~ 1999 …… 間隙 $> 2'' \leq 6''$ (5 cm~15 cm)

2000 ~ 2999 …… 間隙 $> 6'' \leq 12''$ (15 cm~30 cm)

由配管貫穿部、線形接合密封部及層間縫隙此三種型類貫穿防火區劃之縫隙，因其規模與型態有別，以 UL 分類顯示線形接合密封部及層間縫隙其耐火性有非固定介面與固定介面型式，非僅以配管貫穿部之耐火性測試 (CNS 14514) 可完全驗證，據此線形接合密封部及層間縫隙有其個別驗證之必要。

納入線形接合密封部及層間縫隙之驗證必須就相關法規、規範與標準加以增訂，由非承重外牆與層間縫隙耐火性能驗證規範國內相關法規規範探討。

1. 公共工程委員會之施工綱要工具書

第 07840 章 V3.0 防火阻絕，可於第 1.4 節相關準則增列如表 12。

表 12 公共工程委員會施工綱要工具書第 07840 章 V3.0 防火阻絕修訂建議

建議修訂條文	原條文	說明
1. 4. 1 中華民國國家標準 (CNS) (1)CNS 14705 建築材料燃燒熱釋放率試驗法-圓錐量熱儀法 (2)CNS 14514 建築物防火區劃貫穿部耐火試驗法 (3)CNS 15206 建築構件與零組件防火試驗-配管設置防火測試-第 2 部：線形接合 (縫隙) 密封部 (4) CNS 14818 固體材料燃燒煙濃度試驗	1. 4. 1 中華民國國家標準 (CNS) (1)CNS 6532 建築物室內裝修材料之可燃性試驗法 (2)CNS 14514 建築物防火區劃貫穿部耐火試驗法	增列 CNS 15206 建築構件與零組件防火試驗-配管設置防火測試-第 2 部：線形接合 (縫隙) 密封部 發煙量由 CNS 14818 試驗可得
1. 4. 2 美國材料試驗協會 (ASTM) (1)ASTM E814 貫穿物防火材料性能標準試驗法 (2)ASTM E662 Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials (3)ASTM E1966 接合部阻火試驗法 (4)ASTM E2307 使用中尺度多層試驗儀評估帷幕牆耐火性試驗法	1. 4. 2 美國材料試驗協會 (ASTM) (1)ASTM E814 貫穿物防火材料性能標準試驗法 (2)ASTM E84 表面燃燒試驗	增列 ASTM E1966 接合部阻火試驗法及 ASTM E2307 使用中尺度多層試驗儀評估帷幕牆耐火性試驗法 發煙量由 ASTM E662 試驗可得
1. 4. 3 其他相關之規定：JIS、DIN、UL、BS 等 (1)UL 1479 貫穿開孔阻火測試方法 (2)UL 2079 建築接合部耐火性試驗	1. 4. 3 其他相關之規定：JIS、DIN、UL、BS 等 (1)UL 1479 貫穿開孔阻火測試方法	增列 UL 2079 建築接合部耐火性試驗、ISO 10259-1 建築構件與零組件防火試驗-配管設

(3) ISO 10259-1 建築構件與零組件防火試驗-配管設置防火測試-第 1 部：貫穿填縫材 (4)ISO 10259-2 建築構件與零組件防火試驗-配管設置防火測試-第 2 部：線形接合（縫隙）密封部		置防火測試-第 1 部：貫穿填縫材及 ISO 10259-2 建築構件與零組件防火試驗-配管設置防火測試-第 2 部：線形接合（縫隙）密封部
1.5.8 施工圖所列工法應通過 CNS 14514、CNS 15206 或 ASTM E2307 之測試並取得中央主管建築機關之審核認可書，防火等級為遮焰級(B 種或稱 F Rating)至少 [1 小時][]，或阻熱級(A 種或稱 T Rating)至少 [1 小時][]。	1.5.8 施工圖所列工法應通過 CNS 14514 之測試並取得中央主管建築機關之審核認可書，防火等級為遮焰級(B 種或稱 F Rating)至少 [1 小時][]，或阻熱級(A 種或稱 T Rating)至少 [1 小時][]。	CNS 14514 僅為配管貫穿部，對於構件線形接合密封部及帷幕牆層間縫隙之阻火性未測試，無法達到完整之防火區劃
1.5.9 所採用阻火材料，應提送燃燒煙指數 CNS 14818 或 ASTM E662 之試驗證明文件。	1.5.9 所採用阻火材料，應提送燃燒煙指數符合 CNS 6532 或 ASTM E84 之試驗證明文件。	主要為耐火性能非可燃性

(資料來源：本研究整理)

2. 中華民國國家標準(CNS)

對於建築物防火區劃貫穿部，在 CNS 已制訂公布之標準有貫穿填縫材 CNS 14514 及線形接合（縫隙）密封部 CNS 15206，此二項標準於 2012 年參考 ISO 10259-1 及 ISO 10259-2 進行修訂發審中，層間縫隙外牆無開口部分可參考 EN 1364-3 納入修訂 CNS 12514，有開口延燒部分參考 ASTM E2307 制訂為 CNS 標準。

3. 建築技術規則建築設計施工編

現行建築技術規則對於建築物防火區劃貫穿部填塞系統耐火材料，主要依建築技術規則建築設計施工編第 85 條第 1 項貫穿防火區劃牆壁或樓地板之風管，應在貫穿部位任一側之風管內裝設防火閘門或閘板，其與貫穿部位合成之構造，並應具有一小時以上之防火時效、同條第 2 項貫穿防火區劃牆壁或樓地板之電力管線、通訊管線及給排水管線或管線匣，與貫穿部位合成之構造，應具有一小時以上之防火時效、第 205 條給水管、瓦斯管、配電管及其他管路均應以不燃材料製成，其貫通防火區劃時，貫穿部位與防火區劃合成之構造應具有二小時以上之防火時效及第 247 條高層建築物各種配管管材均應以不燃材料製成，或使用具有同等效能之防火措施，其貫穿防火區劃之孔隙應使用防火材料填滿或設置防火閘門規定，驗證以建築新技術新工法新設備及新材料認可方式，由於規定僅為風管或配管貫穿防火區劃構件之貫穿部填塞系統耐火材，對於構件（縫隙）密封部及帷幕（外牆）層間縫隙填塞系統耐火性未有所規範。

由於貫穿防火區劃非僅風管及配管之貫穿部，而構件（縫隙）密封部及帷幕（外牆）層間縫隙範圍基本大於風管及配管之貫穿部，且受構件之相對位移等影響，其耐火性相對複雜；為能完備防火區劃，建築新技術新工法新設備及新材料認可應先納入構件（縫隙）密封部及帷幕（外牆）層間縫隙填塞系統耐火性驗證與認可，另防火牆上之單面穿透（配電盤及插座開關等）亦應納入認可。

六、結論

建築防火安全往往是因相關措施發生重大災情時才會被關注，防火區劃之

完整對於建築物防火安全具有重要關鍵，本研究結果可得以下幾點結論。

1. 構件（縫隙）密封部及帷幕（外牆）層間縫隙填塞系統耐火性納入驗證與認可，防火區劃才能完整。
2. CNS 15206與ISO 及ASTM同步，可作為國內構件（縫隙）密封部耐火性試驗法。
3. 帷幕（外牆）層間縫隙填塞系統耐火性試驗法，以ASTM E2307相較與實際建築情境相近，試驗條件與試樣相較於EN容易，可作為國內參考。
4. 建築防火區劃牆上之配電盤及插座開關等單面穿透，形成牆體之耐火性弱點，在驗證與認可作業上不容忽視。

七、參考文獻

1. 雷明遠（2003），「帷幕牆防火性能基準與評估驗證之研究」，內政部建築研究所。
2. 蕭江碧（2001），「九十年五月十二日台北縣汐止東方科學園區大樓火災」，內政部建築研究所 重大火災災後勘察報告。
3. 羅錫標（2007），「論產物保險業之內稽內控－就日月光公司案分析」，國立政治大學商學院經營管理碩士學程碩士論文。
4. 吳如平（2011），「幕牆建築防火設計及試驗分析」，中國幕牆網，<http://bj.alwindoor.com/info/2011-6-2/26838-1.htm>。
5. 雷明遠（2003），「從火災案例探討帷幕牆防止延燒之設計」，現代防災防火科技展望與應用國際研討會。
6. 公共工程委員會，「機電設備工程品質管理實務回訓教材第三章 消防設備工程品質管理實務」。
7. International Firestop Council(2004), “Firestop Inspection Training” .
8. International Building Code (2009).
9. NFPA 101(2009), “Life Safety Code” .
10. BS 476-10-2009 Fire tests on building materials and structures - Part 10 Guide to the principles selection role and application of fire testing and their outputs.
11. 日本建材試驗中心(2009)，「乾式層間耐火材之耐火性能試驗」，品質性能試驗報告書發行番號第 08A3821 號。
12. 林慶元(2004)，「實尺寸帷幕牆防火性能之實驗研究(I)」，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。

13. 林慶元(2005)，「實尺寸帷幕牆防火性能之實驗研究(Ⅱ)」，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
14. 黃守謙(2008)，「鋁擠型玻璃帷幕牆層間構造防火性能之研究」，國立台灣科技大學建築研究所碩士論文。
15. 游依婷(2003)，「單元式鋁帷幕防火構法之研究」，國立成功大學建築研究所碩士論文。
16. “Fire Containment” , Construction Dimensions, October 1988.
17. 倪照鵬、路世昌、智會強、汪磊(2007)，「雙層玻璃幕牆全尺寸火災實驗研究」，火災科學 Vol.16 No.4 PP232~242。
18. BS EN 1364-3:2006, Fire resistance tests for non-loadbearing elements- parts 3: Curtain walling- Full configuration (complete assembly).
19. BS EN 1364-4-2007 Fire resistance tests for non-loadbearing elements — Part 4 Curtain walling — Part configuration.
20. ASTM E2307-10, Standard Test Method for Determining Fire Resistance of Perimeter Fire Barriers Using Intermediate-Scale, Multi-story Test Apparatus.
21. NFPA 285-2006, Standard Fire Test Method for Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Non-Load-Bearing Wall Assemblies Containing Combustible Components.