

內政部建築研究所專題研究計劃成果報告

研究案：建築物防火性能評估

研究案編號：MOIS881004

總計劃名稱：建築物防火安全技術發展與應用研究五年計劃(88)

執行期間：87年8月1日至88年6月30日

帷幕牆防火性能評估 與設計準則

計劃主持人：陳太農

協同主持人：郭炳林

研究員：陳長庚

研究助理：陳清乾

張雅文

主辦單位：內政部建築研究所

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

中 華 民 國 八 十 八 年 六 月

統 一 編 號

002244880697

目 錄

第一章 緒論	2
1-1 研究動機	3
1-2 研究範圍	3
1-3 研究流程	4
1-4 研究方法	5
第二章 帷幕牆的種類及相關構件	6
2-1 帷幕牆之種類	8
2-2 帷幕牆之構件	14
第三章 帷幕牆建築物火災模式特性	24
3-1 建築物火災溫度特性	24
3-2 建築物火災延燒模式	27
3-3 火災對帷幕牆之作用	31
3-3-1 火源點在室內時的火災模式	32
3-3-2 由開口部延燒至室內的火災模式	44
第四章 國內外相關帷幕牆防火法規比較檢討	49
4-1 國內法系	50
4-2 日本法系	50
4-3 小結	51
第五章 帷幕牆防火性能研擬	52
5-1 帷幕牆之防火性能	52
5-2 帷幕牆防火性能設計準則	53
5-2.1 防止由開口部延燒至室內之設計準則	54
5-2.2 防止由接合處延燒至室內之設計準則	55
5-2.3 防止由牆體與樓版間的縫隙延燒至室內	61
5-3 小結	65
第六章 結論與建議	67
6-1 結論	67
6-2 未來建議	69
附錄 一	
CNS 12514 建築物構造部分耐然檢驗法	
附錄 二	
JIS A 1304 建築物構造部分耐然檢驗法	
附錄 三	
ASTM E119 Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials	
附錄 四 Test Report on Fire Test of the Curtain Wall Fo Keumkang Limited	

帷幕牆防火性能評估與設計準則

陳太農* 郭炳林**

摘 要

台灣於 70 年代高層辦公建築物之外牆開始使用帷幕牆，80 年代是盛產期，流行玻璃帷幕牆建築物，90 年代之超高層建築物仍廣泛使用帷幕牆。

長久以來，帷幕牆表面已用過許多不同材料。包括玻璃、金屬板、石板預鑄水泥、磁磚、玻璃纖維強化水泥、合成灰泥、玻璃磚等。不論使用何種材料，有關帷幕牆建築物之防火設計施工規範，仍付之闕如，面對日益增加之帷幕牆建築物，研擬其防火性能評估基準及設計準則，應有其必要性。

本文內容包括：

- 1.帷幕牆資料蒐集
- 2.建築物火災資料蒐集
- 3.帷幕牆法規檢討
- 4.各種帷幕牆火災破壞行為與評估
- 5.帷幕牆開口部、層窗間牆及防火填塞之防火性能

Abstract

Taiwan started to use the curtain walls in outdoor-wall of high-rise office building in the 1970s, and abounded in the 1980s. Those times had been prevalent in the glass-curtain wall. The curtain wall in high-rise building have was applied extensively until the 1990s.

For a long time, A lot of materials have been applied in to the surface of the curtain wall. Include the glass、 the plane of metal the flagstones、 the preview concrete、 the tile、 the glass-fiber reinforced concrete 、 the compound plaster、 the glass-brick .. etc.

In Taiwan, the standard of fire prevention for the curtain wall is deficient. Increasing amount of the curtain wall of building be increased, we have to draft it's standard.

第一章 緒論

1-1 研究動機

台灣自 70 年代高層辦公建築物之外牆開始使用帷幕牆，80 年代為盛產期，流行玻璃帷幕牆建築物，於 90 年代之超高層建築物仍廣泛使用帷幕牆。

長久以來，帷幕牆表面已用過許多不同材料：包括玻璃、金屬板、石板預鑄水泥、磁磚、玻璃纖維強化水泥、合成灰泥、玻璃磚等。不論使用何種材料，有關帷幕牆建築物之防火設計施工規範，仍付之闕如，面對日益增加之帷幕牆建築物，研擬其防火性能評估基準及設計準則，應有其必要性。

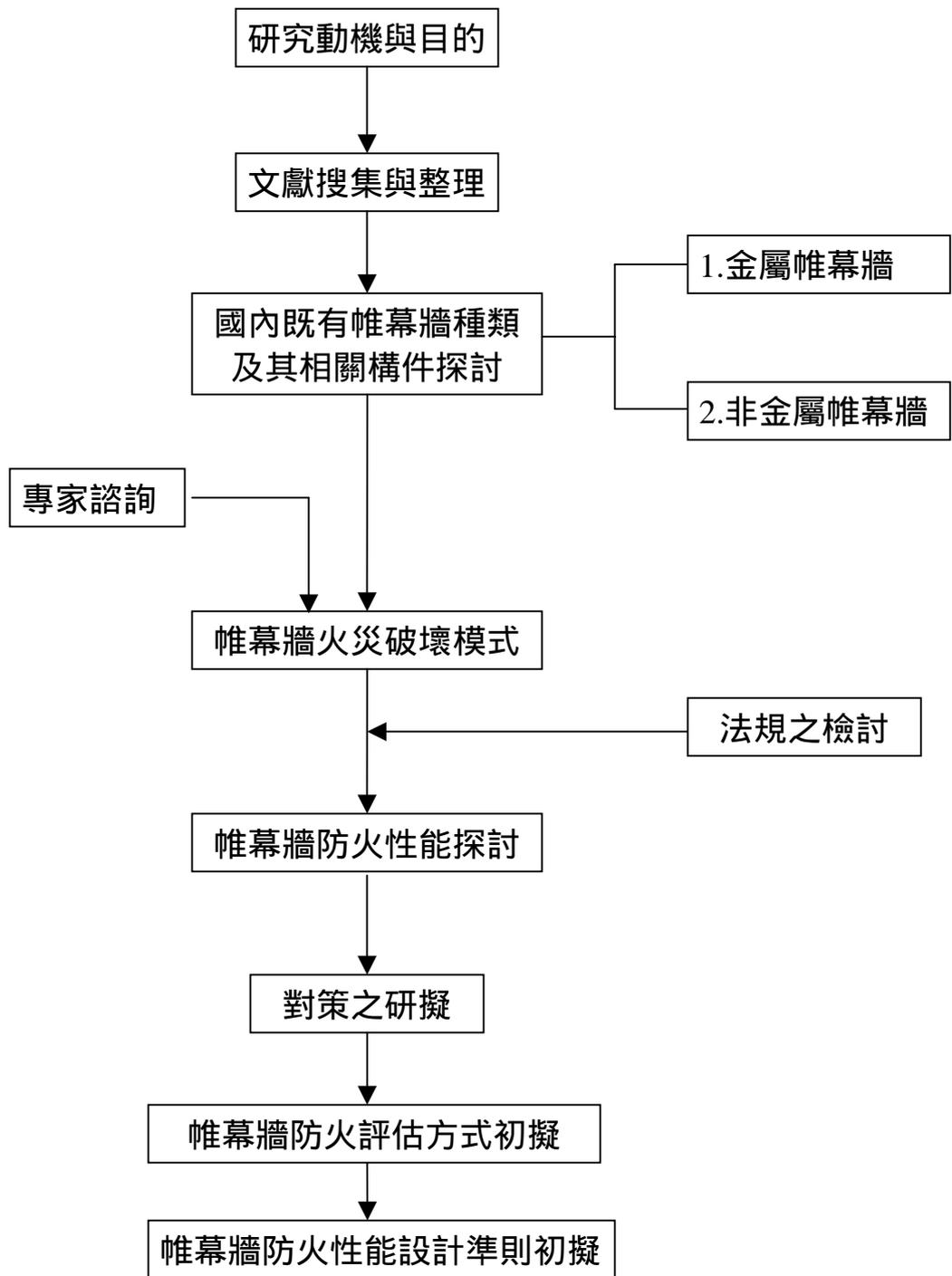
1-2 研究範圍

在帷幕牆構法普及之前，壁材材料大都由紅磚等塊狀重材在柱樑圍出的方格間堆砌，或以混凝土搗灌，再安裝窗戶而成。現在因工業進步發達，可以在工場以混凝土、鋁、鋼鐵、不銹鋼、銅、玻璃、石棉、玻璃纖維製品等材料，一體製成包含窗戶與附屬品的壁體—即所謂預製(Prefabrication)，然後運至建築現場，在建築物構架上栓結、填縫、組立完成。因此帷幕牆建築亦指在柱、樑、樓版所構成之建築構架上，安裝預製外壁建造完成的建築物而言。

目前國內對帷幕牆之研究大致以施工工法、單元設計製造、繫件設計製造、層間變位、構造方式及強度等為主，對帷幕牆建築物之火災行為較少涉及，故本研究計畫係以帷幕牆建築物為對象，研擬帷幕牆防火性能評估與設計準則，主要範圍大致有下列項目：

- (1)防止火災經由外牆帷幕牆擴大延燒至上層空間或鄰棟房屋
- (2)防止火災時的濃煙迅速漫延至上層空間
- (3)防止火災時的高溫導致帷幕牆與主結構體之結合繫件破壞
- (4)防止火災時的高溫導致帷幕牆本身倒塌等狀況

1-3 研究流程



1-4 研究方法

一、 資料蒐集

- 1.帷幕牆資料蒐集
- 2.建築物火災資料蒐集
- 3.帷幕牆法規檢討

二、 帷幕牆火災的行為檢討與評估

- 1.室內火災的各種帷幕牆破壞行為與評估
- 2.室外延燒的各種帷幕牆破壞行為與評估

三、 帷幕牆火災防火性能研擬

- 1.帷幕牆開口部之防火性能
- 2.帷幕牆接合處之防火性能
- 3.帷幕牆層間塞之防火性能

第二章 帷幕牆的種類及相關構件

在建築技術規則建築設計施工篇第一章用語定義第一條之 22 有明確的定義，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。」亦即建物的自重與加諸建築物上的荷重，由柱、樑、樓板、屋頂等構架支承，帷幕牆為組立依附在構架上，不承受建築物荷重的壁體。

再由貼附方式來分類：

(1) 外接系統

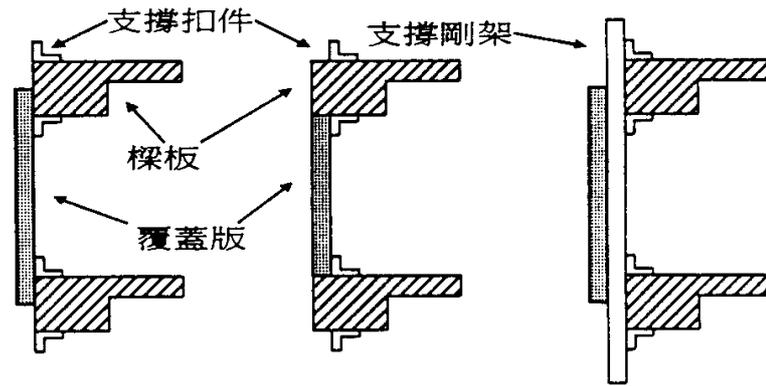
錨栓扣件先錨定於建築物柱“版外緣”覆蓋構件再利用此已固定的錨栓扣件栓住本身重量而附加於建築物外側上，如圖（a）所示。

(2) 內嵌系統

錨栓扣件先錨定於建築物柱“版外緣”內側，覆蓋構件再利用此已固定的錨栓扣件栓定位置，本身重量由原有的樓版支撐，內嵌於建築物外側內緣內，如圖（b）所示。

(3) 帷幕牆系統

錨栓扣件先錨定於建築物柱“版外緣”再利用另一剛架系統栓定於此已固定的錨栓扣件上，覆蓋構件則再利用此剛架系統栓住本身重量而附加於建築物外側上，如同附上一道與原建築物不直接接觸而類似外加窗簾的牆壁故謂之“帷幕牆”。如圖（c）所示。



(a)外接系統 (b)內嵌系統 (c)帷幕牆系統

以貼附方式分類之建築外緣覆蓋系統

2-1 帷幕牆之種類

帷幕牆的種類大致上以材料區分可分為兩大類：一為金屬帷幕牆、一為非金屬帷幕牆；金屬帷幕牆有：鋁金屬帷幕牆等等。非金屬帷幕牆有：P.C.帷幕牆、石材帷幕牆、玻璃帷幕牆等等。

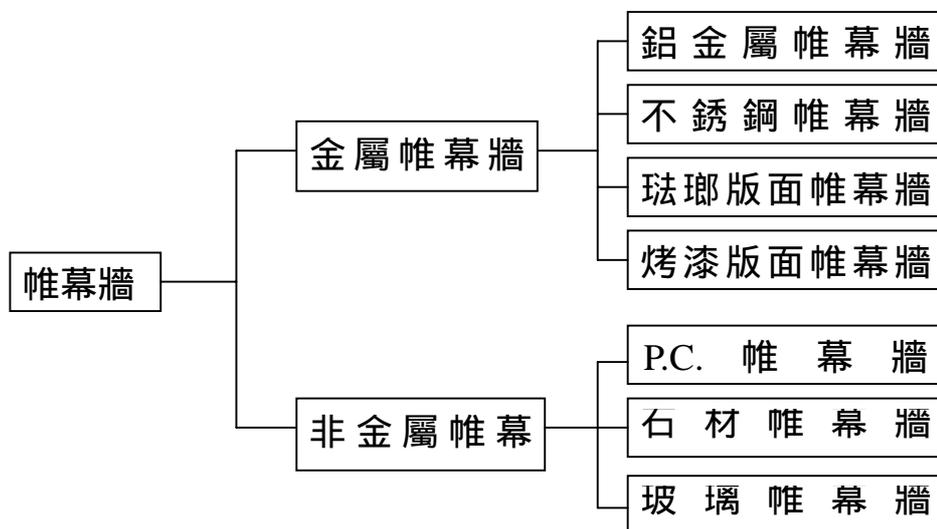


表 (一)金屬類帷幕牆

分類	功能特性與適用性
1. 鋁帷幕牆	為目前使用最多的高層大樓帷幕牆。鋁合金單位重(約 2.8)約與常重混凝土單位重(約 2.4)相同，約為鋼(7.8)的 1/3，但絕的比降伏強度約為 130Mpa/(g/cm ²)，約為鋼(52MP3/(g/cm ²))的 2.5 倍，27.5MPa 混凝土比抗壓強度(11.5MPa/(g/cm ²))的 11 倍；一般較常見的抗老化、污染、酸蝕的方式為使用(1)陽極氧化膜、(2)粉末塗裝、(3)氟碳樹脂烤漆、(4)壓克力樹脂烤漆等方式處理鋁材表面。
2. 不銹鋼帷幕牆	不銹鋼材版的厚約為 1.5-2.5mm，耐腐蝕、相當程度的耐火、隔音功能本身不需再烤漆，但製程品質不佳時，表面容易產生損傷的波浪紋，如長期暴露在室外污染的空氣中，仍會造成生水銹現象，極不易清除。價格較貴，表面易產生光線折射現象與冰冷感覺的都市景觀問題，目前已較少使用於高層大樓建築的帷幕牆上。
3. 琺瑯板面帷幕牆	常見者計有琺瑯鋼板、琺瑯鋁板兩種，以粉狀玻璃原料在約 800 下與鋼材或鋁材素材表面結合。具有好的抗酸雨、抗腐蝕，表面硬度高，價格較貴。
4. 烤漆板面帷幕牆	目前以 1970 年代開發出的 Kynar-500 氟碳樹脂烤漆作為金屬帷幕牆的表面塗裝之耐用性、抗紫外線及抗污染最佳，亦可與各種色料配合形成各種不同顏色的帷幕牆表面，以這種無色氟碳樹脂亦可加在石材上，可防止石材表面受酸雨侵蝕、大氣氧化等問題。

表(二) 非金屬類帷幕牆

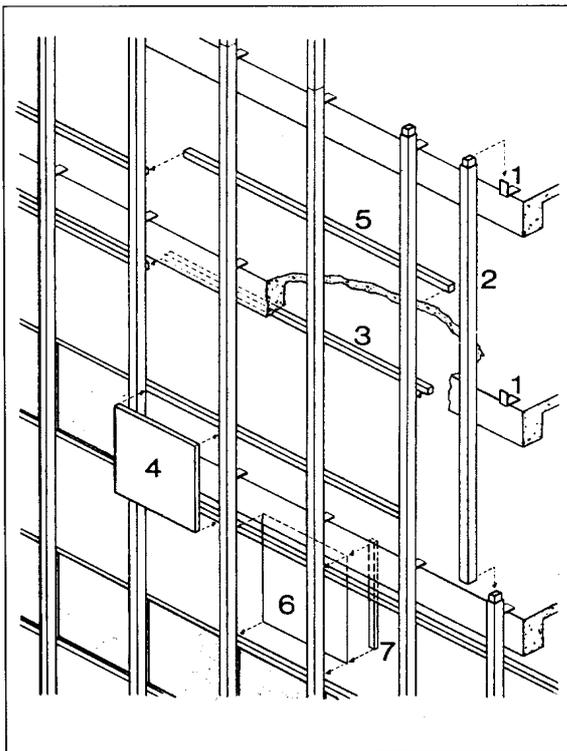
分類	功能特性與適用性
1.預鑄混凝土類牆版	<p>預鑄混凝土類牆版包括常重混凝土版、輕質混凝土版、使用噴黏方式完成的耐鹼玻璃纖維混凝土版、碳纖維混凝土版、高壓蒸汽養護輕質混凝土版等類。使用的鑲面材料方式包括噴塗粘附材料、貼磁磚與貼石材等三類，使用 PC 帷幕牆的優點為價格便宜、牆版的外形可隨意變化、具有相當程度的耐火、隔熱、耐震、平面內變形、隔音、耐撞擊等功能，但其單位重高、吊裝不易、牆面透光面積率不夠等為其缺點，國內最早使用貼磁磚之預鑄混凝土帷幕牆的高層大樓為民國 68 年完成的台北市羅斯福路的台電大樓，目前較常用的方式則為以使用面貼石材的預鑄混凝土帷幕牆為主。</p>
2.石材帷幕牆	<p>這種石材帷幕牆在金屬帷幕牆使用一段時間後才被發展與使用，所用的石材一般以花崗岩為主，也有使用大理石，但其耐久性較差，石材的耐久性良好、花色自然耐看、高雅秀麗，但需要有熟練的技術工人安裝、需充份瞭解石材的礦物成份、重量大、工期較長，許多歐美國家的高層建築或重要紀念館均使用色澤高雅的石材當作外牆，可使用濕式工法(在石材背面塗水泥砂漿後，與牆面粘接)或乾式工法(以支撐剛架及扣件固定於結構體上)</p> <p>，石材如再使用透明 Kynar-500 氟碳樹脂烤漆作表面保護處理，可大大增加其耐候性，由於岩石的礦物組成成份的線性膨脹係數的差異與礦物排列的異方性，易使石材遇熱時產生不同的內部應力，而造成表面裂縫或表層部份崩落現象，一般使用厚度在 30-40mm 間。</p>
3.玻璃帷幕牆	<p>一般指無框全玻璃式帷幕牆，玻璃塊間的填縫需使用具有彈性的矽膠(Silicone)黏結，使用時需對於彈性填縫材作謹慎的設計與施工，並對密封材、助黏劑、填塞材材質等加以充份瞭解，選擇最適當的組合，否則極易造成玻璃帷幕牆滲水、漏氣、填縫材剝離斷裂、老化的破壞。</p>

帷幕牆系統依構法可分為定製系統及標準系統，若依現場安裝方式則可分為：

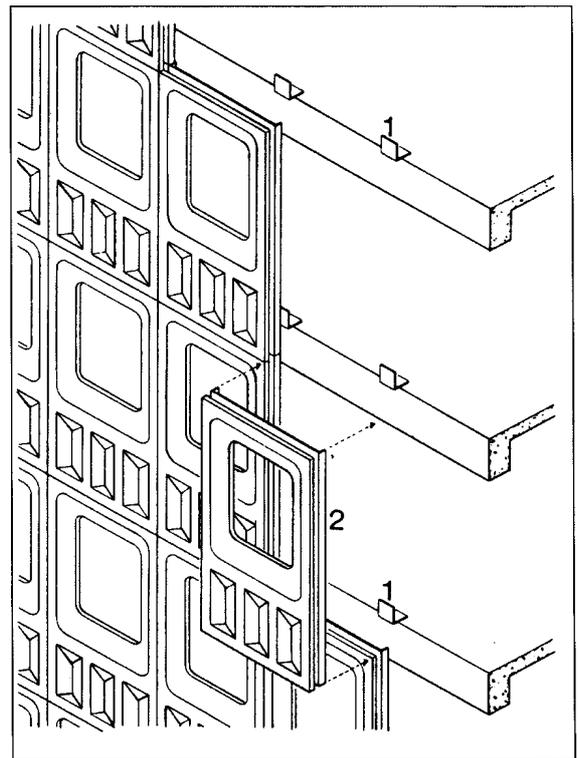
- 1.直橫料系統(STICK SYSTEM)
- 2.格版系統(PANELSYSTEM)
- 3.窗間牆系統(COLUMUCOUER AND SPANDREL SYSTEM)
- 4.單元化系統(UNITIZED SYSTEM)
- 5.複合式系統(UNIT AND MULLIONSYSTEM)。

1.直橫料系統（圖一）

此系統特點在於線條明快突出，可搭配牆版變化造型：組合上牆帷幕牆元件在工地上一件件組合，首先裝上固定系統，其次是直料、橫料、窗間板，最後加上玻璃及內部裝飾。國內習慣上稱之為豆柱式帷幕牆構法。



圖一 直橫料系統



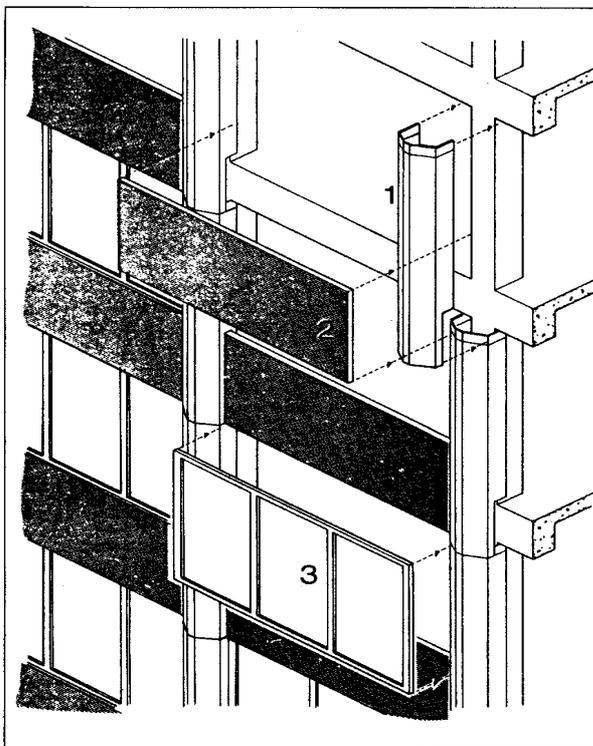
圖二 格版系統

2. 格版系統 (圖二)

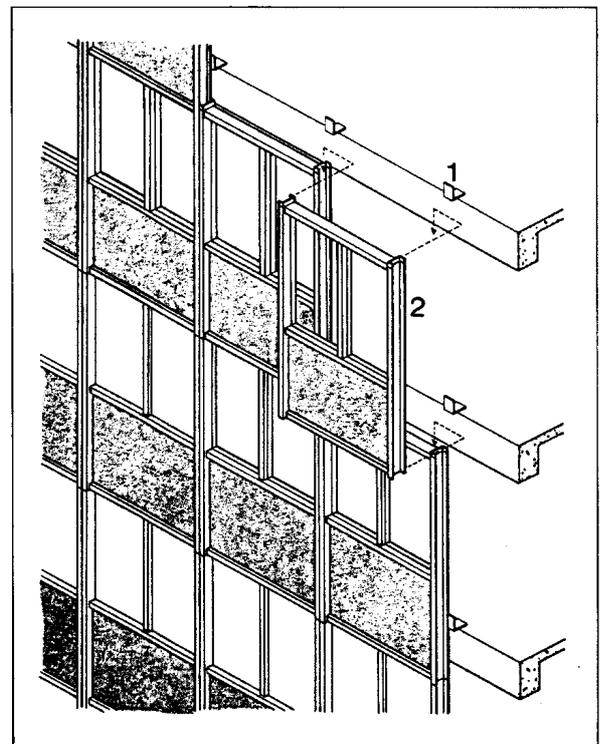
本系統提供了整個牆面的造型，格狀的樣式有強烈的垂直及水平韻律，每塊版在工廠整體鑄造，運至工地錨定組合而成帷幕牆。此系統類似單元化系統，所不同者是單元化系統是由許多小零件組合，而格版系統多指單片版，如預鑄混凝土版或金屬版沖壓而成之單片版。

3. 窗間牆系統 (圖三)

其施工步驟，首先是裝上固定系統，其次是窗間牆、柱覆板，再安裝玻璃；由於安裝之程序簡單，大部分之裝置都在工廠作業，因此品質得以控制。



圖三 窗間牆系統



圖四 單元式系統

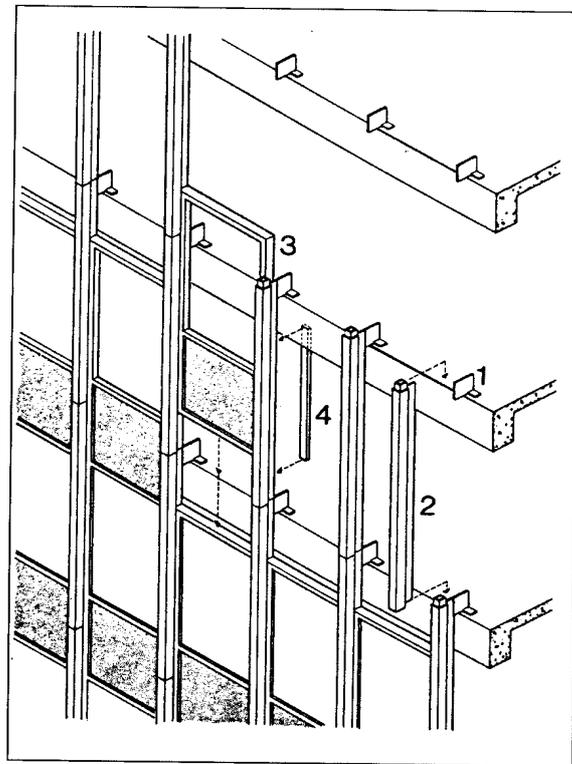
4. 單元化系統 (圖四)

在美國 1970 年代以後，由於建築工人短缺，施工品質不易控制等因素，單元化系統逐漸流行，成為近年來超高層建築外牆工法之主流。其特點是把帷幕牆組合規格單元化，再依次固定於結構系統上。其尺寸大小約 1.5m 寬 x 樓高長，相當於窗格跨距 x 樓高長。其缺點是：體積龐大，在運輸時表面受損情況較為嚴重，搬運上需要裝箱保護。材料使用除所需強度外，還要考慮排水系統及周邊的框架鋁料，因此用

量大。

5.複合式 (圖五)

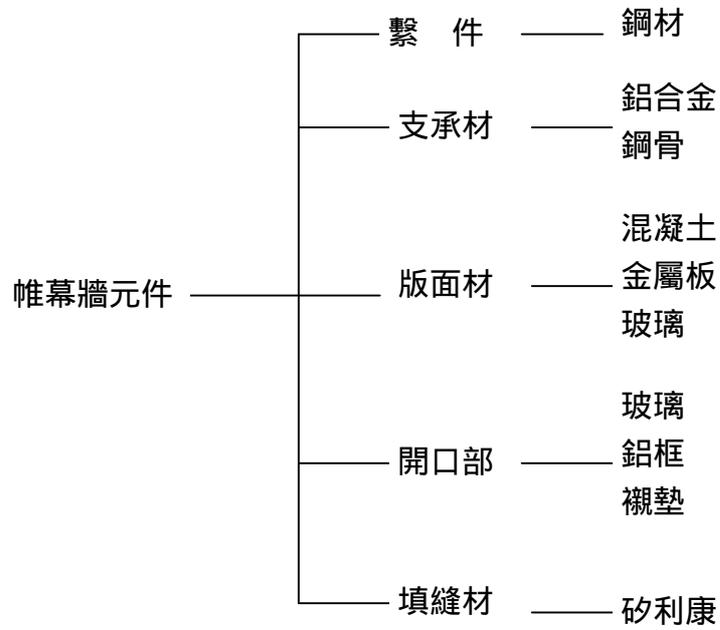
此系統介於直橫料系統和單元化系統間的一種構法，屬改良的直橫料系統。先錨定兩邊直框，在直框中再安裝預組單元；有時是一層樓高的版片，有時分為裙板和玻璃窗兩單元。



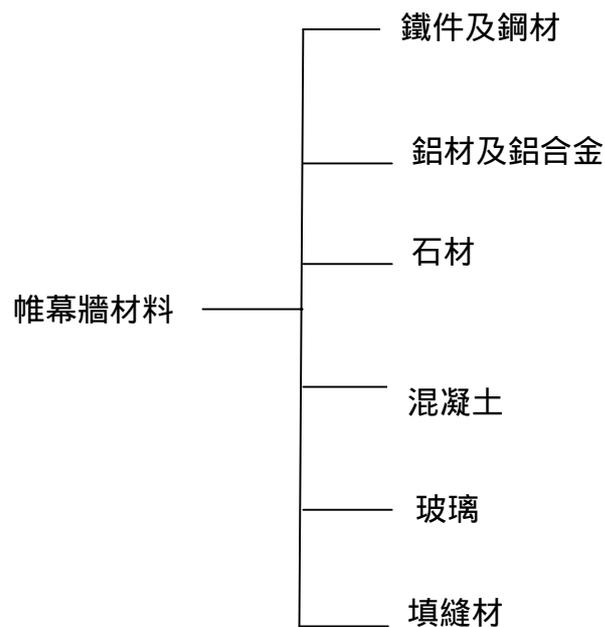
圖五 複合式系統

2-2 帷幕牆之構件

帷幕牆的組成元件大致上可分成：



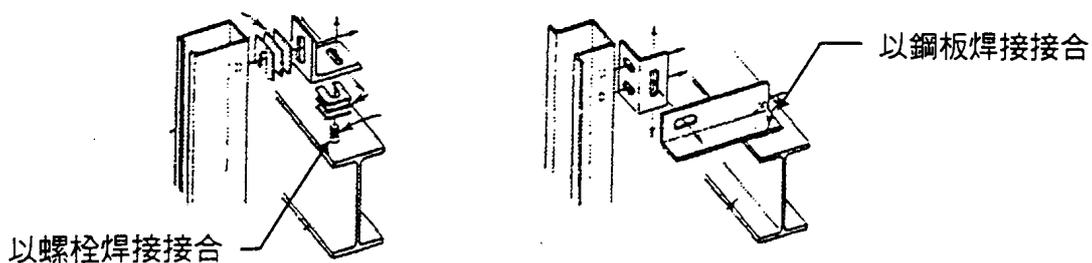
又其以使用材料來區分有：



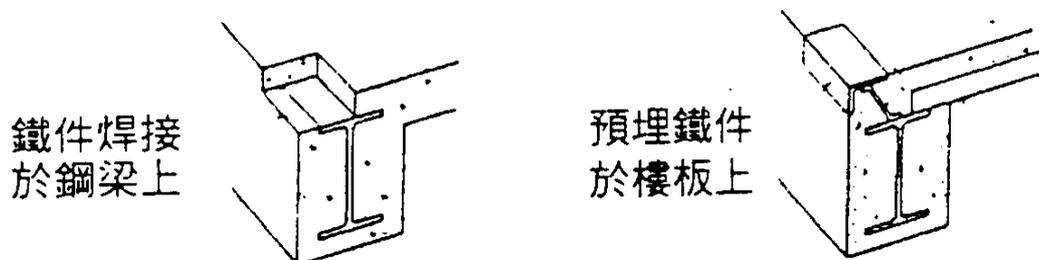
一、鐵件及鋼材

1.鐵件：用來連接帷幕牆版面與結構體外週區的結構鐵件，特性是：

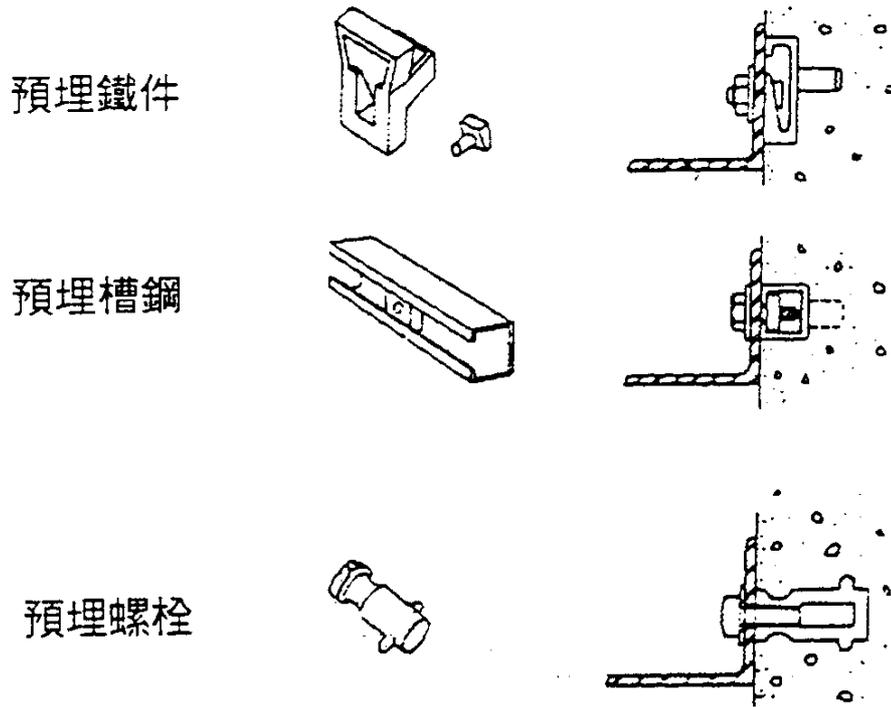
- (1) 高強度鐵件的設計—在固定鐵件的設計，採用高強度材料，如鍍鋅銅板或 6063 系列鋁合金，以提高帷幕牆之安全性，並兼顧帷幕牆吊掛點型式及其位置之設計，以增加單元式帷幕牆之現場施工性。
- (2) 層間變位的吸收—在單元版片的兩個固定點，一個可吸收三向度位移，另一個為鉸接點抵抗側滑，在固定鐵件的設計，可以有效的吸收單元版片的伸縮變形及位移，因此對於「層間變位」的承受性較好，使得版片不至於受到大量的擠壓而產生過度的變形甚至於破壞。
- (3) 在牆體的底部以鋁擠型框料、固定鐵件、披水板配合防水填縫處理，牆體的頂部，則以壓頂處理。



SC - 鐵件焊接於鋼骨結構體上



SRC - 鐵件預埋、焊接於結構體上



RC - 鐵件預埋於結構體上

2.鋼材：帷幕牆使用的鋼材大致上分為五類

種類	符號	概略用途
鋼板及型鋼	SS34	一般結構用軋鋼料
	SS41	
	S12C(PHC)	熱軋軟鋼板鋼片及鋼帶
	SPCC	冷軋碳鋼板及鋼帶
輕量型鋼	SSC41	一般結構用輕型鋼
鍍鋅鋼板	SECC	電鍍法鍍鋅鋼板及鋼帶
高耐候性鋼料	S(49)C(SCR)-H	高耐候大氣腐蝕性軋製鋼料
	S(46)C(SCR)-C	
不銹鋼料		高耐候防鏽軋製鋼料

二、鋁材及鋁合金

一般帷幕牆常用的鋁材種類及特性，以日本 JASS.14 帷幕工事，JIS H4000、H4100、H5202(鋁板及鋁合金板)之規定分述如下

鋁帷幕牆之鋁材種類及特性

種類	合金系統	合金編號	概略特性
鋁板 與 鋁合金板	純鋁	1050	具良好之加工性，表面處理性佳，耐蝕性能為所有鋁合金中最優良者，但純鋁其強度低，若非純鋁則其強度較高。
		1100 1200	鋁之純度為 99.0% 以上，屬一般用途之鋁材。陽極處理後外觀稍呈白色，其餘和 1050 大致相同。
	鋁-錳系	3003 3203	較 1100 強度約高出 10%，加工性與耐久性皆屬優良。
		鋁-鎂系	5005
	5052		屬中強度級之鋁合金代表性建材，耐蝕性、加工性優良。
	鋁合金擠型材	鋁-鎂-矽系	6N01 6063

三、石材

國內常用的石材可分為大理石與花崗岩兩大類。就岩石學而言，大理石屬於變質岩，是再結晶的石灰岩，主要由方解石或白雲母所組成；商業用大理石除上述之大理石外，尚包括蛇紋石、古綠石等。花崗岩則屬於火成岩中的深層岩，由多種造岩礦物組成，包括石英、鹼

性長石、斜長石、雲母、角閃石等；商業用花崗岩除前述岩之花崗岩外，尚包括片麻岩、片麻花崗岩、正長岩、二長岩、花崗閃長岩及成分介於其間之岩石。

一般而言，大理石由於抗壓強度低、硬度低、抗風化程度差且易受水泥砂漿侵蝕，故不適用於室外。而花崗岩則具有抗壓强度高、硬度高、孔隙小、吸水率低、抗風化穩定性大之優點，最常應用於外牆之裝修。

四、玻璃

帷幕牆常用的玻璃有三種：

1.浮式平板/色板玻璃

將玻璃熔液出高溫窯爐中以水平的方式引出，經錫槽利用玻璃液面的表面張力及徐冷窯滾筒的拉力再經檢驗切片製成無波紋之平板玻璃。

特性：

- (1) 無波紋，板面平實透視正確，建築物外觀形象平直美麗壯觀。
- (2) 提供各種加工層次的素材。
- (3) 色板玻璃為增加美感，減少能源的建材。

2.反射玻璃

分金屬反射玻璃及 L.V.C.反射玻璃兩種 金屬反射玻璃係在真空室內用 SPUTTINRINC 法將金屬或金屬氧化物噴鍍在玻璃表面，使其產生一層均勻的金屬膜，因此金屬膜厚度不同可呈現出不同的色彩及高性能的隔熱效能。L.V.C.反射玻璃係用特殊氣體在錫槽內與玻璃表面反應形成薄膜，視所用的原板可呈現不同的色彩。

特性：

- (1) 高性能的節省能源玻璃：因隔熱性高，可節省冷暖氣機之設備與能量。
- (2) 可防眩目的強烈陽光，給室內居住者舒適感。

- (3) 和諧的建築物外觀，可呈現多彩的美姿。
- (4) 鏡面效果：由可視光的反射效果，把周圍環境景色完全融化在建築物內，呈現美麗景色。

3.強化玻璃

強化玻璃係將平板玻璃加熱接近軟化點時，在玻璃表面急速冷卻，使壓縮應力分佈在玻璃表面，而引張應力則在中心層。強化玻璃因有強大的壓縮應力均等的存在，由外壓所產生的引張應力，被玻璃的強大壓縮應力所抵銷。

特性：

- (1) 採用水平強化，故沒有吊孔。
- (2) 強化玻璃的強度約為普通玻璃的 3—5 倍。
- (3) 當破壞時，成為豆粒大的鈍角顆粒，減少對人體的傷害。
- (4) 可耐溫度之急速變化。

五、填縫材

國內常用的填縫材有非成形的矽橡膠及成形的聚硫膠橡膠。

填縫材應用設計 - 在帷幕牆的邊框(鋁擠型)內採用了成形及非成形填縫材。成形填縫材係採用軟硬質共押之異形膠條，其具有較佳之固定性能及線防水性能，並能在承受風壓時具有更好的水密、氣密性。而非成形填縫材係在工廠的穩定環境下施件及養護，可使其耐久性能及防水性能更佳，二種填縫材正確的搭配運用可使帷幕牆擁有更好的水密性、氣密性、隔音性。

1.矽橡膠(Silicone Rubber)

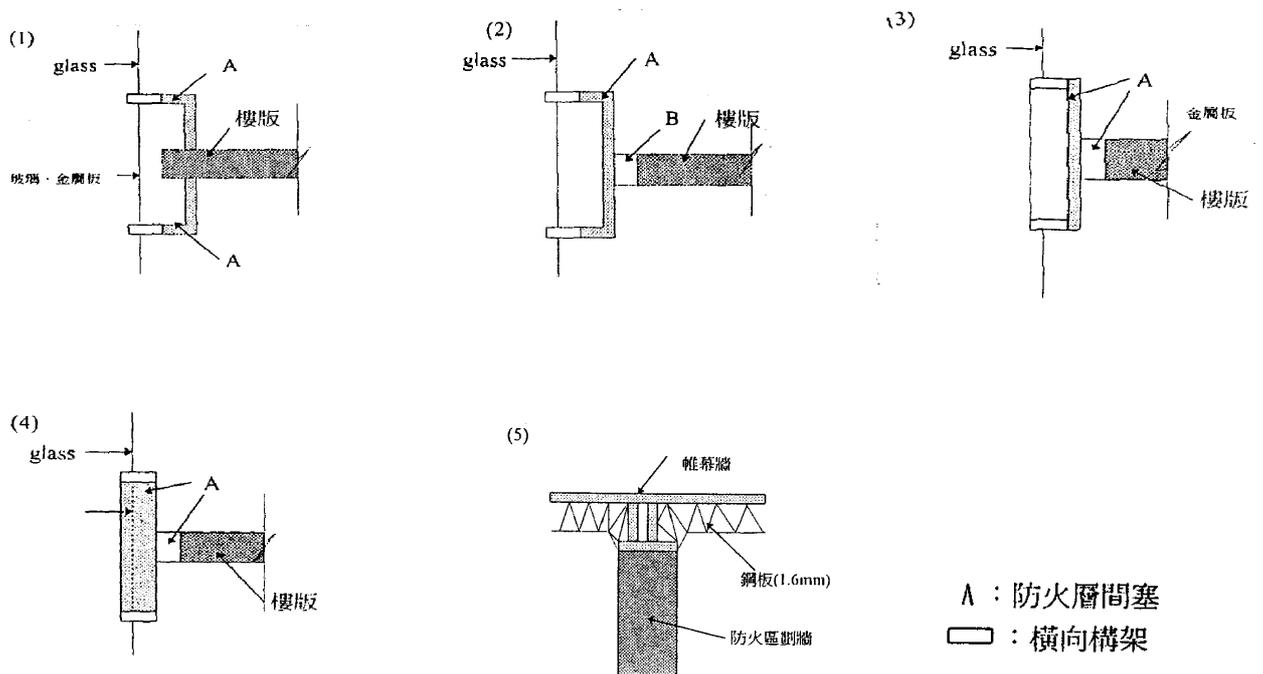
1944 年在二次大戰期間，矽橡膠 (Silicone Rubber)，由 G.E、Dow-Corning、U.C.C 等矽樹脂同時發展出來。這類材料有奇特的性能包括抗老性、抗風化、及不平常的表面性質，尤其對水有抗拒性。其優良物理性能在很廣的溫度範圍(-100 - 190)以內保持，尤為難得。

2.聚硫膠橡膠(Thiokol Rubber) (Polysulfide)

聚硫膠(又稱硫構橡膠)係合成橡膠為最早發展成功的一種。1929年由美國 Thiokol Corp 發展由二氯化乙烷與多硫化鈉反應而成 Thiokol A 原始型多硫化物系橡膠。此為最古老的商用合成橡膠，後發展成 (Thiokol LP) (LP 指：Liquid Polysulfide)液狀聚合體，又稱 Polysulfide 是由一個硫磺原子，一個原子架橋者稱單硫化 (Mono-sulfide) 結合，硫醚(Thio-ether)由兩個原子架橋者稱雙硫化(Disulfide)結合，三個原子以上者稱聚硫化(Polysulfide)結合。(全世界第一棟使用 Thiokol Rubber 之建築物為 California Telephone & Telegraph Compony 之平屋頂建築物 1947.)。

六、層間塞

防火層間塞以不燃材為主要要求，如：岩棉等，其構造形式可如下圖所示。並依法規要求防火及防煙一個小時。



七、混凝土

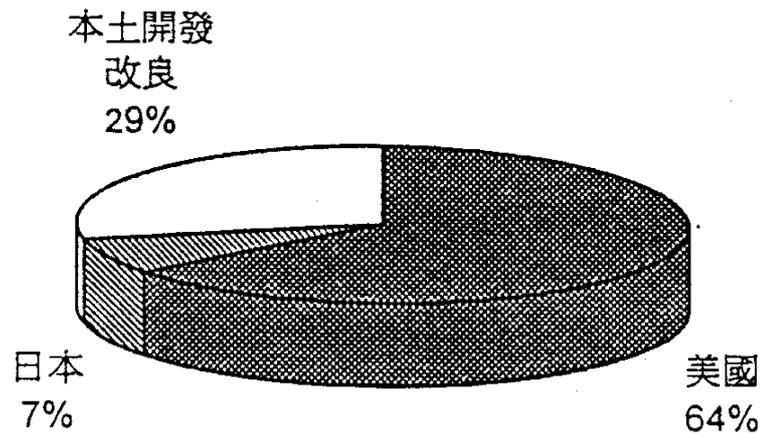
一般用於預鑄混凝土，混凝土本身材料便宜並且耐用，唯重量較一般帷幕牆版來的重，搬運時需小心。

2-4 帷幕牆資料調查整理 - 以台灣地區單元式帷

幕牆為例(參考成大邱宏達碩論)

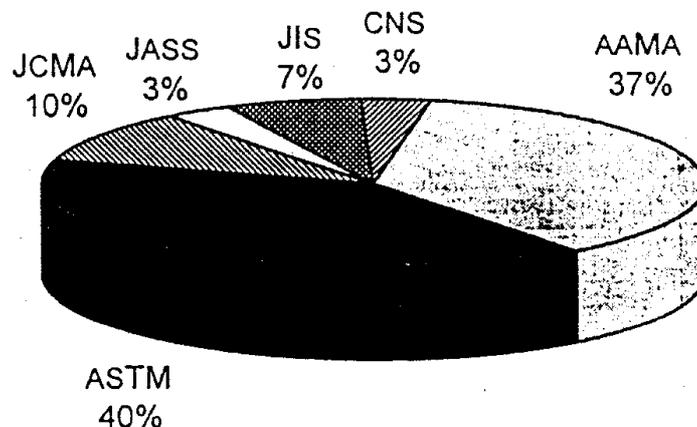
● 單元式帷幕牆引進系統

根據調查結果，引進系統中以「美國系統」(64%)最多，「日本系統」佔 7%，另外有 29%之個案採取「本土開發改良」方式設計製造單元式帷幕牆。



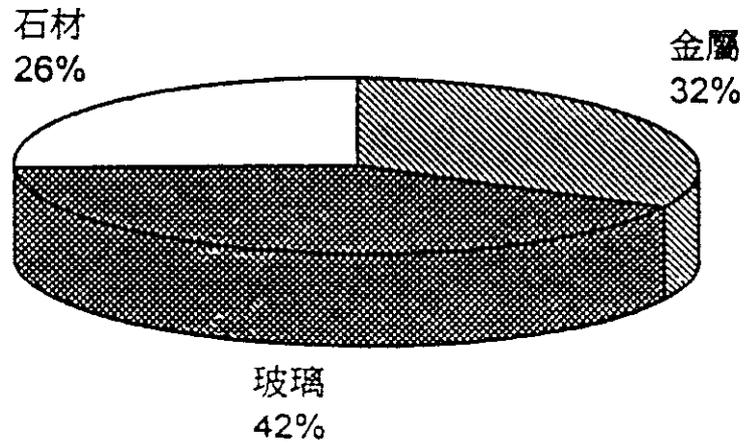
● 引用設計規範

在眾多之規範中，以美國的「AAMA」及「ASTM」較常被引用，佔了 77%之多，剩下的 23%則是參考「JCMA」、「JASS」、「JIS」及「CNS」等四種規範作為設計之依據。



● 單元式帷幕牆面材主要材料

在材料之使用上：按使用量來說依序是「玻璃」(42%)、「金屬」(32%)及「石材」(26%)這三種，分佈還算平均，並沒有某一材料使用特別多之現象。

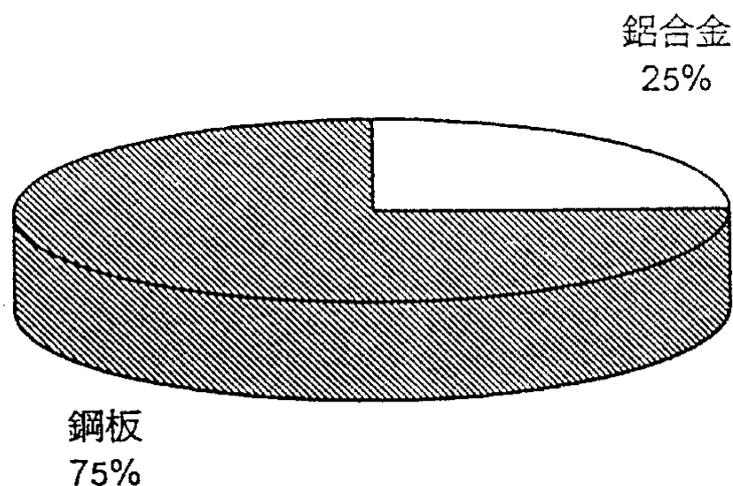


● 性能測試項目

在眾多的性能測試項目中，以「層間變位」與「風雨試驗」兩者最多。其次為「防火」、「隔熱」、「耐震」及「耐候」等四項，「隔音」及「鹽水」兩項試驗則比較少被考慮。

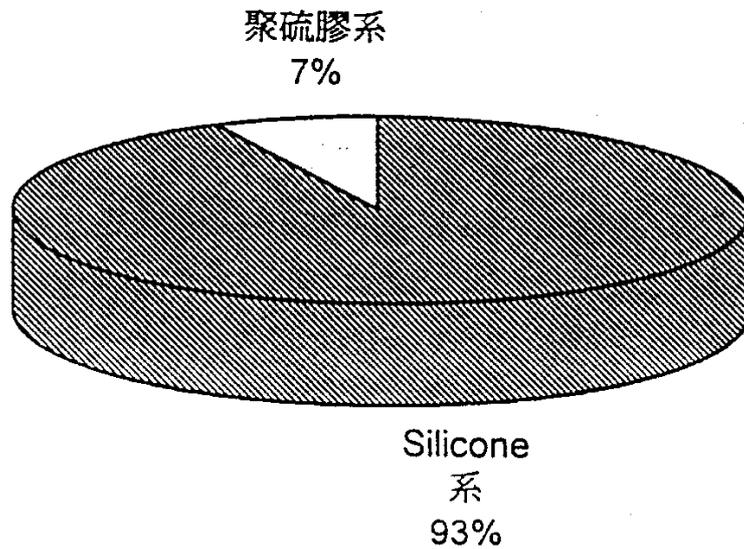
● 連接鐵件材質

材質上以「鋼板」之使用量最多，有 75% 之佔有率，其次為「鋁合金」，佔 25%。



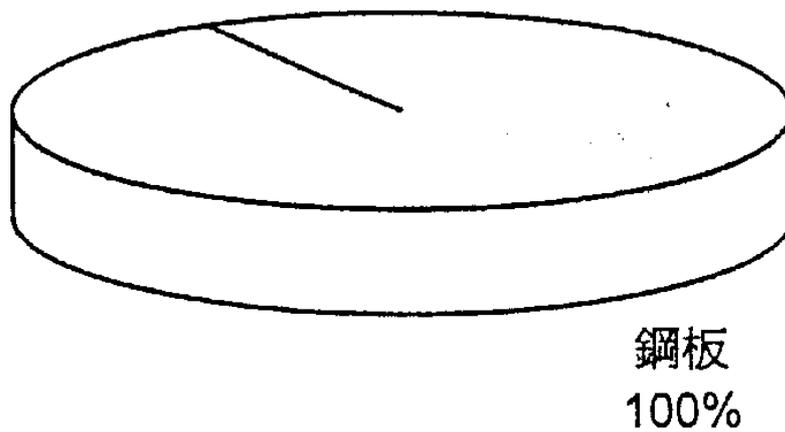
● 填縫材材質

在該項調查中「silicone 系」的使用率高達 93%，剩下的 7%使用「聚硫膠系」之非成型填縫材。



● 結構體鐵件材質

在回函的案例中，全部都是使用「鋼板」來製造結構體鐵件，沒有使用「不銹鋼」或者是「鋁合金」之案例。

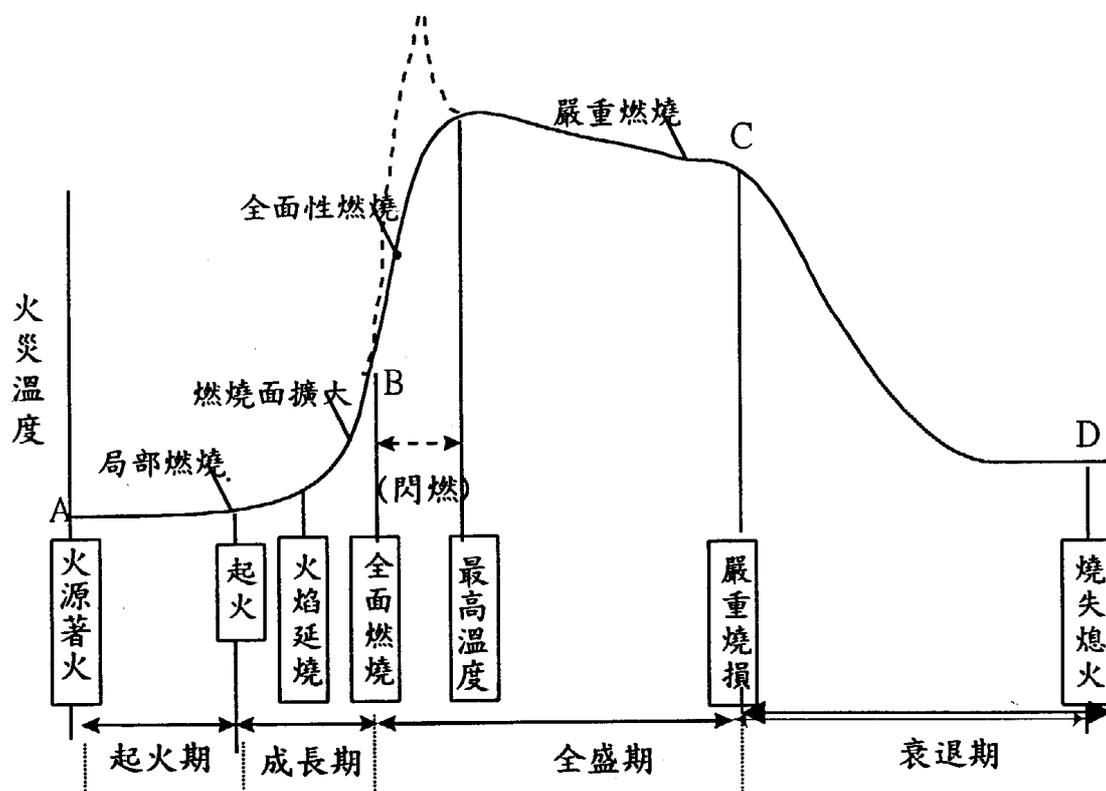


第三章 帷幕牆建築物火災模式特性

3-1 建築物火災溫度特性

帷幕牆建築物火災溫度特性應考慮到該建築物使用後之可燃物量、發生火災的燃燒時間，長期荷重的應力及安全率等因素。

通常火災係指在非預期的狀況下，可燃物與空氣中的氧氣在外部熱量影響下進行化合作用而產生燃燒。其後藉燃燒結果產生的熱量及熱移動使燃燒逐漸移向鄰接部位，最後造成所有可燃物的燃燒狀態。但建築物火災與一般火災最大不同在於，火災所產生之熱量、火、煙霧及毒氣與人類共存在同一空間中而嚴重危及人命安全，建築物火災進行過程隨著時間變化，其擴張過程，大致上可分成五個階段（如圖所示），各階段火災特性不同，故其對人命、財產安全維護對應策略亦隨之不同。



(1) 第一階段：起火(初期)(Initial fire)

造成起火的原因非常廣泛，一般有香煙、火柴引起的失火，電氣器具過熱，或來自鄰接構造物的延燒 等火源。

火災自「火源」開始，通常必須經由「第一著火物」，甚至「第二著火物」等延燒媒介物之著火、燃燒、火焰傳播，始能成災(即「起火」確定)。一般而言，起火的發生與起火位置並無絕對關係，而與下列五項材料特質較有關聯：(1)材料之熱分解溫度與速度，(2)引火溫度、發火溫度及最低必要氧氣量等著火難易性，(3)曝火面大小(材料有無防火被覆、塗裝或保護)，(4)曝火位置(邊緣處比平面處更易著火)，及(5)可燃物量。

(2) 第二階段：成長期(Fire growth)

一旦材料著火，其燃燒所產生的熱能向周圍擴散並於天花板下方形成煙霧層，同時藉由輻射、對流或傳導等熱傳方式使室內溫度逐漸上昇，加速可燃物進行裂解助長燃燒。

此階段亦深受下列材料特質之影響，(1)材料之著火性，(2)表面燃燒性(在材料表面之火焰擴展)，(3)釋熱特性，(4)曝露面大小等幾何特性(5)可燃物量等。

在整個成長過程，不僅僅有火焰延燒之溫度與熱的問題，伴隨燃燒產生的濃煙及毒氣問題，更是對人員安全產生極為嚴重的威脅。煙是影響能見度(visibility)之主因，不利於室內人員避難方向之判斷並易引起心理恐慌，也不利消防人員搶救搜索的行動；而毒性氣體則直接刺激感官或呼吸器官，促使人員窒息、昏迷甚至死亡。

(3) 第三階段：閃燃(Flashover)

因熱分解產生的可燃性氣體在室內高處蓄積，以及溫度急速上昇，一旦該氣體與空氣之混合氣體濃度到達燃燒界限，且溫度已達多數材料之著火點或以上，則一瞬間燃燒範圍擴及全房間(此現象稱為閃燃)；亦即使局部燃燒瞬間擴大至全體燃燒。

此階段亦與下列材料特性有關:(1)材料之著火性，(2)表面燃燒性，(3)曝露面大小(4)可燃物量等。由於此階段會發生溫度急速上昇、一氧化碳等氣體、煙霧擴散、氧氣濃度急速減少等現象，人在室內必難以存活，故所有人員均應在此之前避難至安全處所。由此觀之，在建築火災避難逃生計畫中，決定避難容許時間的目標上，閃燃點具有極重要意義。因此，本階段之防火對策在於如何使到達閃燃時間延長，以增加避難逃生時間。

(4) 第四階段：全盛期(Fully developed fire)

自閃燃發生之後，火災擴及全房間、溫度維持一定高溫而持續燃燒。此階段與室內全部可燃物之發熱量有密切關係，且火勢的強度大小將依可燃物量與空氣之供給量而定。同時由於此階段之發煙性及可燃氣體生成量甚大，火焰、煙霧開始自開口部噴出，可能引起相鄰房間的延燒，應特別加以注意。

(5) 第五階段：擴大或衰退期(Fire propagation or decay)

火災擴大至其他結構體的階段，火焰將由門窗等開口噴出，燃燒由火災房間開口部向其他房間延燒，或向上層建築物延燒，其路徑包括：

- (1) 噴出外部的火焰燒破上層窗戶而延燒
- (2) 經由內部走廊、樓梯間延燒
- (3) 經由空調風管或管道間延燒
- (4) 經由區劃間隔或帷幕牆接合處空隙延燒等
- (5) 火焰自室內噴出時，其輻射熱源對於鄰棟開口部或可燃牆面等之受熱表面產生最大輻射強度致使或溫度上昇而引燃乃至於延燒。

相反地，獨立住宅或受限制於一房間之火災，一旦到達最盛期的末期，即可看到室內火勢變小，此稱為衰退期。火災一旦發展至此，室內溫度開始呈直線般下降，地板上呈現殘物燃燒狀態，一直至熄滅為止。

隨著風或熱氣流飄向天空飛舞著，一旦掉落在附近一帶之建築物上，便有可能引起飛火火災，因而可能造成延燒區域擴大或形成街廓火災。此種飛火乃火粉附著於木質材料等可燃性材料之各種媒介物上所引起的，以下對飛火之特性詳加介紹。

(一) 飛火之發生

飛火之發生，除了風速外，並視火場燃燒之火勢強弱而定。普通防火構造物或防火建築物之燃燒，未必會發生飛火延燒現象，但大型木造建築物燃燒劇烈時，飛火發生之可能性必然大增。一般而言，木造建築之火勢到達相當程度焚燒狀態時，即有發生飛火之危險性。至於飛火之發生率與風速之關係，亦成正比，自風速 5m/sec 開始，風速愈大，火場之燃燒愈猛烈，其發生之必然性也愈大。

1976 年日本酒田發生都市大火，火災初期延燒至鄰接之大沼百貨公司，由於此大樓火災發生了多數的飛火而成為都市延燒的媒介。

(二) 飛火之距離

飛火與風之關係以及飛火到底可以到達多遠之距離，對於此一問題，歷年來有兩種看法。其一風速愈大，飛火距離愈近，其二為風速愈大，飛火距離愈遠。而依據失島安雄氏之調查，發現風速愈大，飛火距離亦愈增加，但風速若超過 16m/sec 以上時，距離反而會減少。故當風速在 16m/sec 以下者，風速與飛火距離成正比，而風速超過 16m/sec 以上時，則成反比。但問題是在火災現場風速並非一直保持一定，當風速減弱時，飛火即有可能飛往較遠處。若從消防及防火研究之立場來看，則以第二種說法比較穩當。

在都市大火的例子中，日本富山縣火災(1944 年)在平均風速 13m/sec 以下時，曾寫下 2750m 的最大飛火距離，由此可見飛火之涵蓋延燒範圍是非常寬廣的。當然飛火到達的距離除風速之因素外，也會因上升熱氣流的傾斜角及星火的種類、性質、粒徑而異。

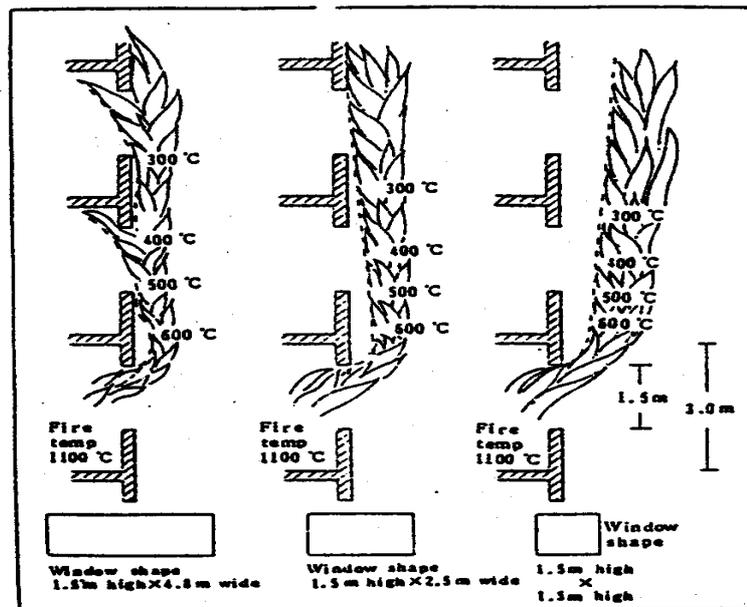
(三) 飛火星之類別

依日本學者龜井幸次郎之研究，飛火星之種類約有下列數種：

- 一、火花及粉狀火星
- 二、棒狀火星
- 三、葉狀火星

- 四、板狀火星
- 五、加熱之鐵皮
- 六、塊狀火星
- 七、其他著火物

2.接焰



開口噴出火焰溫度示意圖

「接焰」之患為燃燒建築物產生之火焰接觸到鄰棟建築物，進而使鄰棟建築物之木質材料等可燃物著火。無論木造建築物間或防火建築物間之接焰延燒形成原因，不外乎建築間之防火間隔過於狹小，或是建築物本身之燃燒狀態過於劇烈而引起的。

一般木造建築物一旦側壁上端或屋頂燒透時，其燃燒狀態即達火災「全盛期」，此時屋頂、牆壁、柱子及樑等會因此而傾斜、燒落或倒塌，處處燃燒起火的掉落物或燃燒建築物本身，隨時可能會與鄰棟建築物之木質材料等可燃部分發生接焰燃燒，乃即使無燃燒物掉落，木造建築物本身之火勢燃燒「炎上」及在強風的助長下，也有可能形成傾焰流與鄰棟建築物之可燃部份發生接焰現象。故木造建築物之接焰延燒支配因子為，建築物內之可燃物及建築物本身(包括門、窗、外牆及屋頂)。

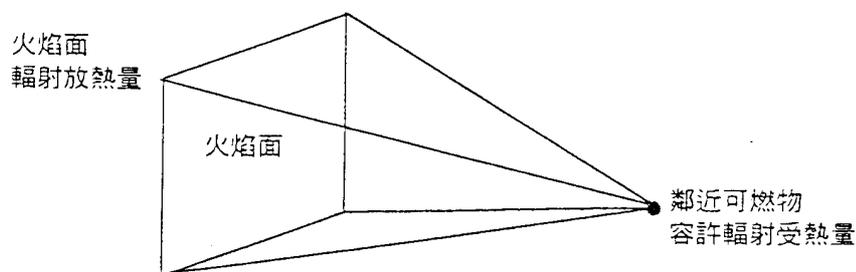
防火建築物或防火構造物居室(房間)燃燒時，其發生接焰的途徑對

防火建築物雙方而言，僅只有外牆開口部一途而已，其外牆開口部噴出之火焰距離高低遠近，大致上受限於火災室內之可燃物量多寡、可燃物擺設位置、及外牆開口部大小、形狀等支配因素。

3.輻射熱

小規模之建築物火災，其延燒至鄰棟主因為「接焰」，而大火災時之延燒主因為輻射熱。木造建築物、外壁防火的木造建築物或防火造建築物等燃燒時，產生加害輻射熱之方式過程不同，當達到火災「全盛期」木造建築物燃燒炎上，此時之加害輻射熱為最大值，加害輻射源之考量為(一壁面面積+一方屋頂面噴出之火焰面積)，外壁防火的木造建築物，當其達到火災最盛朝時，其加害輻射源之考量為(一壁面開口部總面積+一方屋頂面噴出之火焰面積+一壁面之弱輻射熱面積)。防火造建築物之最大加害輻射源考量為(一壁面開口部總面積+一壁面外牆開口部噴出之火焰面積)。

當木造建築物或防火建築物延燒的區域愈廣時，則會進而轉變成「街廓火災」，此種大火災時，金字塔形的火焰四處林立，產生之加害輻射熱非常大。假使火災持續時間愈長，對面向區域之受害輻射熱量愈大，進而會導致更遠距離的輻射熱延燒。



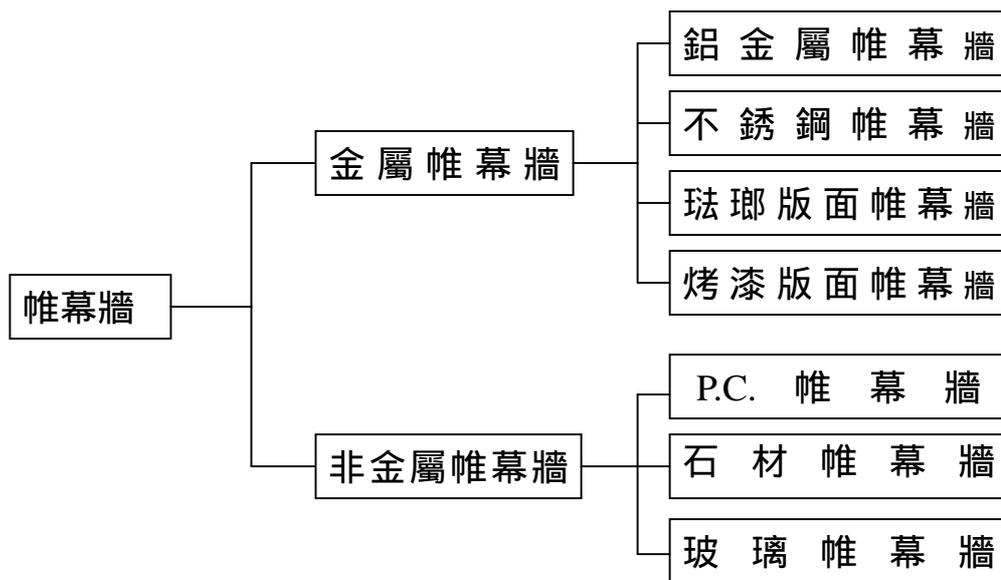
此種類型延燒與否之判定，在於相向之建築物可燃部份，受熱是否超過足以造成起火燃燒的容許輻射受熱量，在防火建築物與木造建築物而言稍有不同。防火建築物若外壁之受熱程度達到 260 或受害輻射熱達到 1.0 w/cm^2 以上時，不見得會產生危險，但外壁與內壁木材等可燃性材料接觸點之溫度，達到上述之量時，即有起火燃燒之可能；而一般木造者，外壁或開口部為木質材料等可燃性材料時，則表面溫度達到 260 或受害輻射熱達到 1.0 w/cm^2 以上時，即有引燃之危險。

3-3 火災對帷幕牆之作用

國內有關帷幕牆的建築物絕大多數是混凝土或是鋼骨的結構，因此火災發生時，火災對帷幕牆的影響主要以接燄與輻射熱為主，少有飛火延燒。又由於帷幕牆本身若能抵抗接焰延燒則亦能抵抗輻射延燒，故本章節暫不討論帷幕牆的輻射延燒破壞模式。

火源的來源可分為由室內對帷幕牆加熱的破壞，及由鄰近建築物或下層的火災對帷幕牆外部進行，及火災綜合破壞模式的破壞模式來加以討論。

由於目前收集到的火場溫度資料均是對以單一開口的封閉空間火災模式為討論對象，故本研究假設以單一開口的帷幕牆為探討對象。



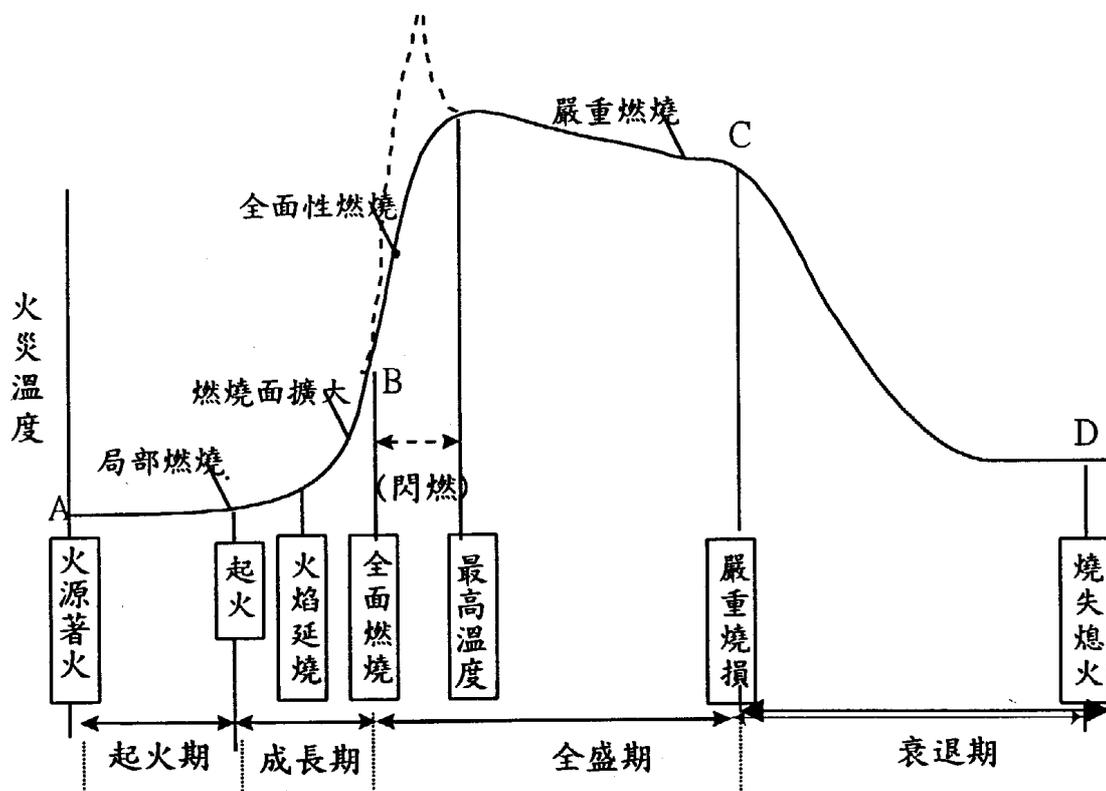
由前面章對帷幕牆的種類分別可區分為金屬帷幕牆及非金屬帷幕牆。

(一) 金屬帷幕牆的種類有鋁帷幕牆、不鏽鋼帷幕牆、琺瑯版面帷幕牆及烤漆版面帷幕牆，由於琺瑯版面帷幕牆及烤漆版面帷幕牆是以鋼板或鋁板為基材做表面處理，故金屬帷幕牆可分為鋁帷幕牆及不鏽鋼帷幕牆兩種討論其對火災的反應。

(二) 而非金屬帷幕牆方面亦可依材料分為 P.C.帷幕牆、石材帷幕牆及玻璃帷幕牆三種來討論。

3-3-1 火源點在室內時的火災模式

目前國內對於一般建築物訂有各種防火區劃及防火壁，防火門等法規，將建築物空間分成一個個獨立不會使火災擴張到其他的空間的防火區劃。

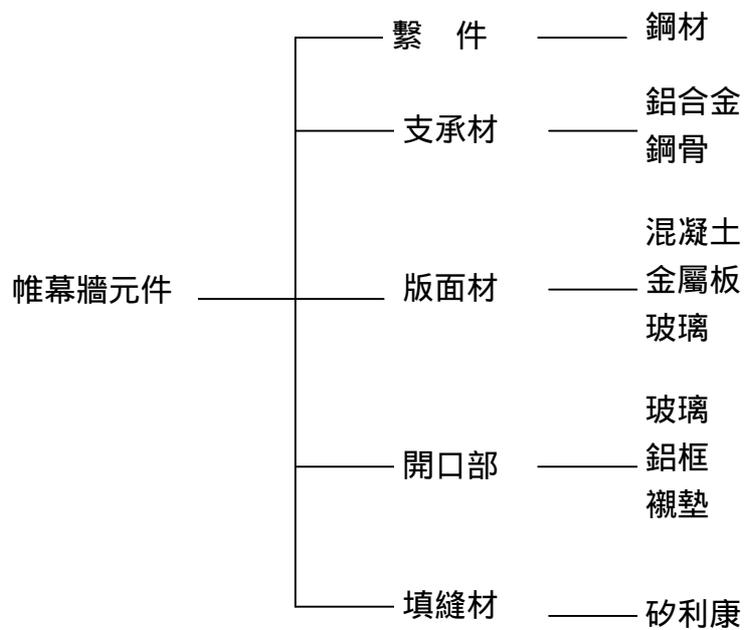


因此，當帷幕牆建築物發生火災時，火源的進氣口幾乎被侷限在一個單一開口（帷幕牆開口部），初期因為火點與空間的比例甚小，火災模式為「燃料支配型」燃燒模式，在閃燃點發生後，整個空間則轉為「空氣支配型」燃燒模式。當火災由閃燃點轉成盛火期，因為火場空間溫度由原本的不到 200 急速上升到 800 至 1000 左右，火焰亦充滿了整個空間，此時帷幕牆直接受到火焰的加熱，及大量的輻射熱，帷幕牆的構件亦在此時被高溫破壞。

3-3-1.1 火源點在室內時的帷幕牆破壞模式

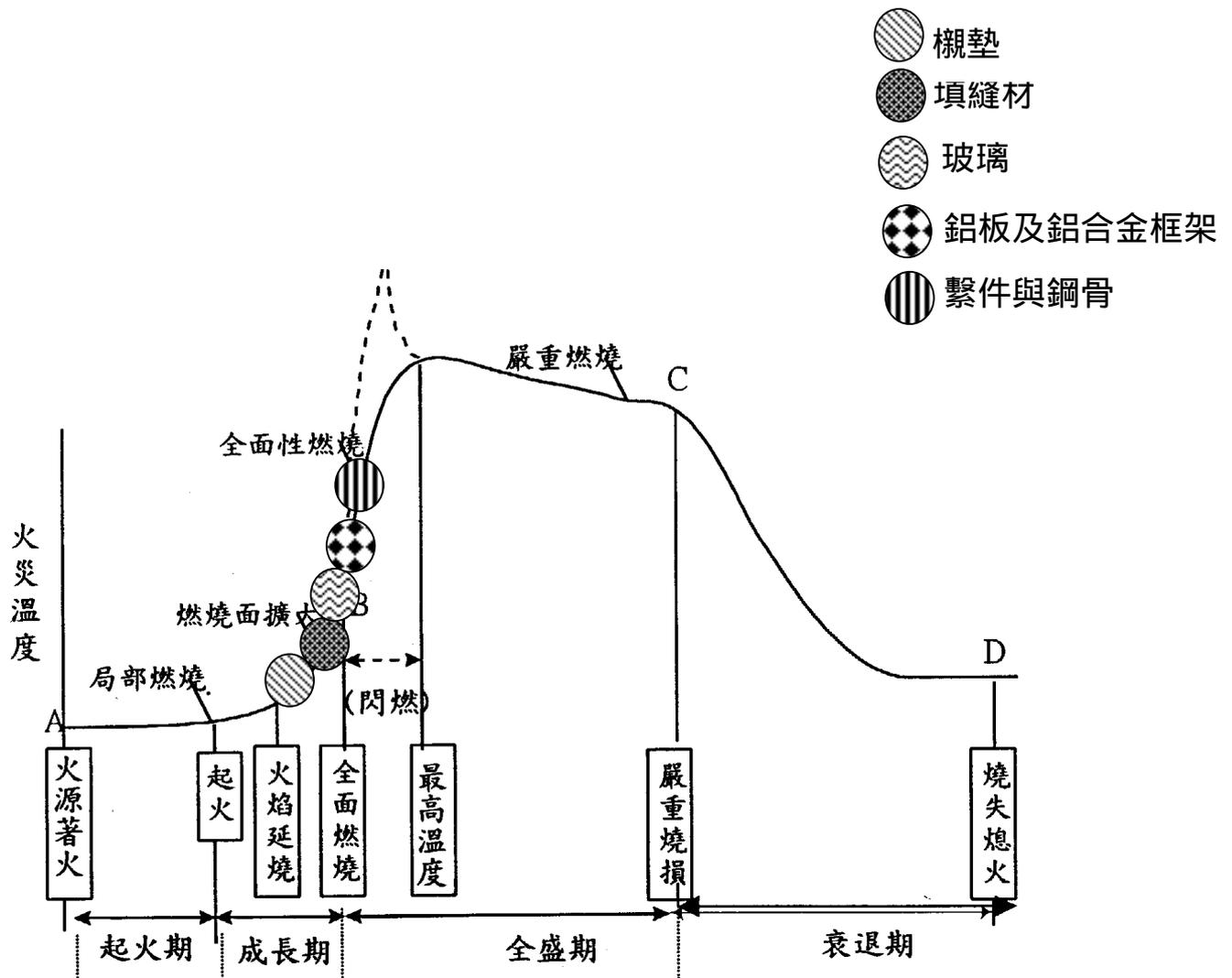
依材料來劃分金屬帷幕牆分為鋁金屬帷幕牆及不鏽鋼帷幕牆；而非金屬帷幕牆分為 P.C.帷幕牆、石材帷幕牆及玻璃帷幕牆共分成五類來討論其破壞模式。

帷幕牆的組成元件大致上可分成：



一、鋁金屬帷幕牆的火災破壞模式

1. 襯墊：玻璃窗的成形襯墊為橡膠的易燃性材質，一般其燃點在 130 -150 就會發生自燃，當著火燃燒時，火焰會沿著材料延燒到上層空間，產生毒氣與煙，並引發玻璃剝落掉到地面層，傷及救災人員、行人、及車輛等。
2. 填縫材：以矽利 康為主的填縫材，一般其燃點在 190 就會發生自燃，所以當 F.O. (閃燃點) 發生後，首先發生自燃並沿著材料成帶狀延燒到上層空間，並產生毒氣與煙影響人員逃生，

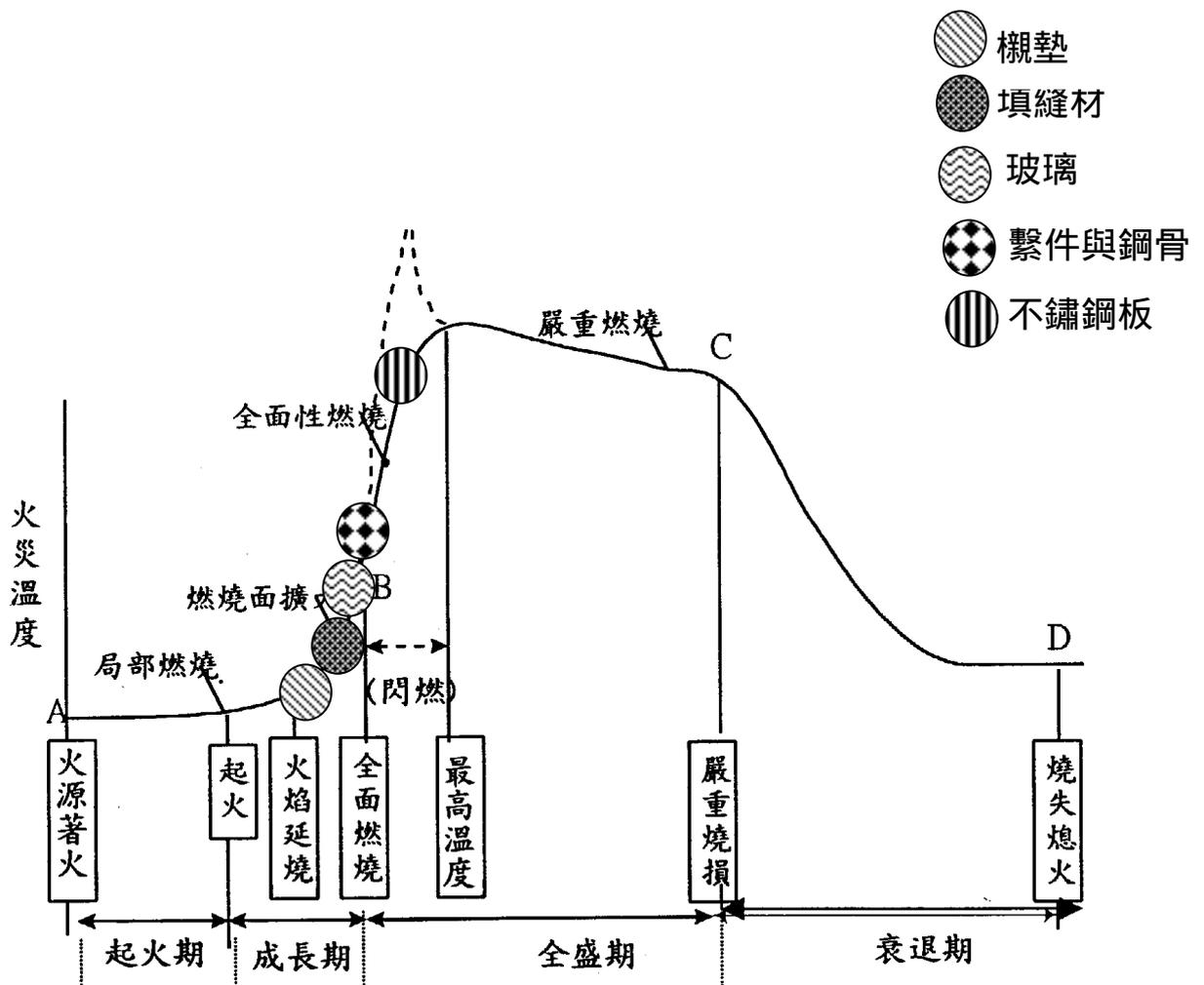


又由於現在的帷幕牆玻璃大都是用矽利康固定及填縫，故當矽利康燃燒脫落後，即引發玻璃的全面脫落，對地面救災人員及車輛造成傷害。

- 3.玻璃：目前帷幕牆的玻璃大多數採用反射玻璃、色版玻璃，此種玻璃雖然其軟化溫度為 720 到 730 ，但常因為 F.O.所造成的壓力變化及因火焰非均勻的加熱變化產生熱應力而破損，並掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
- 4.鋁板及鋁合金框架：鋁材約在 300 時就會因為火場高溫降低其承載力，故在閃燃點後，鋁板會融化產生破洞甚至脫落，而鋁合金框架因為高溫而失去其應有的應力。
- 5.繫件與鋼骨：鋼材在高溫 450 下若未有防火處理會因為火場高溫降低其承載力，引起帷幕牆全面脫落。

二、不鏽鋼金屬帷幕牆的火災破壞模式

- 1 襯墊：玻璃窗的成形襯墊為橡膠的易燃性材質，一般其燃點在 130 -150 就會發生自燃，當著火燃燒時，火焰會沿著材料延燒到上層空間，產生毒氣與煙，並引發玻璃剝落掉到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
- 2.填縫材：以矽利康為主的填縫材，一般其燃點在 190 就會發生自燃，所以當 F.O. (閃燃點) 發生後，首先發生自燃並沿著材料成帶狀延燒到上層空間，並產生毒氣與煙影響人員逃生，



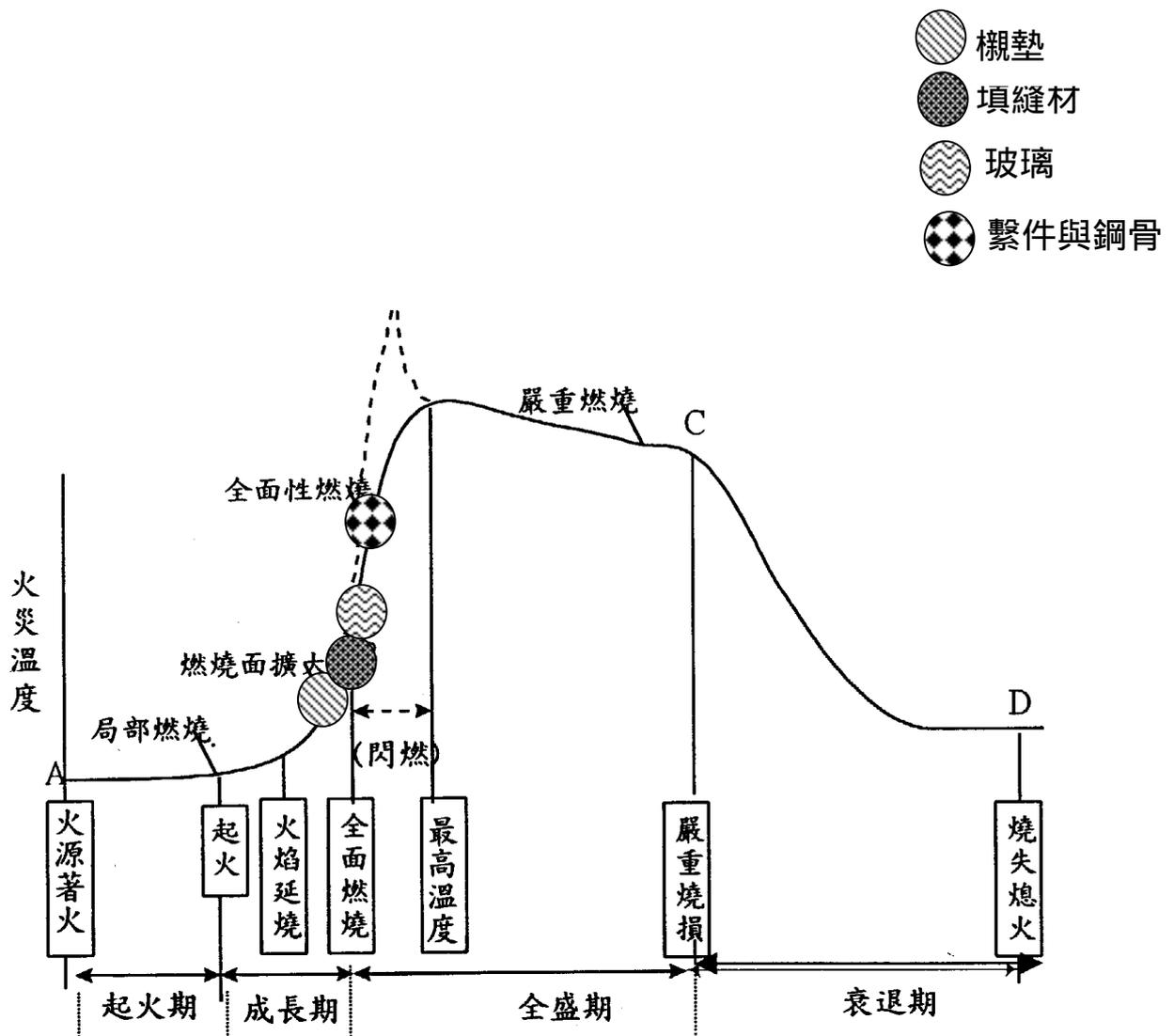
又由於現在的帷幕牆玻璃大都是用矽利康固定及填縫，故當矽利康燃燒脫落後及引發玻璃的全面脫落，對地面救災人員及車輛造成傷害。

- 3.玻璃：目前帷幕牆的玻璃大多數採用反射玻璃、色版玻璃，此種玻璃雖然其軟化溫度為 720 到 730 ，但常因為 F.O.所造成的壓力變化及因火焰非均勻的加熱變化產生熱應力而破損，並掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
- 4.繫件與鋼骨：鋼材在高溫 450 下若未有防火處理會因為火場高溫降低其承載力，引起帷幕牆全面脫落。
- 5.不銹鋼板：不銹鋼板約在 800 -1000 時就開始軟化，故在閃燃點後，就因為高溫而失去其應有的應力軟化甚至脫落。

三、預鑄混凝土帷幕牆的火災破壞模式

1 襯墊：玻璃窗的成形襯墊為橡膠的易燃性材質，一般其燃點在 130 -150 就會發生自燃，當著火燃燒時，火焰會沿著材料延燒到上層空間，產生毒氣與煙，並引發玻璃剝落掉到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。

2.填縫材：以矽利康為主的填縫材，一般其燃點在 190 就會發生自燃，所以當 F.O. (閃燃點) 發生後，首先發生自燃並沿著材料成帶狀延燒到上層空間，並產生毒氣與煙影響人員逃生，

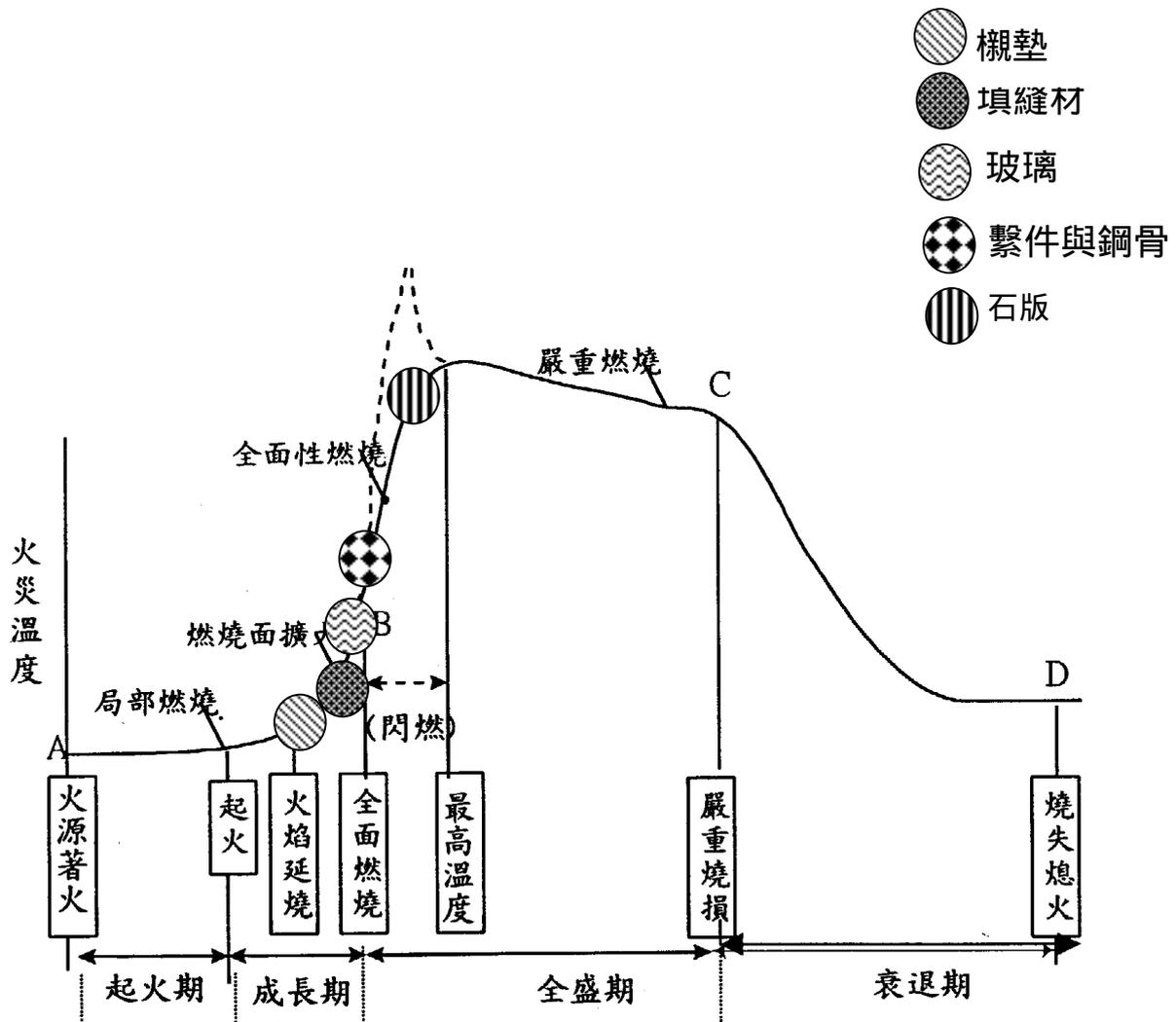


又由於現在的帷幕牆玻璃大都是用矽利康固定及填縫，故當矽利康燃燒脫落後及引發玻璃的全面脫落，對地面救災人員及車輛造成傷害。

- 3.玻璃：目前帷幕牆的玻璃大多數採用反射玻璃、色版玻璃，此種玻璃雖然其軟化溫度為 720 到 730 ，但常因為 F.O.所造成的壓力變化及因火焰非均勻的加熱變化產生熱應力而破損，並掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
- 4.繫件與鋼骨：鋼材在高溫 450 下若未有防火處理會因為火場高溫降低其承載力，引起帷幕牆全面脫落。
- 5.混凝土版：混凝土版材料本身為不燃材，在火場高溫下亦不容易全面破裂，只會有局部的裂痕及剝落。

四、石版帷幕牆的火災破壞模式

- 1 襯墊：玻璃窗的成形襯墊為橡膠的易燃性材質，一般其燃點在 130 -150 就會發生自燃，當著火燃燒時，火焰會沿著材料延燒到上層空間，產生毒氣與煙，並引發玻璃剝落掉到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
- 2.填縫材：以矽利康為主的填縫材，一般其燃點在 190 就會發生自燃，所以當 F.O. (閃燃點) 發生後，首先發生自燃並沿著材

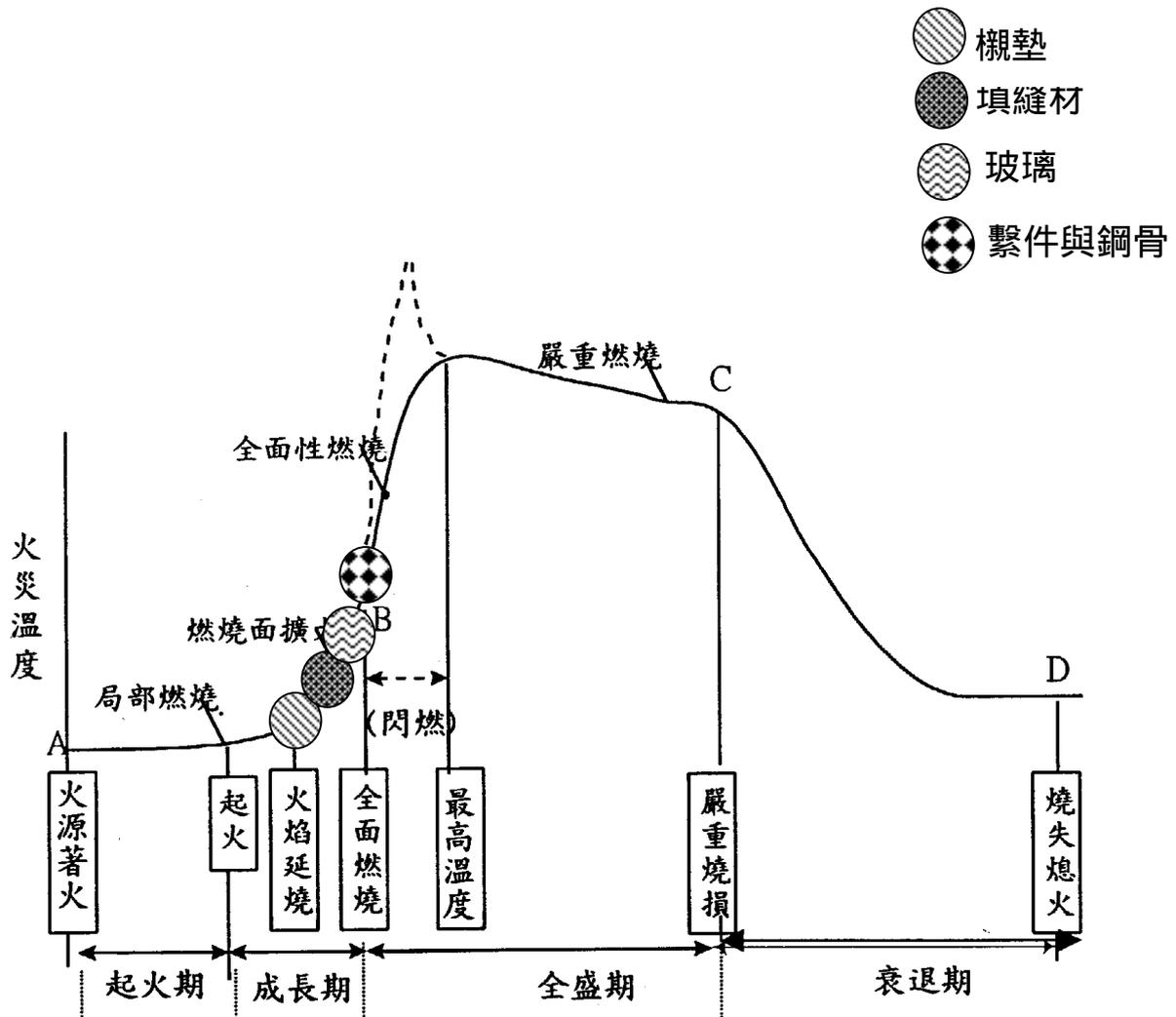


料成帶狀延燒到上層空間，並產生毒氣與煙影響人員逃生，又由於現在的帷幕牆玻璃大都是用矽利康固定及填縫，故當矽利康燃燒脫落後及引發玻璃的全面脫落，對地面救災人員及車輛造成傷害。

- 3.玻璃：目前帷幕牆的玻璃大多數採用反射玻璃、色版玻璃，此種玻璃雖然其軟化溫度為 720 到 730 ，但常因為 F.O.所造成的壓力變化及因火焰非均勻的加熱變化產生熱應力而破損，並掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
- 4.繫件與鋼骨：鋼材在高溫 450 下若未有防火處理會因為火場高溫降低其承載力，引起帷幕牆全面脫落。
- 5.石材：帷幕牆常用的石材可分為大理石與花崗岩兩大類，當火場溫度到達 800 時，石材會因高溫產生內部應力而碎裂脫落，掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。

五、玻璃帷幕牆的火災破壞模式

1 襯墊：玻璃窗的成形襯墊為橡膠的易燃性材質，一般其燃點在 130-150 就會發生自燃，當著火燃燒時，火焰會沿著材料延燒到上層空間，產生毒氣與煙，並引發玻璃剝落掉到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。



2. 填縫材：以矽利康為主的填縫材，一般其燃點在 190 就會發生自燃，所以當 F.O. (閃燃點) 發生後，首先發生自燃並沿著材料成帶狀延燒到上層空間，並產生毒氣與煙影響人員逃生，又由於現在的帷幕牆玻璃大都是用矽利康固定及填縫，故當矽利康燃燒脫落後及引發玻璃的全面脫落，對地面救災人員及車輛造成傷害。

- 3.玻璃：目前帷幕牆的玻璃大多數採用反射玻璃、色版玻璃，此種玻璃雖然其軟化溫度為 720 到 730 ，但常因為 F.O.所造成的壓力變化及因火焰非均勻的加熱變化產生熱應力而破損，並掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
- 4.繫件與鋼骨：鋼材在高溫 450 下若未有防火處理會因為火場高溫降低其承載力，引起帷幕牆全面脫落。

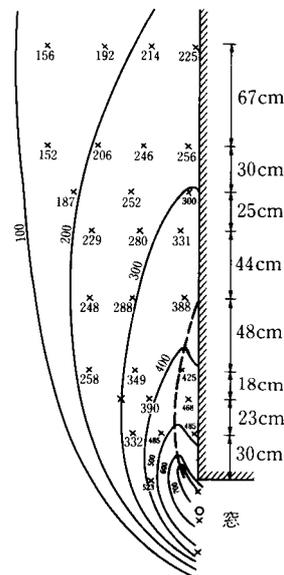
3-3-2 由開口部延燒至室內的火災模式

一般國內建築外部材料大多數為不燃材，故有飛火引起的火災延燒案例較少，大多數的火災延燒以接焰及輻射熱為主。

3-3-2.1 接焰延燒的模式

帷幕牆的接焰延燒主要發生在開口部：帷幕牆的開口部除了牆體本身的開口，尚有帷幕牆掛在建築結構的細縫，此細縫已有所謂層間塞的岩棉填塞訂有防火時效一個小時的規定；因此帷幕牆的開口成為接焰延燒的主要途徑。

當火災進入盛火期，火舌由下層開口部噴出，在其溫度分佈可參考右圖，因為上層結構為封閉的牆體，故火舌延牆體向上延燒，直接對牆體及牆體的玻璃窗加熱，引起帷幕牆的破壞。



窗幅300cm
窗框100cm

3-3-2.2 帷幕牆的接焰延燒破壞模式

帷幕牆的接焰延燒是指下層空間開口部噴出火舌引起上層空間的破壞模式，其火舌的溫度由 700 至 800 到 218cm 處的 256（木材自燃點 260），而此時各種帷幕牆的接焰延燒破壞模式如下：

一、 鋁金屬帷幕牆的接焰延燒破壞模式

1. 襯墊：玻璃窗的成形襯墊為橡膠的易燃性材質，一般其燃點在 130 -150 就會發生自燃，當著火燃燒時，火焰會沿著材料延燒到上層空間，產生毒氣與煙，並引發玻璃剝落掉到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
2. 填縫材：以矽利康為主的填縫材，一般其燃點在 190 就會發生自燃，所以當 F.O.（閃燃點）發生後，首先發生自燃並沿著材料成帶狀延燒到上層空間，並產生毒氣與煙影響人員逃生，又由於現在的帷幕牆玻璃大都是用矽利康固定及填縫，故當矽利康燃燒脫落後及引發玻璃的全面脫落，對地面救災人員及車輛造成傷害。
3. 玻璃：目前帷幕牆的玻璃大多數採用反射玻璃、色版玻璃，此種玻璃雖然其軟化溫度為 720 到 730，但常因接焰的火焰非均勻的加熱變化產生熱應力而破損，並掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
4. 鋁板及鋁合金框架：鋁材約在 300 時就因為火場高溫降低其承載力，故在接焰的 300 以下的部位（接焰開口 70cm 以下），鋁板會融化產生破洞，使內部靠帷幕牆的東西被火焰直接加熱引發上層延燒，而鋁合金框架也因為高溫而失去其應有的應力，造成帷幕牆的局部脫落。
5. 繫件與鋼骨：當鋁板會融化產生破洞，使內部帷幕牆繫件與鋼骨被火焰直接加熱，若延燒上層鋼材未有防火處理，在高溫 500 下會因為火場高溫降低其承載力，引起帷幕牆全面脫落。

二、不鏽鋼金屬帷幕牆的火災破壞模式

1. 襯墊：玻璃窗的成形襯墊為橡膠的易燃性材質，一般其燃點在 130 -150 就會發生自燃，當著火燃燒時，火焰會沿著材料延燒到上層空間，產生毒氣與煙，並引發玻璃剝落掉到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
2. 填縫材：以矽利康為主的填縫材，一般其燃點在 190 就會發生自燃，所以當 F.O. (閃燃點) 發生後，首先發生自燃並沿著材料成帶狀延燒到上層空間，並產生毒氣與煙影響人員逃生，又由於現在的帷幕牆玻璃大都是用矽利康固定及填縫，故當矽利康燃燒脫落後及引發玻璃的全面脫落，對地面救災人員及車輛造成傷害。
3. 玻璃：目前帷幕牆的玻璃大多數採用反射玻璃、色版玻璃，此種玻璃雖然其軟化溫度為 720 到 730 ，但常因為 F.O.所造成的壓力變化及因火焰非均勻的加熱變化產生熱應力而破損，並掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
4. 繫件與鋼骨：鋼材在高溫 450 下若未有防火處理，會因為火場高溫降低其承載力，引起帷幕牆全面脫落。
5. 不銹鋼板：不銹鋼板在閃燃點後，就因為被高溫加熱通紅對帷幕牆元件及室內物件輻射，約在 800 -1000 時就開始軟化，而失去其應有的應力，軟化而脫落。

三、預鑄混凝土帷幕牆的火災破壞模式

1. 襯墊：玻璃窗的成形襯墊為橡膠的易燃性材質，一般其燃點在 130 -150 就會發生自燃，當著火燃燒時，火焰會沿著材料延燒到上層空間，產生毒氣與煙，並引發玻璃剝落掉到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。

- 2.填縫材：以矽利康為主的填縫材，一般其燃點在 190 就會發生自燃，所以當 F.O.（閃燃點）發生後，首先發生自燃並沿著材料成帶狀延燒到上層空間，並產生毒氣與煙影響人員逃生，又由於現在的帷幕牆玻璃大都是用矽利康固定及填縫，故當矽利康燃燒脫落後及引發玻璃的全面脫落，對地面救災人員及車輛造成傷害。
- 3.玻璃：目前帷幕牆的玻璃大多數採用反射玻璃、色版玻璃，此種玻璃雖然其軟化溫度為 720 到 730 ，但常因為 F.O.所造成的壓力變化及因火焰非均勻的加熱變化產生熱應力而破損，並掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
- 4.混凝土版：混凝土版材料本身為不燃材，在火場高溫下亦不容易全面破裂，只會有局部的裂痕及剝落(建築技術規則建築設計施工編 - 7cm 厚混凝土即能達防火要求)。
- 5.繫件與鋼骨：因為有混凝土版的隔絕火焰，只要背面溫度在 260 以下及能符合規定。

四、石版帷幕牆的火災破壞模式

- 1.襯墊：玻璃窗的成形襯墊為橡膠的易燃性材質，一般其燃點在 130 -150 就會發生自燃，當著火燃燒時，火焰會沿著材料延燒到上層空間，產生毒氣與煙，並引發玻璃剝落掉到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
- 2.填縫材：以矽利康為主的填縫材，一般其燃點在 190 就會發生自燃，所以當 F.O.（閃燃點）發生後，首先發生自燃並沿著材料成帶狀延燒到上層空間，並產生毒氣與煙影響人員逃生，又由於現在的帷幕牆玻璃大都是用矽利康固定及填縫，故當矽利康燃燒脫落後及引發玻璃的全面脫落，對地面救災人員及車輛造成傷害。
- 3.玻璃：目前帷幕牆的玻璃大多數採用反射玻璃、色版玻璃，此種玻

璃雖然其軟化溫度為 720 到 730 ，但常因為 F.O.所造成的壓力變化及因火焰非均勻的加熱變化產生熱應力而破損，並掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。

4. 石材：帷幕牆常用的石材可分為大理石與花崗岩兩大類，當火場溫度到達 800 時，石材會因高溫產生內部應力而碎裂脫落，掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
5. 繫件與鋼骨：當火場溫度到達 800 時，石材因高溫產生內部應力而碎裂脫落，鋼材若未有防火處理直接被高溫加熱到達 450 時會因為高溫降低其承載力，引起帷幕牆全面脫落。

五、玻璃帷幕牆的火災破壞模式

1. 襯墊：玻璃窗的成形襯墊為橡膠的易燃性材質，一般其燃點在 130 -150 就會發生自燃，當著火燃燒時，火焰會沿著材料延燒到上層空間，產生毒氣與煙，並引發玻璃剝落掉到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
2. 填縫材：以矽利康為主的填縫材，一般其燃點在 190 就會發生自燃，所以當 F.O.（閃燃點）發生後，首先發生自燃並沿著材料成帶狀延燒到上層空間，並產生毒氣與煙影響人員逃生。
3. 玻璃：目前帷幕牆的玻璃大多數採用反射玻璃、色版玻璃，此種玻璃雖然其軟化溫度為 720 到 730 ，但常因為 F.O.所造成的壓力變化及因火焰非均勻的加熱變化產生熱應力而破損，並掉落到地面層上傷及救災人員、行人、及車輛等。
4. 繫件與鋼骨：鋼材在高溫 450 下若未有防火處理會因為火場高溫降低其承載力，引起帷幕牆全面脫落。

第四章 國內外相關帷幕牆防火法規比較

檢討

一般而言帷幕牆的防火得符合兩種標準，此兩種標準各有其時間的限制：

第一種標準為其「完整性」，此項標準規定建築物內之玻璃帷幕保護區域必須有能力將火勢限制在起火的一邊，不允許有任何火舌穿過帷幕系統。此項限制，可以控制火勢，但卻無法防止輻射熱的穿透。

第二標準則是為了其「完整性及隔熱」功能。符合第二種標準的玻璃帷幕，不但需要符合「完整性」的規定，還必須將輻射熱控制在起火的一邊，而不使其透過玻璃或構架桿件，進而穿透到尚未受火勢波及的一面。

對於上述兩種標準而言，可以有不同的時效來配合。對各國的法規而言，有下列數種時間標準：15、30、60、90 及 120 分鐘。

4-1 國內法系

建築技術規則建築設計施工編

第七十條 (防火時效)防火構造之建築外牆應符合一個小時的防火要求。

主 要 層 構 造		數	自頂層起算	自頂樓起算超過第四	自頂樓起算第
			不超過四層之各樓層	層至十四層之各樓層	十五層以上之各樓層
外 牆	承 重 牆		一 小 時	一 小 時	一 小 時
	重 牆	防火帶以 內之部份	一 小 時	一 小 時	一 小 時
		防火帶以 外之部份	半 小 時	半 小 時	半 小 時

4-2 日本法系

建築基準法第 107 條 (防火時效)防火構造之建築外牆應符合一個小時的防火要求。

主 要 層 構 造		數	自頂層起算	自頂樓起算超過第四	自頂樓起算第
			不超過四層之各樓層	層至十四層之各樓層	十五層以上之各樓層
外 牆	承 重 牆		一 小 時	一 小 時	一 小 時
	重 牆	防火帶以 內之部份	一 小 時	一 小 時	一 小 時
		防火帶以 外之部份	半 小 時	半 小 時	半 小 時

4-3 小結

我國與日本在帷幕牆上的規定均以一個小時為防火時效，對於帷幕牆防火的細項中日兩國都無規定。因此，目前我國的帷幕牆防火規定是屬於「完整性」的系統

第五章 帷幕牆防火性能研擬

帷幕牆的防火系統有兩大功能，其一為當火災發生時，將火源限制在該發生之區域，其二為提供建築物使用人安全的逃離環境，另外，此系統亦能對相鄰的建築物提供不受波及的保護，以及保護該建築物內的設備，甚至提供消防人員救火的一個安全區域。

5-1 帷幕牆之防火性能

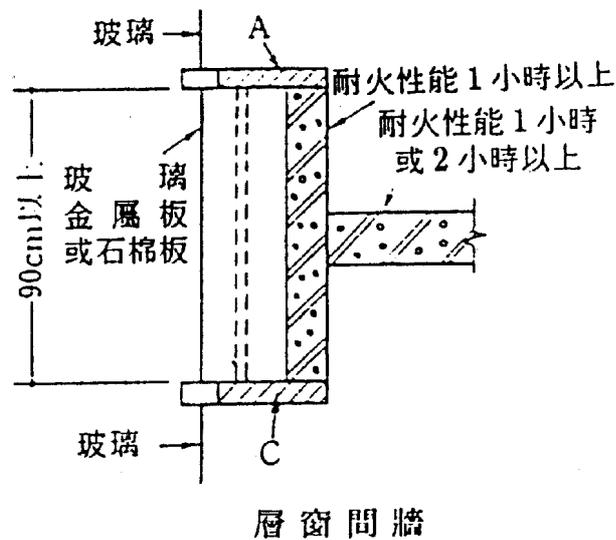
依據建築技術規則建築設計施工編第 70 條規定，防火構造建築物外牆之非承重牆部份，在防火帶以內部份，與樓層數無關一律須具 1 小時之防火時效；防火帶以外部份則應具備半小時之防火時效。試驗方法以 CNS 12514(建築構造部份耐燃檢驗法)為標準，此標準規定加熱爐、標準加熱曲線等。在試驗中，如確認接合部之內側無可燃物時，基準溫度 260 可提高至 350 (但必須經有關人員的許可承認)。

要求此耐火性能之部位係指無開口之非承重牆，日本施行令第 112 條 10 項中更進一步地規定，包含連接地面或室內防火區劃牆部份在內，必須有 90cm 以上的這種耐火構造才行。

前述 10 項之附加條款中另規定，凸出外牆面 50cm 以上之防火屋簷、樓板、側牆及其他類似構造物，在防火上能有效地隔斷者，不在此限[根據日本帷幕牆工業會委託川越邦雄教授所做實驗，即使屋簷伸出 50cm 或屋窗間牆高度最短 90cm 之規定，並不保證能防止任何往上延燒之情況，應該考慮影特開口部噴出火焰的各種因素(窗的形狀、高度、火災載重、樓層高等)，採取正確措施為妥當)我國建築技術規則建築設計施工編第 77、78 條亦有提及。

帷幕牆上之層窗間牆，亦即所謂的耐火構造墊背牆(back wall)(層窗間牆上下總高度為 90cm 以上)，亦須達到其耐火性能的要求。因此位於外側的帷幕牆部份只要是不燃材料即可，不必保證半小時或 1 小時之防火時效，即使與層窗間牆之間亦無須設置半小時或 1 小時耐火部

份。但圖中之 A 與 C 部份，必須是下面 5-2.3 節將解說之防火層間塞構造。



以上規定不適用於帷幕牆中的開口部，即有玻璃或框部份。但有些開口部可以適用建築技術規則設計施工編號第 76 條防火門窗的規定。帷幕牆開口部之防火性能，按規定位於建築物可能延燒之部位的窗戶，需具備乙種防火門窗以上之防火性能。

無延燒顧慮之開口部，雖然法規並未給予特別防火性能規定；但若各層採用連窗窗框且各樓層並未設置自動灑水系統者，開口部亦未做防火方面的考慮；噴出之火焰有沿著開口部往上延燒之虞，須特別注意。

5-2 帷幕牆防火性能設計準則

在防止火災破壞行為方面：由第三章的帷幕牆火災的延燒行為，可推測出帷幕牆火災的延燒途徑有三種可能：

1. 由開口部延燒至室內
2. 由接合處延燒至室內
3. 由牆體與樓版間的縫隙延燒至室內

5-2.1、防止由開口部延燒至室內之設計準則

根據日本帷幕牆工業會委託川越邦雄教授所做實驗(詳細內容請看昭和引年(1967)度日本建築學會關東分部研究報告集:豎框式鋁帷幕牆實際大火測試),可以確定帷幕牆半小時或 1 小時的防火時效性能,在防止延燒方面確有安全效用。屋窗間牆高度最短 90cm 之規定,並不代表 90cm 以上,就能防止任何往上延燒之情況;其實驗之樓層間窗(窗的寬度/窗的高度 = 3.5)上下距離 140cm,但上層玻璃窗因起火層窗戶所噴出的火焰加熱致全部剝落,故不得不承認有往上延燒之虞。若遇此情形,必須按照下述方法加強開口部的構造。

屋簷防止火災往上延燒之效果,在日本 R.C.造共同住宅實驗中已獲得肯定(屋簷伸出約 1m 公尺);但 1965 年藤田金一郎先生,在東北大學進行模型實驗(窗為連窗)所得到的結論卻發現,即使屋簷伸出 50cm,延燒到起火層正上方的可能性還是很大。

由此可見,認為法定伸出 50 公分的屋簷必能防止火災往上延燒的想法,相當危險;應該考慮影特開口部噴出火焰的各種因素(窗的形狀、高度、火災載重、樓層高等),採取正確措施為妥當。

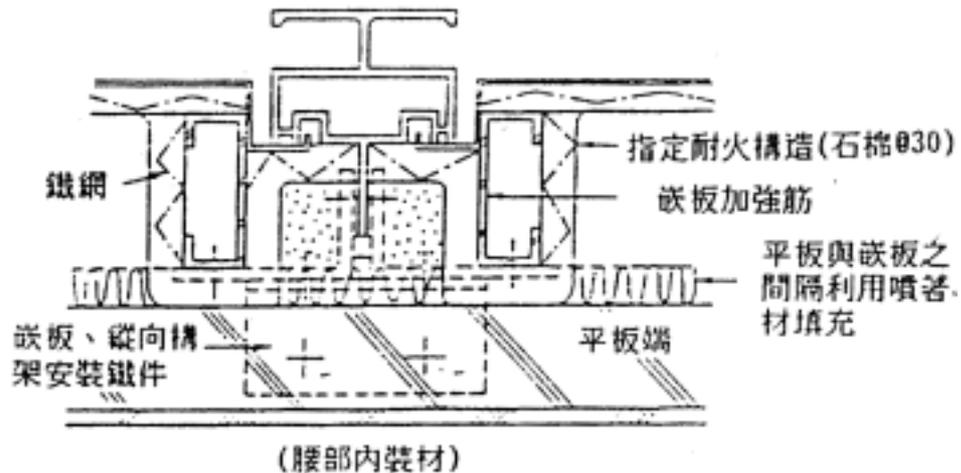
雖尚未有解決此問題之妙策,但窗玻璃若改用嵌網玻璃,或許能封住噴出火焰。起火層的玻璃若為普通玻璃,破裂噴出的火焰由該處往上延屬,若該窗正上層窗戶全部是嵌網玻璃,即可不怕火焰穿破開口部玻璃侵入室內。由此可見,設計連窗形式開口部時,首先必須防止的是窗噴出火焰的向上延燒。

至於屋簷、突出物等是否能防止噴出火焰的延燒,有關法規均認定,大約 50cm 以上就有防火效果;但目前並非所有人都認可,至少得進行更多的實驗與研究,整理出設計者能夠清楚判斷的資料,否則無法進一步說明這個問題,帷幕牆之設計應注意避免受火災影響而脫落。

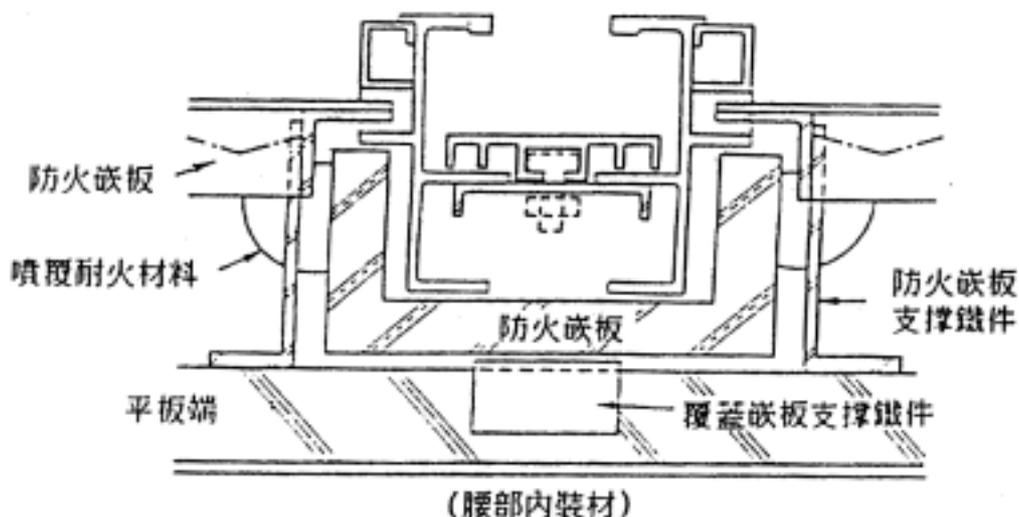
5-2.2 防止由接合處延燒至室內之設計準則

接合處之耐火性能一般以防火被覆為主，如防火炭版等。通則上或個別耐火性能認定之嵌板，通常以預先組合好的形式在工廠製造，再拿到工地現場組合成外牆。此時，嵌板組裝間之容許誤差、經熱變形處理之接頭及地震風壓等容許變形等接合部位，往往之成為外牆防火構造上之弱點。

由框架組構成之金屬帷幕牆，嵌板間接合係利用豎框及橫框構架嵌鑲嵌板所構成。依此型式，根本很難保有規定之耐火性能。一般，正確的做法是，安裝好帷幕牆後，如圖所示噴被覆岩棉材(指定耐火構造)或如用耐火嵌板包覆，完成連續性的耐火性能。



金屬帷幕牆上噴著岩棉材施工例



金屬帷幕牆使用防火嵌板實例

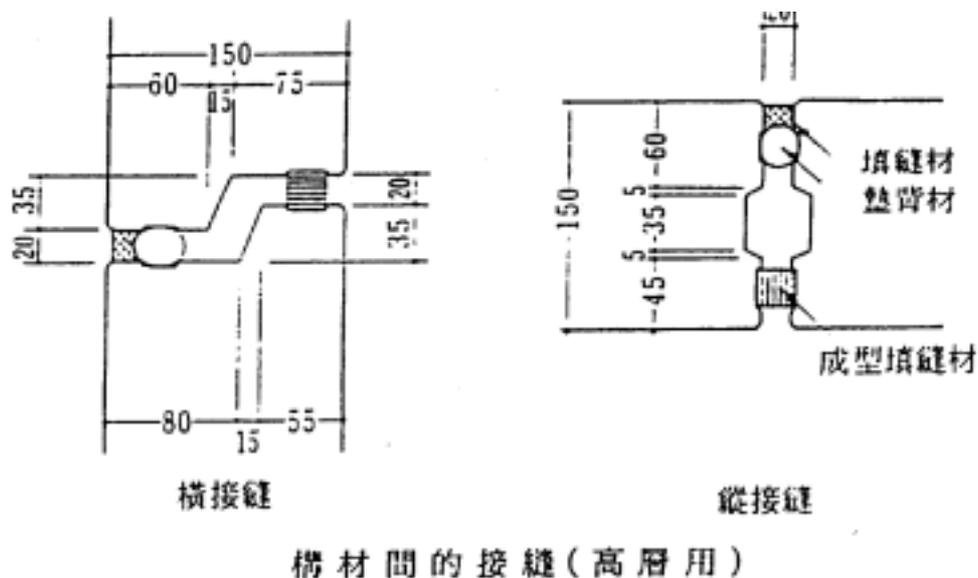
將上述耐火嵌板接合部份之耐火性能，在框豎、橫框構架嵌鑲嵌板組合本身上解決的方法，是預製化的改進工法；且經多次耐火實驗結果證實，此法確有其可行性。

1966 年日本住指發 59 號之建設省住宅局公告指示，可滿足上述接合部份框架構造之耐火性能計算規則如下。

住指發 59 號

- 1、有延燒之虞部份，需以厚 1mm 以上之鋼材、厚 2mm 以上之鋁材或厚 5mm 以上之石棉板、石棉珍珠板、噴著石棉、岩棉等不燃材料為框料之覆蓋層，並重疊四層以上。但是用鋁材覆蓋者，各層厚度之合計值須超過 10mm 以上。
- 2、有延燒之虞以外部份，需以厚 1mm 以上之鋼材、厚 2mm 以上之鋁材或厚 5mm 以上之石棉板、石棉珍珠板、噴著石棉、岩棉等不可燃材料為框料之覆蓋層，並重疊二層以上。但只用鋁材覆蓋者，各層厚度之合計值須超過 5mm 以上。

在鋼骨構造建築物中，預鑄混凝土帷幕牆構材與其他耐火材(濕式噴著岩棉、石棉硅酸鈣板等)合成複合耐火材構成結構體鋼骨的梁、柱單元，此時構材接縫中必須填入如圖所示的耐火接縫材(石棉毛毯材等)，採用此種做法時應注意安裝鐵件本身亦須覆蓋耐火材。



中所載豎、橫框構架等金屬製框架上的覆蓋層以及層數之計算，很難予以明確定義。代表形狀如圖 1-圖 7 所示。

圖 1 - 圖 5 可具備半小時耐火性能；圖 6、圖 7 為對應 1 小時耐火性能者。

原則上，加熱側(外側覆蓋)層應能有效隔斷火焰，內側覆蓋層則在規定之耐火性能時間內能有效發揮散熱效果，同時不會因框架溫度昇高而產生有害變形、熔融等致使火焰貫穿；因此，覆蓋層各分一半在嵌板的外側、內側，覆蓋層與覆蓋層之間還要有 1 cm 以上之淨空間。

上頁圖示中之金屬框架組，其豎框與橫框之內面溫度，有時上昇至 350 左右，設計時務須注意鄰近部位不得使用可燃性材料。

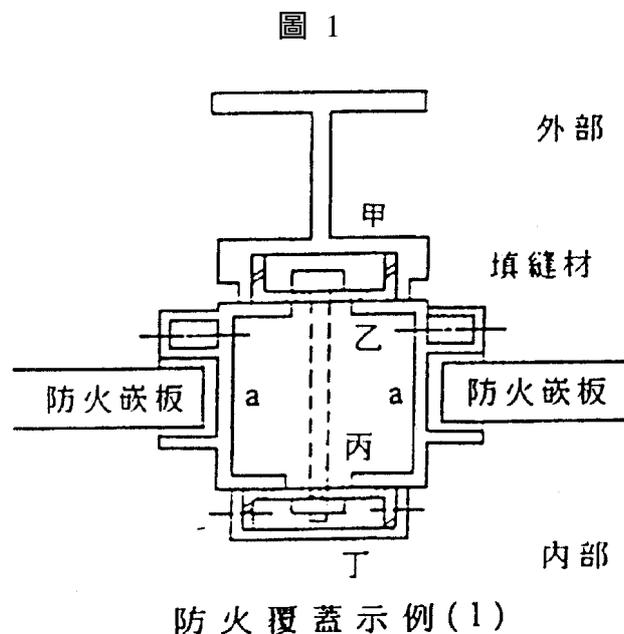


圖 1 為最典型之鋁豎框構架。甲、乙、丙、丁 4 層為覆蓋層。甲/乙、丙/丁分別為有效的 2 層，因此中間需要 1 cm 左右的空氣層(或以隔熱材填充)。中間的乙、丙層是鋼料，所以這 4 層即使沒有完全被左右兩側的耐火嵌板包覆住也無所謂。直接用火焰在嵌板支撐框 a 加熱的部位，僅限於 a 的一小部份，加熱 1 小時後甲層停止在熔融段，a 框則未到達熔融。

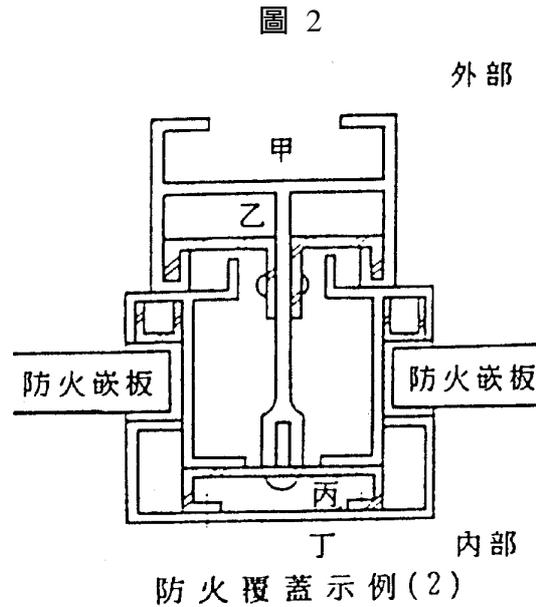


圖 2 耐火嵌板的包覆與支撐，須在豎框以外的其他部位另行考量設置。

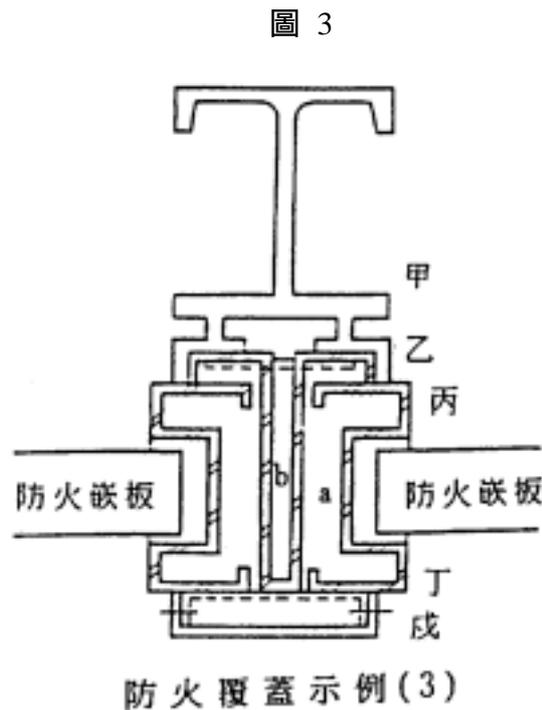


圖 3 只有工型鋼料豎框構架框板嵌板的例子覆蓋層為外側 3 層、內側 2 層。

中間層乙、丙、丁與中央部份雖分別存在若干縫隙，但嵌板支撐框材 a 及中間加強筋 b 皆為鋼材，故仍能完全阻擋火焰，再者因嵌板支撐框材 a 是鋼料，沒有脫落之虞，故比前述任何一種都要優良。

圖 4

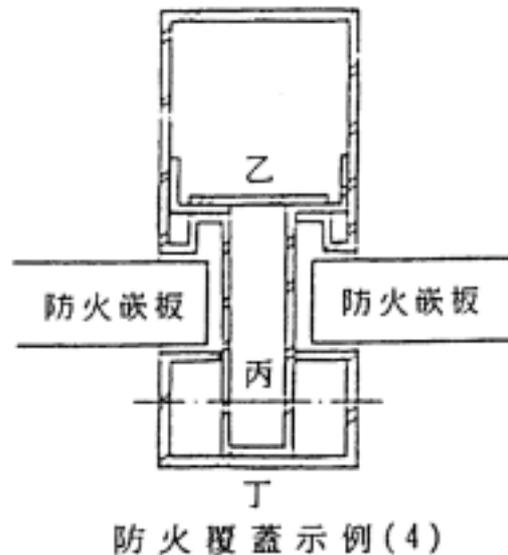


圖 4 本例可為鋼材豎框構架之典型代表例。乙，丙層視為有效層，且甲、乙、丙、丁層完全覆蓋了耐火嵌板的不連續部份，應屬最佳耐火方式。

圖 5

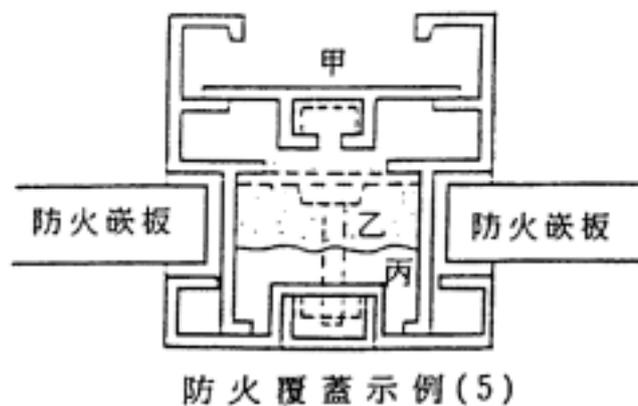
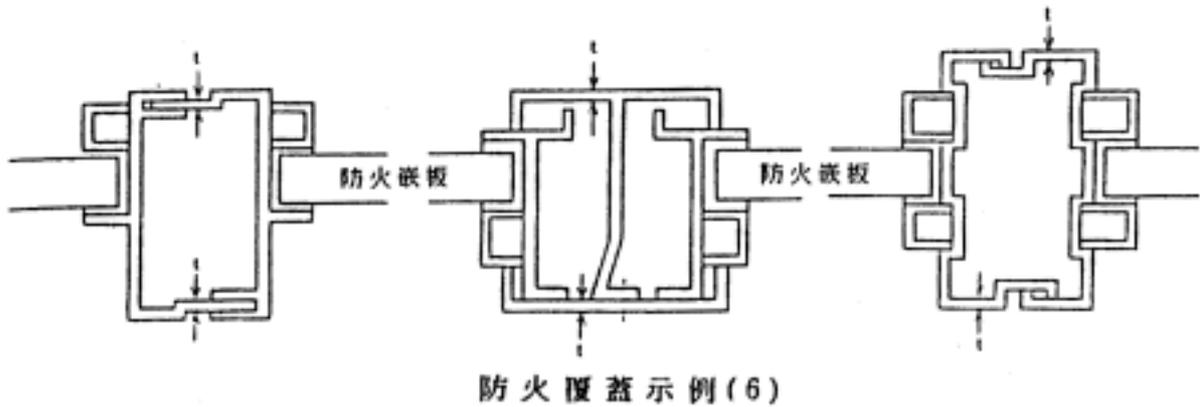


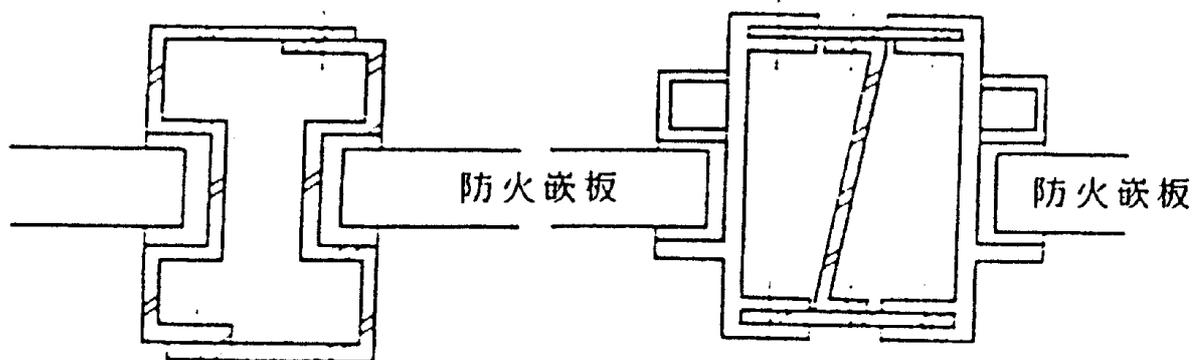
圖 5 覆蓋層為甲、乙、丙 3 層；但乙屬若為噴著石棉等一般指定耐火構造時，雖厚 20mm、耐火半小時，實際上已可視同 4 層覆蓋的 1 小時耐火構造了。然因外框為鋁料，故須設法防止嵌板脫落。類似形式若以鋼料處理，則前述嵌板支撐上的障礙會消失。

圖 6



圖六 此時，包覆嵌板的，C型、U型等押緣自 a 框分離，散熱性不佳較易快速熔化。因此須另外設法防止嵌板脫落。

圖 7



防火覆蓋示例(7)

圖七 內外層體全厚度 $t \geq 2.5\text{mm}$ ，或者外層 3mm 以上 內層 2mm 以上。耐火嵌板僅以鋁框支撐時，框的主要部份內全厚在 2mm 以上。

5-2.3 防止由牆體與樓版間的縫隙延燒至室內

帷幕牆工法係將預先在工廠製造之外牆構材移至工地現場，再於現場利用安裝鐵件將之裝設於結構體上構成外牆。因此外牆構材安裝到結構體上之位置安裝方法的失當，均可能產生各種縫隙，若劃定為防火區則恐有形成防火弱點之虞。

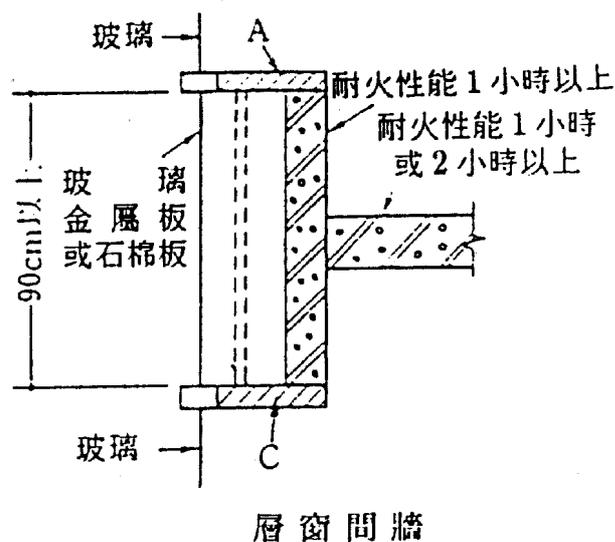
故此類縫隙務必以適當之不可燃材料完全填封以期避免內部延燒自該縫隙發生。

以下介紹數種典型縫隙例，並說明其填封方法。

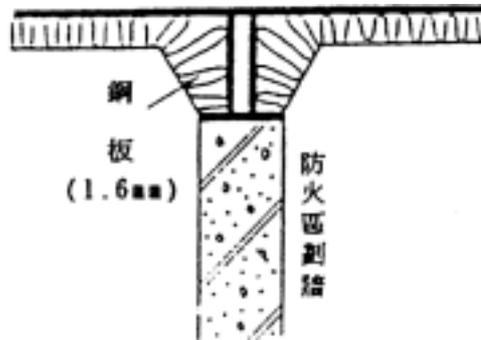
範例一：有墊背牆的情形。

A 部份為耐火半小時或1小時的構造，由於安裝下垂板後無法施工，必須與下垂板一體，須在組合下垂板時特別注意。

C 雖然與 A 相同；但 C 若靠下層橫框支撐，火災時橫框一燒熱融化就會掉落，故應避免採用，只要由結構體的樑等伸出鐵板支撐住即可。



範例二：室內防火區劃牆與帷幕牆間產生垂直方向縫隙的問題；
下圖為填塞方法之一。此時，垂直頁穿過 2 片鋼板，在其周圍噴上岩
棉灰泥，確保其與防火區劃牆具備相同的耐火性能(1 小時或 2 小時)。

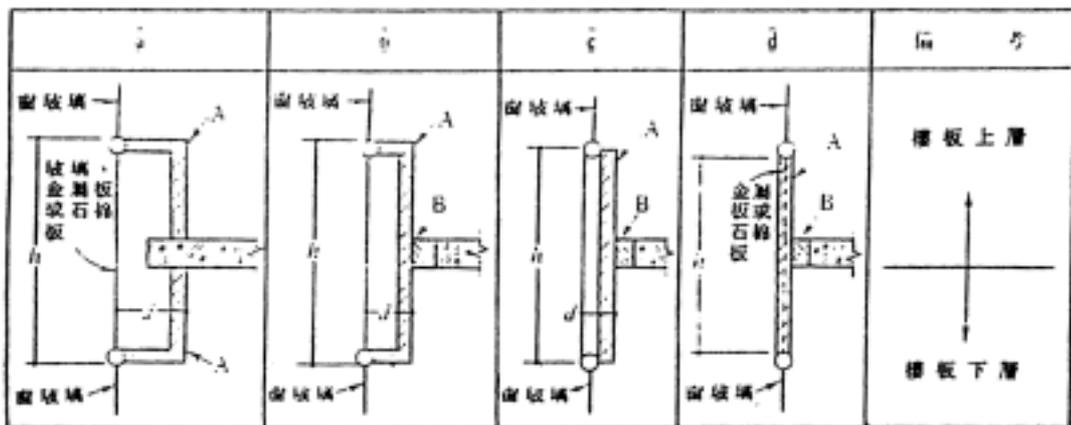


室內防火區劃牆與外牆帷幕牆的縫隙

範例三：帷幕牆上最常發生的情形。即帷幕牆在地板外側的情形。

針對下圖的 4 種情況，分別提出防火層間塞應具備的性能。

圖 8



註：防火層間塞 150mm

b. c 的外壁材料與 a 同

a. 防火層間塞

d. 未滿 100mm

○：填向內側

防火層間塞

5-2.3-1 防火層間塞耐火性能標準建議

外層帷幕層的防火層間塞、構造必須如上圖 8 所示。帷幕外層的防火層間塞，應具依表 3.33 所示之性能，但構成防火層間塞的耐火材及其支撐材，均不可因為其本身的變形，或脫落而使煙火向上層噴出。

圖 8 和表 3.33 中的防火層間塞 B 部份，係由頂層算起到 3 層為止的樓層設定 CNS 12514 標準加熱時，加熱 1 小時；若設於其他樓層，則須為加熱 2 小時之耐火試驗測試合格之構造；但是，通常不做這種實驗；考慮其為樓板的延長，則將泥土或混凝土填塞在安裝於樓板端下面之彎曲鋼板上。而與垂直的耐火牆或外牆之間產生空隙的話，常用耐火綿之類有壓縮性的耐火材，填滿該空隙。

表 1 防火層間塞之耐火標準

項目 時間 溫度	部位 A				部位 B
	樓板上層		樓板下層		
	外部延燒 (甲) (乙)	上層延燒	外部延燒 (甲) (乙)	上層延燒	上層延燒
加熱時間	1 0.5 小 時	1 0.5 小 時	1 0.5 小 時	1 0.5 小 時	1 0.5 小 時
加熱溫度	根據 CNS 12514 標準加熱曲線 之加熱溫度	噴出火災溫 度	根據 CNS 12514 標準加熱曲線 之加熱溫度		根據 CNS 12514 標準加熱曲線 之加熱溫度
背面溫度	根據 CNS 12514 標準加熱曲線之加熱溫度其 背面溫度				根據 CNS 12514 標準加熱曲線 之加熱溫度其 背面溫度

[註] (1)上表的部位 A 和 B 為圖 8 中的 A 及 B。

(2)上表中所謂的外部延燒，是指其他建築物成為延燒的對象。

(甲)係位於該建築物帷幕牆上有延燒之虞的部份

(乙)係延燒之虞以外的部份。

(3)A 的樓板上層部份受到該建築物下層窗噴出火災(向上延燒)加熱時間 1 小時或 2 小時，係對應法規所定樓板所要求之防火時效 1 小時或 2 小時而定。至於噴出火災的溫度，留待日後檢討。

(4)A 的樓板下層部分，只要具防止向上延燒之性能，即無需在乎背面溫度。

(5)樓板上層、樓板下層的區分如圖 8 備註所示。

帷幕牆結構體鐵件設置在樓板的上端，因為 B 的關係，大多可防止火焰自下層往上竄；但結構體鐵件若在 B 之下端，則應特別注意避免火焰直接由下層冒出。這是因為在防止構材脫落與火災後修復時，顧全結構體鐵件是非常重要的之故。

包含圖 8 所示之層窗間牆，開口部等帷幕牆，須考慮不被其他建築物或自身建物樓下部份發生之火災波及。

5-3 小結

帷幕牆的嵌板及其構材會因火災熔融產生明顯的變形，若嵌板因此脫落的話，在下面進行救災工作的消防人員首當其衝，危害最烈；不僅如此、層窗間牆等部份出現大洞，煙火自該處侵入室內，延燒起來可能發生更大的恐慌。

故為避免造成事故，須防止構成防火區劃之帷幕牆構材因火災而脫落。

惟幕牆受到鄰近對街、或同一棟建築物下層開口部噴出火焰的侵害時，只要帷幕牆本身具備第 5-2.2、5-2.3 節所述之必要耐火性能，則大概可以防火。

但對較常使用之較低廉的金屬帷幕牆，在外部鋁板背面噴著厚 20 - 30mm，體積比重 0.3 以上的無機纖維覆蓋藉以達到耐火半小時或 1 小時的構造來說，外部鋁板一旦受燃，因為背面的隔熱效果使得鋁板溫度迅速升高，外牆鋁板因為激烈的火焰而熔融。此外，嵌板豎框構架的鋁構材，隨著鋁板一起融化，無機纖維噴著部份因而剝落，將於層間牆部份形成一個大洞。

為防止上述情況發生，噴著無機纖維時，務必置入鐵網，為免受熱其端部必須焊接在置於距地面 30 - 80 公分高的豎框構架支撐材或安裝在結構體的加強筋之上。

其次，最容易脫落的是全部為玻璃材料的帷幕牆。此類外牆一旦承受火焰，普通玻璃必然產生龜裂、脫落。故建議可使用在低層外牆，至於高層則要能達到防火要求，方可使用。

為使消防人員容易進入發生火災後的此類建築中，美國部份都市條例規定，大樓有義務在可侵入之窗上做記號，同時垂直成一列，並在侵入窗採用強化玻璃，而我國已有相關法令可尋。

開口部以外的地方則應在玻璃背面安裝具半小時或一小時耐火性能之耐火板(硅酸鈣板和石棉板的複層板等)；只要安裝確實，即使前面玻璃龜裂掉落使耐火板直接觸到火焰，火焰也不致因耐火板變形脫

落而侵入室內。若耐火板體積過大，可以考慮直接安裝在結構體上。

如前 5-2.3 節所說明，同一棟樓下層起火時，火焰穿破玻璃由窗上端向上冒，因此窗的上框；意即連窗部份的構框及其附近的豎框，將完全熔化掉。即使在這些地方裝防火層間塞，仍難保火災時防火層間塞有所作用；這點應該特別留意。

第六章 結論與建議

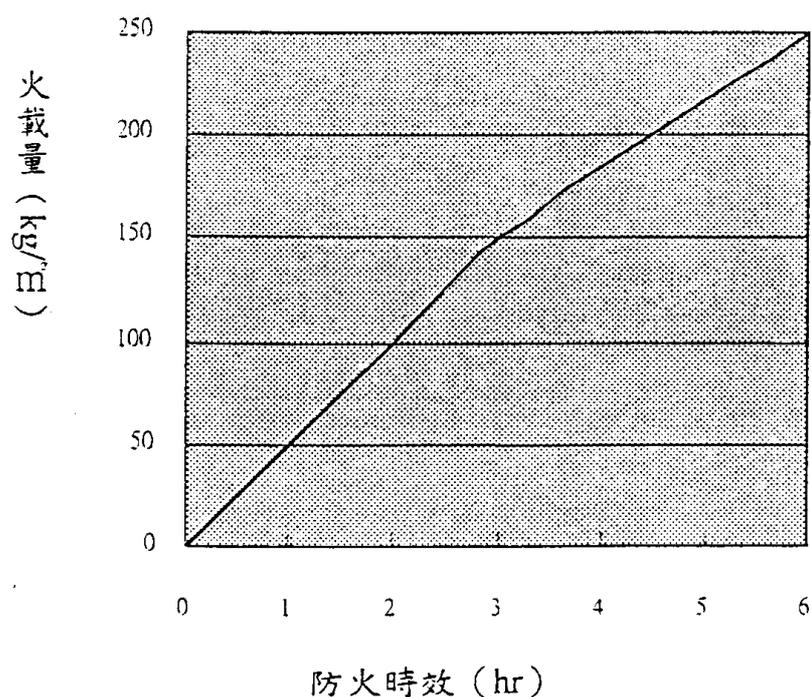
6-1 結論

目前國內帷幕牆建築的用途越來越廣，使用性質各有不同，因此希望能依用途別來定帷幕牆的防火時效的要求。

根據各個空間的可燃物推算其火載量，用以訂立帷幕牆之防火時效。

- . 可燃物：
 - 1 固定可燃物--內裝材料、裝潢家具等。
 2. 積載可燃物-書籍、衣物、寢具等。
- . 等價可燃物：可燃物種類繁多，發熱量各異。換算成總發熱量相同之木材材料量稱之。
- . 火載量：單位樓地板面積的等價可燃物量。
- . 1925 年 S . H.Ingberg 提案：建築物要求之防火時效應基於其之火載量而規定之。

表 5.2 各種空間之火載量表



火載量與防火時效之關係

建物用途	室用途	積載可燃物量 (kg/m ²)		
		範圍	平均值	標準差
辦公室	事務系辦公室	13.8~53.2	29.3	11.2
	技術系辦公室	30.0~41.0	34.6	4.4
	行政辦公室	67.4~77.5	73.6	4.1
	設計室	44.1~60.7	54.7	6.4
	討論室	2.4~14.7	6.9	4.5
	會議室			
	會客室			
	職員室			
	資料室	66.2~185.0	114.4	38.2
	圖書室			
	倉庫	209.2~369.0	285.1	80.2
大廳	3.5~19.3	11.5	6.8	
旅館	客房	7.8~13.3	10.4	
	宴會室	2.2~5.9	3.9	1.5
	大廳		2.7	1.5
體育館	球場		0.2	
	柔道場		4.8	
	器具庫	12.0~42.3	25.0	15.6
	更衣室	1.7~3.3	2.5	
	玄關		5.3	
	俱樂部	6.2~10.0	8.1	1.9
劇場	大道具製作室		43.6	
	大道具倉庫	56.9~73.1	65.0	
	舞臺底部		10.2	
	舞臺		4.3	
	後台	20.6~21.0	20.8	
倉庫	紙倉庫	844.6~1,261.0	1,061.4	142.6
住宅	自建	6.9~37.1	20.0	6.5
	公營賃貸	9.8~88.8	28.8	11.3
	公營分讓	8.6~64.2	33.8	10.3
	員工宿舍	8.7~80.9	37.2	11.5

6-2 未來建議

開發符合「完整性」及「隔熱功能」標準的玻璃帷幕系統：

對於國內法規僅規範「完整性」的系統而言，6mm 厚的玻璃便能將火勢限制在一範圍內，但卻無法防止輻射熱的穿透。不過，通常火災發生後，其溫度可高達 1000℃，而其大部份的溫度可以穿透玻璃。因此，必須注意鄰近受保護的區域，因輻射熱穿透而產生閃燃的可能性。僅具「完整性」防火的玻璃系統適用例之一為逃生用的樓梯間，因為在樓梯間內，不許有可燃的建材，因此閃燃的情況不致於發生。

對於符合「完整性」及「隔熱功能」標準的玻璃帷幕系統而言，要達此目標其困難度是蠻高的。因為，不但要防止輻射熱穿透過玻璃，而且也不能使其透過構架系統。要使用玻璃達此目標，則須根據各種規範的要求用不同厚度的玻璃膠合起來，成為玻璃帷幕系統。而目前這項領域仍然在發展與測試中。

附件

期初委員意見	處理情形
<ul style="list-style-type: none"> ● 帷幕牆之定義應先釐清，且帷幕牆依材料種類而有不同，建議研究單位宜先界定研究範圍。 	將帷幕牆分成五大類討論之
<ul style="list-style-type: none"> ● 帷幕牆因研究對象不同，其施工單元、施工方式也有不同，可先針對廠商作一調查，以確立研究方向。 	目前已依構法將帷幕牆分成五種討論之
<ul style="list-style-type: none"> ● 建議針對國內帷幕牆建築火災案例，予以探討帷幕牆建築火災之煙流特性，以提供救災人員參考，研訂搶救對策。 	已在期中簡報中被簡略
<ul style="list-style-type: none"> ● 建築的設計形態（例如防火區劃、服務動線等形態），對於在防火上亦可能產生不同影響。因此，應先針對其形態進行評估，繼而再研擬其防火對策。 	目前將帷幕牆建築劃定在以符合防火區劃的建築物
<ul style="list-style-type: none"> ● 本案研究過程應有實驗操作之必要，但未編列材料費。如何作帷幕牆防火實驗？ 	已在期中簡報中被簡略
期中委員意見	處理情形
<ul style="list-style-type: none"> ● 因國內建築業有逐漸增多採用玻璃帷幕牆之趨勢，請將「點支撐」之帷幕牆列入研究範圍。 	已將「點支撐」之帷幕牆列入研究範圍
<ul style="list-style-type: none"> ● 矽利康之燃燒請加以討論，以防因其破壞而造成災害擴大。 	執行中
<ul style="list-style-type: none"> ● 以帷幕牆為本位的防火性能應為：遮焰、遮熱及構造安定性。若討論遮煙性，應考量煙穿透牆體與否，而非防火填塞部分。 	已依建議修正研究範圍
<ul style="list-style-type: none"> ● 帷幕牆單元構成部品的防火性能包括實體、開口及整體防火性能，俱應納入本研究之主題內。 	執行中
<ul style="list-style-type: none"> ● 本案以性能評估著眼，預期能建立設計準則。但日前期中研究尚未明確表示如何進行煙流模擬（如：分析區間、幾何尺寸）和是否進行實驗模擬（如：實驗項目、量測對象等），也並未確實界定變化參數。希望後期研究能夠明確表現出變化參數的特性，才能明確建立設計準則。 	煙流模擬已在期中簡報中被簡略 試驗部份列為後續研究中
<ul style="list-style-type: none"> ● 帷幕牆與地板接締部份之填塞，應敘明目前發展現況。從計畫到施工的作業流程（如：施工應注意事項等）能否有詳細介紹及將相關規範列入報 	列入探討中

告以供參考。	
● 盼於本研究案中能訂定帷幕牆接續及相關繫件之防火性能之評估基準及方法。	執行中
● 對於帷幕牆防火性能之定為應清楚解說，如此評估的目標及設計準則方能明確。	執行中
● 有關運用 CFD 之軟體以進行帷幕牆火災之計算，並沒有看到任何結果。無計算結果，如何談到其防火性能評估。	煙流模擬已在期中簡報中被簡略
● 有關提出之試驗方法與 CNS 12514 有何差異，請研究單位深入探討。另，檢驗試體規定為何，議請詳細說明。	修正中

附錄 一

CNS 12514 建築物構造部分耐然檢驗法

附錄 二

JIS A 1304 建築物構造部分耐然檢驗法

附錄 三

ASTM E119 Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials

附錄 四

Test Report

on

Fire Test of the Curtain Wall

For

Keumkang Limited

參考文獻：

- 既有公共集會型建築機能之評估與更新-子計畫三：既有公共集會型建築防安全性能之評估與更新 林慶元
- 建築物火災時煙流動特性之研究 楊冠雄；陳海曙
- 我國建築物室內裝修材料防火性能檢驗測試之探討 陳堯中；周智中
- 建築技術規則建築物防火有關條文研修計畫 周智中；楊逸詠
- 建築物耐火性能之基礎研究 湯淑貞；陳長庚；吳讓治
- 評估火災對鋼結構承載力之影響 邱耀正；譚建國
- 地下建築物防災設計準則之研究 顏世錫；楊逸詠；陳火炎；倪秋煌；陳弘毅；黃彼得
- 建築物防火材料煙毒測試基準之研究 陳俊勳；嚴定萍；劉宗榮
- 鋼結構防火被覆材料標準化之調查研究 林慶元；周智中
- 建築物火災時煙流動特性之研究 楊冠雄；陳海曙
- 台灣地區中層集合住宅火災擴大的途徑及防止對策 吳讓治
- 建築材料防火性能試驗法國際標準化調查研究 雷明遠；周智中
- 建築物防火安全與避難逃生之應用研究 林慶元；陳其澎
- 騎樓及其延續建築正面之火災安全設計研究 林慶元
- 建築物防災計畫準則之編定---以具挑空中庭建築物為例 林慶元；林草英；陳亮全
- 輕質混凝土外牆耐火性能研究 趙文成；林銅柱

- 帷幕牆工程標準規範與解說之擬定 陳慶銘
- 帷幕牆工程設計規範補充教材 黃清毅
- 預鑄混凝土帷幕牆設計與施工技術研究 黃鵬齡;方保全
- 台灣地區帷幕牆建築綜合性能之研究研究報告 中華民國建築學會
- 單元式帷幕牆之個案研究:以 T&C TOWER 為例 蕭天健
- CWA 建議的帷幕牆 CNS 國家標準 中華民國帷幕牆技術發展協會
- 台灣地區鋁帷幕牆耐久性能之研究 林志瑞
- 台灣地區金屬帷幕牆耐久性研究:以彈性填縫材探討之 吳崇彥
- 台灣地區單元式帷幕牆施工精度控制之研究:以現場施工案例分析探討之 邱宏達
-