

# 建築用噴附式防火鋼骨被覆材料標準之研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 106 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)



PG10603-0321

## 建築用噴附式防火鋼骨被覆材料標準之研究

研究主持人：陳佳玲

研究期程：中華民國 106 年 1 月至 106 年 12 月

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 106 年 12 月







## 目次

表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	IX
Abstract.....	XIII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究方法.....	2
第二章 規範與文獻回顧.....	5
第一節 鋼結構耐火法規.....	5
第二節 鋼結構防火被覆耐火試驗評估方式.....	7
第三節 石綿的特性.....	19
第四節 石綿鑑定方法.....	24
第三章 建築材料石綿含量試驗.....	29
第一節 實驗規劃.....	29
第二節 試體規劃與實驗設備.....	29
第三節 實驗步驟.....	33
第四節 實驗結果與分析.....	39
第四章 鋼構件被覆材料耐火性能試驗標準之草案.....	53
第一節 鋼結構構件防火被覆材料性能之特定要求 草案.....	53
第二節 小結.....	123
第五章 結論與建議.....	125
第一節 結論.....	125
第二節 建議.....	126

附錄 審查會議紀錄.....	127
參考書目.....	133

## 表次

表 2-1 建築物防火構造應具有之防火時效 .....	5
表 2-2 各國梁及柱構件防火試驗方法 .....	6
表 2-3 各國評定相關規定 .....	7
表 2-4 防火材料厚度對照表 (適用於三面 H 梁) .....	10
表 2-5 斷面因子 $H_p/A$ 計算法 .....	11
表 2-5 (續) 斷面因子 $H_p/A$ 計算法 .....	12
表 2-6 試體之選擇 .....	16
表 2-6 (續) 試體之選擇 .....	17
表 2-7 國際石棉的管制一覽表 .....	22
表 2-8 我國石棉的管制一覽表 .....	23
表 2-9 石棉鑑定方法比較 .....	28
表 3-1 石棉纖維之形態色及折射率指數 .....	34
表 3-2 石棉纖維之消光性、延長性符號及中央光阻色散染色 .....	35
表 3-3 偏光顯微鏡觀察之石棉纖維光學特性 .....	40
表 3-4 試體 A (石棉瓦): 石棉含量試驗結果 .....	41
表 3-5 試體 B (石棉瓦): 石棉含量試驗結果 .....	41
表 3-6 試體 C (噴附式防火被覆材): 石棉含量試驗結果 .....	42
表 3-7 試體 D (噴附式防火被覆材): 石棉含量試驗結果 .....	42
表 3-8 試體 E (噴附式防火被覆材): 石棉含量試驗結果 .....	43
表 4-1 符號與縮寫用語 .....	57
表 4-2 符號與縮寫用語(續) .....	58
表 C.1 選擇之原則—開放斷面 .....	100
表 C.2 選擇之原則—鋼管斷面 .....	100
表 C.3 試驗鋼材斷面底塗之選擇 .....	101

表 C.4	試體的防火板/防火毯/防火厚板之選擇—單層系統.....	101
表 C.5	熱分析之防火被覆材料厚度與斷面範圍因數(短 I 型或 H 型鋼材斷面).....	103
表 C.6	熱分析之防火被覆材料厚度與斷面範圍因數(鋼管斷面)..	104
表 D.1	試體之選擇.....	106
表 D.1 (續)	.....	107
表 D.1 (續)	.....	108
表 D.2	熱分析用防火被覆厚度與斷面範圍因數(短 I 型或 H 型鋼材斷面).....	110
表 D.3	熱分析之防火被覆材料厚度與斷面範圍因數(鋼管斷面)..	111
表 F.1	試體.....	117
表 G.1	外形為 I 型與 H 型梁段之選擇因數.....	118
表 G.2	箱形 I 型與 H 型形狀梁段之選擇因數.....	119
表 G.3	外形 I 型與 H 型形狀柱段之選擇因數.....	119
表 G.3	外形 I 型與 H 型形狀柱段之選擇因數(續).....	120
表 G.4	箱形 I 型與 H 型形狀柱段之選擇因數.....	120
表 G.4	箱形 I 型與 H 型形狀柱段之選擇因數(續).....	121

## 圖次

圖 1-1 研究流程.....	3
圖 2-1 梁斷面.....	8
圖 2-2 斷面因子之概念〔5〕.....	8
圖 2-3 三面防火之技術〔5〕.....	9
圖 2-4 四面防火之技術〔5〕.....	9
圖 2-5 加載梁構造與厚度量測點.....	14
圖 2-6 加載柱體試驗安裝圖.....	14
圖 2-7 未加載柱體排列圖.....	15
圖 2-8 顯微鏡下石綿照片.....	20
圖 2-9 白石綿繞射圖譜.....	25
圖 2-10 偏光顯微鏡光路構造.....	27
圖 2-11 點計數法.....	28
圖 3-1 試體 A (石綿瓦).....	30
圖 3-2 試體 B (石綿瓦).....	30
圖 3-3 試體 B (噴附式防火被覆材).....	30
圖 3-4 試體 D (噴附式防火被覆材).....	31
圖 3-5 試體 E (噴附式防火被覆材).....	31
圖 3-6 立體顯微鏡.....	32
圖 3-7 偏光顯微鏡.....	32
圖 3-8 X 光繞射分析儀.....	33
圖 3-9 石綿試驗流程圖.....	36
圖 3-10 建材製品中石綿含量之量測方法定性分析流程圖.....	38
圖 3-11 建材製品中石綿含量之量測方法定量分析流程圖.....	39
圖 3-12 取樣 (試體研磨後放置瓷器中).....	43

圖 3-13 試體酸處理 (以 450°C 灰化處理後進行酸處理) .....	44
圖 3-14 載玻片 .....	44
圖 3-15 X 光繞射儀試體盤 .....	45
圖 3-16 試體 A (石綿瓦) 偏光顯微鏡下照片(垂直) .....	46
圖 3-17 試體 A (石綿瓦) 偏光顯微鏡下照片(平行) .....	46
圖 3-18 試體 B (石綿瓦) 偏光顯微鏡下照片(垂直) .....	46
圖 3-19 試體 B (石綿瓦) 偏光顯微鏡下照片(平行) .....	47
圖 3-20 試體 C (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(垂直) ...	47
圖 3-21 試體 C (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(平行) ...	47
圖 3-22 試體 D (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(垂直) ...	48
圖 3-23 試體 D (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(平行) ..	48
圖 3-24 試體 E (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(垂直) ...	48
圖 3-25 試體 E (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(平行) ..	49
圖 3-26 試體 A (石綿瓦) X 光繞射圖譜 .....	49
圖 3-27 試體 B (石綿瓦) X 光繞射圖譜 .....	50
圖 3-28 試體 C (噴附式防火被覆材) X 光繞射圖譜 .....	50
圖 3-29 試體 D (噴附式防火被覆材) X 光繞射圖譜 .....	51
圖 3-30 試體 E (噴附式防火被覆材) X 光繞射圖譜 .....	51
圖 4-1 加載梁之構造排置圖示 .....	61
圖 4-2 未加載梁支撐排置圖示 .....	62
圖 4-3 加載柱一般試驗排置圖例 .....	63
圖 4-4 未加載柱支撐排置圖示 .....	64
圖 4-5 未加載柱安裝於加熱爐地板或底座上之圖示 .....	65
圖 4-6 具梁腹加勁板之加載梁之構造與厚度量測點圖示 .....	67
圖 4-7 具有膨脹塗層防火被覆的高柱之鋼材覆蓋圖示 .....	70

圖 4-8 斷面因數( $A_m/V$ )之計算 .....	71
圖 4-9 典型試體安裝模式 .....	78
圖 4-10 加載梁的加熱爐控制平板測溫計(或溫度量測熱電偶)位置圖 示.....	80
圖 4-11 加載梁熱電偶(平板測溫計)位置/方向圖例 .....	83
圖 4-12 梁熱電偶(平板測溫計)位置/方向圖例 .....	84
圖 4-13 I 型與 H 型斷面柱熱電偶(平板測溫計)位置/方向圖例....	85
圖 4-14 鋼管試體斷面熱電偶(平板測溫計)位置/方向圖例 .....	86
圖 F.1 標準與閃燒燃燒曲線性能比較圖 .....	116



## 摘 要

關鍵詞：鋼骨被覆材料、性能評估、石棉

### 一、研究緣起

目前國內仍缺乏鋼骨被覆材料性能評估的標準，但在國外已有相當完整的資料，如；英國的防火專家協會（Association for Specialist Fire Protection，簡稱 ASFP）及美國的保險業試驗室（Underwriters Laboratories Inc.，簡稱 UL），以驗證或試驗方法證明其機能符合法規之要求，性能法規已是國際趨勢。我國目前主要防火試驗國家標準多係參考 ISO TC92 所屬之國際標準制定，因此本研究在訂定鋼骨結構耐火被覆材料性能驗證基準時，引入與 ISO 規格相同之內容，以求驗證方法與國際規格之協調。

另國內現行法規要求，建築用防火被覆材料應依 CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材石棉含量試驗法」，其試驗結果不得含有石棉，但其測定範圍為 1~100 %。石棉受害者多數是石棉相關製品業者或建築、裝潢工作工員。環境保護署已將石棉列為毒性化學物質，並將於民國 107 年 7 月 1 日全面禁止使用。我國也應訂定更完善之檢驗法強化石棉產品之管制，以保障國人健康及居住空間安全。

### 二、研究方法及過程

- （一）文獻回顧：蒐集相關文獻之收集與整理，以了解國內、國外目前針對鋼骨被覆材料之性能評定方法及建築材料石棉含量檢驗方法。
- （二）以國內現行石棉檢驗方法進行試驗及結果分析。
- （三）草擬鋼鋼件被覆材料耐火性能試驗方法之國家標準。

### 三、重要發現

#### (一) 建築材料石綿含量試驗：

1. 本所性能實驗中心於 100 年至今石綿含量委託檢測案件共有 202 件，並依「CNS 13970 鋼骨構造用噴附式火被覆材料石棉含量試驗法」進行，試驗結果僅有 1 件矽酸鈣板檢測出含有石綿。
2. 本次建築材料石綿含量試驗結果顯示，以標準 CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材石棉含量試驗法」及 CNS 15546「建築材料中石綿含量檢測法」所規定之偏光顯微鏡及 X 光繞射儀作石綿含量定性鑑定時，其試驗結果交互比對，二種試驗方法在定性分析上結果一致。
3. 我國現行法規要求，建築用材料石綿含量檢測應依 CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材石棉含量試驗法」進行，此法可以完全分辨石綿種類，且其分析速度快、靈敏度高、可靠性高，在鑑定方面，是非常好的工具。但在定量計算上，容易因鑑定人員的技巧及判斷品質的不同，而無法獲得良好的計數結果。
4. CNS 15546「建築材料中石綿含量檢測法」先以以相差/偏光顯微鏡與 X 光繞射分析定性分析確定含有石綿後，再利用 X 光繞射儀作粉末繞射分析，從試樣之繞射峰強度的變化可以更進一步執行建材中石綿定量分析。

#### (二) 鋼結構防火被覆耐火試驗評估方式：

1. 各國所採用斷面因子之表示法雖然有差異，但其基本的理論與觀念卻是相同的。
2. BS 或 EN 則在同樣材料及設計型式下，依不同斷面尺寸可調整防火被覆厚度。
3. 國內新材料、新技術及新工法對於鋼骨結構防覆材料申請認可案件，可接受國外指定實驗室（如 UL）出具之試驗報告進行評定，依其出具之

性能證明文件所登載被覆厚度加乘 1.25 倍為核准採用之防火被覆厚度。

4. 因國內尚未建立鋼骨被覆材料防火性能試驗及評估的方法，每次試驗結果僅對該次鋼材型式、斷面尺寸、被覆厚度的防火時效有效。
5. ISO 834-11 建築物構造構件耐火試驗法-結構構件防火被覆材料評估要求標準中有關試體條件及試驗要求與 CNS 12514 相關構造構件耐火試驗法要求有差異矛盾之處，差異處宜作調合檢討。

#### 四、主要建議事項：

##### 建議一

CNS 15546 以相差/偏光顯微鏡與使用 X 光繞射分析儀搭配，既可以定性又可以定量，方法的可信度提升：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：財團法人台灣建築中心

目前我國對於建築材料石綿含量鑑定方法以「CNS 13970 鋼骨構造用噴附式火被覆材料石棉含量試驗法」進行，此法可鑑別石綿的種類但無法精準量測石綿含量。「CNS 15546 建築材料中石綿含量驗法」可以更進一步執行建材中石綿定量分析，我國也可提升石綿檢驗精確度，以維護國人居家與勞工作業環境之安全。

##### 建議二

ISO 834-10 鋼構件防火被覆材料評估要求標準其試驗要求與條件與 CNS 12514 構造構建耐火試驗相關標準不同之處宜再調合檢討：立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

ISO 834-10 結構構件防火被覆材料評估要求標準中有關梁試體之長度、梁加熱試驗使用之頂蓋板及梁、柱試驗加熱爐內平板測溫計等要求與 CNS 12514 構造構建耐火試驗相關標準之規定有矛盾之處，宜再作調合檢討。ISO 834-10 附錄 G 有關 I 型梁、H 型梁、箱形梁、I 型柱、H 型柱、箱型柱、矩形柱及圓形柱之參考尺寸為英國及歐洲規格並非我國實際使用材料尺寸，建議應修正為我國使用規格以求標準本土化。



## Abstract

Keywords: fire protection, steel member, identification of asbestos

Present time, there is still a lack of standards for the specific requirements to determine the contribution of applied fire protection material to structural steel elements. However, there are already quite a lot of sources abroad, for instance, the Association for Specialist Fire Protection (ASFP) in the UK or the Underwriters Laboratories Inc. (UL), they verify or test the methods to prove it's performance conform to regulations, performance regulations have been the international trend. Most of the national fire test standards in our country are based on the international standards of ISO TC92. Therefore, when this research stipulating the standards of the specific requirements to determine the contribution of applied fire protection material to structural steel elements, it leads into the same content as the ISO specifications, so as to verify the method is cohere with the international standards.

According to the requirements of domestic regulations, the determination of asbestos in building material products shall comply with CNS 13970 "Method of test for content of asbestos in sprayed fire-resistive materials applied to steel structure". The test results shall not contain asbestos, but the measurement range is 1-100%. The using of asbestos is forbidden by the Environmental Protection Administration Executive Yuan (R.O.C) from July 1st 2018. Our country should also stipulate stricter laws to strengthen the control of asbestos products in order to ensure the security of health and living space of the country.



# 第一章 緒論

## 第一節 研究緣起與背景

鋼構件火災防護技術上的精進，已發展得到一範圍的材料，現在已普遍於建築物構造工業廣泛採用。防火材料廣泛分類為膨脹性塗料、噴覆式、底塗及板材，且通常如與某些較傳統的材料如磚，塊狀物及混凝土比較，可稱其為輕質系統。當鋼構件曝露在火災中時，其火災防護材料可藉由各種方法降低鋼材之升溫速率，其通常包含熱-物理變形、放熱化學反應以及形狀改變，當鋼結構受火害時，被覆材料發揮優越的耐火性能，可延緩根基的鋼底材之溫度上升速率。

目前國內仍缺乏鋼結構耐火材料防火設計準則與評估方法，但在國外已有相當完整的資料，如英國的防火專家協會（Association for Specialist Fire Protection，簡稱 ASFP）及美國的保險業試驗室（Underwriters Laboratories Inc.，簡稱 UL）。而歐洲對此發展於 1990 年間開始進行，並制定一系列試驗設計與評估方法（EN 13381 第 4 部與第 8 部標準），其已廣泛應用於火災防護系統中。因此建立簡捷有效的檢驗基準實為國內實務之需，以驗證或試驗方法證明其機能符合法規之要求，使試驗數據之有效性最大化，且試驗成本降至最低〔1〕。

噴附式防火被覆材料以質地輕，隔熱性佳的材料直接噴塗鋼材表面，形成隔熱層，其施工方法分為直接噴霧濕式及半濕式工法。這兩種施工法在作業時為濕泥狀態，粉塵量低，比乾式直接噴霧被覆法較不會造成大量的粉塵，對施工環境也較沒有污染。但如果被覆材料中含有石綿類纖維，勞工在作業時極可能在開袋、解綿、攪拌混合的作業過程而暴露危險。另噴附作業濕泥乾涸後現場的清潔打掃、工作服、器具等也會沾附危害性的粉塵而有吸入的可能〔2〕。

國內現行法規要求，建築用防火被覆材料應依 CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材石棉含量試驗法」進行，試驗結果不得含有石綿，但其測定範圍為 1~100 %。環境保護署已將石綿列為毒性化學物質，並將於民國 107 年 7 月 1 日全面禁止使用。我國也應訂定更完善之檢驗法強化石綿產品之管制，以保障國人健康及居住空間安全。

## 第二節 研究目的

鋼構材之溫度變化，主要要於被覆材料及其厚度，鋼結構耐火設計是選定構件的保護材料及其厚度，使構件自身的溫度在火災中不超過其臨界溫度。國內仍缺乏鋼骨被覆材料性能評估相關標準，因此建立簡捷有效的檢驗基準以簡化試驗工作並降低試驗費用實為當務之需。且驗證方法須考量與國際規格等規定之協調，因此本研究在訂定鋼骨結構耐火被覆材料性能驗證基準時，引入與 ISO 規格相同之內容研析 CNS 化。另一方面，成果亦可做為未來 CNS 制訂標準之參考〔3〕。

另我國防火被覆材料石綿含量是以 CNS13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料石棉含量試驗法」作為檢測依據，其方法是利用偏光顯微鏡鑑定石棉的種類，試驗測定範圍為 1~100%，且顯微鏡不能作全體均質定量分析，此項技術的分析品質，常決定於分析人員的技巧及判斷。而國內另一標準 CNS 15546「建築材料中石綿含量檢測法」，是以 X 光繞射及相位/偏光差顯微鏡定性方法，確認是否含有石綿後，再以 X 光繞射分析方法進行石綿定量分析的方法，其量測極限值可達 0.1%。為有效防止石綿產品之使用，故本研究希望可以藉由二種標準的試驗比較，提供一個簡單、省時、精準的石綿含量分析法，以確實落實國內禁用建築材料石綿製品，保障民眾的健康安全。

## 第三節 研究方法

首先，本研究進行蒐集和彙整國內外相關規範與文獻，以了解國外對鋼骨被覆材料防火性能評估基準及試驗設計及評估方法，比較與檢討 CNS 須建立之項目，草擬鋼骨被覆材料性能評估的國家標準。

選定材料分別以 CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料石棉量試驗法」及 CNS 15546「建築材料中石綿含量檢測法分析石綿含量」，比較其二種試驗結果的差異，以提供 CNS 標準修訂之參考。

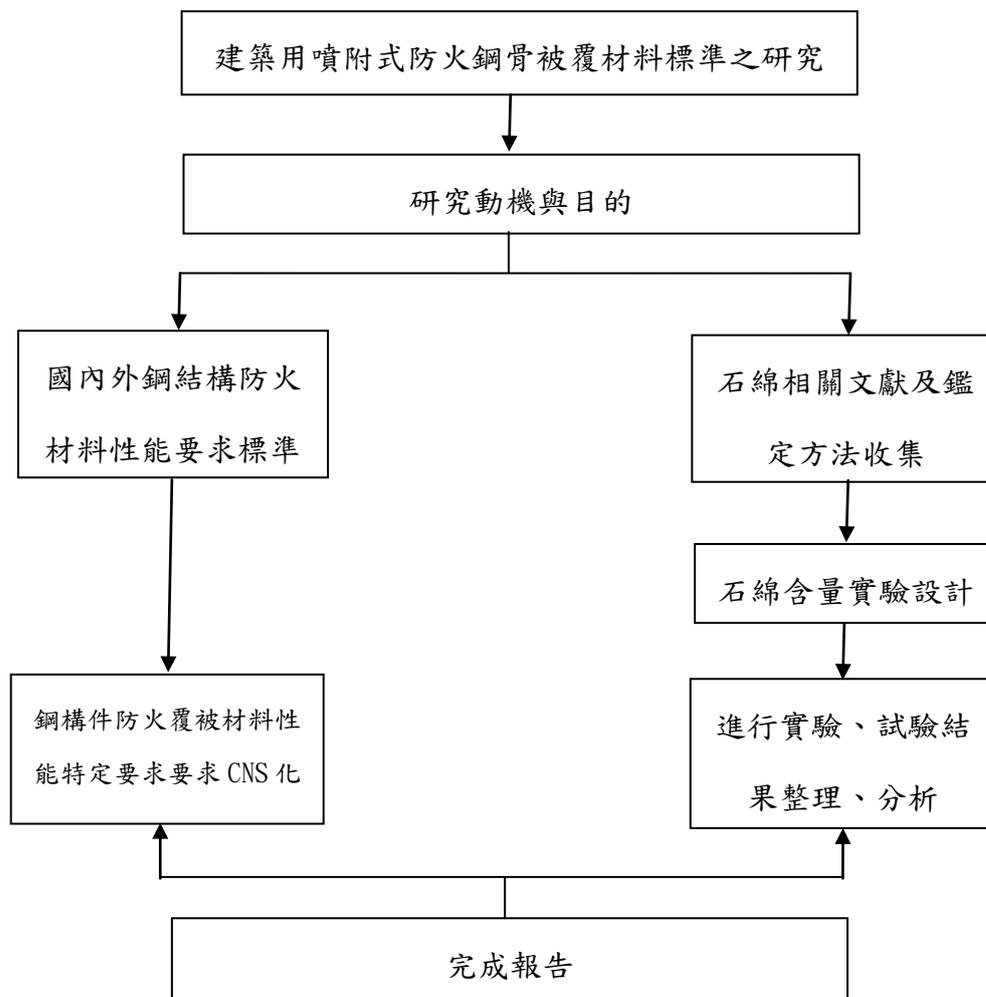


圖 1-1 研究流程



## 第二章 規範與文獻回顧

### 第一節 鋼結構耐火法規

#### 壹、建築技術規則

在國內，政府相關法規並未對防火材料有詳細的規定，只有「建築技術規則」(2012)第70條為規定防火構造柱、梁、承重牆壁、樓地板及屋頂應具有之防火時效的劃分，如表2-1所示。

表 2-1 建築物防火構造應具有之防火時效

主要構造部分	自頂層算起不超過四層之各樓層	自頂層算起超過第四層至第十四層之各樓層	自頂層算起第十五層以上之各樓層
承重牆壁	1 小時	1 小時	2 小時
梁	1 小時	2 小時	3 小時
柱	1 小時	2 小時	3 小時
樓地板	1 小時	2 小時	2 小時

(資料來源：建築技術規則)

#### 貳、各國防火構造法規

目前國內仍缺乏鋼骨被覆材料性能防火評估的標準，但在國外已有相當完整的資料，如英國的防火專家協會 (Association for Specialist Fire Protection, 簡稱 ASFP)、美國的保險業試驗室 (Underwriters Laboratories Inc., 簡稱 UL) 及日本建築中心發行之「耐火防火構造材料便覽」。其評估程序為各鋼結構件完成防火時效的要求規定 (如表 2-2)，測試結果經整理分析成適用的評定報告，評定報告經政府相關核准單位認證後，核發核准文件，並登錄在特定的設計手冊或政府相關期刊上 (如表 2-3)。所有規範的目的在決定鋼結構防火材料之防火時效。材料的製造者必須決定使用一定數量的密封防火材料來抵抗高溫，阻止火的穿透及溫度的傳導。

表 2-2 各國梁及柱構件防火試驗方法

	試驗方法	CNS 12514	ISO 834	BS 476	UL 263 (ASTM E 119)
加熱 條件	0.5 小時	841 °C	841 °C	841 °C	843 °C
	1 小時	945 °C	945 °C	945 °C	927 °C
	2 小時	1049 °C	1049 °C	1049 °C	1010 °C
溫度 判定	結構破壞 溫度	---	---	---	梁 593 °C
					柱 538 °C
					梁 704 °C
					柱 649 °C
梁承 重能 力	最大 撓曲量	$L^2/400d$ (mm)	$L^2/400d$ (mm)	$L/20$ (mm)	-
	最大 撓曲速率	$L^2/9000d$ (mm/min)	$L^2/9000d$ (mm/min)	$L^2/9000d$ (mm/min)	-
柱承 重能 力	最大軸向 壓縮量	$C=h/100$ (mm)	$C=h/100$ (mm)	軸向急速 變形時	-
	最大軸向 壓縮量速 率	$dC/dt=3h/1000$ (mm/min)	$dC/dt=3h/1000$ (mm/min)		-

各國標準其內容不同，對不同構件的破壞認定標準也不同，但都規範了防火材料最基本的一些要項，如：

1. 試驗試體的尺寸、組裝、承載。
2. 試驗過程中，試驗爐溫度的控制。
3. 試體破壞時認定的標準。

表 2-3 各國評定相關規定

國家	實驗室	核准單位	核准文件	登錄
美國	UL	ICC	Evaluation Report	UL 防火手冊
英國	WFRC、LPC	WFRC、LPC	Assessment Report	ASFP 黃皮書
日本	建設省建築研究所 建材試驗中心	日本建設省	厚度指定書	耐火防火構造 材料便覽

## 第二節 鋼結構防火被覆耐火試驗評估方式

結構鋼構件之耐火能力理論上而言，其防火所需的保護厚度，視其耐熱能力而定，而耐熱能力可依下列三點決定：〔6〕

### 1. 熱消散能力〔Heat Dissipation〕

如圖 a 及 b 比較，梁因其上翼與樓版接觸，在受熱時，熱量經由此介面傳導至樓版及上層空間。而柱因無此熱消散面，故在其它條件相同時，柱所需之保護厚度較梁為厚。

### 2. 受熱周徑〔Heated Perimeter〕

如圖 b 及 c 之比較，同樣的構件，c 梁其暴露面小，熱量傳入之途徑也變小，構件本身的溫度上升也變慢了，表示其耐熱時間增長，所以所需保護厚度也較薄。

### 3. 容熱能力〔Heat Capacity〕

見圖 b 及 d 之比較，二梁之外徑相同，但 b 梁的斷面積大，在同時間傳入二梁之熱量相同，但是平均單位體積之受熱程度，圖B梁當然較小，表示其所需保護厚度較薄。

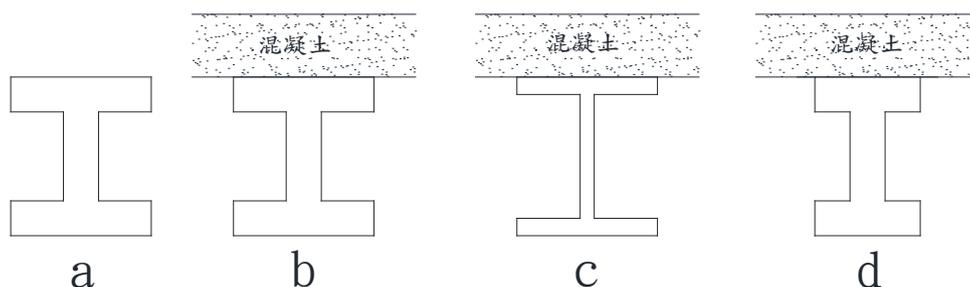


圖 2-1 梁斷面

防火被覆材料耐火性能評估的方法，先是取一定數量的試體（指進行試驗的鋼材段加上火災防護系統）完成加載或非加載的防火試驗，其次是將試驗結果應用數學分析程序，求出防火材料厚度（ $t$ ）與型鋼斷面因子（ $H_p/A$ 、 $W/D$ 、 $A/P$ 、 $A_m/V$ 、 $M/D$  等）及防火時效（FR）的關係。在同樣的耐火被覆厚度下，材料的耐火時效因鋼骨構件單位重與受火斷面周長二者比值不同而有差異。鋼材斷面升溫速率與受熱之表面積與其受熱體積之比值即面斷面因子，周長較大的鋼材比較小者吸收較多的熱，斷面積愈大，吸收的熱也愈大，因此，較小而厚的斷面增加溫度的速率比大而薄的斷面升溫為慢。所以斷面形狀因子成為衡量一鋼材斷面升溫的準則，當其值愈高，所需防護的厚度愈大〔7〕。

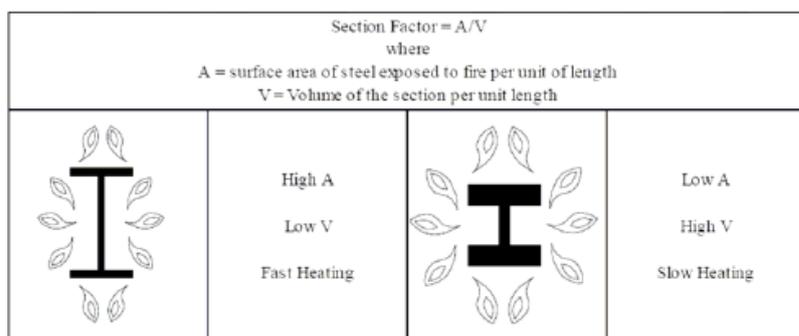


圖 2-2 斷面因子之概念〔5〕

## 壹、英國 ASFP 評估模式

一、鋼構件依規定必須具有防火性，其防火系統方式可區分為緊貼週邊型 (profile)、空心箱型(box)、實心型(solid)等三類，三面受火的防護技術如圖 2-3 所示，四面受火的防護技術如圖 2-4 所示。通常噴附式材料會採用緊貼週邊型；板狀材料會採空心箱型；特殊隔熱混凝土會採實心型。在 BS 476 試驗標準中，載重梁的試驗是採水平方式，三面施作防火材料（三面受火技術），柱的試驗是垂直方式，全面施作防火材料（四面受火技術）。

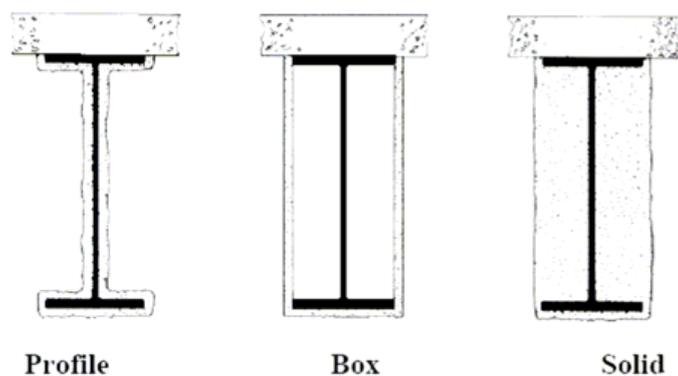


圖 2-3 三面防火之技術 [5]

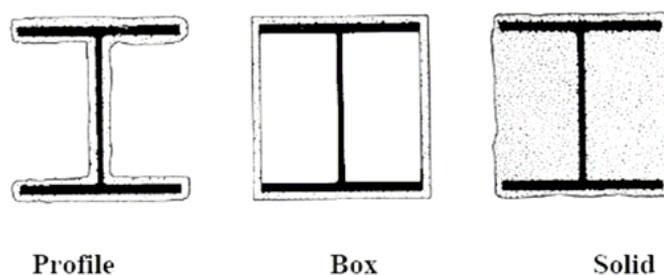


圖 2-4 四面防火之技術 [5]

委託單位依據評估的範圍可參考防火試驗機構以一定數量的防火試驗結果，做評定分析推導出防火厚度計算公式或防火厚度對照表。如 LPC、WFRC 等防火試驗室依據 FTSG 所制定的 Resolution No. 82 規範要求，按照 ASFP 黃皮書 4.2 節的評定分析標準程序推導出如下的表格：

表 2-4 防火材料厚度對照表 (適用於三面 H 梁)

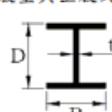
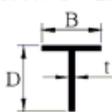
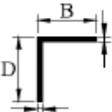
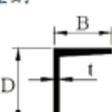
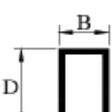
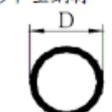
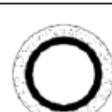
防火時效	30 分鐘	60 分鐘	90 分鐘	120 分鐘
Hp/A	乾膜厚 (mm)			
100	0.33	0.45	1.2	1.8
140	0.33	07.7	1.5	2.5
180	0.33	0.9	2.1	NA
220	0.4	1.1	2.4	NA
260	0.4	1.3	2.8	NA
300	0.4	1.4	3.0	NA

如此使用者很容易的只要算出斷面因子，即可查表獲得所要的防火時效保護厚度。防火厚度設計程序為：1. 決定防火時效，2. 決定結構種類（與樓板接觸的三面 H 梁、四面的 H 梁或柱，與樓板接觸的三面中空梁、四面中空梁或柱），3. 決定鋼骨的斷面係數，4. 依斷面係數決防火材料的厚度。

二、耐火試驗時，梁和樓板結合以水平方式進行，而柱是採垂直方式進行。試體需選擇適合其預期評估範圍的試驗套裝 (test package)，需包含載重與非載重、短試體與長試體的一組鋼段材。載重的試驗結果可得知其承載能力，非載重試驗可提供溫度數據。載重梁試驗長度為 4.25 公尺，非載重梁的長度至少要 1 公尺，載重柱其曝火長度至少要 3 公尺，非載重柱的長度為 1 公尺進行試驗。為了充分提供資訊，試體要進行直到所有鋼材斷面平均溫度都達到 700°C（或依委託單位所需之更高評估溫度），或直到鋼材斷面之隔熱材發生顯著脫落為止。若加載試驗的梁發生承載能加失敗，應移除加載，持續進行試驗直到前述情況發生為止 [9]。

三、依照 BS 476-21 完成承載梁、柱的耐火試驗則可進行水平及垂直構件的性能評估，其評估僅適用於特定規格化的試驗，被覆厚度於分析時採用實際噴附於試體之被覆平均厚度，評估最大許可及最小許可被覆厚度範為加載試驗試體之最大、最小厚度外差 10 % [9]。

表 2-5 斷面因子  $H_p/A$  計算法

鋼材	緊貼鋼材周邊防火				
普通梁、普通柱與托梁 (一般型與空腹式斷面)  $H_p$	四面  $2B+2D+B(B-t)$ $=4B+2D-2t$	三面  $B+2D+2(B-t)$ $=3B+2D-2t$	三面  $B+2d+(B-t)$ $=2B+2d-t$	二面  $B+D+2(B-t)/2$ $=2B+D-t$	單面  $B$
結構與軋延 T 型鋼  $H_p$	四面  $2B+2D$	三面  $B+2D$	三面  $B+2D+(B-t) = 2B+2D-t$		
角鋼  $H_p$	四面  $2B+2D$	三面  $B+2D$	三面  $B+2D+(B-t) = 2B+2D-t$		
槽型鋼  $H_p$	四面  $2B+2D+2(B-t)$ $=4B+2D-2t$	三面  $2B+D+2(B-t)$ $=4B+D-2t$	三面  $B+2D+2(B-t)$ $=3B+2D-2t$		
正方形或長方形中空斷面  $H_p$	四面  $2B+2D$	三面  $B+2D$			
圓形中空鋼材  $H_p$	 $\pi D$				

(資料來源：〔8〕)

表 2-5 (續) 斷面因子 Hp/A 計算法

鋼材	箱型與實心型防火層				
普通梁、普通柱與托梁 (一般型與空腹式斷面)  Hp	四面  $2B+2D$	三面  $B+2D$	三面  $B+2D$	二面  $B+D$	單面  $B$
結構與軋延 T 型鋼  Hp	四面  $2B+2D$	三面  $B+2D$	三面  $B+2D$		
角鋼  Hp	四面  $2B+2D$	三面  $B+2D$	三面  $B+2D$		
槽型鋼  Hp	四面  $2B+2D$	三面  $2B+D$	三面  $B+2D$		
正方形或長方形中空斷面  Hp	四面  $2B+2D$	三面  $B+2D$			
圓形中空鋼材  Hp	 $\pi D$	註：箱型包覆一圓形鋼材所造成之空間可增加絕緣性及 Hp/A 值，Hp 大於依鋼材形狀令防火護層方法之 Hp，且是不規則的。故而，Hp 應視為管的情形，而非 4D			
例： 使用 203x203x52kg/m 之一般鋼梁 B=204.3mm D=206.2mm t=7.9mm A=66.282cm <sup>2</sup>	a) 依形狀防火-四面曝露 $Hp = 4B + 2D - 2t$ $Hp = 4 \times 204.3 + 2 \times 206.2 - 2 \times 7.9$ $= 817.2 + 412.2 - 15.8 = 1213.8 \text{ mm}$ $= 1.214 \text{ m}$ $Hp/A = 1.214/0.006282 = 183.2 \text{ m}^{-1}$		b) 依形狀防火 - 三面曝露 $Hp = 3B + 2D - 2t$ $= 612.9 + 412.4 - 15.8$ $= 1009.5 \text{ mm} = 1.01 \text{ m}$		
	c) 箱型，四面暴露 $Hp = 3B + 2D - 2t = 612.9 + 412.4 - 15.8$ $= 1009.5 \text{ mm} = 1.01 \text{ m}$ $Hp/A = 0.82/0.006282 = 123.9 \text{ m}^{-1}$		d) 箱型，三面曝露 $Hp = B + 2D = 204.3 + 412.4$ $= 616.7 \text{ mm} = 0.617 \text{ m}$ $Hp/A = 0.617/0.006282 = 93.24 \text{ m}^{-1}$		

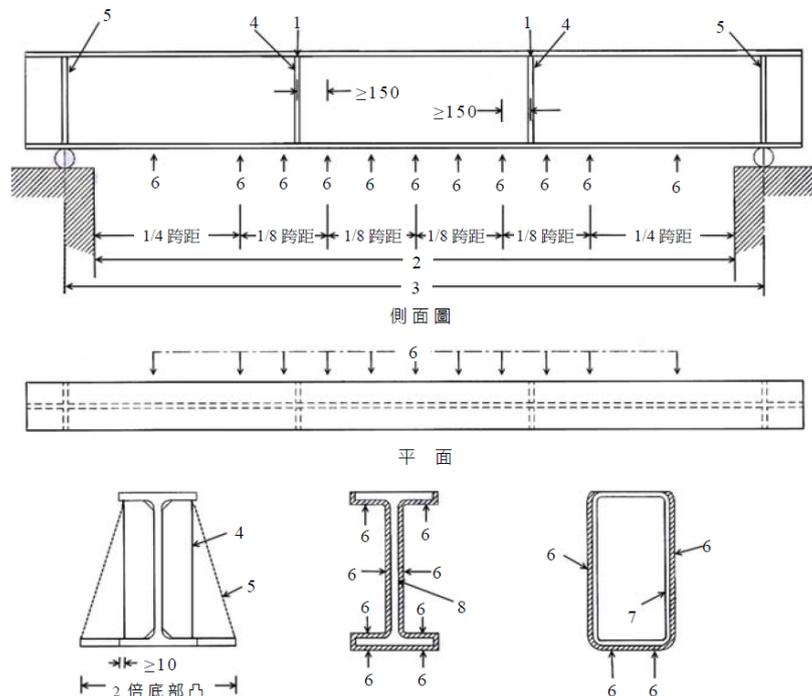
(資料來源：〔8〕)

## 貳、ISO 評估模式

本研究參考 ISO834-10 (2014) 及依 ISO834-11 (2014) 之內容，整理耐火性能之評估方式。鋼結構防火材料依據 ISO834-10 所獲得的試驗結果，以及依 ISO 834-11 評估結果可直接適用於 I 型與 H 型斷面形狀及中空斷面的鋼材。且由 I 型與 H 型分析所得的結果值可直接適用於相同斷面因數的角鋼、槽型鋼及 T 型鋼材段，不論是否用作為個別構件或如鋼製懸梁構造等預製結構系統之部分。

一、試體須選擇適合其預期評估範圍的試驗段，且應同時包含加載與未加載段，加載橫梁試驗段應具有 I 型與 H 型斷面形狀或中空矩形斷面。用於未加載橫梁試驗的鋼材其長度至少應為  $(1,000 \pm 50)$  mm，用於加載橫梁試驗的鋼材試驗段應依圖 2-4 構造而成，每一橫梁的加熱曝火長度，不可小於 4,000 mm。

單位:mm



說明

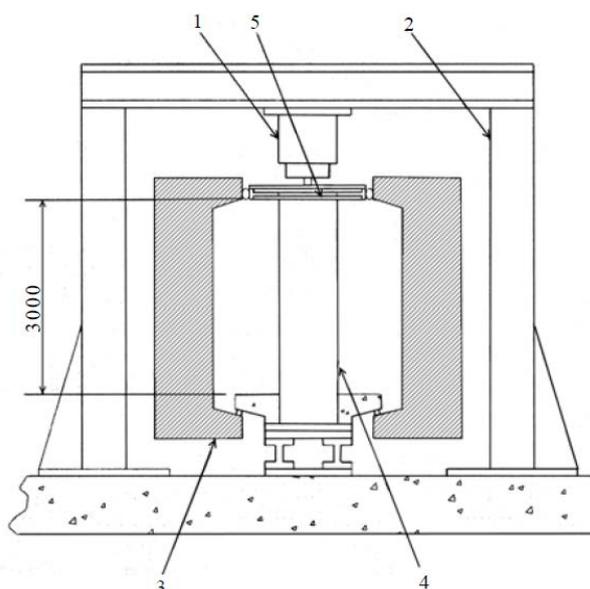
- 1 載重
- 2 曝火長度， $L_{exp}$
- 3 跨距
- 4 於載重點之梁腹加勁板(若要求)－I 或 H 型斷面

- 5 於承重位置之梁腹加勁板(若要求)－I 或 H 型斷面
- 6 噴覆塗層之量測點
- 7 中空斷面梁
- 8 I 或 H 型斷面

**圖 2-5 加載梁構造與厚度量測點**

加載柱試體曝火加熱的高度至少應為 3,000 mm，依圖 2-5 製備，未加載高柱體段試體的高度應為  $(2,000 \pm 50)$  mm，與短鋼材柱體試驗段依圖 2-6 構造而成。

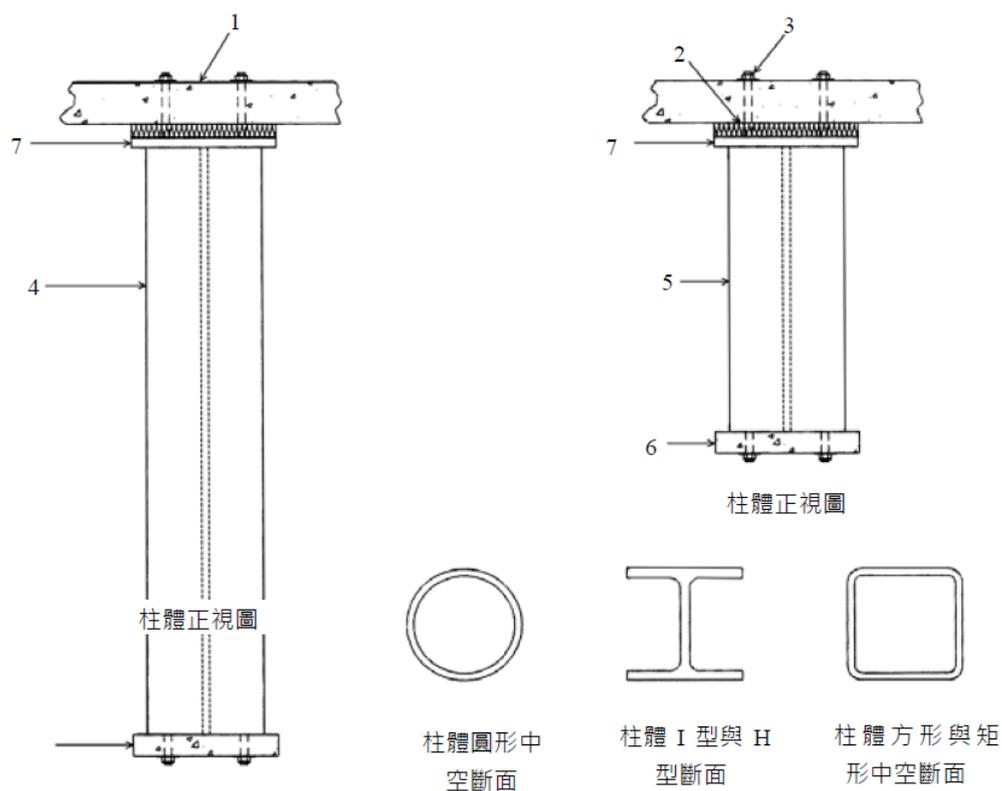
單位:mm



說明

- 1 液壓式千斤頂
- 2 加載框架
- 3 加熱爐
- 4 加載柱體
- 5 鋼板 (僅施加至活性塗層)

**圖 2-6 加載柱體試驗安裝圖**



說明

- 1 加熱爐覆蓋體
- 2 阻熱板
- 3 釘/板/鎖定螺帽
- 4 高柱體
- 5 短柱體
- 6 阻熱板一端蓋
- 7 施加至所有具活性火災防護系統柱體之鋼板

**圖 2-7 未加載柱體排列圖**

二、試體的選擇依防護產品所需的評估範圍決定，表 2-6 提供可施行各種評估，依據希望施行的是限制性測試或為延伸性測試而定，每一試驗封裝（test package）依指示特定範圍要求的最少試體數進行試驗。

表 2-6 試體之選擇

範圍	試驗封裝	LB min + LB max	LC min + LC max	TC max	LHB max	LHB min	LHC max	LHC min	RB	SIB	SIC	TCHS	TRHS	SHB	SHC	短試驗段總數	表 B.1 之修正步驟
I 橫梁+I 柱體+中空柱體	5	✓		✓	✓					13	13			6		32	(a) (c) (f)
I 橫梁+I 柱體+中空柱體	5A	✓		✓	✓		✓			13	13	✓	✓	6	✓	21	(d) (f)
I 橫梁+I 柱體+中空橫梁+中空柱體	6	✓		✓	✓		✓			13	13	✓	✓	6	6	38	(a) (c) (e) (f)
I 橫梁+I 柱體+中空橫梁+中空柱體	6A	✓		✓	✓		✓		2		13	✓	✓	6	6	27	(d) (e) (f)
I 橫梁+中空橫梁+中空柱體	7	✓			✓		✓			13		✓	✓	6	6	25	(a) (e) (f)
I 柱體+中空柱體+中空橫梁	8		✓		✓		✓				13	✓	✓	6	6	25	(b) (e) (f)
中空橫梁+中空柱體	9				✓	✓	✓	✓				✓	✓	6	6	12	(g) (h)
I 橫梁+中空橫梁	10	✓			✓	✓				13				6		19	(a) (g)

(資料來源：ISO 834 )

表 2-6 (續) 試體之選擇

範圍	試驗 封裝	LB min + LB max	LC min + LC max	TC max	LHB max	LHB min	LHC max	LHC min	RB	SIB	SIC	TCHS	TRHS	SHB	SHC	短 試 驗 段 總 數	表 B.1 之 修 正 步 驟
I 柱體 + 中空柱體	11		√				√	√			13	√	√		6	19	(b) (h)
I 橫梁 + 中空柱體	12	√					√	√		13		√	√		6	19	(a) (h)
I 柱體 + 中空橫梁	13		√		√	√					13			6		19	(b) (g)
中空橫梁	14				√	√								6		6	(g)
中空柱體	15						√	√				√	√		6	6	(h)
<p>說明：</p> <p>I：表示 I 型與 H 型兩者</p> <p>LB=加載橫梁</p> <p>LC=加載柱體</p> <p>TC=高柱體</p> <p>LHB=加載中空橫梁</p> <p>LHC=加載中空柱體</p> <p>SIB=短 I 斷面橫梁</p> <p>SIC=短 I 斷面柱體</p> <p>TCHS=高圓形中空橫梁</p> <p>TCHS=高矩形中空橫梁</p> <p>SHB=短中空橫梁</p> <p>SHC=短中空柱體</p> <p>RB=參考橫梁</p>																	

( 資料來源：ISO 834 )

三、收集依 ISO 834-10 的燃燒試驗數據，依 ISO 834-11 所提供五種方法進行評估，分別為圖示法、微分方程式分析（變數 1）、微分方程式分析（常數 1）、數值回歸分析及 3D 評估法。分析時應僅採用一種方法來提供完整範圍的產品測試數據之評估，即不能使用不同的方法來評估不同的試驗數據部分。以任何評估方法所得到的分析值需符合下列允收值則可接受：

- (1) 對每一短鋼材段，達到計算至小數點以下第一位的設計溫度之預測時間，應不超過修正時間 15 % 以上。
- (2) 依 (1) 計算出的所有百分率差異之平均值應小於 0。
- (3) 依 (1) 計算出的所有百分率差異之個別值最多 30 % 應超過 0。
- (4) 倘若所有其他參數維持恆定，則符合上述 (1) 至 (3) 的分析結果必須符合下列規則。
  - (a) 火災防護材料之厚度隨耐火時間而增加。
  - (b) 當斷面因數增加時，耐火時間降低。
  - (c) 當耐火時間增加時，溫度上升。
  - (d) 當厚度增加時，溫度降低。
  - (e) 當斷面因數增加時，溫度上升。
  - (f) 當斷面因數增加時，厚度增加。

#### 四、評估結果延伸段適用性：

- (1) 許可的梁/柱防護厚度
  - (a) 最大許可厚度：超過加載梁/柱上測試的最大厚度至 5 % 以內。
  - (b) 最小許可厚度：低於加載梁/柱上測試的最小厚度至 5 % 以內。
- (2) 許可的梁/柱斷面因數
  - (a) 最大許可斷面因數：超過任何測試的加載梁/柱段的最大斷面因數至 10 % 以內。
  - (b) 最小許可斷面因數：低於任何施覆最小許可的梁/柱防護厚度，所測試的梁段的最小斷面因數至 10 % 以內。
  - (c) 如僅測試柱體，則最小許可的延伸因數係以任何測試的鋼材段之最小斷面因數為基準。
- (3) 上述延伸體限定於每一斷面型式，即橫梁所許可的延伸體對於柱體並不適當，反之亦然。同樣地，適用於 I 型或 H 型斷面的延伸體可能不

適用於中空斷面，反之亦然。

### 第三節 石綿的特性

#### 壹、石綿的種類及特性

石綿是自然界生成的纖維狀水合矽酸鹽礦物的總稱，主要分為二大類：(一) 蛇紋石類 (Serpentine) 包括白石綿或稱溫石綿等，因外觀「棉白」而得名；(二) 角閃石類 (Amphibole) 包括青石綿或稱藍石綿、褐石綿或稱鐵石綿、斜方角閃石、透閃石及陽起石五大類，其中褐石綿纖維呈尖針狀較無柔韌感，毒性最為強烈 [13]。石綿英文 Asbestos 一詞源自希臘文，意指「不可消滅的」，石綿經開採後，經過分類與乾燥等加工成為石綿纖維原料，被大量的應用於商業及工業用途。因其具有耐高溫、耐酸鹼、耐磨、防火性、絕緣、耐腐蝕、纖維柔軟、可撓性、可紡性等特理與化學特性，用途非常的廣泛。因這些不同的特性，石綿產品應用範圍包括 [14]：

一、水泥製品：石綿瓦、石綿板、石綿隔熱磚、石綿瓷磚、石綿管等。

二、紡織製品：防火隔熱布、石綿毯、石綿防火衣與防火手套等。

三、摩擦類製品：汽車離合器、煞車來令片等。

四、絕緣製品：絕緣填充材料、防漏墊圈、石綿油漆填充物等。

依據美國礦物局 (U.S Bureau of Mines) 統計，石綿的用途可達 2,000 種以上，加拿大能源礦物資源部 (Canada's Department of Energy, Mines and Resources) 的統計更高達 3,000 種以上。 [15]

根據國家環境醫學研究所李俊賢主治醫師整理，下列產業是為接觸石綿致病的高風險族群 [15]：

一、石綿產品製造業：石綿產品的製造過程中，若未採取有效而適當的防護措施，將造成石綿粉塵逸散。

二、建築工程相關產業：包括建築工人、建材生產工人、水泥工、建築工程師、屋瓦修理人員、防火施工人員及建築拆除作業人員等。

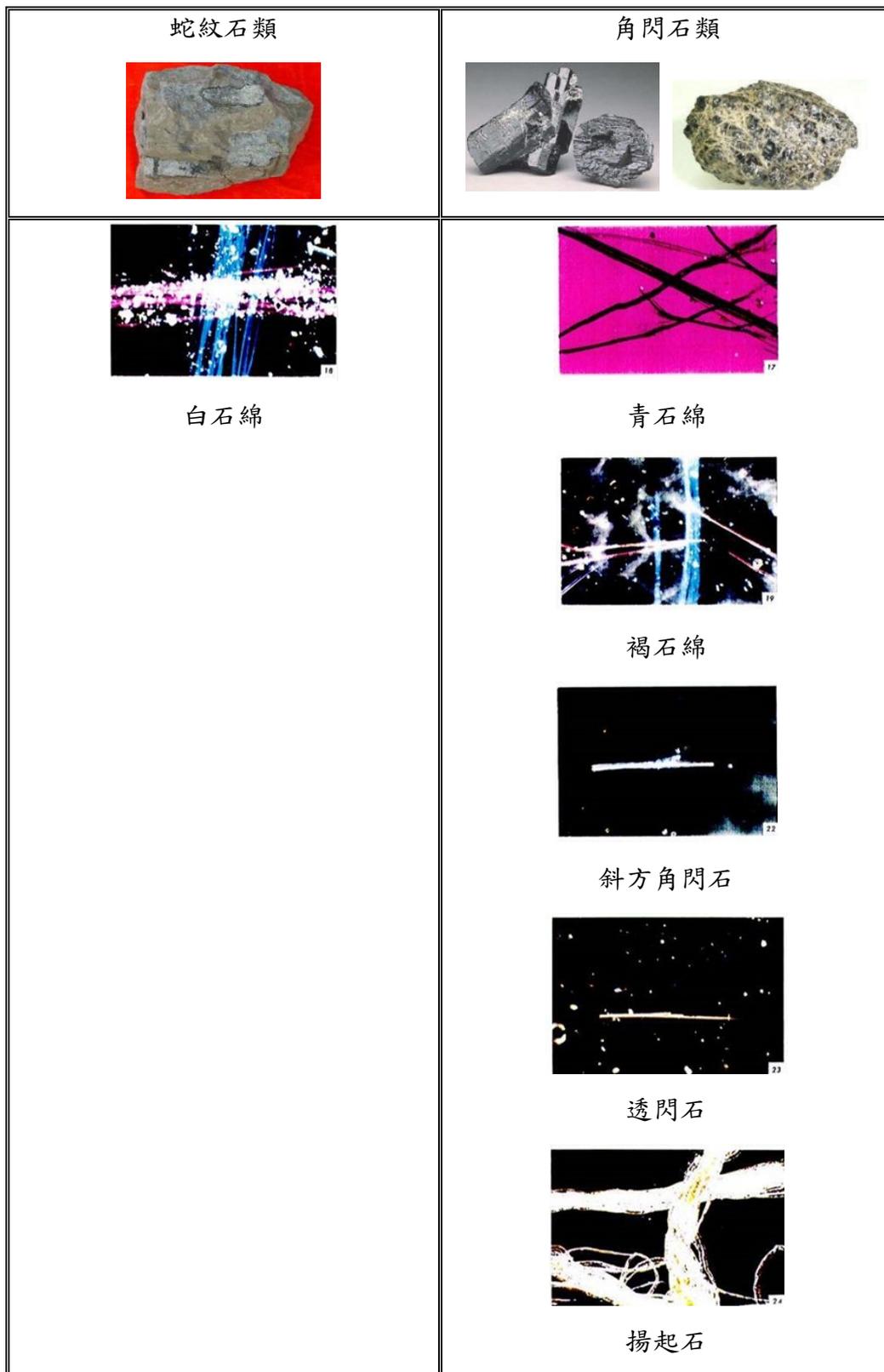


圖 2-8 顯微鏡下石綿照片

(資料來源：文獻 [16])

## 貳、各國對石綿管制

石綿纖維由呼吸道進入人體後影響的部位為肺臟及環繞肺臟周圍的黏膜，急性症狀有：對呼吸道產生刺激導致咳嗽與呼吸不順暢，皮膚與眼睛接觸會造成灼傷。若是長期暴露在高濃度的石綿纖維中，將導致肺部周遭及肺葉中產生癥痕樣組織，這種情況稱為“石綿沉著症”，患者會有呼吸困難久咳現象，嚴重患者會導致殘疾或死亡〔17〕。國際癌症研究中心（International Agency for Research on Cancer, IARC）將石綿列為 Group 1，即人體確定致癌物。世界衛組織（WHO）的研究也得到相似的結果，大於  $5\mu\text{m}$  中長度的石綿纖維比小於  $5\mu\text{m}$  短纖維更具致癌性。在相同化學組成與等量的情況下，長纖維的毒性高於短纖維，長度為  $10\sim 15\mu\text{m}$  的長纖維引起肺部及橫隔膜纖維化，造成石綿沉著症， $8\sim 10\mu\text{m}$  的短纖維則可能導致間皮瘤〔18〕。

國際間對於石綿的管制措施，在 1970 年代起就已經陸續展開（表 2-7），依其管制方式的進展，主要分為三個階段進行：

第一階段：禁止所有褐石綿與青石綿用途，但未限制白石綿的使用。

第二階段：對白石綿的用途加以限制。

第三階段：禁止所有石綿的新用途，僅排除部分尚未有合適替代品的用途。

表 2-7 國際石綿的管制一覽表

第一階段	第二階段	第三階段
禁止所有褐石綿與青石綿用途，但未限制白石綿的使用	對白石綿的用途加以限制	禁止所有石綿的新用途，僅排除部分尚未有合適替代品的用途
英國(1985) 匈牙利(1988) 克羅埃西亞(1993) 日本(1995) 阿根廷(2000) 澳洲 盧森堡 西班牙	丹麥(1986) 阿根廷(2001) 澳洲(2003)	冰島(1983) 挪威(1984) 瑞典(1986) 瑞士(1989) 薩爾瓦多(1980' s) 奧地利(1990) 荷蘭(1991) 義大利(1992, 1994 全面禁止) 芬蘭(1993) 德國(1993, 2011 全面禁止) 法國(1996) 波蘭(1997) 比利時(1998) 立陶宛(1998, 2004 全面禁止) 沙烏地阿拉伯(1998) 英國(1999) 愛爾蘭(2000) 拉脫維亞(2001) 巴西 - 主要都市(2001) 智利(2001) 阿根廷(2003) 澳洲(2003) 巴西 - 全國(2005) 日本(2004, 2008 全面禁止) 美國(2005) 歐盟(2005)

(資料來源：南非全國經濟發展與勞工委員會研究報告「The Socio-Economic Impact of the

Phasing Out of Asbestos in South Africa」, 2001 年)

### 參、我國對石綿管制歷史沿革

國內常見建築材料含有石綿之產品計有石綿水泥瓦、石綿水泥板、石綿地磚、石綿矽酸鈣板、石綿珍珠岩板(石膏板、氧化鎂板較少見)、防火被覆材、保溫綿、屋頂覆蓋毯等,存在設施則以天花板、輕隔間牆、吸(隔)音板、防火門、內外牆面、水泥管煙囪等均有可能加入石綿材料。

為避免石綿對國人產生危害,環保署於 1989 年 5 月正式公告石綿為毒性化學物質,並於 1991 年、1996 年、1997 年、1998 年及 2005 年五次修正石綿相關規定(表 2-8),且標準檢驗局為避免消費者誤用含石綿建材,影響消費者之健康及權益,標檢局要求廠商應於每片產品清楚標示是否含石綿。環保署毒管法已列管石綿,並明訂出全面禁用石綿期程,至 2018 年 7 月 1 日將達到全面禁用目標〔13〕。

表 2-8 我國石綿的管制一覽表

1	年份	公告	內容
2	1989	含石綿成份	含石綿成分 15%w/w 以上之物質為毒性化學物質,禁止使用於新換裝之自來水管。
3	1991	禁用於飲用水管線	禁止石綿使用於新換裝之飲用水管及其配件,已使用中 之水管及水管配件,得繼續使用至報廢為止。
3	1996	9 項許可目的用途	1. 研究、試驗、教育。 2. 合成樹脂(增黏劑)石綿防水膠、填充縫膠之製造。 3. 石綿瓦、板、管、石綿水泥之製造。 4. 防火、隔熱、保溫材料之製造。 5. 石綿帶、布、繩索、墊片之製造。 6. 石綿過濾器、瀝青(填充料)之製造。 7. 剎車來令片之製造。 8. 建材填縫帶之製造。 9. 石綿防銹漆之製造。
4	1997	禁止製造輸入販賣使用青石綿及褐石綿	10. 管制濃度標準:纖維狀、細絲狀或絨毛狀石綿含量 達 1%(含)以上者(w/w)。 11. 禁止製造、輸入、販賣及使用青石綿(Crocidolite) 及褐石綿(Amosite)。但試驗、研究、教育用者,

			不在此限。
5	1998	修正石綿濃度管制標準及毒性分類	1. 石綿管制濃度標準：纖維狀、細絲狀或絨毛狀石綿含量達1%（含）以上者（w/w） 2. 新增許可目的用途：10. 纖維水泥板之製造
6	2005	修正限制用途管制	自2008年1月1日起石綿禁止用於石綿板、石綿管、石綿水泥、纖維水泥板之製造，並於公告日起不予新登記備查或核可該等用途。
7	2009	修正用途管制	1. 石綿自2010年1月1日起禁止用於合成樹脂（增黏劑）石綿防水膠、填充縫膠之製造；石綿瓦、板、管、石綿水泥之製造；矽酸鈣板之製造；石綿帶、布、繩索、墊片之製造；石綿過濾器、瀝青（填充料）之製造；石綿防銹漆之製造。 2. 刪除合成樹脂（增黏劑）、石綿防水膠、填充縫膠、防火、隔熱、保溫材料、石綿帶、布、繩索、墊片、石綿過濾器、瀝青（填充料）、石綿防銹漆之製造。
8	2012	修正用途管制	1. 2012年8月1日起禁止用於擠出成形水泥複合材中空板及建材填縫帶之製造；自2013年2月1日起禁止用於石綿瓦之製造；自2018年7月1日起禁止用於剎車來令片之製造。 2. 刪除得使用石綿瓦、擠出成形水泥複合材中空板、剎車來令片及建材填縫帶之製造。
9	2013	修正用途管制	自2013年2月1日起禁止用於石綿瓦之製造，但2012年2月2日修正公告前已取得石綿使用於石綿瓦製造之使用登記文件得使用至該登記文件有效期限屆期為止。

（資料來源：行政院環境保護署）

#### 第四節 石綿鑑定方法

石綿是纖維狀結晶礦物，常用的分析的儀器有X光繞射分析法、相位差顯微鏡分析法、電子顯微鏡分析法、紅外線光譜分析法及偏光顯微鏡分析法，分述如下：

##### 壹、X光繞射分析法

X光繞射儀在礦物定性及定量分析應用上最常見的方法，礦物經粉碎後直接

將粉末撲滿並利用載玻片壓實粉末於定性載盤上，利用 X 光繞射儀照射樣本產生的繞射圖譜，再藉由軟體中的資料庫，即可比對出對應晶體物質。在定量檢測上 X 光繞射儀是非破壞性的分析可以重覆分析樣本有較不會造成環境污染的優點。

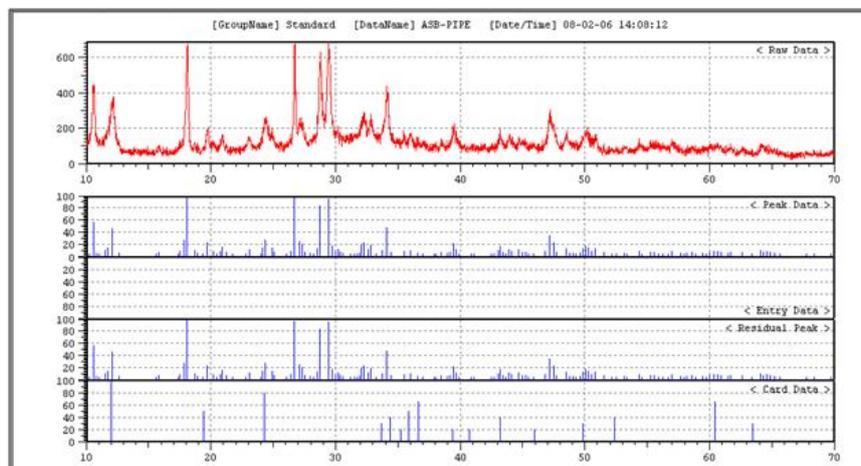


圖 2-9 白石綿繞射圖譜

(資料來源：文獻 [19])

美國 NIOSH 9000、日本 JIS A 1418 及我國 CNS 15546 都是應用 X 光繞射儀 (XRD) 作為石綿分析方法，三者進一步作比較其差異，NIOSH 9000 與 CNS 15546 所用的濾紙為銀膜濾紙，JIS A 1418 使用聚四氟乙烯濾紙表覆玻璃纖維，銀膜濾紙價錢昂貴且容易受潮及氧化，造成每批濾紙品質變異性較大，且銀膜需作繁鎖的前置處理。而 JIS A 1418 使用的聚四氟乙烯濾紙表覆玻璃纖維抗潮濕、抗靜電，價格便宜品質較為穩定。過濾方法 NIOSH 9000 以有機溶劑異丙醇處理程序繁瑣複雜，JIS A 1418 及 CNS 15546 以少量的蟻酸處理程序較為簡單快速。但在檢測建材中微量石綿時，樣品中存在的干擾物質對結晶繞射強度造成影響。因此微量定量分析時必須搭配基底標準吸收補正法，以獲得精確的分析強度。 [20][21][22][23]

基底標準吸收補正法乃是為了克服 X 光檢測儀在檢測建材中微量石綿時樣品中存在干擾物質的一種校正法，以鋅 (Zn) 當作基底標準物質，將採樣前後相對減少的強度變化差異算出補正係數後，即可算出樣本中石綿含量 [24]。

補正係數公式如下：

$$K_f = \frac{-R\theta \ln(\Delta R_1)}{1 - TR\theta} \dots\dots\dots (1)$$

式中，

$K_f$ ：補正係數

$R\theta$ ：鋅板之繞射角 ( $\sin\theta_{zn}$ ) 與定量物質之繞射角 ( $\sin\theta_{zn}$ ) 之比  
=  $\sin\theta_{zn} / \sin\theta_{zn}$

$\ln$ ：自然對數

## 貳、相位差顯微鏡分析法

相位差顯微鏡是一種光學顯微技術，原理是把透過樣品的可見光的光程差變成振幅差，從而提高了各種結構間的對比度，使各種結構變得清晰可見。光線透過樣品後發生折射，偏離了原來的光路，同時被延遲了  $1/4\lambda$  (波長)，如果再增加或減少  $1/4\lambda$ ，則光程差變為  $1/2\lambda$ ，兩束光合軸後干涉加強，振幅增大或減小，提高反差。他有兩個特殊的地方，一是環形光闌 (annular diaphragm) 位於光源與聚光器之間，作用是使透過聚光器的光線形成空心光錐，聚焦到標本上。二是相位板 (annular phaseplate) 在物鏡中加了塗有氟化鎂的相位板，可將直射光的相位推遲  $1/4\lambda$  [25][26]。

相位差在高倍數的相位差物鏡下，可以加大反差並增加解相力，對樣品各部位的曲折率和厚度的不一，使透光產生明暗的相位差，如此會使無色透明物體的樣品也可清楚被觀察出來的檢測方法 [27]。

## 參、電子顯微鏡分析法

電子顯微鏡依成像的過程和構造的複雜性，主要有穿透式電子顯微鏡 (Transmission Electron Microscopy：TEM) 和掃描式電子顯微鏡 (scanning electron microscopy：SEM)。穿透式顯微鏡以電子槍發射之電子束為光源，由於該波長極短，可以直接穿透  $0.2\mu m$  的樣品。掃描式電子顯微鏡利用電磁透鏡聚焦高能的電子束而在試片掃描樣品依其所激發出的二次電子與背向散射電子的接收對試片表面進行分析，可獲得試片表面的化學成分，晶體缺陷等信息，是對固體物質表面進行綜合分析的儀器 [25][28]。

此法優點是具有高靈敏度適合微量分析；但分析速度慢、前處理耗時、相近化合物會有干擾現象及分析儀器昂貴是其缺點。

### 參、偏光顯微鏡分析法

偏光顯微鏡其原理是其供應器所產生的光源具有多面振動方向，而起偏鏡或分析鏡如同單一方向之柵欄，當光線通過此柵欄時，只有與其同方向之光線可通過，其餘振動方向之光線都會被擋住，此種單一振動方向之光線稱為偏光，利用此一特性觀察石綿纖維的形態顏色及折射率指數。

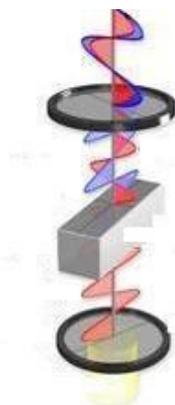


圖 2-10 偏光顯微鏡光路構造

其偏光顯微鏡具有二個偏極濾片被用來觀察樣品特殊光學特性，使用平面偏極光可以測得沿著特殊結晶軸之折射率指數，同時亦可觀察到樣品的形態及顏色。使用正交照明將延遲板置於偏極光路徑可測得延長性符號。若將二個濾片定位，在振動平面互相垂直（正交偏極）下，可以觀察副異向性顆粒之雙折射及消光性〔29〕。

定量分析是以每個玻片視野內 10×10 網格標線石綿纖維之交點估算石綿含量，無法精準量測含量。

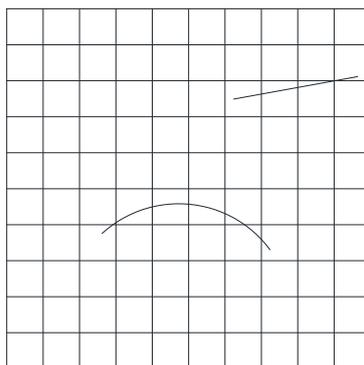


圖 2-11 點計數法

此種檢測方法優點為可以完全分析石綿種類且分析速度快、省時、省力且靈敏度高，缺點是無法偵測小於  $0.3\mu\text{m}$  纖維、加熱或酸處理後可能改變石綿纖維折射率指數及顏色變化、樣品分佈不均勻時，無法得到代表性樣品，須做重覆分析。ASTM P236 及 CNS 13970 使用此法檢測石綿 [30]。

表 2-9 石綿鑑定方法比較

鑑定方法	優點	缺點
紅外線光譜分析法	適合例行性高含量分析	1. 無法區別角閃石礦群石綿 2. 基質干擾嚴重 3. 靈敏度不高
X 光繞射分析法	1. 具有光譜圖 2. 適合輔助鑑定	1. 無法區別纖維與非纖維 2. 無法區別角閃石礦群石綿 3. 基質干擾嚴重
穿透式電子顯微鏡 掃描式電子顯微鏡	1. 可以偵測小於 $0.3\mu\text{m}$ 纖維 2. 高靈敏度 3. 適合微量分析	1. 分析速度慢慢 2. 前處理耗時 3. 相近化合物會有干擾現象 4. 儀器昂貴
偏光顯微鏡法	1. 一般性儀器 2. 可以完全分析石綿種類 3. 分析速度快 4. 靈敏度高 5. 可靠性高	1. 無法偵測小於 $0.3\mu\text{m}$ 纖維 2. 偵測極限 1%

## 第三章 建築材料石綿含量試驗

### 第一節 實驗規劃

國內對建築材料中石綿含有率的檢測方法有 CNS 13970 「鋼骨構造用噴附式火被覆材料石棉含量試驗法」及 CNS 15546 「建築材料中料石綿含量試驗法」2 個標準。本次選定 3 件市售之防火被覆材料及 2 件舊有建築物之石綿瓦同時進行 CNS 13970 及 CNS 15546 試驗並對其鑑定結果分析比較。

CNS 13970 「鋼骨構造用噴附式火被覆材料石棉含量試驗法」對石綿纖維的定義為長度與直徑比大於 3:1，且具有石綿之光學性者；鑑定樣品中是否含有石綿，首先是以低倍率立體顯微鏡檢查樣品中纖維分佈狀況，然後利用偏光顯微鏡鑑定可疑之纖維，從其纖維的消光性、延長性符號及中央光阻色散染色等光學特性可做石綿種類的測定，其測定範圍為 1~100 %。

CNS 15546 「建築材料中料石綿含量試驗法」是以 X 光繞射及顯微鏡定性分析方法，進行交互比對確認是否含有石綿，須兩種方法檢測皆符合無檢出石綿的情況才可判定為“無含有石綿”，若僅有一種判定無石綿，則需再次分析，若檢測結果有石綿，則判定為“含有石綿”。再以 X 光繞射分析方法進行石綿定量分析，計算石綿的含量，其極限值可達 0.1 %。

### 第二節 試體規劃與實驗設備

#### 壹、試體

有鑑於我國石綿進口量最高的年代是在 1980 年中後期，石綿瓦、石綿浪板、夾板、天花板、水管制品也成為四處石見建材。這些房舍老舊破損拆除或改建的過程中，石綿可能逸散至周遭環境，產生環境污染，造成更多人置於石綿健康危害的風險之下。因此本次共選用了 5 件試體，其中環境樣本石綿瓦片 2 件為舊有建築物拆除之材料，3 件試體為現有市售不同廠牌之防火被覆材料進行石綿含有率試驗。

1. 試體 A (石綿瓦)：台南東區舊有建築物拆除之建材。

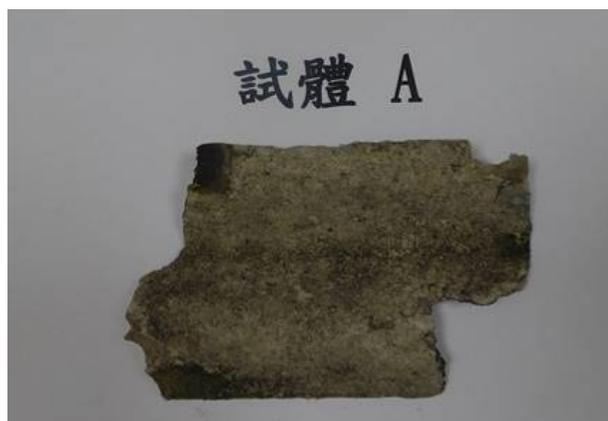


圖 3-1 試體 A (石綿瓦)

2. 試體 B (石綿瓦)：屏東長治舊有建築物拆除之建材。



圖 3-2 試體 B (石綿瓦)

3. 試體 C (防火被覆材)：市售某廠牌 F1-火壩防火被覆材料。

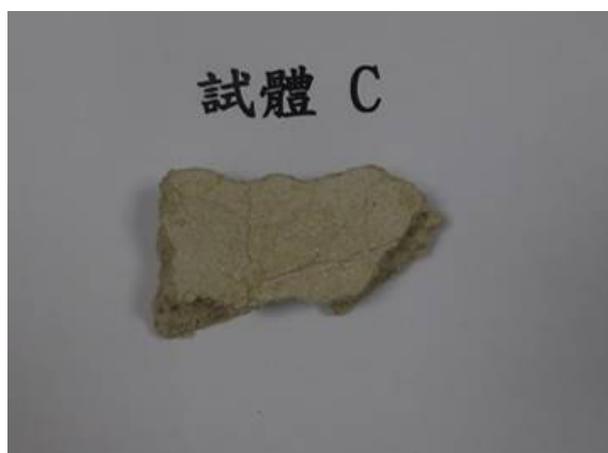


圖 3-3 試體 B (噴附式防火被覆材)

4. 試體 D (防火被覆材): 市售某廠牌火壩 F-1 (建築用) 防火被覆材料。

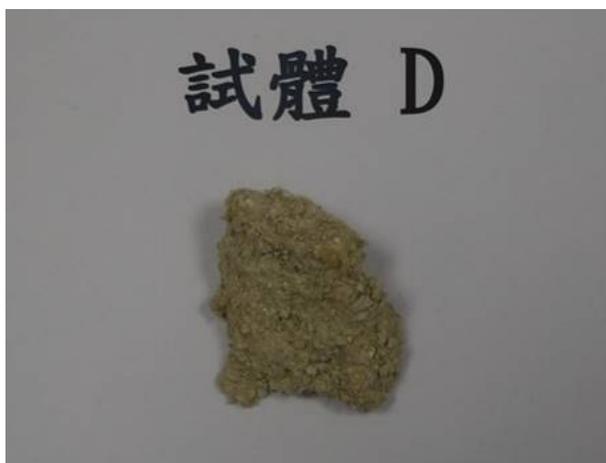


圖 3-4 試體 D (噴附式防火被覆材)

5. 試體 E (防火被覆材): 市售某廠牌防火被覆材料。



圖 3-5 試體 E (噴附式防火被覆材)

## 貳、設備

### 1. 立體顯微鏡

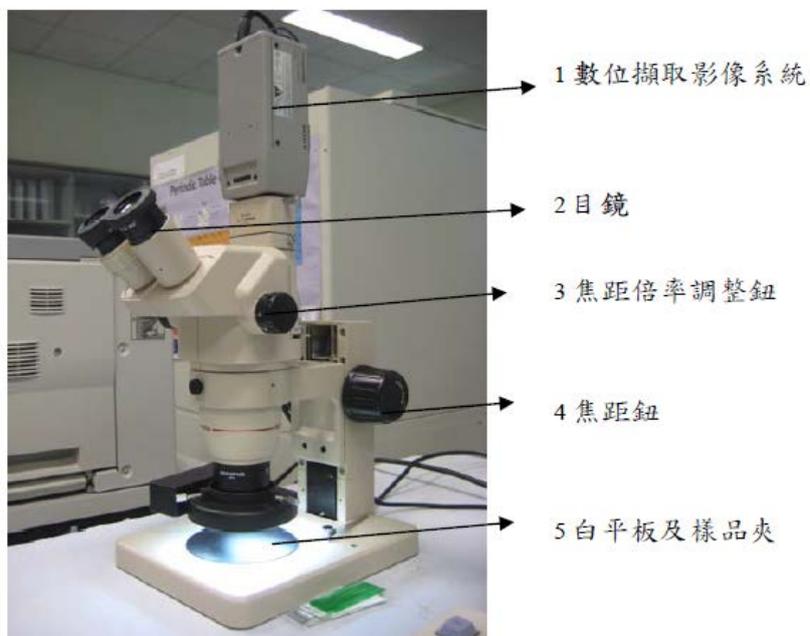


圖 3-6 立體顯微鏡

### 2. 偏光顯微鏡

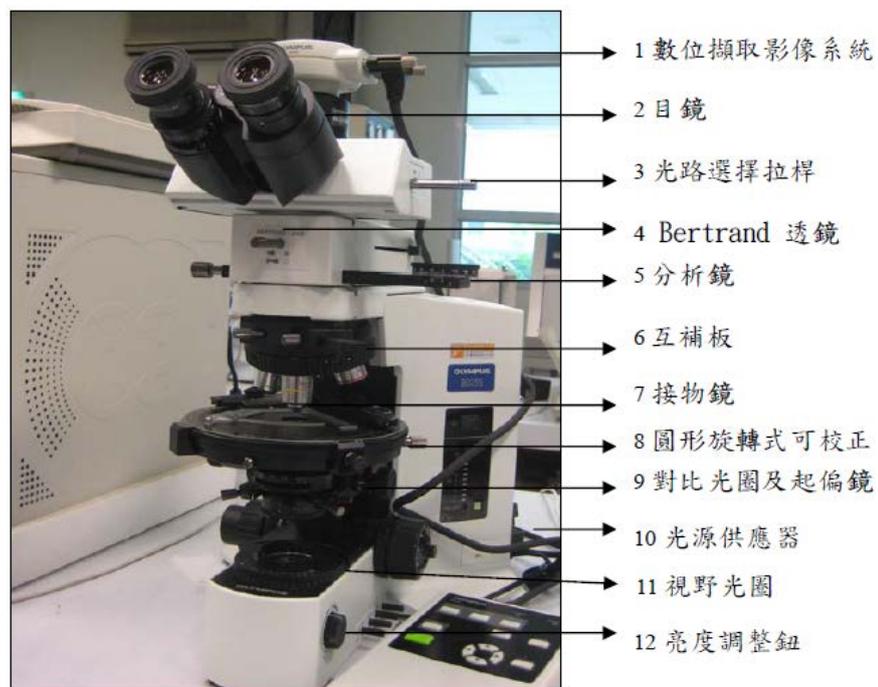


圖 3-7 偏光顯微鏡

### 3. X 光繞射分析儀



圖 3-8 X 光繞射分析儀

### 第三節 實驗步驟

#### 壹、CNS 13970 試驗法鋼骨構造用噴附式火被覆材料石棉含量試驗法

本試驗方法是以低倍率立體顯微鏡檢查試體中纖維分佈的狀況，然後再以偏光顯微鏡鑑定可疑之纖維，從其纖維的形態、顏色、延長性符號及中央光阻色染色等光學特性做石棉種類鑑定。且對石棉纖維之定義為長度與直徑之比大於 3：1。

實驗步驟：(如圖 3-9)

1. 裱敷 1.550 高色散折射率指數液於玻片試體，以低倍率立體顯微鏡作初步觀察玻片上是否含有纖維。
2. 若試體含有纖維則以偏光顯微鏡顯微鏡掃描觀察玻片纖維，若纖維全為等向性物質（這些纖維並非石棉纖維），則鑑定未檢出石棉纖維。
3. 如出現異向性物質，旋轉載物台觀察消光性角度、延長性符號及其折射率指數鑑定為哪類石棉。(如表 3-1 及表 3-2)。

表 3-1 石綿纖維之形態色及折射率指數

礦物	形態及顏色	折射率指數		
		平行於 延長性	垂 直 於 延 長性	雙折射
白石綿	波浪狀纖維，纖維成束端分叉及糾結，加熱後無色到淡褐色，非多方向性，外觀比例通常>10:1	1:55	1:54	0.002 -0.014
鎂閃石 褐石綿	平直成束纖維，尾端呈現帚狀散裂或分散，加熱後無色到褐色，可能具有微弱之多色性，外觀比例通常>10:1	1:70	1:67	0.02 -0.03
青石綿	平直成束纖維，纖維長而且呈現彎曲，束狀尾端裂具有藍色之特性，多色性外觀比通常>10:1	1:70	1:71	0.014 -0.016 干援顏色可利用藍色隱蔽
斜方角 閃石	平直成束纖維，裂片通常呈無色到淡褐色，微弱多色性到無多色性，外觀比例通常>10:1	1:70	1:67	0.02 -0.03
透閃石 陽起石	平直而且彎曲纖維，通常呈現裂片狀，大纖維束顯示尾端散裂，透閃石為無色，陽起石為輕微綠色到中度綠色，外觀比例通常>10:1	1:55	1:54	0.02 -0.03

表 3-2 石綿纖維之消光性、延長性符號及中央光阻色散染色

礦物	消光性	延長性 符號	中央光阻色散染色		
			高色散折 射率指數液	垂直	平行
白石綿	平行於長纖維	+	1.550	藍色	藍色 0 洋紅
鎂閃石 褐石綿	平行於長纖維	+	1.670	紅洋紅色 到藍色	黃色
青石綿	平行於長纖維	-	1.700	紅洋 紅色	藍色 -洋紅
斜方角 閃石	平行於長纖維	+	1.605 1.620	藍色 金黃色	金黃到金 -洋紅 藍-綠色
透閃石 陽起石	裂片於 10-20° 傾斜，有些纖 維組成顯示平 行消光性	+	1.605	淡藍 (透閃石) 黃色 (陽起石)	黃色 (透閃石) 淡黃色 (陽起石)

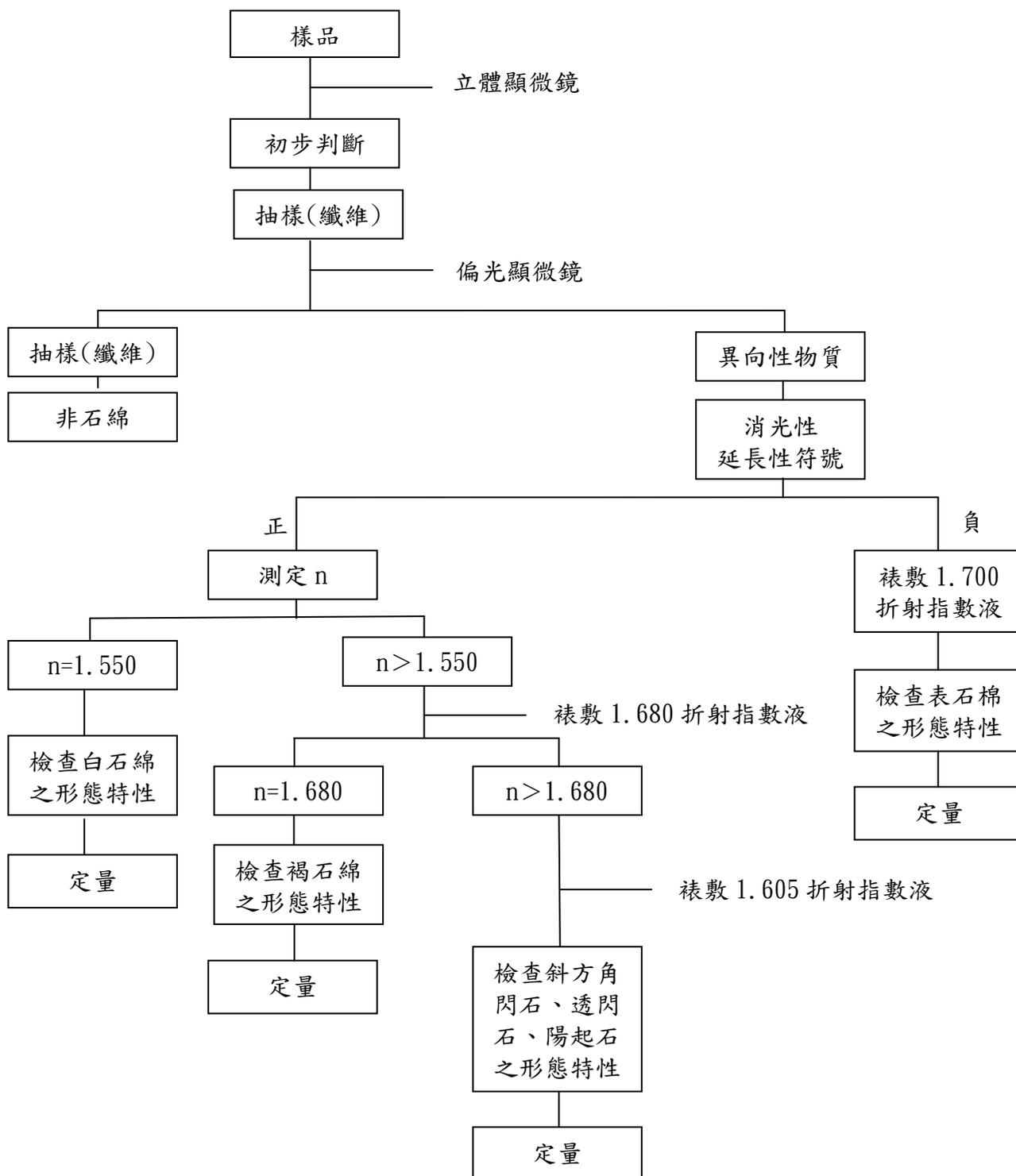


圖 3-9 石綿試驗流程圖

## 貳、CNS 15546 建築材料中料石綿含量試驗法

本試驗量測方法係以 X 光繞射儀及顯微鏡鑑定作定性分析，確認試體是否含有石綿後，針對判斷為“含有石綿”之試樣（噴塗蛭石除外），再以 X 光繞射分析進行石綿定量分析之方法。

### 1. 試驗程序：

- (1) 建材具代表性之試樣投入粉碎器經粉碎處理後，製成一次分析試樣，於一次分析試樣中認定是否含有石綿。
- (2) 定性分析 X 光繞射分析方法，係將 X 光照射在石綿之際，因應不同石綿種類，有特有之繞射角度，據此，鑑別出試驗中是否含有石綿。
- (3) 再將試樣放置玻璃片上加數滴折射液，以顯微鏡掃描觀察試體的形狀及試樣折射率之色澤變化，鑑別是否含有石綿。
- (4) 經 X 光繞射及顯微鏡檢測進行交互比對後，需兩者檢測皆符合無檢出石綿之情況才可判定為“含有石綿”，若僅有一種判定無石綿，則須再次分析，若檢測結果有石綿，則判定為含有石綿，將一次分析試樣依規定甲酸處理後製作二次分析試樣（如圖 3-10）。
- (5) 甲酸處理後的殘渣率在 0.15 時，將二次分析試樣中之石綿含量依基底準吸收補正法之 X 光繞射方法計算，算出石綿含量。
- (6) 殘渣率超過 0.15 時，製作三次分析試驗，依基底準吸收補正法之 X 光繞射方法計算，算出石綿含量。（如圖 3-11）

### 2. 石綿含量之計算：分析試樣中石綿含量之計算規定如下

- (1) 從二次分析試驗計算石綿含量，依公式 (1) 算出。

$$C_i = \frac{A_s}{M_1} \times r \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$C = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{M_1} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$C_i$ ：一個分析樣之石綿含量 (%)

$A_s$ ：從檢量線得知二次分析試樣之石綿質量 (mg)

$M_1$ ：一次分析試樣之稱重值 (mg)

$r$ ：減量率。惟未減量時  $r=1$ 。

(2) 從三次分析試驗計算石綿含量，依公式 (2) 算出。

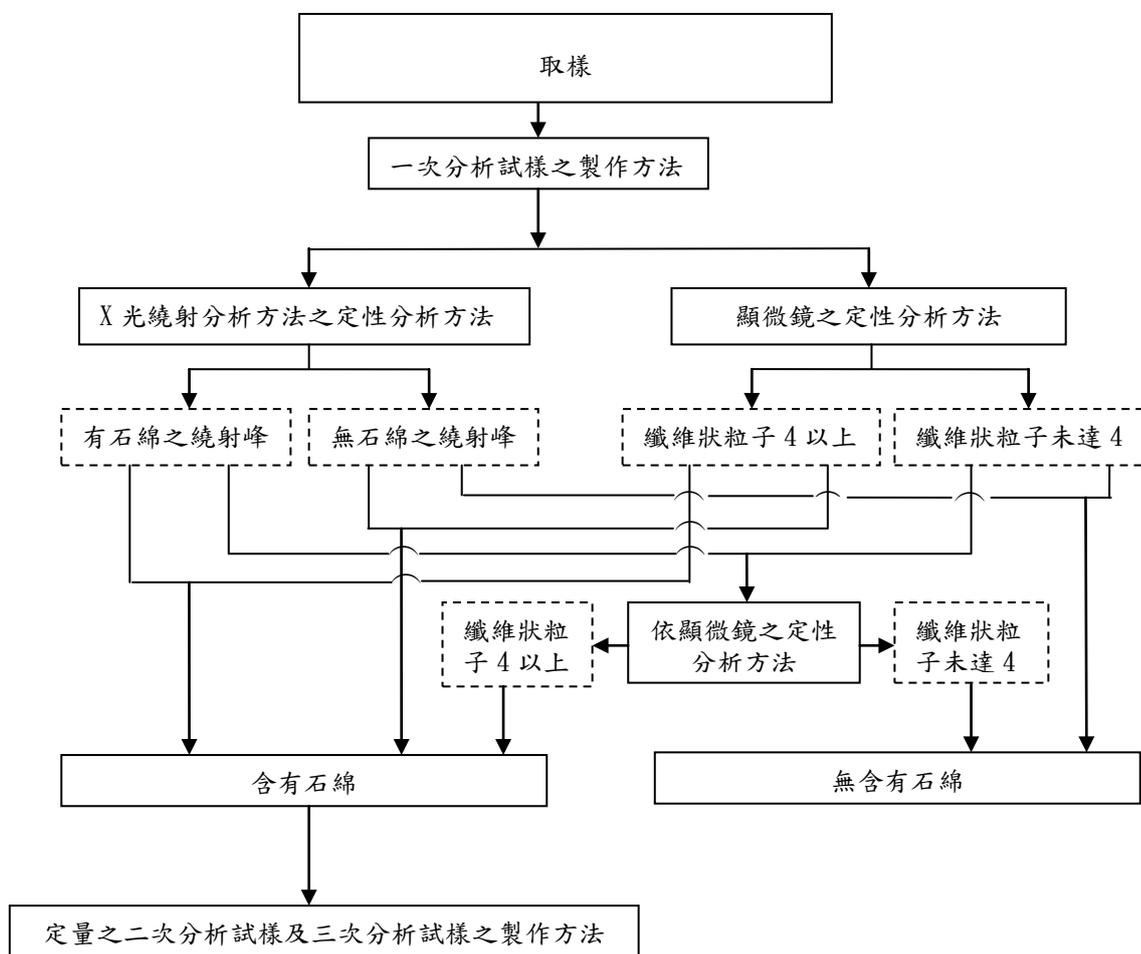
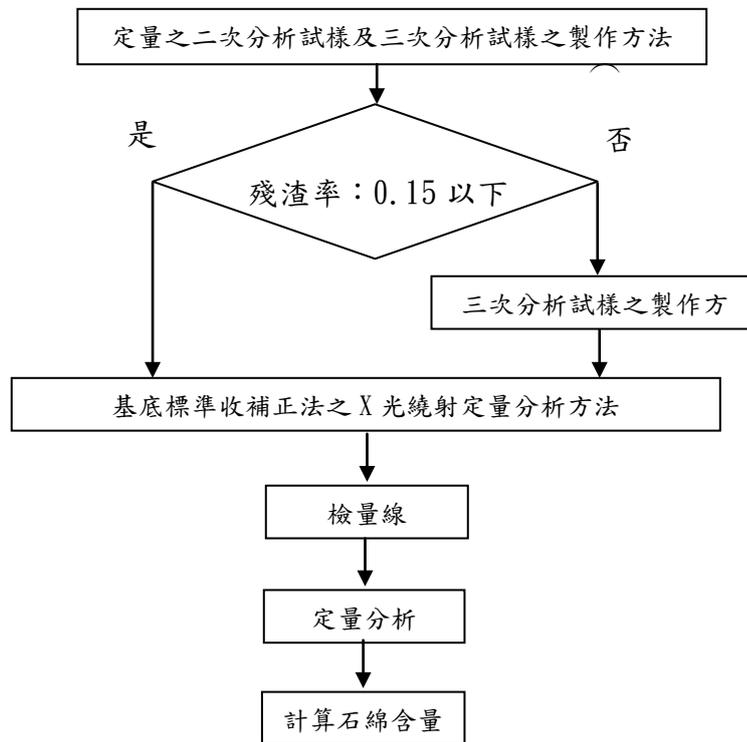


圖 3-10 建材製品中石綿含量之量測方法定性分析流程圖



**圖 3-11 建材製品中石綿含量之量測方法定量分析流程圖**

#### 第四節 實驗結果與分析

本次選用的 5 件建材分別以 CNS 13970 與 CNS 15546 所規定之偏光顯微和 X 光繞射儀進行石綿含有率定性分析。以偏光顯微鏡鑑定結果為：試體 A（石綿瓦）其延長性符號（表 3-3）為正且中央光阻色散梁色（ $n_{oil}=1.55$ ）：藍色（垂直纖維方向）（圖 3-16）、洋紅（平行纖維方向）（圖 3-17），屬白石綿形態。試體 B（石綿瓦）其延長性符號為正（表 3-3）且中央光阻色散梁色（ $n_{oil}=1.55$ ）：藍色（垂直纖維方向）（圖 3-18）、洋紅藍色（平行纖維方向）（圖 3-19），屬白石綿形態。這二件試體以 X 光繞射定性分析結果，亦都出現石綿繞射波峰（圖 3-26 及圖 3-27）。試體 A 及試體 B 都為早期的石綿瓦建材，因此皆以含有白石綿為主。試體 C、試體 D 及試體 E，依顯微鏡分析未含有纖維（圖 3-20～圖 3-25），且 X 光繞射分析也未有石綿繞射峰產生（圖 3-28、圖 3-29 及圖 3-30），因此判定為無含有石綿成份，此三件試體為現在市面上常用使用之鋼構被覆材料。

試體 A 及試體 B 依偏光顯微鏡及 X 光繞射分析鑑定顯含有白石綿後，進一步

再依 CNS 15546 規定之 X 光繞射儀作定量分析。先製作二次分析試樣、三次分析試樣並以 X 光繞射裝置依其繞射強度搭配檢量計算出石綿含量試體 A 及試體 B 的白石綿含量，其石綿濃度分別為 6.41 % 及 8.41 % (表 3-4 及表 3-4 )。

表 3-3 偏光顯微鏡觀察之石綿纖維光學特性

光學特性 試體	纖維結晶	纖維型態	顏色	多色性	消光角	延長性符號	N=1.550	
							垂直	平行
試體 A	單斜結晶系	波浪狀纖維，尾端分叉及糾結	無色	無	0°	正	藍色	洋紅
試體 B	單斜結晶系	波浪狀纖維，尾端分叉及糾結	無色	無	0°	正	藍色	藍色
試體 C	未含有石綿纖維							
試體 D	未含有石綿纖維							
試體 E	未含有石綿纖維							

依試驗結果顯示，以 CNS 13970 (使用立體及偏光顯微鏡)與 CNS 15546 (使用立體、偏光顯微鏡及 X 光繞射儀)檢測方法比對結果，對於含有何種石綿種類的鑑定判定有一致性。但 CNS 13970 以偏光顯微鏡可以鑑別石綿的種類，但無法精準量測含量，以 CNS 15546 以相差/偏光顯微鏡與使用 X 光繞射分析儀搭配，既可以定性又可以定量，方法的可信度提升。

雖然我國於 1989 年就將石棉歸類為毒性化學物質，2000 年開始限制石棉使用，本次對於市售被覆材料試驗結果也都未有發現含有石綿成份，但因石綿材料有嚴重危害人體健康之虞，有更嚴格管控的必要。且老舊房子大量使用石綿作為建築材料，其拆解過程中，皆無規範預防，對於國人仍有受到暴露於不綿纖維危害之虞。希望可藉由本研究方法，可提供一個精準、快速、省時、低成本之檢測方式，石綿之危害物能明確鑑定，亦能降低潛在危害，並提升維護國人居家與勞工作業環境之安全。

表 3-4 試體 A (石綿瓦) :石綿含量試驗結果

石綿種類 \ 測試項目	單位	測試方法	結果	測試方法	結果
溫石綿 (白石綿)	%	CNS 13970/ 立體顯微與 偏光顯微鏡	檢出	CNS 15546/ 立體顯微 鏡、偏光顯 微鏡、重量 法與 X 光繞 射光譜	6.41
鐵石綿 (褐石綿)	%		未檢出		未檢出
青石綿	%		未檢出		未檢出
斜方角閃石	%		未檢出		未檢出
透閃石綿	%		未檢出		未檢出
陽起石綿	%		未檢出		未檢出

(資料來源：本研究自行整理)

表 3-5 試體 B (石綿瓦) :石綿含量試驗結果

石綿種類 \ 測試項目	單位	測試方法	結果	測試方法	結果
溫石綿 (白石綿)	%	CNS 13970/ 立體顯微與 偏光顯微鏡	檢出	CNS 15546/ 立體顯微 鏡、偏光顯 微鏡、重量 法與 X 光繞 射光譜	8.01
鐵石綿 (褐石綿)	%		未檢出		未檢出
青石綿	%		未檢出		未檢出
斜方角閃石	%		未檢出		未檢出
透閃石綿	%		未檢出		未檢出
陽起石綿	%		未檢出		未檢出

(資料來源：本研究自行整理)

表 3-6 試體 C (噴附式防火被覆材)：石綿含量試驗結果

測試項目	單位	測試方法	結果	測試方法	結果
石綿種類					
溫石綿 (白石綿)	%	CNS 13970/ 立體顯微與 偏光顯微鏡	未檢出	CNS 15546/ 立體顯微 鏡、偏光顯 微鏡、重量 法與 X 光繞 射光譜	未檢出
鐵石綿 (褐石綿)	%		未檢出		未檢出
青石綿	%		未檢出		未檢出
斜方角閃石	%		未檢出		未檢出
透閃石綿	%		未檢出		未檢出
陽起石綿	%		未檢出		未檢出

(資料來源：本研究自行整理)

表 3-7 試體 D (噴附式防火被覆材)：石綿含量試驗結果

測試項目	單位	測試方法	結果	測試方法	結果
石綿種類					
溫石綿 (白石綿)	%	CNS 13970/ 立體顯微與 偏光顯微鏡	未檢出	CNS 15546/ 立體顯微 鏡、偏光顯 微鏡、重量 法與 X 光繞 射光譜	未檢出
鐵石綿 (褐石綿)	%		未檢出		未檢出
青石綿	%		未檢出		未檢出
斜方角閃石	%		未檢出		未檢出
透閃石綿	%		未檢出		未檢出
陽起石綿	%		未檢出		未檢出

(資料來源：本研究自行整理)

表 3-8 試體 E 白石綿 含量試驗結果

測試項目	單位	測試方法	結果	測試方法	結果
石綿種類					
溫石綿 (白石綿)	%	CNS 13970/ 立體顯微與 偏光顯微鏡	未檢出	CNS 15546/ 立體顯微 鏡、偏光顯 微鏡、重量 法與 X 光繞 射光譜	未檢出
鐵石綿 (褐石綿)	%		未檢出		未檢出
青石綿	%		未檢出		未檢出
斜方角閃石	%		未檢出		未檢出
透閃石綿	%		未檢出		未檢出
陽起石綿	%		未檢出		未檢出

(資料來源：本研究自行整理)



圖 3-12 取樣 (試體研磨後放置瓷器中)

(資料來源：本研究自行拍攝)



圖 3-13 試體酸處理 (以 450°C 灰化處理後進行酸處理)

(資料來源：本研究自行拍攝)



圖 3-14 載玻片

(資料來源：本研究自行拍攝)



**圖 3-15 X 光繞射儀試體盤**

(資料來源：本研究自行拍攝)

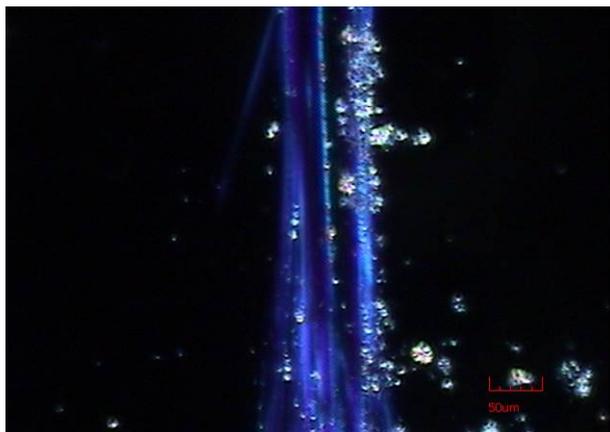


圖 3-16 試體 A (石綿瓦) 偏光顯微鏡下照片(垂直)

(資料來源：本研究自行拍攝)



圖 3-17 試體 A (石綿瓦) 偏光顯微鏡下照片(平行)

(資料來源：本研究自行拍攝)

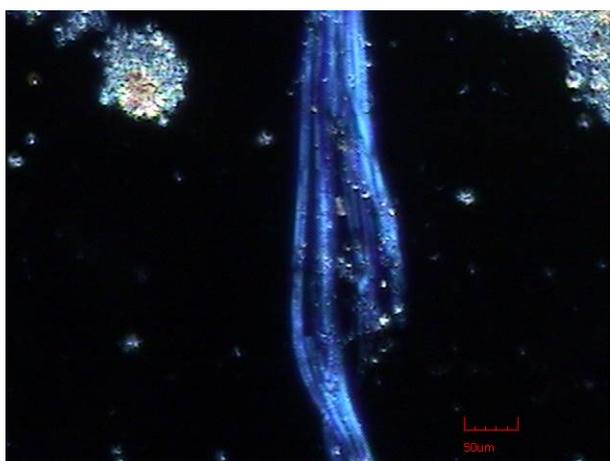


圖 3-18 試體 B (石綿瓦) 偏光顯微鏡下照片(垂直)

(資料來源：本研究自行拍攝)

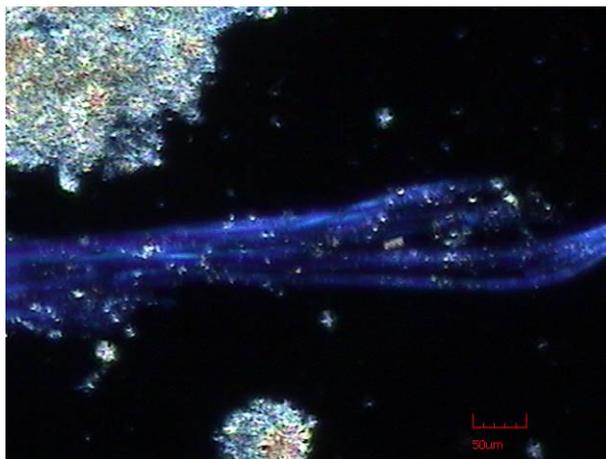


圖 3-19 試體 B (石綿瓦) 偏光顯微鏡下照片(平行)  
(資料來源：本研究自行拍攝)

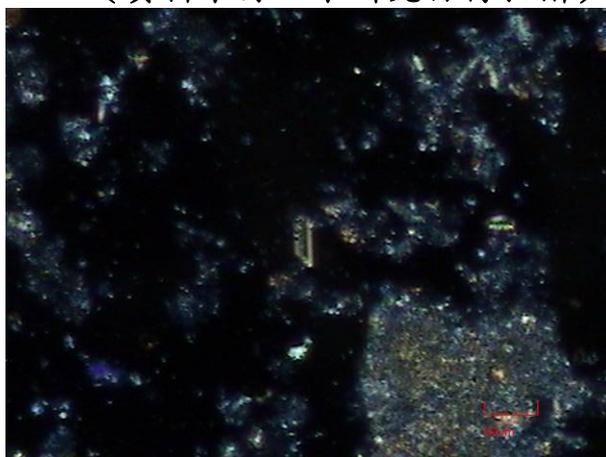


圖 3-20 試體 C (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(垂直)  
(資料來源：本研究自行拍攝)

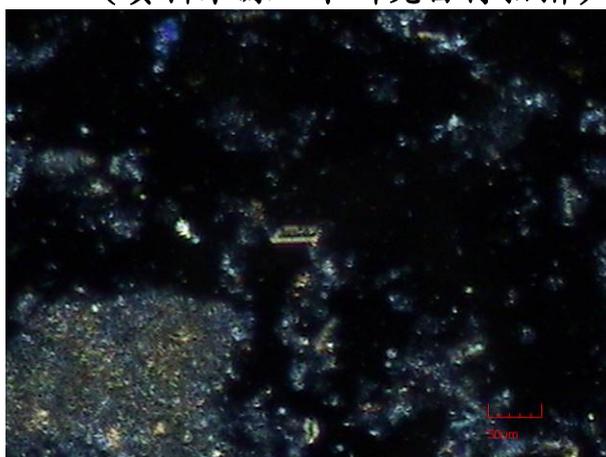


圖 3-21 試體 C (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(平行)  
(資料來源：本研究自行拍攝)

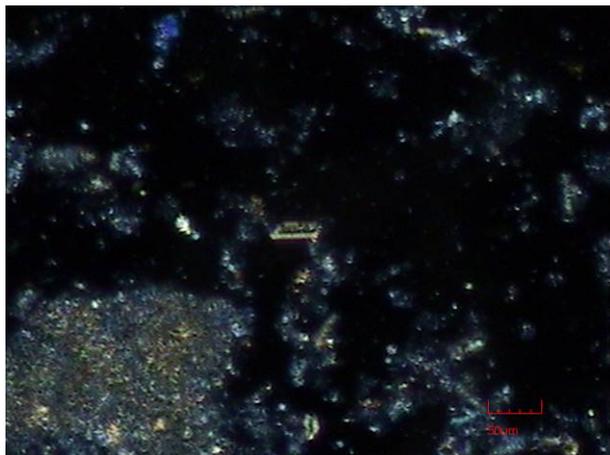


圖 3-22 試體 D (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(垂直)  
(資料來源：本研究自行拍攝)

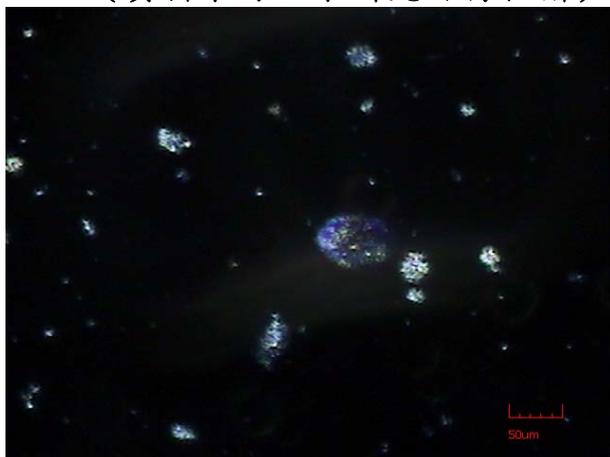


圖 3-23 試體 D (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(平行)  
(資料來源：本研究自行拍攝)

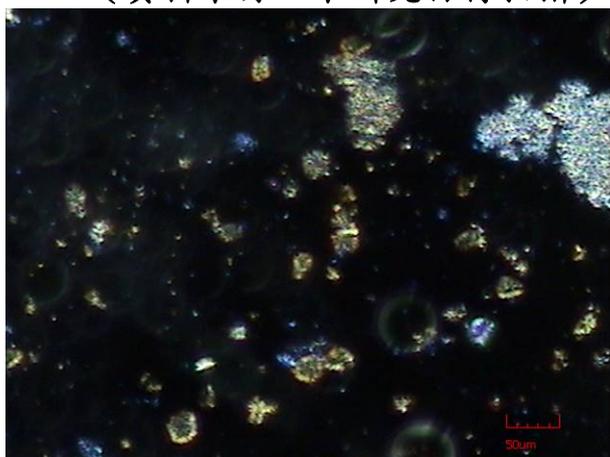


圖 3-24 試體 E (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(垂直)  
(資料來源：本研究自行拍攝)

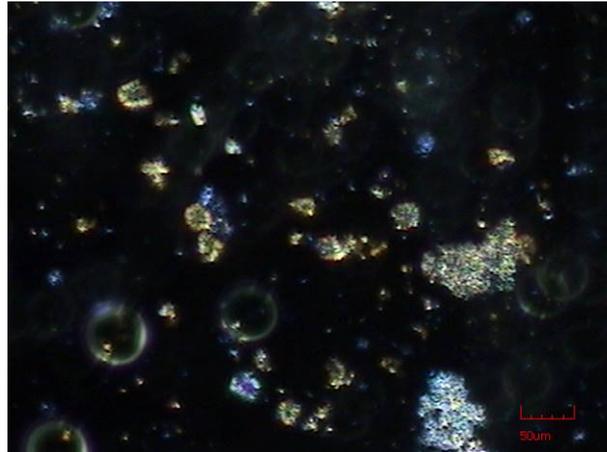


圖 3-25 試體 E (噴附式防火被覆材) 偏光顯微鏡下照片(平行)  
(資料來源：本研究自行拍攝)

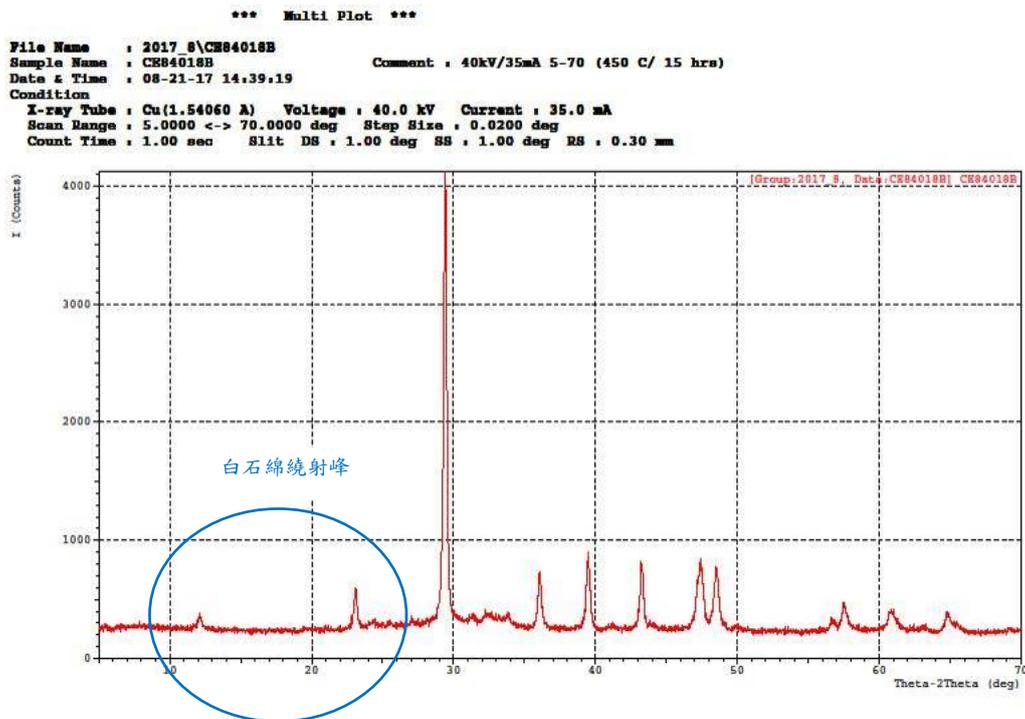


圖 3-26 試體 A (石綿瓦) X光繞射圖譜  
(資料來源：本研究自行拍攝)

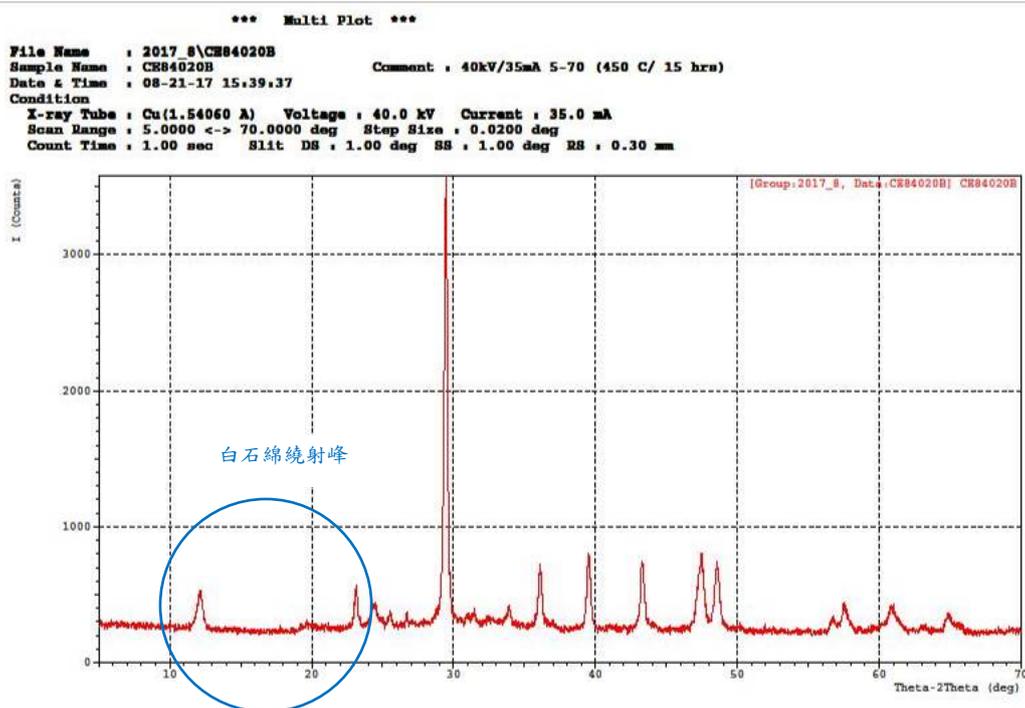


圖 3-27 試體 B (石綿瓦) X 光繞射圖譜

(資料來源：本研究自行拍攝)

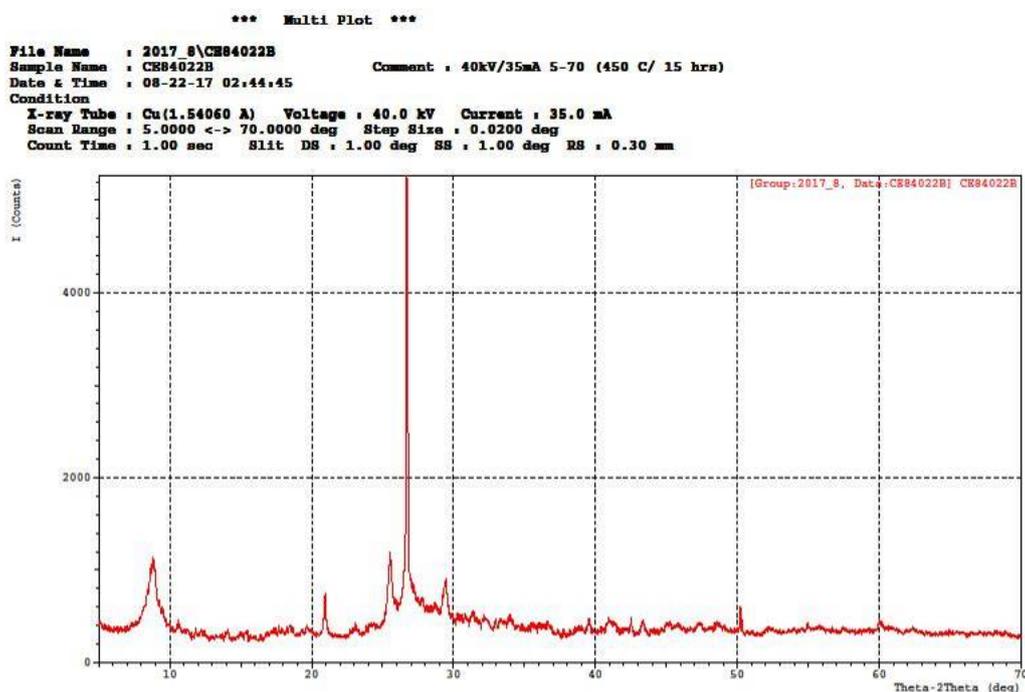


圖 3-28 試體 C (噴附式防火被覆材) X 光繞射圖譜

(資料來源：本研究自行拍攝)

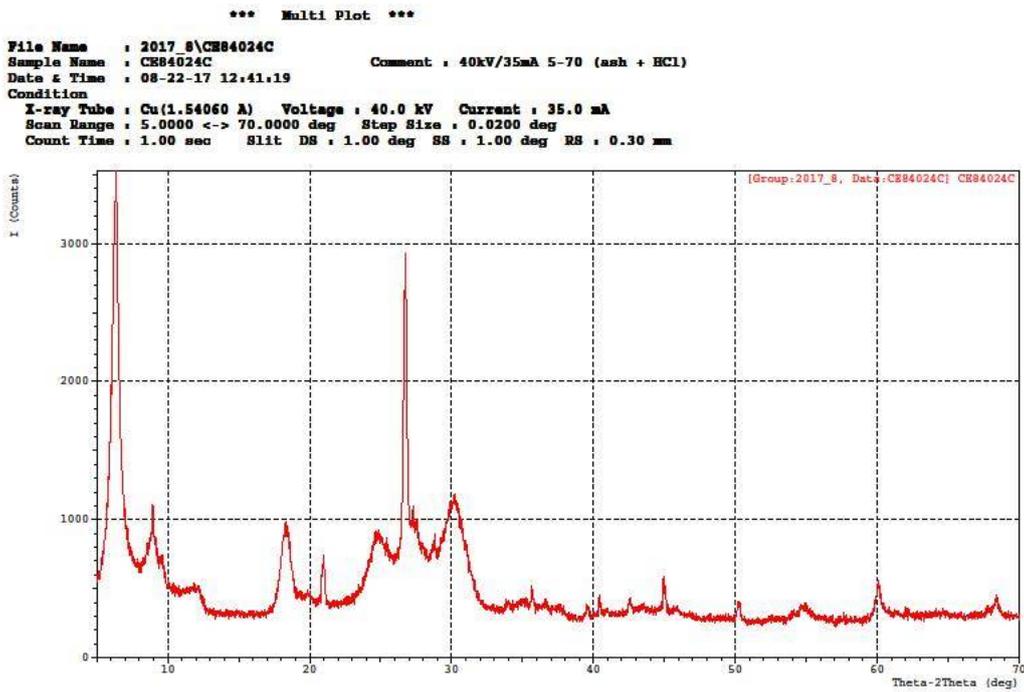


圖 3-29 試體 D (噴附式防火被覆材) X 光繞射圖譜  
 (資料來源：本研究自行拍攝)

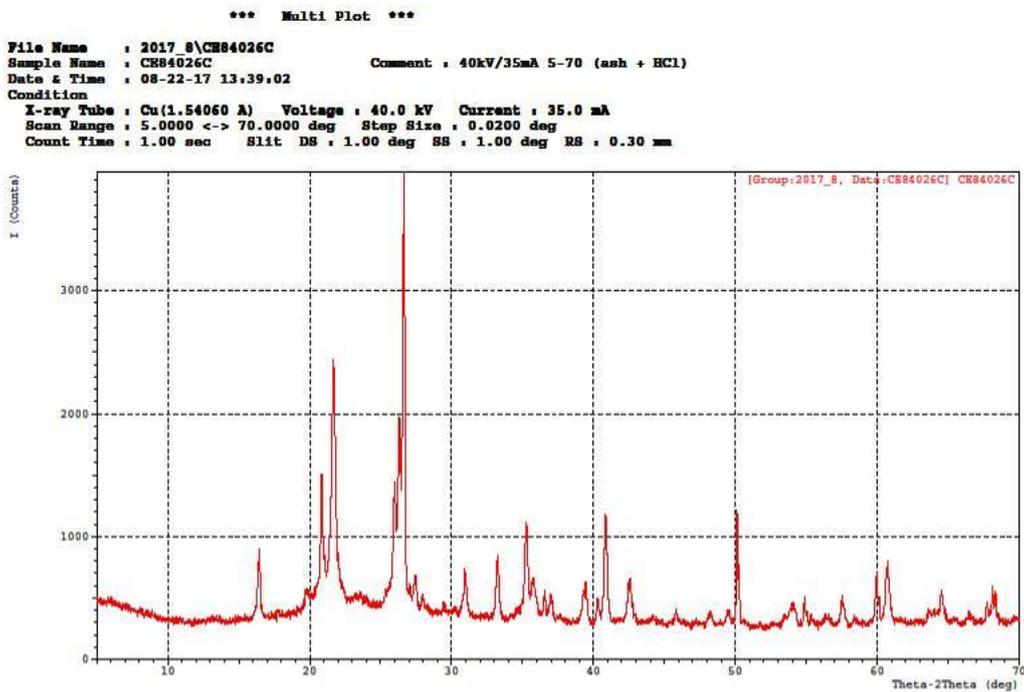


圖 3-30 試體 E (噴附式防火被覆材) X 光繞射圖譜  
 (資料來源：本研究自行拍攝)



## 第四章 鋼構件被覆材料耐火性能試驗標準之草案

國內新材料、新技術及新工法對於防覆材料申請認可案件，可接受國外指定實驗室（如 UL）出具之試驗報告進行評定，依其出具之性能證明文件所登載被覆厚度加乘 1.25 倍為核准採用之防火被覆厚度。國內尚未訂定鋼骨被覆材料耐火性能試驗及評估的方法，每次試驗結果僅對該次測試試體有效，不可依不同斷面尺寸調整被覆厚度。

本研究在訂定鋼骨結構耐火被覆材料性能驗證基準時，引入與 ISO 規格相同之內容 CNS 化，以求驗證方法與國際規格之協調。

### 第一節 鋼結構構件防火被覆材料性能之特定要求 草案

#### 1. 適用範圍

本標準規定鋼構造建築物作為梁、柱或拉力構件使用的結構鋼構件所用防火被覆系統之測試方法。本標準供與 CNS 12514-1 所規定結合使用。本標準適用於鋼材斷面(包含鋼管斷面)，且僅考量鋼構件無腹板開口之斷面。由 I 型鋼或 H 型鋼斷面分析之結果值可直接適用於相同斷面因數的角鋼、槽鋼及 T 型鋼斷面，不論是否用作為個別構件，如支柱或諸如鋼製桁架構造等預製結構系統之部分。本標準不適用於實心鋼棒、鋼條或填充混凝土之鋼管斷面。本標準規定防火被覆試驗程序，此程序規定為測定防火被覆系統充分維持妥善界定範圍的變形量、加熱爐及鋼材溫度之一貫性與適當性的能力，須施行之各項試驗，使不致顯著損及防火被覆系統之功效，並提供有關當防火被覆系統暴露於 CNS 12514-1 所規定的標準溫度/時間曲線時，其熱學特性之數據。在建築法規之特殊情況中，活性防火被覆材料依據悶燒曲線可為一項要求，其應用之試驗法與要求事項如附錄 G(鋼材斷面為歐洲與英國尺寸，台灣並無採用，是否合適，宜重新檢討)所述。

本標準適用於標準及定義中界定的被動性與活性防火被覆系統，其安裝或施作方式應能在曝火時仍維持預期之性能。

加熱試驗方法訂定數據蒐集與表示之規定，然後可直接作為 CNS 12514-11 之輸入，用以直接應用於各種形狀、尺度及耐火時效的鋼材斷面之界限。

## 2. 引用標準

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。下列引用標準適用最新版（包括補充增修）。

CNS 12514-1 建築物構造構件耐火試驗法—第 1 部：一般要求事項

CNS 12514-6 建築物構造構件耐火試驗法—第 6 部：梁特定要求

CNS 12514-7 建築物構造構件耐火試驗法—第 7 部：柱特定要求

CNS 14651 建築物防火詞彙—一般火災現象用語

CNS 14652 建築物防火詞彙—防火試驗用語

CNS 14996 建築物防火詞彙—防火安全用語

CNS 15694 材料耐燃性測試—不燃性試驗

ISO 1716 Reaction to fire tests for products – Determination of the gross heat of combustion (calorific value)

IEC 60584-1 Thermocouples – Part 1: Reference tables 用語及定義

## 3. 用語與定義

CNS 14651、CNS 14652、CNS 14996、CNS 12514-1 所規定及下列用語及定義適用於本標準。

### 3.1 特徵鋼材溫度(characteristic steel temperature)

用以測定黏著性修正因數的結構鋼構件之溫度，以(平均溫度+最高溫度)/2 計算而得。

### 3.2 設計溫度(design temperature)

供結構設計時的鋼材構件之溫度。

### 3.3 防火被覆(fire protection)

藉由防火被覆系統對鋼材構件所賦予之保護，使鋼材構件之溫度在整個曝火期間受到限制。

### 3.4 防火被覆系統(fire protection system)

防火被覆材料連同任何支撐系統，包含測試的鋼絲網。

備考：活性防火被覆材料系統包括適合的底漆與表面塗層(面漆)。

### 3.5 防火被覆厚度(fire protection thickness)

乾燥的單層防火被覆系統之厚度，或防火被覆系統所有被覆層厚度之合。

備考 1. 支撐系統構件或接合層之厚度不包含於防火被覆厚度內。

備考 2. 對活性防火被覆系統而言，此厚度為塗層乾燥薄膜之平均厚度，不

包含適合的底漆與表面塗層(面漆)。

### 3.6 H 型鋼斷面(H section)

與斷面深度比較，具有寬翼板之鋼材構件，其主要作用為承載與其縱軸相互平行的載重，此載重可由彎矩與剪力組合而成。

### 3.7 I 型鋼斷面(I section)

具有形狀有如“I”字母的短翼板之鋼材托梁或桁架，其主要作用為承載橫貫其縱軸的載重。

備考：此等載重通常造成梁構件之彎矩，此翼板可為平行狀或逐漸細尖狀。

### 3.8 被動性防火被覆材料(passive fire protection material)

加熱中不改變其實體形狀之材料，憑藉其物理性質或熱性質提供保護。

備考：被動性防火被覆材料可包括含有水或進行吸熱反應的材料，其在加熱時產生冷卻效應。此等材料可採用噴覆塗層、底塗、防火毯、防火板或防火厚板等形式。

### 3.9 活性防火被覆材料(reactive fire protection material)

特殊配方的材料，當加熱時產生化學反應使其實體形狀改變，並藉由熱絕緣

與冷卻效應提供防火保護。

### 3.10 參考斷面(reference section)

由相等加載段採取相同長度的鋼材，所得之鋼材斷面。

### 3.11 斷面因數(無防火被覆鋼材)[section factor (unprotected steel)]

每單位長度的結構鋼材構件曝火周邊面積( $A_m$ )，相對其每單位長度斷面體積( $V$ )之比例。

### 3.12 斷面因數(外形防火被覆系統)[section factor (profiled fire protection systems)]

除防火被覆材料外，每單位長度的結構鋼材構件曝火外圍面積( $A_m$ )，相對其每單位長度斷面體積( $V$ )之比例。

### 3.13 斷面因數(箱形防火被覆系統)[section factor (boxed fire protection systems)]

可在環繞鋼結構構件中測得的最小可達到的矩形或正方形箱框之內部表面積( $A_m$ )，相對其每單位長度斷面體積( $V$ )之比例。

### 3.14 鋼材構件(steel member)

承受載重且由鋼材製成的建築物構造構件。

備考：就本標準而言，測試中使用的鋼材必須為同一型式。

### 3.15 鋼材溫度(steel temperature)

用作為分析的輸入數據之整體平均溫度，依下列計算所得。

- 對於 I 與 H 型鋼斷面梁，係為上翼板平均溫度加上梁腹板平均溫度，加上下翼板平均溫度，除以 3 所得之值。
- 對於 I、H 型鋼及鋼管斷面柱，係為各量測點平均溫度總和，再除以量測點數所得之值。
- 對於鋼管斷面梁，係為各斷面側邊之平均溫度，加上底邊平均溫度，再除以 2 所得之值。

## 3.16 黏著性(stickability)

防火被覆系統充分維持妥善界定範圍的變形量、加熱爐及鋼材溫度之一貫性與適當性，使其提供防火被覆之能力不致顯著受損，所具有之能力。

## 3.17 試驗封裝 (test package)

可包含短試體或長試體之一組鋼材斷面，進行測試以呈現防火被覆系統適切的黏著力，並提供一定範圍的防火被覆厚度之熱數據、鋼材斷面因數及鋼材溫度。

## 3.18 試體(test specimen)

進行試驗的鋼材斷面加上防火被覆系統。

## 4. 符號與縮寫用語

表 4-1 符號與縮寫用語

符號	單位	說明
A	m <sup>2</sup>	面積
A <sub>m</sub>	m <sup>2</sup>	每單位長度結構鋼材構件之曝火周邊面積
A <sub>p</sub>	m <sup>2</sup>	對於外形防火被覆：防火被覆材料除外，每單位長度的結構鋼材構件曝火外圍周邊面積 對於箱形防火被覆：可在環繞鋼結構構件中測得的最小可達到的矩形或正方形箱框之內部表面積
b	m	鋼材斷面之寬度
d	mm	厚度
d <sub>av</sub>	mm	平均厚度
d <sub>p</sub>	mm	防火被覆材料之厚度
d <sub>p(max)</sub>	mm	防火被覆材料之最大厚度
d <sub>p(min)</sub>	mm	防火被覆材料之最小厚度

表 4-2 符號與縮寫用語(續)

符號	單位	說明
h	mm	鋼材斷面之深度
Kd	—	厚度之範圍因數
Ks	—	斷面因數之範圍因數
Lexp	mm	曝火之梁試體長度
Lspec	mm	試體之總長度
Lsup	mm	梁試體支承點中心距離
P	m	曝火鋼材斷面之周長
sp	m-1	於 Ks 因數之斷面因數
smax	m-1	於 Ks 因數為 1 時之最大斷面因數
smin	m-1	於 Ks 因數為 0 時之最小斷面因數
tf	mm	鋼材斷面翼板之厚度
tw	mm	I 型或 H 型鋼柱斷面的腹板厚度或鋼管壁面厚度或網狀結構厚度
V	m <sup>3</sup> /m	每單位長度鋼材斷面之體積
Vp	m <sup>3</sup> /m	每單位長度防火被覆材料之體積
LB	—	加載梁
LC	—	加載 3 m 柱
TC	—	未加載 2 m 高柱
LHB	—	加載鋼管梁
LHC	—	加載鋼管柱
SIB	—	短 I 型斷面短梁
SIC	—	短 I 型斷面柱
TCHS	—	高圓形鋼管梁
TRHS	—	高矩形鋼管梁
SHB	—	短鋼管梁
SHC	—	短鋼管柱
RB	—	參考梁

## 5. 試驗設備

### 5.1 一般

加熱爐與試驗設備應符合 CNS 12514-1 所規定者。

## 5.2 加熱爐

加熱爐之設計應可適合依 7.2 所規定曝火試體尺度，且試體之安裝依第 8 節之規定可位於試驗加熱爐上方或之內。

## 5.3 加載設備

加載應依 CNS 12514-1 施加之，加載系統應能使加載施加至 6.2.2 所規定的梁，以及 6.2.4 所規定之柱。

## 6. 試驗條件

### 6.1 一般

除非另有提出特定不同需求指示，否則應依據 CNS 12514-1 所規定之試驗步驟進行試驗。

取一數量以防火被覆系統保護的 "I" 型、"H" 型及鋼管試體，依 CNS 12514-1 所規定程序置入加熱爐內加熱。

加熱加載梁與加載柱，提供有關防火被覆系統維持完好如初且黏著於鋼材構件(黏著性)的能力之資訊。加熱未加載梁與未加載柱，提供有關防火被覆系統的熱特性質之資訊。

建議持續試驗至鋼材溫度達到與數據應用所對應的最大值。

本標準中測試加載梁的方法，係經設計用以提供依 CNS 12514-1 所界定的載重與加熱之影響下的最大撓曲量(跨距/30)。當撓曲量過  $L/30$ ，則撓曲速率將超過 CNS 12514-1 所規定。

當數個試體同時測試時，應小心使每個試體曝火於相同的試驗條件。

### 6.2 支撐與加載條件

#### 6.2.1 一般

試驗載重計算之詳細資料應包含於試驗報告中。

#### 6.2.2 加載梁

對每一加載梁試體，應依 CNS 12514-6 進行，並依據本標準任何修正的要求事項，訂定其在加熱爐內適當支撐、定位及對稱之規定。

除依 7.2.1 認為必要外，梁不得裝有附加的抗扭束制裝置，簡支承的跨距 ( $L_{sup}$ ) 不得大於曝火長度超過每端 400 mm。試體之長度 ( $L_{spec}$ ) 應為曝火長度加上每端最大 500 mm 之總長。(與 CNS 12514-6 規定不同?)

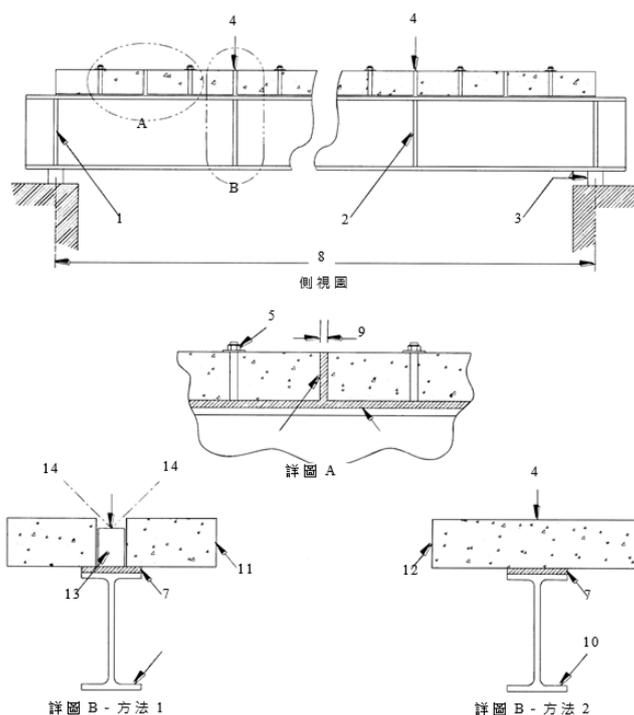
加載梁試體應施加之總載重為可產生設計彎矩的 60 %，使用相同批次的品質證明書(出廠證明書)之鋼材降伏強度或實際量測值，進行計算所得。實際施加之載重應由總載重扣除梁、梁上端之混凝土及防火被覆系統之淨重計算而得。

加載的方法應使用可產生彎矩的系統，此彎矩均勻分布於梁跨距環繞跨距中點至少 20 % 範圍，由於頂蓋板可能被忽略，彎矩應以小增量方式施加於千斤頂之間。

加載應均勻與對稱地施加在沿其長向之兩個以上位置。

加載應使用圖 4-1 所描述兩方法之一施加。

位於加熱爐外部的加載梁之兩端應以適合的阻熱材料予以阻熱。



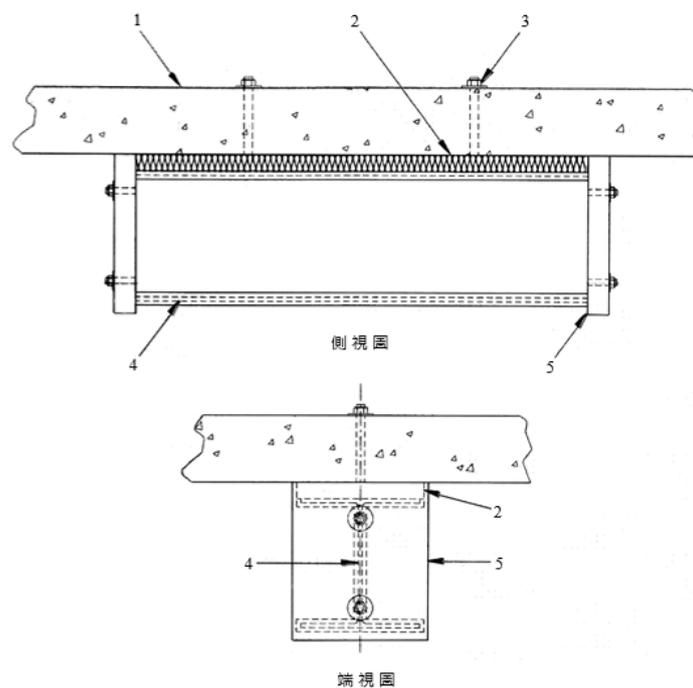
說明

- A 詳圖 A—梁上部之固定
- B 詳圖 B—梁加載方法 1 或 2
- 1 於支承處之梁腹加勁板—I 型或 H 型斷面
- 2 於加載點之梁腹加勁板—I 型或 H 型斷面
- 3 提供足夠的間隙以確保加熱爐裡不致妨礙防火被覆
- 4 透過載重隔塊(13)或混凝土板(12)對梁頂部中央施加载重
- 5 釘/板/鎖定螺帽
- 6 阻熱纖維或同等品
- 7 可壓縮阻熱纖維覆蓋梁寬度(參照 7.1)
- 8 跨距
- 9 足夠的間隙以確使梁在不受頂蓋板限制下能彎曲
- 10 鋼梁—顯示 I 型斷面，鋼管梁相同
- 11 經養護混凝土板段：依 7.1 保持標稱密度 500 kg/m<sup>3</sup>，板之標稱尺度為寬度(600±100) mm×最大長度 625 mm×厚度(150~200) mm
- 12 輕質混凝土板段：依 7.1 保持標稱密度 1500 kg/m<sup>3</sup>，標稱尺度與(11)相同
- 13 載重隔塊
- 14 若必要時附加支架以防止梁旋轉

**圖 4-1 加載梁之構造排置圖示**

6.2.3 未加載梁

每一未加載梁試體應依圖 4-2 所示予以支撐。



說明

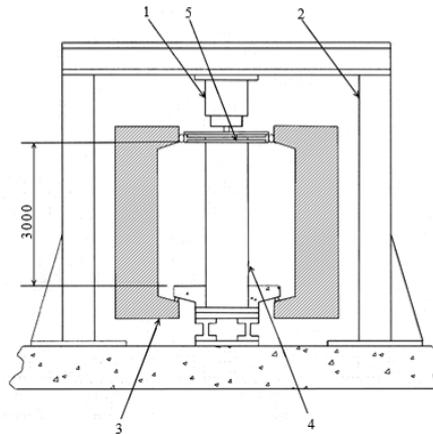
- 1 加熱爐爐蓋
- 2 阻熱板
- 3 釘/板/鎖定螺帽
- 4 鋼材斷面
- 5 阻熱板一端蓋

**圖 4-2 未加載梁支撐排置圖示**

#### 6.2.4 加載柱

對每個加載柱，應依 CNS 12514-7，並依據本標準任何修正或附加的要求事項，訂定在加熱爐內柱試體適當支撐、定位及對稱之規定。試驗排置之一例如圖 4-3 所示。

單位：mm



說明

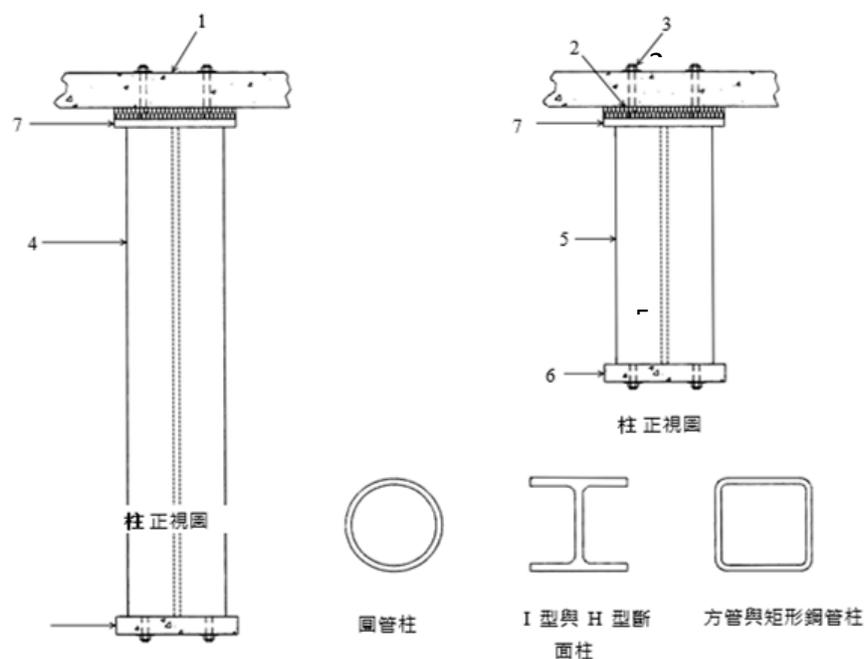
- 1 液壓式千斤頂
- 2 加載框架
- 3 加熱爐
- 4 加載柱
- 5 鋼板(僅施加至活性塗層)

**圖 4-3 加載柱一般試驗排置圖例**

加載柱試體應施加之試驗載重為可產生設計彎矩的 60%，使用相同批次的品質證明書(出廠證明書)之鋼材降伏強度或實際量測值，進行計算所得。計算試驗載重之詳細資料應包含於試驗報告中。

#### 6.2.5 未加載柱

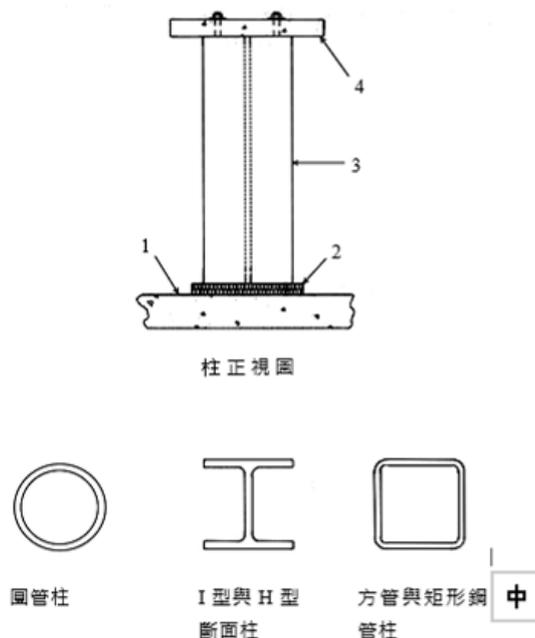
未加載柱斷面應垂直設置於加熱爐內，可安裝至加熱爐爐蓋板軟襯墊上(參照圖 4-4)，或直接豎立於加熱爐地板或底座上(參照圖 4-5)。



說明

- 1 加熱爐爐蓋
- 2 阻熱板
- 3 釘/板/鎖定螺帽
- 4 高柱
- 5 短柱
- 6 阻熱板一端蓋
- 7 施加至所有具活性防火被覆系統柱之鋼板(參照圖 7)，不論位於地板或固定至加熱爐頂面(具被動性活性防火被覆系統之柱不使用鋼板)。

圖 4-4 未加載柱支撐排置圖示



說明

- 1 加熱爐地板或底座
- 2 防止熱經由斷面端傳導之阻熱材料
- 3 短柱
- 4 阻熱板一端蓋

**圖 4-5 未加載柱安裝於加熱爐地板或底座上之圖示**

如未加載柱與梁同時測試時，柱應以螺釘栓至加熱爐爐蓋板下方，或豎立於底座或加熱爐地板上。如未加載柱與加載柱同時測試時，柱應豎立於底座或直接放置於加熱爐地板上。

## 7. 試體

### 7.1 一般

須選擇適合其預期評估範圍的試驗斷面，且應同時包括加載與未加載斷面，高型加載斷面與同等未加載參考斷面之測試提供黏著性修正基準，可應用於短型未加載斷面所產生的熱數據。

依據評估範圍而定，選擇加載與未加載斷面之原則應以 7.4 所述細節為基礎。

儘可能對每一包含加載梁或柱的試驗，應分別包括同等未加載參考梁或柱斷面，並同時置入加熱爐內測試。如不可能在加熱爐內同時試驗加載柱與參考柱時，則參考柱斷面應置入與加載柱測試的同一加熱爐之同一位置個別測試之。如為具有活性防火被覆系統保護的鋼管柱斷面時，對於圓管或矩形鋼管柱均必須依此方式測試。

對於防火被覆系統的最大厚度與最小厚度兩者，應測試加載梁，加熱至預期的最大鋼材溫度，檢驗鋼材斷面達最大彎矩時之黏著性。此兩個加載鋼梁不需具有相同尺度。

若限定評估柱四面的防火被覆性能時，加載梁試驗應以加載柱試驗替代之，在此情況中，未加載參考梁斷面應以未加載參考柱斷面取代。

應使用由加載與同等未加載參考柱斷面所得數據，來決定各防火被覆厚度範圍黏著性之修正因數。

對於被動性防火被覆系統，若每一型式的結構構件有不同的支撐系統時，必須考量同時對梁與柱進行加載試驗。如為防火板系統之情況，上述規則僅適用於測試具有防火板的最小厚度。

## 7.2 試體設計與準備

### 7.2.1 加載梁斷面

加載梁試驗斷面應具有 I 型或 H 型斷面形狀或矩形鋼管斷面。

用於加載梁試驗的鋼材試驗斷面應依圖 4-6 構造而成，且依據本標準所述任何修訂事項，依 CNS 12514-6 測試之。

每一個梁之總長，可提供曝火長度，應不小於 4,000 mm。

支撐之長度與試體長度應依下列規定。

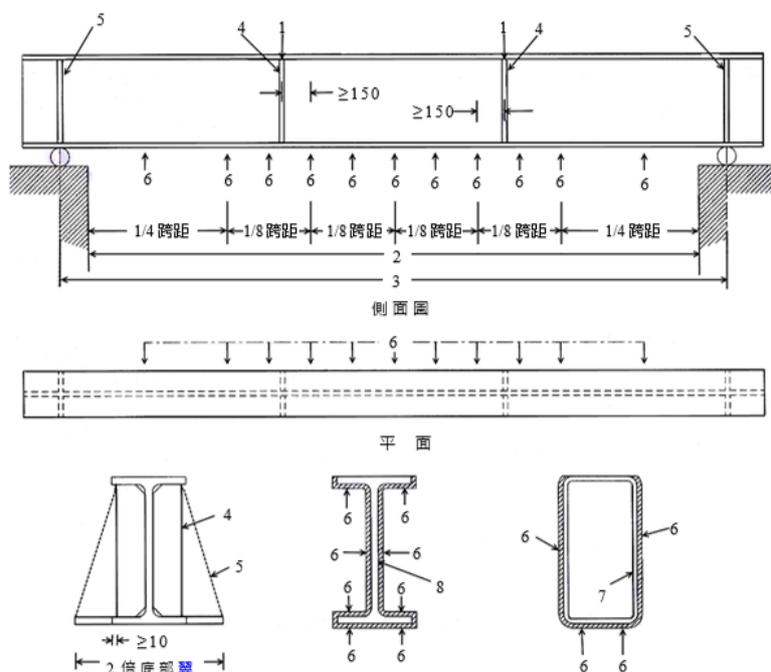
支架間跨距( $L_{sup}$ )應為曝火長度加上每端最大 400 mm，試體長度( $L_{spec}$ )應為曝火長度加上每端最大 500 mm (參照圖 4-6)。為安裝用途所需的附加長度應使其儘可能小。

依據與試驗委託人之協議提供下列梁腹加勁板，並予以報告。

提供梁腹加勁板與抗扭束制，梁可裝有下列。

- (a) 梁腹加勁板為鋼板或三角形角撐板之形式，焊接於每一加載點，此等構造之厚度應至少與梁腹板之厚度相等，且深度小於梁翼板深度至少 10 mm (如圖 4-6 所示)。
- (b) 梁腹加勁板為鋼板或槽鋼形式，焊接於每一加載點，此等構造之厚度應至少與梁腹板之厚度相等，梁腹加勁板組成鋼板之形狀應為不等長四邊形，以提供附加的抗扭束制(如圖 4-6 所示)。

單位：mm



說明

- 1 載重
- 2 曝火長度， $L_{exp}$
- 3 跨距
- 4 於加載點之梁腹加勁板(若要求)—I 或 H 型斷面
- 5 於支承位置之梁腹加勁板(若要求)—I 或 H 型斷面
- 6 防火被覆之量測點
- 7 鋼管斷面梁
- 8 I 或 H 型斷面

圖 4-6 具梁腹加勁板之加載梁之構造與厚度量測點圖示

### 7.2.2 未加載梁斷面

用於未加載梁試驗的鋼材斷面應依圖 4-2 構造而成。

未加載短梁斷面之長度至少應為 $(1,000\pm 50)$  mm，對於防火板系統，保護處的接點宜不包括在內，除非最大防火板長度小於 1,000 mm。

為降低在未加載梁端部處之熱傳導，端部應以阻熱板或類似材料保護之，其在升溫下能比在試體長向上裝設的防火被覆材料提供相等或更大的阻熱性能(參照圖 4-2)。

端部保護材料之尺度應大於防火被覆材料之總整體尺度。

### 7.2.3 未加載參考斷面

每一個未加載參考試驗斷面應採取與其同等加載斷面的相同長度鋼材，藉此確保其具有相同尺度與特性，若無法達到時，實驗室須確保此參考斷面具有相似尺度與特性。

參考斷面的短梁與柱之長度至少應為 $(1,000\pm 50)$  mm，對於防火板系統，保護處的接點宜不包括在內，除非最大防火板長度小於 1,000 mm。

### 7.2.4 加載柱斷面

加載柱試體曝火高度至少應為 3,000 mm，並依圖 4-3 所示與 CNS12514-7(ISO 834-7)所述製備之。

### 7.2.5 未加載高柱斷面

未加載高柱斷面試體之高度應為 $(2,000\pm 50)$  mm，並依圖 4-4 構造而成。

### 7.2.6 未加載短柱斷面

短柱試驗斷面應依圖 4 與圖 5 構造而成。

未加載短柱斷面之長度至少應為 $(1,000\pm 50)$  mm，對於防火板系統，保護處的接點宜不包括在內，除非最大防火板長度小於 1,000 mm。

短柱可在加熱爐地板上或懸吊於爐蓋板或柱腳上進行測試。

為降低在短柱試驗斷面處之熱傳導，端部應以阻熱板或類似材料保護之，

其在升溫下能比在柱整個高度上裝設的防火被覆材料提供相等或更大的阻熱性能。

端部保護材料之尺度應大於防火被覆材料之總整體尺度(參照圖 4-4)。

### 7.2.7 加載高柱斷面與短柱斷面—頂部板(活性防火被覆)

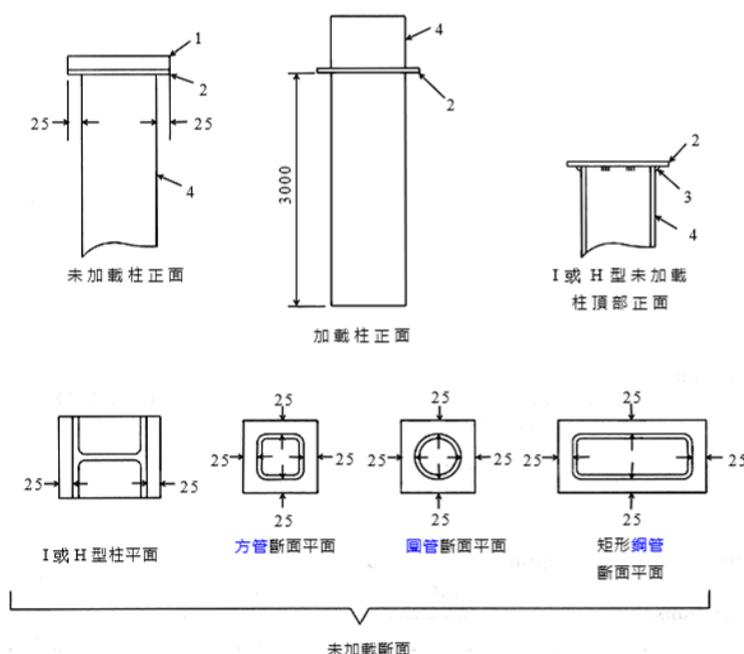
為使施作於高柱的膨脹塗層之阻熱性能可準確測定出，進行試驗的柱頂緣應適當地絕緣，以防止熱傳導至柱斷面。

應將 6 mm 鋼板直接固定至未加載柱頂緣，距離加載柱底部 3 m 處，鋼板應焊接至柱斷面，並在所有曝火區域(頂面除外)噴塗與施覆至柱主體相同厚度的活性防火被覆材料，鋼板的上部邊緣應使用阻熱板或類似材料予以保護，使其在升溫時，能提供與防火被覆材料相當或更佳阻熱性能。

此設置須使膨脹焦炭以更切合實際的方式形成，並防止在此關鍵區域記錄到錯誤的溫度數據，圖 4-7 顯示其明細圖。

該安置方式亦可應用於加載柱，惟鋼板可將其放置於頂緣下方，以避免防礙加載設備，在此情況中，最小曝火高度應予以維持。

單位：mm



說明

- 1 固定於鋼板之阻熱板
  - 2 6 mm 鋼板
  - 3 沿 I 或 H 型柱外部翼板連續焊接，其他處間隔 30 mm 錯開焊接，鋼管斷面則連續焊接
  - 4 柱斷面
  - 5 連續焊接
- 備考：與鋼板曝火區域主要段相同厚度之膨脹物，此等鋼板區域依主要段之製備方式。

#### 圖 4-7 具有膨脹塗層防火被覆的高柱之鋼材覆蓋圖示

##### 7.2.8 鋼材斷面施作防火被覆(所有材料)

鋼材斷面表面應以可代表實際之方式，將防火被覆系統施作至梁或柱加以製備。對柱施作防火被覆系統之方法不得與梁之施作方法不同，此外，如含有加載柱，應需進行個別之試驗與評估。

##### 7.2.8.1 被動性防火被覆

施作至加載與等同未加載梁的防火被覆系統密度之任何變化，應在 7.3.2.3 所規定範圍內。

對於防火板與防火厚板防火被覆系統，加載梁與加載鋼柱斷面應裝有例如實際可使用的任何構造或周邊接頭。

梁之情況，防火被覆系統應適當地以鋼材試驗斷面或混凝土鋼承板予以支撐，如防火被覆系統係以如栓入等方式固定至輕質混凝土鋼承板，評估時須考量實際上用以固定至支撐結構的方法。

防火被覆系統應在加載前先作至加載鋼材試驗斷面，如為以防火板與防火厚板防火被覆系統保護的加載梁之情況，參照 11.3 之附加指引。

防火被覆系統應延伸超過受熱長度且應延伸至每一柱斷面之全高。此外對於加載梁，須提供充分間隙以確保加熱爐壁不致干擾防火被覆材料，須提供此間隙以確保梁變形時防火被覆材料不致受到不利影響。

如防火被覆材料為框入型，材料與鋼構件之間的孔洞端應在加熱爐壁上

試體之定點上加以密封，此係為防止超過試體長度的任何氣體之流動。  
 當將試體安裝入加熱爐內時，或在試驗時試體產生任何移動時，均應加以留意，因為防火被覆系統與其實際使用情況相反，並未承受任何膨脹或限制的應力。

### 7.3 試驗構成材料之組成

#### 7.3.1 鋼材斷面

結構鋼材之級別應為任何熱軋結構鋼。

鋼材尺度與截面積應加以量測，不量測任何內徑與外徑，應使用此量測值依圖 8 所示公式測定斷面因數( $A_m/V$ )。

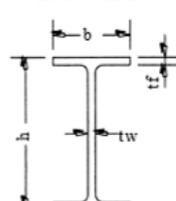
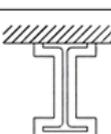
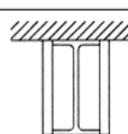
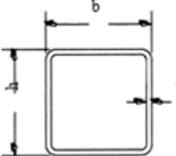
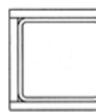
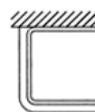
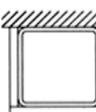
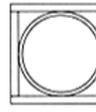
斷面選擇	周長(P) - 外形	周長(P) - 箱形
<b>I 型或 H 型斷面</b>  斷面面積 $= tw(h-2tf)+2(b \times tf)$	4 面 $P = 4b+2h-2tw$ 	4 面 $P = 2b+2h$ 
	3 面 $P = 3b+2h-2tw$ 	4 面 $P = b+2h$ 
<b>方管或矩形鋼管斷面</b>  斷面面積 = $2b \times tw+(h-2tw) \times (2tw)$	4 面 $P = 2b+2h$ 	3 面 $P = 2b+2h$ 
	3 面 $P = b+2h$ 	3 面 $P = b+2h$ 
<b>圓管斷面</b>  斷面面積 = $\pi (d+2) \times tw - \pi [(d-2tw)+2]^2$	4 面 $P = \pi d$ 	4 面 $P = \pi d$ 
斷面因數 = 周長 + 截面積		

圖 4-8 斷面因數( $A_m/V$ )之計算

#### 7.3.2 防火被覆系統

### 7.3.2.1 一般

防火被覆系統之成分應由試驗委託人指定，並應至少包含其預期之標稱密度與含水量。為評估目的可能需要有關熱容之附加資訊。

為保密性理由，試驗委託人可能不希望將其詳細的配方或成分明細記載於試驗報告中。

對於活性塗層，塗層的乾膜厚度應在試驗時加以量測，適當的步驟與查證過程依附錄 B 所示。

對於類似防火板與防火厚板及噴覆材料等活性防火被覆材料，試驗時應量測每一試體的材料之實際厚度、密度及含水量。不同類型防火被覆材料適合的試驗步驟依附錄 A 所示。

防火板與防火厚板尺度及厚度應依相關 CNS 標準予以測定，且在此標準所界定許可差範圍內。

### 7.3.2.2 防火被覆材料之厚度

#### 7.3.2.2.1 防火板與防火厚板

厚板或板狀防火被覆材料之厚度之變化不宜超過其表面整體平均值之 15 %。此平均值應用以評估結果值以及評估適用性之範圍。若板厚度變化超過 15 %，則評估時應使用量測記錄的最大厚度。

此平均值應為依附錄 A 的所有量測值之平均值。

#### 7.3.2.2.2 噴塗抹底與被動性塗層

噴塗之抹底與被動性防火被覆材料層之厚度應在附錄 A 所規定之定點量測。厚度量測點不得接近加載梁的梁腹加勁板 150 mm 之內。

量測值應在遠離熱電偶位置(50~100) mm 處。

噴塗防火被覆塗層之厚度變化宜不超過平均值的 20 %。此平均值應用以評估結果值以及評估適用性之範圍。若塗層厚度變化超過 20 %，則評估時應使用量測記錄的最大厚度。

如使用塗布至每一加載梁與加載柱斷面的防火被覆材料之平均厚度(或依上述基準,厚度允許變化之最大厚度),應與塗布至其參考梁或短柱斷面的厚度相同,在每一情況中,差異不得大於最大值的 10 % 或  $\pm 5$  mm (取較小值)。

#### 7.3.2.2.3 活性塗層

對於活性防火被覆材料,首先應測得平均底漆厚度,並自底漆與活性塗層平均厚度扣除,得到允許的厚度許可差應依下列規定排除底塗與面漆(假設測得厚度為常態分布)。

(a)於溫度量測位置:

- 至少 68 % 的量測值應在平均值之  $\pm 20$  % 內。
- 至少 95 % 的量測值應在平均值之  $\pm 30$  % 內。
- 所有量測值應在平均值之  $\pm 45$  % 內。

(b)整體:

- 在溫度量測點至少 68 % 的量測值應在平均值之  $\pm 20$  % 內。
- 在溫度量測點至少 95 % 的量測值應在平均值之  $\pm 30$  % 內。
- 在溫度量測點所有量測值應在平均值之  $\pm 45$  % 內。

若厚度落在此範圍外,試體應予以調整使其符合上述要求事項。

#### 7.3.2.3 被動性防火被覆材料之密度

施作至每一斷面的防火被覆材料(適當處)之密度應依附錄 A 予以量測並記錄之。

防火被覆材料每一厚度處,其密度之變化宜不超過平均值之 15 %。此平均值應用以評估結果值以及評估適用性之範圍。若密度變化超過 15 %,則評估時應使用量測記錄的最大密度。

如使用塗布至每一加載梁與加載柱斷面的防火被覆材料之平均密度(或依上述基準,密度允許變化之最大密度),應與塗布至其相同未加載梁

或短柱斷面的密度相同，在每一情況中，密度之變化不得大於此厚度最大平均值的 10 %。實驗室應確認加載斷面與參考斷面之值彼此均介於 10 % 變化範圍內。

#### 7.3.2.4 試體之查證

試體應依 CNS 12514-1 所述施行規範符合性之檢驗與查證。

用以製做試體的防火被覆材料之性質應予以檢測，必要時依附錄 A 或附錄 B 所示方法使用特殊之試體。

試驗委託人應負責查證防火被覆材料是否已正確施作，且如為噴塗或塗覆材料之情況，確保所使用的方法適合此設計成分與規範的材料。

防火板與防火厚板內面與鋼材斷面之間間隙必須加以記錄。對於梁，須在梁外緣大約跨距中點處與兩端進行量測，對於柱，須在柱外緣大約高度中點處與頂部進行量測。

### 7.4 試體之選擇

#### 7.4.1 選擇之原則

評估的範圍將決定試體之選擇。

對於被動性防火被覆材料，選擇試體之指引依附錄 C 所示，對於活性防火被覆材料，選擇試體之指引依附錄 D 所示。

依據試驗委託人是否希望施行限制性或延伸性測試而定，附錄 C 與附錄 D 能使各種評估得以進行。每一試驗封裝指出特定範圍所需的最少試體數量。

#### 7.4.2 黏著性評估之試驗斷面

黏著性修正之測定方法係依試驗封裝與防火被覆系統而定。

對於被動性防火被覆材料之指引依附錄 C 所示，對於活性防火被覆材料之指引依附錄 D 所示。

#### 7.4.3 熱分析所需之試驗斷面

不論使用何種的分析方法，除 7.4.2 之要求事項外，需有某一範圍的未加載 I 型斷面，選擇防火被覆厚度範圍、斷面因數及耐火時效，並包括與加載斷面或高形斷面等同之短形參考斷面。

則鋼管斷面分析需有額外的短形與高形斷面，並選擇以防火被覆厚度範圍、斷面因數及耐火時效。

試體之選擇係依防火被覆產品所需的評估範圍而定，將每個耐火時效之斷面因數全距(最大值與最小值)及厚度範圍(最大值與最小值)為基礎。全距因數最大值為 1.0，且最小值為 0.0，並由試驗委託人自行決定。

對於被動性防火被覆材料之指引提供於附錄 D 所示，對於活性防火被覆材料之指引依附錄 E 所示。

## 8. 試體之安裝

### 8.1 加載梁

應提供輕質或養護混凝土板作為混凝土頂板，使用直徑 12 mm 之螺釘栓緊至梁上，僅梁之兩面與軟質部分曝火受熱，參照圖 1 所示。頂蓋板應具備下列性質。

- (a) 寬度應為(600±100) mm。
- (b) 厚度應介於(150~200) mm。
- (c) 最大長度應為 625 mm。
- (d) 養護之厚板(?)標稱密度應為 500 kg/m<sup>3</sup>。
- (e) 輕質混凝土厚板標稱密度應為 1,500 kg/m<sup>3</sup>。
- (f) 混凝土厚板彼此間應具有間隙，以使梁得以彎曲。

應在輕質混凝土與梁頂緣之間放置一層可壓縮陶瓷纖維阻熱材料，此阻熱材料依 EN 13501-1 測定應為種類 A1 阻熱材料，並具有至少 1,000 °C 之操作溫度，具有厚度(30±5) mm 之未壓縮厚度且標稱密度為(125±25) kg/m<sup>3</sup>。此阻熱材料之寬度應與鋼梁之頂面寬度相等(參照圖 4-1)。

亦可使用依 ISO 1182 與 ISO 1716 測定所得之替代種類 A1 阻熱材料，前提為它們必須與規定的陶瓷纖維阻熱材料具有相同的熱性質與厚度。

輕質混凝土頂板之構件應鎖定至梁梁，將螺釘栓鎖至熔接在梁梁的適當直徑錨釘上，鎖定螺帽下方應有適合的鋼板，此等錨釘之位置可在混凝土頂板每一構件間的接合處，或混凝土頂板長向內(參照圖 4-1，固定於所示頂板長向內)。

混凝土頂板之每一構件應使用至少兩個繫件固定之，混凝土頂板構件間之間隙應填入耐火材料。

試驗開始時，加載梁上的混凝土頂板之軟質材料應與鄰接的加熱爐爐蓋板之軟質材料大致齊平。

應作成適合實驗室操作的排置，以確保加載梁上的混凝土頂板與鄰接的加熱爐爐蓋板間之間隙予以密封，以防止加熱爐內氣體逸出，尤其在試驗中梁變形時。加載梁在安裝時應特別留意阻隔梁之軸承，使其不致受到熱之影響。此外，位於加熱爐外部的加載梁之端部須予以阻熱，且在防火被覆系統底部與加熱爐壁面間應提供充分間隙，以防止熱擾動。

## 8.2 未加載梁

每一未加載梁試體應以螺釘栓至加熱爐爐蓋板之軟質材料，組成如同使用於加載梁頂蓋之相同混凝土板，在鎖定螺帽下方應有合適的鋼板。

每一試體在軟質材料與梁頂緣之間，應依 8.1 對加載梁之規定以及圖 2 所示，裝有一層陶瓷纖維阻熱材料。

亦可使用其他種類阻熱材料(種類 A1)，必須與規定的陶瓷纖維阻熱材料具有相同的熱性質與厚度。

梁的兩端應以一層硬質或軟質阻熱材料予以阻熱，參照圖 2 所示。

## 8.3 加載柱

加載柱試體應依圖 4-3 所示以及 CNS 12514-7 之規定安裝而成。

#### 8.4 未加載柱

高柱與短柱試體應以螺釘栓鎖至輕質混凝土加熱爐蓋板之底部[依 6.2.5 所述，使用直徑 10 mm 螺釘栓鎖至柱斷面且將(100×100×6) mm 鋼板置於鎖定螺帽下方]，或豎立於加熱爐地板上(直接豎立於地板上或置於底座上)。在柱與爐蓋板或加熱爐地板，或底座之間之所有接觸表面，應使用 8.1 所述之纖維阻熱材料，以避免熱透過柱斷面兩端傳遞。

纖維阻熱材料之尺度應大於需被保護鋼材斷面之總長尺度。

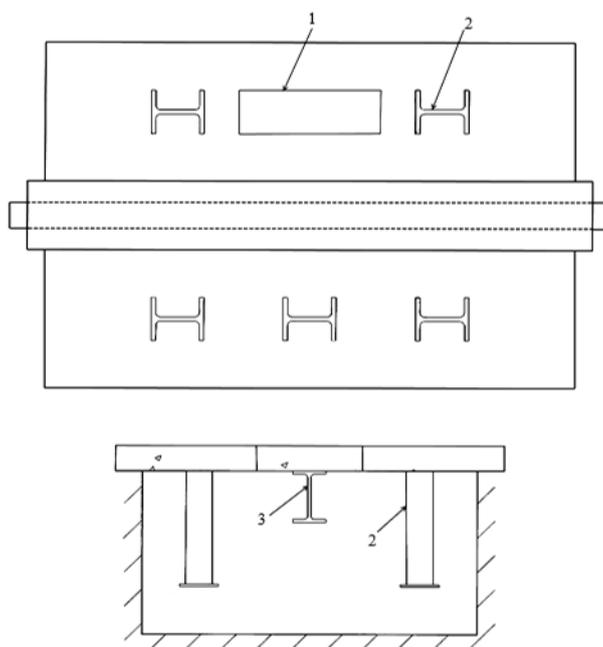
#### 8.5 試體安裝模式

對每一包含加載梁或柱的試驗，應包含相同的未加載梁或柱斷面，且在加熱爐內同時測試之。

對每一加載梁，應在平行且位於加載梁跨距中點處放置相同的參考梁。

每一高柱與其相同的未加載參考柱斷面應儘可能同時安裝至加熱爐內，且同時測試。

各試體斷面須放置於加熱爐內，確使其不致受到加熱爐壁、其他試體及障礙物等之遮蔽或影響。建議最小分隔距離為 300 mm，或若梁深度大於 300 mm 時，其相隔距離相等於梁腹深度。可放置於 4 m × 3 m 加熱爐內之典型的試體安裝模式如圖 4-9 所示。



說明

- 1 未加載短參考梁(與加載梁相互平行)
- 2 未加載短柱
- 3 加載梁

**圖 4-9 典型試體安裝模式**

## 8.6 加熱爐載重

為確保符合所規定的加熱爐溫度/時間關係，必須控制加熱爐內鋼材斷面之數量及其位置。

基本上，加熱爐尺度為 4 m×3 m，深度約 2 m，可容納 45 kg/m<sup>3</sup> 而不產生負面影響。

## 9. 試體之狀態調節

所有試體、其組件及供測定材料性質所採取樣本，應依 CNS 12514-1 予以狀態調節。

## 10. 儀器設備之應用

### 10.1 一般

供量測溫度、加熱爐壓力、施加载重及變形量之儀器設備，應符合 CNS

12514-1 之要求事項。

## 10.2 加熱爐溫度量測設備

### 10.2.1 一般

應提供 CNS 12514-1 所規定熱電偶，供量測加熱爐之溫度，且應予以均勻分布以得到試體區域內可靠的溫度指示，熱電偶不得放置於受到試體阻擋致無法正確量測加熱爐溫度的位置。

可能試驗序列包含至少一次僅涵括短試體段之試驗。

### 10.2.2 在加載梁試體區域內之加熱爐溫度

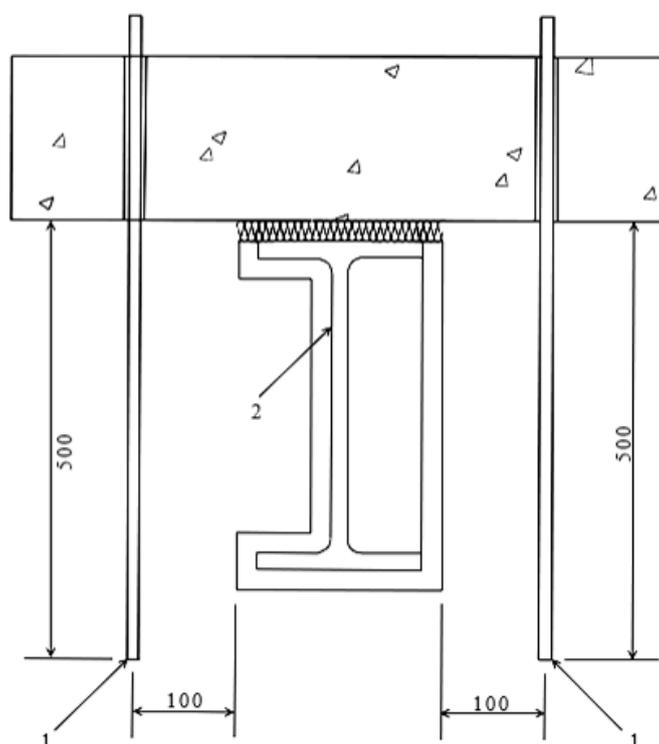
在每一加載梁試體區域內之加熱爐溫度應使用平板測溫計(或溫度量測熱電偶)量測之，平板測溫計(或溫度量測熱電偶)放置於加載梁受熱長度之 1/5、2/5、3/5 及 4/5 位置點處，每一位置有兩個平板測溫計(或溫度量測熱電偶)，各放置於梁兩側，平板測溫計(或溫度量測熱電偶)之位置應依圖 4-10 所示，在軟質材料下方距離 500 mm 處。

平板測溫計之擺放方向應使“A”面的一半面對加熱爐爐床，且另外一半的“A”面面對加熱爐較長邊之爐壁，不同方位之分布應使面對爐床與面對梁每側爐壁之總數相等。

在開始進行試驗前，熱電偶(平板測溫計)應依 CNS 12514-1 之規定與圖 10 所示位置放置。

可能試驗序列包含至少一次僅涵括短試體段之試驗。

單位：mm



說明

1 平板測溫計(或溫度量測熱電偶)

2 顯示 I 型或 H 型斷面，鋼管梁相同

備考：僅作為說明用途，所顯示之梁為左面具外形保護，而右面為箱形保護。

**圖 4-10 加載梁的加熱爐控制平板測溫計(或溫度量測熱電偶)位置**

**圖示**

10.2.3 在加載柱試體區域內之加熱爐溫度

如加載柱隔離測試時，在柱斷面區域內的加熱爐溫度，應使用位於柱高度 1/4、1/2 或 3/4 的柱任一側，以及距離柱 100 mm 處的兩個平板測溫計(或溫度量測熱電偶)量測之。

平板測溫計之擺放方向應使其“A”面面對加熱爐爐壁，阻熱部分應面朝

柱。

在開始進行試驗前，平板測溫計(或溫度量測熱電偶)之熱接點應依 CNS 12514-1 之規定，在整個試驗中予以定位並維持。

#### 10.2.4 未加載試體區域內之加熱爐溫度

##### 10.2.4.1 有或無加載梁的加熱爐爐床上之柱

如短柱或高柱均包含於同一加熱爐內作為加載梁或加載柱，且其均放置於加熱爐爐床上之情況，在每一柱斷面區域內的加熱爐溫度，應使用位於柱兩側，距離柱頂部 0.5 m 的兩個平板測溫計(或溫度量測熱電偶)量測之，並應依 CNS 12514-1 之規定用以控制加熱爐溫度。平板測溫計(或溫度量測熱電偶)應儘可能考量試體的位置與數量均勻放置。平板測溫計之擺放方向應使其“A”面面對加熱爐爐壁，阻熱部分應面朝柱。

在開始進行試驗前，平板測溫計(或溫度量測熱電偶)之熱接點應依 CNS 12514-1 之規定，在整個試驗中予以定位並維持。

在爐床上的短柱(高度 > 500 mm)與固定至頂板之方式相同，因而不需額外的平板測溫計(或溫度量測熱電偶)。

##### 10.2.4.2 固定至加熱爐頂板具有加載梁的高試體斷面與短試體斷面

如短梁、短柱或高柱均包含於同一加熱爐內作為加載梁，且其均固定至加熱爐頂板時，此溫度應使用如 10.2.2 所規定位置的平板測溫計(或溫度量測熱電偶)量測之。

##### 10.2.4.3 固定至加熱爐頂板無加載梁的高試體斷面與短試體斷面

有可能試驗序列包含僅有短試體斷面與高試體斷面安裝於加熱爐內之至少一項試驗，在此試驗中，加熱爐溫度將如同依 10.2.2 所示安裝的加載梁，以位於相同位置的平板測溫計(或溫度量測熱電偶)量測之。

#### 10.3 鋼材溫度量測設備

### 10.3.1 一般

供量測與記錄附錄 E 所示型式與繫件的鋼材溫度之熱電偶(平板測溫計)，應位於下列(參照 10.3.1.1 至 10.3.5)所規定及圖 4-11 至圖 4-14 所示之量測位置與其他位置。

#### 10.3.1.1 I 型或 H 型試體斷面

翼板上的熱電偶(平板測溫計)應將其逐一固定至翼板底部與梁腹板之間的中點處，梁腹板上的熱電偶(平板測溫計)應固定於兩翼板間的中點處。

#### 10.3.1.2 矩形鋼管柱與梁

在適當面上的熱電偶(平板測溫計)應固定至接鄰角隅間之中點處。

#### 10.3.1.3 圓形鋼管柱

在每一量測位置上的熱電偶(平板測溫計)應固定至環繞圓周之相等距離處。

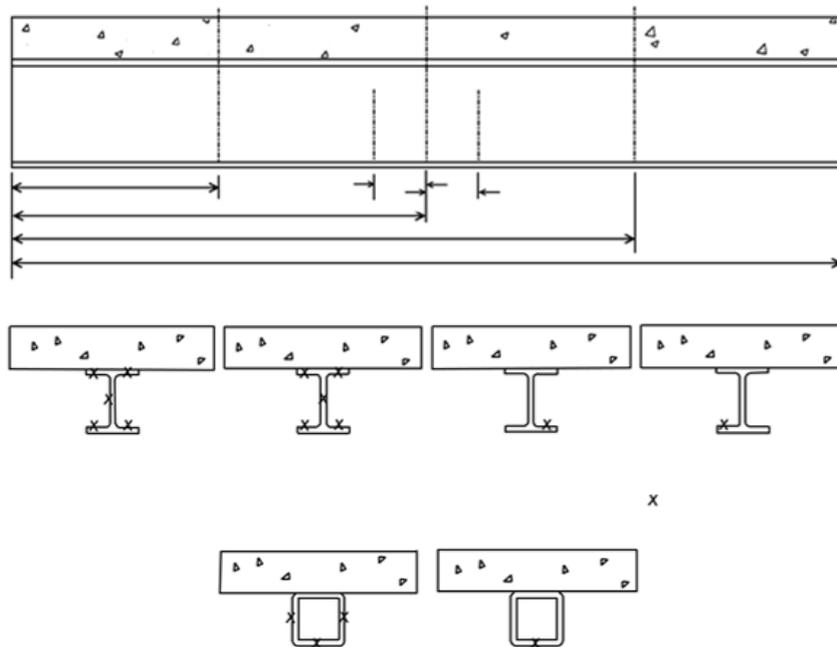
### 10.3.2 加載梁

對每一加載梁試體，應有三個量測位置，每個位置包含 5 個熱電偶(平板測溫計)，分別位於曝火加熱的梁長度之 1/4、1/2 及 3/4 處。

對於 I 型或 H 型試體斷面，熱電偶(平板測溫計)應固定至翼板底部梁腹板對稱兩面上，距離中央量測位置 250 mm 處，對於鋼管梁，此等附加的熱電偶(平板測溫計)應位於底面上。

溫度量測定點應與加載點相隔至少 150 mm，且不得接近所安裝的梁腹加勁板處 150 mm 之內，在梁腹板上的熱電偶(平板測溫計)位置應位於梁腹板對稱面上(參照圖 4-11)。

單位：mm



說明

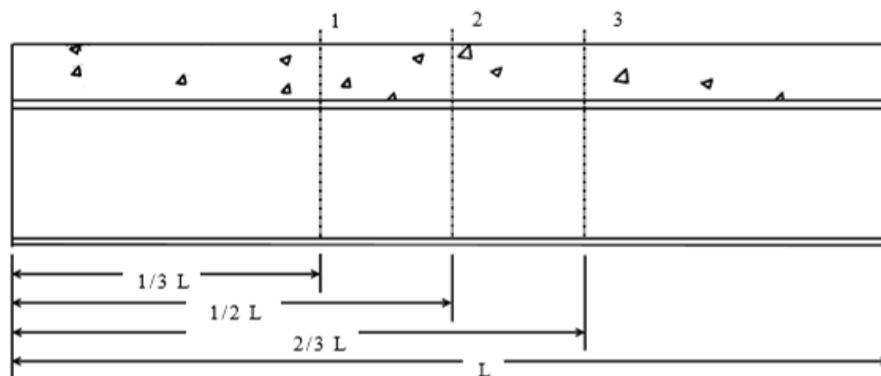
- 1 位置 1
- 2 位置 2
- 3 位置 3
- A 位置 A
- B 位置 B
- L 梁跨距

**圖 4-11 加載梁熱電偶(平板測溫計)位置/方向圖例**

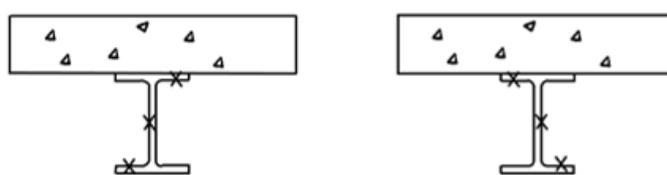
### 10.3.3 未加載梁

對每一梁試體，應有三個量測部位，逐一部位包含 5 個熱電偶(平板測溫計)，分別位於曝火加熱的梁長度之 1/3、1/2 及 2/3 處。在梁腹板與翼板上的熱電偶(平板測溫計)，應位於 I 型或 H 型試體斷面相鄰量測部位之對稱面上(參照圖 12)。

同樣地，對於鋼管試體斷面，熱電偶(平板測溫計)應位於相同量測部位且在每一面之中央。



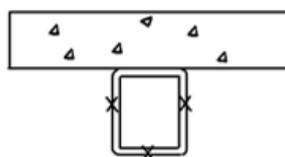
短梁側面圖



位置 1 與 3

位置 2

適用於短 I 型與 H 型梁的測溫計位置(總計 9 個位置)



說明

1 位置 1

2 位置 2

3 位置 3

L 長度

**圖 4-12 梁熱電偶(平板測溫計)位置/方向圖例**

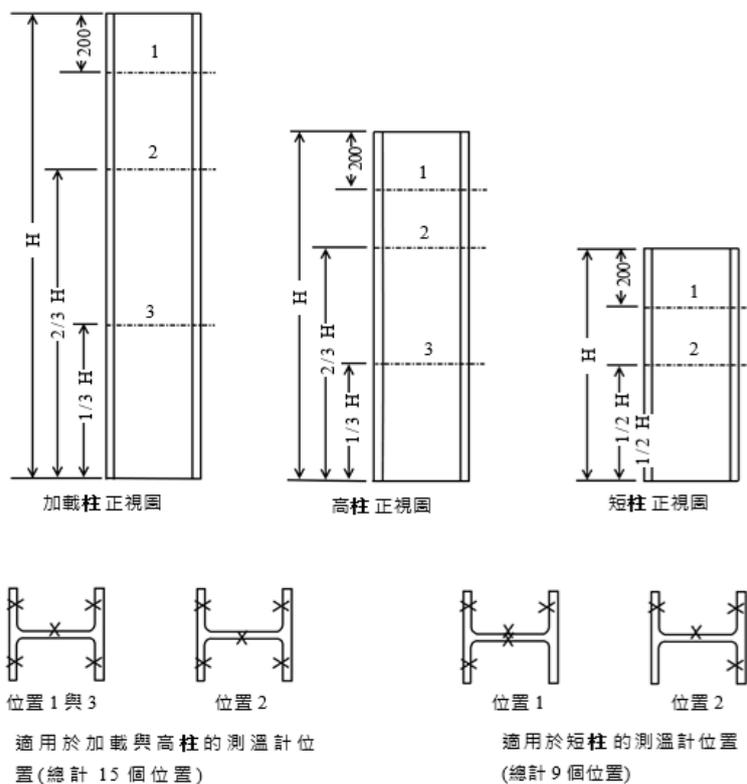
#### 10.3.4 加載柱與未加載高柱

對每一加載與未加載柱試體，應各有一個量測部位，逐一部位包含 5 個熱電偶(平板測溫計)，分別位於距離柱頂部 200 mm 處，以及曝火加熱的柱長度之 1/3 與 2/3 處(參照圖 4-13)。

梁腹板上的熱電偶(平板測溫計)，應位於梁腹板之對稱面上。

同樣地，對於鋼管試體斷面，熱電偶(平板測溫計)應位於相同量測部位且在每一面之中央(參照圖 4-14)。

單位：mm

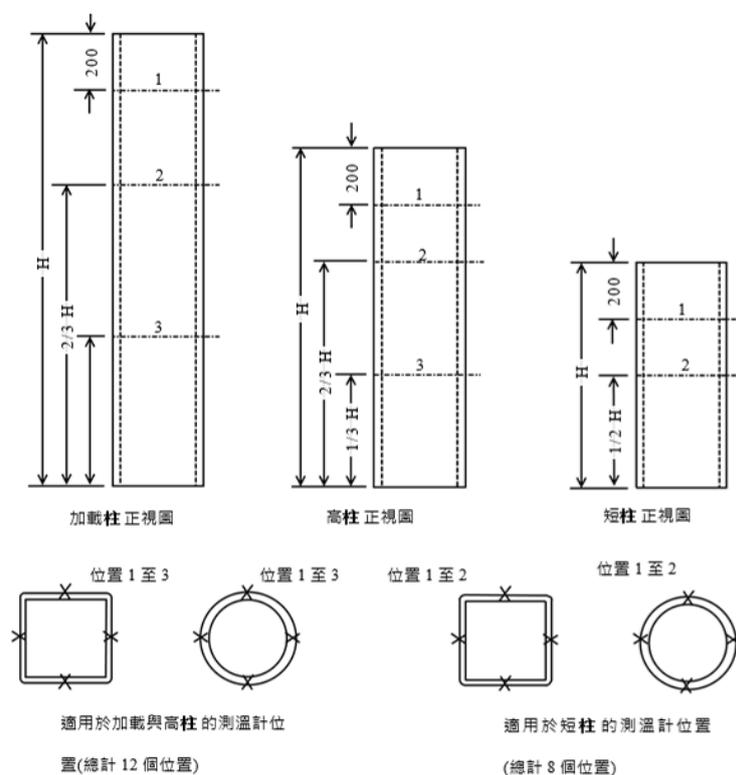


說明

- 1 位置 1
- 2 位置 2
- 3 位置 3
- H 高度

**圖 4-13 I 型與 H 型斷面柱熱電偶(平板測溫計)位置/方向圖例**

單位：mm



說明

- 1 位置 1
- 2 位置 2
- 3 位置 3
- H 高度

**圖 4-14 鋼管試體斷面熱電偶(平板測溫計)位置/方向圖例**

### 10.3.5 未加載短柱

對每一每一短 I 型或 H 型柱試體，應各有一個量測部位，逐一部位包含 5 個熱電偶(平板測溫計)，分別位於距離柱頂部 200 mm 處，以及曝火加熱的柱高度中點四個位置處(參照圖 4-13)。梁腹板與翼板上的熱電偶(平板測溫計)，應位於 I 型或 H 型試體斷面鄰接量測部位之對稱面上。

對於鋼管斷面柱，應有 4 個熱電偶(平板測溫計)各位於每一量測部位且在每一面之中央(參照圖 4-14)。

#### 10.4 加熱爐壓力量測設備

對於加載梁，相對於支撐架的跨距中點處之垂直變形量，以及對於加載柱之軸向變形量，應依 CNS 12514-1 之規定量測之。

#### 10.5 變形量量測設備

對於加載梁，相對於支撐架的跨距中點處之垂直變形量，以及對於加載柱之軸向變形量，應依 CNS 12514-1 之規定量測之。

#### 10.6 加載量測設備

所施加載重之量測設備，應依 CNS 12514-1 之規定予以安裝與使用。

### 11. 試驗步驟

#### 11.1 一般

依第 7 節之規定，組裝所需數量的試體組成測試封裝。

依據加熱爐容量與 8.5 之規定對所置入試體進行試驗。

對加載梁以及其同等未加載梁，且當可行時包括未加載柱試體施行各項試驗，儘可能時，對加載柱以及其同等未加載短柱試體施行各項試驗。

在開始進行試驗與 11.2 至 11.4 所規定試驗步驟之前，進行測溫計一貫性之檢查並建立溫度數據點。

#### 11.2 加熱爐溫度與壓力

使用 10.2 所規定的平板測溫計量測與記錄加熱爐於試體區域內之溫度，並依 CNS 12514-1，量測與記錄加熱爐壓力。

用以控制加熱爐溫度的熱電偶(平板測溫計)之位置系依放置於加熱爐內的試體而定。

使用 10.2.2 至 10.2.4 所規定的熱電偶(平板測溫計)控制加熱爐溫度至 CNS 12514-1 之基準。

某些試驗機構可能要求對防火被覆材料在悶燒火焰(緩慢加熱曲線)下進行試驗，此時，試驗步驟依附錄 F 之規定。

### 11.3 載重之施加與控制

#### 11.3.1 加載梁

使用 CNS 12514-1 之試驗步驟，在整個試驗期間內施加定載重至加載梁，此載重依 6.2.2 導出，直至達到  $L_{sup}/30$  之變形量，或達到  $L^2/9,000 d$  mm/min 之撓曲速率時，載重應予以移除。

$L_{sup}/30$  之變形量應在  $(500\sim600)^\circ\text{C}$  之溫度範圍內達到，若在達到  $575^\circ\text{C}$  溫度時無法獲得此變形量，則應逐漸增加載重達到  $L_{sup}/30$ 。使用之溫度應為底部翼板溫度之平均值。如為最大厚度加載梁之情況， $L_{sup}/30$  應達到評估範圍內最大防火時效的 85 % 之內。

對於板或厚板防火被覆系統，對已保護的梁施加所要求的載重，可能造成保護材料之崩裂，因此，在安裝防火被覆材料之前，可先施加 50 % 的所要求載重。

#### 11.3.2 加載柱

使用 CNS 12514-1 之試驗步驟，在整個試驗期間內施加定載重至加載柱，此載重依 6.2.4 導出，直至達到最大伸長點，且柱回復至其原始高度，當達到此點時載重應予以移除。

如為最大厚度加載柱之情況，應達到評估範圍內最大防火時效的 85 % 之內。

量測與觀測

#### 11.4.1 鋼構件之溫度

依 10.3 之規定，使用測溫計固定至鋼構件，以不超過 1 min 之時間間隔量測與記錄加載與未加載試體斷面之溫度。

#### 11.4.2 撓曲

在施加試驗載重之前，先查核相對於支撐點之初始撓曲數據，然後使用 CNS 12514-1 之試驗步驟，施加試驗載重，量測變形之零點，並監測加

載梁之變形量與加載柱(若有時)之軸向收縮，持續以不超過 1 min 之時間間隔量測與記錄直至試驗結束。

#### 11.4.3 觀測

監測每一試體在整個試驗中的一般行為，並依 CNS 12514-1 之所述記錄有無龜裂、裂縫、剝離或防火被覆材料分離及類似現象產生。

#### 11.4.4 試驗終止

所有試驗須提供評估範圍所要求的最高溫度之數據。

對於含有加載試體的試驗，當載重移除時，可能必須持續試驗直至所有鋼材斷面所記錄的平均溫度超過最高溫度，且試驗持續時間超過試驗委託人要求認可的最大期間。另外，當 CNS 12514-1 所規定之終止試驗之一或多項原因發生時，終止此試驗。

### 12. 試驗結果

#### 12.1 試驗結果之允收性

在任何試驗封裝中，可能由於測溫計失效、不正常的防火被覆材料之行為、試體不正確組裝等因素，產生顯而易見的錯誤結果。若任何結果予以忽略不計，實驗室應與試驗委託人諮詢，說明此情況並應用下列規則。

##### 12.1.1 I 型與 H 型斷面

###### 12.1.1.1 加載 I 型或 H 型斷面梁

- 由上翼板的 6 個測溫計，應有至少 4 個結果為有效的。
- 由梁腹板上的 3 個測溫計，應有至少 2 個結果為有效的。
- 由下翼板的 8 個測溫計，應有至少 6 個結果為有效的。

###### 12.1.1.2 未加載 I 型或 H 型斷面梁

- 由上翼板的 3 個測溫計，應有至少 2 個結果為有效的。
- 由梁腹板上的 3 個測溫計，應有至少 2 個結果為有效的。
- 由下翼板的 3 個測溫計，應有至少 2 個結果為有效的。

#### 12.1.1.3 加載 I 型或 H 型斷面柱與未加載高柱

- 由柱上 15 個測溫計，應有至少 9 個結果為有效的，其中至少 3 個有效結果係在每一溫度量測部位。

#### 12.1.1.4 未加載 I 型或 H 型斷面短柱

- 由每一翼板的 3 個測溫計，應有至少 2 個結果為有效的。
- 由梁腹板上的 3 個測溫計，應有至少 2 個結果為有效的。

### 12.1.2 鋼管斷面

#### 12.1.2.1 加載鋼管梁

- 由梁上 9 個測溫計，應有至少 7 個結果為有效的，其中至少 2 個有效結果係在每一溫度量測部位。

#### 12.1.2.2 未加載鋼管梁

- 由梁上 9 個測溫計，應有至少 7 個結果為有效的，其中至少 2 個有效結果係在每一溫度量測部位。

#### 12.1.2.3 加載與未加載高鋼管柱

- 由柱上 12 個測溫計，應有至少 9 個結果為有效的，其中至少 3 個有效結果係在每一溫度量測部位。

#### 12.1.2.4 未加載短鋼管柱

- 由柱上 8 個測溫計，應有至少 6 個結果為有效的，其中至少 2 個有效結果係在每一溫度量測部位。

### 12. 試驗結果之表示

下列事項應在試驗報告內予以說明。

- (a) 測得尺度結果值，特別是防火被覆材料之厚度，以及被動性防火被覆材料之密度與含水率，併同依 7.3 用於評估之該等數值。
- (b) 所有加熱爐溫度量測值，及依 CNS 12514-1 之規定所測得所有溫度量測之平均值，以圖形表示並與 CNS 12514-1 所規定之要求事項與許可差相

互比較。

- (c) 所有加熱爐壓力量測值，及依 CNS 12514-1 之規定所測得所有壓力量測之平均值，以圖形表示並與 CNS 12514-1 所規定之要求事項與許可差相互比較。
- (d) 每一翼板溫度之個別結果值與平均值、梁腹板之平均值，及依第 3 節(用語及定義)所述測得之整體平均值，以及在 10.3 所規定位置的量測測溫計測得的所有鋼材溫度，所有數值均以圖形表示(符合 12.1 的有效性基準之證據)。
- (e) 於 11.4.2 所規定的加載梁之撓曲量測值，所有數值均以圖形表示(若依 11.3.1 移除載重，記錄此時時間)。
- (f) 於 11.4.2 所規定的加載柱之軸向收縮量測值之個別結果值，所有數值均以圖形表示之(若依 11.3.1 移除載重，記錄此時時間)。
- (g) 所進行之觀測結果與次數。

項次(b)至(f)之結果值可依 CNS 12514-1 選擇可充分提供試體性能履歷的測得數據表示之。

項次(b)至(f)之結果值可以表列格式及/或電子化方式呈現製備與列印，如為後者之情況，須以適當的、保全的、“僅供閱讀”之形式製備，以防止更改，應僅有在實驗室檔案中維護的正當數據方可用於評估。

## 14. 試驗報告

### 14.1 一般

試驗報告應包括下列聲明。

“本報告提供的防火被覆系統，係依據 CNS 12514-1 規定之試驗程序所獲得之試驗狀態及結果。關於防火被覆材料之厚度與密度及構造細節、載重、應力、邊緣或端部條件之任何差異，如非屬應用領域下可容許者，將使試驗結果無效”。

除 CNS 12514-1 所要求要項外，下列資訊應包含於試驗報告內。

- (a) 防火被覆系統之一般性敘述與正確明細圖。
- (b) 製造廠商或產品名稱，以及構造體製造廠商名稱。
- (c) 試體製備之完全細節，包含防火被覆系統安裝/施工方法與表面製備（對於活性塗層，亦包含底漆厚度、以刷塗/噴塗施覆活性塗層、塗層數，及頂部塗層）。
- (d) 試體配置之描述(試體狀態調節及其安裝至加熱爐之描述)。
- (e) 使用第 13(b)至(f)項的量測設備在各試驗中所獲得量測值，依第 13 節之要求，表示於圖形（與任何其他選擇性格式）中。
- (f) 試體於試驗期間所觀察到的顯著行為之描述，包含觀測結果與防火被覆材料之脫離範圍。
- (g) 以時間為函數施加至每一試體的載重量，以及若移除載重(加載梁與柱)時，記錄此時之時間。
- (h) 依據 11.4.4 之基準終止試驗時，至試驗終止所需時間及其理由。
- (i) 依附錄 F 所述，使用悶燒火焰的試驗之結果(緩慢加熱曲線)，須分別報告之。
- (j) 試驗載重計算方法之細節。

## 附錄 A

### (規定)

#### 被動性防火被覆材料性質之量測

##### A.1 簡介

為能由試驗結果準確預測所需的防火被覆材料厚度，測定使用於耐火試驗中的防火被覆材料與其他材料之厚度、密度及含水量係屬重要的。

因此，確立此等性質所使用的方法，應與本附錄所述使用的適當步驟之指引一致。

提供測定厚度、密度及含水量的特用試體，應以實際的防火試體在第 9 節所規定之條件下狀態調節。

量測此等性質已有的任何特定產品標準應予以遵循，應遵守 CNS 12514-1 所規定試驗步驟及下列程序。

##### A.2 防火被覆材料之厚度

###### A.2.1 量測

對於防火板或防火厚板/防火毯之防火被覆材料，其標稱厚度應依相關 CNS 標準使用適合的量器或游標卡尺加以量測。應對試體組裝當中的實際材料或具代表性的特用試體進行量測，其最小尺度應為 300 mm × 300 mm。應有至少 9 個量測值，包含環繞周邊及材料表面上之量測值。

用於評估的設計厚度應依 7.3.2.2 之規定。

對於噴塗被動性防火被覆材料，厚度應使用直徑 1 mm 的探針或鑽頭插入材料每一量測位置，直至探針或鑽頭尖端接觸鋼材表面，探針或鑽頭上方應附有一直徑 50 mm 的圓形鋼板，可供準確測定表面水平度。

厚度量測點之數量與位置應依 A.2.2 之規定。

用於評估的設計厚度應依 7.3.2.2 之規定。

對於厚度大於 5 mm (即防火被覆材料之平均厚度大於試驗構件高度之 15%)

的噴塗防火被覆材料，其平均厚度應依下式計算出。

$$d_{av} = A_p + \left( \frac{A_p^2 + 16V_p}{8} \right) \dots\dots\dots (A.1)$$

對於施加至鋼梁與柱之試驗構件表面上，厚度小於 5 mm 的噴塗防火被覆材料與塗層，材料厚度應直接在試驗構件上，俟塗層完全乾燥後測得。

此一厚度應使用具有電磁誘導原理 (Electromagnetic induction principle) 或渦電流原理 (eddy current principle) 的設備量測之，探針接觸直徑至少為 2.5 mm。

厚度量測點之數量與位置應依 A.2.2 之規定。用於評估的設計厚度應依 7.3.2.2 之規定。

#### A.2.2 量測位置

厚度量測點之數量與位置(應視為最低要求)應依下列規定。

##### A.2.2.1 加載梁

至少為 88 個量測點，須分布於圖 4-6 與圖 4-11 所示的量測位置。

- 施行溫度量測之量測位置係在試驗梁表面。
- 施行溫度量測之量測位置係在梁之下翼板底緣上表面或鋼管梁之底面，介於每一溫度量測位置之間的中點處。
- 最外側溫度量測位置與梁下翼板底緣上表面或鋼管梁底面上最外側定點之間的中點位置。

##### A.2.2.2 未加載梁

至少為 24 個量測點，位於梁(梁腹板與翼板，參照圖 4-12)曝火表面約略下列位置處。

- 在試驗梁表面施行溫度量測之量測位置(間距 50 mm 至 100 mm)。

##### A.2.2.3 加載柱

至少為 50 個量測點，須平均分布於圖 4-13(I 型或 H 型斷面)與圖 14(鋼管斷面)所示的量測位置。

- 在試驗柱表面施行溫度量測之量測位置(間距 50 mm 至 100 mm)。
- 每一溫度量測位置之間的中點位置。

#### A. 2. 2. 4 未加載短柱

至少為 24 個量測點，須平均分布於圖 4-13 (I 型或 H 型斷面)與圖 14 (鋼管斷面)所示的量測位置。

- 在試驗柱表面施行溫度量測之量測位置(間距 50 mm 至 100 mm)。

#### A. 3 防火被覆材料之密度

每個防火被覆材料之密度，應使用下述方式由質量與尺度量測值測定出。

對於防火板或鑲板之被動式防火被覆材料，其密度可由質量值、平均厚度(由 9 個量測值平均而得)，及組裝當中的實際材料，或對面積至少為 300 mm×300 mm 具代表性的特用試體所測得面積計算而得。防火板之質量應使用具有之準確度相當於待量測試體總質量的 0.1 %或可精稱至 0.1 g (取較大者)之天平量測之(試體大小應使其最小質量為 100 g)。纖維質或類似可壓縮防火被覆材料之密度應相對於其標稱厚度。

對於噴塗施作的防火被覆材料，材料之密度應由自底部以水平方向達到金屬盤的噴塗試體測得，須同時在防火被覆材料噴塗至鋼材試體進行測定，金屬盤之尺度應為 300 mm×300 mm，並使用厚度 1 mm 之鋼板製成。金屬盤之深度應與防火被覆材料之設計厚度相同。

對於每個材料之厚度，應準備兩個金屬盤，材料施做之厚度與施做至鋼材者相同，其中之一金屬盤經乾燥處理以提供乾燥密度與水分含量之參考，另一個金屬盤測定試驗當時之密度。

在金屬盤內試體之厚度應依下列規定在金屬盤之表面上測定 9 個位置。

- 中心點位置(總計 1 個)。
- 沿中心點至四個角隅軸線，彼此等距之中央與角隅處兩個位置(總計 8 個)。

金屬盤內防火被覆材料之質量應使用具有之準確度相當於待量測試體總質量的 0.1 %或可精稱至 0.1 g (取較大者)之天平量測之(試體大小應使其最小質量為 100 g)。

#### A.4 防火被覆材料之含水量

用以量測含水量的試體與材料應與試體在相同條件下共同存放，最終含水量應在進行防火測試之當天施行量測。

每個防火被覆材料之密度，應使用下述方式由質量與尺度量測值測定出。

對於防火板或防火厚板之被動式防火被覆材料，應採取特定試體，尺度最小為 300 mm×300 mm 其厚度依使用材料之每一厚度，應予以量測並使用 CNS 12514-1 所規定溫度與技術在烘箱內乾燥。試體之含水量應由其質量之百分率計算而得。

對於噴塗施作的被動性防火被覆材料，材料之含水量應依 A.3 所提及每一厚度的試體金屬盤逐一置入烘箱內測定之，應予以量測並使用 CNS 12514-1 所規定溫度與技術在烘箱內乾燥。試體之含水量應由其質量之百分率計算而得。

## 附錄 B

### (規定)

#### 活性防火被覆材料性質之量測

##### B.1 簡介

為能由試驗結果準確預測所需的防火被覆材料厚度，測定使用於耐火試驗中的防火被覆材料與其他材料之厚度係屬重要的。

因此，確立此等性質所使用的方法，應與本附錄所述使用的適當步驟之指引一致。

用以測定厚度的試體，應以實際的防火試體在第 8 節所規定條件下狀態調節。

應遵循 EN 1363-1 所規定試驗步驟以及下列程序。

##### B.2 防火被覆材料之厚度

###### B.2.1 乾膜厚度

乾膜厚度應直接在試驗構件上，依試驗委託人之界定俟塗層完全乾燥後測定之。

此厚度應由實驗室使用儀器量測之，此儀器可利用電磁誘導原理或渦電流原理，具有接觸直徑至少為 2.5 mm 之一探針。

###### B.2.2 量測位置

厚度量測點之數量與位置(應視其為最低要求)應依下列規定。

###### B.2.2.1 加載梁

至少為 88 個量測點，須分布於圖 6 與圖 13 所示之量測位置。

- 施行溫度量測之量測位置係在試驗梁表面。
- 施行溫度量測之量測位置係在梁之下翼板底緣上表面或鋼管梁之底面，介於每一溫度量測位置之間的中點處。
- 最外側溫度量測位置與梁下翼板底緣上表面或鋼管梁底面上最外

側定點之間的中點位置。

#### B. 2. 2. 2 未加載梁

至少為 24 個量測點，位於梁(梁腹板與翼板，參照圖 12)曝火表面約略下列位置處。

- 在試驗梁表面施行溫度量測之量測位置(間距 50 mm 至 100 mm)。

#### B. 2. 2. 3 加載柱

至少為 50 個量測點，須平均分布於圖 13 (I 型或 H 型斷面)與圖 14 (鋼管斷面)所示的量測位置。

- 在試驗柱表面施行溫度量測之量測位置(間距 50 mm 至 100 mm)。
- 每一溫度量測位置之間的中點位置。

#### B. 2. 2. 4 未加載短柱

至少為 24 個量測點，須平均分布於圖 13 (I 型或 H 型斷面)與圖 14 (鋼管斷面)所示的量測位置。

- 在試驗柱表面施行溫度量測之量測位置(間距 50 mm 至 100 mm)。

### B. 3 鑑別

塗層之鑑別應依 ETAG 018-Part 2 標準之規定。

材料之性質須清楚地予以定性/標識(其配方)。

## 附錄 C

### (規定)

#### 試體之選擇—被動性防火被覆

##### C.1 選擇之原則

評估的範圍將決定試體之選擇，表 D.1 列出可施行的各種評估，依據製造廠商希望施行的是限制性測試或延伸性測試而定，每一試驗封裝指示特定範圍所要求的最少試體數量。

特殊防火被覆支撐系統的加載梁測試，亦可適用於使用相同支撐系統的柱，當一系統同樣反映梁防護系統之下半部時界定為相同防護系統，而梁上半部亦必須使用相同固定方法。例如，若梁系統僅使用支撐座，則若此支撐座亦使用於柱防護系統，且以相同間隔放置，則此柱防護系統可視為相同固定方法。若梁系統在梁外框上部使用角形托座但下半部不使用時，則相同的角形托座必須使用於柱外框系統，否則，此二系統將視為不同，加載柱必須另外測試。

含有不同層數的防火板、防火厚板或防火毯之防火被覆系統必須以超過一系統視之，因此，單層系統需有個別的試驗封裝，且由多層系統評估之，例如，若一防火板系統需有三層板，則需進行兩次測試與兩個評估封裝，即一次對單層系統，而另一次對雙層與三層組合之系統。

若測試無任何補強鋼絲網的防火被覆底塗系統，則可依實際情況加入鋼絲網。若在此測試系統使用鋼絲網時，則必須為實際使用者。

表 C.1 應用於防火板、防火厚板或防火毯與噴覆塗層，如為防火板、防火厚板或防火毯之情況，柱與梁之防火被覆系統對於組合柱與梁選項(試驗封裝 3 與 4)必須相同。

備考：若為重型鋼 (heavier steel) 斷面時，則可能需要增加試體。

表 C.1 選擇之原則－開放斷面

範圍	試驗封裝	由 C.2 選擇加載梁	由 C.2 選擇加載柱	參考梁 (b)	參考柱 (c)	短 I 斷面梁	短 I 斷面柱 (b)	短鋼材斷面總數	CNS 12514-11 表 B.2 之修正步驟
I 型梁 (a)	1	√		2		11		13	(a)
I 型柱	2		√		2		11	13	(b)
I 型梁 (a)+I 型柱	3	√		2			13	15	(d)
I 型梁 (a)+I 型柱	4	√		2		111	13	26	(c)

註:(a) I 指 I 與 H 型兩者。  
 (b) 梁應包含在熱分析中。  
 (c) 柱應使用於熱分析。

對於結構鋼管斷面，試驗委託人可採納附錄 A 所示原則，若為此情況時，必須依本標準施行 I 或 H 型斷面之測試。

如鋼管斷面對防火板、防火厚板或防火毯的固定方法與 I 型或 H 型斷面的固定方法不同之情況，或若需要對鋼管斷面進行個別評估時，適用表 C.2 之規定。

備考：若為重型鋼 (heavier steel) 斷面時，則可能需要增加試體。

表 C.2 選擇之原則－鋼管斷面

範圍	試驗封裝	由 C.2 選擇加載梁	由 C.2 選擇加載柱	參考鋼斷面	短鋼管梁	短鋼管柱	短鋼材斷面總數	CNS 12514-11 表 B.2 修正步驟
矩形梁	1	√		2	4		6	(e)
鋼管柱	2		√	2		4	8	(f)

需對未加載鋼材斷面進行試驗程序，以發現耐火性、防火被覆材料厚度及斷面因數間之關係，典型程序包括至少需有不同厚度範圍的 6 個鋼材斷面。

#### C.2 黏著性修正之試驗斷面

為考量防火被覆產品黏著性能，短鋼材斷面之溫度數據應依所選擇的試驗程

序而定，對加載梁與加載柱加以修正。測定黏著性修正的方法係取決於表 C.3 與表 C.4 所選擇試驗封裝範圍以及 CNS 12514-11 之規定。

黏著性修正的計算過程依 CNS 12514-11 之規定。供評估黏著性的加載鋼材斷面選擇之指引參照表 C.3 與表 C.4 所示。

**表 C.3 試驗鋼材斷面底塗之選擇**

加載試驗斷面	防火被覆層厚度	斷面因數	深度或寬度最小值 mm
梁 1	最大值	適合評估範圍之最大值	300
梁 2	最小值	適合評估範圍之最大值	300
柱 1	最大值	適合評估範圍之最大值	200
柱 2	最小值	適合評估範圍之最大值	200

**表 C.4 試體的防火板/防火毯/防火厚板之選擇—單層系統**

加載試驗斷面	防火被覆層厚度	斷面因數	深度最小值 mm
梁 1	最大值	適合評估範圍之最大值	300
梁 2	最小值	適合評估範圍之最大值	300
柱 1	最大值	適合評估範圍之最大值	200
柱 2	最小值	適合評估範圍之最大值	300

並非所有加載鋼材斷面均需評估黏著性，因此，所要求試驗之選擇參照 C.1。測定黏著性修正的方法係取決於表 C.1 與表 C.2 所選擇試驗封裝範圍以及 CNS 12514-11 之規定。

單層系統的修正因數應僅能應用於單層測試之熱數據。

複層系統的修正因數應僅能應用於複層測試之熱數據。

對於在梁與柱上測試的複層系統，最小防火被覆厚度之選擇應使用兩層最薄的防火板、防火厚板或防火毯，而具有最大防火被覆厚度的鋼材斷面之選擇，應使用兩層以上最大厚度的防火板、防火厚板或防火毯，在後者之情況，防火板、防火厚板或防火毯之最外層可以薄層取代，以製成符合評估範圍的最大厚度。

最薄的部位必須與實際使用時相同，例如，若系統以外層為最薄層測試時，則實際使用時最外層必須為最薄層。

### C.3 熱分析所需之選擇

#### C.3.1 短 I 型與 H 型鋼材斷面

所選擇的鋼材斷面應涵蓋防火被覆材料厚度、選擇因數及耐火時效之範圍，並應包含等同於加載鋼材斷面的短參考試驗斷面，表 C.5 與表 C.6 提供所需試驗斷面之最少數量，可測試附加的試驗斷面以得到符合 CNS 12514-11 (圖示法)所示曲線。

為分析同樣選擇的鋼管斷面，以涵蓋防火被覆材料厚度、選擇因數及耐火時效之範圍，將需要有附加的短鋼材斷面。

防火被覆系統之具有接頭的短形未加載試體不得包含接頭，除非此系統在距離中央 1 m 以內處具有接頭。

試體之選擇由產品所要求的評估範圍決定之，以此作為每一耐火時效的選擇因數範圍(最大值與最小值)與厚度範圍(最大值與最小值)之基準。範圍因數的最大值為 1.0，而最小值為 0.0，由製造廠商決定之。

對於短 I 型或 H 型鋼材斷面，適用表 C.5 之規定。

備考：若為重型鋼 (heavier steel)斷面時，則可能需要增加試體。

表 C.5 熱分析之防火被覆材料厚度與斷面範圍因數(短 I 型或 H 型鋼材斷面)

斷面範圍因數 Ks	厚度範圍因數 Kd			
	0.0 (dmin)	0.2~0.5	0.5~0.8	1.0 (dmax)
0.0 (smin)	√	√	√	
	√ ptp			
0.2~0.5	√		√	√
	√ ptp			
	√ ptp	√ ptp		√ ptp
0.5~0.8	√	√	√	√
		√ ptp	√ ptp	√ ptp
		√ ptp	√ ptp	√ ptp
1.0 (smax)		√	√	√

表 C.5 適用於個別的梁與柱。

上述為一示例—在任一選擇中，每一列必須至少 3 個鋼材斷面，且每一欄至少 3 個鋼材斷面，惟附加 ptp 的鋼材斷面除外。

具有最大厚度的加載梁或柱必須在斷面因數範圍(0.2~1.0)內。

具有最小厚度的加載梁或柱必須在斷面因數範圍(0.2~0.8)內。

實際的斷面因數與厚度係依圖 8 中的公式計算出。

評估範圍僅限於梁最大深度與具有適當防火被覆厚度保護的測試之加載梁之 2 倍相等之情況。

評估範圍僅限於柱最大深度與最大為 600 mm 的測試加載梁或加載柱之 2 倍相等之情況。

短鋼材斷面的最少數量，梁為 13 個，柱為 1 個，若系統實際上使用 4 個以下厚度範圍，此等厚度均予以測試且每一厚度必須在每一斷面因數範圍

內測試。

若僅使用短柱評估梁，則最小與最大加載梁試驗必須同時包含參考梁。

若僅使用短 I 型或 H 型鋼材斷面評估梁，則最大梁腹板深度將限定於加載梁的梁腹板深度附加 50 %。

若使用短 I 型或 H 型鋼材斷面評估鋼管斷面之性能時，則應依 CNS 12514-11 的附錄 A 之規定。

依表 C.5 所示具有 ptp 參考的鋼材斷面需要作為附加鋼材斷面，當特殊標稱厚度使用點對點以圖示評估時，其為每側的斷面因數範圍之中間值。

### C.3.2 鋼管斷面

若分別測試與評估鋼管斷面，即不使用 CNS 12514-11 之附錄 A 時，則適用表 C.6 之規定。

備考：若為重型鋼 (heavier steel) 斷面時，則可能需要增加試體。

表 C.6 熱分析之防火被覆材料厚度與斷面範圍因數(鋼管斷面)

斷面範圍因數 Ks	厚度範圍因數 Kd		
	0.0 (dmin)	0.4~0.6	1.0 (dmax)
0.0 (smin)	√	√	
0.4~0.6	√		√
1.0 (smax)		√	√

表 C.6 適用於個別的鋼管梁與柱。

上述為一示例—在任一選擇中，每一列必須至少 2 個鋼材斷面，且每一欄至少 2 個鋼材斷面。

具有最大厚度的加載梁必須在斷面因數範圍(0.5~1.0)內。

具有最小厚度的加載鋼管柱必須在斷面因數範圍(0.5~1.0)內。

實際的斷面因數與厚度係依公式 C.1 與 C.2 計算出。

短鋼材斷面的最少數量，梁為 6 個，而柱為 6 個，總計 12 個，若系統實際上使用 3 個以下厚度範圍，此等厚度均予以測試，且每一厚度必須在每一斷面因數範圍內測試。

少於 C.5 所規定鋼材斷面數量時僅能作限定評估，即每一斷面因數為固定的防火被覆厚度，在測試厚度範圍之間無內插值。

對於完全評估，應使用表 C.5 所所示相同方式與鋼材斷面數量。

評估範圍限定於梁最大深度與具有適當防火被覆厚度保護的測試之加載梁之 2 倍相等之情況。

評估範圍僅限於柱最大深度與最大為 600 mm 的測試加載梁或加載柱之 2 倍相等之情況。

對於某些耐火時效，加載鋼材斷面可能並非為最大斷面因數，但必須以最大厚度予以被覆。

實際的範圍因數數值可依公式 C.1 與 C.2 導出。

厚度

$$d_p = K_d(d_{\max} - d_{\min}) + d_{\min} \quad (\text{C.1})$$

式中， $d_p$ ：因數  $K_d$  之厚度

$d_{\max}$ ： $K_d$  因數為 1 時之最大厚度

$d_{\min}$ ： $K_d$  因數為 0 時之最小厚度

斷面因數

$$S_p = K_s(s_{\max} - s_{\min}) + s_{\min} \quad (\text{C.2})$$

式中， $s_p$ ：因數  $K_s$  之斷面因數

$s_{\max}$ ： $K_s$  因數為 1 時之最大斷面因數

$s_{\min}$ ： $K_s$  因數為 0 時之最小斷面因數

示例：斷面因數範圍為  $(60 \sim 300) \text{ m}^{-1}$

則  $K_s$  因數為 0.5 時之斷面因數為  $[(300 - 60) \times 0.5] + 60 = 180 \text{ m}^{-1}$

斷面因數可由製造廠商依據實驗室實際試驗曲線之選擇予以決定。

所使用的試體應由附錄 G 之各表選取之。

附錄 D

(規定)

試體選擇之原則－活性防火被覆

D.1 選擇之原則

評估的範圍將決定試體之選擇，表 D.1 列出可施行的各種評估，依據製造廠商採用限制性測試或延伸性測試而定，每一試驗封裝指示特定範圍所需最少試體數量。

備考：若為重型鋼 (heavier steel) 斷面時，則可能需要增加試體。

表 D.1 試體之選擇

範圍	試驗封裝	LB min + LB max	LC min + LC max	TC max	LHB max	LHB min	LHC max	LHC min	RB	SIB	SIC	TCHS	TRHS	SHB	SHC	試驗斷面總數	表 B.1 之修正步驟
I 梁	1	✓								13						13	(a)
I 柱	2		✓								13					13	(b)
I 梁 + I 柱	3	✓		✓						13	13					26	(a) (c)
I 梁 + I 柱	3A	✓		✓					2		13					15	(d)
I 梁 + I 柱 + 鋼管柱	4	✓		✓			✓			13	13	✓	✓		6	32	(a) (c) (e)
I 梁 + I 柱 + 鋼管柱	4A	✓		✓			✓		2		13	✓	✓		6	21	(d) (e)
I 梁 + I 柱 + 鋼管柱	5	✓		✓	✓					13	13			6		32	(a) (c) (f)
I 梁 + I 柱 + 鋼管柱	5A	✓		✓	✓		✓			13	13	✓	✓	6	6	27	(d) (e) (f)

表 D.1 (續)

範圍	試驗封裝	LB min + LB max	LC min + LC max	TC max	LHB max	LHB min	LHC max	LHC min	RB	SI B	SI C	TCHS	TRHS	SHB	SHC	試驗斷面總數	表 B.1 之修正 步驟
I 梁 +I 柱 + 鋼管 梁 + 鋼管 柱	6	✓		✓	✓		✓			13	13	✓	✓	6	6	38	(a) (c) (e) (f)
I 梁 +I 柱 + 鋼管 梁 + 鋼管 柱	6A	✓		✓	✓		✓		2		13	✓	✓	6	6	27	(d) (e) (f)
I 梁 +鋼管 梁 + 鋼管 柱	7	✓			✓		✓			13		✓	✓	6	6	25	(b) (e) (f)
I 柱 +鋼管 柱 + 鋼管 梁	8		✓		✓		✓				13	✓	✓	6	6	25	(b) (e) (f)
鋼管 梁 + 鋼管 柱	9				✓	✓	✓	✓				✓	✓	6	6	12	(g) (h)
I 梁 +鋼管 梁	10	✓			✓	✓				13				6		19	(a) (g)
I 柱 +鋼管 柱	11		✓				✓	✓			13	✓	✓		6	19	(b) (h)
I 梁 +鋼管 柱	12	✓					✓	✓		13		✓	✓		6	19	(a) (h)

表 D.1 (續)

範圍	試驗封裝	LB min + LB max	LC min + LC max	TC max	LHB max	LHB min	LHC max	LHC min	RB	SIB	SIC	TCHS	TRHS	SHB	SHC	試驗斷面總數	表 B.1 之修正 步驟
I 柱 + 鋼管 梁	13		✓		✓	✓					13			6		19	(b) (g)
鋼管 梁	14				✓	✓								6		6	(g)
鋼管 柱	15						✓	✓				✓	✓		6	6	(h)

需有未加載鋼材斷面之試驗程序，以供了解耐火性、乾膜厚度及斷面因數之間的關聯性。

如提及參考梁的柱僅與試驗封裝有關，其梁係使用短柱數據進行評估，則除短柱試驗斷面外，尚需最小與最大厚度的參考梁。在所有其他情況中，所選擇的短試驗斷面中應包含參考梁與柱。

以反應性塗層被覆的圓形與矩形鋼管柱之測試，無法全面說明一特殊形狀比另一形狀更複雜，為使試驗數據得以同時用於兩種形式，所施行之測試宜在評估前，依據僅測試一種形狀為基準下，充分說明兩種鋼管形狀之何者較為複雜。

為測定圓形或矩形鋼管柱之塗層性能是否不同，具有標稱斷面因數(130~160) m<sup>-1</sup>，以相當於標稱最大值的相同塗層厚度被覆之每一型式的高柱須加

以測試，或以最大斷面因數測試以適合評估之範圍。

高圓形與矩形鋼管柱之標稱斷面尺度須分別為直徑 168.3 mm×厚度 6.3 mm，以及面積 160 mm × 160 mm × 厚度 8.0 mm，或為最大管壁厚以適合評估之範圍，在後者情況中，可能必須選擇具有與高柱相同管壁厚的加載鋼管試體，使得以使用相同參考鋼材斷面進行數據修正。

應進行鋼材溫度曲線對應時間之比較，以使每一設計溫度均能涵蓋於評估中，並測出最複雜的性能。

若已測定出最複雜的鋼管型式，可據以選擇加載鋼管柱與短鋼材斷面。

可同時對圓形與矩形鋼管鋼材斷面進行替代試驗並分別評估，在每一情況中，需有最大厚度的加載鋼材斷面。

#### D.2 黏著性修正之試驗斷面

為將防火被覆產品黏著性性能納入考量，短試驗斷面的溫度數據應視所選定的試驗程序而定，針對加載梁與加載柱予以修正。黏著性修正之測定方法係依表 D.1 所選定的試驗封裝範圍而定，且依 CNS12514-11 之規定。

#### D.3 熱分析所需之試驗斷面

##### D.3.1 短形試驗斷面與 H 型試驗斷面

試驗斷面應涵蓋防火被覆層厚度範圍、斷面因數及耐火時效，並應包含相等於加載試驗斷面或高試驗斷面的短形參考試驗斷面。表 D.2 與表 D.3 規定所需的最少試驗斷面數量，可測試附加的試驗斷面以使曲線符合 CNS12514-11 的附錄 C(圖示法)之規定。

需有附加的短形或高形試驗斷面，以供分析同樣選定涵蓋防火被覆層厚度範圍、斷面因數及耐火時效的鋼管試驗斷面。

試體之選擇係由產品所需的評估範圍所決定，此將以每一耐火時效的選擇因數範圍(最大值與最小值)，以及厚度範圍(最大值與最小值)為基礎，範圍因數的最大值為 1.0，而最小值為 0.0，由製造廠商決定之。

對於短 I 型或 H 型鋼材斷面，適用表 D.2 之規定。

備考：若為重型鋼 (heavier steel) 斷面時，則可能需要增加試體。

表 D.2 熱分析用防火被覆厚度與斷面範圍因數(短 I 型或 H 型鋼材斷面)

斷面範圍因數 Ks	厚度範圍因數 Kd			
	0.0 (dmin)	0.2~0.5	0.5~0.8	1.0(dmax)
0.0 (smin)	√	√	√	
	√ ptp			
0.2~0.5	√		√	√
	√ ptp			
	√ ptp	√ ptp	√ ptp	√ ptp
0.5~0.8	√	√	√	√
		√ ptp	√ ptp	√ ptp
		√ ptp	√ ptp	√ ptp
1.0(smax)		√	√	√

若使用 CNS12514-11，依其附錄 C 之圖示法予以分析，則應參照表 C.3，以確保試體選擇中包含正確的厚度分段數。

本表適用於個別的梁與柱。

上述為一示例—在任一選擇中，每一列至少應有 3 個鋼材斷面，且每一欄至少 3 個鋼材斷面，惟附加 ptp 的鋼材斷面除外。

具有最大厚度的加載梁之斷面因數範圍應為(0.2~1.0)。而具有最小厚度的加載梁之斷面因數範圍應為(0.2~0.8)。

實際的厚度與斷面因數分別依公式 D.1 與公式 D.2 計算出。

至少一個短梁斷面的腹板深度應至少 600 mm。

短鋼材斷面的最少總數，梁為 13 個，柱為 13 個。

依表 E.2 所示具有 ptp 參考的斷面因數需有附加鋼材斷面，當特殊標稱厚度線使用點對點以圖示評估時，其為每側的斷面因數範圍之中間值。

若僅使用短柱評估梁，則最小與最大加載梁試驗必須同時包含參考梁。

若僅使用短柱來評估梁，則最大梁腹板深度將限定於加載梁的梁腹板深度附

加 50 %。

### D.3.2 鋼管斷面

對於短鋼管斷面，適用表 D.3 之規定。

備考：若為重型鋼 (heavier steel) 斷面時，則可能需要增加試體。

**表 D.3 熱分析之防火被覆材料厚度與斷面範圍因數(鋼管斷面)**

斷面範圍因數 Ks	厚度範圍因數 Kd		
	0.0(dmin)	0.4~0.6	1.0(dmax)
0.0(smin)	√	√	
0.4~0.6	√		√
1.0(smax)		√	√

表 D.3 分別適用於鋼管梁與柱。

表 D.3 為一示例—在任一選擇中，每一列必須至少 2 個鋼材斷面，且每一欄至少 2 個鋼材斷面。

具有最大厚度的加載鋼管梁之斷面因數範圍應為(0.5~1.0)，而具有最小厚度的加載鋼管梁之斷面因數範圍應為(0.5~1.0)。

實際的厚度與斷面因數係分別依公式 D.1 與 D.2 計算出。

短鋼材斷面的最少總數，梁為 6 個，柱為 6 個。

少於 D.2 所規定鋼材斷面數量時僅能作限定評估，即每一斷面因數為固定的防火被覆厚度，在測試厚度範圍之間無內插值。對於完全評估，應使用表 D.2 所所示相同方式與鋼材斷面數。

實際的範圍因數數值可由公式 D.1 與 D.2 導出。

厚度

$$dp = Kd(d_{max} - d_{min}) + d_{min} \quad (D.1)$$

式中， dp：因數 Kd 之厚度

d<sub>max</sub>：Kd 因數為 1 時之最大厚度

d<sub>min</sub>：Kd 因數為 0 時之最小厚度

示例：厚度範圍為(0.2~1.2) mm

則  $K_s$  因數為 0.5 時之厚度為  $[(1.2-0.2)\times 0.5]+0.2=0.7$  mm

斷面因數

$$s_p = K_s(s_{\max} - s_{\min}) + s_{\min} \quad (D.2)$$

式中，  $s_p$ ：因數  $K_s$  之斷面因數

$s_{\max}$ ： $K_s$  因數為 1 時之最大斷面因數

$s_{\min}$ ： $K_s$  因數為 0 時之最小斷面因數

示例：斷面因數範圍為(60~300)  $m^{-1}$

則  $K_s$  因數為 0.5 時之斷面因數為  $[(300-60)\times 0.5]+60=180$   $m^{-1}$

斷面因數可由製造廠商依據實驗室實際試驗曲線之選擇予以決定。

所使用的試體應由附錄 G 之各表選取之。

## 附錄 E

### (規定)

#### 量測鋼材溫度之熱電偶固定

##### E.1 簡介

準確的量測鋼材溫度為評估方法的基礎。因此，熱電偶(平板測溫計)型式與連接方法，以及電線路徑、保護及連接至適合的補償導線或延長線應加以小心考量。本附錄提供適宜的程序之指引。

##### E.2 熱電偶(平板測溫計)型式

熱電偶線可採用 CNS 5534 所規定的型式 "T"、"N" "K" 及 "J"。

最好使用具有獨立的熱接點，覆蓋阻熱礦棉的不銹鋼作為襯墊的熱電偶(平板測溫計)。在覆蓋物上的直徑應至少為 1.5 mm。

其他型式熱電偶(平板測溫計)，如依實驗室與試驗委託人針對其適合性達成協議時，可予以使用。適當的熱電偶(平板測溫計)應裝有直徑至少 0.5 mm 的個別電線，且在兩條電線之間及每一電線與外部導電材料之間，裝有阻熱材料，以確使試驗當中不致失敗。

##### E.3 熱電偶(平板測溫計)之固定

熱電偶(平板測溫計)之熱接點應以尖錐物或不致影響熱電偶(平板測溫計)反應或準確度的其他方法連接至鋼材，不允許使用螺釘或螺絲之機械連接方式。

熱電偶(平板測溫計)不能在超過熱接點處接觸，必須在鋼材之內或表面上，熱電偶(平板測溫計)熱接點應位於其與冷接點最短迴路之位置，熱電偶(平板測溫計)應予以固定以確保其維持在定位。

##### E.4 熱電偶(平板測溫計)電線之路徑

應確保自熱接點的電線接至冷接點的路徑所曝露之溫度不致超過熱接點溫度。電線路徑應位於防火被覆材料後方並遠離加熱爐，使其不穿過加熱爐大

氣。

可能必須在施作防火被覆材料之前，使用通道或導管保護熱電偶(平板測溫計)電線，可由輕型標準鋼材建構而成，並將其點焊至梁腹板與翼板之角隅處。

應記住所聲稱的熱電偶(平板測溫計)阻熱材料之溫度性能，將與位於加熱爐大氣中，電線未有任何移動或其他應變的熱電偶(平板測溫計)有關。

熱電偶(平板測溫計)電線可能需加以支撐，以確保不致發生阻熱材料破壞之情況。

#### E.5 熱電偶(平板測溫計)之連接

在高溫區域內，熱電偶(平板測溫計)電線不得連接任何延長線或補償導線。補償導線應為適合於熱電偶(平板測溫計)電線之型式。

#### E.6 熱電偶(平板測溫計)之失效

熱電偶(平板測溫計)失效，可能係因電線內斷裂造成，或在電線之間的絕緣失敗，使得熱接點產生斷路。

熱電偶失效有下列現象。

- 顯示之溫度突然自先前所記錄之溫度下降。
- 顯示之溫度突然下降值顯示出記錄設備的最大範圍。
- 顯示“浮動或漂移不定”之溫度，與預期值不一致。

通常絕緣失敗可觀察顯示溫度值是否與加熱爐溫度不一致。

## 附錄 F

(參考)

### 悶燒火焰試驗法(緩慢加熱曲線)

#### F.1 簡介

受火災的熱通量所活化之防火被覆產品可能需施行悶燒曲線依 ISO 834-2 所界定之緩慢加熱曲線)試驗，該試驗之升溫速率小於標準溫度/時間曲線之速率。

適用於活性防火被覆材料的曝火條件，僅用於特殊情況，其情況可能係預期產品曝火於悶燒火焰的性能可能低於標準溫度/時間曲線之情況，且此一試驗係依建築主管機關之規定。

所有防火被覆材料應用於鋼構件為非強制性。

#### F.2 試驗設備

加熱爐與試驗設備之設計，應能使試體曝露在 F.5 所規定條件下受熱。

悶燒曲線(緩慢加熱曲線)應依 ISO 834-2 之規定，該標準所提供的加熱條件在  $t=0$  min 至 20 min 期間，加熱爐溫度(T)依循下列關係。

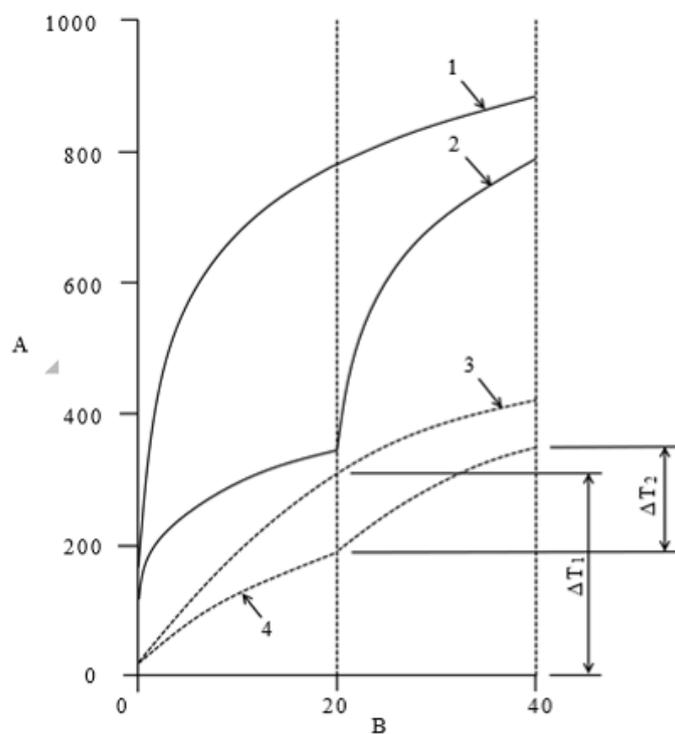
$$T = 154\sqrt{t} + 20 \quad (\text{F.1})$$

在  $t=20$  min 之後的試驗時間，加熱爐溫度(T)依循下列溫度/時間關係。

$$T = 345 \log_{10}[8(t-20)+1] + 21 \quad (\text{F.2})$$

如圖 F.1 所示。

適用於活性防火被覆材料的曝火條件，僅用於特殊情況，其情況可能係預期產品曝火於悶燒火焰的性能可能低於標準溫度/時間曲線之情況，且此一試驗係依建築主管機關之規定。



說明

- 1 標準溫度/時間曲線
  - 2 悶燒(緩慢加熱)曲線
  - 3 對照標準溫度/時間曲線之試驗構件溫度
  - 4 對照悶燒(緩慢加熱)曲線之試驗構件溫度
- A 溫度，°C  
B 時間，min

**圖 F.1 標準與悶燒燃燒曲線性能比較圖**

### F.3 試體

應指定 4 個短鋼材柱，如依表 F.1 所示，該表之 4 個選項與 D.3 所示之表相同。

表 F.1 試體

斷面範圍因數 K <sub>s</sub>	厚度範圍因數 K <sub>d</sub>			
	0.0 (d <sub>min</sub> )	0.2~0.5	0.5~0.8	1.0 (d <sub>max</sub> )
0.0 (s <sub>min</sub> )	√			
0.2~0.5				
0.5~0.8		√	√	
1.0 (s <sub>max</sub> )				√

## F.4 試驗終止

經 40 min 後或依 CNS 12514-1 試驗終止條件，終止試驗。

## F.5 結果之評估

應進行 4 個界定的短柱當依據標準溫度/時間曲線(依基本試驗)與悶燒試驗(本項試驗)之特性溫度試驗數據比較。

由每一相互比較定點的熱電偶(平板測溫計)所得之結果應以表格方式記錄，由每一相互比較定點所得之結果應以類似圖 F.1 所示方式以圖形表示，並比較與記錄兩種加熱曲線的防火被覆材料之性能。

所有相互比較定點之  $\Delta T_1$  與  $\Delta T_2$  數值應量測與記錄。

附錄 G

(參考)

選擇因數一覽表

建議修正為台灣使用之鋼梁型式

下列各表列出各種尺度的鋼材部件之選擇因數。

表 G.1 外形為 I 型與 H 型梁段之選擇因數

英國梁段尺度 mm×mm×kg/m	標稱外形斷面因 數，m <sup>-1</sup>	歐洲梁段尺度 mm×mm×kg/m	歐洲梁稱呼	標稱外形斷面因 數，m <sup>-1</sup>
914×419×388	60	814×303×317	HEM 800	63
610×305×238	70	900×300×291	HEB 900	73
610×305×179	90	540×300×166	HEA 550	95
254×254×89	110	240×240×83	HEB 240	116
457×152×82	130	500×200×91	IPE 500	141
356×171×67	140			
533×210×92	140			
406×178×67	155	400×180×66	IPE 400	164
610×229×101	145			
406×178×60	175	330×160×49	IPE 330	188
406×178×54	190	300×150×42	IPE 300	200
356×171×45	210	240×120×31	IPE 240	223
356×127×39	215			
254×146×31	230	200×100×22	IPE 200	253
305×102×28	245	180×91×19	IPE 180	268
254×102×22	275	160×82×16	IPE 160	287
305×102×25	285	140×73×13	IPE 140	306
102×44×7.4	320	120×64×10.4	IPE 120	331
		100×55×7.8	IPE 100	360
			IPE 80	390

表 G.2 箱形 I 型與 H 型形狀梁段之選擇因數

外形斷面因數	標稱箱形斷面因數, m <sup>-1</sup>	歐洲梁段尺度 mm×mm×kg/m	歐洲梁稱呼	標稱箱形斷面因數, m <sup>-1</sup>
914×419×388	45	814×303×317	HEM 800	49
610×305×238	50	900×300×291	HEB 900	58
610×305×179	70	540×300×166	HEA 550	67
254×254×89	70	240×240×83	HEB 240	71
457×152×82	105	500×200×91	IPE 500	107
356×171×67	105			
533×210×92	110			
406×178×67	115	400×180×66	IPE 400	121
610×229×101	110			
406×178×60	130	330×160×49	IPE 330	137
406×178×54	145	300×150×42	IPE 300	145
356×171×45	155	240×120×31	IPE 240	161
356×127×39	170			
254×146×31	160	200×100×22	IPE 200	184
305×102×28	200	180×91×19	IPE 180	194
254×102×22	215	160×82×16	IPE 160	207
305×102×25	225	140×73×13	IPE 140	221
102×44×7.4	260	120×64×10.4	IPE 120	239
		100×55×7.8	IPE 100	258
			IPE 80	277

表 G.3 外形 I 型與 H 型形狀柱段之選擇因數

英國柱段尺度 mm×mm×kg/m	標稱外形斷面因數, m <sup>-1</sup>	歐洲柱段尺度 mm×mm×kg/m	歐洲柱稱呼	標稱外形斷面因數, m <sup>-1</sup>
356×406×634	30			
305×305×283	55	432×307×256	HEM 400	64
356×406×340	55			
305×305×198	75	270×248×157	HEM 240	76
		310×288×189	HEM 280	74
254×254×132	90	240×226×117	HEM 220	92
356×368×177	95	450×300×171	HEB 450	98

表 G.3 外形 I 型與 H 型形狀柱段之選擇因數(續)

英國柱段尺度 mm×mm×kg/m	標稱外形斷面因 數，m <sup>-1</sup>	歐洲柱段尺度 mm×mm×kg/m	歐洲柱稱呼	標稱外形斷面因 數，m <sup>-1</sup>
254×254×107	110	320×300×127	HEB 320	117
305×305×118	120	300×300×117	HEB 300	125
		390×300×125	HEA 400	128
254×254×89	130	240×240×83	HEB 240	139
356×368×129	130	330×300×105	HEA 340	145
203×203×60	160	180×180×51	HEB 180	168
305×305×97	145	290×300×88.3	HEA 300	166
203×203×52	180	230×240×60	HEA 240	192
203×203×46	200	210×220×51	HEA 220	209
		190×200×42	HEA 200	229
152×152×30	235	152×160×34	HEA 160	253
		133×140×25	HEA 140	259
203×102×23	270	114×120×20	HEA 120	290
		200×100×22.4	IPE 200	290
152×152×23	300	180×91×19	IPE 180	307
178×102×19	305	160×82×16	IPE 160	329
			IPE 100	424
			IPE 80	450

表 G.4 箱形 I 型與 H 型形狀柱段之選擇因數

英國柱段尺度 mm×mm×kg/m	標稱箱形斷面因 數，m <sup>-1</sup>	歐洲柱段尺度 mm×mm×kg/m	歐洲柱稱呼	標稱箱形斷面因 數，m <sup>-1</sup>
356×406×634	20			
305×305×283	40	432×307×256	HEM 400	46
356×406×340	35			
305×305×198	50	270×248×157	HEM 240	53
		310×288×189	HEM 280	51
254×254×132	65	240×226×117	HEM 220	64
356×368×177	65	450×300×171	HEB 450	71
254×254×107	75	320×300×127	HEB 320	80
305×305×118	85	300×300×117	HEB 300	84

表 G.4 箱形 I 型與 H 型形狀柱段之選擇因數(續)

英國柱段尺度 mm×mm×kg/m	標稱箱形斷面因 數, m <sup>-1</sup>	歐洲柱段尺度 mm×mm×kg/m	歐洲柱稱呼	標稱箱形斷面因 數, m <sup>-1</sup>
		390×300×125	HEA 400	90
254×254×89	90	240×240×83	HEB 240	94
356×368×129	90	330×300×105	HEA 340	99
203×203×60	110	180×180×51	HEB 180	114
305×305×97	100	290×300×88.3	HEA 300	110
203×203×52	125	230×240×60	HEA 240	129
203×203×46	140	210×220×51	HEA 220	140
		190×200×42	HEA 200	153
152×152×30	160	152×160×34	HEA 160	169
		133×140×25	HEA 140	174
203×102×23	210	114×120×20	HEA 120	194
		200×100×22.4	IPE 200	220
152×152×23	205	180×91×19	IPE 180	233
178×102×19	230	160×82×16	IPE 160	250
			IPE 100	313
			IPE 80	339

表 G.5 矩形鋼管斷面之選擇因數

柱段尺度 mm×mm×mm	標稱斷面因數 m <sup>-1</sup>
400×400×20	55
200×200×16	70
200×200×12.5	85
200×100×10	100
200×200×8	130
160×160×8	135
90×90×8	140
200×200×6.3	165
150×150×5	210
100×100×4	260
90×90×3.6	290
80×80×3.6	295
100×50×3.2	330
50×50×2.5	425

表 G.6 圓形鋼管斷面之選擇因數

柱段尺度 mm×mm	標稱斷面因數 m <sup>-1</sup>
244.5×25	45
323.9×25	45
355.6×20	55
219.1×12.5	85
219.1×10	100
219.1×8	130
168.3×8	130
168.3×6.3	165
139.7×5	205
219.1×5	205
114.3×3.6	285
88.9×3.2	325
42.4×2.6	410

若測試矩形梁時，選擇因數亦可自表 G.5 選出，在此情況中，斷面因數係以三面曝火為基準計算出。

## 第二節 小結

ISO 834-11 建築物構造構件耐火試驗法-結構構件防火被覆材料評估要求標準中有關試體條件及試驗要求與 CNS 12514 相關構造構件耐火試驗法要求有差異矛盾之處，宜作內容調合檢討以求標準本土化。以下為不同處的比較：

項次	標準項目	CNS 12514	ISO 834-10
1	梁試體之長度	CNS 12514-6 7.2.1 應為曝火長度加上每端最大 200 mm 之總長。	6.2.2 應為曝火長度加上每端最大 500 mm 之總長。
2	梁試驗上方混凝土製成之頂蓋板	CNS 12514-6 7.1.3 1. 密度 (650±200) kg/m <sup>3</sup> 。 2. 最大長度為 1 m。 3. 寬度至少為梁寬的 3 倍或, 至少 600 mm, 取其大者。 4. 厚度至少為 (150±25) mm。	8.1 密度 1,500 kg/m <sup>3</sup> 。 最大長度為 625 mm。 寬度應介於(600±100) mm。 厚度至少為(150~200) mm。
3	梁試驗加熱爐內平板測溫計	CNS 12514-6 8.1.1 每一個平板測溫計的“A”面應朝向加熱爐爐床或側邊爐壁。	10.2.2 平板測溫計之擺放方向應使“A”面的一半面對加熱爐爐床，且另外一半的“A”面面對加熱爐較長邊之爐壁。
4	柱試驗加熱爐內平板測溫計	CNS 12514-7 8.1 置於距離柱 100±50 mm 處位置。	10.2.3 置於距離柱 100 mm 處的兩個平板測溫計(或溫度量測熱電偶)量測之。
5	ISO 834-10 附錄 G 鋼材斷面為歐洲與英國尺寸，台灣並無採用，是否合適，宜重新檢		



## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

#### (一) 建築材料石綿含量試驗：

1. 本所性能實驗中心於 100 年至今石綿含量委託檢測案件共有 202 件，並依「CNS 13970 鋼骨構造用噴附式火被覆材料石棉含量試驗法」進行，試驗結果僅有 1 件矽酸鈣板檢測出含有石綿。
2. 本次建築材料石綿含量試驗結果顯示，以標準 CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材石棉含量試驗法」及 CNS 15546「建築材料中石綿含量檢測法」所規定之偏光顯微鏡及 X 光繞射儀作石綿含量定性鑑定時，其試驗結果交互比對，二種試驗方法在定性分析上結果一致。
3. 我國現行法規要求，建築用材料石綿含量檢測應依 CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材石棉含量試驗法」進行，此法可以完全分辨石綿種類，且其分析速度快、靈敏度高、可靠性高，在鑑定方面，是非常好的工具。但在定量計算上，容易因鑑定人員的技巧及判斷品質的不同，而無法獲得良好的計數結果。
4. CNS 15546「建築材料中石綿含量檢測法」先以以相差/偏光顯微鏡與 X 光繞射分析定性分析確定含有石綿後，再利用 X 光繞射儀作粉末繞射分析，從試樣之繞射峰強度的變化可以更進一步執行建材中石綿定量分析。

#### (二) 鋼結構防火被覆耐火試驗評估方式：

1. 各國所採用斷面因子之表示法雖然有差異，但其基本的理論與觀念卻是相同的。
2. BS 或 EN 則在同樣材料及設計型式下，依不同斷面尺寸可調整防火被覆厚度。
3. 國內新材料、新技術及新工法對於鋼骨結構防覆材料申請認可案件，可接受國外指定實驗室（如 UL）出具之試驗報告進行評定，依其出具之性能證明文件所登載被覆厚度加乘 1.25 倍為核准採用之防火被覆厚度。
4. 因國內尚未建立鋼骨被覆材料防火性能試驗及評估的方法，每次試驗結果僅對該次鋼材型式、斷面尺寸、被覆厚度的防火時效有效。
5. ISO 834-11 建築物構造構件耐火試驗法-結構構件防火被覆材料評估要求標準中有關試體條件及試驗要求與 CNS 12514 相關構造構件耐火試驗法要求有差異矛盾之處，差異處宜作調合檢討。

## 第二節 建議

### 建議一

CNS 15546 以相差/偏光顯微鏡與使用 X 光繞射分析儀搭配，既可以定性又可以定量，方法的可信度提升：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：財團法人台灣建築中心

目前我國對於建築材料石綿含量鑑定方法以「CNS 13970 鋼骨構造用噴附式火被覆材料石棉含量試驗法」進行，此法可鑑別石綿的種類但無法精準量測石綿含量。「CNS 15546 建築材料中石綿含量驗法」可以更進一步執行建材中石綿定量分析，我國也可提升石綿檢驗精確度，以維護國人居家與勞工作業環境之安全。

### 建議二

ISO 834-10 鋼構件防火被覆材料評估要求標準其試驗要求與條件與 CNS 12514 構造構建耐火試驗相關標準不同之處宜再調合檢討：立即可行建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

ISO 834-10 結構構件防火被覆材料評估要求標準中有關梁試體之長度、梁加熱試驗使用之頂蓋板及梁、柱試驗加熱爐內平板測溫計等要求與 CNS 12514 構造構建耐火試驗相關標準之規定有矛盾之處，宜再作調合檢討。ISO 834-10 附錄 G 有關 I 型梁、H 型梁、箱形梁、I 型柱、H 型柱、箱型柱、矩形柱及圓形柱之參考尺寸為英國及歐洲規格並非我國實際使用材料尺寸，建議應修正為我國使用規格以求標準本土化。

## 附錄 審查會議紀錄

### (一) 期初審查議紀錄與回覆

會議結論	處理情形
<p>本研究今年研究範圍先聚焦於探討石綿含量檢驗方法，及參考 ISO 834-10 及 ISO 834-11 研提鋼骨被覆材料防火性能試驗及評估標準的條文草案建議 2 項課題，以供主管機關修訂標準參考。</p>	<p>遵示辦理。</p>

### (二) 期中審查議紀錄與回覆

會議結論	處理情形
<p>夏技師沛禹</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>目前國內並無防火被覆材料之防火性能評估驗證方法，以致無一定標準，應加速進行。</li> <li>因國內結構均屬抗彎矩接頭，故應加入此一因素作為驗證方法考量。</li> <li>參考各國評定之相關規定，建議選擇防火試驗及結構系統相近的單一規範為宜，另加入國內習用的差異進行研究。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>謝謝指教。</li> <li>納入明年的研究課題參考。</li> <li>本研究研擬防火被覆材料之防火性能評估方法，將採用 ISO 標準據以研提評估方法，以求與國際接軌。</li> </ol>
<p>邱顧問昌平</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>本計畫之目標很好，但研究內容及方向偏離甚多，防火被覆材料早年用石棉，但已多年不被接受，並由環保署正式“全面禁止使用”。而目前除石棉外，我國及、日、美、歐和中國等之常用合法防火被覆材為何？其標準、試驗及檢驗標準為何？這些才是研究之重點。</li> <li>期初審查會議結論一似不宜，請問可否更改？只聚焦於結論二。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>成果亦可作為大量使用石綿建築材料老舊房子之管制檢驗方法的參考。</li> <li>感謝委員意見。</li> </ol>

<p>方教授一匡</p> <p>本研究進行至目前，論及鋼骨防火被覆的厚度分析，材料含石棉量的測試方法及測試結果如何解讀等多項議題，建請在有限期限內擇要再詳細探討，其他議題在後續研究中探討，以期有效具體之成果。</p>	<p>感謝委員意見。</p>
<p>郭教授詩毅</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 防火被覆材料分類為噴附式、防火被覆板、膨脹型耐火塗料等。雖今年研究為噴附式，但在資料蒐集等整理上，也要對其他方法作了解。</li> <li>2. 噴附施工在現況上如何作品質檢測？可列入說明。另外施工後的指示性試驗如何？可供廠商作自主檢查及監造單位作抽查驗(三級品管)。</li> <li>3. 石棉鑑定方法內的各種試驗方法，建議列優缺點分析比較表。本研究採用的方法，其原因為何？亦須作簡要說明。定量上哪一種方法好？定性上哪一種方法較快？</li> <li>4. 試驗樣本及抽樣方式？建議找銷量大及市占率較高者。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 納入研究研考。</li> <li>2. 納入明年的研究課題參考。</li> <li>3. 已補充於報告書。</li> <li>4. 樣品的選用皆為目前市售率較高之產品。</li> </ol>
<p>陳技師正平</p> <p>簡報內容為「石棉含量檢測」惟標題未顯示。</p>	<p>感謝委員意見。</p>
<p>鍾教授興陽</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由於鋼構建築與結構日益增多，本研究對國人健康為重要，請多費心。</li> <li>2. 口頭報告 p1-p13 有關耐火試驗評估之敘述請再檢查，可加入書面報告中。</li> <li>3. 取樣可再針對市面各大廠或小廠來</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員意見。</li> <li>2. 已補充於報告書。</li> <li>3. 本次選用市售率較高之產品。</li> </ol>

<p>檢測。</p>	
<p>柯技師鎮洋</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 石棉含量試驗，報告中 CNS 13970 和 CNS 15546，預期成果改為 CNS 15546 之可行性，請再加強說明緣由。</li> <li>2. 鋼構件被覆材料耐火性能試驗與評估標準之草案，性能評估認證，列有台灣、美國、英國、日本、歐洲，請考量台灣耐火材料進口種類和數量，選用世界接軌認證標準。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 已補充於報告書。</li> <li>2. 本研究研擬防火被覆材料之防火性能評估方法，將採用 ISO 標準據以研提評估方法，以求與國際接軌。</li> </ol>

(三) 期末審查議紀錄與回覆

會議結論	處理情形
<p>邱委員昌平</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究採 5 種試體 A、B、C、D、E，試體 A 舊石棉瓦含白石棉 6.41%，試體 B 石棉瓦含 8.01%，而試體 C、D、E 之噴附式防火被覆材皆未檢出白、褐、青石棉。</li> <li>2. 對於被動性防火被覆及活性防火被覆材料，則引入 ISO 之規格相同之內容而將之 CNS 化，如第四章所介紹之“鋼構件被覆材料耐火性能試驗標準”之草案，佐以附錄 A 致附錄 G 之規定(建議案)</li> <li>3. 兩項重點研究已有成果，值得進一步做國內 CNS12514 相關規定增修參考之用。</li> </ol>	<p>謝謝委員指教。</p>
<p>方教授一匡：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本期研究成果豐碩，涵蓋防火被覆材料含石棉量之鑑定方法、鋼結構構件防火被覆的國外檢驗方法介紹及提出</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝指教。</li> </ol>

<p>鋼結構構件防火被覆材料性能之要求草案。</p> <p>2. 建請以列表方式將國外有關鋼結構構件防火被覆材料性能要求與本期研究所提方法加以對照。</p> <p>3. 本期有關防火被覆材料中含石棉量的鑑定方法的研究成果是否可進一步有系統的聚焦介紹給業界人士參考。</p>	<p>2. 已補充於報告書。</p> <p>3. 謝謝指導。</p>
<p>姚教授昭智：</p> <p>1. 報告中之表 4-2 中，各個符號建議要用上、下標文字說明。</p> <p>2. 能否持續研究地震是否會導致舊式防火被覆材料掉落，導致石棉污染室內空氣？</p>	<p>1. 報告書已修正。</p> <p>2. 納入明年的研究課題參考。</p>
<p>陳技師正平：</p> <p>1. 若可將石棉含量標準列入 CNS 可確保民眾健康。</p> <p>2. 報告書第 55 頁 3.17 內容為黏著力，但其標題為試驗封裝。而 3.16 之標題卻是黏著性，請確認是否正確。</p> <p>3. 第四章之文字內容尚欠缺順通暢，且辭意不易了解，建議完稿後先請他人閱讀，確定可理解文意。</p> <p>4. 國內尚欠鋼結構之「防火設計」準則，若能將研究成果納入規範可幫助實務設計。</p>	<p>1. 謝謝指導。</p> <p>2. 報告書第 55 頁 3.17 為黏著力的定義解釋，3.18 為說明試驗封裝需包含之長、短鋼材斷進行耐火實驗，以呈現防火被覆系統之黏著力。</p> <p>3. 報告書已修正。</p> <p>4. 謝謝指導。</p>

<p>鍾教授興陽：</p> <p>1. CNS 13970 與 CNS 15546 兩種試驗方法的費用比，可列出以做參考。</p> <p>2. 此次研究完成鋼構件被覆材料耐火性能試驗的草案，對業界與主管機關有所助益。</p>	<p>1. 本次 CNS 13970 試驗費為 4,000 元/件，CNS 15546 試驗費為 12,000 元/件。</p> <p>2. 謝謝指導。</p>
<p>柯技師鎮洋：(書面資料)</p> <p>CNS 15546 和 CNS 12514 之修訂建議，提送國家標準檢驗局辦理後續作業。</p>	<p>謝謝指導。</p>



## 參考書目

- 【1】建築物性能式防火安全工程設計與程序之探討，程銘華、李友錚，2003。
- 【2】淺談鋼構防火被覆材料品質之確保，蔡東宏，2015，技師報。
- 【3】鋼梁構造以不同性能基準判定耐火性能之研究，陳誠直，2009，內政部建築研究所委託研究報告。
- 【4】最新建築技術規則，2012年，全國法規資料庫(Online)。
- 【5】CNS 12514「建築物構造部分耐火試驗法」，2014，經濟部標準檢驗局。
- 【6】UL Fire Resistance Directory
- 【6】鋼骨結構耐火被覆材料檢驗基準研究，林慶元，1993年，內政部建築研究所委託研究報告。
- 【7】防火時效用膨脹型塗料之研究，郭武彥，2003年，國立台灣科技大學營建工程系碩士論文。
- 【8】建築物結構耐火技術之研究( I )-建築結構防火被覆耐火性能評估與驗證機制之研究，鄭紹材，2007年，內政部建築研究所委託研究報告。
- 【9】鋼結構防火被覆厚度之分析與設計，林文山，2013，先進工程期刊。
- 【10】*ISO 834-10*「Fire resistance—Elements of building construction—Specific requirement to determine the contribution of applied fire protection materials to structural steel elements」，2014.
- 【11】*ISO 834-11*「Fire resistance—Elements of building construction—Specific requirement for the assessment of fire protection to structural steel elements」，2014.
- 【12】我國石綿管制現況與展望，2007，行政院環境保護署白石綿國際研討會。
- 【13】建材中石綿含有率測定之探討，曹智超，2008，中國醫藥大學碩士論文。
- 【14】石綿職業病宣導手冊，鄭雅文、李俊賢、蕭汎如、林良榮、張烽益、黃怡

翎、鄭筑羚，2016，新北市政府勞動檢查處。

石綿危害資訊專區，2016，行政院環境保護署，

- 【15】ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (<https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=29&tid=4>)。
- 【16】歐洲聯盟職業病診斷指引，1997，行政院勞工委會編印。
- 【17】MAXima\_X XRD-7000 (Shimadzu X-ray Diffractometer)
- 【18】JIS A 1481-1：建材製品中のアスベスト含有率測定方法-第1部：質量法及び顕微鏡法によるアスベストの定量分析方，2016。
- 【19】JIS A 1481-2：建材製品中のアスベスト含有率測定方法-第2部：試料採取びアスベスト含有の有無を判定するための定性分析方法，2016。
- 【20】JIS A 1481-3：2016建材製品中のアスベスト含有率測定方法-第3部：アスベスト含有率のX線回折定量分析方法，2014。
- 【21】JIS A 1481-4：2016建材製品中のアスベスト含有率測定方法-第4部：質量法及び顕微鏡法によるアスベストの定量分析方，2016。
- 【22】建材中石綿之X光繞射儀分析方法動態，郭景堂、汪禧年、曹智超、高木敬彥，2012年，行政院勞工安全衛生研究所季刊。
- 【23】石綿檢測方法-偏光位相差顯微鏡之研究，郭景堂、鐘順輝，2015，勞動部勞動及職業安全衛生研究所研究報告。
- 【24】利用XRD檢測作業場所粉粹粒子中的石綿分析研究，汪禧年、郭景堂，2012，行政院勞工安全衛生研究所研究報告。
- 【25】以相位差顯微鏡法測定石綿工廠周介環境空氣中石綿濃度之研究，葉慧容、毛義方、陳美蓮、陳連輝，2003，嘉南學報。
- 【26】穿透式電子顯微鏡，陳建森，彰化師範大學物理學系。
- 【27】營建材料石綿鑑定檢測，蔡介峰、彭健文，2007，內政部建築研究所自行研究報告。
- 【28】行政院勞工委員會採樣分析建議方法，2008年。
- 【29】職場危害因子白石綿容許標準建議值，勞工安全衛生所網頁。

- 【30】利用XRD檢測作業場所粉粹粒子中的石綿分析研究，汪禧年、郭景堂，2012，勞動部勞動及職業安全衛生研究所研究報告。
- 【31】CNS 13970 「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料石棉含量試驗法」，1998年，經濟部中央標準局。
- 【32】CNS 15546 「建築材料中石綿含量試驗法」，2012年，經濟部中央標準局。