

鋼構件防火被覆耐火試驗精進研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 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)

鋼構件防火被覆耐火試驗精進研究

研究人員：李其忠副研究員

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 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)

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH

INSTITUTE

MINISTRY OF THE INTERIOR

RESEARCH PROJECT REPORT

**Advanced research on fire-resistance test
of fire protection materials to structural
steel elements**

BY

Lee, Chi-Chung

December, 2021

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究計劃背景與目的	1
第二節 研究範圍	1
第三節 研究方法及進行步驟	2
第二章 文獻回顧	3
第一節 鋼材受火害之力學性質	3
第二節 耐火規定與耐火試驗法	9
第三節 防火被覆材	14
第三章 鋼構件防火被覆耐火試驗	17
第一節 梁柱複合爐加熱與加載功能簡介	17
第二節 鋼構件防火被覆耐火試驗規定	24
第四章 盤點結果與改善規畫	55
第一節 標準比較差異	55
第二節 現有梁柱耐火爐設備改善規畫	56
第五章 結論與建議	67
第一節 結論	67
第二節 建議	68
附錄一 審查會議紀錄	69
附錄二 鋼構件防火被覆材料之防火性能評估試驗作業程序	79
參考書目	81

表次

表 2.1 Eurocode 3 高溫中鋼材之力學性質與折減係數.....	5
表 2.2 AISC 高溫中鋼材之力學性質與折減係數	6
表 2.3 建築物防火構造應具有之防火時效.....	9
表 4.1 鋼梁構件防火被覆材料防火性能評估試驗試驗規費收 費成本分析表.....	65

圖次

圖2.1	Eurocode 3 高溫中鋼材應力應變曲線之關係.....	3
圖2.2	Eurocode 3 高溫中鋼材應力應變曲線折減係數.....	4
圖2.3	日本建築學會鋼材高溫中有效降伏強度.....	7
圖2.4	日本建築學會鋼材高溫中應力應變關係.....	8
圖2.5	標準升溫曲線.....	13
圖2.6	噴覆式防火被覆的鋼梁.....	14
圖2.7	噴覆式防火被覆的鋼柱.....	15
圖2.8	膨脹型防火漆的鋼柱.....	15
圖3.1	柱和梁、樓板共用耐火爐.....	18
圖3.2	柱和梁、樓板共用耐火爐加熱設備系統.....	19
圖3.3	加熱設備油壓系統圖.....	20
圖3.4	柱加熱(2000Ton)實驗模式.....	21
圖3.5	梁加熱(100 Ton集中加熱)實驗模式.....	21
圖3.6	梁加熱(爐內多點加熱,至多4點,各點50Ton)實驗模式.....	22
圖3.7	梁加熱(爐外兩側各1點 35Ton加熱)實驗模式.....	22
圖3.8	梁柱複合加熱(柱與梁同時加熱) 實驗模式.....	23
圖3.9	加熱梁之構造配置圖例.....	26
圖3.10	未加熱梁支撐配置圖例.....	27
圖3.11	加熱柱一般試驗配置圖例.....	28
圖3.12	未加熱柱支撐配置圖例.....	29
圖3.13	未加熱柱安裝於加熱爐地板或底座上圖例.....	30
圖3.14	具梁腹加勁板之加熱梁構造與厚度測點圖例.....	32
圖3.15	具有膨脹塗層保護的高柱之鋼材覆蓋圖例.....	34
圖3.16	斷面係數(A_m/V)之計算.....	36
圖3.17	試體安裝模式圖例.....	41
圖3.18	加熱梁的加熱爐控制熱電偶位置圖例.....	43

圖3.19	加載梁熱電偶位置/方向圖例	45
圖3.20	短梁熱電偶位置/方向圖例	46
圖3.21	I型與H型斷面柱熱電偶位置/方向圖例	47
圖3.22	鋼管構件熱電偶位置/方向圖例	48
圖4.1	CNS 12514-6滾支承梁試體圖例	56
圖4.2	現有梁柱耐火爐蓋	57
圖4.3	現有梁柱耐火爐底	57
圖4.4	梁柱耐火爐蓋修改圖	58
圖4.5	梁柱耐火爐底修改圖	60
圖4.6	梁柱耐火爐溫度量測位置圖	61
圖4.7	現有梁柱耐火爐支承座	62
圖4.8	梁柱耐火爐加載梁支承座修改圖	63

摘 要

關鍵詞：鋼構件、防火被覆、耐火試驗

一、研究緣起

鋼構造建築由於耐震性佳、施工期短及具循環利用特性，近年逐漸成為國內大型集合式住宅或商業辦公大樓的主流，然而，高溫下鋼材有強度折減與軟化的現象，若無法提供足夠的承載能力，往往造成建築物崩塌，進而影響人員生命及財產安全，使得火害對鋼構造建築的危害性較為嚴重，當鋼構件曝露在高溫中，藉由其防火被覆材料透過熱-物理變形、放熱化學反應及形狀改變等，延緩鋼材之溫度上升。防火被覆材料一般有磚石、水泥砂漿及灰泥、混凝土、防火塗料、噴覆式、底塗與板材，其中目前鋼構造建築常採用膨脹性塗料及噴覆式防火被覆材料。

國內有關膨脹性塗料及噴覆式防火被覆材料等，需依據內政部「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請要點」辦理審核認可方能使用，且大多為國外實驗室所試驗通過的產品，究其原因之一係缺少鋼構件防火被覆材料之防火性能評估與其試驗方法。因僅依據CNS 12514-6「建築物構造構件耐火試驗法-第6部：梁特定要求」[1]及CNS 12514-7「建築物構造構件耐火試驗法-第7部：柱特定要求」[2]進行鋼構件防火被覆材料防火性能試驗，只能獲得個別單一梁、柱的防火被覆材料防火性能結果，無法評估至其他形狀、不同防火時效等所需之防火被覆厚度。直至109年9月17日經濟部標準檢驗局公布CNS 12514-10「建築物構造構件耐火試驗法—第10部：測定鋼結構構件防火被覆材料貢獻特定要求」[3]及CNS 12514-11「建築物構造構件耐火試驗法—第11部：鋼結構構件防火被覆評估特定要求」[4]，始有其相關規定進行其防火性能評估與試驗。本所防火實驗中心在鋼構件耐火試驗已累積相當多經驗，然而，其梁柱耐火爐係以防火構造研究為主建置，缺乏評估鋼構件防火被覆材料之耐火試驗經驗及所需設備，本研究探討進

鋼構件防火被覆耐火試驗精進研究

行防火被覆材料耐火試驗所需步驟與改善，進一步協助業界進行防火被覆材料研發與防火性能評估。

二、研究方法及過程

本研究進行蒐集和彙整國內外相關規範與檢測標準，以了解國外對鋼構件防火被覆材料耐火試驗法，並比較檢討有關標準之差異處。此外，本所防火實驗中心在單一鋼構件防火被覆材料耐火試驗與鋼構件耐火研究試驗已累積相當多經驗，惟缺乏進行評估鋼構件防火被覆材料之耐火試驗經驗及所需設備，本研究檢視現有梁柱耐火爐設備，評估所需改善方式，並建立相關標準作業程序及成本分析。

三、重要發現

- (一)、CNS 12514-10 不適用於實心鋼棒、鋼條或填充混凝土之鋼管構件，需特別注意，國內常用的填充式箱型鋼柱(或稱內灌混凝土箱型鋼柱，concrete-filled box columns)在使用膨脹性塗料及噴覆式防火被覆材料時，宜先了解國外如何進行其評估認可，以避免誤用。
- (二)、CNS 12514-10 有關梁與柱試體之結構鋼材應為任何熱軋結構用之低碳鋼(非合金、非熱處理鋼)，其降伏強度為 $200\text{N/mm}^2\sim 290\text{N/mm}^2$ (200~290MPa)，若使用的鋼材降伏強度超過時，其防火被覆厚度是否需調整，有待進一步探討。
- (三)、鋼構造防火塗料及噴覆式防火被覆材料厚度之現場施工查驗，建議可參考 CNS 12514-10 相關規定進行。
- (四)、鋼梁構件防火被覆材料之防火性能評估試驗初估增加費用約為 33 萬元/次，為提高國內潛在廠商意願，建議試體熱電偶線由各廠商自行安裝，耐火爐蓋與爐底及加載梁支承座等修改所需費用，則由潛在廠商共同分攤。

四、主要建議事項

建議一

鋼構件防火被覆材料之防火性能評估研究：立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

鑑於國內尚未進行鋼構件防火被覆材料之防火性能評估之案例，建議可先由國內潛在廠商、試驗室及評定機構合作，以累積相關經驗，並協助業界進行防火被覆材料研發與評估，除在國內市場使用並可做為取得國外認證之先期工作。

第一章 緒論

第一節 研究計畫背景與目的

鋼構造建築由於耐震性佳、施工期短及具循環利用特性，近年逐漸成為國內大型集合式住宅或商業辦公大樓的主流，然而，高溫下鋼材有強度折減與軟化的現象，若無法提供足夠的承載能力，往往造成建築物崩塌，進而影響人員生命及財產安全，使得火害對鋼構造建築的危害性較為嚴重，當鋼構件曝露在高溫中，藉由其防火被覆材料透過熱-物理變形、放熱化學反應及形狀改變等，延緩鋼材之溫度上升。防火被覆材料一般有磚石、水泥砂漿及灰泥、混凝土、防火塗料、噴覆式、底塗與板材，其中目前鋼構造建築常採用膨脹性塗料及噴覆式防火被覆材料。

國內有關膨脹性塗料及噴覆式防火被覆材料等，需依據內政部「建築新技術新工法新設備及新材料認可申請要點」辦理審核認可方能使用，且大多為國外實驗室所試驗通過的產品，究其原因之一係缺少鋼構件防火被覆材料之防火性能評估與其試驗方法。因僅依據CNS 12514-6「建築物構造構件耐火試驗法-第6部：梁特定要求」[1]及CNS 12514-7「建築物構造構件耐火試驗法-第7部：柱特定要求」[2]進行鋼構件防火被覆材料防火性能試驗，只能獲得個別單一梁、柱的防火被覆材料防火性能結果，無法評估至其他形狀、不同防火時效等所需之防火被覆厚度。直至109年9月17日經濟部標準檢驗局公布CNS 12514-10「建築物構造構件耐火試驗法—第10部：測定鋼結構構件防火被覆材料貢獻特定要求」[3]及CNS 12514-11「建築物構造構件耐火試驗法—第11部：鋼結構構件防火被覆評估特定要求」[4]，始有其相關規定進行其防火性能評估與試驗。本所防火實驗中心在鋼構件耐火試驗已累積相當多經驗，然而，其梁柱耐火爐係以防火構造研究為主建置，缺乏評估鋼構件防火被覆材料之耐火試驗經驗及所需設備，本研究探討進行防火被覆材料耐火試驗所需步驟與改善，進一步協助業界進行防火被覆材料研發與防火性能評估。

第二節 研究範圍

本研究擬梳理 CNS 12514-6「建築物構造構件耐火試驗法-第 6 部：梁特定要求」[1]、CNS 12514-7「建築物構造構件耐火試驗法-第 7 部：柱特定要求」[2]與 CNS 12514-10 之差異；盤點現有梁柱耐火爐設備，評估所需擴充或修改處，並建立鋼構件防火被覆材料之防火性能評估試驗作業程序及擬訂其收費標準，以增加實驗中心檢測項目及有助提高收入。

第三節 研究方法及進行步驟

本研究進行蒐集和彙整國內外相關規範與檢測標準，以了解國外對鋼構件防火被覆材料耐火試驗法，並比較檢討有關標準之差異處。此外，本所防火實驗中心在單一鋼構件防火被覆材料耐火試驗與鋼構件耐火研究試驗已累積相當多經驗，惟缺乏進行評估鋼構件防火被覆材料之耐火試驗經驗及所需設備，本研究檢視現有梁柱耐火爐設備，評估所需改善方式，並建立相關標準作業程序及成本分析。

第二章 文獻回顧

第一節 鋼材受火害之力學性質

Eurocode 3 [5]建議高溫中的鋼材強度與變形性質，係為每分鐘 2 至 50K 加熱速率的情形下所得之應力應變關係及應力應變曲線折減係數，如圖 2.1 與圖 2.2 所示。由應力應變曲線所得之鋼材性能，包括有效降伏強度 (effective yield strength)、極限強度與彈性模數，於 Eurocode 3 [5]規範所建議之折減係數列於表 2.1，可發現鋼材強度會隨著溫度上升而遞減，當鋼材溫度在 600°C時，鋼材有效降伏強度折減為常溫的 0.47。

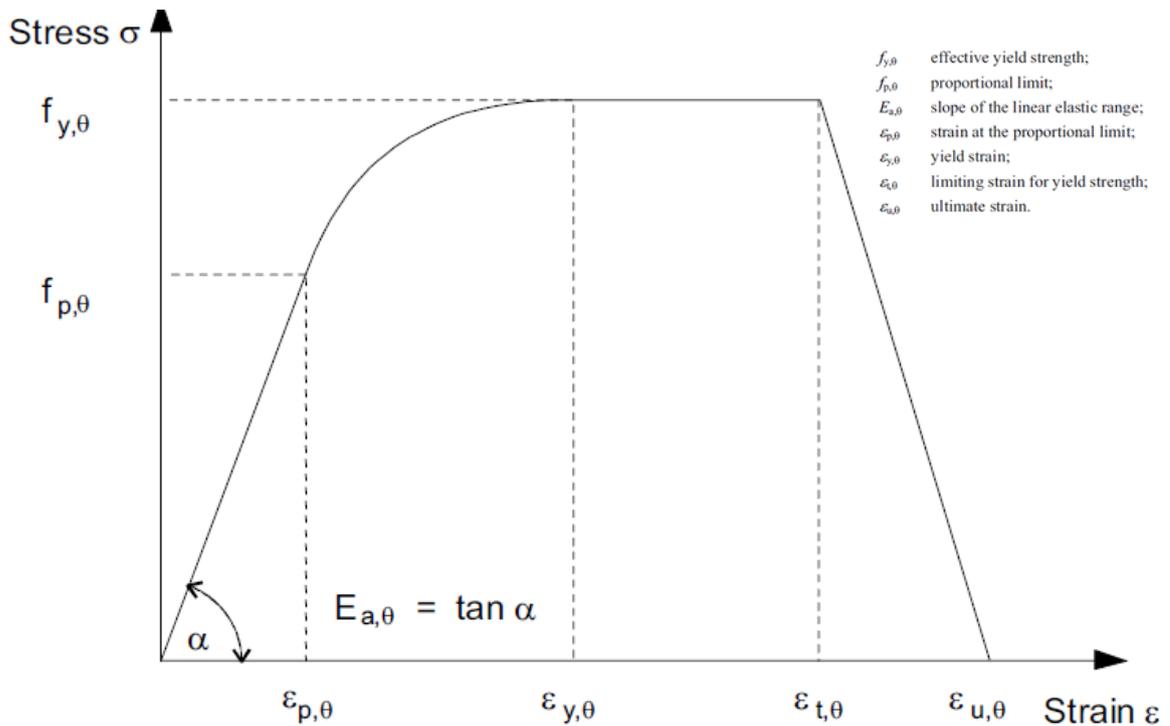


圖 2.1 Eurocode 3 高溫中鋼材應力應變曲線之關係(參考書目[5])

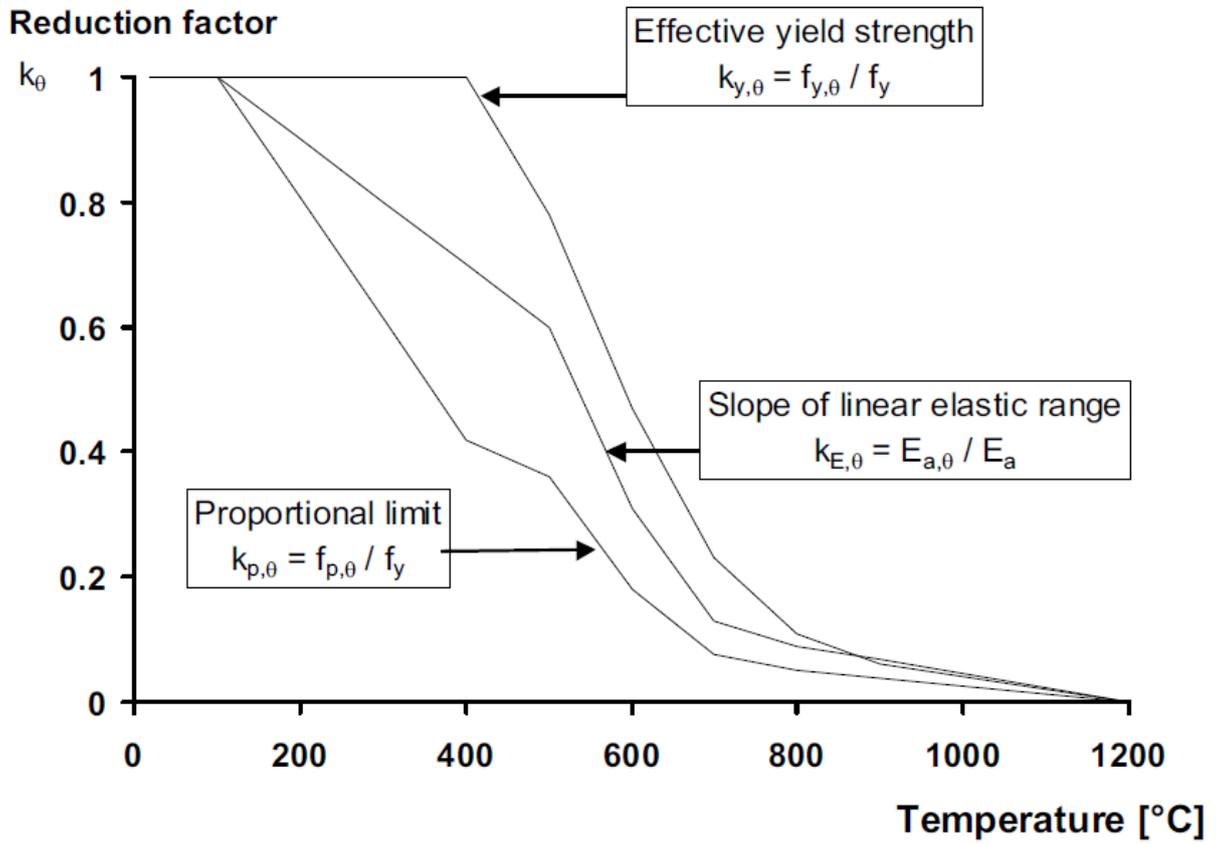


圖 2.2 Eurocode 3 高溫中鋼材應力應變曲線折減係數(參考書目[5])

表 2.1 Eurocode 3 高溫中鋼材之力學性質與折減係數

Steel Temperature θ_a	Reduction factors at temperature θ_a relative to the value of f_y or E_a at 20°C		
	Reduction factor (relative to f_y) for effective yield strength $k_{y,\theta} = f_{y,\theta}/f_y$	Reduction factor (relative to f_y) for proportional limit $k_{p,\theta} = f_{p,\theta}/f_y$	Reduction factor (relative to E_a) for the slope of the linear elastic range $k_{E,\theta} = E_{a,\theta}/E_a$
20°C	1,000	1,000	1,000
100°C	1,000	1,000	1,000
200°C	1,000	0,807	0,900
300°C	1,000	0,613	0,800
400°C	1,000	0,420	0,700
500°C	0,780	0,360	0,600
600°C	0,470	0,180	0,310
700°C	0,230	0,075	0,130
800°C	0,110	0,050	0,090
900°C	0,060	0,0375	0,0675
1000°C	0,040	0,0250	0,0450
1100°C	0,020	0,0125	0,0225
1200°C	0,000	0,0000	0,0000

NOTE: For intermediate values of the steel temperature, linear interpolation may be used.

(參考書目 [5])

美國 AISC (American Institute of Steel Construction) 的鋼構造規範 Specification for structural steel Buildings [6] 建議高溫中的鋼材強度之折減係數列於表 2.2。

表 2.2 AISC 高溫中鋼材之力學性質與折減係數

鋼材溫度 (°C)	$k_E = E(T) / E = G(T) / G$	$k_p = F_p(T) / F_y$	$k_y = F_y(T) / F_y$	$k_u = F_u(T) / F_y$
20	1.00	1.00	*	*
93	1.00	1.00	*	*
200	0.90	0.80	*	*
320	0.78	0.58	*	*
400	0.70	0.42	1.00	1.00
430	0.67	0.40	0.94	0.94
540	0.49	0.29	0.66	0.66
650	0.22	0.13	0.35	0.35
760	0.11	0.06	0.16	0.16
870	0.07	0.04	0.07	0.07
980	0.05	0.03	0.04	0.04
1100	0.02	0.01	0.02	0.02
1200	0.00	0.00	0.00	0.00

註：當鋼材降伏強度超過 450 MPa，表 2.2 之材料性質將不適用於分析中。

*採常溫性質。

E = 常溫之鋼材彈性模數

$E(T)$ = 溫度為 T 時之鋼材彈性模數

G = 常溫之鋼材剪力模數

$G(T)$ = 溫度為 T 時之鋼材剪力模數

$F_p(T)$ = 溫度為 T 時之鋼材標稱比例限度

F_y = 常溫之鋼材標稱降伏強度

$F_y(T)$ = 溫度為 T 時之鋼材標稱降伏強度

$F_u(T)$ = 溫度為 T 時之鋼材標稱抗拉強度

(參考書目 [6])

日本建築學會「鋼構造耐火設計指針」[7]建議高溫中的鋼材降伏強度與應力應變關係，如圖 2.3 及圖 2.4 所示。

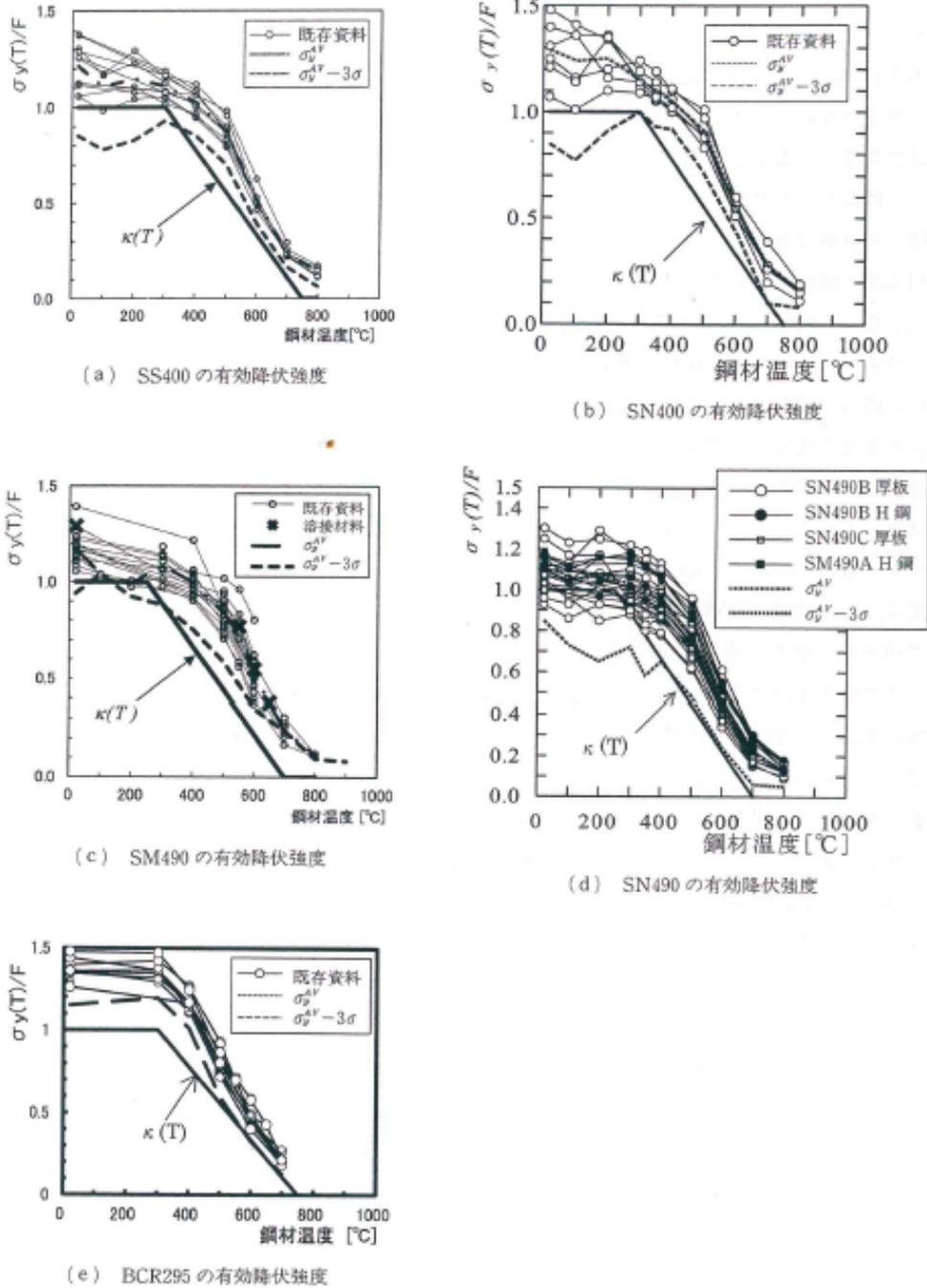
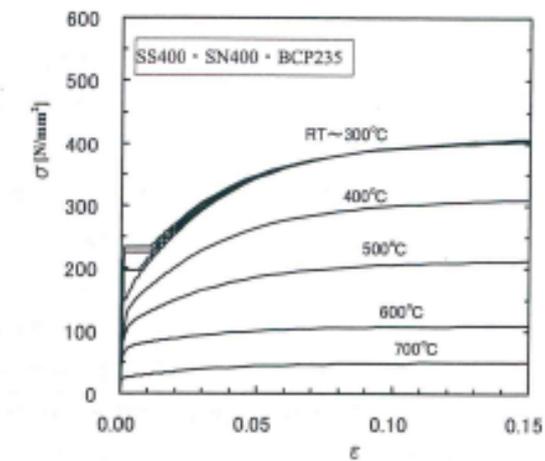
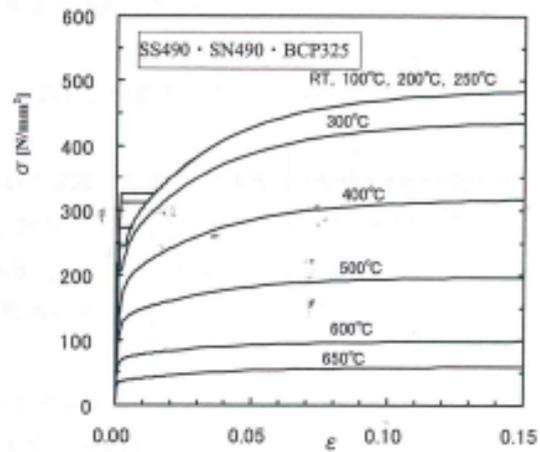


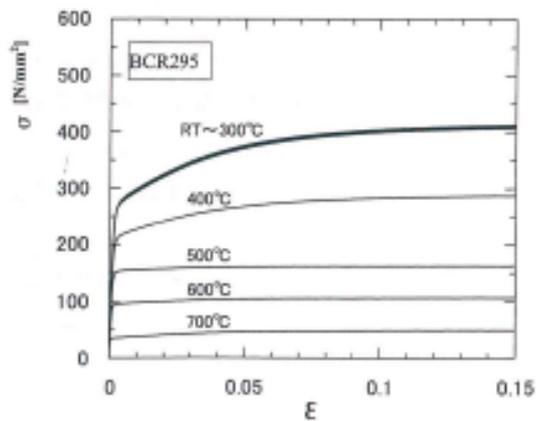
圖 2.3 日本建築學會鋼材高溫中有效降伏強度(參考書目[7])



(a) SS400 · SN400 · BCP235



(b) SS490 · SN490 · BCP325



(c) BCR295

圖 2.4 日本建築學會鋼材高溫中應力應變關係(參考書目[7])

第二節 耐火規定與耐火試驗法

對於鋼構件之耐火規定與其防火被覆相關耐火試驗法簡述如下。

2.2.1 建築技術規則

國內「建築技術規則」[8]對於建築物構件之防火時效有明確規定。第 70 條規定為防火構造之建築物，主要構造之柱、梁、承重牆壁、樓版及屋頂應具有防火時效規定，如表 2.3 所示。第 71 條規定具有三小時以上防火時效之鋼骨梁、柱，如鋼骨造梁覆以鐵絲網水泥粉刷其厚度在 8 公分以上(使用輕骨材時為 7 公分)或覆以磚、石或空心磚，其厚度在 9 公分以上(使用輕骨材時為 8 公分)，或其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者；鋼骨造柱覆以鐵絲網水泥粉刷其厚度在 9 公分以上(使用輕骨材時為 8 公分)或覆以磚、石或空心磚，其厚度在 9 公分以上(使用輕骨材時為 8 公分)，或其他經中央主管建築機關認可具有同等以上之防火性能者，第 72 條、第 73 條則規定具有兩小時及一小時以上防火時效鋼骨造梁、柱等之條件。

表 0.3 建築物防火構造應具有之防火時效

層數 主要構造部分	自頂層起算 不超過四層 之各樓層	自頂層起算超過 第四層至第十四層 之各樓層	自頂層起算 第十五層以上 之各樓層
承重牆壁	1 小時	1 小時	2 小時
樑	1 小時	2 小時	3 小時
柱	1 小時	2 小時	3 小時
樓地版	1 小時	2 小時	2 小時
屋頂			半小時

(資料來源：建築技術規則[8])

2.2.2 CNS 12514-1「建築物構造構件耐火試驗法-第 1 部：一般要求事項」[9]與 ISO

834-1 "Fire-resistance tests — Elements of building construction — Part 1: General requirements"[10]

CNS 12514-1 與 ISO 834-1 規定大致相同，對於耐火試驗之設備、試驗條件、試體準備、儀器裝置之應用、試驗步驟、性能基準、試驗有效性、試驗結果表示

以及試驗報告等有所規定。進行耐火試驗時，加熱爐內溫度須小於 50°C，爐內平均溫度須符合 $T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$ ，其中 T 為加熱爐內平均溫度(°C)，t 為加熱時間(分)，如圖 2.5 所示。試體的防火性能由性能基準決定，梁與柱試體僅需評估其承重能力，承重能力為試體在試驗過程中維持支承試驗載重能力所經過的時間，試驗載重的支承能力以變形量及變形速率兩者決定。對於梁試體破壞條件為超過最大撓曲量(D)， $D = L^2/400d$ (mm)，與超過最大撓曲速率(dD/dt)， $dD/dt = L^2/9000d$ (mm/min)，其中 L 為試體之淨跨度(mm)，d 為試體構造斷面之壓縮側緣至拉伸側緣之距離(mm)；對於柱試體破壞條件為超過超過最大軸向壓縮量(C)， $C = h/100$ (mm)，與超過最大軸向壓縮速率(dC/dt)， $dC/dt = 3h/1000$ (mm/min)，其中 h 為初始高度(mm)。

2.2.3 CNS 12514-6 「建築物構造構件耐火試驗法-第 6 部：梁特定要求」[1]與 ISO 834-6 "Fire-resistance tests — Elements of building construction — Part 6: Specific requirements for beams"[11]

CNS 12514-6 與 ISO 834-6 規定大致相同，該標準規定梁執行試驗時測定其耐火性能之試驗步驟，包含試驗設備、試驗條件、試體準備(如試體設計與尺度、數量、安裝之束制條件)、儀器裝置應用(如加熱爐內熱電偶與試體熱電偶配置)、試驗步驟、性能基準、試驗有效性、試驗結果表示以及試驗報告等。梁試體受熱長度應不小於 4 m，進行耐火試驗時，試體採用之加載與分布方式，應產生可等同或高於實際預期之最大彎矩與剪力，當集中載重被用來取代均佈載重所產生之彎矩效果時，加載點不能少於 2 個，並且最小間距為 1 m。對於預定作為實際樓版且以梁支撐之試驗構造，樓板厚度應反映設計情形，且其實際寬度至少應為梁寬度之 3 倍或 600 mm 取大者並配合加熱爐設計而定。熱電偶與量測儀器除規定之數量外，需增設代表性熱電偶測點以及位移量測測點以反映實際結構行為。

2.2.4 CNS 12514-7 「建築物構造構件耐火試驗法-第 7 部：柱特定要求」[2]與 ISO 834-7 "Fire-resistance tests — Elements of building construction — Part 7: Specific requirements for columns"[12]

CNS 12514-7 與 ISO 834-7 規定大致相同，該標準規定柱執行耐火試驗時，決

定其耐火性能之程序，包含試驗設備、試驗條件、試體準備(如試體設計與尺度、數量、安裝之束制條件)、儀器裝置應用(如加熱爐內熱電偶與試體熱電偶配置)、試驗步驟、性能基準、試驗有效性、試驗結果表示以及試驗報告等。進行耐火實驗時，試體頂端及底端得載重表面互相平行，與柱的軸心成垂直，以避免彎曲變形的產生。柱試體受熱尺度應不得少於 3 m，試體曝火高度的每一端最多增加不超過 300 mm。熱電偶與量測儀器除規定之數量外，需增設代表性熱電偶測點以及位移量測測點以反映實際結構行為。

2.2.5 CNS 12514-10「建築物構造構件耐火試驗法—第 10 部：測定鋼結構構件防火被覆材料貢獻特定要求」[3]與 ISO 834-10” Fire resistance tests — Elements of building construction — Part 10: Specific requirements to determine the contribution of applied fire protection materials to structural steel elements” [13]

CNS 12514-10 與 ISO 834-10 規定大致相同，該標準規定鋼構造建築物內作為梁、柱或拉力構件所使用之防火被覆試驗方法。與 CNS 12514-11「建築物構造構件耐火試驗法—第 11 部：鋼結構構件防火被覆評估特定要求」[3]評估要求結合使用。適用於鋼構件(包含鋼管構件)，且僅考慮無腹板開口之構件。由 I 型或 H 型斷面分析之結果值可直接適用於相同斷面係數的角鋼、槽鋼及 T 型鋼構件，不論其是否用作為個別構件，如斜撐或桁架構造等預製結構系統之部分。不適用於實心鋼棒、鋼條或填充混凝土之鋼管構件。並規定防火被覆試驗程序，此規定為決定防火被覆系統充分維持妥善的變形量、加熱爐及鋼材溫度之一貫性與適當性的能力，宜施行之各項試驗，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。耐火試驗法規定數據蒐集與表示，可直接提供 CNS 12514-11 輸入使用，用以直接應用於各種形狀、尺度及耐火時效的鋼構件之界限。

本標準內容包含試驗設備、試驗條件、試體準備(如試體設計及準備、試驗構成材料組成及試體選擇)、試體安裝、儀器裝置應用(如加熱爐溫度與鋼材溫度量測設備)、試驗步驟、試驗結果允收性、試驗結果表示以及試驗報告等。

2.2.6 CNS 12514-11「建築物構造構件耐火試驗法—第 11 部：鋼結構構件防火被覆評估特定要求」[3]與 ISO 834-11” Fire resistance tests – Elements of building

constriction – Part 11: Specific requirements for the assessment of fire protection to structural steel elements” [14]

CNS 12514-11 與 ISO 834-11 規定大致相同，該標準為鋼構件防火被覆耐火性能評估方式，可提供設計涵蓋某一範圍的防火被覆材料之厚度、依其斷面係數予以特徵化的鋼材構件、設計溫度，及有效耐火分類期間之評估法。其所涵蓋的防火被覆系統，同時包括在標準內所界定之惰性材料(板、毯、厚板及噴附材料)，以及反應性材料。所獲得評估結果適用性之限制，連同結果允許直接應用於不同的鋼構件尺度與強度級別(但非不銹鋼)，以及應用至所試驗的防火被覆系統，均加以界定。依 CNS 12514-10 所獲得試驗結果，以及依該標準之評估，直接可適用於 I 型與 H 型斷面形狀及鋼管斷面之鋼材。由 I 型或 H 型分析所得結果可直接適用於相同斷面係數的角鋼、槽型鋼及 T 型鋼構件，不論是否用作為個別構件，或諸如鋼製梁桁架等預製結構系統之部分。並適用於預製之鋼構件。但不適用於充填混凝土之鋼管、梁或任何型式含有孔或開口之柱，或實心鋼棒。

2.2.7 ASTM E119 “Standard test methods for fire tests of building construction and materials” [15]

ASTM E119 為建築物構造與材料耐火試驗標準方法，主要規定耐火實驗之加溫爐溫度、試體尺寸及試體破壞判定標準。加溫爐平均溫度於加熱 5 分鐘須達到 538°C，10 分鐘達到 704°C，30 分鐘達到 843°C，1 小時須達到 927°C，2 小時須達到 1010°C，4 小時須到 1093°C，6 小時須到 1177°C，如圖 2.5 所示。對於梁構件，試體受火段長度不得小於 3.7 m，樓版寬度不得大於 2.1 m，承重柱試體受熱長度段不得小於 2.7 m，無加載具防火被覆鋼柱受熱長度至少 2.4 m，且試體各面均須受熱。梁試體分為束制與未束制條件；加載及未加載，若為束制加載梁試體在耐火實驗期間可承受規範中計算之最大載重而未破壞，束制與未束制加載鋼梁或未加載鋼梁試體耐火性能亦可由鋼骨溫度判定構件是否破壞，如鋼梁任何一斷面平均溫度不得高於 593°C 且單點溫度不得高於 704°C，或無承重有防火保護鋼梁試體平均溫度不得高於 538°C 或任一量測點之溫度不得高於 649°C，對於加載未束制樓板和屋頂之支承梁試體，破壞條件為超過最大撓曲量(D)， $D=Lc^2/400d$ (mm)，與超過最大撓曲速率(dD/dt)， $dD/dt=Lc^2/9000d$ (mm/min)，其中 Lc 為試體

之淨跨度(mm)，d 為試體構造斷面之壓縮側緣至拉伸側緣之距離(mm)。承重柱試體在耐火實驗期間可承受規範中計算之最大載重而未破壞，或未受載重之柱試體平均溫度超過 538°C 或任一量測點之溫度超過 649°C，則試體發生破壞。

2.2.8 BS 476-20 “ Fire tests on building materials and structures - Part 20: Method for determination of the fire resistance of elements of construction (general principles)” [16] 及 BS 476-21 “ Fire test on building materials and structures-Part 21: Method for determination of the fire resistance of load bearing elements of construction ” [17]

BS 476-20 為建築物材料與結構耐火試驗測定方法，如同 CNS 12514-1 與 ISO 834-1 為一般要求，對於耐火試驗之設備、試驗條件、試體準備、儀器裝置、試驗步驟、性能基準、試驗結果表示以及試驗報告等有所規定。進行耐火試驗時，爐內平均溫度須符合 $T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$ ，其中 T 為加熱爐內平均溫度(°C)，t 為加熱時間(分)，如圖 2.5 所示。試體的防火性能由性能基準決定，梁與柱試體僅需評估其承重能力，承重能力為試體在試驗過程中維持支承試驗載重能力所經過的時間。對於梁試體破壞條件為撓曲量超過 $L/20$ (mm)，或撓曲速率超過 $L^2/9000d$ (mm/min)，其中 L 為試體之淨跨度(mm)，d 為試體結構斷面頂部至設計拉力區底部之距離(mm)；對於柱試體破壞條件為當試體不能支撐試驗載重時。

BS 476-21 則如同 CNS 12514-6、ISO 834-6、CNS 12514-7 及 ISO 834-7 為梁與柱的特定要求，該標準規定梁、柱試體執行耐火試驗的程序，包含試驗條件、試體準備(如試體設計與尺度、數量、安裝之束制條件)、儀器裝置(如加熱爐內熱電偶與試體熱電偶配置)、試驗步驟及性能基準等。梁試體受熱長度應不小於 4 m，柱試體受熱尺度應不得少於 3 m。

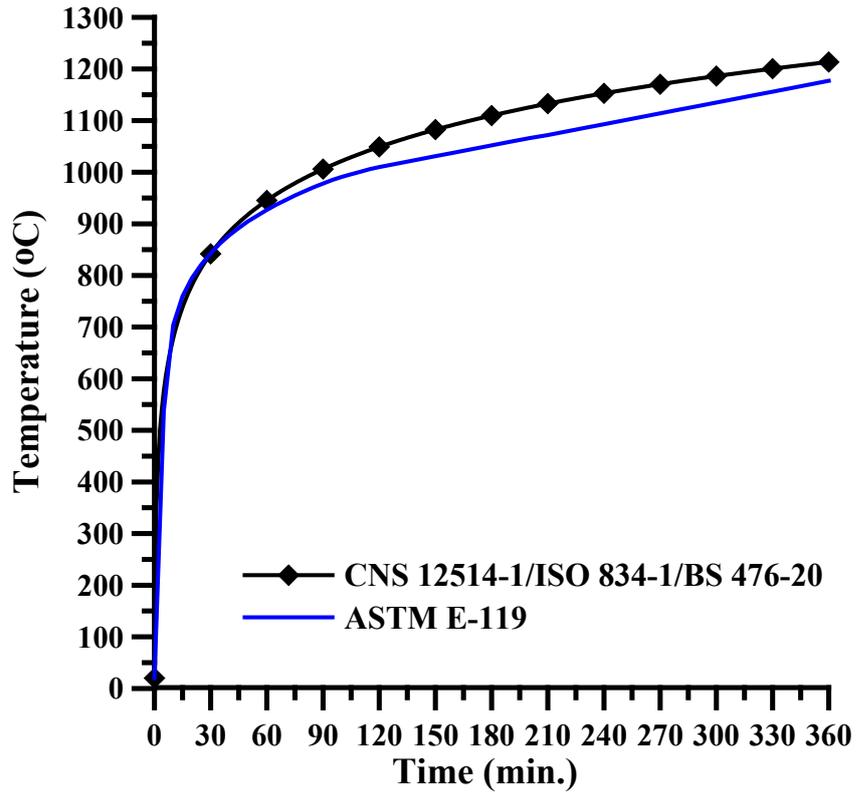


圖 2.5 標準升溫曲線(本研究整理)

第三節 防火被覆材

防火被覆(fire protection)係藉由防火被覆系統對鋼構件給予保護，以在火災期間限制鋼構件溫度的上升，此處防火被覆系統是指防火被覆材料連同任何支撐系統，包含網狀補強物，反應性防火被覆材料系統包含底漆與面漆。

防火被覆材料一般可分為兩種：

1. 惰性防火被覆材料(passive fire protection material)：受熱時不改變其形狀之材料，憑藉其物理性質或熱性質提供保護，其包括含有水或吸熱反應的材料，在受熱時可產生冷卻效應，可採用噴塗、底塗、毯、板或厚板等形式。如噴覆式防火被覆(Spray-applied Fire-resistive Materials, SFRM)，其施工方式是以隔熱性佳且質量甚輕的防火材料直接噴覆於鋼構件上，於鋼構件表面產生一絕熱層。其優點為成本低廉、施工快速、設計彈性大及效果佳，如圖 2.6 及圖 2.7 所示，另外噴覆式防火被覆材料之主要材料組成，可分為隔熱材：如岩棉(Rockwool)、礦纖(Mineral Fiber)、珍珠石(Perlite)、蛭石(Vermiculite)、人工合成輕骨材等隔熱性良好的材料。或黏著材：如波蘭特水泥或石膏，其用途在將隔熱材黏著於鋼構件表面。



圖 2.6 噴覆式防火被覆的鋼梁(本研究整理)



圖 2.7 噴覆式防火被覆的鋼柱(本研究整理)

2.反應性防火被覆材料(reactive fire protection material)：特殊配方的材料，當受熱時產生化學反應使其形狀改變，並藉由熱絕緣與冷卻效應提供防火被覆。如膨脹型防火漆(塗料)，其塗料本身遇熱會產生化學反應致膨脹到一定厚度，形成一隔熱層，達到防火效果，如圖 2.8 所示。



圖 2.8 膨脹型防火漆的鋼柱(本研究整理)

第三章 鋼構件防火被覆耐火試驗

第一節 梁柱複合爐加熱與加載功能簡介

本所梁柱複合爐的加熱與加載設備功能規格分述如下：

3.1.1 加熱設備功能及規格

1. 設備規格

依據CNS12514-1標準升溫4小時，試體加熱有效面積為(1)柱耐火爐試驗時 $4,000\text{mm}^W \times 4,000\text{mm}^L \times 3,600\text{mm}^H$ (2)柱和梁、樓板耐火爐試驗時 $4,000\text{mm}^W \times 8,000\text{mm}^L$ ，使用燃料為液化石油瓦斯(LPG)，如圖3.1所示。

2. 設備功能

本設備係根據CNS12514-1規範來設計。針對急速昇溫的特性以及恆溫的控制的要求，採用Excess Air的燃燒控制系統，配合燃燒器25比1的Turn down ratio，達成良好的爐內溫度控制。爐溫控制係由可程式數值控制器(PLC)，經由一伺服馬達，控制空氣控制閥的開度。然後再利用管內空氣壓力，來控制燃料瓦斯比例控制閥的開度，達成燃料瓦斯與空氣配比的控制。而爐內的溫度，則經由爐內的Thermocouple，回饋至前述之可程式數值控制器內，構成一閉迴路之控制。所以能夠控制爐內溫度，於所期望的範圍內。同時燃燒器和Thermocouple的配置，讓爐內溫度的分佈達到十分均勻的程度。至於爐壓的控制，由於廢氣的溫度非常高，不是一般送風機所能承受，所以採用冷空氣稀釋熱氣，經攪拌器混合後，然後再利用一抽風機，將混合熱氣排至煙囪。送風機的裝置上有變頻器，用來控制抽風機的抽風量，進而達到控制爐壓的目的。爐壓的指示取三點，其中一點作為變頻器控制用，另二點僅為指示用。至於四周爐壁之斷熱材料及厚度之選用配合昇溫之特性，根據斷熱料之蓄熱量(Heat Storage)及熱損量(Heat Loss)的計算，採用纖維材料取代傳統之耐火磚或保溫磚。燃燒器、Thermocouple安裝處以及視窗等之洩漏防止，需特別設計，以確保爐殼外壁的溫度保持在 70°C 以內(加熱4小時)，如圖3.2所示。

3. 燃燒系統和附屬設備

燃燒系統是用來控制LPG燃燒，以達成符合加熱曲線要求的系統。它並且透

鋼構件防火被覆耐火試驗精進研究

過偵測紫外線的方法來監視點火(Ignition)的狀況，如點火未著時，將會自動切斷瓦斯，以達到安全目的；重新RESET後，將會自動點火。採取控制方式是最初開始點火後，漸開主空氣控制閥，利用空氣管內壓力來控制主燃燒瓦斯控制閥，以達到加速加熱的效果。本系統皆已使用"Excess Air"的控制方法，沒有二次燃燒的疑慮，不會造成爐內不均溫，且能減少爐壓的變化，以達到CNS12514-1 的要求。

4.燃燒安全防護裝置

每一燃燒器配置一UV火焰監視器，火焰熄火時自動切斷瓦斯供應，即時停止燃燒。每一燃燒器配置瓦斯配管緊急遮斷閥、燃燒器前電磁閥、點火控制器、瓦斯及空氣用壓力指示器等。分區設置瓦斯及空氣用壓力開關、瓦斯緊急停止供應電磁閥，並且設置警報器和蜂鳴器。



圖3.1 柱和梁、樓板共用耐火爐

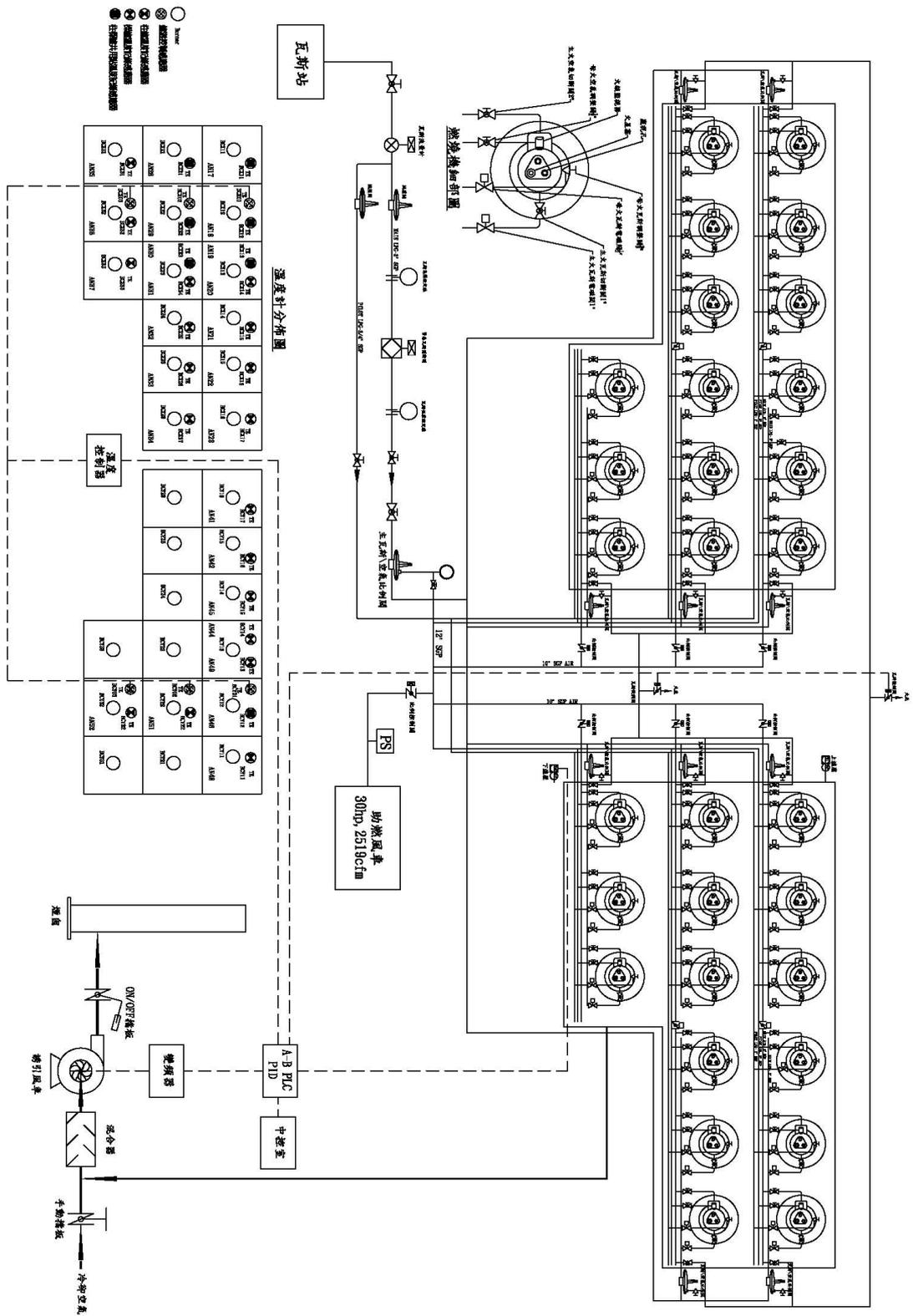


圖 3.2 柱和梁、樓板共用耐火爐加熱設備系統

3.1.2 加載設備功能及規格

1. 本所梁柱複合耐火爐加載設備的油壓系統共分為2000Ton、100 Ton、50 Ton和35 Ton 4個子系統，每個子系統皆採用日本油研的伺服閥，控制流量及壓力，及伺服油壓缸作為作動器。2000Ton子系統，由一可變排量活塞式泵及一固定排量泵供應油壓源，100 Ton和50 Ton子系統共用一可變排量活塞式泵，35 Ton子系統則單獨由另一可變排量活塞式泵供應油壓源。4個子系統共用一1,500L的油箱，作動油採用難燃性液壓油，目前使用廠牌為QUAKER A888-68，如圖3.3所示。

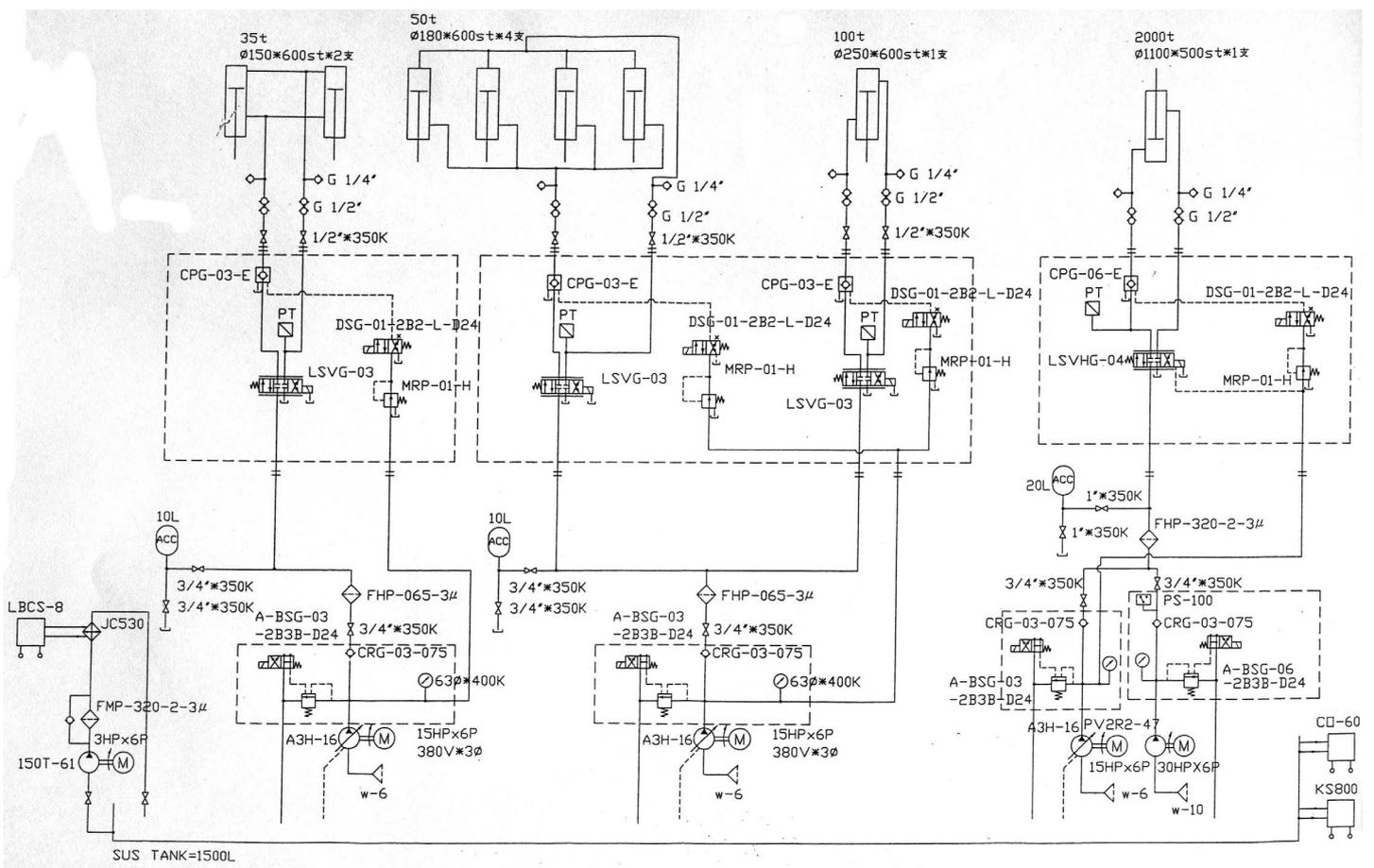


圖3.3 加載設備油壓系統圖

2. 梁柱複合耐火爐加載實驗模式分為柱加載(2000Ton)，梁集中加載(100 Ton)，梁爐內多點加載(至多4點，各點50Ton)，梁爐外兩側各1點加載(35Ton)，梁柱複合加載(柱與梁同時加載)等，如圖3.4至圖3.8所示。

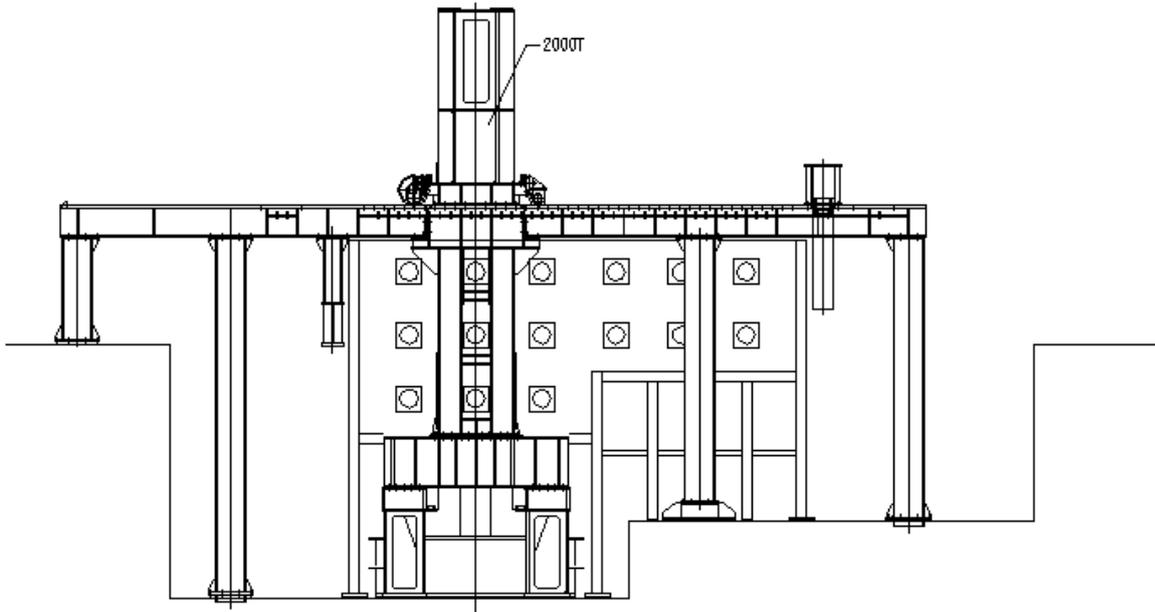


圖 3.4 柱加載(2000Ton)實驗模式

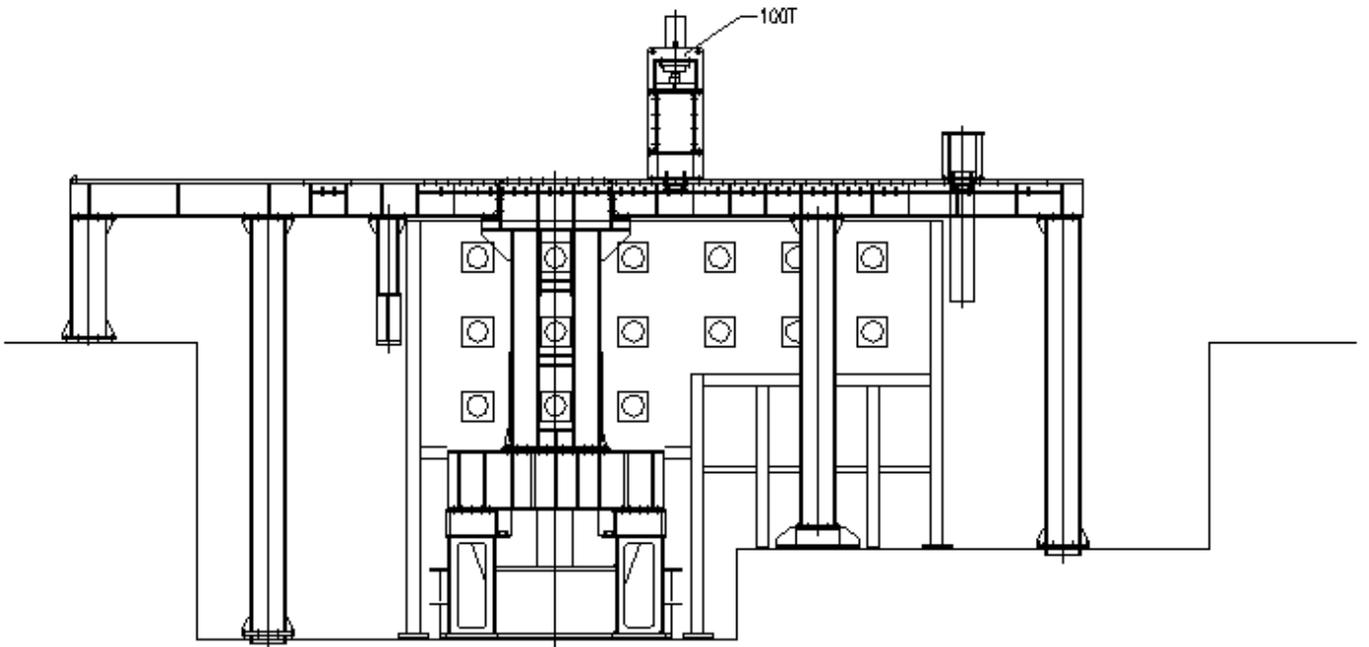


圖 3.5 梁加載(100 Ton 集中加載)實驗模式

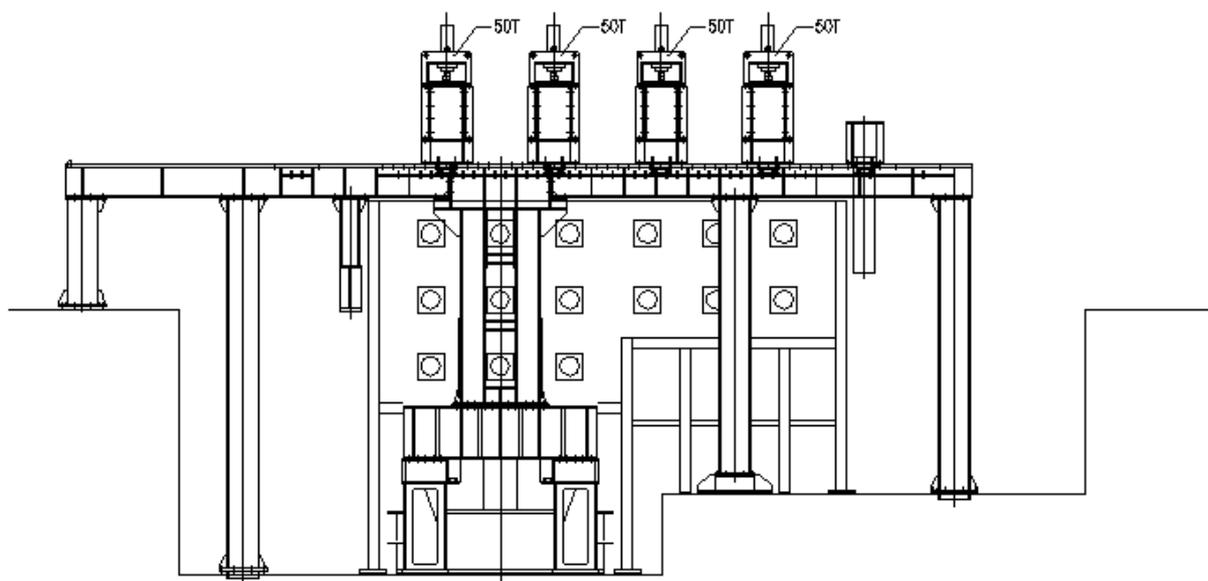


圖 3.6 梁加載(爐內多點加載，至多 4 點，各點 50Ton)實驗模式

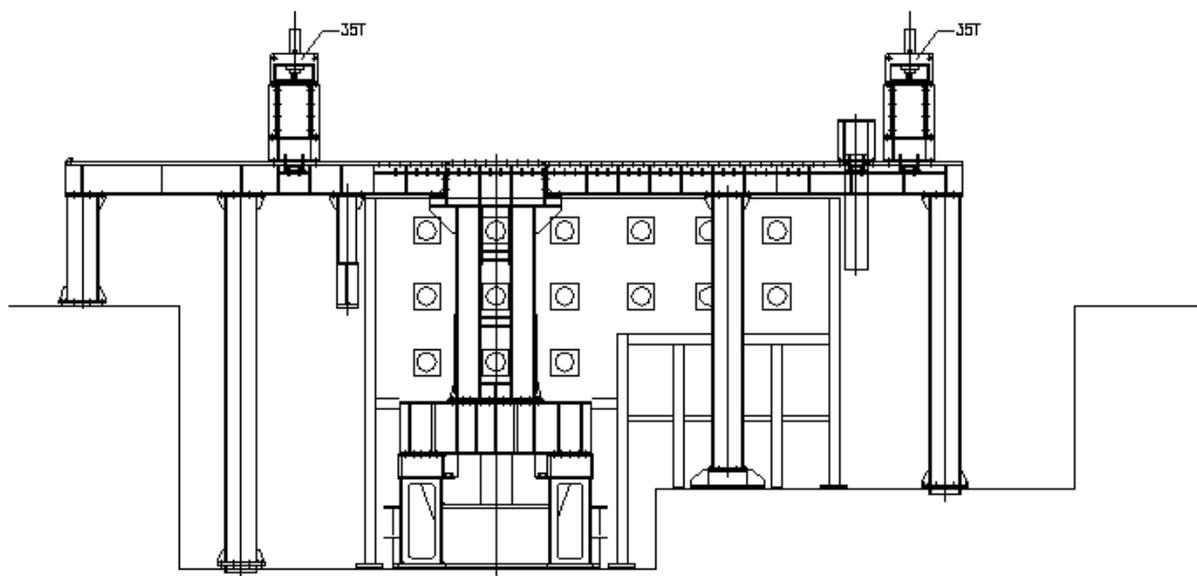


圖 3.7 梁加載(爐外兩側各 1 點 35Ton 加載)實驗模式

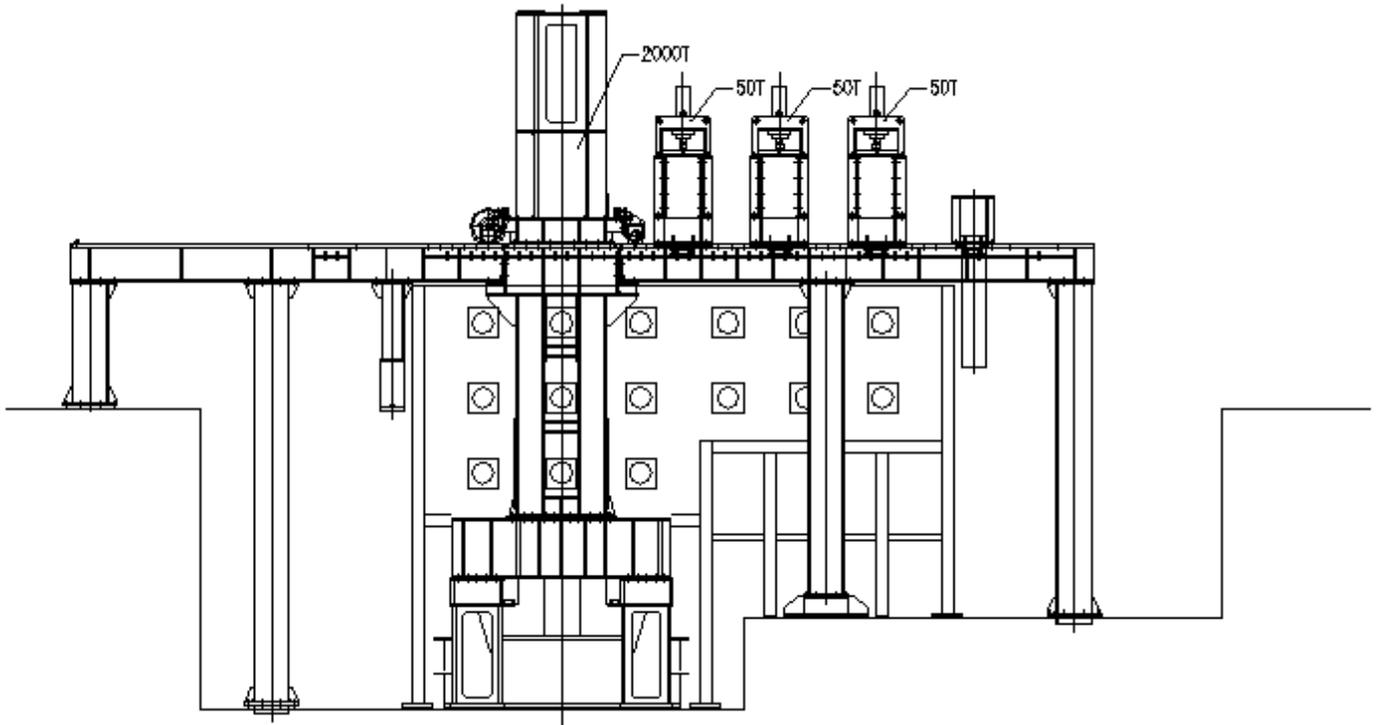


圖 3.8 梁柱複合加載(柱與梁同時加載) 實驗模式

第二節 鋼構件防火被覆耐火試驗規定

有關 CNS 12514-10 對於鋼構件防火被覆耐火試驗規定如後

3.2.1 試驗設備

加熱爐與試驗設備應符合 CNS 12514-1 所規定，加熱爐之設計應可適合依 CNS 12514-10 7.2 規定曝火加熱的試體尺度，且試體之安裝依 CNS 12514-10 第 8 節之規定可位於試驗加熱爐上方或內部。加載設備的加載依 CNS 12514-1，加載系統應能使加載施加至 CNS 12514-10 6.2.2 規定的梁，以及 CNS 12514-10 6.2.4 所規定之柱。

3.2.2 試驗條件

3.2.2.1 一般

除非另有其他規定，否則應依 CNS 12514-1 之試驗步驟施行。

取一些以防火被覆系統保護的鋼構件 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，以提供有關防火被覆系統維持完好如初且黏著於鋼構件(黏著性)能力的資訊。加熱未加載梁與未加載柱，以提供有關防火被覆系統的熱特性之資訊。

建議持續試驗直至鋼材溫度達到與數據應用相稱的最大值。

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)。若不可行，則撓曲速率超過 CNS 12514-1 所規定者。

如數個試體同時測試時，應注意使每個試體同樣曝火於相同的試驗條件。

3.2.2.2 支撐與加載條件

3.2.2.2.1 一般

試驗載重計算之詳細資料應包含於試驗報告中。

3.2.2.2.2 加載梁

每一加載梁試體，應依 CNS 12514-6 規定在加熱爐內予以適當支撐、定位及對稱，並依 CNS 12514-10 之任何要求事項修正。

除依 3.2.3.2.1 必要規定外，梁不得裝有附加的扭矩束制裝置，簡支承的跨距(L_{sup})應為曝火長度加上每端最大 400 mm。試體之長度(L_{spec})應為曝火長度加上每端最大 500 mm。

加載梁試體應施加之總載重為可產生設計彎矩之 60%，係使用相同批次之品質證明書(出廠證明書)之鋼材降伏強度，或實際量測值進行計算所得。

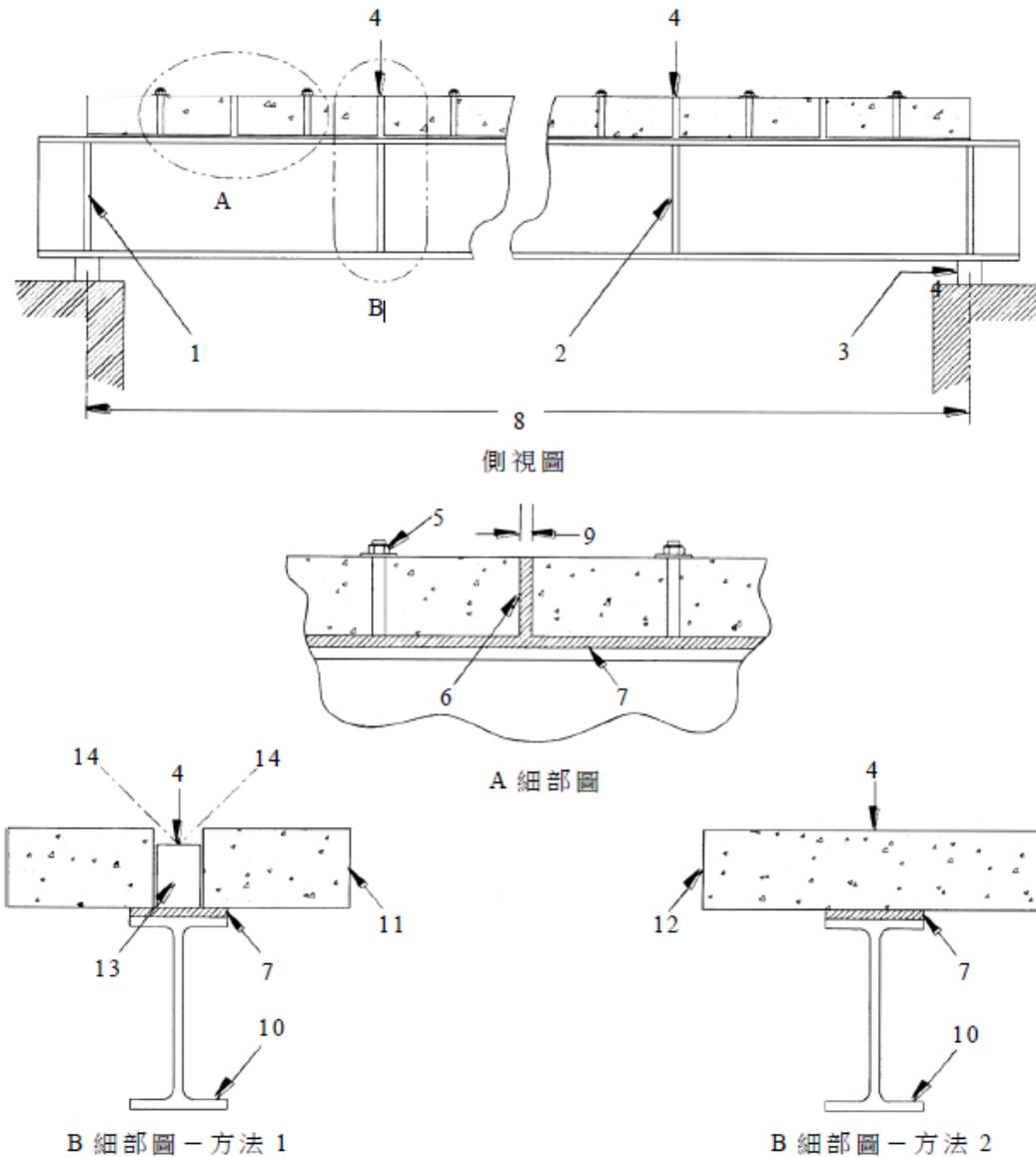
實際施加的載重應由總載重扣除梁、梁上端之混凝土及防火被覆系統之淨重計算而得。

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，應以千斤頂小幅度增加彎矩。

加載應均勻與對稱施加在沿其長向之 2 個以上位置。

加載應使用圖 3.9 所示 2 個方法之一施加。

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 A 細部圖—梁上部之固定

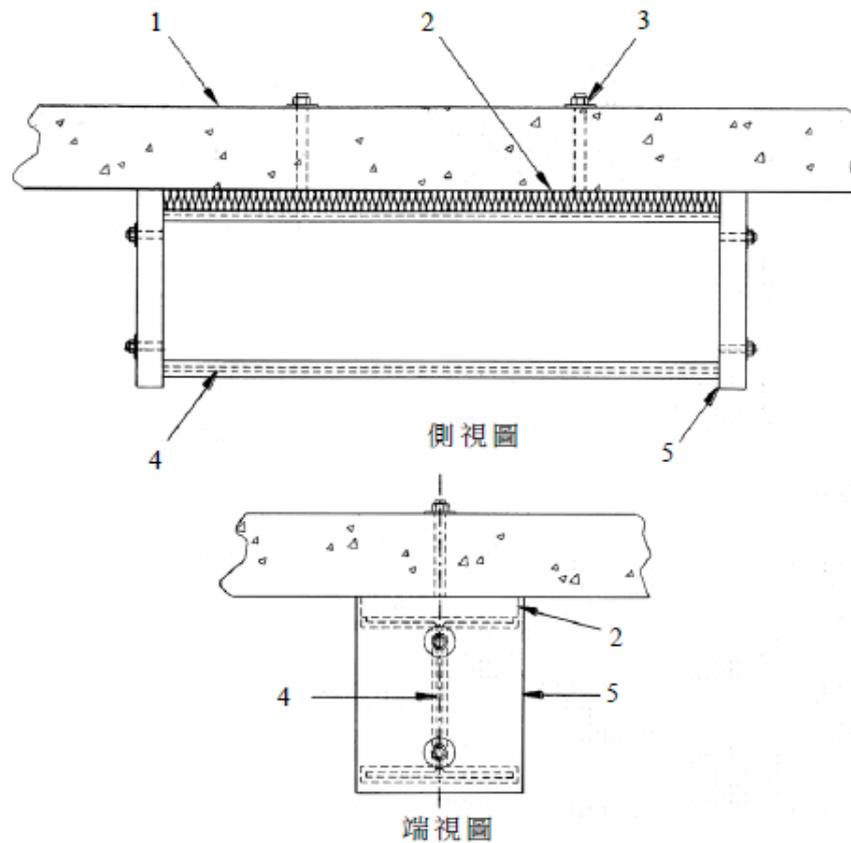
B B 細部圖—梁加載方法 1 或方法 2

- 1 於端部軸承處之梁腹加勁板—I 型或 H 型斷面
- 2 於載重點之梁腹加勁板—I 型或 H 型斷面
- 3 提供足夠的間隙以確保加熱爐襯裡不致妨礙防護
- 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 螺栓/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 3.2.3.1)
- 8 跨距
- 9 足夠的間隙以確使梁在不受頂蓋板限制下彎曲
- 10 鋼梁—顯示 I 型斷面，類似於鋼管梁
- 11 發泡混凝土板：依 3.2.3.1 保持標稱密度 500 kg/m^3 ，板之標稱尺度為寬度 $(600 \pm 100) \text{ mm}$ × 最大長度 625 mm × 厚度 $(150 \sim 200) \text{ mm}$
- 12 輕質混凝土板：依 3.2.3.1 保持標稱密度 1500 kg/m^3 ，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 3.9 加載梁之構造配置圖例(參考書目 [1])

3.2.2.2.3 未加載梁

每一未加載梁試體應依圖 3.10 所示予以支撐。



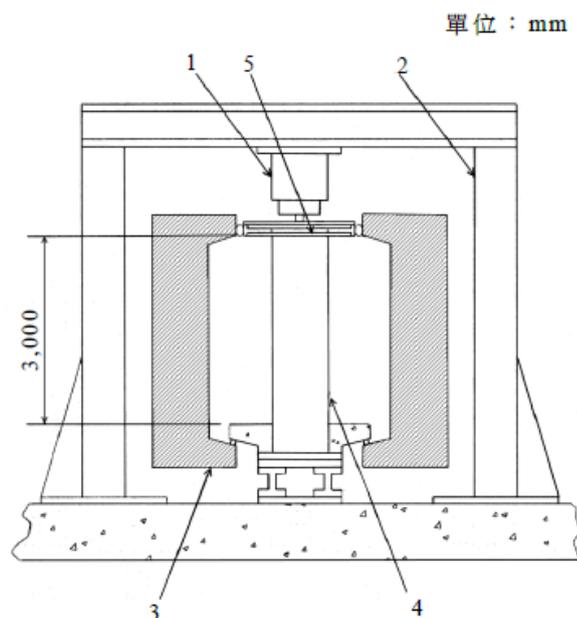
說明

- 1 加熱爐爐蓋
- 2 阻熱板
- 3 螺栓/板/鎖定螺帽
- 4 鋼構件
- 5 阻熱板一端蓋

圖 3.10 未加載梁支撐配置圖例(參考書目[1])

3.2.2.2.4 加載柱

每一加載柱試體，應依 CNS 12514-7 規定在加熱爐內予以適當支撐、定位及對稱，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，並依 CNS 12514-10 之任何要求事項修正。試驗配置之例如圖 3.11 所示。



說明

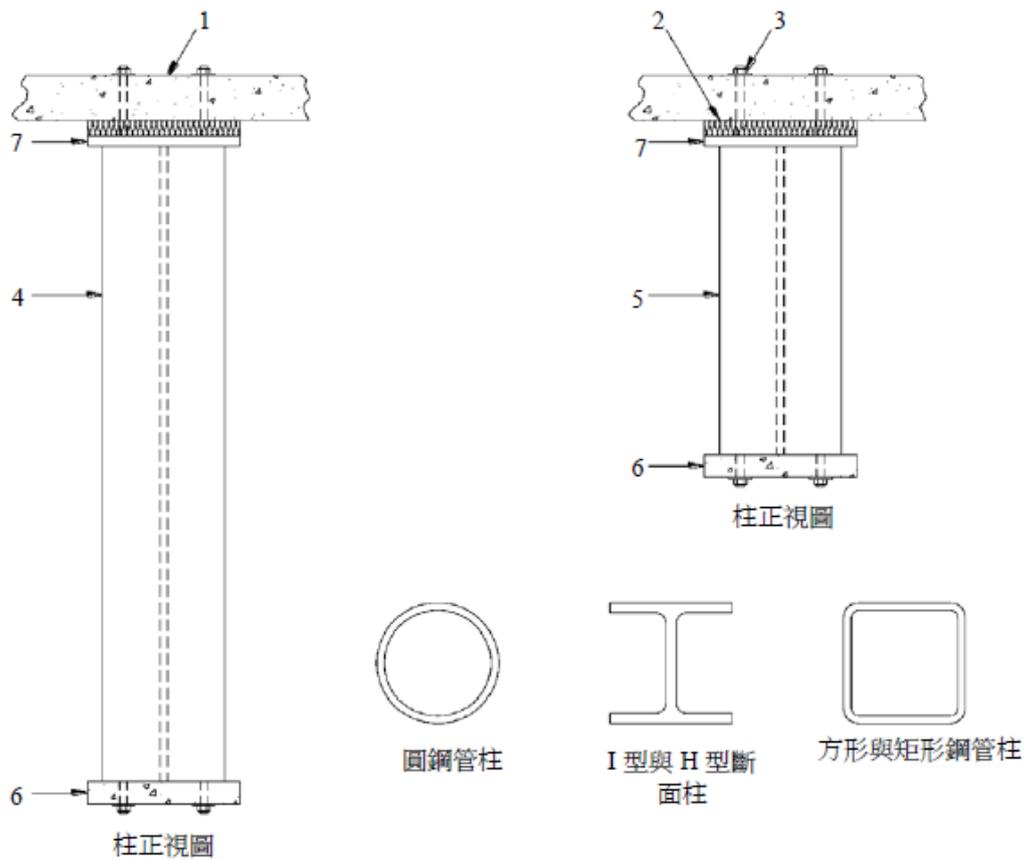
- 1 液壓式千斤頂
- 2 加載框架
- 3 加熱爐
- 4 加載柱
- 5 鋼板(僅適用於反應性塗層)

圖 3.11 加載柱一般試驗配置圖例(參考書目[1])

加載柱試體應施加代表設計彎矩的 60% 之試驗載重，使用相同批次之品質證明書(出廠證明書)之鋼材降伏強度，或為實際量測值進行計算所得。界定此試驗載重的計算法之詳細資料應包含於試驗報告中。

3.2.2.2.5 未加載柱

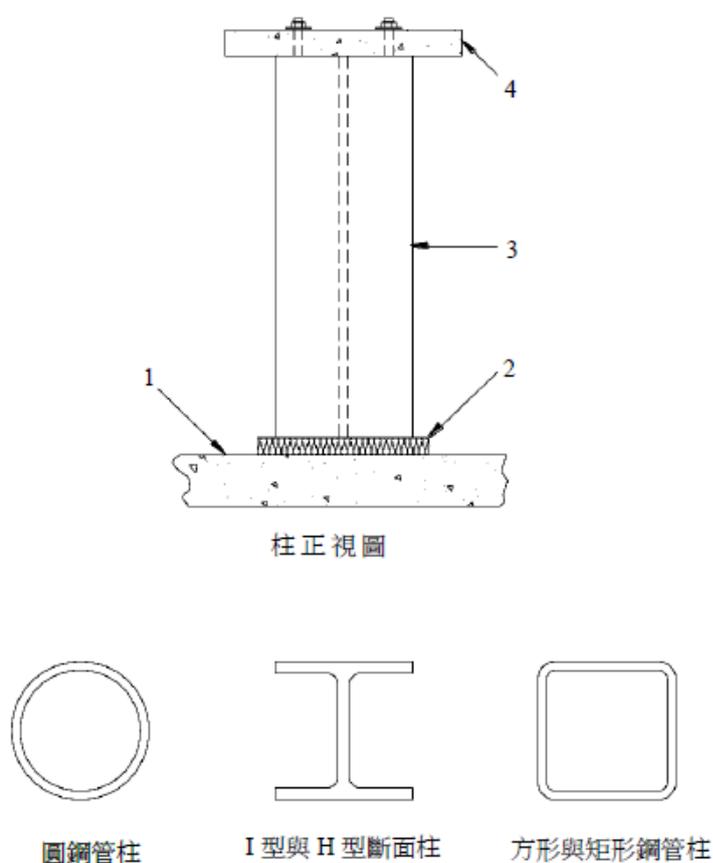
未加載柱應垂直支撐於加熱爐內，可安裝至加熱爐覆蓋板拱腹上(參照圖 3.12)，或直接豎立於加熱爐地板或底座上(參照圖 3.13)。



說明

- 1 加熱爐覆蓋板
- 2 阻熱板
- 3 螺栓/板/鎖定螺帽
- 4 高柱
- 5 短柱
- 6 阻熱板一端蓋
- 7 施加至所有具反應性防火被覆系統柱之鋼板(參照圖 3.15), 不論位於地板或固定至加熱爐頂面(具惰性防火被覆系統之柱不使用鋼板)。

圖 3.12 未加載柱支撐配置圖例(參考書目[1])



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 3.13 未加載柱安裝於加熱爐地板或底座上圖例(參考書目[1])

當未加載柱與梁同時測試時，柱應以螺釘栓至加熱爐覆蓋板下方，或豎立於底座或加熱爐地板上。當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。

3.2.3 試體

3.2.3.1 一般

宜選擇適合其預期評估範圍的試驗構件，且將同時包括加載與未加載構件，高形加載構件與同等未加載參考構件之測試提供黏著性修正基準，可應用於短形未加載構件所產生的熱數據。

依據評估範圍，選擇加載與未加載構件之原則應以 3.2.3.4 所述細節為基礎。

儘可能對每一包含加載梁或柱的測試，應分別包括同等未加載參考梁或柱構件，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，則參考柱構件應置入與加載柱測試的同一加熱爐之同一位置個別測試。如為具有反應性防火被覆系統保護的鋼管柱構件時，對於圓鋼管柱或矩形鋼管柱均應依此方式測試。

對於防火被覆系統的最大厚度與最小厚度，兩者均應測試加載梁，加熱至預期的最大鋼材溫度，檢驗鋼構件達最大撓曲度時之黏著性。此 2 個加載鋼梁不需具有相同尺度。若限定評估柱 4 面的防火被覆時，加載梁試驗應以加載柱試驗替代，在此情況中，未加載參考梁構件應以未加載參考柱構件取代。

應使用由加載與同等未加載參考柱構件所得數據，來決定各防火被覆厚度範圍黏著性之修正係數。

對於惰性防火被覆系統，若每種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。如為使用防火板系統之情況，上述規則僅適用於測試具有防火板的最小厚度。

3.2.3.2 試體設計與準備

3.2.3.2.1 加載梁構件

加載梁試驗構件應具有 I 型或 H 型或矩形鋼管構件。

用於加載梁試驗的鋼材試驗構件依圖 3.14 構造而成，且依據 CNS 12514-10 所述任何修訂事項，依 CNS 12514-6 測試之。

梁之總長，可提供曝火加熱長度，應不小於 4,000 mm。

支撐長度與試體長度依下列規定：

支撐跨距(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 3.14)。

為安裝用途所需的附加長度應使其儘可能小。

此梁之跨距需有附加的束制，依據實驗室與委託者之協議提供梁腹加勁板者，試驗報告應記載下列事項。

梁腹加勁板與扭矩束制可有以下型式。

(a) 梁腹加勁板為鋼板或三角形角撐板之型式，銲接於每一加載點，此等構造之厚度應

3.2.3.2.2 未加載梁構件

用於未加載梁試驗的鋼構件應依圖 3.10 構造而成。

未加載短梁構件之長度至少應為 $(1,000\pm 50)$ mm，對於防火板系統，保護處的接點不宜包括在內，除非防火板最大長度小於 1,000 mm。

為降低在未加載梁端部處之熱傳，端部應以阻熱板或類似材料保護，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 3.10)。

端部保護材料之尺度應大於防火被覆材料之整體總尺度。

3.2.3.2.3 未加載參考構件

如實際可行時，每個未加載參考試驗構件應採取與其同等加載構件相同長度的鋼材，藉此確保其具有相同尺度與特性，若無法達到時，實驗室宜確保此參考構件具有相似尺度與特性。

用作為參考構件的短梁及柱之長度至少應為 $(1,000\pm 50)$ mm，對於防火板系統，保護處的接點不宜包括在內，除非最大防火板長度小於 1,000 mm。

3.2.3.2.4 加載柱構件

加載柱試體曝火加熱之高度至少應為 3,000 mm，並依圖 3.11 所示與 CNS12514-7 製備。

3.2.3.2.5 未加載高柱構件

未加載高柱構件試體之高度應為 $(2,000\pm 50)$ mm，並依圖 3.12 構造而成。

3.2.3.2.6 未加載短柱構件

短柱構件應依圖 3.13 與圖 3.14 構造而成。

未加載短柱構件之長度至少應為 $(1,000\pm 50)$ mm，對於防火板系統，保護處的接點不宜包括在內，除非防火板最大長度小於 1,000 mm。

短柱可在加熱爐地板上或懸吊於頂板或柱腳上進行測試。

為降低在短柱試驗構件處之熱傳，端部應以阻熱板或類似材料保護，其在升溫下能比在柱整體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整體總尺度(參照圖 3.13)。

3.2.3.2.7 加載高柱與短柱構件一頂部板(反應性防火被覆)

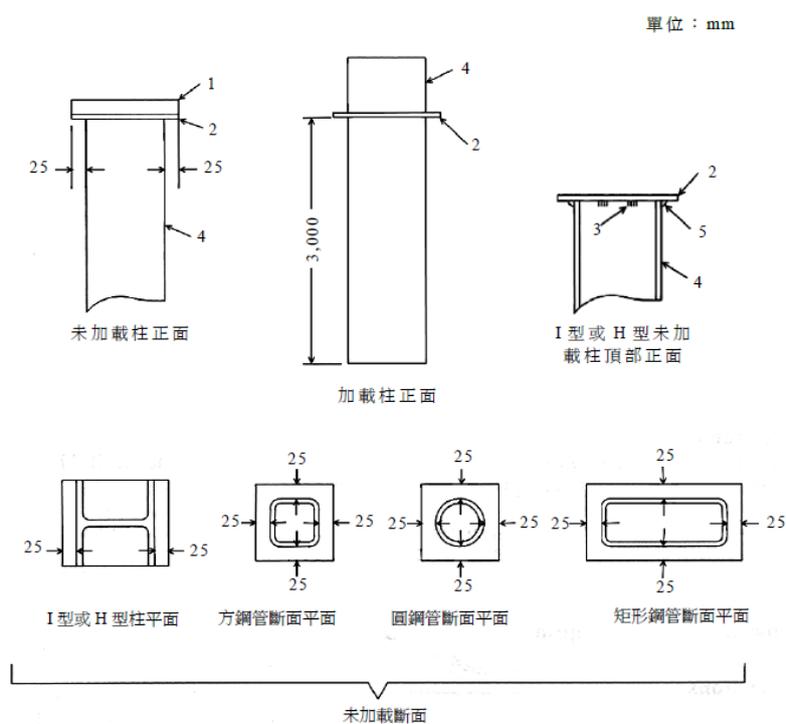
為使施覆於高柱的膨脹塗層之阻熱性能可準確測定，進行試驗的柱頂緣應適切地絕緣，以防止此位置的熱傳導至柱構件。

鋼構件防火被覆耐火試驗精進研究

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，鋼板應銲接至柱構件，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反應性材料，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的阻熱性能。

此配置宜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(參照圖 3.15)。

此配置方式亦可應用於加載柱，惟鋼板可將其放置於頂緣下方，以避免干擾加載設備，在此情況中，最低曝火高度應予以維持。



說明

1 固定於鋼板之阻熱板

2 6 mm 鋼板

3 間隔 30 mm 點銲

4 柱構件

5 沿 I 型或 H 型柱外部翼板及鋼管斷面連續銲接

備考：與鋼板曝火區域主要構件相同厚度之膨脹物，此等鋼板區域依主要構件之製備方式。

圖 3.15 具有膨脹塗層保護的高柱之鋼材覆蓋圖例(參考書目[1])

3.2.3.2.8 鋼構件之防火被覆應用(所有材料)

鋼構件表面應以可代表實際之方式，將防火被覆系統施覆至梁或柱加以製備。對柱施覆防火被覆之方法不得與梁之施覆方法不同，此外，如含有加載柱，應進行個別試驗與評估。

3.2.3.2.8.1 惰性防火被覆

施覆至加載與等同未加載梁的防火被覆系統密度之任何變異性，應界於 3.2.3.3.2.3 所規定界限內。

對於板與厚板防火被覆系統，加載梁與加載柱構件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構件或混凝土鋼承板予以支撐，如防火被覆材料係以如栓入等人造方式固定至輕質混凝土鋼承板，評估時宜考量實際上用以固定至支撐結構的預期方法。

防火被覆系統應在施加載重前先施覆至加載鋼材試驗構件，如為以板與厚板防火被覆系統保護的加載梁之情況，參照 3.2.7.3 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構件之全高。此外對於加載梁，宜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撓曲時防火被覆材料不致受到不利影響。

如為箱形防火被覆系統，材料與鋼構件之間的孔洞端應在加熱爐壁上及試體之定點上加以密封，此係為防止超過試體加熱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，因為此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。

3.2.3.3 試驗構成材料之組成

3.2.3.3.1 鋼構件

結構鋼材的種類應為任何熱軋結構用之低碳鋼(非合金、非熱處理鋼)，其降伏強度為 $200\text{N/mm}^2 \sim 290\text{N/mm}^2$ 。

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 3.16 之公式測定斷面係數(A_m/V)。

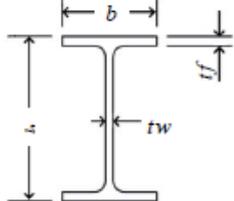
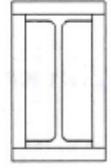
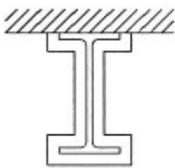
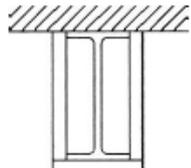
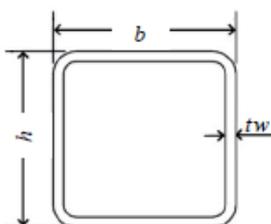
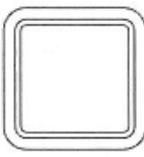
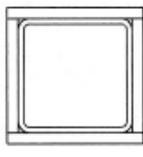
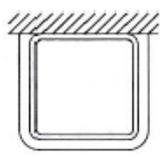
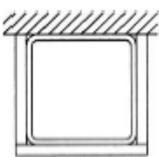
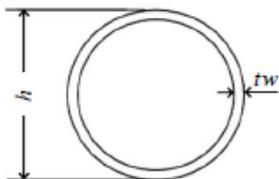
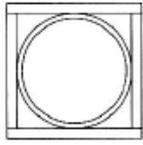
鋼構件	周長(P)-外形	周長(P)-箱形
<p>I 型或 H 型斷面</p>  <p>斷面面積 $= tw(h-2tf)+2(b \times tf)$</p>	<p>4 面 $P=4b+2h-2tw$</p> 	<p>4 面 $P=2b+2h$</p> 
	<p>3 面 $P=3b+2h-2tw$</p> 	<p>3 面 $P=b+2h$</p> 
<p>正方形或矩形鋼管</p>  <p>斷面面積 $= 2b \times tw+(h-2tw) \times (2tw)$</p>	<p>4 面 $P=2b+2h$</p> 	<p>4 面 $P=2b+2h$</p> 
	<p>3 面 $P=b+2h$</p> 	<p>3 面 $P=b+2h$</p> 
<p>圓形鋼管</p>  <p>斷面面積 $= \pi (d \div 2)^2 - \pi [(d-2tw) \div 2]^2$</p>	<p>4 面 $P= \pi d$</p> 	<p>4 面 $P= \pi d$</p> 
<p>斷面係數 = 周長 ÷ 斷面面積</p>		

圖 3.16 斷面係數(A_m/V)之計算(參考書目[1])

3.2.3.3.2 防火被覆系統

3.2.3.3.2.1 一般

防火被覆系統之成分應由委託者指定，並應至少包含其預期之標稱密度及含水率。為評估目的可能需要有關熱容之附加資訊。

為保密性理由，委託者可能不希望將其詳細的配方或成分詳細記載於試驗報告中。

對於反應性塗層，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 CNS 12514-10 附錄 B 規定。

對於類似板、厚板及噴附材料等反應性防火被覆材料，試驗時應量測每個試體的材料之實際厚度、密度及含水率。不同類型防火被覆材料適合的試驗步驟依 CNS 12514-10 附錄 A 規定。

板及厚板之尺度與厚度應予測定，並在規定的許可差範圍內。

3.2.3.3.2.2 防火被覆材料之厚度

3.2.3.3.2.2.1 厚板與板

厚板或板狀防火被覆材料之厚度差異不宜超過其表面整體平均值之 15%。此平均值應用於評估結果值以及評估適用性之界限。若板厚度變異超過 15%，則評估時應使用所記錄的最大厚度。

此平均值應為依 CNS 12514-10 附錄 A 的所有量測值之平均值。

3.2.3.3.2.2.2 噴附底塗與惰性塗層

噴附底塗及惰性防火被覆材料層之厚度應在 CNS 12514-10 附錄 A 所規定之位置量測。

厚度量測點不得接近加載梁的梁腹加勁板 150 mm 之內。

量測值應在遠離各熱電偶位置 50 mm~100 mm 處讀取。

噴附防火被覆塗層之厚度的偏離不宜超過平均值的 20%。此平均值應用於評估結果值以及評估適用性之界限。若塗層厚度的偏離值超過 20%，則評估時應使用所記錄的最大厚度。

如使用塗布至每個加載梁與加載柱構件的防火被覆材料之平均厚度(或依上述基準，厚度允許差異之最大厚度)，應與塗布至其參考梁或短柱構件的厚度相同，在每個情況中，差異不得大於最大值的 10% 或 ± 5 mm (取較小值)。

3.2.3.3.2.2.3 反應性塗層

對於反應性防火被覆材料，應先測得底塗平均厚度，然後由總平均塗層和反應性塗層之厚度中扣除，其厚度許可差如下 (排除底塗與面塗厚度，並假設測得厚度為常態分布)。

(a) 於溫度量測位置

- 至少 68% 的讀值應在平均值之 $\pm 20\%$ 內。
- 至少 95% 的讀值應在平均值之 $\pm 30\%$ 內。
- 所有讀值應在平均值之 $\pm 45\%$ 內。

(b) 整體：

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

若厚度落在此等界限值外，試體應予以調整使其符合上述要求事項。

3.2.3.3.2.4 惰性防火被覆材料之密度

施覆至每個構件的防火被覆材料(適當處)之密度應依 CNS 12514-10 附錄 A 規定予以量測並記錄之。

防火被覆材料每個厚度處，每個密度之偏離不宜超過平均值之 15 %。此平均值應用以評估結果值以及評估適用性之界限。若密度偏離超過 15 %，則評估時應使用所記錄的最大密度。

如使用塗布至每個加載梁與加載柱構件的防火被覆材料之平均密度(或依上述基準，密度允許差異之最大密度)，應與塗布至其同等未加載梁或短柱構件的密度相同，在每個情況中，密度之差異不得大於此厚度最大平均值的 10 %。實驗室應確認加載構件與參考構件之平衡值彼此均介於 10 % 差異範圍內。

3.2.3.3.2.5 試體查驗

試體依 CNS 12514-1 施行符合性之檢查與查驗。

用以製備試體的防火被覆材料之性質應予以檢測，必要時依 CNS 12514-10 附錄 A 或 CNS 12514-10 附錄 B 規定方法使用特殊之試體。

委託者應負責查驗防火被覆材料是否已正確施覆，且如為噴附或塗覆材料之情況，確保所使用的方法適合此設計成分與規範的材料。

板或厚板內面與鋼構件之間的間隙必須加以記錄。對於梁，宜在梁外殼大約跨距中點處與兩端進行量測，對於柱，宜在柱外殼大約高度中點處與頂部進行量測。

3.2.3.4 試體之選擇

3.2.3.4.1 選擇之原則

評估的範圍將決定試體之選擇。

對於惰性防火被覆材料，選擇試體之指引依 CNS 12514-10 附錄 C 規定，對於反應性防護材料，選擇試體之指引依 CNS 12514-10 附錄 D 規定。

若製造廠商期望施行限制性或延伸性試驗，CNS 12514-10 附錄 C 與附錄 D 列出可施行的各種評估。每個試驗內容指出特定範圍所需的最低試體數。

3.2.3.4.2 黏著性評估之試驗構件

決定黏著性修正之方法係依試驗內容與防火被覆系統而定。

對於惰性防火被覆材料之指引依 CNS 12514-10 附錄 C 規定，對於反應性防火被覆材料之指引依 CNS 12514-10 附錄 D 規定。

3.2.3.4.3 熱分析構件要求

除 3.2.3.4.2 之要求事項外，不論使用的分析方法為何，還要求將一定範圍的未加載 I 型斷面，選擇涵蓋防火被覆厚度、斷面係數及耐火期間範圍，並包括與加載構件或高形構件等同之短形參考構件。

鋼管構件分析需有額外的短形與高形構件，同樣地選擇以涵蓋防火被覆厚度、斷面係數及耐火期間範圍。

試體之選擇係依防火被覆產品所需的評估範圍而定，此將以每個耐火期間之斷面係數範圍全距(最大與最小)及厚度範圍(最大與最小)為基礎。全距係數最大值為 1.0，且最小值為 0.0，並由製造廠商自行決定。

對於惰性防火被覆材料之指引依 CNS 12514-10 附錄 D 規定，對於反應性防火被覆材料之指引依 CNS 12514-10 附錄 E 規定。

3.2.4 試體之安裝

3.2.4.1 加載梁

應提供輕質或發泡混凝土厚板作為混凝土頂板，使用直徑 12 mm 之螺釘栓緊至梁上，僅梁之兩面與拱腹部分曝火受熱，如圖 3.9 所示。厚板應具備下列性質。

- (a) 橫跨梁寬度的量測值應為 (600 ± 100) mm。
- (b) 厚度應介於 150 mm~200 mm 範圍內。
- (c) 最大長度應為 625 mm。
- (d) 發泡混凝土厚板標稱密度應為 500 kg/m^3 。
- (e) 輕質混凝土厚板標稱密度應為 $1,500 \text{ kg/m}^3$ 。
- (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，此阻熱材料應根據

EN 13501-1 測定為 A1 級阻熱材料，並具有至少 1,000 °C 之操作溫度，未壓縮厚度(30±5) mm 及標稱密度為(125±25) kg/m³。此阻熱材料之寬度應與鋼梁之頂面寬度相等(參照圖 3.9)。

亦可使用依 CNS 15694 及 ISO 1716 規定的替代 A1 級阻熱材料，前提為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。

輕質混凝土頂板構件應由螺栓固定於銲接在梁適當直徑之螺柱上，鎖定螺帽下方應有適合的鋼板，此等螺柱之位置可在混凝土頂板每個構件間的接合處，或混凝土頂板長向內(參照圖 3.9，固定於所示頂板長向內)。

混凝土頂板之每個構件應使用至少 2 個繫件固定之，混凝土頂板構件間之間隙應填入耐火封裝材料。

試驗開始時，加載梁上的混凝土頂板之拱腹應與鄰接的加熱爐覆蓋厚板之拱腹大致齊平。

應作成適合於實驗室實務操作的配置，以確保加載梁上的混凝土頂板與鄰接的加熱爐覆蓋厚板間之間隙予以密封，以防止加熱爐內氣體逸出，尤其在試驗中梁承受變形時。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宜予以阻熱，且在防火被覆系統底部與加熱爐壁間應提供充分間隙，以防止熱擾動。

3.2.4.2 未加載梁

每個未加載梁試體應以螺栓固定至加熱爐覆蓋厚板之拱腹，組成同使用於加載梁頂蓋之混凝土板，在鎖定螺帽下方應有合適的鋼板。

每個試體在拱腹與梁頂緣之間，依 3.2.4.1 對加載梁之規定以及圖 3.10 所示，裝有一層陶瓷纖維阻熱材料。

亦可使用替代阻熱材料(A1 級)，前提為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。

梁的端部應以一層硬質或軟質阻熱材料予以阻熱，參照圖 3.10 所示。

3.2.4.3 加載柱

加載柱試體應依圖 3.11 所示以及 CNS 12514-7 之規定安裝。

3.2.4.4 未加載柱

高柱與短柱試體應以螺栓固定至加熱爐覆蓋板之底部[依 3.2.2.2.5 所述，使用直徑 10 mm 螺柱銲接至柱體且將(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)。

在柱與覆蓋板或加熱爐地板，或底座間之所有接觸表面，應使用 3.2.4.1 所述之足夠的纖維阻熱材料，以避免熱透過柱體兩端傳遞。

纖維阻熱材料之線性尺度應大於防火被覆鋼材構件之整體總尺度。

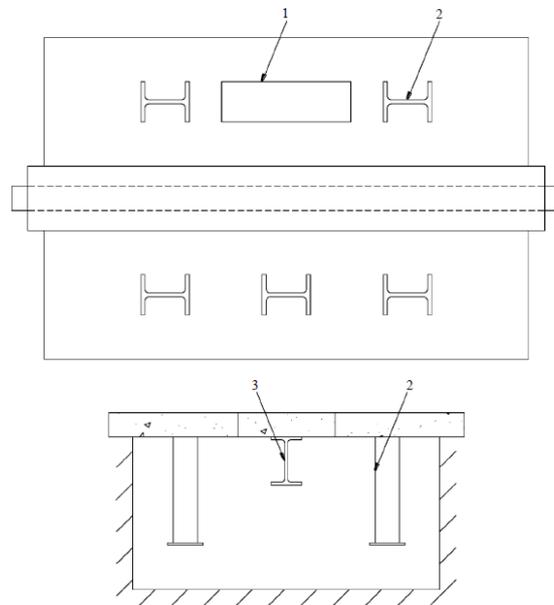
3.2.4.5 試體安裝模式

對每個包含加載梁或柱的試驗，應包含同等未加載梁或柱，且在加熱爐內同時測試。

對每個加載梁，應在平行且位於加載梁跨距中點處放置同等的參考梁。

每個高柱與其同等未加載參考柱應儘可能同時安裝至加熱爐內，且同時測試。

各試體宜放置於加熱爐內，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 加熱爐內的試體安裝模式如圖 3.17 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 3.17 試體安裝模式圖例(參考書目[1])

3.2.4.6 加熱爐負載

為確保符合所規定的加熱爐溫度/時間關係，可能必須控制加熱爐內鋼構件試體之量及其位置。

基本上，尺度為 4 m×3 m，深度約 2 m，可容納 45 kg/m³ 而不產生負面影響。

3.2.5 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試樣，應依 CNS 12514-1 予以狀態調節。

3.2.6 儀器設備之應用

3.2.6.1 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。

3.2.6.2 加熱爐溫度量測設備

3.2.6.2.1 一般

應使用 CNS 12514-1 規定型式之熱電偶，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，該等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。

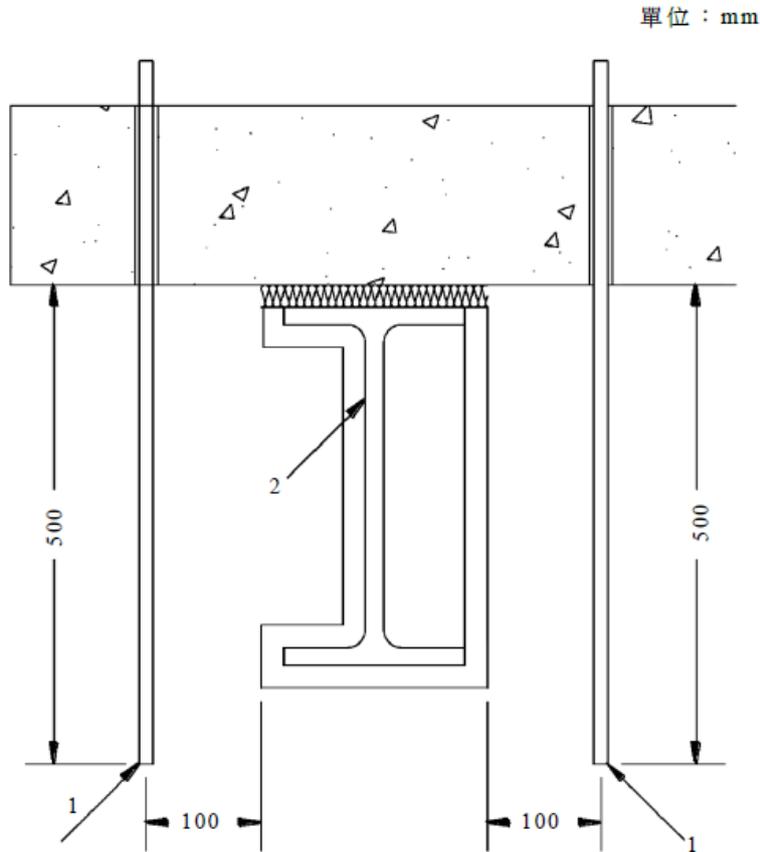
系列試驗將至少包含 1 次僅短試體之試驗。

3.2.6.2.2 在加載梁試體區域內之加熱爐溫度

在每個加載梁試體區域內之加熱爐溫度應使用熱電偶量測之，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，每個位置有 2 個熱電偶，各放置於梁每側，熱電偶之位置應如圖 3.18 所示，在拱腹下方距離 500 mm 處。

如使用平板熱電偶之擺放方向應使其半數的“A”面面向加熱爐地板，且另外一半的“A”面面向加熱爐較長邊之壁面，不同方位之分布應使面對地板與面對梁每側壁面之總數相等。

在開始進行試驗前，此等熱電偶應依 CNS 12514-1 之規定與圖 3.18 所示位置放置。



說明

1 熱電偶

2 顯示 I 型或 H 型梁斷面，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 3.18 加載梁的加熱爐控制熱電偶位置圖例(參考書目[1])

3.2.6.2.3 在加載柱試體區域內之加熱爐溫度

如加載柱隔離測試時，在柱構件區域內的加熱爐溫度，應使用位於柱構件高度 1/4、1/2 或 3/4 處 2 側，以及距離柱 100 mm 處的 2 個熱電偶量測。

如使用平板測溫計，其擺放方向應使其“A”面面向加熱爐壁，阻熱部分應面朝柱體。在開始進行試驗前，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。

3.2.6.2.4 未加載試體區域內之加熱爐溫度

3.2.6.2.4.1 有或無加載梁的加熱爐地板上之柱

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上之情況，在每個柱構件區域內的加熱爐溫度，應使用位於柱 2 側，距離柱頂部 0.5 m 的 2 個熱電偶量測，並依 CNS 12514-1 之規定用以控制加熱爐溫度。此等熱電偶應儘可能考量試體的位置與數量均勻放置。

如使用平板測溫計，其擺放方向應使其“A”面面向加熱爐側壁，阻熱部分應面朝柱體。在開始進行試驗前，熱電偶之熱接點依 CNS 12514-1 之規定，在整個試驗中予以定位並維持。

在底座上的短柱(高度 > 500 mm)與固定至頂板之方式相同，因而不需額外的熱電偶。

3.2.6.2.4.2 固定於加熱爐頂板有加載梁之高及短鋼構件

如短梁、短柱或高柱與加載梁包含於同一加熱爐內，且其均固定至加熱爐頂板時，此溫度應使用如 3.2.6.2.2 所規定位置的熱電偶量測。

3.2.6.2.4.3 固定於加熱爐頂板無加載梁之高及短鋼構件

可能的系列試驗，將至少包含 1 次僅有短或高構件安裝於加熱爐內之試驗，在此等試驗中，加熱爐溫度將如同依 3.2.6.2.2 安裝的加載梁，以位於相同位置的熱電偶量測。

3.2.6.3 鋼材溫度量測設備

3.2.6.3.1 一般

供量測與記錄 CNS 12514-10 附錄 E 所示型式與繫件的鋼材溫度之熱電偶，應位於下列(參照 3.2.6.3.1.1 至 3.2.6.3.5)所規定及圖 3.19 至圖 3.22 所示之量測位置與其他定點。

3.2.6.3.1.1 I 型或 H 型構件

翼板上的熱電偶應將其逐一固定至翼板底部與梁腹之間的中點處，梁腹上的熱電偶應固定於兩翼板間的中點處。

3.2.6.3.1.2 矩形鋼管柱和梁

在適當面上的熱電偶應固定至接鄰角隅間之中點處。

3.2.6.3.1.3 圓形鋼管柱

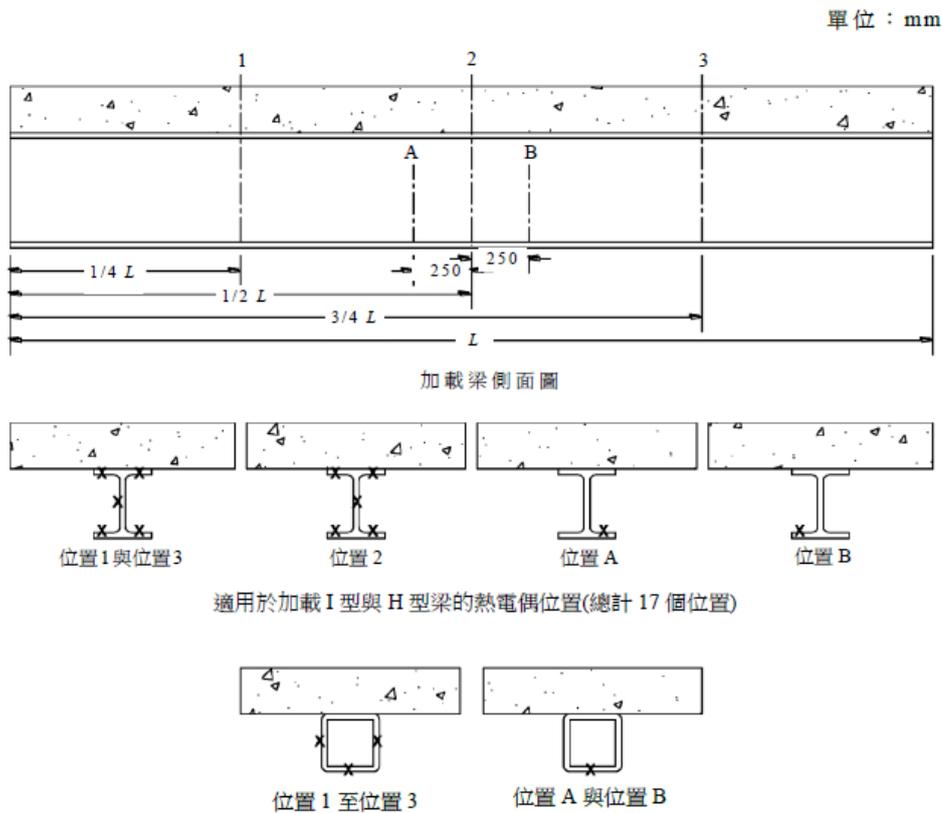
在每個量測位置上的熱電偶應固定至環繞圓周之相等距離處。

3.2.6.3.2 加載梁

對每個加載梁試體，應有 3 個量測位置，每個位置包含 5 個熱電偶，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 型斷面，熱電偶應固定至翼板底部梁腹對稱兩面上，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，在梁腹上的熱電偶位置應位於梁腹對稱面上(參照圖 3.19)。



說明

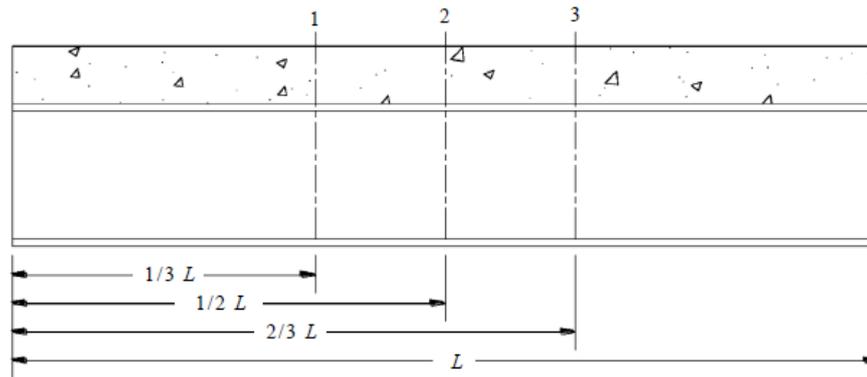
- 1 位置 1
- 2 位置 2
- 3 位置 3
- A 位置 A
- B 位置 B
- L 梁跨距

圖 3.19 加載梁熱電偶位置/方向圖例(參考書目[1])

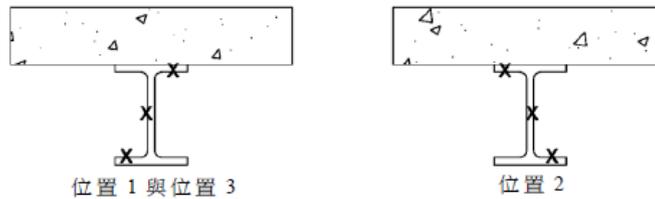
3.2.6.3.3 未加載梁

對每個梁試體，應有 3 個量測位置，每個位置包含 5 個熱電偶，分別位於曝火加熱的梁長度之 $1/3$ 、 $1/2$ 及 $2/3$ 處。在梁腹與翼板上的熱電偶，應位於 I 型或 H 型構件相鄰量測位置之對稱面上(參照圖 3.20)。

同樣地，對於鋼管構件，熱電偶應位於每一面中央相同量測位置。



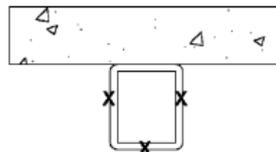
短梁側面圖



位置 1 與位置 3

位置 2

適用於短 I 型與 H 型梁的熱電偶位置(總計 9 個位置)



位置 1 至位置 3

適用於短鋼管梁的熱電偶位置(總計 9 個位置)

說明

- 1 位置 1
- 2 位置 2
- 3 位置 3
- L 長度

圖 3.20 短梁熱電偶位置/方向圖例(參考書目[1])

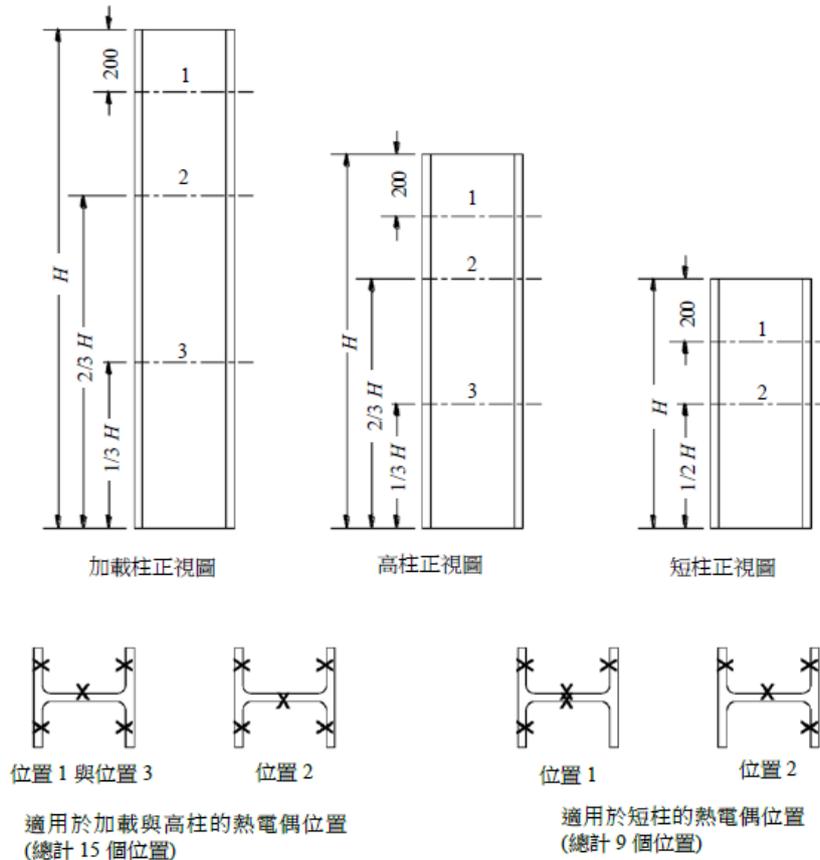
3.2.6.3.4 加載柱與未加載高柱

對每個加載與未加載柱試體，應各有 1 個量測位置，每個位置包含 5 個熱電偶，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 3.21)。

腹板上的熱電偶，應位於腹板之對稱面上。

同樣地，對於鋼管構件，熱電偶應位於每一面中央相同量測位置(參照圖 3.22)。

單位：mm

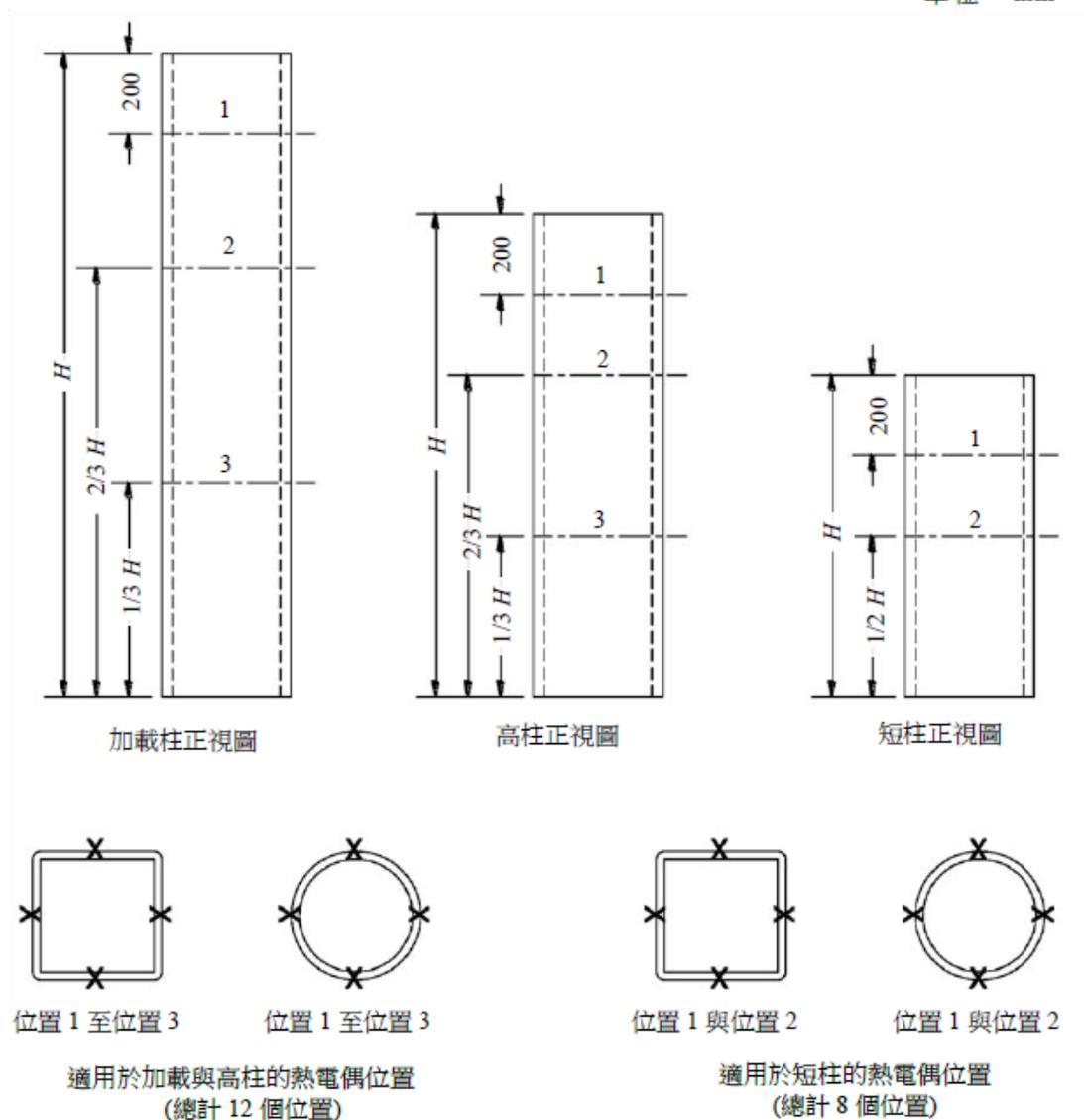


說明

- 1 位置 1
- 2 位置 2
- 3 位置 3
- H 高度

圖 3.21 I 型與 H 型斷面柱熱電偶位置/方向圖例(參考書目 [1])

單位：mm



說明

- 1 位置 1
- 2 位置 2
- 3 位置 3
- H 高度

圖 3.22 鋼管構件熱電偶位置/方向圖例(參考書目[1])

3.2.6.3.5 未加載短柱

對每個短 I 型或 H 型柱，應各有 1 個量測位置，每個位置包含 5 個熱電偶，分別位於

距離柱頂部 200 mm 處，及柱高度中點 4 個位置處(參照圖 3.21)。腹板與翼板上的熱電偶，應位於 I 型或 H 型試體構件鄰接量測位置之對稱面上。

對於鋼管柱構件，應有 4 個熱電偶各位於每一面中央相同量測位置 (參照圖 3.22)。

3.2.6.4 加熱爐壓力量測設備

依 CNS 12514-1 之規定。

3.2.6.5 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。

3.2.6.6 加載量測設備

所施加載重之量測設備，應依 CNS 12514-1 之規定。

3.2.7 試驗步驟

3.2.7.1 一般

依 3.2.3 規定及試驗內容，組裝所需數量的試體。

依據加熱爐容量與 3.2.4.5 之規定合併數個試驗。

對加載梁和其同等未加載梁一起施行試驗，且當可行時包括未加載柱試體，儘可能，對加載柱和其同等未加載短柱試體一起施行試驗。

在開始進行試驗與 3.2.7.2 至 3.2.7.4 所界定試驗步驟之前，進行熱電偶穩定性之檢查並建立溫度數據點。

3.2.7.2 加熱爐溫度與壓力

使用 3.2.6.2 所界定的熱電偶量測並記錄加熱爐於試體區域內之溫度，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之位置係依放置於加熱爐內的試體而定。

使用 3.2.6.2.2 至 3.2.6.2.4 所規定的熱電偶控制加熱爐溫度達到 CNS 12514-1 之規定。

某些情況可能要求對防火被覆材料在悶燒(緩慢加熱曲線)下進行試驗，必要時，試驗步驟依 CNS 12514-10 附錄 F 之規定。

3.2.7.3 載重之施加與控制

3.2.7.3.1 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

3.2.2.2.2 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，當達到此點時載重應予以移除。

$L_{sup}/30$ 之變形量應在(500~600) °C 之溫度範圍內達到，若在達到 575 °C溫度時無法獲得此變形量，則應逐漸增加載重直至達到 $L_{sup}/30$ 。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耐火期間的 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，可能造成防火被覆材料之崩裂，因此，在安裝防火被覆材料之前，可先施加所要求 50 %的載重。

3.2.7.3.2 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 3.2.2.2.4 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耐火期間的 85 %之內。

3.2.7.4 量測與觀測

3.2.7.4.1 鋼構件之溫度

依 3.2.6.3 之規定將熱電偶固定至鋼構件，以不超過 1 min 之時間間隔量測與記錄加載與未加載試體之溫度。

3.2.7.4.2 撓曲

在施加試驗載重之前，先鑑別相對於支撐點之初始撓曲數據點，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，在整個試驗過程中以不超過 1 min 之時間間隔持續量測與記錄直至試驗結束。

3.2.7.4.3 觀測

監測每個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。

3.2.7.4.4 試驗終止

所有試驗宜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記錄的平

均溫度超過最高溫度，且試驗持續時間超過委託者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。

3.2.8 試驗結果

3.2.8.1 試驗結果之允收性

在任何試驗內容中，可能由於熱電偶失效、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、錯誤的結果係屬可能的。若上述任何結果予以忽略不計，實驗室應向委託者說明此情況並依下列規則處理。

3.2.8.1.1 I 型與 H 型斷面

3.2.8.1.1.1 加載 I 型或 H 型梁

- 由上部翼板的 6 個熱電偶，應有至少 4 個結果為有效的。
- 由梁腹板上的 3 個熱電偶，應有至少 2 個結果為有效的。
- 由底部翼板的 8 個熱電偶，應有至少 6 個結果為有效的。

3.2.8.1.1.2 未加載 I 型或 H 型梁

- 由上部翼板的 3 個熱電偶，應有至少 2 個結果為有效的。
- 由梁腹板上的 3 個熱電偶，應有至少 2 個結果為有效的。
- 由底部翼板的 3 個熱電偶，應有至少 2 個結果為有效的。

3.2.8.1.1.3 加載 I 型或 H 型柱與未加載高柱

- 由柱體上 15 個熱電偶，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位置。

3.2.8.1.1.4 未加載 I 型或 H 型短柱

- 由每一翼板的 3 個熱電偶，應有至少 2 個結果為有效的。
- 由腹板上的 3 個熱電偶，應有至少 2 個結果為有效的。

3.2.8.1.2 鋼管斷面

3.2.8.1.2.1 加載鋼管梁

- 由梁上 11 個熱電偶，應有至少 9 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位置。

3.2.8.1.2.2 未加載鋼管梁

- 由梁上 9 個熱電偶，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

溫度量測位置。

3.2.8.1.2.3 加載與未加載高鋼管柱

— 由柱體上 12 個熱電偶，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位置。

3.2.8.1.2.4 未加載短鋼管柱

— 由柱體上 8 個熱電偶，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位置。

3.2.9 試驗結果之表示

下列事項應在試驗報告內予以記載。

- (a) 測得尺度結果值，特別是防火被覆材料之厚度，以及惰性防火被覆材料之密度及含水率，依 3.2.3.3 評估該等數值。
 - (b) 所有加熱爐溫度量測之個別結果值，及依 CNS 12514-1 之規定所測得所有個別溫度量測值之平均值，以圖示表示，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之個別結果值，及依 CNS 12514-1 之規定所測得所有個別壓力量測值之平均值，以圖示表示，並與 CNS 12514-1 所規定之要求事項與許可差相互比較。
 - (d) 每個翼板溫度之個別結果值與平均值、梁腹之平均值，及依 CNS 12514-10 第 3 節(用語及定義)所述測得之整體平均值，以及在 3.2.6.3 所規定位置的熱電偶測得所有鋼材溫度，所有數值均以圖示表示(符合 3.2.8.1 的有效性基準之證據)。
 - (e) 於 3.2.7.4.2 所規定的加載梁之撓曲度量測值，所有數值均以圖示表示(若依 3.2.7.3.1 移除載重，記錄其時間)。
 - (f) 於 3.2.7.4.2 所規定的加載柱之軸向收縮量測值之個別結果值，所有數值均以圖示表示(若依 3.2.7.3.1 移除載重，記錄其時間)。
 - (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歷時的測得數據表示之。
- 項次(b)至(f)之結果值可以表列格式及/或電腦方式呈現製備與列印，如為後者之情況，

宜以適當的、保全的、“唯讀”之形式製備，以防止更改，應僅有在實驗室檔案中維護的合法數據方可用於評估。

3.2.10 試驗報告

試驗報告應包括下列聲明。

“本報告提供於此文件所述，規定的防火被覆系統，當依 CNS 12514-1 之試驗步驟測試時，結構細節、試驗條件及所獲得結果。關於防火被覆材料之厚度與密度及構造之細節、載重、應力邊緣或端部狀況之任何偏差，如非屬應用領域下可容許者，可能使此試驗結果無效”。

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) 試體製備之完整明細，包含防火被覆系統安裝/施覆方法與表面製備(對於反應性塗層，亦包含底漆厚度、以刷塗/噴塗施覆反應性塗層、塗層數及面塗)。
- (d) 試驗構造體裝配之描述(試驗構造體狀態調節及其安裝至試驗加熱爐之描述)。
- (e) 使用 3.2.9 (b)至(f)項的量測設備在各試驗中所獲得量測之結果值，依 3.2.9 之要求，表示於圖示 (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任何分離之大小。
- (g) 以時間為函數施加至每個試體的載重量，以及若移除載重(加載梁與柱)時，記錄此時之時間。
- (h) 依據 3.2.7.4.4 之規定終止試驗時，至試驗終止所耗費時間及其理由。
- (i) 參照 CNS 12514-10 附錄 F，使用悶燒施行的任何試驗之結果(緩慢加熱曲線)，宜分別報告。
- (j) 用以決定試驗載重的計算方法之細節。

第四章 盤點結果與改善規畫

本研究比較檢討 CNS 12514-6 與 CNS 12514-10 之差異；盤點現有梁柱耐火爐設備，評估所需擴充或修改處摘述如下。

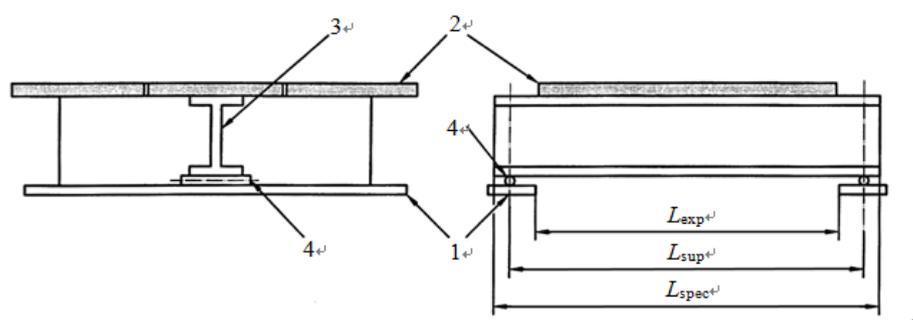
第一節 標準比較差異

4.1.1 加載梁尺度

CNS 12514-6 梁的曝火加熱長度，應不小於 4,000 mm。支撐跨距(L_{sup})應為曝火長度加上每端最大 100 mm，試體長度(L_{spec})應為曝火長度加上每端最大 200 mm。CNS 12514-10 梁的曝火加熱長度一樣。然而，支撐跨距(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。兩者於加載梁尺度規定不一致。

4.1.2 加載梁頂蓋板

CNS 12514-6 對於梁試體上方的頂蓋板應設計並製作成不連續的斷面，使用不連續的加強筋(reinforcement)，以避免頂蓋板與梁之間產生互制作用，而提供梁額外的強度與剛度。頂蓋板應由密度(650 ± 200) kg/m^3 的混凝土板所製成，單一最大長度為 1 m 且厚度至少為(150 ± 25)mm。頂蓋板的寬度應至少為梁寬的 3 倍或至少 600 mm，取其大者，如圖 4.1 所示。但 CNS 12514-10 在此規定更為詳細，如應提供輕質或發泡混凝土厚板作為混凝土頂板，使用直徑 12 mm 之螺釘栓緊至梁上，僅梁之兩面與拱腹部分曝火受熱，如圖 3.9 所示。厚板應具備橫跨梁寬度的量測值應為(600 ± 100) mm、厚度應介於 150 mm~200 mm 範圍內、最大長度應為 625 mm、發泡混凝土厚板標稱密度應為 500 kg/m^3 、輕質混凝土厚板標稱密度應為 1,500 kg/m^3 。兩者於發泡混凝土厚板尺度與密度規定不一致，另 CNS 12514-6 無輕質混凝土規定，CNS 12514-10 建議透過載重隔塊對梁頂部中央施加载重及試體抗扭矩設計與加載點之加勁板要求。



說明

1 支承 2 頂蓋板 3 梁 4 滾支承

圖 4.1 CNS 12514-6 滾支承梁試體圖例(參考書目[3])

第二節 現有梁柱耐火爐設備改善規畫

4.2.1 梁柱耐火爐蓋與爐底修改及溫度量測改善

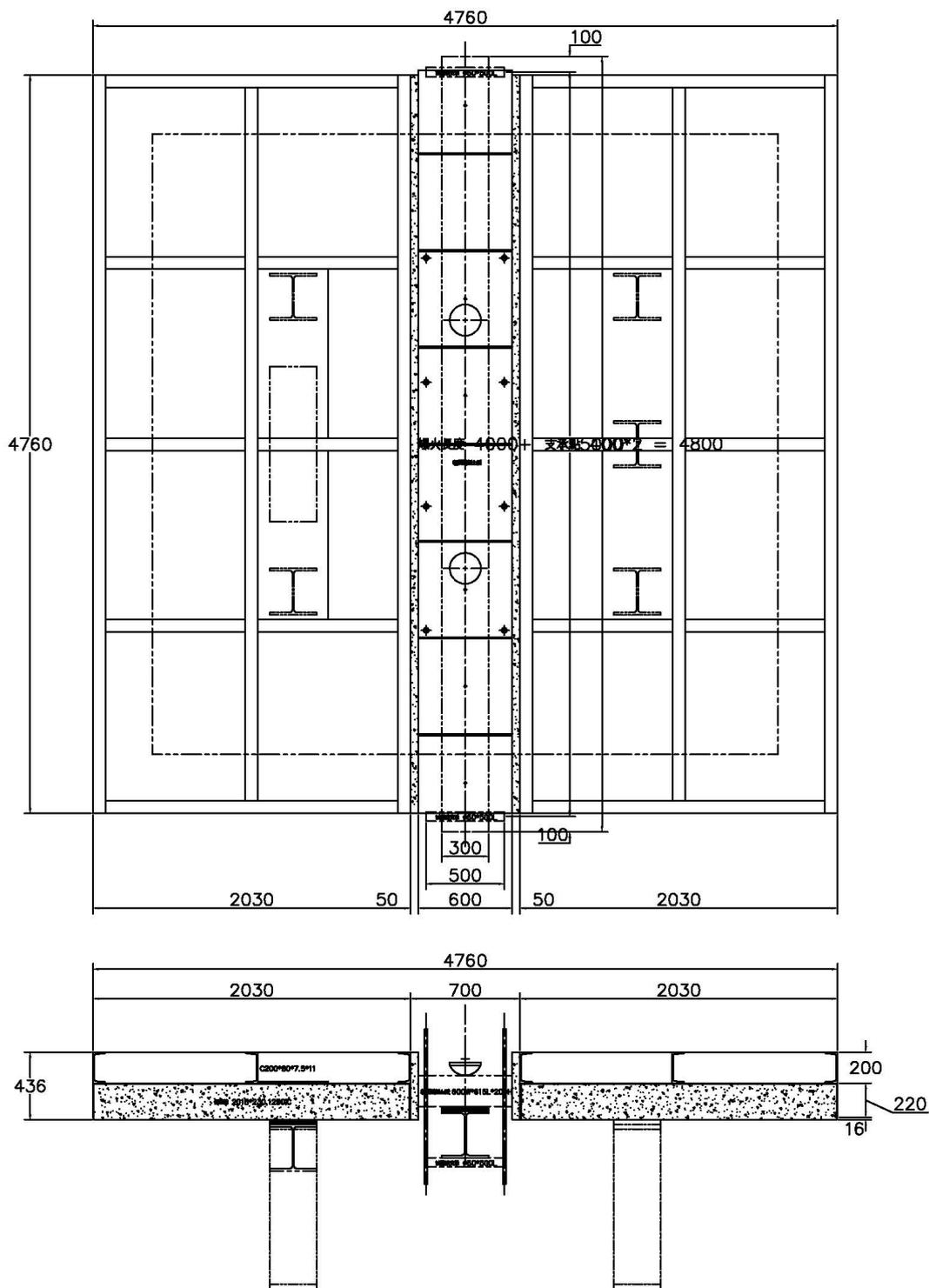
由於 CNS 12514-10 要求對每個包含加載梁或柱的試驗，應包含同等未加載梁或柱，且在加熱爐內同時測試。對每個加載梁，應在平行且位於加載梁跨距中點處放置同等的參考梁。每個高柱與其同等未加載參考柱應儘可能同時安裝至加熱爐內，且同時測試。經檢視現有梁柱耐火爐蓋與爐底，如圖 4.2 與圖 4.3 所示，無法承受未加載梁或柱等試體，須重新規畫設計製作新的爐蓋與爐底，目前已初步設計完成進行加載梁試驗所需之爐蓋的草稿，如圖 4.4 與圖 4.5 所示，有關細部設計部分，將俟國內廠商申請試驗時，與其進一步討論。另加熱爐溫度量測要求在每個加載梁試體區域內之加熱爐溫度應使用熱電偶量測之，熱電偶放置於加載梁受熱長度之 1/5、2/5、3/5 及 4/5 位置點處，每個位置有 2 個熱電偶，各放置於梁每側，熱電偶之位置應如圖 3.18 所示，在拱腹下方距離 500 mm 處。加載柱隔離測試時，在柱構件區域內的加熱爐溫度，應使用位於柱構件高度 1/4、1/2 或 3/4 處 2 側，以及距離柱 100 mm 處的 2 個熱電偶量測，現有加熱爐溫度量測位置於兩側爐壁向爐內量測，為符合該標準規定，須在新設計製造的爐蓋預留測溫孔，如圖 4.6 所示。所需材料槽鋼 C200*80*7.5*11、鐵板 SS41×6mm 厚、圓棒(SUS304、Ø10)、保溫棉(1250°C、50t*600*3600)及工資等，概估預算約新臺幣 60 萬元。



圖 4.2 現有梁柱耐火爐蓋

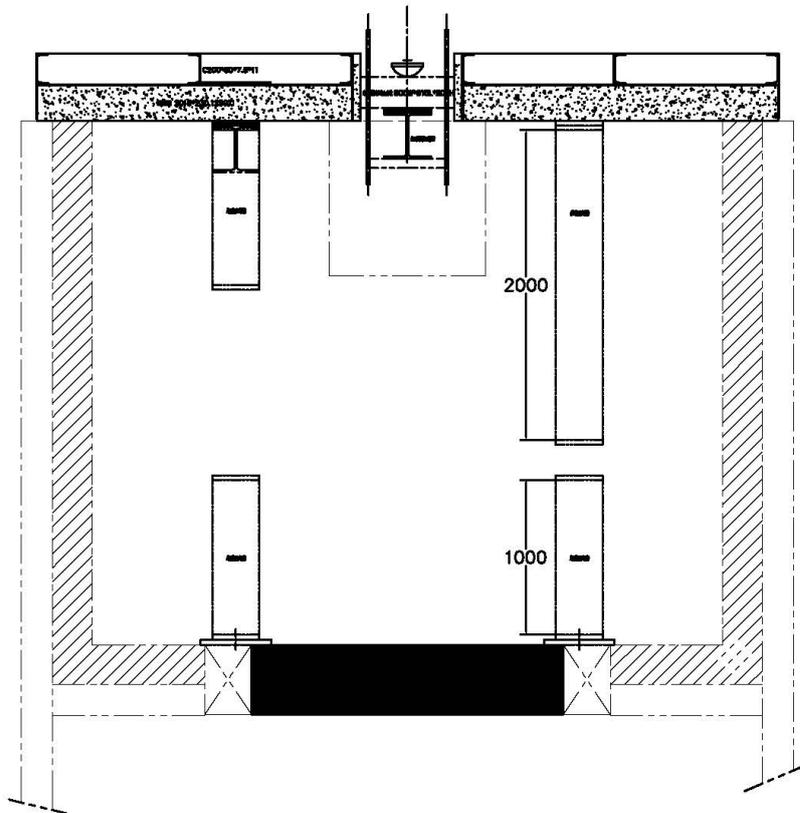
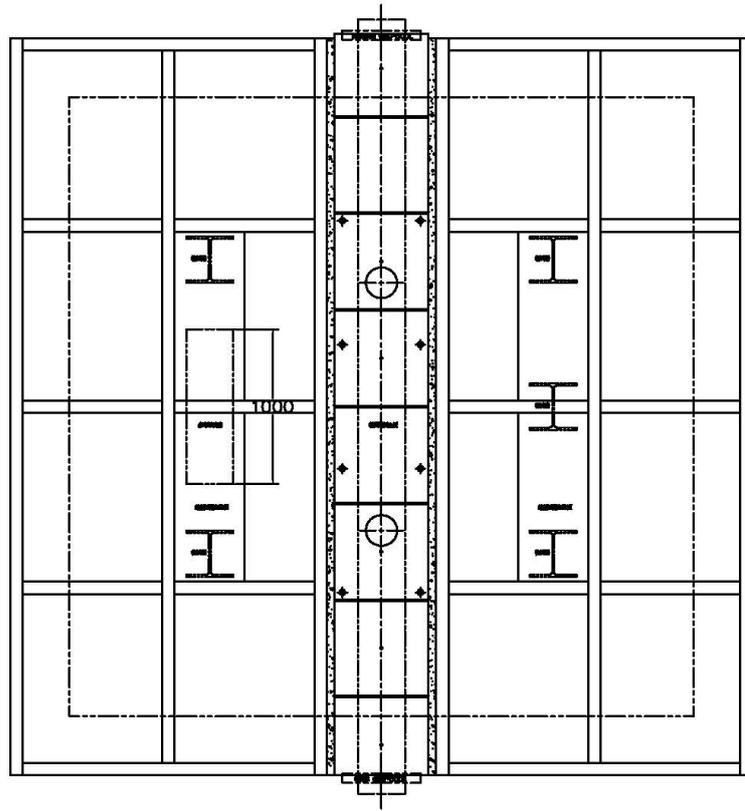


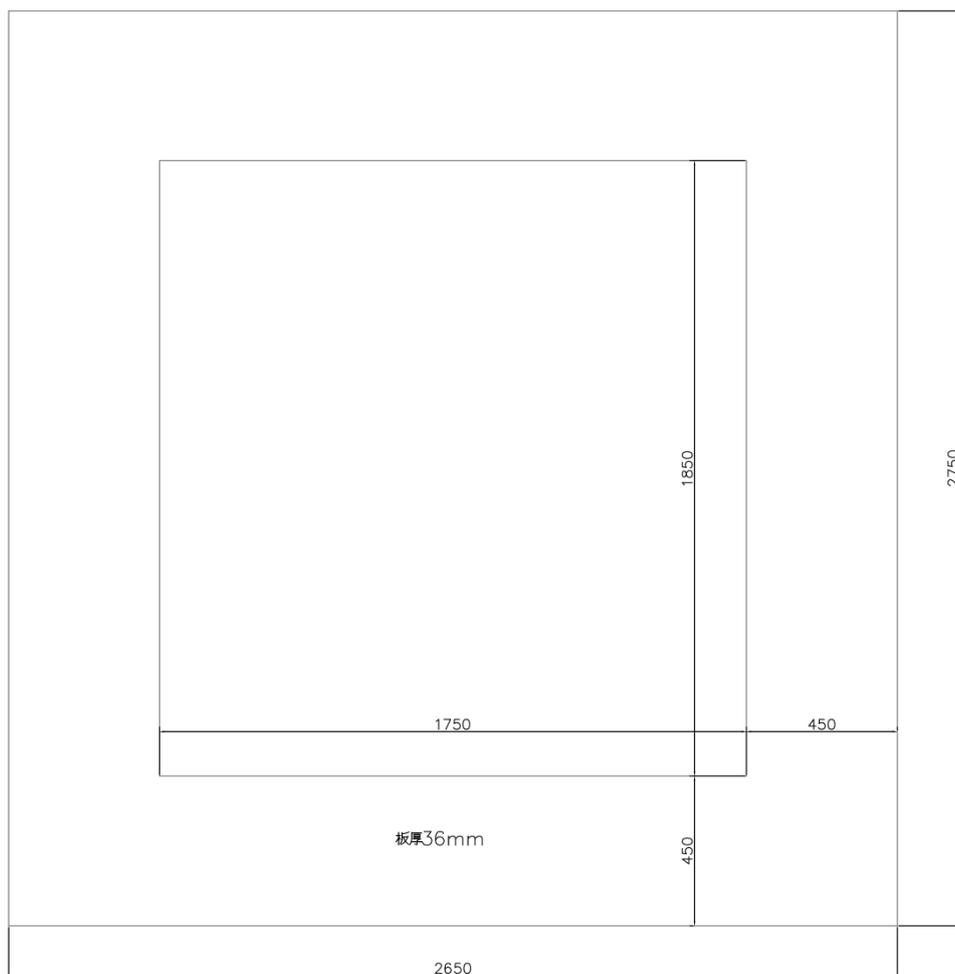
圖 4.3 現有梁柱耐火爐底



單位：mm

圖 4.4 梁柱耐火爐蓋修改圖

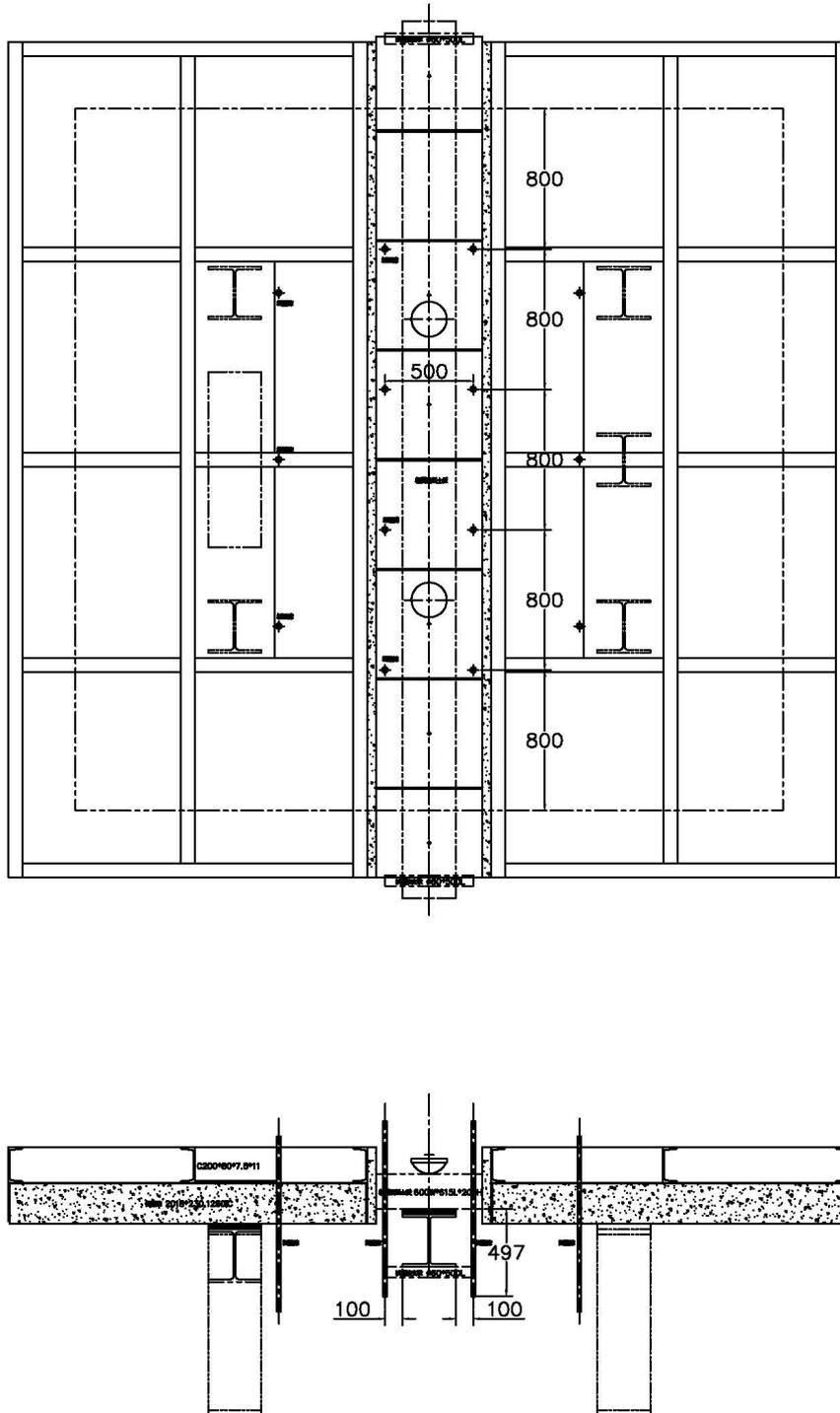




爐底板固定座

單位：mm

圖 4.5 梁柱耐火爐底修改圖



單位：mm

圖 4.6 梁柱耐火爐溫度量測位置圖

4.2.2 梁柱耐火爐加載梁支承座修改

CNS 12514-10 加載梁試體支撐跨距(L_{sup})長度最大為 4800mm，經檢視梁柱耐火爐壁厚 450mm，兩端支承座位於加熱爐外側，如圖 4.7 所示，以致試體支撐跨距超過標準規定，須重新製作，規畫設計草稿，如圖 4.8 所示，以 2 個滾支承來解決 CNS 12514-6 與 CNS 12514-10 試體長度規定不同，所需費用概估新臺幣 20 萬元。



圖 4.7 現有梁柱耐火爐支承座

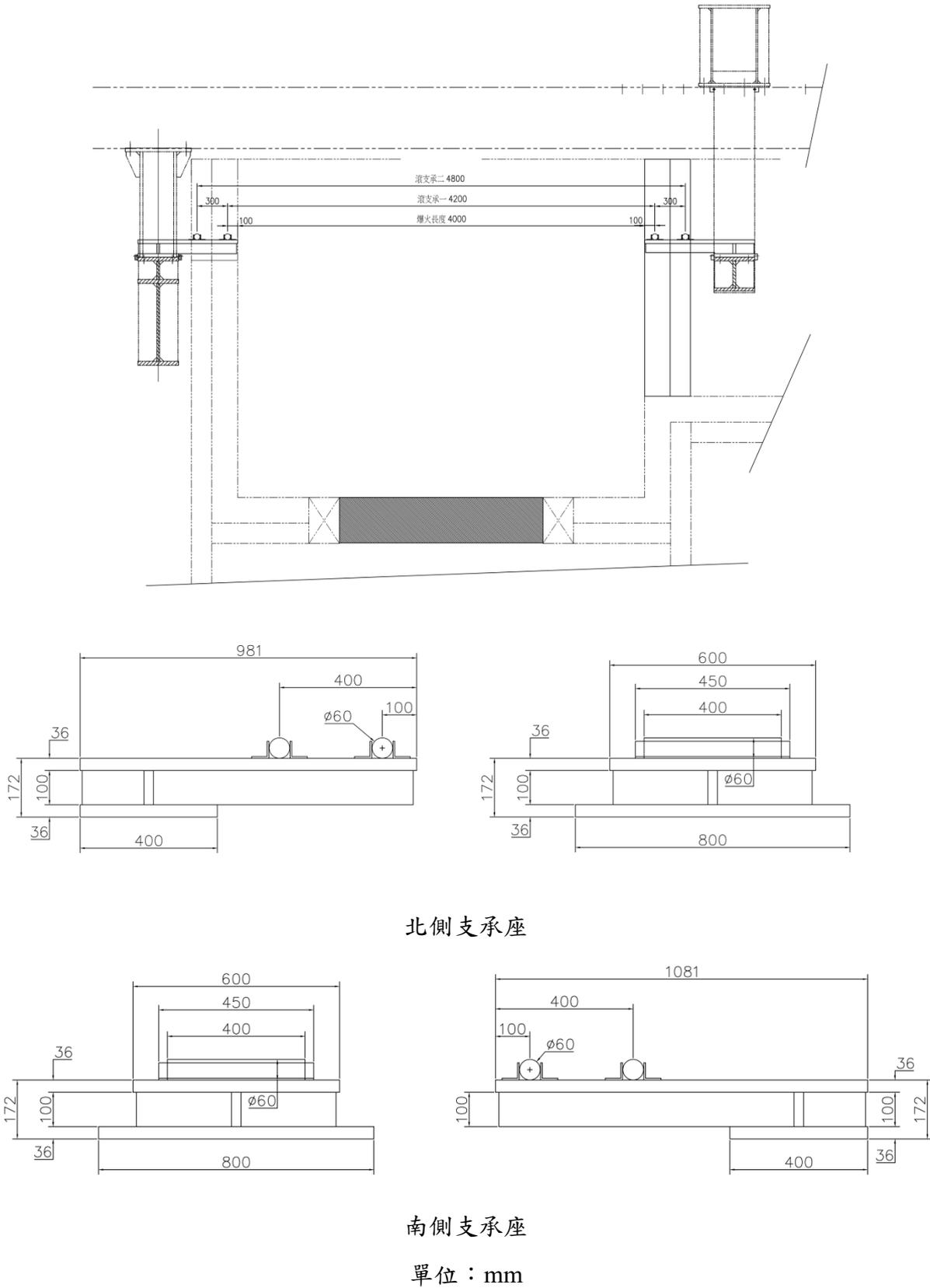


圖 4.8 梁柱耐火爐加載梁支承座修改圖

4.2.3 梁柱耐火爐加熱功能調校

梁柱耐火爐加熱功能原僅對單一梁、單一柱構件或梁柱複合構件進行 4 小時標準升溫試驗，今 CNS 12514-10 規定需在同一爐內進行多個梁及柱試體加熱試驗，且加熱爐尺度為 4 m×3 m，深度約 2 m，可容納 45 kg/m³ 而不產生負面影響，經檢視本所梁柱耐火爐尺度為 4 m×4 m，深度約 3.7m，符合標準規定，另梁柱耐火爐加熱設備的電控系統可程式控制器(PLC)已呈現老化現象，納入本所 111 年資本門更新，將俟可程式控制器(PLC)更新時併同調校。

4.2.4 鋼構件防火被覆材料之防火性能評估試驗作業程序

依據 CNS 12514-10 規定，草擬鋼構件防火被覆材料之防火性能評估試驗作業程序，即「建築物構造構件耐火試驗法操作手冊—第 10 部：測定鋼結構構件防火被覆材料貢獻特定要求」，共計 12 節及附錄 A-F，詳如附錄二。

4.2.5 鋼構件防火被覆材料之防火性能評估試驗收費標準

本研究參考本所實驗設施技術服務費額表有關梁、柱構件耐火實驗收費，以加熱六十分鐘為例，編號 F22「防火構件（梁、板）耐火性實驗(含載重實驗)」及編號 F23「防火構件（柱）耐火性實驗(含載重實驗)」，分別為 30 萬元/次及 29 萬元/次，該收費計算包含直接成本，有人工(相關實驗人員)、物料、設備、水電費(含瓦斯)及其他(郵資及影印費)等；與間接成本，如人工(處理相關行政作業，如收發文及打字等人員)、設備(電腦軟、硬體設備費用)及行政管理費(直接成本及間接成本之 5%)等，基於前述的梁與柱耐火實驗收費標準進行評估。

鋼構件防火被覆材料防火性能評估試驗為多個試體一起進行試驗，其試體安裝情況有很多種，今以 CNS 12514-10 第 8.5 節圖 9 的安裝模式為例，經評估所需增加費用約為 33 萬元/次，其中試體熱電偶線費用佔本項實驗增加最大，約 69%，其次為設備約 25%，為提高國內潛在廠商意願，建議試體熱電偶線由各廠商自行安裝，耐火爐蓋與爐底及加載梁支承座等修改所需費用，則由潛在廠商共同分攤，其餘增加部分約為 2 萬 4 仟元/次。

表 4.1 鋼梁構件防火被覆材料防火性能評估試驗試驗規費收費成本分析表

內政部建築研究所防火實驗中心				
鋼梁構件防火被覆材料防火性能評估試驗				
試驗規費收費成本分析表				
總成本				
項 目	單位	數量	單價	金額(元)
壹、直接成本				321,057
一、人工合計				7,577
(一) 研究助理	時	14.0	227	3,182
(二) 研究員	時	4.0	360	1,439
(三) 組長	時	2.0	500	1,000
(四) 主任秘書	時	2.0	500	1,000
(五) 副所長	時	0.8	584	467
(六) 所長	時	0.8	612	490
二、物料合計				225,000
(一) 加載梁熱電偶線	條	15	3,000	45,000
(二) 未加載梁熱電偶線	條	15	3,000	45,000
(三) 未加載短柱熱電偶線	條	45	3,000	135,000
三、設備合計				82,000
(一) 儀器			80,000	80,000
(二) 儀器維護費			2,000	2,000
四、水電費(含瓦斯)				6,000
五、其他合計				480
(一) 郵資：郵寄實驗報告郵費	件	1	200	200
(二) 影印費：影印每張	張	140	2	280
貳、間接成本				7,137
一、人工(處理相關行政作業，如收發文及打字等人員)合計				5,137
二、設備(電腦軟、硬體設備折舊費用)合計				2,000
註1：三、設備(一) 儀器費用：梁柱耐火爐蓋與爐底修改及溫度量測改善60萬元+梁柱耐火爐加載梁支承座修改20萬元，計80萬元。以10年分攤，每年1次試驗，每次使用費為80萬元÷10=80000元。				
註2：本項試驗費用評估以CNS 12514-10第8.5節圖9的安裝模式為例，共有7個試體。				

第五章 結論與建議

第一節 結論

- 一、 CNS 12514-10 不適用於實心鋼棒、鋼條或填充混凝土之鋼管構件，需特別注意，國內常用的填充式箱型鋼柱(或稱內灌混凝土箱型鋼柱，concrete-filled box columns)在使用膨脹性塗料及噴覆式防火被覆材料時，宜先了解國外如何進行其評估認可，以避免誤用。
- 二、 CNS 12514-10 有關梁與柱試體之結構鋼材應為任何熱軋結構用之低碳鋼(非合金、非熱處理鋼)，其降伏強度為 $200\text{N/mm}^2 \sim 290\text{N/mm}^2$ (200~290MPa)，若使用的鋼材降伏強度超過時，其防火被覆厚度是否需調整，有待進一步探討。
- 三、 鋼構造防火塗料及噴覆式防火被覆材料厚度之現場施工查驗，建議可參考 CNS 12514-10 相關規定進行。
- 四、 鋼梁構件防火被覆材料之防火性能評估試驗初估增加費用約為 33 萬元/次，為提高國內潛在廠商意願，建議試體熱電偶線由各廠商自行安裝，耐火爐蓋與爐底及加載梁支承座等修改所需費用，則由潛在廠商共同分攤。

第二節 建議

建議一

鋼構件防火被覆材料之防火性能評估研究：立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

鑑於國內尚未進行鋼構件防火被覆材料之防火性能評估之案例，建議可先由國內潛在廠商、試驗室及評定機構合作，以累積相關經驗，並協助業界進行防火被覆材料研發與評估，除在國內市場使用並可做為取得國外認證之先期工作。

附錄一 審查會議紀錄

(一)、期初審查會議紀錄與回應

審查意見	研究回應
<p>1. 建議本研究先瞭解國內潛在廠商意願，另若需增加實驗費用時，請做好成本效益分析。</p> <p>2. 建議本研究內容納入國內現行的鋼構件防火被覆材料審核認可規定，增加抽查檢驗方式之可行性評估。</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 遵照辦理。</p>

(二)、期中審查會議紀錄與回應

審查意見	研究回應
<p>中華民國全國建築師公會 江建築師支川：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 鋼構件防火被覆材料已經普及運用，能否提供其實務上的選用建議，如單位成本與施工性等。 2. 加熱試驗造成加熱試體膨脹，是否有考慮其所對試體的應力數據偏差影響。 3. 日本於 25 年前就有無防火被覆鋼管柱設計案例，如愛知工業大學第 10 號館，期待國內未來鋼骨結構，如填充型鋼管混凝土柱(Concrete Filled Tubular Column, CFTC)亦可以有無防火被覆設計。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝指教，可納入未來研究探討。 2. 謝謝指教，鋼構件防火被覆耐火試驗係依據 CNS 12514-10 進行，有關加熱及加熱設備亦符合標準規定。 3. 本所「鋼骨鋼筋混凝土構造火害及耐火性能設計研究計畫」(100-103 年)已針對 CFBC 或 CFTC 進行防火性能研究，其研究成果提出填充式箱型鋼柱防火設計指南，可供業界設計參考運用。
<p>蔡簡任研究員銘儒：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 防火被覆耐火性試驗與評估，依美國及歐洲可能有所差異，建議蒐集美國及歐洲之試驗及評估案例資料加以比較，後續能有試驗規劃及評估範例做為參考，以利於試驗及評估，此外評估是由委託者或評定機構或第三機構宜有所建議。 2. 第 4 章第一節在標準上之差異如何因應？除非 CNS 12514-10 申請 TAF 認可，否則目前僅 CNS 12514-6 及 CNS 12514-7，必須符合才可出具 TAF 認可標識報告書。 3. 第 4.2 節修改所需費用及進行 1 次試驗所 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理，本研究將盡量蒐集國外相關試驗及評估案例資料，另鋼構件防火被覆評估，鑑於國內以往未曾進行，建議可先由國內潛在廠商、試驗室及評定機構合作，以累積相關經驗。 2. CNS 12514-10 與 CNS 12514-6 主要差異在試體規定，試體製作係屬委託者負

<p>增加之耗材及人力費，應納入收費費額成本。</p> <p>4. 部分短柱及短梁可否在不同試驗室進行？宜加以評估與規範。</p> <p>5. ASTM E119:2020 8.4.4 為柱的基準，8.8.5 為梁的基準。</p>	<p>責，另 CNS 12514-6 及 CNS 12514-7 針對單一梁或柱試驗，CNS 12514-10 為多個試體同時測試，建議宜申請 TAF 認可。</p> <p>3. 遵照辦理。</p> <p>4. 標準規定應儘可能同時安裝至加熱爐內，且同時測試。</p> <p>5. 感謝提醒，已補充修正。</p>
<p>王副研究員鵬智：</p> <p>1. 鋼構件防火被覆材料已實施評定認可多年，大部分皆採國外標準，請說明採用我國標準的契機與對實驗中心的助益如何？</p> <p>2. 鋼材有應用於室內及戶外且認可亦會針對戶外提出要求，請說明本案是否有因應對策？</p> <p>3. 依本研究試驗對被覆厚度之加乘有無建議？尤其不同形狀的鋼構造。</p>	<p>1. 國內防火被覆廠商曾詢問實驗室，是否能進行鋼構件防火被覆材料評估試驗，當時僅能回覆依據 CNS 12514-6 及 CNS 12514-7 進行單一梁或單一柱試驗，並無防火被覆材料評估與試驗之國家標準可遵循，現可依據 CNS 12514-10 及 CNS 12514-11，協助業界進行防火被覆材料研發與評估，除在國內使用並做為取得國外認證之先期試驗。</p> <p>2. 本案係因應國內鋼構件防火被覆材料評估試驗標準公布，試驗室檢討現有設備，研擬改善方式，有關室內、外防</p>

	<p>火被覆可納入未來研究。</p> <p>3. 目前鋼構件防火被覆材料大多為國外產品，經審核認可後其厚度需增加 25%，今國內已有相關評估與試驗之國家標準，可建議評定機構若依 CNS 12514-10 及 CNS 12514-11 所得防火被覆材料厚度可不用增加。</p>
<p>王研究員天志：</p> <p>1. 研究緣起提到國內缺少有關”鋼構件防火被覆材料之防火性能評估與其試驗方法”，此項緣起與現行 CNS 12514-6、7，構件耐火試驗有何差異？請於緣起即予以說明區隔，以聚焦本案研究目的。</p> <p>2. 鋼構件防火被覆耐火試驗規定適用範圍包括拉力構件，請問構件耐火試驗均為加載柱、加載梁，此類結果如何轉化到評估拉力構件？</p> <p>3. 現行引用國外試驗報告，原測試厚度需增加 25%，未來採用 CNS 所得結果，是否就不需要再增厚？會較易推行。</p> <p>4. 請再補充說明爐底改善規劃、各試體的固定方式為何？</p>	<p>1. 遵照辦理，已補充修正。</p> <p>2. 藉由加載梁試驗可評估拉力區防火被覆材料之黏著性，故不必進行拉力構件試驗才能評估。</p> <p>3. 目前鋼構件防火被覆材料大多為國外產品，經審核認可後其厚度需增加 25%，今國內已有相關評估與試驗之國家標準，可建議評定機構若依 CNS 12514-10 及 CNS 12514-11 所得防火被覆材料厚度可不用增加。</p> <p>4. 感謝提醒，本案所提改善規劃目前為設計草稿，俟國內廠商申請試驗時，將與其進一步討論細部設計。</p>
<p>詹副研究員家旺：</p> <p>1. 研究報告重點在梁柱耐火爐改善，除需考</p>	<p>1. 感謝提醒，已納入改善規畫設</p>

<p>慮梁加載兩端當由爐壁受力時,如經長時間加載試驗爐壁承受力是否足夠,有否另外增加支承座。</p> <p>2. 報告書第 61 頁提到加熱功能調校,現在有梁柱耐火爐已使用 17 年,應考慮評估燃燒機老化問題納入改善規劃更新,避免加熱過程無法達到 CNS12514-1 標準升溫曲線。</p>	<p>計中。</p> <p>2. 感謝提醒,已納入改善規畫中。</p>
<p>主席：</p> <p>1. 請補充說明有關填充式箱型鋼柱(CFBC)防火被覆厚度評估之建議作法。</p> <p>2. 本所之前進行無防火被覆的填充式箱型鋼柱(CFBC)耐火性能研究,已獲相關成果,可提供建築師公會參考設計運用。</p> <p>3. 建議是否可與 UL、新加坡 PSB 或其他相關機構合作,以提昇國際檢測能量,增加實驗室收入。</p> <p>4. 請加強補充本研究目的說明。</p>	<p>1. 本案係因應國內鋼構件防火被覆材料評估試驗標準公布,試驗室檢討現有設備,研擬改善方式,有關填充式箱型鋼柱(CFBC)防火被覆厚度評估可納入未來研究。</p> <p>2. 遵照辦理。</p> <p>3. 遵照辦理。</p> <p>4. 遵照辦理,已補充修正。</p>

(三)、期末審查會議紀錄與回應

審查意見	研究回應
<p>中華民國全國建築師公會 江建築師支川：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請補充註明報告書第 65 頁收費成本分析表，有關儀器費用 8 萬元，如何分攤獲得？ 2. 另鋼結構防火被覆耐火性能評估試驗在不同形狀或材料變動等，可能會造成試驗成本增加，請於收費成本分析表加以註明，以利業界參考使用。 3. 國外使用無防火被覆填充型鋼管混凝土柱(Concrete Filled Tubular Column, CFTC)愈來愈普遍，例如，日本大阪關西機場的 CFTC 無防火被覆設計，期待國內 CFTC 之防火性能設計與本研究結合，未來對於 CFTC 無防火被覆設計有所助益。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝提醒，已補充修正。 2. 感謝提醒，已補充修正。 3. 謝謝指教。
<p>財團法人台灣建築中心 郭工程師全豐：</p> <p>本中心為內政部指定之建築新技術新工法新設備及新材料性能規格評定機構對本研究案之看法，本案對提昇國內防火被覆材料之材料商是有正面幫助的，目前台灣的防火被覆材的認證皆由國外之試驗機構出具的試驗結果或認可內容經國內的性能評定程序變成國內的認可證明文件再到市場使用，主要原由為防火被覆材料經試驗再轉換成可以應用到各種尺寸及鋼構型式的膜厚是非常複雜的技</p>	<p>謝謝指教，鑑於國內尚未進行鋼構件防火被覆材料評估與試驗，可先由國內潛在廠商、試驗室及評定機構一同參與討論及研究，以累積相關經驗。</p>

<p>術，國內的機構都沒有相關的經驗及案例可供引用，國外的實驗室各材料如何轉換的方式也是技術文件不容易得到，故國內有機會經 CNS12514 之試驗方法再去評估各種膜厚是很好的研究案，建議是否給評定機構之專家學者有機會參與討論及研究，以供國內之材料商有機會依國內的標準進行認證。</p>	
<p>蔡簡任研究員銘儒：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 現有梁柱耐火爐設備改善規畫所需期程對於年度檢測影響程度評估。 2. 鋼構件防火被覆材料之防火性能評估試驗，分為國內完整驗證及國外進口，國外進口是否應增加檢測驗證或抽驗，並依 ASTM 及 ISO(或 EN)之標準有所區別。 3. 國內鋼構件防火被覆材料的市場小，可考慮與 UL、新加坡 PSB 合作，採用 ASTM、BS 或 EN 等標準，以利國內廠商擴展外銷市場及提高檢測意願。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案所提梁柱耐火爐設備改善規劃，目前為設計草稿，俟國內廠商申請試驗時，將與其進一步討論細部設計，同時與試驗室研商試驗期程，對於年度檢測影響程度應該不大。 2. 謝謝指教。 3. 鋼構件防火被覆材料依 CNS 12514-10 及 CNS 12514-11 所得防火被覆材料厚度可不用增加 25%，若與新加坡 PSB 合作，採用 BS 或 EN 等標準，其厚度亦可不用增加 25%，惟 UL 採用 ASTM E119，與 CNS 12514-1 升溫曲線不同，防火被覆材料厚度需進一步探討是否增加。
<p>王研究員天志：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究主題切合業界實務需求，研究內容詳 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝指教。

<p>實可行，對鋼構防火產業有很大的助益，且可擴展實驗中心技術服務項目，增加收入，符合預期成果。</p> <p>2. 報告書內評估試驗初估增加費用為 33 萬元/次，建議再說明每次試驗可執行試體數量，並多加考慮本項試驗在國內的創新性與不可預期的部分，費用估算可再寬列，以考慮相關風險。</p> <p>3. 厚度之現場施工查驗，報告建議可參考 CNS 12514-10 相關規定進行，是否能建議補充可應用於那些文件？例如 工程會“鋼結構施工及檢驗基準”？（惟該試驗量測點位較多，實務是否可行？）</p> <p>4. 研究成果重要發現所提出的問題，如填充式箱型鋼柱、超高強度鋼材等，分別為國內常見使用形式及未來材料發展趨勢，建議可列入後續研究課題。</p>	<p>2. 本研究之前先行以原有梁、柱構件耐火實驗收費報價給潛在廠商，迄今尚無回應，如果收費額度再提高，恐影響廠商意願。</p> <p>3. 目前公共工程委員會之施工規範「噴附式防火被覆」對於完工後依據 CNS 13963 進行其厚度量測，然「鋼構造防火漆」則僅表示施工時先使用濕膜厚度計量測濕膜厚度，待完全乾固後，再以乾膜厚度計量其乾膜厚度即可，並無量測位置與數量要求，故建議可依 CNS 12514-10 相關規定進行。</p> <p>4. 謝謝指教。</p>
<p>王副研究員鵬智：</p> <p>1. 本研究對本所防火設備精進，尤其鋼構件防火被覆防火性能試驗十分重要，並已提出相關作業及收費原則，達預期成果。</p> <p>2. 建議補充說明 CNS 12514-6、CNS 12514-7、CNS 12514-10 及 CNS 12514-11，在現行評定制度的不同及影響</p> <p>3. 國外鋼構厚度需乘以 1.25，採用 CNS 12514 試驗應無需加乘外，另外其追蹤查核年限應亦不同，故本案有其優勢。</p>	<p>1. 謝謝指教。</p> <p>2. 遵照辦理，已補充修正。</p> <p>3. 謝謝指教。</p>

<p>主席：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有關鋼構件防火被覆評估試驗收費需增加 33 萬元/次，建議從成本面、市場面以及永續經營觀點再寬列檢討。 2. 考量國內防火被覆生產廠商不多，若僅以 CNS 標準進行測試業務來源可能不足，建議考慮透過與新加坡 PSB、UL 合作機會，增加適用其測試標準之試驗，不僅可增加國內廠商外銷之國際競爭力，未來也可以接受其他國家委託測試，擴大檢測業務來源。 3. 本所目前研訂「鋼構造建築物防火設計技術參考手冊」，可提供無防火被覆的填充式箱型鋼柱(CFBC) 及建築師公會設計參考運用。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究之前先行以原有梁、柱構件耐火實驗收費報價給潛在廠商，迄今尚無回應，如果收費額度再提高，恐影響廠商意願。 2. 遵照辦理，鋼構件防火被覆材料依 CNS 12514-10 及 CNS 12514-11 所得防火被覆材料厚度可不用增加 25%，若與新加坡 PSB 合作，採用 BS 或 EN 等標準，其厚度亦可不用增加 25%，惟 UL 採用 ASTM E119，與 CNS 12514-1 升溫曲線不同，防火被覆材料厚度需進一步探討是否增加。 3. 遵照辦理。

附錄二

內政部建築研究所



文件編號:FLW-023-10

試驗操作手冊

建築物構造構件耐火試驗法操作手冊一
第10部：測定鋼結構構件防火被覆材料貢獻
特定要求



內政部建築研究所防火實驗中心

中華民國 110 年 11 月 26 日 第〇版

目 錄

目錄	3
1. 適用範圍.....	4
2. 試驗依據.....	4
3. 試驗裝置.....	5
4. 注意事項.....	6
5. 試驗條件.....	7
6. 試體.....	15
7. 儀器設備之應用.....	33
8. 試驗步驟.....	42
9. 試驗結果.....	52
10. 試驗報告.....	55
11. 緊急情況處理.....	57
12. 引用標準.....	58
附錄A 惰性防火被覆材料性質之量測.....	59
附錄B 反應性防火被覆材料性質之量測.....	65
附錄C 試體之選擇—惰性防火被覆.....	68
附錄D 試體選擇之原則—反應性防火被覆.....	77
附錄E 鋼構件與熱電偶導線路徑之固定.....	85
附錄F 悶燒試驗法(緩慢加熱曲線).....	88

參考書目

1. CNS 12514-6, 「建築物構造構件耐火試驗法—第 6 部: 梁特定要求」, 中華民國國家標準, 經濟部標準檢驗局, 2014。
2. CNS 12514-7, 「建築物構造構件耐火試驗法—第 7 部: 柱特定要求」, 中華民國國家標準, 經濟部標準檢驗局, 2014。
31. CNS 12514-10 「建築物構造構件耐火試驗法—第 10 部: 測定鋼結構構件防火被覆材料貢獻特定要求」, 2020。
4. CNS 12514-11 「建築物構造構件耐火試驗法—第 11 部: 鋼結構構件防火被覆評估特定要求」, 2020。
5. Eurocode 3 “Design of steel structures, Part 1.2, General rules - Structural fire design” Eurocode 3 DD ENV 1993-1-2 : 2005, British Standards Institution, London.
6. AISC “Specification for structural steel buildings.” ANSI/AISC 360-16, American Institute of Steel Construction, Chicago, 2016.
7. 日本建築學會, 「鋼構造耐火設計指針」, 東京, 2017。
8. 內政部營建署, 「建築技術規則」, 台北, 台灣, 2021。
9. CNS 12514-1, 「建築物構造構件耐火試驗法—第 1 部: 一般要求事項」, 中華民國國家標準, 經濟部標準檢驗局, 2014。
10. ISO 834-1 “Fire resistance tests-elements of building construction, Part 1, General requirements.” International Standard ISO 834, Geneva, 2012.
11. ISO 834-6 ”Fire-resistance tests — Elements of building construction — Part 6: Specific requirements for beams”, 2000.
12. ISO 834-7 ”Fire-resistance tests — Elements of building construction — Part 7: Specific requirements for columns”, 2000.
13. ISO 834-10 ” Fire resistance tests — Elements of building construction — Part 10: Specific requirements to determine the contribution of applied fire protection materials to structural steel elements ”, 2014.
14. ISO 834-11 ” Fire resistance tests – Elements of building construction – Part 11: Specific requirements for the assessment of fire protection to structural steel elements ”, 2014.

- 15.ASTM E119 “Standard test methods for fire tests of building construction and materials.” American Society for Testing and Materials, 2020.
- 16.BS 476-20 “ Fire tests on building materials and structures - Part 20: Method for determination of the fire resistance of elements of construction (general principles) ” ,1987.
- 17.BS 476-21 “ Fire test on building materials and structures-Part 21: Method for determination of the fire resistance of load bearing elements of construction ” , 1987.