

主講人簡歷

姓 名：蘇鴻奇

服務單位：內政部建築研究所安全防災組

職 稱：約聘副研究員

聯絡電話：06-2392755 #1204

傳 真：06-2392701

電子信箱：hung@abri.gov.tw

學 歷：國立成功大學建築學博士

經 歷：內政部建築研究所

主要著作：

1. 蘇鴻奇 (2013) 公共建築物內天花板裝修形式影響自然煙流驗證研究，內政部建築研究所研究報告，台北市
2. 蘇鴻奇 (2012) 昇降機門之防火性能驗證研究，內政部建築研究所研究報告，台北市
3. 蘇鴻奇 (2011) 防腐處理對於木材燃燒炭化深度之影響，內政部建築研究所研究報告，台北市
4. 蘇鴻奇 (2010) 昇降機門之遮煙性能驗證研究，內政部建築研究所研究報告，台北市
5. 蘇鴻奇 (2009) 火載量管制可行性之研究，內政部建築研究所研究報告，台北市
6. 陳建忠、蘇鴻奇、謝煒東、張尚文 (2008) 建築防火性能法規設計火源燃燒行為數值模擬分析，內政部建築研究所研究報告，台北市
7. 陳建忠、蘇鴻奇 (2007) 火載量型態與延燒特性研究，內政部建築研究所研究報告，台北市
8. 陳建忠、蘇鴻奇、張尚文 (2006) 火載量型態於火災成長延燒性之研究，內政部建築研究所研究報告，台北市
9. 陳建忠、蘇鴻奇、張尚文 (2005) 可燃物火載量先期評估技術建立與應用，內政部建築研究所研究報告，台北市
10. 陳建忠、蘇鴻奇、張尚文 (2004) 細水霧系統火災控制與應用之研究 (1/3)，內政部建築研究所研究報告，台北市

中文摘要

蘇鴻奇¹

關鍵字：木構造、樓板、耐火性能

近年來符合永續性及環保性特質的木構造材料與建築，再度被人們所重視。木構造建築在國際間已蓬勃的發展。火災經常是由意外而引發，人為疏忽是最主要的原因，建築材料本身並不會引起火災，常見的人為疏忽包括電路超載使用，以及不當使用火氣等。木材會燃燒不具防火性，這是一般大眾對於木構造建築物防火安全性能最主要的疑慮。事實上，經由數以百計的實驗證明，木構造建築物的防火性能良好，且大斷面木構材具備高耐火性能。本所自民國 90 年即積極辦理「木構造建築物設計及施工技術規範」修訂工作，研究成果提供技術規範修正參考，內政部並於 92 年 5 月發布修正，為國內木構造建築物設計及施工規範主要之依據。在防火安全研究方面，亦分別於 86 年度辦理「木構造建築物防火性能技術規範及試驗基準之研究」，92 年辦理「木構造防火基準之國際比較研究」，93 年辦理「木構造耐火性能設計與驗證研究」，94 年辦理「木構造防火技術規範與集成材炭化特性之研究」，95 年本所與營建署籌組「木構造建築物設計及施工技術規範第 9 章建築物之防火」修訂小組，將成果制訂為「木構造建築物設計及施工技術規範」第九章，由內政部於 97 年 10 月發布修訂。有關防火構造建築物其主要構造應具防火時效者，「木構造建築物設計及施工技術規範」第九章目前已有規定者有柱、樑與牆，尚未包含樓地板與屋頂。所以建築業者尚無法依據「木構造建築物設計及施工技術規範」設計營造出一棟完整的木構造防火建築物。所以本案擬以木構造樓板為研究對象進行耐火性能設計與驗證研究。

¹內政部建築研究所安全防災組 約聘副研究員

ABSTRACT

Keywords : Wooden construction, Floor, Fire performance

1. The research background

The rules for wooden column, beam and wall were specified in “ Chapter 9 of construction methods specification for wooden architecture” , but the rules for wooden floor and roof are not defined. Therefore, this study focuses on fire research of wooden floor.

2. Research process

This study investigated the popular types of wooden floor construction in Taiwan. The experimental specimens for fire tests were decided in accordance with the survey results. The fire tests were conducted on these wooden specimens afterward.

3. Conclusion

(1) The covering board under wooden floor provides the most important fire-prevention.

(2) The fire-resistant performance of the tested floor specimen I is 44 minutes fire rating.

(3) The prediction of fire-resistant performance of wooden floor can be referred to CAM for Calculating and Demonstrating Assembly Fire Endurance (The Engineered Wood Association) .

壹、緒 論

一、研究動機

近年來符合永續性及環保性特質的木構造材料與建築，再度被人們所重視。木構造建築在國際間已蓬勃的發展。火災經常是由意外而引發，人為疏忽是最主要的原因，建築材料本身並不會引起火災，常見的人為疏忽包括電路超載使用，以及不當使用火氣等。木材會燃燒不具防火性，這是一般大眾對於木構造建築物防火安全性能最主要的疑慮。事實上，經由數以百計的實驗證明，木構造建築物的防火性能良好，且大斷面木構材具備高耐火性能。本所自民國 90 年即積極辦理「木構造建築物設計及施工技術規範」修訂工作，研究成果提供技術規範修正參考，內政部並於 92 年 5 月發布修正，為國內木構造建築物設計及施工規範主要之依據。在防火安全研究方面，亦分別於 86 年度辦理「木構造建築物防火性能技術規範及試驗基準之研究」，92 年辦理「木構造防火基準之國際比較研究」，93 年辦理「木構造耐火性能設計與驗證研究」，94 年辦理「木構造防火技術規範與集成材炭化特性之研究」，95 年本所與營建署籌組「木構造建築物設計及施工技術規範第 9 章建築物之防火」修訂小組，將成果制訂為「木構造建築物設計及施工技術規範」第九章，由內政部於 97 年 10 月發布修訂。有關防火構造建築物其主要構造應具防火時效者，「木構造建築物設計及施工技術規範」第九章目前已有規定者有柱、樑與牆，尚未包含樓地板與屋頂。所以建築業者尚無法依據「木構造建築物設計及施工技術規範」設計營造出一棟完整的木構造防火建築物。所以本案擬以木構造樓板為研究對象進行耐火性能設計與驗證研究。

二、研究目的

有關防火構造建築物其主要構造應具防火時效者，「木構造建築物設計及施工技術規範」第九章目前已有規定者有柱、樑與牆，尚未包含樓地板與屋頂。所以建築業者尚無法依據「木構造建築物設計及施工技

術規範」設計營造出一棟完整的木構造防火建築物。所以本案擬以木構造樓板為研究對象進行耐火性能設計與驗證研究。

調查國內木構造建築物樓地板之設計型態並配合蒐集國外木構造耐火性能樓板文獻資料彙整分析，設計實尺寸木構造樓地板試體進行耐火實驗，分析討論國內與國外木構造建築物樓地板的耐火性能之差異性，研究成果提出「木構造建築物設計及施工技術規範」第九章之木構造樓地板耐火性能修正條文建議。並達到下列各項研究目的：

1. 進行國內木構造建築物樓地板相關文獻回顧

對國內木構造建築物樓地板之設計型態進行文獻收集與回顧。

2. 採用 CNS12514 標準進行木構造樓板耐火性能實驗

以國內本土化木構造建築物樓地板構造方式為主體，設計出實尺寸木構造建築物樓地板試體 3~4 組，進行耐火實驗與分析。

3. 研究成果提供修正「木構造建築物設計及施工技術規範—第九章建築物之防火」之木構造樓板耐火性能規定參考

研究成果預定擬提供修正「木構造建築物設計及施工技術規範—第九章建築物之防火」之木材燃燒炭化深度規定參考。

貳、研究內容

有關防火構造建築物其主要構造應具防火時效者，「木構造建築物設計及施工技術規範」第九章目前已有規定者有柱、樑與牆，尚未包含樓地板與屋頂。所以建築業者尚無法依據「木構造建築物設計及施工技術規範」設計營造出一棟完整的木構造防火建築物。所以本案擬以木構造樓板為研究對象進行耐火性能研究，並希望利用本實驗中心之加熱燃燒實驗設備來協助驗證。

本研究實驗參考「木構造建築物設計及施工技術規範」附錄所列具防火時效之木構造樓板案例，並選用國內常用本土畫材料進行試體設計。後續採用 CNS12514 標準進行木構造樓板耐火性能實驗。

一、「木構造建築物設計及施工技術規範」附錄所列具防火時效之木構造樓板案例

樓地板之防火時效應以達規範之最低要求（一小時）為原則。根據美國 APA「Fire Rated Systems - Design/Construction Guide」中經防火時效實驗驗證通過的樓地板及天花板系統，共計有十種，其中包含具一小時防火時效者九種，具二小時防火時效者一種。

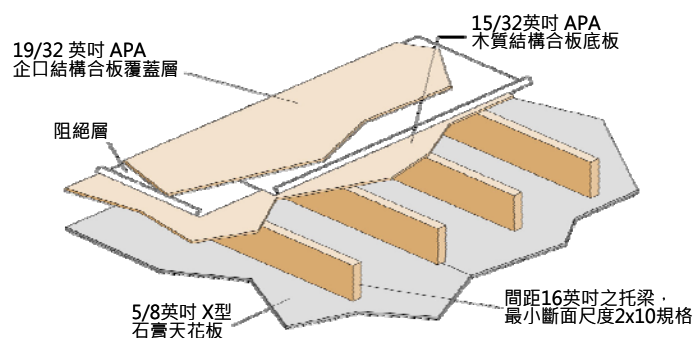


圖 1 APA 木構造系統防火樓地板構造圖例

二、採用 CNS12514 標準進行木構造樓板耐火性能實驗

採用 CNS12514 溫度時間曲線進行燃燒炭化實驗，加熱時間設定為 60 分鐘，以瞭解木構造樓板耐火性能情況。

三、木構造樓板耐火性能實驗試體規劃

參考前項「木構造建築物設計及施工技術規範」附錄所列具防火時效之木構造樓板案例與國內材料使用習慣（木材使用 SPF、覆蓋板使用石膏板與矽酸鈣板）共設計 6 個試體進行實驗與分析。6 組試體預定 3 次實驗進行，第 I、II 組試體進行木樓板加熱加載耐火性能實驗，探討實尺寸木樓板試體於標準溫度時間曲線條件下之加熱加載耐火性能；第 III-A、III-B、III-C、III-D 試體合併進行為木樓板加熱耐火性能實驗，探討實尺寸木樓板試體下層曝火面覆蓋板以不同材質組合於標準溫度時間曲線條件下之加熱耐火性能。試體規格如下表所示：

表 1 木構造樓板試體規格表

試體編號	木構架尺寸		上層覆蓋板	下層覆蓋板	覆蓋板釘著計畫	覆蓋板接縫處理方式	加載方式
	構材斷面	長×寬					
I	2×10 (38×235mm)	440×300cm	12mm結構合板 +15mm結構合板	15mm石膏板×1層(耐燃1級)	38mm木螺釘 釘距15cm	環氧樹脂(民泰塗料) +2層環球通用型補土(UCC-JC01)	每200kg/m ²
II				12mm矽酸鈣板×1層(耐燃1級)			
III-A	209×139cm	9mm矽酸鈣板×2層(耐燃1級)		不加載			
III-B		矽酸鈣板12mm+9mm(耐燃1級)					
III-C		石膏板15mm×2層(耐燃1級)					
III-D		石膏板12mm×2層(耐燃1級)					

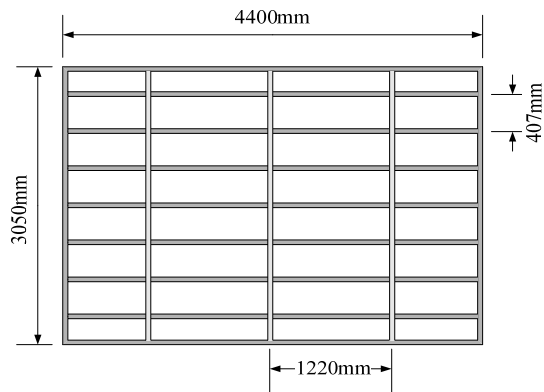


圖 2 第 I、II 組木樓板試體構架圖



圖 2 第 I、II 組木樓板試體構架完成

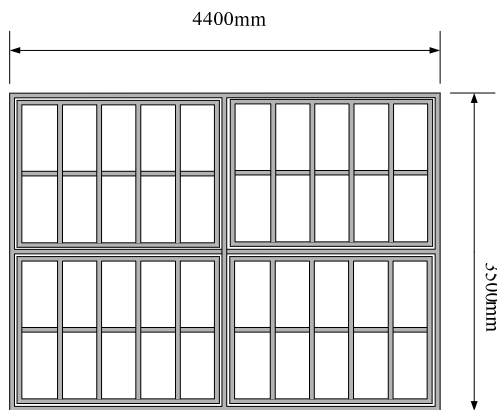


圖 4 第 III-A、III-B、III-C、III-D 組木樓板試體構架圖



圖 5 第 III-A、III-B、III-C、III-D 組木樓板試體構架完成

參、研究發現

本研究共規劃有 6 組試體，預定進行 3 次全尺寸防火實驗，前 2 次為木樓板加熱加載耐火性能實驗，探討實尺寸木樓板試體於標準溫度時間曲線條件下之加熱加載耐火性能；第 3 次實驗為木樓板加熱耐火性能實驗，探討實尺寸木樓板試體下層曝火面覆蓋板以不同材質組合於標準溫度時間曲線條件下之加熱耐火性能。第 I 組試體進行實驗過程中於 49 分鐘試體非加熱面合板著火，火勢迅速擴大之後合板燒穿火焰大量竄出，加載設備與試體無法迅速吊離試驗爐，一度危及實驗設備。所以未確認第 II 組試體於防火實驗之後如何將加載設備與試體迅速吊離，第 II 組實驗暫緩進行。

本研究進行 2 次全尺寸防火實驗。相關實驗結果如後詳述。

一、第 I 組木樓板加熱加載耐火性能實驗

1. 承重能力討論：

依 CNS 12514 第 9.1 節承重能力規定，第 I 組試體於 47 分鐘時超過最大撓曲度 170.2mm。第 I 組試體於 38 分鐘時超過撓度已超過 L/30 (133.3mm)，始開始應用撓曲速率基準判定防火效能，於 44 分鐘超過最大撓曲速率 7.65mm/min。由試體內部溫度紀錄顯示於 34 分鐘開始快速升溫，所以下層覆蓋板已掉落，木構架開始燃燒，試體整體承重能力約於 35 分鐘開始急速增加。依據美國木業協會 (American Wood Council, Engineered and Traditional Wood Products) 所列舉計算建築構件之防火時效方式，5/8 英吋 X 型之石膏牆版之防火時效為 40 分鐘，本實驗所使用之國內生產之 15mm 耐燃一級石膏板所具有之防火時效應具有相當性能。

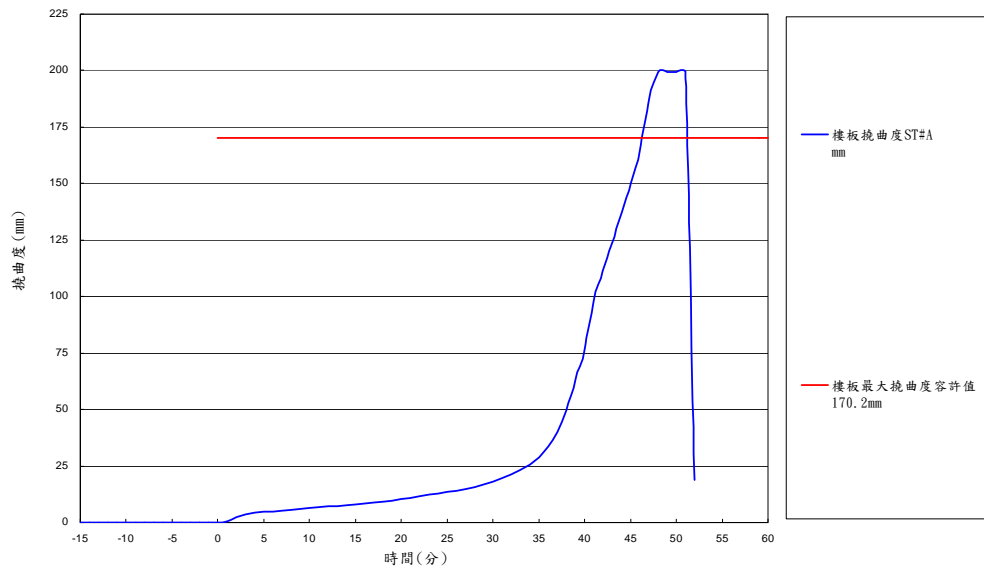


圖 6 第 I 組試體撓曲度與時間曲線

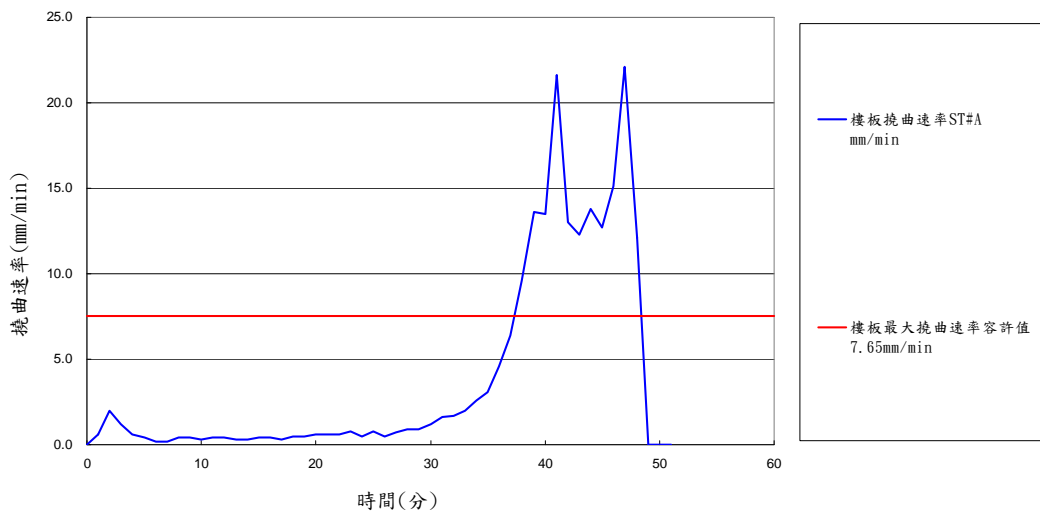


圖 7 第 I 組試體撓曲速率與時間曲線

2. 遮焰性能：

於 49 分鐘試體非加熱面合板著火且持續火焰超過 10 秒，遮焰性能 49 分鐘。著火之後火試急速擴大，加載設備與試體無法迅速吊離試驗爐，一度危及實驗設備。



圖 8 第 I 組試體進行加載



圖 9 第 I 組試體合板燒穿火焰竄出

3. 阻熱性能：

於 49 分鐘試體非加熱面溫度，任一位置之溫度(包括移動式熱電偶所測者)超過 210°C 以上，而且試體非加熱面平均溫度超過 170°C 以上，阻熱性能 49 分鐘。

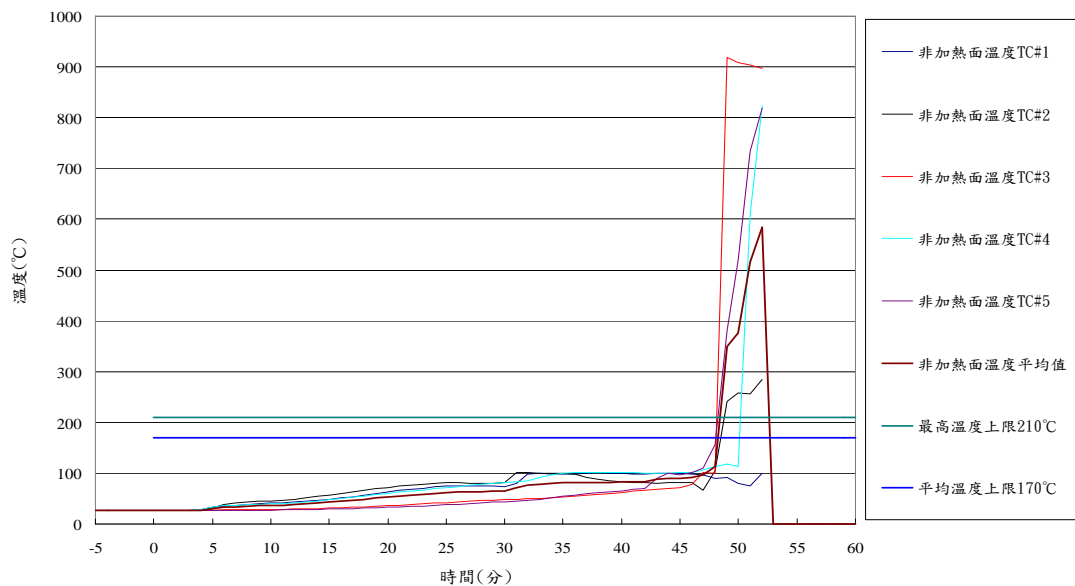


圖 10 第 I 組試體非加熱面溫度曲線

4. 爐內加熱溫度與試體內部溫度變化紀錄：

爐內加熱溫度於 36 分鐘開始快速升溫，並超過標準溫度 100°C，顯示此時木樓板之下層覆蓋板已開始掉落，木樓板構架產生大量燃燒。試體內部亦顯示於 34 分鐘開始快速升溫，顯示下層覆蓋板已掉落無法將爐內加熱能量阻隔，木構架與上層合板後續開始產生燃燒。

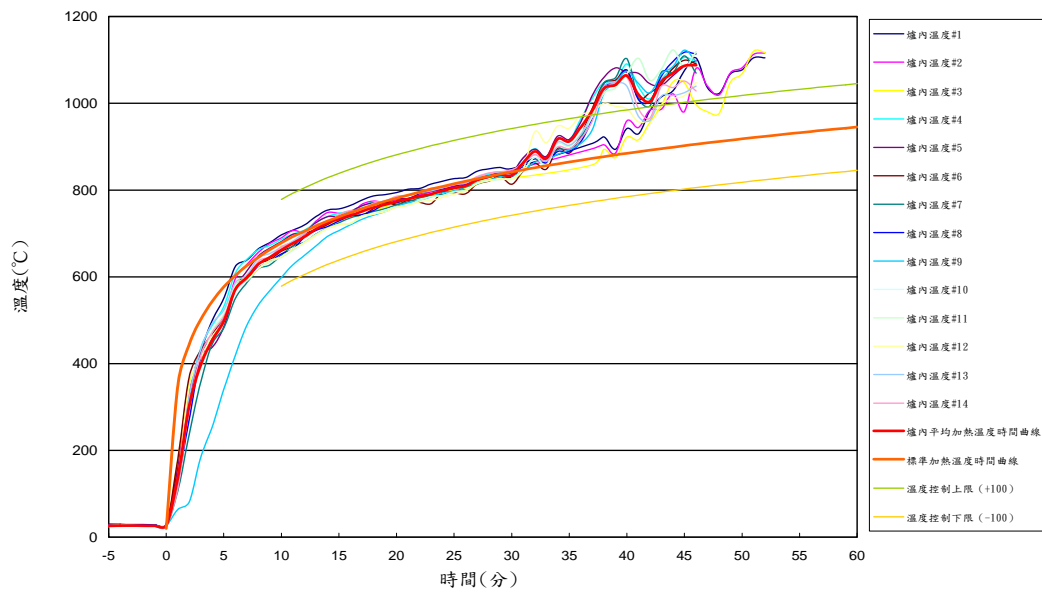


圖 11 第 I 組試體爐內溫度時間曲線

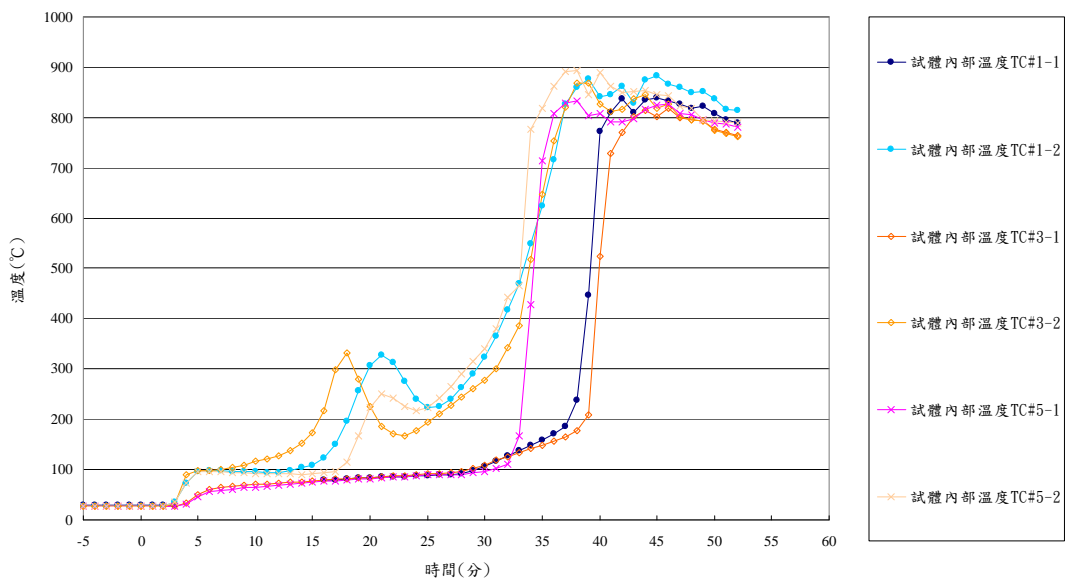


圖 12 第 I 組試體內部溫度時間曲線

二、第 III-A、III-B、III-C、III-D 組木樓板試體加熱耐火性能實驗

1. 遮焰性能：

於實驗過程 60 分鐘內試體非加熱面無持續火焰超過 10 秒。



圖 13 第Ⅲ-A、Ⅲ-B、Ⅲ-C、Ⅲ-D 組試體進行加熱實驗中非加熱面



圖 14 第Ⅲ-A、Ⅲ-B、Ⅲ-C、Ⅲ-D 組試體進行加熱實驗後加熱面

3. 阻熱性能：

於 60 分鐘實驗過程試體非加熱面溫度，任一位置之溫度未超過 210°C 以上，而且試體非加熱面平均溫度未超過 170°C 以上。在非加載之加熱實驗皆具 60 分鐘阻熱性能與遮焰性。

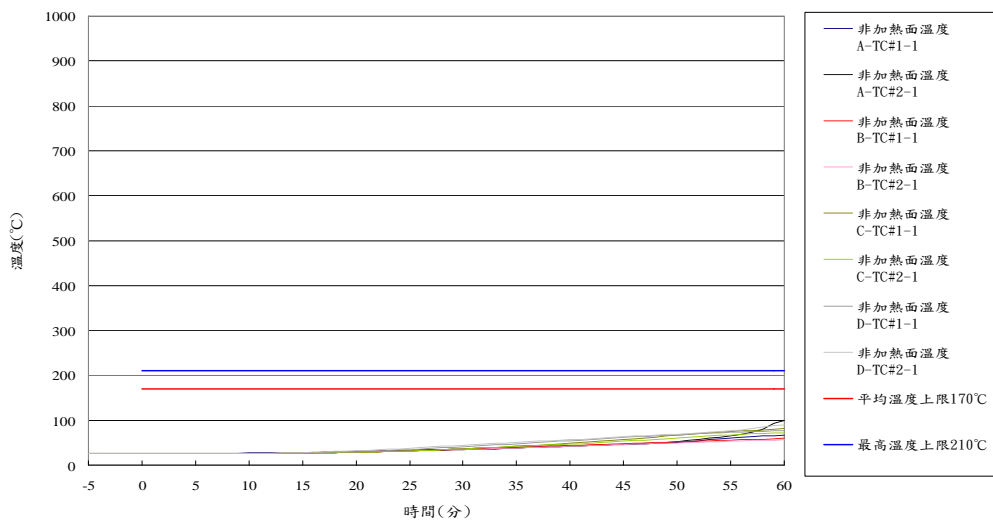


圖 15 第Ⅲ-A、Ⅲ-B、Ⅲ-C、Ⅲ-D 組試體非加熱面溫度曲線

4. 爐內加熱溫度與試體內部溫度變化紀錄：

爐內加熱溫度於 53 分鐘開始快速升溫，並超過標準溫度 100°C，顯示此時木樓板之下層覆蓋板已開始掉落，以及木樓板構架產生大量燃燒。Ⅲ-A 試體內部亦顯示於 46 分鐘開始快速升溫，顯示下層覆蓋板已掉落無法將爐內加熱能量阻隔，木構架與上層合板後續開始產生燃燒。

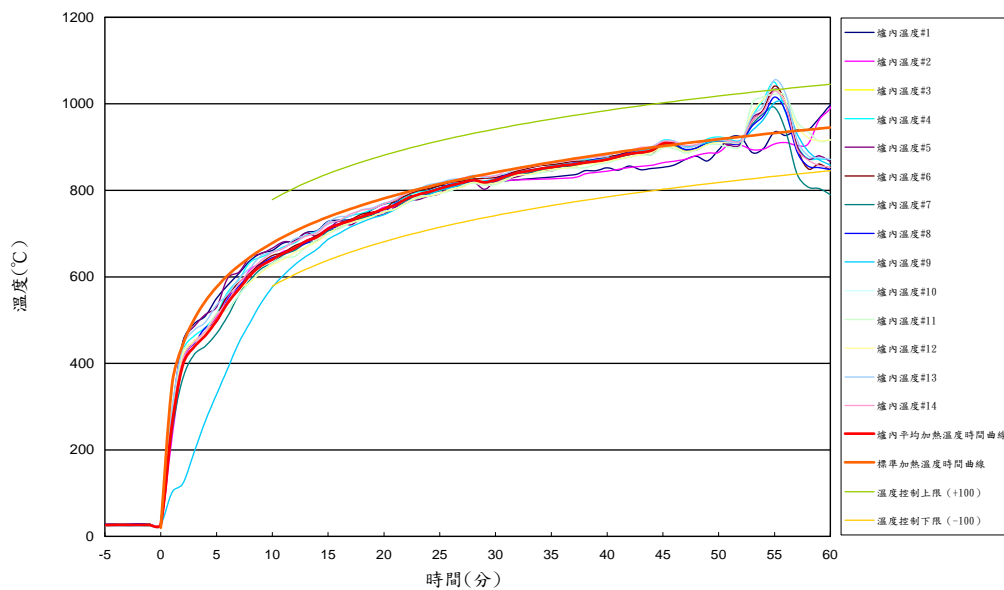


圖 16 第 III-A、III-B、III-C、III-D 組實驗爐內溫度時間曲線

肆、結 論

- 一、實驗顯示下層覆蓋板是木結構樓板的最重要的防火措施。由 SPF2x10 木材所構築之木樓板實驗試體，依據美國木業協會 (American Wood Council, Engineered and Traditional Wood Products) 所列舉計算建築構件之防火時效方式，5/8 英吋 X 型之石膏牆版之防火時效為 40 分鐘，本實驗所使用之國內生產之 15mm 耐燃一級石膏板所具有之防火時效具有相當性能。所以第 I 組試體下層覆蓋板採用 15mm 耐燃一級石膏板約於 34 分鐘時失去阻火能力，木構架開始曝火燃燒。
- 二、第 I 組試體防火時效最先失去之防火性能為承重能力，於 47 分鐘時超過最大撓曲度 170.2mm，於 38 分鐘時超過撓度已超過 L/30 (133.3mm)，始開始應用撓曲速率基準判定防火效能，於 44 分鐘超過最大撓曲速率 7.65mm/min。
- 三、第 III-A、III-B、III-C、III-D 組木樓板試體下層覆蓋板採用 2 層方式施作如：石膏板「12mm+12mm」、「15mm+15mm」與矽酸鈣板「9mm+9mm」、「12mm+9mm」。在非加載之加熱實驗皆具 60 分鐘阻熱性能與遮焰性。

四、第Ⅲ-A、Ⅲ-B、Ⅲ-C、Ⅲ-D 組木樓板試體。爐內加熱溫度於 53 分鐘開始快速升溫，並超過標準溫度 100°C，顯示此時木樓板之下層覆蓋板已開始掉落，以及木樓板構架產生大量燃燒。Ⅲ-A 試體內部亦顯示於 46 分鐘開始快速升溫，顯示下層覆蓋板已掉落無法將爐內加熱能量阻隔，木構架與上層合板後續開始產生燃燒。

伍、參考文獻

1. Marc L. Janssens (2004), 「Modeling of the thermal degradation of structural wood members exposed to fire」, FIRE AND MATERIALS, Fire Mater.; 28:199 – 207, 2004.
2. Robert H. White (1995), 「The SFPE handbook of fire protection engineering」 2d ed, Chapter 11. 4-217-4-229. Analytical Methods for Determining Fire Resistance of Timber, 1995.
3. 王松永, 「木構造古蹟與歷史建築物之火災性狀與防火措施」, 文化資產保存學刊, Vol. 1(1)/pp. 18-26C04
4. 須藤昌照, 山田誠, 宮林正幸, 吉川利文, 中村賢一 (2003), 「木質系構造部材の燃え止まりに関する研究」, 日本建築学会大学術講演梗概集. A-2, 防火, 海洋, 情報システム技術, 日本, 2003, 323-324, 20030730
5. White, R. H., and Nordheim, E. V. (1992) 「Charring rate of wood for ASTM E119 exposure」, Fire Technology, 28(1):5 – 30.
6. White, R. H. and Dietenberger, M. A. (1999) 「Wood handbook—Wood as an engineering material, CH17 Fire Safety」, Forest Products Laboratory.
7. 陳瑞鈴、陳啟仁 (2011), 「木構造防火設計施工參考手冊之研究」內政部建築研究所, 台北市
8. 陳啟仁 (2014), 「木構造防火設計施工參考手冊」內政部建築研究所, 台北市