

雙層鋼板屋頂之空氣層高度對室內溫度影響之研究

*卓子傑 (Zih-Jie Zhou)

中國科技大學建築系 碩士生

邱瑞深 (Ruey-Sen Chiu)

中國科技大學室內設計系 兼任助理教授

張學誠 (Hsueh-Cherng Chang)

中國科技大學建築系 副教授

摘要

鐵皮屋頂的材料因價格低廉，故在台灣，無論是都市或鄉村，皆四處可見，但其為高導熱的建材，導致使用此建材為屋頂之建築物，難以抵擋溫差熱傳的侵襲，導致夏熱冬冷的室內環境，加上全球暖化、熱島效應等因素，使在室內作業的人員更加悶熱難受。為達到室內降溫的效果，本研究採用雙層屋頂之構造，藉由實驗量測，獲得以下初步研究成果：兩組試驗數據經由分析後，得知雙層屋頂空氣層高度為 15cm 時，其降溫效果較 10cm 時為佳，顯示空氣層高度愈高，降溫效果愈好，本研究將繼續探討空氣層最佳高度。在設置雙層屋頂的情況下，兩組實驗的 10cm、15cm 互相比較，室內溫度差距不大，但綠色鋼板組試驗當天日射量較低，且綠色鋼板組對照組之室內溫度原本就低於灰色鋼板組對照組之室內溫度，由此可推斷，灰色鋼板降溫效果有優於綠色鋼板之趨勢。

關鍵詞：雙層屋頂、空氣層、室內溫度

The Research of Interior Temperature Influenced by the Thickness of Air Layer of the Double-Layer Steel Roof

Abstract

Tin roofs of material due to low prices, so in Taiwan, whether urban or rural, are everywhere, but its high thermal conductivity of building materials, this led to the use of building materials as the roof of a building, it is difficult to resist the invasion of the temperature difference between the heat transfer, resulting in hot summer and cold winter indoor environment, coupled with global warming, heat island effect and other factors, so that people in hot indoor job more uncomfortable.

In order to achieve indoor cooling effect, this study used Double-layer Roof of the structure, with the experimental measurements, obtained the following preliminary findings. After analyzing two sets of test data through, that the double-layer roof height when the air layer 15cm, cooling effect is better than 10 cm, indicating the air layer

height is more high, the cooling effect is better. The case set a double-layer roof, two sets of experiments of 10cm, 15cm compared with each other, the indoor temperature gap is not, but the green steel plate group test on the day of solar radiation is lower, and indoor temperature control group of green steel plate group originally lower than indoor temperature control group of gray steel plate group, which can be inferred, the cooling effect of gray steel plate is superior to the trend of green steel plate.

Keyword : double-layer Roof, air layer, indoor temperature

一、前言

近幾十年來，科技成長快速，人類不斷消耗地球資源，導致全球暖化、二氧化碳增加、南北極冰川融化等情形產生，為降低以上現象對地球造成的傷害，聯合國於西元 1992 年於巴西里約熱內盧召開「地球高峰會議」，簽署了「氣候變化框架公約」與「生物多樣性公約」，同時發表了「里約宣言」與「二十一世紀議程」等宣示，藉由政策制定，將全球暖化對地球的傷害降至最低。

台灣位處於亞熱帶季風氣候，夏季時天氣濕熱，為了改善建築物室內環境之舒適度，必須大量使用空調冷卻系統調節室內溫度，空調動力皆使用電能，根據台灣電力公司網站資訊得知，西元 2014 年台灣發電量統計，火力發電就占全年總發電量 76%【1】，火力發電會產生大量二氧化碳，是全球暖化的元凶之一，唯有降低用電量或尋找替代能源，才能抑制全球暖化、降低二氧化碳排放量，達到節能減碳的效果。

在臺灣，鐵皮屋頂主要運用於工廠廠房、運動場等。鐵皮屋頂有施工快速、價格便宜等優點，但也有像在雨季時因大量雨水無法快速排除，造成室內漏水以及夏季時太陽熱能照射下，室內過於悶熱等情形出現。

本研究以降低建築物室內溫度的觀點出發，採用市面上較常見的鋼板材料，於實驗箱體組合成雙層屋頂構造，並進行實驗量測，探討雙層屋頂採用灰色、綠色鋼板，在不同空氣層高度的狀況下，對室內溫熱之影響變化。

二、文獻回顧

2.1 屋頂隔熱

為了解決頂層空間的能源與居住環境之問題，最好的方法莫過於屋頂隔熱對策，因為屋頂隔熱可有效阻礙熱源的產生。而且屋頂的節能計畫對於頂層空間的居住環境與節能十分重要，尤其於住宅、學校、禮堂、量販店等低層大空間的屋頂隔熱，更是左右環境舒適與空調耗能的關鍵。【2】

屋頂隔熱主要的功能，是藉由不同材料的阻隔，減少太陽熱輻射傳入室內。屋頂隔熱常見的形式與機制，像是雙層屋頂、屋頂綠化、外遮陽、灑水設備、屋頂通風塔、鋪設隔熱層、加設天花板等，皆可達到降低室內溫度的效果。【3】

2.2 雙層屋頂空氣層隔熱

雙層屋頂，即指建築物屋頂外殼為數公分至一公尺左右厚度的複層構造。

在建築設計中常利用封閉的空氣層，作為結構的保溫層。在空氣層中的傳熱過程，與固體材料層不同。固體材料層內是以熱傳導的方式傳遞熱量。而在空氣層中，傳導、對流和輻射三種傳熱方式都同時存在。【4】

當空氣層厚度不大時(約 20mm 以下)，由於空氣的對流作用受本身的黏性影響而不明顯，故以熱傳方式傳熱，厚度增加時，熱阻隨之增加，但空氣厚度大於 20mm 時，隨者空氣層厚度增大，其對流熱傳作用逐漸增加，故增加空氣層厚度時的熱阻增加並不明顯。

三、實驗計畫

建築物室內溫度的高低，關鍵在於屋頂構造之隔熱性能，根據前人研究得知，多種屋頂隔熱型式可改善室內溫度，類如於屋頂安裝灑水、噴霧、水池降溫系統，或是屋頂綠化、雙層屋頂或設置通風塔等，對室內溫度皆可產生降溫之效果。

本文針對雙層屋頂做深入研究，主要針對其不同顏色鋼板、空氣層高度，對室內溫熱進行實際量測。

3.1 實驗箱體設計

本研究設置三座同尺寸、材質之實驗箱體，一座為對照組(單層屋頂構造)、兩座為實驗組(雙層屋頂構造)。雙層屋頂之構造，兩層鋼板皆採用鍍鋅鋼板，鋼板和鋼板間，成封閉空氣層，空氣層高度可透過實驗箱體進行升降。實驗箱體正、側立面圖如圖 3-1 所示，實驗箱體示意圖、佈點規劃圖，如圖 3-2、圖 3-3 所示。

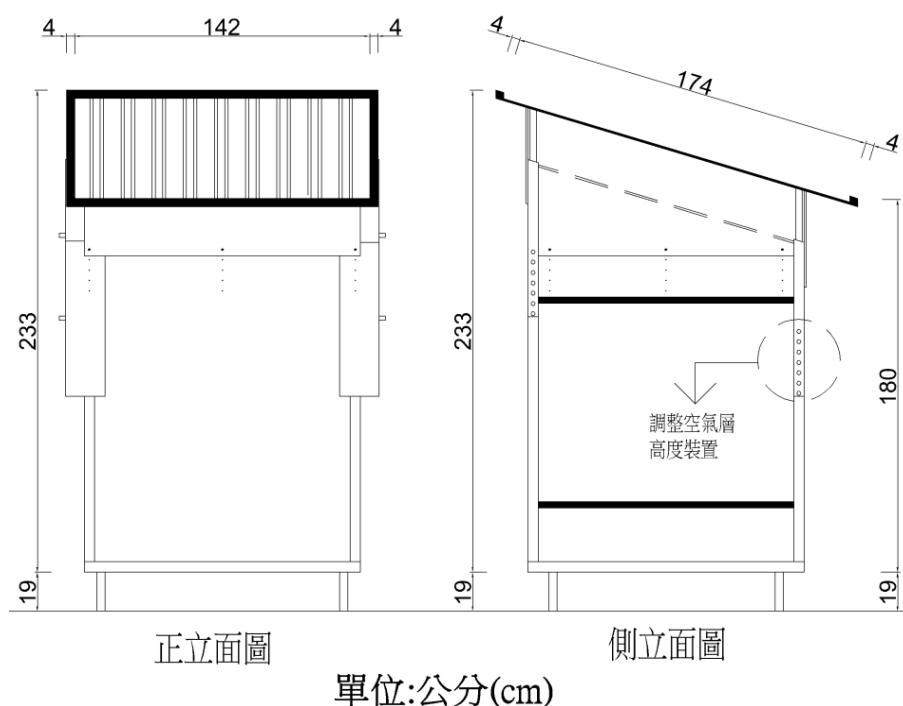


圖 3-1 實驗箱體正、側立面圖

資料來源:本研究繪製



圖 3-2 實驗箱體示意圖

資料來源:本研究繪製

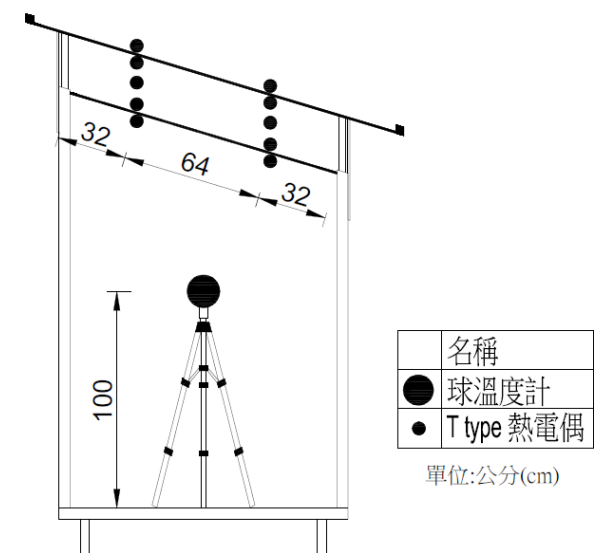


圖 3-3 實驗箱體佈點規劃圖

資料來源:本研究繪製

3.2 量測儀器規格

本研究使用儀器包括資料紀錄器 (CR-1000) 熱電偶線、球溫度計、日射計、量測儀器規格別如表 3-1 所示。

表 3-1 量測儀器規格表

名稱	簡介	圖片
資料紀錄器 CR-1000	量測範圍： $\pm 2500\text{mV}$ 量測精度： $\pm 0.33\mu\text{V}$	
熱電偶線	量測參數：溫度($^{\circ}\text{C}$) 量測範圍： $-32\sim 250^{\circ}\text{C}$ 量測精度： $\pm 0.012^{\circ}\text{C}$	
球溫度計	量測參數：周壁輻射溫度($^{\circ}\text{C}$) 量測範圍： $-32\sim 250^{\circ}\text{C}$ 量測精度： $\pm 0.012^{\circ}\text{C}$	
日射計	量測參數：太陽日射量(W/m^2) 量測範圍： $0\sim 1400\text{ W}/\text{m}^2$ 量測精度： $\pm 0.5\text{ W}/\text{m}^2$	

資料來源:本研究整理

四、試驗結果分析

本研究於 2015年9月18日與 2015年9月23日兩天的上午 10：00 至下午 02：00 進行實驗量測，實施 A、B、C 三箱體進行比較性試驗，藉由兩次試驗量測，經蒐集整理結果如下：

表 4-1 實驗配置表

實驗配置表			
組別	量測日期	箱體編號	試驗內容
1	2015/09/18	A 箱(實驗組)	雙層屋頂、灰色鋼板、空氣層高度 15 cm
		B 箱(實驗組)	雙層屋頂、灰色鋼板、空氣層高度 10 cm
		C 箱(對照組)	單層屋頂
2	2015/09/23	A 箱(實驗組)	雙層屋頂、綠色鋼板、空氣層高度 15 cm
		B 箱(實驗組)	雙層屋頂、綠色鋼板、空氣層高度 10 cm
		C 箱(對照組)	單層屋頂

資料來源:本研究整理

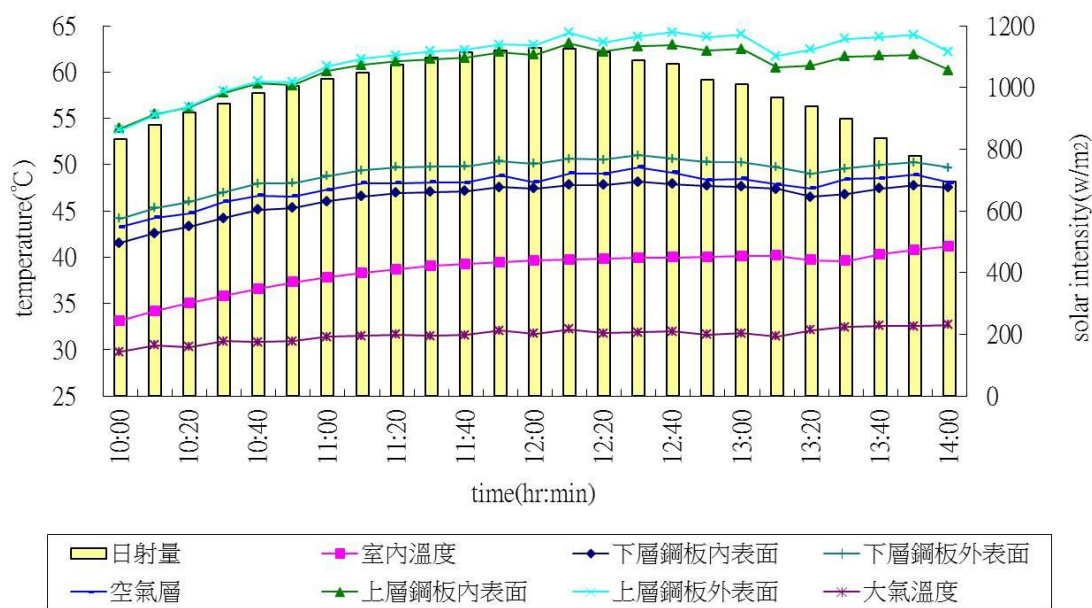


圖 4-1 雙層屋頂設置灰色鋼板、空氣層厚度 15cm 對各部位溫度比較圖(第一組)

資料來源:本研究繪製

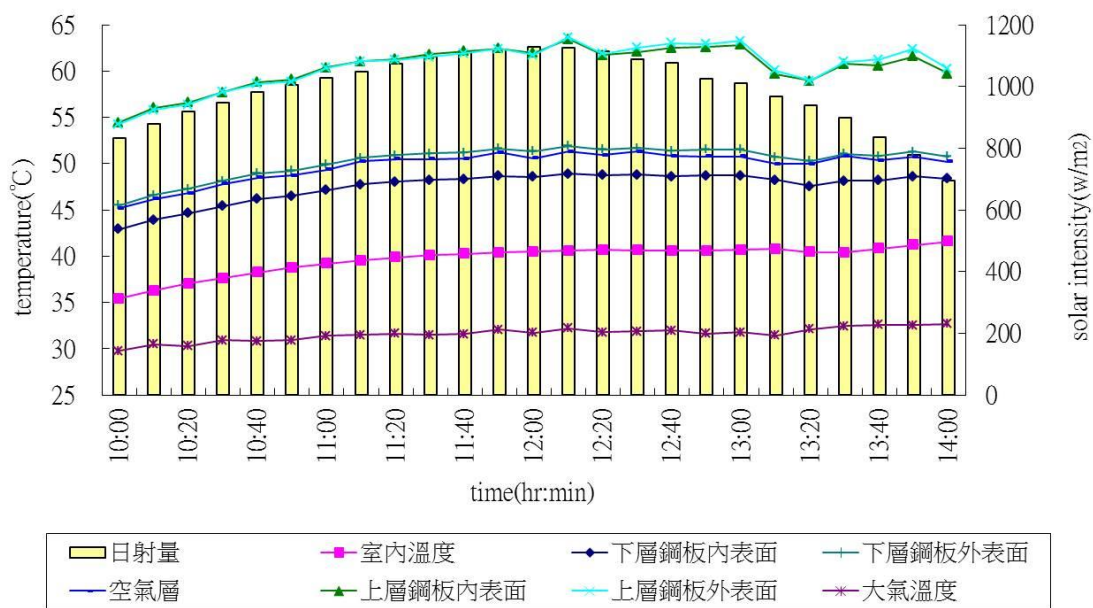


圖 4-2 雙層屋頂設置灰色鋼板、空氣層厚度 10cm 對各部位溫度比較圖(第一組)
資料來源:本研究繪製

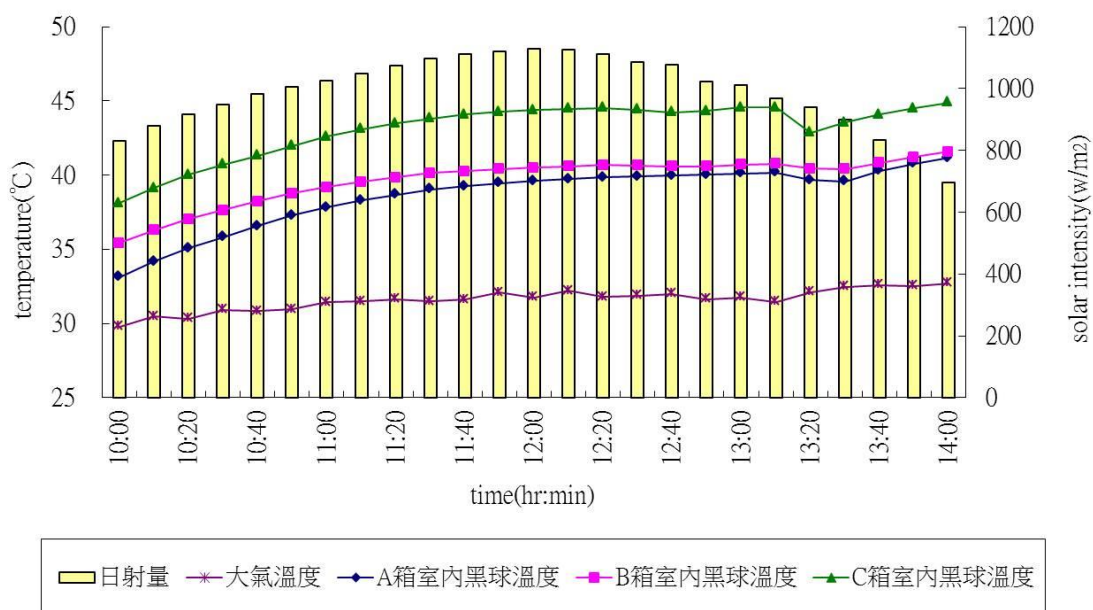


圖 4-3 三箱體室內黑球溫度比較圖(第一組)
資料來源:本研究繪製

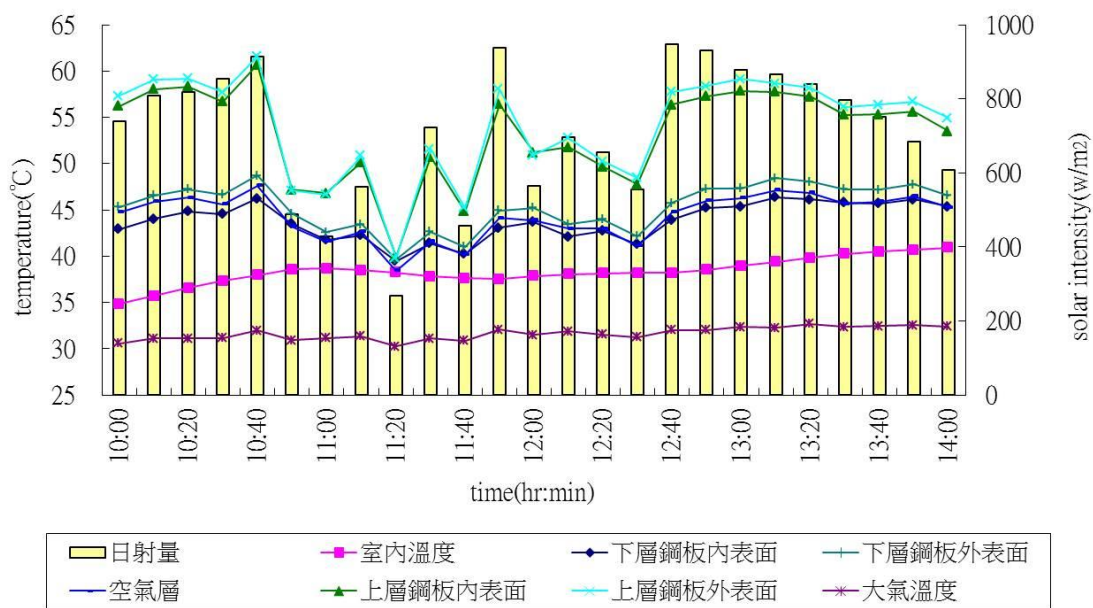


圖 4-4 雙層屋頂設置灰色鋼板、空氣層厚度 15cm 對各部位溫度比較圖(第二組)
資料來源:本研究繪製

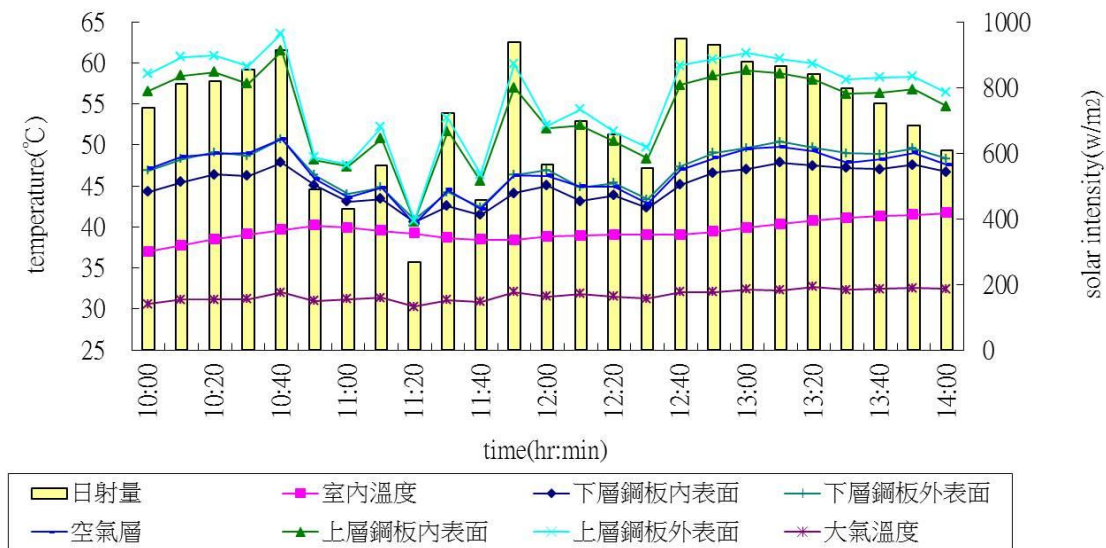


圖 4-5 雙層屋頂設置灰色鋼板、空氣層厚度 10cm 對各部位溫度比較圖(第二組)
資料來源:本研究繪製

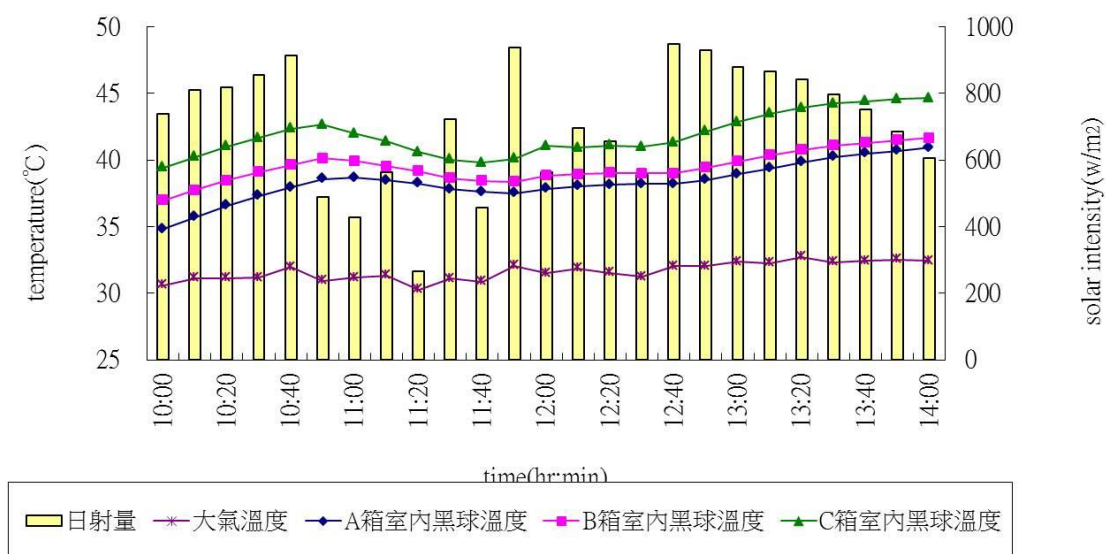


圖 4-6 三箱體室內黑球溫度比較圖(第二組)

資料來源:本研究繪製

表 4-2 設置灰色鋼板，不同空氣層高度實驗數據比較表(第一組)

箱體編號	A 箱	B 箱	箱體編號	C 箱
實驗形式	實驗組， 空氣層高度=15 cm	實驗組， 空氣層高度=10 cm	實驗形式	對照組
量測部位名稱	平均溫 (°C)	平均溫 (°C)	量測部位名稱	平均溫 (°C)
上層鋼板外表面	61.48 °C	60.52 °C	單層鋼板外表面	57.28 °C
上層鋼板內表面	60.49 °C	60.41 °C	單層鋼板內表面	56.17 °C
空氣層	47.64 °C	49.76 °C		
下層鋼板外表面	49.12 °C	50.28 °C		
下層鋼板內表面	46.45 °C	47.53 °C		
室內溫度	38.62 °C	39.70 °C	室內溫度	43.12 °C
風速	1.39 m/s		日射量	989.23 W/m ²
濕度	45.27 %		大氣溫度	31.60 °C

資料來源:本研究整理

表 4-3 設置綠色鋼板，不同空氣層高度實驗數據比較表(第二組)

箱體編號	A 箱	B 箱	箱體編號	C 箱
實驗形式	實驗組， 空氣層高度=15 cm	實驗組， 空氣層高度=10 cm	實驗形式	對照組
量測部位名稱	平均溫 (°C)	平均溫 (°C)	量測部位名稱	平均溫 (°C)
上層鋼板外表面	54.12 °C	55.70 °C	單層鋼板外表面	53.19 °C
上層鋼板內表面	53.31 °C	54.11 °C	單層鋼板內表面	51.89 °C
空氣層	44.29 °C	46.69 °C		
下層鋼板外表面	45.36 °C	46.99 °C		
下層鋼板內表面	43.77 °C	45.10 °C		
室內溫度	38.35 °C	39.48 °C	室內溫度	41.88 °C
風速	1.93 m/s	日射量	711.07 W/m ²	
濕度	59.45 %	大氣溫度	31.65 °C	

資料來源:本研究整理

由圖 4-1、圖 4-2、圖 4-4、圖 4-5 得知，上層鋼板外表面，因受日照直接照射，灰色、綠色鋼板於上午 10:00 至下午 02:00 間平均分別為 55°C 至 65°C、40°C 至 60°C，熱經由傳遞後，於空氣層和下層鋼板內、外表面等部位，溫度有明顯降低，三者溫度差距不大。

雙層屋頂構造的上層鋼板外表面和下層鋼板內表面溫差，灰色鋼板組 (第一組) 試驗，空氣層高度 15cm 差 15.03°C，10cm 時則差 12.99°C (表 4-2)，綠色鋼板組 (第二組) 試驗，空氣層高度 15cm 差 10.35°C，10cm 時則差 10.60°C (表 4-3)。

兩組試驗之室內溫度比較，雙層屋頂設置灰色鋼板時，室內溫度在空氣層高度為 15cm 的狀況下，平均可降低 4.50°C，在 10cm 的狀況下，平均可降低 3.42°C (表 4-2)，設置綠色鋼板時，室內溫度在空氣層高度為 15cm 的狀況下，平均可降低 3.53°C，在 10cm 的狀況下，平均可降低 2.40°C (表 4-3)。

五、結論與建議

本研究經過分析後，得到結論與建議如下：

1. 兩組試驗數據經由分析後，得知雙層屋頂空氣層高度為 15cm 時，其降溫效果較 10cm 時為佳，顯示空氣層高度愈高，降溫效果愈好。

2. 設置雙層屋頂的情況下，兩組實驗的 10cm、15cm 互相比較，室內溫度差距不大，但綠色鋼板組試驗當天日射量較低，且綠色鋼板組對照組之室內溫度原本就低於灰色鋼板組對照組之室內溫度，由此可推斷，灰色鋼板降溫效果有優於綠色鋼板之趨勢。
3. 本次試驗目前僅針對空氣層高度為10cm、15cm進行實際量測，未來將繼續探討雙層屋頂之隔熱最佳高度，並進行試驗。

六、參考文獻

1. 台灣電力公司，<http://www.taipower.com.tw>
2. 林憲德，「熱溼氣候的綠色建築」，詹式書局，2003。
3. 鄭政利等，「建築物外遮陽暨屋頂隔熱設計參考手冊」，內政部建築研究所，2008。
4. 江哲銘，「建築物理」，三民書局。
5. 內政部營建署，「學校類大型空間類及其他類建築物節約能源設計技術規範」，2011。