投稿類別:工程技術類

篇名:
外牆被覆層對室內溫度之影響研究

作者:
游雅煖。國立彰化師範大學附屬高級工業職業學校。建築三忠
李啓瑋。國立彰化師範大學附屬高級工業職業學校。建築三忠
施茂誠。國立彰化師範大學附屬高級工業職業學校。建築三忠

指導老師:
張盛進老師
翁麗敏老師

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

壹●前言

本研究主要探討 RC 外牆塗佈不同隔熱材之後，其隔熱能力對內牆溫度及室內溫度之影響，試驗計劃是以 RC 牆吸收太陽熱能之後，量取牆壁內外層之溫差，以探討熱源穿透隔熱材之多寡。試驗時以面積 45cm×45cm，厚度 12cm 之牆面作爲研究之試體。試驗時於戶外太陽光源下進行實驗，因考量光源穩定度對實驗之影響，所有試體在同時間進行試驗，故實驗分析以同一時間量測數值做比較。

貳●正文

一、研究動機

隨著±2℃台灣紀錄片的發表，二氧化碳排放、溫室效應及全球暖化等問題，是目前討論最熱門的話題。市區地表面大部分都被反射率低的建築物與鋪設的道路等所覆蓋，受到白天吸收太陽能源所造成的熱島效應，使得市區的平均溫度高於郊區好幾度，同時地面溫度日益升高，這些都是人類應共同面對與解決的問題。

一般爲了使建築物達到適宜的居住室溫，可採用隔熱材料作爲隔熱設施，而優良之隔熱材料必須熱傳導係數低、質量輕、施工方便。傳統隔熱材料如高分子泡沫材料，保利龍材料，保利龍水泥材料等，雖具有良好之隔熱性能，但建築物發生火災時易使隔熱材料熔化甚至產生有毒氣體，危害人體健康。

台灣的建築物大部分都是以鋼筋混凝土爲結構的主體，因此增強外牆隔熱之能力可以降低能源消耗並達到節能減碳之目的。能夠使隔熱材料降低成本、安全，又能達到有效之隔熱，是一件很有趣的議題，因爲在學校接觸到工程概論、土木建築新興科技等課程，提到有關節能科技、材料試驗、綠建築等主題，在各種水泥材料、外殼節能及節能隔熱等章節中，提到了可以達到隔熱效果的建材及設計手法，再加上夏日建築物外牆常對室內傳入熱量，必須開冷氣降低室內溫度之體驗，引起我們對外牆隔熱的探討興趣。影響鋼筋混凝土構材熱傳導性之因素很多，包括粗細骨材的含量、水灰比、含氣量、含水量、外牆粉刷材之材質及顏色等等，都是重要的影響因子。

鋼筋混凝土構材在白天吸收大量之太陽能，晚上再釋放這些熱能，造成室內溫度升高之效應，因此需要藉由空調設備來維持舒適的溫度，是建築物消耗能源的主要原因，如何提升建築物外牆的隔熱效果?如何提升鋼筋混凝土構材的隔熱效果又兼具經濟性?是值得我們深入了解與研究探討的。

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

二、研究目的

爲了瞭解鋼筋混凝土構造物內外之溫度變異，本研究採用了防火效果佳的耐火泥爲其中一種原料，其優點是本身具有非常良好的隔熱效果，但因沒有凝結硬化之能力，因此結合了坊間具有良好的防水隔熱效果的彈性水泥及彈性纖維高分子材料，研究不同材料結合後，複合材料之隔熱效果。

本研究在探討彈性水泥、彈性纖維高分子材料及添加了耐火泥後，各種材料的隔熱效果及產生的溫度差異。爲使實驗結果更具正確性，本研究製作了 6 組 45cm×45cm×12cm 的鋼筋混凝土試體，區分爲對照組及實驗組。透過實驗所得數據，分析最佳隔熱材之配比，以達到降低室內溫度之目的。

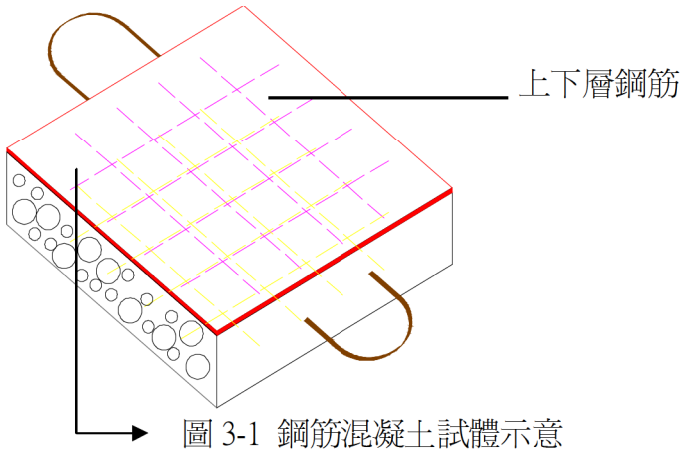


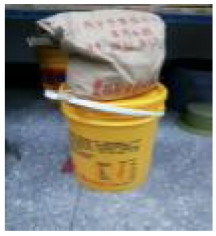
圖 3-1 鋼筋混凝土試體示意

實驗試體編號：

A1：鋼筋混凝土試體無表面被覆材
A2：表面被覆彈性水泥＋耐火泥(7：3) (1000g)
A3：表面被覆彈性水泥(1000g)水(166g)
A4：表面被覆 PU(100g)
A5：表面被覆 PU(100g)＋彈性水泥＋耐火泥(7：3) (1000g)
A6：表面被覆 PU(100g)＋彈性水泥(1000g)

三、研究設備及器材

表 3-1 本研究試驗材料、設備及器材一覽表

材料、設備名稱	材料、設備圖片	材料、設備名稱	材料、設備圖片
1、耐火泥		2、彈性水泥	

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

材料、設備名稱	材料、設備圖片	材料、設備名稱	材料、設備圖片
3、PU		4、粗細粒料	
5、混凝土攪拌機		6、鐵絲	
7、摩砂機			

四、研究過程或方法

本實驗主要是探討耐火泥與彈性水泥結合後，塗佈在鋼筋混凝土試體上的隔熱效果，我們製作了六組 45cm×45cm×12cm 的鋼筋混凝土試體，分別爲對照組及實驗組，研究組別圖示及編號如表 3-2 所示。

表 3-2 研究組別圖示及編號表

編號	A1	A2	A3	A4	A5	A6
圖示						

將完成的試體模組置放於上方無遮蔽物的開放空間（屋頂）進行日曬，在 6 組鋼筋混凝土試體正反兩面相同的位置上設置九個量測點，每隔一段時間，依序以紅外線溫度量測器量取表面溫度、背面溫度及室溫，探討並比較其每組的升溫狀況及溫差，瞭解不同隔熱材在相同升溫條件下之溫度差異。試驗研究流程如下：

(一) 模版：量測木材尺寸，組合本試驗所需的模板形狀，裁切出本試驗所需鋼筋，綁好置入試體模版裡，用鐵塊壓對角，防止灌入時從底部流出。

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



圖 3-2 模板組裝



圖 3-3 配置鋼筋

(二)備材：粗粒料通過 3/4” 篩、細粒料通過 4 號篩，且必須清洗掉其中不必要之雜物，例如塑膠、黏土等，分別秤取實驗所需之重量。



圖 3-4 清洗粗粒料



圖 3-5 篩砂(過 4 號篩)

(三)拌合：將秤取之材料依序倒入拌合桶中拌合，拌漿均勻後進行坍度試驗，以測得混凝土之坍度，判斷混凝土之品質。



圖 3-6 攪拌機拌合



圖 3-7 坍度量測

(四)灌漿：將拌合好的混凝土倒入試體模內，經充分之搗實，並且製做抗壓試體，以橡膠鎚敲擊圓柱試體使空氣跑出，以防止蜂窩現象的產生。



圖 3-8 混凝土澆注



圖 3-9 抗壓試體敲實

(五)養護：灌漿完成的鋼筋混凝土試體隔天即可拆模，並經過 28 天之溼治養護。養護期間表面定時灑水，防止鋼筋混凝土水化所需的水分散失。

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



圖 3-10 混凝土養護

(六)整修：養護 28 天後，將鋼筋混凝土表面突出敲除，使表面看起來更平整。



圖 3-11 鋼筋混凝土突出敲除



圖 3-12 混凝土表面磨平

(七)塗佈：在每一個鋼筋混凝土試體上分別塗刷不同的隔熱材料。



圖 3-13 塗佈 PU



圖 3-14 塗佈 7：3



圖 3-15 塗佈彈性水泥

(八)量測：表面隔熱材乾燥後，分別在每一個鋼筋混凝土試體之正、反面相對位置上畫出九個量測點，放置於室外陽光下照射，並量測溫度(正面、背面及環境溫度)。



圖 3-16 量測正面溫度

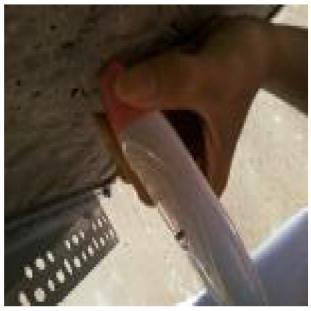


圖 3-17 量測背面溫度

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(九)遮蓋：本實驗以上午 10 點至下午 15 點之日照爲主，其餘時間以帆布遮蓋，以控制試驗之起始溫度，避免外在環境對試體之影響。



圖 3-20 鋼筋混凝土受日照情形



圖 3-21 帆布遮蓋

五、研究結果

(一) 各種表面材正面及背面溫度差之分析

表 3-3 表面材正面及背面溫度差

量　測　時　間	10：00	11：00	12：00	13：00	14：00
A1 正面及背面溫度差(℃)	1.5	2.8	3.6	3.5	2.4
A2 正面及背面溫度差(℃)	2.9	5.5	7.1	5.7	3.3
A3 正面及背面溫度差(℃)	3	6.2	8.9	6.4	4.1
A4 正面及背面溫度差(℃)	1.2	3.9	5.3	5.3	2.8
A5 正面及背面溫度差(℃)	2.2	5.3	7.6	6.5	3.9
A6 正面及背面溫度差(℃)	2.8	5.6	7.9	6.3	3.5

表 3-4 各組隔熱材與 A1 之效率比

A2 與 A1 的效率比	＋35.25(%)
A3 與 A1 的效率比	＋41.45(%)
A4 與 A1 的效率比	＋26.81(%)
A5 與 A1 的效率比	＋36.96(%)
A6 與 A1 的效率比	＋37.83(%)

由表 3-4 及圖 3-22 可知，A3 在 12 點時 8.9℃溫差爲最大，而 A1 溫差 3.6℃爲最小。由表 2-22 可知，A3 的效率比 A1 高 41.4%爲最佳，而 A4 的效率比 A1 高 26.81%爲最低。

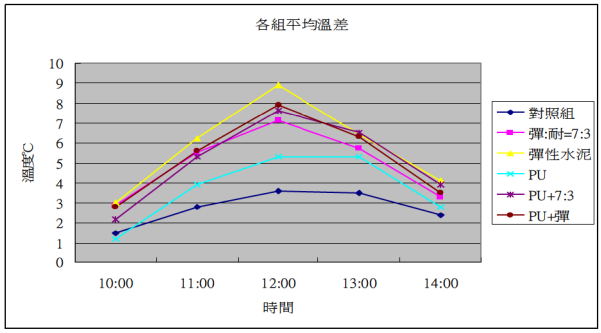


圖 3-22 各試體正面與背面之溫度差

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(二) 室外常溫與表面(正面)溫度之分析

表 3-5 不同時間常溫與各試體之表面(正面)溫度

時間	10：00	11：00	12：00	13：00	14：00
室溫(℃)	23.7	25	25.1	25	24.6
A1 (正面)(℃)	21	25.7	29.8	31.7	30.8
A2 (正面)(℃)	22.1	28.3	29.5	34.4	33.2
A3 (正面)(℃)	22	28.8	35.1	35	34
A4 (正面)(℃)	20	25.6	29.9	31.6	29.3
A5 (正面)(℃)	20.8	27.1	32.4	33.3	31.5
A6 (正面)(℃)	21.5	28.1	33.9	34.6	33.3

表 3-6 常溫與表面(正面)溫度之效率比

A1 與室溫的效率比	88.8%
A1 與 7：3 的效率比	101.8%
A1 與彈性水泥的效率比	111.5%
A1 與 PU 的效率比	98.2%
A1 與 7：3+PU 的效率比	104.3%
A1 與彈+PU 的效率比	109%

由表 3-6 及圖 3-23 分析：以 A1 爲基準，A1 與室溫的效率比爲 88.8%，A1 與 A2 的效率比爲 101.8%，A1 與 A3 的效率比爲 111.5%，A1 與 A4 的效率比爲 98.2%，A1 與 A5 的效率比爲 104.3%，A1 與 A6 的效率比爲 109%。

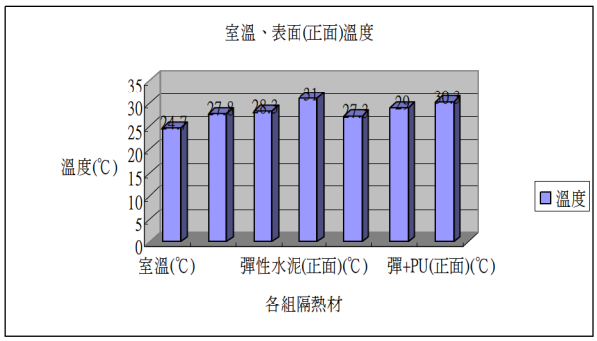


圖 3-23 常溫與表面(正面)溫度平均

(三) 背面平均溫度-室溫

表 3-7 背面平均溫度-室溫

時間	10：00	11：00	12：00	13：00	14：00
A2(背面)	-2.3	0.7	2.6	4.4	4.2
A3(背面)	-2.1	0.8	2.7	4.3	4.2
A4-1(背面)	-3.2	0.8	2.0	3.6	3.5
A5-1(背面)	-3.0	0.8	2.0	3.7	3.7
A6-1(背面)	-2.5	0.3	2.5	4.3	4.1

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

由表 3-7 及圖 3-24 中可知，10：00 時陽光開始照射試體，此時之試體溫度較室溫低，但隨著陽光的照射後，各組試體之背面溫度與室溫之差逐漸增大，亦可說明隔熱材確實有發揮功用。而各試體之隔熱效果以彈性水泥添加耐火泥這一組最佳。

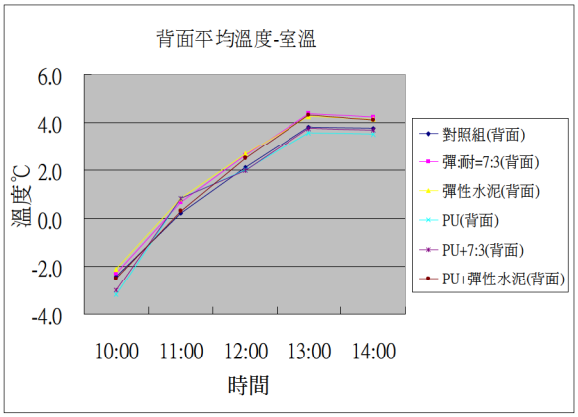


圖 3-24 背面平均溫度-室溫

(四) 兩組正面溫度與室溫

表 3-8 兩組正面溫度與室溫

組別	溫度(℃)	組別	溫度(℃)
一次室溫	24.7	二次室溫	26.2
A1	27.8	A1	30.4
A2	28.2	A2	32.7
A3	31	A3	33.1
A4	27.2	A4-1	30.7
A5	29	A5-1	31.2
A6	30.2	A6-1	31.9

由表 3-8 及圖 3-25 可知，各組試體兩次升溫之趨勢相同，隔熱材將熱量隔絕於隔熱層，僅少量熱源傳透至背面。

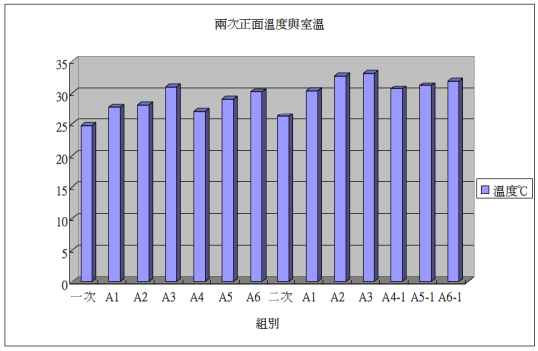


圖 3-25 兩組正面溫度與室溫

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

參●結論

由研究結果得知，鋼筋混凝土試體塗佈隔熱材後，在溫度成長之討論與分析(對照組、實驗組)，10：00、11：00、12：00、13：00、14：00 時表面溫上升之分析與討論，表面吸熱溫度分析與討論，隔熱效能溫度分析與討論，隔熱熱能溫度分析與討論，各組溫差、效率比、熱能比、比較不同日照下各試體升溫之情形、及溫度升降溫趨勢分析之結果，將其歸納出下列幾項結論：

一、經實驗分析，以對照組爲基準，比較其隔熱效率：

1.七份彈性水泥＋三份耐火泥(A2)之隔熱效果爲對照組之 1.78 倍。
2.彈性水泥(A3)之隔熱效果爲對照組之 1.83 倍。
3.PU(A4)之隔熱效果爲對照組之 1.45 倍。
4.PU＋七份彈性水泥＋三份耐火泥(A5)之隔熱效果爲對照組之 1.85 倍。
5.PU+彈性水泥(A6)之隔熱效果爲對照組之 1.67 倍。

二、室外常溫爲基準，比較各組背面溫度與室外溫度之差值，可以得知正面升溫與背面溫度對鋼筋混凝土試體熱傳導係數之影響如下：

1.七份彈性水泥＋三份耐火泥(A2)之熱傳導係數降低 1.15 倍。
2.彈性水泥(A3)之熱傳導係數降低 1.26 倍。
3.PU(A4)之熱傳導係數降低 1.11 倍。
4.PU＋七份彈性水泥＋三份耐火泥(A5)之熱傳導係數降低 1.17 倍。
5.PU+彈性水泥(A6)之熱傳導係數降低 1.23 倍。

三、隔熱層表面材料顏色與熱傳導係數之關係中，發現表面塗佈彈性水泥之各組表面溫度均高於其他材料，由此可知，外層顏色愈深與表面溫度愈高，顏色與能量吸收有相對之影響性。

四、由對照組與實驗組之分析得知，於不同時間點之下所獲得溫差值與室外常溫成正比，溫差愈大，隔熱效果愈佳，此點與理論假設一致。

五、由不同隔熱層之各項分析結果可得知，若以室外最高溫度爲基準，則隔熱效率如下：

1.以彈性水泥在最外層而言：
7 彈性水泥＋3 耐火泥 ＜ 彈性水泥 ＜ PU＋7 彈性水泥＋3 耐火泥
2.以 PU 在最外層而言：
PU ＜ PU＋彈性水泥 ＜ PU＋7 彈性水泥＋3 耐火泥
3.以 7 彈性水泥＋3 耐火泥在最外層而言：
PU＋7 彈性水泥＋3 耐火泥＞ 7 彈性水泥＋3 耐火泥

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

六、本研究階段性成果發現，採用 PU＋7 彈性水泥＋3 耐火泥除隔熱效能最佳外，更能降低 28%材料成本，且達到構材安全性之目的。

肆●引註資料

[1]危時秀(2002)。普通混凝土熱傳導性質之研究。中原大學土木工程研究所。

[2]吳志文(1998)高性能隔熱材料之熱傳特性研究。國立交通大學機械工程系。

[3]許引弦(1993)含泡沫材層板之熱傳導行爲研究。國立成功大學土木工程研究所。

[4]台灣黃頁(粉體防水隔熱材)，取自 http://www.web66.com.tw/web/NMD?postId=292767

[5]方煒。市售隔熱漆產品遮熱性能之再思考。台大生物產業機電工程學　系 http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/sysEng/%BEB%BC%F6%BA%A3.htm

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com