

屋頂綠化永續發展之研究-以新北市為例

楊錫麒
中華大學營建管理學系
副教授

陳輝龍
中華大學營建管理學系
碩士班研究生

吳書瑜
中華大學營建管理學系
碩士班研究生

國科會計畫編號：NSC101-2221-E-216-040

摘要

全球都會區的高度開發為人們生活帶來了便利與經濟的發展，然而全球日益嚴重的暖化與熱島效應已成為都市環境急需解決的課題，因此如何維護生態環境之建築設計與運用綠色能源已成為永續發展的重要理念與實踐。

本研究將擬透過國內外有關屋頂綠化規劃設計評估準則之檢討與分析，配合國內專家之意見調查，以建置國內之屋頂綠化規劃設計評估架構準則，其次藉由德爾菲專家問卷確立此評估準則之完整性，再以新北市現有案例運用Autodesk Ecotect Analysis 系統進行案例評估。

關鍵字：關鍵字：屋頂綠化、永續發展、德爾菲法

Green Roof Planning for Sustainable Development in New Taipei City

Abstract

In recent years, due to global economic growth and rapid urban development, global warming and heat island effect are the two major urgent issues to be solved in today's urban environment. Thus, how to maintain the ecological environment and use green energy in architectural design has become something important and to be done.

This study first, through literature review, determines those criterions to be used in the initial assessing framework. Then through expert interviews and questionnaires, establishes the assessing framework. Finally, the Delphi method is used to verify and finalize the assessing framework. Furthermore, the green roof planning study cases in New Taipei city will be adopted and evaluated by using the Autodesk Ecotect Analysis to investigate whether they satisfy the criterions in the assessing framework.

Keywords: Green roof planning, Sustainable development, Delphi method

一、緒論

近年來國內高樓建築快速增建，建商大致注重於基地最大使用效益上，對於綠化環境的貢獻僅侷限於法令的最低標準，而國內相關綠化法規及政策對於建築量體空間之屋頂進行綠化之規定缺乏詳細規範內容，因此對於增加都市綠化、提升居住環境品質及達到緩和都市熱島現象之成效有限。有鑒於此，本研究擬透過國內外有關屋頂綠化推動政策之檢討與分析，配合國內專家之意見調查，以提出適用於國內之屋頂綠化評估架構。

二、文獻回顧

2.1 屋頂綠化之定義

「屋頂綠化」此觀念始於德國，由於德國的屋頂綠化政策成功且完善，相關的技術規範與經驗成了歐美各國與亞洲地區的參考指標。

2.2 薄層型綠屋頂之底層結構介紹

種植型薄層屋頂綠化底層結構可分為：隔熱層、防水層、保護層、排水層、過濾層、生長介質層與植栽層等七層。

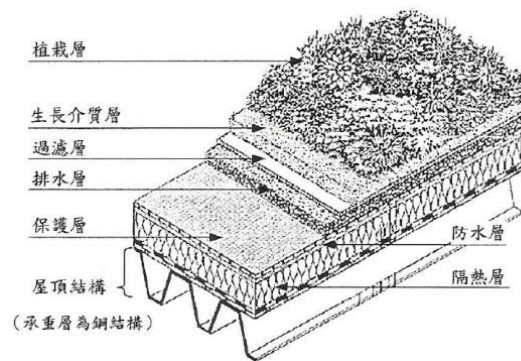


圖1 薄層型綠屋頂的底層結構[1]

綠化底層	材 料	
隔熱層	軟木 (BK)、聚苯乙烯顆粒泡沫 (PS)、聚氦脂類硬泡沫 (PUR) 纖維保溫材料 (Min)、泡沫玻璃 (SG)	
防水層	瀝青、聚合物-瀝青卷材、塑料捲材和橡膠卷材、合成橡膠捲材、 聚氯乙烯 (PVC) 捲材、聚乙烯 (PE) 卷材	
保護層	塑料保護層、塑料毛墊保護層	
排水層	沙、礫石、熔岩、浮石、膨脹黏土 與膨脹頁岩、破碎的膨脹泥土與膨 脹頁岩、礦物質再循環材料、再循 環的混凝土、磚、瓦、碎煤渣、泡 沫玻璃等建築與工業廢料	編織墊、硬塑料板、泡沫材料- 排水板、聚乙烯泡沫材料墊、聚 氦酯泡沫塑料墊
過濾層	聚丙烯毛墊、聚氦毛墊、稻殼、椰殼纖維、有機廢料	
生長介質層	沙、珍珠石、蛭石、煤渣、礦渣、 熔岩、浮石、膨脹頁岩	泥炭、樹皮、木屑、稻殼、花生 殼、甘蔗渣、垃圾堆肥、汗泥、 蛇木屑、保麗龍碎片、泡綿、尼 龍纖維、椰纖、棉絮

表2.1 綠化材料說明總表[1]

2.3 國內屋頂綠化永續發展計畫現況

目前國內，新北市政府正在推動綠能屋頂示範計畫，綠色新北（Green T.A.I.B.E.）針對五大低碳城市施政內容中，以「綠色建築」為改善地球環境最直接的作法之一，善加利用環境條件以「低碳」及「綠能」概念推動綠能屋頂計畫，鼓勵新北市內房屋屋頂、既有公寓大廈及公有建築物設置轉型為綠能屋頂，新北市將更向前邁向宜居城市[2]。

2.4 德爾菲法

德爾菲法(Delphi Method)適用於澄清未來不明情境，並針對設定的議題，匯集專家專業知識、經驗，重視參與者意見的回饋，以達成一致性具體共識，藉以提昇決策內容品質，是決定優先順序、目標設定及未來趨勢的有效方法。德菲法是以一群專家(10-50人)針對特定議題提供意見，採用匿名的方式讓專家們充分表達各種不同意見，並經過數回合的回答問卷，統計、分析專家們對於問題的共同看法，或是透過分享共同看法以凝聚共識[3]。

三、屋頂綠化永續發展評估架構之確立

3.1 屋頂綠化永續發展評估架構之主要項目

本研究使用德爾菲法進行彙整分析，邀訪五位專家設計關於國內屋頂綠化發展考量之問題並藉由德爾菲專家問卷確立評估架構完整性。經由三次問卷結果整理出屋頂綠化永續發展之主要考量因素分如下表3.1：

規範制度	實施條例、實行方式、實施對象、規模限制、標準流程、獎勵辦法、民眾認同
成本考量	設計成本、施工成本、維護成本
規劃設計	施工工期、景觀美化、承載重量、擋土材料、保水排水、澆灌方式、防根對策、防風對策、給水設備、照明設備
施工管理	施工品質、施工環境、防水方式、排水方式
維護管理	使用管理、植栽管理

四、Ecotect Analysis 分析

4.1 基地介紹與模型建立

本次研究基地設定於新北市板橋區文化路一段 309 之 33 號 7 號，現況為大樓住宅頂樓，實際前往測量後，並利用 Ecotect Analysis 建立模型，包含「衛星定位照」、「現場實況照」、「實際測量照」、「模型建立圖」，如圖 2 至圖 5。



圖 2 衛星定位照



圖 3 現場實況照



圖 4 實際測量照

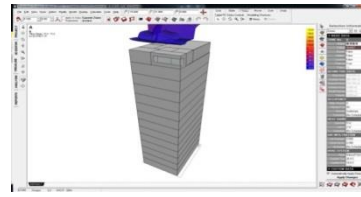


圖 5 模型建立圖

4.2 綠色屋頂材質

依照綠色材料加入材質到屋頂，隔熱材質為Polyrethene Foam Flexible(聚氨酯泡沫)、防水材質為PVE、排水材質為Soil Clay Wet(濕土壤)、過濾材質為Rick Husk(稻穀)、生長介質層Roof Grave or Slag(屋頂的砂石或礦渣)，如圖6。

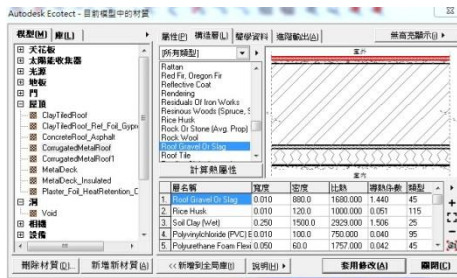


圖6 加入綠色屋頂材質

4.3 逐時溫度曲線

利用Ecotect模擬Clay tile roof與綠化材料屋頂，將數據匯入Excel進行圖表比較(如圖7)，兩種材料都是在自然通風的形況下進行模擬8月1日整天的環境溫度，Outside(外部溫度)是一樣的，而Inside(內部溫度)進行比較時，有明顯溫度差異，TEMP.DIF是室外與室內的溫度差異數，比較的區域位置為主臥(如圖7)、廚房(如圖8)、廁所(如圖9)、臥室2(如圖10)。

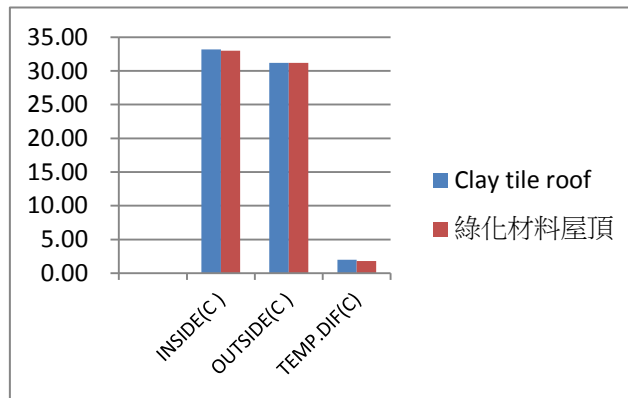


圖7 主臥直條圖

主臥	INSIDE (C)內部溫度	OUTSIDE (C)外部溫度	TEMP.DIF(C)
Clay tile roof	33.15	31.175	1.975
綠化材料屋頂	32.975	31.175	1.8

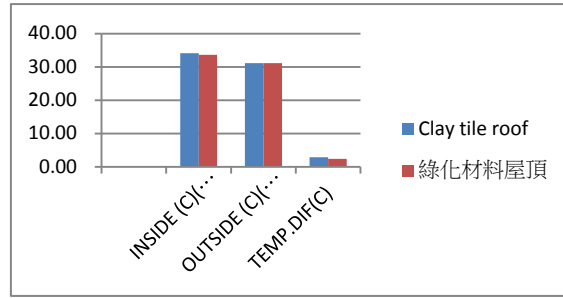


圖8 廚房直條圖

廚房	INSIDE (C)內部溫度	OUTSIDE (C)外部溫度	TEMP.DIF(C)
Clay tile roof	34.075	31.175	2.9
綠化材料屋頂	33.629	31.175	2.454

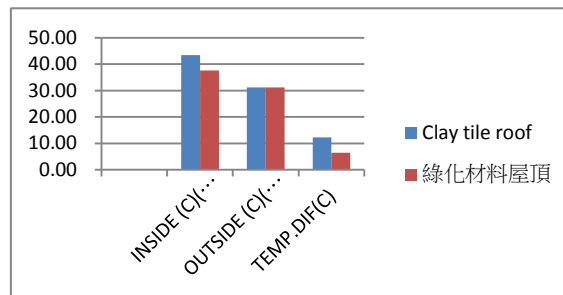


圖9 廁所直條圖

廁所	INSIDE (C)內部溫度	OUTSIDE (C)外部溫度	TEMP.DIF(C)
Clay tile roof	43.4667	31.175	12.292
綠化材料屋頂	37.638	31.175	6.463

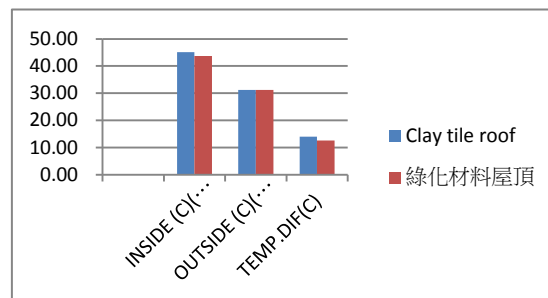


圖10 臥室2直條圖

臥室 2	INSIDE (C)內部溫度	OUTSIDE (C)外部溫度	TEMP.DIF(C)
Clay tile roof	45.183	31.175	14.008
綠化材料屋頂	43.742	31.175	12.567

4.4 溫度分佈分析

這一項模擬可以統計分各區域的全年各小時室內溫度的數量，也可以根據設置的舒適溫度區計算區域的舒適溫度時間與時間百分率。分別計算各個區域的室內溫度分佈(如圖 11、圖 12)。從圖中可以看出綠化屋頂材質的舒適溫度比例高，Clay tile roof 材質較差。其原因是綠化屋頂材質的結構保溫性能好，因此舒適度

比例相對較高。藉由溫度分布的模擬，可判斷建築維護結構設計的優劣。

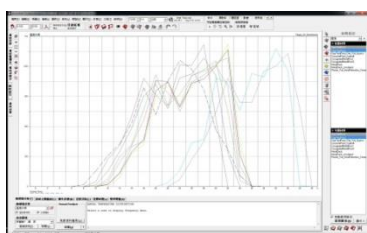


圖 11 Clay tile roof 溫度分佈分析圖

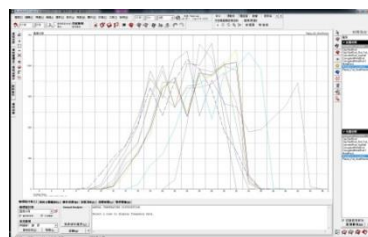


圖 12 綠化屋頂材質溫度分佈分析

廚房	Clay tile roof	綠色屋頂材質
Comfort Band 舒適頻段:	18.0 - 26.0 C	18.0 - 26.0 C
In Comfort 在舒適度:	4539 Hrs (51.8%)	4569 Hrs (52.2%)

屋頂區域	Clay tile roof	綠色屋頂材質
Comfort Band 舒適頻段:	18.0 - 26.0 C	18.0 - 26.0 C
In Comfort 在舒適度:	4820 Hrs (55.0%)	5220 Hrs (59.6%)

五、結論

本次研究中使用之 BIM 工具 Ecotect 進行模擬屋頂材質更換的溫度分佈分析，經由 Ecotect 進行各項分析後，在不使用空調下設定自然通風模擬的執行時間內，主要為空調得失熱為主。由於結構維護傳導得熱(損失)在總得熱中所佔的比例較大，所以屋頂材質更換為綠化屋頂材質後，可以減少整個建築在冬季夜間散失的熱能與夏季白天得到的熱量，因此耗能也得以大幅度降低。

從德爾菲專家問卷分析結果得知，規範制度項目中的「標準流程」最為被專家所認同，可見標準流程在屋頂綠化永續發展的重要性。本研究最後得知標準流程在屋頂綠化永續發展的重要性，而目前國內尚未有一套的標準流程制度，故建議六點如下：

1. 結合綠建築專章，發展一套屬於屋頂綠化的技術標準則，並且訂定出關於屋頂綠化的法規與獎勵。
2. 結合產業界與學術界，提供專業的知識，多舉辦學術研討會，使民眾對於屋頂綠化多些認知。
3. 強制性的將屋頂綠化設計，納入新建案的審核一環。
4. 建物新建或改建時如何推行屋頂綠化使其增加綠化面積。
5. 可針對不透水層的材料進行創新研發。
6. 針對國內既有的屋頂綠化施作方法進行創新設計。

六、參考文獻

1. 石婉瑜，「簡易綠化屋頂暴雨管理效能之評估—以台北市區為例」，國立臺灣大學園藝學研究所，碩士論文，2004。
2. 新北市推動綠能計畫網站，<http://2011greenroof.info/index.php>。
3. 劉宜君，林昭吟，辛炳隆，我國促進就業措施評估機制之探討—政策德菲法之應用，臺大社會工作學刊，18，P43-88，2008。