

校園綠化量與基地保水研究(I)—以員林國中為例

The Research of Campus Greenery and Soil Water Content

--Case Study at Yuanlin Junior school

陳秋銓¹ 徐詣霽² 蘇致綱³ 李權宸⁴

Chiu-Chuan Chen, Yi-Ji Xu, Zhi-Gang Su, Quan-Chen Li

摘要

校園戶外空間規劃若能符合「綠建築」指標規範，則對改善校園與都市生態環境將更具有意義。

宣導綠建築對於校園環境生態改善效益，從國中小學環境教育著手，應可獲得卓著成效，校園更是每個人必經的成長歷程，其影響層級僅次於家庭，從求學階段建立正確環境保護概念，對於未來推動生態城市與永續環境奠定良好基礎。

校園綠化量指標是以植物對於CO₂的固定量作為評估尺度，基地植栽計有大喬木48棵、小喬木192棵、灌木1383棵；換算基地內植栽固碳量，得知基地綠化固碳量TCO₂=11466000 (kg/m²) 超過最小綠地固碳量TCO₂C= 3197986.5 (kg/m²)及原設計值TCO₂= 897680.43 (kg/m²)，因此基地綠化量指標合格達成綠建築指標。

基地保水滲透率試材採用透水磚、紅磚(A)、紅磚(B)、連鎖磚、草皮等5種鋪面，經3組測試後平均值得知草皮入滲速度最快12秒即入滲完畢，其次為透水磚21秒、20×14cm紅磚(A)幾乎沒有滲透最差，草皮>透水磚>連鎖磚>20×20cm紅磚(B)>20×14cm紅磚(A)；鋪面蓄含水量以草皮最高60ml其次為連鎖磚55ml、透水磚30ml、20×14cm紅磚(A)5ml最差，草皮>連鎖磚>透水磚>20×20cm紅磚(B)>20×14cm紅磚(A)。

關鍵詞：綠化量、基地保水、綠建築

¹ 中州科技大學景觀系助理教授 Tel：0916-997565

² 中興大學園藝系碩士

³ 虎尾科技大學休閒遊憩系碩士

⁴ 中州科技大學景觀系助理教授(通訊作者)，連絡方式：彰化縣員林鎮山腳路三段 2 巷 6 號 Email：cclee5806@yahoo.com.tw

Abstract

Outdoor space planning of campus that meet green building index , to improve the campus and urban ecological environment will be more meaningful.

From the start of basic education, promotion of green building benefits for improving ecological environment on campus, the campus is that everyone must go through the growth process, its impact after the family, to establish the correct of environmental protection from the studying phase. For the future promotion of eco-city and sustainable environment.

Campus greenery indicator is a plant for a fixed amount of CO₂ as the assessment scale, large trees 48, 192 small trees, shrubs 1383 on base planting. The translation of the base planting carbon sequestration, Green carbon sequestration that base TCO₂=11466000 (kg/m²), exceed the minimum green carbon sequestration TCO₂C= 3197986.5 (kg/m²) and original design value TCO₂ = 897680.43 (kg/m²). Therefore, base greenery indicators pass to reach the green building indicators.

Soil Water Content penetration test material using permeable brick, red brick (A), red brick (B), interlocking bricks, turf five kinds of pavement, three sets of test mean that turf penetration fastest 12 seconds, followed permeable bricks 21 seconds, 20 × 14cm red brick (A) almost no penetration. Penetration for turf > permeable brick > interlocking bricks > 20 × 20cm red brick (B) > 20 × 14cm red brick (A).

Keyword: Greenery , Soil Water Content , green building



一、前言

綠建築又名生態建築係指在建築生命週期(指由建材生產到建築物規劃設計、施工、使用、管理、及拆除之一系列過程),消耗最少地球資源,使用最少能源及製造最少廢棄物之建築物,且儘可能利用建築物當地的環境特色與相關自然因子(陽光、空氣、水流),符合人類居住,並且降低各種不利於人類身心的任何環境因素作用,同時,儘可能不破壞當地環境因子循環,確保當地生態體系健全運作(Hamzah & Yeang, 2001)。

但無論是以生態建築(Ecology Architecture)(Anna, R. J. 2000)、永續建築(Sustainable Architecture)或綠建築(Green Building)為建築設計的基礎,所追求的都是以尋求降低環境負荷與環境相容,且有利於居住者健康的建築。以「綠建築」為基礎進而擴展至綠社區、綠都市,甚至「綠國家」與「綠地球」的境界,在此等利用環境也照顧環境的均衡考慮下,同時也能讓建築設計與工程建設永續發展。

有鑑於政府在推動綠建築政策上,已在2007年評估手冊更新改版時,針對指標、評估標準與方法,做局部調整新增與修正,形成了2007年的「生態、節能、減廢、健康」四個評估指標群,共計九項評估指標。

學校類建築在綠建築評估指標規定中,與其他類型建築物有所不同。而學校同時為供公眾使用之開放空間,設計良窳不齊,對於整體教學環境品質優劣影響甚大。從教育層面的觀點,校園戶外空間若能符合「綠建築」指標,則對改善校園或都市生態環境將更具有意義;故本研究將以「中小學校園建築」的綠化量及基地保水來進行研究追求更好的校園生活空間。

二、文獻回顧

自1992年於里約的第一次「地球環境高峰會議」以來,有關「永續發展」及「環境保護」已漸成為世界潮流的主要趨勢。台灣的建築產業消耗全世界最高密度的水泥量,建築產業耗能所排放的二氧化碳量佔全國總排放量的27.22%(林憲德,2001)。為積極推動綠建築政策,內政部建築研究所於1999年開始發行「綠建築解說與評估手冊」,以做為評選綠建築的評估依據。

工業革命後生態環境惡化現象四處可見,根據「經濟合作暨發展組織」(Organization for Economic Co-operation and Development)的指出,全球面臨的重大環境問題包括:土壤、土壤保護、沙漠化、熱帶雨林的破壞、水資源的保護、魚類與野生動物的保護及永續利用等議題(王冠雄,2004)。

黃振東(2009)研究探討觀察台灣中小學校綠建築之整體效能水準,藉由成本與效能的分析比較成果,破除一般「綠建築=高成本」的迷思。獲致結論1.成本效能分析探討,分別可

得出「屋頂隔熱設計手法」、「基地保水設計手法」及「綠化量設計手法」等各設計手法，成本效能高低排名統計資料。此排序資料可鼓勵設計者於預算編製或設計初期時，選用較高效能之設計手法。2.成本效能與單位造價成本並無明顯相關性，也因此材料成本並非影響綠建築效能之關鍵因素。3.由案例的分析資料可推測，台灣的中小學校綠建築之屋頂隔熱設計項目及綠化量項目其整體成本效能表現較佳。選用較高效能的設計手法頻率分佈較高。4.由案例的分析資料可推測，台灣的中小學校綠建築之基地保水項目其整體成本效能表現較差。選用較高效能的設計手法頻率分佈較低。

應用綠化量指標、基地保水指標評估，台中市高層建築物的綠化狀況(廖聰，2007)。探討現行台中市高層建築物的綠化狀況，與在應用綠建築評估指標，即「綠化量」及「基地保水」指標時所呈現的差異程度；探究在不同開發時期，台中市高層建築物與「綠化量」及「基地保水」指標之間的關係；討論台中市中高層建築物基地面積、建蔽率與開挖率，是否影響「綠化量」及「基地保水」指標的執行。

以綠建築理論為主，人類最小群聚棲域之住宅社區單元為對象，透過綠建築評估指標中之「綠化量」與「基地保水」指標進行住宅社區之調查研究(林彤，2005)。以公部門與私部門所規劃開發且具完整性之住宅社區個案為例，分別為：中興新村、宏台社區、衛道社區與黎明社區。探討居住環境中，環境對於居所住宅之相關影響性，配合目前台灣所推動的「綠建築評估指標」(林憲德，2003)作為檢討之重要依據，對住宅社區進行實地調查，探討綠化量與基地保水指標於住宅社區之適用性並提出改善與建議，提供未來住宅社區於綠建築生態性設計之策略(林彤，2005)。

調查新竹市36所國民中小學校園「綠化」及「基地保水」基礎資料，並將資料，以「敘述統計」及「迴歸分析」兩種方法進行分析，並輔以「綠化」及「基地保水」相關理論，進行深入的探討，了解現行指標之執行狀況。最後就分析所發現的課題，提出具體改善建議(王希智，2002)。

彰化縣國民小學調查校園生物多樣性指標、綠化量指標、基地保水指標資料，經統計分析後得到具體成果為以下幾點：1、建立彰化縣國民小學校園綠建築「生態指標群」執行現況資料。2、「生物多樣性指標」整體合格率達42%水準；執行水準趨近於50%，仍有努力改善之空間。3、「綠化量指標」整體合格率達84.6%水準；顯示彰化縣國民小學校園於「綠化量指標」執行現況良好。4、「基地保水指標」整體合格率只達15.4%水準；顯示彰化縣國民小學校園於「基地保水指標」仍有極大的改善空間(楊宜錚，2009)。



三、研究方法與材料

(一) 基地位置

本研究選定台灣彰化縣員林鎮南潭路2號，是一所位於員林鎮中心的縣立中學(員林國中)，該校為老舊危險建築拆除重建一期和二期興建建築物為基地範圍。

(二) 綠化量指標

先從取得的資料中以員林國中基地面積扣除建築物所剩的空間先行計算，再以空地面積及現地之植栽區分喬木、灌木、草地，各種類計算其綠化量有無符合規定，低標或超標。

表 1 各種植栽單位面積二氧化碳固定量 G_i (kg/m^2)

植栽種類		CO ₂ 固定量 G_i (kg/m^2)	覆土深度
生態複層	大小喬木、灌木、花草密植區(喬木間距3.5m 以下)	1200	1.0m 以上
喬木	闊葉大喬木	900	
	闊葉小喬木、針葉喬木、疏葉喬木	600	
	棕櫚類	400	
灌木(每 m^2 至少植栽4株以上)		300	0.5m 以上
多年生蔓藤		100	
草花花圃、自然野草地、水生植物、草坪		20	0.3m 以上

資料來源：內政部建築研究所，2007，綠建築解說與評估手冊(2007年更新版)

對於「綠化量指標」基準，希望能夠在基地內最小綠地面積A，內實施全面綠化，而且單位綠化面積的CO₂固定量計算值，必須大於建築基地之二分之一法定空地面積與建築技術規則所訂之二氧化碳固定量基準值 β (表2)之乘積(TCO₂C)之1.5倍。其公式如下：

$$TCO_2 = ((\sum G_i \times A_i)) \times \alpha$$

$$TCO_2 > TCO_2C = 1.5 \times (0.5 \times A, \times \beta)$$

$$A, = (A_o - A_p) \times (1 - r)$$

變數說明：

TCO₂: 基地綠化之總 CO₂ 固定量評估值(kg)

TCO₂C: 綠建築綠化總 CO₂ 固定量基準值(kg)

G_i : 某植栽種類之單位面積 CO₂ 固定量(kg/m^2)，由表 1 查得。

A_i : 某植栽種類之栽種面積(m^2)，喬木以表 3 之樹冠投影面積計算。

灌木、花圃、草地以實際種植平面面積計算，蔓藤類以實際立體攀附面積計、其他則以實際密植平面面積計。

A, : 最小綠地面積 (m^2)，但不得低於總基地面積的 15%，亦即若

$A' < 0.5 \times A_0$ ，則 $A' = 0.15 \times A_0$

α ：生態綠化優待係數，但 α 必須 ≥ 0 。此係數針對有計畫之原生植栽、誘鳥誘蝶植物等生態綠化之優惠。最無特殊生態綠化者 $\alpha=1.0$ 。此優待必須提出整體植栽設計圖與計算表。

A_0 ：基地面積(m²)，即本研究之「校地面積」。

A_p ：不可綠化面積(m²)，如學校類建築之田徑場、球場、戶外游泳池等，以及工業區之戶外消防水池、戶外裝卸貨空間等執行綠化有確實困難之面積。若為學校、工業區以外基地時，則設 A_p 為 0。運動場地以場地線內面積計之。

r ：法定建蔽率，但申請範圍分期分區之局部基地分割評估時， r 為實際建蔽率且不得高於法定建蔽率，無單位。若為學校類建築基地整體效地全區檢討時，強制令 $r=0.4$ 。

表 2.單位綠地 CO₂ 固定量基準值 β (kg/m²)

使用分區或用地	CO ₂ 固定量基準值 (kg/m ²)
學校用地、公園用地	500
商業區、工業區	300
科學園區、前四類以外之建築基地	400

表 3 CO₂ 固定量計算用喬木植栽種植間距與樹冠投影面積 A_i 基準

評估對象	栽種間距	樹冠投影面積 A_i	
新開發基地新種喬木 (*1) 或已開發基地一般喬木評估	市街地或一般小建築基地	4m	16m ²
	學校、小社區公園、工業區或一公頃以上基地開發	5m	25m ²
	都會公園、科學園區、或五公頃以上基地開發	6m	36m ²
基地老樹評估 (*2)	任何基地	以實際樹冠投影計算	
*1：喬木間距大於或上述間距者，以本表 A_i 基準值計算其 CO ₂ 固定量；喬木間距小於上述間距者，以實際間距之平方面積計算其 CO ₂ 固定量。			
*2：米高徑 30 cm 以上或樹齡 20 年以上之喬木謂之老樹，但由移植的老樹視同新樹，不予以優惠計算。			

資料來源：內政部建築研究所，2007，綠建築解說與評估手冊（2007 年更新版）

(三) 基地保水指標

先以基地面積扣除建築物的空間，先行算出空地面積再以現地之鋪面、草地的範圍，進行計算透水和不透水的面積為何，有無符合規定低標或超標。基地內的各項不同材料所構成



各種鋪面，如連鎖磚、紅磚、裸露土地及地被的面積貯留滲透雨水的性能或設施...等。

透水性實驗選擇了現地的5種鋪面進行透水性實驗，材質為不透水PC中空板，尺寸21x21cm，預留四邊各1cm邊縫，實驗時則用油土及白膠接合邊縫，邊緣接合處內部使用保麗龍膠加白膠、外部則使用透明膠帶環繞加強密合性，以防滲水情況發生增加數據可行性。

透水性實驗選擇校園5種鋪面進行透水性實驗。



圖 1 校園 20×14cm 紅磚

圖 2 20×20cm 紅磚及植草磚

圖 3 校園 20×20cm 透水磚



圖 4 20×10cm 連鎖磚實景

圖 5 20×20cm 草皮鋪面

圖 6 基地內的庭園實景

本實驗的鋪面種類共5種鋪面如下圖所示，編號2、3為20×14cm透水磚，編號4、5為20×14cm紅磚各2塊樣本編號6、7為20×14cm連鎖磚、編號6、7為，而編號1為20×20cm紅磚及20cm×20cm的草皮則各1塊樣本。



圖 7.編號 2、3 為 20×14cm 透水磚、編號 4、5 為 20×14cm 紅磚樣本正面實景

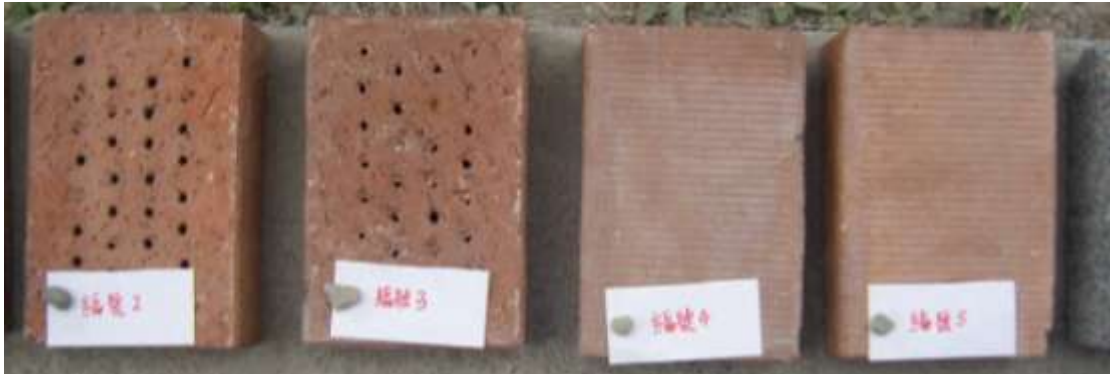


圖 8.編號 2、3 為 20x14cm 透水磚、編號 4、5 為 20x14cm 宏樣本反面實景

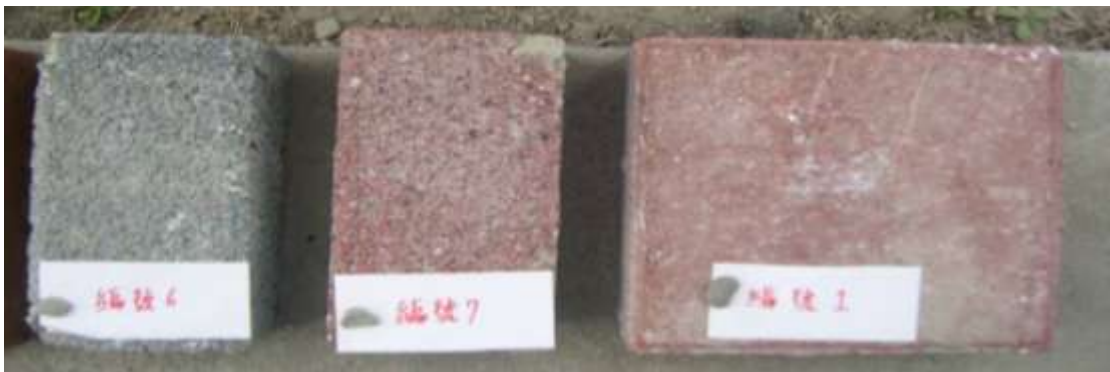


圖 9.編號 6、7 為 20x14cm 連鎖磚、編號 1 為 20x20cm 紅磚樣本正面實景

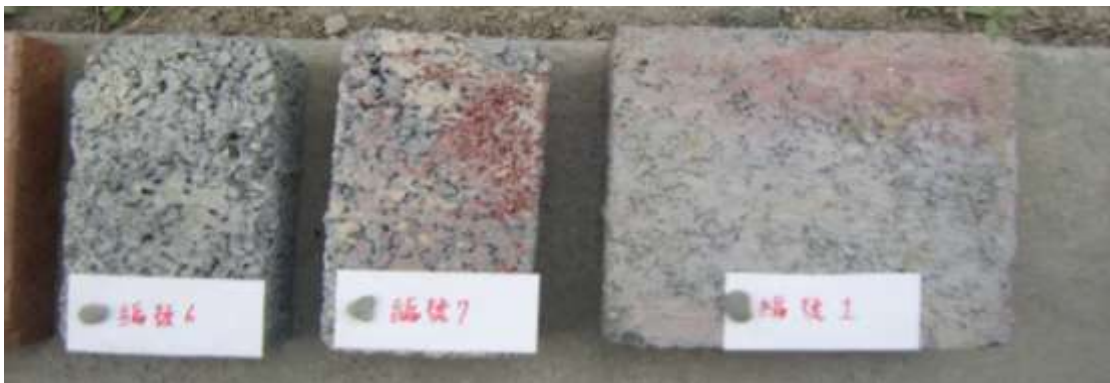


圖 10.編號 6、7 為 20x14cm 連鎖磚、編號 1 為 20x20cm 紅磚樣本反面實景





圖 11 透水磚(左)、連鎖磚(中)、紅磚(右)斷面圖



圖 12 20x20cm 草皮樣本

實驗的過程可分為下列5步驟：

1. 先將鋪面放上承水底盤上下方，則利用PC中空板墊高其鋪面約2~3cm以利水流順利於鋪面流出。
2. 放上預先組立完整的PC中空板模組，邊縫以油土填實並附上一層白膠加強與邊版的密合程度已達邊縫不透水之目標。
3. 倒入預先量測好的600cc純水，入滲時間15分鐘並記錄其滲水情形
4. 實驗時間到達以後倒出下方剩餘的水，滲出的水是其透水程度而後再倒出模組裡尚未滲出了水量並記錄，並將2者數據相加剩餘的水量則為鋪面本身所能暫時蓄含的水量。
5. 以校園裡不同的鋪面種類及面積推算其基地保水能力的變化：

步驟1.先將鋪面放上承水底盤上下方，並利用PC中空板墊高其鋪面約2~3cm如紅色箭頭所示，以利水流順利於鋪面流出，如圖13、14所示。

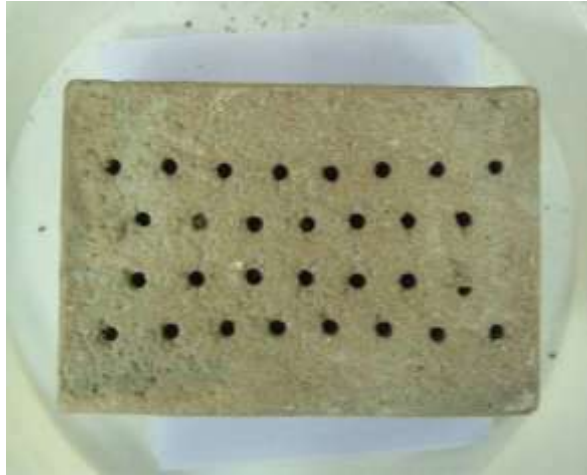


圖 13 實驗用 20x14cm 透水磚樣本



圖 14 模組實驗實景

步驟 2.放上預先組立完整的 PC 中空板模組，邊縫以油土填實並附上一層白膠如箭頭所示加強與邊版的密合程度已達邊縫不透水之目標，如圖 15、16 所示。

步驟 3.倒入預先量測好的 600cc 純水，入滲時間 15 分鐘並記錄其滲水情形。



圖 15 20x20cm 紅磚樣本封邊



圖 16 模組倒水實驗實景

步驟 4.實驗時間到達以後倒出下方剩餘的水，滲出的水是其透水程度而後再倒出模組裡尚未滲出了水量並記錄，並將 2 者數據相加剩餘的水量則為鋪面本身所能暫時蓄含的水量。

步驟 5.以校園建築面積扣除草地及不同的鋪面種類，並以指標內公式計算入滲值面積推算其基地保水能力的變化。

實驗中的各種不同鋪面的樣本如圖 17-21 所示



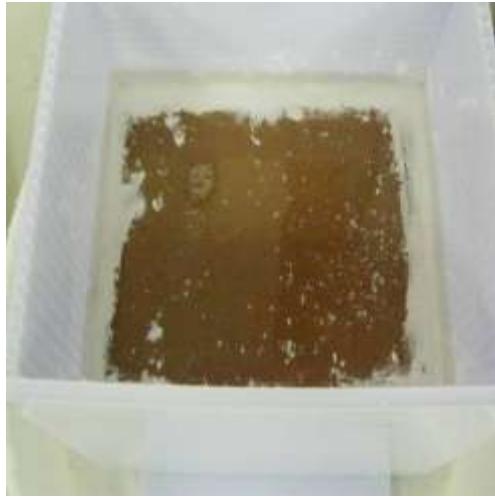


圖 17 實驗用 20x20cm 紅磚



圖 18 20x14cm 紅磚實驗中樣本實景



圖 19 實驗用 20x14cm 連鎖磚

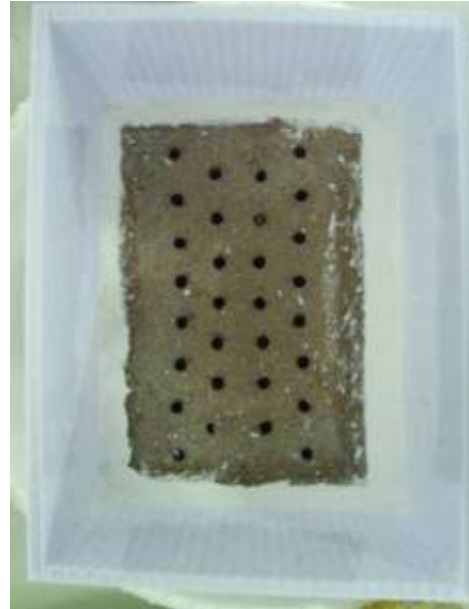


圖 20 20x14cm 透水磚實驗中樣本

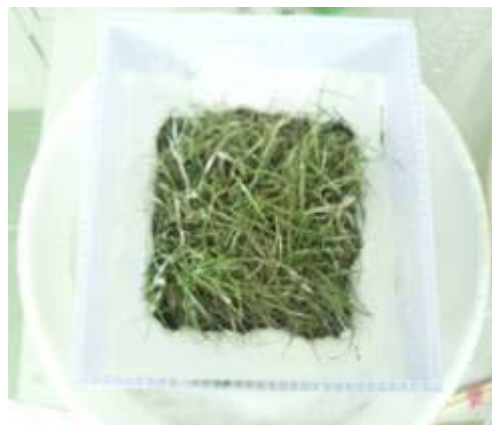


圖 21 20x20cm 草皮實驗中樣本

(四) 研究流程

綠建築評估指標綠化量及基地保水以員林國中為例的研究流程圖：

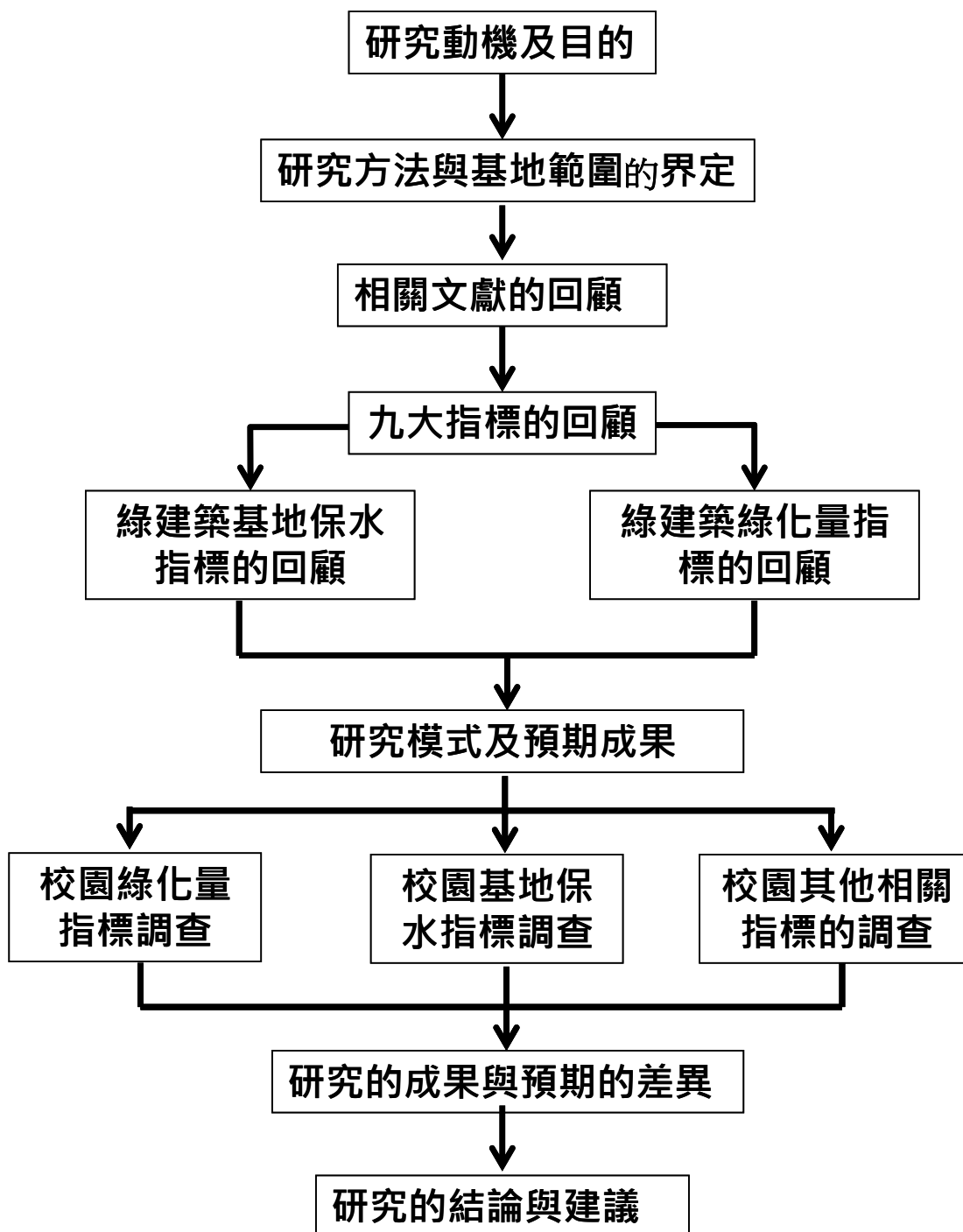


圖 22 研究流程圖



四、結果

(一) 綠化量指標則以成樹的固碳量為計算值，植栽數量現有大喬木48棵、小喬木192棵、灌木1383棵，計算本基地內植栽固碳量的能力，但本計算不含草花，計算如下：

$$\text{一期建築 } A+B=1752.53 \quad (\text{m}^2)$$

$$\text{二期建築 } C+D=1626.21 \quad (\text{m}^2)$$

$$\text{一二期建築 } A+B+C+D=3378.74 \quad (\text{m}^2)$$

$$\text{基地總面積}=21319.91 \quad (\text{m}^2)$$

$$\text{總建築}=17941.17 \quad (\text{m}^2)$$

$$\text{最小綠地面積 } A'=(21319.91-0)*(1-0.6) = 8527.964 \quad (\text{m}^2)$$

$$\text{最小綠地 } \text{TCO}_2c=1.5*(0.5*8527.964*500) = 3197986.5 \quad (\text{kg}/\text{m}^2)$$

$$\text{現場綠地面積 } A''=(21319.91-3378.74)*(1-0.6) = 7176.468 \quad (\text{m}^2)$$

$$\text{現場綠地 } \text{TCO}_2c=1.5*(0.5*7176.468*500) = 2691175.5 \quad (\text{kg}/\text{m}^2)$$

$$\begin{aligned} \text{TCO}_2 &= (\text{大喬木 } 900*48 + \text{小喬木 } 600*192 + \text{灌木 } 300*1383) * 0.8 * 25 \\ &= (43200 + 115200 + 414900) * 0.8 * 25 = 11466000 \quad (\text{kg}/\text{m}^2) \end{aligned}$$

現場綠化固碳量 $\text{TCO}_2=11466000 \text{ (kg}/\text{m}^2)$ 遠超過最小綠地固碳量 $\text{TCO}_2c= 3197986.5 \text{ (kg}/\text{m}^2)$ 及原設計值 $\text{TCO}_2 = 897680.43 \text{ (kg}/\text{m}^2)$ ，故綠化量指標合格。

(二) 基地保水鋪面實驗以透水磚、紅磚、20×20紅磚、連鎖磚、草皮等5種鋪面經反覆測試後得知草皮入滲速度最快12秒即入滲完畢，其次為透水磚21秒入滲結束、以20×14cm紅磚幾乎沒有滲漏透水性最差，草皮 > 透水磚 > 連鎖磚 > 20×20cm紅磚 > 20×14cm紅磚；鋪面蓄含水量以草皮最高60ml其次為連鎖磚55ml、透水磚30ml、以20×14cm紅磚5ml透水性最差，草皮 > 連鎖磚 > 透水磚 > 20×20cm紅磚 > 20×14cm紅磚；以上正負誤差約2~3 ml以列入考量中(表1)。

$$\text{透水磚 } 20\text{cm} \times 14\text{cm} = 280 \text{ c } \text{m}^2 = 0.28 \text{ m}^2, 0.28 * 10 / 2.8 = 1.0 \text{ m}^2;$$

$$\text{連鎖磚 } 20\text{cm} \times 10\text{cm} = 200 \text{ c } \text{m}^2 = 0.2 \text{ m}^2, 0.2 * 14 / 2.8 = 1.0 \text{ m}^2;$$

$$\text{紅磚 } 20\text{cm} \times 20\text{cm} = 400 \text{ c } \text{m}^2 = 0.4 \text{ m}^2, 0.4 * 7 / 2.8 = 1.0 \text{ m}^2;$$

$$\text{紅磚 } 20\text{cm} \times 14\text{cm} = 280 \text{ c } \text{m}^2 = 0.28 \text{ m}^2, 0.28 * 10 / 2.8 = 1.0 \text{ m}^2;$$

$$\text{草皮 } 20\text{cm} \times 20\text{cm} = 400 \text{ c } \text{m}^2 = 0.4 \text{ m}^2, 0.4 * 7 / 2.8 = 1.0 \text{ m}^2。$$

取實驗 0.28 m²、0.2 m²及 0.4 m²公倍數為實驗單位面積，為 2.8 m²。

為求方便顯示及計算，最後單位使用 ml/m²呈現。

$$\text{透水磚 } 20\text{cm} \times 14\text{cm} : 600 * 10 / 2.8 = 2142.82 \text{ ml}/\text{m}^2;$$

$$\text{連鎖磚 } 20\text{cm} \times 10\text{cm} : 600 * 14 / 2.8 = 3000.0 \text{ ml}/\text{m}^2;$$

$$\text{紅磚 } 20\text{cm} \times 20\text{cm} : 50 * 7 / 2.8 = 125 \text{ ml}/\text{m}^2;$$

$$\text{紅磚 } 20\text{cm} \times 14\text{cm} : \{(25+23)/2\} * 10 / 2.8 = 50 \text{ ml}/\text{m}^2;$$

$$\text{草皮 } 20\text{cm} \times 20\text{cm} : 600 * 7 / 2.8 = 1500 \text{ ml}/\text{m}^2。$$

單位面積透水率：連鎖磚3000.0 ml/m² > 透水磚2142.82 ml/m² > 草皮1500 ml/m² > 20×20cm紅磚250 ml/m² > 20×14cm紅磚50 ml/m²。

表 1 鋪面透水磚實驗紀錄表

鋪面透水磚實驗					
鋪面	20×20 草皮	20×10 連鎖磚	20×14 透水磚	20×14 紅磚	20×20 紅磚
滲透時間	12 秒滲透完畢	42 秒滲透完畢	21 秒滲透完畢	15 分鐘	15 分鐘
實驗結果	實驗 1： 60ml 保留於草皮內， 540ml 流出。	實驗 1： 60ml 保留於連鎖磚內， 540ml 流出。	實驗 1： 65ml 保留於透水磚內， 535ml 流出。	實驗 1： 25ml 保留於紅磚內， 575ml 未滲入。	實驗 1： 50ml 保留於磚內， 550ml 未滲入。
	實驗 2： 20 分鐘後草皮上仍溼潤。	實驗 2： 65ml 保留於連鎖磚內， 535ml 流出。	實驗 2： 50ml 保留於透水磚內， 550ml 流出。	實驗 2： 23ml 保留於紅磚內， 577ml 未滲入。	實驗 2： 50ml 保留於磚內， 550ml 未滲入。
備註	所有水量都用 600ml 為主，入滲實驗時間均為 15 分鐘。				

校園部分鋪面面積比率以草皮最高、連鎖磚次之、依序為透水磚、紅磚、20×20植草磚面積最小。

五、討論與建議

綠化量方面以混合密林多層次灌木、地被空間、生態複層的營造方式增加校園固碳量並建立良好的生態網路及生物多樣性，利用攀爬植物增加多層次立體綠化空間，設置景觀生態水池增加水中植物垂直空間配置。停車空間可增建花架及空間桁架，使用蔓藤植物增加綠化面積，基地內應不定期的新增或補植苗木花卉，增加校園季節色彩變化，形成穩定的共生環境，一期建築的溫室設施可以增加植栽綠化種類及垂直綠化的設施，增加基地綠覆率。

基地保水方面應定期疏剪喬灌木增加陽光入射保持地被植物生長，定期補植裸露的草皮，並利用地形設置草溝及降雨集流雨水回灌增加循環利用；警衛室旁的停車區塊可以加強地被植物的補植減少裸露地的出現，又可增加雨水暫留及鋪面底部可以廣設透水軟管，增加土壤入滲能力並可提供植栽澆灌使用；也可將綠化量中所提到的景觀生態水池改造成為兼具景觀效益之滲透水池；並將水池作為高低水位兩階段，低水位的水池底可用不透水構造建造並種植水生植栽，高水位面之池邊做成緩坡綠地，增加地下水入滲量，達到校園基地保水效益。



參考文獻

- 1.林憲德主編 2001 「綠建築設計技術彙編」，內政部建築研究所。
- 2.林憲德 2003 熱濕氣候的綠色建築：人類居住環境的永續發展生態、節能、減廢、健康 詹氏書局。
- 3.林憲德主編 2007 「綠建築解說與評估手冊(2007 更新版)」，內政部建築研究所。
- 4.林憲德 2009 綠建築解說與評估手冊 內政部建築研究所。
- 5.林憲德 2002 國民中小學綠建築設計手冊 內政部建築研究所。
- 6.王希智 2002 「綠建築」、「綠化」及「基地保水」評估指標於國民中小學校園之應用 逢甲大學建築研究所碩士論文。
- 7.王冠雄 2004 「從環境政治觀點論地球暖化現象之防制 —以1997 年京都議定書為例—」，中國文化大學政治學研究所碩士論文，台北市。
- 8.林達志 2001 國民中小學生態環境基礎研究「綠化」、「基地保水」、「用水、用電之解析」 國立成功大學建築研究所碩士論文。
- 9.劉岳明 2001 台北市都市環境透水性能實測解析 國立成功大學建築研究所碩士論文。
- 10.張顯通 1997 綠化設計對 CO2 氣體固定效果之研究 國立成功大學建築研究所碩士論文。
- 11.林子平 1998 基地保水性能實驗解析 國立成功大學建築研究所碩士論文。
- 12.林彤 2005 住宅社區於綠建築「綠化量」與「基地保水」指標應用之研究 逢甲大學建築研究所碩士論文。
- 13.陳永川 2004 綠建築中「生態指標群」於南投縣 921 重建與非重建國民小學之研究 逢甲大學建築及都市計畫碩士班碩士論文。
- 14.黃振東 2009 中小學校綠建築之日常節能、基地保水、綠化量及水資源成本效能分析 逢甲大學建築研究所碩士論文。
- 15.楊宜錚 2009 彰化縣國小綠建築生態指標群之評估研究 逢甲大學建築研究所碩士論文。
- 16.廖聰 2007 綠建築中「綠化量」與「基地保水」指標應用於高層建築之研究—以台中市為例 逢甲大學建築研究所碩士論文。
- 17.羅仁豪 2004 台中市綠地、廣場、停車場用地之綠化與保水效益研究 逢甲大學建築學系碩士班碩士論文。

英文文獻

1. Anna, R. J. 2000 Sustainable Architecture in Japan, Wiley-Academy, Great Britain.
2. Hamzah, T. R. & Yeang, I. R. 2001 Ecology of The Sky, The Graphic Image studio, Australia.