

2015 中華民國營建工程學會第十三屆營建產業 永續發展研討會

LEED 認證中「材料與資源」指標 於營建階段應用之研究

*蔡佳航(Chia-Hang Tsai)

中國科技大學
建築研究所碩士生

蔡得時(Der-Shys Tsay)

中國科技大學
建築研究所副教授

摘要

本研究藉由瞭解美國LEED綠建築評估系統制度內容，分析LEED導入建築專案時程及營建成本之關係；而美國LEED綠建築評估系統中「材料與資源」指標項目共有八個項目，其中經研究分析後，於營建階段之應用可在營建廢棄物管理計畫、使用回收再生成分建材、使用本地建材此三項評估項目中，利用工程初期、施工期間、完工後三階段，經由相關計畫書、統計表、照片記錄、單據、計算表、調查表、證明文件等資料，確切落實營建整體階段中「材料與資源」永續之綠建築理念。

關鍵詞：LEED、材料與資源、營建階段

Application of LEED certification's “Materials & Resources” rating system in construction stage

Abstract

The study searches for the system of LEED to analyze the relationship between architecture construction project durations and construction cost after implementing LEED.

There are eight items of “Materials & Resources” in LEED, and among them, the three items: “Construction Waste Management”, “Recycled Content” and “Regional Materials” could be used in the construction stage to fulfill the opinion of sustainable development and green building .

Keywords : LEED, Materials & Resources, construction stage

一、前言

近代人類因過度開發而大量消耗自然資源，而對於環境自然生態的保護及永續發展議題，許多國家已訂定發展屬於自己的一套綠建築指標評估系統，這就是永續建築的概念；目前國際上以美國LEED「能源與環境先導設計」廣為全世界其他先進國家所採用，而近期亞洲國家包括台灣的大型公共建設及廠辦建築等也以獲得LEED綠建築標章為重要指標。

1.1 研究動機

現今在我們日常生活中，民生垃圾分類已是很普遍且執行越來越徹底的事情，但反觀建築物在興建過程中生產出可觀的工程廢棄物，此部分產出廢棄物控制對策在美國LEED「材料與資源」指標和台灣綠建築評估系統「廢棄物減量」指標中均有所評估，故針對LEED「材料與資源」指標對建築物營建階段之應用，為本研究之動機。

1.2 研究目的

經由上述的研究動機，本文的主要目的綜合歸納可分為以下幾點：

1. 瞭解美國LEED綠建築評估系統及其導入於建築專案中時程分析。
2. 瞭解美國LEED綠建築評估系統中「材料與資源」指標之項目。
3. 探討LEED認證中「材料與資源」指標於營建階段之應用。

1.3 研究範圍

本研究針對LEED「材料與資源」指標中三個項目於營建階段之應用：

1. 營建廢棄物管理計畫(MRC2)。
2. 使用回收再生成分建材(MRC4)。
3. 使用本地建材(MRC5)。

二、文獻回顧

2.1 美國LEED綠建築評估系統

美國LEED綠建築評估系統制度乃為「Leadership in Energy and Environmental Design」的縮寫，目前主要由美國綠建築協會受理案件進行綠建築認證審查。首先，不同於國內綠建築審查主要是由官方強制執行，並由產官學界所組成之綠建築評審委員會進行審查；LEED審查機制完全是由民間發起，美國綠建築協會亦是由民間所組成，其所涵蓋的會員包含建築師、建築開發商、營造廠及建材商等建築產業中不同的單位。其次，對於綠建築申請案件，完全採取自願申請的方式，沒有任何強制及獎勵制度。但是自從實施後至今，因為實行效果良好，目前美國已有部份城市的政府單位強制公有建築必須通過LEED認證[1,2,3]。

LEED評估內容共分為六大項指標群，如圖1所示，分別為永續性基地開發(SS)、用水效率(WE)、能源與大氣(EA)、材料與資源(MR)、室內環境品質(IEQ)、創新與設計過程(ID)。其查核表總共包含71個綠色性能指標選項，

其中7個指標是必要選項，其餘64個指標則可自行選擇；按照其通過之選項計算得分後，可評定分為四個等級，如圖2所示，依得分高至低依序為白金級、黃金級、銀級、合格級認證[2,3,4,5,6]。



圖1 LEED評估項目示意圖[3]



圖2 LEED認證等級示意圖[3]

2.2 美國LEED綠建築評估及認證流程

LEED並不對設計初期的建築圖面進行評估，而僅評估興建完成之建築物，但是業主或設計團隊倘若缺乏一開始的監督和完善的計畫，很有可能到興建完成進行認證時，才發現許多資料有所缺漏，或是許多設計手法並不符合LEED的要求，後續修改進而造成營建成本的增加。因此，設計團隊中除最好要有通過LEED考試的專業認證人員之外，業主最好在建築規劃設計初期，即向美國綠建築協會進行註冊掛號，建議的執行流程如圖3所示；如此美國綠建築協會可隨時了解案件的進度，並且給予修正的建議[1,3,4]。

在正式掛號註冊完成後，案件在設計及建造階段中，必須逐一備齊各項書圖文件資料，以便在建造完成之後，向美國綠建築協會申請綠建築認證審查。由於美國綠建築協會在審查時，僅針對書面資料進行審查，並不會親赴現場查核，因此在書圖文件的準備上，盡量愈詳細愈好；其次，在各項指標的設計說明及計算公式上，也要詳細列出各項設計手法[1,3,4,5]。

在建築物完工之後，則可正式開始進行綠建築的認證，業主將所需的書圖文件資料備齊後，提交美國綠建築協會進行審查，實際各項指標的計算及設計，由美國綠建築協會交予各專業認證公司進行認證。首先，認證公司於審查完畢之後，會將審查結果告知業主，順便要求補齊不足的文件資料；而業主與設計團隊進行補件工作，待補齊相關文件之後，由認證公司再行審查後，將結果告知業主。業主若接受結果，則認證的流程到此結束，進行認證頒發的工作；業主或設計團隊若不接受，則可準備文件，並請求再審[1,3,4,5]。



圖3 LEED執行流程圖[3]

2.3 美國LEED綠建築評估系統中「材料與資源」指標之項目

材料與資源指標群中共有13個選擇性指標，另有1個必要性指標，茲將各項指標規範分述如下[1,2,5]。

2.3.1 必要性指標(Prerequisite 1): 垃圾分類集中回收(Storage & Collection of Recyclables)

為了減少建築物使用者所製造的廢棄垃圾，LEED鼓勵進行資源回收，但是必須設置固定的回收集中場和暫時儲藏的空間[1]。

2.3.2 選擇性指標(Credit 1.1~1.3)：舊建築再利用(Building Reuse)

本指標主要目的在於延長建築物的生命週期，降低拆除廢棄物的製造量，以及新建工程建材的浪費，因此鼓勵舊建築再利用[1]。

2.3.3 選擇性指標(Credit 2.1~2.2)：營建廢棄物管理(Construction Waste Management)

為了減少建築物在施工中或是拆除中所產生的營建廢棄物，降低垃圾掩埋場的負荷量，LEED鼓勵提出營建廢棄物的轉用或回收再利用計畫，以明確說明基地內各項營建廢棄物的轉用計畫及比例。但是目前台灣多將廢棄土方計算在營建廢棄物內，但是LEED是不計算廢棄土方的。此外如果廢棄物本身含有危險性或屬於有毒廢棄物，則也不能計算在內。而在台灣因為金屬建材的高回收率，因此在計算廢棄物時，往往不計算金屬的部份；但是在美國，金屬建材的轉用百分比也是要計算在內的，這樣的情形在資源利用及回收建材部份都是一樣的[1]。

2.3.4 選擇性指標(Credit 3.1~3.2)：資源再利用(Resource Reuse)

此處所指的資源再利用，是指基地上原有的資源(原有基地上的建材或傢俱)，在拆除舊有建物重新開發後，再度加以使用[1]。

2.3.5 選擇性指標(Credit 4.1~4.2)：使用回收建材(Recycled Content)

回收建材所指的是從基地以外運來的回收建材，基地本身的回收建材則歸於資源再利用或是營建廢棄物轉用的部份。而一般建材報價常會以連工帶料的方式進行報價，在此處計算建材使用比例所用的價錢，是扣除工錢，純粹以建材的料錢進行百分比的計算。而此處機電設備是不列入回收建材的計算範圍的，但是管線材料則可以列入回收建材的比例加以計算[1]。

此外，LEED將飛灰視為回收建材的一種，在台灣雖然水泥添加飛灰的情形很普遍，但是目前台灣的評估制度並沒有將之計算在再生建材之中[1]。

2.3.6 選擇性指標(Credit 5.1~5.2)：使用當地建材(Regional Materials)

為了能夠刺激地方性的商機和經濟，並減少運輸過程中排放二氧化碳所造成的環境衝擊，本指標鼓勵盡量採用基地周圍的地方性建材。此處所指的當地建材，其範圍是以基地為中心方圓500英哩以內的區域均視為當地[1]。

2.3.7 選擇性指標(Credit 6):無天然匱乏之虞的自然建材(Rapidly Renewable Materials)

此處所指的無天然匱乏之虞建材是指在十年內即可進行長大成材的建材，例如使用竹製地板[1]。

2.3.8 選擇性指標(Credit 7):永續經營的木材(Certified Wood)

所謂永續經營的木材，是指有經過森林經營的林管木，每砍一棵樹，經營者就會再種一棵樹，以達到森林生生不息、永續發展的目的[1]。

三、LEED認證中「材料與資源」指標於營建階段之應用

針對LEED認證中「材料與資源」指標導入建築專案中，於整體營建時程中分為工程初期(採購前)、工程期間(承包商執行)、工程完工共三階段；經本研究分析後，歸納出三項選擇性指標為重要評估項目，如表1所示，分別為營建廢棄物管理計畫(MRC2)、使用回收再生成分建材(MRC4)、使用本地建材(MRC5)，故將此三項指標於營建階段實際之應用分述如下：

表1 LEED認證中MRC2、4、5於營建階段之配合內容一覽表

營建階段	評估指標項目	實際配合工作內容
工程初期 (採購前)	(MRC2)	施工廢棄物回收計畫(初版) 施工期間工程廢物暫存區平面圖(初版)
	(MRC4、5)	提供總工程建築材料標單(包含結構及裝修部分)
工程期間 (承包商執行)	(MRC2)	填寫施工廢棄物每月統計表
		施工廢棄物回收之現場照片
		載明日期與重量的廢棄物運輸單據(磅單、收據)
	(MRC4、5)	本地及回收材料計算總表(由承包商填寫)
廠商建材成份資料調查表或型錄(由材料廠商提供) 廠商證明文件(由材料廠商提供)		
工程完工後	(MRC2)	施工廢棄物回收計畫(最終版)

3.1 營建廢棄物管理計畫(MRC2)

3.1.1 目的：

降低施工和拆除所產生的營建廢棄物被送到掩埋場和焚化爐的比例，讓回收的資源能夠重新回到生產製造鏈，並將可再利用的材料運送至其他有需要的工地。

3.1.2 需求：

營建階段回收或再利用至少75%以上之營建工程廢棄物，導入施工廢棄物管理計畫，並確認回收廢棄物與掩埋廢棄物種類；挖方廢土與因清理現

場所產生之廢棄物不列入計算。

3.1.3 配合事項與規範：

施工單位應提出「營建廢棄物管理計畫」，並於施工期間確實執行，完工後所有產生出營建廢棄物總計需達成75%以上之可回收率。其內容應包含但不侷限於下列事項：

1. 建立營建廢棄物回收目標。
2. 明確列出可回收項目(建議回收項目：紙類、金屬、磚塊、天花板、混凝土、塑膠、木料、玻璃、石膏牆板、地毯和隔熱材..等)。
3. 工地必須規劃一處營建廢棄物暫存區以進行廢棄物分類回收，並明確標示各個廢棄物分類回收區名稱。
4. 追蹤與記錄整個施工過程中回收作業的進行狀況。
5. 確認營建廢棄物清運及回收業者合法並適當處理之。詳細說明用於各種廢棄物處理方法；另回收業者須提供廢棄物分類處理逐月統計表(如表2所示)及照片紀錄(如圖4所示)、合格回收廢棄物處理業登記證、廢棄物回收不得有填海之用途證明、承諾提供本案單獨的回收統計量證明..等相關文件。
6. 捐贈給環保機構的回收材料與現場再利用材料可併入回收量計算。
7. 產生廢棄物數量，通過出售、廢物利用、回收的轉移廢棄物數量(可回收)，以及堆填區或焚燒處置的廢棄物數量(不可回收)的文件記錄。
8. 對建築和拆除廢棄物的處置進行總結，量化工地產生的所有廢料。
9. 每月填寫營建廢棄物回收統計表，如圖5所示。
10. 工程期間，以照片記錄營建廢棄物回收過程，並保留載明日期與重量的廢棄物運輸單據(例如：磅單、發票)。

表2 營建廢棄物統計範例表

分類 回收月份	當月可回收數量(噸)						當月不可回收數量(噸)			廢棄物 總量(噸) (A+B)	回收率(%)	
	(1) 廢木材	(2) 廢磚	(3) 塑膠	(4) 紙類	(5) 混凝土	(1~5) 合計 (A)	(1) 廢塑膠 混合物	(2) 一般混合 廢棄物	(1~2) 合計 (B)		當月回收率 A / (A+B)	累計回收率 ΣA/Σ(A+B)
2008/08	50.0	1.1	0.0	0.0	0.0	51.1	0.0	0.0	0.0	51.1	100.0%	100.0%
2008/09	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0%	100.0%
2008/10	900.0	1.2	100.0	0.8	1500.0	2502.0	80.0	0.0	80.0	2582.0	96.9%	97.1%
Total	1050.0	2.3	100.0	0.8	1500.0	2653.1	80.0	0.0	80.0	2733.1	-	97.1%
各分項權重	38.4%	0.1%	3.7%	0.0%	54.9%	97.1%	2.9%	0.0%	2.9%	100.0%	-	97.1%



圖4 營建廢棄物回收過程記錄範例照片

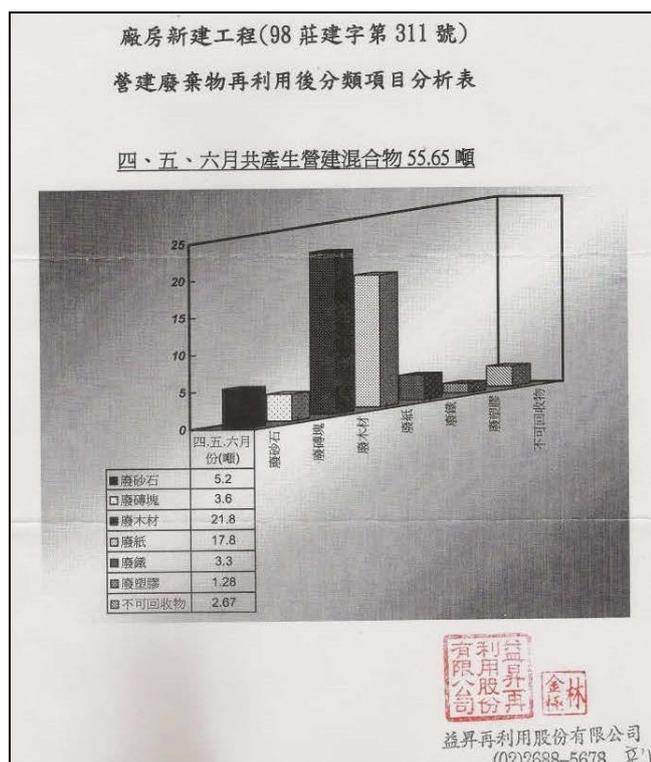


圖5 營建廢棄物再利用後分類項目分析圖表

3.2 使用回收再生成分建材(MRC4)

3.2.1 目的：

藉由增加對回收成分建材之需求，藉此以減輕原物料之開採、製造和運輸對環境所產生的負面影響。

3.2.2 需求：

營建階段建材須盡量使用含回收成份材料，且其回收成份價值至少需佔建築物使用建材總價格之10%以上，複合材料中之回收成份應按照回收成份重量比例來計算，並乘上材料總價以求得回收成份的價格；空調機電、水電管線、與其他特定設備(例如電梯等)，不列入指標評估應用項目，唯有永久安裝於建案中的材料方能納入。

3.2.3 釋義：

1. 材料成本：材料成本是指承包商與業主合約的純材料成本，不包括人力費用或和器材安裝相關的器材費用。
2. 消費前回收物材料：其定義為製造過程中所產生之廢物經回收後再利用，且該材料不得經過重新加工或處理後，再回到原來之生產線(例如：家具生產過程所產生的木屑，被回收製成木板)。
3. 消費後回收材料：其定義為經住家、商業、工業或機構等設施使用後之廢料，該廢料必須位於使用者末端，且已無法作為原始功能使用(例如：玻璃瓶飲料經過消費者使用完畢後被丟棄，廠商把玻璃瓶打碎回收重複利用，製成其他的材料或成品)。

3.2.4 配合事項與規範：與MRC5項目一併說明。

3.3 使用本地建材(MRC5)

3.3.1 目的：

增加對當地開採與製造加工之需求，藉以鼓勵當地資源的運用，並減少材料運送對環境所造成的負面影響。

3.3.2 需求：

營建階段使用10%以上在距離建案基地500英哩(804公里)範圍內開採、收穫、取得以及加工製造的建材或材料。若建材中僅有局部成份是當地開採、收穫、取得或加工製造，則依其所佔重量百分比計算當地材料量；空調機電、水電管線、與其他特定設備(例如電梯等)，不列入指標評估應用項目，唯有永久安裝於建案中的材料方能納入。

3.3.3 釋義：

1. 本地生產建材：以基地為中心半徑500英哩(804公里，如圖6所示)內生產或組裝的材料，不包括在基地內組裝、建築物本身或系統家具。
2. 本地開採材料：在基地為中心半徑500英哩(804公里)內所開採原料。
3. 符合本分數之本地建材：原料生產與開採地皆 ≤ 804 公里(例如：從海外進口的原料則為非本地建材)。
4. 廠商建材成份資料調查表：此文件目的為供承包商向各建材廠商進行建材成份資料調查使用。本表格由建材廠商填寫後，連同建材型錄或廠商出具證明信件一併提供給承包商為本專案進行統計使用。

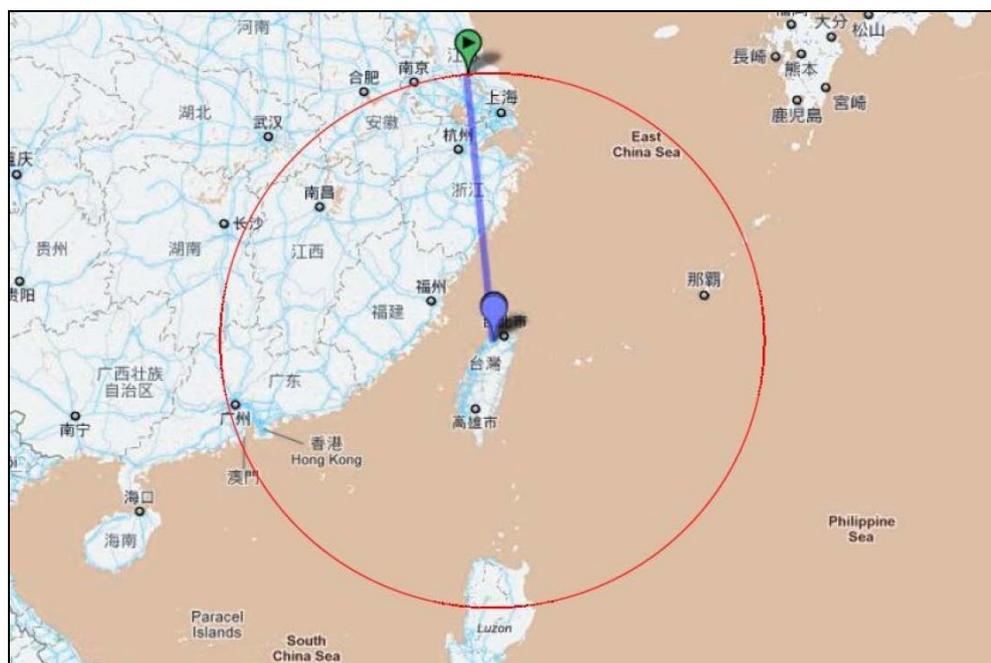


圖6 在地建材範圍示意圖

3.3.4 配合事項與規範

承包商應作出一切努力，以最大限度的使用回收再生材料與本地開採、收穫、取得與加工製造的建材或材料。承包商須協助或請材料廠商提供各項主要建材(例如：鋼筋、水泥、鋼構、內裝建材等)之建材成分比例、回收成分比例、原料開採地、原料生產地、材料成本單價、數量。並配合提供下列資料：

四、結論

1. 美國LEED綠建築評估系統制度內容共分為六大項指標群，並按照其通過之選項計算得分後，可評定分為四個等級；LEED導入建築專案之時程於規劃設計初期階段最佳，相反之若LEED導入時程越延遲，則導致進入施工階段之影響越大外，營建整體成本花費亦相對變多。
2. 美國LEED綠建築評估系統中「材料與資源(MR)」指標項目為回收資源儲存與收集、既有建築再利用、營建廢棄物管理、資源再利用、使用回收再生材料、使用當地材料、使用快速可再生材料、使用永續經營之木料共有八項。
3. LEED認證中「材料與資源」指標於營建階段應用，於營建廢棄物管理計畫、使用回收再生成分建材、使用本地建材此三項為重要評估項目；經分析後於工程初期、施工期間、完工後三階段，經由相關計畫書、統計表、照片記錄、單據、計算表、調查表、證明文件等資料，確切落實營建整體階段中「材料與資源」永續之綠建築理念。

五、參考文獻

1. 劉心蘭，「台灣 EEWB 與美國 LEED 綠建築分級評估系統比較研究」，內政部建築研究所委託研究報告，2005。
2. 賴淑華，「EEWB 與 LEED 指標相關性之研究-以集合住宅案例為例」，碩士論文，私立朝陽科技大學建築及都市設計研究所，2011。
3. 川昱永續環控有限公司，「美國 LEED 綠建築評估系統簡介」，2013。
4. 張文奎 張鈺炯 鄭名山，「綠色建築認證與節能建築案例介紹」，工業技術研究院第 103 期刊，2011。
5. 陳俊佑，「綠建築規範應用於既有建築物改善及申請補助之探討」，碩士論文，國立中央大學企業管理研究所，2010。
6. 劉庭芬 陳清楠，「國內外綠建築評估系統比較」，財團法人中興工程顧問社第 113 期刊，2011。