

105 年度創新低碳綠建築環境科技計畫協同研究計畫(一)第 1 案 EEWI 綠建築標
章減廢面向指標評估提升之研究

內政部建築研究所 105 年度 資料蒐集分析報告

EEWH 綠建築標章減廢面向指標評估提升 之研究

資料蒐集分析報告

內政部建築研究所協同研究報告

中 華 民 國 105 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

EEWH 綠建築標章減廢面向指標評估提升 之研究

研究主持人：陳所長瑞鈴

協同主持人：黃博士榮堯

研究員：劉資祺、林霧霆、羅時麒、王家瑩

研究助理：林昱汶、潘榕宣

研究期程：中華民國 105 年 2 月至 105 年 12 月

內政部建築研究所協同研究報告

中 華 民 國 105 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	vii
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目的	2
第三節 研究方法與流程	2
第四節 研究成果	6
第二章 文獻回顧.....	7
第一節 現有減廢面向指標申請案件彙整分析.....	7
第二節 國內外綠建築設計及指標評估相關研究.....	10
第三節 國內外綠建築相關評估指標系統.....	14
第四節 建築減廢設計原則與手法之彙整.....	24
第三章 各國減廢面向指標彙整分析與建議新增評估項目	33
第一節 各國減廢面向指標彙整分析	33
第二節 各國減廢面向指標比較彙整	36
第三節 建議新增評估項目	39
第四章 減廢面向指標之調整	41
第一節 調整原則與流程	41
第二節 二氧化碳減量指標之調整	42
第三節 廢棄物減量指標之調整	46
第四節 專家意見	49
第五章 減廢面向指標之案例驗證與分析	57
第一節 二氧化碳減量指標案例驗證與分析.....	57
第二節 廢棄物減量指標案例驗證與分析.....	62
第六章 綠建築評估手冊修正建議	65
第一節 二氧化碳指標手冊內容修正建議.....	65
第二節 廢棄物減量指標手冊內容修正建議.....	68
第七章 結論與建議.....	73

第一節 結論	73
第二節 建議	74
附錄一、二氧化碳減量指標修正全文	75
附錄二、廢棄物減量指標修正全文	89
附錄三、期中報告審查委員意見回應表	96
附錄四、期末報告委員審查意見回應表	100
參考書目	104

表 次

表 2-1 二氧化碳減量指標使用率檢討.....	8
表 2-2 廢棄物減量指標使用率檢討.....	9
表 2-3 國內外減廢設計原則與手法相關文獻.....	10
表 2-4 EEWB 綠建築家族評估系統與適用對象	14
表 2-5 CO ₂ 減量指標與廢棄物減量指標簡易查核表	15
表 2-6 英國 BREEAM 2011 New Construction 評估議題.....	16
表 2-7 美國 LEED 指標評估項目.....	17
表 2-8 加拿大 SBTool 指標系統架構.....	18
表 2-9 日本 CASBEE Q 評估項目	20
表 2-10 日本 CASBEE LR 評估項目	21
表 2-11 綠色建築各類評價指標的權重.....	22
表 2-12 Green Mark 指標項目與評分	23
表 2-13 國內外減廢設計相關研究歸納.....	25
表 2-14 國內外建築減廢相關評估指標歸納.....	27
表 2-15 建築減廢設計相關建築理論歸納.....	29
表 2-16 建築減廢設計原則與手法之初擬.....	30
表 3-1 各國指標與 EEWB 減廢面向指標比較彙整.....	36
表 3-2 二氧化碳減量指標可新增項目.....	39
表 3-3 廢棄物減量指標可新增項目.....	40
表 4-1 二氧化碳減量指標評估表(2015 年版)	42
表 4-2 建築主體結構材料碳排放量計算表.....	43
表 4-3 材料運輸優待倍數 k 計算.....	44
表 4-4 非金屬建材使用率表	45
表 4-5 廢棄物減量指標評估表(2015 年版)	46
表 4-6 餘土處置優待係數表	47
表 4-7 第一次專家座談會議議程表.....	49
表 4-8 第一次專家建議及回覆	50
表 4-9 第二次專家座談會議議程表.....	52
表 4-10 第二次專家建議及回覆.....	53
表 5-1 主體結構材料碳排放量案例計算成果(科技廠類).....	57

表 5-2 主體結構材料碳排放量案例計算成果(學校類).....	58
表 5-3 主體結構材料碳排放量案例計算成果(運動中心類).....	59
表 5-4 主體結構材料碳排放量案例計算成果(辦公類).....	59
表 5-5 主體結構材料碳排放量案例計算成果(住宅類).....	59
表 5-6 主體結構材料碳排放量案例計算成果(其他類).....	60
表 5-7 主體結構材料碳排放量案例總計算成果.....	60
表 5-8 非金屬建材使用率案例計算成果.....	61
表 5-9 工程不平衡土方比例 PI_e 值計算.....	62
表 6-1 二氧化碳減量指標手冊內容修正建議對照表.....	65
表 6-2 二氧化碳減量指標手冊內容新增建議對照表.....	67
表 6-3 廢棄物減量指標手冊內容修正建議對照表.....	68
表 6-4 廢棄物減量指標手冊內容新增建議對照表.....	70

圖 次

圖 1-1 研究流程圖	4
圖 2-1 近年通過綠建築認證之案件數.....	8
圖 2-2 近年通過減廢面向指標之案件數.....	8
圖 4-1 第一次專家會議	50
圖 4-2 第二次專家會議	52

摘要

關鍵詞：綠建築標章、二氧化碳減量、廢棄物減量

一、 研究緣起

國內綠建築標章制度自 1999 推動至今已超過 15 個年頭，申請候選證書與取得標章案件數逐年增加。而在綠建築九大指標中減廢面向有廢棄物減量以及二氧化碳減量指標，其中廢棄物減量指標主要是針對工程平衡土方、施工廢棄物、拆除固體廢棄物及施工空氣污染等四大營建污染源進行評估，雖申請該指標的案件數逐步有成長，但截至目前為止，指標得分通常不高；而二氧化碳減量指標主要是以減少建材資源使用來達到減碳的效果，評估項目包括結構合理化、建築輕量化、耐久化及再生建材使用，同廢棄物減量指標，申請該指標的案件數近年逐步有成長，但得分通常也都不高。如此，目前綠建築標章中兩個減廢面向指標並無法達成導引建築開發案重視建築廢棄物減量與減少碳排的目的，也無法辨識不同開發案廢棄物減量與減碳作為的優劣，降低了指標的評估效能。

再者，目前減廢面向指標評估項目內容與計分方式也有改善提升的空間以及目前指標內再生材料產品的使用加分並未與再生綠建材標章結合，錯失使指標更多樣化及更完整的機會。

二、 研究方法及過程

其中研究方法請詳細說明 1.採用之方法，2.採用本法之原因，3.預計可能遭遇之困難及解決途徑，4.重要儀器之配合使用情形，5.研究步驟。

(一) 研究採用之方法

1. 案例分析：蒐集自 1999 年至今申請綠建築標章中減廢面向指標的案件，

快速檢視通過案例之得分項目、得分高低分佈等，辨識後續評估項目新增、修正或變數微調。

2. 文獻回顧：藉由文獻回顧國內外綠建築指標系統，有助瞭解現今各系統評估向之重點與計算原則，而回顧之內容不僅可確認我國綠建築指標評估項目之強弱項，更可進一步探討計算準則之合適性與門檻值。
3. 專家座談：邀請產、官、學界之綠建築專家與公會團體等，除蒐集實務界看法意見外，將逐步針對指標項目之修正提供合適意見及執行建議等。

(二) 研究採用方法之原因

1. 案例分析：案例分析可直接檢討現階段申請與通過指標之案件，得快速辨識案件申請之項目、得分重點等。
2. 文獻回顧：回顧相關研究與國外著名綠建築評估系統，將是最直接且最快速檢視評估項目優劣方法之一，有助於後續評估項目之修正與調整。
3. 專家座談：透過專家會議可瞭解實務導入之困難與原則，並提供修正項目之建議，可使指標項目更臻完備。

(三) 預計可能遭遇之困難及解決途徑

1. 案例取得與分析不易

本研究規劃分析通過指標門檻之案例蒐集，將商請財團法人台灣建築中心協助。

(四) 重要儀器之配合使用情形

無

(五) 研究步驟

本年度研究方法主要以蒐集文獻、專家訪談，並回顧通過綠建築指標合格案例之特性，進行既有指標之調整，並將調整之內容納入手冊中。

三、重要發現

- (一) 近五年公開資料中，申請二氧化碳減量指標方面共 77 件，結構合理化 F 申請比率達 35%；輕量化係數 W 的申請集中在主結構體；非金屬再生建材使用率偏低，集中於高爐水泥的使用(36.7%)；在耐久化中，耐震設計低於 20%，維修性則以明管設計為主(60.8%)
- (二) 近五年公開資料中，申請廢棄物減量指標方面共 55 件，空氣汙染及土方平衡項目是申請重點；而拆除廢棄物則以高爐水泥及面磚較高申請率，但仍不到 50%；施工廢棄物項目申請率則是最低。
- (三) 其中 LEED 較注重材料的減量以及再生材料的使用量；BREEAM 及 Green Mark 則與 LEED 亦同；CASBEE 則注重再生材料的使用量、建築外觀設計、耐震要求以及施工現場防污措施；ASGB 以建築外觀設計、耐震需求及明管設計為主；SBTool 則注重再生材料的使用率以及材料的輕量化，相似的項目也比 LEED 較來得多。
- (四) 二氧化碳減量指標之新公式建立：「E-符合規範之建築主體結構材料碳排放量係數」有助於建築物之用途辨別。
- (五) 「非金屬建材使用率 R」計算表格修正可避免以往只申請 CSR 及 CSER 之兩項目就可滿足門檻值之缺點。

四、主要建議事項

建議一

提供《2015 年版之綠建築評估手冊-基本型》修訂內容參考：立即可行建議

主辦機關：營建署

協辦機關：內政部建築研究所

1. 建議針對新建立的「符合規範之建築主體結構碳排放減量」及「單位總樓

地板面積餘土產生量」，能進一步蒐集更多案例加以計算分析，包括構造方式、用途別、區域等影響因子探討。

2. 建議針對綠建築標章其他家族之減廢面向指標，亦參照本研究成果進行調整研究。
3. 建議將本研究成果納入下一版綠建築標章評估手冊調整。

建議二

建立建築工程碳足跡及落實永續資源利用：中長期建議

1. 除建築主體結構材料外，逐步擴大建築工程碳排計算之範疇，建立建築工程碳足跡。
2. 導入建築工程施工與拆除階段，營建資源回收再利用之計算與評估，進一步落實資源永續利用。
3. 在累積足夠標章案例後，檢討因應減廢面向指標門檻值調整，綠建築標章等級級距是否有必要加以調整。

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

國內綠建築標章制度自 1999 推動至今已超過 15 個年頭，申請候選證書與取得標章案件數逐年增加，尤其近年來不管是中央或地方環評、都審及都更案件，皆要求取得綠建築標章，甚或給予容積獎勵，使得綠建築標章案件更急速成長。而在綠建築九大指標中減廢面向有廢棄物減量以及二氧化碳減量指標，其中廢棄物減量指標主要是針對工程平衡土方、施工廢棄物、拆除固體廢棄物及施工空氣污染等四大營建污染源進行評估，該指標從早期因工程平衡土方項目分數權重過高，都會區建築只要有地下室開挖，就不易通過指標門檻而乏人問津。到後來雖因工程平衡土方項目最差得分設定為 1.5 分，加上許多建築開發案因需取得銀級以上綠建築標章，申請該指標的案件數逐步有成長，但截至目前為止，取得該指標的絕大多數案件主要都是以混凝土高爐水泥使用及施工工地環保法規要求的項目來得分，得分通常不高；而二氧化碳減量指標主要是以減少建材資源使用來達到減碳的效果，評估項目包括結構合理化、建築輕量化、耐久化及再生建材使用，但如同廢棄物減量指標，申請該指標的案件數近年逐步有成長，然目前取得該指標的大多數案件主要都是以混凝土高爐水泥使用及目前建築普遍採用的輕隔間與明管設計項目來得分，得分通常也都不高。如此，目前綠建築標章中兩個減廢面向指標並無法達成導引建築開發案重視建築廢棄物減量與減少碳排的目的，也無法辨識不同開發案廢棄物減量與減碳作為的優劣，降低了指標的評估效能。

再者，目前減廢面向指標評估項目內容與計分方式也有改善提升的空間。例如工地餘土外運對於環境影響甚鉅，包括空氣污染、噪音、運輸耗油排碳，甚至影響交通安全。但目前土方之評估主要側重現地平衡減少外運，對於無法達成平衡，外運時就近選擇收容場所以減少運距，降低環境衝擊等，無法加以評估計分。又對於建築廢棄物之回收再利用非常關鍵的拆除作業方式、施工工法、工地現場

分類回收配置規劃等，目前指標皆未評估。還有，目前指標內再生材料產品的使用加分並未與再生綠建材標章結合，錯失使指標更多樣化及更完整的機會。

第二節 研究目的

本研究目的即研究修改目前綠建築標章中減廢面向指標的評估項目及內容，導入更完整的建築廢棄物減量再利用與建築減碳觀念手法，以提升其評估效能，俾利導引建築開發更符合國際間資源永續利用與節能減碳的潮流趨勢。

1. 研析自 1999 年至今申請綠建築標章中減廢面向指標的案件，了解其基本特性、得分項目、得分高低分佈等，並舉辦與業界座談，蒐集實務界看法意見，做為後續指標修正之參考依據。
2. 蒐集國內外建築廢棄物減量再利用與建築減碳之最新觀念作法，並召開產官學座談會，確立納含於指標修正的項目與評估方式。
3. 研擬修改廢棄物減量指標與二氧化碳減量指標的評估項目及內容，經專家會確認後更新，並草擬綠建築評估手冊廢棄物減量指標與二氧化碳減量指標之內容，納入後續新版手冊。

第三節 研究方法與流程

其中研究方法請詳細說明 1. 採用之方法，2. 採用本法之原因，3. 預計可能遭遇之困難及解決途徑，4. 重要儀器之配合使用情形，5. 研究步驟。

一、研究採用之方法

1. 案例分析：蒐集自 1999 年至今申請綠建築標章中減廢面向指標的案件，快速檢視通過案例之得分項目、得分高低分佈等，辨識後續評估項目新增、修正或變數微調。
2. 文獻回顧：藉由文獻回顧國內外綠建築指標系統，有助瞭解現今各系統

評估向之重點與計算原則，而回顧之內容不僅可確認我國綠建築指標評估項目之強弱項，更可進一步探討計算準則之合適性與門檻值。

3. 專家座談：邀請產、官、學界之綠建築專家與公會團體等，除蒐集實務界看法意見外，將逐步針對指標項目之修正提供合適意見及執行建議等。

二、研究採用方法之原因

1. 案例分析：案例分析可直接檢討現階段申請與通過指標之案件，得快速辨識案件申請之項目、得分重點等。
2. 文獻回顧：回顧相關研究與國外著名綠建築評估系統，將是最直接且最快速檢視評估項目優劣方法之一，有助於後續評估項目之修正與調整。
3. 專家座談：透過專家會議可瞭解實務導入之困難與原則，並提供修正項目之建議，可使指標項目更臻完備。

三、預計可能遭遇之困難及解決途徑

1. 案例取得與分析不易

本研究規劃分析通過指標門檻之案例蒐集，將商請財團法人台灣建築中心協助。

四、重要儀器之配合使用情形

無

五、研究步驟

本年度研究方法主要以蒐集文獻、專家訪談，並回顧通過綠建築指標合格案例之特性，進行既有指標之調整，並將調整之內容納入手冊中。本年度規劃之研究步驟與流程，如圖 1-1 所示。

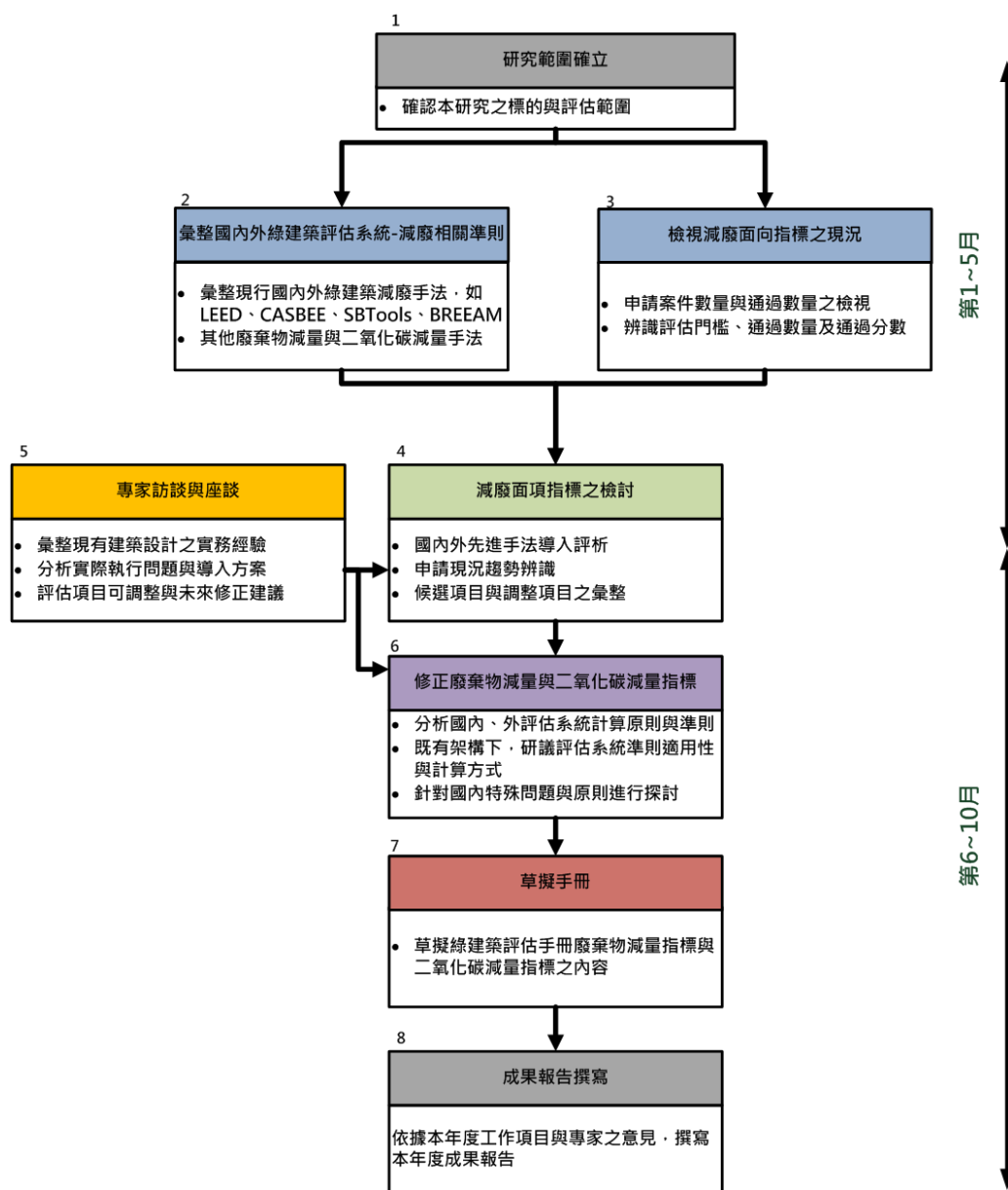


圖 1-1 研究流程圖(資料來源：本研究整理)

1. 研究範圍確立

本研究將針對我國綠建築評估系統中減廢面向之指標(廢棄物減量、二氧化碳減量)進行分析，在既有指標之架構下，探討納入更完整的建築廢棄物減量再利用與建築減碳觀念手法之可能。

2. 彙整國內外綠建築評估系統之減廢準則

為了瞭解國外目前廢棄物減量或二氧化碳減量之方法，本研究將針對國內外綠建築評估系統、溫室氣體管理規範、先進國家減廢與碳排放評估等進行回顧，輔助本研究研析與釐清國內外建築工程作為、工法、材料等評估項目之計算方法，

以利後續納入修正之參考。

3. 檢視申請減廢面向指標之案例現況

本研究將檢視既有案例之內容，快速辨識及彙整通過案件之「申請項目」、「得分高低」、「未申請項目」等內容，簡易分析現階段申請案例之內容，以輔助後續指標項目調整之作業。

4. 減廢面向指標之檢討

將會蒐集國內、外綠建築工程評估廢棄物減量與二氧化碳減量之手法與規定，並搭配實際案例申請現況，初步彙整減廢面向指標中可修正或新增之內容。

5. 專家訪談與座談

邀集相關產、官、學界等相關專家召開 1~2 場座談會議，汲取現有綠建築導入實務經驗與執行困難，以符合實務課題及國際趨勢為前提，並逐步研析與檢討減廢面向指標修正之可能，並將訪談內容與建議納入後續項目修正之參考，以求落實系統實用性，並反應實務操作需求。

6. 修正廢棄物減量與二氧化碳減量指標

依據初步專家訪談與文獻回顧之成果，建立候選評估項目與可調整內容，透過多次專家座談之方式，逐一審查候選項目。在既有架構不變之前提下，分析國內、外指標評估系統之計算原則與準則，研議廢棄物減量與二氧化碳減量指標修正之可能。

7. 草擬手冊

研擬修改廢棄物減量指標與二氧化碳減量指標的評估項目及內容，經專家會確認後更新，並草擬綠建築評估手冊廢棄物減量指標與二氧化碳減量指標之內容，納入後續新版手冊。

8. 成果報告撰寫

依審查意見修正研究結果並撰寫成果報告。

第四節 研究成果

本研究研擬修改廢棄物減量指標與二氧化碳減量指標的評估項目及內容，並草擬綠建築評估手冊之修改，建議納入後續新版手冊，如此可提升綠建築標章減廢面向指標評估效能，將建築減廢的觀念做法更落實推廣於國內建築工程中。

此外，本研究研擬指標修改將國外於建築減廢之觀念作法導入，使國內綠建築評估更符合國際間資源永續利用與節能減碳的潮流趨勢，有利國內 EEWB 綠建築標章制度之國際接軌。

第二章 文獻回顧

第一節 現有減廢面向指標申請案件彙整分析

截至 2015 年 12 月 30 日止，申請通過「綠建築標章」之總案件共 1,707 件。自民國 100 年行政院推動之「綠建築推動方案」規定總造價 5,000 萬元以上的公共工程案件，須先取得「候選綠建築證書」始得核發建造執照，促使其完工後便於申請「綠建築標章」之案件逐年增加。本研究可從圖 2-1 發現，自 100 年起每年申請之案件皆超過 150 件，顯示政府法令之影響，確實有助於綠建築或相關永續議題之發展。

近年來，隨著國際永續議題之發展與我國政策之推行下，申請廢棄物減量指標或二氧化碳減量指標之案件確實有顯著成長，如圖 2-2 所示。然而，在初步分析認證案件之內容後發現，目前通過或申請減廢面向之指標之案例數量仍偏低，其中通過廢棄物減量指標之案件共 269 件，占總案件 15.8%，通過二氧化碳減量指標之案件共 319 件，佔總案件 18.7%，而同時通過兩指標之案件共 177 件，僅佔總案件 10.4%，顯示出減廢面向指標之推廣或導入仍有提升之需要。

本研究蒐集了近五年的公開指標申請資料，在申請二氧化碳減量指標方面共 77 件，如表 2-1，結構合理化 F 申請比率達 35%；輕量化係數 W 的申請集中在主結構體；非金屬再生建材使用率偏低，集中於高爐水泥的使用(36.7%)；在耐久化中，耐震設計低於 20%，維修性則以明管設計為主(60.8%)。而申請廢棄物減量指標有 55 件，如表 2-2，空氣汙染及土方平衡項目是申請重點；而拆除廢棄物則以高爐水泥及面磚較高申請率，但仍不到 50%；施工廢棄物項目申請率則是最低。

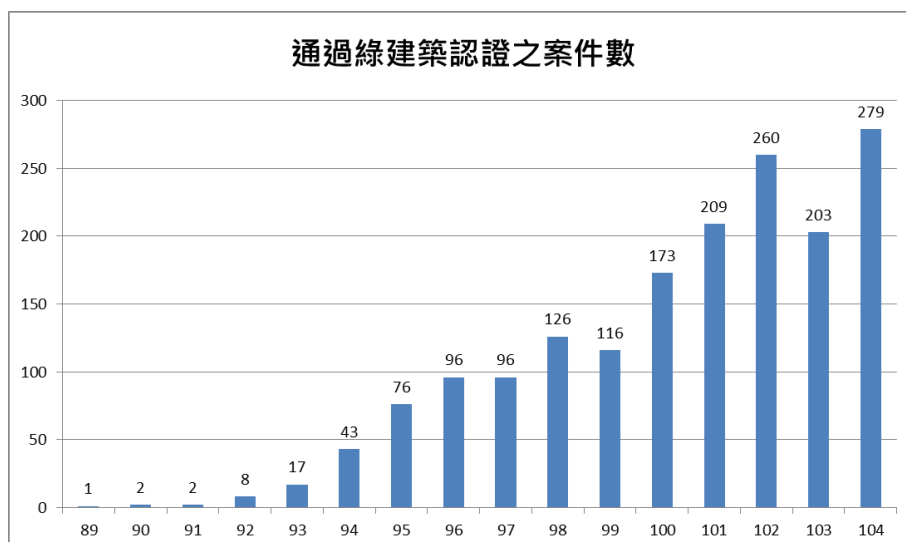


圖 2-1 近年通過綠建築認證之案件數
(資料來源：財團法人台灣建築中心、本研究整理)

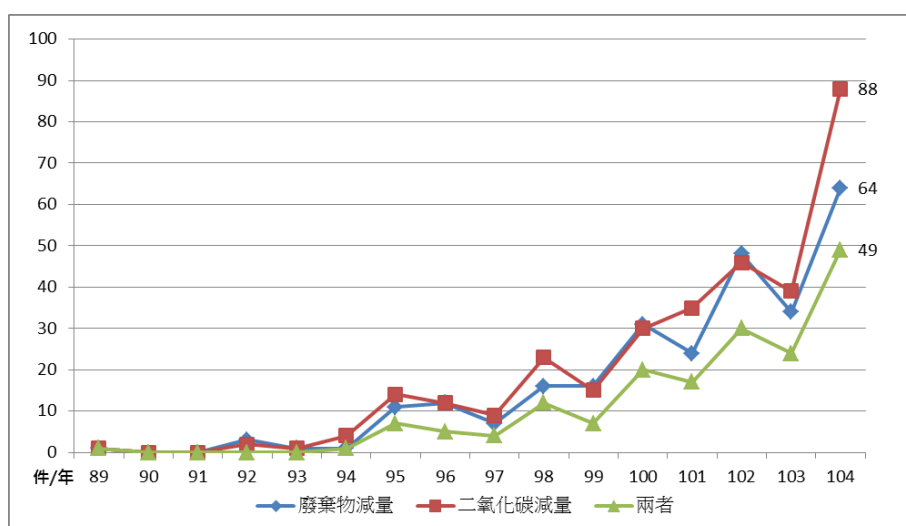


圖 2-2 近年通過減廢面向指標之案件數
(資料來源：財團法人台灣建築中心、本研究整理)

表 2-1 二氧化碳減量指標使用率檢討

申請內容	評估項目	使用率
結構合理化 F	a 平面規則性	32.9%
	b 長寬比	34.2%
	e 樓板挑空率	34.2%
	g 立面退縮	34.2%
	h 立面出挑	32.9%
	i 層高均等性	34.2%
	j 高寬比	34.2%

輕量化係數 W	W1 主結構體	97.4%
	W2 隔間牆	55.3%
	W3 外牆	19.7%
	W4 衛浴	1.3%
	W5RC、SRC 構造混凝土減量設計	0.0%
非金屬再生建材 使用係數 R	x1 高爐水泥	36.7%
	x2 高性能混凝土	21.5%
	x3 室內再生面磚、地磚	20.3%
	x4 室外再生面磚、地磚	22.8%
	x5 立面再生面磚、地磚	10.1%
	x6 再生級配骨材	3.8%
	x7 其他	3.8%
耐久化係數 D	d1 建築物耐震力設計	7.6%
	d2 柱樑部位耐久設計	19.0%
	d3 樓版部位耐久設計	20.3%
	d4 屋頂防水層	44.3%
	d5 空調設備管路	50.6%
	d6 給排水衛生管路 d	60.8%
	d7 電氣通信線路	49.4%
	d8 其他有助於提升耐久性之設計	3.8%

(資料來源：[27]、本研究整理)

表 2-2 廢棄物減量指標使用率檢討

申請內容	評估項目	使用率
土方平衡	有利他案之土方 Mr	7.3%
	是否交換	7.3%
施工廢棄物	r1 金屬系統模版	0.0%
	r2 鋼承版系統或木模系統模版	5.5%
	r3 預鑄外牆	0.0%
	r4 預鑄樑柱	0.0%
	r5 預鑄樓版	0.0%
	r6 預鑄浴廁	0.0%
	r7 乾式隔間	3.6%
	r8 其它工法	1.8%
拆除廢棄物	x1 高爐水泥	34.5%

	x2 高性能混凝土	12.7%
	x3 再生混凝土骨材	5.5%
	x4 再生面磚	29.1%
	x5 其他	3.6%
空氣汙染	清洗措施	90.9%
	污泥沈澱	49.1%
	路面防塵	63.6%
	灑水噴霧(工地的車行路面)	89.1%
	灑水噴霧(推料棄土區/傾卸作業)	58.2%
	灑水噴霧(裸露地面)	69.1%
	防塵罩(結構體施工後加裝防塵罩網，採用網徑 0.5mm，網距 3mm 為基準)	81.8%
	防塵罩(土石運輸車離工地前覆蓋不透氣防塵塑膠布)	76.4%
	防塵圍籬	90.9%
	防塵覆被	21.8%
	其它措施	1.8%

(資料來源：[27]、本研究整理)

第二節 國內外綠建築設計及指標評估相關研究

EEWH 綠建築標章減廢面項指標評估分為 CO₂ 與廢棄物減量兩部份，過往研究多由後端營建廢棄物產出做探討，包含產出之減量、流向管控、營建資源再利用等，而本研究希望可透過蒐集的減廢之相關研究，探討現階段 EEWH 的評估指標的適用性及評估效能，相關研究如表 2-3 所示。

表 2-3 國內外減廢設計原則與手法相關文獻

文獻作者	探討標的	研究摘要
黃亮達(2002)	綠建築	經由問卷對於台灣前五百大服務業中的營建業之實地調查，了解綠建築推動之現況，並分析各企業對綠建築之看法與接受程度。
林政賢(2003)	綠建築廢棄物減量指標	根據過往廢棄物減量指標的四個係數 PIe、PIb、PId、PIa 得分情形，提供建議修改得分比重以便誘導申請者可利用各評估項目得到分數。
曲筱帆(2003)	綠建築	彙整各國推廣綠建築的作法以探討我國綠建

		築政策之機制，除進行綠建築相關應用工具之比較介紹，也針對國內案例進行實證計算，並檢討我國綠建築標章制度。
Lawrence Lesly Ekanayake, George Ofori(2004)	減廢評估	探討廢棄物之來源，並將建築分為梁柱牆結構系統、樓版結構系統、牆結構系統、牆面飾材、地板飾材、天花板系統、屋頂系統等7項以問卷決定其係數，做為建築方案比較之依據。
吳穹霑(2005)	綠建築	針對台灣住宅之特性，提出永續整建之建議，並彙整各國之相關政策、研究課題以及技術與產品，以達到節能、居住健康、資源循環再利用與減廢等。
吳啟圻(2006)	綠建築廢棄物減量指標	從成本、法令、建築師態度、業界態度、政府態度及建材回收再生樣式等方面，探討國內綠建築之廢棄物減量指標未被廣泛採用之原因，並修正及簡化評估方式。
邱騰誼(2007)	綠建築	對台中、彰化、南投地區之建築設計者進行調查，探討影響「設計者」進行「綠建築設計」的主要因素及自覺面臨之助力及阻力。
澳洲 Ecologically Sustainable Development(2007)	減廢設計	探討從能源、運輸、材料、廢棄物等面向探討建築設計應考量之作為。
英國 Waste & Resources Action Programme(2008)	減廢設計	針對建築設計時應如何考量減廢，提出五大原則與需考量之關鍵問題，以原則性的論述，並以舉例方式提出相關減廢設計手法。
Osmani M., Glass J., Price A. D. F. (2008)	減廢設計	針對英國前一百大的建築公司做問卷發放，探討設計過程中可能產生之浪費，並了解常用之減廢設計策略，包含使用標準尺寸和單位、預鑄構件、使用定尺料等。
侯文祥(2010)	綠建築	擬定「農村綠建築簡易評估指標與基準」及「農村綠建築設計圖例」等建議內容外，探討減廢指標與結構體的關聯性。
林憲德(2011)	綠建築	探討台灣建築產業中，營建廢棄物的來源及原因，而促使政府與民間共同努力推動綠建築政策。
Tao Wang et al. (2014)	綠建築廢棄物減量指標	此研究依據全生命週期之碳排放計算為原則，探討綠建築具備的減碳功效，並建議綠建築評估系統重視溫室氣體排放能力計算之項目，鼓勵低碳能源及高性能設備之開發與使用。
吳瓊玉(2015)	綠建築	本研究統計民間及公有案件對綠建築指標各項目通過總數，並進行比較與檢討。結果顯示公有案件注重綠化設計，民間案件減廢指

		標成效較高。
Zezhou Wu et al. (2015)	綠建築廢棄物減量指標	此研究針對目前五個知名綠建築評估系統(包含 LEED、BREEAM、GG、ESGB、GBI)的減廢評估項目進行比較。
Seungjun Roh et al. (2015)	綠建築廢棄物減量指標	此研究針對建築物溫室氣體排放開發涵蓋施工與使用階段之 Building Life Cycle Carbon Emissions Assessment Program (BEGAS 2.0)，並指出完善的材料碳排放資料庫與有效碳排放計算原則，才能反應出對環境之影響。

(資料來源：[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16]、本研究整理)

林政賢(2003) 分析廢棄物減量指標中的四個係數 P_{Ie}、P_{Ib}、P_{Id}、P_{Ia} 得分情形，呈現出其主要得分皆來自 P_{Ie}，其次為 P_{Ia}，並由於 P_{Ie} 得分比重過大，而使 P_{Ib} 及 P_{Id} 皆少有得分情形，建議降低 P_{Ie} 之比重以便誘導申請者利用 P_{Ib} 與 P_{Id} 值得到分數。

曲筱帆(2003) 的研究顯示，「營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」雖提及了營建廢棄物的再利用種類與方法，卻沒有明文規定建築物的「建材回收率」。所以該研究建議應該要制定我國建築物之「建材回收率」才有效抑制營建廢棄物的產生，也可避免盜採砂石所引起的環境危機。

吳啟炘(2006) 經次級資料分析及德爾菲專家訪談法，探討廢棄物減量評估指標未被廣泛採用之因素及研擬對策。該研究發現廢棄物減量未被廣泛採用之原因可從成本、法令、建築師態度、業界態度、建築習性、政府態度及建材回收再生樣式等方面進行檢討。

2005 年農委會曾嘗試導入農村綠建築評估基準及設計概念，侯文祥(2010) 的研究中，除擬定「農村綠建築簡易評估指標與基準」及「農村綠建築設計圖例」等建議內容外，無法以更多的數值分析提供農村綠建築設計手法應用在農村住宅後評估效益上之影響。本研究顯示在不更動設計外型及空間配置條件下再進行一次評分，結果顯示 CO₂ 減量指標與變更主結構與外殼結構關聯性較強，而廢棄物減量指標與土方不平衡比例以及鋼構結構採用與否的關聯性較強。

林憲德(2011)曾在專題報導中，指出台灣的建築產業消耗了大量的水泥，也排放了很多的營建廢棄物，原因在於國內砂石價格低廉且鋼筋混凝土構造技術簡單，使台灣成為世界上鋼筋混凝土建築物最多的地方，比率約為 95%。而且因砂石的需求量約有 5 成盜採自河川山谷而衍生出諸多社會問題。因此綠建築的推行需要政府與民間共同努力。

Tao Wang et al. (2014)依據全生命週期之碳排放計算為原則，指出具綠建築合格之建築物應比為具認證之建築具備減碳功效，甚至達到零排放之可能，但是綠建築評估系統鮮少考量建築物實際溫室氣體排放之能力。透文獻回顧與實際案例之計算，此研究建議綠建築評估系統應重視溫室氣體排放能力計算之項目且溫室氣體排放應以全生命週期計算，再者應鼓勵低碳能源及高性能設備之開發與使用。

吳瓊玉(2015)統計民間及公有案件對綠建築指標各項目通過總數之檢討，結果顯示公有案件因公共工程關係，較注重於綠化方面設計，「二氧化碳減量指標」及「廢棄物減量指標」之成效較差；民間案件因偏好施作鋼骨及其他輕量構造，故在「二氧化碳減量指標」及「廢棄物減量指標」之使用成效較高。就法規面，「二氧化碳減量指標」中的結構合理化、建築輕量化及耐久化，廢棄物減量指標」中的土方及施工廢棄物都尚未作為法令規範，故約束力尚不足。

Zezhou Wu et al. (2015)針對目前五個知名綠建築評估系統(包含 LEED、BREEAM、GG、ESGB、GBI)的減廢評估項目進行比較，該研究發現此五個綠建築評估系統中減廢面向之評估仍以 3Rs(Reduce, Reuse, Recycle)為主軸，其中 ESGB 特別強調廢棄物處理之項目，而在管理議題上 GG 和 ESGB 更專注於減量(Reduce)，而 LEED、BREEAM 和 GBI 則多採再利用和再循環之原則。

過往研究透過已獲得綠建築標章的綠建築統計資料，提供不少目前綠建築指標的不足與限制，但尚未提出完整、具體的解決方案。因此本研究主要針對過往的綠建築標章的統計資料及國內外相關指標系統的比較，提出減廢指標的修正方案以提升台灣綠建築標章的評估效率及適用性。

第三節 國內外綠建築相關評估指標系統

國內外對於建築之指標評估系統已發展具有相當規模，其中也不乏針對廢棄物處理之建議事項，包含臺灣綠建築指標 EEWB(Ecology,Energy Saving,Waste Reduction,Health)、英國 BREEAM(Building Research Establishment Environmental Assessment Method)、美國 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design Green Building Rating System)指標、加拿大 SBTool(Sustainable Building Tool)、日本 CASBEE(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)等。

2.3.1 臺灣綠建築指標 EEWB

2003 年我國行政院啟動「綠建築推動方案」四年計畫，強制經費五千萬元以上的大型公有建築物必須取得「綠建築候選證書」。隨後，在 2008 年推出「生態都市綠建築推動方案」，在 2010 年推出「智慧綠建築推動方案」。隨著綠建築及永續國土綠色產業之政策的擴展，「綠建築家族評估體系」也於 2009 年在內政部建築研究所的推動之下誕生。2011 年以 1999 年最基本通用的綠建築基本型的「綠建築解說與評估手冊」為定位，正式改編為「綠建築評估手冊－基本型」(EEWB-BC)，並擴大至不同綠建築類型，開發完成「綠建築評估手冊－社區類」(EEWB-EC)、「綠建築評估手冊－廠房類」(EEWB-GF)、「綠建築評估手冊－舊建築改善類」(EEWB-RN)及「綠建築評估手冊－住宿類」(EEWB-RS)，一共五種「專用綠建築評估手冊」，如表 2-4 所示，目前已更新到 2015 版。

表 2-4 EEWB 綠建築家族評估系統與適用對象

	專用綠建築評估系統	適用對象
一	綠建築評估手冊－基本型 (EEWB-BC)	除了下述二~四類以外的新建或既有建築
二	綠建築評估手冊－住宿類 (EEWB-RS)	供特定人長或短期住宿之新建或既有建築 (H1、H2 類)
三	綠建築評估手冊－廠房類 (EEWB-GF)	以一般室內作業為主的新建或既有工廠建築

四	綠建築評估手冊－舊建築改善類(EEWH-RN)	取得使用執照三年以上，且建築更新樓版面積不超過 40%以上之既有建築物
五	綠建築評估手冊－社區類(EEWH-EC)	鄰里單元社區、新開發住宅社區、既成住宅社區、農村聚落或原住民部落、科學園區、工業區、大學城、商業區、住商混合區、工商綜合區與物流專用區等

(資料來源：[17]、本研究整理)

EEWH-BC 以生態、節能、減廢、健康四大範疇與九大指標為主要架構，並設立「創新設計」的優惠升級辦法。其中，「日常節能指標」與「水資源指標」為必要門檻指標。而其他不同類型之建築物會因其不同特性，而評估不同的指標，詳見表 2-5。評估完成後的綠建築，可透過分級制度獲得分級獎勵。分級制度劃定為五個概率區間作為標準，以得分概率 95%以上為鑽石級、80%~95%為黃金級、60%~80%為銀級、30%~60%為銅級、30%以下則為合格級等五等級。

表 2-5 CO₂ 減量指標與廢棄物減量指標簡易查核表

四大範疇	九大指標	BC	RS	GF	RN	EC
生態	一、生物多樣性	V	V		V	V
	二、綠化量指標	V	V	V	V	V
	三、基地保水指標	V	V	V	V	V
節能	四、日常節能指標	V			V	
減廢	五、CO ₂ 減量指標	V	V	V	V	
	六、廢棄物減量指標	V	V	V	V	
健康	七、室內環境指標	V			V	
	八、水資源指標	V	V	V	V	
	九、汙水垃圾改善指標	V	V		V	

(資料來源：[17]、本研究整理)

2.3.2 英國 BREEAM 2014

BREEAM 評估項目主要根據 (1) 能源、(2) 運輸、(3) 污染、(4) 廢棄物、(5) 水資源、(6) 土地使用與生態價值、(7) 健康與福祉、(8) 材料、(9) 管理、(10) 創新等十大議題來評分。它對於不同觀點並不賦予權重評分，最終評

估以上述議題之最低得分與總得分來評判其為：Fair、Good、Very Good、Excellent 等四階段。

大部份跟二氧化碳減量與廢棄物減量的相關指標都在材料和廢棄物（Material, Waste）項目裡面，評估項目總表如表 2-6 所示。

根據評估總表與 EEWB 二氧化碳減量相關評估項目為 1. 生命週期的影響、2. 責任材料採購、3. 材料效率、4. 回收骨材、5. 適應氣候變遷。

與 EEWB 廢棄物減量相關之評估項目為 1. 營建施工還有拆除廢棄物管理計畫、2. 回收骨材、3. 營建廢棄物管理、4. 推估天花板和地板裝潢。

表 2-6 英國 BREEAM 2011 New Construction 評估議題

能源	減少 CO ₂ 排放量	水	耗水量
	能源監控		水質監測
	外部照明節能		漏水檢測和預防
	低或零碳技術		節水設備（流程）
	冰庫節能	廢棄物	營建廢棄物管理
	交通運輸系統節能		再生骨材
	實驗室系統節能		營運廢棄物
	節能設備（流程）		推估天花板和地板飾材
	空間乾燥	材料	生命週期的影響
運輸	無障礙公共交通		環境美化和邊界保護
	鄰近設施		材料採購責任
	單車設施		絕緣
	最大停車能力		設計的穩健性
	旅次計劃		冷媒的影響
土地和生態	選址	污染	加熱/降溫 的 NO _x 排放
	生態價值的地點/保護生態功能		地表水徑流
	緩解生態影響		減少夜間光污染
	加強現地生態		噪音衰減
	對生物多樣性的長期影響		永續採購
健康和福祉	視覺舒適	管理	負責的建設行為
	室內空氣質量		施工現場的影響
	熱舒適		利益相關者的參與
	水質		可服務期間的規劃和成本計算
	隔音性能	創新	新的技術、流程或作法
	安全和保安		

（資料來源：[18]、本研究整理）

2.3.3 美國 LEED V4.評估系統

美國 LEED 評估之內容主要涵蓋下列八個面向：(1) 永續敷地計畫 (Sustainable Sites)、(2) 水資源利用 (Water Efficiency)、(3) 能源效率與大氣層 (Energy & Atmosphere)、(4) 材料和資源 (Materials & Resources)、(5) 室內環境品質 (Indoor Environmental Quality)、(6) 地點與交通 (Location & Transportation)、(7) 創新 (Innovation)、(8) 地域優先 (Regional Priority)。大部份跟二氧化碳減量與廢棄物減量的相關指標都集中在材料和資源 (Material & Resources) 指標，LEED 評估項目總表如表 2-7 所示。

表 2-7 美國 LEED 指標評估項目

地點與交通	材料和資源
鄰近發展地點	回收物儲存與收集
敏感地保護	建設廢棄物管理計畫
高優先地區	建築生命週期影響
周邊密度和多樣化用法	建築物產品揭露與最佳化-環境產品宣言
品質運輸的管道	建築物產品揭露與原生材料採購最佳化
腳踏車設施	建築物產品揭露與最佳化-材料成分
停車場碳足跡減量	建設廢棄物管理
綠交通工具	永續敷地計畫
室內環境品質	營建活動污染預防
最低 IAQ 表現	場址評估
環境尼古丁控制	工地發展-棲息地保護與回復
IAQ 強化策略	開放空間
低排放材料	雨水管理
建設 IAQ 管理計畫	熱島效應
IAQ 評估	光污染減量
熱舒適度	能源效率與大氣層
室內採光	基本調試和驗證
採光	最低能源表現
品質視野	建築物等級能源量測
聲音表現	基本冷卻管理
室內環境品質	加強試運行
水資源利用	最佳能源表現

室外使用水減量	優越能源良策
室內使用水減量	需求回應
建築物等級使用水減量	再生能源產品
冷卻塔使用	強化冷卻管理
水量測	綠能源與碳補償
創新	地域優先
創新	地域優先
LEED 認可專業人員	

(資料來源：[19]、本研究整理)

其評定等級的方法是用通過之選項計算總得分後，凡是得到 40 分以上者，即可獲得 LEED 認證 (LEED Certified)。而按照分數多寡，總共可評定為四個等級，最高者為 80 分以上的白金級認證 (Certified Platinum)，其次為 60~79 分的黃金級認證 (Certified Gold)，再其次為 50~59 分的銀級認證 (Certified Silver)，最後為 40~49 分的符合認證 (Certified)。

2.3.4 加拿大 SBTool

SBTool 為加拿大的綠色建築評估指標系統，其前身為 GBTool，起初為由加拿大自然資源部 (Natural Resources Canada) 發起建立，並於 2002 年移交給 iiSBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment) 進行管理與發展。目前陸續更新至 2015 年版。此系統建立在 EXCEL 平台上，評估基準值設定來自國際間不同專家配合地域性發展出的數值。而該套建築評估法也反應出不同國家以及地區所重視的優先條件、文化等等，更能因地制宜，因此適用於各國家、地區以及各類建築甚至不同氣候。評估的項目為七大因素：(1) 基地選擇、開發與發展、(2) 能源與資源消耗、(3) 環境負荷、(4) 室內環境品質、(5) 服務品質、(6) 社會與經濟面、(7) 文化與感知，如表 2-8 所示。

表 2-8 加拿大 SBTool 指標系統架構

指標	A 工址選擇，專案規劃與進展
A1	工址選擇
A2	都市計畫與工址進展

指標	B 能源與資源消耗
B1	全生命週期非再生能源
B2	設備運作的尖峰電力需求
B3	材料
B4	飲用水、雨水與中水
指標	C 環境負荷
C1	溫室氣體逸散
C2	其他氣體逸散
C3	固體與液體廢棄物
C4	現地衝擊
C5	其他區域性衝擊
指標	D 室內環境品質
D1	室內空氣品質
D2	通風
D3	空氣溫度與相對濕度
D4	日照與照明
D5	噪音與聲響
指標	E 服務品質
E1	營運的安全與保全
E2	效能與效率
E3	操控性
E4	容忍性與適應性
E5	營運表現的維持
指標	F 社會與經濟層面
F1	社會層面
F2	成本與經濟
指標	G 文化與知覺層面
G1	文化與遺產
G2	感性

(資料來源：[20]、本研究整理)

2.3.5 日本 CASBEE

日本原有針對環境負荷的 AIJ-LCA 評估系統（1998 年）與針對住宅的環境共生住宅評估法（1998 年）；而近年來因各國相繼推出綠建築評估指標，乃跟隨潮流於 2002 年建立起屬於該國之綠建築評估體系，以建築物為主的 CASBEE。

CASBEE 應用建築環境性能效率 (BEE) 的觀念作為評估的依據；所謂建築環境性能的效率，即是建築物與環境所營造出的環境品質 (Q: Quality) 與其所產生的環境負荷 (L: Load) 之比值，主要是抑制建築物耗能、資源消耗以及對建築用地外環境的負面影響。其依比值的高低分為 Excellent、Very good、Good、Fairly Poor、Poor 五個等級。日本 CASBEE 評估系統包含之環境品質 (Q: Quality) 與環境負荷 (L: Load) 內容如表 2-9 及表 2-10 所示。

表 2-9 日本 CASBEE Q 評估項目

指標	次指標	評估項目
Q1. 室內環境	1. 聲環境	1.1 噪音
		1.2 隔音
		1.3 吸音
	2. 熱環境	2.1 室內溫度控制
		2.2 濕度控制
		2.3 空調系統的類型
	3. 光環境	3.1 自然光利用
		3.2 防眩措施
		3.3 照明度
		3.4 照明控制
	4. 室內空氣品質	4.1 資源控制
		4.2 通風
		4.3 運行管理
Q2. 服務品質	1. 服務能力	1.1 功能性與可用性
		1.2 舒適度
		1.3 維護
	2. 耐久性&可靠性	2.1 抗震
		2.2 組件的使用壽命
		2.4 可靠性
	3. 使用彈性&適應性	3.1 空間裕度
		3.2 地板負荷裕度
		3.3 設備的可更新性
Q3. 室外環境 (建築用地內)	1. 保護&創建生活小區	
	2. 城市景觀&風景	

	3. 地方特色&戶外美化	3.1 注重地方特色&舒適的改進
		3.2 現場的熱環境改善

(資料來源：[21]、本研究整理)

表 2-10 日本 CASBEE LR 評估項目

指標	次指標	評估項目
LR-1 能源	1. 降低建築物冷熱負荷	
	2. 可再生能源的有效利用	
	3. 設備系統的高效化	
	4. 高效運行	4.1 監控
		4.2 運行管理系統
LR-2 資源與材料	1. 水資源保護	1.1 節水
		1.2 雨水&汗水再利用
	2. 使用低環境負荷材料	2.1 減少材料使用
		2.2 現有結構框架的繼續使用
		2.3 回收材料作為結構材料
		2.4 回收材料作為非結構材料
		2.5 木材來源從永續林業
		2.6 努力提高零部件和材料的可重用性
	3. 避免使用易污染的材料	3.1 使用的材料無有害物質
		3.2 CFCs 和鹵代甲烷的排放量
LR-3 建築用地外環境	1. 考慮全球暖化	
	2. 考慮當地環境	2.1 空氣污染
		2.2 熱島效應
		2.3 對當地基礎設施之負擔
	3. 考慮周圍環境	3.1 噪聲，振動和氣味
		3.2 風/沙害及日光阻礙
		3.3 光污染

(資料來源：[21]、本研究整理)

2.3.6 中國綠色建築評價標準系統

中國的綠色建築評價標準系統又簡稱 ASGB(Assessment Standard for Green Building)，2015 年已發行最新 2014 年版，由中國建築科學研究院和上海市劍竹

科學研究院(集團)有限公司的相關單位，以中國原國家標準 2006 年版為基礎進行修定完成。其共分為 11 章節，主要包含的內容有：(1)總則、(2)術語、(3)基本規定、(4)節地與室外環境、(5)節能與能源利用、(6)節水與水資源利用、(7)節材與材料資源利用、(8)室內環境品質、(9)施工管理、(10)運營管理、(11)提高與創新。其中，(4)~(10)為本標準主要評估的 7 項綠建築指標項目。

本標準評分方式為各指標評分項目實際得分值除以適用於該建築的評分項總分值再乘以 100 分計算，而得到 7 類指標各自的評估分數 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 、 Q_5 、 Q_6 、 Q_7 ，另外可再按照(11)提高與創新的規定獲得加分項目的附加得分 Q_8 。最後總得分會根據各指標評分項的權重 $\omega_1 \sim \omega_7$ 而得，如下述公式及表 2-11 所示。綠色建築分為 3 個等級，均應滿足本標準所有控制項的要求，且每類指標的評分項得分不應小於 40 分。當綠色建築總得分分別達到 50 分、60 分、80 分時，獲得的綠色建築等級分別為一星級、二星級、三星級。

$$\sum Q = \omega_1 Q_1 + \omega_2 Q_2 + \omega_3 Q_3 + \omega_4 Q_4 + \omega_5 Q_5 + \omega_6 Q_6 + \omega_7 Q_7 + Q_8$$

表 2-11 綠色建築各類評價指標的權重

		ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6	ω_7
設計評價	居住建築	0.21	0.24	0.20	0.17	0.18	—	—
	公共建築	0.16	0.28	0.18	0.19	0.19	—	—
運行評價	居住建築	0.17	0.19	0.16	0.14	0.14	0.10	0.10
	公共建築	0.13	0.23	0.14	0.15	0.15	0.10	0.10

註：(1)表中“—”表示施工管理和運營管理兩類指標不參與設計評價。

(2)對於同時具有居住和公共功能的單體建築，各類評價指標權重取為居住建築和公共建築所對應權重的平均值。

(資料來源：[22]、本研究整理)

2.3.7 新加坡 BCA Green Mark

新加坡的綠色標誌(Green Mark)是由其營建署(Building and Construction Authority, BCA)自 2005 年起制定實施，目前最新已有新建非居住建築 2015 更新

版及新建居住建築 4.1 版。其目的在於提升建築環境的永續性和提高建築發展的環境意識，評估的範疇包括能源效率、用水效率、環境保護、室內環境品質及其他綠色概念與創新，如表 2-12 所示。得到 50 分以上即可獲得綠色標誌之認證，若達到 75 分、85 分或 90 分以上，又可分別得到金色、金色 Plus 及白金認證。

表 2-12 Green Mark 指標項目與評分

類別		配分
能源相關需求		
至少 30 分	能源效率	
	建築外殼的熱效率	15
	自然通風設計及空調系統	22
	採光	6
	人工照明	10
	停車場的通風	6
	升降機	1
	節能功能	7
	再生能源	20
	小計	87
其他綠色需求		
至少 20 分	用水效率	
	節水配件	10
	用水監測	1
	灌溉系統和美化	3
	小計	14
	環境保護	
	永續建築	10
	永續產品	8
	綠地提供	8
	環境管理措施	8
	綠色運輸	4
	雨水管理	3
	小計	41
	室內環境品質	
	噪音程度	1
	室內空氣污染	2

	廢棄物處理	1
	潮濕地區的室內空氣品質	2
	小計	6
	其他	
	創新	7
	小計	7
總計		155

(資料來源：[23]、本研究整理)

第四節 建築減廢設計原則與手法之彙整

本研究依據文獻回顧之彙整，先擷取具減廢效益之具體手法，惟各文獻所列之減廢範疇與本研究之定義不盡相同，故就以各文獻所提及之設計手法作擷取，而後進行歸納、分層，以作為本研究之減廢面向分析架構。

2.4.1 國內外減廢設計相關研究歸納

本研究係透過國內外以設計減廢為主題之研究做手法之萃取，針對建築造型及結構形式，僅林憲德(2010)在綠建築 84 技術一書中提及，主要包含簡樸的建築造型與室內裝修、合理的結構系統、結構輕量化與木構造四項，本研究將前兩項涉及建築造型之項目合併，各項並依據其敘述列出實際作為，而相較於此，國外相關研究則是對於易拆解設計、標準化材料的使用、設計空間的應用靈活性等項目有所著墨，相關研究會提到的主要為建築軀體再利用、採用再生建材、採用預製元件等三項，從整體來看，各研究所提之手法主要考量目標可分為減少材料使用、選用再利用及再使用材料、減少剩餘土方量、減少施工時之耗材或損耗、增加未來裝修之便利性等五大面向，彙整結果如表 2-13 所示。

表 2-13 國內外減廢設計相關研究歸納

執行手法	作為	主要考量	相關研究			
			A	B	C	D
簡單的建築造型與合理結構	外型應盡量簡單、均勻、對稱	降低結構需求，減少材料使用				V
	層高均等					V
建築結構輕量化	輕量鋼骨結構					V
	木結構					V
	採用輕量的金屬帷幕外牆					V
	採用輕隔間					V
	中高層部分避免大量使用石材					V
設計考量材料的標準尺寸	使用定尺料	降低材料裁切可能，減少材料需求			V	
	設計採用標準尺寸和單位		V			
簡樸的室內裝修	簡單室內裝修	最小化室內裝修，減少材料使用				V
建築軀體再利用	保留舊建築之樑、柱或版	使用舊有材料，減少拆除廢棄物	V	V	V	V
	使用拆解後舊建築之樑、柱、版		V	V	V	V
採用再生建材	採用高爐水泥	使用再生材料，消耗廢棄物	V	V	V	V
	採用再生骨材					V
	經過認證之再生建材產品					V
簡化材料的使用	減少材料使用種類	考慮未來回收性，增加資材再利用或再使用的可能	V			
土方平衡	多餘土方用於現場地形改造	土方直接用於需求地，減少剩餘土方				V
	多餘土方用於其他基地工程之土方平衡					V
減少實際餘土產出	減少地下室開挖	降低開挖需求量，減少剩餘土方產出		V		V
採用預製元件	採用預鑄外牆	減少模板損耗，減少材料損耗	V	V	V	V
	採用預鑄柱樑					V
	採用預鑄樓版					V
	採用預鑄浴廁					V
明管設計	明管設計	降低維修難度，減少維修廢棄物				V

易拆解設計	採用螺絲、螺栓、釘等易拆解接點	增加構建未來再使用可能，減少未來變更或拆除之廢棄物	V	V	V	
標準化材料的使用	採用常見規格與材料	易於更換維護，減少特規材料需求	V			
設計空間的應用靈活性	採用易拆換之乾式隔間	減少未來空間需求變動之裝修廢棄物			V	
A：Osmani M., Glass J., Price A. D. F. (2008) B：英國 WRAP(2008) C：澳洲 ESD(2007) D：林憲德(2010)						

(資料來源：[8,9,10,24]、本研究整理)

2.4.2 國內外建築減廢相關評估指標歸納

對於評估指標來說，絕大多數國外的指標項目都是以原則性的方式進行鼓勵，因此並無太多實際作為供參考，而國內則是在特定項目給予優惠計分，因此提出許多減廢相關建議手法或作為，做為優惠計分之依據。因國外對於減廢指標項目多是用整體廢棄物的比例做評估，僅有英國 BREEAM 指標之廢棄物指標項目提及較多之實際建議，其他多數對於減廢手法都是從材料相關指標擷取，共同會提到的主要有建築軀體再利用、採用再生建材、使用具永續森林認證木材，主要還是針對建材的再利用與再使用，且國外並無對木建築有特別評分項目，而是直接針對木材選用時要求使用永續森林認證之木材。從整體來看，其主要考量之目標還是可以同前述相關研究相當，為減少材料使用、選用再利用及再使用材料、減少剩餘土方量、減少施工時之耗材或損耗、增加未來裝修之便利性等五大面向，彙整結果如表 2-14 所示。

表 2-14 國內外建築減廢相關評估指標歸納

執行手法	作為	主要考量	指標系統				
			E	F	G	H	I
簡單的建築造型與合理結構	外型應盡量簡單、均勻、對稱	降低結構需求，減少材料使用	V				
	層高均等		V				
建築結構輕量化	輕量鋼骨結構		V				V
	木結構		V				
	採用輕量的金屬帷幕外牆		V				
	採用輕隔間		V				
	採用高性能混凝土		V				
簡樸的室內裝修	簡單室內裝修	最小化室內裝修，減少材料使用	V	V			V
	確認未來使用者的需求			V			
建築軀體再利用	保留舊建築之樑、柱或版	使用舊有材料，減少拆除廢棄物	V	V	V	V	V
	使用拆解後舊建築之樑、柱、版		V	V	V	V	V
採用再生建材	採用高爐水泥	使用再生材料，消耗廢棄物	V				
	採用再生骨材		V	V	V	V	
	經過認證之再生建材產品		V				
使用易於回收之材料	採用公告可回收建材	考慮未來回收性，增加資材再利用或再使用的可能	V				
	使用具永續森林認證木材		V	V	V	V	
土方平衡	多餘土方用於現場地形改造	降低開挖需求，減少剩餘土方產出	V				
	多餘土方用於其他基地工程之土方平衡		V				
減少實際餘土產出	減少地下室開挖	降低開挖需求，減少剩餘土方產出	V				
採用高使用效率之耗材	採用金屬系統模板	減少模板損耗，減少材料損耗	V				
	採用系統模板		V				
採用預製元件	採用預鑄外牆		V				
	採用預鑄柱樑		V				
	採用預鑄樓版		V				

	採用預鑄浴廁		V				
明管設計	明管設計	降低維修難度，減少維修廢棄物	V				
易拆解設計	採用螺絲、螺栓、釘等易拆解接點	增加構建未來再使用可能，減少未來變更或拆除之廢棄物					V
結構耐久設計	提高結構體設計耐震力	提高結構體壽命，延長生命週期	V				
	增加混凝土保護層厚度		V				
	屋頂層設備防水層分離		V				
E：台灣 EEWH-NC F：英國 BREEM G：日本 CASBEE H：美國 LEED-NC I：SB Tool							

(資料來源：[18,20,25,26,27]、本研究整理)

2.4.3 建築減廢設計相關建築理論歸納

本研究擷取具有減廢效果之建築理論，主要依據房屋工業化、開放建築及易拆解設計、再生構法等四項進行萃取，可以發現不管是工業化建築或是開放建築，皆以預製化、規格化構建以及其他乾式構建之使用進行探討，開放建築則是利用子系統填充的方式，使內部空間彈性化，通常也是需配合預製化構建之使用，易拆解設計則是考量建築構件拆解後之再使用特性，為了拆解容易，預製構件也是主要建議之一，因此在前三項理論之中，預製構建、乾式工法等之使用是一重要之方式，而再生構法則是從材料或構建未來的再利用再使用面去看，因此鼓勵使用天然材料、避免複合材料的使用，以增加未來回收再利用或處理之便利性，或是利用易拆解的構件設計，提高構建再使用的可能，減少破壞性的拆除，這也是易拆解設計的精神。因除再生構法外，其他建築理論並非以減廢觀點做探討，部分手法如金屬帷幕外牆、輕鋼骨結構對應到結構輕量化，主要是以前面彙整之減廢手法做對應，並非為該理論所提。其主要效益來自於預製構建的使用以及各項易於維護之設計手法、材料或產品之再利用與再使用等。彙整如表 2-15 所示。

表 2-15 建築減廢設計相關建築理論歸納

執行手法	作為	主要考量	建築理論				
			J	K	L	M	
建築結構輕量化	輕量鋼骨結構	易拆解設計鼓勵採用作為，可對應到結構輕量化之效益			V		
	木結構				V		
	採用輕量的金屬帷幕外牆				V		
	採用輕隔間				V		
建築軀體再利用	保留舊建築之樑、柱或版	使用舊有材料，減少拆除廢棄物				V	
	使用拆解後舊建築之樑、柱、版					V	
採用再生建材	採用高爐水泥	使用再生材料，消耗廢棄物				V	
	採用再生骨材					V	
	經過認證之再生建材產品					V	
使用易於回收之材料	-	促進資材循環使用，減少廢棄物				V	
採用預製元件	採用預鑄外牆	減少模板損耗，減少材料損耗	V		V		
	採用預鑄柱樑		V				
	採用預鑄樓版		V				
	採用預鑄浴廁		V				
模組化設計	採用工業化系統建築		V				
明管設計	明管設計	降低維修難度，減少維修廢棄物	V	V			
	保留配線擴充空間		V	V			
易拆解設計	採用螺絲、螺栓、釘等易拆解接點	增加構建未來再使用可能，減少未來變更或拆除之廢棄物	V		V		
標準化材料的使用	採用常見規格與材料		V				
設計空間的應用靈活性	採用易拆換之乾式隔間				V	V	
	採用活動式隔間				V	V	
J：工業化系統建築 K：開放式建築 L：Design for disassembly M：再生構法							

(資料來源：本研究整理)

2.4.4 建築減廢設計原則與手法之架構

根據上述相關文獻所匯集之手法，共彙整出 17 項手法與針對各項手法之 39 項作為，其中依據其減廢之設計目的，主要可分為七大原則，分別為舊有建築再利用、最適化設計、輕量化設計、模組化設計、耐久化設計、土方平衡設計、再生建材使用等，因此本研究依據此七項作為各手法之主要設計原則，並將該 17 項手法與 39 項作為依其層級之高低重新歸納、分類，簡化為 37 項手法，透過各項研究、指標、理論重新彙整如表 2-16 所示。

表 2-16 建築減廢設計原則與手法之初擬

原則	說明	手法
1. 舊有建築再利用	評估是否可由舊有建築整建符合新需求，或考量納入舊有建築之結構或拆除之構件，亦或於材料使用或結構設計時即考量建築未來之再使用或再利用	保留舊建築之樑、柱、版
		使用拆解後舊建築之樑、柱、版
		易拆解設計
		採用常見規格與材料
		使用易於回收之材料
		簡化材料的使用
		舊建築活化
2. 最適化設計	在符合需求下做合適之設計，避免過量設計造成額外材料消耗或廢棄物之產出	外型應盡量簡單、均勻、對稱
		層高均等
		簡單室內裝修
		確認未來使用者的需求
		減少地下室開挖
		設計考量材料的標準尺寸
3. 輕量化設計	減輕建築結構自重，減少建築所需結構斷面，可減少建築材料使用	輕量鋼骨結構
		木結構
		採用輕量的金屬帷幕外牆
		採用輕隔間
		中高層部分避免大量使用石材
		採用高性能混凝土
4. 模組化設計	透過系統化、模組化之設計，提高建築施工效率及場外施工之可能，提高材料使用效率及減少模板等耗材之消耗	採用金屬系統模板
		採用系統模板
		採用預鑄外牆
		採用預鑄柱樑
		採用預鑄樓版
		採用預鑄浴廁
		採用易拆換之乾式隔間

		採用活動式隔間
5. 耐久化設計	延長建築生命週期，減少未來維護之需求，避免維護時對結構體之損害	明管設計
		保留配線擴充空間
		提高結構體設計耐震力
		增加混凝土保護層厚度
		屋頂層設備防水層分離
6. 土方平衡設計	透過供需之平衡，減少土方最終處置之數量	多餘土方用於現場地形改造
		多餘土方用於其他基地工程之土方平衡
7. 再生建材使用	可消耗廢棄物，並減少天然資源之使用，達到減廢及資源保育效果	採用高爐水泥
		採用再生骨材
		經過認證之再生建材產品

(資料來源：本研究整理)

本研究就各原則與手法歸納說明如下：

1. 「保留舊建築之樑、柱或版」、「使用拆解後舊建築之樑、柱、版」、「易拆解設計」、「採用常見規格與材料」、「使用易於回收之材料」、「簡化材料的使用」、「舊建築活化」等，因其各手法主要考量目的為建築構件或建材的再使用、再利用，因此將其歸類於「**舊有建築再利用**」之原則下。
2. 「外型應盡量簡單、均勻、對稱」、「層高均等」、「簡單室內裝修」、「確認未來使用者的需求」、「減少地下室開挖」、「設計考量材料的標準尺寸」等，主要避免過量之設計，透過適量之建築造型與地下室空間，減少因過量設計造成之建材與廢棄物之增加，因此將其歸類於「**最適化設計**」之原則下。
3. 「輕量鋼骨結構」、「木結構」、「採用輕量的金屬帷幕外牆」、「採用輕隔間」、「中高層部分避免大量使用石材」、「採用高性能混凝土」等，其本身就為輕量化設計之作為，因此將其歸類於「**輕量化設計**」之原則下。
4. 「採用金屬系統模板」、「採用系統模板」、「採用預鑄外牆」、「採用預鑄柱樑」、「採用預鑄樓版」、「採用預鑄浴廁」、「採用易拆換之乾式隔間」、「採用活動式隔間」等項目，主要之目的即為透過系統化、模組化等方式，提高現地效率或場外施工，減少模板需求、提升材料使用效率與品質，避免不良打除之情況，因此將其歸類於「**模組化設計**」之原則下。

5. 「明管設計」、「保留配線擴充空間」、「提高結構體設計耐震力」、「增加混凝土保護層厚度」、「屋頂層設備防水層分離」等，主要是考量未來修繕維護的可能及結構體之耐久性，提高建築或材料之使用週期，因此將其歸類於「**耐久化設計**」之原則下。
6. 「多餘土方用於現場地形改造」、「多餘土方用於其他基地工程之土方平衡」等，主要是將挖方做供、需平衡，因此將其歸類於「**土方平衡設計**」之原則之下。
7. 「採用高爐水泥」、「採用再生骨材」、「經過認證之再生建材產品」等本身即為「再生建材使用」之作為，可消耗廢棄物，為最直接減廢之手法。

第三章 各國減廢面向指標彙整分析與建議新增評估項目

第一節 各國減廢面向指標彙整分析

本節以上章節所彙整建築減廢設計原則與手法之架構找出各國綠建築指標中與減廢面向指標對應之項目，探討其計分方式、挑選機制及評估項目，檢視是否有我國 EEWL 需要新增或修改的項目。

一、美國 LEED V.4 評估系統

根據 LEED 評估系統與 EEWL 二氧化碳減量相關評估項目為：

1. 建築物生命週期衝擊減量。
2. 建築物產品揭露與原生材料：採購最佳化。

與 EEWL 廢棄物減量相關之評估項目為：

1. 營建施工還有拆除廢棄物管理計畫。
2. 建築物生命週期影響減量。
3. 營建施工還有拆除廢棄物管理。

二、英國 BREEAM 2014

根據評估總表與 EEWL 二氧化碳減量相關評估項目為：

1. 生命週期的影響
2. 責任材料採購
3. 材料效率
4. 回收骨材
5. 適應氣候變遷。

與 EEWL 廢棄物減量相關之評估項目為：

1. 營建施工還有拆除廢棄物管理計畫
2. 回收骨材
3. 營建廢棄物管理
4. 推估天花板和地板裝潢。

三、日本 CASBEE

CASBEE 與 EEWB 二氧化碳減量指標相關之評估項目為：

1. 服務品質之耐久性及可靠性
2. 服務品質之使用彈性&適應性
3. 服務品質之使用低環境負荷材料、考慮當地環境的項目

與廢棄物減量指標較無相關項目

四、中國綠色建築評價標準系統 ASGB

中國 ASGB 與 EEWB 二氧化碳減量相關的評估項目：

1. 結合場地自然條件，對建築的體形、朝向、樓距、窗牆比等進行優化設計
2. 建築造型要素應簡約，且無大量裝飾性構件
3. 擇優選用建築形體
4. 土建工程與裝修工程一體化設計
5. 公共建築中可變換功能的室內空間採用可重複使用的隔斷（牆）
6. 採用整體化定型設計的廚房、衛浴間
7. 採用資源消耗少和環境影響小的建築結構
8. 對地基基礎、結構體系、結構構件進行優化設計，達到節材效果
9. 合理採用高強建築結構材料
10. 採用工業化生產的預製構件
11. 合理採用高耐久性建築結構材料

12. 合理採用耐久性好、易維護的裝飾裝修建築材料
13. 施工過程中採取相關措施保證建築的耐久性
14. 採用可再利用材料和可再迴圈材料
15. 使用以廢棄物為原料生產的建築材料
16. 合理選用廢棄場地進行建設，或充分利用尚可使用的舊建築
17. 選用本地生產的建築材料
18. 制定並實施施工節能和用能方案，監測並記錄施工能耗
19. 制定並實施施工節水和用水方案，監測並記錄施工水耗
20. 進行建築碳排放計算分析，採取措施降低單位建築面積碳排放強度

中國 ASGB 與 EEWB 廢棄物減量相關的評估項目：

1. 制定並實施施工廢棄物減量化、資源化計畫
2. 減少預拌混凝土的損耗
3. 採取措施降低鋼筋損耗
4. 採取灑水、覆蓋、遮擋等降塵措施

五、加拿大 SBTool

經分析後與 EEWB 二氧化碳減量相關評估項目為：

1. 既有構造的改造程度：評估已經有的構造使用在新建物上的比例
2. 結構材料使用效能：評估結構以及建築元件等物理資源是否有被有效的應用
3. 使用非再生材料比率：評估建築中結構以及非結構材料使用非再生材料的重量比
4. 使用裝修材料的程度：計算使用於室內裝修於樓板、天花板、牆壁的材料數量以及適當性
5. 易於拆解、重複利用、回收：查明建物元件在建物生命週期結束時容易被拆

解、重複利用、回收的百分比

與 EEWB 廢棄物減量相關評估項目為：

1. 結構材料使用效能：評估結構以及建築元件等物理資源是否有被有效的應用
2. 使用非再生材料比率：評估建築中結構以及非結構材料使用非再生材料的重量比

六、新加坡 BCA Green Mark

與 EEWB 二氧化碳減量指標以及廢棄物減量指標相關的項目皆為：永續建築、永續產品及創新項目，原因為 Green Mark 以材料使用量以及再生建材的比例為主，其對應細部評分項目分散於 EEWB 的二氧化碳減量指標與廢棄物減量指標。

第二節 各國減廢面向指標比較彙整

就上節結果彙整出各國綠建築指標與台灣 EEWB 有相關的指標如表 3-1 所示，有打勾的代表有相關的評估項目，其中 L 代表 LEED、B 代表 BREEAM、C 代表 CASBEE、A 代表 ASGB、S 代表 SBTOOL、G 代表 Green Mark。

表 3-1 各國指標與 EEWB 減廢面向指標比較彙整

二氧化碳減量指標	EEWB	L	B	C	A	S	G
	「結構合理化」：						
	a1. 建築平面設計盡量規則、格局方正對稱			V	V		
	a2. 建築平面內部除了大廳挑空之外，盡量減少其他樓層挑空設計						
	a3. 建築立面設計力求均勻單純、沒有激烈退縮出挑變化			V	V		
	a4. 建築樓層高均勻，中間沒有不同高度變化之樓層			V	V		
	a5. 建築物底層不要大量挑高、大量挑空						

	a6. 建築物不要太扁長、不要太瘦高					
	「建築輕量化」：					
	b1. 鼓勵採用輕量鋼骨結構或木結構	V	V		V	
	b2. 採用輕量乾式隔間				V	
	b3. 採用輕量化金屬帷幕外牆				V	
	b4. 採用預鑄整體衛浴系統				V	
	b5. 採用高性能混凝土設計以減少混凝土使用量				V	
	「耐久化」：					
	c1. 結構體設計耐震力提高 20~50%			V	V	
	c2. 柱樑鋼筋之混凝土保護層增加 1~2cm 厚度					
	c3. 樓板鋼筋之混凝土保護層增加 1~2cm 厚度					
	c4. 屋頂層所有設備以懸空結構支撐，與屋頂防水層分離設計					
	c5. 空調設備管路明管設計				V	
	c6. 給排水衛生管路明管設計				V	
	c7. 電氣通信線路開放式設計					
	「再生建材使用」：					
	d1. 採用爐石粉替代率約 30% 的高爐水泥作為混凝土材料					V
	d2. 採用再生面磚作為建築室內外建築表面材			V	V	V
	d3. 採用再生骨材作為混凝土骨料	V	V	V	V	V
	d4. 採用回收室內外傢俱與設備			V	V	
廢棄物減量指標	工程不平衡土方					
	1. 盡量減少地下室開挖以減少土方					
	2. 多餘土方大部分均用於現場地形改造或用於其他基地工程之土方平衡					
	施工廢棄物					
	3. 採用木構造以減少水泥用量	V	V			V
	4. 採用輕量鋼骨結構以減少水泥用量		V		V	V
	5. 若為 RC 構造，可採用爐石粉替代率約 30% 的高爐水泥作為混凝土材料					V
	6. 若為 RC 構造，可採用再生面磚作為建築室內外建築表面材				V	V

7. 若為 RC 構造，可採用再生級配骨材作為混凝土骨料		V			V	V
8. 戶外道路、鋪面、設施盡量採用再生建材		V			V	V
9. 若為 RC 構造，可採用金屬系統模版以減少木模版使用					V	
10. 若為 RC 構造，可採用預鑄外牆以減少木模版使用						
11. 若為 RC 構造，可採用預鑄柱樑以減少木模版使用						
拆除廢棄物之固體廢棄物						
12. 多採用預鑄浴廁以減少現場廢棄物						V
13. 多採用乾式隔間以減少現場廢棄物						
14. 建築工地設有施工車輛與土石機具專用洗滌措施			V			
15. 工地對於車輛污泥、土石機具之清洗污水與地下工程廢水排水設有污泥沈澱、過濾、去污泥、排水之措施			V			
16. 車行路面全面鋪設鋼板或打混凝土以防營建污染						
17. 土石運輸車離工地前覆蓋不透氣防塵塑膠布以防營建污染			V			
18. 結構體施工後加裝防塵罩網以防營建污染			V			
19. 施工工地四周築有 1.8m 以上防塵圍籬以防營建污染			V			

(資料來源：[17,18,19,20,21,22]、本研究整理)

由此表能看出各國指標考量減廢面向相關項目不盡相同，其中 LEED 較注重材料的減量以及再生材料的使用量；BREEAM 及 Green Mark 則與 LEED 亦同；CASBEE 則注重再生材料的使用量、建築外觀設計、耐震要求以及施工現場防污措施；ASGB 以建築外觀設計、耐震需求及明管設計為主；SBTool 則注重再生材料的使用率以及材料的輕量化，相似的項目也比 LEED 較來得多。

第三節 建議新增評估項目

由此章節所彙整國外 6 大指標之結果，探討外國指標系統中值得納入減廢面向之項目，提出我國 EEWL 減廢面向指標可能新增之項目。

3.3.1 二氧化碳減量指標可能新增項目

二氧化碳減量指標可能新增之項目考量因素主要包含：1. 應以使用材料、施工及環境之 CO₂ 減量為考量；2. 應考量材料使用效率、既有空間活化設計、氣候變遷衝擊等；3. 整合碳足跡，探討碳排放推估與資源消耗紀錄等。可新增之項目如表 3-2 所示。

表 3-2 二氧化碳減量指標可新增項目

內容	新增評估項目	來源
結構合理化 F	裝修統一設計	ASGB
輕量化係數 W	優化建築物量體，減少材料使用	CASBEE、ASGB
	裝修內容與程度	ASGB
非金屬再生建材使用係數 R	既有構造活化與使用程度	SBTOOL、ASGB、CASBEE
	綠建材、再生建材的採購計畫	LEED
耐久化係數 D	材料使用效率及壽齡	BREEAM、CASBEE
	材料適應氣候變遷衝擊之評估報告	ASGB、BREEAM
	易於維護之裝飾(修)材料	SBTOOL、ASGB、CASBEE
	材料相關檢驗記錄與回饋	SBTOOL、ASGB
	重新整修的時間間距	CASBEE
碳排放紀錄與推估	一次性能源使用及設施運作排放溫室氣體紀錄	SBTOOL、ASGB
	制定施工區域耗能記錄	SBTOOL、ASGB
	制定材料與廢棄物運輸耗能記錄	SBTOOL、ASGB
	制定施工區域耗水記錄	SBTOOL、ASGB
	生命週期碳排放量推估	SBTOOL、ASGB

(資料來源：本研究整理)

3.3.2 廢棄物減量指標可能新增項目

廢棄物減量指標可能新增之項目考量因素主要包含：1. 廢棄物減量應以工地產出廢棄物為核心；2. 建議考量土方運輸、拆除管理；3. 應新增材料用量與裝修廢棄物管理。可新增之項目如表 3-3 所示。

表 3-3 廢棄物減量指標可新增項目

內容	新增評估項目	來源
土方平衡	土石方運輸距離	永續公共工程評估指標、SBTOOL、ASGB
施工廢棄物	營建施工廢棄物管理計畫	LEED、BREEAM、ASGB
	定尺材料	ASGB
拆除廢棄物	營建拆除管理計畫(綠拆除)	LEED、BREEAM
	建築物生命週期廢棄物推估	LEED、BREEAM

(資料來源：本研究整理)

第四章 減廢面向指標之調整

第一節 調整原則與流程

一、調整原則

本研究考量研究期程與限制，在不大幅度修正或驗證的前提下，針對減廢面向指標之修正，提出下列原則：

1. 以原有架構不變動為主要原則，避免過度變化。
2. 依循國內外減廢相關手法，分析新增項目之可能。
3. 利用專家經驗，持續提升系統評估效能。

二、調整流程

根據上述調整原則，減廢面向指標調整流程，約可分成四大步驟，包含文獻回顧、現況分析、腦力激盪與專家經驗等，第一部分，相關綠建築系統回顧，透過國內外綠建築研究或以施行之綠建築評估系統之回顧與檢討，初步分析可能新增之項目；第二階段，現況分析，收集近 5 年申請減廢面向指標之案例特性、申請內容及申請項目等，探討專案申請特性，檢視指標刪除或合併之可能；第三階段，腦力激盪，透過研究團隊及部分專家進行腦力激盪，針對可修正、應修正、可刪除或可新增等項目進行規劃；第四部份，專家訪談，將召開 1~2 場專家會議，透過討論與經驗分享，針對本研究所提出之雛型進行深入探討與研析，最終將以多次專家會議之結論進行逐次彙整與修正。

而最終調整及新增之項目，則是由國內外綠建築研究及以施行之綠建築評估系統整理出可能新增或調整之項目，再召開專家會議根據專家建議及經驗確立指標內容之調整內容，以因地制宜。

第二節 二氧化碳減量指標之調整

「二氧化碳減量指標」主要設計目的是以減少建材在生產以及運輸兩個階段的碳排放量，而建築物的材料都排放著大量的二氧化碳，但是現今二氧化碳減量指標內卻沒有直接的計算建築物材料、運輸的碳排放量方法以及著重於材料的減碳設計，因此本研究在此指標上將針對此兩項重點進行修正，如表 4-1，詳細說明如表下方：

表 4-1 二氧化碳減量指標評估表(2015 年版)

二氧化碳減量指標評估表 - 住宿類 (2015 年版)											
一、建築名稱：											
建築編號：											
二、是否為舊建築物再利用？											
☐ 是 舊結構再利用率 S_r (舊結構體與新結構體之樓地板面積比) = $\frac{A}{A+B}$ ， $CCO_2 = 0.82 - 0.5 \times S_r \leq 0$ ，(0.0 ≤ R_{S5} ≤ 8.0)											
☐ 否 輸入以下評估											
三、CO ₂ 減量評估項目											
A、形狀係數 F					D、耐久化係數 D						
評估項目	計算值	評估值	評估項目	計算值	評估值	評估項目	計算值	評估值	評估項目		
1. 平面係數 a	$a = \frac{A}{A+B}$	0	1. 建築材料力設計 d1	$d1 = \frac{A}{A+B}$	0	1. 建築材料力設計 d1	$d1 = \frac{A}{A+B}$	0	1. 建築材料力設計 d1		
2. 高度比 b	$b = \frac{H}{L}$	0	2. 建築材料力設計 d2	$d2 = \frac{A}{A+B}$	0	2. 建築材料力設計 d2	$d2 = \frac{A}{A+B}$	0	2. 建築材料力設計 d2		
3. 樓板面積比 c	$c = \frac{A}{A+B}$	0	3. 建築材料力設計 d3	$d3 = \frac{A}{A+B}$	0	3. 建築材料力設計 d3	$d3 = \frac{A}{A+B}$	0	3. 建築材料力設計 d3		
4. 立窗面積比 d	$d = \frac{A}{A+B}$	0	4. 建築材料力設計 d4	$d4 = \frac{A}{A+B}$	0	4. 建築材料力設計 d4	$d4 = \frac{A}{A+B}$	0	4. 建築材料力設計 d4		
5. 立窗面積比 e	$e = \frac{A}{A+B}$	0	5. 建築材料力設計 d5	$d5 = \frac{A}{A+B}$	0	5. 建築材料力設計 d5	$d5 = \frac{A}{A+B}$	0	5. 建築材料力設計 d5		
6. 窗牆比 f	$f = \frac{A}{A+B}$	0	6. 建築材料力設計 d6	$d6 = \frac{A}{A+B}$	0	6. 建築材料力設計 d6	$d6 = \frac{A}{A+B}$	0	6. 建築材料力設計 d6		
7. 窗牆比 g	$g = \frac{A}{A+B}$	0	7. 建築材料力設計 d7	$d7 = \frac{A}{A+B}$	0	7. 建築材料力設計 d7	$d7 = \frac{A}{A+B}$	0	7. 建築材料力設計 d7		
F = $a \times b \times c \times d \times e \times f \times g$ 且 $F \leq 1.2$			D = $d1 \times d2 \times d3 \times d4 \times d5 \times d6 \times d7$ 且 $D \leq 0.2$			D = $d1 \times d2 \times d3 \times d4 \times d5 \times d6 \times d7$ 且 $D \leq 0.2$			D = $d1 \times d2 \times d3 \times d4 \times d5 \times d6 \times d7$ 且 $D \leq 0.2$		
F = 0.00			D = 0.00			D = 0.00			D = 0.00		
B、輕量化係數 W											
評估項目	計算值	評估值	評估項目	計算值	評估值	評估項目	計算值	評估值	評估項目		
1. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	1. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	1. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	1. 建築材料		
2. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	2. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	2. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	2. 建築材料		
3. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	3. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	3. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	3. 建築材料		
4. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	4. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	4. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	4. 建築材料		
5. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	5. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	5. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	5. 建築材料		
6. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	6. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	6. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	6. 建築材料		
7. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	7. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	7. 建築材料	$W = \frac{A}{A+B}$	0	7. 建築材料		
W = 0.00			W = 0.00			W = 0.00			W = 0.00		
C、非金屬建材使用率 R											
評估項目	計算值	評估值	評估項目	計算值	評估值	評估項目	計算值	評估值	評估項目		
1. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	1. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	1. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	1. 建築材料		
2. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	2. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	2. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	2. 建築材料		
3. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	3. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	3. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	3. 建築材料		
4. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	4. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	4. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	4. 建築材料		
5. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	5. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	5. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	5. 建築材料		
6. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	6. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	6. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	6. 建築材料		
7. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	7. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	7. 建築材料	$R = \frac{A}{A+B}$	0	7. 建築材料		
R = 0.00			R = 0.00			R = 0.00			R = 0.00		
四、CO ₂ 減量設計值計算 $CCO_2 = F \times W \times (1-D) \times (1-R) =$											
五、系統得分 $R_{S5} = 19.40 \times [(0.82 - CCO_2) \times 0.82] + 1.5 =$ (0.0 ≤ R_{S5} ≤ 8.0)											

(資料來源：[27、28])

一、 新增一類別：E-符合規範之建築主體結構材料碳排放量係數

為配合國家碳排放估算與減量之政策方向下，現今二氧化碳減量指標卻無法計算二氧化碳量，對減量或延續政策著實不利，但建築材料數量計算困難，因此目前只先針對建築主體結構來計算碳排放量。又因避免為減少碳排放量而影響建築結構安全，故建議應新增一類符合規範之建築主體結構材料碳排放量係數，協助計算碳排放量。

此類別將新增一係數 $\mu 1$ ，其內容將針對符合規範建築主體結構(柱、樑、板、牆)材料之碳排放量(主體結構材料之碳排放量根據表 4-1 計算)，除以該建築單位總樓地板面積，即為符合規範之建築主體結構材料碳排放量係數。計算公式如式 4-1 所示。

$$\mu 1 = \frac{\text{符合規範建築主體結構材料(柱、樑、板、牆)碳排放量}}{\text{建築總樓地板面積}} \dots\dots\dots \text{式 4-1}$$

表 4-2 建築主體結構材料碳排放量計算表

項目		單位	排放係數	數量	碳排放量	備註
鋼鐵	鋼板	kg	2.42			
	型鋼	kg	1.20			
	冷軋輕型鋼	kg	1.15			
	鋼筋(電弧爐)	kg	0.66			
混凝土	預拌混凝土(2000psi)	m ³	255			
	預拌混凝土(2500psi)	m ³	301			
	預拌混凝土(3000psi)	m ³	347			
	預拌混凝土(3500psi)	m ³	370			
	預拌混凝土(4000psi)	m ³	393			
	預拌混凝土(5000psi)	m ³	464			
	預拌混凝土(6000psi)	m ³	533			
總計						

(資料來源：[28、29]、本研究整理)

E 之得分將以 0.6 為下限，1 分為上限。而材料運輸對於碳排放量也有極大的影響，而為鼓勵縮短材料的運輸距離，因此乘上一材料運輸優待倍數 k (根據表 4-2)。平均值的擬定標準將透過案例計算平均值探討，並利用標準差來進行檢討，計算公式如式 4-2 所示。當總計算值小於 0.6 分時，即得分 0.6 分；大於 1 時，即得分 1 分。此項目也可與低碳聯盟連結，指標候選階段可與低碳聯盟中規劃評估系統(BCFs)結合；指標標章階段則與完工評估系統(BCFc)結合。若於低碳聯盟中之建築碳足跡設計分級間距中取得「鑽石級」則碳排計算 E 為 0.6、「黃金級」則為 0.7、「銀級」則為 0.8、「銅級」則為 0.9 及「合格級」為 1。或者申請者亦可選擇對自己較有利方式，實際計算本指標主結構材料單位樓地板面積碳排量，以計算 E 之分數。

$$E = \left(\frac{\text{平均值} - \mu 1}{3 \text{ 個標準差}} \right) \times k \quad 0.6 \leq E \leq 1 \dots\dots\dots \text{式 4-2}$$

表 4-3 材料運輸優待倍數 k 計算

項目	k
來自同區域縣市材料供應商比例佔 80%	0.9
來自同區域縣市材料供應商比例佔 50%	0.95
其他	1
註解： *1. 根據國家發展委員會 2010 年「國土空間發展策略計劃」將區域劃分為：北北基宜、桃竹苗、中彰投、雲嘉南、高屏、花東及離島七個區域生活圈。 *2. 百分比計算可使用金額、數量等計算。	

(資料來源：本研究整理)

二、新增 d1 設計內容細項

耐震設計部分，若能以國家建築物耐震標章為前提，進而作為綠建築耐震設計之標準，將有利於建築師提升施工品質，同時獲得耐震標章。建議將 d1 設計內容細項新增一項為“取得耐震標章者”，其耐久性因子 di 訂定為 0.15。

三、非金屬建材使用率 R 之調整

首先建議將非金屬建材使用率之名稱調整成”再生建材(非金屬)使用率”較符合此項目之需求。其次，過往計算使用之優待倍數(Yi)與影響率(Zi)部分，本研究建議將兩項目合併計算，如表 4-3 所示。

此外，過往高爐水泥及高性能混凝土為此項目申請之重點，甚至多數案例僅以兩項目進行申請，且該得分皆可滿足門檻值，而在鼓勵使用再生建材之前提下，此兩項目之重要性或優待倍率著實有放大現象，故建議修正計算式。

表 4-4 非金屬建材使用率表

	高爐* 水泥	高性能* 混凝土	再生磚*				再生級* 配骨材	其他再* 生材料
			室內		室外			
			壁磚	地磚	壁磚	地磚		
再生建材使用率 (Xi)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
CO2排放量影響率 (Zi)	CCR× 0.1	(CSER-1)× 0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.6	Z8
單項計算 Xi × Zi								
R=ΣXi × Zi， 且 R≤0.3								
*：為鼓勵綠建材的使用，產品獲得綠建材標章者可再乘上優待係數 1.1。								

(資料來源：[28]、本研究整理)

四、CCO₂總分計算方法調整

為因應前述新增項目及項目調整，CCO₂總分計算應一併調整。整體分數計算應先考量 E 項後修正，如式 4-3 所示。

$$CCO_2 = E \times F \times W \times (1-D) \times (1-R) \dots \dots \dots \text{式 4-3}$$

第三節 廢棄物減量指標之調整

「廢棄物減量指標」之設計主要著重於減少剩餘土方、空氣汙染、施工廢棄物以及拆除廢棄物之固體廢棄物，但根據近年申請廢棄物減量指標之案例可發現工程不平衡土方比例分數偏高、未考慮減少現場混合廢棄物及計算編號上的疑惑，因此本研究在此指標上將針對這三項重點進行指標內容修正如表 4-5，詳細說明如表下方：

表 4-5 廢棄物減量指標評估表(2015 年版)

廢棄物減量指標評估表 - 住宿類 (2015 年版)																																											
一、建築名稱：																																											
容許剩餘土方量 $M_c(m^3)$	0.65	總樓地板面積 $AF(m^2)$																																									
工程不平衡土方量 $M(m^3)$	0	有利剩餘土方量 $M_r(m^3)$	0																																								
建築廢棄物減量係數 α_2	0	公署評估係數 β	-																																								
二、是否為舊建築地再開發？																																											
☐ 是 舊結構再利用率 S_r (舊結構體與總結構體之樓地板面積比) = $\frac{S_r}{RS6} = 10.0 \times S_r = \square$; $(0.0 \leq RS6 \leq 8.0)$																																											
☐ 否 填入以下評估																																											
三、廢棄物減量評估項目																																											
A、工程不平衡土方比例 PI_a																																											
$PI_a = (M - M_r) / (AF \times M_c) = \square$; $0.5 \leq PI_a \leq 1.5$																																											
B、施工廢棄物比例 PI_b																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>營造活動化使用工法</th> <th>採用率 x_i</th> <th>選擇係數 y_i</th> <th>累積+選擇 $x_i \times y_i$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>金屬系統模板</td> <td>0</td> <td>0.04</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>模架系統或大鋼系統模板</td> <td>0</td> <td>0.02</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>預鑄外牆</td> <td>0</td> <td>0.04</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>預鑄樓板</td> <td>0</td> <td>0.04</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>預鑄梁柱</td> <td>0</td> <td>0.03</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>預鑄牆面</td> <td>0</td> <td>0.02</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>乾式隔牆</td> <td>0</td> <td>0.03</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>乾工工法</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td colspan="3">營造活動化選擇係數 $\alpha_1 = \sum x_i \times y_i =$</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>				營造活動化使用工法	採用率 x_i	選擇係數 y_i	累積+選擇 $x_i \times y_i$	金屬系統模板	0	0.04	0.0	模架系統或大鋼系統模板	0	0.02	0.0	預鑄外牆	0	0.04	0.0	預鑄樓板	0	0.04	0.0	預鑄梁柱	0	0.03	0.0	預鑄牆面	0	0.02	0.0	乾式隔牆	0	0.03	0.0	乾工工法	0	-	0.0	營造活動化選擇係數 $\alpha_1 = \sum x_i \times y_i =$			0.0
營造活動化使用工法	採用率 x_i	選擇係數 y_i	累積+選擇 $x_i \times y_i$																																								
金屬系統模板	0	0.04	0.0																																								
模架系統或大鋼系統模板	0	0.02	0.0																																								
預鑄外牆	0	0.04	0.0																																								
預鑄樓板	0	0.04	0.0																																								
預鑄梁柱	0	0.03	0.0																																								
預鑄牆面	0	0.02	0.0																																								
乾式隔牆	0	0.03	0.0																																								
乾工工法	0	-	0.0																																								
營造活動化選擇係數 $\alpha_1 = \sum x_i \times y_i =$			0.0																																								
$PI_b = 1.0 - 5.0 \times \alpha_1 - \alpha_2 = \square$; $PI_b \geq 0.0$																																											
C、拆除廢棄物比例 PI_d																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>預置水坭</th> <th>預置輕混泥土</th> <th>再生混泥土磚</th> <th>再生磚</th> <th>其他再生材料</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>再生材料使用率 X_i</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>選擇係數 Z_i</td> <td>CWR < 0.03</td> <td>CSER < 0.04</td> <td>0.46</td> <td>0.13</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>累積計算 $X_i \times Z_i =$</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>$\gamma = \sum X_i \times Z_i =$</td> <td colspan="5">0.00</td> </tr> </tbody> </table>					預置水坭	預置輕混泥土	再生混泥土磚	再生磚	其他再生材料	再生材料使用率 X_i	0	0	0	0	0	選擇係數 Z_i	CWR < 0.03	CSER < 0.04	0.46	0.13	-	累積計算 $X_i \times Z_i =$	0	0	0	0	0	$\gamma = \sum X_i \times Z_i =$	0.00														
	預置水坭	預置輕混泥土	再生混泥土磚	再生磚	其他再生材料																																						
再生材料使用率 X_i	0	0	0	0	0																																						
選擇係數 Z_i	CWR < 0.03	CSER < 0.04	0.46	0.13	-																																						
累積計算 $X_i \times Z_i =$	0	0	0	0	0																																						
$\gamma = \sum X_i \times Z_i =$	0.00																																										
$PI_d = 1.0 - \alpha_2 - 10.0 \times \gamma = \square$; $PI_d \geq 0.0$																																											
D、施工空氣污染比例 PI_a																																											
$PI_a = 1.0 - \sum (\alpha_{a_i}) = \square$; $PI_a \geq 0.2$																																											
四、廢棄物減量設計值計算 $PI = PI_a + PI_b + PI_d + PI_a - \beta = \square$																																											
三、系統得分 $RS6 = 13.13 \times [(3.30 - PI) / 3.30] + 1.5 = \square$; $(0.0 \leq RS6 \leq 7.0)$																																											

一

二

三

四

(資料來源：[27、28])

一、修正 PIe 計算原則

在考量土方交換與土方運輸距離等條件下，為避免過往地下室超挖、及既有 1.5 分高分計算問題等現象發生，本研究建議應以單位總樓地板面積來換算餘土量較為可行，且加入土方交換與運輸距離之優待，鼓勵工程間進行土方交換再利用，並減少交通運距過長所造成交通干擾。整體計算修正如式 4-4 所示。

$$S = \frac{\text{餘土產生量}}{\text{建築總樓地板面積}} \dots\dots\dots \text{式 4-4}$$

式 4-4 中 S 值即代表單位總樓地板的餘土產生量。計算式部分則須加入是否考量土方交換與運輸距離等優待項目，此優待值本研究稱為 c 值。而 c 值之優待係數如表 4-4 所示。當 PIe 值小於或等於 1 時，即得分為 1 分(原 1.5 分)。式 4-5 中之 Sc 則為透過 18 個環評案例計算之餘土單位總樓地板面積產生量之平均值，統一設定為 1.8(詳細計算如 5.2 節說明)。

$$PIe = \left(1 - \frac{Sc - S}{Sc}\right) \times c \quad PLe \leq 1 \dots\dots\dots \text{式 4-5}$$

表 4-6 餘土處置優待係數表

c 值	優待係數	採用率
進行土方交換	0.5	0
運送至距離 50 km 內土資場	0.9	0
其他	1	0

(資料來源：本研究整理)

二、施工廢棄物比例 PIb 值之修正

此項目應以減少施工廢棄物為原則，無論是自動化工法、減廢設計或材料減量等應納入此項目，因此本研究建議施工廢棄物比例應修正為”減廢工法之使用”。另外自動化工法部分，將原式之 5 倍乘進 PIb 各項之優待係數 yi 中。

除了上述更名與優待調整外，本研究另建議新增”現場廢棄物分類”之評估

項目，並稱之為 α_3 (後續 α_3 編號將一併修正)，此項目初步建議可以 0.2 分進行考量，評量基準則以委員依現場分類計畫評量，重點徹底分類，增加回收率，減少混合廢棄物等內容審核。

最後，依據上述新增項目之調整，本項目之計算式應修定為式 4-6。

$$PIb = 1.0 - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3 \dots \text{式 4-6}$$

三、 拆除廢棄物比例 PId 之修正

此項目以鼓勵使用再生材料，以減少全國廢棄物總量為前提，在考量二氧化碳減量指標與過往計算原則、計算編號等疑惑，本研究建議此部分計算應依據二氧化碳指標之再生材料部份計算之。並配合 α 代號之修正，本研究建議將 γ 修定為 α_4 ，並取消 α_4 放大 10 倍之優惠。

此外，本項目應增加既有建築物或結構體拆除之問題，故本研究建議此項目中應新增”執行綠色拆除”一項，並稱之為 α_5 ，此項目初步建議可以 0.2 分進行考量，評量基準則以委員依現場拆除計畫評量，重點構件拆除、拆除作業分類回收，提升回收率等內容審核。

最後，依據上述新增項目之調整，本項目之計算式應修定為式 4-7。

$$PId = 1.0 - \alpha_2 - \alpha_4 - \alpha_5 \dots \text{式 4-7}$$

四、 總體分數之基準值調整

因應項目調整與增加申請難度，本研究建議將與定 3.30 之門檻值，項下修定為 2.80，以提升整體評量效果。

第四節 專家意見

4.4.1 第一次專家意見

為提升減廢面向指標之效能，本研究已初步提出可行修正與新增項目，為確保該項目符合現今社會需求、建築師負擔等問題，本研究邀請國內學術界、建築師等協助進行檢討。第一次專家會議於 2016 年 6 月 28 假內政部建築研究所簡報室進行會議。

表 4-7 第一次專家座談會議議程表

「EEWH 綠建築標章減廢面向指標評估提升之研究」專家座談會		
會議時間	2016 年 6 月 28 日(星期二) 上午 9 點 30 分	
會議地點	內政部建築研究所簡報室	
會議主持人	協同主持人 黃榮堯 博士	
與會專家		
單位	職稱	姓名
國立聯合大學 建築系	教授	梁漢溪
黃模春 張矩墉 陳浩雲建築師事務所	建築師	張矩墉
陳俊芳建築師事務所	建築師	陳俊芳



圖 4-1 第一次專家會議

表 4-8 第一次專家建議及回覆

專家	意見	回覆
張矩壩 建築師	1. 算大宗材料會增加工作量。 2. 運輸量不穩定，較多不確定性，難查核、難執行。 3. 有些不算容積，但是算大部分碳排放量，使用「建築物總樓地板面積」較接近事實。 4. 了解林憲德老師的低碳聯盟的計算及操作方式。 5. 設計階段無精確使用量。 6. 不同構造要分開(RC、鋼構)。 7. 運輸距離給範圍值(實際距離或直線距離)對應分數。 8. 清楚定義運輸的計算定義。 9. 調整門檻值需做試算較好評估。 10. 再生磚定義(環保標章及再生綠建材標章定義不同)。 11. 可考量輕隔間，鼓勵不灌漿輕隔間。	1. 因為如果用總樓地板面積的話就包含了地下室，可以再討論看看 2. 碳排現在的計算現在全世界都一致，而大宗材料也是只有說鋼筋、混凝土(就是只有指結構材料而已)，因此未來會將他修正為「結構用材料碳排放量」，目前只是先很粗略的來規定，之後可以再做調整。 3. 根據大家建議之後，會先做一個表，方便大家計算。
陳俊芳 建築師	1. 材料提供表格以查表方式計算碳排放量。 2. 運輸在候選階段無法提供資料，可先承諾。 3. 國內空污影響最嚴重是運	1. 標章裡有很多都是在候選階段先承諾，將來到標章階段的話可以再修正，而配比表中也已經有廠商了，因此可以先計算。

	輸，應納入運輸碳排放量。 4. 給排水、明管的定義需明確。 5. 指標適用對象需確定。 6. 耐震標章取得為新增，不要取代提高耐震，重要設備的定義需確定。 7. 門窗的定尺使用 CNS 國際標準。 8. 納入拆除階段，施工廢棄物分類可參考 LEED 採用可回收或不可回收。	2. 會做個表格計算碳排放，係數方面會在訂定。
聯合大學 梁漢溪 教授	1. 用「結構用材料」 2. 運輸排放量提供表格計算碳排放量。 3. $\alpha 5$ 給分數，拆除計畫由委員評定分數調整的比例，需實際試算過較好。 4. 暫時不納入定尺。	1. 可以給個兩種或三種分數，有個對照。
公會	1. 運輸無法控制變因。 2. 加工運輸無法計算。 3. 再生磚分成室內、室外、壁磚、地磚，工作量較低。	1. 但是運輸對於碳排放量的影響是很大，未來會新增優待係數來考慮運輸碳排放這件事情，也會更細緻化的考慮。 2. 而設計階段可以預估距離就好，但到標章階段距離要有出貨單，計算出貨單上出貨廠商到工地的距離

(資料來源：本研究整理)

4.4.2 第二次專家意見

為確立本次研究的減廢面向指標之修正成果，本研究於 2016 年 8 月 26 日於內政部研築研究所討論室 1 舉辦第二場專家會議，邀請國內學術界學者及建築師進行學術、實務上的討論。

表 4-9 第二次專家座談會議議程表

「EEWH 綠建築標章減廢面向指標評估提升之研究」專家座談會		
會議時間	2016 年 8 月 26 日(星期五) 下午 2 點 30 分	
會議地點	內政部建築研究所討論室 1	
會議主持人	計畫主持人 陳瑞鈴 所長 協同主持人 黃榮堯 博士	
與會專家		
單位	職稱	姓名
財團法人台灣建築中心	董事長	鄭宜平
內政部建築研究所	組長	陳伯勳
開南大學 財務金融系	教授	王敏順
中國科技大學 建築系	教授	陳海曙
黃模春 張矩墉 陳浩雲建築師事務所	建築師	張矩墉
陳俊芳建築師事務所	建築師	陳俊芳

(資料來源：本研究整理)



圖 4-2 第二次專家會議

表 4-10 第二次專家建議及回覆

專家	意見	回覆
建研所 陳瑞鈴所長	1. 執行 $\alpha 5$ 綠色拆除時要如何驗證? 需要有計算以及認證的方法。 2. 既有指標的操作若改善, 如何推動及鼓勵? 又該怎麼簡化?	1. 在候選階段必須提供計畫書, 在標章第二階段需要討論
建研所 陳伯勳組長	1. 50km 距離需要怎麼去驗證及現場探勘?	1. 希望在施工過程時能提供例如照片等, 站在管理的角度而言大致朝大方向前進, 而係數方面則是採一個相對性而不是絕對性。
建築中心 鄭宜平董事長	1. 文字敘述請將二氧化碳減量指標排在前, 廢棄物減量指標在後的方式排列 2. 二氧化碳減量指標之非金屬建材使用率 R 與廢棄物減量指標之拆除廢棄物比例 PId 是否重複, 可捨去一個。 3. 廢棄物減量指標部分: $\alpha 1$(原有)、$\alpha 2$(原有)、$\alpha 3$(原有)、$\alpha 4$(新增, 由 γ 修正而來)、$\alpha 5$(新增) $\alpha 6$(沒有)? 4. 為什麼 PI 值基準改為 2.8?	1. 目前都是採以原有架構不變動為原則, 再來如果減少一個部份的話, 分數上來說會差異很大, 今年的目標就先以這樣為主。 2. $\alpha 3$ 已經改到 $\alpha 6$, $\alpha 3$ 的空位把它變成新增現場廢棄物分類。
開南大學 王敏順教授	1. 二氧化碳減量及廢棄物減量指標之基準值是否維持為非限制值? 2. 廢棄物減量公式 E 中之「三個標準差」, 可否再定義清楚? 3. 廢棄物減量公式中的 $\alpha 1$ 中的「建築總樓地板面積」是否考量「基地面積」的影響因素?(例如造景挖填方) 4. 碳足跡考量立意佳, 本案是否有考慮 50km 外之權重? 5. 有關「現場廢棄物分類」及「執行綠色拆除」是否可規定申請	1. 還是維持有基準值, 如果沒有門檻的話, 這樣就變成計算沒有意義了。 2. 根據統計的定義來說, 如果 $e1$ 剛好低於平均值的三個標準差, 那值就會等於 1, 為 1 的話就要再討論(雖然實務不太可能有但是有存在可能性) 3. 之前營建署訂了一個拆除規範, 可以參考。

	單位提供計畫書之項目備審？ 6. 本案具前瞻性納入碳交易，生態足跡概念值得推廣，唯實務運作可再溝通協議之。	
中國科大 陳海曙教授	1. 新增項目不建議太多。 2. 二氧化碳指標，建議可以將低碳建築聯盟取得證書者之營建減碳排效益或得分。 3. 材料運輸往往不是可以自由選擇的，建議K值採獎勵給分的方式擬定。 4. 施工空氣污染PIa比例項目，建議仍維持原來分級。 5. 拆除廢棄物比例$\alpha 5$之再生磚，建議註明須為綠建材(取得標章者)。	1. 二氧化碳減量指標只有新增一個大宗材料，其他都只有整併跟新增。廢棄物減量指標只增加現場分類以及綠色拆除。 2. 今年大致上的目標先以$\mu 1$值公式帶入計算，證書的部分可以之後再討論看看。 3. 有保留PIa都沒動，只是在訂基準值時標準訂的比較嚴格些。
陳俊芳 建築師	1. 二氧化碳減量指標之E值計算，建議採雙軌的方式，一為提供依建築物構造，樓層高度之單位面積之鋼筋，混凝土用量(查表)；二為申請者自行計算鋼筋混凝土用量。 2. 廢棄物減量指標之新增$\alpha 3$(現場廢棄物分類)，於候選證書、標章階段如何審查？ 3. 廢棄物減量指標之新增$\alpha 5$於候選證書階段應檢附之畫圖文件？例如先行申請拆除執照或拆併建之應檢附書圖文件是否不同？ 4. 建議取消或降低不具鑑別性之評估內容之得分，例如二氧化碳減量之d7裡的「機械充足搬運路徑」及「更新維修空間」 5. 評估項目宜再明確者：二氧化碳減量之d6之「沒有明管設	1. 大家都是用一樣的基準值去計算，這樣就會沒有鑑別度，所以此設計就是如果是同樣的規模樓地板面積但是不一樣的設計所以碳排會有差異。 2. 可以要求除了提供施工照片之外，也可提供最後的分類量。 3. 可以在手冊裡附錄有個範本，也利於審查。

	計，設備更新時會傷及構造體」修正為「沒有明管設計或柱中埋管，設備更新時會傷及構造體」得 0 分；d4「屋頂無重要載重設備時不予評估」須定義「重要設備」；d7 之「電氣通信線路之開放式設計，使插座電信可自由擴充更新而不必傷及構造體設計」是否即為高架地板？且限定適用用途不含住宿類。	
張矩墉 建築師	1. 指標門檻值改變後，系統得分的係數或級距應該要同步調整。 2. Pie 的係數 C，只列了兩個條件，若不符合這兩個條件時 C 要取多少？ 3. 耐震標章是否繼續存在？是先決條件。可能不適合取代原有耐震力提高，建議並列。 4. 大宗建材(簡報檔 P. 25)所列都要計算？建議保留結構、鋼板、鋼筋及預拌混凝土及可 5. 50km 距離要考慮離島、偏鄉，建議可取得說明 50km 內確實無可用之廠，則可維持 1 6. P. 26 案例表用途太單一，宜有用途分類最少要有住宅的分類。另外是要取水泥碳排還是預拌混凝土碳排。 增加鋼構造及 RC 構造的案例對比。	1. 現在執行的原則就是以原有架構不變為原則。 2. C=1 3. 對，是只有計算鋼筋以及預拌混凝土。 4. 其實指標提供了很多選擇，有可能是這個指標做不到，但是其他項目是可以做到的，就是挑自己可以做到的項目來評估。 5. 如果是 RC 的話就是計算鋼筋以及混凝土

第五章 新指標參數建立與案例試算

本研究已初步完成手冊建議調整之項目，本章則根據第四章之調整項目來進行案例試算來驗證及分析，以確立手冊新公式之建立邏輯及新舊參數對照，以驗證本研究當初改善指標項目的目標。

第一節 二氧化碳減量指標參數建立與案例試算

一、符合規範之建築主體結構材料碳排放量

根據勝 O 營造以及吳 O 榮建築師事務所提供的包含了混凝土、鋼筋數量之案例共 24 個。而鋼筋、混凝土碳排放量則是採用「行政院產品碳足跡計算服務平台」提供之係數進行計算。以下的案例使用新公式計算之平均值由大而小排序為辦公類、住宅類、其他類、學校、運動中心及科技廠。可發現由於辦公類及住宅類之隔間較多，單位總樓地板面積碳排放量相對來說也較多；而由於運動中心及科技廠所需隔間較少，單位總樓地板面積碳排放量較少。由此分析可發現，新公式的建立有助於辨別建築使用種類及用途。而這 24 個案例的 $\mu 1$ 總平均值為 $420.55\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ ， $\mu 1$ 標準差為 $420.55\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ 。

表 5-1 主體結構材料碳排放量案例計算成果(科技廠類)

案例地點	樓層形式	構造形式	用途	總樓地板面積(m^2)	鋼筋總碳排放量(kgCO_2e)	混凝土總碳排放量(kgCO_2e)	總碳排放量(kgCO_2e)	$\mu 1$ ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$)
樹林	B2+6F	RC	科技廠	18,458	1,473,780	5,005,248	6,479,028	351.0146
土城	B2+5F	RC	科技廠	18,817	2,023,560	5,914,650	7,938,210	421.8637
土城	B2+8F	RC	科技廠	40,234	3,442,560	11,407,218	14,849,778	369.0853
龜山	B1+10F	RC	科技廠	48,082	4,366,560	15,650,832	20,017,392	416.3178
桃園	B2+5F	RC	科技廠	18,949	1,523,280	5,063,805	6,587,085	347.6218
平鎮	4F	RC	科技廠	6,664	663,300	1,938,276	2,601,576	390.3926

龍潭	B1+9F	RC	科技廠	21,537	2,106,720	6,348,129	8,454,849	392.5732
台中	B2+11F	RC	科技廠	63,246	5,384,940	17,398,896	22,783,836	360.2415
台中	B1+6F	RC	科技廠	29,064	2,224,860	7,652,889	9,877,749	339.8620
							平均值	376.5525
							標準差	30.0827

(資料來源：本研究整理)

表 5-2 主體結構材料碳排放量案例計算成果(學校類)

案例地點	樓層形式	構造形式	用途	總樓地板面積(m ²)	鋼筋總碳排放量(kgCO ₂ e)	混凝土總碳排放量(kgCO ₂ e)	總碳排放量(kgCO ₂ e)	μ l (kgCO ₂ e/m ²)
台中	4F	RC	學校	5,950.44	685,740	2,174,076	2,859,816	480.6058
桃園	B1+5F	RC	學校	8,533.73	692,340	1,868,895	2,561,235	300.1308
竹南	4F	RC	學校	4,988.40	496,320	1,630,515	2,126,835	426.3561
台中	B1+10F	RC	學校	17,763.04	1,504,140	8,457,675	9,961,815	560.8170
台中	B1+5F	RC	學校	7,430.85	724,680	2,226,444	2,951,124	397.1449
苗栗	B1+4F	RC	學校	6,651.98	686,400	2,179,164	2,865,564	430.7836
台中	B1+4F	RC	學校	10,520.76	1,116,060	3,747,471	4,863,531	462.2794
							平均值	436.8740
							標準差	79.9423

(資料來源：本研究整理)

表 5-3 主體結構材料碳排放量案例計算成果(運動中心類)

案例地點	樓層形式	構造形式	用途	總樓地板面積(m ²)	鋼筋總碳排放量(kgCO ₂ e)	混凝土總碳排放量(kgCO ₂ e)	總碳排放量(kgCO ₂ e)	$\mu 1$ (kgCO ₂ e/m ²)
台南	B1+4F	SRC	運動中心	12,891.20	1,099,296	4,142,490	5,241,786	406.6174
彰化	B1+4F	SRC	運動中心	8,105.67	687,060	2,387,952	3,075,012	379.3656
台中	3F	SRC	運動中心	11,948.68	995,280	4,122,885	5,118,165	428.3456
							平均值	404.7762
							標準差	24.5419

(資料來源：本研究整理)

表 5-4 主體結構材料碳排放量案例計算成果(辦公類)

案例地點	樓層形式	構造形式	用途	總樓地板面積(m ²)	鋼筋總碳排放量(kgCO ₂ e)	混凝土總碳排放量(kgCO ₂ e)	總碳排放量(kgCO ₂ e)	$\mu 1$ (kgCO ₂ e/m ²)
彰化	B1+12F	RC	銀行	3,543.29	427,680	1,555,597	1,983,277	559.7275
台中	B1+6F	RC	辦公室	7,031.07	1,003,200	2,678,838	3,682,038	523.6810
							平均值	541.7043
							標準值	25.4887

(資料來源：本研究整理)

表 5-5 主體結構材料碳排放量案例計算成果(住宅類)

案例地點	樓層形式	構造形式	用途	總樓地板面積(m ²)	鋼筋總碳排放量(kgCO ₂ e)	混凝土總碳排放量(kgCO ₂ e)	總碳排放量(kgCO ₂ e)	$\mu 1$ (kgCO ₂ e/m ²)
台中	B2+13F	RC	住宅	8,584.30	800,580	3,201,866	4,002,446	466.2519

(資料來源：本研究整理)

表 5-6 主體結構材料碳排放量案例計算成果(其他類)

案例地點	樓層形式	構造形式	用途	總樓地板面積(m^2)	鋼筋總碳排放量($kgCO_2e$)	混凝土總碳排放量($kgCO_2e$)	總碳排放量($kgCO_2e$)	$\mu 1$ ($kgCO_2e/m^2$)
台中	4F	RC	納骨塔	7,445.39	582,780	2,186,772	2,769,552	371.9821
台中	B2+1F	RC	停車場	12,895.47	1,105,500	5,471,406	6,576,906	510.0168
							平均值	440.9994
							標準差	97.6052

(資料來源：本研究整理)

表 5-7 主體結構材料碳排放量案例總計算成果

案例用途	鋼筋總碳排放量	混凝土總碳排放量	總碳排放量($kgCO_2e$)	$\mu 1$ 總和 ($kgCO_2e/m^2$)	$\mu 1$ 平均值 ($kgCO_2e/m^2$)	$\mu 1$ 標準差 ($kgCO_2e/m^2$)
科技廠	23,209,560	76,379,943	99,589,503	3388.9730	376.5525	30.0827
學校	6,693,720	22,284,240	28,977,960	3058.1176	436.8740	79.9423
運動中心	2,781,636	10,653,327	13,434,963	1214.3285	404.7762	24.5419
辦公類	1,430,880	4,234,435	5,665,315	1083.4085	541.7043	25.4887
其他	1,688,280	7,658,178	9,346,458	881.9989	440.9994	97.6052
			$\mu 1$ 總平均值	420.5499	$\mu 1$ 總標準差	67.4787

(資料來源：本研究整理)

二、非金屬建材使用率 R 之調整

根據財團法人臺灣建築中心所提供的 30 個二氧化碳減量指標的案例來做新舊 R 值的計算。可發現使用本研究規劃之新公式計算出的 R 值較難達到門檻值 0.3，表示在鼓勵使用再生建材前提下，並非過度放大此兩項之重要性，即僅申請高爐水泥及高性能混凝土兩個項目即可達到門檻值。符合本研究當初修訂公式的目標。

表 5-8 非金屬建材使用率案例計算成果

案例	舊的 R 值	新的 R 值
105GB044	0.3	0.13
105GB039	0.3	0.13
105GB020	0.3	0.3(0.32)
105GB019	0.3	0.06
105GB016	0.3	0.06
105CGB139	0.3	0.08
105CGB125	0.3	0.22
105CGB121	0.3	0.16
105CGB083	0.3	0.2
105CGB079	0.3	0.13
105CGB076	0.3	0.07
105CGB062	0.3	0.3(0.32)
105CGB052	0.3	0.11
105CGB051	0.3	0.21
105CGB048	0.3	0.13
105CGB041	0.3	0.14
105CGB023	0.3	0.07
105CGB021	0.3	0.15
105CGB017	0.3	0.15
105CGB012	0.3	0.05
105CGB003	0.3	0.01
105CGB002	0.3	0.15
105A196	0.3	0.05
105A168	0.3	0.16
105A159	0.002	0
105A154	0.3	0.19
105A153	0.09(無優待係數)	0.18
105A132	0.15	0.04
105A127	0.3	0.2

(資料來源：本研究整理)

第二節 廢棄物減量指標參數建立與案例試算

一、工程不平衡土方比例 PIe

根據本研究所規劃的 PIe 值計算方法及土方計算原則，計算及分析 18 個環評建案案例初步得到以下結果：

1. a1 值以及無作為之 PIe 值可以顯示出單位總樓地板面積所產生的餘土量越少，新的 PIe 值越低，因此達到本研究對於鼓勵減少單位建築總樓地板面積之餘土量。
2. 進行土方交換及運輸至 50km 內之土資場有達到鼓勵工程間土方交換以及減少運輸過長之效果。
3. 新的 PIe 值與舊的 PIe 值比較可發現分數較低，因此也符合本研究之降低既有 1.5 分高分計算目的。

表 5-9 工程不平衡土方比例 PIe 值計算

案例地點	樓層形式	建照之結構	環說書之結構	總樓地板面積(m ²)	a1 值	無作為 $1 - \frac{(1.8 - a1)}{1.8}$	進行土方交換(*0.5)	運輸至 50km 內(*0.9)	舊的 PIe 值
新莊市副都心段	A. B4+28F B. B4+28F C. B4+27F D. 3F	SRC	RC	69,506	1.37	0.76	0.38	0.69	1.5(2.11)
新莊區副都心段	A. B4+25F B. B4+24F	SRC	RC	51,968	1.97	1.00	0.50	0.90	1.5(3.03)
新北市新莊區副都心段	A. B4+22F B. B4+26F C. B4+22F	SRC	RC	75,448	2.07	1.00	0.50	0.90	1.5(3.18)
新北市新莊區副都心段	B4+23F	SRC	RC	23,044	1.74	0.96	0.48	0.87	1.5(2.67)
新北市新莊區副都心段	A. B5+25F B. 24F	SRC	RC	42,364	1.76	0.98	0.49	0.88	1.5(2.71)
新北市新莊區副都心段	B4+24F	SRC	未載明	29,727	1.61	0.90	0.45	0.81	1.5(2.48)
新北市新莊	B4+27F	SRC	RC	26,667	1.45	0.80	0.40	0.72	1.5(2.23)

區副都心段									
新北市新莊 區副都心段	A. B4+28F B. B4+28F	SRC	RC	45,642	1.67	0.93	0.46	0.83	1.5(2.57)
新北市新莊 區副都心段	A. B4+28F B. B4+28F	SRC	RC	55,214	1.55	0.86	0.43	0.77	1.5(2.38)
新北市新莊 區副都心段	B4+42F	SRC	SC	69,637	1.71	0.95	0.48	0.86	1.5(2.64)
新北市新莊 區副都心段	B4+30F	SRC	RC	47,979.36	1.63	0.91	0.45	0.81	1.5(2.51)
新北市新莊 區副都心段	B4+30F	SRC	RC	30,387	1.72	0.95	0.48	0.86	1.5(2.64)
新北市新莊 區副都心段	B4+24F	SRC	SC	17,505.51	1.66	0.92	0.46	0.83	1.5(2.55)
新北市新莊 區副都心段	A. B6+22F B. B6+18F	SRC	RC	40,698	1.96	1.00	0.50	0.90	1.5(3.01)
新莊區副都 心段地號	A. B5+28F B. B5+28F	SRC	SRC	40,488	1.59	0.88	0.44	0.80	1.5(2.45)
新莊區副都 心段	B4 層 +24F	SRC	RC	23,628	1.64	0.91	0.46	0.82	1.5(2.53)
新北市新莊 區副都心段	A. B3+30F B. B4+25F	SRC	SRC	87,957	1.35	0.75	0.38	0.68	1.5(2.08)
新莊區副都 心段	A. B4+27 F B. B4+26F	未載 明	RC	47,296	1.73	0.96	0.48	0.87	1.5(2.67)
				平均值	1.68	0.91	0.46	0.82	1.5(2.58)

(資料來源：本研究整理)

第六章 綠建築評估手冊修正建議

第一節 二氧化碳指標手冊內容修正建議

二氧化碳指標之修正根據 4.2 節二氧化碳減量指標面向指標之調整項目、原則，及對照 2015 年版之綠建築評估手冊可歸納出表 6-1 及表 6-2 來進行對照。修改的項目及文字將會用底線來呈現，而新增的部分則為單純新增並無修正文字。詳細修正後之內容可參見附錄一。

一、二氧化碳減量指標修正

本研究於二氧化碳減量指標中主要修正的項目為：

1. 非金屬建材使用率 R 表。
2. 綠構造係數 CCO_2 總分計算方法。
3. RS5 系統得分基準值。

表 6-1 二氧化碳減量指標手冊內容修正建議對照表

原文	修正後	原文頁數	備註
其 最大影響因素在於「結構合理化」、「建築輕量化」、「耐久化」與「再生建材使用」等 四大範疇。作為「CO ₂ 減量指標」的規劃策略，以下對策可提供設計參考：	其 最大影響因素在於「 <u>符合規範之建築主體結構材料碳排放量</u> 」、「結構合理化」、「建築輕量化」、「耐久化」與「再生建材使用」等 四大範疇。作為「CO ₂ 減量指標」的規劃策略，以下對策可提供設計參考：	P. 75	
系統得分 RS5 = $19.40 \times (0.82 - CCO_2) / 0.82 + 1.5$ ，且 $0.0 \leq RS5 \leq 8.0$ ----- (2-5.1) 其中綠構造係數 CCO_2 依「一般建築」與「舊建築再利用」分別計算如下： 「一般建築」之 $CCO_2 = F \times W \times (1-D) \times (1-R)$	系統得分 RS5 = $19.40 \times [(0.7 - CCO_2) / 0.7] + 1.5$ ，且 $0.0 \leq RS5 \leq 8.0$ ----- (2-5.1) 其中綠構造係數 CCO_2 依「一般建築」與「舊建築再利用」分別計算如下： 「一般建築」之 $CCO_2 = E \times F \times W \times (1-D) \times (1-R)$ ----- (2-5.2.a)	P. 79	

----- (2-5.2.a)			
再生建材係數 $R = \sum X_i \times Z_i \times Y_i$ ，且 $R \leq 0.3$ ----- (2-5.6)	再生建材係數 $R = \sum X_i \times Z_i$ ， 且 $R \leq 0.3$ ----- (2-5.6)	P. 79	
公式 2-5.2 對於綠構造係數 CCO_2 之計算，主要考慮「結構合理性」(F 變數)、「建築輕量化」(W 變數)、「耐久性」(D 變數)與「再生建材使用」(R 變數)等因素……	(1) 公式 2-5.2 對於綠構造係數 CCO_2 之計算，主要考慮「 <u>符合規範之主體結構材料碳排放量係數</u> 」(E 變數)、「結構合理性」(F 變數)、「建築輕量化」(W 變數)、「耐久性」(D 變數)與「再生建材使用」(R 變數)等因素……	P. 80	
表 2-5.5 非金屬再生建材使用率 X_i 與 CO_2 排放量影響率 Z_i 與優待倍數 Y_i	表 2-5.6 非金屬再生建材使用率 X_i 與 CO_2 排放量影響率 Z_i	P. 85	修正表格之 名稱及內容
公式 2-5.6 的 R 值為對再生建材使用的鼓勵係數，它鼓勵高爐水泥、高性能混凝土、再生磁磚、再生級配骨材。表 2-5.5 的 CO_2 排放量影響率 Z_i ，是根據成大建築研究所對 174 棟 RC 建築物的統計值，為一般 RC 建築物該項建材總 CO_2 排放量所佔建築物總 CO_2 排放量之統計比例。此表對於高爐水泥之 Z_i 值取 $0.12 \times CCR$ ，是指 RC 建築物全面採用 40% 高爐水泥時最大可減少 12% CO_2 排放量之意（取自 174 棟 RC 建築物統計值）；對於高性能混凝土之 Z_i 值取 $0.05 \times CSER$ ，當水泥強度效益倍數 $CSER = 3.0$ 時，可減少 15% CO_2 排放量。這些再生建材市場在目前尚未暢通，同時其 CO_2 減量效益 Z_i 值均不大，因此公式 2-5.6 特別 將其效果乘上優待係數 3.0 做為鼓勵。各再	(5) 公式 2-5.6 的 R 值為對再生建材使用的鼓勵係數，它鼓勵高爐水泥、高性能混凝土、再生磁磚、再生級配骨材。表 2-5.5 的 CO_2 排放量影響率 Z_i ，是根據成大建築研究所對 174 棟 RC 建築物的統計值，為一般 RC 建築物該項建材總 CO_2 排放量所佔建築物總 CO_2 排放量之統計比例。 <u>此表對於高爐水泥之 Z_i 值取 $CCR \times 0.1$，對於高性能混凝土之 Z_i 值取 $(CSER - 1) \times 0.3$，是由案例計算推估並透過專家會討論之數值。</u> 這些再生建材市場在目前尚未暢通，同時其 CO_2 減量效益 Z_i 值均不大。各再生建材使用使用率 X_i 是該項建材在全建築使用數量中的比例，其值需由申請者提出使用說明與計算書，經認定後採用之。R 的最大值設於 0.3 之用意，則是平衡各項因素之影響比重而已。	P. 85	此項目將優待係數 Y_i 及 CO_2 排放量影響率 Z_i 合併，因此刪除優待係數之敘述

生建材使用率 X_i 是該項建材在全建築使用數量中的比例，其值需由申請者提出使用說明與計算書，經認定後採用之。 R 的最大值設於 0.3 之用意，則是平衡各項因素之影響比重而已。			
---	--	--	--

(資料來源：[28]、本研究整理)

二、二氧化碳減量指標新增

本研究於二氧化碳減量指標中主要新增的項目為：

1. 符合規範之建築主體結構材料碳排放量係數 E 。
2. 建築物耐震力設計 d_l 之一細項。

表 6-2 二氧化碳減量指標手冊內容新增建議對照表

新增項目	頁數
A. 「符合規範之建築主體結構材料碳排放量」的規劃重點： a1. 建築主體結構的建造必須符合建築技術規則 a2. 減少單位建築總樓地板面積的主體材料碳排放量 a3. 鼓勵縮短主體結構材料的運輸距離 B. 「結構合理化」的規劃重點：	P. 75
其中符合規範之主體結構材料碳排放量係數 E 計算如下： $E = (\text{平均值} - \mu_1) / 3 \text{ 個標準差}$ ，且 $0.6 \leq E \leq 1$ ----- (2-5.3.a) $\mu_1 = [\text{建築主體結構材料(柱、樑、板、牆)碳排放量} / \text{建築總樓地板面積}] * k$ ----- (2-5.3.b)	P. 79
E ：符合規範主體結構材料碳排放量係數，無單位 μ_1 ：單位建築總樓地板面積之主體結構材料碳排放量，參見表 2-5.2.a k ：主體結構材料運輸碳排放優待倍數，與表 2-5.2.b	P. 79
建築主體結構材料碳排放量計算表、材料運輸倍數 K 表格	P. 81
「建築物耐震力設計」之設計內容說明：「取得耐震標章者」， d_l 為 0.15	P. 84

(資料來源：[28]、本研究整理)

第二節 廢棄物減量指標手冊內容修正建議

根據第 4.3 節廢棄物減量指標之項目，及對照 2015 年版之綠建築評估手冊可歸納表 6-3 及表 6-4 來進行對照。修改的項目及文字將會用底線來呈現，而新增的部分則為單純新增並無修正文字。詳細修正後之內容可參見附錄二。

一、廢棄物減量指標修正

本研究於廢棄物減量指標中主要修正的項目為：

1. 工程不平衡土方比例 PI_e 計算原則。
2. 施工廢棄物比例 PI_b 名稱及公式。
3. 拆除廢棄物比例 PI_d 公式。
4. 非金屬再生建材使用率等代號。
5. RS6 系統得分基準值。

表 6-3 廢棄物減量指標手冊內容修正建議對照表

原文	修正後	原文頁數	備註
「一般建築物」系統得分 RS_6 $=13.13 \times ((3.30-PI)/3.30)+1.5$, $0.0 \leq RS_6 \leq 8.0$ ---- (2-6.1a)	「一般建築物」系統得分 $RS_6=13.13 \times [(\underline{2.80}-PI)/\underline{2.80}]+1.5$, $0.0 \leq RS_6 \leq 8.0$ ---- (2-6.1a)	P. 89	
$PI_e = (M-M_r) / (AF \times M_c)$ 且 $0.5 \leq PI_e \leq 1.5$ ----- (2-6.2a)	$PI_e = (1-(Sc-S)/Sc) \times c$ 且 $PI_e \leq$ 1 ----- (2-6.2a)	P. 89	
$PI_b = 1.0 - 5.0 \times \alpha_1 - \alpha_2$ 且 $PI_b \geq 0.0$ ----- (2-6.2b)	$PI_b = 1.0 - \underline{\alpha_1} - \alpha_2 - \alpha$ 3 且 $PI_b \geq$ 0.0 ----- (2-6.2b)	P. 89	
$PI_d = 1.0 - \alpha_2 - 10.0 \times \gamma$ 且 $PI_d \geq 0.0$ ----- (2-6.2c)	$PI_d = 1.0 - \alpha_2 - \underline{\alpha_4} - \alpha_5$ 且 $PI_d \geq 0.0$ ----- (2-6.2c)	P. 89	

$PIa = 1.0 - \sum_{i=1}^8 \alpha_{3i} \text{ 且}$ $PIa \geq 0.2 \text{----- (2-6.2d)}$	$PIa = 1.0 - \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_{6i} \text{ 且}$ $PIa \geq 0.2 \text{-----}$ $(2-6.2d)$	P. 89	
PIb：施工廢棄物比例(-)	PIb： <u>減廢工法使用比例(-)</u>	P. 89	
AF：總樓地板面積(m²) M：工程不平衡土方量(m³)，指原基地經地下室開挖或地形改造後之多餘或不足土方，其計算應以原地形地貌逐步累算。 Mr：有利於他案土方平衡之土方量(m³)，指申請案之不平衡土方量，可證明與他案工程土方量利用取得平衡之土方量，可自其不平衡土方量M扣除計算，但必須有具體之雙方土方利用計畫證明，並經綠建築委員會認定者為限，且移出於棄土掩埋場之土方不被列為採認之範圍。 Mc：單位樓地板面積容許開挖土方基準(m³/m²)，統一設定為0.65。	Sc：透過案例計算之餘土單位總樓地板面積產生量平均值，統一設定為1.8。 S：餘土單位總樓地板面積產生量，單位 m³/m² c：餘土處置優待係數，查表 2-6.1	P. 89-P. 90	
γ：非金屬再生建材使用率(-)，本數據可依據表 2-6.3 計算，或自行提出計算書經認定後採用。 α_3：各種空氣污染防制措施之加權因子(-)，查表 2-6.4。	<u>α_4</u>：非金屬再生建材使用率(-)，本數據可依據表 2-6.5 計算，或自行提出計算書經認定後採用。 <u>α_6</u>：各種空氣污染防制措施之加權因子(-)，查表 2-6.6。	P. 90	之後代號全部都以 $\gamma \rightarrow \alpha_4$ ， $\alpha_3 \rightarrow \alpha_6$ 之規則變更
(2) 公式 2-6.2a 表示工程不平衡土方量的多寡。所謂不平衡土方不論是需要運出去的多餘土方，或需要由外運入基地內填方的不足土方，均視為相同的環保負荷。然而為了怕 PIe 值過大或過小而影響其他	(2) <u>公式 2-6.2a 表示工程不平衡土方量的多寡。所謂不平衡土方不論是需要運出去的多餘土方，或需要由外運入基地內填方的不足土方，均視為相同的環保負荷。在考量土方交換與土方</u>	P. 90	

三項廢棄物評估，因此本手冊設定 PI_e 必須介於 0.5 與 1.5 之間，亦即若 $PI_e < 0.5$ ，則令 $PI_e = 0.5$ ；若 $PI_e > 1.5$ ，則令 $PI_e = 1.5$ 。最好的開發設計當然是現地取得土方平衡，其 PI_e 值即為 0.5。此式中的 Mc 訂為 $0.65 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 代表本評估所設定的單位樓地板面積容許開挖土方量，它是以地上六層、開挖 4.5m 地下一層建築物的挖土方量為準，式中工程平衡土方 Mc 應由原基地地形逐步累算正負挖填方的絕對量。	<u>運輸距離等條件下，應以單位總樓地板面積來換算餘土量，且加入土方交換與運輸距離之優待，鼓勵工程間進行土方交換再利用，並減少交通運距過長所造成的交通干擾。而如 PI_e 大於或等於 1，則得分為 1 分。</u>		
表 2-6.3 非金屬再生建材使用率 $\gamma * 1$ (無使用再生建材時 $\gamma = 0$)	表 2-6.5 非金屬再生建材使用率 $\alpha_4 * 1$ (無使用再生建材時 $\alpha_4 = 0$)	P. 92	修正表格內容及表格名稱

(資料來源：[28]、本研究整理)

二、廢棄物減量指標新增

本研究於廢棄物減量指標中主要新增的項目為：

1. 執行現場廢棄物分類 α_3 一項。
2. 執行綠色拆除 α_5 一項。
3. 餘土處置優待係數表。
4. 營建事業廢棄物再利用種類及管理方式。

表 6-4 廢棄物減量指標手冊內容新增建議對照表

新增項目	原文頁數
14. 執行綠色拆除，提升廢棄物之回收率	P. 89
15. 落實營建廢棄物之現場分類，減少混合廢棄物	
α_3 ：現場廢棄物分類，委員依現場分類計畫評量，重點徹底分類，增加回收率，減少混合廢棄物，但 α_3 不得大於 0.2。(分類種類依照內政部營建署頒訂之「營建事業廢棄物再利用種類及管理方	P. 90

式」，查表 2-6.4)	
α_5 ：執行綠色拆除率(-)，委員依拆除計畫評量，重點構建拆除、拆除作業分類回收，提升回收率等內容評核，但 α_5 不得大於 0.2	
表 2-6.1 餘土處置優待係數表	P. 92
表 2-6.4 營建事業廢棄物再利用種類及管理方式	P. 92

(資料來源：[27]、本研究整理)

第七章 結論與建議

第一節 結論

本研究彙整各國現有減廢指標申請現況，並蒐集各國減廢手法加以分析，再經專家會討論，提出我國綠建築標章減廢面向之調整如下，提升減廢面向指標之評估效能，促進營建資源永續利用與節能減排。

一、二氧化碳減量指標：

1. 順應國際工程碳足跡計算與減碳發展之潮流，建立「符合規範之建築主體結構碳排減量」
2. 結合耐震標章於綠建築標章評估之中。
3. 強化「再生建材使用」之評估計算，鼓勵再生建材使用，避免過往僅以高爐水泥或高性能混凝土即可得高分現況，並且納入綠建材標章產品使用優惠，區隔綠建材標章與環保標章產品。

二、廢棄物減量指標：

1. 建立單位總樓地板面積餘土產生量係數評估方法，消除以往權重過重或低鑑別能力現狀。並且將「土方交換」及「減少運距」納入指標評估，強調其重要性。
2. 新增工地現場分類的評估，提升工地營建資源的回收再利用率與利用價值，尤其是純混凝土塊回收利用可減少天然資源之耗用。
3. 導入綠色拆除執行於指標中，引領業界重視綠色拆除工法與資源永續利用。
4. 強化「再生建材使用」之評估計算，鼓勵再生建材使用，避免過往僅以高爐水泥或高性能混凝土即可得高分現況，並且納入綠建材標章產品使用優惠，區隔綠建材標章與環保標章產品。

透過新參數建立與案例試算，初步結果可說明減廢面向 2 個指標調整具可操作性，並能提升指標評估之效能

第二節 建議

建議一

提供《2015 年版之綠建築評估手冊-基本型》修訂內容參考：立即可行建議

主辦機關：營建署

協辦機關：內政部建築研究所

1. 建議針對新建立的「符合規範之建築主體結構碳排放減量」及「單位總樓地板面積餘土產生量」，能進一步蒐集更多案例加以計算分析，包括構造方式、用途別、區域等影響因子探討。
2. 建議針對綠建築標章其他家族之減廢面向指標，亦參照本研究成果進行調整研究。
3. 建議將本研究成果納入下一版綠建築標章評估手冊調整。

建議二

建立建築工程碳足跡及落實永續資源利用：中長期建議

1. 除建築主體結構材料外，逐步擴大建築工程碳排計算之範疇，建立建築工程碳足跡。
2. 導入建築工程施工與拆除階段，營建資源回收再利用之計算與評估，進一步落實資源永續利用。
3. 在累積足夠標章案例後，檢討因應減廢面向指標門檻值調整，綠建築標章等級級距是否有必要加以調整。

附錄一、二氧化碳減量指標修正全文

2-5 CO₂減量指標

2-5.1 CO₂減量指標的規劃重點

「CO₂減量指標」是以減少建材在生產與運輸兩階段的CO₂排放量為目標，它與前「日常節能指標」以減少使用階段的CO₂排放量一樣，是減少建築整體CO₂排放量最重要的一環。建築物的一磚、一瓦、一鋼筋、一玻璃都是能源的產物，都排放著大量二氧化碳，台灣各建材在生產與運輸兩階段過程的CO₂排放量原單位如表2-5.1所示。此表乃1994年以來由成大建研所訪查國內各類建材生產商，實際統計其產量與能源消耗結構，並以國內能源結構之CO₂排放密度與「生產線直接耗能統計法」換算而得。

本來建材CO₂排放量評估必須由其建材的實際使用量與CO₂排放量原單位其逐步累算，但在實務上因為數量難以查證、計算過於繁複而窒礙難行，因此必須提綱挈領地以規劃設計的重點來管制，本指標僅以「符合規範之建築主體結構材料碳排減量」來進行計算評估，順應國際工程碳足跡計算與減碳發展之潮流。此外，建築物CO₂減量最有效的對策在於節約建材使用量，其最大影響因素在於「結構合理化」、「建築輕量化」、「耐久化」、「再生建材使用」與「符合規範之建築主體結構材料碳排減量」等共五大範疇，作為「CO₂減量指標」的規劃策略。以下對策可提供設計參考。

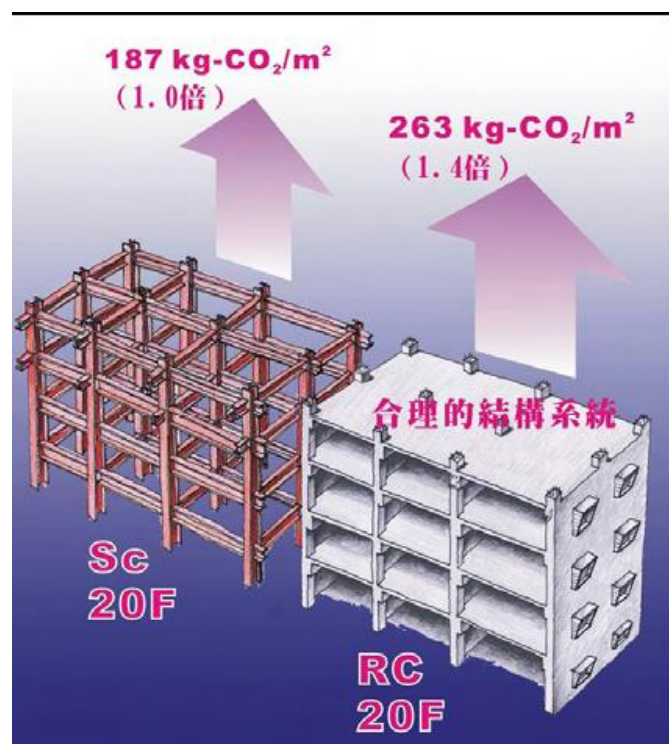


圖2-5.1 RC建築物CO₂排放量是鋼構建築的1.4倍

A. 「符合規範之建築主體結構材料碳排放量」的規劃重點：

- a1. 建築主體結構的建造必須符合建築技術規則
- a2. 減少單位建築總樓地板面積的主體材料碳排放量
- a3. 鼓勵縮短主體結構材料的運輸距離

B. 「結構合理化」的規劃重點：

- b1. 建築平面設計盡量規則、格局方正對稱
- b2. 建築平面內部除了大廳挑空之外，盡量減少其他樓層挑空設計

- b3. 建築立面設計力求均勻單純、沒有激烈退縮出挑變化
- b4. 建築樓層高均勻，中間沒有不同高度變化之樓層
- b5. 建築物底層不要大量挑高、大量挑空
- b6. 建築物不要太扁長、不要太瘦高

C. 「建築輕量化」的規劃重點：

- c1. 鼓勵採用輕量鋼骨結構或木結構
- c2. 採用輕量乾式隔間
- c3. 採用輕量化金屬帷幕外牆
- c4. 採用預鑄整體衛浴系統
- c5. 採用高性能混凝土設計以減少混凝土使用量

D. 「耐久化」的規劃重點：

- d1. 結構體設計耐震力提高 20~50%
- d2. 柱樑鋼筋之混凝土保護層增加 1~2cm 厚度
- d3. 樓板鋼筋之混凝土保護層增加 1~2cm 厚度
- d4. 屋頂層所有設備以懸空結構支撐，與屋頂防水層分離設計
- d5. 空調設備管路明管設計
- d6. 給排水衛生管路明管設計
- d7. 電氣通信線路開放式設計

E. 「再生建材使用」的規劃重點：

- e1. 採用爐石粉替代率約 30%的高爐水泥作為混凝土材料
- e2. 採用再生面磚作為建築室內外建築表面材
- e3. 採用再生骨材作為混凝土骨料
- e4. 採用回收室內外家具與設備

表 2-5.1 建材相關產品生產與運輸 CO₂排放量表（成大建研所 Siraya 研究室 2013 年資料）

材料 分類	材料名稱	單位	kgCO ₂ e				
			原料 取得	原料 運輸	生產 階段	成品 運輸	總排放量
鋼鐵	鋼胚(高爐)	kg	2.26 ^{*1}			0.055	2.32
	鋼胚(電弧爐)	kg	0.147	0.081	0.4 ^{*1}	0.055	0.536
	不銹鋼鋼胚 ^{*2}	kg	1.13 ^{*1}	0.183		0.055	1.368
	鋼筋及鐵件 ^{*3}	kg	0.954		0.168	0.083	1.21
	型鋼 ^{*3}	kg	0.954		0.185	0.064	1.2
	不鏽鋼捲、不鏽鋼 ^{*4}	kg	1.13 ^{*1}	0.183	0.88 ^{*1}	0.047	2.24

	冷軋輕型鋼 ^{*3}	kg	0.954		0.149	0.047	1.15
	熱軋鋼捲 ^{*3}	kg	0.954		0.099	0.038	1.091
	冷軋鋼捲 ^{*3}	kg	0.954		0.4	0.047	1.4
	不鏽鋼管 ^{*3}	kg	1.13	0.183	0.915	0.129	2.36
	鍍鋅鋼管 ^{*3}	kg	0.954		0.285	0.129	1.37
	冷軋鋼管 ^{*3}	kg	0.954		0.435	0.129	1.52
石質	砂礫	m ³	3.05	56.2	-	-	59.24
	採石(原石)	m ³	3.83	111.2	-	-	115.03
	石材加工品(6 分板)	m ²	0.082	2.37	1.738	5.11	9.3
	岩棉 (矽酸鹽)	kg	0.005	0.31	0.276	0.061	0.652
	岩棉板(15mm)	m ²	0.015	0.931	0.828	0.182	1.96
土質	磁磚 ^{*5}	m ²	7.7		7.16	1.14	15.99
	高壓混凝土地磚 ^{*5}	m ²	37.43		5.65	0.396	43.48
	衛生陶瓷器	kg	0.048	0.026	0.802	0.056	0.932
	紅磚(20*9.5*5cm)	塊	0.007	0	0.413	0.164	0.584
	文化瓦	m ²	0.114	0	6.46	2.56	9.13
水泥	一般水泥(卜特蘭)	T	2.471	4.166	855 ^{*11}	99.747	961.38
	白水泥	T	2.471	4.166	941.814	99.747	1048.2
	高爐水泥 (爐石粉 30%)	T	1.73	17.923	617.561	99.747	736.96
	高爐水泥 (爐石粉 45%)	T	1.359	14.2	498.841	99.747	614.15
	1:1 水泥砂漿粉刷	m ²	0.1	0.27	19.024	0.508	19.9
	1:2 水泥砂漿粉刷	m ²	0.095	0.291	12.374	0.508	13.27
	1:3 水泥砂漿粉刷	m ²	0.089	0.294	8.574	0.508	9.46
	1:1 高爐水泥砂漿粉刷	m ²	0.076	0.54	11.109	0.508	12.23
	1:2 高爐水泥砂漿粉刷	m ²	0.079	0.467	7.23	0.508	8.28
	1:3 高爐水泥砂漿粉刷	m ²	0.078	0.415	5.013	0.508	6.01
	預拌混凝土 (2000psi)	m ³	5.13	19.24	214.84	22.85	262.04

	預拌混凝土 (2500psi)	m ³	5.01	18.59	257.59	22.85	304.03
	預拌混凝土 (3000psi)	m ³	4.89	17.95	300.34	22.85	346.01
	預拌混凝土 (3500psi)	m ³	4.89	17.86	321.71	22.85	367.31
	預拌混凝土 (4000psi)	m ³	4.8	21.62	343.09	22.85	392.35
	預拌混凝土 (5000psi)	m ³	4.83	21.48	407.21	22.85	456.36
	預拌混凝土 (6000psi)	m ³	4.71	21.65	471.34	22.85	520.54
	水泥板(9mm)	m ²	0.044	0.162	2.7	2.13	5.04
	水泥板(雙 9mm)	m ²	0.088	0.323	5.41	4.27	10.09
	石膏	kg	0.002	0.027	0.184	0.103	0.32
	石膏磚 (66.5*80*6cm)	塊	0.061	0.803	1.84	3.09	5.79
	石膏板(9mm)	m ²	0.013	0.176	1.75	0.677	2.61
	石膏板(12mm)	m ²	0.018	0.235	2.33	0.903	3.49
	石膏板(15mm)	m ²	0.021	0.281	2.79	1.08	4.18
	矽酸鈣	kg	0.002	0.027	0.213	0.031	0.27
	矽酸鈣板(6mm)	m ²	0.01	0.161	1.28	0.18	1.33
	矽酸鈣板(9mm)	m ²	0.015	0.228	1.81	0.26	1.99
	矽酸鈣板(12mm)	m ²	0.019	0.301	2.39	0.34	2.65
木材	原木 ^{*6}	m ³	-916.67	39.59	102.67	10.97	-763.45
	製材 ^{*6}	m ³	-916.67	39.59	112.43	10.97	-753.68
	木地板(2cm)	m ²	-79.2	3.42	23.94	2.46	-49.36
	木合板 ^{*6}	m ³	-618.75	43.55	440	16.8	-118.4
	木合板(6 分板)	m ²	-11.14	0.784	7.92	0.302	-2.13
	粒片板 ^{*6}	m ³	-624	51.46	733.33	19.85	180.65
	木心板 ^{*6}	m ³	-343.92	43.55	440	16.8	156.42
	木心板(6 分板)	m ²	-6.19	0.784	7.92	0.302	2.82
	木模板(1.5cm) ^{*7}	m ²		2.83	0.275	0.783	3.89
	壁紙	m ²		0.006	0.261	0.003	0.27
鋁金屬	進口鋁錠(全新) ^{*2} ^{*8}	kg	12.2	0.33		0.12	12.65

	進口鋁錠(回收) ^{*2} ^{*8}	kg	3.75	0.187		0.12	4.05
	建築用鋁擠型料	kg	3.75	0.187	0.287	0.12	4.34
	門窗鋁料	kg	3.75	0.187	0.366	0.12	4.42
玻璃	普通玻璃	kg	0.112	0.024	0.696	0.041	0.87
	強化玻璃	kg	0.112	0.024	0.956	0.041	1.13
	反射玻璃	kg	0.222	0.024	0.886	0.041	1.17
	膠合安全玻璃	kg	0.112	0.024	0.843	0.041	1.02
	雙層玻璃	kg	0.224	0.024	0.72	0.041	1.01
	Low-E 玻璃	kg	0.222	0.024	1.08	0.041	1.36
	玻璃纖維	kg	0.112	0.024	2.41	0.041	2.59
化學 &塑膠	PVC 原料 ^{*9}	kg					2.21
	塑鋼原料 ^{*9}	kg					1.72
	聚酯纖維(PET) ^{*9}	kg					2.35
	ABS 樹脂 ^{*9}	kg					3.26
	環氧樹脂 (Epoxy) ^{*9}	kg					3.02
	PC 耐力板	Kg	3.27	0	2.29	0.074	5.62
	PVC 塑膠管·PVC 板	Kg	2.21		0.148	0.074	2.43
	PVC 管接頭、凡 而(閥)	Kg	2.21		0.692	0.074	2.98
	PE 防水布	kg	0.25	0	0.04	0.02	0.31
	水泥漆	kg	3.13	1.23	0.752	0.051	5.16
	油漆 ^{*10}	kg	5.55	0.05	1.27	0.051	6.93
	回收橡膠地磚 ^{*10}	kg	0.601	0.037	0.113	0.004	0.755
	瀝青混凝土	T	35.9	13.37	30.04	23.78	103.09
銅金 屬	銅線(80%回收) ^{*8}	kg	0.789			0.049	0.84
	銅製品(80%回收) ^{*8}	kg	1.79	0.186	1.83	0.049	3.85
註解: *1. 數據引用自環保署產品碳足跡計算服務平台。 *2. 生產階段碳排已包含在原料取得階段中。 *3. 各材料碳排=(高爐法*0.8) + (電弧爐法*0.2),回收率 8 成計算。 *4. 採電弧爐法,不以 8 成回收計。 *5. 行政院環保署碳標籤產品。 *6. 參考王松永提供之製程耗能與固碳排放量,負值 CO₂排放量乃為碳素的固定作用。							

- *7. 木模板轉用次數以 3 次計算之,每 m^3 之木材可以製造 $14m^2$ 的 5 分(1.5cm)木模板。
- *8. 引用 SimaPro 排放係數。
- *9. 經濟部工業局「製造業產品碳足跡輔導與推廣」專案計畫。
- *10. 成大產業永續發展中心盤查提供之數據。
- *11. 生產階段採用環保署 100 年水泥業溫室氣體公告排放強度

2-5.2 CO₂減量指標評估法

「CO₂ 減量指標」依據「符合規範之建築主體結構材料碳排減量」、「結構合理化」、「建築輕量化」、「耐久化」與「再生建材使用」等五大範疇，以公式 2-5.1 所示之綠構造係數 CCO₂ 為指標建立簡易 CO₂ 減量評估法，其系統得分 RS5 與綠構造係數 CCO₂ 之計算如下：

$$\text{系統得分 RS5} = 19.40 \times [(0.7 - \text{CCO}_2) / 0.7] + 1.5, \text{ 且 } 0.0 \leq \text{RS5} \leq 8.0 \text{ ----- (2-5.1)}$$

其中綠構造係數 CCO₂ 依「一般建築」與「舊建築再利用」分別計算如下：

$$\text{「一般建築」之 CCO}_2 = E \times F \times W \times (1 - D) \times (1 - R) \text{ ----- (2-5.2.a)}$$

$$\text{「舊建築再利用」之 CCO}_2 = 0.7 - 0.5 \times \text{Sr} \text{ ----- (2-5.2.b)}$$

其中符合規範之主體結構材料碳排放量係數 E 計算如下：

$$E = [(\mu - \mu_1) / 3\sigma] \times k, \text{ 且 } 0.6 \leq E \leq 1 \text{ ----- (2-5.3.a)}$$

$$\mu_1 = [\text{符合規範之建築主體結構材料(柱、樑、板、牆)碳排放量} / \text{建築總樓地板面積}] \text{ (2-5.3.b)}$$

評估形狀係數 F 決定如下：在 6F 以上中、高層建築物採用下式計算：

$$F = f_1 \times f_2 \times \dots \times f_7, \text{ 且 } F \leq 1.2 \text{ ----- (2-5.4.a)}$$

在 5F 以下低層建築物採用下式計算：

$$F = 1.0 \text{ ----- (2-5.4.b)}$$

$$\text{輕量化係數 } W = \sum w_i \times r_i, \text{ 且 } W \geq 0.7 \text{ ----- (2-5.5)}$$

$$\text{耐久化係數 } D = \sum d_i, \text{ 且 } D \leq 0.2 \text{ ----- (2-5.6)}$$

$$\text{再生建材係數 } R = \sum X_i \times Z_i, \text{ 且 } R \leq 0.3 \text{ ----- (2-5.7)}$$

其中

RS5：CO₂減量指標系統得分（分）

CCO₂：綠構造係數，無單位。

Sr：舊結構再利用率Sr（舊結構體與新完成總結構體之樓地板面積比），無單位

E：符合規範之建築主體結構材料碳排放量係數，無單位

- μ ：透過案例計算之單位建築樓地板面積之主體結構材料碳排放量之平均，統一設定為 $420\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$
- $\mu 1$ ：單位建築總樓地板面積之主體結構材料碳排放量，參見表2-5.2.a
- σ ：透過案例計算之單位建築樓地板面積之主體結構材料碳排放量之標準差，統一設定為 $70\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$
- k：建築主體結構材料運輸碳排放優待倍數，參見表2-5.2.c
- F：形狀係數，無單位，參見表2-5.3
- fi：形狀因子，參見表2-5.3
- W：輕量化係數，無單位，參見表2-5.4
- wi：輕量化因子，無單位，參見表2-5.4，w5~w7為該設計所節省之混凝土量對總結構混凝土量之節約比例，必須提出合理的計算書以供認定。
- ri：某結構載重項目使用率，無單位。主結構依據建照執照申請表格所登載之構造別認定，其r1與 r5~r7固為1.0。隔間牆與外牆使用率r2、r3以牆面積比例計算之，整體衛浴使用率r4以衛浴樓板面積比例計算之。
- D：耐久化係數，無單位，參見表2-5.5
- di：耐久化因子，無單位，參見表2-5.5
- R：非金屬再生建材使用係數（--），參見表2-5.6
- Xi：各種再生建材使用率（--），參見表2-5.6
- Zi：各種再生建材CO2排放量影響率（--），參見表2-5.6

上述公式的構成原理與注意事項簡要如下：

- (1) 公式2-5.2對於綠構造係數CCO₂之計算，主要考慮「符合規範之建築主體結構材料碳排放量係數」（E變數）、「結構合理性」（F變數）、「建築輕量化」（W變數）、「耐久性」（D變數）與「再生建材使用」（R變數）等因素，其意義在於現今建築材料數量計算困難，因此目前先針對建築主體結構來計算碳排放量。而在「結構合理化」、「建築輕量化」、「耐久性」與「再生建材使用」上雖然沒有直接計算CO₂排放量，但其評估法卻能提綱挈領地掌控CO₂減量的成效，在綠建築行政作業上有莫大的方便。系統得分RS5公式2-5.1中0.7之意義在於如果在綠構造係數CCO₂中五大項有三項做到0.9分，即可得0.7分。由於舊建築物再利用可減少大量建築軀體之建材使用量，因此公式2-5.2b特別提供舊建築物再利用案之優惠計算，只要計算出舊結構再利用率Sr（舊結構體與新完成總結構體之樓地板面積比），即可計算其CCO₂=0.7-0.5xSr，並進而求其系統得分RS5。假如該案舊建築再利用率Sr為0.5，則其RS5可得最高分8.0分，可說是對舊建築物再利用案有莫大鼓勵作用。而式2-5.2.a中之「符合規範之建築主體結構材料碳排放量係數」（E變數）也可以與低碳聯盟做為連結，將指標候選階段碳排計算得分與低碳聯盟計算中規畫評估系統(BCFs)結合；指標標章階段則與完工評估系統(BCFc)結合，而得分之依據可參照表2-5.2.c。

- (2) 公式2-5.4a~4b的形狀係數F，在於考量因建築形狀設計不當而引發的建材浪費，它是以前耐震診斷的角度來判斷其因建材浪費而多出的CO₂排放量。此公式乃建立於：耐震力減弱比例等於建材增加比例，即相當於CO₂排放量增加比例之假設。其原理以平面規則性與立面規則性來評估其耐震力，造型變化越多、越花俏的建築造型設計會產生許多結構弱點，在耐震安全考慮上會導致補強材料的增加使用量，也造成更多的二氧化碳排放量。F中所有係數並非嚴格統計值，為多位結構專家之經驗判斷值。形狀係數F的最大影響變距設定於20%，亦即F之最高值限制在1.2以下，其目的在於避免因形狀係數太大而影響其他因素之比重與建築設計之自由度。由於形狀係數F在中低層建築物之影響較小，因此可參照表2-5.3中形狀因子fi對於6~14F之中層建築物予以折減評估，而在5F以下之低層建築則將F設為1.0，而免予評估。

表 2-5.2.a 建築主體結構材料碳排放量計算表

項目		單位	排放係數	數量	碳排放量	備註
鋼 鐵	鋼板	kg	2.42 ^{*3}			
	型鋼 ^{*2}	kg	1.20 ^{*1}			
	冷軋輕型鋼 ^{*2}	kg	1.15 ^{*1}			
	鋼筋(電弧爐)	kg	0.66 ^{*3}			
混 凝 土	預拌混凝土(2000psi)	m ³	255 ^{*3}			
	預拌混凝土(2500psi)	m ³	301 ^{*3}			
	預拌混凝土(3000psi)	m ³	347 ^{*3}			
	預拌混凝土(3500psi)	m ³	370 ^{*3}			
	預拌混凝土(4000psi)	m ³	393 ^{*3}			
	預拌混凝土(5000psi)	m ³	464 ^{*3}			
	預拌混凝土(6000psi)	m ³	533 ^{*3}			
總計						
註解： *1.數據引用自成大建研所 Siraya 研究室 2013 年資料。 *2.各材料碳排=(高爐法*0.8) + (電弧爐法*0.2),回收率 8 成計算。 *3.數據引用自環保署產品碳足跡計算服務平台(2013、2015 年資料)。						

表 2-5.2.a 係數 E 得分與低碳聯盟連結對照表

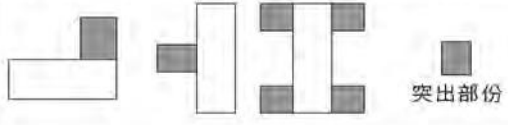
等級	E 得分
鑽石級 ^{*1}	0.6
黃金級 ^{*1}	0.7
銀級 ^{*1}	0.8

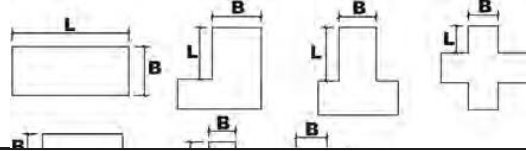
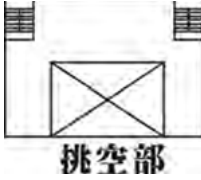
銅級 ^{*1}	0.9
合格級 ^{*1}	1
註解： *1.低碳聯盟之等級評分計算及標準請參照林憲德「建築碳足跡(二版)」。 	

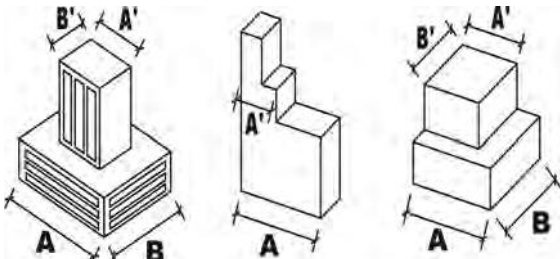
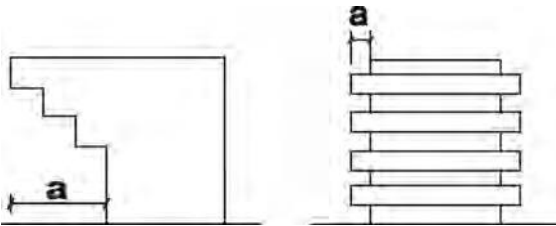
表 2-5.2.c 材料運輸優待倍數 k

項目	k
來自同區域 ^{*1} 縣市材料供應商比例 ^{*2} 80%	0.9
來自同區域 ^{*1} 縣市材料供應商比例 ^{*2} 50%	0.95
其他	1
註解： *1.根據國家發展委員會 2010 年「國土空間發展策略計劃」將區域劃分為：北北基宜、桃竹苗、中彰投、雲嘉南、高屏、花東及離島七個區域生活圈。 *2.比例百分比之計算可使用數量、金額、重量等計算。	

表 2-5.3 形狀係數 F 與形狀因子 fi

項 目			fi		備註						
			中層建築 (6~14F)	高層建築 (≥15F)							
平面形狀	1.平面規則性 a	a1：平面規則	0.95	0.95	<table><tr><th>規則型</th><th>大略規則型</th><th>不規則型</th></tr><tr><td>A. 大略呈飽滿型軸對稱 B. L、T、U、H型等平面，其突出部面積佔樓地板面積10% 以下</td><td>A. 較不規則 B. L、T、U、H型等平面，其突出部面積佔樓地板面積30% 以下</td><td>A. 更不規則 B. L、T、U、H型等平面，其突出部面積佔樓地板面積30% 以上</td></tr></table> 	規則型	大略規則型	不規則型	A. 大略呈飽滿型軸對稱 B. L、T、U、H型等平面，其突出部面積佔樓地板面積10% 以下	A. 較不規則 B. L、T、U、H型等平面，其突出部面積佔樓地板面積30% 以下	A. 更不規則 B. L、T、U、H型等平面，其突出部面積佔樓地板面積30% 以上
		規則型	大略規則型	不規則型							
		A. 大略呈飽滿型軸對稱 B. L、T、U、H型等平面，其突出部面積佔樓地板面積10% 以下	A. 較不規則 B. L、T、U、H型等平面，其突出部面積佔樓地板面積30% 以下	A. 更不規則 B. L、T、U、H型等平面，其突出部面積佔樓地板面積30% 以上							
	a2：平面大略規則	1.0	1.0								
	a3：平面不規則	1.05	1.1	或以平面內縮部位之面積計算，規則性判斷如同上述突出部面積之比例原則，選有利值認定之。 							
	2.長寬比 b	b≤5	1.0	1.0	b=長邊 (L) /短邊 (B)，在 L、T、十字、H、人字、U 型平面時，其長邊取 2L。長邊取突出部最長向計算之。						
5<b≤8		1.03	1.05								

		$8 < b$	1.05	1.1	
	3. 樓板挑空率 e	$e \leq 0.1$	1.0	1.0	$e = \frac{\text{樓板挑空面積}}{\text{該樓層面積 (含挑空部)}}$ 但以RC牆圍起之樓梯間、電梯間不視為樓板挑空。又如體育館、集會堂、劇院等在機能上必須挑高設計之大空間，不必進行挑空評估，此時令$e=1.0$即可  挑空部
		$0.1 < e \leq 0.3$	1.02	1.03	
		$0.3 < e$	1.04	1.08	

立面形狀	4. 立面退縮 g	g1: 立面無退縮 樓層退縮比 ≥ 0.9	1.0	1.0	退縮建築(階梯形建築)依樓層退縮比判斷其立面規則性，但地下室部分不納入退縮之評估。 $\text{樓層退縮比} = \frac{\text{建築物退縮部份之長度 } A' \text{ 或寬度 } B'}{\text{建築物之長度 } A \text{ 或寬度 } B}$ (A 或 B 取最不利者為其樓層退縮比) 
		g2: 立面部分退縮 $0.9 > \text{樓層退縮比} \geq 0.75$	1.03	1.05	1. 立面部分樓層出挑部 a 小於 1.5m 者視為立面小出挑 2. 立面部分樓層出挑部 a 大於 1.5m 但小於 3m 者視為立面中出挑 3. 立面呈倒梯形建築或部分樓層出挑部 a 超過 3m 者一律視為立面大出挑 
		g3: 立面大退縮 樓層退縮比 < 0.75	1.05	1.1	
5. 立面出挑 h		h1: 立面小出挑 $a \leq 1.5\text{m}$	1.0	1.0	
		h2: 立面中出挑 $1.5 < a \leq 3\text{m}$	1.03	1.05	
		h3: 立面大出挑 $a > 3\text{m}$	1.05	1.1	
		$0.7 \leq i$	1.0	1.0	$i = \frac{\text{最低樓層之樓高 } h}{\text{最較高樓層之樓高 } H}$

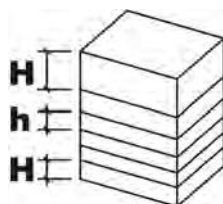
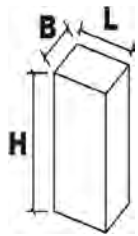
立面形狀	6.層高均等性 i	$0.6 \leq i < 0.7$	1.03	1.05	
		$i < 0.6$	1.05	1.1	
	7.高寬比 j	$j \leq 4$	1.0	1.0	$j = \frac{\text{建築物之高度(H)}}{\text{建築物之長度或寬度(L or B)}}$ L or B 取其較短者 
		$4 < j \leq 6$	1.03	1.05	
		$6 < j$	1.05	1.1	
		本表資料取自蔡益超教授之「結構耐震診斷表」及日本建設省住宅局「耐震斷補強方法」，經成大建研所選取與節約建材用量有關之項目修改而成			

表 2-5.4 輕量化因子 w_i

項目		使用率 ri	輕量化因子 wi	
載重項目	地面一樓以上主結構體之構造方式(主結構依地面層以上構造別認定,若為混和構造可依樓層數或面積加權計算其係數)	木構造 * 1	0.70	
		鋼構造、輕金屬構造 * 2	0.85	
		RC 構造	1.00	
		SRC 構造	1.05	
		磚石構造	1.20	
	隔間牆 * 4	輕隔間牆 * 5	-0.10	
		磚牆	0	
		RC 隔間牆	0	
	外牆	金屬玻璃帷幕牆	-0.10	
		RC 外牆 PC 版帷幕牆	0	
	衛浴	預鑄整體衛浴	-0.05	
	RC、SRC 構造混凝土減量設計	高性能混凝土設計	r5=1.0	w5*3
		預力混凝土設計	r6=1.0	w6*3
		其他混凝土減量設計	r7=1.0	w7*3

* 1：使用木構造為輕量化獎勵對象者，應提出永續森林經營的林木出產證明

* 2：輕金屬構造指低層鋁合金構造建築之類的輕構造。

* 3：有關 w5~w7 之優惠，必須提出合理的計算書以供認定。

* 4：隔間牆為除了外牆、隔戶牆以外之室內空間分隔牆。學校教室、會議室、音樂廳、禮堂等隔音要求嚴格之空間單元分界牆視同隔戶牆，不在隔間牆評估之內。

* 5：輕隔間牆指不以磚石、鋼筋混凝土構造施工之輕量化隔間牆，包括版材與間柱之組合版牆，以及版牆內含隔音棉、泡沫混凝土等輕量填充材之組合版牆。

- (3) 公式 2-5.5 的輕量化係數 W 在於提倡建築構造的輕量化，表 2-5.4 可明顯看出鼓勵鋼構造、木構造、輕隔間、帷幕外牆、整體衛浴等輕量化之對策。此式輕量化係數 W 最小值設定為 0.7，這是根據過去成大建築研究所對於鋼構造建築物之 CO_2 排放量比 RC 構造建築物可減少 30% 所定出來的數值。此表同時明列高性能混凝土、預力混凝土等混凝土減量相關設計之優惠規定，申請者可計算其對整體結構體之混凝土減量比例作為優惠係數。此時設計者必須提出該部位混凝土減量之比例 $w_5 \sim w_7$ ，與混凝土減量設計採用率 $r_5 \sim r_7$ 之合理計算資料，以供認定。假如因為形狀迥異而採用率難以計算時，以結構整體混凝土減量計算值 當成 $r_5 \times w_5 \sim r_7 \times w_7$ 計算值認定亦可。

- (4) 公式 2-5.6 的 D 值為對耐久性設計的鼓勵係數，因為耐久性的提升有助於建築壽命的延長，因而相當於節約建材使用量。此式主要依據表 2-5.5 之耐久性設計與管線機械設備的維修性設計來評估其耐久性，其最大優惠係數為 20%，即 D 最大值設定為 0.2。其中柱樑與樓板之鋼筋增加保護層厚度之耐久性設計，看似增加載重而違反輕量化原則，但此乃專為 RC、SRC 構造之優惠計算以免獨厚 S 構造之考慮，同時輕量化原則只是強調材料之有效利用而已，並非連用於刀口上的混凝土也不該用之意。當然還有許多有助於提升耐久性的設計法，只要申請者能提出合理設計圖說與計算說明後，即可給予適當的優惠係數。

表 2-5.5 耐久化係數 D 與耐久性因子 $d_i \times 1$

大項	小項	設計內容說明	d_i
耐久性	建築物耐震力 * 2 設計 d_1 (提出耐震力升級設計說明)	耐震力設計合於建築物耐震設計規範規定者	0.0
		耐震力以高於建築物耐震設計規範 15% 以上設計者	0.05
		耐震力以高於建築物耐震設計規範 30% 以上設計者	0.10
		取得耐震標章者	0.15
	柱樑部位耐久設計 $d_2 \times 3$ (提出柱樑配筋施工圖)	非 RC、SRC 構造或柱樑部位鋼筋保護層依規範標準設計者	0.0
		RC 構造柱樑部位鋼筋保護層大於規範標準 0.5cm 者	0.02
		RC 構造柱樑部位鋼筋保護層大於規範標準 1.0cm 者	0.03
		RC 構造柱樑部位鋼筋保護層大於規範標準 1.5cm 者	0.04
		RC 構造柱樑部位鋼筋保護層大於規範標準 2.0cm 者	0.05
	樓板部位耐久設計 $d_3 \times 3$ (提出樓板配筋施工圖)	非 RC、SRC 構造或樓板部位鋼筋保護層依規範標準設計者	0.0
		RC 構造樓板部位鋼筋保護層大於規範標準 0.5cm 者	0.02
		RC 構造樓板部位鋼筋保護層大於規範標準 1.0cm 者	0.03
		RC 構造樓板部位鋼筋保護層大於規範標準 1.5cm 者	0.04
		RC 構造樓板部位鋼筋保護層大於規範標準 2.0cm 者	0.05
維修性	屋頂防水層 d_4 (提出設備懸空結構支撐設計圖)	屋頂無重要載重設備時不予評估	0.0
		屋頂層所有設備以懸空結構支撐，與屋頂防水層分離設計，設備更新時不會傷及防水層	0.05
	空調設備管路 d_5 (提出管路系統圖及明管設計施工圖)	無中央空調時	0.0
		所有管路明管設計，設備更新時會傷及裝潢，但不會傷及結構驅體	0.03
		所有管路明管設計，設備更新時不會傷及所有裝潢及結構驅體	0.05
		沒有明管設計，設備更新時會傷及構造體	0.0

	給排水衛生管路 d6 (提出管路系統圖及明管設計施工圖)	大部分管路明管設計，設備更新時會傷及裝潢，但不會傷及結構驅體（乾式輕量隔間可視同裝潢）	0.03
		所有管路明管設計，設備更新時不會傷及所有裝潢及結構驅體	0.05
	電氣通信線路 d7 (提出通信線路開放式設計說明)	一般設計	0.0
		電氣通信線路開放式設計，使插座電信可以自由擴充更新而不必傷及構造體之設計	0.05
		有部分機械無充足搬運路徑及更新維修空間	0.0
		所有機械均有充足搬運路徑及更新維修空間	0.05
其他	其他有助於提升耐久性之設計 d8	由申請者提出合理設計圖說與計算說明後認定之	認定值
*1：申請 d1~d8 之優惠係數，應該提出必要圖說與計算說明。*2：耐震力設計標準參照「建築物耐震設計規範 2.2 節」*3：所謂柱樑及樓板鋼筋保護層之規範標準參照「混凝土工程設計規範 13.6 節，土木水利工程學會」規定，申請者應提出比較說明。			

表 2-5.6 非金屬再生建材使用率 X_i 與 CO_2 排放量影響率 Z_i

	高爐* 水泥	高性能* 混凝土	再生磚*				再生級* 配骨材	其他再* 生材料
			室內		室外			
			壁磚	地磚	壁磚	地磚		
再生建材使用率(Xi)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
CO ₂ 排放量影響率(Zi)	CCR×0.1	(CSER-1)×0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.6	Z8

本表只考慮非金屬建材之再生使用優惠，金屬建材為常態高回收率之建材，在表 2-5.4 中之輕量化係數中已有優惠，在此不重複評估。有關使用率 Xi 認定，如為高爐水泥 X1 或再生級配骨材 X7，則以其所佔總水泥用量或總骨材用量之重量比例認定，如全案皆採用，則以 1.0 代入；X3 則以建築體室內所有壁磚中採用再生壁磚之面積比認定；X4 則以建築體室內所有地磚中採用再生地磚之面積比認定(含陽台)；X5 則以建築體室外所有壁磚中採用再生壁磚之面積比認定；X6 則以建築體室外所有地磚中採用再生地磚之面積比認定。X8 及 Z8 由申請者自行提出並經委員會認定後採用之。高爐水泥 CO₂減量比 CCR＝高爐水泥替代率÷高爐水泥替代率基準值 0.4，例如高爐水泥替代率 20%，則 CCR＝0.5。CSER 為水泥強度效益倍數(psi/kg 水泥量)＝（混凝土強度(psi)÷每 m³混凝土水泥用量 kg）÷ 高性能混凝土強度效益基準 10.0(psi/kg 水泥量)，由申請者提出計算數據。另外，如 CSER 未高於 1，此項目將無法得分。

*：為鼓勵綠建材的使用，產品獲得綠建材標章者可再乘上優待係數 1.1。

- (5) 公式2-5.7的R值為對再生建材使用的鼓勵係數，它鼓勵高爐水泥、高性能混凝土、再生磁磚、再生級配骨材。表2-5.6的 CO_2 排放量影響率 Z_i ，是根據成大建築研究所對174棟RC建築物的統計值，為一般RC建築物該項建材總 CO_2 排放量所佔建築物總 CO_2 排放量之統計比例。此表對於高爐水泥之 Z_i 值取CCR×0.1，對於高性能混凝土之 Z_i 值取(CSER-1)×0.3，是由案例計算推估並透過專家會討論之數值。這些再生建材市場在目前尚未暢通，同時其 CO_2 減量效益 Z_i 值均不大。各再生建材使用使用率 X_i

是該項建材在全建築使用數量中的比例，其值需由申請者提出使用說明與計算書，經認定後採用之。R的最大值設於0.3之用意，則是平衡各項因素之影響比重而已。

- (6) 上述評估公式主要以一般結構型態的辦公、商業建築為評估對象，假如碰到一些特殊建築類型，如體育館、展覽場、文化中心、航空站等具有獨特結構造型或複雜建築之建築物時，則F、W等係數難以使用上述表格來計算。此時則可由申請者依結構合理性及輕量化特性來自行認定F、W等係數而提出說明表，並經綠建築委員會認定即可，但各係數之認定範圍必須維持上述表格的變距範圍內才行。

附錄二、廢棄物減量指標修正全文

2-6 廢棄物減量指標

2-6.1 廢棄物減量指標的規劃重點

建築產業是高污染的產業，它不只在水泥、煉鋼、燒窯之建材生產階段產生高污染，在營建過程及日後的拆除廢棄物之污染也非常嚴重。在台灣的鋼筋混凝土建築物每平方米樓板面積，在施工階段約產生 0.314m^3 之建築廢棄物、 0.242m^3 之剩餘土方， 1.8kg 的粉塵，在日後拆除階段也產生 1.23 公斤的固體廢棄物，不但對人體危害不淺，也造成大量的廢棄物處理負擔，許多廠商甚至隨意傾倒廢棄物，造成河川公地受到嚴重污染。由於台灣擁有全球最高密度的RC建築物，使得台灣的營建廢棄物污染尤其嚴重。本手冊的「廢棄物減量指標」針對工程平衡土方、施工廢棄物、拆除廢棄物之固體廢棄物以及施工空氣污染等四大營建污染源，進行全面性控管，作為「廢棄物減量指標」的規劃策略，以下對策可提供設計參考：

1. 盡量減少地下室開挖以減少土方
2. 多餘土方大部分均用於現場地形改造或用於其他基地工程之土方平衡



圖2-6.1 廢棄物減量指標在於減少
施工中與拆除後之環境汙染量

3. 採用木構造以減少水泥用量
4. 採用輕量鋼骨結構以減少水泥用量
5. 若為RC構造，可採用爐石粉替代率約30%的高爐水泥作為混凝土材料
6. 若為RC構造，可採用再生面磚作為建築室內外建築表面材
7. 若為RC構造，可採用再生級配骨材作為混凝土骨料
8. 戶外道路、鋪面、設施盡量採用再生建材
9. 若為RC構造，可採用金屬系統模版以減少木模版使用
10. 若為RC構造，可採用預鑄外牆以減少木模版使用
11. 若為RC構造，可採用預鑄柱樑以減少木模版使用
12. 多採用預鑄浴廁以減少現場廢棄物
13. 多採用乾式隔間以減少現場廢棄物

14. 執行綠色拆除，提升廢棄物之回收率
15. 落實營建廢棄物之現場分類，減少混合廢棄物
16. 建築工地設有施工車輛與土石機具專用洗滌措施
17. 工地對於車輛污泥、土石機具之清洗污水與地下工程廢水排水設有污泥沈澱、過濾、去污泥、排水之措施
18. 車行路面全面鋪設鋼板或打混凝土以防營建污染
19. 土石運輸車離工地前覆蓋不透氣防塵塑膠布以防營建污染
20. 結構體施工後加裝防塵罩網以防營建污染
21. 施工工地四周築有1.8m以上防塵圍籬以防營建污染

2-6.2 廢棄物減量指標評估法

「廢棄物減量指標」著眼於工程不平衡土方、施工廢棄物、拆除廢棄物之固體廢棄物以及施工空氣污染等四大營建污染源，採用營建污染指標PI來評估其污染程度，其系統得分RS6與營建污染指標PI之計算如下：

「一般建築物」系統得分 $RS6 = 13.13 \times [(2.80 - PI) / 2.80] + 1.5$ ， $0.0 \leq RS6 \leq 8.0$ ---- (2-6.1a)

「舊建築再利用」系統得分 $RS6 = 10.0 \times S_r$ ， $0.0 \leq RS6 \leq 8.0$ ----- (2-6.1b)

營建污染指標 $PI = PI_e + PI_b + PI_d + PI_a - \beta$ ----- (2-6.2)

2-6.2式中各變數的計算如下：

$PI_e = (1 - \frac{Sc - S}{Sc}) \times c$ 且 $PI_e \leq 1$ ----- (2-6.2a)

$PI_b = 1.0 - \alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3$ 且 $PI_b \geq 0.0$ ----- (2-6.2b)

$PI_d = 1.0 - \alpha_2 - \alpha_4 - \alpha_5$ 且 $PI_d \geq 0.0$ ----- (2-6.2c)

$PI_a = 1.0 - \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_{6i}$ 且 $PI_a \geq 0.2$ ----- (2-6.2d)

變數說明：

PI：營建污染指標(-)

S_r ：舊結構再利用率(舊結構與新完成總結構之總樓地板面積比)，無單位

PI_c ：營建污染基準值(-)

PI_e ：工程不平衡土方比例(-)，但 PI_e 必須小於1。

PI_b ：施工廢棄物比例(-)

PI_d ：拆除廢棄物比例(-)

PI_a ：施工空氣污染比例(-)，但 PI_a 不得小於0.2，若 $PI_a < 0.2$ ，則令 $PI_a = 0.2$ 。 PI_a 評估表施工時向環保主管單位申請取得證明之，如無法取得相關證明，則 $PI_a = 0.6$ ，不予評估。

Sc ：透過案例計算之餘土單位總樓地板面積產生量平均值，統一設定為1.8。

S：餘土單位總樓地板面積產生量，單位 m^3/m^2

c：餘土處置優待係數，查表 2-6.1

α_1 ：營建自動化優待係數(-)， $\alpha_1 = \sum r_i \times y_i$ ，查表 2-6.2

α_2 ：構造別廢棄物減量指數(-)，查表2-6.3

α_3 ：現場營建廢棄物分類，委員依現場分類計畫評量，重點徹底分類，增加回收率，減少混合廢棄物，但 α_3 不得大於0.2。(分類種類依照內政部營建署頒訂之「營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」)

α_4 ：非金屬再生建材使用率(-)， $\alpha_4 = \sum X_i \times Z_i$ ，本數據可依據表2-6.4計算，或自行提出計算書經認定後採用。

α_5 ：執行綠色拆除情形(-)，委員依拆除計畫評量，重點構件拆除、拆除作業分類回收，提升回收率等內容評核，但 α_5 不得大於0.2。

α_6 ：各種空氣污染防治措施之加權因子(-)，查表2-6.5。

β ：公害防治係數(-)，指噪音、震動防制、施工廢棄物回收管理、營建廢水處理等有益於公害防制的相關措施加權係數，其效果值由申請者提出經審查委員會認可後採用之。

上述指標計算的相關規定及注意事項如下：

(1) 公式2-6.1a與2-6.1b依「一般建築物」與「舊建築再利用」評估，由於舊建築再利用可減少大量的廢棄物，因此特別以簡算法給予優惠評估，其設定標準為舊建築之結構樓地板面積保留八成以上，即可得到滿分(8.0分)之評估。

(2) 公式2-6.2a表示工程不平衡土方量的多寡。所謂不平衡土方不論是需要運出去的多餘土方，或需要由外運入基地內填方的不足土方，均視為相同的環保負荷。在考量土方交換與土方運輸距離等條件下，應以單位總樓地板面積來換算餘土量，且加入土方交換與運輸距離之優待，鼓勵工程間進行土方交換再利用，並減少運輸距離過長所造成的環境衝擊與安全疑慮。而如 P_{le} 大於1，則得分為1分。

(3) 公式2-6.2b表示施工中的固體廢棄物產生量，以營建自動化之優待係數 α_1 、構造方式之優待係數 α_2 及現場營建廢棄物分類 α_3 來修正。構造方式之優待係數 α_2 主要在鼓勵鋼構造或木構造等乾淨的營建方式，營建自動化之優待係數 α_1 (見表2-6.2)主要以系統模板、預鑄外牆、預鑄樓板或樑柱、整體預鑄浴廁、乾式隔間等部位的廢棄物減量評估。此表中「其它工法」是提供給本表不能列舉的預鑄工法的評估，只要自行向評審委員會提出評估計算書，經認定後就可採用適當的 y_6 優待係數。當然這些預鑄工法均有採用率 r_i 之加權計算，申請者可依該工程的採用面積比來計算，並提出計算書以供認定。然而，此優待係數只針對RC、SRC構造的優待，至於鋼構造在係數 α_2 中已有優待，因此 α_1 值不必再度優待，亦即鋼結構建築物的優待係數取 α_1

=0 即可。現場營建廢棄物分類 α_3 主要鼓勵透過現場第一時間分類回收，減少混合廢棄物產生，提升營建廢棄資源再利用率與價值。分類種類可參考內政部「營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」，其中純混凝土塊之分類尤其重要，可大大減少天然混凝土資源的耗用。

- (4) 公式2-6.2c表示建築物老舊以後的拆除固體廢棄物產生量，其廢棄物量與構造方式、綠色拆除執行評估 α_5 及建材回收情形有密切關係，因此以構造方式之優待係數 α_2 、再生建材使用率 α_4 與執行綠色拆除執行評估 α_5 來修正之。由於鋼、鋁等金屬再生建材均由大廠處理，任何使用金屬建材者已無法區別是否為回收金屬材，況且所有案例的金屬材的回收率均相同，因此此地的再生建材使用率 α_4 只考慮混凝土骨材、磁磚、磚塊等非金屬的再生建材使用率。再生建材使用率 α_4 必須由使用者自行提出計算後採用，表2-6.4以簡單的加權係數方式來幫助讀者計算 α_4 值，但是事實上建材加權比重並非如此簡單，而應與構造規模有複雜關係。使用者假如認為此表不足以反應真正的再生建材使用率時，亦可自行提出計算書經認定後採用。綠色拆除執行情形 α_5 主要強調透過拆除作業程序以增加廢棄物分類回收，包括構件式拆解等。讀者可參考黃榮堯、周宏宇之「綠色拆屋評估指標系統之研究」有關綠色拆除執行方式。
- (5) 公式2-6.2d表示施工中的空氣污染比例，防護措施的效果 $\Sigma(\alpha_{6i})$ 由表2-6.5的各種污染防護措施及其防塵效果加權計算而得。一般的建築開發案在施工過程中均會向環保單位提示此報表而接受追蹤列管，因此任何關於本「綠建築」評估案均能夠從縣市政府環保局調出此申報表(提施工計畫書時之營建空污費申報表)，作為評估依據，在執行上並無困難。在申請候選綠建築證書時，以設計圖表及承諾執行方式來認可，但在申請綠建築標章時，申請單位應拍照記錄各項措施以作為給分查證之依據，否則可不承認其給分。舊建築物如無法取得本項證明時則不予列入評估，即 $PIa=0.6$ 計算。此外， PIa 必須有最小值0.2之限制，以免空氣污染防治單項之評估份量過高而忽略其他污染防治措施之努力。亦即 PIa 不得小於0.2，若 $PIa < 0.2$ ，則令 $PIa=0.2$ 即可。

表2-6.1 餘土處置優待係數表

c值	優待係數	採用率
進行土方交換	0.5	
運送至距離 50 km 內土資場	0.9	
其他	1	

表2-6.2 營建自動化優待係數 α_1 * 1 (本表限用於RC、SRC構造建築，鋼骨構造時 $\alpha_1=0$)

工法種類	金屬系統 模版	鋼承版系統 或木模系統 模版	預鑄外牆	預鑄樑柱	預鑄樓板	預鑄浴廁	乾式隔間	其它 工法
採用率 r_i * 2	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8
優待係數 y_i	y1=0.2	y2=0.1	y3=0.2	y4=0.2	y5=0.15	y6=0.1	y7=0.15	y8*3
*1: $\alpha_1 = \sum r_i \times y_i$ 。 *2: 採用率 r1~r8 應提出合理計算書以供認定。 *3: 其它工法優待係數 y8 需提出說明書以供認定。								

表2-6.3 構造別廢棄物減量指數 α_2

主體結構構造別	鋼構造或木構造	SRC 構造	RC 構造	加強磚造、磚造
廢棄物減量指數 α_2	0.20	0.0	0.0	-0.15

表 2-6.4 非金屬再生建材使用率 α_4 (無使用再生建材時 $\alpha_4=0$)

	高爐* 水泥	高性能* 混凝土	再生磚*				再生級* 配骨材	其他再* 生材料
			室內		室外			
			壁磚	地磚	壁磚	地磚		
再生建材使用率(Xi)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
CO ₂ 排放量影響率(Zi)	CCR×0.1	(CSER-1)×0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.6	Z8

本表只考慮非金屬建材之再生使用優惠，金屬建材為常態高回收率之建材，在二氧化碳減量指標內表 2-5.4 中之輕量化係數中已有優惠，在此不重複評估。有關使用率 Xi 認定，如為高爐水泥 X1 或再生級配骨材 X7，則以其所佔總水泥用量或總骨材用量之重量比例認定，如全案皆採用，則以 1.0 代入；X3 則以建築體室內所有壁磚中採用再生壁磚之面積比認定；X4 則以建築體室內所有地磚中採用再生地磚之面積比認定(含陽台)；X5 則以建築體室外所有壁磚中採用再生壁磚之面積比認定；X6 則以建築體室外所有地磚中採用再生地磚之面積比認定。X8 及 Z8 由申請者自行提出並經委員會認定後採用之。高爐水泥 CO₂減量比 CCR＝高爐水泥替代率÷高爐水泥替代率基準值 0.4，例如高爐水泥替代率 20%，則 CCR＝0.5。CSER 為水泥強度效益倍數(psi/kg 水泥量)＝（混凝土抗壓強度(psi)÷每 m³混凝土水泥用量 kg ） ÷ 高性能混凝土強度效益基準 10.0(psi/kg 水泥量)，由申請者提出計算數據。另外，如 CSER 未高於 1，此項目將無法得分。

*：為鼓勵綠建材的使用，使用產品獲得綠建材標章者可再乘上優待係數 1.1。

表 2-6.5 建築工程各項粒狀污染物防制措施效率 α_i 評估表

防制措施	措施內容	防制效率 α_i	有無	得分
1.清洗措施	工地設有專用洗滌車輛或與土石機具之清洗措施	0.10		
2.污泥沈澱過濾處理設施	工地對於車輛污泥、土石機具之清洗污水與地下工程廢水排水設有污泥沈澱、過濾、去污泥、排水之措施（需檢附設施設計圖或照片）	0.15		
3.車行路面防塵	工地車行路面全面鋪設鋼板或打混凝土	0.05		
4.灑水噴霧	工地的車行路面	0.03		
	堆料棄土區/傾卸作業	0.03		
	裸露地面	0.03		
5.防塵罩網等措施	結構體施工後加裝防塵罩網，採用網徑 0.5mm，網距 3mm 為基準	0.08		
	土石運輸車離工地前覆蓋不透氣防塵塑膠布	0.08		
6.防塵圍籬等措施	工地周界築有高 1.8m 以上之圍籬	0.08		
7.防塵覆被	在裸露地或堆料上植被、噴灑化學防塵劑等措施	0.05		
8.其它措施	指非上述其它防塵措施（提出說明自行採認定值以供認可）	認定值		
總得分 $\sum \alpha_{gi} =$				

附錄三、期中報告審查委員意見回應表

委員	審查委員意見	廠商回應
林簡任技正之瑛	1. 本案依據建築物生命週期，檢討綠建築廢棄物減量及二氧化碳減量指標俾利土方平衡、建築耐久、建材再生、結構合理、減少空污及節能減廢提升建廢效能，符合環保與永續需求，原則可行。 2. 請補充既有綠建築廢棄物減量及二氧化碳減量資料，辦理研析及效能評估，俾指標研修之參考，請考量補充修正前、後效益分析。 3. 有關減廢指標評估規定之提升，建請循定義明確、易於操作、確實可行為原則，俾爭取業者及民眾支持，獲致落實行成果。至是否要求另行申請其他標章配套一節，請再酌。	1. 謝謝指教 2. 會加入期末報告中補充表格。 3. 謝謝指教，此修正已舉辦1場專家會進行實務上的討論，以不增加建築師之工作量为目標，之後也會再舉辦1場專家會，根據專家經驗及建議確立公式及是否引入他種標章。
李調查專員榮泰	1. 新增項目拆除廢棄物是否有因地制宜策略，例如台北為高樓，中南部透天厝等。並考量對象如建設公司或建築師，是否益於推廣操作。 2. 請說明本案整體指標評估對於申請者是變難或變易。 3. 對消費者而言減廢面向指標誘因為何？以目前建物產生履歷及耐震性能等保障而言。 4. 「減廢」勿變成「不耐震」，	1. 新增項目拆除廢棄物的回收分類種類係依照營建署所頒布的「營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」進行分類。 2. 本案整體指標評估對於申請者來說是變難的，例如 CSER 及 CSR 的部分，由於舊公式只要計算這兩個項目即可得到高分，而為鼓勵

	影響消費者誤判。	其他再生建材之使用，因此本研究會將其權重加以調整。 3. 綠建築減廢面向的訴求主要還是在減輕環境衝擊，但其中耐久性評估對耐震及壽命的提高，亦可增加指標對消費者的誘因。 4. 文字修正部分會遵照辦理。
張建築師矩墉	1. 本案增加大宗材料與運輸碳排檢討，如何評估，尤其運輸的距離起始站認定需更細緻。而該項比重設定和平均值的統計需更詳細數據方能判斷。 2. 提升耐震力的 d，應不是改為取得耐震標章而是用現行的三項，外加第四項取得耐震標章，至於其給分，應再檢視是位於哪區間而定。 3. 土方問題，目前建管法令有平均面積限制，都市計畫或土管法令也有開挖率限制，不太會有超挖情形，而公共工程很容易取得台北港的土方接收，而私部門則異，對評估較不公平，建議考慮降低土方比重。 4. PIb 項目一直不受重視，都是採用 PId，建議採自動化工法加重計分，引導工程增加採用。	1. 為簡化計算，運輸部分將改以係數折減方式鼓勵近距離之運輸。亦將會於期末時進行案例分析試算來擬定係數 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理，目前已將土方配分回歸至 0 到 1 分，降低比重。但餘土產生多寡及運送處理即使在法規的規範下，仍有設計改善的空間，例如地下停車樓層開挖高度過高等。 4. 自動化工法的部分參考委員意見後不將五倍優惠刪除，而修改為將五倍乘入 PIb 各項優待係數 y_i 之中。 5. 會遵照辦理於期末報告中刪除。

	5. 定尺材料，應指建築的模矩化，可以提出模矩計劃而定，但因各部位都有可能，可能不易有量化標準。	
張建築師國章	1. 大宗資料之碳排計算，是否需於申請後選證書時提出數量計算表(尤其是運輸碳排)實務上有困難。 2. 報告書 P. 46, d1 耐震設計，若以”耐震標章”為制定標準，須考慮耐震標章取得之額外成本以及成本增在哪一工作項目。 3. 報告書 P. 48, 廢棄物減量指標，修正之 pie 計算原則公式 $pie = \{(2-a1)/2\} * c; pie \leq 1$ ，請試算是否正確？ 4. 施工廢棄物 PIb 值之修正，以因”自動化工法”實際上申請之工程數量不多，故建議刪除 d1 放大 5 倍之內容，減少自動化工法之優待計算，建議再依時代發展趨勢、市場運作機制以及國家發展政策方向，再詳加考慮。	1. 大宗資料之碳排計算將限縮在主結構材料(混凝土、鋼筋、鋼板等)，並會製作表格以方便標章申請單位計算。運輸部分則將改以係數折減方式，簡化計算，避免實務上過於繁瑣。 2. 將會針對文字誤植的部分進行修改。 3. 將會針對公式誤植部分進行修改。 4. 遵照辦理，參考委員意見後自動化工法的部分不會將五倍優惠刪除，而是修改為將五倍乘入 PIb 各項優待係數 yi 之中。
陳所長瑞鈴	1. 關於土方平衡為國內營建廢棄物管理既定政策，可配合調高此項之評分。 2. 有關高爐水泥於減廢指標及二氧化碳減量指標皆有計分，鑑於兩者重點不同，是否有重覆計算及免費加分情形，建議深入考量其妥適性。 3. 就土方交換運送距離 30 公尺土資場新增項目，及委員評	1. 遵照辦理，已將土方平衡及土方交換政策納入指標評估中。 2. 減廢指標是以減少廢棄物為訴求，而二氧化碳減量則是以減少碳排為訴求，再生材料的使用在這兩方面確實

	定時該如何舉證，分類計畫在實際執行時之可能性等，建議審慎研議。	各有其效益，且因指標行之有年，本研究建議仍先加以保留。 3. 遵照辦理，運輸部分將改以係數折減方式，簡化計算，避免實務上過於繁瑣而影響其可操作性。
陳組長伯勳	1. 目前計畫執行內容主要為基本型，但評估手冊區分基本型及廠房型相關公式加權計算不同，是否可以一併討論。	2. 本年度計畫先以基本型來確認指標修改調整之邏輯計算。其他類型手冊未來可參考基本型修改內容及效果再加以調整。

附錄四、期末報告委員審查意見回應表

委員	審查委員意見	廠商回應
張建築師矩墉	1. 主結構計算考量不要計算牆(只有樑、柱、板)。 2. 鋼的名稱應該要符合實際使用 3. 需要整個指標使用案例計算，否則怕會有很大的差距。 4. P.79 舊建築應該要改成 0.7、P.90 應該要加上「其他為 1」。	1. 由於考慮計算完整性，以及此部分實已大幅簡化只計算主結構之碳排放量，因此仍維持計算柱、樑、板、牆之碳排放量。 2. 謝謝指教，目前鋼材使用名稱即參照原綠建築手冊中名稱。 3. 謝謝指教。全面的案例驗證執行上有困難，由於新增項目或修正項目當初在申請指標時沒有提供資料，因此只能針對舊的案例來進行部分評估比較，如此也才能在研究期限內有比較多的案例。 4. 遵照辦理。
鄭教授政利	1. 期末報告書應該要加上期中報告委員的意見與建議。 2. 二氧化碳減量指標跟低碳聯盟的認證機制連結。 3. 建議將過去的案子使用新公式計算驗證、比較、分析影響。 4. E 值樣本數不夠，應再增加樣本數驗證。	1. 遵照辦理。 2. 遵照辦理。已將指標候選階段碳排計算得分與低碳聯盟計算中規畫評估系統(BCFs)結合；指標標章階段則與完工評估系統(BCFc)結合。若於低碳聯盟中之建築碳足跡設計分級間距中取得「鑽石級」則碳排計算 E 為 0.6、「黃金級」則為 0.7、「銀級」則為 0.8、「銅級」則為 0.9 及「合格級」為 1。或者申請者亦可選擇對自己較有利方式，實際計算本指標主結構材料單位樓地板面積碳排放量，以計算 E 之分數。

		3. 謝謝指教，由於舊案例在申請指標時並未給定新公式需要的數據，因此利用大量的舊案例去驗證、計算、分析新公式之正確性將有困難。因此本研究另外蒐集新的案例加以計算驗證。 4. 謝謝指教。目前碳排放量基準值的計算分析，本年度研究的主要目的不在建立一個標準的基準值，而是確立公式修正及新增的邏輯正確性及可操作性。建議後續可有專門的研究，深入分析各影響因子後建立基準值。
張建築師國章	1. P.45 的減少剩餘土方的標準(由 1.5 變成 1)，可以再斟酌。 2. 自動化的部分優待是否不要取消。 3. P.88 的 Sc 及 S 定義反了、耐震標章部分的描述改為提供施工水準，並無提升耐震等級。	1. 謝謝指教。廢棄物減量指標的計算為「得分越高越不好」，因此土方若能平衡，即可獲得最低(最好)的分數 0 分，也是對土方平衡給予很大獎勵! 2. 遵照辦理，經考量後自動化工法的部分不會將五倍優惠刪除，而是修改為將五倍乘入 PIb 各項優待係數 y_i 之中。 3. 遵照辦理。
李調查專員榮泰	1. 建築碳排的標準值建立需要多一點案例來驗證。 2. 是否可計算減了多少量的碳?	1. 謝謝指教。目前碳排放量基準值的計算分析，本年度研究的主要目的不在建立一個標準的基準值，而是確立公式修正及新增的邏輯正確性及可操作性。建議後續可有專門的研究，深入分析各影響因子後建立基準值。

		2. 未來累積足夠新指標申請的案例，便可分析因綠建築推動，在主結構材料這部分減少多少碳排放量。
王副所長安強	1. 優惠取消說明希望可以清楚一點。	1. 再生建材之部分由於初衷為「大幅鼓勵再生建材之使用」，但根據案例分析得知多數案例僅申請 CSR 及 CSER 兩項目，且該得分即可達到標準值，因此兩項目之重要性或優待倍率確實有過度放大之現象，因此將再生建材之放大 10 倍優惠取消。此部分會於報告中加強說明。

參考書目

1. 黃亮達，「綠建築推動因素與指標評估系統應用之研究」，南華大學環境管理研究所碩士論文，2002。
2. 林政賢，「綠建築評估指標適用性之研究」，碩士論文，國立成功大學建築學系專班，臺南(2003)。
3. 曲筱帆，「綠建築工具之應用與推廣研究」，碩士論文，南華大學環境管理研究所，嘉義(2003)。
4. Lawrence Lesly Ekanayake, George Ofori, “Building waste assessment score: design-based tool”, Building and Environment 39 851 – 861, 2004.
5. 吳穹霽，「住宅永續整建之發展概況與建議」，國立台灣科技大學建築系碩士論文，2005。
6. 吳啟炘，「綠建築廢棄物減量指標之評估研究」，中華大學營建管理研究所碩士論文，2006。
7. 邱騰誼，「設計者對「綠建築」之認知及影響「綠建築設計」行為意向因素之研究-以中部地區為例」，國立台中大學環境教育研究所碩士論文，2007。
8. “ESD design guide for office and public buildings”, Sustainable Built Environments and Centre for Design, RMIT University, Department of the Environment and Water Resources, May 2007.
9. “Waste & Resources Action Programme”, Waste & Resources Action Programme, 2008.
10. Osmani M., Glass J., Price A.D.F., “Architects’ perspectives on construction waste reduction by design”, Waste Management, Volume 28, Issue 7, 2008, Pages 1147-1158, 2006.
11. 侯文祥，謝青晃，張源修，「節能構造運用於鄉村綠建築之研究」，農業工程學報，第 56 卷第 2 期，21-34(2010)。
12. 林憲德，「台灣綠建築政策的成就」，科學發展，460 期，6-13(2011)。
13. Tao W., Seongwon S., Pin-Chao L., Dongping F., “GHG emission reduction

- performance of state-of-the-art green buildings: Review of two case studies,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 56, pp.484-493(2014).
14. 吳瓊玉，「台灣綠建築產業之分析」，碩士論文，國立中興大學高階經理人碩士在職專班，臺中(2015)
 15. Zezhou Wu, Liyin Shen, Ann T.W. , Yu, Xiaoling Zhang, “A comparative analysis of waste management requirements between five green building rating systems for new residential buildings,” *Journal of Cleaner Production*, Vol 112, No.1, pp.895-902(2015).
 16. Seungjun R., Sungho T., Sung J. S., George F., Sungwoo S., “A comparative analysis of waste management requirements between five green building rating systems for new residential buildings,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol 53, pp.954-965(2015).
 17. EEWB (Ecology, Energy saving, Waste reduction & Health), <http://smartgreen.abri.gov.tw/welcome.php>
 18. BREEAM (The Building Research Establishment Environmental Assessment Method), <http://www.breeam.org/>
 19. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), <http://www.usgbc.org/leed>
 20. SBTOOL (Sustainable Building Tool) , <http://www.iisbe.org/sbmethod>
 21. CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/overviewE.htm>
 22. 中華人民共和國住房和城鄉建設部，「綠色建築評價標準」，中國建築工業出版社，中華人民共和國(2014)。
 23. Green Mark , https://www.bca.gov.sg/greenmark/green_mark_buildings.html
 24. 林憲德，「綠建築 84 技術」，詹氏書局，2010。
 25. 石文星譯，「CASBEE 建築物綜合環境性能評價體系-綠色設計工具」，中國建築工業出版社，2005。
 26. 林憲德等，「綠建築解說與評估手冊(2009 年版)」，內政部建築研究所，2010。
- 靳瑞冬譯，「綠色建築評估體系」，美國綠色建築協會，2005。

27. 財團法人台灣建築中心, <http://gb.tabc.org.tw/>
28. 綠建築評估手冊-基本型，內政部建築研究所，2015。
29. 行政院環保署台灣產品碳足跡資訊網，
<https://cfp.epa.gov.tw/carbon/defaultPage.aspx>

EEWH 綠建築標章減廢面向指標評估提升之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：（02）89127890

地址：新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陳瑞鈴、陳伯勳、黃榮堯、蔡宗益、羅時麒、王家瑩、

林霧霆、林昱汶

出版年月：105 年 12 月

版次：第 1 版

ISBN：978-986-05-0834-5 (平裝)