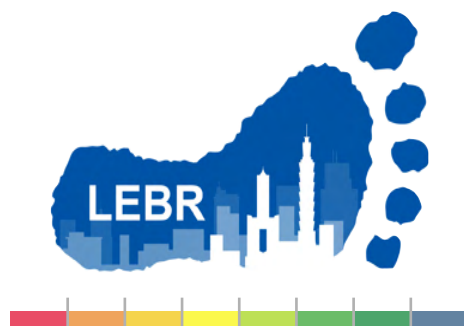


低碳（低蘊含碳）建築評估手冊

Manual of Low Embodied-carbon Building Rating System



2023年版
內政部建築研究所

序

在地球環境危機日漸惡化的今日，2015 年的《巴黎協定》掀起了淨零排放的浪潮，呼籲全球推動淨零排放立法，最遲於 2050 年全面達到淨零排放的目標。2021 年國際能源署提出了 2050 淨零路徑，以作為各國政府的行動準則。為因應此國際趨勢，2022 年我國的國家發展委員會亦發佈「台灣 2050 淨零路徑及策略」，具體宣告了淨零碳排的時程，並由本部主責「淨零建築」路徑規劃及推動，訂出 2050 目標為 100%新建建築物及超過 85%建築物為近零碳建築。

綠建築標章自 1999 年施行以來已逾二十年，讓我國的營建產業在經濟發展的同時，能夠落實永續發展的社會責任。這個堅持平價技術、尊重設計、自然優先的制度，也成為具備亞熱帶特色的模範評估系統。然而，綠建築標章是一個兼顧生態、節能、減廢及健康的綜合型指標，碳排放量的減量雖在綠建築的內涵之中，但仍需建立針對碳排放量進行評估的指標，以利國內外對於淨零碳排評估與各項政策的需要。

建築物的全生命週期碳足跡，包含了建築物能源使用部分的「使用碳排」以及建材製造運輸與施工的「蘊含碳排」。依據 2021 年國際能源署的報告顯示，全球溫室氣體排放，建築部門約占 38%，其中建築物的「使用碳排」約占 28%，而建築物的「蘊含碳排」約占 10%。本所為推動全方位之淨零建築政策，已於 2022 年建立了建築能效標示制度，將「使用碳排」納入評估，而本手冊則是接續補足「蘊含碳排」的評估方式。這兩個標示制度，除了同樣符合平價技術、尊重設計、避免過度商業化綠色採購模式的特質之外，也適用於設計階段的簡易評估，同時是依據當前國際最新的建築全生命週期碳足跡評估標準所建立，可以將國內外對

於淨零建築、零碳建築的期待具體化，成為我國達到淨零建築的量化指標。期許我國營建產業在碳排評估的雙軌制度之下，讓減碳從改變設計開始，在設計階段就做好低碳的決策，才是落實碳排減量的具體有效之策。後續將配合現行實施成效良好之綠建築標章與建築能效標示制度，進一步強化我國在建築部門的節能減碳成效，有效提昇我國居住環境品質。

在全球邁向淨零碳排、加速實現永續發展的趨勢之下，我國當作為一個負責任的國際夥伴。吾人當秉持實事求是的科學精神，一步一腳印來落實國人對於淨零建築的期許。在此，本人謹對手冊編輯委員及相關工作同仁們的辛勞與付出，致上最誠摯的感謝之意。

內政部建築研究所 所長

謹誌

2023 年 7 月

目錄

序.....	I
目錄.....	III
圖目錄.....	V
英文縮寫檢索與說明.....	VIII
第一章 淨零建築緒論	1
1-1 2050 淨零路徑.....	1
1-2 淨零建築的雙軌標示制度.....	3
第二章 低碳建築評估系統 LEBR 概論.....	6
2-1 國際建築物蘊含碳排管制的動向	6
2-2 LEBR 評估原則緣起與功能目的.....	8
2-3 LEBR 方法論.....	11
第三章 基本規定.....	14
3-1 建築構件的評估範疇.....	14
3-2 LEBR 不接受評估之建築類別與範圍	15
3-3 建築構件生命週期標準與更新次數標準.....	17
3-4 建築構件碳足跡標準資料庫.....	17
3-5 不同樓高不同平面分棟評估原則	18
3-6 低碳循環建材與低碳工法之認定事宜.....	20
第四章 LEBR 生命週期四階段碳足跡評估法	21

4-1 主結構碳排計算法	21
4-2 製造運輸與更新修繕兩階段碳足跡計算法.....	28
4-3 施工階段碳足跡計算法.....	33
4-4 拆除廢棄階段碳足跡計算法.....	34
第五章 LEBR 分級評估.....	36
第六章 LEBR 分級評估與標示法.....	40
第七章 建築減碳設計重點指引.....	43
第八章 LEBR 評估實例（參見附錄三）	44
第九章 參考文獻.....	45
附錄一 ABRI 初級資材碳足跡資料庫	48
附錄二 建築構件碳足跡資料庫 B-LCC	52
附錄三 LEBR 評估實例.....	62
一、申請案概要說明	62
二、建築圖說.....	63
三、建築製造運輸階段碳足跡計算	68
四、施工碳足跡 CFc 計算.....	83
五、拆除廢棄碳足跡 CFdw 計算	84
六、蘊含碳排量及減碳應用總覽.....	85
七、LEBR 分級評估與八等級刻度計算	88
附錄四、低碳循環建材認定原則.....	89
附錄五、低碳工法認定原則	94

圖目錄

圖 1 國際能源署 IEA 所發表的淨零路徑里程碑（改繪自 IEA，2021）	2
圖 2 我國家發展委員會發佈之「台灣 2050 淨零路徑」	3
圖 3 全球建築物使用碳排 OC 與蘊含碳排 EC 在全球溫室氣體排放占比高達 28%與 10%	4
圖 4 建築全生命週期碳足跡包含蘊含碳排 EC 與使用碳排 OC（林憲德繪圖）	4
圖 5 建築能效與低碳建築雙軌標示的台灣淨零建築策略	5
圖 6 一些歐盟國家所制定的蘊含碳排 EC 管制法規現況（改繪自 UNEP, 2021）	6
圖 7 丹麥內政&住宅部 2021 年新設立管制建築使用碳排 OC 與蘊含碳排 EC 的永續建築 法規（改繪自 UNEP, 2021）	7
圖 8 法國建築法規 RE2022 對新建集合住宅與住宅的蘊含碳排 EC 規範（UNEP, 2021）	7
圖 9 產品層級與工程層級的不同碳足跡評估標準發展源流	9
圖 10 適用建物層級碳足跡評估的 EN15978（2011）標準	10
圖 11 建築蘊含碳排評估必須在設計階段執行快速評估、事前減碳方有最大減碳功能 ..	11
圖 12 蘊含碳排 EC 之製造運輸、施工、更新修繕、拆除廢棄等四階段評估	12
圖 13 低碳建築評估系統 LEBR 方法論概要（改繪自 EN15978（2011））	13

圖 14	LEBR 的建築碳足跡評估範疇（林憲德繪圖）	15
圖 15	RICS 建議以建築設計圖說來計算構件碳足跡的方法（RICS，2012）	17
圖 16	有伸縮縫設計之建築物應分兩棟來執行碳足跡評估	19
圖 17	低碳建築標示格式	42
圖 18	當層樓地板面積匡列計算說明圖（含陽台全部不含雨遮）	69
圖 19	平面形狀係數 f_1 參數檢討圖	70
圖 20	形狀係數 f_2 建築長寬比檢討圖	71
圖 21	平面形狀係數 f_3 參數檢討圖	72
圖 22	跨距比解析圖	73
圖 23	設計案資材碳排佔比百分比圖（新建+修繕）	81
圖 24	分項工程新建與修繕碳足跡量比較圖	82
圖 26	設計案地上層全生命週期蘊含碳排構成占比圖	86
圖 27	資材製造運輸之各項減碳設計 ΔCF 貢獻度分析	87

表目錄

表 1 建築構件工程生命週期 LC 與生命週期更新次數 RT 標準.....	16
表 2 構造係數 W	25
表 3 額外靜載重 D_0	25
表 4 平面形狀不規則修正係數 f_1	26
表 5 平面長寬比修正係數 f_2	27
表 6 平面出挑修正係數 f_3	27
表 7 基準案與設計案的地上層主結構碳排計算情境	28
表 8 新建與拆除廢棄物量密度標準 W_d （葉世文、黃榮堯，2006）	35
表 9 LEBR 分級評估間距	38
表 10 施工績優營造廠建築延壽優惠係數 LL	39
表 11 LEBR 八等級刻度碳排密度計算法	40
表 12 碳足跡數據與碳足跡組成表	41

英文縮寫檢索與說明

1. **BERS (Building Efficiency Rating System)，建築能效評估系統**
執行建築物能源使用效率的計算、評估、診斷、標示之方法。
2. **B-LCC (Building Life Cycle Carbon Database)，建築構件碳足跡資料庫**
內政部建築研究所開發有關隔間牆、外窗等構件之製造運輸階段的碳足跡資料庫。
3. **EPD (Environmental Product Declaration)，國際第三類環境產品宣告**
基於產品生命週期之特性，依據 ISO 14025 標準（產品環境標誌與宣告）提供消費者量化且可比較之環境績效結果。
4. **CFR (Carbon Footprint Reduction Ratio)，碳足跡減碳率**
設計建築物與基準建築物相比，在 LEBC 評估範疇內的蘊含碳排之減碳比例。
5. **EC (Embodied Carbon)。使用碳排**
由消費者角度「看得見」的使用能源所排放的碳排，亦即在能源帳單上看得到的空調、照明、電器、加熱、機械等設備之直接能源（Direct Energy）所轉化的碳排。
6. **ECI (Embodied Carbon Intensity)，蘊含碳排密度**
在 LEBC 評估範疇內，設計案建築物室內單位樓地板面積全年的碳排放密度。
7. **ECIs (Embodied Carbon Intensity scale)，蘊含碳排密度尺規**
在 LEBC 評估範疇內，基準案建築物室內單位樓地板面積全年的碳排放密度，它與 ECI 不同，是作為 LEBC 評估尺規之用。
8. **LEBC (Low Embodied-carbon Building Rating System)，低碳（低蘊含碳）建築評估系統**
本書中簡稱低碳建築評估系統，為執行建築物蘊含碳排之計算、評估、診斷、標示之方法。
9. **LCR (Low-carbon Recycled Materials Certification)，低碳循環建材**
在 LEBC 評估範疇內，具備再利用、再循環、再生等特性，且與相同性能之一般建材或構件相比，有較低製造生產排碳量之建材或構件。

10. **LC 工法 (Low-Carbon Construction Method)，低碳工法**

與市場上一般常用的營建工法相比，採用減少建材使用量或使用低碳建材之特殊營建工法，而造成 LEBR 評估範疇之主結構與六類建築構件之碳排量下降的工法。

11. **LCA (Life Cycle Assessment)，生命週期評估**

係指產品/建築從搖籃到墳墓的全生命週期評估，包含原始資材製造運輸(搖籃到工地：建材的原始資材挖掘、運輸、工廠生產、運至工地)、現場施工、日常使用、更新維護、拆除廢棄等五階段的分析。

12. **OC (Operational Carbon)，蘊含碳排**

是由消費者角度「隱藏看不到」而內含於建築物生命週期過程，包括由建材的原始資材挖掘、運輸、工廠生產、運至工地、現場施工、更新維護、拆除廢棄等過程的碳排。

13. **P-LCC (Primary Life Cycle Carbon Database)，初級資材碳足跡資料庫**

內政部建築研究所開發有關水泥、鋼筋等初級建材之製造運輸階段的碳足跡資料庫。

14. **SDGs (Sustainable Development Goals)，永續發展目標**

由於氣候變遷、經濟成長、社會平權、貧富差距等難題如重兵壓境，2015 年，聯合國宣布了「2030 永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)，包含消除貧窮、減緩氣候變遷、促進性別平權等 17 項 SDGs 目標，指引全球共同努力、邁向永續。當時，有 193 個國家同意在 2030 年前，努力達成 SDGs 17 項目標。

第一章 淨零建築緒論

1-1 2050 淨零路徑

地球環境危機日益加劇、人類文明面臨生死存亡之際，繼 1997 年《京都議定書》的溫室氣體減量倡議之後，2015 年的《巴黎協定》掀起了淨零排放（Net Zero Emission）的浪潮。根據聯合國政府氣候變遷專門委員會 IPCC 的定義，淨零排放是指人為的溫室氣體排放量必須與同一時期人為的溫室氣體清除量達到平衡。IPCC 同時指出：為了達成控制氣溫上升在 1.5°C 內之目的，2030 年全球的溫室氣體排放量必須減半，2050 年前須達到淨零排放。此 2050 年之淨零排放時程規劃，來自於 2015 年聯合國要求全球在 2030 年前能達成消除貧窮、減緩氣候變遷、促進性別平權等 17 項 SDGs 目標，接著同年《巴黎氣候協定》呼籲全球推動淨零排放立法，以讓政府與企業能在 2030 年宣示或達成，最慢也應在 2050 年全面達到淨零排放的目標。

2021 年國際能源署（IEA）在「2050 淨零路徑（Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector）」報告中，提出如圖 1 所示的淨零路徑里程碑以作為各國政府的行動準則，例如 2025 年禁售化石燃料鍋爐、2030 年新車有 60% 為電動車、2040 年全球電力達淨零排放、2050 年 70% 的電力來自太陽能 and 風力等；此外還分析了低碳技術發展對經濟、能源產業、全球自然資源開採、能源安全等不同面向的影響。該報告同時提出：建築產業應發展高能效且直接使用再生能源或全脫碳能源的近零碳建築（原文定義：A zero-carbon-ready building is highly energy efficient and either uses renewable energy directly or uses an energy supply that will be fully decarbonised by 2050, such as electricity or district heat.），所有新建建築在 2030 年 50% 以上的既有建築、在 2040 年超過 85% 的所有建築、在 2050 年均應達到近零碳建築的水準。因應此國際趨勢，2022 年中華民國國家發展委員會亦發佈「台灣 2050 淨零路徑」如圖 2 所示，要求所有公有新建建築物於 2030 年以前、100% 新建建築物及超過 85% 建築物應於 2050 年以前達到近零碳建築之目標。

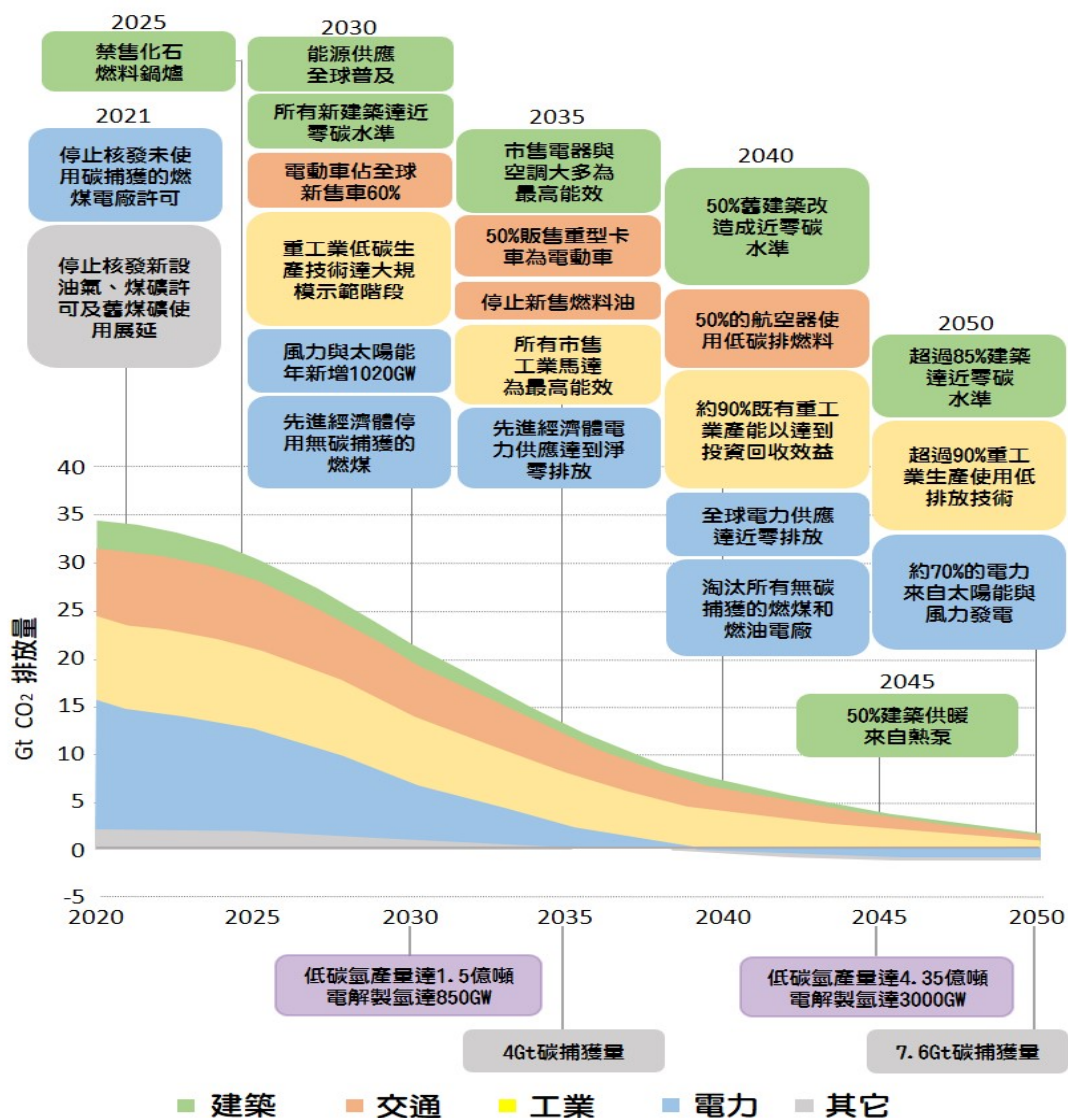


圖 1 國際能源署 IEA 所發表的淨零路徑里程碑（改繪自 IEA，2021）

2050 淨零路徑規劃

階段里程碑

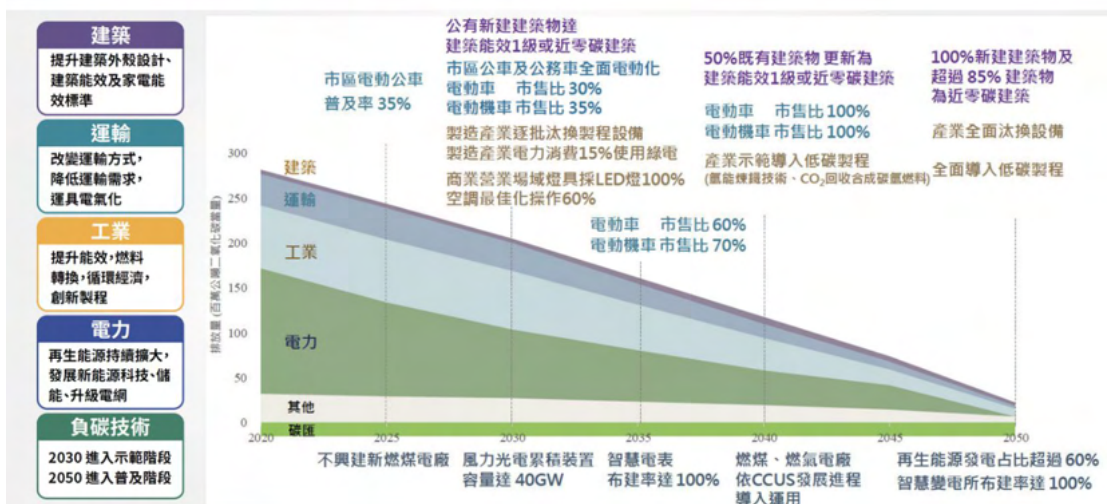


圖 2 我國家發展委員會發佈之「台灣 2050 淨零路徑」

1-2 淨零建築的雙軌標示制度

前述 IEA 的「2050 淨零路徑」報告書，揭露全球建築營建部門的能源消耗與溫室氣體排放約占全球 35%、38%，彰顯了建築部門節能減碳的重要性。在這 38% 的溫室氣體排放比例中有 28% 是建築能源使用部分的溫室氣體排放，另有 10% 是鋼筋、水泥、玻璃等建材的製造運輸與施工的溫室氣體排放（圖 3），前者稱為使用碳排 OC（Operational Carbon），後者稱為蘊含碳排 EC（Embodied Carbon）。傳統所謂的建築節能政策通常只聚焦於前者 28% 部分，卻忽略了後者全球溫室氣體排放占比 10% 的建材製造運輸與施工部分之減碳政策，顯然有遺珠之憾。如今國際先進國家頻頻倡議應以圖 4 所示的建築全生命週期評估（Whole Life Cycle Assessment）的觀點執行淨零建築政策，亦即應以建築能效評估制度來抑制使用碳排 OC，同時以低碳建築評估制度來減少蘊含碳排 EC。

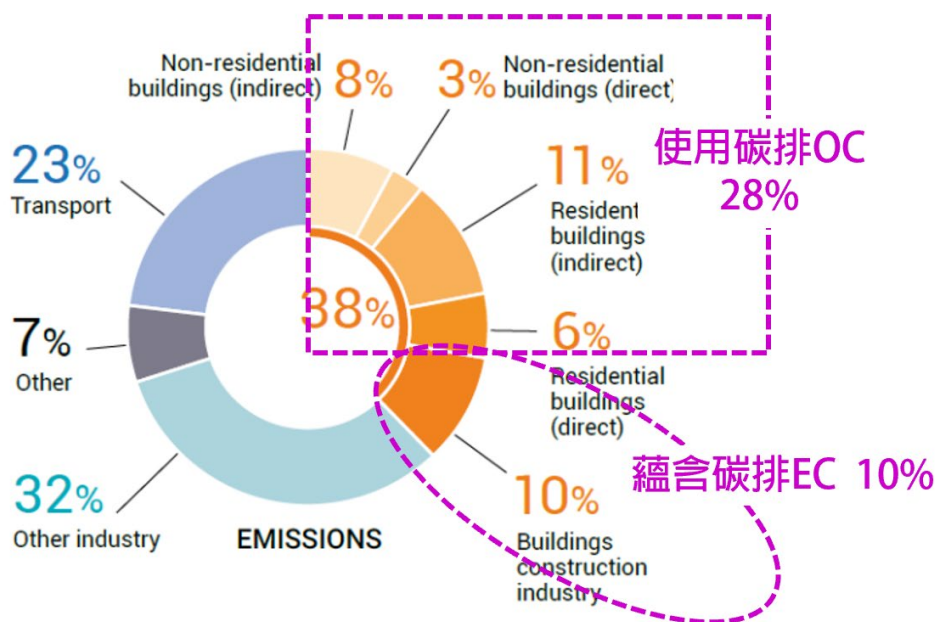


圖 3 全球建築物使用碳排 OC 與蘊含碳排 EC 在全球溫室氣體排放占比高達 28%與 10%
(改繪自 IEA，2021)



圖 4 建築全生命週期碳足跡包含蘊含碳排 EC 與使用碳排 OC (林憲德繪圖)

依據當前國際最新的全生命週期建築碳足跡評估標準 EN15978 (2011)，建議的使用碳排 OC 與蘊含碳排 EC 的評估內涵如圖 5 所示。為了掌握此全生命週期評估的國際趨勢，內政部建築研究所（以下簡稱 ABRI）對於使用碳排 OC 部分採用建築能效評估系統 BERS（Building Efficiency Rating System）作為評估與標示之依據，另外對於蘊含碳排 EC 部分，則採用低碳建築評估系統 LEBR（Low Embodied-carbon Building Rating System）作為評估與標示之依據，以推動全方位之淨零建築政策。本手冊即為後者之 LEBR，前者之 BERS 則請參見 ABRI 另外公告之建築能效評估手冊。

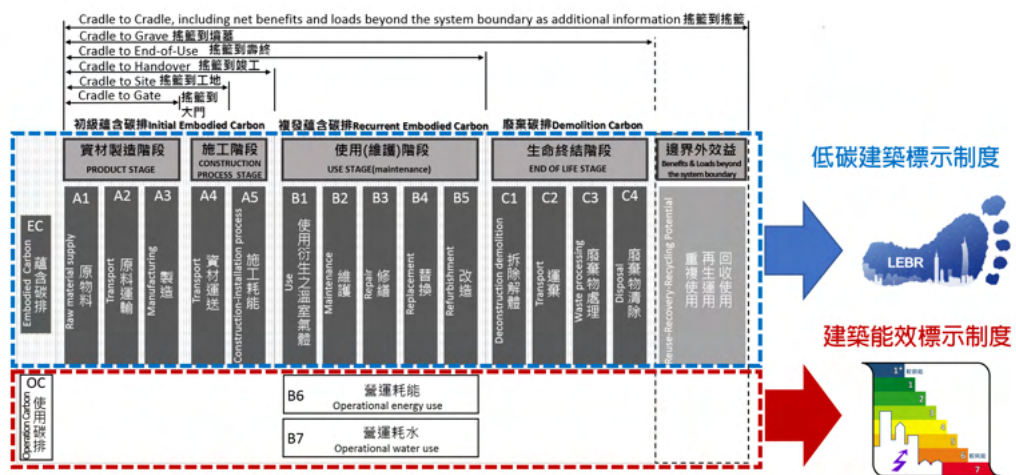


圖 5 建築能效與低碳建築雙軌標示的台灣淨零建築策略（左圖改繪自 EN15978 (2011) 的建築碳足跡計算範疇）

第二章 低碳建築評估系統LEBR概論

2-1 國際建築物蘊含碳排管制的動向

過去傳統的永續建築政策較聚焦於使用碳排 OC 的「建築節能」，卻忽略了蘊含碳排 EC 的「建材減碳」，其原因在於「建築節能」部分有悠久的研究累積而「建材減碳」部分缺乏足夠的研究成果所致。然而，近年來許多新興的建材碳足跡研究前仆後繼、頗有斬獲，許多國家也開始落實建材部分之減碳政策，建築全生命週期的「節能減碳」政策日漸成形。如今，法國、德國、奧地利、英國、荷蘭、丹麥、芬蘭、瑞典等歐盟國家已搶先制定一些對於建築物蘊含碳排 EC 之強制性或自願性管制法規，如圖 6 所示。又如，丹麥內政&住宅部在 2021 年設立新永續建築法規，要求以生命週期評估軟體評估並限制建築使用碳排 OC 與蘊含碳排 EC 的上限，如圖 7 所示。另外，法國的新建築法規 RE2022 已宣告從 2024 年開始對於新建集合住宅與個人住宅規範 50 年生命週期總碳排量的上限，如圖 8 所示。由此可見，蘊含碳排 EC 作為國際淨零排放政策已是時代所趨。

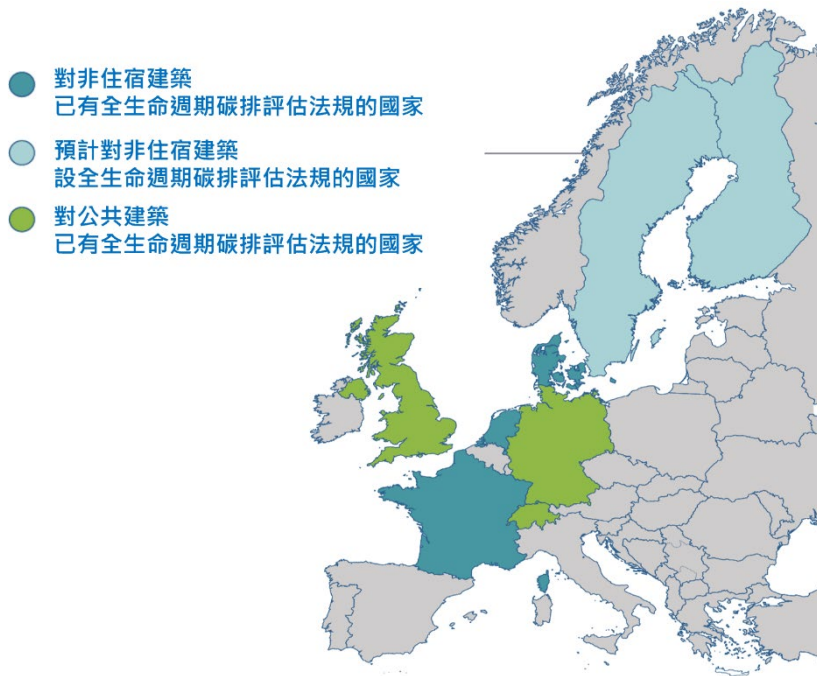


圖 6 一些歐盟國家所制定的蘊含碳排 EC 管制法規現況（改繪自 UNEP, 2021）



圖 7 丹麥內政&住宅部 2021 年新設立管制建築使用碳排 OC 與蘊含碳排 EC 的永續建築法規（改繪自 UNEP, 2021）

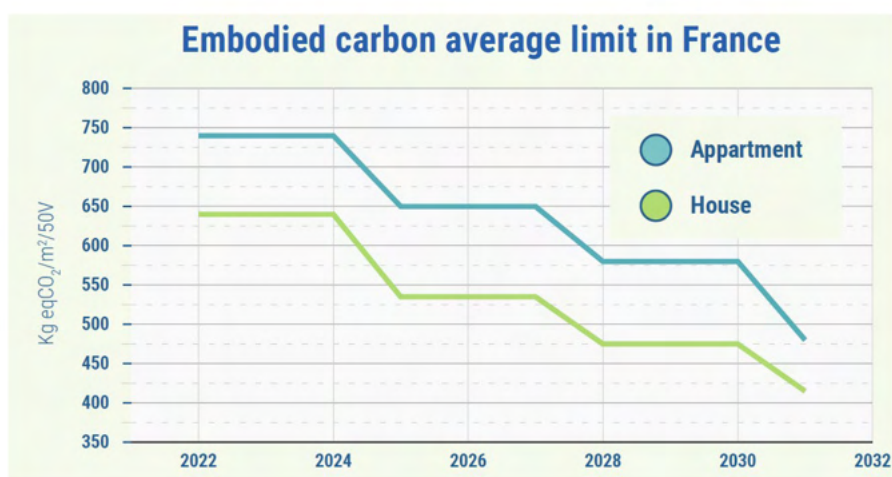


圖 8 法國建築法規 RE2022 對新建集合住宅與住宅的 50 年生命週期總碳排量規範（UNEP, 2021）

近年來一些國際主要綠建築評估工具在淨零排放熱潮下，已針對建築物蘊含碳排 EC 展開評估獎勵制度。例如澳洲綠建築評估系統 GREEN STAR 自 2015 年起已開始採用建材 LCA（Life Cycle Assessment）評分（Crawford et al.2018），評分比重為 100 分的 7~8 分（3 分評水泥減量，1 分評鋼材減量，4 分評其他建材減量），有 3 分用於獎勵綠色建材，另有 6 分作為獎勵採用 EC 之 LCA 法（必須依

照 ISO14040 框架、專業 LCA 分析、同儕審查且應有 6 項以上環境衝擊評估)。又如，美國綠建築評估系統 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) 已經在建材上新增 3 分作為 EC 評估之優惠計算，且要求 EC 評估工具與數據必須明確且應委由 LCA 專家執行。它同時要求設計模型與比較模型必須將地點、機能、生命週期、樓板面積、方位、耗能等條件設於相同水準才行，且其評估範圍至少必須包括主結構與外殼結構。最後也必須提出減碳建議，例如將柱樑結構改成承重牆結構、改變柱距、樓板厚度而達成減碳目標，並保證減碳 10% 以上 (Wolf C. De, Simonen K. and Ochsendorf J., 2018)。

另外，有一些跨國顧問公司已經發展獨自的建築碳足跡評估工具，其中英國皇家章程鑑定組織 RICS (Royal Institute of Chartered Surveyors) 已制定並公告一個建築物 LCA 碳足跡計量標準 (RICS 2012)。德國永續建築評估系統 DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)、法國高質量環境評估系統 HQE (Haute Qualité Environnementale) 均已導入建築碳足跡 LCA 評估 (Chirjiv et al. 2017)。又如 Moncaster et al. (2018) 指出英國綠建築評估系統 BREEAM (Building Research. Establishments Environmental Assessment Method) 已動用 LCA 工具來執行建築碳足跡評估，並對使用碳揭露之環境宣告 EPD 產品額外加分。另外一些結合 BIM 的商用建築碳足跡軟體已被大量開發，如 IMPACT 軟體已經由 Integrated Environmental Solutions Ltd IES 開發，IMPACT compliant tools 已結合 3D CAD/BIM 軟體，已被 BREEAM 所採用。又如使用 Gabi Database 與 EPD 資料庫並結合 Revit、Autodesk 的 Tally 軟體已在美國專業顧問公司間廣為使用 (UK Green Building Council, 2017)。又如由芬蘭 Bionova Ltd.開發的 One Click LCA 軟體，使用全球 8000EPD 產品數據結合 Revit, Tekla, and ArchiCAD 等繪圖工具，已被 HQE, BREEAM, DGNB, LEED 等評估系統所採用 (Pasanen P. & Castro R., 2018)。

2-2、LEBR 評估原則緣起與功能目的

本手冊為我國淨零建築路徑中作為降低建築產業蘊含碳排的政策工具。由於低蘊含碳(low embodied carbon)在全世界均俗稱低碳(low carbon)，因此以下低蘊含碳建築評估手冊、低蘊含碳、低蘊含碳工法、低蘊含碳建材均簡稱為低碳建築評估手冊、低碳、低碳工法、低碳建材，特此聲明。本手冊以下所提之執行建築物蘊含碳排之計算、評估、熱點診斷及減碳改善之標準方法，稱為低碳建築評估

系統 LEBR。LEBR 所依據的國際標準與功能目的簡述如下：

生命週期評估相關的國際標準，起源於 1997 年國際標準組織公告的 ISO 14040 系列標準，近年在地球溫暖化危機下日漸聚焦於二氧化碳排放之評估。繼 ISO 14040 系列之後，在建築營建相關領域的環境衝擊評估分為兩大主流（圖 9）：一是營建產品層級的環境衝擊評估標準，二是工程層級的環境衝擊評估標準。前者以大量生產的工業產品為對象，其環境衝擊評估標準又分為兩大主流：一是採用多種環境指標（如酸雨、溫室氣體、有毒物質等），且以 EN15804、ISO21930 為標準之 EPD 產品（環境宣告產品）；以及採用二氧化碳為單一指標，且以 ISO14067 為標準之碳足跡產品（CF 產品）。後者工程層級的環境衝擊評估標準以單一設計、單一生產的工程案件為對象，大多依據 EN15978 的標準來執行。由於單一生產的工程案件很難採用複雜且昂貴的碳盤查方式，英國綠建築協會（UK Green Building Council, 2017）已明確指出：ISO14067 只能適用於產品層級，而建築營建案件應以 EN15978 之標準來執行較好（圖 10），以建築工程案件為對象的 LEBR 當然依照 EN15978 之標準來執行。

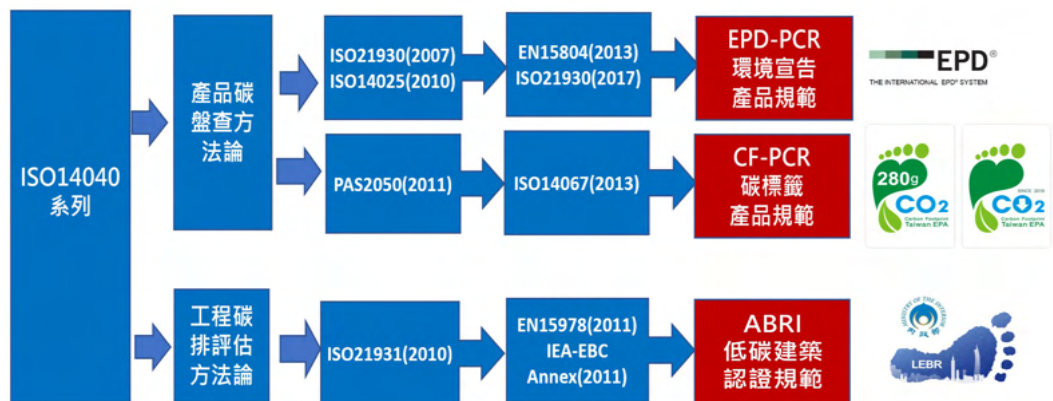


圖 9 產品層級與工程層級的不同碳足跡評估標準發展源流

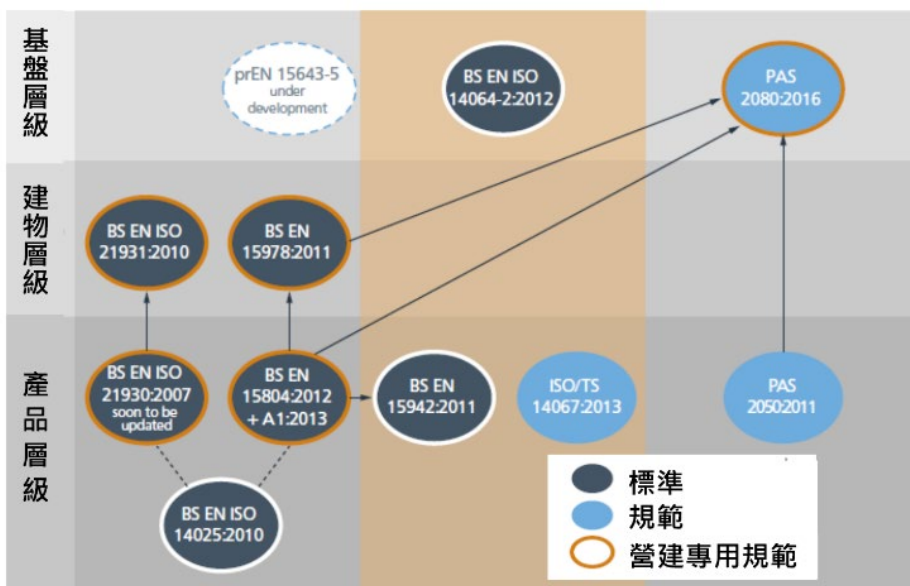


圖 10 適用建物層級碳足跡評估的 EN15978 (2011) 標準 (改繪自 UK Green Building Council, 2017)

LEBR 為了快速計算、熱點診斷、事前評估的功能，採用工程估算資料與情境模擬的工程碳評估方法學，它與英國結構工程學的”How to calculate embodied carbon (Institution of Structural Engineers 2022)”一書，瑞士的”Embodied Carbon in Buildings (Pomponi F., De Wolf C., Moncaster A. (eds) 2018)”一書、日本建築學會的”建築物之 LCA 指針 (2013)”一書，均為類似的工程碳足跡情境模擬評估方法學。如圖 11 所示，英國綠建築協會倡議：建築物設計階段的蘊含碳排減量效益約占建築生命週期減碳策略的 50%，是遠勝於營建階段與完工後的營運階段的所有的減碳策略。LEBR 作為我國淨零建築政策的減碳評估工具，即聚焦於設計階段的減碳功能，其預期功能目的如下：

1. 因結合工程設計圖說資料而可快速計算、快速評估。
2. 以工程構件碳排資料作為 I/O 計算介面，具有視覺直觀的低碳操作功能。
3. 在設計階段執行替代方案之碳排評估而收事前減碳之功能。
4. 透過替代方案之減碳分析與建造成本分析以獲得最佳減碳經濟效益。
5. LEBR 因為導入低碳工法評估而有促進開發創新營建工法之功能。
6. LEBR 因為導入建材回收再利用之優惠評估可促進建築循環經濟效益。

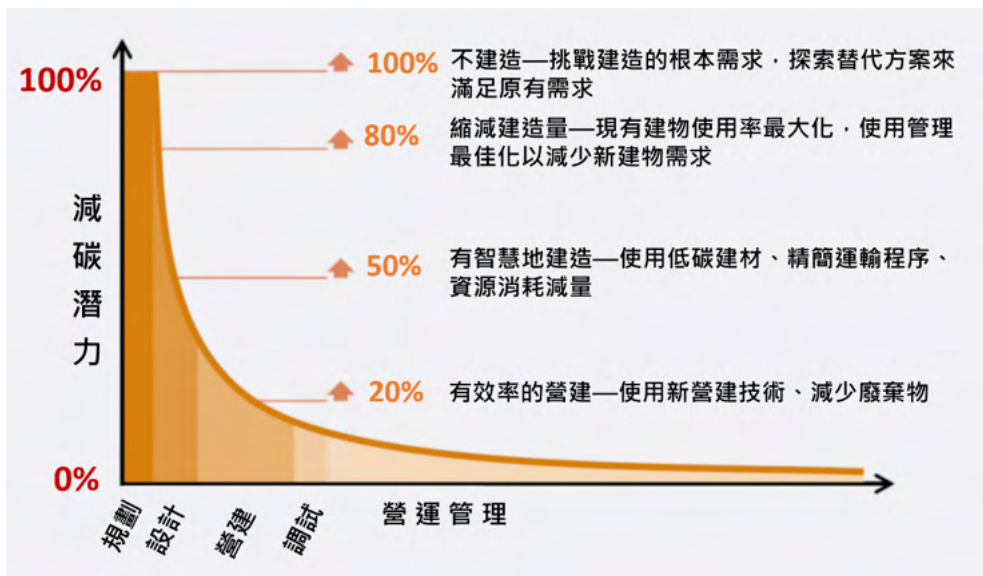


圖 11 建築蘊含碳排評估必須在設計階段執行快速評估、事前減碳方有最大減碳功能 (UK Green Building Council, 2017)

2-3、LEBR 方法論

LEBR 是依照 EN15978 (2011) 或 ISO21931-1 (2022) 所建議的計算邊境，執行製造運輸、施工、更新修繕、拆除廢棄等四階段的蘊含碳排評估法 (圖 12)，它利用過去低碳建築聯盟 LCBA 的建材碳足跡盤查數據 (林憲德，2018) 或環保署之碳足跡資料庫所合成的內政部建築研究所 (以下簡稱 ABRI) 之初級資材碳足跡資料庫 (P-LCC，見附錄一) 與建築構件碳足跡資料庫 (B-LCC，見附錄二)，再以建築物實際設計案情境與本手冊所設定的標準案情境，計算出設計案與基準案之蘊含碳排 EC，再依此執行對比分析的減碳評估方法。



圖 12 蘊含碳排 EC 之製造運輸、施工、更新修繕、拆除廢棄等四階段評估

依據 EN15978 (2011) 或 ISO21931-1 (2022) 對建築物蘊含碳排 EC 之評估項目建議如圖 5 所示，其中製造運輸、施工、更新修繕、拆除廢棄等四階段為其倡議的評估範疇，但其中第五階段的建材回收再利用項目為選擇性、不強制評估的額外優惠計算項目。前四階段的評估項目為：（1）製造運輸階段之 A1 材料開採、A2 材料運輸、A3 材料製造，（2）施工階段之 A4 成品運輸、A5 營建製程，（3）更新修繕階段之 B1 建材設備使用碳排（如冷媒、發泡材在使用期間之溫室氣體排放）、B2 維護、B3 修理、B4 更新、B5 改造、B6 能源使用、B7 水資源使用，（4）拆除廢棄階段之 C1 拆解、C2 運輸、C3 廢棄物回收、C4 廢棄物最終處理等總共 16 項目。雖然第五階段之 D 回收再利用並非 EN15978 之必要計算項目，但因應循環經濟政策之須，在本手冊特別以舊建材再利用、低碳循環建材、低碳工法之減碳量優惠計算方式納入 LEBR 中評估（參見式 27）。這 16 項目中 B6、B7 兩項是屬於使用碳排 OC 部分，此部分已經納入 ABRI 目前正在推動的建築能效評估系統 BERS 的範疇，不列入本手冊評估範疇，此兩項以外的 14 項碳排項目才是本 LEBR 的評估範疇。LEBR 針對這 14 項碳排項目的解析，在 A1~A4 四項為引用附錄二的建築構件碳足跡資料庫 B-LCC (building life cycle carbon

database) 來計算，另外十項碳排數據均採用既有研究的推估公式或假設情境來模擬計算如圖 13 所示。

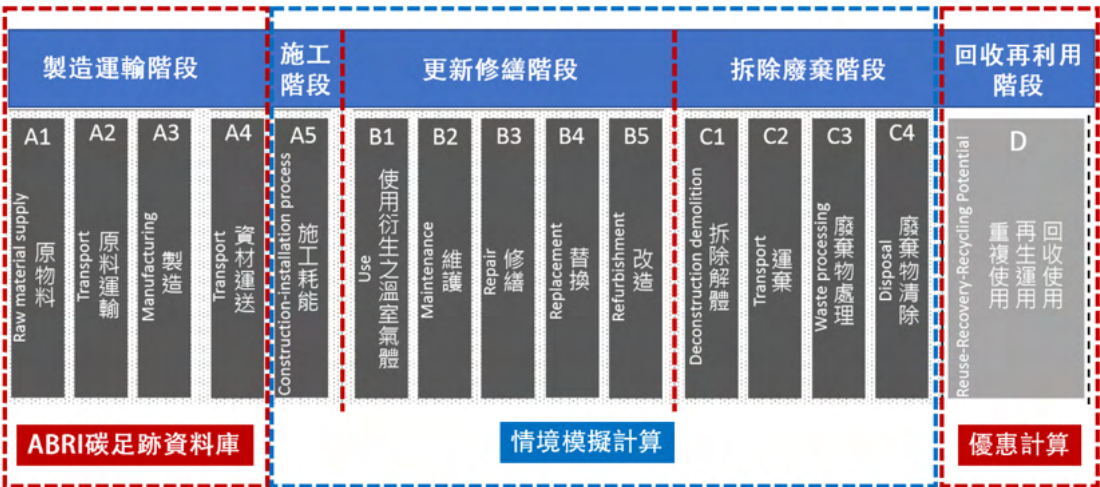


圖 13 低碳建築評估系統 LEBR 方法論概要（改繪自 EN15978（2011））

第三章 基本規定

3-1 建築構件的評估範疇

LEBR 依據建築營造業分項發包習慣，以一般建築師執業與營建法令管理範疇為邊界，採用建築構件為 IO 介面的簡易評估法，其評估範疇包含以下主結構工程與六類非主結構構件的評估範疇（圖 14）如下所示：

- 一、主結構工程：建築物的地上層結構與地上層結構之軀體工程，包括柱樑、樓版、樓梯、內外結構牆、基礎假設等工程，但地下層軀體工程只供計算碳排，不納入 LEBR 之減碳評估範疇。
- 二、非主結構工程：
 1. 傳統 RC 外牆外裝工程：在傳統 RC 外牆主結構上施作的貼磁磚、板材、塗料粉刷等外裝工程。
 2. 外窗工程（含傳統牆嵌入式外窗與帷幕牆之透光部分外窗）：在外牆結構或帷幕牆構件之開口部上施作的透光部分外窗戶工程，包含玻璃與窗框構件，但不含帷幕牆構件之不透光外牆部分。
 3. 帷幕外牆工程：指非承重帷幕牆構件之不透光牆構件部分，透光部分之外窗構件歸前項外窗工程。
 4. 內隔間工程：在建築結構體內部施作的非結構性、無承重之泥作隔間工程，亦即不包括剪力牆、教室隔間牆等結構性內部牆體。另外，電梯間、樓梯間、住宅分戶牆雖屬非結構構件，但因其為制式且無減碳操作空間而不納入計算，同時木隔間、玻璃隔屏、預鑄組裝型隔屏歸室內裝修工程，另行併入裝修行業減碳政策，不在 LEBR 評估範疇。
 5. 室內地坪工程（停車場、設備室、儲藏空間除外）：在樓板結構上施作水泥粉刷、貼磁磚、木質地板等工程。而停車場、設備室、儲藏空間之室內地坪工程因為地坪構造制式化、嚴重干擾減碳評估敏感度而被排除在評估範疇之外。
 6. 戶外地坪工程：基地內施作車道、步道、廣場、停車場等具有基層結

構與表層鋪面之戶外地坪工程，但不包含無基層結構與表層鋪面之簡易步道或簡易廣場等。

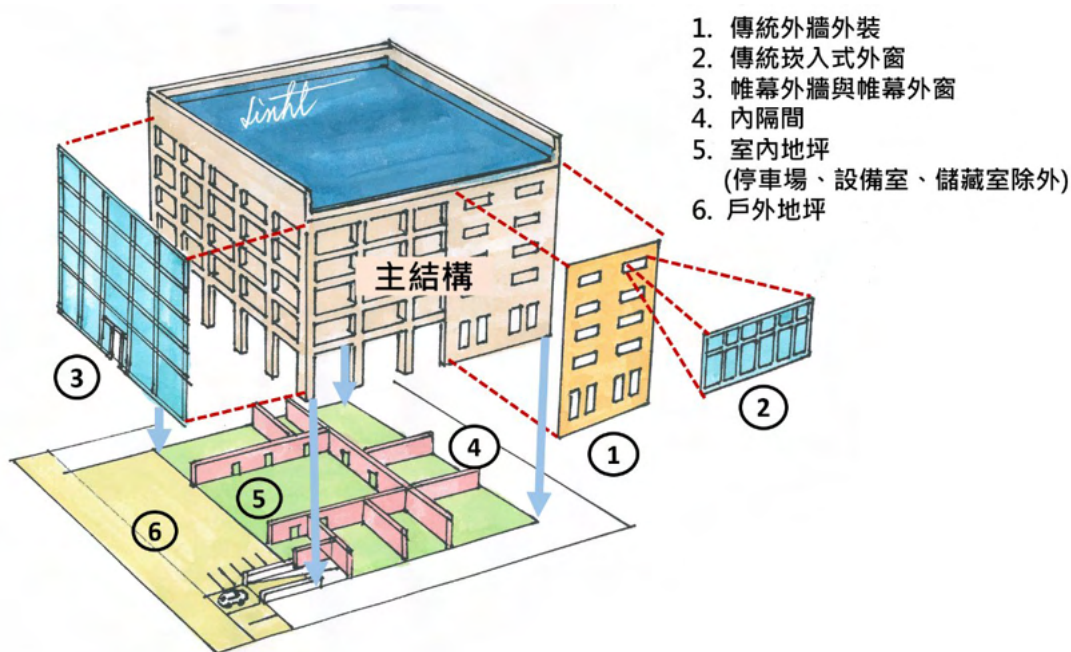


圖 14 LEBR 的建築碳足跡評估範疇（林憲德繪圖）

3-2 LEBR 不接受評估之建築類別與範圍

LEBR 只針對有減碳操作潛力的建築類別與範圍進行評估，不接受下列「構件制式化」、「難有減碳操作意義」、「干擾減碳評估敏感度」的建築類別與範圍之評估：

1. 申請案為停車場、廁所等非居室用途，或溫室、加油站等特殊用途之建築物。
2. 申請案主建築物以外各棟非居室空間總面積 300m^2 以下或居室空間總面積 50m^2 以下之附屬小建物
3. 地下層空間
4. 室內停車場、設備室、儲藏空間之室內地坪工程
5. 戶外景觀工程、室內裝修工程

表 1 建築構件工程生命週期 LC 與生命週期更新次數 RT 標準

構件計算範疇			高耗損建築 (商店商場、旅館、餐廳、運動、醫療、娛樂、交通旅運設施)		中耗損建築 (出租辦公建築、工廠、公共廳舍、教育文化設施)		低耗損建築 (自用辦公建築、倉庫、住宅、住宿類建築)	
			LCi	RTi	LCi	RTi	LCi	RTi
地上層 RC、SRC、S 主結構體 (另外：輕鋼構為 48 年、木構造為 30 年) *1			60	0	60	0	60	0
非結構工程	傳統窗牆	1.傳統 RC 外牆外裝 *2	RC 牆貼磁磚、鋼件掛石材	基層 60 表層 30	基層 0 表層 1	基層 60 表層 30	基層 0 表層 1	基層 60 表層 30
			RC 牆塗料外裝	基層 60 表層 15	基層 0 表層 3	基層 60 表層 15	基層 0 表層 3	基層 60 表層 3
		2.外窗	金屬、塑鋼類外窗	60	0	60	0	60
			木製外窗	20	2	20	2	20
	3.帷幕窗牆	帷幕外牆	金屬、PC 類帷幕牆	60	0	60	0	60
		帷幕外窗	金屬、塑鋼類外窗	60	0	60	0	60
	4.內隔間*3		內隔間 (非結構牆)	20	2	30	1	60
	5.室內地坪*2*4		PU、Epoxy 樹脂、水泥磁磚、石材、金屬類	基層 30 表層 15	基層 1 表層 3	基層 60 表層 20	基層 0 表層 2	基層 60 表層 40
			實木、板材、塑膠類	基層 30 表層 10	基層 1 表層 5	基層 60 表層 15	基層 0 表層 3	基層 60 表層 30
	6.戶外地坪*2*4		RC 基層地坪	基層 60	基層 0	基層 60	基層 0	基層 60
				表層 15	表層 3	表層 20	表層 2	表層 30
			碎石基層地坪	基層 60	基層 0	基層 60	基層 0	基層 60
				表層 10	表層 5	表層 15	表層 3	表層 20

*1：本表 LCi 與 RTi 僅適用於 RC、SRC、S 等構造建築物，若為輕鋼構建築物時，其 LCi 與 RTi 以本表數據乘上 0.8 認定之；若為木構造建築物時，其 LCi 與 RTi 以本表數據乘上 0.5 認定之。

*2：基層指打底整平之泥作工，表層指在泥作基層上再施工之泥作或木作工，注意兩者之 LCi 與 RTi 差異。

*3：內隔間只評估泥作隔間，木作或組裝式隔屏視同室內裝修工程或家具，不予評估。

*4：建築樓板結構上之陽台露臺地坪應視為室內地坪（其碳排數據應依附錄二所示室內地坪碳足跡資料庫 B-LC 來認定），戶外地面上之地坪才視為戶外地坪。

3-3 建築構件生命週期標準與更新次數標準

LEBR 關於各建築構件的生命週期標準 LC_i 與生命週期更新次數標準 RT_i ，依據「高耗損」、「中耗損」、「低耗損」等三種水準，規定如表 1 所示。本表 LC_i 與 RT_i 以 RC、SRC、S 等構造建築物為標準，若為輕鋼構建築物時，其 LC_i 與 RT_i 以本表數據乘上 0.8 認定之；若為木構造建築物時，其 LC_i 與 RT_i 以本表數據乘上 0.5 認定之。外牆外裝、室內地坪、戶外地坪三類構件，因為戶外氣候侵襲與人為使用磨損差異，對其泥作之基層構造與表層構造設定有不同 LC_i 與 RT_i 。另外，內隔間只評估泥作隔間，而木作或組裝式隔屏視同室內裝修工程或家具，不予評估。

3-4 建築構件碳足跡標準資料庫

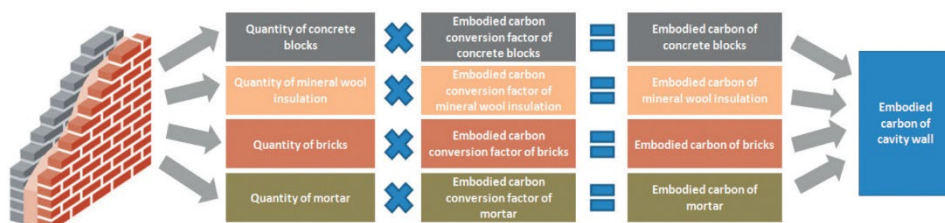


圖 15 RICS 建議以建築設計圖說來計算構件碳足跡的方法（RICS，2012）

LEBR 是採用建築構件設計圖說作為 IO 介面的簡易評估法，其構件碳排計算依據附錄二所示建築構件碳足跡資料庫 B-LCC 來執行。此資料庫是依據 ABRI 已建置完成的初級資材碳足跡資料庫 P-LCC（附錄一，林憲德、蔡耀賢、楊詩弘，2019；楊詩弘、林憲德，2020）與表 1 的更新次數標準換算而成。這資料庫的碳排數據包含 EN15978（2011）規定之 A1~A4 的碳排項目，即所謂搖籃到工地 cradle to site 的碳排（資材製造到工地運輸階段的碳足跡），這碳排計算標準是依據英國皇家章程鑑定組織 RICS 倡議的方法（圖 15），由標準化建築構件的設計圖尺寸、材料碳排資料來合成建築構件的碳足跡數據。關於使用此資料庫的特殊規定如下：

1. 使用建築構件碳排量標準時應有相符之設計圖說標示

使用建築構件碳排量標準時應附相符之設計圖說標示以供查核碳排資料引用的正確性。

2. 構件碳排計算應以構件名稱就近找到碳排量標準來計算即可

LEBR 之建築構件碳排計算是以系統化、套裝化作為 IO 介面計算的方法，使用者應依構件名稱就近找到碳排資料來計算即可，不必在意構件組成的材質、厚度、重量的差異，例如防水塗料只有一種標準碳排，不必區分壓克力、PU、矽樹脂等材質或塗料厚度 2.0mm、1.5mm 之差異，輕隔間牆也只有一種標準碳排，不必區分石膏板、矽酸鈣板或隔音性能之差異，其目的不僅在於簡化評估，同時也在於維持減碳熱點診斷之敏感度、防止系統內誤差干擾減碳設計方向。

3. 建築技術規則樓板衝擊音法規的碳排量資料庫事宜

為了減緩住宅建築分戶樓板的衝擊音干擾公害，內政部已修正建築技術規則的防音條文 46 條第六款（2021 年施行），已加強住宅分戶樓板衝擊音隔音規定。因應此法規，B-LCC 亦因應 2021ABRI 建築防音法規解說指引設置了樓板衝擊音隔音構造專用的防音公告報實施建建築設計施工編第 46 條第六款住宅分戶樓板衝擊音隔音構造專用的碳足跡資料庫可供使用。

4. 非附錄二的特殊建築構件之碳排數據處理法

假如實際設計案之構件無法在附錄二找到相近名稱時，或有特殊設計之構件時，可由實際設計構件之尺寸、材質，自環保署碳排資料庫、國際知名碳排資料庫（如 Simapro、Gabi）或附錄一之 P-LCC 資料庫選取材質相近之碳排數據，自行計算合成構件碳排數據使用之，但須檢附設計圖、碳排資料來源與構件碳排數據合成計算資料以供查核。

3-5 不同樓高不同平面分棟評估原則

由於 LEBR 為採用樓層高度與平面形狀變數來模擬計算之方法，因此必須遵循以下「不同樓高不同平面分棟評估原則」來執行：

1. 申請案內含多棟建築物時，應依地上層之不同樓高、不同平面分棟來評估，全案最終碳足跡減碳率 CFR 以分棟評估之碳足跡減碳率

CFR 與地上層樓地板面積加權平均計算之。

2. 地上層相同平面、相同樓高之多棟建築物可合併成一棟一次計算之（不拘泥於地下層平面相同與否）。
3. 同一棟建築物內含不同樓高部分時，其樓高以該棟最高樓層認定之。
4. 如圖 16 所示，有伸縮縫設計之同一棟建築物因伸縮縫兩邊結構行為各異，應視為兩棟建築物來執行碳足跡評估。
5. 若有低層結構相連的不同樓層多棟建築申請案時，則可大約依兩棟中間線分割認定各棟建築歸屬之底層面積，再依上述「不同樓高不同平面分棟評估原則」來執行。

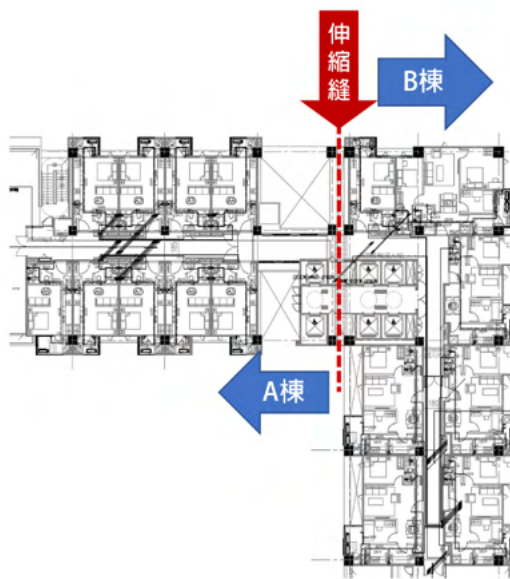


圖 16 有伸縮縫設計之建築物應分兩棟來執行碳足跡評估

3-6 低碳循環建材與低碳工法之認定事宜

LEBR 為依據建築構件之標準碳排數據來評估之方法，同時也鼓勵低碳循環建材、低碳工法之創新技術作為減碳評估之依據。為了擴大低碳建築評估制度之減碳效益，ABRI 授權指定評定專業機構提供以下低碳循環建材與低碳工法認證之服務事宜：

1. 低碳循環建材認定事宜

指定評定機構可籌組「低碳建築技術認定小組」，針對建築市場之再利用、再循環、再生等循環建材或構件進行減碳量與減碳額度之認定，以作為 LEBR 減碳評估之依據（見式 24），並公布於指定評定機構之網站上以備公開查詢。其認定原則詳見附錄四。

2. 低碳工法認定事宜

指定評定機構可籌組「低碳建築技術認定小組」，針對建築產業開發具減碳功能之低碳工法進行減碳量與減碳額度之認定，以作為 LEBR 減碳評估之依據（見式 24），並公布於指定評定機構之網站上以備公開查詢。其認定原則詳見附錄五。

第四章 LEBR生命週期四階段碳足跡評估法

LEBR 應計算製造運輸、施工、更新修繕、拆除廢棄等生命週期四階段的碳排，其中製造運輸與更新修繕兩階段之碳排（包含圖 13 所示 A1~A4、B1~B5 等 9 項）依下述 4-1~4-2 所示方法計算，另外施工、拆除廢棄兩階段的碳排則由下述 4-3~4-4 所示方法計算之。

4-1 主結構碳排計算法

LEBR 必須依建築物之主結構、外牆外裝、外窗、帷幕外牆與帷幕外窗、內隔間、室內地坪、戶外地坪等七項建築構件工程來累算其碳排，其中占比最大為主結構碳排。主結構工程包括柱、樑、樓板、外牆、結構內牆、樓梯等結構體工程之範疇。主結構碳排原本必須依據主結構的型鋼、鋼筋、混凝土等建材的數量與碳排數據算出碳排數據，但依據英國結構工程學會之建議（Institution of Structural Engineers 2022），建築蘊含碳排 EC 之計算應允許採用 1. 結構分析模型估算、2. BIM 模型估算、3. 工程估算技師估算、4. 工程決算資料等四方法來執行。有鑑於此，LEBR 除了可採用下述式 1~2 之主結構標準碳排計算法之外，也可接受上述四方法所估算的主結構碳排，但依循此四方法者必須提出 1. 估算模型說明、2. 鋼筋、混凝土的數量估算報告書、3. 依本手冊附錄一所提供的碳排數據與鋼筋、混凝土的估算數量計算之地上層結構與地下層主結構的碳足跡計算報告，以供查核。

本手冊以下僅提供一種主結構碳排標準計算法，唯該計算法只適用於柱樑結構建築物的主結構碳排計算，申請案件若為非柱樑結構建築物、特殊結構或不採此標準計算法時，亦可採對比模型結構分析法來執行，唯對比模型結構分析法必須遵守下列規定：

1. 必須提出結構系統、營造工法上合理的對比基準模型（對比基準模型應依表 7 所示基準案計算情境模型，或設定與設計案功能相符且最普遍常用的結構設計模型），以作為與設計案結構分析比對的依據。
2. 必須提出結構分析方法或軟體之說明書，並詳細列出基準案與設計案的計算參數與說明。

3. 必須依結構分析方法提出主結構（分上層結構與地下層結構）的型鋼、鋼筋、混凝土等建材的數量估算報告書。
4. 依本手冊附錄一所提供的碳排數據與前述型鋼、鋼筋、混凝土等建材的估算數量計算基準案與設計案的地上層主結構碳排 CFs^* 、 CFs ，以供第五節的減碳評估。
5. 採對比模型結構分析法時，可援用本手冊以下規定之高爐混凝土 **BC**、高性能混凝土 **HC**、舊建築利用減碳率 **RN**、低碳工法之優惠計算方法。
6. 前述內容應經評定單位專家會議審查通過後認可之。

以下為本手冊所提供的主結構碳排標準計算法，此法為採用成功大學建築研究所以結構分析模型所開發的迴歸公式評估法（見杜怡萱 2013，黃誠中 2016，楊忠翰 2022），該評估法對於結構系統之減碳設計有高度敏感性，同時特闢低碳混凝土 **LCCR**、舊建築利用減碳率 **RN**、低碳循環建材、低碳工法之優惠計算，對於減碳技術之開發有激勵效益。由於 **LEBR** 最終的減碳率評估只針對可操作減碳技術的地上層構造物來執行，因此對於地上層主結構與地下層主結構之碳排必須分開計算，其中地上層主結構碳排必須依式 1-1(設計案)、式 1-2(基準案)計算兩次，但地下層主結構碳排只有式 2 之一次計算。

設計案地上層主結構碳排 $CFs = Cu(\text{設計案}) \times LCCR \times RN \dots\dots\dots (1-1)$

基準案地上層主結構碳排 $CFsc = Cu(\text{基準案}) \dots\dots\dots (1-2)$

地下層主結構碳排 $CFs' = 330 \times AFb + 45.5 \times (AFu + AFb) \dots\dots\dots (2)$

前述式 1-1、式 1-2 之變數串內涵不同，必須參照設計案與基準案在表 7 之計算情境，且依下列諸式計算之：

$Cu = AFu \times C \times W \dots\dots\dots (3)$

$$C = \left[224 + 4.11 \times (S - 10) + 300 \times \left(I \times \frac{S_{ad}}{F_u} - 0.192 \right) + 68.74 \times (Sp - 1.0) + 0.17 \times (D_0 - 300) + 0.13 \times (L - 300) + 1.05 \times (BH - 3.5) \right] \times R_s \times F, \text{ 且 } C \geq 165 \dots\dots\dots (4)$$

$$LCCR = 1.0 - CSER \times 0.05 \dots\dots\dots (5)$$

$$RN = (AFu - EBF) / AFu \dots\dots\dots (6)$$

$$F = f_1 \times f_2 \times f_3 \dots\dots\dots (7)$$

參數說明：

AFb：地下層總樓地板面積（m²）

AFu：地上層總樓地板面積（m²）

BH：地上結構一樓底層樓高（m）。設計案與基準案同。

C：地上層主結構單位樓地板面積碳排密度（kg/m²），依式 4 計算，式 4 為結構分析所得之回歸方程式。設計案與基準案分別計算。

CFs：設計案地上層主結構碳排（kgCO₂），依設計案在表 7 之情境計算之

CFsc：基準案地上層主結構碳排（kgCO₂），依基準案在表 7 之情境計算之

CFs'：地下層主結構碳排（kg）。設計案與基準案同。

Cu：地上層主結構標準碳排（kg）。設計案與基準案分別計算。

CSER：水泥強度效益倍數，無單位。CSER = （28 天抗壓強度（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）。CSER 須由申請者自行提出計算數據。若無此數據或基準案則 CSER=0。CSER 於候選低碳建築階段認可時可由申請者自行提出設計數據認定，於正式低碳建築階段認可時應提供現場抗壓強度實測資料證明以供查驗。

D₀：室內固定隔間、粉刷、裝修、門窗等非結構體造成之額外靜載重（kgf/m²），可實際精算或參考表 3 估算。設計案與基準案同。

EBF：舊建築再利用地上面積（m²），設計案取實際值帶入計算，基準案 EBF=0。

F：形狀係數，反映平面形狀不規則、長寬比過大及平面出挑之效應，依式 7 計算。其中，f₁、f₂、f₃ 分別依表 4、表 5、表 6 計算。基準案取值參考表 7。

f₁：平面形狀不規則修正係數，無單位，取自表 4

f_2 ：平面長寬比修正係數，無單位，取自表 5

f_3 ：平面出挑修正係數，無單位，取自表 6

F_u ：結構系統地震力折減係數，依建築物耐震設計規範 2.9 節規定計算，可自取得。設計案與基準案同。

I：設計地震力之用途係數，依建築物耐震設計規範 2.8 節規定計算。設計案與基準案同。

L：活載重 (kgf/m^2)，視建築物用途依建築技術規則構造篇第 17 條決定。建築物中含不同種類用途時，可依各種用途面積比例加權平均計算。設計案與基準案同。

LCCR：低碳混凝土減碳率，無單位，以膠結材料配比與攪拌技術所達成之低碳混凝土，該低碳混凝土排碳量相對於相同強度之一般混凝土排碳量之減碳比例。LCCR 依式 5 由水泥強度效益倍數 CSER 計算之。LCCR 僅對 RC、S 構造優惠計算，輕鋼構與木構造時均設 LCCR=1.0。

RN：增改建之舊建築利用減碳率，無單位，須具備結構強度，依式 6 計算。

R_s ：靜力分析折減係數，依建築物耐震設計規範 2.1 節規定耐震設計時不需進行動力分析者， $R_s = 0.95$ ，反之 $R_s = 1.0$ 。設計案與基準案同。

S：地上樓層數，不計入屋突，無單位。若有不同樓層混合之案件，則應依不同樓層的樓地板面積加權值認定其 S 值。設計案與基準案同。

S_{ad} ：工址設計水平加速度反應譜係數，依建築物耐震設計規範 2.6 節規定計算，可自結構計算書取得。設計案與基準案同。

S_p ：地上層跨距變化係數，無單位，先依下 a、b 式由 X 軸與 Y 軸向之最大跨距和平均跨距比，平均跨距和最小跨距比之兩數值取最大值為 X 軸與 Y 軸向之單軸跨距比 a_x 、 a_y ，再依 c 式用兩軸總跨距長度加權計算出 S_p 即可。 S_p 應大於等於 1.0。假如各層 S_p 不一時，則以各層 S_p 平均值計之（屋突層不計）。若為單跨距之平面，則 $S_p=1.0$ 。基準案取值參考表 7。計算 S_p 之參數說明與計算圖例如下所示：

a_x 、 $a_{x\max}$ 、 $a_{x\text{avg}}$ 、 $a_{x\min}$ ：為 X 向之單軸跨距比（無單位）、最大跨距、平均跨距、最小跨距 (m)

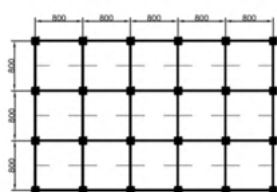
a_y 、 $a_{y\max}$ 、 $a_{y\text{avg}}$ 、 $a_{y\min}$ ：為 Y 向之單軸跨距比（無單位）、最大跨距、平均跨距、最小跨距 (m)

B_x 、 B_y ：分別為平面 X 向及 Y 向之總跨距長度，相當於該向平面總尺度 (m)

$$a_x = \max \left(\left(\frac{a_{x\max}}{a_{x\text{avg}}} \right), \left(\frac{a_{x\text{avg}}}{a_{x\min}} \right) \right) \dots\dots\dots (a)$$

$$a_y = \max \left(\left(\frac{a_{y\max}}{a_{y\text{avg}}} \right), \left(\frac{a_{y\text{avg}}}{a_{y\min}} \right) \right) \dots\dots\dots (b)$$

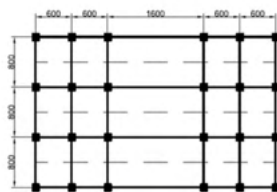
$$S_p = (a_x \times B_x + a_y \times B_y) / (B_x + B_y) \dots\dots\dots (c)$$



$$a_x = \max((8/8), (8/8)) = 1.0$$

$$a_y = \max((8/8), (8/8)) = 1.0$$

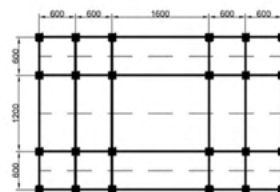
$$S_p = (1 \times 40 + 1 \times 24) / (40 + 24) = 1.0$$



$$a_x = \max((16/8), (8/6)) = 2.0$$

$$a_y = \max((8/8), (8/8)) = 1.0$$

$$S_p = (2.0 \times 40 + 1 \times 24) / (40 + 24) = 1.63$$



$$a_x = \max((16/8), (8/6)) = 2.0$$

$$a_y = \max((12/8), (8/6)) = 1.5$$

$$S_p = (2.0 \times 40 + 1.5 \times 24) / (40 + 24) = 1.81$$

W：構造係數，取自表 2，無單位。基準案取值參考表 7。

表 2 構造係數 W

地上結構 構造類別	磚石構造	RC 構造	SRC 構造	S 構造	輕鋼構造	木構造
W	1.2	1.00	1.05	0.9	0.8	0.7

本表數據並非實際解析數據，而是操作建築碳足跡減碳政策的專家建議值。W 若為多種構造的混合構造建物，則以各構造之面積加權計算之 W 係數認定之，其中若為 RC 構造建築物上設大跨距鋼架屋頂構造部份（如體育館），則該層樓以 RC 構造與鋼結構各半之 W 係數認定之（低層部分依原有 W 係數）。S 構造的防火披覆材之碳排影響已被概略納在構造係數 0.9 之內，不必額外再計算。

表 3 額外靜載重 D_0

室內隔間種類		額外靜載重 (D_0 kgf/m ²)
體育館、展覽館、商場類、交通運輸等很少固定隔間之建築物		275
辦公、住宿、旅館、醫院、社福機構等多隔間之建築物	輕質隔間	300
	磚牆	350
	RC 牆	375

此表為參考數值，可依隔間密度及隔間材料混用情形自行調整。室內隔間不包括電梯間、樓梯間、剪力牆、住宅分戶牆、教室隔間牆等結構性內部牆體，亦不包括木隔間、玻璃隔屏、預鑄組裝型隔屏等室內裝修型隔間。

表 4 平面形狀不規則修正係數 f_i

周長面積比係數 PAr	$PAr \leq 1.2$	$1.2 < PAr \leq 1.4$	$1.4 < PAr \leq 1.6$	$1.6 < PAr$
f_i	1.00	1.03	1.05	1.08

周長面積比係數 PAr 以層數最多的標準層平面為準，為標準層平面周長面積比和等面積圓形平面周長面積比之比值，其計算依 (9) 式計算之

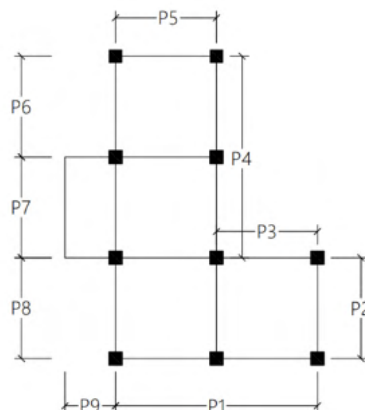
$$PAr = 0.282 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots (9)$$

參數說明：

A ：標準層平面面積 (m^2)

P ：標準層平面總周長 (m)

PAr ：周長面積比係數，無單位

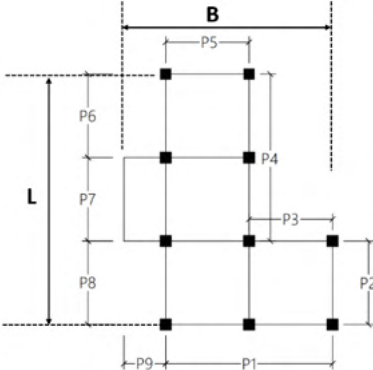


唯若案例之出挑深度與出挑方向總跨距之比值大於 15%，則需將出挑區域納入周長面積比係數 PAr 之計算，若反之，則出挑區域不必納入計算。以上圖為例，當 $P9 > 0.15 \times P1$ 時，計算總周長面積需考慮出挑部分，則總周長 $P = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 \times 2$ ，總面積 $A = P1 \times P2 + P4 \times P5 + P7 \times P9$ 。當 $P9 \leq 0.15 \times P1$ 時，計算總周長面積無需考慮出挑部分，則總周長 $P = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8$ ，總面積 $A = P1 \times P2 + P4 \times P5$ 。

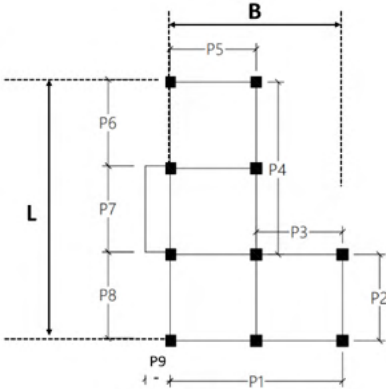
表 5 平面長寬比修正係數 f_2

平面長寬比 b	$b \leq 4$	$4 < b \leq 6$	$6 < b$
f_2	1.00	1.05	1.10

平面長寬比 b 層數以最多的標準層平面為準，為標準層平面相距最遠對邊延長線構成之矩形長邊與短邊尺度比值。唯若案例之出挑深度與出挑方向總跨距之比值大於 15% 時，則需將出挑區域納入平面長寬比 b 之計算，若反之，則出挑區域不必納入計算。平面長寬比 b 定義為取平面中相距最遠對邊延長線構成之矩形之長邊與短邊尺度比值，以下圖為例，其中 L 與 B 分別為長邊及短邊， L 與 B 之比值即為平面長寬比 b 。左圖為出挑深度大於出挑方向總跨距 15% 之案例，右圖則相反。



當 $P9 > 0.15 \times P1$ 時



當 $P9 \leq 0.15 \times P1$ 時

表 6 平面出挑修正係數 f_3

出挑係數 R_c	$R_c \leq 0.1$	$0.1 < R_c \leq 0.2$	$0.2 < R_c$
f_3	1.00	0.98	0.93

出挑係數 R_c 以最多的標準層平面為準，為出挑部分面積與當層總樓地板面積（含出挑部分）之比值，出挑部分之定義為懸臂樓版或以僅有一端有柱之懸臂梁支撐之樓地板，包含陽台或室內空間之出挑，且出挑深度需小於等於 4m。以右圖為例， $R_c = (P3 \times P4) / (P1 \times P2 + P3 \times P4)$ 。

唯出挑深度大於 4m 時不適用本係數 f_3 ，此時應視為特殊結構，應改用前述對比模型結構分析法來執行所有的主結構碳排計算才行。

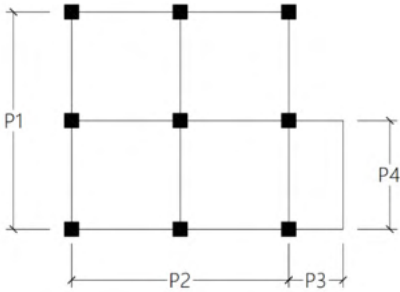


表 7 基準案與設計案的地上層主結構碳排計算情境

參數		基準案地上層主結構碳排 CF _{sc} 計算情境	設計案地上層主結構碳排 CF _s 計算情境
構造係數 W		25F 以下：1.0 26F 以上：0.8	依實際設計構造認定
低碳混凝土減碳率 LCCR		1.0	依實際設計水泥強度效益倍數 CSER 計算之
跨距變化係數 Sp	地上單層平均樓地板面積 AFa>500m ²	1~8F：2.0；9~16F：1.8 17~25F：1.6；26F 以上：1.4	依實際設計平面計算之
	地上單層平均樓地板面積 AFa 200~500m ²	1~8F：1.8；9~16F：1.6 17 以上：1.4	
	地上單層平均樓地板面積 AFa <200m ²	1~8F：1.6 9F 以上：1.4	
形狀係數 F		1~8F：1.2；9~16F：1.15 17~25F：1.1；26F 以上：1.05	依實際設計狀況計算之
註：下列參數設計案與基準案同。地下層總樓地板面積（AF _b ）、地上層總樓地板面積（AF _u ）、地上結構一樓底層樓高（BH）、額外靜載重（D ₀ ）、結構系統地震力折減係數（F _u ）、設計地震力之用途係數（I）、活載重（L）、靜力分析折減係數（R _s ）、工址設計水平加速度反應譜係數（S _{ad} ）、地上樓層數（S）。			

4-2 製造運輸與更新修繕兩階段碳足跡計算法

以下說明製造運輸與更新修繕兩階段之碳足跡計算法，唯在此必須特別注意 LEBR 只針對可操作減碳技術的地上層構造物進行評估，地下層結構碳排不在減碳評估範疇之內。本計算法應依設計案與基準案之兩種情境，先依式 8 計算出製造運輸階段非結構碳排 CF_{ns}，再依式 9~10 計算出製造運輸與更新修繕兩階段之碳足跡 CF_{um}、CF_{rm}：

$$CF_{ns} = CF_{ow} + CF_w + CF_{cw} + CF_{iw} + CF_f + CF_p \dots\dots\dots (8)$$

$$CF_{um} = CF_s + CF_{ns} \dots\dots\dots (9)$$

$$CF_{rm} = CF_{ow}^* + CF_w^* + CF_{cw}^* + CF_{iw}^* + CF_f^* + CF_p^* \dots\dots\dots (10)$$

以上三公式中各項變數之碳足跡推算公式如下：

$$CF_{ow} = \sum F_{owj} \times A_{owj} \dots\dots\dots (11-1)$$

$$CF_{ow}^* = \sum F_{owj}^* \times A_{owj} \dots\dots\dots (11-1^*)$$

$$CF_w = \sum F_{wj} \times A_{wj} \dots\dots\dots (11-2)$$

$$CF_w^* = \sum F_{wj}^* \times A_{wj} \dots\dots\dots (11-2^*)$$

$$CF_{cw} = \sum F_{cwj} \times A_{cwj} \dots\dots\dots (11-3)$$

$$CF_{cw}^* = \sum F_{cwj}^* \times A_{cwj} \dots\dots\dots (11-3^*)$$

$$CF_{iw} = \sum F_{iwj} \times A_{iwj} \dots\dots\dots (11-4)$$

$$CF_{iw}^* = \sum F_{iwj}^* \times A_{iwj} \dots\dots\dots (11-4^*)$$

$$CF_f = \sum F_{fj} \times A_{fj} \dots\dots\dots (11-5)$$

$$CF_f^* = \sum F_{fj}^* \times A_{fj} \dots\dots\dots (11-5^*)$$

$$CF_p = \sum F_{pj} \times A_{pj} \dots\dots\dots (11-6)$$

$$CF_p^* = \sum F_{pj}^* \times A_{pj} \dots\dots\dots (11-6^*)$$

參數說明：

CF_{um} ：製造運輸階段碳足跡 ($kgCO_2$)，依設計案、基準案之條件計算兩次

CF_{ns} ：製造運輸階段非結構碳排 ($kgCO_2$)，若為木結構建築物時，則 CF_{ns} 設為 0.0 即可，依設計案、基準案之條件計算兩次

CF_{rm} ：更新階段碳足跡 ($kgCO_2$)，依設計案、基準案之條件計算兩次

CF_s ：地上層主結構修正碳排 ($kgCO_2$)

A_{cwj} ：j 不透光帷幕外牆面積 (m^2)

A_{fj} ：j 室內地坪面積 (m^2)，請注意不包含停車場、設備室、儲藏空間

A_{iwj} ：j 內隔間面積 (m^2)

A_{owj} ：j 傳統 RC 外牆外裝面積 (m^2)，不包含帷幕式外牆面積

A_{pj} ：j 戶外地坪面積 (m^2)

A_{wj} ：j 透光外窗及帷幕外窗面積 (m^2)

CF_{cw} ：不透光帷幕外牆新建碳排 ($kgCO_2$)

CFcw*：不透光帷幕外牆更新碳排 (kgCO₂)

CFf：室內地坪新建碳排 (kgCO₂)

CFf*：室內地坪更新碳排 (kgCO₂)

CFiw：內隔間新建碳排 (kgCO₂)

CFiw*：內隔間更新碳排 (kgCO₂)

CFow：傳統 RC 外牆外裝新建碳排 (kgCO₂)

CFow*：傳統 RC 外牆外裝更新碳排 (kgCO₂)

CFp：戶外地坪新建碳排 (kgCO₂)

CFp*：戶外地坪更新碳排 (kgCO₂)

CFw：透光外窗及帷幕外窗新建碳排 (kgCO₂)

CFw*：透光外窗及帷幕外窗更新碳排 (kgCO₂)

Fcwj：j 不透光帷幕外牆新建碳排標準 (kgCO₂/m²)，取自附錄二附表 2- 3，基準案以傳統 15cm RC 外牆為準。

Fcwj*：j 不透光帷幕外牆更新碳排標準 (kgCO₂/m²)，取自附錄二附表 2- 3，基準案以傳統 15cm RC 外牆為準。

Ffj：j 室內地坪新建碳排標準 (kgCO₂/m²)，取自附錄二附表 2- 7，基準案以貼磁磚地坪為準。

Ffj*：j 室內地坪更新碳排標準 (kgCO₂/m²)，取自附錄二附表 2- 7，基準案以貼磁磚地坪為準。

Fiwj：j 內隔間新建碳排標準 (kgCO₂/m²)，取自附錄二附表 2- 5，基準案以磚牆雙面粉刷為準。

Fiwj*：j 內隔間更新碳排標準 (kgCO₂/m²)，取自附錄二附表 2- 5，基準案以磚牆雙面粉刷為準。

Fowj：j 傳統 RC 外牆外裝新建碳排標準 (kgCO₂/m²)，取自附錄二附表 2- 1，基準案以 RC 外牆貼磁磚為準。

Fowj*：j 傳統 RC 外牆外裝更新碳排標準 (kgCO₂/m²)，取自附錄二附表 2- 1，基準案以 RC 外牆貼磁磚為準。

Fpj：j 戶外地坪新建碳排標準 (kgCO₂/m²)，取自附錄二附表 2- 7，基準案以貼磁磚地坪為準。

Fpj*：j 戶外地坪更新碳排標準 (kgCO₂/m²)，取自附錄二附表 2- 7，基準案以貼磁磚地坪為準。

Fwj：j 透光外窗及帷幕外窗新建碳排標準 (kgCO₂/m²)，傳統外窗取自附錄二附表 2- 2，帷

幕外窗取自附錄二附表 2-3，基準案以鋁框為準。

F_{wj}^* ：j 透光外窗及帷幕外窗更新碳排標準 (kgCO_2/m^2)，傳統外窗取自附錄二附表 2-2，帷幕外窗取自附錄二附表 2-3，基準案以鋁框為準。

以上諸式之操作應注意事項如下：

1. 傳統 RC 外牆外裝、室內地坪、戶外地坪三類構件，設有基層構造與表層構造之分，其原因為：戶外氣候侵襲與人為使用磨損之差異，使其表層構造比基層構造有更高的更新次數 RT_i ，其基層構造與表層構造之碳排計算理應分開計算，但在附錄二的構件碳足跡資料庫 B-LCC 中已將此更新次數之差異之碳排影響計入更新碳排標準之中，使用者只要直接引用附錄二的標準數據即可，不必擔心其遺漏。
2. 式 11-1~11-1*為傳統 RC 外牆外裝工程之碳排計算。由於 RC 構造的 RC 外牆結構碳排已計入地上層主結構碳排 CF_s 中，因而 RC 外牆結構已不必再計算其碳排，在此只計算 RC 構造外牆的外裝部份，若有非承重之帷幕牆構件也非屬主結構，其帷幕外牆之碳排應計入式 11-3~11-3*中，不可計入於此。
3. 式 11-2~11-2*為透光部分外窗工程之碳排計算，請注意此部分可能包含傳統 RC 外牆之嵌入式外窗以及帷幕牆構件內之帷幕外窗兩類，前者應依附錄二附表 2-2 計算，後者應依錄二附表 2-3 計算，二者不可搞混，其減碳計算均以鋁框構造為比較基準，其面積以外框邊尺寸所計算之窗立面積（含窗框與玻璃面積）來計算即可。
4. 若有非承重之帷幕牆構件時，應特別注意帷幕窗工程有不透光的帷幕外牆與透光的帷幕外窗部分，其帷幕外窗部分應依 11-2~11-2*計算外，另外的不透光的帷幕外牆部分應依式 11-3~11-3*再行計算，不可忽略之。
5. 式 11-4~11-4*為內隔間牆工程之碳排計算，該公式之計算對象只針對非承重構造之泥作隔間工程即可，不可包括承重牆、結構牆、耐震壁、樓梯間牆等牆面構造，同時集合住宅之分戶牆、學校教室隔間牆、樓梯間牆應視同結構牆，也不必納入計算。內隔間牆工程構件的碳排差異通常以重隔間與輕隔間為區分，輕隔間當然是減碳設計的首選，但廁所內的馬桶隔間或木隔間、玻璃隔屏、預鑄組裝型隔屏均被視同系統傢俱之一環，不必納入評估。
6. 式 11-5~11-5*為室內地坪工程之碳排計算，請注意停車場、設備室、儲藏空間之室內地坪因為會干擾減碳敏感度而不可納入評估範圍。室內地坪構造雖有基層與表層之分，但直接引用附錄二附表 2-6 之資料來執行一次計算即可。

該表因應 2021 年起施行之建築技術規則的防音條文 46 條，設有分戶樓板衝擊音隔音構造專用的碳足跡資料庫可供使用，但該資料只供該條文適用範圍之建築物使用。

8. 式 11-6~11-6*為戶外地坪工程之碳排計算，它只計算具有基層結構與表層鋪面之戶外地坪工程，但不包含無基層結構與表層鋪面之簡易步道或簡易廣場等。戶外地坪工程雖有基層與表層之分，但只要直接引用附錄二附表 2- 7 之資料來執行一次計算即可。
9. 實際設計案之構件即使與錄二所示構件之細部、尺寸、密度、規格有些微差距，但 LEBR 系統建議直接就近選取數據來計算即可。假如實際設計案之構件無法在附錄二找到相近之構件，或有特殊設計之構件時，可由實際設計構件之尺寸、材質，優先由附錄一之 P- LCC 資料庫，或由環保署碳排資料庫、國際知名碳排資料庫（如 Simapro、Gabi），選取材質相近之碳排數據自行計算合成構件碳排數據使用之，但須檢附設計圖、碳排資料來源與構件碳排數據合成計算資料以供查核。
10. 以上製造運輸階段碳足跡 CF_{um}、非結構碳排 CF_{ns}、更新階段碳足跡 CF_{rm} 均依設計案、基準案之條件計算兩次。

無論如何，式 11-1~11-6*為計算範疇非結構構件之簡易碳排計算法，均依附錄二附表 2- 1~附表 2- 7 之標準碳排資料庫來計算即可。該附錄同時標示了各種構件之碳排比較基準值，也提供了構件設計的減碳量標準值，以作為減碳評估的比較標準，可快速引導減碳設計並完成減碳效益之模擬評估。

4-3 施工階段碳足跡計算法

本節說明 LEBR 針對施工階段的碳足跡計算法。施工碳足跡包括施工現場之起重機、施工電梯、揚水馬達、焊接設備、工地辦公室用電等耗電碳排，同時也包括挖土機、吊車、怪手、混凝土預拌車、泵送車、振動機等耗油機具之碳排，在此是以既有研究的簡算公式來處理。另外，由於 LEBR 只針對可操作減碳技術的地上層構造物進行評估，因此以下的施工階段碳足跡必須區分地上層與地下層分開計算。此施工階段碳足跡依據林憲德由張又升六棟建築物案件之施工耗電量調查（張又升，2000）與當年營造業總能源使用與產業關連法所創立的下列回歸公式（林憲德 et al.，2022）來計算：

$$CFc = (0.14 + 0.95 \times S) \times AFu \times (1.0 + CFrm / CFum) \dots\dots\dots (12)$$

$$CFc' = (0.14 + 2.14 \times Sb) \times AF \dots\dots\dots (13)$$

參數說明：

CFc：施工階段地上層碳排（kgCO₂），以設計案情境依式 12 計算而得，基準案與設計案同。

CFc'：施工階段地下層碳排（kgCO₂），基準案與設計案同。

CFum：製造運輸階段碳足跡（kgCO₂），以設計案情境依式 9 計算而得。

CFrm：維護修繕階段碳足跡（kgCO₂），以設計案情境依式 10 計算而得。

S：地上層的總樓層數，不計入屋突，無單位，若有不同樓層混合之案件，則應依不同樓層的樓地板面積加權值認定其 S 值

Sb：地下層的總樓層數，無單位

AFu：地上層建築總樓地板面積（m²）

AFb：地下層建築總樓地板面積（m²）

AF：地上層與地下層合計建築總樓地板面積（m²），AF= AFu+ AFb。

式 12 前半 $(0.14 + 0.95 \times S) \times AFu$ 原本是未含維護修繕階段之施工碳足跡計算，其後 $(1.0 + CFrm / CFum)$ 為維護修繕階段與製造運輸階段之施工碳足跡與兩階段之建材蘊含碳足跡成正比之假設下所做的修正。由於施工階段碳足跡對全生命週期碳排占比很小而不納入減碳計算範疇，設計案與基準案之施工階段碳足跡均被視為相同，因此在此只以設計案情境之 CFum 與 CFrm 計算一次施工碳足

跡即可。

4-4 拆除廢棄階段碳足跡計算法

由於 LEBR 只針對可操作減碳技術的地上層構造物進行評估，因此拆除廢棄階段碳足跡必須區分地上層與地下層分開計算如下（公式來源參見林憲德 et al.，2022）：

$$CF_{dw} = (CF_d + CF_{wa}) \times (1.0 + CF_{rm} / CF_{um}) \dots\dots\dots (14)$$

$$CF_d = (0.06 \times S + 2.01) \times AF_u \dots\dots\dots (15)$$

$$CF_{wa} = 0.055 \times W_d \times AF_u \dots\dots\dots (16)$$

$$CF_{dw}' = CF_d' + CF_{wa}' \dots\dots\dots (17)$$

$$CF_d' = (0.135 \times S_b + 2.01) \times AF_b \dots\dots\dots (18)$$

$$CF_{wa}' = 0.124 \times W_d \times AF_b \dots\dots\dots (19)$$

參數說明：

AF_u ：地上層總樓地板面積（ m^2 ），

AF_b ：地下層總樓地板面積（ m^2 ）

CF_d ：地上層拆除工程碳足跡（ $kgCO_2$ ），基準案與設計案同。

CF_d' ：地下層拆除工程碳足跡（ $kgCO_2$ ），基準案與設計案同。

CF_{dw} ：地上層拆除廢棄物處理碳足跡（ $kgCO_2$ ），逕令基準案與設計案同。

CF_{dw}' ：地下層拆除廢棄物處理碳足跡（ $kgCO_2$ ），基準案與設計案同。

CF_{um} ：製造運輸階段碳足跡（ $kgCO_2$ ），以設計案情境依式 9 計算而得

CF_{rm} ：維護修繕階段碳足跡（ $kgCO_2$ ），以設計案情境依式 10 計算而得

CF_{wa} ：地上層廢棄物處理碳足跡（ $kgCO_2$ ），基準案與設計案同。

CF_{wa}' ：地下層廢棄物處理碳足跡（ $kgCO_2$ ），基準案與設計案同。

S ：地面以上樓層數，不計入屋突，無單位，若有不同樓層混合之案件，則應依不同樓層的樓地板面積加權值認定其 S 值

W_d ：新建與拆除廢棄物量密度（ kg/m^2 ），取自表 8

式 14 之（ $CF_d + CF_{wa}$ ）原本是未含維護修繕階段之拆除廢棄碳足跡計算，後（ $1.0 + CF_{rm} / CF_{um}$ ）之意義與式 12 情況相同，為維護修繕階段與製造運輸階

段之拆除廢棄階段碳足跡與兩階段之建材蘊含碳足跡成正比之假設下所做的修正。由於拆除廢棄階段碳足跡對全生命週期碳排占比很小而不納入減碳計算範疇，設計案與基準案之拆除廢棄階段碳足跡均被視為相同，因此在此只以設計案情境之 CF_{um} 與 CF_{rm} 計算一次拆除廢棄階段碳足跡即可。

表 8 新建與拆除廢棄物量密度標準 W_d（葉世文、黃榮堯，2006）

構造*1	新建工程廢棄物量			新建工程與拆除工程 合計廢棄物量 W _d (kg/m ²) *2
	類別	廢棄物量 (m ³ /m ²)	廢棄物量重量 換算 (kg/m ²)	
RC 造	住宿類與旅館、醫院類*3	0.12	52	390
	廠房類	0.08	32	240
	其他非住宿類*4	0.098	39.2	294
SRC 造	住宿類與旅館、醫院類*3	0.135	54	405
	廠房類	0.105	42	315
	其他非住宿類*4	0.107	42.8	321
鋼構造	住宿類與旅館、醫院類*3	0.103	41.2	309
	廠房類	0.106	42.4	318
	其他非住宿類*4	0.090	36	270
輕鋼構造	廠房類	0.102	40.8	306
	其他類*3	0.090	36	270
*1：木構造以輕鋼構造之數據代用之；*2：根據文獻中住宅之拆除工程與新建工程之廢棄物量比例約為 6.5 倍，合計以 7.5 倍推估而得；*3：以文獻中住宅之數據代用之；*4：以文獻中辦公大樓之數據代用之				

第五章 LEBR分級評估

以上是 LEBR 之生命週期四階段的碳足跡計算法，最後 LEBR 的分級評估法應依下列公式先計算出基準案與設計案之評估範疇蘊含碳排量 EECc、EEC 之後，再算出設計案之全生命週期蘊含碳排量 TEC、蘊含碳排密度 ECI、碳足跡減碳率 CFR (Carbon Footprint Reduction Ratio)，並依表 9 所示之 1+、1、2、3、4、5、6、7 之八等級間距來判定其建築碳足跡標示之分級：

$$\text{基準案 EECc} = \text{CFum} + \text{CFrm} + \text{CFc} + \text{CFdw} \dots\dots\dots (20)$$

基準案變數串，請注意與下式變數串不同

$$\begin{aligned} \text{設計案 EEC} = & ((\text{CFum} + \text{CFrm} + \text{CFc} + \text{CFdw}) \\ & - (\underbrace{\sum \text{RMk} \times \text{Rk}}_{\text{舊建材再利用減碳量 (減碳優惠計算一)}} + \underbrace{\sum \text{LCRk} \times \text{Lk}}_{\text{低碳循環建材減碳量 (減碳優惠計算二)}} + \underbrace{\sum \text{LCCm}}_{\text{低碳工法減碳量 (減碳優惠計算三)}}) \\ & / (1.0 + \text{LL}) \dots\dots\dots (21) \end{aligned}$$

設計案變數串，請注意與上式變數串不同

$$\text{設計案 TEC} = \text{EEC} + \text{CFs}' + \text{CFc}' + \text{CFdw}' \dots\dots\dots (22)$$

$$\text{基準案 ECIc} = \text{EECc} / \text{AFu} \dots\dots\dots (23)$$

$$\text{設計案 ECI} = \text{EEC} / \text{AFu} \dots\dots\dots (24)$$

$$\Delta \text{CF} = \text{EECc} - \text{EEC} \dots\dots\dots (25)$$

$$\text{CFR} = \Delta \text{CF} / \text{EECc} \dots\dots\dots (26)$$

參數說明：

AFu：地上層總樓地板面積 (m²)

Acwj：j 不透光帷幕外牆面積 (m²)，面積以帷幕牆構件總面積扣除透光帷幕外窗面積來計算即可。

CFR：碳足跡減碳率，無單位

CFc：地上層施工階段碳足跡 (kgCO₂)，以設計案情境依式 12 計算而得，基準案與設計案

同。

CFc'：地下層施工階段碳足跡 (kgCO_2)，基準案與設計案同。

CFdw：地上層拆除廢棄物處理碳足跡 (kgCO_2)，以設計案情境依式 14 計算而得，逕令基準案與設計案同。

CFdw'：地下層拆除廢棄物處理碳足跡 (kgCO_2)，以設計案情境依式 17 計算而得

CFum：製造運輸階段碳足跡 (kgCO_2)，以設計案情境依式 9 計算而得

CFrm：更新階段碳足跡 (kgCO_2)，以設計案情境依式 10 計算而得

CFs：設計案地上層主結構碳排 (kgCO_2)，取自式 1-1

CFsc：基準案地上層主結構碳排 (kgCO_2)，取自式 1-2

CFs'：地下層主結構碳排 (kgCO_2)，取自式 2

EEC：設計案評估範疇蘊含碳排量 (kgCO_2)

EECc：基準案評估範疇蘊含碳排量 (kgCO_2)

ECI：設計案蘊含碳排密度 (kgCO_2/m^2)，亦即設計案在評估範疇的碳排密度

ECIs：基準案蘊含碳排密度 (kgCO_2/m^2)，亦即做為分級尺度間距計算用的碳排密度

LCCm：m 低碳工法減碳量 (kgCO_2)，為具有實質減碳效益且經 ABRI 指定評定機構認證通過的工法減碳量。減碳量以正值標示之，依附錄五之低碳工法認定原則認定，由申請方向 ABRI 指定評定機構申請認定之

LCRk：k 低碳循環建材減碳量 ($\text{kgCO}_2/\text{單位}$)，為具有實質減碳效益的再利用、再循環、再生建材或因製程改善而有實質減碳效益且經 ABRI 指定評定機構認證通過之建材減碳量。減碳量以正值標示，依附錄四之低碳循環建材認定原則認定，由申請方向 ABRI 指定評定機構申請認定之

Lk：k 低碳循環建材數量單位 (單位)，依 ABRI 指定評定機構認證的低碳循環建材定義處理

LL：建築延壽優惠係數，無單位，取自表 10，申請單位必須備足證明文件方可採用此係數來計算，無則以 0.0 計之。基準案以 0.0 計之。

Rk：舊建材再利用數量單位 (單位)，為採用舊建材、舊構件的數量單位。

RMk：k 舊建材再利用減碳量 ($\text{kgCO}_2/\text{單位}$)，為採用舊建材、舊構件的減碳量，由申請者依 ABRI 碳足跡資料庫標準換算認定為該建材、構件的減碳量。

TEC：設計案全生命週期蘊含碳排量 (kgCO_2)，包含不在減碳評估範疇的地下資材、地下施工、地下拆除廢棄等碳排量。

ΔCF ：碳足跡總減碳量 (kgCO_2)，即基準案與設計案之評估範疇蘊含碳排量差異。

請注意式 20 與式 21 的 CF_{um} 、 CF_{rm} 、 CF_c 、 CF_{dw} 是基準案與設計案分開計算出來的不同變數串，不可混唯一談。另外，式 21 中有三項減碳優惠項目，第一項之舊建材再利用減碳量為採用舊建材、舊構件的減碳量，由申請者自行依構件的圖面、尺寸由 ABRI 碳足跡資料庫標準換算出減碳量即可(請附圖面與計算書)。第二之低碳循環建材減碳量與第三項之低碳工法減碳量依附錄四與附錄五之認定原則認定之，申請者可向 ABRI 指定評定機構申請並取得認定減碳額度證明後，以申請案對該建材與工法的使用數量與減碳額度證明，即可納入式 21 之優惠計算中。另外，式 1-1 之主結構計算中採計 $LCCR$ 之低碳混凝土若同時取得低碳循環建材減碳量 LCR_k 時，於式 21 中僅能擇一計算，不得重複計入優惠(若採計低碳混凝土減碳率 $LCCR$ 時，低碳循環建材減碳量 LCR_k 不得再計入；若採計低碳循環建材減碳量 LCR_k 認定時，令 $LCCR = 1.0$)。

另外，式 21 最後有建築延壽優惠係數 LL (取自表 10)之計算。 LL 係數是考量主結構耐久性設計以及施工績優營造廠因高施工品質而有延長建築壽命功能所納入的優惠計算，是 $LEBR$ 特別針對延壽設計、施工管理、品質控制的無形減碳因子所納入的獎勵評估，唯申請單位必須備足證明文件方可採用此係數來計算，無則以 0.0 計之。

最後要注意 TEC 與 EEC 兩者的差異， TEC 是包含地上與地下層的總蘊含碳排量，但 EEC 則是其中評估範疇的地上層蘊含碳排量 EEC 。 TEC 只是做為建築碳足跡標示之參考，並未用於最後的分級評估計算上，對評分毫無影響，此乃因為地下層結構碳排，因為地質、基礎工法、停車場需求量等因素而有巨大差異，且會干擾建築減碳設計評估的敏感度，故被排除於評分指標外。

表 9 $LEBR$ 分級評估間距

等級	減碳率 CFR 間距
1+級	$20\% < CFR$
1 級	$16\% < CFR \leq 20\%$
2 級	$12\% < CFR \leq 16\%$
3 級	$8\% < CFR \leq 12\%$
4 級	$3\% < CFR \leq 8\%$
5 級	$-10\% < CFR \leq 3\%$
6 級	$-20\% < CFR \leq -10\%$
7 級	$CFR \leq -20\%$

表 10 施工績優營造廠建築延壽優惠係數 LL

大項	條件 LLi	建築延壽優惠係數 LL*1
耐久設計	1. RC 柱樑與 RC 樓板兩者均完全無埋設管線者	0.04（僅對 RC 構造優惠）*2
	2. RC 柱樑與 RC 樓板兩者之一完全無埋設管線者	0.02（僅對 RC 構造優惠）*2
高品質施工	3. 五年內獲行政院公共工程金質獎 (公共工程品質優良類)特優之營造廠者。	0.05
	4. 獲 ISO14000 認證之營造廠 (具效期內之第三方認證)，或五年內獲行政院公共工程金質獎 (公共工程品質優良類)優等之營造廠者。	0.04
*1： 1.2.兩項之一與 3.4.兩項之一可累加計算，但不得超過 0.08，3.4.兩項不能累加計算，且須檢附證明文件。 *2： 僅適用於 RC 構造建築物，其他構造類建築物設為 0.0		

第六章 LEBR分級評估與標示法

以上 LEBR 的建築碳足跡評估工作已完成，但最後 LEBR 建議申請案件應於評估報告書中提供 LEBR 分級評估與標示的格式如下：

1. 申請案件應揭露建築物之製造運輸、施工、更新修繕、拆除廢棄等生命週期四階段的碳足跡數據與碳足跡組成如表 12 所示。
2. 申請案件應揭露建築物之主結構體、外牆外裝、外窗、帷幕牆、內隔間、室內地坪、戶外地坪等建築構件碳足跡數據與碳足跡組成圖如表 12 所示。
3. LEBR 建議的最終建築碳足跡標示格式如所示，其上應標示全生命週期蘊含碳排量 TEC、評估範疇蘊含碳排量 EEC、設計案蘊含碳排密度 ECI、碳足跡減碳率 CFR 等資訊，並應標示八個碳足跡分級尺度刻度的碳排密度，這些尺標刻度的計算方法如表 11 所示，其中 ECIs 所乘係數即對應表 9 之減碳率。

表 11 LEBR 八等級刻度碳排密度計算法

等級刻度點	等級刻度碳排密度尺規計算法
1 ⁺	基準案蘊含碳排密度 (ECIs)×0.80
1	基準案蘊含碳排密度(ECIs)×0.84
2	基準案蘊含碳排密度(ECIs)×0.88
3	基準案蘊含碳排密度(ECIs)×0.92
4	基準案蘊含碳排密度(ECIs)×0.97
5	基準案蘊含碳排密度(ECIs)×1.10
6	基準案蘊含碳排密度(ECIs)×1.20
ECIs 為式 23 計算之蘊含碳排密度 (kgCO ₂ /m ²)	

表 12 碳足跡數據與碳足跡組成表

工程名稱					
所在位址					
申請單位名稱				負責人	
設計單位名稱				建築師	
施工單位名稱				建築/使用執照號碼	
建築用途					
地上樓地板面積 Afu			(m ²)	地上樓層數(層)	
地下樓地板面積 Afb			(m ²)	地下樓層數(層)	
結構計算				建築延壽優惠係數 LL	
全生命週期蘊含碳排 TEC			(kgCO ₂)	室內總樓地板面積 AF	(m ²)
評估範疇蘊含碳排 EEC			(kgCO ₂)	蘊含碳排尺規指標 ECIs	
設計案蘊含碳排指標 ECI				碳足跡減碳率 CFR	(kgCO ₂)
生命週期階段		碳足跡 (kgCO ₂)	百分比	更新修繕階段, 8% 拆除廢棄階段, 7% 施工階段, 4% 資材製造運輸階段, 81%	
地上層 總含 碳 排	資材製造運輸階段				
	施工階段				
	更新修繕階段				
	拆除廢棄階段				
	舊建材再利用減碳量				
	低碳循環建材減碳量				
	低碳工法減碳量				
合計					
分項工程		碳足跡 (kgCO ₂)	百分比	室內地坪 13% 戶外地坪 3% 主結構體 70% 外牆外裝 11% 不透光帷幕牆 0% 外窗 1% 內隔間 2%	
分 項 破 足 跡	主結構體工程				
	外牆外裝工程				
	外窗工程				
	不透光帷幕牆工程				
	內隔間工程				
	室內地坪工程				
	戶外地坪工程				
合計					
認證等級		☐ 1 ⁺ 級 ☒ 1級 ☐ 2級 ☐ 3級 ☐ 4級 ☐ 5級 ☐ 6級 ☐ 7級			

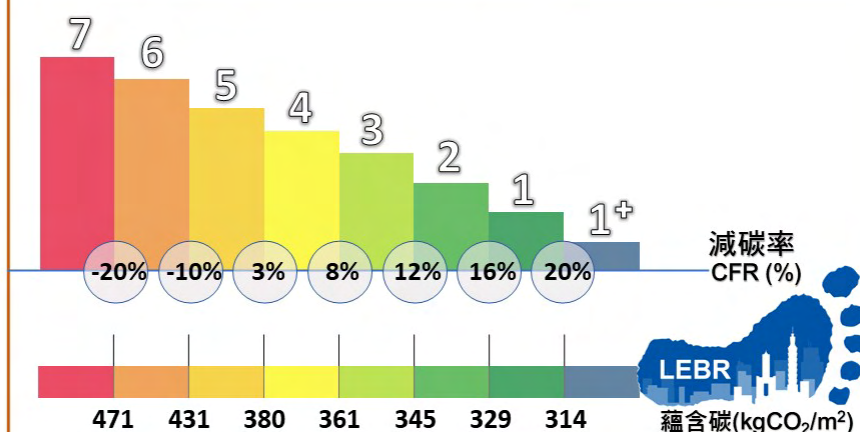
新建建築低碳標示

LEBR_n 2023

坐落地址	高雄市○區○段	
全生命週期蘊含碳排 TEC		[kgCO ₂]
設計案評估範疇蘊含碳排 EEC		[kgCO ₂]
減碳量 ΔCF		[kgCO ₂]
減碳率 CFR		[%]
蘊含碳排密度 ECI		[kgCO ₂ /m ²]

1

低碳等級



本案位於高雄市左營區，地下2層地上13層之鋼筋混凝土構造建築，本案採用低碳混凝土作為主結構設計，具備10%的減碳率；本案施工營造廠於過去五年曾獲燈公共工程施工品質優良獎，延壽優惠減碳率5%，總減碳率15.48%，取得2級低碳標示。

高雄市 Z 社會住宅

低碳建築標示字號：LEB_N20230001

圖 17 申請案件之低碳標示示意圖

第七章 建築減碳設計重點指引

為了加速推動 LEBR 成效並協助設計者有效執行建築減碳設計，本手冊整理一些建築減碳設計的重點指引如下：

1. 合理的結構系統設計是建築減碳設計最大的影響因子，其中尤其是均勻跨距結構系統是最有效的建築減碳設計策略，它最大約有 12.7~13.0%的減碳效益，這有賴設計者對合理結構與建築平面機能的整合協調才能達成。
2. 反之，不規則平面、長寬比太大是造成地震力集中而必須增加鋼筋水泥用量補強之原因，它最大會增加約 6.0~10.0%的總碳足跡，這是與均勻跨距結構設計因子相反的不利因子，提請注意。
3. 低碳混凝土設計是以膠結材料配比與攪拌技術所達成的減碳技術，是很多材料專家可發揮的有潛力減碳策略，目前最大約可達 10.0%的減碳率，是目前最常被申請的有效減碳策略。
4. 針對外牆外裝、外窗、帷幕牆、內隔間、室內地坪、室外地坪等六項非結構工法，選用較低碳構件的減碳設計最多約有 11.3~20.6%的總減碳潛力，設計者可自附錄二中選用較低碳的構件設計之，有時因商業或美學考量無法用盡最大減碳之利，但其中一半以上的減碳選項常是合乎設計需求且隨所可得之利。
5. 採用鋼構造結構因為輕量化因素可減少鋼筋水泥用量，在 LEBR 計算中立即有 10%的減碳率之優惠計算，但它依然必須再導入前述部分減碳設計才能獲得最高 1+等級的評估。
6. 眾所皆知，採用 SRC 構造會增加鋼筋水泥用量，在 LEBR 計算中會增加約 5.0%的總碳足跡，是一不利因素，這因素有賴投入前述諸多減碳設計來彌補才能獲得較高等級的評估，提請注意。
7. 木構造建築與輕鋼構建築先天就是很好的低碳建築，在 LEBR 計算中均自然取得最高 1+等級的評估。

8. 式 24 是 LEBR 對低碳循環建材與低碳工法特別預留的開放式減碳優惠計算途徑，其中尤其低碳工法是最有潛力、最富挑戰、最前瞻的創新科技，有賴申請單位自行開發低碳工法，並向 ABRI 申請減碳額度認證後，即可依式 24 得到減碳優惠計算。

第八章 LEBR評估實例（參見附錄三）

第九章 參考文獻

1. 杜怡萱、李雅琪、黃誠中，2016 年 3 月，〈RC 建築結構體建材用量與碳排放量之影響因子研究〉，《建築學報》，第 95 期，59-73 頁。
2. 林憲德，2018，建築產業碳足跡，詹氏書局
3. 林憲德、蔡耀賢、楊詩弘，2019，建築材料碳足跡資料系統建置之研究，內政部建築研究所委託研究計畫
4. 林憲德、杜怡萱、楊詩弘，2022，建材碳足跡指標導入綠建築評估系統之研究，內政部建築研究所委託研究計畫
5. 吳崇文，「RC 低層公共建築結構體建材用量與碳排放量影響因子研究」，碩士論文，國立成功大學建築系，台南，2018。
6. 吳蓓倫，「建築設計變因對結構體建材用量與碳排放量影響之探討」，碩士論文，國立成功大學建築系，台南，2016。
7. 張又升，2002，建築物生命週期二氧化碳減量評估，成功大學建築系博士論文
8. 楊詩弘、林憲德，2020，建築產業碳足跡服務平台之建置與發展研究，內政部建築研究所委託研究計畫
9. 葉世文、黃榮堯等，2006，建築廢棄物產量推估之研究（二），內政部建築研究所協同研究
10. 黃誠中，「RC 中層集合住宅結構體建材用量與碳排放量影響因子研究」，碩士論文，國立成功大學建築系，台南，2016。
11. 楊忠翰，「建築設計變因對中高層 RC 建築結構體建材用量與碳排放量之影響」，碩士論文，國立成功大學建築系，台南，2022。
12. 國家發展委員會等，2022，臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明
13. 日本建築學會，2013，《建物の LCA 指針》，日本建築學會

14. Chirjiv Kaur Anand, Ben Amor, (2017) , Recent developments, future challenges and new research directions in LCA of buildings : A critical review, Renewable and Sustainable Energy Reviews
15. Crawford R.H., Stephan A., Schmidt M., (2018) , Embodied Carbon in Buildings : An Australian Perspective, In : Pomponi F., De Wolf C., Moncaster A. (eds) Embodied Carbon in Buildings. Springer, Cham. [https : //doi.org/10.1007/978-3-319-72796-7_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-72796-7_11)
16. EN15978 : 2011, (2011) , Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method
17. IEA (2021) , Net Zero by 2050 : A Roadmap for the Global Energy Sector
18. Institution of Structural Engineers, (2022) How to calculate embodied carbon, Second Edition, UK
19. ISO 21931-1 : 2022, Buildings Sustainability in buildings and civil engineering works — Framework for methods of assessment of the environmental, social and economic performance of construction works as a basis for sustainability assessment — Part 1 : Buildings
20. ISO 21931-2 : 2019 Buildings Sustainability in buildings and civil engineering works — Framework for methods of assessment of the environmental, social and economic performance of construction works as a basis for sustainability assessment — Part 2 : civil engineering works
21. Pasanen P. & Castro R., (2018) November 30, One Click LCA –LCA Made Easy, Carbon Network, 2018 Webinar Series
22. Pomponi F., De Wolf C., Moncaster A. (eds) Embodied Carbon in Buildings. Springer,
23. Post N.M. 2019 Climate Activists Maneuver To Reduce Embodied Carbon in Buildings, Architecture News, Architecture Record
24. RICS (2012) , Methodology to calculate embodied carbon of materials, information paper , UK
25. UK Green Building Council, 2017, Embodied Carbon : Developing a Client Brief

26. UNEP (UN Environment Programme (2021) , 2021 Global Status Report for Buildings and Construction--Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector
27. Wolf C. De, Simonen K. and Ochsendorf J., (2018) , Initiative to Report and Reduce Embodied Carbon in North American Buildings , In : Pomponi F., De Wolf C., Moncaster A. (eds) Embodied Carbon in Buildings. Springer, Cham.

附錄一 ABRI 初級資材碳足跡資料庫 (P- LCC3-1, 2022)

分類	材料/工項名稱	單位 I	碳排 (kgCO ₂)				
			原料開採	原料運輸	產品生產	成品運輸	總碳排量
金屬	鋼胚 (高爐)	kg	2.26			0.011	2.27
	鋼胚 (電弧爐)	kg	0.147	0.081	0.4	0.011	0.64
	鋼筋及鐵件	kg	0.964		0.168	0.017	1.15
	型鋼	kg	0.964		0.185	0.013	1.16
	不鏽鋼捲、不鏽鋼	kg	1.13	0.183	0.88	0.009	2.2
	不鏽鋼管	kg	1.13	0.183	0.915	0.026	2.25
	鍍鋅鋼管	kg	0.964		0.285	0.026	1.28
	冷軋鋼管	kg	0.964		0.435	0.026	1.43
	進口鋁錠 (全新)	kg	12.2	0.33		0.010	12.54
	進口鋁錠 (80%回收)	kg	3.75	0.187		0.010	3.95
	門窗鋁料	kg	3.75	0.187	0.366	0.0055	4.31
	門窗鋁框	kg	3.3			0.0055	3.3
	門窗鋁框	m ²	14.4			0.0055	14.4
	基地內土方	m ³	7.95				7.95
砂石	基地外運出入土方	m ³	85.29				85.29
	砂礫	m ³	3.05	11.24			14.29
	採石 (原石)	m ³	3.83	22.24			26.07
	石材加工品 (6分板)	m ²	0.082	0.47	1.74	1.02	3.31
	石質地磚	kg	4.5				4.5
	2.5cm 磨石子地磚	m ²	20.83				20.83
	岩棉板 (1.5cm)	m ²	0.015	0.19	0.828	0.364	1.4
	岩棉板	kg	0.47				0.47
	3mm 可樂瓦	m ²	1.45			0.00019	1.45
	磁磚 (1cm)	m ²	7.7		7.16	0.228	15.09
	衛生陶瓷器	kg	0.05	0.006	0.8	0.012	0.87
	紅磚 (20*9.5*5cm)	塊	0.01	0	0.41	0.032	0.45
	空心磚 (L39W19H19cm)	塊	0.195				0.2
	馬賽克 2*2*0.4cm	m ²	6.036				6.04
	馬賽克 2*2*0.8cm	m ²	12.072				12.07
	水晶玻璃馬賽克 2*2*0.8cm	m ²	24.9				24.9
	矽藻土	kg	1.02			0.0042	1.02
	文化瓦	m ²	0.114	0	6.46	0.51	7.08

ABRI 初級資材碳足跡資料庫 (P- LCC3-2, 2022)

分類	材料/工項名稱	單位 I	碳排 (kgCO ₂)				
			原料開採	原料運輸	產品生產	成品運輸	總碳排量
水泥	卜特蘭水泥(乾式)	kg	0.94			0.0044	0.94
	白水泥	t	2.47	4.17	941.81	19.95	968.4
	高爐水泥 (爐石水泥替代率 30%)	t	1.73	17.92	617.56	19.95	657.16
	高爐水泥 (爐石水泥替代率 45%)	t	1.36	14.2	498.84	19.95	534.35
	1:1 水泥砂漿粉刷 2cm 厚	m ²	0.1	0.27	19.02	0.1	19.49
	1:2 水泥砂漿粉刷 2cm 厚	m ²	0.095	0.29	12.37	0.1	12.86
	1:3 水泥砂漿粉刷 2cm 厚	m ²	0.089	0.29	8.57	0.1	9.05
	預拌混凝土 (2000psi)	m ³	5.13	19.24	214.84	4.57	243.78
	預拌混凝土 (2500psi)	m ³	285.77				285.77
	預拌混凝土 (3000psi)	m ³	4.89	17.95	300.34	4.57	327.75
	預拌混凝土 (4000psi)	m ³	4.8	17.42	343.09	4.57	369.88
	預拌混凝土 (5000psi)	m ³	4.74	16.93	407.21	4.57	433.45
	預拌混凝土 (6000psi)	m ³	4.71	16.53	471.34	4.57	497.15
	預拌高爐混凝土 (2000psi)	m ³	181.74				181.74
	預拌高爐混凝土 (2500psi)	m ³	194.06				194.06
	預拌高爐混凝土 (3000psi)	m ³	4.5	21.62	175.68	4.57	206.37
	預拌高爐混凝土 (4000psi)	m ³	4.35	21.46	200.62	4.57	231
	預拌高爐混凝土 (5000psi)	m ³	4.3	22.08	238.03	4.57	268.98
	預拌高爐混凝土 (6000psi)	m ³	4.1	22.11	275.45	4.57	306.23
	輕質水泥	m ³	221.71				221.71
	輕質水泥	kg	0.21				0.21
	水泥板 (9mm)	m ²	0.04	0.032	2.7	0.426	3.2
	高壓混凝土地磚 (6cm) / 連鎖磚	m ²	37.43		5.65	0.08	43.16
	石膏	kg	0.035			0.0038	0.35
	石膏磚 (66.5 * 80 * 6cm)	塊	0.06	0.16	1.84	0.62	2.68
	石膏板 (9mm)	m ²	0.01	0.036	1.75	0.136	1.93
	石膏板 (12mm)	m ²	0.02	0.046	2.33	0.18	2.58
	石膏板 (15mm)	m ²	0.02	0.056	2.79	0.216	3.08
	矽酸鈣板 (6mm)	m ²	0.01	0.032	1.28	0.036	1.36
	矽酸鈣板 (9mm)	m ²	0.01	0.046	1.81	0.052	1.92
	矽酸鈣板 (12mm)	m ²	0.02	0.06	2.39	0.068	2.54
	益膠泥 2.4kg/m ²	m ²					6.11

分類	材料/工項名稱	單位 I	碳排 (kgCO ₂)				
			原料開採	原料運輸	產品生產	成品運輸	總碳排放量
玻璃	普通玻璃	kg	0.112	0.0048	0.7	0.0053	0.82
	1mm 普通玻璃	m ²	2.05				2.05
	平板玻璃	kg	1.12			0.0053	1.13
	強化玻璃	kg	1.75			0.0053	1.76
	1mm 強化玻璃	m ²	4.4				4.4
玻璃	反射玻璃	kg	0.222	0.0048	0.89	0.0053	1.12
	1mm 反射玻璃	m ²	2.8				2.8
	5+5mm 雙層玻璃	m ²	20.5				20.5
	6+6mm 雙層玻璃	m ²	24.6				24.6
	8+8mm 雙層玻璃	m ²	32.8				32.8
	Low-E 玻璃	kg	0.222	0.0048	1.08	0.0053	1.31
	玻璃纖維	kg	0.112	0.0048	2.41	0.0053	2.53
	玻璃磚 19×19×8cm	片	3.28				3.28

ABRI 初級資材碳足跡資料庫 (P- LCC3-3, 2022)

分類	材料/工項名稱	單位 I	碳排 (kgCO ₂ e)				
			原料開採	原料運輸	產品生產	成品運輸	總碳排放量
化學 塑膠	塑鋼原料 (POM)	kg	1.72			0.0055	1.73
	聚酯纖維 (PET)	kg	2.35			0.0065	2.35
	玻璃纖維強化塑膠 (FRP)	kg	8.87			0.0063	8.87
	環氧樹脂 (Epoxy)	kg	3.02				3.02
	1mm 環氧樹脂 (Epoxy)	m ²	3.7				3.7
	高密度聚乙烯 (HDPE)	kg	2.25			0.0098	2.26
	低密度聚乙烯 (LDPE)	kg	1.9			0.0098	1.91
	PC 耐力板	kg	3.27	0	2.29	0.014	5.57
	4mmPC 中空板	m ²					5.57
	6mmPC 中空板	m ²					7.24
	8mmPC 中空板	m ²					8.36
	10mmPC 中空板	m ²					9.47
	水泥漆 (kg)	kg	3.13	0.25	1.33	0.01	4.72
	水泥漆	m ²	1.39				1.39
	水性水泥漆	kg	1.33			0.009	1.34
	油漆	kg	5.55	0.01	1.27	0.36	7.19
	瀝青混凝土 AC	t	35.9	2.67	30.04	4.76	73.37
	油毛氈	m ²					2.42
	再生 PE 廢塑膠片	kg	0.2			0.0081	0.21
	再生 PP 廢塑膠片	kg	0.32			0.0081	0.33
	再生 PVC 廢塑膠片	kg	0.22			0.0081	0.23
	再生 PET 廢塑膠片	kg	0.35			0.0081	0.36
	PE 防水布	kg	0.252	0	0.042	0.015	0.31
	1mmPE 防水布	m ²					0.03
	1cm EPS 板/低密度保麗龍板	m ²					0.35
	1cm PS 板/保麗龍板	m ²					0.99
	保麗龍隔熱磚 30*30*3cm	m ²	9.91				9.91
	0.2cm 厚塑膠地磚/PVC 地磚 (650kg/m ³)	m ²					2.89

附錄二 建築構件碳足跡資料庫B-LCC

附表 2- 1 傳統 RC 外牆外裝新建碳排 Fowj、更新碳排 Fowj*、減碳量 ΔFowj 標準 (kgCO₂/m²)

構造名稱	新建碳排 基層 a	新建碳排 表層 b	新建碳排 Fowj (a+b)	更新 次數 c	更新碳排 Fowj* (b*c)	新建更新合計 減碳量 ΔFowj
1.RC 外牆貼磁磚 (基準)	底層砂漿 (9.05)	益膠泥+貼磁磚 (21.2)	30.25	1.0	21.2	0
2.RC 外牆乾式鋼件掛石材	無底層	防水塗料+鋼件掛石材 (12.78)	12.78	1.0	12.78	-25.89
3.RC 外牆塗料外裝	底層砂漿 (9.05)	防水塗料 (5.71)	14.76	3.0	17.13	-19.56
4.金屬模板搗灌 RC 外牆 (免砂漿粉刷) 貼磁磚	無底層	益膠泥+貼磁磚 (21.2)	21.2	1.0	21.2	-9.05
5.金屬模板搗灌 RC 外牆 (免砂漿粉刷) 塗料外裝	無底層	防水塗料 (5.71)	5.71	3.0	17.13	-28.61
6.預鑄乾式 RC 外牆 (免砂漿粉刷) 塗料外裝	無底層	防水塗料 (5.71)	5.71	3.0	17.13	-28.61
減碳量計算法 ΔFowj=該構件之 (Fowj+ Fowj*) -基準構件之 (Fowj+ Fowj*)						

附表 2- 2 傳統外窗新建碳排標準 Fwj、更新碳排 Fwj*、減碳量 ΔFwj 標準 (kgCO₂/m²)

玻璃種類 (註 1)	玻璃 碳排 a.	b.窗框構造 (碳排, 註 2)	新建碳 排 Fwj , a+b	更新 次數 c	更新碳 排 Fwj*c* (a+b)	新建更 新合計 減碳量 ΔFwj (註 3)
1.6mm 普通或吸熱玻璃	12.3	嵌入式鋁框 (24.95)	37.25	0	0	0
		嵌入式塑鋼框 (11.67)	23.97	0	0	-13.28
		嵌入式硬木木窗框 (5.22)	17.52	2.0	35.04	+15.31
2. 8 mm 普通或吸熱玻璃	16.4	嵌入式鋁框 (24.95)	41.35	0	0	0
		嵌入式塑鋼框 (11.67)	28.07	0	0	-13.28
		嵌入式硬木木窗框 (5.22)	21.62	2.0	43.24	+23.51
3. 10 mm 普通或吸熱玻璃	20.5	嵌入式鋁框 (24.95)	45.45	0	0	0
		嵌入式塑鋼框 (11.67)	32.17	0	0	-13.28
		嵌入式硬木木窗框 (5.22)	25.72	2.0	51.44	+31.71
4. 12 mm 普通或吸熱玻璃	24.6	嵌入式鋁框 (24.95)	49.55	0	0	0
		嵌入式塑鋼框 (11.67)	36.27	0	0	-13.28
		嵌入式硬木木窗框 (5.22)	29.82	2.0	59.64	+40.96
5. 8 mm 反射玻	22.4	嵌入式鋁框 (24.95)	47.35	0	0	0

璃		嵌入式塑鋼框（11.67）	34.07	0	0	-13.28
		嵌入式硬木木窗框（5.22）	27.62	2.0	55.24	+35.51
6. 10 mm 反射玻璃	28.0	嵌入式鋁框（24.95）	52.95	0	0	0
		嵌入式塑鋼框（11.67）	39.67	0	0	-13.28
		嵌入式硬木木窗框（5.22）	33.22	2.0	66.44	+46.71
7. 12 mm 反射玻璃	33.6	嵌入式鋁框（24.95）	58.55	0	0	0
		嵌入式塑鋼框（11.67）	45.27	0	0	-13.28
		嵌入式硬木木窗框（5.22）	38.82	2.0	77.64	+57.91
8. 6 mm 強化玻璃	16.8	嵌入式鋁框（24.95）	41.75	0	0	0
		嵌入式塑鋼框（11.67）	28.47	0	0	-13.28
		嵌入式硬木木窗框（5.22）	22.02	2.0	44.04	+24.31
9. 8 mm 強化玻璃	22.4	嵌入式鋁框（24.95）	47.35	0	0	0
		嵌入式塑鋼框（11.67）	34.07	0	0	-13.28
		嵌入式硬木木窗框（5.22）	27.62	2.0	55.24	+35.51
10. 10 mm 強化玻璃	28.0	嵌入式鋁框（24.95）	52.95	0	0	0
		嵌入式塑鋼框（11.67）	39.67	0	0	-13.28
		嵌入式硬木木窗框（5.22）	33.22	2.0	66.44	+46.71
11. 5+5 mm 雙強化膠合玻璃	24.0	嵌入式鋁框（24.95）	48.95	0	0	0
		嵌入式塑鋼框（11.67）	35.67	0	0	-13.28
12. 6+6mm 雙強化膠合玻璃	28.8	嵌入式鋁框（24.95）	53.75	0	0	0
		嵌入式塑鋼框（11.67）	40.47	0	0	-13.28
13. 8+8mm 雙強化膠合玻璃	38.4	嵌入式鋁框（24.95）	63.35	0	0	0
		嵌入式塑鋼框（11.67）	50.07	0	0	-13.28
14. 6 + 6mm Low-E 玻璃	39.3	嵌入式鋁框（24.95）	64.25	0	0	0
		嵌入式塑鋼框（11.67）	50.97	0	0	-13.28
15. 8 + 8mm Low-E 玻璃	52.4	嵌入式鋁框（24.95）	77.35	0	0	0
		嵌入式塑鋼框（11.67）	64.07	0	0	-13.28
註 1：不在表列玻璃厚度以厚度比例推算之						
註 2：新建更新合計減碳量 ΔFwj 以鋁框設計為基準，減碳量計算法ΔFwj=該構件之（Fwj+ Fwj*）-基準構件之（Fwj+ Fwj*）						

附表 2-3 帷幕外窗新建碳排標準 F_{wj} 、更新碳排 F_{wj}^* 、減碳量 ΔF_{wj} 標準（ kgCO_2/m^2 ）

玻璃種類 （註 1）	玻璃 碳排 a	b.窗框構造（碳排，註 2）	新建碳 排 F_{wj} ， a+b	更新 次數 c	更新碳 排 $F_{wj}^* \cdot c^*$ (a+b)	新建更 新合計 減碳量 ΔF_{wj} （註 3）
1.6mm 普通或吸熱玻璃	12.3	帷幕牆式鋁框（30.46）	42.76	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框（23.92）	36.22	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓把釘式不銹鋼框（46.63）	58.93	0	0	+16.17
2.8 mm 普通或吸熱玻璃	16.4	帷幕牆式鋁框（30.46）	46.86	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框（23.92）	40.32	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓把釘式不銹鋼框（46.63）	63.03	0	0	+16.17

3. 10 mm 普通或吸熱玻璃	20.5	帷幕牆式鋁框 (30.46)	50.96	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	44.42	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	67.13	0	0	+16.17
4. 12 mm 普通或吸熱玻璃	24.6	帷幕牆式鋁框 (30.46)	55.06	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	48.52	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	71.23	0	0	+16.17
5. 8 mm 反射玻璃	22.4	帷幕牆式鋁框 (30.46)	52.86	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	46.32	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	69.03	0	0	+16.17
6. 10 mm 反射玻璃	28.0	帷幕牆式鋁框 (30.46)	58.46	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	51.92	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	74.63	0	0	+16.17
7. 12 mm 反射玻璃	33.6	帷幕牆式鋁框 (30.46)	64.06	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	57.52	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	80.23	0	0	+16.17
8. 6 mm 強化玻璃	16.8	帷幕牆式鋁框 (30.46)	47.26	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	40.26	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	63.43	0	0	+16.17
9. 8 mm 強化玻璃	22.4	帷幕牆式鋁框 (30.46)	52.86	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	46.32	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	69.03	0	0	+16.17
10. 10 mm 強化玻璃	28.0	帷幕牆式鋁框 (30.46)	58.46	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	51.92	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	74.63	0	0	+16.17
11. 5+5 mm 雙強化膠合玻璃	24.0	帷幕牆式鋁框 (30.46)	54.46	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	47.92	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	70.63	0	0	+16.17
12. 6+6mm 雙強化膠合玻璃	28.8	帷幕牆式鋁框 (30.46)	59.26	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	52.72	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	75.43	0	0	+16.17
13. 8+8mm 雙強化膠合玻璃	38.4	帷幕牆式鋁框 (30.46)	68.86	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	62.32	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	85.03	0	0	+16.17
14. 6+6mm Low-E 玻璃	39.3	帷幕牆式鋁框 (30.46)	69.76	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框 (23.92)	63.22	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹	85.93	0	0	+16.17

		鋼框（46.63）				
15. 8+8mm Low-E 玻璃	52.4	帷幕牆式鋁框（30.46）	82.86	0	0	0
		帷幕牆式塑鋼框（23.92）	76.32	0	0	-6.54
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框（46.63）	99.03	0	0	+16.17
註 1：不在表列玻璃厚度以厚度比例推算之						
註 2：帷幕牆外窗框已含加強鐵件之碳排						
註 3：新建更新合計減碳量 ΔFwj 以鋁框設計為基準，減碳量計算法 ΔFwj=該構件之（Fwj+ Fwj*）-基準構件之（Fwj+ Fwj*）						

附表 2-4 不透光帷幕外牆新建碳排 F_{cwj} 、更新碳排 F_{cwj}^* (kgCO_2/m^2)、減碳量 ΔF_{cwj} 標準 (kgCO_2/m^2)

構造名稱	a. 新建碳排 F_{cwj}	b. 更新次數	更新碳排 F_{cwj}^* $a \cdot b$	新建更新合計 減碳量 ΔF_{cwj}
0.傳統 15cm RC 外牆	73.67 (基準)	0	0	0
1.金屬板面內襯隔熱材帷幕牆	58.32	0	0	-15.35
2.玻璃面內襯隔熱材帷幕牆	56.16	0	0	-17.51
3.石材版內襯隔熱材帷幕牆	40.09	0	0	-33.58
4.珐琅鋼板內襯隔熱材帷幕牆	102.71	0	0	+29.04
5.內襯隔熱材預鑄 PC 帷幕牆	80.0	0	0	+6.33
註：帷幕外牆均以傳統 15cm RC 外牆對比，所有帷幕外牆均有減碳效益，外牆減碳量計算法 $\Delta F_{cwj} = \text{該構件之}(F_{cwj} + F_{cwj}^*) - \text{基準構件之}(F_{cwj} + F_{cwj}^*)$				

附表2-5 內隔間（註）新建碳排 Fiw_j 、更新碳排 Fiw_j^* 、減碳量 ΔFiw_j 標準 ($kgCO_2/m^2$)

建築分類	構造名稱	a.新建碳排 Fiw_j	b.更新次數	a*b 更新碳排 Fiw_j^*	新建更新合計減碳量 ΔFiw_j
高耗損建築 （商店商場、旅館、餐廳、運動、醫療、娛樂、交通旅運設施）	1.磚牆雙面粉刷（基準值）	56.28	2.0	112.56	0
	2.輕質灌漿牆	31.42	2.0	62.84	-74.58
	3.輕隔間牆	22.34	2.0	44.68	-101.82
	4.RC 隔間牆	70.31	2.0	140.62	+44.09
	5.清水空心磚牆	9.16	2.0	18.32	-141.36
	6.水泥雙面粉刷空心磚牆	27.26	2.0	54.52	-87.06
中耗損建築 （出租辦公建築、工廠、公共廳舍、教育文化設施）	1.磚牆雙面粉刷（基準值）	56.28	1.0	56.28	0
	2.輕質灌漿牆	31.42	1.0	31.42	-49.72
	3.輕隔間牆	22.34	1.0	22.34	-67.88
	4.RC 隔間牆	70.31	1.0	70.31	+28.06
	5.清水空心磚牆	9.16	1.0	9.16	-94.24
	6.水泥雙面粉刷空心磚牆	27.26	1.0	27.26	-58.04
低耗損建築 （自用辦公建築、倉庫、住宅、住宿類建築）	1.磚牆雙面粉刷（基準值）	56.28	0	0	0
	2.輕質灌漿牆	31.42	0	0	-24.86
	3.輕隔間牆	22.34	0	0	-33.94
	4.RC 隔間牆	70.31	0	0	+14.03
	5.清水空心磚牆	9.16	0	0	-47.12
	6.水泥雙面粉刷空心磚牆	27.26	0	0	-29.02
註：內隔間只評估泥作隔間，木作或組裝式隔屏視同室內裝修工程或家具，不予評估 減碳量計算法 $\Delta Fiw_j = \text{該構件之}(Fiw_j + Fiw_j^*) - \text{基準構件之}(Fiw_j + Fiw_j^*)$					

附表 2-6 室內地坪新建碳排 Ffj、更新碳排 Ffj*、減碳量 ΔFfj 標準 (kgCO₂/m²)

建築分類	構造名稱 (註 1、註 2)	基層碳排 a.	表層 碳排 b.	新建碳 排 Ffj (a+b)	更新 次數 c.	更新碳排 Ffj* (a*基層 c +b*表層 c)	新建更 新合計 減碳量 ΔFfj
高耗損建築 (商店商 場、旅館、 餐廳、運 動、醫療、 娛樂、交通 旅運設施)	1.貼磁磚地坪 (基準 值)	13.58	21.2	34.78	基層 1 表層 3	77.18	0
	2.整體粉光地坪	0.97	無表層	0.97	基層 1 表層 3	0.97	-110.02
	3.水泥砂漿地坪	13.58	無表層	13.58	基層 1 表層 3	13.58	-84.8
	4.貼石材地坪	18.1	3.67	21.77	基層 1 表層 3	29.11	-61.08
	5.磨/洗/抿/植石子地坪	25.03	無表層	25.03	基層 1 表層 3	25.03	-61.90
	6. PU/Epoxy/壓 花/硬 化膜/壓克力樹脂/紙模 版	13.58	7.52	21.10	基層 1 表層 3	36.14	-54.74
	7. 水泥砂漿地坪+高架 實木板、美耐板鋪作 地坪	13.58	17.50	31.08	基層 1 表層 5	101.08	+20.2
	8. 水泥砂漿地坪+高架 超耐磨地板鋪作地坪	13.58	22.86	36.44	基層 1 表層 5	127.88	+52.36
	9. 水泥砂漿地坪+角材 墊高平鋪實木板、美 耐板地坪	13.58	14.73	28.31	基層 1 表層 5	87.23	+3.58
	10. 水泥砂漿地坪+角 材墊高平鋪超耐磨地 板地坪	13.58	20.22	33.8	基層 1 表層 5	114.68	+36.52
	11. 水泥砂漿地坪+直 鋪式 (墊 PS 版) 超耐 磨地板	13.58	16.23	29.81	基層 1 表層 5	94.73	+12.58
	12. 水泥砂漿地坪+貼 塑膠地板/方塊地毯	13.58	5.26	18.84	基層 1 表層 5	39.88	-53.24
中耗損建築 (出租辦公 建 築、工 廠、公共廳 舍、教育文 化設施)	1.貼磁磚地坪 (基準 值)	13.58	21.2	34.78	基層 0 表層 2	42.4	0
	2.整體粉光地坪	0.97	無表層	0.97	基層 0 表層 2	0	-76.21
	3.水泥砂漿地坪	13.58	無表層	13.58	基層 0 表層 2	0	-63.60
	4.貼石材地坪	18.1	3.67	21.77	基層 0 表層 2	7.34	-48.07
	5.磨/洗/抿/植石子地坪	25.03	無表層	25.03	基層 0 表層 2	0	-52.15

	6. PU/Epoxy/壓花/硬化膜/壓克力樹脂/紙模版	13.58	7.52	21.08	基層 0 表層 2	15.04	-41.04
	7. 水泥砂漿地坪+高架實木板、美耐板鋪作地坪	13.58	17.50	31.08	基層 0 表層 3	52.5	+6.40
	8. 水泥砂漿地坪+高架超耐磨地板鋪作地坪	13.58	22.86	36.44	基層 0 表層 3	68.58	+27.84
	9. 水泥砂漿地坪+角材墊高平鋪實木板、美耐板地坪	13.58	14.73	28.31	基層 0 表層 3	44.19	-4.68
	10. 水泥砂漿地坪+角材墊高平鋪超耐磨地板地坪	13.58	20.22	33.8	基層 0 表層 3	60.66	+17.28
	11. 水泥砂漿地坪+直鋪式（墊 PS 版）超耐磨地板	13.58	16.23	29.81	基層 0 表層 3	48.69	+1.32
	12. 水泥砂漿地坪+貼塑膠地板/方塊地毯	13.58	5.26	18.84	基層 0 表層 3	15.78	-42.56
低耗損建築 （自用辦公 建築、倉 庫、住宅、 住宿類建 築）	1.貼磁磚地坪（基準值）	13.58	21.2	34.78	基層 0 表層 0.5	10.6	0
	2.整體粉光地坪	0.97	無表層	0.97	基層 0 表層 0.5	0	-44.41
	3.水泥砂漿地坪	13.58	無表層	13.58	基層 0 表層 0.5	0	-31.80
	4.貼石材地坪	18.1	3.67	21.77	基層 0 表層 0.5	1.84	-21.78
	5.磨/洗/抵/植石子地坪	25.03	無表層	25.03	基層 0 表層 0.5	0	-20.35
	6. PU/Epoxy/壓花/硬化膜/壓克力樹脂/紙模版	13.58	7.52	21.08	基層 0 表層 0.5	3.76	-20.52
	7. 水泥砂漿地坪+高架實木板、美耐板鋪作地坪	13.58	17.50	31.08	基層 0 表層 1	17.50	+3.2
	8. 水泥砂漿地坪+高架超耐磨地板鋪作地坪	13.58	22.86	36.44	基層 0 表層 1	22.86	+13.92
	9. 水泥砂漿地坪+角材墊高平鋪實木板、美耐板地坪	13.58	14.73	28.31	基層 0 表層 1	14.73	-2.34
	10. 水泥砂漿地坪+角材墊高平鋪超耐磨地板地坪	13.58	20.22	33.80	基層 0 表層 1	20.22	+8.64
	11. 水泥砂漿地坪+直鋪式（墊 PS 版）超耐磨地板	13.58	16.23	29.81	基層 0 表層 1	16.23	+0.66
	12. 水泥砂漿地坪+貼塑膠地板/方塊地毯	13.58	5.26	18.84	基層 0 表層 1	5.26	-21.28

建築技術規則 建築設計 施工編第 46 條第六款住 宅分戶樓板 衝擊音隔音 構造專用， 即 依 2021ABRI 建築防音法 規解說指引 之新建連棟 住宅或集合 住宅之分戶 樓板	1.緩衝材水泥砂漿+貼地磚	2.43+13.58	21.2	37.21	基層 0 表層 0.5	10.6	0
	2.緩衝材鋼絲網補強 混凝土地板+貼地磚	22.19	21.2	43.39	基層 0 表層 0.5	10.6	6.18
	3.緩衝材鋼絲網補強 混凝土地板+水泥砂漿 貼塑膠地磚	22.19	5.26	27.45	基層 0 表層 1	5.26	-15.1
	4.緩衝材鋼絲網補強 混凝土地板+直鋪式超 耐磨地板	22.19	16.23	38.42	基層 0 表層 1	16.23	6.84
	5.緩衝材+平鋪超耐磨 地板	無基層	2.43+14.36	16.79	表層 1	16.79	-14.23
	6.緩衝材角材架高+直 鋪式厚版超耐磨地板	無基層	18.47+24.0	42.47	表層 1	42.47	37.13
註 1：整體粉光為混凝土澆置、拍漿後，等施工面開始縮水初凝時，撒上一層水泥粉粒再以整體粉光機具壓實粉光 註 2：7~12 構件之新建碳排之 13.58 為打底之水泥砂漿地坪碳排，7~8 構件之高架地坪包含木工施工機具、防水布、基層四分合板、角材之碳排 1.15、1.11、2.23、5.22 (kgCO ₂ /m ²)，9~10 構件之角材墊高平鋪地坪包含木工施工機具、防水布、基層四分合板、角材之碳排 0.45、1.11、2.23、3.29 (kgCO ₂ /m ²)。 註 3：減碳量計算法 $\Delta Ff_j = \text{該構件之}(Ff_j + Ff_j^*) - \text{基準構件之}(Ff_j + Ff_j^*)$							

附表 2- 7 戶外地坪（註 1）新建碳排 F_{pj} 、更新碳排 F_{pj}^* 、減碳量 ΔF_{pj} 標準（ kgCO_2/m^2 ）

建築分類	基層結構 a. （碳排） 註 2	表層名稱	表層 碳排 b.	新建 碳排 F_{pj} ， (a+b)	表層 更新 次數 c	更新碳排 F_{pj}^* (b*c)	新建更 新合計 減碳量 ΔF_{pj}
高耗損建築 （商店商場、旅館、 餐廳、運動、醫療、 娛樂、交通 旅運設施）	RC 基礎 （66.71）	貼磁磚（基準值）	48.28	114.99	3	144.84	0
		貼水泥磚/連鎖磚	84.55	151.26	3	253.65	+145.08
		水泥粉刷	18.1	84.81	3	54.3	-120.72
		瀝青混凝土	8.53	75.24	3	25.59	-159.0
		抿/洗/斬石子	36.2	102.91	3	108.6	-48.32
		貼石材	38.19	104.9	3	114.58	-40.36
		PU/壓克力樹脂/紙 模版/樹脂壓花地坪	37.18	103.89	3	111.54	-44.4
		Epoxy 地坪	36.28	102.99	3	108.84	-48.0
	碎石基礎 （9.32）	乾砌水泥磚/連鎖磚	58.54	67.86	5	292.7	0
		清碎石路面	0	9.32	5	0	-351.24
		瀝青混凝土	8.53	17.85	5	42.65	-300.06
		乾砌石塊	22.65	31.97	5	113.25	-215.34
		乾砌石板	12.18	21.5	5	60.9	-278.16
		乾砌植草磚	41.32	50.64	5	206.6	-103.32
		JW 工法透水 RC 鋪 面（註 2）	56.41	65.73	2	112.82	-182.01
中耗損建築 （出租辦公 建築、工 廠、公共廳 舍、教育文 化設施）	RC 基礎 （66.71）	貼磁磚（基準值）	48.28	114.99	2	96.56	0
		貼水泥磚/連鎖磚	84.55	151.26	2	169.1	+108.81
		水泥粉刷	18.1	84.81	2	36.2	-90.54
		瀝青混凝土	8.53	75.24	2	17.06	-119.25
		抿/洗/斬石子	36.2	102.91	2	72.4	-36.24
		貼石材	38.19	104.9	2	76.38	-30.27
		PU/壓克力樹脂/紙 模版/樹脂壓花地坪	37.18	103.89	2	74.36	-33.3
		Epoxy 地坪	36.28	102.99	2	72.56	-36.0
	碎石基礎 （9.32）	乾砌水泥磚/連鎖磚	58.54	67.86	3	175.62	0
		清碎石路面	0	9.32	3	0	-234.16
		瀝青混凝土	8.53	17.85	3	25.59	-200.04
		乾砌石塊	22.65	31.97	3	67.95	-143.56
		乾砌石板	12.18	21.5	3	36.54	-185.44
		乾砌植草磚	41.32	50.64	3	123.96	-68.88
		JW 工法透水 RC 鋪 面（註 2）	56.41	65.73	1	56.41	-121.34
低耗損建築 （自用辦公	RC 基礎 （66.71）	貼磁磚（基準值）	48.28	114.99	1	48.28	0
		貼水泥磚/連鎖磚	84.55	151.26	1	84.55	+72.54

建築分類	基層結構 a. (碳排) 註 2	表層名稱	表層 碳排 b.	新建 碳排 Fpj， (a+b)	表層 更新次 數 c	更新碳排 Fpj* (b*c)	新建更 新合計 減碳量 ΔFpj
建築、倉庫、住宅、住宿類建築)		水泥粉刷	18.1	84.81	1	18.1	-60.36
		瀝青混凝土	8.53	75.24	1	8.53	-78.5
		抵/洗/斬石子	36.2	102.91	1	36.2	-24.16
		貼石材	38.19	104.9	1	38.19	-20.18
		PU/壓克力樹脂/紙模版/樹脂壓花地坪	37.18	103.89	1	37.18	-22.2
		Epoxy 地坪	36.28	102.99	1	36.28	-24.0
	碎石基礎 (9.32)	乾砌水泥磚/連鎖磚	58.54	67.86	2	117.08	0
		清碎石路面	0	9.32	2	0	-175.62
		瀝青混凝土	8.53	17.85	2	17.06	-150.03
		乾砌石塊	22.65	31.97	2	45.3	-107.67
		乾砌石板	12.18	21.5	2	24.36	-139.08
		乾砌植草磚	41.32	50.64	2	82.64	-51.66
		JW 工法透水 RC 鋪面 (註 3)	56.41	65.73	1	56.41	-62.8

註 1：戶外地坪包含車道停車場以及步道廣場，由基層結構與表層材之碳排合成計算，其基礎層為 60 年不更換（基層無更新計算），更新碳排 Fpj*只計算表層之碳排。本表碳排數據包含施工機具之碳排，如 RC 基礎包含山貓、夯實機之碳排，碎石基礎包含平土機、壓路機、山貓、夯實機之碳排，本表數據取自林憲德，建築產業碳足跡一書第七章）。

註 2：減碳量應依基層結構之 RC 基礎、碎石基礎兩類各自比較。

註 3：JW 工法透水 RC 鋪面為以透水 PP 導管格框之混凝土一體結構，故表層更新次數較其他工法少。

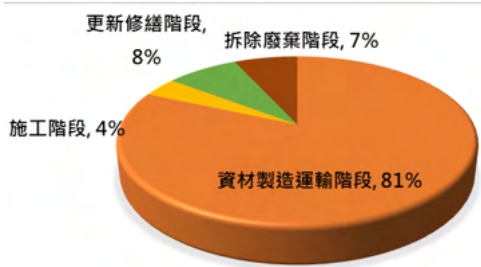
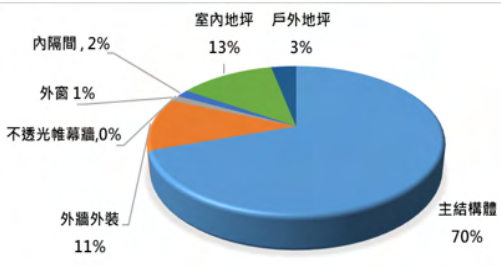
註 4：減碳量計算法 ΔFpj=該構件之（Fpj+ Fpj*）-基準構件之（Fpj+ Fpj*）

附錄三 LEBR評估實例

一、申請案概要說明

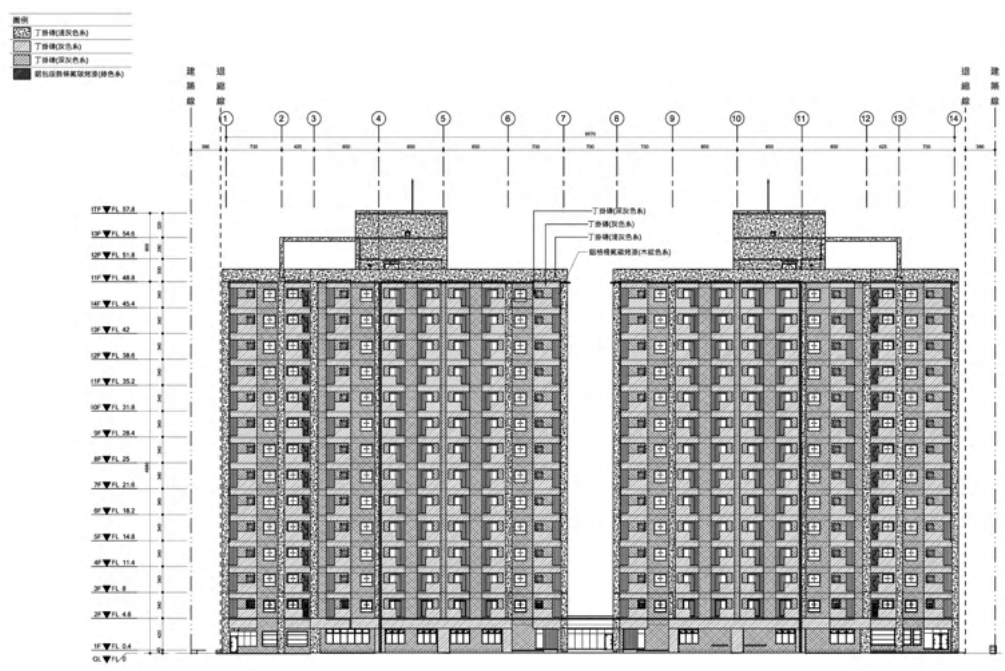
例：本案位置坐落於高雄市左營區，為地上 14 樓地下 3 樓的鋼筋混凝土構造建築，為一幢四棟住宅大樓，目前本案已完工，其建築用途為：地下:停車/機房；地上:店鋪/住宅單元。採用鋼筋混凝土 RC 建築構造，擬申請低碳建築標章；本案應揭露之碳足跡數據與基本資料如下表 2 所示：

表 2 本案應揭露之碳足跡數據與碳足跡組成表

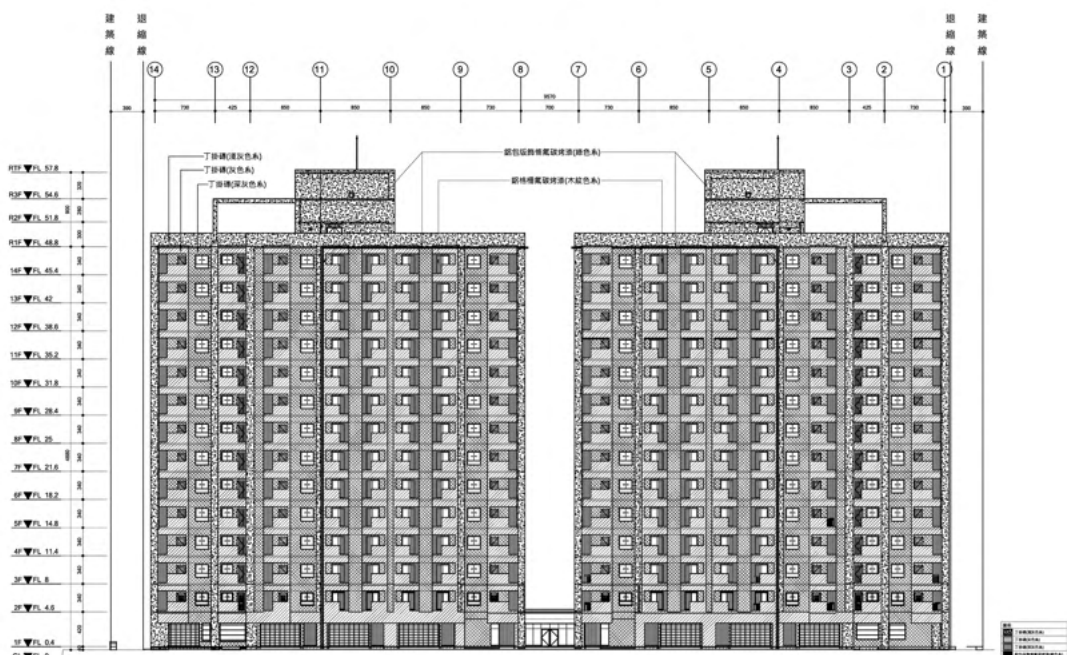
工程名稱		高雄市 Z 社會住宅			
所在位址		高雄市○區○段			
申請單位名稱		○○工程顧問有限公司	負責人		
設計單位名稱		○○建築師事務所	建築師		
施工單位名稱		○○工程顧問	建築/使用執照號碼		
建築用途		地下:停車/機房；地上:店鋪/住宅單元			
地上樓地板面積 Afu		54,270.1	(m ³)	地上樓層數(層)	14
地下樓地板面積 Afb		22,698.9	(m ²)	地下樓層數(層)	3
結構計算				建築延壽優惠係數 LL	0.05
全生命週期蘊含碳排 TEC		33,701,321.2	(kgCO ₂)	室內總樓地板面積 AF	76,969.0 (m ²)
評估範疇蘊含碳排 EEC		20,048,719.0	(kgCO ₂)	蘊含碳排尺規指標 ECIs	436.1
設計案蘊含碳排指標 ECI		369.4		碳足跡減碳率 CFR	15.28% (kgCO ₂)
生命週期階段		碳足跡 (kgCO ₂)	百分比		
地上層蘊含碳排	資材製造運輸階段	17,176,214	81.59%		
	施工階段	798,700	3.79%		
	更新修繕階段	1,632,163	7.75%		
	拆除廢棄階段	1,444,078	6.86%		
	舊建材再利用減碳量	0	0.00%		
	低碳循環建材減碳量	0	0.00%		
	低碳工法減碳量	0	0.00%		
	合計	21,051,155	100%		
分項工程		碳足跡 (kgCO ₂)	百分比		
分項碳足跡	主結構體工程	13,145,724	69.89%		
	外牆外裝工程	2,155,940	11.46%		
	外窗工程	234,652	1.25%		
	不透光帷幕牆工程	0	0.00%		
	內隔間工程	310,658	1.65%		
	室內地坪工程	2,345,119	12.47%		
	戶外地坪工程	616,284	3.28%		
	合計	18,808,377	100.00%		
認證等級		☐ 1*級 ☒ 1級 ☐ 2級 ☐ 3級 ☐ 4級 ☐ 5級 ☐ 6級 ☐ 7級			

二、建築圖說

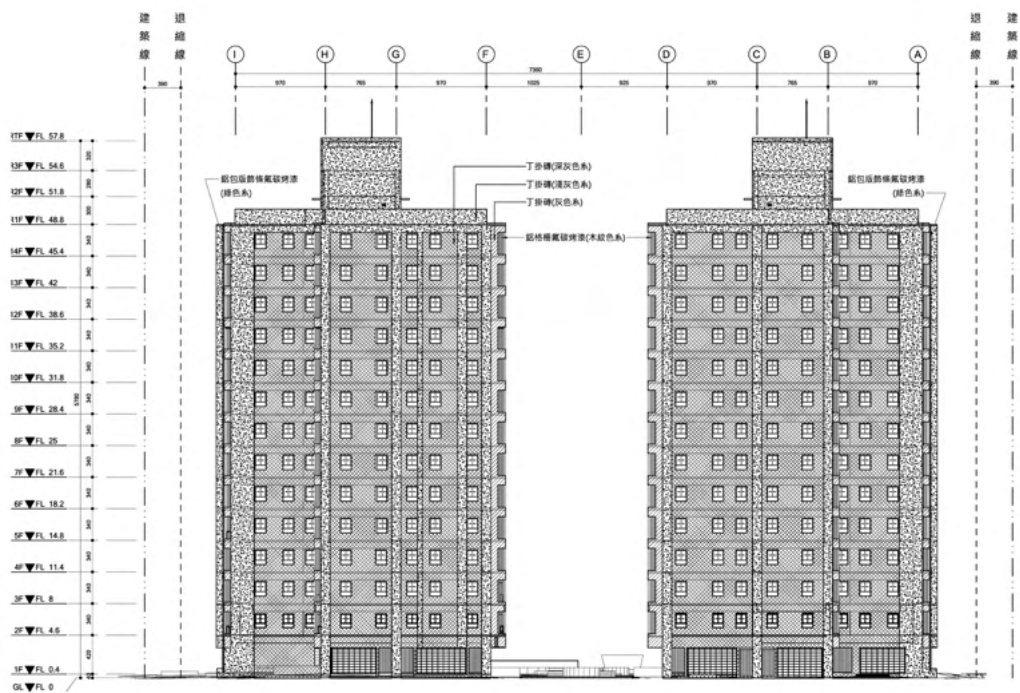
本案建築立面圖、平面圖（含面積計算）如下所示，本案另附有各項非主結構構件面積計算書，因篇幅所限在此省略。



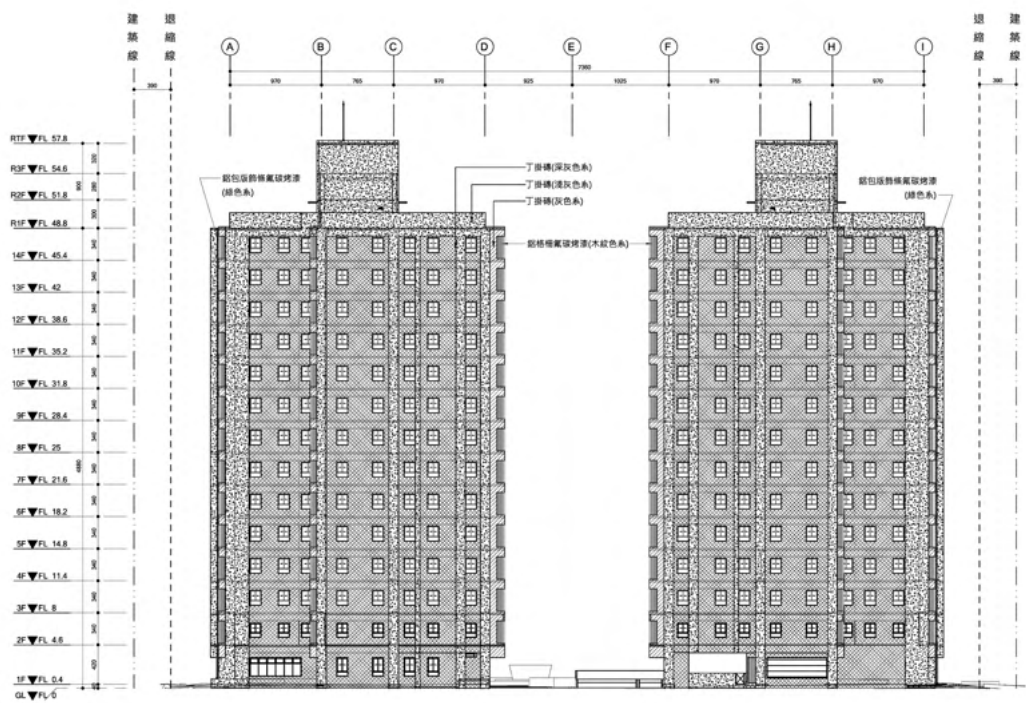
南向立面圖



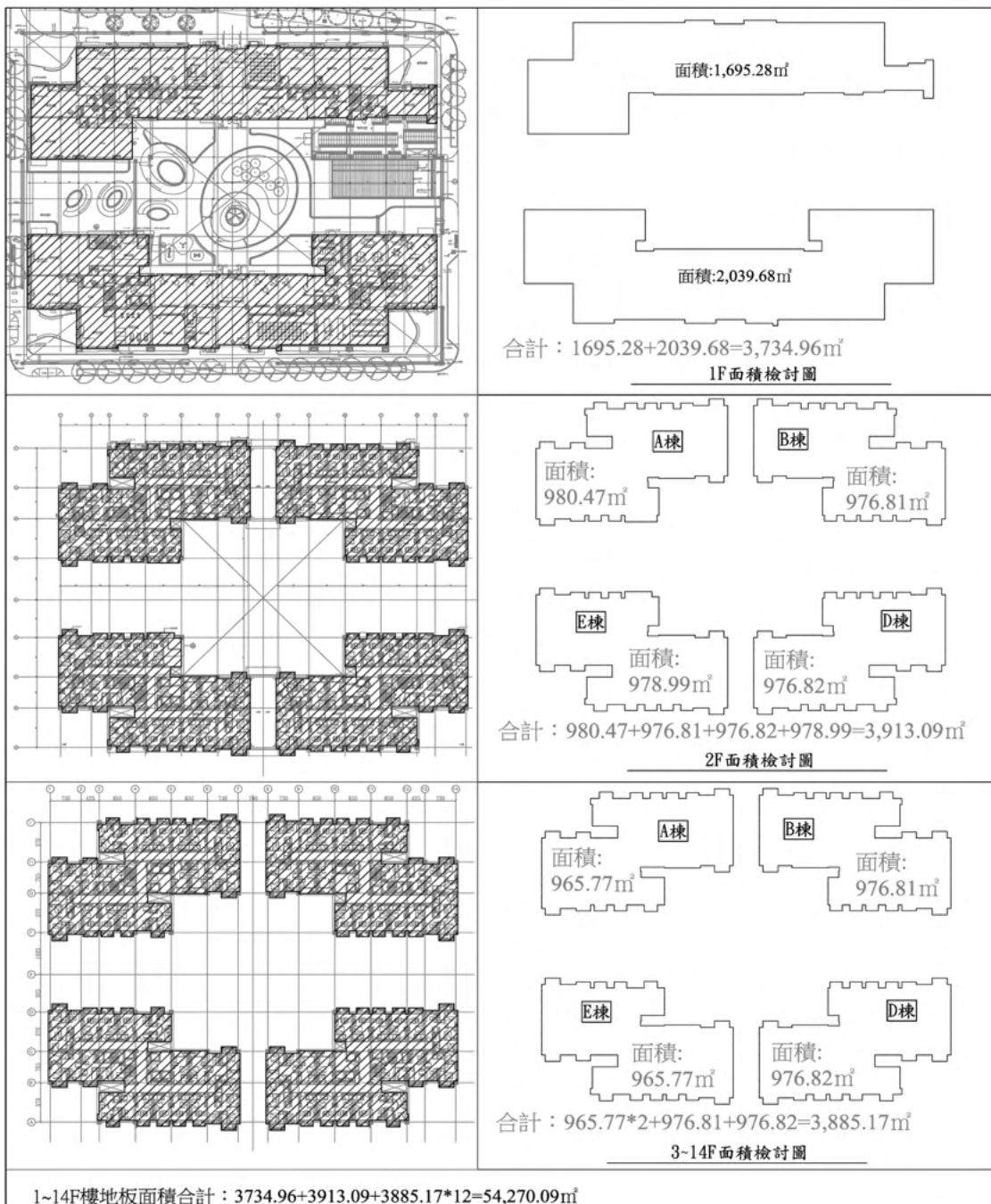
北向立面圖



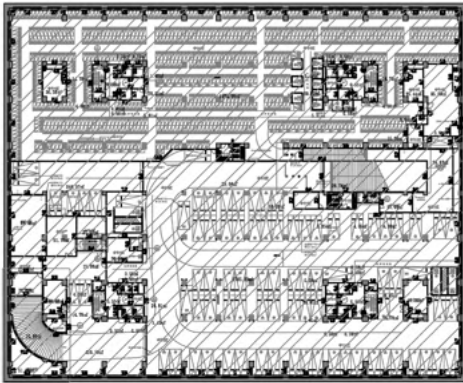
東向立面圖



西向立面圖

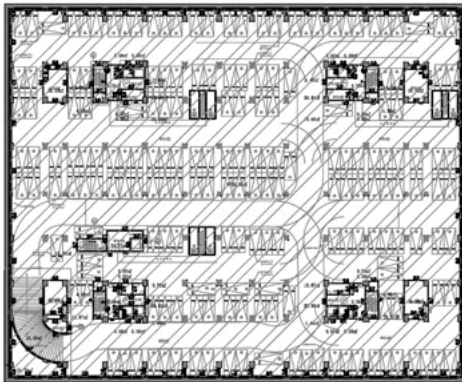


1~14F樓地板面積合計：3734.96+3913.09+3885.17*12=54,270.09㎡



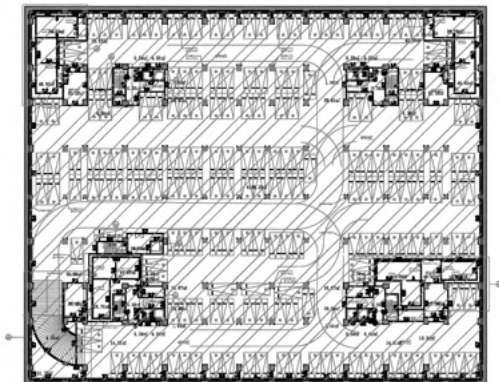
面積:7566.29㎡

B1F面積検討圖



面積:7566.29㎡

B2F面積検討圖



面積:7566.29㎡

B3F面積検討圖

B1F~B3F樓地板面積合計：7566.29*3=22,698.87㎡

三、建築製造運輸階段碳足跡計算

(一) 基本計算資料

1. 地上及地下層面積計算：

依照建築技術規則計算樓地板面積規定，個別匡列計算地上及地下層之樓地板面積，其中當層陽台面積計入當層樓地板面積，但不扣除免計樓地板面積部分，雨遮樓地板面積不計入；匡列計算 1 至 14 層之地上樓地板面積 A_{fu} 合計為 54,270.09 m^2 ，地下 1~3 層之樓地板面積 A_{fb} 合計為 22,698.87 m^2 ，當層樓地板面積匡列情形如下圖所示，全案另附有地上及地下層面積計算書，但因篇幅所限在此省略。

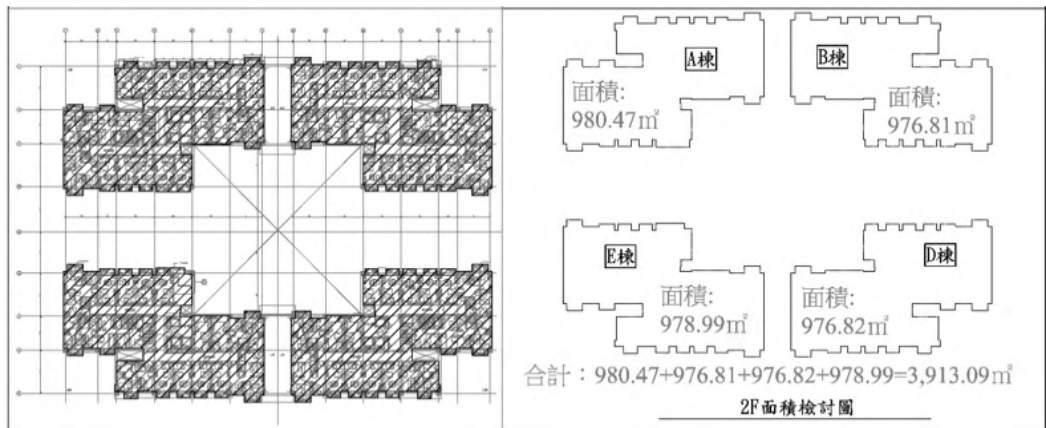


圖 18 當層樓地板面積匡列計算說明圖（含陽台全部不含雨遮）

2. 查詢結構計算書各項地震力設計參數：

本案另附結構計算書（在此省略），依此找出各項結構設計參數如下：

- (1). 地震利用途係數 $I=1.0$ ，
- (2). 工址設計水平加速度反映譜係數 $S_{ad}=0.2$ ，
- (3). 靜力分析折減 $R_s=1.0$ ，
- (4). 活載重 $L=200kg$ ，

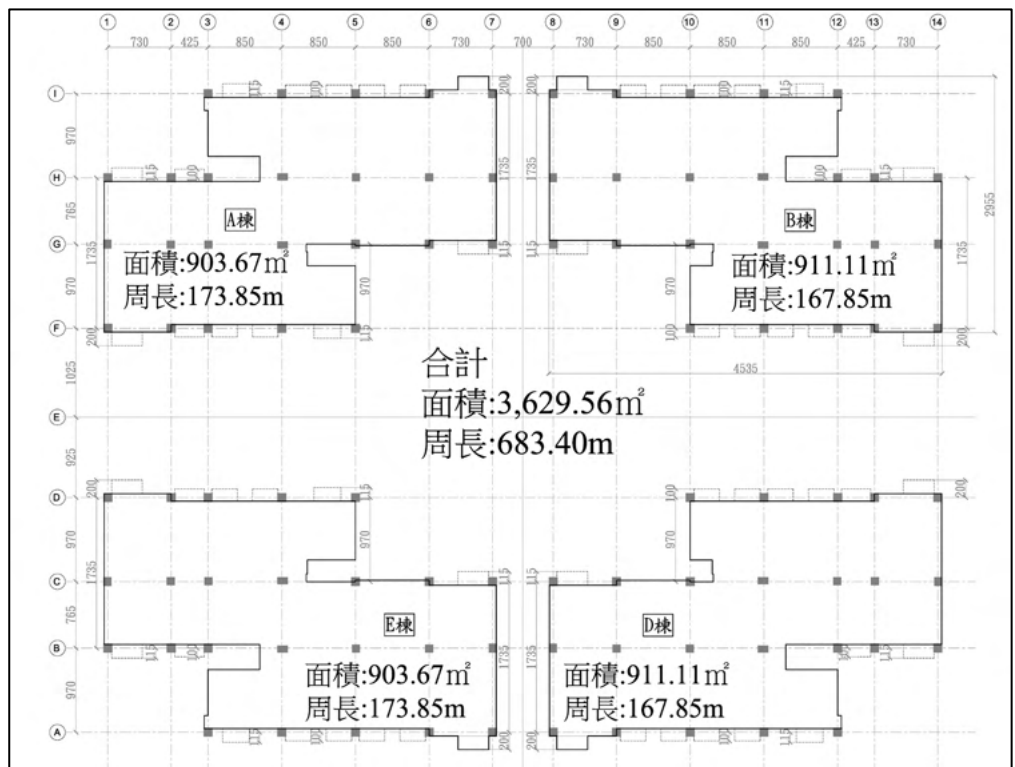
(5). 結構系統地震力折減係數 $F_u=4.0$

3. 結構設計形狀係數 F 檢討：

查檢（層數最多的）標準層平面各項結構設計效率檢討，平面形狀、平面長寬比、平面出挑性等設計，並綜合檢討整體建築之結構形狀係數情形如下：

(1). f_1 平面形狀不規則修正係數

檢討本案標準層之平面面積 A 為 3629.56 m^2 、總周長 P 為 683.4m ，檢討本案周長面積比 $P_{ar}=0.282 \cdot P/\sqrt{A}=3.2$ ，查表 14 對應 f_1 係數為 1.08 。



(2). f_2 平面長寬比修正係數

檢討本案標準層之建築量體為對稱造型，擷取一棟檢討平面長寬比作為代表，平面長向 L 長度為 4535m，短向 W 長度為 2955m，檢討本案、總周長 P 為 683.4m，檢討本案周長比 $b=L/B=4535/2955=1.53$ ，查表 15 對應 f_2 係數為 1.0。



圖 20 形狀係數 f_2 建築長寬比檢討圖

(3). f_3 平面出挑修正係數

檢討本案標準層之主體建築模型平面面積為 3,629.56 m^2 、出挑後建築模型外周總範圍面積為 3867.16 m^2 ，出挑面積為 237.60 m^2 ，檢討本案平面出挑比 $R_c=237.60/3867.16=0.07$ ，查表 16 對應 f_3 係數為 1.0。

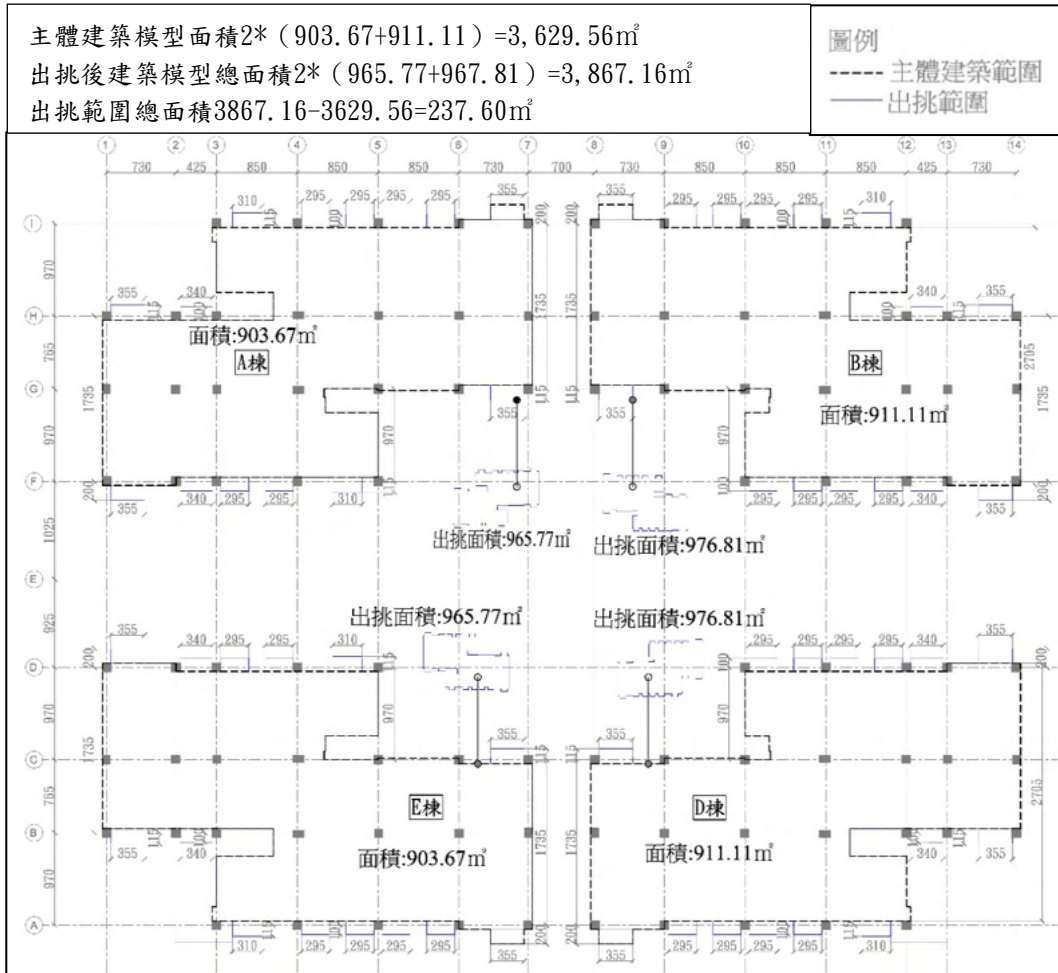


圖 21 平面形狀係數 f_3 參數檢討圖

(4). 結構形狀係數 F

f_1 、 f_2 、 f_3 檢討後查表數值分別為 $f_1=1.08$ 、 $f_2=1.0$ 、 $f_3=1.0$ ，檢討本案主體結構形狀係數 $F = f_1 \times f_2 \times f_3 = 1.08 \times 1.0 \times 1.0 = 1.08$

4. 跨距變化 S_p 檢討：

本案標準層之建築量體為對稱造型，跨距設計變化 4 棟皆一致，擷取一棟跨距變化值作為代表，檢討長向及短向 S_p 係數如下：

(1). 短向跨距 a_x

$$\text{總跨距 } B_x = 9.7 \times 2 + 7.65 = 27.05\text{m}$$

$$\text{跨距比最大值 } a_x = 9.7 / 7.65 = 1.27$$

(2). 長向跨距 a_y

$$\text{總跨距 } B_y = 8.5 \times 3 + 7.3 \times 2 + 4.25 = 44.35\text{m}$$

$$\text{跨距比最大值 } a_y = 8.5 / 4.25 = 2$$

(3). 跨距變化 S_p

$$S_p = (a_x \times B_x + a_y \times B_y) / (B_x + B_y)$$

$$= (1.27 \times 27.05 + 2 \times 44.35) / (27.05 + 44.35) = 1.72$$

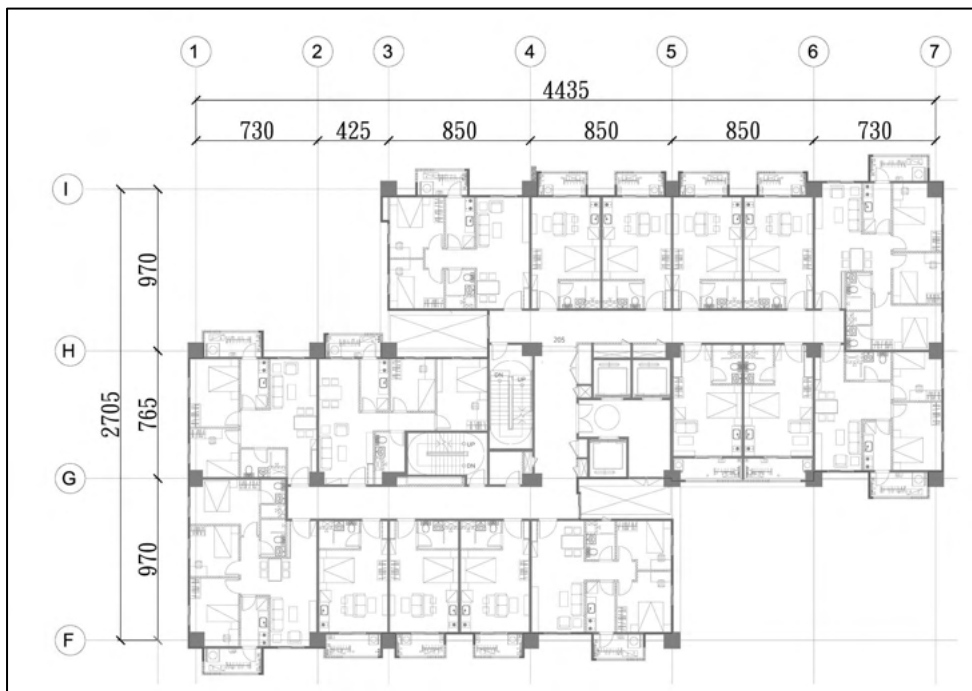


圖 22 跨距比解析圖

5. 低碳混凝土減碳比 LCCR 檢討：

本案全面低碳混凝土，並採用高性能混凝土設計最差值檢討 $CSER=1.51$ (檢附混凝土配比設計表)，全案混凝土結構低碳混凝土減碳 $LCCR=1.0-CSER\times0.05=1.0-1.51\times0.05=0.92$

6. 舊建築利用減碳率 RN 檢討

本案無保留舊建築再利用，舊建築再利用面積 $EBF=0$ ，故舊建築再利用減碳率=1.0。

(二) 主結構體資材碳足跡 CFs、CFcs 計算

分別帶入設計案與基準案的條件，計算其主結構體資材碳足跡 CFs（設計案）、CFsc（基準案）。首先整理本案主結構碳排密度計算參數如下表所示，並據以依據計算公式計算全案地上主結構單位碳排密度 C、地上主結構總碳排 Cu 及地上層主結構體碳排 CFs 如下表所示：

類別	參數名稱	設計案	基準案	備註
基本資料	地上層樓地板面積 AFu (m ²)	54,270.09		
	地下層樓地板面積 AFb (m ²)	22,698.87		
	地上樓層數 S (層)	14		
	地下樓層數 Sb(層)	3		
	主地面層樓高 BH (m)	4.2		
	內部隔間 D ₀ (kg/m ²)	300		
	W 構造係數(表 5.6 P128)	1.00		
結構設計參數	地震利用途係數 I	1.0		
	工址設計水平加速度反映譜係數 S _{ad}	0.298		
	結構系統地震力折減係數 F _u	4.0		
	活載重 L	200		
	靜力折減分析 R _s	1.0	1.0	
結構設計參數	跨距變化 S _p	1.72	1.8	
	整體建築形狀係數 F	1.08	1.15	
	高性能低碳混凝土採用率 LCCR	0.925	1.0	
	舊建築再利用率 RN	1.0	1.0	

1. 設計案與基準案的地上層主結構單位樓地板面積碳排密度 C 計算

設計案

$$\begin{aligned}
 C = & [224 + 4.11 \times (S - 10) + 300 \times (I \times S_{ad}/F_u - 0.192) + 68.74 \times (S_p \\
 & - 1.0) + 0.17 \times (D_0 - 300) + 0.13 \times (L - 300) \\
 & + 1.05 \times (BH - 3.5)] \times R_s \times F \\
 = & [224 + 4.11 \times (14 - 10) + 300 \times (1.0 \times 0.298 / 4.0 - 0.192) + 68.74 \times (1.72 - 1.0) + 0.17 \times \\
 & (300 - 300) + 0.13 \times (200 - 300) + 1.05 \times (4.2 - 3.5)] \times 1.0 \times 1.08
 \end{aligned}$$

$$=262.01 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

基準案

$$C = [224 + 4.11 \times (S - 10) + 300 \times (I \times S_{ad}/F_u - 0.192) + 68.74 \times (Sp - 1.0) + 0.17 \times (D_0 - 300) + 0.13 \times (L - 300) + 1.05 \times (BH - 3.5)] \times R_s \times F$$

$$=[224+4.11 \times (14-10) + 300 \times (1.0 \times 0.298/4.0-0.192) + 68.74 \times (1.8-1.0) + 0.17 \times (300-300) + 0.13 \times (200-300) + 1.05 \times (4.2-3.5)] \times 1.0 \times 1.15$$

$$=285.10 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

2.設計案與基準案的地上層主結構總碳排 Cu 計算

設計案 $Cu = AFu \times C \times W = 54270.09 \times 262.01 \times 1.0 = 14,219,279 \text{ (kg)}$

基準案 $Cu = AFu \times Cc \times Wc = 54270.09 \times 285.10 \times 1.0 = 15,472,650 \text{ (kg)}$

3. 設計案與基準案的地上層主結構碳排 CFs 計算

設計案 $CFs = Cu \times LCCR \times RN = 14219279 \times 0.925 \times 1.0 = \underline{12,145,723 \text{ (kg)}}$

基準案 $CFsc = Cu \times LCCR \times RN = 15472650 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = \underline{15,472,650 \text{ (kg)}}$

4.地下建築地下層主結構 CFs' 碳排計算

設計案基準案同

$$CFs' = 330 \times AFb + 45.5 \times (AFu + AFb)$$

$$= 330 \times 22698.87 + 45.5 \times (54270.09 + 22698.87)$$

$$= \underline{10,992,715 \text{ (kg)}}$$

(二) 非主結構資材碳足跡 CFns 計算

非主結構資材碳足跡 CFns 應依設計案及基準案之條件計算兩次。本案非主結構資材碳足跡依據建築部位分別檢討計算，包含外牆外裝 CFow、外窗 CFw、帷幕外牆 CFcw、內隔間 CFiw、室內地坪 CFf、戶外地坪 CFp 等項目，本案應另附各項面積計算書，因篇幅所限在此省略。本案各部位碳排計算情形如下：

1. 外牆外裝 CFow

本案外牆外裝除建築功能及裝飾構件外，全面採用磁磚施作，一般基準設計水準亦為磁磚，查附錄二附表 2-1 找出新建及修繕更新碳排如下：

設計案及基準案（單位：kgCO ₂ ）			CFow 新建碳排		Cfow*修繕更新碳排	
編號	構造名稱	構造面積(m ²)	單位碳排	新建碳排	單位碳排	修繕碳排
Fow1	RC 外牆貼磁磚	41903.60	30.25	1,267,584	21.2	888,356
	Σ			1,267,584		888,356

2. 外窗 CFw

本案設有 4 類外窗，查附錄二附表 2-2 附表 2-3 找出新建及修繕更新碳排如下：

設計案及基準案（單位：kgCO ₂ ）			CFw 新建碳排		CFw*修繕更新碳排	
編號	構造名稱	構造面積(m ²)	單位碳排	新建碳排	單位碳排	修繕碳排
CFw1	鋁框+5+5mm 玻璃	2477.48	45.45	112,601	0	0
CFw2	鋁框+6+6mm 玻璃	1599.36	49.55	79,248	0	0
CFw3	鋁框+清 10mm	494.07	45.45	22,455	0	0
CFw4	鋁框+清 5mm	578.04	35.2	20,347	0	0
	Σ	5149		234,652		0

3. 帷幕外牆 CF_{ew}

查附表 2-4 找出新建及修繕更新碳排如下，本案無帷幕外牆，CF_{ew} 碳排為 0。

4. 內隔間 CF_{iw}

本案內隔間全面採用灌漿牆施作，一般基準設計水準採用磚牆，查附錄二附表 2-5 找出新建及修繕更新碳排如下：

設計案（單位:kg）			CF _{iw} 新建碳排（kg）		CF _{iw} *修繕更新碳排（kg）	
編號	構造名稱	構造面積(m ²)	單位碳排	新建碳排	單位碳排	修繕碳排
CF _{iw1}	輕質灌漿牆	9159.14	31.42	308,846	0	0
CF _{iw2}	RC 隔間牆	26.33	70.34	1,812	0	0
	Σ	9185.47		310,658		0
基準案（單位:kg）			CF _{iw} 新建碳排（kg）		CF _{iw} *修繕更新碳排（kg）	
編號	構造名稱	構造面積(m ²)	單位碳排	新建碳排	單位碳排	修繕碳排
CF _{iwC}	磚牆雙面粉刷	9185.47	26.28	516,958	0	0
	Σ			516,958		0

5. 室內地坪 CF_f

由於儲藏室、地下室與設備空間之室內地坪不予評估，本案室內地坪採用 1 類地坪構造材料，一般基準設計水準為貼磁磚地坪，本案設計案與基準案同，查附錄二附表 2-6 找出新建及修繕更新碳排如下：

設計案及基準案（單位：kgCO ₂ ）			CF _f 新建碳排		CF _f *修繕更新碳排	
編號	構造名稱	構造面積(m ²)	單位碳排	新建碳排	單位碳排	修繕碳排
CF _{f2}	貼磁磚地坪	51,677.37	34.78	1,797,339	10.6	547,780
	Σ	51,677.37		1,797,339		547,780

6. 戶外地坪 CFp

本案戶外地坪採用 4 類地坪構造材料，一般基準設計水準為貼磁磚地坪，查附錄二附表 2-7 找出新建及修繕更新碳排如下：

設計案（單位：kgCO ₂ ）			CFf 新建碳排		CFf*修繕更新碳排	
編號	構造名稱	構造面積(m ²)	單位碳排	新建碳排	單位碳排	修繕碳排
CFp1	RC 底+扞石子	279.12	102.91	28,724	36.2	10,104
CFp2	RC 底+高壓磚	1,066.32	151.26	161,292	84.55	90,157
CFp3	RC 底+磁磚	1,964.17	114.99	225,860	48.28	94,830
CFp4	RC 面	51.66	84.81	4,381	18.1	935
	Σ	2,015.83		420,257		196,027
基準案（單位: kgCO ₂ ）			CFf 新建碳排		CFf*修繕更新碳排	
編號	構造名稱	構造面積(m ²)	單位碳排	新建碳排	單位碳排	修繕碳排
CFpc	貼磁磚地坪	2,015.83	114.99	386,512	48.28	162,282
			Σ	386,512		162,282

7. 地上層建築資材 CFs/CFns 總覽

綜上計算分別累計設計案及基準案營建資材碳排如下：

構造部位		設計案			
(單位: kgCO ₂)		CFum 新建資材	CFrm 更新資材	CFum+CFrm 合計	各部位建材碳排組成
主結構體 CFs		13,145,724		13,145,724	69.893%
非主結構 CFns	外牆外裝 CFow	1,267,584	888,356	2,155,940	11.463%
	外窗 CFw	234,652	0	234,652	1.248%
	不透光帷幕牆 CFcw	0	0	0	0.000%
	內隔間 CFiw	310,658	0	310,658	1.652%
	室內地坪 CFf	1,797,339	547,780	2,345,119	12.468%
	戶外地坪 CFp	420,257	196,027	616,284	3.277%
	非主結構資材 CFns 小計	4,030,490	1,632,163	5,662,653	30.107%
設計案製造運輸階段碳足跡		18,808,377			
舊建材再利用減碳量		0			
低碳循環建材減碳量		0			
低碳工法減碳量		0			
構造部位		基準案			
主結構體 CFs		15,472,650		15,472,650	72.7%
非主結構 CFns	外牆外裝 CFow	1,267,584	888,356	2,155,940	10.1%
	外窗 CFw	234,652	0	234,652	1.1%
	帷幕牆 CFcw	0		0	0.0%
	內隔間 CFiw	516,958	0	516,958	2.4%
	室內地坪 CFf	1,797,339	547,780	2,345,119	10.9%
	戶外地坪 CFp	386,512	162,282	548,795	2.6%
	非主結構資材 CFns 小計	4,203,046	1,598,419	5,801,464	27.27%
基準案製造運輸階段碳足跡		21,274,114			

其中設計案各部位建材碳排構成如下圖：

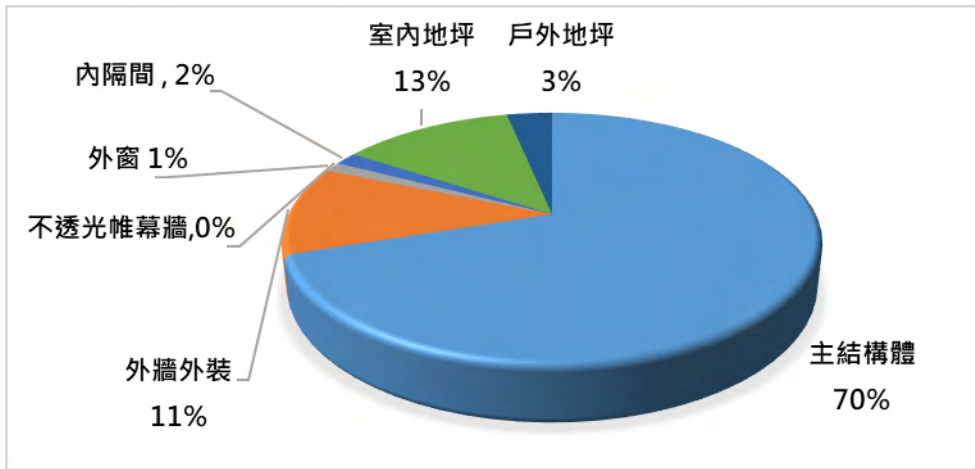


圖 23 設計案資材碳排佔比百分比圖（新建+修繕）

8. 再生建材應用

本案無應用再生建材技術設計，再生建材減碳量為 0。

9. 低碳工法應用

本案無應用低碳工法技術設計，低碳工法減碳量為 0。

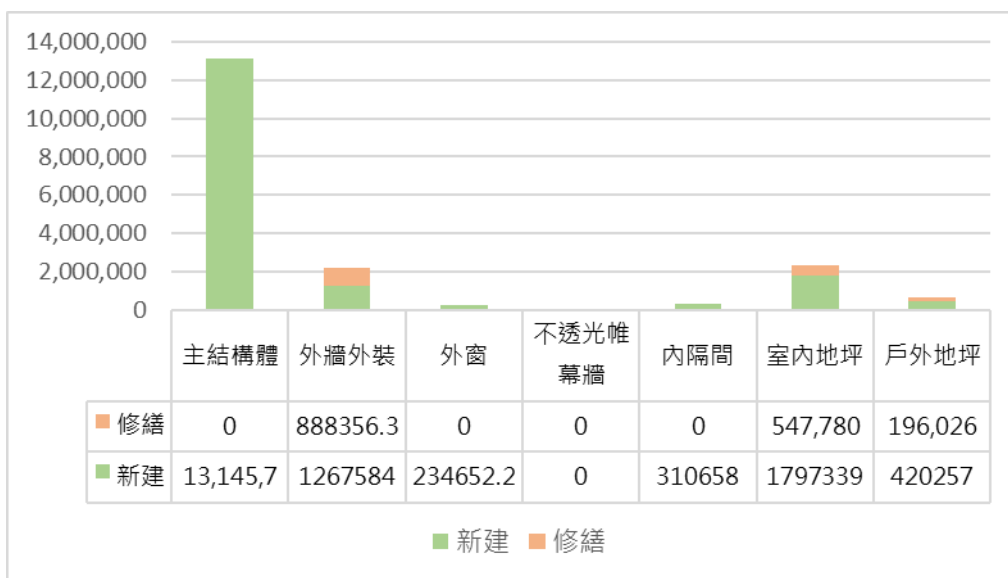


圖 24 分項工程新建與修繕碳足跡量比較圖

由圖 24 得知主結構碳排佔蘊含碳排最大宗，本案即佔七成。換言之，主結構的減碳設計尤其重要，應再設計之初就把減碳的概念納入評估。

四、施工碳足跡 CFc 計算

施工碳足跡 CFc 應依設計案之條件計算一次，令基準案與設計案同，本案地上建築層數 S 為 14 層，地下建築層 Sb 為 3 層，地上總樓地板面積 AFu 為 54270.09 m²，地下層樓地板面積為 22698.87 m²，計算本案及基準案施工碳足跡如下：

(一) 地上層

$$\boxed{\text{設計案}} - \boxed{\text{基準案}}$$

$$\begin{aligned} \text{CFc} &= (0.14 + 0.95 \times S) \times \text{AFu} \times (1.0 + \text{CFrm} / \text{CFum}) \\ &= (0.14 + 0.95 \times 14) \times 54270.09 \times (1.0 + 2358559 / 16583175) \\ &= \underline{833,128 \text{ (kgCO}_2\text{)}} \end{aligned}$$

(二) 地下層

$$\boxed{\text{設計案}} - \boxed{\text{基準案}}$$

$$\text{全案總樓地板面積 AF} = \text{AFu} + \text{AFb} = 54270.09 + 22698.87 = 76,968.96 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{CFc}' &= (0.14 + 2.14 \times \text{Sb}) \times \text{AF} \\ &= (0.14 + 2.14 \times 22698.87) \times 76968.96 = \underline{504,916 \text{ (kgCO}_2\text{)}} \end{aligned}$$

五、拆除廢棄碳足跡 CFdw 計算

建築物拆除廢棄主要將新建及修繕所有採用之建材拆除處理衍生之碳足跡，與建築規模及採用建材量相關，CFdw 應依設計案之條件計算一次，基準案與設計案同，本案為地上建築層數 S=14 層，地下建築層 Sb=3 層，地上總樓地板面積 Afu 為 54270.09 m²，地下層樓地板面積為 22698.87 m²，分別計算本案地上及地下層於設計案及基準案拆除廢棄物碳足跡如下：計算如下：

(一) 地上層

1. 拆除碳排 CFd = (0.06 × S + 2.01) × AFu = (0.06 × 14 + 2.01) × 54270.09 = 154,670

2. 廢棄物處理 CFwa = 0.055 × Wd × AFu = 0.055 × 390 × 54270.09 = 1,164,093

3. 拆除廢棄碳排

設計案 = 基準案

$$\begin{aligned} \text{CFdw} &= (\text{CFd} + \text{CFwa}) \times \text{AFu} \times (1.0 + \text{CFrm} / \text{CFum}) \\ &= (154,670 + 1,164,093) \times 54,270.09 \times (1.0 + 1632163 / 17176214) \\ &= \underline{1,444,078 \quad (\text{kgCO}_2)} \end{aligned}$$

(二) 地下層

1. 拆除碳排 CFd' = (0.135 × Sb + 2.01) × AF = (0.135 × 3 + 2.01) × 22698.87 = 54,818

2. 廢棄物處理 CFwa' = 0.124 × Wd × AFb = 0.124 × 390 × 22698.87 = 1,097,717

3. 拆除廢棄碳排 CFdw'

設計案 = 基準案

$$\text{CFdw}' = \text{CFd}' + \text{CFwa}' = 54818 + 1097717 = \underline{1,152,535 \quad (\text{kgCO}_2)}$$

六、蘊含碳排量及減碳應用總覽

綜上評估計算再彙整設計案與基準案之蘊含碳排、減碳量及減碳設計如下：

(一) 生命週期四階段蘊含碳排

一般建築設計碳排可控制及應用技術多用於地上層，地上總樓地板面積 A_{fu} 為 54270.09 m^2 ，綜上總覽本案地上層碳排量 EEC 各項碳排構成，再進一步檢計併入地下層後全建築物生命週期之碳排量及單位碳排如下表所示：

邊界	項目	設計案		基準案		減碳量 ΔCF (kgCO_2)
		碳排量 (kgCO_2)	占比	碳排量 (kgCO_2)	占比	
地下層	地下層資材 CF_s'	10,992,715		10,992,715		
	地下施工 CF_c'	504,916		504,916		
	地下拆除廢棄 CF_{dw}'	1,152,535		1,152,535		
	地下層碳排小計	12,650,166		12,650,166		
地上層	新建 CF_{um}	17,176,214	81.59%	19,675,695	82.10%	2,499,482
	更新修繕 CF_{rm}	1,632,163	7.75%	1,598,419	10.93%	-33,745
	施工 CF_c	798,700	3.79%	798,700	2.10%	
	拆除廢棄 CF_{dw}	1,444,078	6.86%	1,444,078	4.87%	
	地上層碳排小計	21,051,155	100%	23,516,892	100%	2,465,737
舊建材再利用減碳量		0		-		0
低碳循環建材減碳量		0		-		0
低碳工法減碳量		0		-		0
評估範疇蘊含碳排 EEC(含延壽優惠)		20,048,719		23,516,892		3,468,173
基準案蘊含碳排密度尺規 ECIs		433.3				
設計案蘊含碳排密度 ECI		369.4				
全生命週期碳排 TEC		33,701,321		36,167,058		

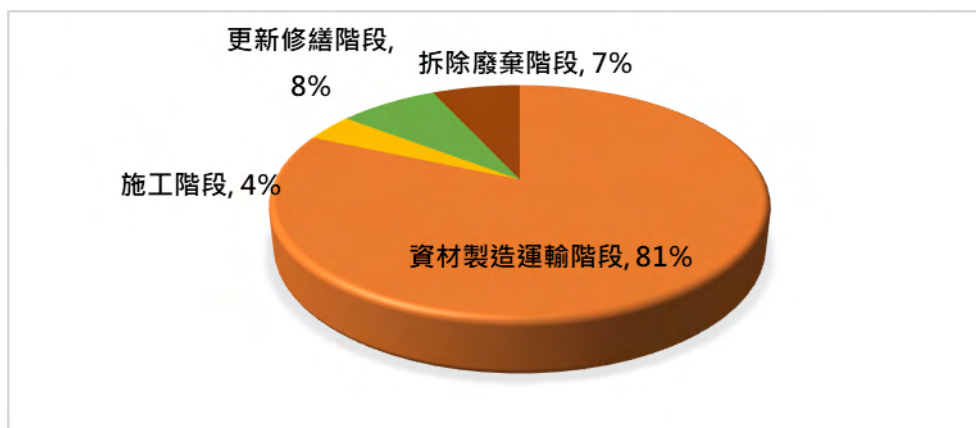


圖 25 設計案地上層全生命週期蘊含碳排構成占比圖

(二) 各項減碳設計 ΔCF 貢獻度分析

一般建築設計碳排可控制及應用技術多用於地上層，地上總樓地板面積 AFu 為 54270.09 m^2 ，綜上總覽本案地上層碳排量 EEC 各項減碳技術應用如下表所示：

地上蘊含碳排(kgCO_2)	設計案 EEC	20,048,719	地上總樓地板面積 $AFu=$	54270.09
	基準案 EEC^*	23,516,892	碳排密度 $ECI=EEC/AFu=$	369.42
減碳參數	減碳設計		減碳量 ΔCF_i (kgCO_2)	減碳比
$CFs-1$	跨距比 Sp 檢討 1.72 優於標準 2.0 水準，建築形狀方整形狀係數 1.08 優於標準 1.1 水準		1,253,370	5.33%
$CFs-2$	主結構體採用低碳混凝土設計 $CSE=1.51$		1,073,556	4.57%
CF_{iw}	內隔間全面採用灌漿牆取代磚牆		206,300	0.88%
CF_p	戶外地坪採用 RC 地坪+連鎖磚設計增碳		-67,489	-0.29%
	設計技術減碳量合計		2,465,737	10.48%
LL	良好施工品質提供建築延壽		1,002,436	4.24%
	設計及施工減碳量合計		3,468,173	14.75%

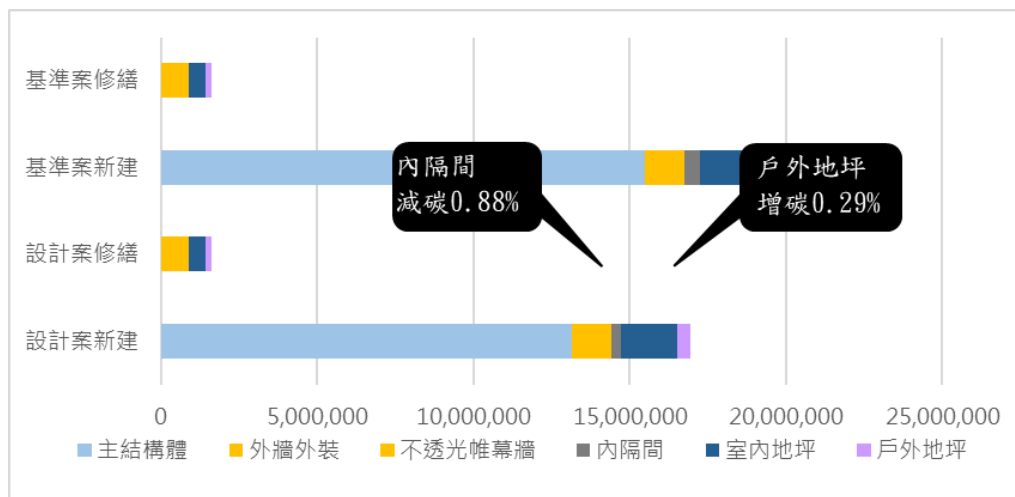


圖 26 資料製造運輸之各項減碳設計 ΔCF 貢獻度分析

(三) 碳足跡減碳率 CFR

1. 施工延壽優惠 LL

本案統包商為五年內行政院、直轄市工程品質金質獎之優良營造廠施工（另附證明文件），可得整體建築延壽優惠係數 LL 優惠為 0.05。

本案評估範疇蘊含碳排

$$EEC = [(CF_{um} + CF_{rm} + CF_c + CF_{dw}) - (\sum RM_k \times R_k + \sum LCR_k \times L_k + \sum LCC_m)] / (1.0 + LL)$$

$$= [(17,176,214 + 1,632,163 + 789,700 + 1,444,078) - 0] / (1 + 0.05)$$

$$= 20,048,719$$

本案減碳量 $\Delta CF = EEC_c - EEC = 23,516,892 - 20,048,719 = 3,468,173 \text{ (kgCO}_2\text{)}$

加成碳排增減量為 $= 3,468,173 - 2,613,729 = 1,002,436 \text{ (kgCO}_2\text{)}$

2. 碳足跡減碳率 CFR

本案延評估範疇蘊含碳排 $EEC = 20,048,719 \text{ kgCO}_2$ ，基準案蘊含碳排 EEC_c 為 $23,516,892 \text{ kgCO}_2$ ，檢計本案碳足跡減碳率如下：

$$CFR = (EEC_c - EEC) / EEC_c$$

$$= (23,516,892 - 20,048,719) / 23,516,892 = \underline{14.75\%}$$

3. 基準案蘊含碳排密度尺規 ECIs 與蘊含碳排密度 ECI 計算如下：

$$ECIs = EECc / Afu = 23,516,892 / 54,270.09 = 433.33 \text{ (kgCO}_2\text{/m}^2\text{)}$$

$$ECI = ECC / Afu = 20,048,719 / 54,270.09 = 369.42 \text{ (kgCO}_2\text{/m}^2\text{)}$$

七、LEBR 分級評估與八等級刻度計算

最後，檢討本案 LEBR 評估之減碳等級如下：

等級刻度點	等級刻度碳排密度計算法	評估等級
1+級	$20\% \leq CFR$	
1 級	$16\% < CFR \leq 20\%$	
2 級	$12\% < CFR \leq 16\%$	14.75%
3 級	$8\% < CFR \leq 12\%$	
4 級	$3\% < CFR \leq 8\%$	
5 級	$-10\% < CFR \leq 3\%$	
6 級	$-20\% < CFR \leq -10\%$	
7 級	$CFR \leq -20\%$	

LEBR 八等級刻度碳排密度計算如下

等級刻度點	等級刻度碳排密度計算	尺標刻度
1+	$ECIs \times 0.80$	347
1	$ECIs \times 0.84$	364
2	$ECIs \times 0.88$	381
3	$ECIs \times 0.92$	399
4	$ECIs \times 0.97$	420
5	$ECIs \times 1.10$	477
6	$ECIs \times 1.20$	520

附錄四、低碳循環建材認定原則

一、目的與原則

低碳循環建材認定（Low-carbon Recycled Materials Certification，簡稱 LCR）是依據內政部建築研究所(以下簡稱 ABRI)「低碳（低蘊含碳）建築評估手冊草案」(以下簡稱手冊草案)所提出的低碳建築評估系統 LEBR（Low Embodied-carbon Building Rating System）所開發的認定機制。LCR 的主要目的是對建築市場之再利用、再循環、再生等循環建材或構件進行減碳額度之認定，以作為 LEBR 減碳評估之依據，並公布於指定評定機構之網站上以備公開查詢。

LCR 制度可避免 LEBR 評定的過程中審查委員對減碳量可能造成的認定差異，並加速 LEBR 的評定時效，以確保 LEBR 評定的時效、公平性與一致性。另外，LCR 認定制度可鼓勵建材與營建業者開發更多再利用、再循環、再生等循環建材或構件，促進營建產業的低碳化，以呼應國家淨零建築政策。

LCR 之認定原則如下：

- (1) 低碳循環建材之認定對象只限於 LEBR 計算範疇內之相關產品。
- (2) 低碳循環建材減碳額度必須大於基準案總碳排放量 3%才能獲得認定。
- (3) 低碳循環建材之碳排放量不可因工程規模、建築量體、建築樓層數或配置改變時而產生碳排放量之差異。
- (4) 低碳循環建材減碳額度之認定只限於建材本身在搖籃到工地範疇的減碳量，其他因建材所產生之隔熱效益或節能效益，如氣密窗、隔熱玻璃等建築構造所引發的建築節能量，已經另由 ABRI 的建築能效評估認證處理，不包含在本規範認定與計算範疇之內。
- (5) 舊建材再利用或採用低碳工法之減碳量，已於 LEBR 的計算中另行評估，不包含在本規範認定與計算範疇之內。

二、認定基準

申請 LCR 之建材或構件首先需確認與 LE BR 評估範疇之項目相關，如戶外景觀、室內裝修材、建築設備等與 LE BR 評估範疇無關項目之不被 LCR 所接受，同時必須以 LE BR 評估範疇項目相符之生命週期（LC）與 ABRI 碳排資料庫一致之搖籃到工地範疇，即原料開採（C1）、運輸（C2）、產品生產（C3）與成品運輸（C4）四階段，進行減碳額度之計算與認定。

LCR 的減碳額度依據公式（1~3）計算之：

$$TCE = C1 + C2 + C3 + C4 \quad (1)$$

$$TCEs = C1s + C2s + C3s + C4s \quad (2)$$

$$LCR = TCEs - TCE \quad (3)$$

其中：TCE：申請案於計算範疇之總碳排放量（kgCO₂/功能單位）

TCEs：基準案於計算範疇之總碳排放量（kgCO₂/功能單位）

C1：申請案原料取得階段之碳排放量（kgCO₂/功能單位）

C2：申請案原料運輸階段之碳排放量（kgCO₂/功能單位）

C3：申請案製造階段之碳排放量（kgCO₂/功能單位）

C4：申請案運輸階段之碳排放量（kgCO₂/功能單位）

C1s：基準案設計案原料取得階段之碳排放量（kgCO₂/功能單位）

C2s：基準案原料運輸階段之碳排放量（kgCO₂/功能單位）

C3s：基準案製造階段之碳排放量（kgCO₂/功能單位）

C4s：基準案運輸階段之碳排放量（kgCO₂/功能單位）

LCR：申請案之減碳額度（kgCO₂/功能單位）

前述 C1~C3 之碳排放量數據，需來自於具備第三方驗證單位進行碳盤查之證明，

包含環保署碳標籤（含減碳標籤）或產品環境宣告（EPD）之產品，或依據 ISO 14067 進行碳足跡盤查並取得第三方驗證之產品。由於前述產品所盤查的項目、單位與範疇不一致，申請者必須自行從前述產品被認證的相關文件中，篩選、擷取與 LCR 計算範疇相符部分（C1~C3）的數據進行轉換計算，才能作為 LCR 的申請資料。另外，C3 僅計算生產該項建材過程所產生之排碳量，副產品部分不計入。C4 為建築構件運輸階段之碳排放量，應依附表 4-1 所示平均運距與運輸碳排係數代入計算。

C1s~ C4s 為基準案之碳排放量資料，大部分可由 ABRI 碳排資料庫或手冊草案取得，申請者依 LCR 之功能單位與建材尺寸、材質名稱即可計算處理。若有 ABRI 碳排資料庫或手冊草案無法取得碳排資料之建材時，亦可由環保署碳排資料庫、國際知名碳排資料庫（如 Simapro、Gabi 等）或 ABRI 碳排資料庫中選用初級資材來組成建築構件、並自行計算合成該構件之碳排數據使用之，但須檢附設計圖、碳排資料來源與構件碳排數據合成計算資料以供查核。

三、申請文件

申請文件如下：

1. 低碳循環建材申請名稱與產品編號、申請單位、住址
2. 申請低碳循環建材產品之低碳原理說明
3. 原第三方驗證單位碳盤查通過之文件證明。
4. 本申請案之減碳額度計算過程
5. 使用本申請案減碳額度之信賴性與品質管理說明
6. 本申請案減碳額度未來使用於 LEBR 評估時必要提示之證明文件說明

上述文件格式及相關細則將授權由指定評定機構訂定提供。

附表 4- 1 臺灣資材 2021 汽車貨運平均運距與碳排係數

商品別	總貨運量 t	總延噸公里 t-km	平均運距 Km	單位運輸耗油量 L/t	碳排係數 kgCO ₂ /t
林產	999892	41447000	41.45	2.1	5.4
砂、石、黏土及其他礦產	155892081	5096953000	32.70	1.6	4.2
棉、毛、絲麻及其織布	660838	25674000	38.85	1.9	5.0
人造纖維及玻璃纖維紡織品	3980681	196987000	49.49	2.5	6.4
針織布	694464	38469000	55.39	2.8	7.2
不織布	784638	70201000	89.47	4.4	11.6
其他紡織品	3074234	233500000	75.95	3.8	9.8
製材	9361945	193312000	20.65	1.0	2.7
合板及組合木材	11832771	712541000	60.22	3.0	7.8
木竹藤製品	1456894	57840000	39.70	2.0	5.1
紙漿及紙	8190588	475604000	58.07	2.9	7.5
紙製品	11841479	1118522000	94.46	4.7	12.2
石油煉製品	12699594	305741000	24.07	1.2	3.1
焦炭及其他煤製品	7584229	240401000	31.70	1.6	4.1
塑膠(合成樹脂)	9070293	564116000	62.19	3.1	8.1
合成橡膠	1617445	105353000	65.14	3.2	8.4
合成纖維	1078120	53960000	50.05	2.5	6.5
其他人造纖維	278579	19265000	69.15	3.4	9.0
塗料、染料及顏料	1266583	88372000	69.77	3.5	9.0
其他化學製品	3847882	167159000	43.44	2.2	5.6
橡膠製品	3480464	169476000	48.69	2.4	6.3
塑膠製品	9490394	463616000	48.85	2.4	6.3
玻璃及其製品	2355343	96600000	41.01	2.0	5.3
陶瓷製品	2210870	205737000	93.06	4.6	12.0
水泥	21651938	737891000	34.08	1.7	4.4
水泥製品	47470353	713306000	15.03	0.7	1.9
其他非金屬礦物製品	13151855	381732000	29.02	1.4	3.8
生鐵級粗鋼	9092592	459226000	50.51	2.5	6.5
鋼鐵初級製品	25901304	1835504000	70.87	3.5	9.2
鋁	5157352	402185000	77.98	3.9	10.1
其他金屬	20334974	1341157000	65.95	3.3	8.5
金屬刀具、手工具及模具	5782822	176326000	30.49	1.5	3.9
金屬結構及建築組件	6191743	262746000	42.43	2.1	5.5
金屬容器	2928158	130296000	44.50	2.2	5.8
其他金屬製品	9553872	404070000	42.29	2.1	5.5
發電、輸電及配電設備	1677666	98054000	58.45	2.9	7.6
鋁	5157352	402185000	77.98	3.9	10.1
其他金屬	20334974	1341157000	65.95	3.3	8.5

家用電器	3370532	174348000	51.73	2.6	6.7
其他電力設備	509214	14805000	29.07	1.4	3.8
通用機械設備	7011871	296669000	42.31	2.1	5.5
非金屬家具	2115418	72127000	34.10	1.7	4.4
金屬傢俱	1086040	35735000	32.90	1.6	4.3
廢水及汙水處理	1656999	17848000	10.77	0.5	1.4
廢棄物清除、處里	18099297	893487000	49.37	2.5	6.4
資源回收處里	3161750	105999000	33.53	1.7	4.3
空貨櫃	6027456	491725000	81.58	4.1	10.6
貨櫃貨	83840411	7542878000	89.97	4.5	11.6
*1 資料來源：平均運距依交通部統計處2011「中華民國臺灣地區汽車貨運調查報告」					
*2 以5T柴油貨車，最大載貨量八成之燃油效率8.1km/L、15T柴油貨車，最大載貨量八成之燃油效率3.46km/L，分別以市佔四成與六成換算所得之延噸公里耗油當量為20.1(L/(km・t))。					
*3 柴油碳排係數採(2019)能源局公告2.606 kgCO ₂ /L計算運輸碳排係數					

附錄五、低碳工法認定原則

一、目的與原則

低碳工法（Low-Carbon Construction Method，以下簡稱 LC 工法）是依據內政部建築研究所(以下簡稱 ABRI)「低碳建築評估手冊草案」(以下簡稱手冊草案，手冊參見 LCBA 網站)所提出的低碳建築評估系統 LEBR（Low Embodied-carbon Building Rating System）所開發的認定機制。LC 工法認定的主要目的是對建築產業開發具減碳功能之低碳工法進行減碳量與減碳額度之認定，以作為 LEBR 減碳評估之依據，並公布於指定評定機構之網站上以備公開查詢。未來任何建築工程申請 ABRI 之低碳建築評估認證時，只要採用本法認定通過之 LC 工法，均可依其認證之減碳額度與 LC 工法實施之數量，得到認定減碳額度的優惠計算，有助於營建減碳技術的開發，並落實實質減碳設計。

LC 工法之認定原則如下：

1. LC 工法之認定對象只限於 LEBR 計算範疇內之相關工法。
2. 減碳額度不得因工程規模、建築量體、建築樓層數或配置改變時而產生減碳量的差異。
3. 減碳額度不得來自於結構設計之差異，如改變結構系統或改變鋼筋綁紮的方法以減少結構材料用量等。
4. 減碳額度只限於建材減量或低碳建材所產生的減碳效益計算，其他因建材所產生之隔熱效益或節能效益，如氣密窗、隔熱玻璃、外牆構件等建築構造所引發的建築節能量，已經另由 ABRI 的建築能效評估認證處理，不包含在本規範認定與計算範疇之內。
5. 再生建材、循環建材的減碳效益已於 LEBR 評估系統中提供優惠計算，不得重複納入 LC 工法的減碳額度認定範圍。

二、認定基準

LC 工法之認定為計算建材減量或低碳建材所產生的減碳效益，其計算範疇為 1.原物料、2.原料運輸、3.建材製造、4.建材運輸等四階段之碳排量(即所謂搖籃到工地的碳排量)。申請 LC 工法認定時，申請單位必須依其「申請案」條件，提出市場上最普遍、且具相同功能之「基準案」情境，同時進行兩案四階段的碳排量計算後，依兩案差異之減碳量核定其減碳額度。也就是說，LC 工法僅針對「申請案」與「基準案」兩種工法在 LEBC 所定義的生命週期中所產生的碳排放量差異進行計算與標示。

低碳工法的減碳額度 LCC_m 依據公式 (1~3) 計算：

$$TCE = C1 + C2 + C3 + C4 \quad (1)$$

$$TCE_s = C1_s + C2_s + C3_s + C4_s \quad (2)$$

$$LCC_m = TCE_s - TCE \quad (3)$$

其中：TCE：申請案於計算範疇之總碳排放量 ($kgCO_2$ /功能單位)

TCE_s：基準案於計算範疇之總碳排放量 ($kgCO_2$ /功能單位)

C1：申請案原料取得階段之碳排放量 ($kgCO_2$ /功能單位)

C2：申請案原料運輸階段之碳排放量 ($kgCO_2$ /功能單位)

C3：申請案製造階段之碳排放量 ($kgCO_2$ /功能單位)

C4：申請案運輸階段之碳排放量 ($kgCO_2$ /功能單位)

C1_s：基準案設計案原料取得階段之碳排放量 ($kgCO_2$ /功能單位)

C2_s：基準案原料運輸階段之碳排放量 ($kgCO_2$ /功能單位)

C3_s：基準案製造階段之碳排放量 ($kgCO_2$ /功能單位)

C4_s：基準案運輸階段之碳排放量 ($kgCO_2$ /功能單位)

LCC_m ：申請案之減碳額度 ($kgCO_2$ /功能單位)

前述 C1~ C4 或 C1s~C4s 之碳排量資料大部分可由 ABRI 碳排資料庫或手冊草案取得，申請者依 LC 工法之功能單位與建材尺寸、材質名稱即可計算處理。若有 ABRI 碳排資料庫或手冊草案無法取得碳排資料之建材時，亦可由環保署碳排資料庫、國際知名碳排資料庫（如 Simapro、Gabi 等）或 ABRI 碳排資料庫中選用初級資材來組成建築構件、並自行計算合成該構件之碳排數據使用之，但須檢附設計圖、碳排資料來源與構件碳排數據合成計算資料以供查核。C3、C3c 為製造階段之碳排放量，僅計算生產該項建材過程所產生之排碳量，副產品部分不計入。C4、C4c 為建築構件運輸階段之耗能，應依附表 4-1 所示平均運距與運輸碳排係數代入計算。

三、申請文件格式

申請文件格式如下：

1. 低碳工法申請名稱與產品編號、申請單位、住址
2. 申請低碳工法之低碳原理說明
3. 原第三方驗證單位碳盤查通過之文件證明。
4. 本申請案之減碳額度計算過程
5. 使用本申請案減碳額度之信賴性與品質管理說明
6. 本申請案減碳額度未來使用於 LEBR 評估時必要提示之證明文件說明

上述文件格式及相關細則將授權由指定評定機構訂定提供。