



淨零建築

NET ZERO

低蘊含碳案例分享

逢甲大學建築專業學院

趙又嬋副教授

91

Bachelor

93

Master

98

Ph.D.

Low
Carbon

Light

Sense
Lab

LCA

Sustainable
Building



趙又嬋 副教授



國立成功大學建築研究所博士

»» NCKU ARCH »»

逢甲建築學士學位學程主任

臺中市政府都市設計審議委員

EEWH 綠建築評定委員

BERS、LEBR 評定委員

建築師專技高考及格



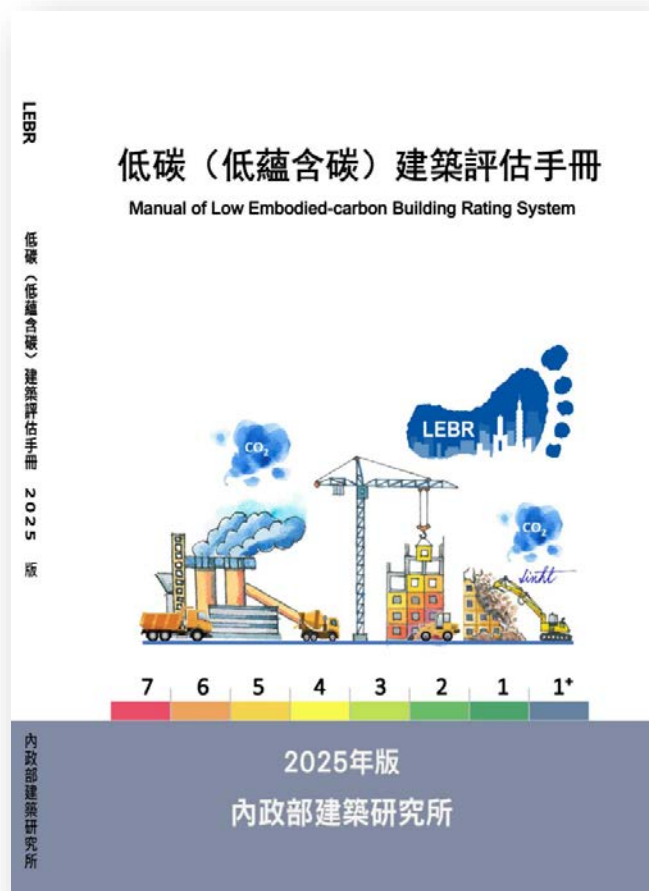
建築專業學院
School of Architecture

LEBR 評估指南

01

A decorative illustration on the right side of the slide. It features a central light green circular area with the number '01' in a bold, dark green font. This circle is surrounded by a wreath-like arrangement of various green leaves and small flowers in shades of green and teal. Several light blue butterflies are scattered around the central circle, some appearing to fly towards it. The entire illustration is set against a dark green horizontal band that spans the width of the slide.

LEBR 手冊下載

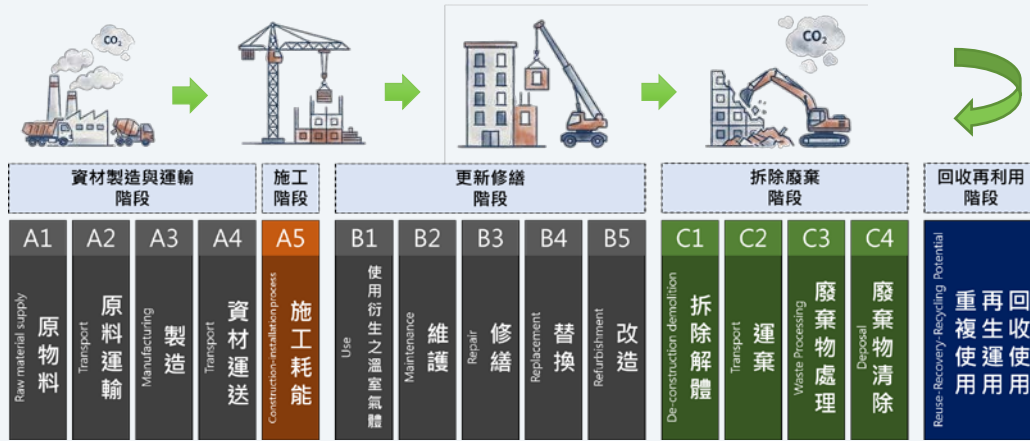


下載網址：內政部建築研究所→資訊與服務→技術手冊

<https://reurl.cc/0aplrK>

LEBR 系統評估系統總覽

對應 EN15978 方法論

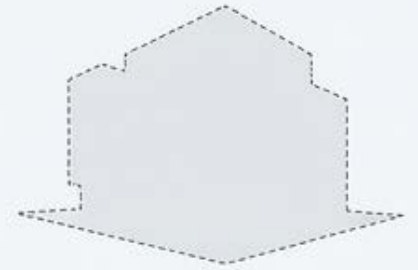


自我比較原則



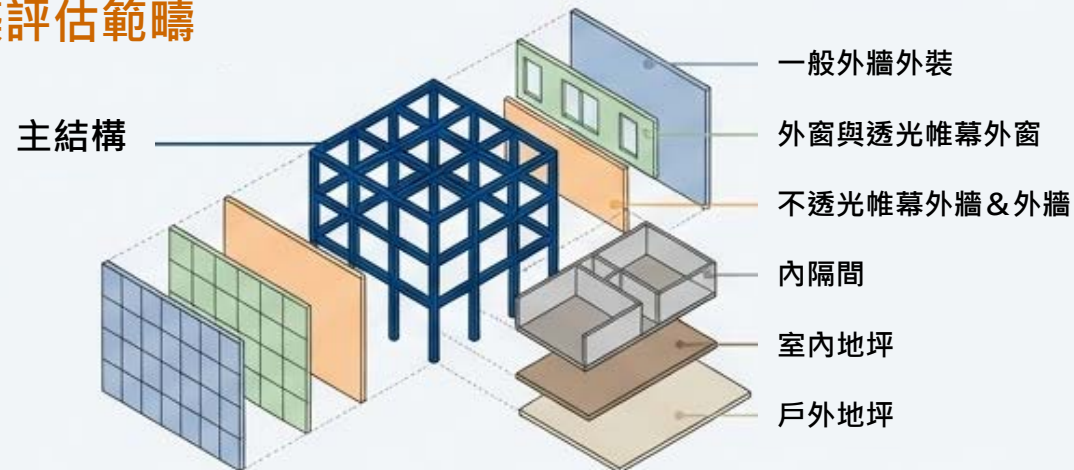
設計案

V.S.



基準案

建築評估範疇



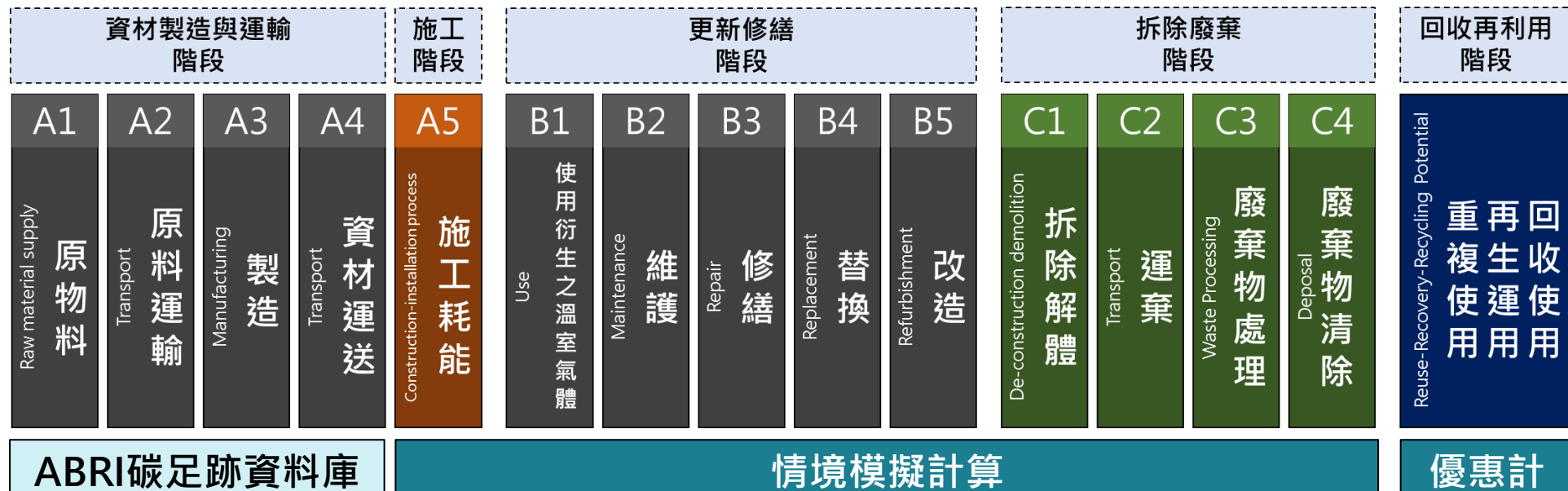
減碳分級評估



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

LEBR 四階段簡算法

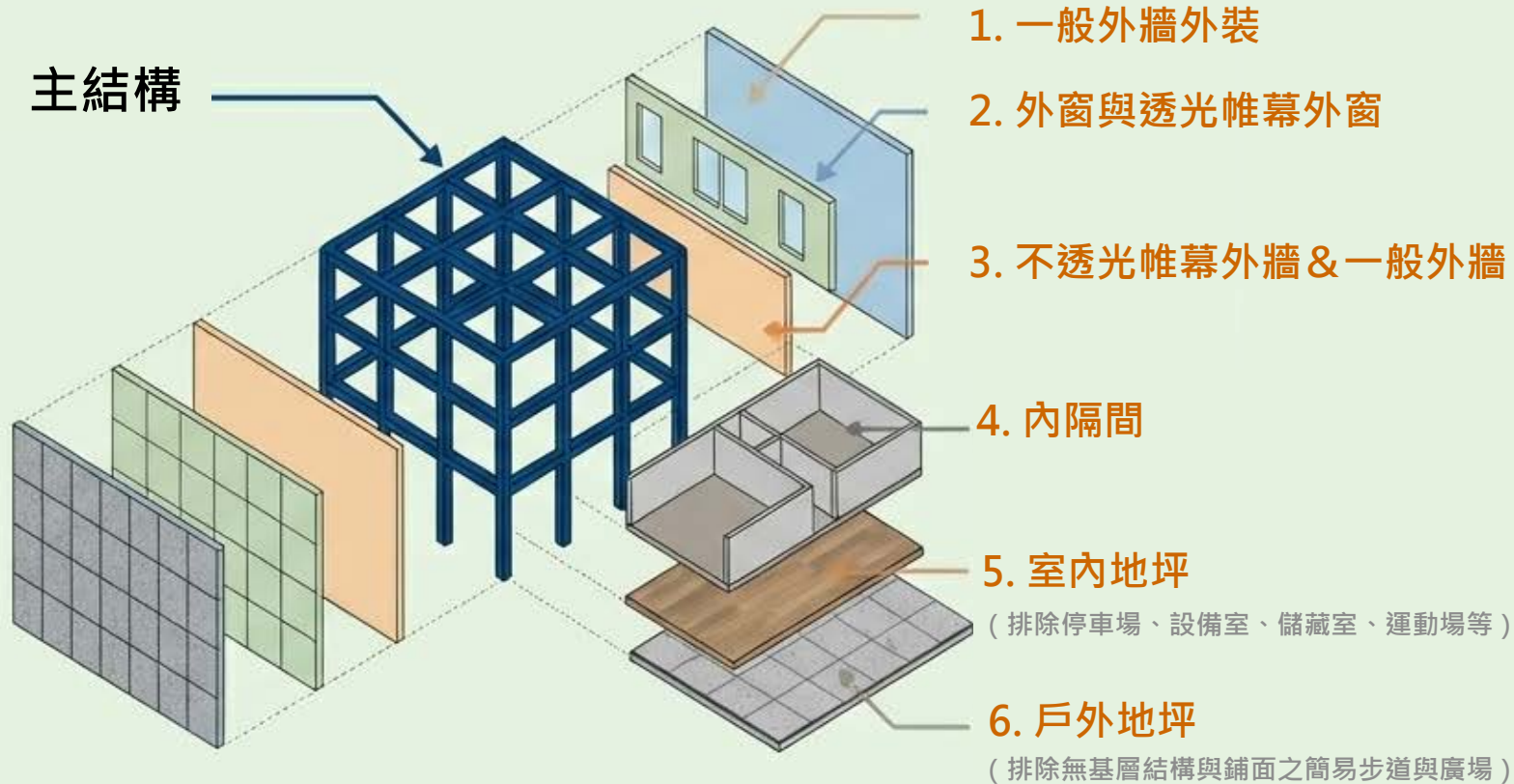
- (1) 製造運輸：包括主結構體工程與非主結構六項工程 (A1~A4) 。
- (2) 施工階段：依據簡算公式，分地上層與地下層面積乘上係數求取 (A5) 。
- (3) 更新修繕：依據該工程分類的生命週期更新次數計算 (B1 ~ B5) 。
- (4) 拆除廢棄：依據簡算公式，分地上層與地下層面積乘上係數求取 (C1~C4) 。



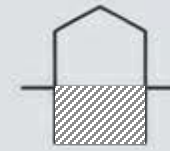
LEBR 評估範疇：主結構 & 六大非主結構

評估範疇

主結構



非評估範疇



1. 地下層空間



2. 非居室用途、特殊用途



3. 室內裝修工程



4. 戶外景觀工程



5. 臨時性建築

一、主結構碳排計算

- LEBR 的計算中，主結構是以迴歸公式評估法來計算，對於**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**有減碳優惠計算，對於減碳技術之開發有激勵效益。
- LEBR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**。

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

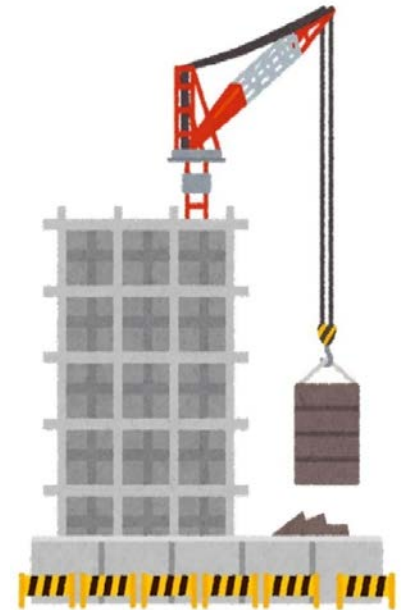
(地上結構碳排)(低碳混凝土減碳率)(舊建築利用減碳率)

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

(地上結構碳排)

$$\text{地下層主結構碳排 } CF_s' = 330 \times AF_b + 45.5 \times (AF_u + AF_b) \dots\dots\dots (2)$$

(地上層總樓地板面積) (地下層總樓地板面積)



一、主結構碳排計算

建築主結構碳排評估因子

$$C_u \text{ (地上結構碳排)} = A_{Fu} \text{ (地上層總樓地板面積)} \times C \text{ (單位面積碳排)} \times W \text{ (構造係數)}$$

地上樓層數

設計地震力
(依建築物耐震設計規範)

$$C \text{ (地上結構單位碳排)} = \left[224 + 4.11 \times (S - 10) + 300 \times \left(I \times S_{aD} / F_u - 0.192 \right) + \right.$$

跨距變化係數

額外靜載重
(隔間牆、地坪種類)

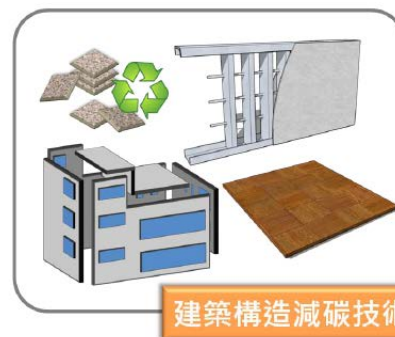
活載重
(使用用途)

底層樓高

$$68.74 \times (S_p - 1.0) + 0.17 \times (D_0 - 300) + 0.13 \times (L - 300) + 1.05 \times (B_H - 3.5) \Big] \times$$

$$R_s \text{ (靜力分析折減係數)} \times F \text{ (形狀係數)} \geq 165$$

$f_1 \times f_2 \times f_3$



一、主結構碳排計算

地上結構碳排影響因子



地上樓層數 S



構造係數 W



設計地震力



底層樓高變化 BH



活載重 L (使用用途)



額外靜載重 D_0



跨距變化 S_p (結構系統)



平面形狀係數 F (結構系統)

一、主結構碳排計算

構造係數W

輕量化

= 減少建材使用量

= 耐震能有效減低地震力

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。

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。



木構造 $W = 0.7$



輕鋼構造 $W = 0.8$



鋼構造 $W = 0.9$



RC構造 $W = 1.0$



SRC構造 $W = 1.05$



磚石構造 $W = 1.2$

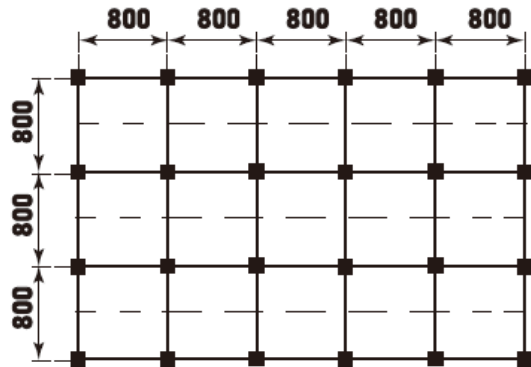
一、主結構碳排計算

地上層跨距變化係數 S_p

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

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

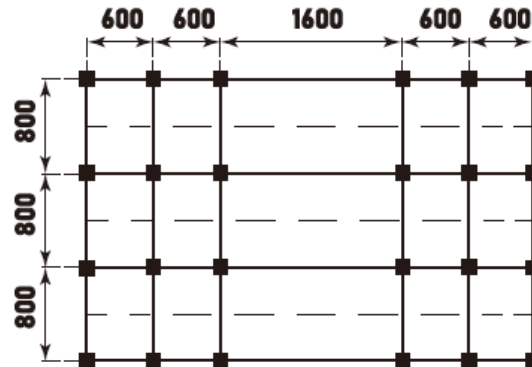
$$S_p = \left(a_x \times B_x + a_y \times B_y \right) / \left(B_x + B_y \right) \dots\dots\dots (c)$$



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

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

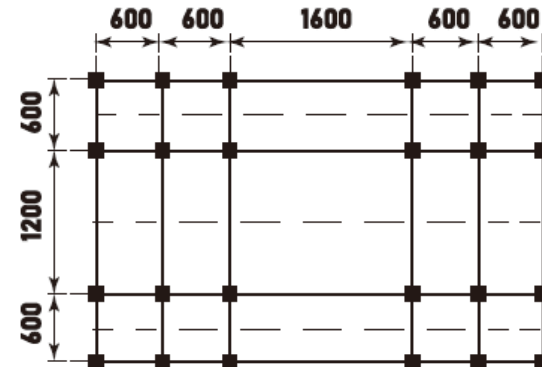
$$S_p = (1 \times 40 + 1 \times 24) / (40 + 24) = 1.0$$



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

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

$$S_p = (2 \times 40 + 1 \times 24) / (40 + 24) = 1.63$$



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

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

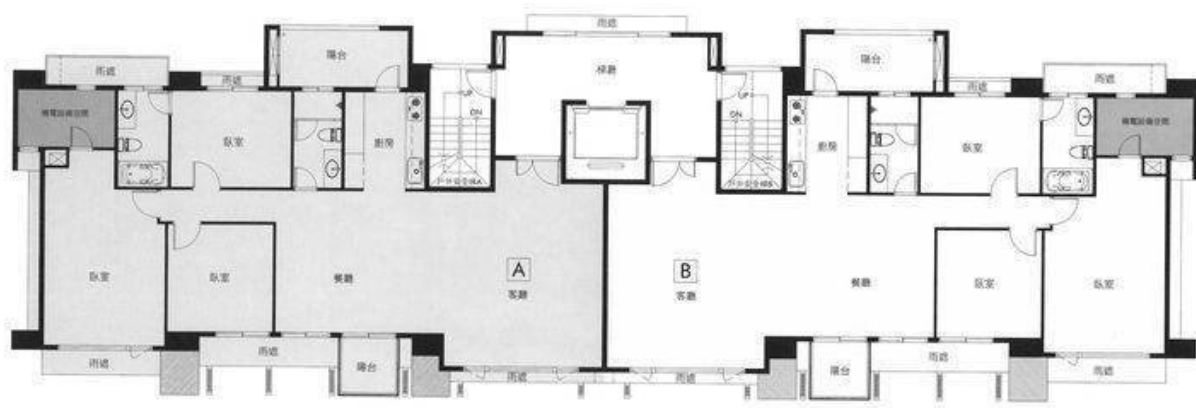
$$S_p = (2 \times 40 + 1.5 \times 24) / (40 + 24) = 1.81$$

一、主結構碳排計算

形狀係數 F

「平面形狀不規則 f1」、「平面長寬比f2」、「平面出挑 f3」三個對碳排較有影響的形狀因子納入參數

$$F = f1 \times f2 \times f3$$



圖片來源：https://note.com/hiroyuki_shima/n/n23b1997bfb69

一、主結構碳排計算

平面形狀不規則修正係數 f_1

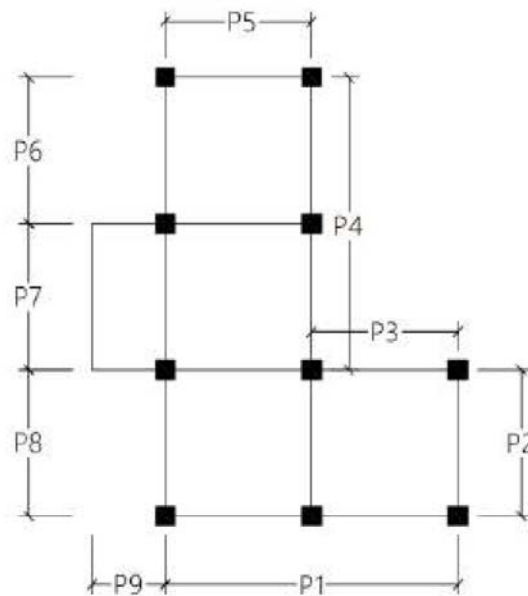
$$PAr = 0.282 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

(周長面積比係數)

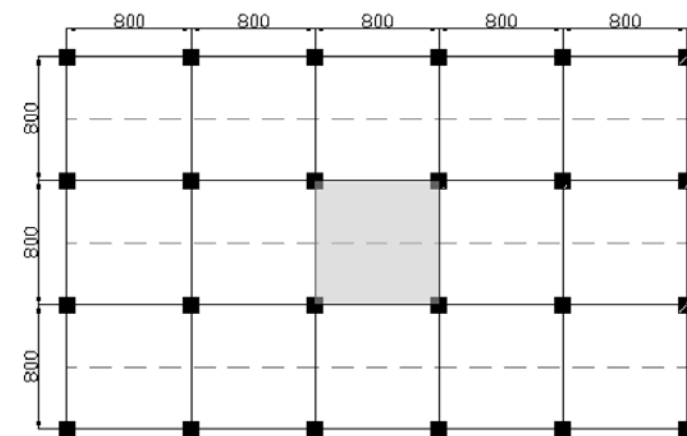
A：標準層平面面積 (m^2)

P：標準層平面總周長 (m)

PAr：周長面積比係數，無單位



不規則平面

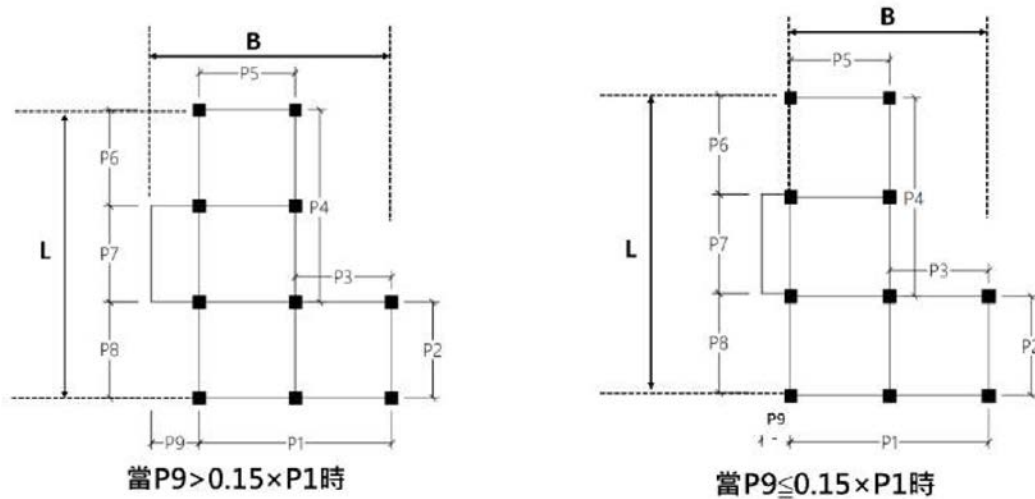


規則平面

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_1	1.00	1.03	1.05	1.08

一、主結構碳排計算

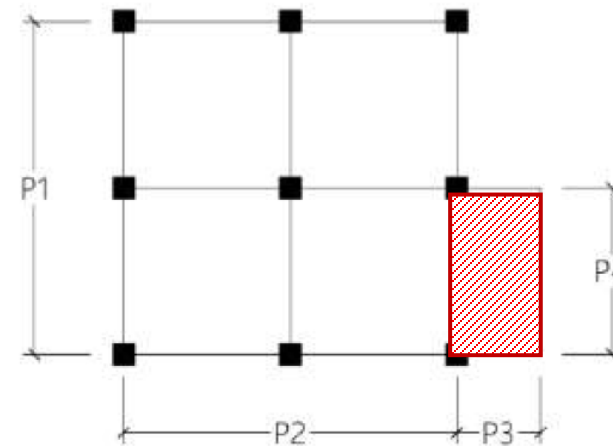
平面長寬比修正係數 f_2



$$b = L/B$$

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

平面出挑修正係數 f_3



$$R_c = \frac{P3 \times P4}{P1 \times P2 + P3 \times P4}$$

出挑係數 $R_c = \frac{\text{出挑部分面積}}{\text{當層總樓地板面積 (含出挑部分)}}$

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

一、主結構碳排計算

低碳混凝土減碳率LCCR

依實際設計水泥強度效益倍數CSER計算。

$$LCCR = 1.0 - CSER \times 0.05$$

水泥強度效益倍數CSER (psi/kg水泥量) =

(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)

例：高性能混凝土6000psi，每m³混凝土水泥用量為400kg，則 CSER=6000/400/10=1.50



Kg/cm ²	磅 (psi)
210	3000
245	3500
280	4000
350	5000
420	6000

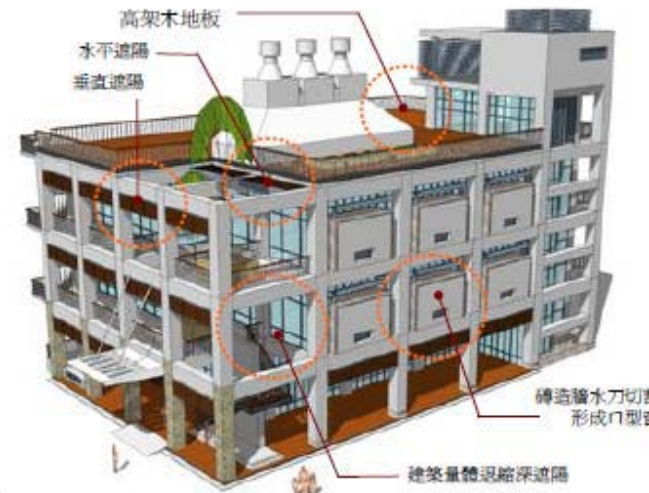
設計強度 kgf/cm ²	設計坍 (流)度cm	粒料標 稱最大 粒徑 (mm)	水灰(膠) 比	用砂率 %	含氣量 %	每m ³ 混凝土各材料使用量(kg)							總計
						水泥	燐石粉	飛灰	水	細粒料	粗粒料	藥劑	
<90	40	19	0.95	58.0	2.0	100	0	100	190	1070	778	2.0	2240
140	18	19	0.71	53.2	1.5	187	37	25	175	1003	886	2.5	2316
210	18	19	0.58	50.6	1.5	223	44	30	171	936	918	3.0	2325
280	18	19	0.44	47.8	1.5	286	57	38	168	852	934	3.8	2339
280	20	19	0.42	47.4	1.5	307	61	41	171	830	925	4.1	2339
420	60~70	19	0.35	50.0	2.0	400	80	53	187	791	794	5.3	2310
560	60~70	19	0.31	49.2	2.0	451	120	30	186	756	784	6.0	2333
700	60~70	19	0.28	47.6	2.0	494	131	33	184	710	784	6.6	2343

一、主結構碳排計算

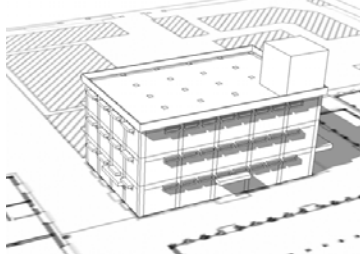
增改建之舊建築利用減碳率 RN

$$RN = (AFu - EBF) / AFu$$

(地上層總樓地板面積) (舊建築再利用地上面積)



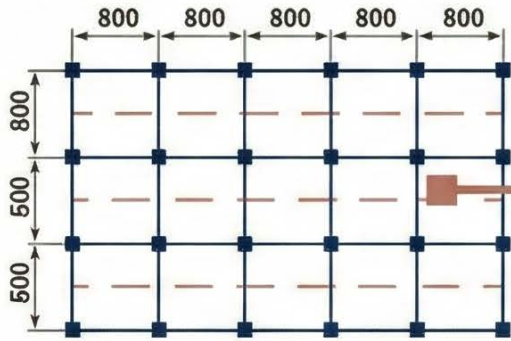
台中花雕儲酒廠再利用後



台中花雕儲酒廠改善前

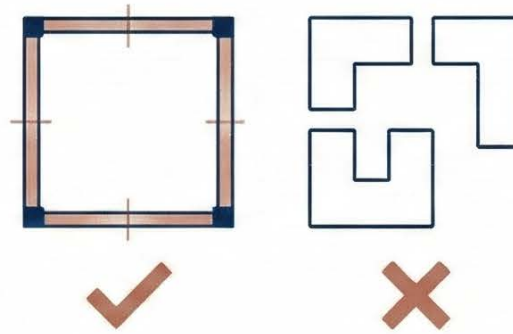
主結構減碳的關鍵因子

① 跨距變化 (Sp)



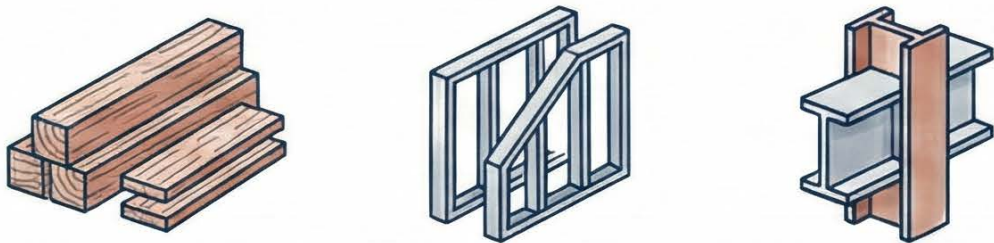
均勻、規律的柱網結構最有效率，可大幅降低碳排。避免跨距變化過大。

② 平面形狀 (F)



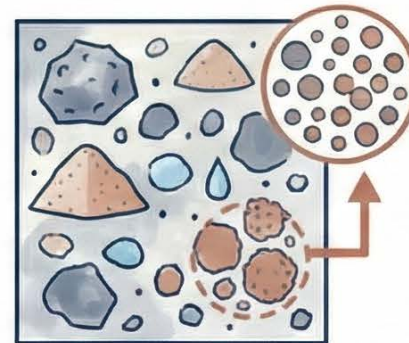
規律的矩形或方形平面，能避免額外補強需求。L型、U型等不規則平面會增加碳排。

③ 構造系統 (W)



木構造(W=0.7)、輕鋼構(W=0.8)、鋼構(W=0.9)優於 RC構造(W=1.0)。

④ 低碳混凝土 (LCCR)



採用高性能混凝土配比

$$LCCR = 1.0 - CSER \times 0.05$$

CSER = 水泥強度效益倍數

二、製造運輸 & 更新修繕兩階段碳排計算

製造運輸階段非結構碳排

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

(傳統RC 外牆外裝新建碳排) (不透光帷幕外牆新建碳排) (室內地坪新建碳排)
(透光外窗及帷幕外窗新建碳排) (內隔間新建碳排) (戶外地坪新建碳排)

製造運輸階段總碳排

$$C_{fum} = C_f + CF_{ns} \dots\dots\dots (9)$$

(地上層主結構修正碳排) (製造運輸階段非結構碳排)

更新階段碳排

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

(傳統RC 外牆外裝更新碳排) (不透光帷幕外牆更新碳排) (室內地坪更新碳排)
(透光外窗及帷幕外窗更新碳排) (內隔間更新碳排) (戶外地坪更新碳排)

非結構碳排



1. 一般外牆外裝



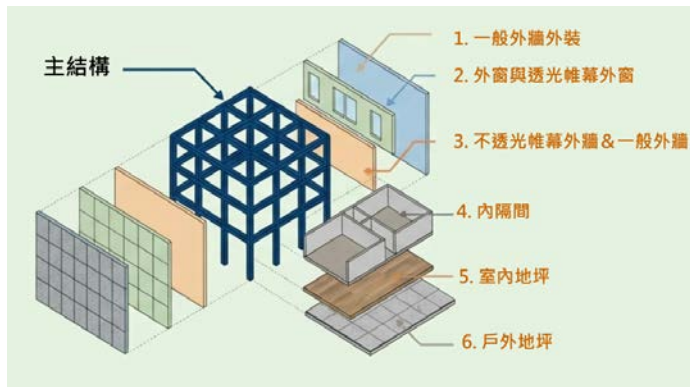
2. 傳統透光外窗



2. 帷幕外窗



3. 不透光帷幕外牆 & 一般外牆



4. 內隔間牆

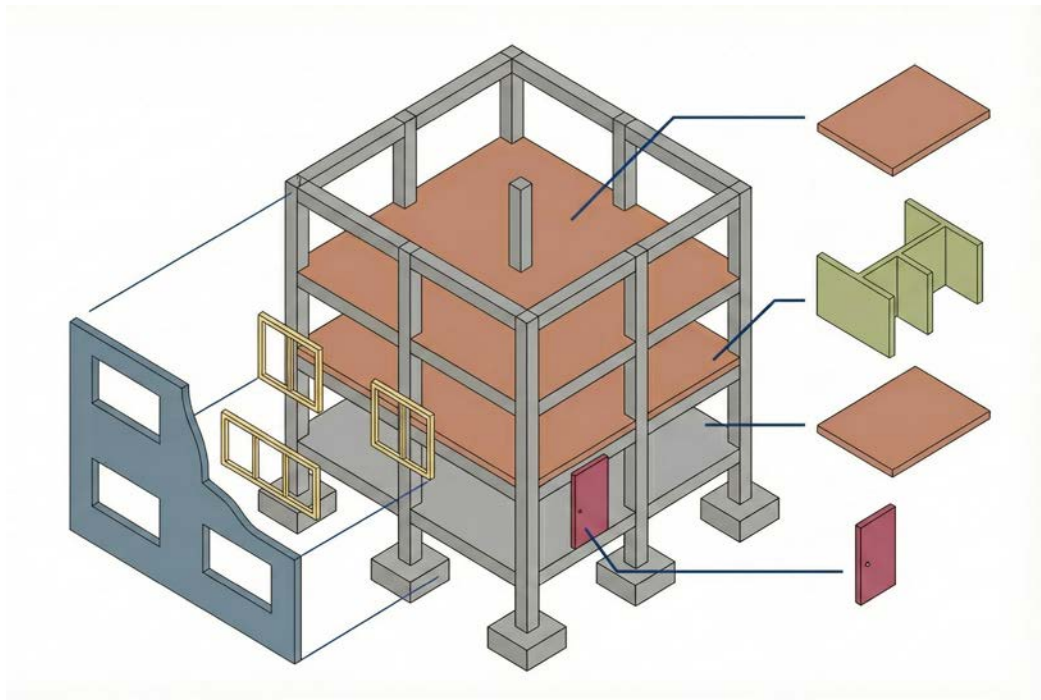


5. 室內地坪



6. 戶外地坪

基於ABRI構件碳排資料庫（B-LCC）的標準化計算



非主結構的六大類碳排，計算採用內政部建築研究所（ABRI）的 **建築構件碳排資料庫 B-LCC**，依照圖說將各構件面積乘上資料庫中標準碳排值。

構件碳排 = Σ （構件面積 X 單位碳排）

構件計算範疇	構件構造類別	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
非主 結構 工程	1.一般外牆外裝*2	一般外牆貼磁磚、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 15
	2.外窗與透光帷幕 外窗*3	金屬、塑鋼類外窗	60	0	60	0	60
		木製外窗/牆（木製外 牆視同外窗）	20	2	20	2	20
		金屬、塑鋼類帷幕外 窗	60	0	60	0	60
	3.不透光帷幕外 牆及一般外牆	金屬、PC 類帷幕牆及 一般外牆	60	0	60	0	60
	4.內隔間*4	內隔間（非結構牆）	20	2	30	1	60
	5.室內地坪*2*5		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
	6.戶外地坪*2*5	RC 基層地坪	基層 60 表層 15	基層 0 表層 3	基層 60 表層 20	基層 0 表層 2	基層 60 表層 30
		碎石基層地坪	基層 60 表層 10	基層 0 表層 5	基層 60 表層 15	基層 0 表層 3	基層 60 表層 20

各建築構件的生命週期LCi與更新次數標準Rti，
依據高耗損、中耗損、低耗損等三種水準查表。

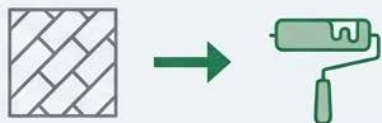
(1) 外牆外裝

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。



外牆外裝

一般外牆外裝
(Exterior Finishes)



低碳選項：塗料外裝

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 (19.65)	28.7	1.0	19.65	0
2.RC 外牆乾式鋼件掛石材	無底層	防水塗料+鋼件 掛石材 (12.79)	12.79	1.0	12.79	-22.77
3.RC 外牆塗料外裝	底層砂漿 (9.05)	防水塗料 (5.724)	14.77	3.0	17.16	-16.42
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 (19.65)	19.65	1.0	19.65	-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	-25.51
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	-25.51
減碳量計算法 $\Delta Fowj = \text{該構件之} (Fowj + Fowj^*) - \text{基準構件之} (Fowj + Fowj^*)$						

(2-1) 工程外窗：傳統外窗

傳統牆嵌入式外窗：在外牆結構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



傳統透光外窗



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 (24.84)	37.14	0	0	0
		嵌入式塑鋼框 (11.74)	24.04	0	0	-13.10
		嵌入式硬木木窗框 (5.22)	17.52	2.0	35.04	+15.42
2. 8 mm 普通或吸 熱玻璃	16.4	嵌入式鋁框 (24.84)	40.80	0	0	0
		嵌入式塑鋼框 (11.74)	28.14	0	0	-13.10
		嵌入式硬木木窗框 (5.22)	21.62	2.0	43.24	+23.62
3. 10 mm 普通或 吸熱玻璃	20.5	嵌入式鋁框 (24.84)	45.34	0	0	0
		嵌入式塑鋼框 (11.74)	32.24	0	0	-13.10
		嵌入式硬木木窗框 (5.22)	25.72	2.0	51.44	+31.82
4. 12 mm 普通或 吸熱玻璃	24.6	嵌入式鋁框 (24.84)	49.44	0	0	0
		嵌入式塑鋼框 (11.74)	36.34	0	0	-13.10
		嵌入式硬木木窗框 (5.22)	29.82	2.0	59.64	+40.02
5. 8 mm 反射玻璃	22.4	嵌入式鋁框 (24.84)	47.24	0	0	0
		嵌入式塑鋼框 (11.74)	34.14	0	0	-13.10

(2-2) 工程外窗：帷幕外窗



帷幕外窗

帷幕牆之透光外窗：

帷幕牆構件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，但不含帷幕牆構件不透光外牆部分。

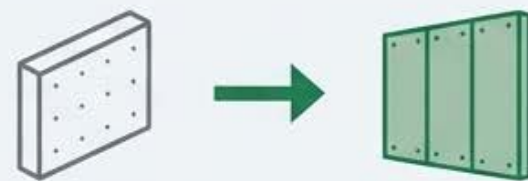
玻璃種類 (註 1)	玻璃 碳排 a	b.窗框構造 (碳排，註 2)	新建 碳排 Fwj a+b	更新 次數 c	更新碳排 Fwj*c* (a+b)	新建更 新合計 減碳量 ΔFwj (註 3)
1.6mm 普通 或吸熱玻璃	12.3	帷幕牆式鋁框或塑鋼框 (30.32)	42.62	0	0	0
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	58.93	0	0	+16.17
2. 8 mm 普 通或吸熱玻 璃	16.4	帷幕牆式鋁框或塑鋼框 (30.32)	46.72	0	0	0
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	63.03	0	0	+16.17
3. 10 mm 普 通或吸熱玻 璃	20.5	帷幕牆式鋁框或塑鋼框 (30.32)	50.82	0	0	0
		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	帷幕牆式鋁框或塑鋼框 (30.32)	55.92	0	0	0
		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	帷幕牆式鋁框或塑鋼框 (30.32)	52.72	0	0	0
		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	帷幕牆式鋁框或塑鋼框 (30.32)	58.32	0	0	0
		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	帷幕牆式鋁框或塑鋼框 (30.32)	63.92	0	0	0
		帷幕牆式或抓耙釘式不銹鋼框 (46.63)	80.23	0	0	+16.17

(3) 不透光帷幕外牆

帷幕外牆：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。



不透光帷幕外牆
(Opaque Curtain Walls)



低碳選項：金屬板帷幕牆

構造名稱	a. 新建碳排 F _{cwj}	b. 更新次數	更新碳排 F _{cwj} * a*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	58.12	0	0	-15.55
2.玻璃面內襯隔熱材帷幕牆	69.62	0	0	-4.05
3.石材版內襯隔熱材帷幕牆	39.95	0	0	-33.72
4.珐琅鋼板內襯隔熱材帷幕牆	102.57	0	0	+28.9
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 $\Delta F_{cwj} = \text{該構件之} (F_{cwj} + F_{cwj}^*) - \text{基準構件之} (F_{cwj} + F_{cwj}^*)$				

(4) 內隔間工程

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，不包括剪力牆、教室隔間牆等結構性內牆。



建築分類	構造名稱	a.新建碳排 Fiwj	b.更新次 數	a*b 更新碳排 Fiwj*	新建更新合計 減碳量 Δ Fiwj
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	31.83	2.0	63.66	-73.35
	3.輕隔間牆(矽酸鈣板)	22.33	2.0	44.66	-101.85
	4.12 公分 RC 隔間牆	70.31	2.0	140.62	42.09
	5.清水空心磚牆	9.15	2.0	18.3	-141.39
	6.水泥雙面粉刷空心磚牆	27.25	2.0	54.5	-87.09
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	31.83	1.0	31.83	-48.9
	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 Δ Fiwj=該構件之 (Fiwj+ Fiwj*) -基準構件之 (Fiwj+ Fiwj*)					

(5) 室內地坪工程

室內地坪工程：

在樓板結構上施作水泥粉刷、貼磁磚、木質地板等工程。



室內地坪
(Interior Flooring)



低碳選項：整體粉光地坪

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	19.65	33.23	基層 1 表層 3	72.53	0
	2.整體粉光地坪	0.97	無表層	0.97	基層 1 表層 3	0.97	-103.82
	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(軟)	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	22.85	36.43	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	14.87	28.45	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	20.23	33.81	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	16.24	29.82	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	5.29	18.87	基層 1 表層 5	39.88	-53.24

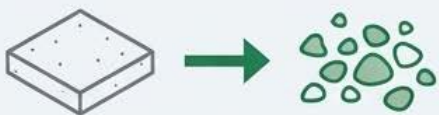
(6) 戶外地坪工程

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。



戶外地坪
(Outdoor Paving)



低碳選項：碎石基礎

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 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 (60.10)	貼磁磚 (基準值)	48.28	108.38	3	144.84	0
		貼水泥磚/連鎖磚	84.55	144.65	3	253.65	145.08
		水泥粉刷	18.1	78.2	3	54.3	-120.72
		瀝青混凝土	8.53	68.63	3	25.59	-159
		抵/洗/斬石子	36.34	96.44	3	109.02	-47.76
		貼石材	38.19	98.29	3	114.57	-40.36
		PU/壓克力樹脂/紙模 版/樹脂壓花地坪	30.04	90.14	3	90.12	-72.96
		Epoxy 地坪	36.28	96.38	3	108.84	-48
	碎石基礎 (2.57)	乾砌水泥磚/連鎖磚	58.55	61.12	5	292.75	0
		清碎石路面	2.14	4.71	5	10.7	-338.46
		瀝青混凝土	8.53	11.1	5	42.65	-300.12
		乾砌石塊	22.65	25.22	5	113.25	-215.4
		乾砌石板	12.18	14.75	5	60.9	-278.22
		乾砌植草磚	41.33	43.9	5	206.65	-103.32
		JW 工法透水 RC 鋪 面 (註 2)	53.8	56.37	2	107.6	-189.9

三、施工階段碳排計算

- 施工碳排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。
- LEBR只針對可操作減碳技術的地上層構造物進行評估，因此必須區分地上層與地下層分開計算。

施工階段地上層碳排 $CF_c = (0.14 + 0.95 \times S) \times AF_u \times (1.0 + CF_{rm}/CF_{um}) \dots\dots\dots (12)$

施工階段地下層碳排 $CF_c' = (0.14 + 2.14 \times S_b) \times AF \dots\dots\dots (13)$



四、拆除廢棄階段碳排計算

$$\text{地上層拆除廢棄物處理碳排 } CF_{dw} = (CF_d + CF_{wa}) \times (1.0 + CF_{rm} / CF_{um}) \dots\dots (14)$$

(地上層拆除工程碳排) (地上層廢棄物處理碳排) (維護修繕階段碳排) (製造運輸階段碳排)

$$\text{地上層拆除工程碳排 } CF_d = (0.06 \times S + 2.01) \times AF_u \dots\dots\dots (15)$$

(地上層樓層數) (地上層總樓地板面積)



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排必須區分地上層與地下層分開計算。

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 Wd (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

五、LEBR 分級評估

計算 減碳率 (CFR) 以判定等級，4級以上才能稱之為低碳



1. 舊建材再利用
2. 低碳循環建材
3. 低碳工法
4. 建築延壽優惠

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	$CFR \leq -20\%$

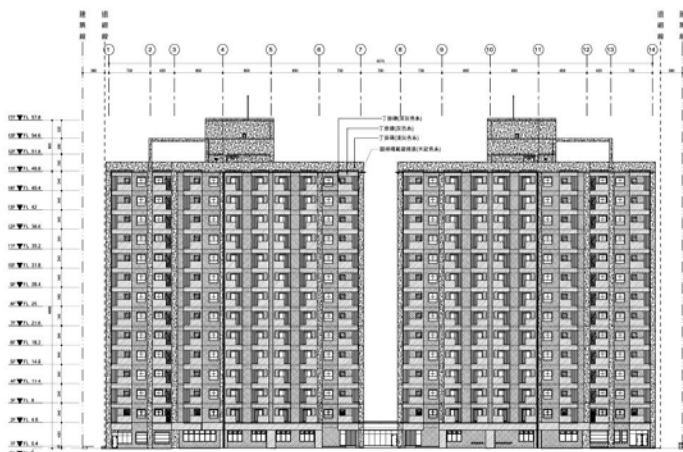
LEBR 案例計算示範

02

A decorative graphic on the right side of the slide. It features a central light green circular area with the number '02' in a bold, dark green font. This circle is surrounded by a wreath-like arrangement of various green leaves and small flowers in shades of green and teal. Several light blue butterflies are scattered around the central circle, some appearing to fly towards it. The entire graphic is set against a dark green horizontal band that spans the width of the slide.

工程名稱：高雄市 Z 社會住宅

- 本案位置坐落於高雄市，為地上14樓地下3樓的鋼筋混凝土RC構造建築，為一幢四棟住宅大樓。
- 建築用途：
地下：停車 / 機房
地上：店鋪 / 住宅單元



1.1 地上及地下層面積計算

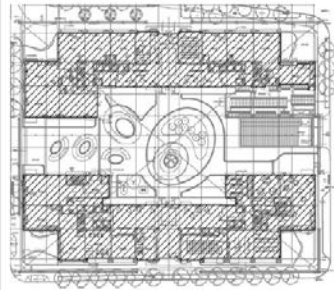
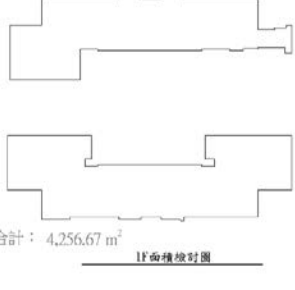
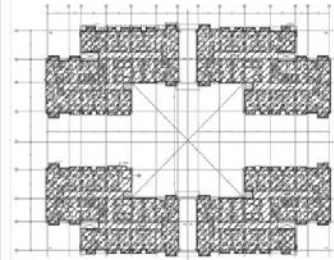
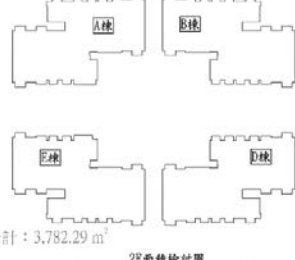
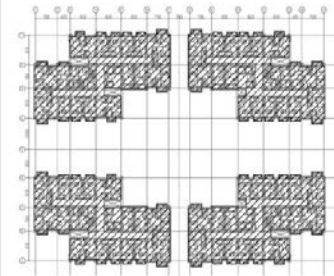
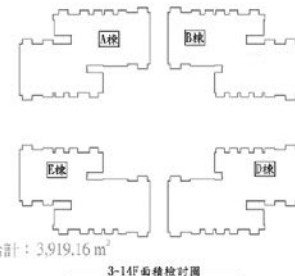
- 地上1至14層樓地板面積

AFu 合計為 56,259.8 m²

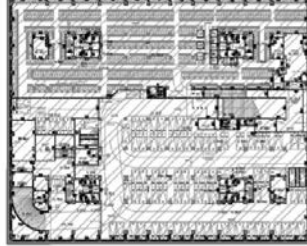
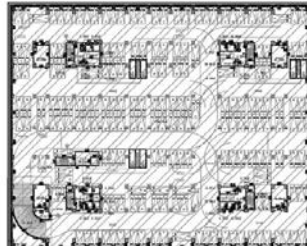
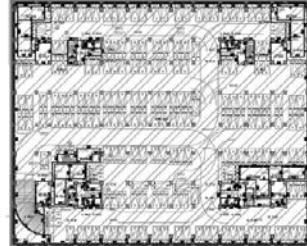
- 地下1~3層樓地板面積

AFb 合計為 23,120.49 m²

附註：計算樓地板面積時，當層陽台面積計入當層樓地板面積，但雨遮不計入樓地板面積。

1F		 合計：4,256.67 m ² 1F面積檢討圖
2F		 合計：3,782.29 m ² 2F面積檢討圖
3F-14F		 合計：3,919.16 m ² 3-14F面積檢討圖
合計	=4,256.67+3,782.29+3,919.16*12=56,259.8 m ²	

地上層樓地板面積

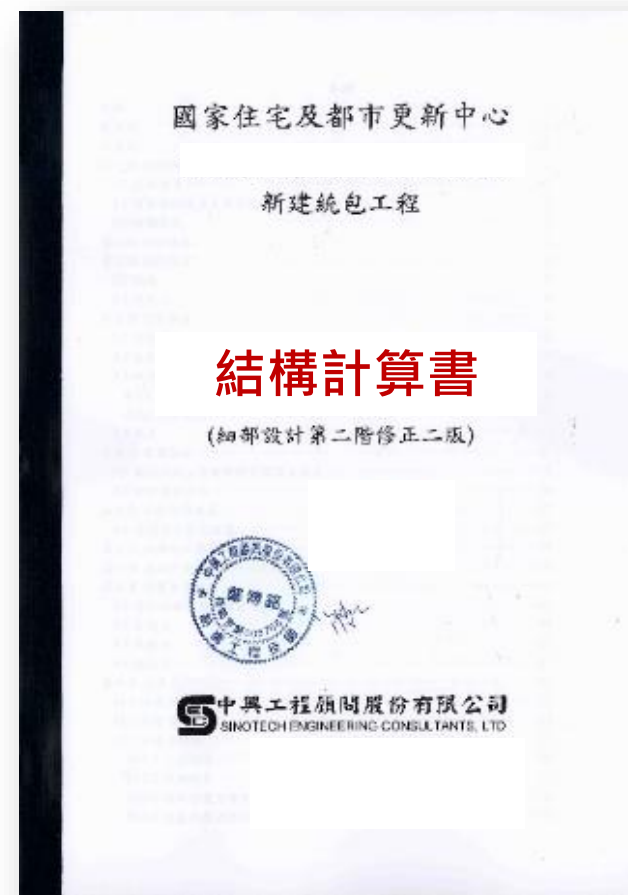
B1F		面積：7,706.83 m ² B1F面積檢討圖
B2F		面積：7,706.83 m ² B2F面積檢討圖
B3F		面積：7,706.83 m ² B3F面積檢討圖
合計	=7,706.83*3=23,120.49 m ²	

地下層樓地板面積

1.2 查詢結構計算書各項地震力設計參數

逐一查找結構計算書內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 $SaD=0.2$
- (3) 靜力分析折減 $R_s=1.0$
- (4) 活載重 $L=205\text{kg}$
- (5) 結構系統地震力折減係數 $F_u=3.0$



1.3 結構形狀係數 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。

平面形狀不規則修正係數 f_1



Q & A

請求出本案「 f_1 平面形狀不規則修正係數」

本案周長面積比

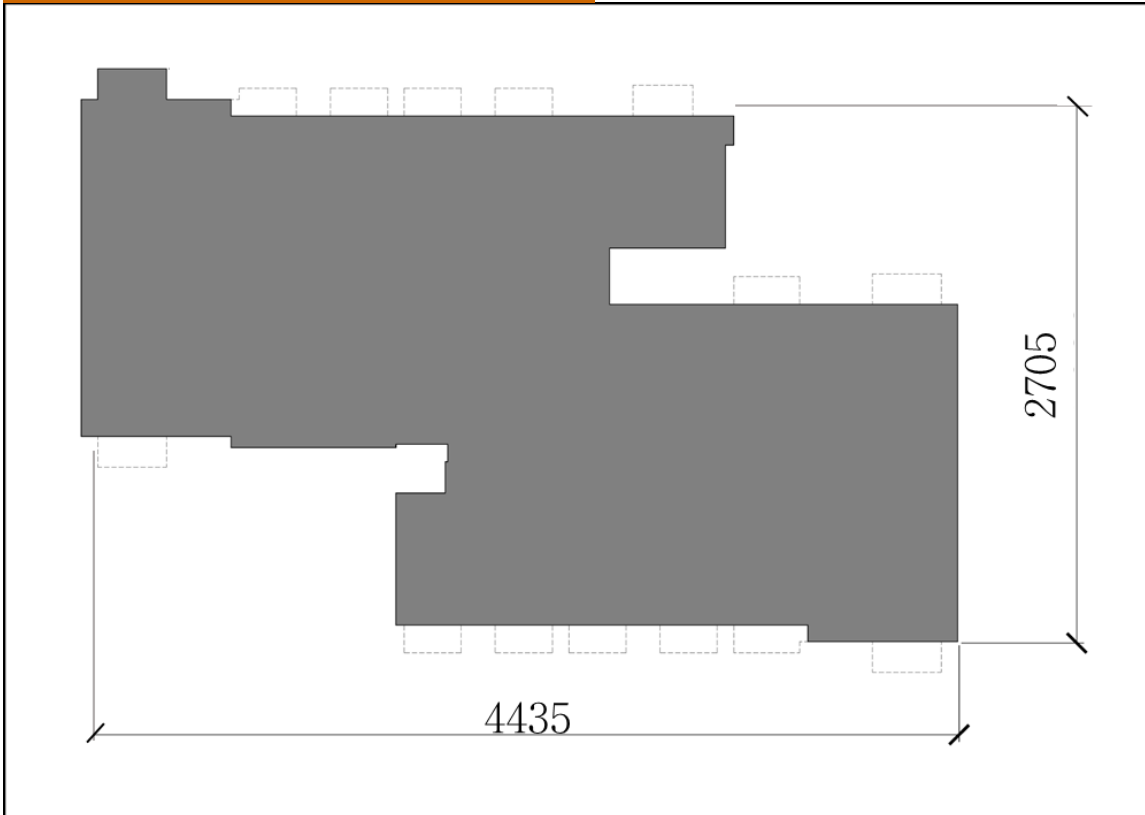
$$PAr = 0.282 * P / \sqrt{A} = 3.08$$

查表 5 對應 f_1 係數為 1.08。

周長面積比係數 PAr	$1.6 < PAr$
f_1	1.08

1.3 結構形狀係數 F 檢討

平面長寬比修正係數 f_2



由於本案標準層之建築量體為對稱造型，擷取其中一棟檢討平面長寬比作為代表。

Q & A

請求出本案「 f_2 平面長寬比修正係數」

本案平面長向 L 長度為44.35m，短向 B 長度為27.05m，總周長 P 為683.4m。

周長比 $b = L / B = 44.35 / 27.05 = 1.64$

查表 6 對應 f_2 係數為1.0。

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

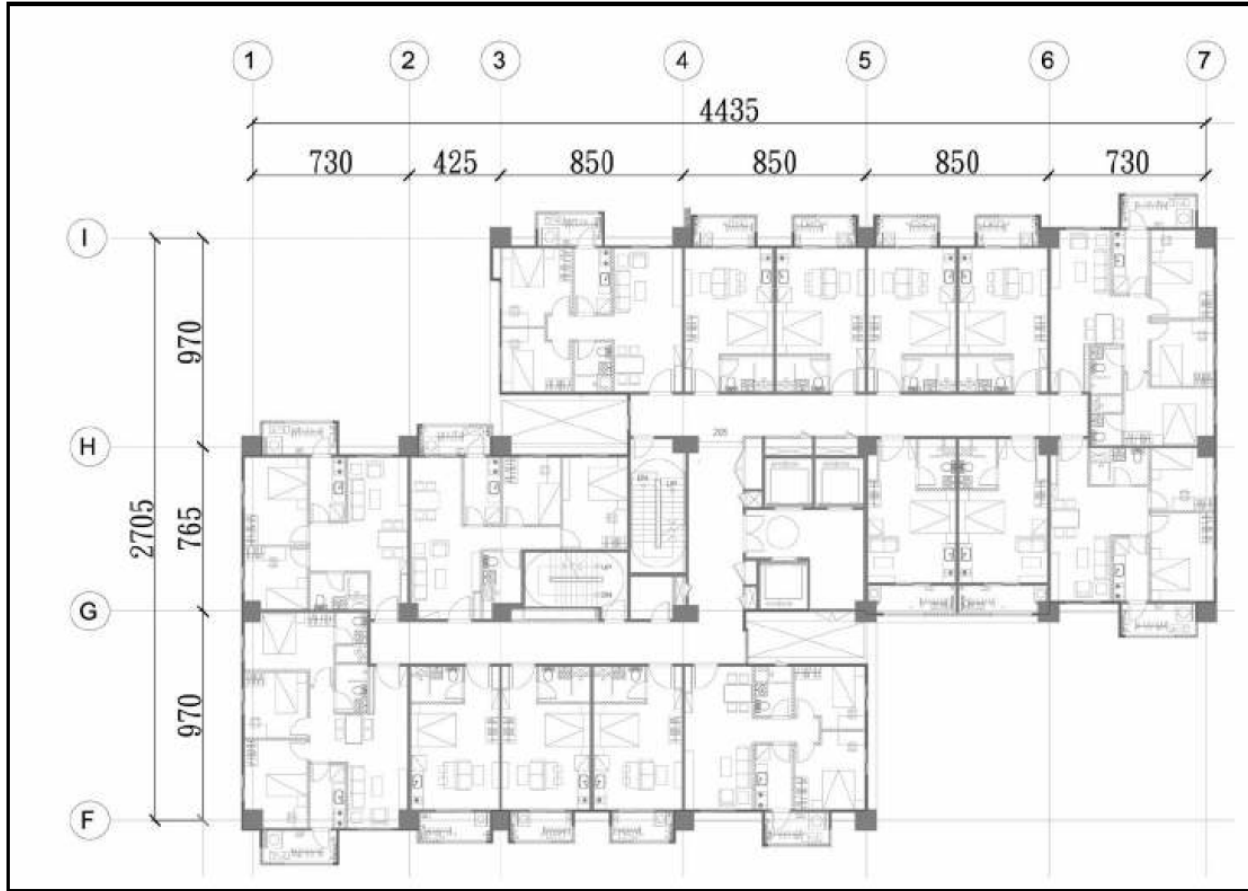
1.3 結構形狀係數 F 檢討

Q & A

結構形狀係數 $F = f_1 \times f_2 \times f_3$, 請求出本案「結構形狀係數F」

$$F = f_1 \times f_2 \times f_3 = 1.08 \times 1.0 \times 1.0 = 1.08$$

1.4 跨距變化 Sp 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檢討代表。

Q & A

先求出本案「X向跨距 a_x 」，及其所需的 $a_{x\max}$, $a_{x\text{avg}}$, $a_{x\min}$

$$X \text{ 向總跨距 } B_x = 150.1 \text{ m}$$

($7.3 \times 6 + 8.5 \times 11 + 4.25 \times 3 = 150.1$)

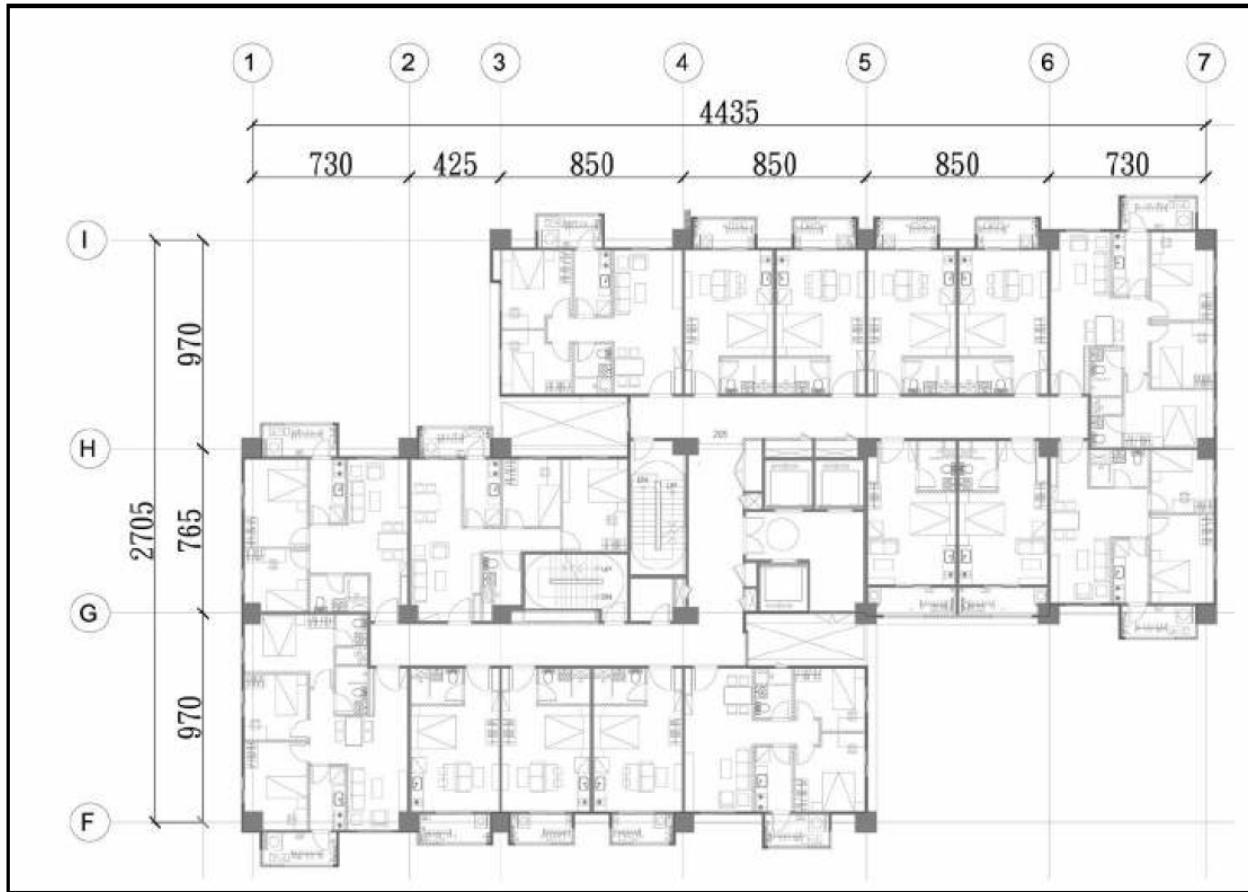
$$a_{x\text{avg}} = 150.1/20 = 7.50$$

$$a_{x\max} = 8.5$$

$$a_{x\min} = 4.25$$

$$a_x = \max(8.5/7.50, 7.50/4.25)$$
$$= 7.50/4.25 = 1.77$$

1.4 跨距變化 Sp 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檢討代表。

Q & A

先求出本案「Y向跨距 a_y 」，及其所需的 $a_{y\max}$, $a_{y\text{avg}}$, $a_{y\min}$

Y向總跨距 $B_y = 150.55 \text{ m}$

$$(9.7 \times 10 + 7.65 \times 7 = 150.55)$$

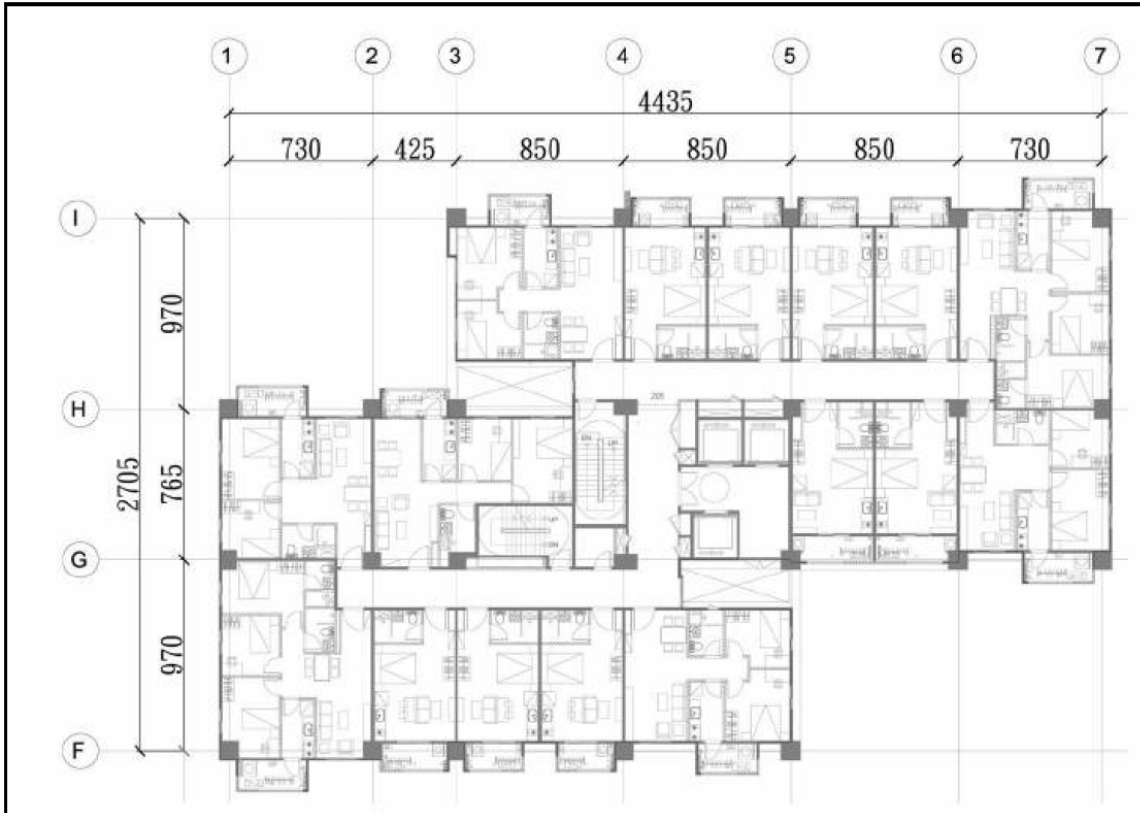
$$a_{y\text{avg}} = 150.55 / 17 = 8.86$$

$$a_{y\max} = 9.7$$

$$a_{y\min} = 7.65$$

$$a_y = \max(9.7 / 8.86, 8.86 / 7.65) \\ = 8.86 / 7.65 = 1.16$$

1.4 跨距變化 Sp 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檢討代表。

Q & A

最後運用前述所得之X向跨距 a_x 、Y向跨距 a_y 等數值，求出「跨距變化 S_p 」

$$a_x = 1.77 \quad B_x = 150.1$$

$$a_y = 1.16 \quad B_y = 150.55$$

$$\begin{aligned} S_p &= (a_x \cdot B_x + a_y \cdot B_y) / (B_x + B_y) \\ &= (1.77 \times 150.1 + 1.16 \times 150.55) / (150.1 + 150.55) \\ &= 1.46 \end{aligned}$$

1.5 低碳混凝土減碳比LCCR 檢討

本案全面使用低碳混凝土，並採用高性能混凝土**設計最差值檢討**水泥強度效益倍數 CSER，查檢附混凝土配比設計表得知 CSER = 1.705

Q & A

請求出本案「低碳混凝土減碳比」LCCR

$$\begin{aligned} \text{LCCR} &= 1.0 - \text{CSER} \times 0.05 \\ &= 1.0 - 1.705 \times 0.05 = \mathbf{0.91} \end{aligned}$$

高雄市左營區興隆段社宅統包新建工程水泥強度效益倍數(CSER)										
亞東	項次	產品規格 kgf/cm2	廠拌試體28天平均抗壓強度		水泥型號	水泥	CSER	混凝土數量	占比	CSER 平均值
			kgf/cm2	PSI		Kg		m3		
	1	140	336	4800	I	231	2.078	6,269	8.74%	0.180
	2	210	463	6614	I	289	2.289	3,468	4.83%	0.110
	3	280	508	7257	I	340	2.134	32,515	45.31%	0.970
	4	280 II	527	7529	II	357	2.109	4,582	6.39%	0.130
	5	350	579	8271	I	391	2.115	16,124	22.47%	0.480
	6	420	645	9214	I	435	2.118	8,801	12.26%	0.260
合計								71,759	100.00%	2.130
國產	項次	產品規格 kgf/cm2	廠拌試體28天平均抗壓強度		水泥型號	水泥	CSER	混凝土數量	比重	平均效益
			kgf/cm2	PSI		Kg		m3		
	1	140	263	3757	I	221	1.700	6,269	8.74%	0.150
	2	210	363	5186	I	289	1.794	3,468	4.83%	0.090
	3	280	491	7014	I	340	2.063	32,515	45.31%	0.930
	4	280 II	478	6829	II	340	2.009	4,582	6.39%	0.130
	5	350	568	8114	I	400	2.029	16,124	22.47%	0.460
	6	420	636	9086	I	459	1.980	8,801	12.26%	0.240
合計								71,759	100.00%	2.000
台泥	項次	產品規格 kgf/cm2	廠拌試體28天平均抗壓強度		水泥型號	水泥	CSER	混凝土數量	比重	平均效益
			kgf/cm2	PSI		Kg		m3		
	1	140	234	3343	I	221	1.513	6,269	8.74%	0.130
	2	210	327	4671	I	281	1.662	3,468	4.83%	0.080
	3	280	432	6171	I	340	1.815	32,515	45.31%	0.820
	4	280 II	426	6086	II	357	1.705	4,582	6.39%	0.110
	5	350	461	6586	I	383	1.720	16,124	22.47%	0.390
	6	420	571	8157	I	442	1.845	8,801	12.26%	0.230
合計								71,759	100.00%	1.760

1.6 舊建築利用減碳率RN檢討

本案為新建案，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率 = 1.0。

2. 主結構體資材碳排CFs、CFcs 計算

類別	參數名稱	設計案	基準案	備註
基本資料	1.地上層樓地板面積AFu(m ²)	56,259.80		
	2.地下層樓地板面積AFb(m ²)	23,120.49		
	3.地上樓層數S(層)	14		
	4.地下樓層數Sb(層)	3		
	5.主地面層樓高BH(m)	4.2		
	6.內部隔間D ₀ (kg/m ²)	300		少固定隔間之建築物：275 辦公、住宿、旅館、醫院(輕質)：300 社福機構等多隔間之建築物(磚牆/RC)：(350/375)
	7.W構造係數	1.00	1.00	基準案： 25F以下: 1.0 (RC結構) 26F以上: 0.9 (S結構)
結構計算報告參數(耐震設計)	8.地震利用途係數I	1.0		依建築物耐震設計規範2.8節規定計算
	9.工址設計水平加速度反映譜係數SaD	0.298		依建築物耐震設計規範2.6節規定計算
	10.結構系統地震力折減係數Fu	3.0		依建築物耐震設計規範2.9節規定計算
	11.活載重L	205		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
	12.靜力折減分析Rs	1.000		不需進行動力分析者，Rs = 0.95，反之Rs = 1.0。
結構設計參數	13.跨距變化Sp	1.46	1.80	
	14.整體建築形狀係數F	1.08	1.15	
	15.低碳混凝土減碳率LCCR	0.91	1.00	LCCR僅對RC、S、SRC構造優惠計算，輕鋼構與木構造時均設為1.0。
其他減碳利用	16.舊建築再利用率RN (m ²)	1.0	1.0	
	17.低碳循環建材利用	0	0	
	18.低碳工法運用	0	0	

2.1 地上層主結構單位樓地板面積碳排密度C 計算

設計案

$$\begin{aligned} C &= [224 + 4.11 \times (S - 10) + 300 \times (I \times S_{aD}/F_u \\ &\quad - 0.192) + 68.74 \times (S_p - 1.0) + 0.17 \times (D_0 - \\ &\quad 300) + 0.13 \times (L - 300) + 1.05 \times (BH - 3.5)] \\ &\quad \times R_s \times F \\ &= [224 + 4.11 \times (14 - 10) + 300 \times (1.0 \times 0.298 / 3.0 - \\ &\quad 0.192) + 68.74 \times (1.46 - 1.0) + 0.17 \times (300 - 300) \\ &\quad + 0.13 \times (205 - 300) + 1.05 \times (4.2 - 3.5)] \times 1.0 \times 1.08 \\ &= 251.33 \text{ (kgCO}_2\text{e /m}^2\text{)} \end{aligned}$$

基準案

$$\begin{aligned} C &= [224 + 4.11 \times (S - 10) + 300 \times (I \times S_{aD}/F_u \\ &\quad - 0.192) + 68.74 \times (S_p - 1.0) + 0.17 \times (D_0 - \\ &\quad 300) + 0.13 \times (L - 300) + 1.05 \times (BH - 3.5)] \\ &\quad \times R_s \times F \\ &= [224 + 4.11 \times (14 - 10) + 300 \times (1.0 \times 0.298 / 3.0 - \\ &\quad 0.192) + 68.74 \times (1.8 - 1.0) + 0.17 \times (300 - 300) \\ &\quad + 0.13 \times (205 - 300) + 1.05 \times (4.2 - 3.5)] \times 1.0 \times 1.15 \\ &= 294.42 \text{ (kgCO}_2\text{e /m}^2\text{)} \end{aligned}$$

2.2 主結構體資材碳排CFs、CFcs 計算

設計案與基準案的地上層主結構總碳排Cu 計算

設計案

$$Cu = AFu \times C \times W = 56,259.80 \times 251.33 \times 1.0 = 14,139,669.64 \text{ (kgCO}_2\text{e)}$$

基準案

$$Cu = AFu \times Cc \times Wc = 56,259.80 \times 294.42 \times 1.0 = 16,563,985.00 \text{ (kgCO}_2\text{e)}$$



設計案與基準案的地上層主結構碳排 CFs 計算

設計案

$$CFs = Cu \times LCCR \times RN = 14,139,669.64 \times 0.915 \times 1.0 = 12,934,262.81 \text{ (kgCO}_2\text{e)}$$

基準案

$$CFsc = Cu \times LCCR \times RN = 16,563,985.00 \times 1.0 \times 1.0 = 16,563,985.00 \text{ (kgCO}_2\text{e)}$$



地下建築地下層主結構CFs' 碳排計算

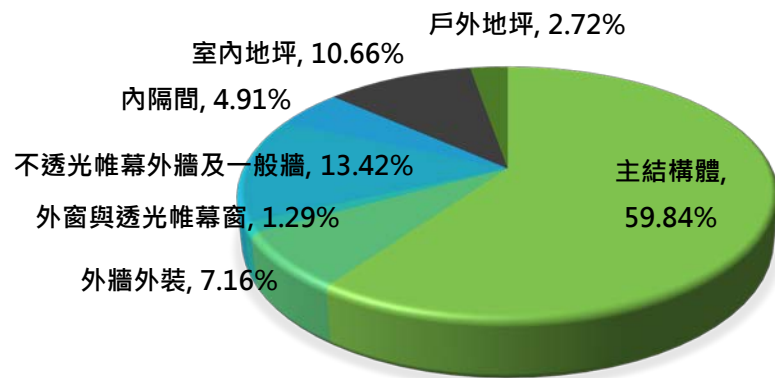
設計案與基準案相同

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

$$= 330 \times 23,120.49 + 45.5 \times (56,259.80 + 23,120.49) = 11,241,564.90 \text{ (kgCO}_2\text{e)}$$

3. 非主結構資材碳排CFns 計算

- 非主結構資材碳排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排包含**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（計算過程省略）。



設計案資材碳排佔比百分比圖（新建+修繕）

主結構碳排佔蘊含碳排最大宗，主結構的減碳設計尤其重要，應於設計之初就把減碳的概念納入評估。

構造部位		設計案			
(單位: kgCO ₂ e)		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		12,936,263	--	12,936,263	59.84%
非主結構CFns	外牆外裝CFow	773,850	773,850	1,547,701	7.16%
	外窗及透光帷幕外窗CFw	278,983	0	278,983	1.29%
	不透光帷幕牆及一般外牆CFcw	2,901,250	0	2,901,250	13.42%
	內隔間CFiw	1,042,649	0	1,042,649	4.91%
	室內地坪CFf	1,795,484	508,682	2,304,166	10.66%
	戶外地坪CFp	393,786	194,422	588,176	2.72%
	非主結構資材CFns小計	7,204,541	1,476,954	8,681,495	40.16%
設計案製造運輸階段碳足跡CFum					20,138,804
構造部位		基準案			
(單位: kgCO ₂ e)		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		16,563,985	--	16,563,985	62.86%
非主結構CFns	外牆外裝CFow	1,130,255	773,850	1,904,105	7.23%
	外窗及透光帷幕外窗CFw	278,983	0	278,983	1.06%
	不透光帷幕牆及一般外牆CFcw	2,901,250	0	2,901,250	11.01%
	內隔間CFiw	1,874,057	0	1,874,057	7.11%
	室內地坪CFf	1,798,555	510,217	2,308,772	8.76%
	戶外地坪CFp	359,392	160,098	519,491	1.97%
	非主結構資材CFns小計	8,342,492	1,444,166	9,786,658	37.14%
基準案製造運輸階段碳足跡CFum					24,906,477

4. 施工碳排CFc 計算

施工碳排 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 = 56,259.80 m²，地下層樓地板面積 AFb = 23,120.49 m²，全案總樓地板面積 AF = 79,380.29 m²。計算本案及基準案施工碳排如下：

地上層

$$\begin{aligned} CFc &= (0.14 + 0.95 \times S) \times AFu \times (1.0 + CF_{rm} / CF_{um}) \\ &= (0.14 + 0.95 \times 14) \times 56,259.80 \times (1.0 + 1,476,954 / 20,138,804) \\ &= 811,585.46 \text{ (kgCO}_2\text{e)} \end{aligned}$$

地下層

$$\begin{aligned} CFc' &= (0.14 + 2.14 \times Sb) \times AF \\ &= (0.14 + 2.14 \times 3) \times 79,380.29 \\ &= 520,735.46 \text{ (kgCO}_2\text{e)} \end{aligned}$$



5. 拆除廢棄碳排CFdw 計算

拆除廢棄碳排CFdw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 $AF_u = 56,259.80 \text{ m}^2$ ，地下層樓地板面積 $AF_b = 23,120.49 \text{ m}^2$ ，全案總樓地板面積 $AF = 79,380.29 \text{ m}^2$ 。計算本案及基準案施工碳排如下：

地上層

- 拆除碳排 $CF_d = (0.06 \times S + 2.01) \times AF_u = (0.06 \times 14 + 2.01) \times 56,259.80 = 160,340.43$
- 廢棄物處理 $CF_{wa} = 0.055 \times W_d \times AF_u = 0.055 \times 390 \times 56,259.80 = 1,206,772.71$
- 拆除廢棄碳排 $CF_{dw} = (CF_d + CF_{wa}) \times (1.0 + CF_{rm} / CF_{um})$
 $= (160,340.43 + 1,206,772.71) \times (1.0 + 1,476,954 / 20,138,804)$
 $= 1,467,375.49 \text{ (kgCO}_2\text{e)}$

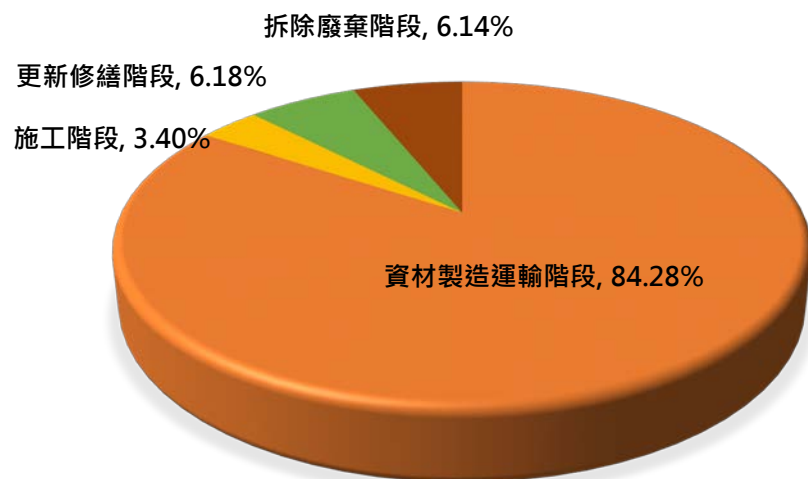
地下層

- 拆除碳排 $CF_d' = (0.15 \times S_b + 2.01) \times AF_b = (0.15 \times 3 + 2.01) \times 23,120.49 = 56,876.41$
- 廢棄物處理 $CF_{wa}' = 0.135 \times W_d \times AF_b = 0.135 \times 390 \times 23,120.49 = 1,217,293.80$
- 拆除廢棄碳排 $CF_{dw}' = CF_d' + CF_{wa}'$
 $= 56,876.41 + 1,217,293.80$
 $= 1,274,170.20 \text{ (kgCO}_2\text{e)}$



6.1 蘊含碳排放量及減碳應用總覽

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。一般建築設計碳排可控制及應用技術多用於地上層，並以**資材製造運輸階段**為碳排大宗。



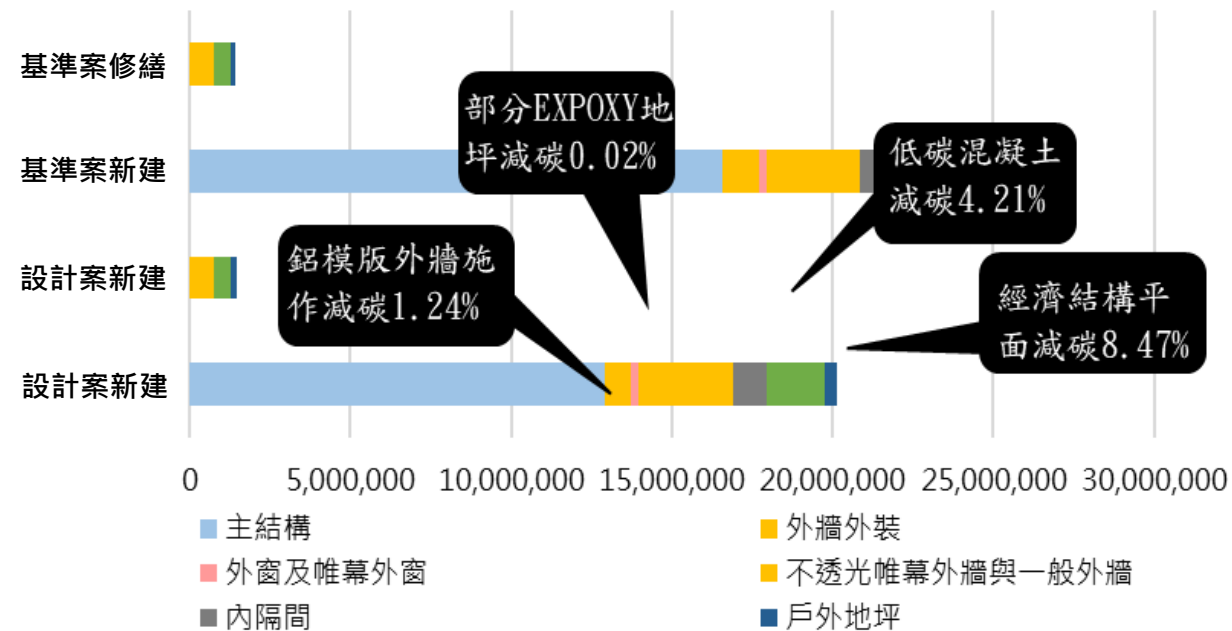
邊界	項目	設計案		基準案		減碳量 ΔCF ($kgCO_2e$)
		碳排量 ($kgCO_2e$)	占比	碳排量 ($kgCO_2e$)	占比	
地下層	地下層資材CFs'	11,241,565		11,241,565		
	地下施工CFc'	520,735		520,735		
	地下拆除廢棄CFdw'	1,274,170		1,274,170		
	地下層碳排小計	13,036,470		13,036,470		
地上層	新建CFum	20,138,804	84.28%	24,906,477	87.00%	4,767,674
	更新修繕CFrm	1,476,954	6.18%	1,444,166	5.04%	-32,789
	施工CFc	811,585	3.40%	811,585	2.83%	
	拆除廢棄CFdw	1,467,375	6.14%	1,467,375	5.13%	
	地上層碳排小計	23,894,719	100.00%	28,629,604	100.00%	4,734,885
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)		22,756,875		28,629,604		5,872,729
基準案蘊含碳排密度尺規ECIs		508.88				
設計案蘊含碳排密度ECI		404.50				
全生命週期碳排TEC		35,793,345		41,666,074		

6.2 各項減碳設計ΔCF貢獻度分析

- 本案以優良平面中良好的跨距比及建築形狀獲得主要的減碳比例。
- 低碳混凝土為第2大項的減碳手法。
- 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，可得整體建築延壽優惠係數LL優惠為0.05。

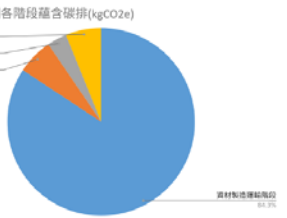
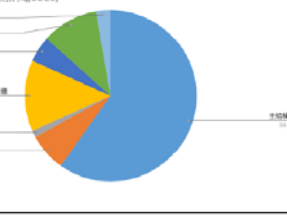


地上蘊含 碳排(kgCO ₂ e)	設計案EEC	22,756,875	地上總樓地板面積AFu=	56,259.80
	基準案EEC*	28,629,604	碳排密度ECI=EEC/AFu=	404.50
減碳參數	減碳設計		減碳量ΔCFi (kgCO ₂ e)	減碳比
CFs-1	跨距比Sp檢討1.46優於標準1.8水準，建築形狀 方整形狀係數1.08優於標準1.15水準		2,424,315	8.47%
CFs-2	主結構體採用低碳混凝土設計CSER=1.705		1,205,407	4.21%
CFw	外牆工程全面以金屬模板施工，減少粉刷層		356,404	1.24%
CFiw	內隔間全面採用灌漿牆取代磚牆		812,800	2.84%
CFf	室內地坪部分採用Expoxy取代貼磁磚地坪		4,606	0.02%
CFp	戶外地坪採用RC地坪+連鎖磚設計增碳		-68,647	-0.24%
	設計技術減碳量合計		4,734,885	16.54%
LL	良好施工品質提供建築延壽		1,137,844	4.02%
	設計及施工減碳量合計		5,872,729	20.51%



LEBR 分級評估標示

本案最終以減碳率 20.51% 獲得 LEBR 1+ 等級。

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	建築執照執照號碼	(110) 高市工建字第 02○○○號		
建築用途	地下:停車/機房; 地上:店舖/住宅單元				
地上樓地板面積 AFu	56,259.80	(m ²)	地上樓層數 (層)	14	
地下樓地板面積 AFB	23,120.49	(m ²)	地下樓層數 (層)	3	
結構計算	○○工程顧問公司	建築延壽優惠係數 LL	0.05		
全生命週期蘊含碳排 TEC	35,793,344.98	(kgCO ₂ e)	室內總樓地板面積 AF	79,380.29	(m ²)
評估範疇蘊含碳排 EEC	22,756,875.18	(kgCO ₂ e)	蘊含碳排尺規指標 ECIs	508.88	(kgCO ₂ e)
設計案蘊含碳排密度 ECI	404.50	(kgCO ₂ e)	碳排減碳率 CFR	20.51	%
碳排總減碳量 ΔCF	5,872,728.90	(kgCO ₂ e)			
生命週期階段	碳排 (kgCO ₂ e)	百分比	建築生命週期各階段蘊含碳排(kgCO ₂ e)		
地上 層 蘊 含 碳 排	資材製造運輸階段	20,138,804	84.28%		
	施工階段	1,476,954	6.18%		
	更新修繕階段	811,585	3.40%		
	拆除廢棄階段	1,467,375	6.14%		
	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	23,894,719	100%		
分項工程	碳排 (kgCO ₂ e)	百分比	建築資材蘊含碳排(kgCO ₂ e)		
分 項 碳 排	主結構體工程	12,934,263	59.84%		
	外牆外殼工程	1,547,701	7.16%		
	外窗及透光帷幕	278,983	1.29%		
	外窗工程				
	不透光帷幕牆及一般外牆工程	2,901,250	13.42%		
	內隔間工程	1,061,257	4.91%		
	室內地坪工程	2,304,166	10.66%		
	戶外地坪工程	588,138	2.72%		
	合計	21,615,758	100.00%		
認證等級	■ 1+ 級 □ 1 級 □ 2 級 □ 3 級 □ 4 級 □ 5 級 □ 6 級 □ 7 級				

低碳（低蘊含碳）建築標示

建築物名稱

高雄市 Z 社會住宅

坐落地址

高雄市○區○段

評估範疇樓地板面積 AFu

56,259.80 [m²]

評估範疇蘊含碳排 EEC

22,756,875.18 [kgCO₂e]

蘊含碳排指標 ECI / ECIs

404.50 [kgCO₂e/m²] / 508.88 [kgCO₂e/m²]

減碳率 CFR

20.51 [%]

低碳建築標示字號

1+

超低碳等級

ECI=404.5 (kgCO₂e/m²)

蘊含碳

611 560 494 468 448 427 407 (kgCO₂e/m²)

減碳率 CFR

-20% -10% 3% 8% 12% 16% 20% (%)

7 6 5 4 3 2 1 1+

2025

LEBR

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

總結：影響主結構體碳排的因子

LEBR 將重點聚焦於結構設計與材料選用，主要碳排放熱點集中在「主結構」部分，約佔總蘊含碳排的 70%。

類別	影響因子	說明
被動影響因子 (先天條件：如用途、樓高)	■ 地上樓層數	樓層數多寡會影響碳排。
	■ 設計地震力	結構設計因子，例如工址設計水平加速度反應譜係數 (SaD) 和結構系統地震力折減係數 (Fu)。
	■ 活載重 (空間用途)	不同空間用途 (例如工業倉儲類) 對活載重需求差異較大。
主動影響因子 (後天條件：設計決策)	■ 跨距變化 / 跨距變化係數 (Sp)	為 LEBR 主結構碳排計算中的強制性參數。是關鍵性的減碳手法之一。當 Sp 數值越接近 1.0 (柱列越規整方正)，主結構減碳率越高。
	■ 平面形狀 / 形狀設計因子 (F)	為 LEBR 主結構碳排計算中的強制性參數。是關鍵性的減碳手法之一，包含平面形狀 (平面形狀不規則修正係數 $f1$)、長寬比 (平面長寬比修正係數 $f2$)、平面出挑 (平面出挑修正係數 $f3$)。
	■ 建築構造	LEBR 計算中對採用鋼構造提供 10% 減碳優惠，輕鋼構造可獲 20% 優惠，木構造獲得 30% 優惠。
	■ 靜載重 (例如隔間牆數量與種類)	與額外靜載重 D_o 相關。隔間牆的數量和種類 (例如大面積使用輕質內隔間牆) 會影響靜載重，進而影響碳排。
材料 / 壽命因素	■ 低碳混凝土減碳率 (LCCR)	減碳手法之一，透過調整混凝土強度 (低碳混凝土強度設計 CSER) 來計算優惠。
	■ 舊建築利用減碳率 (RN)	針對舊建築利用所提供的優惠計算。
	■ 建築延壽優惠 (LL)	考量結構耐久性設計及高品質施工，可對設計案總碳排量進行優惠計算。