

建築外牆改建工程環境負荷評估之研究

A Research on the Evaluation for Environmental Load of Building Envelop Renovation

李昭毅* 楊詩弘** 林再澍*

一、緣起與目的

(一)背景與動機

溫室效應與全球暖化，研究指出 CO₂ 是主要的溫室氣體，建築產業是僅次於工業生產所排放 CO₂ 量最大的來源，台灣快速的都市化，大量建築興建所產生的 CO₂ 量逐漸被研究者重視，目前台灣住宅需要量以達到飽和，社會對住宅須求量開始降低，相對建築整修和修繕工程所產生之環境負荷已受到各界重視，目前台灣地區住宅大約以達 800 萬戶，屋齡達到維修並診斷的使用時間為 20 年(張智元, 2002)的老舊住宅約 450 萬戶，與商業化用途之改建等，其改建工程產生大量建築固體廢棄物與 CO₂ 的產生，已嚴重影響我們的生活環境。

大台北地區，都市商業區土地價值道過高與商業空間不足情況下，許多商家開始轉向巷道間住宅建築的一樓臨街面，改建成店面使用，但需要的立面造型與原本住宅機能差異極大，故需要大規模的拆除與改建建築外牆立面，大量的整建工程造成 CO₂ 的產生，與建築廢棄物對環境負荷造成大量的破壞，以內政部建研所統計每年建築廢棄物約 1100 萬公噸，其中 43% 為建築拆除與改建工程，約 500 萬公噸的廢棄物與難以計算的 CO₂ 排放量，對環境造成負荷甚大，透過本研究了解外牆改建工程所帶來環境負荷影響成度，並期望透過研究資料提供予設計初期與施工過程做完整的規劃，使建築在修繕階段降低環境負荷與建築廢棄物之降低。

(二)研究目的

本研究希望從建築生命週期中各環節中，建築修繕階段影響環境負荷的影響因子，做為評估方法的依據，減低建築生產對環境所造成的影響，與下列目標：

1. 建立建築物修繕階段能源消耗用量及 CO₂ 排放量之評估方法。
2. 建立建築物修繕階段建築廢棄物之評估方法與回收再利用情形。
3. 研究影響建物修繕階段影響環境負荷的主要因子，進而尋求改善方式。

二、研究對象及範圍

內政部營建署統計 2007 年住宅改建及整建已達全台住宅數量的 45%，其中主要因為住宅變更商業用途，需要改建其建築立面與外牆，共佔改建總量的 32%，租約期大多以三年，五年為限到期改建是加速影響環境負荷的主要原因，針對台北市中山捷運站符合討論議題進行調查。

(一)研究範圍：本研究案以台北市中山捷運站北側，捷運站周圍大型百貨及商業辦公大樓林立區域，商業行為熱絡，以中山北路二段 16 巷與 20 巷內兩側之商業用途建築為研究對象，該區現況有 92 棟建築物，約 1/4 地面層以改建成商業用途，主要商

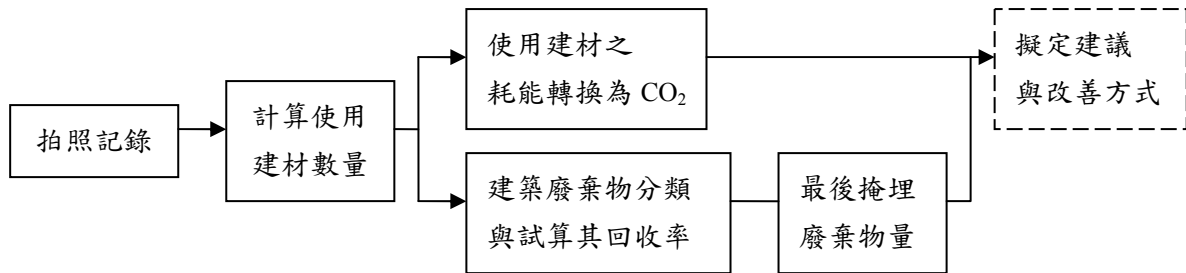
* 國立台北科技大學建築與都市研究所碩士生

** 國立台北科技大學建築與都市研究所助理教授

電腦程式)繪製立面後，計算其面積轉換成 CO₂之產生量。

4.研究流程表

表三:研究流程圖



四、研究過程與成果

(一)依照建築生命週期定義，分為六個階段，從建材生產到運輸，至最後拆除回收再生階梯都會產生不同層級的 CO₂，本研究針對其中更新修繕階段產生之 CO₂ 量做環境影響評估，其施工過程中工作人員數量與上下工旅次難以追蹤，本研究忽略之影響因子。

表四:建築生命週期各階段耗能量(張又升，2002)

各階段生命週期	各階段定義
建材生產運輸	建材生產，與運輸到工地所耗費之能源
營建施工	使車輛，設備用電，與工作臨時用電等
日常使用	建築落成後使用所耗能源
更新修繕	某原因造成建築需要、裝潢、修繕、整建、包括施工過程中所耗能源
拆除廢棄處理	建築拆除與處理廢棄物所消耗之能源
建材回收利用	由建築拆除，到廢棄物分解可利用材料，並製成再用材之能源

(二)外牆拆除與改建過程產生二氧化碳，下列施工順序，以承包商施工流程討論。

- 1.拆除工程耗能:在外牆改建工程上，限定(局部)破壞中常見拆除外牆方式(張書詮，2001)有切割工法、壓碎工法、破碎機工法、鋼線鋸開工法，用以破壞牆體與樑端部，柱腳等，階以機械外力破壞牆體，機械本體動力來源，大多為電力或液態石油燃料，所耗損之能源皆轉會成 CO₂ 計算之，其中以燃燒油每公升產生 2.95KG- CO₂/單位，電力則是每度電 0.658 KG- CO₂/單位。
- 2.主要構造耗能:拆除外牆後，在建築主結構體上，再加裝新的牆體，其裝設方式以構件間接連結於結構體，或是螺栓直接繫於建築結構體，工程項目包括，新牆體構造物連接，窗框與窗戶玻璃裝設，過程耗能在於，整建過程中所使用建材與其耗能統計，不同構造物連接方式影響使用機具與工時，其作業中機械與設備用電量耗能統計。
- 3.次要構造耗能:本項目包括，招牌設施，燈光設備，外遮陽設置，建築退縮地板鋪設等，其中以某些設備為工業化產品，如某廠牌照明器等，生產過程中耗能量難以評估，其他以耗損多少建材量，其耗能統計，作業中機械與設備用電量耗能統計。
- 4.評估 CO₂ 產生量方式:以參考文獻評估方式試算 CO₂ 之產生量，本研究僅以建材使用量試算各

案例所產生之 CO₂ 量。

表五，CO₂ 評估方式(林再澍，2008)

公 式	變數意義
$CCO_2 = \Sigma CCO_{2d} + \Sigma CCO_{2p} + \Sigma CCO_{2t} + \Sigma CCO_{2c}$	CCO ₂ ：(Construction CO ₂)建築生產總 CO ₂ 排放量，公斤(kg) ΣCE _d ：拆除建築外牆時所消耗之能量，仟卡(kcal)。 ΣCCO _{2p} ：建材或構件於工廠製造、加工時所排放的 CO ₂ ，公斤(kg)。 ΣCCO _{2t} ：建材或構件運至工地現場之 CO ₂ 排放量，公斤(kg)。 ΣCCO _{2c} ：建築工地現場施工時所排放的 CO ₂ 排放量，公斤(kg)。

(三)外牆拆除與改建過程中固體建築廢棄物拆除與回收再利用流程:

國內建築廢棄物依流程可分，產生、清運、中間處理、回收再利用，其中回收再利用為經分類回收後再利用到相關工程項目與其他用途是目前重視的環境議題，工研院能資所指出，依照國內處理營建廢棄物的習慣，廢鋼筋、鋁、銅等金屬物會被立即運到廢五金工廠處理，而混凝土、磚瓦等無法販賣的混合廢棄物，多數的建築拆除業者將廢棄物運往衛生垃圾掩埋場、山溝、溪谷等，造成垃圾掩埋場飽和，環境遭二次污染的負面影響。

外牆拆除階段之廢棄物包括，玻璃、混凝土與廢鋼筋、磁磚等，皆為無法回收再利用之廢棄物，多運往垃圾掩埋場。

表五，改建工程所產生之廢棄物回收率(工研院能資所，2002)

廢棄物種類	再利用方式	百分比	廢棄物種類	再利用方式	百分比
混凝土	路基填料	30%	磚瓦、石塊	路基填料	30%
	回填料	20%		工地鋪面	20%
	掩埋料	50%		掩埋料	50%
鋼鐵	再生鋼材	70%	銅、鋁等金屬	再生	90%

(四)統計該區改建完成之建物，使用建材種類考量原因有，商業性質要求，價值考量等因子，其常用之建材為，烤漆鋼版，木料，面磚，石材，與其他等，除了玻璃建材外，許多建材都有二次加工或混合廢棄物無法分類之情形，未來在商家租約到期時，新商家拆除工程中，造成廢棄物無法回收與再利用之情況，對環境負荷造成重大影響。

(五)試算改建完成之建築物所產生之 CO₂ 量與使用建材未來可能產生之廢棄物

表六，案例試算

案例 A:中山北路 20 巷 5 號，	商業型態:髮廊
	改建後建材 CO ₂ 產生量: $69.12 \text{ KG} + 381.542 \text{ KG} = 450.742 \text{ KG}$ 前院建材產生量: 69.12 KG 木地板面積為 16 m ² 與 CO ₂ 單位產生量為 5.28 KG/m ² 外牆: $368.332 \text{ KG} + 13.21 \text{ KG} = 450.742 \text{ KG}$ 烤漆鋼版面積 69.76 m ² 與 CO ₂ 單位產生量為 5.28 KG/m ² : $69.76 \text{ m}^2 * 5.28 \text{ KG/m}^2 = 368.332 \text{ KG}$ 玻璃面積: 19.44 m^2 與 CO ₂ 產生量 0.68 KG/m ² : $19.44 \text{ m}^2 * 0.68 \text{ KG/m}^2 = 13.21 \text{ KG}$ 未來可能產生之廢棄物: 1080KG

案例 A:中山北路 20 巷 5 號，	商業型態:髮廊
	鋼板約 800KG，強化玻璃約 200KG，木板約 80KG 可能回收之建材量:560KG，回收率約 50% 鋼板約 560KG，強化玻璃約 0KG，木板約 0KG

(六)試算其它案例 CO₂ 產生量，與廢棄物回收率，其中回收率依據為拆除後易分解之構造形式，與分解後回收率工研院資料為判斷依據。

表七，案例試算

地址	案例 B:16 巷 1 號	案例 C:16 巷 3 號	案例 D:16 巷 5 號	案例 E:16 巷 7 號
現況照片				
產生 CO ₂ 量	約 700KGCO ₂	約 400KGCO ₂	約 500KGCO ₂	約 400KGCO ₂
廢棄物種類	多複合式建材 70% 烤漆鋼板 20% 其它建材 10%	多複合式建材 80% 其它建材 20%	鋼材 80% 玻璃 10% 其它建材 10%	鋼材 70% 玻璃 20% 其它建材 10%
廢棄物總量	約 800KG	約 600KG	約 750 KG	約 750 KG
回收率	20%，約 240KG	10%，約 60KG	80%，約 600KG	70%，約 525KG
地址	案例 F:16 巷 9 號	案例 G:16 巷 11 號	案例 H:20 巷 16 號	案例 I:20 巷 2 號
現況照片				
CO ₂ 量	約 500KGCO ₂	約 500KGCO ₂	約 200KGCO ₂	約 300KGCO ₂
廢棄物種類	多複合式建材 70% 烤漆鋼板 20% 其它建材 10%	多複合式建材 70% 玻璃 20% 其它建材 10%	加工之木板材 70% 玻璃 20% 其它建材 10%	多複合式建材 80% 玻璃 10% 其它建材 10%
廢棄物總量	約 750 KG	約 800 KG	約 400KG	約 500KG
回收率	20%，150KG	10%，約 80KG	10%，約 40KG	10%，約 50KG

(七)研究成果

本研究案共分析該區九個建築改建商業用途案例，在 CO₂ 產生方面，有 1/3 之商店主要使

用鋼版與型鋼之金屬建材，是主要產生 CO₂ 之環境負荷因子，使用木料改建之案例 H，所產生之 CO₂ 為一般使用金屬建材的 1/3，造成較低的環境負荷。

在建築廢棄物方面，該地區改建方式使用之建材有 2/3 都是難以回收再立用，主要原因是使用過多複合式加工建材，拆除時難以分解成單純化元件，造成以掩埋方式進行處理，未來面臨拆除時，對環境所造成的二次甚至三次傷害更多，另外案例 D 與案例 F 中使用大量鋼構元件與玻璃所改建之外牆，有利於未來拆除與回收，其回收率高達約 70%，是本研究中造成環境負荷影響較少之案例。

五、結論與建議

(一) 結論

都市化過程中，建築改建為商業用途需要量大增，以建築立面發揮商業特性為目的，與美學與都市景觀著考量下，期望能參考本研究所討論之環境負荷評估，以環保或節能為概念是全球各國所共同追求的目標。

在前一節分析案例比較後，了解建材的選用佔了 CO₂ 產生量的最大影響因子，建材又以鋼材為消耗 CO₂ 產生量最多，木料建材所消耗之 CO₂ 較為環保，過度使用複合式建材，對未來拆除回收時，造成廢棄物量的增加，而使用單純建材構造方式者，在未來拆除時能有效的回收再利用。

希望未來設計者從事相關改建工程時，能以建材回收與再利用率，做為對環境有利的選擇性，從價格與環境中取得平衡，建議政府機構應鼓勵建築業使用再生材，做資源有效的控管與再利用，期望本研究之成果給與相關人員參考，從設計初期與施工流程之規劃改善，以求降低環境負荷之影響，進而追求永續發展的環境。

(二) 後續研究建議

1. 本研究中缺乏案例中詳細之施工資料，如工作人員上下工旅次所產生之 CO₂ 耗能，與施工工具與設備之耗能等，期望在未來從事相關研究者，可從詳細案例中分析出相關結果，做為建築物改建為商業用途所產生之 CO₂ 總量與廢棄物回收的可能性，降低環境負荷的影響。
2. 永續觀點的重要性，其一議題為源頭減量取代末端控管，從廢棄物回收率探討耗能之產生 CO₂ 量，期望以低耗能高回收率之改建方式，做為未來永續性之發展。

六、參考文獻

1. 林再澍 著，「不同建築生產方式對環境負荷影響之研究」，國立台北科技大學建築與都市設計研究所碩論，民 97
2. 皇甫明、楊詩弘、林再澍 著，「不同建築生產方式對環境負荷影響之研究」，中華民國建築學報，民 97
3. 張又升、林憲得 著，「綠建築環境負荷 LCA 評估」，中華民國建築學報，民 96
4. 內政部建研所 著，「住宅整建技術研究」，民 95
5. 張又升 著，「建築物生命週期二氧化碳評估」，國立成功大學建築研究所博論，民 91
6. 張書詮 著，建築物再撐與拆除災害管理之研究，國立台北科技大學大土木與防災所碩論，民 90