

建築減廢設計原則與手法之初步研究

內政部建築研究所協同研究成果報告

中 華 民 國 100 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

10063B001

建築減廢設計原則與手法之初步研究

計畫主持人：鄭主任秘書元良

協同主持人：黃教授榮堯

研 究 員：卓銀永

研 究 助 理：周宏宇、劉曜、邱佳淳

內政部建築研究所協同研究成果報告

中 華 民 國 100 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

ARCHITECTURE & BUILDING RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF THE INTERIOR RESEARCH
PROJECT REPORT

Preliminary study of architectural design
principles and methods for waste reduction

BY

Yuan-Liang Cheng

Rong-Yau Huang

Yin-Youg Jhuo

Hung-Yu Chou

Yao Liu

Chia-Chun Chiu

December, 2011

目次

目次	I
表次	III
圖次	V
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與目的	1
1.2 研究內容	2
1.3 研究方法與流程	3
1.4 研究成果	5
第二章 文獻回顧	7
2.1 國內外減廢設計相關研究	7
2.2 國內外建築減廢相關評估指標	9
2.3 減廢設計相關建築理論	18
2.4 建築設計階段相關減廢設計鼓勵政策與配套措施	23
2.5 小結	24
第三章 建築減廢設計原則與手法之彙整	27
3.1 建築減廢設計原則與手法之歸納	27
3.1.1 國內外減廢設計相關研究歸納	27
3.1.2 國內外建築減廢相關評估指標歸納	28
3.1.3 建築減廢設計相關建築理論歸納	30
3.2 建築減廢設計原則與手法之初擬	31
3.3 第一次專家座談會	34
第四章 建築減廢設計原則指引手冊之建立	37
4.1 手冊內容與架構之規劃	37
4.2 手冊內容之擬定－建築減廢七大原則與相關手法	38
4.2.1 舊有建築再利用	41
4.2.2 最適化設計	42
4.2.3 輕量化設計	43
4.2.4 模組化設計	46
4.2.5 耐久化設計	47
4.2.6 土方平衡設計	50

4.2.7 循環材料使用.....	52
4.3 第二次專家座談會.....	54
4.4 成果發表會.....	57
4.5 臺灣綠建築指標(EEWH)之比較分析.....	59
第五章 結論與建議.....	63
5.1 結論.....	63
5.2 建議.....	65
附件一 期初報告審查意見回覆.....	67
附件二 期中報告審查意見回覆.....	69
附件三 期末報告審查意見回覆.....	73
附件四 專家座談會簽到表與會議紀錄.....	77
附件五 建築減廢設計原則指引手冊.....	87
參考文獻.....	89

表 次

表 2-1 國內外減廢設計原則與手法相關文獻	7
表 2-2 臺灣綠建築九大評估指標系統架構	10
表 2-3 CO ₂ 減量指標與廢棄物減量指標簡易查核表	10
表 2-4 英國 BREEAM 2011 New Construction 評估議題	12
表 2-5 英國 BREEAM 廢棄物指標營建資源利用率評估表	13
表 2-6 英國 BREEAM 廢棄物指標從掩埋場移轉之資源評估表	13
表 2-7 英國 BREEAM 廢棄物指標再生骨材評估表	13
表 2-8 美國 LEED 指標評估項目	14
表 2-9 加拿大 SB Tool 指標系統架構	15
表 2-10 SBTool B3 材料評估項目	16
表 2-11 SBTool C3 固體和液體廢棄物評估項目	16
表 2-12 日本 CASBEE LR 評估項目	17
表 2-13 日本 CASBEE LR-2・2 使用低環境負荷材料 評估項目	17
表 2-14 再生構法分類	23
表 3-1 國內外減廢設計相關研究歸納	27
表 3-2 國內外建築減廢相關評估指標歸納	29
表 3-3 建築減廢設計相關建築理論歸納	31
表 3-4 建築減廢設計原則與手法之初擬	32
表 3-5 手冊架構	34
表 4-1 第一次專家座談會出席名單	34
表 4-2 建築減廢設計原則指引手冊架構	38
表 4-3 再生綠建材項目	52
表 4-4 第二次專家座談會出席名單	55
表 4-5 成果發表會議程	57
表 4-6 成果發表會與會人員意見	58
表 4-7 本設計原則與綠建築指標分析一覽表	60

圖 次

圖 1-1 研究流程圖	4
圖 2-1 工業化工法解析圖	19
圖 2-2 房屋工業化施工(左)及成品(右)	19
圖 2-3 開放建築填充體與支架體之示意圖	21
圖 2-4 日本大阪 NEXT21 實驗住宅	21
圖 2-5 可拆解設計案例 OPEN_1 House	22
圖 3-1 第一次專家會討論狀況(1)	35
圖 3-2 第一次專家會討論狀況(2)	35
圖 4-1 瑞典舊倉庫改建之旅館與戲院	41
圖 4-2 建築外形簡單無奇特凹凸設計	42
圖 4-3 客製化裝修	43
圖 4-4 韓國紙之鄉旅館牆面不做其他裝修、明管設設計	43
圖 4-5 宜蘭黃宅以輕型鋼骨及輕鋼牆立體組構成結構	44
圖 4-6 宜蘭五結簡宅採用木構並考量木構常用尺寸	44
圖 4-7 台灣科技大學研揚大樓使用金屬帷幕牆之遮陽板	45
圖 4-8 台北 101 採用高性能混凝土	46
圖 4-9 宜蘭縣政中心眷村新建工程採用預鑄外牆	46
圖 4-10 美國加州 Z6 House 六戶相同單元組裝	47
圖 4-11 奧地利 Two-Family House	47
圖 4-12 澎湖縣立圖書館採用明管設計	48
圖 4-13 似水年華採用管路預留設計，管道間皆可打開進行維修、更新	48
圖 4-14 運璿建築科技大樓空調設備以懸空結構支撐，給排水衛生管路架高	49
圖 4-15 傳統設計文件與建築資訊模型	50
圖 4-16 建築科技中心外牆採用具有自潔、抗污能力之光觸媒玻璃	50
圖 4-17 嘉義二二八紀念館配合地形達成土方挖填平衡	51
圖 4-18 機械式停車可減少地下室開挖	52
圖 4-19 台達電子南科廠採用高爐水泥	53

圖 4-20 美國加州 Portola Valley Town Center 採用舊城鎮中心之樑與牆面版.....	53
圖 4-21 印度尼西亞戶外建築，設計理念為易拆解的臨時性建築.....	54
圖 4-22 第二次專家會討論狀況(1).....	55
圖 4-23 第二次專家會討論狀況(2).....	55
圖 4-24 與會人員簽到情形.....	58
圖 4-25 鄭元良主任秘書致詞.....	58
圖 4-26 與會人員參與發表會情況.....	58
圖 4-27 發表會綜合討論情況.....	58

摘要

關鍵詞：建築廢棄物、減廢、建築設計、綠建築

一、研究起源

台灣由於經濟成長，許多都市建設蓬勃發展，但也隨之造成建築廢棄物的大量產生，其所造成之影響，包含對掩埋空間的大量需求、隨意傾倒對環境造成之衝擊等，但因建築廢棄物多為安定物質，在全球「零廢棄」與「資源永續利用」發展潮流趨勢下，相關政府單位近年來亦推動多項計畫以促使營建廢棄資源之再利用，確實對建築廢棄物減量帶來莫大的幫助。

過往建築減廢之研究與推廣工作重點在於新建與拆除工地現場產出之廢棄物，透過工地廢棄物產生源現地分類，經由中間處理廠進行分類處理製成可用之再生料，達到廢棄物減量之效果。除此之外，若能在建物設計階段即納入減廢考量，對於減少施工過程及最終拆除所產生廢棄物數量，事實上更具有絕對關鍵性影響。

二、研究方法及過程

本研究主要採用文獻回顧及案例蒐集方法進行相關研究，先對現有之國內外減廢指標中彙整各項減廢設計原則，並從相關過往文獻與工程案例中擷取減廢設計相關之作為，初步擬定各項減廢設計原則與手法，後續透過專家訪談與座談會方式進行篩選修正，以確認該設計原則與手法能適用台灣之工程環境，並建立建築減廢設計原則與手法之參考手冊，供建築設計者作為設計之參考。

三、重要發現

本研究藉由文獻回顧、國內外案例與相關指標之原則與手法，並將各文獻所考量目標歸納、整理，找出最有效益之作為，本研究共提出建築減廢七大原則，分別為舊有建築再利用、最適化設計、輕量化設計、模組化設計、耐久化設計、土方平衡設計、循環材料使用，並透過各項指標及減廢作為依其層級歸納為 42 項減廢手法。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對建築減廢設計原則與手法，提出下列具體建議。

以下分別從立即可行建議及中長期建議加以列舉。

後續研究建議：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：縣市政府

本研究所建立之建築減廢原則與各項手法完備，更可提供各項後續研究作為藍本加以發展，以下為各項後續研究之可行建議。

建築減廢手法減廢效益之研究

搜集各減廢手法之相關資料，量化數據凸顯各項減廢手法之減廢效益並建立減廢效益評估機制及獎勵制度，創造有利於減廢設計應用之環境。

建築減廢手法與成本效益之研究

搜集採用減廢手法之相關案例，將減廢手法結合經濟、財務、成本等不同方向之考量，分析評估其成本效益，藉以增加誘因，彰顯減廢效益。

後續推廣建議：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：縣市政府

本研究所建立建築減廢設計原則指引手冊，整理國內、外相關減廢設計原則與手法，提供參考資料與實際應用案例等，最終目的為在建築設計階段即納入減廢思維，使得為來建築物臨拆除時能達到最大回收量及廢棄物減量等減少環境負擔，本研究所提倡之減廢精神應加以推廣，更可於各公會或北、中、南區域性辦理相關講習，傳達給設計者減廢原則與手法，達成減廢之目標。

綠建築增修參考：中長期可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：縣市政府

本研究所建立建築減廢設計原則與手法之架構，可提供建築師設計時之參考，並提供各原則與手法之說明，建議本手冊所建立之手法可提供「綠建築解說與評估手冊」之CO₂減量及廢棄物減量指標計分項目之增修參考，或可提升廢棄物減量之分級評估等級。

建立法規機制：中長期可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

本研究建立之建築減廢設計原則與手法，所提倡之原則可提供「建築技術規則」納為參考，或於「政府採購法」及「建築法」相關子法中輔助說明，逕以延伸相關指標及規範，並可邀集各界專家學者針對獎勵制度或相關法規做進行研議，更廣泛地將減廢精神引導實施，建立創造有利於減廢設計建築應用之環境。

ABSTRACT

Keyword: Construction waste, waste reduction, building design, green building

There are about 10 million tones of construction waste in Taiwan every year, and a lot of landfill space is needed. Because dealing with a huge amount of construction waste costs lots of money, contractors choose to dump waste arbitrarily in order to reduce cost. Most of the construction waste material is actually stable, therefore, government agencies advocate the reuse of construction waste in recent years.

In the past few years, government agencies focused on the waste produced by newly construction and demolition sites, hoping resource recycling can reduce waste. But if we put more attention to the waste which could be produced by construction, maintenance, demolition and other phases while designing, we could not only reduce waste, but also recycle more of the waste.

In this study, we collected the related waste reduction design principles, techniques and practical implementation of the indicators included the use of recycled building materials, materials using reduction, from different countries, for a total amount of 7 principles and 42 specific practices. According to the environment of Taiwan and architectural design methods, using expert interviews and questionnaire to establish a useful design principles and methods for construction waste reduction.

第一章 緒論

1.1 研究背景與目的

台灣由於經濟成長，許多都市建設蓬勃發展，但也隨之造成建築廢棄物的大量產生，根據營建署研究，國內產生之建築廢棄物數量每年平均有超過 1,000 萬公噸[26]，其所造成之影響，包含對掩埋空間的大量需求、隨意傾倒對環境造成之衝擊等，但因建築廢棄物多為安定物質，在全球「零廢棄」與「資源永續利用」發展潮流趨勢下，相關政府單位近年來亦推動多項計畫以促使營建廢棄資源之再利用，在現有再利用政策多年的推動之下，確實對建築廢棄物減量帶來莫大的幫助。

過往建築減廢之研究與推廣工作重點在於新建與拆除工地現場產出之廢棄物，透過工地廢棄物產生源現地分類，經由中間處理廠進行分類處理製成可用之再生料，再透過後端再利用機構製造再生產品等程序，達到廢棄物減量之效果。除此之外，若能在建築物設計階段即納入減廢考量，例如盡量採用模組化構件，除減少施工過程廢棄物產生外，亦可增加拆除後廢棄物再利用性，進而達成減少廢棄物產出；又設計採用高強度混凝土，則能減少斷面尺寸與載重，減少建築物未來拆除時產出廢棄物數量；再如採用定尺設計，可減少施工過程廢棄物產生；或延長建築物壽命而採用耐久性設計，亦可減少廢棄物產生。總結以上，若能在建物設計階段即納入減廢考量，對於減少施工過程及最終拆除所產生廢棄物數量，事實上更具有絕對關鍵性影響，對於建築廢棄物減量，將更具備實質助益與貢獻。

本研究希冀彙整各國相關之減廢設計原則與手法，提出適合台灣本土之設計原則與手法，更希望能結合現有制度以輔助手法之應用，提供可參考資料與實際應用案例等，如再生料之取得管道、輕量化設計之形式種類等，以供未來建築設計之參考，預期達到之目標如下：

1. 蒐集國內外建築減廢設計相關文獻報告，彙整可參考之減廢設計原則及案例手法。
2. 建立適用台灣本土之建築減廢設計原則與手法之參考手冊，以提供未來建築設計之參考。

1.2 研究內容

本研究主要以相關文獻與案例之蒐集，擷取減廢設計相關之手法，並透過文獻彙整，建立一減廢設計原則與手法之架構，藉由專家座談會方式確認其完整性及適用性。本研究主要研究內容如下：

1. 蒐集減廢指標、原則與手法

經由相關文獻減廢指標及現行國內外相關文獻與案例之蒐集，擷取減廢設計相關之手法，作為減廢設計原則建立之參考項目。

2. 減廢設計原則與手法之初步架構

透過上述文獻回顧之過程所蒐集之各國減廢原則與手法，依據國內現行之規定，彙整減廢設計原則與手法之初步架構。

3. 召開專家座談會

將國內外所彙整之減廢原則與手法，根據台灣之工程環境，依其適用性、可行性等考量，邀請產、官、學之各方專家，經由專家座談會篩選減廢原則與手法。

4. 建立建築減廢設計原則與手法之參考手冊

根據專家會之結論，彙整國內可行之建築減廢設計手法及實際應用之案例，並提供可參考資料與實際應用案例等，如再生料之取得管道、輕量化設計之形式種類等，編訂成一參考手冊，供建築設計者作為設計之參考。

1.3 研究方法與流程

本研究主要採用文獻回顧及案例蒐集方法進行相關研究，先對現有之國內外減廢指標中彙整各項減廢設計原則，並從相關過往文獻與工程案例中擷取減廢設計相關之作為，初步擬定各項減廢設計原則與手法，後續透過專家訪談與座談會方式進行篩選修正，以確認該設計原則與手法能適用台灣之工程環境。研究流程如圖 1-1 所示，其內容分述如下：

1. 確認研究動機與目的

國內每年產出數量龐大之建築廢棄物，若能從設計時即加入減廢之考量，應可有效減少廢棄物之產出。

2. 確認研究範圍

工程設計所涉及之範圍甚廣，其設計原則與手法之考量因素也不盡相同，本研究範圍選定係針對建築工程之設計。

3. 蒐集減廢原則與手法

透過案例與過往文獻與案例之蒐集，擷取減廢設計相關之手法，作為減廢設計原則建立之參考項目。

4. 蒐集減廢指標

現行國內外已有許多建築設計相關指標，經由相關文獻減廢指標蒐集，作為減廢設計原則建立之參考項目。

5. 彙整減廢原則與手法

透過上述文獻回顧之過程所蒐集之各國減廢原則與手法，依據國內現行之規定，彙整減廢設計原則與手法。

6. 召開專家座談會

將國內外所彙整之減廢原則與手法，根據台灣之工程環境，依其適用性、可行性等考量，邀請產、官、學之各方專家，經由專家座談會篩選減廢原則與手法。

7. 建立建築減廢設計原則與手法之參考手冊

根據專家會之結論，彙整可行之建築減廢設計手法及實際應用之案例，並提供可參考資料與實際應用案例等，如再生料之取得管道、輕量化設計之形式種類等，編訂成一參考手冊，供建築設計者作為設計之參考。

8. 結論與建議

針對各項建立之減廢設計原則與手法做出具體說明與結論，並根據所建立之原則與手法提出後續建議，以供相關單位之參考。

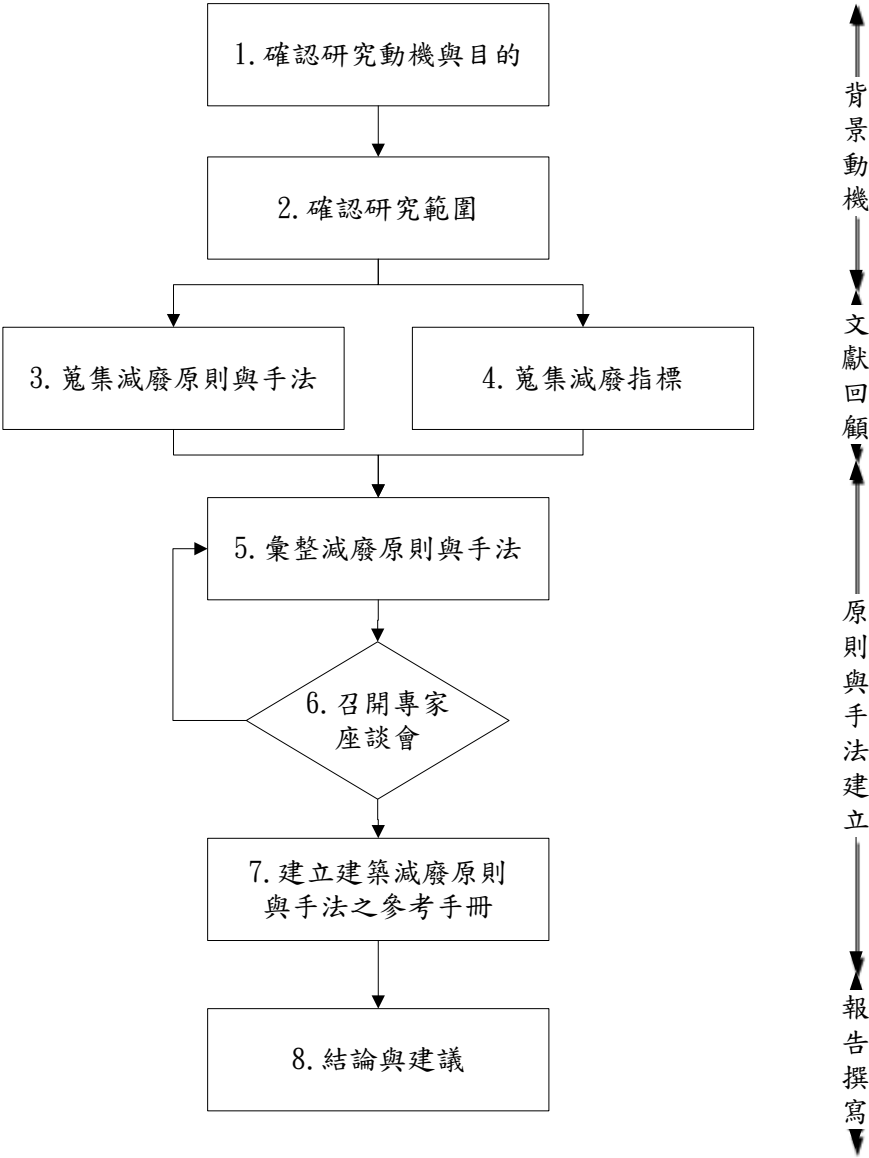


圖 1-1 研究流程圖

1.4 研究成果

1. 本研究所建立之參考手冊，彙整國內可行之建築減廢設計手法及實際應用之案例，並提供可參考資料與實際應用案例等，供建築設計者作為設計之參考。
2. 本設計原則可提供綠建築評估系統之減廢指標後續修訂評估項目及相關內容之參考，期使在建築設計源頭即納入減廢思維，以減少施工過程與後續拆除所產生之廢棄物數量，俾達成減廢目標。

第二章 文獻回顧

2.1 國內外減廢設計相關研究

對於建築廢棄物之減量，過往研究多由後端營建廢棄物產出做探討，包含產出之減量、流向管控、營建資源再利用等，而本研究希望回歸設計源頭，針對從建築設計面探討減廢之相關研究做蒐集，探討從設計端可執行之減廢設計手法，相關研究如表 2-1 所示。

表 2-1 國內外減廢設計原則與手法相關文獻

文獻作者	探討標的	研究摘要
Osmani M., Glass J., Price A.D.F. (2008)	減廢設計	針對英國前一百大的建築公司做問卷發放，探討設計過程中可能產生之浪費，並了解常用之減廢設計策略，包含使用標準尺寸和單位、預鑄構件、使用定尺料等。
英國 Waste & Resources Action Programme(2008)	減廢設計	針對建築設計時應如何考量減廢，提出五大原則與需考量之關鍵問題，以原則性的論述，並以舉例方式提出相關減廢設計手法。
澳洲 Ecologically Sustainable Development(2007)	減廢設計	主要從能源、運輸、材料、廢棄物等面向探討建築設計應考量之作為，提出相對可行之作為。
A. N. Baldwin, L. Y. Shen, C. S. Poon, S. A. Austin, I. Wong(2007)	減廢設計	採用資訊模型評估不同預鑄構建套入對高層建築之影響，以達到減費之效益，評估包含預鑄玻璃纖維水箱、預鑄內牆等，並討論建築物生命週期成本及整體建設過程的設計決策的影響。
Reducing Waste Through Architectural Design Practices(2007)	減廢設計	先瞭解建築設計手法對建築廢棄物產生之影響關係，並檢視建築過程各階段廢棄物產生比例，提出針對建築師及工人之教育訓練計畫。
邱騰誼(2007)	綠建築	對台中、彰化、南投地區之建築設計者進行調查，探討影響「設計者」進行「綠建築設計」的主要因素及自覺面臨之助力及阻力。
吳啟炘(2006)	綠建築廢棄物減量指標	從成本、法令、建築師態度、業界態度、政府態度及建材回收再生樣式等方面，探討國內綠建築之廢棄物減量指標未被廣泛採用之原因，並修正及簡化評估方式。
吳穹霑(2005)	綠建築	針對台灣住宅之特性，提出永續整建之建議，並彙整各國之相關政策、研究課題以及技術與產品，以達到節能、居住健康、資源

		循環再利用與減廢等。
Lawrence Lesly Ekanayake, George Ofori(2004)	減廢評估	探討廢棄物之來源，並將建築分為梁柱牆結構系統、樓版結構系統、牆結構系統、牆面飾材、地板飾材、天花板系統、屋頂系統等 7 項以問卷決定其係數，做為建築方案比較之依據。
曲筱帆(2003)	綠建築	彙整各國推廣綠建築的作法以探討我國綠建築政策之機制，除進行綠建築相關應用工具之比較介紹，也針對國內案例進行實證計算，並檢討我國綠建築標章制度。
黃亮達(2002)	綠建築	經由問卷對於台灣前五百大服務業中的營建業之實地調查，了解綠建築推動之現況，並分析各企業對綠建築之看法與接受程度。
陳瑞鈴、林憲德等(2000)	綠建築	針對國內綠建築各指標項目提出 84 項設計技術參考。

資料來源：[3,4,5,9,15,34,35,41,43]、本研究整理

過往針對減廢設計之文獻，大多從整體綠建築的角度去探討，其中國內綠建築指標以二氧化碳減量指標與廢棄物減量指標兩個項目最能直接反映減廢設計，而部分文獻直接針對建築設計的角度探討廢棄物減量，較切合本研究之主題，包含有 Osmani M., Glass J., Price A.D.F. (2008)、英國 WRAP(Waste & Resources Action Programme)(2008)、澳洲 ESD(Ecologically Sustainable Development)(2007)、陳瑞鈴、林憲德等(2000)，部分文獻以全面性探討各種形式的廢棄，有的僅針對固體廢棄物的產生，其深入程度也不相同，以下各相關文獻針對減廢設計所提及之設計手法做一介紹。

Osmani M., Glass J., Price A.D.F. (2008)歸納各階段可能產生之廢棄物來源，包含設計、採購、材料運輸、現場管理等階段，將各種廢棄物納入討論的範疇，廣泛探討減少廢棄物之作法，除了探討廢棄物來源外，該研究也針對常見之減廢設計手法做問卷調查，包含使用標準尺寸和單位、使用定尺料、使用預鑄構件、避免設計後期的變更、使用再生建材等，為英國建築師最常用的五種方式。

英國 WRAP(2008)針對建築設計時應考量如何減廢，提出五大原則與需考量之關鍵問題，五大原則分別為設計考量再使用和回收(Design for reuse and recovery)、設計考量場外施工(Design for Off site Construction)、材料優化設計(Design for Materials Optimisation)、考量廢棄物做有效採購(Design for Waste efficient procurement)與設計考量易拆解與靈活性(Design for

Deconstruction and Flexibility)。

澳洲 ESD(2007)本為建築設計指南，提出設計考量材料的標準尺寸、彈性空間設計、易拆解設計、使用預製構建、考慮材料再利用與再使用等減廢設計手法。

陳瑞鈴、林憲德等(2000)主要依據綠建築指標做技術推廣，共提出 84 項技術，減廢指標群共 12 項，該研究於 2010 年整理更新後重新出版書籍，減廢相關主要包含簡樸的建築造型與室內裝修、合理的結構系統、結構輕量化、木構造、再生建材利用、土方平衡、營建自動化、乾式隔間、整體衛浴、營建空氣汙染防制、明管設計、舊建築再利用等。

雖然過往研究提供設計者部分減廢資訊，但皆屬於整體性之探討，除了設計手法外，還包含現地施工管理、拆除作為等，並無特別區分出減廢設計手法，因此本研究主要針對減廢原則與手法做萃取彙整。

2.2 國內外建築減廢相關評估指標

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

一、臺灣綠建築指標 EEW

內政部建築研究所為鼓勵興建省能源、省資源、低污染之綠建築建立舒適、健康、環保之居住環境，發展以「舒適性」、「自然調和健康」、「環保」等三大設計理念，特委請財團法人中華建築中心於八十八年九月一日正式公告受理「綠建築標章」申請，包括綠化指標；基地保水指標；水資源指標；日常節能指標；二氧化碳減量指標；廢棄物減量指標；污水垃圾改善指標；生物多樣性指標；室內環境指標等九大指標，指標架構如表 2-2 所示。

表 2-2 臺灣綠建築九大評估指標系統架構

大指標群	指標名稱	與地球環境關係						排序關係		
		氣候	水	土壤	生物	能源	資材	尺度	空間	操作次序
生態	生物多樣性	*	*	*	*			大	外	先
	綠化量	*	*	*	*			↑	↑	↑
	基地保水	*	*	*	*			↓	↓	↓
節能	日常節能	*				*		↓	↓	↓
減廢	CO ₂ 減量			*		*	*	↓	↓	↓
	廢棄物減量			*			*	↓	↓	↓
健康	室內環境			*		*	*	↓	↓	↓
	水資源	*	*					↓	↓	↓
	汙水垃圾改善		*		*		*	小	內	後

資料來源：[31]

在臺灣綠建築指標中所設立之減廢指標群主要包含二氧化碳減量指標與廢棄物減量指標，前者在於評估建材之生產汙染，後者在評估施工中及日後拆除之汙染，為讓使用者簡易評估設計項目，表列出一減廢指標簡易查核表，如表 2-3 所示，其中提及五大分類，包含形狀係數、輕量化設計、耐久化設計、再生建材、土方、營建自動化、構造、空氣汙染防制等項目供設計者參考，然而根據本研究之範疇，空氣汙染防制並非本研究考量標的。

表 2-3 CO₂ 減量指標與廢棄物減量指標簡易查核表

			設計對策
二 氧 化 碳 減 量 指 標	形 狀 係 數	1	建築平面規則、格局方正對稱
		2	建築平面除了大廳挑空外，盡量減少其他樓層挑空設計
		3	建築立面均勻單純、沒有激烈退縮出挑變化
		4	建築樓層高均勻，中間沒有不同高度變化之樓層
		5	建築物底層不要大量挑高、大量挑空
		6	建築物不要太扁長，不要太瘦高
	輕 量 化 設 計	1	鼓勵採用輕量鋼骨結構或木結構
		2	採用輕量乾式隔間
		3	採用輕量化金屬帷幕外牆
		4	採用預鑄整體衛浴系統
		5	採用高性能混凝土設計以減少混凝土使用量
	耐 久 化 設	1	結構體設計耐震力提高 20~50%
		2	柱樑鋼筋之混凝土保護層增加 1~2cm 厚度
		3	樓版鋼筋之混凝土保護層增加 1~2cm 厚度
		4	屋頂層所有設備以懸空結構支撐，與屋頂防水層分離設計

廢棄物減量指標	計	5	空調設備管路明管設計
		6	給排水衛生管路明管設計
		7	電氣通信線路開放式設計
	再生建材	1	採用高爐水泥作為混凝土材料
		2	採用高性能混凝土以減少水泥使用量
		3	採用再生面磚作為建築室內外建築表面材
		4	採用再生磚或再生水泥磚作為室外圍牆造景用
		5	採用再生級配骨材作為混凝土骨料
	土方	1	盡量減少地下室開挖
		2	多餘土方大部分均用於現場地形改造或用於其他基地工程之土方平衡
	營建自動化	1	採用金屬系統模板
		2	採用系統模板
		3	採用預鑄外牆
		4	採用預鑄柱樑
		5	採用預鑄樓版
		6	採用預鑄浴廁
		7	採用乾式隔間
	構造	1	採用木構造
		2	採用輕量鋼骨結構
	再生建材	1	採用高爐水泥作為混凝土材料
		2	採用高性能混凝土以減少水泥使用量
		3	採用再生面磚作為建築室內外建築表面材
		4	採用再生磚或再生水泥磚作為室外圍牆造景用
		5	採用再生級配骨材作為混凝土骨料
	空氣汙染防制	1	建築工地設有施工車輛與土石機具專用洗滌措施
		2	工地對於車輛污泥、土石機具之清洗污水與地下工程廢水排水設有污泥沈澱、過濾、去污泥、排水之措施
		3	車行路面全面鋪設鋼板或打混凝土
		4	土石運輸車離工地前覆蓋不透氣防塵塑膠布
		5	結構體施工後加裝防塵罩網
		6	工地四周築有 1.8m 以上防塵圍籬

資料來源：[31]

二、英國 BREEAM

英國 BREEAM 指標系統是第一個發展的綠建築評估準則，由英國建築研究所 BRE(Building Research Establishment)於 1990 年所提出，至今已認證 20 餘萬建築物，目前 BREEAM 指標系統已推出 BREEAM 2011 New Construction 版本，主要評估項目有能源、運輸、土地使用和生態、健康和福祉、水、廢棄物、材料、汙染、管理、創新等 10 大項，架構如表 2-4 所示。

表 2-4 英國 BREEAM 2011 New Construction 評估議題

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

資料來源：[45]、本研究整理

BREEAM 系統針對廢棄物評估主要有四個子評估項目，包含營建廢棄物管理、再生骨材、營運廢棄物、推估天花板和地板飾材，其中 Wst 03 營運廢棄物其評估項目較為接近臺灣 EEWL 系統之汙水垃圾改善指標所評估之項目，與本研究範疇不符，餘下三項說明如下：

➤ Wst 01 營建廢棄物管理

透過有效管理增加資源利用率和減少建築廢棄物，以營建資源利用率及

從掩埋場移轉之資源量作為評估標的，前項主要為工程新建施工過程之廢棄物最小化，後項主要為廢棄物未送去最終處置的比例最大化，因此該項目主要鼓勵現有建築物再使用之可能及最大限度回收材料做高價值之應用。

➤ Wst 02 再生骨材

鼓勵再生骨材和二次使用之骨材，減少原始材料需求，主要評估項目即為再生骨材之使用率最大化。

➤ Wst 04 推估天花板和地板飾材

為了鼓勵建築使用者指定地板和天花板裝修建材的選定，避免不必要的浪費，如在基本裝修後又進行二次裝修，本項目目前僅針對辦公大樓做評估，但其思維可以納入其他建築設計做參考。

表 2-5 英國 BREEAM 廢棄物指標營建資源利用率評估表

BREEAM 分數	每 100m ² 廢棄物產生量(總樓地板面積)	
	m ³	T
1 分	≤13.3	≤11.1
2 分	≤7.5	≤6.5
3 分	≤3.4	≤3.2
示範等級	≤1.6	≤1.9

資料來源：[45]、本研究整理

表 2-6 英國 BREEAM 廢棄物指標從掩埋場移轉之資源評估表

BREEAM 分數	廢棄物類別	體積	重量
1 分	非拆除	70%	80%
	拆除	80%	90%
示範等級	非拆除	85%	90%
	拆除	85%	95%

資料來源：[45]、本研究整理

表 2-7 英國 BREEAM 廢棄物指標再生骨材評估表

應用	最低比例 1 分	最低比例 示範等級
結構框架	25%	50%
樓板	25%	50%
鋪設區域或道路之瀝青、水硬性膠凝基礎、面層	50%	75%
混凝土路面	25%	50%

管基墊層	50%	100%
建築地基	25%	50%
顆粒填充	75%	100%
碎石美化	100%	100%

資料來源：[45]、本研究整理

三、美國 LEED

美國 LEED 為目前使用最為普遍的評估系統，現已經修正至 LEED V3 版本，並且預計在 2010 年評估之專案將全部上線，該系統評估之內容包含場址、水資源、大氣、材料資源、室內環境與創意設計等，並且以所附之檢核表評分，其中雖無特別針對廢棄物減量做評估之項目，但在材料資源項目中包含許多材料再利用的項目，鼓勵減少廢棄物產出及天然材料之需求，主要訴求為建材之再利用、再使用及木建材之使用，雖非直接針對減廢為目的，但對於減廢有其幫助，其細項如表 2-8 所示。

表 2-8 美國 LEED 指標評估項目

可 持 續 性 場 址	場址選擇	材 料 與 資 源	建築再利用
	開發密度和社區溝通		建設廢棄物管理
	褐地再開發		材料再利用
	替代交通		循環材含量
	場址開發		地方材
	雨洪設計		快速再生材
	熱島效應		認證的木材
	減少光汙染		室外新風監控
節 水	節水綠化景觀	室 內 環 境 質 量	提高通風
	創新廢水技術		建設 IAQ 管理計畫
	減少用水量		低排放材料
能 源 與 大	能效優化		室內化學品及污染源控制
	現場再生能源		系統可控性
	加強調適運行		熱舒適度
	加強冷媒管理		採光和視野

氣	測量與查證	創 新 和 設 計	設計中創新
	綠色電力		LEED 認可專業人員

資料來源：[33]、本研究整理

四、加拿大 SB Tool

SBTool 為加拿大 iiSBE(International Initiative for a Sustainable Built Environment)所發展之綠色建築評估指標系統，其前身為 GBTool，目的是評估環境與具有永續發展概念的建築物。SBTool 發展自 1996 年，由一組超過 12 個小組的團隊發展起來。GBTool 原本由加拿大自然資源部發起建立，並於 2002 年移交給 iiSBE 進行管理與發展，目前已推出 2010 年版，評估架構如表 2-9。

表 2-9 加拿大 SB Tool 指標系統架構

指標	A 工址選擇，專案規劃與進展
A1	工址選擇
A2	都市計畫與工址進展
指標	B 能源與資源消耗
B1	全生命週期非再生能源
B2	設備運作的尖峰電力需求
B3	材料
B4	飲用水、雨水與中水
指標	C 環境負荷
C1	溫室氣體逸散
C2	其他氣體逸散
C3	固體與液體廢棄物
C4	現地衝擊
C5	其他區域性衝擊
指標	D 室內環境品質
D1	室內空氣品質
D2	通風
D3	空氣溫度與相對濕度
D4	日照與照明
D5	噪音與聲響
指標	E 服務品質

E1	營運的安全與保全
E2	效能與效率
E3	操控性
E4	容忍性與適應性
E5	營運表現的維持
指標	F 社會與經濟層面
F1	社會層面
F2	成本與經濟
指標	G 文化與知覺層面
G1	文化與遺產
G2	感性

資料來源：[47]、本研究整理

雖然 SBTool 再 C 項環境負荷中 C3.1 即是談固體廢棄物，但僅針對建築廢棄物之再利用、再使用比例去做規定，而 C3.2 至 C3.5 則為針對營運廢棄物、危險廢棄物、液體廢棄物等項目去做評估，與本研究範疇較為不符，但在 B 項能源與資源消耗的 B3 材料項目中則對減廢設計有所關聯，主要為鼓勵現有結構再使用、提高結構和建築構件的使用效率、避免使用初次使用材料、裝修面積最小化與易拆解設計。

表 2-10 SBTool B3 材料評估項目

項號	項目
B3	材料
B3.1	再使用現有結構
B3.2	結構和建築構件之材料使用效率
B3.3	使用初次使用且不可再生之材料
B3.4	裝修材料的使用
B3.5	易於拆卸進行再利用或再使用

資料來源：[47]、本研究整理

表 2-11 SBTool C3 固體和液體廢棄物評估項目

項號	項目
C3	固體和液體廢棄物
C3.1	新建或拆除過程中之固體廢棄物
C3.2	營運設施產生非危險固體廢棄物
C3.3	具風險之營運設施產生危險固體廢棄物
C3.4	營運設施產生之放射性廢棄物
C3.5	設施營運產生之液體排放

資料來源：[47]、本研究整理

五、日本 CASBEE

日本 CASBEE 系統以建築物為主，考量投入之負荷與產出之品質比，作為是否達到綠建築之標準，主要注重室內環境與周遭環境，並針對建築物類型進行分類，其評估架構分為 Q 項與 LR 項，Q 項為建築物環境質量與性能，是指改善建築使用者的質量與性能，主要偏向人的面向，LR 項為建築物環境負荷的降低，主要是抑制建築物耗能、資源消耗以及對建築用地外環境的負面影響，主要偏向環境面向，因此 LR 項目對於廢棄物之關聯性較高，評估架構如表 2-12 所示。

表 2-12 日本 CASBEE LR 評估項目

LR-1：能源	1.降低建築物冷熱負荷
	2.可再生能源的有效利用
	3.設備系統的高效化
	4.高效運行
LR-2：資源與材料	1.水資源保護
	2.使用低環境負荷材料
LR-3：建築用地外環境	1.大氣汙染
	2.噪音、震動、惡臭
	3.風害和日照
	4.光汙染
	5.熱島效應
	6.區域基礎設施負荷

資料來源：[29]、本研究整理

其中雖無特別針對廢棄物減量做評估之項目，但在使用低環境負荷材料項目中建築材料再利用或再使用之項目，主旨在於鼓勵材料之再利用與再使用，並應使用健康無害之材料，雖非完全依減廢為標的，但對於減廢有其幫助，其細項如表 2-13 所示。

表 2-13 日本 CASBEE LR-2・2 使用低環境負荷材料 評估項目

編號	項目	分數
2.1	資源的再利用率	1~5
2.2	使用從可持續森林採伐的木材	2~5
2.3	使用對健康無害的材料	1~5
2.4	對既有建築主體的再利用	3~5
2.5	舊材料再利用預測量	1~5
2.6	避免使用氟氯碳化物與海龍	1~4

2.3 減廢設計相關建築理論

過往建築理論的發展可能為了工期、成本等優化因素，或是耐震、耐風等性能需求，進而發展出不同之建築理論，雖非直接針對減廢為目的，但尚有部分是包含減廢精神在內，以下根據房屋工業化、開放式建築、易拆解設計、再生構法等理論做一說明。

一、房屋工業化(Industrialization of building)

國內內政部營建署網站對房屋工業化有一具體之說明與定義，所謂房屋工業化，此乃指提高房屋營建生產力，使達大量生產程度之過程。傳統之房屋營建方式，以手工為主、個別興建，生產之速度緩慢，無法適應工業化時代之需要。房屋工業化即是利用一般產品生產工業化之方法和經驗，設法將傳統營建工法，轉換為大規模、快速生產方式之嘗試。因此房屋工業化即意指 1.產品之標準化；2.工人之專業化；3.購料、生產之集中化；4.生產過程之機械化或自動化；及 5.房屋構造之系統化（Systemization）及組件化（Componentation）等。而其效果則是將建材之尺寸規格多樣性降低，簡化為單元組構、使生產步驟重複化、增加生產速度、降低成本及提升房屋品質[60]。從減廢角度來看，其最大好處就是可以減少現地模板使用、提升材料使用效率，減少材料損耗。

房屋營建依照預鑄度，可分為 1.傳統工法；2.傳統改良工法；3.複合式工法；4.工業化工法四種程度，而工業化工法的預製度、精準度要求皆是最高的，其主要流程皆在工廠進行，現場只執行組裝工作，因此在各個組件之間的接合與連結亦較複雜，相對需要較高的生產技術水準因而增加成本；但是在大量需求的市場中，工業化的重複生產流程與品質控管優勢所產生的效益就更趨明顯，在困難度高或大量建造的工程中，工法與構法程序的標準化使得施工的安全性與正確性大為提升，進而突破單價成本較高的瓶頸，以節省勞力及時間的角度產生極大的經濟性效益。



圖 2-1 工業化工法解析圖

資料來源：[22]

在台灣實際推展房屋工業化則始自民國 59 年，由經濟部籌組之房屋工業化策進委員會。民國 60 年中日合作之中藤公司在國內設立第一家混凝土預製房屋之生產工廠，62 年該公司在台北市民生東路社區興建完成版式結構之預製公寓，此可謂在台灣第一批之工業化住宅[22]。



圖 2-2 房屋工業化施工(左)及成品(右)

資料來源：[46]

二、開放建築(Open Building)

「開放建築」的概念最早是由荷蘭籍教授 Habraken 於 1960 年代提出，為了因應當時荷蘭住宅外型太過單調、標準化，難以符合多樣化的住宅空間需求，他主張將大眾住宅區分成「支架體」與「填充體」二部份思考，並分階段進行設計與施工[23]。開放系統，本質上是具有通用性的系統，亦即在共同的標準下，包括尺寸、形狀或材料，可以互換或替換構件，或是可以互換位置或移動位置，因此可謂是具有彈性的[22]。

開放式建築之開放的意義與目的，主要針對於 1.空間使用之開放性（空間方面）及；2.構造系統之開放性（實體方面）：

a. 空間使用之開放性：空間區帶整合（SAR 理論）

SAR 理論提供了以帶狀方式整合相同空間屬性的配置方式，以空間機能定義為依據，再以區帶、區段、基本變元、次變元等四項要素歸納出空間的位置與尺寸大小以及相對關係。

b. 構造系統之開放性：二階段供給概念（SI 系統）

SI 系統是將建築物實體系統分為支架體與填充體具有不同特性之區分，支架體屬不可變動，填充體屬可拆組，兩者以可動式構法連接，故建築物可以在不影響支架體的情形之下，隨意變更填充體的位置與構造形式，進而使建築物實體系統有了彈性變動的特質。

開放建築目的是在各個構法層級當中發展出滿足機能需求的構造方案，並提供使用者在不同構法層級中選擇適合自己的構造方案之機會，甚至是依照不同時期的特殊情形，進行不同構造方案之不同規模與範圍的替換，使建築物在漫長的使用年限裡節省各方面的成本投入。

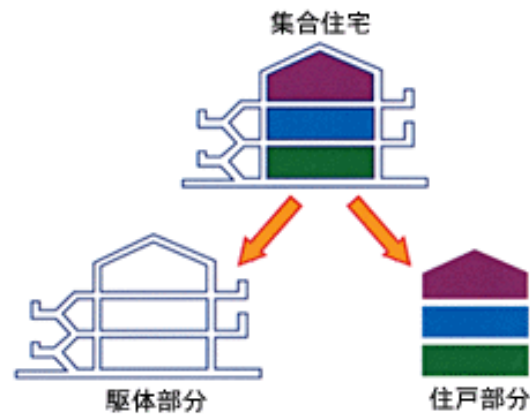


圖 2-3 開放建築填充體與支架體之示意圖

資料來源：[51]

開放建築乃為可容許空間彈性變動之建築軀體，其討論方向在於建築物的多樣化之選擇及永續性之發展。面對居住行為在不同時間點之變動，建築物亦需提升其可變特性作為應對以達人為面永續經營原則，並且在變動行為當中相對減少廢棄物產生，甚至賦予循環利用，達到建築物減少資源損耗的環境面永續經營原則。故在達成機能要求的前提下，開放建築比一體澆置的 RC 建築物提供了更多的彈性選擇與個人風格之可能性，在生命週期觀點中也具有更大的長期性效益。

開放式建築其預期效益主要有下列兩點[23]：

- a. 永續性-構建再利用之觀念可以減少建材浪費、生產或運送建材之能源、以及廢棄物之環境衝擊，以符合國家朝向永續發展之方向。
- b. 可變性-可拆組的填充體構建使得使用者可自行或在專業者之協助下拆卸並重新組合構建，建構符合其需求之空間，提升居室空間之使用彈性。



圖 2-4 日本大阪 NEXT21 實驗住宅

資料來源：[51]

三、易拆解設計 DfD(Design for disassembly)

易拆解設計 DfD 是一新興的建築設計概念，在建築設計時考量未來的拆卸可行性，鼓勵非破壞性的拆解，其主要目的是減少建築材料的使用以及營建廢棄物的產生，除可利於未來構建維修更換，拆除時也可以完整保留建築構件，讓建築構件可以進行再使用，美國 King County 所出版的 DfD 指南共列出 10 大設計注意要點，分別如下：

- (1) 建立拆解材料和方法的文件
- (2) 慎選材料
- (3) 便利的連結設計
- (4) 最大限度地減少化學連結
- (5) 使用螺栓、螺紋和釘連接
- (6) 獨立的機械、電器和管道系統
- (7) 區分技術工和勞工
- (8) 簡單的結構形式
- (9) 構建具有交換性
- (10) 可安全拆解



圖 2-5 可拆解設計案例 OPEN_1 House

資料來源：[37]

四、再生構法(Recyclable Building Construction)

再生構法主要為考量物質的循環使用，減少材料需求與廢棄物的產生，亦可為從建材面考量減量、再使用與再利用，物質循環方式主要分為「產品循環」與「材料循環」兩種。

所謂「產品循環」係將使用中或使用後之產品，經非破壞性拆解及適當之整修、維護措施後，保留原始構件之型態，以行使「相同功能」或「不同功能」之方式再利用於新的使用狀況者，例如門、窗等構件經拆解可回收再利用而，而「材料循環」係將產品製程中之剩料或產品拆除後之廢料經回收、再製為新的材料，以提供新產品之製造者[27]，不同功能之材料循環依其產品之功能高低，亦有「高檔循環」及「低檔循環」之差別。兩者之概念其實即為建材的再使用與再利用，魏浩楊(2004)在國科會本土再生構法之研究中更將其增為四大類，如表 2-14 所示，再生構法通常也須配合易拆解結構的設計或材料上的選擇。

表 2-14 再生構法分類

循環方式	說明
材料導向再生構法 (Material Recycling)	將產品製程中之剩料或產品拆除後之廢料經回收、再製為新的材料，以提供新產品之製造者。
產品導向再生構法 (Product Recycling)	經非破壞性拆解及適當之整修、維護措施後，保留原始構件之型態，以行使「相同功能」或「不同功能」之方式再利用於新的使用狀況者。
材料及產品併用之再生構法 (M+P Recycling)	對可行系統或構件再使用的構材行產品循環，而無法行使產品循環之構材則以材料循環方式循環之。
全面循環式構法 (Global Recycling)	採用之建材不僅在拆除後可再使用作新的二次建材外，在經過一個或多個循環過程後，該損壞或廢棄之材質尚須可以無害、無毒之方式回歸「地理」或「生物」的自然循環系統中。

資料來源：[27]

2.4 建築設計階段相關減廢設計鼓勵政策與配套措施

本研究蒐集國內外相關減廢鼓利政策，包括台灣「內政部獎勵民間綠建築改善示範作業要點」、「都市更新建築容積獎勵辦法」等及英、美國、歐盟、日本、香港、新加坡等亞洲國家相關減少建築廢棄物之政策，多是後端管理廢棄物流向及再利用產品製造或是施工階段時廢棄物分類回收居多，其中各國後端管理大部分都以經濟面、法規、技術、資訊等層面制定完善之規範與配套措施，對於設計

皆段著墨甚少，但有不少民間廠商、學校或建築師公會主動提供相關減廢設計資訊或是環保建材供民眾參考，透資訊流通將減廢做法更深入一般民生活中。本研究整理英、美國、歐盟、日本、香港、新加坡、中國等國家配套作法，彙整提出以下幾點，並可做為未來制定我國優良減廢設計建築之獎勵制度參考。

1. 發給相關標章

良好的減廢設計手法可提升建築物生命週期之永續性-構件再利用、節省建材資源、增加拆除時廢棄物回收率等，多數國家都有配合相關指標之獎勵辦法或單一縣市政府自行頒布獎勵公告，核發標章，以示獎勵。

2. 給予經濟誘因

經濟手段無疑是最有效率之手法，各國也制定減廢相關優良建築設計建築案，開放業者申請，給予補助、減稅、優惠貸款、融資等經濟面之獎勵，或給予購買環保建築之民眾貸款優惠。

3. 實施專案審查制度

各國鼓勵建築減廢，多數由各行政區自行擬定相關條例，公告頒布審核標準或獎勵辦法，於相關主管單位訂定專案審查制度，可優先審查，縮短審查時間，減低業者時間成本及利息壓力。

4. 擴大教育宣導

減廢設計精神需長期宣揚才能發揮最大效益，建築設計者、建設(造)業者、民眾三方面息息相關，各建築師公會都有針對建築師及建築工人提供相關教育訓練或是設計指南提供建築師參考，亦有大學建築學系所定期舉辦設計評選競賽，鼓勵學生設計出節能、減廢並符合成本效益之環保永續建築，激發學生對環境友善之設計構想，並提供獎金給予優良設計；相關政府網站或民間團體等亦有提供資訊或案例介紹分享站供民眾查詢，建利民眾意識和宣導相關減廢信息。

2.5 小結

本研究蒐集國內外相關減廢文獻、指標，包括臺灣綠建築指標、英國 BREEAM、美國 LEED、加拿大 SB Tool、日本 GASBEE 及相關減廢設計之理論，透過彙整歸納出主要原則為使用標準尺寸和單位、使用預鑄構件、使用再生建材

等、設計考量再使用和回收、設計考量場外施工、材料優化設計、考量廢棄物做有效採購、設計考量易拆解與靈活性等，但過往針對減廢設計之文獻，大多從整體建築的角度去探討，其中臺灣綠建築指標以二氧化碳減量指標與廢棄物減量指標兩個項目最能直接反映減廢設計，部分文獻直接針對建築設計的角度探討廢棄物減量，除了設計手法外，亦包含現地施工管理、拆除作為等，少有特別區分出減廢設計手法，因此章節主要針對減廢原則與手法做進行彙整。

第三章 建築減廢設計原則與手法之彙整

3.1 建築減廢設計原則與手法之歸納

本研究依據文獻回顧之彙整，擷取具有減廢效益之具體手法與作為，惟各文獻所列之減廢範疇與本研究之定義不盡相同，故就以各文獻所提及之設計手法做擷取，而後進行歸納、分層，以作為本文之初擬架構。

3.1.1 國內外減廢設計相關研究歸納

本研究係透過國內外以設計減廢為主題之研究做手法之萃取，針對建築造型及結構形式，僅林憲德(2010)在綠建築 84 技術一書中提及，主要包含簡樸的建築造型與室內裝修、合理的結構系統、結構輕量化與木構造四項，本研究將前兩項涉及建築造型之項目合併，各項並依據其敘述列出實際作為，而相較於此，國外相關研究則是對於易拆解設計、標準化材料的使用、設計空間的應用靈活性等項目有所著墨，相關研究會提到的主要為建築軀體再利用、採用再生建材、採用預製構件等三項，從整體來看，各研究所提之手法主要考量目標可分為減少材料使用、選用再利用及再使用材料、減少剩餘土方量、減少施工時之耗材或損耗、增加未來裝修之便利性等五大面向，彙整結果如表 3-1 所示。

表 3-1 國內外減廢設計相關研究歸納

執行手法	作為	主要考量	相關研究			
			A	B	C	D
簡單的建築造型與合理結構	外型應盡量簡單、均勻、對稱	降低結構需求，減少材料使用				V
	層高均等					V
建築結構輕量化	輕量鋼骨結構					V
	木結構					V
	採用輕量的金屬帷幕外牆					V
	採用輕隔間					V
	中高層部分避免大量使用石材					V
設計考量材料的標準尺寸	使用定尺料	降低材料裁切可能，減少材料需求			V	
	設計採用標準尺寸和單位		V			
簡樸的室內裝修	簡單室內裝修	最小化室內裝修，減少材料使用				V

建築軀體再利用	保留舊建築之樑、柱或版	使用舊有材料，減少拆除廢棄物	V	V	V	V
	使用拆解後舊建築之樑、柱、版		V	V	V	V
採用再生建材	採用高爐水泥	使用再生材料，消耗廢棄物	V	V	V	V
	採用再生骨材					V
	經過認證之再生建材產品					V
簡化材料的使用	減少材料使用種類	考慮未來回收性，增加資材再利用或再使用的可能	V			
土方平衡	多餘土方用於現場地形改造	土方直接用於需求地，減少剩餘土方				V
	多餘土方用於其他基地工程之土方平衡					V
減少實際餘土產出	減少地下室開挖	降低開挖需求量，減少剩餘土方產出		V		V
採用預製元件	採用預鑄外牆	減少模板損耗，減少材料損耗	V	V	V	V
	採用預鑄柱樑					V
	採用預鑄樓版					V
	採用預鑄浴廁					V
明管設計	明管設計	降低維修難度，減少維修廢棄物				V
易拆解設計	採用螺絲、螺栓、釘等易拆解接點	增加構建未來再使用可能，減少未來變更或拆除之廢棄物	V	V	V	
標準化材料的使用	採用常見規格與材料	易於更換維護，減少特規材料需求	V			
設計空間的應用靈活性	採用易拆換之乾式隔間	減少未來空間需求變動之裝修廢棄物			V	

A：Osmani M., Glass J., Price A. D. F. (2008) B：英國 WRAP (2008) C：澳洲 ESD (2007) D：林憲德 (2010)

資料來源：[30,34,35,43]、本研究整理

3.1.2 國內外建築減廢相關評估指標歸納

對於評估指標來說，絕大多數國外的指標項目都是以原則性的方式進行鼓勵，因此並無太多實際作為供參考，而國內則是在特定項目給予優惠計分，因此提出許多減廢相關建議手法或作為，做為優惠計分之依據。因國外對於減廢指標項目多是用整體廢棄物的比例做評估，僅有英國 BREEAM 指標之廢棄物指標項目提及較多之實際建議，其他多數對於減廢手法都是從材料相關指標擷取，共同

提到內容中，主要有建築軀體再利用、採用再生建材、使用具永續森林認證木材，主要還是針對建材的再利用與再使用，且國外並無對木建築有特別評分項目，而是直接針對木材選用時要求使用永續森林認證之木材。從整體來看，其主要考量之目標還是可以同前述相關研究相當，為減少材料使用、選用再利用及再使用材料、減少剩餘土方量、減少施工時之耗材或損耗、增加未來裝修之便利性等五大面向，彙整結果如表 3-2 所示。

表 3-2 國內外建築減廢相關評估指標歸納

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

土產出		量，減少剩餘土方產出					
採用高使用效率之耗材	採用金屬系統模板	減少模板損耗，減少材料損耗	V				
	採用系統模板		V				
採用預製元件	採用預鑄外牆		V				
	採用預鑄柱樑		V				
	採用預鑄樓版		V				
	採用預鑄浴廁		V				
明管設計	明管設計	降低維修難度，減少維修廢棄物	V				
易拆解設計	採用螺絲、螺栓、釘等易拆解接點	增加構件未來再使用可能，減少未來變更或拆除之廢棄物					V
結構耐久設計	提高結構體設計耐震力	提高結構體壽命，延長生命週期	V				
	增加混凝土保護層厚度		V				
	屋頂層設備防水層分離		V				

E：台灣 EEW-H-NC F：英國 BREEM G：日本 CASBEE H：美國 LEED-NC I：SB Tool

資料來源：[29,31,33,45,47]、本研究整理

3.1.3 建築減廢設計相關建築理論歸納

本研究擷取具有減廢效果之建築理論，主要依據房屋工業化、開放建築及易拆解設計、再生構法等四項進行萃取，可發現不管是工業化建築或是開放建築，皆以預製化、規格化構件以及其他乾式構件之使用進行探討，開放建築則是利用子系統填充的方式，使內部空間彈性化，通常也是需配合預製化構件之使用，易拆解設計則是考量建築構件拆解後之再使用特性，為了拆解容易，預製構件也是主要建議之一，因此在前三項理論之中，預製構件、乾式工法等之使用是一重要之方式，而再生構法則是從材料或構件未來的再利用再使用面去看，因此鼓勵使用天然材料、避免複合材料的使用，以增加未來回收再利用或處理之便利性，或是利用易拆解的構件設計，提高構件再使用的可能，減少破壞性的拆除，這也是易拆解設計的精神。因除再生構法外，其他建築理論並非以減廢觀點做探討，部分手法如金屬帷幕外牆、輕鋼骨結構對應到結構輕量化，主要是以前面彙整之減廢手法做對應，並非為該理論所提。其主要效益來自於預製構件的使用以及各項易於維護之設計手法、材料或產品之再利用與再使用等。彙整如表 3-3 所示。

表 3-3 建築減廢設計相關建築理論歸納

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

J：工業化系統建築 K：開放式建築 L：Design for disassembly M：再生構法

資料來源：本研究整理

3.2 建築減廢設計原則與手法之初擬

根據上述相關文獻所匯集之手法，共彙整出 17 項手法與針對各項手法之 39 項作為，其中依據其減廢之設計目的，主要可分為七大原則，分別為舊有建築再利用、最適化設計、輕量化設計、模組化設計、耐久化設計、土方平衡設計、再

生建材使用等，因此本研究依據此七項作為各手法之主要設計原則，並將該 17 項手法與 39 項作為依其層級之高低重新歸納、分類，簡化為 37 項手法，透過各項研究、指標、理論重新彙整如表 3-4 所示。

表 3-4 建築減廢設計原則與手法之初擬

原則	說明	手法
1. 舊有建築再利用	評估是否可由舊有建築整建符合新需求，或考量納入舊有建築之結構或拆除之構件，亦或於材料使用或結構設計時即考量建築未來之再使用或再利用	保留舊建築之樑、柱、版
		使用拆解後舊建築之樑、柱、版
		易拆解設計
		採用常見規格與材料
		使用易於回收之材料
		簡化材料的使用
		舊建築活化
2. 最適化設計	在符合需求下做合適之設計，避免過量設計造成額外材料消耗或廢棄物之產出	外型應盡量簡單、均勻、對稱
		層高均等
		簡單室內裝修
		確認未來使用者的需求
		減少地下室開挖
3. 輕量化設計	減輕建築結構自重，減少建築所需結構斷面，可減少建築材料使用	設計考量材料的標準尺寸
		輕量鋼骨結構
		木結構
		採用輕量的金屬帷幕外牆
		採用輕隔間
4. 模組化設計	透過系統化、模組化之設計，提高建築施工效率及場外施工之可能，提高材料使用效率及減少模板等耗材之消耗	中高層部分避免大量使用石材
		採用高性能混凝土
		採用金屬系統模板
		採用系統模板
		採用預鑄外牆
		採用預鑄柱樑
		採用預鑄樓版
5. 耐久化設計	延長建築生命週期，減少未來維護之需求，避免維護時對結構體之損害	採用預鑄浴廁
		採用易拆換之乾式隔間
		採用活動式隔間
		明管設計
		保留配線擴充空間
6. 土方平衡設計	透過供需之平衡，減少土方最終處置之數量	提高結構體設計耐震力
		增加混凝土保護層厚度
		屋頂層設備防水層分離
		多餘土方用於現場地形改造
		多餘土方用於其他基地工程之土方平衡

7. 再生建材使用	可消耗廢棄物，並減少天然資源之使用，達到減廢及資源保育效果	採用高爐水泥
		採用再生骨材
		經過認證之再生建材產品

資料來源：本研究整理

本研究就各原則與手法歸納說明如下：

1. 「保留舊建築之樑、柱或版」、「使用拆解後舊建築之樑、柱、版」、「易拆解設計」、「採用常見規格與材料」、「使用易於回收之材料」、「簡化材料的使用」、「舊建築活化」等，因其各手法主要考量目的為建築構件或建材的再使用、再利用，因此將其歸類於「**舊有建築再利用**」之原則下。
2. 「外型應盡量簡單、均勻、對稱」、「層高均等」、「簡單室內裝修」、「確認未來使用者的需求」、「減少地下室開挖」、「設計考量材料的標準尺寸」等，主要避免過量之設計，透過適量之建築造型與地下室空間，減少因過量設計造成之建材與廢棄物之增加，因此將其歸類於「**最適化設計**」之原則下。
3. 「輕量鋼骨結構」、「木結構」、「採用輕量的金屬帷幕外牆」、「採用輕隔間」、「中高層部分避免大量使用石材」、「採用高性能混凝土」等，其本身就為輕量化設計之作為，因此將其歸類於「**輕量化設計**」之原則下。
4. 「採用金屬系統模板」、「採用系統模板」、「採用預鑄外牆」、「採用預鑄柱樑」、「採用預鑄樓版」、「採用預鑄浴廁」、「採用易拆換之乾式隔間」、「採用活動式隔間」等項目，主要之目的即為透過系統化、模組化等方式，提高現地效率或場外施工，減少模板需求、提升材料使用效率與品質，避免不良打除之情況，因此將其歸類於「**模組化設計**」之原則下。
5. 「明管設計」、「保留配線擴充空間」、「提高結構體設計耐震力」、「增加混凝土保護層厚度」、「屋頂層設備防水層分離」等，主要是考量未來修繕維護的可能及結構體之耐久性，提高建築或材料之使用週期，因此將其歸類於「**耐久化設計**」之原則下。
6. 「多餘土方用於現場地形改造」、「多餘土方用於其他基地工程之土方平衡」等，主要是將挖方做供、需平衡，因此將其歸類於「**土方平衡設計**」之原則之下。
7. 「採用高爐水泥」、「採用再生骨材」、「經過認證之再生建材產品」等本身即為「再生建材使用」之作為，可消耗廢棄物，為最直接減廢之手法。

3.3 第一次專家座談會

本研究蒐集各指標及文獻，其中依據其減廢之設計目的，初步擬定為七大原則，分別為舊有建築再利用、最適化設計、輕量化設計、模組化設計、耐久化設計、土方平衡設計、再生建材使用等，並依其層級之高低重新歸納、分類，簡化為 37 項手法，透過專家會議邀請相關領域專長之專家意見，協助檢視減廢原則與手法之分類建立，相關議程如表 3-5 所示：

表 3-5 第一次專家座談會出席名單

「建築減廢設計原則與手法之初步研究」專家座談會		
會議時間	100 年 7 月 5 日 星期二 下午 2:30	
會議地點	國立台灣大學 水工試驗所 204A 會議室	
主持人	黃教授榮堯	
會議主旨	將國內外所彙整之減廢原則與手法，根據台灣之工程環境，依其適用性、可行性等考量，邀請產、官、學之各方專家，經由專家座談會篩選減廢原則與手法。	
會議議題	1. 建築減廢設計原則與手法分類架構適合性及完整性討論。 2. 建築減廢設計原則與手法內容於臺灣之適用性及可行性討論。 3. 其他建築減廢設計原則與手法之建議。	
與會專家		
單位	職稱	姓名
國防大學理工學院 環境資訊工程學系	教授	張又升
黃春模張矩墉陳皓雲 聯合建築師事務所	建築師	張矩墉
陳俊芳建築師事務所	建築師	陳俊芳
台北市建築師公會	建築師	蔡仁毅



圖 3-1 第一次專家會討論狀況(1)

圖 3-2 第一次專家會討論狀況(2)

根據專家會所討論之建築減廢設計原則與手法分類架構完整性及可行性結論，與本研究主要相關意見如下：

編號	主要專家意見	本研究修正
1	「舊有建築再利用」建議可分為兩個層級，分別為”保留舊有建築”和”舊有建築回收再利用”及在此原則下原則，建議增加「牆面適度保留」手法。	本研究將考量拆除構件再使用之部分移至「循環材料使用」原則，「舊有建築再利用」將僅探討「保留舊有建築」之部分，亦於「保留舊有建築之樑、柱、版」手法中增加「牆面適度保留」手法
2	「最適化設計」原則，可增加「空間可變化彈性設計」手法，使隔間、管線、用途皆可隨住戶想法改變設計，減少未來裝潢修繕產生廢棄物；「減少地下室開挖」，建議改為”最適當”之地下室開挖，並考量地下室開挖之合理性、使用性及地下室開挖之安全性。	本研究將該手法納入架構中；本研究將調整「減少地下室開挖」為「最適當之地下室開挖」。
3	可採用如機械式停車，減少地下室之開挖量或開挖方式之選用將影響土方之產出量。	本研究將該「機械式停車」、「使用開挖面積較小之工法」納入架構中。
4	「輕量化設計」原則，可增加「採用鋼、木組合結構」手法。	「輕量化設計」原則，增加「採用鋼、木組合結構」手法。

5	建築物材料構造組成資料應列入，以便利為來修繕、拆除之銜接，可增加其建築耐久。	本研究將以「保留建築設計資訊」之手法納入「耐久化設計」之中。
6	對跨領域材料之再利用，如生物性材料，例如可分解材料；物理性材料，例如奈米材料等。	本研究將「奈米材料」納入「耐久化設計」，並持續蒐集相關資料。

本研究蒐集各指標及文獻，其中依據其減廢之設計目的，初步擬定七大原則，分別為舊有建築再利用、最適化設計、輕量化設計、模組化設計、耐久化設計、土方平衡設計、再生建材使用等，透過專家意見建立減廢原則與手法之嚴謹性，使整體架構更加健全，本研究相關架構整如下：

➤ 本研究修正

1. 本研究將”拆除構件再使用”之部分移至「循環材料使用」原則，「舊有建築再利用」將僅探討「保留舊有建築」之部分。
2. 「最適化設計」原則中，增加「空間可彈性變化設計」、「機械式停車」及「使用開挖面積較小之工法」手法。
3. 「輕量化設計」原則中，增加「採用鋼、木組合結構」手法。
4. 「模組化設計」原則中，增加「設備（施）模組化」手法。
5. 原「模組化設計」原則中，「採用預鑄外牆」、「採用預鑄柱樑」、「採用預鑄樓版」、「採用預鑄浴廁」綜合成「採用預製元件」。
6. 「耐久化設計」原則中，增加「採用高耐久性之材料」、「管道間設計考量管線長度」、「使用無毒可回收之銅管、不鏽鋼管」、「保留建築設計資訊」及「採用奈米材料」手法。
7. 「減少地下室開挖」調整為「最適當之地下室開挖」。

第四章 建築減廢設計原則指引手冊之建立

4.1 手冊內容與架構之規劃

一、手冊內容

在建築物生命週期中以減廢的觀點來看，設計階段扮演著核心的角色，而其本手冊提供相關原則及手法增加減廢概念之宣導。本手冊針對建築設計者之需要，希望透過相關手法說輔以案例介紹，針對設計者之考量，以深入淺出的方式引介、整理「建築減廢」之相關手法，期能達成減廢之目標。本手冊分為四個部分，將相關減廢手法及大原則，分別以各原則手法進行說明，並提供案例參考。本手冊內容主題如下：

1. 建築減廢設計之原則概念
2. 建築減廢設計之相關手法介紹
3. 國內相關減廢手法案例
4. 自我檢核表

二、手冊架構

本研究所搜集各國之減廢指標包括台灣 EEW-NC、英國 BREEM、日本 CASBEE、美國 LEED-NC 及 SB Tool 等，並將各指標及相關文獻案例所考量之方向多為「減少材料使用」、「選用再利用及再使用材料」、「減少剩餘土方量」、「減少施工時之耗材或損耗」、「增加未來裝修之便利性等項目」，依上述大方向及文獻為依據，故本研究歸納出七大減廢原則及 42 項手法。

本研究所建立之七大原則，分別為「舊有建築物再利用」、「最適化設計」、「輕量化設計」、「模組化設計」、「耐久化設計」、「土方平衡設計」、「循環材料使用」，並以此歸類、整理出 42 項手法，佐以案例提供相關手法及資訊索引，並附上「自我檢核表」以做為建築師設計時之參考。本研究之手冊架構，詳如表 4-1。

表 4-1 手冊架構

章節	說明	案例
第一章 前言	說明本手冊之目的、使用方式及希冀達成之目標。	透過國內實際減廢

第二章 舊有建築再利用	評估需求是否可由舊建築滿足，考量舊結構之再使用與再利用，或於新建時考量便於未來再使用或再利用之設計。	設計圖說與案例作為實證，以期能讓建築設計者將減廢概念直接反應至設計實務上。
第三章 最適化設計	在符合需求下做合適之設計，避免過量設計造成額外材料消耗或廢棄物之產出	
第四章 輕量化設計	減輕建築結構自重，減少建築所需結構斷面。	
第五章 模組化設計	透過系統化、模組化之設計，提高材料使用效率及場外施工之可能。	
第六章 耐久化設計	延長建築生命週期並減少未來維護之對結構之損害。	
第七章 土方平衡設計	透過供需之平衡，減少土方最終處置之數量。	
第八章 循環材料使用	可消耗廢棄物，並減少天然資源之使用，達到減廢及資源保育效果。	
附 錄 自我檢核表	提供原則性提醒功能之自我檢核表。	

資料來源：本研究整理

4.2 手冊內容之擬定－建築減廢七大原則與相關手法

本研究彙整各國相關之減廢設計原則與手法，提出適合臺灣本土之設計原則與手法，結合現有制度與輔助手法之應用，提供可參考資料與實際應用案例等，如再生料之取得管道、輕量化設計之形式種類，並附加可參考之減廢設計原則及案例手法，建立適用台灣本土之建築減廢設計原則與手法之參考手冊，以提供未來建築設計之參考，完整手冊內容詳如附錄四。

根據上述相關文獻所匯集之手法，主要可分為七大原則，分別為舊有建築再利用、最適化設計、輕量化設計、模組化設計、耐久化設計、土方平衡設計、循環材料使用，並透過兩次專家座談會之專家意見修正增調為 42 項手法，重新彙整如表 4-2 所示。

表 4-2 建築減廢設計原則指引手冊架構

原則	說明	手法
1. 舊有建築再利用	評估舊有建築是否可透過整建或設計手法使其符合新需求	舊建築活化再利用
		儘量保留舊建築之結構(樑、柱、版、牆)
2. 最適化設計	在符合需求下做合適之設計，避免過量設計造成額外材料消耗或	外型應盡量簡單、均勻、對稱
		層高均等
		設計考量材料的標準尺寸

	廢棄物之產出	空間可變化彈性設計
		確認未來使用者的需求
		簡單室內裝修
3. 輕量化設計	減輕建築結構自重，減少建築所需結構斷面，可減少建築材料使用	採用輕量鋼骨結構
		採用木結構
		採用鋼、木組合結構
		採用輕量的金屬帷幕外牆
		採用輕隔間
		中高層部分避免大量使用石材
4. 模組化設計	透過系統化、模組化之設計，提高建築施工效率及場外施工之可能，提高材料使用效率及減少模板等耗材之消耗	採用高性能混凝土
		採用系統模板
		採用預鑄構件
		採用易拆換之乾式隔間
5. 耐久化設計	延長建築生命週期，減少未來維護之需求，避免維護時對結構體之損害	設備（施）模組化
		採用明管設計
		保留配線擴充空間
		採用高耐久性之材料
		管道間設置位置考量管線長度
		使用無毒可回收之銅管、不鏽鋼管
		提高結構體設計耐震力
		增加混凝土保護層厚度
		屋頂層設備防水層分離
		保留建築資訊設計
6. 土方平衡設計	透過供需之平衡，減少土方最終處置之數量	採用奈米材料
		多餘土方用於現場地形改造
		多餘土方用於其他基地工程之土方平衡
		最適當之地下室開挖
		使用開挖面積較小之工法
7. 循環材料使用	可消耗廢棄物，並減少天然資源之使用，達到減廢及資源保育效果	機械式停車
		採用再生骨材
		經過認證之再生建材產品
		採用高爐水泥
		使用拆解後舊建築之樑、柱、版
		易拆解設計
		採用常見規格與材料
		使用易於回收之材料
		簡化材料的使用

資料來源：本研究整理

本研究各原則手法歸納說明如下：

1. **原則一—舊有建築再利用**

「保留舊建築之樑、柱、版、牆」、「舊建築活化」等，因其各手法主要考量目的為舊有建築拆除前可先評估是否符合其需求，若可透過結構補強或設計手法避免直接拆除建築物，可減少營建廢物棄產生，以達減廢目標。

2. **原則二—最適化設計**

「外型應盡量簡單、均勻、對稱」、「層高均等」、「設計考量材料的標準尺寸」、「空間可變化彈性設計」、「確認未來使用者之裝修需求」、「簡單室內裝修」等，主要避免過量之設計及不必要的空間浪費，透過適量之建築造型與室內裝修，減少因過量設計造成之建材與廢棄物之增加。

3. **原則三—輕量化設計**

「採用輕量鋼骨結構」、「採用木結構」、「採用輕量的金屬帷幕外牆」、「採用輕隔間」、「中高層部分避免大量使用石材」、「採用高性能混凝土」等，其本身就為輕量化設計之作為。

4. **原則四—模組化設計**

「採用系統模板」、「採用預鑄構件」、「採用易拆換之乾式隔間」、「設備(施)模組化」等項目，主要之目的即為透過系統化、模組化等方式，提高現地效率或場外施工，減少模板需求、提升材料使用效率與品質，避免不良打除之情況。

5. **原則五—耐久化設計**

「採用明管設計」、「保留配線擴充空間」、「採用高耐久性之材料」、「管道間位置設計考量管線長度」、「使用無毒可回收之銅管、不鏽鋼管」、「提高結構體設計耐震力」、「增加混凝土保護層厚度」、「屋頂層設備防水層分離」、「保留建築設計資訊」、「採用奈米材料」等，主要是考量未來修繕維護的可能及結構體之耐久性，提高建築或材料之使用週期，在使用維護期間可有效率的做修繕。

6. **原則六—土方平衡設計**

「多餘土方用於現場地形改造」、「多餘土方用於其他基地工程之土方平衡」、「最適當之地下室開挖」、「使用開挖面積較小之工法」、「機械式停車」等，主要是將挖方做供、需平衡及探討最適當之下部結構設計。

7. 原則七—循環材料使用

「採用再生骨材」、「經過認證之再生建材產品」、「採用高爐水泥」、「使用拆解後舊建築之樑、柱、版」、「易拆解設計」、「採用常見規格與材料」、「使用易於回收之材料」、「簡化材料的使用」、之作為為再生建材的使用，可消耗廢棄物，為最直接減廢之手法。

以下茲就各原則與手法及案例進行說明：

4.2.1 舊有建築再利用

結構體之興建將使用大量建材，任何新建之建築需求產生時，應首要評估舊有建築是否符合其需求，若可透過設計手法或建築工法，僅做局部拆除或整建保留舊建築堪用部分做新的空間規劃，勢必可減少許多的資材損耗，避免產生大量之營建廢棄物，然舊建築再利用主要有以下兩項手法：

➤ 舊建舊建築活化再利用

原有建築因不符合新使用需求，或建築無法達到其使用用途，所造成”閒置空間”，閒置空間再利用亦是永續經營是的一種共識，對於舊有建築物再利用之規劃與考量，考慮為來使用者的規劃、空間設計，滿足新的需求，則可減少舊建築拆除廢棄物的產生，透過舊有結構體整建或結構補強，則可減少舊建築拆除廢棄物的產生，延長建築結構體使用期間，亦可將資源做最有效的運用。

➤ 儘量保留舊建築之結構(樑、柱、版、牆)

在新建設計之前，可先評估舊有建築是否滿足新建築之需求，若直接拆除堪用之現有建築實則可惜，因此可先與業主適度溝通，評估現有結構之安全性，將現地之舊建築結構體規畫為新建築設計空間之部分，或配合新需求僅做局部拆除，保留堪用之部分做新的設計，減少新建產生之材料耗用與拆除之廢棄物。

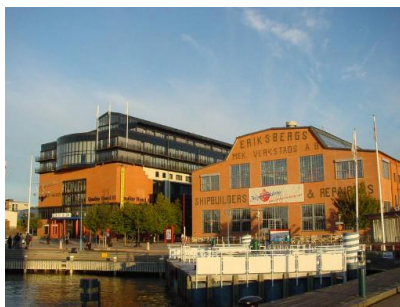


圖 4-1 瑞典舊倉庫改建之旅館與戲院

資料來源：[24]

4.2.2 最適化設計

設計時應在滿足業主需求下做最適合之設計，避免過度裝修及不必要之空間規劃，減少材料使用，最適化設計主要有以下九項手法：

➤ 外型應盡量簡單、均勻、對稱

奇特之平面設計，凹凸之建築變化或頭重腳輕之造型設計都會對結構之防風、抗震能力造成影響，必須針對結構補強，增加結構體材料之需求，因此簡單、均勻、對稱之建築造型可避免因造型產生之額外材料使用，增加後端廢棄物產出。



圖 4-2 建築外形簡單無奇特凹凸設計

資料來源：本研究整理

➤ 層高均等

不同的層高變化勢必需要調整各樓層之結構乘載，不但影響其抗震之能力，也須增加結構上之材料需求，層高均等也可提高模版的轉用效率及固定尺寸鋼筋的使用。

➤ 設計考量材料的標準尺寸

設計時盡量採用標準材料之尺寸或其倍數，減少裁切之需求，亦或採用定尺材料，由工廠做計畫裁切，減少下腳料之產生。

➤ 空間可變化彈性設計

建築空間設計時，可考量未來需求可能之變化，保留其彈性，如商辦轉為住宅使用之可能，或是內部隔間調整之彈性、預留挑高空間做閣樓等設計，避免因可預期之需求變動而須拆除重建或大規模整修。

➤ 確認未來使用者的需求

在建築設計時可透過調查未來使用者之需求，了解使用者對裝修之偏好，避免未來使用者打除、重新裝修之廢棄產生，若無法確定使用者的部分應盡量簡化裝修，交由使用者做個人化的配置，如毛胚屋。



圖 4-3 客製化裝修

資料來源：[65]

➤ 簡單室內裝修

室內裝修提供居住的質感，過度的裝修將對未來廢棄物的產出有直接的影響，複雜的裝修更是增加未來拆除回收的難度，簡單、樸素之室內裝修對減廢有一定之效果，如加拿大 SB Tool 指標更將未裝修之牆面面積做為評估標準。

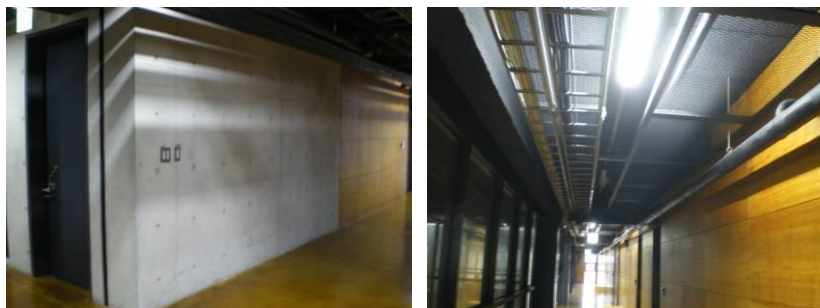


圖 4-4 韓國紙之鄉旅館牆面不做其他裝修、明管設設計

資料來源：本研究整理

4.2.3 輕量化設計

結構體除必要之設計載重外，自重也會影響其結構材料使用，若能降低結構體自重，減少相同空間設計下所需結構斷面大小，減少結構所需量體，其節省之材料將直接反映在其未來產出之廢棄物，輕量化設計主要有以下七項手法：

➤ 採用輕量鋼骨結構

鋼材其本身特性為強度高、自重輕，除可減少結構量體外，其未來拆除後為

有價材料，回收率較高，對廢棄物減量有實質的幫助；除常見的鋼骨結構外，低層建築尚可考慮輕鋼骨結構(Light-gauge Steel-framed, LGS)，其重量與其他傳統工法相比約可減少 30%左右，壽命可高達 75 至 90 年，目前法規限制冷軋型鋼構造建築物之簷高不得超過十四公尺，並不得超過四層樓，主要提供低層建築使用。



圖 4-5 宜蘭黃宅以輕型鋼骨及輕鋼牆立體組構成結構

資料來源：[72]

➤ 採用木結構

木構造質輕，為天然可再生之建材，其主要為隔熱效果好、可調節濕氣，其構造也易於未來拆解再使用，故多數國家均鼓勵使用木結構，使用木構造時除採用無毒可回收之木材之外，尚可考量使用永續森林採伐之木材，其為有計畫砍伐之森林，可減少木材使用對環境之衝擊。



圖 4-6 宜蘭五結簡宅採用木構並考量木構常用尺寸

資料來源：[52]

➤ 採用採用鋼、木組合結構

除純粹鋼構造與木構造外，鋼、木組合結構尚可解決木構造普遍被認為具高成本之問題，並融合鋼材之強度，為鋼構與木構之另一輕量化選擇。

➤ 採用輕量的金屬帷幕外牆

以金屬或合金為材料的金屬帷幕外牆相較於一般 RC 外牆，其質輕，造型自

由，表面經過處理不易受環境污染，建築物表面可得較大的開窗面積，但仍應考量日照方向設置外遮陽，採用輕量金屬帷幕外牆亦可減少結構體之自重，且金屬材質為有價材料，回收率非常高，對廢棄物減量有很大的幫助，金屬帷幕牆尚可分為鋁帷幕牆、不鏽鋼帷幕牆、銅帷幕牆及鑄鋁帷幕牆等四種。



圖 4-7 台灣科技大學研揚大樓使用金屬帷幕牆之遮陽板

資料來源：[60]

➤ 採用輕隔間

輕隔間其質輕，可減少對結構之影響，且現行輕隔間普遍具有防火、防潮等優點；輕隔間亦分為乾式與濕式兩種，雖分別都有輕量化之特性，但從考量未來材料回收之觀點來看，使用面板系統之乾式隔間未來拆解較為便利。

➤ 中高層部分避免大量使用石材

石材一般被認為是高貴、氣派的裝修材，但石材之自重亦是裝修材中較高的，故採用此類建材應盡量在低層使用，如一樓大廳，盡量避免高層之石材使用而影響整體之承載自重。

➤ 採用高性能混凝土

高性能混凝土具有高流動性、高強度、高水密性、高耐久性等特性，其高強度可減少結構所需斷面，且其高耐久性可增加生命週期長度。



圖 4-8 台北 101 採用高性能混凝土

資料來源：本研究整理

4.2.4 模組化設計

透過模組化設計，可使建築各項區塊單元化，利於工廠生產或提升現地材料使用效率，減少現地耗材之損耗，以工廠生產之方式，現場僅需做組裝的動作，不過相對需要較高之技術水平，模組化設計主要有以下四項手法：

➤ 採用系統模板

透過模組化之設計，採用系統模板，除增加模板之使用效率，並提升現地施作之效率，通常系統模版為做大量規格化之澆置，會以金屬模版之形式製作，提高其轉用率，也可減少模版之損耗。

➤ 採用預鑄構件

預製構件因在工廠生產製造，避免現地之環境影響、材料之浪費、品質不穩定等壞處，降低重作之可能，且可減少場鑄所需之耗材，對減廢有相當之助益，相關預製構件如結構體之樑、柱、樓板，或是帷幕外牆、整體衛浴。



圖 4-9 宜蘭縣政中心眷村新建工程採用預鑄外牆

資料來源：本研究整理

➤ 採用易拆換之乾式隔間

採用乾式隔間易於維護、拆裝，且易於其中鋪設管線，可拆裝之隔間也具有彈性空間調配之優點，對於空間需求易變化之建築設計，如展場、商辦等，可採活動隔間，減少未來空間需求變動產生之廢棄物。

➤ 設備(施)模組化

建築物內部設備若採可擴充之模組化設計，不須在設計初期做全面性的配置，可依需求做增減，可減少未來部分設備使用率低或擴充困難的問題，造成不必要之浪費，如變頻中央空調 VRV(Variable Refrigerant Volume)系統可以使用需求做串聯增加。



圖 4-10 美國加州 Z6 House 六戶相同單元組裝

資料來源：[50]



圖 4-11 奧地利 Two-Family House

資料來源：[38]

4.2.5 耐久化設計

定期之維護、修繕是建築物使用必要之廢棄物產生源，若可增加其週期時間長度，減少維修次數，應可達到減廢之效果，耐久化設計主要有以下十項手法：

➤ 採用明管設計

管路是未來修繕維護之一大重點，以往預埋管線之設計，不易找尋損壞位

置，維修時也必須破壞性敲除，除不利結構耐久性外，亦有廢棄物之產生，因此若採明管設計，可利於未來維修，減少修繕廢棄物之產生。



圖 4-12 澎湖縣立圖書館採用明管設計

資料來源：本研究整理

➤ 保留配線擴充空間

規劃管線空間時，應考量未來之管線擴充，避免額外外掛管線或埋設管線。

➤ 採用高耐久性之材料

定期之維護、修繕是建築物使用必要之廢棄物產生源，若可增加其週期時間長度，減少維修次數，應可達到減廢之效果，如採用高抗污性之材料，減少定期刷洗或油漆之可能，或是使用壽命較長之管線，減少管線維護之機會。

➤ 管道間位置設計考量管線長度

一般為了未來維護方便，會設置管道間作為垂直管線配置空間，其匯集附近之管線往下延伸，若是管道間位置配置不當，則管線須增加額外之長度以連至管道間，因此管道間之設置可考量平面設施位置做最佳配置，減少多餘之管線配置。



圖 4-13 似水年華採用管路預留設計，管道間皆可打開進行維修、更新

資料來源：[71]

➤ 使用無毒可回收之銅管、不鏽鋼管

相較於常見之 PVC 管，銅管與不鏽鋼管具較高之耐久性，且其材質本身利於回收再利用。

➤ 提高結構體設計耐震力

地震在臺灣建築上是一重要之外力影響，因此透過提高耐震力之設計，減少地震對結構之損害，延長其壽命。

➤ 增加混凝土保護層厚度

混凝土在一定年限後會漸漸中性化，減少對鋼筋之保護，造成鋼筋鏽蝕，因此增加保護層厚度可延長中性化對鋼筋之影響時間，延長建築物之壽命。

➤ 屋頂層設備防水層分離

屋頂設備若長期壓在防水層上，透過自重、風力及地震力等外力影響，很有可能對防水層造成傷害，進而影響內部鋼筋損害，因此將屋頂設備架高有助於延長建築物壽命。



圖 4-14 運璿建築科技大樓空調設備以懸空結構支撐，給排水衛生管路架高

資料來源：本研究整理

➤ 保留建築設計資訊

建築物之設計資訊在完工之後應建檔保留，在使用維護期間，可有效率的做修繕與其構件更換，減少對建築物之不了解而多餘產生的修繕行為，在未來需求改變也較易規劃評估新需求的使用，在拆除時也易於評估可回收之構件與材料。

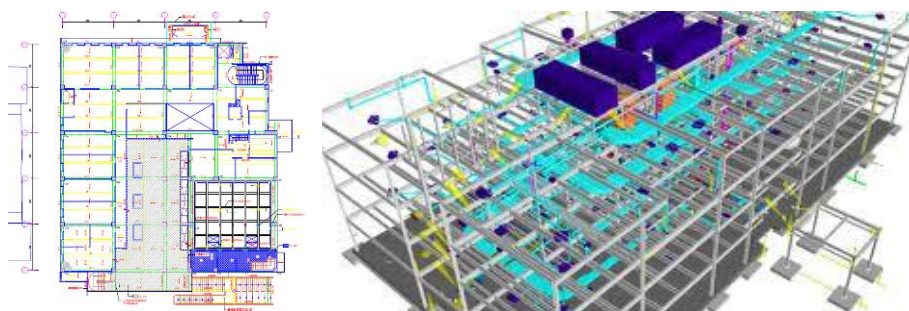


圖 4-15 傳統設計文件與建築資訊模型

資料來源：本研究整理

➤ 採用奈米材料

奈米建材目前已有許多建材廣泛運用，主要分為兩種做法，其一為在表層加上防水的奈米粒子，其二為奈米光觸媒，兩者都可使建材表面不易沾染髒汙，有自潔的效果，現有應用範圍包括奈米磁磚、奈米玻璃、奈米塗料等，透過奈米之特性可提升建材抗粉塵、汙垢之能力，提高其更換週期。



圖 4-16 建築科技中心外牆採用具有自潔、抗汙能力之光觸媒玻璃

資料來源：[68]

4.2.6 土方平衡設計

土方工程通常是建築工程中必要之項目，主要來自建築基礎工程，因此可透過供需之平衡設計以期達到於土減量之效果，土方平衡設計主要有以下五項手法：

➤ 多餘土方用於現場地形改造

建築工程除了挖方之外，尚有回填及造景等土方需求，若能透過規劃設計，使其互補，即可降低餘土的產出及土方的需求。

➤ 多餘土方用於其他基地工程之土方平衡

土方平衡有時未必能在相同一工地達成平衡之狀態，若可透過鄰近工地之協調，達到土方供需的平衡，減少剩餘土方產出。



圖 4-17 嘉義二二八紀念館配合地形達成土方挖填平衡

資料來源：[63]

➤ 最適當之地下室開挖

一定高度的樓層為了結構穩定，需要一定深度的地下室，因此設計時應盡量符合結構需要，盡量避免不必要之地下空間設計，降低開挖之需求，以減少可能之挖方量。

➤ 使用開挖面積較小之工法

開挖方式往往影響土方之產出，設計開挖方法時，開挖面若能盡量貼近結構體，則可減少相當之開挖土方產生，但各個案地質條件環境不盡相同，亦須衡量安全考量，選擇最合適之工法。

➤ 機械式停車

許多地下室空間常因停車空間需求而加深地下空間設計，相較於平面式停車，機械式停車可運用停車場內之高度，增加空間使用效率，避免不必要之地下開挖，減少開挖土方及相關之施工耗費。

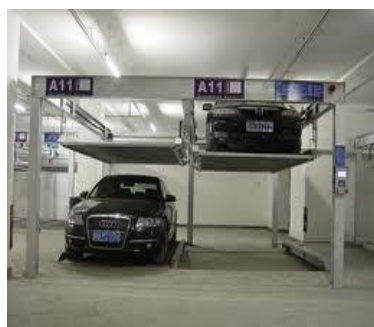


圖 4-18 機械式停車可減少地下室開挖

資料來源：本研究整理

4.2.7 循環材料使用

再生建材為廢棄物資源化的產物，其使用量與廢棄物的消耗量成正比，因此若能大量採用，即可減少廢棄物之數量，再生建材使用主要有以下八項手法：

➤ 採用再生骨材

營建廢棄物中通常安定之固體廢棄物如混凝土塊、磚瓦等，通常會被製成再生骨材予以再利用，因此再生骨材之採用可減少營建廢棄物之產出。

➤ 經過認證之再生建材產品

國內目前所公告之再生建材類別共 9 大類，並於財團法人台灣建築中心設有綠建築資料庫網頁可供料源查詢，目前有再生綠建材標章之廠牌項目已有 18 項。

表 4-3 再生綠建材項目

已受理的再生綠建材項目		
編號	中文名稱	英文名稱
1	粒片板	Particle Boards
2	中密度纖維板	Medium density Fiberboards
3	木製傢具及課桌椅	Wooden Furniture
4	纖維水泥板及纖維強化水泥板 (矽酸鈣板)	Fiber Cement Board
5	高壓混凝土磚	Compressed Concrete Paving Units
6	混凝土空心磚 (植草磚、圍牆磚等)	Hollow Bricks
7	碎石級配料	Aggregates
8	陶瓷面磚	Ceramic Tile
9	石膏板	Gypsum boards

資料來源：[62]

➤ 採用高爐水泥

水泥是一高生產耗能之產品，高爐水泥採用煉鋼之爐渣作為水泥之取代料，除可減少水泥材料之使用，並減少需處理之工業副產物，具有一定之減廢效果。



圖 4-19 台達電子南科廠採用高爐水泥

資料來源：[35]

➤ 使用拆解後舊建築之樑、柱、版

許多建築在拆除時，尚有許多構件還是堪用的狀態，經過整理後即可重新使用，若能使用現地或其他工地舊建築拆卸之建築構件，將其納入設計之中，可減少新建材之需求。



圖 4-20 美國加州 Portola Valley Town Center 採用舊城鎮中心之樑與牆面版

資料來源：[49]

➤ 採用易拆解設計

設計時應考量建築構件之安全拆解，多採用物理性接點，少用化學性接點，可增加未來拆除時建築構件再使用之可能，也利於再利用之分類處理，也可設計部分非結構體污工使用石灰砂漿，其低強度之特性，利於保留未來內部磚塊再使用之完整性。



圖 4-21 印度尼西亞戶外建築，設計理念為易拆解的臨時性建築

資料來源：[69]

➤ 採用常見規格與材料

於設計時應考量未來建材於其他建物再使用或回收再利用，採用常見規格與材料可增加於其他建築之適用性，提升再利用或再使用之可能性。

➤ 使用易於回收之材料

在設計源頭即應考量材料之回收性，若採用較易於回收之建材，可增加未來拆除時回收之效率，一般而言木質建材在回收處理時對環境衝擊較小，除可腐爛分解，也可簡易處理進行再使用，使用其他材料時應注意其是否具有該材料之回收機制，如營建事業之目的事業主關機關為內政部營建署，於 92 年 7 月 4 日發布「營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」，目前已公告再利用種類已有 9 項。

➤ 簡化材料的使用

若建築所材料種類越少，未來拆除分離亦較為容易，可回收再利用的材料量也越多，且分離之材料純度越高，能夠製作質量較高之再生建材，其中必需注意複合材料之使用，若是採用複合性材料，分離費時費工，將降低未來之回收性。

4.3 第二次專家座談會

本研究透過國內外所彙整之減廢原則與手法，根據台灣之工程環境，依其適用性、可行性等考量，召開二次專家座談會，邀請產、官、學各界專家學者出席，吸取各領域專家意見後，進一步修正減廢原則與手法，以利本手冊更具實用性，以下分別對各次專家座談會做說明。

根據第一次專家所會將國內外所彙整之減廢原則與手法，根據台灣之工程環境，依其適用性、可行性等考量，彙整國內可行之建築減廢設計手法及實際案例，

第四章 建築減廢設計原則指引手冊之建立
編訂成一參考手冊，藉由專家座談會確認其完整性及適用性，相關議程如表 4-3 所示：

表 4-4 第二次專家座談會出席名單

「建築減廢設計原則與手法之初步研究」專家座談會		
會議時間	100 年 9 月 26 日 星期一 上午 9:30	
會議地點	國立台灣大學 水工試驗所 204A 會議室	
主持人	黃教授榮堯	
會議主旨	將國內外所彙整之減廢原則與手法，根據台灣之工程環境，依其適用性、可行性等考量，邀請產、官、學之各方專家，經由專家座談會篩選減廢原則與手法，根據專家之結論，彙整國內可行之建築減廢設計手法及實際案例，編訂成一參考手冊，藉由專家座談會確認其完整性及適用性。	
會議議題	1. 建築減廢設計原則指引手冊架構完整性及適用性討論。 2. 其他建築減廢設計原則指引手冊之建議。	
與會專家		
單位	職稱	姓名
財團法人建築中心	顧問	蕭江碧
中國科技大學 室內設計系	教授	蘇毓德
首象建築師事務所	建築師	葉宏安
鄭宜平建築師事務所	建築師	鄭宜平
陳俊芳建築師事務所	建築師	陳俊芳
台北市建築師公會	建築師	張矩墉



圖 4-22 第二次專家會討論狀況(1) 圖 4-23 第二次專家會討論狀況(2)

根據專家會所討論之建築減廢設計原則指引手冊架構完整性，與本研究主要相關之意見如下：

編號	主要專家意見	本研究修正
1	手冊之格式應配合設計者實際操作步驟編排，依序從結構設計及開挖設計、空間設計、隔間設計、裝修計畫、設備管線配置、再生及環保材料的選用。	本研究將各手法依此一建築設計步驟作對應，置於手冊前言內容。
2	「最適化設計」之「最適當地地下室開挖」、「使用開挖面積較小之工法」、「機械式停車」敘述地下室開挖及利用過多，因與土方平衡設計結合。	「最適當地地下室開挖」、「使用開挖面積較小之工法」、「機械式停車」，此三項手法併入「土方平衡設計」中。
3	「循環材料使用」，建議新增使用無毒可回收之木材，如使用無毒南方松或木棧板。	將於「採用木構造」一手法中加入此建議。
4	「使用標準尺寸」建議加入 CNS 標準或洽詢廠商提供；「土方平衡」建議提供餘土交換利用資訊。	CNS 相關標準甚多，因此僅提供資訊取得管道，不納入附件中；將於該章節內增加現有之土方交換平台資訊。
5	案例「富邦南京大樓」，僅提供外牆為金屬玻璃帷幕使用率，但本建物未設置外遮陽，夏季室內溫度較高，較耗能，更應增加「惟仍應設置外遮陽，以提升室內環境舒適度」。	將於「使用金屬帷幕牆」手法中加註說明。

本研究藉由蒐集相關指標內容、文獻回顧及邀請專家學者研討修正，建立建築減廢設計之七大原則與 42 項手法，並將各減廢之手法說明及案例編彙成一指引手冊，透過專家寶貴意見確立手冊架構完整性，本研究相關手冊架構整如下：

➤ 本研究修正

1. 手冊前言內容中加入建築設計者操作步驟，並對應相關手法。
2. 原「最適化設計」原則中之「最適當地地下室開挖」、「使用開挖面積較小之工

法」、「機械式停車」三項手法，併入「土方平衡設計」原則中。

3. 「採用木構造」手法中增加使用無毒可回收之木材說明。

4.4 成果發表會

本研究所編撰之手冊主要為推廣建築減廢相關理念及精神，鼓勵建築設計者在設計階段時納入減廢考量，以減廢為標的將相關減廢設計原則與手法透過成果發表會加以宣導，主要邀請對象為全國建築師及相關設計從業人員，目的為傳達給設計者相關原則與手法，祈使在建築設計源頭即納入減廢思維，達成減廢之目標。

表 4-5 成果發表會議程

建築減廢設計原則與手法之初步研究-成果發表 建築減廢設計原則指引手冊			
會議時間	100 年 9 月 29 日 星期四 下午 1:30		
會議地點	新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓(捷運新店線大坪林站)		
主辦單位	內政部建築研究所		
協辦單位	國立中央大學營建管理研究所		
邀請對象	全國建築師、相關設計人員、建築科系學生		
時間	主題	內容	主講人
13:00~13:30	報到		
13:30~13:40	內政部建築研究所 鄭主任秘書元良致詞		
13:40~13:50	計畫簡介	計畫簡介	黃榮堯 教授
13:50~14:40	建築減廢設計原則與手法 I	➤ 原則 1:舊有建築再利用 ➤ 原則 2:最適化設計 ➤ 原則 3:輕量化設計	研究團隊
14:40~14:50	休息		
14:50~15:40	建築減廢設計原則與手法 II	➤ 原則 4:模組化設計 ➤ 原則 5:耐久化設計 ➤ 原則 6:土方平衡設計 ➤ 原則 7:循環材料使用	研究團隊
15:40~16:00	綜合討論		黃榮堯 教授
16:00~	賦歸		



圖 4-24 與會人員簽到情況



圖 4-25 鄭元良主任秘書致詞



圖 4-26 與會人員參與發表會情況



圖 4-27 發表會綜合討論情況

成果發表會相關與會人員意見如下：

表 4-6 成果發表會與會人員意見

編號	與會人員意見	研究團隊回覆
1	使否能將高爐水泥內飛灰的使用比例數值列入「使用高爐水泥」項目。	高爐水泥在國內行之有年，且業界多有使用經驗及一定飛灰摻入比例，目前本手冊方向僅為原則性提供建築師減廢設計之手法。
2	希望研究團隊能將更多相關資訊取得管道放於手冊內容中。	相關資料取得方式甚多，手冊僅提供相關資訊取得管道，因不納入附件中。
3	本手冊所提倡之減廢精神，對於 CO ₂ 及營建廢棄物減量有莫大幫助，手冊內容是否能對”建築物形狀”多加詳細規定。	本手冊之精神在於鼓勵建築師在設計階段時能考量未來減廢效益，考量建築設計彈性，手冊內文提供原則性參考，不做強制規定。

本研究建立建築減廢設計之七大原則與 42 項手法，並將各減廢之手法說明及案例編彙成一指引手冊，手冊主要為推廣建築減廢相關理念及精神，研究團隊亦舉辦成果發表會，邀請建築師及設計從業人員，宣導本手冊之減廢原則與手法，為未來建築設計注入減廢概念，與會人員意見如下：

➤ 成果發表會與會人員意見

1. 使否能將高爐水泥內飛灰的使用比例數值列入「使用高爐水泥」項目。
2. 希望研究團隊能將更多相關資訊取得管道放於手冊內容中。
3. 本手冊所提倡之減廢精神，對於 CO2 及營建廢棄物減量有莫大幫助，手冊內容是否能對”建築物形狀”多加詳細規定。

4.5 臺灣綠建築指標(EEWH)之比較分析

內政部建築研究所為鼓勵興建省能源、省資源、低污染之綠建築建立舒適、健康、環保之居住環境，發展以「舒適性」、「自然調和健康」、「環保」等三大設計理念，包括綠化指標；基地保水指標；水資源指標；日常節能指標；二氧化碳減量指標；廢棄物減量指標；污水垃圾改善指標；生物多樣性指標；室內環境指標等九大指標。其中，在綠建築指標中所設立之減廢指標群主要為二氧化碳減量指標與廢棄物減量指標較能反映減廢設計，前者在於評估建材之生產汙染，後者在評估施工中及日後拆除之汙染，指標包含形狀係數、輕量化設計、耐久化設計、再生建材、土方、營建自動化、構造、空氣汙染防制等項目。

本研究所建立之建築減廢設計原則與手法係參考國內外相關研究與既有相關工程指標，文獻方面包含英國 WRAP、澳洲 ESD；指標方面包含臺灣綠建築指標 EEWH、英國 BREEAM、美國 LEED、加拿大 SBTool、日本 CASBEE 等，彙整出主要原則為設計考量再使用和回收、考量易拆解與靈活性、考量材料的標準尺寸、彈性空間設計、易拆解設計、使用預製構件、考慮材料再利用與再使用、簡樸的建築造型與室內裝修等減廢設計手法，再根據研究範圍及台灣之工程環境，依其適用性、從中分類出主要七大原則分別為舊有建築再利用、最適化設計、輕量化設計、模組化設計、耐久化設計、土方平衡設計、循環材料使用，以下就各手法與綠建築之分析差異彙整，如表 4-7 所示：

表 4-7 本設計原則與綠建築指標分析一覽表

原則	手法	綠建築指標		
		CO ₂ 減量指標	廢棄物減量指標	備註
舊有建築再利用	舊建築活化再利用		✓	舊建築再利用
	儘量保留舊建築之結構(樑、柱、版、牆)		✓	舊建築再利用
最適化設計	外型應盡量簡單、均勻、對稱	✓		建築平面規則、格局方正對稱
	層高均等	✓		建築樓層高均勻
	設計考量材料的標準尺寸			—
	空間可變化彈性設計			—
	確認未來使用者之裝修需求			—
	簡單室內裝修	✓		簡樸的建築外形與室內裝修
輕量化設計	採用輕量鋼骨結構	✓	✓	結構輕量化
	採用木結構	✓	✓	採用木構造
	採用鋼、木組合結構			—
	採用輕量的金屬帷幕外牆	✓		採用輕量化金屬帷幕外牆
	採用輕隔間	✓	✓	採用輕量乾式隔間
	中高層部分避免大量使用石材	✓		結構輕量化
	採用高性能混凝土	✓	✓	採用高性能混凝土設計以減少水泥用量
模組化設計	採用系統模板		✓	營建自動化
	採用預製元件		✓	營建自動化
	採用易拆換之乾式隔間	✓	✓	採用輕量乾式隔間
	設備(施)模組化			—
耐久化設計	採用明管設計	✓		明管設計
	保留配線擴充空間			—
	採用高耐久性之材料			—
	管道間位置設計考量管線長度			—
	使用無毒可回收之銅管、不鏽鋼管			
	提高結構體設計耐震力	✓		結構體設計耐震力提高 20~50%
	增加混凝土保護層厚度	✓		柱樑、樓板鋼筋之混凝土保護層增加 1~2cm
	屋頂層設備防水層分離	✓		屋頂層設備以懸空結構支撐，與防水層分離
	保留建築設計資訊			—
	採用奈米材料			—
土方平衡設計	多餘土方用於現場地形改造		✓	土方平衡

	多餘土方用於其他基地工程之土方平衡		✓	土方平衡
	最適當之地下室開挖		✓	盡量減少地下室開挖
	使用開挖面積較小之工法			-
	機械式停車			-
循環材料使用	採用再生骨材	✓	✓	採用再生建材
	採用經過認證之再生建材產品	✓	✓	採用再生建材
	採用高爐水泥	✓	✓	採用再生建材
	使用拆解後舊建築之樑、柱、版			-
	採用易拆解設計			-
	採用常見規格與材料			-
	使用易於回收之材料			-
	簡化材料的使用			-

資料來源：本研究整理

本研究就各手法與綠建築差異分為，「概念相同之手法」、「概念相似，尚融合其他文獻想法」、「本研究彙整」三方面分析說明如下：

➤ 與綠建築指標概念相同之手法

「外型應盡量簡單、均勻、對稱」、「層高均等」、「採用輕量鋼骨結構」、「採用木結構」、「採用輕量的金屬帷幕外牆」、「採用輕隔間」、「中高層部分避免大量使用石材」、「採用高性能混凝土」、「採用系統模板」、「採用明管設計」、「提高結構體設計耐震力」、「增加混凝土保護層厚度」、「屋頂層設備防水層分離」、「多餘土方用於現場地形改造」、「多餘土方用於其他基地工程之土方平衡」、「採用再生骨材」、「採用高爐水泥」，17 項手法皆與綠建築有相同之減廢概念。

➤ 與綠建築概念相似，尚融合其他文獻想法

「保留舊建築之樑、柱、版、牆」、「舊建築活化」、「簡單室內裝修」、「採用預製元件」、「採用易拆換之乾式隔間」、「最適當之地下室開挖」、「採用經過認證之再生建材產品」，9 項手法為與綠建築有相同之減廢概念亦加入其他文獻之想法綜合而成。

➤ 本研究彙整

「設計考量材料的標準尺寸」、「空間可變化彈性設計」、「確認未來使用者之裝修需求」、「採用鋼、木組合結構」、「設備(施)模組化」、「保留配線擴充空間」、「採用高耐久性之材料」、「管道間位置設計考量管線長度」、「使用無毒可回收之銅管、不鏽鋼管」、「使用開挖面積較小之工法」、「機械式停車」、「使用拆解後舊建

築之樑、柱、版」、「採用易拆解設計」、「採用常見規格與材料」、「使用易於回收之材料」、「簡化材料的使用」、「保留建築設計資訊」、「採用奈米材料」，18項手法為本研究彙整建立。

本研究所建立原則與手法與綠建築中相關減廢指標有異曲同工之處，但本研究範疇為針對建築物生命週期所產生之營建廢棄物與剩餘土石方，因此多方考量使建築減廢整體架構更具完備性，達成廢棄物減量之目標。

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究彙整各國相關之減廢設計原則與手法，針對設計階段減廢標的，共提出七大原則與 42 項減廢手法，並彙整編撰成一本減廢指引手冊，可提供未來建築設計之參考，以下項目為本研究之研究結論。

1. 蒐集各國減廢原則與手法

本研究搜集，做為建立建築減廢設計原則與手法架構之基礎。

本研究所搜集各國之減廢指標主要包括台灣 EEWH-NC、英國 BREEM、日本 CASBEE、美國 LEED-NC 及 SB Tool 及國內外案例與相關文獻之原則與手法，並將各文獻所考量目標歸納、整理，找出最有效益之作為，共同提到相關減廢標的主要有輕量鋼骨結構、設計採用標準尺寸和單位、挖填土方平衡、保留管線擴充空間、建築軀體再利用、採用再生建材、使用具有永續森林認證之木材等，主要還是針對減少材料使用、選用再利用及再使用材料、減少剩餘土方量、減少施工時之耗材或損耗為軸心，做為建立建築減廢設計原則與手法架構之基礎。

2. 建立建築減廢原則與手法

本研究透過相關文獻等，根據上述三個方向所匯集之手法，依其之設計目的、建築結構、外型、材料、舊建築活化等各層面進行探討，共彙整出七大原則，分別為舊有建築再利用、最適化設計、輕量化設計、模組化設計、耐久化設計、土方平衡設計、循環材料使用，作為整體減廢原則之主體架構；以七大原則作為藍圖，並依其特性分別歸納有 42 項減廢手法，包括舊建築活化、設計考量材料的標準尺寸、空間可變化彈性設計、採用輕量鋼骨結構、中高層部分避免大量使用石材、採用預製構件、保留配線擴充空間、採用高耐久性之材料、增加混凝土保護層厚度、機械式停車、採用經過認證之再生建材產品、使用易於回收之材料等，其中亦加入新資訊，包括保留建築設計資訊、採用奈米材料等，以符合潮流發展，提升減廢效益。

3. 建立建築減廢原則指引手冊

本研究藉由蒐集相關指標內容、文獻回顧及專家座談會，建立建築減廢設計

之七大原則與 42 項手法，並將各減廢之手法說明及案例編彙成一指引手冊，以提供建築師設計參考應用，並提供自我檢核表以原則性方式提醒建築師在設計階段應考量減廢項目及其效益。

4. 召開專家座談會

將國內外所彙整之減廢原則與手法，根據台灣之工程環境，依其適用性、可行性等考量，邀請產、官、學之各方專家，透過專家座談會增調相關減廢原則與手法，建立建築減廢設計原則與手法架構嚴謹度。

5. 舉辦成果發表會

本研究所建立之建築減廢設計指引手冊，目的為建築設計時考量減廢之方向指引，為廣納各方意見，並傳達相關減廢原則與手法給建築設計者，遂舉辦一場次之成果發表會，將本研究所建立之原則與手法逐一介紹並佐以案例說明，與會人員反應良好，與研究團隊相互交流氣氛熱絡，使成果發表會獲得許多寶貴意見及經驗。

6. 探討與綠建築之差異

本研究所建立原則與手法與綠建築中相關減廢指標有異曲同工之處，皆是以最小廢棄物數量為標的，但本研究範疇為針對建築物生命週期所產生之營建廢棄物與剩餘土石方，相對於綠建築中二氧化碳及廢棄物減量指標，本研究經多方考量提出包括，設計考量材料的標準尺寸、空間可變化彈性設計、採用鋼、木組合結構、設備(施)模組化、使用無毒可回收之銅管、不鏽鋼管、使用開挖面積較小之工法、機械式停車等多項減廢手法，使得建築減廢整體架構更具完備性，亦可供台灣綠建築指標做參考修增。

5.2 建議

本研究透過各面向之改善方向及建議，分別提出短、中、長期目標及建議，希冀對政府未來擬定政策方向及推動能有所成效。

➤ 建議一

後續研究建議：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：縣市政府

本研究所建立之建築減廢原則與各項手法完備，更可提供各項後續研究作為藍本加以發展，以下為各項後續研究之可行建議。

(一) 建築減廢手法減廢效益之研究

搜集各減廢手法之相關資料，量化數據凸顯各項減廢手法之減廢效益並建立減廢效益評估機制及獎勵制度，創造有利於減廢設計應用之環境。

(二) 建築減廢手法與成本效益之研究

搜集採用減廢手法之相關案例，將減廢手法結合經濟、財務、成本等不同方向之考量，分析評估其成本效益，藉以增加誘因，彰顯減廢效益。

➤ 建議二

後續推廣建議：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：縣市政府

本研究所建立建築減廢設計原則指引手冊，整理國內、外相關減廢設計原則與手法，提供參考資料與實際應用案例等，最終目的為在建築設計階段即納入減廢思維，使得為來建築物臨拆除時能達到最大回收量及廢棄物減量等減少環境負擔，本研究所提倡之減廢精神應加以推廣，更可於各公會或北、中、南區域性辦理相關講習，傳達給設計者減廢原則與手法，達成減廢之目標。

➤ 建議三

後續推廣建議：中長期可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：縣市政府

本研究所建立建築減廢設計原則與手法之架構，可提供建築師設計時之參考，並提供各原則與手法之說明，建議本手冊所建立之手法可提供「綠建築解說與評估手冊」之 CO₂ 減量及廢棄物減量指標計分項目之增修參考，或可提升廢棄物減量之分級評估等級。

➤ 建議四

後續推廣建議：中長期可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

本研究建立之建築減廢設計原則與手法，所提倡之原則可提供「建築技術規則」納為參考，或於「政府採購法」及「建築法」相關子法中輔助說明，逕以延伸相關指標及規範，並可邀集各界專家學者針對獎勵制度或相關法規做進行研議，更廣泛地將減廢精神引導實施，建立創造有利於減廢設計建築應用之環境。

附件一 期初報告審查意見回覆

項次	委員意見	廠商回應
林志棟委員		
1	本研究題旨訂名為初步研究，請說明後續分年分期執行構想與規劃。	感謝委員的意見，將俟本年度研究完成，視研究成果提出短、中、長期之分期分年執行策略或後續研究方向等結論與建議，俾使建築減廢更形落實。
2	建議將公共工程委員會之閒置設施再利用等相關案例，併予納入減廢設計及手法之研究範圍。	感謝委員的意見，公共工程委員會之閒置設施再利用等相關案例，將遵照委員建議併予納入研究範疇。
3	廢棄物減量係綠建築評估指標之一，評估系統已完成第3次版本修訂，請說明本研究產出成果是否包含提具評估指標修正建議草案。	感謝委員的意見，本研究除蒐集國內外文獻資料外，將參考國內綠建築評估指標提具減廢指標修訂之建議草案。
梁漢溪委員		
4	建議參考世界綠建築協會各會員國之減廢相關方法並納入彙整，以符合國際減廢趨勢。	感謝委員的意見，本研究除蒐集世界綠建築協會各會員國之減廢方法及評估指標外，同時蒐集國外減廢實際案例，可提供國內建築師應用於建築設計之實務參考。
5	建議本研究跳脫現有綠建築減廢指標架構，期使增進導入減廢理念建築設計原則與手法之應用廣度。	感謝委員的意見，本研究冀望除彙整國內手法外，尚能導入各國不同思維。
廖朝軒委員		
6	本研究蒐集國內外減廢相關指標，請說明如何落實應用於國內減廢設計。	感謝委員意見，本研究預期蒐集國外減廢指標項目，擷取其中之減廢原則及手法，並探討其之適用性，以落實國內減廢設計之應用。

7	除蒐集國外減廢設計原則與手法外，建議將相關配套法規及獎勵措施併予探討，俾利提供我國建築廢棄物減量政策制訂參考。	感謝委員的意見，本研究主要範疇主要為建立建築減廢相關設計原則與手法之初步研究，未來可針對後續研究，蒐集國外相關配套法規及獎勵措施，提供國內未來減量政策制定之參考。
邱玉茹委員		
8	請說明本研究產出參考手冊之架構或初步構想，以及手冊運用與呈現型式。	感謝委員的意見，本研究將提出不同之減廢原則與手法，並輔以案例說明，以滿足手冊使用之實務需求。
9	研究效益包括提供綠建築評估系統之減廢指標評估項目後續修訂，請說明本研究是否提出評估指標內容修正建議草案。	感謝委員的意見，綠建築指標之修訂尚須考量指標其他項目之平衡，本研究結果可供綠建築指標做增修參考。
廖慧燕主持人		
10	請妥適考量新建、既有建築之減廢方式差異性，建議區分為新建及既有建築部分，並分別探討適用之設計原則與手法。	感謝委員的意見，遵照委員意見分別探討適用新建或既有建築之減廢設計原則與手法。
11	建議新建建築可參考開放式建築(Open System)概念，俾利增進建築用途之使用彈性。	感謝委員的意見，本研究會參酌將開放式系統概念納入新建部分設計原則與手法探討。

附件二 期中報告審查意見回覆

項次	委員意見	廠商回應
謝斌森委員		
1	建議邀請營造業界參與後續專家座談會議，以利協助檢視本研究擬定之減廢設計原則與手法於施工階段之可行性。	感謝委員意見，未來辦理相關研討會或專家會將考量邀請營造業界參與會議討論。
林仁德委員		
2	本研究擬定之減廢設計原則架構，有關最適化設計中「簡單室內裝修」該項，建議詳加定義或量化說明，俾供室內裝修設計業界參考。	感謝委員意見，室內裝修主導權係於業主，涉及業主主觀認知，本研究僅能提供方向性之手法參考，並就「簡單室內裝修」之概念再予說明，量化資料處理實有難度。
台灣省建築材料商業同業公會聯合會 委員		
3	國內現正推動都市更新、零廢棄及資源永續循環再生等政策，建議本研究於經費許可範圍內分區舉辦專家座談會，俾利凝聚共識。	感謝委員意見，未來分區座談會等推廣事宜之辦理，將視研究經費支用狀況規劃。
4	建議考量以示範屋或電腦模擬及手冊製作等方式呈現研究成果。	感謝委員意見，有關廢棄物減量之效益量化、示範屋或電腦模擬等呈現方式，現階段納入實有困難，將納為後續研究方向。
江哲銘委員		

5	本研究進度符合計畫預期成果，對於建築設計產業有效利用地球資源應有助益。	感謝委員肯定。
6	建議補充建築營建系統化之說明，從建築(房屋)之源頭、組構、使用乃至拆除再利用，按此系統進行減廢分析。	感謝委員意見，本研究規劃係著重建築設計階段，建築師可決定部分為主要範疇，有關建築全生命週期觀點或營造階段是否納入研究範疇將再審慎考量。
7	就建築設計應用而言，建議本研究可從建築構造系統之主、次結構、裝修及設備等項目，進行系統化減廢設計原則探討。	感謝委員意見，手冊將考量按照主、次結構及裝修或新建、既有等建築類型區分，採系統化架構呈現並列舉案例，俾利設計實務應用。
陳文卿委員		
8	綠建築九大指標當中已有「廢棄物減量」指標，於評估手冊中就減廢要項及評估基準等項已量化說明，建議參酌上開架構並與其對應，或提供評估手冊增修建議，使本研究更具實用價值。	感謝委員意見，業已參酌綠建築解說與評估手冊，並擷取減廢指標相關內容納供設計原則架構研提；至舊建築再利用、使用易拆解構件等項，將審酌考量可行性後，再行提出綠建築減廢指標評估項目增修建議。
9	期中報告書偏重於定性描述，惟量化說明較為缺乏，譬如採用某種設計手法後對應之減廢量及減廢效益指數等，並請說明依據來源。	感謝委員意見，本研究重點於蒐集彙整國內外減廢手法後，採系統性資料提供，而減廢效益之量化評估具相當難度，將做為未來之研究方向參考。
10	使用再生建材對於整體社會廢棄物產出具有減量效益，惟建議應與建築本身之廢棄物減量貢獻區分。	感謝委員意見，雖本研究以營建廢棄物為減廢標的，但最終目的為減少廢棄物造成環境與社會負擔，是否區分再生建材材料來源將審慎考量。

廖朝軒委員		
11	本研究係以源頭控制取代末端處理方式進行廢棄物減量，可行性極佳。	感謝委員肯定。
12	有關「最適化設計」該用語，建議再予審酌釐定併予說明。	感謝委員意見，「最適化設計」係以勿過度化設計為宗旨，相關用語遵照委員意見再行審酌。
13	本研究初步擬定減廢 7 大原則架構，建議後續再以問卷或專家座談方式，依建築係新建、改建等類型區分，討論研定採用手法之優先次序。	感謝委員意見，未來發放相關問卷或舉行專家會將考量納入討論議題。
廖慧燕主持人		
14	請說明本研究擬定減廢設計原則之後續應用，以及是否提出綠建築評估體系減廢指標等具體建議。	感謝委員意見，研究成果將以手冊方式呈現，輔以案例說明，供建築師設計時參考。綠建築指標項目之修訂尚須考量其他指標項目之平衡，本研究之結果可作為綠建築評估體系修訂之參考。
15	本研究擬自設計階段即納入減廢思維，惟依建築師進行建築設計係依基地評估、建造、使用及拆除等階段考量，請說明研究產出之減廢設計原則如何與上開設計階段進行整合。	感謝委員意見，本研究建立之原則與手法已有一定之架構型態，未來將考量依建築物結構或生命週期階段做系統性之分類對應。
16	有關增加混凝土保護層厚度，提高建築物耐久性等項減廢設計手	感謝委員意見，本研究將針對增加混凝土保護層厚度提高建築物耐久性

	法，請研究團隊再行蒐集既有文獻，儘量予以量化說明。	之相關文獻進行蒐集，提供更詳細之設計資訊。
17	建築過量設計係現行建築普遍通病，建議納為本研究最適化設計原則項下並研提相關手法。	感謝委員意見，「最適化設計」主旨即為抑止過量設計，該原則已包含其概念。

附件三 期末報告審查意見回覆

項次	委員意見	廠商回應
曹昌勝委員		
1	本研究自建築設計階段進行廢棄物源頭減量立意良好，建議可舉辦成果發表會推廣說明，惟目前國內建築師囿於成本考量，多採取保守設計觀念，短期內推廣落實前揭概念尚有困難。	感謝委員意見，本研究於年度工作內容中舉辦一場次之成果發表會，反應良好，未來推廣活動部分，本研究將視所上共識與研究經費狀況予以規劃，舉辦推廣說明會等事宜之辦理。
2	以都市更新容積獎勵 ΔF 為例，政府部門如能針對減廢手法研擬相關獎勵配套措施；並配合修訂相關建築技術規則與施工規範，俾利未來推廣落實。	感謝委員意見，針對修訂相關建築技術規則或研擬獎勵配套措施等部分，執行上有階段性，須更深入探討各影響層面，可作為後續研究之參考；各國相關減廢之獎勵措施，將於成果報告內補充。
3	建議補充成本結構分析及經濟財務等面向論述，俾益說服建築業者。	感謝委員意見，成本結構分析及經濟財務等方向，將作為後續研究之參考。
洪晉鈺委員		
4	報告書 P. 83 列舉案例說明一映興實業廠辦公大樓，有關辦公室內部採用實木地板及坪頂天花板乙節，坪頂天花板建議修正為結構天花板；另實木地板是否界定屬於減少室內裝修材料使用之手法，併請查明修正。	感謝委員意見，本研究遵照委員意見已將期末報告 P. 83 資料勘誤部分，修改致成果報告中。
陳東慶委員		

5	建案銷售之樣品屋普遍於半年內即敲除廢棄，僅少部分建材如燈具、型鋼等回收再利用，建議於減廢設計原則明確列舉回收後毋須繁複處理即能再利用之建材，提供業者依循參考。	感謝委員意見，樣品屋之建材使用，本研究亦提出「簡化材料使用」之手法中提及使用純度高之單一建材，減少複合材料使用，增加建材回收再利用率，以達無須繁雜處理即可回收再用之目的。
王榮吉委員		
6	本研究由設計規劃手法進行建築減廢目標，建議後續進行指標及規範等執行策略擬定相關研究。	感謝委員意見，相關指標規範等執行策略擬定，需邀請各方面專家學者進行研討後，將作為後續研究之參考。
7	本研究進度符合計畫預期成效，並提供自我檢核表，對於達成建築產業減廢目標應有助益。	感謝委員肯定。
8	建議可將減廢設計自我檢核表多加宣導推廣，並另表估列減廢後達成之環境、經費等效應。	感謝委員意見，本研究所建立之減廢手法考量整體社會環境與成本之影響，皆具有一定效益，由於成本經費部資料分仍須相關案例予以佐證，將作為後續研究之參考。
陳文卿委員		
9	本研究已就綠建築評估系統之「廢棄物減量」指標分析比較，惟前揭評估系統具有量化評估基準與計算公式，建議能與上開架構整合，並根據減廢效益提出設計原則與手法之優先排序。	感謝委員意見，本研究考量建築設計流程按照主、次結構及裝修或新建、舊有建築等類型區分，以系統化方式區分排序，俾利設計實務應用。
10	再生綠建材主要減廢效益在於整體社會廢棄物減量，而非採行減廢	感謝委員意見，本研究雖以營建廢棄物為減廢目標，但最終精神仍是減少

	設計之建築本體；另該類標章之受理項目業已增加，建議於成果報告併予補充說明。	廢棄物所造環境與社會負擔，採用再生材料一手法可達到整體環境廢棄物減量之目的，亦本研究將其納入減廢原則內；相關標章目前增列九項，相關資訊已列入成果報告及手冊中。
11	本研究雖提出相當數量之案例及原則，建議能就部分案例如採取土方平衡或使用再生材料數量多寡，對於減廢量之差異進行試算比較，俾益說明減廢具體效益。	感謝委員意見，本研究所建立之手法都有具相當之減廢效益，而減廢效益確切量化評估數據須蒐集大量資料予以佐證，將作為未來研究方向參考。
鄭元良主持人		
12	本研究列舉之案例豐富，惟部分設計原則似無對應案例，且國外案例數量偏少，請於成果報告補充。	感謝委員意見，經檢視國內外文獻雖提供原則、手法，但較少對應案例說明之情形，本研究儘量蒐集相關案例於成果報告中補充。
13	研究報告書之結論與建議請再予補充強化，併請檢視建議該節所列之主、協辦機關是否合宜。	感謝委員意見，本研究審慎檢視所列建議機關單位是否合宜，並於成果報告中加強研究結論及後續相關建議。

附件四 專家座談會簽到表與會議紀錄

第一次專家座談會簽到表

「建築減廢設計原則與手法之初步研究」專家座談會簽到表				
會議時間	100 年 7 月 5 日(二) 下午 2 時 00 分-4 時 00 分		會議地點	台灣大學水工試驗所 204 會議室
會議主持人	黃教授榮堯			
	機關單位	職稱	姓名	(簽名)
	內政部建築研究所			
	財團法人台灣建築中心	顧問	蕭江碧	
	國防大學理工學院 環境資訊工程學系	助理教授	張又升	張又升
	卓銀永建築師事務所	建築師	卓銀永	卓銀永
	陳俊芳建築師事務所	建築師	陳俊芳	陳俊芳
	黃模春張矩墉陳浩雲 聯合建築師事務所	建築師	張矩墉	張矩墉
	臺灣省建築師公會			
	中華民國全國 建築師公會			
	台北市建築師公會	建築師	蔡仁毅	蔡仁毅
	新北市建築師公會			
	研究團隊			
	國立中央大學	謝宜君 黃榮堯 趙厚成 陳昭秀 周宏宇 陳德安 邱佳淳		

第一次專家會會議紀錄

會議時間	100/07/05
會議地點	國立台灣大學 水工試驗所
會議主持	黃榮堯
與會專家	張又升、卓銀永、陳俊芳、張矩墉、蔡仁毅
與會人員	周宏宇、劉曜、謝宜君、趙厚誠、陳德安、邱佳淳、陳昭秀、余品蓁
會議記錄	邱佳淳

會議紀錄

張又升教授

1. 建議以建築物生命週期觀點思考，即分為設計、施工、使用、拆除階段，再分別以各階段所需之設計手法加以探討。
2. 對於建築減廢設計原則與手法之初步架構，建議如下：
 - (1) 「減少地下室開挖」無直接明確定義，可能造成建築師難以應用，例如，設計地下室立體停車場，亦可減少地下室開挖面積。
 - (2) 「增加混凝土保護層厚度」單只針對 RC 構造，建議增加鋼構造等其他構造之耐久化設計手法，例如鋼構造防蝕設計，外表鍍鋅，打永久性防蝕棒等，提高鋼構造壽命。
 - (3) 「明管設計」可再增加明管材質之使用年限提高，亦可增加管線耐久性，再者管道間位置亦會影響管線長度。
3. 參考日本強制回收制度及增加工地現場施工人員之員工訓練。
4. 增加工地現場及拆除階段的廢棄物減量管理之探討。
5. 針對施工階段的減廢顯少著墨。

卓銀永建築師

1. 對於建築減廢設計原則與手法之初步架構，建議如下：
 - (1) 「舊有建築再利用」原則，可增加「牆面適度保留」手法，建築物拆除時，牆面及外裝飾建材不一定要全部拆除，適度保留可再利用之牆面。

- (2) 「最適化設計」原則，可增加「空間可變化彈性設計」手法，對減廢設計非常實用，可減少不必要的隔間變更。
 - (3) 「輕量化設計」原則，可增加「採用鋼、木組合結構」手法，純粹使用鋼或木結構成本過高，建議加入輕量化組和結構系統，如鋼、木混和結構。
 - (4) 「耐久化設計」原則，可增加「合理結構系統」手法，合理的結構系統，對於耐久性、耐震性都具有加分效果。
2. 對於地下室開挖方式，應採”合理性”開挖。
 3. 研究可針對設計階段的廢棄物管控，再加以探討。

陳俊芳建築師

1. 研究團隊資料蒐集豐富，架構手法趨於完整。
2. 以下幾點建議:
 - (1) 圬工砂漿採用石灰砂漿，以便於磚塊、石塊、石板回收再利用。
 - (2) 增加空間彈性設計，使隔間、管線、用途皆可隨住戶想法改變設計，減少未來裝潢修繕產生廢棄物。
 - (3) 使用單一且可回收再利用材料，避免使用 LOW-E 玻璃、膠合版等無法拆解回收的複合材料及油漆木材。
 - (4) 減少 PVC 等有害且無法回收支管材使用，使用可回收之金屬材料(銅管、不鏽鋼等)管等使用，避免使用合成料，或是採用使用年限接近的管線材料，便於未來一次翻修更換。
 - (5) 建築物材料構造組成資料應列入交接，以便利為來修繕、拆除之銜接。
 - (6) 對於老舊建築物往往只剩下建照，對於其他興建時之資料不意留存，希望政府能在制度面上加以掌握。
3. 增加易於更換、維修、改造、拆解、組合之工法，例如，螺栓優於焊接、釘子、膠接、抹縫；可就損壞之部位更換，而非整組構件或大面積更換。

張矩墉建築師

1. 原則、手法基本上已接近完整

2. 對於建築減廢設計原則與手法之初步架構，建議如下：
 - (1) 「最適化設計」須考量業主及使用者需求，不見得可依手法來運作。
 - (2) 「減少地下室開挖」，是指減少地下室挖範圍或是減少開挖量，開挖量如何限制？建議改為「最適化」之地下室開挖，並考量地下室開挖之合理性、使用性及地下室開挖之安全性，盡量不要用開挖率來限制。
 - (3) 「模組化設計」建議可增加設備、設施的模組化設計，如 VRV 系統之串連使用，可因應使用量上的增減。模組化設計於建材生產時已能做到，但對建築設計上還有待加強，冷氣等家電設備亦可模組化。標準化製程的確可減少工地現場損耗。
 - (4) 「耐久化設計」原則內，增加保養維護設施及採用高壽命之材質設施設備，例如洗窗機、洗外牆設備或是採用 T5 燈泡，藉以提高建築物年限。
3. 設備系統生命週期較短，設計時應考量設備設施更新之進出動線路徑及管線擴充之可行性。
4. 對於建物之維護設施並不普及，若積極推廣亦可達成永續建築之目標。
5. 目前高爐水泥使用率高，國內許多預拌混凝土多有添加高爐水泥；高爐水泥的確可增加混凝土強度，但使用過多會產生緩凝現象。國內目前再生骨材使用情況並不普遍，可能還有成本或其他問題，還須加以推廣。
6. 「舊有建築再利用」是指原本的建築群，或是設計時考慮到建築物老舊時的再利用？針對「舊有建築再利用」一原則，應更嚴格細分。

蔡仁毅建築師

1. 本案主要位於建築生命週期初之減廢設計，建議在研究之初強調「減廢設計」應在安全、美觀、舒適為前提下進行，避免因噎廢食。
2. 建議可對跨領域材料之再利用，如生物性材料，例如可分解材料；物理性材料，例如使用奈米玻璃減少清潔維護成本；化學性材料，例如雙層玻璃中摻入之惰性氣體減少室內空氣負荷，隔離外在紫外線；加入目前科技材料進行研究及建議。
3. 七個原則的架構說明、手法建構完整，手法部分建議在往上提一個層次，

像是「舊有建築再利用」建議可再分為兩個層級，”保留舊有建築”和”舊有建築回收再利用”。

4. 對於舊有建築、社區或舊市區再利用，可藉由都市更新之方式，引導周邊產業再利用，更可活化周遭生活圈，可予以研析舊有建築再利用方法。
5. 於初步研究架構中之「手法」欄部份，建議能就其手法予以分類，以增加其涵蓋面積至於其目前所擬定之實施手法，建議可再予以詳列。

第二次專家座談會簽到表

「建築減廢設計原則與手法之初步研究」專家座談會簽到表				
會議時間	100年9月26日(一) 上午9時30分-12時00分		會議地點	台灣大學水工試驗所 204會議室
會議主持人	黃教授榮堯			
	機關單位	職稱	姓名	(簽名)
	內政部建築研究所			
	財團法人台灣建築中心	顧問	蕭江碧	蕭江碧
	首象建築師事務所	建築師	葉宏安	葉宏安
	中國科技大學室內設計系	教授	蘇毓德	蘇毓德
	陳俊芳建築師事務所	建築師	陳俊芳	陳俊芳
	鄭宜平建築師事務所	建築師	鄭宜平	鄭宜平
	卓銀永建築師事務所	建築師	卓銀永	卓銀永
	中華民國全國 建築師公會			張紀平
	台北市建築師公會			
	新北市建築師公會			
	臺灣省建築師公會			
	桃園縣建築師公會			
研究團隊				
	國立中央大學	黃榮堯	陳昭秀	陳昭秀
		周錦昇	周曜	邱立強
		林鈺培	林鈺培	蔡幸益
		蔡幸益	劉建強	胡文婷

第二次專家座談會會議紀錄

會議時間	100/09/26
會議地點	國立台灣大學 水工試驗所
會議主持	黃榮堯
與會專家	蕭江碧、葉宏安、蘇毓德、陳俊芳、鄭宜平、卓銀永、張矩墉
與會人員	周宏宇、蔡宗益、劉資祺、胡文婷、劉曜、邱佳淳、陳昭秀、佘品 蓁、林智仁、林鈺楊、蔡紀震
會議記錄	邱佳淳
會議紀錄	
蕭江碧顧問 1. 手冊內容除了有減廢設計外尚有包括節省材料及循環材料使用，是否將手冊名稱依其內容修正。 2. 減廢之主要手法，為盡量使用模具及工廠製造到工地施作，除減廢效益外，亦可提高工程品質。 3. 建議政府工程應先係手冊設計以促進相關業者之產生。 4. 可在建築技術規則係建築篇中加入手冊之精神。 葉宏安建築師 1. 專案研究係就源頭考量有關建築減廢之措施，諒頗具清源意義。 2. 專案主題「設計原則與手法」若改稱設計「指南」似更通俗達意。 3. 基於原則、手法或指南均屬工具性功能媒介，若乏公權力約制於目前國內相關業界生態處境較不易落實，故宜就較具體實施之機制有所論述，類如：比照「綠建築指標」之推動過程，於公共建築強制實施，另循建築等管理機制推行，最有成效者乃於「政府採購法」及「建築法」相關子法中規定，由本業之主管機關擬定本案之務實措施憑證。令無論中央、地方政府均依法行政。 4. 專案內容多少與已實施「綠建築指標」有可呼應之處，甚而以借賣上市的方式，逕以延伸綠建築相關指標，更多元性，更廣泛地引導實施，故亦有必要補充相關論述。 5. 為便利推廣落實應用，宜參考鄰國日本建館之機制，就相關內容設計作業表	

單而不限於以作較消極缺乏拘束力之自我檢核表，並盡可能有量化之準據，可作為後續研究業之研發重點。

6. 本案亦宜以上下游一貫產業化之觀念有所論述，並提出相關指南性之措施。

蘇毓德教授

1. 對建築設計者而言，手冊之格式應足以配合設計者實際操作步驟編排，建議接續如下：

- (1) 結構設計(包括開挖設計):輕量、耐久、土方平衡、預鑄。
- (2) 空間設計:開放建築、方整、均高、模矩、管道間、向陽通風。
- (3) 隔間:輕隔間、管道間、模矩。
- (4) 裝修計畫:粉刷、天花板、門高。
- (5) 設備計畫:空調管線、給排水、整體衛浴、汙物處理、明管。
- (6) 再生及環保材料:可使用之材料特性介紹。
- (7) 應多辦理研討會宣導教學。

陳俊芳建築師

1. 第二章，使用標準尺寸，建議加入 CNS 標準或洽詢廠商提供。
2. 第二章案例富邦南京大樓，僅提供外牆為金屬玻璃帷幕使用率，但本建物未設置外遮陽，夏季室內溫度較高，較耗能，更應增加「惟仍應設置外遮陽，以提升室內環境舒適度」；案例 3-2 內湖國小之實木天花板、牆版之夾板，是否為回收之二手建材或綠建材?請註明木材來源，否則建議不列入內容。
3. 第六章，土方平衡，建議提供餘土交換利用資訊。
4. 第七章”循環材料使用”，建議新增使用無毒可回收之木材，如使用無毒南方松或木棧板。
5. 自我檢核表增列”常用規格尺寸表”，以提供建築師設計時參考。
6. 建議本手冊可列入「綠建築解說與評估手冊」之 CO2 減量或廢棄物減量指標之計分項目，或可提升分級評估等級。

鄭宜平建築師

1. 建議以設計新建築物為導向、再考慮舊有建築之改善。因此建議將原第一章調至最後
2. 第二章最適化設計之「最適當地下室開挖」、「使用開挖面積較小之工法」、「機械式停車」敘述地下室開挖及利用過多，因與土方平衡設計結合；因基地條件不同，使用工法條件亦不同，均有不同的答案。
3. 自我檢核表過於簡略。

卓銀永建築師

1. 自我檢核表之檢核評估應敘明。
2. 自我檢核表應加入建築物減廢設計前、中後期之設計思維。
3. 自我檢核表可再加強評價功能，或僅做思維建議？

張矩墉建築師

1. 舊有建築在利用一項目，可增加「適當之結構補強及管路更新」，適當延長建築物使用壽命，減少拆除廢棄物產生。
2. 最適化設計中之「最適當地下室開挖」，應更加詳細說明適量上的考量或是面積上的考量，以免誤解誤用引起反效果。
3. 耐久化設計中之「管道間位置設計」，考慮管線長度，建議改為「用水設備空間集中配管」。
4. 實例解說宜依照項目在更詳細說明，甚至提供圖面參考。
5. 自我檢核表個人認為實用性不高，一般檢核表皆屬於強制性之檢核，若用於自發性者恐怕效果不大。
6. 減廢的實際效益要能夠彰顯，可舉例如可節省成本多少的百分比，增加誘因。

附件五 建築減廢設計原則指引手冊

建築減廢設計原則指引手冊



內政部建築研究所

國立中央大學

中華民國 一百 年 十二 月

目 錄

目 錄	i
前 言	1
第一章 舊有建築再利用	3
1-1 舊建築活化再利用	3
1-2 儘量保留舊建築之結構(樑、柱、版、牆)	3
第二章 最適化設計	6
2-1 外型應盡量簡單、均勻、對稱	6
2-2 層高均等	6
2-3 設計考量材料的標準尺寸	6
2-4 空間可變化彈性設計	6
2-5 確認未來使用者之裝修需求	7
2-6 簡單室內裝修	7
第三章 輕量化設計	11
3-1 採用輕量鋼骨結構	11
3-2 採用木結構	11
3-3 採用鋼、木組合結構	12
3-4 採用輕量的金屬帷幕外牆	12
3-5 採用輕隔間	13
3-6 減少石材使用	14
3-7 採用高性能混凝土	14
第四章 模組化設計	18
4-1 採用系統模板	18
4-2 採用預製元件	18
4-3 採用易拆換之乾式隔間	18
4-4 設備(施)模組化	18
第五章 耐久化設計	22
5-1 採用明管設計	22
5-2 保留配線擴充空間	22
5-3 採用高耐久性之材料	22
5-4 管道間位置設計考量管線長度	22

5-5 使用無毒可回收之銅管、不鏽鋼管	23
5-6 提高結構體設計耐震力	23
5-7 增加混凝土保護層厚度	23
5-8 屋頂層設備防水層分離	23
5-9 保留建築設計資訊	23
5-10 採用奈米材料	24
第六章 土方平衡設計	29
6-1 多餘土方用於現場地形改造	29
6-2 多餘土方用於其他基地工程之土方平衡	29
6-3 最適當之地下室開挖	29
6-4 使用開挖面積較小之工法	29
6-5 機械式停車	30
第七章 循環材料使用	34
7-1 採用再生骨材	34
7-2 採用經過認證之再生建材產品	34
7-3 採用高爐水泥	35
7-4 使用拆解後舊建築之樑、柱、版	35
7-5 採用易拆解設計	35
7-6 採用常見規格與材料	36
7-7 使用易於回收之材料	36
7-8 簡化材料的使用	36
附錄一 自我檢核表	41

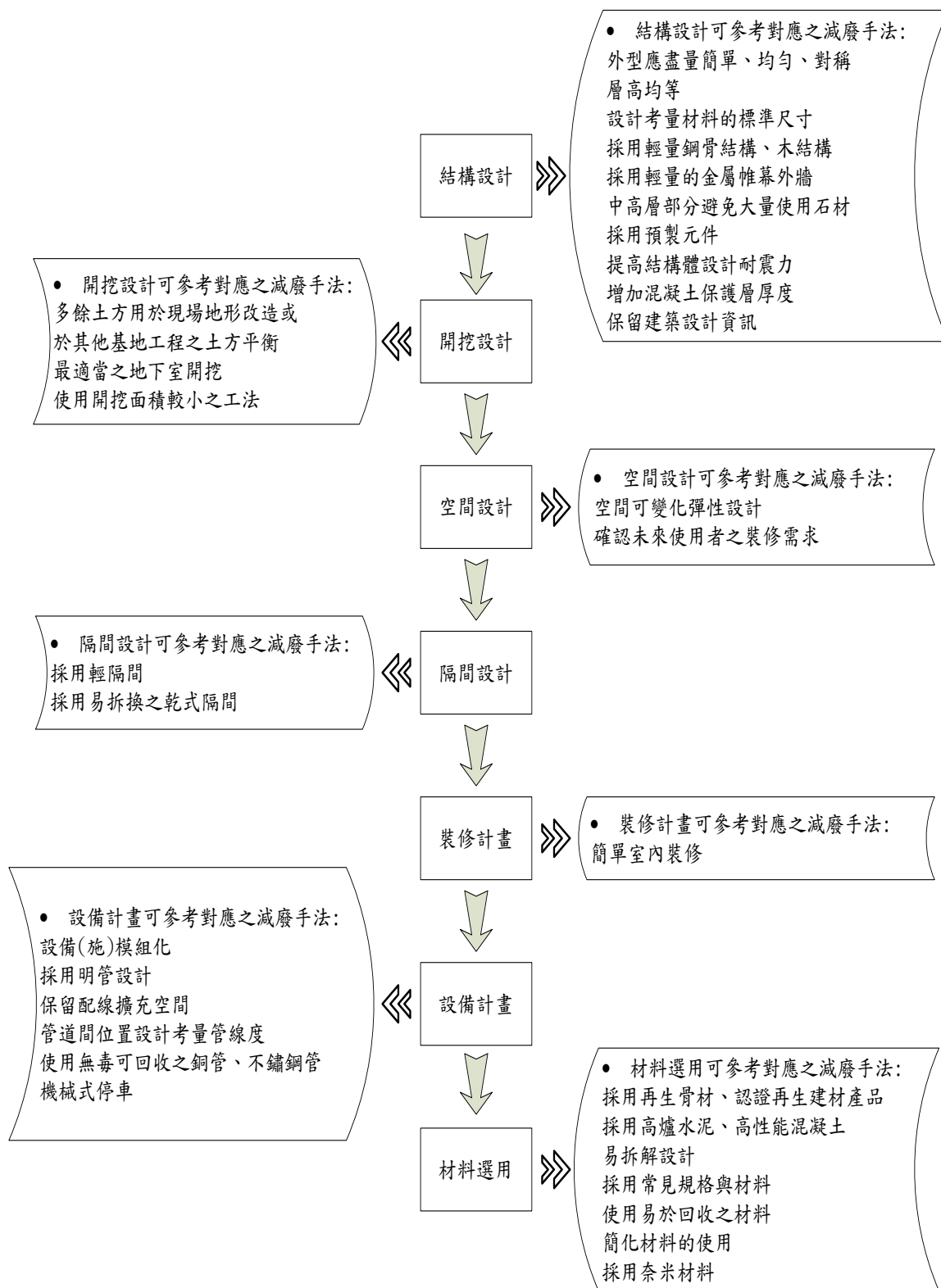
前言

台灣由於經濟成長，許多都市建設蓬勃發展，但也隨之產生大量廢棄物，根據營建署研究，國內每年平均有超過 1,000 萬公噸的建築廢棄物產生，其所造成之影響，包含對掩埋空間的大量需求、隨意傾倒對環境造成之衝擊等，但因建築廢棄物多為安定物質，在全球「零廢棄」與「資源永續利用」發展潮流趨勢下，相關政府單位近年來亦推動多項計畫以促使營建廢棄資源之再利用，在現有再利用政策多年的推動之下，確實對建築廢棄物減量帶來莫大的幫助。

過往建築減廢之研究與推廣工作重點在於新建與拆除工地現場產出之廢棄物，若能在建築物設計階段即納入減廢考量，例如儘量採用模組化構件，除減少施工過程廢棄物產生外，亦可增加拆除後廢棄物再利用性；設計採用高強度混凝土，則能減少斷面尺寸與載重，減少建築物未來拆除時產出廢棄物數量；又如採用定尺設計，可減少施工過程廢棄物產生；或延長建築物壽命而採用耐久性設計，減少廢棄物產生。總結以上，若能在建物設計階段即納入減廢考量，對於減少施工過程及最終拆除所產生廢棄物數量，事實上更具有絕對關鍵性影響，對於建築廢棄物減量，將更具備實質助益與貢獻。

本手冊主要為彙整國內相關之減廢設計原則與手法，提出適合台灣本土之設計原則與手法，並提供可參考資料與實際應用案例等，以供未來建築設計者作為設計之參考，祈使在建築設計源頭即納入減廢思維，以減少施工過程與後續拆除所產生之廢棄物數量，俾達成減廢之目標。本手冊共七大章節，分別說明七大減廢設計原則，各章節分為概念說明與案例介紹兩大部分，概念說明部分主要提供該原則下可應用之手法其減廢概念說明，案例說明則希望透過實際案例，了解各手法實際運用之作為。

以下簡單以流程圖表現建築減廢手法對應於實際建築設計步驟：



第一章 舊有建築再利用

➤ 概述：

結構體之興建將使用大量建材，任何新建之建築需求產生時，應首要評估舊有建築是否符合其需求，若可透過設計手法或建築工法，僅做局部拆除或整建，保留堪用之部分做新的空間規劃，勿使結構完整之舊有建築直接拆除；此一原則可減少許多的資材損耗，避免產生大量之營建廢棄物，然舊建築再利用主要有以下二項手法：

1-1 舊建築活化再利用

原有建築因不符合新使用需求，或建築無法達到其使用用途，所造成“閒置空間”，閒置空間再利用亦是永續經營是的一種共識，對於舊有建築物再利用之規劃與考量，考慮為來使用者的規劃、空間設計，滿足新的需求，則可減少舊建築拆除廢棄物的產生，透過舊有結構體整建或結構補強，則可減少舊建築拆除廢棄物的產生，延長建築結構體使用期間，亦可將資源做最有效的運用。

1-2 儘量保留舊建築之結構(樑、柱、版、牆)

在新建設計之前，可先評估舊有建築是否滿足新建築之需求，若直接拆除堪用之現有建築實則可惜，因此可先與業主適度溝通，評估現有結構之安全性，將現地之舊建築結構體規畫為新建築設計空間之部分，或配合新需求僅做局部拆除，保留堪用之部分做新的設計，減少新建產生之材料耗用與拆除之廢棄物。

➤ 案例說明：

案例 1-1

案例名稱：Eriksberg 舊碼頭倉庫改建

案例簡介：位於瑞典 Eriksberg 舊碼頭，保留舊倉庫之結構體，將其改建為旅館，並利用其挑高空間改建為戲院。



圖 1-1 瑞典 Eriksberg 舊碼頭改建之旅館與戲院

案例 1-2

案例名稱：新竹市建功國小-圓形倉庫建築

案例簡介：建功國小原型倉庫為日據時代遺留，做為附近空軍作戰基地儲藏航空油品，60 公分外牆厚做為防爆用途。原為校內閒置空間，建築師發揮創意，將其設計成校史展示空間，以獨立的鋼管支柱獨立支撐屋頂架構及夾層的展示空間，其外牆不做任何處理，直接洗淨，露出原混凝土多孔性材質特色，其次將原來封閉式的舊屋頂更換成輕質、明亮的屋頂。



圖 1-2 新竹市建功國小-圓形倉庫建築內部展示空間(左)與外觀(右)

案例 1-3

案例名稱：華山文創園區

案例簡介：華山藝文中心位於台北新生高架橋旁，原是日據時代酒場，在 1945 年更名為台北酒場，從民國 76 年起工廠開始閒置。而後藝文界人士將其發展為與城市生活結合的多元化藝文展演空間，並且保有各種自然景觀和文化的遺跡。



圖 1-3 華山藝文中心園區

案例 1-4

案例名稱：Torpedohallen 海軍基地改建住宅

案例簡介：基地位於丹麥 Holmen 曾是海軍基地，1996 年海軍撤離後將船塢部分改建為單元宅，倉庫部分做為藝術工作者使用。



圖 1-4 海軍基地改建集合住宅



圖 1-5 基地倉庫(左)外觀(右)

第二章 最適化設計

➤ 概述：

設計時應在滿足業主需求下做最適合之設計，避免過度裝修及不必要之空間規劃，減少材料使用，最適化設計主要有以下九項手法：

2-1 外型應盡量簡單、均勻、對稱

奇特之平面設計，凹凸之建築變化或頭重腳輕之造型設計都會對結構之防風、抗震能力造成影響，必須針對結構補強，會增加結構體材料之需求及裁切造成浪費，因此簡單、均勻、對稱之建築造型可避免因造型產生之額外材料使用，增加後端廢棄物產出。

2-2 層高均等

不同的層高變化勢必需要調整各樓層之結構乘載，不但影響其抗震之能力，也須增加結構上之材料需求，層高均等也可提高模版的轉用效率及固定尺寸鋼筋的使用。

2-3 設計考量材料的標準尺寸

建築材料通常會有常用之尺寸規格，設計時盡量採用標準材料之尺寸或其倍數，避免特別之尺寸使用，可減少因尺寸產生之裁切之需求，亦或採用定尺材料，由工廠做計畫裁切，減少下腳料之產生。

2-4 空間可變化彈性設計

建築空間設計時，可考量未來需求可能之變化，保留其彈性，如商辦轉為住宅使用之可能，或是內部隔間調整之彈性、預留挑高空間做閣樓等設計，避免因可預期之需求變動而須拆除重建或大規模整修。

2-5 確認未來使用者之裝修需求

在建築設計時可透過調查未來使用者之需求，了解使用者對裝修之偏好，避免未來使用者打除、重新裝修之廢棄產生，若無法確定使用者的部分應盡量簡化裝修，交由使用者做個人化的配置，如毛胚屋。

2-6 簡單室內裝修

室內裝修提供居住的質感，過度的裝修將對未來廢棄物的產出有直接的影響，複雜的裝修更是增加未來拆除回收的難度，簡單、樸素之室內裝修對減廢有一定之效果，如加拿大 SBTool 指標更將未裝修之牆面面積做為評估標準，評估項目及標準如表 2-1。

表 2-1 加拿大 SBTool 評估項目及標準

住宅	面積百分比	分數
室內地板、牆面或天花板暴露率	6%	-1
	10%	0
	22%	3
	30%	5
辦公室	面積百分比	分數
室內地板、牆面或天花板暴露率	14%	-1
	20%	0
	38%	3
	50%	5
零售店	面積百分比	分數
室內地板、牆面或天花板暴露率	0%	-1
	5%	0
	62%	3
	100%	5
室內停車場	面積百分比	分數
室內地板、牆面或天花板暴露率	20%	-1
	25%	0
	40%	3
	50%	5

➤ 案例說明：

案例 2-1

案例名稱：美國-西格拉姆大廈

案例簡介：西格拉姆大廈位於紐約市中心，建於 1954，共 40 層，高 158 米，設計風格採用簡化的結構體系，精簡的結構構件。整體講究的結構邏輯表現，建築物外形極為簡單，除底層及頂層外，大樓的幕牆牆面直上直下，整齊劃一，方方整整，為直上直下的正六面體。



圖 2-1 西格拉姆大廈正面(左)西格拉姆大廈側面(右)

案例 2-2

案例名稱：國家衛生研究院

案例簡介：研究大樓為地上九層地下二層之鋼構架建築，外牆掛 PC 預鑄牆，地面層以上各層高度均高，且無立面出挑，除電梯間、管道間及廁所外，內部隔間牆全面採乾式施工輕隔間。行政大樓為地上五層地下二層之 RC 結構建築、圖資大樓為地上九層地下二層之 RC+SC 結構建築，建築物無立面出挑，並且無特殊裝飾，除電梯間、管道間及廁所外，內部隔間牆全面採乾式施工輕隔間，可使建築物內部空間更具更動彈性的功

能需求，同時也達到建物輕量化之目的。



圖 2-2 國家衛生研究院研究大樓(左)與行政大樓、圖資大樓(右)

案例 2-3

案例名稱：映興實業廠辦公大樓

案例簡介：映興實業廠辦公大樓擺脫一般高科技廠辦公大樓大量應用玻璃、鋼、鐵、金屬化合物構材的風潮，以清水混凝土做為室外構材，毋須再塗抹水泥砂漿、貼磁磚、油漆等工作，減少混凝土的用量。室內部分捨棄傳統格間磚牆，採用輕型鋼外覆矽酸鈣板、石膏板等建材，減輕建築物自重。

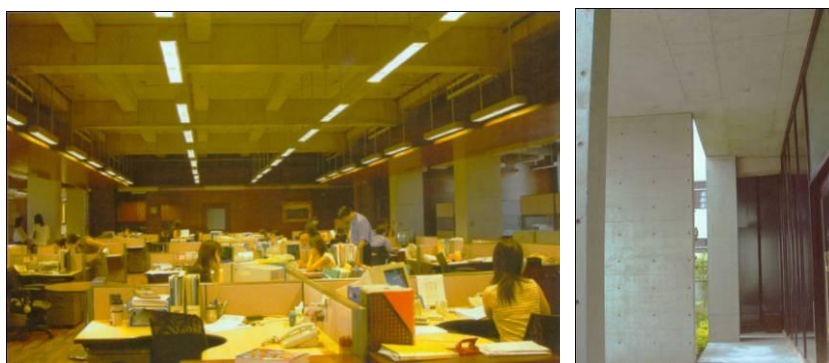


圖 2-3 映興實業廠辦公大樓頂天花板不做裝飾處理(左)與清水混凝土外觀(右)

案例 2-4

案例名稱：韓國紙之鄉旅館 JIJHYANG HOTEL

案例簡介：為於韓國京畿道坡州市，為「亞洲出版文化信息中心」教育訓練中心，為舉行展覽及國際研討會等提供學術研究者住宿飯店，建造採用清水模版，完工後外牆不做其他裝修，內部房間簡單裝修。



圖 2-4 簡單的室內裝潢(左)、外牆不做其他裝修(中)、明管設設計(右)

案例 2-5

案例名稱：客製化裝修

案例簡介：在建造階段進行採預售屋方式，並提供客製化裝修服務，使購屋者可充分與室內設計師溝，在建築完工階段便可按購屋者使用需求裝修，避免購屋者因不喜歡建商原裝修而打除所造成的廢棄物產生，目前不少建商都提供相關客製化服務，可依購屋者使用需求做規劃裝修。



圖 2-5 客製化廚房裝修(左)依購屋者需求做室內空間規劃(右)

第三章 輕量化設計

➤ 概述：

結構體除必要之設計載重外，自重也會影響其結構材料使用，若能降低結構體自重，減少相同空間設計下所需結構斷面大小，減少結構所需量體，其節省之材料將直接反映在其未來產出之廢棄物，輕量化設計主要有以下七項手法：

3-1 採用輕量鋼骨結構

鋼材其本身特性為強度高、自重輕，除可減少結構量體外，其未來拆除後為有價材料，回收率較高，對廢棄物減量有實質的幫助，除常見的鋼骨結構外，低層建築尚可考慮輕鋼骨結構(Light-gauge Steel-framed, LGS)，其重量與其他傳統工法相比約可減少 30%左右，壽命可高達 75 至 90 年，目前法規限制冷軋型鋼構造建築物之簷高不得超過十四公尺，並不得超過四層樓，主要提供低層建築使用。

3-2 採用木結構

木構造質輕，為天然可再生之建材，其主要為隔熱效果好、可調節濕氣，其構造也易於未來拆解再使用，故多數國家均鼓勵使用木結構，使用木構造時尚可考量使用永續森林採伐之木材，其為有計畫砍伐之森林，可減少木材使用對環境之衝擊，目前有 FSC(Forest Stewardship Council)、PEFC(Programme for the Endorsement of Forest Certification)、SFI(Sustainable Forestry Initiative)、CSA(Canadian Standards Association)等認證，多以 FSC 之認證為主流，國內「建築技術規則-建築構造篇」也針對木構造定制相關規定。

表 3-1 國際認證系統

標誌	認證系統
	FSC(Forest Stewardship Council) 創立於 1993 年，由 26 個國家 130 個會員建立，為森林管理提出一套環境認證標準，訂定森林管理制度標準，讓森林管理者與林產品向授權的認證組織申請標章，並讓消費者認同產品，同時維持森林的經營組織。目前成員包括：WWF、IKEA、Home Depot、B&Q 等。
	PEFC(Programme for the Endorsement of Forest Certification) 創立於 1999，由 11 個歐洲國家的森林管理團體代表成立「森林驗證認可計畫委員會(PEFC Council)」驗證體系，其性質屬於獨立、非營利性的非政府組織，目的是推動第三者驗證制度之互相承認，來推動森林的永續管理經營目標。
	SFI(Sustainable Forestry Initiative) SFI 計畫是專為美國和加拿大的森林所建立，在北美洲各地有超過 8,000 萬公頃的林地通過了 SFI 認證。SFI 會員企業必須遵守保護環境條約及對伐木人員進行教育。
	CSA(Canadian Standards Association) 成立於 1919 年，是專為制定工業標準的非盈利性機構，目前為加拿大最大的安全認證機構，對各方面所有類型的產品提供安全認證。

3-3 採用鋼、木組合結構

除純粹鋼構造與木構造外，鋼、木組合結構尚可解決木構造普遍被認為具高成本之問題，並融合鋼材之強度，為鋼構與木構之另一輕量化選擇。

3-4 採用輕量的金屬帷幕外牆

以金屬或合金為材料的金屬帷幕外牆相較於一般 RC 外牆，其質輕，造型自由，表面經過處理不易受環境污染，建築物表面可得較大的開窗面積，亦可減少結構體之自重，且金屬材質為有價材料，回收率非常高，對廢棄物

減量有很大的幫助，金屬帷幕牆尚可分為鋁帷幕牆、不鏽鋼帷幕牆、銅帷幕牆及鑄鋁帷幕牆等四種。

表 3-2 金屬帷幕牆種類

金屬帷幕牆種類	製程方式
鋁帷幕牆	以鋁擠型料組合或以鋁板加工成型，經表面處理製成。鋁帷幕牆價格較廉，在金屬帷幕牆中所佔數量最多；但其耐久性較不鏽鋼、鑄鋁及銅製之帷幕牆差。
不鏽鋼帷幕牆	以 SUS 304 (Cr-18, Ni-8) 的非磁性不鏽鋼板經大型彎曲加工機器加彎成橫、豎框及板狀組合而成。不鏽鋼板面以機械鉋成毛絲面處理 (hair line finish)，可依設計將圖案烙蝕於板面上，增加其質感。不鏽鋼強度大，耐候性大，較不受污染及腐蝕，又具優良的耐磨性，耐久年限極長，約與結構體的壽命相同，因此其造價雖然較貴，但從長期觀點來看，其耐久性仍為其他金屬帷幕牆所不及。
銅帷幕牆	以銅板(Cu90%，Zn10%)為材料，加工成橫、豎框及板狀組合而成。其表面亦可用毛絲面處理，並可將圖案烙蝕於板面上。銅帷幕牆的強度、耐久性、耐磨性較不鏽鋼更優，惟造價高昂。
鑄鋁帷幕牆	以鑄鋁成型之方式製成帷幕牆之單元構材組合而成。鑄鋁板厚7 mm，表面可作成格種凹凸處理；若表面施以壓克力樹脂烤漆處理，色調多變化，造型雄偉壯觀，耐候、耐久性亦甚優越。

3-5 採用輕隔間

輕隔間其質輕，可減少對結構之影響，且現行輕隔間普遍具有防火、防潮等優點；輕隔間亦分為乾式與濕式兩種，雖分別都有輕量化之特性，但從考量未來材料回收之觀點來看，使用面板系統之乾式隔間未來拆解較為便利。

表 3-3 輕隔間種類

輕隔間種類		構造分類	材料組成		備註
乾式	面板系統	骨架 面板牆	骨架	輕鋼架	空心
			心材	玻璃棉、岩棉	
			面材	石膏板、纖維石膏板、矽酸鈣板、矽酸鎂板、纖維水泥板、木絲水泥板、木片水泥板、纖維牆板、爐石礦物板、各類金屬板	
濕式	噴塗系統	鋼架 鋼網牆	骨架	輕鋼架+鋼網板、鋁合金	實心
			心材	各種水泥系輕質灌漿材、EPS 板	
			面材	水泥砂漿	
		鋼線網 複合牆	骨架	焊接鋼線網	
			心材	EPS 板	
			面材	水泥砂漿	
		中空板 噴凝牆	骨架	FRP、PVC 或金屬成形板	
			面材	水泥砂漿	
	灌漿系統	骨架面板 灌漿牆	骨架	輕鋼架	實心
			心材	各種水泥系輕質灌漿材	
			面材	纖維水泥板、矽酸鈣板	

3-6 減少石材使用

石材一般被認為是高貴、氣派的裝修材，但石材之自重亦是裝修材中較高的，故採用此類建材應盡量在低層使用，如一樓大廳，盡量避免高層之石材使用而影響整體之乘載自重。

3-7 採用高性能混凝土

高性能混凝土具有高流動性、高強度、高水密性、高耐久性等特性，其高強度可減少結構所需斷面，且其高耐久性可增加生命週期長度。

➤ 案例說明：

案例 3-1

案例名稱：富邦南京大樓

案例簡介：基地位於台北市南京東路上，建築定位及建材設備為 A 級辦公大樓，為配合永續建築及綠建築設計理念，除規劃有大樓自動化監控系統外，另外為建築物安全避免強烈地震來襲遭受損害，結構設計基準設定承受地震禮 500gal 以上之地表加速度，並加裝可減少位移量之減震斜撐 TADAS。主建築採用輕量化帷幕牆及鋼骨構造，內部以輕隔間為主。

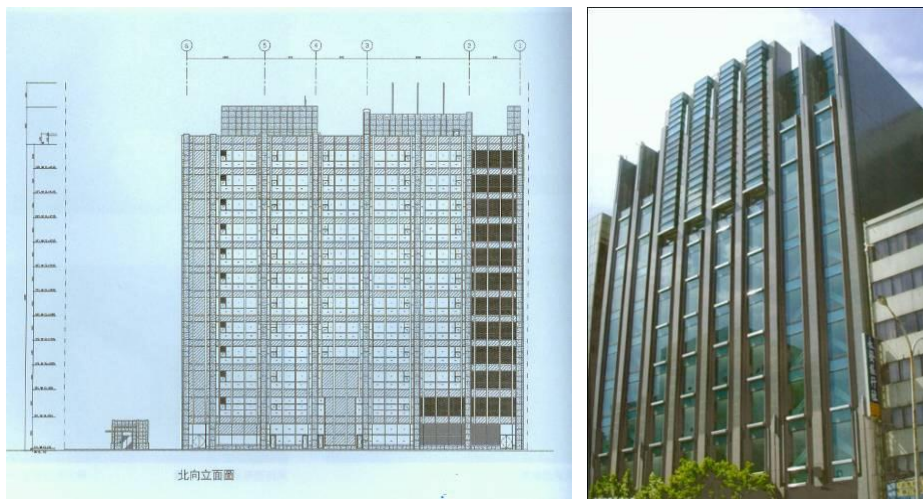


圖 3-1 富邦南京大樓外觀

案例 3-2

案例名稱：南投縣內湖國小九二一震災校園重建工程

案例簡介：內湖國小為九二一重建學校之一，由於無法於舊校址完成重建，遂有另選新址遷校重建，除了必要的基礎設施使用鋼筋與水泥，校園建築以木構造為主，室內隔間亦為乾式隔間，裝修建材部分，天花板採實木天花板，牆面皆採用夾板及矽酸鈣板。



圖 3-2 南投縣內湖國小重建之木造校舍

案例 3-3

案例名稱：台北市立圖書館-北投分館

案例簡介：圖書館主結構為鋼構造，其他採用木架構系統，立面造型富變化但不至於過度裝飾，內部隔間皆為纖維水泥板輕量化隔間。



圖 3-3 北投圖書館外貌(左) 圖書館內部鋼構組柱(右)

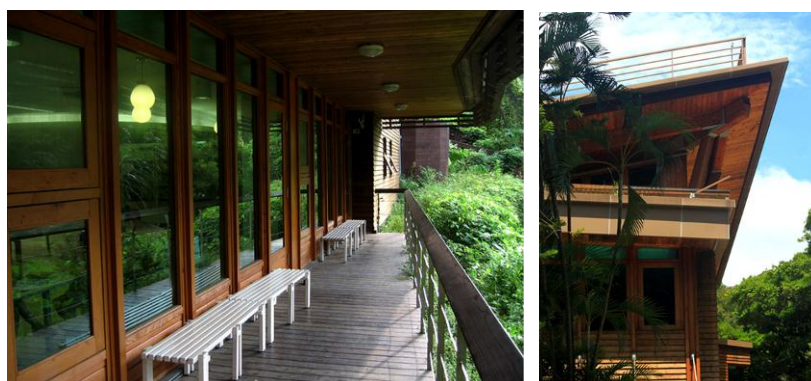


圖 3-4 屋頂木構造接頭為鋼構件

案例 3-4

案例名稱：研揚大樓

案例簡介：研揚大樓為國立台灣科技大學的教學研究大樓，建築為地上 11 層，地下 2 層之鋼骨構造建築，建造採預鑄式建築，牆面採用金屬帷幕，並取得耐震、綠建築以及智慧型等多項標章。

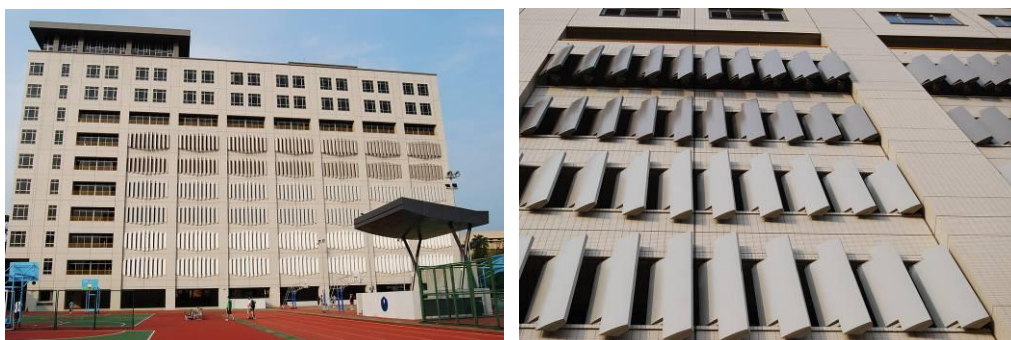


圖 3-5 台灣科技大學使用金屬帷幕牆之遮陽板

案例 3-5

案例名稱：高雄世運主場館

案例簡介：基地位於高雄市左營區，特殊造型讓結構、造型、機能與空間一體成型，上部屋頂採鋼構桁架，並利用高性能混凝土，打造出外觀型式像馬鞍的結構體。



圖 3-6 高雄世運主場館

第四章 模組化設計

➤ 概述：

透過模組化設計，可使建築各項區塊單元化，利於工廠生產或提升現地材料使用效率，減少現地耗材之損耗提高生產力，以工廠生產之方式，現場僅需做組裝的動作，不過相對需要較高之技術水平，模組化設計主要有以下四項手法：

4-1 採用系統模板

透過模組化之設計，採用系統模板，除增加模板之使用效率，並提升現地施作之效率，通常系統模版為做大量規格化之澆置，會以金屬模版之形式製作，提高其轉用率，也可減少模版之損耗。

4-2 採用預製構件

預製元件因在工廠生產製造，避免現地之環境影響、材料之浪費、品質不穩定等壞處，降低重作之可能，且可減少場鑄所需之耗材，對減廢有相當之助益，相關預製構建如結構體之樑、柱、樓板，或是帷幕外牆、整體衛浴。

4-3 採用易拆換之乾式隔間

採用乾式隔間易於維護、拆裝，且易於其中鋪設管線，可拆裝之隔間也具有彈性空間調配之優點，對於空間需求易變化之建築設計，如展場、商辦等，可採活動隔間，減少未來空間需求變動產生之廢棄物。

4-4 設備(施)模組化

建築物內部設備若採可擴充之模組化設計，不須在設計初期做全面性的配置，可依需求做增減，可減少未來部分設備使用率低或擴充困難的問題，造成不必要之浪費，如變頻中央空調 VRV 系統可以使用需求做串聯增加。

➤ 案例說明：

案例 4-1

案例名稱：公務人力發展中心

案例簡介：建築共分四座建築物，包括住宿棟、行政棟、教學棟，其中集會棟為鋼骨構造，住宿棟為鋼骨鋼筋混凝土構造，教學棟為鋼筋混凝土構造。建築物施工採逆打工法，以縮短工期；內部隔間採用輕隔間構造，外牆採 PC 板設計，廁所與浴室採整體衛浴規畫，庭園花台邊牆面磚則使用再生建材。發展中心結合住宿、辦公、教學、集合、休閒、停車等多樣空間之尺度，經整合後予以模矩化(module)，鋼筋、模板、管線、設備、裝修，以至於家具配置等均依模矩之精神執行每一個細部設計，節約空間、減少不必要的材料耗損。

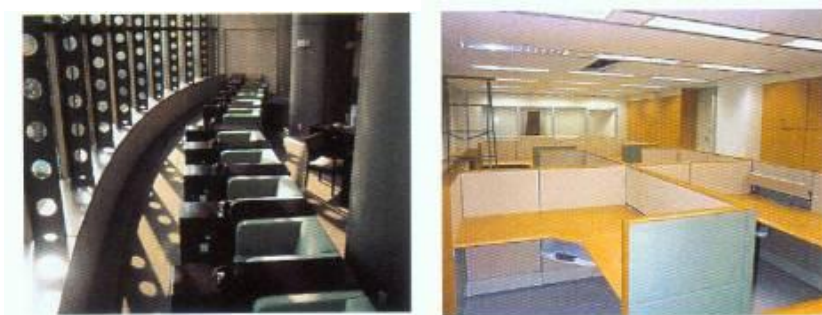


圖 4-1 建築結構材依模矩化原則規劃(左)室內家具配置考量模矩規劃(右)

案例 4-2

案例名稱：英國 Wolverhampton 學生宿舍

案例簡介：Wolverhampton 學生宿舍是歐洲最高預鑄模組大樓，共 24 層樓，由 805 個單元模塊所組成，工期僅只 27 個星期，因採工廠事先生產再運至基地組裝，進而縮短工期也避開基地附近交通尖峰時間的干擾性。



圖 4-2 Woolverhampton 學生宿舍外觀

案例 4-3

案例名稱：臺灣電力公司新營區營業處辦公大樓

案例簡介：基地開挖除法規必要的防空避難室及儲冰式空調設備外，無另加開挖地下室。結構體施工採用木模板系統模板，另於室內採用可拆卸重組式乾式隔間。建築物採 L 行配置，中央設置中間走廊。設備垂直配管居中心位置，分配幹管只支管的路經較短，減少設備造價亦減輕送風系統負荷。



圖 4-3 臺灣電力公司新營區營業處

案例 4-4

案例名稱：佛光山金光明寺

案例簡介：基地位於台北縣三峽市，設計採用鋼桁架屋頂結構替代 R.C 屋頂版及樑之巨大荷重，其宮殿式建築多圓柱為其特色，結構物之圓柱多達千根以上，為保證拆模後混凝土完成面保持在誤差範圍內，故特別採用鋼圓柱模及系統模板。



圖 4-4 金光明寺

第五章 耐久化設計

➤ 概述：

定期之維護、修繕是建築物使用必要之廢棄物產生源，若可增加其週期時間長度，減少維修次數，應可達到減廢之效果，耐久化設計主要有以下十項手法：

5-1 採用明管設計

管路是未來修繕維護之一大重點，以往預埋管線之設計，不易找尋損壞位置，維修時也必須破壞性敲除，除不利結構耐久性外，亦有廢棄物之產生，因此若採明管設計，可利於未來維修，減少修繕廢棄物之產生。

5-2 保留配線擴充空間

規劃管線空間時，應考量未來之管線擴充，避免額外外掛管線或埋設管線。

5-3 採用高耐久性之材料

定期之維護、修繕是建築物使用必要之廢棄物產生源，若可增加其週期時間長度，減少維修次數，應可達到減廢之效果，如採用高抗污性之材料，減少定期刷洗或油漆之可能，或是使用壽命較長之管線，減少管線維護之機會。

5-4 管道間位置設計考量管線長度

一般為了未來維護方便，會設置管道間作為垂直管線配置空間，其匯集附近之管線往下延伸，若是管道間位置配置不當，則管線須增加額外之長度以連至管道間，因此管道間之設置可考量平面設施位置做最佳配置，減少多餘之管線配置。

5-5 使用無毒可回收之銅管、不鏽鋼管

相較於常見之 PVC 管，銅管與不鏽鋼管具較高之耐久性，且其材質本身利於回收再利用。

5-6 提高結構體設計耐震力

地震在臺灣建築上是一重要之外力影響，因此透過提高耐震力之設計，減少地震對結構之損害，可延長建築壽命。國內並於九十二年度完成「耐震建築標章」認證制度之設置工作，特別明確起、承、監造三方在建築物規劃設計、施工及使照取得階段的責任與要求，由申請人主動向建築中心提出申請，並經過各階段的察證核實後，乃發給標章以證明建築物在規劃設計與施工階段皆符合預定計畫確實執行。

5-7 增加混凝土保護層厚度

混凝土在一定年限後會漸漸中性化，減少對鋼筋之保護，造成鋼筋鏽蝕，因此增加保護層厚度可延長中性化對鋼筋之影響時間，延長建築物之壽命。

5-8 屋頂層設備防水層分離

屋頂設備若長期壓在防水層上，透過自重、風力及地震力等外力影響，很有可能對防水層造成傷害，進而影響內部鋼筋損害，因此將屋頂設備架高有助於延長建築物壽命。

5-9 保留建築設計資訊

建築物之設計資訊在完工之後應建檔保留，在使用維護期間，可有效率的做修繕與其構件更換，減少對建築物之不了解而多餘產生的修繕行為，在

未來需求改變也較易規劃評估新需求的使用，在未來拆除時也易於評估可回收之構件與材料。

5-10 採用奈米材料

奈米建材目前已有許多建材廣泛運用，主要分為兩種做法，其一為在表層加上防水的奈米粒子，除了髒污不易沾染外，水碰觸表面會形成水珠滾落，可將髒污帶走，有自潔的效果，其二為奈米光觸媒，由於二氧化鈦光觸媒在光照射後具有相當強的親水性，形成一層水膜，灰塵幾乎沾附在水膜表面，而不是直接沾附在自潔建材，現有應用範圍包括奈米磁磚、奈米玻璃、奈米塗料等，透過奈米之特性可提升建材抗粉塵、汙垢之能力，提高其更換週期。

➤ 案例說明：

(1) 案例 5-1

案例名稱：國立海洋生物博物館

案例簡介：國立海洋生物博物館位於屏東縣車城鄉，墾丁國家公園 西北角龜山臨海地區，屬於標準的潮濕海域環境，基地面積 96.81 公頃，由於位在屏東車城鄉靠近海域環境，所以設計特別以防蝕為主之耐久性混凝土設計，為防止受到海洋鹽分之侵蝕，而設計年限採用 75 年，因此混凝土參考美國 ACI 318-95 之規範作為混凝土結構物的高耐久性等級之設計，以確保耐久性。



圖 5-1 國立海洋生物博物館

案例 5-2

案例名稱：澎湖生活博物館

案例簡介：澎湖生活博物館採明管設計，特別用金屬隔柵美化。



圖 5-2 博物館上方明管設計用金屬隔柵美化

案例 5-3

案例名稱：震大杭玉集合住宅

案例簡介：建築物室內裝修部分，內部全面以簡單粉刷裝修，輕隔間使用率達 100%，電線、水管、瓦斯管皆採用不鏽鋼管。



圖 5-3 震大杭玉集合住宅

案例 5-4

案例名稱：忠孝國民中學第二期校舍工程

案例簡介：考慮到為來各項設備的維修性，屋頂設備以懸空結構支撐與防水層分離，避免對防水層造成傷害進而影響內部鋼筋損害。



圖 5-4 忠孝國中校舍屋頂設備以懸空支撐(左)電氣及弱電線路以明管設計(右)

案例 5-5

案例名稱：國立台灣科技大學-台灣建築科技中心

案例簡介：建築科技中心採帆形結構，屋頂採具有自潔、隔熱、發電三合一光電玻璃，表面塗一層奈米光觸媒，因奈米光觸媒的超親水特性，能夠有效防止空氣中的汙垢與塵埃附著，亦能清潔防污。



圖 5-5 台灣建築科技中心

案例 5-6

案例名稱：建築資訊模型應用-花蓮海洋度假園區

案例簡介：針對花蓮海洋園區進行景觀、數量檢算與改裝設計檢核，將原廠區舊有管線透過 BIM 技術輔助，在管線衝突的檢查與數量核算部分做檢測。



圖 5-6 花蓮海洋度假園區 3D 模擬圖

案例 5-7

案例名稱：台中七期-Crystal Hous 似水年華

案例簡介：設計採用管路預留設計，每一樓層的管道間都可以打開進行維修、更新，並且預留垂直的光纖主幹管，通達各樓層的公共接線箱，從主幹管水平延伸至各戶之間的一般管路。



圖 5-7 台中 似水年華

案例 5-8

案例名稱：台中七期-寶鯨富椿

案例簡介：從設計到施工，全程符合耐震標章設計規範的案件，並將抗震係數大幅提高，其抗震能力可抵抗六級等級以上之烈震，結構體施工過程委託專業設計耐震結構之工程顧問公司程全程駐地監造執行結構特別監督工作。



圖 5-8 台中 寶鯨富椿

第六章 土方平衡設計

➤ 概述：

土方工程通常是建築工程中必要之項目，主要來自建築基礎工程，因此可透過供需之平衡設計以期達到餘土減量之效果，土方平衡設計主要有以下二項手法：

6-1 多餘土方用於現場地形改造

建築工程除了挖方之外，尚有回填及造景等土方需求，若能透過規劃設計，使其互補，即可降低餘土的產出及土方的需求。

6-2 多餘土方用於其他基地工程之土方平衡

土方平衡有時未必能在相同一工地達成平衡之狀態，若可透過鄰近工地之協調，達到土方供需的平衡，減少剩餘土方產出。

6-3 最適當之地下室開挖

一定高度的樓層為了結構穩定，需要一定深度的地下室，因此設計時應盡量符合結構需要，盡量避免不必要之地下空間設計，降低開挖之需求，以減少可能之挖方量。

6-4 使用開挖面積較小之工法

開挖方式往往影響土方之產出，設計開挖方法時，開挖面若能盡量貼近結構體，則可減少相當之開挖土方產生，除有足夠腹地可在工地內暫屯，直接在工區內回填，但各個案地質條件環境不盡相同，亦須衡量安全考量，選擇最合適之工法。

6-5 機械式停車

許多地下室空間常因停車空間需求而加深地下空間設計，相較於平面式停車，機械式停車可運用停車場內之高度，增加空間使用效率，避免不必要之地下開挖，減少開挖土方及相關之施工耗費。

➤ 案例說明：

案例 6-1

案例名稱：成功大學研究總中心行政暨研究大樓

案例簡介：原建築基地為鹽田低地，地面高度需升高 2cm 左右，以避免颱風可能造成的洪水倒灌，設計地下室開挖回填完成後剩餘土方均運送至基地內之低窪地區回填，無廢土運出及新土運入，達成土方平衡；基地開挖面積為 4,466m²，開挖深度為 10.1m，開挖角度小於 30°之明挖方式。為了經濟性及對抗濱海鹽分，建築物主體仍以混凝土為主要結構材料，其他部分則盡量採用鋼材及木材採用金屬及木遮陽板，室內演講廳裝修則採用本地生產之柳安原木為主要材料，以降低不必要的裝修材料使用。



圖 6-1 成功大學研究總中心行政暨研究大樓

案例 6-2

案例名稱：宜蘭縣政府辦公大樓

案例簡介：建築物基地內土方平衡，無廢棄土方外運情況，地下室開挖之部分土方作為植栽覆土用途及景觀假山用，形成基地內高低起伏之地形。



圖 6-2 宜蘭縣政府辦公大樓

案例 6-3

案例名稱：東方高爾夫球俱樂部會館

案例簡介：原本基地原始地形崎嶇，設計者與球場規劃公司依基地中既有都市計畫道路之高程訂定整地高程，總共進行 300 萬立方公尺之挖填土方，才使地形趨於平緩，同時並以整地所產生的大量土方回填作 RC 結構體的「外壁」，藉以替代價昂的耐候性石材，內全區土方工程採挖填平衡方式，全部用於基地景觀工程上。



圖 6-3 東方高爾夫球俱樂部會館俯視

案例 6-4

案例名稱：台北市萬華區市民運動中心

案例簡介：建築構造類型為鋼構造，原案設計開挖地下三層，透過設計安排，改為開挖兩層，且符合原定機能需求。基礎採 RC 構造，地下一層為轉接 SRC 構造，地面層大跨柱樑採 SS 鋼構造，柱位排列對稱，相對減少結構負荷。

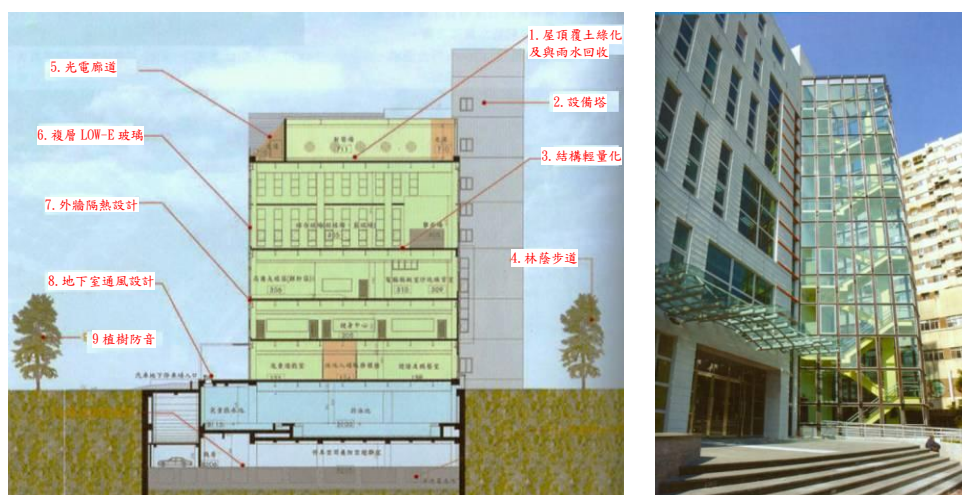


圖 6-4 台北市萬華區市民運動中心剖面圖(左)與玻璃帷幕外觀(右)

案例 6-5

案例名稱：臺南科學工業園區

案例簡介：基地位於台南市新市區，範圍包括台南園區 1,038 公頃，開挖後多餘之土方多以滿足園區內地勢低窪地區之土方平衡。



圖 6-5 臺南科學工業園區俯視

第七章 循環材料使用

➤ 概述：

再生建材為廢棄物資源化的產物，其使用量與廢棄物的消耗量成正比，因此若能大量採用，即可減少廢棄物之數量，再生建材使用主要有以下八項手法：

7-1 採用再生骨材

營建廢棄物中通常安定之固體廢棄物如混凝土塊、磚瓦等，通常會被製成再生骨材予以再利用，因此再生骨材之採用可減少營建廢棄物之產出。

7-2 採用經過認證之再生建材產品

國內目前所公告之再生建材類別共 9 大類，並於財團法人台灣建築中心設有綠建築資料庫網頁可供料源查詢，目前有再生綠建材標章之廠牌項目已有 18 項。



The screenshot shows the 'Green Building Material' (綠建材) website interface. At the top, there is a navigation bar with links for 'Green Building Material', '檢測實驗室', 'English', '綠建築資料庫', '申請資訊', '相關連結', and 'Q&A 問答集'. Below the navigation bar, there is a search bar with the text '機關綠色採購第三類綠建材標準環境保護產品查詢'. The main content area displays a table of certified products under the heading '已核定之綠建材'.

核定編號	建材名稱	公司名稱	啟用日期	截止日期
中華民國100年9月6日 內授建研字第 1000850534號	水性白膠	南寶樹脂化學工廠股份有限公司	2011/9/6	2014/5/19
GBM0100233	水性水泥漆 有光	新美華造漆股份有限公司	2011/9/20	2014/9/19
GBM0100232	Polyflor(XLpu)聚氯乙稀塑膠地毯	恩當股份有限公司	2011/9/20	2014/9/19
GBM0100231	環氧樹脂塗料	新美華造漆股份有限公司	2011/9/21	2014/9/20
GBM0100229(續)	強化石膏板GB-F	環球水泥股份有限公司	2011/9/13	2014/9/9
GBM0100228(續)	水性白膠	南寶化學工廠股份有限公司	2011/9/7	2014/6/14
GBM0100227(續)	水性白膠	南寶樹脂化學工廠股份有限公司	2011/9/8	2014/6/14
GBM0100225	STONE岩棉裝飾吸音板	三立興保溫材料實業有限公司	2011/9/6	2014/9/5
GBM0100224	粒片板	龍疆國際企業股份有限公司	2011/9/6	2014/9/5
GBM0100223	樹脂特黏泥	員和工業股份有限公司	2011/9/2	2014/9/1
GBM0100222	Tarkett聚氯乙稀塑膠地毯 (Primo Premium系列)	星誠有限公司	2011/9/5	2014/9/4

圖 7-1 綠建築資料庫網頁

(http://www.cabc.org.tw/gbm/HTML/website/comp_index.asp)

表 7-1 再生綠建材項目

已受理的再生綠建材項目		
編號	中文名稱	英文名稱
1	粒片板	Particle Boards
2	中密度纖維板	Medium density Fiberboards
3	木製傢具及課桌椅	Wooden Furniture
4	纖維水泥板及纖維強化水泥板 (矽酸鈣板)	Fiber Cement Board
5	高壓混凝土磚	Compressed Concrete Paving Units
6	混凝土空心磚 (植草磚、圍牆磚等)	Hollow Bricks
7	碎石級配料	Aggregates
8	陶瓷面磚	Ceramic Tile
9	石膏板	Gypsum boards

7-3 採用高爐水泥

水泥是一高生產耗能之產品，高爐水泥採用煉鋼之爐渣作為水泥之取代料，除可減少水泥材料之使用，並減少需處理之工業副產物，具有一定之減廢效果。

7-4 使用拆解後舊建築之樑、柱、版

許多建築在拆除時，尚有許多構件還是堪用的狀態，經過整理夠即可重新使用，若能使用現地或其他工地舊建築拆卸之建築構件，將其納入設計之中，可減少新建材之需求。

7-5 採用易拆解設計

設計時應考量建築構件之安全拆解，多採用物理性接點，少用化學性接點，可增加未來拆除時建築構件再使用之可能，也利於再利用之分類處理，也可設計部分非結構體污工使用石灰砂漿，其低強度之特性，利於保留未來內部磚塊再使用之完整性。

7-6 採用常見規格與材料

於設計時應考量未來建材於其他建物再使用或回收再利用，採用常見規格與材料可增加於其他建築之適用性，提升再利用或再使用之可能性。

7-7 使用易於回收之材料

在設計源頭即應考量材料之回收性，若採用較易於回收之建材，可增加未來拆除時回收之效率，一般而言木質建材在回收處理時對環境衝擊較小，除可腐爛分解，也可簡易處理進行再使用，使用其他材料時應注意其是否具有該材料之回收機制，如營建事業之目的事業主關機關為內政部營建署，於92年7月4日發布「營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」，目前已公告再利用種類已有9項。

7-8 簡化材料的使用

若建築所材料種類越少，未來拆除分離亦較為容易，可回收再利用的材料量也越多，且分離之材料純度越高，能夠製作質量較高之再生建材，其中必需注意複合材料之使用，若是採用複合性材料，分離費時費工，將降低未來之回收性。

➤ 案例說明：

案例 7-1

案例名稱：台達電子南科廠

案例簡介：建築坐落於南部科學園區內，建築物以合理的空間配置及適宜不誇張的建築造型，使得結構系統簡單不複雜，此外全面採用資源再利用所製之高爐水泥，得到較一般水泥更高的結構強度。考慮到為來各項設備的維修性，給排水管及強弱電管道接採用明管設計，屋頂各項機械皆配置在可拆卸之底座上，將來維修時無須敲除或傷及原有結構體便可更直接。



圖 7-2 台達電子南科廠外觀



圖 7-3 機械設備採用明管設計並設置於可拆卸固定架

案例 7-2

案例名稱：海洋科技博物館養殖工作站

案例簡介：基地所在地為基隆八斗子地區，原因象神颱風侵襲山坡崩落，經進行邊坡穩定工程整地後，將空間量體置於土坡下，建築構造融入新的大地高程，基地背側山丘連結延伸至基地前側的濱海公園。主建築體為 RC 構造，採用鋼承板系統與乾式隔間，建築物採用分金屬再生材包括高爐水泥、再生混凝土骨材、再生面磚、再生磚等材料。外牆採用廢棄的觀音山石片疊砌，減少製造磚石所需排放的二氧化碳；基地因受颱風崩塌土石未運棄，直接將 3,991m³ 土方再利用作為覆土設計素材。

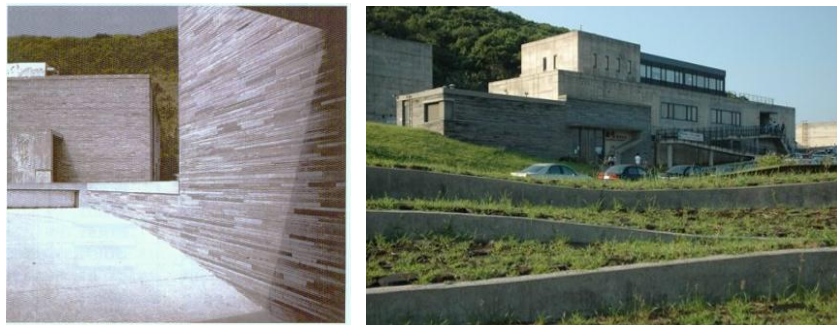


圖 7-4 外牆採用廢棄的觀音山石片疊砌

案例 7-3

案例名稱：Portola Valley Town Center

案例簡介：位於美國加州 Portola Valley 城鎮中心，主要需求包含有圖書館、閱覽室、兒童區、辦公空間、活動空間等用途，其設計時採用舊城鎮中心之樑、牆面鑲版等，號稱新建部分低於 20%。



圖 7-3 美國加州 Portola Valley Town Center

案例 7-4

案例名稱：台北縣石碇-私人住宅

案例簡介：基地位於台北縣石碇鄉，採用永續木材做為結構主體，以模
矩化生產達到 CO2 減量的目的，並採開放式建築設計和組裝
牆面工法使空間的可更動性高達到最大，模組化的系統，為
拆解而設計，更達到未來回收再利用的可能性。



圖 7-4 建築內部結構以木材為主

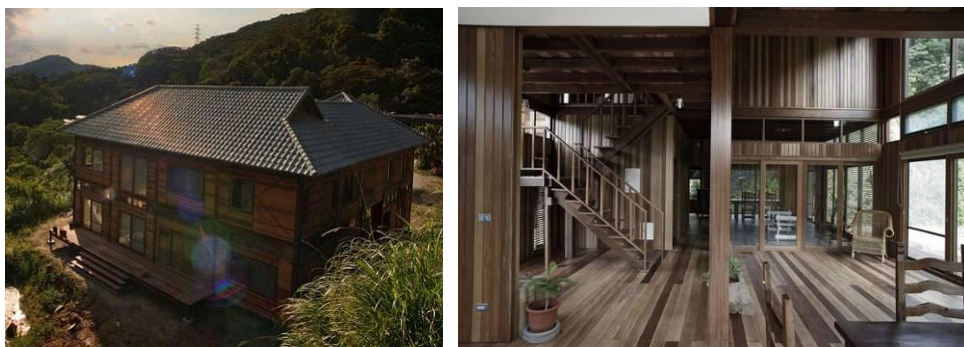


圖 7-4 住宅外觀(左) 內部開放式空間設計(右)

附錄一 自我檢核表

建築物減廢設計-自我檢核表				
原則	手法	檢核評估		
		是	否	備註
舊有建築再利用	與業主適度通協調，瞭解使用需求，將堪用之舊有建築做空間規劃設計改造，避免直接打除			
	舊有建築是否能透過設計手法或建築工法，僅做局部拆除，保留堪用之部分做新的設計			
最適化設計	確認未來使用者的裝修需求，若無法確認應做簡單、樸素的室內裝修			
	設計時考量建築規模及使用者需求，避免過度的空間設計			
	設計時考量材料常用的標準尺寸或採用定尺料			
	設計建物外型以簡單、均勻、對稱為主，避免奇特凹凸之建築設計			
	保留空間可變化彈性設計，內部隔間可彈性調整、預留挑高空間			
	地下室採機械式停車，增加空間使用效率			
	符合結構安全需要的前提下，做最適當地下室開挖			
	使用開挖面積較小之工法，開挖面若能盡量貼近結構體，減少開挖土方產生			
輕	高層樓採用輕量鋼骨結構			
	低層建築採用冷軋型鋼構			

量 化 設 計	採用輕量的金屬帷幕外牆			
	採用鋼、木組合結構			
	採用木結構及天然可再生之建材			
	隔間採用易拆換之輕隔間，減少磚牆使用			
	建築物外裝修石材類建材盡量在低層使用，減少建築物自重			
	混泥土採用高性能混凝土			
模 組 化 設 計	模組化設計，使建築各項區塊單元化			
	採用系統模板，增加模板之使用效率			
	採用工廠生產製造之預製元件，如結構體之樑、柱、樓板，或是帷幕外牆、整體衛浴			
	採用乾式隔間，於其中鋪設管線，易於維護、拆裝			
	建築物內部設備採可擴充之模組化設計，依需求做增減			
耐 久 化 設 計	採用明管設計			
	保留配線擴充空間，考量未來管線設備擴充之需求			
	使用高耐久性之材料及無毒可回收之銅管、不鏽鋼管			
	管道間位置設計考量管線長度			
	提高結構體設計耐震力			
	增加混凝土保護層厚度			
	將屋頂設備架高與防水層分離			
	保留建築設計資訊			

土 方 平 衡 設 計	多餘土方可用於現場地形改造，回填及造景等			
	多餘土方可透過鄰近工地之協調，達到土方供需的平衡			
循 環 材 料 使 用	採用高爐水泥代替普特蘭水泥			
	採用再生骨材及認證再生產品			
	低層建築設計時考量建築構件之安全拆解，多採用物理性接點之易拆解設計			
	採用常見規格與材料			
	盡量使用單一性質材料，避免複合材料之使用			

參考文獻

一、中文部份：

學位論文、期刊：

1. 王英賢，「小型住宅綠建築設計之應用研究」，樹德科技大學建築與環境設計研究所碩士論文，2010。
2. 白添富，「營建廢棄物之管理與管制探討」，國立台北大學資源管理研究所碩士在職專班碩士論文，2004。
3. 曲筱帆，「綠建築工具之應用與推廣研究」，南華大學環境管理研究所碩士論文，2003。
4. 吳穹霽，「住宅永續整建之發展概況與建議」，國立台灣科技大學建築系碩士論文，2005。
5. 吳啟炘，「綠建築廢棄物減量指標之評估研究」，中華大學營建管理研究所碩士論文，2006。
6. 李崇德，「建築廢棄物回收系統制度之研究」，國立中央大學土木工程學系碩士論文，2002。
7. 周宏宇，「綠色拆屋評估指標系統之研究」，國立中央大學營建管理研究所碩士論文，2009。
8. 林麗珠，「開放式介面之建築構造理論」，國立成功大學建築研究所博士論文，2002。
9. 邱騰誼，「設計者對「綠建築」之認知及影響「綠建築設計」行為意向因素之研究-以中部地區為例」，國立台中大學環境教育研究所碩士論文，2007。
10. 張又升，「建築物生命週期二氧化碳減量評估」，國立成功大學建築研究所博士論文，2002。
11. 張達人，「綠色建築的社會意義」，國立成功大學高階管理碩士在職專班碩士論文，2010。
12. 莊昀，「綠營建材料收容處理場所設置之研究」，國立中央大學土木工程學系碩士論文，2005。
13. 陳相如，「可動隔間構法開發之研究」，國立台灣科技大學建築系碩士論文，2004。
14. 曾羿華，「日式木造宿舍解體與材料再利用之研究-以雲林地區為例」，國立雲林科技大學空間設計研究所碩士論文，2004。
15. 黃亮達，「綠建築推動因素與指標評估系統應用之研究」，南華大學環境管理研究所碩士論文，2002。
16. 楊冠倫，「國內低層輕鋼構住宅屋頂工程之調查研究」，國立成功大學建築研究所碩士論文，2002。
17. 楊斐娜、林玉貴、陳亦文，「建築輕量化於都市住宅設計之應用」，中華民國建築學會第二十一屆第一次建築研究成果發表會論文集，2009。
18. 楊森源，「EEWH 及 CASBEE 綠建築評估系統比較研究~以綠水樹谷活力館為例」，國立成功大學建築學系專班碩士論文，2009。
19. 楊謙柔，「綠建築評估工具之研究~以辦公建築為例」，牽成永續發展獎學金得獎人論文發表論文集，財團法人牽成永續發展文教基金會，台北，2000。
20. 蘇隆昌，「玉山國家公園生態保護區避難山屋永續設計準則之探討」，逢甲大學都市計畫系碩士論文，2006。

研究報告：

21. 李政憲、洪國源、楊瑞偉，「高層集合住宅複合化工法開發之研究-以雙隆花蓮山海觀大樓為例」，中華民國建築學會，2000。
22. 杜功仁、林慶元，「開放式建築與建管法規與制度之研究」，內政部建築研究所研究計畫成果報告，2009。
23. 周伯丞，「國際綠建築之發展趨勢與案例」，高雄市政府公教人力發展局「國中小校長儲訓班」，2002。
24. 林憲德，「綠建築設計技術彙編」，內政部建築研究所，2001。
25. 黃俊龍，「德國企業實踐永續建築策略及技術之研討」，台灣電力公司，2009。
26. 黃榮堯，「全國營建廢棄物總量概估計畫」，內政部營建署研究報告，2009。
27. 魏浩揚，「本土再生構法之研究」，行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告，2004。
28. 魏浩揚等，「開放式住宅整建系統之研究」，內政部建築研究所協同研究報告，2009。

書籍：

29. 石文星譯，「CASBEE 建築物綜合環境性能評價體系-綠色設計工具」，中國建築工業出版社，2005。
30. 林憲德，「綠建築 84 技術」，詹氏書局，2010。
31. 林憲德等，「綠建築解說與評估手冊(2009 年版)」，內政部建築研究所，2010。
32. 葉文凱、成永成等，「預鑄建築工程實務」，內政部建築研究所，2000。
33. 靳瑞冬譯，「綠色建築評估體系」，美國綠色建築協會，2005。
34. 林憲德、胡弘才等，「綠建築在臺灣-第一屆優良綠建築設計作品專輯」，內政部建築研究所，2004。
35. 林憲德、趙家琪等，「綠建築在臺灣-第二屆優良綠建築設計作品專輯」，內政部建築研究所，2004。
36. 林憲德、蕭江碧等，「綠建築在臺灣-第三屆優良綠建築設計作品專輯」，內政部建築研究所，2005。
37. 林憲德、王世昌等，「綠建築在臺灣-第四屆優良綠建築設計作品專輯」，內政部建築研究所，2006。
38. 林憲德等，「綠建築在臺灣-第五屆優良綠建築設計作品專輯」，內政部建築研究所，2007。

二、英文部份：

研究報告：

39. “ESD design guide for office and public buildings”, Sustainable Built Environments and Centre for Design, RMIT University, Department of the Environment and Water Resources, May 2007.
40. “Waste & Resources Action Programme”, Waste & Resources Action Programme, 2008.
41. Patrick J. Dolan, Richard G. Lampo, and Jacqueline C. Dearborn, “Concepts for Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste”, USACERL Technical Report , 1999.
42. Brad Guy and Nicholas, “DfD Design for Disassembly in the built environment: a guide to closed-loop design and building”, Center for Community Design, The

Pennsylvania State University,2005.

英文期刊：

43. “DECONSTRUCTION: THE FIRST STEP IN GREEN BUILDING”, New York Waste Match, 2004.
44. A.B. Ngowi,“Creating competitive advantage by using environment-friendly building processes”, Building and Environment 36 291-298,2001.
45. Esherick, Homsey , “Design for Deconstruction and Materials Reuse” , Center for Construction and Environment, Gainesville, 2003.
46. Lawrence Lesly Ekanayake, George Ofori,“Building waste assessment score: design-based tool”, Building and Environment 39 851 – 861,2004.
47. Morel J. C.,Mesbah A.,Oggero M.,and Walker P.,“Building Houses with Local Materials: Means to Drastically Reduce the Environmental Impact of Construction”, Building and Environment, Volume 36, Issue 10, 2000.
48. Osmani M., Glass J.,Price A.D.F.,“Architects’ perspectives on construction waste reduction by design”, Waste Management,Volume 28, Issue 7, 2008, Pages 1147-1158, 2006.
49. Sahar Kharrufa,“Reduction of building waste in Baghdad Iraq”,Building and Environment 42 2053–2061,2007.

三、網站：

50. BREEAM：<http://www.breeam.org/index.jsp>
51. Green design will save the world | Inhabitat：<http://inhabitat.com/>
52. iiSBE：<http://www.iisbe.org/>
53. King County, Washington：<http://www.kingcounty.gov/>
54. The American Institute of Architects Top Ten Green Projects：<http://www.aiatopten.org/>
55. World Green Building Council：<http://www.worldgbc.org/site2/>
56. 大阪ガス：大阪ガス実験集合住宅 NEXT21：<http://www.osakagas.co.jp/rd/next21/index.htm>
57. 大藏聯合建築事務所：<http://www.archit.com.tw/>
58. 永續公共工程入口網：<http://eem.pcc.gov.tw/>
59. 全國建築管理資訊系統入口網：<http://cpabm.cpami.gov.tw/index.jsp>
60. 昇陽建設電子報：<http://www.suntty.com.tw/epaper/>
61. 英國 WRAP：<http://www.wrap.org.uk/>
62. 綠建材-生態環保相關建材網：http://www.fuh3.com.tw/green_build.htm/
63. 潤弘精密工程：<http://www.rtc.com.tw/index.aspx>
64. 營建署全球資訊網：<http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php>
65. 櫻花室內設計：<http://www.櫻花廚具.tw/>
66. 再生綠建材服務資訊網：<http://wm.epa.gov.tw/rgbm/rgbm.htm>
67. 全國法規資料庫：<http://law.moj.gov.tw/>
68. 綠建築在臺灣：<http://cv-it.iarchi.net/Greenbuilding2/001-1.htm>
69. 沛渥綠思：<http://www.paperwallgroup.com/index.php>
70. 詮發營造：<http://www.hansgroup.com.tw/construction/index.php>
71. 生產力建設：<http://demo.sjmarket.com.tw/yawin/web/crystal/news2.htm>
72. 宜蘭綠建築專網：<http://green.e-land.gov.tw/page.aspx?uid=53>

建築減廢設計原則與手法之初步研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：台北縣新店市北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：鄭元良、黃榮堯

出版年月：100 年 12 月

版(刷)次：第一版

ISBN：978-986-03-0674-3