

建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 110 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)

11015G0002
PG11002-0274

建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究

受委託者：財團法人台灣建築中心
研究主持人：王婉芝
協同主持人：黃榮堯
研究員：林維欣
研究助理：陳怡安
研究期程：中華民國 110 年 2 月至 110 年 12 月
研究經費：新臺幣 99.2 萬元

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 110 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	VII
ABSTRACT	IX
第一章 緒論	1
第一節 計畫緣起與目的	1
第二節 計畫背景說明	1
第三節 研究方法與流程	7
第四節 預期成果	9
第五節 計畫執行期程	10
第二章 文獻回顧與案例蒐集.....	11
第一節 建築規劃設計導入循環經濟發展理念的發展現況	11
壹、國內文獻	14
貳、國外文獻	25
第二節 建築規劃設計導入循環經濟發展理念的案例蒐集	43
壹、國內案例	46
貳、國外案例	55
第三章 建築循環設計內涵與架構.....	81
第一節 循環設計內涵分析	81
第二節 循環設計五大循環	89
第三節 循環設計三大階段	99
第四節 建築循環設計可能遭遇之主要問題	100
第四章 專家學者諮詢會議與座談會	103
第一節 第一次專家學者諮詢會議	103
第二節 第二次專家學者諮詢會議	104
第三節 「建築規劃設計導入循環經濟理念之研究」專家學者諮詢暨座談會	106
第五章 國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念之發展方向與研究課題.....	109
第一節 整體政策策略	109
第二節 設計興建階段	111
第三節 維護使用階段	112
第四節 改造翻新階段	113
第六章 結論與建議	115
第一節 結論	115
第二節 主要建議事項	116

附錄一	循環建築之策略框架與 BREEAM 潛在指標	117
附錄二	評選審查意見回覆表	123
附錄三	工作會議紀錄	125
附錄四	第一次專家諮詢會議紀錄	129
附錄五	期中審查意見回復表	137
附錄六	第二次專家學者諮詢會議紀錄	143
附錄七	專家學者諮詢暨座談會重點摘要	151
附錄八	期末審查意見回復表	159
附錄九	參加 SCEM2021 第 25 屆營建工程與管理學術研討會	163
參考資料	171

表 次

表 1-1	歐盟推行循環經濟相關政策法規及方案措施	3
表 1-2	計畫期程表	10
表 2-1	國內外建築營造產業導入循環經濟理念相關文獻整理	12
表 2-2	營建產品使用循環物質	14
表 2-3	「建立新建築循環設計之策略」之循環策略及應用手法	18
表 2-4	營建產業推動循環經濟策略	19
表 2-5	「營建循環策略報告」循環經濟模式及說明	25
表 2-6	中國城市建成環境實行循環經濟六大策略及內涵	28
表 2-7	城市建築各階段採行循環經濟要點	30
表 2-8	DGNB 系統循環經濟獎勵	32
表 2-9	建築產業中可立即落實的循環經濟行動項目	34
表 2-10	建築產業中可立即落實的循環經濟應用項目	35
表 2-11	空間可逆性與技術層面可逆性主要設計面向	38
表 2-12	建築產業中可立即落實的循環經濟應用項目	40
表 2-13	國內外建築規劃設計導入循環經濟發展理念之案例整理	43
表 2-14	台糖沙崙智慧綠能循環住宅案實踐循環經濟理念資料彙整表	46
表 2-15	南港機廠社會住宅案實踐循環經濟理念資料彙整表	48
表 2-16	臺中花博荷蘭館實踐循環經濟理念資料彙整表	49
表 2-17	高雄學府循環住宅實踐循環經濟理念資料彙整表	52
表 2-18	QurE 實踐循環經濟理念資料彙整表	53
表 2-19	荷蘭 Park 20 20 實踐循環經濟理念資料彙整表	55
表 2-20	荷蘭銀行循環展館實踐循環經濟理念資料彙整表	57
表 2-21	荷蘭芬洛市政廳實踐循環經濟理念資料彙整表	59
表 2-22	荷蘭 People's Pavilion 實踐循環經濟理念資料彙整表	61
表 2-23	荷蘭 De Ceudel 實踐循環經濟理念資料彙整表	63
表 2-24	德國「生命之樹」實踐循環經濟理念資料彙整表	64
表 2-25	德國 Skaio 實踐循環經濟理念資料彙整表	66
表 2-26	瑞士 ICEhouse 實踐循環經濟理念資料彙整表	67
表 2-27	瑞士 UMAR 實踐循環經濟理念資料彙整表	69
表 2-28	丹麥 UN17 village 實踐循環經濟理念資料彙整表	71
表 2-29	法國 Maison du Projet 實踐循環經濟理念資料彙整表	72
表 2-30	法國波爾多大公園社會住宅改造實踐循環經濟理念資料彙整表	75
表 2-31	日本三井不動產七竹中工務店實踐循環經濟理念資料彙整表	77
表 2-32	日本釀酒廠實踐循環經濟理念資料彙整表	78
表 2-33	澳洲 Quay Quarter Tower 實踐循環經濟理念資料彙整表	79
表 3-1	國內外案例循環設計彙整	81

表 3-2	國內外文獻建築循環策略和原則彙整表	87
表 3-3	物料循環策略說明與參考應用	90
表 3-4	能源循環策略說明與參考應用	92
表 3-5	空間循環策略說明與參考應用	94
表 3-6	水循環策略說明與參考應用	96
表 3-7	生物循環策略說明與參考應用	97
表 3-8	建築循環設計可能遭遇之主要問題彙整表	100

圖次

圖 1-1	循環經濟實踐資源循環示意圖	2
圖 1-2	循環經濟之 8R 生態系	5
圖 1-3	5R+3R 推動四大策略示意圖	5
圖 1-4	我國推行循環經濟範疇與涉及產業	7
圖 1-5	工作項目執行流程圖	9
圖 2-1	單一循環與交叉循環態樣示意圖	14
圖 2-2	營建產業循環經濟推動重點	15
圖 2-3	綠建材循環經濟產業體系及關鍵議題	16
圖 2-4	新建建築之循環設計策略架構	17
圖 2-5	營建產業生命週期全過程	19
圖 2-6	「2019 臺歐盟循環經濟研討會」於歐盟圓滿閉幕	21
圖 2-7	Circular Taipei 循環城市策略地圖	22
圖 2-8	企業轉型循環經濟路徑圖	23
圖 2-9	在既有建成環境(built environment)中打造循環經濟模式	25
圖 2-10	建築物設計及建造的循環經濟策略框架	27
圖 2-11	評估建築可逆性的核心面向為「可拆卸性」、「適應性」與「再利用」	36
圖 2-12	可逆式建築之技術層面可逆性	37
圖 2-13	沙崙智慧綠能循環住宅園區照片	47
圖 2-14	沙崙智慧綠能循環住宅園區循環策略示意圖	47
圖 2-15	南港機廠社會住宅示意圖	48
圖 2-16	南港機廠社會住宅推動循環經濟採行策略示意圖	49
圖 2-17	臺中花博荷蘭館	50
圖 2-18	部分臺中花博荷蘭館採用的循環經濟解決方案	51
圖 2-19	高雄學府循環住宅示意圖	52
圖 2-20	QurE 實體照	54
圖 2-21	QurE 病房整合設計	54
圖 2-22	Park 20 20 園區總體規劃示意圖	56
圖 2-23	園區內採用的部分循環策略	56
圖 2-24	循環展館 CIRCL	58
圖 2-25	荷蘭銀行 ABN AMRO 的五種循環經濟策略	58
圖 2-26	芬洛市政廳外觀照	60
圖 2-27	芬洛市政廳部分循環策略	60
圖 2-28	People's Pavilion 外觀照片	62
圖 2-29	De Ceudel 社區廢物資源流示意圖	64
圖 2-30	德國 Moringa 生命之樹示意圖	65

圖 2-31	德國 Skaio 木結構公寓.....	66
圖 2-32	德國 Skaio 木製公寓施工照(上圖)及完工照(下圖).....	67
圖 2-33	ICEhouse 外觀.....	68
圖 2-34	ICEhouse 內部照片.....	68
圖 2-35	瑞士 NEST 的 UMAR 住宅單元(地上 3 樓)外觀.....	70
圖 2-36	建造 UMAR 所使用之材料、技術及施工過程.....	70
圖 2-37	UN17 village 示意圖.....	72
圖 2-38	Maison du Projet 建築外觀.....	73
圖 2-39	Maison du Projet 設施.....	74
圖 2-40	波爾多大公園社會住宅擴建原則.....	75
圖 2-41	波爾多大公園社會住宅改造工程施工與完工照片.....	76
圖 2-42	三井不動產と竹中工務店建築示意圖.....	77
圖 2-43	RISE & WIN Brewing Co. BBQ & General Store 外觀與室內照.....	78
圖 2-44	Quay Quarter Tower 改造設計(拆除左圖紅色區域,保留白色區域,核心新增四部電梯井,擴建綠色區域).....	80
圖 2-45	Quay Quarter Tower 設計外觀(左圖)與施工情形(右圖,2021 年 6 月).....	80
圖 3-1	建築循環設計架構.....	89
圖 3-2	物料循環策略.....	92
圖 3-3	能源循環策略.....	94
圖 3-4	空間循環策略.....	95
圖 3-5	芬洛市政廳之中水及雨水回收循環使用系統.....	96
圖 3-6	生物循環系統.....	98
圖 3-7	建築生命週期循環設計架構.....	99
圖 5-1	國內建築規劃設計未來研究課題參考架構.....	109
圖 6-1	建築循環設計架構.....	115
圖 6-2	建築生命週期循環設計架構.....	115

摘 要

關鍵詞：建築規劃設計、循環經濟、永續建築

一、研究緣起

營建及建築產業每年耗費大量資源及原生材料，面臨地球資源耗竭、氣候變遷、生態破壞及環境污染等問題，近年先進國家積極摸索將循環經濟發展的理念導入於建築之規劃設計中，如歐盟於 2015 年推出「建材銀行計畫(Building as a material bank, BAMB)」，包含「建材護照(Material Passport)」、「可逆式建築設計(Reversible Building Design)」等創新系統以輔助建築營造業的循環經濟轉型；國內亦逐步引進如被動能源(passive housing)、都市農場(urban farming)及共享生活(sharing life)等理念手法於建築工程的規劃設計中。建築規劃設計項目實踐循環經濟理念之手法多種，本研究透過國內外文獻與案例研究探討建築規劃設計導入循環經濟理念之範疇定義與內涵，釐清國內外發展現況，作為後續研擬國內未來推動發展方向與研究課題之參考。

二、研究方法與過程

(一)文獻回顧法：主要蒐集國內外建築規劃設計導入循環經濟發展理念之相關文獻，如中英文專書、期刊論文、研究報告、網路資源等資料，並針對其理念與手法進行歸納及初步分析。

(二)案例蒐集法：藉由國內外已完成或規劃中之建築規劃設計實踐循環經濟案例，蒐集並彙整各案例實踐循環經濟的理念、原則及採取之內容手法等，提供本研究系統性和周全的理解，以瞭解和探討在實務應用層面上各手法之可行性及適用性。

(三)專家座談法：邀集建築規劃設計導入循環經濟發展應用之專家進行對談與交流，獲取專家們專業的實務意見及觀點，協助本研究評估及檢討各項建築規劃設計實踐循環經濟理念之應用手法可行性及適用性，建立國內建築規劃設計導入循環經濟之範疇定義及內涵，並研擬後續國內推動發展方向與研究課題。

三、重要發現

(一)循環設計五大循環：依據各文獻提出之循環策略以及國內外共 20 個案例應用之手法，歸納整理出「建築循環設計」架構，內容包含「物料循環」、「能源循環」、「空間循環」、「水循環」及「生物循環」五大循環系統之循環設計手法。

(二)循環設計三大階段：由「設計興建」、「維護使用」與「改造翻新」三個建築生命週期階段探討可導入的循環設計策略，供產業利益相關者參考。

(三)建築循環設計可能遭遇之主要問題：由法規、技術或市場層面探討物料循環及空間循環可能遭遇之主要問題，以協助產業調整相關政策與未來發展。

(四)研擬後續發展方向與研究課題：依據「建築循環設計」內涵架構，以及專家學者反映可能遭遇之問題與意見觀點，以「整體政策策略」、「設計興建階段」、「維護使用階段」與「改造翻新階段」探討可進一步發展之研究課題，包含可逆式建築設計研究、資源高效化研究、租賃模式之探討、舊建築物改造再利用之研究、建材銀行制度建立等議題。

四、主要建議事項

本研究針對國內建築規劃設計導入循環經濟理念之發展，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。

建議一

發展建築循環設計建材再利用率評估之研究：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心

為發展建築循環設計並有效評估產品材料之循環應用，建議透過研擬建材再利用率評估方法，作為未來國內訂定各類回收資源循環再利用為建材之政策有效評估與管理工具，逐步提升國內建材再利用率。

建議二

發展後續研究課題，促進國內建築循環設計發展：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

建築營建產業發展循環經濟所涉及之範疇深廣，為進一步落實產業循環發展，本研究提出後續推動發展方向與研究課題，包含效益分析、法規探討、循環建材與構法、可逆式建築設計、建材履歷以及租賃模式等議題，可供相關機關作為未來進一步研究發展之參考。

ABSTRACT

Keywords: Building planning and design, Circular economy, Sustainable building

I. Origin

Building and construction industry is considered as one of the most resource-consuming sectors. While resource scarcity, climate change, ecological damage and environment pollution become major challenges worldwide, developed countries have been actively trying to introduce the concept of circular economic(CE) development into building planning and design, such as Building As Material Bank(BAMB) project. BAMB was introduced by European Union in 2015, which develops and integrates tools that will increase the value of building materials, includes Material Passports and Reversible Building Design to enable the systemic shift of CE development in the building sector.

Meanwhile, some conceptual practices, such as passive housing, urban farming and sharing life, have been introduced gradually into domestic building planning and design process. As numerous CE approaches, strategies, tools and parameters for building industry appear at both national and international level with no common direction, it is necessary to adequately provide a framework of Circular Building Design as a reference for domestic building industry related stakeholders.

II. Research methods

In this study, literature review and case study were conducted using a specific set of keywords related to the CE development in the built environment. The literature review (such as representative reports, books and journal articles) provides an overview of potential CE strategies, meanwhile the case study from local to globals showed the concrete action applied. Furthermore, this study has held expert consultation meetings to deepen the insights with implementing circular economy principles into domestic building and design, to learn from their practical experiences and views, in order to improve the framework of circular building design, discuss the major issues that will be facing in the future and explore future development direction and researching topics.

III. Major outcomes:

Based on the data analysis and the insight and expertise shared by participating experts and scholars, this study structures the results as follows:

1. A strategy framework of circular building designs with 5 fundamental themes of resource circulation: 1) materials; 2) energy; 3) spatial; 4) water; and 5)

biological. These five themes of circular building designs help architects and designers comprehend the basis CE concept of resource efficiency principles in building area. However, this framework serves more as a dynamic structure that can be continuously growing with new approaches or techniques that aim at making the built environment more circular.

2. Implemented the circular building design strategies into 3 phases of building lifecycle: 1) design and construction phase; 2) use phase; and 3) retrofit and renovation phase to provide as a reference for industry related stakeholders.
3. Major possible challenges that arise in regulation, technical and market sectors of materials and spatial circular design strategies.
4. Research topics need to be further developed to advance the CE in the construction sector which being classified in 1) overall policy strategy; 2) design and construction phase; 3) use phase; and 4) retrofit and renovation phase, include reversible building design strategies, resource optimization techniques, shared-use schemes, refurbishing existing buildings, domestic material passport, etc.

IV. Main Recommendation

Suggestion 1

Study on methodology to assess the material circularity in building designs. (short-term (immediate) actions)

Organizer: Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior

Co-organizer: Taiwan Architecture & Building Center

This research will study various methods to calculate the material recycling rate in a building design. Based on the method of calculation, the goal is to develop an assessment program to guide the building design to increase the use of recycled materials and at the same time to promote the circular value chains for all potentially recyclable materials.

Suggestion 2

Develop researches and tools to advance the CE in the construction sector. (medium and long-term actions)

Organizer: Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior

Co-organizer: Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior

This study has drafted the relevant researching topics that will integrate design and guidelines that take into account long-term impacts in domestic built environment,

such as reversible building design, resources optimization, renting model, building renovation and material bank program. By encouraging those relevant researches will stimulate and enable actors along the value chain to facilitate the CE development in the construction industry.

Study on Introducing the Global Circular Economy
Concept into Building Planning and Design

第一章 緒論

第一節 計畫緣起與目的

為追求地球永續發展，先進國家近年開始積極摸索將循環經濟發展的理念導入於建築之規劃設計中。歐盟尤其荷蘭等國家近年來提倡「建材銀行(Building as a material bank, BAMB)」、「建材護照(Material Passport)」等概念，將建築物當作建材物資的倉庫，希望將建築構件重複使用以減少天然建材資源之耗用，並帶動循環經濟的發展。此外，歐盟也正著手建立「循環經濟發展導向之建築設計評估指標系統」，並發展「可逆式建築設計(reversible building design)」，以利在建築物屆齡時反向將其構件一一拆解重複使用，促進地球永續。

在此趨勢推動下，近年來政府積極在推動產業創新計劃五加二項目中，訂定發展循環經濟的策略。中央及地方單位亦逐步引進循環經濟發展概念於相關建築工程的規劃設計中，紛紛開始在公宅新建工程招標公告需求中，要求納入循環經濟實踐的規劃。例如像台糖沙崙智慧綠能循環住宅的規劃設計就納入了被動能源(passive housing)、都市農場(urban farming)、綠色能源(green energy)及共享生活(sharing life)等理念手法；又如台北市南港機廠社會住宅的規劃設計納入了建物共享、零耗能、回收系統、屋頂農園、房屋模組化、綠能電動車租賃系統、綠建築、設備租賃等理念手法。然而目前將循環經濟發展理念導入到建築規劃設計的發展剛起步，而各建築規劃設計項目實踐循環經濟理念及項目手法多種，有關納入循環經濟發展理念的建築規劃設計的內涵、項目手法、實務應用與商業模式等課題，有待進一步有系統地探討。

本研究透過蒐集整理國內外相關文獻及案例之理念與手法，初步探討國內外將循環經濟發展理念導入到建築規劃設計的發展現況，並舉辦專家學者諮詢會獲取實務意見回饋，以利建立國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念的範疇定義及內涵，供建築師與設計人員參考。此外，為擴大國內建築師及研究人員對循環經濟理念導入的討論與共識形成，規劃舉辦「國內建築規劃設計導入循環經濟理念」研討會暨專家學者座談會，研擬後續於建築規劃設計推動循環經濟的方向與研究課題，作為國內未來推動政策或將之導入綠建築評估之參考。

第二節 計畫背景說明

壹、線性經濟與循環經濟

自工業革命以來社會追求經濟成長，然而傳統的線性經濟模型基於「獲取、製造、消費、丟棄」的模式，資源隨著產品週期的結束一起被丟棄，是個「從搖籃到墳墓」(Cradle to Grave)的過程。在線性經濟中，廠商透過銷售大量產品獲利，甚至為減少生產成本而降低產品的價值及耐用性，或進

行「計畫性汰舊」(planned obsolescence)，將產品設計成有限的使用壽命以鼓勵消費者持續購買產品，使大量資源在被製成產品後加速成為廢棄物；加上製造過程中產生各式各樣的廢棄物及環境污染，長此以往造成地球資源耗竭、全球暖化、氣候變遷及生態破壞等問題。

在循環經濟中，產品及其所含之材料價值均受到高度重視，並依循「從搖籃到搖籃」(cradle to cradle)的概念，將廢棄物轉變成為有價值的資源。它盡可能地實現長時間共享、租賃、再利用、維修、翻新和再循環現有的材料和產品，使產品的生命週期得以延長；當產品使用壽命結束以後，其材料亦盡可能地保留在經濟範圍內，反覆有效利用，讓大自然裡沒有廢棄物。循環經濟從設計階段規劃產品生命週期各階段的資源傳遞及使用，使資源得以不斷循環，是一個資源可恢復且可再生的系統，與傳統的線性經濟模型有很大的差別。

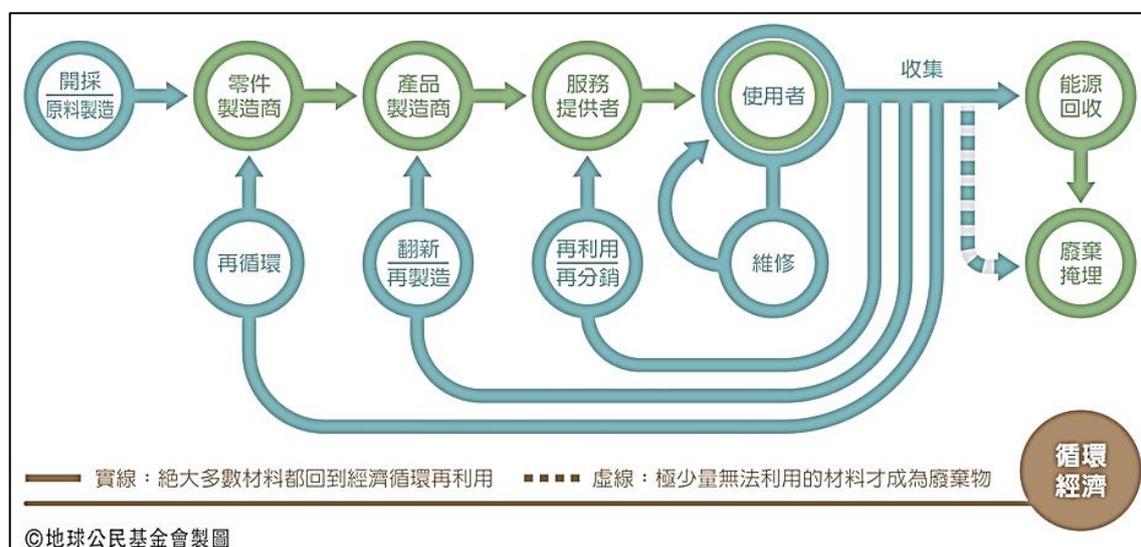


圖 1-1 循環經濟實踐資源循環示意圖

(圖片來源：地球公民基金會)

貳、歐盟推行循環經濟，朝零廢棄物邁進

2012 年，歐盟簽訂「循環經濟宣言」(Manifesto for a Resource-Efficient Europe)，宣布邁向循環經濟的開始，後於 2015 年推出「循環經濟配套計畫」(The Circular Economy Package)，內容包括「循環經濟推動計畫」及四項廢棄物指令修法提案。歐盟有感於即使在過去幾十年間廢棄物管理有很大改善，但仍有近三分之一的城市廢棄物被填埋及少於半數的廢棄物被回收再利用，故作為轉型循環經濟配套措施之一，歐盟提出四項廢棄物指令進行修法並於 2018 年 5 月 30 日通過修案，要求成員國於 2020 年 7 月 5 日前將修訂之四項廢棄物指令納入國家法律。

2019 年 12 月 11 日，歐盟公布「歐洲綠色政綱」(The European Green Deal)計畫，目標轉型成為現代化及資源有效利用之經濟體、成為世界上第

一個氣候中和大陸 (climate-neutral continent)。因應「歐洲綠色政綱」推出的一系列政策機制中包含 2020 年 3 月發布之「新循環經濟推動計畫」(A new Circular Economy Action Plan)，目標將循環經濟轉型推行至主流經濟體，使經濟增長與資源使用脫鉤，達成 2050 年氣候中和。

歐盟期望藉其影響力、專業性及財務資源帶動全球實現循環經濟，透過各種策略提高產品的價值，消除廢棄物，確保地球的有限資源能以循環再生、永續的方式被使用；其歷年來推行與循環經濟相關之政策法規可參考表 1-1。

表 1-1 歐盟推行循環經濟相關政策法規及方案措施

發布時間	2012 年 12 月 17 日
政策法規	循環經濟宣言 Manifesto for a Resource-Efficient Europe
主要目標	轉型至資源高效利用及可再生之循環經濟。
方案措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 鼓勵創新及加速公共和私人投資至資源高效利用技術研發。 2. 實施及採用相關法規、制度和指令，以利創造平台、獎勵先行者、加速轉型及考量對社會和國際所產生的影響。 3. 廢除對環境有害的補貼和減稅措施，並使用稅費來刺激創新和發展就業機會。 4. 為經久耐用、可維修和可回收的產品和服務創造更好的市場條件，逐步淘汰性能差的產品；鼓勵可持續的採購，新的商業模式及使用廢棄物作為原材料。 5. 在更廣泛的政策領域（如交通，食品，水和建築領域）中整合當前和未來的資源稀缺性至國家、歐洲和全球層面。 6. 設定目標提供明確的方向和指標，在 2020 年之前實現資源節約型經濟與社會。
發布時間	2015 年 12 月 2 日
政策法規	循環經濟配套計畫 The Circular Economy Package
主要目標	成為可持續、低碳、資源有效利用及富競爭力的經濟體，達到 2030 年聯合國永續發展目標(SDGs)。
方案措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 推出「循環經濟推動計畫」(Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy): 針對生產、消費、廢棄物管理、次級原料市場、塑料、廢棄糧食、關鍵原料、營造拆建產業、生物基材料、創新與投資等領域共提出 54 項行動計畫指標及對應之目標時間軸。 2. 提案修訂四份廢棄物指令：制訂明確減少廢棄物及廢棄物填埋的目標，並針對主要廢棄物（如城市垃圾）及廢棄包裝中增加再利用及回收使用的遠程計畫。 (1)修訂 2008/98/EC 廢棄物框架指令 (2)修訂 1999/31/EC 填埋指令 (3)修訂 94/62/EC 廢棄包裝指令 (4)修訂 2000/53/EC 報廢車輛指令、2006/66/EC 電池、蓄電池、廢棄電池和廢棄蓄電池指令，及 2012/19/EU 廢棄的電氣和電子設備指令
發布時間	2018 年 5 月 30 日
政策法規	•報廢車輛、電池、蓄電池、廢棄電池、廢棄蓄電池，以及廢棄

	的電氣和電子設備指令 Directive 2018/849 • 填埋指令 Directive 2018/850 • 廢棄物框架指令 Directive 2018/851 • 廢棄包裝指令 Directive 2018/852
主要目標	1. 2030 年城市廢棄物回收再利用達 65%、廢棄包裝再循環達 75%、城市廢棄物填埋量降至 10% 2. 加強實施廢棄物分級分類及廢棄物預防措施（含廢棄糧食） 3. 於 2024 年前擴大包裝材料生產者的責任規範
規定	成員國需於 2020 年 7 月 5 日以前將廢棄物指令納入國家法律。
發布時間	2020 年 3 月 11 日
政策法規	新循環經濟推動計畫 A new Circular Economy Action Plan
主要目標	達成 2050 年氣候中和目標，使經濟增長與資源使用脫鉤。
方案措施	提出立法制定永續性產品的政策框架、規範關鍵產品價值鏈（如電子電信、電池和交通工具、包裝、塑料、紡織品、營建和建築、糧食、水源及營養品等）、廢棄物減量與預防政策、規劃支援全球循環經濟轉型等 35 項行動計畫指標及對應之目標時間軸。

（資料來源：[20]-[23]，本研究整理）

參、臺灣循環經濟轉型策略

臺灣面臨資源稀缺、仰賴大量進口原料及資源、國內產業高度耗能與環保爭議等挑戰，為擺脫以往線性經濟發展所帶來的難題與瓶頸，於 2016 年提出《五加二產業創新計畫》，宣誓朝循環經濟邁進的決心。

「五加二」分別指五大產業（亞洲矽谷、生醫產業、綠能科技、智慧機械、國防產業）及兩個轉型策略（循環經濟與新農業）；轉型循環經濟讓資源及產品在系統重覆循環中維持其高價值，新農業轉型則以生物精煉及層級循環的方式來生產台灣產業所需原料。隨後各界開始響應這項新型經濟目標，2018 年行政院院會通過經濟部提出的「循環經濟推動方案」、同年台北市率先提出台灣首個「循環城市推動計畫白皮書」以及 2019 年循環經濟推動辦公室的成立，統籌政府各部會、產業界、學術界的力量推動國內轉型循環經濟之發展。

臺灣政府推動循環經濟的核心理念為「沒有廢棄物、只有資源錯置」，將傳統經濟體系中的線性「供應鏈」轉型成為可循環的「8R 生態系」，分別為 5R(減廢 Reduce、物盡其用 Reuse、物料回收 Recycle、能源回收 Recovery、修復使用 Repair)加上 3R(重新設計 Redesign、重新思考 Rethink、重新定義 Redefine)，力求在實現永續發展的目標下，創造經濟效益並提升競爭力。

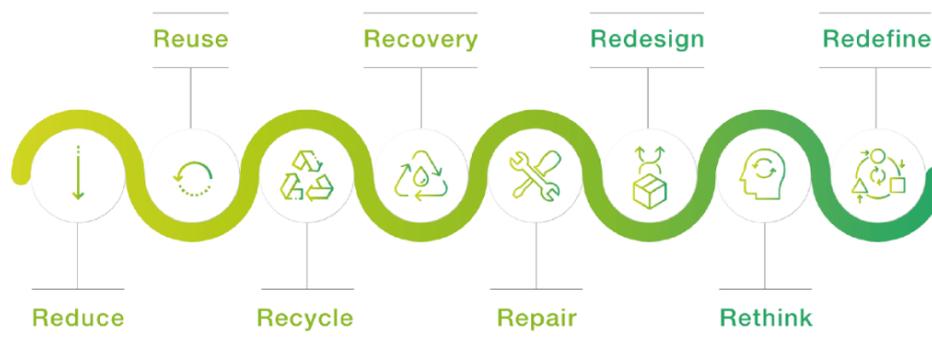


圖 1-2 循環經濟之 8R 生態系
(圖片來源：循環經濟推動辦公室)

在「循環經濟推動方案」中，經濟部以「循環產業化」(建構新材料創新研發體系與出海口)及「產業循環化」(推動能資源整合與循環產業共生聚落)作為兩大主軸，採取「推動循環技術暨材料創新研發及專區」、「建構新循環示範園區」、「推動綠色消費與交易」及「促進能資源整合與產業共生」策略，輔以 5R+3R 的基礎思維促進產業循環共生以及轉型。



圖 1-3 5R+3R 推動四大策略示意圖
(圖片來源：循環經濟推動辦公室)

肆、建築營造業實行循環經濟

營建及建築產業向來為消耗大量資源及原生材料的領域，而在建築物生命週期結束以後，大量的營建廢棄物更形成難以處理的問題。依據聯合國環境規劃署(United Nations Environment Programme (UNEP))發布的「2019 全球營建及建築產業現況報告」指出營建及建築產業 2018 年佔全球 36% 能源消耗、39% 能源相關二氧化碳排放量；英國 Arup 出版之「營建循環策略報告」則顯示歐盟營建產業所產生的廢棄物共佔其 25-30% 的廢棄物總量。此外，報告預估 2050 年全球居住於城市的人口將由(2014 年)54% 上升至

60%，快速擴張的城市將帶動全球營建及建築產業持續增長，故自發展及推動循環經濟以來，營建及建築產業均被列為關鍵產業。

一、 歐盟訂立「可持續性建築營建環境策略」及發布「建築翻修潮」

歐盟於 2020 年 3 月推出之「新循環經濟推動計畫」中指出建築營造產業對眾多領域的經濟、工作機會及生活品質有著顯著影響，在材料擷取、產品製造、翻新及施工中排放的溫室氣體量預估佔 5-12% 的國家總溫室氣體排放量。為加強建築營造產業的材料利用效率及減緩氣候變遷造成的影響，歐盟委員會擬訂了全面「可續性建築營建環境策略」，在建築的生命週期中推行循環經濟：

1. 修訂「建築營造業產品規範」，考量產品安全性與機能，針對特定產品導入再循環成分的要求，加強產品的可持續性表現。
2. 推廣以循環經濟為原則的建築設計指標，改善建築資產的耐久性與彈性表現，並發展建築的數位電子日誌(digital logbooks)。
3. 整合公共採購及歐盟可持續性財務架構，規劃合適的減碳目標及固碳潛力。
4. 針對建築營造業產生的廢棄物研擬材料恢復目標及特定材料分類架構。
5. 促進創新工法研發以減緩土壤密封、活化廢棄空間或受污染廢棄地以增進受污染土壤的安全性、可持續性及循環使用性。

此外，歐盟於 2020 年 10 月 14 日發布「建物翻修潮」(A Renovation Wave for Europe)，目標在循環經濟原則下增進歐盟建物資產的能源利用效率、優化其生命週期表現及延長生命週期，並將在修訂建築營造業廢棄物的恢復策略中聚焦於廢棄隔熱材料的問題。

二、 臺灣擬訂建築營造業推行循環經濟之方向

2019 年，我國經濟部於「循環經濟推動方案」中訂定建築營造業推行循環經濟的範疇，包含再生粒料開發、高性能建築材料開發、建築維修技術及營建材料循環等方向，以提高建築產業資源被循環利用的效率、啟動廢棄物與副產品再利用，盡全力讓所有資源能維持在產業經濟循環中，達成零廢棄且不開採能資源的終極目標。



圖 1-4 我國推行循環經濟範疇與涉及產業

(圖片來源：循環經濟推動辦公室)

此外，透過臺灣第一座循環經濟建築——臺中花博荷蘭國家館(2018年11月-2019年4月)的參與，財團法人臺灣營建研究院及荷蘭貿易暨投資辦事處於2019年共同出版「荷謂循環—從花博荷蘭館看臺灣營建業」白皮書，探討我國營建產業推動循環經濟之策略。2020年臺北市政府發布「臺北市循環城市2.0白皮書」，並規劃興建「南港機廠循環社宅示範基地」，期望以此示範基地擴及全市打造循環住宅系統。另一方面，臺北市、新北市、桃園市及基隆市研議共同規劃及建置文資建材銀行平台，共同收存舊建材，以推動舊材再生。在政府引領之下，各界刻不容緩地展開合作朝向循環經濟發展，並期盼整體產業共同參與，解決建築營造業推行循環經濟所面對的難題，創造永續產業的目標。

第三節 研究方法與流程

壹、研究採用之方法

一、文獻回顧法：

主要蒐集國內外建築規劃設計導入循環經濟發展理念之相關文獻，如中英文專書、期刊論文、研究報告、網路資源等資料，並針對其理念與手法進行歸納及初步分析，以協助釐清國內外循環經濟發展導向之建築規劃設計發展現況。

二、案例蒐集法：

藉由國內外已完成或規劃中之建築規劃設計實踐循環經濟案例，蒐集並彙整各案例實踐循環經濟的理念、原則及採取之內容手法等，提供本研究系統性和周全的理解，以瞭解和探討在實務應用層面上各手法之可行性及適用性。

三、專家座談法：

邀集建築規劃設計導入循環經濟發展應用之專家進行對談與交流，獲取專家們專業的實務意見及觀點，協助本研究評估及檢討各項建築規劃設計實踐循環經濟理念之應用手法可行性及適用性，建立國內建築規劃設計導入循環經濟之範疇定義及內涵，並研擬後續國內推動發展方向與研究課題。

貳、研究內容與流程

本計畫內容主要分為三項，執行流程如圖 1-5 所示。

一、研析國內外建築規劃設計導入循環經濟發展理念之內涵

- (一) 蒐集國內外實踐循環經濟理念之建築規劃設計相關文獻資料與案例，進行回顧整理。
- (二) 探討國內外循環經濟發展導向建築規劃設計的範疇與定義，並彙整分析其各種應用手法。

二、建立國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念之範疇定義及內涵

- (一) 舉辦專家學者諮詢會議，邀集循環經濟發展應用相關專家學者及建築師參與，擴大國內對建築規劃設計導入循環經濟發展理念的討論與共識形成。
- (二) 評估檢討國內外各種導入循環經濟理念的應用手法之可行性與適用性，研討可納入國內建築規劃設計架構的應用手法。
- (三) 建立國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念的範疇定義及內涵。

三、研擬後續國內建築規劃設計導入循環經濟理念推動發展方向與研究課題

- (一) 發展後續國內建築規劃設計導入循環經濟理念推動發展方向與研究課題。
- (二) 舉辦「國內建築規劃設計導入循環經濟理念」研討會暨專家學者座談會，邀集循環經濟發展應用相關專家學者及建築師舉辦座談會，研擬後續國內建築規劃設計導入循環經濟理念推動發展方向與研究課題。

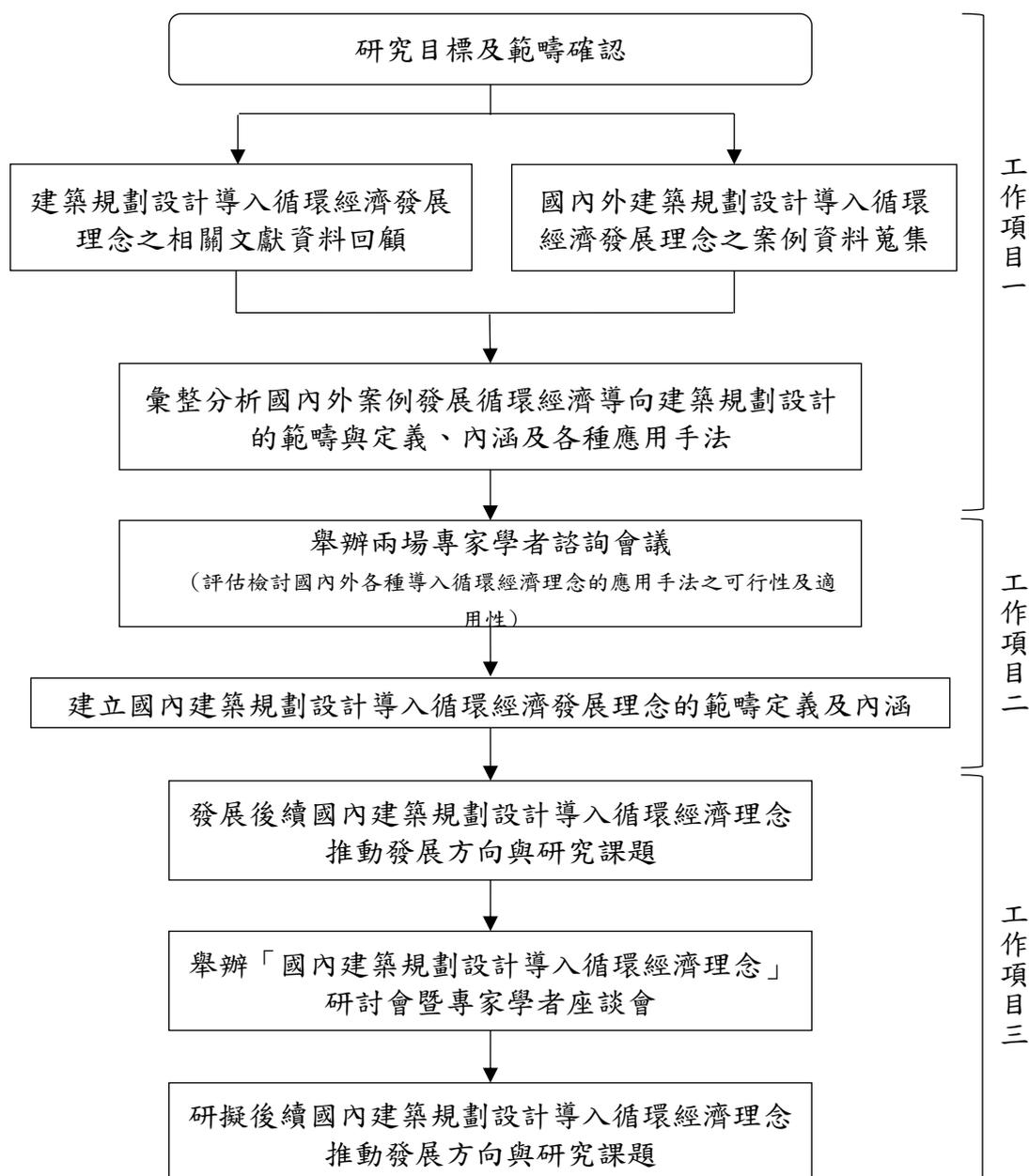


圖 1-5 工作項目執行流程圖

第四節 預期成果

本研究預期成果，說明如下：

- (一) 完成國內外建築規劃設計導入循環經濟發展理念的發展現況與案例蒐集。
- (二) 完成國內外循環經濟發展導向建築規劃設計範疇定義之彙整，提出循環經濟發展理念進行建築規劃設計之各種手法項目，供建築師與設計人員於建築規劃設計時參考。
- (三) 提出國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念之發展方向與研究課題。

第五節 計畫執行期程

本計畫依各項工作項目列出每月執行進度，並以甘特圖表示：

表 1-2 計畫期程表

工作項目	110 年											
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1.研究目標及範疇確認	●											
2.國內外建築規劃設計導入循環經濟發展理念之案例資料蒐集	■											
3.建築規劃設計導入循環經濟發展理念之相關文獻資料回顧	■											
4.彙整分析國內外案例發展循環經濟導向建築規劃設計的範疇與定義、內涵及各種應用手法	■											
5.舉辦專家學者諮詢會議						●		●				
6.評估檢討國內外各種導入循環經濟理念的應用手法之可行性及適用性				■								
7.建立國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念的範疇定義及內涵				■								
8.發展後續國內建築規劃設計導入循環經濟理念推動發展方向與研究課題						■						
9.舉辦「國內建築規劃設計導入循環經濟理念」研討會暨專家學者座談會										●		
10.研擬後續國內建築規劃設計導入循環經濟理念推動發展方向與研究課題										■		
11.期中報告						●						
12.期末報告										●		
13.成果報告												●
執行進度(累計數%)	9	15	21	31	41	61	72	81	83	93	95	100

第二章 文獻回顧與案例蒐集

第一節 建築規劃設計導入循環經濟發展理念的發展現況

2015 年歐盟推出「循環經濟配套計畫」，以具體的推動計畫及廢棄物指令修法提案帶動成員國發展循環經濟。為加速在既有建成環境中(built environment)落實循環經濟，各國政府、研究機構與組織積極探討可導入建築物生命週期中的各種循環經濟模式，期望產業參與者考量建築生命週期，以更長遠的角度思考資源的使用效率與其循環潛力。荷蘭非營利組織 Circle Economy 聯合荷蘭綠建築協會(Dutch Green Building Council, DGBC)及其他機構組織於 2018 年提出將循環經濟策略和指標納入「BREEAM 可持續性評估系統」之建議和報告；同年德國永續建築委員會(Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, DGNB)於「可持續性建築認證系統 DGNB」中導入循環經濟獎勵計分項目，以具體的措施實現建築物評估與認證系統中的循環經濟進展，此項目亦可進一步擴展至社區或其他應用層級。

另一方面，因應人口增長與城市化的發展趨勢，致力於加速循環經濟轉型的跨國非營利組織 Ellen MacArthur Foundation 進一步將循環經濟理念整合到人口集中的城市建築物系統中，提出可改善城市大量老舊住宅、高運營成本、新住房需求，以及空氣污染和建築廢棄物等問題的循環經濟實踐方案。歐盟在落實營建產業循環經濟上強調前端資源的設計使用、著重省能低碳化，發展可逆式設計及循環建築相關評估指標；而針對待拆除之建築物則推行「拆除、去污染與再利用」(Demolition, De-contamination and Recycling, DDR)政策與施工規範，透過事前盤查以評估分類出可再利用之物質，擬訂拆除手冊作為指導使用。

國內自 2016 年政府提出《五加二產業創新計畫》後，積極探索營建產業朝循環經濟發展的推動思維。內政部建築研究所於 2018 年展開「綠建材循環經濟產業鏈結推廣計畫」，分析綠建材產業導入循環經濟之架構並建立示範模式。另針對新建建築的資材循環設計進行研究，提出可在建築結構、外殼、服務系統及空間配置層次導入之循環策略，並從打造花博荷蘭館之經驗，與荷蘭貿易暨投資辦事處共同發表白皮書，提出營建產業循環經濟的推動策略。2019 年 12 月，環保署與歐盟成長總署共同主辦「2019 臺歐盟循環經濟研討會」，經由此次交流發現，臺灣推行事業廢棄物回收有成，並朝提升再生粒料使用方面持續精進。

本研究參考國內外建築營造產業導入循環經濟之策略，以提升建築物永續性，並在建築物全生命週期減少廢棄物和對環境產生的負面影響為考量要點。本研究參考文獻整理如表 2-1。

表 2-1 國內外建築營造產業導入循環經濟理念相關文獻整理

項次	作者/出版者	文獻標題	研究摘要
1	黃榮堯 (2017)	營建產業在國家循環經濟發展的角色與推動思維	以提高替代材料使用率、提升資源使用效率的設計、避免設施閒置與資源浪費以及促進廢棄資源循環再利用等重點方法推動營建產業之循環經濟。
2	財團法人環境與發展基金會/內政部建築研究所業務委託計畫 (2018)	綠建材循環經濟產業鏈結推廣計畫	透過綠建材產業體系鏈結及經濟效益評估，協助建築營建產業導入循環經濟架構。
3	呂良正、林玟慧、張芸翠 (2019)	建立新建築循環設計之策略	提出新建建築的資材循環設計策略架構，透過建築結構、外殼、服務系統及空間配置層次導入循環策略。
4	荷蘭貿易暨投資辦事處、財團法人臺灣營建研究院 (2019)	荷謂循環：從花博荷蘭館看臺灣營建業	依既有建築、新建建築、循環評估、商業模式、循環增值與政策管理六大面向提出營建產業循環經濟的推動策略。
5	行政院環境保護署 (2020)	參加「2019 臺歐盟循環經濟研討會暨參訪交流」	深化臺歐盟雙邊循環經濟政策研究、產業轉型、創新技術與人才交流，議題包含塑膠循環經濟、循環營建及再生粒料應用及太陽能板循環設計與回收系統建置。
6	臺北市政府/臺北市政府產業發展局 (2020)	臺北市循環城市 2.0 白皮書	引領臺北市邁向能資源、環境、經濟、文化社會等面向的永續發展，將循環經濟思維導入住居，推行城市空間再生利用、以租代買、規劃興建社宅示範基地及建置文資建材銀行平台。
7	黃育徵、陳惠琳 (2021)	循環台灣	提出臺灣企業轉型循環經濟之路徑策略，落實循環建築的三個面向——設計和建造循環建築；數位記錄與利用建築部件；打造建築內部的能源、水和有機質的循環。
8	Arup & BAM	Circular economy business models in the	指出現今的建築生態系統由需求、設計、材料擷取、加工製造、

項次	作者/出版者	文獻標題	研究摘要
	(2017)	Built Environment	運輸、營建、使用、拆除拆解及填埋或回收等階段組成，並提出在既有建成環境中可打造的循環經濟模式。
9	Circle Economy, DGBC, Metabolic, SGS Search and Redevco Foundation (2018)	A Framework For Circular Buildings: indicators for possible inclusion in BREEAM	提出循環建築的基本框架，並可納入「BREEAM 新建和翻新與裝修」系統的具體策略和指標，以加速建成環境的循環經濟轉型。
10	Ellen MacArthur Foundation & Arup (2018)	循環經濟-中國城市與工業的創新機遇(中文報告)	建議中國於五大關鍵領域(建成環境、移動交通、城市給養、紡織行業與電子工業)中落實循環經濟並提出策略；城市建成環境的循環經濟目標為「設計可高效施工、可共享、可再利用的建築」。
11	Ellen MacArthur Foundation & Arup (2019)	Circular economy in cities: Urban buildings system summary	將循環經濟理念整合到城市建築物循環的所有階段中——「規劃」、「設計」、「製造」、「利用」及「營運維護」。
12	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) (2019)	Circular Economy: Closing loops means being fit for the future.	德國永續建築委員會(DGNB)在2018於在可持續建築的認證系統「DGNB系統」中導入循環經濟獎勵，此外提出產業中各種目標群體可立即落實的循環經濟項目，以及供規劃者及業主規劃參考的自行檢視表。
13	Elma Durmisevic (2019)	Design Strategies for Reversible Building	以空間可逆性及技術可逆性探討可逆式建築的空間、結構和材料設計，提出影響建築物的轉型能力與再使用潛力的關鍵設計標準。
14	European Comission (2020)	Circular Economy Principles for Buildings Design	提出建築循環設計的一般性原則，並由「耐久性」、「適應性」及「減少廢棄物」之目標提供產業相關者相關循環設計原則。

資料來源：[4]、[5]、[8]-[12]、[15]-[19]、[24]、[25]，本研究整理

壹、國內文獻

一、營建產業在國家循環經濟發展的角色與推動思維

資源循環可依其樣態分為單一循環和交叉循環。單一循環樣態產品的廢棄物最終將回到原產業再生成為原料，如鋼件拆除回收後可再熔鍊製成鋼品；交叉循環則是產品的廢棄物將作為另一種產品的原料，如煉鋼爐渣製成的爐石粉可替代水泥原料製成混凝土。單一循環的態樣是最單純的，交叉循環涉及較多產品介面的問題，像是材料取得、分類、質量與數量的要求、法規限制、經濟誘因等。此外，交叉循環不一定可形成資源迴圈，但若可形成資源迴圈則是最符合經濟循環零廢棄的概念。

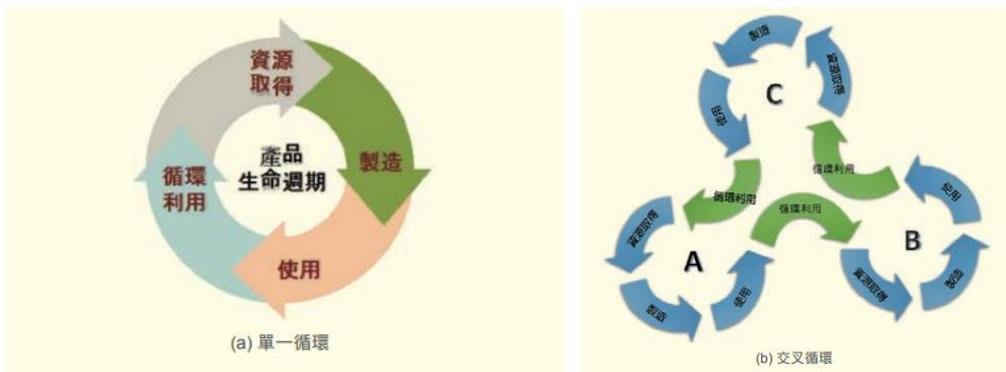


圖 2-1 單一循環與交叉循環態樣示意圖

圖片來源：[11]

營建產業每年耗用大量天然地球資源，如砂石、水泥、鋼筋、木材、石化塑膠等原料，雖然國內營建資源再生利用的推動發展超過二三十年，目前已有許多項營建產品使用替代材料（表 2-2），然而使用者對再生產品的品質與安全性仍存有疑慮，導致營建資源再利用的進展緩慢。若由使用者需求來驅動物料循環，相較於「廢棄物去化」的單向推動方式，其成效較大。

表 2-2 營建產品使用循環物質

營建產品	循環物料	產生業別
水泥	營建剩餘土石方	營建產業
	鋼鐵爐渣	鋼鐵工業
	漿紙污泥、紡織污泥、淨水污泥、焚化爐渣	民生工業
	煤灰	電力工業
	氟化鈣污泥、矽晶廢料	電子產業
木材	廢傢俱	民生工業
	廢模板	營建產業

營建產品	循環物料	產生業別
磚	水庫污泥、淨水污泥	民生工業
混凝土 & CLSM	營建剩餘土石方	營建產業
	飛灰、底灰	電力工業
	高爐石、鋼鐵爐渣	鋼鐵工業
	矽晶廢料	電子產業
	漿紙污泥、紡織污泥、淨水污泥、焚化爐渣	民生工業
鋼鐵	廢金屬	民生工業
	氟化鈣	電子產業

資料來源：[11]

然而循環經濟的範疇不僅為廢棄資源再生利用，營建產業可依產品生命週期的四個階段（原料取得、製造、使用以及廢棄資源循環利用），分別以提高替代材料使用率、提升資源使用效率的設計、避免設施閒置與資源浪費以及促進廢棄資源循環再利用等重點方法推動循環經濟(圖 2-2)。營建產業是地球資源耗用大戶，若能透過創新思維循環利用資源，將為地球永續發展作出莫大貢獻。



圖 2-2 營建產業循環經濟推動重點

圖片來源：[11]

二、綠建材循環經濟產業鏈結推廣計畫

建立一套從生產、使用、廢棄、回收、再生產之綠建材，可最大化建築產業的資材循環，從而達成最小化資源開採與廢棄物產生的循環經濟理念。國內於 2004 年推出綠建材標章制度，現行制度以「通則」及四大類別——「生態」、「健康」、「高性能」與「再生」為評定基準，其中僅「再生」綠建材評定基準要求產品使用資源循環材料，與循環經濟關聯性較密切。惟依據計畫統計成果（107 年標章申請），雖然建材業者申請情形十分熱絡，但七成以上屬「健康」綠建材，以環保及生態

為訴求之「生態」、「再生」綠建材的標章申請比例則偏低。

再生綠建材所使用的資源循環材料包括廢玻璃、廢陶瓷、水淬爐石、轉爐石、電弧爐渣、石材廢料、無機污泥、淨水污泥、煤灰、排脫石膏、廢沸石觸媒、廠內集塵灰等。除廢玻璃多來自民生廢棄物以外，絕大多數為事業廢棄物，受《廢棄物清理法》及《資源回收再利用法》之管制；此類材料再利用行為行之有年，多半再利用技術成熟且市場較大，其材料來源與使用層面應無法令面之困難。

此計畫提出綠建材推行循環經濟的關鍵問題有二，第一是產業鏈結必須完整，否則無法達到資源循環之目的，第二是循環過程中必須符合經濟效益。藉由檢視上游再生材料端、中游生產製造端及下游使用端，再生綠建材遭遇的問題包含回收料分散收集成本偏高、混雜分類成本高、數量不足、產品品質性能穩定性、產品通路及公共工程使用限制等。而以混凝土粒料(玻璃砂粒料)及高壓混凝土地磚等兩項具代表性之再生綠建材進行循環經濟產業體系評估發現，整體效益包含節約 61,991 噸之原生資源使用量、減少 57,679 噸廢棄物產出及減少 40,425 噸 CO₂ 排放，並節省 3,002 萬元原生料使用成本及 1.3 億元之廢棄物處理費。因此建立綠建材循環經濟產業體系鏈結，可協助產業解決導入循環經濟架構之問題，並彰顯綠建材於循環經濟推動之顯著效益。

然而參考國外推行循環經濟之相關法規，其循環經濟思維在於提高資源使用效率，由前端產品設計階段推行生態化與創新設計，提高建築或產品的循環性，再配合後端之回收再利用達成資源循環。目前國內提升綠建材之循環經濟仍屬於「回收再利用」之經濟模式，尚缺乏引入資源效率提升之概念。

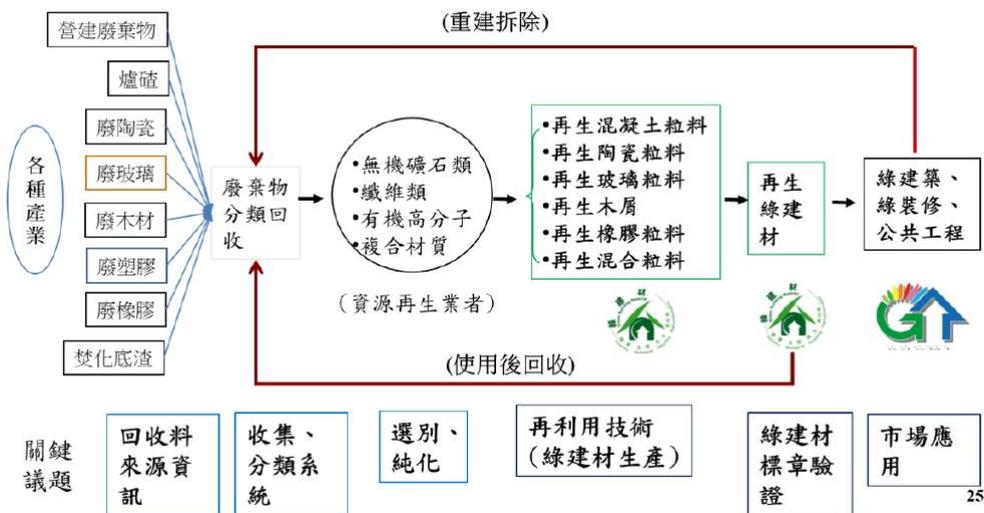


圖 2-3 綠建材循環經濟產業體系及關鍵議題

圖片來源：[5]

三、建立新建建築循環設計之策略

此研究主要參考歐洲循環經濟相關文獻，提出適用於國內新建建築之循環設計策略架構（圖 2-4）。從建築物生命週期之建造階段、使用階段及拆卸階段建立對應之目標——減少有限資源耗用、保持建築使用性、減少廢棄物產生，並依各階段目標分類歸納出七項循環設計策略，探討在各項策略下可應用於四項建築層次（結構、外殼、服務系統及空間配置）的循環做法。

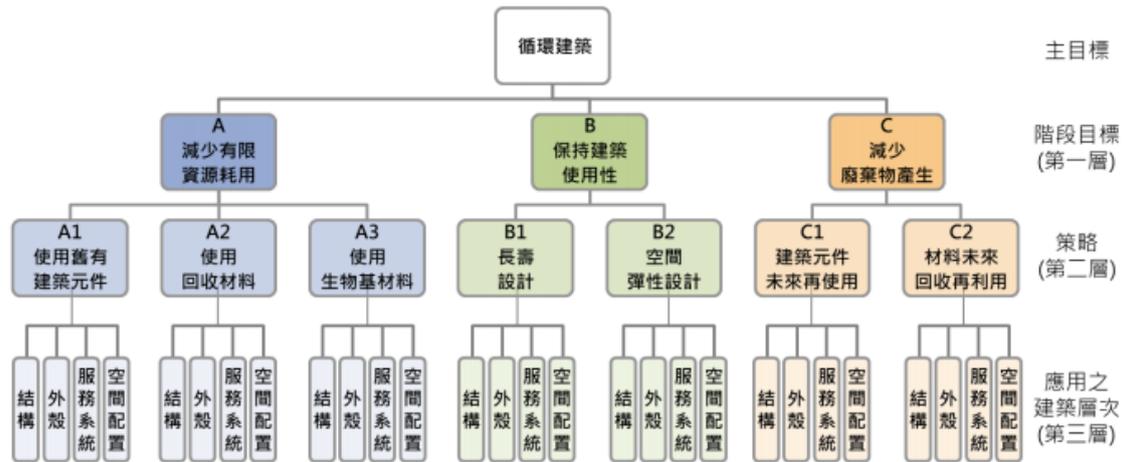


圖 2-4 新建建築之循環設計策略架構

圖片來源：[4]

此研究將策略架構與臺灣三個循環建築案例及綠建築評估系統-基本型(EEWH-BC)進行對照，並邀請業界專家進行各策略之重要性評估，最後提出國內較可行的建築循環設計策略。研究結果顯示，EEWH 涵蓋結構層次及服務系統層次的長壽設計(B1)，但缺乏建材在拆除階段再利用的概念，亦未涵蓋如元件設計為可拆卸式、室內隔間可彈性改造或服務設備以租代買等做法。此外，壽命長的結構及外殼層次，長壽設計比彈性設計重要，壽命短的空間配置層次，彈性設計就比長壽設計來得重要；而各層次的最重要做法如下：

- (1)結構層次:長壽設計、建築元件未來再使用
- (2)服務系統層次:長壽設計
- (3)空間配置層次:建築元件未來再使用

此研究涵蓋之建築規劃設計導入循環經濟發展理念的範疇定義、內涵及各種應用手法整理如表 2-3。

表 2-3 「建立新建築循環設計之策略」之循環策略及應用手法

建築生命週期	目標	循環策略	說明	應用手法項目
建造階段	減少有限資源耗用	使用舊有建築元件	舊有的建築元件依原本功能、未經過再製造或僅些微調整後直接再使用。	空間配置:舊木材
		使用回收材料	使用回收材料再製的建材。	結構:電爐鋼、高爐水泥 空間配置:環保塑木、高爐水泥、再生地磚
		使用生物基材料	取自可快速再生生物的材料。	
使用階段	保持建築使用性	長壽設計	提升建築物整體壽命,對策包含增加耐久性及維修性。	結構:增加結構強度、保護層加厚 服務系統:明管設計
		空間彈性設計	建築空間能因應使用需求做調整,改造過程不產生過多的廢棄物。 (1)元件之模組化及可拆卸設計。 (2)訂定拆卸及再利用之方案,內容包含記錄元件品質(建材護照)、訂定拆除指南、規劃拆除後的搬運空間及存放空間。 (3)採以租代買的模式,確認元件在拆卸階段由原供料商收回做再使用。	建材護照 結構:可拆卸式外牆 服務系統:管線模組化裝設、預留管線擴充空間、天花空間佈線 空間配置:可拆卸式隔間。
拆卸階段	減少廢棄物產生	建築元件未來再使用	使建築元件在拆解階段不受損害,減少拆除廢棄物,增加再使用的機會。	結構:無焊接鋼材 外殼:可拆解鋁製牆面、模矩化及可拆卸牆面 服務系統:設備以租代買 空間配置:木樺取代釘子、可拆卸式輕隔間、模組化衛浴結構
		材料未來回收再利用	減少拆除廢棄物,材料循環利用。 (1)使用可回收、無毒的材料。 (2)鼓勵使用可同級回收的材料,例如金屬多可做同級回收,而廢混凝土塊通常做為路基填料,為降級回收。 (3)訂定建材再利用計畫,內容包含拆除、回收方式及材料流向等,須避免在拆除階段將不同種類的廢棄物混合,增加分類、回收的困難度。	結構:鋼構結構 空間配置:可回收地毯

資料來源:[4],本研究整理

四、荷謂循環：從花博荷蘭館看臺灣營建業

營建產業消耗大量天然資源，為推動循環經濟的關鍵領域，然而營建產品的生命週期由數年至百年不等，達到設計循環再利用的挑戰艱鉅，需要產、官、學界各方合作努力以實現循環營建。臺灣營建研究院與荷蘭在台辦事處透過「花博荷蘭館」之合作經驗，參考各國循環建築推動案例及國內營建產業現況，提出營建產業六大循環經濟推動策略——「既有建築」、「新建建築」、「循環評估」、「商業模式」、「循環增值」、「政策管理」，範圍涵蓋營建產業生命全週期，相關策略整理如表 2-4。

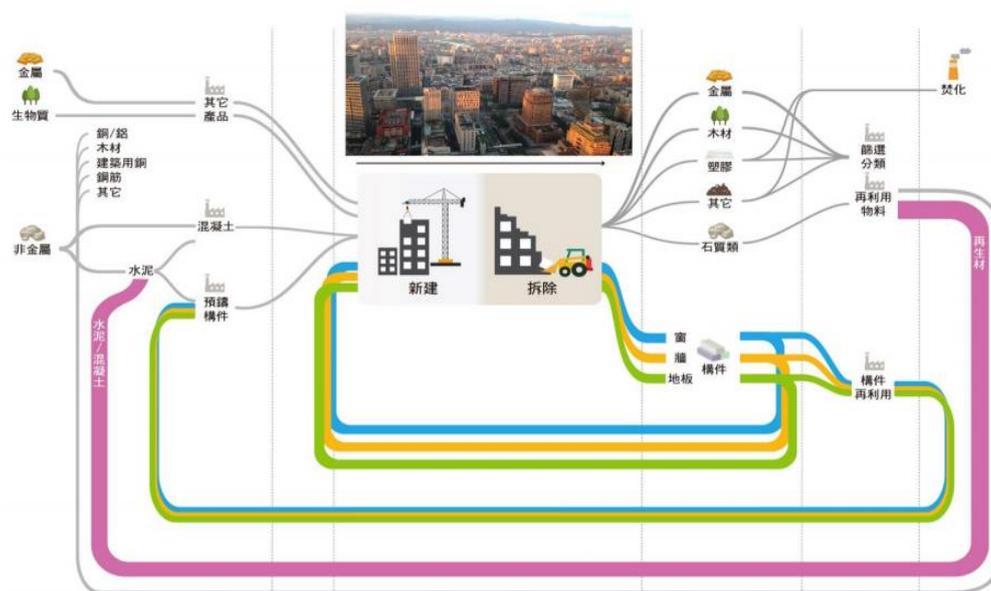


圖 2-5 營建產業生命週期全過程

圖片來源：[9]

表 2-4 營建產業推動循環經濟策略

面向	策略及說明
既有建築	【活化資源，降低閒置率】 1. 增加閒置建築課稅。 2. 政府統籌租賃民間閒置空間，修整至節能與循環設計規格後，再以物業代管方式轉租。
	【維護延壽】 1. 增加檢修頻率。 2. 使用 AIoT 之監控設備即時反映建築物運行狀態。 3. 政府推出住宅維護補助方案，依據節能效益進行差異化補助。
	【建立建築節能標章】 建築隔熱設計影響其耗能情形，強制於交易時表示建築耗能情形，透過市場機制鼓勵進行建築物節能設計。
新建建築	【使用循環建材】

面向	策略及說明
	<p>選擇品質較高的無毒材料，符合多重生命週期使用需求，種類越單一越好，並強化循環建材使用比率。</p> <p>【耐久性設計】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 推動建築結構耐久性設計（50年提升至100年），考量現在與未來的變動靈活性，著重耐久材質、形狀簡單且規格化。 2. 使用適應性高的建築系統，如模組化、預鑄元件或3D列印技術。 <p>【可拆卸式設計】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 可組拆的可逆式接合設計，避免使用黏結劑，或使用易分解的黏結劑。 2. 開放式建築管線規劃設計。 3. 模組化可拆卸式隔間設計及預鑄帷幕牆設計。 4. 制訂拆除計畫，以快速簡便和不影響附近環境為訴求。
循環評估	<p>【建築循環度評估與融資獎勵制度】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建置循環建築評估制度，建立建材循環度資料庫，並針對低循環度案件課徵資源處理稅。 2. 推動建材護照及建材資訊平台，留存建材和過程資訊。 3. 鼓勵銀行估算創新模式下的產品價值進行融資。
商業模式	<p>【推動租賃商業模式】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究具租賃效益之產品，於採購中強化推行，如維護技術相對複雜且軟硬體因應科技進步調整的機電系統。 2. 檢討工程採購制度，擬訂創新租賃模式及其比價基準。 3. 建立共享經濟產業鏈維護園區，集中同性質的維護資源，降低廠商維護成本，促進租賃模式得以落實。 4. 發展人工智慧物聯網技術(AIoT)，協助廠商掌握租賃產品的狀態，規劃最佳維護服務。
循環增值	<p>【推動營建資源增值化與跨界合作】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 基地預先進行土方資源篩選、分類及改善，提升營建剩餘土石方價值。 2. 促進水泥工業協調處理廢棄物料的比率，及透過替代燃料或能源回收方式減少能耗。 3. 循環物料品質確保制度，組成產業供需鏈合作聯盟。 4. 獎勵可再使用建材產品之設計以及強制在公共建築中使用。
政策管理	<p>【強化營建資源管理策略】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建立建築(含裝修前)拆除前查驗制度，確認循環物料產出數量，管控有害材質回收處理，激勵採用可重複使用的建材設計。 2. 建立各部會物質統計調查機制與平台，量化產業物質的循環度，並訂定目標循環度，持續檢討執行策略。

資料來源：[9]，本研究整理

五、參加「2019 臺歐盟循環經濟研討會暨參訪交流」

為促進臺歐盟循環經濟交流與合作，環保署於 2019 年 12 月率政府、研究機構、協會及廠商代表團參訪德國和比利時，出席由臺灣環保署與歐盟成長總署共同主辦的「2019 臺歐盟循環經濟研討會」(EU-TW Circular Economy Seminar 2019)，同時參訪太陽能-PV Cycle、建材銀行-BAMB 及德國萊茵及科思創 Covestro。

此次研討會議題包含「塑膠循環經濟」、「循環營建及再生粒料應用」及「太陽能板循環設計與回收系統建置」。有關廢棄物處理議題，台灣事業廢棄物回收率約 76%，營建產業產生的無機廢棄物以飛灰底渣、爐渣類、污泥類及建築廢料類為主，經由破碎、分選、磁選、水洗、安定化及熟化等過程，可再生成為各種再生粒料。歐盟則推行拆除、去污染與再利用(Demolition, De-contamination and Recycling, DDR)政策與施工規範，透過事前盤查拆除之建物，分類出廢棄物、污染物及可利用物質，並擬訂拆除手冊作為指導使用。

此外，歐盟自 2015 年推行建材銀行計畫(BAMB)，並透過「可逆式建築設計(reversible building design)」及「材料護照(material passport)」輔助實踐。「可逆式建築設計」讓建材能夠被完整地拆卸與重覆使用，「材料護照」追蹤每一份建材的履歷與狀態，提供單一材質之組合、可再利用及拆除評估資訊；建築物轉變成為建材的暫時存放處，在其生命週期結束或用途改變時，仍保有建材的價值並重覆利用。歐盟在落實營建產業循環經濟上，強調前端資源的設計使用，著重省能低碳化(energy saving and low carbon)，並發展 Reversible design assessment 及 Circular building assessment 相關評估指標。



圖 2-6 「2019 臺歐盟循環經濟研討會」於歐盟圓滿閉幕

圖片來源：行政院環境保護署環保新聞專區

六、臺北市循環城市 2.0 白皮書

為邁向能資源、環境、經濟、文化社會等面向的永續發展，2018 年臺北市政府率先全臺將循環經濟思維導入未來城市施政，提出「Circular Taipei 循環城市推動計畫」建構八大發展路徑，內容涵蓋教育、水、能源、食農、廢棄物、交通運輸、建築住居、產業創新等面向。2020 年推出「Circular Taipei 2.0」深化「城市資源循環鏈」，推動超過 60 項措施，並結合六大跨領域治理思維，鼓勵民間力量共同參與，進一步接軌國際趨勢，共同推動一個資源可恢復、再生、共享的宜居城市。



圖 2-7 Circular Taipei 循環城市策略地圖

圖片來源：[12]

在建築住居方面，臺北市政府推動城市空間活化利用，透過容積獎勵鼓勵綠美化開發前建築基地、補強修繕公有閒置空間作為其他用途，或與民間協力推動歷史建築社區空間活化利用。例如臺北市自 2013 年推動「老房子文化運動計畫」，由政府公開招標評選民間團隊進行創新修繕利用，後續提供使用費減徵優惠及多元使用契約。此外，2017 年辦理「社會住宅包（代）租代管試辦計畫」，委託租屋公司開發、轉租或媒合、管理特定租金內的閒置民間住宅，服務包含協助社會經濟弱勢家戶租屋、賦稅減免及修繕補助，實現社會住宅多元供給。

臺北市政府希望透過永續住居服務示範項目整合並實現多面向系統性思維或創新商業應用模式，於 2019 年規劃興建「南港機廠循環社宅」作為第一個導入循環經濟實踐的社宅示範基地，本建案預計於 2024 年完工，結合開發商、營造商、設計團隊與投資團隊共同發展建材銀行

及以租代買的創新商業模式，使用可回收建材與循環建材、資源循環再利用、廢棄物資源化、彈性模組等策略，建立未來社宅之循環經濟系統。另一方面，臺北市規劃與新北市、桃園市與基隆市合作建置區域性文資建材銀行平台，推廣文資建材保存與再生利用，積極落實 Circular Taipei 資源永續發展。

七、循環台灣

聯合國在 2015 年提出「2030 年永續發展議程」，包含 17 個永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)，然而經濟面向的永續發展目標牽動環境與社會面向，因此關鍵議題為改變目前無法永續的經濟模式。「循環經濟」作為新型經濟系統結構，並且以永續發展作為共同願景，追求環境、經濟和社會之間的共好。為達到經濟系統的變革，循環台灣基金會整理出「企業轉型循環經濟路徑圖」(圖 2-8)，以系統化架構呈現循環經濟的重要原則，同時以三大循環策略及兩大循環做法引導企業找到在循環經濟裡的各種機會。

三大循環策略分別為「高價值循環」、「產品服務化」及「系統性合作」，兩大資源循環做法分為工業循環及生物循環。工業循環包含八個階段——材料選擇、產品設計、製程優化、副產品資源化、維修／再使用、翻新／再製造，分類／收集和處理再生，而生物循環強調資源再生的能力，可分為六個階段——多元種植／養殖、生產優化、全利用、運銷管理、分類／收集和資源化。因生物質基礎來自健康的土壤，故不僅需善用每一份生產的資源，更需確保資源最終可回歸土地成為養分。

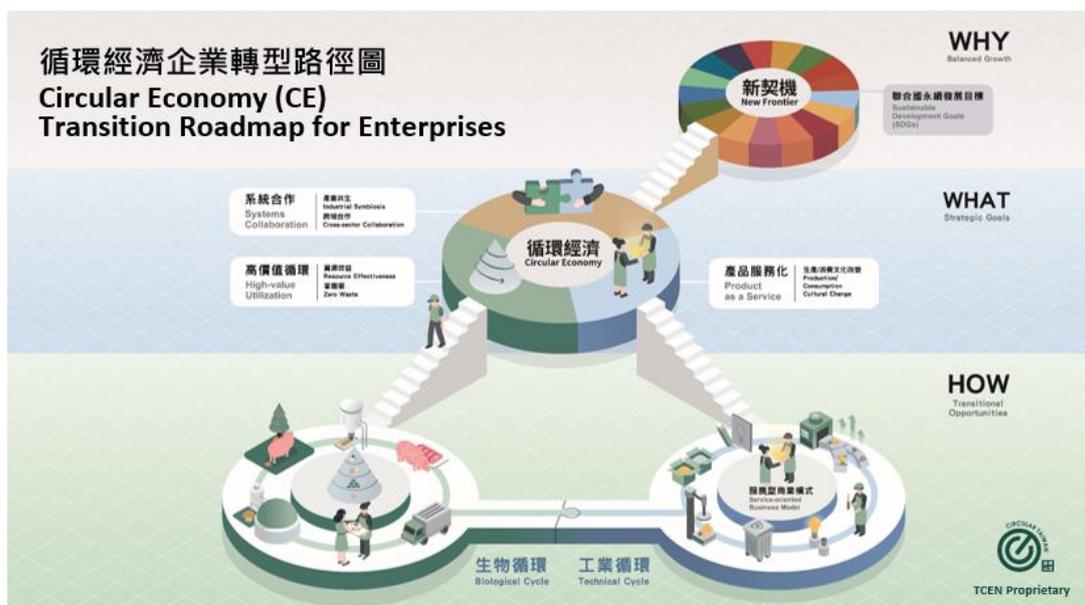


圖 2-8 企業轉型循環經濟路徑圖

圖片來源：資源循環台灣基金會

循環台灣基金會提出落實循環建築的三個面向，說明如下：

(一) 設計和建造建築成為循環不息的有機體：打造適應時代變化的建築，減少衍生的廢棄物，保持最高的彈性及價值。

1. 建築生命週期的層次：

- 建築主體結構(至少 50 年)
 - A. 既有建築物：延長壽命，進行外裝、隔間裝修及重新配置機電與管線系統。
 - B. 新建建築物：減量設計、預鑄/模組化結構
- 外裝系統 (20-30 年)

保護建築物的外層構件，如外牆、門窗、屋頂等，影響建築物的耐候性與興建後的能源耗用。
- 機電與管線系統(20-30 年)

空調、電氣、給排水等機電設備與管線配置，易依使用者需求變動，且效能隨時間及技術而改變。

 - A. 明管配置有利維修與更換調整。
 - B. 服務化商業模式可保持設備品質。
- 隔間裝修系統(10-20 年)

內牆、隔間、天花板、地坪裝修等，常因使用者需求而調整。使用模組化建材，增加可變動性及再使用機會。
- 傢俱設備(10-20 年)

傢俱、照明、家電、廚房設備等可移動物件可採產品服務化商業模式，享用高品質設備及良好維護及維修服務。

2. 材料選擇:增加原料替代料、發展回收水泥技術、選用低碳建材、再生綠建材。

(二) 創造數位分身，每一份建材都是資產

從設計階段開始為建築物建立完整的材料護照，如利用建築資訊模型技術 (BIM)，並透過平台保存建材履歷，讓物料循環比例、循環度的計算與財務資訊皆可透過平台取得，有利於未來其他建築方案的規劃，保持材料最大的使用彈性。建築物成為建材暫時存放處，如同建材銀行，而材料將被妥善拆除並應用到下一棟建築，其創造的價值效益高，並降低了原生材料開採及風險。

(三) 養分流循環，分毫不浪費

建築物運行的重要養分為「能源」及「水資源」，若以在地循環流動的思維進行規劃，可大幅減少環境衝擊。例如採用服務化商業模式的節能設備、太陽能再生能源系統、回收空調廢熱來加熱水、雨水及中水回收系統，及透過廚餘堆肥成為種植蔬果的有機質養分，可形成社區的自給自足養分循環。

貳、國外文獻

一、「營建循環策略報告」

Circular economy business models for the Built Environment

「營建循環策略報告」指出現今的建築生態系統可視為由需求、設計、材料擷取、加工製造、運輸、營建、使用、拆除拆解及填埋或回收等階段組成，其中蘊含開發及創造循環經濟的潛力。產業參與者及設計者需以更長遠的角度考量建築生命週期，思考資源的使用效率及材料的來源、使用及未來流向。

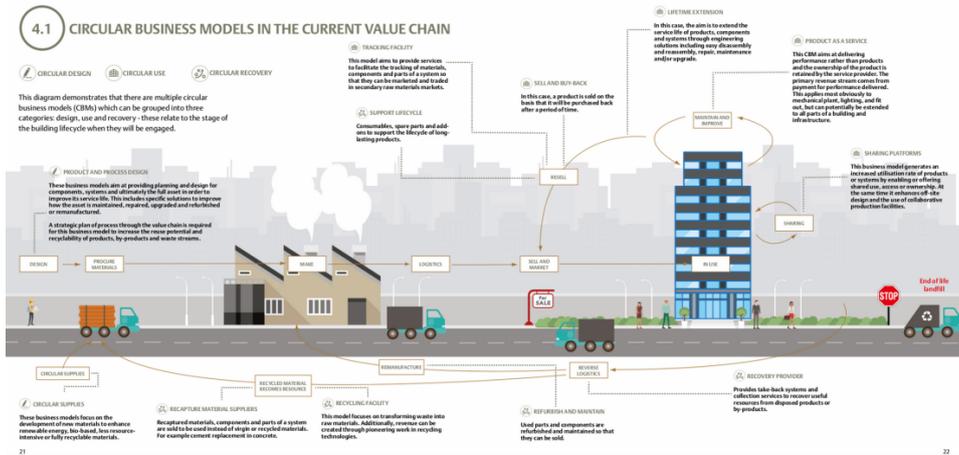


圖 2-9 在既有建成環境(built environment)中打造循環經濟模式

圖片來源：[25]

循環經濟模式(Circular Business Models(CBMs))與當今建築物使用方式有很大差異，租賃模式的改變將影響租賃契約的探討，而政府政策亦成為落實循環經濟的重要推手，如英國推行優惠稅制，鼓勵建築補強而非翻新改造；瑞士政府推行物品維修的優惠稅制；丹麥政府透過當地案例研究，詳細描述轉型循環經濟可採用之方法及向民眾展示其設施；荷蘭政府則率先推出研發新型設計及啟發新型商業模式的計畫等。此報告以「設計」、「使用」及「恢復」三大類別涵蓋在建築物生命週期中的各種循環經濟模式，並提出以「遠程思考」、「解構設計」、「創新方案」、「彈性及耐久性」、「新型生產與需求模式」及「合作」等策略克服產業轉型問題，打造循環經濟模式。

表 2-5 「營建循環策略報告」循環經濟模式及說明

循環經濟模式	說明
設計	以提升元件、系統及資產服務價值為目標進行規劃設計，包含資產維護、維修、升級、翻新、再造等方案，並增加產品、副產品及廢物的再利用及再循環潛力。
使用	1.分享平台：提高產品使用率。

循環經濟模式	說明
	2.服務代替產品：由業者持有產品擁有權，使用者則以服務績效付款。 3.生命延續：透過簡易拆解組裝、維修、維護及升級，及合適的耗材、備件及附件支援產品服務。 4.再出售：產品出售時預計未來將會回流。 5.追蹤：追蹤材料及元件以利它們能夠被重新導入市場。
恢復	1.逆向物流：提供回收服務以從廢棄物或副產品中恢復可用資源。 2.翻新再造：翻新已被使用過的部位或元件後再出售。 3.回收材料成為資源：回收設施將廢棄物轉變為原料，鼓勵使用回收材料而非原始材料。 4.循環供應鏈：研發新型材料以提升可再生能源、生物基材料及再生材料。

資料來源：[25]，本研究整理

二、「循環建築框架——BREEAM 評估系統報告」

A-Framework-For-Circular-Buildings: indicators for possible inclusion in BREEAM

此報告由 Circle Economy, Metabolic, DGBC, SGS research 及 Redevco Foundation 共同發表，為政府、企業和學術界的利益相關者提供一個循環建築的基本框架，並提出了將其納入「BREEAM 新建和翻新與裝修 (New Construction and Refurbishment & Fit-Out, NC & RFO)」的具體策略和指標，以加速建成環境的循環經濟轉型。

此報告參考荷蘭政府的《循環經濟過渡議程(營建領域)》、艾倫·麥克亞瑟基金會(Ellen MacArthur Foundation)以及 Metabolic 創辦人暨執行長 Ms. Eva Gladek 所提出的循環經濟定義，將循環建築的定義修訂為「開發、使用和重複使用建築物而不造成非必要的資源消耗、環境污染及生態系統退化。建築物是以經濟負責任的方式建造，並為人類和生物圈的福祉做出貢獻。無論在何地，現在及未來，其技術要素是可拆卸及可重複使用，生物要素則可帶回到生物循環中。」

此外，以 Metabolic 提出的七個循環經濟性能面向——「材料」、「能源」、「水」、「生物多樣性」、「人文社會性」、「健康與福祉」及「多種形式價值觀」作為基本框架，並採用於《循環土地招標指南 Roadmap Circular Land Tendering》提出之四項循環建築分級設計策略——「減少」、「協同」、「供應」及「管理」，建立一個針對建築物設計及建造的循環經濟策略框架 (圖 2-10)。

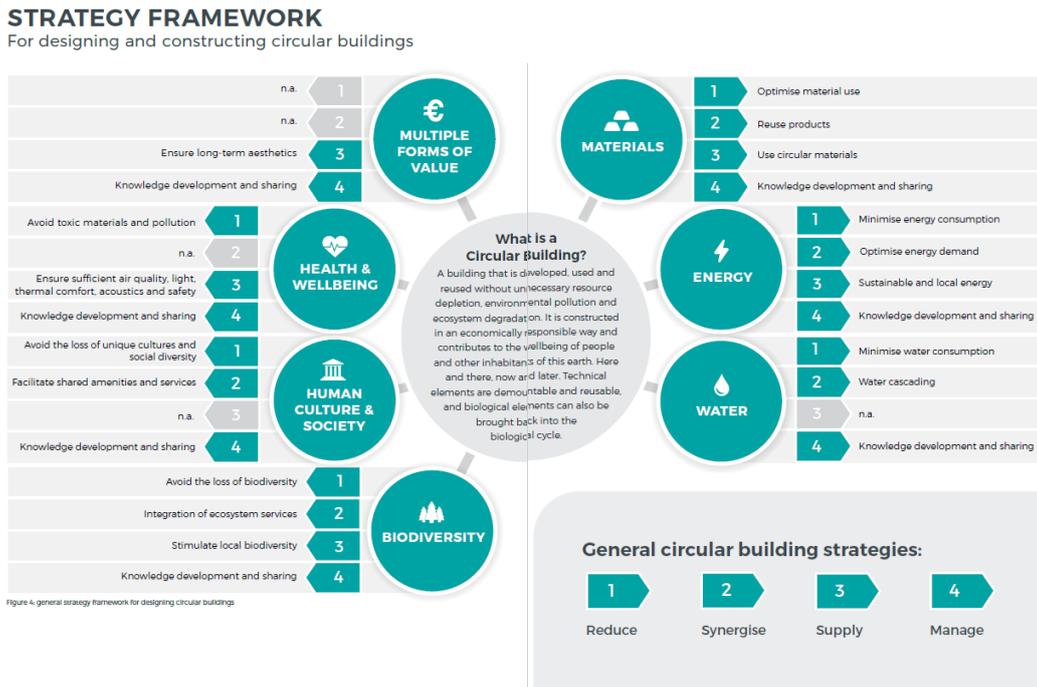


圖 2-10 建築物設計及建造的循環經濟策略框架

圖片來源：[15]

除了在循環建築七個性能面向各列出四類分級策略以外（若沒有相對應之策略則不列出），此研究報告亦列出相關子策略，並將此策略框架與 BREEAM(NC & RFO)進行差異分析，顯示哪些策略部分或完全涵蓋於 BREEAM(NC & RFO)，以及哪些策略尚未被涵蓋（附錄一）。分析結果顯示，「水資源」及「生物多樣性」被良好涵蓋；「能源」、「人文社會性」及「健康福祉」雖大部分涵蓋，但尚有改進空間；「材料」及「價值多樣性」則明顯有不足的部分。

此研究諮詢專家以確定各策略應涵括的子策略最低數量，並提出 6 項必要的子策略——減少材料使用量(M1.1)、重新組裝設計(M1.4)、最大限度增加重複使用的材料(M2.1)、最大限度增加可再生材料(M3.1)、知識發展與分享(元素、組件、材料)(M4.1)、建築設計體現低毒性或無毒(HW1.1)，專家認為的必要策略皆與使材料及材料資源流更加循環有關，而其中一項為涉及材料毒性，屬於「健康福祉」的一部分。

三、「循環經濟-中國城市與工業的創新機遇」

The Circular Economy Opportunity For Urban & Industrial Innovation In China

中國於 2008 年頒布和實施《中華人民共和國循環經濟促進法》，為探索循環經濟立法的領跑者。隨著科學技術全面融入實體、數字和生物等各個領域，2017 年中國提出《循環發展引領行動》政策，強調利用新型數字解決方案推動循環經濟發展，並通過產品設計階段影響產

業整體價值鏈。

此研究報告建議中國於五大關鍵領域中落實循環經濟，分別為三大城市系統——「建成環境」、「移動交通」與「城市給養」，及兩大工業系統——「紡織行業」與「電子工業」。依據報告顯示，僅2016年中國的在建面積(126億 m²)和建成面積(42億 m²)已達全球新建房屋面積的一半，預計城市人口將在2040年翻倍，以及規劃未來20年將新建400億 m²的建築量體。另一方面，僅2013年中國已製造10億噸的建築垃圾，加上嚴峻的環境污染及建築使用階段的能源消耗問題，若在建築產業鏈上貫徹循環經濟原則，將為中國帶來巨大經濟、環境和社會效益。

中國的城市為高端技術的主要市場及物流中心，若延續快速城鎮化的趨勢，預計至2025年將有221座城市人口超過100萬、23座城市人口超過500萬，是大規模落實循環經濟發展潛力的最佳場所。本研究報告針對中國城市建成環境所提出的循環經濟目標為「設計可高效施工、可共享、可再利用的建築」，願景包含「未來建築採用耐用的模塊化設計」、「未來居住與辦公場所的運營和使用成本下降」及「資產共享」，而六大推行循環經濟的創新機遇說明詳表2-6。

表 2-6 中國城市建成環境實行循環經濟六大策略及內涵

機遇一：延長建築使用壽命		
項目	效益	案例
1. 模組化、彈性及耐用設計	簡便維修、靈活更新、輕鬆拆卸，降低維護成本及延長建築物使用期限。	Park 20 20 建築外部鋁製框架可拆卸，重複使用。
2. 集設計、建模和規劃功能的重要工具	如建築信息模型(BIM)，可協助探索建築的不同使用功能，及其部件和材料的未來循環利用潛力。	倫敦的 White Collar Factory 集商業、住宅和公共空間功能區，良好的平面規劃和各種預裝設施配件，增加各區域交互性及適應性。
機遇二：建造流程工業化		
項目	效益	案例
1. 現場組裝工業化預製的標準化及模組化的建築部件	降低成本、縮短工時、減少資源浪費、易拆卸替換的模組化組件亦有助於降低運營和維護(O&M)成本。	遠大住宅工業集團有限公司運用模組化技術，已建造超過30座可持續建築。
2. 3D 打印技術	此為更高效、更工業化的技術，可減少30-60%材料消耗，所使用的“油墨”亦為乾水泥和建築廢棄物的混合物。	盈創建築科技有限公司在24小時內3D打印並組裝10棟195m ² 的房屋。

3.	使用可再生材料和本地材料	中國為全球最大的竹子產地，竹子生長快速、價格低廉、可採用模組化方式建造，並使外牆系統能耗減少 50%。	有奧雅納工程顧問公司與 GXN 創新公司設計的世界首款生物複合材料外牆掛板。
機遇三：共享空間提高資產利用率			
項目		效益	案例
1.	出租閒置住宅空間	提升住房使用率，降低新建房屋需求。	Airbnb
2.	配備多種辦公設施的聯合辦公空間	聯合辦公平台的租金更便宜、靈活性更強，並舉辦租戶各種社交活動，有助培育創新發展。	SOHO 3Q、優客工廠 (UR WORK)、裸心社 (Naked Hub)、聯合創業辦公社 (People Squared) 等。
3.	度假房屋短期租賃	房源多、租期靈活，多樣化設施和體驗滿足現代遊客需求，並可提供屋主額外收入。	途家網
機遇四：綠色建築提高能效			
項目		效益	案例
1.	採用對環境負責和資源高效利用的方式建造及使用房屋。如太陽能、並網發電技術、灰水（非糞便污水）再利用技術、雨水收集系統、外殼節能技術等。	減少能源及水資源消耗，降低運營成本，解決中國飲用水供應日益縮減問題，促進用戶健康福祉。	上海虹橋火車站、深圳證券交易所、上海中心大廈。
機遇五：智慧建築提高資產利用效率			
項目		效益	案例
1.	智慧建築技術。	優化能源及資源管理，利於使用者作出調整，節約消耗支出。	上海中心大廈、瑞典 Skanska AB。
2.	智慧控水系統	利用智慧儀表傳輸管道水流數據，解決供水管道滲漏問題，並透過調整用水模式和走向充分利用水資源，達節約用水效益。	
機遇六：擴大建築與拆遷廢棄物再利用與再回收利用率			
項目		效益	案例
1.	回收再利用建築廢棄物。	最大限度利用回收的建築材料和部件，降低對原始材料的需求，減輕因建築材料造成的環境污染。	寧波歷史博物館

資料來源：[17]，本研究整理

四、「城市循環經濟:城市建築系統綱領」

Circular economy in cities: Urban buildings system summary

一個繁榮充滿活力的城市需要提供人民可負擔的、健康的生活及工作空間，惟依據各項研究結果顯示，約三分之一的居民難以尋覓理想住宅，另一方面卻存在大量閒置房間、住宅及辦公空間。據統計，英國約 49%的使用中住宅有超過其需求至少兩間的房間無人使用，而 60%的歐洲辦公室空間在工作時間內沒被使用，印度則約有 15%的辦公室為閒置空間。此外，預估至 2025 年全球將需要十億棟新建築，而約 9 成的歐盟既有建築將持續使用至 2050 年；面對大量老舊既有住宅及其高昂的常規或額外運營維護成本、新建建築的資源耗用、營建廢棄物及環境污染等問題，本研究報告將循環經濟理念整合到城市建築物循環的所有階段中——「規劃」、「設計」、「製造」、「利用」及「營運維護」，既滿足城市對建築空間的需求及當地經濟發展，又能為改善城市土地使用、減少新建築需求、降低建築和運營成本以及提高資源使用效率提供創新解決方案。

表 2-7 城市建築各階段採行循環經濟要點

階段	實踐循環經濟的理念、方式及效益	
規劃	理念	規劃緊密連結的城市
	方式	1. 規劃緊密型城市 密度高、混合使用型及交通運輸導向的城市規劃 2. 導入循環經濟理念至住宅和工業用地規劃 奠定當地未來循環材料流的蒐集、分佈及再使用
	效益	<ul style="list-style-type: none"> • 鼓勵步行的混合型社區可加強社區及社會繁榮，人們更容易建立社區信任或鄰里社交。 • 減少基礎設施、公民服務、運營及移動的成本，並提升工作服務意願。 • 減少碳排放量及土地發展面積。 • 改善閒置建築及能源的使用效率。
設計	理念	設計適用、耐用及帶來正向影響的建築
	方式	1. 適用性強及靈活的設計 模組化單元及可移動式隔間牆，以及支持依據個人擴建改造需求的設計。 2. 協同設計過程 BIM 有助於設計者與其他利益相關者（如客戶、工程師、發展商、拆除公司）相互協調，並促進建築元件及材料的再利用循環；開放資源的設計平台（如 WikiHouse, Paperhouses, Abari）允許建築師分享設計藍圖予末端使用者，以便依使用者需求變更設計。 3. 在設計中整合材料選擇 使用在地無毒、安全、健康的材料 4. 從大自然取得設計靈感

階段	實踐循環經濟的理念、方式及效益	
效益		整合太陽能電板至建築外殼，採用生物氣候及被動式設計
		<ul style="list-style-type: none"> 減少營運維護成本、空調及供暖需求、空氣污染、噪音、資源消耗、材料成本 改善室內空氣品質可增加員工工作表現 增加建築產值及建築壽命
建造	理念	以消除廢棄物及支援材料循環的新技術建造建築物
	方式	<ol style="list-style-type: none"> 採購可再生在地材料 採用資源有效的建造技術，如預製建築部件和 3D 列印技術。 發展材料銀行(BAMB) BIM 或類似數位建築彙整技術，協助建築材料及元件的未來再利用潛力。
	效益	<ul style="list-style-type: none"> 減少施工時程、干擾噪音及空氣污染，增加資源使用效率 增加當地經濟生產力及製造就業機會，降低失業率 減少原生材料消耗， 減少廢棄物產生和 CO₂ 排放量
利用	理念	新型態使用住宅和商業空間
	方式	<ol style="list-style-type: none"> 透過共享機制使用住宅空間，如 Airbnb 透過共享機制使用商業空間，如 WeWork；或將住宅中的閒置空間作為辦公空間提供使用。 優化設計增加空間使用性，如可移動式隔間牆或其他無需增加建築或材料的措施，以滿足不同的使用需求
	效益	<ul style="list-style-type: none"> 為初創及小型企業節省辦公空間成本 增加空間使用率、減少空間需求 靈活性和多樣化的工作環境，提供遠程工作機會，吸引人才 共享空間可促進知識及資源網絡的分享 有助於弱勢社會群體取得住宿或辦公空間，打造社會連結 發揮最大建築使用效益，減少對新建建築的需求
營運維護	理念	最優化建築的營運維護，再生服務性能
	方式	<ol style="list-style-type: none"> 使用智慧技術，如智慧量錶 以租代買模式 使用者為建築設備（如照明燈具、空調設備、地毯等）的服務付費，而非擁有產品本身；廠商負責產品的維護、升級和回收。 <ol style="list-style-type: none"> 改變建築使用用途，如將閒置商業或公共建築轉型為其他空間使用。 翻新既有建築，而非重建新建築
	效益	<ul style="list-style-type: none"> 翻新建築帶來好的投資回報 翻新建築可減少能源消耗、透過智能技術節能減少營運維護成本、減少水資源耗用並延長建築壽命。 能效投資有利於提高國內生產毛額(GDP) 打造舒適的環境可增加員工生產力 創新節能研發可創造工作機會、技術發展及增加競爭力 降低溫室氣體排放及能源貧瘠

資料來源：[18]，本研究整理

一棟建築可使用超過一個世紀，意味著當今城市如何解決其住房需求，將影響未來數十年內的城市發展。由於碳排放量和能源消耗與城市形態密切相關，因此影響土地利用和空間發展的行動對於實現低碳社會是最關鍵的。以表 2-7 所示，採行循環經濟帶來的效益包含社區與社會繁榮發展、健康的環境、創造工作機會、創新技術研發、經濟生產力及資源有效利用等面向，為建築和住房領域提供有效的解決方案。

五、「循環經濟：適應未來的閉環」

Circular Economy: Closing loops means being fit for the future

德國永續建築委員會(Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, 以下簡稱 DGNB)於 2009 年推出「DGNB 系統(DGNB System)」作為可持續建築的認證系統，使可持續建築以實際的方式落實，並具備可衡量性及可比性。此體系不斷發展，現已被國際公認為可持續發展的全球基準。自 2008 年推出「DGNB 系統」以來，已包含許多與循環經濟有關的評估要點，如建築物生命週期規劃為 DGNB 認證系統的核心評估要素，評估整個生命週期造成的環境影響及有限資源耗用；以及建築物可拆解及再利用性，可確保最大可能地減少天然資源耗用及有效利用，同時還預設了有害或危險成分已大部分被減少或排除。DGNB 系統 2018 年版本已導入循環經濟獎勵(表 2-8)，首次在認證框架內制定具體及漸進式的解決方案，以促進循環經濟相關的激勵措施，並為認證結果帶來正面影響，鼓勵創新的解決方案。

表 2-8 DGNB 系統循環經濟獎勵

標準名稱	說明	循環經濟獎勵計分
土地使用	棕地發展： 改善並適當處置受污染土地的土壤及沉積物。	+5 分
生命週期成本	再利用： 使用顯著比例的舊建築物元件，或通過循環經濟理念的商業模型進行使用（如以租代買）。	最高+10分，每項措施計 5 分
彈性及適應性	高使用強度： 至少 50%的建築物可使用面積以高使用強度理念實施，如使用戶數量多，或區分使用時段。	+10 分
商業可行性	使用者或租賃者實行循環經濟： 至少一間公司或團體作為建築物的使用者或租賃者，積極地實行循環經濟理念，如在建築物內或附近，與其他公司/團體合作進行聯合物料流管理。	+10 分
建築物技術整合及利用	可再生能源地區級解決方案： 使用由附近區域或鄰近地區生產的可再生能	+10 分

標準名稱	說明	循環經濟獎勵計分
	源，滿足建築物至少 10%的運行及使用者行為的能源需求。或建築物或其土地所生產的可再生能源回饋至附近區域（需滿足建築物至少 10%的運行所需）。	
	能源系統提供電網的輔助服務： 為電網兼容性，或整合的能源及負載管理的使用用途，建築物提供顯著存儲容量(基礎為約 10%建築物總能源需求)。	+10 分
拆除及再利用	材料再使用或再循環利用： 再使用建築物元件，或有文件證明經使用的建築物元件，其材料目前被回收製成可比產品。	最高+20 分 (每項成分計 1 分)
	消除建築物元件： 可完全消除一般上安裝的建築物元件的設計。此可行的解決方案可顯著降低原料或二級材料需求。	最高+10 分 (每項成分計 1 分)
基礎設施機動性	機動共享： 建築物設計容易獲得的或非常靠近建築物出入口的機動共享停車空間。或建築物位於車輛自由共享的服務區域。	+10 分
招標階段的可持續性	再生材料： 邀標文件不特別禁止使用再生材料。有關建築產品，於邀標文件中明確推薦或要求使用或再使用二級材料。	+10 分
工地/施工	工地廢棄物防治： 使用在工地的有效減少廢棄物產生的創新理念、營建方法或技術。	+10 分
便利設施可及性	迎合人們日常所需的設施，提供互動的場所： 在建築內或建築附近，打造或提供創新便利措施或規定予使用者，如公共花園和蜂箱（城市農業）；或社區內提供與他人進行技術或服務交流的永久或常規空間，如臨時性交易空間／快閃店、修繕空間、社區聚會場所。	+10 分

資料來源：[16]，本研究轉譯

歐盟委員會於 2015 年啟動有關循環經濟的公眾諮詢（Public Consultation on the Circular Economy），其中達 22.25%的回饋顯示「建築物營造/拆除」應為優先展開循環經濟之領域。為釐清循環經濟在營建產業的發展潛力，DGNB 在其成員間展開調查，調查結果顯示在設計及材料產品選擇階段，「回收再利用」、「易拆解設計」、「維修性」及

「長壽設計」為轉型循環經濟最相關特性；而「共享」理念儘管其相關性較小，亦視為循環經濟的元素之一。為避免因高成本或法規支援不足等觀念而猶豫實踐循環經濟，本報告指出目前營建產業於規劃建構與拆解，以及多用途空間領域中可立即採取的行動(表 2-9)，然而所提出的方案代表了廣泛的可能性，允許專案依個別情形訂立合適目標，並提供已實行的案例作為可靠佐證基礎(表 2-10)。

表 2-9 建築產業中可立即落實的循環經濟行動項目

行動項目	說明
支持循環經濟	<ul style="list-style-type: none"> • 進行教育及制訂新潮流，提倡多用途使用及再利用的正面效益，去除有關品質的疑慮。 • 相關利益者在初期設計階段合作，以利納入循環元件的使用。 • 推廣及發展多元居住空間 • 落實可持續性，如提供元件後續再利用的處理服務。
改進法律	發布資訊及釐清現行法律，提供有關元件再使用的可靠指引，包含保修服務。
優化過程	<ul style="list-style-type: none"> • 針對既有情形發展解決方案及進行測試，如再利用元件的傳遞、承載/卸載及存儲空間規劃。 • 建立元件或材料的拆解資訊，使之未來可以被取得，如 RFID、BIM、建築/材料護照等。 • 創建跨區市集或平台，推動再利用系統化服務。 • 通過資訊平台簡化空間共享服務，串聯需求與供應服務。
優化解構	為基地員工進行指導及訓練，在實施法律要求上提出建議及具體協助，並實施廢棄物條例。
產品擁有權及建立回收概念	在產品設計階段考量未來回收的方案；制訂明確的生產者責任規範，以標準化程序促進生產者的驗證規程。
提升再循環率及需求	提供資訊與指引，透過教育增加材料恢復的需求，並分別考量營建材料的再循環率。
避免有毒物質及污染，建存資料	透過建立文件資料，以其他材料替換污染物及有毒物質，及允許將污染物進行分離，使之可被去除。

資料來源：[16]，本研究整理

表 2-10 建築產業中可立即落實的循環經濟應用項目

應用項目	說明	案例
彈性建築結構	如鋼構造或木構造、考量未來使用功能性、彈性樓板、高室內高度及彈性外牆等。	建案 Neckarbogen Skaio(德國)
模組化	預製元件，可減少施工時間、廢棄物產生，有利於未來再使用的系列規格。	CRAFTWAND 產品
傳統技術整合	傳統建築往往可拆解，其元件及材料含高度再使用價值；以現代技術整合傳統/歷史建築方法與材料。	建案 Zero Emission Pavilion(德國)
拆解及再使用設計	快速及易拆解的設計，如展館、展場類的臨時性結構，包含元件再使用設計。	建案 People's Pavilion(荷蘭)
接合技術	使用傳統接合、提升分離能力，避免無法被復原的接合方式。如使用夾合、鬆散鋪設、插入、木料榫接（材料內部接合原則）等方式，及屋頂或外牆使用材料易恢復及維修的覆蓋原則。	Misapor 玻璃纖維隔熱絕緣材 不使用砂漿的乾式磁磚系統
維修性	易進行維修、替換及轉換，避免拆除所產生的廢棄物，如明管系統。	明管系統、壁櫥管線
材料選擇	充分利用各種材料：發展新型材料及測試、擴展既有材料的應用、減少層板結構的材料使用、減少材料種類，降低複雜性。	MycoTree
材料再利用及恢復	材料再利用，使用二級材料。 制定及推廣材料恢復及再利用方案，避免使用無法解離的複合材料、不具恢復潛力的材料。	臨時性建築 Circular Building(倫敦)
不含污染物	使用最少量污染及有毒物質的材料，記錄材料及使用位置。	建案 WOODCUBE(德國)
信息源使用	建立工程產品及材料數據庫	德國 DGNB 指南、 德國 WECOBIS、 材料圖書館計畫

資料來源：[16]，本研究整理

六、「可逆式建築的設計策略」

Design Strategies for Reversible Buildings

可逆式建築設計是在不造成損毀情形下達成建築物、系統、產品及材料轉型的建築設計，此轉型包含了分離、消除、新增、重置及汰換過程，以確保建築物系統、產品及材料具備高度轉型與再利用潛力。一般而言，建築物由功能性、技術性及美學系統設計而成，而可逆式建築增加了設計過程的複雜性；不同於傳統建築設計時僅需考量單一空間配置及材料用途，可逆式建築在設計中整合入時間因素，需考量建築空間及材料的全生命週期階段與各種不同使用情形，成為一種由動態空間、動態結構與動態美學形塑而成的架構。

評估建築可逆性的核心指標包含「可拆解性」、「轉型/適應性」與「再利用」三個面向，可逆式建築物同等重視空間可恢復性和技術可恢復性，本報告以「空間可逆性」與「技術層面可逆性」(含結構與材料之可逆性)兩個主要框架探討可逆式建築的空間、結構和材料設計，提出影響建築物的轉型能力與再使用潛力的關鍵設計標準(表 2-11)。

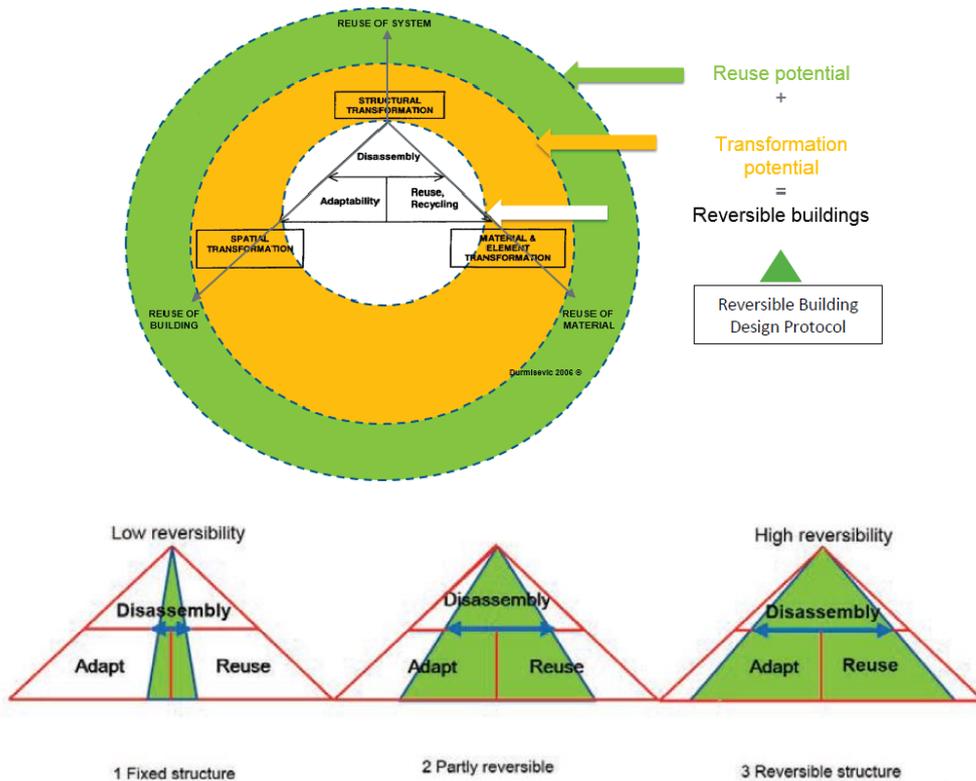


圖 2-11 評估建築可逆性的核心面向為「可拆卸性」、「適應性」與「再利用」
圖片來源：[19]

「空間可逆性」整合基礎元素的條件，以滿足不同使用模式下結構穩定、氣候環境、能源及舒適度的最低需求，確保轉型空間的高品質自

然採光與彈性空間運用。影響「空間可逆性」的設計因子包括建築空間尺寸、耐久性結構的位置和間距、承載能力與系統可拆卸性等項目，主要的三個空間轉型模式為：

- (一) 不涉及大規模重建之單一功能轉型，如辦公室的佈局轉換為開放式辦公室、隔間辦公室或會議室。
- (二) 跨功能轉型，如辦公室改為公寓使用。
- (三) 可改變功能、規模與位置的全方位建築轉型。

「技術層面可逆性」探討建築、系統及組件層面的組合與拆解關係，以「獨立性」和「可變動性」作為指標，依元素、組件及系統的使用需求及汰換頻率，拆解其功能、技術與物理組成，並重新配置為獨立的模組以建立新的層級順序與關聯性，有利於增加轉型模式、降低轉型之困難，以及減少組合和拆解時間。為提升可逆式建築的設計方案，本報告將設計階段分為「初步設計」、「最終設計」與「技術層面設計」（預備工程），此三個設計階段分別對應產品的功能獨立性、系統化與聚合、元素的組合方式、基礎元素規格、幾何型態、組合/拆解順序、連結方式、組合與拆卸的生命週期協調等八項設計標準。

Reversible Building Design protocol

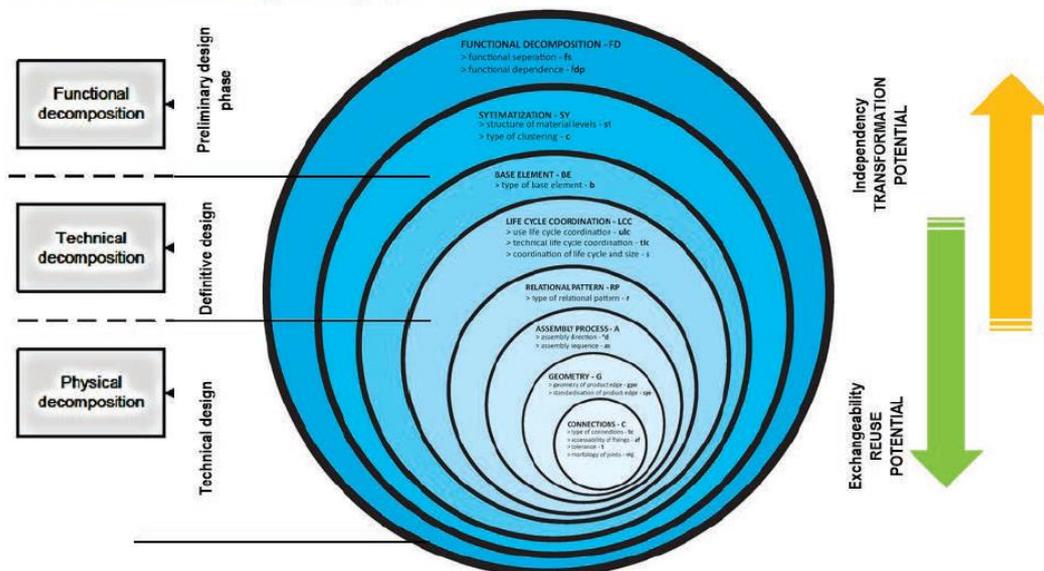


圖 2-12 可逆式建築之技術層面可逆性

圖片來源：[19]

表 2-11 空間可逆性與技術層面可逆性主要設計面向

框架	設計要點	主要設計考量
空間可逆性	空間尺寸	考量自然採光的建築物深度與寬度組合類型： •建築物尺寸 •建築物深度 •開門與廊道寬度 •電梯軸的尺寸 •建築單位尺寸 •地板至天花板的高度 •影響日照的立面開口尺寸 •承載元件（如牆面）框架與通用空間之間的尺寸
	耐久性結構位置	與耐久性結構有關的位置、類型、間距的組合類型(外圍配置佳)： •樓梯或廊道的位置循環度 •開窗承載牆面的位置 •與水平循環度有關的承載元件位置 •與垂直循環度有關的承載元件位置 •與地板有關的開窗位置 •管道位置 •立面承載元件的位置
	主功能與系統可拆卸性	分析立面、地板、天花板或隔間牆及服務系統的功能可拆解性，包含裝設服務網絡的可及性： •機電網絡分佈的可及性 •各元素的可異動性 •耐久性 •機電網絡分佈的聚集性 •可拆卸性
	可適應轉型的結構承載容量	樓板承載容量為轉型關鍵因素，包含垂直服務系統配置將影響建築層高與營建方式： •承載結構的水平擴展容量 •承載結構的垂直擴展容量 •承載結構的內部重組容量 •垂直服務系統配置的容量 •垂直循環度的容量
技術層面可逆性	功能獨立性	按不同的生命週期及服務功用細分建築元件，賦予個別元件或產品獨立的功用，再依不同程度的整合方式打造可逆的系統。
	系統化與聚合	過多的拆解程序將影響執行意願，將元素組合為獨立模組以提供特定功能需求，可減少系統組合和拆解時間。
	元素的組合方式	減少元素間的功能與技術依賴關係。
	基礎元素規格	在配置中作為組合中介的基礎元素。
	幾何型態	設計有利於元件恢復、再利用及進行拆解不會產生損壞的產品幾何型態。
	組合/拆解順序	並行組裝方式優先於排序組裝方式，可加速組裝並易於替換組件。接合材料的類型與生命週期，以及產品的幾何型態及連結方式均將影響組合及拆解順序。
	連結方式	使用可乾淨分離及元件易恢復的連結方式，連接方式主要有直接(整體)連接、間接(附件)連接與填充方式。
組合與拆卸的生命週期協調	使用元件的功能生命週期與其拆解順序之協調，生命週期較長的元件應先被組裝並最後被拆解。	

資料來源：[19]，本研究整理

七、「循環經濟理念之建築物設計」

Circular Economy Principles for Buildings Design

歐盟採取了多方途徑以提升建築營建產業的資源使用效率和循環經濟轉型，如歐盟委員會於2016年發布《歐盟營建及拆除廢棄物協議與指南》(EU Construction and Demolition Waste Management Protocol)，加強歐盟的營建廢棄物回收再利用機制，提升人民對再生材料的品質信任。本報告則參考歐盟永續建築框架(Level(s))第二項指標——「資源有效利用及循環材料的生命週期」(Resource efficient and circular material life cycles)，提出建築循環設計的一般性原則，以及針對建築物使用者、設計團隊、承包商、製造商、拆除團隊、投資人及政府等七個產業相關者提供循環設計原則，目標為減少在營建和拆除可能產生的廢棄物，同時促進營建材料、產品及建築物元件的循環再利用。

建築物循環設計的一般性原則適用所有產業參與者，例如在發展可持續性項目時應將全生命週期成本、財務性與非財務性投資收益納入考量，優先執行最佳成本收益之原則選項。而為長遠發展，需在供應鏈或價值鏈中發展可行之商業模式，並提供合適的法規及公共採購模式，另一方面則需加強有關促進拆解及提高耐久性及適應性的營建技術，以及增進建築物耐久性、適應性，以及易被重複使用、修復、回收或恢復的設計。

本報告以「耐久性」、「適應性」及「減少廢棄物」作為產業相關者落實循環經濟原則的具體目標。「耐久性」考量建築物及元件的服務壽命，鼓勵為建築物的主構件發展中長期規劃，如維護或替代方案；「適應性」延長建築物整體的服務壽命，如延續其使用價值，或因應未來需求進行改變、替換或翻新；「減少廢棄物」促進未來建築物元件的循環使用，關注於減少產生廢棄物及建築物元件可再利用或高品質回收，致力在建築物生命週期結束時保留或恢復材料的價值，以及透過設計和營建方法避免材料降級回收，使得資源得以高品質回收再利用。

表 2-12 綜整六個產業相關者在三個具體目標下可採取的原則與行動，由於政府建管單位可透過不同激勵措施、政策、標準及規章影響產業落實循環設計，改以「調節」、「實現」、「激勵」與「啟發」的具體目標分別進行建議。

表 2-12 建築產業中可立即落實的循環經濟應用項目

目標對象	落實循環經濟原則 (目標: ○耐久性 ◇適應性 ☆減少廢棄物)
建築物使用者、設施管理者和業主	<ul style="list-style-type: none"> ○提升建築物的價值，減少整體與長期成本支出。 ○提供服務型式的合約以推動建築物最佳利用。 ○進行適當保養維修以降低運行成本，考量創新的循環經濟模選用設備、安裝、維護和進行處置。 ◇使用合適工具(如 BIM、材料履歷及使用者指南等)以獲得保養、維修及其它資訊，減少財務成本。 ◇隨市場需求改變其用途，在合理成本下延長其生命週期。 ◇以使用者角度提升和最大化建築物適應性，如可逆式建築設計、記錄使用期間的材料和設備異動。 ☆減少使用天然資源，如保留可重複使用的建築構件、退回不使用的物品予提供者、可行的情形下以維修取代汰換等方式。
設計團隊	<p>熟悉以循環經濟理念為原則的設計要求及策略、生命週期評估及材料再循環使用或改變能力，如導入可逆式建築設計，實行 2020 年發佈之土木工程與建築物永續性 ISO:20887 拆解設計與調適性原則(Design for Disassembly and Adaptability(DfD/A))。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○考量資產全生命週期的成本與收益，包含使用者改變之可能性，以及健康、環境及社會影響評估、彈性與再循環利用潛力。 ○專案管理團隊建立相關指標與評估方法，如應用 Level(s)。 ◇提升和確保建築物可逆性及適應性，考量氣候變遷、功能性及彈性，以及在施工前進行外部獨立的專家評估審核。 ◇可促進維護維修及改變的設計。 ☆使用易循環或再利用的材料，探索使用既有構件或材料的可能性。 ☆考量不同系統及元素間的連接方式、組合順序、組拆能力、再循環能力及量體等。
承包商和建築商	<ul style="list-style-type: none"> ○使用提升建築耐久性及材料彈性的營建技術，促進建築物部件的維護維修。 ◇使用提升建築物適應性的營建技術，並依維護、維修頻率及改變的需求使用不同營建技術。 ☆尤其大型建築，應謹慎規劃營建、拆除或翻新工程。在翻新或拆除工程前執行拆除前審核。 ☆使用可促進潔淨拆解的營建技術。 ☆優先選用當地的再生、可再生、可重複使用或二手產品。
(營建產品)製造商	<ul style="list-style-type: none"> ○考量建築全生命週期的耐久性潛力，使用耐候產品。 ○應使用生態設計原則，發展可評估耐久性能的驗證系統。 ◇發展更大適應性的方案，如預鑄與模組化。 ☆確保產品製造的可追溯性，提高產品再循環或恢復潛力。 ☆應用材料履歷及建築履歷，協助製造商瞭解產品使用用途、設置方式、保存材料或產品的資訊。 ☆減少使用天然資源，提供使用者或決策者有關材料和產品的再使用、循環及恢復潛力的資訊；使用標準尺寸的設計，避免產生剩料。

目標對象	<p style="text-align: center;">落實循環經濟原則 (目標: ○耐久性 ◇適應性 ☆減少廢棄物)</p>
	☆避免毒性物質，如高度關切物質(Substances of Very High Concern (SVHC))。
解構及拆除團隊	☆發展地方性回收循環系統，包含可進行分類及回收利用的設施。 ☆有效利用拆除或施工前審核，確保精確評估資源及恢復型式。 ☆應用合適的拆解技術，精細分選材料。 ☆利用辨識機器在基地預先進行廢棄物分類，至少分類為有毒或無毒廢棄物。
投資者，發展商及保險業者	○提升耐久性可降低財務風險。 ○導入生命週期財務分析，包含考量建築物殘值評估、拆解及廢棄物處理之成本及符合 ISO 標準 DfD/A 得分或永續建築評估機制。 ◇建築物適應性應納入財務評估中。 ☆使用再生及可再生材料應納入財務評估中。
政府、地方政府和監管單位	確保實施措施的整體方法，如可逆性、資源恢復及回收方式。 促進和發展創新的材料接合技術。 實施建築物及相關產品的全生命週期環境保護性能措施，並確保法令不相抵觸。 整合循環經濟理念原則至既有法令政策中。 利用《能效指令》在翻新工程中整合資源有效性及循環性。 支持可持續性及外部成本內部化的政策，以長遠的眼光支持設計。 鼓勵不會造成環境或健康危害的“零風險”選項(預防原則)，區分資源、材料、產品及建築物類別，以及結合使用生物基材料。 【調節】 1. 評估與決策工具： - 創建資料庫等系統性資訊蒐集以利進行影響評估。 - 發展有關建築物適應性、拆除、回收再利用等影響指標。 - 採納多生命週期方式(如 C2C)作為決策評估工具。 2. 加強促進建築物和材料再利用及高品質回收的政策： - 限制廢棄物填埋，並考量過往材料不當使用情形提供過渡政策。 - 提倡可安全去除毒性物質的拆除方式，以及高品質分類回收廢棄物。 - 減少產品及材料中毒性物質和高度關切物質(SVHC)含量。 - 含再生材料的產品性能標準。 - 鼓勵新型商業模式如延長生產者責任、以租代買。 - 發展並提倡使用當地完善的回收設施。 - 考量再利用產品的跨境貿易問題(規章差異)。 【實現】 採用並提倡既有政策，如綠色公共採購(Green Public Procurement (GPP))： - 公共工程應採用 GPP 於建築與運營的創新指標和標準、要求可

目標對象	<p style="text-align: center;">落實循環經濟原則 (目標: ○耐久性 ◇適應性 ☆減少廢棄物)</p>
	<p>逆式設計、拆除和高品質回收的創新採購程序。</p> <ul style="list-style-type: none"> -參考 BAMB 可逆式建築設計指標以制訂建築物相關評估標準，並納入公共採購中。 -採用生命週期評估方法以鼓勵提升建築物整體服務性能。 -可在招標文件中指定採用建築物可持續性評估機制，如有關 DfD 的 ISO 標準和 Level(s)。 <p>【激勵】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 提升建築物適應性 <ul style="list-style-type: none"> -公佈可供業主及財務/保險公司依據的指導文件 -提倡建築物的多功能使用性並提供補助（如導入可拆卸式隔間） -提升元件、建築物及社區的適應性，如有利進行維護及翻新的元件可逆行與兼容性、適用未來不同需求的建築物可擴展性及通用性能、維護良好社會凝聚力及彈性的基礎設施。 2. 確保建築物的長期品質 <ul style="list-style-type: none"> -考量建築物和基礎設施的回收循環能力，並納入財務評估中。 -以整個建築物生命週期環境評估結合成本來提高再利用意識。 -禁止限制性汰舊，透過技術發展加強產品壽命。 3. 提供激勵措施 <ul style="list-style-type: none"> -如規劃重複使用元件、使用可逆式建築設計指標、以及多種回收再利用及恢復策略。 -可逆式產品雖然初期可能將耗用較多資源，但產品的資源價值可恢復並提供多次生命週期。 -鼓勵研發創新的循環材料、循環設計及產品設施。 <p>【啓發】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 發展或激勵產業相關者發展考量長期影響的設計、指南及工具，如使用： <ol style="list-style-type: none"> (1)建築物結構的歐洲標準(EN)和 ISO 標準 (2)全建築物生命週期評估 LCA(EN15978) (3)Level(s) (4)可逆式建築設計協議/工具(RBD) (5)成本效益分析 (6)ISO 20887 (DfD/A) (7)BIM 2. 支持長遠性可減少使用天然資源的有效方法： <ul style="list-style-type: none"> -促進建築物多種使用功能的設計。 -與建築師及業主在設計階段前考量各種不同的使用可能。 -建立觀念：可逆式產品雖然初期可能將耗用較多資源，但產品的資源價值可恢復並提供多次生命週期。

資料來源：[24]，本研究整理

第二節 建築規劃設計導入循環經濟發展理念的案例蒐集

為進一步瞭解在建築規劃設計實務層面上導入循環經濟理念之手法，本研究蒐集國內外共 20 個建築案例（臺灣 5 例、荷蘭 5 例、德國 2 例、瑞士 2 例、丹麥 1 例、法國 2 例、日本 2 例及澳洲 1 例）（表 2-13）。這些案例包含新建及舊建築改造，建築類型包括住宅單位、住宅建築或社區、商業建築或園區、臨時性展館、棕地開發之實驗社區和社宅等；各案例依其規劃設計理念、功能需求及當地環境條件等不同因素，採用的循環手法不一，介紹說明如後。

表 2-13 國內外建築規劃設計導入循環經濟發展理念之案例整理

項次	國家	案例	工程進度	建築規劃設計理念
1	臺灣	台糖沙崙智慧綠能循環住宅案	2021 年完工	結合被動式住宅、共享生活、綠能社區及城市農場的設計理念，搭配租賃及共享模式，打造建材、能源、水及食物的循環系統。
2	臺灣	南港機廠社會住宅	預計 2024 年完工	以 3R(Reduce 減少原料及能源需求、Reuse 提高資源價值及循環使用和 Recycle 資源回收循環系統)鏈接經濟循環系統，結合綠建築、智慧建築的低碳示範性社宅。
3	臺灣	臺中花卉博覽會荷蘭國家館：綠城阿梅爾	2018 年完工 2019 年拆除	全臺第一棟循環建築，及全世界第一座拆除後回收的循環建築，並在展覽結束後安排建材與設備的生命循環。
4	臺灣	高雄學府循環住宅	預計 2022 年完工	以綠建築及智慧建築設計理念，導入循環經濟之再生(Regenerate)、共享(Share)、優化(Optimise)、循環(Loop)、虛擬化(Virtualise)、交換(Exchange)等面向，並採用以租代售建構的高優質住宅。
5	臺灣	QurE「移動式緊急部署檢疫醫院原型設計」	2021 年完工	前瞻防疫思維與永續設計概念，結合效率、可循環、技能與人性化的設計，適應任何在地需求，幫助世界因應緊急事件。
6	荷蘭	Park 20 20	2011 年啓用 預計 2025 年完工	以社會公平性、生態及經濟為中心理念，應用搖籃到搖籃的設計框架及循環經濟策略打造兼顧機能性及永續經營的園區。

項次	國家	案例	工程進度	建築規劃設計理念
7	荷蘭	ABN AMRO CIRCL	2017 年完工	使用回收再製材料及可回收材料，提高能源效率和易於拆卸設計實踐循環經濟理念。
8	荷蘭	City Hall Venlo	2016 年完工	以 C2C 原則和循環經濟理念設計健康舒適的工作環境，產生對人、環境（包含材料、生物多樣性、水、能源、空氣）及財務正面的回饋。
9	荷蘭	People's Pavilion	2017 年完工及拆除	不留下任何生態足跡的循環建築，思考建築物的生命週期以及營建方式，最終產生極少或不產生廢棄物。
10	荷蘭	De Ceuvel	2014 年開幕 營運契約至 2022 年	以循環經濟模型結合生物循環、工業循環及能源循環，含糧食自主、零污染、零廢物、再生能源、水循環、社區總體營造等策略。
11	德國	Moringa	預計 2024 年完工	德國第一座以 C2C 理念建構的高層住宅建築，結合資源循環、可持續建築、健康、生態綠化及社會責任等面向。
12	德國	Skaio	2019 年完工	德國第一座木製高層建築，根據 C2C 認證進行規劃，未來可進行拆除和重新使用，為建築與生態質量之結合。
13	瑞士	Urban Mining & Recycling (UMAR)	2018 年完工	所有建材可重複使用、潔淨分離、回收或可利用，最大程度採用預製及模組化，僅使用可逆的乾式連接方法，並以臨時性移除及租借取代永久性購置與處置。
14	瑞士	Innovation For The Circular Economy (ICEhouse)	首次於 2016 年完工	使用創新材料和從搖籃到搖籃的設計原則來滿足社會、經濟和環境需求。
15	丹麥	UN17 village	預計 2023 年完工	創造世界上第一個將聯合國所有 17 個可持續發展目標(SDGs)轉化為實際行動的建築專案。
16	法國	Maison du Projet	2016 年完工	法國第一座 C2C 建築，採模組化、可逆式組裝及彈性設計，建築物所

項次	國家	案例	工程進度	建築規劃設計理念
				有元素在拆解後可重複使用或回收，整體都是循環可持續建築的一部分。
17	法國	Cité du Grand Parc	2017 年完工	尊重原有建築物和人民，以增加、改造和再利用取代拆除和捨棄，慷慨、經濟和可持續方式達到生態住宅品質的空間。
18	日本	三井不動產と竹中工務店	預計 2025 年完工	目前日本最大、最高的木製高層建築，力求建材自給自足，引入木製防火技術，實現森林資源與地方經濟的可持續良性循環。
19	日本	RISE & WIN Brewing Co. BBQ & General Store	2015 年完工	完全由回收材料建成，將零廢棄物理念融入 3R(Reduce、Reuse、Recycle)的形式中。
20	澳洲	Quay Quarter Tower	預計 2022 年完工	盡可能保留既有建築以最大限度提高環境可持續性效益，保留現有結構的高度，避免給當地造成陰影並降低規劃過程的風險，透過改變生產和消費系統，成為完全可持續、零碳、零浪費的供應鏈。

資料來源：本研究整理

壹、國內案例

一、臺灣台糖沙崙智慧綠能循環住宅案

為配合行政院推動之「沙崙綠能科學城」政策而規劃的住宅區，鄰近高鐵台南站、台鐵沙崙站以及沙崙綠能科學城的核心區。社區共規劃了 351 戶的住戶以及 17 戶店鋪，皆採只租不售的方式銷售。由台糖公司、成大永續設計創新中心、九典聯合建築師事務所、維安電機冷凍空調技師事務所、建巨土木結構技師事務所以及黃苑景觀設計顧問有限公司共同進行此專案的開發與建置，並以循環經濟的模式做為其核心理念。此為全台第一座標榜零廢棄、零污染、建材可拆解回收再製造的循環住宅社區，於 2021 年完工並開始運作，目前作為台積電宿舍使用。

表 2-14 台糖沙崙智慧綠能循環住宅案實踐循環經濟理念資料彙整表

案名	臺灣台糖沙崙智慧綠能循環住宅案	
工程地點	台南市歸仁區武東段 150 地號	
工程期限	2019 年 4 月 9 日開工，2021 年中完工	
基地資料	面積 13,994 m ² ；建蔽率 50%；容積率 200%	
規模	三棟循環住宅，一座城樓循環示範屋；共 351 戶住戶、17 戶店鋪	
結構	(地上層)預鑄鋼骨結構 SC	
建築規劃設計理念及原則	以友善環境開發理念，導入循環利用思維，搭配智慧設施及綠能技術，建構從能源到食物均自主循環的生態系統，打造零排碳、零廢棄、零意外的「智慧綠能循環住宅園區」。	
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用再生建材(高性能混凝土、高爐水泥) ● 使用循環建材、無毒建材 ● BIM 建置建材護照 ● 建構建材銀行 ● 預鑄 PC 外牆及中空樓板 ● 模組化結構 ● 彈性模組化隔間 ● 明管配置(空調設備、給排水衛生管路) ● 再生能源系統 ● 高功率燈具及 LED 燈具 ● 採用省水器材 	<ul style="list-style-type: none"> ● 電氣通信線路開放式設計 ● 空調熱泵應用與太陽能熱水器 ● 水循環系統：雨水中水回收 ● 住宅店鋪單位只租不賣 ● 共享公共洗衣間、辦公室、互動階梯、多功能展演廳 ● 以租代買(燈具、衛浴、電梯、廚餘回收機) ● 廚餘回收堆肥；黑水虻廚餘分解；落葉、落果及除草堆肥 ● 魚菜共生、都市養蜂、空中花園、中庭及屋頂農園 ● 生態淨化水道、生態池 ● 農夫市集、修繕工坊

資料來源：台糖循環聚落官網(<https://bioarchbaf.wixsite.com/circular-village-cn>)，

本研究整理



圖 2-13 沙崙智慧綠能循環住宅園區照片

圖片來源：台糖循環聚落官網



圖 2-14 沙崙智慧綠能循環住宅園區循環策略示意圖

圖片來源：台糖循環聚落官網

二、臺北市南港區南港機廠社會住宅

南港機廠社會住宅案為全台最大的社宅，基地位於忠孝東路七段與向陽路交口之南側，鄰近忠孝東路、昆陽站、南港車站，屬於「東區門戶計畫」的其中一個子計畫。台北市政府會選定此案做為循環經濟導入的社宅場域就是在於其規模之大，此計畫以循環經濟與青創基地為其核心理念，由中興工程顧問公司主持，與台北聯合建築師事務所、華興建築師事務所和統包團隊共同執行。

表 2-15 南港機廠社會住宅案實踐循環經濟理念資料彙整表

案名	臺北市南港區南港機廠社會住宅	
工程地點	臺北市南港區新光段一小段 4-1 地號等 83 筆土地	
工程期限	2019 年 12 月 27 日開工，預定 2024 年 5 月完工	
基地資料	面積 78,811 m ² ；建蔽率 36.96%；容積率 123.65%	
規模	一幢兩棟、地上 27 層；共 1,442 戶(含無障礙房型 73 戶)	
結構	鋼骨鋼筋混凝土 SRC 造	
建築規劃設計理念及原則	3R(Reduce 減少原料及能源需求、Reuse 提高資源價值及循環使用和 Recycle 資源回收循環系統)鏈接經濟循環系統，結合綠建築、智慧建築，建構智慧綠能循環、安全健康智慧化的低碳示範性社宅。	
建築規劃設計導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用再生建材(定尺再生電弧爐鋼筋、綠色水泥、卜作嵐膠結材)、綠建材、可分解材料 ● BIM 建置建材護照 ● 外殼系統符合綠建築節能設計、屋頂隔熱 ● 模組化系統：輕隔間、電力匯流排系統(增加安全及易保養性)、FRP 水箱、可拆卸式衣櫃 ● 租賃傢俱設備(工務所、公共傢俱、整套廚具、太陽能發電設備、綠能電動車) ● 再生材料鋪面及回收再製裝飾品 ● 預鑄外牆及樓梯、預鑄和模組化結構 ● 可再生空隙式跑道 ● 採用省水器具 ● 節能燈具 	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽能供電系統 ● 電力回生電梯 ● 雨撲滿、水貯留利用系統 ● 雨水、中水回收 ● 開窗處遮陽裝置 ● 耐久性設計：結構體使用耐震建築結構用鋼板、部分預鑄設計 ● 輕量化設計：鋼樑、輕隔間、SRC 強化柱 ● 減量設計：定尺再生電弧爐鋼筋 ● 屋頂農園、空中花園 ● 住宅單位只租不賣 ● 住宅多用途使用方式 ● 共享：公共洗衣間、交通工具、停車場、辦公室、活力跑道、多功能活動中心 ● 綠化公園

資料來源：[13]，本研究整理



圖 2-15 南港機廠社會住宅示意圖

圖片來源：台北市都發局

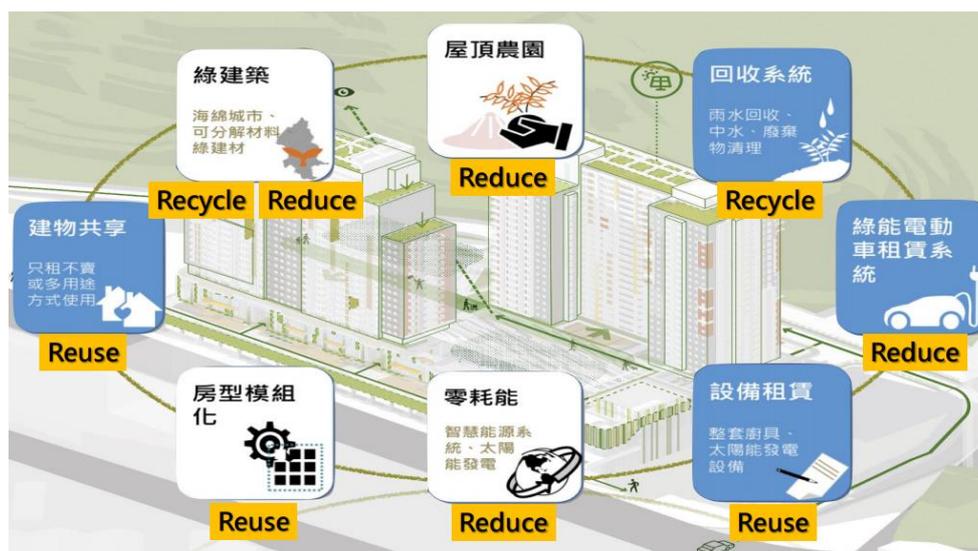


圖 2-16 南港機廠社會住宅推動循環經濟採行策略示意圖

圖片來源：台北市都發局

三、臺中花卉博覽會荷蘭國家館：綠城阿梅爾

2018 年台中世界花卉博覽會「荷蘭國家館：綠城阿梅爾」由荷蘭在台辦事處 (2020 年 4 月 30 日易名，前稱「荷蘭貿易暨投資辦事處」) 結合荷蘭政府、企業以及臺灣產官學共四十多家合作夥伴共同打造，從設計、施工到營運、維護及拆除階段都包含循環的概念，是全台第一座循環建築，同時也是全球第一座獲得英國標準協會 (BSI) 認證的循環建築，及全世界第一座拆除後回收的循環建築。

荷蘭館共對外開放 173 天，估計接待人次超過 30 萬，然而依維護修繕紀錄顯示營運期間的維修項目大多為植栽和例行性設備巡檢，建材的損壞頻率並不高。展館由建築團隊與拆除單位共同擬定設備結構拆除及整地復原計畫，於 2019 年 4 月 27 日進行拆除並記錄拆運相關資料，耗時近一個月的時間最終於 2019 年 5 月 24 日完成拆除。由於本案許多設備採「以租代買」的方式使用，加上以最不破壞材料的方式進行拆解和包裝保存，產品材料得以順利歸還合作夥伴或移交至下一個單位進行使用，循環利用率達 97%，僅有少部分為拆除過程造成的些微損耗。例如荷蘭館使用的 30 噸鋼材和 6000 公斤木料在拆除後重新設計作為台中月眉糖廠「台灣循環設計園區」的興建與修繕工程中，落實建材再利用；環境花卉則優先贈送給服務志工。

表 2-16 臺中花博荷蘭館實踐循環經濟理念資料彙整表

案名	臺中花博荷蘭館
工程地點	臺中市后里區大山路 (后里森林園區)
工程期限	營運期間：2018 年 11 月 3 日至 2019 年 4 月 24 日

	拆除期間：2019 年 4 月 27 日至 2019 年 5 月 24 日	
規模	一棟樓高 10.3m	
結構	鋼構基礎，二樓採模組化強化輕鋼結構搭配鋁合金模組化結構牆	
建築規劃設計理念及原則	打造全臺第一棟循環建築，勾勒理想的未來城市並在展覽結束後安排建材與設備的循環生命。	
建築規劃設計導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用再生材料：回收塑料與廢棄木屑製成環保塑木；廢棄飲料包裝製成展板；回收尼龍製之地毯，並可回收再利用；工業廢紙與廢木屑製成伸縮活動沙發；模組化可拆解鋁件加上回收塑膠製成合作掛牌 ● 使用閒置木料用於室內地板、傢俱與拉門，並於拆除後作為下一建案使用 ● 廢棄物拼制裝飾物、廢棄物再利用 ● 租賃設備：塑木、燈具、太陽能板、氣動梭電梯、植栽、爬藤網 ● 鋼構以鎖固取代焊接 ● 木材榫接取代釘合 ● 模組化強化輕鋼結構、鋁合金結構、隔熱亚克力板、樓梯扶手 ● BIM 建置建材護照，記錄並公開建材資訊 ● 屋頂太陽能板和蓄電池 ● 屋頂防水隔熱漆 ● 天花板塗佈珪藻土塗料 ● 保存基礎六個部位的混凝土 ● 保護鋼材的零污染粉體塗料，其剩料回收使用率達 9 成 ● 藏種於農，選用最適應在地氣候環境的作物品種 ● 打造可食地景，栽種當季蔬菜，永續糧食生產 ● 水耕蔬菜池，儲存屋頂排水及雨水，再利用於澆灌 ● 魚菜共生池 ● 智慧照明：可隨意選擇亮度、顏色，連網遠端遙控，省電 	

資料來源：「荷蘭國家館：綠城阿梅爾」網站(<http://holland-pavilion.ntio.org.tw/>)，本研究整理



圖 2-17 臺中花博荷蘭館
 圖片來源：循環臺灣基金會

	
<p>運河屋：由模組化、可拆解鋁件及回收塑膠製成合作掛牌</p>	<p>荷蘭主題花園：風車葉片為再利用工程期間使用的工地安全網</p>
	
<p>水耕蔬菜池：不僅用於耕種，亦作為儲存屋頂排水和雨水的澆灌水源</p>	<p>重鋼結構：基礎為以鎖固方式連結的長方形重鋼，可於展期結束後拆解再使用</p>
	
<p>租賃照明：照明服務以流明計價，不再產生廢棄物，並提升照明品質及節能率</p>	<p>舊木料再利用：荷蘭館大木桌椅使用被拆除後閒置的台糖砂糖倉庫木料再製</p>

圖 2-18 部分臺中花博荷蘭館採用的循環經濟解決方案

圖片來源：「荷蘭國家館：綠城阿梅爾」網站

四、高雄學府循環住宅

台糖公司身為國營事業，近年配合政府政策積極推動循環經濟專案計畫，利用其固定資產之建設、改良與擴充規劃，發展智慧綠能循環住宅園區，加速落實安心住宅政策，協助政府穩定住宅市場供需平衡與安定民眾居住權益。本案為台糖公司 109 年度新興計畫之一，於高雄

市自有土地（約 582.45 坪）興建只租不售安心住宅，目標對象為附近工業區、航空站、醫院之從業人員及大學外宿學生等。

表 2-17 高雄學府循環住宅實踐循環經濟理念資料彙整表

案名	高雄學府循環住宅	
工程地點	高雄市小港區高松段一小段 1232 地號	
工程期限	2020 年 12 月開工，預計 2022 年 9 月完工	
基地資料	面積 2818m ² ；建蔽率 50%；容積率 239.68%	
規模	地上 13 層、地下 1 層共 240 戶之公共住宅	
結構	上部主體結構 SS 構造，採用韌性抗彎矩立體剛構架(SMRF)；地下室結構採 RC 構造	
建築規劃設計理念及原則	以綠建築及智慧建築設計理念，導入循環經濟之再生(Regenerate)、共享(Share)、優化(Optimise)、循環(Loop)、虛擬化(Virtualise)、交換(Exchange)等面向，並採用以租代售建構的高優質住宅。	
建築規劃設計導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 模矩化住宿單元(工法系統) ● 預製整體衛浴 ● 可拆卸組裝式欄杆及格柵 ● 輕量化、模組化乾式外牆 ● 設備管路採明管系統，電氣通信線路開放式設計 ● 租賃模組化傢俱（可拆卸重組增建），與合作廠商建立建材循環機制 ● 回收再製街道傢俱 ● 使用回收再生建材、綠建材、生態塗料、生態接著劑 ● 室外地坪多採用再生透水建材 ● 建置建材銀行 ● 資源回收分類空間 ● 屋頂設置太陽能光電板，太陽能熱水器應用 ● 租賃照明與空調系統 	<ul style="list-style-type: none"> ● 採用節能設備，如 T5 燈具、泵浦、空調主機 ● 智慧照明控制及熱感應式開關控制燈具 ● 停車場設置 CO₂ 濃度感測器控制排氣風機 ● 留設通風採光天井 ● 設置垂直遮陽板 ● 屋頂薄層綠化與防水隔熱層 ● 雨水回收再利用系統 ● 採用省水器材 ● 設置綠屋頂，並以回收水灌溉 ● 露台、屋頂與跳層平台垂直綠化 ● 社區共享設施 ● 空間彈性運用 ● 設置耗能監控及建築物使用手冊

資料來源：張瑪龍陳玉霖聯合建築師事務所，本研究整理



圖 2-19 高雄學府循環住宅示意圖

圖片來源：張瑪龍陳玉霖聯合建築師事務所

五、QurE「移動式緊急部署檢疫醫院原型設計」

2021年4月，為了應對全球新冠肺炎疫情蔓延，九典建築師事務所發起與成大醫療及設計專家在兩週內合作研發打造了一座可移動、快速組裝和拆解回收的負壓病房示範屋，提供醫護一個安全、健康且高品質的工作環境。QurE的英文讀音為cure(治癒)，全名為Quarantine Units for Recovery, Emergency, and Ecology，為保護醫護人員，QurE設計潔淨區與污染區，將醫護動線與病患動線分離、醫療廢棄物與污水設備分離。此外，每個單位皆為單人病房以避免病患交叉感染，並藉模擬分析設計負壓系統空氣循環，降低醫護受病患感染機率。

QurE能因地制宜快速搭建及延伸單元組合，平均五天可完成現場組裝結構、地坪、外牆、屋頂及太陽能板，以及連結電源、水源及醫療等設備。扣除醫療機電設備，QurE的建造成本低，每坪造價8000至12000元，團隊將設計手冊及研發成果分享於開放平臺，提供全球下載，協助改進現有臨時醫療設施(如搭帳篷、臨時貨櫃屋、方艙醫院等)存有交互感染、病人隱私和環境健康等風險。

表 2-18 QurE 實踐循環經濟理念資料彙整表

案名	QurE「移動式緊急部署檢疫醫院原型設計」	
工程地點	國立成功大學	
工程期限	2021年4月建造，耗時5天完成現場組裝	
面積	一個單位為4坪大，包含2坪病房、1坪盥洗室和1坪工作間	
規模	地板架高之地上一層臨時性措施	
建築規劃設計理念及原則	前瞻防疫思維與永續設計概念，結合效率、可循環、技能與人性化的設計，適應任何在地需求，幫助世界因應緊急事件。	
建築規劃設計導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 可逆式組拆設計，模矩化構架及組件，現場以螺絲方式組裝 ● 預鑄式整體衛浴 ● 預鑄C型鋼輕骨料和保溫氣密牆板 ● 建設成本低，現場組裝快速 ● 設備元件以租代買 ● 活動設備彈性配置，移動式發電機、水箱與污水處理設備 ● 節能且高使用效率的設計 	<ul style="list-style-type: none"> ● 雙層屋頂耐候性佳和隔熱，斜屋頂通風散熱，具備設備管線擴充空間 ● 基地架高隔熱、防止淹水與潮濕，作為管線通道 ● 設置太陽能板 ● 所有牆及門窗達氣密標準 ● 自然採光窗 ● LED照明設備 ● 當地易取得的標準規格材料

資料來源：QurE 官網(<https://qure.gs.ncku.edu.tw/>)，本研究整理



圖 2-20 QurE 實體照

圖片來源：九典聯合建築師事務所

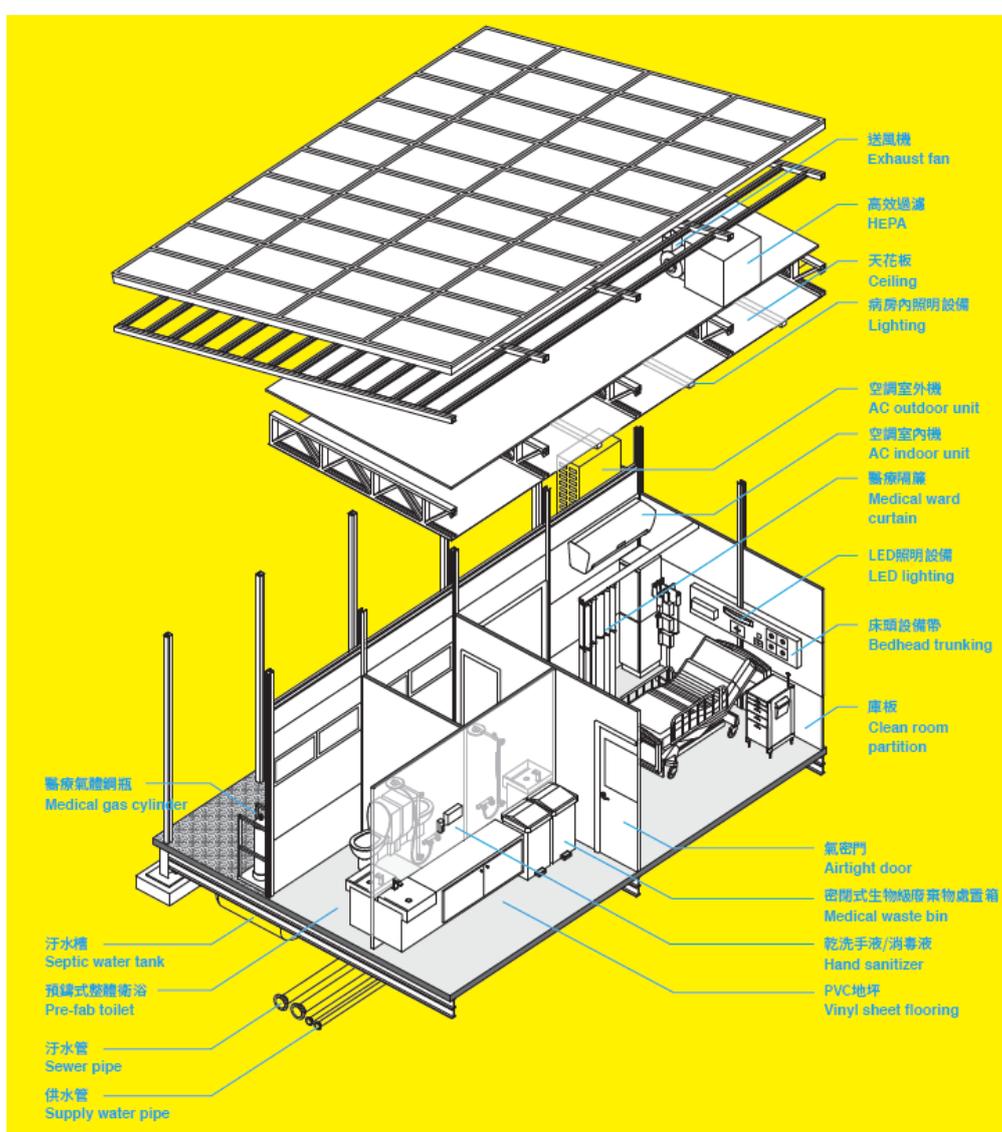


圖 2-21 QurE 病房整合設計

圖片來源：QurE 官網

貳、國外案例

一、荷蘭 Park 20|20

荷蘭首座全方位以搖籃到搖籃(Cradle to Cradle, C2C)與循環經濟為概念而打造的現代化辦公園區，位於阿姆斯特丹西南方圍海造田建成的哈萊默梅爾市(Haarlemmermeer)。自 2011 年起部分的建築已完成建置並啟用，預計 2025 年將完成整個園區的興建，園區將作為多元的廠商公司作為辦公使用，像是家電大廠、足球協會、電子通訊商、旅遊公司、能源公司與餐飲店鋪等，同時打造一個健全的循環系統，對環境、身心與靈皆健康舒適的工作環境。

表 2-19 荷蘭 Park 20|20 實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	荷蘭 / Park 20 20	
地點	Monoceros, 2132 LS Hoofddorp	
工程時間	2007 年開工，2011 年起部分的建築已完成建置並啟用，預計 2025 年將完成整個園區的興建。	
基地面積	91,200 m ²	
建築規模	多功能商業園區和零售中心	
建築規劃設計理念及原則	以社會公平性、生態及經濟為中心理念，應用搖籃到搖籃的設計框架及循環經濟策略打造兼顧機能性及永續經營的園區。	
循環策略	共享系統、易拆解設計、建材銀行、租賃產品、生產力與健康	
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 所有建物使用可回收建材 ● 易拆卸設計，建築元件都可拆卸再運用，如天花板及地板 ● 園區所有建築物都可連結可再生能源、水資源處理系統、中央冷熱儲存裝置、廢棄物集中運輸管理 ● 建材追蹤資料系統(材料護照) ● 材料銀行 ● 租賃建材、照明及電梯設備 ● 太陽能系統及綠能網絡 ● 建築外牆隔熱保溫系統 ● 綠色廢棄物產生沼氣提供動力及熱能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 雨水儲存系統 ● 廢水過濾淨化再利用 ● 高效能 LED 照明、日光調節感應器 ● 生態池、綠色植生牆、綠色廊道 ● 共享會議室、電影院、停車場 ● 建築被動式節能設計 ● 溫室及都市農園,農作物優先提供園內餐廳使用 ● C2C 認證產品：玻璃、木製材料、苔蘚綠屋頂草皮、外觀絕緣材料、磚塊、地毯、木質地板、系統牆面、植物牆面、地板及磁磚、LED 光導管系統

資料來源：[3]、C2CTW 官網(<https://www.c2cplatform.tw/>)，本研究整理



圖 2-22 Park 20|20 園區總體規劃示意圖

圖片來源：William McDonough+Partners 官網(<https://mcdonoughpartners.com/>)



其中一棟建築內的綠化牆面

建築物植栽牆及綠化工程

各棟建築物之間的共享資源系統連結可再生能源、水資源處理系統及中央冷熱儲存裝置

溫室及都市農園，栽種的植物供園區餐廳使用

圖 2-23 園區內採用的部分循環策略

圖片來源：經濟部工業局、C2CTW 官網、archello

二、荷蘭銀行循環展館 ABN AMRO CIRCL

以永續為核心價值的荷蘭銀行 ABN AMRO 於 2015 年導入循環經濟概念及永續發展策略打造循環展館 CIRCL，並於兩年後完工。CIRCL

位在阿姆斯特丹的中央商務區 Zuidas，擁有餐廳、屋頂酒吧、屋頂花園、活動空間和會議室，是初創企業、教育機構、本地居民、政府、非政府組織和機構的聚會場所。ABN AMRO 以 CIRCL 為例，向建築業及各企業展現了循環經濟在建築營造業中的發展機會及商業模式，起而行鼓勵建築營造業加速循環經濟轉型。

表 2-20 荷蘭銀行循環展館實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	荷蘭 / 荷蘭銀行循環展館 ABN AMRO CIRCL	
地點	Gustav Mahlerplein 1B 1082 MS Amsterdam	
工程時間	已於 2017 年完工	
基地面積	3350 m ²	
建築規模	一棟地下一層、地上兩層的混合型公共空間	
建築規劃設計理念及原則	使用回收再製材料及可回收材料，並提高能源效率和易於拆卸，實踐循環經濟理念以加速創造永續與循環經濟模式。	
循環策略	彈性模組設計、數位技術、價值共創、循環材料、週期延續、價值復原、以租代買、共享平台	
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用自然素材(竹子、木材)、綠建材、高價值素材(金屬)、在地材料 ● 建築材料護照與建築資訊模型(BIM)連結 ● 原材料和產品性能追蹤：物聯網(IoT)與區塊鏈 ● 建築外牆彈性設計，可重新安裝 ● 建材長壽設計 ● 屋頂花園和地面花園設有儲水設施及永久性植栽 ● 建築外牆由 C2C 認證的植栽模組覆蓋 ● 停車場再生熱能 ● 租用復古傢俱、租賃電梯 ● 地下室的會議及工作空間開放民眾預約租用 ● 一樓的活動空間舉辦公開展覽、演講、和工作坊 ● 提供傢俱廠商儲存和展示空間 ● 建築被動式節能設計 ● 回收鋼線製成圍欄的鋼線網 ● 在木質表面上安裝可拆卸式屋頂 ● 可回收鋁和金屬網製成活動牆 	<ul style="list-style-type: none"> ● 再生能源(太陽能電板、實驗性太陽能鍋爐) ● 當地設計和製造的高效率及耐久太陽能電板 ● 節能措施：幾乎所有照明設施和其他設備使用直流電(DC)、天花板和地板使用 PCM 蓄熱電池節省一半能源消耗 ● 水平和垂直地熱熱交換器系統 ● 共享平台租用施工階段使用的大型機具 ● 附設餐廳僅購買當地時令食材 ● C2C 認證熱塑性地板鋪面 ● 塗灰泥牆壁和毛氈由舊工作服製成 ● 天花板的絕緣材料由舊牛仔褲製成 ● 使用二手消防水帶櫃 ● 通風管道使用可持續紡織品完成 ● 地下室牆面的材料為舊窗框 ● 電纜管道取自其他建築 ● 剩餘木材製成鑲木地板及欄杆

資料來源：[14]、circl 官網(<https://circl.nl/>)，本研究整理



圖 2-24 循環展館 CIRCL
圖片來源：Cie 官網 (<https://cie.nl>)

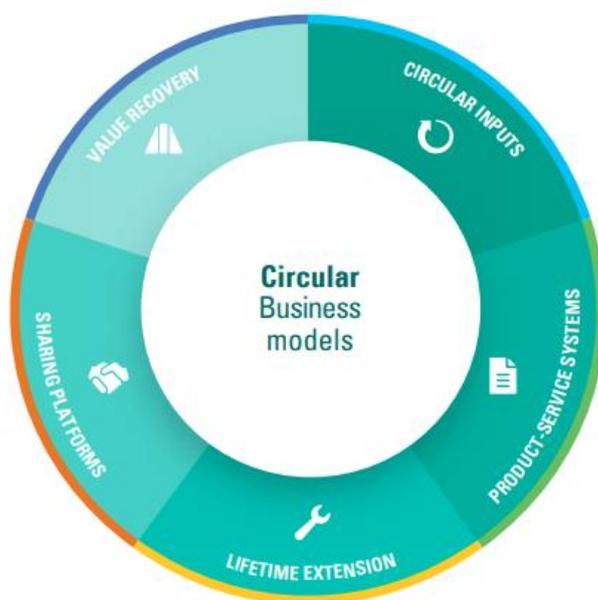


圖 2-25 荷蘭銀行 ABNAMRO 的五種循環經濟策略
圖片來源：[14]

三、荷蘭芬洛市政廳 City Hall Venlo

芬洛(Venlo)位於荷蘭東南部邊境，連結德國西部北萊茵-西發利亞省 (Nordrhein-Westfalen)，原先主要發展農業與物流，2006 年芬洛市政府為改善城市人口減縮情形與發展經濟，採納搖籃到搖籃(C2C)的原則作為城市發展的推動力，成為世界第一個 C2C 試驗地區並獲得創新獎。當時芬洛老舊的市政廳需要進行翻新，市政府於 2007 年經評估後決定建造一座以 C2C 理念設計的新市政廳，最終採用「可淨化建築物

室內和戶外空氣的綠色外殼」、「使用可再循環利用的材料」以及「可產生比需求更多的可再生能源」的建築設計方案。

新市政廳的設計特點包含以人為本的設計考量與使用了大量功能性綠色植物。其綠色立面總面積達 2,026m²，由 100 多種植物組成，經 2019 年的研究顯示市政廳的綠化項目可吸附附近空氣中 30% 的硫和氮氧化物；另一方面透過頂層溫室與太陽能煙囪，大幅改善了建築物室內空氣品質，加上使用健康材料、導入自然採光、開放式工作空間以及鼓勵人們走動交流的路線設計，創造健康的環境以提升員工生產力。此外，市政府與建商和建材供應商簽署 40 年租賃契約，確保建材可被回收再使用。導入 C2C 和可持續性發展理念雖增加了 10% 的總建築成本，但考量其後續營運、建材及產品殘值、改善空氣質量等回報，最終產生積極的財務回報。

表 2-21 荷蘭芬洛市政廳實踐循環經濟理念資料彙整表

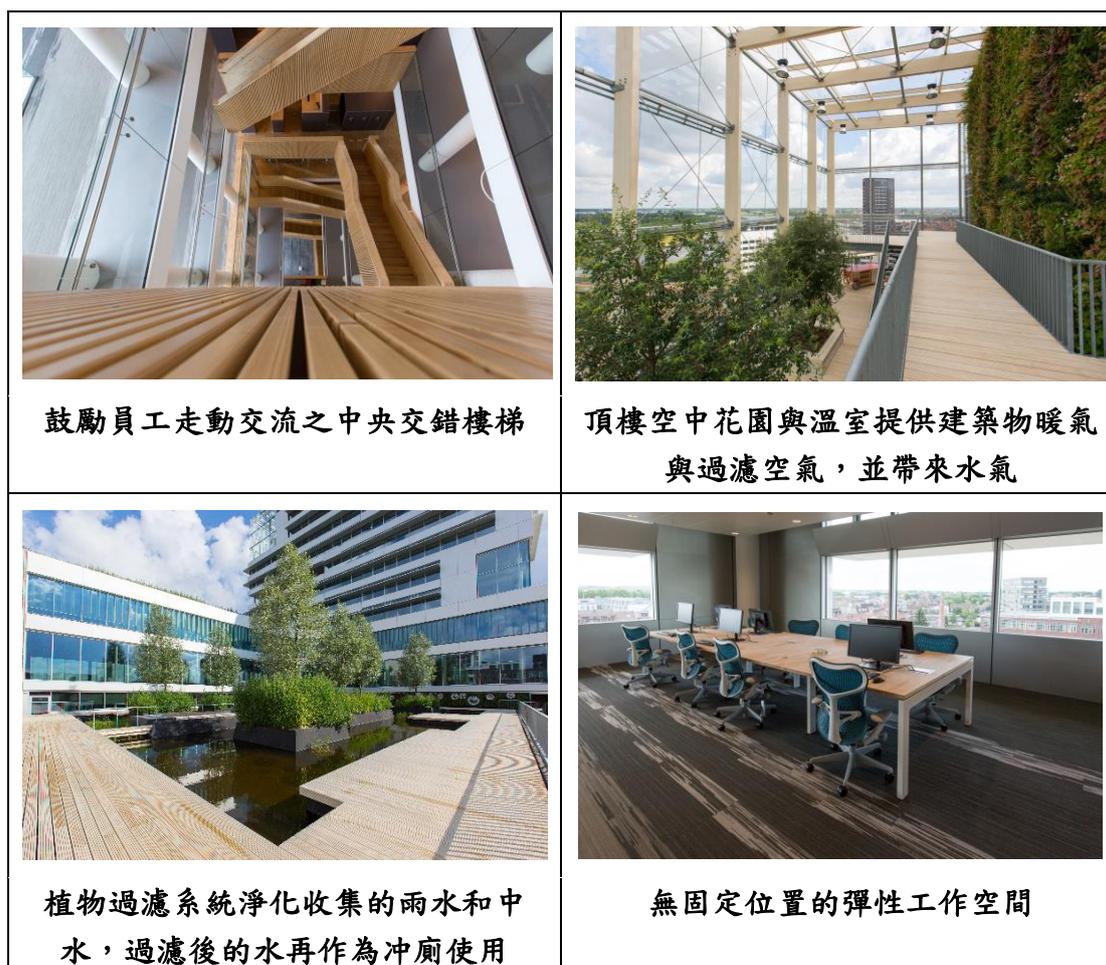
國家/案例	荷蘭 / 芬洛市政廳 City Hall Venlo	
地點	Venlo, Netherlands	
工程時間	2012 年 5 月開工，2016 年 4 月完工	
基地面積	27,700m ²	
建築規模	一棟地下三層、地上 11 層的公有建築。包括辦公室、廣場、公共大廳、會議室和地下停車場	
建築規劃設計理念及原則	以 C2C 原則和循環經濟理念設計健康舒適的工作環境，產生對人、環境（包含材料、生物多樣性、水、能源、空氣）及財務正面的回饋。	
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 以租代買採購建材 ● 使用 C2C 認證建材與傢俱，如辦公椅、地板、橡膠木傢俱、磁磚、模組化垂直綠牆、無瀝青之生物基屋頂防水隔熱膜、隔熱安全夾層玻璃牆等等 ● 採用可逆式接合工法：卡榫、木釘或天然黏著劑 ● 為所有使用的原材料和零件建置材料護照 ● 室內與建築立面垂直植生牆，具過濾空氣、隔熱與隔音效果 ● 空中花園兼溫室，可過濾空氣並調節室內溫度 ● 自然採光減少照明需求 ● LED 照明系統 	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽能板與熱能儲存系統 ● 雨水、中水收集再利用 ● 設置生物棲息空間 ● 630 個彈性工作空間可提供 900 位人員使用 ● 太陽能煙囪促進自然通風，根據季節調節溫度 ● 廢棄物分類管理 ● 植物過濾系統淨化雨水和中水，過濾後的水再作為沖廁使用 ● 電動車充電系統 ● 地熱熱泵、水冷裝置 ● 設置有機廚房 ● 低於適用的建築能源護照 (EPC)50% ● 結構空間設計打造自然通風 ● 禁止使用油漆和膠水

資料來源：C2CVenlo 官網(<http://c2cvenlo.nl/en/home/>)，本研究整理



圖 2-26 芬洛市政廳外觀照

圖片來源：architizer (<https://architizer.com/>)，攝影：Ronald Tilleman



鼓勵員工走動交流之中央交錯樓梯

頂樓空中花園與溫室提供建築物暖氣與過濾空氣，並帶來水氣

植物過濾系統淨化收集的雨水和中水，過濾後的水再作為沖廁使用

無固定位置的彈性工作空間

圖 2-27 芬洛市政廳部分循環策略

圖片來源：C2CVenlo 官網

四、荷蘭 人民的場館 People's Pavilion

People's Pavilion 是在荷蘭設計週 (Dutch Design Week (DDW)) 展出的 100% 循環建築，作為為期一週的會議、活動、音樂或劇院場所，可容納 200 個座位或 600 個站位。People's Pavilion 的所有材料與設備均由供應商、生廠商或恩荷芬(Eindhoven)當地居民租借而來，並且不使用如螺絲、鑽孔、粘膠或切鋸等組合方式，確保施工與拆解過程不會造成材料損毀。除了由回收塑料廢棄物再製的外牆彩色磁磚於拆解後贈送予居民以外，其他材料均在展覽結束後拆解歸還。

場館的結構由 12 支混凝土基樁及 19 個木構架建構而成，木料由鋼帶(steel straps)進行組合與增加強度，基樁與木構架之間則使用 350 個捆綁帶(tensioning straps)加以固定，以及使用已拆除舊大樓的鋼筋作為斜撐。由於沒有此類創新結構型式的前例，設計團隊與恩荷芬科技大學合作進行承重與抗風實驗測試，以確保其安全性能。本案為永續建築展示了新型的設計與營建方法。

表 2-22 荷蘭 People's Pavilion 實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	荷蘭 / 人民的場館 People's Pavilion
地點	Ketelhuisplein, Eindhoven, Netherlands
工程時間	2017 年 10 月 21 日至 29 日
建築面積	250m ²
建築規模	高 8m 的開放式建築
建築規劃設計理念及原則	不留下任何生態足跡的循環建築，思考建築物的生命週期以及營建方式，最終產生極少或不產生廢棄物。
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 可逆式結構設計 ● 租借材料：預鑄混凝土基樁、木樑、木墊與鋼墊、外牆磁磚、立面磁磚、電線與照明、玻璃屋頂、鬆緊束帶、塑膠廢棄物容器、塑料清潔/粉碎、教堂長椅、混凝土及木樑 ● 使用回收舊材：已拆除舊建築之鋼筋作為斜撐， ● 使用再生塑料磁磚 ● 不破壞材料的營建方式 ● 開放式空間設計

資料來源：bureau SLA 官網(<https://www.bureausla.nl/>)，本研究整理



圖 2-28 People's Pavilion 外觀照片

圖片來源：bureau SLA 官網，攝影：Filip Dujardin

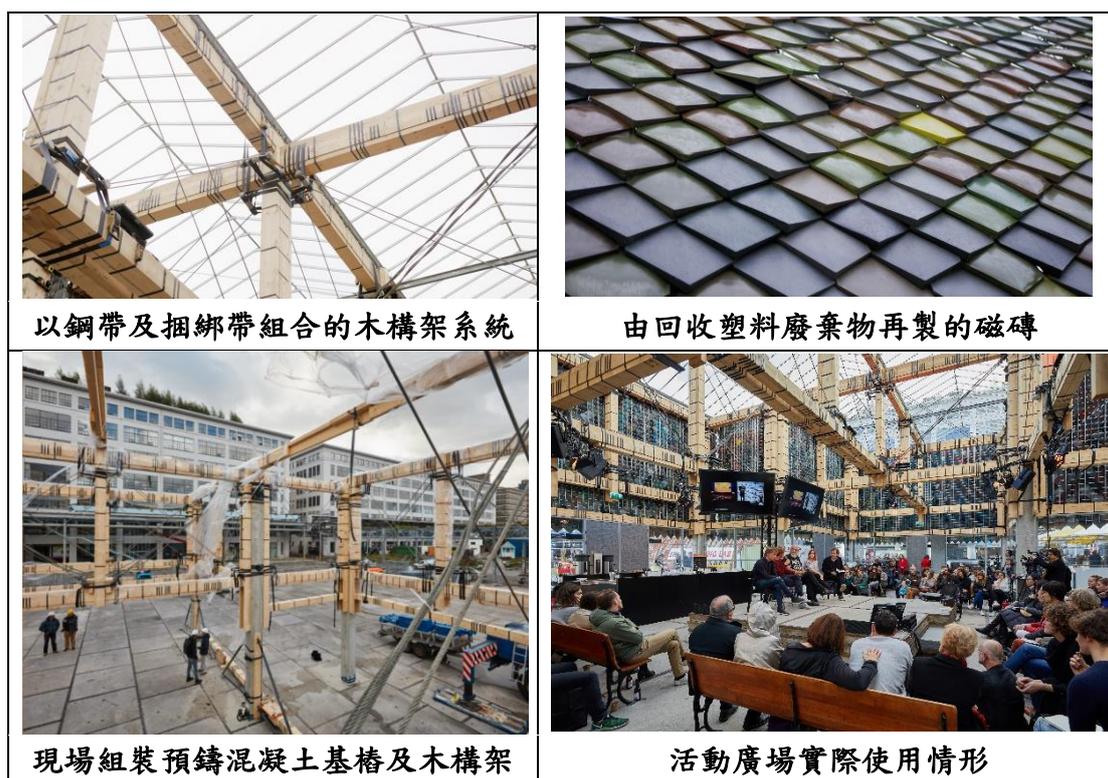


圖 2 25 People's Pavilion 部分循環策略

圖片來源：bureau SLA 官網，攝影：Jeroen van der Wielen

五、荷蘭 De Ceuvel

De Ceuvel 位於阿姆斯特丹北岸的老舊廢棄工業區 Buiksloterham，該地區為水岸再生地區，自 1980 年代產業沒落後棄置，且土壤因工業污染而有嚴重的重金屬物質殘留。2010 年，市政府為活絡地區都市再生舉辦一場以「永續、創新、低成本」為目標的公民競賽，最終由一組年輕企業家團隊成功取得廢棄船廠 Voldharding 地區的十年土地使用權，並獲得政府補助 400 萬歐元以實踐計畫。團隊於 2013 年開始動工興建，並於 2014 年開幕，以循環經濟為模型將廢棄船廠改造成現今聚集企業家和藝術家的 De Ceuvel 生活實驗社區。

社區內包括船屋社區 (De Ceuvel community)、咖啡廳 (Café De Ceuvel)、代謝實驗室 (Metabolic Lab)、出租空間和浮動酒店 (Hotel Asile Flottant)，並聯合水上浮動社區 Schoonschip 打造「清潔科技的遊樂場 (Cleantech Playground)」作為創新和創造力的實驗地。此外，在 2020 年 4 月至 10 月新冠肺炎流行期間，De Ceuvel 咖啡館完全關閉，並與當地基金會合作，作為接收難民的臨時庇護所。

表 2-23 荷蘭 De Ceuvel 實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	荷蘭 / De Ceuvel
地點	Klimopweg 150 Amsterdam 1032 HX Netherlands
工程時間	2013 年開工，2014 年開幕
基地面積	4470m ²
建築規模	共 16 艘陸上船屋、6 艘水上船屋、1 間咖啡廳
建築規劃設計理念及原則	以循環經濟模型設計園區內的資源及能源循環，結合生物循環、工業循環及能源循環，包含糧食自主、零污染、零廢物、再生能源、水循環、社區總體營造等策略。
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用回收建材 (金屬、木材、繫泊柱、船屋) ● 種植可吸收土壤污染物的植物 ● 種植可過濾社區廢水的植物 ● 船屋頂設置溫室、魚菜共生 ● 堆肥廁所 ● 廚餘及尿液回收，再生為有機堆肥和磷肥 ● 沼氣發電系統(2016-2019) ● 污水處理系統 ● 船體纖維隔熱(loose fill cellulose) ● 雨水、中水回收再利用 ● 屋頂太陽能板與地板輻射熱供暖系統 ● 設置天窗、導光管、LED 節能照明 ● 空氣熱泵：從外部空氣吸收熱量，使熱氣於船辦公室內循環 ● 使用無污染有機食物 ● 開放出租工作場所、活動和會議空間

資料來源：De Ceuvel 官網 (<https://deceuvel.nl/nl/>)，本研究整理

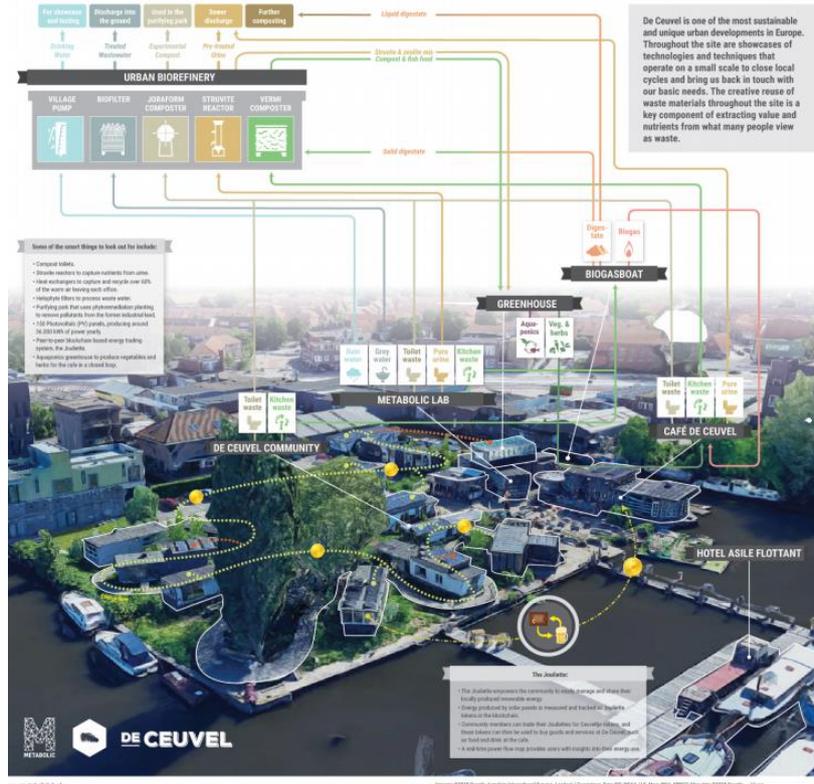


圖 2-29 De Ceuvel 社區廢物資源流示意圖

圖片來源：De Ceuvel 官網

六、德國「生命之樹」Moringa

「生命之樹」(Moringa，又稱辣木)位在德國易北河邊的漢堡港城(HafenCity)，受 C2C 設計概念啟發，建築所使用的建材及產品以可回收及安全無毒，材料可分別拆卸及重新使用，或可在環境中分解為目標。除材料循環以外，Moringa 同時致力於建築綠化、共享空間及社會性等循環策略。本案水平和垂直綠化面積大於建地面積，吸收碳的能力將彌補甚至大於其所產生的碳足跡，將為改善港口城市的氣候和空氣質量做出貢獻，並增加區域生物多樣性。此外，Moringa 將以共享公寓的形式開放租賃，其中 33% 的公寓將由政府補助弱勢及老人以優惠價格入住，達到社會公平性。

表 2-24 德國「生命之樹」實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	德國 / 生命之樹 Moringa
地點	Elbbrückenquartier, Baufeld 105, Hamburg
工程時間	預計 2024 年完工
基地面積	4740 m ²
建築規模	3 棟建築物，地上最多 12 層，1 層地下室；聯合辦公、餐飲、日託中心的住宅建築（共 190 套住宅單元）。

建築規劃設計理念及原則	德國第一座以 C2C「從搖籃到搖籃」理念建構的高層住宅建築，結合資源循環、可持續建築、健康、生態綠化及社會責任等面向，成為氣候友好型建築的典範。	
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 至少 50% 建材為健康的再循環材料 ● 可回收及安全無毒的建材及產品 ● 材料可分別拆卸及重新使用，或可在環境中分解 ● 建置建築循環護照 ● 模組化木材外牆結構可輕鬆拆卸、分離和回收 ● 智慧建築 ● 共享租賃公寓 	<ul style="list-style-type: none"> ● 獨立的小型風力發電和太陽能系統 ● 共享空間、辦公室、廚房、露臺、多功能空間、汽車停車位 ● 建築綠化：綠色庭院、屋頂花園及綠色外牆，增加區域生物多樣性 ● 地下停車場有 30% 為共享車專用車位，另外也設有 200 個自行車位

資料來源：Moringa 官網 (<https://moringa.eco/>)，本研究整理



圖 2-30 德國 Moringa 生命之樹示意圖

圖片來源：HAMBURGNEWS

七、德國 SKAIO

SKAIO 為目前德國最高的木結構住宅建築，高度達 34 米，主要由 FSC 認證的德國雲杉木材及鋼製骨架構成。本案使用膠合層壓木材於支撐、交叉層壓木材於天花板及非承重牆，地下室、1 樓及建築通道則以鋼筋混凝土打造，最終共使用了約 1280m³ 木材，相當於 1200 噸固碳量，另一方面，木材所需的建造時間相對較短，且大部分木材元件為預製，在現場進行組裝即可，大大縮短了專案進度。SKAIO 符合德國節能條例 EnEV 2014，並於 2019 年 8 月榮獲德國可持續建築委員會 (DGNB) 金牌證書，符合眾多可持續發展標準，更因其可持續性及出色的建築設計質量獲得 DGNB 鑽石獎。

表 2-25 德國 Skaio 實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	德國 / Skaio	
地點	Paula-Fuchs-Allee 2-4, 74076 Heilbronn	
工程時間	2018 年開工, 2019 年完工	
基地面積	750 m ² (總樓地板面積 5685 m ²)	
建築規模	一棟地上十層木質混合結構型住宅建築, 高度達 34m, 共 60 套出租住宅單元。	
建築規劃設計理念及原則	德國第一座木製高層建築, 根據搖籃到搖籃的認證進行規劃, 未來可進行拆除和重新使用, 為建築與生態質量的結合。	
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 預製在地木材, 並通過 PEFC 認證 (可持續林業質量認證) ● 可逆式天花板結構與隔音材料結合 ● 模組化預鑄浴室、地板 ● 共享屋頂花園露台、洗衣間、廚房 ● 中央風扇輔助排氣系統 ● 窗戶回風通風裝置 	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用安全健康之黏合劑、牆面塗料、矽樹脂 ● 材料可重複使用, 並易於更換或拆卸 ● 與其他建築共享內部庭院及地下停車場 ● 大量自行車停車位 ● 落地窗採光及地板採暖

資料來源：KADEN+LAGER 官網

(<http://www.kadenundlager.de/projects/skaio/>), 本研究整理

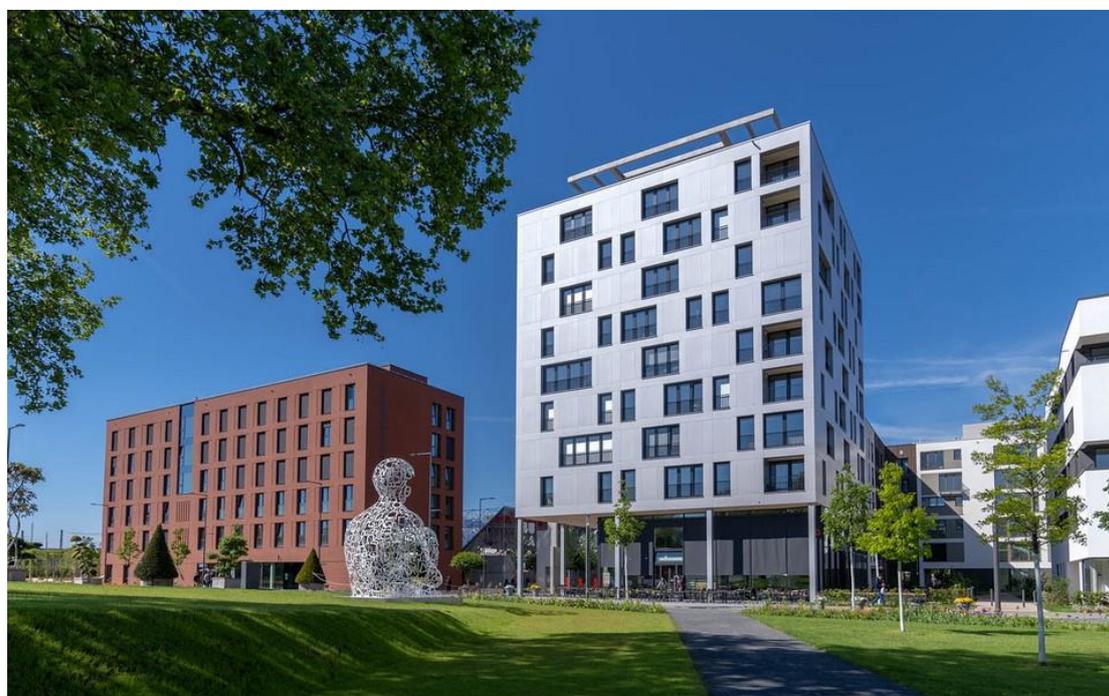


圖 2-31 德國 Skaio 木結構公寓

圖片來源：ZÜBLIN Timber 官網 (<https://www.zueblin-timber.com/>),

攝影：Häfele, Nagold

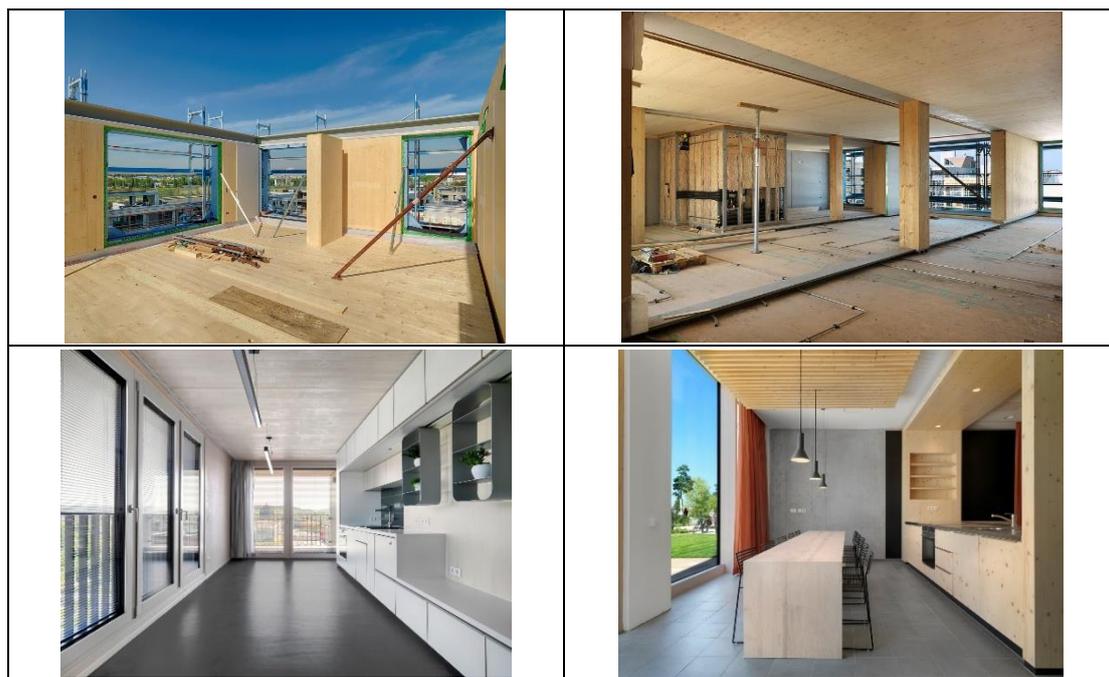


圖 2-32 德國 Skaio 木製公寓施工照(上圖)及完工照(下圖)

圖片來源：Bernd Borchardt

八、瑞士 Innovation For The Circular Economy (ICEhouse) 循環經濟創新屋

ICEhouse 是一種適應性強、可快速建造、拆卸和重複使用的建築，自 2016 年建構以來一直作為世界經濟論壇年會 (World Economic Forum's Annual Meeting) 的官方會議空間。如冰雪(Ice)生命短暫的涵意，在使用一周後，ICEhouse 將被拆卸並在其他地方重生。此臨時性會議空間旨在展示《從搖籃到搖籃：綠色經濟的設計提案》(Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things)一書中描述的“積極的設計框架”、循環經濟中資源再利用的理念，以及聯合國提出的永續發展目標。本案以簡易的開放空間結構系統和創新技術材料(聚合物、鋁和氣凝膠)建構而成，此結構系統可快速組裝、使用當地材料、可負擔並適應各種用途。

表 2-26 瑞士 ICEhouse 實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	瑞士 / (ICEhouse)
地點	Davos, Switzerland
工程時間	首次於 2016 年 1 月組裝完成
建築規模	90m ²
建築規劃設計理念及原則	使用創新材料和從搖籃到搖籃的設計原則來滿足社會、經濟和環境需求。
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 適應當地材料 ● 主要由鋁框架、聚碳酸酯板、氣凝膠隔熱材與方塊地毯製成，所有材料通過 C2C ● 開放空間結構系統 ● 使用 C2C 回收地毯 ● 以租代買 ● 使用具透光性、耐候性、高

	認證或評估認證中	隔熱節能、抗衝擊及 100% 可回收板材
	● 牆壁和屋頂結構組裝快速	
	● 可拆解設計	

資料來源：William McDonough+Partners 官網
(<https://mcdonoughpartners.com/projects/icehouse/>)，本研究整理

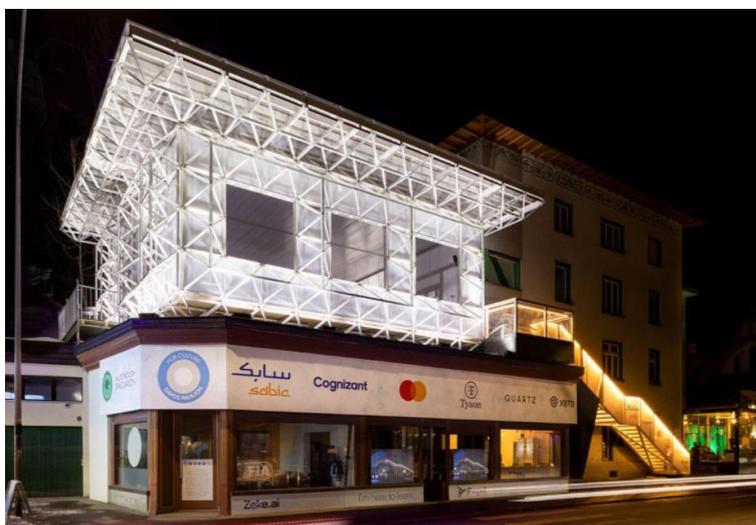


圖 2-33 ICEhouse 外觀

圖片來源：William McDonough+Partners 官網

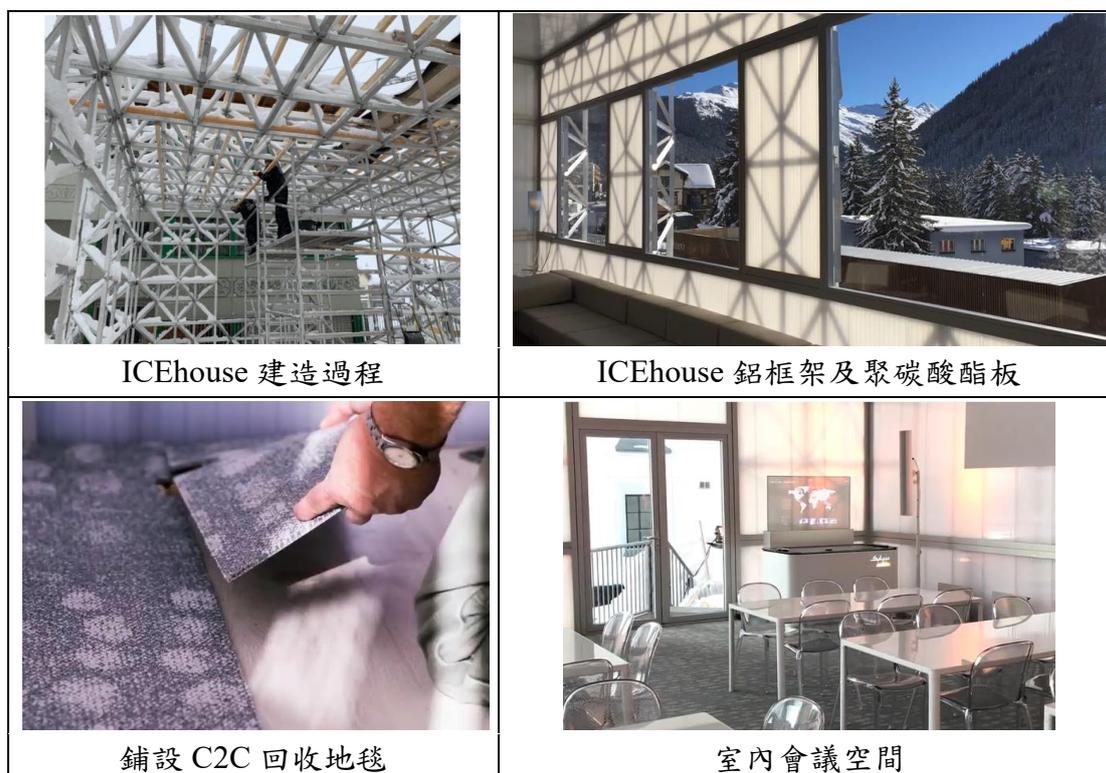


圖 2-34 ICEhouse 內部照片

圖片來源：William McDonough 官網(<https://mcdonough.com/>)、
World Green Building Council 官網(<https://www.worldgbc.org/>)

九、瑞士 Urban Mining & Recycling (UMAR)住宅單元

UMAR 為配有兩間浴室、一客廳與廚房的兩臥室公寓，位於瑞士杜本多夫(Dübendorf)的「瑞士聯邦材料科學與技術實驗室(Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Empa)」校園內「可持續建築技術的新發展 (Next Evolution in Sustainable Building Technologies, NEST)」研究大樓內部單位之一。NEST 的建築核心和懸臂地板可接受插件模塊，本專案僅利用兩台吊車及專業團隊人力，於 1 天內完成 UMAR 七個預製及模組化結構安裝。UMAR 的結構和材料可在拆除後重複使用、乾淨分離、回收或作堆肥，同時採可逆式連結模組、元件及管線，預計於 2023 年拆除後其材料可完整回收循環。

表 2-27 瑞士 UMAR 實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	瑞士 / Urban Mining & Recycling (UMAR)	
地點	Überlandstr. 129, 8600 Dübendorf, Switzerland	
工程時間	2017 年開工，2018 年啟用	
建築規模	一間配有兩間浴室、一客廳與廚房的兩臥室公寓	
建築規劃設計理念及原則	所有建材可重複使用、潔淨分離、回收或可利用，最大程度採用預製及模組化，僅使用可逆的乾式連接方法，並以臨時性移除及租借取代永久性購置與處置。	
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 栽培菌絲板和農業廢物製成新型保溫板 ● 不含砂漿牆面使用由廢棄物製成的再生磚 ● 黏土與麻製之乾牆板，可防水及濕度調節 ● 使用回收隔熱材料及麻製的可堆肥隔熱材料 ● 不易燃岩棉隔熱層，由可再生原料製的天然黏合劑製成，不添加甲醛 ● 室內牆面由回收飲料包裝紙再製成，防潮且不含揮發性有機化合物 ● 廚房檯面使用回收玻璃製成(無需添加黏合劑或施壓) ● 木材、鋁、銅等建材可被再使用及被潔淨分離 ● 使用舊材(黃銅門門) ● 租賃地毯、C2C 認證窗簾 ● 可回收供暖冷卻面板 	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用再生銅板 ● 支撐結構及大部分立面材料為未處理木材構成，可回收或作純生物堆肥 ● 浴室壁板聚乙烯材料為回收材料製成 ● 防曬百葉窗使用再生合成紗線製成 ● 立面玻璃無使用矽利康或膠水，僅以乾墊圈密封 ● 窗戶所有金屬零件為栓接管線及材料為可逆式連接，易於拆卸 ● 太陽能系統 ● 模組化及預製結構 ● 採用低能耗、可拆裝、可移動、未使用塗層及磁性燈具 ● 記錄並展示所有使用的材料及產品 ● 入口感應式燈具 ● 無染色陽極氧化鋁質外殼

資料來源：NEST-UMAR 官網 (<http://nest-umar.net/>)，本研究整理



圖 2-35 瑞士 NEST 的 UMAR 住宅單元(地上 3 樓)外觀
圖片來源：Zooney Braun , NEST-UMAR 官網

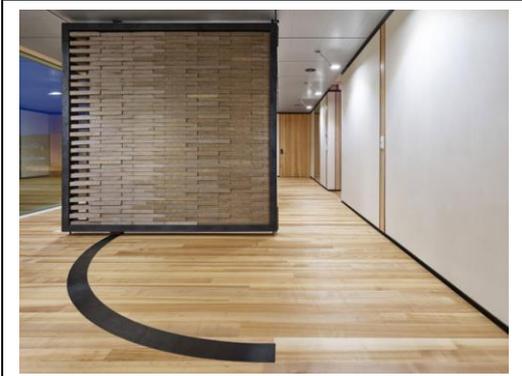
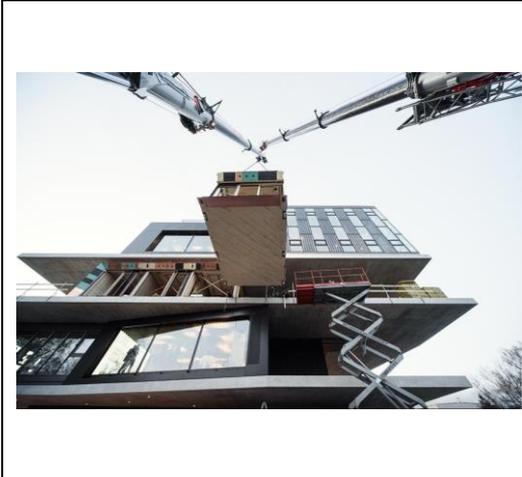
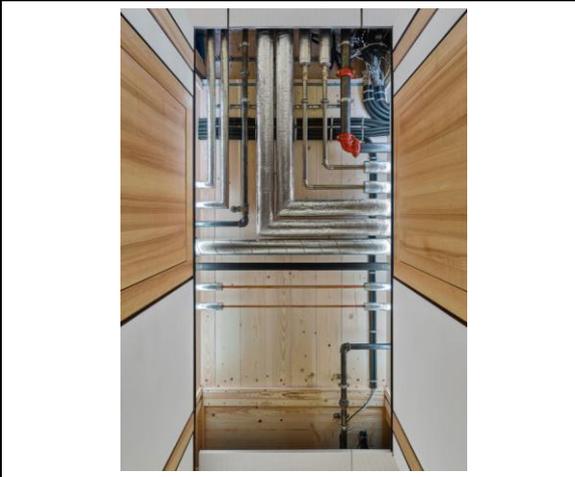
	
<p>旋轉牆面的磚塊由廢棄物礦物製成 (照片提供：Zooney Braun)</p>	<p>安裝衛浴模組 (照片提供：Wojciech Zawarski)</p>
	
<p>七個預製模塊安裝過程 (照片提供：Wojciech Zawarski)</p>	<p>可逆式連結管線 (模組化框架) (照片提供：Zooney Braun)</p>

圖 2-36 建造 UMAR 所使用之材料、技術及施工過程
圖片來源：NEST-UMAR 官網

十、丹麥 UN17 village

UN17 是一個將聯合國 17 個可持續發展目標(SDGs)作為建築設計藍圖的開發專案，利用可持續資源、循環經濟及廢棄物升級改造等方式為丹麥首都南部的 ØrestadSouth 提供 400 套新房屋，體現健康、社區、生物多樣性、材料、水、能源供應的可持續性。

UN17 將使用再生材料進行建造，展示在不影響質量、美觀及價格的前提下，將廢棄物作為資源實現可持續發展與增長相互支持；這些材料將於當地進行回收及加工，不僅創造了在地就業機會，並預計可減少 30-40% CO₂ 排放量。UN17 設計有 37 種住房類型，可容納 800 餘位居民，增強住居多元包容性和多樣性，另透過地熱、太陽能系統、水資源回收再利用、創建綠色區域、3000m² 的公共區域、溫室和屋頂花園種植水果和蔬菜等方式，自行生產潔淨能源與食物，以多面向促進健康的可持續生活。

表 2-28 丹麥 UN17 village 實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	丹麥 / UN17 village	
地點	Ørestad, Copenhagen, Denmark	
工程時間	2019 年開工，預計 2023 年完工	
基地面積	35024 m ²	
建築規模	五棟建築，提供 40-100 m ² 的 400 套出租房屋	
建築規劃設計理念及原則	創造世界上第一個將聯合國所有 17 個可持續發展目標(SDGs)轉化為實際行動的建築專案。	
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用再生混凝土、木材、玻璃 ● 100% 可再生能源 ● 地熱供暖及熱泵系統 ● 屋頂太陽能系統 ● 淨水處理及循環系統 ● 雨水收集措施 ● 房屋內部使用無毒且認證材料 ● 設置不同類型住宅、招待所、有機餐廳 	<ul style="list-style-type: none"> ● 研發新型混凝土材料減少碳排放量 ● 共享屋頂花園、會議中心、溫室、食物共享設施、社區廚房、工作區、雨水回收再利用之社區自助洗衣店、浴室(帶游泳池、健身房、水療和桑拿)、材料儲藏室以交換資源

資料來源：Lendager 官網 (<https://lendager.com/en/>)，本研究整理



圖 2-37 UN17 village 示意圖

圖片來源：Lendager 官網

十一、法國 Maison du Projet

Maison du Projet 是在 LaLainière'棕地上採用 C2C 方式建造的開發專案，部分空間採蜂窩狀結構形狀，其底層作為辦公室、浴室、廚房等空間，上層作為儲藏室、技術設備室使用；大廳則用於文化展覽與活動交流空間等，推廣循環經濟相關理念。

本案系統性地檢視建築物完整生命週期，從運用預製、模組化、可拆解的地基、結構和外牆，到不使用化學物質的材料、自然能源提供動力、不產生廢物的衛生系統及可移動式的彈性設計傢俱，均以循環經濟的原則建造可持續建築。此外，Maison du Projet 亦關注生物多樣性與景觀改善，大部分場地用於植被自然生長，於部分基地進行植物移植及修復，為改善土壤質量作出貢獻，並創建一個生態池用以調節水循環。

表 2-29 法國 Maison du Projet 實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	法國 / Maison du Projet
地點	151 Rue d'Oran, 59100 Roubaix, France
工程時間	2015 年開工、2016 年完工
基地面積	700m ²
建築規模	一棟地上一層木構造混合建築
建築規劃設計理念及原則	法國第一座 C2C 建築，採模組化、可逆式組裝及彈性設計，建築物所有元素在拆解後可重複使用或回收，整體都是循環可持續建築的一部分。
導入循環經濟發展理念	<ul style="list-style-type: none"> ● 採用木製系統，比傳統的混凝土碳足跡低 ● 可逆式金屬樁地基 ● 屋頂太陽能系統與生態鍋爐

<p>的應用手法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 預製結構，乾式施工組裝 ● 可逆式結構及組裝，可完全拆卸及移動 ● 屋頂收集雨水，依靠重力配水 ● 健康材料：排除 PVC，所有框架採用鋁製，立面聚碳酸酯不會釋放 VOC，保留未塗覆材料，使用天然未塗覆材料 ● 自然池作為生態多樣性及水循環調節 ● 基地土壤改善及植被修復 ● 大廳空間彈性使用用途 	<ul style="list-style-type: none"> ● (木質燃料顆粒) ● 夏季自然通風系統 ● 符合當前熱標準(RT 2012) ● 木框架牆、地板、屋頂、外牆，避免熱橋效應 ● 使用生物基材料（如防潮屋頂塗料） ● 由風和太陽能量驅動的乾式廁所，廁所廢物堆肥 ● 百葉窗防止直接日照 ● 使用二手傢俱 ● 所有傢俱為可移動式：大型樓梯、燈柱、充氣結構會議室、流理臺、更衣室等
--------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

資料來源：Cradle to Cradle 官網 (<https://c2c-buildings.net/projects/maison-du-projet-de-la-lainiere/>)，本研究整理



圖 2-38 Maison du Projet 建築外觀

圖片來源：archello





圖 2-39 Maison du Projet 設施

圖片來源：Cradle to Cradle 官網、archello

十二、法國 Cité du Grand Parc 波爾多大公園社會住宅改造

法國波爾多大公園社會住宅興建於 1960 年初期，擁有 4000 多套住宅，在翻新計畫的第一階段，排除了拆除其中三棟樓(G 棟、H 棟和 I 棟)共 590 套公寓，改以不對現有建築原結構、樓梯或地板進行重大干預基礎上，為每個公寓增加大型冬季花園和陽台空間，使平面延伸 3.8 米的深度，增加了公寓可用的靈活空間、自然採光和提高舒適度。

此次翻新還進行了深度能源改造，改善公寓電力、通風及少數內部設計。而改造期間居民無需搬遷，只需阻隔外牆空間；該專案透過特殊措施將原始的窗戶移除及處理受石棉污染的部分，將其改為通向冬季花園的大玻璃推拉門。由於採用預製模塊，每間公寓僅需 12-16 天即可完成改造(半天鋪設混凝土板、2 天改造舊立面、2 天設置新立面、8-12 天內飾裝修)。通過精確的清點、保留現有的質量及改善缺失，整修工程共花費 2800 萬歐元(約為新建計畫的一半)，集中預算使用於擴建和提高住房質量上，以顯著且可持續的方式為所有住宅提供了新的空間和居住質量，且於改造完成以後租戶租金也沒有增加。此專案樹立了社會住宅從過去經常被評為缺乏質量，轉變為慷慨、舒適及性能好的住

宅典範。

表 2-30 法國波爾多大公園社會住宅改造實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	法國 / Cité du Grand Parc 波爾多大公園社會住宅改造	
地點	Bordeaux, France	
工程時間	2014 年開工，2017 年完工	
基地面積	原樓地板面積 44,200m ² ，完工面積 67,500m ² 可使用面積從 35,500 m ² 提升至 59,565 m ²	
建築規模	三棟社會住宅，分別高 11 至 16 層，共 590 套公寓。	
建築規劃設計理念及原則	<p>尊重原有建築物和人民，永不拆除、永不捨棄或取代，只需增加、改造和再利用，以慷慨、經濟和可持續方式達到生態住宅品質的空間。</p> <p>可持續性的第一步是不要拆除壽命未結束的東西。</p>	
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 以增加、改造和再利用取代拆除和捨棄 ● 經濟高效利用，改建之材料與方法便宜及高效 ● 設置公寓冬季花園作為被動太陽能收集、增加靈活空間及自然採光，具溫度調節及節能效果 ● 預製鋼筋混凝土夾芯板及柱子 ● 將兩部舊電梯更新為一部大容量電梯，並在北面新增一部電梯 ● 能效提升 60% 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建築物北立面隔熱 ● 熱量回收通風裝置 ● 更新所有電氣裝置 ● 新設通道大廳 ● 改善大樓前的花園 ● 立面設置聚碳酸酯面板和鋁製框架玻璃，保護建築結構免於氣候損壞、潮濕和侵蝕 ● 反光的遮陽簾 ● 浴室電氣安裝 ● 居民無需搬遷，避免不便與浪費 ● 廚房窗戶更新

資料來源：Lacaton & Vassal 官網 (<https://www.lacatonvassal.com/>)，本研究整理

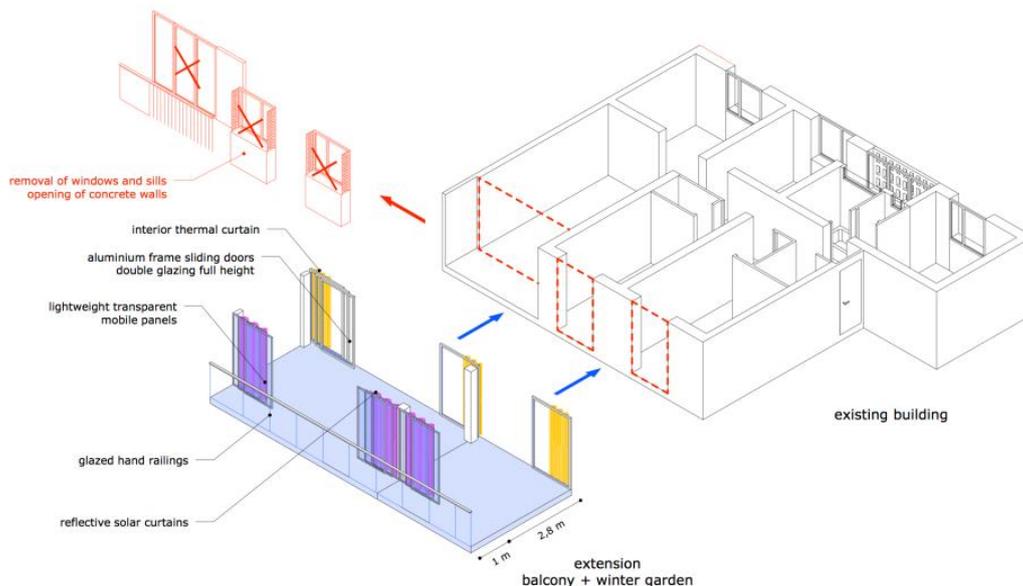


圖 2-40 波爾多大公園社會住宅擴建原則

圖片來源：Lacaton & Vassal, Druot, Hutin



圖 2-41 波爾多大公園社會住宅改造工程施工與完工照片

圖片來源：Lacaton & Vassal, 攝影：Philippe Ruault

十三、日本三井不動產と竹中工務店

日本宣布將在東京市中心建造日本最大、最高的租賃型辦公木造大樓「三井不動產と竹中工務店」，本專案由三井不動產公司及竹中工業株式會社共同打造，建材來源為三井不動產集團擁有的 SGEC 認證私人林場，並使用竹中工業株式會社研發的耐火集成材“Burning Enwood”作為主要構件，通過適當的維護可確保 75-90 年的耐用性。

“Burning Enwood”是一項獲得日本國土交通省大臣認證的防火結構的技術，獨特的防燃燒機制使得在發生火災時，其隔熱效果（燃燒餘量層）和吸熱效果（燃燒停止層）可保護樑柱（負載支撐元件）免受火熱的影響。兩家公司致力於國內森林資源的循環利用，實現森林資源和地方經濟的可持續性循環。此外，本案例透過開發新型技術減小牆的厚度、建築物重量、提高氣密性和隔熱性，降低加熱和冷卻成本，規劃取得日本國內最高等級節能效果，並特別針對 7 個聯合國可持續發展目標(目標 3、8、9、11、12、13 和 15)作出貢獻。

表 2-31 日本三井不動產と竹中工務店實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	日本 / 三井不動產と竹中工務店
地點	東京都中央区日本橋本町1丁目3番地
工程時間	預計 2023 年開工、2025 年完工
基地面積	約 2500 m ²
建築規模	一棟地上 17 層木質混合商業建築
建築規劃設計理念及原則	目前日本最大、最高的木製高層建築，積極利用三井房地產集團自有在地林木，引入竹中工務店研發的木製防火技術，力求建材自給自足，實現森林資源與地方經濟的可持續良性循環。
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ●使用三井房地產集團在地木材(循環材料)，並且通過 SGEC 認證，實施可持續森林管理 ●與同等規模的普通鋼結構辦公樓相比，預計施工過程減少約 20%二氧化碳排放量 ●租賃辦公樓 ●開發新型技術減小牆的厚度、建築物重量 ●提高氣密性和隔熱性，降低加熱和冷卻成本

資料來源：Nikkei 日本經濟新聞官網

(https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP540942_Z20C20A9000000/)，本研究整理

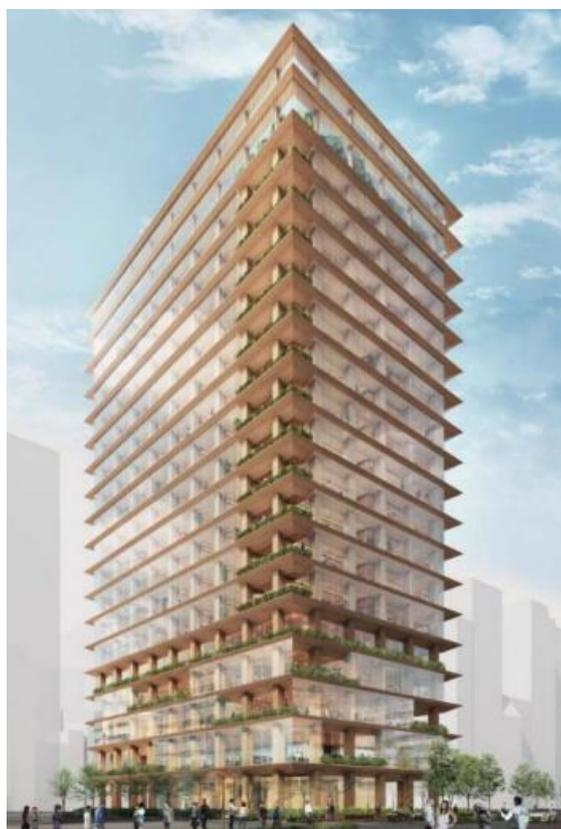


圖 2-42 三井不動產と竹中工務店建築示意圖

圖片來源：三井不動產

十四、日本釀酒廠 RISE & WIN Brewing Co. BBQ & General Store

本案位於有「零垃圾小鎮」之稱的日本德島縣上勝町，上勝町於2003年自主發起零廢棄物運動，廢除垃圾車體系，由居民自行將垃圾帶往回收中心，進行34種資源分類。釀酒廠為「上勝百貨店」轉型而成，提供在地精釀啤酒、美食、BBQ和在地商品，作為小鎮的聚會場所，也是小鎮零廢棄行動的體現。本案所有商品皆按重量出售，認為擺脫浪費的唯一方法是放棄在製造、分銷和銷售過程中添加到產品上的多餘包裝。

表 2-32 日本釀酒廠實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	日本 / RISE & WIN Brewing Co. BBQ & General Store	
地點	日本德島縣勝浦郡上勝町大字正木字平間 237-2	
工程時間	2015年5月開設	
建築規模	一層8公尺高建築	
建築規劃設計理念及原則	完全由回收材料建成，將零廢棄物理念融入3R (Reduce、Reuse、Recycle) 的形式中。	
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 舊建築物改造 ● 使用回收之舊門窗、傢俱、舊建築磚 ● 廢木頭製成架子和桌子 ● 當地生產的樹木廢料製成外牆 ● 所有商品按重量出售，避免過度包裝或食物浪費 ● 利用榨汁後柑橘果皮為啤酒調味 	<ul style="list-style-type: none"> ● 釀造啤酒過程產生的廢穀物重新用於糖果和麥片 ● 鹿皮和舊衣服製成制服及拼布地毯 ● 雙層結構窗材隔熱 ● 使用碳中和技術製成的暖氣 ● 使用當地食材 ● 空玻璃瓶組裝吊燈裝飾 ● 使用可回收瓶

資料來源：RISE & WIN 官網 (<https://www.kamikatz.jp/en/toppage.html>)，本研究整理



圖 2-43 RISE & WIN Brewing Co. BBQ & General Store 外觀與室內照

圖片來源：RISE & WIN 官網

十五、澳洲 Quay Quarter Tower

Quay Quarter Tower 前身為 1976 年建設的 AMP 商業辦公中心，共有 45 層，高度達 188m，由混凝土、玻璃和鋼製成，為 1977 年前悉尼最高的建築。新的 Quay Quarter Tower 升級改造 AMP 商業辦公中心，其設計高度 200m，共有 49 層，由 5 個獨立建築體堆疊形成；隨著建築物高度上升，建築北立面向東移動，最大限度發揮採光遮陽與景觀潛力。本案大規模使用循環設計原則，保留 66%既有的核心結構，經由擴建、改進和回收利用創造新的立面和建築機能，以及雙倍的樓地板面積。此外，本案規劃零售區出售的任何物品都不會進入垃圾掩埋，公共場所僅配置兩個用於可堆肥廢棄物的垃圾桶，加上落實容器存放計畫，可實現 100%垃圾填埋轉移和 100%回收率。

改造既有建築的挑戰在於未知的結構狀況和規劃協調，因為結構的狀況是未知的，而升級與回收方法需要開發商、建築師、工程師和建築商相互協調。然而翻新既有建築不僅有利於環境可持續性，透過利用現有基礎設施為現有資產和區域增值，可振興當地區域，並且減少城市擴張或蔓延的需求。本案不僅優化既有建築的能資源，達成與任何新建築相同的性能標準，通過改造減少施工時間和環境影響，減少約 8,000 噸碳排放，節省 1.3 億澳元，將成為未來改造高層建築的藍圖。

表 2-33 澳洲 Quay Quarter Tower 實踐循環經濟理念資料彙整表

國家/案例	澳洲 / Quay Quarter Tower
地點	AMP 50 Bridge St Sydney NSW 2000 Australia
工程時間	2018 年 4 月開工，預計 2022 年完工
基地面積	102,000m ²
建築規模	一棟 49 層商業建築
建築規劃設計理念及原則	盡可能保留既有建築以最大限度提高環境可持續性效益，保留現有結構的高度，避免給當地造成陰影並降低規劃過程的風險，透過改變生產和消費系統，成為完全可持續、零碳、零浪費的供應鏈。
導入循環經濟發展理念的應用手法	<ul style="list-style-type: none"> ● 翻新改造取代重建 ● 保留既有建築 66%的樑柱層 ● 回收再利用 50%既有建築資源 ● 開放式辦公室、彈性工作空間 ● 零售區和美食廣場將成為零廢棄物環境 ● 導入企業級無線和智能技術系統 ● 建築物元素可拆卸設計 ● 建築外型設計最大限度採光多模式露台 ● 組拆設計原則：中庭使用標準化鋼材及機械式接合 ● 高性能遮陽系統，提高採光和視野，同時減少眩光和太陽輻射，最大限度減少百葉窗需求，提高熱舒適度。 ● 開放式綠色花園、中庭

資料來源：Quay Quarter Sydney 官網

(<https://www.quayquartersydney.com.au/workplaces/quay-quarter-tower>)，本研究整理



圖 2-44 Quay Quarter Tower 改造設計（拆除左圖紅色區域，保留白色區域，核心新增四部電梯井，擴建綠色區域）

圖片來源：3XN(<https://3xn.com/project/quay-quarter-tower-2>)



圖 2-45 Quay Quarter Tower 設計外觀(左圖)與施工情形(右圖，2021 年 6 月)

圖片來源：Quay Quarter Sydney 官網及臉書

第三章 建築循環設計內涵與架構

第一節 循環設計內涵分析

本研究彙整 20 個國內外案例採用的循環設計手法，將各項循環設計依資源循環屬性初步區分為與建材材料、能源耗用、空間活化利用、水資源有效利用或生物質環境相關之應用手法，作為建立循環設計架構之參考。整理結果如表 3-1 所示。

表 3-1 國內外案例循環設計彙整

案例/ 設計手法	1.台糖沙崙智慧綠能循環住宅	2.南港機廠社會住宅	3.臺中花博荷蘭館
與建材材料 使用相關	<ul style="list-style-type: none"> • 模組化結構 • 彈性模組化隔間 • 預鑄 PC 外牆及中空樓板 • 明管配置(空調設備、給排水衛生管路) • 電氣通信線路開放式設計 • 使用再生建材(高性能混凝土、高爐水泥) • 使用循環建材、無毒建材 • BIM 建置建材護照，建構建材銀行 • 以租代買(燈具、衛浴、電梯、廚餘回收機) • 修繕工坊 	<ul style="list-style-type: none"> • 模組化系統：輕隔間、電力匯流排系統(增加安全及易保養性)、FRP 水箱、可拆卸式衣櫃 • 預鑄外牆及樓梯、預鑄和模組化結構 • 耐久性設計：結構體使用耐震建築結構用鋼板、部分預鑄設計 • 輕量化設計：鋼樑、輕隔間、SRC 強化柱 • 減量設計：定尺再生電弧爐鋼筋 • 使用再生建材(定尺再生電弧爐鋼筋、綠色水泥、卜作嵐膠結材) • 再生材料鋪面及回收再製裝飾品 • 可再生空隙式跑道 • BIM 建置建材護照 • 租賃傢俱設備(工務所、公共傢俱、整套廚具、太陽能發電設備、綠能電動車) 	<ul style="list-style-type: none"> • 模組化強化輕鋼結構、鋁合金結構、隔熱亚克力板、樓梯扶手 • 鋼構以鎖固取代焊接 • 木材榫接取代釘合 • 回收塑料與廢棄木屑製成環保塑木；廢棄飲料包裝製成展板；回收尼龍製之地毯，並可回收再利用；工業廢紙與廢木屑製成伸縮活動沙發；模組化可拆解鋁件加上回收塑膠製成合作掛牌 • 廢棄物拼制裝飾物、廢棄物再利用 • 使用閒置木料用於室內地板、傢俱與拉門，並於拆除後作為下一建築使用 • 保護鋼材的零污染粉體塗料，其剩料回收使用率達 9 成 • 保存基礎六個部位的混凝土 • BIM 建置建材護照，記錄並公開建材資訊 • 租賃設備：塑木、燈具、太陽能板、氣動梭電梯、植栽、爬藤網
與能源耗 用相關	<ul style="list-style-type: none"> • 高功率燈具及 LED 燈具 • 空調熱泵應用與太陽能熱水器 • 再生能源系統 	<ul style="list-style-type: none"> • 外殼系統符合綠建築節能設計、屋頂隔熱 • 開窗處遮陽裝置 • 節能燈具 • 電力回生電梯 • 太陽能供電系統 	<ul style="list-style-type: none"> • 屋頂防水隔熱漆 • 天花板塗佈珪藻土塗料 • 屋頂太陽能板和蓄電池 • 智慧照明：可隨意選擇亮度、顏色，連網遠端遙控，省電
與空間活 化利用相 關	<ul style="list-style-type: none"> • 共享公共洗衣間、辦公室、互動階梯、多功能展演廳 • 住宅店鋪單位只租不賣 	<ul style="list-style-type: none"> • 住宅多用途使用方式 • 共享：公共洗衣間、交通工具、停車場、辦公室、活力跑道、多功能活動中心 • 住宅單位只租不賣 	
與水資源 有效利用 相關	<ul style="list-style-type: none"> • 雨水中水回收 • 採用省水器材 	<ul style="list-style-type: none"> • 雨水、中水回收 • 雨撲滿、水貯留利用系統 • 採用省水器具 	<ul style="list-style-type: none"> • 水池儲存屋頂排水及雨水，再利用於澆灌
與生物質 環境相 關	<ul style="list-style-type: none"> • 魚菜共生、都市養蜂、空中花園、中庭及屋頂農園 • 生態淨化水道、生態池 • 廚餘回收堆肥；黑水虻廚餘分解；落葉、落果及除草堆肥 • 農夫市集 	<ul style="list-style-type: none"> • 採用綠建材、可分解材料 • 屋頂農園、空中花園 • 綠化公園 	<ul style="list-style-type: none"> • 藏種於農，選用最適應在地氣候環境的作物品種 • 打造可食地景，栽種當季蔬菜，永續糧食生產 • 水耕蔬菜池、魚菜共生池

資料來源：本研究整理

表 3-1 國內外案例循環設計彙整 (2/6)

案例/ 設計手法	4.高雄學府循環住宅	5.QurE「移動式緊急部署檢疫醫院原型設計」	6.荷蘭 Park 20 20
與建材材料 使用相關	<ul style="list-style-type: none"> •模矩化住宿單元(工法系統) •預製整體衛浴 •可拆卸組裝式欄杆及格柵 •建築物使用手冊 •輕量化、模組化乾式外牆 •設備管路採明管系統，電氣通信線路開放式設計 •室外地坪多採用再生透水建材 •回收再製街道傢俱 •使用回收再生建材、綠建材 •建置建材銀行 •租賃模組化傢俱（可拆卸重組增建），與合作廠商建立建材循環機制 •租賃照明與空調系統 •資源回收分類空間 	<ul style="list-style-type: none"> •可逆式組拆設計，模矩化構架及組件，現場以螺絲方式組裝 •斜屋頂具備設備管線擴充空間 •基地架高防止淹水與潮濕，並作為管線通道 •預鑄式整體衛浴 •預鑄C型鋼輕骨料 •建設成本低，現場組裝快速 •活動設備彈性配置，移動式發電機、水箱與污水處理設備 •設備元件以租代買 	<ul style="list-style-type: none"> •易拆卸設計，建築元件都可拆卸再運用，如天花板及地板 •所有建物使用可回收建材 •C2C 認證產品：玻璃、木製材料、苔蘚綠屋頂草皮、外觀絕緣材料、磚塊、地毯、木質地板、系統牆面、植物牆面、地板及磁磚、LED 光導管系統 •建材追蹤資料系統(材料護照) •材料銀行 •租賃建材、照明及電梯設備 •園區所有建築物廢棄物集中運輸管理
與能源耗用 相關	<ul style="list-style-type: none"> •留設通風採光天井 •設置垂直遮陽板 •屋頂薄層綠化與防水隔熱層 •停車場設置 CO2 濃度感測器控制排氣風機 •採用節能設備，如 T5 燈具、泵浦、空調主機 •智慧照明控制及熱感應式開關控制燈具 •屋頂設置太陽能光電板，太陽能熱水器應用 •設置耗能監控 	<ul style="list-style-type: none"> •節能且高使用效率的設計 •預鑄保溫氣密牆板 •所有牆及門窗達氣密標準 •自然採光窗 •斜屋頂通風散熱 •基地架高隔熱 •雙層屋頂耐候性佳和隔熱 •當地易取得的標準規格材料 •LED 照明設備 •設置太陽能板 	<ul style="list-style-type: none"> •建築被動式節能設計 •建築外牆隔熱保溫系統 •高效能 LED 照明、日光調節感應器 •園區所有建築物都可連結可再生能源、中央冷熱儲存裝置 •太陽能系統及綠能網絡 •綠色廢棄物產生沼氣提供動力及熱能
與空間活化 利用相關	<ul style="list-style-type: none"> •空間彈性運用 •社區共享設施 		<ul style="list-style-type: none"> •共享會議室、電影院、停車場
與水資源有效 利用相關	<ul style="list-style-type: none"> •雨水回收再利用系統 •採用省水器材 		<ul style="list-style-type: none"> •雨水儲存系統 •園區所有建築物都可連結水資源處理系統 •廢水過濾淨化再利用
與生物質環境 相關	<ul style="list-style-type: none"> •使用生態塗料、生態接著劑 •設置綠屋頂，並以回收水灌溉 •露台、屋頂與跳層平台垂直綠化 		<ul style="list-style-type: none"> •溫室及都市農園,農作物優先提供園內餐廳使用 •生態池、綠色植生牆、綠色廊道

資料來源：本研究整理

表 3-1 國內外案例循環設計彙整 (3/6)

案例/ 設計手法	7.荷蘭 ABN AMRO CIRCL	8.荷蘭 City Hall Venlo	9.荷蘭 People's Pavilion
與建材材料 使用相關	<ul style="list-style-type: none"> •建築外牆彈性設計，由 C2C 認證的植栽模組覆蓋，可重新安裝 •建材長壽設計 •回收鋼線製成圍欄的鋼線網在木質表面上安裝可拆卸式屋頂 •使用二手消防水帶櫃 •地下室牆面的材料為舊窗框 •電纜管道取自其他建築 •剩餘木材製成鑲木地板及欄杆 •可回收鋁和金屬網製成活動牆 •C2C 認證熱塑性地板鋪面 •塗灰泥牆壁和毛氈由舊工作服製成 •天花板的絕緣材料由舊牛仔褲製成 •通風管道使用可持續紡織品完成 •使用高價值素材（金屬） •建築材料護照與建築資訊模型（BIM）連結 •原材料和產品性能追蹤：物聯網（IoT）與區塊鏈 •租用復古傢俱、租賃電梯 •共享平台租用施工階段使用的大型機具 	<ul style="list-style-type: none"> •採用可逆式接合工法：卡榫、木釘或天然黏著劑 •禁止使用油漆和膠水 •使用 C2C 認證建材與傢俱，如辦公椅、地板、橡膠木傢俱、磁磚、模組化垂直綠牆、無瀝青之生物基屋頂防水隔熱膜、隔熱安全夾層玻璃牆等等 •為所有使用的原材料和零件建置材料護照 •以租代買採購建材 •廢棄物分類管理 	<ul style="list-style-type: none"> •可逆式結構設計 •不破壞材料的營建方式 •使用再生塑料磁磚 •使用回收舊材：已拆除舊建築之鋼筋作為斜撐， •租借材料：預鑄混凝土基樁、木樑、木墊與鋼墊、外牆磁磚、立面材料、電線與照明、玻璃屋頂、鬆緊束帶、塑膠廢棄物容器、塑料清潔/粉碎、教堂長椅、混凝土及木樑
與能源耗用 相關	<ul style="list-style-type: none"> •建築被動式節能設計 •使用在地材料 •停車場再生熱能 •節能措施：幾乎所有照明設施和其他設備使用直流電(DC)、天花板和地板使用 PCM 蓄熱電池節省一半能源消耗 •水平和垂直地熱熱交換器系統 •再生能源(太陽能電板、實驗性太陽能鍋爐) •當地設計和製造的高效率及耐久太陽能電板 	<ul style="list-style-type: none"> •太陽能煙囪促進自然通風，根據季節調節溫度 •結構空間設計打造自然通風 •自然採光減少照明需求 •LED 照明系統 •太陽能板與熱能儲存系統 •地熱熱泵、水冷裝置 •電動車充電系統 •低於適用的建築能源護照(EPC) 50% 	<ul style="list-style-type: none"> •採用低碳建材
與空間活化 利用相關	<ul style="list-style-type: none"> •地下室的會議及工作空間開放民眾預約租用 •一樓的活動空間舉辦公開展覽、演講、和工作坊 •提供傢俱廠商儲存和展示空間 	<ul style="list-style-type: none"> •630 個彈性工作空間可提供 900 位人員使用 	<ul style="list-style-type: none"> •開放式空間設計
與水資源有 效利用相關		<ul style="list-style-type: none"> •雨水、中水收集再利用 •植物過濾系統淨化雨水和中水，過濾後的水再作為沖廁使用 	
與生物質環 境相關	<ul style="list-style-type: none"> •使用自然素材(竹子、木材)、綠建材 •屋頂花園和地面花園設有儲水設施及永久性植栽 •附設餐廳僅購買當地時令食材 	<ul style="list-style-type: none"> •設置生物棲息空間 •室內與建築立面垂直植生牆，具過濾空氣、隔熱與隔音效果 •空中花園兼溫室，可過濾空氣並調節室內溫度 •設置有機廚房 	

資料來源：本研究整理

表 3-1 國內外案例循環設計彙整 (4/6)

案例/ 設計手法	10.荷蘭 De Ceuvel	11.德國 Moringa	12.德國 Skaio	13.瑞士 Innovation For The Circular Economy (ICEhouse)
與建材材料 使用相關	<ul style="list-style-type: none"> •使用回收建材（金屬、木材、繫泊柱、船屋） 	<ul style="list-style-type: none"> •模組化木材外牆結構可輕鬆拆卸、分離和回收 •材料可分別拆卸及重新使用 •至少 50%建材為健康的再循環材料 •可回收及安全無毒的建材及產品 •建置建築循環護照 	<ul style="list-style-type: none"> •模組化預鑄浴室、地板 •可逆式天花板結構與隔音材料結合 •材料可重複使用，並易於更換或拆卸 •預製在地木材 	<ul style="list-style-type: none"> •可拆解設計 •牆壁和屋頂結構組裝快速 •主要由鋁框架、聚碳酸酯板、氣凝膠隔熱材與方塊地毯製成，所有材料通過 C2C 認證或評估認證中 •使用 C2C 回收地毯 •使用抗衝擊及 100%可回收板材 •以租代買
與能源耗用 相關	<ul style="list-style-type: none"> •船體纖維隔熱(loose fill cellulose) •設置天窗、導光管、LED 節能照明 •空氣熱泵：從外部空氣吸收熱量，使熱氣於船辦公室內循環 •屋頂太陽能板與地板輻射熱供暖系統 •沼氣發電系統(2016-2019) 	<ul style="list-style-type: none"> •獨立的小型風力發電和太陽能系統 •智慧建築 	<ul style="list-style-type: none"> •中央風扇輔助排氣系統 •窗戶回風通風裝置 •落地窗採光及地板採暖 •使用在地木材 	<ul style="list-style-type: none"> •適當地材料 •使用具透光性、耐候性、高隔熱節能板材
與空間活化 利用相關	<ul style="list-style-type: none"> •開放出租工作場所、活動和會議空間 	<ul style="list-style-type: none"> •共享租賃公寓 •共享空間、辦公室、廚房、露臺、多功能空間、汽車停車位 •地下停車場有 30%為共享車專用車位，另外設有 200 個自行車位 	<ul style="list-style-type: none"> •共享屋頂花園露台、洗衣間、廚房 •與其他建築共享內部庭院及地下停車場 •大量自行車停車位 	<ul style="list-style-type: none"> •開放空間結構系統
與水資源有 效利用相關	<ul style="list-style-type: none"> •雨水、中水回收再利用 •污水處理系統 •種植可過濾社區廢水的植物 			
與生物質環 境相關	<ul style="list-style-type: none"> •船屋頂設置溫室、魚菜共生 •種植可吸收土壤污染物的植物 •廚餘及尿液回收，再生為有機堆肥和磷肥 •堆肥廁所 •使用無污染有機食物 	<ul style="list-style-type: none"> •材料可在環境中分解 •綠色庭院、屋頂花園及綠色外牆 	<ul style="list-style-type: none"> •使用安全健康之黏合劑、牆面塗料、矽樹脂 •木材通過 PEFC 認證(可持續林業質量認證) 	

資料來源：本研究整理

表 3-1 國內外案例循環設計彙整 (5/6)

案例/ 設計手法	14 瑞士 Urban Mining & Recycling (UMAR)	15 丹麥 UN17 village	16 法國 / Maison du Projet
與建材材料 使用相關	<ul style="list-style-type: none"> • 模組化及預製結構 • 管線及材料為可逆式連接，易於拆卸 • 窗戶所有金屬零件為栓接 • 使用再生材料：再生銅板；栽培菌絲板和農業廢物製成新型保溫板；不含砂漿牆面使用由廢棄物製成的再生磚；回收隔熱材料；浴室壁板聚乙烯材料為回收材料製成；防曬百葉窗使用再生合成紗線製成；廚房檯面使用回收玻璃製成(無需添加黏合劑或施壓)；室內牆面由回收飲料包裝紙再製成，防潮且不含揮發性有機化合物 • 不易燃岩棉隔熱層，由可再生原料製的天然黏合劑製成，不添加甲醛 • 木材、鋁、銅等建材可被再使用及被潔淨分離 • 可回收供暖冷卻面板 • 無染色陽極氧化鋁質外殼 • 採用可拆裝、可移動、未使用塗層及磁性燈具 • 立面玻璃無使用矽利康或膠水，僅以乾墊圈密封 • 使用舊材(黃銅門門) • 記錄並展示所有使用的材料及產品 • 租賃地毯、C2C 認證窗簾 	<ul style="list-style-type: none"> • 使用再生混凝土、木材、玻璃 • 房屋內部使用無毒且認證材料 • 設置材料儲藏室以交換資源 	<ul style="list-style-type: none"> • 可逆式結構及組裝，可完全拆卸及移動 • 可逆式金屬樁地基 • 預製結構，乾式施工組裝 • 健康材料：排除 PVC，所有框架採用鋁製，立面聚碳酸酯不會釋放 VOC，保留未塗覆材料，使用天然未塗覆材料 • 使用二手傢俱 • 所有傢俱為可移動式：大型樓梯、燈柱、充氣結構會議室、流理臺、更衣室等
與能源耗用 相關	<ul style="list-style-type: none"> • 防曬百葉窗 • 太陽能系統 • 採用低能耗燈具、入口感應式燈具 	<ul style="list-style-type: none"> • 研發新型混凝土材料減少碳排放量 • 100%可再生能源 • 屋頂太陽能系統 • 地熱供暖及熱泵系統 	<ul style="list-style-type: none"> • 符合當前熱標準(RT 2012) • 木框架牆、地板、屋頂、外牆，避免熱橋效應 • 夏季自然通風系統 • 百葉窗防止直接日照 • 採用木製系統，比傳統的混凝土碳足跡低 • 屋頂太陽能系統與生態鍋爐(木質燃料顆粒)
與空間活化 利用相關		<ul style="list-style-type: none"> • 設置不同類型住宅、招待所 • 共享會議中心、社區廚房、工作區、浴室(帶游泳池、健身房、水療和桑拿)、食物共享設施 	<ul style="list-style-type: none"> • 大廳空間彈性使用用途
與水資源有 效利用相關		<ul style="list-style-type: none"> • 淨水處理及循環系統 • 雨水收集措施 • 雨水回收再利用之社區自助洗衣店 	<ul style="list-style-type: none"> • 屋頂收集雨水，依靠重力配水 • 自然池水循環調節
與生物質環 境相關	<ul style="list-style-type: none"> • 支撐結構及大部分立面材料為未處理木材構成，可回收或作純生物堆肥 • 使用麻製可堆肥隔熱材料 • 黏土與麻製之乾牆板，可防水及濕度調節 	<ul style="list-style-type: none"> • 共享屋頂花園、溫室 • 設置有機餐廳 	<ul style="list-style-type: none"> • 使用生物基材料(如防潮屋頂塗料) • 自然池 • 基地土壤改善及植被修復 • 由風和太陽能量驅動的乾式廁所，廁所廢物堆肥

資料來源：本研究整理

表 3-1 國內外案例循環設計彙整 (6/6)

案例/ 設計手法	17.法國 Cité du Grand Parc 社會住宅改造	18.日本三井不動產 と竹中工務店	19.日本 RISE & WIN Brewing Co. BBQ & General Store	20.澳洲 Quay Quarter Tower
與建材材料 使用相關	<ul style="list-style-type: none"> 預製鋼筋混凝土夾芯板及柱子 經濟高效利用，改建之材料與方法便宜及高效 居民無需搬遷，避免不便與浪費 	<ul style="list-style-type: none"> 開發新型技術减小牆的厚度、建築物重量 使用三井房地產集團在地木材(循環材料)，並且通過SGEC 認證，實施可持續森林管理 	<ul style="list-style-type: none"> 所有商品按重量出售，避免過度包裝或食物浪費 廢木頭製成架子和桌子 使用回收之舊門窗、傢俱、舊建築磚 利用榨汁後柑橘果皮為啤酒調味 釀造啤酒過程產生的廢穀物重新用於糖果和麥片 鹿皮和舊衣服製成制服及拼布地毯 空玻璃瓶組裝吊燈裝飾 使用可回收瓶 	<ul style="list-style-type: none"> 建築物元素可拆卸設計 組拆設計原則：中庭使用標準化鋼材及機械式接合 易拆卸地板 保留既有建築 66%的樑柱層板，95%的隔間牆 回收再利用 50%既有建築資源 零售區和美食廣場將成為零廢棄物環境
與能源耗用 相關	<ul style="list-style-type: none"> 設置公寓冬季花園作為被動太陽能收集、增加靈活空間及自然採光，具溫度調節及節能效果 建築物北立面隔熱 立面設置聚碳酸酯面板和鋁製框架玻璃，保護建築結構免於氣候損壞、潮濕和侵蝕 廚房窗戶更新 熱量回收通風裝置 反光的遮陽簾 更新所有電氣裝置 浴室電氣安裝 將兩部舊電梯更新為一部大容量電梯，並在北面新增一部電梯 能效提升 60% 	<ul style="list-style-type: none"> 提高氣密性和隔熱性，降低加熱和冷卻成本 與同等規模的普通鋼結構辦公樓相比，預計施工過程減少約 20%二氧化碳排放量 	<ul style="list-style-type: none"> 雙層結構窗材隔熱 使用碳中和技術製成的暖氣 當地生產的樹木廢料製成外牆 	<ul style="list-style-type: none"> 建築外型設計最大限度採光 高性能遮陽系統，提高採光和視野，同時減少眩光和太陽輻射，最大限度減少百葉窗需求，提高熱舒適度。 導入企業級無線和智能技術系統
與空間活化 利用相關	<ul style="list-style-type: none"> 以增加、改造和再利用取代拆除和捨棄 新設通道大廳 	<ul style="list-style-type: none"> 租賃辦公樓 	<ul style="list-style-type: none"> 舊建築物改造 	<ul style="list-style-type: none"> 翻新改造取代重建 開放式辦公室、彈性工作空間 多模式露台
與生物質環 境相關	<ul style="list-style-type: none"> 改善大樓前的花園 		<ul style="list-style-type: none"> 使用當地食材 	<ul style="list-style-type: none"> 開放式綠色花園、中庭

資料來源：本研究整理

此外，本研究亦由各篇文獻中，將與建材材料、能源耗用、空間活化利用、水資源有效利用或生物質環境相關的循環策略理念和原則進行彙整(表 3-2)，例如與建材材料循環相關之策略涵蓋建築設計、材料選擇、營建技術、使用維護及拆除回收等面向，供產業相關人員參考。

表 3-2 國內外文獻建築循環策略和原則彙整表

策略分類	循環策略和原則
與建材材料使用相關	<ul style="list-style-type: none"> • 導入可逆式建築設計，實行 2020 年發佈之土木工程與建築物永續性 ISO:20887 拆解設計與調適性原則(Design for Disassembly and Adaptability(DfD/A))。 • 增加耐久性的易維護、維修、更新、拆解再利用或復原的設計。 • 減少土地發展面積及減量設計。 • 易拆解的營建技術，包含元件組裝順序與連接方式；以現代技術整合傳統與歷史建築建構方法與材料，提升材料分離能力，避免無法被復原的接合方式。 • 指導及訓練施工人員相關技術，整合拆解技術至學徒機制中。 • 使用能增進建築物耐久性、調適性及材料彈性應用的營建技術，如工業化預製及模組化系統、3D 打印技術。 • 提供有關建築物及設施設備的使用者指南，包含安裝、使用及維護建築物及配件的資訊與指導。 • 建立產品耐久性能的驗證機制。 • 建立建築循環度評估與融資獎勵制度。 • 依據當地環境使用品質佳及耐侯性產品。 • 減少使用天然資源或稀缺材料，採用再生材料、在地材料、舊建築物元件。 • 使用循環材料，包含可回收或具再利用潛力的材料及產品、可再生在地材料、生物基材料。 • 保存、更新和分享詳細的產品、材料與設計資訊。 • 確保良好的產品資訊追溯系統，建立材料履歷及建築護照。 • 減少材料使用量體、種類及複雜性。 • 避免毒性材料及污染。 • 增加檢修頻率，使用 AIoT 監控設備即時反映建築物運行狀態。 • 選擇維修產品取代更換。 • 制定及推廣材料恢復及再利用方案，避免使用無法解離的複合材料或不具恢復潛力的材料。 • 提供元件後續再利用的處理服務，創建跨區市集或平台。

策略分類	循環策略和原則
	<ul style="list-style-type: none"> • 設備產品以租代買模式。 • 在建築物內或附近，與其他公司/團體合作進行聯合物料流管理。 • 提供拆除建築物及配件的資訊與指導。 • 發展地方性回收循環系統。 • 訂定粒料回收指南，並於基地進行廢棄物分類作業，確保具回收潛力的材料可被導入循環。 • 建立拆除前稽核作業，或廢棄物管理稽核，並針對毒性物質進行安全處置。
與能源耗用相關	<ul style="list-style-type: none"> • 使用最少能源消耗的營建過程。 • 發展低衝擊工法、低碳工法。 • 能源回收再利用。 • 採用節能設備及智慧技術。 • 應用可再生能源、能源電網系統。
與空間活化利用相關	<ul style="list-style-type: none"> • 增加調適性的多功能性、被動式、彈性與合作導向設計。 • 以補強/翻新改造取代拆除，延長既有建築物壽命。 • 如在使用階段改變建築物使用用途，應登載相關資訊於建築物日誌中。 • 提供互動場所，提供與他人進行技術或服務交流的永久或常規空間。 • 推廣及發展多元居住空間。 • 推進創新租賃模式共享空間和便利設施。
與水資源有效利用相關	<ul style="list-style-type: none"> • 設置雨水處理系統、節水或無水設施。 • 水資源回收再利用。
與生物質環境相關	<ul style="list-style-type: none"> • 避免減少生物多樣性的設計。 • 棕地發展：改善並適當處置受污染土地的土壤及沉積物。 • 綠色廢棄物堆肥。

資料來源：本研究整理

第二節 循環設計五大循環

建築營建產業的利益相關者衆，包含建築物業主及使用者、設計團隊（建築師、工程師及設計人員等）、營造廠商、製造商、拆除公司/團隊、投資人、發展商及保險業者、政府及地方管理部門等，本研究由設計團隊的角度探討建築規劃設計導入循環經濟發展理念的內涵，依據國內外文獻及實務案例規劃設計導入循環經濟理念之應用手法，歸納整理出「建築循環設計」架構(圖 3-1)。此架構包含「物料循環」、「能源循環」、「空間循環」、「水循環」及「生物循環」五大循環系統，同時羅列出可在各資源循環系統中導入的循環設計項目。此外，將涉及建築結構主體的循環設計項目以「建築軀體」作分類，如材料選用與系統設計等項目；另將建築主體以外延伸的範疇以「環境空間營造」加以區分，例如建築環境改善和設施設備選用等項目。



圖 3-1 建築循環設計架構

圖片來源：本研究整理

壹、物料循環

在建築物設計興建、使用及拆除的過程中，物料的耗用及產生的廢棄物是最為顯著的，因此各國積極發展可促進物料循環的策略手法，以提升物料的利用價值及再循環潛力、達到降低開發天然資源為目標。例如導入可提升建築物全生命週期耐久性與調適性的設計原則，以及優化材料使用的高效化設計，此類設計考量建築構件及元件不同的生命週期、營建和維護技術發展而來。

在材料選用方面，鼓勵採用回收/再生/可回收/具再利用潛力的材料及產品，例如選用再生材料、舊建築物元件、減少材料使用種類及複雜性，以及避免毒性和污染或無法解離的複合材料等影響物料未來再利用的手法。

以租代買的模式則可避免設備設施在不符使用者需求之情形下被丟棄，使用者可按使用情況支付費用，在此模式下，廠商也有誘因設計更耐用且易於維修、回收的產品，達到延續材料產品價值的效果。此外，藉由設置分類回收系統空間及二手物品物料交易維修平台空間，可有效地促進物料再利用循環。

表 3-3 物料循環策略說明與參考應用

物料循環策略	說明與參考應用	
可逆式組拆設計	說明	建築構件與材料系統為可恢復式連結設計，可依功能需求進行組合及拆解。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 模組化結構：強化輕鋼結構、鋁合金結構、隔熱亞克力板、樓梯扶手、模組化組件、木材外牆結構 • 模組化系統：輕隔間、花板、地板、電力匯流排系統、FRP 水箱、可拆卸式衣櫃、傢俱、建築元件 • 可拆卸式屋頂、外牆結構、天花板結構、隔音材料 • 鋼構以鎖固取代焊接、木材樁接取代釘合 • 可逆式接合工法：卡樁、木釘或天然黏著劑
易維修設計	說明	建築結構、外殼、服務系統等具備容易進行檢修的設計，包含便於故障診斷與維修，得以保持或恢復到特定狀態的能力。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 明管配置：空調設備、給排水衛生管路 • 電氣通信線路開放式設計
耐久化設計	說明	可延長產品服務生命週期的設計，包含可抵抗外在環境或使用行為等因素之影響。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 結構體使用耐震建築結構用鋼板、部分預鑄設計 • 建材長壽設計
高效化設計	說明	在滿足建築物機能需求下最小化建材資源使用量體的設計。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 輕量化設計：鋼樑、輕隔間、SRC 強化柱 • 減量設計：定尺再生電弧爐鋼筋 • 預製整體衛浴 • 建設成本低，現場組裝快速
採用再生建材	說明	採用回收材料再製造的建材產品。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 使用高性能混凝土、高爐水泥、卜作嵐膠結材、定尺再生電弧爐鋼筋 • 使用回收塑料與廢棄木屑製成環保塑木、廢棄飲料包裝製成展板、回收尼龍製之地毯，可回收再利用、工業廢紙與廢木屑製成伸縮活動沙發、室外地坪採用再生透水建材
採用既有建材構件 (建材銀行)	說明	採用經整理後可直接使用之舊有建材構件。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 建置建材護照、建材銀行 • 使用回收建材：金屬、木材、繫泊柱、船屋、電

物料循環策略	說明與參考應用	
		纜管道
採用材料可回收之建材(如避免複合材料)	說明	採用已確立回收管道之建材，避免使用複合材料。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 採用綠建材、高價值素材（金屬）、可回收鋁和金屬網製成活動牆、可再生空隙式跑道、保護鋼材的零污染粉體塗料、 • C2C 認證建材與傢俱，如辦公椅、地板、橡膠木傢俱、磁磚、模組化垂直綠牆、無瀝青之生物基屋頂防水隔熱膜、隔熱安全夾層玻璃牆、熱塑性地板鋪面
採用舊有傢俱/設備	說明	採用回收之舊傢俱和設備設施。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 使用閒置木料於室內地板、傢俱與拉門；二手消防水帶櫃
採用租賃傢俱/設備	說明	以租賃模式設置傢俱和設備設施。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 租賃建材：預鑄混凝土基樁、木樑、木墊與鋼墊、外牆磁磚、立面材料、電線與照明、玻璃屋頂、鬆緊束帶、塑膠廢棄物容器、塑料清潔/粉碎、教堂長椅、混凝土及木樑 • 以租代買：照明、衛浴、電梯、廚餘回收機
設置生活垃圾分類回收系統空間	說明	在建築物內設置廢棄物分類回收系統的空間。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 廢棄物分類管理
設置二手物品物料(設備/傢俱/建材)交易維修平台空間	說明	在建築物內設置供二手設備、傢俱或建材交易交流和維修的平台空間。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 修繕工坊

(資料來源：本研究整理)

	
<p>臺中荷蘭花博館採用模組化鋁製牆面，桿件間相互鎖固，可拆解後重新使用，中間嵌入隔熱壓克力板，有效降低室內溫度</p>	<p>日本釀酒廠 RISE & WIN 使用回收之舊建築磚</p>



瑞士 UMAR 利用軌道系統安裝預鑄的模組化空間，未來亦可由系統中分離

荷蘭 ABN AMRO CIRCL 利用剩餘木材製成的鑲木地板和可回收鋁和金屬網製成的模組活動牆

圖 3-2 物料循環策略

圖片來源：「荷蘭國家館：綠城阿梅爾」網站、RISE & WIN 官網、NEST-UMAR 官網(Empa)、Inhabitat

貳、能源循環

能源循環的核心理念為減少建築物使用過程及材料設備生產製造過程中的能源消耗，透過建築物外殼與內裝節能設計可提高建築物氣密性、隔熱性及自然採光，有效降低供暖和冷卻成本，減少建築物的能源消耗。加上採用短時間可再生且過程中不會產生污染物的綠能電網系統（太陽能、風能、地熱能、潮汐能、生質能等）及節能空調/照明/昇降/供熱等設備，或採用地生產之材料或產品，達到降低物料運輸需求，直接或間接地減少能源消耗及溫室氣體排放量。

表 3-4 能源循環策略說明與參考應用

能源循環策略	說明與參考應用	
外殼節能設計	說明	建築物外殼(屋頂、屋頂透光天窗、窗、外牆)具熱性能及節能設計。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 屋頂隔熱、屋頂防水隔熱漆、屋頂薄層綠化、雙層屋頂(耐候性佳和隔熱) • 外牆隔熱保溫系統、牆及門窗達氣密標準、預鑄保溫氣密牆板、船體纖維隔熱、使用具透光性、耐候性、高隔熱節能板材 • 木框架牆、地板、屋頂、外牆，避免熱橋效應 • 雙層結構窗材隔熱 • 高性能遮陽系統，提高採光和視野，同時減少眩光和太陽輻射，最大限度減少百葉窗需求，提高熱舒適度。 • 設置垂直遮陽板、開窗處遮陽裝置 • 建築外型設計最大限度採光、留設通風採光天井、自然採光窗、設置天窗、導光管 • 熱量回收通風裝置、空隙結構打造自然通風系統、

能源循環策略	說明與參考應用	
		斜屋頂通風散熱、基地架高隔熱、中央風扇輔助排氣系統、窗戶回風通風裝置、夏季自然通風系統 • 設置公寓冬季花園作為被動太陽能收集、增加靈活空間及自然採光，具溫度調節及節能效果
內裝節能設計	說明	具節能效益的建築物內部裝修設計。
	參考應用	• 天花板塗佈珪藻土塗料 • 太陽能煙囪促進自然通風，根據季節調節溫度 • 反光的遮陽簾
採用低耗能/低碳建材	說明	採用減少製程及運輸耗能與碳排放之建材。
	參考應用	• 採用低碳建材、使用在地木材、採用木製系統，比傳統的混凝土碳足跡低 • 研發新型混凝土材料減少碳排放量 • 當地易取得的標準規格材料、適用當地材料 • 當地生產的樹木廢料製成外牆
採用低耗能/低碳設備	說明	採用減少製程及運輸耗能與碳排放之設備。
	參考應用	• 當地設計和製造的高效率及耐久太陽能電板 • 使用碳中和技術製成的暖氣
採用節能空調設備	說明	以不降低室內舒適度為原則，採用應用節能技術之空調設備。
	參考應用	• 節能空調主機
採用節能照明設備	說明	採用應用節能技術之照明設備。
	參考應用	• 高功率燈具及 LED 燈具、低能耗燈具、入口感應式燈具 • 照明設施和其他設備使用直流電(DC)
採用節能昇降設備	說明	採用應用節能技術之昇降設備。
	參考應用	• 電力回生電梯
採用節能供熱設備	說明	採用應用節能技術之供熱設備。
	參考應用	• 空調熱泵應用、太陽能熱水器、空氣熱泵 • 天花板和地板使用 PCM 蓄熱電池節省一半能源消耗 • 水平和垂直地熱熱交換器系統 • 地板輻射熱供暖系統、地板採暖
設計綠能電網系統	說明	設置綠能電網系統，包含再生能源系統、儲能系統與智慧電網。
	參考應用	• 再生能源系統(太陽能供電系統和蓄電池、綠色廢棄物產生沼氣提供動力及熱能、停車場再生熱能、地熱熱泵、水冷裝置、沼氣發電系統、小型風力發電系統、屋頂太陽能系統與生態鍋爐(木質燃料顆粒)) • 綠能網絡
採用能源管理系統	說明	採用建築能源管理系統，具監視、警報、運轉控制、

能源循環策略	說明與參考應用	
		計量、能源效率或控制管理功能者。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 智慧照明、日光調節感應器 • 耗能監控 • 中央冷熱儲存裝置 • 導入企業級無線和智能技術系統

(資料來源：本研究整理)

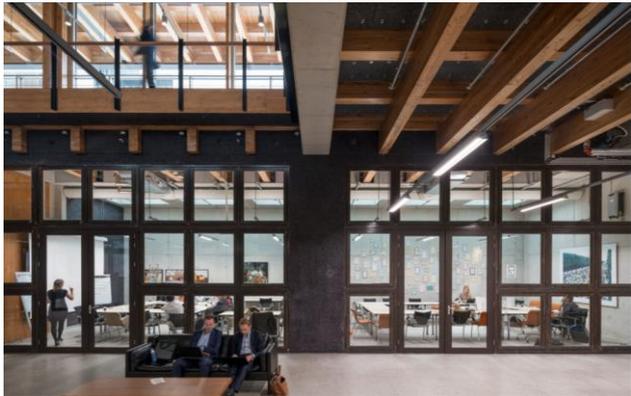
	
<p>花博荷蘭館南向斜屋頂使用租賃太陽能板及蓄電池，滿足全館照明所需電力</p>	<p>荷蘭 ABN AMRO CIRCL 所有照明或設備使用直流電，免除逆變器和適配器，可直接連接太陽能電源</p>

圖 3-3 能源循環策略

圖片來源：「荷蘭國家館：綠城阿梅爾」網站、Circl 官網

參、空間循環

建築是由不同使用功能的空間組成，因此能夠充分並靈活利用建築物空間的策略，如開放式設計、活化舊有設施、共享機制及出租空間等方式，可改善因使用需求或人口結構改變等因素而產生的空間閒置情形，鼓勵最大限度地利用既有資產，從而降低新建建築的需求及營運維護成本，創造極大經濟效益，此即空間循環的概念。

表 3-5 空間循環策略說明與參考應用

空間循環策略	說明與參考應用	
開放式設計	說明	可滿足應用需求變化的空間設計。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 空間多用途使用方式、設置不同類型住宅 • 開放式辦公室、彈性工作空間
舊有設施活化再利用設計	說明	利用或改造既有建築物設施，增加或改變其功能與用途的設計。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 舊建築物翻新改造取代重建 • 以增加、改造和再利用取代拆除和捨棄

空間循環策略	說明與參考應用	
設計共享設施	說明	設計可共同分享利用的設施或空間。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 共享公共洗衣間、廚房、花園露臺、庭院、辦公室、互動階梯、多功能展演廳、大廳空間、跑道、多功能空間、浴室(帶游泳池、健身房、水療和桑拿) • 設置食物共享設施 • 共享交通工具、共享車專用車位、自行車位
建築空間以租代售	說明	以租賃方式供居住或使用的建築空間。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 住宅店鋪單位只租不賣 • 開放出租工作場所、活動和會議空間

(資料來源：本研究整理)



法國波爾多大公園社會住宅改造前（左圖）及改造後（右圖）

荷蘭芬洛市政廳採用開放式彈性工作空間

德國 SKAIO 共享洗衣間與廚房空間

圖 3-4 空間循環策略

圖片來源：Lacaton & Vassal 官網(攝影：Philippe Ruault)、循環台灣基金會、ZÜBLIN Timber 官網(攝影：Bernd Borchardt)

肆、水循環

建築設計應遵循水資源減量及再循環利用的原則，例如採用製程低耗水材料或設備、省水/無水設施，並透過中水/雨水回收再利用系統，優化水資源管理，以減緩水資源短缺問題。

表 3-6 水循環策略說明與參考應用

水循環策略	說明與參考應用	
採用製程低耗水建材	說明	使用製造過程降低水資源耗用之建材。
中水、雨水回收再利用系統設計	說明	設置中水、雨水收集再利用之設施。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 雨撲滿、水貯留利用系統 • 水池儲存屋頂排水及雨水，再利用於澆灌 • 屋頂收集雨水，依靠重力配水 • 雨水回收再利用之社區自助洗衣店 • 廢水過濾淨化再利用 • 植物過濾系統淨化雨水和中水，過濾後的水再作為沖廁使用 • 污水處理系統
採用製程低耗水設備	說明	使用製造過程降低水資源耗用之設備。
採用省水衛浴設備	說明	使用節水效率高的器材與設備。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 採用省水器材
採用智慧控水系統	說明	設置智慧儀表傳輸水流數據和進行管理。

(資料來源：本研究整理)

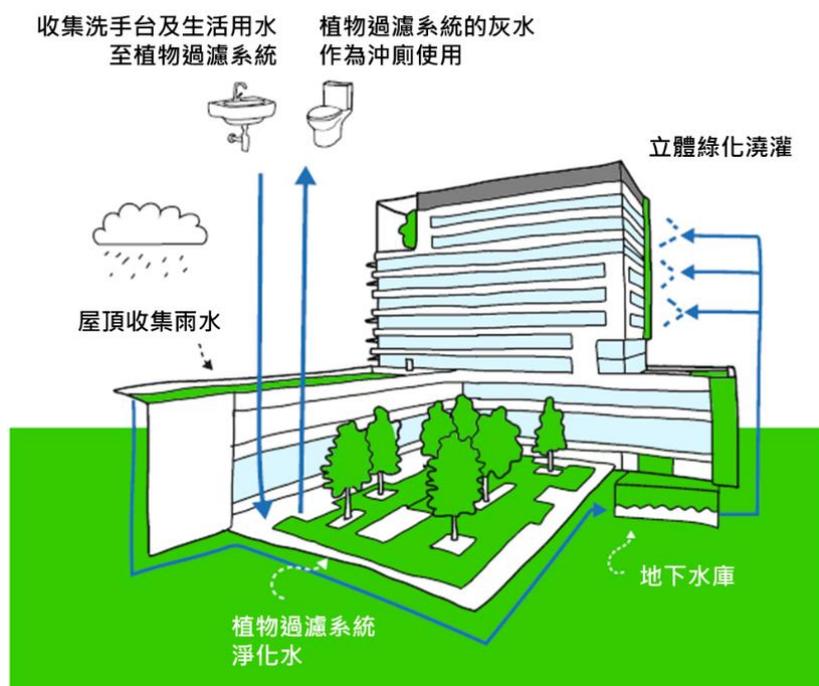


圖 3-5 芬洛市政廳之中水及雨水回收循環使用系統

圖片來源：C2CVenlo 官網，本研究轉譯

伍、生物循環

生物循環泛指使用可快速循環再生的生物資源，並可透過生物技術(如生物降解)等方式回歸至生態系統中重新再利用，以及增加環境生物多樣性之策略，包括綠化工程、城市農園及採用如竹子、木材等生態建材等。

表 3-7 生物循環策略說明與參考應用

生物循環策略	說明與參考應用	
構造採用可循環再生建材	說明	構造採用可快速再生之自然建材，如竹子、木材等材料。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> 支撐結構及大部分立面材料為未處理木材構成，可回收或作純生物堆肥 使用可持續林業質量認證之木材 使用自然素材(竹子、木材)、綠建材
採用生態建材(可回歸生質圈)	說明	採用快速循環，可回歸生質圈之建材。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> 使用麻製可堆肥隔熱材料 黏土與麻製之乾牆板，可防水及濕度調節 使用生物基材料，材料可在環境中分解 使用安全健康之黏合劑、生態塗料、矽樹脂、生態接著劑
設計中庭/屋頂農場	說明	利用建築物中庭/屋頂空間種植作物。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> 設置中庭及屋頂農園、溫室、都市養蜂，農作物優先提供園內餐廳使用 藏種於農，選用最適應在地氣候環境的作物品種 打造可食地景，栽種當季蔬菜，永續糧食生產 水耕蔬菜池、魚菜共生池
設計屋頂及垂直綠化	說明	利用建築物屋頂、陽台或立面栽植植物，增加綠化面積。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> 設置綠屋頂、屋頂花園、綠色外牆、露台、跳層平台垂直綠化 室內與建築立面垂直植生牆，具過濾空氣、隔熱與隔音效果
自然土地植生綠化	說明	於自然之土壤地面栽植植物、設置生物棲地及設置人工淨化池。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> 基地土壤改善及植被修復，綠色花園、綠色廊道、中庭 改善大樓前的花園 生態淨化水道、生態池、自然池 設置生物棲息空間
表土生態保存	說明	針對原有表土進行適當堆置、養護及再利用。
堆肥植生(落葉、廚餘、廁所廢棄物等)	說明	設置廚餘、落葉與廁所堆肥處理設施。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> 由風和太陽能量驅動的乾式廁所，廁所廢物堆肥 廚餘及尿液回收，再生為有機堆肥和磷肥 廚餘回收堆肥；黑水虻廚餘分解

生物循環策略	說明與參考應用	
		<ul style="list-style-type: none"> • 落葉、落果及除草堆肥
中庭/屋頂農產品市集	說明	利用建築物中庭/屋頂生產的農產品成立市集。
	參考應用	<ul style="list-style-type: none"> • 農夫市集

(資料來源：本研究整理)

	
<p>由於基地土地污染情形而無法設置污水系統，荷蘭 De Ceuval 配備堆肥廁所，並將肥料用於溫室中種植食物。</p>	<p>荷蘭 Park 20 20 園區生態池</p>
	
<p>荷蘭 ABN AMRO CIRCL 屋頂綠化及可拆卸式植栽</p>	<p>德國 SKAIO 使用經可持續林業質量認證的木材建造高層建築</p>

圖 3-6 生物循環系統

圖片來源：De Ceuvel 官網、經濟部工業局、Circl 官網、KADEN+LAGER 官網

第三節 循環設計三大階段

「建築循環設計」五大循環系統為涵蓋建築物全生命週期的循環策略，本研究另從「設計興建」、「維護使用」與「改造翻新」三個建築生命週期階段的角度探討可導入的循環設計策略，供產業利益相關者參考與評估，以加速產業循環經濟轉型。

建築生命週期循環設計



圖 3-7 建築生命週期循環設計架構

圖片來源：本研究整理

壹、設計興建

設計團隊與建築師應以循環經濟模式進行建築物與材料的規劃設計，考量資產全生命週期，發展可提升資產再循環潛力的設計，例如導入可逆式組拆設計、高效化設計、耐久化和易維修設計，空間採用開放式設計以及選用易循環材料等，將未來環境變遷與使用者需求變動的可能性納入考量，建構具良好適應性及彈性，且不為環境帶來負面影響的建築物。

營造及施工廠商應使用能提升建築物耐久性與彈性，以及可減少天然資源耗用的營建技術，包含確保建築各部件的維修、拆解與更新能力，優先選用低碳/再生/可回收的材料，及避免使用含毒或受污染物質等。

貳、維護使用

使用者或業主應確保建築物整體與長期價值，在使用階段透過良好的保養和維修來提升建築物的耐久性，並利用空間共享及租賃模式達到建築物的使用效益，不僅可延長建築物的生命週期、減少資源耗用及產生廢棄物，還能降低建築物營運成本。此外，可使用如 BIM 及建材履歷等工具以

利使用者及業主掌握有關建築物部件之使用、保養、維修和拆解資訊，以及監控和營運成本管理等資訊。

建築物在使用過程會消耗大量能源與水資源，各種設備的生產及使用也將產生較大環境衝擊。除了建築物隔熱設計外，使用者也應選用節能及省水設備，或採用二手或租賃的傢俱設備，提升各設施的服務品質與彈性，並降低維護與能耗成本。

參、改造翻新

以經濟有效的方式改造既有建築物，可延續建築物生命週期並在滿足市場需求的同時加強原建築物的隔熱性能和彈性使用用途。在全球人口不斷增長的趨勢下，翻新並改善舊建築物成為高度土地開發需求、資源短缺、舊建築耗能等問題的解決方案。此外，若能在建築物拆除與拆解前針對可回收資源進行再利用潛力評估，事先擬訂資源恢復措施，並在基地內執行精細拆解與分選，可最大程度地保留有價值的物料，達成更高價值的再利用。

第四節 建築循環設計可能遭遇之主要問題

隨著循環經濟的概念開始受到關注，有關循環經濟的內涵以及產業如何落實轉型的討論也開始擴展。然而建築循環設計不僅考量個別產業的資源循環系統，還將橫跨多個產業的經濟領域，產業資源供應鏈結、財務架構與政策制訂更是實現規模化轉型的關鍵。本年度研究計畫透過三場專家學者會議之專業經驗分享與意見彙整，初步蒐集彙整目前產業落實循環設計遭遇之困難。由於國內建築法訂定之《建築技術規則》、《建築物節約能源設計技術規範》及內政府建築研究所訂定之《綠建築評估手冊》中已涵蓋大部分與能源循環、水循環與生物循環相關之指標規範，本研究聚焦物料與空間循環設計可能遭遇的問題與挑戰供產業參考，以期調整及協調發展政策，加速產業循環經濟轉型。

表 3-8 建築循環設計可能遭遇之主要問題彙整表

建築循環設計		可能遭遇之主要問題
物料循環	可逆式組拆設計	法規面：未建立建築物構件可逆性評估或規範；國內製作建築物構件預鑄模組化系統的廠商不足三家，將遭遇採購法限制。 技術面：缺乏可逆式系統構件連接方式相關之技術指引與規範，大多數採用可逆式組拆設計之建築物結構為鋼構或木構，有關鋼筋混凝土之構件可逆式連結尚未發展。

建築循環設計	可能遭遇之主要問題
	<p>市場面：缺乏經濟效益評估方法，組拆設計易因初期投資成本較高而遭否決。</p>
<p>高效化設計</p>	<p>法規面：待發展建築材料使用量體之基準規範。</p>
<p>採用既有建材構件 (建材銀行)</p>	<p>法規面：(1)拆併建工程期限緊湊，加上近年缺工情形嚴重，難在期限內妥善執行建材構件精細拆除分類再利用。 (2)缺乏舊建材構件性能評估方法，若主結構構件使用舊建材將衍生安全疑慮。</p> <p>技術面：(1)由於未建立統一建材履歷和建材銀行系統辦法機制，因此各案建立的建材履歷及模型資訊架構不一，且有資訊安全疑慮故未對外公開資訊，導致有意願採用舊材的人員不易搜尋合適之建材。 (2)建材構件大多為非標準化材料，加上若未具備一定規模材料流，不易媒合指定材料型式及供應鏈。</p> <p>市場面：由於欠缺驗證機制，市場對舊建材構件存有疑慮而不採用。</p>
<p>採用材料可回收之建材 (如避免複合材料)</p>	<p>法規面：目前國內綠建材評定基準僅針對產品使用回收材料及比率等要求有所規定（再生綠建材），或要求天然材料佔比（生態綠建材），未針對建材是否可回收進行評估，缺乏相關政策引導。</p> <p>技術面：產品製造商未考量未來材料分離與可回收性。</p>
<p>採用租賃傢俱/設備</p>	<p>法規面：目前大多廠商無法提出租賃契約，難以取得三家以上廠商報價，遭遇採購法限制。</p> <p>技術面：(1)租賃模式需負責產品維護、保養與回收，大多數國內廠商未能進行中長期成本、維護及回收估算，加上需投入之初期投資成本及風險因素較高，因此無法提出租賃契約。 (2)產品設計製造廠商缺乏產品後續管理與維護經驗，最終實際投標租賃服務契約者多為裝設維護廠商。倘若無法透過以租代買帶動改良產品設計，例如模組化、依維護維修等方式延長</p>

建築循環設計		可能遭遇之主要問題
		<p>產品服務壽命、降低服務成本，則此模式與分期付款模式無異，難以獲得機關主計認可。</p> <p>市場面：目前採用租賃服務的市場規模小，無經濟誘因導致設計製造廠商投標意願不高。</p>
	設置二手物品物料(設備/傢俱/建材)交易平台空間	技術面：待宣導推廣，強化提升國內二手物品物料交易管理機制/空間平台。
空間循環	開放式設計	法規面：待進一步發展空間規劃設計相關技術與規範。
	建築空間以租代售	法規面：待政策引導，提升公宅佔比。
	舊有設施活化再利用/設計	<p>法規面：國內舊建築改造未有明確規範和做法。</p> <p>技術面：舊建築經常有未經法令許可額外增建的情形，加上若申請變更用途則需進行結構補強及檢討機電設備，整體耗資龐大，應先進行效益評估。</p>

(資料來源：本研究整理)

第四章 專家學者諮詢會議與座談會

本計畫共召開兩場專家學者諮詢會議，邀請循環經濟發展相關應用專家與建築師擔任專家學者，針對建築循環設計架構進行深入探討，及提出實務上在技術或法規層面所遭遇之困難，作為未來整合循環經濟理念至既有法令政策之參考。此外，本計畫舉辦一場專家學者諮詢暨座談會，邀集相關政府機關、相關單位、循環經濟發展應用專家、建築師等人參與，擴大國內建築師與設計人員對循環經濟理念導入建築規劃設計的討論與共識形成。

第一節 第一次專家學者諮詢會議

- 一、開會時間：110年06月04日(星期五)上午10時0分
- 二、開會地點：財團法人台灣建築中心(線上會議)
- 三、會議要點：
 1. 建立國內建築規劃設計導入循環經濟之範疇定義及內涵。
 2. 評估及檢討各項循環經濟策略及應用手法之可行性和適用性，研討可納入國內建築規劃設計的應用手法。
- 四、專家學者：林章鍊建築師、張矩墉建築師、鄭政利教授、劉家華建築師、關河彬建築師、羅婷頤建築師
- 五、專家學者意見回饋整理：

項次	專家學者意見	研究單位回應
1	「建築循環設計」系統架構可作為未來規劃設計之參考依循，有利於相關人員加速瞭解循環策略與執行檢討。	感謝專家肯定。
2	循環經濟作為打造近零耗能建築的主要解決方案之一，可透過改良主構造系統，如推行鋼構或木構造等方式快速降低建築物能耗。	感謝專家意見，將納入本研究規劃未來研究課題時參考。
3	國內廠商因缺乏成熟的租賃財務架構，加上需考量使用者的需求與意願、整合物管倉儲、運輸配套措施、維護管理計畫與合約權責對象等問題，故無法提出租賃契約。在此情形下，若專案要求設計單位進行租賃訪價與預算編制，將產生無法履行公共工程採購法要求提供三家以上廠商報價的疑慮，造成實務層面上執行困難。	感謝專家回饋，有關實務推行租賃服務之問題將納入本研究彙整現行遭遇問題之參考。
4	國內缺乏C2C相關傢俱產品，若採購國外產品將產生經濟效益低的問題。	感謝專家回饋，將納入本研究彙整現行遭遇問題之參考。
5	建築循環策略應延伸至施工前及完工後	感謝專家建議，建築循環設計之策

項次	專家學者意見	研究單位回應
	階段，並應針對材料長壽化、構件接合方式及重複使用建築構件進行性能研究，有利資源未來再利用。	略包含施工前及完工後階段，有關進一步性能研究將納入本研究規劃未來研究課題時參考。
6	建議參考循環經濟蝴蝶圖，建立不同循環效益層次的循環策略。	感謝專家建議，將納入本研究考量。
7	建議釐清本研究課題之目標對象，將焦點放在建築營建產業可主導的領域，如以租賃模式需多方產業利益者相互配合，如建築師、業主與廠商等，方能順利推動。	感謝專家建議，本研究目標對象為建築師，然而建築營建產業實行循環經濟牽涉多方產業利益者之合作，本研究盡可能聚焦於建築師可主導之範疇領域。
8	建議朝生命週期較短，或可標準化的建築構材方向落實循環經濟。	感謝專家建議，將納入本研究考量。

第二節 第二次專家學者諮詢會議

一、開會時間：110年08月24日(星期二)上午9時30分

二、開會地點：財團法人台灣建築中心(線上會議)

三、會議要點

1. 建築循環設計內涵與架構
2. 建築循環設計遭遇的法規問題
3. 建築循環設計推動發展方向與研究課題

四、專家學者：王正源建築師、郭英釗建築師、高文婷組長、陳冠翰副處長、陳聖中建築師、劉舜仁教授、魏國忠科長

五、專家學者意見回饋整理：

項次	專家學者意見	研究單位回應
1	建議朝材質、尺寸與構法之選定探討建築物的構造、設備與設施的循環發展，另可依據建築物各層級不同的生命週期發展循環策略手法。	感謝專家建議，將納入本研究規劃未來發展方向與研究課題時參考。
2	應優先考量採用易於回歸原料狀態之單一可循環材料製成的元件，包含可回到生物循環的可分解材料。	感謝專家建議，將納入本研究彙整採用有利於回收之建材之考量。
3	建築循環設計應考量後續使用階段之營運機制與規範。	感謝專家建議，將納入本研究考量。
4	建築循環設計架構內涵建議排除綠建築相關領域，以免失焦。另可考慮將「循環度」納入建築標章系統，有利於推行。	感謝專家建議，本研究從建築規劃設計導入循環經濟理念的整體面向進行研究彙整，部分循環設計涵蓋於綠建築評估系統，惟相關議題

項次	專家學者意見	研究單位回應
		之關聯性有待進一步研究釐清。
5	建議補充有關建築材料之創新與循環利用的循環系統，如透過工業及生物製程的新材料帶動(1)設計系統之創新、(2)營建方式之創新、(3)拆除回收之創新，同時建立(4)可以永續循環的整體性系統；臺灣累積不少此類產學研發成果，需藉由政府政策的強力引導帶動產業整體發展。	感謝專家建議，將納入本研究考量。
6	建議強化提升國內既有的二手建築材料設備交易機制，建立相關循環產品平台（包含各產品分類、規格資訊與驗證機制），包含 BIM 驗證平台，管理和制訂相關建模及編碼準則，將有助於建築師落實循環經濟。	感謝專家建議，有關循環構件及材料之機制，將納入本研究規劃未來發展方向與研究課題時參考。
7	如建築物改造無過半之修理或變更，以及改造後設備規格不低於原先設備規格，即可依據「非屬修建之修繕」的方式辦理，無需申請建造執照，亦無須以新材料新工法之方式辦理。然而舊建築經常有未經法令許可額外增建的情形，若申請變更用途則需進行結構補強及檢討機電設備，整體耗資龐大，應事先進行效益評估。	感謝專家建議，有關舊建築物改造再利用之策略，將納入本研究規劃未來發展方向研究課題時參考。
8	因建築結構體的生命週期達百年之久，不易發生變動亦難以評估其循環效益，建議針對生命週期較短之建築構件推展循環設計，如外牆、內裝或機電設備等較容易執行與評估效益的部分。	感謝專家建議，有關推行建築循環設計策略，將納入本研究規劃未來發展方向與研究課題時參考。
9	缺乏循環經濟效益評估指標，無法具體呈現落實循環設計的效益。因導入循環經濟的初期投資成本高，機關主計若維持以單位造價分析的方式進行效益評估，將難以推動產業發展循環經濟。	感謝專家建議，有關循環效益評估之議題，將納入本研究規劃未來發展方向與研究課題時參考。
10	國內目前實行的以租代買模式與分期付款無異，若無法改良精進產品的設計，使得能透過模組化、可替換更新、易維修維護等方式延長產品服務壽命，降低服務成本，否則機關將難以採用及獲得主計許可。	感謝專家指導，有關實務推行以租代買之問題將納入本研究彙整現行遭遇問題，以及未來研究課題之參考。
11	由於市場缺工缺料導致勞動工資上漲，營建工程為降低人力需求而部分引進鋁模、滑動模板與保護屏等循環構件。	感謝專家指導，有關營建工法之議題，將納入本研究規劃未來發展方向與研究課題時參考。

項次	專家學者意見	研究單位回應
12	可提供整體衛浴與預鑄工法的廠商不足三家，推動過程將遭遇採購法的限制。	感謝專家指導，將納入本研究彙整現行遭遇問題之參考。
13	如推行材料銀行等設施設備及材料回收再利用機制，需在拆除過程中進行精細分類，以拆併建工程為例，不易於規定時間內妥善執行拆除再利用。(目前拆除作業的法定工期時間約為地下一層四個月、地上一層三個月)	感謝專家指導，將納入本研究彙整現行遭遇問題之參考。
14	建議在「建築技術規則」中提高綠建材使用率，或要求部分構造使用再生綠建材；在「綠建材設計技術規範」中調高再生綠建材權重以鼓勵使用；在「綠建材標章」之減廢項目中增加「循環設計」項目並提高採用我國再生綠建材之得分；政府與民間共同建立實驗場域(Experimental Field)以作為材料創新、設計系統創新、營建方式創新、拆除回收創新之實作平台，使各個層面之實驗原型在此可以實際參與體驗，吸引產學研發與民間資金之投入。	感謝專家建議，有關推行策略將納入本研究規劃未來發展方向與研究課題時參考。

第三節 「建築規劃設計導入循環經濟理念之研究」專家學者諮詢暨座談會

- 一、會議時間：110年10月27日(星期三)下午2時
- 二、會議地點：財團法人台灣建築中心(線上會議)
- 三、會議主題：
 1. 建築循環設計架構與未來研究課題
 2. 專題探討與議題分享
- 四、專家學者：徐春福執行長、張瑪龍建築師、劉舜仁教授、闕河彬建築師
- 五、專家學者意見回饋整理：

項次	專家學者意見	研究單位回應
1	建築物前期規劃階段為落實循環經濟之關鍵，應由業主、設計團隊、機電專家、物管團隊等共同參與規劃，以確保建築物全生命週期之良好維運。	感謝專家指導，藉由各產業參與者共同參與規劃，可更有效落實及應用建築循環設計。
2	目前建築物弱電系統之設備(如監視器、門禁刷卡機等)相容性較差，建議政府盤點機電設備相容性以提高產品維修性。此外，建議雨水回收加大閥基儲存，可	感謝專家建議，將納入本研究參考。

項次	專家學者意見	研究單位回應
	再利用於廁所沖刷使用。	
3	鼓勵廠商提供機電設備十年以上全責式服務合約，藉此引導廠商改善產品性能、延長服務壽命及提高維修性。	感謝專家建議，設備租賃之模式研究將作為本研究規劃未來發展方向與研究課題之參考。
4	推行循環經濟需整體產業相配合，政府機關宜制訂相關政策引導業者跟進，否則設計團隊在執行過程將遭遇許多困難。	感謝專家建議，推動策略及政策法規之探討將作為本研究規劃未來發展方向與研究課題之參考。
5	研發和採用最不損料的建築模組化單元，可簡化營運備料、提高更換性、降低營運成本，然而衛浴單元為最難彈性移動部分，可參考日本實驗集合住宅 NEXT21，設計靈活的系統空間。	感謝專家建議，將納入本研究參考。
6	社會住宅以租賃模式運作，因其具一定規模，各類空間尺度規格一致，因此如門窗等設備得以量產，所回收的產品也較容易被市場接收再利用。	感謝專家指導，近年社會住宅之規劃設計積極導入循環設計理念，將有助於未來進一步建立與發展建材和產品之未來再利用。
7	屏東總圖書館改造保留原有結構與樓板，採以最低度的改造，補強成為嶄新的建築空間，可作為舊有設施改造之參考。	感謝專家建議，將納入本研究參考。
8	循環經濟架構下的建築設計應考量材料創新、設計系統、構築營造及封閉體系。產業可藉由數位科技發展掌握都市物質流與資訊流，並研發新型材料及利用如3D列印等創新製造方法，加速循環經濟發展。	感謝專家建議，創新技術及產品之研發有助於加速建築循環設計之發展，將納入本研究參考。
9	建議由廢棄物有效利用、再生建材市場引導以及建立實驗場域方向推動國內建築產業循環經濟發展。	感謝專家建議，將納入本研究規劃未來發展方向與研究課題時參考。
10	循環經濟與綠建築重視資源循環與強調資源的正確價值，然而綠建築是全面性的體質改造，循環經濟則著重循環製造與資源循環使用的商業運營模式，透過由下而上的行動(國際連結、民間團體響應、企業自發創新商業模式)作為推動主力，與綠色經濟推動主導權在政府有所不同。	感謝專家之指導，循環經濟與綠建築架構之分析探討，將作為本研究規劃未來發展方向與研究課題之參考。
11	國內相關環保產品無法反映材料升級或降級回收、未考量產品材料安全性或與企業社會責任無關等，與 C2C 認證產品有其差異。	感謝專家指導，物料循環為建築產業推動循環經濟之主要目標之一，有關提升國內建材與產品及相關驗證平台之建立，將納入本研究規劃未來發展方向與研究課題時參考。

項次	專家學者意見	研究單位回應
12	以租代買可推動廠商研發耐用及低維護需求產品，而國內推行以租代買遭遇的問題包含無傢俱廠商取得 C2C 認證、維修權責歸屬認定及契約糾紛、浮動市場採購需求、租期長短影響成本、倉儲與維修服務品質等問題。	感謝專家指導，國內推行以租代買遭遇之相關問題，將納入本研究彙整現行遭遇問題之參考，供產業相關政策制訂參考。

第五章 國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念之發展方向與研究課題

建築規劃設計導入循環經濟發展理念之範疇深廣，涵蓋全建築生命週期、各建築層次、跨領域之系統創新與產業鏈結等，並且涉及各領域的產業參與者。藉由本研究所彙整之建築規劃設計五大循環架構，以及各循環架構下之策略手法，可作為國內於建築規劃設計導入循環經濟之發展方向參考。此外，本研究針對「建築循環設計」內涵架構中目前國內較欠缺之技術研究，參考專家學者反映在實踐過程中遭遇之問題與意見觀點，以及其他需進一步探討和發展之議題，研擬後續國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究課題，以作為未來進一步推動政策或技術研發之參考。

未來發展參考之研究課題以「整體政策策略」、「設計興建階段」、「維護使用階段」與「改造翻新階段」作為主軸，其中包含有關經濟效益、法規政策、有助加強物料循環之建築設計或措施等建議，期望藉由進一步之研究發現，協助產業加速國內建築產業之循環經濟轉型，以及為目前所遭遇之問題提供解決方案。

未來研究課題



圖 5-1 國內建築規劃設計未來研究課題參考架構

圖片來源：本研究整理

第一節 整體政策策略

壹、建築循環設計經濟效益之研究

傳統成本效益分析僅比較資產的現值成本與利潤，無法將難以量化的社會效益、環境效益以及時間性納入評估，然而在資源日漸稀缺的時代，此部分隱形成本將成為各產業營運之風險。在推動循環經濟的過程中，需仰

賴可靠的成本效益分析方法說明循環經濟轉型之有效性及永續性，包含可為產業創造的價值機會，吸引並鼓勵產業投資人、政府單位、業主、使用者、廠商等採用創新的循環經濟解決方案，避免因高成本或信心不足而猶豫實踐循環經濟。

貳、建築循環設計法規探討之研究

建築循環設計的思維包含重新設計、材料選取、使用策略及廢棄物/空間再利用等議題，執行上牽涉相關法令依據，國內目前以《廢棄物清理法》及《資源回收再利用法》作為廢棄資源回收再利用之推動依據，然而建築循環設計涵蓋產業各個面向，有關設計規範、技術研發、資訊揭露、採購辦法等皆有賴於政府的法規引導及推行激勵措施，除確保法令與相關措施不相抵觸外，同時整合循環經濟理念原則至法令政策中，確保建築營建產業之永續發展。

參、建築循環設計推動策略之研究

建築循環設計範疇涉及規劃設計、材料選定、營建方法、維護管理、拆除分類等面向，包含各建築層次、跨領域產業之系統創新與產業鏈結，為進一步提升產業循環經濟意識，應擬訂循環效益高之重點發展策略及激勵措施，引導帶動近年建築產業循環經濟技術及學術研發成果，加速產業循環經濟轉型。

肆、建築循環設計與綠建築比較分析之研究

建築循環設計與綠建築是以永續發展為基礎發展出的實踐途徑和建築型態，本研究提出之「建築循環設計」範疇內容有部分涵蓋於綠建築評估系統之中，然而循環設計為強化建築系統中有關資源使用與循環的策略，藉由分析比較建築循環設計與綠建築評估系統，有助於建立循環評估機制，或作為將循環度指標納入綠建築評估系統之參考。

伍、公宅採用建築循環設計之研究

政府推動社會住宅政策，以 106 至 113 年興辦 20 萬戶社會住宅為目標，透過政府興建於包租代管兩種方案增加社會住宅，並且重視社會住宅的品質與管理，除了取得綠建築標章、無障礙住宅標準及智慧建築標章以外，近年來亦積極導入循環設計理念。以預計於 2024 年完工的南港機廠基地社會住宅為例，作為第一棟導入循環經濟之實證場域，可藉由此案深入探討未來社會住宅之規劃設計、興建、使用維護與運營管理各階段導入循環經濟之策略，建立有效之發展策略。

陸、循環建材與構法驗證平台建立

循環建材包含可回收或具再利用潛力的材料及產品，例如可再生/再生材料、在地材料、生物基材料、舊建築材料等，透過減少材料使用種類及複雜性、避免毒性材料及污染以加強材料恢復及再利用之潛力，並導入易拆

解構法等可提升材料系統的分離能力的技術。為鼓勵使用者採用循環建材與構法等技術，應建立相關驗證平台，針對產品規格、國家標準、品質及安全性進行把關，如國內自民國 81 年推動環保標章制度(包含建材類產品)、93 年推行綠建材標章制度(包含健康、生態、再生及高性能綠建材)、99 年發布經濟部資源再生綠色產品審查認定辦法。

柒、建築循環設計實驗場域之研究計畫

藉由發展建築循環設計實驗場域計畫，為創新循環技術研發及跨領域資源整合提供一試驗平台，作為人才培育、材料技術研發、循環設計指標及產業轉型升級之場域，吸引產業資金建立產業共生之循環體系，並成為推廣產業循環之輔導示範。

第二節 設計興建階段

壹、建築設計建材資源高效化之研究

在滿足建築物使用機能及功能需求的前提下，最小化建材資源的使用量體，選擇能節省材料、減碳及減少產生廢料的製程及設計，如採用輕量化建築材料或減量設計，以合理的構造和經濟性高效利用建材資源。

貳、淨零建築設計之研究

全球已有 128 個國家設下 2050 年達到淨零排碳的目標，各國積極推動節能減碳及綠色環保技術，並發展「淨零建築」以實現減碳之目標。美國綠建築協會(U.S. Green Building Council, USGBC)先於 2019 年 11 月推出「LEED Zero」標章，在符合綠建築的設計基礎上，針對建築的「能源」、「排碳」、「耗水」和「廢棄物」分別進行淨零認證。淨零建築發展將是未來建築發展的趨勢，如何將建築循環設計的理念導入，成為發展淨零耗能及零碳排的建築設計的關鍵因素。

參、可逆式建築設計之研究

可逆式建築設計為在不造成損壞的情況下改造建築物，或拆解其系統、產品和元素，達成轉換及再利用的過程(Durmisevic E., 2019)。此種設計考慮建築物的所有生命週期階段，並專注於其未來的使用價值與可能性，大幅縮短材料回收再利用的週期，成為建築營建產業推行循環經濟的重要關鍵，並對環境和經濟產生最積極影響。

肆、全回收再生建築可行性之初步研究

利用無毒可回收或再生材料打造建築，將有效利用廢棄物、避免使用全新的材料，同時確保建築在拆解後不會產生廢棄物，推動建材等資源的回收再利用，符合廢棄物減量、再利用及再循環之原則。例如 ABN AMRO CIRCL 導入大量回收再生建材，臺中花博荷蘭館的所有建材都能回收再利用。

伍、建築循環設計建材再利用率評估之研究

國內自 2002 年制定「資源回收再利用法」，發展至今各項建材循環材料有其再利用之規定及管道依循。為有效推動可回收及再生材料應用，導入循環經濟概念，機關宜強化循環材料標準，制定品質標準及技術規範，並獎勵再生材料開發及利用。

陸、可調適與耐久化建築設計之研究

為延長建築物壽命及因應不同之使用需求及環境變遷，鼓勵發展建築物中長期規劃，發展可促進建築物維護維修及改變的設計，以更大適應性的方案提高建築物的服務性能及永續性。

第三節 維護使用階段

壹、強化建築維管延壽之研究

建材及其組件因其壽命、使用情形及外力影響，可能出現材質老朽裂化，導致其使用年限或功能品質降低，因此透過定期性與預防性維護、維修、升級等工作，搭配合適的耗材、備件及附件，可確保建築維持其安全及服務性能水準，延長使用年限，避免出現嚴重損壞或服務功能大幅降低等維修難度甚高之情形。建築物維護管理思維應由被動式損壞後再修復的概念，強化至主動預防式維護與延壽導向，包含在建築物使用運營階段導入智慧技術、產品以租代買模式、活化閒置空間、維修翻新等策略，進一步提高建築資產的利用率及性能水平，延續生命週期。

貳、建築物維管建材履歷建立之研究

建材履歷記錄每份材質之組合、狀態、可再利用及拆除評估資訊，提供產業鏈中各階段利益相關者能夠對材料和建築物進行殘值與回收潛力評估。目前建築物之建材履歷大多在建築物興建及竣工期間建置，然而在建築物生命週期最長的使用營運階段中，各建材極有可能經歷不同程度和規模的維修、翻新或汰換，此階段之建材履歷資訊管理和更新系統尚未被有效整合與探討。因此建立和維護資訊可靠透明的動態建材履歷系統成為影響建材未來是否能夠被循環使用的關鍵工具。

參、建築物傢俱/設備/設施採租賃方式之商業模式研究

透過以租代買的租賃模式，由廠商負責產品在服務期間的維修保養及回收，使用者按使用量或使用品質進行付費，除了可避免產品在不符使用者需求時遭丟棄，並可維持產品服務性能及延續使用壽命，同時激勵廠商設計更高效耐用的產品。然而租賃模式需評估產品全生命週期之價值，包含設計、製造、使用、維護維修、回收等成本，以及考量採購法、運輸、維修及倉儲相關配套措施，國內廠商目前因缺乏相關財務架構及參考機制，無法提出租賃服務，或所提出之模式與分期付款無異而未能採行。因此如

何建立符合循環理念之建材設備租賃機制成為國內實行以租代買亟需之解決方案。

肆、二手物品物料（設備/傢俱/建材）社區資源交換平台運作模式之研究

為促進二手建築相關物品物料之重複循環利用，延續物品壽命與使用價值，於社區設計一個資源交換平台，可供社區居民發布資訊或進行建築物物料交易，有助於帶動地方資源循環交流，減少廢棄物產生。國內盛行地區二手跳蚤市場機制，然建築物物料與生活用品之特性有異，可參考相關機制研擬合適方案，促進建築物物料循環再利用。

第四節 改造翻新階段

壹、舊有建築改造再利用之研究

在興建新建物之前，應評估建築物翻新的可能性，若可透過設計及工法改造既有建築滿足現今使用者的需求，不僅可延續建築物生命週期、避免資材耗用和減少產生營建廢棄物，還能透過加強舊有建築的節能設計，提升建築物能效水平，有效降

低建築的營運維護成本，創造可觀經濟效益。如歐盟於 2020 年發布「建物翻修潮」，以循環經濟的原則增進歐盟既有建物資產的能源利用效率、優化其生命週期表現及延長生命週期，為既有大量老舊建築的維護與耗能問題，以及新建建築物耗用大量資源等情形提供解決方案。

貳、建材銀行制度與平台建立之研究

歐盟 2015 年推行建材銀行計畫(BAMB)，利用「材料護照」追蹤每一份建材的履歷與狀態，使各種建材在生命週期結束或用途改變時，得以保存並有機會被再次利用。建材銀行制度收存可用的建築資材，包含建築結構、材料、設備及構件等物料，透過完善的建材履歷及收存管理系統，供其他使用者進行舊料再利用，落實在地材料、在地使用，有效延續舊料生命之循環理念。如臺南市政府於 106 年率全國先成立「臺南市文化資產建材銀行」，將舊料清潔整理並達到可被再使用的程度，節省文化資產及文化園區的維護支出。

參、可逆式建築拆解之研究

為盡可能保留每份建材的價值，延續其使用壽命，可逆式建築盡量以不破壞材料、可拆卸及可重新安裝的連接的方式建構而成，例如使用能夠提升材料分離能力的傳統接合方式，包含夾合、鬆散鋪設、插入或木料榫接（材料內部接合原則），以及易恢復及維修的覆蓋原則等。尤其臨時性結構如展館、展場或類似建築物宜採用快速及易拆解設計，可維持材料長期的再利用價值，減少廢棄物產生。

第六章 結論與建議

第一節 結論

本研究完成建築規劃設計導入循環經濟發展理念之國內外文獻資料與案例蒐集，藉由文獻與案例彙整「建築循環設計」之範疇定義及策略手法，提出「循環設計五大循環」及「循環設計三大階段」，並透過兩場專家學者諮詢會議逐步研修「建築循環設計」架構內容。



圖 6-1 建築循環設計架構

圖片來源：本研究整理

建築生命週期循環設計



圖 6-2 建築生命週期循環設計架構

圖片來源：本研究整理

循環經濟的理念重視資源可恢復性及可再生性，「建築循環設計」由物料、

能源、空間、水和生物性資源面向全盤綜整循環設計相關手法，而由於依國內建築法訂定之《建築技術規則》與《建築物節約能源設計技術規範》及內政部建築研究所訂定之《綠建築評估手冊》中已涵蓋大多與能源、水及生物循環有關之指標項目，本研究藉由專家分享之實務經驗，彙整物料與空間循環設計可能遭遇的主要問題與挑戰，供產業參考調整發展策略。

隨著建築營建產業原物料如水泥、鋼鐵等價格攀升，以及國內缺工情形，部分企業已導入可促進資源循環之手法，政府機關亦逐步引進循環經濟理念至公共工程規劃設計中。為加速產業循環經濟轉型，本研究依據「建築循環設計」內涵架構，以及專家學者反映可能遭遇之問題與意見觀點，從整體政策策略、設計興建、維護使用及改造翻新階段研擬國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念後續研究發展課題，內容範疇包含經濟效益、法規、推動策略、循環建材、資源高效化、可逆式建築設計、建材再利用率、可調適於耐久化、建材履歷/建材銀行、租賃模式與舊建築改造再利用等議題，期望透過進一步發展評估工具與發展指標，將循環經濟理念原則整合至既有政策機制當中。

第二節 主要建議事項

本研究針對國內建築規劃設計導入循環經濟理念之發展，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。

建議一

發展建築循環設計建材再利用率評估之研究：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人台灣建築中心

為發展建築循環設計並有效評估產品材料之循環應用，建議透過研擬建材再利用率評估方法，作為未來國內訂定各類回收資源循環再利用為建材之政策有效評估與管理工具，逐步提升國內建材再利用率。

建議二

發展後續研究課題，促進國內建築循環設計發展：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

建築營建產業發展循環經濟所涉及之範疇深廣，為進一步落實產業循環發展，本研究提出後續推動發展方向與研究課題，包含效益分析、法規探討、循環建材與構法、可逆式建築設計、建材履歷以及租賃模式等議題，可供相關機關作為未來進一步研究發展之參考。

附錄一 循環建築之策略框架與 BREEAM 潛在指標

建築物設計及建造的循環經濟策略／子策略／指標		BREEAM-NL NB&R 2014 V2.0 評估要項	關聯性	BREEAM-int RFO 2015 & NC 2016 評估要項	關聯性
M 材料循環					
M1 優化材料使用					
M1.1 建築量體的問責制和依據					
M1.1.1	對建築物翻新的可能性進行了可行性研究，不包括新開發項目。	管理 6	-	管理 01	-
M1.1.2	在規定要求範圍內，進行了最小化開發面積（包含新建及翻新）的可行性研究。	材料 1/ 管理 6	1	管理 01	1
M1.1.3	在規定要求及開發面積範圍內，進行了最少總材料量體的可行性研究。	材料 1	1	材料 06	2
M1.2 彈性設計					
M1.2.1	利用建築彈性工具計算得分大於等於 X。	材料 8	3	垃圾 06	2
M1.3 適應設計					
M1.3.1	確保有良好水平或以上的溫度舒適度。	健康福祉 10	2	健康福祉 04	3
M1.3.2	重要機能不位於建築脆弱的位置。	-	-	污染 03	3
M1.3.3	針對高風險損壞的建築部分施予額外保護措施。	材料 7	3	材料 05	3
M1.4 重新組裝設計					
M1.4.1	使用可拆卸及可重新安裝的連接裝置來安裝或放置產品，以保證保持相似質量。	-	-	-	-
M1.4.2	產品通過可拆卸及可重新安裝的連接進行組裝，以保證保持相似質量。	-	-	-	-
M1.4.3	可取得安裝或放置產品的連接裝置。	-	-	-	-
M1.5 制衡環境影響（先決條件）					
M1.5.1	在設計和施工後階段皆進行生命週期評估計算，並將其環境影響評估結果與類似建築物的最佳實踐結果進行比較。	材料 1	3	材料 01	2
M1.5.2	基於 LCA 對整個建築物的計算，對所選建築材料的環境影響進行評估，並考慮對環境影響最小或淨影響的材料選擇。	材料 1	3	材料 01	2
M2 再利用					
M2.1 最大限度增加重複使用的材料					
M2.1.1	材料循環指標工具 MCI 的計算得分大於等於 X。	材料 1/ 垃圾 2	1	垃圾 02/ 材料 03	1
M2.1.2	確定材料後，搜尋當地供應的可重複使用/二手材料。	垃圾 2	1	垃圾 02/ 材料 03	1

建築物設計及建造的循環經濟策略／子策略／指標	BREEAM-NL NB&R 2014 V2.0 評估要項	關聯性	BREEAM-int RFO 2015 & NC 2016 評估要項	關聯性
M2.2 最大限度增加重複使用組件				
M2.2.1 在選擇組件時，搜尋可再生組件	材料 1	2	-	-
M2.2.2 在選擇組件時，搜尋當地供應的可重複使用組件。	-	-	-	-
M2.3 最大限度增加重複使用元素				
M2.3.1 招標程序提到使用回收產品，刺激設計階段的再利用。	-	-	-	-
M2.3.2 在選擇元素時，搜尋可再生元素，優先考量佔總材料消耗比重大的元素。	材料 1	2	-	-
M2.3.3 在選擇元素時，搜尋當地供應的可重複使用元素。	-	-	-	-
M2.4 未來應用				
M2.4.1 使用鼓勵產品回收及再利用的循環經濟模式。	-	-	-	-
M2.4.2 所選擇的元素經證實在未來相似產品的材料循環中可再被利用回收。	材料 1	1	-	-
M2.4.3 與建築供應商簽訂管理服務契約，以確保建築物產品的性能。	-	-	-	-
M2.4.4 針對產品的再使用可能性進行可行性研究。	-	-	-	-
M3 循環材料				
M3.1 最大限度增加可再生材料				
M3.1.1 在工業循環中使用可回收材料。	材料 1	1	-	-
M3.1.2 在生物循環中使用生物基材料。	材料 1	1	-	-
M3.2 最大程度減少使用稀缺或關鍵材料				
M3.2.1 建築物不使用關鍵材料。	材料 1	1	-	-
M3.2.2 使用關鍵材料並記錄在案。	材料 1	1	-	-
M3.3 優化材料的環境及社會影響				
M3.3.1 所使用的材料環境影響評估比參考值低。	材料 1	3	材料 01	1
M3.3.2 最低 X 量 (%) 的使用材料有其依據或負責任的來源。通過 MAT 5 計算器或 tab isolation 計算得分，100%使用的木材是可持續性生產的。	材料 5	3	材料 03/ 材料 04	2
M4 知識發展及分享				
M4.1 可獲取知識(元素、組件、材料)				
M4.1.1 在建築物使用週期中，針對材料週期建置並維護建築材料護照。	材料 1	1	材料 01	1
M4.1.2 每個建築物利益相關者可取得建築材料護照。	材料 1	1	-	-
M4.1.3 完工後，建築物的交付配有其拆除規範或拆解指南。	材料 1	1	-	-
E 能源循環				
E1 最大程度減少能源擷取				
E1.1 建築設計包含並使用最少的能源				

建築物設計及建造的循環經濟策略／子策略／指標		BREEAM-NL NB&R 2014 V2.0 評估要項	關聯性	BREEAM-int RFO 2015 & NC 2016 評估要項	關聯性
E1.1.1	在使用階段，建築物擷取最少量能源。	能源 1	3	能源 01/ 能源 04	3
E1.1.2	在建造及使用階段，建築物的能源擷取至少達氣候變遷目標的要求。	能源 1	2	能源 01	2
E1.1.3	該建築物包含在資訊分享系統中，以增加建築物用戶獲取有關能源擷取的資訊，並具有理想的節能效果。	能源 2	2	能源 02	2
E1.1.4	在設計階段，選擇最低隱含能源的元素、組件及(或)材料。	材料 1	2	-	-
E2 優化能源需求					
E2.1 能源管理(時間及空間)					
E2.1.1	建築物包含在能源管理的儲存和(或)管理系統中。	能源 2	1	能源 02	1
E3 可持續性及在地能源					
E3.1 能源來源的最低程度環境影響					
E3.1.1	建築的建造及使用所需的能源來自對環境影響最小的能源。	能源 5	1	能源 04	1
E4 知識發展及分享					
E4.1 建築利益相關者的能源資訊取得					
E4.1.1	測量有關建築物能耗的所有數據。	能源 2	2	能源 02	2
E4.1.2	有關建築物能耗的所有數據是公開的。	能源 2	2	能源 02	2
E4.2 在使用階段優化的可能性					
E4.2.1	安裝以性能為契約基礎的能源系統。	-	-	-	-
W 水資源循環					
W1 減少水資源擷取					
W1.1 建築設計包含並使用最少量的水資源					
W1.1.1	建築物內具有節水或無水設施。	水 1/水 2	3	水 01/水 04	3
W1.1.2	該建築物包含在資訊分享系統中，以增加建築物用戶獲取有關水資源擷取的資訊，並具有理想的節水效果。	水 1	1	水 01/水 04	3
W2 水資源處理					
W2.1 灰水處理系統					
W2.1.1	建築物具灰水處理系統。	水 5	3	水 01	3
W2.2 雨水收集系統					
W2.2.1	建築物具雨水收集系統。	水 5	1	水 01	1
W2.3 資源/營養修復					
W2.3.1	灰水處理系統及(或)雨水收集系統有可能在過程中回收資源和營養。	-	-	-	-
W3 知識發展與分享					
W3.1 建築利益相關者的水資源資訊取得					
W3.1.1	建築物設有水資源管理系統，以	水 2	2	水 02	2

建築物設計及建造的循環經濟策略／子策略／指標	BREEAM-NL NB&R 2014 V2.0 評估要項	關聯性	BREEAM-int RFO 2015 & NC 2016 評估要項	關聯性
監控水資源擷取並給予回饋。				
BE 生物多樣性與生態				
BE1 避免減少生物多樣性				
BE1.1 建築設計通過生態系統使用階段的影響及體現，將生物多樣性損失降至最低。	土地生態 1/ 土地生態 2	3	土地生態 01/ 土地生態 02	3
BE2 整合生態系統服務				
BE2.1 生態系統元素提供生物多樣性及建築功能。	土地生態 2/ 土地生態 3/ 土地生態 4	3	土地生態 02/ 土地生態 03/ 土地生態 04	3
BE3 促進當地生物多樣性				
BE3.1 建築設計加強當地生物多樣性，尤其針對稀缺品種。	土地生態 2/ 土地生態 3/ 土地生態 4	3	土地生態 02/ 土地生態 03/ 土地生態 04	3
BE4 知識發展與分享				
BE4.1 遠程生物多樣性及生態保護。	土地生態 6	3	土地生態 05	3
BE4.2 生物多樣性資訊可及。	土地生態 6	3	土地生態 05	3
HS 人文社會性				
HS1 生態系統服務整合				
HS1.1 建築設計通過使用階段的影響及體現，將社會短缺和文化損失降至最低。	土地生態 1/ 材料 5	2	土地生態 01/ 材料 03	2
HS2 促進共享設施及服務				
HS2.1 功能性共享空間和便利設施提供凝聚力並減少影響。	管理 6	2	管理 01	2
HS3 知識發展與分享				
HS3.1 社會資訊可及性。	管理 9/案例	1	管理 04/案例	1
HW 健康福祉				
HW1 避免毒性材料及污染				
HW1.1 建築設計體現低毒性或無毒				
HW1.1.1 不使用 C2C 禁止的化學材料。	材料 1	1	健康福祉 02	1
HW1.1.2 建築產品無 VOC 排放或 VOC 排放極少。	健康福祉 9/ 材料 1	3	健康福祉 02	1
HW1.2 在興建、使用及拆卸階段避免污染。	健康福祉 9/ 材料 1	1	健康福祉 02	1
HW2 通過提供最佳的室內環境來確保足夠的生活質量				
HW2.1 確保空氣品質及舒適溫度。	健康福祉 8/ 健康福祉 9/ 健康福祉 10	3	健康福祉 01/ 健康福祉 02/ 健康福祉 03/ 健康福祉 04/ 健康福祉 05	3
HW2.2 確保光線及視覺舒適。	健康福祉 1/ 健康福祉 2/ 健康福祉 3/ 健康福祉 4/ 健康福祉 5/ 健康福祉 6	3	健康福祉 01/ 健康福祉 02/ 健康福祉 03/ 健康福祉 04/ 健康福祉 05	3
HW2.3 確保最佳音響效果。	健康福祉 13	3	健康福祉 01/ 健康福祉 02/ 健康福祉 03/	3

建築物設計及建造的循環經濟策略／子策略／指標	BREEAM-NL NB&R 2014 V2.0 評估要項	關聯性	BREEAM-int RFO 2015 & NC 2016 評估要項	關聯性
			健康福祉 04/ 健康福祉 05	
HW3 知識發展與分享				
HW3.1 毒性信息和室內環境參數的可及性。	健康福祉 8/ 健康福祉 9	1	管理 04/ 健康福祉 02/ 案例	1
V 多種形式價值觀				
V1 確保遠程美學				
V1.1 建築美學價值不限制其使用壽命。	-	-	-	-
V2 知識發展與分享				
V2.1 價值資訊的可及性。	管理 9/ 案例	1	管理 04/ 案例	1

註:BREEAM(NC & RFO)的環境評估要項分別為「管理」、「健康與福祉」、「能源」、「交通」、「水」、「材料」、「垃圾」、「土地與生態」、「污染」和「創新」。

資料來源：*A-Framework-For-Circular-Buildings: indicators for possible inclusion in BREEAM (Annex 1)*，本研究轉譯整理

附錄二 評選審查意見回覆表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	循環經濟在建築規劃設計上之導入，其階段及理念應更高於或優於永續建築，建議可更詳細說明。	本研究後續將說明及定義循環經濟導入建築規劃設計與其他如永續建築、綠建築等概念之異同。
2	現階段我國建築物使用者(即一般民眾)之生活習慣，常未能以正確的循環理念來使用建築物，故設計者如何強化正確的循環經濟理念，並藉由設計引導使用者，方能全面、經濟有效的使用建築物。	謝謝委員意見，這也是本研究設定的目標方向，將納入後續研究考量。
3	此研究目標精準，團隊素質整齊，可行性高。	感謝委員支持。
4	建築物規劃設計階段，不論是建築構材或室內裝修材料之選擇，皆屬設計思考的一部分，建議應視為循環經濟研究重點之一。	感謝委員意見，將納入本研究考量。
5	自由經濟下，消費者心態、法令要求及獎勵等因素對於推動執行的影響極大，建議本研究可參考國外優良案例，在當地法規面及文化民情上的執行策略。	本計畫本年度將聚焦在循環經濟在建築規劃設計上導入的範疇與相關技術手法進行探討研究，但有關國外相關法規要求、獎勵政策及文化層面推行循環經濟理念等將納入本研究規劃未來研究課題時參考。
6	疫情時期，群聚式的研討會成本，建議可改請教精通他國語言的臺灣學者，以視訊方式，與國際間專家學者進行訪談與諮詢，並以遠距直播方式傳達予大眾。	謝謝委員意見。本年度專家研討會主要目的還是著眼於尋求國內建築產官學對循環經濟在建築規劃設計上導入的共識，本質上還是專家會，只是以研討方式舉辦，擴大參與。
7	有關循環經濟建築設計，與「開放式建築」部分理念相符，且日本已有諸多案例可供參考，建議可納入研究進行分析。	感謝委員意見，將納入本研究考量。
8	有關建築構件之循環，請考量是否有相關規範準則供大眾遵守。	有關構件循環將納入本研究考量。至於是否需訂定相關規範準則，將納入本研究規劃未來研究課題時參考。
9	有關服務建議書中提及研討會之辦理，並未呈現於經費編列內容，建議說明釐清。	謝謝委員提醒。本年度專家研討會主要目的還是著眼於尋求國內建築產官學對循環經濟在建築規劃設計上導入的共識，本質上還是專家會，只是以研討方式舉辦，擴大參與。屆時將商借適當場地舉行，所以並未額外編列費用。

項次	審查委員意見	廠商回應
10	建築規劃設計影響施工、拆除再利用及管理維護等不同生命週期階段，建議分析建築不同生命週期階段導入循環經濟之相關策略及規範。	感謝委員意見，建築規劃設計導入循環經濟理念之研究範疇已涵蓋建築各生命週期內導入循環經濟相關應用手法之策略。
11	循環經濟可分為短循環與長循環，應考量如何建立耐久或材料再使用機制，並應對使用者需求，調整接受度，建立建築規劃設計訴求。	有關耐久性設計與建材使用將納入本研究考量。至於是否需建立耐久或材料再使用機制，並應否對使用者需求調整接受度等議題，將納入本研究規劃未來研究課題時參考。
12	建議可建立定量控制規模的設計原則，以在有限資源下達成循環經濟理念。	感謝委員指導，將納入本研究規劃未來研究課題時參考。
13	為促進循環經濟在建築物之應用，除推動再生綠建材外，如何在建築規劃設計階段即導入循環經濟理念，亟需盤點各種可能性，請補充說明本計畫如何執行。	本計畫蒐集國內外建築規劃設計導入循環經濟概念之案例及相關文獻資料，彙整分析各種理念及應用手法，並透過舉辦專家學者諮詢會議及研討會的方式，評估及檢討各種應用手法於國內法規制度下導入之可行性，以建立國內建築規劃設計導入循環經濟理念之範疇定義及內涵。
14	建築設計規劃涉及建築專業，建議加強與建築相關公學會溝通，了解建築師想法，俾利研提適合的作法。	感謝委員建議，本計畫將於專家學者諮詢會加強與建築相關公學會之溝通交流。

附錄三 工作會議紀錄

「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」 委託研究計畫第一次工作會議會議紀錄

一、開會時間：110年04月26日(星期一)下午2時30分

二、開會地點：內政部建築研究所 簡報室

(新北市新店區北新路三段200號13樓)

三、主持人：財團法人台灣建築中心 王婉芝副執行長

四、出席人員：詳簽到單

五、紀錄：林維欣

六、承辦單位報告：(略)

七、出(列)席人員發言要點：(依發言順序摘錄)

(一) 羅時麒組長

1. 建築的循環設計除了以不同的範疇(如物料、能源、空間、水、生物)歸納其手法項目以外，建議就建築生命週期的角度描繪其導入循環經濟發展之理念。
2. 依計畫內容盤點未來發展課題及願景，作為研擬未來科技計畫之參考。
3. 專家諮詢會議之題綱建議納入法規層面之檢討。

(二) 姚志廷聘用研究員

1. 建議從循環建築架構盤點國內目前亟需突破的部分，如技術層面及法規層面，法規層面包含強制性或鼓勵性措施。

(三) 徐虎嘯副研究員

1. 建議定義並釐清永續建築、循環經濟及建築的循環設計之異同，確立計畫之定調。

(四) 黃榮堯執行長/教授

1. 今年度計畫將聚焦在建築規劃設計導入循環經濟的範疇與相關技術手法探討研究，透過本期計畫執行，建立國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念的範疇與定義後，研擬未來推動發展方向與研究課題，如法規層面之檢討、發展可逆式建築策略等。
2. 預計於5月份召開第一場專家學者諮詢會議，透過邀集相關專家及建築師參與討論，研擬後續推動方向與研究課題作為建研所研擬中期計畫之參考。

八、散會(16時0分)

「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」委託研究計畫

第一次工作會議簽到單

會議時間：2021年4月26日 14:30

會議地點：內政部建築研究所簡報室

出席人員：

內政部建築研究所	鄧曉暉		
內政部建築研究所	徐嘉味		
內政部建築研究所	王淑雲		
內政部建築研究所	姚志廷		
財團法人台灣建築中心	王婉芝		
財團法人台灣建築中心	黃樂堯		
財團法人台灣建築中心	侯雅臺		
財團法人台灣建築中心	林維欣		

「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」
委託研究計畫第二次工作會議會議紀錄

一、開會時間：110年10月05日(星期二)下午2時0分

二、開會地點：內政部建築研究所 討論室一

(新北市新店區北新路三段200號13樓)

三、主持人：財團法人台灣建築中心 王婉芝副執行長

四、出席人員：詳簽到單

五、紀錄：林維欣

六、承辦單位報告：(略)

七、出(列)席人員發言要點：(依發言順序摘錄)

(一) 羅時麒組長

1. 由於建築技術規則及綠建築評估系統已涵蓋大部分能源循環、水循環與生物循環相關指標，建議著重探討物料循環及空間循環之「建築循環設計可能遭遇之主要問題」，並按其重要性排列優先順序。
2. 建議詳細說明各項建築循環設計範疇內容。

(二) 黃榮堯執行長/教授

本年度計畫預計由技術面、法規面或市場面探討建材循環與空間循環遭遇之主要問題，並說明各項建築循環設計策略手法內容。

八、散會(16時0分)

「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」委託研究計畫

第二次工作會議簽到單

會議時間：2021 年 10 月 05 日 14:00

會議地點：內政部建築研究所討論室一

出席人員：

內政部建築研究所	羅時慧		
內政部建築研究所	王婉芝		
財團法人台灣建築中心	王婉芝		
財團法人台灣建築中心		黃榮堯	
財團法人台灣建築中心	林維欣		

附錄四 第一次專家諮詢會議紀錄

「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」 委託研究計畫第一次專家諮詢會議會議紀錄

- 一、開會時間：110年06月04日(星期五)上午10時0分
- 二、開會地點：財團法人台灣建築中心(線上會議)
- 三、主持人：財團法人台灣建築中心 王副執行長婉芝
財團法人臺灣營建研究院營建
循環經濟推動辦公室 黃執行長榮堯 共同主持
- 四、出席人員：詳簽到單
- 五、紀錄：林維欣
- 六、主席致詞：(略)
- 七、內政部建築研究所致詞(羅組長時麒)：

建研所過去幾年針對綠建材進行循環經濟相關研究，今年擴大領域針對建築規劃設計展開循環經濟研究。行政院永續發展委員會希望推動建築營建產業之循環經濟，由建研所協助營建署從法規層面進行探討，並規劃發展示範計畫（如社會住宅），故建議本計畫針對法規與案例進行更多探討。

- 八、承辦單位計畫說明：(略)
- 九、討論事項：(依發言順序摘錄)

(一) 九典聯合建築事務所 - 林章鍊建築師

1. 計畫所提出之建築循環設計架構完整，涵蓋策略廣泛。
2. 九典聯合建築師事務所運用循環經濟理念打造台糖沙崙智慧住宅與北海岸環教中心，導入的循環策略如模矩化、可拆解、易組裝及預鑄等系統工法，如採用乾式簡化之模矩外牆單元、中空樓板減少傳統現場澆製以利材料未來再利用、乾式輕隔間牆、租賃模式、易維修策略如明管設計、整體衛浴等，並考量使用再生材料製造之隔熱系統，延伸循環策略至傢俱、室內裝修如天花板及地坪等方面的應用。
3. 台糖沙崙智慧住宅案考量以組裝鋼構系統取代焊接接合，除技術及結構安全考驗外，亦面臨住宅相關法規及隔音等限制。
4. 本案目前實際發包之租賃設備包含照明系統、太陽能板、傢俱、家電、空調、衛浴及公共藝術等，然而在尋求發展租賃模式過程

中，遭遇廠商缺乏成熟的財務架構，以致未能提出租賃契約的難題。

5. 本案目前發展將 3D 元件模型編碼製成建築銀行之材料，需克服在技術以及實際運作上之困難。
6. 租賃模式作為循環策略之一，其效益為改良產品設計及製程。
7. 循環經濟作為打造近零耗能建築的主要解決方案之一，改良主構造系統（如推行鋼構或木構造等材料）可快速降低建築物能源耗用。

(二) 薛昭信建築師事務所 - 劉家華建築師

1. 臺北市南港機廠社會住宅採行之循環策略包含以租代售建材及設備設施、使用循環建材、辦公室共享之創新商業模式、彈性模組及優化性能設計、資源循環再利用及其他如綠化固碳等措施，皆涵蓋於計畫所提出之建築循環設計架構中。
2. 建議計畫延伸考量建築循環策略至施工前及完工後階段，如南港機廠案於假設工程中導入循環經濟理念，並使用 BIM 於完工後建置完整之材料護照。
3. 由於南港機廠案無地下室，缺乏一般建築打造水循環設施之空間，故採用 FRP 可循環使用之集水箱，供計畫參考。

(三) 關河彬建築師事務所 - 關河彬建築師

1. 「建築循環設計」系統架構可作為未來規劃設計之參考依循，有利於相關人員加速瞭解循環策略與執行檢討。
2. 系統設計架構建議參考循環經濟蝴蝶圖，建立不同效益層次的循環策略。在循環經濟蝴蝶圖中，循環迴圈越小，效益越高，可促進設計人員思考並應用循環迴圈小之設計策略，如採用修繕、租賃或翻新等方式提高物件使用次數，而非循環迴圈較大的原物料回收再生策略(如使用再生建材)。
3. 生物循環包含都市農園、生態及水系統循環等策略，工業循環與建築本體相關，涉及材料製造、營造廠、設計團隊、業主、使用者與維管單位等面向。
4. 以租代買可促進物品循環再利用，然而國內大部分廠商缺乏商品租賃的商業模式，由於無法進行相關成本、維護及回收估算，並且考量使用者的需求與意願，需整合物管倉儲及運輸配套措施，加上維護管理計畫與合約權責對象等問題，導致廠商實行意願不高。以南港機廠社會住宅案為例，目前採用之租賃設備僅限公共區域廚具，其他設備傢俱難以落實以租代買模式。
5. 目前國內生產的傢俱無 C2C 認證，亦無相關認證標準，而國外進口產品的成本太高，成為國內實際執行層面之困難。

(四) 張矩墉建築師事務所 - 張矩墉建築師

1. 以物料循環為例，臺灣營建產業已在假設工程循環利用組合房屋、安全支撐及模板等構材，其特性為標準化及重複使用性高。
2. 臺灣一般的建案面積小，不易採用模矩化構材。
3. 循環經濟需考量材料未來再使用，而一般 RC 建築物生命週期約為 40-50 年，屆時將涉及環境、需求、法規與科技的變化發展，在建築規劃設計上形成嚴峻的考驗。建議可朝生命週期較短，或可標準化的建築構材，如木構造、災後需快速組建的安置住宅、臨時性建築物或室內裝修、門窗、隔間、柱樑系統等部分落實循環經濟，而非整體建築物均納入考量。
4. 鼓勵進行乾式施工，並加強接合方式的性能研究，以利材料未來可拆解再利用。
5. 物料長壽化研究可延長產品使用生命週期與效益，同時應避免低效益的再利用方式（如金屬回收熔鍊再使用）。
6. 以租代買模式需多方產業利益者相互配合，如建築師、業主與廠商等，方能順利推動。

(五) 張瑪龍建築師事務所 - 羅婷頤建築師

1. 高雄循環住宅在設計合約中載明需進行租賃模式之訪價及預算編製項目，但由於大部分廠商不提供租賃服務，故在訪價作業中無法蒐集三家以上提供租賃服務的廠商。此情形除造成設計單位需承擔履約風險以外，亦產生無法履行公共工程採購法的疑慮。
2. 建築規劃設計利用 BIM 記錄相關材料構件資訊，然而未有官方平臺整合材料資訊，設計單位或營造廠商難以取得回收材料相關資訊，包含材料價金及採購法中有關指定材料的相關規範，造成實務層面上執行困難。
3. 有關建築物構件再循環使用，應進行相關性能評估，避免形成安全疑慮。
4. 經濟性為業界推行循環經濟首要考量，包含提升造價、設計費用及提供廠商合理的利潤，以避免發包困難之情形。

(六) 國立台灣科技大學 - 鄭政利教授

1. 建築規劃設計導入循環經濟發展理念所涉及之範疇廣泛，建議釐清本研究課題之目標對象，將焦點放在建築營建產業可主導的領域，以利未來發展與落實。
2. 建築循環設計與綠建築系統之間有許多共通之處，主要差異在於將廢棄物轉變為資源（搖籃到搖籃 Cradle to cradle）的概念，包含實行預鑄模組化以及與商業模式結合等議題。
3. 水循環及生物循環中應納入排泄物回收堆肥及食物循環等面向。

(七) 內政部建築研究所 - 呂文弘簡任研究員

建議針對建築物不同生命週期涉及的產業利益者，彙整其可採行之循環策略或因應對策，另由文獻與案例彙整相關法制條件、既有與待開發技術項目以進行對照。

(八) 內政部建築研究所 - 羅時麒組長

請參考舊建築物翻新再利用項目，如遠東建築獎的舊建築物改善專題，並盤點產業推動循環經濟發展所面臨的議題，以供後續研究發展。

十、結論

藉由各位專家學者提供之實務經驗分享，本研究將持續蒐集相關案例與文獻，包含各位專家學者所提供之案例參考及建議，以完整本計畫建築循環設計架構，有助未來建築師及設計人員參考及導入應用。

十一、散會(12時0分)

「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」委託研究計畫

第一次專家學者諮詢會議簽到單

壹、會議時間：2021年6月4日 上午10時

貳、會議召開：財團法人台灣建築中心(線上會議)

參、主持人：財團法人台灣建築中心 王婉芝 副執行長 王婉芝

財團法人臺灣營建研究院 黃榮堯 執行長/教授 黃榮堯

肆、紀錄：林維欣

伍、出席人員：

內政部建築研究所 羅時麒組長	<u>羅時麒</u>	財團法人台灣建築中心 侯雅壹經理	<u>侯雅壹</u>
內政部建築研究所 呂文弘簡任研究員	<u>呂文弘</u>	財團法人台灣建築中心 王冠翔組長	<u>王冠翔</u>
內政部建築研究所 徐虎嘯副研究員	<u>姚志廷</u>		
內政部建築研究所 姚志廷聘用研究員	<u>徐虎嘯</u> ↕		
內政部建築研究所 王家瑩副研究員	<u>王家瑩</u>		
九典聯合建築事務所 林章鍊建築師	<u>林章鍊</u>		
張矩墉建築師事務所 張矩墉建築師	<u>張矩墉</u>		
國立台灣科技大學 鄭政利教授	<u>鄭政利</u>		
薛昭信建築師事務所 劉家華建築師	<u>劉家華</u>		
關河彬建築師事務所 關河彬建築師	<u>關河彬</u>		
張瑪龍建築師事務所 羅婷頤建築師	<u>羅婷頤</u>		

建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究

Microsoft Teams系統會議摘要

會議標題

【建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究】

會議開始時間

第一次專家諮詢會議

會議結束時間

2021/6/4 上午9:15:25

2021/6/4 下午12:11:04

全名	加入時間	離開時間	角色
綠建築發展部	2021/6/4 上午9:15:25	2021/6/4 下午12:11:04	召集人
財團法人台灣建築中心-王冠翔	2021/6/4 上午9:15:29	2021/6/4 上午9:17:44	簡報者
財團法人台灣建築中心-王冠翔(來賓)	2021/6/4 上午9:16:48	2021/6/4 上午9:19:16	簡報者
王冠翔-財團法人台灣建築中心	2021/6/4 上午9:18:57	2021/6/4 上午10:10:42	簡報者
王冠翔-財團法人台灣建築中心	2021/6/4 上午10:12:13	2021/6/4 上午10:18:55	簡報者
林維欣-財團法人台灣建築中心(來賓)	2021/6/4 上午9:19:40	2021/6/4 下午12:11:04	簡報者
王冠翔-財團法人台灣建築中心(來賓)	2021/6/4 上午9:20:31	2021/6/4 下午12:11:04	簡報者
林維欣-財團法人台灣建築中心	2021/6/4 上午9:22:28	2021/6/4 下午12:11:04	簡報者
王婉芝	2021/6/4 上午9:26:51	2021/6/4 下午12:10:55	簡報者
Nancy	2021/6/4 上午9:32:26	2021/6/4 上午11:55:38	簡報者
侯雅壹-台灣建築中心(來賓)	2021/6/4 上午9:32:50	2021/6/4 下午12:11:04	簡報者
關河彬(來賓)	2021/6/4 上午9:34:50	2021/6/4 上午11:55:23	簡報者
王家瑩 建築研究所(來賓)	2021/6/4 上午9:35:22	2021/6/4 上午11:56:39	簡報者
張矩墉(來賓)	2021/6/4 上午9:39:00	2021/6/4 上午11:55:22	簡報者
CL Lin	2021/6/4 上午9:41:00	2021/6/4 上午11:55:28	簡報者
徐虎嘯 內政部建築研究所(來賓)	2021/6/4 上午9:44:49	2021/6/4 上午9:47:35	簡報者
環控組-姚志廷(來賓)	2021/6/4 上午9:46:22	2021/6/4 上午9:49:37	簡報者
黃榮堯(來賓)	2021/6/4 上午9:47:30	2021/6/4 下午12:10:54	簡報者
呂文弘(來賓)	2021/6/4 上午9:50:25	2021/6/4 上午10:42:17	簡報者
建築規劃設計會議	2021/6/4 上午9:51:06	2021/6/4 上午9:54:46	簡報者
徐虎嘯 內政部建築研究所(來賓)	2021/6/4 上午9:52:38	2021/6/4 上午9:52:39	簡報者
徐虎嘯 內政部建築研究所(來賓)	2021/6/4 上午9:53:20	2021/6/4 上午10:16:52	簡報者
呂文弘	2021/6/4 上午9:53:52	2021/6/4 上午9:54:37	簡報者
姚志廷-建研所	2021/6/4 上午9:54:03	2021/6/4 上午9:54:35	簡報者
鄭政利 台灣科大(來賓)	2021/6/4 上午9:55:05	2021/6/4 上午9:56:02	簡報者
姚志廷-建研所	2021/6/4 上午9:55:17	2021/6/4 上午9:55:20	簡報者
羅時麒	2021/6/4 上午9:55:52	2021/6/4 上午11:55:36	簡報者
姚志廷-建研所	2021/6/4 上午9:56:20	2021/6/4 上午11:56:35	簡報者
劉家華(來賓)	2021/6/4 上午9:56:25	2021/6/4 上午9:57:56	簡報者
劉家華(來賓)	2021/6/4 上午9:59:32	2021/6/4 上午11:55:22	簡報者
鄭政利 台灣科大(來賓)	2021/6/4 上午9:57:18	2021/6/4 上午11:55:26	簡報者
徐虎嘯內政部建研所(來賓)	2021/6/4 上午10:15:40	2021/6/4 上午11:56:59	簡報者
王冠翔-財團法人台灣建築中心	2021/6/4 上午10:21:22	2021/6/4 下午12:11:02	簡報者
呂文弘	2021/6/4 上午10:42:22	2021/6/4 上午11:55:31	簡報者

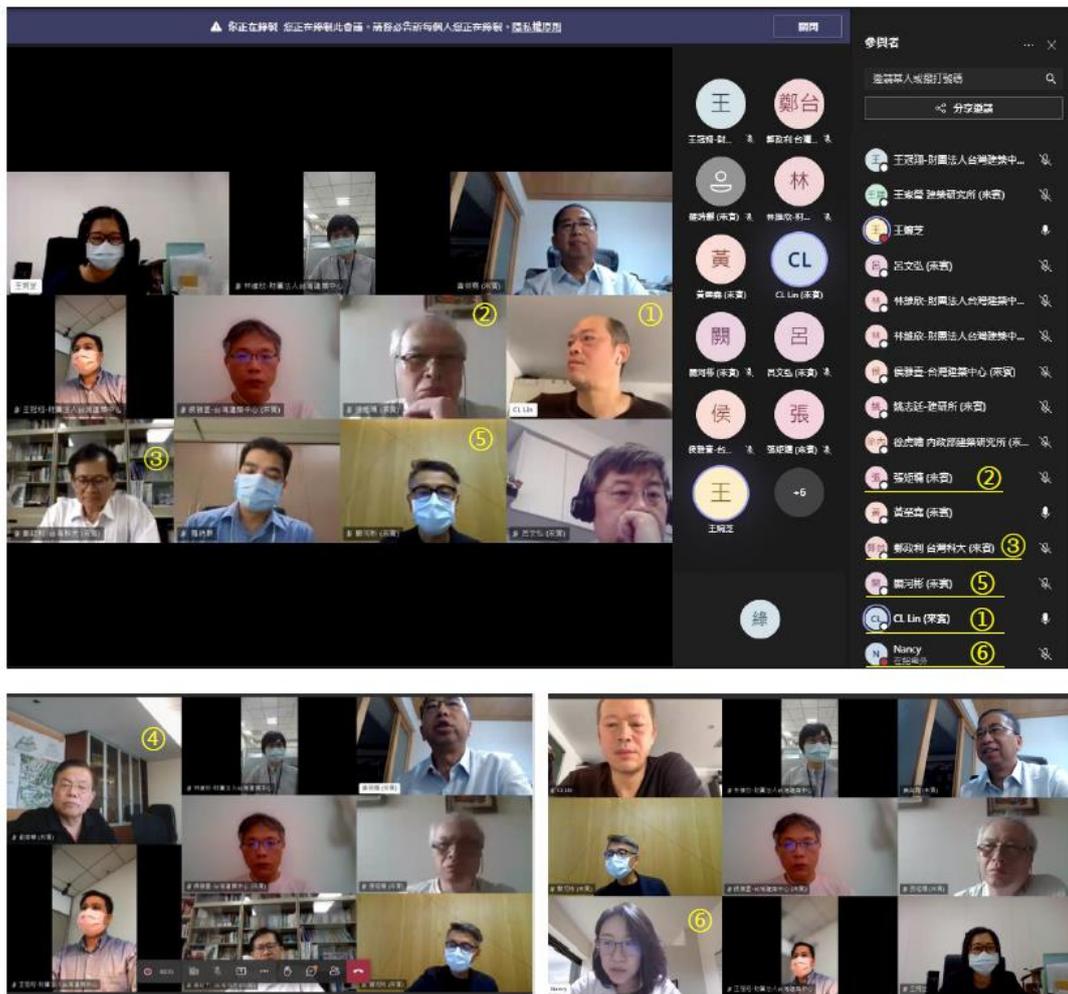
「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」

第一次專家學者諮詢會議

線上視訊會議紀錄

會議時間：2021年6月4日 上午10時

專家學者名單：(1)林章鍊建築師 (2)張矩墉建築師 (3)鄭政利教授
(4)劉家華建築師 (5)闕河彬建築師 (6)羅婷頤建築師





附錄五 期中審查意見回復表

- 一、 會議日期：110年7月13日（星期二）上午9時30分
 二、 會議地點：本次會議採視訊會議
 三、 主持人：內政部建築研究所 王所長榮進

項次	審查委員意見	廠商回應
審查委員：李教授孟杰		
1	本案針對建築規劃設計階段導入循環經濟發展，於期中執行階段，蒐集並分析國內外資料，且依據建築生命週期分為三階段進行分析，能有效反映目前降低碳排之全球策略。	感謝委員肯定。
2	建議除建築營造工程之循環理念外，可再納入室內設計裝修與景觀規劃工程，較能完善整體的建築內外生命週期考量。	感謝委員建議，本研究有關建築循環設計的架構內容業已將室內裝修與景觀工程納入參考範疇，後續將加強該部分論述以供參考。
3	循環經濟發展建議進一步考量生命週期成本與省能低碳排(碳稅)之效益。建議根據上游的再生材料端，考量材料分類與再製成本對應原料取得成本之分析；中游生產製造端，考量製程成本與性能效益對應原材料之生產成本及性能效益；下游使用端，考量其替代性與市場性。	感謝委員建議，建築規劃設計導入循環經濟之生命週期成本與減碳評估等議題，建議納入未來研究課題持續辦理。
4	建議循環規劃整體分類可以從材料條件進行思考，並導入BIM系統中，如結構(構造)、設備、裝修、景觀、廢棄物等。在規劃設計階段，建議思考模組化設計或開放建築概念；在營建工程階段，建議從材料與工法著手；在使用維護上，建議從維護、修復、清潔、更新(抽換)項目思考；拆除更新階段，建議進行拆除規劃、再利用設計與加工，以便協助後續改造翻新時參照。	感謝委員建議，相關策略手法已納入本研究提出之建築各階段循環設計中，但是否需導入BIM，建議可由相關利害關係者自行考量。
5	在循環設計的五大循環中，建議於能源循環項目中，分別列出製程節能、使用節能、分解再利用節能與替代能源等類別，	感謝委員建議，將納入建築循環設計框架之手法分類參考。

項次	審查委員意見	廠商回應
	易於理解其內容；而在水循環項目中，建議增加思考中水設施，如洗手(泡澡)水的沖廁或清潔等再利用；至於生物循環項目中，可以分別列出生物材料、生質能源與環境資材等類別。	
6	本研究現行遭遇問題中，建議可分為成本分析、共享資源、檢測認證機制(如中古車認證)、BIM 建立材料履歷、及政策規範之獎勵與罰則等 5 項，進行對應分析，以利找出有效之改善對策。	感謝委員建議，將納入後續彙整現行遭遇問題之內容與方向參考。
審查委員：林教授子平		
1	本研究蒐集的資料及案例完整，具有良好的參考應用價值。循環設計理念若能導入低碳或零碳建築，對於臺灣在近/淨零建築的推動將有所助益。	感謝委員肯定。
2	建議進一步探討國內各案例在執行上的挑戰，以及實務推動上面臨的問題(如以租代購的限制等)，以利未來相關政策配套措施之研擬。	感謝委員建議，有關進一步深入探討案例實務推動面臨的問題，建議納入未來研究課題持續辦理。
3	本研究已初步盤點綠建築指標中的循環設計的概念，建議進一步將循環五個框架與綠建築體系結合，以調整或擴充我國綠建築評估系統。	感謝委員建議，有關本研究循環設計與綠建築評估系統之比較，後續會有初步討論。但深入的比較探討與整合，將納入未來研究課題持續辦理。
審查委員：林教授憲德		
1	建築循環經濟設計目前因缺乏效益評估、財務評估，因此難以被執行、被信賴，建議可增加碳排、能源或成本分析等科學評估方式進行探討。	感謝委員建議，建築規劃設計導入循環經濟之效益評估、財務評估、碳排與能源分析等議題，建議納入未來研究課題持續辦理。
2	資源回收再利用的過程對於環境可能傷害更大，例如：回收水泥磚的碳排比新品水泥磚多、再生紙對環境的傷害比全新紙大等，因此建議將建築源頭減量設計之概念納入建築循環經濟設計之評估，將比末端循環對環境更有助益。	感謝委員建議，十分認同!本研究提出建築循環設計框架之物料循環中的「高效化設計」即包含減量設計的概念，從源頭設計端以合理的構造和經濟性高效利用方式最小化建材資源的使用量體。此部分後續會在報告中加強說明。
審查委員：陳專門委員威成		

項次	審查委員意見	廠商回應
1	循環建築理念為綠建築的加強版，其所考量的節水、節能、綠電等皆為綠建築既有內容，建議可盤點比較。	感謝委員建議，但循環建築理念並非綠建築的加強版，而是各有擅場，互為所用!有關本研究循環設計與綠建築評估系統之比較，後續會有初步討論。但深入的比較探討與整合，將納入未來研究課題持續辦理。
2	循環建築是在設計時即考慮拆除時建材要如何再利用或是廢棄物要如何回收處理，建議這部分可加強著墨。	感謝委員建議，在建築設計階段即考量建材資源後續拆除時能循環再利用並減少廢棄物產生本為循環經濟理念之要點，也已納入本研究循環設計框架中，後續將於報告中加強說明。
3	本研究彙整了國內的幾個案例導入循環經濟理念的建築設計手法，相當完整，其中臺中花博荷蘭館是唯一已經拆除的案例，建議補充拆除後構件材料之後續利用情形。另南港機場社宅和台糖沙崙園區在規劃之初納入循環經濟理念，除了租賃廠商難尋之外，建議深入了解是否有遭遇其他困難，以利未來政策推動參考。	感謝委員建議，本研究將後續補充拆除後構件材料之後續利用情形。此外，也將持續蒐集有關國內實行循環經濟之建築規劃設計案例所遭遇之難題資料，以利未來政策推動參考。
4	循環經濟是必須有經濟效益才能有效推動，建議可針對建材的可再利用率、再利用材料的結構安全性、生命週期成本考量等進行進一步分析。	感謝委員建議，建築規劃設計導入循環經濟之效益評估分析與材料結構性能評估等議題，建議納入未來研究課題持續辦理。
5	國外案例多採用鋼構造或木構造建築，材料較易於被循環使用，至於國內構造仍以鋼筋混凝土為主，建議能針對該構造進行循環策略研析。	感謝委員建議，針對國內建築構造之循環策略研析將納入後續研究課題規劃時參考。
6	建材護照係結合 BIM，儲存相關建材資訊，建築師或營造業需建立大量的建材資訊，且這些建材在長時間不確定是否能再利用的情況下，是否造成額外的負擔？	BIM 作為建置建材履歷及建材銀行系統之工具之一，但非必要工具，相關建材資料和資訊建置之議題，將納入後續研究課題規劃時參考。
7	建議可進一步探討模組化如何廣泛應用；另建築物建築設計導入循環經濟理念建議可先納入綠建築標章試行。	感謝委員建議，有關模組化應用與綠建築評估系統導入循環經濟理念之研究將納入後續研究課題規劃時參考。
審查委員：陳建築師顯明		

項次	審查委員意見	廠商回應
1	本案資料蒐集豐富完整，整理分析部分深入有條理，值得嘉許。	感謝委員肯定。
2	自報告內容看來國內建築環境要達到先進國家定義之循環經濟，尚有許多方面需要努力，建議於期末報告前加以深入探討相關法規的執行策略與建議，除建築材料及構造涉及建築法系及相關建築規範外，尚涉及其他法系之調整修改；如：緊密型城市 Compact City 之發展已涉及都市計畫法、建築空間共享機制涉及 Mixed Use 之都市計畫法系分區管制規則、以租代買涉及採購法...等。	感謝委員建議，本研究今年度針對國內外建築規劃設計導入循環經濟發展理念的發展現況、範疇定義與各種應用手法進行系統性分析，有關法規分析與探討問題，將持續蒐集相關資料，以利推動參考。
3	建材回收再利用機制，初期需要模矩化及大規模的發展方能有效推動，建議本研究未來可加強補充大規模社會住宅之規劃設計案例，以作為後續之先驅研究。	感謝委員建議，後續將加強多蒐集大規模社宅導入循環經濟理念之案例資料。
4	德國永續社區(建築)之必要項目包含有能源管理、水資源管理、垃圾管理(含回收)及土壤(有機表土)管理，本研究內容似未涉及土壤(有機表土)之管理，建請考量納入。德國永續社區內必設有維修教室，教導居民維修提高家具家電之使用時間，同時作為廢棄家具家電之維修重整中心，更新後之家具家電可進入社區跳蚤市場，以大幅降低社區廢棄物量。	感謝委員建議，本研究物料循環架構中包含二手物品物料交易平台空間，涉及土壤之循環設計管理策略，及促進維修之措施將納入循環設計框架參考。
5	臺灣社會既存的廢棄物回收體系相當精細而有效率，相較於歐美我國的廢棄物回收率相當突出；建議本研究略加涉獵並加以納入回收體系構想。	感謝委員建議，本研究主要聚焦建築循環設計框架之建構，有關建築建材與設備資源廢棄物之循環再利用，已納入本研究循環設計框架中，未來也應將之納入國內資源廢棄物回收體系，使更為完備。
6	建材(或建築)循環理念可分為再利用提升使用次數與耐久性延長使用年限，建議本研究將各項建材予以分類並分析其對策。	感謝委員建議，本研究本年度主要聚焦建築循環設計框架之建構，有關各項建材之耐久性及其使用年限等分析，將納入後續研究課題規劃時參考。
7	贊成發展 BIM 為循環經濟之重要工具，建議可考量搭配 QR code，運用在易於重新	感謝委員建議，相關建材資料和資訊建置之議題，將納入後續研究課題規劃時參

項次	審查委員意見	廠商回應
	組裝之再利用材料上，以提升材料之再利用率。	考。
審查委員：廖建築師慧燕		
1	國內外雖然多將循環經濟當作重要議題，但國內目前對建築導入循環經濟發展尚未有系統性研究，本研究確實相當重要。	感謝委員肯定。
2	本案蒐集之國內外文獻資料相當完備，並做了完整的分析及歸納，值得肯定。惟建議部分國內較具可行性之策略或作法，或可做較深入之介紹，以利後續引用參考。另部分資料如圖 2-3、2-3 太小無法辨識，建議較重要的參考資料圖說宜放大並譯成中文，以利參閱。	感謝委員肯定，本研究聚焦建築循環設計框架之建構，再透過數場專家會，建立國內較具可行性之策略及作法，此部分相關文獻亦將於後續加強介紹，並轉譯及放大相關重要圖示供參。
3	第四章所提出之遭遇問題較缺乏與依據，建議可就國內已經在執行的案例如沙崙智慧綠能循環住宅、台北南港機廠社會住宅及其他社宅（期引入家具、冷氣機等出租策略）等，做較深入之資料蒐集與分析，以較確實掌握國內問題並作為國內遭遇之問題分析與基礎。	感謝委員建議，將持續蒐集有關國內實行循環經濟之建築規劃設計案例所遭遇之難題資料，以利未來政策推動參考。但進一步深入探討案例實務推動面臨的問題，建議納入未來研究課題持續辦理。
4	成本效益為政策推動落實可行性之關鍵，惟部分評估如建材再利用，應不僅於實質之經濟效益，宜包括廢棄物減量、減少新資源開採等整體效益。	感謝委員建議，效益分析包含財務性與非財務性之效益評估，以及相關評估方法等建議納入未來研究課題規劃時參考。
5	本研究後續建議針對整體發展架構系統進行初步分析，提出是國內已推動執行中之項目，或國內可引用之項目，惟在法令或技術上尚須依我國情況調整改進，以作為後續研究課題之參據。	感謝委員建議，會將現況遭遇問題納入未來研究課題規劃之參考。
審查委員：台灣省建築材料商業同業公會聯合會(王總幹事榮吉)		
1	循環經濟為國際推動趨勢，原則支持並建議持續進行相關研究。	感謝委員支持。
審查委員：臺灣區綜合營造同業公會(簡常務理事文儀)		
1	建議各種材料之使用在採購法規、成本效益等方面，若要落實於政策規範，應有相	感謝委員建議，本研究今年度針對國內外建築規劃設計導入循環經濟發展理念的發

項次	審查委員意見	廠商回應
	關配套措施以確保可用性。	展現況、範疇定義與各種應用手法進行系統性分析，有關法規分析與探討問題，將持續蒐集相關資料，納入未來研究課題規劃參考，以利後續建築循環設計之推動。
內政部建築研究所：羅組長時麒		
1	本案請盤點建築設計階段導入循環經濟時可能遭遇的法規問題，以提供營建署參考。	感謝組長建議，有關法規分析與探討問題，將持續蒐集相關資料，以利推動參考。

附錄六 第二次專家學者諮詢會議紀錄

一、開會時間：110年08月24日(星期二)上午9時30分

二、開會地點：財團法人台灣建築中心(線上會議)

三、主持人：財團法人台灣建築中心 王副執行長婉芝

財團法人臺灣營建研究院營建循環經濟推動辦公室 黃執行長榮堯 共同主持

四、出席人員：詳簽到單

五、紀錄：林維欣

六、主席致詞：(略)

七、內政部建築研究所致詞(羅組長時麒)：

本研究探討建築師於建築規劃設計階段導入循環經濟理念之內涵，包含可能面臨之法規、技術及共享經濟等領域，涉及以往較少被關注之議題及範疇，請執行單位參考如期中審查會議委員提供的建議，協助建研所完成本研究。

八、承辦單位計畫說明：(略)

九、討論事項：(依發言順序摘錄)

(一) 內政部營建署管理組 - 高文婷組長

1. 建議朝材質、尺寸與構法之選定三方面進行探討，此類條件將影響建築物之構造、設備與設施，以利達成效益較高的循環設計手法。
2. 國內二手建築管材、配件和設施的交易市場已行之有年，如能強化提升此類既有系統，有助於材料構件循環系統之建立。
3. 導入循環經濟的初期投資成本高，主計單位需轉換其「單位造價」的效益評估觀念，否則難以推動執行。
4. 如能建立相關產品平台供建築師參考利用，包含各產品分類、規格資訊與驗證機制，將有助於建築師落實循環經濟。
5. 既有建築物除了防火避難設施及消防設備(建築法第77-1條)及無障礙設施改善作業受法令規定以外，如果其改造不涉及建築法第9條有關建造(新建、增建、改建與修建)之定義，例如針對建築物之基礎、樑柱、承重牆壁、樓地板、屋架及屋頂，其中一種無過半之修理或變更，以及改造後設備規格不低於原先設備規格，即可依據「非屬修建之修繕」的方式辦理，無需申請建造執照，亦無須以新材料新工法之方式辦理，有利於執行舊有設施活化再利用之循環設計。
6. 建議從業主和建築師的觀點探討建築規劃設計導入循環經濟發展之

內涵，建立較明確可遵循之實踐途徑。

(二) 臺北市政府都市發展局住宅工程科 - 魏國忠科長

1. 建築循環設計架構可參考南港機廠案，探討建築物各層級的更新週期，依據不同的生命週期發展適宜的循環策略手法。
2. 目前國內實行以租代買的服務與分期付款無異，若無法改良精進產品的設計，使得能透過模組化、可替換更新、易維修維護等方式延長產品服務壽命，降低服務成本，否則機關將難以採用及獲得主計許可。
3. 南港機廠下一階段預計朝提高模組化量體及有利後續維護管理的方向發展，例如引進預鑄和整體衛浴等方式；工法方面則由於勞動市場的工資上漲，為降低人力需求而部分引進鋁模、滑動模板與保護屏（無需進行後續補強），並已執行碳排檢討。
4. 臺北市的社會住宅均已導入BIM，然而考量資訊安全疑慮，建議發展媒合平台以建置和管理建材護照和模型資訊。

(三) 九典聯合建築師事務所 - 郭英釗建築師

1. 建築循環設計架構內涵建議排除綠建築相關領域，以免失焦，另可考慮將「循環度」納入成為建築第四個標章，可達到快速推展的效果。
2. 建築循環設計的範疇包含建築設計、室內裝修及營建工法三個面向，九典目前已發展「室內循環設計」準則，而營建工法如滑動模板或系統模板（PP 材質或鋁材等）等有利於重複使用或出租共享。
3. 建議針對生命週期較短之建築構件推展循環設計，如外牆、內裝或機電設備等較容易執行與評估效益的部分。因建築結構體的生命週期達百年之久，不易發生變動，亦難以評估其循環效益，建議排除考慮之。
4. 各建築物所使用的構件尺寸規格不一，即使為預鑄構件，也不容易進行拆卸再利用。反觀使用由單一的可循環材料製成的元件，如鋼、鋁、橡膠等材質，易於回歸原料狀態進行再利用，故材料選用應優先被考量。另一方面，亦鼓勵使用可回到生物循環的可分解材料，如亞麻地板等。
5. 預鑄構件之生命週期較長，效益不易被評估，然而其可協助營建產業升級、改善工地作業環境，為循環經濟發展作出準備。
6. 以台糖沙崙智慧綠能循環住宅為例，由循環設計的原則（材料銀行元件的方式）建置 BIM 模型需考量各預鑄模組的實際尺寸與組裝方式，增加其建模作業難度，而驗證平台可協助制訂相關建模及編碼準則。
7. 循環設計的效益評估需將時間、氣候變遷等因素納入考量，無法僅考量財務性成本價值，否則窒礙難行。

(四) 王正源建築師事務所 - 王正源建築師

1. 以公共工程為例，建築規劃設計導入循環經濟的經費預估將成為機關第一個面臨的難題；如預算不足，建築師將難以執行。
2. 目前市場缺工缺料，故許多公共工程推廣採用整體衛浴。然而國內生產製作整體衛浴的廠商不足三家，除非屬法人等單位的工程，否則推動過程將遭遇採購法的限制。採用預鑄工法的情形亦同。
3. 鋁模在施工過程中可循環利用，近期採用有相同效益的塑膠模遭遇採購法的問題。
4. 舊建築經常有未經法令許可額外增建的情形，於申請再利用時需克服法令問題。此外，申請變更改用途之改造需進行結構補強，經檢討其機電等設備往往已不符法令規定，故實務上舊建築改造之整體經費未必比新建划算。
5. 事務所目前以建築結構、外觀、景觀內裝、機電設備、傢俱設備及空間活化等六類進行循環設計，然而缺乏循環經濟效益評估指標，無法具體呈現其效益。
6. 為推行結構輕量化，工程會規定混凝土可加入飛灰與爐石，並附相關規範標準，然審查委員針對飛灰與爐石有各自不同的要求比例與定義；另外如採用特定循環產品，亦有委員提出有限定廠商資格、制訂特殊產品規格等不當限制之情形，形成實務執行層面之困難。

(五) 陳聖中建築師事務所 - 陳聖中建築師

1. 由於國內目前租賃服務的市場規模小，以空調為例，如為短期租用(如半年)有其經濟效益，如延長其租賃服務(如兩年)，則與購置全新設備的差異不大。而目前以租代買的服務價格由廠商提出，建築師無法掌握其估算依據，且難以規範其長期提供之設備規格，在此情形下將面臨無法符合綠建築標章或其他規範等要求。
2. 以拆併建工程為例，目前拆除作業的法定工期時間約為地下一層四個月、地上一層三個月，如推行材料銀行等設施設備及材料回收再利用機制，需在拆除過程中進行精細分類，建議機關應擬訂合理的拆除時間規定，有利於營造廠或監造等單位妥善執行拆除再利用。
3. 建築物外牆與結構體為目前較難導入循環經濟應用的部分，內裝方面則可採用如金屬天花板、金屬隔間及非濕式灌漿牆等有利於回收再利用的策略。

(六) 國立成功大學建築學系 - 劉舜仁教授

1. 循環經濟之根源為材料，建築材料之創新與循環利用是驅動循環建築之關鍵，在未來原物料逐漸匱乏的時代，源自工業及生物製程的新材料如何帶動(1)設計系統之創新、(2)營建方式之創新、(3)拆除回

收之創新，同時建立(4)可以永續循環的整體性系統，應該是循環經濟之理念導入建築規劃設計之重點。這也是歐洲發展循環建築及都市別強調"物質流分析"、"都市採礦"、並積極建構"材料銀行"、"可逆式規劃設計"的原因。本研究報告目前所提雖有一定的廣度，然在前述的課題方面著墨較少，而臺灣的產業界及大學研發已累積了不少成果，需要政府在政策面有強力的引導，始能帶動循環建築產業之整體發展，這部分宜再多加強補充。

2. 建議(1)在「建築技術規則」中提高綠建材使用率，或要求部分構造使用再生綠建材；(2)在「綠建材設計技術規範」中調高再生綠建材權重以鼓勵使用；(3)在「綠建材標章」之減廢項目中增加「循環設計」項目並提高採用我國再生綠建材之得分。
3. 建議政府與民間共同建立實驗場域(Experimental Field)以作為材料創新、設計系統創新、營建方式創新、拆除回收創新之實作平台，使各個層面之實驗原型在此可以實際參與體驗，吸引產學研發與民間資金之投入。

(七) 台灣糖業股份有限公司土地開發處 - 陳冠翰副處長

1. 建築循環設計應考量後續使用階段之營運機制與規範，如台糖沙崙智慧綠能循環住宅考量未來交通轉運需求與情形，調整設置停車位數量，及以租賃藝術品策展的方式設置公共藝術；此類節省資源並達到服務效果的方式均獲主管機關認可。
2. 建議可將建築循環設計內容依使用壽命區分執行手法。
3. 建議先以綠建築標章為基底增編循環經濟專章的方式推行，待環境成熟後，獨立成為循環經濟標章認證。

(八) 內政部建築研究所 - 羅時麒組長

請執行單位參考歐盟 2020 年提出《新循環經濟推動計畫》中擬訂立之「可持續性建築營建環境策略」及「建築翻修潮」等資料，並建議建立循環建築之核心項目資料，以利將循環建築與綠建築或能源範疇加以區分，作為未來發展應用之參考。

十、結論

各位專家學者提供之實務經驗分享與建議將納入本研究參考。本研究從整體性之角度探討建築循環設計之範疇，感謝各位專家學者提供更進一步之發展建議，然而建築循環設計涉及如業主、設備製造商、地方政府等產業相關者，需要各方並肩合作以克服轉型所遭遇之財務、技術或法規限制等問題，以利發展和推動適於台灣環境的建築循環設計。

十一、散會(11 時 45 分)

「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」委託研究計畫
第二次專家學者諮詢會議簽到單

壹、會議時間：2021年8月24日 上午9時30分

貳、會議召開：財團法人台灣建築中心(線上會議)

參、主持人：財團法人台灣建築中心 王婉芝 副執行長

王婉芝

財團法人臺灣營建研究院

營建循環經濟推動辦公室 黃榮堯 執行長/教授

黃榮堯

肆、紀錄：

林維欣

伍、出席人員：

內政部建築研究所 羅時麒組長	羅時麒	國立成功大學建築學系 劉舜仁教授	劉舜仁
內政部建築研究所 呂文弘簡任研究員	呂文弘	王正源建築師事務所 王正源建築師	王正源
內政部建築研究所 徐虎嘯副研究員	徐虎嘯	九典聯合建築師事務所 郭英釗建築師	郭英釗
內政部建築研究所 姚志廷聘用研究員		台灣糖業股份有限公司 土地開發處 陳冠翰副處長	陳冠翰
內政部建築研究所 王家瑩副研究員	王家瑩	陳聖中建築師事務所 陳聖中建築師	陳聖中
內政部營建署管理組 高文婷組長	高文婷	財團法人台灣建築中心 侯雅壺經理	侯雅壺
臺北市府都市發展局 住宅工程科 魏國忠科長	魏國忠	財團法人台灣建築中心 王冠翔組長	王冠翔

建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究

Microsoft Teams系統會議摘要

會議標題	建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究-第二次專家諮詢會議
會議開始時間	2021/8/24 上午8:54:23
會議結束時間	2021/8/24 上午11:42:35

全名	加入時間	離開時間	角色
綠建築發展部	2021/8/24 上午8:54:23	2021/8/24 上午11:42:35	召集人
林維欣 財團法人台灣建築中心	2021/8/24 上午8:57:32	2021/8/24 上午11:42:35	簡報者
王正源建築師-王正源建築師事務所 (來賓)	2021/8/24 上午9:03:04	2021/8/24 上午11:41:51	簡報者
魏國忠-台北市政府都市發展局 (來賓)	2021/8/24 上午9:06:26	2021/8/24 上午11:41:44	簡報者
建築研究所 環控組 王家瑩 (來賓)	2021/8/24 上午9:10:40	2021/8/24 上午11:42:35	簡報者
黃榮堯教授 (來賓)	2021/8/24 上午9:10:40	2021/8/24 上午11:42:02	簡報者
羅時麒組長 (來賓)	2021/8/24 上午9:12:36	2021/8/24 上午11:41:47	簡報者
內政部建築研究所 徐虎嘯 (來賓)	2021/8/24 上午9:19:34	2021/8/24 上午11:41:41	簡報者
王婉芝	2021/8/24 上午9:21:28	2021/8/24 上午11:41:53	簡報者
劉舜仁	2021/8/24 上午9:22:46	2021/8/24 上午11:41:43	簡報者
陳冠翰-台糖公司土地開發處 (來賓)	2021/8/24 上午9:23:03	2021/8/24 上午11:42:35	簡報者
王冠翔 台灣建築中心	2021/8/24 上午9:27:49	2021/8/24 上午10:19:15	簡報者
呂文弘	2021/8/24 上午9:28:12	2021/8/24 上午11:41:41	簡報者
高文婷	2021/8/24 上午9:28:33	2021/8/24 上午10:54:48	簡報者
陳聖中 (來賓)	2021/8/24 上午9:29:37	2021/8/24 上午11:41:48	簡報者
九典	2021/8/24 上午9:55:18	2021/8/24 上午11:41:42	簡報者
王冠翔 台灣建築中心	2021/8/24 上午10:19:07	2021/8/24 上午11:42:35	簡報者

「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」
第二次專家學者諮詢會議
線上視訊會議紀錄

會議時間：2021年8月24日 上午9時30分

專家學者名單：

- | | | |
|------------|------------|------------|
| (1) 高文婷組長 | (2) 魏國忠科長 | (3) 劉舜仁教授 |
| (4) 王婉芝建築師 | (5) 郭英釗建築師 | (6) 陳冠翰副處長 |
| (7) 陳聖中建築師 | | |



附錄七 專家學者諮詢暨座談會重點摘要

- 一、開會時間：110年10月27日(星期二)下午2時0分
- 二、開會地點：財團法人台灣建築中心(線上會議)
- 三、主持人：財團法人台灣建築中心 王副執行長婉芝
- 四、專家學者：國霖機電管理服務股份有限公司徐春福執行長、張瑪龍陳玉霖聯合建築師事務所張瑪龍建築師、國立成功大學建築學系劉舜仁教授、闕河彬建築師事務所闕河彬建築師
- 五、與會機關：內政部營建署、內政部建築研究所、臺北市政府都市發展局、新北市政府城鄉發展局、桃園市政府住宅發展處、國家住宅及都市更新中心、中華民國全國建築師公會、臺北市建築師公會、桃園市建築師公會、中華民國不動產開發商業同業公會全聯會、台北市不動產開發商業同業公會、財團法人臺灣營建研究院、蔡長恩建築師事務所、澄毓綠建築設計顧問、中華科技大學、達欣工程股份有限公司等(詳簽到單)

六、會議重點摘要：(依發言順序摘錄)

(一) 建築循環設計架構與未來研究課題：

由黃榮堯協同主持人說明本研究建立之國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念之範疇定義及內涵，針對建築循環設計之五大循環及三大階段、及後續發展方向與研究課題進行說明。

(二) 專題探討與議題分享：

1、徐春福執行長

- (1) 建築物前期規劃為落實循環經濟之關鍵，應由業主、設計團隊、機電專家、物管團隊等共同參與規劃，確保建築物全生命週期之良好維運。
- (2) 採購策略應考量產品耐久性與可維修性，優先選擇高效益節電設備；維運階段採取「預防性保養措施」及「產品壽命使用終極點」，避免在服務壽命結束前棄置產品；拆除階段盡可能回收再利用產品。
- (3) 目前建築物弱電系統之設備(如監視器、門禁刷卡機等)相容性較差，建議政府盤點機電設備相容性以提高產品維修性。
- (4) 建議雨水回收加大閥基儲存，可再利用於廁所沖刷使用。
- (5) 鼓勵廠商提供機電設備十年以上全責式服務合約，藉此引導廠商改善產品性能、延長服務壽命及提高維修性。

2、張瑪龍建築師

- (1) 推行循環經濟需整體產業相配合，政府機關宜制訂相關政策引導業者跟進，否則設計團隊在執行過程將遭遇許多困難。
- (2) 社會住宅以租賃模式運作，因其具一定規模，各類空間尺度規格一致，因此如門窗等設備得以量產，所回收的產品也較容易被市場接收再利用。
- (3) 研發和採用最不損料的建築模組化單元，可簡化營運備料、提高更換性、降低營運成本，然而衛浴單元為最難彈性移動部分，可參考日本實驗集合住宅NEXT21，設計靈活的系統空間。
- (4) 循環建築應考量產品持久性及回收再利用過程中的損耗。
- (5) 屏東總圖書館改造保留原有結構與樓板，採以最低度的改造，補強成為嶄新的建築空間，可作為舊有設施改造之參考。

3、劉舜仁教授

- (1) 循環經濟架構下的建築設計應考量材料創新、設計系統、構築營造及封閉體系。
- (2) 循環設計需考量建築與環境、社會性與經濟性之間的平衡，設計師的角色範疇也將擴大至材料研發、零件改良、產品設計與服務設計。
- (3) 產業可藉由數位科技發展掌握都市物質流與資訊流，並研發新型材料及利用如3D列印等創新製造方法，加速循環經濟發展。
- (4) 鼓勵建築師朝模組化、可拆解、預鑄式進行設計，打造可循環構造系統（外牆、設備、傢俱、空間）。
- (5) 藉由創新設計帶動材料、營建方式與拆除方式的創新發展，建立封閉路徑的建築體系。
- (6) 建議由廢棄物有效利用、再生建材市場引導以及建立實驗場域方向推動國內建築產業循環經濟發展。

4、闕河彬建築師

- (1) 南港機廠社會住宅位於捷運機廠上方，屬共構結構體，因此結構輕量化為重點考量議題之一。本案依各建築層級系統(外殼/結構/管線/隔間/傢俱/其他)與使用壽命考量循環經濟設計，另透過BIM建置建材護照及導入以租代買模式，並取得BS 8001循環經濟標準認證。
- (2) 循環經濟與綠建築重視資源循環與強調資源的正確價值，然而綠建築是全面性的體質改造，循環經濟則著重循環製造與資源循環使用的商業運營模式，透過由下而上的行動(國際連結、民間團體響應、企業自發創新商業模式)作為推動主力，與綠色經濟推動主導權在政府有所不同。

- (3) 綠建築以建築設計手法實現，建築引進循環經濟思維則包含材料、使用者行為等的循環經濟5R策略（減量Reduce、重複使用Reuse、回收Recycle、再思考Rethink、維修Repair）。
- (4) 國內相關環保產品無法反映材料升級或降級回收、未考量產品材料安全性或與企業社會責任無關等，與C2C認證產品有其差異。
- (5) 以租代買可推動廠商研發耐用及低維護需求產品，而國內推行以租代買遭遇的問題包含無傢俱廠商取得C2C認證、維修權責歸屬認定及契約糾紛、浮動市場採購需求、租期長短影響成本、倉儲與維修服務品質等問題。

七、結論

隨著部分產業參與者與機關企業主動投入循環經濟轉型發展，建築循環設計之創新研發與實踐已有初步案例和成果，然政府政策為產業循環經濟轉型之重要推手，期望藉由產官學界溝通經驗，促成長遠有效的產業循環經濟環境發展。

八、散會(16時30分)

內政部建築研究所 110 年度委託研究計畫
「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」
專家學者諮詢暨座談會簽到單 (1/2)

壹、會議時間：2021 年 10 月 27 日 下午 2 時 0 分

貳、會議召開：財團法人台灣建築中心(線上會議)

參、主持人：財團法人台灣建築中心 王婉芝 副執行長

王婉芝

財團法人臺灣營建研究院

營建循環經濟推動辦公室 黃榮堯 執行長/教授

黃榮堯

肆、紀錄：

林維欣

伍、出席人員：

內政部營建署 劉奇岳科長	劉奇岳	桃園市政府住宅發展處 開發科 劉柏宏科長	劉柏宏
內政部營建署 郭如庭幫工程司		桃園市政府住宅發展處 開發科 成詩淳工程員	成詩淳
內政部建築研究所 羅時麒組長	羅時麒	國家住宅及都市更新中心 俞海齡副組長	俞海齡
內政部建築研究所 呂文弘簡任研究員		國家住宅及都市更新中心 黃彥愷建築師	黃彥愷
內政部建築研究所 徐虎嘯副研究員		國家住宅及都市更新中心 楊宜升資深規劃師	楊宜升
內政部建築研究所 姚志廷聘用研究員		國家住宅及都市更新中心 徐志維規劃師	徐志維
內政部建築研究所 王家瑩副研究員	王家瑩	國家住宅及都市更新中心 高翊馨資深專員	高翊馨
臺北市政府都市發展局 張裕隆正工程司	張裕隆	財團法人台灣建築中心 侯雅壹經理	
臺北市政府都市發展局 李育秀聘用幫工程司	李育秀	財團法人台灣建築中心 王冠翔組長	王冠翔
臺北市政府都市發展局 王偉恩臨僱高級技術師	王偉恩	中華民國全國建築師公會 劉國隆理事長	劉國隆
臺北市政府都市發展局 溫建興工程員	溫建興	中華民國全國建築師公會 林國財委員	林國財
新北市政府城鄉發展局 住宅發展科 黃慶瑜助理工程員	黃慶瑜	桃園市建築師公會 羅武銘會務顧問	羅武銘

內政部建築研究所 110 年度委託研究計畫
「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」
專家學者諮詢暨座談會簽到單 (2/2)

伍、出席人員：

中華民國不動產開發商業 同業公會全聯會 張興邦副秘書長	張興邦	臺北市建築師公會 劉明滄建築師	劉明滄
台北市不動產開發商業 同業公會 林美伶組長		臺北市建築師公會 黃朝信建築師	黃朝信
國霖機電管理服務股份 有限公司 徐春福執行長	徐春福		
張瑪龍陳玉霖聯合建築師 事務所 張瑪龍建築師	張瑪龍		
國立成功大學建築學系 劉舜仁教授	劉舜仁		
關河彬建築師事務所 關河彬建築師	關河彬		
蔡長恩建築師事務所 蔡長恩建築師	蔡長恩		
澄毓綠建築設計顧問 陳重仁總經理	陳重仁		
中華科技大學 余錦芳助理教授	余錦芳		
達欣工程股份有限公司 高子峰組長	高子峰		
桃園市政府住宅發展處 開發科 柯郁凡幫工程司			
財團法人臺灣營建研究院 蔡宗益助理研究員	蔡宗益		
財團法人臺灣營建研究院 涂雅濤研發工程師	涂雅濤		

Microsoft Teams系統會議摘要

會議標題 「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」專家學者諮詢暨座談會
 會議開始時間 2021/10/27 下午1:15:19
 會議結束時間 2021/10/27 下午4:39:38

全名	加入時間	離開時間	角色
綠建築發展部	2021/10/27 下午1:15:19	2021/10/27 下午4:39:38	召集人
林維欣副工程師 財團法人台灣建築中心	2021/10/27 下午1:17:37	2021/10/27 下午4:39:38	簡報者
王婉芝	2021/10/27 下午1:31:04	2021/10/27 下午4:39:15	簡報者
關河彬 關河彬建築師事務所(來賓)	2021/10/27 下午1:33:07	2021/10/27 下午4:39:12	簡報者
桃園市住宅發展處 (來賓)	2021/10/27 下午1:35:02	2021/10/27 下午2:01:54	簡報者
劉國隆 全國建築師公會 理事長 (來賓)	2021/10/27 下午1:35:47	2021/10/27 下午4:30:08	簡報者
建研所環控組 王家瑩 (來賓)	2021/10/27 下午1:36:24	2021/10/27 下午4:39:01	簡報者
kai	2021/10/27 下午1:39:20	2021/10/27 下午4:39:38	簡報者
黃慶瑜助理工程員 (來賓)	2021/10/27 下午1:40:40	2021/10/27 下午1:41:36	簡報者
黃朝信 台北市建築師公會 (來賓)	2021/10/27 下午1:41:48	2021/10/27 下午4:30:56	簡報者
黃朝信 台北市建築師公會 (來賓)	2021/10/27 下午4:33:25	2021/10/27 下午4:34:13	簡報者
林國財中華民國全國建築師公會 (來賓)	2021/10/27 下午1:44:02	2021/10/27 下午4:39:01	簡報者
羅時麒組長 (來賓)	2021/10/27 下午1:45:06	2021/10/27 下午4:39:03	簡報者
劉舜仁 Liou, Shuenn-Ren	2021/10/27 下午1:45:18	2021/10/27 下午1:47:23	簡報者
劉舜仁 Liou, Shuenn-Ren	2021/10/27 下午1:48:25	2021/10/27 下午4:39:06	簡報者
Crosis	2021/10/27 下午1:46:06	2021/10/27 下午1:47:29	簡報者
Crosis	2021/10/27 下午1:52:07	2021/10/27 下午4:39:17	簡報者
都發局張裕隆 (來賓)	2021/10/27 下午1:47:17	2021/10/27 下午4:38:55	簡報者
黃慶瑜助理工程員 (來賓)	2021/10/27 下午1:47:50	2021/10/27 下午4:39:38	簡報者
羅武銘 桃園市建築師公會	2021/10/27 下午1:49:56	2021/10/27 下午4:39:10	簡報者
bygoing	2021/10/27 下午1:50:53	2021/10/27 下午4:39:15	簡報者
高子峰 (來賓)	2021/10/27 下午1:51:20	2021/10/27 下午4:39:38	簡報者
蔡長恩建築師事務所 (來賓)	2021/10/27 下午1:51:28	2021/10/27 下午4:39:38	簡報者
余錦芳 (來賓)	2021/10/27 下午1:51:41	2021/10/27 下午4:30:36	簡報者
臺北市政府都發局 李育秀	2021/10/27 下午1:52:05	2021/10/27 下午2:12:06	簡報者
臺北市政府都發局 李育秀	2021/10/27 下午2:13:50	2021/10/27 下午3:41:17	簡報者
臺北市政府都發局 李育秀	2021/10/27 下午3:51:14	2021/10/27 下午4:39:18	簡報者
黃榮堯教授 (來賓)	2021/10/27 下午1:52:25	2021/10/27 下午4:39:10	簡報者
俞海齡 (來賓)	2021/10/27 下午1:53:51	2021/10/27 下午4:25:55	簡報者
劉奇岳 內政部營建署 (來賓)	2021/10/27 下午1:54:48	2021/10/27 下午4:39:13	簡報者
都市發展局住工科 王偉恩 (來賓)	2021/10/27 下午1:54:59	2021/10/27 下午4:39:38	簡報者
陳重仁 澄毓綠建築總經理 (來賓)	2021/10/27 下午1:55:33	2021/10/27 下午4:39:08	簡報者
都發局-溫建興 (來賓)	2021/10/27 下午1:56:01	2021/10/27 下午4:39:08	簡報者
王冠翔 (來賓)	2021/10/27 下午1:57:24	2021/10/27 下午4:39:30	簡報者
臺營院-蔡宗益 (來賓)	2021/10/27 下午1:57:49	2021/10/27 下午4:39:38	簡報者
建築中心	2021/10/27 下午1:59:14	2021/10/27 下午4:30:36	簡報者
涂雅濤 營建院 (來賓)	2021/10/27 下午2:00:04	2021/10/27 下午4:39:01	簡報者
高 翊馨	2021/10/27 下午2:00:49	2021/10/27 下午4:26:32	簡報者
桃園市住宅發展處 (來賓)	2021/10/27 下午2:03:34	2021/10/27 下午4:38:56	簡報者
中華民國不動產開發商業同業公會 副秘書長 張興邦 (來賓)	2021/10/27 下午2:37:58	2021/10/27 下午4:39:38	簡報者
徐志維 國家住都中心 (來賓)	2021/10/27 下午3:03:05	2021/10/27 下午4:27:25	簡報者
楊 宜升	2021/10/27 下午3:10:51	2021/10/27 下午4:29:25	簡報者
周美伶-國家住都中心 (來賓)	2021/10/27 下午4:04:27	2021/10/27 下午4:27:35	簡報者

「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究」

專家學者諮詢暨座談會

線上視訊會議紀錄

會議時間：2021年10月27日 下午2時0分

專家學者名單：

- (1) 徐春福執行長 (2) 張瑪龍建築師
- (3) 劉舜仁教授 (4) 闕河彬建築師



附錄八 期末審查意見回復表

- 一、 會議日期：110 年 10 月 28 日（星期四）上午 9 時 30 分
 二、 會議地點：採實體及視訊併行會議（內政部建築研究所簡報室）
 三、 主持人：內政部建築研究所 王所長榮進

項次	審查委員意見	廠商回應
審查委員：江教授哲銘		
1	本研究已蒐集國內外相關文獻與案例，並依五大循環面向彙整分析建築規劃設計導入循環經濟之內涵，將有利於推動發展方向與研究課題之擬定。	感謝委員肯定。
2	摘要四之(二)及 P.109 第五章之本文中，均有提到發展方向與研究課題以「草案」方式提出，在期末報告階段似較不宜，建請檢討修正。	感謝委員建議，已刪修「草案」。
3	報告書 P.116 結論第二節之(三)，有關綠建築 EEWB 評估系統納入循環經濟理念，將有助於資源之利用與循環，更能落實永續循環之目標。	感謝委員肯定。
審查委員：林教授子平(楊秘書長明俊代理)		
1	現在循環經濟是很夯的議題，以建築規劃而言，也是政府各部門研究計畫的主要項目，本人近期也參加包括貴所、營建署、環保署等各部會的會議，資料皆有所雷同，建議各部會能分工深入探討出不同的議題。	感謝委員建議，建築規劃設計涵蓋範疇深廣，如各部會能針對不同議題進行深入探討，將有利於進一步推進產業循環經濟發展。
2	有關本研究探討到「搖籃到搖籃」之精神，建議可持續延伸至「建築規劃設計」的「碳足跡」課題。	感謝委員建議，本研究考量碳足跡議題，已於能源循環設計框架中納入「採用低耗能/低碳建材或設備」設計策略，並將「淨零建築設計之研究」納入未來發展方向與研究課題中。
3	報告書 P.43 案例「台糖沙崙智慧綠能循環住宅案」在工作進度為預計 2021 完工，目前該案已完工，並由台積電承租為員工家庭住宅，請更正。	感謝委員指正，已更新相關案例內容。
4	報告書 P.89 提及五大循環設計，其中能源	感謝委員建議，本研究將被動式建築相關設

項次	審查委員意見	廠商回應
	循環方向部分，歐盟曾提出建築產業的能源消耗佔 40%，其中空調又佔了 60%，因此，歐盟推動「被動式建築標準」，也就是低耗能建築，不但能提供節能效果，同時提供舒適健康環境，並應用在歐洲的社會住宅，可供作臺灣興建與推動之參考。	計策略納入能源循環——外殼節能設計項目中，鼓勵打造良好熱性能及節能之建築設計。
審查委員：陳委員伯勳(葉總經理禮旭代理)		
1	本研究成果豐碩，符合預期目標及進度。	感謝委員肯定。
2	請補充說明本研究預定 10 月舉辦之專家座談會議是否已辦理完成。	專家座談會議已於 10 月 27 日圓滿完成，相關內容將補充至成果報告書中。
3	報告書 P.14 表 2-2 營建剩餘土石缺漏「方」，另爐「渣」應更正為「碴」。	感謝委員指正，已更新相關引述文獻內容。
4	報告書 P.46 台糖沙崙循環住宅應已完工，建議進一步深入了解該案在建築設計及施工階段，所遭遇之困難與解決對策。	本案兩次專家學者會議分別邀請台糖沙崙循環住宅設計團隊——郭英釗建築師與林章鍊建築師與會分享交流，有關實踐經驗與專業觀點可參考附錄四與附錄六會議紀錄。
5	第五章建議加強建築規劃設計導入循環經濟理念之發展背景論述。	感謝委員建議，將於第五章補充背景論述。
審查委員：陳專門委員威成		
1	有關國內外案例之循環經濟設計手法與既有國內常見之綠建築設計手法比較雖將列入未來研究課題，惟仍建議可於表 3-1 至表 3-6，以底線方式簡單列出綠建築已使用之設計手法。	感謝委員建議，本研究考量各項建築循環設計手法與綠建築設計手法兩者存在目標屬性及涵蓋程度之差異，如以簡列的方式將存在主觀判斷及誤導之疑慮，故建議列入未來研究課題深入探討分析。
2	P.46 國內案例台糖沙崙智慧綠能循環住宅案，列出工程期限預定 110 年底完工，建議依最新進度及照片予以更正。	感謝委員指正，已更新案例進度及照片說明。
3	P.49 國內案例臺中花卉博覽會荷蘭國家館，雖列入材料拆除後重新設計為臺中月眉糖廠的一棟建築物中，但依據台糖之相關介紹，似利用於二處基地，建議詳加說明並補充相關照片。	感謝委員建議，由於臺中月眉糖廠材料再利用相關資訊揭露甚少，本研究將盡力補充相關資料。
4	有關建材護照及循環度計算，國內已有相關案例，建議補充相關文獻資料。	感謝委員建議，有關建材護照及循環度計算等議題，已納入未來發展方向與研究課題中。
審查委員：廖建築師慧燕		

項次	審查委員意見	廠商回應
1	循環設計理念在建築之應用確實莫衷一是，本案進行國內外相關資訊蒐集分析，作系統性整理，並進行座談會議尋求共識，提出之建築循環設計架構相關完整，值得肯定。	感謝委員肯定。
2	建議針對架構下展開之各細項進行檢討，就國內當前現況，分析哪些是已執行、研議中及適用於我國，但因法令或技術面等問題未能落實，以作為後續研擬短、中、長期策略及研究課題之參據。	感謝委員建議，由於建築技術規則及綠建築評估系統已涵蓋大部分與能源循環、水循環與生物循環相關之指標規範，本研究初步彙整物料與空間循環設計可能遭遇之主要問題(第三章第四節)供產業參考。另有關進一步法規探討與推動策略之研究，已納入未來發展方向與研究課題中。
3	本案提出後建議可將相關設計手法納入綠建築評估，建議甚佳；另其中有關住宅類建築採同層排水、明管設計，對於建築延壽、易維修等均有助益，建議納入考慮。	感謝委員建議，有關同層排水、明管設計等手法，歸納於物料循環——「易維修設計」之設計策略中。
審查委員：台灣省建築材料商業同業公會聯合會（王總幹事榮吉）：		
1	研究成果符合預期。	感謝委員肯定。
2	有關物料循環部分，建議考量各種物料(建材)之使用年限，再進一步思考其循環的可行性。	感謝委員建議。
3	建議就建築物各構件(組件)、設備及預鑄式工法等，在循環建築設計手法之運用進行可行性分析。	感謝委員建議，有關循環建材與構法驗證平台建立之議題已納入未來發展方向與研究課題中。
審查委員：中華民國全國建築師公會(施建築師正之)		
1	本案建議加強被動式建築設計手法之論述，並針對建築專業人員進行課程培訓，以利後續推動。	感謝委員建議，本研究將被動式建築設計手法納入能源循環各項設計策略中，另建議針對建築規劃設計專業人員進行專業培訓(中長期發展建議)。
內政部建築研究所：羅組長時麒		
1	本案請釐清建築設計導入循環經濟之執行涉及各部會分工的部分，以及各部會在執行上所遭遇之困難已有解決經驗者，亦請補充說明其相關策略，以利推動參考。	感謝組長建議，本研究初步彙整物料與空間循環設計可能遭遇之主要問題(第三章第四節)供產業參考，另有關進一步執行情形、法規或推動策略探討，已納入未來發展方向與研究課題中。

附錄九 參加 SCEM2021 第25屆營建工程與管理學術研討會

建築規劃設計導入循環經濟發展理念之初步研究

Study on Introducing the Global Circular Economy Concept into Building Planning and Design

黃榮堯¹、林維欣^{2*}、王婉芝³

¹財團法人臺灣營建研究院, 執行長/教授

²財團法人台灣建築中心, 副工程師

³財團法人台灣建築中心, 副執行長

* b97501117@gmail.com

一、研究目的

營建及建築產業每年耗費大量各類資源及原生材料[1]，面臨地球資源耗竭、氣候變遷、生態破壞及環境污染等問題，近年先進國家積極摸索將循環經濟發展的理念導入於建築之規劃設計中，如歐盟於 2015 年推出「建材銀行計畫(Building as a material bank, BAMB)」，包含「建材護照(Material Passport)」、「可逆式建築設計(Reversible Building Design)」等創新系統以輔助建築營造業的循環經濟轉型；國內亦逐步引進如被動能源(passive housing)、都市農場(urban farming) 及共享生活(sharing life)等理念手法於建築工程的規劃設計中。然而國內外建築規劃設計導入循環經濟發展之研究和實踐才剛起步，本研究初步探討國內外實行循環經濟理念之建築規劃設計的發展現況，並將相關的建築規劃設計手法進行系統性歸納，作為國內未來推動政策及建築師與設計人員實際應用之參考。

二、研究方法

本研究透過文獻回顧及案例蒐集，針對導入循環經濟發展理念之建築規劃設計理念與應用手法進行彙整及初步分析，綜整歸納出建築循環設計框架。研究執行流程如圖 1 所示。

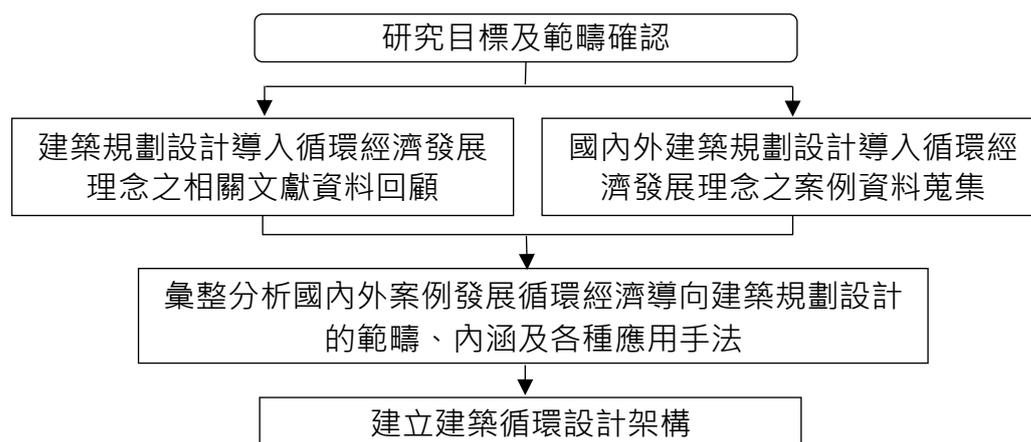


圖 1 研究執行流程圖

三、研究內容

(一)文獻回顧

2015 年歐盟推出「循環經濟配套計畫」(The Circular Economy Package)[2]，以具體的推動計畫及廢棄物指令修法提案帶動成員國循環經濟發展。為加速在既有建成環境中(built environment)落實循環經濟，各國政府、研究機構與組織積極探討在建築物生命週期中的各種循環經濟模式[3]，期望產業參與者以更長遠的角度考量建築生命週期。另一方面，致力推廣循環經濟的跨國非營利組織 Ellen Macarthur Foundation 進一步將循環經濟理念整合到人口集中的城市建築物系統中，以改善城市土地使用、減少新建築需求、降低建築和運營成本以及提高資源使用效率[4][5]。而荷蘭非營利組織 Circle Economy 聯合荷蘭綠建築協會及其他機構組織，與德國永續建築委員會則分別提出將循環經濟具體的策略和指標納入可持續性評估系統中之建議和報告，如 BREEAM[6]及 DGNB[7]評估系統，以加速建成環境的循環經濟轉型。此外，歐盟在落實營建產業循環經濟上強調前端資源的設計使用、著重省能低碳化，同時發展可逆式設計及循環建築相關評估指標[8]。

國內為推動循環經濟產業鏈發展，2017 提出營建產業在國家循環經濟發展的角色與推動思維[9]；而於 2018 年展開「綠建材循環經濟產業鏈結推廣計畫」[10]；並於針對新建建築的資材循環設計進行研究，提出可在建築結構、外殼、服務系統及空間配置層次導入之循環策略[11]。2019 年 12 月，環保署與歐盟成長總署共同主辦「2019 臺歐盟循環經濟研討會」[12]，經由此次交流發現，臺灣推行事業廢棄物回收有成，並朝提升再生粒料使用方面持續精進。

(二) 案例蒐集

為進一步瞭解建築規劃設計在實務層面上導入循環經濟理念之手法，本研究蒐集了 13 個案例(荷蘭 3 例、德國 2 例、法國 2 例、瑞士 1 例、丹麥 1 例、日本 1 例、台灣 3 例)，針對其應用手法進行研究彙整。這 13 個案例建築類型包括住宅單位、住宅建築或社區、商業建築或園區、臨時性展館、棕地開發之實驗社區及社宅改造案。各案例依其規劃設計理念、功能需求及環境條件等不同因素，所採用之循環手法內容多樣。譬如，荷蘭 Park20|20 強調永續經營與機能性，園區建築物採用可回收/租賃建材、系統牆面及易拆卸設計，並透過中央整合系統管理可再生能源、水資源、冷熱儲存及廢棄物；荷蘭 ABN AMRO CIRCL 則採用許多再生材料與可回收建材，如舊牛仔褲製成天花板絕緣材料、舊工作服製成塗灰泥牆壁和毛氈、剩餘木材製成鑲木地板等手法，結合節能措施實踐循環經濟。

(三) 建立循環設計架構

本研究綜整國內外於建築營造產業或建築可持續性評估系統中導入循環經濟之策略或指標，並依據各應用手法之類型及所促進的資源循環項目，歸納整理出「建築循環設計」架構如圖 1 所示，包含「物料循環」、「能源循環」、「空間循環」、「水循環」及「生物循環」五大循環系統。

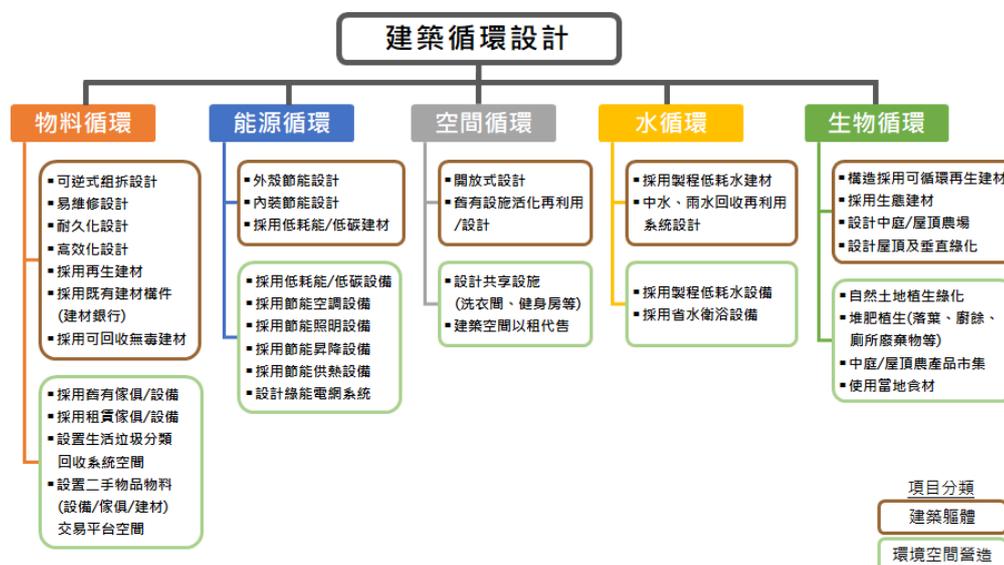


圖 1 建築循環設計架構

物料循環：物料循環為提升建築物料價值利用及再循環潛力的策略，包含提升建築物耐久性與調適性的設計及避免使用毒性材料或污染等手法。以租代買的模式可避免設備在不符使用者需求之情形下被丟棄，在此模式下，廠商也有誘因設計更耐用且易於維修、回收的產品，延續材料產品的價值。而藉由設置分類回收系統空間及二手物料交易平臺空間，可鼓勵並有效地促

進物料再利用循環。

能源循環：能源循環的核心理念為減少建築物使用過程及材料設備製造過程中的能源消耗，如採用短時間可再生且過程中不會產生污染物的綠能電網系統（太陽能、風能、地熱能、潮汐能、生質能等）、使用節能設備及在地生產製造之材料或產品，直接和間接地減少能源消耗及溫室氣體排放量。此外，透過建築物外殼與內裝節能設計可提高建築物氣密性、隔熱性及自然採光，有效降低加熱和冷卻成本，減少建築物的能耗需求。

空間循環：建築是由不同使用功能的空間組成，因此能夠充分並靈活利用建築物空間，如開放式設計、活化舊有設施、共享機制及出租空間等方式，可降低新建建築需求及營運維護成本，創造極大經濟效益，此即空間循環的概念。

水循環：建築設計可遵循水資源減量及再循環利用的原則，採用製程低耗水材料或設備、省水/無水設施，及污水/雨水回收再利用系統機制，優化水資源管理，減緩水資源短缺問題。

生物循環：生物循環泛指使用可循環再生的生物資源，並可透過生物技術（如生物降解）等方式回歸至生態系統中重新再利用，以及增加環境生物多樣性之策略，包括綠化工程、城市農園及採用如竹子、木材等生態建材等。

四、結論與建議

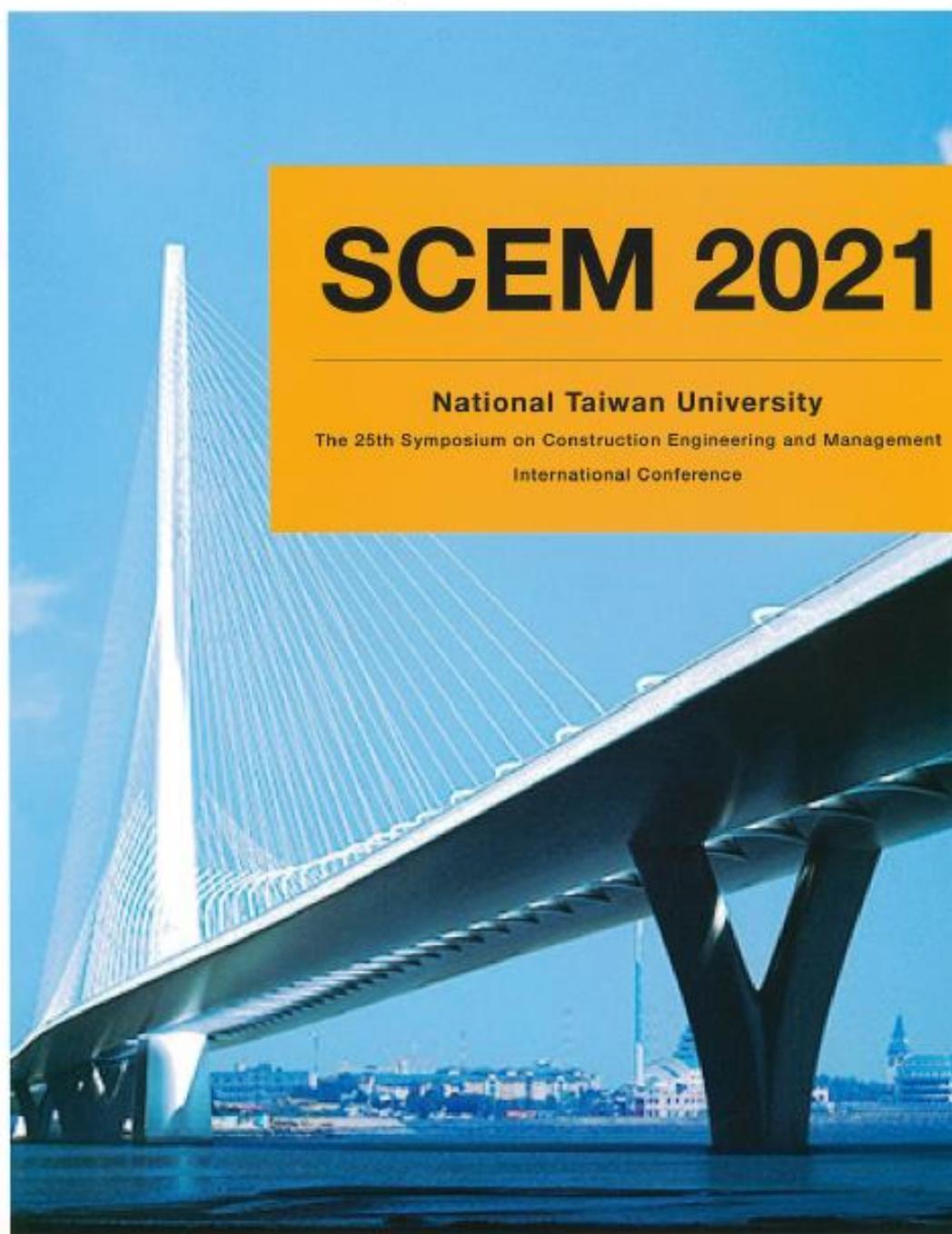
本研究初步彙整國內外實際應用於建築規劃設計的循環設計及手法策略，初擬一個建築循環設計架構，依手法策略所促進的資源循環分類，供未來導入國內建築規劃設計的實際應用參考。當中部分手法已涵蓋於國內現行環境保護管理辦法、建築技術規則規範、綠建材或綠建築評估系統，以及傳統建築之興建、組裝與修復技術等，建議未來可進一步針對創新之設計策略進行深入探討，並考量臺灣地理環境、經濟法律制度、社會結構與建築型態，研擬適宜國內建築環境推廣之循環設計架構及策略，加速臺灣建築環境的永續循環。

(感謝內政部建築研究所計畫編號 11015G0002 對本研究經費的支持)

參考文獻

- [1]United Nations Environment Programme. (2019). 2019 Global Status Report for Buildings and Construction.
- [2]European Commission. (2015). Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy.

- [3]Guglielmo Carra & Nitesh Magdani. (2017). Circular economy business models for the Built Environment. Arup & BAM.
- [4]艾倫·麥克阿瑟基金會 (2018) · 循環經濟：中國城市與工業的創新機遇。
- [5]Ellen Macarthur Foundation & Arup. (2019). Circular economy in cities: Urban buildings system summary.
- [6]B. Kubbinga, M. Bamberger, E. van Noort, D. van den Reek, M. Blok, G. Roemers, J. Hoek, K. Faes. (2018). A-Framework-For-Circular-Buildings: indicators for possible inclusion in BREEAM. Circle Economy, DGBC, Metabolic, SGS Search and Redevco Foundation.
- [7]C. Ruiz Durán, Dr. C. Lemaitre, Dr. A. Braune, U. von Gemmingen, M. Schwarz, F. Jansen, C. Würfel, K. Fischer, R. Montigel. (2019), Circular Economy: Closing loops means being fit for the future. DGNB.
- [8]European Commission. (2020). Circular Economy Principle for Buildings Design.
- [9]黃榮堯 (2017) · 營建產業在國家循環經濟發展的角色與推動思維。混凝土科技，第十一卷，第四期。
- [10]內政部建築研究所 (2018) · 綠建材循環經濟產業鏈結推廣計畫。
- [11]呂良正、林玟慧、張芸翠 (2019) · 建立新建築循環設計之策略。營建知訊，(441) · 6-19。
- [12]行政院環境保護署(2019) · 「2019 臺歐盟循環經濟研討會暨參訪交流」報告。



ADDRESS

10617 臺北市羅斯福路四段一號
No. 1, Sec. 4, Roosevelt Rd., Taipei
10617, Taiwan (R.O.C.)

CONTACT

P : 0233664332 曾蒼潔 助理教授
0958065188 徐璋澤 助理
E : NTU.SCEM2021@gmail.com

圖 1 第 25 屆營建工程與管理學術研討會暨國際會議手冊封面

圖片來源：[28]

企業永續責任與企業永續性報告之關係實證研究：以美國公司為例

The relationship between Corporate Sustainability Responsibility and Sustainability Report: Empirical research in the United States胡寬程¹、荷世平²¹國立臺灣大學土木工程系, 碩士生²國立臺灣大學土木工程所營建工程管理組, 教授

R08521703@ntu.edu.tw

近年來永續意識逐漸抬頭，2020年新冠肺炎的肆虐，迫使人們更注重地球永續發展，企業的永續發展也是現在的趨勢，依照利害關係人理論，企業使用企業永續性報告取信於利害關係人已行之有年，但永續性報告推行成本高昂，企業發佈永續性報告真的能有效傳達公司重視永續的訊號嗎？為了解企業永續責任與企業永續性報告之間的關係，本研究研究了美國上市公司，研究是否有發佈永續性報告和報告的規則（GRI、SASB），是否會影響永續評分機構對他們的評分，最終本研究的結論是，只有使用GRI或同時使用GRI和SASB規則撰寫企業永續性報告的公司，在ESG評分上可以得到較高的分數，進而代表他們較注重永續經營表現也較為優良。

建築規劃設計導入循環經濟發展理念之初步研究

Study on Introducing the Global Circular Economy Concept into Building Planning and Design黃榮堯¹、林維欣²、王婉芝³¹財團法人臺灣營建研究院, 執行長/教授²財團法人台灣建築中心, 副工程師³財團法人台灣建築中心, 副執行長

b97501117@gmail.com

在傳統線性經濟模式下，建築及營建產業在興建、使用及拆除階段消耗大量資源及原生材料，並產生難以處理的營建廢棄物。近年先進國家積極摸索將資源可恢復再生的循環經濟發展理念導入至建築環境中，本研究透過蒐集國內外相關文獻及案例，初步探討國內外實行循環經濟理念之建築規劃設計發展現況，並將實際導入建築規劃設計的循環設計手法策略進行系統性歸納，初擬一個包含物料、能源、空間、水、及生物循環的「建築循環設計架構」。此外，本研究將有關建築設計與材料選擇，或易導入至既有建築物環境改善和設施設備的手法策略，分別以「建築軀體」及「環境空間營造」加以區分，此架構可作為國內未來推動政策訂定及建築師與設計人員實際應用時之參考。



圖 2 「建築規劃設計導入循環經濟發展理念之初步研究」投稿發表

圖片來源：[28]

參考資料

中文文獻

- [1] 台灣建築報導雜誌社 (2019)。綠建築 (58 期)。
- [2] 江哲銘 (2004)。永續建築導論 *Introduction to sustainable building*。建築情報季刊雜誌社。
- [3] 吳振華 (2018 年 9 月)。考察國際循環經濟週 *Holland Circular Economy Week(HCEW)* 活動，參訪荷蘭與德國設計相關單位。經濟部工業局出國報告書。
- [4] 呂良正、林玟慧、張芸翠 (2019)。建立新建築循環設計之策略。營建知訊，(441)，6-19。
- [5] 財團法人環境與發展基金會 (2018 年 12 月)。綠建材循環經濟產業鏈結推廣計畫。內政部建築研究所業務委託計畫成果報告。
- [6] 馬鴻文、張添晉、鄭兆凱、劉柏定、廖孟儀、施秀靜、陳必晟、鄭光利、李昫晟、侯乃華、江佳芸、陳立衡、陳起鳳、卓瑜玉、蕭明瑜、黃思璋、吳積承、洪毅翔、徐佳駿、.....、黃玠然 (2018)。循環經濟系列叢書。財團法人中技社。
- [7] 國立臺灣大學土木工程學系(2021)。第 25 屆營建工程與管理學術研討會暨國際會議手冊。
- [8] 張子敬、賴瑩瑩、林淑鈴、何春玲、盧秀卿、湯鎔毓、王瑞銘、游惇蓉 (2020 年 2 月 12 日)。參加「2019 臺歐盟循環經濟研討會暨參訪交流」。行政院環境保護署出國報告書。
- [9] 荷蘭貿易暨投資辦事處、財團法人臺灣營建研究院 (2019)。荷謂循環：從花博荷蘭館看臺灣營建業。
- [10] 黃育徵、陳惠琳 (2021)。循環台灣。天下雜誌股份有限公司。
- [11] 黃榮堯 (2017)。營建產業在國家循環經濟發展的角色與推動思維。混凝土科技，十一(四)。
- [12] 臺北市政府 (2020)。臺北市循環城市 2.0 白皮書。臺北市政府產業發展局。
- [13] 羅開元 (2020)。臺北市政府循環經濟推動策略與方向 (簡報)。BIM 資訊管理與循環營建之推動實務研討會。

英文文獻

- [14] Ben Kubbinga, Aglaia Fischer, Elisa Achterberg, Shyaam Ramkumar, Marc de Wit (Circle Economy), Petran van Heel, Bram van Amerongen, Madeline Buijs, Hein Brekelmans (ABN AMRO). (2017). *A Future-Proof Built Environment*. ABN AMRO & Circle Economy.
- [15] Ben Kubbinga, Max Bamberger, Edwin van Noort, Dirk van den Reek, Merlijn Blok, Gerard Roemers, Justin Hoek, Kees Faes. (2018). *A-Framework-For-Circular-Buildings: indicators for possible inclusion in BREEAM*. Circle

- Economy, DGBC, Metabolic, SGS Search and Redevco Foundation.
- [16]Christine Ruiz Durán, Dr. Christine Lemaitre, Dr. Anna Braune, Ulrike von Gemmingen, Manuel Schwarz, Felix Jansen, Cornelius Würfel, Katrin Fischer, Raphael Montigel. (2019). *Circular Economy: Closing loops means being fit for the future*, DGNB.
- [17]Ellen Macarthur Foundation & Arup. (2018). *The Circular Economy Opportunity For Urban & Industrial Innovation In China*, Ellen Macarthur Foundation & Arup. 循環經濟：中國城市與工業的創新機遇(中文報告)。
- [18]Ellen Macarthur Foundation & Arup. (2019). *Circular economy in cities: Urban buildings system summary*.
- [19]Elma Durmisevic. (2019). *Circular economy in construction: Design strategies for reversible buildings*. BAMB document.
- [20]European Commission. (2012). *Manifesto for a Resource-Efficient Europe*.
- [21]European Commission. (2015). *Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy*.
- [22]European Parliament. (2018). *Circular economy package (Four legislative proposals on waste)*.
- [23]European Commission. (2020). *A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe*.
- [24]European Commission. (2020). *Circular Economy – Principles for Building design*.
- [25]Guglielmo Carra & Nitesh Magdani. (2017). *Circular economy business models for the Built Environment*. Arup & BAM.
- [26]International Resource Panel (2020). *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*. Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S., Heeren, N. A report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- [27]United Nations Environment Programme. (2019). *2019 Global Status Report for Buildings and Construction*.

網路資料

1. 台糖循環聚落。2021年11月19日，檢自：
<https://bioarchbaf.wixsite.com/circular-village-cn>
2. 行政院環境保護署廢管處（2019年12月10日）。「2019年臺歐盟循環經濟研討會」隆重登場。2021年3月5日，檢自：
<https://enews.epa.gov.tw/Page/3B3C62C78849F32F/427dd786-ab25-41c6-ad66-4fadce19fc15>
3. 李翰林（2017）。你真的做到「循環經濟」了嗎？。2021年1月8日，檢

- 自：<https://www.cet-taiwan.org/publication/issue/content/2969> (Jan. 8, 2021)
4. 荷蘭國家館：綠城阿梅爾網頁。2021年5月13日，檢自：<http://holland-pavilion.ntio.org.tw/>
 5. 經濟部循環經濟推動辦公室。2021年1月4日，檢自：<https://cepo.org.tw/>
 6. 緊急部署檢疫醫院原型設計 QurE。2021年7月7日，檢自：
<https://qure.gs.ncku.edu.tw/>
 7. 臺灣搖籃到搖籃平台 C2CTW。【荷蘭】【建築。景觀規劃】搖籃到搖籃社區共同體 - Park 20|20 永續園區。2021年1月4日，檢自：
<https://www.c2cplatform.tw/>
 8. Nikkei 日本經濟新聞（2020年9月29日）。三井不動産と竹中工務店、日本橋にて木造賃貸オフィスビル計画検討に着手。2021年2月25日，檢自：
https://www.nikkei.com/article/DGXLRSP540942_Z20C20A9000000/
 9. Amp capital office & logistics. Quay Quarter Sydney. Retrieved Oct 7, 2021, from <https://www.quayquartersydney.com.au/workplaces/quay-quarter-tower>
 10. Archello. Park 20 | 20: Buildings are only as good as the products you make them. Retrieved Mar 10, 2021, from <https://archello.com/project/park-2020-2>
 11. Architizer. City Hall Venlo // Kraaijvanger Architects. Retrieved Sep 12, 2021, from <https://architizer.com/blog/projects/stadskantoor-venlo/>
 12. Bureau SLA, People's Pavilion. Retrieved Sep 22, 2021, from <https://www.bureausla.nl/project/peoples-pavilion/>
 13. C2Cvenlo. City Hall Venlo. Retrieved Sep 9, 2021, from <http://c2cvenlo.nl/en/home/>
 14. Circl. About circl. Retrieved Jan 7, 2021, from <https://circl.nl/>
 15. Cie. Circl : practical circular philosophy. Retrieved Jan 7, 2021, from <https://cie.nl/circl?lang=nl>
 16. Cradle to Cradle. Maison du projet de la Lainière. Retrieved Apr 13, 2021, from <https://c2c-buildings.net/projects/maison-du-projet-de-la-lainiere/>
 17. De Ceudel. What is De Ceudel? Retrieved Mar 16, 2021, from <https://deceudel.nl/nl/>
 18. GXN. Quay Quarter Tower: How do we humanize the high-rise?. Retrieved Oct 8, 2021, from <https://3xn.com/project/quay-quarter-tower-2>
 19. Kaden+Lager. SKAIO – das höchste Haus Deutschlands in Holzbauweise. Retrieved May 14, 2021, from <http://www.kadenundlager.de/projects/skaio/>
 20. Lacaton & Vassal. Transformation de 530 logements, bâtiments G, H, I, quartier du Grand Parc - Lacaton & Vassal, Druot, Hutin Transformation of 530 dwellings, block G, H, I. Retrieved May 7, 2021, from <https://www.lacatonvassal.com/index.php?idp=80>
 21. Lendager (2018, Sep 17) . UN17 village. Retrieved Apr 22, 2021, from

- <https://lendager.com/en/>
22. Lucy Wang(2018, Apr 10). Sustainable ‘circular economy’ principles inform Amsterdam’s flexible Circl pavilion. Retrieved Jan 11, 2021, from <https://inhabitat.com/sustainable-circular-economy-principles-inform-amsterdams-flexible-circl-pavilion/>
 23. Moringa GmbH. Moringa Hamburg. Retrieved Mar 25, 2021, from <https://moringa.eco/>
 24. RISE & WIN Brewing co. BBQ & General Store. Retrieved Sep 14, 2021, from <https://www.kamikatz.jp/en/toppage.html>
 25. Wermer Sobek, Dirk E. Hebel, Felix Heisel. (2018). Urban Mining and Recycling. Retrieved May 24, 2021, from <http://nest-umar.net/>
 26. William McDonough+Partners. First Circular Economy Development. Retrieved Aug 10, 2021, from <https://mcdonoughpartners.com/projects/park-2020-master-plan/>
 27. World Green Building Council. William McDonough’s ICEhouse constructed for fifth time at World Economic Forum Meeting in Davos. Retrieved Sep 15, 2021, from <https://www.worldgbc.org/news-media/william-mcdonough%E2%80%99s-icehouse-constructed-fifth-time-world-economic-forum-meeting-davos>
 28. ZÜBLIN Timber. SKAIO Residential Building, Heilbronn. Retrieved Jul 17, 2021, from <https://www.zueblin-timber.com/en/references/multi-storey-construction/skaio-residential-building-heilbronn.html>

建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：王婉芝、黃榮堯、林維欣、陳怡安

出版年月：110年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-5456-37-5