



交通部淨零轉型報導

| 2026年第一期

淨零轉型 行動與實踐

工程減碳・綠色場站・氣候韌性・國際案例



交通部發行



目錄

Contents

1

淨零轉型行動與實踐

1

公路工程減碳作業指引／交通部公路局 2

打造淨零永續港－工程減碳及生態保育並重－
以「花蓮港第17~25號碼頭震災修復工程」為例
／臺灣港務股份有限公司 15

淨零目標下的中華郵政－郵局綠建築推動與實踐
／中華郵政股份有限公司 29

2

國際淨零交通案例觀測

40

日本關西國際機場氣候韌性工程：
從燕子颱風災害到機場淨零治理之轉型經驗
／台灣經濟研究院 41

英國HS2高速鐵路 PAS 2080 碳管理制度與減碳實踐
／台灣經濟研究院 54





部長的話

交通部 陳世凱部長

面對2050淨零排放目標，交通部作為主管全國交通行政及交通事業之機關，業務涵蓋運輸、觀光、氣象、郵政等多元領域，不僅是支撐國家發展與社會運行的重要基礎，更肩負推動交通部門低碳轉型與永續發展的重要責任。

交通部以建構「人本交通、便捷臺灣、發展觀光、綠色運輸」為核心方向，持續推動公共運輸優化、運具電動化、智慧交通應用、綠色基礎建設、場站節能、海空運減碳，以及觀光永續、綠能物流、氣候服務與防災韌性等工作，逐步引領運輸系統朝低碳、智慧與韌性轉型。

《交通部淨零轉型報導》將呈現交通部及所屬機關(構)推動淨零轉型的行動與成果，期待透過經驗分享與成果交流，凝聚部門共識，持續推動臺灣邁向更安全、更便捷、更低碳且具韌性的交通未來。



永續長的話

交通部 陳彥伯政務次長

淨零轉型不是單一機關或個別成果即可完成，而需要透過制度化協作，將減碳工作落實到各項日常業務之中。交通部已於2025年2月辦理永續長啟始會議，召集所轄行政機關、國營事業及部內單位，共同盤點職掌業務、公共工程、場站廳舍及其他面向之節能減碳作為，逐步建立跨機關協調與進度追蹤機制。

交通部各機關(構)業務涵蓋陸、海、空運輸、觀光、郵政、氣象及公共工程等多元場域，減碳條件與推動切入點各有不同。從溫室氣體盤查、深度節能、公務車電動化、建築能效提升、綠色採購，到工程減碳與場站能源管理，皆是交通部門邁向低碳、智慧與韌性轉型的重要基礎。期待《交通部淨零轉型報導》成為成果交流與經驗累積的平台，讓各機關(構)的良好作法被看見、可延續，並轉化為交通部門共同推動淨零轉型的行動力量。





淨零轉型行動與實踐





公路工程減碳作業指引

交通部公路局

林聰利¹、潘客舟²、游旻達³

面對全球淨零轉型與公共建設韌性要求提升，交通部公路局依循 PAS 2080 全生命週期管理精神，建構適用於公路工程之碳管理制度，將碳管理逐步納入工程全生命週期，並透過資料庫建置、基準年案件分析及案例試算驗證其工程實務可行性。制度架構涵蓋工程類型定義、碳排係數資料庫建置及單位碳排量推導方法，新建工程採單位規模估算，養護工程則以單位金額計算，以因應其施工型態多元特性。試算結果確認估算模式具合理性，可反映方案配置調整、材料替代及低碳工法導入效果，支援規劃與設計階段碳排上限設定及減碳策略研析。碳管理制度推動採「分案執行、總量管制」模式，並將依成熟度逐步與採購及管理流程整合，未來將深化資料庫與分析工具應用，強化決策支援能力，形成可推廣之低碳工程管理體系。

壹、前言

面對全球淨零排放與氣候韌性之發展趨勢，公路工程作為交通建設之關鍵基盤，其發展思維已由傳統單一的效率與安全考量，轉向兼顧碳排表現、環境永續及資源配置效益之總體性評估。為接軌國際永續標準並落實工程全生命週期碳管理，交通部公路局依循 PAS 2080 標準精神，將碳排分析、策略擬定及成效檢核機制，系統性地導入至可行性研究、規劃、設計、施工及營運管理等各階段。此一轉型並非僅限於單一減碳技術之應用，而是制度建構、數據量化及跨部門協調等進行整體佈局，藉以形塑具執行力、連貫性及可滾動精進之低碳工程治理體系。

¹ 林聰利，交通部公路局副局長

² 潘客舟，交通部公路局工務組副組長

³ 游旻達，交通部公路局工務組科長





實務經驗表明，公路工程之減碳潛能高度集中於先期可行性研究及規劃階段。據此，公路局將碳排量化資訊納入工程方案之評估體系，輔以科學化之估算工具與案例試算分析，俾利工程單位以客觀數據支撐決策，精準比較不同設計方案之減碳效益與工程合理性。綜上，公路工程之減碳推動已實質深化為工程治理與決策程序中之策略性工具。本文將依序探討公路局導入 PAS 2080 碳管理制度之核心理念、實務運作架構、案例試算驗證及未來展望，期能作為公共工程領域推動低碳建設之實務參考，並彰顯公路局於永續基礎建設發展中之策略定位。

貳、公路局 PAS 2080 碳管理制度導入

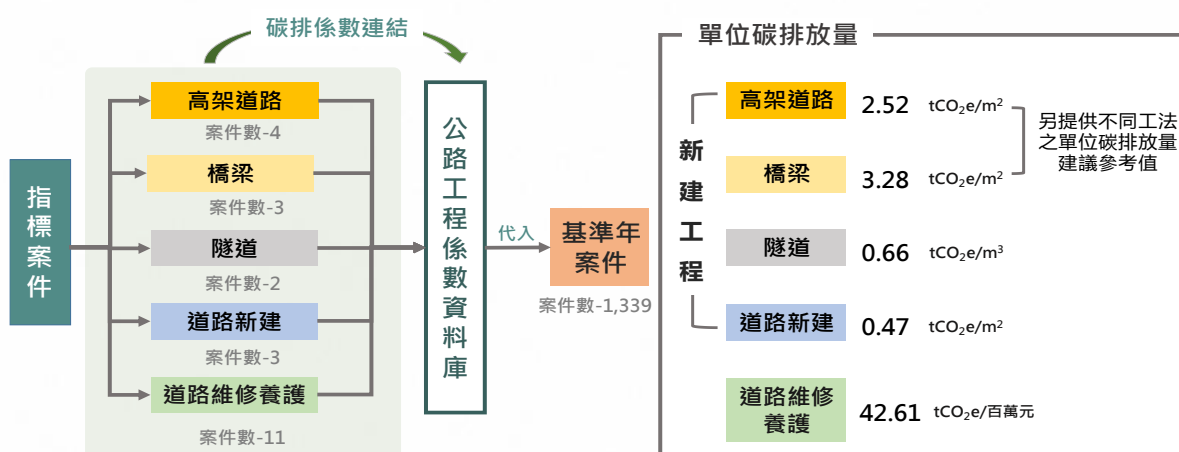
公路局導入 PAS 2080 碳管理制度之推動策略，係以「全生命週期控管、源頭導入管理、跨組室協作及制度化落實」為核心原則，逐步形塑工程碳管理架構與實務作業模式，導入重點如下所述。

一、建立公路工程碳管理資料基礎

為建立公路工程碳管理資料基礎，於構建碳排放計算工具及資料庫時，採取工程導向與代表性統計兼具之方法學，以確保其具工程適切性、邏輯一致性及可推廣性。建立流程包括工程類型定義、建置公路工程係數資料庫、基準年案件與單位碳排放量量化等三項主要工作(如圖 1)。



圖1、公路工程碳管理資料建立流程



資料來源：交通部公路局(2026)。《公路工程減碳作業指引》

二、建構全生命週期碳管理機制

建構碳管理制度時，將公路工程全生命週期定位為政策、規劃(含可行性研究)、設計、施工及營運等五階段，並以前端政策介入為核心，使碳排放因子可於工程規劃階段即納入評估。

在工程適用範疇方面，將各類型工程納入碳管理制度推動範圍，以確保制度具適用性與推廣效益。針對屬災害應變性質之緊急養護工程，基於其作業時效性與公共安全維護需求，現階段僅納入分類範疇但不列入管制，以維持緊急處置效率。惟鑑於碳管理制度採滾動改善模式，對於預算金額低於新臺幣1千萬元之養護工程，將視制度推展情形與執行能量逐步研議納入管理要求之可行性，以利制度適度擴展。工程適用範疇差異分析如表1。

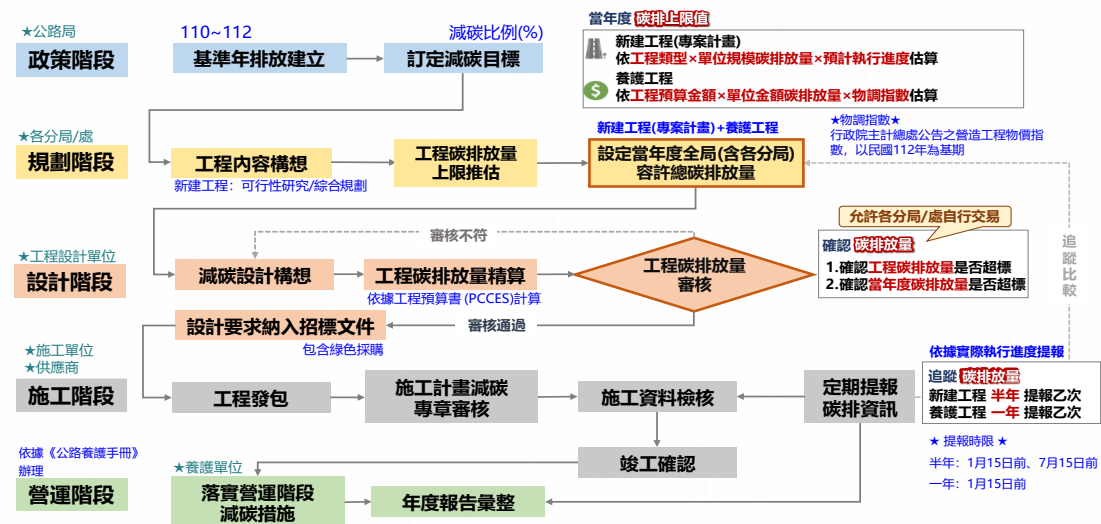
此外，為提升公路工程各階段碳管理之執行力，採專案管制與年度總量控管雙軌並行方式推動碳排放管理，透過預算估算、工程需求調整及逐案審查機制，兼顧執行彈性與政策引導功能(如圖2)。

表1、公路局工程適用範疇差異分析表

種類	新建工程(專案計畫)	養護工程
涵蓋 範疇	高架道路、橋梁、隧道、 道路新建等大型工程項目 ★ <u>工程總經費達新臺幣四十億元(含)以上者，需另於可行性研究/綜合規劃報告書中增列碳管理相關內容</u> ★	工程預算逾新台幣 1 千萬 (含)以上之養護工程均納入範疇 ★ <u>災害搶修納入範疇不管制</u> ★
工程 特性	相對單純，施工目標明確	類型多元、規模差異大， 具彈性與機動性
量化 方式	可透過工程規模進行量化 (如道路寬度、斷面面積)	難以以統一的物理性指標 量化，可採用財務估算
碳排放 量估算 方式	單位工程規模(如 m^2 、 m^3)	單位預算金額(新臺幣)

資料來源：交通部公路局(2026)。《公路工程減碳作業指引》

圖2、公路局碳管理流程



資料來源：交通部公路局(2026)。《公路工程減碳作業指引》

(一)規劃階段碳排放量估算

新建工程以工程量體為基準，採單位規模碳排放量進行估算；
養護工程則以工程經費為基準，採用單位金額碳排放量推算施作



過程之碳排放量，並依工程類型選用對應量化指標進行分析。

1.新建工程：

碳排放量(tCO_2e)=工程類型×單位規模碳排放量($tCO_2e/unit$)×預計執行進度 (式 1)

2.養護工程：

碳排放量(tCO_2e)=工程預算金額(百萬元)×單位金額碳排放量($tCO_2e/百萬元$)×物價調整指數 (式 2)

$$\text{物價調整指數} = \frac{\text{基期物價指數(民國 112 年=100)}}{\text{發包工程前一年之平均物價指數}} \quad (\text{式 3})$$

(二)設計階段及施工階段碳排放量精算

設計階段及施工階段分別依據工程預算書(PCCES)及估驗計價單/結算明細表，搭配公路工程碳排係數資料庫，以碳排係數法計算標案碳排放量，產出該案碳排放量、負碳排放量、總碳排放量及可拆解率。

碳排係數法(基準值)：

碳排放量(tCO_2e)= Σ 活動數據 $_i$ ×碳排放係數 $_i$ (式 3)

工程碳排放量(tCO_2e)=已知碳排係數工項的碳排放量(tCO_2e)/工程可拆解率(%) (式 4)

另為提升碳管理作業之數位化與標準化，已建置公路工程碳排計算工具，該工具整合 PCCES 資料、公路工程碳排係數資料庫及估算結果自動運算模組，協助設計及施工單位依據標準化流程進行碳排計算，有效減少人工估算誤差，使用流程可參考如圖 3。



圖3、公路局公路工程碳排計算工具

碳排估算輔助平台

預算書名稱

1. 新增預算書

2. 套用碳排係數連結

3. 計算負碳量、可拆解率

4. 回歸計算碳排放量

套用系統內建之係數資料庫

選擇要套用的類型

- 平台預設：公路局PAS2080計畫資訊
套用平台預設連結至尚未連結係數之工項
• 公路局(2025/09)
- 不用計算
套用平台預設連結至尚未連結係數之工項
• 將人力(L)工項套用「※不用計算」

預算總表

計畫總價: \$ 5,022,516,274
標籤總價: \$ 5,022,516,274
標籤/計畫總價佔比: 100.000 %

物料碳排(kgCO₂e): 124,240,187
碳排(kgCO₂e): 125,454,811 (排除負碳碳排放量)
負碳(kgCO₂e): -1,214,624
機具碳排(kgCO₂e): 8,774,081
碳排總量(kgCO₂e): 134,228,892 (排除負碳碳排放量)
負碳(kgCO₂e): -1,214,624

碳排價金(A+B+C) / 總價比率 = 可拆解率: 82.632 % (4,150,182,426)

A. 物料碳排價金 / 總價比率: 39.667 % (1,992,267,216)
B. 機具碳排價金 / 總價比率: 4.742 % (238,143,890)
C. 不用計算價金 / 總價比率: 38.223 % (1,919,771,320)
D. 無法計算價金 / 總價比率: 3.515 % (176,560,454)

碳排總量 / 可拆解率 = 計畫碳排總量(kgCO₂e): 160,972,761

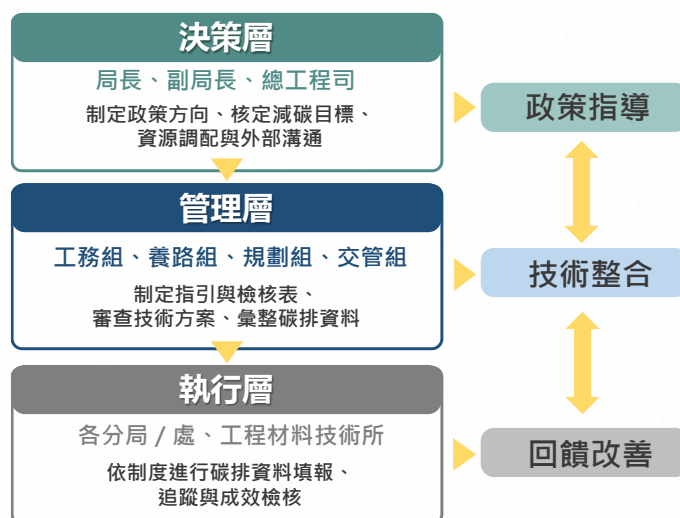
註：碳排計算網址：

<https://engex2.sinotech.com.tw/PAS2080/BaseApp/Home/Default.aspx>

三、建立責任鏈與跨部門協作

依業務職掌釐清政策、規劃、設計、施工及營運階段責任鏈，由淨零碳排推動小組訂定目標，工務組統籌制度建構，規劃組及養路組支援方案評估及技術審查，各分局/處落實執行等，展現跨部門合作與制度整合能力(圖 4)。

圖4、公路局決策、管理、執行層三級架構



資料來源：交通部公路局(2026)。《公路工程減碳作業指引》



四、整合既有流程與採購制度

採購文件為公共工程執行之法定依據，其內容是否納入碳管理要求，直接影響全生命週期碳管理策略之落實程度。為使減碳理念得以制度化推動，自規劃、設計至施工等採購環節逐步導入碳排放管理要素，使策略可由方案構思階段起即與技術選擇、資源配置及履約機制連結。

於規劃階段將「碳管理策略完整性與可行性」納入技術方案評選要項，自決策端導入低碳理念；於設計階段，在最有利標評選中增列「碳管理及減碳策略」構面，要求設計單位結合 PCCES 系統與碳排係數資料庫進行量化估算，並提出具體之低碳方案(如綠色材料與節能工法)，以建立追蹤機制；於施工階段，則在投標須知增列減碳評分項目以鼓勵廠商優化材料與設備，並要求於履約期間落實自主管理與資料提報，確保減碳執行具備完整之紀錄性與可檢核性。

五、導入碳管理專項計價

為強化碳管理制度執行效益，將碳管理作業自附屬性要求提升為契約核心項目，納入採購文件中作為可單獨編列之專項計價項目。此制度調整兼具責任賦予、作業可持續性及資源配置合理化三項功能，可確保碳管理自規劃階段即具執行基礎，並隨工程進展逐步深化至設計與施工層面，此制度設計兼顧推動穩定性與技術彈性，並與現行「技術服務計費辦法」賦予之規範架構一致，可避免作業執行與契約條件脫節。

在制度推動層面，依工程規模、複雜度及碳管理作業範疇，於預算編列及契約擬定時酌訂合理費率及審查指標，使碳管理具量化依循，並作為履約考核與成果驗證依據。計價方式採「工項特性導向」原則辦理，分析研擬或具明確成果交付之作業(如減碳策略分析、成果報告)宜採總包價法；需依工程進度執行或具工作量差異性之項目(如碳排資料追蹤、提報、現場資料佐證等)，可採





單價計算法，以人月投入/提報頻次核支。

六、推動價值鏈參與與經驗交流

公路工程碳管理之推動仰賴全生命週期價值鏈之深度協作，公路局秉持「前端導入、跨單位協作、循環精進」之邏輯，於委託設計與工程採購等制度面，循序提升碳管理要求之揭示強度；並透過標前技術協調與履約前說明，建立作業與審查之共同基準，確保合作單位於決策前端即可掌握策略方向與資料需求，有效消弭實務推動落差。

於工程技術層面，為深化價值鏈成員之介入程度，公路局依計畫階段辦理專題交流與技術研討，聚焦碳排資訊整合、策略分析與低碳工法應用等議題，形塑具體可行之作業模式。同時，持續蒐整工程案例與實務經驗，藉由跨單位研討建立雙向回饋機制，相關成果將直接應用於碳排估算方法之滾動調整與管理流程優化，促使整體碳管理體系持續深化與精進。

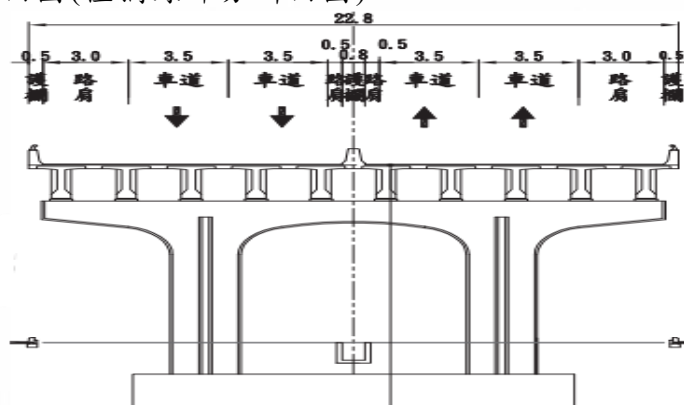
參、碳管理案例試算

為驗證碳管理導入成效及碳排放量量化方法之適用性，選取具代表性之公路工程案件進行試算分析。試算作業係依碳排放估算方法，分別於規劃階段推估碳排放量上限及於設計階段進行碳排放量精算，據以比較各項目之工程規模、可拆解率及綠色經費投入占比，以評估不同工程類型於全生命週期階段之碳排特徵與減碳潛力。以下就新建工程及養護工程各取一案進行案例試算。

案例試算結果驗證，以單位碳排放量作為工程碳排估算模型之方法論具備工程實務可行性及管理應用價值：新建工程因具備明確之工程規模參數，可以單位規模碳排放係數推估工程碳排放量，用以比較設計配置及工程方案調整成效；養護工程則考量其施作屬性多元，採以單位金額碳排放係數進行計算，作為維護作業碳排控管之依據。



表 2、新建工程-高架道路碳排放量試算

工程類型	案例試算
高架道路	案例： 台 61 線(WH-1N)新北段 15K+505~16K+800 平交路口改善工程 工程基本資料： ■ 計畫總價：1,474.66 百萬元；計畫里程：1.295 公里 ■ 道路寬度：22.8 公尺；工法：PCI 梁 ■ 工程斷面圖(僅摘錄部分斷面圖)  (1)規劃階段(碳排放量上限推估) ■ 里程換算：1.295km=1,295m ■ 道路寬度：22.8m ■ 高架道路單位規模碳排放量($\text{tCO}_2\text{e}/\text{m}^2$)=2.52 碳排放量上限：1,295×22.8×2.52=74,405.52 tCO₂e (2)設計階段(碳排放量精算) ■ 已知碳排工項經費：1,319.81 百萬元 ■ 已知工項碳排放量(tCO_2e)：39,423.84 ■ 可拆解率：89.50% 碳排放量精算：39,423.84/0.895=44,048.98 tCO₂e (3)綠色經費占比(共計 26.20%) ■ 綠色工法：13.80% ■ 綠色材料：12.40% ■ 綠色環境：0.01%

資料來源：交通部公路局(2026)。《公路工程減碳作業指引》

表 3、養護工程-道路維修養護碳排放量試算

工程類型	案例試算一
道路 維修養護	案例： 台 9 丁線 62k+400 明隧道災害加固補強工程 工程基本資料： ■ 計畫總價：14.89 百萬元 ■ 計畫決標年：2022 年 ■ 發包前一年：2021 年 (1) 規劃階段(碳排放量上限推估) ■ 物價調整指數：$100/91.55=1.09$ (2021 年物價指數=91.55) ■ 單位金額碳排放量(tCO_2e/百萬元)=42.61 碳排放量上限：$14.89 \times 42.61 \times 1.09 = 691.56 tCO_2e$ (2) 設計階段(碳排放量精算) ■ 已知碳排工項經費：14.09 百萬元 ■ 已知工項碳排放量(tCO_2e)：441.40 ■ 可拆解率：94.68% 碳排放量精算：$441.40/0.9468=466.20 tCO_2e$ (3) 綠色經費占比(共計 11.65%) ■ 綠色工法：8.34% ■ 綠色材料：3.31%

資料來源：交通部公路局(2026)。《公路工程減碳作業指引》

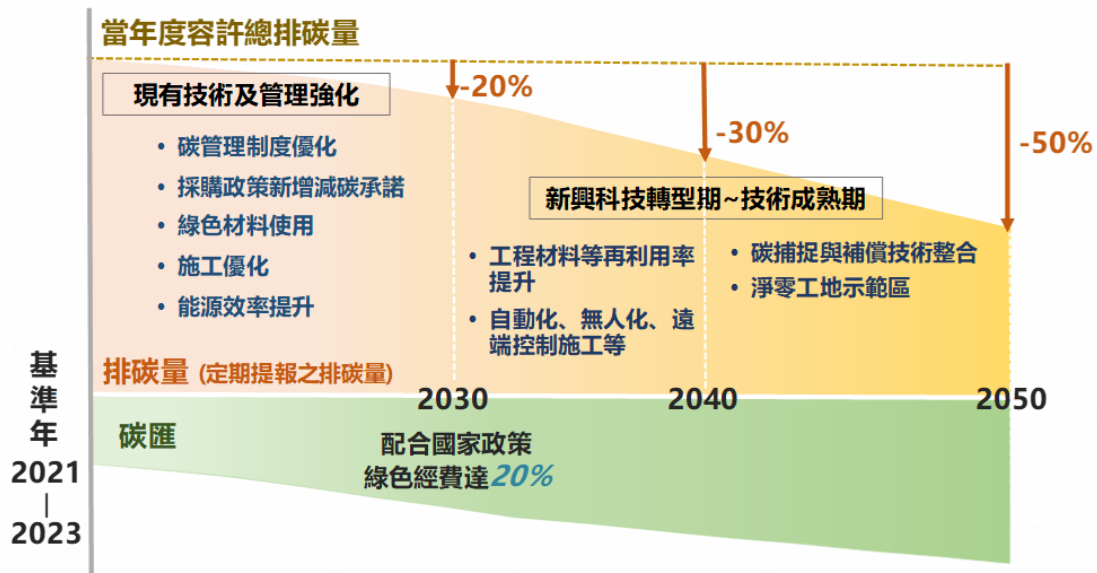
肆、未來展望

一、碳管理目標

公路工程的碳減量推動方式，係以長期之相對減量與政策目標為依歸，透過階段性與系統性的策略，以達成公路工程領域之整體碳減量目標，減碳路徑圖詳圖 5。

- 短程目標(~2030 年)：減量 20%，綠色經費達 20%；
- 中程目標(~2040 年)：減量 30%；
- 長程目標(~2050 年)：減量 50%。

圖5、公路工程減碳路徑圖



資料來源：交通部公路局(2026)。《公路工程減碳作業指引》

二、未來推動

碳管理制度之建構已完成初步策略框架與技術模型建立，未來推動方向將聚焦於制度強化、量能擴展及技術與數據治理深化三大面向，以形成具完整治理能力之低碳工程推動體系。

(一)制度強化：由作業導入邁向治理整合

將提升規劃及設計階段碳排放納入決策之分析深度，並依



工程屬性採用適切之策略研析方法，以強化方案選擇判斷力及工程配置調整效益。後續將視制度成熟度及工程規模，評估導入進階型分析模式，以支持減碳策略推進及設計優化。此外，碳管理制度將逐步與工程核定作業、預算審查及績效管理程序整合，以提升制度執行力並增強策略引導功能，推進治理效益。

(二)量能擴展：提升工程適用性與目標精細度

未來將持續檢討工程類型納管層級，評估中小型工程及維護作業納入管理之可行性，並就不同工程生命週期階段建立階段性控管策略。制度滾動調整亦將配合工程執行能量及技術成熟度，持續提升碳排資訊揭示深度。

(三)技術深化：提升決策品質並強化制度化推進力

未來將持續提升公路工程碳排係數資料庫之精度，並強化數據化管理與分析工具應用，以提高碳排估算準確性與策略判斷效率。同時，透過試辦工程導入低碳材料及創新工法，藉由實務案例進行成效評估與方案調整，建立具推廣價值之示範模式。相關成果將納入跨單位交流及制度研議機制，以促進制度持續精進與技術演進，逐步提升碳管理推動韌性與治理成熟度。





參考文獻

1. 交通部公路局(2023)。《工程採購採評分及格最低標決標審查須知(範本)》(未出版資料)。臺北市：交通部公路局。
2. 交通部公路局(2023)。《委託設計投標廠商評選須知(範本)》(未出版資料)。臺北市：交通部公路局。
3. 交通部公路局(2026)。《公路工程減碳作業指引》(內部文件)。臺北市：交通部公路局。
4. 經濟部水利署(2023)。《水利工程減碳作業參考指引》。臺北市：經濟部水利署。
5. British Standards Institution(2023)。PAS 2080: Carbon Management in Buildings and Infrastructure – Guidance Document。London：BSI.





打造淨零永續港-工程減碳及生態保育並重-以「花蓮港第17~25號碼頭震災修復工程」為例

臺灣港務股份有限公司

鄭璟生¹、蔡政霖²、賴志炫³

壹、工程減碳的重要性

國際港埠協會(International Association of Ports and Harbors, IAPH)在 2023 年 9-10 月雙月刊指出，「港口是陸運和海運的重要樞紐，也是實現海運和陸運零排放解決方案的關鍵參與者。」，而港埠是船舶與陸地、貨物裝卸、旅客進出的連結點，亦是產業供應鏈的重要節點之一；在全球海運朝向淨零目標下，港埠淨零責無旁貸，臺灣港務股份有限公司(下稱臺灣港務公司)近年不遺餘力推動臺灣港群低碳轉型，朝向港埠永續發展，其中港埠低碳工程是範疇三相當重要的關鍵之一。

港埠工程減碳的重要性，可從以下四個面向說明：

一、保護環境

- (一)減少溫室氣體排放：港口是海運運輸的重要節點之一，減碳有助於降低整體溫室氣體排放，對地球暖化有正面效益。
- (二)改善空氣質量：減少碳排放同時降低有害物質的排放，改善周邊社區的空氣質量，有助環境品質優化。

二、符合政策

遵循國際協議：諸多國家和地區已經簽署了減碳承諾，臺灣政府亦訂定減碳目標，臺灣港務公司遵循政策規範，工程於規劃設計階段即已導入低碳及生態檢核的工項，打造低碳工程目標。

三、企業社會責任

¹臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司處長

²臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司副工程師

³臺灣港務股份有限公司總公司副工程師





(一)提升企業形象：積極進行減碳措施的港口將能提升其在公眾中的形象，增強社會責任感。

(二)促進社區參與：工程執行期間需要加強與社區溝通，以謀求社區支持，成就港市環境的共融，而工程減碳符合社區對於環境品質的要求，是以有助於增進社區的凝聚力。

四、可持續發展

(一)保護生態系統：低碳工程減少碳排放，有助於維護港口周邊的生態系統，以及維持生物多樣性。

(二)應對氣候變遷：低碳工程所衍生減碳效益，有助於減緩氣候變遷帶來的衝擊，持續確保港口運輸安全和營運穩定。

綜上，臺灣港務公司以工程減碳及生態保育並重為題，並以「花蓮港第17~25號碼頭震災修復工程」為例，分享花蓮港在2024年4月3日芮氏規模7.2強震後，如何透過震後重建契機，實現港口韌性提升與低碳轉型。

貳、本案例背景及目標

2024年4月3日早上7時58分花蓮外海發生芮氏規模7.2強震，造成花蓮港第17至25號共計9座碼頭鋪面產生20至70公分不等高差陷落，碼頭裝卸輸送設備遭受損壞；經性能評估確認整體結構安全無虞，除第25號碼頭沉箱產生錯動外，其餘碼頭靠泊功能未受影響；因此，花蓮港震災修復工程目標為恢復第17~25號碼頭功能並強化第24號碼頭震後運補能力。

「花蓮港#17~#25 碼頭震災修復工程」(下稱本工程)係以「韌性港埠」為目標，導入「大震不倒、中震好修、小震不壞」之修復設計理念，透過鋪面材料精選及微地改工法強化基礎結構，大幅提升碼頭設施之耐震性能與整體穩定度，確保港埠在極端地震事件下仍具備高度安全性與修復彈性，藉此災修工程更加強化港埠基礎設施韌性。





參、本案例創新性及科技應用

一、災後作為

花蓮港為臺灣東部地區貨物海運進出主要通道，同時在陸上交通受阻下，即時支援蘇花藍色公路的港口，是以，維持港口營運不中斷，為臺灣港務公司營運港口的最高原則。

地震發生後，臺灣港務公司即啟動災後修復工作，針對碼頭高低落差迅即鋪築上下引道，以恢復碼頭裝卸車輛動線，確保災後營運不中斷，並邀請專家學者參與，透過震後展開各項調查與測量工作，設計階段邀請國內外專家、學研單位會勘討論，委請台灣世曦、宇泰工程顧問、信運工程顧問等三家工程顧問公司辦理修復設計以爭時效。

二、創新工法

採用創新「微型樁串接工法」，有效避免施工對水域魚類及珊瑚生態造成干擾，並透過舉辦花蓮港守護洄瀾灣生態論壇，深化工程與環境共融理念，此外也將破碎混凝土材料回收再利用，落實循環經濟與減碳環保目標，使本案成為兼顧韌性、安全與永續發展的震災修復工程典範。

三、施工階段

為降低對港埠營運及地方產業之影響，採分區施工及指泊調度原則，優先完成上下引道鋪築以恢復作業動線，使碼頭裝卸作業於修復期間得以持續運作，並導入智慧化工地管理系統，結合電子安全帽、電子圍籬等科技設備，即時掌握人員動態與施工風險，全面提升職業安全管理水準。

四、修復階段

各類材料與施工資源的使用勢必增加碳排放量。為落實節能減碳，本工程在設計階段即進行方案優化評估，並考量多數地震對



碼頭影響有限，因此採用性能設計，不僅有效縮小工程規模，達成「大震不倒、中震好修、小震不壞」的目標，同時減少修復所需資源並降低對環境衝擊。在施工階段，於材料選用上以卜作嵐材料替代部分水泥，進一步提升減碳效益。

五、維護階段

優化設計免除鋼管樁打設需求，亦可避免鋼管樁防蝕塗裝及陽極塊更換等維護作業，降低長期維護所衍生之碳排放，有助於推動花蓮港邁向生態永續的綠色港口。

肆、本工程之總碳排放估算

一、總碳排放估算

本工程採性能設計，主要工程項目包括水泥混凝土、瀝青混凝土、鋼筋、模板、型鋼、開挖及破碎料回填等，其碳排係數參考經濟部水利署「PAS 2080 碳管理手冊」及碳足跡資訊網估列，依實際工程數量估算，總碳排放量約為 5,834 噸。相關計算數據詳如表 1。

表1、工程總碳排放量估算數據

項次	項 目	工程數量		碳排放量					
		單位	數量	單位	數量	碳排係數 (kgCO ₂ e)	碳排放量 (kg)	占比 (%)	碳排係數 參考來源
1	#19~#23、 #25碼頭修復工程	M	1,616						
1.1	土建工程								
(1)	既有消波塊 型鋼串接	M	6,517.87	組	1,077.33	863.182	929,934.74	15.94	水利署 碳管理 手冊
(2)	200x100x7x1 0鋼樁	T	134.92	kg	134,919.84	0.928	125,232.60	2.15	交通部 高速公路局
(3)	結構用混凝土，預拌， 280kgf/cm ² ，第2型水泥	M3	7,272.00	M3	7,272.00	317.285	2,307,296.52	39.55	水利署 碳管理 手冊
(4)	鋼筋	T	1,090.80	T	1,090.80	893.620	974,760.70	16.71	水利署

項次	項 目	工程數量		碳排量					
		單位	數量	單位	數量	碳排係數 (kgCO ₂ e)	碳排量 (kg)	占比 (%)	碳排係 數 參考來 源
									碳管理 手冊
(5)	普通模板， 組立及拆除	M2	4,848.00	M2	4,848.00	1.202	5,827.30	0.10	水利署 碳管理 手冊
(6)	瀝青混凝土 鋪面	M3	2,957.28	M2	19,715.20	24.396	480,972.02	8.24	水利署 碳管理 手冊
	小計						4,824,023.87	82.68	
2	#24碼頭修復 工程	M	271						
2.1	土建工程								
(1)	既有消波塊 型鋼串接	M	1,093.03	組	180.67	863.182	155,948.21	2.67	水利署 碳管理 手冊
(2)	200x100x7x1 0鋼樁	T	22.63	kg	22,625.79	0.928	21,001.26	0.36	交通部 高速公 路局
(3)	結構用混凝 土，預拌， 280kgf/cm ² ， 第2型水泥	M3	1,219.50	M3	1,219.50	317.285	386,929.06	6.63	水利署 碳管理 手冊
(4)	鋼筋	T	182.93	T	182.93	893.620	163,465.44	2.80	水利署 碳管理 手冊
(5)	普通模板， 組立及拆除	M2	813.00	M2	813.00	1.202	977.23	0.02	水利署 碳管理 手冊
(6)	瀝青混凝土 鋪面	M3	495.93	M2	3,306.20	24.396	80,658.06	1.38	水利署 碳管理 手冊
(7)	開挖	M3	7,115.35	M3	7,115.35	13.641	97,060.47	1.66	水利署 碳管理 手冊
(8)	破碎料回填	M3	7,115.35	M3	7,115.35	10.230	72,786.46	1.25	水利署 碳管理 手冊
	小計						978,826.18	16.78	
3	#25碼頭法線 局部修齊工 程	M	39.600						
3.1	土建工程								
(1)	結構用混凝 土，預拌， 280kgf/cm ² ， 第2型水泥	M3	66.29	M3	66.29	317.285	21,032.95	0.36	水利署 碳管理 手冊
(2)	鋼筋	T	9.94	T	9.94	893.620	8,885.76	0.15	水利署 碳管理

項次	項 目	工程數量		碳排量					
		單位	數量	單位	數量	碳排係數 (kgCO ₂ e)	碳排量 (kg)	占比 (%)	碳排係 數 參考來 源
									手冊
(3)	鋼製模板， 組立及拆除 (海上)	M2	144.14	M2	144.14	11.109	1,601.30	0.03	水利署 碳管理 手冊
	小計						31,520.01	0.54	
	總計						5,834,370.06	100.0 0	
總碳排量:5,834噸									

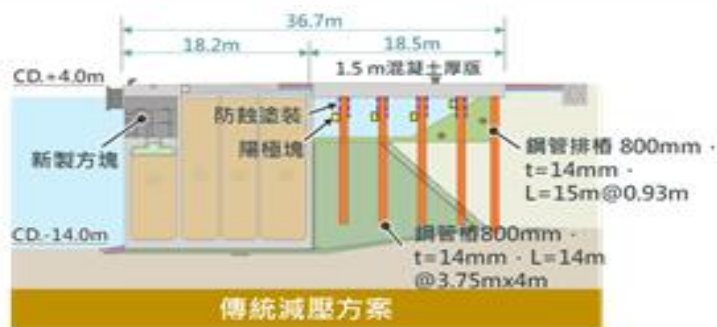
資料來源: 臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

二、優化設計對傳統設計之減碳量估算

為全面提升碼頭穩定性，傳統設計多採減壓樁基式平台，以降低沉箱後側土壓力，並配置鋼管排樁作為擋土結構，同時藉由鋼管樁支撐混凝土厚版；前緣方塊則採用新製消波方塊，兼顧消波功能並補償海域生態棲息環境(如下圖)。

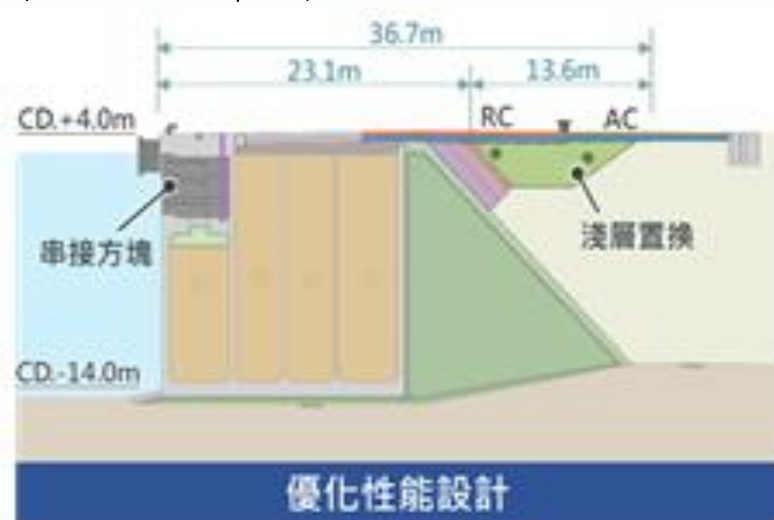
經估算，傳統設計之碼頭結構碳排量約為 53,867 噸(詳表 2)，本工程採性能設計，碼頭結構碳排量僅 5,834 噸，較傳統設計減少 48,033 噸，減碳幅度達 89%，減碳量相當於 124 座大安森林公園之年吸碳量(387 噸/年)，不僅達成性能目標，更有效落實節能減碳與綠色環境營造。

圖 1、傳統減壓方案



資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

圖 2、性能設計方案



資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

圖 3、廢棄混凝土轉化為再生回填料



資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

圖 4、織布襯墊全包覆降低透水性及鋪面滾壓



資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

圖 5、創新工法

導入創新微型樁串接工法

- ◆ 微型樁串接既有方塊，取代全面更換
- ◆ 縮短工期，防止方塊錯位影響泊靠裝卸

既有消波方塊串接，兼顧消波功能並補償海域生態並配置鋼管排樁作為擋土結構，同時藉由鋼管樁支撐混凝土厚版；前緣方塊棲息環境。

I4-2防止錯動，強化安全

全面提升碼頭穩定性

再遇強震將惡化錯位

串接方塊維持穩定

約 465cm

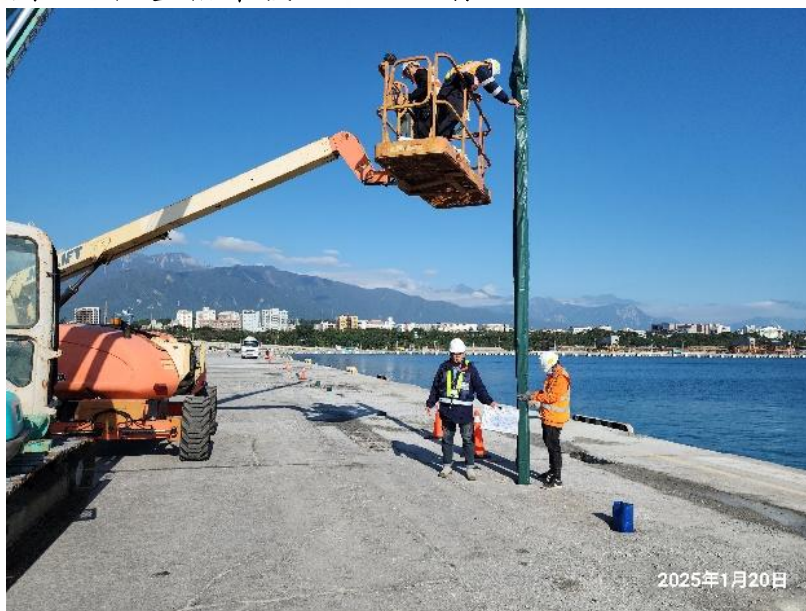
微型樁

型鋼樁

水泥砂漿外層以帆布袋包覆

資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

圖 6、微型樁串接工法之放樣



資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

圖 7、微型樁串接工法之施工過程



資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

表2、傳統設計之碼頭結構碳排量

項次	項 目	工程數量		碳排量					
		單位	數量	單位	數量	碳排係數 (kgCO ₂ e)	碳排量 (kg)	占比 (%)	碳排係 數參考 來源
1	#19~#25碼頭減壓工程	M	1,887						
1.1	基樁打設工程								
(1)	產品，鋼管樁， D=800mm， t=14mm， L=14m	支	471.75	kg	6,604.50	2.420	15,982.89	0.03	水利署 碳管理 手冊
(2)	鋼管樁，鑽掘， D=800mm	M	6,604.50	M	6,604.50	0.483	3,189.97	0.01	水利署 碳管理 手冊
(3)	產品，鋼管排樁， D=800mm， t=14mm， L=15m	支	2,029.03	kg	9,595,395.00	2.420	23,220,855.90	43.11	水利署 碳管理 手冊
(4)	鋼管排樁，打樁， D=800mm	M2	30,435.48	M	1,887.00	16.731	31,570.96	0.06	水利署 碳管理 手冊
(5)	防蝕塗裝	M2	569.11	kg	2,845.53	1.330	3,784.55	0.01	碳足跡 資訊網 (油漆)
(6)	鋁合金陽極塊及安裝	塊	471.75	kg	74,064.75	9.850	729,537.79	1.35	碳足跡 資訊網 (鋁錠)
	小計						24,004,922.07	44.56	
1.2	土建工程								
(1)	新設消波方塊製作	塊	1,258.00	塊	1,258.00	2,377.131	2,990,430.60	5.55	水利署 碳管理 手冊
(2)	新設消波方塊運輸及吊排	塊	1,258.00	塊	1,258.00	40.248	50,631.81	0.09	水利署 碳管理 手冊
(3)	預鑄混凝土塊，B型方塊 (5x3x1.5)	塊	629.00	塊	629.00	4,493.992	2,826,720.89	5.25	水利署 碳管理 手冊
(4)	預鑄混凝土塊，B型方塊 (5x3x1.5)運輸及吊排	塊	629.00	塊	629.00	76.089	47,859.99	0.09	水利署 碳管理 手冊
(5)	結構用混凝土，預拌， 280kgf/cm ² ，第2型水泥	M3	52,364.25	M3	52,364.25	317.285	16,614,391.06	30.84	水利署 碳管理 手冊
(6)	鋼筋	T	7,854.64	T	7,854.64	893.620	7,019,061.16	13.03	水利署 碳管理 手冊

項次	項 目	工程數量		碳排量					
		單位	數量	單位	數量	碳排係數 (kgCO ₂ e)	碳排量 (kg)	占比 (%)	碳排係 數參考 來源
(7)	普通模板，組立及拆除	M2	40,570.50	M2	40,570.50	1.202	48,765.74	0.09	水利署 碳管理 手冊
	小計						29,597,861.26	54.95	
2	#25碼頭法線修齊工程	M	332						
2.1	土建工程								
(1)	結構用混凝土，預拌，280kgf/cm ² ，第2型水泥	M3	555.77	M3	555.77	317.285	176,336.85	0.33	水利署 碳管理 手冊
(2)	鋼筋	T	83.37	T	83.37	893.620	74,496.81	0.14	水利署 碳管理 手冊
(3)	鋼製模板，組立及拆除(海上)	M2	1,208.48	M2	1,208.48	11.109	13,425.00	0.02	水利署 碳管理 手冊
	小計						264,258.66	0.49	
	總計						53,867,041.99	100.00	
總碳排量: 53,867噸									

資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

三、施工階段之減碳量估算

施工階段時採爐石取代部分水泥，減碳量合計約 1,395 噸(詳表 3)，相當於 3.6 座大安森林公園之年吸碳量。

表3、施工階段之減碳量估算數據

項目	工程使用總量 (m ³)	每方膠結材用量 (kg/m ³)			取代後減少碳排量			取代後增加碳排量			減少 碳排量 tonCO ₂ e	減碳 比率
		水泥	飛灰	爐石粉	取代水泥 (kg/m ³)	水泥碳排 放係數	tonCO ₂ e	飛灰碳排 放係數	爐石碳排 放係數	tonCO ₂ e		
結構用預拌混凝土 350 kgf/cm ²	4,375	270	0	180	180	0.981	772	0.00400	0.05890	46	726	38%
結構用預拌混凝土 280 kgf/cm ²	4,655	234	0	156	156	0.981	712	0.00400	0.05890	43	669	38%
合計											1,395	38%

資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司。

四、維護階段之減碳量估算

傳統設計採減壓樁基式平台，於使用期間需進行鋼管樁防蝕塗裝及陽極塊更換等維護作業。依碼頭 50 生命週期估算，平均每 10 年需維護一次，本工程優化設計可免除此類維護作業，於維護

階段減碳量合計約 2,933 噸，相當於 7.6 座大安森林公園之年吸碳量(詳表 4)。

表4、維護階段之減碳量估算數據

項次	項 目	工程數量		碳排量					
		單位	數量	單位	數量	碳排係數 (kgCO ₂ e)	碳排量 (kg)	占比 (%)	碳排係 數 參考來 源
1	#19~#25碼頭減壓工程	M	1,887						
1.1	基樁維護工程								
(1)	防蝕塗裝	M2	2,276.42	kg	11,382.12	1.330	15,138.21	0.52	碳足跡 資訊網 (油漆)
(2)	鋁合金陽極塊及安裝	塊	1,887.00	kg	296,259.00	9.850	2,918,151.15	99.48	碳足跡 資訊網 (鋁錠)
	總計						2,933,289.36	100.00	
總碳排量:2,933噸									

資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

伍、生態調查及保育成果

臺灣港務公司為避免「花蓮港第 17~25 號碼頭震災修復工程」推動過程影響潛在生態價值，並響應企業社會責任與永續發展目標，自主增辦水域調查工作，以補充港區水域生態資料的基礎。

本次生態調查，發現物種合計67科153種，並將珊瑚生態調查成果彙整設計為花蓮港珊瑚生態摺頁(如下圖)，內容涵蓋花蓮港區域介紹、珊瑚生態科普知識、調查所揭示之花蓮港水域環境特徵，以及珊瑚與其他共域生物之特寫照片，同時也對應到花蓮港修復工程所實踐之低生態干擾目標。

在工程施作過程未破壞既有珊瑚環境，而在長期以來的港區經營與硬體結構，對於珊瑚的生長亦產生一定的庇護性，呼應聯合國 2030 永續發展目標(SDG 14「永續海洋與保育」)，展現企業在港區管理與維護上的永續治理角色，推動人為環境與自然生態的共融。

圖 8、生態論壇之手冊(正面)

珊瑚是什麼？

珊瑚是由名為「珊瑚蟲」的個體組成的群體海洋動物。每個珊瑚蟲都有觸手可捕捉浮游生物。多數珊瑚與共生藻共生，依靠光合作用獲取能量並呈現多種色彩。牠們分泌石灰質骨骼，分為石珊瑚（構成骨骼）與軟珊瑚。石珊瑚需要清澈環境，軟珊瑚則能在較暗水域生存。當環境惡化時，共生藻脫離，珊瑚會白化甚至死亡。

珊瑚為什麼重要？

經過長時間層層堆疊生長的石珊瑚，會形成著名的珊瑚礁，類似天然的防護堤，能夠抵禦海浪。而珊瑚礁本身就像海洋中的公寓大樓，立體結構為魚類、甲殼類等海洋生物提供棲息和繁殖空間，也成為沿海漁業與觀光的基礎。許多沿海社區的漁業和觀光業都依賴健康的珊瑚生態系統，珊瑚對生態與漁業的貢獻也參與海洋的碳循環調節。

關於花蓮港

花蓮港位於花蓮市東北方，是臺灣東部唯一的國際商港。自日治時期以來即為重要港埠。港區設有25座碼頭，主要承接水泥、砂石等大宗物資進出口，也積極發展觀光與休閒功能。

目前港內設有景觀橋，連接港區兩側，可以遠眺太平洋與進出船隻，港道的觀水區則提供賞鯨的步道與休憩座椅，適合散步、騎腳踏車或親子同遊。部分倉庫轉型為創意市集與在地品牌店鋪，販售海鮮小吃、花蓮特產與文創商品。

花蓮港水下生物大揭密！

0403花東大地震，花蓮港受損嚴重，在進行水下勘查時竟意外發現了為數不少的珊瑚！

震災修復工程啟動之際，一個隨之而來的「水下生態保育計畫」也在2025年悄悄展開了序幕...

讓我們一起來看，花蓮港的水下有哪些生物呢？

臺灣港務股份有限公司 花蓮港務分公司

TAIPEI WATERWAYS CORPORATION Hualien Port Branch

上班時間：平日8:00-17:00，午休一小時
地址：花蓮縣花蓮市海濱路66號
電話：886-3-8325131

計畫名稱：花蓮港0403震後水下生態復育計畫
總計畫：臺灣港務股份有限公司
主辦單位：臺灣港務股份有限公司
花蓮港務分公司
執行單位：上經建設股份有限公司
生態團隊：臺灣城生態有限公司

資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司

圖 9、生態論壇之手冊(反面)

花蓮港水下環境介紹

花蓮港的水下環境相對封閉，在颱風時抵禦大浪沖擊，安定的環境讓珊瑚能夠生長。沿著水面附近的垂直牆面分布多種石珊瑚，還能發現少見的巨型軟珊瑚，非常壯觀。

除此之外，附著性的貝類也不少，有些甚至達到20公分！

不過也因為水流較慢，漂沙與雜質沒辦法被水流帶走，水下能見度大約只有2米左右。淤積的海沙影響到珊瑚的生長，但在種類上還是比較鄰近的南濱港豐富許多。

值得一提的是，由於港區內禁釣禁捕，所以發現的魚隻多半是成熟的大型個體囉！

與珊瑚共域的生物們

- 魚類 (至少54種)
- 海百合 (至少3種)
- 海蛞蝓 (至少12種)
- 甲殼類 (至少3種)
- 水綿蟲 (至少3種)
- 貝類 (至少5種)

資料來源：臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司



陸、未來願景-淨零永續港，工程、減碳、生態並行

本工程在減碳成效上，捨棄了傳統高碳排的減壓樁基式方案，改採創新「性能設計」，促使結構總碳排量從預估的53,867噸降至5,834噸，減碳幅度高達89%，其效益相當於124座大安森林公園的年吸碳量，此外，施工階段以爐石粉替代水泥，減少碳排量1,395噸，維護階段則因免除鋼管樁維護作業，減少碳排量2,933噸，落實工程生命週期減碳之社會責任及港口永續發展願景。

臺灣港務公司秉持「安全、品質、永續」的工程核心理念，投入「花蓮港第17~25號碼頭震災修復工程」的執行，進而榮獲行政院公共工程委員會「第25屆公共工程金質獎」水利類二級優等獎，此公共工程金質獎為國內公共工程最高榮譽獎項，充分展現本工程在品質、施工管理及創新技術應用，獲得中央政府高度肯定。

臺灣港務公司將持續朝低碳、共榮、韌性港埠永續願景前進，在工程面向，落實工程安全、低碳品質、生態維護並重的永續港目標。

參考文獻

1. 經濟部水利署(2024)。經濟部水利署 PAS2080 碳管理手冊。





淨零目標下的中華郵政-郵局綠建築推動與實踐

中華郵政股份有限公司

張得倫¹、吳育皓²、林煥鈞³、吳昇翰⁴

壹、前言

面對氣候變遷加劇所帶來的極端氣候、環境退化與人類生存風險，減緩溫室氣體排放已成為全球共同課題。「2050 淨零排放」不僅是國際共識，更是攸關國家永續發展與世代正義的重要政策方向。鑑此，全球已有逾一百五十個國家提出淨零承諾，我國亦於世界地球日正式宣示 2050 淨零轉型目標，並陸續完成路徑規劃、關鍵戰略與法制基礎建構，展現積極回應國際趨勢的決心。

中華郵政公司身為國營事業體系的重要一環，長期深耕全國、服務遍及城鄉，對於國家減碳政策與公共責任自應責無旁貸。早在 2000 年起，中華郵政公司即開始推動郵局綠建築，依循綠建築標章制度，從「生態、節能、減廢、健康」四大範疇著手，將永續理念落實於建築規劃與設計之中。透過系統性導入節能減碳措施，不僅降低建築營運階段的能源消耗與碳排放，更以實際行動回應國家淨零政策，朝向永續經營與環境共好之目標邁進。

貳、政策緣起

我國綠建築政策起源於 1999 年，內政部建築研究所公布首部《綠建築解說與評估手冊》並同步推動「綠建築標章」制度，確立以「生態、節能、減廢、健康」為核心的評估架構。其中，「綠化量」、「日常節能」與「二氧化碳減量」等指標，皆與降低碳排放、因應氣候變遷密切相關，奠定建築部門參與淨零轉型的重要基礎。

2001 年行政院啟動「綠建築推動方案」，明定一定規模以上之公

¹ 中華郵政股份有限公司佐理員

² 中華郵政股份有限公司科長

³ 中華郵政股份有限公司副處長

⁴ 中華郵政股份有限公司處長



有建築須取得候選綠建築證書，中華郵政公司亦同步響應政策，於新建/改建郵局工程中積極導入綠建築設計。2003 年，中華郵政公司取得首件候選綠建築證書，該建築通過日常節能、二氧化碳減量、室內環境及水資源等指標，象徵郵局綠建築正式啟動，亦為後續結合淨零理念的具體實踐起點。

圖 1、綠建築標章



資料來源:財團法人台灣建築中心

隨著永續發展與 ESG 成為企業治理主流，中華郵政公司持續深化「郵局綠建築計畫」，透過節能設計、環境綠化及再生能源應用，推動全國性據點之低碳轉型，不僅提升郵政服務品質與公共形象，也在永續報告中明確揭示環境保護與永續經營為核心目標，展現國營事業落實低碳營運與企業永續治理的決心。

圖 2、綠建築標章評估架構之視覺化示意圖



資料來源:AI 生成示意圖

參、推動策略

為系統性回應氣候變遷、能源轉型與 2050 淨零排放目標，中華郵政公司已將原「企業社會責任推動小組」提升為委員會層級，於 2023 年 2 月正式成立「永續發展委員會」，作為公司永續發展之最高決策與推動平台。該委員會由董事長擔任主任委員、總經理擔任副主任委員，並由多個核心業務單位共同參與，定期召開會議，必要時邀請內外部專家提供諮詢，確保永續政策與實務推動緊密銜接(圖 3)。

圖 3、中華郵政公司永續發展委員會組織架構圖



資料來源:中華郵政公司

在委員會架構下，所屬「淨零轉型組」持續推動郵局綠建築進程，並以綠建築標章評估指標作為主要行動依據，重點推動方向如下：

一、**日常節能**：聚焦空調、照明等建築主要耗能項目，透過提升設備能源效率、優化建築外殼隔熱性能與導入高效率系統設計，降低日常用電需求，進而有效減少二氧化碳排放。

二、**綠化量**：於建築基地、屋頂及立體空間規劃綠化設計，運用



植物光合作用固定大氣中之二氧化碳，改善都市熱島效應，同時提升生態環境品質與景觀效益。

三、二氧化碳減量：在建築規劃與設計階段選用低碳建材與具環境宣告之綠建材，降低建材生產與使用生命週期中所隱含的二氧化碳排放量，減輕建築對環境之衝擊。

透過上述策略，中華郵政公司將綠建築由單一工程要求，提升為整體淨零轉型的重要工具，逐步累積減碳效益，並為國家邁向2050淨零排放目標貢獻具體而可量化的行動成果。

肆、設計、施工與維護策略

中華郵政公司於郵局建築之規劃階段，即導入綠建築與淨零理念，將各項評估指標納入整體設計、施工及後續維護管理之考量，使綠建築不僅止於取得標章，更能於建築生命週期中持續發揮效益。

一、設計階段策略

於建築設計初期，依據綠建築標章九大指標，評估最適切之設計手法，具體作法如下：

- (一)生物多樣性指標：於基地內規劃足量且連續之綠地空間，優先保留既有老樹並避免破壞原有地貌，植栽選用原生植物，搭配喬木、灌木及蔓藤等多樣物種，營造多層次綠化環境，並設置透空圍籬、生態水池或自然護岸，提供生物棲息與移動空間。
- (二)綠化量指標：在確保建築容積率之前提下，降低建蔽率並擴大綠地比例，規劃闊葉大喬木、小喬木及灌木等植栽配置，同時於屋頂、陽台及立體空間設置人工花台與植栽槽，提升整體二氧化碳固定能力。
- (三)基地保水指標：採取透水鋪面、草溝及綠地設計，並視基地土壤條件設置滲透水池、地下礫石層或雨水貯集設施，使雨





水得以就地滲透或回收再利用，降低逕流量並減輕都市淹水風險。

(四)日常節能指標：從建築外殼、空調與照明三大面向著手，透過控制開窗比例、設置遮陽設施、加強屋頂與外牆隔熱，並選用高效率空調設備與節能照明系統，降低建築物長期使用階段之能源消耗。

(五)二氧化碳減量指標：於規劃階段即考量建築形狀係數與結構系統，採取平面規則、減少不必要之挑高與退縮設計，並選用輕量化結構、再生建材與高性能混凝土，以降低建材生產與施工過程中的碳排放量。

(六)廢棄物減量指標：透過減少地下室開挖、進行土方平衡設計，並採用預鑄構件、系統模版與乾式施工方式，降低營建廢棄物產生量，同時兼顧施工品質與工期效率。

(七)室內環境指標：規劃良好之自然採光與通風條件，避免過深之室內空間，並選用低逸散性、具綠建材標章之建材，以提升室內空氣品質與使用舒適度。

(八)水資源指標：全面採用具省水標章之衛浴與用水設備，並於必要時設置雨水回收或中水利用系統，降低自來水使用量。

(九)污水垃圾改善指標：於設計階段即規劃污水接管、油脂截留與垃圾分類回收空間，確保生活污水與廢棄物皆能妥善處理。

二、施工與維護階段策略

在建築施工與後續使用維護階段，延續設計時之綠建築精神，確保各項指標功能得以長期維持，重點作法如下：

(一)生物多樣性與綠化量：施工期間妥善保護既有植栽，避免機具損傷；完工後由管理單位定期進行澆水、施肥與修剪，若植栽枯死即依原種類與位置補植，以維持生態與綠化效益。





- (二)基地保水：定期巡檢透水鋪面、草溝、滲透設施與雨水回收系統，確保其功能正常，不因後續改建或使用而破壞保水效果。
- (三)日常節能：空調與照明設備汰換時，優先選用與原設計相同或更高效率之產品，並維持分區控制與能源管理系統之正常運作。
- (四)二氧化碳減量與廢棄物減量：後續裝修或調整時，避免大幅變更原建築結構與外觀，並持續使用再生建材及減量化施工方式。
- (五)室內環境、水資源及污水垃圾改善：維持原有省水設備、污水處理與垃圾分類系統之功能，並定期清潔與檢修，確保使用安全與環境衛生。

伍、實施成果

在長期推動郵局綠建築政策下，中華郵政公司已累積具體且可量化之成果。截至2025年底，累計取得「綠建築標章」共23件，其中符合二氧化碳減量指標者14件；取得「候選綠建築證書」共36件，其中符合二氧化碳減量指標者19件。僅歷經近3年度，即新增核可候選綠建築證書4件及綠建築標章3件，顯示綠建築推動已成為公司新建與改建工程之常態作法。

此外，中華郵政公司於推動綠建築之同時，亦配合建築條件於局屋屋頂導入太陽能發電系統，2025年新建築總共建置容量約142.12 kW，透過再生能源方式，補充建築節能減碳效益，進一步降低營運階段之碳排放量。

以「臺中嶺東郵局新建工程」為例，該案正式取得綠建築標章，通過日常節能、基地保水、二氧化碳減量、水資源、廢棄物減量、污水垃圾改善及綠化量等七項指標。摘錄臺中嶺東郵局新建工程呈現淨零碳排相關指標之執行成果，說明如下：





一、綠化量指標：

建築物周邊種植多株台灣檫木，作為基地主要喬木植栽，強化建築周邊綠帶景觀，並提供遮蔭與降溫效果。

圖 4、台灣檫木



資料來源:中華郵政公司

於室內外空間搭配配置灌木、喬木及草本植物等多樣化綠色植栽，包含入口空間、公共動線及中庭等區域，營造豐富且具層次之植栽景觀。

圖 5、灌木、喬木



資料來源:中華郵政公司





圖 6、植栽景觀



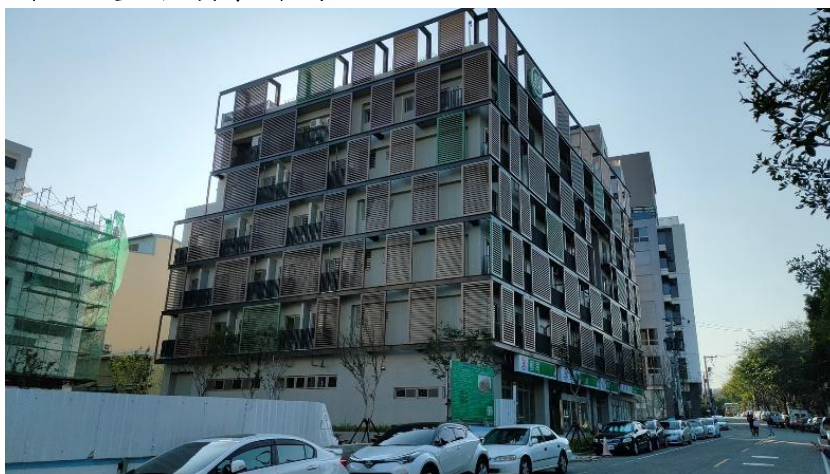
資料來源:中華郵政公司

透過不同植栽層次之整體規劃與配置，形成立體且連續之綠化環境，不僅有效提升基地整體綠覆率，亦有助於改善建築周邊微氣候條件，降低熱島效應，同時兼顧生態保育與景觀品質，展現綠建築綠化量指標之具體成效。

二、日常節能指標：

建築整體通過外殼節能評估，透過建築外殼隔熱性能與開口配置之優化，有效降低室內外熱交換，減少空調負荷與能源損失。

圖 7、臺中嶺東郵局



資料來源:中華郵政公司





空調設備全面採用具高能源效率之中央空調系統，提升整體空調系統運轉效率，降低日常營運用電需求。

圖 8、中央空調



資料來源:中華郵政公司

室內照明設備全面採用高效率節能燈具，應用於營業空間、公共區域及辦公空間，以降低照明用電量。

圖 9、節能燈具



資料來源:中華郵政公司

透過建築外殼節能設計與高效率機電設備之整合運用，有效降低建築日常營運階段之能源消耗，提升用電效率，並進一步減少因用電所衍生之二氧化碳排放，展現日常節能指標之具體落實成果。





三、太陽能發電

於建築物屋頂設置太陽能發電系統，充分利用既有屋頂空間導入再生能源，作為建築節能減碳之輔助措施。

圖 10、太陽能發電系統



資料來源:中華郵政公司

透過導入太陽能發電系統，補充建築本體節能措施，提升再生能源使用比例，進一步降低營運階段碳排放量，展現中華郵政公司於綠建築實務中同步推動節能與再生能源應用之成效。

上述成果顯示，本案已將綠建築各項指標具體落實於實際工程中，充分展現中華郵政公司綠建築推動之成效。

陸、未來展望

展望未來，中華郵政公司將持續以綠建築作為推動淨零轉型的重要工具，逐步提升新建與既有建築之節能減碳標準，並結合再生能源、智慧能源管理及低碳營運策略，深化郵政據點之永續價值。未來亦將以綠建築實務經驗為基礎，持續精進設計與維護模式，擴大減碳效益，並透過資訊揭露與經驗分享，發揮國營事業之示範角色，攜手社會各界共同邁向 2050 淨零排放之目標。





參考文獻

1. 中華郵政股份有限公司(2024)。《中華郵政 2024 永續報告書》。
2. 內政部建築研究所(2023)。《綠建築評估手冊-基本型》。
3. 行政院(2024)。推動淨零建築轉型-邁向 2050 淨零排放目標。
<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/ef772381-df54-4563-9628-19c779ad69cf>
4. 財團法人台灣建築中心(2022)。《臺中嶺東郵局新建工程評定書》。
5. 財團法人台灣建築中心(n.d.)。綠建築九大評估指標：指標說明。
<https://gb.tabc.org.tw/modules/pages/target>



國際淨零交通 案例觀測





日本關西國際機場氣候韌性治理：從燕子颱風災害到機場淨零轉型之經驗

財團法人台灣經濟研究院

李宥徵¹

面對氣候變遷造成的極端天氣風險，交通基礎設施已不僅需要降低營運排放，也必須具備在災害衝擊下維持核心服務的能力。機場作為高度複合型交通節點，營運涉及航空安全、旅客疏運、聯外交通、能源供應與貨運物流，一旦遭遇強風、暴潮、淹水或停電等事件，影響往往不只是單一設施受損，而可能牽動整體運輸服務不中斷能力。

2018 年第 21 號颱風「燕子」重創日本關西國際機場(Kansai International Airport, KIX, 以下簡稱關西機場)，使跑道、供電設施及聯外交通同步受到衝擊，也促使日本檢討機場面對大規模自然災害時的營運持續能力。關西機場後續並未僅止於災後修復，而是透過防洪與機電防護工程、機場進階營運持續計畫(Advanced Airport Business Continuity Plan, 以下簡稱 A2-BCP)、再生能源、氫能、永續航空燃料(Sustainable Aviation Fuel, 以下簡稱 SAF)及環境共生措施，逐步形成兼具氣候調適與淨零轉型的機場治理模式。本文即以關西機場為案例，說明其推動背景、具體作法與實際成效，並進一步納為我國桃園國際機場及交通部門推動淨零與韌性治理之參考。

壹、推動背景：從燕子颱風災害看見機場韌性治理的必要性

關西機場位於大阪灣人工島上，具有離岸機場之特殊性。此一區位雖有助於降低航空噪音對陸域社區之影響，並支撐關西地區國際航空運輸需求，但也使其高度依賴海堤、排水、電力、聯外橋梁及多元交通接駁等基礎系統。2018 年第 21 號颱風侵襲日本關西地區

¹ 財團法人台灣經濟研究院研究一所，李宥徵助理研究員。





時，關西機場受到潮波影響，跑道及供電設施發生淹水損害；同時，受強風影響之漂流油輪撞擊機場聯外橋，使機場對外交通受阻。此一事件顯示，海上人工島機場在極端氣候下所面臨者，並非單一設施受損，而是淹水、供電中斷、聯外交通受阻、旅客滯留與航班復原等問題可能同步發生的複合型風險。

關西機場事件後，日本並未僅將問題定位為災後設施修復，而是進一步檢討機場面對大規模自然災害時的整體營運持續能力。日本民航主管機關後續提出以充分災害想像進行損害與損失估計、建立整合型災害管理系統，以及設定具體復原目標等方向。對重要航空運輸機場而言，政策目標不只是修復受損設施，而是要求災害後儘速恢復必要機場功能，並以災後一定期間(3 日)內恢復必要機場功能、確保滯留旅客安全及建立對外疏散能力作為重要管理目標。

由此可見，關西機場案例之標竿意義，並不只是其採取大規模防洪工程，而在於其將一次重大災害事件轉化為機場韌性治理的制度契機。此一轉型歷程可概括為三個相互銜接的治理面向：由颱風災害揭示機場系統脆弱性，進而透過防洪、排水與機電設備防護強化硬體韌性；再以 A2-BCP 建立跨單位營運持續管理架構；最後結合再生能源、氫能、節能管理、循環經濟及環境共生等措施，逐步形成兼具調適與減碳之機場治理模式。

貳、推動作法：由防洪工程、A2-BCP 到淨零環境治理的整合推動

一、由外圍防洪到關鍵設備保護

關西機場災後推動之硬體韌性工程，首先集中於防止越波與降低淹水風險。依《關西機場營運持續計畫摘要》(Kansai Airports BCP Summary)所示，關西機場針對海堤與排水系統進行補強，措施包括加高北側防洪海堤、加高東側與南側海堤、設置消波塊、補強海堤及改善排水系統等。其模擬結果顯示，若再次發生與





2018 年燕子颱風相同規模之浪潮與潮位，採取防止越波措施後，機場淹水量可由約 270 萬立方公尺降至約 1 萬立方公尺，且剩餘淹水量可由既有排水泵處理。

上述工程並非單純回復災前設施狀態，而是以實際災害情境作為後續補強與檢核基準。相較於僅依循既有規範或歷史水文條件進行設計，關西機場將燕子颱風所造成之浪潮、潮位與淹水情境納入模擬，檢視外圍防護、場內排水與設施承受能力之間的關係。此一作法使韌性工程從「災後修復」進一步轉向「面對未來同等級極端事件時，機場是否仍能維持基本功能」的調適思維。

此外，關西機場的防災改善並未侷限於外圍擋水設施。該營運持續計畫摘要顯示，機場同步針對航廈區域與貨運區進行防淹調整，包括將電力設備由地下室逐步遷移至較高樓層，於第一航廈地下室設置防淹措施，並配置大型止水板、水密門與大型抽水車；貨運區則透過防水布避免淹水進入倉庫，並確保臨時發電機，以維持排水泵功能。這些措施將防洪工程與供電、排水、貨運及旅客服務等關鍵功能連結起來，顯示機場韌性工程的重點不只是降低淹水機率，也包括在淹水情境下維持必要營運能力。

二、由個別應變走向 A2-BCP 制度化管理

關西機場災後改革的另一項重要特色，在於日本將重大災害經驗制度化為機場進階營運持續計畫(A2-BCP)。A2-BCP 可視為日本民航主管機關推動機場營運持續管理之政策框架；關西機場 BCP 則是在此框架下，針對自身場域風險、設施條件及利害關係人分工所建構之具體執行計畫。

相較於傳統針對個別自然災害事件制定應變措施，A2-BCP 更重視機場整體功能之維持與恢復，並要求針對電力確保、交通手段確保、旅客疏散、資訊發布、航班恢復及外部支援等功能，預先建立應變計畫。日本已將 A2-BCP 導入 16 座對航空運輸具有重





要性的國內主要機場，並強調後續須透過實務演練、驗證與檢討，使計畫能於災害發生時實際運作。

關西機場自身 BCP 亦具體反映此一精神。其 BCP 涵蓋預防、災害韌性與應變、快速恢復三個階段，並強調與利害關係人合作。於災害發生時，機場可啟動聯合危機管理小組(Joint Crisis Management Group, JCMG)，使相關組織共同掌握緊急情況、共享資訊、確保人員安全，並協調機場復原作業。文件亦設定災害發生後 24 小時內，應確保旅客及其他人員能在機場內安心停留；災後 72 小時內，則應在確保安全停留環境的同時，建立對外疏散交通。若研判無法於 72 小時內完成疏散，則應即時請求自衛隊或其他外部組織支援。

在旅客服務與資訊發布方面，關西機場 BCP 規劃使用緊急資訊卡，依旅客是否為傷病者、身障者、孕婦、嬰幼兒、高齡者或無成人陪伴兒童等情況進行分類與協助；同時透過社群平台、機場網站、緊急廣播、可攜式緊急喇叭、多語翻譯設備及顯示系統，提升災害期間資訊發布能力。由此可見，A2-BCP 並非僅為航班復原計畫，而是將旅客安全、弱勢協助、資訊透明、疏散秩序及跨單位協作納入機場營運持續管理之制度安排。

三、由災害調適延伸至長期機場淨零治理

關西機場案例之政策意義，並未止於防洪工程與營運持續管理制度。氣候變遷對交通基礎設施的挑戰，一方面在於如何因應極端天氣造成的營運衝擊，另一方面也在於如何降低機場自身營運所產生的溫室氣體排放與環境負荷。關西機場集團提出《2050 年環境願景與 2030 年環境目標》(Environmental Vision 2050 and Environmental Goals 2030)，以「減碳」、「循環經濟」及「環境共生」作為三大支柱，並設定 2050 年達成集團營運活動溫室氣體淨零排放，以及 2030 年集團溫室氣體排放較 2016 年減少 50%之目標。





依《2025 環境報告》(Environmental Report 2025)，關西機場集團透過能源節約、再生能源及其他減碳措施，使 2024 會計年度集團二氧化碳排放量較 2016 會計年度減少 25%。在再生能源方面，關西機場與大阪國際機場(Osaka International Airport, ITAMI，俗稱伊丹機場)於 2025 年啟用「Sora x Solar」太陽能設施，並採現地購電協議(on-site Power Purchase Agreement, on-site PPA)模式供應航廈等機場設施用電。

氢能應用亦是關西機場集團推動低碳場域轉型的重點之一。集團自 2014 年啟動「氢能電網計畫」(Hydrogen Grid Project)，並於關西機場與大阪國際機場設置供燃料電池車輛及燃料電池巴士使用之商用加氫站；關西機場國際貨運區至 2025 年已有 21 輛燃料電池堆高機(Fuel-cell Forklifts, FCFLs)運作。此一作法顯示，機場貨運區與地勤作業可依其場域集中、路線固定及高負載運轉等特性，評估氢能或其他低碳燃料應用。

在航空燃料減碳方面，2025 年 5 月，國產永續航空燃料(SAF)首次供應給關西機場客運航班使用；關西機場集團並透過廢食用油回收、供應鏈建立與利害關係人合作，推動永續航空燃料使用擴大。此一經驗顯示，機場營運者雖未直接控制航空器燃油使用，仍可透過場域協作、原料回收與供應鏈串接，扮演航空淨零轉型中的協調角色。

在環境共生方面，關西機場自 1989 年起持續進行海藻種苗供應與分布監測。2025 年 3 月調查確認，機場護岸周邊海藻床面積達 66 公頃，為歷年最大，約占大阪灣全部海藻床之 14%。此外，關西機場於 2022 年 12 月針對護岸海藻之二氧化碳吸收量取得 103.2 噸藍碳信用額度(J Blue Credits)，並於 2023 年 10 月因海藻床對大阪灣生物多樣性保全之重要性，獲認定為自然共生場域。此一經驗亦可作為港埠、海堤及沿海交通設施導入棲地營造、藍碳量化與自然解方之參考。





參、推動成果與效益：從單一工程修復走向可檢核的韌性與減碳治理

關西機場案例最具代表性的成果，並非僅是完成個別工程，而是將災害經驗轉化為可檢核、可演練、可持續修正的機場治理架構。在工程面，防止越波措施之模擬結果顯示，若再次發生與 2018 年第 21 號颱風同等規模之浪潮與潮位，機場淹水量可由約 270 萬立方公尺降至約 1 萬立方公尺，並可由既有排水泵處理。此一成果使防洪工程不只是設施補強，而是與災害情境、淹水推估及排水能力相互連結。

在制度面，日本已將 A2-BCP 導入 16 座重要國內機場，並強調定期實務訓練、驗證與檢討之必要性。關西機場 BCP 則透過 JCMG、24 小時及 72 小時時間目標、旅客分類、多語資訊發布及功能別應變計畫，使機場災害應變由臨時處置轉向制度化管理。此一成果的政策意義在於，機場營運持續計畫不再只是文件，而是透過跨單位協作、資訊共享與實務演練，提升災害期間之決策與復原能力。

在環境治理面，關西機場集團以 Environmental Vision 2050 與 Environmental Goals 2030 建立長期及中期目標，並以減碳、循環經濟與環境共生作為三大治理支柱。其 FY2024 CO₂ 排放量較 FY2016 減少 25%，顯示交通場站即使面臨旅運需求恢復或成長，仍可透過能源管理、再生能源及營運改善，逐步降低營運排放。再生能源、氫能及 SAF 呈現機場低碳轉型之具體成果，而海藻床保全與 J Blue Credits 亦使交通基礎設施與自然解方產生連結。

肆、我國可借鏡之處：以關西機場為參照，深化機場淨零與韌性治理

關西機場案例之參考價值，在於其將重大災害後之設施復原，進一步轉化為機場韌性治理與淨零轉型的推動契機。關西機場在 2018 燕子颱風後，除強化防洪工程與關鍵設備保護外，亦透過機場



進階營運持續計畫(A2-BCP)，整合旅客疏散、資訊發布、聯外交通、外部支援及跨單位協作等功能，並進一步推動再生能源、氫能應用及永續航空燃料(SAF)供應鏈協作，形成由災害調適延伸至淨零治理的整合路徑。

桃園國際機場近年亦已持續推動節能設備汰換、地勤設備低碳化、配合 SAF 試行計畫之場域作業、光電與儲能評估及氣候調適等工作，顯示我國機場已具備永續轉型之推動基礎。後續可進一步從制度整合、資料銜接、投資優先順序、供應鏈協作及跨單位分工等面向，強化既有措施之整體效益。關西機場可供借鏡之處，並非特定單項設施或技術，而是其透過制度設計與跨單位協作，將不同工作項目整合為可持續推進、可檢核、可演練之治理架構。

以下透過關西機場經驗、桃園機場推動基礎與精進課題，以及我國交通部門可深化方向之對照，整理其政策參考價值。

表 1、關西國際機場經驗與我國機場深化方向對照及建議表

關西機場經驗	案例作法	桃園機場現況	我國可借鏡方向
氣候韌性工程	災後強化海堤、消波塊、排水系統及機電防淹措施，並以同等災害情境檢核淹水量與排水能力。	桃園機場已持續辦理電力、污排水、跑滑道及空側設施改善，惟多數工作仍分散於設備維護、例行保養或單項工程。	將氣候風險評估結果銜接至關鍵設備改善、排水能力檢核及營運不中斷管理，使基礎設施改善兼具維護與韌性功能。
A2-BCP 制度化管 理	以 A2-BCP 整合電力、交通、旅客疏散、資訊發布與外部支援等功能，並透過聯合危機管理小組(Joint Crisis Management Group, JCMG)強化跨單位協作。	桃園機場已辦理重要核心設備設施事故演練，但災害情境可能同時涉及聯外交通、旅客安置、資訊發布及多單位協作。	針對停電、淹水、聯外交通中斷、旅客滯留、空側作業中斷等情境，建立功能別復原目標與跨單位分工。

關西機場經驗	案例作法	桃園機場現況	我國可借鏡方向
能源韌性	推動太陽能、建築能源管理系統 (Building Energy Management System, BEMS)、氫能及燃料電池堆高機等措施。	桃園機場已評估光電、儲能及微電網，惟此類投資成本高、回收期長，若缺乏上位政策支持，機場端較難單獨承擔。	將再生能源與儲能從「減碳投資」提升為「關鍵場站韌性投資」，建立核心負載盤點、成本分攤及配置優先順序。
智慧能源管理	透過能源資料管理與場站節能措施推動減碳。	桃園機場第一、第二航廈系統分散、設備老舊且廠商架構不同，能源資料尚難形成統一基底。	不宜直接以導入AI能源管理系統為單一目標，應先建立能源資料盤點、共同資料格式與分階段介接機制。
空側低碳化	於貨運區導入燃料電池堆高機及加氫設施，發展低碳作業示範。	桃園機場已推動地勤設備低碳化及換證管制，但仍受車型選擇有限、充電時間、車輛調度及設備規格限制。	建立分車種、分場域、分階段之低碳化路徑，針對高負載或特規設備保留氫能、油電或其他低碳燃料選項。
SAF 供應鏈協作	推動國產 SAF 供應鏈、廢食用油回收及利害關係人協作。	桃園機場已配合國內 SAF 試行計畫辦理機場場域相關作業，後續可在既有作業基礎上，強化燃油資料串接、航空公司與供油商協調及政策需求回饋等平台功能。	由配合 SAF 試行之機場場域作業出發，強化燃油資料串接、航空公司與供油商協調、政策需求回饋及園區可再利用資源盤點等平台角色。
工程碳管理	將設施補強、營運韌性與環境治理結合，強化基礎設施長期永續能力。	桃園機場第三航站區工程已具低碳材料、土方平衡及智慧照明控制等推動成果，後續可進一步累積材料碳排、施工減碳、維運能耗管理及供應鏈資料。	可先以重大工程示範方式，累積低碳材料、施工減碳、維運能耗管理及關鍵功能維持等工程碳管理經驗。

資料來源：本研究整理。

由表 1 可見，桃園機場已具備減碳與韌性治理之推動基礎，後續重點在於如何將既有節能、低碳工程、能源規劃、SAF 試行配合及災害應變等工作，進一步整合為可持續推進之治理架構。關西機場



案例可提供的參照，在於其將災害調適、營運持續管理、能源轉型與利害關係人協作納入同一脈絡。對交通部門而言，後續可透過共同工具建置、制度條件完善及跨單位協作機制，協助機場公司提升淨零與韌性治理之整體推動效益。

一、以韌性思維檢視關鍵設施改善

關西機場災後強化海堤、排水及機電設備防護之經驗，顯示交通場站之氣候調適可由災害防護工程，進一步延伸至核心營運功能維持之檢視。對機場而言，電力、排水、通訊、空側作業、貨運處理、旅客服務及聯外交通等系統，均與營運不中斷能力密切相關；若其中任一關鍵環節受到災害衝擊，即可能影響整體服務恢復時程。關西機場將電力設備由地下室逐步遷移至較高樓層，並配置止水板、水密門、抽水車及臨時發電機，即是將防洪工程與供電、排水、貨運及旅客服務功能相互銜接之作法。

桃園機場目前已持續辦理電力系統、污排水系統、跑滑道與空側設施等改善工作，顯示其已具備基礎設施維護與應變管理基礎。後續可參考關西機場經驗，將既有設備改善與氣候風險情境進一步銜接，例如停電、淹水、排水失效或聯外交通中斷等情境，使基礎設施改善同時兼具維護更新與韌性提升功能。此部分可由交通部協助建立關鍵設備盤點、風險情境檢核與改善優先順序，作為所屬機關(構)推動交通場站氣候韌性治理之共同工具。

二、以機場進階營運持續計畫強化跨單位協作

關西機場 A2-BCP 的參考價值，在於其將機場視為由多個單位共同支撐之營運系統，並透過功能別規劃，整合航空公司、地勤業者、聯外交通、能源供應、地方政府、警消、醫療及外部支援等資源。重大災害發生時，機場面臨的挑戰往往不僅是單一設施損壞，而是可能同時涉及航班調度、旅客安置、資訊發布、空側作業、貨運延誤及對外交通等多項功能，因此平時即建立共同情





境、分工流程與演練機制，將有助於提升災害期間之協調效率與復原能力。

我國機場已辦理災害防救與重要核心設備事故演練，後續可進一步參考 A2-BCP 的功能導向設計，針對停電、淹水、聯外交通中斷、旅客滯留、空側作業中斷、貨運延誤及資訊發布等情境，建立功能別復原目標與跨單位協作流程。如此一來，既有災害演練成果可進一步擴展為支撐整體機場營運持續之制度安排，使災害應變、旅客服務、航班恢復及外部支援能在同一治理架構下銜接運作。

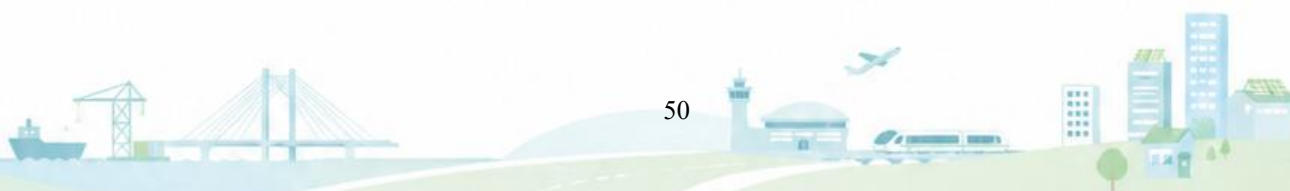
三、以工程碳管理擴大基礎設施減碳效益

關西機場案例顯示，交通基礎設施淨零轉型除場站營運用電、車輛低碳化及能源轉型外，重大工程之材料選用、土方調度、施工方式及後續維運設計，亦是降低全生命週期碳排之重要環節。桃園機場第三航站區機坪、滑行道及機坪設施工程已展現具體成果，包括透過飛灰、爐石粉等卜作嵐礦物摻料減少水泥使用量，透過土方平衡減少工程餘土外運，並以設施自動化管理系統 (Facility Automation Management System, FAMS) 之照明控制系統 (Lighting Control System, LCS) 集中控制空側照明，整體估計減碳約 1.8 萬噸 CO₂e。

表 2 桃園機場第三航站區機坪、滑行道及機坪設施工程減碳成效

減碳措施	具體作法	量化成效
鋪面材料設計	使用飛灰、爐石粉等卜作嵐礦物摻料，減少水泥使用量。	減碳約 1.67 萬噸 CO ₂ e。
土方平衡	將暫置土方作為第三跑道計畫整地填築使用，減少工程餘土外運。	減碳約 0.12 萬噸 CO ₂ e。
照明系統節能	以 FAMS 之 LCS 子系統集中控制 LED 投光燈，並可依空側活動調整亮度或啟用數量。	每年節電約 31 萬度、減碳約 154 噸 CO ₂ e。
整體效益	綜合材料、土方與照明節能設計。	總減碳量約 1.8 萬噸 CO ₂ e。

資料來源：本研究整理。





上述案例顯示，我國機場重大工程已具備低碳材料、土方資源再利用及智慧照明控制等實務基礎。後續可在既有工程經驗上，進一步累積材料碳排資訊、施工減碳作法、維運能耗管理及供應鏈資料，作為後續重大工程推動全生命週期碳管理之參考。此一方向可使機場工程減碳由個案成果逐步擴展為可檢核、可追蹤、可回饋設計與施工管理之經驗基礎，並與交通部門公共工程減碳推動方向相互銜接。

四、以機場平台角色推動能源、SAF 與利害關係人協作

關西機場在再生能源、氫能及 SAF 推動上的經驗，顯示機場營運者即使未必直接掌握所有能源供應或航空燃料使用，仍可透過場域管理、資訊整合與利害關係人協調，扮演航空淨零轉型中的平台角色。以 SAF 推動為例，關西機場集團透過廢食用油回收、供應鏈建立與相關企業合作，推動國產 SAF 供應鏈，並於 2025 年首次供應國產 SAF 給客運航班使用。

就我國推動情形而言，桃園機場已配合國內 SAF 試行計畫辦理機場場域相關作業。考量現階段 SAF 主要涉及航空公司、供油商、能源主管機關及民航主管機關等多方權責，機場公司較適合從場域協作、作業銜接與資訊串接等面向發揮平台功能。後續可參考關西機場經驗，於權責範圍內協助燃油使用資料彙整、航空公司與供油商溝通、政策需求回饋，以及園區廢食用油或可再利用資源盤點等工作。此一方向可使機場在不直接承擔燃料混合作業的情況下，仍能支援 SAF 制度推動與減碳效益追蹤。

五、由個案經驗累積交通部門推動機場轉型的操作基礎

關西機場案例對我國交通部門的啟示，不在於複製特定工程或技術，而在於說明機場面對氣候風險與淨零轉型需求時，如何將工程改善、能源配置、營運持續管理及利害關係人協作納入同一套推動架構。桃園機場近年已逐步累積減碳與韌性治理相關成





果，後續重點在於如何將基礎設施改善、低碳工程、SAF 試行作業銜接、災害演練及能源管理等工作，進一步整合為可延續、可檢核、可擴散之推動方法。

因此，交通部門後續可協助桃園機場將既有成果轉化為更具操作性的推動基礎。例如，在關鍵設施改善上，可建立電力、排水、通訊、空側作業及旅客服務等核心功能的風險檢核項目，作為設備汰換與改善優先順序之參考；在能源規劃上，可將光電、儲能及微電網納入災害期間核心負載維持能力之評估，而非僅以發電量或減碳量衡量；在空側低碳化上，可依一般車輛、特規地勤設備、高負載作業車輛及緊急應變車輛等不同類型，分階段研議適用之低碳技術；在永續航空燃料推動上，則可於既有試行基礎上，強化燃油使用資料串接、航空公司與供油商協調、政策需求回饋及供應鏈資料彙整等工作。

換言之，關西機場案例所提供的借鏡，是協助我國機場將既有單案成果逐步整理為可延續、可檢核、可擴散的工作方法。透過此一方式，桃園機場現有的基礎設施改善、低碳工程、SAF 試行作業銜接及災害演練，可進一步形成相互銜接的推動成果，並累積為交通部門推動機場淨零轉型與氣候韌性治理的實務基礎。

參考文獻

1. 桃園國際機場股份有限公司(2025)。2024 永續報告書。
<https://www.taoyuanairport.com.tw/csrreport>
2. 桃園國際機場股份有限公司(2026)。桃園國際機場重要基礎設施體檢報告：改善項目辦理情形。
<https://www.taoyuanairport.com.tw/freedomofinformation?t=3>
3. 桃園國際機場股份有限公司(n.d.)。臺灣桃園國際機場第三航站區機坪、滑行道及機坪設施工程具體節能減碳成效。
<https://www.taoyuanairport.com.tw/t3infra>
4. International Civil Aviation Organization (2019). Adaptation plans at





Japanese airports against climate change (A40-WP/525).

5. Kansai Airports Group (2023). Kansai Airports Group Environmental Plan: Environmental Vision 2050 and Environmental Goals 2030.
6. Kansai Airports Group (2025). Environmental Report 2025.
7. Kansai Airports (2019). Kansai Airports BCP [Summary]: KIX/ITAMI/KOBE.





英國 HS2 高速鐵路 PAS 2080 碳管理制度與減碳實踐

財團法人台灣經濟研究院

賈其樺¹

壹、推動背景

應對氣候變遷是當前全球最迫切的挑戰，根據聯合國政府間氣候變遷專門委員會(IPCC)最新研究指出，全球必須在 2030 年前減少 50% 的碳排放，並於 2050 年前實現淨零排放，方能將全球升溫控制在 1.5°C 以內，避免氣候變遷帶來災難性的衝擊。為此，英國政府已於 2019 年正式立法，全面啟動 2050 年淨零碳排的法制化目標；隨後更推行「交通去碳化計畫」(Decarbonising Transport plan)，為英國交通運輸業的低碳轉型與多元效益擘劃出清晰的實踐路徑。

在此政策脈絡下，High Speed Two (以下簡稱 HS2) 有限公司(於 2009 年由英國政府成立)作為歐洲現今規模最大的基礎設施項目，深知自身肩負著關鍵的綠色領航責任。HS2 高鐵網絡的設計與建設，不僅旨在革新英國長途城際交通並重塑國家經濟結構，更致力於打造為「全球最具永續性的高鐵網絡」。因此，面對如此龐大的工程規模，HS2 必須積極將「減碳」作為核心策略，全面響應對抗氣候緊急狀態的行動。

然而，大型基礎設施建設本質上屬於碳密集型產業。根據 HS2 官方所揭露的數據，若在不採取任何減碳措施的基準情境(Baseline)下，光是 Phase One 路線的預估溫室氣體排放量就高達 1,450 萬噸二氧化碳當量。其中，約有近半(49%)的排放源自於建築材料與產品(尤以混凝土和鋼鐵為主)的萃取與製程，即所謂的「隱含碳」(Embodied Emissions)。

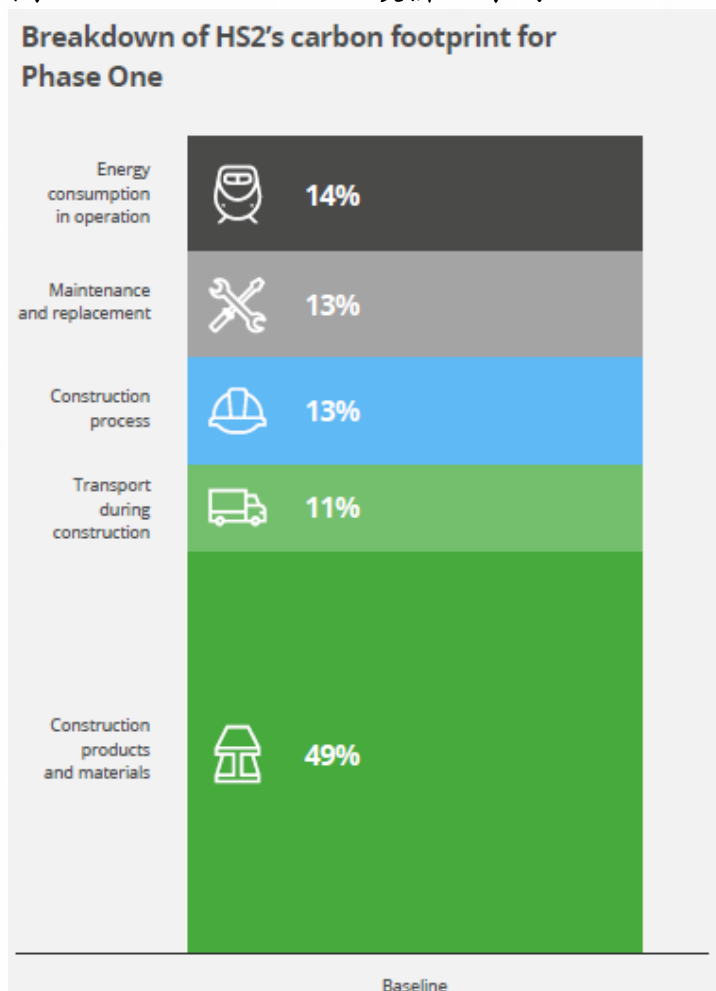
有鑑於此，「交通去碳化計畫」不僅聚焦於 HS2 本身的低碳營運轉型，更旨在透過設定嚴格的科學基礎目標(Science-Based Targets)，

¹ 財團法人台灣經濟研究院研究一所，賈其樺助理研究員。



向其龐大的供應鏈、建築及製造產業施加市場導向的影響力。藉由打破低碳技術落地的商業與規範障礙，HS2 將攜手產業夥伴共同加速綠色技術創新，引領整體營建市場邁向去碳化。

圖 1、HS2 Phase One 碳排放來源



資料來源：HS2Ltd Net Zero Carbon Plan

貳、推動作法

英國 HS2 將淨零減碳納入專案治理架構，並透過工程碳管理、低碳建材應用、氣候韌性設計、場站節能管理、能源轉型及數位治理等措施，將環境永續要求導入工程全生命週期。整體而言，HS2 係以制度化碳管理為基礎，結合供應鏈管理、工程設計優化及營運階段能源管理，建立涵蓋規劃、設計、採購、施工及營運維護之減碳推動模式。以下就其主要推動作法說明如下。



一、工程碳管理

HS2 於 2020 年取得 PAS 2080 建築及基礎設施碳管理標準認證，為英國交通運輸領域首個取得該項認證之組織。其管理體系依循環境管理與評估協會(Institute of Environmental Management and Assessment, IEMA)所提出之溫室氣體管理層級，將「消除、減少、替代、補償」作為減碳決策之優先順序。此外，HS2 將碳績效納入合約管理及供應鏈管理機制，包括於供應商計分卡納入碳排表現，並要求策略供應商於 2025 年前設定經驗證之科學基礎減碳目標 (Science Based Targets initiative, SBTi)，以促使工程價值鏈依共同減碳目標推動。

二、低碳建材與循環材料應用

在低碳建材與循環材料應用方面，HS2 設定於 2030 年前將鋼鐵與混凝土碳強度降低 50% 之目標。實務推動上，HS2 導入回收材料、低碳施工技術及設計優化作法，包括利用回收風機葉片作為混凝土加固材料，以降低加固工程碳排放；推動現場 3D 混凝土列印技術，以減少材料使用及運輸需求；並透過設計優化降低材料用量。例如老橡樹公有地(Old Oak Common)車站屋頂設計調整後，減少 27%鋼材使用量；溫多弗迪恩(Wendover Dean)高架橋亦透過結構設計優化，降低材料使用及隱含碳排放。

三、氣候韌性設計

在氣候韌性設計方面，HS2 將未來極端氣候風險納入高速鐵路系統規劃，並以 120 年生命週期內維持穩定及安全營運作為設計考量之一。其韌性設計除強化基礎設施耐受能力外，亦結合環境永續與自然保育措施，例如沿線規劃「綠色走廊」及種植約 700 萬棵樹木，以提升鐵路周邊生態韌性，並促進生物多樣性淨收益。

四、場站節能與管理

在場站節能與管理方面，HS2 於設計及營運端採取多項節能措





施。其中，HS2 轉乘站(Interchange Station)位於英國西密德蘭茲郡索利哈爾(Solihull)，鄰近國家展覽中心(National Exhibition Centre, NEC)，為西密德蘭茲地區的重要交通門戶，亦是全球首座於設計階段取得英國建築研究所環境評估法(Building Research Establishment Environmental Assessment Method, BREEAM)「傑出」(Outstanding)評級之高鐵車站，具永續建築示範意義。在管理機制上，HS2 推動「綠色租約」(Green Leases)，要求車站內零售商及承租人共同遵循節能規範，以降低營運階段整體能源消耗。在細部設計上，Curzon Street 車站透過減少公共區域鋪面深度達 38%，降低材料使用及相關碳排放，顯示場站設計細節亦可作為減碳管理之切入點。

五、零碳電力採購與工地能源轉型

在再生能源導入與儲能方面，HS2 承諾自營運首日起，列車運行所需電力將採購 100% 零碳電力，以降低營運階段排放。在施工階段，HS2 亦推動工地去柴油化，規劃於 2029 年前停用柴油，並導入電動堆高機、潔淨空氣燃氣引擎等替代動力設備，同時試辦燃料切換及低碳燃料技術，以降低施工階段能源使用所產生之排放。

六、數位治理與智慧化

在數位治理與智慧化方面，HS2 逐步建構數位孿生模型，運用數位工程工具優化專案交付流程，並提升碳足跡管理之精準度。透過模擬及數據分析，可於工程關鍵階段檢視並優化設計方案之碳績效。此外，HS2 亦投入維護自動化技術研發，期望透過智慧化維運方式，減少現場維修活動所衍生之資源使用及碳排放，進而提升工程營運維護階段之碳管理效能。

參、推動成果與效益

HS2 以全生命週期碳管理為推動核心，將減碳要求納入設計、





施工、營運及維護等階段，並透過碳排放基準線建立、工程設計優化、低碳材料應用、施工能源轉型、供應鏈管理及營運階段零碳電力採購等方式，逐步降低大型鐵道建設之碳足跡。依 2024-2025 年環境永續進展報告，截至 2025 年 3 月底，HS2 整體碳排放減量進展已較基準線降低 33.8%，其中主要土木工程合約及車站合約分別預估可達 42% 及 41.4% 減碳，顯示其工程設計優化、材料管理及施工階段減碳措施已逐步反映於專案碳管理成果。

一、設計階段降低工程隱含碳

HS2 於設計階段即導入減碳思維，透過工程量減少、結構優化及材料使用調整，降低建設階段所產生之隱含碳。其作法包括依循「不建、少建、聰明建」(Building nothing, Building less, Building clever)原則，於工程前期檢視設計方案之必要性、材料使用量及後續施工排放影響，藉此降低全生命週期碳排放。

依 2022 年《HS2 Ltd Net Zero Carbon Plan》所列階段性成果，Chilterns 隧道南口透過設計優化，降低約 45% 碳排放；Old Oak Common 車站屋頂設計調整後，減少 27% 鋼材使用量；Wendover Dean 高架橋則透過減少混凝土與鋼材使用，降低約 7,433 公噸碳排放；Curzon Street 車站亦透過減少公共區域鋪面深度 38%，降低材料使用及相關隱含碳。上述案例顯示，大型交通建設若能於設計階段即納入碳排放評估，可透過工程配置、結構設計及材料用量調整，於源頭降低後續施工及材料生產所衍生之碳排放。

二、施工階段推動低碳材料與能源轉型

在施工階段，HS2 透過低碳材料、替代施工技術、施工能源轉型及供應鏈協作等方式，降低工程施作過程之資源耗用及排放。依 2022 年《HS2 Ltd Net Zero Carbon Plan》所列創新應用成果，HS2 試行低碳混凝土材料，相較標準混凝土可降低約 42% 碳排放；並試辦以回收風機葉片作為混凝土加固材料，降低加固工程相關





碳排放最高可達 90%。此外，HS2 亦導入現場 3D 鋼筋混凝土列印技術，減少混凝土使用量、施工碳排放及貨車運輸需求。

在施工能源管理方面，HS2 推動施工現場去柴油化，並規劃於 2029 年前停止所有 HS2 工地使用柴油。其具體作法包括試辦電動堆高機、潔淨空氣燃氣引擎及低碳燃料切換等技術，以降低施工機具及臨時設施之能源排放。2025 年 HS2 持續導入較低污染之施工機具及能源技術，包括電池動力、再生能源及氫燃料電池技術；同年度非道路移動機具、重型貨車及輕型車輛符合空氣品質標準之比例分別達 99.98%、99.99% 及 99.5%，顯示施工階段已同步推動減碳、空氣品質及工地環境管理。

三、營運階段建立零碳電力及場站節能基礎

在營運階段，HS2 承諾自營運首日起，列車運行所需電力將採購 100% 零碳電力，以降低鐵路營運階段之能源排放。依 2022 年《HS2 Ltd Net Zero Carbon Plan》之時程規劃，HS2 計畫於 2028 年前取得 100% 零碳電力，以銜接後續列車服務啟用需求，並自 2035 年起抵換年度殘餘排放。

在場站管理方面，HS2 規劃透過「綠色租約」(Green Leases) 機制，要求車站內零售商及承租人共同遵循節能規範，以降低未來營運階段之整體能源消耗。另於維護管理方面，HS2 亦規劃發展維護自動化及數位治理工具，透過智慧化維運方式，減少現場維修活動所衍生之人員移動、能源使用及相關碳排放。整體而言，HS2 之碳管理並非僅限於施工階段，而是將場站營運、能源使用及資產維護納入全生命週期管理架構。

四、資源循環與責任採購提升工程永續效益

除碳排放管理外，HS2 亦將資源循環、責任採購及施工廢棄物管理納入環境永續績效。依 HS2 於 2025 年將 99.8% 之營建及拆除廢棄物導離掩埋處理，高於原訂 95% 目標；另主要材料之責任





採購比例亦維持高水準，其中木材責任採購比例為 99.9%，鋼材及混凝土則達 100%。

五、綠色走廊與生物多樣性管理擴大環境效益

HS2 亦於沿線推動「綠色走廊」建置，作為提升生態環境品質及促進生物多樣性之措施。2025 年倫敦至西米德蘭路段已累計種植 1,102,568 株樹木及灌木；在生物多樣性指標方面，樹籬及水域相關生物多樣性單位分別較基準增加 22% 及 9.49%，面狀棲地缺口亦由前一年度之 -2.49% 改善至 -1.34%。

肆、我國可借鏡之處

英國 HS2 專案對我國交通公共工程減碳之啟示，在於其將減碳管理由單一階段之排放盤查，擴展為涵蓋規劃、設計、採購、施工、營運及維護之全生命週期碳管理。對交通建設而言，碳排放並非僅發生於施工期間之能源使用，亦包括材料生產、運輸、施工工法、資產維護及後續營運用能等不同環節。因此，如何在工程決策前期即納入碳排考量，並使設計、採購、施工及營運管理形成連續性的減碳鏈結，為 HS2 案例可供我國參考之重點。

就我國推動基礎而言，交通部近年已持續推動公共工程碳管理作業，並於 2026 年 3 月 31 日辦理「交通部公共工程 PAS 2080 授證暨執行成果發表會」，由高速公路局、公路局、鐵道局及港務公司分別取得 PAS 2080 建築及基礎設施碳管理證書，顯示交通部公共工程減碳已由制度建置逐步邁向標準化及實務應用階段。後續可在既有推動成果基礎上，進一步深化跨工程類型、跨生命週期及跨供應鏈之碳管理機制，並強化採購誘因、低碳材料應用、既有資產低碳改造及營運碳績效管理。

一、在既有 PAS 2080 推動基礎上，持續深化採購與碳管理機制

交通部已推動高公局、公路局、鐵道局及港務公司取得 PAS 2080 碳管理認證，並已建立公共工程減碳作業指引及碳管理手冊，





作為後續工程碳管理之制度基礎。後續可參考 HS2 經驗，進一步將既有制度成果落實於不同工程生命週期階段，特別是在前期規劃、可行性評估、基本設計、細部設計及採購文件中，強化碳排基線、減碳目標、材料碳排資訊及碳管理計畫之運用。

在採購制度面，後續可依工程類型、規模及資料成熟度，逐步精進碳管理相關評選權重、審查方式及履約追蹤機制，使減碳要求不僅停留於投標文件承諾，而能延伸至設計優化、施工管理、材料選用及完工後成效檢核。對具代表性或示範性之工程，亦可研議導入具誘因性之契約安排，例如針對廠商於深化設計或施工階段提出經驗證可降低碳排之替代工法、低碳材料或施工流程，透過優良履約紀錄、示範案例揭露或其他符合政府採購法規之方式，提升工程產業鏈投入低碳創新之誘因。

二、擴大低碳建材應用，優先評估既有場站低碳改造潛力

HS2 經驗顯示，公共工程減碳不僅涉及施工階段之能源使用管理，更需自規劃設計階段即掌握主要碳排來源，包括材料選用、結構配置、施工方法、運輸距離、維護需求及後續營運條件等。就我國推動現況而言，交通部已建立公共工程減碳作業指引及 PAS 2080 碳管理手冊，並將碳管理逐步納入工程標準作業程序及採購制度，後續可在既有制度基礎上，持續強化低碳材料、循環材料及創新工法之實務應用。

在符合公共安全、工程品質、耐久性、法規標準及維護需求之前提下，可依工程類型及材料特性，逐步評估低碳混凝土、卜特蘭石灰石水泥、再生粒料、再生鋼材、低碳瀝青及具環境產品宣告之建材應用可行性。透過示範工程、材料試驗、設計審查及施工成果回饋，可逐步累積本土化碳排係數、材料性能、施工適用條件、供應穩定性及生命週期成本資料，作為後續擴大應用及採購規範精進之依據。





針對既有交通場站、機廠、港埠廳舍、機場航廈及相關公共設施，後續辦理改建、整修、耐震補強、設備更新或功能提升時，亦可將低碳改造納入多方案比較。此一方向並非否定拆除重建之必要性，而是建議於決策階段同步評估不同方案之全生命週期碳排、工程成本、施工期程、營運不中斷、公共安全、服務品質及後續維護管理需求。若既有設施之結構安全、空間條件及使用機能可透過補強、整修或設備改善方式達成，則低碳改造可作為兼顧資產延壽、減碳效益、財務效率及服務品質之可行選項。

依 PAS 2080 之精神，減碳管理宜優先從避免不必要工程量、減少材料使用、優化設計與施工、提高既有資產使用效率等方向著手。就交通部門而言，既有場站與廳舍若能結合建築能效提升、再生能源設置、機電設備汰換、智慧能源管理、旅運動線改善及空間活化，不僅可降低工程階段之資本碳，亦有助於改善長期營運階段之能源使用效率，進一步將公共工程減碳、場站營運管理及旅運服務品質提升相互整合。

三、強化工程碳管理與營運階段減碳之銜接

HS2 經驗顯示，大型交通建設之減碳效益，不僅取決於設計與施工階段之工程碳管理，亦與完工後之場站營運、能源使用、維護管理及旅運服務模式密切相關。交通公共工程後續可於規劃設計階段即納入營運階段能源需求及維護管理條件，使工程建設成果能與長期營運減碳目標相互銜接。

就我國交通建設推動而言，交通部目前已建立公共工程減碳作業指引及 PAS 2080 碳管理手冊，後續可在既有工程碳管理基礎上，進一步強化設計端對營運階段能耗之預評估。例如，於車站、機廠、港埠廳舍、航廈及相關交通場域之新建或改建工程中，除評估材料碳排、施工排放及工程量外，亦可同步納入建築能效、機電設備效率、空調與照明系統、再生能源設置、智慧能源管理及維護便利性等面向，作為設計優化與方案比較之參考。





此一作法並非將 PAS 2080 直接擴張為運輸營運管理制度，而是參考 HS2 全生命週期治理思維，強化「工程設計決策」與「後續營運效能」之連結。亦即，在工程規劃與設計階段，即思考未來場站如何降低用電需求、提升能源管理效率、減少維護活動造成之資源耗用，並避免因設計不足而增加後續營運成本與碳排負擔。

具體而言，後續可優先從交通場站及公共設施著手，將建築能效提升、設備汰換、能源監測系統、太陽光電設置、儲能應用、智慧化維運及空間使用效率等項目，納入工程方案評估及後續維護管理規劃。透過工程碳與營運能耗之整合評估，可協助交通部門由「建設階段減碳」逐步延伸至「資產全生命週期減碳」，並提升公共建設之長期使用效益。

整體而言，HS2 對我國之啟示，不在於直接複製其營運模式或設備規格，而在於將減碳思維前移至工程決策階段，並使設計、採購、施工、營運及維護形成可追蹤、可檢核、可精進之管理鏈結。此方向可作為交通部後續深化公共工程減碳制度之參考，並有助於銜接場站節能、建築能效提升及交通資產永續管理等既有政策工作。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所(2025)。鐵道系統強化調適能力之探討(1/3)-機制與方法(113-TCF004)。
https://www.iot.gov.tw/zh_tw/archive/pub/reports/-91473082
2. 李孟蓉(2026)。鐵道系統淨零碳排之積極作為-歐洲推動大眾運輸導向發展整合 PAS 2080(建築與基礎建設碳管理標準)策略之研究。交通部鐵道局。
<https://report.ndc.gov.tw/ReportFront/ReportDetail/detail?sysId=C11402210>
3. 林淞沂(2015)。鐵道產業發展對國內市場之影響分析。交通部鐵路改建工程局。
<https://www.rb.gov.tw/public/upimgs/A01/6-21.pdf>





4. 3S Market (2022). HS2: Designing the world's greenest railway station.. <https://3smarket-info.blogspot.com/2022/01/hs2.html>
5. High Speed Two (HS2) Limited (2022). HS2Ltd Net Zero Carbon Plan.https://assets.hs2.org.uk/wp-content/uploads/2022/01/25357_HS2_NetZeroCarbonPlan_CS1656_Final_InteractiveWeb.pdf
6. High Speed Two (HS2) Limited (2025). Environmental Sustainability Progress Report, April 2024 – March 2025.
https://assets.hs2.org.uk/wp-content/uploads/2025/07/BC0071_HS2_A4_Lscape_48pg_ESPR-2025_Accessible.pdf

