



IRF 2019 Global Road Achievement Awards (GRAA)
全球道路成就獎「環境減輕類」首獎

西濱快 八棟寮至九塊厝新建工程 碳管理 參賽經驗分享

林俊和／公路局南區公路新建工程分局 分局長
周武雄／中興工程顧問股份有限公司園區路航部 總監
許珮蓓*／中興工程顧問股份有限公司園區路航部 組長

因應我國 2050 淨零排放的目標，公共工程的減碳作為至關重要。交通部公路局自 2012 年開始執行西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程碳管理計畫（以下簡稱本計畫），期能建立碳管理制度及本土碳排放係數，回饋工程規劃設計階段即能落實減碳工作。本計畫於執行過程中建立完整的碳足跡盤查作業流程，包括訂定碳盤查邊界、建立管理組織與線上盤查資訊系統，並辦理人員教育訓練及提供承包商、協力廠商及供應商現場諮詢，對於工程主要材料如水泥、鋼筋及瀝青混凝土等進行碳盤查，並辦理國際論壇及研討會以精進碳管理作業程序及盤查資訊系統。2016 年西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程（以下簡稱本工程）成為我國第一個獲得 ISO/TS 14067：2013 及 PAS 2050：2011 碳足跡查證聲明雙認證之公共工程，並於 2017 年全線完工後，在 2019 年榮獲國際道路協會（International Road Federation, IRF）「全球道路成就獎」（Global Road Achievement Awards, GRAA）「環境減輕類」首獎肯定。

工程建造係以提供便利生活為目標，並須因應氣候變遷造成之影響，但工程於前期之可評及規劃設計階段即已大致決定未來之碳排放量，如何於規劃設計階段即納入碳排放管理的理念為重要議題。因此，以生命週期碳排放架構評估工程碳排放，除工程建造本身之蘊含碳，若能納入工程之營運碳、外部碳影響及負碳貢獻，更能完整評估工程對於減碳之貢獻，加速工程生命週期減碳，共同為國家 2050 年淨零排放努力。

前言

國際上之減碳工作由 1997 年通過之《京都議定書》，採取由上而下之減量責任分配，要求其「附件一」的國家於承諾期內達成減量開始；到 2016 年生效的《巴黎協定》則是希望努力將升溫限制在 1.5°C 之內，要求各締約國必須每 5 年提交國家自主自定貢獻（Nationally Determined Contributions, NDCs），且每一版都必須比前一版更具野心。為了達成《巴黎協定》

將升溫限制在 1.5°C 以內的目標，全球已形成 2050 淨零排放的共識，各國減碳壓力日益增大。而我國亦因應此趨勢，將 2015 年 7 月 1 日公告之《溫室氣體減量及管理法》（以下稱溫管法）第 4 條僅訂定 2050 年較 2005 年減碳 50% 的目標；續於 2023 年 2 月 15 日修正公告並更名為《氣候變遷因應法》第 4 條將 2050 年達成淨零排放納入國家溫室氣體長期減碳目標，積極推動減碳。

而在推動我國 2050 淨零排放的路徑上，公共工程扮演著「領頭羊」與「市場創造者」的關鍵角色。行

* 通訊作者，peichien@mail.sinotech.com.tw

政院於 2008 年核定「永續公共工程 - 節能減碳政策白皮書」，啟動我國公共工程節能減碳工作。交通部於 2010 年公告「節能減碳規劃設計參考原則」，要求於規劃設計階段即應納入減碳考量，積極推動交通運輸工程之節能減碳。為能了解工程溫室氣體排放特性，並建立本土工程碳排放參數，以利做為推動減碳之參考基礎。公路局於 2012 年 6 月起啟動包含台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫、西濱快速公路八棟寮至九塊厝、台 9 南迴等工程碳管理及碳盤查計畫，逐步建構工程碳排放資訊，並透過盤查了解工程碳排放特性與減碳潛力，完備工程生命週期碳管理基礎資料。

本工程及碳管理計畫概述

本工程內容

本工程自台 61 線 297K+300 至 305K+750 止，包括 WH77-A、WH77-B 及 WH77-C 三標，全長約 8.45 公里；主要工程內容為高架橋梁，主線雙向雙車道，標準寬度 22.8 m；匝道單向單車道，標準寬度 7.5 m，主要工程範圍及型式如圖 1。工程項目包括：主線高架橋梁、鹽埕交流道、七股溪橋段、九塊厝交流道及擋土牆等工程。本工程於 2012 年 1 月第一個標開工開始，至 2017 年 9 月第三個標竣工完成，同年 11 月全線通車。

碳管理計畫（本計畫）概述

本計畫全名為「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務」，於 2012 年啟動，為我國西部第一個推動道路工程碳足跡管

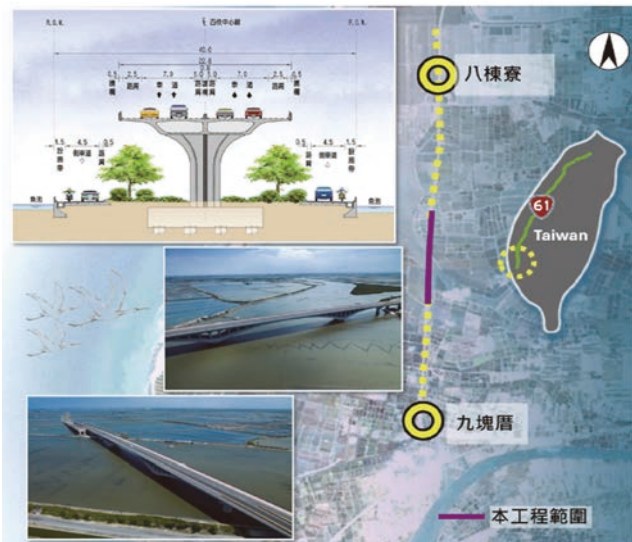


圖 1 本工程位置及內容示意圖

理、盤查及取得查證聲明之公共工程案例，由中興工程顧問股份有限公司（以下簡稱中興公司）執行。

本計畫經由訂定碳盤查邊界與碳管理程序、表單與線上資料收集系統建立、教育訓練、每月現場資料確認、提供承包商、協力廠商與供應商現場諮詢、每年第三方預審、專諮會與國際論壇辦理及供應商盤查等工作，建立制度、精進碳管理作業程序及確保資料之有效性。

工程碳足跡範疇考量完整生命週期，包含施工建造及營運管理階段，如圖 2 所示。施工建造階段即本計畫盤查輔導重點，包括工程施工過程之工程材料、機具與運具之使用燃料、現場能資源使用、廢棄物處理等，以及管理單位之活動，為工程活動實際之碳排放量；營運管理階段則為本工程橋梁未來 50 年營運管理階段之操作、維護 / 重置之材料使用、機具與運具燃料及能資源使用之碳排放量，該期間係以假設條件進行碳排放量推估。

本計畫工程碳足跡盤查組織架構如圖 3 所示，包括主辦機關（時為西濱南工處，現為南區公路新建工程分局）、輔導 / 查證團隊（中興公司 / 英國標準協會，bsi）與工區方（監造 - 西濱南工處工務段、承包商及其協力廠商與供應商），另本計畫契約未包含照明工程，為考量完整的評估邊界，亦將照明設備商納入組織成員，以使本工程之碳足跡評估更為完整。

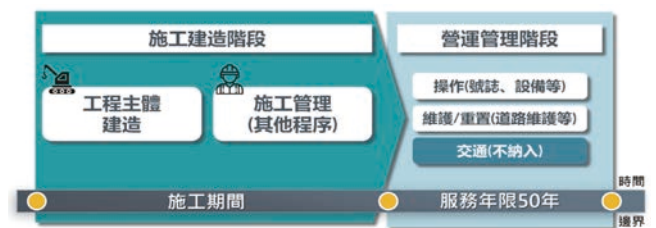


圖 2 本工程考量之工程生命週期碳排放量範圍

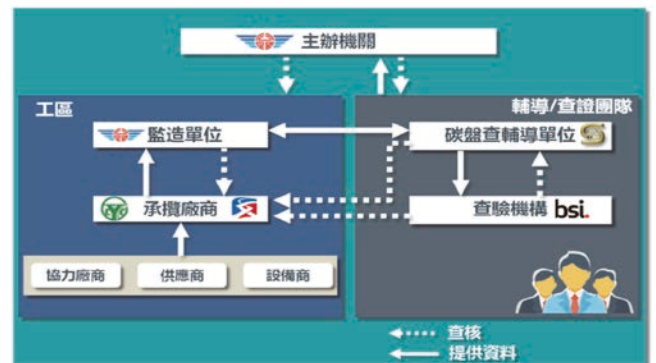


圖 3 本工程碳足跡盤查組織架構

面臨的問題與解決方案

公路局於 2012 年研擬工程生命週期碳管理架構（如圖 4 所示），係於規劃設計階段進行碳排放量的推估，作為了解可能的碳排放量、主要的碳排放源，以及提出減量方案的基礎；再以低碳為考量，進而在道路各項條件（安全性、經濟性等）皆可行的情況下，評估優先採行方案。

由於國際因應氣候變遷相關工作與時俱進，國內亦依據國際進程與國內減量需求，逐步擴大及加嚴相關減碳工作。國內自 2012 年推動工程碳管理及碳盤查作業，當時由於國內過去並無相關工程碳足跡盤查經驗，致不同階段皆有所需面對之挑戰，包含盤查初期制度尚未建立，無碳足跡盤查須依循之碳足跡產品類別規則（Carbon Footprint of Product - Product Category Rules, CFP-PCR）、缺乏本土係數需參考國際係數資料庫、無盤查工具與方法可供參考，且國內查驗機構亦無相關查證經驗。因此，本計畫執行過程亦須同步建立相關機制與工具，並逐步建立本土化參數。

建立制度及產品類別規則（PCR）

本計畫建立整體工程碳盤查程序、組織、表單及執行流程。另因當時 PAS 2050 及 ISO/TS 14067 等國際碳足跡標準要求碳足跡盤查須有依循之 PCR 或 CFP-PCR，國內當時並無相關文件可供參考，且國外的 PCR 尚在發展中，故中興公司結合蘇花改碳管理計畫量能，協助公路局建立國內第一批工程類型（道路、隧道及橋樑基礎設施）碳足跡產品類別規則（CFP-PCR），於 2013 年 7 月向環境部（時為環保署）提出申請，通過技術小組審議會之審查後，於 2014 年 5 月 30 日核准並正式公告在環境部台灣產品碳足跡資訊網。

供國內同類型之公共工程於執行碳足跡計算及盤查工作時參考使用，爾後並依據規定定期進行修訂或展延。

建構本土化碳足跡係數

我國溫管法於 2015 年 7 月才開始實施，因此在國內 2012 年推動工程碳管理初期，並無相關法規要求；即使溫管法實施後亦無量化碳足跡之規定，致工程碳盤查初期使用國外生命週期軟體之碳足跡係數比例高。故本計畫在執行過程中把握溫管法之施行，由機關（時西濱南工處）發函要求供應商配合提供碳排放資訊，針對主要碳排放來源，如鋼筋、水泥、預拌混凝土、瀝青混凝土及預力鋼腱等執行供應商碳盤查，藉此建立本土化係數。

由於本計畫供應商盤查之執行，將本工程一級數據（特定廠址數據，即可掌握之碳排放量）比例由 4.9% 提升至 60.7%，大幅提升數據之可信度，並符合碳足跡標準要求。

另經查證後的本土化工程材料之碳足跡係數，亦提供環境部碳足跡資料庫，包含鋼筋 2 筆、各型預拌混凝土 20 筆、瀝青混凝土 7 筆及預力鋼腱 1 筆；其中 2 筆鋼筋係數亦由本計畫協助鋼筋廠商取得鋼胚及鋼筋之 ISO/TS 14067 碳足跡查證聲明書，並於供應商同意下，率先於 2017 年將此產品碳足跡成果於環保部係數平台公開，供其他工程使用。

線上資料收集平台

由於碳盤查所需蒐集資料繁雜，故依據碳盤查需求，建置及設計碳足跡盤查活動資料蒐集系統（盤查資訊系統，運作模式如圖 5 所示）及係數資訊子系統，以增進盤查效率及增加盤查資料價值。在工程碳管理資訊系統下，除計畫前期已完成的係數資料庫、



圖 4 工程生命週期碳管理架構及當年遭遇問題

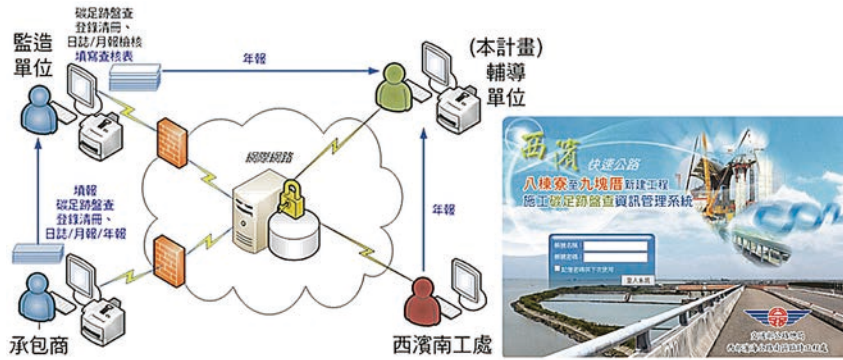


圖 5 碳足跡盤查活動資料蒐集系統

盤查資訊資料庫、碳足跡資料庫及工項分析資料庫等內容，隨著工程活動量及碳排放係數資料的收集，亦逐步完備其他自動化分析、報表及清冊產出等功能。

碳足跡盤查執行成果

整體工程碳排放分析

本工程施工建造階段碳排放量係依據 ISO/TS 14067 進行盤查，並推估營運管理階段碳排放量，整體工程生命週期碳排放量為 351,365 tonCO₂e，以施工階段的土木工程碳排放量占 92% 最高，營運管理階段之碳排放約占 7%，其中以鋪面 / 標線為主要碳排放來源約占 5%，如圖 6 所示。

施工建造階段之碳排放源占比如圖 7 所示，以工程材料使用為主要碳排放來源，約占整體土木工程碳排放量 93%，機具與運具燃料使用及運輸各為 3%，管理單位 1%，工區人員逸散及廢棄物僅約 0.1%；進一步分析工程材料使用之碳排放來源，以混凝土及鋼筋占比最高，分別為 63% 及 24%。

橋梁工程單位碳排放量分析

本工程以橋梁工程為主並含不同之上構施工工

法，本計畫分析各橋梁由基樁、基礎、橋墩至上構之碳排放量，彙整為橋梁單位面積碳排放量（如圖 8）。由分析結果顯示，除匝道外橋梁工程係以上構為碳排放熱點，上構之規格及材料配置為影響整體碳排放量主因。各工法之單位碳排放量以場鑄懸吊（跨河段）最高為 2.95 tonCO₂e/m²，其次場鑄懸臂為 1.63、1.78 tonCO₂e/m²，場鑄逐跨由於不同型式配置造成差異，單位面積排碳介於 1.16 ~ 2.05 tonCO₂e/m²。

工程減碳效益評估

依據歐盟綠色採購「公路設計、建造與管理」文件指出，道路工程節能減碳措施包括：使用再生材料、耐久性鋪面、材料運輸碳排放要求及交通壅塞減緩等。本工程應用之減碳措施以低碳設計及低碳工法進行分析，可量化的部分包含低碳設計之以飛灰及爐石粉替代水泥、導入多孔隙瀝青混凝土鋪面、匝道採用加勁式擋土牆、種植樹木與植被及紅樹林復育、營運期間交通改善影響等；另施工期間機關要求承包商以使用場電替代柴油發電機，確實有超過 50% 的減碳效果。關於本工程之整體減碳效益彙整如圖 9 所示。



圖 6 本工程生命週期碳排放量分析

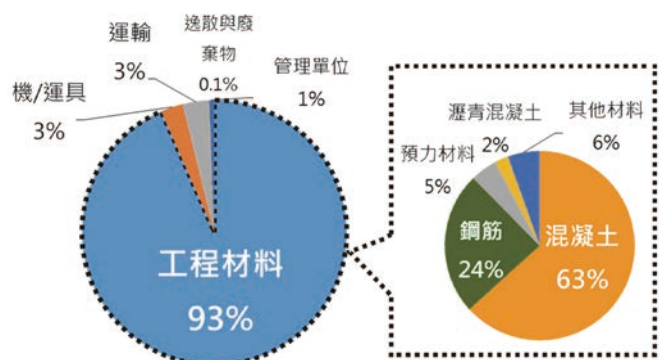


圖 7 本工程施工建造階段碳排放源分析

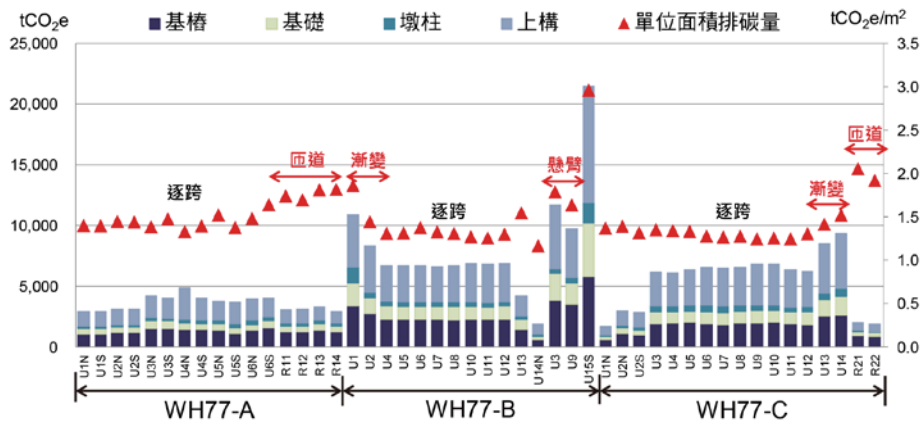


圖 8 橋梁工程構件及整體碳排放量分析



圖 9 本工程減碳效益評估結果

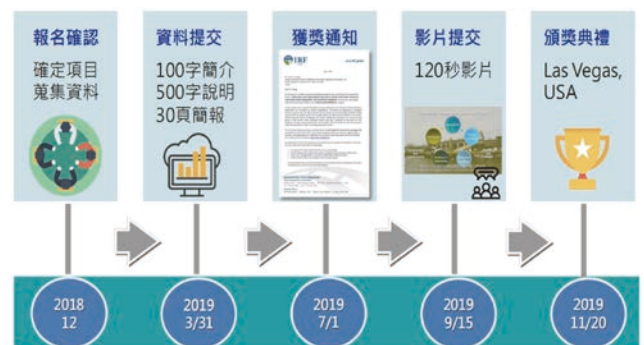


圖 10 本案申請 IRF GRAA 獎項歷程

IRF 參賽經驗

參賽歷程

交通部公路局自 2012 年啟動工程碳管理計畫，並在 2016 年由本計畫之執行取得國內第一張道路公共工程碳足跡查證聲明書，而後於 2018 年完成整體計畫，共取得 ISO/TS 14067 : 2013 及 PAS 2050 : 2011 兩項國際碳足跡標準，包括各標及整體工程共 8 張查證聲明書。為展現執行成果及讓世界看到臺灣對於環境議題的重視，公路局於 2018 年 12 月確定報名爭取 2019 IRF GRAA 之環境減輕類別首獎，並邀請中興公司一同列名，以「西濱快速公路八棟寮至九塊厝工程碳管理及環境減輕策略」為名（以下簡稱本案），共同著手蒐集及準備參獎資料。

本案參賽歷程如圖 10 所示，本團隊於 2019 年 3 月 31 日依據本工程特性，提出英文版之 100 字簡介、500 字說明及 30 頁簡報，期間召開多次會議討論計畫特色及提交資料內容，並由國立高雄科技大學蘇育民及林彥宇教授提供意見及協助潤飾；而後於 2019 年 7 月初

由大會通知本案獲得該獎項，但尚不能公布消息，必須等待頒獎後才能發布相關訊息；確定獲獎後，尚要準備 120 秒之得獎影片介紹，以在頒獎典禮上播放；在 9 月 15 日提交影片同時，受獎團隊成員亦逐一確認，由公路局、中興公司及高科大兩位教授，組成 12 人之受獎團。

本案於 2019 年 11 月 20 日在 IRF 於美國拉斯維加斯舉行之「國際道路協會全球 R2T 研討會與博覽會（IRF Global R2T Conference & Exhibition）」的晚宴中獲頒獎項，由時任交通部公路總局局長陳彥伯及碳管理執行單位中興公司副總經理習良孝代表領獎；頒獎前得獎影片在現場播放，臺灣道路工程在節能減碳及環境減輕策略的執行成果讓世界看見。

本工程得獎特色概要

由於本案申請類別為「環境減輕類」，除以碳管理為主軸外，亦於參賽資料中納入本工程以高架橋梁工程穿越臺灣南部沿海環境敏感區，為了減輕環境影響，致力於落實環境保護措施之設計理念，為此提出以全生命週期觀點進行碳管理與環境減輕措施作為（如圖 11）。

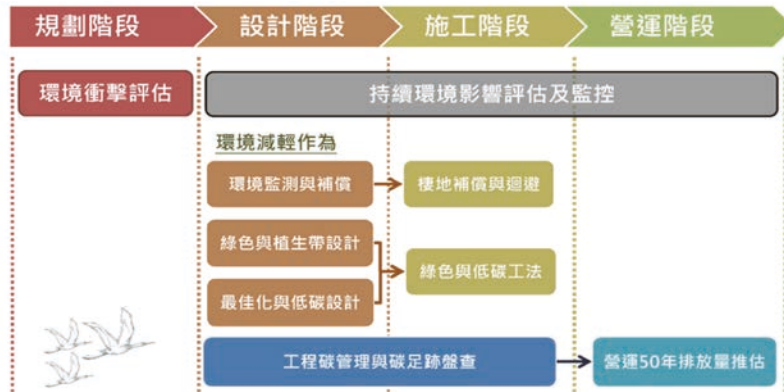


圖 11 工程生命週期考量兼顧環境減輕

於規劃設計階段即考量之環境減輕措施包括環境監測、棲地補償（含既有紅樹林保護）、綠化植披、最佳化與低碳設計（加勁擋土牆、滲流溝、綠帶設施與多孔隙瀝青混凝土等）等，相關作為於建造過程徹底執行，並透過實際盤查與第三方查證，以了解工程與碳排放量之關係，建立工程材料與各項橋梁及高架道路工項碳排放參數，做為未來公路工程碳排放評估之參考。另為了檢討工程施作與後續車流轉移所產生之排放量，更分析不同設計對碳排放之影響，如路線變化、替代材料、結構體調整等。

未來展望

本計畫執行之碳管理模式，持續應用在行政院公共工程委員會（以下簡稱工程會）推動的 20 個碳估算示範案例，包括水利工程及下水道工程之簡易調查等；另由盤查輔導建立之相關成果，包括本土化工程材料碳排放係數及工項碳排放資訊等，亦回饋國家碳足跡係數資料庫，並應用於後續如淡江大橋等工程設計參考，使臺灣碳管理制度及碳排放參數資料更臻完備，進而可有效制定減碳策略、達成整體工程生命週期減碳及環境減輕目標。時至今日，國內已累積龐大之工程碳排放資料，大致已足供工程單位估算工程本身蘊含碳排放需求。後續除持續累積相關碳排放係數外，須朝向工程一開始萌芽之可行性研究及規劃階段，逐步導向更全面之工程全生命週期碳管理機制。

為配合國家減碳目標，工程會規劃工程碳管理採「循序漸進、分階段落實」策略，推動公共工程節能減碳；於 2024 年起請辦理工程之部會如交通部、經濟部、內政部及農業部依工程特性研訂「減碳作業指引」，涵蓋建築、下水道、水利、公路、國道、軌道及

水土保持 7 大類工程，建立以全生命週期為核心之減碳管理架構。此項減碳作業指引之研訂，亦引用過去十幾年來各部會執行碳足跡盤查或調查之成果，建立公共工程以全生命週期進行考量，量化各階段碳排放量，並將減碳列為考量因子，研提減碳策略及方案，評估公共工程之減碳潛勢並據以執行；7 大類工程之減碳作業指引已於 2025 年底全數完成，並預計擴大管理工程類別，及加強盤查力道，使工程整體價值鏈成員（資產擁有者、設計者、施工者及供應商）確實落實減碳作為。

整體工程生命週期碳管理流程願景如圖 12 所示。以公路工程而言，計畫階段將依據僅有之工程規模以標準斷面初估工程碳排放量、營運碳排放量及外部貢獻（如交通改善等）評估計畫可行性，進行不同路廊方案比較，提供決策參考；在路廊方案確認後，於規劃階段依據可取得之資訊或常用組件概估工程碳排放量（基線）、並納入營運及外部碳，以比較不同方案之碳排放量；並於細部設計階段基於機關訂定之減碳目標納入低碳設計，完成碳預算；發包階段則透過相關規範規定，要求廠商落實設計之減碳要求，進行碳揭露及碳調查，確保達成減碳目標，並完成碳決算。

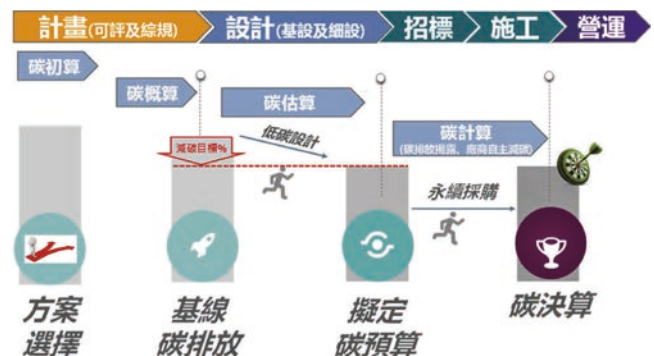


圖 12 工程全生命週期碳管理流程

交通部由於自 2012 年起執行數個重大計畫之工程碳管理及盤查輔導計畫，在此基礎上，部屬機關如公路局、高公局及鐵道局亦於 2025 年底完成 PAS 2080 建築及基礎設施碳管理標準之第三方驗證，並同步於 2026 年 1 月 1 日起開始執行，邁向交通工程減碳新里程。除 PAS 2080 工程碳管理之執行外，未來國內工程仍可參考歐盟綠色採購及英國、挪威等零排放工地之管理模式，朝向工程淨零排放之目標前進。



照片 3 臺灣代表團大合照

(右 4 為時任公路總局陳彥伯局長、右 5 為中興公司習良孝副總經理，其餘由右至左依序為時任西濱南工處溫宏發主工、中興公司黃崇仁副總經理、公路總局黃三哲副總工、中興公司許珮蓓計畫主任、公路總局曾乙庭正工、公路總局高任璋工程司、中興公司林舜元組長、公路總局洪明澤科長、高科大林彥宇教授)

領獎照片

本獎項由時任公路總局局長陳彥伯及中興公司副總經理習良孝代表領獎（如照片 1），頒獎典禮後代表團於會場中進行合影留念（如照片 2 ~ 照片 3）。



照片 1 本案頒獎照片

(時任公路總局局長陳彥伯(右)及中興公司副總經理習良孝(左)代表領獎)

照片 2 頒獎後臺灣代表團合影

(右 4 為時任公路總局陳彥伯局長、右 5 為中興公司習良孝副總經理，其餘由右至左依序為時任西濱南工處溫宏發主工、中興公司黃崇仁副總經理、公路總局黃三哲副總工、中興公司許珮蓓計畫主任、公路總局曾乙庭正工、公路總局洪明澤科長、公路總局高任璋工程司、中興公司林舜元組長)



參考文獻

1. 溫室氣體減量及管理法 (2015)，民國 104 年 7 月 1 日華總一義字第 10400077011 號令。
2. 氣候變遷因應法 (2023)，民國 112 年 2 月 15 日華總一義字第 11200010681 號令。
3. 行政院公共工程委員會 (2008)，永續公共工程 - 節能減碳政策白皮書 (核定本)。
4. 交通部 (2010)，節能減碳規劃設計參考原則 (修正版)。
5. European Commission, (2016), Revision of Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance, Technical Report and Criteria Proposal.
6. National Highways, (2021), Net zero highways: our 2030 / 2040 / 2050 plan.
7. Oslo Kommune, (2019), Climate and environmental requirements for the City of Oslo's construction sites (Version 1.0).

