



淡江大橋 及其連絡道 新建工程 施工階段 減碳成效

陳奕伸* / 中興工程顧問股份有限公司環境工程部 工程師

全球氣候變遷衝擊日益加劇，各國紛紛推動淨零排放與全生命週期碳管理策略，其中工程建設部門因碳排放占比高，成為政策介入與技術創新的重點領域。我國自 2008 年起即推動公共工程減碳政策，並透過碳足跡盤查及公共工程節能減碳檢核表制度，逐步累積本土經驗。淡江大橋及其連絡道路新建工程（第 3 標）為跨越淡水河口之指標性跨河橋梁，工程自規劃階段即融入低碳理念，並於施工階段全面導入碳足跡盤查與減碳措施，成為國內大型公共工程碳管理的重要案例。

本文依據 ISO 14067 與國內產品類別規則，針對工區工程材料、施工機具、運輸及廢棄物處理等項目進行盤查，涵蓋 108 年 2 月至 114 年 6 月之階段性數據。結果顯示，工程累積碳排放量為 230,373.48 tCO₂e，其中工程材料為主要來源（90.64%），並以混凝土（33%）、鋼構（27%）及鋼筋（26%）占比最高，而非工區累積碳排放量約為 2,250.53 tCO₂e，與工區碳排放量相比相對較少。

另外為降低碳排放，本工程採取多項減碳措施，包含：混凝土採用飛灰及爐石粉替代水泥、基樁螺旋箍筋工法、土石方回填再利用、工區使用場電取代發電機、優先採用鄰近供應商、雙層環形鋼箱梁取代傳統支撐系統，以及管理單位無紙化管理。統計開工迄今總減碳效益約為 82,350.88 tCO₂e。

以上結果顯示大型基礎建設在施工階段導入低碳材料、工法及能源管理的可行性，不僅具體量化減碳效益，也可作為未來推動公共工程全生命週期碳管理的參考模式。此案例經驗對於國內道路與基礎建設在規劃、設計與施工階段落實減碳策略以及接軌國際永續發展趨勢，具有重要示範意義。

關鍵詞：淡江大橋、碳足跡盤查、公共工程、節能減碳、施工階段

前言

全球氣候變遷所帶來的衝擊日益明顯，極端氣候事件頻率與強度不斷上升，對經濟、社會與生態系統造成深遠影響。為減緩全球暖化趨勢，各國紛紛制定中長期減碳路徑與淨零排放目標，並將減碳策略納入能源、交通、工業與基礎建設等核心領域。工程建設部門因涉及大量能源消耗與材料使用，碳排放占比高，已成為各國政策介入與技術創新的重點領域。近年來，國際碳管理重心逐漸由組織營運階段的直接與

間接能源使用，擴展至涵蓋全生命週期的碳管理，將原料生產、製造加工、運輸、施工、營運、維護及拆除等各階段納入盤查與減量範疇，以確保減碳成效能系統性落實。

我國在公共工程減碳政策的推動上，早於 2008 年即由行政院核定《永續公共工程一節能減碳政策白皮書》，明定公共工程需全面導入節能減碳觀念，並於 2011 年 5 月修正為《永續公共工程一節能減碳政策白皮書（修正本）》^[1]，在原版本的基礎上，延續了生態工程理念，並結合更先進的節能減碳趨勢與要求，擴大全生命週期考量，以推動符合永續理念的工法與材料，最

* 通訊作者，yishen@mail.sinotech-eng.com

終目標是使國家重大建設兼顧經濟發展、環境友善及代際公平。交通部於 2010 年公布《節能減碳規劃設計參考原則》^[2]，要求在工程規劃與設計階段即考量低碳工法、材料選擇與能源效率；公共工程委員會則自 2013 年起推動「公共工程碳排放量估算試辦作業」^[3]，涵蓋道路、防洪、水資源、下水道、建築及水土保持等六大類別工程，並逐步累積本土化碳排放係數與案例經驗，正式開啟我國推動公共工程碳管理之篇章。

在此政策體系中，公共工程節能減碳檢核表^[4]是貫穿規劃、設計、施工與維護管理各階段的重要工具。檢核表以生命週期為軸，針對不同階段設計相應的節能減碳指標，例如設計階段檢視結構與材料配置是否能降低用量並採用低碳或再生材料；施工階段檢核施工機具能源效率、工法低碳性、運輸動線與土方減量；維護管理階段則關注營運能源效率與維護策略。透過檢核表的系統化評估，不僅能量化減碳成效，也能作為政策檢討與優良工程評選的依據。

淡江大橋及其連絡道路新建工程（第 3 標）為國內具有指標性的跨河橋梁工程，橫跨淡水河口，連結新北市八里區與淡水區，主橋採單塔不對稱斜張橋設計，全長約 2.035 公里。工程除了承擔紓解淡水河兩岸與大台北地區交通壅塞的重要功能，也具備景觀與地標價值。在規劃與設計階段即融入多項綠色內涵，包含材料低碳化、工法優化與土方近運回填再利用等策略，並將施工階段的碳足跡盤查與查證納入專案管理核心，以確保減碳措施能落實執行並被量化呈現。

本工程施工階段的碳足跡盤查依據 ISO 14067 與國內產品類別規則（Product Category Rule, PCR）執行，盤查範疇涵蓋主要建材（如混凝土、鋼筋、鋼構、斜拉鋼索等）、施工機具及運輸活動；透過現地訪查、活動數據蒐集與排放係數率定計算工程整體碳排放，並為減碳作為之量化提供依據。本工程減碳措施包含混凝土採用飛灰及爐石粉替代水泥、基樁圍束區採用螺旋箍筋工法、現地土石方回填再利用、施工工區採場電取代燃油發電機、優先採用鄰近供應商、以雙層環形鋼箱梁取代傳統開挖支撐系統，以及管理單位無紙化管理等。前述措施兼具設計與施工管理面向，不僅能有效降低施工階段的碳排放，也可作為未來大型基礎建設推動全生命週期碳管理之實證參考。

本文以淡江大橋及其連絡道新建工程為案例，分為三部分進行深入探討：首先介紹施工階段碳足跡盤查作業，包含盤查範疇、組織架構、方法及碳排放熱點分析；其次說明施工階段減碳作為，分析各項措施的實施背景與效益；最後整合盤查結果與減碳成效，評估其對施工階段碳排放降低的實際貢獻。藉由本案例分析，期望能提供國內橋梁及其他基礎建設在規劃、設計與施工階段落實減碳管理的參考模式，並與國際低碳工程發展趨勢接軌。

施工階段碳足跡盤查作業

為透過碳足跡盤查，有效掌握施工階段之碳排放，並作為後續精準管理與持續改善的目的，以下針對淡江大橋工程碳足跡盤查執行方向及內容，進行詳細說明。

盤查範疇

淡江大橋及其聯絡道路新建工程（第 3 標）總長度為 2.035 公里，工程自 108 年 2 月 23 日正式開工。該工程完工後，可銜接西部濱海公路之台 2 線、台 15 線、台 61 線西濱快速公路，以及台 64 線八里－新店快速公路，將有效改善淡水與八里間之交通動線。相較原既有繞行關渡大橋之路徑，預期可縮減約 15 公里之行車距離。淡江大橋及其聯絡道路新建工程（第 3 標）工程範圍如圖 1 所示，本文將依主橋段、八里側聯絡道及淡水側聯絡道三部分進行分述與分析。

主橋段工程：本段橫跨淡水河道中央，全段均為水上作業施工方式，總長約 920 公尺，南端銜接八里側、北端銜接淡水側。橋梁型式為單塔不對稱斜張橋，最大跨距 450 公尺，橋面配置雙主線、2 機車道、2 自行車道（含人行道），中央並預留有輕軌匝道的預留車道。

八里側工程：本段工程總長約 780 公尺，部份作業區段位置與濕地及軍事營區重疊。主要內容為混凝土箱型梁高架橋結構，車道佈設方式與主橋段工程相同，僅在匝道及局部路堤為路工。

淡水側工程：本段工程總長約 335 公尺，車道佈設方式與主橋段工程相同。主要內容大部份為匝環道橋梁工程，僅在匝道及局部路堤為路工。由於本地區的作業空間、高度問題與匝道變化特殊性，均以場撐工法為作業主軸^[5]。



八里端

淡水端

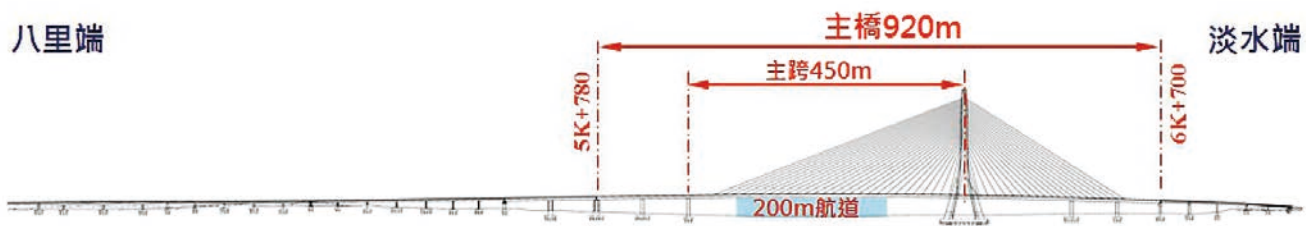


圖 1 淡江大橋及其 絡道 新建工程 (第 3 標) 工程範圍

淡江大橋工程施工期間碳足跡盤查範疇如圖 2 所示，盤查執行範疇包含工區及非工區區域，對於工區盤查需包含工程材料使用、運輸、能資源使用、碳匯變化及廢棄物處理項目，而非工區則包含施工管理單位（機關、監造及承包商）人員出工、逸散設備、能資源使用以及交通油耗等資訊。

碳足跡盤查方法及對象

淡江大橋工程碳足跡盤查引用國際碳足跡標準 (ISO 14067)^[6] 之標準，並參採歐盟營建產品類別規則 (EN 15804)^[7] 執行碳足跡計算及碳盤查工作。碳足跡之量化以排放係數法進行，即「排碳量 = 活動數據 ×

排放係數」，活動數據之蒐集以工程施作之現場資料為主，排放係數則盤查輔導團隊進行蒐集及率定，而後進行碳足跡之量化。

根據淡江大橋工程施作內容進行主要碳排放源鑑別，從 108 年 2 月 23 日至 114 年 6 月 30 日，鑑別出各工程項目主要排放源。各工項主要工程材料之碳排放源包含鋼筋、混凝土、鋼材、盤式支承、隔減震支承、預力鋼腱、預力旋楞套管、斜拉鋼索預力鋼絞線、預力端錨、鋼管、鋼箱、剪力釘、強力螺栓、格柵板、PVC 管、水泥、砂、無收縮水泥、洩水孔、防蝕塗料、HDPE 套管、阻尼器套管、鋼承板及各項氣體材料等。



圖 2 工程施工期間碳足跡盤查範疇

機具、運具與設備碳排放源則包含起重機、挖土機、拖板車、震動樁機、破碎機、發電機、空壓機、攪拌機、灌漿機、抽水機、堆高機、鏟裝機、壓路機、捲揚機、砂輪機、吊卡車、泵送車、貨車、傾卸車、水車、高空作業車、平台船、高壓清洗機及塔吊設備等。

盤查執行對象包含施工及協力廠商、材料供應商及管理單位，詳如圖 3 所示，施工廠商需配合盤查輔導團隊進行網路填報作業，將工程相關之活動資料進行上傳及填報，而盤查輔導團隊藉由收集之活動資料進行比對，量化排碳量、建立本土係數並進行工程特性分析；供應商需配合盤查輔導團隊提供碳盤查相關活動資料，以計算材料產品碳足跡；管理單位亦須配合提供相關活動資料，以量化管理單位排碳量。由於

淡江大橋工程活動項目較為繁雜，因此以資料庫系統進行活動資料蒐集，以提升資料蒐集效率及保存相關佐證單據，碳盤查填報系統資料流示意圖如圖 4 所示。

為掌握供應商/協力商盤查資料填報之完整及正確性，盤查輔導團隊每月皆安排工區現場盤查輔導，除了掌握工程施作進度、供應商與協力廠商之運入/運出材料、機具及運具填報之完整性外，亦將現場發現材料之相關碳盤查資料蒐集進行蒐集。

本工程排放係數選用包含實際盤查產出產品碳足跡係數、環境部公告或供應商提供產品碳足跡係數、結合國內公告係數或係數資料庫計算產出之生命週期係數、國內外生命週期資料庫，以及國內外文獻刊載之排放係數。



圖 3 工程碳足跡盤查執行對象

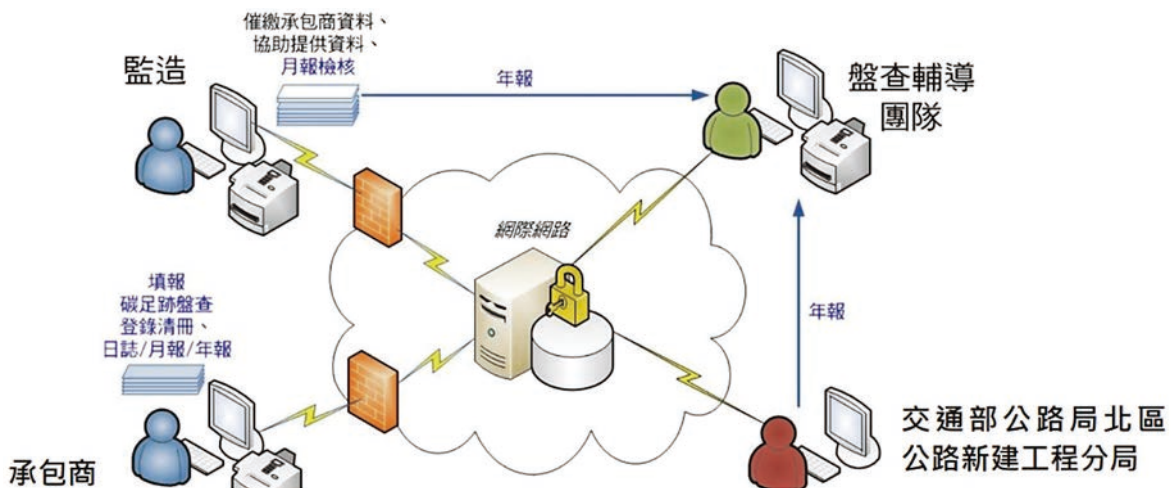


圖 4 碳盤查填報系統資料流示意圖

階段性碳排放量熱點

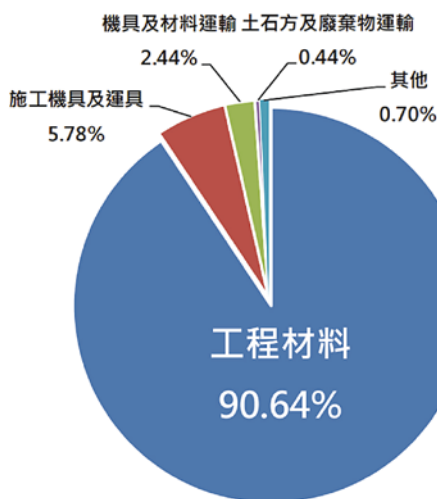
淡江大橋工程從 108 年 2 月 23 日開工迄 114 年 6 月 30 日，進行基樁、樁帽、鋼管樁圍堰、圍堰止水灌漿、橋台、擋土牆、墩柱、主橋塔、上構（含護欄）、鋼構、鋼構組裝場、排水、鋼構節塊船運及吊裝、斜拉鋼索、施工便橋及便道等工程，另外，亦進行覆工板、願景館、安衛設施、環保設施、圍籬、點井、監測、接地系統、避雷系統、防蝕塗裝、河道墩柱防撞設施、上下設備、集水井、主橋塔模板假組立場地及其他雜項等工程項目。

經統計，工區排碳量自開工迄 114 年 6 月 30 日，初估約 230,373.48 tCO₂e，如表 1 及圖 5，以工程材料為最主要排放來源，約占 90.64%，機具及運具能耗次之，約占 5.78%，機材運輸、土石方及廢棄物運輸占比合計為 2.88%，其餘約僅占 0.70%。其中工程材料又以混凝土占比最高，占比約為 33%，鋼構及鋼筋占比次之，占比約為 27% 及 26%，其他材料如剪力釘、強力

表 1 開工迄 114 年 6 月 30 日排碳量初估

項目	排碳量 (tCO ₂ e)	排碳占比 (%)
工程材料	208,813.51	90.64%
施工機具及運具 (含能資源)	13,326.41	5.78%
機材運輸	5,623.05	2.44%
土石方及廢棄物運輸	1,006.49	0.44%
其他	1,604.00	0.70%
總計	230,373.48	100.00%

資料採計區間：108.2.23 ~ 114.6.30



資料採計區間：108.2.23 ~ 114.6.30

圖 5 開工迄 114 年 6 月 30 日排碳量初估占比

螺栓、格柵板、鋸材、氣體、噴砂、陶瓷背襯及碳精棒等材料僅佔 14%。非工區排碳量初估約 2,250.53 tCO₂e。

施工階段節能減碳措施及效益

依據階段性碳排放量熱點顯示，碳排放量主要以工程材料占比最高，其次為施工機運具及機具材料運輸。透過回顧過往相關工程減碳文獻及案例，以及依據現場施作情形評估可行性，本工程施工期間採行節能減碳主要以工程材料、能資源及運輸方面進行規劃，工區減碳措施包含混凝土採用飛灰及爐石粉替代水泥、基樁圍束區採用螺旋箍筋工法、現地土方回填再利用、場區電力取代燃油發電機、優先採用鄰近之供應商，以及主橋塔採用 2 層環形鋼箱梁開挖支撐系統，施工管理單位則主要以無紙化推行為主要措施，以下各別解析節能減碳措施及效益。

混凝土採用飛灰及爐石粉替代水泥

本工程依據混凝土原物料投入資訊，彙整各類型混凝土中水泥、飛灰及爐石粉替代水泥比例，推估飛灰爐石粉替代水泥之減碳效益，水泥及爐石粉皆採用晉瑜觀音廠之碳足跡係數^[5] (0.906 及 0.104 kgCO₂e/kg)，飛灰則採用英國乾、濕燃煤碳足跡係數^[5] (0.004 kgCO₂e/kg)。統計開工迄 114 年 6 月底之各類型混凝土使用量，表 2 結果顯示各個類型混凝土其水泥之排碳量，以及飛灰爐石粉替代部分水泥之排碳量，本工程混凝土總減碳量總計約 77,104.58 tCO₂e，減碳效益受混凝土用量及飛灰爐石粉替代水泥比例影響，如基樁施作需使用大量 350 水中混凝土其替代率達 70%，相較於其他類型混凝土，現階段其減碳效益最為顯著。

基樁圍束區採用螺旋箍筋工法

本工程基樁圍束區箍筋係採用螺旋箍筋之工法進行綁紮 (圖 6)，相較於一般基樁之閉合彎鉤形式，可減少基樁鋼筋之使用量，惟螺旋箍筋每 15 m 需進行搭接焊接作業，減碳量計算上需另扣除焊接排碳量。竹節鋼筋係數採用供應商碳足跡查證聲明書資訊^[5] (0.89 kgCO₂e/kg)，焊材係數以^[5] (7.80 kgCO₂e/kg) 進行計算。本工程採用樁徑 1.5、2.0 及 2.5 m 基樁 (總計 796 支) 進行施作，不同規格基樁對於螺旋箍筋工法皆具減碳效益，表 3 結果顯示螺旋箍筋工法減碳量總計約 485.29 tCO₂e，減碳率約為 20.5%。

表 2 各類型混凝土排碳量及減碳效益彙整

混凝土類型	總用量 (m ³)	水泥排碳量 (kgCO ₂ e)	水泥 / 飛灰 / 爐石粉排碳量 (kgCO ₂ e)	減碳量 (kgCO ₂ e)	減碳率 (%)	替代率 (%)
80 kgf/cm ² (IP 型水泥)	3,231.00	614.73	213.46	401.27	65.3%	70%
140 kgf/cm ² (IP 型水泥)	818.50	192.06	66.69	125.37	65.3%	70%
175 kgf/cm ² (IP 型水泥)	269.50	69.10	23.99	45.11	65.3%	70%
210 kgf/cm ² (IP 型水泥)	8,544.00	2,492.56	865.52	1,627.04	65.3%	70%
280 kgf/cm ² (IP 型水泥)	3,205.00	1,088.90	378.11	710.79	65.3%	70%
280 kgf/cm ² (I 型水泥)	3,224.00	978.54	575.73	402.81	41.2%	45%
350 kgf/cm ² (IP 型水泥)	7,288.50	2,687.58	933.24	1,754.34	65.3%	70%
350 SCC kgf/cm ² (IP 型水泥)	35,823.50	13,631.56	4,733.43	8,898.13	65.3%	70%
350 水中 kgf/cm ² (IP 型水泥)	133,836.00	54,686.19	18,989.27	35,696.93	65.3%	70%
350 巨積 kgf/cm ² (IP 型水泥)	17,869.50	6,249.25	2,169.99	4,079.26	65.3%	70%
420 kgf/cm ² (II 型水泥)	4.00	1.51	0.53	0.99	65.3%	70%
420 SCC kgf/cm ² (IP 型水泥)	14,380.00	5,784.56	2,008.63	3,775.92	65.3%	70%
420 早強 kgf/cm ² (IP 型水泥)	35,996.00	16,501.86	5,730.12	10,771.75	65.3%	70%
490 kgf/cm ² (IP 型水泥)	6,549.00	2,527.63	849.80	1,677.83	66.4%	70%
490 SCC kgf/cm ² (IP2 型水泥)	3,217.50	1,268.05	329.50	938.55	74.0%	79%
560 kgf/cm ² (IP 型水泥)	197.00	80.32	27.89	52.43	65.3%	70%
560 SCC kgf/cm ² (IP2 型水泥)	19,584.00	8,303.77	2,157.70	6,146.07	74.0%	79%
總計	294,037.00	117,158.17	40,053.59	77,104.58	65.8%	-

註：1. IP 型水泥及 IP2 型水泥指波特蘭水泥與飛灰爐石粉混合的水泥，兩者成分相似但皆具有抵抗硫酸鹽侵蝕特性，適用於如水庫、港灣及碼頭等特定環境，IP2 型水泥成分上有較多限制，且水合反應亦較為緩慢，但具有較高抗侵蝕能力，因此 IP2 型水泥用於對結構強度及抗侵蝕要求較高之區域（如本工程主橋段橋墩及主橋塔）。
 2. 替代率 = (飛灰 + 爐石粉) 重量 / (水泥 + 飛灰 + 爐石粉) 重量。
 3. 減碳量 = 水泥之排碳量 - 水泥 / 飛灰 / 爐石粉之排碳量。
 4. 減碳率 = 1 - 水泥 / 飛灰 / 爐石粉之排碳量 / 水泥之排碳量。

表 3 基樁圍束區箍筋工法排碳量及減碳效益彙整

閉合彎鉤		螺旋箍筋				減碳量 (tCO ₂ e)	減碳率 (%)
鋼筋用量 (T)	鋼筋排碳量 (tCO ₂ e)	鋼筋用量 (T)	焊材用量 (T)	鋼筋排碳量 (tCO ₂ e)	焊材排碳量 (tCO ₂ e)		
2,664.74	2,371.62	2,086.35	3.7788	1,856.85	29.47	485.29	20.5%

註：1. 減碳量 = 閉合彎鉤鋼筋之排碳量 - 螺旋箍筋鋼筋及焊材之排碳量。
 2. 減碳率 = 1 - 螺旋箍筋鋼筋及焊材之排碳量 / 閉合彎鉤鋼筋之排碳量。

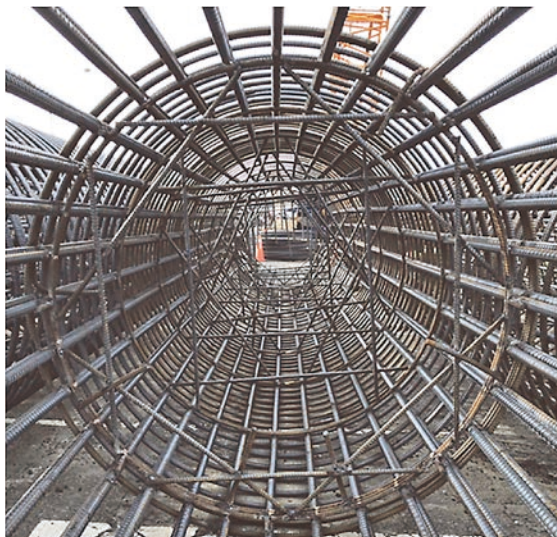


圖 6 基樁圍束區箍筋採螺旋箍筋工法

現地土石方回填再利用

本工程將施作期間部分土石方作為工區回填使用，回填工區之土石方可減少運送至土資場之運輸量，減少運輸排碳量。依據工區土車油耗調查結果，土車運輸係數^[5]約 0.2677 kgCO₂e/tkm，統計開工迄 114 年 6 月底工區土石方回填量，總計土石方回填再利用減碳量約 466.64 tCO₂e。

工區採用場電取代燃油發電機

本工程工區現場施作用電以場電為主要來源，將工區總用電量分別以場電及發電機方式計算其各別排碳量，兩者差異作為場電減碳效益，但對發電機而言，活動量計量方式主要為用油量及（或）操作時數，僅可推估發電機單位用油量（用油量 / 小時），需

另依據發電機規格資料之單位功率，以及配合柴油碳足跡係數，計算發電機單位排碳量 (kgCO₂e/kWh)。

依據東元柴油引擎發電機之單位油耗 0.27 L/kWh (30-250KW) 及 0.29 L/kWh (350KW)，以及環境部公告 2021 年之固定源柴油係數^[8] 3.29 kgCO₂e/L，各別計算發電機單位發電量之排碳量 0.8883 及 0.9514 kgCO₂e/kWh；場電排放係數則採用環境部公告電力碳足跡係數^[8] 之 0.606 kgCO₂e/kWh，表 4 為比較發電機及場電單位排碳量之結果，截至開工至 114 年 6 月底工區總用電量約 3,622,817 kWh，將總用電量分別以發電機及場電方式計算排碳量，結果顯示工區場電減碳效益約介於 1,022.72 tCO₂e ~ 1,251.32 tCO₂e。

優先採用鄰近之供應商

本工程分別於淡水端及八里端工區進行施作，對施作而言選擇工區鄰近之供應商，有助於減少工區間往返距離，有效降低運輸造成之排碳量，且減少時間及運輸成本，預拌混凝土作為本工程大宗材料運入工

區頻繁，因此假設淡水端工區以鄰近八里端工區預拌混凝土廠作為供應來源如表 5 所示，運送距離將增加 37.5 公里，相較選擇鄰近淡水端工區預拌混凝土廠作為供應來源，單位體積減碳量約 18.87 kgCO₂e/m³，統計開工迄 114 年 6 月底運至淡水端工區混凝土數量，選擇鄰近預拌混凝土廠減碳量總計約 3,021.73 tCO₂e。

雙層環形鋼箱梁取代傳統開挖支撐系統

本工程 P130 主橋塔基礎開挖施作，對於基礎安全支撐設計，原規劃採用 7 層井字型雙排 H 型鋼支撐系統 (圖 7)，考量整體作業繁瑣、工期不易掌握，以及安全性風險高情況下，經評估後改採用 2 層環型鋼箱梁支撐系統，工序上單純且可大幅減少中間柱及接合部位數量 (圖 7 及圖 8)，有效降低鋼料使用量，依據施工規劃統計兩工法各別鋼料使用量，因鋼料於完工後以回收方式處置，對於鋼料使用量計算上以 5% 作為鋼料損耗之數量，損耗量差異作為 2 層環型鋼箱梁支撐減碳效益，總計減碳量約 20.53 tCO₂e。

表 4 工區場電減碳效益及減碳率彙整

發電機類型	單位排碳量 (kgCO ₂ e/kWh)	與場電單位排碳量差異 (kgCO ₂ e/kWh)	減碳量 (tCO ₂ e)
發電機 (30-250KW)	0.8883	0.2823	1,022.72
發電機 (350KW)	0.9514	0.3454	1,251.32

註：減碳量 = 總電量 * 與場電單位排碳量差異。

表 5 採用鄰近供應商運輸減碳效益彙整

供應商差異	運送數量 (m ³)	最大運距 (km)	運具	運輸係數	排碳量 (tCO ₂ e)
優先採用鄰近供應商	160,102	13.90	混凝土預拌車	0.5033	1,120.05
未優先採用鄰近供應商	160,102	51.40	混凝土預拌車	0.5033	4,141.78

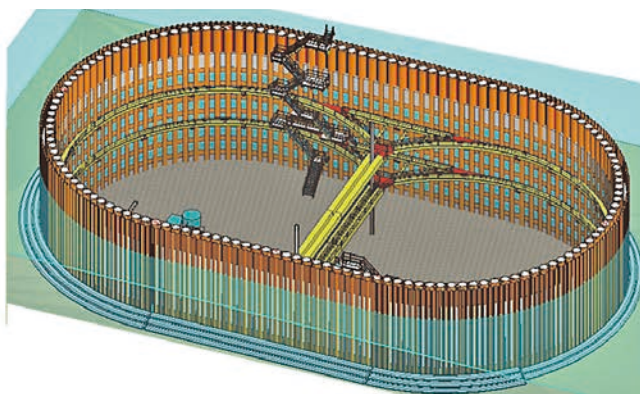
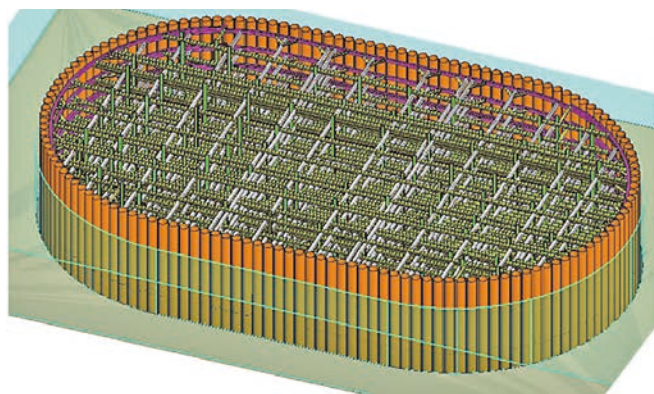


圖 7 7 層井字型雙排 H 型鋼 (左)，2 層環型鋼箱梁 (右)

管理單位無紙化管理

本工程為提升工程管理效率，建置監造資訊管理系統，透過管理系統可有效掌握工程進度，以及建立各管理單位間之聯繫，尤其對於工務及公文管理上，各文件線上傳遞有助於管理單位無紙化推動，統計開工迄 114 年 6 月底管理單位收發文件總計共 34,609 件，假設每份文件需花費 1 ~ 3 張紙張情況下，紙張總使用量介於 34,609 ~ 103,827 張，紙張係數採用環境部公告 A4 紙張係數^[8] 3.8 kgCO₂e/包 (500 張 1 包)，總計無紙化減碳量約介於 0.26 ~ 0.79 tCO₂e。

盤查結果與減碳成效

彙整本工程節能減碳措施及效益如表 6 所示，針對工程材料、能資源及運輸面向進行減碳效益評估，

本工程工區截至 114 年 6 月底總排碳量約 230,373.48 tCO₂e，非工區總排碳量約 2,250.53 tCO₂e，預估總減碳量可達約 82,350.88 tCO₂e，且以混凝土採用飛灰及爐石粉替代水泥材料之減碳效益最為顯著，其次為選擇工區鄰近之混凝土廠，其對於混凝土運輸排放量減碳效益也有顯著影響，因本工程仍持續施作中，工程排放量及節能減碳效益將持續隨工程進度更新，本文呈現結果僅作為階段性之結果。

結論

本文以淡江大橋及其連絡道新建工程 (第 3 標) 為案例，深入探討其施工階段的減碳成效，旨在為我國大型基礎建設推動全生命週期碳管理提供實證參考，並與國際低碳工程發展趨勢接軌。本工程於規劃與設

表 6 施工階段減碳項目及減碳效益彙整

項目	減碳量 (tCO ₂ e)	減碳量占比 (%)
混凝土採用飛灰及爐石粉替代水泥	77,104.58	93.63%
基樁圍東區採用螺旋箍筋工法	485.29	0.59%
現地土石方回填再利用	466.64	0.57%
工區採用場電取代燃油發電機	1,251.32	1.52%
優先採用鄰近供應商	3,021.73	3.67%
雙層環形鋼箱梁取代傳統開挖支撐系統	20.53	0.02%
無紙化管理	0.79	< 0.01%
總計	82,350.88	100.00%



圖 8 2 層環型鋼箱梁現場施作情形

計階段即融入多項綠色內涵，並將施工階段的碳足跡盤查與查證納入專案管理核心。

截至 114 年 6 月底，本工程工區及非工區施工階段的碳排放量為 232,624.01 tCO₂e。其中，工程材料為最大的排放來源，佔比高達 90.64%；其次為施工機具及運具能耗，佔 5.78%；機材運輸、土石方及廢棄物運輸合計佔 2.88%，其餘僅佔 0.70%。在工程材料中，混凝土佔比最高（33%），鋼構次之（27%），鋼筋則佔 26%。


為有效降低碳排放，本工程實施了多項減碳措施，並取得了顯著成效：

1. 混凝土採用飛灰及爐石粉替代水泥：透過替代水泥比例的優化，總計減碳量約達 77,104.58 tCO₂e，平均減碳率約為 65.8%。其中，基樁施作所採用的 350 水中混凝土減碳量最為顯著。
2. 基樁圍束區採用螺旋箍筋工法：相較於傳統閉合彎鉤形式，此工法減少了基樁鋼筋的使用量，總計減碳量約 485.29 tCO₂e，減碳率約為 20.5%。
3. 現地土石方回填再利用：將部分土石方用於工區回填，減少了運輸至土資場的排碳量，總計減碳量約 466.64 tCO₂e。
4. 工區採用場電取代燃油發電機：透過使用場區電力作為主要電源，有效降低了發電機燃料消耗，工區場電減碳效益約介於 1,022.72 ~ 1,251.32 tCO₂e。
5. 優先採用鄰近供應商：針對預拌混凝土此類大宗材料，選擇鄰近供應商可顯著減少運輸距離與排碳量，單位體積減碳量約 18.87 kgCO₂e/m³，總計減碳量約 3,021.73 tCO₂e。
6. 雙層環形鋼箱梁取代傳統開挖支撐系統：主橋塔基礎開挖採用此設計，大幅減少了鋼料使用量，總計減碳量約 20.53 tCO₂e。
7. 管理單位無紙化管理：透過監造資訊管理系統，大幅減少了文件紙張使用量，總計減碳量約介於 0.26 ~ 0.79 tCO₂e。

綜合盤查結果與減碳成效，本文案例不僅展示了大型基礎建設在施工階段落實減碳策略的可能，更提供具體措施與量化效益。這些兼具設計與施工管理面向的減碳作為，可作為未來推動全生命週期碳管理的實證參考。藉由淡江大橋工程的成功經驗，期望能引導國內道路及其他類基礎建設在規劃、設計與施工階

段，更加系統性地導入低碳工法、材料選擇與能源效率概念，進一步提升公共工程的永續發展。

參考文獻

1. 行政院公共工程委員會（2011），永續公共工程—節能減碳政策白皮書。
2. 行政院交通部（2010），節能減碳規劃設計參考原則。
3. 公共工程碳排放量估算試辦作業專區，取自：<https://www.pcc.gov.tw/content/index?eid=1380&type=C&lang=1>
4. 公共工程節能減碳檢核注意事項（2022），取自：<https://lawweb.pcc.gov.tw/NewsContent.aspx?id=10425>
5. 行政院交通部公路局北區公路新建工程分局（2025），淡江大橋及其連絡道路新建工程（第 3 標）監造（含碳足跡盤查輔導及查證）委託服務工作 -114 年度年中進度報告書。
6. ISO 14067: 2018, Greenhouse gases-Carbon footprint of products-Requirements and guidelines for quantification.
7. BRE Global Ltd (2018) Product Category Rules for Type III Environmental Product Declaration of Construction Products to EN 15804. Available: https://www.greenbooklive.com/filelibrary/EN_15804/PN514-BRE-EN-15804-PCR.pdf
8. 環境部產品碳足跡資訊網，取自：<https://cfp-calculate.tw/cfp/WebPage/WebSites/CoefficientDB.aspx> 



交廣工程顧問有限公司

誠信 | 創新 | 品質 | 服務 | 永續發展



案例實績

- 桃園捷運綠線GC03現況鑑定
- 高雄捷運黃線YC03、YC02建物調查
- 中壢污水下水道系統興建工程現況鑑定
- 臺大醫學院附設醫院西址院舍等12棟既有建築物耐震能力詳評
- 衛福部桃園醫院本院宿舍大樓結構補強工程委託設計
- 國防部空軍司令部馬公機場停機坪整建工程設計、監造
- 台灣自來水公司苗栗三義潛盾工程現況鑑定

服務項目

01. 公共工程規劃設計

02. 私有建物耐震弱層補強

03. 房屋安檢鑑定

04. 自來水及下水道工程

台北總公司

☎ 02-2709-0716

🌐 www.jgce.com.tw

📍 台北市大安區忠孝東路三段52號2樓

桃園分公司

☎ 03-357-2323

🌐 www.jgce.com.tw

📍 桃園市桃園區莊二街24號7樓