

交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處

西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程

委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及

查證服務工作

# 正式成果報告書

中興工程顧問股份有限公司

中華民國 107 年 10 月



# 交通部公路總局

## 西部濱海公路南區臨時工程處

送審文號及次數		結果	備註
第一次送審日期	107.08.20		
第一次送審文號	環工字 第 1070038240 號		
第二次送審日期	107.10.19		
第二次送審文號	環工字 第 1070049374 號		
核可日期			
核可文號			
工 程 處			



# 「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理 暨碳足跡盤查輔導及查證工作」

## 成果報告書初稿 審查會議意見及處理情形

壹、日期：107 年 9 月 20 日(星期四)下午 13 時 30 分

貳、地點：西濱南工處第一會議室

參、主持人：溫主工宏發

記錄：王惠玉

### 肆、會議結論

結論	處理情形
(一)請輔導單位中興工程顧問公司(以下簡稱輔導單位)摘錄本計畫盤查執行產出參數及結果分析於「西濱快速道路」網站揭露西快後續計畫八棟寮至九塊厝新建工程碳盤查成果。	已摘錄本計畫產出參數及成果資料並提供給貴處，以進行相關成果資料之揭露。
(二)為利交通量之減碳效益分析更符合現況，請設計科協助提供「西濱快速公路曾文溪橋段新建工程計畫可行性評估(更新評估)」報告，供輔導單位參考分析。	感謝貴處提供 105 年更新報告，然此份報告通車前後交通量評估內容未包含台 17 及台 19，但本工程(台 61)建設之主要影響為該兩路段，為使交通量減碳效益分析完整，本計畫參考 98 年定稿報告之通車前後交通量評估內容，進行整體營運期間交通量之減碳效益評估；另新增本路段通車後速率 90 km/hr 之減碳效益評估結果。
(三)有關本工程碳盤查作業成果報告內後續建議方案，請工程科研議未來執行工程碳盤查時於訂定招標文件時參考納入並於契約施工補充條款內予以明定，以藉由公共工程碳排放管制達到營建產業供應鏈節能減碳。	工程碳盤查執行內容已於契約施工補充條款說明。
(四)請輔導單位依審查結論及各單位審查意見修正後(如附件)，於 107 年 10 月 20 日前將報告提送本處依序審查。	已依據審查結論及各單位意見，修正成果報告書，並於 107 年 10 月 18 日發文提送正式成果報告書。

## 各單位意見

一、西濱南工處		
頁碼	審查意見	修正情形
P1-3	表 1.3-1 查證發證作業欄，請將*所提加發 1 張本工程全標別之查證聲明書列入。另請說明該欄位中所列完成授證及取得證書之分別。	已於表 1.3-1 查證發證作業欄位列入本工程(全部標別)之查證聲明書，並備註說明完成授證為依據契約規定於取得第一個及最後一個標案後辦理公開授證儀式，其他標別則配合竣工及查證作業期程取得證書。
P1-4	所列工作範圍，是否應有營運期碳排推估之作業。	本頁(1.3.2 節)工作項目係依據招標文件之委託服務工作說明書所列，營運期間碳排放量推估作業已納入本工程生命週期評估範疇(詳報告 3.1.1 節)，此推估作業已於三、查證及發證階段中涵蓋。
P4-72	碳匯碳盤係數其植生與植栽均採 17.6，是否有誤，請查明。 另所提本工程生命週期 40 年，與 P1-14 所載營運階段 50 年不符，請查明。	碳匯係數採用林務局人造林之實際監測研究成果，已將此報告列入參考文獻。一般計算植生碳吸存之生命週期為 40 年，故與本工程生命週期 50 年不同。
P5-27	表 5.5.5-2 係採曾文溪橋工程 97 年可研報告資料，建議引用 104 年版可研報告內容。	感謝貴處提供 105 年更新報告，然此份報告通車前後交通量評估內容未包含台 17 及台 19，為使交通量減碳效益分析完整，本計畫參考 98 年定稿報告之通車前後交通量評估內容，進行整體營運期間交通量之減碳效益評估；另新增本路段通車後速率 90 km/hr 之減碳效益評估結果。
P5-30	表 5.5.5-6 本工程設計速率 100 km/hr，通車後之速率應為 90 km/hr，請查明修正。	謝謝指正，由於交通量評估中台 17 與台 19 皆以設計速率作評估，為求報告之統一與完整性，本工程亦以設計速率 90 km/hr 評估交通減碳效益，已補充於報告 5.2.2 節。
—	本碳盤服務工作成果內容及資料建置方式，請說明俾供後續工程辦理。	工作成果內容已彙整於本報告第六章，並提供揭露於西濱快速道路網站資料；對於承包商配合盤查事項之資料建置要求應列於契約施工補充條款，整體盤查程序、提交資料與表單等，已列於盤查執行計畫書。

二、西濱南工處工程科		
頁碼	審查意見	修正情形
P1-13	表 1.5.2-1 1.WH77-A 排碳量及功能單位排碳量與總結報告彙整表數據不同，請說明。 2.WH77-B 標功能單位排碳量之主線-跨河段與總結報告彙整表數據不同，請說明。	1. 由於 WH77-A 標竣工時，部分大宗材料供應商盤查係數尚未產出，為使本計畫所有標別之排碳量計算基準一致，本計畫依據供應商盤查係數及調整營運管理階段假設條件，更新 WH77-A 標排碳量結果。 2. 因修正跨河段長度距離，因此功能單位排碳量(單位長度)亦同步修正。
P1-14	表 1.5.2-2 WH77-A 工程碳排放量解析與總結報告數據不同，請說明。	同上，為使所有標別之排碳量計算基準一致，WH77-A 標依據供應商盤查係數及調整營運管理階段假設條件，修正 WH77-A 標排碳量結果。
P2-6	目前 ISO 14067 公告情形，請說明。	ISO 14067 於 2018 年 8 月 20 日公告，已補充公告情形及更新內容，詳報告 2.1.1 節。
P2-67	表 2.3.2-1 公路總局代辦高雄機廠遷建潮州-臺 1 線高架橋工程委託碳足跡盤查服務工作備註欄請修正。(已發證)	謝謝指正，表 2.3.2-1 已修正該計畫辦理情形為已發證。
P3-3	本工程中之施工管理碳足跡盤查範圍包括：西濱南工處、西濱南工處第二工務段；請補列”西濱南工處第三工務段”。	謝謝指正，已補充說明盤查範疇包含西濱南工處第三工務段。
P3-51	二、WH77-B 標及全工程碳足跡查證聲明書授證典禮”本次典禮邀請到公路總局夏明勝副局長與新工組黃三哲長蒞臨”請修正。(工務組技術科科長蔡鴻麒科長)	謝謝指正，已修正蒞臨 WH77-B 標及全工程授證典禮之公路總局代表。
P3-76	表 3.4.3-5 預力鋼棒材料自日本神戶運至台灣基隆之運具類別請修正。	謝謝指正，表 3.4.3-5 預力鋼棒材料之運具類別已修正為跨洋船舶。
P3-103、 P3-120 P3-121	混凝土車(21T~24T)-安定及官田之係數與表 3.6.3-8 及表 3.6.3-9 之排碳係數不符，請查明。	謝謝指正，已修正表 3.6.2-1 混凝土車運輸排碳係數，並與表 3.6.3-8 及表 3.6.3-9 係數一致。
P3-110	海光鋼鐵廠...後續該廠並同意將已取得查證聲明書之鋼胚及鋼筋碳足跡，登錄至環保署碳足跡係數資料庫平台，”目前相關登錄資料審核中”，請修正。	謝謝指正，海光鋼鐵廠之碳足跡盤查係數已於 106 年登錄至環保署係數平台，已修正該段文字敘述。

二、西濱南工處工程科		
頁碼	審查意見	修正情形
P3-141、 P3-147 P3-153、 P3-159 P6-2	WH77-A、B、C 及本工程碳足跡彙整一級數據比例分析之宣告單位總計與表 6.1.1-1 工區碳足跡排放特性分析一級數據佔比差異請說明。	表 6.1.1-1 為工區施工期間之排碳量彙整結果，而表 3.7.1-4、表 3.7.2-4、表 3.7.3-4、表 3.8.4-1 為各標及本工程 50 年生命週期碳足跡成果，兩者排碳量之一級數據佔比不相同。
P4-75、 P6-2	表 4.5-2 WH77-A 標及本工程之”本計畫盤查係數”數據與表 6.1.1-1 一級數據不符，請修正。	謝謝指正，已修正表 4.5-2 一級數據比例，與表 6.1.1-1 一致。

三、西濱南工處設計科		
頁碼	審查意見	修正情形
4-26~27	表 4.2.3-3 WH77-C 標各工項類別排放分析排放占比相加起來只有 99.99% 少了 0.01%，請修正。	各工項數值於 Excel 計算時為自動四捨五入進位，使得數值呈現於報告中會有些微加總值之誤差，本計畫已逐一檢核各表格之 Excel 計算資料，以確保各項數值之正確性，並進行必要之調整。
5-23	表 5.2.4-1 WH77-A 標加勁式擋土牆排碳量彙整表排碳比例相加起來為 100.1% 多了 0.1%，請修正。	表格內各項數值於 Excel 計算時為自動四捨五入進位，使得數值呈現於報告中會有些微加總值之誤差，本計畫已逐一檢核各表格之 Excel 計算資料，以確保各項數值之正確性，並進行必要之調整。
附錄 I 3~6	因個資問題，請將簽到單上的身分證字號移除或遮蔽避免個資外洩。	謝謝指正，已遮蔽簽到單之個人資料，以避免個資外洩。
附錄 V 4~5	四、4-1 第三段文字敘述圖 2 中之運輸佔 2.86% 與圖二百分比不一致，請查明，請將文字敘述中圖 1 和圖示一文字統一。	謝謝指正，已修正四、4-1 第三段文字敘述之運輸占比為 2.36%，與圖 2 運輸占比相同；修正各項圖標之表示方式，使文字敘述與圖標一致。

四、西濱南工處第二工務段		
頁碼	審查意見	修正情形
P4-75	表 4.5-1、表 4.5-2 應為表 4.6-1、表 4.6-2，請修正。	謝謝指正，已修正為表 4.6-1 及表 4.6-2。
P4-70	表 4.4-2 各主線橋梁段之鋪面營運階段假設條件，其中重鋪頻率(年)-多孔隙 (PAC)10 年，密級配瀝青混凝土 5 年，重	本計畫參考文獻及國道 6 號實務經驗，該道路鋪面為多孔隙瀝青混凝土 (PAC)，自 98 年通車至今尚未進行重鋪，



四、西濱南工處第二工務段		
頁碼	審查意見	修正情形
	鋪年限多 1 倍之久，假設條件是否過久，可行？	因此本計畫假設 PAC 重鋪頻率為 10 年。
P4-71	圖 4.4-4 主線橋梁段鋪面工程全生命週期排碳量，該圖標示建請增加(50 年營運期間)。	已於圖 4.4-4 圖標備註為 50 年營運期間。
P6-2	<p>a. 圖 6.1.1-1、表 6.1.1-1 本工程工區碳足跡排放特性分析，兩圖表之機具、運輸排碳量數字不同，修正或請說明。</p> <p>b. 另該表各標一級數據之機具燃料及電力使用排碳量約占 2.31~2.56% 提升至 55.44~66.11%，有關單以該機具部分如何提升之高；請問該表表示 55.44~66.11% 是綜合機具、材料、運輸等總和數量之排碳量占比，是否差異太大，修正或說明。</p>	<p>a. 圖 6.1.1-1 之機具及運輸之排碳量比例包含一級與二級數據加總，而表 6.1.1-1 機具及運輸排碳量比例則細分為一級與二級數據，該表機具及運輸各項目之數據比例加總結果與圖 6.1.1-1 相同。</p> <p>b. 一級數據比例提升主要來自大宗工程材料排碳量，若無執行大宗材料供應商盤查作業，一級數據僅有工區盤查之機具燃料及電力使用排碳量；另由於各標大宗材料供應商不同，造成各標及本工程之工程材料一級數據具有差異，進而影響整體工區排碳量之一級數比例，介於 55.44%~66.11%。已調整報告內文，加註說明整體一級數據占比包含機具、運輸及工程材料。</p>
P6-2	表 6.1.1-3 混凝土中水泥替代材料之減碳效益分析，有關每標工程混凝土配比替代材料添加量設計不同，然依不同設計量分別計算減碳量，為”本工程”減碳量計算基準如何？請說明。	各標工程水泥替代材料之減碳量計算，係根據各標混凝土配比及用量，計算無添加水泥替代材料(飛灰、爐石粉)之水泥成分排碳量，以及添加水泥替代材料之排碳量(水泥、飛灰及爐石粉)，兩者排碳量之差異值即為水泥替代材料之減碳量。

五、台灣世曦台 9 南迴碳盤查團隊		
頁碼	審查意見	修正情形
P3-60	第七行.....及用途彙整如表 3.2.2-1 應為表 3.4.2-1	謝謝指正，已修正表號為表 3.4.2-1。
4.1	4.1.1 節工程材料運輸油耗參數，包含混凝土、鋼筋及瀝青混凝土並非專用預拌車或專用貨運公司(指專供本工程使	由於各材料供應商無法區別運至本工程之運輸油耗量，本計畫係依據供貨至本工程或特定時間區間，蒐集該時間區間

五、台灣世曦台 9 南迴碳盤查團隊		
頁碼	審查意見	修正情形
	用)，請簡述其運輸用油量如何認定為本計畫或其他工程使用	內之總油耗量、里程數及載運數量等資料，計算該供應商單位運輸油耗量，再依此計算本工程之總油耗量。並與查驗機構確認，因蒐集區間包含本工程供貨期間，可作為本工程運輸排碳量之一級數據。
P4-1	依表 4.1.1-1 站榮安定廠之每方公里油耗參數及表 3.4.2-5 預拌車之運輸里程 28km 之乘積與表 4.1.1-1 站榮安定廠之每方油耗參數差異甚大，請簡述可能原因	站榮安定廠混凝土每方公里油耗參數係依據行駛里程、車次、載運方數及油耗量計算，而每方油耗參數則僅考量載運方數及油耗量，兩者計算基準不同，故油耗參數值具有差異。
P4-3	表 4.1.2-1 水刀拆除分為 55.76(柴油)/0.24(汽油)，請說明其含意	水刀拆除施作機具之燃料包含柴油及汽油，故共產出 2 種燃料之單位油耗率。

# 目 錄

目錄	I
圖目錄	VI
表目錄	XI
第一章 前言	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 計畫目標	1-2
1.3 工作範圍及項目	1-3
1.3.1 工作範圍	1-3
1.3.2 工作項目	1-4
1.4 計畫執行流程及方法	1-5
1.5 計畫進度及執行成果	1-7
1.5.1 計畫進度	1-7
1.5.2 執行成果	1-9
第二章 道路工程整體碳管理發展評析	2-1
2.1 碳足跡盤查規範及計算指引發展	2-4
2.1.1 碳足跡盤查規範發展	2-4
2.1.2 碳足跡盤查準則：產品類別規則	2-8
2.1.3 工程產品類別規則基本模組	2-9
2.1.4 歐盟營建產品 PCR(EN 15804)	2-11
2.1.5 國際道路與橋梁 PCR	2-13
2.1.6 我國道路、橋梁及隧道工程 CFP-PCR	2-18
2.1.7 香港 CIC 水泥、鋼筋/結構鋼及預拌混凝土碳足跡評估指引	2-20
2.1.8 瀝青混凝土產品類別規則	2-25
2.2 國際工程碳管理發展	2-29
2.2.1 國際碳管理制度	2-29
2.2.2 各國道路工程相關之碳足跡計算器	2-36

2.2.3	國際工程碳排放案例回顧 .....	2-44
2.3	國內工程碳管理推展 .....	2-62
2.3.1	工程會試辦案例及其他計畫進度說明 .....	2-63
2.3.2	其他工程碳管理案例發展 .....	2-67
2.3.3	環保署碳足跡係數發展 .....	2-68
2.4	溫室氣體減量及管理法與相關子法 .....	2-74
第三章	本工程各標工程碳足跡盤查歷程與成果 .....	3-1
3.1	工程碳足跡盤查執行範圍 .....	3-1
3.1.1	盤查系統邊界說明 .....	3-1
3.1.2	盤查組織架構 .....	3-4
3.1.3	WH77-A 標鹽埕交流道新建工程 .....	3-7
3.1.4	WH77-B 標七股溪橋段新建工程 .....	3-9
3.1.5	WH77-C 標九塊厝交流道新建工程 .....	3-10
3.2	工程碳足跡盤查歷程說明 .....	3-12
3.3	盤查輔導其他作業執行說明 .....	3-19
3.3.1	啟始會議與教育訓練辦理說明 .....	3-19
3.3.2	現場訪查與輔導工作辦理說明 .....	3-25
3.3.3	供應商訪查與輔導工作辦理說明 .....	3-36
3.3.4	座談會辦理說明 .....	3-38
3.3.5	查驗機構月度查核意見彙整 .....	3-47
3.3.6	授證典禮辦理說明 .....	3-50
3.4	活動數據蒐集結果 .....	3-57
3.4.1	資料蒐集系統 .....	3-57
3.4.2	WH77-A 標鹽埕交流道新建工程 .....	3-61
3.4.3	WH77-B 標七股溪橋段新建工程 .....	3-68
3.4.4	WH77-C 標九塊厝交流道新建工程 .....	3-78
3.4.5	工程管理單位 .....	3-87
3.5	營運管理及使用階段活動數據 .....	3-95
3.6	排碳係數計算結果 .....	3-100

3.6.1	排放係數選用原則 .....	3-100
3.6.2	排放係數蒐集結果 .....	3-101
3.6.3	供應商盤查資料計算結果 .....	3-108
3.6.4	主要工程材料排放係數計算結果 .....	3-129
3.7	計算本計畫各標工程碳排放總量 .....	3-137
3.7.1	WH77-A 標鹽埕交流道新建工程碳足跡 .....	3-137
3.7.2	WH77-B 標七股溪橋段新建工程碳足跡 .....	3-143
3.7.3	WH77-C 標九塊厝交流道新建工程碳足跡 .....	3-149
3.8	計算整體西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程計畫工程路段碳足跡 之結果 .....	3-155
3.8.1	本工程施工期間碳足跡(工區) .....	3-155
3.8.2	工程管理單位碳足跡 .....	3-157
3.8.3	本工程營運管理及使用階段碳足跡 .....	3-158
3.8.4	本工程全生命週期碳足跡 .....	3-159
第四章	本工程碳足跡盤查結果分析研究 .....	4-1
4.1	本計畫產出參數說明 .....	4-1
4.1.1	工程材料運輸油耗參數 .....	4-1
4.1.2	機具油耗參數 .....	4-3
4.1.3	工項單位能耗分析 .....	4-10
4.2	碳足跡盤查結果分析與環境影響因子探討 .....	4-12
4.2.1	WH77-A 標鹽埕交流道新建工程 .....	4-12
4.2.2	WH77-B 標七股溪橋段新建工程 .....	4-17
4.2.3	WH77-C 標九塊厝交流道新建工程 .....	4-22
4.2.4	西濱快八棟寮至九塊厝新建工程總體結果 .....	4-28
4.3	工程特性與工程碳足跡關聯分析 .....	4-30
4.3.1	基樁排碳量分析 .....	4-30
4.3.2	基礎排碳量分析 .....	4-38
4.3.3	橋墩排碳量分析 .....	4-47
4.3.4	上構排碳量分析 .....	4-56

4.3.5	整體橋梁結構排碳量分析 .....	4-60
4.3.6	擋土牆排碳量分析 .....	4-66
4.4	鋪面工程排碳特性分析 .....	4-68
4.5	西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程計畫總體碳匯變化量調查成果 4-72	
4.6	排碳係數敏感度分析 .....	4-74
第五章	八棟寮至九塊厝新建工程節能減碳措施 .....	5-1
5.1	工程減碳措施 .....	5-1
5.1.1	過去蒐集資料概述 .....	5-1
5.1.2	工區減碳策略建議與目前本計畫之應用 .....	5-4
5.1.3	橋梁工程設計減碳策略 .....	5-5
5.2	西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程計畫整體工程減碳成效說明 5-10	
5.2.1	水泥替代材料之減碳效益 .....	5-10
5.2.2	機具排碳量及能源類別之排碳量差異分析 .....	5-16
5.2.3	運輸距離之排碳量差異分析 .....	5-22
5.2.4	加勁擋土牆之減碳效益 .....	5-23
5.2.5	交通量之減碳效益 .....	5-25
第六章	結論及建議 .....	6-1
6.1	結論 .....	6-1
6.1.1	碳足跡產出成果 .....	6-1
6.1.2	參數產出 .....	6-6
6.2	建議 .....	6-11
	參考文獻 .....	參-1
	附錄 I  啟始會議與教育訓練辦理實錄	
	附錄 II  座談會辦理實錄	
	附錄 III  授證典禮辦理實錄	
	附錄 IV  ISO/TS 14067 與 PAS 2050 查證聲明書	
	附錄 V  計畫成果發表文章	
	附錄 VI  查驗機構月度查核意見	

附錄 VII 查證報告書(檔案收錄於光碟)

附錄 VIII WH77-A 標碳排放量清冊(檔案收錄於光碟)

附錄 IX WH77-B 標碳排放量清冊(檔案收錄於光碟)

附錄 X WH77-C 標碳排放量清冊(檔案收錄於光碟)

## 圖目錄

圖 1.2-1	本計畫整合構想及目標 .....	1-2
圖 1.4-1	本計畫執行流程圖 .....	1-6
圖 1.5-1	本計畫執行進度圖 .....	1-8
圖 2.1-1	國際碳管理趨勢 .....	2-1
圖 2.1.1-1	碳足跡相關標準發展進程示意圖 .....	2-4
圖 2.1.1-2	ISO 14067 發展現況.....	2-7
圖 2.1.3-1	營造產品類別規則基本模組邊界界定示意圖 .....	2-10
圖 2.1.3-2	瑞典運輸工程相關產品類別規則及基本模組發展構想 .....	2-11
圖 2.1.5-1	道路工程產品系統流程圖 .....	15
圖 2.1.5-2	橋梁、高架道路及隧道工程產品系統流程圖 .....	2-17
圖 2.1.6-1	基礎建設-公路隧道 CFP-PCR 生命週期範圍.....	2-20
圖 2.1.7-1	波特蘭水泥製程地圖 .....	2-23
圖 2.1.7-2	鋼筋與結構鋼之製程地圖 .....	2-24
圖 2.1.7-3	預拌混凝土之製程地圖 .....	2-25
圖 2.1.8-1	瀝青混凝土完整生命週期(NAPA, 2017).....	2-26
圖 2.1.8-2	瀝青混凝土產品階段製程流程圖(NAPA, 2017).....	2-27
圖 2.2.1-1	英國公路局碳管理相關計畫發展進程 .....	2-29
圖 2.2.1-2	英國公路局碳管理架構 .....	2-30
圖 2.2.1-3	營建業可能涵蓋之事業體 .....	2-31
圖 2.2.1-4	香港建造業議會碳標籤生命週期範圍 .....	2-32
圖 2.2.1-5	CIC 碳標籤作業流程.....	2-33
圖 2.2.1-6	CIC 碳標籤認證等級與分級方法.....	2-33
圖 2.2.1-7	道路設施計畫與採購活動各階段流程 .....	2-36
圖 2.2.2-1	英國公路局計算器(2015)評估範疇與架構 .....	2-38
圖 2.2.2-2	英國環境署工程計畫碳足跡計算器 .....	2-39
圖 2.2.2-3	RIPT 製程地圖.....	2-41



圖 2.2.2-4	FHWA 基礎建設排碳量評估工具評估內容 .....	2-42
圖 2.2.3-1	CRC 計畫區位及交流道位置示意圖 .....	2-44
圖 2.2.3-2	日本道路鋪面維修工程排碳量評估邊界 .....	2-47
圖 2.2.3-3	日本道路鋪面維修工程各方案排碳量評估結果 .....	2-48
圖 2.2.3-4	日本道路鋪面維修方案 2、3 材料製程與施作排碳量分析 .....	2-48
圖 2.2.3-5	法國 A71 鋪面構造圖 .....	2-49
圖 2.2.3-6	法國道路鋪面排碳量推估範疇界定 .....	2-50
圖 2.2.3-7	法國 A-71 公路排碳量評估結果 .....	2-51
圖 2.2.3-8	瑞典道路生命週期評估-六種道路鋪面排碳量計算結果 .....	2-52
圖 2.2.3-9	米克勒姆路施工階段排碳量評估邊界 .....	2-53
圖 2.2.3-10	澳洲米克勒姆路建造計畫碳排放源貢獻比 .....	2-53
圖 2.2.3-11	澳洲米克勒姆路建造計畫主要排碳工料及貢獻比 .....	2-54
圖 2.2.3-12	NSC 路網鋪面新建階段製程地圖 .....	2-56
圖 2.2.3-13	NCC 人行及自行車橋梁設計概念 .....	2-58
圖 2.3-1	我國工程碳管理相關政策發展示意圖 .....	2-62
圖 2.3.1-1	公共工程碳排放量估算試辦案例推動流程 .....	2-64
圖 2.3.3-1	環保署規劃本土碳足跡排放係數資料庫建置內容 .....	2-68
圖 2.4-1	我國 1990 年至 2012 年溫室氣體排放趨勢圖 .....	2-75
圖 3.1.1-1	道路工程碳足跡計算邊界示意圖 .....	3-2
圖 3.1.1-2	本工程碳足跡系統邊界 .....	3-3
圖 3.1.2-1	本計畫工程碳足跡盤查組織架構及運作機制 .....	3-5
圖 3.1.2-2	WH77-A 標碳足跡盤查組織架構 .....	3-6
圖 3.1.2-3	WH77-B 標碳足跡盤查組織架構 .....	3-6
圖 3.1.2-4	WH77-C 標碳足跡盤查組織架構 .....	3-7
圖 3.1.3-1	WH77-A 標路線區位示意圖 .....	3-8
圖 3.1.4-1	WH77-B 標路線區位示意圖 .....	3-9
圖 3.1.5-1	WH77-C 標路線區位示意圖 .....	3-10
圖 3.3.1-1	工程碳足跡盤查教育訓練上課實景 .....	3-19
圖 3.3.1-2	WH77-A 標工程碳足跡盤查啟始會議 .....	3-21

圖 3.3.1-3	WH77-B 標工程碳足跡盤查啟始會議.....	3-22
圖 3.3.1-4	WH77-B 標工程碳足跡盤查教育訓練.....	3-23
圖 3.3.1-5	WH77-C 標工程碳足跡盤查啟始會議.....	3-24
圖 3.3.1-6	WH77-C 標工程碳足跡盤查啟始會議與會人員合影 .....	3-24
圖 3.3.1-7	WH77-C 標工程碳足跡盤查教育訓練.....	3-25
圖 3.3.2-1	現場輔導與工地現訪情形 .....	3-36
圖 3.3.4-1	102 年度座談會辦理情形 .....	3-41
圖 3.3.4-2	公路工程碳管理制度及實務研討會辦理情形 .....	3-44
圖 3.3.4-3	105 年度座談會辦理情形 .....	3-47
圖 3.3.6-1	WH77-A 標查證聲明書授證典禮辦理情形 .....	3-51
圖 3.3.6-2	WH77-B 標及全工程查證聲明書授證典禮辦理情形 .....	3-56
圖 3.4.1-1	本計畫碳盤查填報系統資料流示意圖 .....	3-57
圖 3.4.1-2	本計畫碳盤查系統登錄頁面 .....	3-58
圖 3.4.1-3	碳盤查系統登錄清冊填報頁面 .....	3-58
圖 3.4.1-4	承包商盤查日誌填報頁面 .....	3-59
圖 3.4.1-5	承包商盤查月報整合頁面 .....	3-59
圖 3.4.1-6	盤查年報填報頁面 .....	3-60
圖 3.4.1-7	承包商工程材料庫存統計查詢頁面 .....	3-60
圖 3.6.3-1	鋼筋廠製程及盤查資料蒐集範圍概述 .....	3-110
圖 3.6.3-2	103 年海光鋼鐵廠之鋼胚、鋼筋碳足跡排碳量分析 .....	3-114
圖 3.6.3-3	製程及盤查範圍 .....	3-115
圖 3.6.3-4	水泥廠二型水泥碳足跡排碳量分析 .....	3-116
圖 3.6.3-5	預拌混凝土製程及盤查資料蒐集範圍概述 .....	3-118
圖 3.6.3-6	瀝青混凝土製程及盤查資料蒐集範圍概述 .....	3-123
圖 3.6.3-7	鴻林瀝青廠排碳量分析(WH77-B 標).....	3-124
圖 3.6.3-8	坤慶瀝青廠排碳量分析 .....	3-126
圖 3.6.3-9	預力鋼腱製程及盤查資料蒐集範圍概述 .....	3-128
圖 3.6.3-10	預力鋼腱排碳量分析 .....	3-129
圖 3.7.1-1	WH77-A 標工區碳足跡排放量占比 .....	3-137

圖 3.7.1-2	WH77-A 標工程材料使用排碳量分析圖 .....	3-139
圖 3.7.1-3	WH77-A 標生命週期碳足跡分析圖 .....	3-143
圖 3.7.2-1	WH77-B 標工區碳足跡排放量占比.....	3-144
圖 3.7.2-2	WH77-B 標工程材料使用排碳量分析圖 .....	3-145
圖 3.7.2-3	WH77-B 標生命週期碳足跡分析圖.....	3-149
圖 3.7.3-1	WH77-C 標工區碳足跡排放量占比.....	3-150
圖 3.7.3-2	WH77-C 標工程材料使用排碳量分析圖 .....	3-151
圖 3.7.3-3	WH77-C 標生命週期碳足跡分析圖.....	3-155
圖 3.8.1-1	工區碳足跡排放量占比 .....	3-156
圖 3.8.4-1	本工程生命週期碳足跡分析圖 .....	3-161
圖 4.2.1-1	WH77-A 標各工項類別之機具排放量分析 .....	4-13
圖 4.2.1-2	WH77-A 標各工項類別材料排放量分析 .....	4-14
圖 4.2.1-3	WH77-A 標各工項類別碳排放量分析 .....	4-16
圖 4.2.2-1	WH77-B 標各工項類別機具操作排放量分析 .....	4-18
圖 4.2.2-2	WH77-B 標各工項類別工程材料排放量分析 .....	4-19
圖 4.2.2-3	WH77-B 標各工項類別碳排放量分析.....	4-21
圖 4.2.3-1	WH77-C 標各工項類別機具使用排放量分析 .....	4-23
表 4.2.3-2	WH77-C 標各工項類別工程材料使用排放量分析 .....	4-25
圖 4.2.3-3	WH77-C 標各工項類別碳排放量分析.....	4-26
圖 4.2.4-1	本工程各工項類別碳排放量分析 .....	4-29
圖 4.3.1-1	各類型橋墩之基樁碳排放量 .....	4-38
圖 4.3.1-2	基樁碳排放源占比分析 .....	4-38
圖 4.3.2-1	各類型橋墩之基礎碳排放量 .....	4-46
圖 4.3.2-2	基礎碳排放源占比分析 .....	4-46
圖 4.3.3-1	橋墩排碳總量與單位體積排碳量 .....	4-55
圖 4.3.3-2	橋墩碳排放源占比分析 .....	4-55
圖 4.3.4-1	橋單元上構碳排放量計算結果 .....	4-60
圖 4.3.4-2	上構箱型梁碳排放源占比分析 .....	4-60
圖 4.3.5-1	整體橋梁結構碳排放量計算結果 .....	4-63

圖 4.3.5-2	整體橋梁結構碳排放源占比分析 .....	4-64
圖 4.3.5-3	整體橋梁結構之構件排碳占比分析 .....	4-65
圖 4.3.6-1	WH77-C 標擋土牆碳排放量計算結果.....	4-67
圖 4.3.6-2	WH77-C 標擋土牆碳排放源占比分析.....	4-67
圖 4.4-1	本工程各標鋪面組成 .....	4-68
圖 4.4-2	鋪面工程生命週期碳足跡之系統邊界 .....	4-68
圖 4.4-3	產品階段之系統邊界及盤查資料蒐集內容 .....	4-69
圖 4.4-4	主線橋梁段鋪面工程全生命週期排碳量(50 年生命週期) .....	4-71
圖 5.1.3-1	玻璃纖維(FRP)橋面板設計與應用 .....	5-8
圖 5.1.3-2	整體式橋梁案例 .....	5-8
圖 5.1.3-3	鋁合金橋面板應用 .....	5-9
圖 5.1.3-4	波形鋼腹板設計及應用 .....	5-9
圖 5.1.3-5	預鑄橋墩應用 .....	5-9
圖 5.2.5-1	本工程營運期間交通量影響評估路段示意圖 .....	5-25
圖 6.1.1-1	本工程工區碳足跡排放特性分析 .....	6-1

## 表目錄

表 1.3-1	本計畫相關工作項目與工作範圍彙整表 .....	1-3
表 1.5.2-1	本工程各標及整體工程碳足跡及功能單位排碳量彙整表 .....	1-13
表 1.5.2-2	本工程各標及整體工程碳排放量解析 .....	1-14
表 2-1	碳足跡標準及國內外工程碳管理發展 .....	2-2
表 2.1.1-1	PAS 2050 準則摘要說明 .....	2-5
表 2.1.2-1	國內外碳足跡規範於邊界界定應參考 PCR 之論述.....	2-9
表 2.1.4-1	營建產品之生命週期階段及對應之 EPD 型式.....	2-12
表 2.1.7-1	水泥、鋼筋/結構鋼、預拌混凝土碳足跡評估之系統邊界.....	2-22
表 2.1.8-1	A1-A3 子階段製程內容(NAPA(2017)，本計畫整理).....	2-27
表 2.2.1-1	道路採購流程階段之綠色採購準則項目 .....	2-34
表 2.2.3-1	CRC 計畫各方案施工排碳量評估結果 .....	2-45
表 2.2.3-2	CRC 工程各方案交通日排碳量評估結果 .....	2-46
表 2.2.3-3	日本道路鋪面維修工程排碳量分析方案內容比較 .....	2-47
表 2.2.3-4	NCC 人行及自行車橋梁系統邊界及宣告模組表 .....	2-58
表 2.2.3-5	NCC 人行及自行車橋梁產品環境宣告溫室氣體影響計算結果.....	2-60
表 2.3.1-1	公共工程碳排放估算試辦工程彙整表 .....	2-65
表 2.3.2-1	國內其他工程碳管理案例推動狀況彙整 .....	2-67
表 2.3.3-1	環保署已公告之碳足跡排放係數 .....	2-70
表 2.4-1	溫室氣體管制相關法規命令公告情形彙整 .....	2-78
表 2.4-2	溫管法施行細則有關行政機關工作要求重點內容 .....	2-79
表 3.1-1	八棟寮至九塊厝新建工程相關期程 .....	3-1
表 3.1.1-1	本報告涵蓋內容及範圍 .....	3-4
表 3.1.3-1	WH77-A 標主要工程型式 .....	3-8
表 3.1.4-1	WH77-B 標主要工程型式.....	3-9
表 3.1.5-1	WH77-C 標主要工程型式.....	3-11
表 3.2-1	本計畫盤查歷程表 .....	3-13
表 3.3.2-1	現場輔導討論內容 .....	3-26

表 3.3.4-1	102 年度座談會議程 .....	3-40
表 3.3.4-2	公路工程碳管理制度及實務研討會議程 .....	3-43
表 3.3.4-3	105 年度座談會議程 .....	3-45
表 3.3.6-1	WH77-A 標碳足跡查證聲明書授證典禮議程 .....	3-50
表 3.3.6-2	WH77-B 標及全工程碳足跡查證聲明書授證典禮議程 .....	3-52
表 3.4.2-1	WH77-A 標主要機具施作時間、油量及用途 .....	3-61
表 3.4.2-2	WH77-A 標工區用電度數彙整表 .....	3-62
表 3.4.2-3	WH77-A 標主要工程材料彙整表 .....	3-63
表 3.4.2-4	WH77-A 標工程人員出勤紀錄彙整表 .....	3-65
表 3.4.2-5	WH77-A 標工程材料運輸彙整表 .....	3-67
表 3.4.3-1	WH77-B 標主要機運具施作時間、油量及用途 .....	3-69
表 3.4.3-2	WH77-B 標工區用電度數彙整表 .....	3-71
表 3.4.3-3	WH77-B 標主要工程材料項目及使用量 .....	3-72
表 3.4.3-4	WH77-B 標工程人員出勤紀錄彙整表 .....	3-74
表 3.4.3-5	WH77-B 標主要工程材料運輸彙整表 .....	3-76
表 3.4.4-1	WH77-C 標主要機運具施作時間、油量及用途 .....	3-78
表 3.4.4-2	WH77-C 標主要工程材料項目及使用量 .....	3-81
表 3.4.4-3	WH77-C 標工程人員出勤紀錄彙整表 .....	3-83
表 3.4.4-4	WH77-C 標主要工程材料運輸彙整表 .....	3-84
表 3.4.5-1	工程管理單位排碳活動強度數據 .....	3-87
表 3.5-1	營運管理及使用階段之維護/重置活動強度 .....	3-97
表 3.6.2-1	施工碳排放係數彙整 .....	3-102
表 3.6.2-2	電力係數蒐集彙整結果 .....	3-105
表 3.6.2-3	燃料燃燒階段排放係數 .....	3-106
表 3.6.2-4	本計畫計算燃料碳足跡排放係數 .....	3-106
表 3.6.2-5	環保署公告燃料係數彙整表 .....	3-107
表 3.6.3-1	本工程各標供應商之盤查資料蒐集期間 .....	3-109
表 3.6.3-2	各標鋼筋供應商之鋼筋碳足跡彙整表 .....	3-112
表 3.6.3-3	台泥蘇澳廠熟料及水泥單位排放量 .....	3-116

表 3.6.3-4	水泥碳足跡彙整表 .....	3-117
表 3.6.3-5	混凝土預拌廠(安定)各型預拌混凝土碳足跡 .....	3-119
表 3.6.3-6	混凝土預拌廠(官田)各型預拌混凝土碳足跡 .....	3-120
表 3.6.3-7	混凝土預拌廠各型預拌混凝土碳足跡一級數據比例 .....	3-120
表 3.6.3-8	預拌廠(安定)預拌混凝土運輸碳足跡.....	3-121
表 3.6.3-9	預拌廠(官田)預拌混凝土運輸碳足跡.....	3-122
表 3.6.3-10	鴻林瀝青廠製造能耗分析表 .....	3-123
表 3.6.3-11	坤慶瀝青廠製造能耗分析表 .....	3-125
表 3.6.3-12	各標瀝青混凝土供應商之瀝青混凝土碳足跡彙整表 .....	3-126
表 3.6.3-13	鴻林瀝青廠之瀝青混凝土運輸碳足跡 .....	3-127
表 3.6.3-14	坤慶瀝青廠之瀝青混凝土運輸碳足跡 .....	3-127
表 3.6.3-15	預力鋼腱碳足跡彙整表 .....	3-129
表 3.6.4-1	WH77-A 標各型剪力鋼箱排碳參數 .....	3-130
表 3.6.4-2	WH77-B 標各型剪力鋼箱及剪力鋼棒排碳參數 .....	3-130
表 3.6.4-3	WH77-C 標各型剪力鋼箱排碳參數.....	3-131
表 3.6.4-4	WH77-A 標各型盤式支承排碳參數 .....	3-132
表 3.6.4-5	WH77-B 標各型盤式支承排碳參數.....	3-133
表 3.6.4-6	WH77-C 標各型盤式支承排碳參數.....	3-134
表 3.6.4-7	A、C 標相同型號盤式支承配件設計尺寸比較表(1/2).....	3-135
表 3.6.4-7	A、C 標相同型號盤式支承配件設計尺寸比較表(2/2).....	3-135
表 3.6.4-8	WH77-A、B、C 標各型預力端錨排碳參數.....	3-136
表 3.7.1-1	WH77-A 標工區碳排放量計算結果 .....	3-138
表 3.7.1-2	WH77-A 標工程管理碳足跡計算 .....	3-140
表 3.7.1-3	WH77-A 標營運管理及使用階段碳排放量計算結果 .....	3-141
表 3.7.1-4	WH77-A 標生命週期碳足跡與一級數據比例分析 .....	3-142
表 3.7.2-1	WH77-B 標工區碳排放量計算結果.....	3-144
表 3.7.2-2	WH77-B 標工程管理碳足跡計算.....	3-146
表 3.7.2-3	WH77-B 標營運管理及使用階段碳排放量計算結果 .....	3-147
表 3.7.2-4	WH77-B 標生命週期碳足跡與一級數據比例分析 .....	3-148

表 3.7.3-1	WH77-C 標工區碳排放量計算結果.....	3-150
表 3.7.3-2	WH77-C 標工程管理碳足跡計算.....	3-152
表 3.7.3-3	WH77-C 標營運管理及使用階段碳排放量計算結果 .....	3-153
表 3.7.3-4	WH77-C 標生命週期碳足跡與一級數據比例分析 .....	3-154
表 3.8.1-1	工區碳排放量計算結果 .....	3-156
表 3.8.2-1	本工程管理單位碳足跡計算 .....	3-158
表 3.8.3-1	本工程營運管理及使用階段碳排放量計算結果 .....	3-159
表 3.8.4-1	本工程碳足跡彙整與一級數據比例分析 .....	3-160
表 4.1.1-1	預拌混凝土廠之混凝土預拌車油耗參數統計表 .....	4-1
表 4.1.1-2	鋼筋運輸車輛油耗統計表 .....	4-2
表 4.1.1-3	瀝青混凝土運輸車輛油耗統計表 .....	4-2
表 4.1.2-1	WH77-A 標既有引道路堤拆除油耗參數 .....	4-3
表 4.1.2-2	打樁機油耗率統計表 .....	4-4
表 4.1.2-3	WH77-B、C 標吊車擴大盤查油耗調查結果 .....	4-5
表 4.1.2-4	WH77-A、B 標吊卡車擴大盤查油耗調查結果.....	4-6
表 4.1.2-5	WH77-C 標吊卡車油耗統計結果.....	4-6
表 4.1.2-6	WH77-C 標機具油耗參數.....	4-8
表 4.1.2-7	混凝土泵送車工程油耗調查結果 .....	4-8
表 4.1.2-8	WH77-A、B 及 C 標樁頭打除油耗統計表 .....	4-10
表 4.1.3-1	各標工程項目單位體積能耗彙整表 .....	4-11
表 4.2.1-1	WH77-A 標各工項類別之機具排放量分析 .....	4-12
表 4.2.1-2	WH77-A 標各工項類別材料排放量分析 .....	4-14
表 4.2.1-3	WH77-A 標各工項類別排放量分析 .....	4-15
表 4.2.2-1	WH77-B 標各工項類別機具操作排放量分析 .....	4-17
表 4.2.2-2	WH77-B 標各工項類別工程材料排放量分析 .....	4-19
表 4.2.2-3	WH77-B 標各工項類別排放量分析.....	4-20
表 4.2.3-1	WH77-C 標各工項類別機具操作排放量分析 .....	4-22
表 4.2.3-2	WH77-C 標各工項類別工程材料使用排放量分析 .....	4-24
表 4.2.3-3	WH77-C 標各工項類別排放量分析.....	4-27



表 4.2.4-1	本工程各工項類別排放量分析 .....	4-28
表 4.3.1-1	150 cm $\phi$ 全套管場鑄 RC 基樁排碳量 .....	4-31
表 4.3.1-2	100 cm $\phi$ 全套管場鑄 RC 基樁排碳量 .....	4-37
表 4.3.2-1	各橋墩型式之基礎排碳量 .....	4-39
表 4.3.2-2	WH77-B 標 P68S 基礎補強排碳量 .....	4-46
表 4.3.3-1	各橋墩之排碳量 .....	4-48
表 4.3.4-1	各橋單元上構排碳量 .....	4-57
表 4.3.4-2	上構單位面積排碳量 .....	4-59
表 4.3.5-1	整體橋梁結構排碳量 .....	4-61
表 4.3.5-2	整體橋梁結構單位面積排碳量 .....	4-63
表 4.3.6-1	WH77-C 標擋土牆排碳量 .....	4-66
表 4.4-1	各標主線橋梁段鋪面工程建造階段之活動數據 .....	4-69
表 4.4-2	各標主線橋梁段之鋪面營運階段假設條件 .....	4-70
表 4.4-3	各標主線橋梁段之鋪面營運階段活動數據 .....	4-70
表 4.4-4	主線橋梁段鋪面工程全生命週期排碳量 .....	4-71
表 4.5-1	本工程植生數量與碳匯量 .....	4-72
表 4.6-1	鋼筋、水泥係數對於排放量結果之敏感度分析(工區) .....	4-75
表 4.6-2	鋼筋、水泥係數對於一級數據之敏感度分析(工區) .....	4-75
表 5.1.1-1	美國工程減碳相關策略彙整 .....	5-2
表 5.1.1-2	日本低碳機具油耗率基準值 .....	5-4
表 5.1.1-3	機具節能運轉方案 .....	5-4
表 5.2.1-1	預拌廠(安定)各強度混凝土使用量水泥及替代材料彙整 .....	5-11
表 5.2.1-2	預拌廠(官田)各強度混凝土使用量及水泥及替代材料彙整 .....	5-11
表 5.2.1-3	預拌廠(安定)各標混凝土採用水泥替代材料之減碳分析 .....	5-13
表 5.2.1-4	預拌廠(官田)各標混凝土採用水泥替代材料之減碳分析 .....	5-14
表 5.2.1-5	預拌廠(安定)之混凝土排碳係數 .....	5-15
表 5.2.1-6	預拌廠(官田)之混凝土排碳係數 .....	5-15
表 5.2.2-1	WH77-A 標基樁鋼筋場排碳量分析 .....	5-17
表 5.2.2-2	WH77-B 標基樁鋼筋場排碳量分析 .....	5-17

表 5.2.2-3	WH77-B 標基樁鋼筋場不同能源來源之排碳量差異比較 .....	5-18
表 5.2.2-4	WH77-C 標基樁鋼筋場油耗推估校正一覽表 .....	5-19
表 5.2.2-5	WH77-A 標上、下構鋼筋場排碳量分析 .....	5-19
表 5.2.2-6	WH77-B 標上構鋼筋場排碳量分析 .....	5-20
表 5.2.2-7	WH77-C 標上、下構鋼筋場排碳量分析 .....	5-21
表 5.2.3-1	瀝青混凝土運輸距離之排碳量差異 .....	5-23
表 5.2.5-1	本工程通車前之交通量 .....	5-26
表 5.2.5-2	本工程通車後之交通量 .....	5-27
表 5.2.5-3	本工程通車前之年度交通量估算 .....	5-28
表 5.2.5-4	本工程通車後之年度交通量 .....	5-28
表 5.2.5-5	不同平均車速下各車種延車公里油耗率 .....	5-29
表 5.2.5-6	本工程通車前後之排碳量比較 .....	5-30
表 6.1.1-1	本工程工區碳足跡排放特性分析 .....	6-2
表 6.1.1-2	本工程各標主要工程材料供應商及盤查資料蒐集期間 .....	6-4
表 6.1.1-3	混凝土中水泥替代材料之減碳效益分析 .....	6-5
表 6.1.2-1	本計畫主要機具及運具油耗率參數 .....	6-7
表 6.1.2-2	本計畫各工項單位能耗彙整表 .....	6-8
表 6.1.2-3	本計畫各工項單位碳排放參數彙整表 .....	6-9
表 6.2-1	提供環保署係數規劃 .....	6-13

# 第一章 前言

## 1.1 計畫緣起

為能完整掌握溫室氣體排放狀況，國際碳管理重點已由過去組織營運範圍內的直接及間接能源使用之碳排放，趨向強調生命週期考量，並納入其他間接排放的碳管理。碳管理的對象則除了一般組織或產品之碳排放外，英國、美國、瑞典及澳洲等國近年來已開始關注工程碳排放議題。

行政院於民國 97 年核定「永續公共工程-節能減碳政策白皮書」，開啟我國公共工程節能減碳新頁。為落實國家工程排碳與減碳的政策，交通部於民國 99 年公告「節能減碳規劃設計參考原則」，要求於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。

運研所亦接續於民國 100 年進行交通運輸工程碳排放量推估模式建立之研究，結果顯示由於本土化參數資料之缺乏，且存在設計與施工的落差，須由實際盤查建立基本資料及確認工程特性與碳排放量關係，作為國內工程碳足跡評估之參考。爰此，公路總局為順應國際潮流及達成政府之節能減碳公共工程政策目標，率先推動工程碳管理與碳足跡盤查，以瞭解我國道路工程生命週期碳排放情形，蒐集及累積本土化工程碳排放資訊，進而有效落實減碳策略、達成減碳目標。

「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程」(以下簡稱本工程)為推動南部地區公路路網建構，以彌補臺南地區西南角之路網缺口，促進地方發展，帶動經濟繁榮而辦理之計畫。因應公路總局推動工程碳管理構想，西部濱海公路南區臨時工程處(以下簡稱西濱南工處)特辦理本計畫，期望由本計畫之執行蒐集台灣西部濱海公路工程碳足跡與工程特性資料，再加上蘇花改計畫所得之台灣東部工程碳足跡資訊，使我國道路工程碳管理制度及碳排放參數資料更為完備。

## 1.2 計畫目標

本計畫為我國西部第一個推動道路工程碳足跡管理、盤查及取得查證聲明之案例，計畫整體構想及目標如圖 1.2-1 所示，並說明如下：



圖 1.2-1 本計畫整合構想及目標

- 一、首先於資料蒐集分析及制度建立課題，由國內外資料蒐集確認本計畫工程盤查輔導邊界、程序、內涵及制度；並由執行過程及經驗，協助訂定我國橋梁工程 CFP-PCR，提供國內橋梁工程碳足跡計算的一致標準。
- 二、而後於碳足跡盤查輔導及查證課題，經由實際盤查數據建立我國橋梁、鋪面維護修繕及拆除工程等活動資料；並由生命週期軟體、資料庫及材料供應商配合盤查提供之數據，建立我國工程碳足跡計算之本土化參數資料庫。相關資料取得及確認後，進一步量化本工程各標碳足跡；於工程完工後，經由查驗機構查證並取得碳足跡查證聲明書。
- 三、最後在資料加值應用課題部分，結合盤查輔導成果，由碳排放量與工程特性關連性瞭解工程碳足跡影響因子，研擬及執行減碳策略。計畫執行過程建立之資訊系統，將進一步與其他工程資料整合，以使我國道路工程碳足跡資訊完整。
- 四、整體計畫執行成果，將可供其他工程計畫於規劃設計階段進行排碳量或減碳量推估之參考，作為承包商條件設定要求及評選之參考。

## 1.3 工作範圍及項目

### 1.3.1 工作範圍

由上述計畫目標，本計畫工作內容包含：文獻資料蒐集與盤查制度建立、工程碳足跡盤查輔導、工程碳排放量彙整及碳匯變化量調查。其中文獻蒐集以國內外資料為範圍，盤查制度建立以本工程為範圍，並於計畫執行期間持續進行及修正；碳足跡盤查、排碳量彙整與碳匯調查三個項目，則以本工程 WH77-A、WH77-B、WH77-C 三標工程為範圍，目前各標皆已完工並完成查證及授證作業。工作範圍彙整如表 1.3-1，說明如後。

表 1.3-1 本計畫相關工作項目與工作範圍彙整表

工作項目	空間範圍	時間範圍	備註
文獻資料蒐集分析	國內外資訊	計畫執行期間持續進行	-
盤查執行計畫	本工程	計畫開始 2 個月內提交計畫書，而後持續修正	-
盤查輔導作業	WH77-A 標(含台 17 與市 173 路口改善工程)	101.01 ~ 104.05 (包含本計畫執行前資料補充)	西濱快速公路 WH77-A (297K+300 ~ 298K+613) 鹽埕交流道新建工程
	WH77-B 標	102.06 ~ 106.09	西濱快速公路 WH77-B (298K+613 ~ 302K+225) 七股溪橋段新建工程
	WH77-C 標	102.09 ~ 106.03	西濱快速公路 WH77-C (302K+225 ~ 305K+750) 九塊厝交流道新建工程
查證發證作業*	WH77-A 標	105.02.18 完成授證	1 張查證聲明書
	WH77-B 標	107.05.29 完成授證	1 張查證聲明書
	WH77-C 標	106.10.31 取得證書	1 張查證聲明書
	本工程(全部標別)	107.05.29 完成授證	加發 1 張查證聲明書
碳匯調查	分標(WH77-A、WH77-B、WH77-C)進行調查分析	工程及計畫執行期間持續進行	-
成果彙整	全計畫	最後一標工程取得查證聲明書後 3 個月內提報初稿	-

\*: 依據契約規定於取得第一個工程標案(WH77-A)及最後一個標案(WH77-B)查證聲明書後，分別於 105 及 107 年辦理公開授證儀式；WH77-C 標為配合竣工及查證作業期程，於 106 年取得證書；為使本工程全標別之係數引用及營運管理階段假設條件一致，本計畫於全工程完工後修正 WH77-A 標排碳量，加發 1 張本工程全標別之查證聲明書，並與 WH77-B 標一併授證。

- 一、**實際工程碳足跡輔導及盤查及查驗及查證**：西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程(以下簡稱本工程)路段內之三標工程所使用之產品(材料、半成品、成品及設備等)碳排放活動數據資料調查或收集，及各類施工活動碳足跡實際盤查、查驗及查證。
- 二、**計算工程碳排放總量**：經由實際碳足跡盤查結果，計算本工程計畫路段內三標工程碳排放總量。
- 三、**總體碳匯變化量調查**：調查本工程路段用地範圍內之總碳匯變化量。
- 四、**碳排放量評估及減碳成效成果報告**：由本計畫文獻蒐集與盤查制度建立、碳足跡盤查、推估及碳匯變化量調查結果，彙整本工程整體碳排放量及減碳成效總結報告，以完整呈現本計畫整體執行成果。

### 1.3.2 工作項目

依據招標文件之委託服務工作說明書內容，本計畫工作執行程序分四階段，各階段重點工作項目如下：

#### 一、分析及規劃準備階段

1. 撰寫工程碳足跡盤查執行計畫書
2. 盤查執行計畫書應經查證機關簽認

#### 二、輔導及盤查階段

1. 召開啟始會議
2. 辦理教育訓練
3. 工程使用之產品碳排放活動數據資料調查或收集
4. 進行現場訪查與輔導工作
5. 盤查結果之分期查驗(檢查)
6. 工程特性與碳足跡盤查結果分析
7. 資料庫建置、分析及維護
8. 撰寫進度報告書
9. 彙整各標年度碳足跡盤查清冊及完成預審程序
10. 召開座談會
11. 出席相關會議並提供技術諮詢

### 三、查證及發證階段

1. 撰寫各標工程碳足跡盤查總結報告、完成查證及發證程序
2. 辦理授證儀式

### 四、撰寫本工作成果報告書

## 1.4 計畫執行流程及方法

依據前述之計畫緣起、目標及工作項目，本計畫執行流程如圖 1.4-1；工作方法與執行構想說明如後。

### 一、盤查執行計畫書擬訂

參考國內外相關工程評估案例與執行內容，依據國際碳管理趨勢與碳足跡計算規範，建立本工程碳足跡盤查執行計畫書。內容載明本計畫進行碳足跡盤查輔導之標的、釐清物料清單與施工建造流程、確認盤查邊界與優先性，並建立盤查表單，作為輔導監造與各標承包商有效執行本工程碳足跡盤查之依據。

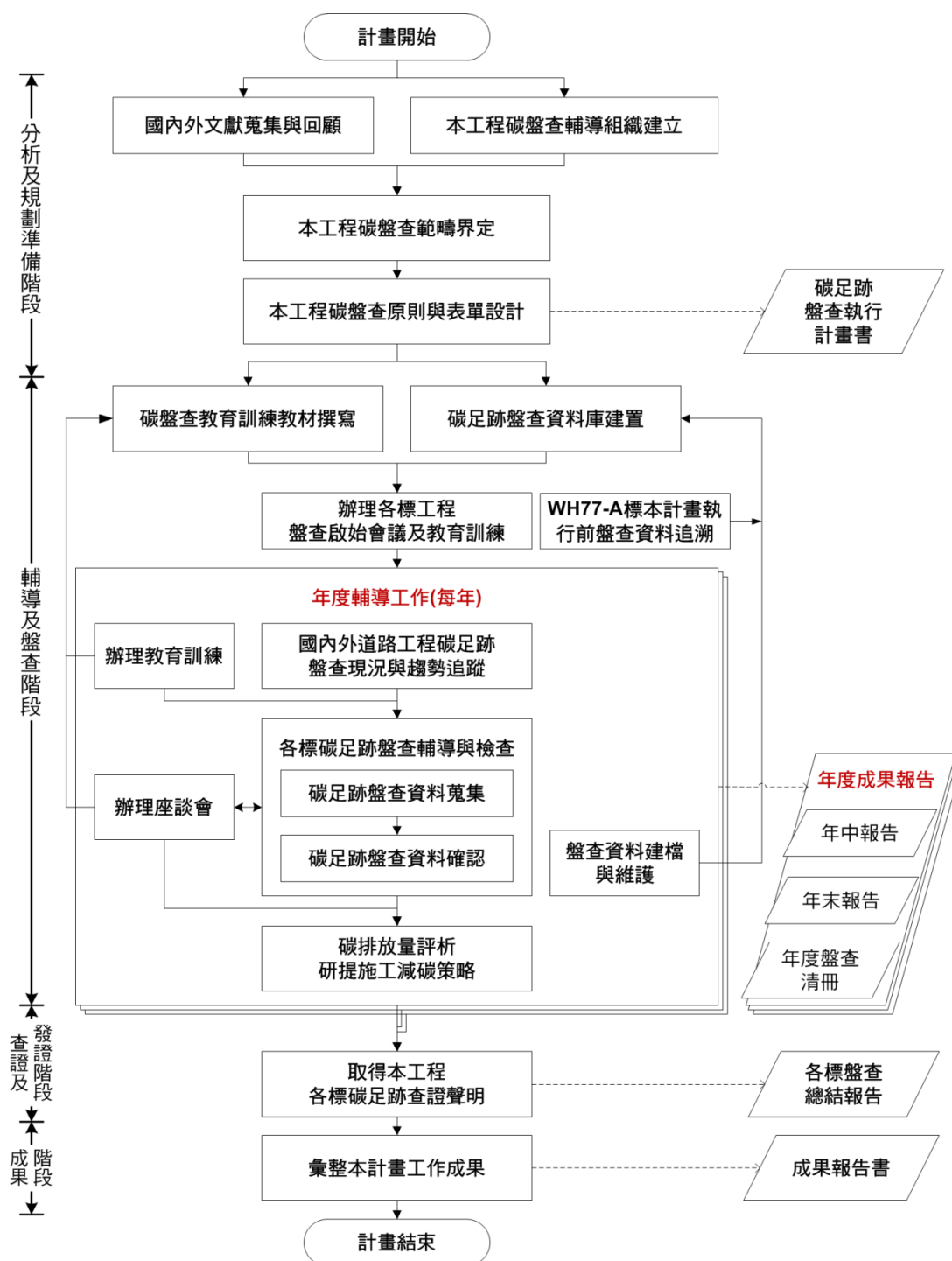
### 二、盤查輔導與資料處理

此階段為本計畫主要執行工作，碳足跡之量化將以排放係數法進行，即「排碳量 = 活動數據 × 排放係數」。其中活動數據之蒐集以工程施工之現場資料為主，排放係數則由本計畫進行蒐集及率定，而後進行碳足跡之量化。主要工作流程如後。

根據前述盤查執行計畫書所載之邊界與範疇等內容，本計畫在西濱南工處的指導下，配合工程施工時程，透過承包商進行各式碳排放活動數據蒐集、監造單位及輔導單位負責資料查核彙整、查驗機構逐月監督確認的方式，累積可用於碳足跡查證及減碳策略研析之各碳排放源活動量數據；過程中本計畫(包括輔導單位與查驗機構)定期及視需求不定期進行工區訪查。

配合活動數據蒐集的進度與狀況，依據碳排放源項目，蒐集、率定符合本計畫碳足跡查證所需之排放係數，並進行資料建置及歸檔；每年彙整完成年度碳足跡盤查清冊並由查驗機構預審，確保歷年調查結果；

而後於各標工程竣工後，彙總成為各標工程碳足跡盤查清冊及盤查總結報告書。



備註：「本工程」指「西部濱海公路八棟寮至九塊厝新建工程」

「本計畫」指「西部濱海公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作」

圖 1.4-1 本計畫執行流程圖



另本計畫執行前已開工之 WH77-A 標工程，自該標工程開工(民國 101 年 1 月 30 日)至本計畫開始執行盤查輔導工作(民國 101 年 11 月)期間之碳排放活動數據，本計畫亦追溯相關資料，以使該標工程之碳排放資料完整，符合查證聲明取得之要求。

盤查輔導結果結合工程進度，分析工程特性與碳排放量之關聯性；並由文獻及盤查結果研提減碳策略，供監造單位及承包商參考，執行減碳策略並彙整減碳成效。

盤查輔導工作執行過程中，本計畫持續蒐集國內外工程生命週期評估案例，關注標準及規範訂定狀況，並安排國際參訪，以利本工作執行狀況與國際接軌。

### 三、查證準備與發證作業

由本計畫(輔導單位)彙整各標工程碳足跡盤查清冊及盤查總結報告書，轉由第三方查驗機構執行查證及發證程序，並於第一張及最後一張證書完成後辦理公開授證儀式。

### 四、成果總結

於本工程各標工程皆完工並取得查證聲明後，彙整本工程全線碳足跡盤查輔導及碳匯變化調查結果，並併入本計畫執行過程中擬定之減碳策略與成效分析，彙整為成果報告書，以完整呈現計畫執行成果。

## 1.5 計畫進度及執行成果

### 1.5.1 計畫進度

本計畫工作期限自決標日(民國 101 年 10 月 16 日)起至驗收完成日止，其中除工程碳足跡盤查執行計畫書應於契約生效後 2 個月內提出外，其餘工作配合各標工程開工及竣工期限及機關書面通知後開始辦理。

依據委託服務工作說明書及各標工程實際施工期程，本計畫整體執行進度如圖 1.5-1。進度查核點及執行狀況說明如後。

工作項目	年 季 月	101年				102年				103年				104年				105年				106年				107年																																	
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.分析及規劃準備階段																																																											
(1)盤查執行計畫																																																											
2.輔導及盤查階段																																																											
(1)國內外文獻持續蒐集																																																											
(2)盤查輔導作業	WH77-A																																																										
	WH77-B																																																										
	WH77-C																																																										
(3)年度座談會																																																											
(4)年度教育訓練(視需要)																																																											
(5)資料庫建置與維護																																																											
(6)進度報告	年中																																																										
	年末																																																										
3.查證及發證階段																																																											
(1)碳足跡盤查總結報告																																																											
(2)查證/發證/授證																																																											
4.工作成果報告																																																											
工作進度估計百分比																																																											
查核點	第1季	1.提送年末進度報告書 2.提送A標碳足跡盤查清冊				1.提送年末進度報告書 2.提送各標碳足跡盤查清冊				1.提送年末進度報告書 2.提送各標碳足跡盤查清冊				1.提送年末進度報告書 2.提送B、C標碳足跡盤查清冊 3.提送A標盤查總結報告定稿				1.提送年末進度報告書 2.提送B、C標碳足跡盤查清冊																																									
	第2季																	提送C標盤查總結報告初稿				1.辦理B標授證儀式 2.提送B標盤查總結報告定稿																																					
	第3季	提送年中進度報告書				提送年中進度報告書				提送年中進度報告書 提送A標盤查總結報告初稿				提送年中進度報告書				1.提送年中進度報告書 2.提送C標查證聲明書				提送成果報告書初稿																																					
	第4季	提出盤查執行計畫書初稿																1.提送C標盤查總結報告定稿 2.提送B標盤查總結報告初稿				提送正式成果報告書及辦理計畫結束																																					

備註：※為報告提交時間；——為本計畫工作項目執行期程；■為座談會會議辦理時程，3場座談會皆已完成；□因計畫預定辦理之3場教育訓練皆已完成，103~106年度教育訓練不辦理；因計價之座談會共3場，依據104年度年中進度審查會議結論，第3次座談會於105年度辦理。★表示查證聲明書授證典禮辦理時間，2場授證典禮皆已完成。

圖 1.5-1 本計畫執行進度圖

- 一、於民國 101 年 11 月 22 日提出工程碳足跡盤查執行計畫書初稿(依據契約規定，原提報期限為 101 年 12 月 16 日，經由民國 101 年 11 月 5 日本計畫工作執行說明會議決議，調整提送日期至 11 月 23 日)，經審查後於 102 年 2 月完成正式盤查執行計畫書之核定。
- 二、自民國 102 年起，於每年 1 月底前提出前一年度年末進度報告書，每年 7 月底前提出該年度年中進度報告書。共提交 101、102、103、104 與 105 年度年末進度報告書及 102、103、104、105 與 106 年度年中進度報告書。
- 三、自民國 102 年起，於每年 3 月底前提出前一年度各標年度碳足跡盤查清冊及預審結果報告。於 102~104 年提交 WH77-A 標、103~106 年提交 WH77-B 及 WH77-C 標前一年度之碳足跡盤查清冊及預審結果報告。
- 四、於各標竣工後 3 個月內，以書面提出可供查證之工程標案碳足跡盤查總結報告書初稿，並進行後續查證程序。分別於 104 年 8 月、106 年 12 月及 106 年 6 月提交 WH77-A、B 及 C 標之碳足跡盤查總結報告書初稿，並於各標取得查證聲明書後 1 個月內，提交各標碳足跡盤查總結報告書定稿。
- 五、於查證單位製作完成第一個工程標案及最後一個工程標案查證聲明書後，1 個月內辦理公開授證儀式。分別於 105 年 2 月及 107 年 5 月辦理 WH77-A 標及 WH77-B 與本工程全標別查證聲明書之公開授證儀式。
- 六、於本工作執行之最後一個標案取得查證聲明書後 3 個月內，以書面提送本工作成果報告書初稿。後一個標案取得查證聲明書為 107 年 5 月，於 107 年 8 月提交成果報告書初稿，於 107 年 10 月提交正式成果報告書。

## 1.5.2 執行成果

依據招標文件之委託服務工作說明書之預期成果項目，本計畫執行成果說明如後：

### 一、建立道路工程生命週期碳排放量推估基準及施工期間盤查作業程序

道路工程的生命週期涵蓋施工建造及營運管理階段，本計畫參考國內外碳足跡標準、工程案例及國內工程發包特性，完成我國道路工程生

命周期排碳量推估基準及施工期間盤查程序建立，相關內容詳本計畫正式工程碳足跡盤查執行計畫書。以下概要說明主要重點。

### (一) 施工建造階段盤查內容及重點

施工建造階段執行盤查作業，蒐集包括工程材料使用、機運具使用、水電使用、運輸及廢棄物處理等資料，並以線上系統填報及保存佐證資料。

為提升數據品質及建立本土化資料，並進行多項大宗工程材料供應商盤查，產出水泥、預拌混凝土、鋼筋、瀝青混凝土及預力鋼腱碳足跡；此外，工程中各式組合材料如盤支、剪力鋼箱及預力端錨材料等，亦有相關碳足跡係數成果。詳報告 3.6 節。

### (二) 營運管理階段計算重點及原則

營運管理階段亦為道路排碳量推估重點項目，本計畫根據 105 年度座談會結論，參考本工程路段(台 61 線)的養護單位提供之維護/重置頻率，以及營運設備壽命與文獻值，進行維護/重置階段之條件設定；另亦依據營運設備之功率設定操作條件，作為排碳量推估基準。本工程相關營運管理階段之條件設定詳報告 3.5 節。

### (三) 盤查作業程序

本計畫工程碳足跡盤查推動架構包含：主管方(工程主辦機關)、輔導/查證方及工區方。由主管方督導整體碳管理工作之執行，輔導/查證方則包括協助工程承包商盤查輔導及進行碳足跡查證兩單位，工區方則為與工程主體建造具直接關係之工區監造單位及承包商(含其協力廠商，統稱承包商)。

本計畫於各標工程開工後，由承包商蒐集、彙整與排碳量相關之工程活動數據(含協力廠商所進行之工作及供應商應提供之資料)，並將資料建檔保存，依據輔導單位提供資料庫系統及表單內容，定期提報相關資料予監造單位。監造單位進行承包商提報資料之初步查核及評析，確認是否與工程現場執行狀況相符。並協助輔導單位查核、催繳承包商應提報資料。相關盤查作業內容與表單詳本計畫正式工程碳足跡盤查執行計畫書。

## 二、完成本工程施工期間碳足跡盤查作業

本計畫配合各標開工期程，進行各標之盤查輔導作業，相關作業執行情形及排碳量計算結果詳本報告第三章及第四章。主要工作成果說明如下：

### (一)相關會議辦理

配合各標開工期程，辦理 3 場啟始會議及 3 場教育訓練，啟動各標碳盤查工作，確保承包商碳盤查執行人員及監造人員具備專業能力，進行資料蒐集及檢核工作。

並依據計畫擬定議題及需求，辦理 3 場座談會，主題包括 102 年之「盤查實務與橋梁工程碳足跡產品類別規則之發展」、103 年與其他碳管理計畫共同舉辦之「公路工程碳管理制度及實務研討會」，及 105 年度之「營運階段之碳足跡盤查邊界與範疇界定」與「我國橋梁、道路碳足跡產品類別規則修訂建議」。

### (二)例行性盤查輔導作業

施工期間盤查輔導工作配合承包商資料蒐集及彙整時間，本計畫至少每半個月執行盤查及佐證資料檢核，確保資料之有效性；另每月至工區現場進行現場輔導，除與承包商溝通外，並視需要協助輔導協力廠商、供應商及機具設備供應商，以使資料蒐集完備，並符合查證聲明取得需求。

另本計畫亦依據計畫執行狀況、承包商及監造需求，持續調整表單及資料庫內容，進行排放係數資料建置等工作。

### (三)擴大盤查邊界及非常駐機具油耗率調查

本工程各標有使用同一供應商之相同機具(移動式起重機)，本計畫請供應商配合提供該公司所有油單及出工記錄進行擴大盤查。同時依據機具於各標工程之工作時數，進行排碳量之分配，確保資料之正確性。

另部分非常駐於工區且無法蒐集有效油單之機具，則以短期調查方式蒐集油耗率，作為用油量推估基準，包括混凝土泵送車、樁頭打除等。

另混凝土拌合廠亦配合提供用油量及全廠之出料量，用以推估單位混凝土運輸之用油量，瀝青混凝土之運輸則以施工期間蒐集之油耗資料作為油耗率推估基準，鋼筋廠則由其運輸公司提供自行彙整之油耗率資料，相關數據皆為本計畫作為排碳量計算之依據。

前述工作之執行，皆使本標工程碳足跡盤查之準確性提升，並可建立本土化機運具油耗參數，展現本工作執行之成效。

#### (四)常駐機運具油耗及工項單位能耗產出

本計畫藉線上填報方式蒐集每日機運具及運輸的活動數據，產出機運具油耗及運輸油耗參數，包含吊車、吊卡車、挖土機、壓路機、平路機等。

並於各標工程完工後，進一步彙整工區整體能資源使用狀況，統計各工項單位能耗值及單位構件排碳量。(三)及(四)項成果產出之相關參數彙整於 4.1 及 4.3 節。

#### (五)供應商現場訪查與資料彙整

為提升各標工程一級數據之比例及建立本土化工程材料碳足跡係數，本計畫與預拌混凝土廠、鋼筋廠、水泥廠、瀝青混凝土廠及預力鋼腱製造廠取得聯繫，進行廠區現訪及資料提供協商；鋼筋及水泥資料由查驗機構進廠查核，預拌混凝土、瀝青混凝土及預力鋼腱則由查驗機構於年度查核及各標查證時確認，相關成果詳本報告 3.6 節。產出結果建議可進一步提供予環保署碳足跡係數資料庫，供其他工程使用。

根據上述本計畫已產出之工程材料碳足跡、施工油耗參數及營運管理階段推估成果，可作為後續相關工程碳排放量推估基準及參考。

### 三、取得本工程各工程標案之碳足跡查證聲明書

本計畫配合工程竣工期程，彙整各標總結報告及清冊供查驗機構進行查證，各標皆已完成碳足跡查證作業，並分別於 105~107 年間取得查證聲明書。由於碳足跡國際標準 ISO 14067 尚在發展中，故本工程各標及整體工程皆取得包括符合 ISO/TS 14067 與 PAS 2050 兩種標準之 2 張產品碳足跡查證聲明書。查證聲明書取得日期詳本報告表 3.1-1。

#### 四、建置本土道路工程施工階段碳足跡計算參數資料庫

根據前述第一項道路碳排放量推估基準及本計畫調查結果，本計畫已建置施工過程之工程材料碳足跡、機運具油耗、大宗材料運輸油耗及各工項單位排碳量參數，詳細成果詳本報告 3.6、4.1、4.3 節，並彙整參數結果於 6.1.2 節。

#### 五、本工程碳排放量解析

根據本計畫施工期間盤查、營運管理階段及碳匯估算結果，彙整各標及整體工程生命週期碳排放量及功能單位排碳量如表 1.5.2-1。整體工程排放量總計為 351,365.46 tonCO<sub>2</sub>e，各別標別之排碳量與工程規模有關；跨河段因功能需求，單位排碳量較主線稍高；匝道因為規模較小，故單位排碳量較低。

另進一步解析排碳量來源如表 1.5.2-2 所示。橋梁工程以施工建造階段為主要排碳源，約占全生命週期排碳量 90% 以上；而施工建造階段以工程材料使用為主要排碳量來源，以整體工程而言，工程材料排碳量約占施工建造階段 93%。另以生命週期 50 年計算整體工程平均年排碳量為 7,027.31 tonCO<sub>2</sub>e/年，整體工程碳匯量為 385 tonCO<sub>2</sub>e/年。各標詳細之排碳特性詳本報告第三章及第四章。

**表 1.5.2-1 本工程各標及整體工程碳足跡及功能單位排碳量彙整表**

項目		WH77-A	WH77-B	WH77-C	本工程
排碳量(tonCO <sub>2</sub> e)		78,920.56	155,600.78	116,844.12	351,365.46
功能單位 排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e/km)	主線- 陸上段	52,164.79 (11.4×2~23.56+13.45)	41,610.00 (11.4~26.3)	36,571.99 (11.4~44.5)	49,463.14
	主線- 跨河段	-	62,084.40 (20)	-	62,084.40
	匝道	15,879.18 (7.5)	-	15,296.11 (7.5)	15,753.53

備註：( )表示路寬，單位 m。

表 1.5.2-2 本工程各標及整體工程碳排放量解析

項目		WH77-A 標	WH77-B 標	WH77-C 標	本工程
施工建造 階段	工程材料	65,590.27	134,301.04	103,104.16	302,995.47
	機運具	1,727.75	4,188.67	2,922.61	8,839.03
	運輸	2,637.87	4,335.34	3,165.78	10,138.99
	工程管理	386.18	920.07	839.33	2,145.58
	其他	12.06	33.35	166.89	212.30
營運管理階段(50 年)		8,566.43	11,822.31	6,645.36	27,034.10
總計(tonCO <sub>2</sub> e)		78,920.56	155,600.78	116,844.12	351,365.46
平均年排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e/年)		1,578.41	3,112.02	2,336.88	7,027.31
碳匯(tonCO <sub>2</sub> e/年)		75.05	309.95		385.00

備註：其他為工區人員化糞池逸散及廢棄物

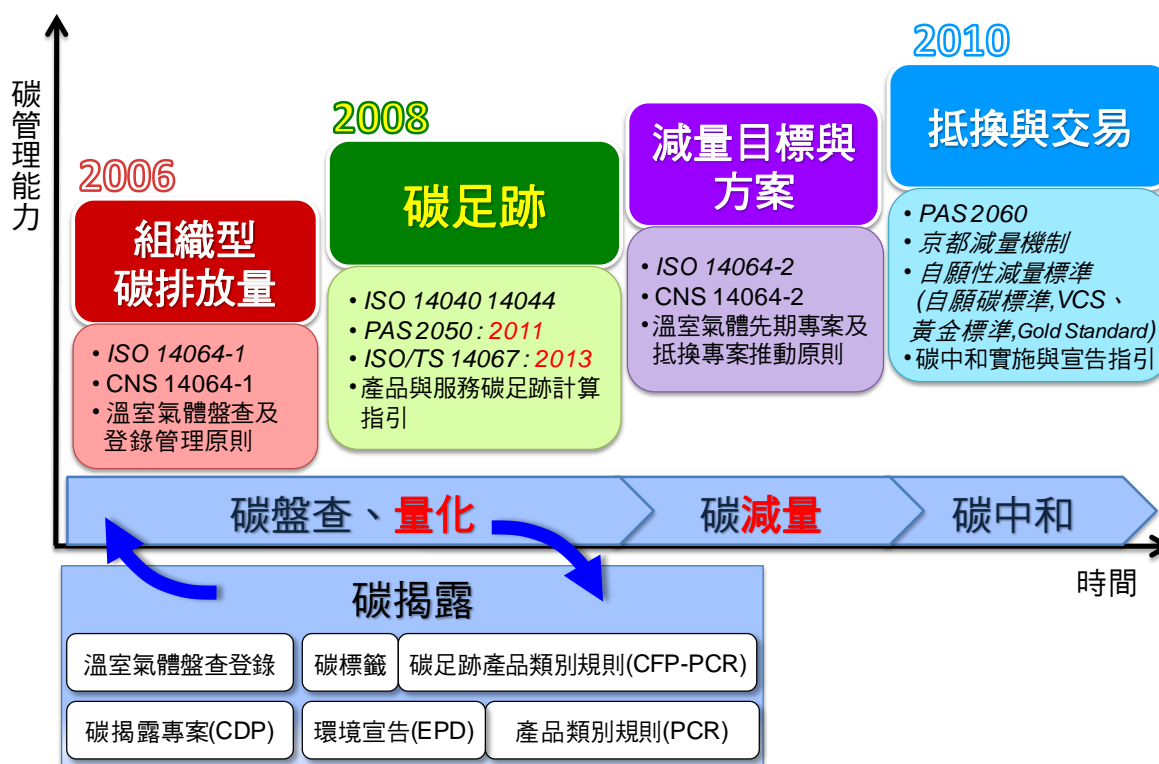
#### 六、建議本工程施工期間減碳作為及展現整體工程減碳成效

本計畫蒐集工程管理及減碳措施相關文獻資料，並提出工區減碳措施建議，提供承包商施工時參考；亦於報告中說明本計畫對於減碳措施應用之情形。在減碳效益部分，由於混凝土排碳量在本工程各標中占有一定之比例，本計畫依據混凝土中水泥、飛灰及爐石粉之實際用量，計算以飛灰及爐石粉替代水泥之減碳量；比較工區鋼筋加工場之場電及一般機具燃料使用排碳量差異，確認工區使用場電之減碳效益；考量本工程瀝青混凝土採用當地材料，其運輸距離縮短之減碳效益；比較加勁擋土牆與傳統 RC 結構擋土牆之排碳量，評估加勁擋土牆之減碳效益；評估本工程完工後，對於整體交通量之減碳量。相關成果詳本報告第五章。



## 第二章 道路工程整體碳管理發展評析

自 1992 年聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)通過後，各國政府與民間組織持續推動溫室氣體減量與能源管理相關措施。目前國際間碳管理趨勢可以圖 2.1-1 表示；整體發展係由圖左之組織型碳盤查管制開始，再逐漸將盤查的範圍擴展至相關供應鏈，重視產品與服務碳足跡，以掌握完整生命週期之溫室氣體排放。除進行碳排放量化外，另可透過碳揭露方式公開組織或產品與服務之碳排放資訊，作為社會溝通、訂定減量目標與減量承諾的基礎。



註：斜體字為國際規範或制度。

圖 2.1-1 國際碳管理趨勢

工程碳管理係以生命週期之概念進行，本計畫亦以碳足跡觀點推動道路工程碳管理與盤查。自 2008 年英國 PAS 2050 碳足跡標準公佈，國內外關於碳足跡標準、工程碳管理政策及個案研究皆持續進行中，如表 2-1 所示。以下簡要說明本

計畫歷年年度報告中所介紹之標準、規則及工程碳排放計算之發展，作為後續其他計畫之執行參考。

表 2-1 碳足跡標準及國內外工程碳管理發展

年度	碳足跡標準	國際工程碳管理發展	國內工程碳管理發展
2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PAS 2050 : 2008(英國)</li> <li>▪ ISO 14067 草案</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>哥倫比亞跨河工程計畫碳排放評估(美國)</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 永續能源政策綱領</li> <li>▪ 永續公共工程-節能減碳政策白皮書</li> </ul>
2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ TS Q0010(日本)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 重大工程碳管理計畫(英國)</li> <li>▪ 施工溫室氣體減量潛勢(美國)</li> <li>▪ <u>米克勒姆道路碳排放量評估(澳洲)</u></li> <li>▪ <u>再生瀝青道路鋪面工程碳排放量研究(日本)</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 振興經濟擴大公共建設投資計畫落實節能減碳執行方案</li> </ul>
2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 營建 PCR 基本模組(瑞典)</li> <li>▪ 產品與服務碳足跡計算指引(我國)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 工程計畫碳足跡計算器(英國)</li> <li>▪ 交通運輸工程溫室氣體減量策略(美國)</li> <li>▪ <u>道路工程全生命週期碳足跡計畫(ADB)</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 節能減碳總計畫</li> <li>▪ 節能減碳設計參考原則(各部會)</li> <li>▪ 開發行為溫室氣體排放增量評估及抵換規劃(環保署)</li> </ul>
2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PAS 2050 : 2011(英國)</li> <li>▪ WRI/WBCSD 產品生命週期計算與報告標準</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 永續道路工程生命週期溫室氣體衝擊評估之參考工具(美國)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 交通運輸工程碳排放量推估模式建立與效益分析之研究*(運研所)</li> <li>▪ <u>公路工程碳管理架構發展及蘇花改碳排與減碳效益試算*(公路總局)</u></li> </ul>
2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EN 15804 永續營建工程-環境宣告-營建產品產品類別的核心規則(歐盟)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 營建業碳管理議定書(歐洲 ENCORD)</li> <li>▪ 工程計畫碳排放協議(美國)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 公共工程綠色減碳指標(工程會)</li> <li>▪ <u>蘇花改*、西濱南*及南迴工程計畫碳管理作業(公路總局)</u></li> </ul>
2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ISO/TS 14067</li> <li>▪ 道路 PCR(瑞典)</li> <li>▪ 橋梁及高架道路 PCR(義大利)</li> <li>▪ 營建產品 PCR(BRE)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>道路工程環境宣告(西班牙)</u></li> <li>▪ <u>鐵路橋梁工程環境宣告(西班牙)</u></li> <li>▪ <u>NSC 路網生命週期碳足跡(南非 8 個國家)</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 公共工程碳排放估量試辦作業(工程會：道路*、防洪、水資源、下水道*、建築、水土保持*工程)</li> <li>▪ 產品碳足跡係數發展(環保署)</li> <li>▪ 橋梁碳足跡 e 化系統(公路總局)</li> </ul>
2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 道路 CFP-PCR(我國)*</li> <li>▪ 橋梁 CFP-PCR(我國)*</li> <li>▪ 隧道 CFP-PCR(我國)*</li> <li>▪ 碳足跡產品類別規則訂定、引用及修訂指引(我國)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 建築產品碳標籤計畫(香港)</li> <li>▪ 紐澤西州溫室氣體計算器(美國, GASCAP)</li> <li>▪ 道路基礎建設計畫工具(蘇格蘭, RIPT)</li> <li>▪ 聯邦公路局基礎建設排碳量評估工具(美國, FHWA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>國道 5 號頭城交流道碳排放量推估作業*(高公局)</u></li> <li>▪ <u>西濱北溪江大橋碳管理作業(公路總局)</u></li> </ul>

年度	碳足跡標準	國際工程碳管理發展	國內工程碳管理發展
		<ul style="list-style-type: none"> <li>複合橋梁工程環境宣告(瑞典)</li> </ul>	
2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築 CFP-PCR(我國)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>人行及自行車行橋梁工程環境宣告(瑞典)</li> <li>道路建造及維護碳排放量計算器(英國公路局)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>國道4號臺中環線豐原潭子段碳排放量推估作業*(國工局)</li> <li>溫室氣體減量及管理法</li> </ul>
2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>PAS 2080 : 2016(英國)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路建造及維護碳排放量計算器(英國公路局)-改版</li> <li>「公路設計、建造及維護」之綠色採購準則 (歐盟)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>碳足跡應用於快速公路地工合成材料之研究*(公路總局)</li> <li>國道5號頭城交流道碳足跡盤查作業*(高公局)</li> <li>臺1線潮州高架橋碳足跡盤查作業(公路總局)</li> <li>台鐵朝枋段碳足跡盤查作業(鐵工局)</li> </ul>
2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>瀝青混凝土 PCR(美國)</li> <li>道路 CFP-PCR(我國)*</li> <li>橋梁 CFP-PCR(我國)*</li> <li>隧道 CFP-PCR(我國)*</li> <li>我國 CFP-PCR 改版</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>國道4號臺中環線豐原潭子段碳排放量盤查作業*(國工局)</li> </ul>
2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路 PCR(瑞典)-改版</li> <li>橋梁及高架道路 PCR(義大利)-改版</li> <li>ISO 14067 : 2018</li> </ul>		

備註：正體字為標準或政策發展，斜體字為道路工程之個案研究，國內工程碳管理發展案例僅表列交通工程。\*為中興公司執行。

## 2.1 碳足跡盤查規範及計算指引發展

碳足跡(Carbon Footprint)之所以成為當前排碳量評量與削減的重要評估項目，主要是為了以污染者付費的觀念、釐清排碳量歸屬問題。英國(Wiedmann and Minx, 2007)對於溫室氣體排放來源的一項調查顯示，1992年至2004年間，其全國溫室氣體排放量雖下降5%，但若加入消費所導致的間接溫室氣體排放量，則其排放量反而增加18%。為此，開始有以結合生命週期與碳排放量評估、釐清產品或活動全生命週期的溫室氣體排放量的方式，即所謂碳足跡的考量檢視污染者與排放源，透過系統性關連供應鏈碳排放量的方式，掌握實際排放狀況、有效促成節能減碳。

### 2.1.1 碳足跡盤查規範發展

目前國內外公告與碳足跡相關之標準與其發展期程如圖 2.1.1-1。

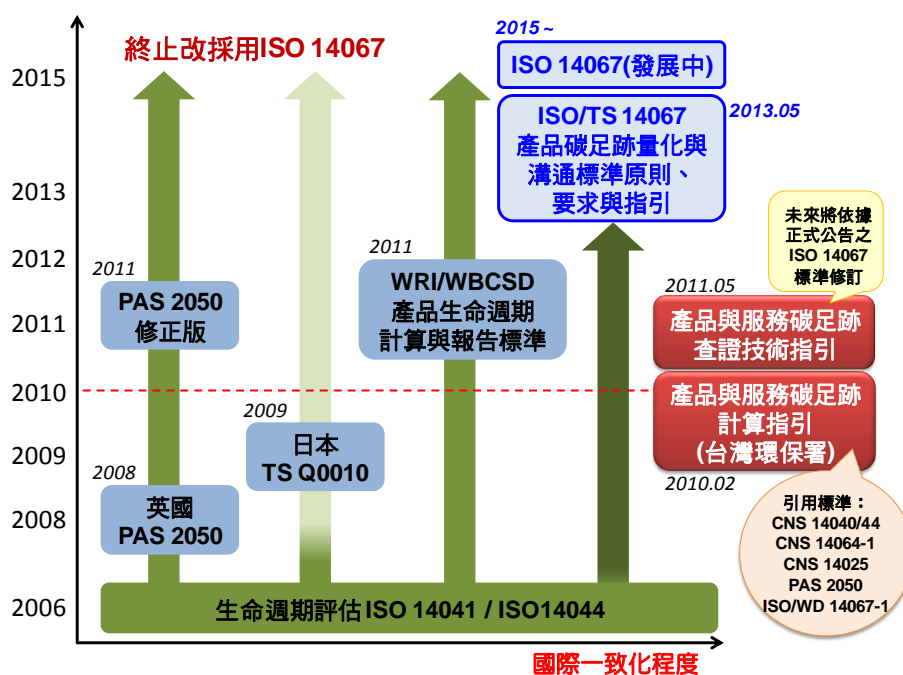


圖 2.1.1-1 碳足跡相關標準發展進程示意圖

2008年英國標準協會(BSI)、碳信託(Carbon Trust)和英國環境、食品與農村事務部(Department for Environment, Food and Rural Affairs, Defra)聯合發佈 PAS 2050 商品和服務生命週期溫室氣體排放評估規範(Specification for

the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services) , 其定位屬於公開可取得規範(Publicly Available Specification) , 為英國國家標準或國際標準制訂前的暫行性標準, 並於 2011 年 10 月份參考碳足跡國際標準草案(ISO 14067 (DIS)) , 推出 PAS 2050 : 2011 , 作為國際標準通過前, 與未來的國際標準不至於差異過大的碳足跡評估參考標準。

PAS 2050 的內容重點與準則規範彙整如表 2.1.1-1 , 其特色在於以標準化的方法, 作為產品和服務之生命週期溫室氣體排放量的內部評估依據, 並在產品和服務生命週期溫室氣體排放基礎上, 輔助評估替代產品之配置、採購和生產方法、原材料和供應商的選擇, 提升評估結果的可信度及可比較性。目前國際間推動產品碳足跡查證與規範之制定, 主要即參考 PAS 2050 而訂, 該指引亦為國際標準化組織制定產品碳足跡標準(ISO 14067)之重要參考。

**表 2.1.1-1 PAS 2050 準則摘要說明**

內容重點	準則內容
適用對象	適用於所有產品與服務
計算對象	IPCC所列之溫室氣體, 包括: CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , HFEs, CFCs, HCECs, PFPE, 含溴的鹵化烴類(海龍)、碳氫化合物及其他
計算範疇	Cradle to Grave(搖籃至墳墓)及Cradle to Gate(搖籃至大門)
引用標準	ISO 14040、ISO 14044 (生命週期評估原則與框架) ISO 14064 (溫室氣體排放與減量) 其他補充要求文件(如: ISO 14025 環境宣告之產品類別標準)
計算方式	特定活動碳足跡 = 活動強度(體積、耗能量、燃料用量、距離、時間等) × 排放係數(每單位活動之二氧化碳當量排放量)
數據要求	遵照ISO 14044, 包含: 時間、地理特性、技術規範、正確性、精確度、完整性、一致性、再現性、資料來源
分配方法	1.區分各製程細項; 2.擴充系統範圍; 3.按比例分配(經濟價值、產品貢獻量等)
溝通方法	1.獨立第三者查證; 2.經其他人查證; 3.自行查證

除了英國訂定 PAS 2050 標準外, 其他以碳足跡為考量建立生命週期碳排放量評估方法與準則的國家還包括: 日本於 2009 年公布依據產品碳足跡評估與標示之一般原則所訂之技術規範(TS Q0010); 我國環保署於 2010 年

公告產品與服務碳足跡計算指引，加強國內產業界推動產品與服務碳足跡盤查，並於 2011 年公告產品與服務碳足跡查證技術指引，作為查驗機構或業者自身進行內部查證作業之參考，以提升國內碳足跡評估結果之品質。

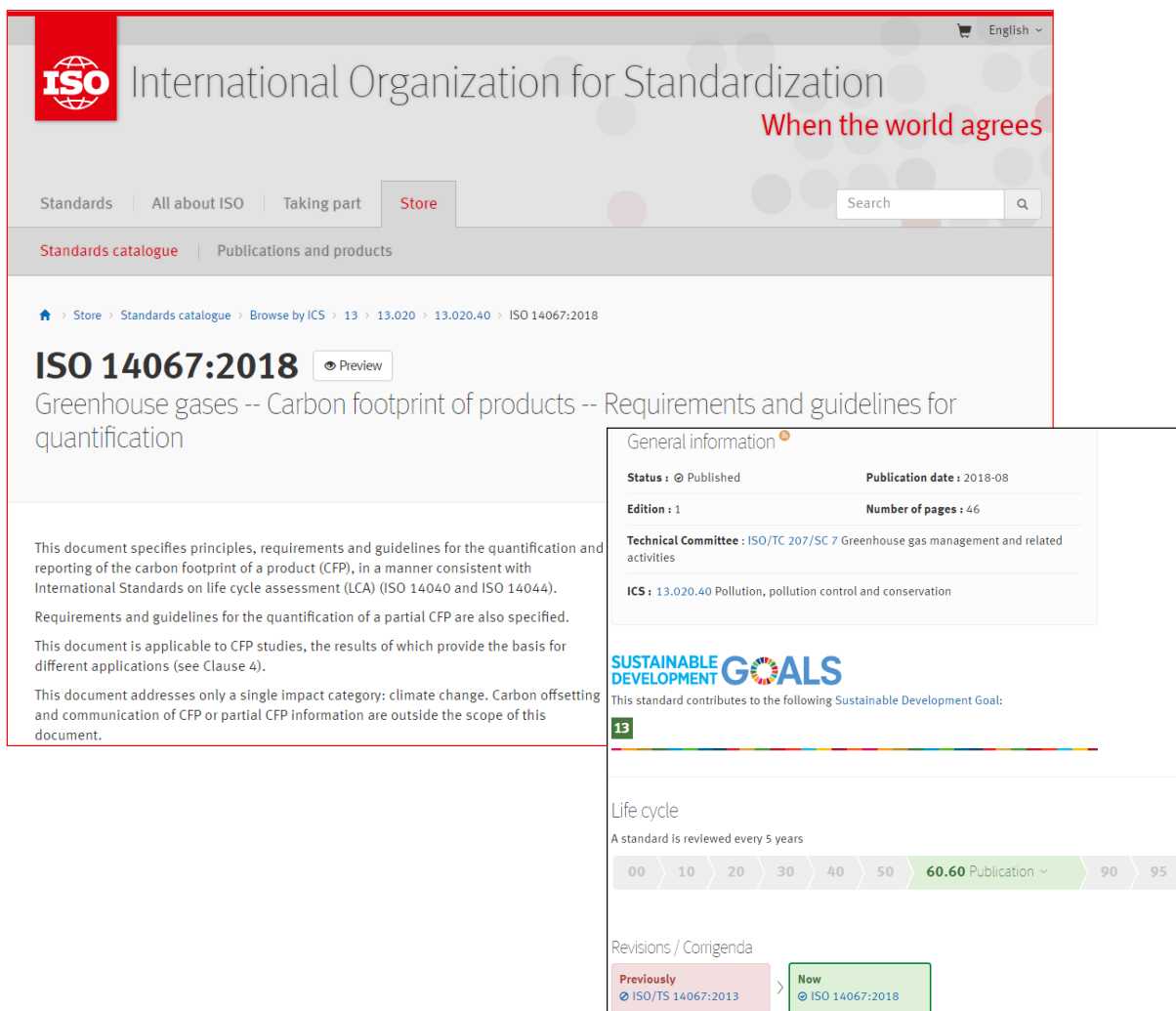
世界資源協會(WRI)與世界永續發展商業委員會(WBCSD)在 1998 年共同發起溫室氣體盤查議定書倡議行動(GHG Protocol Initiative)，並在 2001 年公布企業溫室氣體會計與報告標準，亦於 2011 年 10 月同時推出產品生命週期會計與報告標準(The Product Accounting & Reporting Standard)及企業供應鏈(範疇三)會計與報告標準(Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard)，同時將以產品和企業為主體的其他間接排放源納入為企業組織溫室氣體盤查議定書標準(GHG Protocol standards)的補充條款，擴大全球企業組織進行碳排放量評估時的考量範圍。

國際碳足跡標準(ISO 14067)於 2012 年開始發展，在成為國際標準草案(DIS 版)後一直未能通過進入核准階段(FDIS 版)。而後，國際標準組織於 2013 年 5 月 21 日以技術規範(Technical Specification，縮寫為 TS)的型式，公告 ISO/TS 14067：2013「產品碳足跡量化與溝通標準原則、要求與指引(Greenhouse gases - Carbon footprint of products -Requirements and guidelines for quantification and communication)」，為當時國際上最新的碳足跡評估準則，亦可以此標準作為碳足跡發證之依據。但技術規範並非正式標準，需要定期檢討、複審，以確定是否持續有效、修訂為正式標準或作廢終止，正式標準之公告仍有其需求。

依據 ISO 網站資訊，2015 年起國際組織已啟動將 ISO/TS 14067 朝向正式標準發行之程序，於 2018 年 8 月 20 日公告為正式國際標準 ISO 14067:2018，如圖 2.1.1-2。相較於 ISO/TS 14067:2013，ISO14067:2018 更新的主要內容如下：

- 一、 產品碳足跡溝通準則、要求及指引納入 ISO 14026。
- 二、 碳足跡查證過程準則、要求及指引納入 ISO 14064-3。
- 三、 刪除產品類別規則內容(原 6.2.2 節)，產品類別規則制定準則、要求及指引納入 ISO/TS 14027。
- 四、 生質碳排放與移除應包含在碳足跡計算並分開報告，包含生質碳種植、

- 生產及採收。
- 五、 電力排放係數應引用供應商之特定生命週期數據。
- 六、 修正名詞定義與 ISO 14040 系列一致。
- 七、 新增名詞：碳足跡系統方法、全球溫度變化潛勢(GTP)、宣告單位(適用部分碳足跡 Partial CFP)及關注區域等。



資料來源：ISO 國際組織網站，2018，<https://www.iso.org/standard/59521.html>。

圖 2.1.1-2 ISO 14067 發展現況

## 2.1.2 碳足跡盤查準則：產品類別規則

### 一、ISO 14025

由表 2.1.1-1 PAS 2050 所引用之標準中可看到一項：ISO 14025；這個標準不僅在英國碳足跡標準中被提及，在各個碳足跡相關標準中皆有相關表述。為釐清產品環境宣告及產品類別規則的目的、使用方式及在進行碳足跡評估時如何應用，就 ISO 14025 內容進行簡要說明如下。

ISO 14025 第三類環境宣告(Environmental Labels and Declarations - Type III environmental declarations - Principles and Procedures)係指由供應商提供、經獨立性確認之量化的環境生命週期產品資訊。此類宣告的目的在於提供消費者一產品完整(生命週期中)的環境衝擊或影響資訊，幫助消費者能夠自行選擇最環保之產品。依據 ISO 14025 之規定，廠商要申請進行第三類環境宣告(Environmental Product Declaration, EPD)時，必須依據該項產品的產品類別規則(Product Category Rules, PCR)進行數據之蒐集與宣告。因此，第三類環境宣告的過程可分為兩部分，首先為 PCR 的驗證，再者才是 EPD 的確認及宣告。

ISO 14025 的設計精神在於：經過認定且相同的評估方法所產生出來的生命週期數據，才具有一定的比較性及正確性。故訂定並驗證 PCR 的功能在於：規範一個或多個產品類別發展 EPD、進行生命週期環境衝擊評估的過程與內容所應遵循的一組特定規則、要求與指引。如此，則可確保基於相同的產品類別規則、分別提出其環境宣告的不同產品，其所提報告才具備「可比較性」，也才能滿足產品環境宣告作為消費者進行產品選擇之參考資訊的目的。

同理，碳足跡是一項服務或一個產品的全生命週期碳排放量評估結果，惟有此結果具備可比較性，才能作為消費者選擇產品或製造商對於產品進行減碳設計的依據。因此，在碳足跡計算規範中要求引用 ISO 14025 標準，是在強調同類產品或服務應依據一致的規則；即以 PCR 進行產品系統邊界界定、量化產品碳足跡具一致原則，以確保碳足跡資訊揭露能如同 EPD 一般，具有應用的價值與意義。



## 二、各規範或指引系統邊界設定之產品類別規則要求

綜整前小節所回顧之國內外碳足跡評估規範或指引中，在系統邊界界定時應參考產品類別規則的論述如表 2.1.2-1。

**表 2.1.2-1 國內外碳足跡規範於邊界界定應參考 PCR 之論述**

碳足跡規範	PAS 2050	TS Q0010	ISO/TS 14067	環保署 產品與服務碳足跡計算指引
系統邊界界定論述內容	<p>第一優先：依據 ISO14025:2006 發展之產品類別規則(PCR)。</p> <p>第二優先：選定之系統邊界應明確告知。</p> <p>2011 年版 4.3 補充要求強調：碳足跡不僅應依循產品類別規則，還應廣納既存相關規範為參考準則。</p>	<p><b>依據產品類別規則(PCR)界定。</b></p>	<p>凡存在相關且<b>依據 ISO 14025 所發展之 PCR</b>與此標準之要求一致，且在系統邊界、模組性、分配與數據品質等各方面被認為合適，<b>應參採該 PCR。</b></p>	<p>凡存在與考慮中產品相關且依據 CNS 14025 所發展之產品類別規則，而該 PCR 系統邊界與本條款建立之系統邊界互不衝突，該 <b>PCR 所詳述之系統狀況應構成此產品的系統邊界。</b></p> <p>若無 PCR，該產品的系統邊界根據 5.4.2 節系統邊界的基本程序應清楚定義。</p>

### 2.1.3 工程產品類別規則基本模組

2010 年 11 月國際產品環境宣告系統公告初次營造(CPC53: Constructions)及營造服務(CPC54: Construction Services)產品類別規則基本模組，並於 2013 年 10 月進版更新；伴隨前述產品類別規則模組的檢討更新，近期在營造類別之下，又陸續推出的主要是交通運輸基礎建設相關產品類別規則，包括：道路及橋梁與高架道路等。

由最上層的產品類別規則基本模組看起，International EPD® System 所公告的營造(CPC Division 53: Constructions)產品類別規則基本模組主要將評估內容劃分為上游模組、核心模組及下游模組三個區塊，如圖 2.1.3-1 所示。上游模組應列入評估的程序包括原料開採、回收料再生及原料運輸等；

下游模組則應包含設施供應予使用者的運輸程序、生命週期期間的操作、維護及部分重建程序，以及生命週期末端的處置程序等。而其中最重要的核心模組邊界，則是先簡要以設施之建造、組合程序，建造組合過程中產出的廢棄物的處置，以及區內或區外運輸等表示。

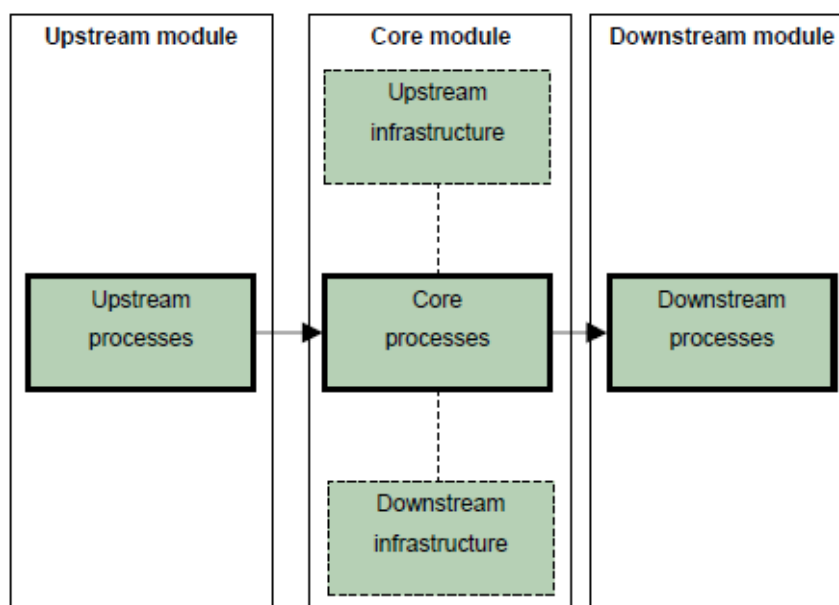


圖 2.1.3-1 營造產品類別規則基本模組邊界界定示意圖

承續國際間對於建立營造構造物及活動相關產品類別規則的探討，瑞典交通部自 2010 年 2 月起，即致力於運輸工程相關之產品類別規則之研擬；其最近期提出之產品類別規則發展構想如圖 2.1.3-2 所示。其中，圖中以深色色塊呈現的三份文件，包括：運輸工程產品類別規則基本模組(PCR Basic Module for Transport Infrastructure)、道路工程產品類別規則(PCR for Road Infrastructure)及軌道工程產品類別規則(PCR for Railway Infrastructure)。

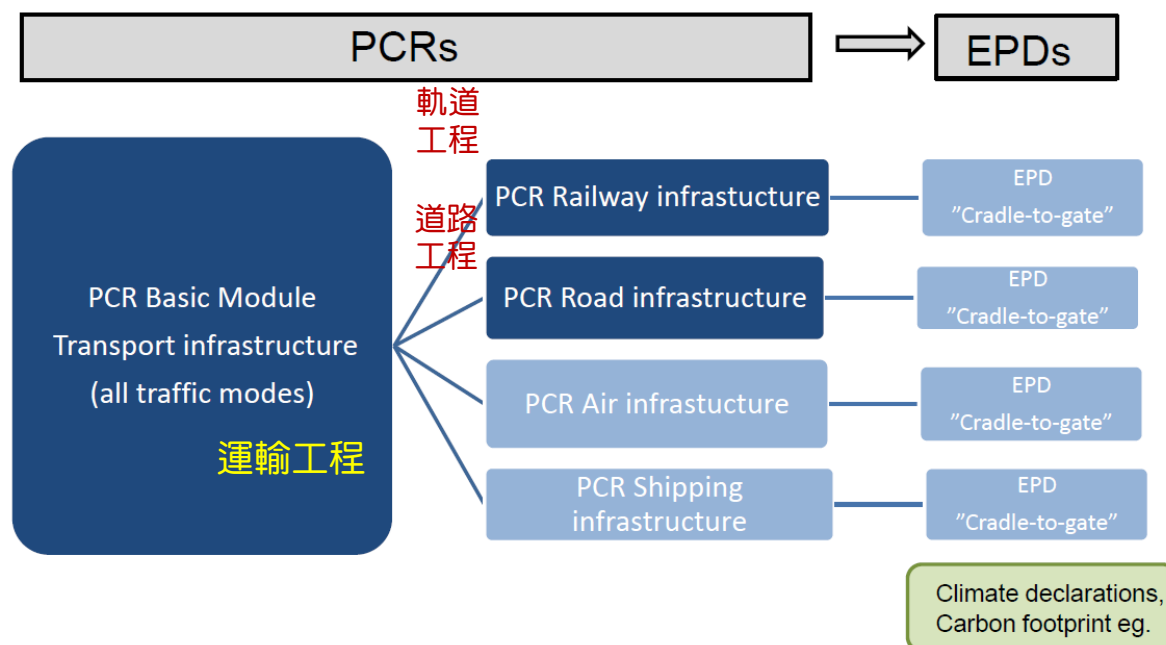


圖 2.1.3-2 瑞典運輸工程相關產品類別規則及基本模組發展構想

## 2.1.4 歐盟營建產品 PCR(EN 15804)

在歐盟，營建產品的 EPD 需依據歐盟標準 EN 15804 : 2012(永續營建工程-EPD-營建產品的產品分類之核心規則)的要求產出，EN 15804 : 2012 為評估包含產品層級及建築層級永續營建工程一系列標準之一項。

BRE Global 為獨立的第三方認證機構，該機構依據 EN 15804 : 2012 公布營建產品之 PCR (Product Category Rules for Type III environmental product declaration of construction products to EN 15804 : 2012)，由該 PCR 亦可瞭解 EN 15804 之相關規定。

該 PCR 包含：範圍、參考規範(引用標準)、名詞定義、簡寫、一般性資訊、LCA 之產品類別規則、EPD 的內容、計畫報告等 8 章，以及 3 個附錄。主要內容為第 5 章之一般資訊與第 6 章之 LCA 之產品類別規則，重點摘錄如後。

### 一、生命週期階段及 EPD 要求

營建產品之生命週期階段包括產品、建造、使用(與建築結構相關及與操作相關)及壽命終了四階段，依據不同 EPD 型式之要求，應評估之生命週期階段及更細項之資訊模組要求皆不同，如表 2.1.4-1 所示。

表 2.1.4-1 營建產品之生命週期階段及對應之 EPD 型式

生命週期階段	產品階段			建造階段		使用階段							壽命終了				系統邊界外的效益和負荷
						與建築結構相關					操作相關						
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	
模組	原料供應	運輸	製造	運輸	建造	使用	維護	修復	置換	整修	能源使用	用水	拆除	運輸	廢棄物再利用	最終處置	再利用/循環使用/回收潛能
情境																	
EPD 型式	搖籃到大門 <sup>1</sup>	M	M	M													
	搖籃到大門(選擇性) <sup>2,4</sup>	M	M	M	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	搖籃到墳墓 <sup>3,4</sup>	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M

備註：改編自 EN 15804:2012。M → 強制性；O → 選擇性。

1.宣告單元、2.宣告單元或功能單元、3.功能單元、4.只有在所有情境都包含下之參考服務年限。

此 PCR 採用的資訊模組可符合 EN 15804:2012 的要求。包括材料(例如：水泥)、組合性產品(例如：磚或磚頭及灰漿)、產品或元件的組合物(例如：建築物元件-外牆)都可以有 EPD，該 PCR 可以使用在產品層級及建築物層級之評估。

各別材料、產品或組件組合的 EPD，可以在所有組成材料和營建產品的 EPD 中合併其結果。此部分與 ISO 14025:2010 5.4 節關於模組化中之說明相符合。

## 二、生命週期階段及資訊模組(information module)

如表 2.1.4-1 所示，若 EPD 涵蓋整個生命週期階段(搖籃到墳墓)的環境訊息，應該再區分為下列個別資訊模組，並可整合為 A1-A3、A4-A5、B1-B5、B6-B7、C1-C4 組合模組之訊息，若 D 有相關訊息亦應納入。

產品階段(模組 A1-A3，產品之原料提供、運輸及製造，及所有從搖籃到大門的上游程序)為 EPD 要求之最小程序。

### 三、功能單位及宣告單位

#### (一)功能單位

並未說明明確之設定內容為何，主要說明其定義及要求：該參考單位主要可使不同的產品系統在相同的功能表現下進行比較。當將營建產品整合到建築物中時，營建產品的功能用途或性能特性應考量建築物功能的等效性；並要考量產品的參考服務年限或建築之需求服務年限。

功能單位和宣告單位間計算之轉換因子需在 EPD 中說明。

#### (二)宣告單位

當 EPD 是依據搖籃到大門或選擇性之搖籃到大門的生命週期進行評估時，宣告單位將取代功能單位，EPD 中之宣告單位應以下列任一單位表示：

1. 質量(公噸)，例如：1 公噸的磚；
2. 面積(平方公尺)，例如：1 平方公尺的地毯；
3. 長度(公尺)，例如：1 公尺的管線；
4. 體積(立方公尺)，例如：1 立方公尺的木材；
5. 項目(片)，例如：1 片散熱器。

### 2.1.5 國際道路與橋梁 PCR

#### 一、道路工程產品類別規則

道路工程產品類別規則 1.0 版於 2011 年公告，於 2018 年 1 月進版為 PCR 2013:2.0, Highways streets and roads (except elevated highways)，內容共計有 11 章，包括：

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. General Information                   | 概論        |
| 2. PCR review and background information | PCR 回顧與背景 |
| 3. Goal and scope                        | 目的與範疇     |
| 4. Data requirement                      | 數據要求      |
| 5. Allocation                            | 分配        |
| 6. Lifecycle impact assessment           | 衝擊評估      |

7. LCA results	LCA 結果
8. Instructions for producing and providing	生產與提供 EPD 資訊說
明	
9. epd information	
10. Glossary	名詞解釋
11. Reference Literature	參考文獻
12. Version history of PCR	產品類別規則文件版次
歷史	

### (一)生命週期邊界

道路工程製程地圖之繪製格式與 EN15804 一致，如圖 2.1.5-1 所示，包括道路工程之上游(A1-A3 原物料開採、運輸、加工製程)、核心(A4-A5 運輸至工區、施工活動)及下游(B1-B7 逸散、營運、使用、維修)等程序。

核心模組中包含有若干個子系統，目前共列出有 6 大項：道路鋪面、道路基礎、道路設備、道路儀控設備、隧道及橋梁。另外於產品邊界中明確排除道路之旅客及貨運之運輸服務(車輛排放)；廢棄與拆除(C1-C4)階段部分則可依案例特性選擇是否納入邊界，倘若排除則須於詳述排除之理由。

### (二)宣告/功能單位

宣告單位設定為每平方米道路之環境衝擊(/m<sup>2</sup>)，功能單位則須加註該道路之道路等級、交通量、維修頻率等資訊

### (三)切斷原則

切斷情境需滿足涵蓋此產品系統至少 99% 能源、質量及整體關聯流的定性資訊。能確認此切斷原則的唯一方法，是結合在相近產品系統具有實務經驗的專家判斷，和可能瞭解未調查的輸入和輸出對於最終 LCA 和 LCIA 結果可能造成影響之敏感性分析。

### (四)分配原則

選擇分配方法應以對產品系統越有效越佳為通則，但對於產品的製造流程中和下游流程中的分配可能有所不同。

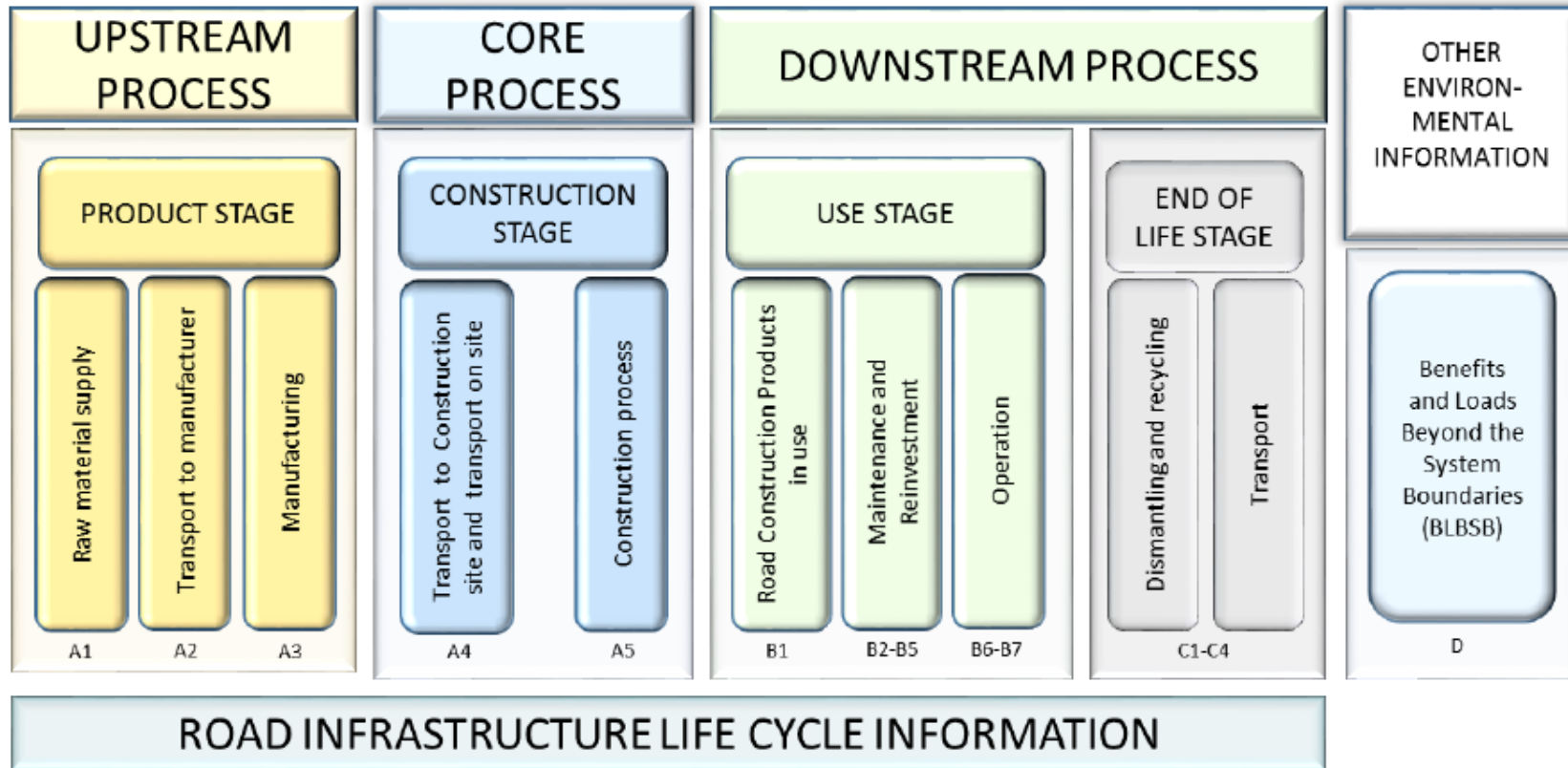


圖 2.1.5-1 道路工程產品系統流程圖

### (五)數據品質要求

針對盤查進行過程中所必須蒐集的資料詳列要求，包括：特定數據(specific data)及通用數據(generic data)使用原則；主要是依數據使用於上下游模組或核心模組而有不同要求。茲說明一般性地數據蒐集與使用原則如下：

- 1.對於核心流程(core processes)必須使用特定數據；若上下游流程(upstream/downstream processes)之特定數據不足，則可使用通用數據(Generic data)；
- 2.任何數據最好能是代表特定年度的平均值；
- 3.若有邊界相近的相關 EPD 或 PCR 存在時，則相近 EPD 所載之資料可視為特定數據；而相近 PCR 則可用來產出特定數據。
- 4.其他系統邊界相近之生命週期分析計算結果，如依據 PAS 2050、溫室氣體報告書、ILCD 操作手冊及歐盟環境足跡指引所產出的資料，可視為參考文獻。
- 5.材料的運輸型式和距離未知時，須述明假設的距離，並以適當之貨/卡車運輸參數計算之。

### 二、橋梁工程產品類別規則

接續瑞典交通部的腳步，義大利生命週期評估顧問公司(R.T.I. NIER Ingegneria SpA, LCA-lab srl, ANAS S.p.A.)於2013年8月進一步提出CPC編號53221的橋梁工程PCR (Bridges and elevated highways)，並於12月20日完成所有程序公告；此PCR於2018年1月將隧道工程一併納入，更新擴充為CPC編號為53221/53222之PCR 2018:1.0, Bridges, elevated highways and tunnels。

其評估邊界與所含內容項目之說明亦符合EN15804之格式，惟其製程地圖之內容仍較偏向橋梁及高架道路，如圖2.1.5-2所示。與道路工程PCR系統邊界之主要差異在於，除明確排除道路之旅客及貨運之運輸服務(車輛排放)，此PCR亦直接廢棄與拆除(C1-C4)階段。

宣告/功能單位為每公里-每年設施之環境衝擊(/km-yr)，產品環境宣



告中應說明設施之寬度以及服務年限。

核心模組主要分為四項，包括：基礎、結構與次要結構、路面及設備。其中，橋梁基礎包含腳板、磚和基樁的施工及鋼筋加工等；橋梁路面則包含應用瀝青、柏油鋪面等路面(可參考CPC 53211 道路工程PCR)；橋梁設備則包含包括維持橋梁與高架道路操作安全所需的裝置，例如：保護裝置(護欄、隔音屏障、野生動物圍欄等)、休息站、排水系統、交通號誌等。

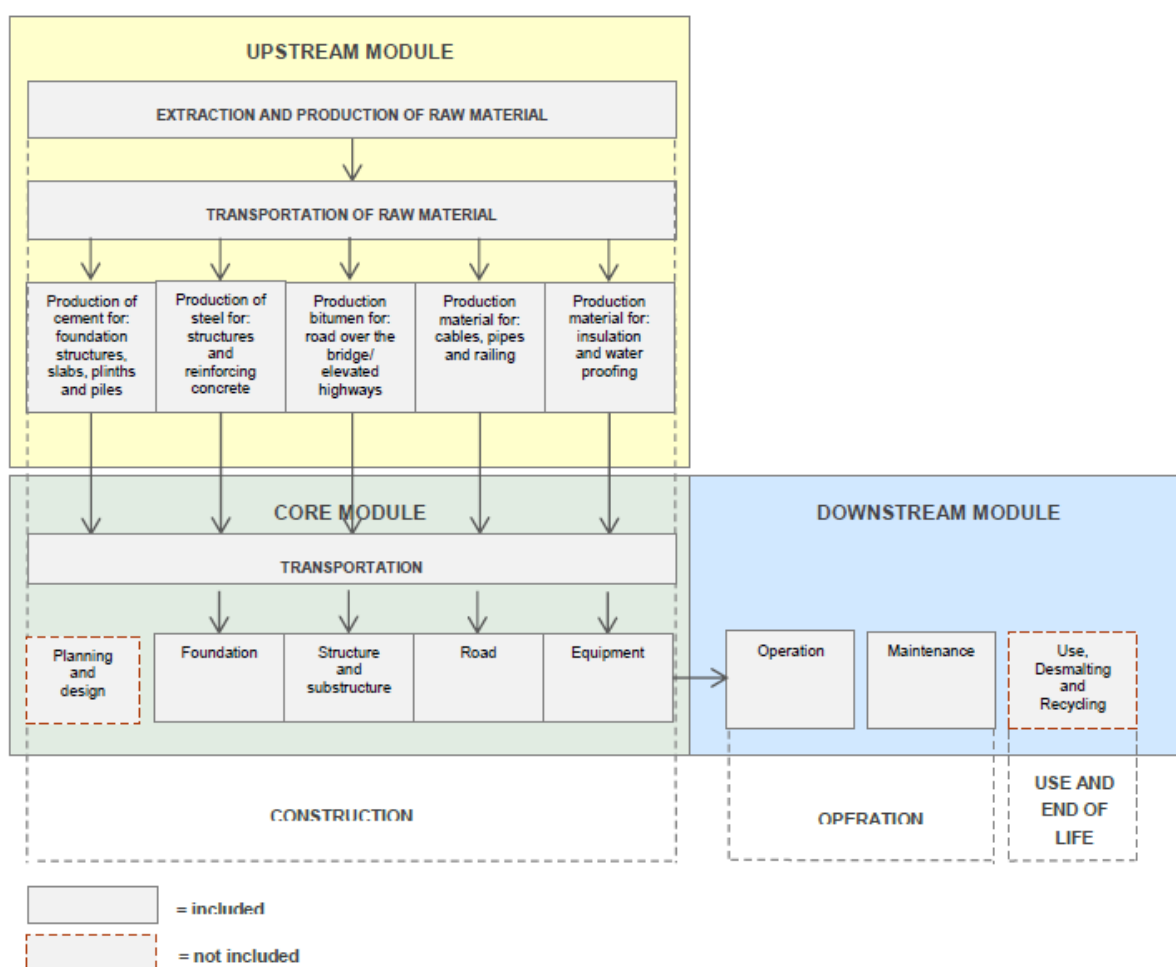


圖 2.1.5-2 橋梁、高架道路及隧道工程產品系統流程圖

## 2.1.6 我國道路、橋梁及隧道工程 CFP-PCR

因應國際工程碳管理趨勢及國內公路工程碳管理工作之展開，本計畫與蘇花改碳管理計畫合作，協助公路總局依循環保署碳足跡產品類別規則(CFP-PCR)的審議程序，共同完成本土道路、橋梁、隧道工程 CFP-PCR 訂定，於 103 年 5 月公告於環保署臺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碳盤查工作時參考使用，以達到公共工程節能減碳、永續發展的目標。

此三份 CFP-PCR 有效期限為 3 年，皆於 106 年 5 月到期，本團隊持續協助公路總局進行改版。由於道路及橋梁 CFP-PCR 修訂內容未涉及產品碳足跡盤查計算範疇、數據品質要求及產品適用範圍等內容，在提送推動產品碳足跡標示技術小組審查通過後，已於 106 年 3 月 21 日公告 2.0 版本；另隧道 CFP-PCR 由於隧道協會提出修正意見，由本團隊調整 CFP-PCR 內容及經環保署審查後，亦於 106 年 5 月 19 日完成改版作業。

以下就道路、橋梁及隧道之碳足跡產品類別規則 2.0 版本重點進行說明：

### 一、基礎建設-道路(Infrastructure-Road)第 2.0 版，文件編號：17-004

(一)此 CFP-PCR 規範之產品組成各種類型之道路建設，並包含其他必要附屬設施。

(二)產品機能為供各類型路面運具、行人通行之構造物。包含各級公路之國道、省道、鄉道等；產品特性為促進社會經濟發展、便利國民交通運輸之必要建設。

(三)道路的功能單位定義為**每公里-寬度道路之道路修建**(包含道路設備與其他必要附屬設施)，以及未來 50 年之營運；須依據相關主管機關頒佈之規範，對於道路等級加以註明。

(四)改版(2.0 版)修正重點如下：

- 1.依據環保署「碳足跡產品類別規則訂定、引用及修訂指引」將內容改版為 2.0 版，並新增「2.2 節產品特性」描述。
- 2.新增宣告單位，定義為**一段道路或整標工程**。

3.依據營運管理階段碳足跡估算假設條件設定座談會之討論結果，調整「5.交通設施及其他工程」之名詞定義，由於必要之交通設施及其他工程不一定僅設置於「道路上」，故將「道路上」之字樣刪除，以符合實際應用需求。

## 二、基礎建設-橋梁(Infrastructure-Bridge)第 2.0 版，文件編號：17-005

(一)此 CFP-PCR 規範之產品組成為各種類型之橋梁建設，包含木橋、鋼筋混凝土橋、鋼橋或預力混凝土橋等各種材料類型之橋梁，並包含橋梁設備與其他必要附屬設施。

(二)產品機能為提供各類型路面運具及行人，滿足其跨越地形，河流或山谷兩側等需求之構造物；產品特性為促進社會經濟發展、便利國民交通運輸之必要建設

(三)橋梁的功能單位為**每公里-寬度之橋梁修建**(包含橋梁設備與其他必要附屬設施)，以及未來 50 年之營運。須依據相關主管機關頒佈之規範，對於基礎建設-橋梁所屬公路之分類等級加以註明。

(四)改版(2.0 版)修正重點如下：

1.同道路 2.0 版，依據環保署「碳足跡產品類別規則訂定、引用及修訂指引」將內容改版為 2.0 版，並新增「2.2 節產品特性」描述。

2.新增宣告單位，定義為一段橋梁或整標工程。

## 三、基礎建設-公路隧道(Infrastructure- Highway Tunnel)第 2.0 版，文件編號：17-006

三份文件中，以此份改版內容較多，除更新為 2.0 版外，亦依據隧道協會及環保署技術小組意見。主要調整內容包括：文件名稱(將名稱新增「公路」兩字，以與軌道或水利隧道區別)、名詞定義(修正隧道開挖作業說明，未限定工法；並於隧道主體工程新增環片安裝；調整名詞說明等)及生命週期流程圖等(生命週期流程圖更新後如圖 2.1.6-1)。此份 CFP-PCR 重點如後。

(一)此 CFP-PCR 所規範之產品組成為各類型之隧道基礎建設，與其中之其他必要附屬設施，例如:主隧道、導坑、聯絡隧道、聯絡道、通風隧

道等。

- (二) 產品特性為促進社會經濟發展、便利國民交通運輸之必要建設。
- (三) 隧道的功能單位為每公里-斷面積(平方公尺)之隧道修建(包含隧道設備與其他必要附屬設施)，以及未來 50 年之營運。須依據相關主管機關頒佈之規範，對於隧道基礎建設所屬公路之分類等級加以註明。
- (四) 宣告單位定義為每公里-斷面積(平方公尺)，並同時顯示整段(座)隧道之碳足跡。

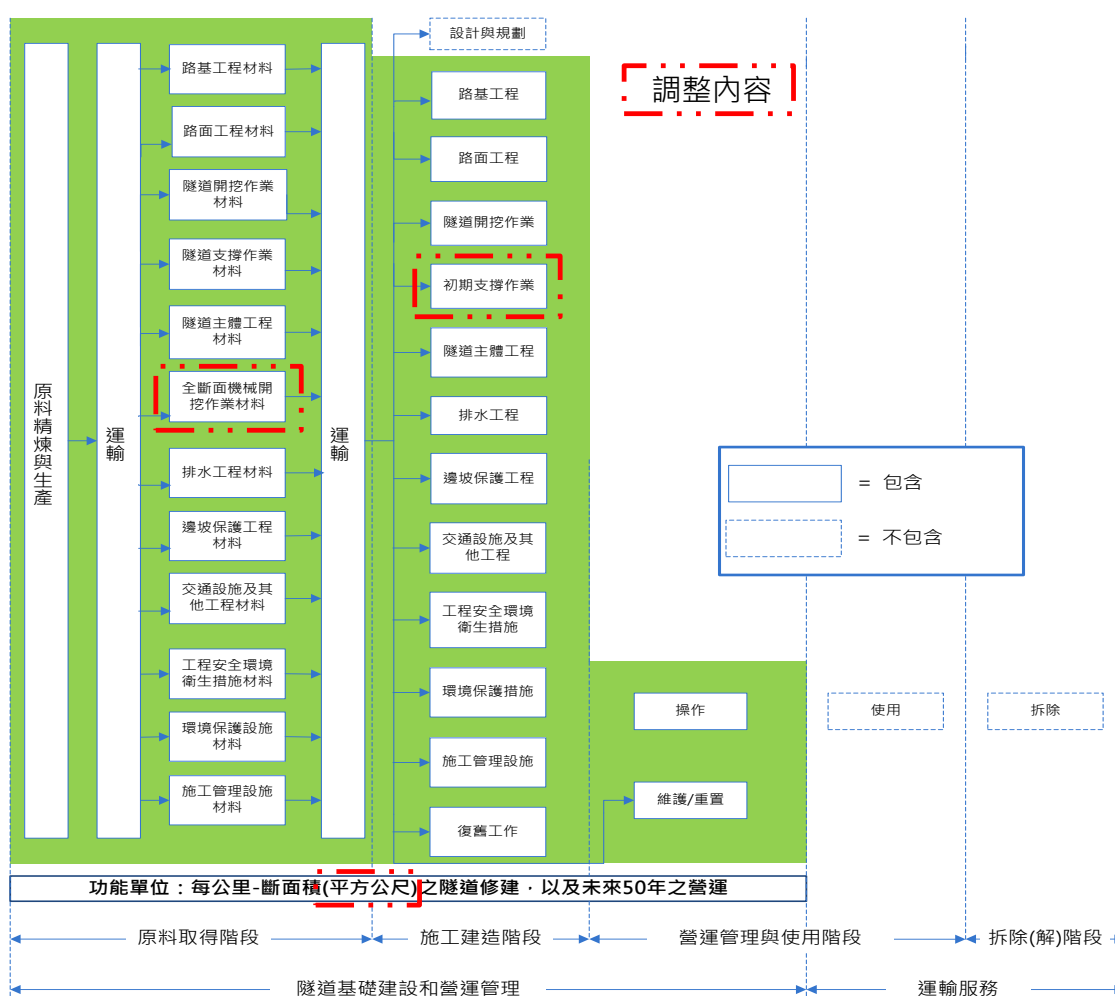


圖 2.1.6-1 基礎建設-公路隧道 CFP-PCR 生命週期範圍

### 2.1.7 香港 CIC 水泥、鋼筋/結構鋼及預拌混凝土碳足跡評估指引

香港建造業議會(Construction Industry Council, CIC)於 2014 年 1 月開始進

行建築產品碳標籤計畫(以下簡稱該計畫)，該計畫期望推動營造業大宗物資碳足跡量化，CIC 推出水泥、鋼筋/結構鋼及預拌混凝土之碳足跡評估指引，以說明這三類高碳排物資之碳足跡量化與報告的原則和要求。本節就該計畫發展之營建物資碳足跡評估指引進行說明。

香港碳標籤計畫發展之水泥、鋼筋/結構鋼預拌混凝土碳足跡評估指引(Carbon Labelling Scheme for the Construction Products Assessment Guide)內容均分為 4 章，包括 1.簡介、2.定義及簡寫、3.營建物資(水泥、鋼筋/結構鋼、預拌混凝土)CFP-PCR、4.參考文獻、及附錄 A(100 年 GWP)。

第三章之 CFP-PCR 為重點，說明碳足跡量化與報告須符合 ISO/TS 14067：2013「產品碳足跡量化與溝通標準原則、要求與指引」與世界企業永續發展委員會之「碳足跡量化與報告」(2011)。

此 CFP-PCR 包含生命週期階段之四個階段，針對不同營建物資之目標與範疇摘述如後。

## 一、目標與範疇

### (一)功能單位與產品種類

水泥之產品種類為歐盟標準 EN197-1：2000 當中定義之 I 型水泥(如表 2.1.2-1 中粗紅框)，產品功能單位定義為 1 公噸之水泥。

鋼筋與結構鋼之功能單位定義為 1 公噸之鋼筋與結構鋼產品，產品種類包含四種類型，鋼筋(Reinforcing bar)、型鋼(Steel section)、鋼板(Steel plate)、鋼管(Steel pipe)。

預拌混凝土之功能單位定義為 1 立方米之預拌混凝土產品。

### (二)系統邊界

此碳足跡評估方法係基於「搖籃到工地(Cradle-to-site)」方式，涵蓋原物料開採與製程、原物料運輸、產品製程至產品運送到香港邊境的過程中，所產生的溫室氣體之排放和移除，如表 2.1.7-1 所列。其中上游階段包含該產品所使用的再利用材料加工之製程排放。

表 2.1.7-1 水泥、鋼筋/結構鋼、預拌混凝土碳足跡評估之系統邊界

系統邊界	內容				
上游階段 (Upstream Process)	原物料與能資源的開採與製造				
	再利用材料加工之製程				
	原物料與再利用材料之運輸				
核心階段 (Core Process)	水泥	鋼筋/結構鋼		預拌混凝土	
	生料製造	煉鋼程序	焦炭廠	原物料	前置式裝載機
			燒結礦廠	處理與 儲存	氣動式輸送
			粒製廠		皮帶式輸送
	高爐		儲存槽		
	熟料製造		鹼性氧氣爐	原物料	高架儲料倉
			電弧爐		計量料斗
	水泥研磨	鋼鐵加工	鋼包精煉爐	原物料 拌合	拌合
			軋延機再加熱爐		
	儲存包裝		鑄造		
			熱軋		
		冷軋			
	儲存與包裝				
下游階段 (Downstream Process)	產品從生產地至香港邊境之運輸				

資料來源：Zero Carbon Building Ltd, 2014；本計畫整理。

## 二、盤查內容

### (一)製程地圖

波特蘭水泥之製程地圖如圖 2.1.7-1 所示，涵蓋系統邊界內的原物料投入、廢棄物、製程及運輸。水泥製程包含矽酸鈣開採、破碎、研磨、預熱、分解、窯燒等程序。水泥碳足跡中，來自熟料製程石灰石分解的比例最高，約 60~65%，其餘來自於旋窯加熱、磨料斗等能源使用。

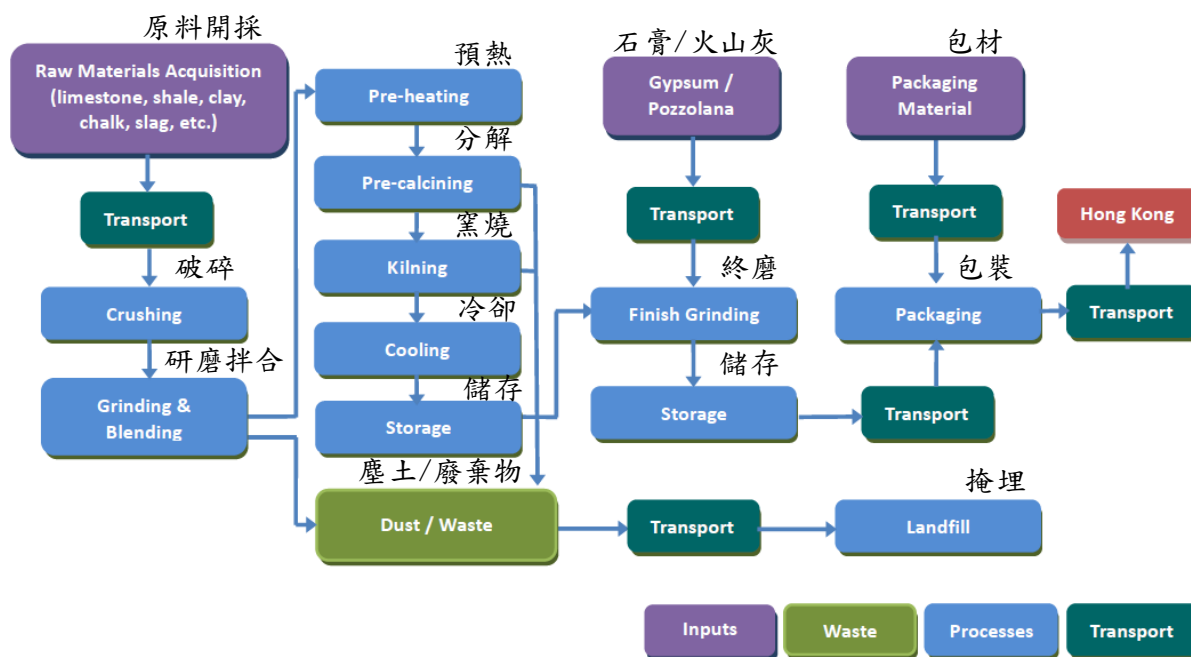


圖 2.1.7-1 波特蘭水泥製程地圖

鋼筋與結構鋼之製程地圖如圖 2.1.7-2 所示，涵蓋系統邊界內的原物料投入、廢棄物、製程及運輸。煉鋼製程包含高爐-鹼性氧氣爐 (BF-BOF)、電弧爐(EAF)兩種路徑。一般而言，電弧爐製程使用廢棄鋼鐵進行冶煉，由於廢棄鋼鐵不包含鐵礦冶煉過程，故電弧爐的能源密集度較低。

原料經由高爐-鹼性氧氣爐(BF-BOF)或電弧爐(EAF)進行煉鋼程序；而後進入後續之加工程序，包含鑄造、加熱、熱軋、冷軋、塗層與裁切等程序；經加工後產出的產品，則經由儲存，運至香港邊境。

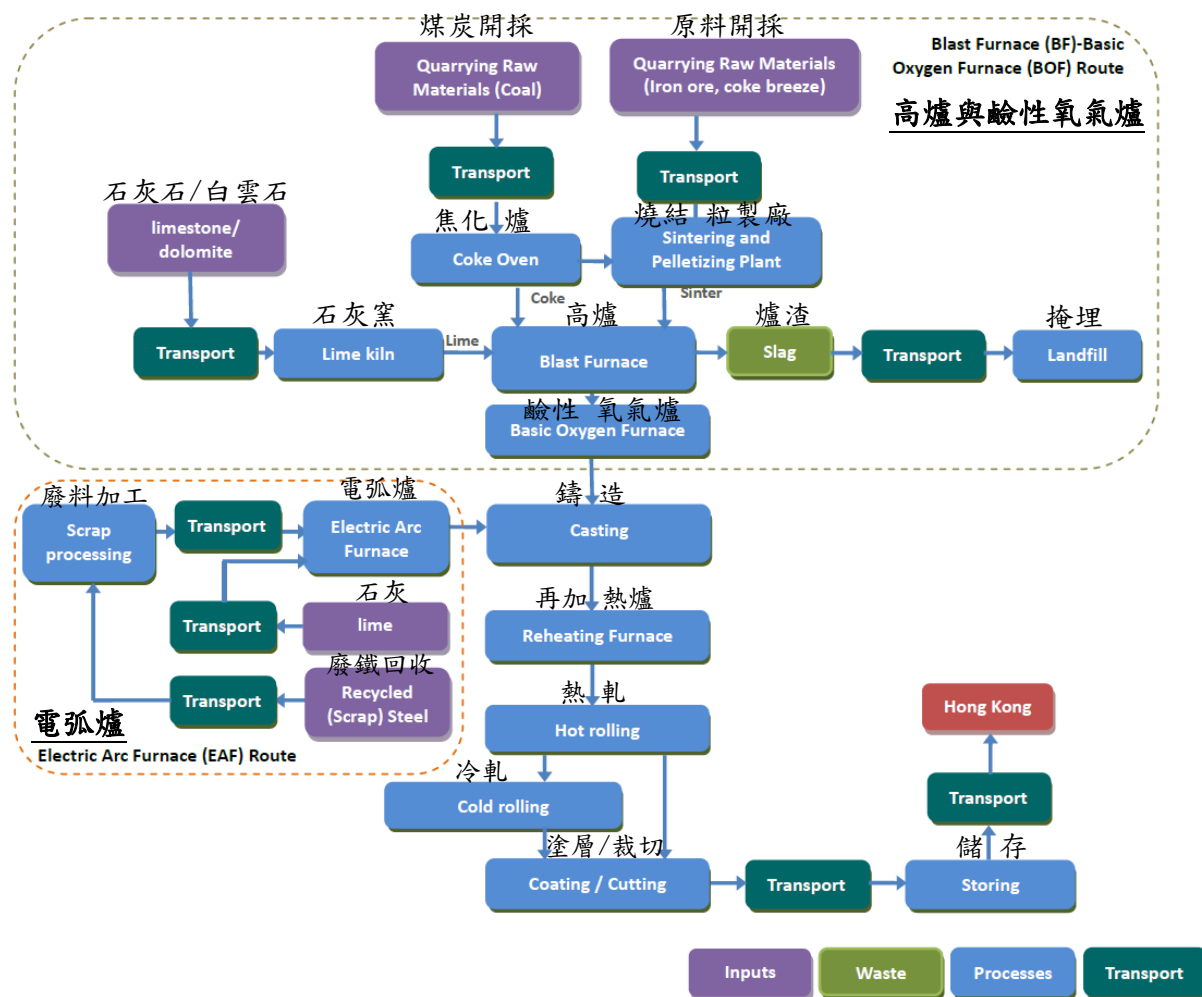


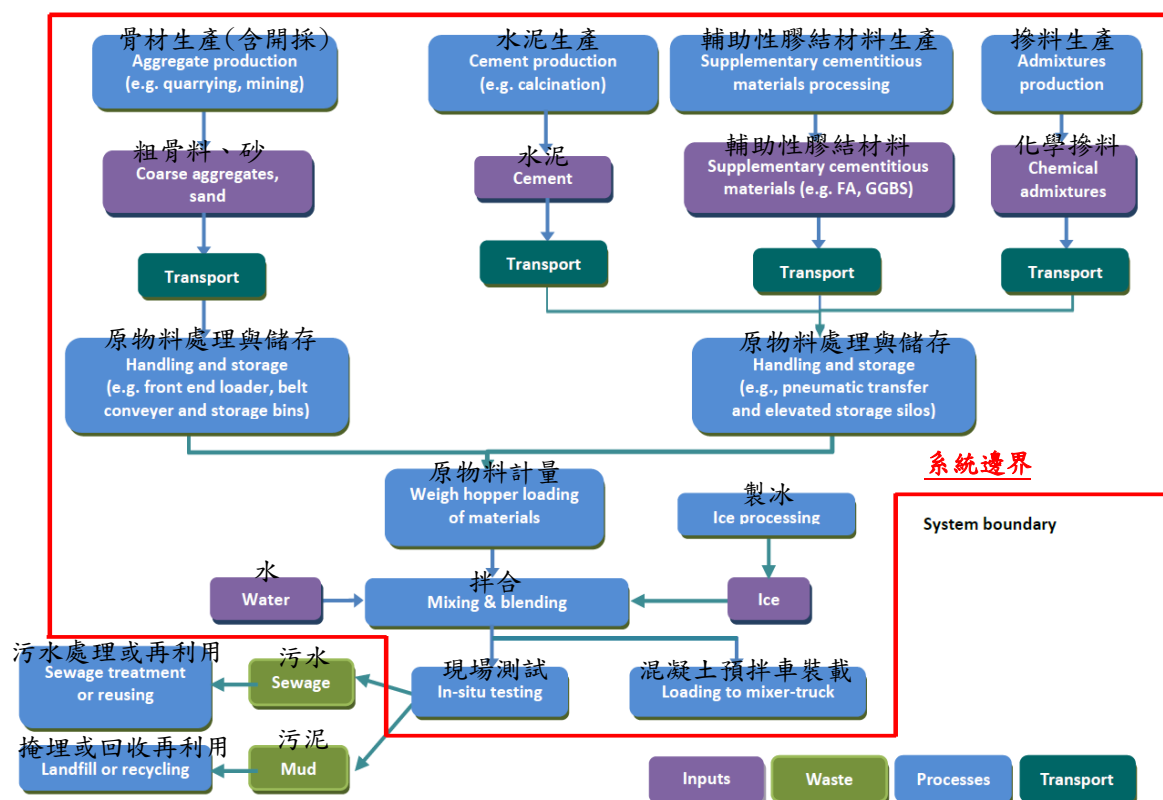
圖 2.1.7-2 鋼筋與結構鋼之製程地圖

預拌混凝土之製程地圖如圖 2.1.7-3 所示，涵蓋系統邊界內的原物料投入、廢棄物、製程及運輸。預拌混凝土主要由波特蘭水泥、砂、粗骨料(如礫石、碎)及水等原料組成，輔助性膠結材料(SCM)如飛灰(FA)、矽灰(SF)及高爐石粉(GGBS)添加至預拌混凝土可改善產品性能。

(二)溫室氣體排放來源

溫室氣體排放來源包括直接排放及間接排放，直接排放為燃料燃燒，間接排放則來自外購電力、外購之原料與能資源製造與場外運輸之溫室氣體排放。另香港零碳天地(ZCBL)發行之 CFP 量化工具(excel 檔案)可供計算該指引之溫室氣體排放。





資料來源：Zero Carbon Building Ltd, 2014；本計畫整理。

圖 2.1.7-3 預拌混凝土之製程地圖

## 2.1.8 瀝青混凝土產品類別規則

歐洲瀝青鋪面協會(European Asphalt Pavement Association, EAPA)、美國國家瀝青鋪面協會(National Asphalt Pavement Association, NAPA)及瑞典 EPD 系統分別於 2016~2018 年間公告瀝青混凝土之產品類別規則，本計畫將各 PCR 文件中之範疇、宣告單位、系統邊界重點內容節錄如下。

NAPA PCR 係針對美國標準產品與服務分類碼中 30111509：Asphalt Based Concrete (瀝青混凝土)所發展，即針對由骨材、瀝青膠漿與其他填充料拌合而成之材料。

僅考量產品階段(A1-A3 或 A1-A4)時，須依宣告單位進行環境衝擊之揭露，而瀝青混凝土之宣告單位根據 PCR 之應用地點而有差異，EAPA 及瑞典 EPD 之 PCR 應用地點預計主要為歐洲，故其所設定之宣告單位為 metrix tonne (公噸)；而 NAPA 之 PCR 應用地點預計主要為美國本地，故其所設定

之宣告單位為 short ton (美制公噸，相當於 2000 磅 $\cong$ 907.2 公斤)。

若評估範圍包含鋪面工程完整之生命週期，瑞典 EPD 系統之 PCR 將功能單位定義為  $1\text{m}^2$  之瀝青混凝土鋪面，且需敘明瀝青混凝土鋪面之預期壽命 (RSL asphalt)，或敘明工程整體之預期壽命 (RSL construction)，以及當中與鋪面相關之維修活動。

三份 PCR 中均呈現瀝青混凝土之完整生命週期，且各階段之表示方式相當雷同，如圖 2.1.8-1 所示，均包含產品階段(A1-A3)、建造階段(A4-A5)、使用階段(B1-B7)與壽命終了階段(C1-C4)。

EAPA 及 NAPA 訂定之 PCR 皆進一步針對產品階段訂定較詳細之計算指引與說明，即僅計算「cradle-to-gate 搖籃到大門(A1-A3)」之產品環境衝擊，此處「大門」之定義為瀝青拌合廠之拌合機或熱料儲存斗。產品階段之詳細製程流程如圖 2.1.8-2 所示，可分為 A1 原物料開採與製造、A2 運輸、A3 瀝青廠廠內製程等子階段，這三個子階段所包含之製程項目如表 2.1.8-1 所示。

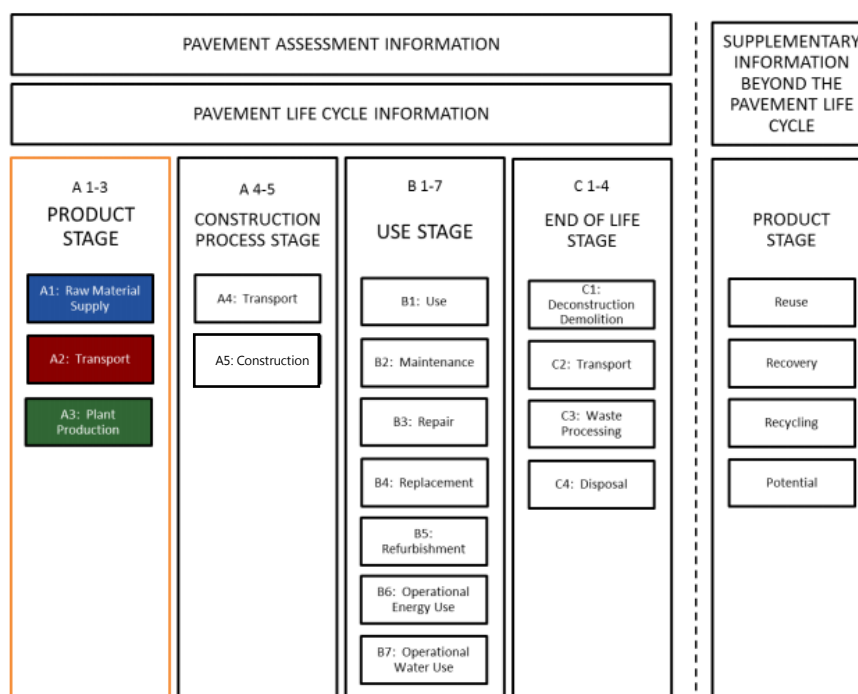


圖 2.1.8-1 瀝青混凝土完整生命週期(NAPA，2017)

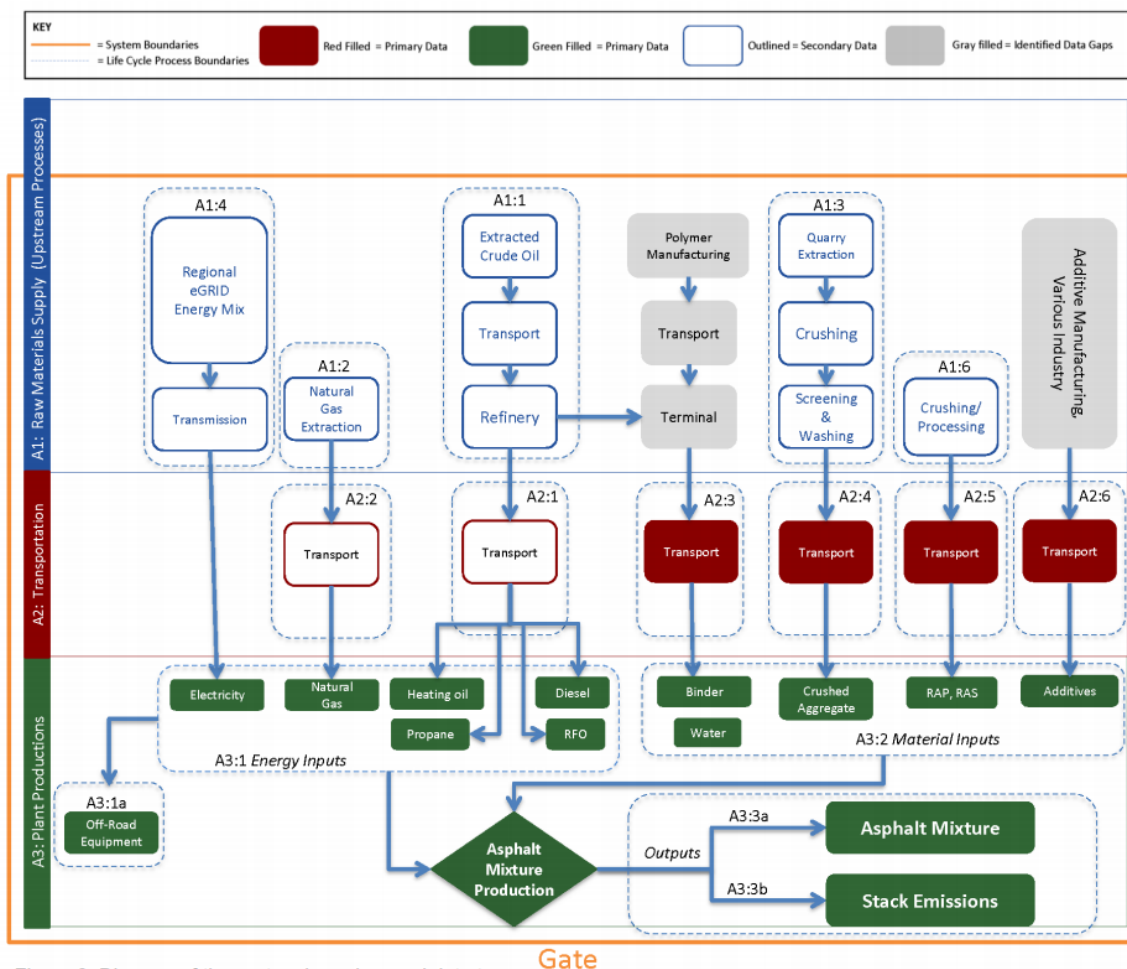


圖 2.1.8-2 瀝青混凝土產品階段製程流程圖(NAPA, 2017)

表 2.1.8-1 A1-A3 子階段製程內容(NAPA(2017), 本計畫整理)

子階段	製程內容
A1： 原物料開採、製造、供應	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 原油開採、提煉、運/儲，以及各項產品之分配</li> <li>● 骨材開採、加工、運/儲</li> <li>● 天然氣開採、加工、運/儲</li> <li>● 電力產生、傳輸</li> <li>● 生質燃料</li> <li>● 再生材料(RAP/RAS)</li> </ul>
A2： 與瀝青廠間之雙向運輸	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 原油</li> <li>● 瀝青/瀝青膠泥</li> <li>● 天然氣</li> <li>● 高分子改質劑/其他添加劑</li> <li>● 骨材</li> <li>● 再生材料(RFO/RAP/RAS)</li> </ul>

子階段	製程內容
A3： 瀝青廠廠內製程	<ul style="list-style-type: none"><li>● 廠內機具或運具</li><li>● 骨材乾燥爐</li><li>● 尾氣燃燒爐</li><li>● 瀝青加熱器</li><li>● 輸送帶</li><li>● 拌合料儲存斗</li><li>● RAP/RAS 處理程序</li><li>● 添加劑(防剝脫、溫拌技術、再生劑)處理程序</li><li>● 瀝青/骨材/添加劑投入與拌合程序</li><li>● 用水量</li></ul>

## 2.2 國際工程碳管理發展

### 2.2.1 國際碳管理制度

#### 一、英國重大工程碳管理計畫(2009)

英國政府早於 2003 年公布之能源白皮書(Energy White Paper)中，即承諾其國內長期減量目標為 2050 年之溫室氣體排放量要比 1990 年排放基準量再減少 60%；並於 2008 年通過之氣候變遷法案(The Climate Change Act 2008)中，納入此長程減碳目標，並再加嚴標準至減量 80%，且要求每 5 年制訂碳預算與訂定明確減排目標，實施相關減排措施，成為國際上第一個通過立法制定減碳目標之國家。

因應英國重視節能減碳的風氣，英國公路局(Highways Agency)亦於 2004 年即開始對道路工程建造及維護活動的碳排放計算進行邊界與計算方法的探討(Fry, et al., 2004)。而後又接續以碳會計架構為主軸，發展輔助碳排放計算之工具與指引，最後彙集而成一套碳管理架構，進程如圖 2.2.1-1 所示。

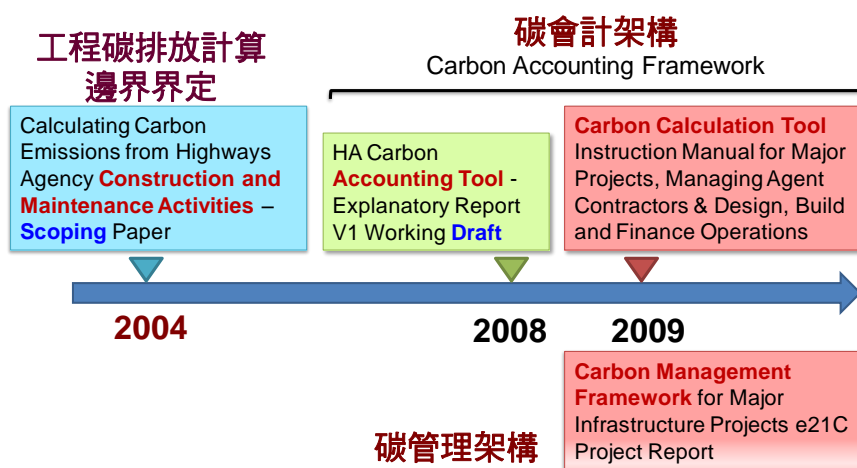


圖 2.2.1-1 英國公路局碳管理相關計畫發展進程

2009 年底發表的重大工程碳管理計畫(Carbon Management Framework for Major Infrastructure Projects)報告，係集合產官學界之鐵路、公路及工程機關所共同發表，內容以重大交通工程全生命週期的碳排放

為評估對象及工程生命週期為考量，發展一套碳管理架構，如圖 2.2.1-2。內容包括：碳管理架構範疇與適用對象、重大工程碳排放量計算邊界說明、碳排放量的量化與評估方法及碳管理與減量策略發展程序等，以作為重大工程生命週期溫室氣體排放評估管理之依據準則。

### 應考量工程計畫全生命週期



圖 2.2.1-2 英國公路局碳管理架構

## 二、ENCORD 營建業碳管理議定書(2012)

根據企業溫室氣體會計與報告標準(Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard)的原則，歐洲營建商研究發展網絡(European Network of Construction Companies for Research and Development, ENCORD)於 2010 年開始，參考企業溫室氣體會計與報告標準，於 2012 年出版營造業碳管理議定書 1.0 版(Construction CO<sub>2</sub>e Measurement Protocol)，目的在確保營建業在進行碳排放計算方法的一致性，以及確保關鍵排放源被納入評估與報告範疇。

該議定書將營建業之領域分為公共工程、住宅建築、商辦建築等；營建業之事業體則包括工料產製與運輸、規劃設計與施工、使用與管理及拆除與重建等，如圖 2.2.1-3 所示。營建業中工程種類則可分類為道路、軌道、商辦、住宅、展售中心、醫院、娛樂設施、工廠、學校等。

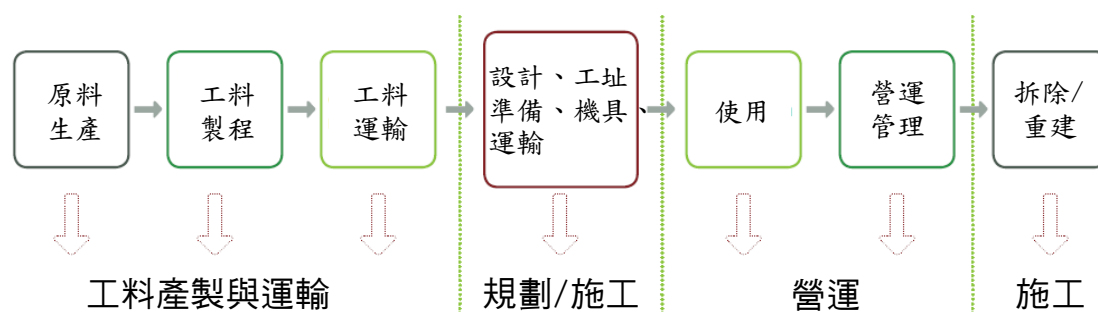


圖 2.2.1-3 營建業可能涵蓋之事業體

營造業主要排放源可依範疇別概列如下：

- 範疇一：工區/辦公室燃料燃燒、機具操作與設備逸散、公務車燃油燃燒；
- 範疇二：工區/辦公室使用汽/電間接排放；
- 範疇三：下包商於工區內活動所造成之排放、廢棄物、工程材料隱含碳(embodied carbon)。營建業中常用之高排碳材料包括鋼/鐵製品、其他金屬製品、水泥、瀝青產品、玻璃等。
- 使用階段不納入計算。但使用階段為相當具有溫室氣體減量潛力之階段，惟該階段之排放量實為規劃設計之體現，因此若營建商於設計階段已被納入，則應將其基於工程經驗所提出之減碳策略納入設計考量。

營建業碳管理議定書係用以評估與報告營建商造成的碳排放，範圍包括其行政、支援部門之運轉，以及其執行之所有工程案件，執行結果可供營建商了解自身之碳排放量以及影響程度，並可針對其營運模式中各環節之排放源進行檢視，尋求改良及碳排放減量的機會。

### 三、香港建築產品碳標籤計畫(2014)

香港建造業議會(Construction Industry Council, CIC)為因應全球暖化及推動綠色建築，於2014年1月開始進行建築產品碳標籤計畫。此碳標籤計畫的目的是藉由自願性的碳足跡揭露機制，為業主、建築師、承包商及消費者提供可驗證的建築產品碳足跡信息，以幫助其選擇「低碳」建築產品，進而推動低碳建築產品的需求和供應，以營造業之角度對環境

永續發展做出貢獻，並促進低碳經濟。

該碳標籤計畫係基於 BS EN ISO 14025:2010「環境標誌與宣告－第三類環境宣告－原則與程序」，而產品碳足跡的量化和報告須符合 ISO/TS 14067:2013「產品碳足跡量化與溝通標準原則、要求與指引」。

香港建造業議會希望透過量化營造業物資於生產過程中所產生的溫室氣體，以二氧化碳當量(CO<sub>2</sub>e)衡量對氣候變化的影響。建築產品所產生的溫室氣體主要來自於原材料採集、生產過程以及運輸至工址過程之排放。因此該計畫的產品碳足跡的量化和報告之生命週期邊界為「從搖籃到工址(cradle to site)」，涵蓋了從原材料採集至將產品運送到香港邊境的過程中所產生的所有溫室氣體排放和減除，如圖 2.2.1-4 所示。

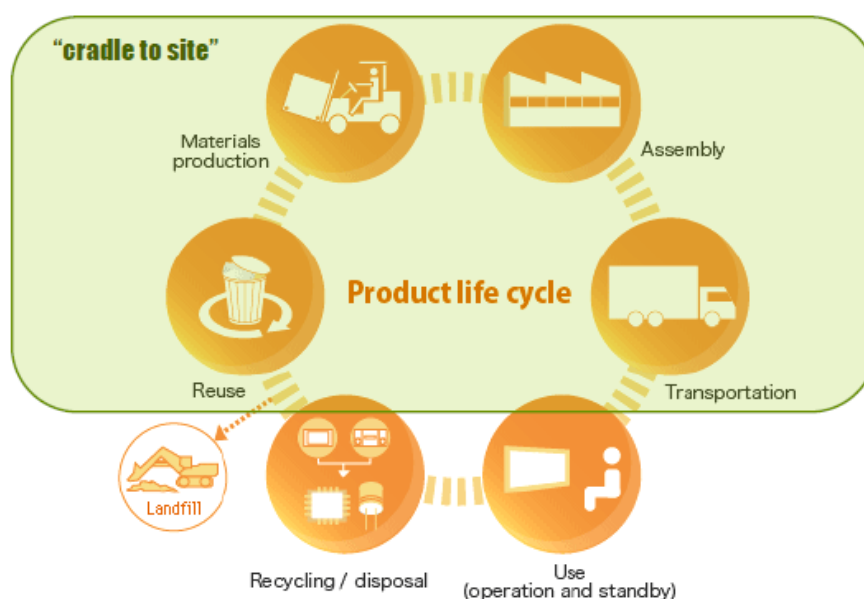


圖 2.2.1-4 香港建造業議會碳標籤生命週期範圍

產品製造商或供應商若有意為相關產品申請註冊 CIC 碳標籤，需要經過三個步驟：1.碳審計(carbon auditing)；2.查證(verification)；3.認證(certification)。其流程示意圖如圖 2.2.1-5 所示。



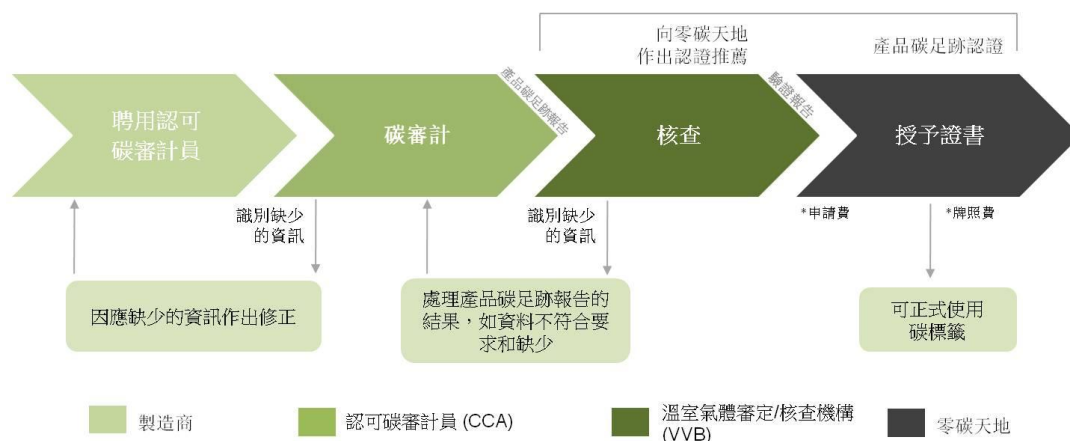


圖 2.2.1-5 CIC 碳標籤作業流程



圖 2.2.1-6 CIC 碳標籤認證等級與分級方法

標籤等級係根據基準值(benchmark)訂定，獲得 A 級碳標籤亦即該產品於市場上的碳足跡相對最小。由於目前香港本土化物資之碳排放係數缺乏，因此 CIC 暫時參考國際間較廣泛使用之排碳係數資料庫，訂定不同等級之基準值，等級與訂定標準如圖 2.2.1-6。

#### 四、歐盟綠色採購

綠色採購(Green Public Procurement, GPP)係歐盟政府當局，以消費者的角色，在採購產品時選擇對環境影響較小的商品、服務或工程案。而歐盟政府每年約花費 1.8 兆歐元於公共採購上，約占歐盟國內生產總額的 14% 左右，故其公部門推展 GPP 將可有效的降低生命週期之成本與環境衝擊。

因此，歐盟透過制定一系列的綠色採購準則，這個準則的使用是自

願性的讓採購當局可依據其需求及欲達成之環境績效，納入招標文件中。目前已制定的綠色採購準則類型共有 21 種，其中與工程建造相關者包括第 12 項之「辦公大樓設計、建造與管理」及第 13 項「公路設計、建造及維護」。

與本工程相關之「公路設計、建造及維護」綠色採購文件於 2016 年 6 月公開，包括三份文件：綠色採購實務指導文件(Procurement Practice Guidance Document)、技術報告及準則提案(Technical Report and Criteria Proposal)以及作業文件(Commission Staff Working Document)。彙整作業文件與實務指導文件於後。

#### (一)綠色採購作業文件

##### 1. 準則內容

此準則適用於新建或維修之道路，於道路的正式採購或需要監測之過程中共涵蓋 6 個階段，為設計團隊及承包商選擇、細設及功能需求、建造或主要之擴建、道路使用、維護及操作、壽命終止階段。各階段考慮的準則項目如表 2.2.1-1。

**表 2.2.1-1 道路採購流程階段之綠色採購準則項目**

採購階段	GPP 準則			
	選擇標準	技術規格	獎勵標準	契約履行條款
A.設計團隊及承包商選擇	●			
B.細設及功能需求		●	●	
C.建造或主要之擴建				●
D.道路使用		●		●
E.維護及操作		●		●
F.壽命終止		●		

##### 2. 主要道路元件的生命週期評估(B14 準則)

由前述 GPP 準則內容，與工程材料相關之準則包括 B14(主要道路元件的生命週期評估)、B15(採用回收物再利用材料)及 B16(骨

材運輸的二氧化碳排放要求)。作業文件中建議，採用回收再利用材料(準則 B15)時可考慮與骨材運輸的二氧化碳排放要求(準則 B16)結合；但若已將主要道路元素的生命週期要求(準則 B14)納入，則不可同時使用準則 B15 作為獎勵標準。此外，在準則 B14 中，若道路使用階段之衝擊也要列入考量，該項評估需與準則 B13(因滾動阻力導致之交通油耗的功能要求-僅全面準則要求)結合一起考量。

### 3.道路生命週期關鍵環境影響及 GPP 準則應用

道路於全生命週期各階段中，最顯著的環境影響來自於道路使用所消耗的燃料之溫室氣體排放，以及建造材料生產的資源使用(含原物料開採與運輸)之溫室氣體排放。

於交通流量大的道路，因道路使用所造成的能耗及溫室氣體排放之環境影響較大，可透過優化巨觀紋理達到降低車輛與路面之滾動阻力，進而減少車輛之燃料消耗；而於交通量低的道路，建造材料生產及運輸之環境影響相對較為重要，使用再生材料及大宗材料運輸距離超過 25 km 採鐵路或海運的方式，將可降低建造材料使用所造成的環境影響，並達到循環經濟等資源效益。

另外，建造材料使用相關的環境影響，GPP 準則(B.細設及功能需求-獎勵準則)可供投標人及設計團隊提出改善策略，其準則隨技術複雜性遞減，分別為全生命週期評估(LCA，B14 全面準則)、碳足跡(CF，B14 核心準則)、再生材料添加(B15)及減少大宗材料運輸排放量(B16)。

#### (二)綠色採購實務指導文件

由道路設施的設計與採購來減少對環境的影響，不論是新建工程、翻新或重建工程皆是一個複雜的程序，因為每種契約型式對於採購當局與設計團隊、承包商及資產管理人員之間會相互影響。為了在採購道路設施時具有改善環境績效之成效，於道路設施計畫實施過程所對應的採購中將 GPP 準則納入是相當重要的。

本指導文件內容可反應採購過程中，尋求使用歐盟 GPP 標準時

要考慮的關鍵活動和決策點。道路設施計畫進程與採購活動各階段之關係圖如圖 2.2.1-7 所示，圖中道路計畫進程為典型的計畫程序，從最早期的決策路線開始，直到道路的建設、維護及營運階段。在計畫施行過程中整合採購當局、決策者、計畫利害相關者、顧問、承包商的各種能力，以達到最佳的环境效益。

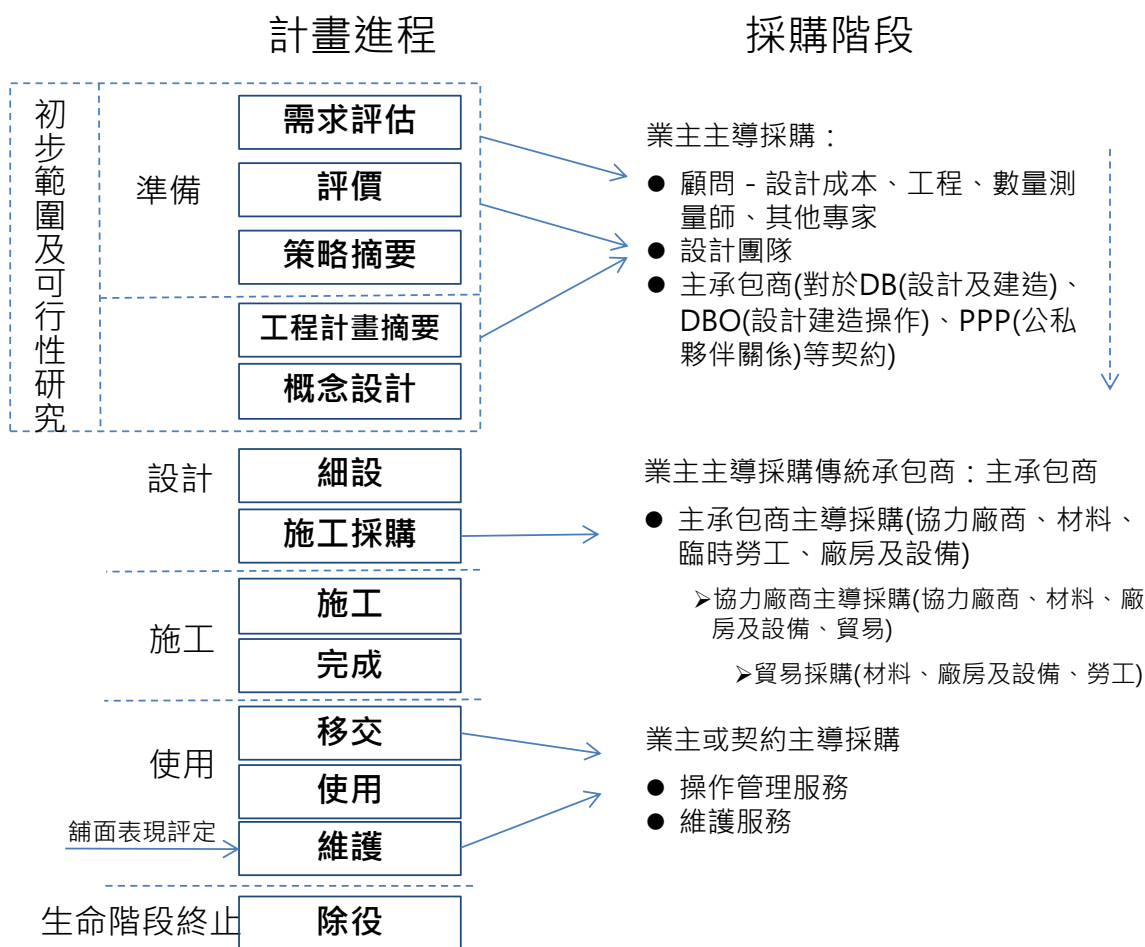


圖 2.2.1-7 道路設施計畫與採購活動各階段流程

## 2.2.2 各國道路工程相關之碳足跡計算器

### 一、英國公路局碳會計架構：碳計算器(2009、2015)

英國公路總局提出碳排放管制的理念後，於 2009 年完成具備碳足跡考量的道路工程碳排放計算器(Highway Agency Carbon Calculation for DBFOs)。其中因應排碳量計算所需蒐集的資料包括四類，分別為：能源

電力使用、工程材料、運輸及廢棄物處置。另依英國公路局的行政管理結構，又分為主要計畫(Major Projects)、代理機構承包商(Managing Agent Contractors, MACs)及承包商(Design, Build and Finance Operations, DBFO)三類試算表，顯見英國公路局鼓勵各管理階層全面推動碳排放量評估的企圖心。

為了有效管理 2015~2020 年期間，高速公路及主要道路之維護與改善工作之排碳量，英國公路局(2015)發展了一個新的碳排放量計算器，除了可計算工程建造排碳量之外，亦可針對道路後續之維護及改善(improvement)工作進行碳排放活動量計算。

英國公路局要求其轄下道路相關之供應鏈成員，包含施工建造、維護以及改善之承包商，應定期(每月或每季)以此碳排放計算器提交工程相關之碳排放量活動盤查數據，並要求提報之數據必須留存佐證單據，例如交貨單、收據、發票、廢棄物運輸紀錄等證明，必要時承包商須向供應商及主要協力廠商蒐集與索取資料，以供政府單位查驗資料之正確性。

該計算器之評估範疇與架構如圖 2.2.2-1 所示，評估範疇包含使用材料之原物料開採提煉、材料運輸(原物料至工區或材料供應商至工區)、工區及維護區域能源使用、廢棄物運輸及廢棄物處理階段之排放量。

計算器以 MS EXCEL 建立，最新公告版本為 v1.03 版(2016.09 更新)，主要頁面包括首頁(計畫基本資料)、計算器指引、摘要報告、結果輸出、附表(碳排放因子、物質密度表)，以及該計算器需要填報的 10 項排碳活動類別。

彙整需填報之 10 項排碳活動類別與各類別中應蒐集之活動資料，包含「大宗材料」、「土方工程」、「圍籬、隔音牆、護欄」、「排水」、「道路鋪面」、「號誌與機電設備」、「公共設施與擋土牆」、「能資源(油、電、水)」、「商務旅行及員工通勤」、「廢棄物」等項目。

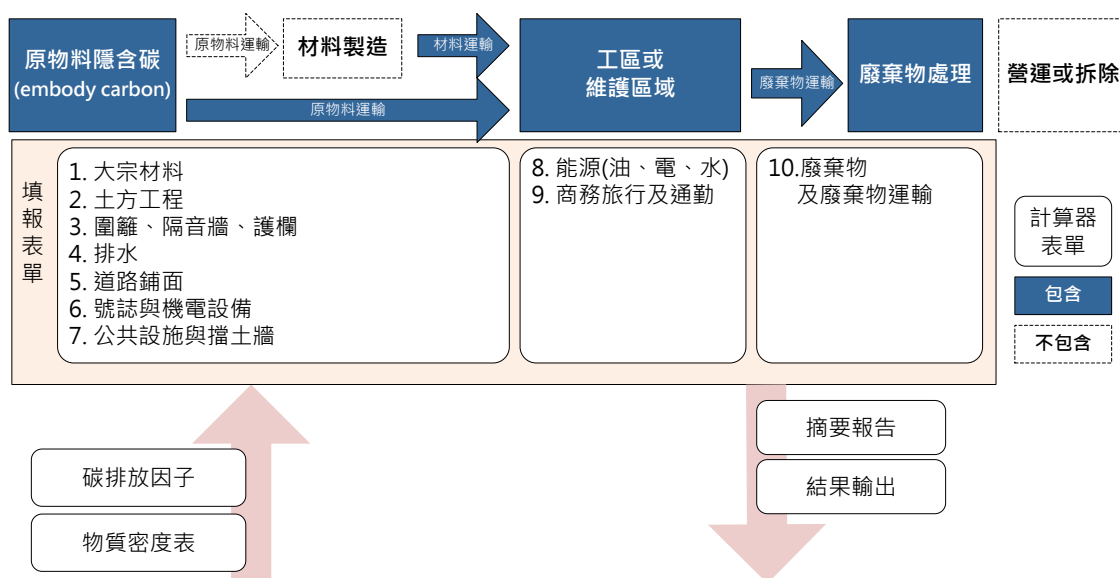


圖 2.2.2-1 英國公路局計算器(2015)評估範疇與架構

## 二、英國環境署工程計畫碳足跡計算器(2014)

英國環境署(Environmental Agency)統計其管理範圍內於 2007 ~ 2008 年之工程建造成本，發現建造相關經費約 2 億歐元，相當於全國建造與工程部門經費的 3%，致使該單位開始關心工程活動排放量評估議題，並發展且逐年陸續更新工程活動排碳量計算模式與參數，作為其國內工程活動碳排放量之評估工具。截至 2014 年已歷經 15 次改版，當時提供下載的工程計畫碳足跡計算器版本為 3.6 版，整體架構如圖 2.2.2-2。

由圖中最右方欄可看出，利用該計算器所求出的將會是工程計畫的總碳足跡；需要蒐集、輸入的資料(圖最左方欄)包括有 6 類：工程材料量、廢棄物量、工廠和機具操作量、工區內油水電氣等資源用量、工程材料運輸(運送至工區)及人員排放。

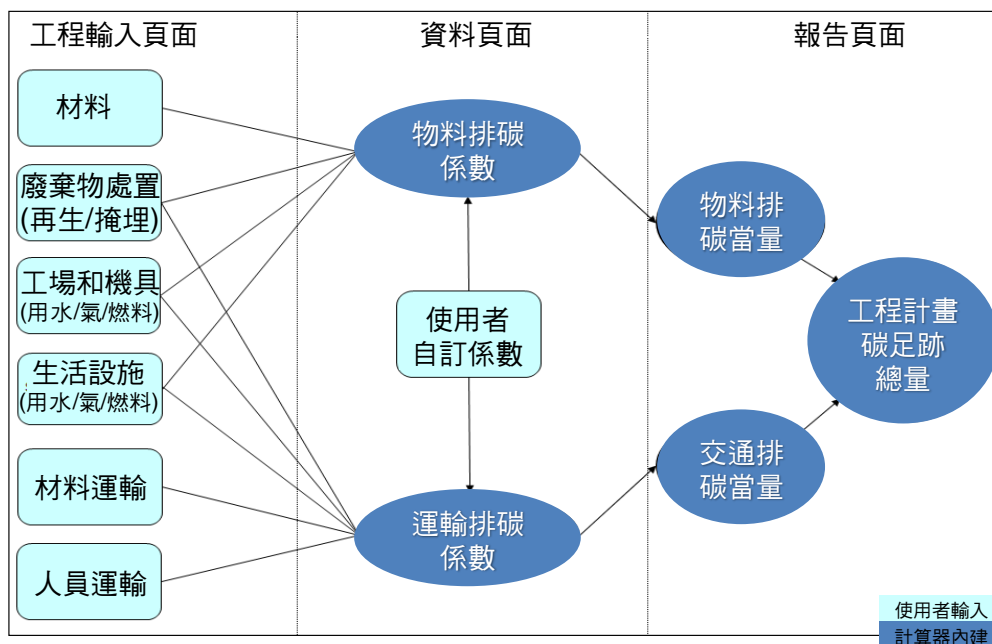


圖 2.2.2-2 英國環境署工程計畫碳足跡計算器

### 三、美國紐澤西州溫室氣體計算器 GASCAP(2014)

交通運輸投資計畫溫室氣體評估試算表 (the Greenhouse Gas Assessment Spreadsheet for Transportation Capital Projects, GASCAP) 為美國紐澤西州為評估交通計畫所發展的生命週期溫室氣體分析方法，評估各項交通運輸設施的實際施工及維修作業對溫室氣體排放的影響，目的在於提供有效的方案篩選標準、鼓勵和引導承包商投入、並使紐澤西州交通局 (NJDOT) 工作人員可將溫室氣體排放量納入設計及都市計畫的構建考量。

GASCAP 可計算主要工程材料、工地現場機具施工/運輸、計畫導致之交通延遲，以及計畫全生命週期維護作業之溫室氣體排放量。其他評估功能包括再生材料減碳效應、誘導交通效應和軌道工程。

GASCAP 內建美國東北區數州道路工程招標文件中常見之 1,000 多類工程項目，使用者由下拉式選單選擇某計畫所包含之項目並輸入數量，GASCAP 即自動將該工程項目所使用的工程材料種類及數量納入排碳量計算。養護排碳量評估參考賓州及紐澤西州交通局之養護作業排程，以估算計畫生命週期內的鋪面養護所需要之工程材料與施工機具。

其較特殊之處為將誘導交通量(induced traffic)造成之排碳量納入評估，誘導交通量係以紐澤西州 1999 至 2000 年間之車輛行駛里程(Vehicle Mile Travel, VMT)、路網容量(以車道-里程 lane-mile 表示)、油價、人口、收入、就業情形等統計資料進行迴歸分析，以推估新增之道路容量(車道-里程)所造成之交通量變化(以 VMT 表示)，並以美國環保署機動車輛排放模擬器模式 MOVES 計算各種服務等級道路之溫室氣體排放係數(per VMT)，使用者僅需輸入一道路工程將新增或減少的道路容量(以 lane-mile 表示)，GASCAP 即可自動計算誘導交通量及其所對應之溫室氣體排放

#### 四、蘇格蘭道路基礎建設計畫工具 RIPT(2014)

蘇格蘭交通部 (Transport Scotland) 推動碳管理系統 (Carbon Management system, CMS)，用以彙整運輸部門的排放活動資料及伴隨產生之營運及計畫排碳。其中，營運排碳(Operational carbon)的定義為與道路及鐵路的營運活動相關的排放量；計畫排碳(project carbon)則被定義為與計畫建造及維修相關的排碳量。活動數據藉由試算表介面的工具蒐集後，轉換成以碳排放當量(tCO<sub>2</sub>e)為單位的環境衝擊。

本計畫針對 CMS 中較相關之道路基礎設施計畫工具(Road infrastructure project tool, RIPT)主要內容與功能及案例進行說明。

##### (一)系統邊界設定

RIPT 係依照 PAS2050：2008 之規定發展，並依蘇格蘭交通部之組織製程地圖界定盤查邊界。圖 2.2.2-3 虛線內為 RIPT 之評估邊界，包含 1.材料開採、製造及加工的排放量；2.將材料及其他物件運送至現場的排放量；3.現場運作的排放量（燃料）；4.將廢棄物運出現場的排放量。其中較特殊之處在於納入複合材料的原材料製造排放，但並未納入複合材料的加工製程排放；運輸包含最後供應商發貨地點至工地之距離，但瀝青之運輸則包含由原產地(委內瑞拉)至英國之海運排放；製造資本財的排放量(如車輛、工廠及建築)及排碳量抵換額度皆被排除在評估範圍之外。



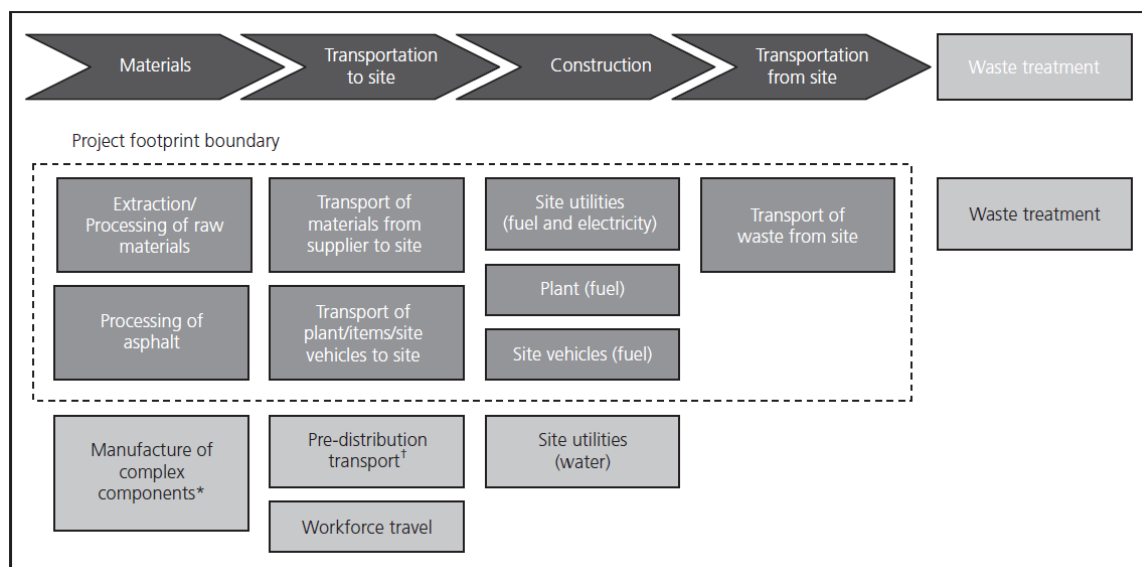


圖 2.2.2-3 RIPT 製程地圖

## (二)RIPT 工具功能性

蘇格蘭交通部發展 CMS 的最終目標是在設計階段即了解一個基礎建設整個生命週期的排碳量，RIPT 目前尚限縮於施工階段的排放量估算；操作和維護相關的排放量計算則由 CMS 年度計算工具計算。RIPT 可藉由下拉式選單選擇工項及所使用的材料，並輸入設計的尺寸。下拉選單的內容來自蘇格蘭公路工程標準工項手冊(將工項分為 0300 圍籬、0400 護欄、0500 排水、0600 土方、0700 鋪面等系列)。此特性提升公路相關單位使用此工具的便利性及意願。RIPT 並提供了每個材料項目的詳細假設及尺寸設定，並可由使用者進行修改，也可接由輸入不同的運輸距離來比較運輸排碳量的差異。

## 五、美國聯邦公路局基礎建設排碳量評估工具(2014)

美國聯邦公路局(Federal Highway Administration, FHWA)彙整全國各洲運輸部之建設招標文件，並諮詢運輸工程及生命週期評估專家後，發展出基礎建設排碳量計算工具(Infrastructure Carbon Estimator)，可應用在尚未取得實際設施規格、材料及施工條件的工程設計階段，FHWA 強調此工具之目的在提供規劃階段之溫室氣體排放及各類減量策略成效的概估結果，並未要求使用者輸入細部設計及實際施工階段才可確認的資

料(如鋪面材料的種類、比例、材料配比、運輸模式、運輸距離等)，而是將美國數州之各類運輸工程計畫進行分類統計，並以統計結果之代表性數據作為計算預設值，使用者僅需就不同之設施類別與計畫種類，填入計畫之所在地、分析年期、工程範圍(道路計畫單位為車道-英哩)、養護/重建範圍(道路計畫單位為車道-英哩)，即可得到評估結果。

此工具採用生命週期評估模式計算能源使用及溫室氣體排放量，其計算範圍如圖 2.2.2-4，包括上游之原物料的開採、製造及運輸，及直接的能源使用及排放，包含材料運輸、工程機具耗能、例行維修作業耗能等。列入計算的活動及排放源包括：

- (一)興建、養護及重建施工：包含使用之材料、機具設備及施工期間交通影響等三部分；
- (二)例行養護作業：包含植栽養護、降雪管理及其他養護工作(清掃、畫線、附屬設備維護等)；
- (三)設施使用之效益(部分)：路面整修後造成車輛行駛能耗率的提高。

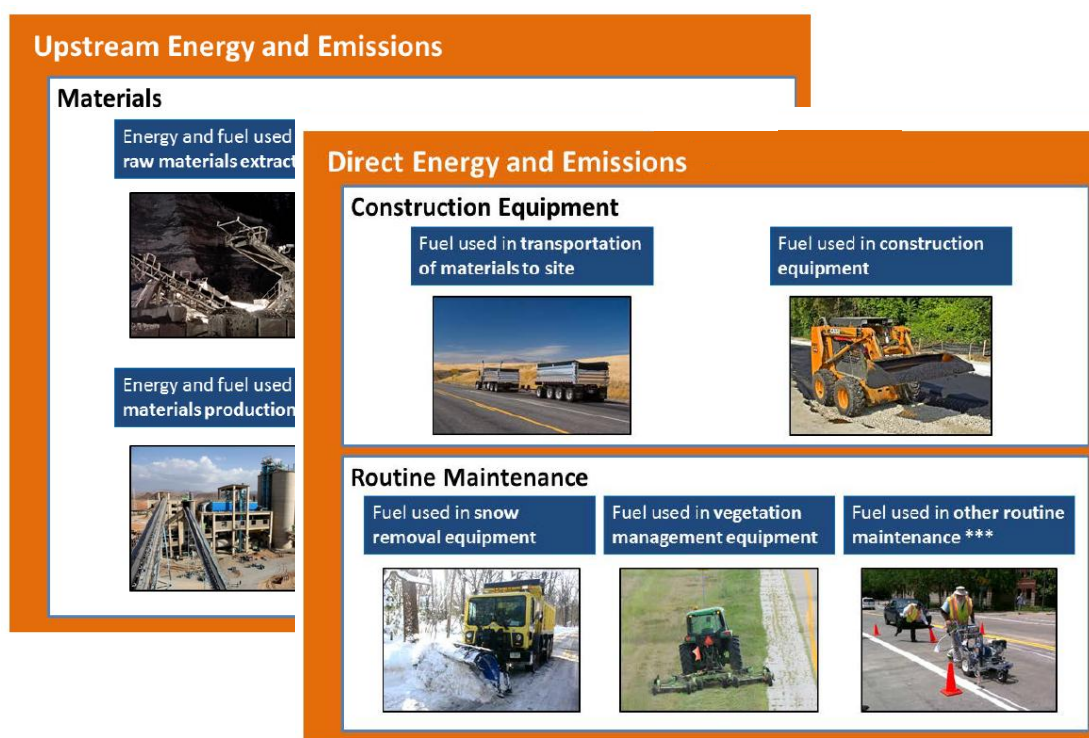


圖 2.2.2-4 FHWA 基礎建設排碳量評估工具評估內容

此工具包含計畫輸入、減量策略及計算結果等表，計畫輸入表用於輸入既有運輸路網之「基線」及「計畫情境」之資料，包含計畫地點(州)、分析年限、每日交通量及原有路網資料，並輸入將進行新建、修復或重建之道路範圍等計畫情境資料，鋪面養護頻率在此工具中已假設為 15 年，目前使用者無法進行調整；若考量軌道、公車及腳踏車等其他運輸模式之基礎設施時，則另需輸入其他運輸模式之長度資料。

減量策略表須由使用者依選擇之減量策略，自行輸入應用比例，此工具將根據應用比例計算對應之能源及溫室氣體減量，本工具考慮之減量策略包括：

1. 替代燃料及油電混合機具及車輛：採用油電混合之施工機具及車輛、不同等級的生質柴油、或結合使用生質柴油及油電混合機具/車輛。
2. 植物景觀管理：採用較堅固耐用的材料製作景觀設施，或使用本地植物，以減少景觀維護所消耗之能源。
3. 積雪管理：除雪車採用翼犁增加寬度，以提升除雪效率。
4. 現地回收：使用既有道路進行鋪面翻修，或使用既有道路材料進行重建，以減少興建新道路之瀝青耗用及興建施工之能源消耗。
5. 溫拌瀝青：採用溫拌瀝青技術以減少加熱、拌合瀝青混凝土所需的燃料。
6. 回收再利用材料：使用回收或再生材料取代一次性使用材料，以減少材料生命週期能耗及溫室氣體排放。
7. 預防性養護：採用預防性的表面處理，即時防止鋪面惡化，以延長鋪面壽命，減少重建或翻修路面所使用的能源與材料。預防性養護措施包括：裂縫防漏、路面修補、碎石封層及微表面處理 (micro-surfacing) 等。

FHWA 基礎建設排碳量評估工具與其他評估工具之主要差異在於其排放因子大多引用自鋪面生命週期工具 PaLATE，而 PaLATE 係採用經濟投入-產出生命週期評估模式，故計算結果無法與其他採用製程生命週期評估模式的工具進行比較。且其考量之溫室氣體僅有 CO<sub>2</sub>，無法符合

現行碳足跡規範之基本要求。另外其採用之部分減碳策略目前尚無法應用於台灣，例如台灣目前僅部分推動 B2 生質柴油，B20/B100 之生質柴油尚無實質應用；溫拌瀝青技術之規範、法規面及供應商技術成熟度仍在發展中。另與除雪有關之機具策略在台灣之應用極為有限。

### 2.2.3 國際工程碳排放案例回顧

#### 一、美國 CRC 哥倫比亞跨河工程(2008)

哥倫比亞河跨河工程計畫(Columbia River Crossing Greenhouse Gas Emission Analysis, 簡稱 CRC 計畫)為美國針對跨州道路 I-5 公路進行改善的重大工程計畫，由美國交通署、華盛頓州交通部以及奧瑞岡州交通部共同參與，並結合地方運輸權責單位(波特蘭市與溫哥華市交通運輸處)、華盛頓州西南部區域交通委員會及捷運公司等配合辦理。

CRC 計畫內容包括：在哥倫比亞河上建造新橋梁、延伸奧勒岡州波特蘭(Portland)與溫哥華間的輕軌鐵路，修建七處連絡道，並增加行人與自行車道等工作；工程計畫之完整範圍如圖 2.2.3-1 所示。



圖 2.2.3-1 CRC 計畫區位及交流道位置示意圖

該專案於 2008 年即公布工程的環境衝擊評估初稿(Draft Environmental Impact Statement)，內容為五個不同方案(含零方案)的累積性環境衝擊評估結果。在此之後才以氣候變遷議題為考量，成立溫室氣體專家小組(Greenhouse Gas Expert Review Panel)，負責檢核 CRC 專案中

的溫室氣體排放量推估方法與結果。

CRC 計畫對於各方案進行碳排放量評估時，其實並未如國內外排碳量評估規範所要求，就工程內容中的工程材料用量、機具操作時數或人員運輸量等類別進行直接和間接排碳量計算，而僅以工程總價概估能源耗用量的方式，以假設總耗用量之 70% 為柴油耗用量及 30% 為汽油耗用量的方式，根據柴油及汽油的排碳係數推估求得溫室氣體排放量。

CRC 所得之各方案建造排碳量推估結果如表 2.2.3-1 所示。由表中可看出，以加州交通部法推估求得之工程排碳量，以方案四為最低排碳方案。

**表 2.2.3-1 CRC 計畫各方案施工排碳量評估結果**

方案項次與內容	能耗量 (MBtu)	碳排放量 (tonCO <sub>2</sub> e)
方案二 將 I-5 公路轉型為高速公車專用道		
含 16th street 隧道	7,055,867.3	590,178.3
含 McLoughlin 隧道	6,997,371.9	585,536.1
方案三 以輕軌鐵路取代 I-5 公路		
含 16th street 隧道	7,281,549.3	608,224.0
含 McLoughlin 隧道	7,221,671.3	603,472.0
方案四 拓寬 I-5 公路、增加高速公車專用道	5,903,553.0	494,010.0
方案五 拓寬 I-5 公路、增加輕軌鐵路	6,084,733.6	509,171.2

該報告特別指出，以加州交通部法進行工程排碳量推估係屬保守的推估，這種以過去的單位工程經費能耗係數計算的結果，無法展現實際上工程機具經改良或改變作業習慣、提升能源使用效率後的減碳成效。

另外在交通的能源耗用量推估部分，該方案分別就快速道路能源耗用量(Highway Operations Energy Consumption)及公共轉運能源交通量(Transit Operations Energy Consumption)兩項，以至 2030 年的交通量進行推估，結果如表 2.2.3-2。

綜合整理 CRC 計畫於工程排碳量及交通排碳量的推估結果可知，CRC 計畫僅考量建造與交通部分的排碳量，並未將道路操作維護過程的

排碳量納入考量。工程排碳量與交通排碳量所得的最低排碳方案並不相同，工程排碳量較低者為方案四，卻是交通排碳量最大的方案。

**表 2.2.3-2 CRC 工程各方案交通日排碳量評估結果**

方案項次與內容	碳排放量(tonCO <sub>2</sub> e)
現況	342.5
方案一 零方案	463.3
方案二 將 I-5 公路轉型為高速公車專用道	452.3
方案三 以輕軌鐵路取代 I-5 公路	452.4
方案四 拓寬 I-5 公路、增加高速公車專用道	493.7
方案五 拓寬 I-5 公路、增加輕軌鐵路	490.7

## 二、日本再生瀝青道路鋪面工程排碳量研究(2008)

日本獨立法人土木研究所針對道路鋪面維修工程中，使用再生瀝青混凝土與否以及不同的再生方式，進行排碳量差異評估，其評估邊界為考量物質生命週期，由工程材料用量、機器運輸和操作的燃料使用量進行排碳量估算。其中，材料製造部分包括從原料取得到處理；廢棄物處置則是指瀝青混凝土廢棄物的運輸(運送至再生骨材廠)。其邊界界定如圖 2.2.3-2 所示。

該研究以一條 3.25 m 寬、200 m 長、2 線道、工作面積為 1,300 m<sup>2</sup> 的既有道路為對象，鋪面維修工程內容為：刨除現有 3 cm 厚的瀝青路面，覆蓋 5 cm 厚的新路面。在該工程規模下，依使用再生瀝青混凝土與否、不同比例，以及依使用刨除覆蓋法和就地再生路面表層法，共列舉 3 種不同的方案進行排碳量評估。

如表 2.2.3-3 所示，方案 1 為使用原碎石刨除覆蓋法；方案 2 為使用再生瀝青廠再生骨材的刨除覆蓋法；方案 3 則是使用現地面層再生法。各方案之排碳量推估皆是以排放係數法進行，計算範疇包括：工料製造、工料運輸、工程施作及廢棄物處置四大類。其中，工料運輸距離如圖 2.2.3-2 所標示，即再生瀝青骨材為 100 公里、原碎石骨材為 60 公里、瀝青混合料為 20 公里。

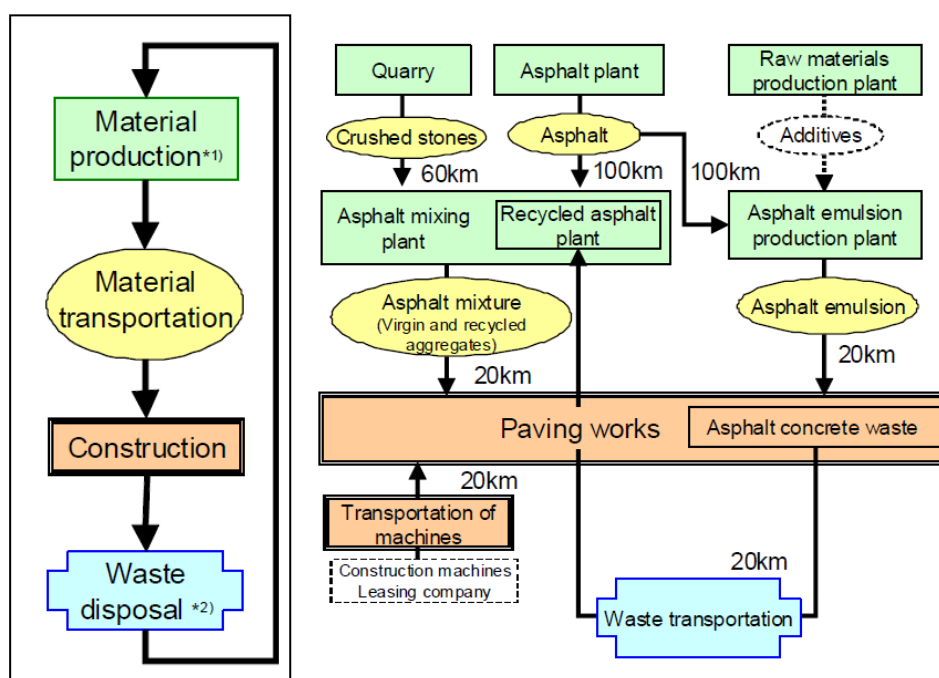


圖 2.2.3-2 日本道路鋪面維修工程排碳量評估邊界

表 2.2.3-3 日本道路鋪面維修工程排碳量分析方案內容比較

方案別 內容說明	方案1	方案2	方案3
道路修護 方法	原碎石骨材	再生廠再生骨材	現地再生骨材
	刨除覆蓋		
修護厚度	刨除現有3公分厚的瀝青路面，覆蓋5公分厚的新路面		
再生骨材 混合比例	0%	60%	60%

各方案排碳量如圖 2.2.3-3 所示。方案 1 與方案 2 兩者皆是採刨除覆蓋法(cut-and-overlay)為工程施作方法，從鋪設階段到廢棄物處置階段的作業內容是完全相同的，僅工料生產及運輸階段的排碳量有相異。

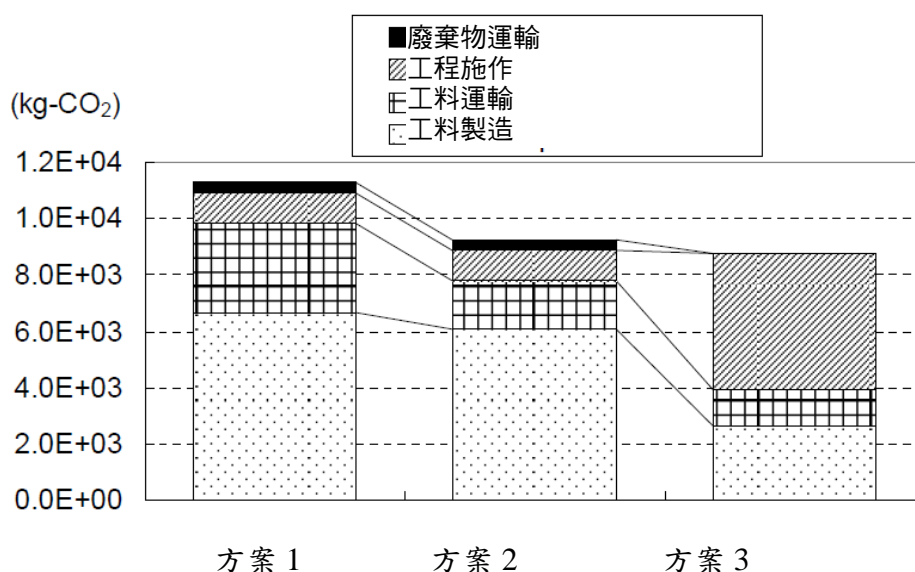


圖 2.2.3-3 日本道路鋪面維修工程各方案排碳量評估結果

另比較同樣使用再生瀝青混合料的方案 2 和方案 3 的排碳量推估結果，方案 3 因為採用的是現地面層再生法(in-place surface course recycling)，故不需要廢棄物運輸且工料運輸較少，但鋪設過程較為複雜，必須在現場加熱和粉碎現有的路面，再將其與原碎石瀝青混合料混合。僅考量材料製程與施作之排碳量以方案 3 較高(圖 2.2.3-4)，但將工料運輸和廢棄物處置一併考量進來，則以方案 3 之排碳量較低(圖 2.2.3-3)。

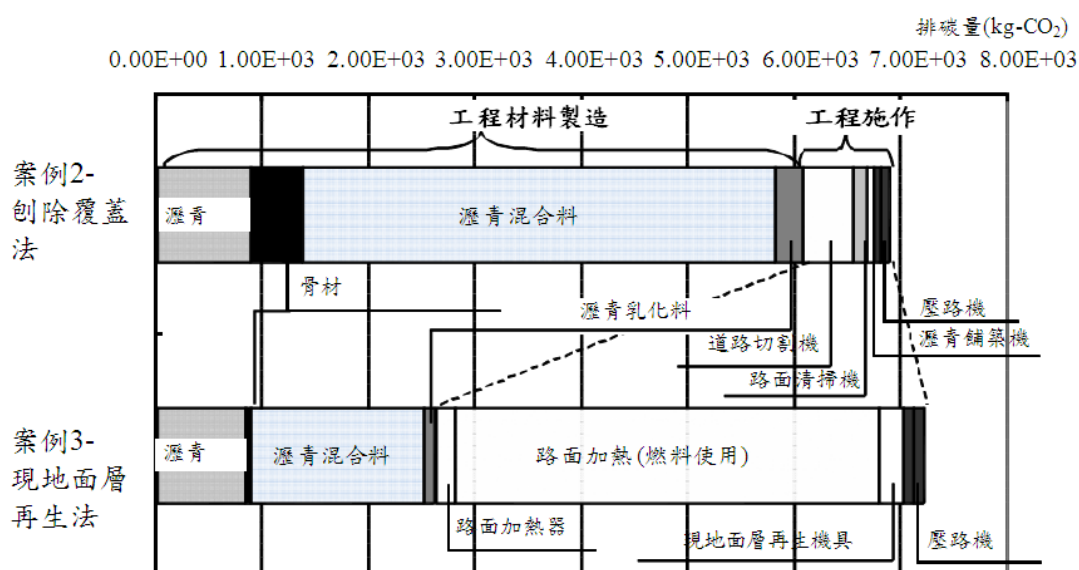


圖 2.2.3-4 日本道路鋪面維修方案 2、3 材料製程與施作排碳量分析



### 三、法國 A71 高速公路工程排碳評估(2005)

該論文評估對象為法國境內於 1986 年建造，長 50 公里的雙向兩線道路 A71 公路；碳排放量則為環境影響評估項目之一。

為因應每日每線道行駛 750 輛次重車的高車流量規劃，A21 公路的鋪面構造如考量的鋪面材料為混凝土與瀝青混合結構，其第 0 年(建造完成)、第 16 年及第 30 年之鋪面構造預期如圖 2.2.3-5 所示。該研究即以 A71 公路鋪面的建造與維護為對象，計算施工過程可能造成的排碳增量。

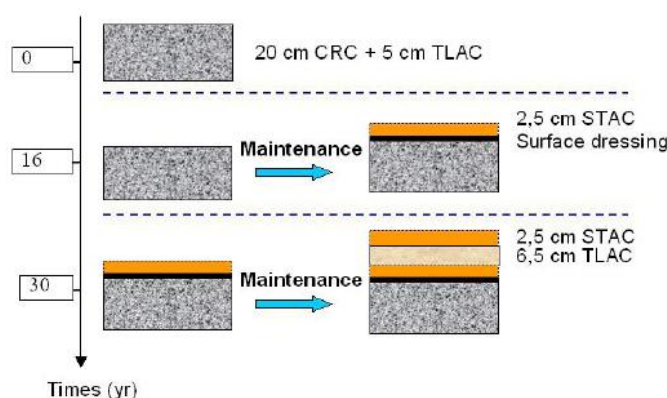
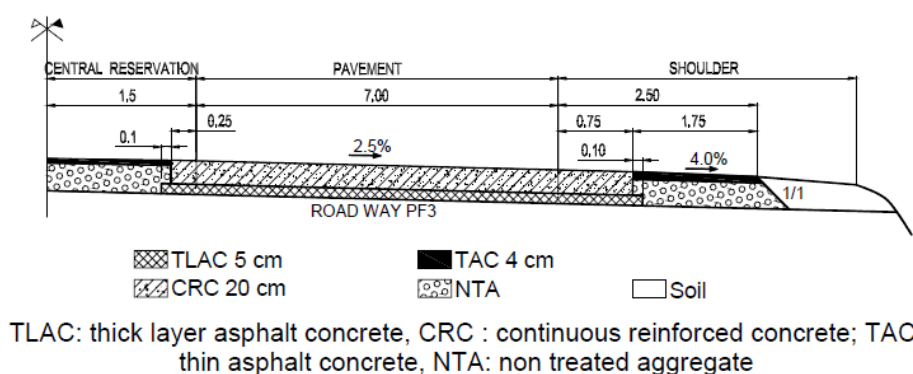


圖 2.2.3-5 法國 A71 鋪面構造圖

其排碳量推估邊界界定如圖 2.2.3-6 中粗框線所示。由圖可看出，原物料如礦石、原油的開採並未在該研究的評估邊界內，而是由各項物資運送至加工製造或使用部分開始計算。

該研究之排碳量推估方法是採用排碳係數法，即以活動強度乘上排放係數計算排碳量。在工程材料的部分，該研究就單位 CRC(Continuous

Reinforced Concrete)、STAC(Super Thin Asphalt Concrete)、表層處理 (surface dressing)、TLAC(Thick Layer Asphalt Concrete)及 TAC 鋪面所需的原物料用量進行分析，彙整出各物料於建造、第 16 年養護及第 30 年養護時的總用量與交通運輸型式及距離。

根據所統計之原物料用量及運輸起迄點和運輸方式的分析，該研究進一步引用其他文獻所載的物料排碳係數以及運輸能耗量進行排碳量計算，計算結果如圖 2.2.3-7 所示。由其推估結果顯示，鋪面建造時的排碳量約為 33,000 tonCO<sub>2</sub>e，第 16 年維護工程之排碳量約 1,900 tonCO<sub>2</sub>e，第 30 年的維護工程排碳量約 4,850 tonCO<sub>2</sub>e。

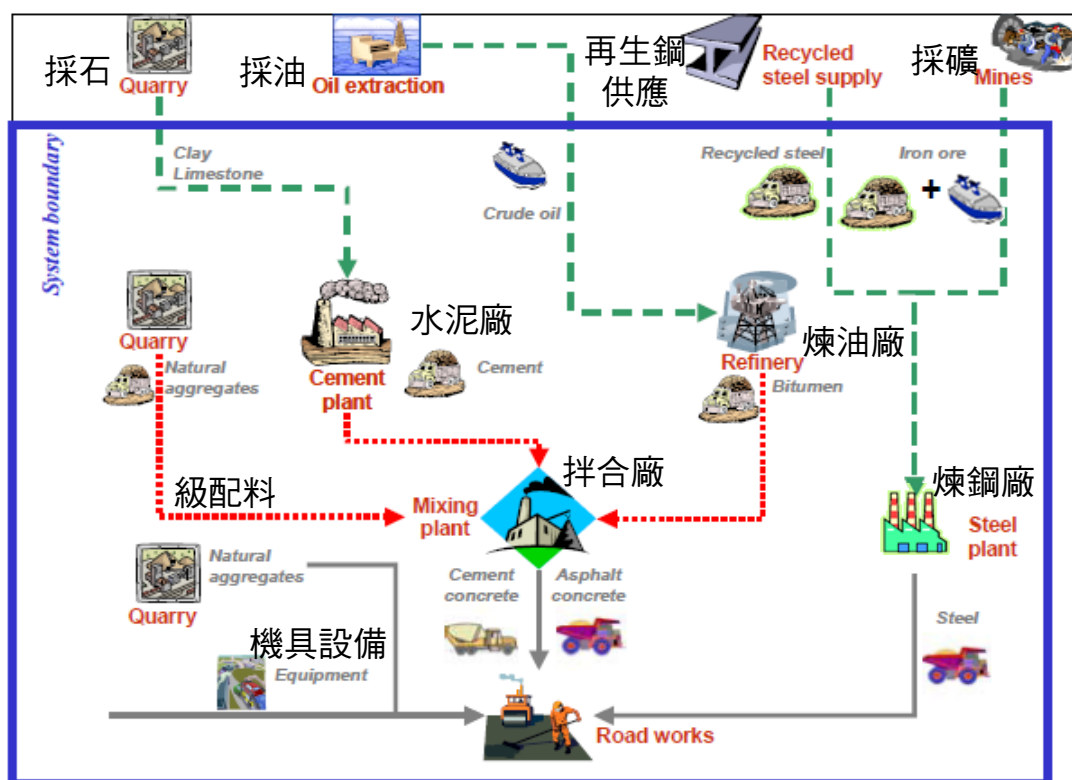


圖 2.2.3-6 法國道路鋪面排碳量推估範疇界定

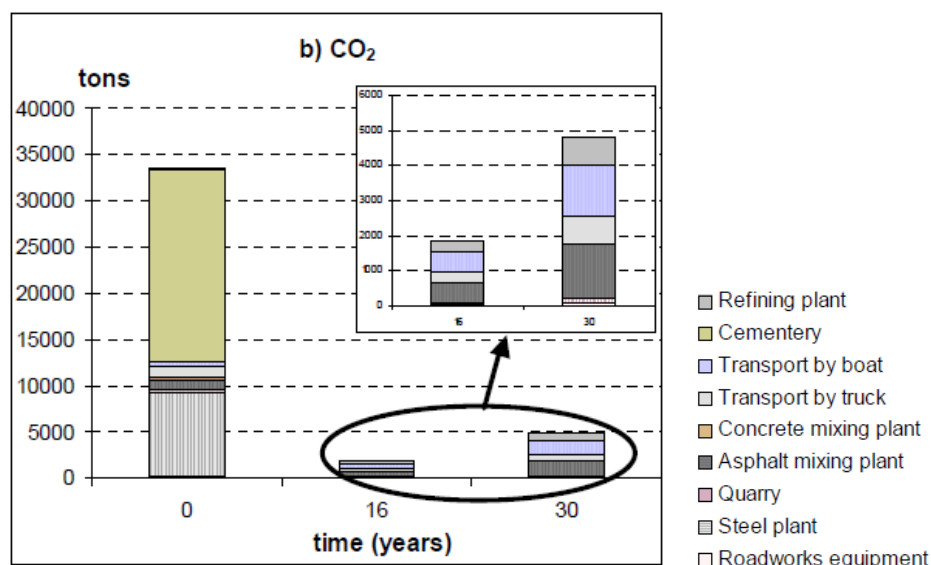


圖 2.2.3-7 法國 A-71 公路排碳量評估結果

由其推估結果分析，施工建造階段物料運輸排碳量僅佔總排碳量之 4%；但在維護階段則超過 40% (佔第 16 年維護排碳量的 46%、佔第 30 年維護排碳量的 47%)，歸納主要原因為施工建造階段使用大量水泥和鋼，維護階段則無。若單就建造階段來看，則是以混凝土工程的貢獻量最大，佔建造排碳量的 62%。

#### 四、瑞典道路生命週期排碳量評估研究(2001)

瑞典 IVL 環境研究所 (IVL Swedish Environmental Research Institute) 與瑞典國家道路管理局 (Swedish National Road Administration) 合作，於 2001 年提出盤查分析先期研究成果。內容強調以道路的完整生命週期為考量，從原料採取、材料生產、工程施作、維修與營運，乃至於廢棄物處理與再生各階段進行探討。該研究針對道路建造、維護與操作相關作業界定範疇，再根據界定之各作業項目，逐一就該作業內容使用的物料生產與運輸，以及機具的耗能，以排放係數法進行排碳量計算；施工人員的運輸排碳量並未納入考量。

根據上述計算流程，該研究分別對於六種不同路面，以服務年限 40 年推估其生命週期排碳量，並就建造、維護與操作區分其排碳貢獻量，以不同色塊繪製其建造、維護及運作過程之排碳量，結果如圖 2.2.3-8。

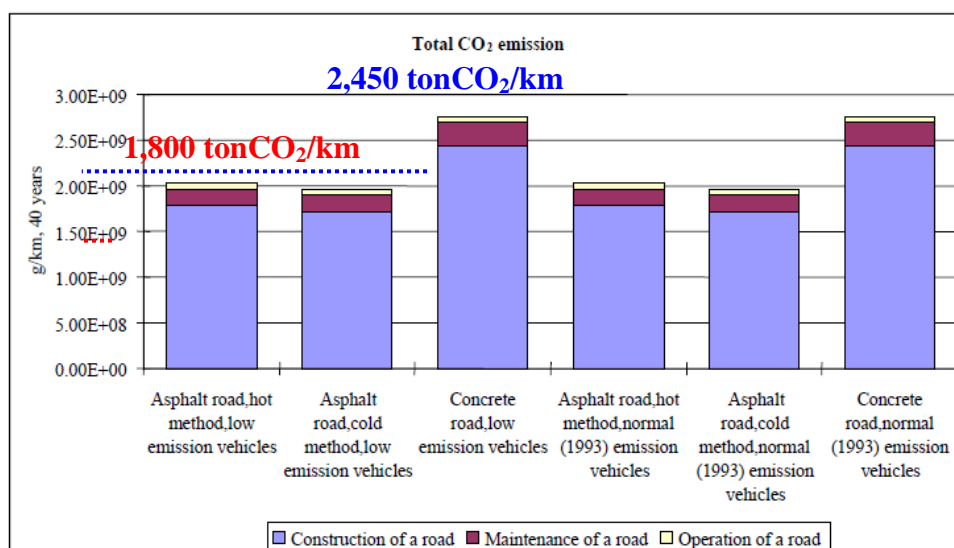


圖 2.2.3-8 瑞典道路生命週期評估-六種道路鋪面排碳量計算結果

#### 五、維多利亞州道路碳足跡評估(2009)

澳洲維多利亞州道路管理局(VicRoads)於 2009 年提出道路工程施工階段碳足跡研究計畫，目標為建立可供評估道路工程施工碳排放量之架構、探討工程減碳的可行方法及發展減量策略。該計畫執行過程中以長 2.4 km 的米克勒姆路建造計畫(Mickleham Road duplication project)為對象，就該道路施工階段碳排放活動量進行調查，進而提出排碳量計算結果，並於第二期工程(stage 2)以植林的方式宣告碳中和。

##### (一)碳足跡計算邊界

該計畫僅以道路「建造階段」為考量，包含直接排放(現場機具使用之油電排碳)及間接排放(材料含碳及運輸排碳)，未包括營運交通及未來維護之碳排放量。計算項目如圖 2.2.3-9 所示。

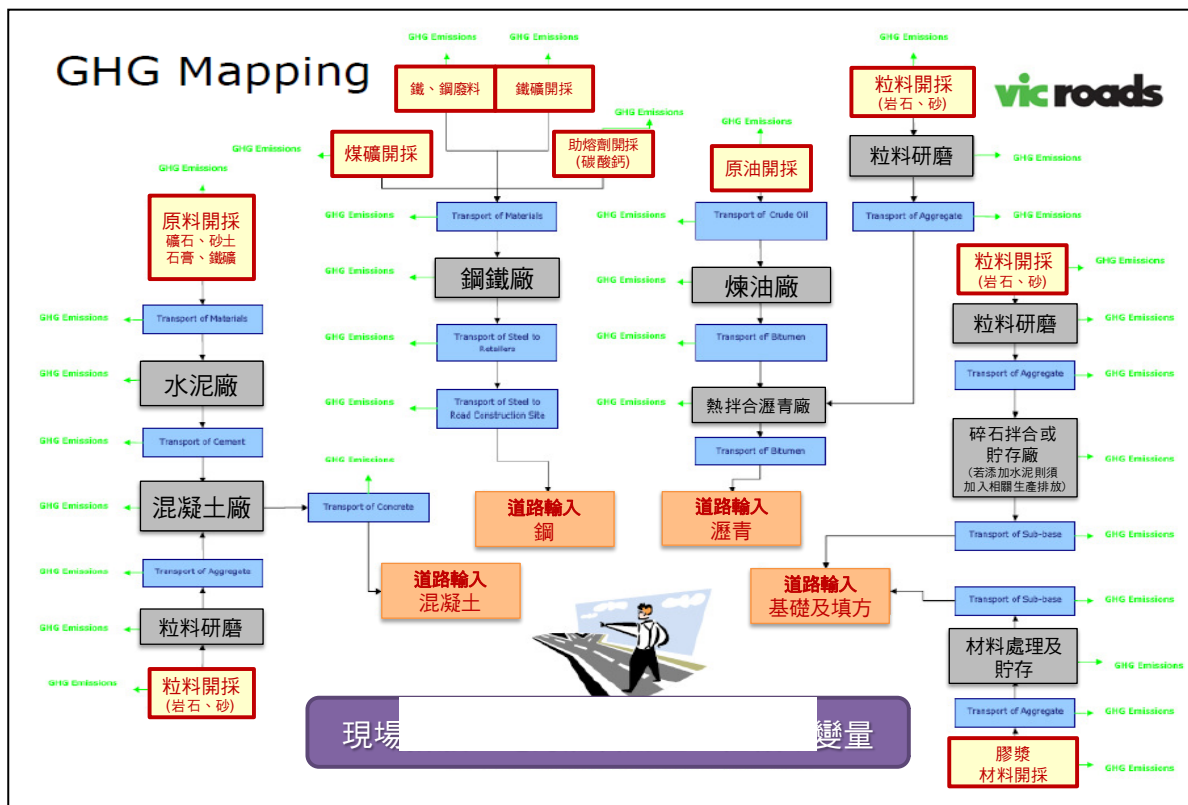


圖 2.2.3-9 米克勒姆路施工階段排碳量評估邊界

(二)碳足跡計算結果分析

米克勒姆路建造階段之碳足跡總量為 1,820 tonCO<sub>2</sub>e，以單位道路長度或單線道-長度為功能單位分析，則可換算為 760 tonCO<sub>2</sub>e/km 或 190 tonCO<sub>2</sub>e/km/lane。排碳貢獻占比如圖 2.2.3-10 所示。

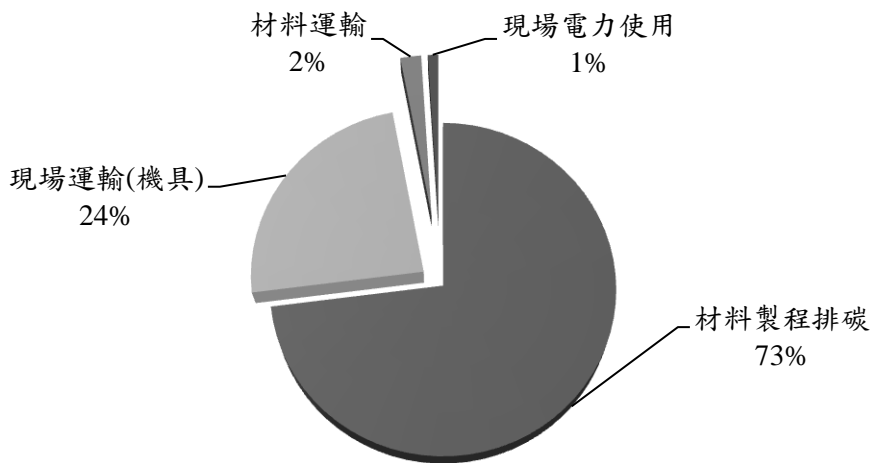


圖 2.2.3-10 澳洲米克勒姆路建造計畫碳排放源貢獻比

再進一步就材料製程排碳部分進行分析，則其中最大的貢獻源為混凝土(佔 37%)，其次為水泥處理及碎石(佔 29%)，再者為基礎骨材(佔 21%)，瀝青貢獻 7%，鋼材則貢獻 6%；如圖 2.2.3-11 所示。由圖可知，米克勒姆路建造計畫工程碳排放量中，最大宗的排碳工料為混凝土，其次是水泥處理及碎石和基礎骨材。

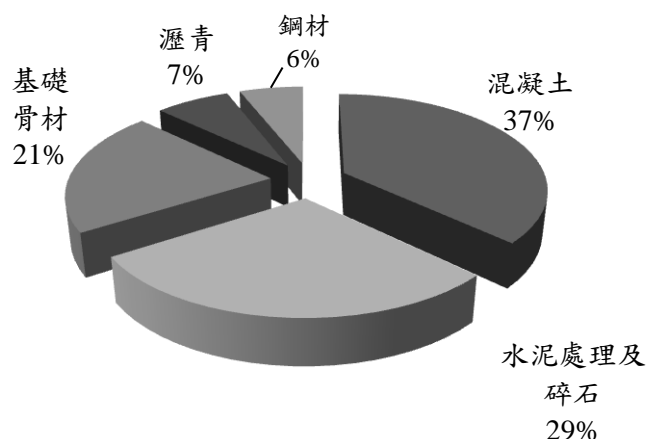


圖 2.2.3-11 澳洲米克勒姆路建造計畫主要排碳工料及貢獻比

### (三)不同道路工程碳足跡比較

該研究另提出：若一道路計畫中包含有橋梁等結構較複雜的組成，則其碳足跡將明顯較高。以 Doonybrook 道路交流道專案為例，就該案中一座 96 m 長、3 跨、2 線道、雙向混凝土橋進行碳足跡調查結果，得其碳足跡為 1,530 tonCO<sub>2</sub>e。

另一座較小規模的 37 m 長、1 跨、2 線道、雙向橋梁，其碳足跡約為 600 tonCO<sub>2</sub>e。兩項碳足跡評估數值可平均出每單位橋面積(m<sup>2</sup>)之碳足跡約為 1.5 tonCO<sub>2</sub>e。若以單位長度表示，該兩座橋梁之碳足跡係數分別為 15,938 tonCO<sub>2</sub>e/km 及 16,216 tonCO<sub>2</sub>e/km。

以前述兩座橋梁工程的碳足跡評估數值與米克勒姆路工程計畫的碳足跡計算結果 760 tonCO<sub>2</sub>e/km 相較，可發現橋梁碳足跡高於一般道路工程；且單位橋長度碳足跡甚至可達單位路長碳足跡的 20 倍。

### (四)減少道路工程碳足跡之建議

該計畫進行排碳量調查的目的是希望減少道路建造過程中的碳

足跡，並規劃購買碳權抵換排碳量，讓米克勒姆路成為澳洲第一個碳中和的道路工程建設。由其網站資料顯示，此目標最終以利用購買澳洲北部植林計畫(約 7,500 棵數)的碳權達成，但詳細資料(如是否經查驗或成本等數據)並未在網站中提出。

值得參考的是，在執行該工程計畫碳足跡盤查後，施工廠商提出若干道路工程施工階段減碳措施建議，包括：(1)使用含有高含量再生物質之原料；(2)土方挖填平衡，減少挖填方之輸入或輸出；(3)在現場進行砂石破碎，減少重要骨材的需求；(4)廠區中使用生質燃料或混合燃料；(5)使用本地產品。

## 六、NSC 路網生命週期碳足跡

南非南-北道路路網(North South Corridor)全長 10,696 公里，係由非洲八個國家、117 條各級道路所組成。南非商標協會(TMSA)評估該路網之碳排放量，建立道路硬體設施之建造、維修與修建，與道路營運等不同生命週期階段之碳衝擊比較基線。該研究將功能單位定為整個路網之鋪面建設(construction)，與 50 年之營運期間(operation)，亦包含完工後 50 年間所發生之定期養護(maintenance，每 3 ~ 15 年)與不定期修建(rehabilitation，可能發生於完工後 15 ~ 40 年)活動；另為比較營運期間對於全生命週期排碳量之影響，也以營運期 20 年進行評估。

### (一)鋪面新建階段

首先建立 NSC 路網當中不同國家、不同鋪面之斷面資訊，包含材料種類、鋪面結構/厚度、寬度等，再根據不同國家、不同鋪面個別之長度，評估各種材料使用量、施工機具耗用燃料輛，並計算對應之排碳量，最後加總可得 NSC 路網整體之排碳量。

新建階段之製程地圖、與其包含/排除之內容如圖 2.2.3-12 所示，包含能源燃料製造、材料產製、機具加工製造、施工機具現場耗能、運輸、植栽移除(土地利用變更)等項目；道路附屬設施(如隔欄、標誌、號誌)、排水設施、工程管理設施、道路主體結構(橋梁、隧道)等均為排除項目。

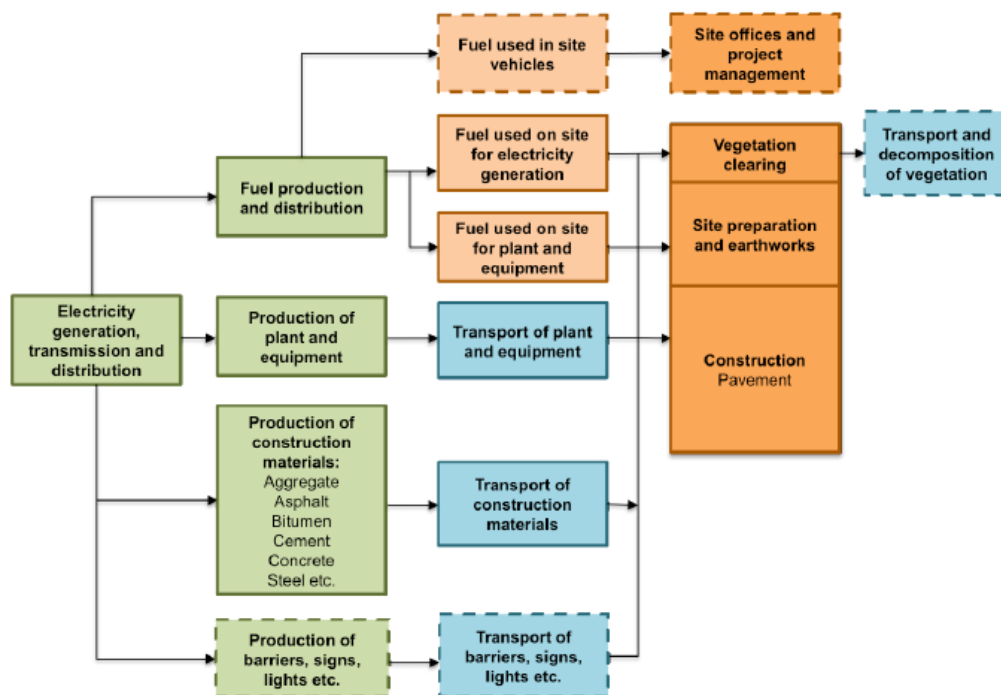


圖 2.2.3-12 NSC 路網鋪面新建階段製程地圖

## (二) 養護與修建階段

養護排碳量之計算考量不同養護及修建工作所使用之材料與機具，計算單次養護/修建所對應之排碳量，並根據各種養護/修建假設之發生頻率與 50 年間總共執行之次數，計算 50 年間總共之排碳量。此研究中養護活動之定義僅包含鋪面修補、裂縫修補，但不包含標線重繪、排水設施清理；修建活動則包含刨除加鋪，其他包含、排除之項目則與新建階段大致相同。

## (三) 營運階段

營運階段係根據 NSC 路網中每個國家、不同路段之年交通組成、交通量等資訊計算年度排碳量，再採用外插法、以假設之交通成長率計算 50 年間之單一路段總排碳量，再加總得 NSC 整體路網之排碳量。此研究於完工後期間僅考慮路面交通(汽車燃油)之排碳，但排除道路照明、號誌、車輛製造、車胎磨耗等流程。

## (四) 分析結果

根據以上之評估方法，可得 NSC 路網中之單一國家總排碳量。若以營運期 50 年進行評估，總排碳量為 1,412 百萬噸 CO<sub>2</sub>e，其中營



運階段之排碳量為 1,403 百萬噸 CO<sub>2</sub>e，占比達 99.3%；鋪面硬體設施(新建、養護、修建)之排碳量為 9.5 百萬噸 CO<sub>2</sub>e，占比僅 0.7%；進一步分析硬體設施之排碳量，則以修建階段(7.2 百萬噸 CO<sub>2</sub>e)占比 75% 最高，新建階段(2.1 百萬噸 CO<sub>2</sub>e)占比為 22%，養護階段(0.25 百萬噸 CO<sub>2</sub>e)占比僅 2.6%。若以營運期 20 年進行評估，總排碳量為 410 百萬噸 CO<sub>2</sub>e，其中營運階段之排碳量為 404 百萬噸 CO<sub>2</sub>e，占比稍降為 98.7%；鋪面硬體設施之排碳量為 5.3 百萬噸 CO<sub>2</sub>e，占比略升為 1.3%。

## 七、NCC 人行及自行車橋梁環境宣告

瑞典 NCC AB 建築公司於 2014 年完成設計階段概念橋之環境宣告後，進一步以位於瑞典 27 號道路，跨越 Viskan 河，由混凝土和鋼筋組成提供人行及自行車行駛之橋梁進行環境宣告。與規劃中之概念橋不同處為，橋梁的位置、施工的場址、基礎、鋪面、最終的應用及設施都已確定，屬於完整生命週期評估之案例。

### (一)工程內容

與之前概念橋相同，NCC 人行及自行車橋梁由鋼梁和混凝土橋面版組成；與傳統的複合橋比較，該橋被固定在橋台上，如此可使梁(桁)的尺寸顯著減少。該橋梁為一跨、跨距 35 公尺、為提供人行及腳踏車通行之道路，混凝土橋面搭配兩個不同高度的碳鋼梁(概念橋為不鏽鋼梁)組成。路面寬 5 公尺、混凝土橋面板平均厚度為 220 mm，兩個梁中心點的距離為 3 公尺，如圖 2.2.3-13。

### (二)功能單位

功能單位為每公尺人行及自行車橋梁每年，橋梁之參考使用年限(Reference Service Life, RSL)與之前概念橋相同，以 80 年作為生命週期評估依據。

### (三)系統邊界

此為「從搖籃到墳墓」的 EPD，宣告對象為一座人行及自行車橋梁。依據 PCR，從橋梁的建造到維護的程序都包括在內，建築模板(formworks)則排除在外，宣告模組如表 2.2.3-4 所示。

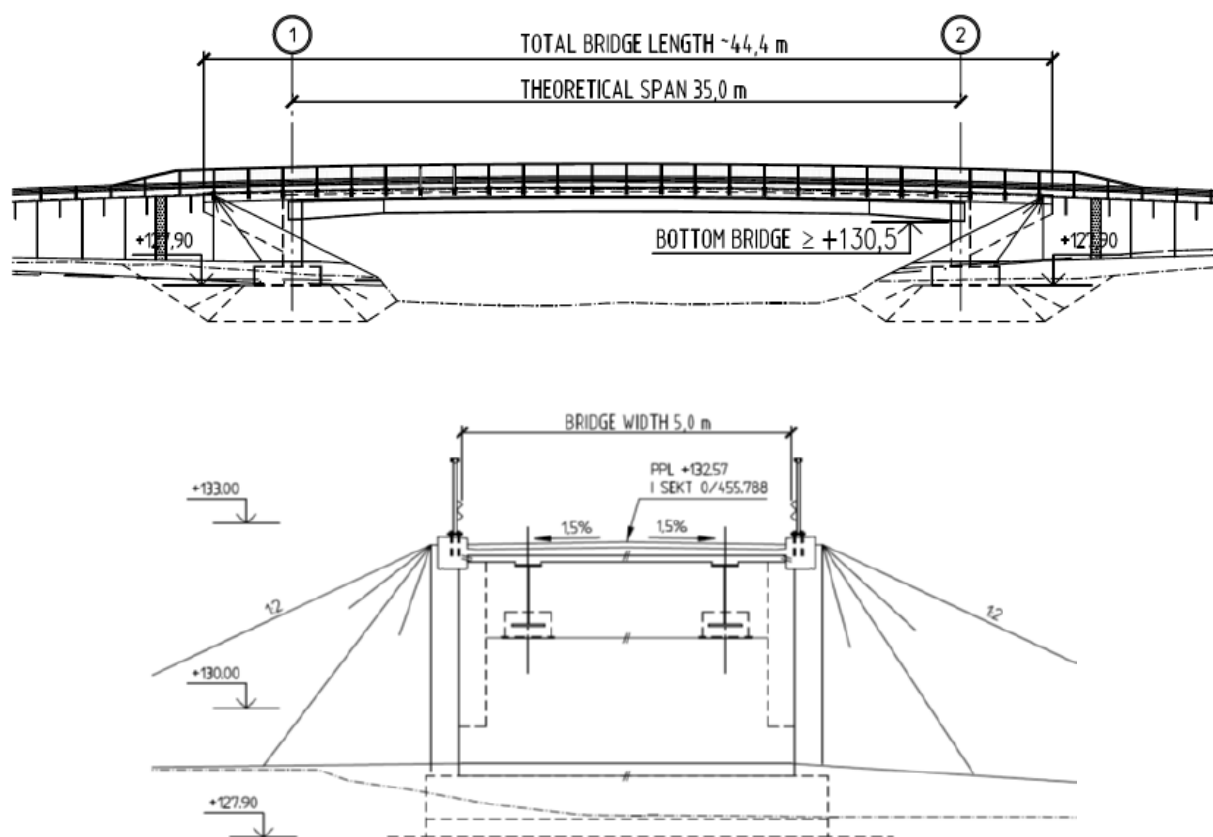


圖 2.2.3-13 NCC 人行及自行車橋梁設計概念

表 2.2.3-4 NCC 人行及自行車橋梁系統邊界及宣告模組表

上游模組		核心模組	下游模組					其他環境 訊息	
建造			操作	維護	壽命終止				
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 原料供應(開採, 加工, 再生材料)</li> <li>■ 運輸至製造商</li> <li>■ 製造</li> </ul>	運輸至場址	橋的建造	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 使用/應用</li> <li>■ 能源使用</li> <li>■ 用水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 維護</li> <li>■ 修復</li> <li>■ 置換</li> <li>■ 整修</li> </ul>	解構/拆	運輸到最終處置點	廢棄物再利用, 回收或再利用處理程序	最終處置	系統邊界外的利益和負載 (BLBSB)
A1-A3	A4	A5	B1,B6,B7	B2-B5	C1	C2	C3	C4	D
○	○	○	○	○	MND	○	○	○	○

備註：○ = 宣告模組；MND = 未宣告模組。

整個橋梁的建築過程包括鋪面及橋梁之骨架(rack)，向橋延伸的路堤及基礎的作業都包含在邊界及宣告內容中。根據 PCR，維護基礎設施所使用之材料在「上游模組」中宣告；所需要的能源、輔助材料以及廢物處理在「下游模組」中宣告。

與概念橋之差異，除工程範圍不同外(本案例包括鋪面、路堤及基礎作業等)，由於有明確之實體對象，「操作階段」之排碳量納入評估範圍內。

#### (四)評估及假設條件

此 NCC 人行及自行車橋梁的梁以碳鋼為材料，而非概念橋之不鏽鋼。數據由製造商(manufacturers)在 2014 及 2015 年收集，每個橋單元的原料數據都被收集。以下分為上游模組、核心模組及下游模組進行說明。

##### 1.上游模組：

- (1)混凝土和瀝青使用供應商的特定數據；
- (2)其他材料使用 GaBi 資料庫數據；
- (3)鋼材部分，廢鐵(次級材料)的投入並不包含；
- (4)運輸使用一般卡車之數據庫(dataset)。

##### 2.核心模組

此橋梁的建造階段使用 Vattenfall 公司的綠色電力電網(5%風力；95%水力)。

##### 3.下游模組

- (1)橋梁無照明及機械設備，故無此項之操作維護需求；【B1, B6, B7】
- (2)「維護階段」包含混凝土邊梁、混凝土層、鋼梁及瀝青鋪面之維護情境；【B2-B5】
- (3)在壽命終止階段(EoL)，EoL 階段的收集率假定為 100%。這些程序的影響(負擔)被包含在 C3 模組，但材料的效益(因為回收程序產生)顯示在模組 D。

## (五)環境影響分析

關於全球暖化之評估結果如表 2.2.3-5 所示，在不考慮操作階段預拌混凝土碳吸收效益(B1, B6, B7)及其他環境訊息(D)情境下，此人行及自行車橋梁工程之排碳量約為 98.99 kgCO<sub>2</sub>e/yr/m 及 19.78 kgCO<sub>2</sub>e/yr/m<sup>2</sup>。以上游模組之材料生產階段占 82.4%最高，下游模組之維護占 9.2%次之。

上游模組中主要受上部結構的鋼梁製造所影響。在維護階段，主要受柴油生產和燃燒所影響，排碳源主要來自替換邊梁之混凝土製造；上層瀝青替換之瀝青製造亦有一些影響。壽命終止階段之影響與橋梁建造階段相近。

在本案例中，將營運期間(操作階段)預拌混凝土的碳吸收效益納入評估範圍，該項目約占整體生命週期排碳量 1.4%，影響並不顯著。

表 2.2.3-5 NCC 人行及自行車橋梁產品環境宣告溫室氣體影響計算結果

生命週期階段			模組	kgCO <sub>2</sub> e/yr/m	kgCO <sub>2</sub> e/yr/m <sup>2</sup>	占比** (不考慮 D)
上游模組	產品階段	原料開採、運輸、製造	A1-A3	8.16E+01	1.63E+01	82.4%
	運輸	運輸至場址	A4	1.72E+00	3.43E-01	1.7%
核心模組	建造階段	橋的建造	A5	3.03E+00	6.06E-01	3.1%
下游模組	使用/應用	操作	B1,B6,B7	-1.39E+00*	-2.79E-01*	-
		維護	B2-B5	9.08E+00	1.82E+00	9.2%
	壽命終止	運輸到最終處置點	C2	1.39E+00	2.79E-01	1.4%
		廢棄物再利用，回收或再利用處理程序	C3	1.13E+00	2.26E-01	1.1%
		最終處置	C4	1.04E+00	2.08E-01	1.1%
其他環境訊息	系統邊界外的利益和負荷(BLBSB)	再利用/循環使用/回收潛能	D	-3.86E+01	-7.72E+00	-

備註：\*負值係因營運期間預拌混凝土的碳吸收效益；

\*\*占比之計算基準未包含「操作」階段之負值。

## (六)概念橋與本案例橋梁評估結果分析

相較於規劃中之概念橋，案例橋梁對於場址、基礎工程及營運階段等假設條件，有更明確的資料可進行評估。此外，兩者在工程主體包含之工程材料占比有顯著之不同，概念橋組成以混凝土、不銹鋼及鋼筋為主；案例橋梁(不包含路堤部分)混凝土占比較概念橋低，另外還有碳鋼(梁及鋼板)、瀝青及鋼筋等。案例橋梁中包含路堤或未包含路堤之組成亦有差異。

## 2.3 國內工程碳管理推展

因應溫室氣體管制與減量潮流，我國政府自民國 97 年起即開始一系列將節能減碳概念納入政策規範的作為(如圖 2.3-1)，強調政策規劃應符合碳中和(Carbon Neutral)原則，建構碳足跡、碳揭露等制度。過去幾年，交通部運輸研究所陸續發展交通運輸工程碳排放量評估模式建立研究、節能減碳規劃設計手冊編定等工作，公路總局亦建立道路工程碳管理循環架構，公共工程委員會更自民國 102 年起推動公共工程碳排放量估算試辦作業。以下就公共工程碳排放量估算試辦作業與其他工程碳管理案例及環保署碳足跡係數發展之推動現況進行簡要說明。關於溫管法之發展與影響說明於 2.4 節。

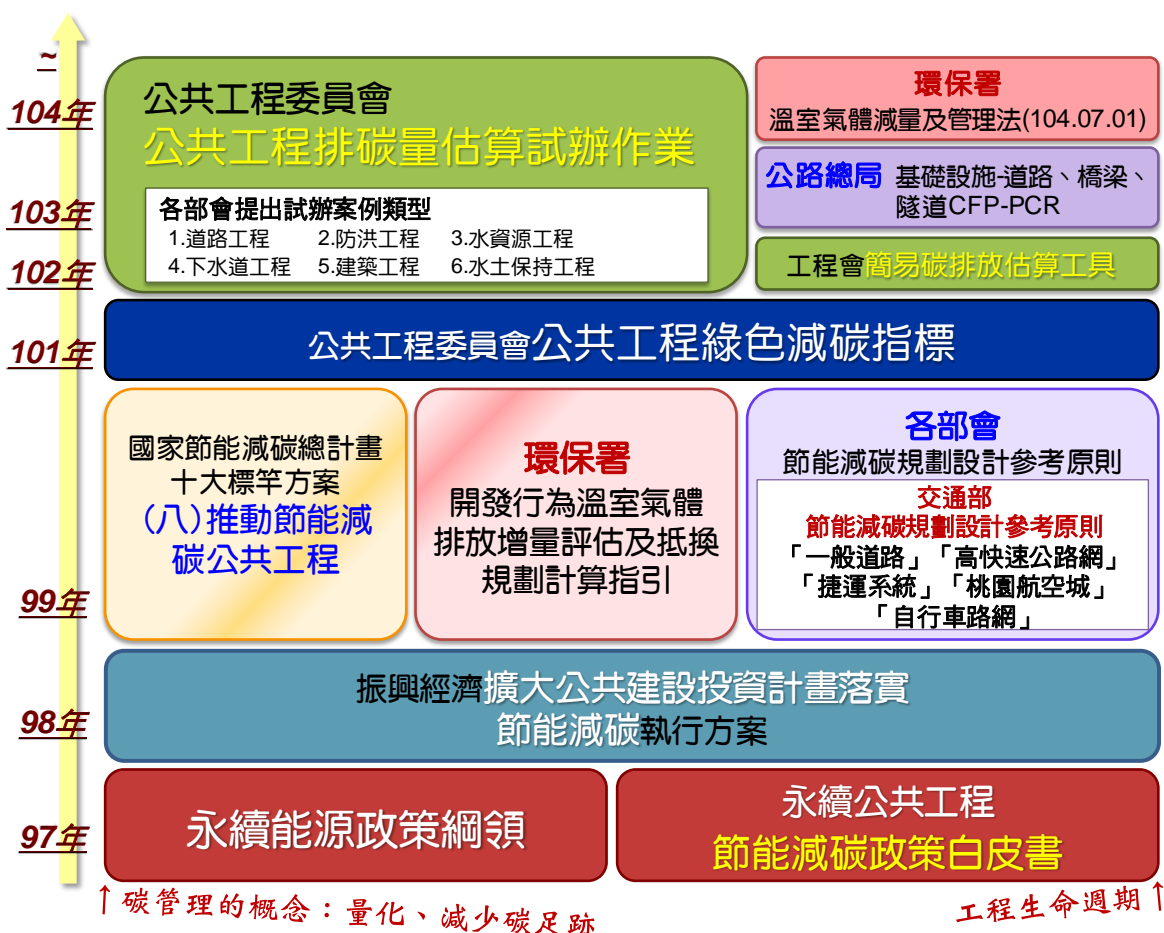


圖 2.3-1 我國工程碳管理相關政策發展示意圖

## 2.3.1 工程會試辦案例及其他計畫進度說明

### 一、推展歷程

接續前述國家整體政策發展，早期規劃主要係將節能減碳概念及可執行方法納入公共工程規劃考量，但對於碳排放量之量化程序、方法及實際效益並未訂定一致的基準。

為此，公共工程委員會(以下簡稱工程會)於 101 年度委託公共工程綠色減碳指標計畫，初步完成公共工程碳排放估算模式初步研究及試算案例，而後依該研究之結論與建議，於同年 12 月召開「公共工程計畫落實節能減碳考量及二氧化碳排放量估算模式座談會」，邀請蘇花改碳管理計畫及環保署進行「蘇花改計畫工程碳排放量及減碳效益評估結果」及我國碳足跡推動進程之簡報；並於會中達成：洽請交通部、內政部、經濟部及農委會提出試辦案例之結論。

基於以上會議之結論，工程會又於民國 102 年 3 月 6 日召開試辦作業研商會議，邀請主管或經常辦理道路、防洪、水資源、下水道、建築及水土保持 6 項工程類別機關分別提出試辦工程案例，於規劃設計階段進行碳排放估算，並於施工建造階段進行碳盤查作業，正式開啟我國公共工程於規劃階段開始進行碳管理之行動，其推動流程如圖 2.3.1-1。各試辦單位將循公路總局蘇花改計畫 A、C 段模式：於設計階段先提出碳排放量評估報告，並於此期間提出工程碳盤查範圍的建議；在成本效益、空間時間範圍可行性等考量下，於工程開工後，推動盤查工作。

在 102 年度交通部、內政部、經濟部、教育部、農委會等部會分別提出試辦工程，共計 20 件，如表 2.3.1-1 所示。表列試辦案例中台 9 線蘇花公路新建工程為工程會推動碳排放估算試辦作業之前即開始執行相關作業之工程，且持續執行中；其餘各案例僅農委會水保局與經濟部水利署提出之 3 件及 6 件案例已於 102 年度完成碳排放量估算與盤查作業，並於工程會 103 年 2 月 12 日召開之第 3 次工作會議中提出執行成果及進行經驗分享。

工作會議中各委員及各方代表皆肯定工程碳排放估算試辦案例，並

建議後續工程會應提供統一的規範或指引，讓試辦案例採取一致的範疇與評估方法。另多數的工程碳排放主要來自工程材料部分，目前執行碳排放估算遭遇之困難在於缺乏本土化之排碳係數，僅能以生命週期資料庫之係數來計算，後續如何提升本土化材料係數資料之數量為各界所關注之議題。

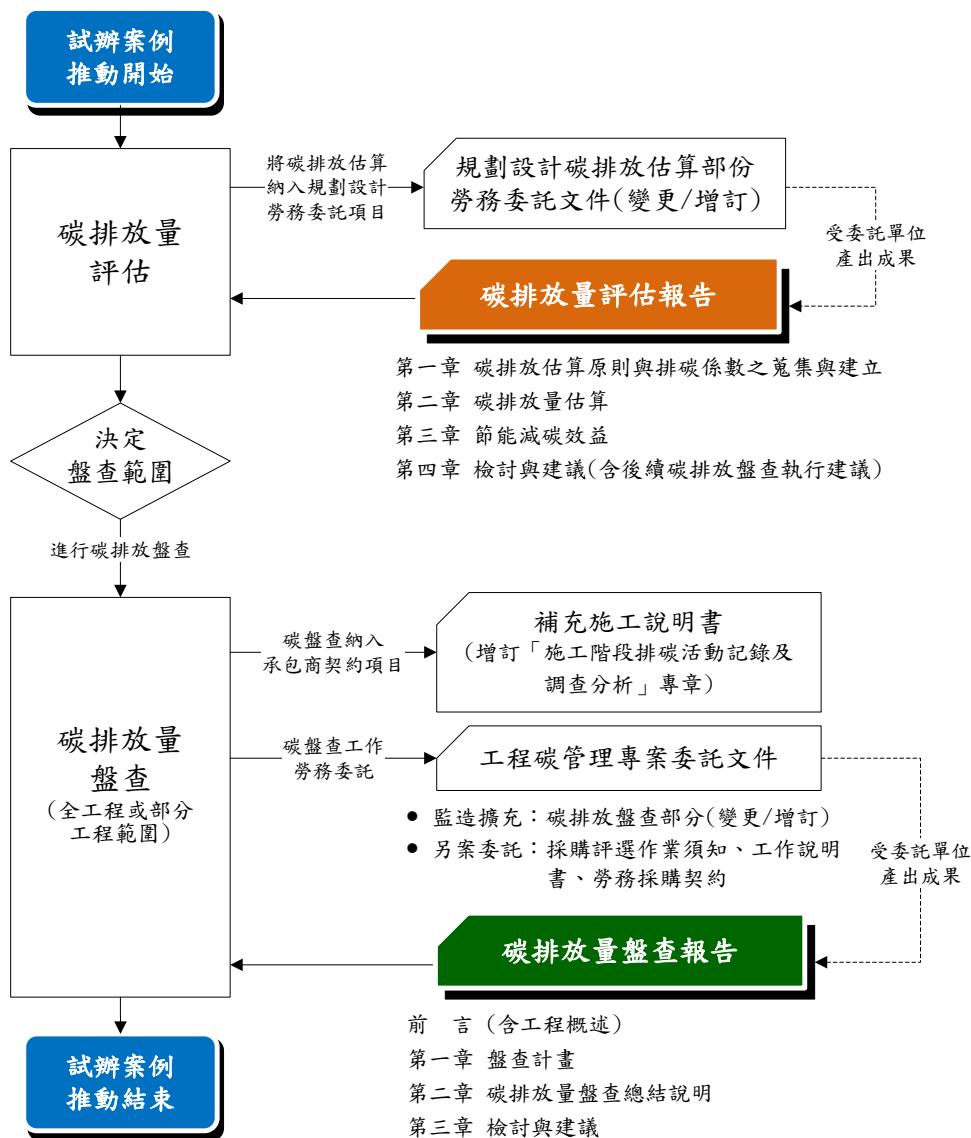


圖 2.3.1-1 公共工程碳排放量估算試辦案例推動流程



表 2.3.1-1 公共工程碳排放估算試辦工程彙整表

項次	工程類別	工程名稱	執行單位	執行狀況	部會
1	道路	台 9 線蘇花公路改善工程	公路總局	2	交通部
2	道路	國道 5 號頭城增設上下匝道改善工程	高公局	2	
3	道路	國道 4 號臺中環線豐原潭子段計畫	國工局	2	
4	水資源	石門水庫上游羅浮橋下淤積物挖裝及附屬設施	北區水資源局	3	經濟部 *
5	水資源	湖山水庫工程-湖山水庫下游梅林溪護岸修復工程	中區水資源局	3	
6	水資源	湖山水庫工程-湖南壩左岸遷建道路水土保持工程	中區水資源局	3	
7	防洪	新北市三芝區後厝海岸環境營造工程	第十河川局	3	
8	防洪	新北市淡水區油車口海岸環境營造工程	第十河川局	3	
9	防洪	鶯歌溪余厝橋上游右岸環境營造工程	第十河川局	3	
10	道路	新竹市茄苳接西濱連絡道路新闢工程	營建署	-	內政部
11	下水道	新北市樹林地區污水下水道第一期工程第七標	新北市政府水利局	-	
12	下水道	苗栗地區污水下水道系統南苗主次幹管工程(一)	營建署下水道工程處中區分處	3	
13	下水道	臺南市永康區污水下水道系統(PB 分區)管線工程	營建署下水道工程處南區分處	3	農委會 *
14	水土保持	牛欄山上游野溪整治工程	水保局	3	
15	水土保持	龍蛟溪野溪整治六期工程	水保局	3	
16	水土保持	萬得野溪整治工程	水保局	3	內政部
17	建築	內政部入出國及移民署臺中辦公廳舍新建工程	入出國及移民署	1	
18	建築	精勤樓新建工程	臺北科技大學	2	教育部
19	建築	國立政治大學藏書空間暨學生宿舍興建工程	國立政治大學	-	
20	建築	國立臺灣藝術大學多功能活動中心新建工程	國立臺灣藝術大學	2	

備註：執行狀況說明：1.估算作業執行中或已完成；2.盤查或調查作業執行中；3.試辦案例已完成；

”-“試辦作業規劃中。

執行單位：”\*”表該單位持續委辦計畫進行工程碳排放量估算及調查作業。

另工程會於 103 年 12 月 2 日召開第 4 次工作會議，會議中由高公局及營建署就其試辦案例執行狀況進行說明，亦請農委會水保局就其 103 年度進行之 2 個案例作成果分享，促進各單位間之經驗交流。工程會並提出「公共工程節能減碳評估檢核機制初步構想」，擬將碳排放量估算作業納入中長程個案計畫之必要檢核項目，其推動情形各工程單位應持續關注及配合。會議結論中請各單位將執行成果彙整後提交工程會，將置於工程會網站供各方參；並請各單位持續辦理後續碳排放調查工作。

本計畫執行之工程碳管理作業，符合目前公共工程推動案例中應執行之第二階段工作。後續執行過程中，除依據既定工作規劃、如期如質控管工程碳足跡盤查進程與結果外，亦將在必要時候，依據公路總局的指示，配合提出相關資料或成果發表予其他工程單位參考，為提升我國整體工程碳管理效益與品質盡一份心力。

## 二、各案例試辦狀況

經濟部水利署及農委會水保局之試辦案例皆已執行完畢，並另案辦理碳排放估算或調查等作業；該兩單位之工程碳排放量以調查方式執行，並未請第三方進行查證。

永康及南苗兩項下水道工程分別於 103 年底及 104 年初完成碳排放量估算作業，由於下水道管線工程之工程項目施作具有規律性，故採固定時間範圍之模式進行施工期間之排碳量調查，並於 105 年開始執行，預計執行 1 個月的試盤查及 6 個月的調查，將可得到下水道工程碳排放與工程特性關係之資訊。其中永康下水道工程已於 105 年 9 月底完成盤查作業，並於 106 年 5 月完成碳排放量盤查報告(定稿本)之核定；南苗下水道工程則於 106 年 1 月中完成盤查作業，目前正進行碳排放量盤查報告審核中。

高公局之國道 5 號頭城增設上下匝道改善工程則於 104 年下半年完成碳排放量估算作業，105 年 6 月開始執行碳足跡盤查作業。國工局之國道 4 號臺中環線豐原潭子段計畫於 105 年下半年完成碳排放估算作業，106 年 7 月預定進行盤查作業之土建標完成招標程序，預定下半年起開

始執行部分標別之碳足跡盤查作業，未執行盤查作業之標別則預期以施工過程中簡易資料蒐集及未來完工後結算資料，進行施工階段之碳排放量核算。

### 2.3.2 其他工程碳管理案例發展

除前述工程會推動之碳排放量估算試辦案例外，彙整目前相關單位推動之計畫及進展如表 2.3.2-1 所示，由表中可看出，各單位亦已開始注意工程碳管理之發展，並著手推動公共工程之碳盤查等作業，待相關作業執行完畢，將可取得國內各項工程與排碳量之關係，作為減碳策略研擬參考。

表 2.3.2-1 國內其他工程碳管理案例推動狀況彙整

執行單位	計畫名稱	備註
公路總局	西濱南工處西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作(101~107年)	WH77-A、B、C標均已發證。
公路總局	西濱南工處台9線南迴公路拓寬改善後續計畫安朔草埔段委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作(102年~)	盤查執行中
公路總局	東西向快速公路高南工程處台9線南迴公路拓寬改善後續計畫(金崙大鳥段)委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作(102年~)	盤查執行中
公路總局	西濱北工處淡江大橋第一、二標工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作(104年~)	盤查執行中
公路總局	西濱北工處淡江大橋及其連絡道路新建工程(第3標)(含碳足跡盤查輔導及查證)(104年~)	工程發包中 盤查作業規劃中
公路總局代辦	代辦高雄機廠遷建潮州-臺1線高架橋工程委託碳足跡盤查輔導及查證服務工作(105~107年)	已發證
鐵路改建工程局	南迴計畫潮枋段土建及一般機電工程碳管理暨碳足跡盤查技術服務(105年~)	軌道工程
臺中市政府都市發展局	臺中市水湳經貿園區工程碳管理作業委託專業服務案(105年~)	區域開發工程-區段徵收基礎工程及中央公園(清翠園)景觀工程
經濟部能源局	綠能科技示範場域委託設計監造計畫(106年~)(財團法人工業技術研究院代辦)	建築工程-設計階段估算，施工階段配合計算

執行單位	計畫名稱	備註
		總碳排放量
水利署	烏溪烏嘴潭人工湖工程 (環評要求：施工期間及營運 2 年內減少 45% 以上排放量)	環評要求，現為設計階段，將規劃後續辦理方式。

### 2.3.3 環保署碳足跡係數發展

為因應國內碳排放量化與減碳規劃之需求，環保署積極推動碳足跡及碳標籤制度，期望藉由產品碳排放資訊的普遍揭露，促進民眾及企業正視產品碳足跡並推動減碳作為。為使企業與相關單位在進行碳足跡量化時，能有可信賴的係數，及使下游企業有可採用的上游供應商參數，以確保碳足跡計算結果的代表性，並增加碳足跡計算的便利性及時效性，環保署自 102 年起即著手推動本土碳足跡排放係數資料庫建置工作，預估以分年度的方式、至 105 年完成共 28 個類別、約 600 項產品碳足跡係數，其規劃發展的係數類別與子項如圖 2.3.3-1 所示。



資料來源：蕭慧娟，2014。

圖 2.3.3-1 環保署規劃本土碳足跡排放係數資料庫建置內容

由圖 2.3.3-1 顯示，與工程排碳量相關者包括：能資源、運輸服務、建材、金屬、化學品或氣體等，目前環保署已將逾百筆碳足跡排放係數公告於產品碳足跡計算服務平台中，項目詳網址：[http://cfc.epa.gov.tw/CIT\\_Beta/CIT\\_UI/Bmodule/Inventory/Metadata.aspx](http://cfc.epa.gov.tw/CIT_Beta/CIT_UI/Bmodule/Inventory/Metadata.aspx)。各類係數目前皆以相同的詮釋資料呈現，包括：名稱、碳足跡數值(kgCO<sub>2</sub>e)、單位、技術範疇(系統邊界)、技術描述、開始日期、結束日期及區域名稱。

至 107 年 7 月 27 日止環保署網站上已公告部分碳足跡排放係數，包括 30 個類別、103 項子類別，總共 733 項，目前近 1 期增加約 47 項產品碳足跡排放係數，彙整如表 2.3.3-1。

環保署目前已公告之碳足跡排各項類別中，與工程相關之排放係數類別包括能資源、塑膠原料、金屬、化學品或氣體、建材、運輸服務、廢棄等。目前本計畫已採用之公告係數為電力、水、燃料(柴油、汽油)、氧氣、乙炔等能資源係數；另雖然環保署於 104 年 12 月初公告通過 FY104 第 6 次推動產品碳足跡標示審議會技術小組會議之碳係數中有包含與工程相關之鋼胚、鋼筋、水泥及混凝土等係數。但由於其生命週期邊界並不完整(未包含原料至廠家的運輸階段、包裝階段等)，且本計畫已進行鋼筋、水泥及混凝土供應商之盤查作業，將以實際盤查結果作為本計畫引用之碳排放係數，不採用環保署公告之係數。本計畫並已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，且將該經查證之鋼胚及鋼筋碳足跡係數提供環保署係數資料庫。

此外，2.3.1 節提及之工程會試辦案例-永康下水道工程，於盤查結果完成審查後，亦彙整盤查過程中產出之工程材料碳足跡排放係數提供予環保署；公路總局之蘇花改碳管理計畫亦於 106 年彙整過去年度大宗材料供應商盤查結果，將產出之工程材料碳足跡係數發文提送環保署，以充實環保署係數資料庫，並供其他工程引用。預期隨著各項工程盤查之進展，我國碳足跡係數資料庫中之本土化工程材料碳足跡係數將更趨完備。

本計畫將持續關注此公告內容，與並查證單位確認是否有可採用之係數，在符合查證規範要求下，適時更新本計畫進行碳足跡計算時可能採用之本土

化碳排放係數。並建議於本計畫完成時，彙整經查證後之工程材料係數提供予環保署，以展現計畫執行成效。

表 2.3.3-1 環保署已公告之碳足跡排放係數

類別	子類別	項目
能資源	氣	天然氣、液化石油氣
	水	台北自來水、台灣自來水
	油	柴油、汽油、煤油、重油(燃料油)
	電	電力-臺灣
塑膠原料	樹脂	ABS 塑膠、三聚氰胺樹脂、不飽和聚脂樹脂(UP)、尿素甲醛樹脂、環氧樹脂、石油樹脂、聚胺基甲酸乙酯樹脂(PU)、酚醛樹脂、醇酸樹脂、醋酸乙烯單體
	泛用塑膠	聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)、聚乙烯(PE)、聚苯乙烯(PS)、SAN 塑膠
	泛用工程塑膠	乙烯-乙醇醇共聚物(EVOH)、壓克力粒(聚甲基丙烯酸甲酯, PMMA)、甲基異丁酮(MIBK)、發泡聚苯乙烯(EPS)、聚對苯二甲酸丁二酯(PBT)、聚對苯二甲酸乙二酯(PET)、聚甲醛(POM)、聚乙烯醇(PVOH)、聚醯胺粒(尼龍粒)、聚碳酸酯(PC)、甲基丙烯酸甲酯(MMA)
塑膠製品	塑膠製品	膠布/帶
	接著劑	聚醯胺接著劑、水性膠帶糊、熱熔膠、醋酸乙烯酯共聚物(EVA)、免釘膠
橡膠原料	丙烯腈-丁二烯橡膠	丙烯腈-丁二烯橡膠(NBR)
	乙烯丙烯橡膠	乙烯丙烯橡膠(EPDM)
	合成橡膠乳液	合成橡膠乳液
	天然橡膠(乳膠)	天然橡膠(乳膠)
	熱可塑性橡膠	熱可塑性橡膠(TPE)
	聚丁二烯橡膠	聚丁二烯橡膠(BR)
	苯乙烯-丁二烯橡膠	苯乙烯-丁二烯橡膠(SBR)
橡膠製品	橡膠製品	橡膠手套
金屬	不鏽鋼	冷軋鋼捲、盤元/直棒鋼、鋼胚
	合金鋼	鋼胚

類別	子類別	項目
	碳鋼	冷軋&熱浸鍍鋅&熱軋&電鍍鋅鋼捲、生鐵、盤元/直棒鋼、鋼板、鋼胚、馬口鐵
	金屬製品	不鏽鋼管、無鉛鉛錫、線材、螺絲/螺帽、銅箔基板、鋼筋(電弧爐作業)、陽極磷銅、車用鍛造件
	非鐵	金、鉑、鉛、銀、銅、鋁錠、鋅錠、錳、鎂錠
化學品或氣體	有機化合物	烴類、烯類、胺類、芳香烴、酮類、酯類、酸酐、酸類、醇類、醚類、醛類、醯胺類、鹽類(鹼性鹽)
	無機化合物	氧化物、無機酸鹼、過氧化物、鹽類(中性鹽、酸鹼性鹽)
	界面活性劑	離子型、非離子型
	氣體	氧氣、氫氣、氬氣、氮氣、氯氣
	其他	碳黑
紙	家庭用紙	紙手帕、面紙及紙巾、衛生紙
	工業用紙	牛皮紙、瓦楞芯紙、裱面紙板
	文化用紙	印刷書寫用紙
	紙漿	再生/回收紙漿、原生紙漿
	紙容器	瓦楞紙箱、食品容器
	其他紙製品	紙棧板、角紙
	人造纖維	尼龍纖維、聚丙烯腈纖維(腈綸)、聚酯纖維
纖維	天然纖維	動物纖維
	對苯二甲酸(PTA)	對苯二甲酸(PTA)
	己內醯胺(CPL)	己內醯胺(CPL)
	纖維紗	混紡紗
玻璃	平板玻璃	平面顯示器用玻璃基板、平板玻璃
	玻璃纖維	玻璃纖維絲
	玻璃容器	玻璃容器、玻璃奶瓶
建材	礦石/石料	生石灰、石礦、石灰石、石膏
	水泥	水泥、水泥製品
	窯業製品	磚/瓦、石膏板
	板材	中密度纖維板 MDF
	塑膠製品	塑膠管
	金屬製品	鋁製品
	管材	混凝土管、人孔管/座

類別	子類別	項目
化學肥料&農藥	單一肥料	氮肥、磷肥、尿素、氯化鉀
染顏料	染顏料	反應性染料、有機顏料
塗料	以丙烯酸或乙烯基聚合物為基料	水性水泥漆
電機&電子	印刷電路板(PCB)	CTP 版
	晶圓片	晶圓片(6 英吋)
	被動元件	石英晶體諧振器、電阻
	組件	照相機、鍵盤、觸控板、電源線、太陽光電、其他
	裝置	筆記型電腦、滑鼠
鼓豆類及其加工品	中間製品	小麥粉、麵粉
	穀類	玉蜀黍、稻米、芝麻粉
	豆類	花生
	豆製品	素食加工品
	穀類製品	麵粉製品
蔬果類及其加工品	茶葉	茶葉
	蔬果	菇菌類、根莖葉類、水果類、葉菜類
	蔬果製品	蔬果製品
肉品及其加工品	肉類	豬肉
	肉加工品類	丸類
水產品及其加工品	水產品	蝦類、螺貝類、魚類
	水產品加工類	冷凍製水產、柴魚花
蛋品及其加工品	蛋品	雞蛋
醬油及調味品	其他調味品	味噌、糖、食用醋、鹽、麻油
	調味醬	咖哩醬、沙茶醬、番茄醬
	醬油	醬油
食用油脂	動物性食用油	牛油、豬油
	植物性食用油	大豆(黃)油、烤酥油、清麻油、黑麻油、葵花油、芝麻油
乳品及其加工品	乳製品	優酪乳
	鮮乳	鮮牛乳
民生相關	清潔用品	洗衣粉(一般、濃縮)
	盥洗用品	沐浴乳
	家庭用品	家庭用品
	其他	燈、護髮(精、乳、霜)



類別	子類別	項目
運輸服務	公路運輸	大客車(營業與自用)、貨車、常溫貨車、冷藏/凍貨車、遊覽車、小客車、機車、
	海上運輸	國內海運、國際海運
	航空運輸	航空-貨運、 <u>航空-旅客運輸</u>
	軌道運輸	鐵路、高速鐵路
回收	廢輪胎類	廢輪胎
	廢鉛蓄電池類	廢鉛蓄電池
	廢機動車輛類	廢機車、廢汽車
	廢照明光源	廢照明光源
	廢乾電池	廢乾電池
	廢容器類	廢紙容器、廢鐵容器、廢玻璃容器、廢鋁容器、廢塑膠容器
	廢電子電器類	廢電子電器類
廢棄	一般廢棄物清除處理	一般廢棄物焚化處理、一般廢棄物掩埋處理、廢棄物物化處理、廢棄物固化處理、一般廢棄物清除處理、廢溶劑蒸餾回收處理、有害事業廢棄物穩定化/固化處理
	最終處置	掩埋法、堆肥
廢水	廢(污)水處理服務	廢(污)水處理服務
其他服務	展覽	國際展覽
	會議	國際會議
	服務	百貨零售服務、 <u>住宿服務</u>
	其他製品	竹炭
飲品	酒類	高粱酒、啤酒
	乳製品	布丁
	豆穀類	豆漿
	茶飲	奶茶、紅茶、綠茶、高山烏龍茶
	沖泡飲品	綜合穀飲
	氣泡飲料	可樂
	蔬果汁	蔬果汁

\*底線為最近一期新增項目

## 2.4 溫室氣體減量及管理法與相關子法

因應全球氣候變遷及節能減碳需求，立法院於 104 年 6 月 15 日完成「溫室氣體減量及管理法」(以下簡稱溫管法)三讀，總統並於同年 7 月 1 日正式公布施行，我國溫室氣體減量與管理邁向有正式法源依據的時代。溫管法共分 6 章 34 條，包括：總則、政府機關權責、減量對策、教育宣導與獎勵、罰則及附則，詳細內容已於 104 年度進度報告進行說明。與工程機構相關者為溫管法第 5 條中提及政策規劃原則包括「推動國家基礎建設之低碳綠色成長方案」、第 24 條提及政府機關應推展「低碳產品標籤制度及推廣低碳產品」等，為工程機構在參與國家整體節能減碳工作中可以納入考量的重點。

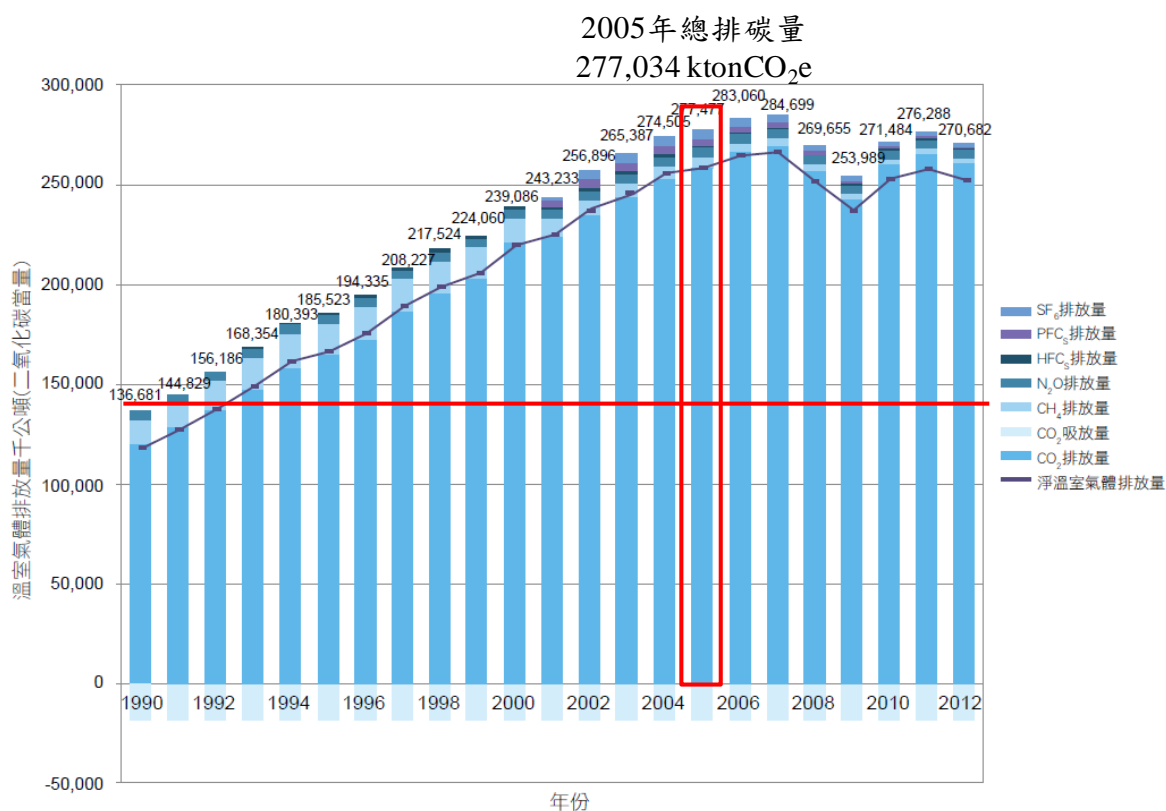
另因應溫管法施行，相關子法已陸續公告，以下就溫管法簡介、相關子法推動現況及施行細則進行說明。

### 一、溫管法簡介

#### (一)減量目標及總量管制

「溫室氣體減量及管理法」第四條中明訂我國長期減量目標，即 2050 年溫室氣體排放量降為 2005 年之 50% 以下，由國家清冊統計資料顯示，此排放量約為我國 1990 ~ 1991 年之排放量(如圖 2.4-1 所示)。前述減量目標，將參酌聯合國氣候變化綱要公約與其協議或相關國際公約決議事項及國內情勢變化，適時調整、定期檢討。

溫管法並將啟動以 5 年為一期的階段管制目標，搭配具經濟誘因的管理措施，逐步建立從免費核配到有價配售的總量管制與交易制度，以兼顧因應氣候變遷減緩與調適作為。



資料來源：行政院環保署，中華民國國家溫室氣體清冊報告，2014年12月。

圖 2.4-1 我國 1990 年至 2012 年溫室氣體排放趨勢圖

### (二) 政府法律與政策規劃管理原則

溫管法第五條中更明確規範，為因應氣候變遷，政府相關法律與政策之規劃管理原則，包括：應逐步降低化石燃料依賴，訂定再生能源目標，逐步落實非核家園願景；溫室氣體排放額度之核配應逐步從免費核配到配售方式規劃；推動國家基礎建設之低碳綠色成長方案；提高資源與能源使用效率，促進資源循環使用以減少環境污染及溫室氣體排放等。

### (三) 政府機關及各單位權責

中央主管機關(行政院環境保護署)應擬定「國家因應氣候變遷行動綱領」(以下簡稱『行動綱領』)及「溫室氣體減量推動方案」(以下簡稱『推動方案』)。「行動綱領」應每5年檢討一次；『推動方案』應包括階段管制目標、推動期程、推動策略、預期效益及管考機制等

項目。

國家能源、製造、運輸、住商及農業等各部門之中央目的事業主管機關應依前項推動方案，訂定所屬部門溫室氣體排放管制行動方案(以下簡稱『行動方案』)，其內容包括該部門溫室氣體排放管制目標、期程及具經濟誘因之措施。

中央目的事業主管機關定期檢討修正前條行動方案，且應每年編寫執行排放管制成果報告，未能達成排放管制目標者，應提出改善計畫。

中央目的事業主管機關應進行排放量之調查、統計及氣候變遷調適策略之研議，每年定期提送成果。中央主管機關應進行氣候變遷衝擊評估、定期統計全國排放量，建立國家溫室氣體排放清冊；並每3年編撰溫室氣體國家報告、對外公開。目的事業主管機關應輔導事業進行排放源排放量之盤查、查證、登錄、減量及參與國內或國際合作執行抵換專案。

直轄市、縣(市)主管機關應依行政院核定之推動方案及中央目的事業主管機關訂定之行動方案，訂修溫室氣體管制執行方案。

#### (四)減量對策

經公告之排放源，應每年進行排放量盤查、登錄，其排放量清冊及相關資料應每3年內經查驗機構查證。

排放總量目標將分階段訂定，核配額屬配售額之比例於階段管制目標內明定，並分階段增加至100%。事業排放量超過其核配額度之數量(以下簡稱超額量)，以國內之排放額度優先抵換；使用國外排放額度抵換者，不得超過核配額十分之一。

#### (五)教育宣導與獎勵

各級政府機關應加強推動對於國民、學校及產業對減緩全球氣候變遷之認知與減少溫室氣體排放之宣導工作，並應積極協助民間團體推展有關活動，推展事項包括：提供氣候變遷相關資訊、教育宣導、建置低碳產品標籤制度及推廣低碳產品等。推廣使用低耗能高效率產

品或服務。對於推動績效優良之機關、機構、事業等，應予獎勵或補助。

#### (六)罰則

超過排放額度者，每公噸超額量處碳市場價格 3 倍之罰鍰，以每 1 公噸新臺幣 1,500 元為上限。前項碳市場價格，由中央主管機關會同中央目的事業主管機關參考國內外碳市場交易價格定期檢討並公告之。

其他違反溫管法相關規定者，處以新臺幣 20 萬至 200 萬或 10 萬至 100 萬罰鍰，視違反項目而定。

### 二、溫管法相關子法

溫管法施行後，原以空氣污染管制法(以下簡稱空污法)進行管理之溫室氣體正式轉由溫管法管制。初期，環保署首先推動現有隸屬於空污法下之子法轉換，先掌握我國溫室氣體排放基礎資料後，再據以訂定總量目標及進行總量管制。目前環保署已公告之相關法規或命令如表 2.4-1 所示。

溫管法已授權另訂子法者(諸如溫室氣體盤查登錄、查驗管理、抵換專案、效能標準、核配拍賣配售、排放交易制度等)，其細節性事項由相關子法另訂之。其中「溫室氣體排放量盤查登錄管理辦法」及「第一批應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」，為目前本計畫在執行工程碳盤查時與大宗材料供應商(水泥、鋼筋等)協商提供相關資料之主要依據，對於建立本土化工程材料排碳參數具有很大之助益。

此外，在「第一批應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」規定中，雖部份行業尚未列入管制對象，但後續列管對象勢必逐步增加、擴充，國內相關單位及業者皆應預作準備，以因應未來溫室氣體排放量之量化及減量之責任。

106 年 7 月才公告之「低碳產品獎勵辦法」，主要獎勵生產低碳產品之事業；該辦法所稱低碳產品，指符合下列條件之一者：1.取得中央主管機關核發碳足跡標籤(以下簡稱碳標籤)使用權，且碳足跡數值為同類

型碳標籤產品中前百分之十；2.取得中央主管機關核發之碳足跡減量標籤(以下簡稱減碳標籤)使用權；3.經中央主管機關審查展期通過且具實際減碳成效之碳標籤使用權。事業提出申請後，由評審小組審查，每年選出不同等級之數位得獎者，除頒發 10 萬至 30 萬不等之獎勵金外並將公開表揚。對於生產工程材料之廠商，取得碳標籤為符合「低碳產品獎勵辦法」之第一步，該辦法之訂定將有助於廠商配合盤查及未來產品低碳化之發展。

表 2.4-1 溫室氣體管制相關法規命令公告情形彙整

類型	名稱	公告日期	說明
施行細則	溫室氣體減量及管理法施行細則	105.01.06	依溫管法第 33 條規定訂定
法規命令	一般廢棄物掩埋場降低溫室氣體排放獎勵辦法	104.12.25	依溫管法第 27 條第 2 項規定訂定
	溫室氣體抵換專案管理辦法	104.12.31	依溫管法第 22 條第 3 項規定訂定
	溫室氣體排放量盤查登錄管理辦法	105.01.05	依溫管法第 16 條第 3 項規定訂定
	溫室氣體認證機構及查驗機構管理辦法	105.01.07	依溫管法第 16 條第 2 項規定訂定
	溫室氣體管理基金收支保管及運用辦法	105.01.30	依溫管法第 19 條第 1、5 項規定訂定
	氣候變遷行動綱領	106.02.23	依溫管法第 9 條第 1 項規定訂定
	溫室氣體排放源符合效能標準獎勵辦法	106.03.15	依溫管法第 22 條第 3 項規定訂定
	溫室氣體階段管制目標及管制方式作業準則	106.03.28	依溫管法第 11 條第 1 項規定訂定
	第一批應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源	105.01.07	依溫管法第 16 條第 1 項規定訂定
行政規則	國家溫室氣體排放清冊審議會設置要點	105.11.10 106.02.14(修)	確保國內部門及排放源類別之溫室氣體排放統計及其相關排放係數等之數據品質
	溫室氣體減量成效認可審議會設置要點	105.01.04 105.09.09(修)	辦理抵換專案、符合效能標準獎勵及非總量管制公告之排放源

類型	名稱	公告日期	說明
			自願減量申請之審議相關作業
	溫室氣體階段管制目標諮詢委員會設置要點	105.01.28 106.02.14(修)	依溫管法第 11 條第 1 項規定訂定
	低碳產品獎勵辦法	106.07.10	依溫管法第 27 條第 2 項規定訂定

### 三、溫管法施行細則

為利溫管法後續推動與執行，環保署於 105 年 1 月 6 日訂定發布「溫室氣體減量及管理法施行細則」(以下簡稱溫管法施行細則)，明確劃分中央及地方主管機關之主管事項，並陸續公告溫室氣體管制相關法規命令，以利溫室氣體減量與管理政策推動。

溫管法施行細則共有 16 條，第 1~3 條為說明及定義事項，第 4~14 條規範溫管法第 9~15 條要求主管機關工作之執行內容，第 15 條定義溫管法第 26 條所提之「能源供應者」，有關溫管法施行細則第 4~14 條之要求內容、執行機關及對應之溫管法法條彙整如表 2.4-2 所示。

由表中可看出中央主管機關與中央目的事業主管機關各有不同之工作分工，中央主管機關主要著重於國家政策方向確認、排放狀況掌握。中央目的事業主管機關則著重於減量計畫行動、檢討執行成果等，依據施行細則要求。中央目的事業主管機關應於推動方案核定後 6 個月內提送行動方案；後續須提送之資料包含每年提送排放管制成果報告、未達成目標之改善計畫、排放量調查、統計成果及氣候變遷調適工作；每 5 年檢討一次行動方案。

表 2.4-2 溫管法施行細則有關行政機關工作要求重點內容

施行細則法條	規範對象	法條內容重點	依據溫管法法條
第 4 條	中央主管機關	規範國家因應氣候變遷行動綱領之內容	第 9 條第 1 項
第 5 條	中央主管機關	規範溫室氣體減量推動方案之內容	第 9 條第 1 項

施行細則法條	規範對象	法條內容重點	依據溫管法法條
第 6 條	中央目的事業主管機關	1.規範目的事業主管機關應於推動方案核定後 6 個月內提送 <b>行動方案</b> 2.規範行動方案內容 3.要求行動方案每 5 年檢討一次	第 9 條第 3 項
第 7 條	中央目的事業主管機關	1.規範執行 <b>排放管制成果報告</b> 之內容 2.要求執行排放管制成果報告於每年 9 月 30 日前報請行政院核定	第 10 條第 1 項
第 8 條	中央目的事業主管機關	1.規範未達成所屬部門溫室氣體排放管制目標，應提 <b>改善計畫</b> 之內容 2.要求於排放管制成果報告核定後 6 個月內提送	第 10 條第 1 項
第 9 條	中央主管機關	1.規範中央主管機關應彙整各目的事業主管執行成果，於每年 12 月 31 日前向行政院報告 2.規範報告內容	第 12 條第 1 項
第 10 條	中央目的事業主管機關	1.規範應於每年 8 月 31 日前提送 <b>排放量調查及統計成果</b> 予中央主管機關 2.要求排放量調查及統計成果應包含前 2 年成果(排放量或碳匯量，及其活動數據或排放係數)	第 13 條第 1 項
第 11 條	中央目的事業主管機關	1.規範目的事業主管機關應執行之 <b>氣候變遷適調工作</b> 內容 2.要求每年 11 月 30 日前提送前一年調適成果予中央主管機關	第 13 條第 1 項
第 12 條	中央主管機關	1.規範 <b>國家清冊</b> 內容 2.要求每年 11 月 30 日前提國家清冊，並於 12 月 31 日前公開於中央主關機關網站	第 13 條第 2 項
第 13 條	中央主管機關	1.規範溫室氣體 <b>國家排放報告</b> 內容 2.要求每 3 年編撰一次溫室氣體國家排放報告，並每 3 年第 3 年 11 月 30 日前報行政院核定，並公開於中央主管機關網站	第 13 條第 2 項
第 14 條	直轄市、縣(市)主管機關	1.規範訂修溫室氣體管制執行方案之內容 2.要求於推動方案及行動方案核定後 1 年內提送，並每 5 年檢討一次	第 15 條

#### 四、溫室氣體減量推動方案

環保署依據溫管法第 9 條第 1 項規定，於 106 年 11 月公告溫室氣體減量推動方案(草案)，而後於 107 年 3 月 22 日公告核定版，啟動國家級跨部門間的減量行動。並依據溫管法第 11 條第 2 項規定，會商中央目的事業主管機關達成共識，提出我國第一期階段管制目標，設定為 109 年我國溫室氣體排放量較基準年 94 年減量 2%，即到 109 年我國溫室氣體淨排放總量降為 260.717 百萬噸二氧化碳當量(MtCO<sub>2</sub>e)。除了明定國家



整體目標外，也參考六大部門(能源、製造、運輸、住商、農業、環境)排放責任、排放現況、減量趨勢及減量潛力等，訂定各部門分配減量目標。另規定我國電力係數應於 109 年將排放係數降低至 0.492 kgCO<sub>2</sub>e/度。

有關中央機關應推動溫室氣體減量、氣候變遷調適事項，屬於交通部主辦之項目為：四、運輸管理、大眾運輸系統發展及其他運輸部門溫室氣體減量(交通部主辦；經濟部協辦)及五、低碳能源運具使用(交通部主辦；經濟部、環保署協辦)。



## 第三章 本工程各標工程碳足跡盤查歷程與成果

### 3.1 工程碳足跡盤查執行範圍

本計畫執行工程碳足跡盤查輔導及檢查之範圍包括：WH77-A 標鹽埕交流道新建工程、WH77-B 標七股溪橋段新建工程以及 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程，其中 WH77-A 標尚包含台 17 線與縣 173 線路口改善工程。

碳足跡盤查工作需依據工程決標、開工期程進行碳排放活動數據資料調查或收集，八棟寮至九塊厝各標工程之相關期程如表 3.1-1 所示，其中 WH77-A 標於 104 年 5 月完工、104 年 12 月完成查證程序並於 105 年 2 月取得查證聲明書；WH77-B 標於 106 年 9 月完工、107 年 1 月完成查證程序並於 107 年 5 月取得查證聲明書；WH77-C 標於 106 年 3 月完工、106 年 8 月完成查證程序並於 106 年 10 月取得查證聲明書，以下說明本工程各標之盤查結果。

表 3.1-1 八棟寮至九塊厝新建工程相關期程

標別	工程名稱	施工期程 (開工~完工)	開工日期	盤查輔導 開始作業 通知時間	取得證書 日期
WH77-A 標	鹽埕交流道新建工程	101.01~104.05	101.01.30	101.11.10	105.02.01
	台 17 縣與縣 173 線路口改善工程	5 個月 (101.01~101.06)			
WH77-B 標	七股溪橋段新建工程	102.06~106.09	102.06.20	102.06.11	107.05.21
WH77-C 標	九塊厝交流道新建工程	102.09~106.03	102.09.12	102.09.03	106.10.31

#### 3.1.1 盤查系統邊界說明

以工程生命週期考量，碳足跡計算範圍包括時間邊界及地理邊界。

##### 一、時間邊界

時間邊界考量施工建造階段、營運管理及使用階段之碳排放量，如圖 3.1.1-1 所示。



圖 3.1.1-1 道路工程碳足跡計算邊界示意圖

### (一) 施工建造階段

資料蒐集期間參考公共工程三級品管制度表單填報要求，以工程開工日至竣工日為原則：WH77-A 標自 101 年 1 月 31 日至 104 年 5 月 10 日止、WH77-B 標自 102 年 6 月 20 日至 106 年 9 月 15 日止、WH77-C 標自 102 年 9 月 12 日至 106 年 3 月 10 日止。

### (二) 營運管理及使用階段

由本計畫蒐集未來 50 年本工程營運操作、維護/重置之相關資料，以推估方式計算其排碳量。

營運管理及使用階段之交通排碳量無論於國際或我國之道路、橋梁產品類別規則，均已將其排除，故本案亦將交通排碳量排除於營運管理及使用階段之計算範圍中。

## 二、施工建造階段之地理邊界

本計畫之盤查以施工建造階段為主，盤查範圍以地理邊界界定。考量涵蓋範圍之完整性，碳足跡盤查範圍包括兩大部份：1. 工程主體及 2. 施工管理。

工程主體包含本工程土建施工過程中所有投入物料、能資源之製造及使用之排碳量，所使用機具或建物其製造或建造排碳量不列入計算，此設定可符合 PCR 系統邊界設定之要求。

施工管理主要為專用於本工程各標工程之管理及監造之活動。由

本工程施作特性顯示，除承包商執行實際施工作業，工程建造過程尚需主管機關及監造單位(各工務段)進行管理及確認施工品質。本工程中之施工管理碳足跡盤查範圍包括：西濱南工處、西濱南工處第二工務段及第三工務段；而各管理單位並非僅進行本標工程之監造工作，故盤查結果已進行合理之分配，使資料合理並符合實際狀況。

### 三、整體邊界範圍

依據上述邊界劃定原則，本工程碳足跡之整體系統邊界如圖 3.1.1-2 所示，本報告包含內容及範圍如表 3.1.1-1 所示。

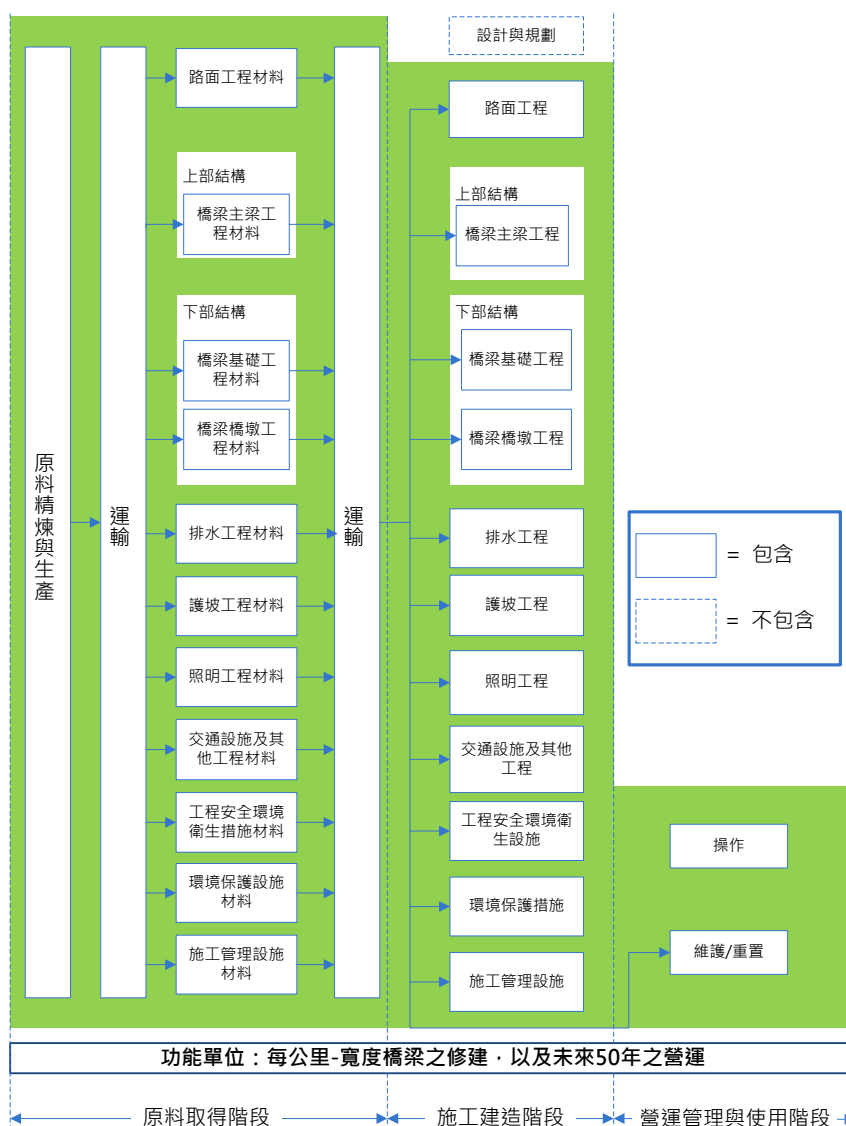


圖 3.1.1-2 本工程碳足跡系統邊界

表 3.1.1-1 本報告涵蓋內容及範圍

範圍		盤查期間	分配原則	
工區施工	WH77-A 標	101.01~104.05	無	
	WH77-B 標	102.06~106.09		
	WH77-C 標	102.09~106.03		
工程管理	主管機關	西濱南工處	樓地板面積 及計畫執行金額	
	監造	第二工務段(A/B 標)	101.01~106.09	無
		第三工務段(C 標)	102.09~106.03	
	承包商	春原工務所(A/B 標)	101.01~106.09	
		泛亞工務所(C 標)	102.09~106.03	

### 3.1.2 盤查組織架構

不論是組織型或碳足跡之盤查，一般都是由具有實際營運控制權之主體來進行，即為受查證企業或組織自願進行，由其確實蒐集所擁有、運行或控制範圍內之活動量數據(例如：燃料購買單據、電費繳交單據、進出貨單、人員出勤資料等)作為排碳量計算之基準。

而公共工程之特色在於，建造過程係由主管機關委由承包商進行實際施工作業，再由主管機關指派或委託適當機構負責監造，排碳量計算所需相關活動資料皆屬於承包商或其分包廠商，而非預定執行碳足跡盤查之主管機關，活動數據之取得將較一般案例更具困難度。

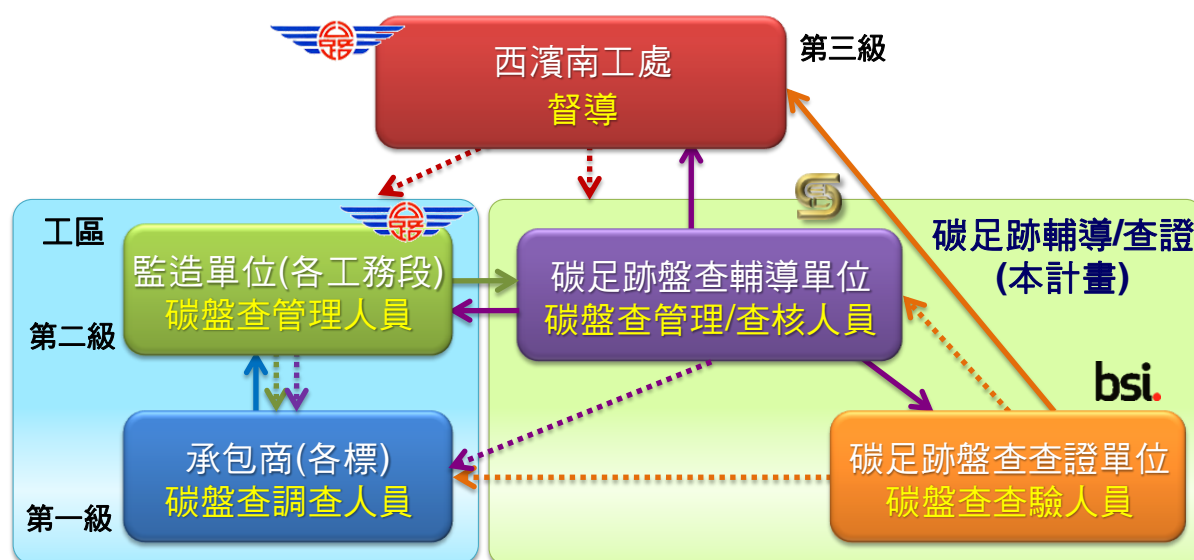
為提升公共工程施工品質，確保公共工程施工成果符合其設計及規範之品質要求，公共工程委員會訂有「公共工程施工品質管理作業要點」，以三級品管制度確保工程施工品質。而此品質要求內容與碳足跡盤查所需部分資料具關聯性，為使道路工程碳足跡盤查活動可順利執行並確保資料品質，本團隊規劃道路工程碳足跡盤查推動架構參考此三級品管制度執行。

本計畫工程碳足跡盤查組織架構及運作機制規劃如圖 3.1.2-1 所示，組織架構分為三方：主管方(工程主辦機關)、輔導/查證方及工區方。由主管方督導整體碳管理工作之執行，輔導/查證方則包括協助工程承包商盤查輔導

及進行碳足跡查證兩單位，工區方則為與工程主體建造具直接關係之工區監造單位及承包商(含其分包廠商，以下統稱承包商)。

在本計畫中，主管方為西濱南工處；輔導/查證方之輔導單位為中興工程顧問股份有限公司，查證單位為英國標準協會台灣分公司(BSI)；工區方之監造單位為西濱南工處之第二工務段(WH77-A、B 標)及第三工務段(WH77-C 標)，承包商依據各標別不同，包括所有本計畫進行盤查輔導之承包商。

本計畫盤查標的「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程」(以下稱本工程)之碳盤查作業之組織架構如圖 3.1.2-2~3.1.2-4。工區執行單位除主承包商外，尚包含其協力廠商；本工程將鋼筋、水泥、預拌混凝土及瀝青混凝土納入上游供應商盤查，其供應商亦為盤查組織成員之一；本工程契約中未包含照明工程，然為考量道路完整評估邊界，故照明設備安裝廠商亦納入盤查組織成員。



各單位間之關連性：「實線」表資料提供/提報，「虛線」表督導/查核。

備註：級數為公共工程三級品管之分級方式。

圖 3.1.2-1 本計畫工程碳足跡盤查組織架構及運作機制

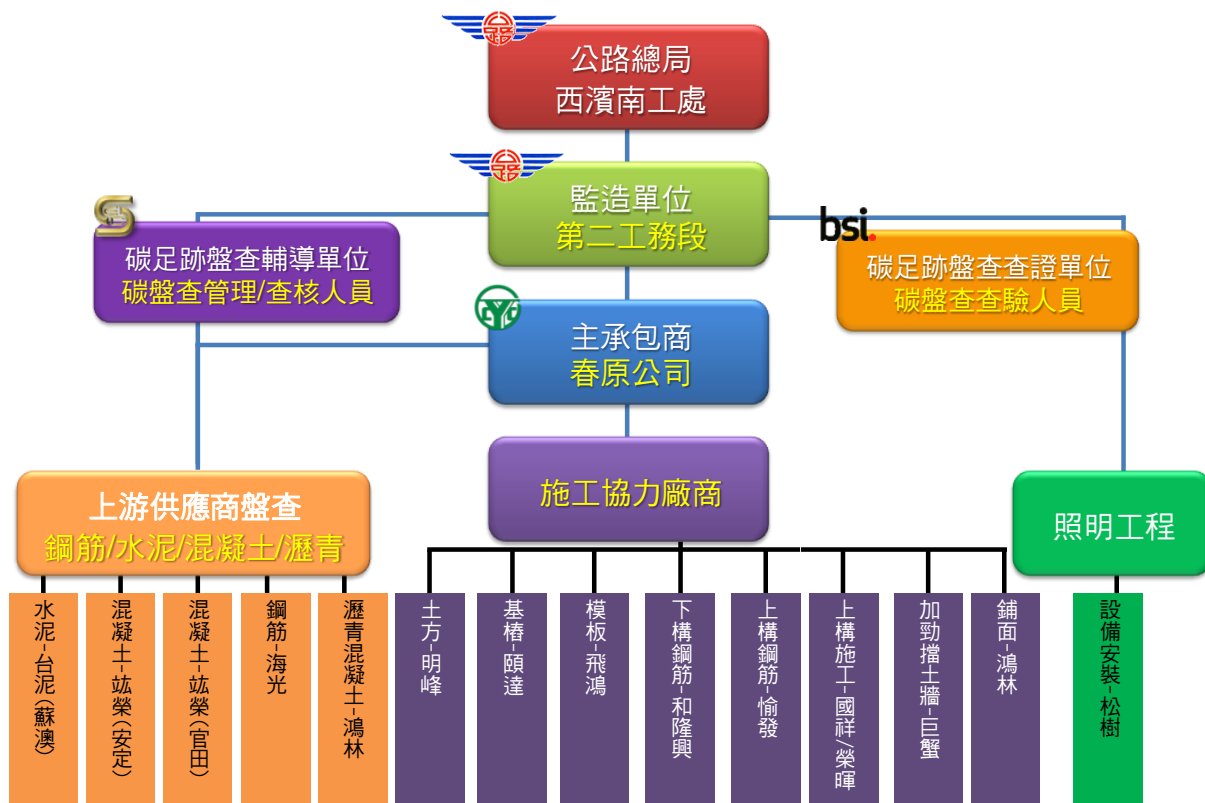


圖 3.1.2-2 WH77-A 標碳足跡盤查組織架構

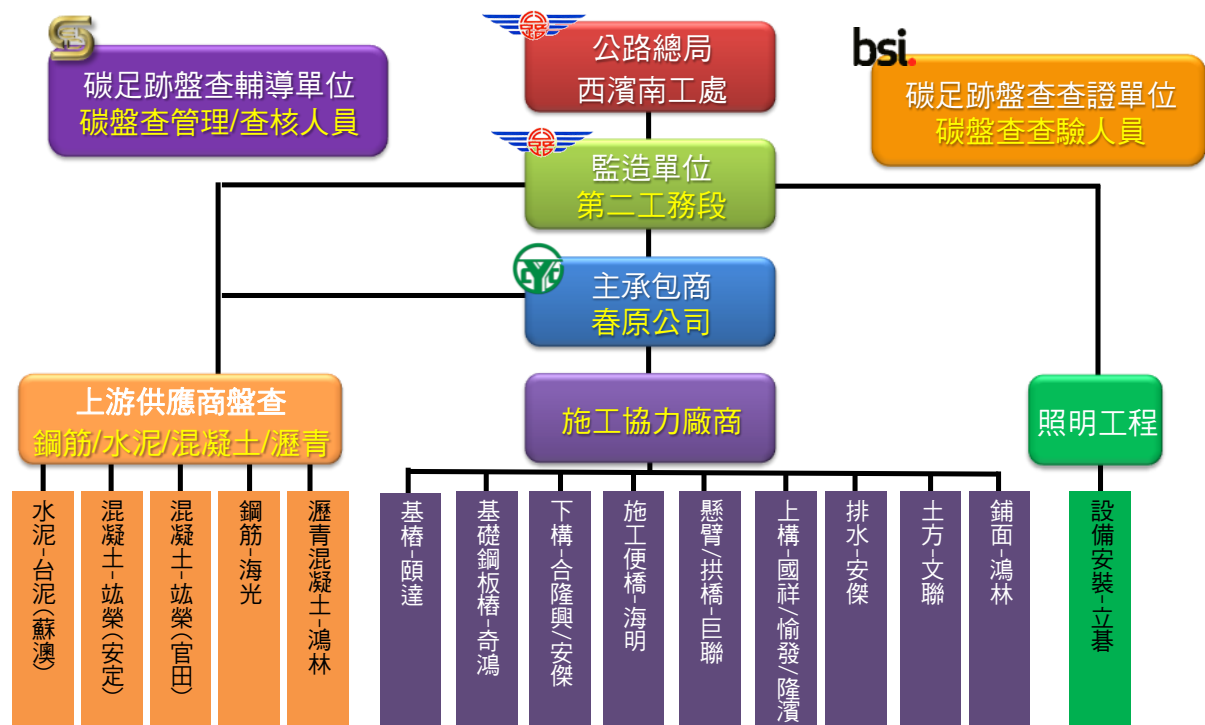


圖 3.1.2-3 WH77-B 標碳足跡盤查組織架構



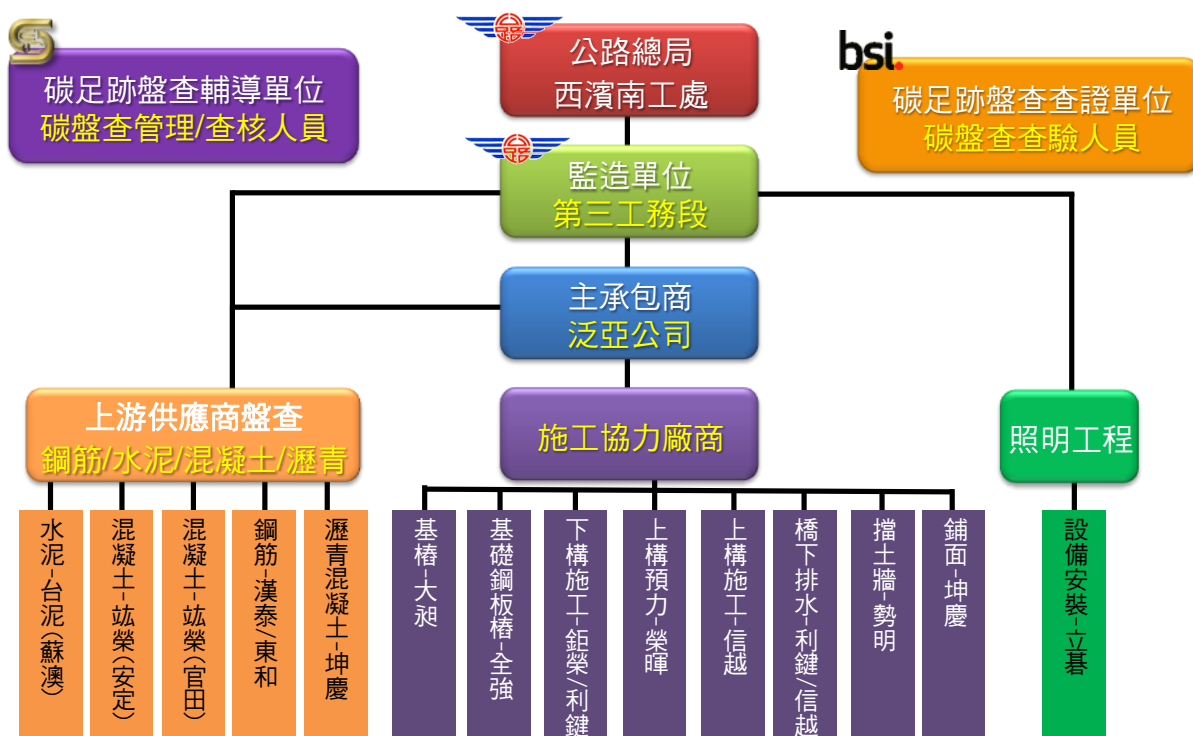


圖 3.1.2-4 WH77-C 標碳足跡盤查組織架構

### 3.1.3 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程

WH77-A 標主要工程包括主線高架橋以及匝道高架橋，並含鹽埕交流道、匝道擋土牆及堤防擋土牆等工程(圖 3.1.3-1)，台 17 線與 173 縣線道路路口改善工程亦為此工程標之範圍。主要工程型式如表 3.1.3-1 所示。

WH77-A 標自民國 101 年 1 月 30 日開工，已於 104 年 5 月提報竣工，並於 104 年 7 月完成驗收。

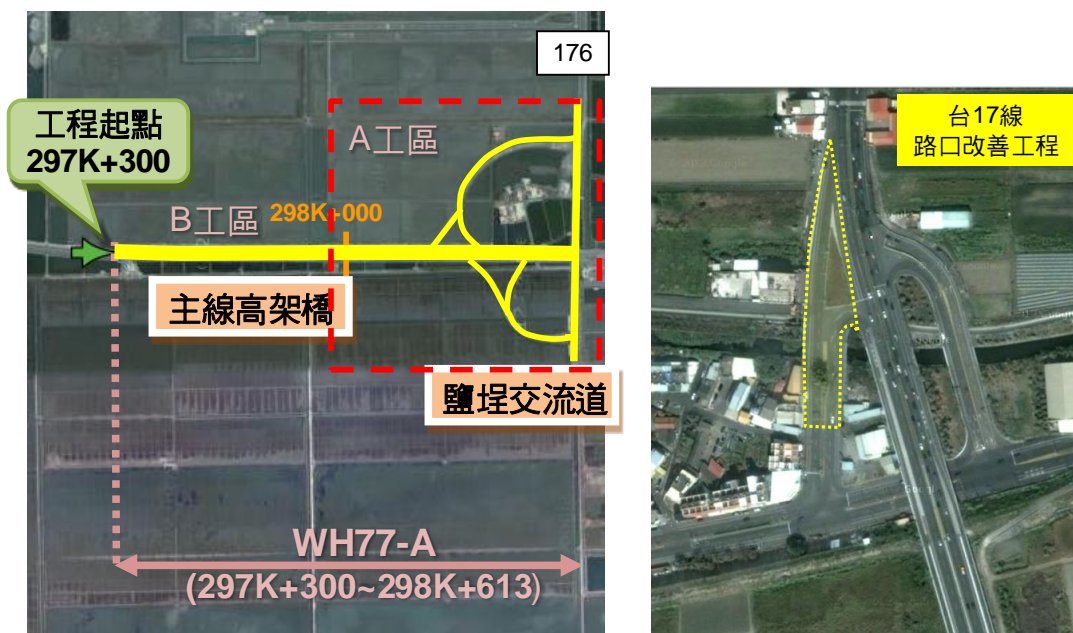


圖 3.1.3-1 WH77-A 標路線區位示意圖

表 3.1.3-1 WH77-A 標主要工程型式

設施型式		長度/寬度 (m)	橋面積 (m <sup>2</sup> )	上部結構型式/工法	下部結構型式
主線高架橋 (共 12 單元、54 跨)	雙向分離； U1N~U6N； U1S~U6S	1,227/ 11.40~23.56	47,032	PC 箱型梁 /場鑄逐跨工法	單柱懸臂式帽梁 (150 cm $\phi$ 全套管 樁基礎)
					起點(懸臂式橋台) 為壁式橋墩 (100 cm $\phi$ 全套管 樁基礎)
匝道高架橋 (共 8 單元 25 跨及 2 座橋 台)	R11U1、R11U2、 R12U1、R12U2、 R13U1、R13U2、 R14U1、R14U2、 及 R15A、R16A	939/7.5	7,275		單柱懸臂式帽梁； 臂式橋台 (100 cm $\phi$ 全套管 樁基礎)
擋土牆工程	匝道加勁擋土牆	-	-		-
路堤	鹽埕交流道 (R15、R16)	164、375 /15	-		-

### 3.1.4 WH77-B 標七股溪橋段新建工程

「WH77-B 標七股溪橋段新建工程」北起七股溪南岸(298K+613)，南至七股溪南岸(302K+225)，全長 3,612 公尺，如圖 3.1.4-1 所示。主要工程項目包括西濱主線高架橋、側車道 AC 刨除加鋪工程等，主要工程型式整理如表 3.1.4-1 所示。WH77-B 標自民國 102 年 6 月 20 日開工，於 106 年 9 月 15 日提報竣工。



圖 3.1.4-1 WH77-B 標路線區位示意圖

表 3.1.4-1 WH77-B 標主要工程型式

設施型式		長度/寬度 (m)	橋面積 (m <sup>2</sup> )	上部結構 型式/工法	下部結構型式
主線高架橋 (共 15 單元、68 跨)	雙向分離： U1~U13； 單向： U14N；U15S	3,612/ 11.4~26.3	81,827	皆屬 PC 箱型梁 U1~U13：分階段場 撐工法/場鑄逐跨場 撐工法/場鑄懸臂工 法 U15S 加勁拱橋：場 鑄懸吊工法	矩形單柱墩柱 V 型橋墩 圓柱 Y 型橋墩 (150 cm $\phi$ 全套 管樁基礎)
側車道 AC 刨除加鋪	STA. 298K+613 ~ 302K+225	-	-	-	-

### 3.1.5 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程

WH77-C 標工程北起七股溪南岸(302K+225)，南至 173 縣道九塊厝交流道(305K+750)，全長 3,525 公尺，如圖 3.1.5-1 所示。WH77-C 標主要工程項目包括西濱主線高架橋、匝道高架橋、匝道 RC 擋土牆工程、路堤填方工程等，主要工程型式整理如表 3.1.2-1 所示。



圖 3.1.5-1 WH77-C 標路線區位示意圖

WH77-C 標自 102 年 9 月 12 日開工，於 106 年 3 月 10 日提報竣工，全程工期為 1,276 日曆天。契約主要工項之工程內容如表 3.1.5-2 所示。

表 3.1.5-1 WH77-C 標主要工程型式

項目	設施型式	長度/寬度 (m)	上部結構型式/工法	下部結構型式
西濱主線高架橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 包括 U1N、U2N、U2S、U3~U14 共計 15 單元。</li> <li>■ U1N 為七股溪南岸之北上線橋梁；U2N 及 U2S 配設緊急停車彎，採雙向分離式橋梁布設；U3~U14 單元為雙向合併。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 橋長 3,087 公尺</li> <li>■ U1N 橋寬 11.40 公尺，U3~U12 橋寬 22.80 公尺，U13 橋寬自 22.80 漸變至 31.56 公尺，U14 橋寬自 31.56 漸變至 44.50 公尺。</li> </ul>	PC 箱型梁/場鑄逐跨工法	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 大多採單柱懸臂式帽梁，主線與匝道銜接點之漸變段採雙柱懸臂式帽梁。</li> <li>■ 基礎型式均為 150 cm <math>\phi</math> 全套管樁基礎。</li> </ul>
匝道高架橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 包括 R21U1、R22U1 等 2 單元。</li> <li>■ U1N 為七股溪南岸之北上線橋梁；U2N 及 U2S 配設緊急停車彎，採雙向分離式橋梁布設；U3~U14 單元為雙向合併。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 橋長 258.0 公尺，橋寬 7.5 公尺。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 均採單柱懸臂式帽梁，另包括 2 座 R21A1 及 R22A1 懸臂式橋台。</li> <li>■ 基礎型式均為 150 cm <math>\phi</math> 全套管樁基礎。</li> </ul>
匝道懸臂式擋土牆工程、標頭重力式及懸臂式擋土牆工程	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 包括 R21 及 R22 匝道引道外側及 U1~U3 橋下。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 擋土牆全長約 570 公尺。</li> </ul>	-	-
路堤填方工程	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 九塊厝交流道匝道路面距地面高度小於 6 公尺路段，採路堤填築方式。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 匝道 R21、R22 長度各約 135 公尺，寬度 7.5 公尺。</li> </ul>	-	-

資料來源：西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-C 標(302K+225~305K+750)九塊厝交流道新建工程施工計畫書(版次：第 1 版)，泛亞工程建設公司，102 年 9 月；WH77-C 標營繕工程結算書，交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處，106 年 3 月。

## 3.2 工程碳足跡盤查歷程說明

本計畫各標工程盤查時間歷程如表 3.2-1 所示，說明如下：

### 一、盤查工作啟動

本計畫根據各標開工期程啟動盤查作業及辦理教育訓練，其中 WH77-A 標於本計畫啟動前開工(101 年 1 月開工)，於開工後 101 年 11 月啟動該標盤查工作，並於 102 年提出 101 年 1~11 月盤查回溯結果報告；其餘 WH77-B 及 WH77-C 標皆於開工前啟動盤查工作。

### 二、盤查邊界確認

盤查期間每月與查驗機構透過會議或書面資料，確認盤查邊界及資料，詳細資料確認內容詳 3.3.5 節，其中盤查邊界設定及排碳量分配重點事項說明如下：

- 排除回收再利用重複利用材料(如模板)。
- 排除機運具之維修保養。
- 排除人員交通運輸。
- 混凝土泵送車油耗分析以「公升/方數」表示，並作為泵送車之油耗量估算依據。
- 西濱南工處管理單位以年度經費比例分配本工程之排碳量。
- 排除辦公室及宿舍拆除作業。
- 盤查邊界納入 WH77-B 標防汛道路 AC 鋪面工程。
- 植生工程以契約數量估算排碳量。

### 三、供應商盤查作業

根據本計畫盤查結果，大宗工程材料使用為主要的排碳來源，為提升本工程一級數據比例，本計畫針對大宗工程材料之供應商及運輸油耗著手盤查作業，盤查期間多次拜訪各標之材料供應商，取得包含鋼筋、水泥、混凝土、瀝青混凝土及預力鋼腱盤查資料並計算碳足跡結果。

### 四、機運具油耗調查及擴大盤查

除了工程材料為主要的排碳來源，施工期間之機運具使用亦為重要排放源，為取得完整的一級數據或較佳的二級數據推估依據，本計畫與

承包商及協力廠商進行協調，執行混凝土泵送車油耗調查、吊車及吊卡車擴大盤查作業。其中混凝土泵送車執行多次橋梁構件油耗調查，吊車及吊卡車藉由擴大盤查分配油耗至各標，相關油耗調查結果詳 4.1.2 節。

#### 五、座談會辦理與計畫成果發表

本計畫分別於 102、103 及 105 年度辦理座談會，分別探討產品類別規則制定內容、公路工程碳管理制度及實務、橋梁營運管理階段設定及 CFP-PCR 改版內容，相關內容及成果詳 3.3.4 節。

為展現本計畫執行成果，103 及 106 年於兩岸四地公路發展論壇及鋪面學術研討，發表本計畫的盤查作業實務及鋪面工程盤查成果，文章發表內容收錄於附錄 V。

#### 六、查證作業與查證聲明書取得

本計畫工程施工期間每月提供盤查資料予查驗機構進行檢核，每年度亦彙整年度清冊予查驗機構查證，並於各標工程完工後彙整該標清冊及報告進行查證作業，取得各標工程的查證聲明書。

#### 七、道路、橋梁及隧道 CFP-PCR 制定與修訂

本計畫與蘇花改碳管理計畫合作，於 103 年 5 月協助公路總局完成本土道路、橋梁及隧道 CFP-PCR 訂定，由於 CFP-PCR 有效期限為 3 年，皆於 106 年 5 月到期，本計畫持續協助公路總局進行改版，已於 106 年 3~5 月陸續公告 CFP-PCR 2.0 版本。

**表 3.2-1 本計畫盤查歷程表**

日期	事項	地點	標別
101.1.30	WH77-A 標鹽埕交流道新建工程開工	-	A
101.10.29	本計畫「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作」啟動(本計畫簽約日)	-	全
101.11.5	工程碳盤查工作執行說明會	西濱南工處	全
101.11.10	碳足跡盤查輔導工作啟動	-	A
101.11.21	辦理 WH77-A 標工程碳足跡盤查教育訓練	西濱南工處	A
101.11.23	提送碳盤查執行計畫書	-	全

日期	事項	地點	標別
101.11.29	辦理第一次現場輔導會議	春原七股辦公室	A
101.12.25	查驗機構工程碳足跡月檢查會議開始辦理	中興公司	A
101.12	盤查邊界排除回收再利用、重複利用材料(如模板)	-	全
101.12.1	WH77-A 標承包商開始填報盤查系統	-	A
101.12.14	WH77-A 標工程碳足跡盤查啟始會議	西濱南工處	A
102.1.15	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	A
102.1.30	提送 101 年末進度報告書	-	全
102.3.1	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	A
102.3.15	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	A
102.3.21	辦理協力廠商座談會	春原七股辦公室	A
102.4	吊車及吊卡車開始配合擴大盤查	-	全
102.4.22	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	A
102.5.22	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	A
102.5.31	WH77-B 標盤查流程、需求及配合事項說明	春原七股辦公室	B
102.6.11	WH77-B 標盤查輔導作業啟動	-	B
102.6.18	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	A
102.6.20	WH77-B 標七股溪橋段新建工程開工	-	B
102.6.21	WH77-B 標工程碳足跡盤查啟始會議暨教育訓練	西濱南工處	B
102.7.18	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	A/B
102.7.30	提送 WH77-A 標 101 年度 1 月至 11 月碳足跡盤查回溯結果與分析報告	-	A
102.7.30	提送 102 年中進度報告書	-	全
102.8.22	查驗機構工程碳足跡月檢查會議： 盤查邊界排除機運具之維修保養	中興公司	A/B
102.7	盤查邊界排除人員交通運輸	-	全
102.9.3	WH77-C 標盤查輔導作業啟動	-	C
102.9.5	WH77-C 標盤查流程、需求及配合事項說明	泛亞學甲工務所	C
102.9.12	WH77-C 標九塊厝交流道新建工程開工	-	C
102.9.13	WH77-C 標工程碳足跡盤查啟始會議暨教育訓練	西濱南工處	C
102.9.24	查驗機構工程碳足跡月檢查會議： 混凝土泵送車油耗分析以「公升/方數」表示並作為其他泵送車之活動量估算	中興公司	全
102.10.12	執行基礎灌漿作業之混凝土泵送車油耗調查	A 標工區	A



日期	事項	地點	標別
102.10.18	參與道路、橋梁及隧道 CFP-PCR 利害相關者座談會	-	-
102.10.23	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	全
102.10.24	供應商預拌混凝土廠第一次訪查	竣榮預拌廠	全
102.11.25	參與道路、橋梁及隧道 CFP-PCR 專家諮詢會議	台北科技大學	-
102.11.25	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	全
102.12.20	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	全
102.12.27	辦理 102 年度座談會「橋梁工程施工建造階段合理之評估邊界-我國橋梁工程 CFP-PCR 擬定」	嘉義東石自然生態展示館	
103.1.20	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	全
103.1.29	提送 102 年末進度報告書	-	全
103.1	西濱南工處管理單位以年度經費比例分配本工程之碳排放量	-	全
103.1	B 及 C 標為同一預力施拉廠商，開始執行預力施拉機具油耗之擴大盤查	-	B/C
103.2.24	供應商預拌混凝土廠第二次訪查	竣榮預拌廠	全
103.2.25	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	全
103.3.3~ 103.3.4、 103.3.14	102 年度盤查清冊資料彙整及查驗單位預審	各標工地/中興公司	全
103.3.24	查驗機構工程碳足跡月檢查會議	中興公司	全
103.4.8	供應商鋼鐵廠訪查	東和鋼鐵高雄廠	C
103.4.16	執行基礎灌漿作業之混凝土泵送車油耗調查	B 標工區	B
103.4.22	提送 102 年度碳足跡盤查清冊及預審結果報告	-	全
103.5.9	103 年度座談會「公路工程碳管理制度及實務研討會」	交通部國際會議中心	-
103.5.14	供應商鋼鐵廠訪查	漢泰鋼鐵廠	C
103.5.15	供應商鋼鐵廠訪查	海光鋼鐵廠	A/B
103.5.30	道路、橋梁及隧道 CFP-PCR 通過環保署審查並公告	-	-
103.6.5	本計畫與台 9 縣南迴公路安朔草埔段進行碳盤查係數協調討論	-	全
103.7.31	提送 103 年中進度報告書	-	全
103.9.17	執行基礎灌漿作業之混凝土泵送車油耗調查	C 標工區	C
103.10.20	執行帽梁灌漿作業之混凝土泵送車油耗調查	C 標工區	C
103.11.3~	出國報告及參訪-第三屆兩岸四地公路交通發展論壇	香港	-

日期	事項	地點	標別
103.11.7	暨香港工程碳足跡推動		
103.11.8	執行墩柱灌漿作業之混凝土泵送車油耗調查	C 標工區	C
103.12.13	瀝青混凝土場訪查	鴻林瀝青廠	A/B
103.12.30	執行墩柱/帽梁灌漿作業之混凝土泵送車油耗調查	B 標工區	B
104.1.30	提送 103 年末進度報告書	-	全
104.3.9~ 104.3.10、 104.3.19	103 年度盤查清冊資料彙整及查驗單位預審	各標工地/中興公司	全
104.3.11	供應商鋼鐵廠訪查	海光鋼鐵廠	A/B
104.3.30	提送 103 年度碳足跡盤查清冊及預審結果報告	-	全
104.4.2	103 年度碳足跡盤查清冊及預審結果報告同意辦理	-	全
104.5.10	WH77-A 標鹽埕交流道新建工程竣工	-	A
104.7.31	提送 104 年中進度報告書	-	全
104.8.6	提送 WH77-A 標碳足跡盤查總結報告書初稿	-	A
104.8.18	104 年中進度報告書審查會議	西濱南工處	全
104.9.12	提送 104 年中進度報告書修正報告	-	全
104.9.25	供應商鋼鐵廠訪查	海光鋼鐵廠	A/B
104.10.20	供應商水泥廠訪查	台泥蘇澳廠	全
104.11.4、 104.12.3~ 104.12.4	WH77-A 標工程碳足跡查證作業	A 標工地/中興公司	A
104.12.17	供應商水泥廠訪查	台泥蘇澳廠	全
105.1.26	執行上構底腹版灌漿作業之混凝土泵送車油耗調查	C 標工區	C
105.1.29	提送 104 年末進度報告書	-	全
105.2.1	取得 WH77-A 標工程查證聲明書	-	A
105.2.1	執行上構頂版灌漿作業之混凝土泵送車油耗調查	C 標工區	C
105.2.18	WH77-A 標工程碳足跡查證聲明書授證典禮	西濱南工處	A
105.2.16~ 105.2.17、 105.3.16	104 年度盤查清冊資料彙整及查驗單位預審	B 及 C 標工地/ 中興公司	B/C
105.2.24	執行上構底腹版灌漿作業之混凝土泵送車油耗調查	B 標工區	B
105.2.25	提送 WH77-A 標碳足跡盤查總結報告書定稿	-	A
105.3.30	提送 104 年度碳足跡盤查清冊及預審結果報告	-	全

日期	事項	地點	標別
105.5.8	執行上構頂版灌漿作業之混凝土泵送車油耗調查	B 標工區	B
105.5.26	103 年鋼胚及鋼筋產品碳足跡查證作業	海光鋼鐵廠	A/B
105.5.27	103 年水泥產品碳足跡查證作業	台泥蘇澳廠	全
105.7.25	海光鋼鐵廠取得 103 年鋼胚及鋼筋產品碳足跡查證聲明書	-	A/B
105.7.28	提送 105 年中進度報告書	-	B/C
105.12.9	105 年度座談會「營運階段之碳足跡盤查邊界與範疇界定」與「我國橋梁、道路碳足跡產品類別規則修訂建議」	西濱南工處	-
106.1.25	提送 105 年末進度報告書	-	B/C
106.2.8~ 106.2.9、 106.3.2	105 年度盤查清冊資料彙整及查驗單位預審	B 及 C 標工地/ 中興公司	B/C
106.3.10	WH77-C 標九塊厝交流道新建工程竣工	-	C
106.3.21	CFP-PCR「基礎建設-橋梁」及「基礎建設-道路」環保署審查通過並公告 2.0 版本	-	-
106.3.30	提送 105 年度碳足跡盤查清冊及預審結果報告	-	B/C
106.3	盤查範疇排除後續辦公室及宿舍拆除作業	-	全
106.4.28	參與 106 年度第 2 次推動產品碳足跡標示審議會技術小組會議-「基礎建設-隧道」CFP-PCR 修訂	環保署	-
106.5.19	CFP-PCR「基礎建設-公路隧道」環保署審查通過並公告 2.0 版本	-	-
106.6.9	提送 WH77-C 碳足跡盤查總結報告書初稿		C
106.6	盤查範疇納入 WH77-B 標防汛道路 AC 鋪面工程	B 標工區	B
106.7.28	提送 106 年中進度報告書	-	B/C
106.8.10~ 106.8.11、 106.8.25	WH77-C 標工程碳足跡查證作業	中興公司	C
106.9	植生工程以契約數量估算排碳量	-	全
106.9.15	WH77-B 標七股溪橋段新建工程竣工	-	B
106.10.26 ~ 106.10.27	參加「第十九屆鋪面工程學術研討會暨 2017 世界華人鋪面專家學術研討會」，以「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程之鋪面工程全生命週期排碳特性分析」為題投稿並發表	義守大學	全
106.10.31	取得 WH77-C 標工程查證聲明書	-	C

日期	事項	地點	標別
106.11.11	西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程全線開放通車	西濱快速公路	全
106.11.17	提送 WH77-C 標碳足跡盤查總結報告書定稿	-	C
106.12.14	提送 WH77-B 標碳足跡盤查總結報告書初稿	-	B
107.1.22~ 107.1.23、 107.1.31	WH77-B 標工程碳足跡查證作業	中興公司	B
107.3.20	WH77-A、B、C 標工程碳足跡查證作業	中興公司	全
107.5.21	取得 WH77-B 標及全工程查證聲明書	-	B/全
107.5.29	WH77-B 標工程碳足跡查證聲明書授證典禮	西濱南工處	B/全
107.6.7	提送 WH77-B 標碳足跡盤查總結報告書定稿	-	B
107.7.4	資料庫移轉使用說明	西濱南工處	全
107.8.20	提送成果報告書初稿	-	全
107.10.19	提送正式成果報告書	-	全

### 3.3 盤查輔導其他作業執行說明

#### 3.3.1 啟始會議與教育訓練辦理說明

本計畫配合工程開工期程，分別於 101~102 年間辦理碳盤查啟始會議及教育訓練，會議實錄詳附錄 I，說明如後。

##### 一、WH77-A 標教育訓練

鹽埕交流道新建工程(WH77-A 標)已於民國 101 年 1 月 30 日開工，自開工至本輔導團隊進場進行碳足跡盤查工作期間，未能進行實地盤查與活動強度蒐集確認工作。為此，為了避免資料回溯不全情形，本計畫於 11 月 5 日工作執行說明會後，即著手籌辦第一次教育訓練。經與各單位協調後，本計畫已於 101 年 11 月 21 日，假交通部公路總局西濱南工處舉辦 WH77-A 標碳足跡盤查第一次教育訓練。

本次教育訓練過程中除了說明碳足跡規範及一般工程碳足跡盤查執行程序外，另就 WH77-A 標已開工之特性，提出資料蒐集因應方式，還保留時間供各單位代表提出問題與討論，獲得熱烈回響。

教育訓練參訓人數約為 70 人，人員包括工程處管理人員、工程監造單位、承包商及協力廠商等，課程實景如圖 3.3.1-1。本次教育訓練之辦理，為未來 WH77-A 標工程持續且正確執行工程碳足跡盤查的有力基礎。



(a)教育訓練

(b)提問與回覆

圖 3.3.1-1 工程碳足跡盤查教育訓練上課實景

## 二、WH77-A 標啟始會議

本計畫已於 101 年 12 月 14 日假交通部公路總局西濱南工處舉辦鹽埕交流道(WH77-A 標)碳足跡盤查啟始會議。由於此計畫為西部第一個道路工程碳管理計畫，具有帶領西部道路工程減碳之意義，故除依據工作項目要求，集結工程處長官、施工廠商(即承包商)、監造單位、輔導單位與第三方查驗機構代表外，特邀請交通部公路總局吳局長盟分前來見證，共同宣示啟動西濱快速公路八棟寮至九塊厝鹽埕交流道新建工程碳管理作業，完成啟始會議。

啟始會議中並安排宣言宣讀及簽署，在局長、處長的見證與督導下，查驗機構、監造及輔導單位與承包商皆有高階主管代表出席，並於會中表示對於碳足跡盤查工作的認同，以及宣示未來將共同致力於取得工程碳足跡查證聲明。另本團隊依據本計畫「承先啟後·西濱領航」之意涵，設計形象概念圖，一併於啟始會議揭露。宣言簽署及所有與會者團體見證如圖 3.3.1-2。

本次會議成功召開並圓滿落幕，是本計畫帶領台灣西部啟動道路工程碳足跡盤查非常重要的第一步。



(a)交通部公路總局局長致詞



(b)西濱南工處處長致詞



(a) 簽署宣言



(b) 完成宣言宣示及簽署



全體人員大合照

圖 3.3.1-2 WH77-A 標工程碳足跡盤查啟始會議

### 三、WH77-B 標啟始會議暨教育訓練

WH77-B 標七股溪橋段新建工程由民國 102 年 6 月 11 日開始進行碳足跡盤查工作，為了使承包商專職人員可確實執行盤查與活動強度蒐集工作，本計畫於 102 年 6 月 21 日，假交通部公路總局西濱南工處舉辦理 WH77-B 標碳足跡盤查輔導啟始會議暨教育訓練。

啟始會議集結工程處長官、承包商、監造單位、輔導單位與第三方查驗機構代表，在會議中進行宣言宣讀及簽署。在副處長的見證與督導下，查驗機構、監造及輔導單位與承包商皆有高階主管代表出席，並於會中表示對於碳足跡盤查工作的認同，以及宣示未來將共同致力於取得工程碳足跡查證聲明。宣言簽署及所有與會者團體見證如圖 3.3.1-3。

於啟始會議之後，則辦理本標工程教育訓練。本次教育訓練過程中除了說明碳足跡規範及一般工程碳足跡盤查執行程序外，另就承包商施作與內部管理之特性，提出資料蒐集因應方式。並實際演練系統操作情形，使各單位更瞭解系統資料填報方式。人員包括工程處管理人員、工程監造單位、承包商及協力廠商等，課程實景如圖 3.3.1-4 所示。



(a) 西濱南工處副處長引言



(b) 簽署宣言-1



(c) 簽署宣言-2



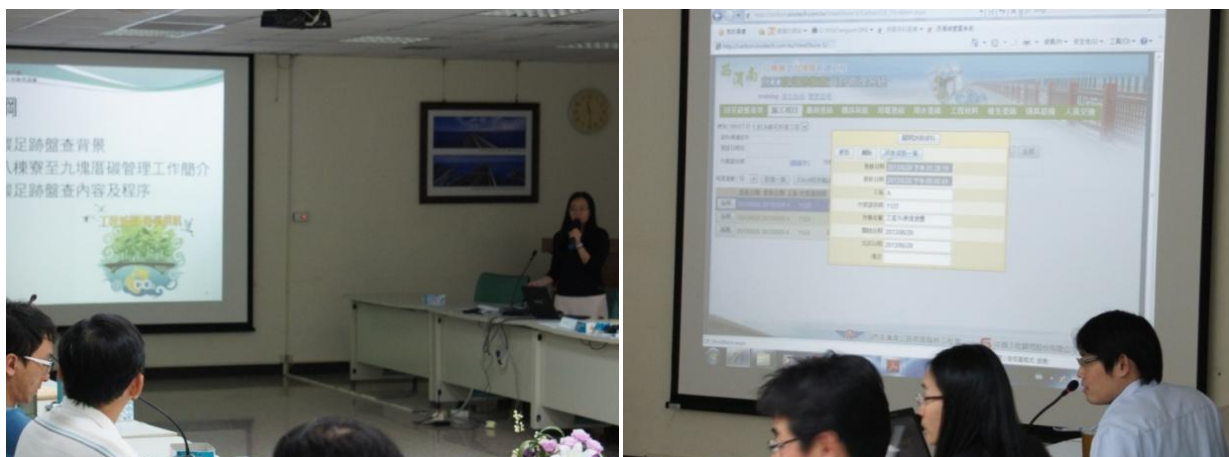
(d) 完成宣言宣示及簽署



全體人員大合照

圖 3.3.1-3 WH77-B 標工程碳足跡盤查啟始會議





(a)教育訓練課程

(b)系統操作說明

圖 3.3.1-4 WH77-B 標工程碳足跡盤查教育訓練

#### 四、WH77-C 標啟始會議暨教育訓練

WH77-C 標九塊厝交流道新建工程由民國 102 年 9 月 3 日開始進行碳足跡盤查輔導工作，為了使工程相關人員及承包商專職人員可確實執行盤查與活動強度蒐集工作，本計畫於 9 月 13 日假交通部公路總局西濱南工處辦理 WH77-C 標碳足跡盤查輔導啟始會議暨教育訓練。

依據工作項目要求，邀請工程處長官、承包商、監造單位、輔導單位與第三方查驗機構代表，於啟始會議中並安排宣言宣讀及簽署，在總局長官的見證與督導下，查驗機構、監造及輔導單位與承包商皆有高階主管代表出席，並於會中表示對於碳足跡盤查工作的認同，以及宣示未來將共同致力於取得工程碳足跡查證聲明。宣言簽署及所有與會者團體見證如圖 3.3.1-5 及圖 3.3.1-6 所示。



(a)西濱南工處溫課長引言



(b)簽署宣言-1



(c)簽署宣言-2



(d)簽署宣言-3



(e)簽署宣言-4

(f)完成宣言宣示及簽署

圖 3.3.1-5 WH77-C 標工程碳足跡盤查啟始會議



圖 3.3.1-6 WH77-C 標工程碳足跡盤查啟始會議與會人員合影

WH77-C 標亦於啟始會議後辦理本標工程教育訓練。本次教育訓練過程中除了說明碳足跡規範及一般工程碳足跡盤查執程序外，另就承包商施作與內部管理之特性，提出資料蒐集因應方式。並實際演練系統操作情形，使各單位更瞭解系統資料填報方式。參訓人數約為 25 人，人員包括工程處管理人員、工程監造單位、承包商及協力廠商等，課程實景如圖 3.3.1-7 所示。



(a)教育訓練課程



(b)教育訓練課程

圖 3.3.1-7 WH77-C 標工程碳足跡盤查教育訓練

### 3.3.2 現場訪查與輔導工作辦理說明

為確保各標承包商及監造單位相關人員執行碳足跡盤查的能力，本計畫配合工期及碳盤查工作執行狀況，每月前往各標工程現場進行現場訪查及輔導查核。

本計畫於 101 年 11 月至 106 年 10 月間共辦理 106 場次之現場輔導工作(部分 WH77-A 及 WH77-B 標場次合併辦理)，參與人員包括工程處管理人員、工程監造單位(工程處二段、三段)及承包商等，辦理情形如表 3.3.2-1 及圖 3.3.2-1 所示。透過當面討論，確認各標碳足跡盤查工作執行狀況，並針對所遭遇的系統資料填報問題予以回覆，俾利順利推動後續盤查作業。

另外現場輔導同時，本團隊亦至工地現勘瞭解施工進度、機具、工程材料使用現況(圖 3.3.2-1)，以及工程材料產地、運送形式、供應商等資訊，除了更瞭解目前施工情形及用料等，相關資訊更可作為日後資料核對之依據。

表 3.3.2-1 現場輔導討論內容

日期		討論項目	
101 年 11 月	11/29 A 標	碳足跡盤查表單功能及填寫流程介紹	
		施工碳足跡登錄清冊填寫問題討論	
		施工碳足跡盤查日誌 DR-1 及 DR-2 填寫問題討論	
		碳足跡盤查日誌提報時間研議	
		線上系統功能修改討論	
		資料回溯內容、方式及時間說明	
101 年 12 月	12/11 A 標	碳足跡盤查登錄清冊填寫進度	
		碳足跡盤查日誌填寫進度	
		監造日/月檢核表填寫困難及修正方向討論	
	12/18 A 標	協助碳足跡盤查登錄清冊填寫	
102 年 1 月	1/7 A 標	機/運具使用/行駛紀錄填寫與提交時間	
		人員出勤紀錄填寫與提交時間	
		管理單位年報填寫與提交時間	
			碳足跡盤查日誌提報時間討論與確認
	1/28 A 標	回溯方式以施工日誌、月結單及分項施工計畫書數量交叉比對	
機具使用若無法提供油單，先以統計資料代替			
		回溯資料不需逐日填寫日誌	
102 年 2 月	2/4 A 標	鋼筋之佐證資料提交	
		工料運輸需提供車種、載重、趟次及距離資料	
		機具油量盡可能提供佐證資料，未來可行再進行油耗調查	
102 年 3 月	3/5 A 標	不同型式協力廠商說明單據提交方式	
		承包商公務車資料提交方式	
		混凝土供應商月結單格式討論	
	3/21 A 標	承包商公務車配合掛表與紀錄	
		混凝土供應商提供整廠預拌車之平均每方油耗	
		協力廠商機具配合掛表紀錄，並提供油料單據	
102 年 4 月	4/2 A 標	各廠商目前執行情況	
		與各廠商協調更有效率之執行方式	
102 年 5 月	5/17 A 標	施工及協力廠商擴大盤查系統說明	
		永冠及永大提供完整油單及簽單方式	
		非直接材料料單與填報方式	
102 年 6 月	6/4 A 標	混凝土供應商擴大盤查系統說明	
		所需資料提供方式確認	

日期		討論項目
102 年 7 月	7/8 A/B 標	施工及協力廠商協助執行方式確認
		WH77-A 標盤查資料確認
		檔案命名說明
		盤查系統更新說明
102 年 8 月	8/6 A/B 標	WH77-A 標盤查資料確認
		WH77-A 標鋼筋綁紮場用電
		WH77-B 標施工項目清冊作業編碼建議
		機具使用於盤查日誌中填寫加油量
		工程材料管理系統
102 年 9 月	9/17 A/B 標	混凝土泵送車油耗調查協商
		登錄清冊填報方式
		機具使用及油耗單據蒐集方式
		B 標組合屋施工所需電力來源澄清
102 年 10 月	10/15 C 標	系統資料填報方式
		工地作業概況確認
	10/17 A/B 標	泵送車油耗調查結果
		引道降挖材料清運
		樁頭打除油耗調查協商
		混凝土廠進廠及盤查資料協商
102 年 11 月	11/11 C 標	工項編碼原則
		協力廠商機具出工表填寫方式
		承包商混凝土統計及填報方式
	11/14 A/B 標	承包商參考資料提供情況
		不同部位混凝土澆置油耗調查協商
		年報系統填報介紹
102 年 12 月	12/10 C 標	機具使用操作紀錄及佐證單據確認
		工料庫存討論
		既有 U 溝破碎後用途確認
		廢棄物清運方式及頻率
		年報系統填報介紹
	12/18 A/B 標	A 標原有工務所現況討論
		B 標泵送車協力廠商擴大盤查需求說明
		混凝土供應商擴大盤查提供資料討論
		年報系統操作問題說明討論
	103 年 1 月	1/23

日期	討論項目	
103年2月	A/B 標	協力廠商施工作業概況確認
		工程管理單位年報清冊資料填報說明
		混凝土廠盤查資料及混凝土配比(原物料投入量)資料提供
	1/10	協力廠商機具出工表及油單蒐集、提供時程討論
	C 標	鋼筋使用數量填報討論
		工程管理單位年報清冊資料填報說明
103年2月	2/12	混凝土泵送車同日施作不同工項之方數比例分配討論
		已使用工程材料補填輔導
	A/B 標	工區外鋼筋彎紮加工之運輸油耗資料蒐集及配合擴大盤查討論
		協商混凝土泵送車基礎澆置油耗率調查
	2/13	協力廠商施工作業概況確認
	C 標	工程材料使用填報項目討論、分項施工計畫書提供 工程管理單位年報清冊填報內容討論
103年3月	3/18	預力材料使用填報方式、盤式支承及剪力鋼箱使用填報時程討論
		混凝土泵送車基礎澆置油耗率調查作業內容確認
	A/B 標	外籍勞工出勤填報原則討論
		業主發文要求供應商配合盤查作業之預告通知
	3/19	協力廠商施工作業概況及供油方式確認
	C 標	協力廠商自叫工程材料單據追蹤填報討論 下構工程混凝土泵送車油耗調查事宜討論
103年4月	4/16	協力廠商施工作業概況及供油方式確認
		工程材料使用量填報方式討論
	A/B 標	工程材料盤查資料確認—H 型鋼中間柱埋入/切除長度、預力鋼腱進場時間、氧氣乙炔使用量統計
	4/17	鋼筋續接器供應數量、規格及加工程序討論
	C 標	下構工程鋼筋綁紮場電表號登錄追蹤。 協力廠商每月機具出工表及油單提報狀況討論
	103年5月	5/13
		不同廠別之混凝土供應資料蒐集提供討論
A/B 標		工程材料使用項目、使用量及進料單據資料確認
5/13		協力廠商施工機具油耗資料完整性討論
C 標		新設工務所廢棄物處理方式確認
		樁頭打除之機具油耗調查統計數據討論
103年6月	6/9	工程材料缺漏之進料單據確認
	A/B 標	鋼筋加工廠現勘訪視協商討論
		施工機具運出/運入行為確認及填報方式討論

日期		討論項目	
		鋼筋運入工地之過磅查驗模式確認	
		墩柱/帽梁泵送車油耗調查時程安排討論	
	6/10 C 標	工地現場施工項目及使用機具確認	
		剪力鋼箱及 PVC 排水管使用填報討論	
103 年 7 月	7/8 A/B 標	下構工程混凝土泵送車油耗調查資料檢視討論	
		盤查輔助資料(施工圖、查驗檢查表)提供討論	
		混凝土配比、植草肥料品牌成分、預鑄緣石之用料配比、預力套管及零星工料進料單等資料追蹤討論	
		鋼筋加工短期調查資料追蹤	
	7/25 C 標	混凝土泵送車油耗調查及擴大盤查作業協商	
		橋墩及匝道工程之工項名稱及編號分類格式	
		樁頭打除工項之施工廠商及機具確認	
	103 年 8 月	8/14 A/B 標	樁頭打除及混凝土泵送車油耗調查資料追蹤
			免拆模板、高性能低強度回填材料之缺漏料單及估驗數量追蹤
			鋼筋彎紮場能耗方式(是否申請臨時電力)討論
8/27 C 標		混凝土泵送車油耗調查及擴大盤查作業協商	
		PVC 排水管彎頭及接頭長度規格資料追蹤、不同強度規格之鋼筋運輸資料填報確認	
		混凝土泵送車油耗調查資料追蹤	
103 年 9 月	9/17 A/B 標	不同口徑鋼筋使用量之損耗比例確認	
		施工機具廠牌型號及馬力規格登錄討論	
		上構主體工程工項名稱分類與編碼方式討論	
		剪力鋼箱填報數量及進料單核對確認	
	9/18 C 標	打樁機油耗率(油單及操作時數)數據討論	
		上構主體工程工項名稱分類與編碼方式討論	
103 年 10 月	10/15 A/B 標	基樁工程施工油單及工料單據資料追蹤	
		植栽施工及高空作業車機具加油方式確認	
		已完成施工之工料(橋面排水管、橋面排水孔、箱梁人孔蓋座、緣石、植栽用 PVC 管及肥料、草毯)數量填報討論	
	10/16 C 標	瀝青廠盤查作業協商討論	
		上構鋼筋彎紮場設置地點、承包廠商及能源使用方式確認	
		上構工程施工機具種類、數量、進出頻率及添油方式確認	
103 年 11 月	11/19 A/B 標	零星工料(發泡填縫劑、混凝土墊塊)填報討論	
		橋欄杆施工方式及鋼板樁運輸等相關資料填報確認	
		吊卡車里程數記錄討論	
		不同工項施工廠商使用同一鋼筋場場電之耗電數量分配討論	

日期	討論項目		
	混凝土泵送車油耗調查及擴大盤查作業協商		
	11/18 C 標	規格多樣化之同類工料(鋼箱、盤支、預力、模板等)填報討論 零星工料(免拆模板、氧氣、乙炔)填報討論 料場堆置物料之運輸及機具油耗資料切分討論	
	103 年 12 月	12/17 A/B 標	相關工項使用機具種類及機具運輸紀錄確認 工料採購、使用紀錄及相關查驗佐證追蹤 鋼筋場電力使用量分配討論 工程管理單位 103 年報資料填報討論
		12/18 C 標	上構工班組數及機具使用分配、加油方式確認 上構鋼筋彎紮場能耗方式確認 共用油箱之分油紀錄討論、工料使用紀錄追蹤 工程管理單位 103 年報資料填報討論
104 年 1 月		1/14 A/B 標	工料查驗單與抽驗管制表追蹤 新登錄運具之用途討論 施工機具、材料之盤查資料填報方式討論與確認 混凝土泵送車油耗調查結果討論
		1/13 C 標	施工機具分油與共同油箱之填報方式討論 完成施工之工料使用數量填報方式討論 工程管理單位 103 年報資料填報討論
	104 年 2 月	2/10 A/B 標	新登錄廠商之施工項目與機具確認 刨除瀝青混凝土運輸之盤查資料確認與討論 下構鋼筋加工之運輸與擴大盤查資料討論與追蹤
		2/13 C 標	擋土牆施工進場時間、範圍與機具確認 工務所、上構與下構鋼筋廠之用水、用電填報方式討論 已完工基礎與橋墩之使用工料填報資料確認 擋土牆外送鋼筋加工廠之資料蒐集填報討論
104 年 3 月		3/17 A/B 標	橋面伸縮縫之組合材質與加工方法確認 鋼筋加工廠之氣體用途確認 基礎混凝土泵送車油耗調查方式討論 下構鋼筋加工廠之擴大盤查資料追蹤
		3/17 C 標	工程材料之用途確認與填報追蹤 下構鋼筋廠之氣體用途確認 鋼筋與混凝土運入量之填報方式討論
	104 年 4 月	4/15 A/B 標	工料(排水管、人孔及蓋、鍍鋅隔柵蓋板及框座)之實際數量確認 基礎混凝土泵送車油耗調查追蹤



日期	討論項目			
	下構鋼筋加工廠之擴大盤查資料追蹤			
	4/15 C 標	新登錄機具之用途確認 施工機具、工料運輸、人員出勤之填報缺漏討論 氣體(氧氣、乙炔)工料之填報方式討論		
	104 年 5 月	5/20 A/B 標	A 標結算資料確認與討論 基礎混凝土泵送車油耗調查結果討論 水泥廠與預拌廠進行碳足跡盤查之訪談作業討論	
		5/20 C 標	確認樁頭打除工項是否完工、相關機具是否出場 下構鋼筋廠商退場後，其鋼筋廠續用確認 橋單元之預力材料使用填報方式討論	
103 年 6 月			6/16 A/B 標	A 標回溯鋼筋運入量之資料確認與討論 A 標碳盤查總結報告提送時程討論 水泥廠與預拌廠進行碳足跡盤查之訪談作業追蹤
	6/16 C 標	後續新增工項之登錄名稱與代碼討論 各廠商機具油單提供狀況討論 完工之材料使用填報方式討論		
		104 年 7 月	7/14 A/B 標	A 標瀝青混凝土刨除料之運輸基準討論 水泥廠碳足跡盤查之訪談進度說明
			7/14 C 標	擋土牆作業工項項目填報方式討論 PVC 管材與水泥之材料使用填報方式討論
	104 年 8 月			8/21 B 標
		8/21 C 標	新增工項橋下排水工程之作業編碼討論 新增排水工程之機具編碼討論 混凝土泵送車之機具運輸填報討論	
104 年 9 月			9/18 B 標	新增工項排水工程之作業編碼討論 新增排水工程之機具編碼討論
			9/18 C 標	已完工下構施工廠商鉅額之油單缺漏與油耗估算討論 工料使用、施工機具及油單之缺漏及填報討論 混凝土填報之種類及數量確認
		104 年 10 月		10/22 B 標
10/22			機具出工時數填報之編碼方式討論	

日期		討論項目
	C 標	追蹤上構施工廠商之機具油單繳交情況 確認水泥砂漿之單位體積重量
104 年 11 月	11/25	施工圖資料之確認與蒐集討論
	B 標	施工機具數量與機具登錄項目之確認
	11/25	原鋼板樁機具接續擋土牆施工之機具使用填報討論
	C 標	墩柱材料之材料使用補填報討論 橋下排水材料之運輸補填報討論
104 年 12 月	12/22	跨河段之上構施工作業編碼討論
	B 標	預力材料(鋼腱)之運輸來源確認 工程管理單位 104 年報資料填報討論
	12/22	橋下排水工程之作業項目確認
	C 標	上構施工廠商信越之機具油單繳交情況追蹤 工程管理單位 104 年報資料填報討論
105 年 1 月	1/21	跨河段之鋼筋運輸及使用數量確認
	B 標	工程管理單位 104 年報佐證資料確認 上構泵送車油耗調查方式討論
	1/21	擋土牆排水器材料來源確認及填報方式討論
	C 標	橋下排水施工機具項目及機具油耗來源確認 工程管理單位 104 年報資料填報討論
105 年 2 月	2/16	已退場之基樁鋼筋廠電費單據確認
	B 標	工程材料(PE 布)之供應來源確認 盤查輔助資料確認與追蹤
	2/16	零星工料之材料使用補填報確認
	C 標	下構鋼筋廠用電蒐集與填報討論 上構泵送車油耗調查方式討論
105 年 3 月	3/22	工程材料(不鏽鋼踏步及燈柱螺栓)運輸數量填報方式討論
	B 標	盤式支承材料之計價數量確認 上構泵送車調查進度追蹤與討論
	3/22	擋土牆排水器之引用規格資料討論
	C 標	預力端錨材料(夾片)之進口來源確認
105 年 4 月	4/19	工程材料(PVC 管)運輸數量與佐證單據確認
	B 標	工程管理水費及工區電費之單據追蹤 鍍鋅鋼筋及預力鋼腱之供應商盤查輔導相關事宜討論
	4/19	新登錄廠商之施工項目與機具確認(護欄工程)
	C 標	新登錄工項之工程材料確認及填報討論(照明工程)

日期	討論項目	
	施工機具之油單闕漏追蹤	
105年5月	5/18 B標	新增下山溪護坡協力廠商之機具及材料登錄內容討論
		跨河段工程材料(預力鋼棒套管及錨定板)之運輸數量及單據確認
		預力鋼腱之供應商盤查作業追蹤與討論
	5/18 C標	擋土牆工項完成確認及材料填報討論
		護欄工項使用之鋼筋數量填報討論
施工機具之油單闕漏追蹤		
105年6月	6/23 B標	下山溪護坡工程之材料使用項目及運進單據確認
		燈柱及護欄欄杆使用之螺栓運進數量及單據確認
		施工機具之施作項目確認
	6/23 C標	上構伸縮縫及排水工程之外叫機具補填報討論
		已完工橋單元之材料使用填報討論
105年7月	7/21 B標	工程材料(無收縮水泥砂漿、乾拌水泥砂)數量、對應施作工項及運輸/使用填報原則
		拱橋預力套管/錨定版、螺栓式燈柱基礎、金屬橋欄杆基礎螺栓、不織布、止水帶等材料佐證資料與填報方式
	7/21 C標	預力、伸縮縫預留槽清除之機具確認
		橋欄杆預埋螺栓數量與運輸紀錄
		施工機具之油單闕漏追蹤
105年8月	8/15 B標	緣石安裝目前施工進度與使用機具確認
		志一鋼筋之料源、排放係數及佐證資料確認
	8/15 C標	PVC管給水彎頭數量與運輸紀錄討論
		外叫機具使用情形與填報原則討論
		瀝青混凝土鋪面進場時間表與供應商盤查配合作業討論
105年9月	9/22 B標	U-15懸吊工法拱體段施作工項與對應工項編碼設定討論
		志一鋼筋之料源、排放係數及佐證資料討論
		現勘時所發現之尚未填報工程材料與機具確認
	9/22 C標	協力廠商利鍵退場後缺漏油單處理原則討論
		護欄/緣石使用鋼筋進料情形確認
	盤查資料需要補充及修正之內容確認	
105年10月	10/20 B標	墩柱鋼模運出重量計算原則與填報方式確認
		懸吊工法預力鋼棒材料海外運輸填報原則追蹤
	10/20 C標	護欄/緣石使用材料進料情形討論
		實固架運出情形與填報原則討論
		瀝青混凝土刨除、鋪築時間表確認
105年11月	11/23	瀝青鋪面施工工期確認

日期		討論項目
	B 標	吊車簽單施工時數討論
		排水工程之水門及活動閘門材料使用與運輸填報原則確認
	11/23 C 標	護欄協力廠商施工情形討論
		預力套管、4”PVC 管使用情形與填報原則討論
105 年 12 月	12/23 B 標	外叫機具使用情形與填報原則討論
		混凝土橋面版刨除施工範圍、計量方式及填報原則
		瀝青論凝土施工機具種類/數量，及材料使用填報原則
	12/23 C 標	七股溪橋邊跨支撐材料(型鋼與重型支撐架)之數量統計與運輸佐證資料與填報方式
		新登錄廠商之施工項目與機具確認(護欄工程)
		照明預排管材料填報原則討論
106 年 1 月	1/19 B 標	施工機具之油單闕漏追蹤
		緣石協力廠商(瀧鋌)施工機具出工紀錄確認
		預鑄緣石進料紀錄確認
	1/19 C 標	金屬橋欄杆之進料數量、運輸及單位重量資料確認
		吊卡車、高空作業車機具填報情形追蹤與確認
106 年 2 月	2/8 B 標	卵石材料運進及使用數量確認
		欄杆之材料使用數量填報方式討論
	2/8 C 標	志一鋼筋供應商(海光/漢泰)、數量及佐證資料確認
		金屬橋欄杆、鋼管、基座、螺絲等材料來源確認及填報方式討論
106 年 3 月	3/24 B 標	標誌架、護欄欄杆等材料運輸及材料使用之闕漏項目補填報確認
		標線工程之相關使用機具確認
		路工材料填報方式討論
106 年 4 月	3/24 C 標	2 月份材料運輸(結構用混凝土、黏油)填報進度追蹤與討論
		2 月份材料使用(結構用混凝土、乙炔)填報進度追蹤與討論
		2 月份機具運輸填報進度追蹤
	4/24 B 標	RCP 管與鍍鋅厚鋼導線管之進料及使用數量確認
		鍍鋅 SGP 管數量確認及料單追蹤
106 年 5 月	4/24 C 標	機運具運輸之油單佐證追蹤及填報方式討論
		巨聯氧氣、乙炔後續之材料使用及材料運輸填報方式討論
	5/19	3 月份工程管理單位及工區用電、用水之單據追蹤
		3 月份之人員出勤紀錄填報進度追蹤
106 年 4 月	4/24 B 標	標誌架及標線工程之施工機具及運具規格確認
		標線施工機具(標線機、熱拌爐)之使用燃料確認
	4/24 C 標	工程材料之來源確認及料單闕漏追蹤
106 年 5 月	5/19	跨河段趕工之採用工法確認

日期		討論項目
	B 標	交通工程、標線施工之材料使用項目、機具數量及單據追蹤 伸縮縫資料闕漏追蹤與討論
106 年 6 月	6/23	橋下防汛道路 AC 鋪面工程之盤查範疇確認
	B 標	側車道瀝青混凝土鋪設之組成材料確認
		工程進度及竣工期程追蹤與確認
106 年 7 月	7/18	伸縮縫使用數量及規格確認
	B 標	跨河段施工機具確認
106 年 8 月	8/14	橋面人行步道材料使用項目討論
	B 標	水下切割作業機具及油耗填報內容討論
106 年 9 月	9/15	資料闕漏及補正時間討論
	B 標	路工材料項目佐證資料確認
106 年 10 月	10/6	追加之交通改善工程不納入盤查範疇
	B 標	資料闕漏及補正時間討論



現場輔導辦理情形 (A/B 標)



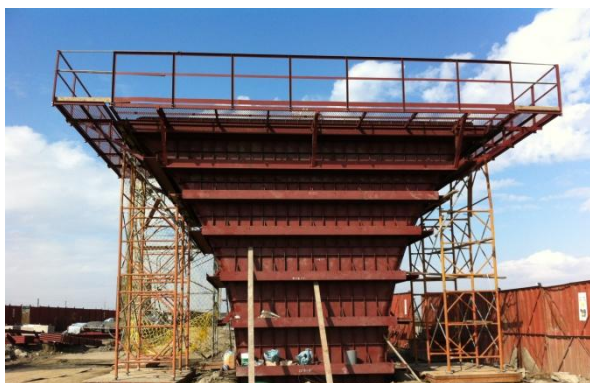
現場輔導辦理情形 (B 標)



現場輔導辦理情形 (C 標)



A 標-加勁路堤與進橋版施工



A 標-墩柱鋼模



A 標-標線劃設-保溫及劃設機



B 標-基樁鋼筋場作業



B 標- U15S 上構箱型梁施工



C 標-上構橋單元底腹板施工



C 標-標尾匝道

圖 3.3.2-1 現場輔導與工地現訪情形

### 3.3.3 供應商訪查與輔導工作辦理說明

為提升本工程一級數據比例，本計畫主管機關西濱南工處已發函請供應商協助配合本計畫盤查工作之執行，提供相關資料。本計畫已由鋼筋、水泥、預拌混凝土或瀝青混凝土之盤查著手，期望藉由此過程中建立本土化係數，除做為各標工程之一級數據外，亦可作為其他標工程較佳二級數據之參考。已執行鋼筋、預拌混凝土廠、水泥廠、瀝青混凝土廠及預力鋼腱之現訪協商

或資料蒐集，並有盤查成果產出(詳本報告 3.6.3 節)。

## 一、鋼筋

本工程 WH77-A、B 標使用的鋼筋為同一供應商(海光鋼鐵廠)，此鋼筋供應商已於 102 年度開始進行廠區溫室氣體盤查作業。本計畫於 104 年 3 月至海光鋼鐵廠之乙廠區(鋼筋壓延)進行盤查作業協商，並進行鋼筋製程現勘，以瞭解鋼筋產能與製程流程，以確認可能使用的材料、能資源與設備等，確保碳足跡盤查資料之品質與完整性。並於同年 5、9 月份再次至廠區與權責人員就配合計算碳足跡所需之其他數據資料進行說明討論，例如：原物料運輸距離、廠務投入、耗材、廢水/廢氣/廢棄物處理之原料及能耗等資料。

海光鋼鐵廠配合本計畫輔導碳足跡盤查，於 104 年 12 月 3 日完成配合本計畫之第三方數據抽驗查證作業。沿用本計畫輔導協助之產出成果，海光鋼鐵廠更進一步申請其產品之碳足跡證書，105 年 5 月至 6 月本計畫已協助該廠完成產品碳足跡查證作業，並於 105 年 7 月取得其 103 年度鋼胚、鋼筋之碳足跡查證聲明書。後續該廠並同意將已取得查證聲明書之鋼胚及鋼筋碳足跡，登錄至環保署碳足跡係數資料庫平台，已於 106 年登錄至資料庫平台。

## 二、水泥

本計畫以本工程各標所採用之混凝土廠商，其水泥原料供應商「台泥」為盤查對象，在西濱南工處的協助下，本計畫取得其同意配合進行其產品碳足跡之盤查作業。台泥為固定排放源管制對象，已依環保署規定完成廠區之組織型溫室氣體盤查、溫室氣體排放清冊及第三方查證，本計畫以此溫室氣體盤查資料為依據，設計水泥碳足跡盤查表單，請台泥協助提供 103 年度，水泥及石灰石之產能、礦區能資源、原物料及耗材之種類、數量與來源、廢棄物處理方式等項目，以計算水泥碳足跡。

本計畫已於 104 年 10 月及 12 月至其廠區進行製程勘查，說明盤查作業、資料需求與資料提供期程，並更進一步於 105 年 5 月 27 日會同本計畫查驗單位，至台泥進行第三方數據抽驗查證作業，以確保資料之準確性。

### 三、瀝青混凝土

本工程使用之瀝青混凝土，WH77-A、B 標為鴻林瀝青廠提供，WH77-C 標供應商則為坤慶瀝青廠。

本計畫委託專案計畫單位，請其蒐集並彙整鴻林瀝青廠 104 年之盤查資料。本計畫於 103 年 12 月 13 日會同專案計畫單位至鴻林瀝青廠進行協商，同時至廠內現勘瀝青混凝土之製程，目前蒐集之資料包含 104 年全廠之產能、製程原物料、製程能資源、運輸等盤查資料。

本計畫於 105 年 9 月 30 日至坤慶瀝青廠進行盤查作業協商，同時至廠內進行製程現勘，以確認瀝青混凝土之原物料及其運輸、製程能資源使用及廠內機具能耗來源等。本次協商內容包含製程原物料、製程能資源、原物料運輸、產能數據、瀝青混凝土運輸及機具在工區之能耗等資料蒐集方式，並說明資料提供期程。坤慶瀝青廠同意提供施工期間之盤查資料，並配合提供 105 年 10 月~106 年 2 月之資料，相關盤查成果詳 3.6.3 節。

### 四、預力鋼腱

本工程使用的預力鋼腱來源僅 WH77-B 標為國內生產(佳大)，本計畫與該標供應商進行協商，請其配合提供該廠碳足跡盤查資料。該廠已提供 104 年度之預力鋼腱產量、原物料投入量、製程能資源及廢棄物等資料，本計畫除彙整相關盤查資料之外，並與該廠確認能資源及廢棄物之分配比例，以計算該廠預力鋼腱之碳足跡，相關盤查成果詳 3.6.3 節。

#### 3.3.4 座談會辦理說明

本計畫分別於 102、103 及 105 年度辦理座談會，分別探討產品類別規則制定內容、公路工程碳管理制度及實務、橋梁營運管理階段設定及 CFP-PCR 改版內容，說明如後。

##### 一、102 年度座談會辦理情形

為確保本計畫執行工程碳足跡盤查結果得以順利取得國際碳足跡查證聲明，並確保本計畫執行結果得以符合 102 年 5 月公告之最新國際碳足跡技術規範(ISO/TS 14067)內容要求、順利取得國際碳足跡查證聲明，



故配合國內外道路工程碳足跡產品類別規則(CFP-PCR)與產品類別規則(PCR)研訂進程，以「盤查實務與橋梁工程碳足跡產品類別規則之發展」為題辦理座談會。

透過此座談會集結相關產官學界專家及西濱南工處、查驗機構、監造單位、承包商等西濱快速公路八棟寮九塊厝計畫工程碳管理合作團隊人員，共同回顧本計畫開始執行碳足跡盤查至今近一年期成果，並透過102年中甫公告之ISO/TS 14067 碳足跡技術規範，與國際橋梁及高架道路工程產品類別規則草案的分析，研商我國橋梁工程碳足跡產品類別規則應包含或排除之內容，作為本計畫工程碳管理合作團隊執行我國橋樑工程碳足跡盤查的一致準則，以及我國橋梁工程碳足跡產品類別規則發展之基礎；進而確保本計畫執行內容能夠與國內外相關規範或參考文件無縫接軌，有效達成取得國際碳足跡查證聲明之目標。

本次座談會邀請公路總局吳局長盟分擔任引言，指導說明本計畫之緣起、目的及預期成效，並由主管機關西濱南工處藍處長維恭擔任會議主持人，另邀請公路總局夏副局長明勝、環保署管考處李科長奇樺、北科技大學土木工程系陳教授立憲、中央大學營建管理研究所黃教授榮堯、逢甲大學土木工程系卜教授君平及英國標準協會林協理文華擔任與談人，偕同本計畫各級機關人員共同檢視本計畫執行內容，與 CFP-PCR 的研提構想。

綜整此次會議議程及會議進行實況如表 3.3.4-1 及圖 3.3.4-1。另整理本次座談會參與人員簽到單及發言紀錄單等，詳本報告附錄 II。

表 3.3.4-1 102 年度座談會議程

時間	內容	報告單位
14:00 ~ 14:10	報到	
14:10 ~ 14:20	與會來賓介紹	主持人
14:20 ~ 14:30	引言	吳局長盟分
14:30 ~ 14:50	西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程碳足跡盤查輔導及查證服務工作執行狀況說明	中興工程顧問股份有限公司
14:50 ~ 15:15	國際橋梁與高架道路工程產品類別規則草案內容簡介 我國碳足跡產品類別規則擬訂程序與內容說明 我國橋梁工程碳足跡產品類別規則內容探討	中興工程顧問股份有限公司
15:15 ~ 16:10	與談人評論	與談人
16:10 ~ 16:30	綜合研討	所有人員
16:30 ~	散會	



➤ 吳局長盟分引言



➤ 主持人致詞



➤ 輔導單位簡報-1



➤ 輔導單位簡報-2



➤ 與談人評論-1



➤ 與談人評論-2



➤ 與談人評論-3



➤ 與談人評論-4

**圖 3.3.4-1 102 年度座談會辦理情形**

## 二、103 年度座談會辦理情形

為能密切配合我國溫室氣體管制及公共工程推動節能減碳政策，同時促進公路總局管轄計畫工程碳管理間及對外的溝通與交流，本計畫與公路總局其他碳管理計畫執行團隊於 103 年 5 月 9 日假交通部國際會議中心國際會議廳，共同舉辦「公路工程碳管理制度及實務研討會」，由政策方向、國內外規範，乃至於現階段實作成果，邀集一系列專題發表，作為各界了解工程碳管理實務之參考。本年度本計畫之年度座談會即以此研討會型式辦理。

透過此次研討會的辦理，除可促成國內產、官、學界對於工程碳管理議題的重視與發想，更可促進各工程相關單位、由主管機關、監造單位乃至於承包商、協力廠商等，就工區執行碳足跡盤查實務進行意見交流，確保碳管理計畫執行成效，朝向完備我國道路工程碳管理架構之願景邁進。

本次研討會內容分為「產品碳足跡推動現況及工程碳足跡盤查準則與計算參考」、「公路總局推動道路碳管理經驗分享」兩個主軸議題，以國家公共工程節能減碳相關政策推動進程為始，再由我國工程產品類別規則研訂單位及工程碳足跡查證單位，說明現階段推動工程碳足跡盤查所需依循之參考文件內容與規範或指引要求，最後由公路總局各碳管理計畫執行單位個別發表現階段計畫執行成果。

研討會除有交通部吳次長盟分、公路總局夏副局長明勝及行政院工程會、交通部所屬單位等多位長官蒞臨致詞，上午時段先邀請環保署蕭處長慧娟、公共工程委員會徐技正肇晞、臺北科技大學胡教授憲倫、英國標準協會台灣分公司林協理文華等產官學界專家學者，針對我國產品碳足跡標示制度、公共工程碳排放估算調查策略、道路工程碳足跡產品類別規則、工程碳足跡盤查與查證等多項專題進行簡報分享及討論；下午時段則分別由逢甲大學卜教授君平、中興工程顧問公司、台灣世曦工程顧問公司、成大研究發展基金會等單位，簡報說明承接公路總局推動道路碳管理專案計畫之作業成果，整體議程詳表 3.3.4-2 所示。

研討會辦理實況如圖 3.3.4-2 所示，另整理會議結論與後續建議等重要資料，詳參附錄 II。

表 3.3.4-2 公路工程碳管理制度及實務研討會議程

時間	議題	發表單位/講者
09:00~09:10	致歡迎詞	交通部公路總局 趙代理局長興華
09:10~09:25	貴賓致詞	行政院工程會、交通部
09:25~09:30	貴賓合影留念	
<b>專題一</b>	<b>產品碳足跡推動現況及工程碳足跡盤查準則與計算參考</b>	
09:30~09:35	專題一 主持人與講者介紹	夏副局長明勝
09:35~10:05	我國產品碳足跡標示制度推動現況	行政院環保署管制考核及糾紛處理處 蕭處長慧娟
10:05~10:35	我國公共工程碳排放估算與調查推動策略與現況	行政院公共工程委員會技術處 徐技正筆晞
10:35~10:55	休息	
10:55~11:25	我國道路工程碳足跡產品類別規則介紹	臺北科技大學環境工程與管理研究所 胡教授憲倫
11:25~11:55	工程碳足跡盤查準則與查證重點	英國標準協會太平洋有限公司 台灣分公司驗證部 林協理文華
11:55~13:15	午餐	
<b>專題二</b>	<b>公路總局推動道路工程碳管理經驗分享</b>	
13:15~13:20	專題二 主持人與講者介紹	吳總工程司進興
13:20~13:50	橋梁不同跨度及工法之e化系統建置(含碳排放量推估)	逢甲大學土木工程系 卜教授君平
13:50~14:20	台9蘇花改計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享	中興工程顧問股份有限公司
14:20~14:50	台61八棟寮九塊厝計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享	
14:50~15:10	休息	
15:10~15:40	台9南迴計畫工程設計階段碳排放量推估及減碳策略	台灣世曦工程顧問股份有限公司
15:40~16:10	台9南迴計畫工程材料碳足跡數據建立	台灣世曦工程顧問股份有限公司 財團法人成大研究發展基金會
16:10~16:50	綜合討論	
16:50~	賦歸	



➤ 主辦單位代表(夏副局長明勝)致詞



➤ 貴賓(交通部吳次長盟分)致詞



➤ 主協辦單位代表、貴賓及講者合影



➤ 蕭處長慧娟演講實況



➤ 胡憲倫教授演講實況



➤ 林文華協理演講實況



➤ 卜君平教授演講實況



➤ 林彥宇博士演講實況

圖 3.3.4-2 公路工程碳管理制度及實務研討會辦理情形

## 二、105 年度座談會辦理情形

為精進本計畫執行工程碳足跡盤查方法與成果展現，接續 102 年度「盤查實務與橋梁工程碳足跡產品類別規則之發展」及 103 年度與其他碳管理計畫共同舉辦之「公路工程碳管理制度及實務研討會」結果，並回顧本計畫執行土建標工程碳足跡盤查近 4 年與 WH77-A 標完成查證作業之經驗，本計畫 105 年度以「營運階段之碳足跡盤查邊界與範疇界定」與「我國橋梁、道路碳足跡產品類別規則修訂建議」為題，辦理本計畫 105 年度座談會。

本次座談會由西濱南工處賴處長明煌主持，邀請公路總局夏副局長名勝、臺北科技大學胡教授憲倫、成功大學陳教授建旭、逢甲大學卜教授君平及英國標準學協會台灣分公司鄭副協理仲凱等各官學界專家學者，針對營運管理階段之設定及我國產品類別規則修訂之議題進行分享與討論；議程首先由中興公司說明本計畫碳管理執行狀況，再由台灣世曦公司分享台 9 南迴工程盤查經驗，最後進行本次座談會議題說明與討論，整體議程詳表 3.3.4-3。另整理本次座談會參與人員簽到單及發言紀錄，詳本報告附錄 II。

**表 3.3.4-3 105 年度座談會議程**

時間	內容	報告單位
09:30 ~ 09:50	報到	
09:50 ~ 10:00	致詞及與會來賓介紹	主持人
10:00 ~ 10:20	西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程碳管理盤查輔導及查證工作執行狀況說明	中興工程顧問股份有限公司
10:20 ~ 10:40	台 9 南迴工程碳盤查經驗分享	台灣世曦工程顧問股份有限公司
10:40 ~ 11:00	營運管理階段之碳足跡盤查邊界與範疇界定 我國橋梁、道路及隧道碳足跡產品類別規則修訂建議	中興工程顧問股份有限公司
11:00 ~ 11:40	與談人評論	與談人
11:40 ~ 12:00	綜合研討	所有人員
12:00 ~	散會	

座談會辦理實況如圖 3.3.4-3，另彙整本次座談會之議題探討結論如下：

1. 營運管理階段操作情境之設備能資源使用，除考量設備功率及操作時數，另應參考既有營運中道路之資料，綜合評估兩者方案差異性。
2. 營運管理階段維護/重置情境，燈具重置可依據燈具壽命資訊，設定重置頻率；鋪面重置應考量道路等級、交通流量、氣候環境及路基狀況，或參考既有營運道路之重置頻率設定；其餘無明確壽命定義項目，可參考既有營運中道路之維護頻率，另亦可評估各維護/重置項目之排碳佔占比，若排碳佔比甚小可依據截斷原則排除。
3. 國內道路、橋梁及隧道 CFP-PCR 於第 2.1.3 節產品功能單位或宣告單位，將增加宣告單位之定義，定義為整標工程之排碳量，並補充工程總長度或路段里程。
4. 國內道路 CFP-PCR 三、名詞定義 7.交通設施及其他工程之部分內容「...依據交通流地形及需要，道路上必要時應設置，包含...」將比照橋梁、隧道 CFP-PCR 刪除「道路上」字樣，即不排除非設置在路側（機房內、隧道上部等）的機電、交控設備。
5. 國內道路、橋梁及隧道 CFP-PCR，將補充說明排除機電及交控設備之製造，僅盤查機電及交控設備安裝過程之碳足跡。



➤ 主席致詞



➤ 與會來賓介紹





➤ 中興公司簡報-1



➤ 台灣世曦公司簡報



➤ 中興公司簡報-2



➤ 與談人發言-夏明勝副局長



➤ 與談人發言-胡憲倫教授



➤ 與談人發言-陳建旭教授



➤ 與談人發言-鄭仲凱副協理



➤ 與談人發言-卜君平教授

圖 3.3.4-3 105 年度座談會辦理情形

### 3.3.5 查驗機構月度查核意見彙整

於本工程第一個土建標工程開工之後，本計畫即每月提供盤查資料予查驗機構進行盤查資料檢核，並就該月遭遇之盤查問題進行檢討及確認後續執行方向，查驗機構審查意見及本計畫辦理情形彙整詳附錄VI。另彙整主要內

容如後。

#### 一、碳足跡盤查之數據品質

碳足跡盤查為統計實際發生之活動數量，本計畫於材料部分主要係蒐集實際進貨單據，機運具活動數據則主要依據各廠商每日出工紀錄及油單佐證作為填寫依據，僅少數因缺少料單或油單之活動數據係以設計數量或歷史單位油耗值進行估算。

#### 二、碳足跡盤查範疇界定

本計畫盤查期間與查驗機構確認盤查範疇，主要確認事項如下：

- 排除回收再利用之材料使用(如模板)。
- 排除機運具之維修保養。
- 排除人員交通運輸。
- 西濱南工處管理單位以年度經費比例分配本工程之排碳量。
- 排除辦公室及宿舍拆除作業。
- 盤查邊界納入 WH77-B 標防汛道路 AC 鋪面工程。
- 植生工程以契約數量估算排碳量。

#### 三、材料運輸計算原則

回收再利用材料(如模板、實固架等)應納入運輸之排碳量計算，並應以材料實際重量及運輸距離計算，若無法取得材料重量，則以運輸車輛滿載重量級運輸距離計算運輸排碳量；另材料若自國外進口，應計算出口港至進口港間之國外運輸排量。

#### 四、材料使用量統計原則

各式工程材料使用量應有實際進貨單據或相關資料作為佐證，並應確認材料有無退貨或剩餘材料，以統計各式材料實際的使用數量；另若有使用舊料情形，也應有領料或調貨單據作為佐證；此外無法提供單據之材料使用項目，應以計價數量或是設計數量進行推估。

#### 五、機具使用擴大盤查

部分協力廠商之機具於本工區及其他工區進行施作、或是於各標工區內施作，利用擴大盤查方式蒐集所有工區盤查資料，依據總出工時數進行計算單位時間油耗率，再依此油耗率及各工區の出工時數進行油耗

量分配。

#### 六、材料供應商盤查及運輸油耗

大宗工程材料包括水泥、混凝土、鋼筋等供應商盤查作業，應蒐集完整的原物料、能資源、耗材及運輸等數據，並根據合理方式進行假設與分配，如混凝土以方數(m<sup>3</sup>)，水泥與鋼筋以重量(kg 或 ton)進行分配。此外，混凝土廠亦配合執行混凝土攪拌車油耗盤查作業，蒐集施工期間車輛油耗量、載運方數、車次及行駛里程，以計算混凝土攪拌車之運輸排碳量。

#### 七、排放係數引用確認

各式材料引用係數應以實際盤查係數為優先引用，或是採用較合理的二級數據作為係數引用，若無法取得該材料之碳足跡係數，則可引用生命週期資料庫之係數。能資源係數引用部分(電力及燃油等)，統一採用環保署公告最新年度的電力碳足跡。

#### 八、WH77-A 標回溯資料計算原則

WH77-A 標於盤查工作啟動前開工，此期間資料材料使用以結算資料進行估算，機具使用則較難取得相關活動數據，已協商取得基樁施作之實際油單資料，其餘無法取得項目則以操作時數及相關油耗調查資料進行油耗量推估。

#### 九、照明工程之材料估算與分配方式

WH77-B 及 C 標之照明工程為同一契約並由同一施工廠商進行施作，由於盤查期間結束前尚未進行施作，故依據契約數量進行材料估算，無法明確區分 2 標之材料項目(如電纜、導線管)，則依據 2 標之燈具數量進行分配。

#### 十、非原契約工程項目之盤查範疇界定

WH77-B 標橋下防汛道路之 AC 鋪面工程為台南市水利局委託之作業，且其施工費用已納入本工程，後續確認該工程項目納入驗收數量，已將此工程納入盤查範疇。

### 3.3.6 授證典禮辦理說明

#### 一、WH77-A 標碳足跡查證聲明書授證典禮

八棟寮至九塊厝路段中之「WH77-A 標鹽埕交流道新建工程」已於民國 104 年 6 月完工通車，本計畫於 104 年 9 月提送 WH77-A 標之盤查報告書與盤查清冊供查驗公司審查，於 104 年 12 月完成碳足跡查證作業，係為國內公共工程完成碳足跡盤查及查證之首例，故本計畫主管機關公路總局西濱南工處特邀集相關單位，於 105 年 2 月 18 日辦理本計畫 WH77-A 標碳足跡查證聲明授證典禮。

本次典禮邀請到公路總局夏明勝副局長與新工組黃三哲組長蒞臨，典禮中由西濱南工處賴明煌處長、BSI 蒲總經理、春原公司郭經理、中興公司江副總分別致詞，並由輔導單位工程碳盤查之重點成果，並由 BSI 蒲總經理頒授 ISO/TS 14067 與 PAS2050 查證聲明書與西濱南工處，典禮簡單隆重，整體議程詳表 3.3.6-1 所示，辦理實況如圖 3.3.6-1 所示。

**表 3.3.6-1 WH77-A 標碳足跡查證聲明書授證典禮議程**

時間	內容	單位
14:30 ~ 14:45	報到	
14:45 ~ 14:50	與會來賓介紹	主持人-夏副局長
14:50 ~ 14:54	公路總局致詞	夏副局長
14:54 ~ 14:58	主辦機關-公路總局西濱南工處致詞	賴處長
14:58 ~ 15:02	盤查執行單位致詞	春原代表
15:02 ~ 15:06	輔導單位致詞	中興公司代表
15:06 ~ 15:10	查證單位 BSI 致詞	BSI 代表
15:10 ~ 15:20	輔導單位簡報：WH77-A 標盤查執行成果	中興公司代表
15:20 ~ 15:25	頒授： ISO/TS 14067 碳足跡查證聲明書 PAS2050 碳足跡查證聲明書	西濱南工處、BSI
15:25 ~ 15:30	頒授水晶獎座	西濱南工處、春原
15:30 ~ 15:40	合影留念	全體與會人員
15:40~	禮成	



➤ 公路總局夏明勝副局長致詞



➤ 西濱南工處賴明煌處長致詞



➤ BSI 蒲樹盛總經理致詞



➤ 春原郭力維經理致詞



➤ 中興江東法副總致詞



➤ 中興周武雄主任簡報



➤ 典禮實況



➤ 頒授碳足跡查證聲明書

圖 3.3.6-1 WH77-A 標查證聲明書授證典禮辦理情形

## 二、WH77-B 標及全工程碳足跡查證聲明書授證典禮

八棟寮至九塊厝路段各標工程於 106 年 9 月全數完工，並於 106 年 11 月全線通車，本計畫已完成本工程各標碳足跡盤查與查證作業，並取得 WH77-A、B、C 標 3 張碳足跡查證聲明書；本計畫為展現本工程碳足跡結果之完整性，更進一步提供全工程不分標別之盤查報告書供查驗機構查證，完成碳足跡查證作業並取得 1 張全工程之查證聲明書。本工程不僅取得國內公共工程之道路工程碳足跡盤查及查證之首例(WH77-A 標)，亦為國內公共工程首次取得全工程碳足跡查證聲明書之道路新建工程，故本計畫主管機關公路總局西濱南工處特邀集相關單位，於 107 年 5 月 29 日辦理本計畫 WH77-B 標及全工程碳足跡查證聲明授證典禮。

本次典禮邀請到公路總局蔡鴻麒科長蒞臨，典禮中由西濱南工處江金璋處長、BSI 簡慧伶協理、春原公司黎文超主任、泛亞公司俞德忠副理、中興公司羅薪又協理分別致詞，並由輔導單位進行工程碳盤查之重點成果說明；而後由 BSI 簡協理頒授 ISO/TS 14067 與 PAS2050 查證聲明書予西濱南工處，再由西濱南工處頒發水晶獎座予春原及泛亞公司代表，典禮簡單隆重，整體議程詳表 3.3.6-2 所示，辦理實況如圖 3.3.6-2 所示。

**表 3.3.6-2 WH77-B 標及全工程碳足跡查證聲明書授證典禮議程**

時間	內容	單位及人員
14:00 ~ 14:20	報到	
14:20 ~ 14:25	與會來賓介紹	江金璋處長
14:25 ~ 14:30	主辦機關-公路總局西濱南工處致詞	江金璋處長
14:30 ~ 14:33	WH77-B 標盤查執行單位致詞	春原代表 黎文超主任
14:33 ~ 14:36	WH77-C 標盤查執行單位致詞	泛亞代表 俞德忠副理
14:36 ~ 14:40	輔導單位致詞	中興代表 羅薪又協理
14:40 ~ 14:43	查證機構 BSI 致詞	BSI 代表 簡慧伶協理
14:43 ~ 15:00	輔導單位簡報： 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程碳足跡盤查執行成果	中興代表 許珮蓓技師

時間	內容	單位及人員
15:00 ~ 15:05	頒授 WH77-B 標工程碳足跡查證聲明書： ISO/TS 14067 碳足跡查證聲明書 PAS2050 碳足跡查證聲明書	西濱南工處 陳譽仁段長 BSI 簡慧伶協理
15:05 ~ 15:10	頒授本工程碳足跡查證聲明書及水晶獎座： ISO/TS 14067 碳足跡查證聲明書 PAS2050 碳足跡查證聲明書	西濱南工處 江金璋處長 BSI 簡慧伶協理
15:10 ~ 15:15	頒授水晶獎座	西濱南工處 江金璋處長 春原 黎文超主任
15:15 ~ 15:20	頒授水晶獎座	西濱南工處 江金璋處長 泛亞俞德忠副理
15:20 ~ 15:30	合影留念	全體與會人員
15:30~	禮成	



➤ 典禮現場



➤ 投影背景



➤ 來賓報到情形



➤ 與會來賓介紹-江金璋處長



主席致詞-江金璋處長



春原公司代表致詞-黎文超主任



泛亞公司代表致詞-俞德忠副理



輔導單位代表-中興公司羅薪又協理



查驗機構代表-BSI 簡慧伶協理



輔導單位代表-中興公司許珮蒨技師



頒授 WH77-B 標工程碳足跡查證聲明書-ISO/TS 14067



頒授 WH77-B 標工程碳足跡查證聲明書-PAS 2050





➤ 頒授全工程碳足跡查證聲明書-ISO/TS 14067



➤ 頒授全工程碳足跡查證聲明書-PAS 2050



➤ 頒授水晶獎座(BSI 贈予西濱南工處)



➤ 頒授水晶獎座(西濱南工處贈予春原公司)



➤ 頒授水晶獎座(西濱南工處贈予泛亞公司)



➤ 大合照



圖 3.3.6-2 WH77-B 標及全工程查證聲明書授證典禮辦理情形

## 3.4 活動數據蒐集結果

### 3.4.1 資料蒐集系統

由於工程活動項目繁雜，本計畫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。盤查系統資料流如圖 3.4.1-1 所示。主要功能包括：盤查清冊資料填報/彙整下載、盤查日誌資料填報/下載/簽核資料上傳、佐證資料上傳、盤查月報彙整下載/簽核資料上傳、盤查年報彙整下載/簽核資料上傳、及資料檢核等。

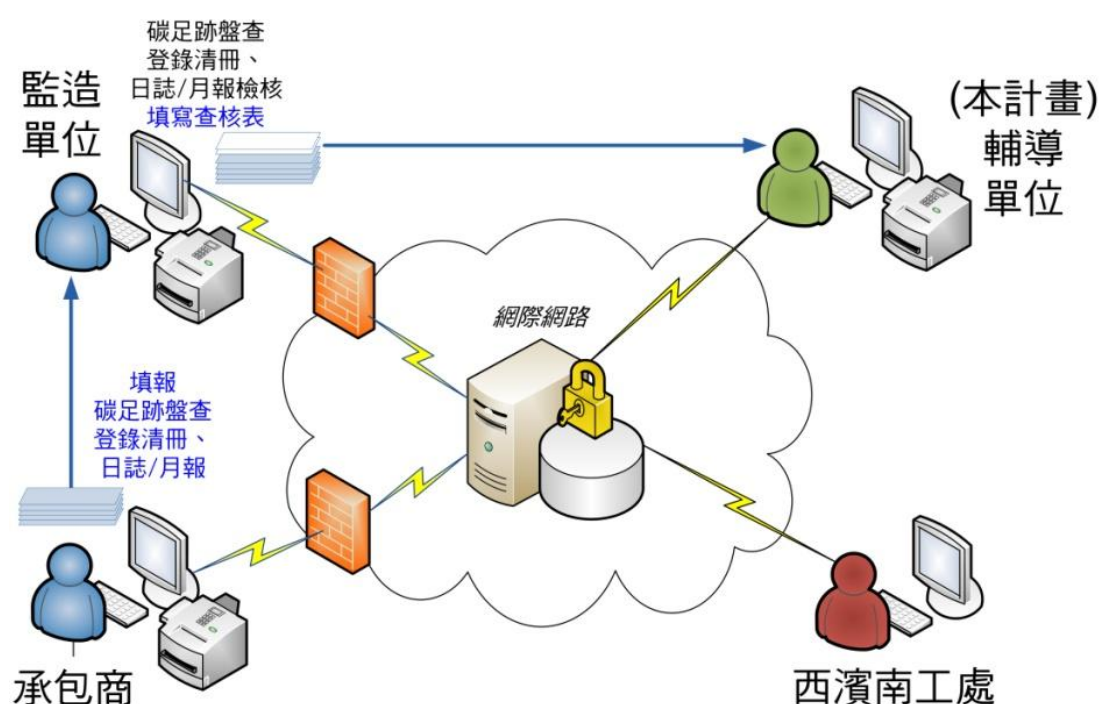


圖 3.4.1-1 本計畫碳盤查填報系統資料流示意圖

本計畫已完成施工碳足跡盤查資料管理系統之規劃及建置，線上系統填報網址為 <http://carbon.sinotech.com.tw/WestShore-S/Login.aspx>。為確保資料安全性，使用人員需以帳號、密碼進行登錄，各單位人員具有不同之使用權限；除填報及檢核人員外，主管機關亦可由填報系統，瞭解工程碳足跡資料蒐集情形及掌握執行狀況。系統登錄頁面如圖 3.4.1-2 所示。

登錄清冊、盤查日誌、盤查月報、盤查年報及工程材料庫存統計查核頁面如圖 3.4.1-3 ~ 3.4.1-7 所示。本計畫將由此資料庫系統彙整及統計施工活

動強度資料，作為碳排放量計算之依據。

本計畫已於 107 年 7 月 4 日辦理資料庫移轉使用說明會議，會議中說明盤查資料查詢及應用方式。



圖 3.4.1-2 本計畫碳盤查系統登錄頁面



圖 3.4.1-3 碳盤查系統登錄清冊填報頁面



圖 3.4.1-4 承包商盤查日誌填報頁面



圖 3.4.1-5 承包商盤查月報整合頁面

登錄日期	更新日期	機關名稱	單位主管	地址	面積單位	樓地板面積	聯絡人姓名	聯絡人電話	傳真	電子郵件信箱	擁有者	可編輯者	備註	類別
2013/11/07	2014/01/22	西濱南工處第二工務段(備裡)	蔡瑞榮段長	台南市南區灣裡路62巷2-1號	平方公尺	1020	張桂鳳	(06)262-3621	(06)262-6290	kuei@thb.gov.tw yenyul@mail.sinotech.com.tw	kuei@thb.gov.tw	kuei@thb.gov.tw		WH77-A
2013/12/09	2014/01/21	西部濱海公路南區臨時工程處		嘉義縣朴子市朴子七路29號6樓	平方公尺	2566.98	王惠玉	(05)362-8111#228		peichien@mail.sinotech.com.tw	wang1001@thb.gov.tw			
2013/12/18	2013/12/31	春原營造股份有限公司 (WH77-A標)	蕭百凱		平方公尺	486	鄭淑珍	(06)7801310	(06)7801315		020069@chunyuan.com.tw			WH77-A
2013/12/18	2013/12/31	春原營造股份有限公司 (WH77-B標)	黃清哲		平方公尺	686	鄭淑珍	(06)7801310	(06)7801315		020069@chunyuan.com.tw			WH77-B
2013/12/27	2014/02/14	泛亞工程建設股份有限公司 (WH77-C標) 臨時辦公室	俞德忠	台南市七股區永吉里永吉22號6	平方公尺		陳韋綸	06-7880178	06-7881658		b60013@yahoo.com.tw			WH77-C
2014/01/06	2014/02/06	西濱南工處第三工務段	羅國峰	雲林縣東勢鄉康安路92號	平方公尺	386.88	蕭國文	06-67872316			skw80104@yahoo.com.tw			WH77-C

圖 3.4.1-6 盤查年報填報頁面

材料編號	材料名稱	累計使用數量	總運入量	總運出量	在場材料量	材料庫存	材料數量單位	規格/類別	是否回收
MA-0001	PVC管伴管帽	6250	6250		6250	0	個,個,	2"(厚)	□無
MA-0002	膠管(基樁用管)	31500.001	31500		31500	-0.001	支,支,	50mmx4M	□無
MA-0003	半網圍籬	975	1143		1143	168	組,片,	2.4x1.8m	□回收再利用
MA-0004	太空包	770	770		770	0	只,只,	90cmx90cmx110cm	□無
MA-0005	混凝土	53.5	53.5		53.5	0	m3,m3,	140 kgf/cm2	□無
MA-0006	混凝土	9397	9397		9397	0	m3,m3,	210 kgf/cm2	□無
MA-0007	太空包1	2820	2820		2820	0	只,只,	90cmx90cmx110cm	□無
MA-0008	RCP管	168	168		168	0	支,支,	1000mm	□無
MA-0009	混凝土			0	0	0	,,	280 kgf/cm2	□無
MA-0010	鋼筋混凝土用鋼筋	4997.897	5001.1		5001.1	3.203	ton,ton,	熱軋 SD420W #	□無

圖 3.4.1-7 承包商工程材料庫存統計查詢頁面

### 3.4.2 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程

WH77-A 標施工全期(101 年 1 月至 104 年 5 月)之相關施工活動數據(含機/運具使用、用電、用水、工料使用、廢棄物、人員出勤、運輸記錄等)以及工程管理，分別說明如下。

#### 一、機/運具使用

施工期間內使用之機具及運具共有 252 台(包含共用油箱)，主要機具(排碳量大於 10 tonCO<sub>2</sub>e)之施作時數、累計油量及用途彙整如表 3.4.2-1。

其中機具之施作時數由承包商及協力廠商每日紀錄各機具工作時間。在機具用油量部分，若協力廠商可提供用油量單據，且經確認確實為本工程使用，以油單加總後之用油量進行計算，如全套管基樁機具、承包商發電機及抽水機等；另本團隊針對吊車及吊卡車進行擴大盤查，彙整吊車與吊卡車協力廠商所有油單與簽單時數資料，計算其平均油耗與用於本工程之操作時數，計算出吊車吊卡車於本工程之用油量，亦可作為一級數據。

表 3.4.2-1 WH77-A 標主要機具施作時間、用油量及用途

機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	累計用油量(L)	主要用途
ME-巨蟹-共用油箱 2-柴油		-	5,639.30	加勁擋土牆施工
ME-巨蟹-共用油箱-柴油		-	5,261.81	
ME-永大 KS-06	25T 移動式起重機	728	5,699.37	吊卡車 吊車
ME-永大 LAL-635	大貨車框式附加吊桿	1,324	10,368.54	
ME-永冠 LS-97	25T 移動式起重機	2,218	9,492.92	
ME-永冠 LT-50	25T 移動式起重機	1,954	8,360.87	
ME-全雙-挖土機 01	挖土機	753	8,005.00	
ME-和鑫吊卡車	吊卡車	475	5,526.86	
ME-奇鴻-打樁機	打樁機	884	15,413.14	
ME-明峰(振偉)-共用油箱-柴油		-	21,730.42	土方作業

機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	累計用油量(L)	主要用途
ME-明峰-共用油箱-柴油		-	67,103.11	
ME-國祥 LR-11	25T 移動式起重機	1,857	5,261.06	上構支撐架
ME-速巴陸(盈昶)-共用油箱-柴油		-	5,451.44	P0 橋台水刀拆除
ME-愉發 085-TG	自用大貨車(框式附加吊桿)	1,608	6,670.45	上構鋼筋彎紮
ME-隆續(預力)-20T 吊卡車	自用大貨車框式附加吊桿	674	7,842.32	預力施工
ME-隆續-共用油箱-柴油		-	7,680.82	
ME-隆續-壓送車 37	壓送車	1,023	9,733.63	模板工程
ME-漢碩-062-N6	20T 吊卡車	446	5,189.43	
ME-漢碩 107-N6	20T 自用大貨車(框式附加吊桿)	2,106	8,724.35	
ME-ED-A 工區施工區	起重機組(含動力箱、搖管機)	-	96,406.56	全套管基樁工程
ME-ED-A 工區鋼筋場	鋼筋場	-	24,560.46	
ME-頤達-共用油箱-柴油		-	14,132.66	
ME-頤達-施工班-柴油		-	40,704.50	
ME-頤達-施工班-柴油(施 2)		-	4,455.25	
ME-頤達-鋼筋場-柴油		-	10,310.07	
ME-鴻林-共用油箱-柴油		-	4,990.00	

## 二、用電

工區用電度數資料來源為工區電表，主要為供應鋼筋場內鋼筋彎紮及電焊機具使用，施工期間用電量彙整如表 3.4.2-2 所示，共用電 8,384 度。

表 3.4.2-2 WH77-A 標工區用電度數彙整表

年份	101 年	102 年	103 年	小計
用電度數(kWh)	400	4,184	3,800	8,384



### 三、用水

工區用水主要來自於灑水車。灑水車之水源為工務所自來水，歸類於工程管理單位排碳計算，不納入工程施工碳排放量，避免重複計算。

### 四、工程材料使用

WH77-A 標施工期間內工區使用工程材料共 95 項，主要工程材料之使用數量另彙整於表 3.4.2-3。其中鋼筋、混凝土以進料單據統計；有估驗紀錄之材料，如盤式支承、剪力鋼箱、預力材料等工程材料之使用數量以估驗數量統計，其他材料則以運入量及退料量統計使用量。

**表 3.4.2-3 WH77-A 標主要工程材料彙整表**

工程材料名稱		單位	使用數量
預力混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	25,687.0
預力混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-官田	m <sup>3</sup>	5,235.5
竹節鋼筋	SD280W-102	ton	429.66
竹節鋼筋	SD280W-103	ton	799.27
竹節鋼筋	SD420W-102	ton	3,391.74
竹節鋼筋	SD420W-103	ton	2,825.10
預力鋼腱	預力鋼腱	ton	831.9
鍍鋅套管	鍍鋅套管 內徑 10cm	M	32,486.00
橋面伸縮縫	A 型，24<伸縮量≤32cm	M	77.90
橋面伸縮縫	A 型，16<伸縮量≤24cm	M	60.28
橋面伸縮縫	A 型，10<伸縮量≤16cm	M	48.20
橋面伸縮縫無收縮混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	m <sup>3</sup>	146.00
245kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-安定	245kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	1,869.00
245kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-安定	245kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	568.50
金屬橋欄杆		M	4,321.18
橋面排水孔	PL3400×400	個	681.00
橋面排水管		M	4,488.44
橋面排水管吊架		組	2,500.00

工程材料名稱		單位	使用數量
瀝青混凝土	密級配 T	ton	6,802.51
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)水中	m <sup>3</sup>	41,404.50
竹節鋼筋	SD420W-102	ton	5,695.57
基樁測管	PVC/50MM*3MM*4M	M	77,600.00
結構用混凝土	350kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)(II 型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	5,281.00
結構用混凝土	350kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)(II 型水泥)-官田	m <sup>3</sup>	741.00
結構用混凝土	280kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	15,610.50
結構用混凝土	280kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-官田	m <sup>3</sup>	2,056.00
結構用混凝土	245kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	446.00
結構用混凝土	245kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-官田	m <sup>3</sup>	156.00
結構用混凝土	140kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	2,438.50
竹節鋼筋	SD280W-102	ton	253.35
竹節鋼筋	SD280W-103	ton	171.17
竹節鋼筋	SD420W-102	ton	2,823.47
竹節鋼筋	SD420W-103	ton	764.02
盤式支承	LCC-LM1000	個	22.00
剪力鋼箱	抗剪力 900T	個	14.00
PVC 加勁格網	PVC 加勁格網	m <sup>2</sup>	40,213.00
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥) -安定	m <sup>3</sup>	2,107.00
結構用混凝土	140kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	728.50
砌 1/2B 紅磚	砌 1/2B 紅磚	塊	189,500.00
瀝青混凝土	密級配 T	ton	16,029.71
瀝青混凝土	粗級配 T	ton	3,751.42
碎石	3 分	m <sup>3</sup>	7,148.00
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥) -安定	m <sup>3</sup>	1,693.00
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥) -安定	m <sup>3</sup>	219.50
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥) -安定	m <sup>3</sup>	297.50
標線，熱處理聚酯， 反光，厚 2mm	熱處理聚脂 厚 2mm	包	1,400
結構用混凝土	140kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	461.00
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥) -安定	m <sup>3</sup>	2,279.50

工程材料名稱		單位	使用數量
竹節鋼筋	SD280W-103	ton	86.82
燈柱	9.2M	支	118.00
瀝青混凝土	密級配	ton	3,861.22
瀝青混凝土	粗級配	ton	1,069.85
碎石	3分	m <sup>3</sup>	2,022.00
結構用混凝土	140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	504.00
水泥		包	6,416.00

### 五、人員出勤

WH77-A 標相關人員出勤狀況如表 3.4.2-4 所示，其中工程管理方面(包括工地主任、工程師、專任工程人員)共 7,892 人次，不過此部份的排碳歸屬為工程管理，並非實地施工所產生，不納入工程碳盤查計算；工地現場施作人力共 37,821 人次。

表 3.4.2-4 WH77-A 標工程人員出勤紀錄彙整表

類別		工別	總人次
工程管理		工程師	6,679
		工地主任	615
		專任工程人員	598
		小計	<b>7,892</b>
工區施作	其他	雜工	1,984
	植栽	李將園藝	133
	地下水位監測	中毅土壤	17
	加勁擋土牆	巨蟹	1,804
	護坡	全雙	1,489
	伸縮縫	荔承	160
	護欄	辰鴻	1,415
	鋼板樁	奇鴻	580
	土方	明峰	1,434
	橋面伸縮縫	奕冠	35

類別	工別	總人次
模板	飛鴻	111
路面標線	晟星	89
上構支撐架	國祥	2,958
水刀拆除	盈昶	210
水刀拆除	得意	10
水刀拆除	速巴陸	36
上構鋼筋	愉發	5,347
模板	隆續	10,264
排水管安裝	鼎鈺鑫	229
緣石	鈺耀	153
下構鋼筋	漢碩	2,525
施工圍籬	璟達	5
基樁	頤達	991
標誌架	擎鐵	26
AC 鋪面	鴻林	692
金屬橋欄杆	鴻鋒	56
小計		<b>37,821</b>

## 六、運輸

WH77-A 標進出工地的機具共有 79 台(組)，其中吊車及吊卡車亦有運輸行為，但油耗已併入機具使用計算，故不列入運輸統計。混凝土運輸以預拌廠所提供之預拌車平均之運送油耗(油量/方)計算，故僅需統計混凝土總共運入數量即可。各類別機具載運距離及運輸次數詳列於盤查清冊。

主要工程材料運輸內容彙整如表 3.4.2-5 所示，包括運輸運具類別、載運項目、單位、數量及距離。另若運輸專為本工程而發生，則運進及空車返回皆需納入計算，本計畫回程空車以 0.75 車次計算。

表 3.4.2-5 WH77-A 標工程材料運輸彙整表

運具類別	載運內容						
	車種	工程材料名稱及規格	單位	載運數量	運輸起點	運輸終點	距離(km)
預拌車		420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)-安定	m <sup>3</sup>	25,687.0	台南安定	台南七股	28
預拌車		420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)-官田	m <sup>3</sup>	5,235.5	台南官田	台南七股	30
預拌車		無收縮水泥砂漿	m <sup>3</sup>	72	台南安定	台南七股	28
全拖車		竹節鋼筋	ton	1,228.93	高雄小港	台南七股	95
全拖車		竹節鋼筋	ton	6,216.84	高雄小港	台南七股	95
跨洋船舶		預力鋼鍵	ton	831.89	泰國羅勇	高雄小港	3,039
大貨車		預力鋼鍵	ton	831.89	高雄小港	台南七股	89
全拖車		預力鋼鍵	ton	80	高雄鳳山	台南七股	80
跨洋船舶		預力鋼鍵	ton	3,123	泰國羅勇	台中港	3,123
大貨車		預力鋼鍵	ton	155	台中港	台南七股	155
預拌車		橋面伸縮縫無收縮混凝土	m <sup>3</sup>	146.00	台南安定	台南七股	21
預拌車		護欄結構用混凝土 245	m <sup>3</sup>	1,869.00	台南安定	台南七股	21
預拌車		格欄結構用混凝土 245	m <sup>3</sup>	568.50	台南安定	台南七股	21
大貨車		瀝青混凝土	ton	6,776.720	屏東里港	台南七股	100
預拌車		350kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	5,281.00	台南安定	台南七股	21
預拌車		350kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	741.00	台南官田	台南七股	30
預拌車		280kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	15,610.50	台南安定	台南七股	21
預拌車		280kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	2,056.00	台南官田	台南七股	30
預拌車		245kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	446.00	台南安定	台南七股	21
預拌車		245kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	156.00	台南官田	台南七股	30
預拌車		140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	2,438.50	台南安定	台南七股	21
預拌車		140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	26.00	台南官田	台南七股	30
預拌車		210 水中+II型水泥	m <sup>3</sup>	41,404.50	台南安定	台南七股	28
全拖車		竹節鋼筋-SD-280	ton	424.52	高雄小港	台南七股	95
大貨車		竹節鋼筋	ton	53.380	高雄小港	桃園觀音	342
大貨車		竹節鋼筋	ton	53.380	桃園觀音	台南七股	235
全拖車		竹節鋼筋-SD-420	ton	9,229.68	高雄小港	台南七股	95
大貨車		瀝青混凝土-密級配	ton	25.79	屏東里港	台南七股	100
預拌車		245kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	46.00	台南安定	台南七股	21
預拌車		210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	2,107.00	台南安定	台南七股	21
預拌車		210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	49.00	台南官田	台南七股	30

運具類別	載運內容					
	工程材料名稱及規格	單位	載運數量	運輸起點	運輸終點	距離(km)
預拌車	140kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	m <sup>3</sup>	728.50	台南安定	台南七股	21
全拖車	竹節鋼筋	ton	47.90	高雄小港	台南七股	95
全拖車	竹節鋼筋	ton	12.64	高雄小港	台南七股	95
大貨車	瀝青混凝土-密級配	ton	16,029.71	屏東里港	台南七股	100
大貨車	瀝青混凝土-粗級配	ton	3,751.42	屏東里港	台南七股	100
大貨車	瀝青混凝土刨除料	m <sup>2</sup>	105,706.50	台南七股	屏東里港	100
預拌車	210kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	m <sup>3</sup>	1,693.00	台南安定	台南七股	21
預拌車	210kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	m <sup>3</sup>	79.50	台南官田	台南七股	30
大貨車	粗級配瀝青混凝土	ton	930.48	屏東里港	台南七股	100
大貨車	水泥-榮輝	包	4,840	台南安南	台南七股	21
大貨車	水泥-全雙	包	1,575	台南佳里	台南七股	10
大貨車	瀝青混凝土	ton	1,547.940	嘉義民雄	台南七股	74
大貨車	瀝青黏層	ton	3.60	嘉義民雄	台南七股	74
大貨車	瀝青黏層	桶	59.70	屏東里港	台南七股	91

## 七、廢棄物

由於 WH77-A 標所屬工程計畫(西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程)於環評書件中承諾土方於區內自行平衡，因此目前工區內並無大規模廢土或營建廢棄物外運，僅一般少量的工地廢棄物，且集中於承包商工務所廢棄物處理，故不納入統計，以免重複計算。

### 3.4.3 WH77-B 標七股溪橋段新建工程

#### 一、機/運具使用

WH77-B 標施工期間內使用之機具及運具共有 362 台(包含共用油箱)，主要機具(排碳量大於 10 tonCO<sub>2</sub>e)之施作時數、累計油量及用途彙整如表 3.4.3-1。

機具之施作時數係由承包商及協力廠商每日紀錄各機具上工及下工時間，機具動力來源包括使用燃料及電力。油量部分，若協力廠商可提供油量單據，且經確認確實為本工程使用，以油單加總後之油量

進行計算，如土方工程、全套管基樁機具、協力廠商發電機及抽水機等。上構鋼筋場以其繳費單據統計用電量。

由於施工期間 WH77-B 標主要使用之吊車協力廠商與 WH77-C 標相同，因此本計畫併同 WH77-B、C 標進行吊車擴大盤查。彙整自 102 年 4 月至 106 年 8 月吊車之平均油耗，對應協力廠商簽單中用於 WH77-B 標工程之操作時數，計算出吊車於 WH77-B 標之用油量。

表 3.4.3-1 WH77-B 標主要機運具施作時間、用油量及用途

機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	累計耗油量(L)/耗電量(kwh)	主要用途
ME-文聯-大貨車 533T8	大貨車(533-T8)	1,992.00	9,160.00	土方工程
ME-文聯-大貨車 577T8	大貨車(577-T8)	-	2,928.35	
ME-文聯-大貨車 702G7	大貨車(702-G7)	2,508.00	11,109.74	
ME-文聯-水車 593T8	罐式灑水車	-	17,954.01	
ME-文聯-共用油箱-92 汽油		-	10,045.83	
ME-文聯-共用油箱-柴油		-	130,577.39	
ME-巨聯-共用油箱-柴油		-	3,290.58	上構-懸臂
ME-巨聯-柴油發電機(僅油單)	發電機	-	3,232.26	
ME-巨聯-壓送車 29M(ZW-068)	壓送車 29M	509.50	3,467.59	
ME-永冠 LS-97	25T 移動式起重機	6,261.50	35,467.21	吊車
ME-永冠 LT-50	25T 移動式起重機	7,452.50	42,213.43	
ME-合隆興-107N6	吊卡車	2,832.00	15,461.98	下構鋼筋彎紮
ME-合隆興-107N6-拱橋	吊卡車	960.00	4,812.27	
ME-合隆興-吊卡車(外調)	吊卡車	296.00	3,444.11	
ME-安傑-共用油箱-92 汽油		-	3,584.62	下構模板組立
ME-安傑-壓送車 21M	壓送車 21M	381.05	2,933.09	
ME-安傑-壓送車 29M	壓送車 29M	833.43	8,899.73	
ME-奇鴻-打樁機 PC450-2	打樁機	1,388.00	13,277.44	鋼板樁施工
ME-奇鴻-打樁機 PC450-5	打樁機	572.00	10,730.66	
ME-奇鴻-共用油箱-柴油		-	5,604.92	
MO-奇鴻-7456-YH	小貨車	-	4,371.84	

機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	累計耗油量(L)/耗電量(kwh)	主要用途
ME-宜和-25T 吊車(KS-07)	25T 吊車	4,236.00	18,129.85	吊車/吊卡車
ME-宜和-25T 吊車(KS-08)	25T 吊車	1,742.50	7,457.81	
ME-宜和-626GK	吊卡車	533.50	6,207.54	
ME-宜和-AJ315	吊卡車	1,110.00	12,915.40	
ME-春原-發電機(僅油單)	發電機	-	9,929.11	雜項
ES-CYC-工區	電力-工區		15,5680.00	跨河段
ME-恩得-共用油箱-柴油(挖土機)			- 5,682.88	邊坡
ME-海明-打樁機 01	打樁機	3,481.50	5,490.63	施工構台/便橋
ME-海明-共用油箱-柴油			- 44,833.24	
ME-國祥(隆續)-218-N6	吊卡車	2,324.00	27,040.89	上構-逐跨
ME-國祥(隆續)-25T 吊車	25T 移動式起重機	2,040.00	8,731.09	
ME-國祥(隆續)-共用油箱-柴油			- 14,013.38	
ME-國祥(預力)-20T 吊卡車	吊卡車	716.50	8,336.83	
ME-國祥(預力)-共用油箱-柴油			- 4,280.00	
ME-國祥-600-VD	吊卡車	2,419.50	8,386.40	
ME-國祥-共用油箱-柴油	共用油箱		- 12,954.24	
ME-國祥-壓送車 37M-1	壓送車 37M	931.29	56,904.20	
ME-國祥-壓送車 37M-2	壓送車 37M	917.87	55,882.68	
ME-頤達-共用油箱-柴油(樁頭打除)			- 3,305.68	
ME-頤達-曳引車 291ZW	曳引車		- 2,923.48	
ME-頤達-怪手 PC45-1	挖土機	1,613.00	3,476.89	
ME-頤達-施工區-柴油			- 4,715.30	
ME-頤達-施工區-柴油(七股溪)			- 67,270.00	
ME-頤達-施工區-柴油(施 01)			- 49,943.00	
ME-頤達-施工區-柴油(施 02)			- 28,734.00	
ME-頤達-施工區-柴油(施 03)			- 51,858.00	
ME-頤達-施工區-柴油(施 04)			- 67,945.14	
ME-頤達-施工區-柴油(施 05)			- 51,292.00	
ME-頤達-施工區-柴油(施 06)			- 41,228.00	
ME-頤達-施工區-柴油(施 07)			- 23,740.00	
ME-頤達-施工區-柴油(施 08)			- 28,128.00	



機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	累計耗油量(L)/耗電量(kwh)	主要用途
ME-頤達-鋼筋場-柴油		-	11,570.39	
ME-頤達-鋼筋場-柴油(加 02)		-	9,154.00	
ES-頤達-鋼筋場			68,40.00	

## 二、用電

WH77-B 標使用工區使用臨時用電之區域包含 1.懸臂工區；2.七股溪橋工區之點井、抽水、即時監控系統；3.上構鋼筋場與 4.全套管基樁鋼筋場等區域。彙整施工期間之工區用電度數如表 3.4.3-2，總用電量 241,105 度。

表 3.4.3-2 WH77-B 標工區用電度數彙整表

區域	期間	用電量	總計
巨聯-懸臂工區	103.10~106.04	8,485	241,105
CYC-七股溪工區	103.06~106.09	155,680	
愉發-鋼筋場	103.11~106.05	8,300	
頤達-鋼筋場	102.11~105.02	68,640	

## 三、用水

工區用水主要來自於灑水車。灑水車之水源為工務所自來水，歸類於工程管理單位排碳計算，不納入工程施工碳排放量，以免重複計算。

## 四、工程材料使用

WH77-B 標工區使用工程材料共 255 項。有關工料使用種類、使用數量及工料詳細規格(含重量轉換)詳列於盤查清冊，彙整主要工程材料使用項目及數量如表 3.4.3-3。

材料用量來源主要為供應商之進料單據，若無法取得料單之材料(稻草蓆、部分路工標誌、尚未施工之照明材料等)則以估驗計價或契約數量作為活動數據；工程施作過程中可重覆使用項目，如場鑄結構混凝土用

模板(鋼模、合板)、水平支撐 H 型鋼、安全護欄及施工圍籬等，若施工過程中無損壞，則歸屬於「回收再利用」材料，目前不列入工程材料之碳排放量計算。

表 3.4.3-3 WH77-B 標主要工程材料項目及使用量

工程材料名稱		單位	使用數量
結構用混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	308.00
結構用混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	10,979.50
竹節鋼筋材料	SD420W	ton	3,289.37
預力鋼腱		ton	403.42
無收縮水泥		包	1,620.00
結構用混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	8,712.00
竹節鋼筋材料	SD420W	ton	1,874.19
預力鋼腱		ton	422.13
水泥-巨聯		包	800.00
結構用混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	140.00
結構用混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	3,137.50
結構用混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	400.00
結構用混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	48,231.00
竹節鋼筋材料	SD280W	ton	2,025.31
竹節鋼筋材料	SD280W	ton	2,155.10
竹節鋼筋材料	SD280W	ton	564.40
竹節鋼筋材料	SD420W	ton	1,090.47
竹節鋼筋材料	SD420W	ton	5,542.70
竹節鋼筋材料	SD420W	ton	1,350.70
預力端錨	19T 15.2mm §	組	1,128.00
預力端錨	22T 15.2mm §	組	880.00
預力套管	內徑 10cm	m	27,660
預力套管	內徑 9cm	m	73,216
結構用混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型無收縮)	m <sup>3</sup>	320.00
竹節鋼筋材料	SD280W	ton	64.36
竹節鋼筋材料	SD280W	ton	149.40

工程材料名稱		單位	使用數量
竹節鋼筋材料	SD280W	ton	20.84
結構用混凝土	245kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	4,845.00
密級配瀝青混凝土	密級配	ton	21,789.10
結構用混凝土	175kgf/cm <sup>2</sup> 輕質混凝土	m <sup>3</sup>	129.50
預力鋼腱		ton	1,468.46
水泥-榮暉		包	9,127.00
結構用混凝土	350kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)(II型水泥)	m <sup>3</sup>	936.00
結構用混凝土	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	965.00
結構用混凝土	350kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)(II型水泥)	m <sup>3</sup>	9,100.00
結構用混凝土	350kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)(II型水泥)	m <sup>3</sup>	1,431.00
結構用混凝土	280kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)(II型水泥)	m <sup>3</sup>	11,090.00
結構用混凝土	280kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)(II型水泥)	m <sup>3</sup>	30,030.00
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	98.00
結構用混凝土	140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	652.00
結構用混凝土	140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	623.00
竹節鋼筋材料	SD280W	ton	56.00
竹節鋼筋材料	SD420W	ton	8,907.11
竹節鋼筋 420, D43	SD420W	ton	303.00
無收縮水泥		包	805.00
無收縮水泥砂漿		包	200.00
結構用混凝土	(水中)210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	68,665.00
結構用混凝土	(水中)210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	11,718.00
竹節鋼筋材料	SD420W	ton	11,015.89
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	65.50
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	528.50
結構用混凝土	140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	49.50
結構用混凝土	140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	178.50
竹節鋼筋 280	SD280W	ton	31.00
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	163.00
結構用混凝土	245kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	71.50
結構用混凝土	140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	1.00
結構用混凝土	(水中)210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	49.50

工程材料名稱		單位	使用數量
結構用混凝土	210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	505.50
密級配瀝青混凝土	密級配	ton	6,767.00

### 五、人員出勤

WH77-B 標人員出勤狀況統計如表 3.4.3-4 所示，其中工程管理方面(包括工地主任、工程師、其他等)共 19,914 人次，不過此部份的排碳歸屬為工程管理，並非實地施工所產生，不納入工程碳盤查計算；在工地現場施作的總人次則達 104,633 人。

表 3.4.3-4 WH77-B 標工程人員出勤紀錄彙整表

類別		工別	總人次
工程管理		工地主任	17,694
		工程師	1,181
		其他	1,039
		小計	<b>19,914</b>
工區施作		雜工	19,223
	構造物打除	三本工程有限公司	40
		上毅工程行	58
	土方	文聯工程有限公司	5,822
	懸臂/拱橋	巨聯	17,187
	下構鋼筋	合隆興	13,529
	下構模板/排水	安傑工程有限公司	5,806
	照明	旭淞工程股份有限公司	52
	護欄	辰鴻工程行	1,620
	鋼板樁	奇鴻工程有限公司	2,763
	伸縮縫	季陽實業有限公司	209
	土方	明吉企業行	4
	路面打磨	明泰路面機械有限公司	89
	施工圍籬/標線	星彩實業有限公司	112
		羿陞工程有限公司	17
	邊坡護岸	恩得營造有限公司	437

類別	工別	總人次
便橋/構台	海明工程行	1,977
上構	晟星	79
上構鋼筋	國祥	16,375
	通傑工程有限公司	16
	炘鑫工程行	18
上構鋼筋	愉發工程行	10,924
測量	詠翔測量工程有限公司	18
工務所組合屋	璟達工程有限公司	198
全套管基樁	頤達營造股份有限公司	7,371
鋪面	鴻林興業股份有限公司	443
緣石	瀧鋌水泥製品有限公司	246
	小計	<b>104,633</b>

## 六、運輸

WH77-B 標進出工地的機具共有 291 台(組)，其中吊車及吊卡車亦有運輸行為，但油耗已併入機具使用計算，故不列入運輸統計。混凝土運輸以預拌廠所提供之預拌車平均之運送油耗(油量/方)計算，故僅需統計混凝土總共運入數量即可。各類別機具載運距離及運輸次數詳列於盤查清冊。

主要工程材料運輸內容彙整如表 3.4.3-5 所示，包括運輸運具類別、載運項目、單位、數量及距離。另若運輸專為本工程而發生，則運進及空車返回皆需納入計算，本計畫回程空車以 0.75 車次計算。

## 七、廢棄物

WH77-B 標所屬工程計畫(西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程)於環評書件中承諾土方於區內自行平衡，因此目前工區內並無大規模廢土或營建廢棄物外運，僅一般少量的工地廢棄物；且集中於承包商工務所廢棄物處理，故不納入統計，以免重複計算。

表 3.4.3-5 WH77-B 標主要工程材料運輸彙整表

運具類別	載運內容					
車種	工程材料名稱及規格	單位	載運數量	運輸起點	運輸終點	距離(km)
預拌車	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	308.00	台南安定	台南七股	21.00
預拌車	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	10,979.50	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	140.00	台南安定	台南七股	21.00
預拌車	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	11,849.50	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	400.00	台南安定	台南七股	21.00
預拌車	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	383.00	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	47,848.00	台南官田	台南七股	30.00
全拖車	竹節鋼筋 SD280W	ton	1942.93	高雄小港	台南七股	95.00
全拖車	竹節鋼筋 SD280W	ton	14.88	高雄小港	嘉義東石	123.00
全拖車	竹節鋼筋 SD280W	ton	67.5	高雄橋頭	台南七股	59.00
全拖車	竹節鋼筋 SD280W	ton	14.88	嘉義東石	台南七股	44.00
全拖車	竹節鋼筋 SD280W	ton	564.4	高雄小港	台南七股	83.50
全拖車	竹節鋼筋 SD420W	ton	2155.1	高雄小港	台南七股	86.00
全拖車	竹節鋼筋 SD420W	ton	6039.74	高雄小港	台南七股	95.00
全拖車	竹節鋼筋 SD420W	ton	214.29	高雄小港	台南七股	59.00
全拖車	竹節鋼筋 SD420W	ton	1350.7	高雄小港	台南七股	83.50
全拖車	竹節鋼筋 SD420W	ton	5542.7	高雄小港	台南七股	86.00
全拖車	預力鋼腱	ton	2,294.00	台南永康	台南七股	26.5
跨洋船舶	預力端錨材料	kg	35773	Felixstowe Terminal, United Kingdom	Keelung Terminal, Taiwan	18,645.55
大貨車	預力端錨材料	ton	151.068	新北 汐止	台南七股	315.00
全拖車	預力套管、接頭	ton	248.63	高雄三民	台南七股	74.0
預拌車	420kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)無收縮	m <sup>3</sup>	320	台南官田	台南七股	30.00
全拖車	竹節鋼筋 SD280W	ton	64.36	高雄小港	台南七股	95.00
全拖車	竹節鋼筋 SD280W	ton	149.4	高雄小港	台南七股	83.50
全拖車	竹節鋼筋 SD280W	ton	20.84	高雄小港	台南七股	86.00
預拌車	245kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	4,845.00	台南官田	台南七股	30.0
大貨車	密級配瀝青混凝土	ton	21789.1	屏東里港	台南七股	100.0

運具類別	載運內容					
車種	工程材料名稱及規格	單位	載運數量	運輸起點	運輸終點	距離(km)
預拌車	175kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)輕質	m <sup>3</sup>	129.5	台南官田	台南七股	30.00
跨洋船舶	預力鋼棒材料	kg	1,270.73	日本神戶	台灣基隆	1,178.5
全拖車	預力鋼棒材料	kg	1,382.28	台北萬華	台南七股	312.0
預拌車	350kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)	m <sup>3</sup>	426	台南安定	台南七股	21.00
預拌車	350kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)	m <sup>3</sup>	510	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	350kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)	m <sup>3</sup>	965	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	350kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)	m <sup>3</sup>	9,100	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	350kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)	m <sup>3</sup>	1,431	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	280kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)	m <sup>3</sup>	7,123	台南安定	台南七股	21.00
預拌車	280kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)	m <sup>3</sup>	3,967	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	280kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)	m <sup>3</sup>	152	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	280kgf/cm <sup>2</sup> (自充填)	m <sup>3</sup>	29,878	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	98	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	589	台南安定	台南七股	21.00
預拌車	140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	63	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	140kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)	m <sup>3</sup>	623	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)水中	m <sup>3</sup>	64,672.5	台南安定	台南七股	21.00
預拌車	210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)水中	m <sup>3</sup>	3,992.5	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)水中	m <sup>3</sup>	92	台南官田	台南七股	30.00
預拌車	210kgf/cm <sup>2</sup> (II型水泥)水中	m <sup>3</sup>	11,626	台南官田	台南七股	30.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	47.79	高雄小港	台南七股	95.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	48.53	高雄小港	台南七股	59.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	457.88	高雄小港	台南七股	94.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	50.94	高雄小港	台南七股	30.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	10,086.59	高雄小港	台南七股	95.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	255.54	高雄小港	台南七股	10.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	439.04	高雄小港	台南七股	14.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	230.006	高雄小港	台南七股	19.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	6,915.22	高雄小港	台南七股	59.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	429.6	高雄小港	台南七股	86.00
全拖車	竹節鋼筋材料	ton	253.28	高雄小港	台南七股	10.00

### 3.4.4 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程

WH77-C 標施工全期(102 年 9 月至 106 年 3 月)之相關施工活動數據(含機/運具使用、用電、用水、工料使用、廢棄物、人員出勤、運輸記錄等)，分別說明如下。

#### 一、機/運具使用

施工期間內使用之機具共 252 台(包含共同油箱)，其中主要機/運具(排碳量大於 10 tonCO<sub>2</sub>e)所累計之施作時數、行駛里程、耗油量等資料，彙整如表 3.4.4-1 所示。

機具施作時數係由承包商及協力廠商記錄每日操作時間，車輛運具則記錄每次加油時所行駛之里程，機運具動力來源包含電力及燃料。電力部分，工區有 2 處鋼筋彎紮場之台電臨時用電，以其繳費單據統計用電量。燃料部分，工區內機運具之動力來源皆為柴油或汽油，活動數據蒐集來源分為 4 種，其一由承包商及協力廠商提供用油量單據，經確認為本工程使用，以油單加總後之用油量統計燃料用量；其二部分吊車因同時於 WH77-B 標與 WH77-C 標施工，本計畫蒐集施工期間內油單並依據 2 標之操作時數分配；其三藉由各工項泵送車之短期油耗，估算混凝土泵送車之油耗量；其四為部分機具據僅記錄操作時數，以本工程相似機具油耗率估算油耗量。

此外，相關施工廠商因工區內施工機具數量較多，其機具添油方式常由自設之共同油箱統一添加。另 WH77-C 標承包商泛亞工程之公務車(機車、小客車、小貨車、客貨兩用車)，本計畫將其歸類為工程管理所需，非工程行為直接發生，因此在工程施工碳排放量計算時排除此部分，以避免重覆計算。

表 3.4.4-1 WH77-C 標主要機運具施作時間、用油量及用途

機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	累計耗油量(L)	主要用途
大昶-NO1-共同油箱(柴油)	大昶-NO1-共同油箱(柴油)	-	55,000	基樁施工
大昶-NO2-共同油箱(柴油)	大昶-NO2-共同油箱(柴油)	-	55,000	



機具編號	機具名稱	累計施作 時數(hr)	累計耗油量(L)	主要用途
大昶-NO3-共同油箱(柴油)	大昶-NO3-共同油箱(柴油)	-	48,900	
大昶-NO4 共同油箱(柴油)	大昶-NO4-共同油箱(柴油)	-	41,900	
大昶-NO5-共同油箱(柴油)	大昶-NO5-共同油箱(柴油)	-	44,511	
大昶-00-共同油箱(柴油)	大昶-00-共同油箱(柴油)	-	22,025	基樁鋼筋 彎紮
大昶-03-PC45	大昶-03-PC45	1,734	9,756	基樁樁頭 打除
全強-03-20T 吊卡車	20T 吊卡車	891	8,402	下構基礎 鋼板樁
全強-06-打樁機 SH450HD	打樁機	353	8,056	
全強-07-打樁機 HD1880	打樁機	1,044	18,574	
鉅榮-01-PC200-單獨油單	挖土機	898	3,236	基礎、橋墩 施工
鉅榮-14-共同油箱(柴油)-吊車	鉅榮-14-共同油箱(柴油)-吊車	-	10,677	
鉅榮-13-泵浦車	鉅榮-13-泵浦車	546	4,890	
MO-利鍵-04-20T 吊卡車	大貨車	1,799	4,927	
利鍵-01-泵浦車	利鍵-01-泵浦車	597	5,431	
利鍵-02-共同油箱(柴油)	共用油箱	-	9,667	
宙昶-01-泵浦車(578-VB)	泵浦車	919	11,379	上構混凝 土灌漿
宙昶-02-泵浦車(106-QW)	泵浦車	724	9,379	
MO-榮暉-01-小貨車	小貨車	6	3,147	上構預力 施拉
榮暉-01-吊卡車	吊卡車	544	5,130	
合一-01-25T 吊車	吊車	964	6,484	上構底腹 版、頂版施 工
泛亞-18-45T 吊車(TC-5)	吊車	931	7,119	
泛亞-19-工區油箱 a	共用油箱	-	17,488	
泛亞-30-吊卡車(038-BS)	CT-2	4,456	24,072	
泛亞-38-工區油箱 c	工區油箱	-	11,796	
信越-15-吊卡車	吊卡車	1,864	9,407	
信越-18-25T 吊車(B 標)	吊車	1,268	6,175	
久立-01-吊卡車(外叫)	吊卡車	528	4,979	護欄及隔 欄工程
坤慶-00-共用油箱	共用油箱	-	7,546	路工工程
坤慶-03-刨除機	刨除機	68	8,500	

機具編號	機具名稱	累計施作時數(hr)	累計耗油量(L)	主要用途
利鍵排水-共用油箱(柴)	共用油箱	-	9,257	橋下排水 工程
利鍵排水-挖土機(外叫)	挖土機	456	5,867	
信越排水-02-挖土機(外叫)	挖土機	576	7,379	
冠聖-01-PC200	PC200 挖土機	2,894	30,177	土方工程
冠聖-02-PC200	PC200 挖土機	1,176	15,070	
冠聖-03-共同油箱(柴油)	冠聖-03-共同油箱(柴油)	-	4,780	
MO-家振-01-20T 卡車	大貨車	1,358	14,000	
MO-家振-02-20T 卡車	大貨車	820	9,000	
名文-03-共同油箱(柴油)	名文-03-共同油箱(柴油)	-	4,908	
泛亞-04-壓路機 SVR-9	壓路機 SVR-9	485	7,375	
泛亞-05-平路機 MG-3	平路機 MG-3	1,939	16,953	
泛亞-36-挖土機(BH-8)	挖土機	3,720	53,764	
MO-泛亞-26T 吊卡-CT2	大貨車	28	7,911	
MO-泛亞-水車-WT7	大貨車	8	37,908	
MO-泛亞-施工-03	小貨車	-	8,142	
MO-泛亞-施工-04	小貨車	-	8,308	
MO-泛亞-施工-08	小貨車	-	4,216	
泛亞-32-吊卡車(BN-802)	T6-4	1,322	7,005	

## 二、用電

如前所述，工區用電區域包含 2 處鋼筋彎紮場，分別為下構鋼筋彎紮場及上構(含橋下排水)鋼筋彎紮場，主要供應場內鋼筋彎紮機及電焊機具使用。

下構鋼筋彎紮場由施工廠商鉅榮所設置，用電期間為 103 年 4 月~104 年 8 月，其用電量總計為 19,593 度。

上構施工廠商信越所設之鋼筋彎紮場，此彎紮場於 103 年 11~105 年 10 月期間進行上構工程之鋼筋彎紮；而 105 年 10 月~105 年 12 月因信越接手橋下排水工程，此鋼筋場改為橋下排水之鋼筋彎紮場。因此統計上構鋼筋彎紮場於 103 年 11 月~105 年 10 月之用電量為 14,963 度；橋下排水鋼筋彎紮場於 105 年 11~12 月之用電量為 618 度。

至於 WH77-C 標工務所用電歸類為工程管理排碳，非工程行為直接發生，不納入工程施工碳排放量計算。

### 三、用水

工區用水主要來自於灑水車。WH77-C 標並未申請工區臨時用水，灑水車之水源並未使用自來水，而是就近抽用附近水井之地下水，此部份不計用水排碳量。

WH77-C 標工務所用水則同樣歸類為工程管理排碳，非工程行為直接發生，不納入工程施工碳排放量計算。

### 四、工程材料使用

若針對不同規格、不同供應商之工程材料均予以區分，則 WH77-C 標工區使用之工程材料種類共 310 項，有關工料使用種類、使用數量及工料詳細規格(含重量轉換)詳列於盤查清冊，彙整主要工程材料使用項目及數量如表 3.4.4-2。

才量用量來源主要為供應商之進料單據，若無法取得料單之材料(稻草蓆、部分路工標誌、尚未施工之照明材料等)則以估驗計價或契約數量作為活動數據；另工程施作過程中可重覆使用項目，如場鑄結構混凝土用模板(鋼模、合板)、水平支撐 H 型鋼、安全護欄及施工圍籬等，若施工過程中無損壞，則歸屬於「回收再利用」材料，不列入工程材料之碳排放量計算。

**表 3.4.4-2 WH77-C 標主要工程材料項目及使用量**

工程材料名稱	單位	使用數量
混凝土安定廠 80+I 型水泥	m <sup>3</sup>	11
混凝土安定廠 140+II 型水泥-2013	m <sup>3</sup>	54
混凝土安定廠 140+II 型水泥	m <sup>3</sup>	4,586
混凝土安定廠 140 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	14
混凝土安定廠 210+II 型水泥-2013	m <sup>3</sup>	804
混凝土安定廠 210 水中+II 型水泥-2013	m <sup>3</sup>	8,594
混凝土安定廠 210+II 型水泥	m <sup>3</sup>	11,031
混凝土安定廠 210 水中+II 型水泥	m <sup>3</sup>	47,214

工程材料名稱	單位	使用數量
混凝土安定廠 210 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	87
混凝土安定廠 245+II 型水泥-2013	m <sup>3</sup>	44
混凝土安定廠 245+II 型水泥	m <sup>3</sup>	7,007
混凝土安定廠 245 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	17
混凝土安定廠 280+II 型水泥	m <sup>3</sup>	463
混凝土安定廠 280+II 型 SCC	m <sup>3</sup>	19,436
混凝土安定廠 280 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	31
混凝土安定廠 350+II 型水泥	m <sup>3</sup>	5
混凝土安定廠 350SCC+II 型水泥	m <sup>3</sup>	3,673
混凝土安定廠 350 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	39
混凝土安定廠 420 早強+II 型水泥	m <sup>3</sup>	55,191
混凝土安定廠 420 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	273
混凝土安定廠 420II 無收縮水泥	m <sup>3</sup>	283
混凝土安定廠 CLSM	m <sup>3</sup>	9
混凝土官田廠 140+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	344
混凝土官田廠 140 水泥砂漿-官田	m <sup>3</sup>	2
混凝土官田廠 210+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	361
混凝土官田廠 210 水中+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	4,533
混凝土官田廠 210 水泥砂漿-官田	m <sup>3</sup>	4
混凝土官田廠 245+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	59
混凝土官田廠 280+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	23
混凝土官田廠 280+II 型 SCC-官田	m <sup>3</sup>	7,953
混凝土官田廠 280 水泥砂漿-官田	m <sup>3</sup>	2
混凝土官田廠 350SCC+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	7,345
混凝土官田廠 350 水泥砂漿-官田	m <sup>3</sup>	31
混凝土官田廠 420 早強+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	1,750
鋼筋混凝土用鋼筋	ton	3
鋼筋 SD280W-東和	ton	19
鋼筋 SD280W-志一	ton	36
鋼筋 SD280W-漢泰 2	ton	4,343
鋼筋混凝土用鋼筋	ton	5,001
鋼筋 SD420W-東和	ton	4,087

工程材料名稱	單位	使用數量
鋼筋 SD420W-志一	ton	2,964
鋼筋 SD420W-漢泰 2	ton	11,925
預力端錨	組	2,788
鋼絞線	ton	1,497
橋面伸縮縫	m	360
預力套管	m	66,055
金屬橋欄杆	m	7,578
水泥(袋裝)	包	10,090
無收縮水泥	ton	156
PVC 硬管(200mm)	m	7,185
PVC 管(150mmX6M)	m	12,136

## 五、人員出勤

WH77-C 標相關人員出勤狀況統計如表 3.4.4-3 所示。其中工程管理方面(包括工地主任、工程師、其他等)共 22,364 人次，不過此部份的排碳歸屬為工程管理，並非實地施工所產生，不納入工程碳盤查計算；在工地現場施作的總人次則達 71,294 人次(包括操作工、鋼筋工、模板工、混凝土灌漿工、雜工)。

工地現場並未搭建宿舍(宿舍區設於工務所，已納入工程管理單位碳盤查年報資料計算)，因此工地作業現場人員皆視為非住宿性質。

表 3.4.4-3 WH77-C 標工程人員出勤紀錄彙整表

類別	工別	總人次
工程管理	工地主任	1,048
	工程師	17,105
	其他	4,211
	小計	<b>22,364</b>
工區施作	操作工	10,220
	鋼筋工	16,909
	模板工	20,624

類別	工別	總人次
	混凝土灌漿工	6,515
	雜工	17,026
	小計	<b>71,294</b>

#### 六、運輸(含機運具、工程材料)

WH77-C 標進出工地之施工機具共有 105 台(組)，各類別機具載運距離及運輸次數詳列於盤查清冊。

工程材料運輸包括消耗性材料及可回收材，總共有 415 項。茲彙整主要工程材料包括混凝土、鋼筋及瀝青混凝土，以不同運具類別、載運項目、單位、數量、運輸地點及距離彙整如表 3.4.4-4。

另若運輸專為本工程而發生，則運進及空車返回皆需納入計算，本計畫回程空車以 0.75 車次計算。

表 3.4.4-4 WH77-C 標主要工程材料運輸彙整表

運具類別	載運內容					
	工程材料名稱及規格	單位	載運數量	運輸起點	運輸終點	距離(km)
預拌車	混凝土安定廠 80+I 型水泥	m <sup>3</sup>	10.50	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 140+II 型水泥-2013	m <sup>3</sup>	53.50	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 140+II 型水泥	m <sup>3</sup>	4,586.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 140 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	14.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 210+II 型水泥-2013	m <sup>3</sup>	803.50	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 210 水中+II 型水泥-2013	m <sup>3</sup>	8,593.50	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 210+II 型水泥	m <sup>3</sup>	11,030.50	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 210 水中+II 型水泥	m <sup>3</sup>	47,213.50	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 210 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	87.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 245+II 型水泥-2013	m <sup>3</sup>	44.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 245+II 型水泥	m <sup>3</sup>	7,007.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 245 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	17.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 280+II 型水泥	m <sup>3</sup>	463.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 280+II 型 SCC	m <sup>3</sup>	19,435.50	台南安定	台南七股	20.0

運具類別	載運內容					
車種	工程材料名稱及規格	單位	載運數量	運輸起點	運輸終點	距離(km)
預拌車	混凝土安定廠 280 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	31.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 350+II 型水泥	m <sup>3</sup>	5.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 350SCC+II 型水泥	m <sup>3</sup>	3,673.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 350 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	39.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 420 早強+II 型水泥	m <sup>3</sup>	55,190.50	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 420 水泥砂漿	m <sup>3</sup>	273.00	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 420II 無收縮水泥	m <sup>3</sup>	282.50	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土安定廠 CLSM	m <sup>3</sup>	8.50	台南安定	台南七股	20.0
預拌車	混凝土官田廠 140+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	344.00	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 140 水泥砂漿-官田	m <sup>3</sup>	2.00	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 210+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	361.00	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 210 水中+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	4,533.00	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 210 水泥砂漿-官田	m <sup>3</sup>	4.00	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 245+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	58.50	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 280+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	23.00	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 280+II 型 SCC-官田	m <sup>3</sup>	7,953.00	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 280 水泥砂漿-官田	m <sup>3</sup>	2.00	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 350SCC+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	7,345.00	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 350 水泥砂漿-官田	m <sup>3</sup>	31.00	台南官田	台南七股	29.0
預拌車	混凝土官田廠 420 早強+II 型水泥-官田	m <sup>3</sup>	1,750.00	台南官田	台南七股	29.0
全拖車	鋼筋混凝土用鋼筋	ton	2.50	高雄小港	台南七股	81.8
全拖車	鋼筋 SD280W-東和	ton	18.95	高雄小港	台南七股	79.4
全拖車	鋼筋 SD280W-志一	ton	36.02	高雄小港	台南七股	77.9
全拖車	鋼筋 SD280W-漢泰 2	ton	4,333.38	高雄小港	台南七股	81.8
全拖車	鋼筋 SD280W-漢泰 2	ton	49.60	高雄小港	嘉義東石	125.0
全拖車	鋼筋 SD280W-漢泰 2	ton	9.40	嘉義東石	台南七股	47.1
全拖車	鋼筋混凝土用鋼筋	ton	4,963.30	高雄小港	台南七股	81.8
全拖車	鋼筋混凝土用鋼筋	ton	37.80	高雄小港	台南七股	79.4
全拖車	鋼筋 SD420W-東和	ton	4,087.29	高雄小港	台南七股	79.4
全拖車	鋼筋 SD420W-志一	ton	2,963.98	高雄小港	台南七股	77.9
全拖車	鋼筋 SD420W-漢泰 2	ton	11,914.76	高雄小港	台南七股	81.8

運具類別	載運內容					
	工程材料名稱及規格	單位	載運數量	運輸起點	運輸終點	距離(km)
全拖車	鋼筋 SD420W-漢泰 2	ton	52.28	高雄小港	嘉義東石	125.0
全拖車	鋼筋 SD420W-漢泰 2	ton	10.06	嘉義東石	台南七股	47.1
全拖車	鋼筋續接器-永誠(不含鋼筋)	ton	0.66	高雄仁武	台南七股	69.7
全拖車	鋼筋續接器-速巴陸(不含鋼筋)	ton	1.22	高雄鳥松	台南七股	73.0
大貨車	再生瀝青混凝土 $\frac{1}{2}$ "	ton	38.46	台南安定	台南七股	26.0
大貨車	多孔隙瀝青混凝土	ton	4,728.01	台南安定	台南七股	26.0
大貨車	密級配瀝青混凝土	ton	15,380.49	台南安定	台南七股	26.0
大貨車	粗級配瀝青混凝土	ton	853.47	台南安定	台南七股	26.0
大貨車	橋面板瀝青黏層	ton	19.69	台南安定	台南七股	26.0
大貨車	黏油 20L(桶)	L	40.00	台南安定	台南七股	26.0

註：工程材料運入工地後之運具空車回程，亦以 0.75 車次估算。

## 七、廢棄物

由於 WH77-C 標所屬工程計畫(西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程)於環評書件中承諾土方於區內自行平衡，因此目前工區內並無大規模廢土或營建廢棄物外運，僅一般少量的工地廢棄物。廢棄物實際清運數量難以逐批確認並記錄，因此採保守原則以承包商泛亞工程建設與廢棄物清運業者所簽訂之契約內容，做為廢棄物清運處理量估算依據。

WH77-C 標於工區設置 3 個容量  $1.1 \text{ m}^3$  之垃圾子車，每周清運 2 次。若以此容量及頻率估算，102 年 9 月至 106 年 3 月共 182 週，預估工區廢棄物總清運量約  $1.1 \times 182 \times 3 \times 2 = 343.2 \text{ m}^3$ ；以台灣南部垃圾單位容積重  $238.13 \text{ kg/m}^3$  換算，可得廢棄物總重量為 286.042 噸。



### 3.4.5 工程管理單位

施工階段工程管理單位包括：西濱南工處、西濱南工處第二工務段及第三工務段(監造)及承包商工務所之辦公場所的排碳活動強度數據，如表 3.4.5-1 所示，各項活動數據蒐集來源說明如後。

表 3.4.5-1 工程管理單位排碳活動強度數據

範疇一、直接排放										
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	活動強度						西濱南工處	單位
			承包商			監造				
			春原(A)	春原(B)	泛亞	二段(A)	二段(B)	三段		
固定式燃燒	熱水器、瓦斯爐	天然氣	-	-	-	-	-	-	-	度
		液化石油氣	1,600	3,280	5,696	-	180	-	-	公斤
	熔接裝置	乙炔	-	-	-	-	-	-	-	公斤
移動式燃燒	公務車	柴油	5,063	12,481	-	-	-	-	-	公升
	公務車	汽油	26,332	71,339	74,268	6,027	14,197	14,855	15,547	公升
逸散	二氧化碳/乾粉滅火器	二氧化碳	-	-	-	-	-	-	-	公斤
	環保滅火器	HFC-227ea	-	-	-	-	-	-	-	公斤
		HFC-236fa	-	-	-	-	-	-	-	公斤
	空調、冰箱、飲水機 <sup>a</sup>	R134a	1.481	0.005	0.027	0.001	0.001	0.007	12.285	公斤
		R22	1.480	2.754	2.620	1.931	1.170	0.026	1.686	公斤
		R12	0.002	0.002	-	-	-	-	0.003	公斤
		R407C	-	-	-	-	-	-	-	公斤
		R410a	-	1.347	0.164	-	0.630	0.331	1.254	公斤
	中高壓電盤	SF6	-	-	-	-	-	-	-	公斤
	化糞池	排泄物	213,304	1,057,856	933,704	29,260	47,176	75,232	200,024	人時
範疇二、間接排放										
排放源類別	排放源種類	承包商			監造			西濱南工處	單位	
		春原(A)	春原(B)	泛亞	二段(A)	二段(B)	三段			
能源間接排放	外購電力	172,080	418,979	600,008	14,221	110,033	7,022 <sup>b</sup>	341,580	度	
範疇三、其他間接排放										
排放源類別	排放源種類	承包商			監造			西濱南工處	單位	
		春原(A)	春原(B)	泛亞	二段(A)	二段(B)	三段			
其他	委外處理廢棄物	105,506 <sup>c</sup>	148,319 <sup>c</sup>	14,904	780.735	711	1,060	5,774	公斤	
其他	用水	47,198	37,466	20,411	3199.8855	4,602	104 <sup>b</sup>	3,589	度	

a：空調、冰箱、飲水機所列為依其冷媒填充量所估算之可能逸散量；b：第三工務段自 103 年 1 月起，水電錶與泛亞共用，用水及用電量併入承包商(泛亞)；c：包含工區廢棄物

## 一、西濱南工處

西濱南工處之辦公場所係與嘉義區監理所租用，位於該六層樓建築物之五樓，部份能資源使用係含在整棟大樓內。

### (一)固定燃燒設備

西濱南工處未裝設使用化石燃料之瓦斯爐、熱水器等設備。

### (二)移動式燃燒設備

西濱南工處共有 6 輛公務車用於八棟寮至九塊厝工程，皆為汽油小客車。依其油耗量、行駛里程統計資料及其中往返於八棟寮至九塊厝計畫相關之里程比例計算用油量。

### (三)空調設備

西濱南工處辦公場所共有 28 台冷氣、一台除濕機，根據各別機型之冷媒填充量、冷氣能力及 IPCC 空調系統冷媒逸散係數每年 0.03 kg/kg，以及本工程執行金額占西濱南工處總執行金額之比例計算。

### (四)冷凍設備

西濱南工處辦公場所之冷凍設備包括冰箱 3 台、飲水機 1 台及冰水主機 1 台，根據各別機型之冷媒填充量、冷氣能力及 IPCC 空調系統冷媒逸散係數每年 0.03 kg/kg，以及本工程執行金額占西濱南工處總執行金額之比例計算冷媒逸散量。

### (五)消防設備

西濱南工處辦公場所所有 20 具乾粉式滅火器，因使用填充物為磷酸二酸銨，不會有溫室氣體逸散問題，故不計算。

### (六)用電

西濱南工處因與嘉義縣監理所其他單位共用電表，故其用電量係以樓地板面積比例分配。而與八棟寮至九塊厝新建工程相關之用電量，則以西濱南工處執行金額及本工程執行金額依比例分配。

### (七)用水

西濱南工處因與嘉義縣監理所其他單位共用水表，故其用水量亦以樓地板面積比例分配。而與八棟寮至九塊厝新建工程相關之用水量，則以西濱南工處執行金額及本工程執行金額依比例分配。

## (八)人員出勤(廢棄物及化糞池)

依西濱南工處出勤統計資料，統計八棟寮至九塊厝新建工程計畫相關之出勤人天數，依據非住宿性質(正常8小時上班)換算出勤人時。在廢棄物產生量方面，依據環保署民國101~105年統計之嘉義縣每人每日垃圾清運量換算廢棄物產生量。

## 二、西濱南工處第二工務段(A、B標監造單位)

西濱南工處第二工務段之辦公室包括灣裡、中寮及安南工務所，自103年起僅設置於中寮及安南區，中寮工務所系歸屬於A標監造辦公室，安南工務所係歸屬於B標監造辦公室。

### (一)固定燃燒設備

灣裡及中寮工務所並未裝設使用化石燃料之瓦斯爐、熱水器等設備。安南工務所裝設使用液化石油氣之瓦斯爐1台，使用桶裝瓦斯(液化石油氣LPG)，根據桶裝瓦斯進貨單計算瓦斯用量。

### (二)移動式燃燒設備

第二工務段共有2輛公務車、6台公務機車用於八棟寮至九塊厝工程，燃油種類皆為汽油。依其全年油耗統計及行駛里程統計資料，計算用於本工程之汽油總耗用量。

### (三)空調設備

灣裡工務所共有29台冷氣、中寮工務所計有冷氣8台及安南工務所共有2台冷氣，根據各別機型之冷媒填充量及IPCC空調系統冷媒逸散係數每年0.03 kg/kg估算冷媒逸散量。

### (四)冷凍設備

灣裡工務所計有冰箱與飲水機各1台、中寮工務所計有冰箱與飲水機各1台，以及安南工務所計有冰箱1台、飲水機2台，根據各別機型之冷媒填充量及IPCC空調系統冷媒逸散係數每年0.03 kg/kg估算冷媒逸散量。

### (五)消防設備

灣裡、中寮及安南工務所共有17具乾粉式滅火器，因使用填充

物為磷酸二酸銨，不會有溫室氣體逸散問題，故不計算。

#### (六)用電

灣裡工務所依照出工人天比例計算本工程使用的用電量；中寮及安南工務所則統計電費單據之用電量計算。

#### (七)用水

灣裡工務所依照出工人天比例計算本工程使用的用水量；中寮工務所之人員用水已含於灣裡，故在此不重複計算；安南工務所則統計水費單據之用水量計算。

#### (八)人員出勤(廢棄物及化糞池)

灣裡及安南工務所依據第二工務段出勤人天，統計與 A、B 標相關之出勤人天，所有人員均為非住宿性質(正常 8 小時上班)，換算為出勤人時人時；中寮工務所之人員出勤係由灣裡工務所衍生，故在此不再重複統計。

在廢棄物產生量方面，依據環保署統計資料之台南市每人每日垃圾清運量，計算廢棄物產生量。

### 三、西濱南工處第三工務段(C 標監造單位)

第三工務段辦公場所原位於雲林縣東勢鄉，而自 103 年 1 月起即搬遷至台南市七股區大埕里，與 C 標承包廠商泛亞工程的七股工務所合署辦公。

由於第三工務段係與泛亞七股工務所合署辦公，且該工務所僅申請設置一個共用的水、電表，因此自 103 年起第三工務段與泛亞所耗用之水、電、瓦斯量無法切割，皆併入泛亞工程使用量計算；而第三工務段辦公場所之碳盤查活動強度統計，則針對其專用運具油耗、辦公區內放置之空調冷凍設備逸散量、消防設備使用量，以及人員出勤(廢棄物、化糞池)產生量進行計算。

#### (一)移動式燃燒設備(運具)

第三工務段共有 8 輛公務車用於 WH77-C 標監造工作，包括 6 輛

機車、1 輛汽油小客車及 1 輛小貨車。依其全期油耗量、行駛里程統計資料，統計 WH77-C 標監造工作之汽油總耗用量。

#### (二)空調設備

第三工務段於雲林東勢鄉及七股之辦公場所共有 10 台冷氣機，依 IPCC 空調系統冷媒逸散係數每年 0.03 kg/kg 估算，計算第三工務段與 WH77-C 標工程相關之冷媒逸散量。

#### (三)冷凍設備

第三工務段辦公場所僅有 1 台冰箱，依 IPCC 冰箱冷媒逸散係數每年 0.003 kg/kg 估算，預計算第三工務段與 WH77-C 標工程相關之冷媒逸散量。

#### (四)消防設備

第三工務段辦公室共有 5 具乾粉式滅火器，因使用填充物為磷酸二酸銨，不會有溫室氣體逸散。

#### (五)人員出勤(廢棄物及化糞池)

依第三工務段出勤統計資料，統計監造 WH77-C 標工程之出勤仁添，所有人員皆為非住宿性質(正常 8 小時上班)，換算為出勤人時。在廢棄物產生量方面，依據環保署之台南市每人每日垃圾清運量，計算廢棄物產生量。

### 四、春原營造(A、B 標承包商)

WH77-A、B 標之承包商皆為春原營造股份有限公司，102 年度 6 月至 10 月間兩標之辦公場所為共用原 A 標工務所，後於 102 年 10 月遷移至新建工務所(歸屬 B 標)，而原 A 標工務所現則作為外勞宿舍使用。於管理單位年報計算時，將 A 標工務所及 B 標工務所分別計算。

#### (一)固定燃燒設備

##### 1.A 標

外勞宿舍設有 1 台瓦斯爐，依據進貨單統計液化石油氣用量。

##### 2.B 標

未裝設使用化石燃料之相關固定燃燒設備。

## (二)移動式燃燒設備(運具)

### 1.A 標

本標管理單位計有汽油公務車 2 台及柴油公務車 1 台，另承包商之工程人員每月公務油料補助亦納入計算。

### 2.B 標

本標管理單位計有汽油公務車 2 台及柴油公務車 1 台，另承包商之工程人員每月公務油料補助亦納入計算

## (三)空調設備

### 1.A 標

A 標工務所共有 4 台冷氣，根據各別機型之冷媒填充量及 IPCC 空調系統冷媒逸散係數每年 0.03 kg/kg 估算冷媒逸散量。

### 2.B 標

B 標工務所共有 16 台冷氣，根據各別機型之冷媒填充量及 IPCC 空調系統冷媒逸散係數每年 0.03 kg/kg 估算冷媒逸散量。

## (四)冷凍設備

### 1.A 標

A 標工務所冰箱、飲水機各一台，根據各別機型之冷媒填充量及 IPCC 空調系統冷媒逸散係數每年 0.03 kg/kg 估算冷媒逸散量。

### 2.B 標

B 標工務所共有飲水機 3 台及冰箱 2 台，根據各別機型之冷媒填充量及 IPCC 空調系統冷媒逸散係數每年 0.03 kg/kg 估算冷媒逸散量。

## (五)消防設備

A、B 標工務所未設置滅火器等消防設備。

## (六)用電

A 標及 B 標工務所係依據電費單所列資料進行用電量統計。

## (七)用水

A 標及 B 標工務所係依據水費單所列資料進行用水量統計。

## (八)廢棄物及人員逸散(廢棄物及化糞池)

依春原工務所出勤統計資料，施工期間包含非住宿性質(正常 8 小時上班)與住宿性質(每日 8 小時上班、16 小時歸於住宿)，換算出勤人時。在廢棄物產生量方面，工區設置一個容量 1.1 m<sup>3</sup> 之垃圾子車，依據清運車次及垃圾單位平均容積率換算廢棄物產生量。

## 五、泛亞工程(C 標承包商)

泛亞工程七股工務所於 102 年間原租用鄰近民宅做為辦理公務之用，並在七股區大埕里覓地自建辦公場所，自 103 年 1 月起即正式搬入啟用。如前所述，由於自 103 年起第三工務段與泛亞工程於七股工務所內耗用之水、電、瓦斯量無法切割，因此自 103 年起全數視為泛亞工程使用量進行計算。

### (一)固定燃燒設備

泛亞於七股工務所於廚房內裝設兩具瓦斯爐，使用桶裝瓦斯(液化石油氣 LPG)，統計其液化石油氣之進貨單據計算瓦斯用量；另宿舍區裝有 3 部電熱水器，能耗類別為電力。

### (二)移動式燃燒設備(運具)

泛亞工務所共有 22 輛公務車用於 WH77-C 標工程(13 輛機車、2 輛小客車、7 輛客貨兩用車)，皆使用汽油。依其油耗量統計資料，統計 22 輛公務車用於 WH77-C 標工程之汽油總耗用量。

### (三)空調設備

泛亞七股工務所於辦公室、宿舍、餐廳、庫房等處，共有 30 台冷氣。根據各別機型之冷媒填充量及 IPCC 空調系統冷媒逸散係數每年 0.03 kg/kg 估算冷媒逸散量。

### (四)冷凍設備

泛亞七股工務所辦公室內配置冰箱 2 台及飲水機 4 台，廚房內配有 1 台冷凍櫃及 5 部大冰箱。根據各別機型之冷媒填充量及 IPCC 空調系統冷媒逸散係數每年 0.03 kg/kg 估算冷媒逸散量。

### (五)消防設備

泛亞七股工務所分別於辦公室、庫房、料場、廚房等處，共配置了 8 具乾粉滅火器(磷酸二氫銨 NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)，施工期間並無使用紀錄。

#### (六)用電

泛亞工程七股工務所總耗電量，係依據電費單(每月計費一次)所列資料進行用電量統計。

#### (七)用水

泛亞工程七股工務所總用水量，係依據水費單(每兩個月計費一次)所列資料進行用水量統計。

#### (八)人員出勤(廢棄物及化糞池)

依泛亞七股工務所出勤統計資料，施工期間包含非住宿性質(正常 8 小時上班)與住宿性質(每日 8 小時上班、16 小時歸於住宿)，換算出勤人時。在廢棄物產生量方面，依據環保署統計之台南市每人每日垃圾清運量，計算廢棄物產生量。



### 3.5 營運管理及使用階段活動數據

西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程營運管理及使用階段包括操作與維護/重置之相關排碳活動，操作階段為照明燈具能耗，維護/重置階段為照明、鋪面、標線及伸縮縫等材料之置換。依據橋梁 PCR 設定營運管理及使用階段之時間邊界為 50 年，以下分別說明操作與維護/重置之排碳活動以及估算情境與假設條件。

#### 一、操作階段(照明)

本計畫依據燈具契約數量及燈具型錄資料，進行操作階段之照明用電量。根據中央氣象局 102 年至 105 年日出日落統計資料，本工程照明每日開啟時間約為 12 小時，假設總開啟時間為 50 年 × 365 天 × 12 小時 = 219,000 小時。

WH77-A 燈具耗電功率為 120W(126 組)，50 年用電量為 219,000 小時 × 120W/1,000 × 126 組 = 3,311,280 度

WH77-B 標燈具耗電功率為 140W(10 組)、150W(6 組)與 250W(8 組)，50 年用電量為 219,000 小時 × ( 140W/1,000 × 10 組 + 250W/1,000 × 8 組 + 150W/1,000 × 6 組 ) = 941,700 度。

WH77-C 標燈具耗電功率為 140W(67 組)與 250W(13 組)，50 年用電量為 219,000 小時 × ( 140W/1,000 × 67 組 + 250W/1,000 × 13 組 ) = 2,765,970 度。

總計本工程全標別操作階段之照明用電量，共計 7,018,950 度。

#### 二、維護/重置階段

維護/重置階段之排碳活動包含照明、鋪面、伸縮縫及防眩板之置換，其相關材料使用、運輸及機具使用之活動數據彙整如表 3.5-1，假設條件與估算方式說明如下：

##### (一)材料使用

##### 1.照明

本計畫依據契約之燈具數量進行估算，並依燈具型錄取得燈具重量，參考路燈 CFP-PCR 假設使用壽命為 30,000 小時(LED 燈

具及 LED 投光燈具)與 20,000 小時(複金屬燈具)，營運 50 年需再替換 7 次(LED 燈具及 LED 投光燈具)與 10 次(複金屬燈具)。

WH77-A 標計算得燈具置換數量 LED 燈具為 7 次  $\times$  126 組 = 882 組。

WH77-B 標計算得燈具置換數量 LED 燈具為 7 次  $\times$  10 組 = 70 組，LED 投光燈具為 7 次  $\times$  6 組 = 42 組，複金屬燈具為 10 次  $\times$  8 組 = 80 組。

WH77-C 標計算得燈具置換數量 LED 燈具為 7 次  $\times$  67 組 = 469 組，複金屬燈具為 10 次  $\times$  13 組 = 130 組。

## 2. 鋪面

本工程 WH77-A、B 標及 WH77-C 標匝道引道之鋪面係採用密級配瀝青混凝土，WH77-C 標主線採用多孔隙瀝青混凝土(PAC)。假設密級配瀝青混凝土鋪面刨除厚度為 5 公分，以及重置頻率為 5 年，營運 50 年需再刨除重鋪 9 次；依國內外文獻顯示 PAC 服務年限可達甚至超過 10 年(Carsten B. N.)，以及參考國內道路實務經驗如國道 6 號(98 年通車)至今尚未進行 PAC 重鋪，故本計畫假設 PAC 鋪面重置頻率為 10 年，營運 50 年需再刨除重鋪 4 次。

WH77-A 標計算得密級配瀝青混凝土於維護/重置階段之數量為 9 次  $\times$  0.05 m  $\times$  45,301 m<sup>2</sup> (鋪設面積)  $\times$  2.373 ton/m<sup>3</sup> = 48,375 公噸。

WH77-B 標計算得密級配瀝青混凝土於維護/重置階段之數量為 9 次  $\times$  0.05 m  $\times$  77,367 m<sup>2</sup> (鋪設面積)  $\times$  2.353 ton/m<sup>3</sup> = 81,920 公噸。

WH77-C 標假設維護/重置階段之 PAC 置換數量與新建時期相同，計算得主線 PAC 數量為 4 次  $\times$  4,690.37 公噸 = 18,761.48 公噸；匝道引道密級配瀝青混凝土於維護/重置階段之數量為 9 次  $\times$  5 cm  $\times$  3,760 m<sup>2</sup>  $\times$  2.356 ton/m<sup>3</sup> = 3,986 公噸。

## 3. 標線

新建工程標線施工之材料使用為熱處理聚酯與止滑珠，假設

標線重置頻率與鋪面頻率相同，其中密級配瀝青混凝土鋪面營運 50 年需再劃設 9 次，PAC 鋪面營運 50 年需再劃設 4 次。另假設營運期間之材料使用數量與新建時期相同，並以鋪面置頻率進行比例換算，即「新建時期材料用量 × 鋪面重置頻率」。

計算得各標重置階段之材料用量，熱處理聚脂分別為 315、432 及 184 公噸，止滑珠為 13、27 及 5 公噸。

#### 4.伸縮縫與防眩板

依據本工程路段(台 61 線)的養護單位，其提供的伸縮縫與防眩板之重置頻率，分別為 20 年(伸縮縫)與 7~10 年(防眩板)。本計畫假設伸縮縫與防眩板重置頻率為 20 年與 7 年，營運 50 年需再更換 2 次(伸縮縫)與 7 次(防眩板)，其重置數量如表 3.5-1 所示。

#### (二)運輸

本計畫計算營運 50 年維護/重置階段之工程材料運輸排碳活動，瀝青混凝土以新建工程之運輸距離 80 公里(WH77-A 及 B 標)及 26 公里(WH77-C 標)，其餘材料距離保守假設皆為 80 公里，皆採 35 噸大貨車，各項材料運輸活動量(噸公里)如表 3.5-1 所示。

表 3.5-1 營運管理及使用階段之維護/重置活動強度

項目	標別	材料使用			運輸(tkm)	機具使用(能資源)		
照明	A	LED 燈具 120W	882	組	494	-		
	B	LED 燈具 140W	70	組	33			
		LED 投光燈具 150W	42	組	20			
		複金屬燈具 250W	80	組	45			
	C	LED 燈具 140W	469	組	221			
		複金屬燈具 250W	130	組	73			
鋪面	A	密級配瀝青混凝土	48,375	公噸	3,869,995	柴油	53830	L
	B	密級配瀝青混凝土	81,920	公噸	6,553,617			
	C	多孔瀝青混凝土	18,761	公噸	487,798			
		密級配瀝青混凝土	3,986	公噸	103,644			
標線	A	熱處理聚脂	315	公噸	25,200	柴油	463	L
		止滑珠	13	公噸	1,008			

項目	標別	材料使用	運輸(tkm)	機具使用(能資源)	
	B	熱處理聚脂	432 公噸	34,560	瓦斯 8,170 kg
		止滑珠	27 公噸	2,160	
	C	熱處理聚脂	184 公噸	14,729	
		止滑珠	5 公噸	377	
伸縮縫	A	橋面伸縮縫 A 型, 24<伸縮量≤32cm	156 M	10,872	柴油 8,636 L
		橋面伸縮縫 A 型, 16<伸縮量≤24cm	121 M	7,585	
		橋面伸縮縫 A 型, 10<伸縮量≤16cm	96 M	5,525	
		隔護欄伸縮縫 A 型	38 組	1,653	
		橋面伸縮縫 B 型, 5<伸縮量≤10cm	54 M	1,275	
		隔護欄伸縮縫 B 型	38 組	1,212	
	B	橋面伸縮縫, A 型, 24<伸縮量≤32cm	614 m	46,725	
		滑板伸縮縫 32cm	88 個	-	
		橋面伸縮縫, A 型, 16<伸縮量≤24cm	120 m	8,330	
		滑板伸縮縫 24cm	20 個	-	
		橋面伸縮縫, A 型, 10<伸縮量≤16cm	55 m	3,466	
		滑板伸縮縫 16cm	8 個	-	
	C	橋面伸縮縫 A 型, 24<伸縮量≤32cm	444 m	31,420	
		32cm 伸縮縫護欄滑板	40 個	1,328	
		32cm 伸縮縫隔欄滑板	20 個	602	
		橋面伸縮縫 A 型, 16<伸縮量≤24cm	177 m	11,538	
		24cm 伸縮縫滑板	30 個	907	
		橋面伸縮縫 B 型, 5<伸縮量≤10cm	99 m	2,659	
		B 型伸縮縫滑板	16 個	438	
防眩板	A	防眩板	13,020 片	1,338	-
	B	防眩板	24,500 片	2,577	
	C	防眩板	17,206 片	1,769	

備註：數值為 50 年營運管理階段之活動強度。

### (三)機具使用(能資源)

鋪面重置之機具施工之油耗以「重置階段材料用量 / 新建工程材料用量 × 新建工程鋪面機具總油耗量」計算，重置階段機具之油耗量總計為 53,830 公升。

標線重置機具使用之能資源包含柴油及瓦斯，柴油以「重置階段

材料用量 / 新建工程材料用量 × 新建工程標線機具總油耗量」計算，瓦斯以「重置階段材料用量 / 新建工程材料用量 × 新建工程標線瓦斯用量」計算，計算得標線重置之油耗量總計為 463 公升、瓦斯 8,170 公斤。

伸縮縫重置之機具施工油耗以「新建工程總油耗量 × 重置次數」計算，重置階段機具之油耗量為 8,636 公升。

## 3.6 排碳係數計算結果

本計畫依據民國 101 年 2 月至 106 年 9 月施工之各項活動資料蒐集排碳係數，排碳係數選用來源及原則說明如 3.6.1 節；依據 3.6.1 節之原則，本計畫由生命週期資料庫系統、環保署公告或文獻來源蒐集之排碳係數及計算結果說明如 3.6.2 節；另本計畫亦與主要工程材料之供應商進行協商，請其提供與排碳量相關資訊，以提升本計畫數據品質，並建立本土化係數，執行狀況說明如 3.6.3 節。

### 3.6.1 排放係數選用原則

基於碳足跡計算規範要求與目前國際碳管理趨勢，本計畫排碳係數需採用生命週期係數；完整的生命週期係數定義為考量其原物料開採提煉、運輸、製造、使用及廢棄階段之碳排放量。此外，為提升盤查結果代表性，亦應以本土化係數為優先。依此原則，本計畫排碳係數選用來源及原則說明如後。

#### 一、排放係數來源

本計畫排放係數蒐集之主要來源有以下 5 種：

1. 本計畫實際盤查之產品碳足跡係數；
2. 環保署公告或供應商提供之產品碳足跡係數；
3. 結合環保署公告係數與資料庫係數計算而得之生命週期係數；
4. 國內外生命週期資料庫；
5. 國內外文獻刊載之排放係數。

#### 二、係數選用原則

由於相同類型項目可能有數種排放係數，本計畫之排放係數選用將根據下列原則進行篩選，包括：盤查範疇、生命週期盤查方式、技術性、地理性與時間性。分別說明如下。

1. 盤查範疇：以生命週期之係數為優先，或符合評估目的範疇之係數亦可選用；
2. 生命週期盤查方式：目前主要分為製程(程序型)生命週期評估(Process LCA)、經濟投入產出生命週期評估(EIO-LCA)以及混合式生命週期評

估(Hybrid LCA)三種，本計畫將以製程(程序型)生命週期評估方式之係數為優先，係因其較完整考量該產品製程之排放。

3. 技術及製程特性：需考量係數包含之技術及製程符合程度；
4. 地理特性：優先選用臺灣自行建立的本土化係數、其次為部分涵蓋臺灣係數之半本土化係數，最後才是由資料庫或文獻資料篩選而得的係數。目前國內工程材料之碳足跡係數缺乏的情況下，係數來源主要為生命週期係數資料庫，然而其係數之代表區域以歐洲國家為主，本計畫將優先選用歐洲各國平均係數，再者才是選用個別國家之係數。
5. 時間性：一般而言，以最新產出之係數為優先，但仍應將該項產品之生產時間納入選用係數時之考量。

由於前述 5 個係數篩選原則項目並無先後順序，本計畫將綜合考量各原則之符合程度，選出最佳的排放係數。

### 3.6.2 排放係數蒐集結果

依據前述原則及目前工程施工盤查資料填報內容，現階段本計畫蒐集之排放係數及分類彙整如表 3.6.2-1 所示，說明如後。

#### 一、電力係數

我國能源局已公告民國 94 年至 105 年之電力排放係數(kg CO<sub>2</sub>e/度)，其中 101 年~105 年度之排放係數分別為 0.532、0.522、0.521、0.528、0.529 kgCO<sub>2</sub>e/kWh，此係數評估範圍僅涵蓋發電程序中燃料燃燒之排放量，並不符合生命週期考量，如表 3.6.2-2 所示。

本計畫另蒐集環保署網站上公告，由工研院計算之臺灣電力碳足跡係數，在 103~104 年度該係數涵蓋發電之原物料及燃料開採提煉、運輸、發電程序、電廠營運、電網輸配至用戶端及廢棄物處理階段，符合生命週期係數要求，為 0.65、0.654 kgCO<sub>2</sub>e/kWh(詳表 3.6.2-2)，本計畫採用此係數進行本工程碳排放量之計算。

表 3.6.2-1 施工碳排放係數彙整

類別	項目		係數	單位	來源	
電力	臺灣電力係數(2014)		0.65	kg CO <sub>2</sub> e/kwh	環保署	
	臺灣電力係數(2015)		0.654	kg CO <sub>2</sub> e/kwh	環保署	
機/運具 燃料	移動源-汽油		3.10	kg CO <sub>2</sub> e/L	環保署	
	固定源-汽油		3.02	kg CO <sub>2</sub> e/L	環保署	
	移動源-柴油		3.48	kg CO <sub>2</sub> e/L	環保署	
	固定源-柴油		3.45	kg CO <sub>2</sub> e/L	環保署	
水	自來水		0.167	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	環保署	
工程 材料	竹節鋼筋(SD280W-SD420W)		1.2440	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi	
	竹節鋼筋(SD280/280W)-東和鋼鐵廠		0.886	kg CO <sub>2</sub> e/kg	國內實盤	
	竹節鋼筋(SD420/420W)-東和鋼鐵廠		0.907	kg CO <sub>2</sub> e/kg	國內實盤	
	竹節鋼筋(SD280/280W)-漢泰鋼鐵廠		0.863	kg CO <sub>2</sub> e/kg	國內實盤	
	竹節鋼筋(SD420/420W)-漢泰鋼鐵廠		0.857	kg CO <sub>2</sub> e/kg	國內實盤	
	竹節鋼筋(SD280/280W)-102年海光鋼鐵廠		0.838	kg CO <sub>2</sub> e/kg	本計畫調查	
	竹節鋼筋(SD420/420W)-102年海光鋼鐵廠		0.808	kg CO <sub>2</sub> e/kg	本計畫調查	
	竹節鋼筋(SD280/280W)-103年海光鋼鐵廠		0.874	kg CO <sub>2</sub> e/kg	本計畫調查	
	竹節鋼筋(SD420/420W)-103年海光鋼鐵廠		0.901	kg CO <sub>2</sub> e/kg	本計畫調查	
	混凝土 預拌廠 安定	A 標	140 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	250.8416	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			210 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	313.4931	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			245 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	343.5506	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			280 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	352.2665	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			350 kgf/cm <sup>2</sup> SCC(II 型水泥)	427.4690	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			420 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	478.6403	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			420 kgf/cm <sup>2</sup> 無收縮(II 型水泥)	409.9835	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			420 kgf/cm <sup>2</sup> 砂漿(II 型水泥)	630.5571	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
		B 標	140 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	217.1058	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			210 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	254.0449	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			210 kgf/cm <sup>2</sup> 水中(II 型水泥)	322.1671	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			245 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	269.8742	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			280 kgf/cm <sup>2</sup> SCC(II 型水泥)	333.7842	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			350 kgf/cm <sup>2</sup> SCC(II 型水泥)	367.0053	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			420 kgf/cm <sup>2</sup> 早強(II 型水泥)	445.2964	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
	C 標	140 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	214.9984	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		210 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	254.4548	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	



類別	項目		係數	單位	來源	
混凝土 預拌廠 官田		210 kgf/cm <sup>2</sup> 水中(II 型水泥)	320.2385	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		245 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	287.8297	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		280 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	306.3587	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		280 kgf/cm <sup>2</sup> SCC(II 型水泥)	352.0864	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		350 kgf/cm <sup>2</sup> SCC(II 型水泥)	380.6035	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		420 kgf/cm <sup>2</sup> 早強(II 型水泥)	483.2365	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		420 kgf/cm <sup>2</sup> 無收縮(II 型水泥)	494.5598	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
	A 標	140 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	261.9265	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		210 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	307.0628	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		245 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	338.8656	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		280 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	356.8879	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		350 kgf/cm <sup>2</sup> SCC(II 型水泥)	432.8028	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		420 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	486.8293	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		B 標	140 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	220.2367	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			210 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	317.1341	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			210 kgf/cm <sup>2</sup> 水中(II 型水泥)	261.1681	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			245 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	316.1075	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			280 kgf/cm <sup>2</sup> SCC(II 型水泥)	335.6652	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			350 kgf/cm <sup>2</sup> SCC(II 型水泥)	367.1753	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			350 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	367.6158	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
			420 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	446.7720	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
	C 標	420 kgf/cm <sup>2</sup> 無收縮(II 型水泥)	491.2433	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		210 kgf/cm <sup>2</sup> 水中(II 型水泥)	321.6600	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		245 kgf/cm <sup>2</sup> (II 型水泥)	290.5955	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		280 kgf/cm <sup>2</sup> SCC(II 型水泥)	353.7890	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		350 kgf/cm <sup>2</sup> SCC(II 型水泥)	405.5615	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		420 kgf/cm <sup>2</sup> 早強(II 型水泥)	481.7112	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查	
		預力鋼腱(鋼索)	2.1598	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi	
		預力材料(鍛鋼)	2.3133	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi	
		預力鍍鋅套管(鍍鋅鋼管)	2.4059	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi	
		橋面排水孔(鋼材)	1.9653	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi	
		鍍鋅鋼製定位管(鋼材)	1.9653	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi	
		鍍鋅隔柵蓋板及框座(鋼材)	1.9714	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi	
	橋面排水管(PVC)	3.2336	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi		
	箱型梁人孔蓋及座(鑄鐵)	2.2514	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi		

類別	項目	係數	單位	來源
	乙炔	5.6750	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	氧氣	0.1220	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	鍛鋼(盤式支承及剪力鋼箱)	2.3133	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	橡膠(盤式支承及剪力鋼箱)	3.3421	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	基樁完整性測試管(PVC)	3.2336	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	PE(土包袋)	1.5955	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	HDPE(透水盲管)	1.5920	kg CO <sub>2</sub> e/kg	Simapro-Ecoinvent
	瀝青混凝土	0.0682	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	瀝青混凝土(WH77-A 粗級配)-鴻林瀝青廠	100.63	kg CO <sub>2</sub> e/ton	本計畫調查
	瀝青混凝土(WH77-A 密級配)-鴻林瀝青廠	92.35	kg CO <sub>2</sub> e/ton	本計畫調查
	瀝青混凝土(WH77-B 粗、密級配)-鴻林瀝青廠	96.79	kg CO <sub>2</sub> e/ton	本計畫調查
	瀝青混凝土(WH77-C 粗級配)-坤慶瀝青廠	76.18	kg CO <sub>2</sub> e/ton	本計畫調查
	瀝青混凝土(WH77-C 密級配)-坤慶瀝青廠	77.06	kg CO <sub>2</sub> e/ton	本計畫調查
	瀝青混凝土(WH77-C PAC)-坤慶瀝青廠	133.94	kg CO <sub>2</sub> e/ton	本計畫調查
	I 型水泥	0.8656	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi-PE
	II 型水泥	0.9635	kg CO <sub>2</sub> e/kg	本計畫調查
	砂	0.0041	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	碎石級配	0.0344	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	肥料(有機土)	0.2300	kg CO <sub>2</sub> e/kg	ICE V2.0
	焊條	20.6000	kg CO <sub>2</sub> e/kg	Simapro-Ecoinvent
	聚胺脂樹脂	20.3696	kgCO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	壓克力	5.4819	kgCO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	不織布	1.7264	kgCO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	油毛氈	0.3662	kgCO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
	不鏽鋼板	3.4663	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GaBi
運輸	混凝土車(21T~24T)-安定	9.3852	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
	混凝土車(21T~24T)-安定	0.6776	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> -km	本計畫調查
	混凝土車(21T~24T)-官田	14.8367	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	本計畫調查
	鋼筋運輸(32T~36T)	1.6587	kg CO <sub>2</sub> e/km	本計畫調查
	瀝青混凝土運輸-鴻林	0.1015	kg CO <sub>2</sub> e/tkm	本計畫調查
	瀝青混凝土運輸-坤慶	0.1315	kg CO <sub>2</sub> e/tkm	本計畫調查
	40 噸以上	0.0512	kg CO <sub>2</sub> e/tkm	GaBi
	34 噸-40 噸	0.0471	kg CO <sub>2</sub> e/tkm	GaBi
	28 噸-34 噸	0.0507	kg CO <sub>2</sub> e/tkm	GaBi
	26 噸-28 噸	0.0598	kg CO <sub>2</sub> e/tkm	GaBi

類別	項目	係數	單位	來源
	20 噸-26 噸	0.0598	kg CO <sub>2</sub> e/tkm	GaBi
	14 噸-20 噸	0.0729	kg CO <sub>2</sub> e/tkm	GaBi
	12 噸-14 噸	0.0766	kg CO <sub>2</sub> e/tkm	GaBi
	7.5 噸-12 噸	0.1343	kg CO <sub>2</sub> e/tkm	GaBi

表 3.6.2-2 電力係數蒐集彙整結果

係數來源	時間	係數系統邊界				排放係數 (kgCO <sub>2</sub> e/kWh)
		開採	製造	輸送	線損	
能源局	2012		●			0.532
	2013		●			0.522
	2014		●			0.521
	2015		●			0.528
	2016		●			0.529
工研院 (環保署公告)	2011	●	●	●		0.698
	2012	●	●	●	●	0.69
	2013	●	●	●	●	0.66
	2014	●	●	●	●	0.65
	2015	●	●	●	●	0.654
GaBi <sup>a</sup>	2008~2013	●	●	●	●	0.818

註：a. GaBi 為生命週期係數資料庫，時間欄位為該係數之適用期間。

## 二、機具及運具燃料排碳係數

### (一)本計畫計算結果

本計畫以我國環保署公告之溫室氣體排放係數管理表與生命週期評估軟體中可得之不同生命週期階段的排碳係數，加總開採提煉、儲存運輸及使用階段的排放係數而得本計畫使用之燃料排碳係數，說明如後。

由環保署公告之溫室氣體排放係數管理表(6.0.3 版)，及 2007 年 GWP 值(二氧化碳：1、甲烷：25、氧化亞氮：298)，可得到燃料燃燒(使用)階段之碳排放係數，如表 3.6.2-3，但此係數僅含燃燒階段之排碳量，不符合生命週期係數之考量。

此外，本計畫另從生命週期資料庫中，蒐集各種燃料開採提煉、儲存運輸等階段之排碳量，如表 3.6.2-4，再將各階段排放係數加總，得到符合生命週期考量之碳足跡排放係數。

此外，我國 99 年至 103 年 5 月市面上之柴油中添加 2% 之生質柴油(脂肪酸甲酯)，以 B2 柴油表示。國內生質柴油為進口的產品，在其原料來源、提煉程序未知的情況下，並考量估算碳排放量之保守性原則(假設條件以不低估排碳量為原則)，本計畫將生質柴油前端原料開採提煉、儲存運輸之排碳量與柴油相同，計算出生質柴油排放係數，再依據柴油添加生質柴油之配比，計算出固定源及移動源使用之 B2 柴油之排放係數，如表 3.6.2-4。

表 3.6.2-3 燃料燃燒階段排放係數

項目	排放係數	單位	資料來源
移動源-柴油	2.650	kgCO <sub>2</sub> e/L	環保署溫室氣體 排放係數管理表 6.0.3 版
固定源-柴油	2.615	kgCO <sub>2</sub> e/L	
移動源-汽油	2.361	kgCO <sub>2</sub> e/L	
生質柴油	2.565	kgCO <sub>2</sub> e/L	

備註：生質柴油熱值 8,624 kcal/L、密度 0.88 g/cm<sup>3</sup>。

表 3.6.2-4 本計畫計算燃料碳足跡排放係數

項目	A.開採提煉 (Gabi-PE)	B.儲存運輸 (Ecoinvent)	C.燃燒(使用) (本計畫計算)	D.碳足跡 排放係數
柴油(固定源)	0.259	0.424	2.615	3.298
柴油(移動源)	0.259	0.424	2.650	3.333
汽油(固定源)	0.495	0.534	2.271	3.300
車用汽油(移動源)	0.495	0.534	2.361	3.390
生質柴油	0.259	0.424	2.566	3.249
B2 柴油(固定源)	0.259	0.424	2.614	3.297
B2 柴油(移動源)	0.259	0.424	2.649	3.332

備註：生質柴油熱值 8,624 kcal/L、密度 0.88 g/cm<sup>3</sup>。單位為 kgCO<sub>2</sub>e/L。D = A + B + C。

## (二)環保署公告燃料係數

我國環保署於其碳足跡資訊網中，陸續公告部分我國碳足跡排放係數。其中在 105 年 10 月之公告清單中，包括部分本計畫使用之燃料係數，彙整如表 3.6.2-5。

由環保署公告係數顯示，包括未燃燒(開採至銷售點，表 3.6.2-5 中 E 欄)及從開採至使用階段為止(表 3.6.2-5 中 G 欄)兩項；兩者相減後應為「使用階段」(燃燒段)之排碳量(表 3.6.2-5 中 F 欄)。

## (三)目前資料引用及因應

由表 3.6.2-4 及表 3.6.2-5 顯示，雖然本計畫及環保署公告之係數在使用階段皆以環保署溫室氣體排放係數管理表 6.0.3 版計算而得，但兩者之結果並不相同(表 3.6.2-4 中 C 欄及表 3.6.2-5 中 F 欄)。在與查證單位討論後，基於符合查證需求，本計畫將以表 3.6.2-5 之係數進行排碳量之計算。

**表 3.6.2-5 環保署公告燃料係數彙整表**

燃料類別	E.未燃燒 (環保署公告)	F.推估燃燒段係數 (本計畫推估)	G.使用 (環保署公告)
柴油(固定源)	0.75	2.70	3.45
柴油(移動源)	0.75	2.73	3.48
車用汽油(固定源)	0.67	2.35	3.02
車用汽油(移動源)	0.67	2.43	3.10
備註	從原油開採開始，經送至國內、分餾、煉製、輸送到銷售點為止。	本計畫由環保署公告係數計算： $F=G-E$	環保署公告(於固定源使用，於移動源使用)

備註：單位為 kg CO<sub>2</sub>e/L。F = G - E。( )中為資料來源。

## 三、工程材料排放係數

現階段本計畫主要工程材料為預拌混凝土、鋼筋及瀝青混凝土，其排放係數採用本計畫盤查產出成果，其他工程材料之排放係數則來自 GaBi 資料庫，包括：鋼索、鋼材、鍛鋼、鍍鋅鋼管、聚氯乙烯(PVC)、

橡膠(SRB)、HDPE、PP、水泥、紅磚等。而 GaBi 資料庫中若無適當係數，則採 SimaPro 或 ICE 係數，例如 HDPE(透水盲管)、肥料、焊條。相關係數詳表 3.6.2-1。

#### 四、運輸係數

混凝土及鋼筋等大宗物料，由於使用量大，致運輸碳排放量比例增加，因此本計畫目前透過供應商協助，取得其運輸車輛之油耗資料；配合燃料排碳係數，可得每單位材料運輸排碳係數(混凝土： $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{km}\cdot\text{m}^3$ 、 $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3$ ；鋼筋： $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{km}$ )。

一般運輸車輛，則依據使用車輛噸數，於 GaBi 資料庫中進行係數之選擇。

### 3.6.3 供應商盤查資料計算結果

由目前計算結果顯示，工程之主要排碳來源為鋼筋及混凝土之使用，其中混凝土則以水泥為主要排碳源，鋪面工程中之瀝青混凝土則為道路工程重要工項。為提升本工程一級數據比例，可由鋼筋、水泥、水泥混凝土或瀝青混凝土之盤查著手。若相關供應商可配合盤查工作之執行提供資料，除可由此過程中建立本土化係數，做為本計畫之一級數據外，亦可作為其他標案工程較佳二級數據之參考。

本計畫在供應商可配合之情況下，已執行鋼筋、水泥、預拌混凝土廠、瀝青混凝土廠及預力鋼腱之現訪協商及資料蒐集，並有盤查成果產出。其中預力鋼腱之供應商僅 WH77-B 標為國內生產，WH77-C 標則為國外製造進口，故僅進行 B 標預力鋼腱之供應商盤查，各標盤查資料蒐集期間彙整如表 3.6.3-1。另預拌混凝土供應商為同一公司，但由兩個廠區供貨。盤查成果說明如後。

表 3.6.3-1 本工程各標供應商之盤查資料蒐集期間

供應商	WH77-A 標	WH77-B 標	WH77-C 標
鋼筋	海光 (101 年~104 年) 【102~104 年】	海光 (102 年~106 年) 【102~104 年】 漢泰 (104 年 1 月~105 年 5 月) 【102~103 年】	漢泰 (102 年~103 年；103 ~106 年) 【102~103 年】 東和 (103 年 1~6 月) 【102 年】
水泥	台泥 (預拌廠安定 102 年~106 年) (預拌廠官田 103 年~106 年) 【103 年】	台泥 (預拌廠安定 102~106 年) (預拌廠官田 103~106 年) 【103 年】	台泥 (預拌廠安定 102~106 年) (預拌廠官田 103~106 年) 【103 年】
預拌 混凝土	竑榮預拌廠安定 (101 年~104 年) 【101~106 年】 竑榮預拌廠官田 (101 年~104 年) 【103 年 7 月~106 年】	竑榮預拌廠安定 (102 年~106 年) 【101~106 年】 竑榮預拌廠官田 (103 年~106 年) 【103 年 7 月~106 年】	竑榮預拌廠安定 (102~106 年) 【101~106 年】 竑榮預拌廠官田 (103 年~106 年 2 月) 【103 年 7 月~106 年】
瀝青混 凝土	鴻林 (103~104 年) 【104 年】	鴻林 (105 年~106 年) 【104 年】	坤慶 (105 年 10 月~106 年 2 月) 【105 年 10 月~106 年 2 月】
預力鋼 腱		佳大 (103 年~106 年) 【104 年】	(104~105 年) 國外生產製造，無進行盤查作 業

備註：( )為各標各供應商供貨期間。【 】為供應商提供盤查資料期間。

#### 一、鋼筋供應商盤查作業說明及計算結果

目前使用於本計畫工程之鋼筋皆來自電弧爐煉鋼製程，其主要原料為廢鐵、生石灰、矽鐵等原料，經由電弧爐、精煉及鑄造等單元煉製成型為鋼胚，後續鋼筋製程則係鋼胚加熱、軋延、裁剪及包裝程序製成鋼筋成品。

由鋼筋廠製程及使用之能資源狀況，鋼筋碳足跡需蒐集資料及可取得之一級數據內容可概述如圖 3.6.3-1。本計畫取得 3 家供應商(鋼鐵)之

產能、原物料運輸、使用及製程等排放資料；以下分項說明三家鋼鐵廠之產品碳足跡之盤查作業及結果。

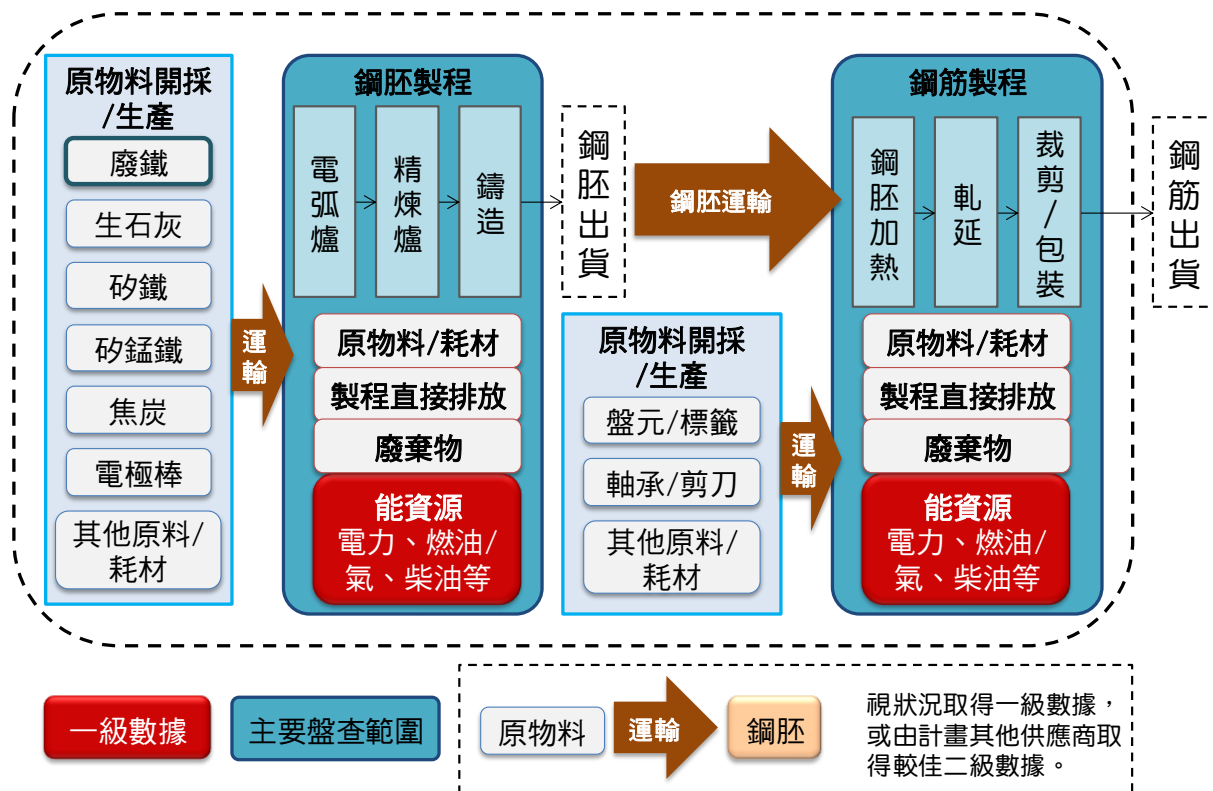


圖 3.6.3-1 鋼筋廠製程及盤查資料蒐集範圍概述

(一)海光鋼鐵廠

B 標之鋼筋主要來自海光鋼鐵廠，此鋼鐵廠又可再分為鋼胚製造(甲)及壓延(乙)兩個廠區。本計畫已取得甲廠區(鋼胚)、乙廠區(鋼筋)之 102~104 年度之溫室氣體排放清冊(組織型)、原料來源及數量、產品產能、耗材種類及數量以及廢棄物處理等資料，並以此資料計算得 102~104 年度不同種類之鋼胚、鋼筋碳足跡。

本計畫已於 104 年 12 月完成甲廠區(鋼胚)、乙廠區(鋼筋)之 102、103 年度之鋼胚、鋼筋碳足跡盤查及第三方查證作業，該廠更進一步申請產品碳足跡查證聲明書，於 105 年 5 月至 6 月完成查證作業，並已於 105 年 7 月取得 103 年度之鋼胚、鋼筋碳足跡查證聲明書，後續該廠同意將已取得查證聲明書之鋼胚及鋼筋碳足跡，於 106 年登錄至



環保署碳足跡係數資料庫平台。

## (二)漢泰鋼鐵廠

漢泰鋼鐵廠僅有延壓之製程，前端生產鋼筋之鋼胚非自行生產，且其鋼胚來源不一(部分來自國內，部分由國外進口，比例不一定)，分別進行鋼胚之上游盤查恐耗費大量資源及時間，考量其供貨時間不長、數量不多，因此本計畫依供應商提供之鋼胚來源，引用海光鋼鐵廠已取得查證聲明書之鋼胚單位排碳量作為計算依據，但此為二級數據。

本計畫已取得該廠 102 年度全廠之能源投入種類、數量、產能及廢棄物處理等盤查資料，並計算其 102 年度鋼筋延壓製程之單位碳排放量。另 103 年起之盤查資料由於該廠表示已與其他公路總局委辦計畫進行碳足跡盤查作業，將不重複提供本計畫資料；本計畫已與該計畫取得聯繫並協商取得 103 年該廠之鋼筋碳足跡計算結果，此部分資料可作為本工程一級數據依據。

## (三)東和鋼鐵廠

該廠狀況與海光鋼鐵廠類似，本身為延壓製程，鋼胚來源為該公司其他廠區。

東和鋼鐵廠已完成該廠 102 年度鋼筋之產品碳足跡盤查及查證作業，本計畫已取得碳足跡計算結果，並引用該碳足跡進行工程碳排放計算。

## (四)盤查結果

目前各鋼筋廠供應商提供之 102~104 年度資料試算其鋼筋碳足跡，結果彙整如表 3.6.3-2。

海光鋼鐵廠甲廠區(鋼胚)及乙廠區(鋼筋)碳足跡資料最為完整，資料期間涵蓋 102~104 年，其中 102~103 年資料已完成第三方查證作業，並已於 105 年 7 月取得 103 年鋼胚及鋼筋之碳足跡查證聲明書。

表 3.6.3-2 各標鋼筋供應商之鋼筋碳足跡彙整表

標別	WH77-B 標						WH77-C 標				WH77-C 標	GaBi 係數
供應商	海光(102)		海光(103)		海光(104)		漢泰(102)		漢泰(103)		東和(102)	-
製程	SD420W		SD420W		SD420W		SD420W		-	0.189(SD420W) 0.184(SD280W)	-	
	鋼胚	鋼筋	鋼胚	鋼筋	鋼胚 <sup>a</sup>	鋼筋	鋼胚 <sup>b</sup>	鋼筋				
	0.497	0.129	0.563	0.137	0.414	0.153	0.752	0.153				
	0.626		0.701		0.567		0.905					
	SD280W		SD280W		SD280W		SD280W					
	鋼胚	鋼筋	鋼胚	鋼筋	鋼胚 <sup>a</sup>	鋼筋	鋼胚 <sup>b</sup>	鋼筋				
	0.507	0.129	0.521	0.137	0.402	0.153	0.726	0.153				
	0.636		0.658		0.555		0.878					
原料及運輸	SD420W	0.181	SD420W	0.200	SD420W	0.394	0.001 <sup>c</sup>		SD420W	0.718	-	
	SD280W	0.202	SD280W	0.216	SD280W	0.418			SD280W	0.702		
碳足跡 <sup>d</sup> (kg CO <sub>2</sub> -e/kg)	0.808(SD420W) 0.838(SD280W)		0.901(SD420W) <sup>e</sup> 0.874(SD280W) <sup>e</sup>		0.961(SD420W) 0.972(SD280W)		0.906(SD420W) 0.879(SD280W)		0.857(SD420W) 0.863(SD280W)	0.907(SD420W) <sup>e</sup> 0.886(SD280W) <sup>e</sup>	1.2440	
與 Gabi 之差異	-35%/-33%		-28%/-30%		-23%/-22%		-29%/-27%		-31%/-31%	-26%/-28%	-	
一級數據 占比	77.49%(SD420W) 75.87%(SD280W)		77.75%(SD420W) 75.26%(SD280W)		58.24%(SD420W) 56.46%(SD280W)		16.86%(SD420W) 17.37%(SD280W)		13.60%(SD420W) 13.49%(SD280W)	20.83%(SD420W) 20.77%(SD280W)	-	

備註：a. 國外鋼胚碳足跡引用海光鋼鐵廠之 104 年鋼胚碳足跡(替換為國外之電力係數)，為二級數據。

b. 資料引用海光鋼鐵廠之 103 年鋼胚碳足跡，已包含鋼胚原料及其運輸，為二級數據。

c. 引用海光鋼鐵廠之 103 年原料及運輸/製程比例，乘上本廠之製程排量，為二級數據。

d. 碳足跡 = 製程 + 原料及運輸。

e. 碳足跡已取得查證聲明書。

海光鋼鐵廠兩廠之 103 年鋼胚及鋼筋之排碳量分析如圖 3.6.3-2，甲廠區(鋼胚)之主要排放來源為製程(電力)，占總排碳量 54.8% ~ 55%；其次為原物料之總占比 16.4% ~ 19.1%，原物料又以矽鐵及生石灰排放之占比為最大宗約 4.2% ~ 9.9% 及 5.8% ~ 6%；製程直接排放(原物料)占總量之 13.6% ~ 17%，其餘之製程(其他)則為 2.1% ~ 2.2%；運輸排碳量以廢鐵為最大宗排放源，占比為 9.3% ~ 9.6%，運輸(其他)則僅占總量之 0.4%。乙廠區(鋼筋)之主要排放源為鋼胚原料，佔總排碳量 84.2% ~ 84.6%，其餘原料(其他)之占比僅 0.1%；製程(天然氣)及製程(電力)排放占比為 9.2% ~ 9.5% 及 6.0% ~ 6.2%；運輸排放總量占比近 0.0%。海光鋼鐵廠 103 年鋼筋碳足跡之一級數據占比約為 75.26% ~ 77.75%。

海光鋼鐵廠 104 年因甲廠區(鋼胚)之鋼胚產量銳減，相較 102~103 年之鋼胚製程單位排碳量及一級數據比例，皆有明顯降低情形。另因 104 年乙廠區(鋼筋)使用國外鋼胚進行軋延，使得整體之鋼筋碳足跡提升近 10%，計算得 104 年 SD280W 及 SD420W 鋼筋碳足跡分別為 0.972 及 0.961kgCO<sub>2</sub>e/kg。

漢泰鋼鐵廠 102 年僅提供廠區耗能之資料，其原料(含耗材)及運輸資料尚需進一步確認，參考 103 年海光鋼鐵廠「原料及運輸/製程」排碳比例 0.78%，估算漢泰鋼鐵廠 102 年之 SD420W 及 SD280W 鋼筋碳足跡約為 0.906 及 0.879 kgCO<sub>2</sub>e/kg。漢泰鋼鐵廠 102 年鋼筋碳足跡之一級數據占比約為 16.86% ~ 17.37%。

東和鋼鐵廠引用產品碳足跡查證聲明書之結果，考慮其製程排放主要來源為能資源，假設製程階段的排放皆屬一級數據，東和鋼鐵廠鋼筋碳足跡之一級數據占比約為 20.77% ~ 20.83%。

由目前計算結果顯示，與本計畫使用 GaBi 軟體資料庫之鋼筋排放係數約有 26% ~ 35% 之差異，差異程度頗為顯著，顯示執行供應商盤查之必要性，並提升本工程碳足跡之一級數據比例及數據品質。

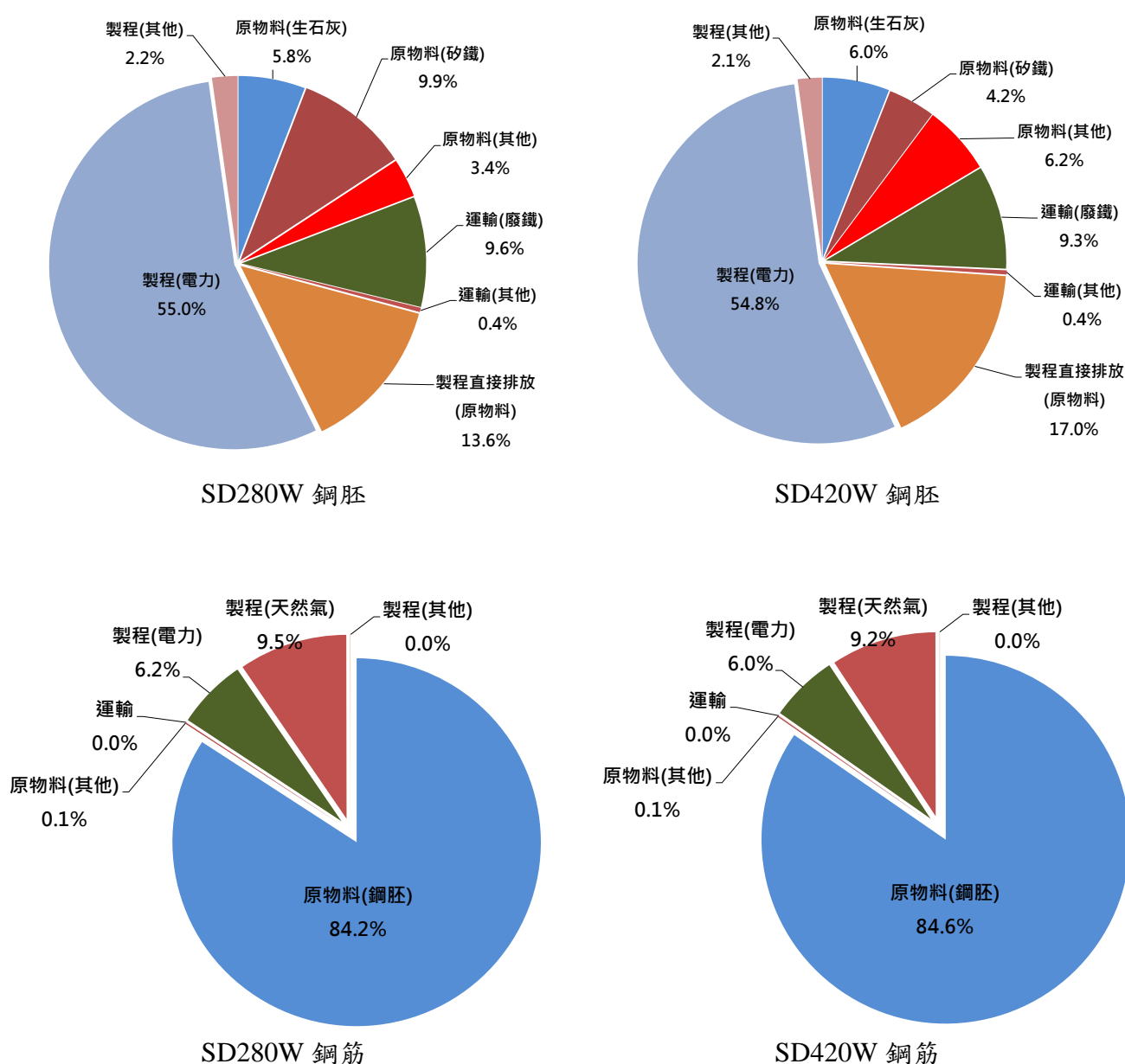


圖 3.6.3-2 103 年海光鋼鐵廠之鋼胚、鋼筋碳足跡排碳量分析

## 二、水泥供應商盤查作業說明及計算結果

### (一) 盤查作業說明

本計畫以本工程各標所採用之混凝土廠商，其水泥原料供應商「台泥蘇澳廠」為盤查對象。水泥廠為固定排放源管制對象，已依環保署規定完成廠區之組織型溫室氣體盤查、溫室氣體排放清冊及第三方查證，本計畫以此溫室氣體盤查資料為依據，設計水泥碳足跡盤查表單，請台泥蘇澳廠協助提供 103 年度，水泥及石灰石之產能、礦區

能資源、原物料及耗材之種類、數量與來源、廢棄物處理方式等項目，以計算水泥碳足跡。本計畫並於 105 年 5 月 27 日會同本計畫查驗單位，至台泥蘇澳廠進行盤查數據之查核，以確保資料之準確性。

## (二)盤查結果

由本計畫取得之 103 年度台泥蘇澳廠資料，彙整水泥廠製程與盤查範圍如圖 3.6.3-3 所示，盤查範圍包含石灰石礦區與製程部分。

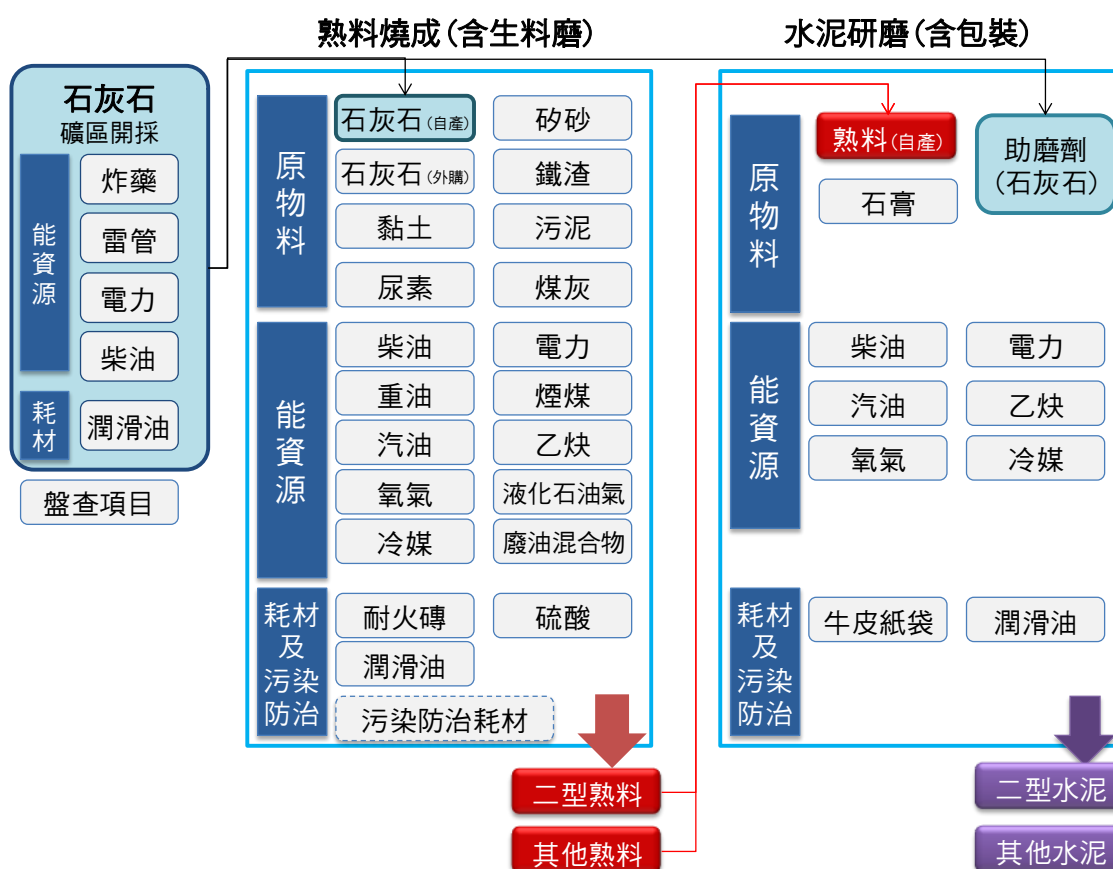


圖 3.6.3-3 製程及盤查範圍

礦區主要使用炸藥來開採石灰石，再運用機具挖運至輸送帶上，以電力輸送至廠區儲槽使用。本計畫計算礦區開採使用之炸藥、雷管、柴油、潤滑油及電力排放量，再以年度石灰石產量計算出台泥蘇澳廠礦區單位開採排碳量為 2.007 kgCO<sub>2</sub>e/ton。該廠除了使用自產的石灰石之外，亦有購入其他礦區的石灰石，其他礦區之石灰石開採階段排碳量，則假設與該廠礦區之盤查資料所計算出的排碳量一致，以實際

盤查資料取代資料庫石灰石開採係數。

水泥製造流程主要分為熟料燒成與水泥研磨兩段，分別彙整兩段製程投入之原物料、能資源及耗材詳如圖 3.6.3-3。

本計畫以台泥蘇澳廠提供之資料，分階段計算 103 年生產熟料及水泥之單位排放量，結果如表 3.6.3-3。由於本計畫使用之預拌混凝土係採用二型水泥，故請台泥蘇澳廠提供各主要原物料投入二型水泥製程之廠內紀錄數據，作為分配之依據。由表 3.6.3-3，整廠熟料及水泥單位排放量為 0.9853 及 0.9636 kgCO<sub>2</sub>e/kg；二型熟料及二型水泥單位排放量為 0.9843 及 0.9635 kgCO<sub>2</sub>e/kg。

另分析水泥廠整體排碳量，以製程排放占比最大約為 94%，主要排放源為熟料(52%)、煙煤(35%)及電力(7%)排放，排放量分析如圖 3.6.3-4。水泥廠碳足跡中能源及熟料直接排放屬於一級數據，占比可達到 92%。

表 3.6.3-3 台泥蘇澳廠熟料及水泥單位排放量

項目	整廠	二型	說明
單位熟料排放量 (kgCO <sub>2</sub> e/kg)	0.9853	0.9843	熟料燒成階段排放量÷熟料產量
單位水泥排放量 (kgCO <sub>2</sub> e/kg)	0.9636	0.9635	(單位熟料排放量×熟料投入量+水泥磨階段排放量)÷水泥產量

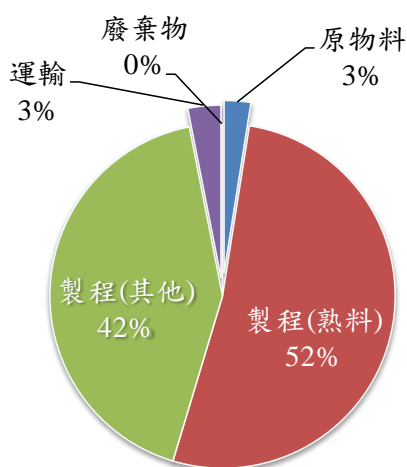


圖 3.6.3-4 水泥廠二型水泥碳足跡排碳量分析

表 3.6.3-4 水泥碳足跡彙整表

標別	WH77-A/B/C 標				GaBi 係數	環保署係數 <sup>a</sup>	
供應商	台泥蘇澳廠(103年)				-	DoITPro (101年)	
	二型水泥		其他水泥				
水泥類型	熟料	水泥	熟料	水泥	一型水泥	熟料	水泥
原料(kgCO <sub>2e</sub> /kg)	0.024	0.024	0.038	0.038	-		
運輸(kgCO <sub>2e</sub> /kg)	0.011	0.012	0.009	0.009			
製程(kgCO <sub>2e</sub> /kg)	0.949	0.928	0.938	0.917			
碳足跡 <sup>b</sup> (kgCO <sub>2e</sub> /kg)	0.984	0.964	0.985	0.964	0.8656	0.95	0.94
一級數據占比		93.0%		94.2%	-	-	
與 GaBi 係數之差異	-	111%	-	111%			
與環保署係數之差異	104%	103%	104%	103%			

備註：a.環保署係數不含原物料運輸至廠區及產品包裝階段；

b.碳足跡 = 製程 + 原料及運輸。

彙整本計畫盤查水泥廠之計算結果、環保署及係數資料庫水泥排放係數於表 3.6.3-4，再比較兩廠熟料及水泥碳足跡盤查結果，與係數資料庫及環保署係數之差異，如表 3.6.3-4。

本計畫盤查之水泥廠熟料及水泥碳足跡，略大於 GaBi 與環保署公告係數。雖然水泥廠的製程相同，但水泥廠會因為每批投入原物料的成分品質變化，於製程中調整投入原料及能源之比例，以生產符合標準之產品，故可能會影響熟料及水泥的產能以及排放量，造成不同廠區或年分上之差異。另一原因可能為環保署係數在邊界設定上不包含原物料運輸至廠區及產品包裝階段。

### 三、預拌混凝土供應商-混凝土碳足跡盤查作業說明及結果

本工程各標之預拌混凝土皆來自同一供應商「竣榮預拌廠」，由於工程所需預拌混凝土數量龐大，此供應商於 103 年起亦有一定數量之供料由備用廠提供，故供料源可再分為安定、官田兩廠。

其中安定廠為主要供料源，該廠經過多次協商後，已提供自 101 年起完整之能源使用資料，並自 103 年度起提供於各標使用之原物料資料；

官田廠為備用供料廠，與安定廠相同，自 103 年度起提供於各標使用之原物料資料，而能資源資料經本計畫數次溝通後，已同意提供部分盤查所需資料，並自 103 年 5 月年起彙整其能資源使用資料，提升一級數據比例。

由預拌混凝土廠製程及使用之能資源狀況，預拌混凝土碳足跡需蒐集資料及可取得之一級數據內容可概述如圖 3.6.3-5。關於提供本工程使用預拌混凝土安定、官田廠之混凝土碳足跡計算結果說明如後。

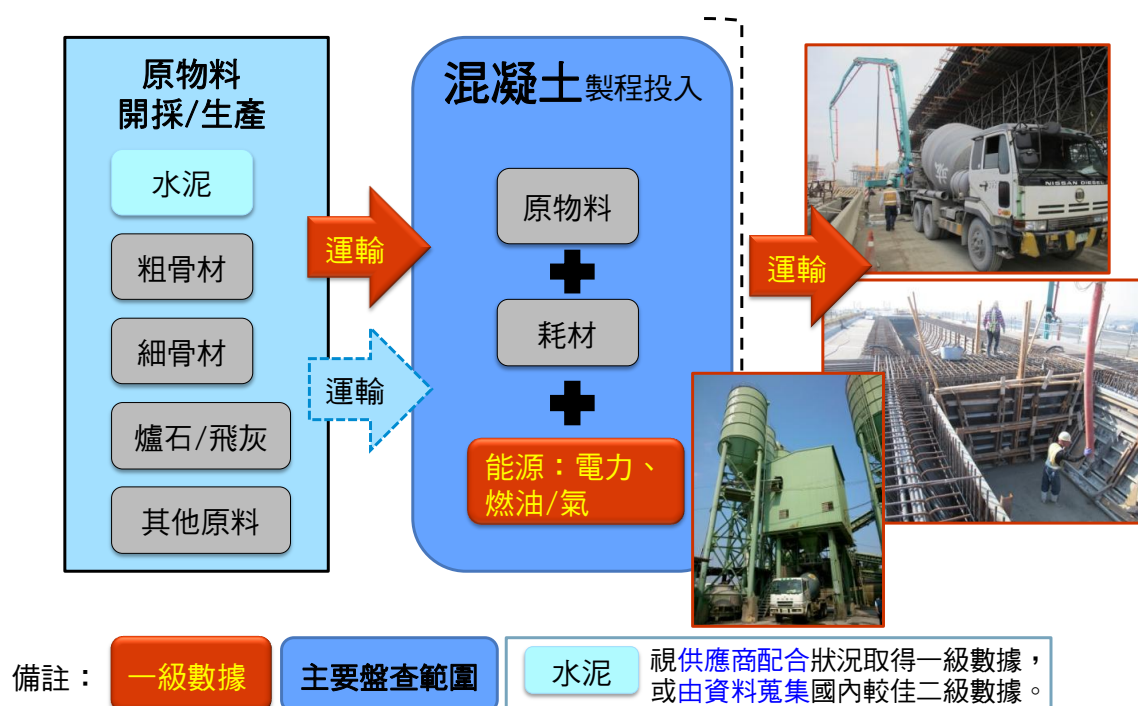


圖 3.6.3-5 預拌混凝土製程及盤查資料蒐集範圍概述

#### (一) 安定廠

依據安定廠提供之電力、燃料、用水量、產品產能(包括重量及體積單位)等資料，計算單位混凝土之耗電、耗油、耗水量，並依據前述能資源之碳排放係數，計算單位混凝土之能資源碳排放量。

此外，再由安定廠目前提供用於本工程各標之各型強度混凝土，以及各型強度混凝土所對應之原物料投入量(分別以體積及重量表示)，配合各種原料之碳排放係數及已盤查之上游原料係數(水泥廠)，即可計算各強度混凝土之碳足跡。安定廠各強度預拌混凝土之碳足跡結果



如表 3.6.3-5(分別以體積及重量表示)。

**表 3.6.3-5 混凝土預拌廠(安定)各型預拌混凝土碳足跡**

廠別 單位 強度	WH77-A		WH77-B		WH77-C	
	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
140 II	0.1087	250.8416	0.0947	217.1058	0.0926	214.9984
210 II	0.1354	313.4931	0.1101	254.0449	0.1095	254.4548
210 II, 水中	0.1552*	359.1261*	0.1350	322.1671	0.1377	320.2385
245 II	0.1504	343.5506	0.1168	269.8742	0.1239	287.8297
280 II	0.1516	352.2665	-	-	0.1317	306.3587
280 II, SCC	-	-	0.1466	333.7842	0.1527	352.0864
350 II, SCC	0.1845	427.4690	0.1607	367.0053	0.1846	380.6035
420 II	0.2035	478.6403	-	-	-	-
420 II 早強	-	-	0.1871	445.2964	0.2018	483.2365
420 II 無收縮	0.1729	409.9835	-	-	0.2091	494.5598

\*WH77-A 標 210 水中混凝土於安定廠配合盤查前已供料完畢，原物料排碳量以配比計算。

## (二)官田廠

依據官田廠自 103 年 1 月起提供之原物料投入量數據，及自 103 年 5 月起提供總出貨方數、廠區製程之燃油、電力、水等能資源耗用相關資料，同安定廠之計畫方法，官田廠各強度預拌混凝土之碳足跡結果如表 3.6.3-6 所示(分別以體積及重量表示)。

## (三)綜合評析

由表 3.6.3-5 與 3.6.3-6 可知，由於各標混凝土配比有差異，即使為同一強度之混凝土，其排碳係數亦不相同；另比較同一標之混凝土，來自預拌廠(安定)及預拌廠(官田)之混凝土排碳係數亦因配比不同而有所差異。由此結果顯示，若僅使用係數資料庫中之混凝土排碳係數，無法展現各標混凝土排碳差異，亦無法展現不同預拌廠之排碳差異。

目前計算混凝土排碳量時，所使用之水泥原物料排碳係數採用本計畫盤查產出成果，其一級數據比例達 94% 以上，而預拌混凝土廠之廠區能源耗用量亦為實際盤查資料，一級數據約占各標工程總排放量

1%左右。各標混凝土一級數據比例彙整如表 3.6.3-7，整體混凝土之一級數據占比皆高於 70% 以上。

表 3.6.3-6 混凝土預拌廠(官田)各型預拌混凝土碳足跡

廠別	WH77-A		WH77-B		WH77-C	
單位 強度	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kg CO <sub>2</sub> e/kg	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
CLSM	-	-	0.1015	156.8752	-	-
140 II	0.1133	261.9265	0.0960	220.2367	-	-
175 輕質	-	-	0.1608	317.1341	-	-
210 II	0.1326	307.0628	0.1134	261.1681	-	-
210 II，水中	-	-	0.1362	316.1075	0.1383	321.6600
245 II	0.1452	338.8656	0.1204	278.2289	0.1262	290.5955
280 II	0.1528	356.8879	-	-	-	-
280 II，SCC	-	-	0.1471	335.6652	0.1530	353.7890
350 II，SCC	0.1870	432.8028	0.1602	367.1753	0.1752	405.5615
350 II 早強	-	-	0.1608	367.6158	-	-
420 II 早強	0.2079	486.8293	0.1876	446.7720	0.2013	481.7112
420 II 無收縮	-	-	0.2082	491.2433	-	-

表 3.6.3-7 混凝土預拌廠各型預拌混凝土碳足跡一級數據比例

廠別	安定廠			官田廠		
標別 強度	WH77-A	WH77-B	WH77-C	WH77-A	WH77-B	WH77-C
140 II	76.13%	73.86%	73.37%	75.79%	73.87%	-
175 輕質	-	-	-	-	81.40%	-
210 II	79.30%	75.88%	75.75%	77.78%	76.43%	-
210 II，水中	-	78.69%	78.78%	-	78.88%	78.83%
245 II	77.79%	76.85%	77.39%	78.97%	77.17%	77.16%
280 II	80.62%	-	78.16%	79.62%	-	-
280 II，SCC	-	79.46%	80.39%	-	79.52%	80.43%
350 II，SCC	81.76%	80.50%	81.23%	81.01%	80.49%	81.55%
350 II 早強	-	-	-	-	80.50%	-
420 II	82.98%	-	-	82.54%	82.03%	82.96%

廠別	安定廠			官田廠		
標別 強度	WH77-A	WH77-B	WH77-C	WH77-A	WH77-B	WH77-C
420 II 早強	-	82.00%	82.49%	-	-	-
420 II 無收縮	83.30%	-	85.72%	-	86.31%	-
420 II 水泥砂漿	89.33%	-	-	-	-	-

#### 四、預拌混凝土供應商-混凝土運輸碳足跡盤查作業說明及計算結果

由於混凝土為工程中使用量最多之工程材料，且其運輸頻率也最高，因此本計畫協商預拌廠提供運輸相關盤查資料，以提升混凝土運輸排碳量之數據品質，提升排放量中一級數據之占比。

預拌廠(安定)自 102 年 3 月起提供該廠之預拌車每月加油量及載運方數，並自 103 年 3 月起提供該廠之預拌車每月加油量及行駛里程，由此資料計算得混凝土預拌車之單位油耗，輔以本計畫計算之柴油生命週期排碳係數，即可得單位預拌混凝土運輸之方公里排碳量，如表 3.6.3-8。

表 3.6.3-8 預拌廠(安定)預拌混凝土運輸碳足跡

月份	102 年度	103 年度	104 年度	105 年度	106 年度 (1~8 月)
用油量(L)	618,071	701,843	480,962	441,408	211,291
載運方數(m <sup>3</sup> )	238,323	253,197	174,813	164,983	78,466
載運車次	-	30,528 <sup>a</sup>	28,654	28,240	13,811
行駛里程(km)	-	991,947 <sup>a</sup>	801,217	708,356	351,228
平均油耗參數(km/L)	1.6689 <sup>b</sup>				
平均單程載運距離 (km/車次)	14.09 <sup>b</sup>				
平均油耗參數(L/m <sup>3</sup> )	2.6969 <sup>b</sup>				
平均油耗參數 (L/m <sup>3</sup> -km)	0.1947 <sup>b</sup>				
排碳係數 (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> -km)	0.6776 <sup>b</sup>				

a：資料蒐集期間 103 年 3 月~103 年 12 月；b：資料蒐集期間 103 年 3 月~106 年 8 月。

預拌廠(官田)因無法提供預拌車之行駛里程，本計畫就依該廠自 103 年 5 月起提供之全廠油耗量及載運方數資料，計算預拌廠(官田)之每方混凝土運輸排碳量如表 3.6.3-9。

**表 3.6.3-9 預拌廠(官田)預拌混凝土運輸碳足跡**

年度	103 年度	104 年度	105 年度	106 年度 (1~8 月)
油量(L)	405,010	509,318	505,842	285,592
載運方數(m <sup>3</sup> )	95,757	102,867	127,653	73,815.0
油耗參數(L/m <sup>3</sup> )	4.23	4.95	3.96	3.87
平均油耗參數(L/m <sup>3</sup> )	4.2634			
排碳係數(kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	14.8367			

#### 五、瀝青混凝土供應商盤查說明及計算結果

由瀝青混凝土製程及使用之能資源狀況，瀝青混凝土碳足跡需蒐集資料及可取得之一級數據內容概述如圖 3.6.3-6。瀝青混凝土排碳源除材料開採及製造外，廠區內主要能耗(排碳)來源為：機械設備運轉時所使用之電能及骨材在乾燥與加熱過程所燃燒的重油；後續材料運送至工區，及機具在工區中鋪設瀝青混凝土之能耗，亦為本計畫執行工程碳盤查及瀝青混凝土生命週期排碳量不可忽略的部分，相關資料應一併蒐集彙整。

目前使用於本計畫工程之瀝青混凝土，WH77-A、B 標皆為鴻林瀝青廠提供，WH77-C 標供應商則為坤慶瀝青廠。鴻林瀝青廠經協商後同意配合提供 104 年度資料；坤慶瀝青廠則同意提供 WH77-C 標施工期間資料，施工及資料提供期間為 105 年 10 月~106 年 2 月。以下分別說明此 2 家供應商之盤查結果。

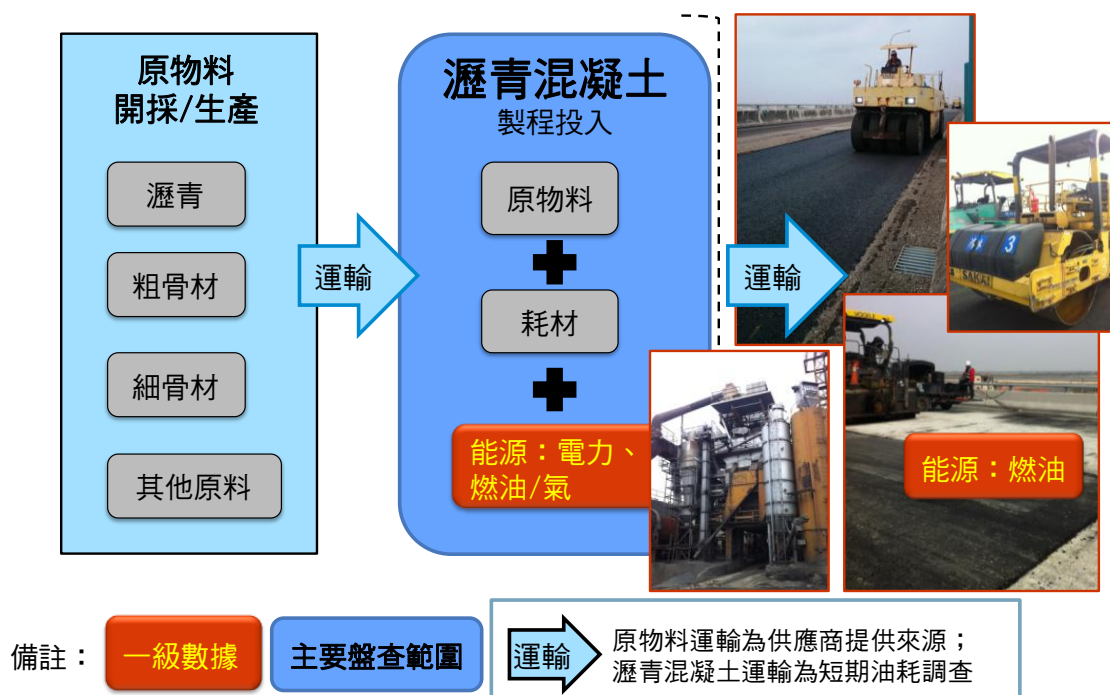


圖 3.6.3-6 瀝青混凝土製程及盤查資料蒐集範圍概述

(一)鴻林瀝青廠

本計畫依據瀝青混凝土廠提供之電力、燃料、各類產品產能等資料，計算單位瀝青混凝土之耗電、耗油量，及單位瀝青混凝土之能資源碳排放量。鴻林瀝青廠提供之 104 年用電量、燃料進貨量資料及單位瀝青混凝土之能耗量彙整如表 3.6.3-10 所示。其中廠內柴油使用統計數量，由於涵蓋多數工地施工用油而無法區分，因此以坤慶瀝青廠之廠內柴油單位產量油耗率估算。

表 3.6.3-10 鴻林瀝青廠製造能耗分析表

時間	總產能 (ton)	用電量 (度)	單位產能用電量(度/ton)	燃料油進貨量(L)	單位產能油耗量 (L/ton)	單位產能柴油耗量(L/ton)
104 年	266,748	1,953,550	7.32	2,326,520	8.72	0.25*

\*引用坤慶瀝青廠之平均油耗量

另依據 WH77-A、B 標之配比資料，包括瀝青混凝土之瀝青、砂、級配料及水泥資料，彙整平均 1 噸瀝青混凝土之材料使用量，合併前述

1 噸瀝青混凝土之用電量及油耗量，乘上及各項材料及能源碳足跡係數，計算得該廠各標瀝青混凝土碳足跡係數如表 3.6.3-12，介於 92.35~100.63 kgCO<sub>2</sub>e/ton。以 WH77-B 標瀝青混凝土碳足跡為例，各項材料及能資源排碳量分析如圖 3.6.3-7 所示，由分析結果顯示，以燃料油使用之排碳量占比最高 36.0%，整體能源消耗之排碳量總計約 41.9%；材料排碳量部分，雖然級配料之排碳係數不高，但因使用之數量較多，故排碳量占比近 20%，另由於水泥之添加，使得整體碳足跡大幅提升，其占比約為 18.9%，其餘瀝青及砂占比則為 17.2% 及 1.6%。

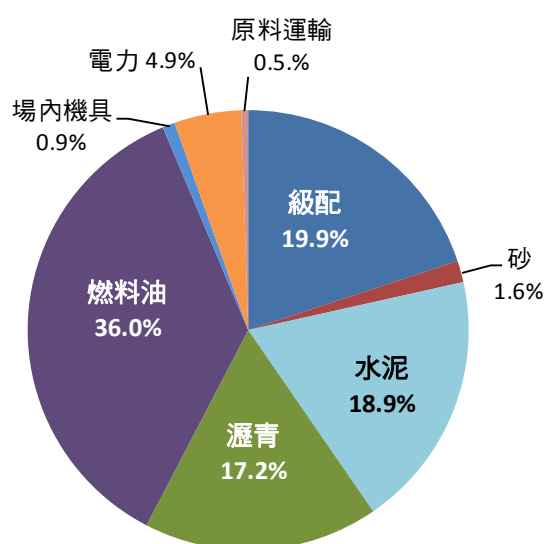


圖 3.6.3-7 鴻林瀝青廠排碳量分析(WH77-B 標)

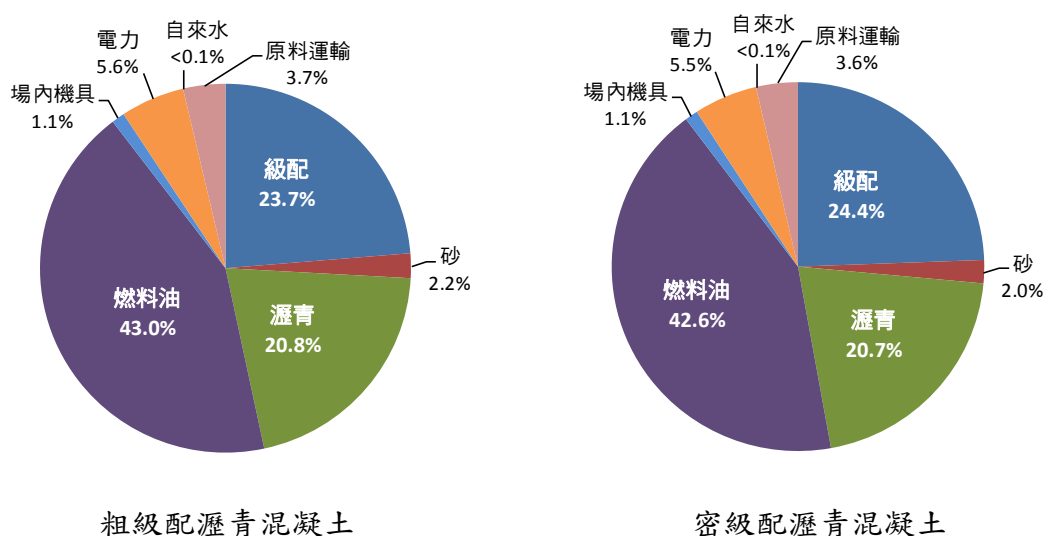
## (二) 坤慶瀝青廠

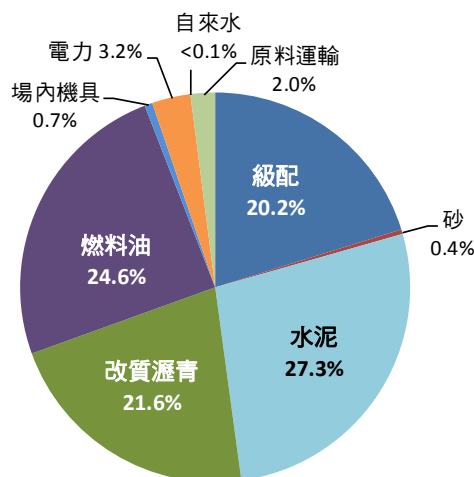
坤慶瀝青廠提供之 105 年 10 月~106 年 2 月份能資源資料，包含總產能、製程使用之電力、燃料油及廠內機具用油能耗量，如表 3.6.3-11 所示。顯示不同月份之單位產能用電量、燃料油耗及柴油耗量皆有些微差異，經現訪瞭解可能與每月晴雨天氣有關，若當月下雨天數較長，該月份用於乾燥機之能資源有較高之情形，反之則較低。

表 3.6.3-11 坤慶瀝青廠製造能耗分析表

時間	總產能 (ton)	用電量 (度)	單位產能用 電量(度/ton)	燃料油 進貨量(L)	單位產能燃油 耗量(L/ton)	柴油進貨量 (L)	單位產能柴油 耗量(L/ton)
105/10	13,668	102,240	7.48	115,000	8.41	5,290	0.39
105/11	17,228	109,620	6.36	125,000	7.26	4,400	0.26
105/12	18,773	112,200	5.98	165,000	8.79	5,700	0.30
106/01	13,708	85,920	6.27	125,000	9.12	1,500	0.11
106/02	9,798	73,320	7.48	74,900	7.64	1,500	0.15
總計(平均)	73,174	483,300	6.60	604,900	8.27	18,390	0.25

本計畫蒐集該廠於 105 年 10 月~106 年 2 月，使用於本計畫 C 標之瀝青混凝土產量及投入之原物料量(瀝青、砂、水泥、級配)，彙整 C 標原物料用量、前述總產能之單位能資源用電、耗油量等，並依據各項原料及能資源碳足跡係數，計算使用於 C 標之粗級配瀝青混凝土、密級配瀝青混凝土、PAC 瀝青混凝土之碳足跡係數分別為 76.98、77.71、134.24 kgCO<sub>2</sub>e/ton，各項材料及能資源排碳量分析如圖 3.6.3-8。結果顯示粗級配與密級配以燃料油排碳量占比最高 42.6~43.0%，其次為級配與瀝青約 23.7~24.4%、20.7~20.8%。PAC 則因使用水泥原料，水泥排碳係數大於其他材料之係數，造成主要排碳源為水泥 27.3%，其次為燃料油、改質瀝青與級配，占比分別為 24.6%、21.6%及 20.2%。





多孔隙瀝青混凝土(PAC)

圖 3.6.3-8 坤慶瀝青廠排碳量分析

## (三)綜合分析

彙整 2 家供應商之瀝青混凝土碳足跡如表 3.6.3-12，顯示鴻林瀝青廠以及坤慶瀝青廠之 PAC 瀝青混凝土，皆因水泥原料的添加而有較高之碳足跡，其中又以 PAC 碳足跡最高，主因為 PAC 之水泥添加比例亦較高。進一步比較製程、原物料及運輸之排碳差異，2 家瀝青混凝土廠之製程排碳量相近約 40 kgCO<sub>2</sub>e/ton，原物料則因各類型瀝青混凝土的配比差異而有不同之排碳量，運輸排碳量皆相對較低。

表 3.6.3-12 各標瀝青混凝土供應商之瀝青混凝土碳足跡彙整表

供應商	鴻林瀝青混凝土廠			坤慶瀝青混凝土廠			GaBi
	WH77-A 標		WH77-B 標	WH77-C 標			
標別	WH77-A 標		WH77-B 標	WH77-C 標			-
產品種類	粗級配	密級配	粗、密級配	粗級配	密級配	PAC	無區分
資料期間	104 年			105 年 10 月~106 年 2 月			-
原物料&運輸	60.11	51.82	56.26	38.24	39.13	96.00	
製程	40.52			38.24			
<b>碳足跡(kgCO<sub>2</sub>e/ton)</b>	<b>100.63</b>	<b>92.35</b>	<b>96.79</b>	<b>76.98</b>	<b>77.71</b>	<b>134.24</b>	<b>68.5</b>
一級數據占比	40.27%	42.93%	40.96%	49.67%	49.21%	28.49%	-
與 GaBi 係數之差異	47%	35%	41%	12%	13%	96%	

\*碳足跡 = 原物料及運輸 + 製程(能資源)



## 六、瀝青混凝土供應商-瀝青混凝土運輸碳足跡盤查作業說明及計算結果

本計畫與鴻林瀝青廠以及坤慶瀝青廠進行協商，請其提供瀝青混凝土之運輸油耗資料。其中鴻林瀝青廠合作的貨運公司提供 104 年度之盤查資料，而坤慶瀝青廠提供 1 個月的油耗調查資料。

鴻林瀝青廠提供 104 年度之運輸盤查資料，包括整年度之車次、行駛里程、載重及加油量資料。本計畫彙整該廠所提供 104 年之運輸碳足跡資料如表 3.6.3-13，再配合柴油之排碳係數，可計算得瀝青混凝土運輸車之單位排碳量為 0.1015 kgCO<sub>2</sub>e/tkm。

**表 3.6.3-13 鴻林瀝青廠之瀝青混凝土運輸碳足跡**

時間	加油量 (L)	載運噸數 (ton)	里程數 (km)	車次	運輸油耗 (L/tkm)	運輸排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/tkm)
104 年	474,547	310,917	1,336,862	12,779	0.0292	0.1015

坤慶瀝青廠則提供 2 台運輸車輛資料，各包含 1 個月之加油量、載運噸數、里程數及車次，再配合柴油之排碳係數，可計算得瀝青混凝土運輸車之單位排碳量為 0.1315 kgCO<sub>2</sub>e/tkm，如表 3.6.3-14。

**表 3.6.3-14 坤慶瀝青廠之瀝青混凝土運輸碳足跡**

規格	時間	加油量 (L)	載運噸數 (ton)	里程數 (km)	車次	運輸油耗 (L/tkm)	運輸排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/tkm)
21t	105.10	1,420	1,636	2,497	59	0.0410	0.1428
35t	105.11	1,138	1,504	1,892	43	0.0344	0.1197
							0.1315

## 七、預力鋼腱供應商盤查說明及計算結果

由於預力鋼腱來源僅 WH77-B 標為國內生產(佳大公司)，WH77-A、C 標則為國外製造進口，故僅進行 WH77-B 標預力鋼腱之供應商盤查。

預力鋼腱碳足跡需蒐集資料及可取得之一級數據內容概述如圖

3.6.3-9。預力鋼腱原物料使用包含鋼線、鐵皮帶、鐵扣及包裝袋等，在廠區內能耗(排碳)來源為原料搬運時機具所使用的柴油、預力鋼絞線設備運轉時所使用之電能，及廠區所使用之自來水，此外廠區相關運輸及廢棄物等資料亦應一併蒐集彙整。

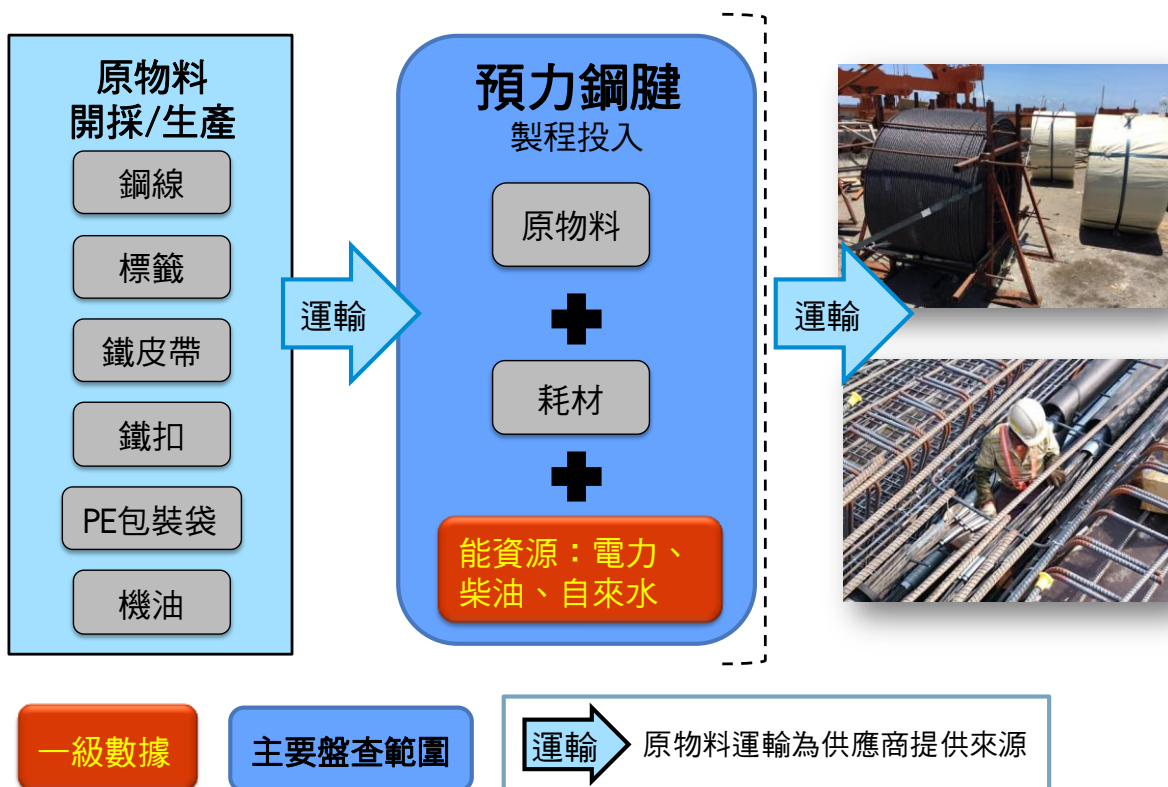


圖 3.6.3-9 預力鋼腱製程及盤查資料蒐集範圍概述

本計畫蒐集佳大公司之 104 年預力鋼腱產量、投入之原物料量(鋼線、鐵皮帶、鐵扣及包裝袋等)、製程能資源(電力、柴油及自來水)及廢棄物(生活廢棄物及人員出勤逸散)，並依產能或供應商提供之比例進行能資源及廢棄物之活動量分配，再依據各項原料及能資源碳足跡係數，計算預力鋼腱之碳足跡。

由前述所蒐集資料計算得 104 年預力鋼腱之碳足跡係數為 2.853 kgCO<sub>2</sub>e/kg，各項原物料、能資源及廢棄物排碳量分析如表 3.6.3-15 及圖 3.6.3-10。結果顯示預力鋼腱最主要排碳來源為原物料的鋼線使用，其排碳占比高達 95.0%，其次為製程用電約 4.6%，其餘能資源、運輸及廢棄

物等加總小於 0.4%。

表 3.6.3-15 預力鋼腱碳足跡彙整表

供應商	佳大	GaBi
標別	WH77-B 標	-
資料期間	104 年	-
原物料	2.717	-
運輸	0.005	
製程	0.131	
<b>碳足跡* (kgCO<sub>2</sub>e/kg)</b>	<b>2.853</b>	<b>2.160</b>
一級數據占比	4.59%	-
與 GaBi 係數之差異	32%	

\*碳足跡=原物料+運輸+製程

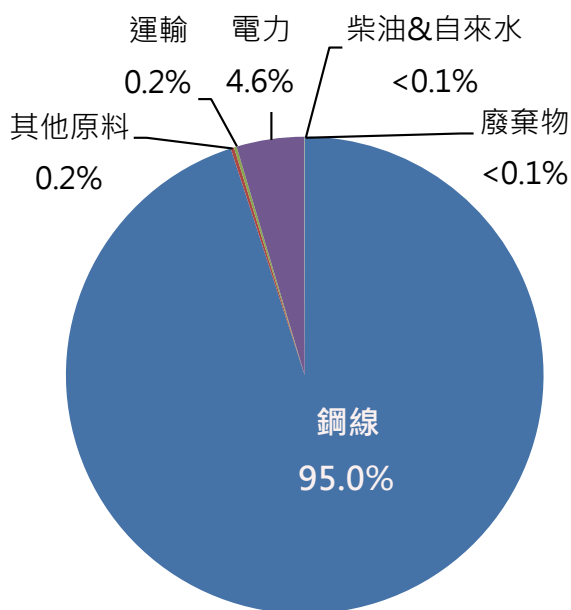


圖 3.6.3-10 預力鋼腱排碳量分析

### 3.6.4 主要工程材料排放係數計算結果

剪力鋼箱、盤式支承及預力端錨材料為橋梁工程中常見之材料，本計畫以供應商提供之材料重量及製造圖，計算上述各型構件之材料量與其所對應之排碳參數。

以下以各標相關構件之規格資料估算排碳參數，此結果可供後續預力橋梁工程進行碳排放量初估時參考使用。由於目前排放參數的計算僅根據各型材料之投入量，未包含製造過程中的能資源投入，未來若可取得製造階段相關資訊，則可更新各構件之排碳參數。

### 一、剪力鋼箱

有關各標所使用之剪力鋼箱(及剪力鋼棒)的排碳參數，如表 3.6.4-1~表 3.6.4-3 所示。

B 標除使用剪力鋼箱之外，也使用剪力鋼棒，由於鋼材用量明顯較少，因此排碳參數也較低。此外，將各標相同級數之剪力鋼箱的排碳參數進行比較，C 標剪力鋼箱的鋼材及橡膠用量皆略小於 A、B 標，相對其排碳量也略低。

**表 3.6.4-1 WH77-A 標各型剪力鋼箱排碳參數**

級數	A 鋼材用量(kg)*	B 橡膠用量(kg)*	排碳量(tonCO <sub>2</sub> e) (A×2.31+B×3.34)/1,000
SKG 400	903.0	7.3	2.11
SKG 500	1,187.0	8.8	2.78
SKG 900	2,273.0	16.1	5.31
SKGU 400-150	1,178.0	7.3	2.75
SKGU 500-300	1,493.0	8.8	3.48
SKGU 600-300	1,808.0	10.4	4.22
SKGU 600-450	1,873.0	10.4	4.37
SKGU 900-150	2,670.0	16.1	6.23
SKGU 900-300	2,731.0	16.1	6.37
SKGU 1000-450	3,057.0	17.6	7.13

\*供應商提供

**表 3.6.4-2 WH77-B 標各型剪力鋼箱及剪力鋼棒排碳參數**

級數	A 鋼材用量(kg)*	B 橡膠用量(kg)*	排碳量(tonCO <sub>2</sub> e) (A×2.31+B×3.34)/1,000
400T-150	1,193.26	5.26	2.78

級數	A 鋼材用量(kg)*	B 橡膠用量(kg)*	排碳量(tonCO <sub>2</sub> e) (A×2.31+B×3.34)/1,000
500T	1,225.13	6.48	2.86
600T-150	1,832.38	7.83	4.26
700T	1,708.95	9.31	3.98
800T	2,158.89	10.92	5.03
1200T	3,856.40	16.50	8.98
1500T	5,006.27	20.86	11.65
活動端剪力鋼棒 RBM-30-800-600(1)	399.39	16.54	0.98
活動端剪力鋼棒 RBM-30-800-600(2)	419.99	16.54	1.03

\*供應商提供

表 3.6.4-3 WH77-C 標各型剪力鋼箱排碳參數

級數	A 鋼材用量(kg)*	B 橡膠用量(kg)*	排碳量(tonCO <sub>2</sub> e) (A×2.31+B×3.34)/1,000
SKG1500	4,669	19	10.864
SKG1200	3,546	15	8.253
SKG1000-1	2,547	13	5.935
SKG1000-2	2,554	13	5.951
SKG1000-3	2,494	13	5.813
SKG1000-4	2,576	13	6.002
SKG800	1,979	11	4.615
SKG700-1	1,600	9	3.731
SKG700-2	1,606	10	3.749
SKG700-3	1,626	9	3.791
SKG600-1	1,407	8	3.281
SKG600-2	1,411	8	3.291
SKG500-1	1,163	7	2.714
SKG500-2	1,142	7	2.665
SKG500-3	1,182	7	2.758
SKG400-1	826	6	1.931
SKG400-2	831	6	1.942
SKG300	1,033	5	2.406

級數	A 鋼材用量(kg)*	B 橡膠用量(kg)*	排碳量(tonCO <sub>2</sub> e) (A×2.31+B×3.34)/1,000
SKGU700-150-1	1,829	9	4.261
SKGU700-150-2	1,843	9	4.293
SKGU400-150-1	1,123	6	2.618
SKGU400-150-2	1,130	6	2.634
SKGU400-150-3	1,108	6	2.583
SKGU400-300-1	1,228	7	2.864
SKGU400-300-2	1,148	6	2.676

\*供應商提供

## 二、盤式支承

WH77-A、B、C 標使用之盤式支承排碳參數，如表 4.1.2-4~表 4.1.2-6 所示，其中 A、C 標之盤式支承供應商皆為連福橡膠製品公司(B 標則為新光鋼阿爾格工程公司)。

由 A、C 標相同型號的盤式支承之排碳參數，可以發現鋼材及橡膠的用量皆有差異。經核對 A、C 標盤式支承設計圖發現，型號雖然相同，但 A 標的配件設計尺寸確實較 C 標大(參見表 3.6.4-7)，另經向供應商洽詢，供應商亦告知 A、C 兩標盤式支承使用之配件材質也有所差別，尺寸與配件材質兩個因素造成重量與的排碳量的差異，惟 A、C 兩標盤式支承之強度皆通過測試，使用安全性無虞。

**表 3.6.4-4 WH77-A 標各型盤式支承排碳參數**

級數	A 鋼材用量(kg)*	B 橡膠用量(kg)*	排碳量(tonCO <sub>2</sub> e) (A×2.31+B×3.34)/1,000
LCC-LM400	329	9.2	0.792
LCC-LM450	391	10.5	0.940
LCC-LM500	454	12.6	1.092
LCC-LM600	544	16.3	1.313
LCC-LM700	666	20.6	1.609
LCC-LM800	749	25.2	1.817
LCC-LM900	872	30.4	2.119

級數	A 鋼材用量(kg)*	B 橡膠用量(kg)*	排碳量(tonCO <sub>2</sub> e) (A×2.31+B×3.34)/1,000
LCC-LM1000	990	35.1	2.407
LCC-LM1100	1107	40.2	2.695
LCC-LM1200	1295	46.7	3.152
LCC-LG-200-50	214	3.3	0.506
LCC-LG-200-200	486	3.9	1.137
LCC-LG-250-50	262	4.4	0.621
LCC-LG-450-200	687	10.5	1.624
LCC-LGU-150-150-150	489	2.6	1.140
LCC-LGU-200-150-50	481	3.2	1.123
LCC-LGU-250-150-50	525	4.4	1.229

\*供應商提供

表 3.6.4-5 WH77-B 標各型盤式支承排碳參數

級數	A 鋼材用量(kg)*	B 橡膠用量(kg)*	排碳量(tonCO <sub>2</sub> e) (A×2.31+B×3.34)/1,000
WH77B-M400-1	265.87	6.13	0.636
WH77B-M450-1	281.1	6.9	0.673
WH77B-M600-1	384.83	11.17	0.928
WH77B-M700-1	481.5	13.5	1.159
WH77B-M700-2	546.5	13.5	1.309
WH77B-M800-1	509.47	16.53	1.234
WH77B-M800-2	548.47	16.53	1.324
WH77B-M900-1	618.03	19.97	1.496
WH77B-M1000-1	793.67	23.33	1.914
WH77B-M1200-1	898.96	31.04	2.183
WH77B-M1500-1	1222.54	47.46	2.987
WH77B-M1500-2	1269.54	47.46	3.095
WH77B-M1600-1	1307.69	52.31	3.200
WH77B-M1700-1	1323.69	52.31	3.237
WH77B-M1700-2	1389.69	52.31	3.390
WH77B-M1800-1	1358.57	55.43	3.328

級數	A 鋼材用量(kg)*	B 橡膠用量(kg)*	排碳量(tonCO <sub>2</sub> e) (A×2.31+B×3.34)/1,000
WH77B-M1900-1	1765.26	85.74	4.370

\*供應商提供

表 3.6.4-6 WH77-C 標各型盤式支承排碳參數

級數	A 鋼材用量(kg)*	B 橡膠用量(kg)*	排碳量(tonCO <sub>2</sub> e) (A×2.31+B×3.34)/1,000
LCC-LM250	135.2	3.3	0.324
LCC-LM300	161.2	4.4	0.388
LCC-LM400-1	221.2	6.8	0.534
LCC-LM400-2	239.6	6.8	0.577
LCC-LM450	260.4	7.8	0.628
LCC-LM600-1	341.3	12.0	0.830
LCC-LM600-2	351.3	12.0	0.853
LCC-LM600-3	396.0	12.0	0.956
LCC-LM700	403.1	15.2	0.983
LCC-LM800-1	491.6	18.5	1.199
LCC-LM800-2	517.1	18.5	1.258
LCC-LM800-3	529.8	18.5	1.287
LCC-LM900-1	625.9	22.4	1.523
LCC-LM900-2	629.2	22.4	1.530
LCC-LM900-3	632.8	22.4	1.539
LCC-LM1100-1	757.5	29.6	1.851
LCC-LM1100-2	820.0	29.6	1.996
LCC-LM1200	745.9	34.4	1.840
LCC-LM1500	1,072.0	48.1	2.641
LCC-LM1600	1,154.7	52.6	2.847
LCC-LM1700-1	1,252.9	58.0	3.092
LCC-LM1700-2	1,264.3	58.0	3.118
LCC-LM1800-1	1,428.3	62.1	3.512
LCC-LM1800-2	1,460.2	62.1	3.585

\*供應商提供



表 3.6.4-7 A、C 標相同型號盤式支承配件設計尺寸比較表(1/2)

LCC-LM450

編號	組件名稱	組件材質	數量	尺寸(mm)	A標尺寸(mm)	C標尺寸(mm)
1	BASE POT (底盤)	ASTM A709 Gr.50	1	$R_{T_{bt}} \times \phi_{d_0}$	59*540	59*540
2	MASONRY PLATE (下錨定板)	ASTM A709 Gr.50	1	$R_{T_m} \times E_n \times C_n$	19*540*540	19*540*540
3	PISTON (活塞)	ASTM A709 Gr.50	1	$R_{T_{pt}} \times (\phi_{d_r} - 0.5)$	23*479.5	23*479.5
4	TOP PLATE (頂板)	ASTM A709 Gr.50	1	$R_{T_s} \times E_m \times C_m$	<b>36*745*490</b>	33.5*680*480
5	UPPER ANCHOR PLATE (上錨定板)	ASTM A709 Gr.50	1	$R_{T_u} \times L_a \times B_a$	<b>19*745*490</b>	19*680*480
6	LOWER ATTACHMENT LUG (下固定耳)	SS400	4	$R_{12X70X70}$	12*60*60	<b>12*70*70</b>
7	SLIDING SHEET (不銹鋼板)	ASTM A240 TYPE 316L	1	1.5X $L_{sl} \times B_{sl}$	<b>1.5*735*480</b>	1.5*670*450
8	UPPER ANCHOR DOWEL (上錨定桿)	JIS S45C	4	$\phi_{D_d} \times L_{eu}$	<b>30*169</b>	22*100
9	LOWER ANCHOR DOWEL (下錨定桿)	JIS S45C	4	$\phi_{D_d} \times L_{el}$	<b>30*369</b>	22*300
10	PTFE DISK (鐵氟龍板)	PTFE	1	$t_{PTFE} \times \phi_{d_{PTFE}}$	<b>5*460</b>	5*440
11	SEAL RING (密封環)	ASTM B36M	$n_{seal}$	1.5X10X $\phi_{d_r}$	1.5*10*480	1.5*10*480
12	ELASTOMERIC PAD (橡膠墊)	NATURAL RUBBER	1	$h \times \phi_{d_r}$	32*480	32*480
13	UPPER ATTACHMENT BOLT (上連結螺栓)	12.9 HEX	4	M20X $l_{ub}$	<b>20*55</b>	20*50
14	LOWER ATTACHMENT BOLT (下連結螺栓)	12.9 HEX	4	M20X30	20*30	20*30
15	POINTER (指針)	A240 type 304	1		-	-
16	SCALE (游標尺)	ALUMINUM	1		-	-

表 3.6.4-7 A、C 標相同型號盤式支承配件設計尺寸比較表(2/2)

LCC-LM1200

編號	組件名稱	組件材質	數量	尺寸(mm)	A標尺寸(mm)	C標尺寸(mm)
1	BASE POT (底盤)	ASTM A709 Gr.50	1	$R_{T_{bt}} \times \phi_{d_0}$	<b>89*890</b>	85*890
2	MASONRY PLATE (下錨定板)	ASTM A709 Gr.50	1	$R_{T_m} \times E_n \times C_n$	19*890*890	19*890*890
3	PISTON (活塞)	ASTM A709 Gr.50	1	$R_{T_{pt}} \times (\phi_{d_r} - 0.5)$	<b>30*784.5</b>	28*784.5
4	TOP PLATE (頂板)	ASTM A709 Gr.50	1	$R_{T_s} \times E_m \times C_m$	<b>53*990*795</b>	48*860*785
5	UPPER ANCHOR PLATE (上錨定板)	ASTM A709 Gr.50	1	$R_{T_u} \times L_a \times B_a$	<b>19*990*795</b>	19*860*785
6	LOWER ATTACHMENT LUG (下固定耳)	SS400	4	$R_{12X70X70}$	12*60*60	<b>12*70*70</b>
7	SLIDING SHEET (不銹鋼板)	ASTM A240 TYPE 316L	1	1.5X $L_{sl} \times B_{sl}$	<b>1.5*980*785</b>	1.5*850*750
8	UPPER ANCHOR DOWEL (上錨定桿)	JIS S45C	4	$\phi_{D_d} \times L_{eu}$	<b>30*169</b>	30*100
9	LOWER ANCHOR DOWEL (下錨定桿)	JIS S45C	4	$\phi_{D_d} \times L_{el}$	<b>30*369</b>	30*300
10	PTFE DISK (鐵氟龍板)	PTFE	1	$t_{PTFE} \times \phi_{d_{PTFE}}$	<b>5.5*765</b>	5.5*740
11	SEAL RING (密封環)	ASTM B36M	$n_{seal}$	1.5X10X $\phi_{d_r}$	1.5*10*785	1.5*10*785
12	ELASTOMERIC PAD (橡膠墊)	NATURAL RUBBER	1	$h \times \phi_{d_r}$	53*785	53*785
13	UPPER ATTACHMENT BOLT (上連結螺栓)	12.9 HEX	4	M20X $l_{ub}$	<b>20*70</b>	20*65
14	LOWER ATTACHMENT BOLT (下連結螺栓)	12.9 HEX	4	M20X30	20*30	20*30
15	POINTER (指針)	A240 type 304	1		-	-
16	SCALE (游標尺)	ALUMINUM	1		-	-

### 三、預力端錨材料

預力端錨材料為橋梁之上構預力工程之主要構件，各標預力端錨材料來源為同一家供應商。目前排放參數計算僅根據各型構件之材料投入量，未包含製造過程中的能資源投入，未來若可取得製造階段相關資訊，則可更新各構件之排碳參數。

本計畫以供應商提供之各型端錨規格之配件組合、重量，計算各型端錨之材料量與其對應之排碳量各標使用之各型預力端錨排碳參數如表 3.6.4-8 所示，其配件材質以鋼材、PE 材料為主。不同規格之端錨材料隨鋼材重量增加有提高的趨勢；而 PE 材料部份，因不同規格使用 PE 材料重量差距不大，其對整組端錨排碳量影響不顯著。

**表 3.6.4-8 WH77-A、B、C 標各型預力端錨排碳參數**

規格	鍛鋼用量 (kg)*	PE 用量 (kg)*	排碳量 (tonCO <sub>2e</sub> )	使用標別
預力端錨 12T 15.2mm§	36.70	0.48	0.0857	WH77-C
預力端錨 19T 12.7mm§	43.40	0.48	0.1012	WH77-A
預力端錨 19T 15.2mm§	63.80	0.66	0.1486	WH77-A/B/C
預力端錨 22T 15.2mm§	75.00	1.00	0.1751	WH77-B
固定預力端錨 12T 15.2mm§	37.01	1.63	0.0882	WH77-C
固定預力端錨 19T 12.7mm§	43.86	1.53	0.1039	WH77-A
固定預力端錨 19T 15.2mm§	64.26	2.16	0.1521	WH77-A/B/C
固定預力端錨 22T 15.2mm§	75.52	2.95	0.1794	WH77-B
可動預力端錨續接器 12T 15.2mm§	27.15	4.00	0.0692	WH77-C
可動預力端錨續接器 19T 12.7mm§	27.15	4.00	0.0692	WH77-A
可動預力端錨續接器 19T 15.2mm§	34.90	5.50	0.0895	WH77-A/B/C
可動預力端錨續接器 22T 15.2mm§	40.30	6.00	0.1028	WH77-B
固定預力端錨續接器 12T 15.2mm§	64.47	3.21	0.1543	WH77-C
固定預力端錨續接器 19T 12.7mm§	80.89	2.88	0.1917	WH77-A
固定預力端錨續接器 19T 15.2mm§	106.32	3.64	0.2518	WH77-A/B/C
固定預力端錨續接器 22T 15.2mm§	127.68	4.60	0.3027	WH77-B

### 3.7 計算本計畫各標工程碳排放總量

依據本計畫盤查資料彙整(3.4~3.5 節)及排放係數蒐集(3.6 節)結果計算各標施工全期之工程施工碳足跡，計算結果說明如下。

#### 3.7.1 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程碳足跡

##### 一、新建工程施工期間碳足跡(工區)

WH77-A 標工程施工碳足跡計算分為「工程材料使用」、「機運具能資源使用」、「運輸」及「工地廢棄物及人員逸散」等四類。

WH77-A 標工程施工排放量為 69,967.95 tonCO<sub>2</sub>e，依據各類排放源分析如圖 3.7.1-1 及表 3.7.1-1 所示，以工程材料使用占總排放量 93.74% 最高，其中混凝土及鋼筋之排放占比分別為 61.37% 及 20.61%；機具排放占總排放量 2.47%，機具及工程材料運輸合併占 3.77%，逸散及廢棄物僅占 0.02%。

其中，各項工程材料使用排碳量分析如圖 3.7.1-2 所示，其中以 420 kgf/cm<sup>2</sup> 混凝土、210 kgf/cm<sup>2</sup> 水中混凝土及 SD420W 竹節鋼筋為主要貢獻來源，主要用於橋梁上部結構及基樁。

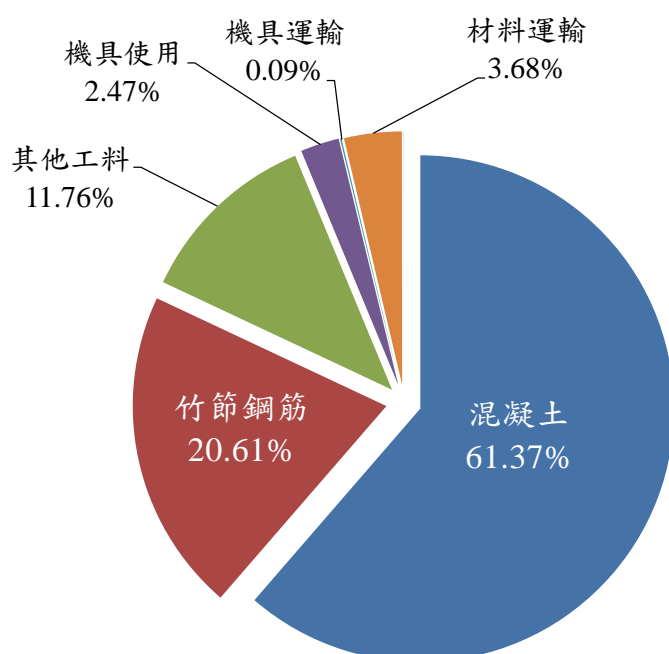


圖 3.7.1-1 WH77-A 標工區碳足跡排放量占比

表 3.7.1-1 WH77-A 標工區碳排放量計算結果

排放類別	類別排放量(ton CO <sub>2</sub> e)	類別排放量占比(%)
工程材料	65,590.27	93.74%
機運具能資源	1,727.75	2.47%
運輸	2,637.87	3.77%
逸散及廢棄物	12.06	0.02%
<b>總計</b>	<b><u>69,967.95</u></b>	<b><u>100.00%</u></b>

### 各工料排放量(ton CO<sub>2</sub>e)

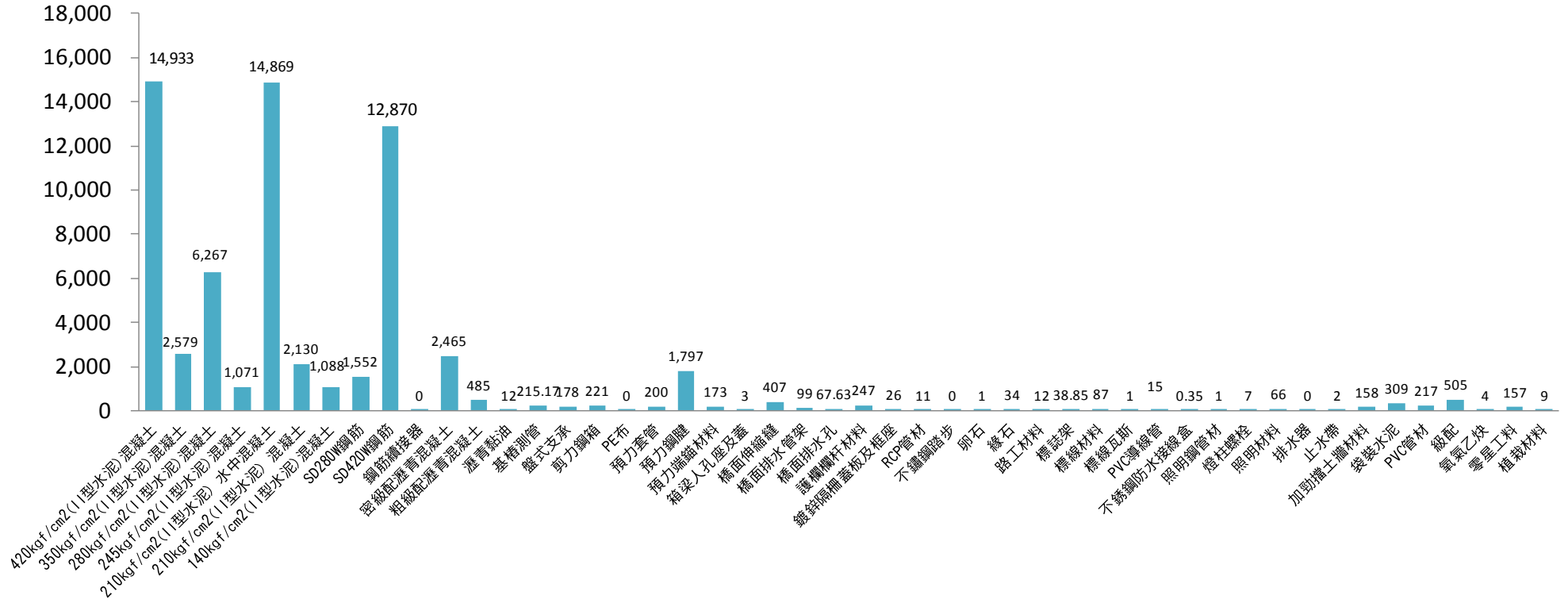


圖 3.7.1-2 WH77-A 標工程材料使用排碳量分析圖

## 二、工程管理單位碳足跡

依據本報告 3.4.5 節所彙整之各級管理單位辦公房舍活動強度數據，配合 3.6 節所蒐集之施工及工程管理碳排放係數，則可完成工程管理碳足跡量化。WH77-A 標工程管理碳排放量為 386.1788 tonCO<sub>2</sub>e，各類排放源分析如表 3.7.1-2 所示。

表 3.7.1-2 WH77-A 標工程管理碳足跡計算

範疇一、直接排放						
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商	監造	主管機關	排碳量總和 (tonCO <sub>2</sub> e)
			排碳量(tonCO <sub>2</sub> e)			
固定式燃燒	瓦斯爐	液化石油氣	6.5739	-	-	6.5739
移動式燃燒	公務車	柴油	17.6191	-	-	17.6191
	公務車	汽油	81.6297	18.6830	12.2700	112.5827
逸散	溶劑、噴霧劑與冷媒		3.2837	4.2550	4.8926	12.4313
	化糞池		8.4988	1.1658	1.1301	10.7947
小計(kgCO <sub>2</sub> e)						<b>160.0017</b>
範疇二、間接排放						
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商	監造	主管機關	排碳量總和 (ton CO <sub>2</sub> e)
			排碳量(ton CO <sub>2</sub> e)			
能源 間接排放	電表號	用電	112.5403	9.3005	48.2443	<b>170.0851</b>
範疇三、其他間接排放						
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商	監造	主管機關	排碳量總和 (ton CO <sub>2</sub> e)
			排碳量(ton CO <sub>2</sub> e)			
其他	廢棄物	廢棄物	53.6908	0.3935	1.3386	55.4229
其他	水表號	用水	0.0284	0.5344	0.1063	0.6691
小計(kgCO <sub>2</sub> e)						<b>56.0920</b>
總計(tonCO <sub>2</sub> e)						<b><u>386.1788</u></b>

### 三、營運管理及使用階段碳足跡

依據 3.5 節營運管理及使用階段之情境條件進行計算，WH77-A 標鹽埕交流道營運管理及使用階段足跡可分為「照明」、「鋪面」、「標線」、「伸縮縫」及「防眩板」等五類，排放量 8,566.43 tonCO<sub>2</sub>e，如表 3.7.1-3 所示。

**表 3.7.1-3 WH77-A 標營運管理及使用階段碳排放量計算結果**

排放類別	操作	維護/重置	小計
照明	2,165.58	54.70	2,220.27
鋪面	-	4,707.73	4,707.73
標線	-	790.42	790.42
伸縮縫	-	821.26	821.26
防眩板	-	26.76	26.76
<b>總計(ton CO<sub>2</sub>e)</b>			<b><u>8,566.43</u></b>

### 四、WH77-A 標鹽埕交流道新建工程全生命週期碳足跡

依據前述碳足跡計算結果，可得盤查標的「WH77-A 標鹽埕交流道」之碳足跡為 78,920.56 tonCO<sub>2</sub>e，如表 3.7.1-4 所示。

工程材料之排放量部分，鋼筋、混凝土及瀝青混凝土採用供應商盤查之碳足跡係數，屬於一級數據；施工階段中運輸之鋼筋及預拌混凝土車所引用之燃油排放係數為一級數據；施工階段工區使用之常駐機具與管理單位，其消耗之汽油、柴油及電力係數皆為一級數據；至於其他工程材料、非常駐機具及其他工程材料運輸、廢棄物與人員逸散，以及營運管理及使用階段碳排放源之排放係數為二級數據。

WH77-A 標一級數據排碳量合計為 39,091.51 tonCO<sub>2</sub>e，約占整體排碳量之 49.53%。其中引用一級數據之工程材料排放量為 35,261.03 tonCO<sub>2</sub>e，運輸排放量為 1,912.85 tonCO<sub>2</sub>e，機具排放量為 1,616.66 tonCO<sub>2</sub>e，管理單位排放量為 300.96 tonCO<sub>2</sub>e。另本宣告標的之生命週期排碳量如圖 3.7.1-3 所示。

表 3.7.1-4 WH77-A 標生命週期碳足跡與一級數據比例分析

類別		總量	一級數據	二級數據	
工程材料	工程材料 使用	項目	- 鋼筋、混凝土及瀝青製程	其他工程材料	
		排碳量	65,590.27	35,261.03	30,329.23
		占比	83.11%	44.68%	38.43%
運輸	工程材料與 機具運輸	項目	- 鋼筋、預拌混凝土運輸	其他工程材料與機具運輸	
		排碳量	2,637.87	1,912.85	725.02
		占比	3.34%	2.42%	0.92%
施工階段	工區 (機具使用)	項目	- 常駐工區機具之汽/柴油及 電力消耗	非常駐工區機具之操作時 數轉換耗能；人員逸散	
		排碳量	1,727.75	1,616.66	111.09
		占比	2.19%	2.05%	0.14%
	管理單位	項目	- 辦公室用電、用水、公務 車用油	天然氣、主管機關、監造 生活廢棄物、冷媒及人員 逸散	
		排碳量	386.18	300.96	85.22
		占比	0.49%	0.38%	0.11%
	廢棄物及 人員逸散	項目	-	- 工區廢棄物及人員逸散	
		排碳量	12.06	-	12.06
		占比	0.02%	-	0.02%
營運管理	營運管理及 使用階段	項目	-	維護/重置工程材料、機具 耗能與營運期間照明耗能	
		排碳量	8,566.43	-	8,566.43
		占比	10.85%	-	10.85%
<b>宣告單位總計(tonCO<sub>2</sub>e)</b>		<b>78,920.56</b>	<b>39,091.51</b>	<b>39,829.05</b>	
			<b>49.53%</b>	<b>50.47%</b>	



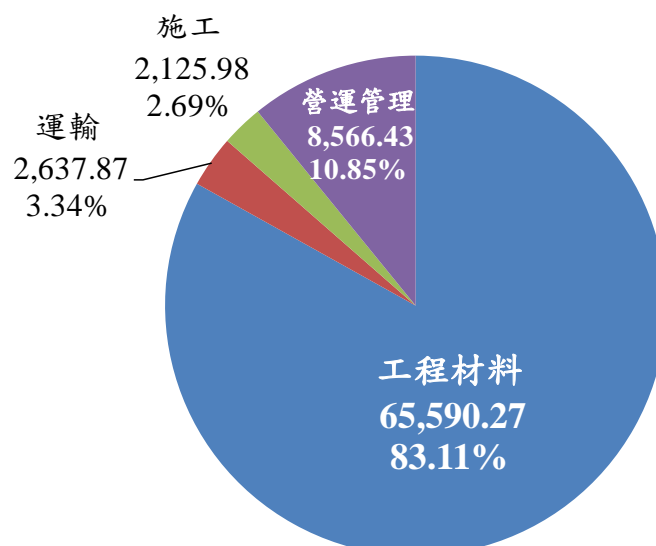


圖 3.7.1-3 WH77-A 標生命週期碳足跡分析圖

### 3.7.2 WH77-B 標七股溪橋段新建工程碳足跡

#### 一、新建工程施工期間碳足跡(工區)

WH77-B 標工程施工碳足跡計算分為「工程材料使用」、「機運具能資源使用」、「運輸」及「工地廢棄物及人員逸散」等四類。

WH77-B 標工程施工排放量為 142,858.41 tonCO<sub>2</sub>e，依據各類排放源分析如圖 3.7.2-1 及表 3.7.2-1 所示，以工程材料使用占總排放量 94.01% 最高，其中混凝土及鋼筋之排放占比分別為 56.82% 及 24.47%；機具排放占總排放量 2.93%，機具及工程材料運輸合併占 3.03%，逸散及廢棄物僅占 0.02%。

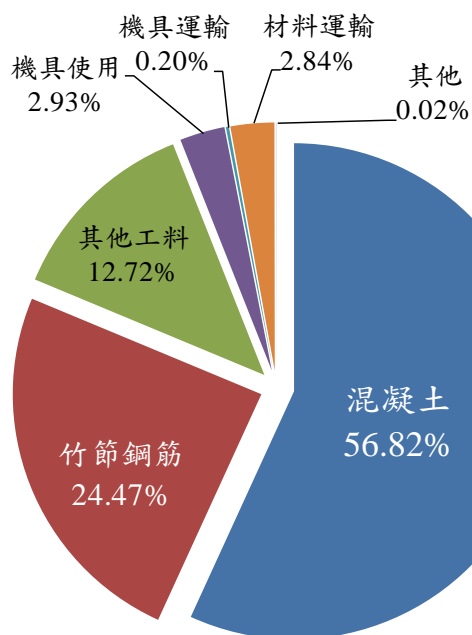


圖 3.7.2-1 WH77-B 標工區碳足跡排放量占比

表 3.7.2-1 WH77-B 標工區碳排放量計算結果

排放類別	類別排放量(ton CO <sub>2</sub> e)	類別排放量占比(%)
工程材料	134,301.04	94.01%
能資源使用	4,188.67	2.93%
運輸	4,335.34	3.03%
逸散及廢棄物	33.35	0.02%
<b>總計</b>	<b>142,858.41</b>	<b>100.00%</b>

其中，各項工程材料使用排碳量分析如圖 3.7.2-2 所示，其中以 420 kgf/cm<sup>2</sup> 混凝土、SD420W 竹節鋼筋及 210 kgf/cm<sup>2</sup> 水中混凝土為主要貢獻來源，主要用於橋梁上部結構與基樁。

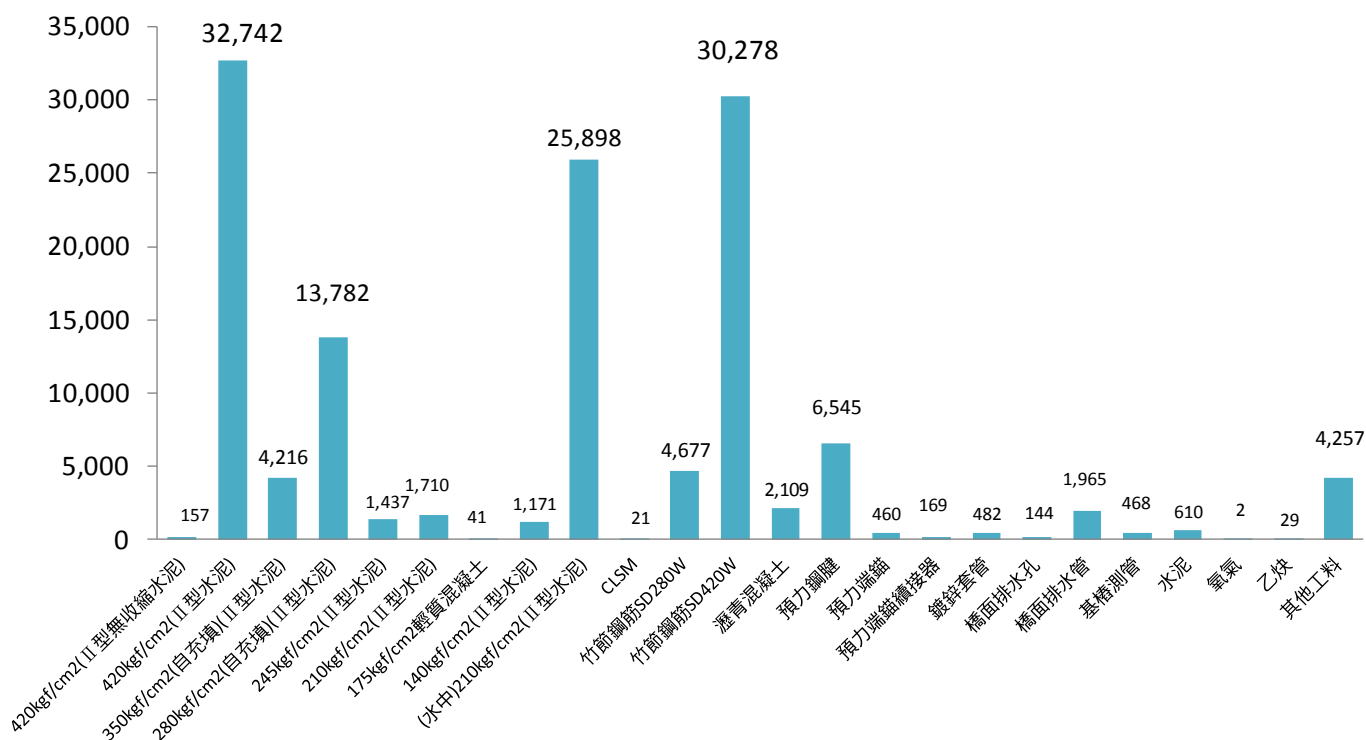
各工料排放量(ton CO<sub>2</sub>e)

圖 3.7.2-2 WH77-B 標工程材料使用排碳量分析圖

## 二、工程管理單位碳足跡

依據本報告 3.4.5 節所彙整之各級管理單位辦公房舍活動強度數據，配合前節 3.6 所蒐集之施工及工程管理碳排放係數，則可完成工程管理碳足跡量化。WH77-B 標工程管理碳排放量為 920.0657 tonCO<sub>2</sub>e，各類排放源分析如表 3.7.2-2 所示。

表 3.7.2-2 WH77-B 標工程管理碳足跡計算

範疇一、直接排放						
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商	監造	主管機關	排碳量總和 (tonCO <sub>2</sub> e)
			排碳量(tonCO <sub>2</sub> e)			
固定式燃燒	瓦斯爐	液化石油氣	4.9348	0.7657	-	5.7005
移動式燃燒	公務車	柴油	43.4338	-	-	43.4338
		汽油	221.1505	44.0093	22.2774	287.4371
逸散	溶劑、噴霧劑與冷媒		8.9131	3.8945	12.6059	25.4135
	化糞池		7.8428	1.8797	4.2601	13.9826
<b>小計(ton CO<sub>2</sub>e)</b>						<b>375.9676</b>
範疇二、間接排放						
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商	監造	主管機關	排碳量總和 (ton CO <sub>2</sub> e)
			排碳量(ton CO <sub>2</sub> e)			
能源 間接排放	電表號	用電	274.0123	71.9616	114.6750	<b>460.6488</b>
範疇三、其他間接排放						
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商	監造	主管機關	排碳量總和 (ton CO <sub>2</sub> e)
			排碳量(ton CO <sub>2</sub> e)			
其他	廢棄物	廢棄物	74.7530	0.3585	0.9915	76.1030
其他	水表號	用水	6.2568	0.7685	0.3210	7.3463
<b>小計(ton CO<sub>2</sub>e)</b>						<b>83.4493</b>
<b>總計(ton CO<sub>2</sub>e)</b>						<b><u>920.0657</u></b>

### 三、營運管理及使用階段碳足跡

依據 3.5 節營運管理及使用階段之情境條件進行計算，WH77-B 標七股溪橋段新建工程營運管理及使用階段足跡可分為「照明」、「鋪面」、「標線」、「伸縮縫」及「防眩板」等五類，排放量為 11,822.31 tonCO<sub>2</sub>e，如表 3.7.2-3 所示。

**表 3.7.2-3 WH77-B 標營運管理及使用階段碳排放量計算結果**

排放類別	操作	維護/重置	小計
照明	615.87	10.86	626.73
鋪面	-	8,338.18	8,338.18
標線	-	1,084.93	1,084.93
伸縮縫	-	1,706.61	1,706.61
防眩板	-	51.52	51.52
<b>總計(ton CO<sub>2</sub>e)</b>			<b><u>11,822.31</u></b>

### 四、WH77-B 標七股溪橋段新建工程全生命週期碳足跡

依據前述碳足跡計算結果，可得盤查標的「WH77-B 標七股溪橋段新建工程」之碳足跡為 155,600.78 tonCO<sub>2</sub>e，如表 3.7.2-4 所示。

工程材料之排放量部分，鋼筋、混凝土及瀝青混凝土採用供應商盤查之碳足跡係數，屬於一級數據；施工階段中運輸之預拌混凝土車所引用之燃油排放係數為一級數據；施工階段工區使用之常駐機具與管理單位，其消耗之汽油、柴油及電力係數皆為一級數據；至於其他工程材料、非常駐機具及其他工程材料運輸、廢棄物與人員逸散，以及營運管理及使用階段碳排放源之排放係數為二級數據。

WH77-B 標一級數據排碳量合計為 95,248.31 tonCO<sub>2</sub>e，約占整體排碳量之 61.21%。其中引用一級數據之工程材料排放量為 87,369.06 tonCO<sub>2</sub>e，運輸排放量為 3,418.06 tonCO<sub>2</sub>e，機具排放量為 3,662.32 tonCO<sub>2</sub>e，管理單位排放量為 798.87 tonCO<sub>2</sub>e。另本宣告標的之生命週期排碳量如圖 3.7.2-3 所示。

表 3.7.2-4 WH77-B 標生命週期碳足跡與一級數據比例分析

類別			總量	一級數據	二級數據
工程材料	工程材料使用	項目	-	鋼筋、混凝土及瀝青製程	其他工程材料
		排碳量	134,301.04	87,369.06	46,931.98
		占比	86.31%	56.15%	30.16%
運輸	工程材料與機具運輸	項目	-	鋼筋、預拌混凝土運輸	其他工程材料與機具運輸
		排碳量	4,335.34	3,418.06	917.27
		占比	2.79%	2.20%	0.59%
施工階段	工區 (機具使用)	項目	-	常駐工區機具之汽/柴油及電力消耗	非常駐工區機具之作時數轉換耗能
		排碳量	4,188.67	3,662.32	526.35
		占比	2.69%	2.35%	0.34%
	管理單位	項目	-	辦公室用電、用水、公務車用油	天然氣、主管機關、監造生活廢棄物、冷媒及人員逸散
		排碳量	920.07	798.87	121.20
		占比	0.59%	0.51%	0.08%
	廢棄物及人員逸散	項目	-	-	工區廢棄物及人員逸散
		排碳量	33.35	-	33.35
		占比	0.02%	-	0.02%
營運管理	營運管理及使用階段	項目	-	-	維護/重置工程材料、機具耗能與營運期間照明耗能
		排碳量	11,822.31	-	11,822.31
		占比	7.60%	-	7.60%
<b>宣告單位總計(tonCO<sub>2</sub>e)</b>			<b>155,600.78</b>	<b>95,248.31</b>	<b>60,352.47</b>
				<b>61.21%</b>	<b>38.79%</b>

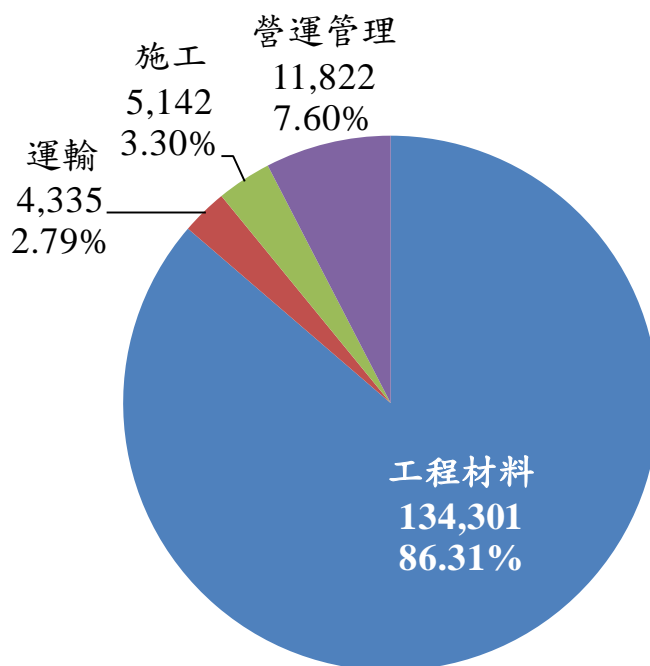


圖 3.7.2-3 WH77-B 標生命週期碳足跡分析圖

### 3.7.3 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程碳足跡

#### 一、新建工程施工期間碳足跡(工區)

WH77-C 標工程施工碳足跡計算分為「工程材料使用」、「機運具能資源使用」、「運輸」及「工地廢棄物及人員逸散」等四類。

WH77-C 標工程施工排放量為 109,359.43 tonCO<sub>2</sub>e，依據各類排放源分析如圖 3.7.3-1 及表 3.7.3-1 所示，以工程材料使用占總排放量 94.28% 最高，其中混凝土及鋼筋之排放占比分別為 61.81% 及 22.44%；機具排放占總排放量 2.67%，機具及工程材料運輸合併占 2.89%，逸散及廢棄物僅占 0.15%。

其中，各項工程材料使用排碳量分析如圖 3.7.3-2 所示，其中以 420 kgf/cm<sup>2</sup> 混凝土及 SD420W 竹節鋼筋為主要貢獻來源，主要用於橋梁上部結構。

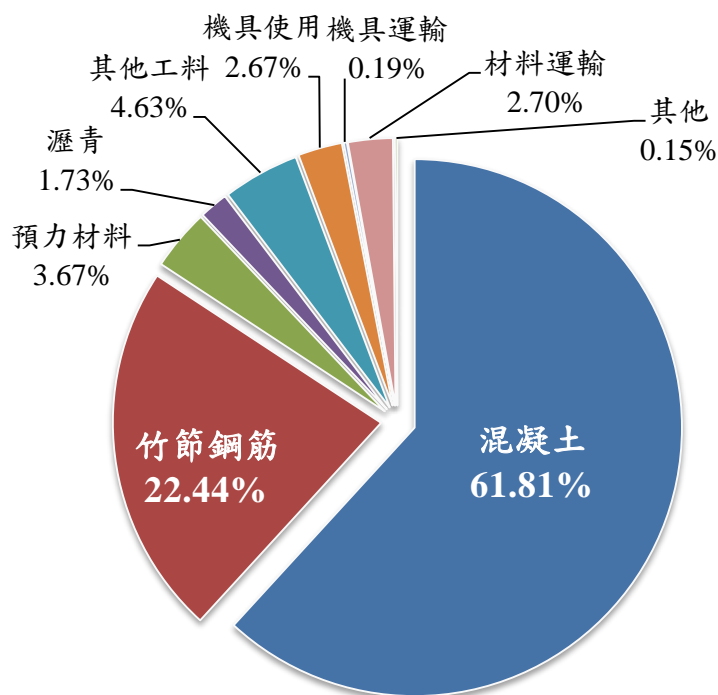


圖 3.7.3-1 WH77-C 標工區碳足跡排放量占比

表 3.7.3-1 WH77-C 標工區碳排放量計算結果

排放類別	類別排放量(ton CO <sub>2</sub> e)	類別排放量占比(%)
工程材料	103,104.16	94.28%
機運具能資源	2,922.61	2.67%
運輸	3,165.78	2.89%
逸散及廢棄物	166.89	0.15%
<b>總計</b>	<b>109,359.43</b>	<b>100.00%</b>



各工程材料排放量(tonCO<sub>2</sub>e)

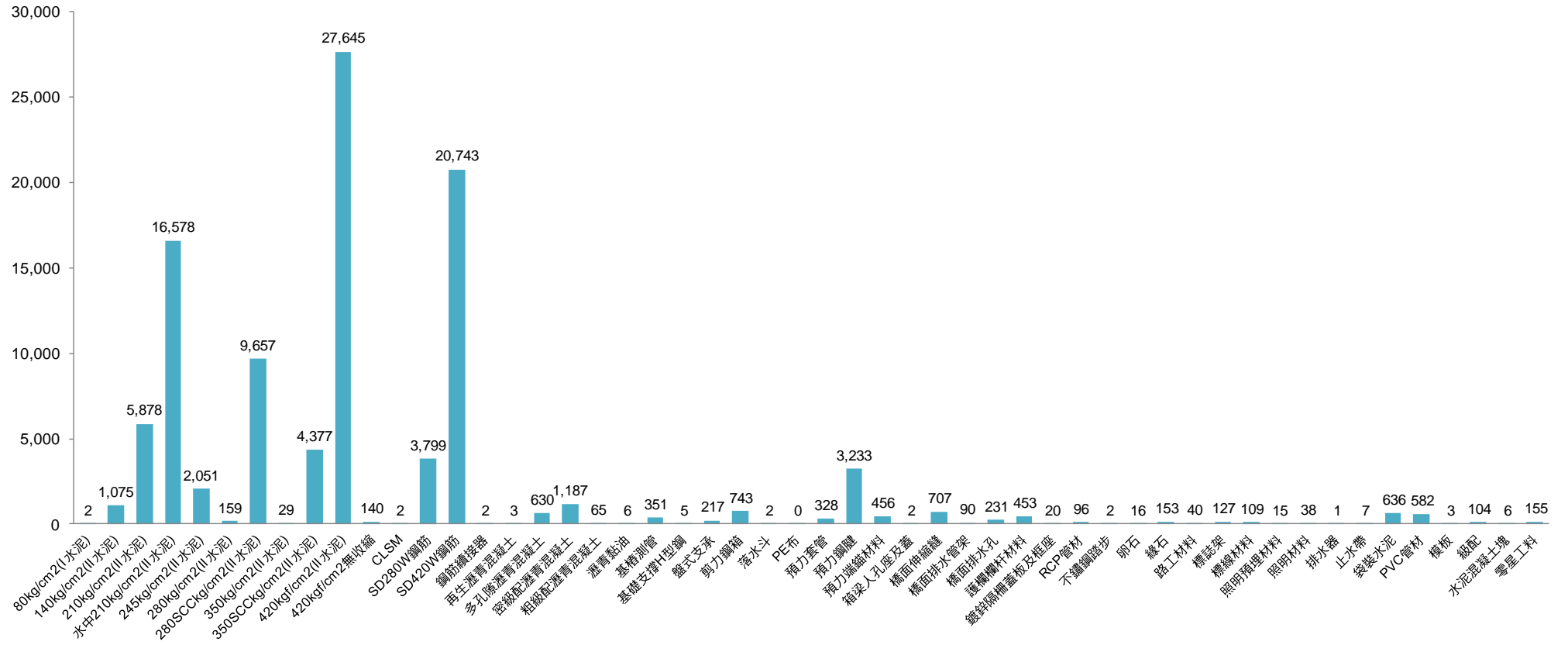


圖 3.7.3-2 WH77-C 標工程材料使用排碳量分析圖

## 二、工程管理單位碳足跡

依據本報告 3.4.5 節所彙整之各級管理單位辦公房舍活動強度數據，配合前節 3.6 所蒐集之施工及工程管理碳排放係數，則可完成工程管理碳足跡量化。WH77-C 標工程管理碳排放量為 839.3340 tonCO<sub>2</sub>e，各類排放源分析如表 3.7.3-2 所示。

表 3.7.3-2 WH77-C 標工程管理碳足跡計算

範疇一、直接排放						
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商	監造	主管機關	排碳量總和 (tonCO <sub>2</sub> e)
			排碳量(tonCO <sub>2</sub> e)			
固定式燃燒	瓦斯爐	液化石油氣	23.4030	-	-	23.4030
移動式燃燒	公務車	汽油	230.2314	46.0493	13.6491	289.9298
逸散	溶劑、噴霧劑與冷媒		6.1532	0.7645	6.6085	13.5262
	化糞池		37.2023	2.9975	2.5796	42.7794
小計(ton CO <sub>2</sub> e)						<b>369.6384</b>
範疇二、間接排放						
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商	監造	主管機關	排碳量總和 (ton CO <sub>2</sub> e)
			排碳量(tonCO <sub>2</sub> e)			
能源 間接排放	電表號	用電	392.4052	4.5924*	60.4741	<b>457.4718</b>
範疇三、其他間接排放						
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商	監造	主管機關	排碳量總和 (ton CO <sub>2</sub> e)
			排碳量(tonCO <sub>2</sub> e)			
其他	廢棄物	廢棄物	7.5118	0.5340	0.5799	8.6258
其他	水表號	用水	3.4086	0.0174*	0.1720	3.5980
小計(ton CO <sub>2</sub> e)						<b>12.2238</b>
總計(ton CO <sub>2</sub> e)						<b><u>839.3340</u></b>

\*第三工務段自 103 年 1 月起，用水與用電與泛亞共用同一水、電錶，用水及用電量併入承包商泛亞。

### 三、營運管理及使用階段碳足跡

依據 3.5 節營運管理及使用階段之情境條件進行計算，WH77-C 標九塊厝交流道營運管理及使用階段足跡可分為「照明」、「鋪面」、「標線」、「伸縮縫」及「防眩板」等五類，排放量為 6,645.36 tonCO<sub>2</sub>e，如表 3.7.3-3 所示。

**表 3.7.3-3 WH77-C 標營運管理及使用階段碳排放量計算結果**

排放類別	操作	維護/重置	小計
照明	1,797.88	32.58	1,830.46
鋪面	-	2,884.76	2,884.76
標線	-	467.45	467.45
伸縮縫	-	1,427.33	1,427.33
防眩板	-	35.36	35.36
<b>總計(ton CO<sub>2</sub>e)</b>			<b><u>6,645.36</u></b>

### 四、WH77-C 標九塊厝交流道工程全生命週期碳足跡

依據前述碳足跡計算結果，可得盤查標的「WH77-C 標九塊厝交流道」之碳足跡為 116,844.12 tonCO<sub>2</sub>e，如表 3.7.3-4 所示。

工程材料之排放量部分，鋼筋、混凝土及瀝青混凝土採用供應商盤查之碳足跡係數，屬於一級數據；施工階段中運輸之預拌混凝土車所引用之燃油排放係數為一級數據；施工階段工區使用之常駐機具與管理單位，其消耗之汽油、柴油及電力係數皆為一級數據；至於其他工程材料、非常駐機具及其他工程材料運輸、廢棄物與人員逸散，以及營運管理及使用階段碳排放源之排放係數為二級數據。

WH77-C 標一級數據排碳量合計為 62,968.50 tonCO<sub>2</sub>e，約占整體排碳量之 53.89%。其中引用一級數據之工程材料排放量為 57,162.01 tonCO<sub>2</sub>e，運輸排放量為 2,467.68 tonCO<sub>2</sub>e，機具排放量為 2,587.81 tonCO<sub>2</sub>e，管理單位排放量為 751.00 tonCO<sub>2</sub>e。另本宣告標的之生命週期排碳量如圖 3.7.3-3 所示。

表 3.7.3-4 WH77-C 標生命週期碳足跡與一級數據比例分析

類別		總量	一級數據	二級數據	
工程材料	工程材料使用	項目	- 鋼筋、混凝土及瀝青製程	其他工程材料	
		排碳量	103,104.16	57,162.01	45,942.15
		占比	88.24%	48.92%	39.32%
運輸	工程材料與機具運輸	項目	- 預拌混凝土運輸	其他工程材料與機具運輸	
		排碳量	3,165.78	2,467.68	698.10
		占比	2.71%	2.11%	0.60%
施工階段	工區 (機具使用)	項目	- 常駐工區機具之汽/柴油及電力消耗	非常駐工區機具之操作時數轉換耗能；人員逸散	
		排碳量	2,922.61	2,587.81	334.80
		占比	2.50%	2.21%	0.29%
	管理單位	項目	- 辦公室用電、用水、公務車用油	天然氣、主管機關、監造生活廢棄物、冷媒及人員逸散	
		排碳量	839.33	751.00	88.33
		占比	0.72%	0.64%	0.08%
	廢棄物及人員逸散	項目	-	- 工區廢棄物及人員逸散	
		排碳量	166.89	-	166.89
		占比	0.14%	-	0.14%
營運管理	營運管理及使用階段	項目	-	維護/重置工程材料、機具耗能與營運期間照明耗能	
		排碳量	6,645.36	-	6,645.36
		占比	5.69%	-	5.69%
<b>宣告單位總計(tonCO<sub>2</sub>e)</b>		<b>116,844.12</b>	<b>62,968.50</b>	<b>53,875.63</b>	
			<b>53.89%</b>	<b>46.11%</b>	

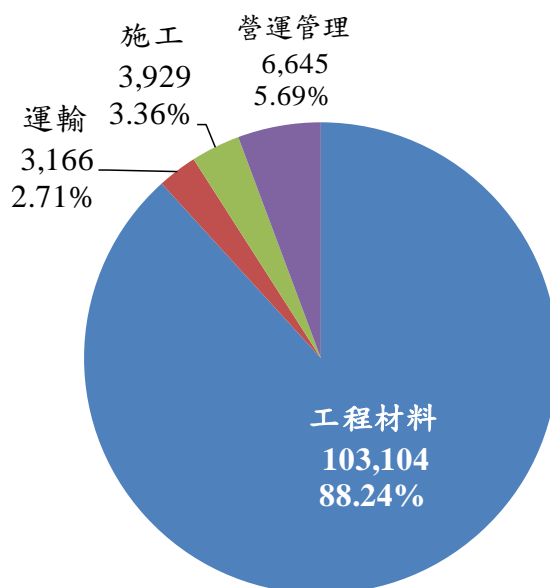


圖 3.7.3-3 WH77-C 標生命週期碳足跡分析圖

### 3.8 計算整體西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程計畫工程路段碳足跡之結果

本節係根據 3.7 節各標之碳足跡結果，彙整本工程(西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程)碳足跡結果，說明如後。

#### 3.8.1 本工程施工期間碳足跡(工區)

工程施工碳足跡計算分為「工程材料使用」、「機運具能資源使用」、「運輸」及「工地廢棄物及人員逸散」等四類。

本工程施工排放量總計為 322,185.78 tonCO<sub>2</sub>e，依據各類排放源分析如圖 3.8.1-1 及表 3.8.1-1 所示，以工程材料使用占總排放量 94.04% 最高，其中混凝土及鋼筋之排放占比分別為 59.50% 及 22.94%；機具排放占總排放量 2.74%，機具及工程材料運輸合併占 3.15%，其他(逸散及廢棄物)僅 0.07%。

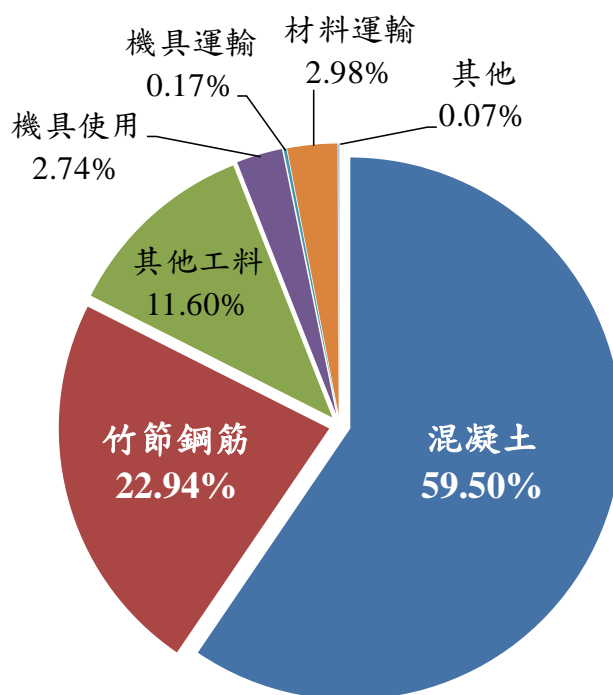
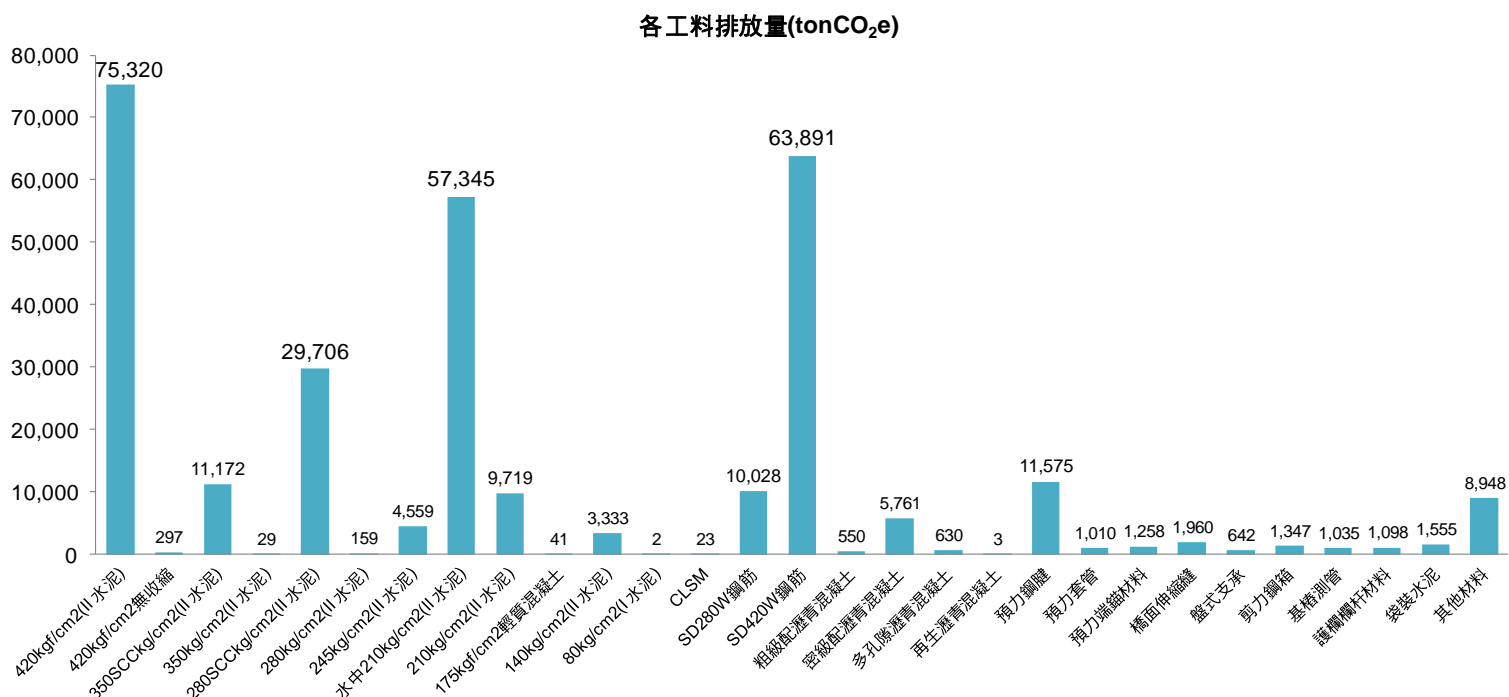


圖 3.8.1-1 工區碳足跡排放量占比

表 3.8.1-1 工區碳排放量計算結果

排放類別	類別排放量(ton CO <sub>2</sub> e)	類別排放量占比(%)
工程材料	302,995.47	94.04%
能資源使用	8,839.03	2.74%
運輸	10,138.99	3.15%
逸散及廢棄物	212.30	0.07%
<b>總計</b>	<b>322,185.78</b>	<b>100.00%</b>

其中，各項工程材料使用排碳量分析如圖 3.8.1-2 所示，其中以 420 kgf/cm<sup>2</sup> 混凝土及 SD420W 竹節鋼筋為主要貢獻來源，主要用於橋梁上部結構；其次為 210 kgf/cm<sup>2</sup> 水中混凝土，用於基樁結構；另外下部結構使用之 280 及 350 kgf/cm<sup>2</sup> 混凝土亦為主要的排碳來源。



### 3.8.2 工程管理單位碳足跡

依據本報告 3.4.5 節所彙整之各級管理單位辦公房舍活動強度數據，配合 3.6 節所蒐集之施工及工程管理碳排放係數，則可完成工程管理碳足跡量化。彙整本工程管理單位碳排放量為 2,145.58 tonCO<sub>2</sub>e，各類排放源分析如表 3.8.2-1 所示。

表 3.8.2-1 本工程管理單位碳足跡計算

範疇一、直接排放										
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商			監造			西濱南工處	排碳量總和 (tonCO <sub>2</sub> e)
			春原(A)	春原(B)	泛亞	二段(A)	二段(B)	三段		
固定式燃燒	瓦斯爐	液化石油氣	6.57	4.93	23.40	-	0.77	-	-	35.68
移動式燃燒	公務車	柴油	17.62	43.43	-	-	-	-	-	61.05
		汽油	81.63	221.15	230.23	18.68	44.01	46.05	48.20	689.95
逸散	溶劑、噴霧劑與冷媒		3.28	8.91	6.15	4.25	3.89	0.76	24.11	51.37
	化糞池		8.50	7.84	37.20	1.17	1.88	3.00	7.97	67.56
小計(ton CO <sub>2</sub> e)										<b>905.61</b>
範疇二、間接排放										
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商			監造			西濱南工處	排碳量總和 (tonCO <sub>2</sub> e)
			春原(A)	春原(B)	泛亞	二段(A)	二段(B)	三段		
能源間接排放	電表號	用電	112.54	274.01	392.41	9.30	71.96	4.59	223.39	1,088.21
範疇三、其他間接排放										
排放源類別	設施或活動別	原燃物料	承包商			監造			西濱南工處	排碳量總和 (tonCO <sub>2</sub> e)
			春原(A)	春原(B)	泛亞	二段(A)	二段(B)	三段		
其他	廢棄物	廢棄物	53.69	74.75	7.51	0.39	0.36	0.53	2.91	140.15
其他	水表號	用水	0.03	6.26	3.41	0.53	0.77	0.02	0.60	11.61
小計(ton CO <sub>2</sub> e)										<b>151.77</b>
總計(ton CO <sub>2</sub> e)										<b><u>2,145.58</u></b>

### 3.8.3 本工程營運管理及使用階段碳足跡

依據 3.5 節營運管理及使用階段之情境條件進行計算，西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程營運管理及使用階段足跡可分為「照明」、「鋪面」、「標線」、「伸縮縫」及「防眩板」等五類，排放量為 27,034.10 tonCO<sub>2</sub>e，如表 3.8.3-1 所示。



表 3.8.3-1 本工程營運管理及使用階段碳排放量計算結果

排放類別	操作	維護/重置	小計
照明	4,579.33	98.13	4,677.46
鋪面	-	15930.66	15,930.66
標線	-	2357.14	2,357.14
伸縮縫	-	3955.20	3,955.20
防眩板	-	113.64	113.64
<b>總計(ton CO<sub>2</sub>e)</b>			<b><u>27,034.10</u></b>

### 3.8.4 本工程全生命週期碳足跡

依據 3.7 節碳足跡計算結果，可得本工程各標之碳足跡分別為 WH77-A 標 78,920.56 tonCO<sub>2</sub>e、WH77-B 標 155,600.78 tonCO<sub>2</sub>e 及 WH77-C 標 116,844.12 tonCO<sub>2</sub>e，總和本工程「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程」碳足跡為 351,365.46 tonCO<sub>2</sub>e，如表 3.8.4-1 所示。

工程材料之排放量部分，鋼筋、混凝土及瀝青混凝土採用供應商盤查之碳足跡係數，屬於一級數據；施工階段中運輸之預拌混凝土車所引用之燃油排放係數為一級數據；施工階段工區使用之常駐機具與管理單位，其消耗之汽油、柴油及電力係數皆為一級數據；至於其他工程材料、非常駐機具及其他工程材料運輸、廢棄物與人員逸散，以及營運管理及使用階段碳排放源之排放係數為二級數據。

本工程一級數據排碳量合計為 197,308.31 tonCO<sub>2</sub>e，約占整體排碳量之 56.15%。其中引用一級數據之工程材料排放量為 179,792.10 tonCO<sub>2</sub>e，運輸排放量為 7,798.60 tonCO<sub>2</sub>e，機具排放量為 7,866.79tonCO<sub>2</sub>e，管理單位排放量為 1,850.82 tonCO<sub>2</sub>e。另本宣告標的之生命週期排碳量如圖 3.8.4-1 所示。

表 3.8.4-1 本工程碳足跡彙整與一級數據比例分析

類別		總量	一級數據	二級數據	
工程材料	工程材料使用	項目	-	鋼筋、混凝土及瀝青製程 其他工程材料	
		排碳量	302,995.47	179,792.10 123,203.37	
		占比	86.23%	51.17% 35.06%	
運輸	工程材料與機具運輸	項目	-	鋼筋、預拌混凝土運輸 其他工程材料與機具運輸	
		排碳量	10,138.99	7,798.60 2,340.39	
		占比	2.89%	2.22% 0.67%	
施工階段	工區 (機具使用)	項目	-	常駐工區機具之汽/柴油及電力消耗 非常駐工區機具之操作時數轉換耗能	
		排碳量	8,839.03	7,866.79 972.24	
		占比	2.52%	2.24% 0.28%	
	管理單位	項目	-	辦公室用電、用水、公務車用油 天然氣、主管機關、監造生活廢棄物、冷媒及人員逸散	
		排碳量	2,145.58	1,850.82 294.76	
		占比	0.61%	0.53% 0.08%	
	廢棄物及人員逸散	項目	-	-	工區廢棄物及人員逸散
		排碳量	212.30	-	212.30
		占比	0.06%	-	0.06%
營運管理	營運管理及使用階段	項目	-	-	維護/重置工程材料、機具耗能與營運期間照明耗能
		排碳量	27,034.10	-	27,034.10
		占比	7.69%	-	7.69%
<b>宣告單位總計(tonCO<sub>2</sub>e)</b>		<b>351,365.46</b>	<b>197,308.31</b> <b>56.15%</b>	<b>154,057.15</b> <b>43.85%</b>	

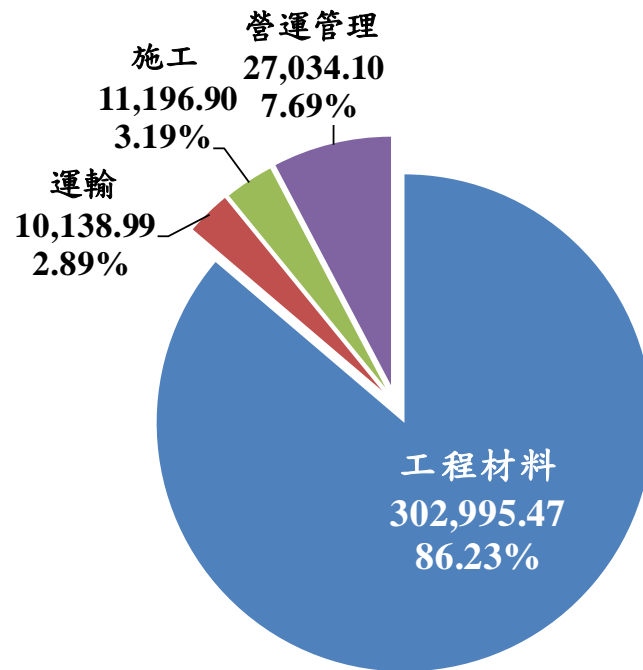


圖 3.8.4-1 本工程生命週期碳足跡分析圖



## 第四章 本工程碳足跡盤查結果分析研究

### 4.1 本計畫產出參數說明

#### 4.1.1 工程材料運輸油耗參數

一般碳足跡之工程材料運輸係以生命週期軟體之係數，配合車種、載重及距離進行排碳量計算，雖然此方法為查證聲明取得之可行方案，但為建立本土化參數及提升本計畫排碳量計算之準確度，WH77-A、B 及 C 標之混凝土供應商、WH77-A 及 B 標之鋼筋運輸公司及 WH77--A、B 及 C 標之瀝青混凝土供應商，配合進行運輸車輛之油耗率統計，此結果可作為本計畫碳排放量計算之一級數據及提供其他計畫參考之參數。以下就統計結果進行說明。

##### 一、混凝土車油耗參數(L/m<sup>3</sup>-km、L/m<sup>3</sup> 及 L/km)

每方混凝土耗油率由供應商內部用油量管理計算而得，竝榮混凝土之安定廠及官田廠完整之油耗參數計算詳 3.6.3 節，彙整如表 4.1.1-1。安定廠自民國 102 年 3 月至 106 年 8 月之平均載運方數油耗量約 2.6969 L/m<sup>3</sup>；官田廠自民國 102 年 3 月至 106 年 8 月之平均載運方數油耗量約 4.2634 L/m<sup>3</sup>。由於此參數係以單位方數計算，其數值已包含運送距離之差異，研判此亦為官田廠運輸參數較安定廠高之主要原因。

本計畫另協調安定廠提供里程及車次統計，自 103 年 3 月起已產出每方公里及里程的油耗率參數以供參考，平均油耗率約 0.1947 L/m<sup>3</sup>-km 及 1.6689 km/L。

表 4.1.1-1 預拌混凝土廠之混凝土預拌車油耗參數統計表

項目	每方公里油耗參數 (L/m <sup>3</sup> -km)	每方油耗參數 (L/m <sup>3</sup> )		每公升油耗行駛里程數 (km/L)
	竝榮安定廠	竝榮安定廠	竝榮官田廠	竝榮安定廠
平均油耗參數	0.1947	2.6969	4.2634	1.6689
排碳係數	0.6776 (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> -km)	9.3852 (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	14.8367 (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )	2.0852 (kg CO <sub>2</sub> e/km)

## 二、鋼筋運輸車油耗參數(km/L)

鋼筋車輛耗油參數為海光鋼鐵廠配合之貨運公司提供，載運鋼筋至本工區之車輛其油耗資料彙整如表 4.1.1-2 所示，鋼筋運輸車油耗率約 1.90 ~ 2.44 km/L。

**表 4.1.1-2 鋼筋運輸車輛油耗統計表**

車型	年份	馬力	平均油耗(km/L)	油耗參數(L/km)
新凱	1992	320P	2.31	0.433
新凱	1994	320P	2.44	0.410
新凱	1995	320P	2.39	0.418
國瑞	1997	360P	1.93	0.518
國瑞	1998	360P	2.10	0.476
國瑞	1998	350P	1.95	0.513
國瑞	1999	360P	2.05	0.488
國瑞	2000	360P	1.90	0.526
國瑞	2003	360P	1.98	0.506
國瑞	2004	360P	1.95	0.513

## 三、瀝青混凝土運輸車油耗參數(L/tkm)

瀝青混凝土運輸油耗資料亦是由瀝青廠配合之貨運公司提供，其中鴻林瀝青廠配合提供為期 1 年(104 年度)資料，坤慶瀝青廠則配合提供 2 台車各 1 個月之油耗資料。彙整瀝青混凝土運輸車輛油耗如表 4.4.1-3，瀝青混凝土運輸車油耗率為 0.0378 及 0.0292 L/tkm。

**表 4.1.1-3 瀝青混凝土運輸車輛油耗統計表**

項目	鴻林瀝青廠 <sup>a</sup>	坤慶瀝青廠 <sup>b</sup>
平均油耗參數 (L/tkm)	0.0292	0.0378
排碳係數 (kg CO <sub>2</sub> e/tkm)	0.1015	0.1315

a：資料區間 104 年 1~12 月；b：資料來源為 2 台運輸車輛，區間分別為 105 年 10 月及 105 年 11 月。

## 4.1.2 機具油耗參數

### 一、既有引道路堤拆除油耗參數

WH77-A 標工程包含標頭段的既有引道路堤拆除，分為水刀拆除與機械打除方式。水刀拆除項目主要為既有道路(鋼筋混凝土結構物)拆除，使用水刀機、挖土機、發電機及高空作業車等機具施作；機械打除則為路堤段拆除，使用挖土機及傾卸卡車進行施工。

統計 WH77-A 標既有引道路堤拆除之油耗量及拆除體積如表 4.1.2-1 所示，結果顯示水刀拆除之單位體積油耗率(柴油)55.76 L/m<sup>3</sup>，明顯高於機械打除 13.04 L/m<sup>3</sup>，造成差異的可能原因為拆除項目的性質不同，水刀拆除項目主要為鋼筋混凝土結構物，使得油耗率相對較路堤(土方)拆除高。

表 4.1.2-1 WH77-A 標既有引道路堤拆除油耗參數

項目	水刀拆除	機械打除
拆除體積(m <sup>3</sup> )	247	1,667
柴油用量(L)	13,773	21,730
汽油用量(L)	59	-
單位體積油耗率(L/m <sup>3</sup> )	55.76(柴油) / 0.24(汽油)	13.04

### 二、打樁機油耗參數

統計各標自民國 102 年 3 月迄今之打樁機操作時數與加油量，計算所使用打樁機油耗率如表 4.1.2-2 所示。

由文獻資料顯示，打樁機油耗率為 19 L/hr，與本計畫調查結果中 WH77-A 標使用之 PC-300 打樁機 17.44 L/hr、WH77-C 標使用之 PC-450 打樁機平均值 19.06 L/hr 相當接近，而 WH77-A、B 標使用之 PC-450 有較佳之操作油耗率(9.84 L/hr)，可能與引擎燃燒效率、機型、機齡、操作狀況等因素有關。

表 4.1.2-2 打樁機油耗率統計表

來源	文獻*	本計畫盤查結果						
規格	落槌式， 槌重 4~4.9t	PC-300 (KATO HD-2000)	PC450 Hitachi EX450	PC450-2 KATO HD900	PC450-5HIT ACHI ZAXIS470H	PC450-4 SH450HD	PC450-5 HD1880	PC400
加油量(L)	-	15,413.10	1,342.70	20,044.82	10,730.66	8,056.41	18,574.04	2,625.46
操作時數 (hr)	-	884	124	1,884.00	572.00	353.00	1,044.00	141.00
油耗率 (L/hr)	19	17.44	10.83	10.64	18.760	22.82	17.79	18.62
			12.45			19.06		
			14.77					
前進米(m)	-	2,913.80	-	-	-	4,174.00		
油耗率(L/m)	-	7.63	-	-	-	7.01		
資料期間	-	102.3-102.11	102.11-103.10	102.12-104.1	104.3-105.03	103.3-103.6	103.3-104.6	102.12-103.2
使用標別	-	WH77-A	WH77-A、B	WH77-A、B	WH77-B	WH77-C		

\*施工機具費率分析及工作量計算。

由文獻資料顯示，打樁機油耗率為 19 L/hr，與本計畫調查結果中 WH77-A 標使用之 PC-300 打樁機 17.44 L/hr、WH77-C 標使用之 PC-450 打樁機平均值 19.06 L/hr 相當接近，而 WH77-A、B 標使用之 PC-450 有較佳之操作油耗率(9.84 L/hr)，可能與引擎燃燒效率、機型、機齡、操作狀況等因素有關。

WH77-C 標使用 PC-400、PC-450 之打樁機，其小時能耗(18.62 ~ 22.82 L/hr)與 A、B 標 PC450、PC450-2 差異較大，但與文獻資料油耗率 19 L/hr 及 A 標使用之 PC-300 打樁機 17.44 L/hr 相比，比較合理論性的推估(越大型的機具，單位操作時間之耗油量越高)。前述機具本身特性或操作狀況差異外，也可能與操作時數之紀錄有關連。

WH77-A、C 標之基礎鋼板樁總計 A 標前進米 2,913.8 公尺、C 標前進米 4,174 公尺，可得 A、C 標之鋼板樁單位前進米之油耗率參數，分別為 7.63 L/進行米(A 標皆為 9 m 鋼板樁)及 7.01(C 標大都為 9 m、少數 6m 及 13m 鋼板樁)。



## 二、吊車及吊卡車油耗參數

本工程中 WH77-A、B 標主要之吊車及吊卡車協力廠商自 102 年 4 月起配合進行擴大盤查，另統計 WH77-C 標有單獨油單之吊車/吊卡車操作時數與油耗紀錄，本計畫以目前調查結果彙整吊車(25 噸、45 噸)及吊卡車之油耗率，如表 4.1.2-3、表 4.1.2-4 及表 4.1.2-5 所示。

由調查結果顯示，調查之油耗率皆明顯低於文獻值，可能與操作時數的紀錄有關。工地現場吊車操作時數以廠商提供的機具出工表為主，全天的操作時數可能填報 8 小時，但吊車在這 8 小時內並非隨時操作運轉，因此機具實際作業的操作時間應該比登記的出工時數來得低，本計畫已於後續輔導碳盤查專責人員，各機具應安裝計時器或根據實際運轉時間確實記錄，以確保機具單位時間油耗值之準確性。

**表 4.1.2-3 WH77-B、C 標吊車擴大盤查油耗調查結果**

類別	吊車(45 噸)		吊車(25 噸)			
	泛亞 -18-(TC-5)	文獻*	合一-01	LS-97/LT-50	KS-06	文獻*
規格	KATO KR 45H-V	膠輪式 吊車	—	KOBELCO /RK250	KATO NK250-III	膠輪式 吊車
102 年度	—	59.5	—	4.36 (16,660/3,816)	6.93(6,711/969)	39.5
103 年度	11.58 (1,100/95)		6.46 (1,809/280)	4.20 (23,732/5,642)	—	
104 年度	6.72 (5,619/836)		7.07 (4,243/600)	4.65 (22,470/4,822)	—	
105 年度	—		6.75 (432/64)	5.66 (21,734/3,837)	—	
106 年度	—		—	5.77 (11,250/1,950)	—	
平均油耗** (L/hr)	7.22 (6,719/931)		6.87 (6,484/944)	4.87 (79,186/16,250)	6.93	
使用標別	WH77-C	—	WH77-C	WH77-A/B/C		—

\*交通部公路總局施工機具費率表

\*\*平均油耗(L/hr) = 統計區間總油耗量(L) / 統計區間總操作時數(hr)

表 4.1.2-4 WH77-A、B 標吊卡車擴大盤查油耗調查結果

編號	LAL-635	135-VF	372-N2	331-UF	文獻*
規格	MISTUBISHI 17737		中華 15 噸	日產 U-CD450TN	膠輪式 吊車
102 年度	7.60 (10,966/1,443)	11.64 (10,680/918)	8.33 (1,578.8/189.5)	13.80 (448.5/32.5)	30.0
103 年度	7.22 (12,956/1,793)	12.24 (14,041/1,147)	—	—	
104 年度	13.86 (2,508/181)	—	—	—	
平均油耗率** (L/hr)	7.74 (26,431/3,417)	11.97 (24,721/2,065)	—	—	
	9.33 (51,152/5,482)		8.33 (1,578.8/189.5)	13.80 (448.5/32.5)	
使用標別	WH77-A/B		WH77-A	WH77-A	

\*交通部公路總局施工機具費率表

\*\*平均油耗(L/hr) = 統計區間總油耗量(L) / 統計區間總操作時數(hr)

表 4.1.2-5 WH77-C 標吊卡車油耗統計結果

編號	泛亞-32-吊卡車(BN-802)			MO-泛亞-26T 吊卡-CT2 / 泛亞-30-吊卡車(038-BS)		
	8.7T			26T		
項目	出工時數 (hr)	里程數 (km)	油耗量 (L)	出工時數 (hr)	里程數 (km)	油耗量(L)
102 年度	-			-	2,023	1,281.10
103 年度	-			-	10,352	6,629.84
104 年度	-	5,113	2,642.11	2,483	15,183	11,764.73
	204	926	523.52			
105 年度	978	5,945	3,209	1,973*	12,509	8,514
				-	2,137	1,527
106 年度	124	641	630	-	3,754	2,083
平均油耗率** (L/hr)	3.34			4.55		
平均油耗率*** (km/L)	1.80			1.45		

\*105 年 11 月起因計時器損壞，因此 105 年 11 月~106 年 3 月無出工時數紀錄

\*\*平均油耗(L/hr) = 統計區間總油耗量(L) / 統計區間總操作時數(hr)

\*\*\*平均油耗(km/L) = 統計區間總行駛里程(km) / 統計區間總油耗(L)

此外，WH77-C 標 45 噸吊車(泛亞-18-TC-5)在 103 年下半年及 104 年上半年的單位操作時間油耗率差異頗大(11.58 L/hr、6.72L/hr，詳表 4.1.2-3)，經探討亦與操作時數記錄有關，103 年下半年登記之時數可能低於實際操作時數，而 104 年起裝設計時器以紀錄實際操作時數，因此 104 年起此吊車之油耗率更加符合實際情形。

而在 WH77-C 標的吊卡車方面，由於兼具運具與吊掛機具之用，因此其操作紀錄包括里程數及操作時數。其中 102 年 ~ 103 間主要記錄里程數，自 104 年起則有里程數及操作時數的完整紀錄，故將其油耗資料進行區隔，以利分析說明。WH77-C 標 8.7T、26T 吊卡車的單位操作時間油耗為 3.34 L/hr、4.55 L/hr，與 WH77-A、B 標擴大調查的平均值 9.33 L/hr 差異頗大，其原因主要在於 WH77-C 標吊卡車的出工包含吊卡車之運輸及工地現場操作，而 WH77-A、B 標的擴大調查資料則僅針對工地現場操作(常駐工區，故不含運輸)，因此單位操作時間的油耗率會明顯較低，但 WH77-C 標吊卡車所統計的單位操作時間油耗率仍具有參考意義，可視為吊卡車在工地現場一般作業行為(工區內運輸並兼具工地吊掛功能)的整體平均油耗狀況。

### 三、挖土機、壓路機、平路機油耗參數

WH77-C 標有部分機具為承包商自有，或協力廠商採獨立紀錄加油量之管理模式，故可統計該機具之操作油耗率，本計畫將該類機具及其油耗參數彙整如表 4.1.2-6。

由 WH77-C 標機具油耗統計結果顯示，挖土機之能耗率與文獻 1(公路總局施工機具費率表)之差異頗為顯著，歸納可能之主要原因為機具用途及操作情境之差異。而由小松公司(KOMATSU)之機具能耗資料顯示，同規格之挖土機於不同使用效率及操作情境亦會有不同能耗率，文獻 1 之油耗值落在其「高度輸出」(操作效率高於 80%，材料無法直接開挖)之範圍，WH77-C 標之 PC-200 挖土機能耗與其「中度輸出」(操作效率 65~80%，可正常開挖)之範圍接近，考量本工程地質條件及操作情境，能耗率應屬合理。

另在壓路機、平路機方面，工地現場機具的實際油耗率統計則較文

獻值(公路總局施工機具費率表)略高。

表 4.1.2-6 WH77-C 標機具油耗參數

機具名稱		資料期間	累計施作 時數(hr)	總耗油量 (L)	能耗率 (L/hr)	文獻值
挖 土 機	冠聖-01-PC200	102.11-104.04	2,894.0	34,957.3	12.08	27.3 <sup>1</sup>
	冠聖-02-PC200	103.02-104.04	1,176.0	15,069.6	12.81	6.2~8.9 <sup>2</sup> 8.9~13.4 <sup>3</sup> 13.42~22.3 <sup>4</sup>
壓路機 SVR-9		102.10-105.07	484.5	7,375.3	15.22	11.5 <sup>1</sup>
平路機 MG-3		102.10-106.01	1,938.5	16,953.3	8.75	6.0 <sup>1</sup>

<sup>1</sup>交通部公路總局施工機具費率表；<sup>2</sup>小松(KOMATSU)機具能耗資料(低度輸出)；

<sup>3</sup>小松(KOMATSU)機具能耗資料(中度輸出)；<sup>4</sup>小松(KOMATSU)機具能耗資料(高度輸出)。

#### 四、混凝土泵送車油耗參數

各標工程自 102 年 10 月起至 105 年間，進行不同工項的混凝土泵送車油耗調查，結果如表 4.1.2-7 所示。由調查結果顯示，各標工程混凝土泵送之每小時耗油量，皆遠低於文獻值，可能原因為協力廠商紀錄之操作時數係由開始澆置至澆置完成之全部時間，除了實際泵送過程操作外，亦包含待機、等待混凝土運送空檔或休息之時間，而文獻值可能為實際操作之油耗值，因此較高。

表 4.1.2-7 混凝土泵送車工程油耗調查結果

調查日期	機具類型	工項	混凝土種類	泵送數量(m <sup>3</sup> )	操作時間(hr)	壓送效率(m <sup>3</sup> /hr)	加油量(L)	油耗率(L/hr)		單位油料處理量(m <sup>3</sup> /L)
								本計畫調查	文獻*	本計畫調查
102.10.12 A 標	泵送車 (27 m)	基礎	280 II	426	6.5	65.54	101.65	15.64		4.19
103.04.16 B 標	泵送車 (21 m)	基礎	280 II SCC	317	7.5	42.27	103.45	10.85	32.4	4.16
104.04.16 B 標	泵送車 (21m)			433	8.5	50.94	73.30			

調查日期	機具類型	工項	混凝土種類	泵送數量(m <sup>3</sup> )	操作時間(hr)	壓送效率(m <sup>3</sup> /hr)	加油量(L)	油耗率(L/hr)		單位油料處理量(m <sup>3</sup> /L)
								本計畫調查	文獻*	本計畫調查
103.09.17 C 標	泵送車 (20 噸)			288	7.0	41.14	72.75			
103.12.30 B 標	泵送車 (29m)	墩柱 帽梁	350 II SCC	89	3.33	26.73	30.434	9.14		3.22
103.11.08 C 標	泵送車 (15 噸 27m)	墩柱		53.5	3.5	15.29	17.28	4.94		3.10
103.10.20 C 標	泵送車 (15 噸 27m)	帽梁		87	3.5	24.86	26.80	7.66		3.25
105.02.24 B 標	泵送車 (37m)	上構 底版		420II 早強	161	5	32.20	55.93	11.19	
105.05.08 B 標	泵送車 (37m)	上構 頂版	420II 早強	208	6.25	33.28	55.94	8.98		3.72
105.01.26 C 標	泵送車 (37m)	上構 底版		133.5	5.5	24.27	50.87	9.25		2.62
105.02.01 C 標	泵送車 (37m)	上構 頂版		129	4.5	28.67	45.01	10.00		2.87

註：文獻\*：交通部公路總局施工機具費率表，規格：20~30方/時。

為排除混凝土澆置時可能等待之空檔時間或待機時間對於油耗率造成的影響，本計畫亦計算泵送方數與油量消耗之關係，結果顯示 WH77-B、C 標基礎澆置油耗為 4.16 m<sup>3</sup>/L，WH77-A 標之基礎澆置油耗為 4.19 m<sup>3</sup>/L。另外，由 B、C 標調查結果顯示，每公升油耗所能泵送的方數，基礎工項均高於墩柱、帽梁及上構工項，判斷油耗率應與泵送高度有直接關係。

考量「單位操作時間之油耗量」(L/hr)易受操作時數紀錄方式因人而異的影響，本計畫採用調查結果「單位油耗之泵送方數」(m<sup>3</sup>/L)，做為各標泵送車油耗率計算基準，以計算各標混凝土澆置之耗油量。

#### 五、樁頭打除油耗參數

WH77-A 盤查期間及 WH77-B 標於路地段(P1~P63) 之樁頭打除工項具有獨立油單，可統計其施工機具(PC-45)之操作時數與耗油資料；WH77-C 標自 103 年 3 月起開始有獨立油單(103 年 3 月之前因打除數量

不多，與基樁工程其他機具共用油箱)，統計其 103 年 3 月~104 年 5 月(樁頭打除完成)相關作業資料，一併彙整於表 4.1.2-8。

**表 4.1.2-8 WH77-A、B 及 C 標樁頭打除油耗統計表**

項目	樁頭數 (個)	施作時數 (hr)	作業時數 (hr/樁頭)	加油量 (L)	樁頭打除 油耗率(L/樁頭)	作業時間 油耗率(L/hr)
WH77-A 標	78	184	2.36	615.66	7.89	3.35
WH77-B 標	775	2,405	3.10	6,782.57	8.75	2.82
A+B 標	853	2589	3.04	7398.23	8.67	2.86
WH77-C 標	617	1,489	2.41	9,756.66	15.81	6.55

以統計結果來看，WH77-C 標每個樁頭打除所需作業時間 2.41 hr/樁頭，與 WH77-A、B 標相近；惟其樁頭打除油耗率 15.81 L/樁頭及作業時間油耗率 6.55 L/hr 高於 WH77-A、B 標。綜合現場現勘訪談所觀察到的現況及作業人員經驗所述，機具廠牌、機齡以及操作人員作業方式的差異性，都可能會直接影響到樁頭打除的油耗率。

### 4.1.3 工項單位能耗分析

本計畫將各標自開工迄今已完工單元之工項進行單位能耗計算，包括橋梁基樁、基礎/橋墩及上構，相關彙整資料如表 4.1.3-1，其目的為希望能夠提供未來其他工程相同單元工項能耗值參考來估算。以下就碳排放量計算內容、單位能耗及綜合評析進行說明。

#### 一、碳排放量計算內容

(一)機具使用：以施工期間機具施作總用油量及用電量。

(二)單位長度、體積及面積

- 1.基樁(體積)：基樁斷面積×樁長(設計值)
- 2.基礎(體積)：長×寬×高 (設計值)
- 3.墩柱(體積)：體積 (設計值)
- 4.上構(面積)：橋面版頂版寬度×長度 (施工圖)

## 二、單位體積能耗

將各標不同工項能耗量或工區用電量除以對應的總體積、面積及鋼筋量後，即可獲得單位能耗數量，分析結果彙整如表 4.1.3-1。

**表 4.1.3-1 各標工程項目單位體積能耗彙整表**

能耗 標別	基樁	基礎/橋墩		上構	
	(L/m <sup>3</sup> )	(L/m <sup>3</sup> )	(度/ton)	(L/m <sup>2</sup> )	(度/ton)
WH77-A	4.89	3.96/3.1	-	3.21	-
WH77-B	6.01	3.06/3.22	-	2.68	0.22
WH77-C	5.17	2.28	3.00	1.99	1.12

## 三、綜合評析

由分析結果得知，各標基樁之單位體積能耗範圍介於 4.89~6.01 L/m<sup>3</sup> 之間，以 B 標最高，研判因其包含跨河段，施工困難度較高，致使其單位體積能耗亦較高。

另外，C 標之基礎層/墩柱與上構施工均使用場電，因此其單位體積或面積之柴油消耗均較其他兩標低。

## 4.2 碳足跡盤查結果分析與環境影響因子探討

### 4.2.1 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程

WH77-A 標之工程內容包含：基樁、基礎及橋墩、箱型梁、匝道護坡、加勁擋土牆、護坡、橋台水刀拆除、路工、鋪面、排水、照明等項目。除工項排碳量外，並可依施工機具及工程材料分析其排碳特性。

#### 一、機具排放量

除前述工項類別外，在施工機具之排碳量分析中，由於部份工程係由一個協力廠商施作數個工項，如隆濱施作包括橋下排水、基礎、橋墩、橋面版之模板組立及灌漿工程；或數個協力廠商共同施作數個工項，如永冠、永大為工區內通用之吊車/吊卡車協力商，因此本計畫將該類廠商之機具碳排放歸類於通用/其他。

依據上述分類方式，可得施工機具排碳量分析結果如表 4.2.1-1 所示，以「基樁」之機具占比達 39.74% 最高，其次為「土方作業」與「通用/其他」分別占 17.99%、13.66%，「基礎與橋墩」亦占 9.75%。

表 4.2.1-1 WH77-A 標各工項類別之機具排放量分析

工項類別	廠商	主要使用機具	排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)
土方工程	明峰	挖土機、傾卸卡車、壓路機、灑水車	310.89
基樁	頤達	搖管機、動力箱、吊車、挖土機-施工區、挖土機-樁頭打除、曳引車	686.56
模板	隆濱	發電機、電焊機、彎紮機、吊卡車、高空作業車、小貨車	55.56
基礎與橋墩	漢碩、奇鴻	挖土機、抽水機、發電機、電焊機、彎紮機、吊卡車、泵送車	168.53
箱型梁	國祥、愉發、隆濱 (預力)	吊車、吊卡車、發電機、電焊機、彎紮機、油壓千斤頂、泵送車	102.12
匝道護坡	全雙	發電機、抽水機、挖土機、小貨車	34.15
匝道加勁擋土牆	巨蟹	挖土機、壓路機	49.32
水刀拆除	速巴陸(盈昶)	高空作業車、大貨車、高壓沖洗車、水刀機	24.22
護欄	辰鴻	吊卡車	17.61



工項類別	廠商	主要使用機具	排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)
路工與 AC 鋪面	鴻林、晟星、 鈺耀	AC 鋪築機、PC-150、三輪鐵輪壓路機、 大型鏟土機、刨路機、掃路機	38.85
照明	松樹	吊卡車、小貨車	1.74
標誌架	擎鐵	吊車、吊卡車、小貨車	1.21
植栽	大森林	吊卡車、PC45、灑水車	0.88
通用/其他	永大、永冠、鼎鈺 鑫、宙昶、春原	移動式起重機、吊卡車、壓送車發電機、 抽水機、高空作業車、高壓沖洗車、場電	236.09
小計			1,727.75

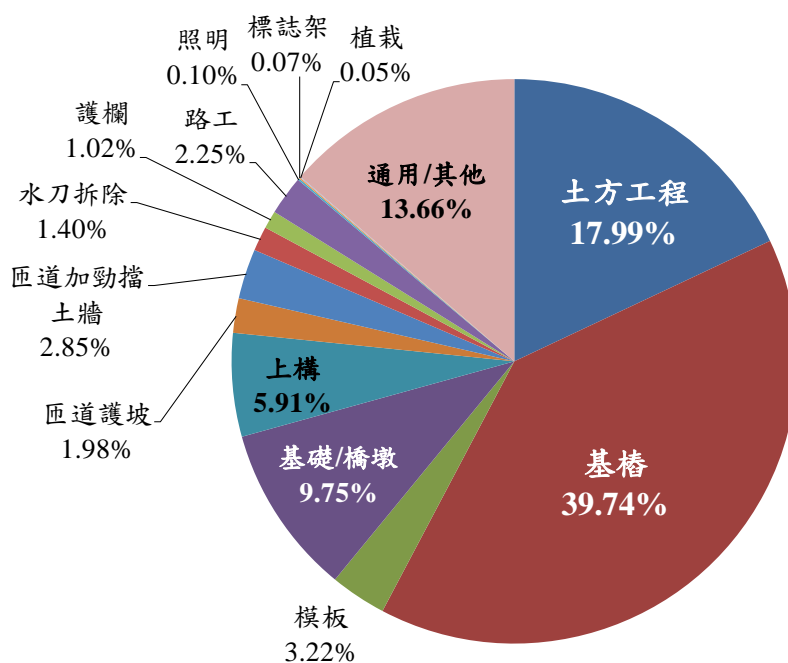


圖 4.2.1-1 WH77-A 標各工項類別之機具排放量分析

## 二、工程材料排放量

工程材料之排放量分析結果如表 4.2.1-2 所示，以上構之占比最高，達 38.19%，其次為基樁之 30.01%，基礎/橋墩占 20.38%，路工及 AC 鋪面雖然於 103 年 12 月才開始，最終之材料排放占比亦達 4.78%。

表 4.2.1-2 WH77-A 標各工項類別材料排放量分析

工項類別	主要使用工程材料	碳排放量 (ton CO <sub>2</sub> e)
基樁	結構用混凝土 210(水中)、基樁測管、竹節鋼筋	19,685.77
基礎及橋墩	結構用混凝土 350(自充填)、280、245、140 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、剪力鋼箱、盤式支承、化學錨筋	13,368.02
上構-箱型梁	預力混凝土 420、無收縮水泥砂漿、竹節鋼筋、預力鋼鍵、預力材料、橋面排水孔、化學錨筋、鍍鋅套管、箱梁人孔蓋及座、水泥	25,049.00
護欄	結構用混凝土 245 kgf/cm <sup>2</sup> 、填縫版	1,118.01
匝道護坡	結構用混凝土 210、140 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、紅磚、水泥、砂	1,096.55
加勁擋土牆	PE 土包袋、PVC 加勁格網、HDPE 透水盲管、碎石	158.48
路工與 AC 鋪面	結構用混凝土 210 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、A2 型緣石、密級配瀝青混凝土、粗級配瀝青混凝土、底層級配料	3,136.50
排水	結構用混凝土 280、210、140 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、PVC 管、RCP 管、不鏽鋼踏步、填縫劑、鍍鋅隔柵蓋板及框座	1,099.30
照明	螺栓式單臂燈柱 9.2/10 米、電源開關箱、LED 燈具	94.39
標誌架	架空型標誌架、雙柱式懸臂標誌架、結構用混凝土 245 kgf/cm <sup>2</sup>	31.27
植栽	海雀稗草毯(有機土)	8.75
通用/其他	結構用混凝土 245、210、140 kgf/cm <sup>2</sup> 、PVC 管、焊條、氧氣、乙炔	744.23
小計		65,590.27

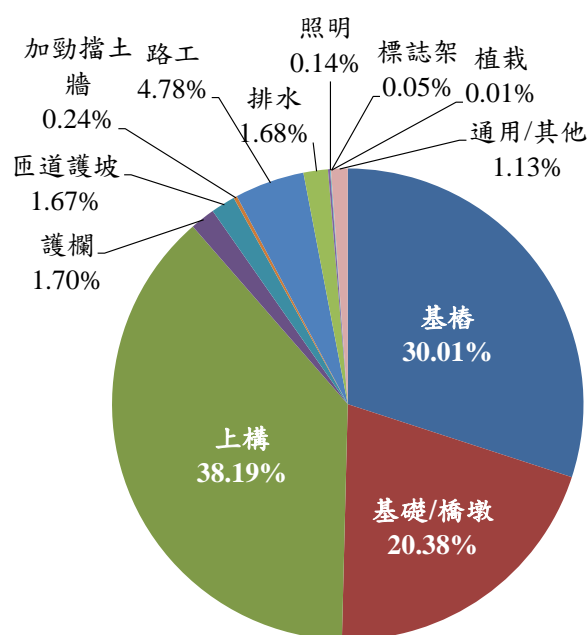


圖 4.2.1-2 WH77-A 標各工項類別材料排放量分析

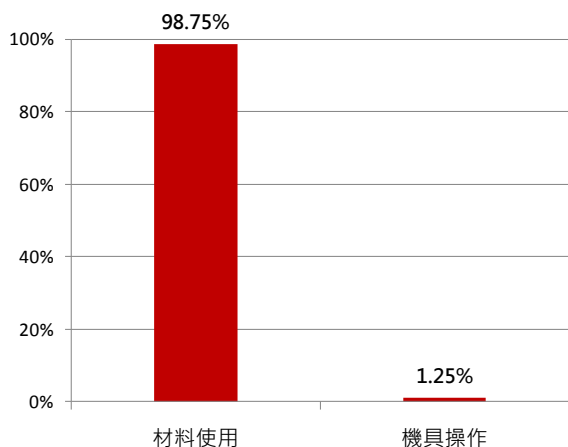
### 三、工項排放量

將各工項之機具與工程材料排碳量整合如表 4.2.1-3 所示，由於模板工程無法明確分配各工項應對應之工程材料，故將其施工機具之排碳歸於「通用/其他」類別。由分析結果顯示，WH77-A 標於之施作工項中，以箱型梁之碳排放量最大，基樁次之，再其次為基礎及橋墩，此順序與材料排碳之排序相同。

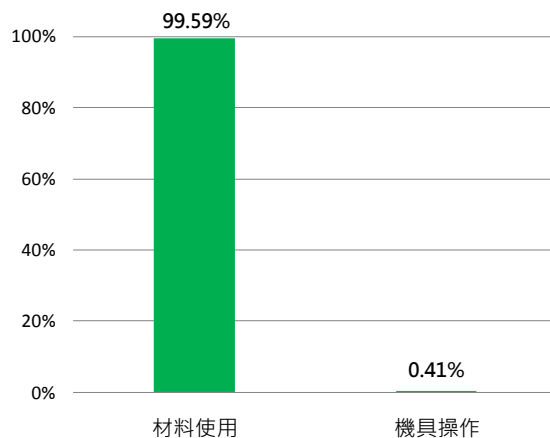
主要排碳工項均為大量使用混凝土及鋼筋之項目，而由各工項之分析中可發現，主要排碳工項中確實以工程材料為最主要之排放源，如圖 4.2.2-3 所示。

**表 4.2.1-3 WH77-A 標各工項類別排放量分析**

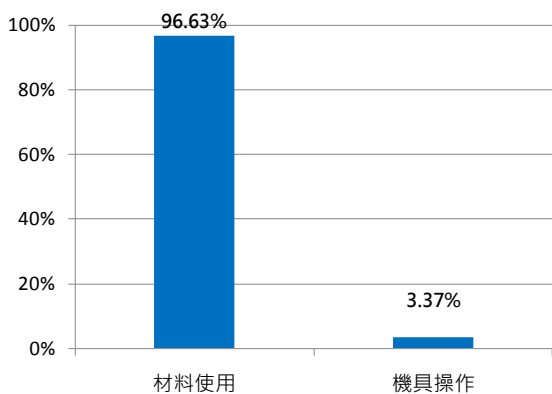
工項類別	機具排放量 (ton CO <sub>2</sub> e)	工程材料排放量 (ton CO <sub>2</sub> e)	小計 (ton CO <sub>2</sub> e)
下構-基樁	686.56	19,685.77	20,372.33
下構-基礎/橋墩	168.53	13,368.02	13,536.55
上構-箱型梁	102.12	25,049.00	25,151.13
護欄	17.61	1,118.01	1,135.63
匝道護坡	34.15	1,096.55	1,130.70
加勁擋土牆	49.32	158.48	207.80
路工	38.85	3,136.50	3,175.35
水刀拆除	24.22	-	24.22
排水	-	1,099.30	1,099.30
照明	1.74	94.39	96.13
標誌架	1.21	31.27	32.48
植栽	0.88	8.75	9.62
土方	310.89	-	310.89
通用/其他	291.65	744.23	1,035.87
		合計	67,318.02



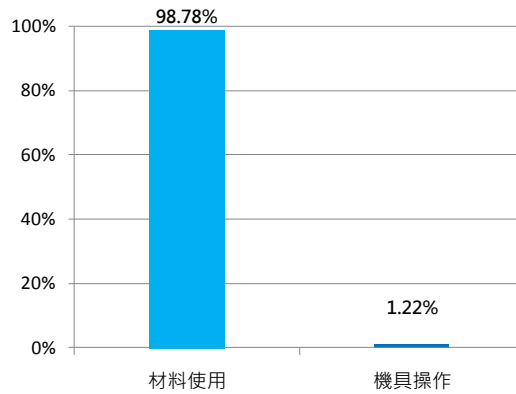
**基礎/墩柱：13,537 tonCO<sub>2</sub>e**



**上構工程：25,151 tonCO<sub>2</sub>e**



**基樁：20,372 tonCO<sub>2</sub>e**



**路工：3,175 tonCO<sub>2</sub>e**

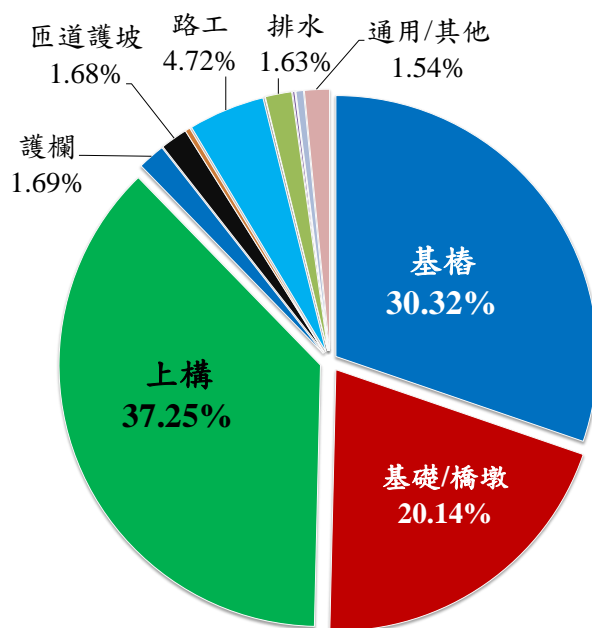


圖 4.2.1-3 WH77-A 標各工項類別碳排放量分析

## 4.2.2 WH77-B 標七股溪橋段新建工程

WH77-B 標要工程內容七股溪橋段之上構為主，分別以逐跨與懸吊工法進行箱型梁施工。工程內容包括：基樁、基礎/橋墩、七股溪橋施工便橋及構台工程、上構逐跨、上構懸臂、上構拱橋、路工工程、護坡工程、橋下排水設施、護欄工程、交通工程等項目，另有土方作業、既有排水溝渠打除、施工便道等其他工程施作。除各工項之排碳量外，並可依據施工機具及工程材料分析其排碳特性。

### 一、機具排放量

依據上述分類方式，將機具排碳量依個別工項彙整比較，分析結果如表 4.2.2-1 及圖 4.2.2-1 所示。最主要之排碳工項類別為基樁施工，其占比達 38.51%，其次為基礎/橋墩與上構逐跨，占比為 22.88% 及 15.86%，土方施工占比為 15.04%，其餘工項之占比皆小於 5%。

表 4.2.2-1 WH77-B 標各工項類別機具操作排放量分析

工項類別		使用廠商	主要使用機具	碳排放量 (ton CO <sub>2</sub> e)
土方		文聯	挖土機、傾卸卡車、壓路機、灑水車	629.97
基樁		頤達	搖管機、移動式起重機、挖土機、抽水機、發電機、電焊機	1,613.07
基礎/橋墩		合隆興/安傑/ 奇鴻	打樁機、挖土機、抽水機、發電機、彎紮機吊卡車、泵送車	958.32
施工構台與便橋		海明	移動式起重機、打樁機、發電機、吊卡車、電焊機、小貨車	185.27
上構 逐跨	模板	隆濱	發電機	178.87
	支撐架/預力	國祥	移動式起重機、吊卡車、高空作業車、發電機、泵送車、小貨車	473.16
	鋼筋彎紮	愉發	吊卡車、彎紮機、場電、小貨車	12.25
上構懸臂		巨聯	切割機、油壓泵浦、高空作業車、泵送車、灌漿機、小貨車、場電	40.17
上構拱橋		巨聯	切割機、油壓泵浦、高空作業車、泵送車、灌漿機、小貨車、場電	38.16
		合隆興	吊卡車、發電機、小貨車	
		宜和	移動式起重機、吊卡車	

工項類別	使用廠商	主要使用機具	碳排放量 (ton CO <sub>2</sub> e)
路工(鋪面、緣石)	鴻林、瀧廷	鋪裝機、刨除基、壓路機、黏層撒佈機、鏟土機	8.84
護坡	恩得	挖土機、抽水機、發電機	23.43
護欄欄杆	辰鴻	吊卡車、發電機、小貨車	0.22
通用(排水、構造物 打除、雜項)	安傑	發電機、電焊機、小貨車	26.43
	上毅	打除機	
	春原	抽水機、高壓沖洗機、發電機	
小計			<b>4,188.67</b>

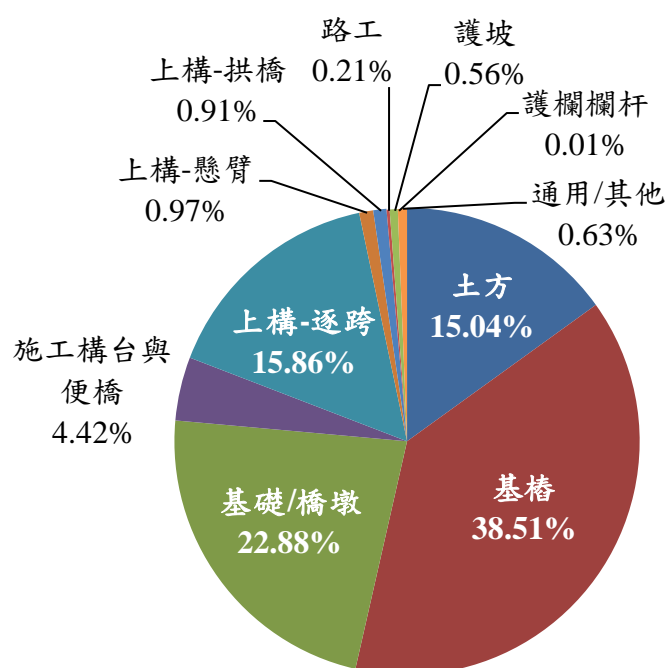


圖 4.2.2-1 WH77-B 標各工項類別機具操作排放量分析

## 二、工程材料排放量

工程材料之排放量分析結果如表 4.2.2-2 及圖 4.2.2-2 所示，以上構工程之占比最大，其中以上構逐跨(34.39%)最高，上構拱橋及上構懸臂分別為 6.86%、5.08%，總計上構工程排碳占比為 46.33%；其次則為樁基及基礎/橋墩占比為 26.99%、21.31%，其餘工項排碳占比皆小於 5%。

表 4.2.2-2 WH77-B 標各工項類別工程材料排放量分析

工項類別	主要使用工程材料	碳排放量 (ton CO <sub>2</sub> e)
基樁	混凝土 210 水中 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、PVC 管	36,254.09
基礎/橋墩	混凝土 350(自充填)、280、140 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、剪力鋼箱、盤式支承、化學錨筋	28,613.55
上構-逐跨	預力混凝土 420 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、預力鋼腱、預力端錨、鍍鋅套管、橋面排水孔	46,185.42
上構-懸臂	混凝土 420 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、預力鋼腱、預力端錨	6,825.56
上構-拱橋	預力混凝土 420 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、預力鋼腱、預力端錨	9,208.24
路工	密級配瀝青混凝土、黏油、緣石	3,076.22
護坡	混凝土 140、210 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、加勁格網、卵石、太空包	252.18
護欄欄杆	橋欄杆鋼管、基座、螺栓	397.60
排水	混凝土 140、210、245 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、RCP 管、PVC 管涵、鍍鋅隔柵蓋板、卵塊石、不鏽鋼踏步	1,879.03
通用/其他	結構用混凝土 420、350(SCC)、245、210、210(水中)、140 kgf/cm <sup>2</sup> 、CLSM、氧氣、乙炔、標誌架、不織布、不鏽鋼踏步、PVC 管、竹節鋼筋	1,609.14
小計		<b>134,301.04</b>

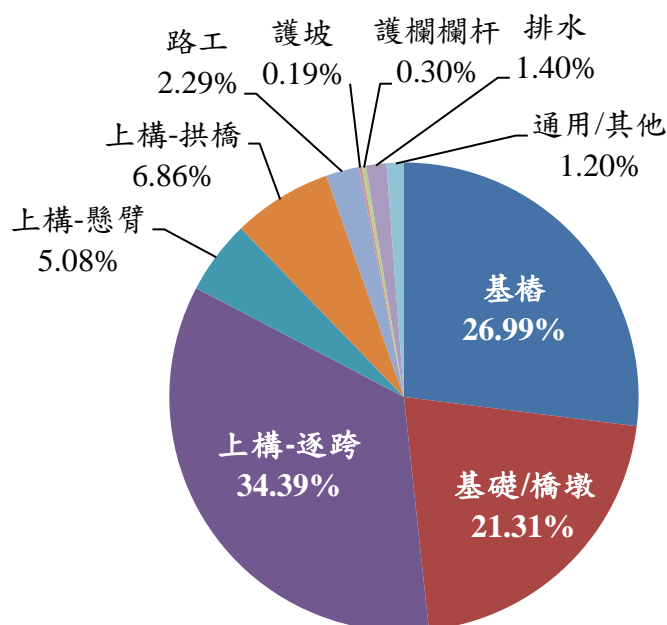


圖 4.2.2-2 WH77-B 標各工項類別工程材料排放量分析

### 三、工項排放量

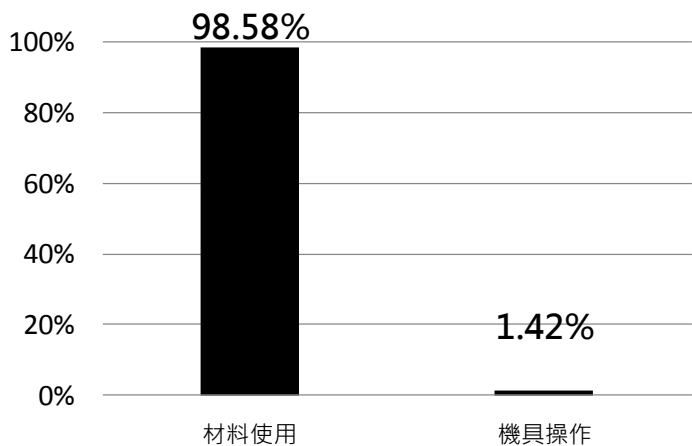
依據工項分類，各工程項目中工程材料與施工機具之排碳量彙整如表 4.2.2-3 所示。由分析結果顯示，WH77-B 標工程於此期間以上構工程碳排放量最大，其中上構逐跨約占 33.83%、上構拱橋 6.68% 及上構懸臂 4.96%，合計上構工程排碳占比為 45.46%；其次基樁、基礎/橋墩排碳占比分別為 27.34% 及 21.35%，此順序與材料排碳之排序相同。另由各主要排碳工項可發現，最主要皆以工程材料為排碳來源，如圖 4.2.3-3 所示。

其中跨七股溪段部分，上構以具有景觀造型之拱橋結構呈現，雖僅有 1 個橋單元 U15S，由於此單元量體較大，故具有較高的混凝土及鋼筋等工程材料使用，使其工程材料排放量略高；且因於跨河段施工，施工不易造成其施工機具排放量也較高，此外，跨河段需構築施工構台與便橋，此部分之機具排碳亦應歸屬於跨河段工程。

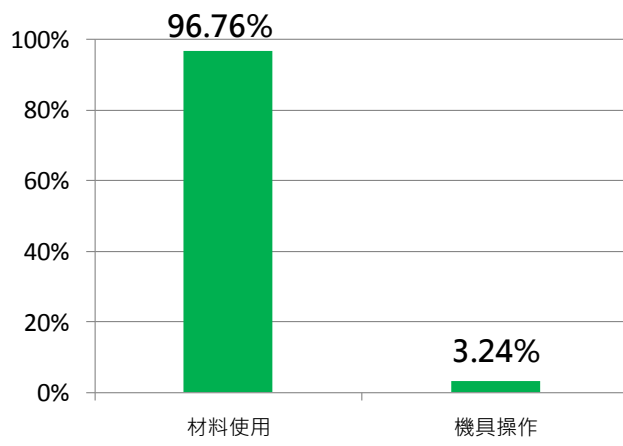
表 4.2.2-3 WH77-B 標各工項類別排放量分析

工項類別	機具排放量 (ton CO <sub>2</sub> e)	工程材料排放量 (ton CO <sub>2</sub> e)	小計 (ton CO <sub>2</sub> e)
土方	629.97	-	629.97
基樁	1,613.069	36,254.09	37,867.16
基礎/橋墩	958.32	28,613.55	29,571.87
施工構台與便橋	185.27	-	185.27
上構-逐跨	664.28	46,185.42	46,849.70
上構-懸臂	40.71	6,825.56	6,866.27
上構-拱橋	38.16	9,208.24	9,246.40
路工	8.836	3,076.22	3,085.05
護坡	23.43	252.18	275.61
護欄欄杆	0.22	397.60	397.82
排水	-	1,879.03	1,879.03
通用/其他	26.43	1,609.14	1,635.57
<b>合計</b>			<b><u>138,489.72</u></b>

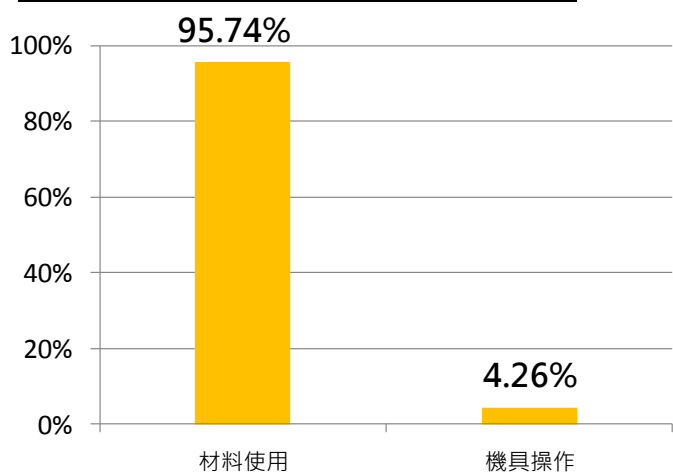




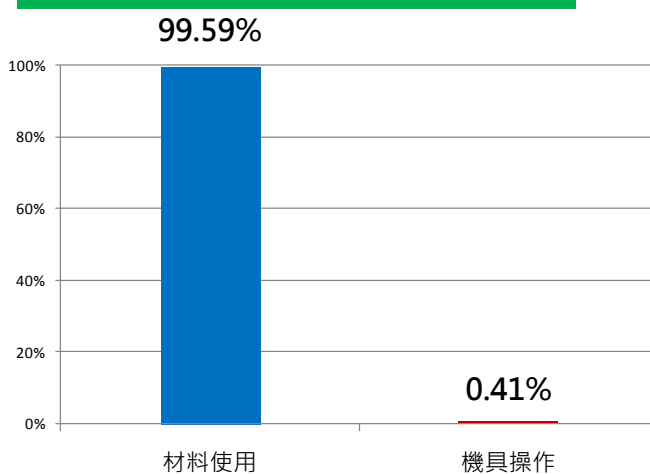
**上構-逐跨：46,850 tonCO<sub>2</sub>e**



**基礎/橋墩：29,572 tonCO<sub>2</sub>e**



**基樁：37,867 tonCO<sub>2</sub>e**



**上構-拱橋：9,246 tonCO<sub>2</sub>e**

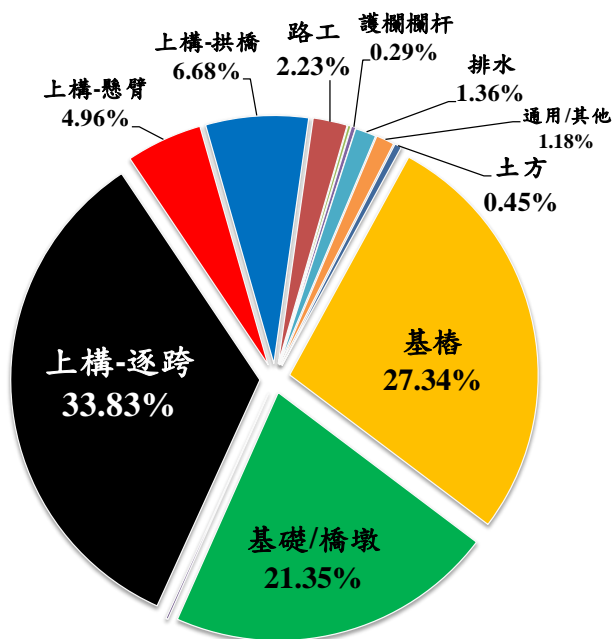


圖 4.2.2-3 WH77-B 標各工項類別碳排放量分析

### 4.2.3 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程

WH77-C 標施工全期(102 年 9 月~106 年 3 月)工程內容，包含基樁、基礎及橋墩、上構(箱型梁)、路工、橋下排水、擋土牆、緣石、護欄及隔欄工程、標誌架及標線工程，另有土方挖填運送、工區灑水、施工便道等雜項工程。除各工項之排碳量外，並可依據施工機具及工程材料分析其排碳特性。

#### 一、機具操作排放量

依據上述分類方式，將機具操作排碳量依個別工項彙整比較，分析結果如表 4.2.3-1 及圖 4.2.3-1 所示。機具操作最主要之排碳工項為基樁工程，其占比達 33.15%，其次為土方、上構及下構工程占比分別為 20.39%、17.03%、11.1%，而雜項工程占比約為 11.00%，至於其餘工程則相對較低。

表 4.2.3-1 WH77-C 標各工項類別機具操作排放量分析

工項類別		廠商	主要使用機具	碳排放量(tonCO <sub>2</sub> e)	
基樁工程	基樁施工	大昶	搖管機、吊車、挖土機、發電機	853.68	968.72
	基樁鋼筋彎紮	大昶	吊車、發電機	81.09	
	基樁樁頭打除	大昶	挖土機	33.95	
下構工程	下構基礎鋼板樁	全強	打樁機、吊卡車	131.05	324.35
	基礎、橋墩施工	鉅榮、利鍵	吊車、吊卡車、挖土機、發電機、傾卸車、大貨車、小貨車	180.48	
	下構鋼筋彎紮	鉅榮	彎紮機	12.81	
上構工程	上構底腹版、頂版施工	泛亞、信越	吊車、吊卡車、發電機、整平機、震動機、山貓、高空作業車、燈車、空壓機	377.77	497.80
	上構預力施拉	榮暉	吊卡車、小貨車、發電機	31.80	
	上構鋼筋彎紮	信越	彎紮機	9.79	
	上構混凝土灌漿	宙昶	泵送車	72.78	
	上構伸縮縫	擎鐵	吊車、山貓	5.66	
路工工程		坤慶	刨除機、瀝青鋪築機、壓路機、膠輪壓路機、黏油噴灑機、吊卡車	56.28	56.28
橋下排水工程		利鍵、信越	挖土機、吊卡車、發電機、泵送車	111.68	111.68

工項類別	廠商	主要使用機具	碳排放量(tonCO <sub>2</sub> e)	
擋土牆工程	勢明	吊卡車、發電機、泵送車	21.46	21.46
緣石工程	盈坂	發電機、挖土機、吊卡車、山貓	4.90	4.90
護欄及隔欄工程	久立	吊卡車、發電機	17.64	17.64
標誌架工程	駿昊	吊車	2.50	2.50
標線施工	兆藝	小貨車、標線機、熱拌爐	0.06	0.06
土方工程	冠聖、泛亞、盈康、名文、家振	挖土機、傾卸卡車、壓路機、貨車、夯實機	595.81	595.81
雜項工程	泛亞、大合、大立金、恆瑜	小貨車、大貨車、吊卡車、灑水車、發電機、挖土機、抽水機、堆高機	321.41	321.41
小計			<b>2,922.61</b>	

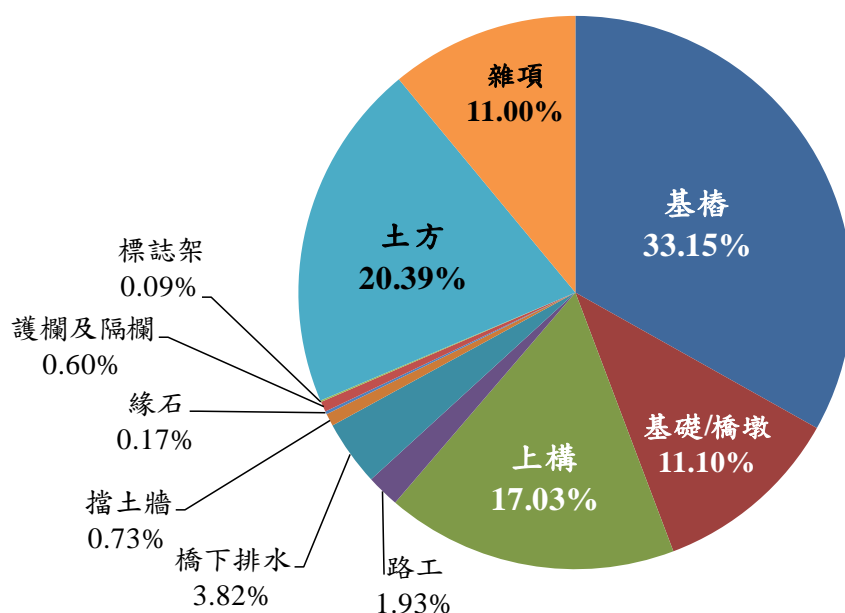


圖 4.2.3-1 WH77-C 標各工項類別機具使用排放量分析

## 二、工程材料使用排放量

工料使用之排放量分析結果如表 4.2.3-2 及圖 4.2.3-2 所示，以上構箱型梁工程之占比最大(43.76%)，其次則為基樁及基礎/橋墩工程占比為 25.71%、20.12%，其餘工項排碳占比皆小於 5%。

表 4.2.3-2 WH77-C 標各工項類別工程材料使用排放量分析

工項類別	主要使用工程材料	碳排放量 (tonCO <sub>2</sub> e)
基樁	混凝土 210 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、PVC 管	26,511.27
下構 (基礎/橋墩)	混凝土 140、280SCC、350SCC kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、盤式支承、剪力鋼箱、H 型鋼(埋入)、落水斗、PVC 管、PE 布	20,745.01
上構	混凝土 420 kgf/cm <sup>2</sup> 、無收縮水泥 420II、竹節鋼筋、預力鋼腱、預力套管、預力端錨、箱梁人孔蓋及座、3/4"、4"、6"、8"PVC 管與管件、PVC 管吊架、伸縮縫、鋸板、袋裝水泥	45,122.67
橋下排水	混凝土 140、210kgf/cm <sup>2</sup> 、鍍鋅隔柵蓋板及框座、RCP 管材、止水帶、不銹鋼踏步、卵石	3,906.41
路工	黏油、瀝青混凝土粗級配、密級配、PAC、防眩板、標誌牌面、反光導標、里程碑、路面標記	1,929.97
護欄及隔欄	混凝土 210、245 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、金屬欄杆、欄杆基座、欄杆螺栓	1,925.98
擋土牆	混凝土 245 kgf/cm <sup>2</sup> 、止水帶、排水器、4"PVC 管	856.31
緣石	混凝土 140、210 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、預鑄緣石	381.34
標誌架	混凝土 245 kgf/cm <sup>2</sup> 、標誌架、金屬欄杆	137.14
標線	熱處理聚脂、抗滑珠、瓦斯	109.27
照明	混凝土 140、210 kgf/cm <sup>2</sup> 、燈柱基礎錨碇預埋螺栓、PVC 電導線管、鍍鋅鋼管、防水接線盒、電源開關箱、燈柱、燈具、電線電纜	55.27
通用/其他	混凝土 80、140、210kgf/cm <sup>2</sup> 、級配、混凝土塊、填縫板、不織布、植筋膠、強力膠、鐵釘、鐵線、焊條、太空包、氧氣、乙炔	1,423.51
小計		<b><u>103,104.16</u></b>

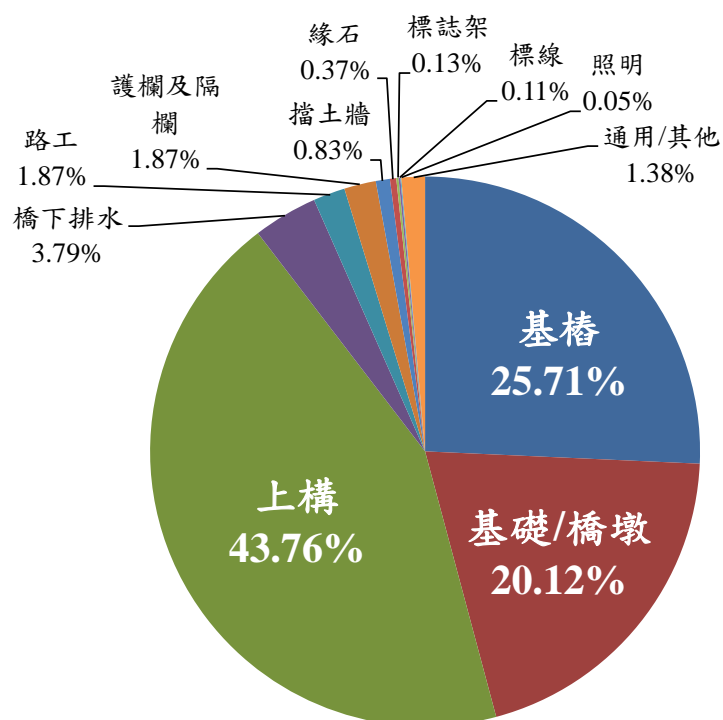


表 4.2.3-2 WH77-C 標各工項類別工程材料使用排放量分析

### 三、工項排放量

依據工項分類，各工程項目中工程材料與施工機具之排碳量彙整如表 4.2.3-3 所示。由分析結果顯示，WH77-C 標工程以上構工程碳排放量最大，約占 43.03%，其次為基樁與下構(基礎/橋墩)工程 25.92%、19.87%，此排碳占比次序與工程材料排碳相同。另由各主要排碳工項可發現，最主要皆以工程材料為排碳來源，如圖 4.2.3-3 所示。

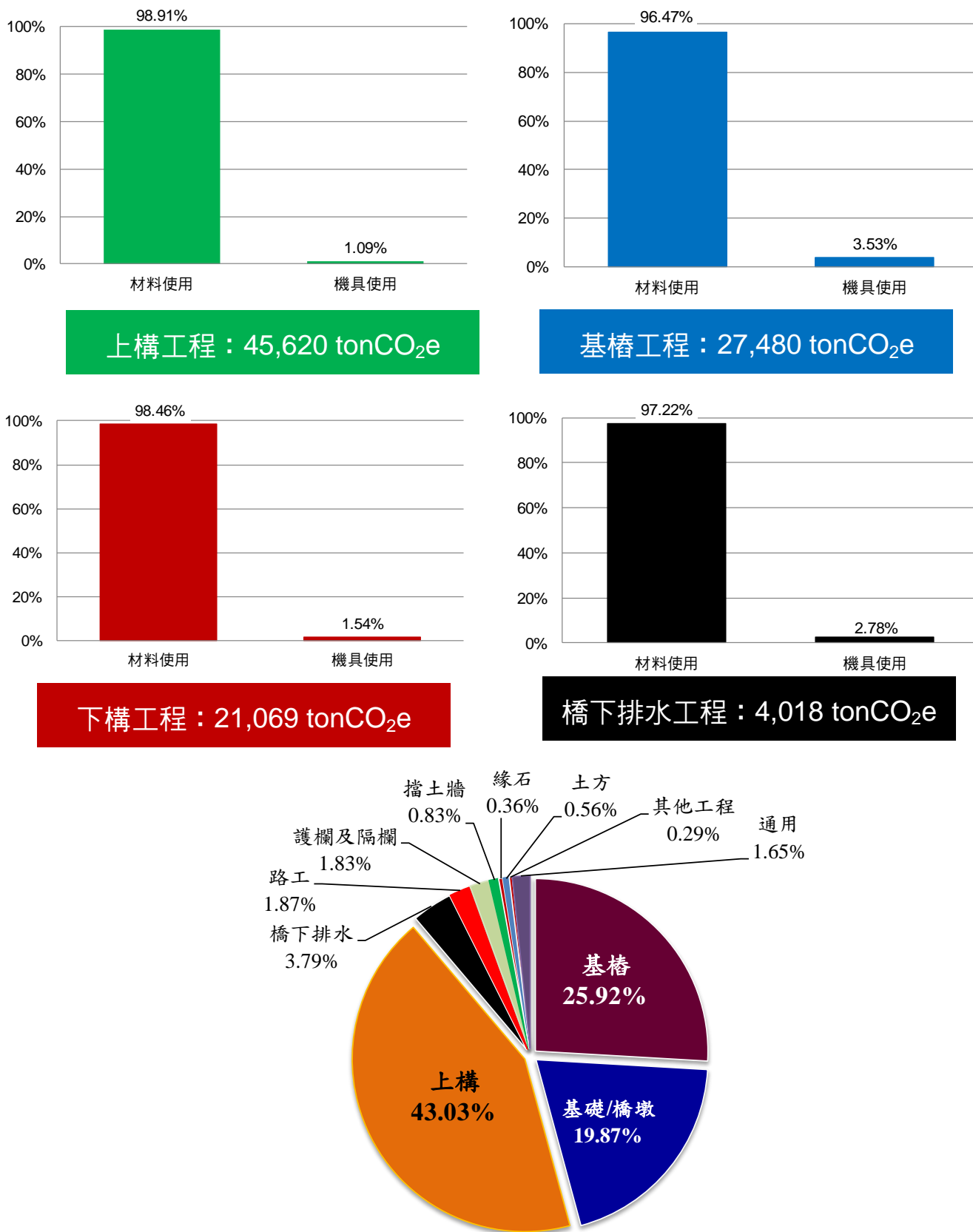


圖 4.2.3-3 WH77-C 標各工項類別碳排放量分析

表 4.2.3-3 WH77-C 標各工項類別排放量分析

工項類別	工程材料排放量(tonCO <sub>2</sub> e)	機具排放量(tonCO <sub>2</sub> e)	小計(tonCO <sub>2</sub> e)	排放占比
基樁	26,511.27	968.72	27,479.99	25.92%
基礎/橋墩	20,745.01	324.35	21,069.36	19.87%
上構	45,122.67	497.80	45,620.46	43.03%
橋下排水	3,906.41	111.68	4,018.10	3.79%
路工	1,929.97	56.28	1,986.25	1.87%
護欄及隔欄	1,925.98	17.64	1,943.62	1.83%
擋土牆	856.31	21.46	877.77	0.83%
緣石	381.34	4.90	386.24	0.36%
標誌架	137.14	2.50	139.64	0.13%
標線	109.27	0.06	109.33	0.10%
照明	55.27	0.00	55.27	0.05%
土方	0.00	595.81	595.81	0.56%
通用/其他	1,423.51	321.41	1,744.93	1.65%
		小計	<b>106,026.76</b>	<b>100.00%</b>

#### 4.2.4 西濱快八棟寮至九塊厝新建工程總體結果

彙整 4.2.1~4.2.3 節西濱快八棟寮至九塊厝工程各標之排碳量結果，如表 4.2.4-1 及圖 4.4.4-1。上構-逐跨為最主要排碳來源，占比約為 37.72%，主要原因為本工程橋梁上構工法僅有 WH77-B 標包含 2 個橋單元為懸臂工法與 1 個橋單元為拱橋型式，其餘皆為場鑄逐跨工法。且上構使用的混凝土、鋼筋及預力材料亦高於其他構件的材料排碳量，故整體而言，上構-逐跨為本工程最主要的排碳工項。另將所有上構型式上構-逐跨、上構-懸臂及上構-拱橋加總，合計上構工項總排碳占比為 42.89%。

排碳占比次高之工項為下構-基樁 27.49% 及下構-基礎/橋墩 20.58%，其餘工項排碳占比則相對較小。另亦可發現主要排碳來源皆來自於工程材料使用，整體工程排碳特性與各標排碳占比類似。

表 4.2.4-1 本工程各工項類別排放量分析

工項類別	工程材料排放量(tonCO <sub>2</sub> e)	機具排放量(tonCO <sub>2</sub> e)	小計(tonCO <sub>2</sub> e)
下構-基樁	82,451.13	3,268.34	85,719.47
下構-基礎/橋墩	62,726.58	1,451.19	64,177.77
上構-逐跨	116,357.09	1,264.20	117,621.29
上構-懸臂	6,825.56	40.71	6,866.27
上構-拱橋	9,208.24	38.16	9,246.40
路工	8,801.70	112.64	8,914.34
土方工程	-	1,536.67	1,536.67
護欄	3,441.60	58.68	3,500.28
排水	6,884.75	111.68	6,996.43
護坡	1,348.74	34.37	1,383.10
擋土牆	1,014.79	70.78	1,085.57
通用/其他	3,935.29	851.60	4,786.89
		小計	<b>311,834.49</b>



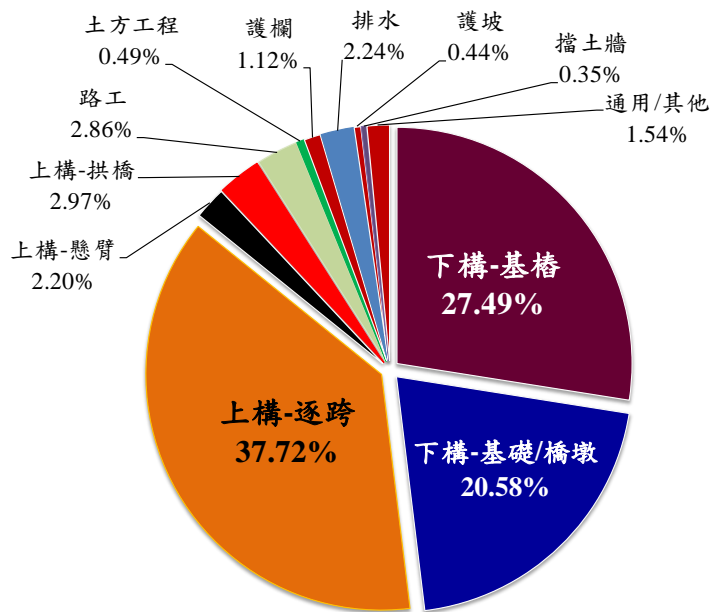


圖 4.2.4-1 本工程各工項類別碳排放量分析

## 4.3 工程特性與工程碳足跡關聯分析

### 4.3.1 基樁排碳量分析

本工程基樁型式為全套管基樁，僅少部分(WH77-A 標)樁徑為 100 公分，其餘所有基樁樁徑皆為 150 公分。WH77-A 標完成之全套管基樁包括主線 A 工區 305 支(P13 ~ P27)、B 工區 168 支(P1 ~ P12)、匝道及橋台基樁 30 支(R11 ~ R14、P0、R15、R16)；WH77-B 標共計完成 P2 ~ P63N 基樁 775 支、七股溪橋南北側樓梯基樁 4 支及七股溪跨河段 P66S ~ P69S 基樁 136 支；WH77-C 標全套管基樁工程共計基樁 706 支。

主線橋墩型式共分為 26 種，所使用全套管基樁依使用鋼筋差異又分為 A、B、C 三種類型。以下即就本工程所有基樁，分析不同橋墩型式及基樁類型與排碳量之關聯性。

基樁之主要工程材料為鋼筋、 $210 \text{ kgf/cm}^2$  水中混凝土及完整性測管(PVC 管)，本計畫以設計資料(含損耗)計算各類型基樁之鋼筋使用量，而混凝土及基樁測管則以實際進料量作為使用量；機具所耗用之總油量由施工廠商提供，並依體積比例分配計算各基樁所消耗之機具用油；材料運輸之排碳量部分，混凝土以單位重量運輸油耗率計算，鋼筋則以材料使用量及運輸距離計算。各墩號之基樁排碳量如表 4.3.1-1 及表表 4.3.1-2 所示。由表中統計數據顯示，基樁規模越大者(基樁長、基樁數多)，其鋼筋及混凝土用量大，排碳量也相對較高。

另將各類型橋墩之基樁排碳量表示如圖 4.3.1-3 所示，排碳量與橋墩之基樁支數與長度呈正相關。由於本工程中相同型式之橋墩於不同墩號之設計樁長度亦有不同，且不同類型基樁所使用鋼筋量不同，因此本計畫另根據基樁之設計長度，進一步求得本工程各型樁徑 150 公分基樁之單位長度排碳量(如圖 4.3.1-1 所示)，主線基樁單位長度排碳量介於  $0.91 \sim 0.98 \text{ tonCO}_2\text{e/m}$ ，匝道基樁單位長度排碳量約為  $0.95 \sim 0.96 \text{ tonCO}_2\text{e/m}$ ，橋台基樁單位長度排碳量約為  $0.97 \text{ tonCO}_2\text{e/m}$ ，擋土牆基樁單位長度排碳量介於  $0.98 \sim 1.02 \text{ tonCO}_2\text{e/m}$ ，跨河段約為  $0.96 \text{ tonCO}_2\text{e/m}$ ，樓梯則為  $0.83 \text{ tonCO}_2\text{e/m}$ ；樁徑 100 公分基樁之單位長度排碳量則為  $0.55 \text{ tonCO}_2\text{e/m}$ 。

分析基樁排碳量中混凝土、鋼筋、機具、運輸及完整性測管各別之排碳量占比如圖 4.3.1-2 所示，可知基樁排放量中以混凝土及鋼筋為最主要之排放源；又陸上段、跨河段及樁徑 100 公分之基樁排碳源占比亦不同，陸上段基樁混凝土與鋼筋分別貢獻 68.7% 及 24.2%，機具之占比為 3.6%，材料運輸約占 2.4%，完整性測管僅占 1.1%；跨河段之基樁鋼筋占比略高為 26.6%，混凝土降低為 66.6%，其餘占比約略相同；樁徑 100 公分之基樁鋼筋占比最高為 36.1%，混凝土降低為 57.8%，其餘占比約亦略相同。

表 4.3.1-1 150 cm  $\phi$  全套管場鑄 RC 基樁排碳量

橋墩型式	基樁型式	標別	墩號	樁長 (m)	基樁支數	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具用油 (tonCO <sub>2</sub> e)	基樁測管 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
V 型	A	B	P2	55	30	414.50	1,051.31	61.41	15.63	31.02	1,573.87
	A	B	P3	55	30	414.50	1,048.81	61.26	16.15	30.95	1,571.68
1	B	A	P1	41	16	158.59	454.29	21.58	6.14	12.40	653.01
	B	A	P2	41	16	158.59	456.45	21.68	6.14	12.45	655.32
	B	A	P5	45	16	157.60	495.06	23.52	6.74	13.45	696.37
	B	A	P6	45	16	157.60	371.70	17.66	6.74	10.24	563.94
	B	A	P10	44	16	164.99	490.21	23.29	6.59	13.35	698.43
	B	B	P5	47	16	181.87	481.68	28.14	7.73	14.19	713.61
	B	B	P6	47	16	181.87	479.02	27.98	7.71	14.11	710.69
	B	B	P14	45	12	132.82	336.11	19.63	5.04	9.92	503.53
	B	B	P15	45	12	132.82	331.78	19.38	5.04	9.80	498.82
	B	B	P19	45	12	132.82	339.78	19.85	5.57	10.02	508.04
	B	B	P20	45	12	132.82	342.78	20.02	5.04	10.11	510.77
	B	B	P24	45	12	132.82	340.11	19.87	5.04	10.03	507.87
	B	B	P25	45	12	132.82	336.78	19.67	5.04	9.94	504.25
	B	B	P29	44	12	132.82	343.44	20.06	5.56	10.13	512.01
	B	B	P30	44	12	131.20	335.78	19.61	4.93	9.90	501.43
	B	B	P34	44	12	131.20	334.11	19.52	4.93	9.86	499.62
	B	B	P35	44	12	131.20	332.45	19.42	4.93	9.81	497.81
	A	B	P44	42	13	152.92	351.77	20.55	5.18	10.43	540.84
A	B	P45	42	13	152.92	351.77	20.55	5.66	10.43	541.32	
B	B	P49	43	13	140.13	356.77	20.84	5.97	10.52	534.23	
A	B	P50	43	13	154.79	358.93	20.97	5.78	10.63	551.11	

橋墩型式	基樁型式	標別	墩號	樁長(m)	基樁支數	鋼筋(tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土(tonCO <sub>2</sub> e)	機具用油(tonCO <sub>2</sub> e)	基樁測管(tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸(tonCO <sub>2</sub> e)	合計(tonCO <sub>2</sub> e)
	A	B	P54	43	13	154.79	355.60	20.77	5.79	10.54	547.49
	A	B	P55	43	13	154.79	359.10	20.98	5.79	10.64	551.30
	C	B	P58	43	12	109.46	329.45	19.24	4.82	9.65	472.63
	C	B	P59	43	12	109.46	328.12	19.17	4.82	9.62	471.18
	A	C	P11	42	11	127.20	297.90	15.01	5.31	13.59	459.01
	B	C	P12	42	11	114.89	293.69	14.79	5.31	13.31	441.99
	B	C	P16	44	11	117.85	300.31	15.13	5.20	13.62	452.10
	B	C	P17	44	11	117.85	305.43	15.39	5.56	13.83	458.07
	B	C	P21	44	11	117.85	307.46	15.46	6.06	13.89	460.71
	A	C	P22	44	11	122.91	323.92	16.34	5.05	14.72	482.95
	B	C	P26	43	11	116.36	299.66	15.10	5.43	13.58	450.14
	C	C	P27	41	11	96.55	288.21	14.54	5.18	12.95	417.43
	C	C	P31	41	11	91.17	285.33	14.39	5.18	12.83	408.90
	C	C	P32	41	11	91.17	285.33	14.39	5.18	12.83	408.90
	C	C	P36	45	11	101.77	314.44	15.85	5.29	14.09	451.45
	B	C	P37	45	11	119.42	314.44	15.85	5.68	14.23	469.63
	A	C	P41	45	11	131.73	314.89	15.87	5.68	14.34	482.51
	A	C	P42	45	11	131.73	315.50	15.89	5.68	14.36	483.17
	A	C	P46	46	11	133.20	328.93	16.56	5.81	14.94	499.45
	A	C	P47	46	11	133.20	348.71	17.58	5.81	15.79	521.09
	A	C	P51	43	11	121.52	294.94	14.88	5.41	13.49	450.23
	A	C	P52	43	11	121.52	293.34	14.79	5.43	13.42	448.51
	A	C	P56	41	11	125.63	283.73	14.31	5.18	12.99	441.85
	A	C	P57	41	11	121.18	285.01	14.37	5.19	13.04	438.81
2	A	A	P11	44	16	183.57	502.42	23.87	6.59	13.74	730.18
	C	B	P7	47	10	96.26	297.47	17.38	4.80	8.71	424.62
	C	B	P8	45	10	93.69	287.81	16.81	4.62	8.43	411.36
	C	B	P13	45	10	93.69	282.65	16.51	4.20	8.28	405.34
	C	B	P16	45	10	93.69	279.48	16.33	4.20	8.19	401.90
	C	B	P18	45	10	93.69	285.48	16.68	4.20	8.36	408.42
	C	B	P21	44	10	92.55	280.32	16.37	4.73	8.21	402.19
	C	B	P23	45	10	93.69	285.48	16.68	4.20	8.36	408.42
	C	B	P26	45	10	93.69	288.48	16.85	4.20	8.45	411.67
	C	B	P28	45	10	93.69	289.48	16.91	4.62	8.48	413.17
	C	B	P31	44	10	92.55	279.82	16.34	4.11	8.20	401.02

橋墩型式	基樁型式	標別	墩號	樁長(m)	基樁支數	鋼筋(tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土(tonCO <sub>2</sub> e)	機具用油(tonCO <sub>2</sub> e)	基樁測管(tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸(tonCO <sub>2</sub> e)	合計(tonCO <sub>2</sub> e)
	C	B	P33	44	10	92.55	275.49	16.09	4.11	8.08	396.32
	C	B	P36	44	10	92.55	275.49	16.09	4.11	8.08	396.32
	C	B	P38	44	10	92.55	285.81	16.70	4.52	8.37	407.95
	C	B	P41	44	10	92.55	281.15	16.42	4.52	8.24	402.88
	C	B	P43	42	10	89.98	270.49	15.80	4.35	7.93	388.55
	C	B	P46	42	10	89.98	275.15	16.07	4.34	8.06	393.61
	C	B	P48	43	10	91.22	267.82	15.64	4.43	7.86	386.97
	C	B	P51	43	10	91.22	276.15	16.13	4.44	8.09	396.03
	C	B	P53	43	10	91.22	272.99	15.95	4.46	8.00	392.61
	C	B	P56	43	10	91.22	277.15	16.19	4.02	8.12	396.69
	C	C	P10	42	8	71.20	212.00	10.69	3.86	9.53	307.27
	C	C	P13	42	8	71.20	213.40	10.76	3.86	9.58	308.80
	C	C	P15	44	8	73.03	219.84	11.09	4.04	9.87	317.88
	C	C	P18	44	8	73.03	228.76	11.52	4.04	10.24	327.60
	C	C	P20	45	8	74.02	224.54	11.31	4.13	10.06	324.06
	C	C	P23	45	8	69.90	226.09	11.40	4.13	10.14	321.66
	C	C	P25	43	8	68.61	218.40	11.02	3.95	9.80	311.78
	C	C	P28	44	8	68.97	222.41	11.22	4.04	9.98	316.61
	C	C	P30	44	8	68.97	222.89	11.24	4.04	10.00	317.14
	C	C	P33	44	8	68.97	222.89	11.24	4.04	10.00	317.14
	C	C	P35	46	8	70.76	231.53	11.68	4.18	10.38	328.53
	C	C	P38	46	8	74.93	230.70	11.63	4.22	10.34	331.82
	C	C	P40	46	8	74.93	227.69	11.48	4.22	10.22	328.55
	C	C	P43	44	8	73.03	223.13	11.24	4.04	10.00	321.45
	C	C	P45	47	8	75.98	238.55	12.02	4.32	10.68	341.55
	C	C	P48	44	8	73.03	220.96	11.14	4.04	9.92	319.10
	C	C	P50	44	8	68.97	221.93	11.19	4.04	9.96	316.09
	B	C	P53	45	8	82.01	227.37	11.47	4.13	10.30	335.28
	C	C	P55	43	8	72.12	219.04	11.05	4.43	9.83	316.48
	C	C	P58	42	8	67.24	211.04	10.64	3.86	9.48	302.26
	B	C	P60	44	8	80.94	218.40	11.02	4.04	9.91	324.31
3	B	A	P15S	45	8	78.80	244.92	11.64	3.37	6.66	345.39
	B	A	P16S	45	8	78.80	247.44	11.75	3.37	6.72	348.09
	B	A	P20N	44	8	82.50	240.61	11.43	3.30	6.56	344.40
	B	A	P21N	44	8	82.50	269.52	12.80	3.30	7.31	375.43

橋墩型式	基樁型式	標別	墩號	樁長(m)	基樁支數	鋼筋(tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土(tonCO <sub>2</sub> e)	機具用油(tonCO <sub>2</sub> e)	基樁測管(tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸(tonCO <sub>2</sub> e)	合計(tonCO <sub>2</sub> e)
	B	A	P24S	44	8	82.50	218.35	10.37	3.30	5.98	320.49
	B	A	P25S	44	8	82.50	249.23	11.84	3.30	6.78	353.65
	C	B	P17	45	10	93.69	284.31	16.61	4.20	8.33	407.15
	C	B	P22	45	10	93.69	284.15	16.60	4.64	8.32	407.40
	C	B	P27	45	10	93.69	289.14	16.89	4.20	8.47	412.40
	C	B	P32	44	10	92.55	280.15	16.36	4.11	8.21	401.38
	C	B	P37	44	10	92.55	280.48	16.38	4.11	8.22	401.74
	C	B	P42	44	10	92.55	278.48	16.27	4.54	8.16	400.00
	C	B	P47	41	10	88.84	275.15	16.07	4.38	8.06	392.50
	C	B	P52	43	10	91.22	275.99	16.12	4.46	8.09	395.87
	C	B	P57	43	10	91.22	276.99	16.18	4.02	8.11	396.51
	B	C	P14	47	8	89.13	236.95	11.94	4.32	10.72	353.05
	C	C	P19	44	8	75.98	240.29	12.11	4.32	10.75	343.44
	C	C	P24	47	8	71.75	308.87	15.58	4.32	13.66	414.17
	C	C	P29	44	8	68.97	222.73	11.23	4.04	9.99	316.96
	B	C	P34	46	8	83.03	230.57	11.63	4.22	10.44	339.89
	C	C	P39	46	8	74.93	231.18	11.65	4.22	10.36	332.35
	B	C	P44	44	8	85.71	223.01	11.24	3.54	10.10	333.60
	B	C	P49	44	8	80.94	221.44	11.17	4.04	10.04	327.63
	B	C	P54	45	8	82.01	224.17	11.31	4.13	10.16	331.78
	B	C	P59	45	8	82.01	225.13	11.35	4.13	10.20	332.83
3A	C	B	P9	45	11	103.06	313.63	18.32	5.08	9.19	449.28
	C	B	P12	45	11	103.06	313.79	18.33	5.08	9.19	449.46
3B	C	B	P4	47	11	105.89	328.12	19.17	5.31	9.61	468.09
4	A	A	P15N	46	8	93.86	250.67	11.91	3.45	6.86	366.75
	A	A	P16N	46	8	93.86	253.54	12.04	3.45	6.94	369.84
	B	A	P20S	44	8	82.50	242.77	11.53	3.30	6.62	346.71
	B	A	P21S	44	8	82.50	184.41	8.76	3.30	5.10	284.06
	B	A	P24N	45	8	78.80	278.32	13.22	3.37	7.53	381.25
	B	A	P25N	45	8	78.80	258.39	12.27	3.37	7.01	359.85
	B	B	P62	42	6	63.81	161.89	9.46	2.35	4.78	242.29
	B	B	P63	42	6	63.81	162.23	9.48	2.35	4.79	242.65
	B	C	P2	42	6	59.18	158.52	7.99	2.90	7.20	235.78
	B	C	P3	42	6	59.18	158.68	8.00	2.90	7.20	235.96
5	C	A	P3	41	12	101.96	347.10	16.49	4.61	9.40	479.56

橋墩型式	基樁型式	標別	墩號	樁長(m)	基樁支數	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具用油 (tonCO <sub>2</sub> e)	基樁測管 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	C	A	P7	45	12	107.40	371.70	17.66	5.06	10.06	511.88
	C	A	P9	44	12	106.17	366.31	17.40	4.94	9.92	504.74
	C	B	P61	43	5	44.99	134.08	7.83	2.01	3.93	192.84
	C	C	P5S	42	5	42.02	133.54	6.66	2.42	6.00	190.64
	C	C	P5N	42	5	42.02	133.54	6.66	2.42	6.00	190.64
	C	C	P8S	42	5	42.02	132.10	6.66	2.41	5.94	189.13
	C	C	P8N	42	5	42.02	132.10	6.66	2.41	5.94	189.13
6	C	A	P4	41	12	101.96	342.25	16.26	4.61	9.28	474.35
	C	A	P8	45	12	107.40	372.59	17.70	5.06	10.09	512.84
	C	B	P60	43	5	45.61	136.41	7.97	2.01	4.00	195.99
	C	C	P4	42	5	49.32	131.78	6.65	2.41	5.98	196.14
7	C	A	P12	46	12	108.83	386.78	18.37	5.17	10.46	529.62
	A	B	P10	49	35	447.05	1,099.11	64.20	19.05	32.47	1,661.89
	A	B	P11	49	35	447.05	1,116.93	65.24	19.07	32.98	1,681.27
8	C	A	P13	46	12	108.83	385.16	18.30	5.17	10.42	527.88
	A	B	P39	52	23	307.82	761.33	44.47	12.45	22.49	1,148.57
	A	B	P40	52	23	307.82	759.34	44.36	12.71	22.43	1,146.65
9	A	C	P6S	42	6	65.52	158.44	7.99	2.90	7.25	242.09
	A	C	P6N	42	6	65.52	158.44	7.99	2.90	7.25	242.09
	A	C	P7S	42	6	65.52	159.24	8.03	2.90	7.28	242.97
	A	C	P7N	42	6	65.52	159.24	8.03	2.90	7.28	242.97
9A	C	A	P14S	45	5	44.75	167.35	7.95	2.11	4.52	226.68
	C	A	P19N	44	5	44.24	150.47	7.15	2.06	4.08	207.99
	C	A	P22N	45	5	44.75	149.76	7.11	2.11	4.06	207.79
	C	A	P23S	44	5	44.24	149.40	7.10	2.06	4.05	206.84
	C	A	P26S	45	5	44.75	185.13	8.79	2.11	4.98	245.76
9B	C	A	P17S	45	5	44.75	154.78	7.35	2.11	4.19	213.19
9C	C	A	P14N	49	5	47.06	155.68	7.40	2.29	4.22	216.65
	C	A	P17N	49	5	47.06	167.35	7.95	2.29	4.53	229.18
	C	A	P19S	46	5	45.35	158.02	7.51	2.15	4.28	217.30
	C	A	P26N	49	5	47.06	168.07	7.98	2.29	4.54	229.96
10	C	A	P18S	46	5	45.35	159.81	7.59	2.15	4.32	219.23
	B	A	P27N	53	5	57.55	178.67	8.49	2.48	4.86	252.05
	B	C	P9S	42	5	52.22	133.92	6.75	2.41	6.07	201.38
	B	C	P9N	42	5	52.22	133.92	6.75	2.41	6.07	201.38

橋墩型式	基樁型式	標別	墩號	樁長(m)	基樁支數	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具用油 (tonCO <sub>2</sub> e)	基樁測管 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
11	C	A	P22S	44	12	53.08	181.36	8.62	4.94	9.96	497.43
	C	A	R11P1	44		53.08	186.39				
	A	C	P62	44	16	178.78	440.33	22.21	8.09	20.11	669.52
	A	C	P63	44	16	178.78	441.61	22.27	8.09	20.17	670.92
12	C	A	P18N	44	12	53.08	369.54	17.56	4.94	10.00	508.21
	C	A	R12P1	44		53.08					
	B	C	P66	44	18	201.13	496.21	25.03	9.10	22.66	754.13
	B	C	P67	44	18	188.07	496.81	25.05	9.10	22.52	741.55
13	C	A	P27S	49	12	56.47	400.25	19.01	5.51	10.83	548.54
	C	A	R13P1	49		56.47					
	C	C	P65	42	12	100.85	316.40	15.96	5.79	14.22	453.22
14	C	A	P23N	45	12	53.70	368.10	17.49	5.06	9.97	508.02
	C	A	R14P1	45		53.70					
	C	C	P64	44	12	103.45	330.49	16.67	6.06	14.84	471.51
15	B	C	P68S	44	9	96.42	248.95	12.55	4.55	11.28	373.75
	B	C	P68N	44	9	91.05	250.11	12.61	4.55	11.34	369.66
2A	B	C	P61	44	11	111.29	299.42	15.10	5.56	13.59	444.96
R1	A	C	R21P2	44	4	44.70	110.28	4.17	2.02	5.05	166.22
	A	C	R21P3	42	4	43.68	108.88	5.49	1.45	4.99	164.49
	A	C	R22P2	44	4	46.13	112.94	5.70	2.08	5.18	172.03
	A	C	R22P3	44	4	46.13	112.94	5.70	2.08	5.18	172.03
R1	C	A	R11P2	44	4	35.39	124.80	5.93	1.65	3.38	171.14
	C	A	R11P3	44	4	35.39	122.73	5.83	1.65	3.32	168.92
	C	A	R11P5	46	4	35.62	126.05	5.99	1.72	3.41	172.79
	B	A	R11P6	51	4	42.29	128.21	6.09	1.91	3.49	181.98
	B	A	R12P6	51	4	42.29	140.96	6.70	1.91	3.82	195.67
	C	A	R12P5	46	4	38.54	141.32	6.71	1.72	3.82	192.11
	C	A	R12P3	46	4	35.62	126.41	6.01	1.72	3.42	173.18
	C	A	R12P2	42	4	35.62	120.98	5.75	1.57	3.28	167.20
	B	A	R13P6	42	4	40.13	116.72	5.54	1.57	3.18	167.15
	B	A	R13P5	42	4	40.13	117.79	5.60	1.57	3.21	168.31
	C	A	R13P3	42	4	34.43	117.79	5.60	1.57	3.19	162.58
	C	A	R13P2	42	4	34.43	117.79	5.60	1.57	3.19	162.58
	C	A	R14P2	44	4	35.39	121.03	5.75	1.65	3.28	167.09
	C	A	R14P3	44	4	35.39	122.10	5.80	1.65	3.31	168.25



橋墩型式	基樁型式	標別	墩號	樁長(m)	基樁支數	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具用油 (tonCO <sub>2</sub> e)	基樁測管 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	C	A	R14P5	46	4	35.62	126.77	6.02	1.72	3.43	173.56
	C	A	R14P6	46	4	35.62	127.49	6.06	1.72	3.45	174.33
	A	C	R21P2	44	4	44.70	110.28	4.17	2.02	5.05	166.22
	A	C	R21P3	42	4	43.68	108.88	5.49	1.45	4.99	164.49
	A	C	R22P2	44	4	46.13	112.94	5.70	2.08	5.18	172.03
	A	C	R22P3	44	4	46.13	112.94	5.70	2.08	5.18	172.03
R2	C	A	R13P7	42	4	34.43	116.36	5.53	1.57	3.15	161.04
R3	C	A	R11P4	44	4	35.39	123.00	5.84	1.65	3.33	169.21
	C	A	R12P4	46	4	35.62	126.77	6.02	1.72	3.43	173.56
	C	A	R13P4	42	4	34.43	117.79	5.60	1.57	3.19	162.58
	C	A	R14P4	46	4	35.62	127.49	6.06	1.72	3.45	174.33
橋台	B	C	R21A	31	4	32.68	78.63	1.97	1.43	3.61	118.32
	B	C	R22A	31	4	32.50	79.57	4.01	1.47	3.65	121.20
A1~A3	B	C	R21	20~22	13	78.91	175.17	8.83	3.22	8.10	274.24
A2、A3	B	C	R22	20~22	9	49.80	121.92	6.15	2.25	5.59	185.71
跨河段	C	B	P66S	37	20	167.61	506.38	28.14	7.00	14.18	723.30
	A	B	P67S	47	48	599.73	1,444.72	84.39	21.07	42.72	2,192.64
	A	B	P68S	47	48	599.73	1,422.73	83.11	21.07	42.10	2,168.75
	C	B	P69S	38	20	170.27	473.52	27.66	7.10	13.92	692.47
樓梯基樁	B	-	-	24	2	9.22	28.26	1.65	0.45	0.31	39.88
	B	-	-	24	2	9.22	28.26	1.65	0.45	0.31	39.88

表 4.3.1-2 100 cm  $\phi$  全套管場鑄 RC 基樁排碳量

基樁型式	標別	橋台編號	樁長	樁數	鋼筋 (ton CO <sub>2</sub> e)	混凝土 (ton CO <sub>2</sub> e)	機具 (ton CO <sub>2</sub> e)	基樁測管 (ton CO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (ton CO <sub>2</sub> e)	合計 (ton CO <sub>2</sub> e)
A	A	P0	20	6	18.53	38.97	1.85	1.12	1.08	61.55
B	A	R15A	27	12	66.90	103.79	4.93	3.03	2.94	181.60
B	A	R16A	27	12	66.90	100.91	4.79	3.03	2.87	178.51

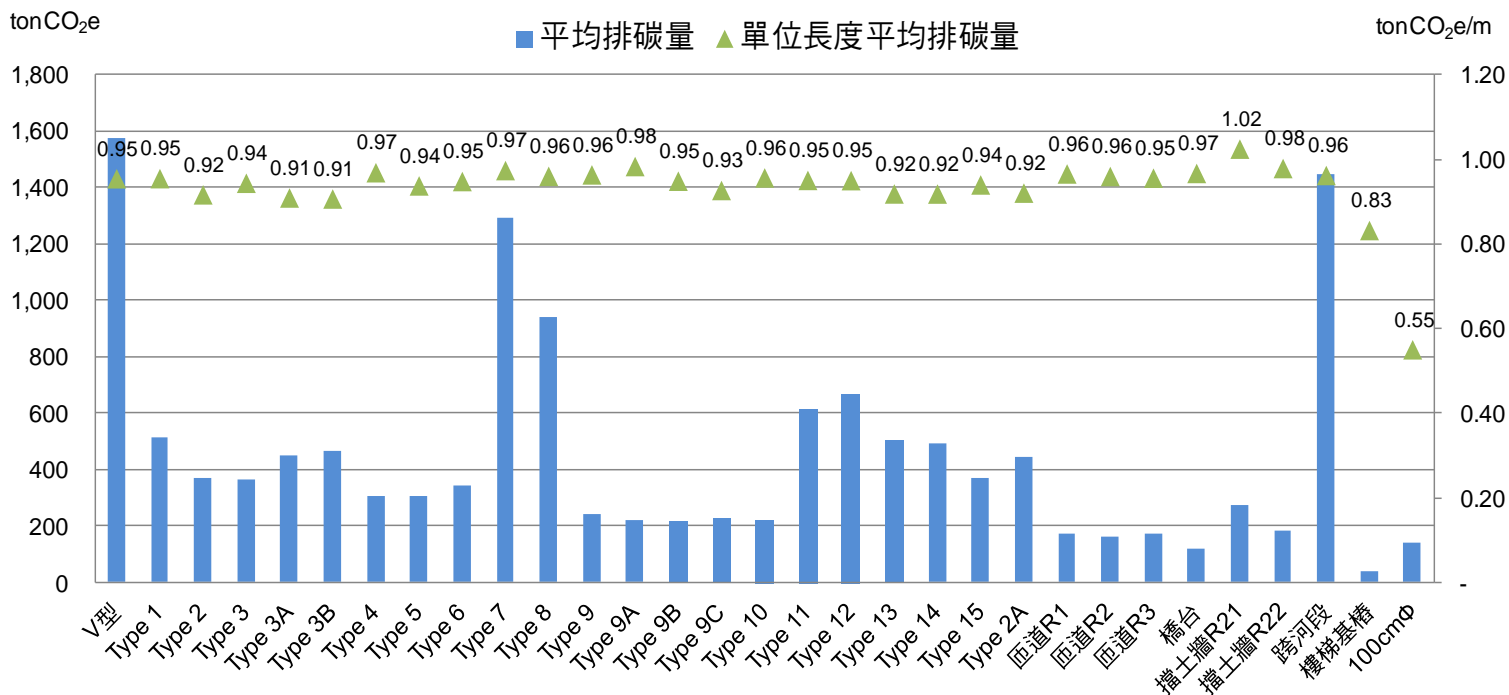


圖 4.3.1-1 各類型橋墩之基樁碳排放量

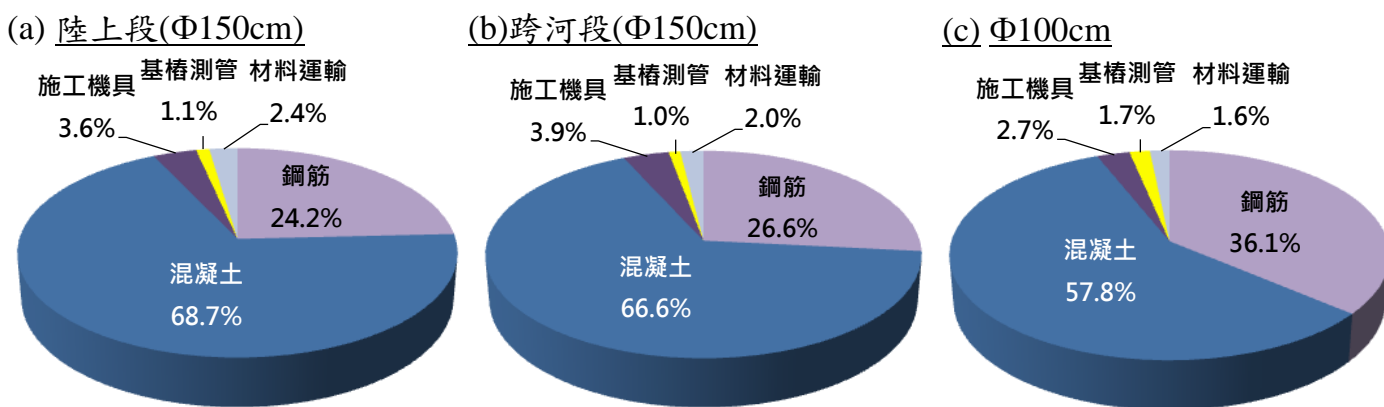


圖 4.3.1-2 基樁碳排放源占比分析

### 4.3.2 基礎排碳量分析

本工程基礎依橋墩型式分類約 26 種類，共計完成 210 座基礎。其中 WH77-A 標完成完成主線橋墩基礎 41 座、匝道基礎 21 座以及橋台基礎 2 座(R15A、R16A)，WH77-B 標完成主線橋墩基礎 62 座、跨河段 4 座及樓梯

1 座，WH77-C 標完成主線橋墩基礎 73 座、匝道基礎 4 座以及橋台基礎 2 座(R21A、R22A)。

基礎之排碳量之計算考量包含鋼筋、混凝土、機具及材料運輸。機具用油是下構(基礎與墩柱)施工廠商提供的總油量，並依體積比例分配計算各基礎所消耗之機具用油，另混凝土泵送車之基礎澆置油耗量，係採用各標調查之泵送車單位用油泵送量以計算機具之排碳量；材料運輸之排碳量部分，混凝土以單位重量運輸油耗率計算，鋼筋則以材料重量、運輸距離及載運車輛型式計算。

基礎排碳量如表 4.3.2-1 所示，各類型基礎排碳量及單位體積排碳量分析結果則如圖 4.3.2-1 所示。各型主線基礎(陸上段)之單位體積排碳量介於 0.45 ~ 0.56 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>、V 型橋墩之基礎為 0.53 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>、跨河段基礎為 0.58 ~ 0.62 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>、匝道基礎為 0.45~0.47 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>、橋台為 0.43 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>、樓梯則為 0.60 ton CO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>。

另分析基礎排碳量中混凝土、鋼筋、機具、材料運輸各別之排放比例，結果如圖 4.3.2-2 所示。顯示混凝土、鋼筋之排放仍為最大宗，不論是陸上段或跨河段合計占比皆大於 95%，材料運輸與機具占比皆約為 1~2%。進一步比較陸上段及跨河段之排碳差異，可得跨河段之墩柱基礎鋼筋排碳比例為 28.2%，相較於陸上段之基礎鋼筋排碳占比(24.9%)較高。

另 P68 基礎進行補強工作，將非屬原設計之工程材料(280kgf/cm<sup>2</sup> 自充填混凝土、鋼筋及植筋膠)與施工機具(空壓機、小貨車)另行計算排碳量，如表 4.3.2-2。

表 4.3.2-1 各橋墩型式之基礎排碳量

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
V 型	B	P2	156.54	668.64	10.68	16.70	852.57
	B	P3	156.54	681.75	10.88	17.03	866.21
1	A	P1	71.06	225.45	0.53	6.24	303.28
	A	P2	71.06	226.16	0.53	6.26	304.01
	A	P5	71.06	220.52	0.52	6.11	298.21

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	A	P6	71.06	220.17	0.52	6.10	297.85
	A	P10	73.75	221.05	0.52	6.13	301.45
	B	P5	122.83	228.81	3.77	5.89	361.30
	B	P6	132.79	225.75	3.73	5.85	368.12
	B	P14	79.09	216.24	3.66	5.74	304.73
	B	P15	79.09	215.94	3.64	5.69	304.36
	B	P19	78.38	215.22	3.66	5.74	303.00
	B	P20	78.38	215.43	3.64	5.69	303.14
	B	P24	78.38	222.26	3.73	5.84	310.20
	B	P25	78.38	216.52	3.65	5.72	304.27
	B	P29	79.28	213.77	3.64	5.70	302.39
	B	P30	78.38	212.68	3.62	5.67	300.36
	B	P34	79.28	217.03	3.65	5.72	305.68
	B	P35	79.28	219.82	3.69	5.79	308.58
	B	P44	78.38	216.16	3.67	5.71	303.92
	B	P45	223.37	5.57	3.04	5.86	237.83
	B	P49	48.08	127.64	3.39	3.21	182.31
	B	P50	78.38	214.82	3.66	5.68	302.53
	B	P54	78.38	215.58	3.66	5.68	303.29
	B	P55	78.38	215.32	3.66	5.68	303.04
	B	P58	83.82	215.18	3.64	5.71	308.34
	B	P59	84.61	214.34	3.62	5.68	308.25
	C	P11	75.26	183.87	4.60	8.10	272.02
	C	P12	75.78	184.19	4.57	8.07	272.80
	C	P16	66.87	183.19	4.53	7.91	262.66
	C	P17	66.87	181.32	4.48	7.84	260.67
	C	P21	69.29	180.02	4.45	7.81	261.74
	C	P22	80.24	180.08	4.45	7.91	272.88
	C	P26	78.13	191.59	4.73	8.31	282.94
	C	P27	68.24	180.02	4.45	7.80	260.67
	C	P31	72.26	184.38	4.54	7.94	269.29
	C	P32	72.26	181.84	4.49	7.86	266.62
	C	P36	80.71	180.64	4.44	7.86	273.84
	C	P37	76.46	183.14	4.53	7.96	272.26
	C	P41	92.16	185.65	4.59	8.19	290.80

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	C	P42	91.74	180.02	4.45	8.01	284.43
	C	P46	79.51	180.37	4.46	7.91	272.44
	C	P47	84.36	183.18	4.55	8.10	280.39
	C	P51	76.71	182.26	4.49	7.90	271.53
	C	P52	77.69	186.36	4.59	8.07	276.90
	C	P56	80.42	179.64	4.44	7.86	272.55
	C	P57	80.32	206.95	5.11	8.93	301.50
2	A	P11	82.18	247.29	0.58	6.86	336.91
	B	P7	38.49	118.17	2.07	3.09	161.82
	B	P8	38.49	119.62	2.09	3.12	163.33
	B	P13	36.64	122.85	2.12	3.16	164.76
	B	P16	33.83	119.43	2.03	3.01	158.29
	B	P18	33.83	122.56	2.13	3.17	161.68
	B	P21	33.29	119.37	2.09	3.11	157.86
	B	P23	33.29	119.40	2.08	3.09	157.86
	B	P26	33.29	117.66	2.07	3.07	156.09
	B	P28	33.29	118.64	2.08	3.09	157.10
	B	P31	33.83	118.53	2.08	3.08	157.52
	B	P33	33.83	122.20	2.12	3.16	161.30
	B	P36	36.64	125.10	2.17	3.24	167.15
	B	P38	35.08	118.03	2.08	3.09	158.27
	B	P41	35.08	120.10	2.10	3.13	160.41
	B	P43	36.64	118.90	2.08	3.10	160.71
	B	P46	36.64	121.55	2.13	3.17	163.49
	B	P48	36.64	116.83	2.05	3.05	158.57
	B	P51	36.64	116.10	2.04	3.03	157.81
	B	P53	36.64	119.77	2.09	3.11	161.60
	B	P56	37.43	119.40	2.08	3.10	162.02
	C	P10	31.84	101.48	2.55	4.41	140.36
	C	P13	33.99	100.53	2.53	4.39	141.53
	C	P15	32.00	102.88	2.55	4.40	141.91
	C	P18	35.44	100.54	2.50	4.35	142.91
	C	P20	32.67	97.64	2.42	4.20	137.02
	C	P23	34.92	96.59	2.39	4.18	138.17
C	P25	37.34	98.46	2.43	4.24	142.55	

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	C	P28	35.29	97.42	2.41	4.22	139.43
	C	P30	37.57	97.95	2.43	4.24	142.27
	C	P33	37.62	101.11	2.49	4.35	145.65
	C	P35	37.12	98.67	2.44	4.25	142.56
	C	P38	36.31	99.16	2.44	4.26	142.26
	C	P40	36.19	98.56	2.43	4.24	141.51
	C	P43	33.58	99.40	2.46	4.26	139.78
	C	P45	34.90	100.46	2.49	4.32	142.24
	C	P48	31.19	99.36	2.49	4.30	137.41
	C	P50	31.11	97.14	2.41	4.17	134.89
	C	P53	32.81	98.10	2.42	4.19	137.59
	C	P55	34.33	103.34	2.55	4.41	144.70
	C	P58	34.21	98.06	2.43	4.22	139.00
	C	P60	30.60	96.12	2.34	4.06	133.20
3	A	P15S	28.27	90.18	0.21	2.49	121.16
	A	P16S	28.27	92.65	0.22	2.56	123.70
	A	P20N	28.27	90.18	0.21	2.49	121.16
	A	P21N	28.27	90.18	0.21	2.49	121.16
	A	P24S	28.43	90.18	0.21	2.50	121.32
	A	P25S	28.43	90.18	0.21	2.50	121.32
	B	P17	35.64	119.40	2.08	3.10	160.22
	B	P22	34.29	118.42	2.07	3.07	157.85
	B	P27	35.64	118.28	2.08	3.09	159.08
	B	P32	35.64	119.73	2.10	3.12	160.59
	B	P37	37.36	120.20	2.11	3.15	162.83
	B	P42	35.83	121.80	2.13	3.17	162.94
	B	P47	48.90	121.16	2.05	3.09	175.20
	B	P52	34.29	118.53	2.08	3.08	157.98
	B	P57	35.64	119.12	2.09	3.12	159.96
	C	P14	35.04	97.54	2.41	4.22	139.29
	C	P19	36.37	99.91	2.49	4.35	143.20
	C	P24	39.62	100.93	2.49	4.36	147.49
C	P29	37.74	97.95	2.43	4.26	142.46	
C	P34	39.86	98.67	2.44	4.27	145.34	
C	P39	34.93	98.32	2.43	4.22	139.98	

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	C	P44	35.37	100.06	2.48	4.31	142.29
	C	P49	31.85	97.28	2.41	4.17	135.79
	C	P54	33.48	100.00	2.48	4.29	140.33
	C	P59	32.26	98.70	2.44	4.24	137.72
3A	B	P9	44.55	135.43	2.43	3.65	186.06
	B	P12	44.55	136.88	2.45	3.69	187.57
3B	B	P4	53.69	186.63	3.24	5.01	248.56
4	A	P15N	29.65	92.65	0.22	2.57	125.08
	A	P16N	29.65	92.65	0.22	2.57	125.08
	A	P20S	29.18	92.82	0.22	2.57	124.79
	A	P21S	29.18	92.82	0.22	2.57	124.79
	A	P24N	29.36	93.00	0.22	2.57	125.15
	A	P25N	29.36	92.65	0.22	2.56	124.79
	B	P62	24.70	80.20	1.40	2.11	108.40
	B	P63	24.70	80.45	1.40	2.11	108.66
	C	P2N	27.81	79.84	1.97	3.44	113.13
	C	P3N	27.28	81.64	2.02	3.50	114.51
5	A	P3	44.81	135.27	0.32	3.75	184.15
	A	P7	44.81	134.21	0.32	3.72	183.06
	A	P9	44.81	134.21	0.32	3.72	183.06
	B	P61	19.07	56.96	1.00	1.49	78.52
	C	P5N	16.92	53.52	1.30	2.26	74.04
	C	P5S	16.92	53.69	1.31	2.27	74.23
	C	P8N	17.30	57.54	1.46	2.52	78.86
	C	P8S	17.30	57.54	1.46	2.52	78.86
6	A	P4	48.30	134.21	0.32	3.74	186.57
	A	P8	48.30	137.74	0.33	3.83	190.19
	B	P60	20.74	56.96	1.00	1.50	80.20
	C	P4N	17.86	59.42	1.46	2.52	81.31
7	A	P12	41.86	151.83	0.36	4.18	198.23
	B	P10	256.70	761.43	12.23	19.35	1,049.72
	B	P11	257.08	731.10	12.32	19.50	1,020.00
8	A	P13	52.78	155.00	0.37	4.30	212.45
	B	P39	180.91	443.92	7.54	11.94	644.32
	B	P40	180.67	439.81	7.43	11.77	639.68

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
9	C	P6N	27.23	78.55	1.93	3.35	111.13
	C	P6S	27.23	79.43	1.95	3.39	112.07
	C	P7N	27.41	78.09	1.92	3.34	110.82
	C	P7S	27.41	78.09	1.92	3.34	110.82
9A	A	P14S	15.93	62.00	0.15	1.70	79.78
	A	P19N	15.93	62.00	0.15	1.70	79.78
	A	P22N	15.95	62.35	0.15	1.71	80.16
	A	P23S	15.95	59.18	0.14	1.63	76.90
	A	P26S	16.04	62.00	0.15	1.70	79.89
9B	A	P17S	16.05	62.00	0.15	1.70	79.89
9C	A	P14N	15.93	63.41	0.15	1.74	81.23
	A	P17N	16.05	62.35	0.15	1.71	80.26
	A	P19S	15.93	63.41	0.15	1.74	81.23
	A	P26N	16.04	62.00	0.15	1.70	79.89
10	A	P18S	16.05	63.41	0.15	1.74	81.34
	A	P27N	17.93	62.35	0.15	1.72	82.15
	C	P9N	17.96	56.79	1.45	2.50	78.74
	C	P9S	17.96	57.98	1.47	2.54	80.00
11	A	P22S	51.38	194.45	0.46	5.35	251.64
	A	R11P1					
	C	P62	116.53	261.37	6.45	11.40	397.28
	C	P62N					
12	A	P18N	43.63	151.83	0.36	4.19	200.01
	A	R12P1					
	C	P66	121.75	322.30	7.95	13.88	467.53
	C	P67	124.78	340.92	8.43	14.68	490.44
13	A	P27S	46.33	151.83	0.36	4.20	202.72
	A	R13P1					
	C	P65	63.49	188.84	4.75	8.25	265.49
14	A	P23N	51.35	172.61	0.41	4.77	229.13
	A	R14P1					
	C	P64	58.64	184.13	4.53	7.82	255.26
15	C	P68N	55.20	154.47	3.84	6.71	220.36
	C	P68S	63.05	191.80	4.77	8.28	268.06
2A	C	P61	57.91	185.26	4.59	7.94	255.83



橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
R1	A	R11P2	11.71	56.36	0.13	1.54	69.74
	A	R11P3	11.71	53.54	0.13	1.46	66.85
	A	R11P5	11.71	57.77	0.13	1.58	71.19
	A	R11P6	11.71	54.43	0.13	1.49	67.75
	A	R12P6	11.71	54.25	0.13	1.48	67.57
	A	R12P5	11.60	54.25	0.13	1.48	67.46
	A	R12P3	11.71	54.25	0.13	1.48	67.57
	A	R12P2	11.71	54.25	0.13	1.48	67.57
	A	R13P6	11.71	53.54	0.13	1.46	66.85
	A	R13P5	11.71	53.54	0.13	1.46	66.85
	A	R13P3	11.71	59.18	0.14	1.61	72.65
	A	R13P2	11.71	65.17	0.15	1.77	78.81
	A	R14P2	11.71	56.36	0.13	1.54	69.75
	A	R14P3	11.71	53.54	0.13	1.46	66.85
	A	R14P5	11.71	53.54	0.13	1.46	66.85
	A	R14P6	11.71	54.25	0.13	1.48	67.57
	C	R21P2	18.37	62.88	1.56	2.68	85.53
	C	R21P3	18.98	55.13	1.37	2.38	77.91
	C	R22P2	17.90	53.82	1.31	2.28	75.36
	C	R22P3	17.25	56.85	1.44	2.48	78.06
R2	A	R13P7	9.97	44.03	0.10	1.20	55.31
R3	A	R11P4	9.97	44.03	0.10	1.20	55.31
	A	R13P4	10.24	44.03	0.10	1.21	55.58
	A	R12P4	9.96	49.32	0.10	1.35	60.73
	A	R14P4	9.97	44.03	0.10	1.20	55.31
橋台	A	P0	8.95	53.90	0.13	1.46	64.44
	A	R15A	5.63	43.33	0.10	1.17	50.23
	A	R16A	5.56	41.57	0.10	1.12	48.35
	C	R21A	4.24	23.09	0.66	1.10	32.20
	C	R22A	4.24	23.13	0.66	1.10	32.24
P66S	B	P66S	146.62	298.68	4.92	7.67	453.84
P67S	B	P67S	466.39	1,204.30	18.82	30.24	1,704.40
P68S	B	P68S	478.52	1,226.89	19.10	30.75	1,739.69
P69S	B	P69S	146.73	298.54	4.89	7.62	453.76
樓梯	B	-	2.73	1.52	17.56	0.05	21.85

表 4.3.2-2 WH77-B 標 P68S 基礎補強排碳量

墩號	鋼筋排碳	混凝土排碳	植筋膠排碳	機具排碳	材料運輸	合計
	(ton CO <sub>2</sub> e)	(ton CO <sub>2</sub> e)	(ton CO <sub>2</sub> e)	(ton CO <sub>2</sub> e)	(ton CO <sub>2</sub> e)	(ton CO <sub>2</sub> e)
P68S	32.4	291.0	1.6	3.5	7.3	335.7

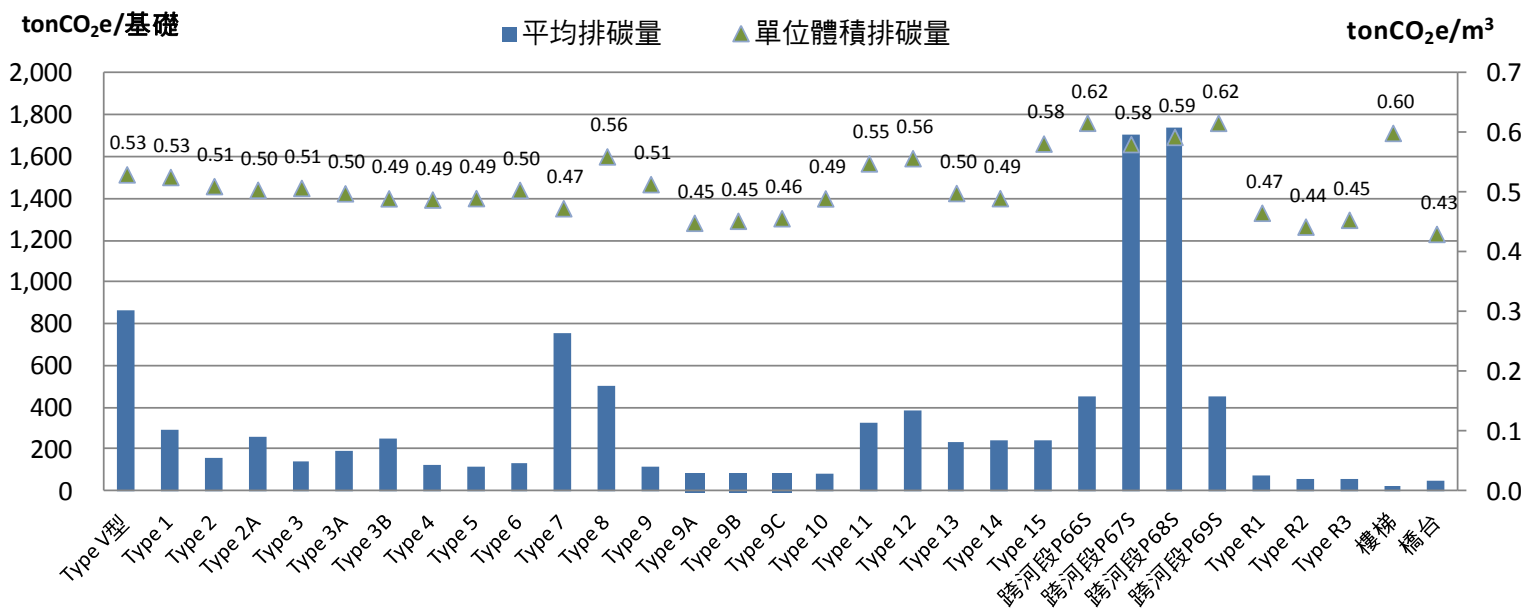


圖 4.3.2-1 各類型橋墩之基礎碳排放量

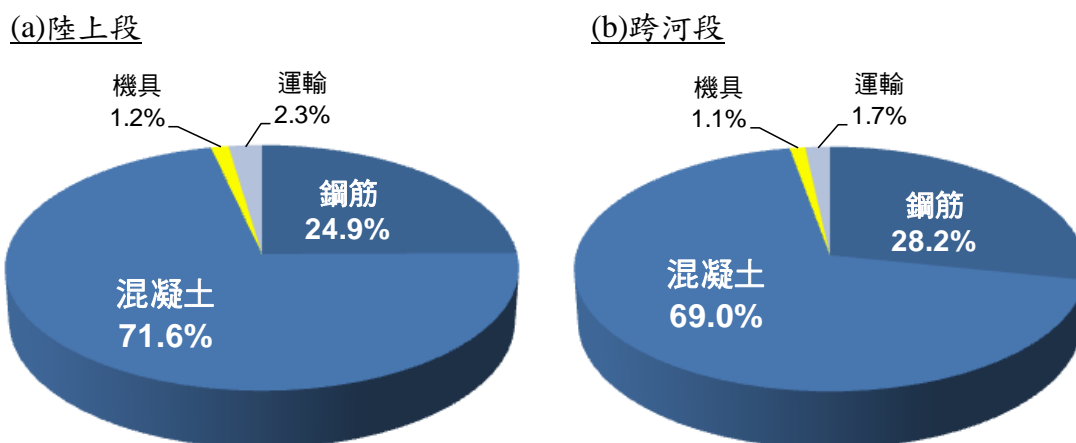


圖 4.3.2-2 基礎碳排放源占比分析

### 4.3.3 橋墩排碳量分析

本工程基礎依橋墩型式分類約 26 種類，共計完成 230 座橋墩。其中 WH77-A 標完成主線橋墩 58 座與匝道橋墩 21 座，WH77-B 標完成陸上段橋墩 62 座與跨河段橋墩 4 座，WH77-C 標完成主線橋墩 79 座與匝道橋墩 6 座。

橋墩之主要工程材料為竹節鋼筋、混凝土及剪力鋼箱，本計畫以實際進料量計算水泥混凝土，鋼筋係採施工圖之數量，剪力鋼箱以設計資料計算各墩柱的使用量。另考量墩柱之機具及材料運輸之排碳量，機具包含施工機具、混凝土泵送車之用油，施工機具由下構施工廠商提供的總油量與操作時數，並依體積比例分配計算各墩柱所消耗之機具用油，而混凝土泵送車之墩柱澆置油耗量，係採用本計畫調查之泵送車單位用油泵送量計算。材料運輸之排碳量部分，混凝土以單位重量運輸油耗率計算，鋼筋與其他材料則以材料重量、運輸距離及載運車輛型式計算。

各橋墩之鋼筋、混凝土、剪力鋼箱、材料運輸及機具之排碳量計算結果如表 4.3.3-1 所示，由於部分橋墩無配置剪力鋼箱，又 WH77-B 標之 P2、P3 為 V 型橋墩，故將橋墩分別依有、無剪力鋼箱與 V 型之墩柱，以及跨河段之墩柱排碳量分別進行總排放量與單位排放量分析，分析結果如圖 4.3.3-1，主線橋墩單位體積排碳量介於 0.60~0.72 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>，V 型橋墩為 0.75 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>，匝道橋墩介於 0.64~0.70 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>，跨河段橋墩為 0.58~0.67 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>。

另分別進行各類型橋墩之排碳源占比分析，各類型橋墩排放源占比情形如圖 4.3.3-2。可知各類型墩柱之混凝土排碳介於 54%~67% 之間，使用剪力鋼箱與否對於鋼筋排放占比之影響較顯著：無剪力鋼箱墩柱之鋼筋排放占比比較有剪力鋼箱之占比高，又各類型橋墩中，以 V 型橋墩之鋼筋排放占比最高(42.9%)。

表 4.3.3-1 各橋墩之排碳量

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	剪力鋼箱 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
V 型	B	P2	266.81	350.92	-	15.23	4.67	637.63
	B	P3	266.78	320.79	-	14.00	4.50	606.07
1	A	P1N	16.24	20.02	-	0.49	0.05	36.81
	A	P1S	16.46	20.35	-	0.50	0.05	37.36
	A	P2N	17.35	19.90	-	0.49	0.05	37.80
	A	P2S	17.35	19.90	-	0.49	0.05	37.80
	A	P5N	18.52	20.83	-	0.52	0.05	39.92
	A	P5S	18.52	20.83	-	0.52	0.05	39.92
	A	P6N	19.12	21.82	-	0.54	0.06	41.54
	A	P6S	19.12	21.82	-	0.54	0.06	41.54
	A	P10N	25.56	25.93	-	0.65	0.07	52.22
	A	P10S	23.66	25.93	-	0.65	0.07	50.31
	B	P5	33.56	71.59	-	3.04	0.74	108.93
	B	P6	28.45	71.40	-	3.02	0.69	103.55
	B	P14	22.68	46.36	-	1.97	0.49	71.50
	B	P15	22.43	46.55	-	1.98	0.49	71.45
	B	P19	21.85	46.55	-	1.98	0.48	70.86
	B	P20	21.85	45.38	-	1.93	0.47	69.63
	B	P24	21.85	45.38	-	1.93	0.47	69.63
	B	P25	21.85	45.77	-	1.94	0.48	70.04
	B	P29	22.09	46.55	-	1.98	0.48	71.10
	B	P30	22.09	45.77	-	1.95	0.48	70.29
	B	P34	22.18	46.16	-	1.96	0.48	70.79
	B	P35	21.94	46.16	-	1.96	0.48	70.55
	B	P44	22.09	45.77	-	1.95	0.48	70.28
	B	P45	22.08	45.38	-	1.93	0.48	69.87
	B	P49	23.53	49.29	-	2.09	0.51	75.43
	B	P50	20.88	42.25	-	1.80	0.45	65.38
	B	P54	20.88	42.25	-	1.80	0.45	65.37
B	P55	20.64	41.47	-	1.76	0.44	64.32	
B	P58	21.59	45.38	-	1.93	0.47	69.37	
B	P59	22.16	46.55	-	1.98	0.48	71.17	
C	P11	26.06	55.19	-	2.32	1.27	85.20	

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	剪力鋼箱 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	C	P12	26.53	56.33	-	2.37	1.30	86.90
	C	P16	37.86	61.47	-	2.66	1.42	103.85
	C	P17	39.14	62.99	-	2.73	1.45	106.80
	C	P21	39.35	60.52	-	2.64	1.40	104.41
	C	P22	28.84	66.51	-	2.62	1.26	99.72
	C	P26	40.64	66.14	-	2.79	1.39	111.51
	C	P27	46.01	76.27	-	3.22	1.63	127.69
	C	P31	47.72	81.32	-	3.31	1.54	134.47
	C	P32	49.09	82.51	-	3.40	1.62	137.20
	C	P36	28.84	65.90	-	2.60	1.25	99.09
	C	P37	38.98	59.95	-	2.61	1.38	103.43
	C	P41	26.30	59.62	-	2.35	1.13	89.84
	C	P42	25.83	56.24	-	2.28	1.15	85.92
	C	P46	24.44	54.14	-	2.14	1.03	81.81
	C	P47	23.98	52.72	-	2.09	1.00	80.16
	C	P51	22.82	49.88	-	1.98	0.94	75.98
	C	P52	22.59	49.68	-	1.97	0.94	75.54
	C	P56	26.29	56.83	-	2.33	1.21	86.73
	C	P57	26.29	57.89	-	2.34	1.18	87.76
	2	A	P11N	28.51	30.48	-	0.76	0.08
A		P11S	23.60	26.91	-	0.67	0.07	51.25
B		P7	18.95	52.81	8.99	2.34	0.49	83.58
B		P8	18.77	51.64	8.99	2.29	0.48	82.17
B		P13	16.88	47.92	11.67	2.17	0.44	79.08
B		P16	16.51	44.99	11.67	2.05	0.42	75.64
B		P18	16.24	43.42	11.67	1.98	0.41	73.72
B		P21	18.75	52.81	8.99	2.22	0.48	83.26
B		P23	16.46	44.21	11.67	2.01	0.41	74.76
B		P26	16.60	44.60	11.67	2.03	0.42	75.31
B		P28	16.64	44.60	11.67	2.03	0.42	75.35
B		P31	16.25	43.82	11.67	2.00	0.41	74.14
B		P33	16.25	44.60	11.67	2.03	0.41	74.96
B		P36	16.32	50.47	11.67	2.27	0.45	81.17
B		P38	16.46	45.58	11.67	2.07	0.42	76.20
B	P41	16.28	44.01	11.67	2.01	0.41	74.38	

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	剪力鋼箱 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	B	P43	16.64	44.01	11.67	2.01	0.41	74.74
	B	P46	16.48	44.60	11.67	2.03	0.42	75.20
	B	P48	15.93	43.03	11.67	1.96	0.40	73.00
	B	P51	15.75	41.66	11.67	1.91	0.39	71.39
	B	P53	15.58	42.84	11.67	1.96	0.40	72.43
	B	P56	14.82	39.90	11.67	1.83	0.37	68.60
	C	P10	18.50	53.57	8.25	2.28	1.15	84.07
	C	P13	19.87	60.16	8.25	2.45	1.14	92.25
	C	P15	18.85	53.94	5.94	2.27	1.16	82.53
	C	P18	22.27	63.75	5.94	2.72	1.47	96.86
	C	P20	20.24	59.16	5.95	2.48	1.26	89.54
	C	P23	21.44	67.32	5.95	2.70	1.28	99.57
	C	P25	21.96	67.12	6.00	2.70	1.27	99.55
	C	P28	21.96	67.87	6.00	2.73	1.29	100.36
	C	P30	22.30	66.95	6.00	2.78	1.41	99.96
	C	P33	22.47	69.35	6.00	2.78	1.31	102.44
	C	P35	21.62	67.73	6.00	2.71	1.28	99.84
	C	P38	20.24	61.85	8.25	2.53	1.17	94.49
	C	P40	20.07	61.57	8.25	2.52	1.17	94.01
	C	P43	18.35	54.55	8.25	2.24	1.03	84.82
	C	P45	18.01	52.66	8.25	2.22	1.06	82.58
	C	P48	17.16	50.02	8.25	2.07	0.95	78.80
	C	P50	17.14	50.49	8.25	2.08	0.96	79.27
	C	P53	16.81	50.90	8.25	2.12	1.01	79.44
C	P55	19.70	58.78	5.94	2.37	1.12	88.25	
C	P58	19.37	59.16	5.94	2.39	1.12	88.02	
C	P60	16.12	46.40	10.86	1.99	0.92	76.61	
3	A	P15S	25.68	31.72	-	0.78	0.08	58.27
	A	P16S	26.22	32.70	-	0.80	0.09	59.81
	A	P20N	28.18	35.13	-	0.86	0.09	64.26
	A	P21N	28.47	35.69	-	0.88	0.09	65.14
	A	P24S	28.91	37.69	-	0.92	0.10	67.62
	A	P25S	29.14	37.98	-	0.93	0.10	68.15
	B	P17	16.18	54.38	3.99	2.28	0.47	77.29
	B	P22	17.40	50.86	10.08	2.27	0.46	81.06

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	剪力鋼箱 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	B	P27	17.31	52.03	3.99	2.24	0.46	76.04
	B	P32	17.18	52.81	10.08	2.35	0.47	82.88
	B	P37	17.34	45.58	10.08	2.05	0.43	75.47
	B	P42	17.70	51.25	10.08	2.29	0.46	81.77
	B	P47	19.09	56.33	3.99	2.42	0.51	82.35
	B	P52	16.64	48.51	10.08	2.17	0.44	77.83
	B	P57	15.69	44.21	10.08	1.99	0.40	72.37
	C	P14	21.37	69.13	6.56	2.83	1.43	101.71
	C	P19	23.54	77.08	6.56	3.16	1.62	112.43
	C	P24	23.00	77.20	6.56	3.07	1.47	111.80
	C	P29	23.37	73.89	6.58	3.13	1.70	109.19
	C	P34	23.37	78.27	6.58	3.12	1.48	113.34
	C	P39	21.01	69.35	6.56	2.77	1.31	101.46
	C	P44	18.83	61.44	7.46	2.48	1.16	91.77
	C	P49	18.10	55.97	7.46	2.27	1.06	85.21
	C	P54	17.74	55.33	7.46	2.28	1.10	84.26
	C	P59	17.21	51.42	9.23	2.24	1.18	81.61
	B	P9	19.92	60.83	10.08	2.68	0.54	94.06
	B	P12	17.95	55.55	10.08	2.46	0.49	86.53
	B	P4	31.39	85.09	11.44	3.73	0.79	132.44
4	A	P15N	34.25	42.70	-	1.05	0.11	78.11
	A	P16N	34.80	43.68	-	1.07	0.12	79.66
	A	P20S	35.48	46.10	-	1.13	0.12	82.83
	A	P21S	35.75	46.65	-	1.14	0.12	83.66
	A	P24N	37.43	48.56	-	1.19	0.13	87.31
	A	P25N	37.67	48.96	-	1.20	0.13	87.96
	B	P62	22.74	40.69	-	1.74	0.46	65.62
	B	P63	24.12	42.64	-	1.82	0.48	69.07
	C	P2N	15.33	50.09	-	2.01	1.10	68.56
	C	P3N	14.45	35.38	-	1.41	0.72	51.99
5	A	P3N	11.05	18.54	7.13	0.53	0.05	37.29
	A	P3S	11.05	18.54	7.13	0.53	0.05	37.29
	A	P7N	11.74	20.94	7.13	0.59	0.06	40.46
	A	P7S	11.74	20.89	7.13	0.59	0.06	40.40
	A	P9N	12.15	22.71	6.37	0.62	0.06	41.91

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	剪力鋼箱 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	A	P9S	12.15	22.71	6.37	0.62	0.06	41.91
	B	P61	10.58	36.58	4.27	1.59	0.31	53.33
	C	P5N	9.55	32.09	4.26	1.31	0.64	48.08
	C	P5S	9.55	32.49	4.26	1.32	0.65	48.51
	C	P8N	10.14	21.95	4.29	0.96	0.46	38.07
	C	P8S	10.14	33.18	4.29	1.39	0.72	49.99
6	A	P4N	11.74	22.80	8.73	0.65	0.06	43.98
	A	P4S	11.74	22.80	8.73	0.65	0.06	43.99
	A	P8N	12.59	25.47	8.43	0.71	0.07	47.27
	A	P8S	12.59	25.47	8.43	0.71	0.07	47.27
	B	P60	10.68	39.51	5.56	1.72	0.33	57.81
	C	P4N	10.51	37.45	5.24	1.54	0.76	55.53
7	A	P12N	18.38	38.71	5.31	0.98	0.10	63.48
	A	P12S	13.55	27.43	6.23	0.73	0.07	48.01
	B	P10	50.48	97.02	-	4.14	1.05	152.69
	B	P11	49.13	95.46	-	4.07	1.03	149.68
8	A	P13N	20.16	46.08	5.55	1.15	0.12	73.05
	A	P13S	14.72	33.05	6.97	0.77	0.09	55.60
	B	P39	40.26	71.20	-	3.05	0.81	115.31
	B	P40	39.92	70.81	-	3.03	0.80	114.55
9	C	P6N	13.59	32.70	-	1.34	0.71	48.63
	C	P6S	13.59	33.76	-	1.32	0.64	49.61
	C	P7N	17.90	33.63	-	1.39	0.70	53.90
	C	P7S	9.64	34.55	-	1.33	0.68	46.45
	A	P14S	13.37	28.88	5.31	0.74	0.08	48.38
	A	P19N	14.40	33.01	5.31	0.84	0.09	53.65
	A	P22N	14.89	34.66	5.31	0.88	0.09	55.83
	A	P23S	15.06	35.82	5.31	0.90	0.09	57.19
	A	P26S	15.31	36.42	5.31	0.92	0.10	58.06
	A	P17S	15.61	32.32	5.31	0.83	0.09	54.15
	A	P14N	18.07	39.74	5.31	1.00	0.10	64.22
	A	P17N	18.82	42.07	5.31	1.05	0.11	67.36
	A	P19S	19.36	43.63	5.31	1.09	0.11	69.51
10	A	P26N	19.78	47.01	5.31	1.16	0.12	73.39
	A	P18S	19.90	50.36	5.55	1.24	0.13	77.18



橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	剪力鋼箱 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	A	P27N	24.76	55.38	5.55	1.37	0.15	87.20
	C	P9N	11.35	39.84	5.22	1.65	0.86	59.22
	C	P9S	11.35	40.45	5.22	1.67	0.86	59.85
11	A	P22S	19.36	47.90	4.23	1.17	0.13	72.78
	A	R11P1	20.03	53.00	2.11	1.25	0.04	76.43
	C	P62N	13.81	33.75	-	1.35	0.69	49.93
	C	P62S	13.81	33.55	-	1.34	0.68	49.71
	C	P63N	12.35	32.04	-	1.25	0.61	46.54
	C	P63S	12.35	29.29	-	1.18	0.60	43.71
12	A	P18N	17.28	42.37	4.86	1.05	0.11	65.67
	A	R12P1	15.98	42.86	2.11	1.02	0.03	62.00
	C	P66N	21.32	45.42	-	1.80	0.86	69.72
	C	P66S	21.32	45.42	-	1.80	0.86	69.72
	C	P67N	21.67	47.65	-	1.89	0.90	72.43
	C	P67S	21.67	47.86	-	1.89	0.91	72.65
13	A	P27S	18.45	46.08	5.52	1.14	0.12	71.31
	A	R13P1	16.42	46.59	2.78	1.11	0.04	66.94
	C	P65N	17.22	43.91	3.75	1.85	0.95	67.72
	C	P65S	17.22	46.39	3.79	1.88	0.88	70.20
14	A	P23N	19.68	49.37	5.50	1.22	0.13	75.89
	A	R14P1	18.42	54.97	2.11	1.29	0.04	76.84
	C	P64N	15.33	46.74	5.43	1.88	0.89	70.57
	C	P64S	15.34	46.13	5.42	1.86	0.87	69.93
15	C	P68N	11.87	35.29	1.94	1.44	0.76	51.37
	C	P68S	12.53	35.59	1.94	1.49	0.82	52.70
	C	R21P1	12.52	36.16	4.61	1.54	0.83	56.00
	C	R22P1	11.87	33.67	4.79	1.41	0.73	52.79
2A	C	P61	25.94	67.96	11.63	2.82	1.30	110.02
R1	A	R11P2	19.23	30.00	-	0.72	0.02	49.98
	A	R11P3	18.37	27.74	-	0.67	0.02	46.80
	A	R11P5	14.17	21.29	-	0.51	0.02	35.99
	A	R11P6	12.78	17.92	-	0.44	0.01	31.15
	A	R12P6	21.91	31.43	-	0.76	0.02	54.13
	A	R12P5	19.11	29.32	-	0.71	0.02	49.16
	A	R12P3	17.75	22.64	-	0.56	0.02	40.96

橋墩型式	標別	墩號	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	剪力鋼箱 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	A	R12P2	14.92	19.48	-	0.48	0.01	34.89
	A	R13P6	18.92	29.00	-	0.70	0.02	48.64
	A	R13P5	17.62	27.46	-	0.66	0.02	45.76
	A	R13P3	14.47	21.96	-	0.53	0.02	36.98
	A	R13P2	13.06	18.91	-	0.46	0.01	32.43
	A	R14P2	19.28	29.70	-	0.72	0.02	49.73
	A	R14P3	18.05	27.02	-	0.65	0.02	45.74
	A	R14P5	14.07	20.33	-	0.49	0.02	34.91
	A	R14P6	13.07	17.77	-	0.43	0.01	31.29
	C	R21P2	8.52	24.05	-	0.97	0.52	34.39
	C	R21P3	9.53	26.45	-	1.09	0.61	37.97
	C	R22P2	7.84	22.34	-	0.89	0.46	31.82
	C	R22P3	6.94	19.06	-	0.74	0.36	27.34
R2	A	R13P7	8.11	14.72	-	0.35	0.01	23.19
R3	A	R11P4	12.52	26.57	-	0.62	0.02	39.73
	A	R13P4	13.08	27.96	-	0.66	0.02	41.72
	A	R12P4	12.68	26.97	-	0.63	0.02	40.31
	A	R14P4	11.93	25.02	-	0.59	0.02	37.56
跨河段	B	P66S	114.92	196.78	10.08	8.56	2.26	332.59
	B	P69S	110.68	188.95	10.08	8.22	2.18	320.11
	B	P67S	134.20	391.54	-	15.52	2.53	543.80
	B	P68S	139.18	371.26	-	14.71	2.47	527.62

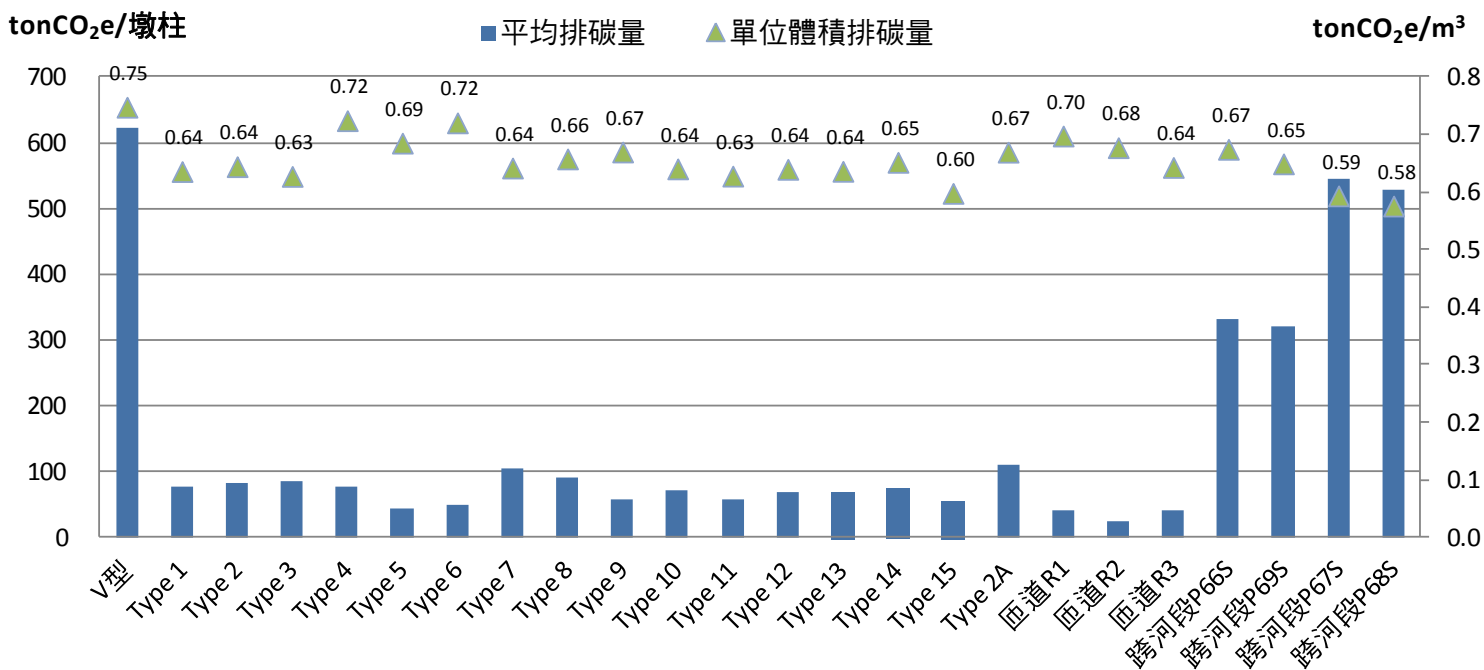


圖 4.3.3-1 橋墩排碳總量與單位體積排碳量

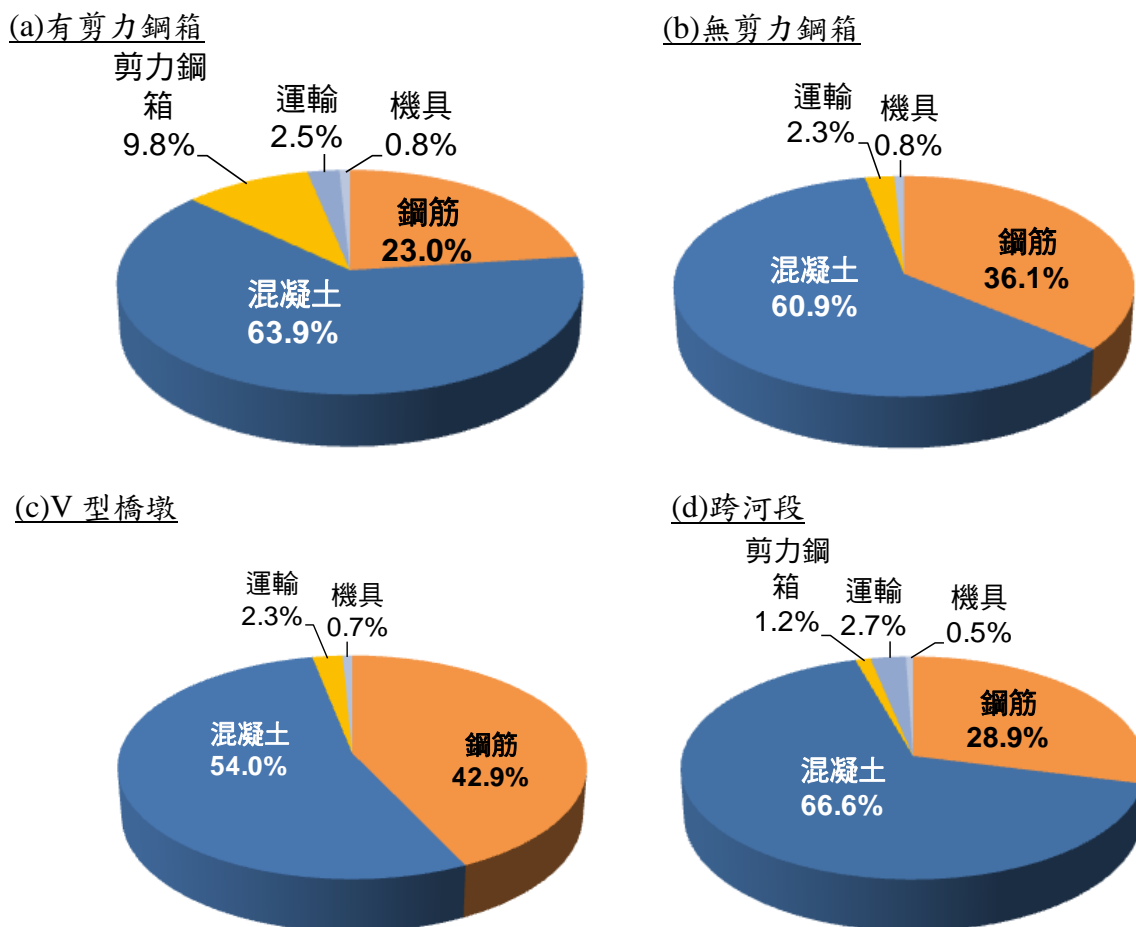


圖 4.3.3-2 橋墩碳排放源占比分析

#### 4.3.4 上構排碳量分析

本工程上構工法包括場鑄逐跨、懸臂及懸吊(拱橋)，共計完成 52 個橋單元之上構。其中 WH77-A 標上構橋單元皆為場鑄逐跨工法，完成主線 12 個橋單元與匝道 8 個橋單元；WH77-B 標上構橋單元較為多元，包括 8 個場鑄逐跨橋單元、2 懸臂橋單元(邊跨為場鑄逐跨)及 1 個懸吊(拱橋)橋單元；WH77-C 標則與 WH77-A 標相同皆為場鑄逐跨工法，完成主線 15 個橋單元及匝道 2 個橋單元。

上構主要工程材料為鋼筋、混凝土( $420 \text{ kgf/cm}^2$ )及其他材料，混凝土以實際進料量作為使用量；鋼筋及其他材料包含預力鋼腱/端錨/續接器/箱梁人孔等，以計價資料之計算各工程材料之使用量。

機具包含施工機具、混凝土泵送車之用油，施工機具統計上構施工廠商提供的總油量與操作時數，並依橋單元頂版面積分配計算各橋單元所消耗之機具用油，而混凝土泵送車之墩柱澆置油耗量，係採用本計畫調查之泵送車單位用油泵送量計算。材料運輸之排碳量部分，混凝土以單位重量運輸油耗率計算，鋼筋與其他材料則以材料重量、運輸距離及載運車輛型式計算。

各單元之鋼筋、混凝土、預力材料、機具及材料運輸之排碳量計算結果如表 4.3.4-1 所示。排碳量占比分析如圖 4.3.4-1 及圖 4.3.4-2，由分析結果顯示，逐跨工法之鋼筋、混凝土排碳量為 27.1%、60.4%，其他材料占比約 10.0%，機具及材料運輸則僅有相當少量之排放；以懸臂工法施工之箱型梁中，鋼筋與混凝土排放占比較逐跨工法低，其他材料之占比較逐跨工法高，主要原因為預力材料的用量比例較逐跨工法高，鋼筋與混凝土之排碳量占比分別為 24.7% 及 57.1%，其他材料占比升為 16.1%；懸吊(拱橋)工法排碳量占比與逐跨工法差異不大，僅鋼筋排碳占比略高，鋼筋、混凝土排碳量為 28.6%、60.0%，其他材料占比約 9.2%。

以上構頂版之面積概算，可得本工程之箱型梁單位面積排碳量，如表 4.3.4-2。分析結果可得，場鑄逐跨工法之上構單位面積排碳量介於  $0.53 \sim 0.67 \text{ tonCO}_2\text{e/m}^2$ 、逐跨-漸變段介於  $0.65 \sim 0.74 \text{ tonCO}_2\text{e/m}^2$ 、逐跨-匝道介於  $0.60 \sim 0.63 \text{ tonCO}_2\text{e/m}^2$ 、逐跨-懸臂邊跨為 0.64 及 0.73、懸臂則為 0.69 及 0.81

tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>，懸吊(拱橋)則最高為 1.32 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>。

由上述結果可發現，以跨河段之懸吊(拱橋)排碳量最為顯著，主要原因為鋼筋及混凝土之單位面積用量明顯高於其他工法，使得整體排碳量最高；比較逐跨及懸臂工法，懸臂之上構整體單位面積排碳量較高，其中 WH77-B 標 U3 懸臂橋單元由於上構箱型梁尺寸較大，單位面積所使用的鋼筋、混凝土及其他材料用量都較逐跨工法高；逐跨工法部分已漸變段的單位面積排碳量最高，其次則為匝道及其他主線橋單元。

表 4.3.4-1 各橋單元上構排碳量

標別	橋單元	跨數	面積 (m <sup>2</sup> )	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	其他材料 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
A	U1N	4	2,109	336.59	775.88	121.17	5.16	19.07	1,257.87
A	U1S	4	2,109	336.59	767.98	122.32	5.11	18.95	1,250.95
A	U2N	4	2,166	350.81	833.07	128.47	5.55	20.42	1,338.32
A	U2S	4	2,166	350.81	819.19	127.74	5.45	20.13	1,323.33
A	U3N	5	3,069	498.17	1,175.54	148.01	7.82	27.95	1,857.50
A	U3S	5	2,736	445.39	1,036.50	161.92	6.90	25.49	1,676.19
A	U4N	5	3,674	703.52	1,582.62	242.11	10.53	38.84	2,577.63
A	U4S	5	2,902	535.56	1,106.62	163.14	7.37	27.14	1,839.83
A	U5N	5	2,457	424.65	953.93	143.26	6.35	23.33	1,551.52
A	U5S	4	2,680	552.18	1,078.14	145.52	7.18	26.17	1,809.18
A	U6N	4	2,694	531.96	1,095.13	145.08	7.29	26.40	1,805.85
A	U6S	5	2,455	416.76	946.75	143.87	6.30	23.18	1,536.86
A	R11U1 (匝道)	3	810	144.88	303.94	44.56	2.02	7.41	502.81
A	R11U2 (匝道)	3	947	176.45	342.71	50.77	2.28	8.44	580.65
A	R12U1 (匝道)	3	1,028	182.15	382.91	55.95	2.55	9.34	632.89
A	R12U2 (匝道)	3	810	160.11	300.35	38.73	2.00	7.23	508.42
A	R13U1 (匝道)	4	1,039	189.65	378.13	57.06	2.52	9.29	636.64
A	R13U2	3	788	145.14	277.85	43.44	1.85	6.88	475.15

標別	橋單元	跨數	面積 (m <sup>2</sup> )	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	其他材料 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
	(匝道)								
A	R14U1 (匝道)	3	810	142.51	294.84	44.56	1.96	7.23	491.10
A	R14U2 (匝道)	3	813	153.33	300.11	44.86	2.00	7.37	507.66
B	U1 (漸變)	3	5,866	1,171.65	2,600.29	480.14	6.72	88.19	4,346.99
B	U2 (漸變)	5	5,778	1,031.43	2,280.16	429.02	5.89	77.35	3,823.85
B	U3 (懸臂)	3	5,654	1,155.74	2,605.22	733.67	6.73	88.50	4,589.86
B	U3 (邊跨)	2	912	161.89	357.55	137.61	0.92	12.18	670.15
B	U4	5	5,130	812.76	1,769.82	307.45	4.57	60.05	2,954.65
B	U5	5	5,130	812.76	1,814.63	307.93	4.69	61.50	3,001.50
B	U6	4	4,902	780.08	1,880.27	286.39	4.86	63.51	3,015.10
B	U7	5	5,016	796.64	1,776.99	302.84	4.59	60.23	2,941.29
B	U8	5	5,130	820.53	1,811.04	307.93	4.68	61.41	3,005.59
B	U9 (懸臂)	3	3,238	532.58	1,298.24	366.01	3.35	43.96	2,244.14
B	U9 (邊跨)	2	2,736	443.09	1,095.05	180.18	2.83	36.96	1,758.11
B	U10	5	5,472	892.33	1,921.26	358.19	4.96	65.24	3,241.98
B	U11	4	5,472	892.33	1,924.85	358.19	4.97	65.36	3,245.69
B	U12	5	5,335	875.46	1,879.15	351.12	4.85	63.82	3,174.39
B	U13	4	2,736	472.18	1,007.45	189.48	2.60	34.23	1,705.95
B	U14N	4	1,596	230.80	529.60	71.50	1.37	17.92	851.19
B	U15S	5	7,264	2,732.34	5,738.48	876.13	14.82	195.05	9,556.83
C	U1N	3	1,220	178.33	420.36	52.42	8.50	14.13	673.73
C	U2N	5	2,166	323.45	739.11	115.23	15.06	25.04	1,217.90
C	U2S	5	2,166	317.38	748.04	113.50	15.09	25.24	1,219.25
C	U3	5	4,560	746.56	1,650.30	293.04	31.97	56.30	2,778.17
C	U4	5	4,560	739.55	1,607.51	274.17	31.85	54.89	2,707.98
C	U5	5	4,788	764.69	1,763.80	267.32	33.66	59.66	2,889.14
C	U6	5	5,130	823.38	1,878.45	314.02	36.03	63.76	3,115.64

標別	橋單元	跨數	面積 (m <sup>2</sup> )	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	其他材料 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
C	U7	5	5,130	813.49	1,869.52	313.19	36.01	63.41	3,095.62
C	U8	5	5,130	813.51	1,861.74	313.19	35.98	63.18	3,087.61
C	U9	5	5,472	879.07	1,993.32	371.06	38.40	67.89	3,349.74
C	U10	5	5,472	891.81	2,029.47	371.45	38.50	69.07	3,400.29
C	U11	5	5,130	815.68	1,864.94	313.19	35.99	63.30	3,093.10
C	U12	5	4,765	770.81	1,745.04	287.25	33.47	59.26	2,895.83
C	U13 (漸變)	5	6,021	1,124.71	2,437.60	393.66	42.94	83.23	4,082.13
C	U14 (漸變)	4	6,164	1,260.29	2,809.77	345.22	44.82	95.02	4,555.13
C	R21 (匝道)	3	968	155.28	375.96	60.54	6.86	12.67	611.31
C	R22 (匝道)	3	968	155.59	371.62	60.54	6.84	12.55	607.14

\*其他材料：包含預力鋼腱、端錨、箱梁人孔蓋及座。

表 4.3.4-2 上構單位面積排碳量

上構工法	逐跨	逐跨-漸變段	逐跨-匝道	逐跨- 懸臂邊跨	懸臂	懸吊 (拱橋)
單位面積排碳量範圍 (tonCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	0.53~0.67	0.66~0.74	0.60~0.63	0.64(U9)、 0.73(U3)	0.69(U9)、 0.81(U3)	1.32 (U15S)
平均單位面積排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	0.61	0.71	0.62	0.67	0.77	

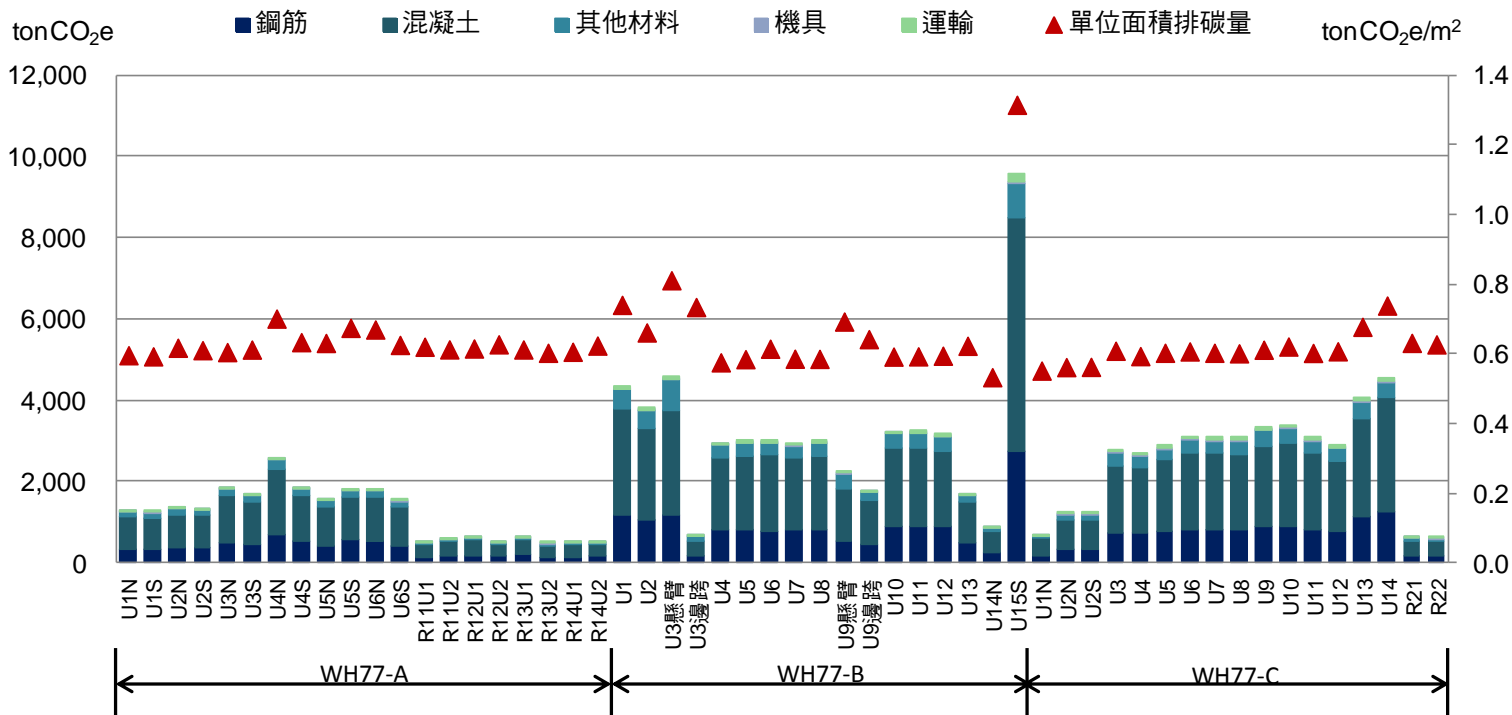


圖 4.3.4-1 橋單元上構碳排放量計算結果

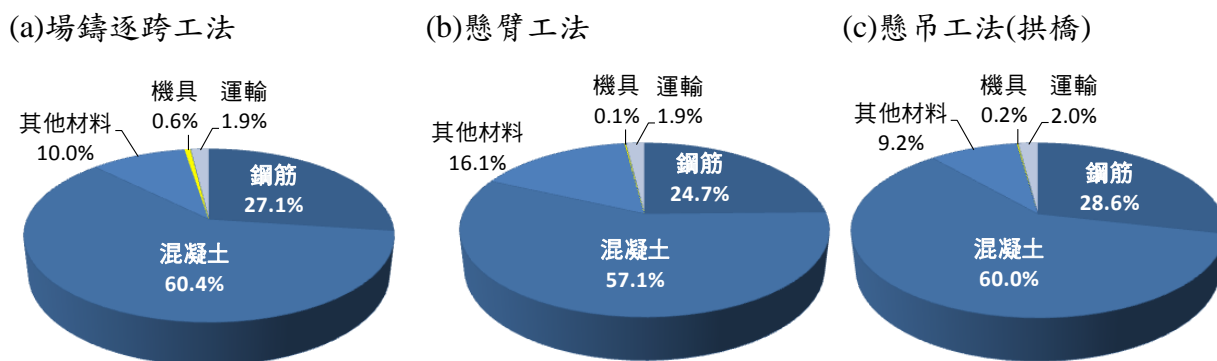


圖 4.3.4-2 上構箱型梁碳排放源占比分析

### 4.3.5 整體橋梁結構排碳量分析

本節就本工程上、下構之橋單元，進行整體橋梁結構之排碳量分析。如同 4.3.4 節上構橋單元數量，本工程共計完成 52 個橋單元之上構，另將 WH77-A 標匝道橋單元整併為 R11~R14，故總計本工程完成整體橋梁結構單元為 48 個。

各單元之鋼筋、混凝土、剪力鋼箱/盤支、其他材料、機具及運輸等排



碳量計算結果如表 4.3.5-1 所示。排碳量占比分析如圖 4.3.5-1 及圖 4.3.5-2。分別進行逐跨、懸臂、懸吊(拱橋)及匝道分析，結果顯示仍以混凝土及鋼筋為主要排碳來源，逐跨工法之混凝土及鋼筋排碳量分別為 64.7%、26.0%，剪力鋼箱/盤支、其他材料合併占比約 5.5%，材料運輸及機具之排放量相對較低；懸臂工法之混凝土及鋼筋排碳量分別為 63.7%、25.5%，剪力鋼箱/盤支、其他材料合併占比較高約 7.2%，此與上構排碳特性相似；匝道之混凝土及鋼筋排碳量分別為 67.2%、25.4%，混凝土排碳占比略高於其他型式，其餘占比與逐跨相似；懸吊(拱橋)之混凝土及鋼筋排碳量分別為 64.2%、28.0%，鋼筋排碳占比略高於其他型式，其餘占比亦與其他型式相似。

以上構頂版之面積概算，可得逐跨工法之整體橋梁結構單位面積排碳量介於 1.24 ~ 1.63 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>，另 WH77-B 標 U14N 包含既有橋墩結構使得單位排碳量最低為 1.16 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>；逐跨-漸變段明顯高於逐跨工法，介於 1.41 ~ 1.85 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>；懸臂工法之橋梁整體結構單位面積排碳量亦高於逐跨，分別為 1.78(U3)、1.63(U9) tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>；懸吊(拱橋)具有最高的單位排碳量為 2.95 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>。

若將橋梁整體結構之不同構件(基樁、基礎、墩柱及上構)進行統計分析如圖 4.3.5-3，除了匝道以外，其餘皆以上構排碳占比最高介於 38%~53%，其次則為基樁介於 27%~39%，基礎及墩柱分別為 11%~19%及 5%~9%；匝道部分則以基樁排碳占比最高介於 39%~46%，其次為上構 31%~36%、基礎 15%~17%及墩柱 6%~9%。

表 4.3.5-1 整體橋梁結構排碳量

標別	橋單元	跨數	面積 (m <sup>2</sup> )	鋼筋	混凝土	剪力鋼箱/盤支	其他材料	機具	材料運輸	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
A	U1N	4	2,109	752.01	1,950.61	13.61	131.33	41.10	51.00	2,939.66
A	U1S	4	2,109	752.23	1,943.04	13.61	132.48	41.05	50.88	2,933.29
A	U2N	4	2,166	793.61	2,074.17	15.71	140.16	44.52	54.32	3,122.51
A	U2S	4	2,166	793.61	2,060.24	15.71	139.43	44.43	54.03	3,107.46
A	U3N	5	3,069	1,081.55	2,841.82	18.68	162.22	59.76	73.23	4,237.25
A	U3S	5	2,736	1,014.41	2,681.42	20.30	176.12	58.78	70.23	4,021.25

標別	橋單元	跨數	面積 (m <sup>2</sup> )	鋼筋	混凝土	剪力鋼箱 /盤支	其他材料	機具	材料運輸	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
A	U4N	5	3,674	1,260.41	3,190.22	15.83	255.86	59.96	82.19	4,864.46
A	U4S	5	2,902	1,059.24	2,650.40	16.88	176.73	56.07	68.86	4,028.18
A	U5N	5	2,457	950.07	2,484.53	15.80	156.57	53.22	64.68	3,724.87
A	U5S	4	2,680	1,015.65	2,384.41	10.20	156.53	43.98	61.34	3,672.12
A	U6N	4	2,694	1,057.65	2,619.67	13.61	157.69	53.81	67.38	3,969.81
A	U6S	5	2,455	993.56	2,713.60	18.26	158.79	58.89	70.78	4,013.88
A	R11	6	1,757	774.35	2,068.74	2.11	107.89	41.78	53.97	3,048.85
A	R12	6	1,838	790.49	2,105.10	2.11	107.32	47.87	54.70	3,107.58
A	R13	7	1,826	847.03	2,221.47	2.78	114.21	50.92	58.19	3,294.60
A	R14	6	1,623	740.73	1,997.97	2.11	101.93	45.79	52.19	2,940.72
B	U1	3	5,866	2,942.82	7,022.44	16.28	504.02	171.73	222.29	10,879.57
B	U2	5	5,778	2,196.70	5,320.80	50.97	436.84	132.49	168.35	8,306.16
B	U4	5	5,130	1,728.47	4,342.29	49.32	311.64	109.91	136.52	6,678.15
B	U5	5	5,130	1,712.65	4,379.50	46.64	312.96	110.11	137.70	6,699.56
B	U6	4	4,902	1,679.21	4,443.36	48.49	291.19	110.51	139.65	6,712.41
B	U7	5	5,016	1,694.75	4,325.95	49.24	307.34	109.91	136.16	6,623.35
B	U8	5	5,130	1,720.06	4,349.60	52.36	311.18	108.18	136.90	6,678.28
B	U10	5	5,472	1,981.91	4,264.47	49.76	362.79	109.38	141.42	6,909.72
B	U11	4	5,472	1,795.00	4,383.98	49.76	363.84	110.08	138.66	6,841.32
B	U12	5	5,335	1,812.56	4,422.18	52.43	356.39	110.53	139.32	6,893.41
B	U13	4	2,736	1,088.89	2,753.33	18.10	198.78	72.43	86.12	4,217.66
B	U14N	4	1,596	491.99	1,211.51	6.55	72.80	28.61	38.77	1,850.23
B	U3	3+2	6,566	2,991.65	7,371.89	17.77	906.79	185.02	228.62	11,701.74
B	U9	3+2	5,974	2,467.73	6,283.27	58.29	559.84	168.61	196.04	9,733.79
B	U15S	5	7,264	6,006.92	13,762.78	20.15	932.38	295.29	431.26	21,448.78
C	U1N	3	1,220	420.40	1,098.83	4.31	63.08	34.97	43.92	1,665.50
C	U2N	5	2,166	758.18	1,940.08	21.04	135.69	62.91	78.11	2,996.02
C	U2S	5	2,166	705.01	1,850.27	16.73	132.74	58.65	73.73	2,837.13
C	U3	5	4,560	1,593.19	3,895.87	40.49	331.91	120.18	155.86	6,137.50
C	U4	5	4,560	1,581.33	3,882.38	34.03	313.41	121.43	155.37	6,087.96
C	U5	5	4,788	1,611.51	4,105.80	35.16	308.49	125.85	162.72	6,349.52
C	U6	5	5,130	1,655.68	4,192.81	36.80	355.03	125.90	165.34	6,531.56
C	U7	5	5,130	1,633.24	4,152.40	37.14	354.09	123.51	163.36	6,463.74
C	U8	5	5,130	1,659.22	4,173.09	39.07	354.89	126.31	164.63	6,517.21
C	U9	5	5,472	1,770.09	4,261.83	42.36	413.39	127.36	168.05	6,783.08

標別	橋單元	跨數	面積 (m <sup>2</sup> )	鋼筋	混凝土	剪力鋼箱 / 盤支	其他材料	機具	材料運輸	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
C	U10	5	5,472	1,756.16	4,319.16	42.58	413.45	129.45	170.25	6,831.06
C	U11	5	5,130	1,639.44	4,044.43	40.45	353.78	121.64	159.57	6,359.31
C	U12	5	4,765	1,610.28	3,941.87	36.08	324.95	118.78	156.19	6,188.16
C	U13	5	6,021	2,249.53	5,367.02	51.47	442.63	158.03	212.96	8,481.63
C	U14	4	6,164	2,454.43	6,044.66	32.97	391.39	168.58	237.32	9,329.35
C	R21	3	968	507.14	1,296.77	7.43	76.17	41.77	53.96	1,983.24
C	R22	3	970	469.34	1,210.96	7.52	75.72	41.83	50.10	1,855.47

表 4.3.5-2 整體橋梁結構單位面積排碳量

上構工法	逐跨	逐跨(含既有橋墩)	逐跨-漸變段	逐跨-匝道	懸臂	懸吊(拱橋)
單位面積排碳量範圍 (tonCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	1.24~1.63	1.16	1.41~1.85	1.69~2.05	1.78(U9)、 1.63(U3)	2.95
平均單位面積排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	1.33	(B標 U14N)	1.55	1.81	1.71	(B標 U15S)

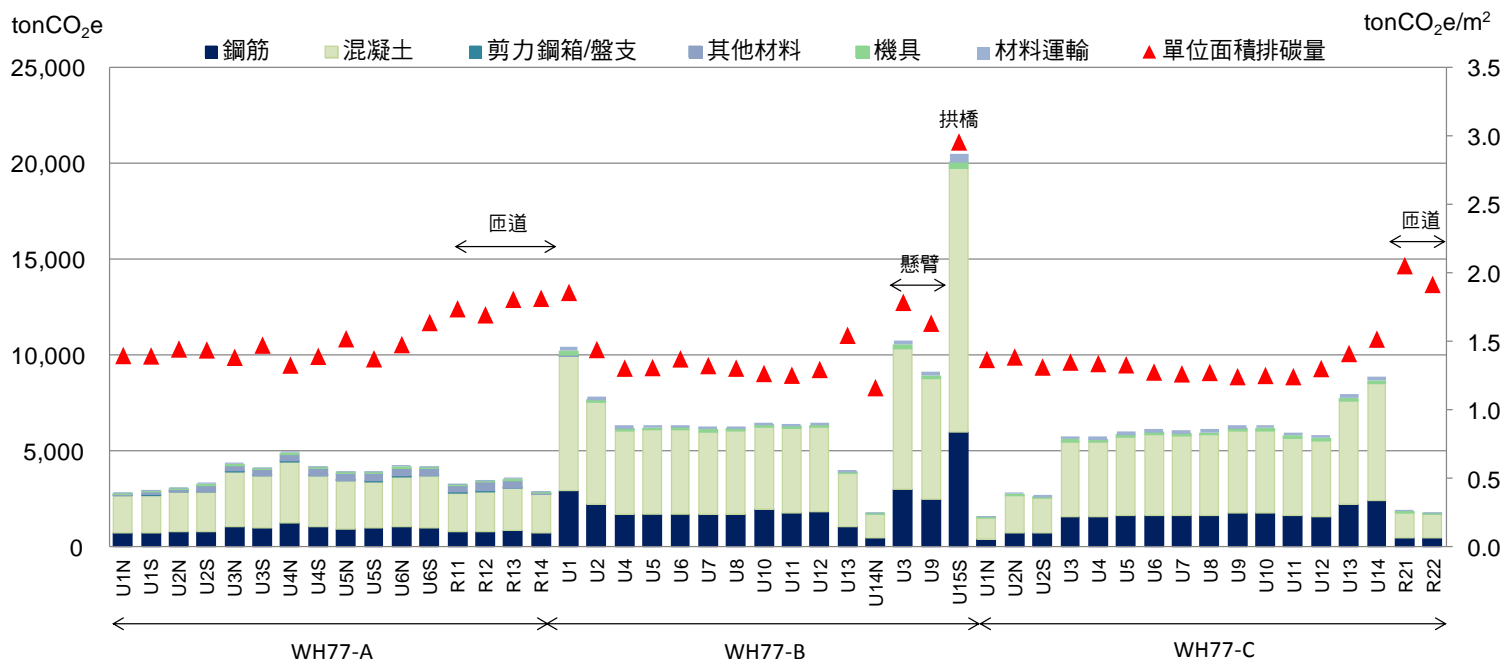


圖 4.3.5-1 整體橋梁結構碳排放量計算結果

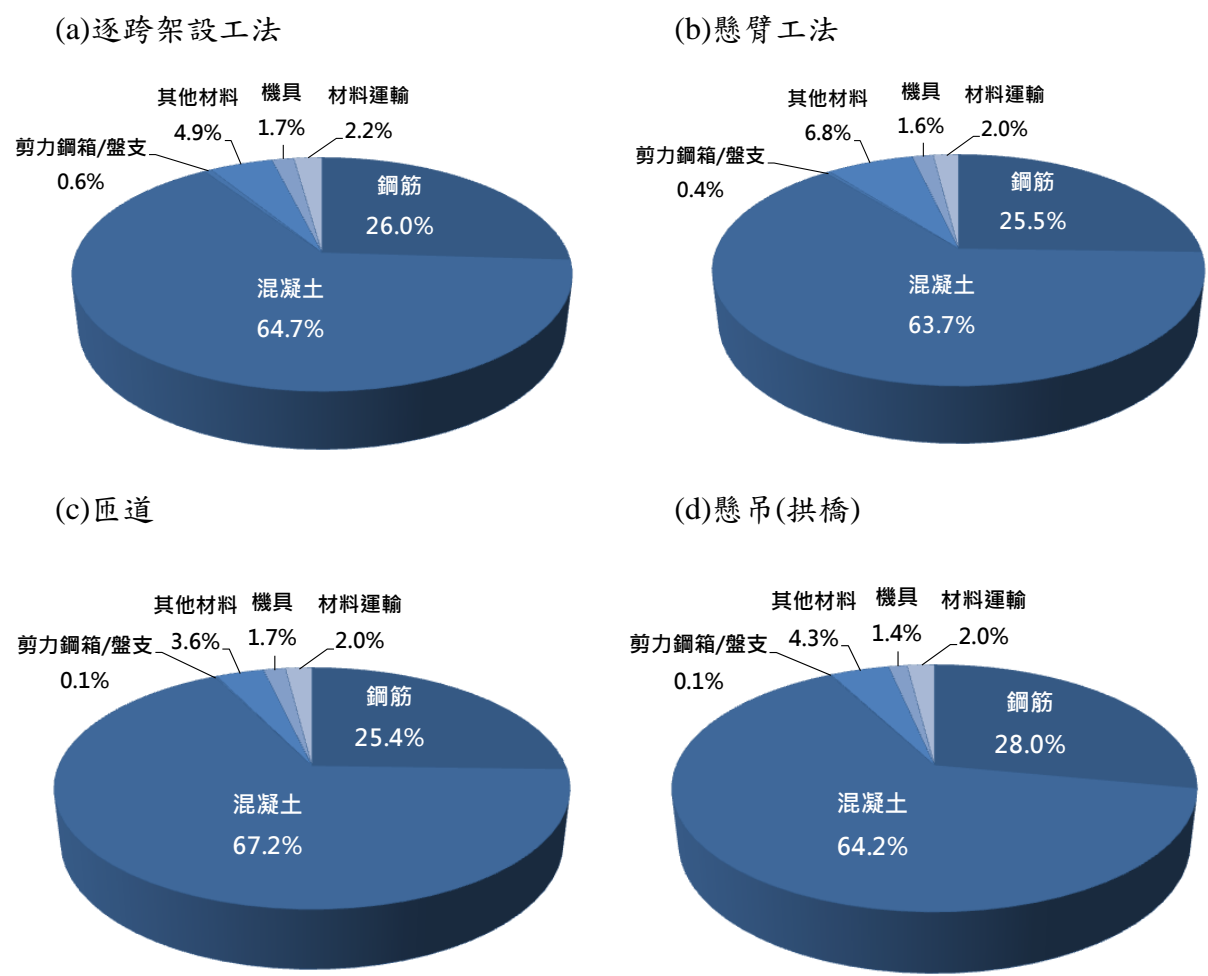


圖 4.3.5-2 整體橋梁結構碳排放源占比分析

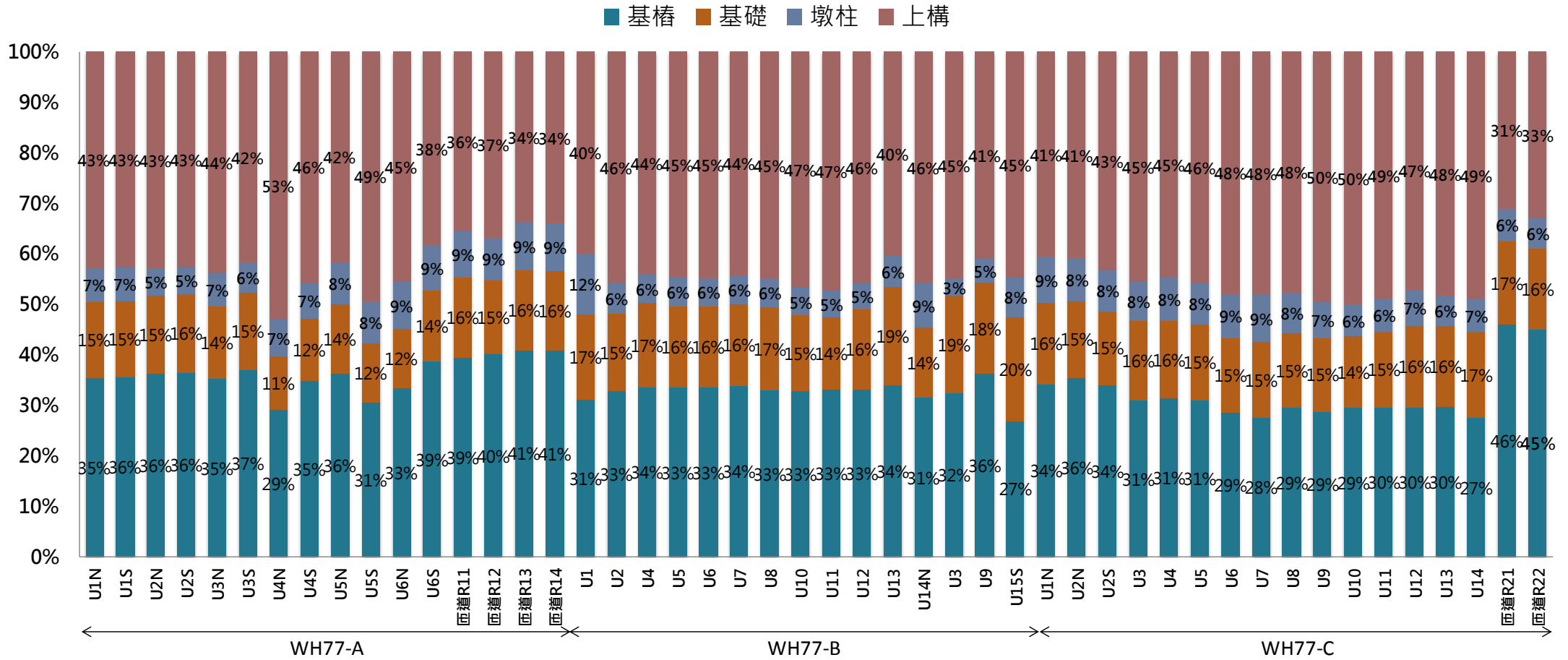


圖 4.3.5-3 整體橋梁結構之構件排碳占比分析

### 4.3.6 擋土牆排碳量分析

本工程 WH77-C 標共計完成 3 處擋土牆施作，包括標頭重力式、標頭懸臂式及匝道懸臂式之擋土牆，以下進行擋土牆排碳量分析。

標頭重力式擋土牆主要工程材料為混凝土(主要為 245 kgf/cm<sup>2</sup> 與少數 140 kgf/cm<sup>2</sup>)及止水帶，標尾及匝道之懸臂式擋土牆則為混凝土、鋼筋、PVC 管、止水帶、排水器及填縫板。本計畫混凝土以實際進料量作為使用量，鋼筋以運進總量及設計資料分配計算，其他材料則以設計資料計算材料使用量；機具部分由施工廠商提供總油量與操作時數，再依據擋土牆之混凝土使用體積數量比例分配各處擋土牆所消耗之機具用油；材料運輸部分，混凝土以單位重量運輸油耗率計算，鋼筋及其餘材料運輸則依據各材料重量、運輸距離及載運車輛型式計算。

擋土牆之鋼筋、混凝土、PVC 管、其他材料、機具及材料運輸之排碳量計算結果如表 4.3.6-1 所示，各類型擋土牆排碳量及單位體積排碳量如圖 4.3.6-1。重力式擋土牆之單位體積排碳量為 0.34 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>，標頭懸臂式及匝道懸臂式擋土牆之單位體積排碳量分別為 0.42 及 0.40 tonCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>。另以各擋土牆之平均高度及長度換算單位排碳量，重力式擋土牆為 0.39 tonCO<sub>2</sub>e/m·m，標頭懸臂式及匝道懸臂式擋土牆之單位排碳量分別為 0.47 及 0.41 tonCO<sub>2</sub>e/m·m。

表 4.3.6-1 WH77-C 標擋土牆排碳量

型式	長度 (m)	高度 (m)	體積 (m <sup>3</sup> )	混凝土 (tonCO <sub>2</sub> e)	鋼筋 (tonCO <sub>2</sub> e)	PVC 管 (tonCO <sub>2</sub> e)	其他材料* (tonCO <sub>2</sub> e)	材料運輸 (tonCO <sub>2</sub> e)	機具 (tonCO <sub>2</sub> e)	合計 (tonCO <sub>2</sub> e)
標頭重力式	305	2.6~3.3	1,158	364.93	-	0.00	0.26	17.26	10.23	392.69
標頭懸臂式	48	1.9~4.8	177	55.19	15.74	0.00	0.00	2.73	1.54	75.21
匝道懸臂式	217	1.9~8.3	1,123	344.92	75.21	2.80	0.89	16.95	9.68	450.46

\*包含止水帶、排水器及填縫板。

另分析擋土牆排碳量中混凝土、鋼筋、PVC管、其他材料、材料運輸及機具各別之排放比例，結果如圖 4.3.6-2(a)、(b)，由於 WH77-C 標擋土牆分為重力式及懸臂式，故將重力式及懸臂式之擋土牆排碳量分別進行分析，可發現重力式擋土牆以混凝土占比最高約 92.9%；懸臂式擋土牆由於配置鋼筋材料，其混凝土占比相對較重力式低，占比約為 76.1%。

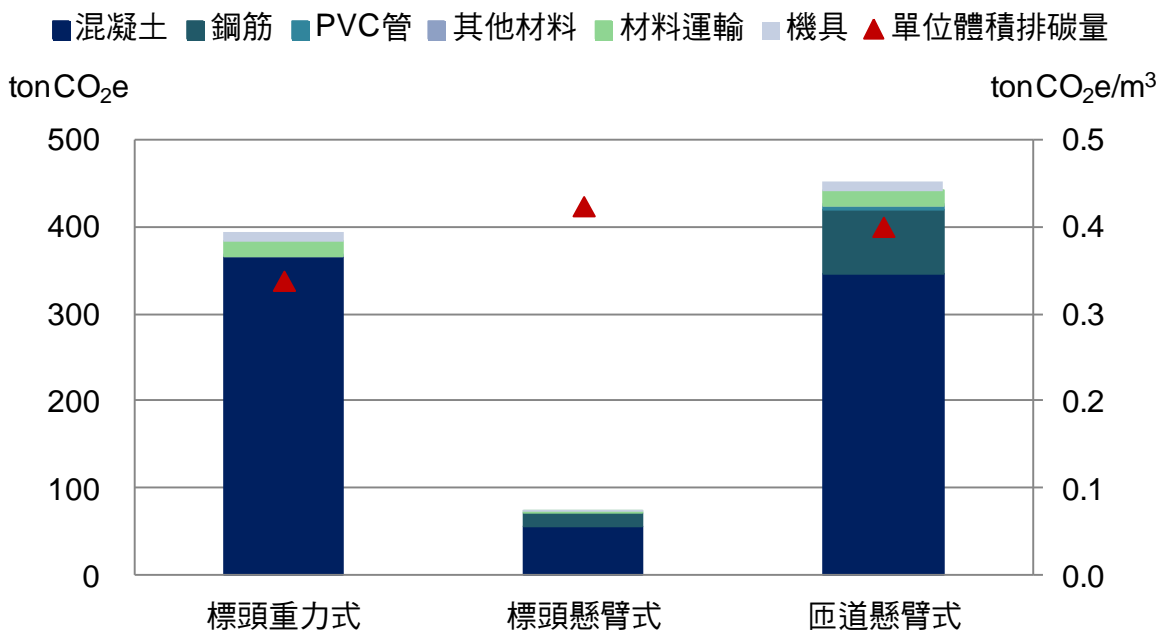


圖 4.3.6-1 WH77-C 標擋土牆碳排放量計算結果

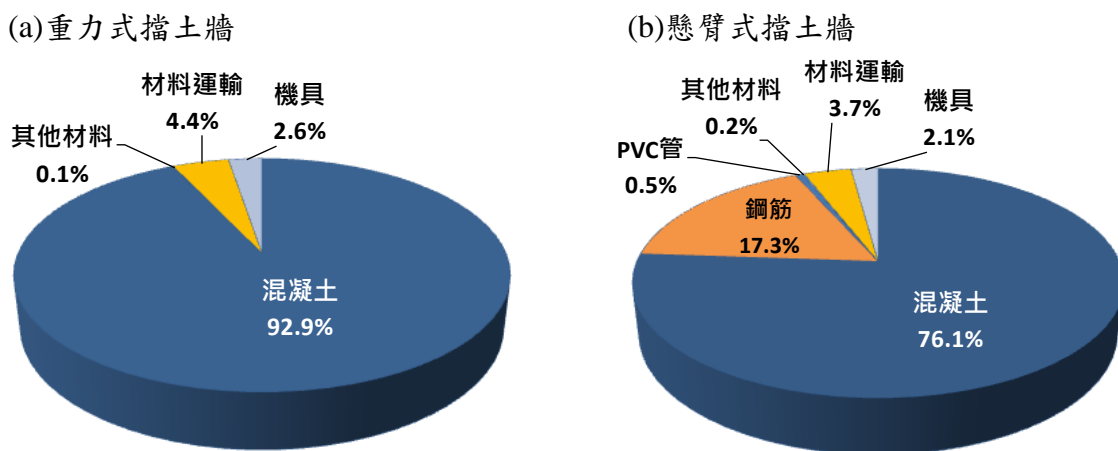


圖 4.3.6-2 WH77-C 標擋土牆碳排放源占比分析

## 4.4 鋪面工程排碳特性分析

本工程主線路段之鋪面組成如圖 4.4-1，WH77-A 及 B 標主線橋梁段為 8 公分密級配瀝青混凝土，WH77-C 標則為 5 公分密級配瀝青混凝土及 3 公分多孔隙瀝青混凝土(PAC)，路堤引道段於 WH77-A 及 C 標皆為 45 公分碎石級配、10 公分粗級配瀝青混凝土及 5 公分密級配瀝青混凝土。

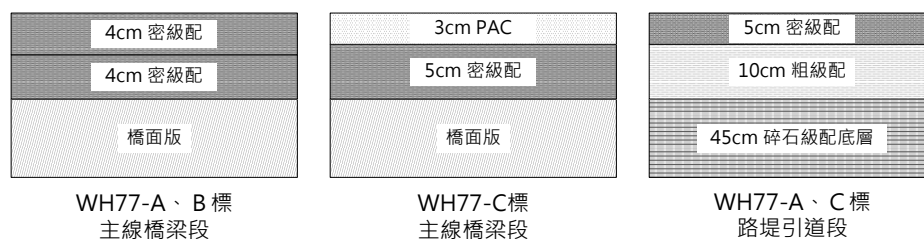


圖 4.4-1 本工程各標鋪面組成

### 一、系統邊界設定

本計畫參考國內橋梁及道路碳足跡產品類別規則 CFP-PCR，設定本工程鋪面全生命週期之系統邊界，包含產品、建造及營運管理階段，如圖 4.4-2 所示，與 EN15804 不同之處在於營運管理階段僅考量鋪面之維護/重置，以及拆除階段不納入範疇。

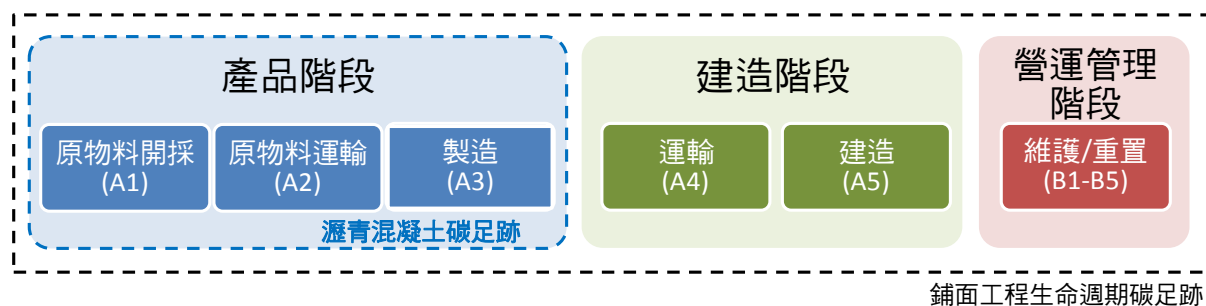


圖 4.4-2 鋪面工程生命週期碳足跡之系統邊界

備註：A1-A5 及 B1-B5 為相對應於 EN15804 之生命週期階段編碼。

### 二、活動數據蒐集

以下說明本計畫主線橋梁段鋪面工程之產品、建造及營運管理階段，分別蒐集之活動數據內容。



鋪面工程之產品階段即為瀝青混凝土之產品碳足跡，根據前述產品階段之系統邊界，瀝青混凝土廠需蒐集盤查資料內容如圖 4.4-3，涵蓋原物料來源、製程投入之原物料及能資源。本工程之瀝青混凝土由 2 家瀝青廠供應，WH77-A 及 WH77-B 標由鴻林瀝青廠提供，WH77-C 標供應商為坤慶瀝青廠。相關產品碳足跡成果詳 3.6.3 節。

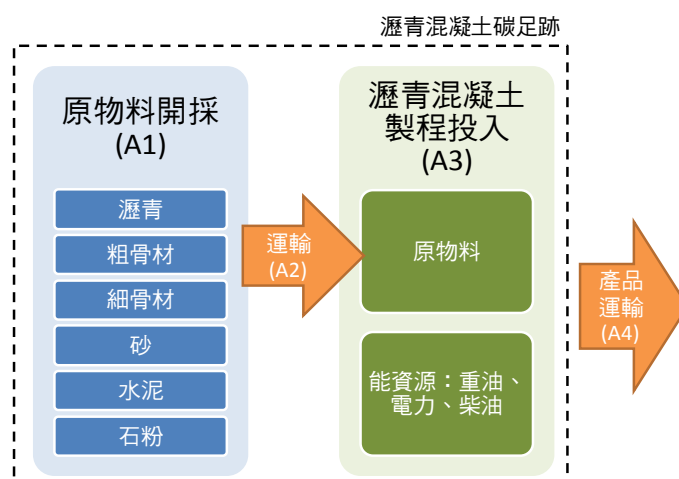


圖 4.4-3 產品階段之系統邊界及盤查資料蒐集內容

本計畫蒐集各標主線橋梁段鋪面於建造階段之盤查資料，包括瀝青混凝土之材料使用量、瀝青混凝土運送至工區之運輸，以及機具於工區中鋪設瀝青混凝土之能資源消耗。材料使用量係依據各標於施工期間之進貨單據統計；運輸為各標瀝青混凝土使用數量及單向運距計算；機具能資源消耗為施工廠提供之加油單據，彙整施工期間總柴油用量。此外本工程各標鋪面工程皆涵蓋既有車道之刨鋪，建造階段各路段之材料及機具之活動數據，採用其設計之材料數量進行分配，即「活動數量 = 材料設計數量比例 × 總活動量(材料或機具)」，活動數據詳表 4.4-1。

表 4.4-1 各標主線橋梁段鋪面工程建造階段之活動數據

標別			WH77-A	WH77-B	WH77-C
材料 使用	密級配 AC	ton	6,777	23,420	8,823
	PAC	ton	-	-	4,690

標別			WH77-A	WH77-B	WH77-C
	黏油	ton	13	44	20
運輸		tkm	542,137	1,873,607	351,346
機具	柴油	L	1,154	10,379	4,893
鋪設面積		m <sup>2</sup>	34,915	130,444	66,085

根據前述 3.5 節營運管理階段之鋪面假設條件，各標主線橋梁段鋪面之營運管理階段假設條件如表 4.4-2 所示，活動數據如表 4.4-3。

**表 4.4-2 各標主線橋梁段之鋪面營運階段假設條件**

標別	WH77-A 標	WH77-B 標	WH77-C 標
瀝青混凝土種類	密級配 (DGAC)	密級配 (DGAC)	多孔隙 (PAC)
重鋪厚度(cm)	5	5	3
重鋪頻率(年)	5	5	10
50 年營運期間重鋪次數	9	9	4

**表 4.4-3 各標主線橋梁段之鋪面營運階段活動數據**

標別			WH77-A	WH77-B	WH77-C
材料使用	密級配 AC	ton	37,284	81,920	-
	PAC	ton	-	-	18,761
	黏油	ton	116	233	79
運輸		tkm	3,392,858	6,553,617	487,798
機具	柴油	L	6,348	34,377	6,793

### 三、 鋪面工程之全生命週期排碳量

綜整前述瀝青混凝土碳足跡、建造及營運管理階段之活動數據，以及排放係數蒐集(3.6 節)結果，彙整各標主線橋梁段生命週期排碳量如表 4.4-4 及圖 4.4-4。各標別主線橋梁段單位面積排碳量以 WH77-C 標 60.76 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> 最低，其餘 WH77-A 及 WH77-B 標單位排碳量則約為 WH77-C 標 2 倍，為 128.66 及 134.60 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>，主要原因在於 WH77-C 標之 PAC 鋪面於營運管理階段之重鋪次數較少且厚度較小，使得營運管理階段材

料數量明顯低於其他 2 標。

整體而言，鋪面工程之生命週期碳足跡以營運階段之材料使用排碳占比最高，約為 63% ~ 77%，若能減少瀝青混凝土碳足跡及鋪面重鋪之材料使用量，將可大幅減少整體的生命週期排碳量。

表 4.4-4 主線橋梁段鋪面工程全生命週期排碳量

標別		WH77-A	WH77-B	WH77-C
建造階段 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	材料	18.04	19.17	20.00
	運輸	1.58	1.60	0.70
	機具	0.11	0.29	0.26
	小計	<b>19.73</b>	<b>21.05</b>	<b>20.96</b>
50 年營運管理階段 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	材料	99.63	103.40	38.47
	運輸	8.67	8.60	0.97
	機具	0.63	1.55	0.36
	小計	<b>108.94</b>	<b>113.55</b>	<b>39.80</b>
單位面積排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )		<b>128.66</b>	<b>134.60</b>	<b>60.76</b>

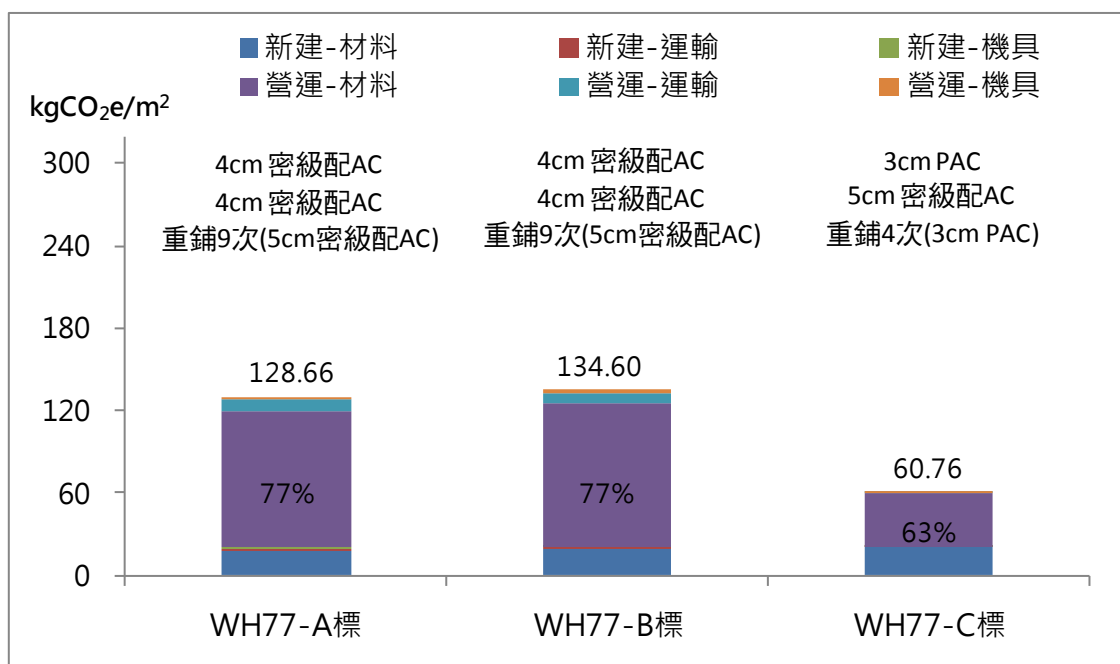


圖 4.4-4 主線橋梁段鋪面工程全生命週期排碳量(50 年生命週期)

## 4.5 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程計畫總體碳匯變化量調查成果

工程施工過程的植被移除，以及工程完工後種植植草種、喬木與灌木，皆會造成碳匯變化。碳匯變化可簡化以地表植被面積的改變量為活動強度，若植被遭移除代表碳存量減少、植生復育則代表碳存量增加，可輔以單位面積林木碳儲存量係數，進行碳儲存變化量計算。

碳匯計算式為： $\Sigma$  植生復育面積(ha)  $\times$  碳匯係數(tonCO<sub>2</sub>e/ha/yr)  $\times$  計入期 40 年。植生復育面積為考量植生工程主要以面積或植栽株數為單位，若屬於噴植或播撒草種(植草種)方式，假設區域植物生長良好，以植草種面積作為復育面積；喬木為利用平均造林密度 1,500 株/ha 換算復育面積；灌木則是參考建築研究所的灌木栽種密度(每平方公尺 4 株以上) 40,000 株/ha 換算復育面積。碳匯係數採用林務局人造林之實際監測研究成果 48.23 kg/ha/day，換算為 17.6 tonCO<sub>2</sub>e/ha/yr (林務局，2013)。

本工程於施工過程中無植被移除之情形，而是工程完工後交由其他廠商進行植生工程，故本工程碳匯變化僅考量植被種植所增加的碳存量。本工程共有 2 項植生工程，其中 1 項為 WH77-A 標路段，另外 1 項包含 WH77-B 及 WH77-C 標路段之植生工程。本計畫取得此 2 項植生工程之契約數量，並依據各種類植生數量、前述植栽密度及碳匯係數，計算植生工程碳匯量。

本工程植生數量與碳匯量彙整如表 4.5-1 所示，依據植生固碳生命週期 40 年，計算 40 年碳匯量為 15,399.93 tonCO<sub>2</sub>e，換算每年碳匯量約 385.00 tonCO<sub>2</sub>e/yr。其中本工程主要以噴植草種作為植生復育方式，總面積約近 22 萬平方公尺，為最主要的碳換匯來源。若以本工程生命週期總排碳量 351,365.46 tonCO<sub>2</sub>e，換算碳匯抵換率約為 4.38%。

表 4.5-1 本工程植生數量與碳匯量

標別	植生種類	植生數量		植生復育面積(ha)	碳匯量 (tonCO <sub>2</sub> e)
A	海雀稗(草毯)	30,419	m <sup>2</sup>	3.04	2,141.50
	無葉檉柳小苗(H $\geq$ 75公分 W $\geq$ 30公分)	252	株	0.17	118.27

標別	植生種類	植生數量		植生復育面積(ha)	碳匯量 (tonCO <sub>2</sub> e)
	水黃皮小苗(H≥75公分 W≥30公分)	119	株	0.08	55.85
	黃槿小苗(H≥75公分 W≥30公分)	110	株	0.07	51.63
	木麻黃小苗(H≥75公分 W≥30公分)	120	株	0.08	56.32
	日本女真(H≥30公分, W≥20公分)	594	株	0.01	10.45
	千頭木麻黃(H≥60公分, W≥40公分)	38	株	0.00	0.67
	白水木(H≥30公分, W≥20公分)	684	株	0.46	321.02
	草海桐(H≥30公分, W≥20公分)	495	株	0.01	8.71
	鵝掌藤(H≥30公分, W≥20公分)	1,197	株	0.03	21.07
	蔓荊(海埔姜)(L≥20公分, 6吋盆, 三分枝以上)	288	株	0.01	5.07
	馬鞍藤(L≥20公分, 6吋盆, 三分枝以上)	5,589	株	0.01	7.18
	厚葉石斑木(H≥30公分, W≥20公分)	288	株	0.19	135.17
	噴植混和草草籽(奧古汀斯草、百慕達草、律柏草)	980	m <sup>2</sup>	0.10	68.99
B/C	水黃皮(H≥220cm, W≥90cm, Ψ≥8cm)	39	株	0.03	18.30
	進士榕(H≥220cm, W≥90cm, Ψ≥8cm)	6	株	<0.01	2.82
	欖仁樹(H≥220cm, W≥90cm, Ψ≥8cm)	28	株	0.02	13.14
	小葉南洋杉(H≥220cm, W≥90cm, Ψ≥8cm)	20	株	0.01	9.39
	黃槿(H≥220cm, W≥90cm, Ψ≥8cm)	80	株	0.05	37.55
	厚葉石斑木(H≥60公分, W≥30公分)	236	株	0.16	110.76
	千頭木麻黃(H≥60公分, W≥30公分)	134	株	<0.01	2.36
	噴植草種(奧古汀斯草; 結縷草; 百慕達草)	112,490	m <sup>2</sup>	11.25	7,919.30
	海雀稗	53,682	m <sup>2</sup>	5.37	3,779.21
	鹽定(枝長≥10公分, 三分枝)	6,152	m <sup>2</sup>	0.62	433.10
	海欖果(H≥300cm, W≥150cm, Ψ≥8cm)	115	株	0.08	53.97
	文殊蘭(H≥60公分, W≥50公分)	100	株	0.01	7.04
	木槿(H≥50公分, W≥40公分)	450	株	0.01	7.92
	月橘(七里香)(H≥50公分, W≥40公分)	180	株	<0.01	3.17
合計					15,399.93

## 4.6 排碳係數敏感度分析

為提升整體數據品質及一級數據占比，本計畫已與大宗工程物資鋼筋、水泥及預拌混凝土之供應商進行碳足跡盤查，並有盤查產出成果(詳見本報告 3.6.3 節)。本計畫於計算碳排放量時，大宗物料(亦為主要排放源)之鋼筋、預拌混凝土原料之水泥係數採用本計畫盤查成產出成果。由供應商提供資料之排碳係數計算結果與資料庫之數據有所差異，為瞭解可能造成之影響，本計畫遂以 GaBi 資料庫之鋼筋及水泥係數計算排放量，進行係數敏感度分析。

採用 GaBi 資料庫之鋼筋係數(1.2440 kgCO<sub>2</sub>e/kg)以及水泥係數(0.8656 kgCO<sub>2</sub>e/kg)進行係數置換之敏感度分析。各標比較四種不同的係數引用情境之排放量：本計畫盤查係數(鋼筋、水泥)、GaBi 鋼筋係數、GaBi 水泥係數、GaBi 鋼筋與水泥係數，並計算各種情境時之一級數據之占比，計算結果如表 4.6-1、4.6-2 所示。

由計算結果顯示，置換鋼筋係數明顯增加各標之總排放量，且各標的一級數據占比降低幅度不同，其原因為本計畫盤查所得的鋼筋碳足跡較低，且各標的一級數據占比原本即有差異(詳見本報告 3.6.3 節)；而置換水泥係數小幅減少各標之總排放量，但一級數據占比將明顯降低，源自於本計畫盤查的水泥係數(0.9635 kgCO<sub>2</sub>e/kg)較高，且其中一級數據占比高達 94% 以上，因此對於整體一級數據之影響較顯著。

根據敏感度分析之結果，若鋼筋與水泥皆使用 GaBi 資料庫之碳排係數，各標一級數據將無法符合 10% 之要求，顯示大宗物料碳足跡盤查之必要性，建立符合本土特性之碳足跡，除可提升本工程碳足跡之一級數據，亦能提供給其他工程做為參考。

表 4.6-1 鋼筋、水泥係數對於排放量結果之敏感度分析(工區)

係數採用情境	WH77-A 標		WH77-B 標		WH77-C 標		本工程	
本計畫盤查係數	69,968		142,858		109,359		322,185	
GaBi 鋼筋係數	77,097	110.19%	153,011	107.11%	120,143	109.86%	350,251	108.71%
GaBi 水泥係數	68,689	98.17%	135,517	94.86%	103,341	94.50%	307,547	95.46%
GaBi 鋼筋、水泥	75,817	108.36%	145,669	101.97%	114,125	104.36%	335,611	104.17%

備註：各標項下左欄為排碳量，單位為 tonCO<sub>2</sub>e；右欄為更新後排碳量占原排碳量之比例。

表 4.6-2 鋼筋、水泥係數對於一級數據之敏感度分析(工區)

係數採用情境	WH77-A 標	WH77-B 標	WH77-C 標	本工程
本計畫盤查係數	55.44%	66.11%	56.89%	60.67%
GaBi 鋼筋係數	31.27%	48.52%	49.08%	44.91%
GaBi 水泥係數	18.37%	22.25%	9.28%	17.03%
GaBi 鋼筋、水泥	1.94%	6.82%	5.56%	5.29%





## 第五章 八棟寮至九塊厝新建工程節能減碳措施

### 5.1 工程減碳措施

本計畫於計畫開始執行之初即持續蒐集關於工程減碳措施之文獻及案例，作為本計畫執行過程中減碳措施研提之參考。歷次進度報告已彙整資料以下以概述方式說明，詳細內容詳歷次報告，在此不在贅述；本報告另就新蒐集之橋梁工程碳管理及減碳措施執行進行說明。

#### 5.1.1 過去蒐集資料概述

##### 一、美國工程減碳相關策略

本計畫於 101 年度已蒐集美國州公路及運輸官員協會(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)於 2010 年發表之「交通運輸工程建造、維護及操作活動溫室氣體減量策略」及美國環保署(US EPA)於 2009 年發表之「施工溫室氣體減量潛力」兩份報告，彙整與道路工程相關之減碳策略，結果顯示，承包商於施工階段可施行的減碳措施，應由施工機具及工程材料兩方面著手，彙整如表 5.1.1-1 所示。

##### 二、工法安排與減碳之關聯性

美國密西根理工大學教授 Mukherjee 等人以要徑法(critical path method, CPM)與線性法(linear scheduling method, LSM)兩種不同方法安排施工進度，並探討承包商採用之施工策略對於碳排放量的差異。由案例分析顯示：承包商採取控制策略時，使用要徑法可減少約 12%之機具排碳量；在承包商採用追趕策略之情境時，要徑法與線性法皆可減少約 5%之機具排碳量。

##### 三、運輸之排碳減量策略

美國州道路及運輸官員協會(AASHTO)、提出提高本地材料之用量與減少土方移動可減少工程中之運輸排碳；賓州運輸部之案例則為承包商於設計階段即參與討論廢棄物之處理計畫與地點，以減少運輸支出，

並可同時減少排碳量。

美國加州水利部對於工程中與運輸相關之減量策略，提出兩階段建議：1.設計/施工前階段-評估於工址設置混凝土拌合場之可行性與效益，或選擇最短距離之拌合廠；最佳化運送車次，避免交通尖峰時期進行運輸；2.施工階段-鼓勵員工共乘、使用大眾運輸工具或自行車，使用油耗效率高之運輸車輛；評估皆在離峰時間進行運輸活動之可行性，以及盡可能減少使用公共道路進行運輸活動。

英國碳信託(Carbon Trust)針對營建工程中之工區運輸行為提出減碳方針，其中較為特殊之策略為成立聯物流中心，以提升運輸車輛承載率。

表 5.1.1-1 美國工程減碳相關策略彙整

單位	州公路及運輸官員協會	美國環保署
施工期間 策略	非行駛於路上的機具管制 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 減少機具使用</li> <li>➢ 提高燃油效率</li> <li>➢ 替代機具及替代燃料</li> </ul>	減少燃料耗用量 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 減少機具待機時間</li> <li>➢ 機具設備定期維護</li> <li>➢ 操作方法訓練</li> <li>➢ 選擇最適用機具</li> <li>➢ 機具汰換</li> <li>➢ 使用生質柴油</li> <li>➢ 替代柴油發電機</li> <li>➢ 人員交通方式</li> </ul>
	材料使用管制 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 減少用量</li> <li>➢ 再生及替代材料</li> <li>➢ 溫拌瀝青</li> </ul>	節電 減少工程材料排碳 <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 再生與再利用</li> <li>➢ 材料選擇、採購及運輸方法</li> </ul>
營運期間 策略	道路設施的電力使用管制	-
	行駛於路上的車輛排放管制 交通管理	-

#### 四、世界銀行道路建造與更新之溫室氣體排放減量策略

世界銀行亞太地區運輸部門基於其最小化道路建設和修復溫室氣體

排放的目標，補助亞洲可持續發展替代能源計畫(ASTAE)，並提出「道路建造與更新之溫室氣體排放減量報告」(2010)，旨在確定和量化目前道路建設做法的溫室氣體排放量，並從而塑造可供規劃者提出更優質道路規劃、設計方案的工具(RIADEO tool)，藉由明確的建設道路排放和成本分析，輔助更低碳的道路開發決策道路基礎建設。

另針對施工及運輸兩方面，提出可行措施及減量策略。運輸部分策略包括：使用高效率運具、採用其他運輸模式等。施工部分則包括：鋪面型式、投資及維護技術、負載規範的影響等；結構則包含特定結構對於單位面積之影響及複雜結構將增加排碳量等；施工機具道路設備則考量道路屏障排碳量對於鋪面工程有顯著(2 ~ 23%)之影響有，設計時應納入考量。

## 五、日本建設工程碳管理計畫

日本為因應地球溫室氣體排放問題，內閣會議於2007年6月1日通過「21世紀環境立國戰略」法案，重新制定「環境行動計畫2008」，由於土木、建築等相關工程之碳排放量估算占日本全產業約20%，因此在建設工程方面進行碳管理，實施相關減碳措施。

### (一)建設施工減碳措施

對於建設工程之碳管理與相關的減碳措施或對策，係以採用高效率工法、使用低耗能建設材料、並且減少建設材料之使用量等方面著手。

### (二)低碳機具能耗認定制度

國土交通省為達成京都議定書之減碳目標，於2007年11月提出，減少二氧化碳排放量之施工機具認證制度。建設機具油耗率基準值(如表5.1.1-2所示)，作為低碳機具認證的標準。

### (二)施工機具能減碳作法

針對卡車、挖土機及起重機提出了機具節能運轉的方法說明書，經過其研究團隊實際的測試，若採用該節能運轉手冊的方法操作，可有效節省燃油量，亦可減少機具的損耗汰換，考量整體效益約可減少25%之燃油使用費用(日本建設業連合會，2010)。以卡車及挖土機操

作為例，可能的省油方案如表 5.1.1-3。

**表 5.1.1-2 日本低碳機具油耗率基準值**

標準挖斗體積 m <sup>3</sup>	油耗基準值(kg/標準動作)	油耗基準值(L/標準動作)*
0.25~0.36	4.3	5.2
0.36~0.47	6.4	7.7
0.47~0.55	6.9	8.3
0.55~0.70	9.2	11.1
0.70~0.90	10.8	13.0
0.90~1.05	13.9	16.7
1.05~1.30	13.9	16.7
1.30~1.70	19.9	24.0

註：標準動作：機具操作 1 小時(操作 75%、行進 10%、待機 15%)。

**表 5.1.1-3 機具節能運轉方案**

機具	省能方案
卡車	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 避免不必要的空轉待機時間，停車時間超過 20 秒建議熄火</li> <li>■ 建議冬天暖車 5 分鐘即可</li> <li>■ 盡量保持一定速度行駛，避免不必要的加速急駛</li> <li>■ 將車輛維持在轉速 1,200~1,500 RPM 之間</li> <li>■ 建議在高速公路維持 80 km/hr、一般道路 50 km/hr</li> </ul>
挖土機	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 選用挖土機的節能模式</li> <li>■ 避免不必要的空轉，五分鐘</li> <li>■ 減少迴轉角度</li> <li>■ 兩段式開挖、挖掘角度控制在 30~40 度之間</li> <li>■ 定期檢查</li> </ul>

### 5.1.2 工區減碳策略建議與目前本計畫之應用

本計畫參考文獻內容，對於工區之減碳作為提出建議策略如下：

- 一、選擇最適用機具：依據工程作業需求，選用功率適當之機具，避免使用

功率過大之機具，造成多餘排碳。

二、減少機具待機時間：妥善安排施工作業流程，減少機具等候待機時所多餘之燃料消耗與碳排放量。

三、操作方法訓練：針對機具操作人員對於機具操作進行訓練，以提升施作效率，減少不必要之燃油消耗及碳排放量。

又依據本計畫逐步盤查結果顯示，工區之主要排放源為施工機具操作之燃油耗用，而工料及機具運輸亦對排放結果有所影響。由前述文獻資料分析亦顯示，將燃料使用轉換為電力及減少運輸行為，將可減少工程碳排放量，本工程亦已應用這兩項減碳策略，說明如下。

一、機具運輸控制作為

本工程 WH77-A、B 標在主承包商春原公司協調之下，各施工協力廠商(除自有起重機外)皆使用固定廠商之移動式起重機(永冠工程行)以及吊卡車(永大工程行)。在協力廠商有機具使用需求時，由同一供應商提供機具，此作業模式不僅可減少工程管理介面、提升施工效能，亦有效減少機具運輸之排碳量。

二、工區電力改以場電供應

由盤查過程顯示，使用燃料以發電機發電和採用場電間確實存在排碳差異，亦具有經濟效益。

在西濱南工處的要求和承包商的配合下，WH77-B 及 WH77-C 標工程中可採用場電之鋼筋場或機具(抽水機、監測設施)等皆已以場電取代自行發電，達到減碳及減少空氣污染物排放影響之效益。

### 5.1.3 橋梁工程設計減碳策略

印度學者 Saibaba 探討長跨徑橋梁工程設計之地點、配置、工程材料及施工技術，並提出相關施工技術之排碳減量策略，本計畫節錄內容說明如後。

一、地點

橋梁工程之地點選擇方式如下：

(一)根據既有區域的現況發展，選擇可提供交通連結、促進發展及觀光

發展之場址。

(二) 選擇對環境影響最小及土地使用最少之場址。

(三) 選擇可節省交通時間及運輸車輛燃料使用量之場址。

## 二、配置

橋梁配置內容包含橋梁的型式、材料、工法、車道配置、跨度及其他主要的幾何特徵，各種配置方式皆須先經過調查，相關配置案例如下：

(一) 未來新建車道之設計應避免大量修復及增設橋梁之需求。

(二) 設置共乘(Carpool)及公車專用之車道，鼓勵高乘載車輛(High Occupancy Vehicles, HOVs)運輸方式。

(三) 設置之專用車道可做為未來輕軌或巴士之車道用途。

(四) 設置自行車及行人專用道。

## 三、工程材料

橋梁工程材料之選擇於設計階段相當重要，應針對施工場址、未來維護及回收之考量，選擇合適的材料，材料選擇方式及項目說明如後。

(一) 選擇當地的工程材料，以減少材料運輸對環境的影響並可支持當地的經濟發展。

(二) 一般大宗材料之混凝土，選用添加替代原料如飛灰、礦渣及其他回收原料等之混凝土。

(三) 新型材料選用：

1. 高性能與超高強度混凝土：具有高強度及高耐用特性，可有效降低橋梁各組件的體積，進而降低總成本及維護工作負荷。
2. 預發泡混凝土(Prefoam concrete)：具有重量輕及施工容易之特性，但不適合用於高強度的位置。
3. 碳封存混凝土(Carbon sequestered concrete)：材料於預鑄場使用CO<sub>2</sub>進行養護作業，可將CO<sub>2</sub>封存於混凝土中。
4. 自充填混凝土(Self Compacting Concrete)：自充填混凝土進行泵送作業時，可有效降低施工過程之噪音及震動。
5. 自養護混凝土(Self Curing concrete)：與聚合物混和之混凝土，當水資源缺乏時可使用此產品。

6. 水泥替代品(Cement Replacement)：利用具有豐富資源的飛灰、矽灰或 GGBFS 替代水泥材料，替代比例可高達 50% 並增加材料之耐用性及耐化學性。
7. 再生材料(Recycled materials)：如利用水庫淤泥之廢棄物等再生材料，製成輕質混凝土材料等產品。
8. 玻璃纖維(Fibre Reinforced Polymer, FRP)：FRP 材料之複合橋面板適用於既有橋梁修復以及新建的橋梁，如圖 5.1.3-1 所示，其特性如下所述：
  - 良好的耐久性(抗腐蝕與抗疲勞)；
  - 重量輕，減少 80% 重量(與混凝土比較)；
  - 使用壽命高，增加 2~3 倍壽命時間；
  - 快速安裝，減少一半的安裝時間；
  - 可降低生命週期成本。
9. 人造砂(Manufactured Sand)：人造砂製造的原物料來自岩石，可作為低品質的泥砂與黏土之原物料，以替代水及水泥之原料添加。
10. 輕質骨材(Synthetic lightweight aggregates)：輕質骨材可由水庫淤泥及飛灰等廢棄物製造而成，可做為混凝土之原料，其製成的混凝土強度可達 50MPa。
11. 建材廢棄物再生之混凝土(Concrete with recycled construction wastes)：此類型之混凝土可應用於橋樑工程，如擋土牆、鋪路磚、排水板及路面鋪築等。
12. 再生塑料緣石：再生塑料製成，具重量輕的特性而易於運輸、安裝及拆解，甚至於使用壽命終點時具有回收利用的價值。



圖 5.1.3-1 玻璃纖維(FRP)橋面板設計與應用

#### 四、施工技術

(一) 整體式橋梁(Integral Bridge)：無伸縮縫及支承，適用於中跨度之橋梁，如圖 5.1.3-2 所示。



圖 5.1.3-2 整體式橋梁案例

(二) 鋁合金橋面板(Aluminium alloy bridge decks)：鋁合金已廣泛應用於橋梁結構，具有重量輕、高比率的強度/重量(Strength/Weight)之特性。另考量橋梁的生命週期成本，鋁合金橋面板具有明顯的優勢，如圖 5.1.3-3。



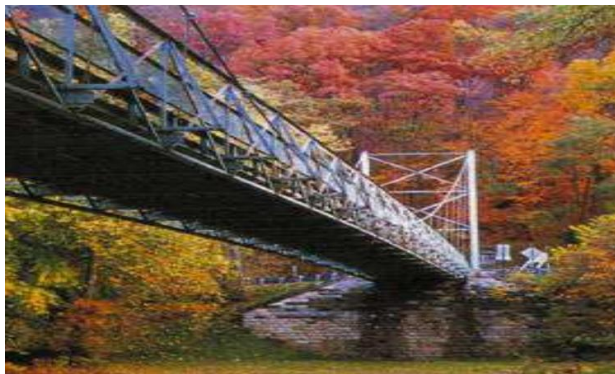


圖 5.1.3-3 鋁合金橋面板應用

(三) 波形鋼腹板複合橋(Corrugated steel-web composite girder bridge)：波形鋼腹板較混凝土之結構少 15% 重量，如圖 5.1.3-4 所示。

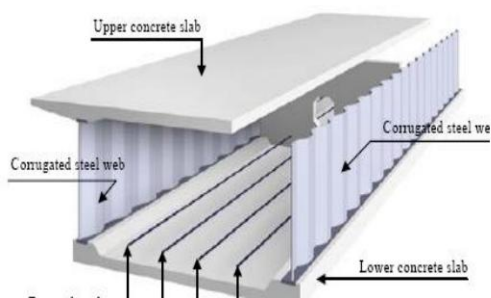


圖 5.1.3-4 波形鋼腹板設計及應用

(四) 預鑄橋墩(Precast Piers)：都市區域新建橋梁易造成公共交通中斷，預鑄工法可縮短施工期間並可維持周遭環境整潔，以降低鄰近區域交通之影響，如圖 5.1.3-5。



圖 5.1.3-5 預鑄橋墩應用

## 5.2 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程計畫整體工程減碳成效說明

### 5.2.1 水泥替代材料之減碳效益

道路工程所產生的二氧化碳排放量，除了來自施工過程中使用的機具設備，還包括所使用的材料於製程及運輸導致之二氧化碳排放。工程材料的主要減量措施包括：採用回收/再利用的材料、縮短運輸距離、減少材料浪費或選擇替代材料等。本工程所使用之混凝土配比中，即使用飛灰、爐石取代部分水泥用量，以下即就替代材料於各標之減碳效益進行評估。

本計畫以本工程所使用配比中之飛灰、爐石量(水泥替代量)，及此兩種材料與水泥排碳量之差異，計算採用水泥替代材料之可能減碳量絕對值。另本計畫採用之混凝土排碳係數為混凝土廠之盤查成果，因此將本工程混凝土的使用數量乘上盤查結果之排碳係數，再加上水泥替代材料之可能減碳量絕對值，最後可計算得水泥替代材料之減碳量比例。

經與查驗機構共同討論與檢視目前國內外可供參考選用之係數資料，本計畫採用之替代材料碳足跡係數包括中聯爐石經查證之水焯爐石粉碳足跡 0.0522 kgCO<sub>2</sub>e/kg，英國的乾、濕燃煤飛灰碳足跡係數 0.0040 kgCO<sub>2</sub>e/kg，水泥碳足跡係數則採本計畫調查數據 0.9635 kgCO<sub>2</sub>e/kg，進行飛灰及爐石粉替代水泥之減碳量估算。

本工程各標之混凝土初期以竝榮預拌廠(安定)為主要供料廠，自民國 103 年 1 月起，加入備用廠竝榮預拌廠(官田)提供混凝土。兩廠提供給各標之各型混凝土使用量，以及其各強度混凝土之飛灰、爐石粉實際用量彙整如表 5.2.1-1 及表 5.2.1-2。

由表 5.2.1-1 及表 5.2.1-2 中兩廠各別之替代材料所取代水泥用量，與「水泥-飛灰」、「水泥-爐石粉」之碳足跡係數差異，可計算出本工程混凝土使用水泥替代材料所得之減碳量，另可計算此減碳量對於各標工程混凝土排碳量所造成之減量效益(以百分比表示)，不同預拌廠之減量效益可反映兩廠採用不同混凝土配比之差異。計算結果如表 5.2.1-3 及表 5.2.1-4 所示。

表 5.2.1-1 預拌廠(安定)各強度混凝土使用量水泥及替代材料彙整

標別	混凝土型式	混凝土使用量 (m <sup>3</sup> )	水泥用量(ton)	飛灰用量(ton)	爐石粉用量 (ton)
WH77-A	420 II	25,905.00	11,216.87	2,797.74	-
	350 II, SCC	5,284.00	2,039.62	512.55	-
	280 II	15,708.50	4,916.76	1,225.26	-
	245 II	2,961.00	873.50	219.11	-
	140 II	4,171.00	892.59	225.23	-
	210 II 水中	41,404.50	13,249.44	3,312.36	-
	210 II	6,684.00	1,831.42	461.20	-
WH77-B	420 II 早強	911.00	363.49	32.80	70.15
	350 II, SCC	950.50	305.11	71.29	66.54
	280 II, SCC	11,090.00	3,205.01	743.03	698.67
	245 II	212.50	49.09	11.48	10.63
	140 II	3,259.00	563.81	130.36	123.84
	210 II 水中	68,667.00	18,540.09	4,326.02	4,051.35
	210 II	240.00	51.36	12.00	11.04
WH77-C	420II 無收縮	282.50	130.64	6.53	-
	420 II 早強	55,463.50	24,182.09	2,163.08	4,548.01
	350 II, SCC	3,717.00	1,338.12	197.00	256.47
	280 II, SCC	19,435.50	6,005.57	894.03	1,166.13
	280 II	519.00	134.42	25.43	33.22
	245 II	7,068.00	1,703.39	318.06	424.08
	140 II	5,018.50	853.15	160.59	210.78
	210 II 水中	55,807.00	15,346.93	2,846.16	3,794.88
	210 II	12,282.00	2,566.94	479.00	638.66

表 5.2.1-2 預拌廠(官田)各強度混凝土使用量及水泥及替代材料彙整

標別	混凝土型式	混凝土使用量 (m <sup>3</sup> )	水泥用量(ton)	飛灰用量(ton)	爐石粉用量 (ton)
WH77-A	420 II	5,235.50	2,266.97	565.43	-
	350 II, SCC	741.00	286.03	71.88	-

標別	混凝土型式	混凝土使用量 (m <sup>3</sup> )	水泥用量(ton)	飛灰用量(ton)	爐石粉用量 (ton)
	280 II	2,056.00	643.53	160.37	-
	245 II	156.00	46.02	11.54	-
	140 II	32.00	6.85	1.73	-
	210 II	114.00	31.24	7.87	-
WH77-B	420 II 無收縮	320.00	148.45	7.00	-
	420 II 早強	72,378.50	28,879.02	2,605.63	5,573.14
	350 II, SCC	10,531.00	3,380.45	789.83	737.17
	280 II, SCC	30,030.00	8,678.67	2,012.01	1,891.89
	245 II	4,958.00	1,145.30	267.73	247.90
	210 II 水中	11,943.50	3,224.75	752.44	704.67
	210 II	6,314.00	1,351.20	315.70	290.44
	175 輕質	129.50	17.66	-	-
	140 II	2,103.00	363.82	84.12	79.91
	CLSM	132.50	37.06	5.56	11.12
WH77-C	420 II 早強	1,750.00	763.00	68.25	143.50
	350 II, SCC	7,376.00	2,655.36	390.93	508.94
	280 II, SCC	7,953.00	2,457.48	365.84	477.18
	245 II	58.50	14.10	2.63	3.51
	210 II 水中	4,537.00	1,247.68	231.39	308.52

比較表 5.2.1-3 及表 5.2.1-4 中各標之混凝土減碳量，本工程預拌廠(安定)及預拌廠(官田)整體減碳效益分別為 21.72% 及 21.88%。由結果可知不論係由安定廠或官田廠供應之混凝土，WH77-B、C 標均有較佳之減碳效益，主要係 WH77-A 標混凝土配比不包含爐石而僅有飛灰替代材料，因此相對而言 WH77-B、C 標每方混凝土所使用的水泥替代材料較多，WH77-B、C 標所採用之配比會有較低的排碳量。

表 5.2.1-3 預拌廠(安定)各標混凝土採用水泥替代材料之減碳分析

標別	混凝土型式	原水泥 排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	飛灰及爐石粉 替代水泥 排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	減碳量 A (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 總排碳量 B (tonCO <sub>2</sub> e)	不含飛灰及爐 石粉之混凝土 總排碳量 C=A+B (tonCO <sub>2</sub> e)	減碳量 (ton CO <sub>2</sub> e) /減量% (A/C)
WH77-A	420 II	13,503.24	10,818.77	2,684.46	12,399.18	15,083.64	<b>8,399.04</b> / <b>17.64%</b>
	350 II, SCC	2,459.05	1,967.25	491.80	2,258.75	2,750.54	
	280 II	5,917.91	4,742.26	1,175.65	5,533.58	6,709.23	
	245 II	1,052.74	842.50	210.24	1,017.25	1,227.50	
	140 II	1,077.04	860.93	216.11	1,046.26	1,262.37	
	210 II 水中	15,957.49	12,779.24	3,178.25	14,869.44	18,047.69	
	210 II	2,208.96	1,766.44	442.52	2,095.39	2,537.91	
WH77-B	420 II 早強	449.41	354.02	95.39	405.67	501.06	<b>9,697.04</b> / <b>26.14%</b>
	350 II, SCC	426.77	297.74	129.04	348.84	477.87	
	280 II, SCC	4,477.16	3,127.51	1,349.65	3,701.67	5,051.32	
	245 II	68.59	47.90	20.69	57.35	78.04	
	140 II	788.16	550.22	237.94	707.55	945.49	
	210 II 水中	25,935.30	18,092.38	7,842.91	22,122.25	29,965.16	
	210 II	71.69	50.11	21.58	60.97	82.55	
WH77-C	420 無收縮	132.16	125.90	6.27	139.71	145.98	<b>16,893.07</b> / <b>22.12%</b>
	420 II 早強	29,765.94	23,545.79	6,220.15	26,801.99	33,022.14	
	350 II, SCC	1,726.22	1,303.47	422.75	1,414.70	1,837.45	
	280 II, SCC	7,771.43	5,850.89	1,920.54	6,842.97	8,763.52	
	280 II	186.02	131.35	54.67	159.00	213.67	
	245 II	2,356.30	1,664.64	691.65	2,034.38	2,726.03	
	140 II	1,179.83	833.66	346.17	1,078.97	1,425.14	
	210 II 水中	21,185.66	14,996.42	6,189.24	17,871.55	24,060.79	
	210 II	3,550.16	2,508.53	1,041.63	3,125.21	4,166.84	
總計							<b>34,989.32/ 21.72%</b>

表 5.2.1-4 預拌廠(官田)各標混凝土採用水泥替代材料之減碳分析

標別	混凝土型式	原水泥 排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	飛灰及爐石粉 替代水泥 排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	減碳量 A (tonCO <sub>2</sub> e)	混凝土 總排碳量 B (tonCO <sub>2</sub> e)	不含飛灰及爐 石粉之混凝土 總排碳量 C=A+B (tonCO <sub>2</sub> e)	減碳量 (ton CO <sub>2</sub> e) /減量% (A/C)
WH77-A	420 II	2,729.06	2,186.52	542.54	2,548.79	3,091.34	<b>785.66</b> / <b>17.52%</b>
	350 II, SCC	344.84	275.88	68.97	320.71	389.67	
	280 II	774.56	620.69	153.87	733.76	887.64	
	245 II	55.46	44.39	11.08	52.86	63.94	
	140 II	8.26	6.61	1.66	8.38	10.04	
	210 II	37.68	30.13	7.55	35.01	42.55	
	420 II	2,729.06	2,186.52	542.54	2,548.79	3,091.34	
WH77-B	420 II 無收縮	149.78	143.06	6.72	157.20	163.92	<b>15,253.57</b> / <b>22.32%</b>
	420 II 早強	35,705.62	28,126.62	7,579.00	32,336.68	39,915.69	
	350 II, SCC	4,728.38	3,298.74	1,429.64	3,866.72	5,296.36	
	280 II, SCC	12,123.46	8,468.81	3,654.65	10,080.03	13,734.68	
	245 II	1,600.33	1,117.52	482.81	1,379.46	1,862.26	
	210 II 水中	4,511.02	3,146.87	1,364.15	3,775.43	5,139.58	
	210 II	1,885.92	1,318.32	567.60	1,649.02	2,216.62	
	175 輕質	17.01	17.01	-	41.07	41.07	
	140 II	508.59	355.05	153.54	463.16	616.70	
	CLSM	51.78	36.31	15.47	20.79	36.25	
WH77-C	420 II 早強	939.18	742.92	196.26	842.99	1,039.25	<b>2,329.95</b> / <b>22.29%</b>
	350 II, SCC	3,425.51	2,586.60	838.91	2,991.42	3,830.33	
	280 II, SCC	3,180.07	2,394.18	785.89	2,813.68	3,599.57	
	245 II	19.50	13.78	5.72	17.00	22.72	
	210 II 水中	1,722.35	1,219.18	503.17	1,459.37	1,962.54	
總計							<b>18,369.19/ 21.88%</b>

由於 103 年起預拌廠已提供完整之盤查資料，本計畫依此計算各標混凝土之碳足跡係數(詳本報告第 3.6.3 節)，預拌廠(安定)及預拌廠(官田)之各標混凝土排碳係數如表 5.2.1-5 及表 5.2.1-6 所示，可發現不同廠間同標同強度

之排碳係數亦存在些微差異，因此透過實際混凝土係數盤查作業，可降低不同混凝廠之間所造成數據不確定性之影響。

**表 5.2.1-5 預拌廠(安定)之混凝土排碳係數**

標別	WH77-A	WH77-B	WH77-C
單位	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
強度	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
140 II	250.8416	217.1058	214.9984
210 II	313.4931	254.0449	254.4548
210 II，水中	359.1261	322.1671	320.2385
245 II	343.5506	269.8742	287.8297
280 II	352.2665	-	306.3587
280 II，SCC	-	333.7842	352.0864
350 II，SCC	427.4690	367.0053	380.6035
420 II	478.6403	-	-
420 II 早強	-	445.2964	483.2365
420 II 無收縮	409.9835	-	494.5598

**表 5.2.1-6 預拌廠(官田)之混凝土排碳係數**

標別	WH77-A	WH77-B	WH77-C
單位	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
強度	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
CLSM	-	156.8752	-
140 II	261.9265	220.2367	-
175 輕質	-	317.1341	-
210 II	307.0628	261.1681	-
210 II，水中	-	316.1075	321.6600
245 II	338.8656	278.2289	290.5955
280 II	356.8879	-	-
280 II，SCC	-	335.6652	353.7890
350 II，SCC	432.8028	367.1753	405.5615
350 II 早強	-	367.6158	-
420 II	486.8293	-	-
420 II 早強	-	446.7720	481.7112
420 II 無收縮	-	491.2433	-

## 5.2.2 機具排碳量及能源類別之排碳量差異分析

公共工程中之施工機具中常見以電力作為機具操作能量來源者，然而公共工程之施工環境變異性大，有時因工址位處偏遠地區，有時因工區幅員廣闊，是否可採用固定式電源之不確定性高，因此工程中常見使用可移動式之發電機替代固定式電源。然可移動式之發電機亦需添加燃油以產生電力，考量發電機之燃油效率、燃油排碳係數、電力排碳係數，相同機具使用固定式電源與移動式發電機所造成之排碳結果應不相同。

本工程中各標工區之不同構件(基樁、下構、上構)鋼筋加工場，即有不同能源之使用情境，以下就各標基樁、下構(基礎及墩柱)及上構之工區鋼筋加工場進行能耗排碳分析。

### 一、基樁鋼筋加工場

本計畫中各標之基樁鋼筋加工場皆配置有吊車及發電機，吊車之能源種類皆為柴油；WH77-A 標發電機之能源種類為柴油；WH77-B 標初期使用柴油發電機輸出電力，而自 102 年 10 月起即開始使用向台電申請之臨時電力作為鋼筋彎紮機、裁切機及電焊機之動力來源；WH77-C 標發電機之能源種類為柴油，用以輸出電力供鋼筋彎紮機、裁切機及電焊機使用。以下先分別列出各標基樁鋼筋加工場之能耗狀況與排碳量估算資料，再依其使用能源種類不同所造成的排碳差異，進行比較分析。

#### (一)WH77-A 標基樁鋼筋加工場

WH77-A 標鋼筋場工班配置有吊車及發電機，吊車之能源種類為柴油；而發電機之能源種類為亦為柴油，用以輸出電力供鋼筋彎紮機、裁切機及電焊機使用。

WH77-A 標之全套管基樁分為兩階段施作，其中 A 工區於本計畫進場前即已完成，屬於回溯期間。在監造單位與承包商之協助下，本計畫取得其鋼筋、混凝土、基樁測管之佐證單據，該段期間之消耗油量亦取得協力廠商相關佐證單據；B 工區基樁施作期間為 102 年 6 月至 12 月，能源耗用已透過該段期間內之工區盤查作業確實取得。

WH77-A 標全套管基樁之鋼筋加工量、柴油消耗量以及單位排碳



量彙整如表 5.2.2-1。

**表 5.2.2-1 WH77-A 標基樁鋼筋場排碳量分析**

施工區域	鋼筋量 (T)	柴油 用量(升)	柴油係數 (kgCO <sub>2</sub> e/L)	排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	單位排碳量 (kg CO <sub>2</sub> e/T 鋼筋)
WH77-A 標-A 工區	3,614.23	24,560.46	3.48	85.47	23.65
WH77-A 標-B 工區	1,954.73	12,253.93	3.48	42.64	21.82
WH77-A 標-全	5,568.96	36,814.39	3.48	128.11	23.01

(二)WH77-B 標基樁鋼筋加工場

WH77-B 標初期亦使用柴油發電機輸出電力，然而自 102 年 10 月起即開始使用向台電申請之臨時電力作為鋼筋彎紮機、裁切機及電焊機之動力來源。然而為提升基樁施工進度，B 標自 103 年 3 月至 5 月另增加一處基樁鋼筋場，由於此鋼筋場使用時間僅三個月，故未向台電申請臨時電力，而是以柴油發電機產生電力，以供鋼筋場內之彎紮機、電焊機及裁切機使用。

表 5.2.2-2 列出原鋼筋場(一)與此新增鋼筋場(二)此段時間內之基樁鋼筋施工量、加油量、電力消耗，並計算各鋼筋場之排碳量與單位鋼筋之排碳量。

**表 5.2.2-2 WH77-B 標基樁鋼筋場排碳量分析**

鋼筋場	能源使用情境	鋼筋量 (T)	加油量 (L)	柴油係數 (kgCO <sub>2</sub> e/ L)	用電 度數	電力係數 (kgCO <sub>2</sub> e/ 度)	排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	單位排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/ T 鋼筋)
一	吊車：柴油 機具：臨時場電	8,123.86	11,570	3.48	33,560	0.65	62.53	7.64
二	吊車：柴油 機具：柴油發電機	770.59	9,154	3.48	-	0.65	31.95	41.33
差異值								33.69

計算結果顯示，WH77-B 標鋼筋場一、二之單位排碳量差異達

33.69 kgCO<sub>2</sub>e/T 鋼筋，似有不合理之處。經與承包商及協力廠商確認，協力廠商說明鋼筋場二使用期間(103 年 3 月~5 月)，其柴油用量不僅供其場內(鋼筋廠二)吊車及發電機使用，亦會不定期供鋼筋場一之吊車使用；故倘若將鋼筋場二之柴油加油量全數計入其排碳量計算，則會高估其排碳量及單位鋼筋排放量之可能。

故本計畫將兩處鋼筋場之排碳量及鋼筋量合併計算，並與 102 年度 10 月前之鋼筋場一(全數使用柴油)進行比較，結果如表 5.2.2-3。

結果顯示，102 年 10 月前 B 標基樁鋼筋場每噸鋼筋加工之單位排碳量為 21.22 kgCO<sub>2</sub>e/T，與 A 標之 23.01 kgCO<sub>2</sub>e/T 接近。而 102 年 10 月鋼筋場使用臨時電力後之情境下，約有每噸鋼筋 11.37 kgCO<sub>2</sub>e 之減碳效益，以此數值計算，共計所產生減碳效益約為 97.29 tonCO<sub>2</sub>e。

**表 5.2.2-3 WH77-B 標基樁鋼筋場不同能源來源之排碳量差異比較**

施工時段	鋼筋量 (T)	柴油用量 (L)	柴油係數 (kgCO <sub>2</sub> e/L)	用電 度數	電力係數 (kgCO <sub>2</sub> e/度)	排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	單位排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/T 鋼筋)
102.10 前	584.35	3,562.39	3.48	-	-	12.40	21.22
102.10~ 103.12	8,557.00	17,962.00	3.48	33,560.00	0.65	84.32	9.85
差異值							11.37

各施工時段機具使用情境：

- 102.10 前： 鋼筋場一(102.10 前)，吊車(柴油)，發電機(柴油)。
- 102.10~103.12： 鋼筋場一(102.10~103.12)，吊車(柴油)，發電機(場電)；  
鋼筋場二(103.03~05)，吊車(柴油)，發電機(柴油)。

### (三)WH77-C 標基樁鋼筋加工場

WH77-C 標基樁工程之鋼筋加工場就近設置於工區尾端，而因周邊並無電源可使用，故全程皆使用柴油發電機，提供彎紮機、裁切機及電焊機所需電力，鋼筋場吊車亦添加柴油，因此 C 標基樁鋼筋加工場的能耗類別僅柴油一種。

由 WH77-C 標每月運入之基樁鋼筋量與油耗量統計資料，經檢核

及校正後，C 標基樁鋼筋場加工作業的總排碳量約為 125.59 tonCO<sub>2</sub>e，每噸鋼筋加工的排碳強度約為 15.92 kgCO<sub>2</sub>e/T，如表 5.2.2-4。

表 5.2.2-4 WH77-C 標基樁鋼筋場油耗推估校正一覽表

施工時段	鋼筋量 (T)	柴油用量 (L)	每噸鋼筋加工油耗率(L/T)	柴油係數 (kgCO <sub>2</sub> e/L)	總排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e)	單位排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/T 鋼筋)
102.10~103.08	7,889	22,025	2.79 (偏低統計值)	3.48	-	-
103.03~08	3,185	14,570	4.57 (推估依據值)	3.48	-	-
推估校正後基樁鋼筋加工油耗概況	7,889	36,088	4.57 (引用推估值)	3.48	<b>125,588</b>	<b>15.92</b>

## 二、上、下構鋼筋加工場

### (一)WH77-A 標上、下構鋼筋加工場

WH77-A 標工區之上、下構鋼筋加工之能源消耗包含用電量與燃油用量；電力來源係向台電申請臨時工區用電，並設置電表，該電表自 101 年 11 月開始使用。另外假設上、下構鋼筋協力廠商所使用之共用油箱用油全數於筋加工使用。

WH77-A 標上、下構鋼筋彎紮數量以完工之逐跨工法箱型梁、橋墩、基礎鋼筋量計算，排碳量及耗電量統計結果如表 5.2.2-5，總排碳量約為 23.12tonCO<sub>2</sub>e，每噸鋼筋加工的排碳強度約為 2.02 kgCO<sub>2</sub>e/T。

表 5.2.2-5 WH77-A 標上、下構鋼筋場排碳量分析

工項	鋼筋量 (T)	柴油用量 (L)	用電量	柴油係數 (kgCO <sub>2</sub> e/L)	電力係數 (kgCO <sub>2</sub> e/度)	總排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e)	單位排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/T 鋼筋)
上下構鋼筋裁切/彎紮	11,458	5,078	8384	3.48	0.65	23,121.04	2.02

## (二)WH77-B 標上構鋼筋加工場

WH77-B 標工區之上構鋼筋加工場係向台電申請臨時電表，該電表自 103 年 9 月開始使用。鋼筋場吊卡車之使用亦難以區分鋼筋加工場與工區施工之耗能(使用/加油)量，因此僅就電力能源進行排碳量分析。

WH77-B 標上構鋼筋彎紮數量以完工之逐跨工法箱型梁、懸臂工法箱型梁、懸吊工法拱橋段計算，排碳量及耗電量統計結果如表 5.2.2-6，用電的總排碳量約為 6.14tonCO<sub>2</sub>e，每噸鋼筋加工的排碳強度約為 0.38 kgCO<sub>2</sub>e/T。

**表 5.2.2-6 WH77-B 標上構鋼筋場排碳量分析**

施工期間	鋼筋量 (T)	用電量 (度)	電力係數 (kgCO <sub>2</sub> e/度)	排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	單位排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/T 鋼筋)
101.09~106.06	16,234	9,444	0.65	6.14	0.38

## (三)WH77-C 標上、下構鋼筋加工場

WH77-C 標工區之下構鋼筋加工場係自 103 年 1 月進場向鄰近民宅租用電表，提供彎紮機、裁切機及電焊機所需電力。

WH77-C 標工區之上構鋼筋加工場自 103 年 9 月開始使用，而自 103 年 11 月起使用向台電申請之電力作為彎紮機、裁切機及電焊機之動力來源。其初期 103 年 9~11 月係使用無鉛汽油發電機供電，而至 11 月起能耗方式改為全數用電。

鋼筋加工場內亦有吊車及吊卡車等燃油機具使用，然此類機具不僅於鋼筋加工場內使用，亦於工區內進行施工作業，難以區分鋼筋加工場與工區施工之耗能量，因此鋼筋加工場僅就電力能源進行排碳量分析。

WH77-C 標上、下構鋼筋彎紮數量及耗電量統計結果如表 5.2.2-7，下構用電總排碳量約為 12.74 tonCO<sub>2</sub>e，每噸鋼筋加工的排碳強度約為 1.95 kgCO<sub>2</sub>e/T；上構鋼筋場加工場用電/燃油的總排碳量約為 10.47

tonCO<sub>2</sub>e，每噸鋼筋加工的排碳強度約為 0.78 kgCO<sub>2</sub>e/T。

表 5.2.2-7 WH77-C 標上、下構鋼筋場排碳量分析

標別	施工期間	鋼筋量 0=(T)	耗能量 (公升/度)	排碳係數 (kgCO <sub>2</sub> e/L) (kgCO <sub>2</sub> e/度)	排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	單位排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/T 鋼筋)
下構	103.01~104.08	6,521	19,593 度	0.65	12.74	1.95
上構	103.09~103.11	13,368	112.4 公升	3.10	10.47	0.78
	103.11~105.12		15,581 度	0.65		

#### (四)分析結果討論

比較各標上、下構鋼筋加工之單位排碳量，可發現各標差異頗為顯著，茲就可能原因進行探討。

由於 WH77-A 標鋼筋加工場之用電無法區分上、下構，故一併討論。其鋼筋加工排碳強度 2.02 kgCO<sub>2</sub>e/T，高於其他兩標之結果，可能原因用油量之計算採「保守性原則」，將上、下構鋼筋協力商之所有共用油箱油量均分配置鋼筋加工，但實際施工期間，共用油箱可能亦作為其他機具添油使用，故有高估之可能性。

WH77-B 標之鋼筋加工排碳強度僅為 0.38 kgCO<sub>2</sub>e/T，初步判斷可能係由於部分鋼筋之裁切、彎折加工已於鋼筋供應商廠內完成，故現場所需之加工作業減少，因而造成單位鋼筋用電之排碳量偏低。

WH77-C 標之下構鋼筋加工排碳量為 1.95 kgCO<sub>2</sub>e/T，排碳強度明顯高於 B 標，探究其原因可能為該加工場係向附近民宅租用電表，工區施工期間該電表包含工區福利社用電，但其實際用於施工之發電量無法明確分離，經與查驗機構討論，該電表之全部用電量應依循碳足跡規範中之「保守性原則」，全部納入計算，因而造成單位鋼筋用電之排碳量偏高。

### 5.2.3 運輸距離之排碳量差異分析

施工過程中運輸大體積、大重量的材料，例如混凝土及瀝青混凝土是一個潛在的環境影響熱點，這些材料的運輸通常是使用卡車，將造成運輸車輛燃料使用的溫室氣體排放。根據歐盟公路綠色採購文獻指出，若卡車運輸距離從 25 公里增加到 50 公里或 200 公里，預拌混凝土運送至工地過程中的溫室氣體排放將會增加 1.3% 到 2.5-10%、瀝青混凝土將會增加 6% 到 13-29%。

本工程混凝土供應商即為當地供應商(位於台南安定及台南官田)，運輸距離約略近 25 公里。而瀝青混凝土供應商部分，WH77-C 標為當地瀝青廠(坤慶位於台南安定，運輸距離近 25 公里)，WH77-A 及 WH77-B 標供應商則皆為鴻林瀝青廠，該廠區位於屏東里港，運輸距離明顯高於 WH77-C 標供應商，運距約為 80 公里。因此若 WH77-A 及 WH77-B 標瀝青混凝土採用當地供應商，將可大幅降低瀝青混凝土運輸排碳量。

本計畫為了解瀝青混凝土運輸距離縮短對排碳量造成之影響，假設 WH77-A 及 WH77-B 標瀝青混凝土運輸距離由 80 公里降為 25 公里，結果如表 5.2.3-1 所示。由結果得知若瀝青混凝土運輸距離降為 25 公里，總計可再降低約 339.21 tonCO<sub>2</sub>e，約可減少原本運輸距離之排碳量 69%。

因此，大宗工程材料尤其混凝土與瀝青混凝土，此類大體積及大重量之材料應盡可能選擇當地供應廠商，縮短材料運輸距離，避免材料經由長途運輸產生大量的排碳量。

表 5.2.3-1 瀝青混凝土運輸距離之排碳量差異

標別	WH77-A	WH77-B
瀝青數量(ton)	31,514.71	29,222.10
原運輸距離(km)	80	80
假設運輸距離(km)	25	25
運輸排碳係數(kgCO <sub>2</sub> e/tkm)	0.1015	
原運輸距離排碳量(tonCO <sub>2</sub> e)	256.01	237.39
假設運輸距離排碳量(tonCO <sub>2</sub> e)	80.00	74.18
排碳差異量(tonCO <sub>2</sub> e)	176.01	163.20
	339.21	

#### 5.2.4 加勁擋土牆之減碳效益

WH77-A 標之匝道應用加勁材料施築擋土牆，本計畫為確認其減碳效益，摘述西濱北工處之地工合成材料計畫成果如後。該計畫參考 WH77-A 標加勁擋土牆原設計參數，設計對應之傳統 RC 懸臂式擋土牆，並以此兩種型式擋土牆之工程材料、施工機具、假設運輸條件等參數估算排碳量，以進行不同型式擋土牆排碳量分析比較。

WH77-A 標加勁式擋土牆之各工程項目、排放係數及排碳量彙整如表 5.2.4-1。由表 5.2.4-1 顯示，WH77-A 標之加勁式擋土牆工程總排碳量為 827.25 kgCO<sub>2</sub>e/m，主要排碳工項為地工格網鋪設、透水材料碎石回填及加勁牆面處理，排碳量占比分別為 48.0%、18.7%、17.7%。

表 5.2.4-1 WH77-A 標加勁式擋土牆排碳量彙整表

項次	WH-77 加勁式擋土牆工程項目	單位	數量	排放係數 kgCO <sub>2</sub> e/單位	排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e)	排碳 比例
1	基地及路幅開挖，砂土礫石，未含運費，(機械挖，0.7~0.79m <sup>3</sup> 開挖機)	B.M <sup>3</sup>	2.63	1.2267	3.23	0.4%
2	地工格網鋪設 Tal=50.0kN/m	m <sup>2</sup>	98.00	4.0509	396.99	48.0%
3	加勁牆面處理	m <sup>2</sup>	6.63	22.0697	146.32	17.7%
4	選擇材料回填，透水材料，碎石，用	C.M <sup>3</sup>	2.25	68.7764	154.75	18.7%

項次	WH-77 加勁式擋土牆工程項目	單位	數量	排放係數 kgCO <sub>2</sub> e/單位	排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e)	排碳 比例
	於構造物背填					
5	構造物回填，回填及夯實，機具夯實	C.M <sup>3</sup>	29.63	0.7169	21.24	2.6%
6	餘方近運利用，0≤運距<5km，(總重 21t 傾卸貨車)	C.M <sup>3</sup>	29.63	2.8903	85.64	10.3%
7	第二類地工織物鋪設	m <sup>2</sup>	9.00	1.8127	16.31	2.0%
8	6"HDPE 透水管	m	1.67	1.6611	2.77	0.3%
合計					827.25	

資料來源：碳足跡應用於快速公路地工合成材料之研究委託服務工作期末報告(定稿本)，107年5月，交通部公路總局西部濱海公路北區臨時工程處。

替代設計之懸臂式擋土牆各工程項目、排放係數及排碳量彙整如表 5.2.4-2，工程總排碳量為 6,935.26 kgCO<sub>2</sub>e/m。其中又以 210 kgf/cm<sup>2</sup> 預拌混凝土排碳占比最高，約為 76.0%，其次為鋼筋排碳量，約為 17.5%。

表 5.2.4-1 WH77-A 標懸臂式擋土牆情境之排碳量彙整表

項次	WH-77 懸臂式擋土牆工程項目	單位	數量	排放係數 kgCO <sub>2</sub> e/單位	排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e)	排碳 比例
1	基地及路幅開挖，砂土礫石，未含運費，(機械挖，0.7~0.79m <sup>3</sup> 開挖機)	B.M <sup>3</sup>	22.84	1.23	28.02	0.4%
2	構造物回填，回填及夯實，機具夯實	C.M <sup>3</sup>	46.28	0.72	33.18	0.5%
3	結構用混凝土，預拌，210kgf/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	19.12	275.69	5,271.27	76.0%
4	結構用混凝土，預拌，140kgf/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.82	240.59	197.28	2.8%
5	鋼筋，SD280	kg	1,316.33	0.92	1,211.22	17.5%
7	選擇材料回填，透水材料，碎石，用於構造物背填	C.M <sup>3</sup>	0.56	68.78	38.51	0.6%
8	餘方近運利用，0≤運距<5km，(總重 21t 傾卸貨車)	C.M <sup>3</sup>	46.28	2.89	133.76	1.9%
9	洩水管，PVC 管(無孔)，管徑=10cm	m	3.023	7.29	22.02	0.3%
合計					6,935.26	100%

資料來源：碳足跡應用於快速公路地工合成材料之研究委託服務工作期末報告(定稿本)，107年5月，交通部公路總局西部濱海公路北區臨時工程處。



根據 WH77-A 標加勁式與懸臂式擋土牆排碳量比較結果，採用加勁式擋土牆之減碳效益可達 88%，具有相當顯著之減碳效益。惟此評估結果係假設兩種擋土牆之服務年限均相同，若考慮兩種擋土牆之維修活動，兩者排碳差異情形將有不同。

### 5.2.5 交通量之減碳效益

本工程之新建將影響鄰近道路之交通量變化，進而影響車輛之排碳量。以下針對本工程新建對鄰近道路之交通量變化，以及整體減碳效益作說明。

#### 一、評估範疇

本計畫參考「西濱快速公路曾文溪橋段新建工程可行性評估期末報告」，以報告中之計畫道路(以下稱為本工程)及其鄰近平行道路台 17 線、台 19 線為範疇，說明本工程通車前後之交通量及評估減碳效益，評估路段如圖 5.2.5-1 所示。



圖 5.2.5-1 本工程營運期間交通量影響評估路段示意圖

#### 二、本工程通車前後評估路段之交通量變化

本工程通車後將轉移鄰近平行道路台 17 線及台 19 線之部分交通量，降低其交通負荷並節省行車時間。為推估計畫道路之減碳效益，以下針

對評估路段之交通量變化做說明。

(一)本計畫蒐集之原始交通量資料

根據「西濱快速公路曾文溪橋段新建工程可行性評估期末報告」，本工程通車前後評估路段之交通量資料如表 5.2.5-1 及表 5.2.5-2 所示。

在樂觀情境下，本工程通車前台 17 線南下之尖峰小時交通量為 2,310 PCU/時，北上為 2,385 PCU/時，道路服務水準皆為 E 級；台 19 線南下交通量為 2,063 PCU/時，北上為 2,128 PCU/時，道路服務水準分別為 D 和 E 級，如表 5.2.5-1。整體而言，本工程通車前台 17 線及台 19 線之尖峰小時交通量相當高，道路服務水準偏低，常有延滯及不穩定車流情形。

表 5.2.5-1 本工程通車前之交通量

道路名稱	情境	方向	尖峰小時交通量 (PCU/時)	V/C	服務水準
台 17 線	保守	南下	1,645	0.69	C
		北上	1,737	0.72	D
	樂觀	南下	2,310	0.96	E
		北上	2,385	0.99	E
台 19 線	保守	南下	1,814	0.76	D
		北上	1,903	0.79	D
	樂觀	南下	2,063	0.86	D
		北上	2,128	0.89	E

資料來源：西濱快速公路曾文溪橋段新建工程可行性評估工作報告，98 年 1 月，交通部公路總局。

另在樂觀情境下，本工程通車後台 17 線平日南下及北上之交通量分別為 6,088 及 6,465 PCU/日，假日為 6,943 及 6,078 PCU/日；台 19 線南下及北上之交通量分別為 8,865 及 9,476 PCU/日，假日為 5,182 及 6,832 PCU/日。本工程道路之主要交通量來自於台 17 線及台 19 線之交通量轉移，而本工程道路平日南下及北上之交通量分別為 17,117

及 20,023 PCU/日，假日為 13,986 及 13,980 PCU/日，如表 5.2.5-2。

**表 5.2.5-2 本工程通車後之交通量**

情境	方向	本工程(台 61 線)		台 17 線		台 19 線	
		平日	假日	平日	假日	平日	假日
		PCU/日					
保守	南下	14,196	9,235	4,438	4,678	8,652	4,764
	北上	15,661	8,941	4,815	3,812	9,263	6,414
中估	南下	14,555	10,333	4,618	5,227	8,712	4,947
	北上	16,020	10,039	4,995	4,361	9,323	6,597
樂觀	南下	17,117	13,986	6,088	6,943	8,865	5,182
	北上	20,023	13,980	6,465	6,078	9,476	6,832

資料來源：西濱快速公路曾文溪橋段新建工程可行性評估工作報告，98 年 1 月，交通部公路總局。

## (二)年度交通量變化

由於前述引用之交通量原始資料單位不一，在本工程通車前後分別以尖峰小時(PCU/時)及日平均(PCU/日)呈現，為求得評估路段之年度交通量，本計畫將交通量單位統一由 PCU/時換算為 PCU/日，再進而求得年度交通量。

### 1.本工程通車前之年度交通量

本計畫參考「2011 年臺灣公路容量手冊」第 12 章「雙車道郊區公路」，考量本工程位處郊區，將「設計小時流量係數」設為 0.12；另因通車前之交通評估為尖峰小時流量，故在換算為年度交通量時，依據經驗以一年 310 天為基準，計算出台 17 線及台 19 線之年度總交通量(樂觀情境)，相關參數及計算結果如公式 5.2.5-1 及表 5.2.5-3 所示。

#### 公式 5.2.5-1

$$\begin{aligned} \text{雙車道郊區公路每日交通量} &= \text{雙向設計小時總流量} \div \text{設計小時流量係數} \\ \text{每日交通量} &= \text{尖峰小時總流量} \div 0.12 \end{aligned}$$

表 5.2.5-3 本工程通車前之年度交通量估算

道路	方向	尖峰小時交通量 (PCU/時)	合計	設計小時流量係數	樂觀情境交通量 (PCU/日)	年度計算天數 (日)	年度交通量 (PCU/年)
台 17 線	南下	2,310	4,695	0.12 (雙車道郊區公路)	39,125	310	12,128,750
	北上	2,385					
台 19 線	南下	2,063	4,191		34,925		10,826,750
	北上	2,128					
合計							22,955,500

備註：交通量為樂觀情境

## 2. 本工程通車後之年度交通量

根據表 5.2.5-2 之評估路段平日及假日交通量，以一年假日 115 天及平日 250 天為基準，分別計算出三條道路在本工程(台 61)通車後之年度交通量，計算結果如表 5.2.5-4 所示。

表 5.2.5-4 本工程通車後之年度交通量

道路	平/假日	方向	交通量 (PCU/日)	合計	天數	年度交通量 (PCU/年)
台 17 線	平日	南下	6,088	12,533	250	4,635,665
		北上	6,465			
	假日	南下	6,943	13,021	115	
		北上	6,078			
台 19 線	平日	南下	8,865	18,341	250	5,966,860
		北上	9,476			
	假日	南下	5,182	12,014	115	
		北上	6,832			
本工程 (台 61 線)	平日	南下	17,117	37,140	250	12,501,090
		北上	20,023			
	假日	南下	13,986	27,966	115	
		北上	13,980			
合計						23,103,615

備註：交通量為樂觀情境

### 三、減碳效益評估

本計畫根據評估路段之交通量、道路長度、道路最小設計速率對應之油耗值及汽油排碳係數等參數，計算出本工程通車前後之年度排碳量，如公式 5.2.5-2 所示。

#### 公式 5.2.5-2

$$\text{交通運輸排碳量} = [(\text{年度交通量} \times \text{道路長度} \times \text{最小設計速率之小型車輛油耗值}) \times \text{燃料排放係數}]$$

本工程通車前之排碳量來自於台 17 線與台 19 線，本計畫假設台 17 線與台 19 線之評估路段與本工程道路長度相同(8.45 km)，根據交通部「交通技術標準規範公路類工程-公路路線設計規範」資料，台 17 線與台 19 線之最低設計速率皆為 50 km/hr，車輛速率與油耗之關聯係參考交通部運輸研究報告(如表 5.2.4-5)，選擇自用小客車對應之油耗值為 0.101 L/km，原台 61 線之設計速率為 80 km/hr，而本工程設計速率為 90 km/hr，所對應之油耗值分別為 0.093 與 0.098 L/km；汽油排碳係數則依據環保署溫室氣體排放係數管理表 6.0.3 版設為 2.361 kgCO<sub>2</sub>e/L，依據通車前後之年度交通量與上述參數，可估算出通車前後之年度排碳量如表 5.2.5-6。

表 5.2.5-5 不同平均車速下各車種延車公里油耗率

耗油率 (L/km) 車速 (km/hr)	自用小 客車	自用小 客車 (柴)	營業小 客車	汽油小 貨車	柴油小 貨車	大貨車	大客車	公車/客 運車	二行程 機車	四行程 機車
50	0.101	0.101	0.100	0.099	0.141	0.380	0.318	0.341	0.040	0.040
60	0.095	0.095	0.094	0.095	0.138	0.370	0.311	0.332	0.048	0.048
70	0.092	0.092	0.091	0.097	0.142	0.369	0.309	0.331	0.060	0.060
80	0.093	0.093	0.092	0.105	0.154	0.375	0.313	0.336	0.073	0.073
90	0.098	0.098	0.097	0.119	0.174	0.388	0.324	0.347	0.077	0.077

資料來源：原始資料為「運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查機制之建立(2/3)-探討運輸部門政策對溫室氣體排放量之影響研究報告，2009 年，交通部運輸研究所」，本表數值為本計畫計算。

根據交通部公布之「交通技術標準規範公路類工程-公路路線設計規範」，原台 61 線之最低設計速率為 80 km/hr，而本工程之設計速率為 90 km/hr，以下分別呈現兩種速率之減碳效益如表 5.2.2-6。

由表 5.2.2-6 可得知，通車後台 17 線及台 19 線之交通量大幅轉移至本工程，使得整體交通速率明顯提升，而本工程車速提升將使車輛油耗值降低，故由估算結果顯示，通車後年度排碳量分別較通車前 1,585 tCO<sub>2</sub>e(設計速率 80 km/hr)與 346 tCO<sub>2</sub>e(設計速率 90 km/hr)。

**表 5.2.5-6 本工程通車前後之排碳量比較**

	道路	年度交通量 (PCU/yr)	道路 長度 (km)	最小設計 速率 (km/hr)*	小型車 油耗值 (L/km)**	汽油排碳係數 (kgCO <sub>2</sub> e/L)***	年度排碳量 (tCO <sub>2</sub> e/yr)
通 車 前	台 17 線	12,128,750	8.45	50	0.101	2.361	24,442
	台 19 線	10,826,750					21,818
通車前合計年度排碳量							46,260
通 車 後	台 17 線	4,635,665	8.45	50	0.101	2.361	9,342
	台 19 線	5,966,860					12,024
	本工程	12,501,090		80	0.093		23,309
				90	0.098		24,547
通車後合計年度排碳量(80 km/hr)、(90 km/hr)							44,675、45,914
年度減碳量(80 km/hr)、(90 km/hr)							1,585、346

資料來源：

\*交通技術標準規範公路類工程-公路路線設計規範，2015 年，交通部。

\*\*運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查機制之建立(2/3)-探討運輸部門政策對溫室氣體排放量之影響研究報告，2009 年，交通部運輸研究所，本計畫計算。

\*\*\*溫室氣體排放係數管理表 6.0.3 版，2017 年，行政院環保署。

## 第六章 結論及建議

### 6.1 結論

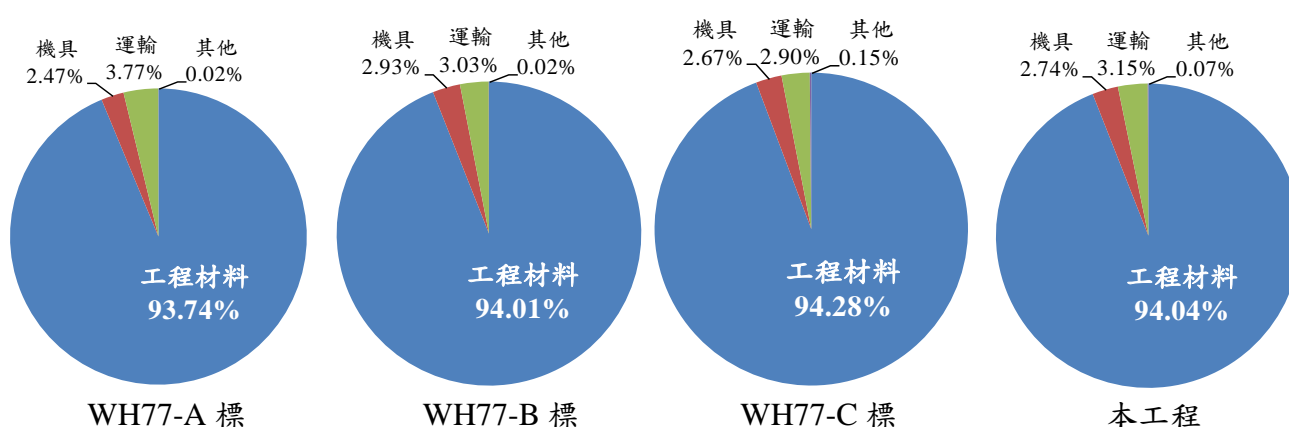
關於本計畫之執行成果彙整於 1.5.2 節，詳細內容則撰述於各章節，以下提出結論作為後續其他計畫參考。

#### 6.1.1 碳足跡產出成果

##### 一、施工階段碳足跡盤查成果

本工程施工期間之工區盤查結果如圖 6.1.1-1 及表 6.1.1-1 所示，橋梁工程碳排放量主要來源為工程材料使用，各標及本工程材料排放量占比高達 94%，其次為機具及運輸各約 3%，其他占比不及 0.1%。

工程材料主要排碳來源為混凝土，約占 60%(A、B、C 標之排放占比分別為 61%、59%、62%)，其次為鋼筋，約占 23%(A、B、C 標之排放占比分別為 21%、24%、22%)；兩者即占橋梁工程 80% 以上排碳量；其他材料部份，以預力鋼腱及瀝青混凝土占比較高，約占 2.6% ~ 4.6% 及 1.5% ~ 4.2%。運輸部分則以混凝土運輸占比較高，混凝土運輸約占整體運輸 70% 以上，顯示預拌混凝土廠之選擇(與工區距離之關係)對於施工排碳量確實具有影響。



備註：其他包括用水、人員出勤及廢棄物處理等。

圖 6.1.1-1 本工程工區碳足跡排放特性分析

表 6.1.1-1 本工程工區碳足跡排放特性分析

類別		WH77-A 標	WH77-B 標	WH77-C 標	本工程
機具(燃料及電力)	一級	<u>2.31%</u>	<u>2.56%</u>	<u>2.37%</u>	<u>2.44%</u>
	二級	0.16%	0.37%	0.31%	0.30%
工程材料	混凝土(一級)	<u>32.63%</u>	<u>45.54%</u>	<u>48.57%</u>	<u>43.77%</u>
	混凝土(二級)	28.74%	11.28%	13.24%	15.74%
	鋼筋(一級)	<u>15.94%</u>	<u>14.79%</u>	<u>2.97%</u>	<u>11.03%</u>
	鋼筋(二級)	4.67%	9.68%	19.47%	11.92%
	瀝青混凝土(一級)	<u>1.83%</u>	<u>0.62%</u>	<u>0.73%</u>	<u>0.92%</u>
	瀝青混凝土(二級)	2.39%	0.86%	0.99%	1.24%
	預力鋼腱(一級)	-	<u>0.21%</u>	-	<u>0.09%</u>
	預力鋼腱(二級)	2.57%	4.37%	2.96%	3.50%
	其他(二級)	4.98%	6.66%	5.35%	5.85%
運輸	一級	<u>2.73%</u> (鋼筋、混凝土)	<u>2.39%</u> (鋼筋、混凝土)	<u>2.26%</u> (混凝土)	<u>2.42%</u>
	二級	1.04%	0.64%	0.64%	0.73%
其他(二級)		0.02%	0.02%	0.15%	0.07%
<b>合計(一級)</b>		<b><u>55.44%</u></b>	<b><u>66.11%</u></b>	<b><u>56.89%</u></b>	<b><u>60.67%</u></b>

鋼筋、混凝土及水泥等大宗工程材料皆已有供應商實際盤查結果(請見本報告 3.6.3 節)，大幅提升本工程排碳量一級數據占比，使各標之一級數據(機具燃料及電力使用之排碳量)由約占 2.31% ~ 2.56%，提升至 55.44% ~ 66.11%(包含機具、工程材料及運輸之排碳量)。其中鋼筋排碳量一級數據約占 2.97% ~ 15.94%，混凝土一級數據排碳量約占 32.63% ~ 48.57%，運輸一級數據排碳量約占 2.26% ~ 2.73%。

本計畫經由供應商盤查，各標一級數據占比符合橋梁工程之 CFP-PCR 對於一級數據 10% 之要求，也大幅提升盤查結果之準確性。

## 二、一級數據比例提升執行方案

本計畫一級數據比例之提升係由機具燃料使用之擴大盤查及工程材料供應商之盤查兩方面進行，概略說明如後。



### (一) 機具使用之擴大盤查

機具燃料使用之排放量占比雖然較工程材料低，但此為工程進行過程中之直接溫室氣體排放源，亦為工程在施作過程中可控制部分。常駐機具之盤查結果，除為一級數據外，亦可為建立工程施作時機具油耗率參數之重要成果；非常駐機具，則以擴大盤查方式蒐集一級數據，亦可得到前述之成果。

本工程各標施作之機具大部份已取得油單等資料，WH77-A 及 B 標之移動式起重機及吊卡車供應商亦配合擴大盤查工作之執行，達到取得一級數據之目標；然在橋梁工程亦為重要機具之混凝土泵送車部分，WH77-A、B 及 C 標皆為短期租用之情形，無法取得有效用油(油單)資料，故協商供應商進行短時間之油耗率調查，如此可提高本工程碳足跡計算之資料品質，但仍非屬一級數據；機具擴大盤查及短期油耗調查之結果詳 4.1.2 節。

### (二) 工程材料供應商之盤查

工程之主要排碳源為鋼筋及混凝土，而混凝土中則以水泥為主要排碳源，此外工程完成後需進行路面之瀝青混凝土鋪築，亦為道路工程之主要排碳源。為提升本工程一級數據比例，本計畫由鋼筋、水泥、混凝土及瀝青混凝土廠之盤查著手。透過相關供應商配合盤查工作之執行，建立本土化係數，除可做為該標工程之一級數據外，亦可作為其他標工程較佳二級數據之參考。相關盤查結果詳 3.6.3 節。本工程各標工程材料供應商盤查之執行情形彙整如表 6.1.1-2。

預拌混凝土廠部分，竑榮預拌廠(安定)配合盤查工作之執行，提供符合碳足跡盤查需求之資料，提供時間自民國 103 年 1 月起；備用廠竑榮預拌廠(官定)亦自 103 年 5 月起提供能資源資料。其中一級數據來源為混凝土廠能資源(燃料及電力)使用，其排放量僅約占各標工程總排放量 1%；但本計畫更進一步執行上游水泥供應商之盤查，並由查驗機構於 105 年初進場完成查證作業，確認盤查結果，故再加上水泥廠碳足跡盤查係數為一級數據之條件，計算得預拌混凝土碳足跡之一級數據占比達到 70% 以上。

表 6.1.1-2 本工程各標主要工程材料供應商及盤查資料蒐集期間

供應商	WH77-A	WH77-B 標	WH77-C 標	盤查期間
鋼筋	海光 (101~103 年)	海光 (102~106 年) 漢泰 (104~105)	漢泰 (102~105 年) 東和 (103 年)	海光：102~104 年 (103 年取得查證聲明書) 漢泰：102~103 年 東和：引用 102 年查證聲明書
水泥	台泥 (102~104 年)	台泥 (102~106 年)	台泥 (102~106 年)	103 年
混凝土	竝榮安定/官田 廠(102~104 年)	竝榮安定/官田廠 (102~106 年)	竝榮安定/官田廠 (102~106 年)	102~106 年
瀝青 混凝土	鴻林 (103~104 年)	鴻林 (105~106 年，為 鋪築時間之年度)	坤慶 (105 年 10 月~106 年 2 月，為鋪築 時間之年度)	鴻林：104 年 坤慶：105 年 10 月~106 年 2 月
預力鋼腱	-	佳大(103~106 年)	-	104 年

備註：( )為各標完整盤查資料蒐集期間，供應時間較長之供應商，資料蒐集期間達其供應時間一半以上即可；供應時間較短之供應商，資料蒐集期間至少以一個年度為原則，或與供應商協商後確定。

鋼筋供應商部分，海光鋼鐵廠盤查成果已於 104 年 12 月配合本計畫之執行由查驗機構完成查證作業，並於本計畫協助下，於 105 年 7 月取得其產品(鋼胚/鋼筋)碳足跡查證聲明書(ISO/TS 14067)，並於 106 年將此產品碳足跡成果於環保署係數平台公開。本計畫亦於 104 年 9 月至漢泰鋼鐵廠之廠區協商後續資料提供方向，然後該廠表示已與其他公路總局委辦計畫進行碳足跡盤查作業，將不重複提供本計畫資料，本計畫與該計畫取得聯繫，並取得 103 年產品碳足跡計算結果。

鴻林瀝青混凝土廠配合本計畫提供 104 年度盤查資料，坤慶瀝青混凝土廠經協商後同意提供 WH77-C 標鋪築期間(105 年 10 月至 106 年 2 月)之盤查資料。由 3.6.3 節碳足跡盤查成果之能資源使用碳排放量，可得一級數據比例約 29% ~ 50%，可作為本工程之一級數據。

預力鋼腱因僅有 WH77-B 標為國內生產，其餘 WH77-A 及 C 標為國外進口，因此僅進行 WH77-B 標供應商之盤查作業，本計畫取得該預力鋼腱廠 104 年度資料，計算得其能資源之一級數據占比約 5%，相關盤查結果詳 3.6.3 節。

### 三、減碳效益分析

#### (一)水泥替代材料減碳效益分析

採用飛灰及爐石粉等材料替代混凝土中之水泥可有效減少碳排放量，由各標混凝土配比中水泥、飛灰及爐石粉之添加量，與各標施工期間各型混凝土使用量，可得各標因使用水泥替代材料所造成之減碳量，以及對應之減碳效益，如表 6.1.1-3 所示。根據本計畫分析結果，水泥替代材料之減碳效益視添加比例有所不同，其中 WH77-A 標因僅有飛灰之水泥替代材料，故減碳比例較低，約 17.63%，其餘 2 標皆有爐石粉及飛灰之水泥替代材料，減碳比例較高為 23.51% 及 22.14%。

表 6.1.1-3 混凝土中水泥替代材料之減碳效益分析

標別	安定廠減碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	官田廠減碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	總減碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)	減量比例 (%)
WH77-A 標	8,399.04	785.66	9,184.71	<b><u>17.63%</u></b>
WH77-B 標	9,697.20	15,253.57	24,950.78	<b><u>23.51%</u></b>
WH77-C 標	16,893.07	2,329.95	19,223.02	<b><u>22.14%</u></b>
本工程	34,989.32	18,369.19	53,358.51	<b><u>21.78%</u></b>

#### (二)工區場電減碳效益分析

本計畫比較各標全套管基樁鋼筋場使用柴油發電機或場電造成之排碳量。雖然發電機可能受到機種/型號、機齡、操作模式等因素影響引擎轉換效率，因而造成排放量變化，然根據本計畫分析結果，使用台電之電力較使用柴油發電機產生較少之碳排放。因此工期長、用電量大之工程，應考量於工區申請臨時用電，除可有效減少施工機具之碳排放量，亦有節省成本之效益。

### (三)運輸距離縮短之減碳效益分析

根據歐盟公路綠色採購文獻指出，若大體積及大重量工程材料(如預拌混凝土及瀝青混凝土)運輸距離大於 25 公里，其運輸過程中的溫室氣體排放對環境造成的影響將會是顯著的。本工程所使用的預拌混凝土即為當地廠商，然 WH77-A 及 WH77-B 標瀝青混凝土供應商非選用當地廠商，運輸距離遠大於 25 公里。本計畫即採用運輸距離 25 公里，估算 WH77-A 及 WH77-B 標瀝青混凝土運輸可能降低之排碳量；結果顯示降低運輸距離可減少原本運輸距離之排碳量 69%，確認縮短此類工程材料運輸距離，將有效減少長途運輸產生的碳排放量。(四)加勁擋土牆減碳效益分析

WH77-A 標採加勁擋土牆設計，屬於低碳工法。本計畫蒐集西濱北工處關於地工合成材料應用之研究成果，顯示 WH77-A 標之加勁擋土牆與傳統 RC 懸臂式擋土牆比較，加勁擋土牆確有減碳效益，約可減少 88%排碳量。

### (五)營運階段交通量減碳效益分析

本工程之新建將影響鄰近平行道路台 17 線、台 19 線之交通量變化，進而影響車輛之排碳量。本計畫由規劃階段之本工程通車前後交通量變化資料，計算本工程通車前後車輛之排碳量變化，結果顯示，因本工程之設計車速較高且台 17 線及台 19 線之車流量轉移至本工程，因此本工程營運階段每年將可減少 1,697 tonCO<sub>2</sub>e 之車輛排碳量。

## 6.1.2 參數產出

經由本計畫之執行，產出機具及運具油耗率、工程材料及工項排放參數等資料，相關成果彙整說明如後。

### 一、機具及運具油耗率參數

本計畫已產出之機具及運具油耗率參數彙整如表 6.1.2-1。包括吊車、吊卡車、混凝土拌合車、鋼筋拖板車、瀝青混凝土車(A/B 標)、打樁機、挖土機、壓路機及平路機等，資料蒐集期間長，可提供參考；另部分機

運具(例如 C 標之瀝青混凝土車、各標之泵送車等)，雖然僅蒐集短期或單次作業期間，但數值與其他標別差異不大或在同一數量級，相關參數仍可提供參考。

表 6.1.2-1 本計畫主要機具及運具油耗率參數

機具名稱	規格	油耗率	單位	資料蒐集期間	標別
吊車	25T	4.89	L/hr	102.04~106.06	A/B/C
吊車	45T	7.22	L/hr	103.07~104.12	C
吊卡車	8.7T	3.34	L/hr	104.01~106.03	C
吊卡車	20T	9.43	L/hr	102.05~104.12	A/B
吊卡車	26T	4.55	L/hr	103.02~105.10	C
混凝土拌合車	21T	2.69	L/m <sup>3</sup>	102.03~106.05	A/B/C
		0.19	L/m <sup>3</sup> -km	103.03~106.05	
		1.55	Km/L	103.03~106.05	
鋼筋拖板車	43T	2.10	km/L	102.08~103.12	A/B
瀝青混凝土車	21-35T	0.04	L/tkm	104.01~104.12	A/B
		0.03	L/tkm	105.10~105.11	C
		2.82	km/L	104.01~104.12	A/B
		1.72	km/L	105.10~105.11	C
打樁機	PC-300	17.44	L/hr	102.03~102.11	A/B
打樁機	PC-400	18.62	L/hr	102.12~103.02	C
打樁機	PC-450	14.77	L/hr	102.11~105.06	A/B/C
樁頭打除	PC-45	2.88	L/hr	102.11~104.12	A/B
		9.00	L/個		
樁頭打除	PC-45	6.55	L/hr	102.11~104.07	C
		15.81	L/個		
挖土機	PC-200	12.08~12.81	L/hr	102.10~104.04	C
壓路機	-	15.22	L/hr	102.10~105.07	C
平路機	-	8.75	L/hr	102.10~106.01	C
泵送車	27 米	4.19	L/m <sup>3</sup>	102.10(1 次)	A
泵送車	37 米	2.19	L/m <sup>3</sup>	102.11&12(2 次)	A
泵送車	21 米	3.06~3.22	L/m <sup>3</sup>	103.4&12(1 次)	B
泵送車	21 米	4.16	L/m <sup>3</sup>	103.04&09& 104.04(3 次)	B/C
泵送車	27 米	3.10~3.25	L/m <sup>3</sup>	103.8&10(1 次)	C

機具名稱	規格	油耗率	單位	資料蒐集期間	標別
泵送車	37 米	2.88~3.72	L/m <sup>3</sup>	105.02&05(2 次)	B
泵送車	37 米	2.62~2.87	L/m <sup>3</sup>	105.01&02(2 次)	C
泵送車	-	2.78~3.33	Km/L	共 8 次油耗調查	A/B/C

## 二、工程材料碳排放參數

橋梁工程常見的工程材料包括大宗材料(預拌混凝土、鋼筋及瀝青混凝土等)及多種材質組合而成之組合工程材料(盤式支承、剪力鋼箱及預力端錨材料)。本計畫於盤查過程中，執行大宗材料供應商盤查，產出本工程使用之水泥、鋼筋、混凝土及瀝青混凝土產品碳足跡，由於各式材料種類繁多，相關成果詳本報告 3.6.3 節。

另組合工程材料部分，本計畫請各標供應商提供材質與組成比例，並依據生命週期係數，建立各式規格之組材料碳排放參數，可作為後續相關工程於規劃設計階段進行碳排放量評估時參考，相關成果詳本報告 3.6.4 節。

## 三、工項單位能耗分析及碳排放參數

本計畫依據橋梁工項分類及各工項能資源盤查結果，進行基樁、基礎/橋墩及上構單元之工項單位能耗計算，結果彙整如表 6.1.2-2。

**表 6.1.2-2 本計畫各工項單位能耗彙整表**

標別 \ 能耗	基樁	基礎/橋墩		上構	
	柴油(L/m <sup>3</sup> )	柴油(L/m <sup>3</sup> )	電力(度/ton)	柴油(L/m <sup>2</sup> )	電力(度/ton)
WH77-A	4.89	3.96/3.10	-	3.21	-
WH77-B	6.01	3.06/3.22	-	2.68	0.22
WH77-C	5.17	2.28	3.00	1.99	1.12

備註：柴油(L/m<sup>3</sup>)表示單位體積柴油能耗率；柴油(L/m<sup>2</sup>)表示單位面積柴油能耗率；電力(度/ton)表示單位鋼筋用量電力能耗率。

另由盤查過程中，本計畫確認各項工程使用之材料及機具等，建立各工項碳排放量計算方法，完成各工項碳排放參數計算，彙整如表 6.1.2-3 所示。此參數中機具使用為實際盤查結果，工程材料部分為實際

值(例如混凝土、預力材料等)、部分為設計值(例如鋼筋等)；大宗工程材料(混凝土、鋼筋)之碳排放係數來自本計畫供應商實際盤查結果，其餘工程材料之碳排放係數則主要來自生命週期資料庫。

表 6.1.2-3 本計畫各工項單位碳排放參數彙整表

工項名稱	規格	單位碳排放參數	單位
全套管基樁	150 cm $\phi$ -主線	0.91~0.98	ton CO <sub>2</sub> e/m
	150 cm $\phi$ -匝道	0.95~0.96	ton CO <sub>2</sub> e/m
	100 cm $\phi$ -橋台	0.55	ton CO <sub>2</sub> e/m
	150 cm $\phi$ -橋台	0.97	ton CO <sub>2</sub> e/m
	150 cm $\phi$ -擋土牆	0.98~1.02	ton CO <sub>2</sub> e/m
	150 cm $\phi$ -跨河段	0.96	ton CO <sub>2</sub> e/m
	150 cm $\phi$ -景觀樓梯	0.83	ton CO <sub>2</sub> e/m
基礎	陸上段-主線	0.45~0.56	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
	陸上段-匝道	0.45~0.47	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
	陸上段-橋台	0.43	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
	跨河段-主線	0.58~0.62	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
	V 型	0.53	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
	景觀樓梯	0.60	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
橋墩	陸上段-主線	0.60~0.72	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
	跨河段-主線	0.58~0.67	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
	陸上段-匝道	0.64~0.70	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
	V 型	0.75	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
上構單元	主線-場鑄逐跨	0.55~0.67	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
	主線-場鑄逐跨(漸變段)	0.66~0.74	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
	主線-場鑄懸臂	0.69(U9)、0.81(U3)	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
	主線-場鑄懸臂邊跨	0.64(U9)、0.73(U3)	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
	主線-場鑄懸吊(跨河段)	1.32	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
	匝道-場鑄逐跨	0.60~0.63	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
橋梁整體結構	主線-場鑄逐跨(含既有橋墩)	1.16	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
	主線-場鑄逐跨	1.24~1.63	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
	主線-場鑄逐跨(漸變段)	1.41~1.85	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>

工項名稱	規格	單位碳排放參數	單位
	主線-場鑄懸臂	1.63(U9)、1.78(U3)	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
	主線-場鑄懸吊含逐跨(跨河段)	2.95	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
	匝道-場鑄逐跨	1.69~2.05	ton CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>



## 6.2 建議

### 一、工程碳盤查作業執行建議

本計畫透過碳足跡盤查活動數據資料庫系統之建置，俾使承包商及監造單位碳管理人員能夠更有效填報各式碳排放活動數據，並集中儲存各式佐證資料，以確保資料能夠最有效地走完流程並完整保存。

然盤查過程中仍面臨資料蒐集問題，例如供應商盤查作業、協力廠商及承包商專人配合度等，說明如後。

#### (一) 供應商盤查作業

由本計畫盤查結果顯示，工程材料為橋梁工程生命週期中主要排碳源，為提高盤查結果之正確性及擬定正確減碳方向，大宗材料供應商配合盤查工作之執行相當重要。本計畫在盤查執行過程中於承包商及主管機關協助之下，得以順利完成多項大宗材料供應商之盤查資料蒐集，確保盤查結果符合規範要求及提高正確性。

為確保後續工程碳盤查執行供應商作業順利進行，建議於契約內明訂主要工程材料供應商應配合盤查作業，要求承包商與供應商簽約時，說明應提交的碳盤查資料，以蒐集完整的產品碳足跡資料，並可由此過程中，讓供應商了解本身排碳狀況，進一步進行減碳工作，以共同降低工程排碳量。

#### (二) 協力廠商配合度

工程施工常需要協力廠商共同完成，協力廠商機具若為常駐於工區，經溝通協商後大都可配合提供機具資料；機具若屬於非常駐於工區且來往於不同工區施作，本計畫於盤查期間經過多次協商後，僅部分廠商願意配合擴大盤查或短期機具油耗調查提供資料，其餘大多數協力廠商不願配合。

建議後續應請承包商積極協調與要求其協力廠商全力配合，或是跟協力廠商簽約時即明訂碳盤查資訊提交時程，否則不予計價付款，以提高配合度。並於勞工安全衛生講習時，同步說明所需蒐集資料，以讓所有工作人員了解資料需求，確保資料之留存及記錄。

### (三) 承包商碳盤查專人配合度

依據契約，本工程各標承包商需指派專人執行碳盤查資料蒐集與填報作業，然本工程其中一標所指派的專員，於工程後期執行的配合度降低，造成盤查資料蒐集進度嚴重落後，此期間於主管機關協調下並與該標工地主任協商，持續補齊所闕漏的盤查資料。

建議後續契約調整對於承包商盤查資料缺漏或延誤的罰則，例如將影響估驗之條件調整為每個月應罰金額，以確保可執行性及盤查資料蒐集之完整性。

## 二、本土化產品碳足跡係數回饋

本計畫於供應商配合之情況下，逐步建立本土化之工程材料碳足跡係數，完成鋼筋、水泥、預拌混凝土、瀝青混凝土及預力鋼腱之碳足跡係數產出。環保署目前推動之碳足跡係數資料庫平台，可公開揭露本土化工程材料之碳足跡，以供相關單位進行碳排放之量化。

本計畫於 104 年協助鋼筋廠商取得鋼胚及鋼筋之碳足跡查證聲明書，並於供應商同意之情形下，率先將此經查證之碳足跡係數，提供給環保署係數資料庫。爾後其他工程碳盤查所產出之工程材料碳足跡係數，亦陸續提送至環保署，預期未來資料庫中工程材料之本土化碳足跡係數將更完備。

因此，建議由本計畫產出並經查證後的工程材料之本土化碳足跡係數(如各型預拌混凝土、各型瀝青混凝土及預力鋼腱)，可提供給環保署碳足跡資料庫，期望可作為未來相關工程於規劃設計及施工期間盤查階段之參考，並展現本計畫執行成效。本計畫規劃提供予環保署之係數如表 6.2-1 所示。

表 6.2-1 提供環保署係數規劃

項目	規格	排放係數	備註
預拌 混凝土	420 II 無收縮	492.90 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰替代率 5%
	420 II	482.73 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰替代率 20%
	420 II 早強	464.25 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 22%
	350 II, SCC	430.14 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰替代率 20%
	350 II, SCC	393.08 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 25%
	350 II, SCC	367.09 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 31%
	280 II	354.58 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰替代率 20%
	280 II	306.36 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 30%
	280 II, SCC	352.94 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 26%
	280 II, SCC	334.72 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 31%
	245 II	341.21 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰替代率 20%
	245 II	281.63 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 30%
	210 II 水中	359.13 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰替代率 20%
	210 II 水中	320.04 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 30%
	210 II	310.28 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰替代率 20%
	210 II	256.03 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 30%
	140 II	256.38 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰替代率 20%
	140 II	216.83 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 30%
	175 輕質	317.13 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 0%
	CLSM	156.88 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	飛灰爐石粉替代率 31%
瀝青 混凝土	粗級配	77.71 kgCO <sub>2</sub> e/ton	水泥相對混合料比例為 0%
	粗級配	96.79 kgCO <sub>2</sub> e/ton	水泥相對混合料比例 1.9%
	粗級配	100.63 kgCO <sub>2</sub> e/ton	水泥相對混合料比例 2.4%
	密級配	76.98 kgCO <sub>2</sub> e/ton	水泥相對混合料比例 0%
	密級配	92.35 kgCO <sub>2</sub> e/ton	水泥相對混合料比例 1.4%
	密級配	96.79 kgCO <sub>2</sub> e/ton	水泥相對混合料比例 1.9%
	多孔隙瀝青混凝土	134.24 kgCO <sub>2</sub> e/ton	水泥相對混合料比例 3.8%
鋼筋	SD280W	0.874 kgCO <sub>2</sub> e/kg	已提供至環保署係數平台
	SD420W	0.901 kgCO <sub>2</sub> e/kg	已提供至環保署係數平台
預力鋼腱	不分規格	2.853 kgCO <sub>2</sub> e/kg	單一廠商盤查資料

### 三、工程碳盤查產出參數應用及回饋

本計畫於盤查過程中，除產出大宗工程材料產品碳足跡以外，亦產出多項機運具油耗、工項單位油耗及工項單位碳排放等參數，相關參數於相關工程規劃設計階段時具有參考價值。

建議後續工程於規劃設計階段，可參考各式大宗材料產品碳足跡係數，例如藉由混凝土替代材料之減碳情形，建議各種強度規格之混凝土配比。此外，契約內建議明訂優先採用揭露產品碳足跡之供應商，期望藉此拓展供應商供應鏈之節能減碳實踐。

本工程產出實際盤查之機運具油耗、工項單位油耗及工項、工法單位排碳參數，亦建議可用於規劃設計階段碳排放量估算作業，評估各種工項可能的排碳情形，從中考量不同方案之排碳狀況，藉以確認工程的施工設計或工法，達到永續低碳工程之目標。

### 四、後續工程碳管理辦理

在國內，工程會之試辦案例及本計畫已陸續釐清各項工程排碳特性及建立本土化參數，國際上亦有基礎工程執行工程碳管理作業及於招標文件中將工程生命週期碳評估之項目列為加分項目，顯示該項作業受到工程界之重視。建議後續國內大型公共工程仍可執行工程碳管理作業，確定執行該項作業之相關工程於辦理碳盤查作業前，建議其招標文件可參考歐盟「公路設計、建造及維護」綠色採購文件(GPP)，納入工程節能減碳措施，作為廠商評選的獎勵或評分依據。工程節能減碳措施包含水泥替代材料、選擇本地材料、場電使用、綠色工法及構造、土方管理及長壽鋪面等措施。

而後於招標文件中，應於契約之特定條款納入承包商執行該項作業之要求(如本工程第 0132A 章施工階段排碳活動記錄及調查分析)，說明承包商於工程施工期間應配合碳盤查事項，並納入前述第一項之建議事項，包含契約內補充施工協力廠商及大宗材料供應商配合產品碳足跡盤查事項，要求承包商與協力廠商及材料供應商簽約時，於契約內詳列盤查資料提供項目、提交期程及獎懲辦法等。

## 參考文獻

1. 交通部公路總局，(2009)，西濱快速公路曾文溪橋段新建工程計畫委託可行性評估工作報告。
2. 交通部公路總局，(2011)，西部濱海快速公路建設計畫南部路段-八棟寮至九塊厝段主線新建工程計畫環境影響差異分析報告。
3. 交通部公路總局，(2012)，西部濱海快速公路建設計畫環境影響說明書-南部路段八棟寮至九塊厝段主線新建工程計畫變更內容對照表(修正版)。
4. 交通部，(2015)，交通技術標準規範公路類工程-公路路線設計規範。
5. 交通部公路總局西部濱海公路北區臨時工程處，(2018)，碳足跡應用於快速公路地工合成材料之研究委託服務工作期末報告(定稿本)。
6. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，(2011)，西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程綜合規劃報告書。
7. 交通部運輸研究所，(2011)，2011年臺灣公路容量手冊。
8. 交通部運輸研究所，(2011)，探討運輸部門政策對溫室氣體排放量之影響專案研究報告
9. 泛亞工程建設公司，(2013)，西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-C 標 (302K+225~305K+750)九塊厝交流道新建工程施工計畫書(版次：第1版)。
10. 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)。  
<http://eem.pcc.gov.tw/eem/files/sustainablewhitebook-word.pdf>
11. 行政院交通部，(2010)，節能減碳規劃設計參考原則。  
<http://eem.pcc.gov.tw/files/reference.pdf>
12. 行政院農業委員會林務局，(2013)，屏東地區造林樹種生長監測及碳吸存效益分析。
13. 蕭慧娟，(2014)，我國產品碳足跡標示制度推動現況。
14. 產品碳足跡計算服務平台，網址  
[http://cfc.epa.gov.tw/CIT\\_Beta/CIT\\_UI/Bmodule/Inventory/Metadata.aspx](http://cfc.epa.gov.tw/CIT_Beta/CIT_UI/Bmodule/Inventory/Metadata.aspx)。
15. 建築物(Buildings)碳足跡產品類別規則，(2015)，民國 104 年 6 月 4 日。
16. 行政院環境保護署，環保法規網站。  
<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/index.aspx>
17. 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。
18. 溫室氣體減量及管理法施行細則，(2016)，民國 105 年 1 月 6 日行政院環境保護署環署溫字第 1040111312 號令。

19. 行政院環保署，(2017)，溫室氣體排放係數管理表 6.0.3 版。
20. 經濟部能源局，(2015)，中華民國 103 年能源統計手冊。
21. 經濟部能源局(2017)。105 年度電力排放係數。
22. 基礎建設-道路(Infrastructure-Road)碳足跡產品類別規則，(2017)，民國 106 年 3 月 21 日。
23. 基礎建設-橋梁(Infrastructure-Bridge)碳足跡產品類別規則，(2017)，民國 106 年 3 月 21 日。
24. 基礎建設-公路隧道(Infrastructure- Highway Tunnel)碳足跡產品類別規則，(2017)，民國 106 年 5 月 19 日。
25. ISO 國際組織網站，<https://www.iso.org/standard/59521.html> (Access date: 2018/8)
26. ISO/CNS 14025, (2006)，環境標誌與宣告-第 3 類環境宣告原則與程序。
27. ISO/TS 14067, (2013). Specifies principles, requirements and guidelines for the quantification and communication of the carbon footprint of a product (CFP). (產品碳足跡量化與溝通標準原則、要求與指引)
28. International EPD® System, (2012). PCR basic module for Construction Products and Construction Services.
29. International EPD® System, (2010). PCR basic module for CPC Division 53: Constructions.
30. International EPD® System, (2010). PCR basic module for CPC Division 54: Construction Services.
31. International EPD® System, (2018). PCR: Highways, streets and roads (except elevated highways)  
<https://www.environdec.com/PCR/Detail/?Pcr=5952> (Access date: 2018/8)
32. International EPD® System, (2018). PCR: Bridges, elevated highways and tunnels  
<https://www.environdec.com/PCR/Detail/?Pcr=12257%20> (Access date: 2018/8)
33. BRE Global Ltd, (2013). Product Category Rules for Type III environmental product declaration of construction products to EN 15804 : 2012.
34. US Environmental Protection Agency (EPA), (2009). Potential for Reducing Greenhouse Gas Emissions in the Construction Sector.
35. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (2010). Greenhouse gas mitigation measures for transportation construction, maintenance, and operations activities. [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP25-25\(58\)](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP25-25(58))

FR.pdf

36. The World Bank(Egis), (2010). Introduction to Greenhouse Gas Emissions in Road Construction and Rehabilitation, <http://siteresources.worldbank.org/INTEAPASTAE/Resources/GHG-ExecSummary.pdf>.
37. Tang, P., Cass, D., Mukherjee, A., (2011). Using Schedule Simulation Approaches to Reduce Greenhouse Gas Emissions in Highway Construction Project, Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference.
38. California Department of Water Resources, (2012). Climate Action Plan-Phase 1: Greenhouse Gas Emission Reduction Plan.
39. Strategic Forum for Construction and Carbon Trust, (2010). Carbon: Reducing the footprint of the construction process.
40. 西村氏建設マネジメント技術 (2008年) 国土交通省の環境政策 2008年7月号。
41. 日本建設業連合會, (2010), 絵で見る省燃費運転マニュアル。
42. A.Saibaba, (2013). Sustainable design & construction of long span bridges.
43. Zero Carbon Building Ltd, (2013), Carbon Labeling Scheme for Construction Products Assessment Guide, Reinforcing Bar and Structural Steel.
44. Zero Carbon Building Ltd, (2013), Carbon Labeling Scheme for Construction Products Assessment Guide, PORTLAND CEMENT.
45. Zero Carbon Building Ltd, (2014), Carbon Labeling Scheme for Construction Products Assessment Guide, Ready-mixed Concrete.
46. UK (2003). Energy White Paper: Our energy future -creating a low carbon economy. [http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/legislation/white\\_papers/white\\_paper\\_03/white\\_paper\\_03.aspx](http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/legislation/white_papers/white_paper_03/white_paper_03.aspx)
47. UK Highways Agency, (2009). Carbon Management Framework for Major Infrastructure Projects e21C Project Report. <http://www.forumforthefuture.org/files/EC21-Carbon-Framework-FINAL.pdf>
48. European Network of Construction Companies for Research and Development, (ENCORD), (2012). Construction CO<sub>2</sub>e Measurement Protocol (Version 1.0).
49. UK Environmental Agency, Carbon calculator for construction activities. <http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/136252.aspx>
50. UK Highways Agency, (2009). Carbon Accounting Framework: Carbon Calculation Tool Instruction Manual for Managing Agent Contractors (MACs), Version 5c. [http://www.highways.gov.uk/business/documents/CCT-Instruction\\_Manual-MAC-v5c.p](http://www.highways.gov.uk/business/documents/CCT-Instruction_Manual-MAC-v5c.p)

[df](#)

51. UK Highways Agency, (2009). Carbon Accounting Framework: Carbon Calculation Tool Instruction Manual for Design, Build and Finance Operations (DBFO), Version 5c. [http://www.highways.gov.uk/business/documents/CCT-Instruction\\_Manual-DBFO-v5c.pdf](http://www.highways.gov.uk/business/documents/CCT-Instruction_Manual-DBFO-v5c.pdf)
52. Highways England, (2015), Highways England Carbon Tool Guidance. Online document: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/453177/Task\\_446\\_Guidance\\_Document.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/453177/Task_446_Guidance_Document.pdf)
53. Highways England, (2016), Carbon Emissions Calculation tool v1.03. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/553866/Task\\_446\\_Carbon\\_Tool\\_v1.03.xlsm](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/553866/Task_446_Carbon_Tool_v1.03.xlsm)
54. Robert, B. N. and Hanson, C. S, (2014), Carbon Footprint Estimator phase II Volume I - GASCAP Model
55. Gallivan, F., et. al., (2014), FHWA Infrastructure Carbon Estimator: Final report and user guide.
56. McGourty, K., Beimborn, E., Dunlap, K., (2009). Columbia River Crossing Greenhouse Gas Emission Analysis Expert Review Panel Report. [http://www.columbiarivercrossing.org/FileLibrary/TechnicalReports/GHG\\_PanelReport\\_010809.pdf](http://www.columbiarivercrossing.org/FileLibrary/TechnicalReports/GHG_PanelReport_010809.pdf)
57. Kawakami, A., Nitta, H., Kanou, T. and Kubo, K., (2009). Study on CO2 Emissions of Pavement Recycling Methods, REAAA 13th Conference. <http://www.pwri.go.jp/eng/activity/pdf/reports/kawakami090923.pdf>
58. Tung, H., Cédric, D., Anne, V., Agnès, J., Gilles, L., (2005). A global tool for environmental assessment of roads – Application to transport for road building. <http://www.ectri.org/YRS05/Papiers/Session-3bis/ventura.pdf>
59. IVL Swedish Environmental Research Institute, (2010). Life cycle assessment of railways and rail transport-Application in environmental product declarations (EPDs) for the Bothnia Line. <http://www.ivl.se/download/18.7df4c4e812d2da6a416800072122/B1943.pdf>
60. VicRoads (State Government of Victoria, Australia), (2008). Victoria's first carbon neutral road construction project. <http://www.ipwea.com/Microsoft%20Word%20-%20Carbon%20footprint%20of%20road%20construction%20-%200060308.pdf>
61. TradeMark Southern Africa, (2013), Life cycle carbon footprint of the North-South corridor road network



62. NCC AB, (2015). Environmental Product Declaration for the Pedestrian and bicycle bridge 15-1787-1 over Viskan in project Road 27
63. European Commision JRC, (2016), Revision of Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance, Procurement Practice Guidance Document.
64. European Commision, (2016), Commission Staff Working Document, EU Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance.
65. European Commision, (2016), Revision of Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance, Technical Report and Criteria Proposal.
66. National Asphalt Pavement Association (2017), Product Category Rules (PCR) for Asphalt Mixtures.
67. European Asphalt Pavement Association (EAPA) (2016), Guidance Document for Preparing Product Category Rules (PCR) and Environmental Product Declarations (EPD) for Asphalt Mixtures.
68. Carsten B. N., (2006), Durability of porous asphalt - International experience.

附錄 I 啟始會議與教育訓練辦理實錄

---

# 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理

## 暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作

### 鹽埕交流道新建工程(WH77-A標) 第一次教育訓練會議辦理實錄

一、會議時間：101年11月21日(星期三) 13：00～16：50

二、會議地點：西部濱海公路南區臨時工程處 第一會議室

三、議程規劃

時間	內容	報告單位
13:00~13:10	報到	
13:10~14:10	碳足跡評估背景說明	BSI 英國標準協會
14:10~14:40	道路工程碳足跡盤查執行說明	中興工程顧問股份有限公司
14:40~14:50	休息	
15:00~16:10	道路工程碳足跡盤查表單介紹及填寫說明	中興工程顧問股份有限公司
16:10~16:20	道路工程碳足跡查證程序說明	BSI 英國標準協會
16:20~16:50	問題與討論	中興工程顧問股份有限公司、BSI 英國標準協會
16:50~	賦歸	

四、會議照片集錦





➤ 處長引言



➤ 教育訓練課程一



➤ 教育訓練課程二



➤ 教育訓練課程三



➤ 教育訓練課程四



➤ 問題與討論

西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理  
暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作第一次教育訓練

簽到單

- 一、舉辦時間：101年11月21日(星期三)
- 二、舉辦地點：西濱南工處第一會議室
- 三、主持人：楊學岳
- 四、主辦單位：西濱南工處
- 五、參加單位及人員

單位	姓名	身分證字號	備註
第三區養護工程處			
第三區養護工程處	陳素云		
第三區養護工程處	陳永展		
第三區養護工程處	徐文義		
第三區養護工程處	余俊賢		
西濱北工處	蔡志遠		
西濱北工處	黃振奇		
西濱中工處	劉建金		
西濱中工處	曾經民		
西濱中工處	劉敬堯		
西濱中工處	尤元昌		
西濱中工處	林賢程		
西濱中工處	李清君		
東西高南處	吳萬傳		
東西高南處	許玉琴		
東西高南處	陳素華		

※因個資法需告知參訓人員，本訓練將會登錄你的公務人員  
終身學習時數。簽到時請填列身分證字號以便辦理學習認  
證登錄！

單位	姓名	身分證字號	備註
東西高南二段	阿忠		
台灣世曦	湯介中		
春原營造			
春原營造	謝弘由		
春原營造	張正傑		
春原營造	許文正		
春原營造	劉承翰		
春原營造	陳致珍		
春原營造	黃永明		
春原營造	孫丁龍		
春原營造			
春原營造			
春原營造			
春原營造			
春原營造			
西濱南處長室			
西濱南副處長室	蘇文崎		
西濱南工程課	溫長發		
西濱南工程課	林一和		
西濱南工程課	林文輝		
西濱南工程課			
西濱南工程課	林志勇		

※因個資法需告知參訓人員，本訓練將會登錄你的公務人員終身學習時數。簽到時請填列身分證字號以便辦理學習認證登錄！

單位	姓名	身份證字號	備註
西濱南工程課	謝文得		
西濱南工程課	劉益鑫		
西濱南工程課	陳文娟		
西濱南工程課	江明松		
西濱南工程課	王鳳之		
西濱南設計課	沈宏盛		
西濱南設計課	徐進發		
西濱南設計課	高得成		
西濱南設計課	江明哲		
西濱南設計課	傅炳聖		
西濱南用地課	張光		
西濱南用地課	張昌		
西濱南用地課	蔡玉琴		
西濱南用地課	朱嘉祥		
西濱南勞安課	盧善怡		
西濱南勞安課	吳宜芳		
西濱南會計室	林雪婷		
西濱南會計室	葉純真		
西濱南會計室			
西濱南一段	朱育正		
西濱南一段	林淑滿		

※因個資法需告知參訓人員，本訓練將會登錄你的公務人員終身學習時數。簽到時請填列身分證字號以便辦理學習認證登錄！

單位	姓名	身份證字號	備註
西濱南一段	江伉玲		
西濱南一段	吳淑純		
西濱南二段	蔡瑞榮		
西濱南二段	張桂蘭		
西濱南二段			
西濱南二段	林文枝		
西濱南三段	高明高		
西濱南三段	劉鳳		
海光企業	楊少康		
西濱南管區	曹瑞強		
西濱南設計課	葉士昂		
// 用地課	陳鴻清		
西濱南品質中心	吳慧如		
供應課	李麗貞		

※因個資法需告知參訓人員，本訓練將會登錄你的公務人員終身學習時數。簽到時請填列身分證字號以便辦理學習認證登錄！



西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理

暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作

鹽埕交流道新建工程(WH77-A標)

啟始會議辦理實錄

一、會議時間：101年12月14日(星期五) 13：45～15：30

二、會議地點：交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第一會議室

三、議程規劃

時間	內容	人員
13:45~14:00	報到	
14:00~14:05	處長致詞	楊處長宗岳
14:05~14:10	局長致詞	吳局長盟分
14:10~14:35	碳管理計畫簡介(5min)	中興公司
	輔導單位代表自我介紹(5min)	中興公司代表
	查驗單位代表自我介紹(5min)	BSI 代表
	監造單位代表自我介紹(5min)	西濱南第二工務段代表
	承包商代表自我介紹(5min)	春原公司代表
14:35~14:40	宣讀宣言、簽署與揭牌	各單位代表
14:40~14:50	團體拍照	各單位代表
14:50~15:30	局長受訪	局長
	茶敘	
15:30~	賦歸	

四、會議照片集錦



➤ 入口處佈置



➤ 樓梯口佈置



➤ 簽到



➤ 會議開始



➤ 處長致詞



➤ 局長致詞



➤ 碳管理計畫簡介



➤ 輔導單位代表自我介紹：中興公司江副總東法



➤ 查驗單位代表自我介紹：英國標準協會 (BSI) 林副協理文華



➤ 監造單位代表自我介紹：西濱南工處第二工務段蔡段長瑞榮



➤ WH77-A 標施工廠商代表自我介紹：春原營造股份有限公司楊協理文雄



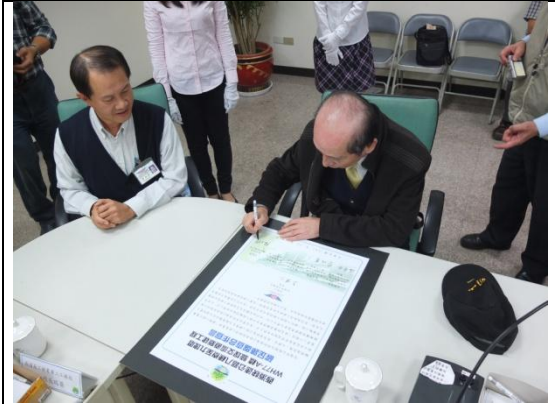
➤ 宣言簽署(1)



➤ 宣言簽署(2)



➤ 宣言簽署(3)



➤ 宣言簽署(4)



➤ 揭牌儀式



➤ 宣言簽署代表合影



➤ 與會人員團體照

西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 鹽埕交流道新建工程

碳足跡盤查啟始會議簽到單

- 一、開會時間：101 年 12 月 14 日 (星期五) 下午 2 時 0 分
- 二、開會地點：本處第一會議室
- 三、主持人：吳盟尔
- 四、出列單位及人員

單位	姓名	職稱
交通部公路總局		
	夏明陸	
	吳昭煌	科長
第五區養護工程處	蔡系成	
	沈瑞欽	
第三區養護工程處	黃輝宇	
	徐文義	主任
東西向高南工程處	陳保展	
	魏芳君	
	陳素華	

西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 鹽埕交流道新建工程

碳足跡盤查啟始會議媒體記者簽到單

報社(媒體)名稱	姓名	聯絡電話	伴手禮編號
青島	蔡音文		01
大陸商務時報	蔡培培		02
大紀元	李顯俊		03
中時	王語瑛		04
自由時報	蔡宗勳		05
大紀元	蔡素文		06
中華日報 國語日報	邱生茂		07

西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 鹽埕交流道新建工程

碳足跡盤查啟始會議簽到單

單位	姓名	職稱
西濱中工處	李正遠	課長
	林登洲	工程師
西濱北工處	魏元屏	課長
西濱南工處	范錦味 蔣武山 陳中鈞 高錫成 於文祥 林一和 陳文娟 楊嘉仁 邱傑	
西濱南工處	朱育正	
第一工務段	王新祥	
西濱南工處	蔡瑞榮	
第二工務段	吳松峰	
西濱南工處	羅國華	
第三工務段	曾善賜	
東西高南工程處	朱成凱	段長
	簡志英	

西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 鹽埕交流道新建工程

碳足跡盤查啟始會議簽到單

單位	姓名	職稱
英國標準協會(BSI)	林文萍	業務二部協理
承包商春原營造股份有限公司	楊文琳	協理
	黃伯崑	工地主任
台灣世曦工程顧問股份有限公司	黃炳堃	協理
中興工程顧問股份有限公司	江東法	
	許永欽	
	周武雄	
	許桐濤	
	林伊萍	
	林有政	
	蘇正儀	
	蔡瑞弘	
	蔡明達	





西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理

暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作

七股溪橋段新建工程(WH77-B標)

啟始會議暨第一次教育訓練會議辦理實錄

一、會議時間：102年6月21日(星期三) 09：50 ~ 15：30

二、會議地點：西部濱海公路南區臨時工程處 第一會議室

三、議程規劃

時間	內容	報告單位
09:40~09:50	報到	
09:50~09:55	副處長致詞	蘇副處長文崎
09:55~10:10	碳管理計畫簡介	中興工程顧問股份有限公司
	輔導單位代表自我介紹	中興工程顧問股份有限公司
	查驗單位代表自我介紹	BSI 英國標準協會
	監造單位代表自我介紹	西濱南工處第一工務段
	施工廠商代表自我介紹	春原營造股份有限公司
10:10~10:20	宣讀宣言及簽署(團體拍照)	各單位代表
10:20~10:30	休息	
10:30~11:40	碳足跡評估背景說明	BSI 英國標準協會
	道路工程碳足跡查證程序說明	林文華 副協理
11:40~12:00	道路工程碳足跡盤查執行說明	中興工程顧問股份有限公司 許珮蒨 技師
12:00~13:00	午餐	
13:00~14:20	道路工程碳足跡盤查表單介紹 及填寫說明	中興工程顧問股份有限公司 林彥宇 博士
15:00~15:30	問題與討論	中興工程顧問股份有限公司
15:30~	賦歸	

四、會議照片集錦



➤ 會議開始



➤ 副處長引言



➤ 計畫簡介



➤ 輔導單位代表自我介紹



➤ 查驗單位代表自我介紹



➤ 監造單位代表自我介紹



➤ 施工廠商代表自我介紹



➤ 宣言簽署(1)



➤ 宣言簽署(2)



➤ 宣言簽署(3)



➤ 宣言簽署(4)



➤ 宣言簽署(5)



➤ 合影



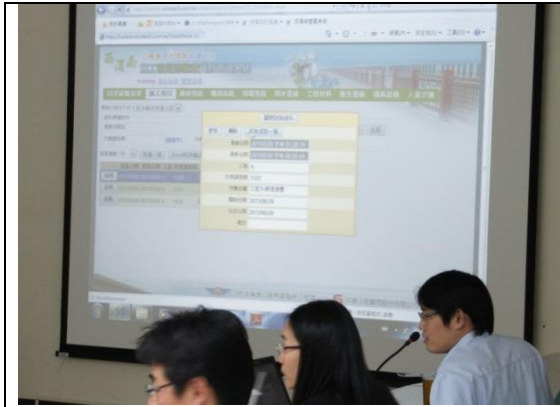
➤ 課程一



➤ 課程二



➤ 課程三



➤ 系統操作說明



➤ 問題與討論

西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程  
 委託工程碳管理盤查輔導與查證服務工作  
 「WH77-B 七股溪橋段新建工程」

啟始會議暨第一次教育訓練 簽到單

會議時間：民國 102 年 6 月 21 日(星期五) 上午 9 時 40 分

會議地點：西濱南工處 第一會議室

主持人：蘇文崎

出席(列)席單位及人員：

機關或單位名稱及姓名
交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處 徐盟發(章) 殷文輝 潘吉 江明松 陳娟娟 高得成 王惠云 溫裕欣 譚文輝 林一和
交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第一工務段 楊錦達(章) 林派揚(章) 朱育正 陳洪和
交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第二工務段 陳昭志 黃品如
交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第三工務段 黃文權 曾傳鴻

葉和  
 可和  
 葉和

機關或單位名稱及姓名
交通部公路總局東西向快速公路高南區工程處第二工務段 黃培中 吳拓堯
春原營造股份有限公司 楊文雄 鄭淑珍 黃清口 王榮宗 翁淑美 何子寧
台灣世曦工程顧問股份有限公司 楊中
英國標準協會台灣分公司 林文華
中興工程顧問股份有限公司 許文翰 周武雄 許佩蓓(張) 林彥宇 林郁政 鄭瑞琪

凌景 x3.

西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理

暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作

九塊厝交流道段新建工程(WH77-C標)

啟始會議暨第一次教育訓練會議辦理實錄

一、會議時間：102年9月13日(星期五) 10：10~16：00

二、會議地點：西部濱海公路南區臨時工程處 第一會議室

三、議程規劃

時間	內容	報告單位
10:10~10:20	報到	
10:20~10:25	主席致詞	溫課長宏發
10:25~10:40	碳管理計畫簡介	中興工程顧問股份有限公司
	監造單位代表自我介紹	西濱南工處第三工務段
	輔導單位代表自我介紹	中興工程顧問股份有限公司
	查驗單位代表自我介紹	BSI 英國標準協會
	施工廠商代表自我介紹	泛亞工程建設股份有限公司
10:40~10:50	宣讀宣言及簽署(團體拍照)	各單位代表
10:50~11:00	休息	
11:00~12:00	碳足跡評估背景說明	BSI 英國標準協會 林文華 副協理
12:00~13:00	午餐	
13:00~13:30	道路工程碳足跡盤查執行說明	中興工程顧問股份有限公司 許珮蒨 技師
13:30~14:30	道路工程碳足跡盤查表單介紹及填寫說明	中興工程顧問股份有限公司 林彥宇 博士
14:30~14:40	休息	
14:40~15:00	碳盤查日誌線上填報系統操作說明	中興工程顧問股份有限公司 林彥宇 博士
15:00~15:30	道路工程碳足跡查證程序說明	BSI 英國標準協會 林文華 副協理
15:30~16:00	問題與討論	中興工程顧問股份有限公司 BSI 英國標準協會
16:00~	賦歸	

四、會議照片集錦



➤ 會議開始



➤ 溫課長引言



➤ 計畫簡介



➤ 監造單位代表自我介紹



➤ 輔導單位代表自我介紹



➤ 查驗單位代表自我介紹



➤ 施工廠商代表自我介紹



➤ 宣言簽署(1)





➤ 宣言簽署(2)



➤ 宣言簽署(3)



➤ 宣言簽署(4)



➤ 宣言簽署(5)



➤ 合影(1)



➤ 合影(2)



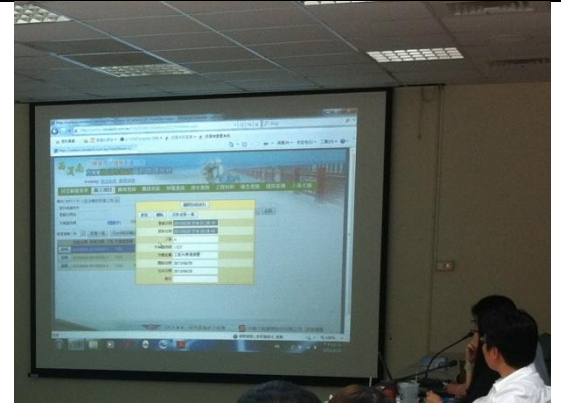
➤ 課程一



➤ 課程二



➤ 課程三



➤ 系統操作案例演練

## 附錄 II 座談會辦理實錄

---

**西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理  
暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作  
102年度座談會辦理實錄**

一、會議時間：102年12月27日(星期五) 14：00～16：30

二、會議地點：東石自然生態展示館二樓會議室

三、議程規劃

時間	內容	報告單位
14:00 ~ 14:10	報到	
14:10 ~ 14:20	與會來賓介紹	主持人
14:20 ~ 14:30	引言	吳局長盟分
14:30 ~ 14:50	西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程碳足跡盤查輔導及查證服務工作執行狀況說明	中興工程顧問股份有限公司
14:50 ~ 15:15	國際橋梁與高架道路工程產品類別規則草案內容簡介 我國碳足跡產品類別規則擬訂程序與內容說明 我國橋梁工程碳足跡產品類別規則內容探討	中興工程顧問股份有限公司
15:15 ~ 16:10	與談人評論	與談人
16:10 ~ 16:30	綜合研討	

四、會議照片集錦





➤ 場地佈置



➤ 座談會主題背景



➤ 局長簽到



➤ 副局長簽到



➤ 處長簽到



➤ 各單位貴賓簽到



➤ 主席致詞



➤ 局長引言



➤ 中興公司簡報-1



➤ 中興公司簡報-2



➤ 與談人發言-1



➤ 與談人發言-2



➤ 與談人發言-3



➤ 與談人發言-4



➤ 與談人發言-5



➤ 與談人發言-6

## 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理

### 暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作 102 年年度座談會會議記錄

陳立憲教授：

1. 首先肯定主辦單位(公路總局)與執行單位(中興工程)，針對公路工程進行「碳管理及盤查」之努力與成果。足供相關工程之參佐。
2. 宏觀視之，此調查主要針對施工階段為主，其現階段「實然」之「數量」調查移作成資料庫或資料探勘(data base / data mining)；延伸生命週期之前、後階段(如規設階段(前)；廢棄階段之資源(再利用)之檢討。以臻至未來「應然」之「品質」的整體全面式價值工程。
3. 依據營建管理，原有指標有四：成本、進度、品質、安全。建議本盤查指標(ton CO<sub>2</sub>e/m)與原有指標作比對，例如與各工序之工項所佔「成本」作分析。
4. 宜提出減排(碳)策略；例如 A 標，依工、料分別計量得知，主要影響為材料中之水泥與鋼筋用量；可提出未來 B、C 標案之參考(正常；抑或異況)及材料用量之取代與減量，並可依此作為綠色工程設計參考。
5. 請揭示碳盤查所用之資料庫及其相關主要之排碳係數。
6. 為由協力廠商配合資料取得及其正確性，可在招標時將此工作項目獨立提出計價，俾能詳實填報及驗證文件。

卜君平教授：

1. 公路總局碳管理的推動為國內先驅，中興公司碳盤查成果許多可作為實務應用的參考，令人欽佩。
2. 營建業複雜性及變異性高，切斷原則似有窒礙難行之處。
3. 我國橋梁工程 PCR 是否有必要比照國際 PCR，例如單位採用「每公尺每年」，以及不納入拆除階段等，似與橋梁工程的特性不一致。
4. 碳盤查油耗率本計畫調查結果與文獻差異大，建議再檢核。
5. 第二部分簡報 P23：「盤查現況：隨工程進度工料排碳占比上升，機/運具能耗排碳占比下降」，在尚未進行完整上部結構盤查前，建議刪除本推論。
6. 產品組成中包含木橋是否適宜，建議考量。又請註明為公路橋梁。
7. 排碳係數的來源及正確性的確認？是否需要訂在 PCR 中？

黃榮堯教授：

1. 碳盤查是很繁瑣的事情，公路總局與工作團隊的努力與目前成果，值得肯

定。

2. 營建工程產品施作與製造業產品生產線製程是很不一樣的，營建工程產品的 PCR 建立及碳盤查應掌握主要碳排項目跟影響，不一定要鉅細靡遺，否則因營建工程特性，恐不符效益。
3. 針對我國橋梁 PCR 建立，建議如下：
  - a、 產品功能單位分為單位上部結構(每公里或公尺)及單位下部結構(每淨高公尺或每 m<sup>3</sup> 體積)
  - b、 組成要素建議排除碳排比例不高的附屬項目。
  - c、 針對營建產業特性，建議能提高 cut - off 百分比。
  - d、 評估年期 50 年應屬適當。
4. 碳盤查作業曠日廢時，建議工作團隊亦能針對碳盤查對於工作效率與工程進度的衝擊進行探討。
5. 碳盤查工作需要一段時日才有成果，但從節能減碳的角度而言，建議可同時由”減少材料用量”、”減少運輸距離”、”提升工率降低能耗”等方面下手，儘快發揮碳管理的效益。

李奇樺科長：

1. 工程碳盤查執行現況說明：
  - a、 計畫產出碳足跡係數可考量提供數據品質，納入國家及碳足跡係數資料庫。
  - b、 文獻油耗率為計畫調查部分機具之 2 倍至 8 倍，評估為現場操作待機時間之差異，未來或可檢討如何減少待機時間，達節能減碳效果。
2. 工程碳足跡盤查規範與參考文件內容說明：
  - a、 橋梁各周邊設備納入盤查邊界之探討，建議與道路等其他工程類 CF-PCR 規範一致。
  - b、 功能單位中評估年期之訂定，建議各類基礎設施分別訂定不同年限，如工程包含道路、橋梁、隧道等型態時，似仍無必要引用相同之年期。如欲宣告工程碳足跡，可宣告各類基礎設施之碳足跡占比及不同功能單位。
  - c、 第三者查證目標，除申請環保署碳標籤需使用我國產品與服務碳足跡計算指引外，引用何查證標準並無規範。
  - d、 P18：橋梁評估營運管理階段碳足跡之評估年期，建議依不同結構(如木橋、RC、鋼構等)分別訂定適合之年限。
  - e、 P20：如橋梁高度亦為影響碳足跡之關鍵因素，產品功能單位可考量註明高度。



- f、 P21：數據蒐集以完整工程期間為數據蒐集單位，建議不必加註「不滿一年者」。
- g、 P22：生命週期數據蒐集項目，「各階段一級活動數據與二級數具蒐集項目」建請改為「各階段二級數據內容及來源」，一級活動數據及二級數據內容如有與其他基礎設施共同項目時，建議規範一致。
- h、 P23：生命週期數據蒐集準則，應以所謂「基礎建設階段」，建議再確認。

林文華協理：

1. ISO/TS 14067 為一規範，每 3 年需重新審查廢存問題，若滿 6 年後仍無法轉為正式 ISO 標準時，原則上應予以廢除，以蘇花改而言，工程期為 6 年以上，可能有引用的風險。
2. 為能與國際評估機制具一致性與比較性時，可考慮將周邊設備之材料與製造排除。
3. 依目前盤查結果反映出公共工程碳排放主要來自於原物料部分，建議貴處可建請相關單位推動本土原物料盤查，對未來新工程規畫將有較大助益。
4. 油耗比對文獻來源與背景資料建議需要進一步了解與釐清，才可確認比較的可用性與適用性。

夏明勝副局長：

1. 工程碳排放工料絕對佔多數，惟合約中僅要求主承包商提供排碳資料，未要求上游供應商配合，以至現階段取得資料不易，相關經驗可回饋於下次訂約考量。
2. 工程單位對上游供應商約束效力有限，或可透過工程會、環保署協助，擬訂相關標章提供工程單位作為優先供應考量，鼓勵供應商配合碳盤查作業。
3. 碳盤查作業主要目的為建立本土化代表性資料，目前已有道路、橋梁及隧道之代表性案例，以供後續碳評估使用。
4. 目前進行施工階段盤查，未來蘇花改可能進行維護階段盤查
5. 考量生命週期，施工僅佔一小部分，未來是長期維護階段，除橋梁可能重建外，道路系統多會持續進行維修使用，50 年僅為一方便計算生命週期的點。
6. PCR 功能單位橋梁以面積概念規畫，隧道則是以體積概念。道路現以長度規劃，考量道路特性或可考慮以每車道公里為單位。
7. PCR 訂定過於複雜可能不實用，建議操作方便性亦應納入考量。

西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程  
委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作  
「橋梁工程施工建造階段合理之評估邊界-我國橋梁工程 CF-PCR 擬定」



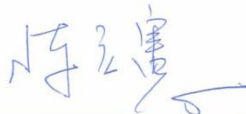

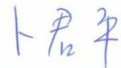
年度座談會簽到單

會議時間：民國 102 年 12 月 27 日(星期五) 下午 14 時 00 分

會議地點：東石自然生態展示館 二樓會議室

主持人： 盧維恭

出(列)席單位及人員：

機 關 或 單 位 名 稱 及 姓 名
交通部公路總局 吳局長盟分 
交通部公路總局 夏副局長明勝 
臺北科技大學土木工程系暨土木與防災研究所 陳教授立憲 
中央大學營建管理研究所 黃教授榮堯 
逢甲大學土木工程系 卜教授君平 

機 關 或 單 位 名 稱 及 姓 名

行政院環境保護署管考處及糾紛處理處 李科長奇樺

李奇樺

香港商英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司 林協理文華

林文華

交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處

蘇文崎

溫志賢、林一和、王惠山

交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第二工務段

蔡瑞華

交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第三工務段

羅國華

機關或單位名稱及姓名
春原營造股份有限公司 何子寧 鄭淑娟
泛亞工程建設股份有限公司 陳韋綸
中興工程顧問股份有限公司 周武雄 許淑蓀 黃子豪 林彥宇 黃柏其

# 103 年度「公路工程碳管理制度及實務研討會」

## 會議結論與後續建議

### 壹、結論

本研討會係公路總局為因應節能減碳之國際潮流與國內政策走向，繼民國 100 年於開始推動公路工程計畫碳管理實務之初，舉辦國內首場公共工程碳管理國際論壇後，再次以公路工程碳管理為主題，就國內外相關規範與參考文件之最新發展，以及蘇花改、南迴及西濱公路計畫執行碳排放估算與盤查實務的階段性成果，以一整天共 9 個講次的方式，促成由制度而實務的成果分享，除能確保各工程計畫碳管理工作參與人員，無論是承包商、監造單位、輔導單位及主管機關，皆能掌握盤查規範要點、有效執行或推展盤查作業，更藉此促成產、管、學各界於工程碳管理實務上的意見交換與經驗交流，確立工程碳管理計畫之執行方向與成果價值。

以下簡要總結各場次重點結論：

#### 一、我國產品碳足跡標示制度推動現況：

行政院環境保護署管制考核及糾紛處理處 蕭慧娟處長

自民國 97 年國際碳足跡指引推出後，環保署即持續深耕我國產品碳足跡制度，並於 99 年為碳標籤註冊標章，成為全球第 11 個推動碳足跡標示制度的國家，至今已公告有 60 件產品類別規則、有逾 200 建產品取得碳標籤證書，且相關資訊皆整合揭露於台灣產品碳足跡資訊網。為因應各界碳足跡計算需求，環保署更已著手建置碳足跡計算服務平台，先是以跨部會碳足跡係數產出成果進行資料整合與供應，後續再進一步根據各界需求、建立計算功能模組，作為支援供應商與消費者進行產業鏈相互支援、共同減碳的基礎。

目前環保署進行中、未來會與公路總局推動之工程碳足跡盤查查證有緊密關聯的成果，應為碳足跡排放係數資料庫的建置工作。在環保署擬公告的

600 項碳足跡係數中，不乏部分工程材料項目，且環保署正持續與其他國家進行交流。未來我國碳足跡盤查與碳足跡計算時，除自廠盤查結果可回饋整合於環保署係數資料庫中外，在選用係數時應將我國本土係數資料庫納入考量，促成我國營造產業供應鏈共同投入國家產品碳足跡管理制度，同時擴大盤查工程碳足跡與推動產品碳足跡制度的收效。

## 二、我國公共工程碳排放估算與調查推動策略與現況：

### 行政院公共工程委員會技術處 徐肇晞技正

公共工程委員會基於公共工程與永續發展和節能減碳的連結，自 97 年起即提出一系列政策與行動方案，包括：生態工程、永續公共工程、綠色內涵及最近期的碳排放估算與盤查；這些理念的發展其實是一貫地以公共工程的生命週期為考量，尋求環境、社會、經濟、安全等多面向兼顧的工程計畫。除了制度的持續發展外，工程會自 101 年底即開始投入落實節能減碳考量的具體作為，在洽請交通部、內政部、經濟部及農委會參與座談會後，即於 102 年 3 月起召開「公共工程排碳量估算試辦作業研商會議」，責成經常辦理或主管 6 類工程(道路工程、防洪工程、水資源工程、下水道工程、建築工程及水土保持工程)之機關提出碳排放估算及碳盤查作業試辦案例；迄今共已辦理 3 次工作會議，並預期將有 20 個試辦案例陸續進行。

除要求各單位推動試辦案例、並透過工作會議定期進行經驗分享與成果交流外，工程會也陸續有委辦案例並產出可供工程計畫規劃階段參考的節能減碳檢核表，及輔助設計階段進行碳排估算的排放量計算模式與簡易估算工具。此部分與公路工程碳管理計畫成果應相輔相成，加速各類型公共工程共同發揮節能減碳潛能，以務實的做法完備工程碳排放管理、達成碳中和目標。

### 三、 我國道路工程碳足跡產品類別規則介紹：

台北科技大學環境工程與管理研究所 胡憲倫教授

產品類別規則的制訂是為了讓產品的環境影響或溫室氣體排放的量化能夠有一致的考量，使得產品的環境績效或碳足跡具備可比較性，可作為外部溝通的資訊。由國際間產品類別規則的發展趨勢可看出，工程類型產品類別規則逐漸受到重視、引起討論；包括瑞典、義大利及香港等公家單位或民營機構皆陸續提出相關產品類別規則或指引。當然，產品類別規則是必要參考而非需要絕對服從的規範，還是可以就其適用性針對不相符的部分作說明並完成環境績效或碳足跡宣告。

基於公路總局推動工程碳足跡盤查的需求及國際產品類別規則的適用性考量，公路總局與中興公司及北科大研究團隊自 102 年 7 月正式向環保署註冊、著手進行道路、橋梁及隧道工程碳足跡產品類別規則的訂定作業，並在近 9 個月依環保署程序完成利害相關者會議及專家會議辦理後，於 103 年 5 月於審議會技術小組會議通過，完成「基礎建設-道路」、「基礎建設-橋梁」及「基礎建設-隧道」共 3 份公共工程碳足跡產品類別規則。後續公路總局執行各工程計畫碳管理的經驗與意見回饋，將是這些碳足跡產品類別規則檢討、修正的依據。

### 四、 工程碳足跡盤查準則與查證重點：

英國標準協會太平洋有限公司驗證部 林文華協理

碳足跡議題在國際間持續發展中，除了英國暫行標準 PAS 2050 於 2008 年出版、2011 年改版外，ISO 終於在 2013 年年中推出 ISO/TS 14067；惟此規範不如預期為國際標準，僅為技術規範(TS, Technical Specification)，3 年後尚有變動(如廢止)的可能，還需要持續追蹤。相較於 PAS 2050，ISO/TS 14067 針對產品本身連同上游供應商盤查的百分比並無設限，但額外要求需進行不確定性分析及敏感度分析，這對於完成盤查與排放清冊結果報告又是

一個全新的挑戰。

由於公路總局推動中的工程碳足跡盤查工作，有部分可能會在 3 年內即完工並面臨發證的需求，後續究竟應以各計畫取證的一致性為優先考量，以利整體呈現所有道路工程碳管理計畫執行成果，提供後續或其他工程計畫執行盤查作業之參考，亦或以標準的普及性與有效性等為優先考量，讓不同的碳管理計畫取得不同的查證聲明，讓執行成果更有多樣性及說服力，還有待進一步的討論與確認。

#### 五、 橋梁不同跨度及工法之 e 化系統建置(含碳排放量推估)：

逢甲大學土木工程系 卜君平教授

以工程生命週期觀之，最可能減少工程計畫碳排放的階段係為可行性評估及規劃設計階段；一旦進入工程施工、維護管理乃至於廢棄拆除階段，則可減少的排碳量已非常有限。為此，除透過工程碳足跡盤查、確認工程排碳實況及特性外，發展能夠輔助工程規劃設計有效進行碳排放量化的方法與工具，仍是工程碳管理應持續關注和探討的重點之一。不同於運研所及工程會的碳排放量評估模式是以設計資料建立運算機制，此專案所開發的線上評估工具，雖僅適用於橋梁工程的碳排放估算，但對於設計條件(地質、抗震條件等)有較深入的探討，有助於設計資料未完整時的排碳量估算；惟計算範圍仍較盤查簡化。未來待各橋梁工程碳足跡盤查及計算有進一步的統計與彙整結果時，將可再調整、擴充參數項目及預設值等，落實碳管理循環構想。

#### 六、 台 9 蘇花改計畫工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享：

中興工程顧問股份有限公司環工一部 黃琬淇博士

蘇花改工程自納入盤查標的第一個土建標開工以來，至今已約一年半的時間，期間陸續遭遇到許多執行面的問題，但目前也都透過多方的協調與溝通而慢慢克服。目前工程碳足跡盤查制度部分已大致成形，主要是透過工程



排放活動項目登錄及日誌(一般、運輸)完成盤查資料的蒐集，並集合監造的共同投入與資訊工具有效進行資料檢核與矯正；另輔導人員每月偕監造及承包商碳管理專員赴現場巡訪，亦有及時追蹤缺漏資料的功效。就現階段共 4 個土建標的盤查結果彙整可發現，工程材料之於工程整體的碳足跡排放占比估算結果要來的高，預期將皆會在 90% 以上。

由 2 個以隧道為主的標與 2 個以橋梁為主的標盤查結果相較，亦可發現橋梁與隧道的碳排放特性的確有差異，以目前累計進度較高(12%、36%)的橋梁標和累計進度較小(4~5%)的隧道標綜合比較，橋梁標的材料排碳佔比較大、機具排碳佔比較小；而工程材料中混、噴凝土的排放量約為總工程碳足跡的一半。有鑒於工程材料占總工程排放量的比例相當大，欲滿足碳足跡產品類別規則規範、取得查證聲明，勢必需執行上游供應商盤查。為此，後續除持續對已開工或新開工的標別執行盤查作業外，主要工程材料之游供應商協調與產品碳足跡取得將為本計畫執行重點。

## 七、 台 61 線八棟寮九塊厝工程碳足跡盤查與輔導實務經驗分享：

### 中興工程顧問股份有限公司環工一部 林彥宇博士

八棟寮九塊厝工程為公路總局於臺灣西部第一個執行的公路碳管理之標的，且在開始委託碳管理工作前，即已有一土建標開工近一年，致使除隨工程進度執行盤查作業外，還必須同時追溯已開工期間的相關資料，大幅增加計畫執行的困難度。除此之外，此計畫係與蘇花改計畫不同、屬自辦監造計畫，故更加強以資訊化的方式進行多方資料彙整與溝通，以及時檢核並確認相關資料與工程現況是否相符。

相較於蘇花改計畫，此計畫盤查標的皆為相近型式與規模的橋梁工程，故過程中更能就材料使用量、機具油耗量、工項排放量等進行比較；目前此計畫已初步獲致基樁、基礎、箱型梁之單位排放量。目前此計畫 A、B、C 三個土建標皆已開工，未來執行重點除持續執行工程碳足跡盤查、與協力廠

商或機具租賃廠商連繫擴大油耗量調查外，目前也已投入聯繫混凝土及鋼筋供應商提供產品碳足跡計算所需資料，期能獲致更多本土主要工程材料之碳足跡係數，滿足查證需求。

#### 八、 台 9 南迴計畫工程設計階段碳排放量推估及減碳策略：

台灣世曦工程顧問股份有限公司 第二結構部 蔣啟恆經理

南迴計畫安朔草埔段位於臺灣東南端，共包含 2 個土建標、分別為橋梁、隧道各一，及 1 個機電交控標；碳管理計畫之現階段成果主要為以土建標的設計資料完成的工程碳足跡估算作業。與蘇花改計畫即工程會建議之估算方法相同，先以 PCCES 工程預算書進行由工項向下拆解、釐清單位工項之材料使用量及機具操作時數，再以此對應碳排放係數，向上逐層組合成工項排放量及工程整體排放量。結果顯示，橋梁標和隧道標的工程材料與施工機具排放占比相近，皆為約為 84:16。在減碳效益試評的部分，可量化部分包括 4 個策略，包括：以爐石粉、飛灰替代水泥；以加勁擋土牆取代重力式擋土牆；提高隧道襯砌混凝土強度；及剩餘土方再利用。整體而言，兩標可量化之減碳策略效益估算結果約可減少 8.5~14% 的工程排放量；後續有待實際盤查數據驗證前述估算結果。

#### 九、 台 9 南迴計畫工程材料碳足跡數據建立：

財團法人成大研究發展基金會產業永續發展中心 陳峙霖經理

南迴計畫金崙大鳥段共包含 4 個標，分別為橋梁、隧道、機電交控及建築標各一；由於目前尚在與承包商協調盤查作業細節，同安朔草埔段尚未有盤查結果，故本次會議以主要工程材料之蒐集規劃提出報告。此次報告係著重於如何對原物料供應商進行產品碳足跡盤查的程序和表單作說明，有助於其他計畫聯繫其上游供應商、尋求計算產品碳足跡所需數據或進廠協助盤查，進而取得工碳足跡盤查所需之一級數據。

藉由本研討會各講次專題的發表及最後的綜合研討，已可初步看出我國公路工程碳管理實務的推動效益，不但在執行過程中與國際規範和參考文件緊密接軌、更成功藉由工程碳管理議題，串連起國內跨部會(工程會、環保署)及工程研究與營造從業人員的對話與合作機制，除有助於提升公路工程碳管理計畫執行效率與效益外，以公路工程碳管理推動營造產業供應鏈節能減碳、輔助國家整體節能減碳的發展路線亦逐漸顯現。未來在碳足跡評估方法論與碳足跡盤查實務經驗的相輔相成下，將成為國內外推動工程碳管理的重要參考。

由於議程安排兼具工程碳管理理論與實務，除各講者及計畫執行人員之間的資訊交流外，此次會議成功地聚集了交通部及其他工程主管機關、大學院校學者專家及工程顧問公司先進等，超過 160 人參與。由各講次詢答及本論壇最後的綜合座談的狀況可看出，與會人士多對於公路總局推動碳管理計畫至今的成果表示肯定，並對於未來可預期的成果及資訊共享寄予厚望，代表本會議已成功地將工程碳管理執行的意義與預期成果作具體表述，達到推廣、應用節能減碳於工程管理的教育意義，且有助於相關成果加值應用於其他類型低碳公共工程的推展。

## 貳、後續建議

基於本研討會辦理成果，以下可以四面向分述對於後續推動公路工程碳管理相關作為的具體建議：

### 一、 工程節能減碳

- 規劃與初步設計階段的排碳量化：工程生命週期中最能減少工程碳排放的階段係為可行性評估及規劃設計階段；一旦進入工程施工、維護管理乃至於廢棄拆除階段，則可減少的排碳量已非常有限。為此，後續仍應參考運研所及公路總局已執行之碳管理計畫，及工程會提出之碳排放量推估方法與工具，持續挑選合適的公路工程案例計畫，於其規劃設計階段推動工程生命週期碳排放量估算工作。透過碳排放量估算案例的累積，除可分析公路工程規劃設計資料的特性，更可釐清工程規劃設計排碳參

數需求，作為盤查結果彙整分析的重點項目，強化盤查結果的可應用性，並提升碳排放量推估的效率。

- 細部設計階段的低碳化設計：持續蒐集國際工程減碳實例，並參考各前期計畫減碳方案研提與減碳成效評估方法及價值工程程序，於細部設計階段挑選適當案例進行方案及減碳成本效益研析，累積符合我國公路設計規範要求或實務可行的減碳經驗及成效量化結果，進而檢討各減碳設計內容項目用於不同工程的適用性及效益，成為可供其他工程計畫參考選用的工程減碳設計方案知識庫。

## 二、本土化工程排碳特性研析

- 建議定期整合不同類型公路工程碳足跡盤查作業執行結果，持續檢討我國各類型公路工程施工階段的實際碳排放狀況，以及盤查所遭遇的問題和解決方案。除可提升碳足跡盤查作業執行的效率和成果的品質外，還可藉以整合分析、比較進而確認不同環境條件、施工方法之各類型工程、主要工程項目之碳排放量推估參數，以及機具能耗係數等，有效回饋於規劃與初步設計階段之碳排放量推估。
- 建議於公路工程施工階段，選擇適當案例進行公路工程減碳方案及養護工程施作過程的碳足跡盤查，藉以驗證各工程減碳設計方案的實作性與預期效益的達成率，及輔助各碳足跡盤查計畫進行道路養護碳排放推估，並回饋於工程設計階段參考選用的工程減碳設計方案知識庫中，作為其他工程計畫落實低碳規劃設計之參考。

## 三、本土化係數與碳管理制度建置

- 本土化工程碳足跡係數：目前環保署已有持續建置本土產品碳足跡排放係數的規劃，且相關資訊會審查公告於產品碳足跡計算服務平台中，惟工程材料的碳排放係數數量仍屬有限。建議未來可協調經濟部工業局、環保署管考處等我國產品碳足跡盤查推動單位，協助公路總局各工程碳

足跡盤查工作團隊輔導主要供應商進行產品碳足跡盤查，又或至少取得可用以計算產品碳足跡的資料，作為後續公路工程碳足跡查證滿足數據品質要求、取得較高保證等級查證聲明之依據。

- 本土化公路工程碳管理制度：ISO 雖已於 2013 年公告碳足跡盤查規範，但僅是技術規範(TS)而非公路工程推動之初所期待的正式版國際規範。為此，目前各盤查計畫執行過程仍是以同時滿足 PAS 2050 及 ISO/TS 14067 的要求為原則，以確保能夠在正式版規範推出時，有效完成第三者查證、取得碳足跡查證聲明，證明我國公路工程碳足跡盤查的有效性。但在長期推動的成本效益考量下，未來可基於各個取得國際查證聲明之公路工程碳管理計畫執行經驗，轉而內化成為適用於我國公路工程的本土化工程碳管理制度，更有效發揮公路工程節能減碳成效。

#### 四、 碳管理經驗交流與溝通

- 本研討會已成功將公路工程與工程會、能源局、環保署推行中的各種節能減碳政策作連接，後續可持續就工程節能減碳與營造產業節能減碳、再生能源技術、國家溫室氣體及碳足跡管制標準等進行研析，進而確立公路工程碳排放量化、減量、基線、抵換及中和等碳管理工作的定位，實踐由基礎建設的減碳輔助達成國家節能減碳目標的理念。

**西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理  
暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作  
105年度座談會辦理實錄**

為精進本計畫執行工程碳足跡盤查方法與成果展現,接續 102 年之「盤查實務與橋梁工程碳足跡產品類別規則之發展」、103 年與其他碳管理計畫共同舉辦之「公路工程碳管理制度及實務研討會」座談會研討結果,並回顧本計畫執行土建標工程碳足跡盤查近 4 年與 WH77-A 標完成查證作業之經驗,本計畫規劃今年度以「營運階段之碳足跡盤查邊界與範疇界定」與「我國橋梁、道路碳足跡產品類別規則修訂建議」為題,辦理本計畫 105 年度座談會。

一、 會議時間：105年12月09日(星期五) 09：30 ~ 12：00

二、 會議地點：公路總局西濱南工處 第一會議室

三、 主持人：公路總局西濱南工處 賴處長明煌

四、 會議議程

時間	內容	報告單位
09:30 ~ 09:50	報到	
09:50 ~ 10:00	致詞及與會來賓介紹	主持人
10:00 ~ 10:20	西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程碳管理盤查輔導及查證工作執行狀況說明	中興工程顧問股份有限公司
10:20 ~ 10:40	台 9 南迴工程碳盤查經驗分享	台灣世曦工程顧問股份有限公司
10:40~ 11:00	營運管理階段之碳足跡盤查邊界與範疇界定 我國橋梁、道路及隧道碳足跡產品類別規則修訂建議	中興工程顧問股份有限公司
11:00 ~ 11:40	與談人評論	與談人
11:40 ~ 12:00	綜合研討	所有人員
12:00 ~	散會	

## 五、 會議結論與建議

1. 營運管理階段操作情境之設備能資源使用，除應考量設備功率及操作時數，另應參考既有營運中道路之資料，綜合評估兩者方案差異性。
2. 營運管理階段維護/重置情境，燈具重置可依據燈具壽命資訊，設定重置頻率；鋪面重置應考量道路等級、交通流量、氣候環境及路基狀況，或參考既有營運道路之重置頻率設定；其餘無明確壽命定義項目，可參考既有營運中道路之維護頻率，另亦可評估各維護/重置項目之排碳占比，若排碳占比甚小可依據截斷原則排除。
3. 國內道路、橋梁及隧道CFP-PCR於第2.1.3節產品功能單位或宣告單位，將增加宣告單位之定義，定義為整標工程之排碳量，並補充工程總長度或路段里程。
4. 國內道路CFP-PCR三、名詞定義7.交通設施及其他工程之部分內容「...依據交通流地形及需要，道路上必要時應設置，包含...」將比照橋梁、隧道CFP-PCR刪除「道路上」字樣，即不排除非設置在路側（機房內、隧道上部等）的機電、交控設備。
5. 國內道路、橋梁及隧道CFP-PCR，將補充說明排除機電及交控設備之製造，僅盤查機電及交控設備安裝過程之碳足跡。

## 六、會議照片集錦



➤ 主席致詞



➤ 與會來賓介紹



➤ 中興公司簡報-1



➤ 台灣世曦公司簡報



➤ 中興公司簡報-2



➤ 與談人發言-1



➤ 與談人發言-2



➤ 與談人發言-3



➤ 與談人發言-4



➤ 與談人發言-5



西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程  
委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作  
「營運階段之碳足跡盤查邊界與範疇界定」  
「我國橋梁、道路碳足跡產品類別規則修訂建議」





年度座談會簽到單

會議時間：民國 105 年 12 月 09 日(星期五) 上午 10 時 00 分

會議地點：公路總局西濱南工處 第一會議室

主 持 人：公路總局西濱南工處 賴處長明煌

出(列)席單位及人員：

機 關 或 單 位 名 稱 及 姓 名
交通部公路總局 夏副局長明勝 
高雄市政府 李技監穆生 
臺北科技大學環境工程與管理研究所 胡教授憲倫 
成功大學土木工程學系 陳教授建旭 

機關或單位名稱及姓名
逢甲大學土木工程系 卜教授君平 <p style="text-align: center;">卜君平</p>
香港商英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司 鄭副協理仲凱 <p style="text-align: center;">鄭仲凱</p>
交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處 <p style="text-align: center;">羅國華 高得成 之 惠云</p>
交通部公路總局第五區工程處 <p style="text-align: center;">楊佐君      陳坤璋</p>
交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第二工務段 <p style="text-align: center;">陳崧仁      張桂鳳</p>
交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處第三工務段 <p style="text-align: center;">黃文權      許明</p>

司 2

司 1

司 1

機 關 或 單 位 名 稱 及 姓 名

春原營造股份有限公司

蔡淑珍 何子寧

泛亞工程建設股份有限公司

陳幸綺

中興工程顧問股份有限公司

周武雄

許淑菁 林秀亭

王寧沂

台灣世曦工程顧問股份有限公司

馮允中

溫昱睿

馮景圖

新工組 何宏霖

李一軒 謝承遠

## 附錄 III 授證典禮辦理實錄

---

# 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程

## 委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作

### WH77-A 標碳足跡查證聲明書授證典禮實錄

交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處(以下稱西濱南工處)於民國 101 年 10 月起即推動西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證工作(以下稱本計畫)。本計畫啟動後，先後推動我國工程類碳足跡產品類別規則之訂定(103 年 5 月)、與總局其他碳管理計畫聯合辦理階段性成果聯合座談會(103 年 5 月)、參加國際論壇推廣我國工程碳盤查成果(102 年 11 月、103 年 11 月)，除著重於施工期間工程材料、燃料、水、電等用量確認外，更進一步進行本土工程物料之上游供應商盤查，以利統計工程整體自原物料生產、運輸、至工區施作，乃至廢棄、處置的碳排放量；此外亦逐漸產出橋梁及高架道路之施工機具、工程材料、工程構件之排碳參數，供後續工程於規畫設計階段即可參考引用，以達成國家節能減碳，永續發展的目標。

八棟寮至九塊厝路段中之「WH77-A 標鹽埕交流道新建工程」已於民國 104 年 6 月完工通車，本計畫於 104 年 9 月提送盤查報告書與盤查清冊供查驗公司審查，現已完成碳足跡查證作業，係為國內公共工程完成碳足跡盤查及查證之首例，本計畫邀集相關單位辦理本計畫 WH77-A 標碳足跡查證聲明授證典禮。說明本次授證典禮規劃內容如下：

一、會議時間：105 年 2 月 18 日，下午 14:30~15:30

二、主持人：公路總局 夏副局長明勝

三、會議地點：交通部公路總局西濱南工處

(嘉義縣朴子市朴子七路 29 號 5 樓)

#### 四、與會單位

1. 公路總局
2. 公路總局西濱南工處
3. 公路總局西濱南工處第二工務段
4. 春原營造股份有限公司
5. 中興工程顧問股份有限公司
6. 香港商英國標準協會太平洋有限公司台灣分公司(BSI)

#### 五、會議議程

時間	內容	單位
14:30 ~ 14:45	報到	
14:45 ~ 14:50	與會來賓介紹	主持人- 夏副局長
14:50 ~ 14:54	公路總局致詞	夏副局長
14:54 ~ 14:58	主辦機關-公路總局西濱南工處致詞	賴處長
14:58 ~ 15:02	盤查執行單位致詞	春原代表
15:02 ~ 15:06	輔導單位致詞	中興公司代表
15:06 ~ 15:10	查證單位 BSI 致詞	BSI 代表
15:10 ~ 15:20	輔導單位簡報： WH77-A 標盤查執行成果	中興公司代表
15:20 ~ 15:25	頒授： ISO/TS 14067 碳足跡查證聲明書 PAS2050 碳足跡查證聲明書	西濱南工處 BSI
15:25 ~ 15:30	頒授水晶獎座	西濱南工處 春原
15:30 ~ 15:40	合影留念	全體與會人員
15:40~	禮成	

六、照片集錦



➤ 公路總局夏明勝副局長致詞



➤ 西濱南工處賴明煌處長致詞



➤ BSI 蒲樹盛總經理致詞



➤ 春原郭力維經理致詞



➤ 中興江東法副總致詞



➤ 中興周武雄主任簡報



➤ 典禮實況



➤ 頒授碳足跡查證聲明書

七、簽到單

西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 鹽埕交流道新建工程  
碳足跡查證聲明書授證典禮簽到單

一、開會時間：105年2月18日（星期四）下午2時30分

二、開會地點：本處第一會議室

三、主持人：

夏明勝

四、出列單位及人員

單位	姓名	職稱
交通部公路總局	黃三哲	組長
	何宏毅	工程師
東西向高南工程處	賴明輝	
		工程師
西濱北工程處	未派員	
蘇花改工程處	未派員	
環保署	未派員	
運研所	未派員	



西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 鹽埕交流道新建工程

碳足跡查證聲明書授證典禮簽到單

單位	姓名	職稱
西濱南工程處	賴明煌	
	溫振發	
	於文祥	
	林俊峰	
	謝文得	
	高得成	
	魏夢屏	
	徐盟發	
	王顯玉	
		陳素華
	葉培培	
西濱南工處	陳崇仁	
第二工務段	張木吉	
西濱南工處	黃文權	
第三工務段		

西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 鹽埕交流道新建工程

碳足跡查證聲明書授證典禮簽到單

單位	姓名	職稱
英國標準協會(BSI)	蒲樹登	總經理
	蔡嘉煥	經理
	莊佳堯	副理
春原營造股份有限公司	鄭力維	經理
	王榮宗	課長
台灣世曦工程顧問股份有限公司	湯介中	計畫經理
中興工程顧問股份有限公司	江車法	副總
	周功雄	
	許佩禧	
	柯秀亭	
	王寧沂	
	鄭雅洁	
	蘇正儀	

# 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程

## 委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證服務工作

### 工程碳足跡查證聲明書授證典禮實錄

交通部公路總局西部濱海公路南區臨時工程處(以下稱西濱南工處)於民國101年10月起即啟動西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程委託工程碳管理暨碳足跡盤查輔導及查證工作(以下稱本計畫)。本計畫啟動後，先後推動我國工程類碳足跡產品類別規則之訂定及改版(103年5月及106年5月)、與總局其他碳管理計畫聯合辦理階段性成果聯合座談會(103年5月)、邀請專家學者共同研討道路工程營運管理階段範疇界定(105年12月)、參加國際與國內論壇推廣我國工程碳盤查成果(102年11月、103年11月及106年10月)，除著重於施工期間工程材料、燃料、水、電等用量確認外，更進一步進行本土工程材料之上游供應商盤查，協助供應商取得產品碳足跡查證聲明書，並率先提供碳足跡給環保署係數平台，展現本計畫之執行成果及成效；此外本計畫亦產出橋梁及高架道路之施工機具、工程材料、工程構件之排碳參數，供後續工程於規劃設計階段即可參考引用，以達成國家節能減碳，永續發展的目標。

八棟寮至九塊厝路段各標工程於106年9月全數完工，並於106年11月全線通車，本計畫已完成本工程各標碳足跡盤查與查證作業，並取得WH77-A、B、C標3張碳足跡查證聲明書；本計畫為展現本工程碳足跡結果之完整性，更進一步提供全工程不分標別之盤查報告書供查驗機構查證，完成碳足跡查證作業並取得1張全工程之查證聲明書。本工程不僅取得國內公共工程之道路工程碳足跡盤查及查證之首例(WH77-A標)，亦為國內公共工程首次取得全工程碳足跡查證聲明書之道路新建工程，本計畫邀集相關單位參與本工程碳足跡查證聲明授證典禮。本次授證典禮內容說明如下：

一、會議時間：107年5月29日(星期二)，下午14:00~15:30

二、主持人：公路總局西濱南工處 江處長金璋

三、會議地點：交通部公路總局西濱南工處

(嘉義縣朴子市朴子七路29號5樓第一會議室)

四、會議議程

時間	內容	單位及人員
14:00 ~ 14:20	報到	
14:20 ~ 14:25	與會來賓介紹	江金璋處長
14:25 ~ 14:30	主辦機關-公路總局西濱南工處致詞	江金璋處長
14:30 ~ 14:33	WH77-B 標盤查執行單位致詞	春原代表 黎文超主任
14:33 ~ 14:36	WH77-C 標盤查執行單位致詞	泛亞代表 俞德忠副理
14:36 ~ 14:40	輔導單位致詞	中興代表 羅薪又協理
14:40 ~ 14:43	查證機構 BSI 致詞	BSI 代表 簡慧伶協理
14:43 ~ 15:00	輔導單位簡報： 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程 碳足跡盤查執行成果	中興代表 許珮蒨技師
15:00 ~ 15:05	頒授 WH77-B 標工程碳足跡查證聲明書： ISO/TS 14067 碳足跡查證聲明書 PAS2050 碳足跡查證聲明書	西濱南工處 陳譽仁段長 BSI 簡慧伶協理
15:05 ~ 15:10	頒授本工程碳足跡查證聲明書及水晶獎座： ISO/TS 14067 碳足跡查證聲明書 PAS2050 碳足跡查證聲明書	西濱南工處 江金璋處長 BSI 簡慧伶協理
15:10 ~ 15:15	頒授水晶獎座	西濱南工處 江金璋處長 春原 黎文超主任
15:15 ~ 15:20	頒授水晶獎座	西濱南工處 江金璋處長 泛亞俞德忠副理
15:20 ~ 15:30	合影留念	全體與會人員
15:30~	禮成	

## 五、照片集錦



➤ 典禮現場



➤ 投影背景



➤ 來賓報到情形



➤ 與會來賓介紹-江金璋處長



➤ 主席致詞-江金璋處長



➤ 春原公司代表致詞-黎文超主任



➤ 泛亞公司代表致詞-俞德忠副理



➤ 輔導單位代表-中興公司羅薪又協理



➤ 查驗機構代表-BSI 簡慧伶協理



➤ 輔導單位代表-中興公司許珮蒨技師



➤ 頒授 WH77-B 標工程碳足跡查證聲明書-ISO/TS 14067



➤ 頒授 WH77-B 標工程碳足跡查證聲明書-PAS 2050



➤ 頒授全工程碳足跡查證聲明書-ISO/TS 14067



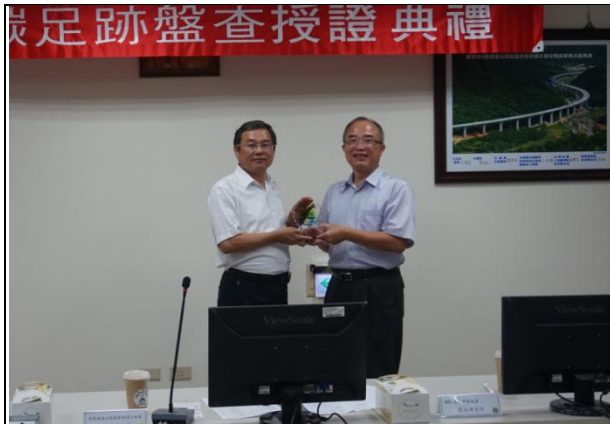
➤ 頒授全工程碳足跡查證聲明書-PAS 2050



➤ 頒授水晶獎座(BSI 贈予西濱南工處)



➤ 頒授水晶獎座(西濱南工處贈予春原公司)



➤ 頒授水晶獎座(西濱南工處贈予泛亞公司)



➤ 大合照



➤ 大合照

## 六、簽到單

### 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程

#### 碳足跡查證聲明書授證典禮簽到單

一、開會時間：107年5月29日(星期二)下午2時0分

二、開會地點：本處第一會議室

三、主持人： 江金璋

四、出列單位及人員

單位	姓名	職稱
交通部公路總局	蔣源麒	科長
環保署	張午明	專員
運研所		
蘇花改工程處		



西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程

碳足跡查證聲明書授證典禮簽到單

單位	姓名	職稱
西濱南工處	陳保展	
	陳素華	科長
	宋克平	科員
	林智輝	
西濱南工處 第二工務段	陳崇仁	段長
	張樹剛	
西濱南工處 第三工務段	王啟楷	

西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程

碳足跡查證聲明書授證典禮簽到單

單位	姓名	職稱
英國標準協會(BSI)	簡君倫	協理
	詹亞瑩	協理
春原營造股份有限公司	黎文超	
泛亞工程建設股份有限公司	俞德志	副理
台灣世曦工程顧問股份有限公司	湯介中	計畫經理

西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程

破足跡查證聲明書授證典禮簽到單

單位	姓名	職稱
中興工程顧問股份有限 公司	羅新又	協理
	許珮禧	
	王寧沂	
	蔡系益	
	陳志昇	

## 附錄 IV ISO/TS 14067 與 PAS 2050 查證聲明書

---

# Opinion Statement

## Product Carbon Footprint Verification Opinion Statement

This is to verify that: West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan

交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

Holds Statement No: PCFV 157

As a result of carrying out the verification of infrastructure cycle greenhouse gas emissions, it is the opinion of BSI with reasonable assurance that:

- The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- A (297K+300~298K+613) Yan Cheng Interchange Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程) is 71,453.53 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- No material misstatements in this infrastructure life cycle greenhouse gas emission assertion were revealed.

The product life cycle GHG data quality was verified to be acceptable against the requirements of ISO/TS 14067:2013.

This statement shall be valid for a maximum period of two years after the latest issue date on this certificate. Should there be a change in the life cycle of the product whose GHG emissions are being assessed, the validity of this opinion statement will cease.



For and on behalf of BSI:

Managing Director BSI Taiwan, Peter Pu

Originally Registration Date: 01/02/2016

Effective Date: 01/02/2016

Latest Revision Date: 01/02/2016

Expiry Date: 31/01/2018



Page: 1 of 2

...making excellence a habit.™

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract. An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.  
BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: PCFV 157

Location

Verification Information

West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan  
交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- A (297K+300~298K+613) Yan Cheng Interchange Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程) is 71,453.53 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

#### Additional information

The related information is as follows:

- **System boundary for this product : Cradle to Grave**  
The infrastructure system boundary is consistent with its system boundary definition in PCF report for infrastructure carbon footprint, which involves the acquisition of raw material, construction activities, transportation, use, disposal and treatment in the infrastructure life cycle.
- **The data in this infrastructure life cycle greenhouse gas inventory report was from 31 January, 2012 to 10 May, 2015.**
- **The primary activity data include related construction activities from its own processes under the operational control of the organization, and partial supplier including -HAI KWANG ENTERPRISE CORPORATION (海光企業股份有限公司)**
- **The secondary data include relative factors from public sources and LCA software Gabi 6.5.1.12.**
- **The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width from 11.4~23.56 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- A (297K+300~298K+613) Yan Cheng Interchange Project Mainline (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程主線) is 23,582.48 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.**
- **The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width of 7.5 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- A (297K+300~298K+613) Yan Cheng Interchange Project Ramp (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77- A 標鹽埕交流道新建工程匝道) is 14,002.18 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.**

Originally Registration Date: 01/02/2016

Effective Date: 01/02/2016

Latest Revision Date: 01/02/2016

Expiry Date: 31/01/2018

Page: 2 of 2

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

# Opinion Statement

## Product Carbon Footprint Verification Opinion Statement

This is to verify that: West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan

交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

Holds Statement No: PCFV 156

As a result of carrying out the verification of infrastructure cycle greenhouse gas emissions, it is the opinion of BSI with reasonable assurance that:

- The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- A (297K+300~298K+613) Yan Cheng Interchange Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程) is 71,453.53 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- No material misstatements in this infrastructure life cycle greenhouse gas emission assertion were revealed.

The product life cycle GHG data quality was verified to be acceptable against the requirements of PAS 2050:2011.

This statement shall be valid for a maximum period of two years after the latest issue date on this certificate. Should there be a change in the life cycle of the product whose GHG emissions are being assessed, the validity of this opinion statement will cease.



For and on behalf of BSI:

Managing Director BSI Taiwan, Peter Pu

Originally Registration Date: 01/02/2016

Effective Date: 01/02/2016

Latest Revision Date: 01/02/2016

Expiry Date: 31/01/2018



Page: 1 of 2

...making excellence a habit.™

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: PCFV 156

Location

Verification Information

West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan  
交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- A (297K+300~298K+613) Yan Cheng Interchange Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝WH77-A標鹽埕交流道新建工程) is 71,453.53 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Additional information

The related information is as follows:

- System boundary for this product : Cradle to Grave  
The infrastructure system boundary is consistent with its system boundary definition in PCF report for infrastructure carbon footprint, which involves the acquisition of raw material, construction activities, transportation, use, disposal and treatment in the infrastructure life cycle.
- The data in this infrastructure life cycle greenhouse gas inventory report was from 31 January, 2012 to 10 May, 2015.
- The primary activity data include related construction activities from its own processes under the operational control of the organization, and partial supplier including -HAI KWANG ENTERPRISE CORPORATION (海光企業股份有限公司)
- The secondary data include relative factors from public sources and LCA software Gabi 6.5.1.12.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width from 11.4~23.56 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- A (297K+300~298K+613) Yan Cheng Interchange Project Mainline (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程主線) is 23,582.48 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width of 7.5 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- A (297K+300~298K+613) Yan Cheng Interchange Project Ramp (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程匝道) is 14,002.18 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Originally Registration Date: 01/02/2016

Effective Date: 01/02/2016

Latest Revision Date: 01/02/2016

Expiry Date: 31/01/2018

Page: 2 of 2

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.



# Opinion Statement

## Product Carbon Footprint Verification Opinion Statement

This is to verify that: West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan

交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

Holds Statement No: PCFV 212

As a result of carrying out the verification of infrastructure cycle greenhouse gas emissions, it is the opinion of BSI with reasonable assurance that:

- The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- B (298K+613~302K+225) Cigu River Section Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-B 標七股溪橋段新建工程) is 155,600.78 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- No material misstatements in this infrastructure life cycle greenhouse gas emission assertion were revealed.

The product life cycle GHG data quality was verified to be acceptable against the requirements of ISO/TS 14067:2013.

This statement shall be valid for a maximum period of two years after the latest issue date on this certificate. Should there be a change in the life cycle of the product whose GHG emissions are being assessed, the validity of this opinion statement will cease.



Managing Director BSI Taiwan, Peter Pu

For and on behalf of BSI:

Originally Registration Date: 2018-05-21

Effective Date: 2018-05-21

Latest Revision Date: 2018-05-21

Expiry Date: 2020-05-20



Page: 1 of 2

...making excellence a habit.™

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above name client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: PCFV 212

Location

Verification Information

West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan  
交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- B (298K+613~302K+225) Cigu River Section Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-B 標七股溪橋段新建工程) is 155,600.78 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Additional information

The related information is as follows:

- System boundary for this infrastructure : Cradle to Grave  
The infrastructure system boundary is consistent with its system boundary definition in PCF report for infrastructure carbon footprint, which involves the acquisition of raw material, construction activities, transportation, use, disposal and treatment in the infrastructure life cycle.
- The data in this infrastructure life cycle greenhouse gas inventory report was from 2013-06-20 to 2017-09-15.
- The primary activity data include related construction activities from its own processes under the operational control of the organization, and partial supplier including  
-Taiwan Cement Corporation (台灣水泥股份有限公司)  
-HUNG JUNG INDUSTRY COM. LTD (宏業實業股份有限公司)  
-Honglin Industrial Co., Ltd (鴻林興業股份有限公司)  
-HAI KWANG ENTERPRISE CORPORATION (海光企業股份有限公司)
- The secondary data include relative factors from public sources and LCA software Gabi 6.5.1.12.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width from 11.4~26.3 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- B (298K+613~302K+225) Cigu River Section Project onshore mainline (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-B 標七股溪橋段新建工程陸上段主線) is 41,610.00 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width of 19.9 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- B (298K+613~302K+225) Cigu River Section Project mainline across the river (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-B 標七股溪橋段新建工程跨河段主線) is 74,841.47 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Originally Registration Date: 2018-05-21

Effective Date: 2018-05-21

Latest Revision Date: 2018-05-21

Expiry Date: 2020-05-20

Page: 2 of 2

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.  
An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.  
BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

# Opinion Statement

## Product Carbon Footprint Verification Opinion Statement

This is to verify that: West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan

交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

Holds Statement No: PCFV 210

As a result of carrying out the verification of infrastructure cycle greenhouse gas emissions, it is the opinion of BSI with reasonable assurance that:

- The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- B (298K+613~302K+225) Cigu River Section Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-B 標七股溪橋段新建工程) is 155,600.78 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- No material misstatements in this infrastructure life cycle greenhouse gas emission assertion were revealed.

The product life cycle GHG data quality was verified to be acceptable against the requirements of PAS 2050:2011.

This statement shall be valid for a maximum period of two years after the latest issue date on this certificate. Should there be a change in the life cycle of the product whose GHG emissions are being assessed, the validity of this opinion statement will cease.



Managing Director BSI Taiwan, Peter Pu

For and on behalf of BSI:

Originally Registration Date: 2018-05-21

Effective Date: 2018-05-21

Latest Revision Date: 2018-05-21

Expiry Date: 2020-05-20



Page: 1 of 2

...making excellence a habit.™

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above name client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: PCFV 210

Location

Verification Information

West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan  
交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- B (298K+613~302K+225) Cigu River Section Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-B 標七股溪橋段新建工程) is 155,600.78 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Additional information

The related information is as follows:

- System boundary for this infrastructure : Cradle to Grave  
The infrastructure system boundary is consistent with its system boundary definition in PCF report for infrastructure carbon footprint, which involves the acquisition of raw material, construction activities, transportation, use, disposal and treatment in the infrastructure life cycle.
- The data in this infrastructure life cycle greenhouse gas inventory report was from 2013-06-20 to 2017-09-15.
- The primary activity data include related construction activities from its own processes under the operational control of the organization, and partial supplier including  
-Taiwan Cement Corporation (台灣水泥股份有限公司)  
-HUNG JUNG INDUSTRY COM. LTD (宏榮實業股份有限公司)  
-Honglin Industrial Co., Ltd (鴻林興業股份有限公司)  
-HAI KWANG ENTERPRISE CORPORATION (海光企業股份有限公司)
- The secondary data include relative factors from public sources and LCA software Gabi 6.5.1.12.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width from 11.4~26.3 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- B (298K+613~302K+225) Cigu River Section Project onshore mainline (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-B 標七股溪橋段新建工程陸上段主線) is 41,610.00 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width of 19.9 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- B (298K+613~302K+225) Cigu River Section Project mainline across the river (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-B 標七股溪橋段新建工程跨河段主線) is 74,841.47 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Originally Registration Date: 2018-05-21

Effective Date: 2018-05-21

Latest Revision Date: 2018-05-21

Expiry Date: 2020-05-20

Page: 2 of 2

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above name client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

# Opinion Statement

## Product Carbon Footprint Verification Opinion Statement

This is to verify that: West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan

交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

Holds Statement No: PCFV 204

As a result of carrying out the verification of infrastructure cycle greenhouse gas emissions, it is the opinion of BSI with reasonable assurance that:

- The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- C (302K+225~305K+750) Jiu Kuai Chuo Interchange Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程) is 116,844.12 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- No material misstatements in this infrastructure life cycle greenhouse gas emission assertion were revealed.

The product life cycle GHG data quality was verified to be acceptable against the requirements of ISO/TS 14067:2013.

This statement shall be valid for a maximum period of two years after the latest issue date on this certificate. Should there be a change in the life cycle of the product whose GHG emissions are being assessed, the validity of this opinion statement will cease.



For and on behalf of BSI:

Managing Director BSI Taiwan, Peter Pu

Originally Registration Date: 2017-10-31

Effective Date: 2017-10-31

Latest Revision Date: 2017-10-31

Expiry Date: 2019-10-30



Page: 1 of 2

...making excellence a habit.™

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: PCFV 204

Location

Verification Information

West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan  
交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- C (302K+225~305K+750) Jiu Kuai Chuo Interchange Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程) is 116,844.12 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Additional information

The related information is as follows:

- System boundary for this product : Cradle to Grave  
The infrastructure system boundary is consistent with its system boundary definition in PCF report for infrastructure carbon footprint, which involves the acquisition of raw material, construction activities, transportation, use, disposal and treatment in the infrastructure life cycle.
- The data in this infrastructure life cycle greenhouse gas inventory report was from 2013-09-12 to 2017-03-10.
- The primary activity data include related construction activities from its own processes under the operational control of the organization, and partial supplier including  
-Taiwan Cement Corporation (台灣水泥股份有限公司)  
-HUNG JUNG INDUSTRY COM. LTD (宏業實業股份有限公司)  
-Kuncing Asphalt Industry Co. Ltd (坤慶瀝青工業股份有限公司)  
-TUNG HO STEEL ENTERPRISE CORP. (東和鋼鐵企業股份有限公司)
- The secondary data include relative factors from public sources and LCA software Gabi 6.5.1.12.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width from 11.4~44.5 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- C (302K+225~305K+750) Jiu Kuai Chuo Interchange Project Mainline (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77- C 標九塊厝交流道新建工程主線) is 36,571.99 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width of 7.5 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- C (302K+225~305K+750) Jiu Kuai Chuo Interchange Project Ramp (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程匝道) is 15,296.11 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Originally Registration Date: 2017-10-31

Effective Date: 2017-10-31

Latest Revision Date: 2017-10-31

Expiry Date: 2019-10-30

Page: 2 of 2

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.  
An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.  
BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

# Opinion Statement

## Product Carbon Footprint Verification Opinion Statement

This is to verify that: West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan

交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

Holds Statement No: PCFV 205

As a result of carrying out the verification of infrastructure cycle greenhouse gas emissions, it is the opinion of BSI with reasonable assurance that:

- The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- C (302K+225~305K+750) Jiu Kuai Chuo Interchange Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程) is 116,844.12 tones of CO<sub>2</sub> equivalent.
- No material misstatements in this infrastructure life cycle greenhouse gas emission assertion were revealed.

The product life cycle GHG data quality was verified to be acceptable against the requirements of PAS 2050:2011.

This statement shall be valid for a maximum period of two years after the latest issue date on this certificate. Should there be a change in the life cycle of the product whose GHG emissions are being assessed, the validity of this opinion statement will cease.



Managing Director BSI Taiwan, Peter Pu

For and on behalf of BSI:

Originally Registration Date: 2017-10-31

Effective Date: 2017-10-31

Latest Revision Date: 2017-10-31

Expiry Date: 2019-10-30



Page: 1 of 2

...making excellence a habit.™

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above name client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: PCFV 205

Location

Verification Information

West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan  
交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- C (302K+225~305K+750) Jiu Kuai Chuo Interchange Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程) is 116,844.12 tones of CO<sub>2</sub> equivalent.

#### Additional information

The related information is as follows:

- System boundary for this product : Cradle to Grave  
The infrastructure system boundary is consistent with its system boundary definition in PCF report for infrastructure carbon footprint, which involves the acquisition of raw material, construction activities, transportation, use, disposal and treatment in the infrastructure life cycle.
- The data in this infrastructure life cycle greenhouse gas inventory report was from 2013-09-12 to 2017-03-10.
- The primary activity data include related construction activities from its own processes under the operational control of the organization, and partial supplier including  
-Taiwan Cement Corporation (台灣水泥股份有限公司)  
-HUNG JUNG INDUSTRY COM. LTD (宏榮實業股份有限公司)  
-Kuncing Asphalt Industry Co. Ltd (坤慶瀝青工業股份有限公司)  
-TUNG HO STEEL ENTERPRISE CORP. (東和鋼鐵企業股份有限公司)
- The secondary data include relative factors from public sources and LCA software Gabi 6.5.1.12.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width from 11.4~44.5 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- C (302K+225~305K+750) Jiu Kuai Chuo Interchange Project Mainline (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77- C 標九塊厝交流道新建工程主線) is 36,571.99 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width of 7.5 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- C (302K+225~305K+750) Jiu Kuai Chuo Interchange Project Ramp (西濱快速公路八棟寮至九塊厝 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程匝道) is 15,296.11 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Originally Registration Date: 2017-10-31

Effective Date: 2017-10-31

Latest Revision Date: 2017-10-31

Expiry Date: 2019-10-30

Page: 2 of 2

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.  
An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.  
BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.



# Opinion Statement

## Product Carbon Footprint Verification Opinion Statement

This is to verify that: West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan

交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

Holds Statement No: PCFV 213

As a result of carrying out the verification of infrastructure cycle greenhouse gas emissions, it is the opinion of BSI with reasonable assurance that:

- The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程) is 351,365.46 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- No material misstatements in this infrastructure life cycle greenhouse gas emission assertion were revealed.

The product life cycle GHG data quality was verified to be acceptable against the requirements of ISO/TS 14067:2013.

This statement shall be valid for a maximum period of two years after the latest issue date on this certificate. Should there be a change in the life cycle of the product whose GHG emissions are being assessed, the validity of this opinion statement will cease.

Managing Director BSI Taiwan, Peter Pu

For and on behalf of BSI:

Originally Registration Date: 2018-05-21

Effective Date: 2018-05-21

Latest Revision Date: 2018-05-21

Expiry Date: 2020-05-20



Page: 1 of 3

...making excellence a habit.™

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above name client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: PCFV 213

Location

Verification Information

West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan  
交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程) is 351,365.46 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Project Name 標案名稱	排放量 Ton CO <sub>2</sub> -e
Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- A (297K+300~298K+613) Yan Cheng Interchange Project 西濱快速公路八棟寮至九塊厝WH77-A標鹽埕交流道新建工程	78,920.56
Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- B (298K+613~302K+225) Cigu River Section Project 西濱快速公路八棟寮至九塊厝WH77-B標七股溪橋段新建工程	155,600.78
Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- C (302K+225~305K+750) Jiu Kuai Chuo Interchange Project 西濱快速公路八棟寮至九塊厝WH77-C標九塊厝交流道新建工程	116,844.12

Originally Registration Date: 2018-05-21

Effective Date: 2018-05-21

Latest Revision Date: 2018-05-21

Expiry Date: 2020-05-20

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.  
BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: PCFV 213

Location	Verification Information
West Coast Expressway Southern Region Temporary Engineering Office, Directorate General of Highways, Ministry of Transportation and Communications No. 29, Puzi 7th Rd. Puzi City Chiayi County Taiwan 交通部公路總局 西部濱海公路南區臨時工程處 臺灣 嘉義縣 朴子市 朴子七路 29 號	The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程) is 351,365.46 tonnes of CO <sub>2</sub> equivalent.

#### Additional information

The related information is as follows:

- System boundary for this infrastructure : Cradle to Grave  
The infrastructure system boundary is consistent with its system boundary definition in PCF report for infrastructure carbon footprint, which involves the acquisition of raw material, construction activities, transportation, use, disposal and treatment in the infrastructure life cycle.
- The data in this infrastructure life cycle greenhouse gas inventory report was from 2012-01-31 to 2017-09-15.
- The primary activity data include related construction activities from its own processes under the operational control of the organization, and partial supplier including
  - Taiwan Cement Corporation (台灣水泥股份有限公司)
  - HUNG JUNG INDUSTRY COM. LTD (宏榮實業股份有限公司)
  - Kuncing Asphalt Industry Co. Ltd (坤慶瀝青工業股份有限公司)
  - Honglin Industrial Co., Ltd (鴻林興業股份有限公司)
  - HAI KWANG ENTERPRISE CORPORATION (海光企業股份有限公司)
  - TUNG HO STEEL ENTERPRISE CORP. (東和鋼鐵企業股份有限公司)
- The secondary data include relative factors from public sources and LCA software Gabi 6.5.1.12.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width from 11.4~26.3 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project onshore mainline (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程陸上段主線) is 35,388.17 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width of 19.9 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project mainline across the river (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程跨河段主線) is 74,841.47 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width of 7.5 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project Ramp (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程匝道) is 15,753.53 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Originally Registration Date: 2018-05-21

Effective Date: 2018-05-21

Latest Revision Date: 2018-05-21

Expiry Date: 2020-05-20

Page: 3 of 3

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above name client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.  
An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.  
BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

# Opinion Statement

## Product Carbon Footprint Verification Opinion Statement

This is to verify that: West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan

交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

Holds Statement No: PCFV 211

As a result of carrying out the verification of infrastructure cycle greenhouse gas emissions, it is the opinion of BSI with reasonable assurance that:

- The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程) is 351,365.46 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- No material misstatements in this infrastructure life cycle greenhouse gas emission assertion were revealed.

The product life cycle GHG data quality was verified to be acceptable against the requirements of PAS 2050:2011.

This statement shall be valid for a maximum period of two years after the latest issue date on this certificate. Should there be a change in the life cycle of the product whose GHG emissions are being assessed, the validity of this opinion statement will cease.



Managing Director BSI Taiwan, Peter Pu

For and on behalf of BSI:

Originally Registration Date: 2018-05-21

Effective Date: 2018-05-21

Latest Revision Date: 2018-05-21

Expiry Date: 2020-05-20



Page: 1 of 3

...making excellence a habit.™

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above name client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: PCFV 211

Location

Verification Information

West Coast Expressway  
Southern Region Temporary Engineering Office,  
Directorate General of Highways,  
Ministry of Transportation and Communications  
No. 29, Puzi 7th Rd.  
Puzi City  
Chiayi County  
Taiwan  
交通部公路總局  
西部濱海公路南區臨時工程處  
臺灣  
嘉義縣  
朴子市  
朴子七路 29 號

The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程) is 351,365.46 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Project Name 標案名稱	排放量 Ton CO <sub>2</sub> e
Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- A (297K+300~298K+613) Yan Cheng Interchange Project 西濱快速公路八棟寮至九塊厝WH77-A標鹽埕交流道新建工程	78,920.56
Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- B (298K+613~302K+225) Cigu River Section Project 西濱快速公路八棟寮至九塊厝WH77-B標七股溪橋段新建工程	155,600.78
Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section WH77- C (302K+225~305K+750) Jiu Kuai Chuo Interchange Project 西濱快速公路八棟寮至九塊厝WH77-C標九塊厝交流道新建工程	116,844.12

Originally Registration Date: 2018-05-21

Effective Date: 2018-05-21

Latest Revision Date: 2018-05-21

Expiry Date: 2020-05-20

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above named client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

Statement No: PCFV 211

Location	Verification Information
West Coast Expressway Southern Region Temporary Engineering Office, Directorate General of Highways, Ministry of Transportation and Communications No. 29, Puzi 7th Rd. Puzi City Chiayi County Taiwan 交通部公路總局 西部濱海公路南區臨時工程處 臺灣 嘉義縣 朴子市 朴子七路 29 號	The infrastructure carbon footprint with the declaration unit of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程) is 351,365.46 tonnes of CO <sub>2</sub> equivalent.

#### Additional information

The related information is as follows:

- System boundary for this infrastructure : Cradle to Grave  
The infrastructure system boundary is consistent with its system boundary definition in PCF report for infrastructure carbon footprint, which involves the acquisition of raw material, construction activities, transportation, use, disposal and treatment in the infrastructure life cycle.
- The data in this infrastructure life cycle greenhouse gas inventory report was from 2012-01-31 to 2017-09-15.
- The primary activity data include related construction activities from its own processes under the operational control of the organization, and partial supplier including
  - Taiwan Cement Corporation (台灣水泥股份有限公司)
  - HUNG JUNG INDUSTRY COM. LTD (宏業實業股份有限公司)
  - Kuncing Asphalt Industry Co. Ltd (坤慶瀝青工業股份有限公司)
  - Honglin Industrial Co., Ltd (鴻林興業股份有限公司)
  - HAI KWANG ENTERPRISE CORPORATION (海光企業股份有限公司)
  - TUNG HO STEEL ENTERPRISE CORP. (東和鋼鐵企業股份有限公司)
- The secondary data include relative factors from public sources and LCA software Gabi 6.5.1.12.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width from 11.4~26.3 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project onshore mainline (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程陸上段主線) is 35,388.17 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width of 19.9 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project mainline across the river (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程跨河段主線) is 74,841.47 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.
- The infrastructure carbon footprint with the functional unit of per kilometer (in width of 7.5 meters) of Taiwan West Coast Expressway Ba Dong Liao to Jiu Kuai Chuo Section (297K+300~305K+750) Project Ramp (西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程匝道) is 15,753.53 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent.

Originally Registration Date: 2018-05-21

Effective Date: 2018-05-21

Latest Revision Date: 2018-05-21

Expiry Date: 2020-05-20

Page: 3 of 3

The British Standards Institution is independent to the above named client and has no financial interest in the above named client. This Opinion Statement has been prepared for the above named client only for the purposes of verifying its statements relating to its carbon emissions more particularly described in the scope. It was not prepared for any other purpose. The British Standards Institution will not, in providing this Opinion Statement, accept or assume responsibility (legal or otherwise) or accept liability for or in connection with any other purpose for which it may be used or to any person by whom the Opinion Statement may be read. This Opinion Statement is prepared on the basis of review by The British Standards Institution of information presented to it by the above named client. The review does not extend beyond such information and is solely based on it. In performing such review, The British Standards Institution has assumed that all such information is complete and accurate. Any queries that may arise by virtue of this Opinion Statement or matters relating to it should be addressed to the above name client only.

This certificate was issued electronically and remains the property of BSI and is bound by the conditions of contract.

An electronic certificate can be authenticated [online](#).

Printed copies can be validated at [www.bsi-global.com/ClientDirectory](http://www.bsi-global.com/ClientDirectory) or telephone +886(02)2656-0333.

Taiwan Headquarters: 5th Floor, No. 39, Ji-Hu Rd., Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan, R.O.C.

BSI Taiwan is a subsidiary of British Standards Institution.

## 附錄 V 計畫成果發表文章

---

臺灣西濱快速公路碳足跡盤查作業實務及展望  
夏明勝<sup>1</sup>、林彥宇<sup>2</sup>、周武雄<sup>2</sup>、許珮蓓<sup>2</sup>、曠永銓<sup>3</sup>

摘要

為能完整掌握溫室氣體排放狀況，國際間碳排放評估漸由過去針對組織營運範圍內的直接及間接能源使用之碳排放，轉而強調生命週期考量，納入其他間接碳排放的「碳管理」概念。而世界各國執行碳管理的應用對象除了過去一般組織或產品外，近年工程碳排放也越來越受到關注。

臺灣公路總局為能掌握工程施作對環境所造成之影響，故以工程碳管理之概念，推動「西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程」進行工程碳足跡盤查，期望由執行現場盤查蒐集高架道路工程碳排放量，並建立本土化排碳係數，以完備臺灣道路工程碳管理制度及碳排放參數資料。本文就工程碳足跡盤查、查證相關規範進行簡要介紹，並以西濱快速公路工程碳足跡盤查之作業內容與經驗，說明道路工程碳足跡盤查實務工作之成果與展望。

一、前言

全球暖化已成為目前全人類所面臨的環境挑戰之一，而掌握人為溫室氣體排放量更是面對此項挑戰所需踏出的第一步。人為溫室氣體排放可依照來源分為不同部門，其中營造建築部門，特別是公路/道路營建部門，由於具有高耗能、大量能資源及土地消耗、大量廢棄物產生、服務壽命長等特性，故此部門所造成的人為溫室氣體排放(碳排放)相當顯著[1,2]，近年來國際間對於工程碳排放議題的關注與發展也越發蓬勃[3,4,5,6]。

臺灣地區為推動永續公共工程節能減碳，各級政府機關陸續制定相關政策與原則[7,8]。交通部運輸研究所 2011 年所進行研究[9]表示，由於缺乏本土化參數資料，且設計與施工之間存在落差，建議進行現場實際盤查與查證，建立基本排碳資料，整合各工程類型與碳排放量之關係，以作為公共工程碳足跡評估之參考。

爰此，臺灣公路總局先後推動蘇花改工程 [10]及西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程之碳管理與碳足跡盤查計畫[11]，希望藉由實際盤查的成果，回饋到規劃設計階段之排碳量評估模式，並持續累積擴充本土化工程碳排放資訊，使臺灣地區之道路及其他公共工程碳管理制度及碳排放參數資料更為完備，進而有效制定減碳策略、達成減碳目標。

本文首先彙總國內外碳管理規範發展現況，以發展臺灣公路總局道路工程碳盤查作業之準則、規劃以及流程，並以西濱碳管理計畫(以下稱本計畫)為例，簡要說明碳排放評估之結果。

<sup>1</sup> 中華民國交通部公路總局副局長

<sup>2</sup> 中興工程顧問股份有限公司環境工程一部工程師

<sup>3</sup> 中興工程顧問股份有限公司環境工程一部技術經理



## 二、碳足跡盤查規範與準則

### 2-1 碳足跡盤查規範

PAS 2050 為最早定義碳足跡的評估規範，為英國國家標準或國際標準制訂前的暫行性標準，並於 2011 年 10 月份參考碳足跡國際標準草案(ISO 14067 (DIS)，推出更新之 PAS 2050(2011)[12]，作為國際標準草案通過前的碳足跡評估參考標準。其他碳足跡之評估方法與準則包括：日本於 2009 年公布依據產品碳足跡評估與標示之一般原則所訂之技術規範(TS Q0010)[13]；台灣環保署則於 2010 年公告產品與服務碳足跡計算指引[14]。

因各界對於條文內容遲遲未能達成共識，國際標準組織(ISO)直至 2013 年 5 月始以技術規範的型式公告 ISO/TS 14067：產品碳足跡量化與溝通標準原則、要求與指引[15]，此為目前國際最新的碳足跡評估依循之標準規範，惟其至 2016 年仍需複審，決定效期是否延長三年，或轉為國際標準、亦或作廢。

### 2-2 碳足跡盤查準則-產品類別規則(Product Category Rule, PCR)

碳足跡評估規範係說明所有產品提供原則性評估方法，而不同類型產品證明確、詳細之盤查方法，則應訂定產品類別規則作為盤查依據。產品類別規則係提供產品系統邊界，使產品碳足跡量化工具一致性之規則要求。依據 ISO/TS 14067 要求，碳足跡量化應採用既有之產品類別規則或碳足跡產品類別規則。

考量國內外碳足跡規範對於參考國際間共通產品類別規則的要求，及確保本計畫執行之程序、方法與成果能夠與國際接軌並滿足碳足跡規範要求，本計畫除持續追蹤與分析國際間道路工程相關 PCR 之研訂進展與結果[16,17,18]，亦應用相關文獻回顧結果及現階段執行經驗，完成臺灣道路、橋梁工程碳足跡產品類別規則之擬訂[19]，期能更有效地符合規範需求、取得最具公信力之碳足跡查證聲明。

## 三、臺灣西濱快速公路碳足跡盤查作業規劃

### 3-1 工程內容概述

西濱快速公路八道寮至九塊厝新建工程位於台灣西濱快速公路南區路段，全長約 8.45 公里，分為 WH77-A 標鹽埕交流道新建工程、WH77-B 標七股溪橋段新建工程以及 WH77-C 標九塊厝交流道新建工程三標，其中 WH77-A 標尚包含台 17 線與縣 173 線路口改善工程。主要工程內容包含主線高架道路(預力箱型梁)、上下交流道(加勁擋土牆型式)、及原有側車道鋪面工程。

### 3-2 盤查作業執行及流程

本計畫工程碳足跡盤查組織架構及運作機制規劃如圖 1 所示，由主管方(工程主管機關/業主)督導整體碳管理工作之執行，輔導/查證方包括協助工程承包商盤查輔導及進行碳足跡查證兩單位，工區方則為直接參與工程主體建造之工區監造單位及承包商(含其分包廠商，以下統稱承包商)。道路工程碳足跡盤查之盤查、輔導及查證程序分階段說明如後。

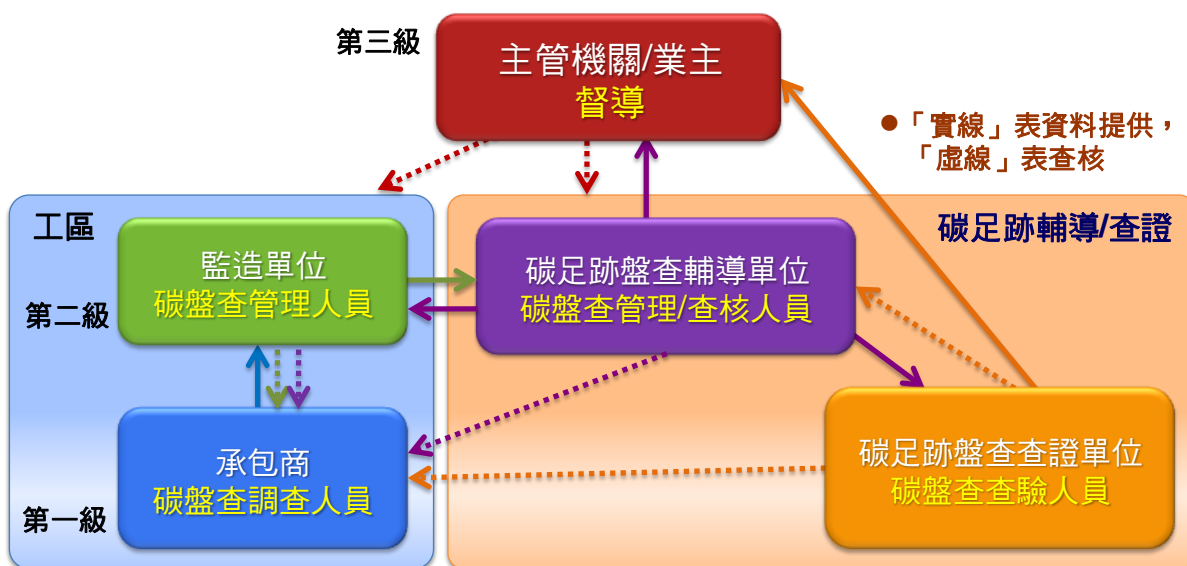
(一)準備作業：由輔導單位研擬盤查執行計畫書，並舉行教育訓練，開工前由承包商填報施工碳管理登錄清冊，監造單位進行初步核定及確認，輔導單位

根據基本資料開始進行排放係數之蒐集及率定，查證單位依據工程特性擬定查證計畫。

(二)工程執行期間(每年進行)

1. 每日：承包商蒐集施工過程中所有碳排放活動強度資料，並進行資料建檔及表單填寫。承包商完成資料填寫後，由監造單位初步評估內容之完整性與施工現況之一致性，並協助輔導單位查核、催繳承包商應提報資料。
2. 每月：輔導單位定期以書面核對及現場輔導方式蒐集及確認資料，提供資料蒐集諮詢服務，並釐清承包商及監造單位對於盤查資料填報之疑惑。
3. 每年：除工區內活動資料外，另蒐集非工區管理單位活動資料；輔導單位彙整相關資料為年度碳排放清冊，供查證單位進行預審。
4. 不定期：輔導單位與查證單位根據蒐集之原物料、能資源資料，進行對應之碳排放係數蒐集、率定，以進行排碳量計算。目前本計畫主要係數來源為生命週期評估軟體資料庫、國家公告碳足跡係數、以及國內外文獻。

(三)查證/發證：查證單位除針對盤查總結報告書進行書面審核外，亦進行工區的現場確認；若此過程中仍發現有缺失則要求相關資料必須在發證前完成改善，使完成查證作業，並核發查證證明書。



3-3 擴大盤查

由於本計畫不同工程標中某些工項使用同一機具供應商之吊車/吊卡車，而該機具供應商無法針對各工程標提供對應之能耗紀錄，故本計畫依據盤查標準中擴大盤查邊界方法，蒐集該公司所有燃料單據及出工紀錄，計算機具之單位油耗率，並依據機具於各標工程之工作時數進行各標排碳量之分配。表 1 即為 A 標吊車/吊卡車之擴大盤查初步成果，雖然較文獻值低，但此為累積近一年之實際盤查結果，應較符合本計畫實際情形，且可供其他工程評估之參考。

表 1 WH77-A 標 吊車/吊卡車擴大盤查油耗調查結果

類別	吊車			吊卡車					
	編號	1	2	文獻 <sup>20</sup>	3	4	5	6	文獻 <sup>20</sup>
平均油耗率(L/hr)	4.36	6.93	39.5	7.57	12.38	12.26	13.8	30.0	

### 3-4 供應商盤查

根據本計畫目前執行成果(見下節內容)，考量工程完整生命週期，工程材料的排碳量相當顯著，而目前本計畫所採用之材料碳足跡係數大多來自生命週期評估軟體資料庫，因此本計畫協商大宗材料之供應商進行其產品之臺灣本土碳足跡盤查作業，以提升本計畫盤查結果之數據品質。目前預拌混凝土廠已穩定配合執行盤查作業，蒐集資料包括預拌廠內機具/設備之能源消耗、預拌車之運輸能源消耗、原物料投入量等。另已初步與鋼筋供應商取得共識，目前正蒐集資料中，未來亦將視水泥、瀝青混凝土供應商配合意願進行盤查。

## 四、碳足跡盤查結果分析

### 4-1 碳足跡盤查計算結果

本節以累積進度最多且進行及完成之工程內容最豐富之 A 標，進行其 2013 年度盤查結果之分析說明。

A 標 2013 年所進行之工程項目包括：基樁、基礎及橋墩、上構箱梁、匝道護坡、加勁擋土牆、水刀拆除等，可將所使用機具與材料列於表 2(僅主要施工機具及工程材料)。另由於部份機具於數個工項中皆有使用、或用於零星工程，因此將該類機具碳排放歸類於通用/其他類別。

將整體排放量分為工程材料、機具、人員等等類別，可得占比分析結果如圖 2。本期間排碳量中工程材料占比超過 90%，其中鋼筋、混凝土為最主要之排放源(鋼筋 45.52%、混凝土 43.78%)，機具與運輸分別佔 3.87%、2.36%，人員逸散僅佔 0.03%。

另可將機具、工程材料之排碳量進行不同工程項目之佔比分析，可得各工項排碳占比，以及各工項中機具與材料排碳占比結果，如圖 3 所示。可知本段期間內 A 標排放量占比依序為箱梁最高，基礎及橋墩次之，基樁再次之，此排序呼應 A 標 2013 年以上構為主之施工進度；另外此排序與各工項 2013 年之鋼筋、混凝土用量排序相同，說明工程材料對於工程整體碳排放量有顯著的影響。

表 2 A 標 2013 年工項類別活動數據來源

工項類別	主要使用機具	主要使用工料
基樁	起重機組(含動力箱、搖管機)、挖土機、傾卸卡車、移動式起重機、鋼筋裁切機、彎紮機、電焊機、沉水泵浦、曳引車	結構用混凝土 210kgf/cm <sup>2</sup> (水中)、竹節鋼筋、基樁完整性測試管
基礎及橋墩	打樁機、發電機、電焊機、彎紮機、吊卡車、小貨車、泵送車	結構用混凝土 350、280、140kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、剪力鋼箱
上構箱梁	發電機、電焊機、彎紮機、吊卡車、油壓千斤頂、泵送車	預力混凝土 420kgf/cm <sup>2</sup> 、無收縮水泥砂漿、竹節鋼筋、預力鋼鍵、預力材料、盤式支承
匝道護坡	挖土機、發電機、抽水機	結構用混凝土 210、140 kgf/cm <sup>2</sup> 、竹節鋼筋、紅磚、水泥、砂
匝道加勁擋土牆	挖土機、壓路機	PE 土包袋、PVC 加勁格網、HDPE 透水盲管、碎石
水刀拆除	高空作業車、大貨車、高壓沖洗車、水刀機	-
通用/其他	挖土機、傾卸卡車、移動式起重機、吊卡車、壓送車、大貨車、灑水車、發電機、抽水機、高空作業車、高壓沖洗車	結構用混凝土 350、280、210、140kgf/cm <sup>2</sup> 、氧氣、乙炔

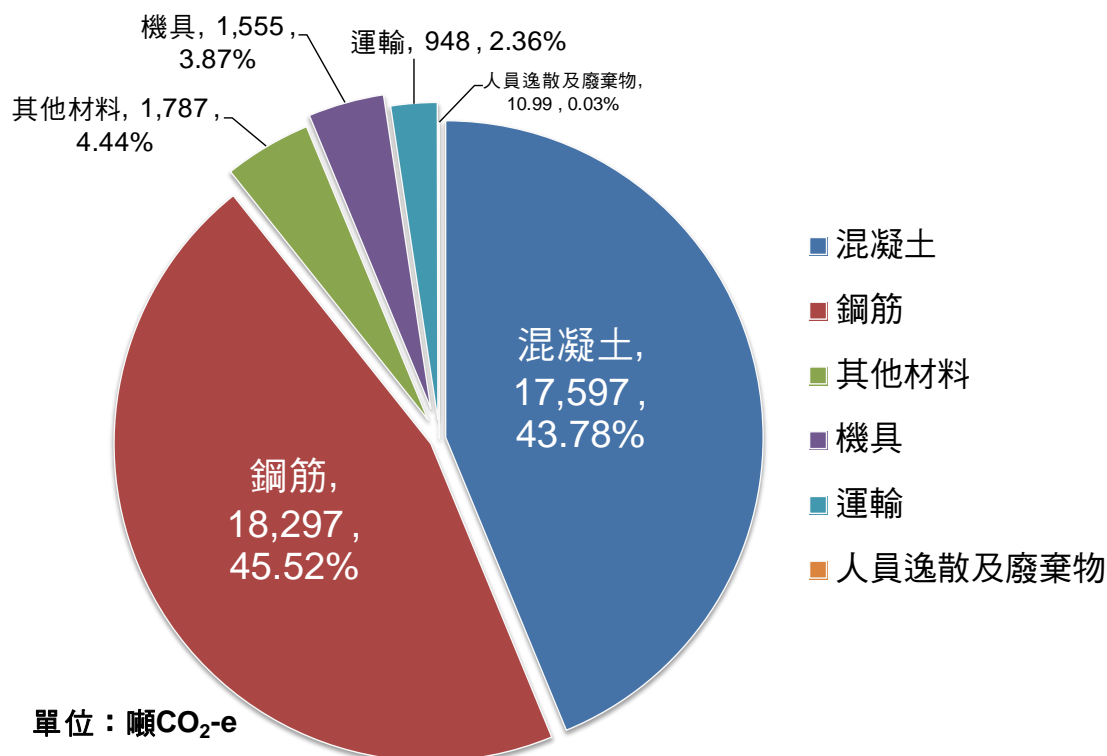


圖 2 碳排放源占比分析

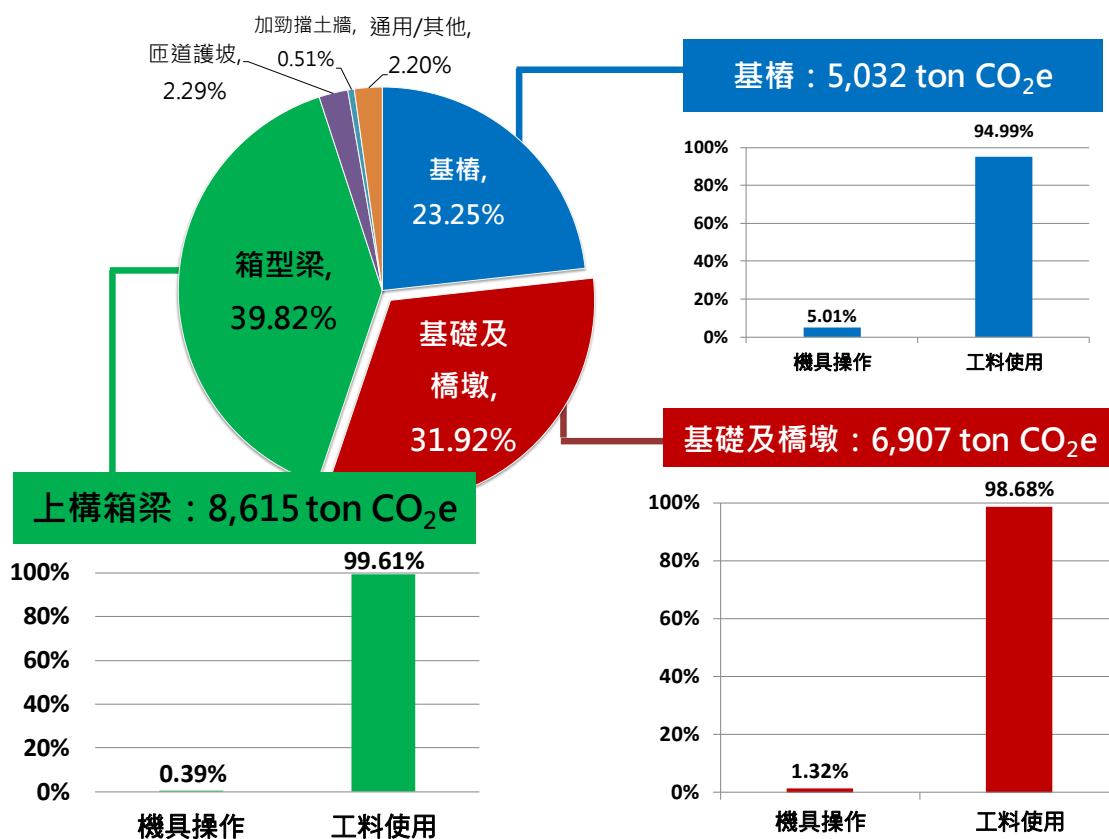


圖 3 各工項類別碳排放量分析

#### 4-2 減碳措施與效益

##### (一) 共用機具，減少運輸排碳

以本計畫 A、B 標之吊車/吊卡車為例，在主承包商協調之下，各施工協力廠商(除自有起重機外)皆使用固定廠商之吊車/吊卡車，此作業模式可減少機具往來工區之運輸排碳量，如表 1 中吊車 1 即屬於常駐工區型態，而吊車 2 視需求不定期至本工程進行操作，增加了往來工區之耗油量，故兩者之單位時間油耗率差異頗為顯著。

共用機具作業模式不僅可減少機具往來工區之運輸排碳量，亦有效減少工程管理介面、提升施工效能。此外，機具供應商盡可能派遣固定之機具至本工地，在執行碳盤查工作時，可有效提升資料蒐集效率及準確性，以順利蒐集本土化之機具能耗資料，作為未來其他案例機具油耗推估參考。

##### (二) 全套管基樁鋼筋場-用電減碳效益

施工機具中常見以移動式發電機替代固定式電源，然移動式發電機亦需添加燃油以產生電力，考量發電機油耗、燃油排碳係數、電力排碳係數，相同機具使用固定式電源與移動式發電機所造成之排碳結果應不盡相同。

本計畫中 B 標 2013 年主要進行之工項為全套管基樁施工，而其基樁鋼筋場內使用機具包含 50 噸吊車，以及彎紮機、裁切機，電焊機等使用電力之機具，而用電機具之電力來源為柴油發電機；一段期間後，即申請工區臨時電力供機具使用。由基

樁鋼筋產量、柴油用量及耗電量之盤查結果，可知兩種情境下每噸鋼筋排碳量差異可達 13.31 kg CO<sub>2</sub>e(如表 5 所示)，此期間 B 標因「基樁鋼筋場改使用臨時電」共造成 38.6 噸 CO<sub>2</sub>e 之減碳量，達 B 標本期間施工機具排碳量之 5.16%；另該標工程尚有 7,207 噸之基樁鋼筋尚未完成，未來可預期之減碳效益將可達到 96 噸 CO<sub>2</sub>e。

表 5 B 標基樁鋼筋場使用場電排碳量差異比較

機具能源 使用情境	鋼筋量 (T)	柴油用量 (L)	柴油係數 (kg CO <sub>2</sub> e/L)	用電 (度)	電力係數 (kg CO <sub>2</sub> e/度)	排碳量 (ton CO <sub>2</sub> e)	單位排碳量 (kg CO <sub>2</sub> e/T 鋼筋)
吊車：柴油 機具：柴油發電機	584.35	3,562.39	3.3386	-	-	11.89	20.35
吊車：柴油 機具：臨時電	2,910.73	2,265.00	3.3386	18,520	0.698	20.49	7.04
差異值							13.31

### (三)水泥替代材料-材料減碳

由 4-1 分析結果可知，道路工程之碳排放主要來自於工程材料，因此擬定減排策略時應以工程材料為優先標的。而目前針對工程材料的減碳措施包括：採用回收/再利用材料、減少材料浪費或選擇替代材料等。本工程採低碳替代材料之策略，即在使用之混凝土中使用飛灰取代部分水泥，輔以飛灰與水泥碳足跡係數之差異，即可得水泥替代材料之可能減碳效益。

以 A 標 103 年之混凝土使用為例，採用 GaBi 資料庫中二型水泥與飛灰之碳足跡係數(分別為 0.631 及 0.004 kg CO<sub>2</sub>e/kg)、各型混凝土使用量及飛灰用量，即可得替代材料之減碳效益，如表 6 所示。

表 6 A 標 2013 年混凝土使用量、水泥替代材料減碳量

混凝土強度	使用量 (m <sup>3</sup> )	飛灰(kg)	原水泥排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e)	飛灰排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e)	減碳量 (噸 CO <sub>2</sub> e)	減碳比例 (%)
420 II	12,896	1,392,768	878,834	5,571	873	19.84%
350 II	4,822	467,782	295,171	1,871	293	19.96%
280II	10,260	800,319	505,001	3,201	502	19.82%
245 II	122	9,028	5,697	36	6	19.93%
140 II	1,502	81,108	51,180	324	51	20.02%
210 II 水中	14,250	1,140,000	719,340	4,560	715	19.87%
210 II	1,237	85,353	53,858	341	54	19.99%
小計	<b>45,090</b>	<b>3,976,358</b>	<b>2,509,083</b>	<b>15,905</b>	<b>2,494</b>	-

## 五、結語

工程碳盤查作業需要主管方、輔導/查證方、工區方等各單位人員緊密配合，在各單位積極協商與溝通下，本計畫目前運作已步上軌道；於盤查成果部分，可初步分析得機具、材料、人員之排碳量比例，以及比較不同工程項目之排碳量比例，並持續蒐集累積施工機具之油耗率參數，亦提出共用機具、機具用電、及使用替代材料等減碳策略，並計算減碳效益。

本計畫將持續透過實際盤查過程，釐清界定道路工程碳排放評估模式所應包含系統邊界，另將積極推動機具擴大盤查與材料供應商盤查，以提升盤查結果數據品質，同時建立臺灣本土化之工程碳盤查各項參數及係數，使道路相關公共工程之碳足跡量化更加詳實與完備，以作為工程碳管理延續作為中之「控制、減量」目標之堅實基礎。

## 參考文獻

- [1] Steger, S., Bleischwitz, R., (2011), Drivers For The Use of Materials Across Countries, Journal of Cleaner Production.
- [2] Cass, D., Mukhreejee, A., (2011), Calculation of greenhouse gas emissions for highway construction operations using a hybrid life cycle assessment approach : a case study for pavement operations. Journal of Construction Engineering and Management.
- [3] UK Highways Agency, (2008). Carbon Accounting Framework: HA Carbon Accounting Tool - Explanatory Report V1 Working Draft.
- [4] McGourty, K., Beimborn, E., Dunlap, K., (2009). Columbia River Crossing Greenhouse Gas Emission Analysis Expert Review Panel Report.
- [5] International EPD® System. <http://www.environdec.com/>
- [6] VicRoads (State Government of Victoria, Australia), (2009). Calculating the Carbon Footprint of Road Construction. 2009 National Local Government Asset Mgt & Public Works Engineering Conference
- [7] 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)
- [8] 行政院交通部，(2010)，節能減碳規劃設計參考原則。
- [9] 交通部運輸研究所，(2012)，交通運輸工程碳排放量評估模式建立與效益分析之研究。
- [10] 習良孝、曠永銓、黃琬淇、許珮蒨、周武雄，(2012)，台灣地區交通運輸工程碳管理現況與展望，第一屆兩岸四地公路發展論壇
- [11] 林彥宇、許珮蒨、周武雄，(2013)，鋪面工程溫室氣體排放量評估與減量策略研析，第二屆兩岸四地公路發展論壇
- [12] PAS 2050:2011, (2011). Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.
- [13] TS Q0010 (2009)。General principles for the assessment and labeling of Carbon Footprint of Products.
- [14] 行政院環境保護署，(2010)，產品與服務碳足跡計算指引
- [15] ISO/TS 14067, (2013). Specifies principles, requirements and guidelines for the quantification and communication of the carbon footprint of a product (CFP).
- [16] International EPD® System (2013). PCR Basic Module for UN CPC 53 Constructions, Version 2.0.
- [17] International EPD® System (2013) PCR for CPC 53211: Highways (except elevated highways), Streets and Roads.

[18] International EPD® System (2013) PCR for CPC 53221: Bridges and Elevated Highways.

[19] 行政院環保署，(2014)，臺灣產品碳足跡資訊網

<http://cfp.epa.gov.tw/carbon/ezCFM/Function/PlatformInfo/FLPCR/FLPCRDoneList.aspx>

[20] 交通部公路總局施工機具費率表





# 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程 之鋪面工程生命週期排碳特性分析

陳保展<sup>1</sup> 羅國峯<sup>2</sup> 林彥宇<sup>3</sup> 許珮蓓<sup>4</sup> 王寧沂<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 公路總局西部濱海公路南區臨時工程處 代理處長

<sup>2</sup> 公路總局西部濱海公路南區臨時工程處工程課 課長

<sup>3</sup> 國立高雄第一科技大學營建工程系 助理教授(本計畫顧問)

<sup>4</sup> 中興工程顧問股份有限公司 計畫主任

<sup>5</sup> 中興工程顧問股份有限公司 工程師

## 摘要

公路總局於 2012 年開始推動道路工程碳管理工作，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)亦於同年展開，隨著工程進展累積國內重要大宗工程材料之盤查資料，建立本土化碳足跡係數。本計畫執行過程中與各標瀝青混凝土廠協商，取得廠內製程、產品運輸及瀝青鋪面施工碳盤查資料；並於 2016 年底邀集專家學者討論及確認營運管理階段之估算範疇與內容，作為道路工程全生命週期碳排放量評估基準。

本工程各標案已陸續完工，本文以鋪面工程為例，說明各廠商/各類型瀝青混凝土碳足跡盤查結果、排碳熱點、與資料庫及文獻之差異性；並納入產品運輸與施工之排碳量，完整至施工階段生命週期排碳量；再考量鋪面工程全生命週期範圍(含營運管理階段)，因重鋪次數之不同，分析不同類型瀝青混凝土鋪面工程全生命週期之排碳量特性。最後，由鋪面工程生命週期各階段排碳特性，鑑別排碳熱點，提出減碳建議。

由分析結果顯示，因廠商及配比差異，各類型瀝青混凝土具有不同之排碳熱點，並確實具有減碳潛能，瀝青混凝土廠商之實際盤查及配比審核具重要性及必要性；除初期工程材料之選擇外，營運管理階段亦應納入考量，才能完整評估各類型鋪面之生命週期排碳量影響，提供決策參考。

**關鍵詞：**鋪面工程、瀝青混凝土、碳足跡、生命週期、盤查

## 一、前言

為落實國家工程排碳評估與減碳政策，公路總局於 2012 年開始推動道路工程碳管理工作，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)亦於同年開始展開，進行施工建造階段之碳盤查作業，隨著工程進展以及與材料供應商持續協商之過程，逐漸累積及建立國內大宗工程材料之本土化碳足跡係數，瞭解國內道路工程之排碳特性。

瀝青混凝土鋪面工程為道路工程之主要工項，本工程鋪面除一般密級配瀝青混凝土

---

<sup>5</sup> 中興工程顧問股份有限公司(通訊作者,聯絡地址:台北市松山區南京東路五段 171 號,電話:02-2769-8388 分機 10435, E-mail:nikki@mail.sinotech.com.tw)

外，亦包含公路總局第一次採用之多孔隙瀝青混凝土(PAC)，本文以本工程各標鋪面工程為例，蒐集各標瀝青混凝土供應商之廠內製程及產品運輸盤查資料，產出不同類型瀝青混凝土之產品碳足跡以及運輸排碳係數；同時依據本工程施工建造之盤查資料，納入產品運輸及施工建造階段之排碳量；為考量鋪面工程之完整全生命週期排碳量，納入道路工程完工後之營運管理階段，進行鋪面之重置頻率、材料數量及機具鋪設耗能估算，比較不同類型瀝青混凝土之於鋪面工程全生命週期的排碳特性影響，並依據前述成果提出減碳建議。

## 二、鋪面工程案例與生命週期碳足跡

### 2.1 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程及鋪面工程簡介

西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程(以下簡稱本工程)包括 WH7-A、WH77-B 及 WH77-C 三標，主要工程內容為高架橋梁，全長約 8.4 公里，工程範圍如圖 1。本工程主線路段之鋪面組成如圖 2，WH77-A 及 B 標主線橋梁段為 8 公分密級配瀝青混凝土，WH77-C 標則為 5 公分密級配瀝青混凝土及 3 公分多孔隙瀝青混凝土(PAC)，路堤引道段於 WH77-A 及 C 標皆為 45 公分碎石級配、10 公分粗級配瀝青混凝土及 5 公分密級配瀝青混凝土。



圖 1 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程範圍

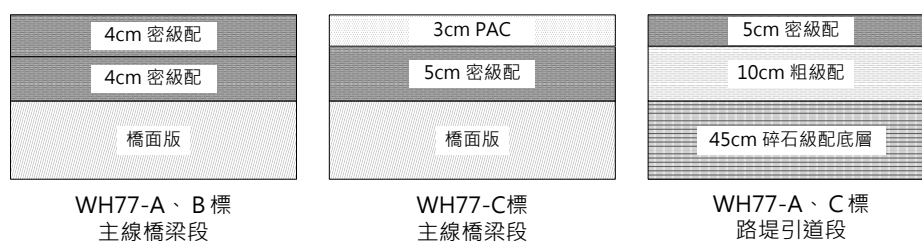


圖 2 西濱快速公路八棟寮至九塊厝新建工程之鋪面組成

### 2.2 鋪面工程之生命週期與碳排放量評估

鋪面工程之生命週期評估於 1990 年代開展，鋪面相關從業人員(公務機關、業界、公會/協會、研究人員)大致依循 ISO14040 規範，應用生命週期評估進行環境衝擊之量

化。目前各項鋪面生命週期評估之範疇設定不盡相同，彙整道路鋪面之碳排放量評估案例內容如表 1，由於各案例的系統邊界、生命週期及功能單位之設定不一致，使得排放量之計算結果具有差異，後續若要進行鋪面之排碳量估算較不易應用。

表 1 道路鋪面之碳足跡評估案例

案例	道路等級	產品階段 (A1-A3)	建造階段 (A4-A5)	營運管理階段		壽命終了 (C1-C4)	生命週期 (年)	功能單位	排碳量 (tonCO <sub>2</sub> e)
				結構物 (B1-B5)	操作 (B6-B7)				
Mroueh et al.(2000)	一般道路	●	●	●	●		50	1 km (2 車道)	206~441
Stripple (2001)	一般道路	●	●	●	●		40	1 km (4 車道)	234~1,064
Weiland et. al., (2008)	高速公路	●	●	●			50	1 mi (1 車道)	191~525
Huang et al. (2009)	一般道路	●	●			●	-	1 km (2 車道)	91~238
Zhang et al., (2010), Qian et al., (2013)	高速公路	●	●	●	●		40	10 km (4 車道)	65,000*
Kang, (2013)	高速公路	●	●				-	1 mi (1 車道)	254
Araújo et al., (2014)	快速公路	●	●		●		20	1 km (2 車道)	102~120

\*含行駛車輛之加油與交通延遲造成之排碳量；資料來源：[1][2][3][4]。

產品類別規則(PCR)用途為使各項相同功能的產品，其環境衝擊量化結果具有一致性的比較基礎。歐盟於 2012 年公告營建產品類別規則 EN15804[5]，使營建產品及工程有一致的評估參考基準；而瀝青混凝土及其鋪面之 PCR，亦已由產品階段發展至涵蓋鋪面工程之全生命週期評估，歐洲及美國瀝青鋪面協會相繼於 2016 ~ 2017 年公告產品階段 PCR[6][7]，瑞典 EPD 系統更進一步於 2017 年開始發展鋪面工程全生命週期 PCR(草案)[8]，該 PCR 範疇必須包含瀝青混凝土的產品階段，而施工建造及營運管理階段則由使用者選擇性納入範疇。

### 三、鋪面工程生命週期碳足跡計算方法

鋪面工程之生命週期碳足跡包含產品(原料)、建造及營運管理(重鋪)階段，本文參考國內外相關產品類別規則(PCR)進行各階段系統邊界之設定，並以本工程各標主線橋

梁段為案例進行評估。於所界定之系統範疇內，蒐集相關的活動數據與排放係數，再依據排放係數法計算得鋪面工程之生命週期碳足跡。

### 3.1 系統邊界

歐盟營建產品類別規則 EN15804[5]完整說明工程生命週期階段，分別為產品(A1-A3)、建造(A4-A5)、使用(B1-B5 結構物與 B6-B7 操作)及壽命終了(C1-C4)四階段，使用者可依據不同類別產品進行界定。本計畫之鋪面工程參考國內橋梁及道路碳足跡產品類別規則 CFP-PCR 設定[9][10]，系統邊界包含產品、建造及營運管理階段，如圖 3 所示，與 EN15804 不同之處在於營運管理階段僅考量鋪面之維護/重置，以及拆除階段不納入範疇。以下說明本計畫鋪面工程之產品、建造及營運管理階段，分別蒐集之活動數據內容。

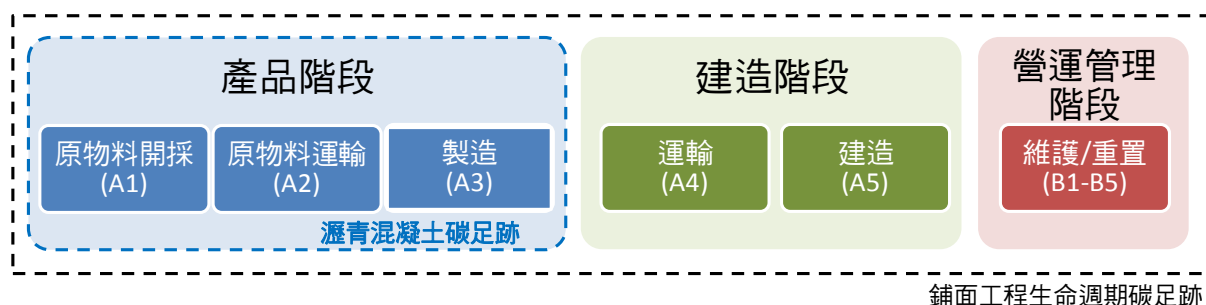


圖 3 鋪面工程生命週期碳足跡之系統邊界

備註：A1-A5 及 B1-B5 為相對應於 EN15804 之生命週期階段編碼。

#### 3.1.1 產品階段

產品階段為瀝青混凝土之產品碳足跡，參考瑞典 EPD 系統、歐洲及美國瀝青鋪面協會 PCR[6][7][8]，設定瀝青混凝土碳足跡之系統邊界為「搖籃到大門」，即 EN15804 之 A1-A3 產品階段。根據前述產品階段之系統邊界，瀝青混凝土廠需蒐集盤查資料內容如圖 4，涵蓋原物料來源、製程投入之原物料及能資源。

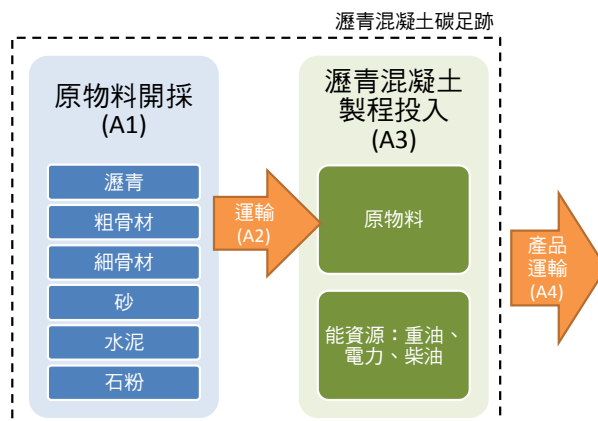


圖 4 產品階段之系統邊界及盤查資料蒐集內容

本工程之瀝青混凝土由 2 家瀝青廠供應，WH77-A 及 WH77-B 標由廠一提供，WH77-C 標供應商為廠二。本計畫蒐集 2 廠之產能、原物料、能資源投入量及運輸盤查資料，原物料係依據各類型瀝青混凝土配比資料計算瀝青、骨材、砂、水泥及石粉等投入量；能資源為 2 廠提供之電力、重油及柴油使用量，並以提供區間之總產能(噸數)進行分配；運輸則依各原物料之運輸距離及原物料投入量換算。

### 3.1.2 建造階段

本文以本工程各標主線橋梁段之鋪面工程為案例，於建造階段需蒐集之盤查資料包括瀝青混凝土之材料使用量、瀝青混凝土運送至工區之運輸，以及機具於工區中鋪設瀝青混凝土之能資源消耗。材料使用量係依據各標於施工期間之進貨單據統計；運輸為各標瀝青混凝土使用數量及單向運距計算，WH77-A 及 WH77-B 標為同廠，單向運距為 80km，WH77-C 標運距為 26km；機具能資源消耗為施工廠提供之加油單據，彙整施工期間總柴油用量。

由於本工程各標鋪面工程皆涵蓋既有車道之刨鋪，建造階段各路段之材料及機具之活動數據，採用其設計之材料數量進行分配，即「活動數量 = 材料設計數量比例 × 總活動量(材料或機具)」。

### 3.1.3 營運管理階段

參考國內道路及橋梁 CFP-PCR[9][10]，設定鋪面工程營運管理階段之時間邊界為 50 年，空間邊界為營運期間內鋪面之維護/重置(鋪面重鋪)。本計畫於 2016 年底邀集專家學者，共同討論及確認道路營運管理階段之估算範疇與內容，會議結論為鋪面重鋪次數依其他道路經驗進行假設。

WH77-A 及 WH77-B 標主線橋梁段鋪面之面層結構皆為密級配瀝青混凝土，參考本工程路段(台 61 線)養護單位提供之經驗值，假設密級配重鋪厚度為 5cm，重鋪頻率為 5 年一次，計算得 50 年營運期間重鋪次數為 9 次；WH77-C 標主線橋梁段鋪面為公路總局首次採用之多孔隙瀝青混凝土(PAC)，目前尚未有相關養護單位之重鋪經驗值，依文獻顯示 PAC 服務年限可達甚至超過 10 年[11]，以及國內道路實務經驗如國道 6 號(98 年通車)至今尚未進行 PAC 重鋪，因此假設 PAC 重鋪頻率為 10 年，重鋪數量與建造階段時期相同(厚度 3cm)，各標鋪面之營運管理階段假設條件如表 2 所示。

表 2 鋪面之營運管理階段假設條件

標別	WH77-A 標	WH77-B 標	WH77-C 標
瀝青混凝土種類	密級配 (DGAC)	密級配 (DGAC)	多孔隙 (PAC)
重鋪厚度(cm)	5	5	3
重鋪頻率(年)	5	5	10
50 年營運期間重鋪次數	9	9	4

各標營運期間之機具活動數據以「營運階段材料用量 / 各標建造階段材料用量 × 建造階段機具總活動量」計算。

### 3.2 碳排放量計算方法

碳足跡計算以排放係數法進行，由該活動各種溫室氣體活動數據，乘以該活動單位溫室氣體排放係數，再乘以所排放之溫室氣體的全球暖化潛勢(GWP)所得之合計量，以二氧化碳當量(CO<sub>2</sub>e)表示，如下列公式(1)：

$$\text{碳排放量(CO}_2\text{e)} = \sum \text{活動數據 } i \times (\sum \text{溫室氣體排放係數 } ij \times \text{GWP}_{ij}) \quad (1)$$

其中：i 為活動種類；j 為溫室氣體種類。

GWP：全球暖化潛勢以 IPCC 2007 年第四次評估報告為主。

基於碳足跡計算規範要求，各項活動數據之溫室氣體排放係數應考量完整的生命週期，本計畫採用的係數皆屬生命週期係數，來源包含供應商配合本計畫盤查之產品碳足跡、環保署公告係數及生命週期資料庫係數，各項活動數據對應之排放係數彙整如表 3。

表 3 排放係數彙整表

類別	係數名稱	排放係數	單位	來源
原物料	水泥	0.9635	kgCO <sub>2</sub> e/kg	供應商盤查
	砂/石粉	0.0041	kgCO <sub>2</sub> e/kg	GaBi database
	級配	0.0344	kgCO <sub>2</sub> e/kg	GaBi database
	瀝青	0.3333	kgCO <sub>2</sub> e/kg	GaBi database
	SBR 橡膠	3.8672	kgCO <sub>2</sub> e/kg	GaBi database
	改質瀝青	0.5807	kgCO <sub>2</sub> e/kg	以 7% SBR 橡膠 +93% 瀝青換算
	乳化瀝青	0.3058	kgCO <sub>2</sub> e/kg	GaBi database
運輸	34-40t 大貨車	0.0471	kgCO <sub>2</sub> e/tkm	GaBi database
	35t 大貨車(瀝青廠一)	0.1015	kgCO <sub>2</sub> e/tkm	供應商盤查
	21-35t 大貨車(瀝青廠二)	0.1315	kgCO <sub>2</sub> e/tkm	供應商盤查
能資源	電力	0.65	kgCO <sub>2</sub> e/kwh	環保署公告
	重油	4.0	kgCO <sub>2</sub> e/L	環保署公告
	柴油	3.48	kgCO <sub>2</sub> e/L	環保署公告

### 3.3 功能單位

參考瑞典 EPD 系統及歐洲瀝青鋪面協會之瀝青混凝土 PCR[6][8]，設定產品階段之瀝青混凝土功能單位為 1 ton，鋪面工程完整之生命週期功能單位為 1m<sup>2</sup>，生命週期包含產品、建造及營運管理階段。

## 四、鋪面工程碳足跡結果分析

### 4.1 瀝青混凝土之產品碳足跡(產品階段)

彙整本工程各標瀝青混凝土碳足跡如表 4，以 WH77-C 標(瀝青混凝土廠二)之粗級配及密級配具較低的碳足跡約 77.05 及 77.79 kgCO<sub>2</sub>e/ton，而 WH77-A 及 WH77-B 標(瀝青混凝土廠二)之粗級配及密級配之碳足跡明顯高於 WH77-C 標，應與配比中包含水泥成分有關，各類型之碳足跡隨著水泥比例增加而更加顯著，其中又以水泥含量 4%之 WH77-C 標 PAC 碳足跡 134.24 kgCO<sub>2</sub>e/ton 最高。

表 4 瀝青混凝土產品碳足跡

供應商		瀝青混凝土廠一			瀝青混凝土廠二			LCA
標別		WH77-A		WH77-B	WH77-C			資料庫
產品種類		粗級配 AC	密級配 AC	密級配 AC	粗級配 AC	密級配 AC	PAC	無區分
原物料 (kgCO <sub>2</sub> e/ton)	級配	19.50	19.79	19.27	18.25	18.98	27.12	-
	瀝青	15.67	16.33	16.67	16.00	16.09	29.03 <sup>a</sup>	
	砂	1.49	1.49	1.53	1.66	1.57	0.51	
	水泥 (比例) <sup>b</sup>	22.96 (2.5%)	13.73 (1.5%)	18.31 (2.0%)	-	-	36.61 (4.0%)	
	石粉	-	-	-	0.08	0.08	-	
原物料運輸 (kgCO <sub>2</sub> e/ton)		0.49	0.49	0.49	2.83	2.83	2.73	
製程 能資源 <sup>c</sup> (kgCO <sub>2</sub> e/ton)	重油	34.89			33.07			
	電力	4.76			4.29			
	柴油	0.87 <sup>d</sup>			0.87			
產品碳足跡 <sup>e</sup> (kgCO <sub>2</sub> e/ton)		<b>100.63</b>	<b>92.35</b>	<b>96.79</b>	<b>77.05</b>	<b>77.79</b>	<b>134.24</b>	<b>68.5<sup>f</sup></b> <b>76.0<sup>g</sup></b>
一級數據占比		40.27%	43.88%	41.87%	49.62%	49.16%	28.49%	
與 GaBi 係數 之差異		+47%	+35%	+41%	+12%	+14%	+96%	-

a：WH77-C 標 PAC 使用改質瀝青、b：水泥配比比比例(未扣除瀝青占比)、c：製程能資源排碳量(kgCO<sub>2</sub>e/ton) = 廠內能資源總排碳量(kgCO<sub>2</sub>e) / 總產能(ton)、d：引用瀝青混凝土廠之單位柴油排放量(kgCO<sub>2</sub>e/ton)、e：產品碳足跡=原物料+原物料運輸+製程能資源、f：GaBi 生命週期資料庫、g：英國公路局碳排放量計算工具[12]。

進一步比較原物料、製程能資源及運輸之排碳差異如圖 5，2 廠製程能資源之排碳



量相近約 40 kgCO<sub>2</sub>e/ton，皆以重油排碳占比最高約 25%~43%，其中瀝青混凝土產品不包含水泥配比之製程排碳占比較高約 50%，而含水泥配比則較低約為 28%~40%；原物料因各類型瀝青混凝土配比不同而有差別，以水泥排碳占比最為顯著約 15%~27%，然其於原料之重量占比約 1.5%~4%；運輸排碳量則相對較低。

將本計畫瀝青混凝土產品碳足跡與其他資料庫係數進行比較，英國公路局計算器碳足跡為 76 kgCO<sub>2</sub>e/ton，與本計畫不含水泥配比之粗級配與密級配瀝青混凝土(WH77-C 標)相近，若與 GaBi 生命週期資料庫之碳足跡係數比較，差異介於 12%~96%，顯示實際盤查之重要性。

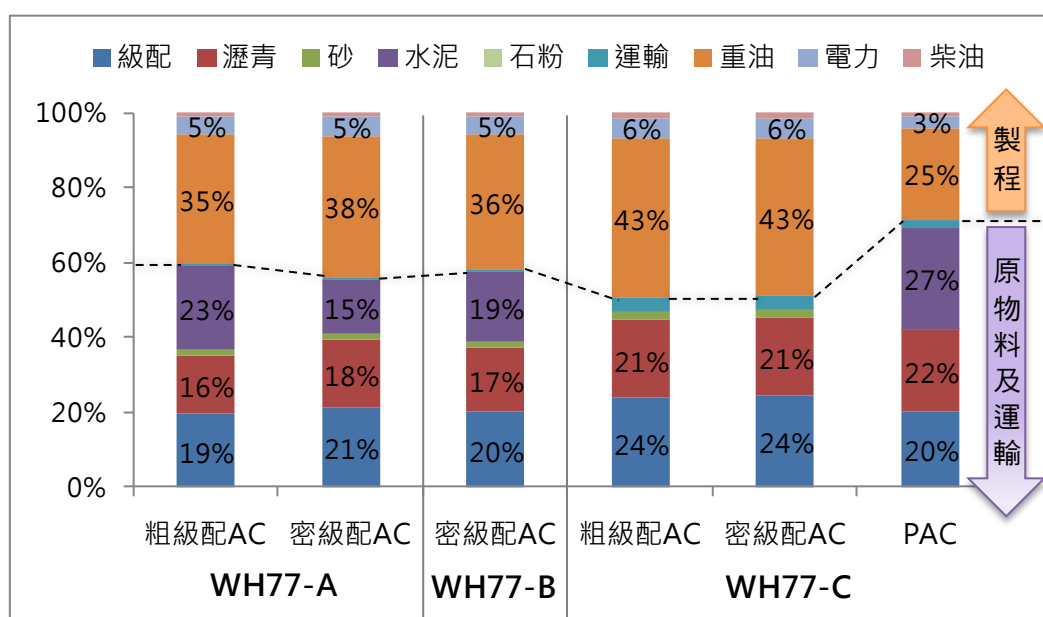


圖 5 瀝青混凝土產品碳足跡占比

#### 4.2 鋪面工程之建造階段排碳量

彙整鋪面工程各標主線橋梁段之建造階段活動數據如表 5，再依據各活動數據之排放係數相乘換算，得各標建造階段單位面積排碳量如表 6 所示。各標建造階段之單位面積排碳量相近約 20 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>，其中 WH77-C 標於材料使用部分，因 PAC 產品碳足跡較高，使得整體材料使用排碳量略高於其他 2 標，運輸為各標運輸距離不同而造成差異，機具則無明顯差距。

表 5 鋪面工程之建造階段活動數據

標別			WH77-A	WH77-B	WH77-C
材料 使用	密級配 AC	ton	6,777	24,555	8,823
	PAC	ton	-	-	4,690
	黏油	ton	13	44	20

標別			WH77-A	WH77-B	WH77-C
運輸	tkm		542,137	1,964,382	351,346
機具	柴油	L	1,154	10,379	4,893
鋪設面積	m <sup>2</sup>		34,915	130,444	66,085

表 6 鋪面工程建造階段單位面積排碳量

標別			WH77-A	WH77-B	WH77-C
主線橋梁段鋪面組成			4cm 密級配 4cm 密級配	4cm 密級配 4cm 密級配	3cm PAC 5cm 密級配
材料使用 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	密級配 AC		17.92	18.22	10.39
	PAC		-	-	9.53
	黏油		0.11	0.10	0.09
運輸(kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )			1.58	1.53	0.70
機具 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	柴油		0.11	0.28	0.26
單位面積排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )			19.73	20.13	20.96

#### 4.3 鋪面工程之營運管理階段排碳量

根據 3.1.3 節 50 年營運管理階段之假設條件，彙整此階段主線橋梁段之活動數據及排碳量如表 7 及表 8。WH77-A 標與 WH77-B 標之主線橋梁段皆為密級配瀝青混凝土，且營運階段之估算假設條件相同，計算得單位面積排碳量相近為 108.94 及 113.56 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>；WH77-C 標主線橋梁段雖 PAC 產品碳足跡較高，但因 PAC 重鋪次數較少且厚度較小，單位面積排碳量明顯低於其他路段，約為 39.80 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>。

由估算結果顯示，材料使用為營運管理階段主要排放熱點，各標之材料使用排碳占比皆達 90% 以上，不同鋪面重鋪次數將導致不同的重鋪材料用量，若能降低鋪面重鋪頻率以及使用材料之產品碳足跡，將可明顯降低此階段之排碳量。

表 7 鋪面工程營運管理階段活動數據

標別			WH77-A	WH77-B	WH77-C
材料使用	密級配 AC	ton	37,284	138,121	-
	PAC	ton	-	-	18,761
	黏油	ton	116	393	79
運輸		tkm	3,392,858	11,049,650	487,798
機具	柴油	L	6,348	58,382	6,793

表 8 鋪面工程營運管理階段單位面積排碳量

標別		WH77-A	WH77-B	WH77-C
重鋪厚度(cm)		5	5	3
重鋪次數		9	9	4
材料使用 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	密級配 AC	98.61	102.48	-
	PAC	-	-	38.11
	黏油	1.02	0.92	0.36
運輸 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )		8.67	8.60	0.97
機具 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	柴油	0.63	1.56	0.36
單位面積排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )		108.94	113.56	39.80

#### 4.4 鋪面工程之全生命週期排碳量

綜整前述瀝青混凝土碳足跡、建造及營運管理階段之全生命週期排碳量，如表 9 及圖 6。各標別主線橋梁段單位面積排碳量以 WH77-C 標 60.76 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> 最低，其餘 WH77-A 及 WH77-B 標單位排碳量則約為 WH77-C 標 2 倍，為 128.66 及 133.69 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>，主要原因在於 WH77-C 標之 PAC 鋪面於營運管理階段之重鋪次數較少且厚度較小，使得營運管理階段材料數量明顯低於其他 2 標。

整體而言，鋪面工程之生命週期碳足跡以營運階段之材料使用排碳占比最高，約為 63% ~ 77%，若能減少瀝青混凝土碳足跡及鋪面重鋪之材料使用量，將可大幅減少整體的生命週期排碳量。

表 9 鋪面工程全生命週期排碳量

標別		WH77-A	WH77-B	WH77-C
建造階段 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	材料	18.04	18.32	20.00
	運輸	1.58	1.53	0.70
	機具	0.11	0.28	0.26
	小計	<b>19.73</b>	<b>20.13</b>	<b>20.96</b>
50 年營運管理階段 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )	材料	99.63	103.40	38.47
	運輸	8.67	8.60	0.97
	機具	0.63	1.56	0.36
	小計	<b>108.94</b>	<b>113.56</b>	<b>39.80</b>
單位面積排碳量 (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> )		<b>128.66</b>	<b>133.69</b>	<b>60.76</b>

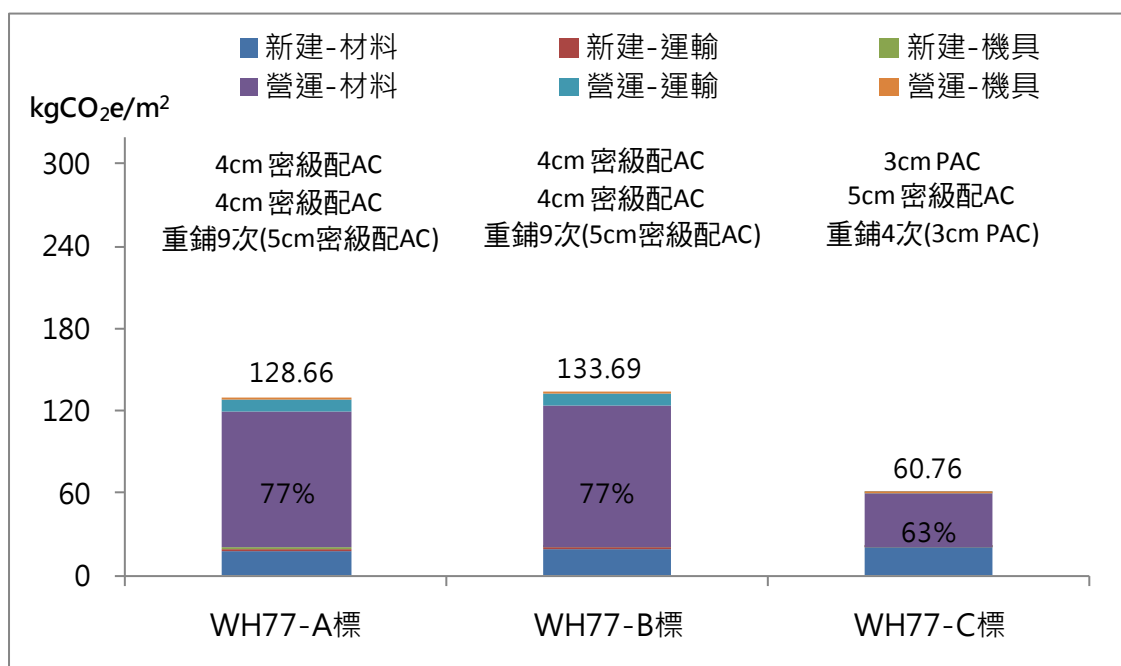


圖 6 鋪面工程全生命週期排碳量

## 五、減碳評估及敏感度分析

鋪面工程若於規劃設計階段，能將節能減碳概念納入考量，對於不同方案之排放量進行差異比較，可作為鋪面組成與材料選擇參考。敏感度分析可針對不同之方法與數據，估算各種方案所造成的影響，若應用於碳足跡估算即檢視各參數對於整體碳足跡之影響。

根據第四章鋪面工程排碳量分析結果，瀝青混凝土產品碳足跡及營運管理階段之重鋪材料用量，為影響整體鋪面生命週期排碳量主要因素，另考量瀝青混凝土為大宗工程材料，若能降低運輸距離應可減少排碳量，因此本節以瀝青混凝土材料替代、營運管理階段降低重鋪頻率以及運輸距離等 3 種參數進行敏感度分析，評估各參數對於碳足跡之影響，結果如表 10。

依據公路總局施工規範[13]，瀝青混凝土填縫料之組成包含水泥、石粉與石灰。WH77-A 與 WH77-B 標之密級配瀝青混凝土，由於填縫料成分皆為水泥而有較高的碳足跡，假設與 WH77-C 標供應商相同，使用石粉作為填縫料，計算得 WH77-A 及 WH77-B 標之瀝青混凝土碳足跡(約 78.5 kgCO<sub>2</sub>e/ton)與 WH77-C 標相近，生命週期單位面積排碳量減少約 13% 及 17%。

降低營運管理階段重鋪頻率之假設，參考我國道路 CFP-PCR 之路面服務年限約 5-8 年[10]，假設 WH77-A 及 WH77-B 標鋪面之服務年限提高為 8 年，計算 50 年營運管理階段之重鋪次數降為 6 次；PAC 參考文獻之服務年限可超過 10 年，假設 WH77-C 標之服務年限提高為 15 年，計算得 50 年營運管理階段之重鋪次數為 3 次。由估算結果顯示 WH77-A 及 WH77-B 標減碳幅度較高，減少約 28%，WH77-C 標之減碳幅度約 16%。

運輸假設 WH77-A 及 WH77-B 標之材料單向運距減少 50%，約 4% 減碳比例，另 WH77-C 標由於建造時期的單向運距僅 26 公里，考量工地現場工程材料之運輸情形，不再進行單向運距減少之敏感度分析。

表 10 敏感度分析

項目			單位	主線橋梁段		
				WH77-A	WH77-B	WH77-C
水泥替換為石粉	原參數	密級配 AC	kgCO <sub>2</sub> e/ton	92.35	96.79	77.79
		PAC	kgCO <sub>2</sub> e/ton	-	-	134.34
	假設參數	密級配 AC	kgCO <sub>2</sub> e/ton	78.62	78.48	-
	原排放量		kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	128.66	133.69	60.76
	假設後排放量		kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	111.41	110.96	-
	影響程度		%	-13%	-17%	-
50 年營運管理階段降低重鋪頻率	原參數	重鋪次數 (服務年限)	次數 (年)	9 (5)	9 (5)	4 (10)
		假設參數	重鋪次數 (服務年限)	6 (8)	6 (8)	3 (15)
	原排放量		kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	128.66	133.69	60.76
	假設後排放量		kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	92.35	95.84	50.80
	影響程度		%	-28%	-28%	-16%
單向運距減少 50%	原參數	單向運距	km	80	80	26
		假設參數	單向運距	km	40	40
	原排放量		kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	128.66	133.69	60.76
	假設後排放量		kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	123.54	128.63	60.76
	影響程度		%	-4%	-4%	-

## 六、結論與建議

1. 由實際盤查及估算結果顯示，雖然 PAC 之產品碳足跡較密級配瀝青混凝土高，但在本工程之鋪面工程生命週期排碳量，採用 PAC 鋪面具有較低的單位面積排碳量，為 60.76 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>；採用一般之密級配瀝青混凝土則約為 PAC 之 2 倍，單位面積排碳量介於 128.66 ~ 133.69 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>，除重鋪次數及厚度影響外，與本工程採用之密級配瀝青混凝土的配比組成亦有關聯。
2. 由各類型瀝青混凝土之產品碳足跡結果，顯示填縫料採用水泥成分將大幅增加排碳量，以本工程案例而言，密級配瀝青混凝土大約增加 19%~25%，若能於鋪面工程之材料送審階段，審視各類型瀝青混凝土配比成分，考量採用替代材料；以及製程用於加熱的燃料油排碳量亦為排放熱點，排碳占比約 25%~43%，若能在不影響產品性

能之情況下，提高能源效率、降低加熱溫度或是採用溫拌瀝青等，應可減少加熱過程之燃料油使用量。如此，將可降低瀝青混凝土於產品製造階段之排碳量。

3. 營運管理階段之鋪面重鋪材料使用量，為整體鋪面工程碳足跡之排放熱點，占生命週期排碳量 63%~77%。設計階段應考量鋪面合適的重鋪頻率，採用服務年限較長的瀝青混凝土，例如公路總局首次於本工程 WH77-C 標鋪面採用服務年限較長的 PAC，依評估結果於營運管理階段確實具有減碳效益，較 WH77-A 標及 WH77-B 標減少約 53%~55%，因此建議鋪面設計可將耐久性能作為材料選擇依據。
4. 瀝青混凝土屬公共工程常見之大宗工程材料之一，由於材料數量較大，若能選擇當地或鄰近之材料供應商，對於材料運輸距離可大幅減少，以降低運輸階段所造成的排碳量，如本工程 WH77-A 及 WH77-B 標若減少一半運輸距離約減碳 4%。
5. 歐盟綠色採購(GPP)之「公路設計、建造及維護」文件中[14][15]，細設與功能需求階段之準則內容包含鋪面使用低溫瀝青混凝土、再生材料之添加、鋪面耐久性能及大宗材料運輸的排碳要求等項目，與第四章評估結果相呼應，建議鋪面工程相關招標文件可考量納入相關減碳要求，不僅能有效將低環境之衝擊影響，亦可作為採購者選擇承包商之參考依據。

## 七、致謝

本文內容承蒙本計畫各標工程承包商：春原營造股份有限公司(WH77-A 及 WH77-B 標)及泛亞工程建設股份有限公司(WH77-C 標)，於施工期間協助協調瀝青混凝土廠及現場施作廠商提供資料，使碳盤查作業更趨完備，特此致謝。

## 參考文獻

- [1] Santero, N.J., Masanet, E., Horvath, A., “Life-cycle assessment of pavements.Part I: critical review”, Resource, Conservation and Recycling, 55, pp. 801-809, 2011.
- [2] Hessam AzariJafari, Ammar Yahia, Mourad Ben Amor, “Life Cycle Assessment of Pavements: Reviewing Research Challenges and Opportunities,” Journal of Cleaner Production, 112, pp. 2187-2197, 2016.
- [3] Stephen T. Muench, “Roadway Construction Sustainability Impacts Review of Life-Cycle Assessments”, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2151, pp. 36-45, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., 2010.
- [4] Seunggu Kang, “The Development of a Regional Inventory Database for the Material

- Phase of the Pavement Life-Cycle with Updated Vehicle Emission Factors Using Moves”, Science in Civil Engineering in the Graduate College of the University of Illinois at Urbana-Champaign, 2013.
- [5] “Product Category Rules for Type III Environmental Product Declaration of Construction Products to EN 15804 : 2012”, BRE Global Ltd, 2013.
- [6] “Guidance Document for Preparing Product Category Rules (PCR) and Environmental Product Declarations (EPD) for Asphalt Mixtures”, European Asphalt Pavement Association (EAPA), 2016.
- [7] “Product Category Rules (PCR) for Asphalt Mixtures”, National Asphalt Pavement Association (NAPA), 2017.
- [8] “Draft Product Category Rules (PCR) - Asphalt Mixtures (Product Category Classification: UN CPC 1533 & 3794)”, International EPD® System, 2017.
- [9] 基礎建設-橋梁(Infrastructure-Bridge) 碳足跡產品類別規則，行政院環境保護署，2017。
- [10] 基礎建設-道路(Infrastructure-Road) 碳足跡產品類別規則，行政院環境保護署，2017。
- [11] Carsten B. N., “Durability of Porous Asphalt - International Experience”, Road Directorate, Danish Road Institute, 2006.
- [12] “Carbon Emissions Calculation tool v1.03”, Highways England, 2016.
- [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/553866/Task\\_446\\_Carbon\\_Tool\\_v1.03.xlsm](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/553866/Task_446_Carbon_Tool_v1.03.xlsm)
- [13] 公路工程施工規範-第 02741 章瀝青混凝土之一般要求，交通部公路總局，2014。
- [14] “Revision of Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance, Procurement Practice Guidance Document”, European Commission JRC, 2016.
- [15] “Commission Staff Working Document, EU Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance”, European Commission JRC, 2016.

## 附錄 VI 查驗機構月度查核意見

---



查驗機構月度查核意見及辦理情形

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
101 年 12 月	<p>A 標：</p> <p>1.碳足跡盤查之數據品質 →碳足跡盤查係盤查歷史資料，統計資料為實際發生之數量，故投入原物料之佐證文件除提供圖說或購規外，應提供實際交貨或投入記錄等，以作為交叉比對數據品質之依據，若誤差不大時為可接受，但仍應以實際記錄為填寫依據，若誤差過大時，填寫單位應提出相關說明。</p>	<p>材料活動數據主要係來自實際進貨料單等相關佐證，機運具活動數據則主要依據各廠商每日出工紀錄及油單佐證作為填寫依據，僅少數因缺少料單或油單之活動數據係以設計數量或歷史單位油耗值進行估算。 【執行完成】</p>
	<p>2.混凝土車之清潔用水是否列入盤查項目、擋土樁是否回收？ →須確認預拌混凝土車所帶入清潔用水來源、及臨時擋土樁及鋼板樁擋土為回收再利用或工區使用。</p>	<p>混凝土清潔用水係來自工務所之自來水及工區鄰近水井之地下水，工務所自來水已歸類於工程管理單位排放量，地下水則不計算其排碳量。 擋土樁大部分屬回收再利用材料，不納入盤查範疇，僅部分埋入之鋼板樁已依據設計數量計算材料使用之排碳量。 【執行完成】</p>
	<p>3.基樁完整性測試管為固定數量及長度之耗材，是否需逐次填報？或可以年度作為統計一次填報？ →基樁完整性試驗測管為耗材，應列入盤查。</p>	<p>已依據基樁完整性試驗測管之進貨單據為依據，作為該材料之使用量。 【執行完成】</p>
	<p>4.模板(木製合板)等可重覆使用之非工程主體材料應以何種規則進行計算？ →以下各項應納入盤查計算： (1)木製模板 (2)私人用車作為公務之用且已報帳之加油紀錄 (3)鋼筋接續器，若鋼筋總量已包括接續器時，則不需另外統計，因接續器材質與鋼筋材質相同。</p>	<p>(1)木製模板數可重使用之材料，不納入盤查計算。 (2)私人公務車為人員交通運輸，已於盤查範疇中排除。 (3)已確認續接器是否包含於鋼筋總量，若鋼筋總量包含續接器則不計重複計算。 【執行完成】</p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
102 年 1 月	A 標： 1. 已完工之盤查佐證資料 → 去年已完工之路口改善工程，盤查資料仍應追列，若相關單據已經難以取得，建議可以使用結算資料、工地進出管制記錄、施工日誌等資料作為相關數據推估之依據。	由於 A 標路口改善工程非為本工程的主體工程，且已於盤查作業開始前完工，本計畫以該項施工之結算數量進行排碳量推估作業。 <b>【執行完成】</b>
	2. 鋼材是否可視為資本財？ → 部分鋼材在本工程使用完畢後將移作他用，雖可視為資本財，但仍應考量運輸之相關排放，仍應記錄相關運送趟次、重量等。	鋼材為回收再利用材料，其材料使用部分不納入盤查範疇，但相關材料運輸已依據重量或運輸趟次進行排碳量計算。 <b>【執行完成】</b>
	3. 鄰近道路坍塌之修補是否納入盤查項目？ → 部分工程造成鄰近道路坍塌而進行修補用之工料、能源等仍可歸因於本工程，故應納入盤查項目中。	臨近道路修補材料使用包含混凝土及瀝青混凝土等，相關材料用量已納入盤查範疇。 <b>【執行完成】</b>
102 年 2 月	A 標： 1. 機具加油佐證資料 → 所提供之加油單據未載明為哪一台機具之加油量，無法作為各機具平均油耗之計算依據。	工地現場常由自設之共用油箱或油罐車進行加油，若廠商可提供分油紀錄，係依此分油數量填報各機運具油耗，若無分油紀錄則依共用油箱之加油發票總用油量計算排碳量。 <b>【執行完成】</b>
	2. 1 月份已取得明峰、隆濱及奇鴻三份油單，無法依機具區分，且無法判斷是否皆為本工程使用 → 所提供機具使用油料之基本登錄資料，皆登錄為柴油，但提供之實際加油單據中有一筆汽油加油紀錄，請再確認是否為此工程所使用。	本計畫後續請明峰提供完整油單，藉由加油地點區分用於本工程之油單；隆濱及奇鴻因無法確認油單是否為本工程使用，本計畫以永冠吊車擴大盤查之單位油耗率及各機具操作時數，估算可能油耗量；另其中一筆汽油單據為發電機加油單據。 <b>【執行完成】</b>
	3. 排放源盤查完整性 → 工程管理處之排放源盤查尚未完整，故未能執行相關查核。	各單位之工程管理排放源皆已彙整並查核完成。 <b>【執行完成】</b>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	<p>4.機具運轉時數 →機具施作時間記錄皆登錄為 08:00~17:00，請再次確認是否確實所有機具皆每天運作 8 小時，以避免未來估算各類別機具平均油耗時的不準確。</p>	<p>盤查過程已向廠商宣導並說明應依據實際出工時數填寫，後續彙整之活動數據皆依此實際出工時數作為佐證資料。 <b>【執行完成】</b></p>
	<p>5.人員出勤統計佐證資料 →人員統計目前只填寫每天人數為幾名人員，請提供符合勞工安全衛生法所規定之人員清冊或工地簽到簽退紀錄，及申報給勞委會之人工時相關資料，以利查核比對。</p>	<p>各標人員出勤佐證資料包含簽到記錄及施工日誌，相關出勤人數已查核完成。 <b>【執行完成】</b></p>
	<p>6.混凝土進料量與功能單位 →混凝土進料量目前主要以月結單為統計資料依據，但因月結單只有載運趟次及方數，但生命週期碳排放係數，係以每公斤或公噸之排放量為計算基礎，故須有重量載明，才能計算其碳排放量。</p>	<p>本計畫已執行多年混凝土供應商盤查並有每方混凝土之排碳係數產出結果，已依據實際出貨方數及此排碳係數計算混凝土碳排放量。 <b>【執行完成】</b></p>
<p>102 年 3 月</p>	<p>A 標： 1.原料投入佐證資料選用 →投入原料之佐證單據可採用公司之管理資訊系統，如 ERP 或財務結算系統，查證時可於承包商公司現場確認系統與盤查數據之符合性。 2.盤查完整性 →現場實際確認時有部分供料遺漏盤查，未填報至盤查表中，如 PVC 管、落水頭、洩水管、防塵網/布...等。</p>	<p>1. 工地使用之材料佐證資料已掃描上傳至盤查系統，查證時可直接於雲端系統進行數據之正確性。 2. 此部分遺漏之材料皆已補填報至盤查系統中。 <b>【執行完成】</b></p>
	<p>3.目前人員改以協力廠商型式填報，承包商僅提供工務所及協力廠商人員簽到資料，無法提供人員名冊。 →有關人數之佐證資料，除應能證明其數據的準確性外，應確保其資料具有證據力，故請以提供給政府之相關資料為佐證依據，如申報給勞委會之資料，或呈報給監造單位之監工日誌等。</p>	<p>各標已依據簽到資料或施工日誌進作為出勤人數之佐證，且由盤查計算結果，可發現人員出勤之排碳占比較低(WH77-A 標&lt;0.1%)，為避免造盤查執行之困難，難以再提供人員名冊。 <b>【執行完成】</b></p>
<p>102 年 4 月</p>	<p>A 標： →建議 6 月份安排與混凝土廠協商將混凝土廠納入現場盤查範疇之可行性。 →民國 101 年 1 月至 11 月追溯資料部分，若有無</p>	<p>本計畫自 102 年開始執行混凝土供應商盤查，並有混凝土及預拌車排碳係數之產出結果。 <b>【執行完成】</b> 追溯資料較難取得資料為機具</p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	法追溯之資料，可利用未來其他工段建造過程，相同之工程或使用機具之相關資料進行推估，若無相當資訊可進行推估時，則採用估驗資料進行推估。	使用相關活動數據，其中本計畫已協商取得基樁施作之實際油單資料，其餘無法取得項目則以操作時數及相關油耗調查資料進行油耗量推估。 <b>【執行完成】</b>
102年 5月	A 標： 1.預力材料產地需一一確認 →預立組裝部分材料請再確認其材質，如集線器、脫模劑等。另各類材料係為國外進口或國內製造部分，亦請進一步確認。 2.吊車如連續於本工地作業，會停留在工地，另以小車載送 50 加侖之油箱到工地加油 →永大提供之機具，部分油料係於工地現場以桶裝購油後加入機具使用，但目前無法確認實際加入機具之油量有多少，建議是否請廠商在油桶上劃上刻度，作為加油量紀錄之依據。	本計畫已確認預力材料材質與產地，僅其中預力材料之夾片為國外進口，相關材料運輸皆已填報並計算排碳量。 <b>【執行完成】</b> 本計畫已執行該協力廠商之快大盤查調查，蒐集於施工期間至所有工地之簽單及加油單據，並依據各工地之出工時數進行加油量之分配，此數據可作為一級數據。 <b>【執行完成】</b>
102年 6月	A 標： 1.國祥實固架下以碎石級配鋪設，現場勘查時詢問國祥施工人員得知，碎石級配由高雄運至本工地，請其提供料單 →請協助確認級配料最終處置流向。 2.完工廠商之機具耗油缺乏佐證資料 →101年1-11月追溯資料中，有關機具油料部分，因部分廠商已完工退場，故無法取得相關油料耗用之單據，目前以工作時數及參考文獻估算耗油量，然文獻之油耗量與目前之經驗值比較，可能有偏高之情形，建議未來可以其他工區之同類工程所計算之油耗量從新估算。	本計畫已確認碎石級配最終處置係留在工區內使用，已取得相關料單並計算材料使用之排碳量。 <b>【執行完成】</b> 無法取得油單資料之機具，本計畫以操作時數及本工程相關油耗調查資料進行油耗量推估。 <b>【執行完成】</b>
102年 7月	A 標： 1.頤達鋼筋廠曳引車加油佐證資料 →請確認頤達鋼筋廠曳引車加油方式及是否可提供加油單等資料。 2.預力材料之運輸排放計算 →夾片已確認自英國進口，請確認英國出港港口以利運輸階段碳排放計算。	本計畫已確認頤達車輛加油方式並取得加油單等佐證資料。 <b>【執行完成】</b> 奇研企業已提供製造及加工地點等資料，並已依此資料計算運輸排放量。

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
		【執行完成】
	3.材料產地需請奇研提供，若為國外進口，需提供報關資料。	經詢問得知供應商(奇研企業)無法提供報關資料，已依供應商提供之進出口港進行運輸排放量計算。 【執行完成】
	4.預力鋼腱實際施作投入量與估算量差異，待下期確認。	預力鋼腱已確認無剩餘材料，係依實際進貨單據之數量計算材料施作數量。 【執行完成】
102年 8月	A 標： 確認打樁機之加油方式以及協商奇鴻提供與機具商之租賃合約。 →奇鴻打鋼板樁用之打樁機加油模式需再進一步確認。	奇鴻打樁機大多係提供獨立油單作為佐證資料，其中僅 1 台無法提供油單，係以相同規格機具之單位油耗率進行估算。 【執行完成】
	→相同原料但不同規格(如盤式支承)時，因規格不同而重量不同，故盤查系統填報時，應依不同規格填報。。	盤式支承已依不同規格之材質組合重量進行填報。 【執行完成】
	→水泥砂漿進料時，送貨單上與混凝土合併記載在同一筆，說明為二種材料系同一部混凝土車載送至工區，送貨單並未拆分出水泥砂漿與混凝土個別進料數量，在查核時無法確認其真實性。	水泥砂漿為潤管用途而非使用於橋梁主體結構，該種類混凝土使用數量較少，且混凝土廠提供之盤查資料無法提供水泥砂漿之數據，故以相同強度之混凝土排碳係數計算水泥砂漿排放量。 【執行完成】
	A 標： 機具、車輛維修保養之排碳量經過一段時間後是否可排除？ →機具、車輛維修保養所產生的排放量，在盤查一段時間後，若證明實際佔比不具實質性時，可考慮列為排除項目。	盤查邊界已排除機運具之維修保養。 【執行完成】

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
102 年 9 月	<p>A 標：</p> <p>1.混凝土壓送車油耗分析：「公升/小時」VS.「公升/方數」</p> <p>→混凝土壓送車油耗分析，公升/方數，應較公升/小時為合理，可藉由其他工程實地盤查之每方油耗量計算活動數據，但請仍努力與廠商協商配合調查準確的施工方數。</p>	<p>各標之各工程構件皆已執行混凝土泵送車之油耗調查，並以「公升/方數」作為活動數據之計算依據。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>2.海光鋼筋運輸計算方式：以里程數(GPS 計算)及加油量進行逐月統計</p> <p>→海光鋼筋運輸之 GPS 紀錄方式再確認。</p>	<p>海光鋼筋廠配合之貨運公司已提供自行統計資料：鋼筋車輛之耗油參數(km/L)。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>3.排放係數引用</p> <p>→錨頭、錨座…等係數，可引用資料庫材質係數+壓鑄製程排放係數計算排放量。</p>	<p>由於無法取得預力材料中之錨頭、錨座等製程排放係數，此部分引用資料庫之材料排放係數計算排放量。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
102 年 10 月	<p>A 標：</p> <p>護坡工程砂石運送車輛之確認(車輛引擎種類、耗油資訊)</p> <p>→護坡工程用砂石未登入至盤查系統，請要求廠商補登錄。</p>	<p>已登錄護坡施工之砂石運送車輛至盤查系統，相關砂石材料使用量亦填報至系統中。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
102 年 11 月	<p>A 標：</p> <p>零星施工協力廠商加油單據：通傑發電機、小貨車里程/油單。</p> <p>→用加油卡加油之加油明細，可向中油或台塑申請相關期間之加油明細。</p>	<p>零星施工協力廠商加油單據包含發票及加油卡明細。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>→路燈基座、地質探勘及加勁材料相關紀錄尚未填入盤查表，後續請追加納入。</p>	<p>已確認此部分材料皆已填報至盤查系統中，並納入材料使用之排放量計算。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>C 標：</p> <p>1.現場舊 U 溝打除破碎後做為鋪築施工便道級配料使用，惟便道級配料非屬工程契約項目，亦無明確計價數量，因此舊 U 溝破碎料所替代之級配料種類與數量無法估算。</p> <p>→請釐清原有 U 型溝破碎後，是否作為混凝土替代料或級配料使用？</p>	<p>已確認原有 U 型溝破碎後，係作為鋪築施工便道級配料使用。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	<p>2.C 標土方於區內自行平衡不得外運，運土卡車係於區內來回運土，其活動強度應如何記錄較為適當？</p> <p>→C 標土方區內平衡運輸油耗，目前委託外部車輛處理，無法紀錄油耗，但應至少記錄操作時數。未來有自有運具時再依實際統計油耗作為估算。</p>	<p>運土卡車於施工期間若屬自有運具，係蒐集實際耗油單據及出工時數紀錄；若為外部車輛則係依既有卡車之單位油耗率進行油耗估算。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
102 年 12 月	<p>A 標/B 標/C 標：</p> <p>1.混凝土廠提供資料：各類物料使用量、總出貨方數、能資源總耗用量：油(含預拌車)、電、水、預拌車每月行駛里程數。</p> <p>→目前提供之各類物料使用量，為全廠總生產投入總類，為進行西濱南各工程段物料投入量之分配，應再提供全廠各規格混凝土配比作為分配比例依據，或西濱南工程段使用之混凝土的實際投入量。</p>	<p>已與混凝土廠溝通取得各標預拌混凝土產品及預拌車之盤查資料，蒐集區間為 103 年 3 月~106 年 8 月。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>A 標/B 標：</p> <p>若 A、B 標共用上、下構鋼筋場，將依重疊時間內 A 標上、下構、B 標下構之鋼筋查驗數量分配電力使用。</p> <p>→A/B 標工程，上下構鋼筋作業有時間重疊的狀況，於 A 標工程發現先有鋼筋綁紮之相關紀錄後，才有上下構施工紀錄，但 B 標僅呈現上下構施工紀錄，而無鋼筋綁紮之紀錄，請確認是否 B 標工程鋼筋綁紮部分與 A 標工程一起作業而全數紀錄在 A 標盤查紀錄中。</p>	<p>已與承包商確認鋼筋場使用情形，且 B 標工程初期(102 年 6 月開工)尚無鋼筋加工作業，因此 A、B 標之鋼筋作業並無重疊之情形。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
103 年 1 月	<p>A 標/B 標/C 標：</p> <p>1.混凝土廠尚未提供資料：各標各類混凝土之原物料投入量、預拌車每月行駛里程數。</p> <p>→請力促廠商盡快提供</p>	<p>已與混凝土廠溝通取得各標預拌混凝土產品及預拌車之盤查資料，蒐集區間為 103 年 3 月~106 年 8 月。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>2.承包商提供液化石油氣發票僅有金額，參考零售價格，以每瓶 20 公斤計算。</p> <p>→液化石油氣請確實請廠商提供一瓶填裝的重量，而不宜以 20 公斤估算。</p>	<p>承包商已提供液化石油氣填裝重量。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	<p>3.跨標管理單位(工程處、二段)分配原則：以該年度經費比例/投入人力分配? →相關排放源之分配原則，請與世曦協調，以求一致性。</p>	<p>西濱南工處之管理單位分配原則以年度經費比例，計算本計畫工程之排碳量。 <b>【執行完成】</b></p>
	<p>4.隆濱(預力)協力廠商提供每月該公司總加油量之對帳單作為佐證資料，將做為協力廠商每日估計用油量比對之用；若可取得該公司每月總出工時數，則可進行擴大盤查。 →隆濱所提供之總用油量，請確認僅為預力施工相關機具所使用之油量，或包含隆濱公司其他運作作業時使用的油料。</p>	<p>該協力廠商於 B/C 標進行預力施拉，已取得於此 2 標之總用油量及出工時數，再依 2 標之初工時數進行油耗分配。 <b>【執行完成】</b></p>
103 年 2 月	<p>B 標： 本工程之下構鋼筋由海光運至加工廠(肯一)加工後再運至本工程，故無工地現場鋼筋加工施作紀錄。 →海光鋼筋送至肯一加工過程之能耗，請協調廠商配合盤查，若廠商有配合困難時，請盡可能協調配合一個批次的量測能耗，以作為未來全程工期施作總量的換算係數。</p>	<p>由於下構鋼筋運至加工廠之數量較小，該加工廠無法配合盤查作業，故難以蒐集相關能耗資料。 <b>【執行困難】</b></p>
	<p>C 標： 1.承包商新建之施工所及其協力廠商設置之鋼筋綁紮場，均未申請臨時電表，皆採就近牽用民宅用電方式，是否有其他更適當之處理方式建議？ →可調查民宅過去歷史用電資料，並據以扣除未來用電中非屬本工程之部分。</p>	<p>已請承包商提供該民宅的用電紀錄以計算其用電量。 <b>【執行完成】</b></p>
	<p>2.承包商及監造單位自 103 年 1 月起均遷入新建工務所集中辦公，並共同使用水、電、瓦斯，無法分別計算。 →若監造單位未管理其他工程或標案時，可與承包商合併盤查，不需進行分配。</p>	<p>C 標監造單位工務所之水、電及瓦斯，皆合併於承包商工務所之活動數量。 <b>【執行完成】</b></p>
103 年 3 月	<p>C 標： C 標部份基礎在灌漿時會依設計要求埋入數根 H 型鋼做為基礎強化之用，將依據設計資料估算 H 型鋼使用量。 →基礎擋土支撐所使用之 H 型鋼中間柱，被埋入部分亦須計入計算。</p>	<p>本計畫根據承包商提供設計量計算 H 型鋼埋入材料排碳量。 <b>【執行完成】</b></p>



月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
103 年 4 月	<p>A 標/B 標/C 標：</p> <p>1.海光、漢泰皆有使用進口鋼胚，引用係數時是否可皆採用屆時海光鋼胚之盤查結果，或使用環保署公告資料(工研院計算)?</p> <p>→可引用海光鋼胚之盤查結果，作為二級數據之計算</p>	<p>本計畫協助海光鋼筋取得 103 年鋼胚及鋼筋碳足跡查證聲明書，並採用此碳足跡進行排碳量計算；漢泰鋼筋表示已配合其他計畫進行盤查，不再重複提供本計畫資料，故本計畫已與該計畫聯繫取得漢泰鋼筋碳足跡，作為本工程之一級數據。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>2.計算結果：宏榮提供之總產量係以方數表示，往後是否可直接以每方排碳量計算(kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>)?</p> <p>→單位排放量本來就是由盤查組織決定其單元單位，故以方數計算並無不可</p>	<p>本計畫採用 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup> 進行混凝土排碳量計算。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>B 標：</p> <p>工區外鋼筋加工廠(肯一)配合短期調查：請其提供該段期間內整廠之能資源、該段期間總產量、該段期間供予本工程之產量，是否還需其他資料?</p> <p>→尚須確認是否有其他物料之耗用，如鐸條、氧氣、乙炔等。</p>	<p>由於鋼筋運至加工廠之數量較小，該加工廠無法配合盤查作業，故難以蒐集相關能耗資料。</p> <p><b>【執行困難】</b></p>
103 年 5 月	<p>B 標：</p> <p>肯一鋼筋彎紮廠配合調查期間：若肯一願意配合盤查，其提供資料之時間範圍應為完整年度資料(例：102 年度)或是實際供料時間(例：102 年 5 月至 103 年 4 月)?</p> <p>→肯一鋼筋彎扎廠之盤查期間，若並未持續提供供貨，僅限定於某特定期間時，可盤查其特定生產投入的特定期間即可。</p>	<p>由於鋼筋運至加工廠之數量較小，該加工廠無法配合盤查作業，故難以蒐集相關能耗資料。</p> <p><b>【執行困難】</b></p>
103 年 6 月	<p>A 標/B 標/C 標：</p> <p>目前海光提供之相關盤查資料，以下幾點需進一步釐清：</p> <p>1.產品只填寫鋼胚，請確認此廠區生產之產品僅限於鋼胚，或是有其他的產品產出，如鋼筋。</p>	<p>海光分為小港及嘉興 2 個廠區，小港廠為生產鋼胚，嘉興廠係使用來自小港廠之鋼胚軋延為鋼筋產品。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>2.有關其排放源及其排放量，是否為全廠之總量。</p>	<p>資料為全廠總量。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	3.如廢鋼鐵、矽鐵、矽錳鐵...等之金屬或廢金屬需知道其平均含碳量才能計算在煉鋼過程所產生之排放量。	已於鋼鐵廠之組織型排放清冊中，取得各原物料於製程產生的排放量。 【執行完成】
	4.有關矽鐵及矽錳鐵請釐清為回收之再生金屬或為一次料之原生材料。	已與鋼鐵廠確認為原生材料。 【執行完成】
103年 7月	A 標： 經比對單價分析表，目前計入之工區小五金項目包括：鐵線、焊條、脫模劑，然使用數量可能與計價數量差異大，將以協力廠商之對帳單(進料量)作為盤查資料。 →碳足跡盤查應以實際投入量為基礎，故以對帳單進料量為盤查資料為適當之作法。	工區使用五金項目皆以實際進料單據作為材料使用活動量。 【執行完成】
	B 標： 七股溪橋施工便橋/構台所使用之型鋼為春原自有，協力廠商需外租板車由春原料場運至施工現場，將記錄運輸車次及距離，數量(重量)則以春原估計資料填報。 →估計資料應有估算之依據，並說明於未來的盤查報告書中。	本計畫以承包商借出之型鋼支數、單支重量進行重量估算，並表示於盤查報告書中的清冊。 【執行完成】
	A 標/B 標/C 標： 1.請問中聯資源之爐石為何時查證之資料?是否有更新?目前是否有國內飛灰之碳足跡係數? →BSI 為第三獨立查證單位，依規定不可提供任何直接資訊予執行單位運用。	本計畫已由公開資料或文獻取得中聯爐石及英國乾溼燃煤飛灰係數。 【執行完成】
	2.肯一鋼鐵表示廠區內能源僅使用電力，無使用燃油、燃氣之機具，並承諾將提供自 103 年 1 月起每月之產量及用電度數。 →請同時確認是否全場為單一產品，原料投入量及作業流程，才能進一步索取得資訊是否可以計算出碳足跡排放量。	由於鋼筋運至加工廠之數量較小，該加工廠無法配合盤查作業，故難以蒐集相關能耗資料。 【執行困難】
103年 8月	A 標： A 標工區小五金：碳足跡盤查應以實際投入量為基礎，故以對帳單進料量為盤查資料為適當之作法。	工區使用五金項目皆以實際進料單據作為材料使用活動量。 【執行完成】
	B 標： 1.B 標七股溪橋施工便橋/構台型鋼運輸：估計資	本計畫以承包商借出之型鋼支數、單支重量進行重量估算，

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	<p>料應有估算之依據，並說明於未來的盤查報告書中。</p> <p>2.請確認肯一鋼鐵盤查是否全場為單一產品，原料投入量及作業流程，才能進一步確認所取得資訊是否可以計算出碳足跡排放量。</p>	<p>並表示於盤查報告書中的清冊。<b>【執行完成】</b></p> <p>經電話詢問，肯一表示鋼筋加工為其唯一之經營項目；然多次連繫後該加工廠仍無法配合盤查作業。 <b>【執行困難】</b></p>
103年 9月	<p>A 標/B 標/C 標：</p> <p>1.Steel-Coil (Sheet), Galvanized 即為鍍鋅鋼捲或鋼板，請確認製程是否為熱浸鍍鋅製程，若是則無不妥，實際係數確認將於明年度正式查證時進行內容之確認，若有直接表明為 Hot Dip Galvanizing 則更為明確無爭議。</p> <p>2.保麗龍應確認是否與工地使用之密度相同，請與廠商確認，若資料庫中僅有 PS15 之係數時，則只能引用其計算碳排放量。</p> <p>3.各原物料之單位排放量由於各廠商之生產效率、能源使用效率及原料配比或摻配比例不同等諸多因素，可能造成其差異性，有關水泥之排放係數，目前仍計畫未來會到實際供貨水泥之生產廠區進行盤查，故最終排放量應以實際盤查之結果作為該廠商之一級數據使用，且可做為其他相同原料廠商之二級數據之用，且依據 PAS 2050 7.4.2 條文及 ISO/TS 14067 6.3.5 條文，目前暫代係數並不被認定為最終計算碳足跡的數據，係待未來實際盤查而得之水泥廠商的實際數據才會被認定可接受之數據，故現階段不予討論。</p>	<p>依據係數之技術說明，本筆係數之製程為熱浸鍍鋅(資料庫中另有電鍍鋅之係數)。 <b>【執行完成】</b></p> <p>保麗龍供應商提供之密度為 <math>6.1\text{kg/m}^3</math>，該係數之技術說明中描述對應之密度為 <math>&lt;10\text{kg/m}^3</math>，應可符合計畫需求。 <b>【執行完成】</b></p> <p>本計畫已完成水泥廠之水泥碳足跡盤查與查證作業，並採用此盤查成果之碳足跡計算混凝土排碳係數。 <b>【執行完成】</b></p>
103年 10月	<p>B 標：</p> <p>基樁廠商於陸地段基樁完成後即先離場，其鋼筋場 7~9 月並未施作，直至 10 月才重新開工。其台電臨時用電契約每期仍有用電底度(120 度)，該期間內電費單所顯示之度數是否納入計算一案，依控制權法，仍歸屬於本標案之範疇內，猶如一般製造業因待料停工期間所使用之基本備載能耗仍應涵蓋在盤查範疇內。</p>	<p>本計畫已將該期間之用電量將納入基樁鋼筋場計算。 <b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	<p>A 標/B 標/C 標： 各標工料堆置場屬外租性質，如同一般製造業之外租倉庫或外租物流倉庫，皆應納入盤查。工料運入及相關機具(吊車及堆高機)進行整理作業之油耗，歸屬於工程管理單位(施工所)能資源耗用，或歸類為工程雜項油耗之科目，並無差異，皆應全數納入工程碳足跡中，可由貴單位自行決定。</p>	<p>由於各標之工料堆置場能源消耗大多屬機具燃油，使用工程管理單位之水、電甚少，故統一將其納入工區計算。 <b>【執行完成】</b></p>
	<p>C 標： C 標工料堆置場佔地甚大，泛亞將之做為南部工程工料集散中心，其他非西濱工程的工料也會暫置於此處，惟因無法區隔，故目前將該料場相關油耗均視為 WH77-C 標所用，此一設定並不合理，將會造成排放量高估之情形，建議可依據 C 標與泛亞其他工程材料置放量之比例作為分配之依據。</p>	<p>與承包商討論後，由於無法明確估計 C 標與泛亞其他工程材料置放量之比例，原則上將設定以西濱 C 標工料與其他非西濱 C 標工程工料的置放面積比例，做為分配依據。另運入料場之工料運輸估算，亦儘量區分「C 標工程專用」(實固架、H 型鋼、剪力鋼箱)及「非 C 標工程使用」兩大類。 <b>【執行完成】</b></p>
103 年 11 月	<p>A 標： 有關 A 標植栽工程使用之草毯為泥土及草苗之混合物，供應商無法提供重量。可否改以植草面積進行排碳量計算一案，其植草面積相當於多少植草栽種量，應有相關文獻佐證每單位面積所種植之數量。</p>	<p>依據承包商提供草毯之料單資料，其單位面積及單位面積重量換算。 <b>【執行完成】</b></p>
	<p>C 標： 東和鋼鐵原料-鋼胚一級數據占比：為計算本標之一級數據比例，本計畫欲求取東和鋼鐵之一級數據占比。以 SD280/280W 鋼筋為例，其查證報告有說明鋼胚(來自桃園廠)之一級活動數據比例；然而請其進一步提供鋼胚排放係數之一級數據占比時，其僅以 email 回覆數字百分比(請見附檔)，並無其他佐證資料(桃園廠盤查資料)，請問可否符合本標針對一級數據之查證需求一案，如之前所回覆 mail 內容，若無法提供完整係數資料及查證聲明書影本，請轉知東和鋼鐵，屆時 BSI 將至東和鋼鐵進行現場抽樣查核。</p>	<p>東和鋼鐵高雄廠已提供 102 年鋼筋碳足跡查證聲明書，本計畫採用此碳足跡進行排碳量及一級數據計算。 <b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
103 年 12 月	<p>B 標：</p> <p>合隆興零星使用頤達鋼筋場場電，頤達表示因用電度數極少，為無償供合隆興使用，故電力使用皆納入頤達工項消耗，不須另做分配。將請合隆興確認是否可以區分使用場電及自行發電的鋼筋數量，再進行分析比較。</p> <p>→由於皆在同一標工區使用，以計算碳足跡排放量而言，無須分開列計。</p>	<p>雖計入同一標碳足跡，但由於合隆興 102 年 10 月以前使用柴油發電機，而後增加場電進行鋼筋彎紮，故本計畫以此時間區隔能資源耗用及鋼筋量，再進行柴油發電及場電差異分析。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
104 年 1 月	<p>C 標：</p> <p>有關 C 標擋土牆工程使用之鋼筋，由泛亞統一採購，但施工之協力廠商先送至嘉義易利隆鋼鐵公司彎紮加工，再送至工地使用，故該特定車次之鋼筋運輸里程，會較同一鋼筋供應商其他車次的運輸里程更長，已要求承包商於盤查系統中區分填報。</p> <p>→除要求運輸里程之填寫外，亦應同時確認是否有加工過程使用之耗材，如乙炔、氧氣等，若有能源使用亦應一同填寫於盤查系統中。</p>	<p>本計畫已確立填報原則，係依據實際運輸情形填寫，另已確認供應商未使用乙炔、氧氣等耗材。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>A 標/B 標/C 標：</p> <p>有關焊條係數引用，請確認是否有其他工程用焊條之係數可使用，若無時，才可引用此電子行業使用之焊條係數。</p>	<p>本計畫引用 Simapro 資料庫之焊條係數。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
104 年 2 月	<p>A 標：</p> <p>1.有關 A 標投入材料橋面伸縮縫，應確認組合之材質及加工的方法，如為鑄造、聚合、射出....。</p>	<p>伸縮縫供應商已確認加工方式為鑄造，並提供材料試驗報告及製造圖等相關資料。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	<p>2.有關 A 標路面刨除，運輸距離與重量推估方式並無疑義，唯推估引用來源應說明，如理論刨除厚度、理論壓實密度…等；另有關刨除之廢棄物處理方式應確認，並納入生命週期盤查中。</p>	<p>本計畫依據瀝青混凝土進貨單據之重量，以計算材料使用及運輸的排碳量。瀝青刨除料運回瀝青廠後僅作篩析及堆置，並將作為再生瀝青混凝土之原物料。由於此刨除為再利用之用途，自離開工區之運輸、篩析等製程應分配於下一個生命週期(再生瀝青混凝土)，本計畫採相同原則，刨除料自離開工區後不納入盤查範疇。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>B 標： 有關 B 標浸鍍鋅鋼筋，應確認浸鍍厚度，可引用熱浸鍍鋅鋼材係數扣除係數資料庫中之鋼筋係數後，作為浸鍍鋅之係數後再加上國內實際盤查之鋼筋係數作為熱浸鍍鋅鋼筋之排放係數。</p>	<p>已取得鋼筋鍍鋅前後之重量差，依此重量及鍍鋅材質係數計算排碳量。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>C 標： 有關 C 標擋土牆使用之鋼筋彎紮加工，欲以 C 標下構鋼筋彎紮場之單位鋼筋加工重量耗電量為依據，應確認 C 標下構鋼筋彎紮場是否相同地未使用氧氣、乙炔，其情境是相同的。</p>	<p>經現場詢問確認，下構鋼筋彎紮加工場所使用之氧氣、乙炔，除焊接功能外，亦用於現場裁切鋼筋。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
<p>104 年 3 月</p>	<p>C 標： 有關工區外鋼筋彎紮加工廠商之營業項目相當龐雜，不僅是鋼筋彎紮裁切加工，也承接各種金屬材料、器具的加工作業，即使完整蒐集其全廠盤查資料，恐亦無法推估鋼筋加工之耗電比例。是否有其他更完善的類比估算方式？或是否能考慮把工地鋼筋場之單位彎紮加工重量耗電量<math>\times 2</math>(保守假設彎紮與裁切之耗電量相同)，做為工區外鋼筋彎紮加工之耗電量估算依據？ →建議可以採取某一批量加工時進行實際量測，如氧氣、乙炔可以於加工前與加工後磅稱重量，即可知當批量使用量，若可能，電力可進行鈎錶量測，作為未來單位加工估算之依據。</p>	<p>由於當時 C 標因下構工程已接近完工，所使用之下構鋼筋已預先彎紮加工，上述相關建議事項在 C 標工地現場已無法執行量測；而 B 標鋼筋委外加工之協力廠商無法配合提供盤查資料；另根據本計畫工區總用電之排碳占比僅約 0.05%，考量此鋼筋加工用電量應遠小於工區總用電量，鋼筋加工的排碳量亦應不具實質性，故本計畫盤查範疇不包含委外鋼筋加工。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
104 年 4 月	<p>A 標：</p> <p>1.有關於 WH77-A 標已報請完工，數量比對之對應方案，建議如下：</p> <p>(1)情境 C 及情境 D →請確認佐證資料與使用量差異是否與退料單一致，如未退料，請確認其流向(e.g. 做為其他工程投入或廢棄物處理)。</p> <p>(2)情境 F →同上述理由，如無補料單，請考量以佐證資料做為活動數據。</p>	<p>工程材料之大量運出皆有紀錄；若有少量運出而無法提供數量紀錄之情形，本計畫係依保守性原則全數計入本計畫使用。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>2.有關混凝土實際進料數量之確認，目前有兩種資料可供比對，其一為供應商竣榮所整理提供之當月原物料投入量配比表及出貨單，其二為工程主承包商與竣榮雙方檢核後認可之計價數量。兩者可能會因部份車次退料而致使進料數量統計有所差異(前者以原物料投入量為主，退料部份也一併計入，後者則是雙方認可之計價數量，理論上較為精確)，故目前的設定是以前者數據估算本工程使用混凝土之實際排碳係數，而混凝土實際使用量則以後者統計數字為準。</p> <p>→當月原物料投入量配比表及出貨單(包含退料記錄)與計價數量之佐證文件應妥善留存，屆時查證時需進行比對。</p>	<p>查證單位建議方式與本計畫預計執行方式相同，混凝土排碳係數採竣榮提供之每月總進原料量計算，工區使混凝土實際使用量則採用承包商與供應商雙方認可之計價數量。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
104 年 5 月	<p>A 標/B 標/C 標：</p> <p>有關橋面排水管將以數量計算書之數值作為各跨最後結算數量，但總使用數量將以進料單為準，並以施工圖數量作為分配基準→請再確認進料單及數量計算書之差異來源，例如是否退料狀況。</p>	<p>經承包商檢核進料數量皆大於結算數量，多於數量應為下腳料，亦須視為本工程使用，以分配方式將多餘部分納入本工程碳足跡計算。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>A 標：</p> <p>WH77-A 標已申報完工，預計六月份可完成驗收，輔導單位須於三個月內(九月份)提出盤查報告書(盤查總結報告)，以供查證單位進行查證→預定安排查證日期為十月份，日期安排將另行通知。</p>	<p>WH77-A 標於 104/5/10 竣工，總結報初稿於 104/8/6 提送，查驗機構於 104/11/4、104/12/3~104/12/4 完成查證作業。<b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
104年 6月	<p>A 標： WH77-A 標中並未包含照明設備(燈柱、燈泡)，為考量完整道路生命週期評估邊界(設備原物料及營運期間之照明能耗)，是否應將其納入估算範圍? →依碳足跡產品類別規則(CFP-PCR)基礎建設-橋梁 2.2.2 節橋梁附屬設施建置等過程，請計算其設備安裝過程的碳排放；另 2.2.3 節操作階段包含所有營運橋梁基礎設施所需的功能、程序，包含照明，並以橋梁之營運管理階段為 50 年估算。</p> <p>C 標： WH77-C 標各工項施工廠商提供油單，其推估方式包含信越-吊車/榮暉-吊卡車/宙昶-泵送車/鉅榮-泵送車/利鍵-泵送車/全強-打樁機&amp;吊卡車/勢明-吊卡車&amp;泵送車，需紀錄操作時數及提供單位時間(或單位泵送方數)耗油量。 →WH77-C 標各工項施工廠商提供油單，其推估方式包含信越-吊車/榮暉-吊卡車/宙昶-泵送車/鉅榮-泵送車/利鍵-泵送車/全強-打樁機&amp;吊卡車/勢明-吊卡車&amp;泵送車，需紀錄操作時數及提供單位時間(或單位泵送方數)耗油量。</p>	<p>本計畫各標依照明協力廠商提供燈具之種類及數量，以計算設備安裝之材料使用排碳量；另依中央氣象局日出日落資料設定營運階段照明設備之使用情境(每日開啟時間)，及配合設備之功率計算耗電量與排碳量。 <b>【執行完成】</b></p> <p>施工期間部分機具為短期施作或為臨時外叫機具，此部分機具皆有紀錄操作時數，惟單位時間(或單位泵送方數)耗油量係優先參考本計畫中相同或近似規格之機具單位耗油量，或參考文獻資料單位耗油量。 <b>【執行完成】</b></p>
104年 7月	<p>B 標/C 標： 實固架與H型鋼支撐用之RC水泥塊，請確認其為重複利用材料之合理性(是否皆使用於本次工程)。</p>	<p>經承包商確認，WH77-C 標之RC水泥塊係來自其他工地之重複使用材料，使用時間已長達五年，並於工程結束運至承包商其他標之工地繼續延用。 <b>【執行完成】</b></p>
104年 8月	<p>B 標/C 標： 本計畫各標施工期間皆橫跨數年，以 WH77-A 標為例，該標施工期間由 2012 年 2 月至 2014 年 5 月止，分年使用之電力是否可統一採用 2013 年之電力係數，或需要分年份進行計算？若需分年計算，表 2 所示引用原則是否恰當？ →有關不同年度電力係數引用原則，依照環保署產品碳足跡計算服務平台資訊，引用台灣各年度電力碳足跡排放係數，如當年度尚未公告，則暫以最新排放係數替代。故 2012.02~2012.12 引用之</p>	<p>本計畫電力係數皆統一採用最新年份之係數。 <b>【執行完成】</b></p>



月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	數值為 0.69 kgCO <sub>2</sub> e/度，2013~2015.06 引用之數值為 0.66 kgCO <sub>2</sub> e/度(其中 2014 及 2015 年度之電力碳足跡排放係數暫以最新公告排放係數暫代)。	
104 年 9 月	<p>B 標/C 標：</p> <p>1. 因應 ISO 14067 可能於本年度正式公告，又本計畫係以取得 ISO 之查證聲明書為優先，故 WH77-A 標之盤查報告書將以符合 ISO/TS 14067 要求之格式撰寫，俟 ISO 14067 正式公告後，再視公告之格式要求進行修正。惟請查證單位協助追蹤 ISO 14067 正式公告之進展，以利後續工作調整及安排。</p> <p>→ 依全國認證基金會資訊顯示，產品碳足跡標準 (ISO/TS 14067) 將朝向 IS 標準發行，並擬將籌組工作小組進行討論(預計為 TC207/SC7/WG8)，IS 版國際標準將持續討論，後續待正式公告後，將協助以 IS 版國際標準查證。</p> <p>2. 原料之供應者若為貿易商而非製造商，其運輸範圍應回溯至貿易商倉庫，或需回溯至製造商出貨地點？若為外國進口物料，且供應商無法提供實際製造商地點，是否可依報關單之出口港口資料，僅計算海運排碳？</p> <p>→ 原料之供應者若為貿易商而非製造商，其運輸範圍應回溯至製造商出貨地點，另由於海外陸運資料取得不易，惟應依報關單資料計算空運或海運運輸過程中溫室氣體排放。</p>	<p>依 ISO 網站及本計畫所掌握資訊，TC207/SC7/WG8 已成立，然由於 IS 版國際標準正式公告日期尚無定案，已完工之標別無法以 IS 版標準進行查證，本計畫與業主及查證單位討論後，確認以 ISO/TS14067 與 PAS2050 進行查證，目前各標皆已取得此兩種標準之查證聲明書。</p> <p><b>【執行完成】</b></p> <p>本計畫進口物資如預力鋼腱、預力端錨材料均已考慮海運過程；本計畫計算鋼胚原料之廢鋼鐵掌握約七成海外運進數量之起始港口。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
104 年 10 月	<p>B 標/C 標：</p> <p>本計畫水泥原料廠(台泥蘇澳廠)在其製程中，係將旋窯產生廢熱回收進行發電，並回饋至其本身製程電力使用。本計畫進行水泥碳足跡計算時，是否應將該部分電力納入，或將其視為減碳效益(替代原本需要外購之電量)，於盤查報告中單獨說明？</p> <p>→ 因該發電來自於廢熱回收，僅需計算廢熱回收過程中產生之範疇一溫室氣體排放及其發電過程中所需輔助燃料/原物料投入之碳足跡，不須納入電力或視為減碳效益，此排放源應於盤查報告書中說明。</p>	<p>本計畫計算水泥碳足跡已納入組織型盤查清冊之排放量，即包含廠區範疇一及範疇二之排放量，另本計畫亦蒐集廠區總原物料及能資源用量，故水泥碳足跡已包含廢熱回收過程之溫室氣體排放。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
104 年 11 月	<p>C 標：</p> <p>下構施工廠商鉅榮之鋼筋加工廠開始使用民宅電力，其電表數據包含鋼筋廠及福利社用電；然鉅榮機具已於 104 年 8 月底退場，目前該電表僅剩福利社用電，應不屬於盤查範圍。另為排除先前使用電力中之福利社用電，將繼續收集未來一年之福利社用電量數據，以年平均用電量予以扣除。 →如欲以年度資料計算平均每月用電量，並據此計算總用電度數及扣除，建議於盤查清冊中備註其計算之依據及原因。</p>	<p>由於鉅榮退場後蒐集數月發現該電表除包含福利社用電之外，可能涵蓋其他用途之用電，難以區分福利社用電量；故基於保守性原則，於 104 年度查證結果將鉅榮施工期間總用電量紀錄排碳量計算。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
104 年 12 月	<p>C 標：</p> <p>信越 2 台模板發電機，7 月起每月向榮暉購入 2 桶柴油添油，1 桶 200 公升且無油單佐證；後續 12 月起將請榮暉提供信越之油單佐證，7~11 月則補填報每月 400 公升油耗量至新增機具編號。 →由榮暉提供油單購買文件以供佐證，其信越及榮暉總用油量應與油單一致。</p>	<p>本計畫分別蒐集信越及榮暉之油單，故兩協力廠商之用水量個別進行檢核。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
105 年 1 月	<p>C 標：</p> <p>由其他工地運進之油料，若可取得該工地購油之佐證單據，或若是協力廠商可提供運進油槽油量刻度明確之照片，是否即可視為一級數據？ →購油單據應確認其數據來源(包含量測設備為何)，另油槽刻度多數為簡略的刻度表示，並未經過校正，故多為估算數據，較不適宜視為一級數據。</p>	<p>已與協力廠商確認僅有購油佐證單據，並無其他量測設備之資料，本計畫已將此部分的油耗歸類為二級數據。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>B 標：</p> <p>1.本計畫目前已進行水泥之上游供應商盤查，該部分數據是否可依循海光鋼鐵之模式進行抽樣查核？ →因水泥之排放量佔比較高，建議可依循海光鋼鐵之模式進行抽樣查核。</p>	<p>本計畫於 105 年 5 月 27 日會同查驗機構進廠查核，確認水泥產品碳足跡相關盤查資料，並已依此結果計算混凝土碳足跡。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	<p>2.海光之鋼胚及鋼筋取得 103 年度之碳足跡證書後，104 年及 105 年是否仍需進行供應商盤查作業？</p> <p>→海光之鋼胚及鋼筋如取得碳足跡查證聲明，可視為二級數據，可簡化供應商盤查作業。</p>	<p>海光之鋼胚與鋼筋查證完成後，在其證書有效期限內，本計畫可直接引用其碳足跡係數。<b>【執行完成】</b></p>
105 年 2 月	<p>B 標/C 標：</p> <p>鉅榮鋼筋加工廠已於 104 年 8 月退場，其電表於施工期間包含鋼筋加工與福利社用電，原預計 8 月後持續收集一年僅有福利社用電量，以排除施工期間之福利社用電，然 104 年度稽核發現退場後之用電量與施工期間相當，推測此電表目前非僅有福利社用電，故鉅榮鋼筋加工廠是否將不再持續收集 104 年 8 月底以後之電表數據？</p> <p>→請再確認電力數據包含之範圍(除了福利社外,其他用電區域為何?),以確認退場之前是否計算到非本次查證範圍之用電。</p>	<p>本計畫已向承包商確認鉅榮鋼筋加工廠施工期間為獨立電表，包含鋼筋彎紮及福利社用電，並無其他用電區域。<b>【執行完成】</b></p>
105 年 3 月	<p>C 標：</p> <p>匝道擋土牆與計價項目包含排水器，經確認係使用來自學甲之舊料，已依實際領用數量紀錄(與計價數量同)補填報材料運輸及使用；然此排水器舊料無法確認實際規格，且 A 標排水器之材料設計圖說與本標相同，故將引用 A 標排水器之規格數據計算 C 標之排碳量。</p> <p>→因排水器之材料設計圖說與 A 標相同，故可引用 A 標排水器之規格數據計算 C 標之排碳量。</p>	<p>本計畫引用 A 標排水器之規格數據計算 C 標之排碳量。<b>【執行完成】</b></p>
105 年 4 月	<p>C 標：</p> <p>預力端錨材料係以各式零件運輸至工地現場組裝，零件種類多達數十種而難以填報至系統，故將依據設計資料之組合材料使用數量，並參考供應商提供組合材料之單位重量，以填報預力端錨材料之運輸數量。</p> <p>→建議參考估驗計價資料單位顯示，如為組數，請依設計資料之組合材料使用數量，並參考供應商提供組合材料之單位重量換算碳足跡。</p>	<p>本計畫以設計組數及組合材料之單位重量進行重量轉換及排碳量計算。<b>【執行完成】</b></p>
105 年	B 標：	

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
5 月	<p>B 標之預力鋼腱，其主要原料為中鋼盤元  →依環保署碳足跡計算服務平台公告之內容，其中條鋼盤元為小鋼胚經條鋼工廠軋延成為條鋼盤元；線材盤元為小鋼胚經線材工廠軋延成為線材盤元，兩者有不同係數，請確認前段材質及製程後，盤元可引用環保署碳足跡計算服務平台係數，並加上該廠區場內製程之排放。</p>	<p>本計畫與供應商確認盤元之使用種類為線材盤元，並依此選擇環保署碳足跡平台之線材盤元係數。  <b>【執行完成】</b></p>
105 年 6 月	<p>C 標：  擋土牆型式包含標頭懸臂式、標頭重力式及匝道懸臂式擋土牆，將請承包商依據不同型式擋土牆計算書之施工數量，填報鋼筋、PVC 管及止水帶之材料使用，然擋土牆計價項目僅有各項材料的總數量，未區分不同型式擋土牆之材料數量，若未來計價總數量與填報總數量不相符，將依據計價總數量及各型式擋土牆設計數量比例，修正各型式擋土牆之材料使用數量。  →因無法區分不同型式擋土牆之材料數量，故可以總數量並選擇上述適當之分配原則(擋土牆各材料設計數量比例及擋土牆總數)進行材料用量分配。</p>	<p>本計畫依據擋土牆材料計價總數量，以不同材料設計數量比例進行材料用量分配。  <b>【執行完成】</b></p>
105 年 7 月	<p>C 標：  橋下排水工程使用之 1000mmRCP 管材為使用舊料，此筆舊料由於下構基礎施工(非計價項目)，已於運進時全數填報使用，而無實際材料使用量之紀錄；而目前排水工程之 RCP 管訂購紀錄不包含 1000mm 規格，因此排水工程是否可依照計價數量，填報 1000mm RCP 管材料使用於排水工項，待後續排水工程完工後再依據庫存數量及計價數量填報負值之材料使用，以確保總運進數量等於材料使用及庫存數量。  →請依照計價數量，填報 1000mm 規格之 RCP 管材料使用於排水工項，後續排水工程完工後再於系統依據此計價數量填報負值之材料使用，總量一致即可。</p>	<p>本計畫 C 標依照計價數量填報 1000mm RCP 管材料使用於排水工項，並於完工後依據計價總數量及庫存數量，填報負值之材料使用，以確保材料運進總量等於使用量加上庫存量。  <b>【執行完成】</b></p>
105 年 8 月	<p>B 標/C 標：  海光已取得 103 年碳足跡查證聲明書，104、105 年之供應商盤查是否應持續進行？於查證作業與</p>	<p>本計畫持續與海光鋼鐵廠聯繫，已執行完成 104 年度鋼筋盤查作業；另海光已取得 103</p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	<p>查證結果是否有差異? →依 PAS 2050:2011 版 7.2 條數據品質中準確性與一致性之要求,104 年度及 105 年度供應商應持續進行盤查,以獲得較準確的排放係數並取得數據選用一致性。</p>	<p>年查證聲明書,由於證書有效期限為 3 年,鋼筋供應期間仍在此有效期限內,故本計畫採用此查證聲明書之碳足跡係數。 <b>【執行完成】</b></p>
105 年 9 月	<p>C 標: 排水工程 7~9 月份利鍵之機具油單缺漏,然利鍵已於 9/20 退場,後續排水工程將由信越另找協力廠商施工,7~9 月油單已無法由利鍵提供,是否以先前利鍵排水施工之平均油耗率估算 7~9 月油耗量? →因無法取得油單,故可以過去平均油耗率估算 7~9 月油耗量,惟僅可視為二級數據。</p>	<p>本計畫已依此原則計算油耗量,並於排放清冊註明該部分排碳量為二級數據。 <b>【執行完成】</b></p>
105 年 10 月	<p>B 標: 墩柱鋼模之運出將依下列方式填報: ● 運進時有重量:配合運出終點之距離、車型,進行運輸活動量(噸公里)計算與運輸排碳係數選擇。 ● 運進時僅有車型/車次(無重量資料時採用):重量假設為運進車型之滿載重量,配合運出終點之距離、車型,進行運輸活動量(噸公里)計算與運輸排碳係數選擇。 →第一點的部分可行,第二點的部分建議以墩柱鋼模總重量扣除第一點之重量後平均分配;如上述方式亦無法取得數據,可依據滿載重量(保守性)計算。</p>	<p>本計畫依此原則,進行計算材料運輸之碳排放 <b>【執行完成】</b></p>
105 年 11 月	<p>C 標: 上構橋面排水管使用 6" 及 8" PVC 管材,目前管材皆直接運至工地進行安裝,難以紀錄實際使用數量,故於運進當日即全數填報材料使用;將同時確認運進總長度與計價長度是否合理,後續施工結束若有剩餘材料再予以扣除。 →如無法統計實際使用數量,應以運進當日總數量為準,如後續工程結束後,再計算剩餘材料數量扣除作為使用量。</p>	<p>計畫已於 C 標完工後確認橋下排水管運進及剩餘材料數量,以計算此材料實際之使用數量 <b>【執行完成】</b></p>
105 年	B 標/C 標:	

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
12月	<p>1)混凝土橋面版刨除工程非屬契約計價項目，然其係為完成”箱型梁”工項而發生，故其施工機具之排放將分配至”箱型梁”工項。2)刨除料將轉作級配料用於工區中，但承包商與刨除協力廠商係以面積計價，並未針對刨除料進行計量(重量或體積)，故無法將刨除料分配至”工區級配料”項目；本計畫擬將刨除料仍視為”箱型梁”所使用材料(或其損耗)，不另進行分配。</p> <p>→混凝土橋面刨除之材料可視為廢棄物材料再使用，僅需要計算施工過程之運輸及施工機具之油耗等溫室氣體排放，並作為”箱型梁”所使用材料</p>	<p>本計畫將刨除料視為箱型梁所使用之廢棄物再利用材料，並蒐集施工過程刨除機具之油耗</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
106年 1月	<p>B標/C標：</p> <p>C標欄杆為協力廠商連工帶料施作，目前材料使用填報是依據計價長度估算，後續完工後將請承包商提供料單及總材料使用數量，並依據此使用數量修正系統之填報數量。</p> <p>→需確認欄杆料單所計價單位，如為長度，應估計單位長度重量用以換算，另總材料使用數量應確認是否有未使用完退料部分</p>	<p>本計畫C標已依據總欄杆材料進貨數量修正填報數量並確認無退料之情形</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
106年 2月	<p>B標/C標：</p> <p>C標標頭及標尾匝道的路堤段以稻草蓆鋪設，由於稻草蓆係以面積(m<sup>2</sup>)計算數量，該材料無相關重量之佐證，是否可參考農田水利施工規範第02920章(植草)，其規範稻草蓆單位面積之重量(大於350g/m<sup>2</sup>)，再以本標工程鋪設面積及此單位重量估算稻草蓆之總重。</p> <p>→如無該材料相關重量，可參考農田水利施工規範第02920章(植草)資訊，惟請在確認須符合2.1.5植生基材為有機纖維，每m<sup>2</sup>用量350g以上或2.1.6稻草蓆是以稻草均勻編織而成，每m<sup>2</sup>重量330g以上之規定</p>	<p>本計畫已於C標現場實際量測稻草蓆單位面積重量，並依據此實際量測值計算排碳量</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
106年 3月	<p>B標：</p> <p>管理單位西部濱海公路南區臨時工程處，預計於6月合併東西向快速公路高南區工程處，後續合併後人員皆在原辦公處所辦公，故將不改變水、電、公務車…等計算方式。然主管(處長及副處長)之出</p>	<p>本計畫工程已於兩單位合併前完工，因此不須考量合併之排放量分配。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	<p>勤排碳計算，將修正為此兩處之年度總執行金額作為計算分母，即主管出勤排碳量分配比例=本計畫執行金額/(西濱南工處執行金額+高南區工程處執行金額)。</p> <p>→因兩個單位合併，故出勤排放量可以改比例計算，惟溫室氣體排放量計算期間應與金額計算期間一致</p>	
	<p>C 標：</p> <p>C 標已於 3 月 10 日提報竣工，其承包商所屬的辦公室與宿舍(組合屋)約於 6 月將進行拆除，請問後續拆除期間的排碳量是否需要納入範疇?</p> <p>→因工期已完成，其後續拆除工程排放量非本標範圍，故不納入範疇計算</p>	<p>本計畫不納入後續辦公室及宿舍拆除作業之排碳量</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
106 年 4 月	<p>B 標/C 標：</p> <p>B 標及 C 標之照明工程由第三工務段合併發包給同一施工廠商，並預計於今年 6 月開始施作，由於 C 標須於 6 月 10 日前完成總結報告，因此 C 標於照明施工所使用之燈具、燈桿、電纜及導線管等材料，是否可依據契約數量進行估算?另契約項目中的工程材料如電纜及導線管，因無法區分 B 及 C 標之數量，是否可依據 2 標之燈具數量進行分配?</p> <p>→B 及 C 標照明施工所使用之燈具、燈桿、電纜及導線管等材料，可先依據契約數量進行估算；另電纜及導線管建議可依燈具契約數量進行分配估算</p>	<p>本計畫照明工程之材料估算，已依據 B 及 C 標之契約數量進行估算，其中無法明確區分之材料依 2 標之燈具數量進行分配</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
106 年 5 月	<p>B 標：</p> <p>B 標之預力施工廠商榮暉，自 105 年 6 月開始因同時在多處工區進行施作，無法明確區分各工區之油量，若請廠商提供各工區之油單及操作時數資料，並依據於 WH77-B 標施工之操作時數，以分配本標工程之油量，請問此分配之油量是否可作為一級數據?</p> <p>→此部分因來自於油單及操作時數資料，雖為分配之結果，惟亦可視為一級數據</p>	<p>經協調後，廠商無法配合擴大盤查作業，本計畫依據歷史油耗資料估算此區間之油量</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
106 年 6 月	<p>B 標：</p> <p>B 標現勘時發現橋下有進行防汛道路之 AC 鋪面</p>	<p>已確認驗收數量包含防汛道路之 AC 鋪面工程，本計畫已將</p>

月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	<p>工程，該部分為台南市水利局委託之作業，但施工費用已納入本工程，請問此鋪面工程是否納入盤查範疇？若納入盤查範疇，該項盤查結果是否另外報告？</p> <p>→因本標發證對象為公路總局，該防汛道路之 AC 鋪面工程為台南市水利局委託之作業，如該工程項目未納入驗收數量，應不需納入盤查範疇；如納入驗收數量，則應納入盤查範疇</p>	<p>此工項納入盤查範疇內。</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
106 年 7 月	<p>B 標：</p> <p>WH77-B 標目前混凝土材料之活動數據填報，因混凝土單據繁多且工區網速較慢，導致 6 月份混凝土填報進度落後，為配合 7 月底前年中進度報告之提交，因此可否暫先統計施工日誌之混凝土數量進行填報，待後續材料單據蒐集完成後，依據料單數量修改系統之混凝土數量。→6 月份資料可暫先使用施工日誌之混凝土數量進行填報，後續單據蒐集完成後，請再更新實際混凝土數量。</p>	<p>本計畫已完成混凝土單據之蒐集，並依此單據數量修正盤查系統之填報數量</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
106 年 8 月	<p>B 標：</p> <p>106 年度 WH77-B 標部分施工廠商之機具盤查資料，因工程近完工而非常駐於工區，無法取得部分之機具出工時數及耗能資料，若為先前已有配合提供盤查資料之廠商，可否依據施工日誌填報出工時數，再依其歷史能耗資料估算機具排碳量？若非先前配合之廠商，如標線及伸縮縫施工廠商，可否以 WH77-A 或 WH77-C 標之能耗量及施作數量比例進行機具排碳量估算？→機具盤查資料，如無法取得部分之機具出工時數及耗能資料時，可以估算方式執行</p> <p>(1)已配合提供盤查資料之廠商依據歷史能耗資料估算機具排碳量</p> <p>(2)非先前配合之廠商，可依據 WH77-A 或 WH77-C 標相近規格機具之能耗並依施工數量比例估算</p>	<p>本計畫已確認施工廠商之機具油耗資料之提供情形，並依此原則估算排碳量</p> <p><b>【執行完成】</b></p>
	<p>B 標：</p> <p>WH77-B 標部分非主要工程材料(如各式標誌交通材料與景觀橋材料)，若無法取得材料之進貨單據，可否以施工廠商提供之結算數量作為材料之</p>	<p>本計畫已確認材料單據提供情形，並依此原則進行排碳量計算</p> <p><b>【執行完成】</b></p>



月份	問題及查核意見	回覆及辦理情形
	活動數據？→部份非主要工程材料，可能有無法取得單據的狀況，在不具實質影響的狀況下，可依結算數量進行計算。	
106年 9月	WH77-B 標植生工程與 WH77-C 標為同一廠商施作，目前 WH77-B 標尚未開始進行植生工程，由於 WH77-B 標盤查總結報告須於竣工後 3 個月內提交，因此若植生工程未於報告提交前施工完成，可否以植生工程契約數量進行排碳量估算？→因植生工程整體碳足跡排放量占比應不具實質，且為同一廠商施作，可暫以契約數量進行排碳量估算。	本計畫依植生工程契約數量估算排碳量 <b>【執行完成】</b>

附錄 VII 查證報告書(收錄於光碟)

---

附錄 VIII~X WH77-A/B/C 標碳排放量清冊(收錄於光碟)

