

行政院農業委員會林務局 100 年度委託辦理計畫

新興公共工程計畫落實節能減碳評估

計畫主持人：張德鑫 副教授

協同主持人：王韡蓓 助理教授

顧問：陳獻 副教授

大崙崁環境永續發展基金會 李宗勳 董事長

執行團隊：中原大學土木工程學系

摘要

臺灣地區人口佔全球的 0.35%，但所排放之二氧化碳比例高達 0.96%，在溫室氣體排放總量中佔全世界排序的第 22 位；另依洛桑管理學院於 2007 年國際競爭力評比資料顯示，台灣地區整體競爭力為其中 55 個國家中的第 18 名，但二氧化碳排放量指標中卻排名第 37 名，各項資料顯示我國在減少二氧化碳排放量方面還有相當的努力空間。

因此本計畫參考「永續公共工程－節能減碳政策白皮書」內容，探討節能減碳仍存在且尚待克服中的六個問題，如「台灣二氧化碳排放量逐年上升」、「永續公共工程節能減碳評核體系尚未健全」、「新技術、新工法推動不易」、「公共工程常『重新建，輕維護營運』」、「公共設施延壽或重建評估機制亟待建立」及「缺乏公共工程「節能減碳」誘因或觀摩對象」等，期待落實制度面以推動節能減碳整體策略，提出加強行政院農業委員會林務局建立執行公共工程各階段的節能減碳效益評估方法，以達到公共工程建設永續利用及節能減碳效果為目標。其主要工作內容包括三項：(1)公共工程計畫落實節能減碳評估要項；(2)加強公共工程節能減碳評估要項之審議；以及(3)建立公共工程計畫研擬標準作業流程與評估要項檢核機制等。

本計畫根據林務局所屬組別及工作職掌，將業管工程依特性分為：「水土保持工程」、「道路橋梁工程」、「軌道工程」及「建築工程」等，配合各執行階段，不同類型的工程將工作內容分為四個項目，如(1)工程材料及工法其碳足跡排放資料收集；(2)公共工程計畫落實節能減碳評估要項；(3)加強公共工程節能減碳評估要項之審議；及(4)建立公共工程計畫研擬標準作業流程與評估要項檢核機制等，分別探討。

為落實制度面推動節能減碳整體策略，本團隊已提出加強農業委員會林務局建立新建公共工程各階段的節能減碳效益評估方法，在本文中透由工程材料及工法之碳足跡資料蒐集，掌握了解目前世界各國在碳排放之計算方法與估計資料庫。並針對在新建公共工程中，材料生產階段、材料運輸階段、施工階段等三階段之二氧化碳排放量，以工程特性區分為水土保持工程、道路與橋梁工程、軌道工程以及建築工程等四項，提出簡易的二氧化碳排放量計算方法。另一方面，亦利用不同工程中評估要項之審議計算準則，以計算案例方式呈現，提供相關單位在碳排量計算上之參考使用。同時，利用林務局內部所提供之工項分析手冊中，常使用的基本資料庫為基礎，將所計算出之碳排量以表格呈現，亦可使各單位在工程碳排量計算上做為參考。表格中碳排放的計算上的差異主要係因不同材料及工法，所產生的碳排放量也有所不同，並且考量其運輸工具概算出其碳排放量。

前述簡易查核表，已涵蓋林務局目前各單位相關工程主要工項，林務局可依據設計圖說內之工程數量計算表內容，推估出該工程之二氧化碳總排放量。對於設計或施工中之各階段，如涉及不同方案之選取、設計變更等，即可做為評估之依據。本研究另以三項工程實例，進行工程總碳排放量之計算案例，並以碳排放指數評估其節能減碳效益，做為林務局後續辦理相關工程之參考。

目前節能減碳政策之績效控管，以其工程費佔10%以上之比率，並以達到20%為目標，因此目前公共工程節能減碳評估要項之審議及檢核乃依節能減碳經費之比率為原則，林務局現行之節能減碳作法即以此為依歸，但僅以工程所佔經費為評估依據，以滿足節能減碳政策之績效控管比率，常易導致節能減碳部份工項有過量或不當設計之情形，此舉已與節能減碳精神相違背，因此本研究建議採用林務局主要

工項之「碳排放指數」，並將其納入檢核機制。另在工程進行時之不同階段（如「工程可行性評估階段」、「工程規劃設計階段」、「工程施工階段」以及「管理維護階段」），工程參與者（「主辦機關」、「設計監造廠商」及「施工廠商」）必須參與節能減碳之檢核工作，分別針對綠色環境、綠色工法及綠色材料等，以參與者其功能、角度與思維提出具體落實節能減碳之檢核與審議等工作。根據節能減碳執行階段之具體作法，提出林務局節能減碳自主檢核表，以不同參與者之角色分別檢核在工程不同階段是否落實節能減碳，以「總排放量」、「替代方案比較」及「碳排放指數」等量化數據，據以降低工程中之過量或不當設計情形，以落實及符合節能減碳之精神。

目錄

摘要.....	II
目錄.....	V
表目錄.....	VII
圖目錄.....	X
第一章 前言.....	1
1.1 緣起.....	1
1.2 現況分析.....	2
第二章 計畫目標及工作項目.....	7
2.1 計畫目標.....	7
2.2 重要工作項目.....	9
2.3 計畫執行政序.....	10
2.4 工作內容及項目.....	11
第三章 工程材料及工法之碳足跡資料收集.....	13
第四章 公共工程計畫落實節能減碳評估要項.....	21
4.1 水土保持工程.....	21
4.2 道路與橋梁工程.....	28
4.3 軌道工程.....	41
4.4 建築工程.....	50
4.5 節能減碳評估要項執行階段之具體作法.....	66
4.6 評估內容.....	69
第五章 公共工程節能減碳評估要項之審議.....	79
5.1 水土保持工程計算準則.....	79
5.2 道路橋梁保持工程計算準則.....	86
5.3 軌道工程計算準則.....	95

5.4 建築工程計算準則.....	105
第六章 工程計畫標準作業流程與評估要項檢核機制.....	115
6.1 工程碳排放查核表.....	116
6.2 標準作業流程與評估要項檢核.....	137
第七章 結論與建議.....	149
參考文獻.....	153
附錄 A 碳排放分析表.....	157
附錄 B 碳排放計算範例.....	215
附錄 C 期初報告審查意見及回覆表.....	225
附錄 D 期中報告審查意見及回覆表.....	226
附錄 E 期末報告審查意見及回覆表.....	229

表目錄

表 2-1 執行工作計畫分工表.....	9
表 2-2 林務局各分組及職掌.....	11
表 3-1 各國碳排放量計算準則.....	15
表 3-2 各國碳標籤系統建立方式	17
表 4-1 推土機之平均工作量分析表.....	24
表 4-2 開挖機純挖掘土方之平均工作量分析表.....	24
表 4-3 開挖機搭配傾卸貨車之平均工作量分析表.....	25
表 4-4 工程材料生產階段二氧化碳排放量.....	26
表 4-5 材料運輸之車種規格及耗油.....	27
表 4-6 化石能源二氧化碳排放係數.....	27
表 4-7 98 年電力排放係數.....	30
表 4-8 生產階段之 CO ₂ 排放量	31
表 4-9 運輸階段生產之二氧化碳排放量.....	32
表 4-10 生產及運輸階段生產之二氧化碳排放量.....	32
表 4-11 不同跨距RC橋梁之平均CO ₂ 排放量.....	33
表 4-12 不同型式RC橋梁之平均CO ₂ 排放量關係圖	35
表 4-13 各施工機具每一次（層）操作、運作時單位面積所排 放之二氧化碳量.....	38
表 4-14 生態廊道簡述.....	44
表 4-15 LEDplux 燈管與螢光燈管的 CO ₂ 消耗量	48
表 4-16 軌道工程施工材料介紹	49
表 4-17 國內外每人公園綠地面積統計	51
表 4-18 台灣建材生產及運輸 CO ₂ 排放量表	59
表 4-19 綠色標章一覽表.....	77

表 5-1 推土機作業循環時間 C_m 值表	83
表 5-2 各型推土機直鏟鬆方容量 q 值與理想工作量(60 分/hr)	84
表 5-3 土石方體積脹縮係數值表	84
表 5-4 推土及刮運作業時 K 值表	85
表 5-5 坡度係數 g 值表 (重車情況)	85
表 5-6 機械作業效率 E 值表	85
表 5-7 開挖機開挖深度與吊桿旋轉角之校正因數 R 值表	85
表 5-8 瀝青混凝土與再生瀝青混凝土單位面積之 CO_2 排放量比較	93
表 5-9 靜浦橋單位建材用量	94
表 5-10 一般鋼軌製造程序表	96
表 5-11 鋼鐵類建材生產的 CO_2 排放量解析	98
表 5-12 水泥砂漿材料分析與 CO_2 排放量計算例	101
表 5-13 預拌混凝土材料分析與 CO_2 排放量計算例	101
表 5-14 水泥建材生產的 CO_2 排放量解析	102
表 5-15 台灣公路汽車貨運平均運距與 CO_2 排放量推估值	103
表 5-16 設備工程佔建築軀體工程的造價比例	110
表 6-1 林務局公共工程落實綠色環保與節能減碳之具體分工機制表	115
表 6-2 國內常用之近自然工法項目(範例)	116
表 6-3 各種植栽單位面積二氧化碳固定量	117
表 6-4 林務局主要造林樹種二氧化碳固定能力	118
表 6-5 工程碳排量簡易檢核表	121
表 6-6 林務局現行辦理工程勘查紀錄表	139
表 6-7 林務局國有林地治山防災及林道工程節能減碳工程檢核表	140
表 6-8 林務局節能減碳自主檢核表(主辦機關填寫)	141

表 6-9 林務局節能減碳自主檢核表(設計監造填寫).....	143
表 6-10 林務局節能減碳自主檢核表(施工單位填寫).....	146

圖目錄

圖 2-1 永續公共工程－節能減碳的整體推動策略.....	8
圖 2-2 各執行階段的執行要領.....	10
圖 4-1 水土保持工程節能減碳評估要項.....	22
圖 4-2 道路橋梁工程節能減碳評估要項.....	28
圖 4-3 不同型式RC橋梁之平均CO ₂ 排放量與跨距關係圖.....	34
圖 4-4 不同型式RC橋梁之平均CO ₂ 排放量關係圖	34
圖 4-5 柔性鋪面全厚度（二層）.....	37
圖 4-6 柔性鋪面全厚度（三層）.....	37
圖 4-7 一般構造柔性鋪面（二層）.....	37
圖 4-8 一般構造柔性鋪面（三層）.....	37
圖 4-9 軌道工程節能減碳評估要項.....	41
圖 4-10 建築工程節能減碳評估要項.....	50
圖 6-1 推動平台及標準作業流程.....	137
圖 6-2 林務局節能檢碳標準作業流程.....	147

第一章 前言

1.1 緣起

自工業革命開始，世界經濟驟然起飛，百年來的發展使得人類物質生活大幅提昇，但產生的溫室氣體所造成全球暖化問題及氣候變遷的效應已日益明顯，依據聯合國「跨國氣候變遷小組」(IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change) 於 2007 年 2 月 2 日發表之 IPCC 2007 報告指出，全球暖化趨勢對氣候的衝擊程度將比上個世紀來得嚴重，預計本世紀全球氣溫與海平面上升的幅度會比過去一千年還大。本世紀末，可能出現極端的酷熱、乾旱、暴雨與大雪等，而颱風強度也會更加猛烈。

目前世界總人口數已達 60 億，其中亞洲人口約佔 53%，預計 2050 年世界總人口數將成長至 90 億人，其中以亞洲地區成長最快速，且大幅往大都市集中。人口密度大，已造成生活環境、生態、自然環境與文化遺產等破壞嚴重；其次如廢棄物處理不當，亦造成大氣、土壤與水環境之汙染擴大。又因經濟快速成長，資源與能源需求加劇，其中大量工業化之過程會大量排放二氧化碳等溫室氣體，這些原因均加速地球之暖化。

依據國際能源總署 IEA/OECD 2006 年的統計資料，臺灣地區人口佔全球的 0.35%，但所排放之二氧化碳比例卻高達 0.96%，在溫室氣體排放總量中佔全世界排序的第 22 位；另依洛桑管理學院於 2007 年國際競爭力評比資料顯示，台灣地區整體競爭力為其中 55 個國家中的第 18 名，但二氧化碳排放量指標中卻排名第 37 名，各項資料都顯示我國在減少二氧化碳排放量方面還有相當的努力空間。

此外，近五年來原油價格由每桶約 30 美元漲至 2008 年之 140 美元，其後油價雖有調降，但至 2012 年仍約 90 美元左右，同時也帶動糧食與其他天然資源的價格大幅成長。臺灣屬島嶼型國家，2010 年對進口能源依存度高達 99.30%

[30]，如何節約資源及能源使用、強化資源再生利用、開發新能源，繼續維持國家社會發展，為台灣永續發展之重要挑戰。

為了減緩氣候變遷的腳步，各先進國家無不倡言節能減碳，從以往近自然工法著重於生態環境的思維，已擴展到兼顧「環境保育」、「經濟發展」與「社會公義」的永續理念，並以「節能減碳」做為核心推動的重點。

目前國際間有關永續工程相關的指標，包括英國的 BREEAM、美國的 LEED 及加拿大的 GBTOOLS 系統，多以建築工程為主，而對於廣泛的公共工程而言，大至上百億的建設計畫，小至幾十萬元的修補工程，類別相當複雜，尚難以建立一個整體適用的指標系統，亦無二氧化碳排放量的計算原則，因此在節能減碳的推動上，現階段著重於理念上的宣導，鼓勵各政府機構在工程規劃、設計、施工及營運等階段，能儘可能採用符合節能減碳為指標的作法，加強綠色能源設備的相關應用。（部份內容摘錄「永續公共工程－節能減碳政策白皮書」）。

1.2 現況分析

參考「永續公共工程－節能減碳政策白皮書」之內容，台灣現今存在節能減碳中的六點問題尚待克服：

1. 台灣二氧化碳排放量逐年上升

太陽輻射經大氣吸收、地表及大氣反射後，剩餘約 49% 為地表所吸收，地球吸收太陽能量後，並以長波輻射方式將熱能釋出於外太空，終至熱量達到穩定平衡。但由於人類大量使用石化燃料、濫砍森林等及社經活動的頻繁，造成二氧化碳、甲烷、氫化亞氮、氟氯碳化物等易吸收長波輻射之氣體（或稱『溫室氣體』）大量增加，使得熱能釋出於外太空之數量減少；以致造成地球之暖化。

根據台灣地區碳排放量資料及近年之工商業發展數據，顯示我國二氧化碳排放量很難在有限期限內降回到 1990 年的排放水準或者更低。行政院環保署的報告也指出，我國的二氧化碳排放已經是「國際上不會忽視的目標」，且我國能源結構、產業結構等影響二氧化碳減量成本很高，依工研院的研究評估報告顯示，我國每噸二氧化碳減量成本約需四百美元，而其他國家約為一百美元以下，這即是我國碳排放減量工作很難或根本無法達成目標的原因所在，所以建設、交通及能源三項產業的主管機關必須要及早因應。行政院環保署之因應對策中雖提出植樹造林的建議，經濟部工業局要求鋼鐵、石化、造紙、人造纖維和水泥業等五大耗能產業公會簽訂「自發性節約能源行動計畫」，責成這幾類產業，必須展開相關溫室氣體的減量做為因應，但還是有緩不濟急之疑慮。

至於工程建設部門中，由於營建產業使用的材料，包括鋼筋、水泥、砂石、瓷磚、地磚等建材，都是屬於高耗能、高二氧化碳排放的產品，因此自 2005 年「京都議定書」生效後，其議定內容已對營建產業產生極大影響。根據統計，一般建築物每平方公尺樓地板面積所使用建材，其二氧化碳排放量約達 300 公斤。若以平均每一國人居住空間 30 平方公尺估計，則每一個國人二氧化碳貢獻量即達九公噸。依照行政院國家永續發展委員會出版之「2009 臺灣永續發展指標現況」指出，台灣建築產業耗能所排放之二氧化碳量，佔全國總排放量的 28.8%。為因應全球氣候環境暖化危機及永續發展的課題，內政部積極推動「綠建築政策」，落實建築物節約能源效益，降低二氧化碳排放，提高資源有效利用，以達節能減碳的目的，以緩和居住環境惡化問題。

依照行政院國家永續發展委員會出版之「2009 臺灣永續發展指標現況」，臺灣二氧化碳人均排放量自民國 79 年的 5.47 公噸/人成長至 96 年的 11.5 公噸/人，與時間呈現完全的線性成長趨勢，97 年為 11.0 公噸/人，98 年

更降為 10.4 公噸/人。我國總溫室氣體（Greenhouse Gas, GHG）排放量（不包括二氧化碳移除量）自民國 89 年 147.109 百萬公噸二氧化碳當量，上升至 96 年 296.802 百萬公噸，97 年首度下降至 284.515 百萬公噸，較前一年減少 4.1%，98 年初估排放量再度呈現負成長達 4.3%。按照氣體別而言，二氧化碳為我國排放溫室氣體中最大宗，其次為氧化亞氮，再其次為含氟溫室氣體。

另依國際能源總署 2006 年的統計資料，臺灣二氧化碳總排放量為 270.33 百萬公噸，排名全世界第 22；而國際能源總署 2006 年的統計資料，人均排放量則為 12.08 公噸/人，排名全世界第 18，顯示出國內對於燃料的使用與二氧化碳排放的管制與減量，還有努力的空間。

2. 永續公共工程節能減碳評核體系尚未健全

目前政府公共工程之審議流程，尚未完全包括「節能減碳」評估與檢核機制，致所規劃興建的規模及型式常以經濟或發展為優先考量，或對經濟效益之評估過於樂觀，而資源再生利用或維護管理之策略則常淪為次要配角，僅作原則性說明後，交由後續設計單位或營運管理單位自行負責，因此未真正評估各項方案對節能減碳之貢獻，使計畫決策者難以獲得足夠資訊，最終在時程及各界期盼壓力下倉促定案，終至產生如蚊子館、超量規劃或資源浪費等，為人所詬病之建設。

3. 新技術、新工法推動不易

為鼓勵廠商引進新技術、新產品及新工法，以提升國內技術水準，採購法第 35 條中規定廠商得提出替代方案之時機及條件，允許廠商提出並使用可縮減工期、減省經費或提高效率之替代方案機制，希望藉由允許廠商提出替代方案，創造較機關所提原規劃設計內容更具省工、安全、環保（如二氧

化碳減量)、再生資源、可降低整體生命週期成本的效益。但常因主辦單位擔心會被冠上綁標或圖利廠商之虞，又或設計單位擔心需額外付出心力審查承包廠商提出之替代方案，又或對替代方案無專業審查能力，產生設計、監造與施工之責任界定不清，而業主審查施工廠商的替代方案則因專業能力不足，層層提報審查期程冗長，致可能影響完工期限，且相關獎勵及利潤誘因不足等因素，造成各單位大多未提出使用新技術、新產品及新工法之替代方案。

4. 公共工程常「重新建，輕維護營運」

依公共工程生命週期，使用維護階段居末，分配經費不高，往往不受業主重視。另因檢測維護工作繁瑣且常涉及施工品質糾紛，工程顧問公司介入意願不高，致新建工程完工後，常未善加維護，甚至發生相關維護資料遺失等情事。另設計單位未考量維修及營運之後續作法，致使用中之公共設施維護管理不良，嚴重影響使用工程壽命，造成資源浪費，或是營運不良造成閒置公共設施，效益不彰。

5. 公共設施延壽或重建評估機制亟待建立

台灣當前既有建築物的比例遠遠高於新建建築物，再加上許多既有建築當初於設計時無節能減碳觀念、使用者因使用所需進行二次增改建、建築物年久失修等原因，使得居住品質與建築性能低落，造就出許多高耗能、高污染且不符合永續的建築物。國內對於既有建築物性能改善，多半為專案計畫的推動執行，雖已建立許多具代表性的改善案例，但尚未對既有建築物性能改善制定專屬的評估體系與其相關規範。故如何評估既有建築物性能改善之好壞、了解使用階段能資源使用耗費情況，以及維護使用者住居健康，為建築專業者必須審慎思考之課題。

近年來我國新建工程漸趨飽和，觀察我國既有公共設施的狀況，可發現

許多公共設施已接近或超越設計年限。以我國現有 44 座水壩為例，壩齡超過 40 年者已達半數 22 座，整體平均壩齡為 43 年，依一般混凝土結構物 25 年至 50 年之正常使用壽命而言，我國公共設施已漸屆齡設計年限，老化問題勢必逐漸浮現，若能採取適當的延壽對策，可延長設施服務年限，避免重建消耗資材，發揮節能減碳價值。

6. 缺乏公共工程「節能減碳」誘因或觀摩對象

有好的概念但缺乏誘因或學習之對象，為公共工程節能減碳無法大力推展原因之一。如何建立具體機制作法，提供誘因，並蒐集示範案例以利各界學習，促使公共工程落實節能減碳政策，以達永續之目標，已刻不容緩。

第二章 計畫目標及工作項目

2.1 計畫目標

圖2-1為永續公共工程－節能減碳的整體推動策略，由圖可知在技術面以工程全生命週期的落實為核心，將永續發展及節能減碳之考量納入可行性評估、規劃、設計、施工、維護管理等每一個環節。在法制面則透過公共工程審議制度再造、政府採購及促進民間參與公共建設相關法規的全面檢討，塑造節能減碳的制度環境，鼓勵機關與民間積極參與落實；而在外在的推動力量上，將加強對工程界節能減碳觀念宣導，評選並獎勵績優的永續公共工程案例，提供各機關正確的思維與模仿的對象。

由整體推動策略中可知，在落實制度面推動節能減碳之策略共計有下列五項，分別為：

- 1.發展永續公共工程節能減碳評核指標與標章。
- 2.公共工程審議制度再造。
- 3.建構永續綠色採購環境。
- 4.鼓勵民間參與公共工程落實節能減碳。
- 5.建立機關窗口，健全推動網路等。

本計畫之目標依循「永續公共工程－節能減碳政策白皮書」中，落實制度面推動節能減碳整體策略，提出加強行政院農業委員會林務局，建立執行新建公共工程各階段的節能減碳效益評估方法，以達到公共工程建設永續利用及節能減碳效果為目標。

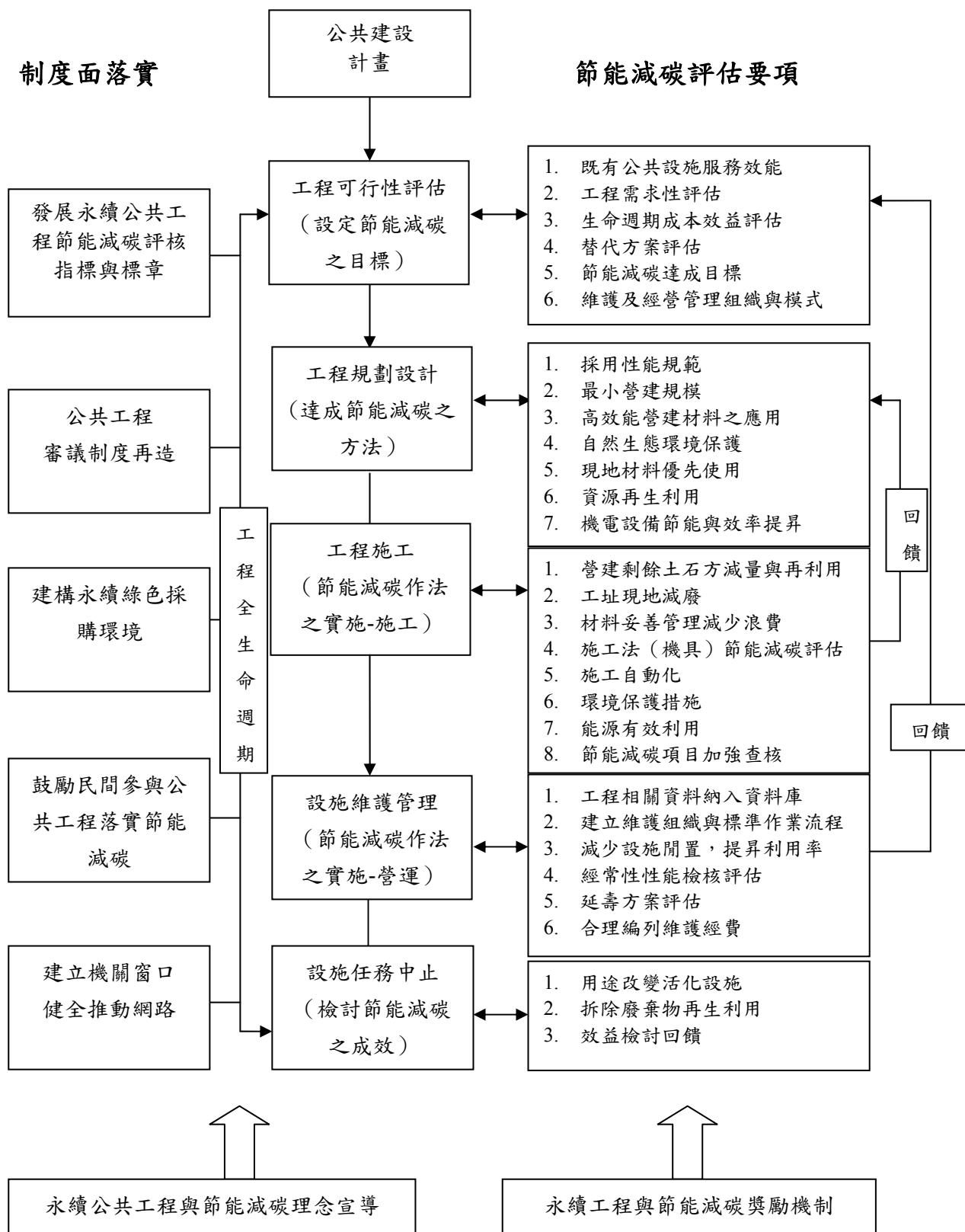


圖 2-1 永續公共工程－節能減碳的整體推動策略
(部份參考「永續公共工程－節能減碳政策白皮書」)

2.2 重要工作項目

本計畫目標即依循「永續公共工程－節能減碳政策白皮書」所述及各單位之工作計畫（部份）提出以下之分工表(如表 2-1)。

表 2-1 執行工作計畫分工表

項目	推動策略	工作計畫	主、協辦單位
工程全生命週期考量節能減碳	新興公共工程計畫落實節能減碳評估	(1)工程計畫落實節能減碳評估要項。	主辦：森林企劃組 協辦：森林育樂組 集水區治理組 秘書室
		(2)加強節能減碳評估要項之審議。	主辦：森林企劃組 協辦：森林育樂組 集水區治理組 秘書室
		(3)建立公共工程計畫研擬標準作業流程與評估要項檢核機制。	主辦：森林企劃組 協辦：森林育樂組 集水區治理組 秘書室

本計畫主要工作內容包括下列三項：

- 1.公共工程計畫落實節能減碳評估要項。
- 2.加強公共工程節能減碳評估要項之審議。
- 3.建立公共工程計畫研擬標準作業流程與評估要項檢核機制。

2.3 計畫執行程序

永續公共工程希望能兼顧環境保護與產業發展，透過對有限資源的有效利用，達到維持既有生活品質，又不會破壞生態環境的理想。而推動的範疇除了加強新建公共工程各階段之節能減碳評估外，亦須對既有公共設施補強、改善，以提升其永續性。

依照本專案計畫目標，落實於四個執行階段：(1) 可行性評估階段；(2) 規劃設計階段；(3) 執行階段；及(4) 維護管理階段等。執行要領整理如圖 2-2 所示：

可行性 階段	● 考量既有公共設施之服務效能。 ● 確實評估工程之必要性及成本效益。 ● 評估節能減碳目標，研擬替代方案。 ● 強化維護與經營管理模式及組織，合理編列經費。
規劃設 計階段	● 採用性能為導向之相關規範，提升規劃設計品質。 ● 考量最小營建，應用高效能、自然或再生材料。 ● 妥善進行環境設計，保護自然生態環境。 ● 機電設備節能與效率提升。
執行 階段	● 機電設備節能與效率提升。 ● 提升工程施工品質、落實節能減碳規畫。
維護管 理階段	● 建置維護及營運管理機制。 ● 減少閒置公共設施及提昇利用率。 ● 建立公共設施延壽評估與推動機制。

圖 2-2 各執行階段的執行要領

(參考「永續公共工程－節能減碳政策白皮書」)

2.4 工作內容及項目

根據林務局所屬組別及工作職掌，將業管工程依特性區分為四類：(1) 水土保持工程；(2) 道路橋梁工程；(3) 軌道工程；及(4) 建築工程，如表 2-2，本計畫配合前述各執行階段，不同類型的工程均可將工作內容分為四個項目：相關內容依序說明如後。

1. 工程材料及工法其碳足跡排放資料收集。
2. 公共工程計畫落實節能減碳評估要項。
3. 加強公共工程節能減碳評估要項之審議。
4. 建立公共工程計畫研擬標準作業流程與評估要項檢核機制。

表 2-2 林務局各分組及職掌

林務局組別	工作職掌	工程運用
森林企劃組	辦理林業政策之計劃、森林資源之調查、保育、利用及開發、森林經營計畫之研擬、林業資訊之處理、林業文化園區之規劃建置、辦公室自動化等業務。	水土保持工程 道路橋梁工程 軌道工程 建築工程
集水區治理組	治山防災工程之調查、規劃與勘查、林道與林業工程之規劃、督導及維護管理等業務。	
森林育樂組	辦理森林遊樂區之規劃、開發、管理與經營、國家步道系統之規劃建置及國家森林志工等業務。	
秘書室	辦理文書處理、財產物品、宿舍、土地房屋、車輛與出納管理、行政革新、施政計畫列管考核及辦公室天然災害之處理等業務。	

第三章 工程材料及工法之碳足跡排放資料收集

現今各國無不相繼分析產品由原料取得、製造、運輸、使用、廢棄、處置等階段所消耗物質及能源，換算為二氧化碳排放量（碳足跡），並以碳標籤方式呈現。碳標籤上的數值表示該產品生命週期各階段產生的溫室氣體量，再將其換算為二氧化碳當量之總和。詳細盤查材料由原料取得、製造、運輸、銷售、使用及廢棄處置等過程所產生的溫室氣體排放量，俾能由供應鏈中找出減量的機會。

本團隊先收集國內外有關公共工程所使用之材料及工法等，及其所對應的碳排放的資料庫，並歸納彙整相關資料後，據以做為林務局後續規劃、設計時，用以計算節能減碳效益時的參考。現已彙集包括歐洲、日本、美國及澳洲等地之資料庫、國際碳排量以及碳足跡計算準則，彙集之成果說明如下。

1. 歐洲

(1) 瑞士 Ecoinvent：

Ecoinvent 為一通用資料庫，由瑞士 Ecoinvent 中心所發展，該資料庫已更新至第二版。其數據可應用之領域包括：能源、運輸、建材、化學品、清洗劑、紙張和紙板、農業、廢棄物管理等，亦為生命週期評估軟體 SimaPro 主要數據引用之資料庫。

(2) 荷蘭 IDEMAT：

IDEMAT 由荷蘭 Delft 技術大學發展，主要應用之領域有：工程材料（金屬、合金、塑料、木材）、能源及運輸等。本資料庫之數據資料亦可用於 SimaPro 生命週期評估軟體。

(3) 瑞士 BUWAL 250：

瑞士官方發展之資料庫，主要領域為：包裝材料（塑料、紙板、紙

張、玻璃、鋁)、能源、交通及廢棄物處理等。

2. 日本

日本之碳排放資料庫來源為日本輸入輸出資料庫(Japanese Input Output Database)。該資料庫由日本東芝公司環境技術實驗室研發，其數據是以日本 2000 年投入產出資料為基礎，並持續更新中，資料評估範圍可包括鋁、鐵礦石、銅礦石、鉛礦石、鋅礦石、焦煤、動力煤、原油、液化天然氣和液化石油氣的獲得、使用過程及分析方法，但不包括進口產品。

3. 美國

美國之碳排放資料庫來源可參考美國輸入輸出數據庫(US Input Output Database)。該資料庫自 1998 年開始發展，並持續補充產品的數據資料。產品之環境資訊包含許多數據來源，諸如：有毒物質排放清單、空氣品質規劃和標準數據、美國環保局、能源情報署(EIA)數據、美國商務部、美國全國糧食和農業政策(NCFAP)和世界資源研究所(WRI)。

4. 澳洲

澳洲生命週期清單資料庫 (AusLCI) 提供的是一個全國性的資料庫，為經過公開諮商所產生的數據資料，具全面性且透明化，內容亦包含各項碳排放之環境資訊。

表 3-1 各國碳排放量計算準則

計算準則	推出組織	性質	內容簡介
ISO 14040:2006	ISO	國際	敘述進行生命週期評估之原則與綱要架構。但不敘述詳細 LCA (LifeCycleAnalysis) 技術內容，也不規定各 LCA 階段應使用之方法。
ISO 14044:2006	ISO	國際	規定進行生命週期評估之要求事項。規定盤查階段蒐集數據、評估階段選擇指標與闡釋階段鑑別與評估重大議題。
ISO 14064:2006	ISO	國際	1. 規定在組織層級量化與報告溫室氣體排放量以及移除量之原則與要求事項。 2. 規定在計畫層級量化、監督與報告與溫室氣體排放減量與移除增量相關之指引。 3. 規定進行或管理確認與/或查證溫室氣體訴求與選擇溫室氣體查證員之要求事項。
ISO 14067	ISO	國際	碳足跡量化 (Quantification) 與溝通 (Communication) 之國際標準，包含規範商品碳足跡計算準則。
溫室氣體議定書	WRI-WBCSD	國際	提供企業界使用於溫室氣體會計與報告之指引與標準。乃是供政府與企業領袖了解、量化與管理溫室氣體排放量之會計工具。
BSI-PAS 2050	英國標準協會(BSI)	英國	提供測量產品與服務內含溫室氣體排放量之方法。詳細規定如何評估溫室氣體排放量，包括系統界線界定以分析與鑑別排放源。
Bilan Carbone	法國環境與能源管理署 ADEME	法國	提供方法與 Excel 工作表以提供如何依據 ISO 14064 來估計相關活動之溫室氣體排放量。在評估溫室氣體排放量時，考量一項服務之整個生命週期。
MSR-EPD	瑞典環境管理協會	瑞典	進行產品環境宣告時之指導綱要。規定如何評估與溝通生命週期各個階段環境衝擊，包括溫室氣體排放量。

表 3-1 各國碳排放量計算準則 (續)

計算準則	推出組織	性質	內容簡介
Carbon Trust	Carbon Trust	英國	針對如何使用溫室氣體議定書來進行排放量報告之指引。解釋組織界限界定與直接和間接排放源分類，以協助建立組織碳衝擊之完整畫面。
Carbon offset 提供者	歐盟各國提供者	歐盟各國	在歐盟排放量交易制度下，許多團體參與各項碳抵換計畫（例如重新植林、再生能源推廣等）。這些團體使用 LCA(LifeCycleAnalysis)方法來計算溫室氣體排放量，並使用這些二氧化碳當量數量於全球碳交易中。

除了上述各國的碳排放計算準則外，還有其碳足跡範疇界定準則以及各國碳標籤的建立方式如下及表 3-2。

1. PCR (Product Category Rule)：

ISO 14025:2006 環境標示與宣告標準中，有所謂 PCR 對產品之範疇已經提出明確的界定，因此在 Guide to PAS 2050 中明確提出若已有 PCR 者，其範疇應與其一致。

2. B1 to B2 （企業對企業）：

探討 B1 之起始點與 B2 之終點。若以生命週期的觀點來看，對 B1 而言，其碳足跡應由搖籃，也就是原料的開採或生產開始到離開其工廠之大門為止；但是對於 B2 而言，則應加上由 B1 大門運輸到 B2 大門為止。

3. B to C （企業對消費者）：

這一階段的範疇就消費者而言，其範疇應該涵蓋到這件產品在消費者取得之前的所有階段。就實務面而言，就會由工廠到零售店中間會因為通路之差異而衍生。

表 3-2 各國碳標籤系統建立方式

國家	碳標示名稱	負責機構	供應鏈	查驗單位	評估範疇/生命週期
英國		Carbon Trust/ Carbon Label Company	B ₂ B B ₂ C 所有產品或 服務	Carbon Trust/ Carbon Label Company	B ₂ B : cradle to gate B ₂ C : full life cycle
法國		E.Leclerc with help by 'Greenext' and 'Energie Demain'	E.Leclerc 自 售食品		full life cycle
美國		The Climate Conservancy	B ₂ C 所有產品或 服務	Climate Conservancy	full life cycle
瑞典	Climate Marking in Sweden	KRAV, IP SIGILL Kvalitetssystem AB	B ₂ C 食品(水果、 蔬菜、乳製品)	KRAV or S-venskt Sigill	transport
瑞士		Okozentrum Langenbruck myclimate	B ₂ C 所有產品或 服務	獨立機構查驗	full life cycle
法國		Groupe Casino	B ₂ C 所有Casion 自售產品		Cradle to gate
韓國		Korea Eco-Products Institute	B ₂ C 所有產品服 務(包含農漁 牧產品)	Korea Eco-products Institute	能源使用產 品 非能源使用 產品

為計算材料之碳足跡，須有完整產品生命週期資料。目前國內工研院研發之 DoITPro 生命週期評估軟體，以符合 ISO 14040 系列之程序，建立產品生命週期盤查資料庫，並以整合產品生命週期盤查資料庫之功能，完成生命週期盤查結果之計算，可進而計算環境特性說明、特徵化指標及衝擊評估。該生命週期資料庫可應用於：產品研發與改善、策略規劃、公共政策決策及市場行銷。其碳足跡計算公用資料庫，並涵括相關國際標準之參考資料，說明如下。

1. 生命週期階段資料庫

包括產品之原料、製造、運輸與配銷、使用、廢棄等階段之資料庫。

2. 物質資料庫

包括各項原料、空氣、水污染物及廢棄物料等名稱及單位。

3. 單位換算資料庫

提供各種度量單位換算之功能，如將各種溫室氣體換算成二氧化碳當量。

4. 碳足跡計算準則資料庫

包括國內外碳足跡計算準則，如：英國碳足跡計算準則—PAS 2050:2008「產品與服務溫室氣體排放生命週期評估規範」、日本碳足跡計算準則—TS Q 0010:2009「產品碳足跡評估與標示一般原則」、ISO 14067 碳足跡計算準則等，有關 ISO 14067 碳足跡計算準則規範之相關內容，簡述如下：

(1) 適用範圍：適用各種產品與服務。

(2) 計算對象：IPCC（最新版）所列溫室氣體：CO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆、HFEs、CFCs、海龍、HCFCs、PFPE、碳氫化合物及其他。

(3) 計算範疇：完全生命週期部分生命週期(B₂B) 其他應用。

(4) 引用標準：ISO 14040、ISO 14044、ISO 14025、ISO 14064-1、ISO 14067-2。

(5) 計算方式：溫室氣體排放量 $\times$ 100 年期 GWP 值（以 kg-CO₂ 表示之）。

(6) 數據要求（一級數據/二級數據）：完整性、一致性、再現性、時間相關範圍、地理特性、技術範圍、資訊準確度、精密性、數據來源。

(7) 排放分配（製程分配/產品功能分配/經濟價值比例分配）：

A. 區分成子製程

B. 將系統擴大

C. 按比例分配（如經濟價值）

第四章 公共工程計畫落實節能減碳評估要項

營建產業會對自然環境造成所謂的環境負荷(Environmental Load)，其中包括了各類建材生產過程造成地球的溫室效應的氣體，或是資源的消耗，包括化石燃料、礦物資源、水資源等等；而在施工過程中，也會產生噪音、震動、粉塵、以及廢棄物的丟棄等等對環境的破壞與污染，而其中最重要的是建築物對地球環境所耗用的能源量與二氧化碳排放量。因此，一般的環境負荷評量值便是以此二者為主，同時這也是較能定量而得以掌握的環境負荷評量項目，本團隊將以材料生產階段、材料運輸階段、現場施工階段等三階段之二氧化碳排放量為主，並將林務局主要執行之工程依特性加以區分成：水土保持工程、道路與橋梁工程、軌道工程以及建築工程等四項，說明如下。

4.1 水土保持工程

水土保持工程節能減碳的方式是採用綠色工法及綠色材料，並配合植生綠化以確保生物之多樣性以達成節能減碳之目標。從工程材料製造、運送、使用綠色建材、現場工作機具控制與工程完工後的綠化等方向去減少碳的排放量。圖 4-1 為水土保持工程之評估要項，以綠色環境、綠色工法及綠色材料分別說明如後。

1. 綠色環境

(1) 保水與植生綠化

基於對生態系統的深切認知及永續發展，採取以生態為基礎、安全為導向的工程方法，另外水土保持工程必須納入該地區之環境保水性需求，地表及側溝可採透水性材質，以協助逕流水蓄存。其基地之施工以減少對自然環境造成傷害及保水為目的，其項目包括：

- A. 挖填土方作業：挖填土方作業應減小其規模與面積，配合水土保持等措施，以減輕對環境之污染。

- B. 表土保存：表土保存目標在於具豐富營養價值、保護原生種子及生物，以及減少土方資源之耗費。
- C. 植生綠化：植生綠化的目的是復育一個符合生態原則的天然林，因此在樹種選擇上，要考量當地的潛在植被，選擇演替過程中優勢的種類作為培育的對象。
- D. 保水：水土保持工程中之保水系統項目包括：
- (A)滯洪池：滯洪池為一大型蓄水池，滯洪池必須有一個適當開口，以調洩供流，使流入滯洪池的水能逐漸從開口處以設計之排水量適當排出，並將部分的逕流暫時留於池內，避免大量流出時釀成災禍，具有調洪功能。
- (B)沉砂池：地表水在遷移、流動和匯集過程中不可避免會混入泥砂。沉砂池目的為排除其中之土砂，以避免下游河道或水庫之淤塞。

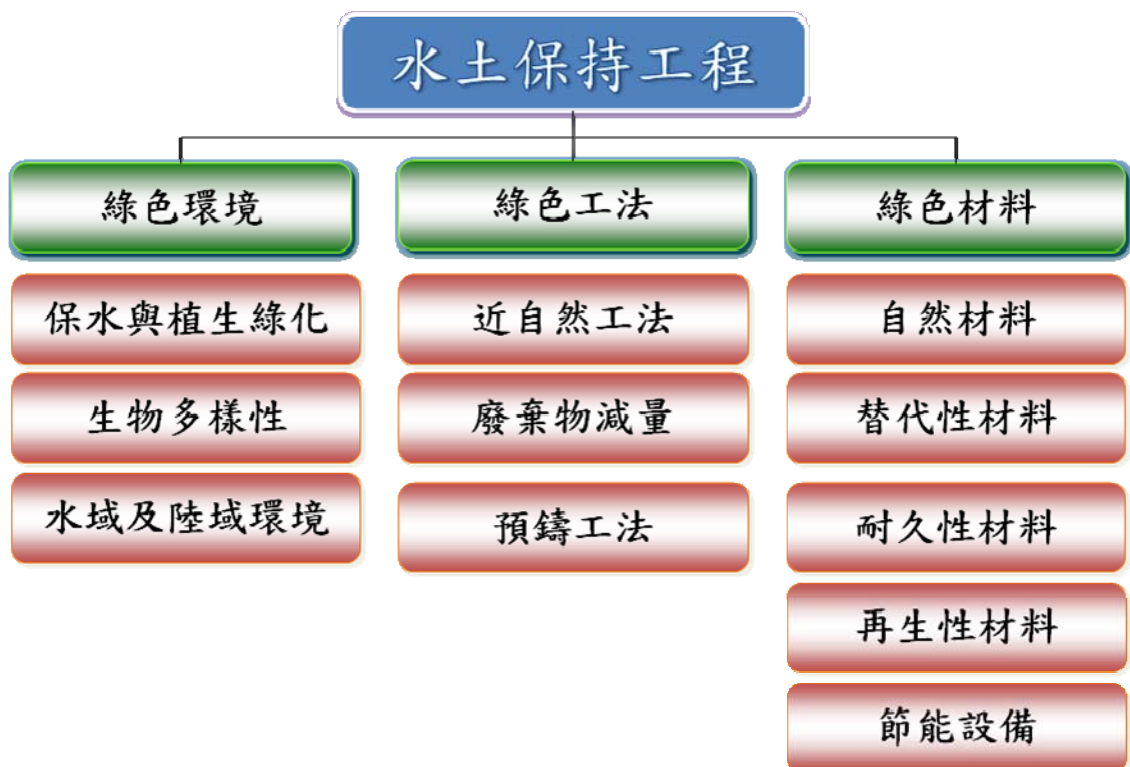


圖 4-1 水土保持工程節能減碳評估要項

(2) 生物多樣性

基於對生態系統的深切認知與落實生物多樣性保育，採取以生態為基礎的工程方法，以減少對生態環境造成傷害，其項目包括：

- A. 確保生態核心區。
- B. 棲地連結及動物移動廊道：目標在提供棲地連結、避免棲地破碎化，需考量該地區氣候、土壤特性、目標物種分佈特性及活動範圍等。
- C. 擋土牆及邊坡保護：擋土牆及邊坡保護型式之選用，除滿足工程安全性外，應再考量以生物多樣性與營造多孔隙環境為原則進行。

(3) 水域與陸域環境：水土保持工程之施作，勢必改變原有之水域與陸域環境，因此可採用「迴避、減輕及補償」等原則，降低對原有環境之衝擊。

2. 綠色工法

工地現場施工過程的能源消費與產生的二氧化碳排放量計算，是根據現場施工經驗，台灣水土保持工程工地現場目前主要使用的作業機械設備如挖土機、混凝土拌合機、堆土機等等，在建模、灌漿、輸送與組裝過程皆以化石燃料及臨時電力為大宗使用動力，而電力來源仰賴發電機設備，該設備亦是使用燃料油或柴油當發電燃料。其他耗能部分，如混凝土泵車、拌合車、怪手等設備，在基礎開挖、混凝土澆置、防水瀝青燒熔、材料切割或接合等過程中，皆用液態燃料。由於液態燃料在工地現場統計困難，本計畫利用各類機具於工程施工中所耗費時間，推求各類燃料使用量，進而推估出各類機具在施工階段的二氧化碳排放量（表 4-1~表 4-3）。

有關施工機具工作量分析如下表所示，由於工程於現場施作時，需仰賴施工機具，如挖土機、混凝土拌合機、堆土機等。施工機具之工作量，受到機械本身、土壤性質、施工環境、現場坡度及施工距離等因素影響。

表 4-1 推土機之平均工作量分析表^[32]

機具 名稱	飛輪出力 (kW)	燃 料	平均耗 油 率(l/h)	土 壤 性 質	平均工作 量(m³/h)
推 土 機	250~259	高級柴油 (0.188 l/kW×h)	42.30	粗砂	180.92
				普通土	136.69
				黏土軟岩	105.54
				硬岩	60.31
	160~169		31.02	粗砂	83.36
				普通土	62.99
				黏土軟岩	48.63
				硬岩	27.79
	120~129		23.50	粗砂	58.53
				普通土	44.22
				黏土軟岩	34.14
				硬岩	19.51
	80~89		15.98	粗砂	44.34
				普通土	33.50
				黏土軟岩	25.87
				硬岩	14.78

表 4-2 開挖機純挖掘土方之平均工作量分析表^[32]

機具 名稱	飛輪出力 (kW)	燃 料	平均耗 油 率 (l/h)	土 壤 性 質	平均工作 量(m³/h)
開 挖 機	70~79	高級柴油 (0.188 l/kW×h)	14.10	粗砂	54.68
				普通土	48.60
				黏土軟岩	42.53
				硬岩	36.45
	60~69		12.22	粗砂	32.81
				普通土	29.16
				黏土軟岩	25.52
				硬岩	21.87

表 4-3 開挖機搭配傾卸貨車之平均工作量分析表^[32]

機具 名稱	飛輪出力 (kW)	燃料	平均耗 油率 (l/h)	土壤性質	平均工作 量(m³/h)
開 挖 機	70~79	高級柴油 (0.188 l/kW×h)	14.10	粗砂	45.61
				普通土	34.46
				黏土軟岩	26.60
				硬岩	15.20
	60~69		12.22	粗砂	32.45
				普通土	24.52
				黏土軟岩	18.93
				硬岩	10.82

3. 綠色材料

工程中材料取得，包含就地取材、工廠製造、生產與回收等各階段，皆有不同程度的排放二氧化碳效應。工程規劃應儘量因地制宜設計，並就地取材、就近進料，減少非必要之購料及搬運。設施多考量採用木構材料、當地石材或資源回收再利用材料等，融合自然景觀且符合綠色內涵。各類較常用之工程材料生產加工過程消耗能源所產生的二氧化碳排放量統計資料，如表 4-4 所示。一些需要高度加工與高耗能密度的建材產品如鋼鐵、水泥等建材的二氧化碳排放量均較天然建材，如木材、砂石為高。因此就地球環保觀點而言，選用天然建材會比使用高加工度的建材如金屬、混凝土為佳。從結構物生命週期環境負荷減量的觀點來說，「再生材料」不僅可以延續結構物材料的生命週期，並且可以減少新開採資源對於地球環境的破壞與傷害。

表 4-4 工程材料生產階段二氧化碳排放量^[31]

材料項目及名稱		單位	二氧化碳排放量(kg)
石質類	砂礫	M ³	3.11
	採石（原石）	M ³	3.90
鋼鐵類	鋼筋及鐵件	T	923.45
	型鋼	T	940.86
水泥類	一般卜特蘭水泥	T	409.57
	1:1 水泥砂漿粉刷	M ²	9.19
	1:2 水泥砂漿粉刷	M ²	6.01
	1:3 水泥砂漿粉刷	M ²	4.20
	預拌混凝土 (210 kgf/cm ²)	M ³	148.95
	預拌混凝土 (280 kgf/cm ²)	M ³	162.74
	預拌混凝土 (350 kgf/cm ²)	M ³	199.82
木材類	木材原材	M ³	12.07
	木模板	M ²	0.34
塑膠類	PVC 原料	T	562.26
	PVC 塑膠管	kg	0.75
瀝青類	瀝青混凝土	T	29.12

由於工程材料之運輸使用石油能源，佔工程中總能源使用的比重也相當大，因此探討工程中運輸活動對環境所產生的負面影響，如二氧化碳等廢氣的排放及能源的消耗，這些問題已是全球氣候變遷及溫室效應所關切的焦點之一。在有限的能源及環境資源的限制之下，為了滿足不斷增加的運輸需求，實有必要評估工程運輸中的耗能量及排碳量，朝著省能源、低污染、智慧化的運輸目標邁進。材料運輸階段的研究範圍主要為評估材料搬運、運輸之機器動力所耗用的化石燃料，進而推求出二氧化碳之排放量。

工程施作在運輸方面，其中包含工程設施所需各類材料、工程挖填土方所剩之廢棄土及預拌混凝土等等之運輸過程，皆有二氧化碳排放之效應。表 4-5 與表 4-6 為材料運輸之車種規格及耗油率及化石能源二氧化碳排放係數。

表 4-5 材料運輸之車種規格及耗油率^[32]

名稱	燃料	載貨量 (M ³)	平均耗油率 (l/h)
傾卸貨車	高級柴油	5	13.63
		8	19.27
		12	25.38
預拌混凝土車	高級柴油	3.5	19.43
		5.5	27.47

表 4-6 化石能源二氧化碳排放係數[32]

燃料別	單位	kg-CO ₂
汽油	L	2.241
柴油	L	2.702
燃料油	L	2.950
煤油	L	2.532
液化石油氣	L	1.735
天然氣	L	2.103

資料來源：IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

4.2 道路與橋梁工程

在道路橋梁工程規劃選線的過程中，對沿線自然環境的實地調查與資料蒐集，應為道路工程執行前最重要的一個步驟，避免直線型思考，保留彈性思考空間，唯有對現地物理環境、生物環境進行充分的瞭解，包括地質、水文、氣候環境條件、環境色彩、動植物棲息環境、動物遷徙路徑等，充分掌握上述環境條件，才能規劃出一處低環境干擾、結合環境特色的綠色道路。圖 4-2 為道路橋梁工程之評估要項，以綠色環境、綠色工法及綠色材料分別說明如後。

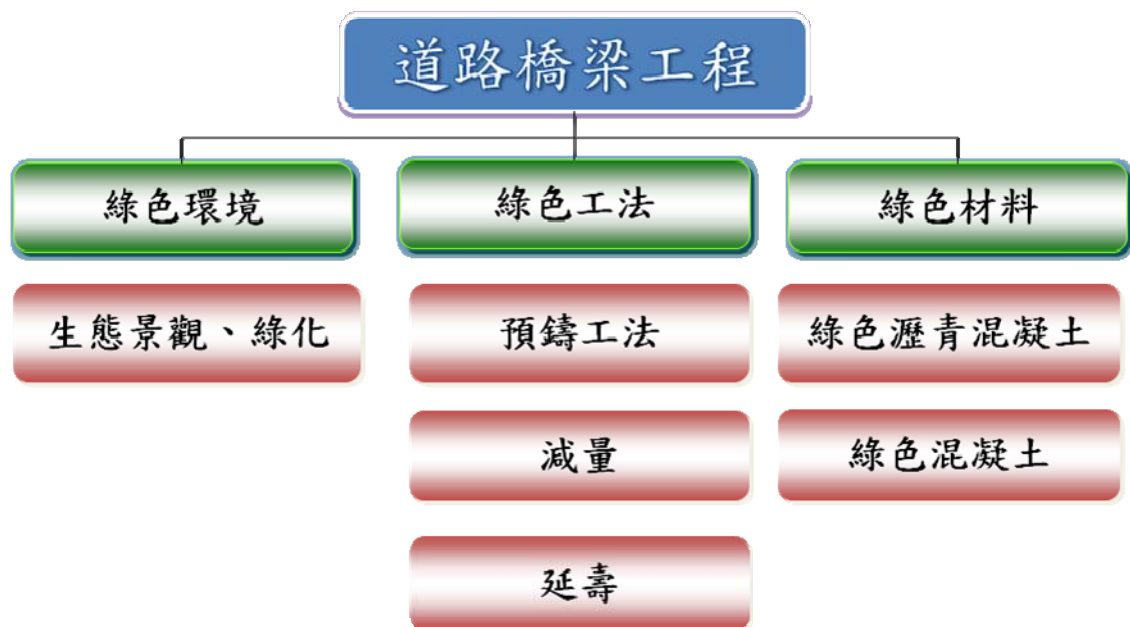


圖 4-2 道路橋梁工程節能減碳評估要項

1. 綠色環境

基於對生態系統的深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，採取以生態為基礎、安全為導向的工程方法，以減少對自然環境造成傷害，道路工程生態應用項目包括：

A. 確保生態核心區。

B. 棲地連結及動物移動廊道：目標在於提供棲地之連結、避免棲地破碎

化，以及動物遭受車輛撞死(Road-Kill)的機率。型式之選用需考量各地區之氣候、土壤特性、目標物種分佈特性及活動範圍等。

- C. 擋土牆及邊坡保護型式：擋土牆及邊坡保護型式之選用，於道路選線時應優先避免坡度過陡及地質不穩定之區域，以避免未來耗費大量成本進行復建工作。道路邊坡形式之改善或整治，除滿足工程安全性外，應以生物多樣性與營造多孔隙環境為原則進行。
- D. 挖填土方作業：挖填土方作業應減小其規模與面積，配合水土保持等措施，以減輕對環境之污染。
- E. 表土保存：表土保存目標在於具豐富營養價值、保護原生種子及生物，以及減少土方資源之耗費。
- F. 生態綠化：生態綠化的目的是復育一個符合生態原則的天然林，因此在樹種選擇上，要考量當地的潛在植被，選擇演替過程中優勢的種類作為培育的對象。

2. 綠色工法

橋梁工程在土木工程中，無論是類型或是工法都非常的多樣化，例如鋼筋混凝土版橋、鋼筋混凝土 T 型橋、鋼筋混凝土預力 I 型梁橋、鋼筋混凝土預力箱型梁橋、鋼便橋等，工法種類又可以分為許多種，例如場鑄懸臂工法、預鑄懸臂工法、節塊推進工法、支撐先進工法等，各種工法依照其各種不同的施工方式皆有各自的優點與缺點，也有其各自的材料使用量及適用的地形情況。林務局之工程中，在橋梁方面常採用「鋼便橋」、「RC 橋梁」，林道在森林遊樂區聯外道路部份常採「柔性路面」，以下為此三種工法來說明如何評估二氧化碳排放量。

(1) 鋼便橋二氧化碳排放量評估

由 IPCC—聯合國氣候變化政府兼專家委員會所頒布的二氧化碳排放量估算計算方法，便可針對各種材料做進一步的二氧化碳排放量分

析；鋼便橋主要的材料有鋼模板、鋼梁、混凝土及瀝青混凝土等，其中混凝土常用於橋台或基礎工程，一般使用 210 kgf/cm²、280 kgf/cm²、350 kgf/cm² 混凝土等。計算二氧化碳排放量時，常以鋼板、鋼梁等重量合併計算，裝飾用之材料並非每座橋梁工程之必要材料，而且相較於其他材料則顯得為不足道，因此於本研究內也將予以忽略不計。

A. 材料生產階段二氧化碳排放量計算方法

主要計算流程以 IPCC 之 CO₂ 排放量計算為準則，根據經濟部能源委員會所頒布的「能源產品單位熱值表」，可以將各項能源的 CO₂ 排放量轉換為熱值單位，搭配經濟部能源局所頒布的「98 年電力排放係數」，可以將耗費之電力轉換為 CO₂ 排放量，如表 4-7 所示。

表4-7 98年電力排放係數^[30]

使用能源別	單位	熱值問題 (kcal/單位)	碳排放 係數	碳氣 化率	CO ₂ 排放量 (kg/單位)
電力	度	8600			0.623
燃料油	L	9600	21.1	0.99	3.078
柴油	L	8400	20.2	0.99	2.578
天然氣	M ³	8000	15.3	0.995	1.869
液化石油氣	L	6635	17.2	0.99	1.734

藉由表 4-7 可以得知，每使用 1 度的電，相當於排放出 0.623 kg 的 CO₂，每使用 1 公升的燃料油，相當於排放出 3.078 kg 的 CO₂，每使用 1 公升的柴油，相當於排放出 2.578 kg 的 CO₂，每使用 1 立方公尺的天然氣，相當於排放出 1.869 kg 的 CO₂，每使用 1 公升的液化石油氣，相當於排放出 1.734 kg 的 CO₂。表 4-8 為各相關材料製造時所需能源的碳排放量。

表4-8 生產階段之CO₂排放量^[30]

材料相關產品		單位	能源類別					CO ₂ 排放量 (kg/單位)
			電能 (kw-h)	燃料 煤(kg)	燃料 油(l)	重油 (l)	天然 氣M ³	
鋼 鐵 類	鋼胚（高爐）	T	414.25	720.5	11.51	-	2.05	2105.071
	鋼胚（電弧爐）	T	550	-	-	-	15	553.483
	鋼筋（電弧爐）	T	710.81	-	-	43.7	-	521.486
	鋼板（高爐）	T	492.32	720.5	15.97	-	2.97	2290.331
	鋼板（不分類）	T	-	-	-	-	-	902.82
水 泥	預拌混凝土 210 kgf/cm ²	M ³	-	-	-	-	-	148.95
	預拌混凝土 280 kgf/cm ²	M ³	-	-	-	-	-	162.74
	預拌混凝土 350 kgf/cm ²	M ³	-	-	-	-	-	199.82
瀝 青 類	瀝青混凝土	M ³	-	-	-	-	-	30.24
	瀝青混凝土 加工	M ³	1.54	-	9	-	-	28.66

B. 材料運輸階段二氧化碳排放量計算

依照現階段的科技發展，世界上之主要運輸交通工具可歸納出四種目前最主要的運輸方式，如公路、鐵路、海運及空運等四類運輸模式，在台灣則主要以公路及鐵路為主要交通運輸模式，因此不考慮海運及空運兩種方式；根據交通部所統計的資料顯示，台灣運輸之運輸量尤以公路運輸方式為大宗，而且台灣公路運輸的貨運量為全國總貨運量的 96 % 以上，此一統計尚且不包含其他自用貨車之運輸量，綜合以上討論，故僅針對建築材料於公路運輸上之能源消耗量與二氧化碳排放量加以計算。相關材料運輸部分之二氧化碳排放量，如表 4-9 所示。

表4-9 運輸階段生產之二氧化碳排放量

主要材料	單位	平均運距 (km/T)	單位運輸耗油量 (柴油)(l)	CO ₂ 排放量 (kg/單位)
鋼筋及鐵件	T	84.76	21.19	54.63
鋼模板	T	84.76	21.19	54.63
210 kgf/cm ² 混凝土	M ³	-	-	104.73
280 kgf/cm ² 混凝土	M ³	-	-	109.29
350 kgf/cm ² 混凝土	M ³	-	-	102.80
瀝青混凝土	T	42.66	10.66	27.49

綜合表 4-8 與表 4-9，可以得出材料生產及運輸階段之二氧化碳排放量表，整理如表 4-10 所示。

表4-10 生產及運輸階段生產之二氧化碳排放量

主要材料	單位	單位轉換量			
		生產	運輸	生產+運輸	備註
鋼筋及鐵件	T	521.486	54.63	576.116	回收部分考慮已計入生產階段
鋼模板	T	902.82	54.62	957.44	回收部分考慮已計入生產階段
175 kgf/cm ² 混凝土	M ³	128.69	107.20	235.89	
210 kgf/cm ² 混凝土	M ³	148.95	104.73	253.68	
245 kgf/cm ² 混凝土	M ³	159.13	104.56	263.69	
280 kgf/cm ² 混凝土	M ³	169.23	102.80	272.03	
350 kgf/cm ² 混凝土	M ³	199.82	102.80	302.62	
420 kgf/cm ² 混凝土	M ³	230.26	100.16	330.42	
瀝青混凝土	T	30.24	27.49	57.73	

(2) RC 橋梁生命週期之溫室氣體排放量解析

RC 橋梁主要建材於生命週期的生產、運輸、營建、使用過程及拆除回收各階段的 CO₂ 排放量作分析，這些資料僅屬於建材個別的數據，以下進一步對於 RC 橋梁整體的情形加以探討，必須統計 RC 橋梁的建材平均使用量才得以進行分析，表 4-11、圖 4-3、圖 4-4 為四種型式橋梁各跨距的碳排放量的比較。

表4-11 不同跨距RC橋梁之平均CO₂排放量

型式	跨距(m)	CO ₂ 排放量(kg/m ²)	同型式平均(kg/m ²)
S	4	226.06	244.97
	5	239.26	
	6	249.86	
	7	264.68	
T	8	235.09	261.33
	9	243.53	
	10	246.07	
	12	251.20	
	15	276.01	
	17	283.53	
	20	293.87	
I	20	272.34	306.51
	25	279.56	
	30	293.15	
	35	315.96	
	40	336.08	
	45	342.41	
B	不限	404.66	404.66

註：型式S：RC版橋；型式T：RC-T型梁橋；型式I：PC-I型梁橋；
型式B：PC-BOX梁橋

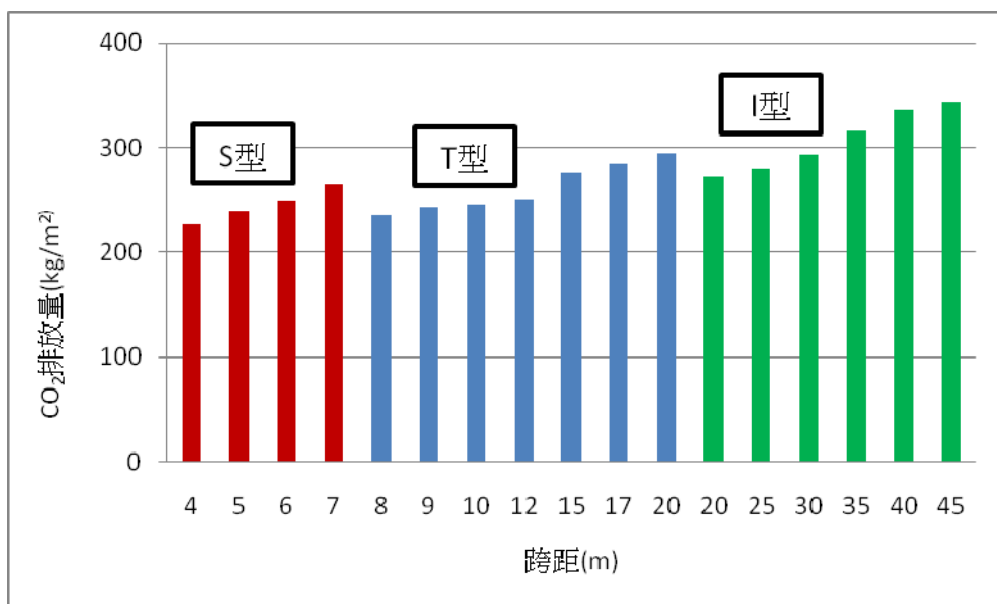


圖4-3 不同型式RC橋梁之平均CO₂排放量與跨距關係圖

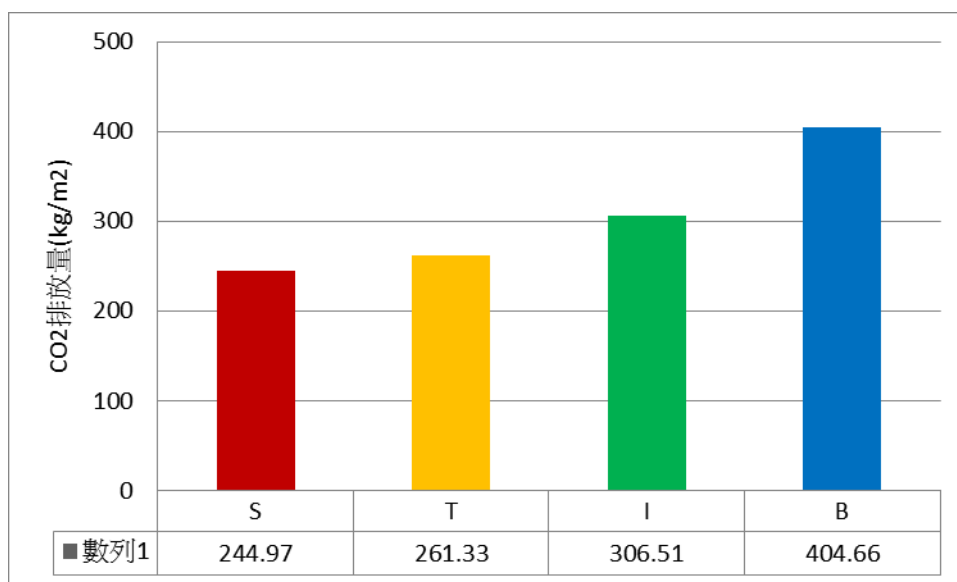


圖4-4 不同型式RC橋梁之平均CO₂排放量關係圖

表4-12 不同型式RC橋梁之平均CO₂排放量關係圖

型式	主要建材	單位面積平均數量	CO ₂ 排放量 (kg/m ²)	CO ₂ 排放總量 (kg/m ²)	佔CO ₂ 排放總量百分比(%)
S	鋼材	61.19 kg	52.62	246.16	21.38
	木模板	1.54 m ²	0.21		0.08
	210 kgf/cm ² 混凝土	0.48 m ³	72.73		29.55
	瀝青混凝土	0.05 m ³	120.60		48.99
T	鋼材	78.60 kg	66.81	261.99	25.50
	木模板	2.36 m ²	0.33		0.13
	280 kgf/cm ² 混凝土	0.49 m ³	74.25		28.34
	瀝青混凝土	0.05 m ³	120.60		46.03
I	鋼材	94.33 kg	80.18	311.35	25.75
	木模板	0.83 m ²	0.12		0.04
	鋼模板	2.20 m ²	0.05		0.02
	210 kgf/cm ² 混凝土	2.29 m ³	44.09		14.16
	350 kgf/cm ² 混凝土	0.99 m ³	66.31		21.30
	瀝青混凝土	0.05 m ³	120.60		38.73
B	鋼材	154.02 kg	130.94	398.91	32.82
	木模板	2.11 m ²	0.29		0.07
	鋼模板	0.91 m ²	0.02		0.01
	210 kgf/cm ² 混凝土	0.05 m ³	0.38		0.10
	350 kgf/cm ² 混凝土	0.73 m ³	146.68		36.77
	瀝青混凝土	0.05 m ³	120.60		30.23

(3) 柔性路面

柔性路面結構的組成包含基礎地盤、路堤填土、路基、邊坡、擋土結構物、瀝青鋪面結構等，其中瀝青混凝土鋪面結構組成又包括基層、底層、面層等三者，瀝青混凝土鋪面具有將外部車輪荷重經由鋪面結構分佈於路基之功能，各層材料規格及壓實標準皆不相同，原則上距鋪面頂愈近者之材料品質要求愈高，藉以承受車輪荷重及氣候之考量。

依據內政部營建署「市區道路鋪面養護手冊」指出，除面層採瀝青混凝土外，依瀝青處理底層、未處理底層及基層等材料，將瀝青混凝土結構分為全厚度與一般構造等兩類，柔性鋪面結構組成有兩層結構及三層結構等兩種。在瀝青混凝土全厚度設計部份，首先為兩層結構組成之瀝青混凝土全厚度，如圖 4-5 所示，其面層及底層等皆採瀝青處理之材料；再者為三層結構組成，瀝青處理底層下設碎石級配基層，如圖 4-6 所示，此基層為具有鋪面結構底排水、防止路基回脹及降低載重強度等功能。在一般構造之瀝青混凝土設計部份，首先為兩層結構組成為瀝青混凝土面層下設碎石級配底層，如圖 4-7 所示，其面層採瀝青塗抹或處理之材料，底層為級配粒料；再者為三層結構組成，碎石級配底層下設碎石級配基層，如圖 4-8 所示，作為鋪面結構底排水、防止路基回脹及降低載重強度等功能。考量瀝青混凝土材料特性、面層外部作用之應力應變、瀝青混凝土鋪築機具及技術、面層抵抗車輪之長期磨損及增加摩擦力，以提昇車輛牽引力及煞車能力等因素，柔性鋪面之面層結構最少需為 5 cm。



圖 4-5 柔性鋪面全厚度（二層）

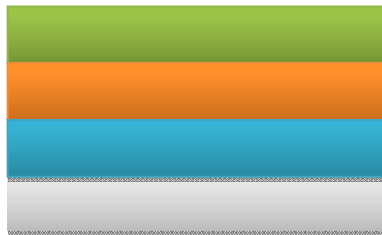


圖 4-6 柔性鋪面全厚度（三層）



圖 4-7 一般構造柔性鋪面（二層）

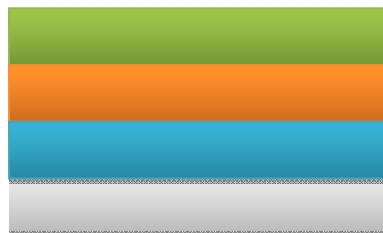


圖 4-8 一般構造柔性鋪面（三層）

(4) 施工機具之 CO₂ 排放量計算

各施工機具每一次（層）運作時單位面積所排放之二氧化碳量雖看起來

影響不大，但根據我國交通部統計處於「我國汽車輛數成長情形及現況統計分析」指出，臺灣地區 94 年底道路面積為 4 億 2285 萬立方公尺，若假設柔性路面佔 96%，則施工機具所產生之二氧化碳排放量約為 19 萬 1551 公噸，如表 4-13 所示，其值也相當可觀，故不可忽略不計。

表 4-13 各施工機具每一次（層）運作時單位面積排放之二氧化碳量

施工機具種類		平均耗油量 (l/h)	施工效能(km/h)	最大工作寬度 (m)	單位面積之 CO ₂ 排放量 (kg/m ²)
圖片	機具名稱				
	清掃機	3.5	8.0	1.73	6.52E-04
	瀝青撒佈機	2	10	4.5	1.15E-04
	鋪築機	28.0	0.36	2.5~4.75	8.44E-02
	九輪鐵輪壓路機	15.47	3.0	2.96	4.49E-03
	三輪鐵輪壓路機	7.40	5.0	2.02	1.89E-03
	二軸二輪鐵輪壓路機	11.02	5.0	3.0	1.89E-03
	刨除機	125	0.45	2.2	3.26E-01

3. 綠色材料

再生綠建材使用回收材料，將可減少原材料之開採，及降低 CO₂ 排放量。國內各種建材生產及運輸之 CO₂ 排放之研究發現生產一噸一般卜特蘭水泥之總 CO₂ 排放量為 4445.17 公斤，但混合普通水泥與 30%高爐煉鋼副產品之爐石粉調製而成之高爐水泥，排放量僅為 335.66 公斤，因為一噸之爐石粉僅排放 80.13 公斤 CO₂。

爐石粉是以高爐煉鋼廠產生的爐渣，經過加壓水噴射急速冷卻後成為砂狀水淬爐石，並將之研磨成細微粉末就是爐石粉，是一種受到鹼類刺激便產生硬化與膠結能力的材料。因此，使用高爐水泥不僅可大幅減少水泥用量，並具有減少 CO₂ 排放量與廢棄物的雙重效果。

因此，從各種主要建材之基本原料開採之排放資料，將可估算若使用一定比例之再生材料可減少之 CO₂ 排放量。

(1) 砂石開採之 CO₂ 排放量估算

依收集資料中之調查研究，含生產與運輸階段，砂礫每立方米排放 CO₂ 約 55.75 kg，原石為 72.33 kg。若僅計生產階段，砂礫為 3.11 kg，原石為 3.90 kg，僅佔總排放量之約 5%，可見運輸成本佔大宗。因此，再生綠建材若以回收材料來替代砂石為主，應以就地取材，以減少運輸所產生的 CO₂ 排放。如林道工程之路基砂石，如以就地取材方式，可減少砂石開採及運輸所造程之碳排放量。

(2) 木質材料之 CO₂ 排放量估算

木材為優良的「生態材料」，資材可以將碳素固定，且使用或解體後的廢料可以再利用。木材是植物藉著光合作用將大氣中的 CO₂ 當作有機物加以固定，不會使 CO₂ 回歸大氣中。依林憲德教授統計，木材原材生產階段每 m³ 排放 12.07 kg，運輸階段排放 49.77 kg，合計為 61.84 kg CO₂/m³。木材密度若以 0.5 估計，則每公噸木材生產排放 24.14 kg -CO₂，

含運輸階段則每公噸木材計排 123.7 kg-CO₂。

對於再生材料而言，免除材料開採部分之 CO₂ 排放量，但此部分之比例如何，目前國內缺乏有系統性的調查。依據「綠建築解說與評估手冊」之 CO₂ 減量指標計算，將建築物之 CO₂ 排放量分成「結構合理化」、「建築輕量化」、「耐久性設計」與「再生建材使用」等四部分。而再生建材依其種類、使用量與性能表現（如使用後增加強度或耐久性），而有不同的 CO₂ 減量貢獻。

RC 結構中主要建材的 CO₂ 排放來自混凝土，占約一半之影響。混凝土包括水泥與粒料兩部分。使用再生粒料之 CO₂ 減量效益估計可達 10%。而水泥之生產卻是高 CO₂ 排放之產業，依據經濟部工業局之盤查資料，每噸水泥生產過程約排放 0.85 噸 CO₂。因此，若能以工業廢棄物中之飛灰、矽灰、爐石粉等做為膠結材料，將可替代部分水泥用量。上述材料在水泥水化過程中會進行卜作嵐反應，會填塞微孔隙，提高混凝土強度。依據黃兆龍教授研究，卜作嵐材料取代率自 21% 提高至 44%，CO₂ 減少率甚至可高達約八成，這是再生材料最明確的減碳效益。

(3) 再生綠建材標章產品之 CO₂ 減量效益盤查

依台灣電力公司公告 2010 年 CO₂ 排放標準，台灣火力發電比占總能源結構 74%，平均產生一度電約排放 0.612 kg 之 CO₂；日本火力發電占能源結構 59%，平均一度電約產生 0.533 kg 之 CO₂，約為台灣的 81%；中國一度電約產生 0.9 kg-CO₂，約為台灣 1.5 倍之排放水準；北歐的冰島則是因為大量使用地熱發電，所以冰島的用電碳排放僅有 0.1 kg/度。有鑑於此，在碳足跡盤查過程中宜實際盤查當地數據與資料庫，並不適合使用其他廠商或國外數據來替代。

4.3 軌道工程

世界各國區域陸運交通中因道路擁塞不堪，已有朝向軌道運輸系統發展的趨勢，目前台灣之鐵路系統，有處於更新、興建、營運及待興建等各階段。軌道工程應採用環保標章產品及環保署認定之可再使用材料，將永續發展及節能減碳的考量納入可行性評估、規劃、設計、施工、維護管理等每一個環節。以下將根據節能減碳之綠色環境、綠色工法、及綠色材料等三項管控指標分別進行論述，圖 4-9 為軌道工程之評估要項，以綠色環境、綠色工法及綠色材料分別說明如後。

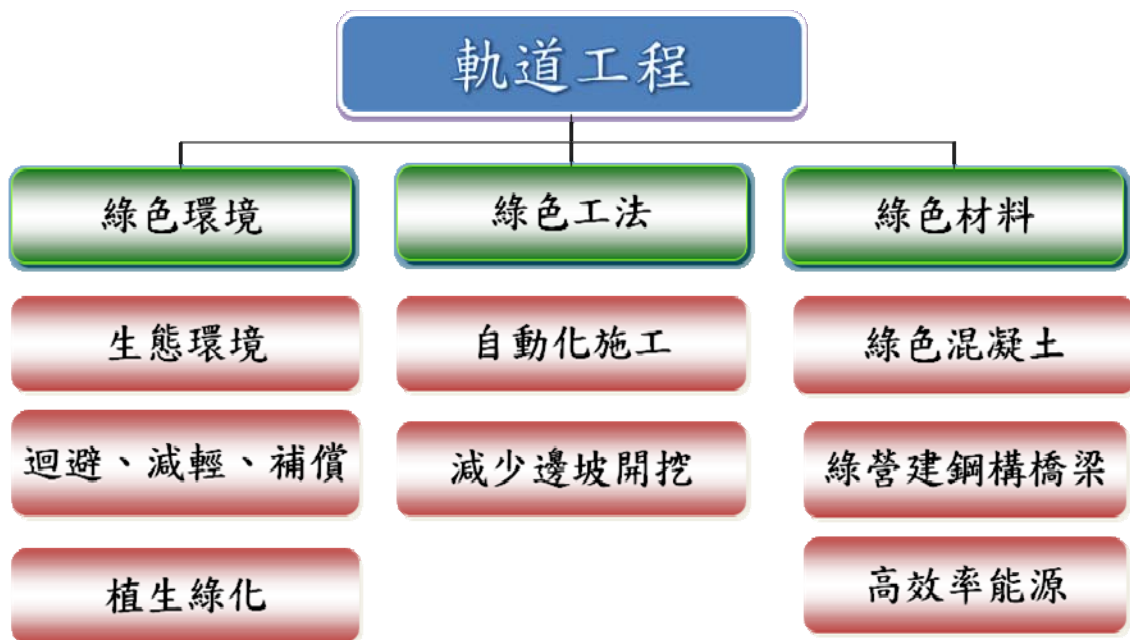


圖 4-9 軌道工程節能減碳評估要項

1. 綠色環境

(1) 生態環境：

2002年，歐盟科學與技術聯合組織(European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research, COST)曾指出陸路交通建設對生態環境之主要五大影響，分別為：

A. 棲地切割與削減效應(Habitat Loss)：

將自然生態環境切割成孤立之塊狀，造成生態環境區域化，使生長在其中的生物只有能在更小的範圍內求偶與覓食，生存條件因此下降。而軌道及道路建設對動物行為的改變包括正面與負面，具有五種機制，如(A)活動領域改變；(B)移動模式改變；(C)繁殖成功率改變；(D)躲避行為改變；以及(E)生理狀態改變等。

B. 障礙效應(Barrier Effect)：

遭切割之棲地上的物種群落受孤立。無論是道路或軌道建設，其線狀構造必將棲地切割為數小塊，成為該棲地中物種移動行進之障礙，導致棲地孤立(Habitat Isolation)或敏感物種之滅絕。

C. 生態廊道棲地之破壞：

軌道路線必須經過環境敏感區位時，盡量避免使用路堤、路塹或平面之軌道型式穿越，多運用高架或是地下化，將環境傷害程度降低，也可有效減輕生態廊道之破壞。

D. 干擾(Disturbance)與邊緣效應(Edge Effect)：

邊緣棲地(Edge Habitat)對許多性喜隱蔽，需要較穩定棲地環境之物種而言，因為容易暴露於危險之中，故經常呈現迴避式反應。含毒物質及噪音污染所造成之干擾範圍，往往比物理性之侵佔範圍更為寬廣，軌道建設其干擾效應除了噪音、夜間強光及含毒物質污染之外，另一方面，電氣化設備引起周遭磁場變化對某些生物會造成干擾。

E. 動物意外死亡率之提升：

在歐洲，每年有超過百萬計的動物死於交通意外，即使是對於一般常見、適生性強、存在數量非常多的物種，交通意外仍構成其生存嚴重的威脅。

F. 城鎮化效應：

交通便捷性，使得工商業建築與民用住宅傾向於建築在運輸廊道之兩側，而並非選擇區域來發展。

G. 微氣候效應：

軌道建設目前常用之無道渣軌道版，甚至傳統鋪設道渣之軌道，對微氣候影響效應，比一般道路之瀝青水泥路面來的輕微。

H. 噪音效應：

軌道交通則屬於間歇性車流，每日交通量少於1000 veh/day，為間歇性音源。列車在行駛過程中會產生高分貝音量，但其音量的持續時間較短。

I. 物種遷徙習性的改變：

許多物種也許根本沒有穿越任何路體障礙的行為，但卻會表現出不願意嘗試、甚至不願意靠近路體（或其中任何型態的廊道）之現象。這些對於造成生物停止遷徙的影響機制仍有待探討。

(2)迴避、減輕、補償原則：

工程進行中可採取空間配置之合理化、空間配置取捨原則、地形地貌改變最小化、對外影響收斂等原則。我們利用「生態廊道」的工法，如表4-14所示，輔助其他生物穿越道路、橋樑等，以減少傷亡之機率；現今生態廊道的施作主要有三項：「涵管式動物通道」、「生物圍籬」及「鳥類築巢平台」。

表 4-14 生態廊道簡述

工法名稱	功能	材料使用
涵管式動物通道	利用涵管引導一些兩棲、爬蟲類動物，甚至小型哺乳類動物來穿梭於棲息與繁殖地間。	鋼筋混凝土或鋼管等材料構築。
生物圍籬	主要設置於動物穿越途徑上，避免動物誤闖道路而造成意外。	鐵絲網、綠籬或其他材料構築之圍籬。
鳥類築巢平台	以木料等構築平台，提供鳥類築巢之用。	包括混凝土、木料或其他金屬等。

(3) 植生綠化

溫室效應是當前地球環境問題最被關注與擔心的，其中溫室氣體二氧化碳的減量，更是世界各國努力的目標，景觀綠化的具體作法可參考「綠建築」指標中的「綠化指標」，植栽可採用原生物種進行植生綠化，並以保護原有現地植栽與表土，及現地植栽移植至妥適地點進行綠化為原則。

2. 綠色工法

(1) 軌道工程設計方向：

軌道基本設計分為兩大型態：一為道碴道床軌道及一般制式軌道材料作業；一為無道碴道床軌道及其關聯性組件及設備與施工作業。軌道基本設計之目的與方向，則是先依規劃階段所釐定的系統規劃進行評估分析，再將兩種道床型態作一佈設區段之整體性規劃，待確定後，再依實際狀況進行基本設計，主要以完成概念設計、制式規格及細部設計準則為其目的與方向。

(2) 軌道構造：

主要功能為導引車輛行駛於固定路徑、承受車輛載重並傳遞至土建構造。軌道結構係主要由鋼軌、扣件及道床組成，扣件包括扣夾、基鈑、鋼軌墊片、錨定組件等，道床包括軌枕、道碴、道床混凝土等。

(3) 軌道型式之配置：

台灣鐵路所使用之軌道構造計有五種型式，謹將其構造概述如下：

A. 日本版式軌道(J-Slab)

版式軌道之軌道版有多種形狀，台灣高鐵採用框形軌道版，其主要組件由上而下分別為鋼軌、直8R型扣件、預鑄混凝土軌道版、CA砂漿、路盤混凝土與防動塊等單元組成，此種軌道構造之特點是以預鑄混凝土軌道版與CA砂漿，代替傳統道碴軌道之軌枕與道碴功能。

B. Rheda 軌道

Rheda軌道為非道碴軌道，在德國科隆～法蘭克福之高速鐵路具有300 km/h運轉速度，設計速度350 km/h之實績。Rheda軌道構件包括：JIS 60鋼軌、道岔扣件(Vossloh 300型扣件)、Rheda軌枕及道床混凝土。

C. LVT 軌道

軌道之特殊彈性，可減低振動及噪音；因屬非道碴軌道型式，維修養護費用較低。整個LVT軌道構件包括：JIS 60鋼軌、Vossloh W14扣件、混凝土軌枕、彈性橡膠墊、橡膠靴及道床混凝土。

D. 埋入式軌道

該軌道結構為連續支承式構造，使用特殊填充材料，以取代傳統點支撐扣件，高度自土建結構底版至軌頂僅25公分，可大幅減少軌道結構厚度。組件包括JIS 60鋼軌，Edilon Corkelast填充材料、彈性橡膠墊、PVC管、PVC管固定器及軌道混凝土等。

E. 道碴軌道：

其具有建造成本低、路線修改容易、基地內其它相關系統整合方便等優點。道碴軌道係由JIS 60鋼軌、Pandrol扣件、預力混凝土軌枕、道碴等單元組成。

(4)鋼筋混凝土施工自動化方面，其施工過程可概略分為預鑄工法、半預鑄工法、複合化工法等主要方向。

A. 預鑄工法：大幅縮短施工日程，並減少受到天氣影響及工班不易控管等變數影響施工品質。

B. 半預鑄工法：係介於傳統施工方法與整體預鑄工法中的一種自動化施工方法，而現階段的半預鑄工法是利用半預鑄的組件來當作現場澆置混凝土的模板使用，以減少現場模板技術工人需求。

C. 複合式工法：此工法在本質上來看，沒有固定的型式，凡是能達到降低成本、縮短工期、確保品質、提升生產力及減少污染等目的之方法皆屬之。

(5)邊坡穩定生態工法：

邊坡結構型式在結構安全之邊坡型式選擇下，可減少結構量體及水泥用量，儘量採用符合生態工法之邊坡型式。土方開挖應儘量挖填平衡，可運用上下行車道配置方式，減少山坡地開挖土方量。邊坡穩定工法之選擇，由於牽涉到地形、坡度、地層類型、構造條件以及穩定之目的與保全對象等諸多影響因素，故須審慎評估並配合豐富的經驗，方能選用一因地制宜之有效方案。傳統上，邊坡穩定工法選用之主要著眼點在於穩定效果與安全性之考量，甚少將坡地景觀與生態等納入考量，亦即以邊坡穩定生態工法來減少邊坡的開挖。

3. 綠色材料

在軌道工程的每一環節，從規劃、設計、施工等，依工程性質的不同，都必須有不同程度相對應的「綠營建」考量。由於營建材料常需使用大量填充粒料，部分還可經水泥固化、穩定化作用，因此，對材料性質包容性大，甚至可吸納許多原本被視為廢棄物、在處置上常造成環境污染問題的材料，這是營建工程的重要特性之一，也是營建工程在「永續發展」的目標上所能作的重要貢獻之一，是「綠營建」概念的積極事例。其中包括：

(1) 飛灰與爐石等綠色混凝土：

混凝土中添加飛灰與爐石為「綠營建」工程概念的成功典範，其達到的具體成效有：

- A. 將飛灰、爐石等事業廢棄物的材料作資源化應用，減少水泥的耗用。
- B. 提昇混凝土性能因而減少混凝土材料的使用(節省水泥用量與天然砂石用量)，不但有效達到「減廢」的目的，也同時達到「節能(資源耗費)」與「資源再利用」的效果。

(2) 綠營建及鋼構造：

推行鋼構造另外一項最重要的目的，在於節能減碳、減緩地球氣候高溫化的問題。就地球環保觀點而言，尤其採用水泥砂石構造的 RC 建築更是高耗能與高二氧化碳排放量的建築形式。根據國內產業耗能統計，國內每生產一公斤水泥，就會排放 0.4 公斤的二氧化碳，每生產一公斤鋼筋就排放 2.23 公斤的二氧化碳，每生產一平方米的磁磚就排放 7.38 公斤的二氧化碳。其中尤以水泥的高污染為最。水泥製造主要從石灰石開採，經窯燒製成熟料，再加入石膏研磨成水泥，其生產過程不斷耗用煤與電能。水泥生產的單位耗電量平均值為 111.88 度/噸；單位耗煤

量為 133.9 公斤/噸，此部分約佔全國建材生產能源的 30%以上。此外，鋼構造在結構設計上有一明顯的優點為其構造遠較 RC 構造輕量化，主結構體能有效減少結構斷面設計，亦是鋼構造在建材生產與使用量上較 RC 構造更為環保的原因之一。

(3) 高效率能源：

A. 螢光燈管

螢光燈的發光原理是先加熱燈絲，令放射物質內的自由電子，獲得足夠的能量以擺脫原子核的束縛，使燈絲放出熱電子，此電子受電場的作用而運動，因而獲得動能，動能的大小與其速度的平方成正比；其優點為效率高、可以製成任何顏色、輝度低、壽命長、發熱低、省電、光束變動穩定。

B. LEDplux 燈管

LED 具有亮度高、體積小、省電、壽命長，為備受矚目的照明省電光源。如果台灣把所有燈泡都換為 LED 燈，每年可省電減少 80 萬噸的排碳量，等於種 3.7 億棵樹，LEDplux 燈管與螢光燈管的 CO₂ 消耗量比較如表 4-15。LEDplux LED 燈管含完整電路設計與微光學處理的 LED 模組產品，使用時可利用散熱佳的金屬片做為散熱背板，表現絕佳的光源。

表 4-15 LEDplux 燈管與螢光燈管的 CO₂ 消耗量

	LEDplux 燈管	螢光燈管
消耗 CO ₂ (kg/yr)	139	295

(4) 軌道工程施工材料介紹：

軌道工程有需多複合型材料、鋼材料、木製材料等等，本團隊收集到的資料如表 4-16 所示。

表 4-16 軌道工程施工材料介紹^[31]

零件	功能	材料
鋼軌	直接承載車重，並均勻向下傳遞，提供車輪平順之行駛面並導引車輪前行。	普通鋼軌：UIC860-0 900A 級。 耐磨鋼軌：UIC860-0 1100 級（合金）或 UIC860-0 900A 級熱處理。
鋼軌墊片	承載鋼軌，並提供高磨擦之防爬阻力。	高密度聚乙烯或天然橡膠。
扣夾	鋼軌扣件組中直接將鋼軌扣於基鈹上的零件，須具備彈性、固定的功能。	扣夾鋼材：鉻錳合金、矽錳合金或硼鋼。
木枕	使用於道碴段之特殊區段（特殊軌區、平交道等），承載鋼軌及扣件組，具足夠承載力並易於調整鋼軌位置。	紅檜，紅喬，肯巴斯，處理後非洲硬木及經工程師核定之它種木材。
防裂釘鈹	防止木枕尾端裂開。	ASTM A446 4 級經 ASTM A525（或同等規格）鍍鋅鋼材。

4.4 建築工程

內政部建築研究所為鼓勵興建省能源、省資源、低污染之綠建築，建立舒適、健康、環保之居住環境，發展以「舒適性」、「自然調和健康」及「環保」等三大設計理念，於民國 88 年 9 月 1 日正式公告受理「綠建築標章」申請，標章核給須進行綠建築 7 大指標評估系統之評估，包括「綠化量指標」、「基地保水指標」、「水資源指標」、「日常節能指標」、「二氧化碳減量指標」、「廢棄物減量指標」、「污水垃圾改善指標」等 7 項，經綠建築標章審查委員會審查通過始可發給標章，評定為綠建築。然而，隨著「綠建築解說與評估手冊」(2003)的檢討更新，決定於七大指標系統外，加入「生物多樣性」與「室內環境」指標，成為 9 大指標。藉此將使綠建築由過去「消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物」的消極定義，擴大為「生態、節能、減廢、健康的建築物」的積極定義。圖 4-10 為建築工程之評估要項，以綠色環境、綠色工法及綠色材料分別說明如後。

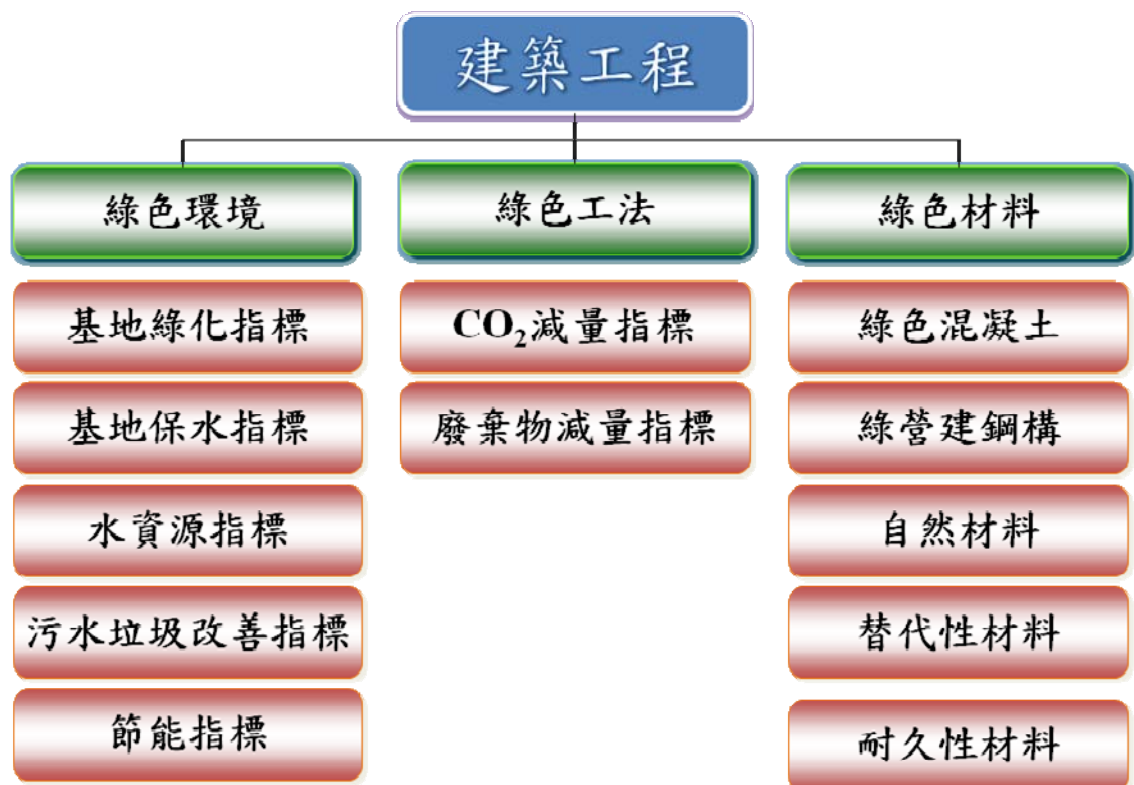


圖 4-10 建築工程節能減碳評估要項

「綠建築就是消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物」的定義，本系統以操作簡單化作為原則。也因為如此簡化，對於日後綠建築的推廣與政令宣導才有莫大的助益。

1. 綠色環境

(1) 綠化量指標

我「國都市計畫法」第 45 條規定，公園、體育場、綠地、廣場及兒童遊戲場所所佔用土地面積，不得少於計畫面積之 10%，顯示出台灣都市綠地嚴重不足，如表 4-17 所示。

表 4-17 國內外每人公園綠地面積統計^[31]

台灣		國外	
都市	每人公園綠地面積	國別	每人公園綠地面積
台北市	3.78	日本（全國）	7.0
台中市	1.85	英國（倫敦）	30.4
台南市	1.42	德國（玻昂）	37.4
高雄市	3.76	法國（巴黎）	12.2
台北縣	1.17	義大利（羅馬）	11.4
高雄縣	3.42	美國（華盛頓）	45.7
台中縣	2.13	美國（紐約）	19.2

*單位為平方公尺(m²)

綠化政策在地球環保觀點另一項最大的貢獻，在於植物的光合作用可固定空氣的二氧化碳，進而減緩地球氣候高溫化的作用。根據氣候變化政府間專門委員會 IPCC 的認定，森林中每立方米的木材量每年對於二氧化碳的固定效果為 0.95 公噸，可見綠化是對地球環境的貢獻，首先提出以二氧化碳固定量作為評估尺度的「綠化指標」。此「綠化指標」對於一草一木的二氧化碳固定效果提供了一量化的計算評估法。

值得注意的是，人工修剪草坪，由於其白天的光合作用與夜間的呼吸作用相抵消，對於二氧化碳的固定效果幾乎等於零，亦即人工草坪對於空氣淨化幾乎毫無意義。本「綠化指標」，首先採用真正地球環保指標（亦即二氧化碳固定量指標）來獎勵綠化的科學評估法，對所有植栽群落之環保貢獻，均透過相同的二氧化碳固定量單位換算，是一動態而立體的評估，也是一種真正鼓勵植物多樣化的生態指標，我國的都市綠化政策，若能以二氧化碳固定量作為綠化的評估指標，即可客觀的評估多樣化植物的綠化效果。

(2) 基地保水指標

A. 生態水循環的透水鋪面設計

過去許多大型的社區開發，都採用不透水鋪面設計，使得大地喪失良好的吸水、滲透、保水能力，剝奪了土壤內微生物的活動空間，減弱了滋養植物的能力。同時因為土地失去了蒸發水分潛熱的能力，而喪失調節氣候的功能，甚至引發居住環境日漸高溫化的「都市熱島效應」。

為減緩上述「熱島效應」，都市環境透水化設計是最重要的一環。所謂透水化設計是讓地面盡量保持裸露土壤般的透水功能，在車道、步道、廣場等人工地盤上，盡量採連鎖磚鋪面之透水設計，同時土地增加了保水能力，使土壤環境濕潤，就可增進生物、微生物的有機存活空間，可使都市的生態環境更豐富，促進生物多樣化環境。

(3) 水資源指標

由於台灣受限於先天地形與氣候環境，如山坡陡直和經常性、集中性、不平均分布之豪雨，使八成以上的降水都直接急流入海，而可供利用之雨水在全年總降雨中不到兩成。國民生活用水量急遽增加，然而，水庫的淤積、水源保護的困難、以及國人無節制的用水習慣等問題，更

使缺水問題雪上加霜。

指標以開闢另類水資源（開源）與省水器具的使用（節流）作為舒緩水荒的兩個主要方法。所謂的開闢另類水資源，就是在建築設計中導入與水再利用或中水系統。所謂雨水貯留供水系統，係將雨水以天然地形或人工方法予以截取貯存，然後經過簡單的淨化處理後再利用為生活雜用水的作法，雨水收集可利用建築物屋頂的落水孔將雨水導入設計於地下的儲水槽，也可以興建蓄水池方式直接儲存雨水，經過簡易的處理過後，可以做為建築物或住宅的沖洗、空調或澆灌等雜用水之用。所謂的中水系統係指將都市雨水、生活廢水全面匯集經過處理後，達到規定的用水質標準，重複使用於非飲用水及非與身體接觸的雜用水。人們生活使用的總水量中，僅廁所沖洗就占 35%，如能全面改用雨水或中水作為沖洗廁所之用水，其效果甚為可觀。

國人因用水習慣不良，確實浪費了許多寶貴的水資源。自來水機構目前的統計資料，台灣地區自來水供水量每人每日 350~450 L（含配水管漏水、無費水量），但德國每人每日平均用水量只有 145 L，英國伯明罕市的用水量為 150 L，新加坡也大概在 140 L 左右，可見國內尚有很大的節水空間。本「水質源指標」以平均節水量 20%做為綠建築設計規畫上努力的目標，如果家家戶戶均能如此，台灣絕對可以省下幾座水庫工程的興建。

(4) 污水垃圾改善指標

我國的經濟競爭力在世界上名列前茅，但是作為現代社會的都市基礎建設，尤其是環保衛生基層建設卻遠落後於一般國際水準。此評估對污水及垃圾處理的要求，並非以環工技術面來考量，而是注重於建築景觀衛生與使用管理上的配套考量。

由於我國的都市公共下水道工程普及率十分低落，使得大多數的民

眾必須自行設置污水處理設施，但是過去常用的家庭化糞池之處理能力僅為 35%以下，亦即家庭污水所產生之污染源有 65%以上均沒有經過淨化過程，而直接排入河川，為嚴重污染台灣河川及環境之最大因素。但是在事實上對於污水處理設施的現場檢測、污水雜用水配管的正確檢測、排放水質的檢驗均付之闕如，因此使得污水處理的制度徒具形式而效果不彰。尤其建築設計中對於生活雜排水支配管施工，大都未貫徹雨水污水分流的設計。這些雜排水配管的圖面設計及施工，均無受到任何機關的監督管理，設計者也毫不關心，水電施工廠商在習慣上也草率將之連結至雨水系統了事，因此不論現行污水處理設施如何嚴格完備，每天產生的大量雜排水還是流入雨水系統而嚴重污染環境，本指標為了輔佐污水處理設施的功能，乃特別檢驗評估這些生活雜排水配管系統，以確認生活雜排水導入污水系統。

另在垃圾處理方面，根據北縣環保署最新的資料民國 100 年統計，北縣平均每日產生 1732.2 公噸的垃圾，平均每人每日產生 0.445kg，數量極為驚人，可回收資源大都視為垃圾丟棄，成為國內垃圾量高居不下的主因，顯見資源回收的重要性，目前一般建築物之垃圾處理設備常沒有除臭消毒，容易滋生蚊蠅、蟲害、病菌。同時由於一般垃圾待處理量快速增加，使得暫時儲放垃圾的位置不足，導致垃圾處理成本愈來愈高。

過去一般民眾常以為污水及垃圾處理問題為政府的權責，殊不知建築設計上生活雜排水配管嚴重影響都市污水的處理品質，而垃圾集中場環境設計與管理也嚴重影響到景觀與衛生。

(5) 節能指標

「節能指標」用以限制建築物能源使用量。此指標雖然是提供建築物節能設計的依據，但其功能不只在於節約能源，它同時也是一種科學化、綜合化的建築風格設計法。例如，建築物在北部可容許較大的玻璃

開口，在南部則只能有較小的開口。在北部可採較少的遮陽，但南部則必須採較深的遮陽。經過「節能指標」的洗禮，北部建築將較能呈現大開窗設計的溫帶建築風格而南部的建築物則漸表現出富陰影韻律變化的南國風情，充分表現出南北建築風格之差異。

「節能指標」是以建築物空調及照明用電為主的指標，其中尤以空調節能為重點。過去許多人以為汽車、機械、燃燒等工業面所占的耗能比較大，因而其節能效果也較大，同時認為建築部門的耗能比例不大，因此從建築物來實施節約能源的效果有限。事實上這是一種錯誤的看法，建築的節能效果遠比其他產業更大。亦即優良與不良的建築外殼設計，可使其空調耗能相差四、五倍之多，這是機械、燃燒或車輛等所有產業所無法達成的節能效果，其他工業產品的節能效果要達成一、二十%的目標已非容易之事，而建築外觀設計得宜的話，可輕鬆的達到五、六十%的節約能源效果。建築節能比其他產業的節能更形重要的原因，是建築物的使用壽命遠比其他工業產品長，因此其節能的結果更是影響深遠。就節能影響度而言，建築物節能設計的效果是事半功倍，就建築物五、六十年的使用壽命而言，建築的節能功效影響深遠，並且一本萬利。我們甚至可以說建築物是節能最有潛力的工具，也是「綠建築」最重要的一環。

2. 綠色工法

(1) 「CO₂減量指標」與「廢棄物減量指標」

建築上的每一磚、一瓦、一鐵、一玻璃都是能源的產物，都排放著二氧化碳。幾乎所有建材都是高污染、高耗能的產物，為了減緩地球高溫化趨勢，現在全球環保最緊急的課題在於減少二氧化碳排放量，顯然減少一份不必要的建築物就是減少二氧化碳排放，就是環保。

根據成功大學建研所的研究報告指出，在台灣每平方米中層住宅大

樓所使用的建材之二氧化碳排放量約為 300 kg/m^2 ，以每戶 35 坪(116 平方米)來計算的話，每戶之二氧化碳排放量約為 34,000 kg，這些二氧化碳排放量相當於一棵喬木在 40 年的光合作用才能吸收完畢。也就是說，在台灣每戶人家必須持續種植一棵喬木，才能平衡住宅建設對地球氣候的衝擊，但這以目前台灣的都市綠化量來看是不可能達成的，因此如何進行節約建材的綠建築設計乃成為重要的一環。

市面上許多不環保的建築物，常為了造型別出心裁，做了不必要的變化造型、不合理的超大結構、不均勻對稱的平面設計，使得建材用量暴增而傷害地球環保，另一方面，要知道建築產業也是高污染的產業，它不只水泥、煉鋼、燒窯之建材生產階段產生高污染，在營建過程及事後的拆除廢棄物之污染也非常嚴重。大量的廢棄物處理負擔，許多廠商甚至隨意傾倒廢棄物，造成河川公地受到嚴重污染。因此，我們一定要體認點點滴滴建材都是能源產物，也都是汙染來源，當然最環保的建築也是最節約建材的建築。

A. 建築輕量化

「CO₂ 減量指標」與「廢棄物減量指標」，最重要的功能在於要求「建築輕量化」、「營建自動化」與「建材再循環使用」等三項工作。所謂的「建築輕量化」就是盡量使用荷重較輕的鋼結構，避免使用笨重的磚石及鋼筋混凝土結構。鋼筋混凝土建築物對地球環保有很大的殺傷力。同時將來在鋼筋混凝土建築拆除解體時，其廢棄的水泥物、土石、磚塊又難以回收再利用，造成環境的大負荷。在台灣由於砂石價格低廉使得鋼筋混凝土建築異常盛行，而「建築輕量化」最大的環保貢獻在於減少建材使用量，而減少建材使用當然會促成節能、省能源、減少廢棄物與溫室氣體排放量。「建築輕量化」包括在設計階段要求平面、立面、剖面及跨距等合理的結構計畫，也包括使用鋼骨化結

構及金屬外牆等輕量化計畫。

B. 營建自動化與建材再生使用

「CO₂減量指標」與「廢棄物減量指標」，也特別強調自動化工法對於建材的節約效果。「營建自動化」就是以工業生產的方法來興建建築物，也就是將建築物的部品工業化、預鑄化、規格化，以及採用自動化機具來施工。由於工業化、自動化的要求，許多建築外牆、樓梯、衛浴單元均改由工廠生產，再運至現場組裝，如此將可減少許多不必要的建材浪費，同時可減少許多營建空氣汙染。良好的營建自動化工法，約可減少工地營建廢棄物三成，減少營建空氣汙染一成，減少 5% 的建材使用量，對地球環保有莫大助益，另一方面，減少建築產業耗能與污染最有效的對策，在於促進建材之再循環使用，除了高價的鋁、鋼筋、鋼骨的回收率高達 80% 之外，對於混凝土、磁磚、玻璃、木材、塑膠等幾乎完全不回收使用，造成台灣的山河滿山滿谷盡是營建廢棄物污染，使得新建建築物不但浪費能源與資材，也造成環境更加污染。有鑑於此，「CO₂減量指標」與「廢棄物減量指標」兩指標就特別鼓勵建材的回收使用，合於此指標基準的建築物將代表更乾淨、環保的居住環境。

(2) 建築產業生命週期 CO₂ 排放量之評估

範圍界定於我國各類建築之建築產業生命週期 CO₂ 排放量之評估。首先必須建立我國各項建材之 CO₂ 排放量資料庫，作為後續 CO₂ 排放評估研究之基礎，再者建立建築生命週期之評估架構，其中包含建築自建材生產、營建施工、以至日常使用、以及用後廢棄拆除，將建築產業生命週期 CO₂ 排放量評估之概念予以實用化。此成果將可形成國家 CO₂ 減量政策之依據，協助建築師進行 CO₂ 減量設計與評估。

(3) 建築 CO₂ 排放量統計法

所謂建材設備的 CO₂ 排放，並非建材設備本身會釋放 CO₂ 氣體，而是因為建材設備的生產加工過程均消耗著電力或煤、石油、天然氣等化石燃料，因而釋放出大量的 CO₂。基本上，建材生產之 CO₂ 排放情形，與當地的能源結構與工業能源效率有很密切的關係。

(4) 建材生產與運輸 CO₂ 排放量統計

為了便於建築物 CO₂ 排放量評估，特別依照營建業數量估價常用的單位來計量，來統計各建材的 CO₂ 排放量，由於建築現場上所使用的建材，通常必須經過各種交通工具載運到基地才能使用，因此表 4-18 也加了建材運輸階段的 CO₂ 排放量。而建材運輸階段的 CO₂ 排放量，是以台灣「汽車貨運調查報告」（交通部統計處，2000）所統計貨運各類商品之平均運輸距離。

表 4-18 台灣建材生產及運輸 CO₂ 排放量表(1)^{[31][32]}

建材相關產品		單位	CO ₂ 排放量(kg)		生產含運輸 CO ₂ 排放量 (kg)	註 解
			生產 階段	運輸 階段		
石 質 類	砂礫	m ³	3.11	52.64	55.75	
	採石(原石)	m ³	3.90	68.43	72.33	
	石材加工品(板類)	m ²	2.33	2.03	4.36	
	石棉	kg	0.33	0.02	0.35	
鋼 鐵 類	鋼胚(高爐)	T	2118.53	49.06	2167.59	
	鋼胚(電弧爐)	T	393.10	49.06	442.16	
	鋼筋及鐵件	T	923.45	41.30	964.75	*1*5
	型鋼	T	940.86	41.30	982.16	*2*5
	冷軋輕型鋼	T	906.93	41.30	948.23	*4*5
	不鏽鋼捲、不鏽鋼	T	1405.09	41.30	1446.39	*3*5
	熱軋鋼捲	T	842.73	41.30	884.03	*5
	冷軋鋼捲	T	861.12	41.30	902.42	*5
	不鏽鋼管	kg	1.45	0.04	1.49	*5
	鍍鋅鋼管	kg	0.93	0.04	0.97	*5
	冷軋鋼管	kg	0.9	0.04	0.94	*5
水 泥 類	一般水泥(卜特蘭)	T	409.57	35.60	445.17	
	白水泥	T	956.36	35.60	991.96	
	爐石粉	T	68.30	11.83	80.13	
	高爐水泥(爐石粉 30%)	T	307.19	28.47	335.66	

表 4-18 台灣建材生產及運輸 CO₂ 排放量表(2)^{[31][32]}

建材相關產品		單位	CO ₂ 排放量(kg)		生產含運輸 CO ₂ 排放量(kg)	註 解
			生產 階段	運輸 階段		
水 泥 類	高爐水泥(爐石粉 45%)	T	256.0	24.90	280.90	
	1:1 水泥砂漿粉刷 (20-25mm)	m ²	9.19	1.56	10.75(7.10)	() 中數據 為採用爐 石粉 45% 高爐水泥 之數據
	1:2 水泥砂漿粉刷 (20-25mm)	m ²	6.01	1.53	7.54(5.17)	
	1:3 水泥砂漿粉刷 (20-25mm)	m ²	4.20	1.46	5.66(4.02)	
	預拌混凝土 175 kgf/cm ²	m ³	128.69	107.20	235.89(186.69)	
	預拌混凝土 210 kgf/cm ²	m ³	148.95	104.73	253.68(196.28)	
	預拌混凝土 245 kgf/cm ²	m ³	159.13	104.56	263.69(202.19)	
	預拌混凝土 280 kgf/cm ²	m ³	169.23	102.80	272.03(206.43)	
	預拌混凝土 350 kgf/cm ²	m ³	199.82	102.80	302.62(224.72)	
	預拌混凝土 420 kgf/cm ²	m ³	230.26	100.16	330.42(240.22)	
	矽酸鈣	kg	0.31	0.02	0.33	
	石膏	kg	0.20	0.02	0.22	
	石膏板(9mm)	m ²	1.85	0.29	2.14	
	石膏板(15mm)	m ²	3.08	0.49	3.57	
	矽酸鈣板(6mm)	m ²	1.14	0.19	1.33	
	矽酸鈣板(9mm)	m ²	1.71	0.28	1.99	
	矽酸鈣板(12mm)	m ²	2.28	0.37	2.65	
	石膏磚(66*50*10cm)	塊	8.24	1.02	9.26	

表 4-18 台灣建材生產及運輸 CO₂ 排放量表(3)^{[31][32]}

建材相關產品		單位	CO ₂ 排放量(kg)		生產含運輸 CO ₂ 排放量 (kg)	註 解
			生產 階段	運輸 階段		
鋁 金 屬	進口粗鋁錠	T	8225	48.16	8273.16	
	建築用鋁擠型料	kg	2.37	0.11	2.48	
	門窗鋁料	kg	2.47	0.11	2.58	數據加上加工耗能
	鋁門窗(5mm 玻璃)	m ²	19.06	1.09	20.15	根據 1 m ² 鋁窗之鋁料約 4.35 kg 重以及所用玻璃重量求得
	鋁門窗(6mm 玻璃)	m ²	20.73	1.21	21.94	
	鋁門窗(8mm 玻璃)	m ²	24.05	1.46	25.51	
	鋁門窗(10mm 玻璃)	m ²	27.38	1.70	29.08	
	鋁門窗(12mm 玻璃)	m ²	30.71	1.95	32.66	
	鋁門窗(6mm+6mm)	m ²	32.33	2.02	34.35	
	鋁門窗(8mm+8mm)	m ²	34.72	2.51	37.23	
玻 璃 類	平板玻璃	kg	0.68	0.05	0.73	浮式玻璃製造法
	強化玻璃	kg	1.00	0.05	1.05	取自台灣玻璃公司生產線資料，為平板玻璃加上加工耗能換算而得
	反射玻璃	kg	0.91	0.05	0.96	
	鏡面玻璃	kg	0.88	0.05	0.93	
	膠合安全玻璃	kg	0.86	0.05	0.91	
	雙層玻璃	kg	0.71	0.05	0.76	
	Low-E 玻璃	kg	1.15	0.05	1.20	
	玻璃纖維	T	2543.12	50.02	2593.14	
	玻璃棉捲(16K*1 吋)	m ²	1.03	0.13	1.16	
土 質 類	磁磚	m ²	7.90	0.45	8.35	
	紅磚(20*9.5*5cm)	塊	0.41	0.04	0.45	

表 4-18 台灣建材生產及運輸 CO₂ 排放量表(4)^{[31][32]}

建材相關產品		單位	CO ₂ 排放量(kg)		生產含運輸 CO ₂ 排放量 (kg)	註 解
			生產 階段	運輸 階段		
木材類	木材原料(林管木)	m ³	-904.60	41.48	-863.13	*8
	木地板 (2cm 厚林管木)	m ²	-59.48	1.10	-58.38	*8
	木材原材	m ³	12.07	49.77	61.84	*9
	木地板(2cm 厚)	m ²	4.32	1.43	5.75	*9
	木合板(6 分板)	m ²	3.24	1.36	4.60	*9
	木模板 (1.5cm 五分厚)	m ²	0.34	1.84	2.18	*10
	紙漿	T	821.67	58.56	880.23	
隔間牆	矽酸鈣板隔間(雙面 12mm)	m ²	15.36	1.30	16.66	隔間牆內填 玻璃纖維 棉,輕量鋼骨 架間距 1.2m
	石膏板隔間 (雙面單層 9mm)	m ²	14.5	1.14	15.64	
	石膏板隔間 (雙面雙層 9mm)	m ²	18.2	1.72	19.92	
	石膏磚牆(10cm 厚)		24.72	3.06	27.78	
	1/2B 磚牆		36.55	4.57	41.12	
	1B 磚牆		73.94	9.47	83.41	
天花板 & 地板	輕鋼架石膏板天花	m ²	4.22	0.40	4.62	
	高架地板	m ²	7.68	1.61	9.29	
	地毯(聚酯棉)	m ²	0.81	0.08	0.89	

表 4-18 台灣建材生產及運輸 CO₂ 排放量表(5)^{[31][32]}

建材相關產品		單位	CO ₂ 排放量(kg)		生產含運輸 CO ₂ 排放量 (kg)	註 解
			生產 階段	運輸 階段		
防火被覆	半濕式防火被覆(20cm)	m ²	6.48	0.55	7.03	每 m ² 被覆材含有水泥 15 kg、岩棉 1.0 kg
	半濕式防火被覆(30cm)	m ²	9.72	0.82	10.54	
	乾式防火版(25mm)	m ²	4.75	0.77	5.52	以相同厚度矽酸鈣板材料計支
	乾式防火版(40mm)	m ²	7.6	1.24	8.84	
化學類 & 塑膠類	聚苯乙烯(PS)	T	1194.22	54.07	1248.29	
	PVC 原料	T	562.26	54.07	616.33	
	塑鋼原料	T	561.55	54.07	615.62	
	聚酯絲	T	924.2	65.84	990.04	
	ABS 樹脂	T	1451.82	54.07	1505.89	
	塑膠布	T	878.21	54.07	932.28	
	PC 耐力板	kg	1.5	0.11	1.61	
	PVC 塑膠管、PVC 管	kg	0.75	0.11	0.86	
	PVC 管接頭、凡而	kg	1.42	0.11	1.53	
	塑膠天花(硬質 8mm)	m ²	9.00	1.32	10.32	
	塑膠天花(發泡 5mm)	m ²	2.63	0.39	3.01	
	塑膠壁板(硬質 20mm)	m ²	22.5	3.3	25.80	
	塑膠壁板(發泡 24mm)	m ²	12.60	1.85	14.45	

表 4-18 台灣建材生產及運輸 CO₂ 排放量表(6)^{[31][32]}

建材相關產品		單位	CO ₂ 排放量(kg)		生產含運輸 CO ₂ 排放量 (kg)	註 解
			生產 階段	運輸 階段		
塑膠類	PVC 塑膠地磚	m ²	2.70	0.30	3.00	
	塑膠踢腳板、線板 (10cm 寬)	m	0.56	0.08	0.65	
	水泥漆	m ²	0.26	0.01	0.27	
窗簾類	窗簾(含鋁支架)	m ²	1.72	0.13	1.85	
	窗紗(含鋁支架)	m ²	0.99	0.06	1.05	
	直式百葉(含鋁支 架、鐵件)	m ²	3.38	0.23	3.61	
瀝青類	瀝青混凝土	T	29.12	36.32	65.44	
帷幕牆不透光外殼部份	花崗石帷幕牆(3cm 石材)	m ²	$Y=42.16X+68.39*11$			
	鋁板帷幕牆	m ²	$Y=4.96X+73.3*11$			
	玻璃帷幕牆(8mm 反射玻璃)	m ²	$Y=6.03X+61.38*11$			
	不鏽鋼板帷幕牆	m ²	$Y=4.96X+70.94*11$			
帷幕牆透光開口部份	窗(8mm 反射玻璃)	m ²	$Y=4.96X+48.44*11$			
	窗(10mm 反射玻璃)	m ²	$Y=4.96X+53.14*11$			
	窗(12mm 反射玻璃)	m ²	$Y=4.96X+57.85*11$			
	窗(6+6mm Low-E 玻璃)	m ²	$Y=4.96X+68.49*11$			

3. 綠色材料

再生綠建材使用回收材料，將可減少原材料之開採，及降低 CO₂ 排放量。根據前述之資料，混合普通水泥與 30%高爐煉鋼副產品之爐石粉調製而成之高爐水泥，其碳排放量遠小於一般水泥（卜特蘭）。

爐石粉是以高爐煉鋼廠產生的爐渣，經過加壓水噴射急速冷卻後成為砂狀水淬爐石，並將之研磨成細微粉末就是爐石粉，是一種受到鹼類刺激便產生硬化與膠結能力的材料。因此，使用高爐水泥不僅可大幅減少水泥用量，並具有減少 CO₂ 排放量與廢棄物的雙重效果。

因此，從各種主要建材之基本原料開採之排放資料，將可估算若使用一定比例之再生材料可減少之 CO₂ 排放量。

(1) 砂石開採之 CO₂ 排放量估算

依林憲德教授之調查研究，含生產與運輸階段，砂礫每立方米排放 CO₂ 排放 55.75 公斤，原石為 72.33 公斤。若僅計生產階段，砂礫為 3.11 公斤，原石為 3.90 公斤，僅佔總排放量之約 5%，可見運輸成本佔大宗。因此，再生綠建材若以回收材料來替代砂石為主，應以就地取材，以減少運輸成本為主。

(2) 木質材料之 CO₂ 排放量估算

木材為優良的「生態材料」，資材可以將碳素固定，且使用或解體後的廢料可以再利用。木材是植物藉著光合作用將大氣中的 CO₂ 當作有機物加以固定，不會使 CO₂ 回歸大氣中。依林憲德教授之統計，木材原材生產階段每 m³ 排放 12.07 kg，運輸階段排放 49.77 kg，合計為 61.84 kg CO₂/m³。木材密度若以 0.5 估計，則每公噸木材生產排放 24.1 kg CO₂，含運輸階段則每公噸木材計排 123.7 kg-CO₂。

4.5 節能減碳評估要項執行階段之具體作法

根據節能減碳之：(1)綠色環境；(2)綠色工法；及(3)綠色材料等三項管控指標，林務局之節能減碳綠色工程，基於「工程可行性評估」、「工程規劃設計」、「工程施工」及「維護管理」等各階段之具體作法可整理如下：(部分參考永續公共工程－節能減碳政策白皮書)，其各階段評估要項之檢核及其流程，於第六章中有詳細之說明。

1. 工程可行性評估階段：

- (1). 將生態保育評估納入工程勘查紀錄表中，加強生態保育措施之調查與對策研擬，另符合節能減碳及永續原則需求者，將優先列入辦理。
- (2). 每年度邀請專家學者，除就各林管處所提工程計畫辦理之必要性及優先順序進行審查外，並將檢視其工程措施之永續性與節能減碳效益。
- (3). 工程是否有考量其他替代方案。

2. 工程規劃設計階段：

- (1). 辦理工程規劃設計評選時，將綠色永續納入評選項目中。
- (2). 訂定「國有林地治山防災及林道工程節能減碳綠色工程檢核表」，未來將落實於各件工程預算書審查中。
- (3). 植生綠化指標：工程規劃設計時考量植生綠化，以增加綠地面積，改善景觀，美化環境，降低對環境之衝擊，如以各種植生工法、植草、種植樹木等。
- (4). 生物多樣性指標：考量營造適合生物棲息環境之設計，以各種相關工程措施，創造生物縱橫向棲息廊道連續性之工法，促進生態系之再生能力、復原能力及保護功能，並促進溪流之適當利用，建設一個良好水循環及安全的溪流環境，如魚道、護岸緩坡化、高壩低矮化等。
- (5). 工區內土石方平衡：降低施工過程所產生之廢棄土石方，減少棄土外

運過程因運輸增加之車輛機具廢氣排放污染。

- (6). 減少邊坡開挖：儘量不擾動已穩定邊坡，並減低工址周邊與其他地區之環境負荷。
- (7). 土石回收再利用指標：將野溪淤積土石，利用清疏工程回收再利用，除可疏通淤積河段，亦可減少其他地區土石開採所產生之破壞。
- (8). 採用預鑄工法：適當應用工廠生產具有提高施工效率之預鑄構造物設施，降低施工汙染機率，減少施工過程中所產生之廢棄物排放。
- (9). 天然材料應用指標：工程規劃應儘量取當地可應用之資材或天然材料，在盡可能不破壞生態及環境景觀下，對一般邊坡以及河溪，進行整治工程與措施，降低對自然環境之影響，如採用現地塊石、利用疏伐木設置相關設施等。
- (10). 綠營建（鋼構設施）：利用鋼構設施進行林道復建，減低混凝土使用量，並增進施工效率，達成綠營建目標，如設置鋼構橋樑、鋼板護欄等。
- (11). 綠色及高效能建材：施作工程材料應評估強度、耐久性及經濟性等項目，優先採用高效能營建材料。
- (12). 照明設施優先採用 LED 燈具及太陽光電系統，另鋪面工程優先採用透水鋪面、天然級配或去水泥化材料。
- (13). 設計時是否考量「迴避、減輕、補償」等原則，及檢討是否有過量或不當之設計。
- (14). 工程是否有考量其他替代方案，及是否進行方案之比較，據以選擇最有利之方案。

3. 工程施工階段：

- (1). 減少棲地擾動：妥慎規劃施工程序及工區內動線管理，並考量以減少棲地擾動之索道及高壓泵送施工，以降低對四周環境之衝擊。

- (2). 臨時防減災措施：工程施工時需確實做好假設工程，如臨時沉砂池、臨時擋土設施、剩餘土方之安置、交通維護設施等。
- (3). 工地補償措施：工程完工後，宜對環境不得已之破壞採取復原措施，如施工便道復原、原有棲地環境營造等。
- (4). 施工過程中，應研擬落實各項迴避、縮小、減輕、補償等生態保育對策。
- (5). 施工中是否有考量其他替代方案之調整，據以選擇最有利之工法。
- (6). 施工中是否考量調整內容，考量變更設計以符合節能減碳之目標。

4. 維護管理階段：

- (1). 施工品質管理：透過三級品管之手段，定期或不定期查核工程施作品質，進而延長工程壽命。
- (2). 工程總體檢機制：建立工程性能評估總體檢機制，定期檢討分析維護作法與成效，延長公共工程使用年限。
- (3). 提升植物存活率：植生工程及草類種植依契約規定栽植及播種完竣後，栽植之植物、植草苗養護成活率落實達到 90%以上，以增加環境綠化程度。

4.6 評估內容

營造綠色環境為永續公共工程之首要工作。在最初之工程設計及施作過程中，應妥善進行生態環境調查與環境設計，藉由過去推動生態工程之「迴避、減輕、補償」等原則，避免對原有生態環境造成過大的干擾與破壞，創造一個與自然生態共存的工程環境，此為發展永續公共工程之重要概念與目標。

「綠色環境」一詞本身具有生命、健康與和平的意義，就字面意義而言，綠色環境可以定義為與原有的自然生態和諧共存、具生命力與健康的生態環境。參考「臺北市政府各機關辦理振興經濟擴大公共建設投資計畫，落實節能減碳執行方案注意事項」之綠色環境評估指標，包含「環保」、「節能減碳」、「生態保育」、「植生綠化」、「生物多樣性」以及「污染減量」等；在此可以為永續公共工程的「綠色環境」下一個定義為：符合環保、節能、健康以及與原有的自然生態和諧共存的友善環境。本研究根據前述之探討針對林務局之主要工項，整理出節能減碳之主要評估內容，說明如下：

1. 綠色環境

綠色環境的營造，除了原有生態環境的保育以及節能減碳的目標外，對於氣候的調節（降低都市熱島效應）與生活環境品質的提升等亦具有相當助益。茲將「綠色環境營造」的作法與思考方向試列舉如下，可依照實際工程需求參酌應用。

(1) 評估合理營建規模，降低對生態環境的衝擊：

工程的施作必然會對基地及其周邊的生態環境造成一定程度影響。因此，除了工程的必要性與選址為一開始即必須先確實評估與檢視外，在營建規模上，同時也必須考量最小且合理的營建規模。營建規模

越小，對於生態環境的干擾也越小。避免設計出不符合實際需求、過大規模之工程，亦可以達成資源最佳化、高效益之利用。

(2)迴避、減輕、補償原則：

係指在工程選址及區域劃設時，對範圍內之重要生態環境或生態敏感區應進行迴避。在無法完全迴避的情況下，則盡可能的減輕工程對環境的衝擊，並考量後續對原有環境的補償作為，減少工程對原有生態環境的衝擊。

「迴避、減輕、補償」原則是由美國環保署與陸軍工兵署在 1990 年的協議備忘錄中，所提出之生態補償程序原則(Mitigation Sequence)，用以降低工程建設對生態環境之衝擊。(1)當工程進行可能造成重要生物棲地破壞時，必須優先考量迴避（或部分迴避）可能造成衝擊之區域。(2)當無法迴避或是僅能部分迴避時，則須設法讓衝擊最小化，亦即實施各種工程性與非工程性之減輕衝擊措施。(3)當以上程序仍無法避免生態功能或生態價值之損害，則須透過「補償」手段，以創造、復育、改善或保育棲地等方式予以彌補，使得整體生態品質能維持或創造更高的水準。

(3)生態環境保育：

對於原有生態環境（如動植物棲地與生態系統）加以維護，降低污染、營造生物多樣性環境。具體作法如：在公共工程的規劃設計應進行優質基地環境設計，以「迴避、減輕、補償」等原則降低對原有生態環境的衝擊；以及自然排水、雨（廢）水回收系統、生態池、複層植栽、使用原生種、棲地補償、生物廊道等。

(4)景觀綠化：

於基地內自然土層以及相關設施上之覆土層栽種適當之各種植物，增加綠化之面積。景觀綠化除能夠美化環境、調節溫度、提高環境

舒適度外，同時也具有積極的固碳效果。相關研究指出，闊葉大喬木每平方公尺 1 年能減少 900 公斤的二氧化碳，每半世紀就能吸收 45,000 公斤的二氧化碳；綠牆及綠圍籬每年每平方公尺(m²)亦可降低 100 公斤的二氧化碳排放量。

景觀綠化的具體作法可參考「綠建築」指標中的「綠化指標」，包含：生態綠化、牆面綠化、牆面綠化澆灌、人工地盤綠化技術、綠化排水技術和綠化防風技術等。植栽可採用原生物種進行植生綠化，並以保護原有現地植栽與表土，及現地植栽移植至妥適地點進行綠化為原則。此外進行植栽時，亦應評估植物的生存特性與環境需求來設計植栽的環境。例如於栽種行道樹時，除應挑選當地環境最適合之樹種外，樹穴之寬度亦應考量樹根生長的實際需求進行設計，以減少樹根無處發展造成窒息或道路鋪面隆起之狀況。

(5) 基地保水：

指基地內自然土層及人工土層涵養水分及儲留雨水的能力。妥善的基地排水設計，可以有效減少降雨地表逕流，降低下游水路逕流之負荷，並提升地下水含氧效益。具體作法如：使用透水性鋪面、設置滯洪池、增設地下儲留滲透設施等，山坡地採用重力式排水設施等。

(6) 採用天然材料：

天然材料的應用為營造綠色環境之重要作法，避免過多的人為造物的施作，透過大量自然環境中各項天然材料，如在坡面植生（掛網植生）採用花草、樹木或現地天然塊石等應用，可降低非天然材料使用對於環境的衝擊。

(7) 減少邊坡開挖：

對於已經穩定的邊坡儘量不要加以擾動，以降低施工對工址附近環境之影響，維持原有邊坡穩定並使週遭環境受到保護。

(8) 節能設計：

公共設施在日常營運階段，空調與照明耗能佔建築物整體能源消耗的絕大部分。除了採用節能設備（如省電燈具、節水裝置）降低能源消耗外，可以發揮創意，透過對建築物體的設計，創造一個自然的節能減碳環境。例如：利用自然採光以減少人工照明的需求、利用自然通風與牆（窗）面隔熱的設計以減少空調耗能。牆面植生綠化與綠屋頂的設計，亦可以有效吸收熱輻射達到節能減碳的效果。

2. 綠色工法

綠色工法，係以一種對環境較友善之作法；亦即在工程施作過程中，採取對自然環境所產生破壞較低的施工方法，而且必須因地制宜，依工程營建規模及環境特性選擇適當工法。由於公共工程的施作過程，對於整體環境必然會造成不同程度的直接與間接的影響。諸如工程所需用的營建材料、能源、人力等（在工區或生產工廠等），除了會消耗資源外也會增加二氧化碳的排放。其他如營建廢棄物、污水、粉塵及噪音污染，除了直接影響工程基地週遭的生態環境與居民的生活品質外，廢棄物的處理（如廢土棄置、污水排放）與粉塵的飄散等也會影響到工區以外的環境。因此，如何在營建過程提升各種資源的使用效率，降低廢棄物與污染的產生，是工程執行階段落實節能減碳的重要課題。

「綠色工法」之作法與思考方向試列舉如下，可依照實際工程需求參酌應用。

(1) 採用高效能的營建材料：

鋼筋及混凝土為台灣營建工程中最常用的營建材料之一，無論在強度、耐久性、經濟性等各方面都具有相當優勢。然而水泥在生產過程中會消耗大量的能源，產生大量的碳排放，遑論後續運輸及使用過程中的耗能與污染。為了有效降低二氧化碳之排放量，降低混凝土之使用量實

為重要手段。作法包括提高材料效率，如提升混凝土的強度，減少或縮小結構尺寸、使用高強度鋼材等，以降低對混凝土的需求。再者使用替代性材料，如以格框式擋土牆及自然填方以減少混凝土的使用；使用以爐石、飛灰...等水泥替代材料生產之水泥，亦可以有效降低生產過程中二氧化碳的排放量。

(2) 採用高效率、低耗能之工法及機具：

施工時採用自動化或標準化施工方式或是採用高效率的機具設備，不但能提高施工速率，節省經費，亦能減少施工過程中所排放之二氧化碳。如結構體輕量化設計，採用預鑄工法（預鑄梁柱、預鑄外牆）、系統模板、五螺箍等工法，對施工的效率、品質及節能減碳有莫大的助益。

(3) 減少工程廢棄物：

工程廢棄物指工程施作及日後拆除過程中所產生之營建廢棄物及其他對週遭生態環境、衛生與人體健康足以造成影響之污染物。從土石或營建廢棄物為資源的角度來看，如果能在工址現地減量，並在工區內妥善處理、再利用，不但能減少運輸所消耗的能源，減少二氧化碳排放，對於環境保育與公共安全亦有正面助益。思考的方向包含在設計規劃階段，妥善評估營建材料的使用量，由源頭減少廢棄物的產生；其次則是廢棄物產生後的回收與再利用；最後才是對於無法再利用之廢棄物的處理。具體做法包括：

- A. 透過公共工程土石交換，減少土方開挖量，若有營建剩餘土石方，優先考量用於工區挖填平衡，降低棄土量，減少外運過程運輸增加之車輛機具廢氣排放污染與能源的消耗。

B. 廢棄物減量及再利用的其他作法，如：施工期間之廢棄物回收、水資源回收利用、剩餘土石方資源化、廢材再利用，以及採用可回收鋼材（含鋼模版等）等。

C. 透過管理手段，對營建材料的供應、裝卸動線及倉儲配置等進行妥善規劃，提升裝卸效率、降低工區內營建材料儲放時的耗損與污染。

(4) 近自然工法：

因地制宜使用自然材料之施工方法，降低對於環境衝擊、增加使用者及環境的舒適度，如打樁編柵、植生草毯、蜂巢格網、格框噴植等。

(5) 能源有效利用：

對於工程過程中所使用的照明、運輸、用水、供電等設施，作能源最有效利用的規劃，如硬體方面可採用具有節能效益的機具設備；對能源的使用做效率最佳化的設計（如：輸配線路、運輸路線、裝卸動線等），減少能源的使用或輸送過程中的耗損。

3. 綠色材料

根據 1992 年國際學術界定義：「在原料採取、產品製造、應用過程和使用以後的再生利用循環中，對地球環境負荷最小、對人類身體健康無害的材料稱『綠建材』」。材料的選用在考量需求性及最佳化配置之前提下，優先採用再生材料、低污染、省資源、再生利用、可回收、綠建材等綠色環保產品、設備。使用再生材料的目的是在於倡導減少素材開採達到資源循環再利用，並要求國內業者妥善處理工程產生的廢棄物，進而鼓勵業者創新研發新技術，同時藉由標章認證確保建材之安全無害性。

即便是綠色材料，亦應因地制宜，最好是當地的材料。相對的，運輸耗能成本、使用年限、養護難易等都應一併納入分析。此外公共工程的節能減碳表面上可能必須投入較高的成本在能源或材料上，但考量國

際碳稅的實施趨勢，儘早熟悉與推廣節能減碳技術及材料，除可加強產業界的國際競爭力，也可避免國際碳稅實施後的貿易制裁或抵制。

公共工程中綠色材料的選用，作法可以參考以下說明，並依據工程所需以及環境特性參酌應用。

(1) 採用再生工程材料：

再生材料係來自廢棄資源（範圍並不限於工程廢棄物）處理再生後所得之材料，以替代天然材料的使用。使用再生的營建材料，具有降低因營建材料生產的天然資源消耗，提升營建材料的再生利用，減少營建廢棄物的產生以及二氧化碳排放等效益。可採用的再生營建材料如：再生瀝青、再生混凝土、高壓混凝土磚再生建材、再生橡膠地磚、再生陶瓷面磚建材等。

由於廢棄資源物質產出量及物化特性皆不穩定，再生材料的生產必須比對天然材料有更高的品質要求外，在選用上更必須依使用需求與再生建材的特性進行有妥善的評估，以避免二次公害的產生。

(2) 採用現地材料：

採用當地工程材料，如取當地可應用石材，施作砌石護岸、擋土牆、砌石壩等，進行整治工程與措施，除了可降低對自然環境影響之外，可減少材料自外地運至當地之運輸排放污染。

(3) 採用天然材料：

天然材料的使用，可降低工程對於原有生態環境之衝擊。天然材料包括如石頭、竹、木等自然材料。

(4) 採用替代材料：

在符合工程性能需求下，優先採用具有節能效益的替代性材料。作法如採用以爐石、飛灰等水泥替代材料生產之水泥，減少水泥生產過程

中排碳量與能源消耗。採用「可控制性低強度回填材料(Controlled Low Strength Materials, CLSM)」代替傳統砂石級配回填夯實的替代性材料，除可以降低砂石水泥的使用，對於施工過程的噪音、施工時間、以及回填品質等均具有相當助益。

(5) 採用耐久性材料：

以對自然環境低度干擾前提下，使用耐久性材料，可以減少未來維護管理作業，如使用耐久性管材。

(6) 採用環保低污染材料：

採用環保材料或節能設備時，可以優先選用取得國家認證之綠色或環保建材或設備。目前國內的相關認證標章有綠建材標章、省水標章、環保標章及節能標章等，各認證標章說明如表 4-19 中所述。

表 4-19 綠色標章一覽表

	綠建材標章	省水標章	環保標章	節能標章
圖示				
機關	內政部建築研究所	經濟部水利署	行政院環境保護署	經濟部能源委員會
說明	在原料採取、產品製造、應用過程和使用以後的再生利用循環中，對地球環境負荷最小、對人類身體健康無害的材料，稱為「綠建材」。	合格省水器材，在不影響原用水習慣下，達到節約用水。	配合綠色消費導向，對環境有利之產品。在各類產品項目中，環保表現（環境、省水、省電等效益）最優良前 20～30% 的產品。	該產品具有高能源效率的特性。節能標章產品適用「機關優先採購環境保護產品辦法」。
產品 / 項目	綠建材包含以下四類：生態綠建材、健康綠建材、高性能綠建材-高性能防音綠建材-高性能透水綠建材、再生綠建材。	省水標章產品目前包含：洗衣機、一段式省水馬桶、兩段式省水馬桶、兩段式沖水器、一般水龍頭等共 11 類產品。	綠色商品是指產品在原料的取得、產品的製造、銷售、使用及廢棄處理過程中，具有可回收、低污染、省資源等功能或理念，目前種類多元，可在環保署網站進行查詢。	節能標章之產品目前包含：冷氣機、電風扇、室內照明燈、緊密型螢光燈等 28 種產品，共計 260 家品牌、4493 款節能標章產品。

第五章 公共工程節能減碳評估要項之審議

目前節能減碳政策之績效控管，以其工程費佔10%以上之比率，並以達到20%為目標，因此目前公共工程節能減碳評估要項之審議依節能減碳經費計算之比率為原則。本研究認為，如僅以工程所佔經費為評估依據，以滿足節能減碳政策之績效控管比率，常易導致節能減碳部份工項有過量或不當設計之情形，此舉已與節能減碳之精神相違背，因此本研究建議另佐以林務局主要工項之單位經費總碳排放量值之計算為依據，其算式如下（5-1式）：

$$C_R(\text{碳排放指數}) = \frac{\text{碳總排放量}}{\text{工程總經費(百萬)}} \quad (5-1)$$

其各工項之總碳排放量，即依照本研究所收集之資料以及計算原則，分成水土保持工程、道路與橋梁工程、軌道工程及建築工程等，說明於以下各小節。本研究以三項實際執行工程（農路、橋梁及農路、邊坡整治及排水）之碳排放計算範例列於附錄B，以供參考。

5.1 水土保持工程計算準則

水土保持工程之材料在生產階段，所排放的二氧化碳量，可由式(5-2)表示：

$$P_{CO_2} = \sum_{i=1}^n CO_{2Pi} \times V_{mi} \quad (5-2)$$

式中， P_{CO_2} =材料生產階段產生之總二氧化碳量； n =工程所使用的建材種類數； CO_{2Pi} =各類材料生產階段單位數量的二氧化碳排放量； V_{mi} =工程施作之各類材料總量。

水土保持工程施作在運輸方面，其中包含工程設施所需之各類材料、工程挖填土方所剩之廢棄土及預拌混凝土等等之運輸過程，皆有二氧化碳排放

之效應。傾卸式貨車及預拌混凝土車為工程材料運輸階段之主要交通工具，其中，傾卸貨車載貨容量應依工地情況而定，短距離常採用5 m³及8 m³，長距離採用12 m³，而預拌混凝土車依載重法載運量約3.5 m³至4.0 m³。

依施工規範，傾卸貨車於市區內平面道路之速率通常假定重車 30 km/h，空車 40 km/h，平均為 35 km/h。預拌混凝土車，國內規範預拌混凝土車之限制時間為 90 分鐘，因必須在混凝土初凝之前完成澆置，因此在運輸時間上，通常尖峰時間 30 分鐘到達工地；離峰時間 20 分鐘到達工地，一般時間 25 分鐘到達工地。但水土保持工程因距離較遠時，其運輸階段之碳排放量較高，需特別考慮。因此工程材料在運輸階段，所排放的二氧化碳量，可由式(5-3)表示：

$$T_{CO_2} = \sum_{i=1}^n \frac{V_{mi}}{V_{cari}} \times CO_{2cari} \quad (5-3)$$

式中， T_{CO_2} =材料運輸階段產生之總二氧化碳量； n =工程所使用的建材種類數； V_{mi} =工程施作之各類材料總量； V_{cari} =各類車種之材料承載容量； CO_{2cari} =各類車種材料運輸每趟之二氧化碳排放量。

其中 CO_{2cari} 可利用各種石油項目的碳排放係數，將其轉換為二氧化碳排放量，可式(5-4)表示：

$$CO_{2cari} = \sum_{i=1}^n O_{cari} \times HR_{cari} \times C_{co_2i} \quad (5-4)$$

式中， n =各類材料運輸之車種； O_{cari} =各類車種之平均耗油率； HR_{cari} 各類材料運輸消耗的時間； C_{co_2i} =各車種使用之油類二氧化碳排放係數。而現場水土保持工程施工階段，所產生的二氧化碳及耗能量，可由式(5-5)表示：

$$S_{co_2} = \sum_{i=1}^n O_{mi} \times HR_{worki} \times C_{co_2i} \quad (5-5)$$

式中， S_{CO_2} =工程施工階段產生之總二氧化碳量； n =各類施工機具； O_{mi} =各施工機具之平均耗油率； HR_{worki} =各機具之總工作時數； C_{CO_2i} =各機具使用之

油類二氧化碳排放係數。

其中， HR_{worki} 依照施工規範中施工機具工作量分析，可得各機具單位時間內之工作量，進而求出各機具之總工作時數 HR_{worki} ，可由式(5-6)表示：

$$HR_{worki} = \sum_{i=1}^n \frac{V_{si}}{W_{avei}} \quad (5-6)$$

式中， HR_{worki} =各機具之總工作時數； n =各類施工項目； V_{si} =各工程項目施工之總工作量； W_{avei} =各類施工機具之平均工作量(其各種施工機具之工作量如下)。

1. 施工機具工作量計算

(1) 推土機

A. 推土機作業循環時間 C_M 值表（詳表5-1）

$$C_M = t_1 + \left[\frac{d \times 3600}{V_1} + (d \times 3600) / (V_2) \right] \quad (5-7)$$

式中

t_1 =20 Sec

d =推距(km)

V_1 （前進速率）=2.42 km/h (1.5MPH)

V_2 （後退速率）=5.64 km/h (3.5MPH)

B. 推土機每小時工作量計算公式：

$$W = \frac{(3600 \times q \times f \times K \times g \times E)}{C_M} \quad (5-8)$$

式中：

q =推土機每鏟鬆方容量（詳表 5-2）

f =土石方由鬆方換算為自然方之體積膨脹係數（詳表 5-3）

K =推土及瓜運作業時之 K 值（詳表 5-4）

g =坡度係數（詳表 5-5）

E =工作效率及工地因素（詳表 5-6）

(2) 開挖機配合貨車運送說明

- A. 開挖機每挖一斗循環時間約20秒鐘。
- B. 開挖機所挖土石之脹縮係數值同表5-3。
- C. 開挖機作業時K值表同表5-4。
- D. 開挖機開挖深度與吊桿旋轉角之校正因素R值詳表5-7。

E. 以容量 $5m^3$ 貨車配合施工為例

(A) 每車次倒車裝土及裝滿後開出所耗時間約90秒。

(B)不同斗容量每裝一貨車所需時間為

$$5m^3 \div 1m^3/\text{斗} \times 20 \text{ 秒/斗} = 100 \text{ 秒}$$

$$5m^3 \div 0.7m^3/\text{斗} \times 20 \text{ 秒/斗} = 143 \text{ 秒}$$

$$5m^3 \div 0.4m^3/\text{斗} \times 20 \text{ 秒/斗} = 250 \text{ 秒}$$

(C)容量 $0.4m^3/\text{斗}$ 之挖土機每裝一貨車所需時間

$$t = (90 \text{ 秒} + 100 \text{ 秒}) / 60 = 3.2 \text{ 分}$$

(D)容量 $0.7m^3/\text{斗}$ 之挖土機每裝一貨車所需時間

$$t = (90 \text{ 秒} + 143 \text{ 秒}) / 60 = 3.9 \text{ 分}$$

(E)容量 $0.4m^3/\text{斗}$ 之挖土機每裝一貨車所需時間

$$t = (90 \text{ 秒} + 250 \text{ 秒}) / 60 = 5.7 \text{ 分}$$

(3) 工作量計算：

開挖機工作時直接挖土裝車，每小時實際工作時間按 50 分鐘計算。

A. 每斗容量 $1m^3$ 挖土機之工作量以普通土為例

$$W = (50/3.2)5 \times f \times K \times E$$

$$W_{\max}=(50/3.2) \times 5 \times 0.8 \times 0.85 \times 1=53\text{B.M}^3$$

$$W_{\min}=(50/3.2) \times 5 \times 0.8 \times 0.85 \times 0.7=37\text{B.M}^3$$

$$W_{\text{ave}}=61 \text{ B.M}^3$$

B. 每斗容量 0.7m^3 挖土機之工作量以普通土為例

$$W_{\max}=(50/3.9) \times 5 \times 0.8 \times 0.85 \times 1=44\text{B.M}^3$$

$$W_{\min}=(50/3.9) \times 5 \times 0.8 \times 0.85 \times 0.7=31\text{B.M}^3$$

$$W_{\text{ave}}=37 \text{ B.M}^3$$

(4) 純挖掘土方（開挖機單獨作業）

$$W=(60 \times q \times f \times E)/C_m$$

式中：

W =每小時工作量(B.M^3)

q =每挖斗容量，以有效容積乘以 0.9 計(m^3)

f =土石方體積脹縮係數（詳表 5-3）

E =機械作業效率 0.6~0.8（詳表 5-6）

C_m =挖土機作業循環時間（分）

(5) 傾卸貨車說明

A. 傾卸貨車係配屬裝車機械運土石方工作。

B. 選用貨車容量應依工地情況而定，短距離常採用 5m^3 或 8m^3 ，長距離採用 12m^3 。

C. 棄土地點之運距對單價影響甚大，不同地點之棄土應予分別計算。

D. 一般平面道路之速率通常假定重車 35 km/h ，空車 45 km/h ，平均 40 km/h 裝卸時間為2分鐘。

表 5-1 推土機作業循環時間 C_M 值表

推距 循環時間	20 m	30 m	40 m	60 m	80 m	100 m
C_M (秒)	62	84	105	148	190	233

表 5-2 各型推土機直鏟鬆方容量 q 值與理想工作量

飛輪出力 (kW)	鏟刀尺度	直鏟鬆方 容量 (L.M ³)	20m	30m	40m	60m	80m	100m
340~349	454×1.99	13.5	784	578	463	328	256	208
250~259	417×1.81	10.2	592	437	350	248	193	157
160~169	3.8×1.28	4.7	273	201	161	114	89	73
120~129	3.2×1.17	3.3	192	141	113	80	63	51
80~89	2.95×1.07	2.5	145	107	86	61	47	39
60~69	2.58×0.97	1.8	105	77	62	44	34	28

*鬆方(Lose Volume)

表 5-3 土石方體積脹縮係數值表

土壤種類	土壤狀態	單位重量	換算係數		
			*天然 B.M ³	*挖鬆 L.M ³	*壓實 C.M ³
粗砂	天然	1780 kg/B.M ³	1.00	1.11	0.89
	挖鬆	1600 kg/L.M ³	0.90	1.00	0.80
	壓實	2000 kg/C.M ³	1.12	1.25	1.00
普通土	天然	1875 kg/B.M ³	1.00	1.25	0.90
	挖鬆	1500 kg/L.M ³	0.80	1.00	0.72
	壓實	2080 kg/C.M ³	1.11	1.39	1.00
黏土	天然	1790 kg/B.M ³	1.00	1.43	0.92
	挖鬆	1250 kg/L.M ³	0.70	1.00	0.65
	壓實	1940 kg/C.M ³	1.09	1.55	1.00
軟岩	天然	2290 kg/B.M ³	1.00	1.43	1.07
	挖鬆	1600 kg/L.M ³	0.70	1.00	0.75
	壓實	2140 kg/C.M ³	0.94	1.34	1.00

*自然方(Bank Volume)、鬆方(Lose Volume)、壓實方(Compress Volume)

表5-4 推土及刮運作業時K值表

材料種類	K值(%)
砂及普通鬆土	100
普通土	85
硬黏土、砂礫	75
頁岩	50
卵石及爆破岩石	30~35

表5-5 坡度係數g值表（重車情況）

坡形	坡度	g值, %
上坡	10%	60
水平	0%	100
下坡	10%	185
下坡	20%	270

表5-6 機械作業效率E值表

管理條件工地環境	優	良	可	劣
優	0.84	0.81	0.76	0.70
良	0.78	0.75	0.71	0.65
可	0.72	0.69	0.65	0.60
劣	0.63	0.61	0.57	0.52

表 5-7 開挖機開挖深度與吊桿旋轉角之校正因數 R 值表

相對於最佳 挖深百分率		40	60	80	100	120	140	160
旋 轉 角	45 m	0.93	1.10	1.22	1.26	1.21	1.12	1.03
	60 m	0.89	1.03	1.12	1.16	1.11	1.04	0.96
	75 m	0.85	0.96	1.04	1.07	1.03	0.97	0.90
	90 m	0.80	0.91	0.89	1.00	0.97	0.91	0.85
	120 m	0.82	0.81	0.89	0.88	0.86	0.81	0.75
	150 m	0.65	0.73	0.77	0.79	0.77	0.73	0.67
	180 m	0.59	0.66	0.69	0.71	0.70	0.66	0.62

5.2 道路橋梁工程計算準則

根據 4.2 節的說明來計算「道路」、「RC 橋梁」及「預力 I 型橋梁」的碳排放計算。

1. 道路路寬

(1) 路寬 15m 以下路幅配置之 CO₂ 排放量分析

依據行政院公共工程委員會所提供「基層公共工程基本圖彙編」，藉由前述瀝青混凝土與再生瀝青混凝土之 CO₂ 排放量分析與施工機具之 CO₂ 排放量計算，運用到此，以路寬 15m 以下路幅配置來建立道路單位面積之 CO₂ 排放量。

使用的基本圖之鋪面厚度設計是依據營建署頒布的「市區道路工程設計標準規範」之規定，原則上鋪面結構分為面層、聯結層與底層，面層採用密級配瀝青混凝土，聯結層採用粗級配瀝青混凝土，底層則採用碎石級配。多層鋪築瀝青混凝土時，第一層鋪築完成後，在次一層鋪築之前，預撒佈黏層，使兩層之間緊密結合；級配底層之上須先鋪撒透層，使其達成防水與聯結作用。

計算例：以下介紹路寬 15m 以下路幅配置與其瀝青混凝土路面結構，以及單位面積 CO₂ 排放量計算，依照每日設計雙向交通量輛(PCU)不同時，還可分為以下三種類型：

A. PCU $\geq$ 3000 時，路寬為 9.0～15.0 m。

B. PCU < 3000 時，路寬為 5.5～8.5 m。

C. PCU < 3000 時，路寬為小於 5.0 m。

A. PCU $\geq$ 3000 時，路寬為 9.0～15.0 m

道路工程單位面積 CO₂ 排放量分析為 15 cm 厚度一米見方之單位重瀝青混凝土用量所產生之 CO₂ 排放量，35 cm 厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之 CO₂ 排放量與施工機具作業時之產生的 CO₂ 排放量加總，即可得到在 PCU $\geq$ 3000，路寬為 9.0~15.0m 設計時的道路單位面積 CO₂ 排放量，其計算式如下：

厚度 15cm 一米見方瀝青混凝土體積 $\times$ 瀝青混凝土比重 $\times$ 單位重瀝青混凝土 CO₂ 排放量 $\times$ 單位面積瀝青混凝土 CO₂ 排放量，如下：

$$(0.15\text{m}\times 1\text{m}\times 1\text{m})\times 2.4(\text{T}/\text{m}^3)\times 57.75(\text{kg-CO}_2/\text{T})=20.79(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)$$

厚度 15cm 一米見方碎石級配之體積 $\times$ 單位體積碎石用量 CO₂ 排放量 $\times$ 單位面積碎石之 CO₂ 排放量，如下：

$$(0.15\text{m}\times 1\text{m}\times 1\text{m})\times 3.16(\text{kg-CO}_2/\text{m}^3)=0.474(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)$$

施工機具作業時產生的 CO₂ 排放量為各施工機具之 CO₂ 排放量乘上各施工機具作業次數之總和，為 0.128 kg/m² 之 CO₂，計算如以下：

清掃機 CO₂ 排放量 $\times$ 作業次數+瀝青撒佈機 CO₂ 排放量 $\times$ 作業次數+鋪築機 CO₂ 排放量 $\times$ 作業次數+九輪鐵輪壓路機 CO₂ 排放量 $\times$ 作業次數+三輪鐵輪壓路機 CO₂ 排放量 $\times$ 作業次數+瀝青撒佈機 CO₂ 排放量 $\times$ 作業次數+施工機具總 CO₂ 排放量，計算如以下：

$$6.52\text{E-}04\times 3(\text{次})+1.15\text{E-}04\times 4(\text{次})+8.44\text{E-}02\times 1(\text{次})+4.49\text{E-}03\times 4(\text{次})+1.89\text{E-}03\times 6(\text{次})+1.89\text{E-}03\times 6(\text{次})=1.28\text{E-}01(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)。$$

總結以上解析我們可得知，15cm 厚度一米見方之單位重瀝青混凝土用量所產生之 CO₂ 排放量為 20.79(kg- CO₂/m²)，35cm 厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之 CO₂ 排放量為 1.11(kg-CO₂/m²)，施工機具作業時產生的 CO₂ 排放量為 0.128(kg-CO₂/m²)，故在設計 PCU $\geq$ 3000，路寬為 9.0~15.0m 之道路時，可得每單位面積 CO₂ 排放量為 22.03(kg-CO₂/m²)。

B. PCU < 3000時，路寬為5.5～8.5m

每日設計雙向交通量小於 3000 輛(PCU)，路寬為 5.5～8.5m時，瀝青混凝土厚度為 10 cm，依照施工規範規定，在黏層與透層撒佈時，應將瀝青撒佈機分 2 次灑佈，第 2 次撒佈應於第 1 次黏層(透層)瀝青材料完全滲透後進行。

在PCU < 3000，路寬為 5.5～8.5 m之設計時，道路工程單位面積CO₂ 排放量分析為 10 cm厚度一米見方之單位重瀝青混凝土用量所產生之CO₂ 排放量，35 cm厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之CO₂ 排放量與施工機具作業時產生的CO₂ 排放量加總，即可得到在PCU < 3000，路寬為 5.5～8.5 m之設計時的道路單位面積CO₂ 排放量，其計算式如下：

厚度 10 cm一米見方瀝青混凝土之體積×瀝青混凝土比重×單位重瀝青混凝土CO₂ 排放量=單位面積瀝青混凝土之CO₂ 排放量：

$$(0.1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}) \times 2.4(\text{T}/\text{m}^3) \times 57.75(\text{kg-CO}_2/\text{T}) = 13.86(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)$$

厚度 35 cm一米見方碎石級配之體積×單位體積碎石用量CO₂ 排放量=單位面積碎石之CO₂ 排放量：

$$(0.35\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}) \times 3.16(\text{kg-CO}_2/\text{m}^3) = 1.11(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)。$$

總結以上解析我們可得知，10 cm厚度一米見方之單位重瀝青混凝土用量所產生之CO₂ 排放量為 13.86(kg-CO₂/m²)，35cm厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之CO₂ 排放量為 1.11(kg-CO₂/m²)，施工機具作業時產生的CO₂ 排放量為 0.128(kg-CO₂/m²)，故在設計PCU < 3,000，路寬為 5.5～8.5m的道路時，可得每單位面積CO₂ 排放量為 15.10(kg-CO₂/m²)。

C. PCU < 3000時，路寬為小於5.0 m

每日設計雙向交通量小於 3,000 輛(PCU)，路寬小於 5.0 m時，瀝

青混凝土厚度為 10 cm，依照施工規範規定，在黏層與透層撒佈時，應將瀝青撒佈機分 2 次灑佈，第 2 次撒佈應於第 1 次黏層(透層)瀝青材料完全滲透後進行。

在PCU<3000，路寬小於 5.0 m設計時，道路工程單位面積CO₂排放量分析為 10 cm厚度一米見方之單位重瀝青混凝土用量所產生之CO₂排放量，25 cm厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之CO₂排放量與施工機具作業時產生的CO₂排放量加總，即可得到在PCU<3000，路寬小於 5.0 m設計時道路單位面積CO₂排放量，其算式如下：

厚度 10 cm一米見方瀝青混凝土之體積×瀝青混凝土比重×單位重瀝青混凝土CO₂排放量=單位面積瀝青混凝土之CO₂排放量：

$$(0.1\text{m}\times 1\text{m}\times 1\text{m})\times 2.4(\text{T}/\text{m}^3)\times 57.75(\text{kg-CO}_2/\text{T})=13.86(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)。$$

厚度 25 cm一米見方碎石級配之體積×單位體積碎石用量CO₂排放量=單位面積碎石之CO₂排放量：

$$(0.25\text{m}\times 1\text{m}\times 1\text{m})\times 3.16(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)=0.76(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)。$$

施工機具作業時產生的CO₂排放量，請參照PCU≥3000 設計時以 0.128 kg/m²之CO₂計算。

總結以上解析我們可得知，10 cm厚度一米見方之單位重瀝青混凝土用量所產生之CO₂排放量為 13.86(kg-CO₂/m²)，25cm厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之CO₂排放量為 0.79(kg-CO₂/m²)，施工機具作業時產生的CO₂排放量為 0.128(kg-CO₂/m²)，故在設計PCU<3000，路寬小於 5.0m之道路時，可得每單位面積CO₂排放量為 14.78(kg-CO₂/m²)。

(2)再生瀝青混凝土於路寬 15 m 以下道路之 CO₂ 排放量分析

計算例：應用再生瀝青混凝土於路寬 15 m以下之道路工程時，以再生瀝青混凝土之二氧化碳排放量取代瀝青混凝土的部份，並以A、B、C三種不同

類型之路寬 15 m 以下道路計算，將可分別求出應用再生瀝青混凝土於路寬 15 m 以下之道路工程時，道路單位面積之二氧化碳排放量。

A. $PCU \geq 3000$ 時，應用再生瀝青混凝土於路寬為 9.0~15.0 m

每日設計雙向交通量大於 3000 輛(PCU)，路寬為 9.0~15.0 m 時，若以道路工程單位面積 CO_2 排放量分析為 15 cm 厚度一米見方之單位重再生瀝青混凝土用量所產生之 CO_2 排放量，35 cm 厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之 CO_2 排放量與施工機具作業時產生的 CO_2 排放量加總，即可得到在 $PCU \geq 3000$ ，應用再生瀝青混凝土於路寬為 9.0~15.0 m 設計時道路單位面積 CO_2 排放量，其計算式如下：

厚度 15 cm 一米見方再生瀝青混凝土之體積 $\times$ 再生瀝青混凝土比重 $\times$ 單位重再生瀝青混凝土 CO_2 排放量 = 單位面積再生瀝青混凝土 CO_2 排放量：

$$(0.15m \times 1m \times 1m) \times 2.4(T/m^3) \times 46.72(kg-CO_2/T) = 16.82(kg-CO_2/m^2)$$

厚度 35 cm 一米見方碎石級配之體積 $\times$ 單位體積碎石用量 CO_2 排放量 = 單位面積碎石之 CO_2 排放量：

$$(0.35m \times 1m \times 1m) \times 3.16(kg-CO_2/m^3) = 1.11(kg-CO_2/m^2)。$$

總結以上解析我們可得知，15 cm 厚度一米見方之單位重再生瀝青混凝土用量所產生之 CO_2 排放量為 $16.82(kg-CO_2/m^2)$ ，35cm 厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之 CO_2 排放量為 $1.11(kg-CO_2/m^2)$ ，施工機具作業時產生的 CO_2 排放量為 $0.128(kg-CO_2/m^2)$ ，故在設計 $PCU \geq 3000$ ，路寬為 9.0~15.0 m 之道路時，可得每單位面積 CO_2 排放量為 $18.06(kg-CO_2/m^2)$ 。

B. $PCU < 3000$ 時，應用再生瀝青混凝土於路寬為 5.5~8.5 m

每日設計雙向交通量小於 3000 輛(PCU)，路寬為 5.5~8.5 m 時，若以道路工程單位面積 CO_2 排放量分析為 10 cm 厚度一米見方之單位

重再生瀝青混凝土用量所產生之CO₂排放量，35cm厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之CO₂排放量與施工機具作業時產生的CO₂排放量加總，即可得到在PCU<3000，應用再生瀝青混凝土於路寬為5.5～8.5m設計時道路單位面積CO₂排放量，其計算式如下：

厚度 10 cm一米見方再生瀝青混凝土之體積×再生瀝青混凝土比重×單位重再生瀝青混凝土CO₂排放量=單位面積再生瀝青混凝土之CO₂排放量：

$$(0.1\text{m}\times 1\text{m}\times 1\text{m})\times 2.4(\text{T}/\text{m}^3)\times 46.72(\text{kg-CO}_2/\text{T})=11.21(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)$$

厚度 35cm一米見方碎石級配之體積×單位體積碎石用量CO₂排放量×單位面積碎石之CO₂排放量：

$$(0.35\text{m}\times 1\text{m}\times 1\text{m})\times 3.16(\text{kg-CO}_2/\text{m}^3)=1.11(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)$$

施工機具作業時產生的CO₂排放量，請參照PCU≥3000 設計時以0.128kg/m²之CO₂計算。

總結以上解析我們可得知，10 cm厚度一米見方之單位重再生瀝青混凝土用量所產生之CO₂排放量為 11.21(kg-CO₂/m²)，35cm厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之CO₂排放量為 1.11(kg-CO₂/m²)，施工機具作業時產生的CO₂排放量為 0.128(kg-CO₂/m²)，故在設計PCU<3000，路寬為 5.5～8.5m之道路時，可得每單位面積CO₂排放量為 12.45(kg-CO₂/m²)。

C. PCU<3000時，應用再生瀝青混凝土於路寬為小於5.0 m

每日設計雙向交通量小於 3000 輛(PCU)，路寬為小於 5.0 m時，若以道路工程單位面積CO₂排放量分析為 10 cm厚度一米見方之單位重再生瀝青混凝土用量所產生之CO₂排放量，25 cm厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之CO₂排放量與施工機具作業時產生的CO₂排放量加總，即可得到在PCU<3000，應用再生瀝青混凝土於路寬為小於

5.0 m設計時道路單位面積CO₂排放量，其計算式如下：

厚度 10 cm一米見方再生瀝青混凝土之體積×再生瀝青混凝土比重×單位重再生瀝青混凝土CO₂ 排放量=單位面積再生瀝青混凝土之CO₂ 排放量：

$$(0.1\text{m}\times 1\text{m}\times 1\text{m})\times 2.4(\text{T}/\text{m}^3)\times 46.72(\text{kg-CO}_2/\text{T})=11.21(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)$$

厚度 25 cm一米見方碎石級配之體積×單位體積碎石用量CO₂ 排放量=單位面積碎石之CO₂ 排放量：

$$(0.25\text{m}\times 1\text{m}\times 1\text{m})\times 3.16(\text{kg-CO}_2/\text{m}^3) = 0.79(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2)$$

總結以上解析我們可得知，10 cm厚度一米見方之單位重再生瀝青混凝土用量所產生之CO₂ 排放量為 11.21(kg-co₂/m²)，25 cm厚度一米見方之碎石級配體積用量所產生之CO₂ 排放量為 0.79(kg-CO₂/m²)，施工機具作業時產生的CO₂ 排放量為 0.128/(kg-CO₂/m²)，故在設計PCU < 3000，路寬為小於 5.0m之道路時，可得每單位面積CO₂ 排放量為 12.13(kg-CO₂/m²)。

依照表 5-8 所示，類型A、B、C以類型A減少百分比量為最佳，可歸納為充分利用再生瀝青混凝土於較大面積以及鋪設厚度來取代瀝青混凝土作為鋪築材料可有效減少CO₂ 的排放量。

表5-8 瀝青混凝土與再生瀝青混凝土單位面積之CO₂排放量比較

鋪築材料 設計類型	單位面積之 CO ₂ 排放量(kg/CO ₂ .m ²)		減少百分比
	瀝青混凝土	再生瀝青混凝土	
A 類型	22.03	18.06	18.0%
B 類型	15.10	12.45	17.5%
C 類型	14.78	12.13	17.9%

2. RC 橋梁

依照上篇 RC 橋梁的說明，對於 RC 橋梁單位 CO₂ 排放量(CO₂^{*})的評估上，「橋寬」的因素可以略去不考慮。所以本篇可以使用迴歸函數最為適用，即 RC 橋梁每 m² 橋面面積的溫室氣體排放量(kg/m²)函數為：

$$CO_2^* = 277.167 + 2.967(\text{Span}) - 48.525(S) - 54.417(T) - 65.398(I)$$

若為 S 型版橋，則 S=1，T=0，I=0

T 型梁橋，則 S=0，T=1，I=0

I 型梁橋，則 S=0，T=0，I=1

B 箱梁橋，則 S=0，T=0，I=0

上式單位，CO₂^{*}：kg/m²，Span：m

3. 預力 I 型橋梁

於本計畫中，針對鋼筋混凝土預力 I 型橋梁進行分析與研究，並推估出二氧化碳排放量公式：

(1) 預力 I 型橋梁上部結構

本計畫針對預力 I 型橋梁進行二氧化碳排放量評估其成果可歸納為以下點：

平均二氧化碳之排放量公式：

$$CO_2(\text{kg-CO}_2/\text{m}^2) = 1138.347 + 1.339 \times (\text{跨徑}) - 14.96 \times (\text{橋寬})。$$

實際案例分析則以台 11 線靜浦橋為例，靜浦橋橋寬為 13 m，跨度為 35

m：

若以平均二氧化碳排放量公式計算其結果如下； $\text{CO}_2 = 1138.347 + 1.339 \times 35 - 14.96 \times 13 = 990.732(\text{kg-CO}_2/\text{單位})$ 。

此外，若採用單位建材用量計算，由表 5-9 可以得到其單位建材用量：

表 5-9 靜浦橋單位建材用量

建材名稱	鋼筋 (ton)	鋼模板 (m ³)	210 kgf/cm ² 混凝土(m ³)	350 kgf/cm ² 混凝土(m ³)	磨耗層 (m ³)
單位用量	0.253	0.377	1.669	0.426	0.05

(2) 預力 I 型橋梁下部結構

針對預力 I 型橋梁下部結構高度不同時之材料消耗的二氧化碳排放量進行分析與評估；先將針對不同橋寬、不同跨度、不同柱高的預力 I 型梁，再根據各材料生產含運輸之二氧化碳排放量轉換表，進行二氧化碳排放量的運算與轉換，最後使用 SPSS 軟體進行迴歸曲線分析，分析後可以獲得各橋柱高度情況下，二氧化碳排放量與淨寬和跨距之關係式如下：

橋柱高 10 m：二氧化碳 = $408.910 - 3.919 \times \text{淨寬} + 6.909 \times \text{跨度}$ 。

橋柱高 20 m：二氧化碳 = $424.989 - 4.267 \times \text{淨寬} + 6.748 \times \text{跨度}$ 。

橋柱高 30 m：二氧化碳 = $455.844 - 5.237 \times \text{淨寬} + 6.519 \times \text{跨度}$ 。

橋柱高 40 m：二氧化碳 = $489.234 - 5.939 \times \text{淨寬} + 6.304 \times \text{跨度}$ 。

橋柱高 50 m：二氧化碳 = $524.366 - 6.373 \times \text{淨寬} + 5.996 \times \text{跨度}$ 。

橋柱高 60 m：二氧化碳 = $597.411 - 7.763 \times \text{淨寬} + 5.305 \times \text{跨度}$ 。

將柱高、淨寬與跨度之二氧化碳排放量三者都考慮進去，可獲得以下公式：二氧化碳 = $433.894 + 1.416 \times \text{柱高} - 5.583 \times \text{淨寬} + 6.297$

5.3 軌道工程計算準則

軌道廣義而言，針對所有具導引運具行駛於特定路徑者，其涵蓋鋼軌、鋼輪系統，膠輪、混凝土路面系統，磁浮導向推進系統等。狹義而言，僅針對具導引鋼輪列車行駛於鋼軌上的系統。而鋼軌系統的組成基本上由鋼軌、扣件、承托系統三大構件組成，鋼軌、鋼輪系統已發展百年，各個構件系統也因各個時代的不同需求，而有不同的設計。

1. 鋼軌

(1) 鋼軌的種類：

A. 鋼軌型號：

世界各國因其系統定位及國內需求不同，故部份國家訂定其專屬的鋼軌型號，各國型號的一般性編號原則為單位長度內的鋼軌重量即是其所編型號。目前國內鋼軌使用型號情況為台鐵採用 UIC60 kg/m 型號鋼軌。

B. 鋼軌化學成份：

鋼軌其最主要需具有耐磨性及可焊接性，早期以含碳量多寡為主，來調整其硬度，而後則以熱處理方式或添加鉻、錳、矽、鎳、鈮不同含量比之合金方式調整鋼軌硬度以符合實際需求。不同化學元素將帶來不同的鋼材特性：

(A) 碳：可使鋼質堅實硬度增加但過多則會造成鋼材容易脆裂

(B) 錳：可使鋼材具較佳延伸能力，因鋼材結晶較粗糙，故易較硬，然而可免除留在鋼中有害作用。

(C) 矽：可使鋼質組織細密。

(D) 鉻：可促進鋼質硬化，並提供抗蝕。

(E) 鉬與鎢：可促進鋼質硬化，形成硬化穩定的碳化物，具耐磨性能。

(F) 硫：使鋼軌組織呈層狀，為有害之混合物。

(G) 磷：使鋼軌有脆弱傾向，為有害之混合物。

(2) 鋼軌製造：

各國鋼軌製造程序與一般鋼件物品製造程序大同小異，製造商依不同等級鋼軌，選取鋼材，運抵工廠，置於熔礦爐內，熔成鐵漿後，倒入熔化去硫設備，控制含硫量。表 5-10 為一般鋼軌製造程序表：

表 5-10 一般鋼軌製造程序表

德國	日本 NKK
1.熔礦爐	1.熔礦爐
2.溶化生鐵去硫設備	2.運爐車
3.鹼性氧化爐	3.鹼性氧氣爐
4.除氣場（加合金原料）（去氫）	4.真空除氣場（加合金原料）（去氫）
5.連續鑄造場	5.連續鑄造
6.再加熱自走梁	6.鋼錠儲存場
7.粗軋軋	7.重熱爐(Reheating Furnace)
8.加工架（形狀）	8.軋軋(Mill)
9.熱鋸（至需求鋼軌長）	9.熱鋸(Hot Saw)
10.自走梁冷卻槽	10.熱壓印機
11.矯直軋輪	11.淬火驟冷裝置（減速）（冷卻台）
12.軋頭硬化處理裝置	12.矯直軋輪
13.矯直軋輪	13.初冷檢驗（表面缺陷）
14.檢驗中心	14.超音波檢驗
15.壓印機	15.電流探傷檢驗
16.鋸和鑽孔機	16.截角機
17.鋼軌端部硬化裝備	17.最後檢驗（分類台）
18.最後控管/檢驗	18. 儲存/運送
19.儲存/運送	

相關鋼鐵類建材生產的CO₂排放量解析，鋼鐵工業有主要兩種煉鋼方法，一為高爐煉鋼，另一是電弧爐煉鋼。兩者之間的差異在於高爐煉鋼主要原料由鐵礦砂冶煉，而電弧爐其原料為廢鋼再熔煉，在能源使用上兩者方法存有很大的差異。本節針對國內主要大煉鋼廠之煉鋼耗能統計計算其單位耗能量與CO₂排放量，如表5-11所示，本表所做的統計數據皆以國內主要煉鋼廠之生產統計資料解析而成，同樣的鋼胚產品，由鐵礦砂生產的高爐鋼胚其CO₂排放量竟然是廢鋼煉製而成的電弧爐鋼胚的5.4倍，由此可見回收再生資源對於地球環保的重要性，不僅可以減少資源的開採量、節約製品能源，也可以使廢棄物產生量減少。鋼材最初皆是由鐵礦砂所煉製而成，常用的鋼鐵類加工如鋼筋、型鋼、不鏽鋼等製品皆以高爐鋼廠的原始產品耗能為代表，又考慮到鋼鐵類產品高回收再生的特性，因此在實際應用上，將鋼鐵的回收率列入環境負荷評估計算，而有其中之回收率8成之假設與回收廢鋼的能源效益值，此計算值結果約介於兩種不同煉鋼法產品之間，我們以鋼筋為例，說明表2實際應用上常用鋼材CO₂的排放量的計算方法。

計算例：鋼筋（高爐）的CO₂的排放量原為2303.79 kg/T，假設其回收率為8成計算其CO₂的排放量為923.45/噸。

$$2303.79 - (2118.53 - 393.10) \times 0.8 = 923.45(\text{kg-CO}_2)$$

原始值＝高爐煉鋼胚＋鋼筋加工：2303.79

廢鋼回收之能源效益＝高爐鋼胚－電弧爐剛胚：(2118.53－393.10)

回收率：0.8

鋼筋CO₂排放值：923.45(kg-CO₂)

至於其他鋼材如型鋼、不鏽鋼、冷軋輕型鋼等相同皆以回收率80%做為計算假設。表5-11即為其單位重量的CO₂排放量結果。

表 5-11 鋼鐵類建材（每噸）生產的 CO₂ 排放量解析

建材相關產品			使用能源別						環境負荷量	
			電能 (kW-h)	燃料 煤 (kg)	燃料 油 (l)	重 油 (l)	天 然 氣 (m ³)	液 化 石 油 氣 (kg)	耗能量 (kcal)	CO ₂ 排放量 (kg)
鋼 鐵 類	電 弧 爐									
		鋼胚	550				15		606500	393.10
		鋼筋	710.81			43.7			982747	578.36
		型鋼	747.1		33.75			2.66	970655	595.77
		不鏽鋼捲	1200				130		2189000	1060.0
		熱軋鋼捲	550				65		1051500	497.10
		冷軋鋼板	638.4				65		1127524	561.85
		鍍鋅鋼板	619.4				65		1111184	542.77
		烤漆鋼板	597.4				65		1092264	528.29
		鋼管	615.3				65		1107658	540.07
	高 爐	鋼胚	414.25	720.5	11.51		2.05		5091592	2118.53
		鋼棒	513.12	720.5	16.35		2.47		5224886	2198.74
		線材	557.6	720.5	15.73		2.47		5257435	2226.18
		鋼板	492.32	720.5	15.97		2.97		5207952	2184.97
		熱軋鋼捲	531.84	720.5	20.24		2.73		5279087	2223.07
		冷軋鋼捲	559.79	720.5	20.24		2.73		5303124	2241.46
		鋼筋							5467839	2303.79
		型鋼							5455747	2321.20
	鋼管加工		65.3						56158	42.97
	不 分 類	鋼筋							1879765	923.45
		型鋼							1867674	940.86
		冷軋輕型鋼							2033142	906.93
		不鏽鋼捲							3086018	1405.09
		熱軋鋼捲							1691014	842.73
		冷軋鋼捲							1715051	861.12
		不鏽鋼管							3142176	1448.06
		鍍鋅鋼管							2064360	930.82
		冷軋鋼管							1771209	904.09

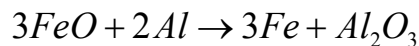
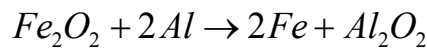
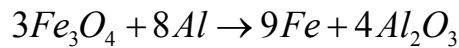
附註：本計畫整理。

(3) 鋼軌焊接：

軌道工程研發出以焊接方式銜接兩根鋼軌，鋼軌接縫以金屬實體連接，無論在列車乘客舒適度及鋼軌縱向斷面係數一致性兩方面，均獲得極大改善。同時對能源消耗量、輪軌磨耗量及列車牽引阻力，亦可獲得減少。就鋼軌焊接方式分述如下：

A. 熱劑焊接：

配合鋼軌材質選用熱劑組成，原則上是以氧化鐵與特殊成分鋁粉混成，遇熱產生化學發熱反應，將熱融鐵汁，澆注於兩鋼軌間隙中，冷卻後即完成金屬焊接：



B. 瓦斯壓焊法：

將欲銜接的兩截鋼軌平置一起，以瓦斯噴嘴點火加熱再施以軸壓力，將兩節軟化鋼軌壓接成一體。

C. 閃電壓接法：

將兩節鋼軌放置一起，通以強大電流，利用電阻產生火花加熱鋼軌，當鋼軌融化時，再對兩節鋼軌軸向施壓力，將兩節鋼軌壓融連接成一體。

2. 軌道承托系統

(1) 枕木：

枕木為軌道承托系統中最上部的組件，直接承載列車荷重與鋼軌自重，兩者經鋼軌扣件均勻傳遞後荷重的軌道構件。

- A. 木枕：多闊葉樹種、紅檜、紅喬、非洲硬木或其他經工程司核可的木材
- B. 混凝土枕
- C. 鋼枕：CI 鋼枕、C.S.T-9 鋼枕、C.S.T.-10 鋼枕
- D. 合成材料枕木：如日本研發木質及玻璃纖維混雜成型的合成材質做枕木，其他國家亦往鋼纖維混雜混凝土的合成材質製成枕木發展。

(2) 水泥類建材生產的 CO₂ 排放量解析：

水泥製造從石灰石開採，經窯燒製成熟料，再加入石膏研磨成水泥；主要耗用的能源為煤與電能。水泥生產的單位耗電量平均值為 111.88 度/噸；單位耗煤量為 133.9 公斤/噸。水泥產品最終用途上多以水泥砂漿根混凝土形式出現，本節將其中的材料各自統計作換算與加總，水泥砂漿依一般工程界常用的經驗值計算；例如每立方公尺的 1：1 水泥砂漿材料分析表中使用水泥 1000 kg，砂 0.67 m³，我們將水泥與砂的使用量乘上其各自的單位耗能量與 CO₂ 排放量，再加總即可得到 1：1 水泥砂漿構成原料的耗能量與 CO₂ 排放量。表 5-12、表 5-13 分別代表水泥砂漿材料分析及預拌混凝土材料分析與 CO₂ 排放量計算例，預拌混凝土材料分析與 CO₂ 排放量計算例；其於更多數據的計算結果於表 5-14。

表 5-12 水泥砂漿材料分析與 CO₂ 排放量計算例^[32]

計算單位	使用原料構成		一次材料環境負荷值		拌和耗能		合成後環境負荷值	
	水泥(kg)	砂石(m ³)	耗能量(kcal)	CO ₂ 排放量(kg)	耗能量(kcal)	CO ₂ 排放量(kg)	耗能量(kcal)	CO ₂ 排放量(kg)
1:1 水泥砂漿 1 m ³	1000	0.67	958622	412.08	1754	1.34	960376	413.42
1.計算其使用的一次建材的 CO ₂ 排放 使用水泥量×水泥 CO ₂ 排放÷使用砂石量×砂石 CO ₂ 排放＝一次材料 CO ₂ 排放值 $1000 \times 0.41 + 0.67 \times 3.11 = 412.08 \text{ kg}$ 2.加上砂漿拌合耗能產生的 CO ₂ ，每 m ³ 拌合耗電 2.04 度電，產生 CO ₂ 排放量 1.34 kg 一次材料 CO ₂ 排放量＋拌合加工 CO ₂ 排放量＝合成後 CO ₂ 排放量 $412.08 + 1.34 = 413.42 \text{ kg}$								

表 5-13 預拌混凝土材料分析與 CO₂ 排放量計算例^[32]

計算單位	使用原料構成		一次材料環境負荷值		拌和耗能		合成後環境負荷值	
	水泥(kg)	砂石(m ³)	耗能量(kcal)	CO ₂ 排放量(kg)	耗能量(kcal)	CO ₂ 排放量(kg)	耗能量(kcal)	CO ₂ 排放量(kg)
預拌混凝土 210 kgf/cm ² 1 m ³	350	1.32	344340	147.61	1754	1.34	346094	148.95
1.計算其使用的一次建材的 CO ₂ 排放 使用水泥量×水泥 CO ₂ 排放÷使用砂石量×砂石 CO ₂ 排放＝一次材料 CO ₂ 排放值 $350 \times 0.41 + 1.32 \times 3.11 = 147.61 \text{ kg}$ 2.預拌廠拌合耗能產生 CO ₂ 排放，每 m ³ 拌合耗電 2.04 度電，產生 CO ₂ 排放量 1.34 kg 一次材料 CO ₂ 排放量＋拌合加工 CO ₂ 排放量＝合成後 CO ₂ 排放量 $147.61 + 1.34 = 148.95 \text{ kg}$								

表 5-14 水泥建材生產的 CO₂ 排放量解析^[32]

建材相關產品		單位	使用能源別						環境負荷量	
			電能 (kW-h)	燃料 煤 (kg)	燃料 油(l)	重 油 (l)	天然 氣 (m ³)	液化石 油氣 (kg)	耗能量 (kcal)	CO ₂ 排放量 (kg)
水 泥 類	卜特蘭水泥	T	111.88	133.9					953177	409.57
	白水泥	T	335.5		248				2570130	956.36
	爐石粉	T	50		12				153400	68.30
	高爐水泥(爐石粉 45%)	T							593277	256.00
	高爐水泥(爐石粉 30%)	T							593277	256.00
	預拌廠加工拌合	m ³	2.04						1754	1.34
	預拌混凝土 175 kgf/cm ²	m ³							299085	128.69
	預拌混凝土 210 kgf/cm ²	m ³							346094	148.95
	預拌混凝土 245 kgf/cm ²	m ³							369760	159.13
	預拌混凝土 280 kgf/cm ²	m ³							393184	169.23
	預拌混凝土 350 kgf/cm ²	m ³							464265	199.82
	預拌混凝土 420 kgf/cm ²	m ³							534941	230.26
	高爐混凝土 175 kgf/cm ²	m ³							299085	82.49
	高爐混凝土 210 kgf/cm ²	m ³							346094	95.05
	高爐混凝土 245 kgf/cm ²	m ³							369760	101.38
	高爐混凝土 280 kgf/cm ²	m ³							393184	107.63
	高爐混凝土 350 kgf/cm ²	m ³							464265	126.67
	高爐混凝土 420kgf/cm ²	m ³							534941	145.56
	矽酸鈣	kg	0.4						344	0.31
	石膏	kg	0.06			0.06			580	0.2

3. 運送及儲存

透過建材的平均運距與平均燃油效率等資訊，我們便可以估算出建材單位重量運輸的耗油量與 CO₂ 排放量。表 5-15 中的貨運量統計則是以 89 年台灣地區汽車貨運調查報告（交通部統計處，2001）中所統計 2000 年全國貨運量與貨運距離。計算木材、水泥製品、鋼鐵製品的平均運輸距離，與單位重量貨運運輸之燃油效率即可推估出所需車輛燃料消耗值來統計推估出 CO₂ 排放量。

計算例：鋼筋的平均運距是 61.17 km/T，以本文假設運輸貨車的燃油效率為 4.0 km/L，柴油換算成單位運重的柴油使用量約為 15.29 L/T，以使用每公升柴油的 CO₂ 排放值 2.701kg-CO₂/L 記入，可換算出約為 41.3 kg-CO₂/T 的運輸階段 CO₂ 排放量，相當於鋼筋生產 CO₂ 排放量之 5.5%。

表 5-15 台灣公路汽車貨運平均運距與 CO₂ 排放量推估值^[32]

商品別	總貨運量 T	總延噸公里 T-km	平均運距 (km/T)	單位運輸耗 油量 (柴油,l)	CO ₂ 排放量 (kg-CO ₂ /T)
木製材 (各種木材)	4785922	162874119	34.03	8.51	22.98
水泥	12765567	673019559	52.72	13.18	35.60
水泥製品 (預拌混凝土)	96868132	61435069840	14.81	3.70	10.00
生鐵、鋼胚 (含廢鋼)	7648698	555762129	72.66	18.17	49.06
鋼鐵初級製 品(鋼筋、型 鋼)	21156375	1294100362	61.17	15.29	41.30
鋼鐵製品	14625851	814394522	55.68	13.92	37.60

4. 使用電能的 CO₂ 排放量

材料生產使用 1 度電能就排放相當約 0.658 kg 的 CO₂，火力發電比例越高，其用單位電產生的碳排放值越大，在有關電能碳排放量計算依據，我們可由單位材料生產所耗用的電能，乘上此數據可得電能部分的碳排放量，再與化石燃料碳排放量相加，可算出建材生產階段之單位材料 CO₂ 排放量（kg-CO₂/單位建材）。

計算例：中鋼生產一噸的高爐鋼胚，其生產線耗能調查結果平均每噸鋼胚需要使用 414.25 度電能、720.5 kg 的燃料煤、11.51 公升的燃料油與 2.05 立方公尺的天然氣，則其單位生產 CO₂ 排放量約為 2118.53 kg-CO₂/T。

CO₂ 排放量

$$\begin{aligned} &= \text{用電量} \times \text{電 CO}_2 \text{ 排放} + \text{用煤量} \times \text{煤 CO}_2 \text{ 排放} + \text{燃料油量} \times \text{油 CO}_2 \text{ 排放} + \text{天然氣} \times \text{天然氣 CO}_2 \text{ 排放量} \\ &= 414.25 \times 0.658 + 720.5 \times 2.509 + 11.51 \times 2.950 + 2.05 \times 2.080 = 2118.53。 \end{aligned}$$

5.4 建築工程計算準則

為加強環境保護與資源能源有效利用，鼓勵消費者使用環境友善性產品，而我國之「綠建材標章」乃為配合綠建築推動方案之實施，由主管建築之內政部帶頭推動，意義特別重大。其考量點更是回歸到建築物作為居住空間的主角：「人」的基本需求，以及建築物存在於環境中，對自然生態的調和性，提供使用者健康舒適之居住空間，因此較能廣受民眾青睞，卻因為主要功能在於生態環境之保護，及促進地球資源之永續循環利用，與一般民眾之直接關連性較低，業者主動使用之意願可能較低，針對這些困難必須謀求對策，最重要的是要針對建築進行節能減碳之效益評估，而下列各個評估，藉由公式算出建築 CO₂ 排放量。

1. 綠化 CO₂ 固定量的指標與基準

對於綠建築中的綠化基準，希望能夠維持建築空地的五成面積上實施全面綠化，而且單位面積的 CO₂ 固定量計算值必須大於基準值 600 kg/m²，即建築基地中的總綠化量所換算的 CO₂ 固定量 TCO₂，必須符合下列公式，才能符合本「綠化指標」的水準。

$$TCO_2 = \sum G_i \times A_i$$

$$TCO_2 > TCO_{2c} = 0.5 \times A_0 \times (1-r) \times 600$$

其中 TCO_2 ：基地綠化之總 CO₂ 固定量計算值

TCO_{2c} ：綠建築綠化總 CO₂ 固定量基準值

G_i ：某植栽種類之栽種單位面積 m²

A_0 ：基地面積 m²

r ：基地法定建蔽率

計算例：母住宅之基地面積為 10000 m²、建蔽率為 0.6 時，則綠建築綠化之總 CO₂ 固定量基準值 TCO_{2c} 為 $0.5 \times 10000 \times (1-0.6) \times 600 = 1,200,000$ kg。

即該基地總綠化量在 40 年內必須可固定 1,200,000 kg 的 CO₂ 氣體，才可達到綠化指標的水準，式中 0.5 的意義，表示五成空地均應綠化，而另五成的空地可留為車道、步道、水溝等非綠地使用。

2. 基地保水 CO₂ 固定量的指標與基準

此評估對於「基地保水性能」以下列之「基地保水指標 λ 」來評估，其意義為開發前裸露土地之保水量與開發後之土地保水量之相對比值。 λ 越大，代表保水性能越佳，反之則越差。 $\lambda=1.0$ 時，代表土地開發行為完全無損於原來自然裸露土地的保水功能，但是所有開發均多少會損及土壤保水性， λ 通常會小於 1.0。由於 λ 是一個相對比值，因此對於不同的滲透能力土壤的保水設計，才會有較相近的難易度，才能取得較公平客觀的評估結果。最後計算的基地保水指標 λ 必須大於基準值 λ_c ，才符合綠建築的要求。

$$\lambda = (A_b + A_c + 6.0 \times V_p + 1.2 \times V_g + \lambda_e) / A$$

$$\lambda \geq \lambda_c = 0.8(1-r)$$

其中： A 基地總面積 m²

A_b ：開發後裸露土地面積 m²，地下須為無人造構造物。有地下室開挖地面積綠地並非裸露土地，應併入 V_g 的花園計算。

A_c ：透水鋪面面積

V_p ：景觀貯留滲透水池或貯留滲透空地之面積 m³。

V_e ：人工地盤花園土壤體積 m³，人工地盤花園包括屋頂、陽台、地下室上方綠地花園，體積為所有花園使用土壤總體積。

r ：法定建蔽率。

λ_e ：特殊透水設計相當透水面積 m²，指本指標列舉項目以外的特殊透水設計，如滲透管、滲透井、透水路面等等，其透水功能必須由業者自行提出計畫書供認定採用，其單位必須換算成裸露地面的相當透水面

積，假如無此設計時 λ_e 取 0 即可。

3. 水資源利用的指標與基準

由於目前關於水資源使用調查多偏重在住宿類建築，其他類建築缺乏用水量之調查，而住宿類建築也是最主要之民生用水對象，因此此指標對於住宿類建築採實際節水量的計算為主，而對於其他類建築則以簡易的省水器具採用率來衡量。住宿建築之水資源利用指標亦即實際節水率 WR，而計算指標 WR 必須低於節水率 0.8 檢驗，才符合綠建築的水準

$$WR = (250 - ((13 - Q_1) \times \alpha_1 + 3.43 \times (13 - Q_2) \times \alpha_2 + 4.57 \times (3 - Q_3) \times \alpha_3 + B \times \alpha_4)) / 250 - C$$

$$WR = R + C$$

$$WR \leq 0.8$$

$$WR \geq 0.8$$

其中 WR：自來水節水率

WE：省水器具採用節水率

R：省水器具使用率，省水器具必須符合水資源「省水標章」認定之器具

B：少水洗澡設備節水量(公升/人×日)

C：雨水或中水再利用水水量對總用水量之比率，由於此系統均需專家設計，因此本數據必須由業主連同設計書一併提出，無此設計時為 0。

Q_1 ：省水馬桶大號一沖水量(公升/次)

α_1 ：省水馬桶使用率

Q_2 ：兩段式省水馬桶小號一沖水量(公升/次)

α_2 ：兩段式水馬桶使用率

Q_3 ：省水水栓洗手使用水量(公升/次)

α_3 ：省水水栓使用率

α_4 ：省水洗澡器具使用率

4. 營建施工工程之 CO₂ 排放量評估

前項所述建築軀體工程 CO₂ 排放量所不包括之建地現場起重機、吊車、電梯、揚水馬達、焊接設備、工地辦公室耗能等營建施工階段之 CO₂ 排放量，即為本項。依張又升之研究（2002），營建施工 CO₂ 排放量 $LCCO_2\text{-construction}$ ，可由下二式求得。

$$LCCO_2\text{-construction} = F2(x) \times TFA$$

$$F2(x) = x_1 + 1.6x_2 + 2.0 \text{ 其中}$$

x_1 ：為地上的總樓層數，無單位

x_2 ：為地下的總樓層數，無單位

$F2(x)$ ：營建施工工程二氧化碳排放量(kg-CO₂/m²)

TFA ：總樓地板面積(m²)

$LCCO_2\text{-construction}$ ：營建施工工程之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

5. 基礎工程與假設工程 CO₂ 排放量之評估

建築之基礎工程 CO₂ 排放量之評估包含基樁、擋土支撐設備等資材之 CO₂ 排放，以及基礎施工過程之挖土機、打樁機、吊車等各種機械之能源消耗等。建築假設工程包括了整地、安全圍籬、臨時房舍、放樣施工、施工鷹架等之資材使用，這些假設工程大部分都會重複利用多次，故其 CO₂ 排放量與實際之轉用次數以及建築之規模有關。此兩項 CO₂ 排放量評估計算式如下：

$$LCCO_2\text{-foundation} = 0.09 \times (\tau \times LCCO_2\text{-structure} + LCCO_2\text{-construction})$$

$$LCCO_2\text{-false-work} = 0.04 \times (\tau \times LCCO_2\text{-structure} + LCCO_2\text{-construction}) \tau = 1.0103 + 0.00189 \cdot x_1 + 0.02037 \cdot x_2$$

其中 τ ：地下開挖樓層數之比例修正係數，無單位

x_1 ：建築物地面以上樓層數，無單位

x_2 ：建築物地面以下樓層數，無單位

$LCCO_2\text{-foundation}$ ：基礎工程資材之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

$LCCO_2\text{-false-work}$ ：假設工程資材之總 CO_2 排放量(kg- CO_2)

6. 建築室內裝修工程之 CO_2 排放量評估

建築室內裝修工程可分為地板面、牆面、天花板三大部分之裝修，廣義而言，還包括了家具資材之 CO_2 排放量。由於室內裝修之程度隨著建築物之使用類型不同而異，此統計對住宿類之室內裝修單位樓地板面積二氧化碳排放量平均約為 $17.3(\text{kg-}CO_2/\text{m}^2)$ ，而商業空間則約為 $21.1(\text{kg-}CO_2/\text{m}^2)$ 。此外，裝修風格偏向華麗重裝潢者其所使用的資材也較多，本文假設其裝潢比一般多出 20% 的 CO_2 排放量來評估。其評估之方式如下式所示：

$$LCCO_2\text{-interior} = F3(x) \times Di \times TFA$$

其中：

$F3(x)$ ：建築類型 CO_2 排放量(kg- CO_2/m^2)；(住宿類=17.3；辦公、公共建築=20.5；飯店、商業、娛樂類=21.1)

Di ：裝潢係數(儉樸裝潢=0.8；一般裝潢=1.0；華麗重裝潢=1.2)

TFA ：總樓地板面積(m^2)

$LCCO_2\text{-interior}$ ：室內裝修工程之總 CO_2 排放量(kg- CO_2)

7. 設備工程之 CO_2 排放量評估

為簡化評估，本項仿照基礎工程及假設工程之「比例評估法」，依下式與表 48 之工程造價比例來推算其 CO_2 排放量。表中之內容以造價比例來表示各項設備工程二氧化碳排放量佔軀體工程之比例。

$$LCCO_2\text{-equipment} = [LCCO_2\text{-structure} \cdot F_4(x)] \times BI \times IL$$

其中： $F_4(x)$ ：設備工程佔建築軀體工程的造價比例係數(如表 5-16)

BI ：建築類型係數

(辦公=1.0；住宅=0.75；旅館=1.1；醫院、商業類=1.25)

IL ：智慧型建築等級係數

(一般建築=1.0；中低智慧型建築物=1.1；高度智慧型建築物=1.2)

LCCO₂-equipment：建築設備工程之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LCCO₂-structure：建築軀體工程之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

表 5-16 設備工程佔建築軀體工程的造價比例^[31]

	1F-5F	6F-11F	>11F	>25F
空調	0.10	0.15	0.25	0.30
水電照明	0.18	0.20	0.22	0.24
消防	0.04	0.07	0.11	0.15
合計 F4(x)	0.32	0.42	0.58	0.69

8. 日常耗能之 CO₂ 排放量評估

關於本項的日常耗能量與 CO₂ 排放量評估，我們將在第四、五章分別就住宅建築及中央空調型商業建築詳加討論。其生命週期之總 CO₂ 排放量計算公式，可引用其成果換算整理如下 所示：

$$\text{LCCO}_2\text{-daily-usage} = \text{ECO}_2 \times \text{LC}$$

其中：

LCCO₂-daily-usage：建築生命週期日常耗能總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

ECO₂：日常耗能總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LC：建築生命週期之評估年限(year)

9. 修繕工程之 CO₂ 排放量評估

所謂修繕工程，是指在日常使用階段因為設備、裝修、建築軀體等部分之老化，需要維護與修繕之營建工程。此參考日本相關之研究（石福昭、伊香賀俊治，1993）來估算，依下二式來計算：

$$\text{LCCO}_2\text{-renovation} = 0.01 \times \text{LCCO}_2\text{-structure}$$

$$+ 0.02 \times (\text{LCCO}_2\text{-interior} + \text{LCCO}_2\text{-equipment})$$

$$\text{LCCO}_2\text{-renovation-total} = \text{LCCO}_2\text{-renovation} \times \text{LC}$$

其中：

LCCO₂-renovation：修繕工程每年之 CO₂ 排放量(kg-CO₂/a)

LCCO₂-interior：室內裝修工程之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LC：建築生命週期之評估年限(year)

LCCO₂-renovation-total：生命週期修繕工程 CO₂ 排放量(kg-CO₂/a)

10. 更新工程之 CO₂ 排放量評估

所謂更新工程，是指因建築設備老舊劣化，或是空間使用因素改變等，使設備必須全面換新的工程。此簡化一般使用之複雜狀況，對於所有建築設備以 20 年全面更新一次來評估設備更新工程之 CO₂ 排放量，並室內裝修部分以 15 年為其更換之週期計算。其計算公式如下：

$$LCCO_2\text{-remodel}=1.2\times(LCCO_2\text{-equipment}\cdot N_1+LCCO_2\text{-interior}\cdot N_2)$$

其中：

LCCO₂-remodel：更新工程總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

N1：建築設備工程於建築生命週期中之更新次數（建築設備以每 20 年全面更新一次計算）

N2：室內裝修工程於建築生命週期中之更新次數（室內裝修以每 15 年更新一次計算）

11. 拆除工程之 CO₂ 排放量評估

建築歷經長年使用後，變成老化而不符合使用機能或經濟效益時，或因建築結構體劣化而導致安全疑慮，終於必須面臨拆除之命運。整個建築的拆除過程以耗能的觀點來看，可分為拆除過程所使用的能源消耗，以及拆除後的營建廢棄物處理所消耗之能源。拆除的能源消耗理論上在建築規模越大、層數較高的建築物，所使用的單位面積建材數量也愈高。此修正由張又升（2002）之公式，將拆除工程之 CO₂ 排放量依下二式來評估。

$$LCCO_2\text{-demolition} = Y \times TFA$$

$$Y = 0.06x_1 + 0.096x_2 + 2.0$$

其中：

Y：單位樓地板面積之拆除 CO₂ 排放量(kg-CO₂/m²)

x₁：建築物地面以上樓層數，無單位

x₂：建築物地面以下樓層數，無單位

LCCO₂-demolition：拆除階段總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

TFA：建築總樓地板面積(m²)

12. 廢棄物處理工程之 CO₂ 排放量評估

本項評估包括搬運交通以及處理廢棄物的能源消耗。處理營建廢棄物的 CO₂ 排放量是難以評估的，因為金屬廢棄物與家具大部分是有價回收物，而雜項廢棄物則多以公路交通運輸至焚化爐或掩埋處回填，其 CO₂ 排放量不得而知，在此假設回收與處理之利弊相抵而不予評估。關於營建廢棄物交通搬運所排放 CO₂，此以張又升曾經統計之建築物廢棄物量，再以搬運交通的耗油量來統計其 CO₂ 排放量，然後換算成廢棄物處理工程之 CO₂ 排放量，並配合建築物地上、地下規模建立評估式，如下二計算式。

$$LCCO_2\text{-waste-treatment} = Y \times TFA$$

$$Y = 0.54x_1 + 0.864x_2 + 39.9$$

其中：

Y：單位面積廢棄物運輸之 CO₂ 排放量(kg-CO₂/m²)

x₁：建築物地面以上樓層數

x₂：建築物地面以下樓層數

LCCO₂-waste-treatment：廢棄物處理之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

TFA：建築總樓地板面積(m²)

13. 建築生命週期 CO₂ 排放量評估公式

以上描述了建築物從建材生產設到拆除廢棄各階段之 CO₂ 排放量計算公式，將之逐一加總，就可評估整個建築物生命週期之總 CO₂ 排放量，以及以單位樓地板面積為單位的建築生命週期 CO₂ 排放量指標之公式，如下二式所示：

$$\begin{aligned} \text{TLCCO}_2 &= \text{LCCO}_2\text{-foundation} + \text{LCCO}_2\text{-false-work} + \text{LCCO}_2\text{-structure} + \text{LCCO}_2\text{-construction} \\ &+ \text{LCCO}_2\text{-interior} + \text{LCCO}_2\text{-equipment} + \text{LCCO}_2\text{-daily-usage} + \text{LCCO}_2\text{-renovation-total} \\ &+ \text{LCCO}_2\text{-remodel} + \text{LCCO}_2\text{-demolition} + \text{LCCO}_2\text{-waste-treatment} \\ &= \text{TLCCO}_2\text{-Office} \div (\text{TFA} \times \text{LC}) \end{aligned}$$

其中：

TLCCO₂：建築物生命週期總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LCCO₂：建築生命週期 CO₂ 排放量指標(kg-CO₂/m²)

LCCO₂-foundation：建築基礎工程之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LCCO₂-false-work：建築假設工程之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LCCO₂-structure：建築軀體工程之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LCCO₂-construction：營建施工工程之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LCCO₂-interior：建築室內裝修之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LCCO₂-equipment：建築設備工程之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LCCO₂-daily-usage：建築日常能源使用階段總 CO₂ 排放(kg-CO₂)

LCCO₂-renovation-total：修繕工程生命週期總 CO₂ 排放(kg-CO₂/a)

LCCO₂-remodel：更新工程總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LCCO₂-demolition：拆除階段總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

LCCO₂-waste-treatment：廢棄物處理之總 CO₂ 排放量(kg-CO₂)

TFA：總樓地板面積(m²)

LC：建築生命週期之評估年限(year)

第六章 工程計畫標準作業流程與評估要項檢核機制

目前節能減碳政策之績效控管，以其工程費佔10%以上之比率，並以達到20%為目標，因此目前公共工程節能減碳評估要項之審議及檢核乃依節能減碳經費之比率為原則。本研究於第五章中建議另佐以林務局主要工項之單位經費總碳排放量值之計算為依據（5-1式），並將其納入檢核機制。其中林務局主要工項之總碳排放量之計算，本研究於6-1節將以查核表以供查詢（包括林務局各單位之主要工項），並納入木建築（或木構造）以及植生工程（其碳排放量為負值），以供計算總碳排放及做為檢核之依據。林務局之新興公共工程計畫落實節能減碳評估，具體分工機制建議如表6-1所示。其主辦單位為林務局森林企劃組，協辦單位為森林育樂組、集水區治理組及秘書室。本章將針對前述各單位之常用工項編號，研擬標準作業流程與評估要項檢核機制，以供林務局參考。

表 6-1 林務局公共工程落實綠色環保與節能減碳之具體分工機制表

計畫項目	工作內容說明	主、協辦單位
新興公共工程計畫 落實節能減碳評估	工程計畫落實節能減碳評估要項	主辦：森林企劃組 協辦：森林育樂組 集水區治理組 秘書室
	加強節能減碳評估要項之審議	主辦：森林企劃組 協辦：森林育樂組 集水區治理組 秘書室
	建立公共工程計畫研擬標準作業流程與評估要項檢核機制	主辦：森林企劃組 協辦：森林育樂組 集水區治理組 秘書室

6.1 工程碳排放查核表

A. 近自然工法之替代方案

在施作工程為達到節能減碳之效果，依其構造單元之不同而採取不同做法；如除崩塌地處理多採用坡面植生工法外，每一工程都應獨立考量，以創造豐富且多樣之生態環境且兼顧安全性。如以防砂工程為例說明，本團隊依傳統作法將防砂工程之生態做法分為防砂壩、固床工、護岸等三大類型進行探討分析，表 6-2 即為三種工程常用之近自然工法項目。

表 6-2 國內常用之近自然工法項目（範例）^[32]

工程類型	近自然工法項目
防砂壩	切口式防砂壩、梳子型防砂壩、橫樑型防砂壩。
固床工	蛇籠固床工、箱籠固床工、拋石固床工、嵌石踏步固床工、斜坡式固床工、階梯式固床工。
護岸	蛇籠護岸、箱籠護岸、I 型天然石護岸、L 型天然石護岸、塊石護岸、混凝土砌石護岸、混凝土格框護岸。

B. 植生固碳方案

林務局主辦之工程中不僅僅只有工程部分，其影響範圍可達邊坡上植物，而森林本體，其具有吸收、固定、排放二氧化碳的機能，而影響森林生態系和大氣間碳的循環，主要為植被、腐植質、森林土壤、林產品的貯存與釋放。

就吸收機能方面，林木及綠色植物行光合作用為森林資源中吸收大氣二氧化碳的典型機制，從大氣中吸收二氧化碳，轉化成有機碳的形式累積貯存在植物體中，並排出氧氣；在固定機能方面，由大氣系統中所吸收的二氧化碳被貯存或固定在森林土壤、林木、其他植被、枯枝落葉層中；在排放機能方面，森林火災、林地轉換為農地或都市用地、伐採收穫等原因

便釋放二氧化碳進入大氣，或被收穫的林木，經各種加工程序成為林產品，原貯存的碳量大部分可繼續被貯存在這些林產品中，但有部分會因腐爛或燃燒，而將所貯存的碳以二氧化碳的形式釋放回大氣中。

因此，若林地受到干擾，將使長時間所建立的森林，在短時間便喪失吸存二氧化碳的功能，將使原已吸存、固定的二氧化碳，大量回流至大氣，大規模的森林破壞是造成森林二氧化碳釋放的重大原因，表 6-3 為台灣各種植栽二氧化碳固定量。因此相關工程中可以採用植栽或綠化等工程手段，達到減碳及固碳之功能；表 6-4 為林務局主要造林樹種之固碳量，可供計算碳排之參考。

表6-3 各種植栽單位面積二氧化碳固定量(kg/m²)^[32]

植栽類型		CO ₂ 固定量 (kg/m ²)	覆土深度
生態複層	大小喬木、灌木、花草密植混種區(喬木間距3m以下)	1200	1.0 m以上
喬木	闊葉大喬木	900	
	闊葉小喬木、針葉喬木、疏葉喬木	600	
	棕欖類	400	
灌木(每m ² 至少栽種4株以上)		300	0.5 m以上
多年生蔓藤		100	
草花花圃、自然野地、水生植物、草坪		20	0.3 m以上

表6-4 林務局主要造林樹種二氧化碳固定能力

樹種	以面積計算	以株數計算
	CO ₂ 固定量(kg/ha-yr)	平均單株 CO ₂ 固定量 (以 1,500 株/ha) (kg/yr)
柳杉	8,700	5.80
臺灣杉	19,000	12.70
杉木	4,900	3.30
檜木	8,600	5.70
松類	10,600	7.00
樟樹	11,000	7.30
肖楠	14,300	9.53
烏心石	8,950	5.96
木油桐	7,900	5.30
相思樹	9,100	6.10
台灣欖	8,500	5.70
光臘樹	8,400	5.60
楓香	11,100	7.40

資料來源：林務局、林業試驗所；本計畫整理。

C. 主要工項碳排放簡易查核表

針對公共工程標準作業流程，本團隊依據林務局目前常用之工項，設計出一簡易查核表，可應用於林務局主要工項，並依據設計圖說之內容，推估出此工程之二氧化碳總排放量，如表 6-5 所示。其中各工項之碳排放計算編碼如附錄 A 中所示。林務局各項工程，如對於設計或施工中，涉及不同方案之選取、設計變更等，即可做為評估之依據。

在林務局各工項中之簡易查核表中，第 1 欄位為林務局工項之編碼，最後欄位為附錄 A 所對應之碳排放計算編碼。在計算中由於牽涉不同之材

料來源，如鋼筋之生產方式不同（高爐或電弧爐等）其總碳排放量亦不同，因此在推估時採用了數種方式推估；如：

1. 分析中本計畫以林務局常採用之材料來源推估或採用單位碳排放量之平均值推估。
2. 工項中如有規格不同，但其材質相同者（如不同管徑之鐵管、不銹鋼管或PVC管），建議以其材重來推估，而其每單位材重之總碳排放量，可根據本報告之表 4-18 中查得。
3. 同一工項但其使用之機具與工法可能不同，則其碳總排放量之計算，除其材質重量由表 4-18 中查得外，另採用機具則以其耗能來計算（可參考表 4-1、4-5 及 4-6 之內容）。
4. 人工、放樣及備料等工項，本研究假設可忽略其碳排放量。
5. 工項中之零星工料、五金、耗損等，則依比率計算，採該工項之 0.5~2.0%之碳排放量計算。
6. 工項中採用之補償性工法，則依其所佔之比率計算。

其次，林務局主要工項中並未詳列木建築或木構造之部份；以及在林務局治理工程中常採用栽植或噴植等植生工法，其在碳排之計算上本研究建議可採以下方式推估；如：

1. 木構造或木建築部份，其材料部份以材積計算，如林管木之原料其 1 m^3 之材積其生產與運輸碳排量為-863.13 kg（表 4-18），其他不同之木料亦可查閱表 4-18 之內容。至於其他之附屬設施及五金耗材等，則依林務局現有之工項碳排放量推估。
2. 栽植或噴植等植生工法，根據採用之植生方法（噴植或栽植）及不同之樹種固碳量，根據表 6-3 及表 6-4 之內容，即可求推估得其固碳量。

為探討此方法之可行，本研究以公共工程之案例說明，並將推估結果整理如附錄 B 所示。

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(1)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
01583100B	工程告示牌及工地標誌，工程告示牌	座	依材重計算	表 4-18
017254004	放樣	式	0.00	可忽略
02218000SS	鑽探與取樣，岩心箱整理及拍照	箱	依耗能計算	可忽略
022180050R	鑽探與取樣，移孔及給水費	孔	依耗能計算	可忽略
0221800F38	鑽探與取樣，室內岩石試驗，岩石單軸 壓縮強度試驗	組	依耗能計算	可忽略
0221800FA8	鑽探與取樣，室內岩石試驗，岩石直接 剪力試驗	組	依耗能計算	可忽略
0221800G18	鑽探與取樣，室內岩石試驗，土壤一般 物理試驗	組	依耗能計算	可忽略
0221800R08	鑽探與取樣，標準灌入試驗與取樣	組	依耗能計算	可忽略
0221800S0T	鑽探與取樣，機具人員動員費	部	0.00	可忽略
022181R0R1	鑽探與取樣，土壤層，岩心 HQ=63.5mm，進尺費	m	40.63	
022182R0R1	鑽探與取樣，卵礫石層，岩心 HQ=63.5mm，進尺費	m	98.67	
022183R0R1	鑽探與取樣，軟岩層，岩心 HQ=63.5mm，進尺費	m	63.85	
022184R0R1	鑽探與取樣，硬岩層，岩心 HQ=63.5mm，進尺費	m	81.26	
02255260s5	臨時擋土樁設施，鋼軌樁 37kg/m，運費	T	54.63	
0225526531	臨時擋土樁設施，鋼軌樁 37kg/m， (L=6m，間距=50cm)，打拔	m	434.00	
0229210021	邊坡穩定監測工法，傾斜儀觀測管，安 裝	m	依材重計算	可忽略
022922021	邊坡穩定監測工法，水位觀測井，安裝	m	依材重計算	可忽略
0230010003	土方工作，土石方運費	m ³	1053.61	

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(2)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
02300RR003	土方工作，開挖，砂石礫石	m ³	2.79	8
02300RS003	土方工作，開挖，軟岩	m ³	7.95	9
02300RT003	土方工作，開挖，硬岩	m ³	13.18	10
02300SU003	土方工作，回填，原材料回填	m ³	0.70	11
02300T0003	土方工作，餘方處理	m ³	10.69	12
023191RTR3	選擇材料回填，透水材料，砂礫石，工地交貨，1≤粒徑≤10mm	m ³	3.16	
0231921T03	選擇材料回填，級配粒料，碎石級配，工地交貨	m ³	3.97	
0232200003	借土	m ³	10.99	13
0232200033	借土，借土方價購	m ³	3.57	
02344200S1	鑽孔及灌漿，鑽孔(不取岩心)，移孔搭架與機電動力費	m	依耗能計算	
02344200T1	鑽孔及灌漿，鑽孔(不取岩心)，自鑽式岩栓進尺費	m	依耗能計算	
0234420RR1	鑽孔及灌漿，鑽孔(不取岩心)，進尺費，鑽孔孔徑 100~220mm	m	29.02	14
023120R01	生態護坡，打樁編柵，木樁 D=3~5cm	m	10.33	15
0237272202	型框植生護坡，厚 5cm，坡面整理	m ²	54.04	16
02372B2202	噴植漿植生護坡，厚 5cm，坡面整理	m ²	12.19	17
02372RR001	噴漿縱溝，厚度 20cm	M	125.64	18
02372SS001	噴漿縱溝，厚度 15cm	M	65.21	19
02372TR00R	噴漿跌水池，厚度 20cm	座	130.80	20
02372U2202	掛網噴植護坡，厚度 5cm，坡面整理	m ²	依材積計算	21

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(3)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
02373RR2R1	蛇籠，橢圓 40cm*67cm 施工費(網材另計)，塊石(長徑 22~35cm 佔 80%)，乙種，石料現場採集	m	28.73	22
02373SR1R1	蛇籠，橢圓 60cm*100cm 施工費(網材另計)，塊石(長徑 22~35cm 佔 80%)，乙種，石料現場採集	m	38.52	23
02374RRT01	箱型蛇籠，橢圓 1.0cm×1.0cm 施工費(網材另計)，塊石(長徑 22~35cm 佔 80%)，乙種，石料現場採集	m	46.24	24
02374S0008	箱型蛇籠，土石籠	組	0.48	25
02374S00R4	箱型蛇籠，土石籠，機器回填土石及壓實	式	依耗能計算	
0237753RPA	邊波穩定水平排水管，透水管，高密度聚乙烯(HDPE)管(有孔)，管徑=75mm，L=30m	支	依耗能計算	26
0237840CBA	岩栓，自鑽式岩栓，錨桿直徑=30mm，L=6m	支	依耗能計算	27
02381RR0R3	拋石，大塊石(長徑 41~80cm 佔 80%)，石料現場採集	m ³	51.48	28
02381SS0R3	拋石，巨石(長徑 81~120cm 佔 80%)，石料現場採集	m ³	56.24	29
02384B040A	混凝土錨塊，重 10t，搬運	塊	212.60	
02384R050A	混凝土錨塊，重 10t，吊放	塊	212.60	
02384BR10A	混凝土錨塊，重 10t，三腳空心鼎型塊，含製作及吊放	塊	2526.69	30
02348BS10A	混凝土錨塊，重 10t，協克塊，含製作及吊放	塊	2447.19	31
02348D040A	混凝土錨塊，重 15t，搬運	塊	318.90	
02348D050A	混凝土錨塊，重 15t，吊放	塊	318.90	
02348DR10A	混凝土錨塊，重 15t，三腳空心鼎型塊，含製作及吊放	塊	3703.91	32

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(4)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
02348DS10A	混凝土錨塊，重 15t，協克塊，含製作及吊放	塊	3641.34	33
02348E040A	混凝土錨塊，重 20t，搬運	塊	425.20	
02348E050A	混凝土錨塊，重 20t，吊放	塊	425.20	
02384ER10A	混凝土錨塊，重 20t，三腳空心鼎型塊，含製作及吊放	塊	4862.89	34
023861R1T2	砌排石工，乾砌石，卵石(長徑 15cm 以下佔 80%)，石料現場採集	m ²	3.26	35
023861S1T2	砌排石工，乾砌石，卵石(長徑 15cm~40cm 佔 80%)，石料現場採集	m ²	23.22	36
023861T1T2	砌排石工，乾砌石，卵石(長徑 41cm~80cm 佔 80%)，石料現場採集	m ²	32.91	37
023861U1T2	砌排石工，乾砌石，卵石(長徑 81cm~120cm 佔 80%)，石料現場採集	m ²	49.86	38
02386R2T2	砌排石工，混凝土砌石，卵石(長徑 15cm 以下佔 80%)，混凝土強度 210kgf/cm ² ，1:3 水泥砂漿勾縫，石料現場採集	m ²	42.21	39
023863S2T2	砌排石工，混凝土砌石，卵石(長徑 15cm~40cm 佔 80%)，混凝土強度 210kgf/cm ² ，石料現場採集	m ²	89.15	40
023863T2T2	砌排石工，混凝土砌石，卵石(長徑 41cm~80cm 佔 80%)，混凝土強度 210kgf/cm ² ，石料現場採集	m ²	138.82	41
023863U2T2	砌排石工，混凝土砌石，卵石(長徑 81cm~120cm 佔 80%)，混凝土強度 210kgf/cm ² ，石料現場採集	m ²	238.00	42
02451R0001	基樁，特密管灌漿設施與施作費	m	依耗能計算	
02451S0004	基樁，機電設備與動力費	式	依耗能計算	
02451T0004	基樁，基樁檢測與雜項設備	式	依耗能計算	可忽略
02451U0001	基樁，超音波檢測 PVC 管設置費	m	依耗能計算	可忽略

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(5)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
02451V0004	基樁，樁頂混凝土打除與整理	m	依耗能計算	
02457000R4	預力混凝土基樁，植樁吊掛與調整	式	依耗能計算	
0245752001	預力混凝土基樁，D=500mm，T=90mm， B 種	m	依耗能計算	43
0246750001	人工挖掘式基樁，D=150cm	m	依耗能計算	44
0246750101	人工挖掘式基樁，D=150cm，鋼襯板工	m	依重量計算	45 表 5-11
024675020B	人工挖掘式基樁，D=150cm，洞口補強 工	孔	3267.29	46
0246970201	全套管式鑽掘混凝土基樁，D=100mm， (鑽掘，未含空鑽)	m	依耗能計算	47
024920rWRR	預力地錨，70T 預力地錨(設計拉力 55T)，L=50cm，錨定段=10m	支	依耗能計算	48
024920sWRR	預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)，L=50cm，錨定段=10m	支	依耗能計算	49
024920tWRR	預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)，L=50cm，錨定段=10m	支	依耗能計算	50
0249260001	預力地錨，移孔搭架拆架費用	m	依耗能計算	
0249270001	預力地錨，給水及用電設備費	m	依耗能計算	可忽略
02492D0011	預力地錨，預力地錨鑽孔，清孔及洗孔	m	依耗能計算	
02492R0001	預力地錨，自由端防蝕與覆 HDPE	m	依耗能計算	
02492S000R	預力地錨，施預力作業費	支	0.00	可忽略
02492T0001	預力地錨，水泥灌漿料與作業費	m	0.00	可忽略
02601R3201	排水管溝，橫向截水溝，H=60cm， W=30cm	m	112.91	51
02601S0001	拍漿溝	m	依材積計算	表 4-18

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(6)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
026102F301	排水涵管，鋼筋混凝土管(B 型)， D=800mm，三級管	m	依材積計算	52 表 4-18
026108000R	排水管涵，聚氯乙稀排水管	處	依材積計算	53 表 4-18
02722120U2	級配粒料基層，碎石級配，總厚 10cm， 鋪設及滾壓	m ²	82.20	54
02722130U2	級配粒料基層，碎石級配，總厚 15cm， 鋪設及滾壓	m ²	172.85	55
02722140U2	級配粒料基層，碎石級配，總厚 20cm， 鋪設及滾壓	m ²	151.53	56
02722150U2	級配粒料基層，碎石級配，總厚 25cm， 鋪設及滾壓	m ²	173.30	57
0272611052	級配粒料基層，碎石級配，總厚 10cm， 鋪設及滾壓	m ²	82.20	58
0272612052	級配粒料基層，碎石級配，總厚 15cm， 鋪設及滾壓	m ²	99.31	59
0272613052	級配粒料基層，碎石級配，總厚 20cm， 鋪設及滾壓	m ²	151.53	60
0272614052	級配粒料基層，碎石級配，總厚 25cm， 鋪設及滾壓	m ²	173.30	61
02742RD0A2	瀝青混凝土鋪面，密級配，厚 5cm，鋪 築及滾壓	m ²	29.48	62
02742RG0A2	瀝青混凝土鋪面，密級配，厚 8cm，鋪 築及滾壓	m ²	34.22	63
02742512002	瀝青透層，中凝油溶瀝青，MC70	m ²	2.12	64
0274725002	瀝青黏層，乳化瀝青，CRS1	m ²	0.87	65
0283054001	擋土牆，鋼構造，防落石柵	m	依材重計算	66 表 4-18
0283054018	擋土牆，鋼構造，防落石柵，端部套件 組	組	依材重計算	67 表 4-18
028396R601	加勁擋土牆，全高 5.0m，回包式，90%≤ 壓實度	m	依材重計算	68 表 4-18
028396S601	加勁擋土牆，全高 5.0m，回包式側向收 邊，90%≤壓實度	m	111.05	69

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(7)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
0284350001	鋼板護欄	m	依材重計算	70 表 4-18
02843T000R	PVC 管與灌注柏油沙	kg	0.6613	表 4-18
0289821011	標線，熱塑性塑膠，反光，寬 10cm	m	130.11	71
0289821021	標線，熱塑性塑膠，反光，寬 15cm	m	174.74	72
02900B0003	植栽，客土	m ³	0.00	73
02900R0004	植栽，噴藥(包含租金、農藥、水)	式	0.00	可忽略
029021400R	種植工作，喬木類，米高直徑<5cm	株	0.00	74
029021400S	種植工作，喬木類，5cm≤米高直徑<10cm	株	0.00	75
0290215000	種植工作，灌木類	株	0.00	76
029022400R	養護工作，喬木類，米高直徑<5cm	株	0.00	77
029022400S	養護工作，喬木類，5cm≤米高直徑<10cm	株	0.00	78
0290225000	養護工作，灌木類	株	0.00	79
0296101003	瀝青混凝土面層刨除，刨除料剩餘價值折價費	m ³	27.49	
029610R003	瀝青混凝土面層刨除，刨除料運費	m ³	27.49	
0296140002	瀝青混凝土面層刨除，厚 5cm	m ²	234.27	80
0311060002	場鑄結構混凝土用模板，免拆	m ²	0.24	
03110R0002	場鑄結構混凝土用模板，普通模板(使用 5 次)	m ²	0.38	81
03110S0002	場鑄結構混凝土用模板，清水模板(使用 3 次)	m ²	1.76	82
03110T0002	場鑄結構混凝土用模板，造型模板(使用 5 次)	m ²	0.57	83

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(8)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
03110U0002	場鑄結構混凝土用模板，結構模板(使用 5 次)	m ²	0.58	84
03110V0002	場鑄結構混凝土用模板，鋼模模板(使用 30 次)	m ²	5.50	85
0321000075	鋼筋，連工帶料	T	945.62	86
0321000079	鋼筋，連工帶料	kg	0.95	86
03210000SR	鋼筋，安裝打設或鑽孔	處	依耗能計算	
03210R000R	鋼筋，植筋	處	0.58	87 表 4-18
03210S0005	鋼筋，點焊與吊放	T	依耗能計算	
03310000Z3	結構用混凝土，含澆置及搗實	m ³	175.39	
0331013003	結構用混凝土，機拌，140kg/cm ²	m ³	157.73	88
0331014003	結構用混凝土，機拌，175kg/cm ²	m ³	180.23	89
0331015003	結構用混凝土，機拌，210kg/cm ²	m ³	200.56	90
0331023Z03	結構用混凝土，預拌，140kg/cm ² ，含澆 置及搗實	m ³	410.67	91
03310240Z3	結構用混凝土，預拌，175kg/cm ² ，含澆 置及搗實	m ³	423.17	92
03310250Z3	結構用混凝土，預拌，210kg/cm ² ，含澆 置及搗實	m ³	437.65	93
03310270Z3	結構用混凝土，預拌，280kg/cm ² ，含澆 置及搗實	m ³	458.61	94
0406100501	水泥砂漿，含灌漿費	m	2.54	
0406110103	水泥砂漿，1:1，連工帶料	m ³	455.97	95
0406120103	水泥砂漿，1:2，連工帶料	m ³	274.84	96
0406130103	水泥砂漿，1:3，連工帶料	m ³	207.22	97

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(9)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
0441010023	石材，卵石，現場採集	m ³	19.15	98
0441020023	石材，塊石，現場採集	m ³	19.73	99
0441030023	石材，大塊石，現場採集	m ³	20.31	100
0441040023	石材，巨石，現場採集	m ³	26.12	101
0506063009	金屬材料，鋼料，含焊接及熱浸鍍鋅	kg	0.93	
055002R001	金屬製品，鋼管，打拔	m	依材重計算	表 4-18
05500tS00R	金屬製品，鋼板襯，工地小工運搬與吊掛	片	依材重計算	表 4-18
0991002004	油漆，一底二度	式	依材重計算	表 4-18
E000001000002	機具不分類	天	580.41	
E000002700002	瀝青混凝土鋪裝機	天	605.24	
E000003000002	拌和機	天	452.08	
E000005700002	機動平土機	天	481.04	
E000006100002	液化瀝青灑佈機	天	43.23	
E000006300002	瀝青混凝土刨除機具費用	天	2702.00	
E000006610002	膠輪壓路機，自走式	天	244.21	
E000006700002	鐵輪壓路機	天	334.40	
E000006720002	鐵輪壓路機，三輪自走式	天	160.00	
E000006R00002	熱熔標線機	天	580.41	
E000008Q00002	輪型起重機	天	248.80	

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(10)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
E00000R100002	鑽機	天	580.41	
E00000R110004	鑽機，鑽頭耗損	式	0.00	
E00000R200002	鑽掘機	天	580.41	
E00000RR00002	鑽堡	天	580.41	
E00000RR10004	鑽堡，鑽頭耗損	式	0.00	
E00000SS00002	挖掘機具	天	248.80	
L000006000002	普通工	工	0.00	
L00000R000002	半技工	工	0.00	
L00000R100002	一般技工	工	0.00	
L00000R200002	特種技工	工	0.00	
M01583113RA	產品，工程告示牌，鋁質，長 120cm，寬 75cm	面	依材重計算	表 4-18
M0158311MCA	產品，工程告示牌，鋁質，長 3000cm，寬 170cm	面	依材重計算	表 4-18
M0158311RSA	產品，工程告示牌，鋁質，長 500cm，寬 320cm	面	依材重計算	表 4-18
M0225520001	產品，臨時擋土裝設施，鋼軌樁 37kg/m	m	34.15	
M02255260rD	產品，臨時擋土裝設施，鋼軌樁 37kg/m，L=6cm，租金	支	0.00	
M022921001	產品，邊坡穩定監測工法，傾斜儀觀測管	m	依材重計算	表 4-18
M02292A0007	產品，邊坡穩定監測工法，傾斜管管蓋	個	依材重計算	表 4-18
M02292R0007	產品，邊坡穩定監測工法，水位觀測井保護蓋	個	依材重計算	表 4-18
M0234210002	產品，地工織物，土木工程用非織物	m ²	3.00	

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(11)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
M0234210102	產品，土工織物，土木工程用非織物， CNS 第 1 類	m ²	3.00	
M0237300R01	產品，蛇籠，甲種(φ4.2mm 高鍍鋅鐵線)	m	0.00	
M0237300S01	產品，蛇籠，乙種(φ4.2mm 高鍍鋅鐵線)	m	0.00	
M02292R0007	產品，邊坡穩定監測工法，水位觀測井 保護蓋	個	依材重計算	表 4-18
M0237430002	產品，箱型石籠，1.0m×1.0m×1.0m(箱型)	m ²	0.00	
M02374T0002	產品，箱型石籠，箱型石籠 1.0m*1.0m*1.0m，網目 8*10cm	m ²	0.00	
M02374U0007	產品，箱型石籠，土石籠袋 (1.05m*1.05m*1.1m)	個	0.00	
M0237753701	產品，邊坡穩定水平排水管，透水管， 高密度聚乙烯(HDPE)管(有孔)，管徑 =100mm	m	依材重計算	表 4-18
M0237753R01	產品，邊坡穩定水平排水管，透水管， 高密度聚乙烯(HDPE)管(有孔)，管徑 =75mm	m	依材重計算	表 4-18
M02377R001	產品，邊坡穩定水平排水管，排水管	m	依材重計算	表 4-18
M02377S0007	產品，邊坡穩定水平排水管，透水管平 接頭	個	依材重計算	表 4-18
M0237810CB1	產品，岩栓，自鑽式岩栓，錨桿直徑 =30mm，L=6m	m	依材重計算	表 4-18
M02378R0007	產品，鑽頭(D=46mm)	個	依材重計算	表 4-18
M02378S0007	產品，承壓板(150*150*12mm)	個	依材重計算	表 4-18
M02457520S1	產品，預力混凝土基樁，D=500mm， T=90mm，B 工地交貨	m	34.30	
M024610RR0A	產品，木樁，D=3~5cm，L=90cm	支	0.02	
M024920rR01	產品，預力地錨，70T 預力地錨(設計拉 力 55T)，PC 鋼絞線	m	依材重計算	表 4-18
M024920rS08	產品，預力地錨，70T 預力地錨(設計拉 力 55T)，合金鋼管與壓製	組	依材重計算	表 4-18

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(12)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
M024920rT07	產品，預力地錨，70T 預力地錨(設計拉力 55T)，地錨螺帽	個	依材重計算	表 4-18
M024920rU07	產品，預力地錨，70T 預力地錨(設計拉力 55T)，地錨承壓板	個	依材重計算	表 4-18
M024920rV07	產品，預力地錨，70T 預力地錨(設計拉力 55T)，地錨頂蓋	個	依材重計算	表 4-18
M024920sR01	產品，預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)，PC 鋼絞線	m	依材重計算	表 4-18
M024920sR08	產品，預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)，合金鋼管與壓製	組	依材重計算	表 4-18
M024920sT07	產品，預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)，地錨螺帽	個	依材重計算	表 4-18
M024920sU07	產品，預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)，地錨承壓板	個	依材重計算	表 4-18
M024920sV07	產品，預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)，地錨頂蓋	個	依材重計算	表 4-18
M024920tR01	產品，預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)，PC 鋼絞線	m	依材重計算	表 4-18
M024920tS08	產品，預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)，合金鋼管與壓製	組	依材重計算	表 4-18
M024920tT07	產品，預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)，地錨螺帽	個	依材重計算	表 4-18
M024920tU07	產品，預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)，地錨承壓板	個	依材重計算	表 4-18
M024920Tv07	產品，預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)，地錨頂蓋	個	依材重計算	表 4-18
M026102F3RA	產品，排水管涵，鋼筋混凝土管(B 型)，D=800mm，三級管，工地交貨	支	依材重計算	表 4-18
M02610R000B	產品，排水管涵，排水器	個	依材重計算	表 4-18
M0272210023	產品，級配粒料基層，碎石級配，工地交貨	m ³	3.11	
M0272610R03	產品，級配粒料底層，碎石級配，工地交貨	m ³	3.11	
M02742R0035	產品，瀝青混凝土鋪面，密級配，工地交貨	T	29.12	

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(13)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
M0274512309	產品，瀝青透層，中凝油溶瀝青，MC-70，工地交貨	kg	0.03	
M0274725309	產品，瀝青黏層，乳化瀝青，CRS-1，工地交貨	kg	0.03	
M0283810002	產品，加勁擋土牆-地工合成加勁材，加勁格網	m ²	0.65	
M0284350001	產品，鋼板護欄	m	依材重計算	表 4-18
M02843R000B	產品，端部鋼板	片	依材重計算	表 4-18
M02843S0008	產品，護欄鋼鈹鞍座與六角螺栓	組	依材重計算	表 4-18
M0289212268	產品，反光導標第一類，附掛式，雙向標示，設置於鋼鈹護欄前	組	依材重計算	表 4-18
M02898B1009	產品，標線，玻璃珠，第 1 類	kg	1.05	
M02898R0009	產品，熱塑性塑膠標線材料	kg	1.61	
M02898S0009	產品，黏層劑	kg	1.51	
M02900A1009	產品，植栽，肥料，有機肥料	kg	0.00	
M02900A2009	產品，植栽，肥料，化學肥料	kg	0.00	
M02900B003	產品，植栽，客土	m ³	0.00	
M02900E000A	產品，植栽，支柱	支	0.00	
M0292000A0R	產品，植草，錨釘	支	0.00	
M029200R002	產品，植草，PE 土包裝	m ²	0.00	
M0292010R09	產品，植草，草種噴植，高分子黏著劑與聚合物	kg	0.00	
M0292010S03	產品，植草，草種噴植，保水基材	m ³	0.00	
M0292010T09	產品，植草，草種噴植，長效肥與複合肥	kg	0.00	

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(14)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
M0292010U09	產品，植草，草種噴植，土壤改良劑與海藻膠質	kg	0.00	
M0292010V09	產品，植草，草種噴植，土壤風化苔蘚孢子、草本種子與樹本種子	kg	0.00	
M0305021033	產品，粒料，粗粒料，工地交貨	m ³	3.82	
M0305022033	產品，粒料，細粒料，工地交貨	m ³	3.06	
M03050420L3	產品，預拌混凝土材料費，140kgf/cm ² ，工地交貨	m ³	227.23	
M03050430L3	產品，預拌混凝土材料費，175kgf/cm ² ，工地交貨	m ³	239.48	
M03050440L3	產品，預拌混凝土材料費，210kgf/cm ² ，工地交貨	m ³	253.68	
M03050460L3	產品，預拌混凝土材料費，280kgf/cm ² ，工地交貨	m ³	272.03	
M0305060002	產品，混凝土基本材料及施工方法，脫模劑	m ²	0.27	
M030520140A	產品，卜特蘭水泥，袋裝，工地交貨	包	222.26	
M03110T0002	產品，場鑄結構混凝土用模板，造型模板(使用 5 次)	m ²	0.00	
M03110V0002	產品，場鑄結構混凝土用模板，鋼模模板(使用 30 次)	m ²	0.00	
M03110W0003	產品，場鑄結構混凝土用模板，支撐材料	m ³	0.00	
M0321000035	產品，鋼筋，工地交貨	T	923.45	
M03210RR004	產品，鋼筋，植筋，植筋膠	式	依材重計算	表 4-18
M0322006169	產品，熔接鋼線網，D=10.00mm，15*15cm	kg	0.95	
M0506020009	產品，金屬材料，鐵線	kg	0.95	
M0506020K09	產品，金屬材料，鐵線(#8，D=4.191mm)	kg	0.95	
M0506021009	產品，金屬材料，鐵線，鍍鋅	kg	0.95	

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(15)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
M0506031X02	產品，金屬材料，鐵線，鍍鋅，網目 5*5*2.5cm	m ²	依材重計算	表 4-18
05060D2004	產品，金屬材料，鐵件，灌漿錨筋用五 金材料	式	依材重計算	表 4-18
M05060DR009	產品，五金零件	kg	0.95	
M05060DS0R2	產品，金屬材料，鐵件，鐵板，租金	m ²	0.04	
M0509011007	產品，金屬接合，(機械性接合，結構性)， 續接器	個	依材重計算	表 4-18
M0509012008	產品，金屬接合，(機械性接合，結構性)， 螺栓	組	依材重計算	表 4-18
M050901B007	產品，金屬接合，(機械性接合，結構性)， 螺帽	個	依材重計算	表 4-18
M0512512211	產品，結構用鋼材，熱軋型鋼，不等邊 角鋼，100*75mm，t=7mm	m	依材重計算	表 4-18
M0512518181	產品，結構用鋼材，熱軋型鋼，H 型鋼， (H250*B250mm，t1=9mm，t2=14mm)	m	依材重計算	表 4-18
M05500r0S01	產品，金屬製品，鍍鋅鋼索，直徑=22mm	m	依材重計算	表 4-18
M05500Tt00R	產品，金屬製品，鋼襯板，工地交貨	片	依材重計算	表 4-18
M05500u0R0S	產品，金屬製品，熱浸鍍鋅鍊條，D=8mm	條	依材重計算	表 4-18
M05500v00R7	產品，金屬製品，伸縮螺絲，1.5’’*12’’	個	依材重計算	表 4-18
M05500w00S7	產品，金屬製品，不鏽鋼鋼索夾， 200*80mm	個	依材重計算	表 4-18
M05500w00T7	產品，金屬製品，不鏽鋼鋼索夾， 110*29mm	個	依材重計算	表 4-18
M055306R006	產品，金屬格柵蓋板，鍍鋅格柵蓋板， 995*500*65mm	只	依材重計算	表 4-18
M0605013002	產品，木作及塑膠基本材料及施工方 法，合板，混凝土模板用	m ²	3.24	
M0605020003	產品，木作及塑膠基本材料及施工方 法，合板，模板用木材	m ³	12.07	
M06050R0002	產品，菱形塑膠網	m ²	25.80	

表 6-5 工程碳排放簡易查核表(16)

編碼	項目及說明	單位	總碳排 (kg-CO ₂)	碳排計 算編碼
新增	木材原料（林管木）	m ³	-863.13	
新增	木地板（2cm 厚林管木）	m ²	-58.38	
新增	木材原材	m ³	61.84	
新增	木地板（2cm 厚）	m ²	5.75	
新增	木合板（6 分板）	m ²	4.60	
新增	木模板(1.5cm 五分厚)	m ²	2.18	
新增	生態複層（大小喬木、灌木、花草密 植混種區，喬木間距3m以下）	m ²	-1200	
新增	灌木(每m ² 至少栽種4株以上)	m ²	-300	
新增	多年生蔓藤	m ²	-100	
新增	草花花圃、自然野地、水生植物、草 坪	m ²	-20	
新增	栽植（可查表6-4）	株	-3.3~-12.70 kg/yr	

6.2 標準作業流程與評估要項檢核

其推動平台及作業流程如圖 6-1 中所示，由圖可知建立公共工程計畫所研擬之標準作業可分為規劃前置期、彙整期及施行期。將彙整專家學者及林務局各單位之意見，並參考法規、國際情勢、案例分析等，以達確實可行。因此本研究案建議林務局可依「主辦機關」、「規劃設計監造廠商」及「施工廠商」之不同管考性質，針對節能減碳部份可建立如圖 6-2 之標準作業流程。

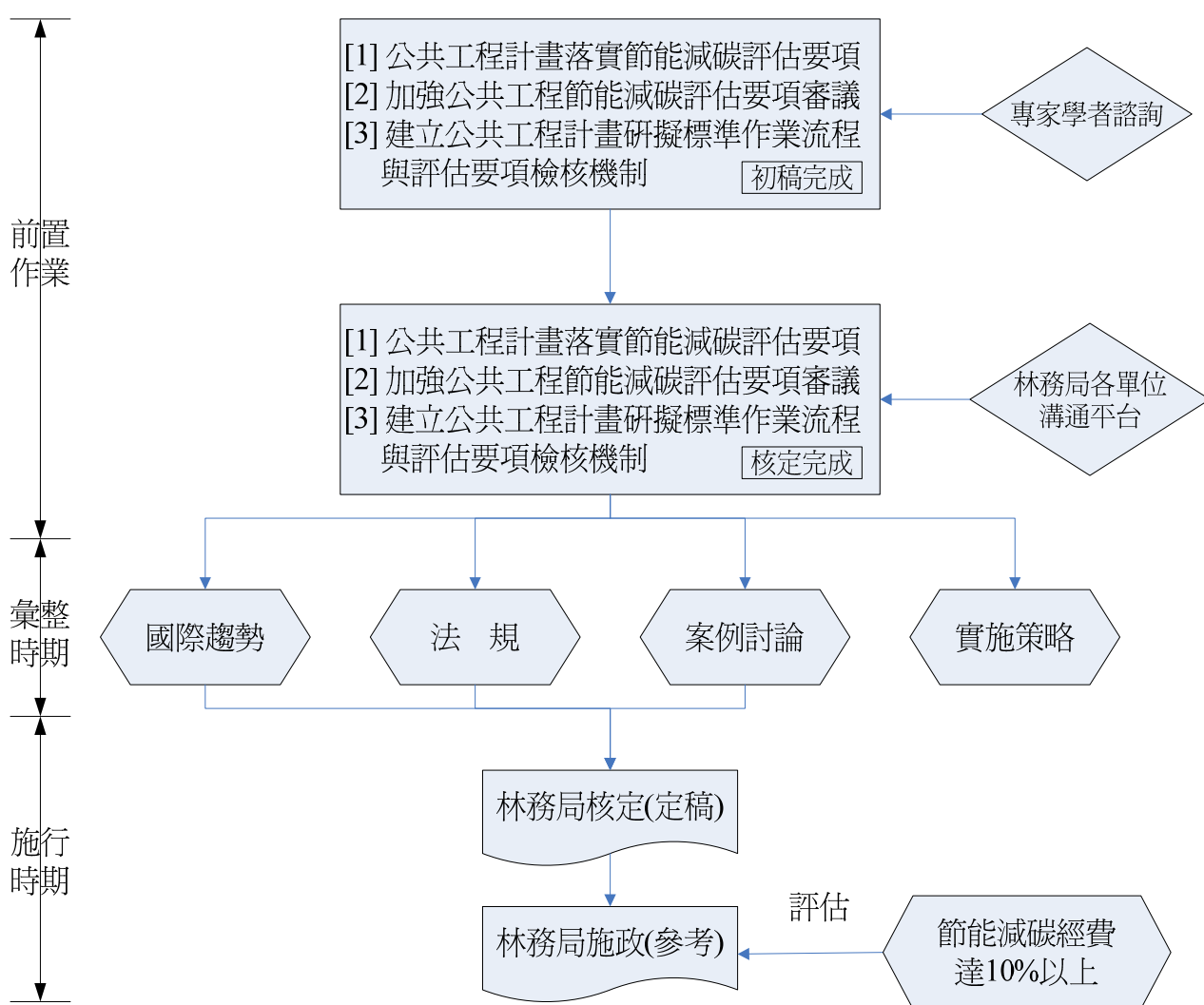


圖 6-1 推動平台及作業流程

目前節能減碳政策之績效控管，以其工程費佔10%以上之比率，並以達到20%為目標，因此目前公共工程節能減碳評估要項之審議及檢核乃依節能減碳經費之比率為原則，林務局現行之節能減碳作法即以此為依歸，並已研擬具體之作法如表6-6及表6-7所示。但僅以工程所佔經費為評估依據，以滿足節能減碳政策之績效控管比率，常易導致節能減碳部份工項有過量或不當設計之情形，此舉已與節能減碳精神相違背，因此本研究建議採用林務局主要工項之「碳排放指標量」，並將其納入檢核機制。另在工程進行時之不同階段（如「工程可行性評估階段」、「工程規劃設計階段」、「工程施工階段」以及「管理維護階段」），工程參與者（「主辦機關」、「設計監造廠商」及「施工廠商」）必須參與節能減碳之檢核工作，分別針對綠色環境、綠色工法及綠色材料等，以參與者其功能、角度與思維提出具體落實節能減碳之檢核與審議等工作（如圖6-2所示）。

本研究根據節能減碳執行階段之具體作法（本報告4.5節內容），提出林務局節能減碳自主檢核表（如表6-8、表6-9及表6-10），以不同參與者之角度分別填寫及檢核在工程不同階段是否落實前述之具體作法，並以包括「總排放量」、「替代方案比較」及「碳排放指標」等量化數據，據以降低工程中之過量或不當設計情形，以落實及符合節能減碳之精神。林務局可於現行之契約中增列一條，如：

第 條 履約標的

- （一）廠商應於完成設計圖說時，一併提送節能減碳自主評估表，後續如有變更設計或完工驗收時，亦應同時修正並提送節能減碳自主評估表。

圖6-2即為本團隊提出之林務局節能檢核標準作業流程以供林務局參考。

表6-6 林務局現行辦理工程勘查紀錄表

○○處○○年○○○○○計畫預定辦理工程勘查紀錄表（編號○○○）			
工程 名稱		執行 單位	
集水區	主集水區： 子集水區：	地點	縣（市）鄉（鎮）、區 事業區林班 號保安林
預估經費（元）	元	勘查時間	年 月 日 上午 ____：____ 下午 ____：____
崩塌面積（ha）		預期 效 益	崩塌地處理（復育）面積____平方公尺 防砂量____立方公尺 保護人口____人 村落（房舍）____座（戶） 農田果園____公頃 鐵（公）路____公里 橋樑____座 其他：
擬辦工程內容			
略 圖		生態保育評估	<u>現況描述：</u> 1. 陸域植被覆蓋：____% ☐ 其他 2. 植被相： ☐ 雜木林 ☐ 人工林 ☐ 天然林 ☐ 草地 ☐ 農地 ☐ 崩塌地 3. 河床底質： ☐ 岩盤 ☐ 巨礫 ☐ 細礫 ☐ 細砂 ☐ 泥質 4. 河床型態： ☐ 瀑布 ☐ 深潭 ☐ 淺瀨 <u>保育對策：</u> ☐ 植生復育 ☐ 表土保存 ☐ 棲地保護 ☐ 維持自然景觀 ☐ 增設魚道 ☐ 施工便道復原 ☐ 動植物種保育 ☐ 生態監測計畫 ☐ 生態評估工作 ☐ 劃定保護區 ☐ 以柔性工法處理 ☐ 其他生態影響減輕對策____
實勘 意見			
備 註			
一、 本表請執行單位預先填妥，實勘意見及備註欄免填。 二、 擬辦工程內容請填寫詳細，如防砂壩、護坡之型式，長、高等尺寸；植生之面積、工法（打樁編柵、鋪面等），以此類推。 三、 本表除繪略圖（註明座標）外，還需另附貼五千分之一地形圖。			

※本表由主辦機關該工程之承辦人員填寫。

表 6-7 林務局國有林地治山防災及林道工程節能減碳工程檢核表

計畫名稱：

工程名稱：

設計經費：

管控 指標	指標項目	辦理內容	經費 (元)	佔設計經費 比例(%)
綠色 環境	1. 植生綠化：以各種植生工法植草、種植樹木，如鋪網噴植、型框植生、植生袋等。			
	2. 營造生物棲息環境工法：以各種相關工程措施，創造生物縱橫向棲息廊道連續性之工法，如魚道、護岸緩坡化、高壩低矮化等。			
綠色 工法	1. 工區內土石方平衡：如挖填土石方平衡等。			
	2. 減少邊坡開挖：如減少邊坡開挖設計等。			
	3. 土石方回收再利用：如清疏工程等。			
	4. 採用預鑄構造物：預鑄構造物設施如排水溝、沉箱、鼎形塊等。			
綠色 材料	1. 採用現地塊石：如砌石護岸、擋土牆、砌石壩等。			
	2. 利用疏伐木設置相關設施：如採用疏伐木設置相關設施等。			
	3. 運用鋼構材料：如設置鋼構橋樑、鋼板護欄等。			
合計				
備註：				

※本表由承攬該工程之設計技師填寫，並置於工程預算書內。

表6-8 林務局節能減碳自主檢核表（主辦機關填寫）

工程名稱			
工程地點			
工程分類	☐ 水土保持工程 ☐ 道路橋梁工程 ☐ 軌道工程 ☐ 建築工程		
簽證技師		技師科別	
工程預算	元	發包金額	元
節能減碳項 金 額	元	節能減碳金額比率	%
總碳排放量	kg	(碳排放/經費)指標	kg/百萬元
主要工程內 容 及 數 量			
工 程 效 益			
可行性評估 階 段	工程勘查表中是否納入生態保育及考量永續原則	☐ 有 ☐ 無	
	是否邀請專家學者檢視工程措施之永續性與節能減碳效益	☐ 有 ☐ 無	
	是否有考量其他替代方案	☐ 有 ☐ 無	
工 程 規 劃 設 計 階 段	辦理工程規劃設計評選是否將綠色永續納入評選項目	☐ 有 ☐ 無	
	國有林地治山防災及林道工程節能減碳綠色工程檢核表是否具備	☐ 有 ☐ 無	
	是否進行植生綠化指標評估	☐ 有 ☐ 無	
	是否進行生物多樣性指標評估	☐ 有 ☐ 無	
	工區內土石方是否平衡	☐ 有 ☐ 無	
	是否達成減少邊坡開挖最小化	☐ 有 ☐ 無	

工 程 規 劃 設 計 階 段	土石回收再利用或採用現地材料	☐ 有 ☐ 無
	是否考慮採用預鑄工法	☐ 有 ☐ 無
	是否考慮取用當地可應用資材或天然材料	☐ 有 ☐ 無
	是否考慮利用鋼構設施以減低混凝土使用量	☐ 有 ☐ 無
	施作工程材料是否考慮採用耐久性、經濟性材料，及優先採用高效能營建材料。	☐ 有 ☐ 無
	照明設施是否考慮優先採用LED燈具及太陽光電系統，另鋪面工程優先採用透水鋪面、天然級配或去水泥化材料	☐ 有 ☐ 無
	是否有過量或不當之設計情形	☐ 有 ☐ 無
	是否有考量其他替代方案或工法	☐ 有 ☐ 無
工 程 施 工 階 段	是否考量以減少棲地擾動之索道及高壓泵送施工，以降低對四周環境之衝擊。	☐ 有 ☐ 無
	施工時已確實做好假設工程，如臨時沉砂池、臨時擋土設施、剩餘土方之安置、交通維護設施等。	☐ 有 ☐ 無
	工程完工是否對環境不得已之破壞採取復原措施，如施工便道復原、原棲地環境營造等。	☐ 有 ☐ 無
	施工過程中，是否落實各項迴避、縮小、減輕、補償等生態保育對策。	☐ 有 ☐ 無
	施工中是否有考量其他替代方案或工法	☐ 有 ☐ 無
	是否考量變更設計以符合節能減碳目標	☐ 有 ☐ 無
維 護 管 理 階 段	是否有效執行三級品管手段，以確保施工品質	☐ 有 ☐ 無
	是否考量完工後能有效維護與管理	☐ 有 ☐ 無
	是否考量植生於工程完工後能確實養護	☐ 有 ☐ 無
節 能 減 碳 成 效 評 估 結 果		☐ 達成目標 ☐ 仍有改善空間 ☐ 未達目標

※本表由主辦機關該工程之承辦人員填寫。

表6-9 林務局節能減碳自主檢核表（設計監造填寫）

工程名稱					
工程地點					
工程分類	☐ 水土保持工程 ☐ 道路橋梁工程 ☐ 軌道工程 ☐ 建築工程				
簽證技師		技師科別		填報人	
主要工程內容及數量					
工程規劃設計階段	是否進行植生綠化指標評估	☐ 有；評估內容如下： ☐ 無			
	是否進行生物多樣性指標評估	☐ 有；評估內容如下： ☐ 無			
	工區內土石方是否平衡	☐ 有；總挖方量： 總填方量： ☐ 無；原因如下： m³ m³			
	是否達成減少邊坡開挖最小化	☐ 有 ☐ 無			
	土石回收再利用或採用現地材料	☐ 有；具體作法： ☐ 無；原因如下：			
	是否考慮採用預鑄工法	☐ 有；項目： ☐ 無；原因如下：			
	是否考慮取用當地可應用資材或天然材料	☐ 有；具體作法： ☐ 無；原因如下：			
	是否考慮利用鋼構設施以減低混凝土使用量	☐ 有；項目： ☐ 無；原因如下：			

工 程 施 工 階 段	施工過程中，是否落實各項迴避、縮小、減輕、補償等生態保育對策。	☐ 有；具體作法： ☐ 無；原因如下：
	施工中是否有考量其他替代方案或工法	☐ 有；具體作法： ☐ 無。
	是否考量變更設計以符合節能減碳目標	☐ 有；具體作法： ☐ 無。
維 護 管 理 階 段	是否考量完工後能有效維護與管理	☐ 有；具體作法： ☐ 無。
	是否考量植生於工程完工後能確實養護	☐ 有；具體作法： ☐ 無。

※本表由工程之監造技師填寫。

表 6-10 林務局節能減碳自主檢核表（施工單位填寫）

工程名稱			
工程地點			
工程分類	☐ 水土保持工程 ☐ 道路橋梁工程 ☐ 軌道工程 ☐ 建築工程		
施工廠商		填報人	
工程 施工 階段	是否考量以減少棲地擾動之索道及高壓泵送施工，以降低對四周環境之衝擊。	☐ 有；項目： ☐ 無；原因如下：	
	施工時已確實做好假設工程，如臨時沉砂池、臨時擋土設施、剩餘土方之安置、交通維護設施等。	☐ 有臨時沉砂及土方暫置區規劃 ☐ 有臨時擋土設施設計 ☐ 有交通維護設施 ☐ 無；原因如下：	
	工程完工是否對環境不得已之破壞採取復原措施，如施工便道復原、原棲地環境營造等。	☐ 有；具體作法： ☐ 無；原因如下：	
	施工過程中，是否落實各項迴避、縮小、減輕、補償等生態保育對策。	☐ 有；具體作法： ☐ 無；原因如下：	
	施工中是否有考量其他替代方案或工法	☐ 有；具體作法： ☐ 無。	
	是否提出變更設計以符合節能減碳目標	☐ 有；具體作法： ☐ 無。	
維護 管理 階段	是否有效執行三級品管手段，以確保施工品質	☐ 有；具體作法： ☐ 工程督導 次；工程查核 次	

※本表由工地負責人、專任工程人員或品管人員填寫。

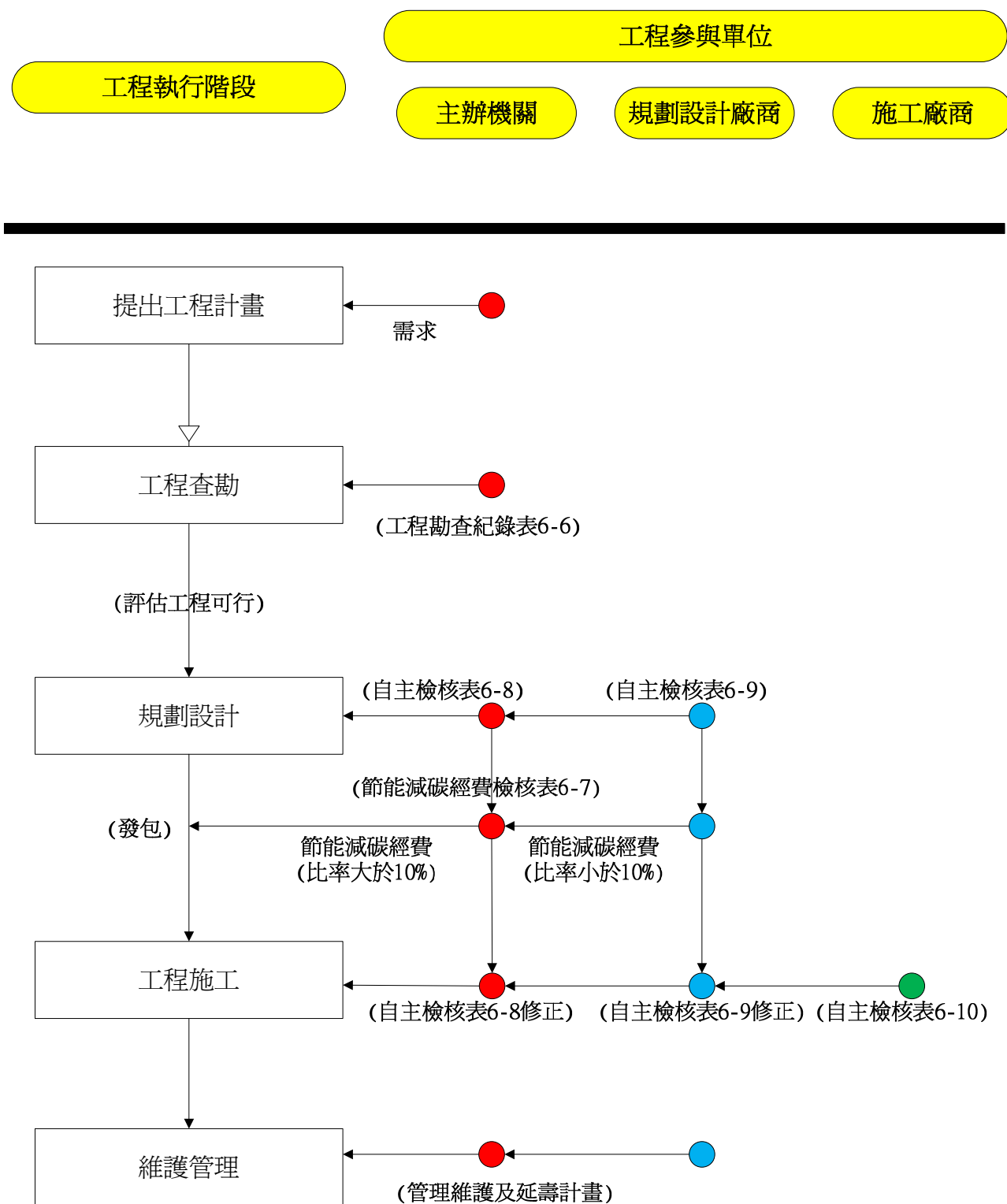


圖 6-2 林務局節能檢碳標準作業流程

第七章 結論與建議

本計畫參考「永續公共工程－節能減碳政策白皮書」內容，探討節能減碳仍存在且尚待克服中的六個問題，如「台灣二氧化碳排放量逐年上升」、「永續公共工程節能減碳評核體系尚未健全」、「新技術、新工法推動不易」、「公共工程常『重新建，輕維護營運』」、「公共設施延壽或重建評估機制亟待建立」及「缺乏公共工程「節能減碳」誘因或觀摩對象」等，期待落實制度面以推動節能減碳整體策略，提出加強行政院農業委員會林務局建立執行公共工程各階段的節能減碳效益評估方法，以達到公共工程建設永續利用及節能減碳效果為目標。其主要工作內容包括三項：(1)公共工程計畫落實節能減碳評估要項；(2)加強公共工程節能減碳評估要項之審議；以及(3)建立公共工程計畫研擬標準作業流程與評估要項檢核機制等。

本計畫根據林務局所屬組別及工作職掌，將業管工程依特性分為：「水土保持工程」、「道路橋梁工程」、「軌道工程」及「建築工程」等，配合各執行階段，不同類型的工程將工作內容分為四個項目，如(1)工程材料及工法其碳足跡排放資料收集；(2)公共工程計畫落實節能減碳評估要項；(3)加強公共工程節能減碳評估要項之審議；及(4)建立公共工程計畫研擬標準作業流程與評估要項檢核機制等，分別探討。

為落實制度面推動節能減碳整體策略，本團隊已提出加強農業委員會林務局建立新建公共工程各階段的節能減碳效益評估方法，在本文中透由工程材料及工法之碳足跡資料蒐集，掌握了解目前世界各國在碳排放之計算方法與估計資料庫。並針對在新建公共工程中，材料生產階段、材料運輸階段、施工階段等三階段之二氧化碳排放量，以工程特性區分為水土保持工程、道路與橋梁工程、軌道工程以及建築工程等四項，提出簡易的二氧化碳排放量計算方法。

另一方面，亦利用不同工程中評估要項之審議計算準則，以計算案例方式呈現，提供相關單位在碳排量計算上之參考使用。同時，利用林務局內部所提供之工項分析手冊中，常使用的基本資料庫為基礎，將所計算出之碳排量以表格呈現，亦可使各單位在工程碳排量計算上做為參考。表格中碳排放的計算上的差異主要係因不同材料及工法，所產生的碳排放量也有所不同，並且考量其運輸工具概算出其碳排放量。

前述之簡易查核表，已涵蓋林務局目前各單位相關工程主要工項，林務局可依據設計圖說內之工程數量計算表內容，推估出該工程之二氧化碳總排放量。對於設計或施工中之各階段，如涉及不同方案之選取、設計變更等，即可做為評估之依據。

另外，工程中林地常受到干擾，此舉將使長時間建立的森林，在短期內喪失吸存二氧化碳的功能，將使原固定的二氧化碳回流至大氣，大規模的森林破壞亦是造成森林二氧化碳釋放的重大原因，因此相關工程中可以採用植栽或綠化等工程手段，達到減碳及固碳之功能。

目前節能減碳政策之績效控管，以其工程費佔10%以上之比率，並以達到20%為目標，因此目前公共工程節能減碳評估要項之審議及檢核乃依節能減碳經費之比率為原則，林務局現行之節能減碳作法即以此為依歸，但僅以工程所佔經費為評估依據，以滿足節能減碳政策之績效控管比率，常易導致節能減碳部份工項有過量或不當設計之情形，此舉已與節能減碳精神相違背，因此本研究建議採用林務局主要工項之「碳排放指標量」，並將其納入檢核機制。另在工程進行時之不同階段（如「工程可行性評估階段」、「工程規劃設計階段」、「工程施工階段」以及「管理維護階段」），工程參與者（「主辦機關」、「設計監造廠商」及「施工廠商」）必須參與節能減碳之檢核工作，分別針對綠色環境、綠色工法及綠色材料等，以參與者其功能、角度與思維提出具體落實節能減碳之檢核與審議等工作。根據節能減碳執行

階段之具體作法，提出林務局節能減碳自主檢核表，以不同參與者之角色分別檢核在工程不同階段是否落實節能減碳，以「總排放量」、「替代方案比較」及「碳排放指標」等量化數據，據以降低工程中之過量或不當設計情形，以落實及符合節能減碳之精神。

本計畫之執行，已初步建立公共工程中各工項之碳排放量資料庫，但距離完全引用及評估，仍有部份數據尚待釐清，期望未來仍能投入研究經費，針對更詳細的工程項目，進行有關工程施作中所真實碳排放量的驗證工作，同時，更精確地建立本土化的公共工程碳排放量資料庫，提供給規劃單位來使用；亦考量未來在公共工程上，能夠將碳排放量限制值作為設計施工上之要求。

參考文獻

1. 中國文化大學日文系譯，日本環境廳企劃調整局編，「日本環境基本法之解說」，台北：文化大學出版部，1997。
2. 中華民國工程環境學會，「北二高關西—新竹段生態綠化植栽試驗研究計劃報告書」，台北：國道新建工程局，1990。
3. 王惠敏，「生態綠化及休息站服務區景觀美化考察」報告書，台北：國道高速公路局，1998。
4. 台大農村規畫與發展研究中心，「道路雨水域之生態系統規畫-動植物之新生活區」，田園城市出版社，1998。
5. 台灣環境管理協會，「推動台灣碳標籤制度專案工作計畫」服務建議書，行政院環境保護署，2010。
6. 永續公共工程委員會，「節能減碳政策白皮書」，2010。
7. 永續公共工程入口網 (<http://eem.pcc.gov.tw/>)。
8. 沈得憲、陳韶賜等，「綠營建工程方案-『道路工程建立綠營建工程設計規範及設計準則』、『推動綠營建工程評估審議制度及評估指標之研究』（共二冊）」，2001。
9. 邱銘源，「國道建設應用生態工法準則之研究」，台大園藝所碩士論文，2002。
10. 肖篤寧，「景觀生態學理論、方法及運用」，台北：地景出版社，1993。
11. 肖篤寧，「景觀生態學研究進展」，湖南：湖南科學技術出版社，1999。
12. 李怡慧，「生態工程應用於校園水域設施之研究」，台大土木所碩士論文，2001。
13. 林憲德，「城鄉生態」，詹式書局，1999。
14. 林獻川，「由景觀生態學觀點探討農業排水路設計之研究」，台大農工碩士論文，2000。
15. 吳宗憲，「生態教育園棲地規劃設計之研究」，台大園藝所碩士論文，2001。

16. 建信冷凍空調技師事務所，「臺中市衛生局空調設備汰舊新節能改善工程」服務建議書，2009。
17. 財團法人中華建築中心，「綠營建工程方案—道路工程建立綠營建工程設計規範及設計準則」，台北：行政院公共工程委員會，2001。
18. 財團法人中華建築中心，「綠營建工程方案—推動綠營建工程評估審議制度及評估指標之研究」，台北：行政院公共工程委員會，2001。
19. 黃書禮，「生態土地使用規劃」，台北：詹氏書局，2000。
20. 黃榮堯，「建立公共工程永續指標系統之研究」，行政院公共工程委員會，2008。
21. 黃榮堯等，「綠營建政策推動策略及藍圖之研究」，行政院公共工程委員會，2002。
22. 張啟德譯，Forman & Godron 著，「景觀生態學」，台北：田園城市出版社，1994。
23. 鄔建國，「景觀生態學—格局、過程、尺度與等級」，北京：高等教育出版社，2000。
24. 楊秋霖，「道路邊坡植生綠化規劃設計原則」九二一重建區崩塌地處理訓練講義，台北：公路局，2001。
25. 蔡厚男、邱銘源、呂慧穎，「道路建設與生態工法」，熊貓出版社，2003。
26. 蔡厚男，「道路建設與生態工法」，90 年度創造台灣城鄉新風貌示範計畫生態工法講習會，台北：內政部營建署，2001。
27. 劉若瑜，「以生態設計觀點評估都市基值之研究」，東海大學碩士論文，2000。
28. 劉獻奇譯，「應用生態學」，台北：科技圖書公司，1988。
29. 魏忠必、陳均姝，「節能減碳抗暖救地球」，2009。
30. <http://www.moeaboe.gov.tw/oil102/>，經濟部能源局網站。
31. http://www.dorts.gov.tw/MP_115001.html，台北市政府捷運工程局網站。

- 32.張又升，「建築物生命週期二氧化碳減量評估」，國立成功大學 建築研究所 博士論文，2002。
- 33.林憲德，台灣建材生產耗能與二氧化碳排放之解析，建築學報，第 40 期 PP1-15，2002。
- 34.楊育誠，「生態工程節能減碳之評估」，逢甲大學碩士論文，2009。
- 35.蕭江碧、林憲德，「建築裝修材料 CO₂ 排放量現況調查之研究」，92 年建研所協辦計畫，2003。
- 36.內政部建築研究所，「綠建築解說與評估手冊」，2007。

附錄 A 碳排放分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

1	工作項目：鑽探與取樣，土壤層，岩心 HQ=63.5mm，進尺費		單位：M		代碼：022181R0R1#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	特種技工	工	0.050	0	0	L00000R200002,#
	一般技工	工	0.050	0	0	L00000R100002,#
	鑽機	天	0.050	580.41	29.0205	E00000R100002,#
	鑽機，鑽頭損耗	式	1.000	0	0	E00000R110004,#
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004,#
	合計	M	1.000		40.6287	
	人工：	機具：	每 M 碳排計		40.6287	
	材料：	雜項：	(Kg-CO ₂)			
2	工作項目：鑽探與取樣，卵礫石層，岩心 HQ=63.5mm，進尺費		單位：M		代碼：022182R0R1#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	特種技工	工	0.150	0	0	L00000R200002,#
	一般技工	工	0.150	0	0	L00000R100002,#
	鑽機	天	0.150	580.41	87.0615	E00000R100002,#
	鑽機，鑽頭損耗	式	1.000	0	0	E00000R110004,#
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004,#
	合計	M	1.000		98.6697	
	人工：	機具：	每 M 碳排計		98.6697	
	材料：	雜項：	(Kg-CO ₂)			

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

3	工作項目：鑽探與取樣，軟岩層，岩心 HQ=63.5mm，進尺費		單位：M		代碼：022183R0R1#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	特種技工	工	0.090	0	0	L00000R200002,#
	一般技工	工	0.090	0	0	L00000R100002,#
	鑽機	天	0.090	580.41	52.2369	E00000R100002,#
	鑽機，鑽頭損耗	式	1.000	0	0	E00000R110004,#
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004,#
	合計	M	1.000		63.8451	
	人工：	機具：	每 M 碳排計		63.8451	
	材料：	雜項：	(Kg-CO ₂)			
4	工作項目：鑽探與取樣，硬岩層，岩心 HQ=63.5mm，進尺費		單位：M		代碼：022184R0R1#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	特種技工	工	0.120	0	0	L00000R200002,#
	一般技工	工	0.120	0	0	L00000R100002,#
	鑽機	天	0.120	580.41	69.6492	E00000R100002,#
	鑽機，鑽頭損耗	式	1.000	0	0	E00000R110004,#
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004,#
	合計	M	1.000		81.2574	
	人工：	機具：	每 M 碳排計		81.2574	
	材料：	雜項：	(Kg-CO ₂)			

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

5	工作項目：臨時擋土樁設施，鋼軌樁 37 kg/m，(L=6m，間距=50cm)		單位：M		計價代碼：0225526531	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	產品，臨時擋土樁設施，鋼軌樁 3737 kg/m，L=6m，租金	支	21.000	0	0	M02255260rD,#
	產品，金屬材料，鐵件，鐵釘，租金	M ²	30.000	0.04	1.2	M05060DS0R2,#
	臨時擋土樁設施，鋼軌樁 37 kg/m，運費	T	4.662	54.63	254.6851	02255260s5,#
	一般技工	工	0.500	0	0	L00000R100002,#
	普通工	工	1.000	0	0	L000006000002
	機具不分類	天	0.285	580.41	165.4169	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.7016	12.7016	W01271RR004,#
	合計	M	10.000		434.0035	
	計	M	1.000			
	註：1.以 10m 計價求得 1m 單價					
	人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		434.0035	
	材料：	雜項：				
6	工作項目：邊坡穩定監測工法，傾斜儀觀測管，安裝		單位：M		計價代碼：0229210021	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	產品，邊坡穩定監測工法，傾斜儀觀測管	M	1.000	依重量計算		M0229210001,使用 ABS 材質
	產品，邊坡穩定監測工法，傾斜管管蓋	個	0.050	依重量計算		M02292A0007,以 L=20m 計算數量
	水泥砂漿，1：3，連工帶料	M ³	0.500	257.27	128.63	406130103
	一般技工	工	0.010	0		L00000R100002,#
	半技工	工	0.010	0		L00000R000002,#
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
	合計	M	1.000			
	註：1.鑽孔費另計					
	人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		依重量計算	
	材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

7	工作項目：邊坡穩定監測工法，水位觀測井，安裝		單位：M		代碼：0229220021	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	產品，聚氣乙烯塑膠硬質管(B 管後管)，(標稱 50mm，厚 4.1mm)	M	1.000		依重量計算	M1510727001,管 底端 1.5m 鑽 3mm 小孔
	產品，邊坡穩定監測工法，水位觀測井保護蓋	個	0.050	依重量計算		M02292R0007,#， 以 L=20m 計算數 量
	選擇材料回填，透水材料，砂礫石，工地交貨， 1 ≤ 粒徑 ≤ 10mm	M3	0.196	3.16	0.61936	023191RTR3,#，
	一般技工	工	0.005	0	0	L00000R100002,#
	半技工	工	0.005	0	0	L00000R000002,#
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0.0632	0.0632	W01271RR004,#
	合計	M	10.000			
	註：1.鑽孔費另計					
	人工：	機具：	每 M ³ 碳排計 (Kg-CO ₂)		依重量計算	
	材料：	雜項：				
8	工作項目：土方工作，開挖，砂土礫石		單位：M ³		代碼：02300RR003#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	普通工	工	0.460	0	0	L000006000002
	機具不分類	天	0.460	580.41	266.9886	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004,#
	合計	M ³	100.000		278.5968	
	計	M ³	1.000		2.78	
	人工：	機具：	每 M ³ 碳排計 (Kg-CO ₂)		2.78	
	材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

9	工作項目：土方工作，開挖，軟岩		單位：M3		代碼：02300RS003#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	普通工	工	1.350	0	0	L000006000002
	機具不分類	天	1.350	580.41	783.5535	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004,#
	合計	M ³	100.000		795.1617	
	計	M ³	1.000		7.95	
	人工：	機具：	每 M3 碳排計		7.951617	
	材料：	雜項：	(Kg-CO ₂)			
10	工作項目：土方工作，開挖，硬岩		單位：M ³		代碼：02300RT003#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	普通工	工	2.250	0	0	L000006000002
	機具不分類	天	2.250	580.41	1305.923	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004,#
	合計	M ³	100.000		1317.531	
	計	M ³	1.000		13.17	
	人工：	機具：	每 M3 碳排計		13.175307	
	材料：	雜項：	(Kg-CO ₂)			

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

11	工作項目：土方工作，回填，原材料回填		單位：M ³		代碼：02300SU003#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	普通工	工	1.000	0	0	L000006000002
	機具不分類	天	0.100	580.41	58.041	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004,#
	合計	M3	100.000		69.6492	
	計	M3	1.000		0.696492	
	人工：	機具：	每 M3 碳排計		0.696492	
	材料：	雜項：	(Kg-CO ₂)			
12	工作項目：土方工作，餘方處理		單位：M3		代碼：02300T0003#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	一般技工	工	1.000	0	0	L00000R100002,#
	機具不分類	天	0.200	580.41	116.082	E000001000002
	土方工作，土石方運費	M3	100.000	105.61	10561	230010003
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	13.7204	13.7204	W01271RR004,#
	合計	M3	100.000		10690.8	
	計	M3	1.000		10.6908	
	人工：	機具：	每 M3 碳排計		10.6908024	
	材料：	雜項：	(Kg-CO ₂)			

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

13	工作項目：借土		單位：M3		代碼：0232200003	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	借土，借土方價購	M3	100.000	3.57	357	232200033
	機具不分類	天	0.100	580.41	58.041	E000001000002
	土方工作，土石方運費	M3	100.000	105.61	10561	230010003
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	13.7918	13.7918	W01271RR004,#
	合計	M3	100.000		10989.833	
	計	M3	1.000		10.989833	
	註：1.以 100m3 計價求得 1m3 單價					
	人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		10.9898328	
	材料：	雜項：				
14	工作項目：鑽孔及灌漿，鑽孔(不取岩心)，進尺費，鑽孔孔徑		單位：M		代碼：0234420RR1#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	特種技工	工	0.020	0	0	L00000R200002,#
	一般技工	工	0.025	0	0	L00000R100002,#
	鑽堡	天	0.030	580.41	17.4123	E00000RR00002,#
	鑽堡，鑽頭損耗	式	1.000	0	0	E00000RR00004,#
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004,#
	合計	M3	1.000		29.0205	
	人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		29.0205	
	材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

15	工作項目：生態護坡，打樁編柵，木樁 D=3~5cm		單位：M		代碼：0237120R01#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	產品，木樁，木樁 D=3~5cm，L=90cm	支	2.000	0.02	0.04	M024610RR0A,#
	產品，菱形塑膠網	M2	0.300	25.8	7.74	M06050R0002,#
	產品，土工織物，土木工程用非織物	M2	0.500	3	1.5	M0234210002
	產品，金屬材料，鐵線，(#8，D=4.191mm)	kg	0.490	0.92	0.4508	M0506020K09
	半技工	工	0.060	0	0	L00000R000002,#
	普通工	工	0.028	0	0	L000006000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0.5948	0.5948	W01271RR004,#
	合計	M3	1.000		10.3256	
	註：1.配合基本圖 05-06-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製					
	人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		10.3256	
	材料：	雜項：				
16	工作項目：型框植生護坡，厚 5cm，坡面整理		單位：M2		代碼：0237272202	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	產品，金屬材料，鐵絲網，鍍鋅，網目 5*5*2.5cm	M2	1.000	依重量計算		M0506031X02,#
	鋼筋，安裝打設或鑽孔	處	1.780	依耗能計算		03210000SR,#
	鋼筋，連工帶料	kg	3.730	0.92	3.4316	321000079
	噴植法植生護坡，厚 5cm，坡面整理	M2	0.600	0	0	02372B2202
	產品，卜特蘭水泥，袋裝，工地交貨	包	1.080	22.25	24.03	M030520140A
	產品，粒料，細粒料，工地交貨	M3	0.114	3.06	0.34884	M0305022033
	一般技工	工	0.040	0	0	L00000R100002,#
	半技工	工	0.040	0	0	L00000R000002,#
	機具不分類	天	0.018	580.41	10.44738	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	16.133	16.133	W01271RR004,#
	合計	M2	1.000			
	註：1.配合基本圖 05-03-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製、2.水泥與細料數量依 1：3 水泥砂漿材料配比計算					
	人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		54.04	
	材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

17	工作項目：噴植法植生護坡，厚 5cm，坡面整理		單位：M2		代碼：02372B2202	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	產品，植草，草種噴植，高分子黏著劑與聚合物	kg	0.045	0	0	M0292010R09,#
	產品，植草，草種噴植，保水基材	M3	0.060	0	0	M0292010S03,#
	產品，植草，草種噴植，長效肥與複合肥	kg	0.100	0	0	M0292010T09,#
	產品，植草，草種噴植，土壤改良劑與海藻膠質	kg	0.060	0	0	M0292010U09,#
	產品，植草，草種噴植，土壤風化苔蘚孢子、草本種子與樹本種子	kg	0.040	0	0	M0292010V09,#
	一般技工	工	0.020	0	0	L000000R100002,#
	半技工	工	0.020	0	0	L000000R000002,#
	機具不分類	天	0.001	580.41	0.58041	E0000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004,#
	合計	M2	1.000		12.18861	
	註：1.配合基本圖 05-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製					
	人工： 機具：		每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		12.18861	
	材料： 雜項：					

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

18	工作項目：噴漿縱溝，厚度 20cm		單位：M		代碼：02372RR001#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	產品，金屬材料，鐵絲網，鍍鋅，網目 5*5*2.5cm	M2	4.100	依重量計算		M0506031X02,#
	鋼筋，安裝打設或鑽孔	處	4.000	依耗能計算		03210000SR,#
	鋼筋，連工帶料	kg	7.730	0.92	7.1116	321000079
	產品，卜特蘭水泥，袋裝，工地交貨	包	3.960	22.25	88.11	M030520140A
	產品，粒料，細粒料，工地交貨	M3	0.418	3.06	1.27908	M0305022033
	一般技工	工	0.050	0	0	L00000R100002,#
	半技工	工	0.130	0	0	L00000R000002,#
	機具不分類	天	0.040	580.41	23.2164	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	5.92	5.92	W01271RR004,#
	合計	M	1.000			
註：1.配合基本圖 06-12-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製						
2.水泥與細料數量依 1：3 水泥砂漿材料配比計算						
人工：		機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		125.64	
材料：		雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

19	工作項目：噴漿橫溝，厚度 15cm		單位：M		代碼：02372SS001#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	產品，金屬材料，鐵絲網，鍍鋅，網目 5*5*2.5cm	M ²	2.600	依重量計算		M0506031X02,#
	鋼筋，安裝打設或鑽孔	處	2.000	依耗能計算		03210000SR,#
	鋼筋，連工帶料	kg	4.420	0.92	4.0664	321000079
	產品，卜特蘭水泥，袋裝，工地交貨	包	1.800	22.25	40.05	M030520140A
	產品，粒料，細粒料，工地交貨	M ³	0.190	3.06	0.5814	M0305022033
	一般技工	工	0.030	0	0	L00000R100002,#
	半技工	工	0.080	0	0	L00000R000002,#
	機具不分類	天	0.030	580.41	17.4123	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	3.106	3.106	W01271RR004,#
	合計	M	1.000			
註：1.配合基本圖 06-12-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製						
2.水泥與細料數量依 1：3 水泥砂漿材料配比計算						
人工：	機具：	每 M 碳排計		65.21		
材料：	雜項：	(Kg-CO ₂)				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

20	工作項目：噴漿跌水池，厚度 20cm		單位：座		代碼：02372TR00R#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	產品，金屬材料，鐵絲網，鍍鋅，網目 5*5*2.5cm	M ²	4.400	依重量計算		M0506031X02,#
	鋼筋，安裝打設或鑽孔	處	6.000	依耗能計算		03210000SR,#
	鋼筋，連工帶料	kg	13.000	0.92	11.96	321000079
	產品，卜特蘭水泥，袋裝，工地交貨	包	3.960	22.25	88.11	M030520140A
	產品，粒料，細粒料，工地交貨	M3	0.418	3.06	1.27908	M0305022033
	一般技工	工	0.050	0	0	L00000R100002,#
	半技工	工	0.130	0	0	L00000R000002,#
	機具不分類	天	0.040	580.41	23.2164	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	6.23	6.23	W01271RR004,#
	合計	座	1.000			
	註：1.配合基本圖 06-13-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製					
	2.水泥與細料數量依 1：3 水泥砂漿材料配比計算					
	人工：					

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

22	工作項目：蛇籠，橢圓 40cm*67cm 施工費(網材另計)，塊石(長徑 22~35cm 佔 80%)，乙種，石料現場採集		單位：M		代碼：02373RR2R1#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	石材，塊石，現場採集	M3	0.230	19.73394	4.538806	0441020023,#
	一般技工	工	0.018	0	0	L00000R100002,#
	普通工	工	0.045	0	0	L000006000002
	機具不分類	天	0.021	580.41	12.18861	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.00288	12.00288	W01271RR004,#
	合計	M	1.000		28.7303	
	註：1.配合基本圖 01-10-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製					
	2.參考水保局編修					
	人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		28.730295	
	材料：	雜項：				
23	工作項目：蛇籠，橢圓 60cm*100cm 施工費(網材另計)，塊石(長徑 22~35cm 佔 80%)，甲種，石料現場採集		單位：M		代碼：02373SR1R1#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	石材，塊石，現場採集	M3	0.520	19.73394	10.26165	0441020023,#
	一般技工	工	0.017	0	0	L00000R100002,#
	普通工	工	0.047	0	0	L000006000002
	機具不分類	天	0.028	580.41	16.25148	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.00288	12.00288	W01271RR004,#
	合計	M	1.000		38.51601	
	註：1.配合基本圖 01-10-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製					
	2.參考水保局編修					
	人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		38.5160076	
	材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

24	工作項目：箱型石籠，1.0m*1.0m 施工費(網材另計)，塊石 (長徑 22~35cm 佔 80%)，石料現場採集		單位：M		代碼：02374RRT01#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	石材，塊石，現場採集	M3	1.000	19.73394	19.73394	0441020023,#
	產品，金屬材料，鐵線，鍍鋅	kg	0.600	0.92	0.552	M0506021009
	一般技工	工	0.042	0	0	L00000R100002,#
	普通工	工	0.044	0	0	L000006000002
	機具不分類	天	0.024	580.41	13.92984	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.02128	12.02128	W01271RR004,#
	合計	M	1.000		46.23706	
	註：1.配合基本圖 01-09-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製					
	2.參考水保局編修					
	人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		46.2370588	
	材料：	雜項：				
25	工作項目：箱型石籠，土石籠		單位：組		代碼：02374S0008#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	產品，箱型石籠，箱型石籠 1.0m*1.0m*1.0m，網目 8*10cm	M ²	5.250	0	0	M02374T0002,#
	產品，箱型石籠，土石籠袋(1.05m*1.05m*1.1m)	個	1.000	0	0	M02374U0007,#
	產品，金屬材料，鐵線，鍍鋅	kg	0.500	0.92	0.46	M0506021009
	一般技工	工	0.030	0	0	L00000R100002,#
	箱型石籠，土石籠，機器回填土石及壓實	式	1.000	0	0	02374S00R4,#
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0.0184	0.0184	W01271RR004,#
	合計	組	1.000		0.4784	
	註：1.配合基本圖 01-08-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製					
	人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		0.4784	
	材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

26	工作項目：邊坡穩定水平排水管，透水管，高密度聚乙烯(HDPE)管(有孔)，管徑=75mm，L=30m		單位：支		代碼：0237753RPA#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	鑽孔及灌漿，鑽孔(不取岩心)，進尺費，鑽孔孔徑100~220mm	M	30.000	依耗能計算		0234420RR1,#
	產品，邊坡穩定水平排水管，透水管，高密度聚乙烯(HDPE)管(有孔)，管徑=75mm	M	30.000	依重量計算		M0237753R01,#
	產品，邊坡穩定水平排水管，透水管平接頭	個	5.000	依重量計算		M02377S0007,#
	鑽孔及灌漿，鑽孔(不取岩心)，移孔搭架與機電動力費	M	30.000	依耗能計算		02344200S1,#
	一般技工	工	0.060	0		L00000R100002,#
	半技工	工	0.055	0		L00000R000002,#
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
	合計	支	1.000			
註：1.配合基本圖 01-13-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編製						
2.本單價分析表以透水管 L=30m 編製，請依設計長度調整編製						
人工：		機具：	每支碳排計 (Kg-CO ₂)		依耗能計算	
材料：		雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

27	工作項目：岩栓，自鑽式岩栓，錨桿直徑=30mm，L=6m		單位：支		代碼：0237840CBA	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	鑽孔及灌漿，鑽孔(不取岩心)，自鑽式岩栓進尺費	M	6.000	依耗能計算		02344200T1,#
	產品，岩栓，自鑽式岩栓，錨桿直徑=30mm，L=6m	M	6.000	依重量計算		M0237840CB1
	產品，鑽頭(D=46mm)	個	1.000	依重量計算		M02378R0007,#
	產品，承壓板(150*150*12mm)	個	1.000	依重量計算		M02378S0007,#
	產品，金屬接合，(機械性接合，結構性)，續接器	個	1.000	依重量計算		M0509011007
	產品，金屬接合，(機械性接合，結構性)，螺帽	個	1.000	依重量計算		M050901B007
	水泥砂漿，1:1，連工帶料	M3	0.012			0406110103
	特種技工	工	0.100	0		L00000R200002,#
	半技工	工	0.110	0		L00000R000002,#
	機具不分類	天	0.002	580.41	1.16082	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
	合計	支	1.000		依耗能計算	
註：1..配合基本圖 05-12-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制						
2.本單價分析表以透水管 L=6m 編製，請依設計長度調整編製						
人工：		機具：	每支碳排計 (Kg-CO ₂)		依耗能計算	
材料：		雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

28	工作項目：拋石，大塊石(長徑 41~80cm 佔 80%)，石料現場採集		單位：M3		代碼：02381RR0R3#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	石材，大塊石，現場採集	M3	1.000	20.31	20.31	0441030023,#
	一般技工	工	0.017	0	0	L00000R100002,#
	機具不分類	天	0.033	580.41	19.15353	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.0144	12.0144	W01271RR004,#
	合計	M3	1.000		51.47793	
	註： 1.參考水保局編修					
	人工： 材料：		機具： 雜項：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		51.47793
29	工作項目：拋石，巨石(長徑 81~120cm 佔 80%)，石料現場採集		單位：M3		代碼：02381SS0R3#	
	工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
	石材，巨石，現場採集	M3	1.000	26.12	26.12	0441040023,#
	一般技工	工	0.010	0	0	L00000R100002,#
	機具不分類	天	0.031	580.41	17.99271	E000001000002
	零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.1306	12.1306	W01271RR004,#
	合計	M3	1.000		56.24331	
	註： 1.參考水保局編修					
	人工： 材料：		機具： 雜項：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		56.24331

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

30	工作項目：混凝土錨塊，重 10t，三腳空心鼎形塊，含製作及吊放	單位：塊		代碼：02384BR10A#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M ³	4.409	437.65	1929.60	03310250Z3
鋼筋，連工帶料	T	0.019	945.62	17.97	0321000075
場鑄結構混凝土用模板，鋼模(使用 30 次)	M2	21.390	5.5	117.64	03110V0002,#
混凝土錨塊，重 10t，運搬	塊	1.000	212.6	212.6	02384B040A
混凝土錨塊，重 10t，吊放	塊	1.000	212.6	212.6	02384B050A
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	36.2794	2526.70	W01271RR004,#
合計	塊	1.000		2526.70	
註：1.配合基本圖 09-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
人工：	機具：	每塊碳排計 (Kg-CO ₂)		2526.70	
材料：	雜項：				
31	工作項目：混凝土錨塊，重 10t，協克塊，含製作及吊放	單位：塊		代碼：02381SS0R3#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	4.353	437.65	1905.09045	03310250Z3
場鑄結構混凝土用模板，鋼模(使用 30 次)	M2	18.090	5.5	99.50	03110V0002,#
混凝土錨塊，重 10t，運搬	塊	1.000	212.6	212.6	02384B040A
混凝土錨塊，重 10t，吊放	塊	1.000	212.6	212.6	02384B050A
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	17.367	17.367	W01271RR004,#
合計	塊	1.000		2447.15	
註： 1.配合基本圖 09-02-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
人工：	機具：	每塊碳排計 (Kg-CO ₂)		2447.15	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

32	工作項目：混凝土錨塊，重 15t，三腳空心鼎形塊，含製作及吊放	單位：塊		代碼：02384DR10A#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	6.519	437.65	2853.04	03310250Z3
鋼筋，連工帶料	T	0.021	945.62	19.86	0321000075
場鑄結構混凝土用模板，鋼模(使用 30 次)	M2	27.760	5.5	152.68	03110V0002,#
混凝土錨塊，重 15t，運搬	塊	1.000	318.9	318.9	02384D040A
混凝土錨塊，重 15t，吊放	塊	1.000	318.9	318.9	02384D050A
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	40.5314	3703.91	W01271RR004,#
合計	塊	1.000		3703.91	
註：1.配合基本圖 09-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
人工：	機具：	每塊碳排計 (Kg-CO ₂)		3703.91	
材料：	雜項：				
33	工作項目：混凝土錨塊，重 15t，協克塊，含製作及吊放	單位：塊		代碼：02384DS10A#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	6.516	437.65	2851.727	03310250Z3
場鑄結構混凝土用模板，鋼模(使用 30 次)	M2	23.671	5.5	130.19	03110V0002,#
混凝土錨塊，重 15t，運搬	塊	1.000	318.9	318.9	02384D040A
混凝土錨塊，重 15t，吊放	塊	1.000	318.9	318.9	02384D050A
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	21.619	21.619	W01271RR004,#
合計	塊	1.000		3641.337	
註：1.配合基本圖 09-02-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
人工：	機具：	每塊碳排計 (Kg-CO ₂)		3641.34	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

34	工作項目：混凝土錨塊，重 20t，三腳空心鼎形塊，含製作及吊放	單位：塊		代碼：02384ER10A#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	8.677	437.65	3797.489	03310250Z3
鋼筋，連工帶料	T	0.023	945.62	21.75	0321000075
場鑄結構混凝土用模板，鋼模(使用 30 次)	M2	33.591	5.5	184.75	03110V0002,#
混凝土錨塊，重 20t，運搬	塊	1.000	425.2	425.2	02384E040A
混凝土錨塊，重 20t，吊放	塊	1.000	425.2	425.2	02384E050A
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	8.504	8.504	W01271RR004,#
合計	塊	1.000		4862.89	
註：1.配合基本圖 09-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
人工：	機具：	每塊碳排計 (Kg-CO ₂)		4862.89	
材料：	雜項：				
35	工作項目：砌排石工，乾砌石，卵石(長徑 15cm 以下佔 80%)，石料現場採集	單位：M2		代碼：023861R1T2#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
石材，卵石，現場採集	M3	0.150	19.15	2.8725	0441010023,#
一般技工	工	0.025	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.040	0	0	L000006000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0.383	0.383	W01271RR004,#
合計	M2	1.000		3.2555	
註：1.配合基本圖 04-09-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.參考水保局編修					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		3.2555	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

36	工作項目：砌排石工，乾砌石，卵石(長徑 15~40cm 佔 80%)， 石料現場採集	單位：M2		代碼：023861S1T2#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
石材，塊石，現場採集	M3	0.275	19.73	5.42575	0441020023,#
一般技工	工	0.016	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.025	0	0	L000006000002
機具不分類	天	0.010	580.41	5.8041	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.0028	12.0028	W01271RR004,#
合計	M2	1.000		23.23265	
註：1.配合基本圖 04-09-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設 計圖編制					
2.參考水保局編制					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		23.23265	
材料：	雜項：				
37	工作項目：砌排石工，乾砌石，塊石(長徑 41~80cm 佔 80%)， 石料現場採集	單位：M2		代碼：023861T1T2#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
石材，大塊石，現場採集	M3	0.600	20.31	12.186	0441030023,#
一般技工	工	0.020	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.040	0	0	L000006000002
機具不分類	天	0.015	580.41	8.706	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.0144	12.0144	W01271RR004,#
合計	M2	1.000		32.90655	
註：1.配合基本圖 04-09-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設 計圖編制					
2.參考水保局編修					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		32.90655	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

38	工作項目：砌排石工，乾砌石，巨石(長徑 81~120cm 佔 80%)，石料現場採集	單位：M2		代碼：023861U1T2#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
石材，巨石，現場採集	M3	1.000	26.12	26.12	0441040023,#
一般技工	工	0.025	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.040	0	0	L000006000002
機具不分類	天	0.020	580.41	11.608	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.1306	12.1306	W01271RR004,#
合計	M2	1.000		49.8588	
註：1.配合基本圖 04-09-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局編制					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		49.8588	
材料：	雜項：				
39	工作項目：砌排石工，混凝土砌石，卵石(長徑 15cm 以下 佔 80%)，混凝土強度 210kgf/cm ² ，1:3 水泥砂漿勾縫，石料現場採集	單位：M2		代碼：023863R2T2#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
石材，卵石，現場採集	M3	0.150	19.15	2.8725	0441010023,#
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	0.070	437.65	30.635	03310250Z3
水泥砂漿，1:3，連工帶料	M3	0.030	253.68	7.610	0406130103
場鑄結構混凝土用模板，免拆	M2	1.100	0.24	0.264	0311060002
一般技工	工	0.032	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.052	0	0	L000006000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0.827	0.827	W01271RR004,#
合計	M2	1.000		42.2085	
註：1.配合基本圖 04-08-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局編修					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		42.21	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

40	工作項目：砌排石工，混凝土砌石，塊石(長徑 15cm~40cm 佔 80%)，混凝土強度 210kgf/cm ² ，石料現場採集	單位：M2		代碼：023863S2T2#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
石材，塊石，現場採集	M3	0.275	19.73	5.42575	0441020023,#
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	0.130	437.65	62.32025	03310250Z3
場鑄結構混凝土用模板，免拆	M2	1.100	0.24	62.58425	0311060002
一般技工	工	0.032	0	62.58425	L00000R100002,#
普通工	工	0.062	0	62.58425	L000006000002
機具不分類	天	0.010	580.41	68.38835	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	20.7606	89.14895	W01271RR004,#
合計	M2	1.000		89.14895	
註：1.配合基本圖 04-08-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局編制					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		89.14895	
材料：	雜項：				
41	工作項目：砌排石工，混凝土砌石，大塊石(長徑 41cm~80cm 佔 80%)，混凝土強度 210kgf/cm ² ，石料現場採集	單位：M2		代碼： 023863T2T2#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
石材，大塊石，現場採集	M3	0.600	20.31	12.186	0441030023,#
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	0.256	437.65	112.0384	03310250Z3
場鑄結構混凝土用模板，免拆	M2	1.100	0.24	0.264	0311060002
一般技工	工	0.020	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.040	0	0	L000006000002
機具不分類	天	0.020	580.41	11.6082	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	2.7219	2.7219	W01271RR004,#
合計	M2	1.000		138.8185	
註：1.配合基本圖 04-08-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局編修					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		138.8185	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

42	工作項目：砌排石工，混凝土砌石，巨石(長徑 81cm~120cm 佔 80%)，混凝土強度 210kgf/cm ² ，石料現場採集	單位：M2		代碼： 023863U2T2#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
石材，巨石，現場採集	M3	1.000	26.12	26.12	0441040023,#
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	0.445	437.65	194.75	03310250Z3
場鑄結構混凝土用模板，免拆	M2	1.100	0.24	0.264	0311060002
一般技工	工	0.030	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.050	0	0	L000006000002
機具不分類	天	0.021	580.41	12.189	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	4.67	4.67	W01271RR004,#
合計	M2	1.000			
註：1.配合基本圖 04-08-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局編制					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		238.00	
材料：	雜項：				
43	工作項目：預力混凝土基樁，D=500mm，T=90mm，B 種	單位：M		代碼： 0245752001	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
基樁，機電設備與動力費	式	1.000	依耗能計算		02451S0004,#
預力混凝土基樁，植樁吊掛與調整	式	1.000	依耗能計算		02457000R4,#
產品，預力混凝土基樁，D=500mm，T=90mm，B 種，工地交貨	M	1.000	34.4	34.4	M02457520S1,#
水泥砂漿，含灌漿費	M	1.000	2.54	2.54	0406100501
鋼筋，連工帶料	kg	5.412	0.92	4.97904	0321000079
特種技工	工	0.050	0	0	L00000R200002,#
半技工	工	0.050	0	0	L00000R000002,#
鑽掘機	天	0.040	580.41	23.2164	E00000R200002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
合計	M	1.000			
註：1.挖方、填方及餘方處理另計、空鑽費另計					
人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		依耗能計算	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

44	工作項目：人工挖掘式基樁，D=150cm	單位：M		代碼： 0246750001#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	2.270	437.65	993.4655	03310250Z3
鋼筋，連工帶料	T	0.276	945.62	260.99	0321000075
鋼筋，點焊與吊放	T	0.276	依耗能計算		03210S0005,#
基樁，特密管灌漿設施與作業費	M	1.000	依耗能計算		02451R0001,#
基樁，超音波檢測 PVC 管設置費	M	4.000	依耗能計算		02451U0001,#
基樁，樁頂混凝土打除與整理	式	1.000	依耗能計算		02451V0004,#
特種技工	工	1.400	0	0	L00000R200002,#
半技工	工	1.400	0	0	L00000R000002,#
挖掘機具	天	0.750	248.8	186.6	E00000SS00002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
合計	M	1.000			
註：1.配合基本圖 08-15-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.挖方、填方及餘方處理另計					
3.檢測費另計					
人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		依耗能計算	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

45	工作項目：人工挖掘式基樁，D=150cm，鋼襯板工	單位：M		代碼： 0246750101#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，金屬製品，鋼襯板，工地交貨	片	8.000	依重量計算		M05500tT00R,#
產品，金屬接合，(機械性接合，結構性)，螺栓	組	56.000	依重量計算		M0509012008
金屬製品，鋼襯板，工地小搬運與吊掛	片	8.000	依重量計算		05500tS00R,#
特種技工	工	0.200	0	0	L00000R200002,#
半技工	工	0.200	0	0	L00000R000002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
合計	M	1.000			
註：1.配合基本圖 08-15-02 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		依重量計算	
材料：	雜項：				
46	工作項目：人工挖掘式基樁，D=150cm，洞口補強工	單位：孔		代碼： 024675020B#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	5.800	437.65	2538.37	03310250Z3
鋼筋，連工帶料	T	0.163	945.62	154.14	0321000075
產品，臨時擋土樁設施，鋼軌樁 37kg/m	M3	16.000	34.15	546.40	M0225520001
特種技工	工	0.500	0	0	L00000R200002,#
半技工	工	0.500	0	0	L00000R000002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	64.78	64.78	W01271RR004,#
合計	孔	1.000		3368.46	
註：1.配合基本圖 08-15-03 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.挖方、填方及餘方處理另計					
人工：	機具：	每孔碳排計 (Kg-CO ₂)		3268.46	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

47	工作項目：全套管式鑽掘混凝土基樁，D=1000mm，(鑽掘，未含空鑽)		單位：M		代碼： 0246970201	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實		M3	1.130	437.65	494.545	03310250Z3
鋼筋，連工帶料		T	0.163	945.62	154.136	0321000075
鋼筋，點焊與吊放		T	0.163	依耗能計算		03210S0005,#
金屬製品，鋼管，打拔		M	1.000	依重量計算		055002R001,#
基樁，特密管灌漿設施與作業費		M	1.000	依耗能計算		02451R0001,#
基樁，機電設備與動力費		式	1.000	依耗能計算		02451S0004,#
基樁，超音波檢測 PVC 管設置費		M	4.000	依耗能計算		02451U0001,#
基樁，樁頂混凝土打除與整理		式	1.000	依耗能計算		02451V0004,#
特種技工		工	0.200	0	0	L00000R200002,#
半技工		工	0.200	0	0	L00000R000002,#
鑽掘機		天	0.060	580.41	34.8246	E00000R200002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000			W01271RR004,#
合計		M	1.000			
註：1.配合基本圖 08-14-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制						
2.挖方、填方及餘方處理另計						
3.檢測費及空鑽費另計						
人工： 材料：			機具： 雜項：		每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)	
					依耗能計算	

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

48	工作項目；預力地錨，70T 預力地錨(設計拉力 55T)， L=50m，錨錠段=10m	單位：支		代碼：024920rWRR#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
鑽孔及灌漿，鑽孔(不取岩心)，進尺費，鑽孔孔徑 100~200mm	M	50.000	依耗能計算		0234420RR1,#
預力地錨，預力地錨鑽孔，清孔及洗孔	M	50.000	依耗能計算		02492D0011
預力地錨，移孔搭架拆架工作費	M	50.000	0	0	0249260001
預力地錨，給水及用電設備費	M	50.000	依耗能計算		0249270001
產品，預力地錨，70T 預力地錨(設計拉力 55T)，PC 鋼絞線	M	50.000	依重量計算		M024920rR01,#
產品，預力地錨，70T 預力地錨(設計拉力 55T)，合 金鋼管與壓裂	組	1.000	依重量計算		M024920rS08,#
產品，預力地錨，70T 預力地錨(設計拉力 55T)，地 錨螺帽	個	1.000	依重量計算		M024920rT07,#
產品，預力地錨，70T 預力地錨(設計拉力 55T)，地 錨承壓版	個	1.000	依重量計算		M024920rU07,#
產品，預力地錨，70T 預力地錨(設計拉力 55T)，地 錨頂蓋	個	1.000	依重量計算		M024920rV07,#
產品，金屬材料，鐵件，灌漿錨筋用五金材料	式	1.000	依重量計算		M05060D2004
金屬材料，鋼料，含焊接及熱浸鍍鋅	KG	19.390	0.93	18.0327	0506063009
預力地錨，自由端防蝕與覆 HDPE	M	40.000	依耗能計算		02492R0001,#
預力地錨，施預力作業費	支	1.000	0	0	02492S000R,#
預力地錨，水泥灌漿料與作業費	M	50.000	0	0	02492T0001,#
特種技工	工	1.200	0	0	L00000R200002,#
半技工	工	1.200	0	0	L00000R000002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
合計	支	1.000			
註：1.配合基本圖 05-11-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設 計圖編制、2.檢驗費另計、3.本單價分析表以地錨 L=50m 編制，請依設 計長度調整編制					
人工：	機具：	每支碳排計 (Kg-CO ₂)		依耗能計算	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

49	工作項目；預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)， L=50m，錨錠段=10m	單位：支		代碼： 024920sWRR#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
鑽孔及灌漿，鑽孔(不取岩心)，進尺費，鑽孔孔徑 100~220mm	M	50.000	依耗能計算		0234420RR1,#
預力地錨，預力地錨鑽孔，清孔及洗孔	M	50.000	依耗能計算		02492D0011
預力地錨，移孔搭架拆架工作費	M	50.000	0	0	0249260001
預力地錨，給水及用電設備費	M	50.000	依耗能計算		0249270001
產品，預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)， PC 鋼絞線	M	50.000	依重量計算		M024920sR01,#
產品，預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)， 合金鋼管與壓裂	組	1.000	依重量計算		M024920sS08,#
產品，預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)， 地錨螺帽	個	1.000	依重量計算		M024920sT07,#
產品，預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)， 地錨承壓板	個	1.000	依重量計算		M024920sU07,#
產品，預力地錨，100T 預力地錨(設計拉力 75T)， 地錨頂蓋	個	1.000	依重量計算		M024920sV07,#
產品，金屬材料，鐵件，灌漿錨筋用五金材料	式	1.000	依重量計算		M05060D2004
金屬材料，鋼料，含焊接及熱浸鍍鋅	KG	22.360	0.93	20.7948	0506063009
預力地錨，自由端防蝕與覆 HDPE	M	40.000	依耗能計算		02492R0001,#
預力地錨，施預力作業費	支	1.000	0	0	02492S000R,#
預力地錨，水泥灌漿料與作業費	M	50.000	0	0	02492T0001,#
特種技工	工	1.200	0	0	L00000R200002,#
半技工	工	1.200	0	0	L00000R000002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
合計	支	1.000			
註：1.配合基本圖 05-11-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.檢驗費另計					
3.本單價分析表以地錨 L=50m 編制，請依設計長度調整編制					
人工：	機具：	每支碳排計 (Kg-CO ₂)		依耗能計算	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

50	工作項目；預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)， L=50m，錨錠段=10m	單位：支		代碼： 024920tWRR#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
鑽孔及灌漿，鑽孔(不取岩心)，進尺費，鑽孔孔徑 100~220mm	M	50.000	依耗能計算		0234420RR1,#
預力地錨，預力地錨鑽孔，清孔及洗孔	M	50.000	依耗能計算		02492D0011
預力地錨，移孔搭架拆架工作費	M	50.000	0	0	0249260001
預力地錨，給水及用電設備費	M	50.000	依耗能計算		0249270001
產品，預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)， PC 鋼絞線	M	50.000	依重量計算		M024920tR01,#
產品，預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)， 合金鋼管與壓裂	組	1.000	依重量計算		M024920tS08,#
產品，預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)， 地錨螺帽	個	1.000	依重量計算		M024920tT07,#
產品，預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)， 地錨承壓板	個	1.000	依重量計算		M024920tU07,#
產品，預力地錨，130T 預力地錨(設計拉力 100T)， 地錨頂蓋	個	1.000	依重量計算		M024920tV07,#
產品，金屬材料，鐵件，灌漿錨筋用五金材料	式	1.000	依重量計算		M05060D2004
金屬材料，鋼料，含焊接及熱浸鍍鋅	kg	31.140	0.93	28.9602	0506063009
預力地錨，自由端防蝕與覆 HDPE	M	40.000	依耗能計算		02492R0001,#
預力地錨，施預力作業費	支	1.000	0	0	02492S000R,#
預力地錨，水泥灌漿料與作業費	M	50.000	0	0	02492T0001,#
特種技工	工	1.200	0	0	L00000R200002,#
半技工	工	1.200	0	0	L00000R000002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
合計	支	1.000			
註：1.配合基本圖 05-11-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.檢驗費另計、3.本單價分析表以地錨 L=50m 編制，請依設計長度調整編制					
人工：	機具：	每支碳排計 (Kg-CO ₂)		依耗能計算	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

51	工作項目：排水管溝，橫向截水溝，H=60cm，W=30cm	單位：M		代碼： 02601R3201#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
場鑄結構混凝土用模板，普通模板(使用 5 次)	M2	2.800	0.38	1.064	03110R0002,#
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	0.012	437.65	5.2518	03310250Z3
結構用混凝土，預拌，140kgf/cm ² ，含澆置及搗實	M3	0.090	410.67	36.9603	03310230Z3
鋼筋，連工帶料	T	0.037	945.62	34.98794	0321000075
瀝青混凝土鋪面，密級配，厚 5cm，鋪築及滾壓	M2	1.000	29.48465	29.48465	02742RD0A2,#
瀝青透層，中凝油溶瀝青，MC-70	M2	1.000	2.11719	2.11719	0274512002
產品，金屬格柵蓋板，鍍鋅格柵蓋板，995*500*65mm	只	1.000	依重量計算		M055306R006,#
產品，結構用鋼材，熱軋型鋼，不等邊角鋼，100x75mm，t=7mm	M	3.100	依重量計算		M0512512211
產品，金屬製品，熱浸鍍鋅鍊條，D=8mm	條	1.000	依重量計算		M05500u0R0S,#
金屬材料，鋼料，含焊接及熱浸鍍鋅	KG	0.8961	0.93	0.833	0506063009
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	2.21	2.21	W01271RR004,#
合計	M	1.000			
註：1.配合基本圖 06-07-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.挖方、填方及餘方處理另計					
人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		112.91	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

52	工作項目:排水管涵，鋼筋混凝土管(B 型)，D=800mm，三級管	單位:M		代碼 026102F301	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，排水管涵，鋼筋混凝土管(B 型)，D=800mm，三級管，工地交貨	支	0.416	依重量計算		M026102F3RA,#
一般技工	工	0.030	0	0	L00000R1000002, #
半技工	工	0.120	0	0	L000006000002
機具不分類	天	1.000	580.41	580.41	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004, #
合計	M	1.000			
註:1.配合基本圖 06-09-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.挖方、填方及餘方處理另計					
人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		依重量計算	
材料：	雜項：				
53	工作項目:排水管涵，聚氯乙稀排水管	單位:處		代碼:026108000R#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，聚氯乙稀塑膠硬質管(B 管厚管)，(標稱 80mm，厚 5.1mm)，80cm	支	1.000			M1510729R0A,#
產品，排水管涵，排水器	個	1.000	依重量計算		M02610R000B,#
普通工	工	0.010	0	0	L000006000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
合計	處	1.000			
人工：			每處碳排計 (Kg-CO ₂)	依重量計算	
材料：					

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

54	工作項目:級配粒料基層，碎石級配，總厚 10cm，鋪設及滾壓	單位:M2		代碼:02722120U2#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂) 編碼(備註)
產品，級配粒料基層，碎石級配，工地交貨		M3	12.500	3.11	38.875 M0272210023
普通工		工	0.100	0	0 L000006000002
機動平土機		天	0.045	481.04	21.6468 E000005700002
鐵輪壓路機，三輪自走式		天	0.055	160	8.8 E00000670002
灑水費		式	1.000	0	0 W01271S0004, #
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	12.883	12.883 W01271RR004, #
合計		M2	100.000		82.2048
計		M2	1.000		
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局修編、3.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價					
人工：		機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		82.2048
材料：		雜項：			
55	工作項目:級配粒料基層，碎石級配，總厚 15cm，鋪設及滾壓	單位:M2		代碼::02722130U2#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂) 編碼(備註)
產品，級配粒料基層，碎石級配，工地交貨		M3	18.000	3.11	55.98 M0272210023
普通工		工	0.100	0	0 L000006000002
機動平土機		天	0.045	481.04	21.6468 E000005700002
鐵輪壓路機，三輪自走式		天	0.055	160	8.8 E000006720002
灑水費		式	1.000	0	0 W0127S0004,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	12.883	86.4268 W01271RR004,#
合計		M2	100.000		172.8536
計		M2	1.000		
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.參考水保局修編					
3.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價					
人工：		機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		172.8536
材料：		雜項：			

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

56	工作項目:級配粒料基層，碎石級配，總厚 20cm，鋪設及滾壓	單位:M2		代碼:02722140u2#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂) 編碼(備註)
產品，級配粒料基層，碎石級配，工地交貨		M3	25.000	3.11	77.75 M0272210023
普通工		工	0.100	0	0 L000006000002
機動平土機		天	0.090	481.04	43.2936 E000005700002
鐵輪壓路機，三輪自走式		天	0.110	160	17.6 L00000R1000002
灑水費		式	1.000	0	0 L000006000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	12.883	12.883 W01271RR004，#
合計		M2	100.000		151.5266
計					
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局修編、3.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價					
人工：		機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		151.5266
材料：		雜項：			
57	工作項目:級配粒料基層，碎石級配，總厚 25cm，鋪設及滾壓	單位:M2		代碼:02722150U2#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂) 編碼(備註)
產品，級配粒料基層，碎石級配，工地交貨		M3	32.000	3.11	99.52 M0272210023
普通工		工	0.100	0	0 L000006000002
機動平土機		天	0.090	481.04	43.2936 E000005700002
鐵輪壓路機，三輪自走式		天	0.110	160	17.6 E000006720002
灑水費		式	1.000	0	0 W0127S0004,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	12.883	12.883 W01271RR004,#
合計		M2	100.000		173.2966
計		M2	1.000		
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.參考水保局修編					
3.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價					
人工：		機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		173.2966
材料：		雜項：			

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

58	工作項目:級配粒料基層，碎石級配，總厚 10cm，鋪設及滾壓	單位:M2		代碼:0272611052	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂) 編碼(備註)
產品，級配粒料基層，碎石級配，工地交貨		M3	12.500	3.11	38.875 M0272610R03,#
普通工		工	0.100	0	0 L000006000002
機動平土機		天	0.045	481.04	21.6468 E000005700002
鐵輪壓路機，三輪自走式		天	0.055	160	8.8 E000006720002
灑水費		式	1.000	0	0 W0127S0004,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	12.883	12.883 W01271RR004,#
合計		M2	100.000		82.2048
計		M2	1.000		
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局修編、3.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價					
人工：		機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		82.2048
材料：		雜項：			
59	工作項目:級配粒料基層，碎石級配，總厚 15cm，鋪設及滾壓	單位:M2		代碼:0272612052	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂) 編碼(備註)
產品，級配粒料基層，碎石級配，工地交貨		M3	18.000	3.11	55.98 M0272610R03,#
普通工		工	0.100	0	0 L000006000002
機動平土機		天	0.045	481.04	21.6468 E000005700002
鐵輪壓路機，三輪自走式		天	0.055	160	8.8 E000006720002
灑水費		式	1.000	0	0 W0127S0004,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	12.883	12.883 W01271RR004,#
合計		M2	100.000		99.3098
計		M2	1.000		
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.參考水保局修編					
3.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價					
人工：		機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		99.3098
材料：		雜項：			

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

60	工作項目:級配粒料基層，碎石級配，總厚 20cm，鋪設及滾壓	單位:M2		代碼:0272613052	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，級配粒料基層，碎石級配，工地交貨	M3	25.000	3.11	77.75	M0272610R03,#
普通工	工	0.100	0	0	L000006000002
機動平土機	天	0.090	481.04	43.2936	E000005700002
鐵輪壓路機，三輪自走式	天	0.110	160	17.6	E000006720002
灑水費	式	1.000	0	0	W0127S0004,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.883	12.883	W01271RR004,#
合計	M2	100.000		151.5266	
計	M2	1.000			
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局修編、3.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		151.5266	
材料：	雜項：				
61	工作項目:級配粒料基層，碎石級配，總厚 25cm，鋪設及滾壓	單位:M2		代碼:0272614052	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，級配粒料基層，碎石級配，工地交貨	M3	32.000	3.11	99.52	M0272610R03,#
普通工	工	0.100	0	0	L000006000002
機動平土機	天	0.090	481.04	43.2936	E000005700002
鐵輪壓路機，三輪自走式	天	0.110	160	17.6	E000006720002
灑水費	式	1.000	0	0	W0127S0004,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	12.883	12.883	W01271RR004,#
合計	M2	100.000		173.2966	
計	M2	1.000			
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.參考水保局修編					
3.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		173.2966	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

62	工作項目:瀝青混凝土鋪面，密級配，厚 5cm，鋪築及滾壓	單位:M2		代碼:02742RD0A2#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，瀝青混凝土鋪面，密級配，工地交貨	T	0.118	29.12	3.43616	M02742R0035,#
一般技工	工	0.001	0	0	L00000R100002,#
鐵輪壓路機	天	0.001	334.4	0.3344	E000006700002
膠輪壓路機，自走式	天	0.001	244.21	0.24421	E000006700002
瀝青混凝土鋪裝機	天	0.002	605.24	1.21048	E000006610002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	24.2594	24.2594	E000002700002
合計	M2	1.000		29.48465	W01271RR004,#
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局修編					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		29.48465	
材料：	雜項：				
63	工作項目:瀝青混凝土鋪面，密級配，厚 8cm，鋪築及滾壓	單位:M2		代碼:02742RG0A2#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，瀝青混凝土鋪面，密級配，工地交貨	T	0.189	29.12	5.50368	M02742R0035,#
瀝青黏層，乳化瀝青，CRS-1	M2	1.000	0.8652	0.8652	274725002
一般技工	工	0.002	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.002	0	0	L000006000002
鐵輪壓路機	天	0.002	334.4	0.6688	E000006700002
膠輪壓路機，自走式	天	0.002	244.21	0.48842	E000006610002
瀝青混凝土鋪裝機	天	0.004	605.24	2.42096	E000002700002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	24.2767	24.2767	W01271RR004,#
合計	M2	1.000		34.22376	
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.參考水保局修編					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		34.22376	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

64	工作項目:瀝青透層，中凝油溶瀝青，MC-70	單位:M2		代碼:0274512002	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，瀝青透層，中凝油溶瀝青，MC-70，工地交貨	kg	23.000	0.03	0.69	M0274725309
半技工	工	0.075	0	0	L00000R000002,#
液化瀝青灑佈機	天	0.013	43.23	0.56199	E000006100002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0.8652	0.8652	W01271RR004,#
合計	M2	100.000		2.11719	
計	M2	1.000			
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局修編、3.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		2.11719	
材料：	雜項：				
65	工作項目:瀝青黏層，乳化瀝青，CRS-1	單位:M2		代碼:0274725002	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，瀝青黏層，乳化瀝青，CRS-1，工地交貨	kg	23.000	0.03	0.69	M0274725309
半技工	工	0.075	0	0	L00000R000002,#
液化瀝青灑佈機	天	0.013	43.23	0.56199	E000006100002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0.8652	0.8652	W01271RR004,#
合計	M2	100.000		0.8652	
計	M2	1.000			
註:1.配合基本圖 02-01-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.參考水保局修編					
3.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價					
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		0.8652	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

66	工作項目:擋土牆，鋼構造，防落石柵	單位:M		代碼:0283054001#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，結構用鋼材，熱軋型鋼，H型鋼， (H250×B250mm，t1=9mm，t2=14mm)	M	1.900	依重量計算		M0512518181
產品，金屬材料，鐵絲網，鍍鋅，網目(5*5*2.5cm)	M2	2.100	依重量計算		M0506031X02,#
產品，金屬製品，鍍鋅鋼索，直徑=22mm	M	8.800	依重量計算		M05500r0S01,#
金屬材料，鋼料，含銲接及熱浸鍍鋅	KG	136.420	0.93	126.8706	506063009
油漆，一底二度	式	1.000	依重量計算		991002004
一般技工	工	0.100	0	0	L00000R100002,#
技工	工	0.100	0	0	L00000R000002,#
機具不分類	天	0.020	580.41	11.6082	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6268	11.6268	W01271RR004,#
合計	M	1.000			
註:1.配合基本圖 04-12-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.挖方、填方及餘方處理另計					
3.兩端端部套件另計，詳其單價分析表 0283054018#					
人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		依重量計算	
材料：	雜項：				
67	工作項目:擋土牆，鋼構造，防落石柵，端部套件組	單位:M3		代碼:03310270Z3	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，金屬製品，伸縮螺絲，1.5"*12"	個	8.000	依重量計算		M05500v00R7,#
產品，金屬製品，不銹鋼鋼索夾，200*80mm	個	16.000	依重量計算		M05500w00S7,#
產品，金屬製品，不銹鋼鋼索夾，110*29mm	個	80.000	依重量計算		M05500w00T7,#
一般技工	工	0.240	0		L00000R100002,#
半技工	工	0.240	0		L00000R000002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0		W01271RR004,#
合計	組	1.000			
註:1.配合基本圖 04-12-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		依重量計算	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

68	工作項目:防勁擋土牆，全高 5.0m，回包式，90%≤壓實度		單位:M		代碼:028396R601#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，加勁擋土牆-地公合成加勁材，加勁格網		M2	93.170	0.65	60.5605	M0283810002,#
產品，植草，PE 土包袋		M2	6.000	0	0	M029200R002,#
產品，植草，錨丁		支	12.000	0	0	M0292000A0R,#
產品，邊坡穩定水平排水管，排水板		M	2.080	依重量計算		M02377R0001,#
產品，邊坡穩定水平排水管，透水管，高密度聚乙烯(HDPE)管(有孔)，管徑=100mm		M	4.500	依重量計算		M0237753701
產品，土工織物，土木工程用非織物，CNS 第一類		M2	18.000	3	54	M0234210102
選擇材料回填，級配粒料，碎石級配，工地交貨		M3	1.800	3.97	7.146	0231921T03,#
拍漿溝		M	1.000	依重量計算		02601S0001,#
一般技工		工	1.200	0	0	L00000R100002,#
普通工		工	1.800	0	0	L000006000002
機具不分類		天	0.090	580.41	52.2369	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	11.7606	11.7606	W01271RR004,#
合計		M	1			
註:1.配合基本圖 04-06-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制						
2.挖方、填方及餘方處理另計						
人工： 材料：			機具： 雜項：		每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)	依重量計算

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

69	工作項目:防勁擋土牆，全高 5.0m，回包式測向收邊，90% ≤壓實度	單位:M3		代碼:028396S601#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，加勁擋土牆-地公合成加勁材，加勁格網	M2	72.600	0.65	47.19	M0283810002,#
產品，植草，PE 土包袋	M2	6.000	0	0	M029200R002,#
產品，植草，錨丁	支	12.000	0	0	M0292000A0R,#
一般技工	工	1.200	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	1.800	0	0	L000006000002
機具不分類	天	0.090	580.41	52.2369	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6212	11.6212	W01271RR004,#
合計	M	1.000		111.0481	
註:1.配合基本圖 04-06-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.挖方、填方及餘方處理另計					
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		111.0481	
材料：	雜項：				
70	工作項目:鋼板護欄	單位:M		代碼:0284350001	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，鍍鋅鋼管，標稱 139.8mm，厚 6mm	支	0.500			M1510530RBR,#
產品，護欄鋼鈹鞍座與六角螺栓	組	0.500	依重量計算		M02843S0008,#
產品，反光導標第一類，附掛式，雙向標示，設置於鋼板護欄前	組	0.250	依重量計算		M0289212268
產品，鋼板護欄	M	1.000	依重量計算		M0284350001
產品，金屬接合，(機械性接合，結構性)，螺栓	組	3.000	依重量計算		M0509012008
PVC 管與灌注柏油沙	處	0.500	依重量計算		02843T000R,#
一般技工	天	0.070	0	0	L00000R100002,#
半技工	天	0.070	0	0	L00000R000002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000			W01271RR004,#
合計	M	1.000			
註:1.配合基本圖 02-03-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.兩端端部鋼鈹另計，項目詳基本資料庫 M02843R000B#					
人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		依重量計算	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

71	工作項目:標線，熱塑性塑膠，反光，寬 10cm	單位:M		代碼:0289821011	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，熱塑性塑膠標線材料	kg	52.000	1.61	83.72	M02898R0009,#
產品，標線，玻璃珠，第一類	kg	1.600	1.05	1.68	M02898B1009
產品，黏層劑	kg	1.400	1.51	2.114	M02898S0009,#
一般技工	工	0.069	0	0	L00000R100002,#
半技工	工	0.069	0	0	L00000R000002,#
熱熔標線機	天	0.069	580.41	40.04829	E000006R00002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	2.55	2.55	W0127RR004,#
合計	M	100.000			
計	M	1.000			
註:1.配合基本圖 02-02-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.以 100m 計價求得 1m 單價					
人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		130.11	
材料：	雜項：				
72	工作項目:標線，熱塑性塑膠，反光，寬 15cm	單位:M		代碼:0289821021	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，熱塑性塑膠標線材料	kg	78.000	1.61	125.58	M02898R0009,#
產品，標線，玻璃珠，第一類	kg	2.400	1.05	2.52	M02898B1009
產品，黏層劑	kg	2.100	1.51	3.171	M02898S0009,#
一般技工	工	0.069	0	0	L00000R100002,#
半技工	工	0.069	0	0	L00000R000002,#
熱熔標線機	天	0.069	580.41	40.04829	E000006R00002,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	3.42	3.42	W0127RR004,#
合計	M	100.000			
計	M	1.000		174.74	
註:1.配合基本圖 02-02-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.以 100m 計價求得 1m 單價					
人工：	機具：	每 M 碳排計 (Kg-CO ₂)		174.74	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

73	工作項目:植栽，客土	單位:M3		代碼:02900B0003	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，植栽，客土	M3	1.000	0	0	M02900B0003
普通工	工	0.018	0	0	L000006000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0	0	W01271RR004，#
合計	M3	1.000		0	
註:1.參考水保局編修					
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		0	
材料：	雜項：				
74	工作項目:種植工作，喬木類，米高直徑<5cm	單位:株		代碼:029021400R#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，植栽，肥料，有機肥料	kg	1.000	0	0	M02900A1009
產品，植栽，支柱	支	1.000	0	0	M02900E000A
一般技工	工	0.004	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.011	0	0	L000006000002
養護工作，喬木類，米高直徑<5cm	株	1.000	0	0	029022400R,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0	0	W01271RR004，#
合計	株	1.000		0	
註:1.配合基本圖 07-18-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局編修、3.樹種另計					
人工：	機具：	每株碳排計 (Kg-CO ₂)		0	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

75	工作項目:種植工作，喬木類，5cm≤米高直徑<10cm	單位:株		代碼:029021400S#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，植栽，肥料，有機肥料	kg	1.000	0	0	M02900A1009
產品，植栽，支柱	支	3.000	0	0	M02900E000A
一般技工	工	0.004	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.045	0	0	L000006000002
養護工作，喬木類，5cm≤米高直徑<10cm	株	1.000	0	0	029022400S,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0	0	W01271RR004，#
合計	株	1.000		0	
註:1.配合基本圖 07-18-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制					
2.參考水保局編修					
3.樹種另計					
人工：	機具：	每株碳排計 (Kg-CO ₂)		0	
材料：	雜項：				
76	工作項目:種植工作，灌木類	單位:株		代碼:0290215000	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，植栽，肥料，有機肥料	kg	0.670	0	0	M02900A1009
一般技工	工	0.004	0	0	L00000R100002,#
普通工	工	0.011	0	0	L000006000002
養護工作，灌木類	株	1.000	0	0	0290225000,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	0	0	W01271RR004，#
合計	株	1.000		0	
註:1.配合基本圖 07-19-01 分析，若設計圖與基本圖不一致時，依設計圖編制、2.參考水保局編修、3.樹種另計					
人工：	機具：	每株碳排計 (Kg-CO ₂)		0	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

77	工作項目:養護工作，喬木類，米高直徑<5cm		單位:株		代碼:029022400R#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，植栽，肥料，化學肥料		kg	0.010	0	0	M02900A2009
一般技工		工	0.001	0	0	L00000R100002,#
普通工		工	0.004	0	0	L000006000002
植栽，噴藥(包含租金、農藥、水)		式	1.000	0	0	02900R0004,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	0	0	W01271RR004，#
合計		株	1.000		0	
註:1.參考水保局編修						
人工：		機具：	每株碳排計 (Kg-CO ₂)		0	
材料：		雜項：				
78	工作項目:養護工作，喬木類，5cm≤米高直徑<10cm		單位:株		代碼:029022400R#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，植栽，肥料，化學肥料		kg	0.030	0	0	M02900A2009
一般技工		工	0.002	0	0	L00000R100002,#
普通工		工	0.012	0	0	L000006000002
植栽，噴藥(包含租金、農藥、水)		式	1.000	0	0	02900R0004,#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	0	0	W01271RR004，#
合計		株	1.000		0	
註:1.參考水保局編修						
人工：		機具：	每株碳排計 (Kg-CO ₂)		0	
材料：		雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

79	工作項目:養護工作，灌木類		單位:株		代碼:0290225000	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，植栽，肥料，化學肥料		kg	0.010	0	0	M02900A2009
一般技工		工	0.001	0	0	L00000R1000002, 2#
普通工		工	0.004	0	0	L000006000002
植栽，噴藥(包還租金、農藥、水)		式	1.000	0	0	02900R0004, #
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	0	0	W01271RR004, #
合計		株	1.000	0	0	
註:1.參考水保局編修						
人工：		機具：	每株碳排計 (Kg-CO ₂)		0	
材料：		雜項：				
80	工作項目:瀝青混泥土面層刨除，厚 5cm		單位:M2		代碼:0296140002	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
普通工		工	0.200	0	0	L000006000002
瀝青混泥土面層刨除機具費用		天	0.085	2702	229.67	E000006300002
瀝青混泥土面層刨除，刨除料運費		M3	0.05	27.49	0.0025	029610R003, #
瀝青混泥土面層刨除，刨除料剩餘價值拆架費		M3	0.05	27.49	0.0025	296101003
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	4.59	4.59	W01271RR004,#
合計		M2	100.000			
計		M2	1.000			
註:1.參考水保局編修						
： 2.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價						
人工：		機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		234.27	
材料：		雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

81	工作項目:場鑄結構混凝土用模板，普通模板(使用 5 次)		單位:M2		代碼:03110R0002#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，木作及塑膠基本材料及施工方法，模板用木材		M3	0.004	12.07	0.04828	M0605020003
產品，五金零件		kg	0.300	0.29	0.087	M05060DR009，#
一般技工		工	0.055	0	0	L00000R100002，#
普通工		式	0.015	0	0	L000006000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	0.2472	0.2472	W01271RR004，#
合計		M2	1.000			
人工： 機具： 材料： 雜項：			每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		0.38248	
82	工作項目:場鑄結構混凝土用模板，清水模板(使用 3 次)		單位:M2		代碼:0296140002	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，木作及塑膠基本材料及施工方法，模板用木材		M3	0.007	12.07	0.08449	M0605020003
產品，木作及塑膠基本材料及施工方法，合板，混凝土模板用		M2	0.333	3.24	1.07892	M0605013002
產品，五金零件		kg	0.300	0.92	0.276	M05060DR009，#
一般技工		工	0.030	0	0	L00000R100002，#
普通工		工	0.024	0	0	L000006000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	0.3246	0.3246	W01271RR004，#
合計		M2	1.000			
註:1.參考水保局編修						
2.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價						
人工： 機具： 材料： 雜項：			每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		1.76401	

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

83	工作項目:場鑄結構混凝土用模板，造型模板(使用 5 次)		單位:M2		代碼:03110T0002#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，場鑄結構混凝土用模板，造型模板(使用 5 次)		M2	1.000	0	0	M03110T0002，#
產品，混凝土基本材料及施工方法		M2	1.000	0.27	0.27	M0305060002
產品，五金零件		kg	0.300	0.92	0.276	M05060DR009，#
一般技工		工	0.055	0	0	L00000R1000002，#
普通工		工	0.030	0	0	L000006000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	0.0238	0.0238	W01271RR004，#
合計		M2	1.000			
人工：		機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		0.5698	
材料：		雜項：				
84	工作項目:場鑄結構混凝土用模板，結構模板(使用 5 次)		單位:M2		代碼:03110U0002#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，木作及塑膠基本材料及施工方法，模板用木材		M3	0.004	12.07	0.04828	M0605020003
產品，場鑄結構混凝土用模板，支撐材料		M3	0.002	0	0	M03110W003，#
產品，五金零件		kg	0.300	0.92	0.276	M05060DR009，#
一般技工		工	0.080	0	0	L00000R1000002，#
普通工		工	0.025	0	0	L000006000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	0.2598	0.2598	W01271RR004，#
合計		M2	1.000			
註:1.參考水保局編修						
2.以 100m ² 計價求得 1m ² 單價						
人工：		機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		0.58408	
材料：		雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

85	工作項目:場鑄結構混凝土用模板，鋼模模板(使用 30 次)	單位:M2		代碼:03110V0002#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，場鑄結構混凝土用模板，鋼模模板(使用 30 次)	M2	0.033	0	0	M03110V0002，#
產品，混凝土基本材料及施工方法，脫模劑	M2	1.000	0.27	0.27	M0305060002
一般技工	工	0.015	0	0	L00000R100002，#
普通工	工	0.010	0	0	L000006000002
輪型起重機	天	0.001	248.8	0.2488	E000008Q00002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	4.9814	4.9814	W01271RR004，#
合計	M2	1.000			
人工：	機具：	每 M2 碳排計 (Kg-CO ₂)		5.5002	
材料：	雜項：				
86	工作項目:鋼筋，連工帶料	單位:T		代碼:0321000075	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，鋼筋，工地交貨	T	1.000	923.45	923.45	M0321000035
產品，金屬材料，鐵線	kg	4.000	0.92	3.68	M0506020009
一般技工	工	1.300	0	0	L00000R100002，#
普通工	工	1.750	0	0	L000006000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	18.4874	18.4874	W01271RR004，#
合計	T	1.000			
註:1.參考水保局編修					
2.鋼筋類別及直徑稱號詳設計圖					
人工：	機具：	每 T 碳排計 (Kg-CO ₂)		945.6174	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

87	工作項目:鋼筋，植筋		單位:處		代碼:03210R000R#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，鋼筋，植筋，植筋膠		式	1.000	0		M03210RR004，#
半技工		工	0.010	0		L00000R000002，#
機具不分類		天	0.001	580.41		E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000			W01271RR004，#
合計		處	1.000			
註:1.鋼筋另計						
人工： 機具：			每處碳排計 (Kg-CO ₂)		0.58	
材料： 雜項：						
88	工作項目:結構用混凝土，機拌，140kgf/cm ²		單位:M3		代碼:0331013003	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，卜作蘭水泥，袋裝，工地交貨		包	4.500	22.25	100.125	M030520140A
產品，粒料，粗粒料，工地交貨		M3	0.900	3.82	3.438	M0305021033
產品，粒料，細粒料，工地交貨		M3	0.450	3.06	1.377	M0305022033
一般技工		工	0.036	0	0	L00000R100002，#
普通工		工	0.288	0	0	L000006000002
拌合機		天	0.110	452.08	49.7288	E000003000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	3.09	3.09	W01271RR004，#
合計		M3	1.000			
註:1.參考水保局編修						
人工： 機具：			每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		157.76	
材料： 雜項：						

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

89	工作項目:結構用混凝土，機拌，175kgf/cm ²	單位:M3		代碼:0331014003	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，卜作蘭水泥，袋裝，工地交貨	包	5.500	22.25	122.375	M030520140A
產品，粒料，粗粒料，工地交貨	M3	0.860	3.82	3.2852	M0305021033
產品，粒料，細粒料，工地交貨	M3	0.430	3.06	1.3158	M0305022033
一般技工	工	0.036	0	0	L00000R100002，#
普通工	工	0.288	0	0	L000006000002
拌合機	天	0.110	452.08	49.7288	E000003000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	3.534	3.534	W01271RR004，#
合計	M3	1.000			
註:1.參考水保局編修					
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		180.24	
材料：	雜項：				
90	工作項目:結構用混凝土，機拌，210kgf/cm ²	單位:M3		代碼:0331013003	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，卜作蘭水泥，袋裝，工地交貨	包	6.400	22.25	142.40	M030520140A
產品，粒料，粗粒料，工地交貨	M3	0.860	3.82	3.2852	M0305021033
產品，粒料，細粒料，工地交貨	M3	0.400	3.06	1.224	M0305022033
一般技工	工	0.036	0	0	L00000R100002，#
普通工	工	0.306	0	0	L000006000002
拌合機	天	0.110	452.08	49.7288	E000003000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	3.93	3.93	W01271RR004，#
合計	M3	1.000			
註:1.參考水保局編修					
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		200.568	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

91	工作項目:結構用混凝土，預拌，140kgf/cm ² ，含澆置及搗實		單位:M3		代碼:03310230Z3	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，預拌混凝土材料費，140kgf/cm ² ，工地交貨		M3	1.000	227.23	227.23	M03050420L3
結構用混凝土，含澆置及搗實		M3	1.000	175.39	175.39	03310000Z3
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	8.0524	8.0524	W01271RR004，#
合計		M3	1.000			
人工： 機具：			每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		410.6724	
材料： 雜項：						
92	工作項目:結構用混凝土，預拌，175kgf/cm ² ，含澆置及搗實		單位:M3		代碼:03310240Z3	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，預拌混凝土材料費，175kgf/cm ² ，工地交貨		M3	1.000	239.48	239.48	M03050430L3
結構用混凝土，含澆置及搗實		M3	1.000	175.39	175.39	03310000Z3
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	8.2974	8.2974	W01271RR004，#
合計		M3	1.000			
人工： 機具：			每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		423.1674	
材料： 雜項：						

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

93	工作項目:結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ² ，含澆置及搗實	單位:M3		代碼:03310250Z3	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，預拌混凝土材料費，210kgf/cm ² ，工地交貨	M3	1.000	253.68	253.68	M03050440L3
結構用混凝土，含澆置及搗實	M3	1.000	175.39	175.39	03310000Z3
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	8.5814	8.5814	W01271RR004，#
合計	M3	1.000			
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		437.6514	
材料：	雜項：				
94	工作項目:結構用混凝土，預拌，280kgf/cm ² ，含澆置及搗實	單位:M3		代碼:03310270Z3	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，預拌混凝土材料費，280kgf/cm ² ，工地交貨	M3	1.000	272.03	272.03	M03050460L3
結構用混凝土，含澆置及搗實	M3	1.000	175.39	175.39	03310000Z3
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.1855	11.1855	W01271RR004，#
合計	M3	1.000			
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		458.6055	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

95	工作項目:水泥砂漿，1:1，連工帶料	單位:M3		代碼:0406110103	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，卜作蘭水泥，袋裝，工地交貨	包	20.000	22.25	445.00	M030520140A
產品，粒料，細粒料，工地交貨	M3	0.670	3.06	2.0502	M0305022033
半技工	工	0.400	0	0	L00000R100002，#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	8.94	8.94	W01271RR004，#
合計	M3	1.000			
註:1.參考台北工務局編修					
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		455.99	
材料：	雜項：				
96	工作項目:水泥砂漿，1:2，連工帶料	單位:M3		代碼:0406120103	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，卜作蘭水泥，袋裝，工地交貨	包	12.000	22.25	267.00	M030520140A
產品，粒料，細粒料，工地交貨	M3	0.800	3.06	2.448	M0305022033
半技工	工	0.400	0	0	L00000R100002，#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	5.39	5.39	W01271RR004，#
合計	M3	1.000			
註:1.參考台北工務局編修					
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		274.84	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

97	工作項目:水泥砂漿，1:3，連工帶料	單位:M3		代碼:0406130103	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
產品，卜作蘭水泥，袋裝，工地交貨	包	9.000	22.25	200.25	M030520140A
產品，粒料，細粒料，工地交貨	M3	0.950	3.06	2.907	M0305022033
半技工	工	0.375	0	0	L00000R100002，#
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	4.063	4.063	W01271RR004，#
合計	M3	1.000		207.22	
註:1.參考台北工務局編修					
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		207.22	
材料：	雜項：				
98	工作項目:石材，卵石，現場採集	單位:M3		代碼:0441010023#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
普通工	工	0.013	0	0	L000006000002
機具不分類	天	0.013	580.41	7.54533	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004，#
合計	M3	1.000			
註:1.依開挖工作量計算編修					
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		19.15353	
材料：	雜項：				

行政院農業委員會林務局
碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

99	工作項目:石材，塊石，現場採集		單位:M3		代碼:0441020023#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
普通工		工	0.014	0	0	L000006000002
機具不分類		天	0.014	580.41	8.12574	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004，#
合計		M3	1.000			
註:1.參考台北工務局編修						
人工：		機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		19.73394	
材料：		雜項：				
100	工作項目:石材，大塊石，現場採集		單位:M3		代碼:0441030023#	
工料名稱		單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
普通工		工	0.015	0	0	L000006000002
機具不分類		天	0.015	580.41	8.70615	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)		式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004，#
合計		M3	1.000			
註:1.依開挖工作量計算編修						
人工：		機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		20.31435	
材料：		雜項：				

行政院農業委員會林務局

碳排分析表

工程名稱：

項次： 工程編號：

101	工作項目:石材，巨石，現場採集	單位:M3		代碼:0441040023#	
工料名稱	單位	數量	單位碳排 (Kg-CO ₂)	總碳排 (Kg-CO ₂)	編碼(備註)
普通工	工	0.025	0	0	L000006000002
機具不分類	天	0.025	580.41	14.51025	E000001000002
零星工料及工具損耗(約以上項目之 0.5~2%)	式	1.000	11.6082	11.6082	W01271RR004，#
合計	M3	1.000			
註:1.參考台北工務局編修					
人工：	機具：	每 M3 碳排計 (Kg-CO ₂)		26.11845	
材料：	雜項：				

附錄 B 碳排放計算範例

範例一：新北市 XX 農路及橋梁工程（工程經費）

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	編碼(備註)
壹	發包工程費					
壹-一	直接工程費					
壹-一-1	構造物開挖，挖普通土含 30%以上砂礫，機械	M3	3,196.00	33.00	105,468.00	
壹-一-2	構造物開挖，挖軟岩，機械	M3	1,176.00	153.00	179,928.00	
壹-一-3	構造物回填，回填土，機械	M3	4,372.00	42.00	183,624.00	
壹-一-4	結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ²	M3	1,044.00	1,490.00	1,555,560.00	
壹-一-5	混凝土澆置及搗實	M3	1,044.00	139.00	145,116.00	
壹-一-6	鋼筋及加工組立(鋼筋另計)	kg	1,325.00	4.90	6,493.00	
壹-一-7	產品，竹節鋼筋，工地交貨	kg	1,325.00	19.50	25,838.00	
壹-一-8	清水模板製作及拆裝	M2	36.00	317.00	11,412.00	
壹-一-9	普通模板製作及拆裝	M2	1,159.00	258.00	299,022.00	
壹-一-10	砌排石工，混凝土砌石，大塊石(60≤φ≤80cm)，占 80%以上	M2	1,305.00	606.00	790,830.00	
壹-一-11	砌排石工，鋪石，巨石(φ>80cm)	M2	1,002.00	404.00	404,808.00	
壹-一-12	3"PVC-A 管(CNS 80mm)，含運費	M	292.00	56.00	16,352.00	
壹-一-13	3"φ 洩水管及含地工織物	處	491.00	14.00	6,874.00	PVC 管另計
壹-一-14	不鏽鋼踏步及安裝	支	14.00	348.00	4,872.00	
壹-一-15	鍍鋅格柵蓋(溝距 50cm)	塊	4.00	2,353.00	9,412.00	
壹-一-16	臨時擋土樁設施，鋼軌樁 37kg/m，(L=7m，間距=50cm)打拔	M	45.00	2,084.00	93,780.00	含擋土支撐系統
壹-一-17	施工放樣費	式	1.00	8,353.00	8,353.00	
壹-一-18	臨時性沉砂設施	式	1.00	8,353.00	8,353.00	
壹-一-19	臨時圍排水	式	1.00	27,144.00	27,144.00	
壹-一-20	施工便道(含復舊植生)	式	1.00	13,572.00	13,572.00	
壹-一-21	零星工程	式	1.00	13,922.00	13,922.00	含回填區草種灑播
壹-一-22	工程告示牌	面	1.00	4,176.00	4,176.00	
壹-一-23	竹節鋼筋抗拉及抗彎試驗	組	2.00	417.00	834.00	含外觀及輻射偵測
	直接工程費合計				3,915,743.00	
壹-二	間接工程費	式				
壹-二-1	勞工安全衛生管理費	式	1.00	12,885.00	12,885.00	
壹-二-2	工地環保清潔費	式	1.00	7,831.00	7,831.00	

壹-二-3	營造工程財產損失險	式	1.00	39,157.00	39,157.00	
壹-二-4	營造綜合保險第三人意外責任保險	式	1.00	17,239.00	17,239.00	
壹-二-5	營造綜合保險附加雇主意外責任險	式	1.00	22,151.00	22,151.00	
壹-二-6	包商工地管理費、利潤及工程雜項費用	式	1.00	382,869.00	382,869.00	
壹-二-7	工程品管費	式	1.00	78,315.00	78,315.00	
壹-二-8	包商營業稅	式	1.00	223,810.00	223,810.00	
	間接工程費合計				784,257.00	
	總價(合計)				4,700,000.00	

碳排放量計算：

項次	項目及說明	單位	數量	單位碳排放(kg)	總碳排放(kg)	編碼(備註)
壹	發包工程費					
壹-一	直接工程費					
壹-一-1	構造物開挖，挖普通土含 30%以上砂礫，機械	M3	3196	2.79	8,916.84	02300RR003
壹-一-2	構造物開挖，挖軟岩，機械	M3	1176	7.95	9,349.20	02300RS003
壹-一-3	構造物回填，回填土，機械	M3	4372	0.70	3,060.40	02300SU003
壹-一-4	結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ²	M3	1044	437.65	456,906.60	03310250Z3
壹-一-5	混凝土澆置及搗實	M3	1044	-	-	含在一-4 計算
壹-一-6	鋼筋及加工組立(鋼筋另計)	kg	1325			- 含在一-7 計算
壹-一-7	產品，竹節鋼筋，工地交貨	kg	1325	0.95	1,258.75	321000079
壹-一-8	清水模板製作及拆裝	M2	36	1.76	63.36	03110S0002
壹-一-9	普通模板製作及拆裝	M2	1159	0.38	440.42	03110R0002
壹-一-10	砌排石工，混凝土砌石，大塊石(60 ≤ ϕ ≤ 80cm)，占 80%以上	M2	1305	42.21	55,084.05	023861R2T2
壹-一-11	砌排石工，鋪石，巨石(ψ>80cm)	M2	1002	49.86	49,959.72	023861U1T2
壹-一-12	3"PVC-A 管(CNS 80mm)，含運費	M	292	0.98	286.16	02843T000R (1.485kg/m 計)
壹-一-13	3"φ 洩水管及含地工織物	處	491			- 略
壹-一-14	不鏽鋼踏步及安裝	支	14			- 略
壹-一-15	鍍鋅格柵蓋(溝距 50cm)	塊	4	33.35	133.40	M055306R006 (框蓋共 35.1kg 計)
壹-一-16	臨時擋土樁設施，鋼軌樁 37kg/m，(L=7m，間距=50cm)，打拔	M	45	434.00	19,530.00	225526531
壹-一-17	施工放樣費	式	1	-	-	- 略
壹-一-18	臨時性沉砂設施	式	1	-	-	- 略
壹-一-19	臨時圍排水	式	1	-	-	- 略
壹-一-20	施工便道(含復舊植生)	式	1	-	-	- 略

壹-一-21	零星工程	式	1			- 略
壹-一-22	工程告示牌	面	1			- 略
壹-一-23	竹節鋼筋抗拉及抗彎試驗	組	2			- 略
壹-二	間接工程費	式				
壹-二-1	勞工安全衛生管理費	式	1	0.00		- 不計
壹-二-2	工地環保清潔費	式	1	0.00		- 不計
壹-二-3	營造工程財產損失險	式	1	0.00		- 不計
壹-二-4	營造綜合保險第三人意外責任保險	式	1	0.00		- 不計
壹-二-5	營造綜合保險附加雇主意外責任險	式	1	0.00		- 不計
壹-二-6	包商工地管理費、利潤及工程雜項費用	式	1	0.00		- 不計
壹-二-7	工程品管費	式	1	0.00		- 不計
壹-二-8	包商營業稅	式	1	0.00		- 不計
	碳排量總計(kg)				604,988.90	
	碳排放指數(kg/百萬元)				154,503.38	

範例二：水保局 XX 部落排水工程（工程經費）

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	編碼(備註)
壹	發包工程費					
壹-一	施工費(工作費+材料費)					
壹-一-1	構造物開挖，挖普通土含 30%砂礫，機械	M3	723.00	50.00	36,150	023160E023,*
壹-一-2	構造物開挖，挖軟岩，機械	M3	174.00	220.00	38,280	02316#B023,*
壹-一-3	構造物回填，回填土，機械	M3	761.00	45.00	34,245	023170A023,*
壹-一-4	工區內土方調整	M3	136.00	70.00	9,520	0232330004,*
壹-一-5	結構用混凝土，預拌，140kgf/cm ²	M3	67.00	2,800.00	187,600	0331003003
壹-一-6	結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ²	M3	770.00	3,000.00	2,310,000	0331024005
壹-一-7	混凝土澆置及搗實	M3	837.00	200.00	167,400	0331020005,*
壹-一-8	鋼筋及加工組立(鋼筋另計)	kg	111,294.00	6.10	678,893	03210300020,*
壹-一-9	產品，竹節鋼筋，工地交貨	kg	111,294.00	26.00	2,893,644	M0321081033
壹-一-10	鋼筋小搬運	kg	111,294.00	1.26	140,230	0232210001C,*
壹-一-11	場鑄結構混凝土用模板，造型模板	M2	115.00	420.00	48,300	031100#301,*
壹-一-12	場鑄結構混凝土用模板，清水模板，軀體	M2	1,282.00	275.00	352,550	0311022502,*
壹-一-13	場鑄結構混凝土用模板，普通模板	M2	1,262.00	220.00	277,640	0311012206,*
壹-一-14	產品，洩水管(PVC-B 管，CNS80mm)	M	180.00	110.00	19,800	T6000000691,# 厚管(管厚 5.1 mm),含運費
壹-一-15	安裝費，洩水管(PVC-B 管，厚管，CNS80mm)含地工織物	處	554.00	20.00	11,080	C00077,#PVC 管另計,*
壹-一-16	匯流井(0.8x0.8m)格柵蓋板含框及安裝	塊	12.00	5,450.00	65,400	B000072,#,*
壹-一-17	不鏽鋼踏步及安裝	支	60.00	500.00	30,000	B00001,#,*
壹-一-18	混凝土附屬品，止水帶	M	96.00	280.00	26,880	0315020001,*
壹-一-19	臨時擋土支撐	M	38.00	2150.00	81,700	0225527502,租 金 0.5 個月計,*
壹-一-20	鋪設菱形網及錨定(錨釘鋼筋另計)	M2	7,437.00	100.00	743,700	20050918021,*
壹-一-21	噴附客土植生基材(5cm)	M2	6,321.00	230.00	1,453,830	029210A003,*
壹-一-22	稻草蓆敷蓋鋪設	M2	6,321.00	20.00	126,420	0237106001,*
壹-一-23	人工坡面整理	M2	7,373.00	15.00	110,595	0238500002,刷 坡及危石處理,*
壹-一-24	錨釘鑽掘及裝置費(孔徑 5cm、深 150cm，鋼筋另計)	孔	1,250.00	425.00	531,250	0234436155,*
壹-一-25	錨釘鑽掘及裝置費(孔徑 5cm、深 300cm，鋼筋另計)	孔	3,725.00	596.00	2,220,100	0234436305,*
壹-一-26	1:3 水泥砂漿噴附	M3	125.00	6,100.00	762,500	0337201003,*
壹-一-27	砌排石工，混凝土砌石，塊石(15 ≤ ϕ ≤ 40cm)	M2	45.00	570.00	25,650	02386333022,#, *

壹-一-28	管涵，標稱管徑 200~500mm，埋設費(管材另計)	支	1.00	600.00	600	0260209003
壹-一-29	產品，排水管涵，鋼筋混凝土管(B 型)，D=300mm，三級管	支	1.00	1,476.00	1,476	M026102830A
壹-一-30	塑膠布遮罩鋪設	M2	1,000.00	20.00	20,000	0153200002,*
壹-一-31	混凝土鑽心試體取樣試驗費(一組 3 顆)	組	3.00	4,000.00	12,000	C3053C41041
壹-一-32	混凝土鑽心穿透檢測費	組	1.00	3,000.00	3,000	3054C41042
壹-一-33	方塊試體製作及抗壓	組	3.00	800.00	2,400	0406100002,每組 4 個
壹-一-34	工程告示牌及工地標誌，工程告示牌	面	1.00	6,000.00	6,000	M14011,含運,配件及安裝
壹-一-35	零星工程	式	1.00	20,000.00	20,000	C410021
壹-一-36	機具運費	式	1.00	20,000.00	20,000	C0002817
壹-一-37	施工便道(含復舊植生)	式	1.00	19,500.00	19,500	0295200014,*
壹-一-38	施工放樣費	式	1.00	24,000.00	24,000	017254004,*
壹-一-39	臨時性沉砂設施	式	1.00	80,000.00	80,000	0151050004,*
壹-一-40	臨時導圍排水	式	1.00	100,000	100,000	C000281,*
壹-二	環保安衛費	式				
壹-二-1	環境保護費	式	1.00	15,000.00	15,000	0128098045A,*
壹-二-2	安全衛生費	式	1.00	126,539	126,539	0128098045B,*
壹-三	施工品質管理費	式				
壹-三-1	施工品質管理費	式	1.00	159,539	159,539	01523298045,*
壹-四	廠商利潤、管理及保險費(分段計價)	式	1.00	1,118,018	1,118,018	
壹-五	營業稅	式	1.00	755,571	755,571	
	總價(合計)				15,867,000	

碳排放量計算：

項次	項目及說明	單位	數量	單位碳排(kg)	總碳排放(kg)	編碼(備註)
壹	發包工程費					
壹-一	施工費(工作費+材料費)					
壹-一-1	構造物開挖，挖普通土含 30%砂礫，機械	M3	723	2.79	2,017	02300RR003
壹-一-2	構造物開挖，挖軟岩，機械	M3	174	7.95	1,383	02300RS003
壹-一-3	構造物回填，回填土，機械	M3	761	0.70	533	02300SU003
壹-一-4	工區內土方調整	M3	136	0.70	95	估計
壹-一-5	結構用混凝土，預拌，140kgf/cm ²	M3	67	410.67	27,515	0331023Z03
壹-一-6	結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ²	M3	770	437.65	336,991	03310250Z3
壹-一-7	混凝土澆置及搗實	M3	837	-	-	含在一-5,6 計算

壹一-8	鋼筋及加工組立(鋼筋另計)	kg	111294	-	-	含在一-9 中計算
壹一-9	產品，竹節鋼筋，工地交貨	kg	111294	0.95	105,729	321000079
壹一-10	鋼筋小搬運	kg	111294	0.04	4,563	表 4-18
壹一-11	場鑄結構混凝土用模板，造型模板	M2	115	0.57	66	03110T0002
壹一-12	場鑄結構混凝土用模板，清水模板，軀體	M2	1282	1.76	2,256	03110S0002
壹一-13	場鑄結構混凝土用模板，普通模板	M2	1262	0.38	480	03110R0002
壹一-14	產品，洩水管(PVC-B 管，CNS80mm)	M	180	0.98	176	02843T000R (1.485kg/m 計)
壹一-15	安裝費，洩水管(PVC-B 管，厚管，CNS80mm)含地工織物	處	554	-	-	略
壹一-16	匯流井(0.8x0.8m)格柵蓋板含框及安裝	塊	12	98.80	1,186	M055306R006 (框蓋共 104kg)
壹一-17	不鏽鋼踏步及安裝	支	60	-	-	略
壹一-18	混凝土附屬品，止水帶	M	96	-	-	略
壹一-19	臨時擋土支撐	M	38	434.00	16,492	225526531
壹一-20	鋪設菱形網及錨定(錨釘鋼筋另計)	M2	7437	3.80	28,261	M0506031X02 (網及錨釘鋼筋 4kg/m ² 計)
壹一-21	噴附客土植生基材(5cm)	M2	6321	-	-	029210A003,*
壹一-22	稻草蓆敷蓋鋪設	M2	6321	-	-	略
壹一-23	人工坡面整理	M2	7373	-	-	略
壹一-24	錨釘鑽掘及裝置費(孔徑 5cm、深 150cm，鋼筋另計)	孔	1250	20.00	25,000	估計
壹一-25	錨釘鑽掘及裝置費(孔徑 5cm、深 300cm，鋼筋另計)	孔	3725	40.00	149,000	估計
壹一-26	1:3 水泥砂漿噴附	M3	125	207.22	25,903	406130103
壹一-27	砌排石工，混凝土砌石，塊石 (15 ≤ ϕ ≤ 40cm)	M2	45	89.15	4,012	023963S2T2
壹一-28	管涵，標稱管徑 200~500mm，埋設費(管材另計)	支	1	-	-	含在一-29 計算
壹一-29	產品，排水管涵，鋼筋混凝土管(B 型)，D=300mm，三級管	支	1	70.00	70	M02610R000B (以 365kg 計)
壹一-30	塑膠布遮罩鋪設	M2	1000	-	-	略
壹一-31	混凝土鑽心試體取樣試驗費(一組 3 顆)	組	3	-	-	略
壹一-32	混凝土鑽心穿透檢測費	組	1	-	-	略
壹一-33	方塊試體製作及抗壓	組	3	-	-	略
壹一-34	工程告示牌及工地標誌，工程告示牌	面	1	-	-	
壹一-35	零星工程	式	1	-	-	略
壹一-36	機具運費	式	1	-	-	略
壹一-37	施工便道(含復舊植生)	式	1	-	-	略
壹一-38	施工放樣費	式	1	-	-	略

壹-一-39	臨時性沉砂設施	式	1	-	-	略
壹-一-40	臨時導圍排水	式	1	-	-	略
壹-二	環保安衛費	式	1	-	-	不計
壹-二-1	環境保護費	式	1	-	-	不計
壹-二-2	安全衛生費	式	1	-	-	不計
壹-三	施工品質管理費	式	1	-	-	不計
壹-三-1	施工品質管理費	式	1	-	-	不計
壹-四	廠商利潤、管理及保險費（分段計價）	式	1	-	-	不計
壹-五	營業稅	式	1	-	-	不計
	碳排量總計(kg)				731,726.39	
	碳排放指數(kg/百萬元)				53,441.89	

範例三：XX 縣農業局 XX 農路工程（工程經費）

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	編碼(備註)
壹	發包工程費					
壹-一	直接工程費					
壹-一-1	構造物開挖，挖普通土含 30%以上砂礫，機械	M3	816.00	37.00	30,192.00	
壹-一-2	構造物開挖，挖軟岩，機械	M3	78.00	162.00	12,636.00	
壹-一-3	構造物回填，回填土，機械	M3	1,023.00	33.00	33,759.00	
壹-一-4	結構用混凝土，預拌，210kgf/cm2	M3	472.00	1,477.00	697,144.00	
壹-一-5	混凝土澆置及搗實	M3	472.00	119.00	56,168.00	
壹-一-6	鋼筋及加工組立(鋼筋另計)	kg	15,590.00	3.70	57,683.00	
壹-一-7	產品，竹節鋼筋，工地交貨	kg	15,590.00	16.00	249,440.00	
壹-一-8	清水模板製作及拆裝	M2	275.00	379.00	104,225.00	
壹-一-9	普通模板製作及拆裝	M2	317.00	325.00	103,025.00	
壹-一-10	鋼模製作及拆裝	m2	39.00	181.00	7,059.00	
壹-一-11	機械拆除，鋼(無)筋混凝土	M3	383.00	225.00	86,175.00	
壹-一-12	切割無筋混凝土	M	40.00	51.00	2,040.00	
壹-一-13	植筋	處	60.00	284.00	17,040.00	
壹-一-14	熔接鋼線網，D=8mm，15x15cm	KG	8,601.00	30.00	258,030.00	含運及安放
壹-一-15	鋼板護欄安裝費	M	74.00	192.00	14,208.00	單層
壹-一-16	鍍鋅鋼板(L=4.33m)	片	18.00	1,478.00	26,604.00	T=2.3mm,寬度=350mm
壹-一-17	鋼管(L=1.5m)	支	38.00	1,005.00	38,190.00	T=4.5mm,外徑=139.8mm
壹-一-18	端板	片	4.00	739.00	2,956.00	T=2.3mm,寬度=356mm
壹-一-19	反光導標	個	38.00	118.00	4,484.00	含安裝
壹-一-20	排水溝鍍鋅格柵蓋(溝距 40cm)	塊	54.00	2,115.00	114,210.00	
壹-一-21	3"PVC-A 管(CNS 80mm)，含運費	M	56.00	59.00	3,304.00	
壹-一-22	3"PVC 洩水管及溢水袋(含安裝，管材另計)	處	76.00	140.00	10,640.00	
壹-一-23	道路側溝、集水井及路面雜物(草)清理	M	3,983.00	29.00	115,507.00	
壹-一-24	路旁雜草清除	M	7,658.00	36.00	275,688	
壹-一-25	施工放樣費	式	1.00	14,774.00	14,774.00	
壹-一-26	塑膠布遮罩鋪設	M2	1,180.00	15.00	17,700.00	
壹-一-27	臨時擋土支撐	M	92.00	2,955.00	271,860.00	
壹-一-28	臨時交通維持費	式	1.00	7,680.00	7,680.00	
壹-一-29	零星工程	式	1.00	14,593.00	14,593.00	含擋土牆切割及銜接處理
壹-一-30	工程告示牌及工地標誌，工程告示牌	面	1.00	4,430.00	4,430.00	

壹-一-31	混凝土鑽心試體取樣試驗費(一組 3 顆)	組	1.00	2,950.00	2,950.00	
壹-一-32	竹節鋼筋抗拉及抗彎試驗	組	5.00	440.00	2,200.00	含外觀及輻射偵測
	直接工程費合計				2,656,594	
壹-二	間接工程費	式				
壹-二-1	勞工安全衛生管理費	式	1.00	27,774.00	27,774.00	
壹-二-2	工地環保清潔費	式	1.00	5,313.00	5,313.00	
壹-二-3	營造工程財產損失險	式	1.00	26,566.00	26,566.00	
壹-二-4	營造綜合保險第三人意外責任保險	式	1.00	19,285.00	19,285.00	
壹-二-5	營造綜合保險附加雇主意外責任險	式	1.00	21,867.00	21,867.00	
壹-二-6	包商工地管理費、利潤及工程雜項費用	式	1.00	265,659.00	265,659.00	
壹-二-7	工程品管費	式	1.00	53,132.00	53,132.00	
壹-二-8	包商營業稅	式	1.00	153,810.00	153,810.00	
	間接工程費合計				573,406	
	總價(合計)				3,230,000	

碳排放量計算：

項次	項目及說明	單位	數量	單位碳排(kg)	總碳排放(kg)	編碼(備註)
壹	發包工程費					
壹-一	直接工程費					
壹-一-1	構造物開挖，挖普通土含 30%以上砂礫，機械	M3	816	2.79	2,276.64	02300RR003
壹-一-2	構造物開挖，挖軟岩，機械	M3	78	7.95	620.10	02300RS003
壹-一-3	構造物回填，回填土，機械	M3	1023	0.70	716.10	02300SU003
壹-一-4	結構用混凝土，預拌，210kgf/cm2	M3	472	437.65	206,570.80	03310250Z3
壹-一-5	混凝土澆置及搗實	M3	472	-	0.00	含在一-7 中計算
壹-一-6	鋼筋及加工組立(鋼筋另計)	kg	15590	-	0.00	含在一-5 中計算
壹-一-7	產品，竹節鋼筋，工地交貨	kg	15590	0.95	14,810.50	321000079
壹-一-8	清水模板製作及拆裝	M2	275	1.76	484.00	03110S0002
壹-一-9	普通模板製作及拆裝	M2	317	0.38	120.46	03110R0002
壹-一-10	鋼模製作及拆裝	m2	39	5.50	214.50	03110V0002
壹-一-11	機械拆除，鋼(無)筋混凝土	M3	383	27.49	10,528.67	296101003
壹-一-12	切割無筋混凝土	M	40	0.42	16.80	概估值
壹-一-13	植筋	處	60	0.58	34.80	03210R000R
壹-一-14	熔接鋼線網，D=8mm，15x15cm	kg	8601	0.95	8,170.95	M0322006169
壹-一-15	鋼鉚護欄安裝費	M	74	-	0.00	

壹-一-16	鍍鋅鋼板(L=4.33m)	片	18	26.13	470.25	03210R000R (每片 27.5kg 計)
壹-一-17	鋼管(L=1.5m)	支	38	7.13	270.94	03210R000R (每支 7.5kg 計)
壹-一-18	端板	片	4	28.50	114.00	M2843R000B (每片 30kg 計)
壹-一-19	反光導標	個	38	1.05	39.90	M0289212268
壹-一-20	排水溝鍍鋅格柵蓋(溝距 40cm)	塊	54	27.46	1,482.84	M055306R006 (框及蓋共 28.9kg 計)
壹-一-21	3"PVC-A 管(CNS 80mm)，含運費	M	56	0.98	54.99	02843T000R (1.485kg/m 計)
壹-一-22	3"PVC 洩水管及溢水袋(含安裝，管材另計)	處	76	-	0.00	略
壹-一-23	道路側溝、集水井及路面雜物(草)清理	M	3983	-	0.00	略
壹-一-24	路旁雜草清除	M	7658	-	0.00	略
壹-一-25	施工放樣費	式	1	-	0.00	略
壹-一-26	塑膠布遮罩鋪設	M2	1180	-	0.00	略
壹-一-27	臨時擋土支撐	M	92	-	0.00	略
壹-一-28	臨時交通維持費	式	1	-	0.00	略
壹-一-29	零星工程	式	1	-	0.00	略
壹-一-30	工程告示牌及工地標誌，工程告示牌	面	1	-	0.00	略
壹-一-31	混凝土鑽心試體取樣試驗費(一組 3 顆)	組	1	-	0.00	略
壹-一-32	竹節鋼筋抗拉及抗彎試驗	組	5	-	0.00	略
壹-二	間接工程費	式				
壹-二-1	勞工安全衛生管理費	式	1	0.00	0.00	不計
壹-二-2	工地環保清潔費	式	1	0.00	0.00	不計
壹-二-3	營造工程財產損失險	式	1	0.00	0.00	不計
壹-二-4	營造綜合保險第三人意外責任保險	式	1	0.00	0.00	不計
壹-二-5	營造綜合保險附加雇主意外責任險	式	1	0.00	0.00	不計
壹-二-6	包商工地管理費、利潤及工程雜項費用	式	1	0.00	0.00	不計
壹-二-7	工程品管費	式	1	0.00	0.00	不計
壹-二-8	包商營業稅	式	1	0.00	0.00	不計
	碳排量總計(kg)				246,997.24	
	碳排放指數(kg/百萬元)				92,975.16	

附錄 C 期初報告審查意見及回覆表

序號	審 查 意 見	意見回覆及說明
1	執行團隊報告書中綠色混凝土如何定義？若以「減少」本工程使用「水泥量」來認定，那和一般混凝土材料上之定義又有何不同？應請說明。	謝謝委員意見，本團隊已補充綠色混凝土之定義以及說明，如 P.32~35 之說明。
2	綠色瀝青混凝土是否即是再生瀝青混凝土？又再生瀝青混凝土的使用量是否以全部工程用量為評估指標？是否會影響工程品質？如需訂定再生瀝青混凝土佔全部瀝青混凝土量的比例那又是如何訂定？及標準？	謝謝委員意見，本團隊已補充綠色瀝青混凝土之定義、說明以及計算方式，如 P.36~37 之說明。
3	有關報告書中之水利工程，應修正為水土保持工程，其所訂之指標應修正為水土保持工程之指標，並應考量適用於水土保持工程類之項目，以符實際需求及可達成性。	遵照委員意見修正。
4	查各機關辦理 5 千萬元以上之公有新建建築物，需取得綠建築標章後選始能申請建照，本件落實節能減碳評估是否能將綠建築結合，建請規劃單位研議。	謝謝委員意見，後續工作中將依照取得綠建築之 9 項評估指標，將節能減碳評估與綠建築結合。修正如第四章之內容。
5	報告書第 11 頁工作職掌部分，有關國家森林志工等業務應改為森林育樂組。	遵照委員意見，已修正。
6	報告書第 18 頁提及工程規劃設計階段有「國有林地治山防災及林道工程節能減碳綠色工程檢核表」，因本局工程規劃尚包括建築工程、整修工程或其他工程等，是否可提供更多類型的檢核表供參，俾利納入設計。	謝謝委員意見，第六章已依不同工程內容，提供不同之檢核表內容，以利納入設計之參考。

附錄 D 期中報告審查意見及回覆表

序號	審 查 意 見	意見回覆及說明
1	節能減碳效益評估落實於公共工程建設的規劃設計，這是節能減碳推動的進一步工作，是一項具有意義的計畫。	謝謝指教。
2	本期中報告對於各工項之碳排放量及碳足跡等，收集資料豐富已屬不易，值得嘉許。	謝謝指教。
3	工程碳排放量的檢核表除於工作計畫訂定時之評估，也希望能適用於工程規劃設計審查時評估之用。	已補充林務局常用之工項做為評估之用，謝謝指教。
4	有關工程計畫減碳評估應有標準作業流程（SOP）尚未建立，希望能針對 1.工程擬訂 2.工程計畫設計兩部分一併擬訂以供設計、審查之用。	已補充林務局常用之工項做為評估之用，謝謝指教。
5	建議以現行林務局預算編列之「工料分析」為項目，建立評估項目。	已補充林務局常用之工項做為評估之用，謝謝指教。
6	遇有使用材料或使用機械之 CO ₂ 排放量有模糊空間時，建議採用低數據、保守估計者。	已修正，謝謝指教。
7	建議介紹（收集資料）潛在具節能減碳的工法。	在第四章當中有提列部分相關生態工法，均為具節能減碳的工法之一；另外，若能在安全無虞之下做植栽工程，亦是相當好的節能減碳工法。
8	建議擬定設計契約有關之條文，如何嵌入節能減碳。	相關條文中可建議除標示節能減碳佔工程經費之比例外，並可根據圖說之工程數量計算表中，依本計畫第六章之碳排放量檢核表，計算該項工程之碳總排放量。
9	本計畫成果內容，應以林務局工程之特性為主。	已依林務局主要之四項工程特性分別呈現，謝謝指教。
10	第四章 4.1 水土保持工程部分，第 23 頁之論述事項建議做「層次性論述」以「防砂工程」及「崩塌地處理」做工項區分；其中「防砂工程」再細分防砂壩、潛壩、固床工等橫向	該段論述已刪除，謝謝指教。

	構造物及護岸等縱向構造物，另「崩塌地處理」部分則再細分以擋土牆、基樁等基礎工程，及坡面植生工程等做論述。	
11	第 59 頁，表 4-20 之砂礫、原石 CO ₂ 排放量，若是就地取材有無碳排放量之問題，請詳加考證。	該表部分資料誤植，已將表格內容重新撰寫。
12	P.111 為本研究之核心，但是分類太細，如：熱軋、冷軋鋼捲，使用者難以應用，建議另建立設計者可對應之檢核表。	本報告已依委員意見重新整理及修正內容。
13	橋樑型式請繪圖示之以更明瞭；另本局近期於林道內之橋梁工程皆以鋼結構方式施設（如：仙文橋）請補充列入相關說明。	目前橋梁型式有相當多種，本文將提列簡易查核表供各單位使用。
14	木質材料之 CO ₂ 排放量置入第 4.2 節道路與橋樑工程內做論述，似有未合（以及「高效率燈管」置入「軌道工程」下）；建議針對材料之排碳或存（保）碳之情形另章說明。	謝謝指教，已於第六章內容說明。
15	P.39 木質材料之 CO ₂ 排放量估算，是否包括防腐乾燥及維修更換的材料？且木質材料結構壽命較不長，有無日後整修問題請再論述。	有關木質材料部分，其碳排放主要來源為砍伐與運送兩大項目。
16	P.30 表 4-1 之項目請再檢核，儘量配合工程實際設計時所列之工項及單位為主；如「塑膠管係以長度且非重要工項」、「瀝青不宜列入水保工程宜列入道路工程」。	該段文字主要在敘述道路與橋梁工程中，可能產生的碳排放案例，將於第六章統一將林務局常用格式做為一參考用檢核表。
17	目前「節能減碳」政策之績效控管，係以「節能減碳」工程經費佔工程費 20% 的比率，爰建議可列入標準作業程序內。	已於 6-1 流程圖中補述相關之查核方式，並於第五章中說明。
18	（承上）目標報告內係以各工項或材料之碳排放量做論述，建議於期末報告時，可出現以「節能減砂」工項可減少多少量之 CO ₂ 排放量做正面論述；如多少立方公尺之砌塊石擋土牆可減少多少之 CO ₂ 排放量。	目前本文之論述主要將具有生態意涵工法列為零排放，但實際上成功的生態工法卻可以透由其所產生的綠色植物吸收二氧化碳，因此，可以減多少量之 CO ₂ 則是以非生態工法之碳排量來做為比較。
19	第六章「標準作業流程」部分之內容略嫌單薄，建議可參考林務局網站相關工程資料，於期末報告內補充相關內容。	已補充林務局常用之工項做為評估之用，謝謝指教。

20	本局辦理之育樂工程項目包括軌道、台車、環保設施、景觀、建築及步道等，因軌道工程僅為其中一項，建議將軌道工程修正為育樂工程；育樂工程為林務局的重要工類，應不能忽略，予以融入。	目前統一以第六章中的評估方法為主要計算方式。
21	本局擬定相關建設計畫時，有關節能減碳部分應如何實施，建議能提供明確的原則。	建議參閱標準作業流程來釐清。
22	建議提供本局有關節能減碳的審查原則，以提供本局於工程審查時參考。	已於第五章及第六章中補充說明。
23	檢核表 6-2 單位有誤，以及建議在碳排放量的計算檢核表上，可提供機具的工時或以單價分析，以利於計算。	該表已移除，請參考新的檢核表。
24	文字需修改部分： (1)P.34 表 4-14 之 CO₂ 排放總量與表 4-13 不符；P.111 表 6-2 之單位排放量與表 5-11 之排放量不符；另數據來源應標明。 (2)部分參考文獻漏列出版年份，請予以補充。 (3)P.31 表 4-11 之 CO₂ 排放量的單位是否應含有運距 km。 (4)圖表目錄與頁數請在檢核，如：P.110 頁第 4 行所敘圖 7 未列入報告中。 (5)表 4-10 所列混凝土強度之單位與表 4-1 不同。建議全文予以統一編撰。 (6)部分論述請再做檢核，如：(1) P.57 第 9 行起，有關六成砂石來自盜採部分，如非必要且正確資料建議刪除。(2) 第 1.1 節內容摘錄至節能減碳白皮書，但部分數據可再蒐集白皮書更新之部分針對報告做修改。 (7)P.25 疏葉喬木包含哪些樹種，以及針葉樹出現錯別字。P.59 頁表 4-20 的文獻漏列一篇。	(1)已刪除表 4-13 內容，以表 4-14 內容為主；另外，表 6-2 已修正為林務局常用格式。 (2)已補充，謝謝指教。 (3)該表格主要係以平均運具來計算出每一噸的碳排放。 (4)已修正，謝謝指教。 (5)已修正，謝謝指教。 (6)謝謝指教，已修正不妥之文字內容。 (7)已修正；已修改表格。

附錄 E 期末報告審查意見及回覆表

序號	審 查 意 見	意見回覆及說明
1	P.11 表 2-2「林務局各分組及職掌」，有關森林企劃組部分建議加上林業文化園區之規劃建置，有關集水區治理組部分建議刪除保安林之經營管理。	謝謝指正，已依委員意見修正表 2-2 之內容。
2	P.21 頁 4.1 水土保持工程部分，亦有綠色工法及綠色材料等之應用，建議加強其說明。	謝謝指正，已依委員意見加強水土保持工程其綠色工法及綠色材料等內容之說明。
3	P.27 頁有關保水部分之論述似不適合置入道路與橋梁工程範疇；另外隔音部分應非林道之主要設計考量。	謝謝指正，保水部份之論述移至水土保持工項，另刪除隔音部份之設計考量。
4	P.31 頁有關橋梁工法部分，臚列甚多，惟大部分不適用於林道工程之施作，請考量。	謝謝指正，有關橋梁工法之內容，已刪除不適用於林道之預力橋等內容，並增加如鋼便橋之說明。
5	P.64，所提訂定「……節能減碳綠色工程檢核表」未於章節中訂定，以為預算審查之用。	謝謝指正，已於 6.2 節中訂定工程不同參與者之自主檢核表與標準作業流程等內容。
6	P.77 頁第五章公共工程節能減碳評估要項之審議部分，首段僅論敘各種工項之計算原則，請補充詳細說明綜整於國有林地內相關工程節能減碳所需之「評估要項」及「審議機制」等。	謝謝指正，已於 6.2 節中訂定檢核表與標準作業流程等內容。
7	P.77 頁第 5.1 節有關水土保持工程計算準則，建議再說明清楚其計算準則應包含生產階段及運送階段；另外，本章臚列假設條件與計算式，甚為清楚，惟運用於實務面，由各林區管理處實際查填恐難運用於實際，建議另整理簡易表單方式以供查填，俾利落實。	謝謝指正，已於 6.1 節中針對目前林務局常用之工項、木構造及植生工程等整理出工程碳排放之簡易查核表，以供計算及查詢。
8	P.114 流程圖部分，建請以「提出工程計畫」搭配「節能減碳之審議」等流程予以建置，以符契約規定。	謝謝指正，已於 6.2 節中訂定檢核表與標準作業流程等內容。
9	P. 115 表 6-2 工程碳排放簡易查核表，總碳排放量，小數點到二位已足；「依耗能計算」如屬	謝謝指正，已依委員意見修正部份計算有誤之內容，並

	量少可忽略，請直接標註；碳排計算編碼 12、13、34 可能有誤請修正。對於常用工項如下，請量化計算或推估以供使用。如：0237272202(含噴漿溝、錨定)、02372B2202、02457000R4、0246970201、024920rWRR、02601R3201、026102F301、0283054001、028396R601、0284350001 等。	將有效位數取小數點二位，如表 6-2 中所示。
10	P.131 建議增列各種植栽之碳固量作為負數的計算。	謝謝指正，已補充各種不同種類之植栽其固碳量值（表 6-3 及表 6-4），並建議以負數計算，並於 6-1 節及表 6-5 中所示。
11	P.140 期中審查建議提供契約條文草案部分，仍請提供。	謝謝指正，於第六章 6.2 節中補充應於契約中增列條文，要求定期填具節能減碳自主評估表送局審議。
12	第四章有關評估要項乙章，建請將簡報 P.29 圖加入及列表詳列各評估要項以更明晰。	謝謝指正，已依委員意見增補圖 4-1、圖 4-2、圖 4-9 及圖 4-10，以使評估要項更明晰。
13	附錄碳排放分析表中碳排量，小數點二位已足；有關單位碳排，總碳排二欄可於林務局現行單價分析表中增列，如此可落實於預算編列編制，計算總量；至少植生覆蓋工法所產生之碳固量，以負數計列。	謝謝指正，已依委員意見將單位碳排取小數點 2 位，另同意見 10 植栽（植生）碳固量以負數計列，於 6-1 節及表 6-2 中所示。
14	混凝土強度單位表示建議以公制為之。	謝謝指正，已修改表 4-1、4-8、4-9、4-10、4-12、4-18、5-9、5-14 改為公制單位。
15	是否可加入木構造建築等之碳排分析。	謝謝指正，木構造部份已於 6-1 節及表 6-2 中增列所示。
16	建議加入個案(舉 1~2 工程案)試操作，俾了解可行性，或轉換為操作手冊，俾供使用(含：流程/準則等)。	謝謝指正，已於附錄 B 中加入個案之試算。
17	節能「減碳」是比較舊設計←→新設計之差異，舊工法←→新工法。建議將此一精神納入檢核機制；若屬於無法比較「舊」與「新」則可標示某此項目已經採綠色材料或綠色工法。	謝謝委員指正，並據以將此精神納入報告中，詳見 6-2 節之自主檢核表之內容。

18	碳排放量之計算本身是非常難，不必要求非常精確，建議朝向舊新設計兩者碳排放之「差異」即可。	謝謝委員指正，並據以將此精神納入報告中。
19	標準作業流程 SOP 建議是否可繪製相對應之流程圖並於各節點標示相對應之表格與參考資料。	謝謝指正，已於 6.2 節將委員意見納入檢核表與標準作業流程等內容中。
20	依報告所列碳排分析表，已可計算單一工程總排放量，是否可以總排碳量和總經費之比例做為查核標準。	謝謝指正，於 5.1 節中補充說明碳排放指標（5-1 式），另於 6.2 節自主檢核表中已納入此項指標因子。
21	規劃設計時宜提出替代方案，並計算節能減碳總量以選取工法之依據，本項宜列入委託設計採購案之條件。	謝謝指正，已於 6.2 節將委員意見納入檢核表與標準作業流程等內容中。
22	部分文字內容有疑義部分請予說明或修正： (1)P.16 頁第 2 節第 2 行所敘碳足跡應由「搖籃」開始探討部分，建議另採其他名詞清楚說明。(2)P.84 頁第 5.2 節名稱為「道路橋梁保持工程」是否有誤，請查明。	謝謝指正，已修改。
23	所提出之「節省減碳自主評估表」建議切割成(A)規劃設計階段由規劃設計者填寫及(B)施工階段由施工者填寫。並建議多留足夠之說明欄位，供填寫者詳述佐証內容。以利後續審查者快速了解節能減碳之核心做法；原有之評估表則作為主辦人員檢核表。	謝謝指正，已於 6.2 節依委員意見將「節省減碳自主評估表」依主辦機關、設計監造及施工廠商分別填寫；原有評估表則做為主辦人員之檢核表用。