

2014中華民國營建工程學會第十二屆營建產業

永續發展研討會

人工溼地生態工程於施工驗收階段永續性成效指

標之初探

*苗敬美 (Ching-Mei Miao)

中華大學營建管理學系

蕭炎泉(Yan-Chyuan Shian)

中華大學營建管理學系

摘要

聯合國於水資源報告中指出各國於二十一世紀將面臨最大的危機為水資源的破壞、短缺及汙染蔓延且急遽惡化等問題。1992年地球高峰會通過的二十一世紀議程中所定的水資源永續發展行動計劃綱領「水資源品質與供應的保護：整合式方法在水資源發展、經營使用上的應用」。台灣每人每年可分配之水量僅851m³，在水源匱乏及水質不佳的雙重夾擊窘境下台灣成為水資源利用潛能不高地區名列全球缺水國家。過去政府投注了相當的物力、人力及經費運用生態工法於台灣各地建造了許多的人工濕地，雖然證明了人工濕地確實可以改善水質，但失敗案例卻層出不窮。透過成效式契約賦予廠商較多的責任並據以驗證工程品質檢驗之成效指標(Performance Indicator，簡稱為PI)以減少工程主辦單位量測工作與檢核，降低行政管理成本。但探究人工濕地失敗原因及成效指標管理工具卻仍存在著傳統點式或線性式的思考方式，雖頗能滿足單一層面的使用者滿意度，但對於人工溼地生態工程的全面性使用者滿意度就無法完全適用。因此，本研究將針對人工溼地生態工程於工程整體生命週期施工驗收階段的永續性成效指標適用性作一初步探討，採以文獻回顧、標竿案例學習及個案探討等方法分析歸納出朝向以永續發展為成效式合約目標之永續性成效指標(sustainable Performance Indicator，簡稱為SPI)，透過專家訪談來驗證永續性成效指標之適用性，並以新竹市頭前溪人工溼地水質淨化生態工程進行實證研究，藉以檢驗人工溼地生態工程施工驗收階段之永續性成效。經過實證案例檢驗結果發現運用SPI工具能確實反映出工程施工成效是否具永續性，將可提供永續發展成效類型的生態工程之主辦機關參考應用。

關鍵詞：永續、成效指標、人工溼地、生態工程、生命週期

Abstract

The United Nations isis points out the problem of spreading for the destruction,

shortage and pollution of the water resource and worsening rapidly etc. that various countries will face the biggest crisis in the water resource report in the 21st century. The water resource made in Agenda 21 that the earth summit was passed in 1992 develops the action plan guiding principle ' protection of the water resource quality and supply continuously forever: Person who combine method develop, manage, use application that pay in water resource '. Water yield only 851m³ which Taiwan can assign for each person every year, make Taiwan and become the high area of latent energy of water resources utilization and rank the whole world and lack water country in the shortage of source of water and double pincer attack awkward situation not good of water quality. Government bet suitable material resources, manpower, funds use ecological worker law build a lot of artificial wetland on Taiwan all parts in the past, though has proved the artificial wetland can really improve water quality, fail the case emerge in an endless stream. Agreement give manufacturer more responsibility and in order to prove project effect indicator that quality examine(Performance Indicator through effect type, abbreviated as PI) In order to reduce project sponsor quantity examine, work and examine nuclear, reduce administration cost. Probe into artificial wetland reason for failure and effect indicator manage tool store tradition in some types or linear type thinking ways still, although can quite meet satisfaction of users of the single aspect, user's satisfaction of comprehension to the ecological project of artificial wetland is unable to be totally applicable. So research this construct, confirm to continue effect indicator applicability make to artificial wetland ecological project one probe into tentatively forever stage on project whole lifespan, adopt the retrospect with the literature, model case study and case probe into method analyze, sum up, happen orientation regard continuing development forever as effect type contract goal continue effect indicator forever (sustainable Performance Indicator, is abbreviated as SPI) ,Prove, continue effect applicability of indicator forever by expert's interview, and small stream artificial wetland water quality purify ecological project carry on positive research with Hsinchu city head, make use of and confirm the continuing effect forever at stage by the ecological construction of artificial wetland of test. Find that using SPI tool can really reflect whether the construction effect has continuing nature forever through the case test result of the real example, can offer sponsoring the organ and consulting application of ecological project of continuing the development effect type forever.

Keywords : sustainability, performance indicator,artificial wetland,ecological engineering,life cycle

一、前言

聯合國於水資源報告中指出各國於二十一世紀將面臨最大的危機為水資源的破壞、短缺及汙染蔓延且急遽惡化等問題。1992年地球高峰會通過的二十一世紀議程中所定的水資源永續發展行動計劃綱領「水資源品質與供應的保護：整合式方法在水資源發展、經營使用上的應用」。台灣除季節雨量分配不均使水源調配困難外，且地勢山高坡陡河道源短流急，降雨至地面後很快匯流地表排入海洋，不但使地表面水逕流量大更是快速流出不易保水蓄存。台灣部分地區在無經費、下水道系統設置未普及或不肖業者排放的工業廢水、生活汙水、農業及畜牧業等汙廢水直接排放至溝渠、溪流、河川、海洋等使得水質不佳，這樣的水質被引用來灌溉農田、飼養牲畜，同時也汙染了行經周遭的生態環境及最後流入河川及海洋造成更廣泛性的污染。以全球每人每年用水量1000m³來看，台灣每人每年可分配之水量僅851m³[1]，在水源匱乏及水質不佳的雙重夾擊的窘境下台灣成為水資源利用潛能不高地區名列全球缺水國家。

人工濕地藉由物理的過濾、沉澱，化學的氧化、還原、吸附、離子交換，以及生物的氧化、還原、轉換等作用，具有低初設費、低操作維護費，以及容易操作之優點，是一符合生態工法之處理程序[2]。人工濕地生態工程是最適合重塑仿自然濕地環境、有很高的固碳能力、具滯洪調節地表逕流水及蓄水保水的功能、最經濟有效的汙水處理技術，用以淨化水質使放流水回收再利用。過去政府投注了相當的物力、人力及經費運用生態工法於台灣各地建造了許多的人工濕地，雖然證明了人工濕地確實可以改善水質，然而人工濕地生態工程失敗案例層出不窮，探究原因係人工濕地生態工程仍存在著傳統點式或線性式的思考方式，單一思維的考量天然材料、近自然的施工技術、自然生態環境，而非以整體性的永續思維進行工程全生命週期之相關規劃設計、施工及管理維護工作等。

PBC成效式合約(Performance-Based Contract，簡稱為PBC)可讓主辦機關賦予廠商較多的責任，驅使廠商發展各項創新與研發，而透過更有效益及效率的技術與工作程序降低維護成本，提升使用者滿意度，同時專注於使用者重視的績效指標，透過績效指標減少量測工作與檢核，降低行政管理成本，故用來驗證工程品質檢驗之成效指標(Performance Indicator，簡稱為PI) [3]。然而PBC成效式合約及其PI成效指標仍是採行傳統式理論與方法之管理技術，著重在品質管理及保證層面以求達最高功能品質，這樣的管理方法頗能滿足單一層面的使用者滿意度但對於人工溼地生態工程的全面性使用者滿意度就無法完全適用。因此，本研究將針對人工溼地生態工程於工程整體生命週期施工驗收階段的永續性成效指標適用性作一初步探討，採以文獻回顧、標竿案例學習及個案探討等方法分析歸納出朝向以永續發展為成效式合約目標之永續性成效指標(sustainable Performance Indicator，簡稱為SPI)，透過專家訪談來驗證永續性成效指標之適用性，並以新竹市頭前溪人工溼地水質淨化生態工程進行實證研究，藉以檢驗人工溼地生態工程施工驗收階段之永續性成效。

二、文獻回顧

2.1 溼地

依據拉姆薩溼地公約對溼地廣泛的定義[4]是指「不論天然或人為、永久或暫時、靜止或流水、淡水或鹹水，由沼澤、泥沼、泥煤地或水域所構成之地區，包括低潮時水深六公尺以內之海域」。溼地的功能[5]有：1.調節洪流、2.提供水源、3.補充地下水、4.防止地表及地下水的海水入侵、5.保護海岸、6.保留養份、7.保育沖積土、8.清除毒物、9.產生能源、10.蘊育並生產天然資源、11.水上運輸、12.基因庫、13.棲所及野生動物保育、14.自然景觀、15.研究機構、16.休閒旅遊、17.區域生態系調節。溼地中植物去除污染機制[24]有生物性去除污染係藉由植物表面或植物體內之生物膜所附著之細菌，配合自然動力來源(氣體循環、太陽能、風力)促成好氧、厭氧單元，進而使污染物行硝化、脫硝、生物降解作用，以去除水中營養鹽；物理性去除污染機制係指有機物行沉降、吸附、過濾及揮發作用，促使水鐘污染物降低之作用；化學性去除污染機制係指由植物或週邊環境影響，促使環境進行化學氧化還原反應，去除污染物。人工溼地系統可分為自由表面流動式系統[6]係模擬天然溼地之水文及環境狀態的人工溼地。為一淺窪地，底部含有20~30cm土壤或其他介質提供水生植物著根，並由水位控制設施調整約10~60cm的水深，進流水在溼地表層開放性的流動，當水流經過底部土壤層與植物的根、莖部接觸後，可達淨化效果；及表面下流動式系統[7]為不能於溼地表面看到水層的人工溼地，一窪地中填充約40~60cm厚的可透水性砂土或礫石作為介質，以支持挺水性植物(如蘆葦、香蒲)的生長，使得孔隙間有生物膜之生長，而有助於處理污染物質，進流水被迫在表層下的砂土、根系及根莖系間流動，以達到淨化效果。

2.2 生態工法

2002年公共工程委員會組成生態工法諮詢小組定義[8]如下：「生態工法(Ecototechnology)係指人類基於對生態系統的深切認知，為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，減少對生態系統造成傷害的永續系統工程皆稱之」。生態工法的意義是近自然工法，概念式一種能量循環的再造與修補[9]，強調利用自然界之自我設計組織能力的核心概念，當外界力量干預生態系統時，系統本身經過一連串的調適與重新設計，以適應外在環境條件的改變，且最後所呈現的生態系統，其中各單元間相互關係已形成較佳的配置，並產生回饋能力，使整個系統能自給自足。人工溼地就是應用生態工程的技術，以處理廢(污)水或彌補自然損失的人為設施，具有將污染物涵容同化(assimilation)及轉換的能力，也兼具自然溼地生態系統中物理、化學和生物間交互作用處理之特性，既不需能源輸入，也具有不必經常維護管理與自給自足等優點[10]。

2.3 永續發展

世界環境與發展委員會(WECD)於1987年4月發表「布朗特蘭報告」(The Brundtland Report)揭示「永續發展」(Sustainable development)的理念與定義，

認為現今之發展不應以掠奪未來世代之資源為基礎[11]。就社會層面主張公平分配，以滿足當代及後代全體人民的基本需求；認為永續發展就經濟層面主張建立在保護地球自然系統基礎上的持續經濟成長；就環境生態層面主張人類與自然和諧相處[12]。2005年世界衛生組織的“2005 World summit outcome document” [13]，將環境保護、社會發展和經濟視為永續發展的三大重要面向，因此也成為各國發展過程及永續發展政策皆依據此一文件來擬定相關法令規章。Barbier[14]亦另從資源使用與污染觀點出發，認為永續性在於可再生資源之使用率不能大於其再生率，不可再生資源之使用率不能大於其可再生替代物質之產生率，且污染排放不能大於環境所能涵容的環境容量，若超過該容量則將失去永續性。1993年Munasinghe[15]提出永續發展的完整概念應包括經濟、社會及環境等三個構面之競合與協調關係，圖2.3永續發展的三要素所示。許維庭[16]提出的國家層級永續營建評估指標，屬於國家層級之評估系統，許多指標並不是用於專案層級之永續性評估。南非學者 Labuschagne and Brent[17]透過這些階段關卡審查之手段，來確保專案在經濟、社會及環境之永續性。美國賓州州立大學學者Lapinski et al.[18]從精實營建(Lean construction)觀點著手，應用精實原理減少專案執行過程之浪費，並達到永續專案之目標。

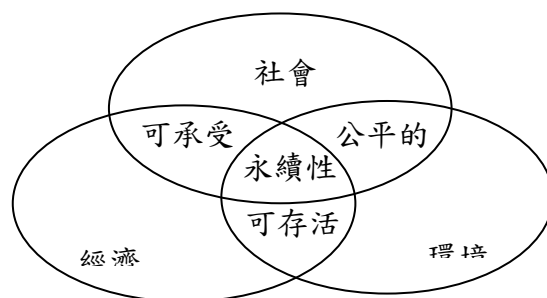


圖2.3 Munasinghe之永續發展三要素[15]

2.4 成效式合約及成效式指標

成效指標(Performance Indicator, PI)，定義為透過招標的方式，使廠商依據可量測的產出，完成合約中清楚、明確且客觀的條款及規定的工作之合約型態，用以量測工作執行是否達成預設目標的指標。一般而言，成效指標訂定應考量之重點如下[19]：

- 1.清楚、客觀、明確與可量測。
- 2.應設門檻值。
- 3.量測程序應明確。
- 4.應有相對反應時間。

根據楊智斌[20]成效指標訂定應考量之重點或類別如下：

- (一) 可投入的成本。
- (二) 使用者的服務與舒適度。
- (三) 耐久性。

(四) 管理績效。

楊智斌[20]及李龍堯[21]的文獻可歸納出成效式契約的成功因子包括：事前的評估、業主的認同、服務承諾、契約訂定、效益驗證等。2002年二月世界銀行針對道路以「產出」作為基礎的「Procurement of Performance-Based Management and Maintenance of Roads (Output-based Service Contract)」合約是一種以「產出」的服務績效為評核標準，非傳統以量測「投入」數量為計算標準，PMMR的評核標準根據其使用的特殊需求客製化明訂於合約中，相較於傳統合約有比較大的彈性，合約中說明道路維護養護服務，廠商需提供合乎合約中要求的服務水準外，內容須包含一切作業管理如評估道路狀況及後續的行動等。

三、案例分析

3.1 濕地案例搜集

內政部營建署於民國95年10月27日開始辦理「劃定國家重要濕地」評選作業，就各濕地之「生物多樣性」(佔50%)、「自然性、代表性及特殊性」(佔30%)及「規劃合理性」(佔20%)分別評定審查，「國際級」比照RAMSAR準則6，以「族群個體數超過1%」之標準從嚴認定；「國家級」及「地方級」則以委員所評定之多數認定，民國96年審查成果為國際級濕地2處、國家級濕地41處、地方級濕地32處，共75處，如圖3.1所示[22]。



圖3.1 2007年國家重要濕地空間位置圖[22]

本研究搜集各地濕地資料針對人工濕地案例進行探討及歸納，從案例中分析成功和不成功因素藉並彙整文獻探討結果，找出永續型人工濕地的特質或關鍵因素，進而篩選整理出適用於人工濕地生態工程施工驗收階段之永續性成效指標，如表3.1 溼地案例分析資料所示。

表3.1 溼地案例分析資料

案例	污水來源	興建經費/來源	系統/面積	日處理量 (m3)	水生植物	處理水用途

灣裡 (小)	社區生 活污水	環保 署、台南 市	5,000m ² FWS-300m ² 、 700m ² SSF-500m ² 生態池500m ²	50m ³	蘆葦、香蒲	園區澆 灌、排 回大排
竹溪	社區生 活污水	環保 局、台南 市	1,000m ² SSF-200m ² FWS-600m ² SSF-200m ²	120m ³	蘆葦、香蒲、 莎草、培地 毛、美人蕉	排回竹 溪
Hidden River Corpor ate Office Park	Hillsboro ugh River/雨 水	美國佛 羅里達 州	FWS-1.2公頃	-	黍科、梭魚 草、蓮科、香 蒲及其他植 生覆蓋	Hillsbo rough River
舊鐵 橋	社區生 活污水	七河 局、高雄 縣、環保 局	1,125,000m ² 300,000m ²	水力負 荷 200CMD /ha	蘆葦、香蒲、 空心菜	園區使 用、排 入高屏 溪
慈濟	醫療園 區二級 處理水	慈濟醫 療園區	1,500m ² FWS-450m ² SSF-400m ² 生態景觀池300m ²	70m ³	蘆葦、香蒲、 莎草、培地毛	灌溉用 水為淨 化標準
成大	系館生 活污水	營建署	100m ² FWS-50m ² FWS+SSF-50m ²	3~10m ³	香蒲、布袋蓮	景觀用 水
左公 一洲 仔	蓮池潭 南面之 池水	350萬 (第一 期);260 萬(第二 期)	FWS-4公頃 草澤與林澤溼地	-	菱角、蓮花	-
高大	灌溉用 水	教育部	1,400m ² FWS-252m ² FWS-500m ² SSF-252m ²	140m ³	蘆葦、香蒲、 美人蕉	景觀用 水
二行	社區生 活污水	環保署	1,330m ² FWS、SSF共500水 塘245	40~82m ³	蘆葦、香蒲	園區澆 灌、鄰 近區域

						灌溉
華江雁鴨	大漢溪與新店溪	台北市	FWS 水域、泥灘沙洲、草澤、淡水池(2個大型生態池, 3個小型淡水池) 28公頃(高灘地20公頃)	-	-	-
灣裡(大)	社區生活污水	環保署、台南市	57,489m ²	-	蘆葦、香蒲	園區澆灌、排回大排

3.2 人工溼地自然處理與傳統汗水處理比較

表3.2 人工溼地自然處理與傳統汗水處理比較表

系統 項目	人工溼地自然處理	傳統汗水處理
結構	利用既有的自然窪地及土地(大自然棲地)或土地需開挖(人為)	鋼筋混凝土槽體、機房施工
土地空間需求	大	小
處理系統	人為與大自然配合	人為控制
水處理等級	二級、三級處理	一、二、三級處理
污染物去除速率	慢	快
生物分解機制	植物、微生物	活性污泥(微生物)
物理機制	砂、石礫	濾料
化學機制	土壤與水域緩衝	消毒藥劑、污泥調理劑
能量	太陽能(少量抽水馬達)	電
能源需求	僅需抽水一次動力	大多數單元均需動力
機械設備	少數個抽水幫浦	多數個抽水幫浦、鼓風機、散氣設備、污泥脫水機、加藥幫浦、攪拌機、攔污柵、過篩機、機電控制設備
處理系統衍生物	農作物、植物、養殖物	污泥
其他效益	動物棲息、景觀美化、生態教學、空間活化運用	-
操作維護	非專業化廢水處理人員, 水流、收割(頻率極少)	廢水處理專責人員, 操作參數及條件監控、設備維修、污泥處置、活性污泥問題與對策

環境衛生	蚊媒孳生	異臭味、污泥處置
------	------	----------

3.3 人工濕地工程影響因素

透過溼地案例探討及人工溼地處理系統與傳統污水處理系統的比較，如表3.2 人工溼地自然處理與傳統污水處理比較表所示，可歸納出人工濕地生態工程於施工及驗收階段將影響成功與否的取決因素，茲列舉說明如下所示：

1. 廠商於現地測量及高程測量發現與工區實際洪水警界線有落差或與設計不符未反應監造單位或主辦機關仍依圖施工致高程易遭水淹沒。
2. 施工中發現工區選址不當未反應問題給監造單位或主辦機關進行檢討。
3. 水池施工不當或高程測量錯誤造成整體水流動力有問題。
4. 鋪面採透水再材材料施工。
5. 工區及周邊區域於施工前中後確實做好生態調查工作、監控及改善措施。
6. 施工的方式造成維護管理不當。
7. 測量錯誤致溼地範圍越界或施工中越界或非法佔用土地。
8. 周遭居民的支持(敦親睦鄰關係)及民眾參與(雇用當地居民施工)。
9. 水池池面施工須確實不可漏水，並保有水生植物生長必須的有機壤土。
10. 施工中將營建廢棄物等掩埋於人工溼地土方下。
11. 使用原區域黏土、皂土、土石方或植栽用壤土等材料。
12. 工區原地土石方挖填平衡，不應超挖運至他處或他處運入回填。
13. 視一般型或大型或多功能的人工濕地於施工時考量營運維護問題，使維護項目儘量簡單化，以降低未來維護經費負擔。
14. 採用再生能源或再生資源施工，施工機具使用生質油、施工中必要的資材廠商願意多花心力就地取材改造後使用等。
15. 濕地工程所使用的路燈、馬達、監視系統、檢測系統等盡量採購節能或綠能產品。
16. 自製風力發電設施供施工中用電。
17. 工區內設置可復原的就地取材之過濾池，引用取水源水過濾後提供施工中清潔用水。
18. 工區內設置可復原的就地取材之廢水暫存池及處理池，以供壓送車洗管後廢水或水泥等污染物清潔後廢水的處置處理。
19. 施工中的垃圾、廢棄物、污染物等不可與工區內黏土、皂土、土石方或植栽用壤土等材料或植生壤土混合污染。
20. 因地制宜、就地取材的施工方式。
21. 施工廠商派任人工溼地生態工程相關專業人員組成施工管理團隊。
22. 連通管及閘類採堅固耐用的可回收再利用材質。
23. 取水道、取水井、各池底及連通管高程均須依設計確實施工。

24. 取水源、鄰近工區溪河岸、放流口等周邊護坡須依設計確實施工。
25. 工區內環路面及臨水池邊路面須依設計滾壓夯實確實施工。
26. 水池面若採黏土晶化工法必須確實滾壓夯實至呈奈米化。
27. 水生植物須確保無病蟲害，並依設計圖種類及規格、植生高程、植生密度、植生數量、適當的移植方法、移植季節時機等專業施工。
28. 水源、水量、流速、水質，取水源的閘閥須依設計圖確實施工以因應水源之豐水期與枯水期取水位。
29. 水池下方不可有重疊設施或管線等，施工前必須作事先相關調查與探勘。
30. 施工計劃以盡量降低對環境的破壞為規劃考量。
31. 水池於施工、營運維護階段皆須保持池體及池面乾淨。
32. 池面及池坡進行砌石坡工程盡量就地取材，且選用大小形狀類似之石材須設水平線，施工時石材平面朝上作為踏面及整體踏面呈穩定水平。
33. 防護欄杆、平台、木棧道等依設計圖確實施工，須堅固耐用、設置承載人數重量告示牌、板材適當間隙、表面及加工面平整等，不可造成遊客安全疑慮。
34. 鋼材銲接及銲接面須依施工規範施做，不可造成易致鏽蝕或遊客安全疑慮。
35. 施工中避免野狗進工區成常態，野狗進水池影響施工中已種的植物生長及危及民眾安全之疑慮。
36. 施工中須加強管制外來物並監控施工中水池是否有福壽螺或福壽螺卵，並適當快速的清除乾淨避免隱藏或任其繁衍，造成工區取水源或工區周邊鄰近溪河的福壽螺繁衍啃食危害水生植物。
37. 工區禁止民眾進出或行經工區至周邊鄰近溪河釣魚，除安全考量另釣客灑落魚飼料或誘餌至試水水池將增加水中污染問題。

四、永續性成效指標

4.1 永續性成效指標

本研究人工濕地生態工程於施工及驗收階段之永續性成效指標，區分為環境、社會、經濟三大構面，並將指標項目以現場量測計算及書面統計計算兩種方式來檢驗人工濕地生態工程於施工及驗收階段是否永續性成效。

表4.1 人工濕地生態工程之永續性成效指標(施工及驗收階段)

構面	核心群組	指標類別	永續性成效指標SPI	要求標準	量測方法	容許差或反應時間(TOR)
E 環境	E1 資源	E1a 土地	E1a1 基地沉陷面積	每處沉陷面積 ≤ 0.7m ² ；總沉陷面積 ≤	測距輪	立即改善

	使用			2m ²		
E 環境	E1 資源使用	E1a 土地	E1a2 水池中心點與河岸邊垂直距離長度	任一點 $\geq 30m$	使用捲尺或測距輪量測	必須在28天內改善完成
E 環境	E1 資源使用	E1a 土地	E1a3 水池/河岸邊坡塌陷面積	每處塌陷面積 $\leq 0.3m^2$ ；總塌陷面積 $\leq 2m^2$	測距輪	此類缺失應在發現後7天內修補完成
E 環境	E1 資源使用	E1a 土地	E1a4 水池邊坡單一裂縫	裂縫寬 $\leq 1cm$ (所謂裂縫乃指水池邊坡上出現超過1cm寬的線性開口)	裂縫寬度用小透明直尺量測、目視檢測	所有超過1cm寬的裂縫都應在發現後7天內修補密合
E 環境	E1 資源使用	E1a 土地	E1a5 水池邊坡複合裂縫	任一水池邊坡裂縫面積 $\leq 5\%$ 全部水池邊坡裂縫面積	目視檢測	所有出現複合裂縫的邊坡面必須在發現後7天內修補密合
E 環境	E1 資源使用	E1a 土地	E1a6 水池周長增加的長度	任一水池周長=該水池原設計周長	測距輪	此類缺失應在發現後7天內修補完成
E 環境	E1 資源使用	E1a 土地	E1a7 坑洞	基地地面坑洞直徑 $< 10cm$ ；坑洞深度 $< 2cm$	目視檢測、直尺	立即改善
E 環境	E1 資源使用	E1a 土地	E1a8 地表透水率	透水面積 $\geq 95\%$ 工區面積	使用捲尺或測距輪量測、地籍圖、空照圖、目視檢測	此類缺失應在發現後14天內改善完成
E 環境	E1 資源使用	E1b 材料	E1b1 外購材料金額	外購材料金額 $< 10\%$ 總購材料金額	材料設備審查資料、發票、磅秤、使用捲尺或測距輪量測、目視檢測數量	此類缺失屬未施作者應立即改善；已施作材料應在發現後28天內改善完成
E 環境	E1 資源使用	E1b 材料	E1b2 就地取材量換算金額	就地取材量換算金額 $> 40\%$ 總購材料金額	使用捲尺或測距輪量測、目視檢測數量	此類缺失屬未施作者應立即改善；已施作材料應在發現後28天內改善完成

E 環 境	E1 資 源 使用	E1b 材 料	E1b3 使用再生 綠建材產品數 量換算金額比 率	使用再生綠建材量換算 金額>10%總購材料金 額	使用捲尺或測距 輪量測、目視檢 測數量	此類缺失屬未 施作者應立即 改善；已施作 材料應在發現 後28天內改善 完成
E 環 境	E1 資 源 使用	E1b 材 料	E1b4 使用自製 廢棄物加工再 利用產品或材 料量換算金額 比率	自製廢棄物加工再利用 產品或材料量換算金額 >2%總購材料金額	使用捲尺或測距 輪量測面積、目 視檢測數量	此類缺失屬未 施作者應立即 改善；已施作 材料應在發現 後28天內改善 完成
E 環 境	E1 資 源 使用	E1c 水 資源	E1c1 水池水位 高度(淤泥量)	計算淤泥量，水流進出 量相等下之水池水位高 度=水池原設計水位高 度，平均水深<30cm須 清淤泥	水位標尺、目視 檢測	此類缺失應待 固體沉降或在 發現情況嚴重 後7天內清淤 完成
E 環 境	E1 資 源 使用	E1c 水 資源	E1c2 水池水流 量(漏水量)	計算漏水量，水流進量/ 秒=水流出量/秒， 4300m3/day	流量計、目視檢 測	此類缺失應在 發現後14天內 抓漏修補完成
E 環 境	E1 資 源 使用	E1c 水 資源	E1c3 水池進出 水流速(淨水承 載量)	計算淨水承載量，水流 進量/秒=設計值，水流 出量/秒=設計值	流速儀、目視檢 測	此類缺失應在 發現後7天內 清淤完成
E 環 境	E1 資 源 使用	E1c 水 資源	E1a1 水池水質 污染	水池進水、各池、放出 水之臭味、水溫、渾濁 度、pH值、電導率、生 化需氧量(BOD5)、總懸 浮固體物(TSS)、氯離子 (Cl ⁻)、氮氧化物 (NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻)、氮 (NH ₄ ⁺)、總凱氏氮 (TKN)、總磷(TP)=設計 值，檢驗報告	檢測儀器、目視 檢測、實驗室檢 驗報告	立即改善
E 環 境	E1 資 源 使用	E1c 水 資源	E1c4 再生水資 源使用量	工區臨時用水量 (m ³ /day)≥60%施工計 畫估計臨時用水量 (m ³ /day)	再生水儲水桶、 目視檢測	此類缺失應在 發現後3天內 改善完成
E 環	E1	E1d 能	E1d1 工程興建	如施工機具使用的汽油	汽油儲桶、目視	此類缺失應在

境	資源 使用	源	的能源消費量 換算金額	等，盡量採雇工人力施工，單位：加侖，汽油費 < 70% 該項工程費 (需壓密度試驗的工項例外)	檢測	發現後 7 天內 改善完成
E 環 境	E1 資源 使用	E1d 能 源	E1d2 設備系統 用電量	單位：度，臨時用電量 (度/day) ≤ 施工計畫估計用電量(度/day)	電表、目視檢測	此類缺失應在 發現後 3 天內 改善完成
E 環 境	E1 資源 使用	E1d 能 源	E1d3 再生能源 供給量換算金 額	自製再生能源(如：堆肥/自製風力發電/水資源)換算金額 ≥ 1% 總工程費	使用捲尺或測距輪量測/電表/再生水儲水桶、目視檢測	此類缺失應在 發現後 3 天內 改善完成
E 環 境	E2 污 染 防 制	E2a 空 氣 污 染	E2a1 空氣污染 陳情案件數	平均事件數/月 ≤ 3 件	目視檢測	立即改善
E 環 境	E2 污 染 防 制	E2a 空 氣 污 染	E2a2 空氣污染 檢查告發件數 (含臭味、揚土)	平均事件數/月 ≤ 1 件	目視檢測	立即改善
E 環 境	E2 污 染 防 制	E2b 水 污 染	E2b1 水污染公 害陳情案件數	平均事件數/月 = 0 件 鄰近工區周邊溪河水質之臭味、水溫、濁度、pH 值、電導率、生化需氧量(BOD5)、總懸浮固體物(TSS)、氯離子(Cl ⁻)、氮氧化物(NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻)、氨(NH ₄ ⁺)、總凱氏氮(TKN)、總磷(TP)=原溪河水質值或法規規範值，檢驗報告	檢測儀器、水質記錄(施工前、施工中、施工後)、目視檢測、實驗室檢驗報告	立即改善
E 環 境	E2 污 染 防 制	E2c 固 體 廢 棄 物	E2c1 營建廢棄 物產生量	單位：T，平均噸數/月 ≤ 10T(營建廢棄物應能資源回收再利用)	簽單/營建廢棄物申報量、目視檢測	此類缺失應在 發現後 7 天內 改善完成
E 環 境	E2 污 染 防 制	E2c 固 體 廢 棄 物	E2c2 基地清潔 度	基地(含鋪面與水池)應隨時保持清潔，不可有泥土、殘骸、垃圾、及其它異物	目視檢測	此類異物有影 響安全及水池 功能之虞時， 必須在 0.5 小時 內清除；若不

						影響安全及水池功能，則必須在1天內清除
E 環境	E2 污染防制	E2c 固體廢棄物	E2c3 營建工程廢棄物陳情案件數	平均事件數/月 \leq 2件	使用捲尺或測距輪量測、目視檢測	此類缺失應在發現後1天內改善完成
E 環境	E2 污染防制	E2c 固體廢棄物	E2c4 營建事業廢棄物再利用量	減廢量，營建事業廢棄物資源分類，營建事業廢棄物再利用量 \geq 60% 營建事業廢棄物申報量	磅秤、使用捲尺或測距輪量測、目視檢測/簽單/營建廢棄物申報量	此類缺失應在發現後7天內改善完成
E 環境	E2 污染防制	E2d 噪音	E2d1 營建工程噪音陳情案件數	平均事件數/月 \leq 3件	目視檢測	立即改善
E 環境	E2 污染防制	E2e 有毒物質	E2e1 施工材料之有毒物質測值	有毒物質測值 \leq 法規規範，檢驗報告	檢測儀器、目視檢測、實驗室檢驗報告	立即退料不可進工區，立即拆除重做改善
E 環境	E2 污染防制	E2e 有毒物質	E2e2 使用生態及健康綠建材標章產品金額比例	生態及健康綠建材標章產品量換算金額 $>$ 80% 總購材料金額	磅秤、使用捲尺或測距輪量測、目視檢測數量	此類缺失應在發現後14天內改正完成
E 環境	E2 污染防制	E2f 溫室氣體排放	E2f1 施工CO2排放量	依使用的能資源(如：汽油、電、水等)計算CO2排放量，施工CO2排放量/月(月平均量) $<$ 60% 工程總CO2排放量/月(月平均量)	磅秤、使用捲尺或測距輪量測、加侖(儲油桶)、電表、噸(儲水桶)、目視檢測數量	立即改善
E 環境	E2 污染防制	E2f 溫室氣體排放	E2f2 使用外購材料CO2排放量	依使用外購材料計算CO2排放量，使用外購材料CO2排放量 $<$ 10% 總材料CO2排放量(總材料CO2排放量=外購材料CO2排放量+就地取材CO2排放量+再生綠建材產品CO2排放量+營建事業廢棄物再用品CO2排放量)	磅秤、使用捲尺或測距輪量測、目視檢測數量	立即改善

E 環 境	E2 污 染 防 制	E2f 溫 室 氣 體 排 放	E1f3 使用就地 取 材 CO2 排 放 量	依使用就地取材計算 CO2排放量，使用就地 取材CO2排放量<50% 總材料CO2排放量(總材 料CO2排放量=外購材 料CO2排放量+就地取 材CO2排放量+再生綠 建材產品CO2排放量+ 營建事業廢棄物再利用 品CO2排放量)	磅秤、使用捲尺 或測距輪量測、 目視檢測數量	立即改善
E 環 境	E2 污 染 防 制	E2f 溫 室 氣 體 排 放	E1f4 使用再生 綠 建 材 產 品 CO2排放量	依使用再生綠建材產品 計算CO2排放量，使用 再生綠建材產品CO2排 放量<30%總材料CO2 排放量(總材料CO2排 放量=外購材料CO2排 放量+就地取材CO2排 放量+再生綠建材產品 CO2排放量+營建事業 廢棄物再利用品CO2排 放量)	磅秤、使用捲尺 或測距輪量測、 目視檢測數量	立即改善
E 環 境	E2 污 染 防 制	E2f 溫 室 氣 體 排 放	E1f5 使用營建 事 業 廢 棄 物 再 利 用 品 CO2 排 放 量	依使用營建事業廢棄物 再用品計算CO2排 放量，使用營建事業廢 棄物再用品CO2排 放量<10%總材料CO2排 放量(總材料CO2排 放量=外購材料CO2排 放量+就地取材CO2排 放量+再生綠建材產品 CO2排放量+營建事業 廢棄物再用品CO2排 放量)	磅秤、使用捲尺 或測距輪量測、 目視檢測數量	立即改善
E 環 境	E3 生 態 保 護	E3a 生 物 多 樣 性	E3a1 基地周遭 重 工 頻 率	同類工程重工次數≤ 1(不得以未做完或工序 安排為由，事先提報核 准例外)	施工日報、目視 檢測	立即改善
E 環 境	E3 生 態 保 護	E3a 生 物 多 樣	E3a2 基地周遭 施 工 干 擾 面 積	干擾面積≤5%工區面積 (干擾面積越小越好)，干	使用捲尺或測距 輪量測、地籍	立即改善

		性		擾面積=干擾生態敏感地區面積+干擾災害敏感地區面積+干擾居民生活空間面積	圖、空照圖、目視檢測	
E 環境	E3 生態保護	E3a 生物多樣性	E3a3 生態工程面積比例	生態工程面積 \geq 90%工區施工面積	使用捲尺或測距輪量測、地籍圖、空照圖、目視檢測	此類缺失應在發現後14天內改善完成
E 環境	E3 生態保護	E3a 生物多樣性	E3a4 工程界生態專業人員比例	工程界生態專業人員數/工程總施工人數 $>$ 60%(朝向施工者、管理者皆俱備生態專業)	生態課程訓練時數/人數、生態相關證照、生態相關科系人數，目視檢測	此類缺失應在發現後28天內改善完成
E 環境	E3 生態保護	E3b 生態敏感地區	E3b1 干擾生態敏感地區面積	干擾生態敏感地區面積 \leq 1%工區面積(干擾生態敏感地區面積越小越好)	使用捲尺或測距輪量測、地籍圖、空照圖、目視檢測	立即改善
E 環境	E3 生態保護	E3b 生態敏感地區	E3b2 干擾災害敏感地區面積	干擾災害敏感地區面積 \leq 1%干擾面積(干擾災害敏感地區面積越小越好)，干擾面積=干擾生態敏感地區面積+干擾災害敏感地區面積+干擾居民生活空間面積	使用捲尺或測距輪量測、地籍圖、空照圖、目視檢測	立即改善
E 環境	E3 生態保護	E3c 營建工程的植栽綠化	E3c1 環境綠覆率	綠化面積 \geq 60%(工區面積-水池面積-鋪面積)	使用捲尺或測距輪量測、地籍圖、空照圖、目視檢測	此類缺失應在發現後28天內改善完成
E 環境	E3 生態保護	E3c 營建工程的植栽綠化	E3c2 施工階段投入之生態保育金額比	生態保育金額 $>$ 2%總工程費	目視檢測	此類缺失應在發現後28天內改善完成
S 社會	S1 改善	S1a 人類居所品質	S1a1 敦親睦鄰及宣導次數	敦親睦鄰次數/月 \geq 5次/月(可重覆敦親睦鄰相同的居民，但不列入次數計算)(敦親睦鄰工區周邊居民始列入次數計算)	施工日報、簽名簿及通訊或戶籍地址資料、目視檢測	此類缺失應在發現後28天內改善完成

S 社會	S1 改善	S1a 人類居所品質	S1a2 民眾抱怨或檢舉次數	平均事件數/月 ≤ 3 件	施工日報、目視檢測	立即改善
S 社會	S1b 交通	S1b 交通	S1b1 施工便道或施工造成交通堵塞次數	平均交通堵塞事件數/月 ≤ 1 件	施工日報、目視檢測	立即改善
S 社會	S1 人類生活	S1c 健康、安全與威脅	S1c1 居民闖入工區次數	平均闖入工區事件數/月=0	施工日報、目視檢測	立即改善
S 社會	S1 人類生活	S1c 健康、安全與威脅	S1c2 營造業職業傷亡災害人數比例	平均勞工傷亡職業災害通報事件數/月=0	勞工傷亡職業災害通報單、施工日報、勞工安全衛生自主檢查統計總表、目視檢測	立即改善
S 社會	S1 人類生活	S1c 健康、安全與威脅	S1c3 天然或人為災害之防災及減災整體費用比例	天然或人為災害之防災及減災整體費用 $\geq 1.5\%$ 總工程費	目視檢測	此類缺失應在發現後14天內改善完成，有立即危險之虞者立即改善
S 社會	S1 人類生活	S1c 健康、安全與威脅	S1c4 河川、溪流之防災減災及災損整體費用比例	河川、溪流之防災及減災整體費用 $\geq 0.8\%$ 總工程費	目視檢測	此類缺失應在發現後14天內改善完成，有立即危險之虞者立即改善
S 社會	S1 人類生活	S1c 健康、安全與威脅	S1c5 工區及周邊安全、防災設施及措施費用比例	工區及周邊安全防災設施及措施費用 $\geq 1.5\%$ 總工程費	目視檢測	此類缺失應在發現後14天內改善完成，有立即危險之虞者立即改善
S 社會	S1 人類生活	S1c 健康、安全與威脅	S1c6 施工便道或施工造成危害次數	平均危害事件數/月=0	施工日報、目視檢測	立即改善
S 社會	S2 文化的保護	S2a 文化古蹟的保護	S2a1 古蹟保存費用比例	古蹟保存費 $\geq 1.5\%$ 古蹟鑑定價值(總古蹟保存費100萬為上限，視狀況	使用捲尺或測距輪量測、地籍圖、空照圖、目	此類缺失應在發現後28天內改善完成，有

	存			會請相關單位辦理)	視檢測	立即毀壞之虞者立即維護保存
S 社會	S2 文化的保存	S2b 文化差異的認同	S2b1 文化設施建設費用比例	文化設施建設費用 $\geq 3\%$ 總工程費(有文化設施建設需要才計入本指標計算,視狀況會請相關單位辦理)	使用捲尺或測距輪量測、地籍圖、空照圖、目視檢測	此類缺失應在發現後28天內改善完成,有立即毀壞之虞者立即施工維護保存
S 社會	S3 社會公平	S3b 營建資源、社會成本與效益的公平分配	E3b1 非法佔用鄰地作臨時施工區或施工便道面積	非法佔用面積=0	使用捲尺或測距輪量測、地籍圖、空照圖、目視檢測	立即改善
S 社會	S3 社會公平	S3b 營建資源、社會成本與效益的公平分配	E3b2 非法盜採鄰地現地材料換算金額比例	非法盜採換算金額=0	使用捲尺或測距輪量測、地籍圖、空照圖、目視檢測	立即改善
S 社會	S3 社會公平	S3c 性別平等	S3c1 雇用就業人數女性占男性比率	工區雇用女性人數/工區雇用男性人數(月平均) ≥ 1	薪資表、工資表、所得扣繳憑單、施工日報表、進出人員管制登記簿、目視檢測	立即改善
S 社會	S3 社會公平	S3c 性別平等	S3c2 雇用平均薪資女性占男性比率	工區雇用女性平均薪資/工區雇用男性平均薪資(月平均) ≥ 0.8	薪資表、工資表、所得扣繳憑單、施工日報表、進出人員管制登記簿、目視檢測	立即改善
S 社會	S3 社會公平	S3c 性別平等	S3c3 雇用平均工時女性占男性比率	工區雇用女性平均工時/工區雇用男性平均工時(月平均) ≥ 0.8	薪資表、工資表、所得扣繳憑單、施工日報	立即改善

					表、進出人員管制登記簿、目視檢測	
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4a 公眾參與	S4a1 辦理相關公聽會及說明會等人次數比例	辦理相關公聽會及說明會及宣導等人次數/月 ≥ 125 人/5次/月(居民可重復參加, 承商不可拒絕, 且重復參加居民不列入人次數計算)(工區周邊居民始列入人次數計算)	施工日報、簽到簿及通訊或戶籍地址資料、目視檢測	此類缺失應在發現後28天內改善完成
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b1 修補塊	任一鋪面段(含裸地)修補塊含(1)應呈矩形;(2)與連接鋪面平接高低差小於6mm(3)使用材料與鄰接鋪面材料相同;及(4)不得有超過3mm寬的裂縫	形狀及使用材料用目視觀察, 是否平接用長直尺搭配短尺量測, 裂縫寬度用小透明直尺量測	應在發現後7天內重新修補完成
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b2 鋪面單一裂縫	鋪面裂縫寬 ≤ 3 mm(所謂裂縫乃指鋪面上出現超過3mm寬的線性開口)	裂縫寬度用小透明直尺量測	應在發現後7天內修補密合
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b3 鋪面複合裂縫	基地內任一鋪面段(含裸地)內裂縫面積 \leq 該段面積的10%	目視檢測, 此類複合裂縫及相交錯的裂縫, 所謂「裂縫面積」乃指四邊與裂縫最近距離為0.25m且與行進方向平行或垂直的矩形面積	所有出現複合裂縫的鋪面必須在發現後7天內修補密合
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b4 鋪面車轍	基地內任一鋪面段(含裸地)內鋪面車轍深度 < 1 cm	以1.2m直規(無腳), 以垂直於行進方向擺放在鋪面上, 再用一支刻劃至mm的短	必須在28天內修補完成

	向				直尺量測，沿該直規下方出現的最低點距離即為車轍深度	
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b5 鬆散剝落	鋪面或設施皆不可有任何鬆散剝落面	目視檢測	所有鬆散剝落面必須在發現後7天內修補密合
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b6 鋪面邊緣鬆脫	鋪面邊緣不得出現任何鬆脫或破裂塊	目視檢測	若出現邊緣鬆脫則應在發現後7天內修補完整
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b7 不同鋪面或設施面材間高差	鋪面或設施面材皆應順接，且不得高低不一	目視檢測	此類缺失應在發現後14天內修補完成
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b8 鋪面凸起或凹陷	深度或高度 $<1\text{cm}$;直徑 $<30\text{cm}$ 的凸起或凹陷	以1.2m直規(無腳)搭配短直尺量測	此類缺失應在發現後7天內修補完成
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b9 基地面平坦度	基地內任一鋪面面層(含裸地)平整度高低 $<6\text{mm}$	以1.2m直規(無腳)沿平行及垂直於路中心線之方向檢測，路面與直規任意二接觸點，以一支刻劃至mm的短直尺或楔型規量測之最大間隙	此類缺失應在發現後14天內修補完成
S 社	S4	S4b 營	S4b10 公共工	查核成績甲等以上次數	公共工程委員會	此類缺失應在

會	營建過程的社會面向	建工程品質	程施工查核成績甲等以上次數百分比	/承攬工程數(近五年年平均) $\geq 40\%$	查核成績公告、目視檢測	發現後3個月內改善完成
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b11 公共工程施工獲綠建築標章件數百分比	綠建築標章件數/承攬工程數(近五年年平均) $\geq 60\%$	公共工程委員會查核成績公告、目視檢測	此類缺失應在發現後3個月內改善完成
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4b 營建工程品質	S4b12 工程品質管理費用比例	工程品質管理費用 $\geq 3\%$ 總工程費，按施工金額比例	施工日報表，目視檢測	此類缺失應在發現後14天內改善完成，有立即危險之虞者立即改善
S 社會	S4 營建過程的社會面向	S4c 避免雇用童工	S4c1 15歲以上未滿16歲之受雇者人數(少年童工)	工區雇用少年童工人數=0(經濟弱勢家庭例外，派予適當工作，雇用少年童工人數/總雇用人數 $\leq 5\%$)	施工日報表、進出人員管制登記簿、目視檢測	立即改善
C 經濟	C1 經濟貢獻	C1a 創造就業機會上的貢獻	C1a1 雇用就業人數本地居民占外地居民比率	工區雇用本地職工人數/工區雇用外地職工人數(月平均) ≥ 0.8	薪資表、工資表、所得扣繳憑單、施工日報表、進出人員管制登記簿、目視檢測	立即改善
C 經濟	C1 經濟貢獻	C1a 創造就業機會上的貢獻	C1a2 雇用平均薪資本地居民占外地居民比率	工區雇用本地職工平均薪資/工區雇用外地職工平均薪資(月平均)=1	薪資表、工資表、所得扣繳憑單、施工日報表、進出人員管制登記簿、目視檢測	立即改善
C 經濟	C1 經濟貢獻	C1b 地方經濟成長上	C1b1 承攬廠商繳稅金額	本工程承攬廠商繳稅金額 $\geq 5\%$ 總工程費	發票、業主合約金額、104表、目視檢測	立即改善

		的貢獻				
C 經濟	C1 經濟貢獻	C1b 地方經濟成長上的貢獻	C1b2 採購本地工程、材料金額比例	採購本地工程、材料金額/外購材料、工程費=1(本地無生產或施工技術例外)(外購工程/外購材料、工程費 \leq 30%)	材料設備審查資料、發票、磅秤、使用捲尺或測距輪量測、目視檢測數量	此類缺失屬未施作者應立即改善；工程已施作者應在發現後28天內改善完成
C 經濟	C1 經濟貢獻	C1b 地方經濟成長上的貢獻	C1b3 外購工程比例	外購工程/外購材料、工程費 \leq 30%(以雇工購料施作取代之)	材料設備審查資料、發票、磅秤、使用捲尺或測距輪量測、目視檢測數量	此類缺失屬未施作者應立即改善；工程已施作者應在發現後28天內改善完成
C 經濟	C1 經濟貢獻	C1b 地方經濟成長上的貢獻	C1b4 帶動地方觀光產值	(工區周邊商家月營業額/工區周邊遊客人數(月))/該地區人均消費額 \geq 1.2(工區周邊指工區邊界延伸1公里)	工區周邊商家月營業額調查資料(市調),工區周邊遊客人數調查,目視檢測	此類缺失應在發現後28天內改善完成
C 經濟	C2 生態經濟	C1b 地方經濟成長上的貢獻	C1b5 植物、養殖物販賣所得	植物、養殖物(文創或加工)販賣所得 \geq 5千元/月平均(驗收階段)	發票、磅秤、使用捲尺或測距輪量測、目視檢測數量	此類缺失應在發現後28天內改善完成
	C3 經濟效益的量度	C3a 營建專案的效益/成本	C3a1 有效淨水再生水資源量換算金額	有效淨水再生水資源(m ³ /day) \geq 80% 汙水處理量(m ³ /day),換算自來水費率	流量計、目視檢測	此類缺失應在發現後3天內改善完成
	C3 經濟效益的量度	C3a 營建專案的效益/成本	C3a2 工程回收效益比率	該項工程施工效益值換算金額(月)/該項工程金額 $>$ 2%	施工日報表,目視檢測	此類缺失應在發現後28天內改善完成
	C3 經濟效益的量度	C3a 營建專案的效益/成本	C3a3 工程專案財務平衡能力	收入/支出 \geq 1,經濟自給自足/補助款/地方撥款/民間團體認養等	財務模擬,財務報表(月),目視檢測	立即改善
	C3	C3a 營	C3a4 未達預期效益之工程項	該項工程未達預期效益	施工日報表,目	此類缺失應在

	經濟 效益 的 量 度	建專案 的 效 益 / 成 本	目金額	值換算金額/總工程費 $\leq 0.5\%$	視檢測	發現後28天內 改善完成
	C3 經 濟 效 益 的 量 度	C3a 營 建專案 的 效 益 / 成 本	C3a5 工程經濟 效益金額	人工濕地處理系統總工 程費/專案壽命(年) < 60 %(一般市場行情傳統 污水處理設施工程費/ 使用壽命(年)),主體工 程整體損害比例(主體 工程指水池、工區溪河 護岸、工區內通行及連 絡道) $\geq 50\%$ 視為專案 壽命結束	施工日報表,目 視檢測	此類缺失應在 發現後28天內 改善完成
	C3 經 濟 效 益 的 量 度	C3b 土 地與建 築物的 增值	C3b 1 地價指 數	市價/公告地價 ≥ 1	地價稅單、市價 行情調查資料、 目視檢測	此類缺失應在 發現後6個月 內改善完成
	C3 經 濟 效 益 的 量 度	C3c 營 造公司 利潤	C3c1 承攬廠商 營業毛利率	承攬廠商本工程毛利率 $=((\text{營業收入}-\text{營業成本})/營業收入)*100\% \geq$ 15%(40%為上限)	財務報表(月),目 視檢測	立即改善

4.2 永續性成效指標之檢驗管制

人工濕地生態工程的永續性成效式合約中經常性每月有明確成果或施工階段成果付款,以便進行工程及經常性服務,如果承攬廠商遵守合約內容,在每月或階段付款的情況下,承攬廠商須將經常性每月有明確成果或施工階段成果之付款所須附的發票保留並報告服務的績效,承攬廠商的履約服務監測系統內各項自主管制檢查需與監造計畫對應連貫再與成效式合約的永續性成效指標(SPI)對應串聯連貫,由承攬廠商評價自己的服務水準提出報告,經主辦機關或其代表(監造或專案經理)透過永續性成效指標(SPI)檢驗,如果服務水準不符合要求,則罰款或折價收受若有嚴重情事,可能將停止付款或撤銷合約,如果承攬廠商未能在限定的合約期限中,實現某些最低門檻值的服務水準,成效式合約也有相關處罰的規定,人工濕地生態工程的永續性成效檢驗作業流程如圖3.3所示。

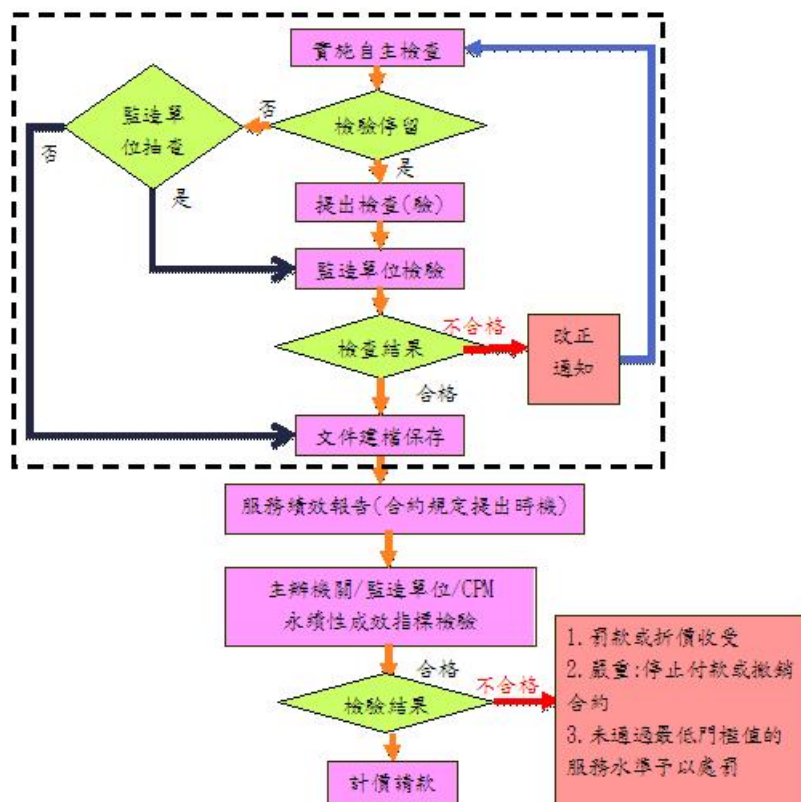


圖3.3 人工濕地生態工程的永續性成效檢驗作業流程圖

五、個案實證

5.1 個案介紹

本研究透過新竹市○○○○○○人工溼地水質淨化工程實際個案進行實測，○○○人工溼地為人工濕地生態工程。市區民生廢水經初步淨化排入溪○○溪，透過取水道引水源入濕地經過水質淨化後再排至○○溪，工程內容：採用黏土晶化進行水池池底和池坡不透水層施工、河岸護坡採石籠工法、防護欄杆、平台、木棧道等採用再生綠建材環塑木施工、採土方挖填平衡、使用再生瀝青鋪面、乾砌護坡、迭石、石籠等皆取用工區內卵石塊、水生植物等。以下為實證個案基本資料：

1.工程地點：新竹市○○○○○○高灘地	6.契約編號：102○○○○○
2.場址面積：12公頃	7.契約工期：390日曆天
3.工程費用：新臺幣39,480,000元	8.開工日期：中華民國102年○○月○○日
4.查核小組：行政院環境保護署	9.預計完工日：中華民國104年○○月○○日
5.工程主辦單位：新竹市政府○○○	



圖3.4 工區位置圖[23]

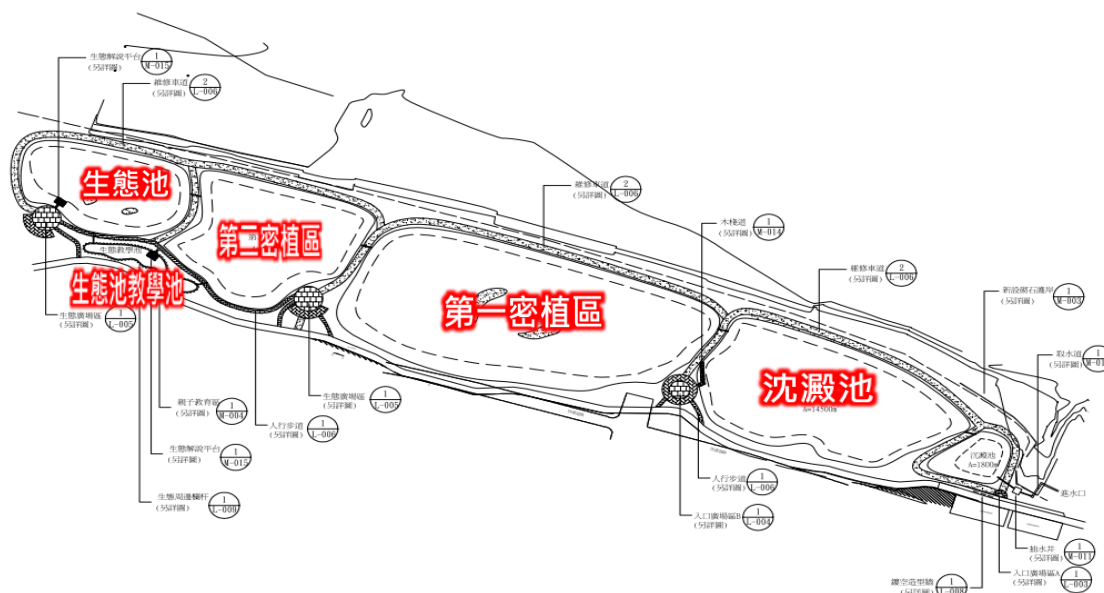


圖3.5 平面配置圖[23]

5.2 實測結果

本研究以如表4.1人工濕地生態工程之永續性成效指標(施工及驗收階段)所示的SPI指標，於103年9月底針對新竹市○○○○○○人工溼地生態工程實際個案進行實測驗證，經量測該工程後進行檢驗成果說明。本案例主體工程包括水池軀體及池坡面、工區溪河護岸、工區內通行道及連絡道等，由於工程仍在進行中依據表4.1僅能就已施作部份的SPI項目進行實測驗證。檢驗成果說明：水池軀體及池坡面夯壓不夠確實及黏土含量比例不足，造成只要下雨或洩空池水則水池坡面即產生裂痕或崩坍；工區內通行道及連絡道土壤承载力不足，承商未善盡專業廠商之責依現況條件提出改善工法建議仍依原設計施作，造成重機械車輛行經或只要下雨則路面就會產生坍陷。其他如木棧

道及解說平台之施工品質極差包括螺絲突起、環塑木搭接不平整及破損孔洞等；再生高壓磚鋪面凹凸不平整；取水井RC軀體蜂窩及層接縫有模板屑等。本案例於施工及驗收階段未以永續性為成效目標，永續性成效指標檢驗結果並不理想，施工承攬廠商尚無永續工程及施工觀念，仍存在將責任歸究設計單位的思維故較無變通性及彈性施工的能力。依據個案SPI實測驗證結果再比對實測個案於103年9月4日為乙等的查核成績，可證明本研究於部分構面的SPI檢驗成效足具代表性。

六、結論

以往永續性指標著重在等級評分；而業主合約則著重在施工品質要求，兩者平行完全無交集點，使得公共工程永續性無合約約束力致落實成效緩慢。以往的業主合約以狹隘的品質目標及條文使得業主與承包商形成對立關係，承攬廠商只依合約內容施工完全缺乏靈活性與彈性，本研究旨在整合永續性目標與成效指標來轉變公共工程之業主及承商成合夥關係，以有效資源創造出永續性的最佳效益。人工濕地生態工程的永續性成效指標需於各階段開始前訂定永續性目標，再依據業主永續性成效式合約要求來研擬及進行各階段策略與活動，並透過SPI來檢測履約成效。本研究人工濕地生態工程於施工及驗收階段之永續性成效指標(SPI)目前無類似指標系統可供比較驗證，本研究透過實際案例實測驗證永續性成效指標(SPI)檢驗成效與該案例現行查核制度成果一致，證明本研究於部分構面的SPI足具代表性。本研究仍需依不同生態工程性質及施工條件作調整及修改再行採用，並需要經過不斷的實際運用、檢討、回饋修正的改善過程，讓本研究永續性成效指標的適用性趨於成熟。

七、參考文獻

1. 范光龍，「台灣西部沿海海水何日可清」，環境影響評估技術研討-海岸地區保育與開發之研討會，75-87，1996。
2. 郭文健、林春甫，「濕地中污染物的去除問題探討---以屏東縣武洛溪人工濕地為例」，第一屆海峽兩岸人工濕地研討會，12-16日，2008年6月，中國武漢。
3. 翁紹偉，「國內道路工程成效合約之成效指標建立與實證」，中華大學營建管理研究所，碩士論文，新竹，2010年2月。
4. 楊文瑜，1999，「台灣地區溼地規劃管理決策之研究-以關渡和無尾港為例」，碩士論文，國立中山大學海洋環境學系，第1-2~1-3頁，第2-1~2-5頁。
5. 洪國鑫，2002，高水力負荷下溼地污染物模式分析，碩士論文，國立成功大學環境工程學系，台南市。

6. IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Constrol., 2000, "Constructed wetlands for pollution control. process, performance, design and operation." IWA publishing, London, UK.
7. Billore, S. K.; Singh, N.; Sharma, J. K.; Dass, P.; Nelson, R. M., 1999, "Horizontal subsurface flow gravel bed constructed wetland with Phragmites karka in Central India." Wat. Sci. Tech., Vol.40, Iss.3, pp.163-171.
8. 公共工程委員會全國生態工法網站：<http://eem.pcc.gov.tw/natural/index.php>, 2014年11月11日查得。
9. 林聖傑，2002，台灣河川之生態復育及應用概要，碩士論文，逢甲大學土木及水利工研所，第37-42頁。
10. 林瑩峰，1999，「濕地對於水資源之保育管理及永續利用【I】，子計畫三：水產養殖廢水之人工濕地處理及循環再利用之研究」，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC88-2621-Z-041-001)。
11. 張益誠，「應用因子分析方法為臺灣地區建構永續發展趨勢評估指標系統」，國立臺灣大學環境工程學研究所博士論文，2000。
12. 廖述良，水土資源永續指標體系及其評量與評價方法之建立（I、II），國科會計劃成果報告 NSC-88-2621-Z-008-004，臺灣臺北，1999-2000。
13. WHO, 2005 World Summit Outcome Document, World Health Organization, United Nation, web document:
<http://www.un.org/womenwatch/ods/A-RES-60-1-E.pdf>, accessed 2013/12/25.
14. Barbier, E. B., Economics, Natural-Resource Scarcity and Development; Conventional and Alternative Views. Earthscan, London, 1989.
15. Munasinghe, M., "Environmental economics and sustainable development.", World Bank Publications, 1993.
16. 許維庭，「國家層級永續營建評估指標建立之研究」，國立中央大學土木工程學研究所，博士論文，2011。
17. Labuschagne, C., and Brent, A. C. "Sustainable Project Life Cycle Management: Aligning project management methodologies with the principles of sustainable development", 2004.
18. Lapinski, A. R., Horman, M. J., and Riley, D. R. "Lean processes for sustainable project delivery." Journal of construction Engineering and Management, 132(10), 1083-1091, 2006.
19. 交通部運輸研究所，「交通部運輸研究所辦理研究計畫契約」，交通部運輸研究所編，臺北，2008。
20. 楊智斌，(2012)，強化公路鋪面品質整合型計畫—道路養護成效合約規範建立，台北市：交通部運輸研究所。
21. 李龍堯，「加速推展能源技術服務業落實節能減碳」，綠基會通訊18期，頁2-6，2009。
22. 內政部營建署城鄉發展分署，「濕地永續管理之法令及政策工具」，http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=827&Itemid=76，2014年11月11日查得。

23. 新竹市頭前溪溪埔子人工溼地水質淨化工程圖資，新竹市，2013 年 12 月 16 日。
24. 陳志彰，「人工溼地改善水質之績效」，國立海洋大學河海工程學系，博士論文，2000。