



水土保持單元叢書09

水土保持計畫沉砂設施

Sedimentation pond

行政院農業委員會水土保持局 編印
中華民國111年04月

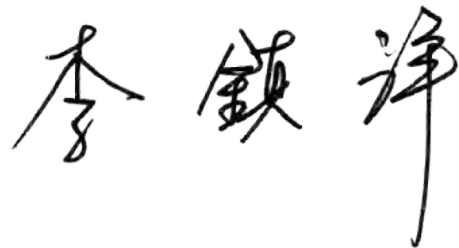
序

臺灣地狹人稠、山多平原少，對山坡地之利用需求殷切，為維持土地永續利用與維護環境安定，水土保持之處理與維護實為不可或缺，合理有效應用工程、農藝或植生方法，將可促進水土資源永續利用。

水土保持之處理與維護除依據水土保持法與水土保持技術規範執行外，另可參考水土保持手冊相關內容所提供之資料，惟水土保持問題與自然環境變遷互為作用，如能針對各項水土保持處理單元及細部議題，以寬廣完整之方式予以細緻的呈現，將有助於以往之經驗與知識推廣與傳承。在水土保持之處理與維護中，沉砂設施可攔截或沉積土石，發揮減少土石下移、保護下游土地房舍及公共設施之功效，與山坡地開發利用後土砂災害之減免息息相關。因此，本局將沉砂設施設計之內容及應用分析以「單元叢書」方式加以詳實編修，提供工程師於從事水土保持處理與維護時之參採依循。

本「水土保持計畫沉砂設施」單元叢書，針對水土保持計畫之沉砂設施，說明其定義、規劃設計、維護管理及實際案例設計圖說等細部內容，並進一步將規劃設計及維護管理步驟予以流程化。另外，考量基地生態、融入地景及其他多功能性等設計方式，挑選實際案例，內容呈現各案例之計畫範圍、設計理念、水土保持設施配置等資料，使讀者可具體瞭解多元特色之沉砂設施設計，有助於日後規劃設計之參考。撰寫內容過程中，經彙整國內外沉砂設施量體估算方式及參考結構設計，並邀請水土保持相關技師公會與各級工程師們協助蒐集沉砂設施設計圖，廣納各產官學界、前輩先進、本局及各同仁等積極提供意見之下，方使得編修工作圓滿完成，謹致萬分謝忱！

行政院農業委員會
水土保持局 局長



謹誌

2021 年 12 月

目錄

序	1
目錄	I
圖目錄	V
表目錄	XI
第一章 緒論	1
(一) 緣起	1-1
(二) 目的	1-1
(三) 沉砂設施定義與相關名詞釋義	1-1
(四) 低衝擊開發概念引入	1-2
(五) 單元叢書應用說明	1-4
第二章 沉砂設施規劃設計	2-1
(一) 設計流程	2-1
(二) 沉砂設施周邊資料蒐集	2-2
(三) 設計規範	2-7
(四) 沉砂設施量體估算	2-9
(五) 沉砂設施尺寸設計	2-39
第三章 沉砂設施維護管理	3-1
(一) 監測設施	3-1
(二) 維護管理流程	3-2
(三) 維護檢查項目與頻率	3-3
第四章 實際案例圖說分析及說明	4-1
案例一：農業開發使用	4-2
(一) 基地概述	4-2
(二) 設計理念	4-2
(三) 水土保持設施規劃與配置	4-4
(四) 滯洪沉砂池	4-6
案例二：污水處理廠新建工程使用	4-12
(一) 基地概述	4-12

(二) 設計理念	4-12
(三) 水土保持設施規劃與配置	4-14
(四) 滯洪沉砂池	4-16
案例三：檢修廠興建工程使用	4-22
(一) 基地概述	4-22
(二) 設計理念	4-22
(三) 水土保持設施規劃與配置	4-24
(四) 滯洪沉砂池	4-26
案例四：賓館興建工程使用	4-32
(一) 基地概述	4-32
(二) 設計理念	4-32
(三) 水土保持設施規劃與配置	4-34
(四) 滯洪沉砂池	4-36
案例五：園區興建及生態保留區開發使用.....	4-42
(一) 基地概述	4-42
(二) 設計理念	4-42
(三) 水土保持設施規劃與配置	4-44
(四) 滯洪沉砂池	4-46
案例六：公園開闢工程使用	4-51
(一) 基地概述	4-51
(二) 設計理念	4-51
(三) 水土保持設施規劃與配置	4-53
(四) 滯洪沉砂池	4-55
案例七：水庫防淤隧道興建工程使用	4-61
(一) 基地概述	4-61
(二) 設計理念	4-61
(三) 水土保持設施規劃與配置	4-64
(四) 滯洪沉砂池	4-67
案例八：校館興建工程使用	4-73
(一) 基地概述	4-73

(二) 設計理念	4-73
(三) 水土保持設施規劃與配置	4-75
(四) 滯洪沉砂池	4-77

圖目錄

圖 1- 1 低衝擊開發設施設計流程圖.....	1-3
圖 2- 1 沉砂設施規劃設計流程圖.....	2-1
圖 2- 2 坵塊畫設及範例計算示意圖.....	2-5
圖 2- 3 坡度均值區及範例計算示意圖.....	2-6
圖 2- 4 臺灣各地降雨侵蝕指數(百萬焦耳·公釐/公頃·小時·年).....	2-12
圖 2- 5 臺灣各地土壤侵蝕指數圖解.....	2-20
圖 2- 6 坡面分割圖($Lu : Ld$)	2-30
圖 2- 7 坡面分割圖($Lu : Lm : Ld$)	2-30
圖 2- 8 沉砂池示意圖.....	2-40
圖 2- 9 沉砂池水流流向示意圖.....	2-41
圖 2- 10 沉砂設施入流結構.....	2-42
圖 2- 11 沉砂設施入流結構實際照片	2-43
圖 2- 12 水質檢測系統與自動加藥桶.....	2-44
圖 2- 13 前池平面示意圖.....	2-44
圖 2- 14 前池剖面示意圖.....	2-45
圖 2- 15 前池實際照片	2-45
圖 2- 16 進水室平面示意圖.....	2-46
圖 2- 17 進水室剖面示意圖.....	2-46
圖 2- 18 各種出入流孔及隔板配置之沉砂效率圖.....	2-48
圖 2- 19 不透水擋板.....	2-50
圖 2- 20 不同配置擋板有效長寬比示意圖.....	2-51
圖 2- 21 立柱透水網.....	2-52
圖 2- 22 立柱透水網建造示意圖.....	2-52
圖 2- 23 浮動透水網.....	2-53
圖 2- 24 浮動透水網建造示意圖.....	2-53
圖 2- 25 漩流除砂示意圖.....	2-55
圖 2- 26 豎井排水示意圖.....	2-56
圖 2- 27 豎井出流結構之實際照片	2-57

圖 2- 28 穿孔豎井保護示意圖.....	2-57
圖 2- 29 去沫器示意圖.....	2-58
圖 2- 30 去沫器之實際照片.....	2-58
圖 2- 31 微池平面示意圖.....	2-59
圖 2- 32 微池剖面示意圖.....	2-59
圖 2- 33 微池設施實際照片.....	2-60
圖 3- 1 監測設施.....	3-1
圖 3- 2 維護管理流程圖.....	3-2
圖 3- 3 沉砂設施池體及淤積程度檢查.....	3-8
圖 3- 4 沉砂設施入水口堵塞及損壞程度檢查.....	3-8
圖 3- 5 沉砂設施周圍防護措施老化及損壞程度檢查.....	3-9
圖 3- 6 沉砂設施出水口攔汙柵堵塞及損壞程度檢查.....	3-9
圖 4- 1 農地開發－計畫範圍空拍影像成果圖.....	4-3
圖 4- 2 農地開發－水土保持設施配置圖.....	4-5
圖 4- 3 農地開發－滯洪沉砂池空拍影像成果圖.....	4-7
圖 4- 4 農地開發－滯洪沉砂池平面圖.....	4-8
圖 4- 5 農地開發－滯洪沉砂池 A 剖面圖.....	4-9
圖 4- 6 農地開發－滯洪沉砂池 B 剖面圖.....	4-9
圖 4- 7 農地開發－滯洪沉砂池 C 剖面圖.....	4-9
圖 4- 8 農地開發－入水口實照.....	4-10
圖 4- 9 農地開發－出水口及溢洪口實照.....	4-10
圖 4- 10 農地開發－入水口詳圖（W1 排水溝）.....	4-11
圖 4- 11 農地開發－溢洪口及出水口詳圖.....	4-11
圖 4- 12 汙水處理廠－計畫範圍空拍影像成果圖.....	4-13
圖 4- 13 汙水處理廠－水土保持設施配置圖.....	4-15
圖 4- 14 汙水處理廠－滯洪沉砂池空拍影像成果圖.....	4-17
圖 4- 15 汙水處理廠－E1 滯洪沉砂池平面圖.....	4-18
圖 4- 16 汙水處理廠－E2 滯洪沉砂池平面圖.....	4-18
圖 4- 17 汙水處理廠－E1 滯洪沉砂池 A-A'剖面圖.....	4-19
圖 4- 18 E1 滯洪沉砂池 B-B'剖面圖.....	4-19

圖 4- 19 E1 滯洪沉砂池 C-C'剖面圖.....	4-19
圖 4- 20 汙水處理廠 - E2 滯洪沉砂池 D-D'剖面圖.....	4-19
圖 4- 21 汙水處理廠 - E1 池入水口實照	4-20
圖 4- 22 汙水處理廠 - E1 池出水口實照	4-20
圖 4- 23 汙水處理廠 - E1 池出水口正視圖	4-21
圖 4- 24 汙水處理廠 - E1 池出水口剖面圖	4-21
圖 4- 25 汙水處理廠 - E2 池出水口正視圖	4-21
圖 4- 26 汙水處理廠 - E2 池出水口剖面圖	4-21
圖 4- 27 汙水處理廠 - 入水口拋石正視圖.....	4-21
圖 4- 28 檢修廠 - 計畫範圍空拍影像成果圖.....	4-23
圖 4- 29 檢修廠 - 水土保持設施配置圖.....	4-25
圖 4- 30 檢修廠 - A 滯洪沉砂池現況圖	4-27
圖 4- 31 檢修廠 - B 滯洪沉砂池現況圖	4-27
圖 4- 32 檢修廠 - A 滯洪沉砂池平面圖	4-28
圖 4- 33 檢修廠 - B 滯洪沉砂池平面圖	4-28
圖 4- 34 檢修廠 - A 滯洪沉砂池 A-A 剖面圖	4-29
圖 4- 35 檢修廠 - A 滯洪沉砂池 B-B 剖面圖	4-29
圖 4- 36 檢修廠 - B 滯洪沉砂池 C-C 剖面圖	4-30
圖 4- 37 檢修廠 - B 滯洪沉砂池 D-D 剖面圖	4-30
圖 4- 38 檢修廠 - A 滯洪沉砂池出水口及溢洪口實照	4-31
圖 4- 39 檢修廠 - 半球型攔汙柵實照.....	4-31
圖 4- 40 賓館興建 - 計畫範圍空拍影像成果圖.....	4-33
圖 4- 41 賓館興建 - 水土保持設施配置圖.....	4-35
圖 4- 42 賓館興建 - 滯洪沉砂池空拍影像成果圖.....	4-37
圖 4- 43 賓館興建 - 滯洪沉砂池平面圖.....	4-38
圖 4- 44 賓館興建 - 滯洪沉砂池 A 剖面圖.....	4-39
圖 4- 45 賓館興建 - 滯洪沉砂池 B 剖面圖.....	4-39
圖 4- 46 賓館興建 - 入水口實照.....	4-40
圖 4- 47 賓館興建 - 出水口及溢洪口(豎井)實照.....	4-40
圖 4- 48 賓館興建 - 入水口詳圖.....	4-41

圖 4- 49 賓館興建 – 出水口及溢洪口詳圖.....	4-41
圖 4- 50 賓館興建 – 攔汙柵詳圖.....	4-41
圖 4- 51 園區興建 – 計畫範圍空拍影像成果圖.....	4-43
圖 4- 52 園區興建 – 水土保持設施配置圖.....	4-45
圖 4- 53 園區興建 – 滯洪沉砂池全景圖.....	4-47
圖 4- 54 園區興建 – 滯洪沉砂池詳圖.....	4-48
圖 4- 55 園區興建 – 入水口實照.....	4-49
圖 4- 56 園區興建 – 出水口下游實照(既有溢流堰調節池).....	4-50
圖 4- 57 園區興建 – 出水口上游實照(既有溢流堰調節池).....	4-50
圖 4- 58 公園開闢 – 計畫範圍空拍影像成果圖.....	4-52
圖 4- 59 公園開闢 – 水土保持設施配置圖.....	4-54
圖 4- 60 公園開闢 – 滯洪沉砂池空拍影像成果圖.....	4-56
圖 4- 61 公園開闢 – 滯洪沉砂池平面圖.....	4-57
圖 4- 62 公園開闢 – 滯洪沉砂池甲式坡面工程詳圖(北側及西側邊坡適用).....	4-58
圖 4- 63 公園開闢 – 滯洪沉砂池乙式坡面工程詳圖(南側及東側邊坡適用).....	4-58
圖 4- 64 公園開闢 – 滯洪沉砂池詳圖.....	4-58
圖 4- 65 公園開闢 – 入水口實照.....	4-59
圖 4- 66 公園開闢 – 出水口(緊急溢洪道)實照.....	4-59
圖 4- 67 公園開闢 – 入水口詳圖.....	4-60
圖 4- 68 公園開闢 – 出水口詳圖.....	4-60
圖 4- 69 水庫防淤 – 隧道進水口計畫範圍空拍影像成果圖.....	4-62
圖 4- 70 水庫防淤 – 隧道出水口計畫範圍空拍影像成果圖.....	4-63
圖 4- 71 水庫防淤 – 隧道進水口水土保持設施配置圖.....	4-65
圖 4- 72 水庫防淤 – 隧道出水口水土保持設施配置圖.....	4-66
圖 4- 73 水庫防淤 – 隧道出水口臨時滯洪沉砂池.....	4-68
圖 4- 74 水庫防淤 – DET1 滯洪沉砂池實照.....	4-68
圖 4- 75 水庫防淤 – DET1 滯洪沉砂池平面圖.....	4-69
圖 4- 76 水庫防淤 – DET2 滯洪沉砂池平面圖.....	4-69
圖 4- 77 水庫防淤 – DET1 滯洪沉砂池 A 剖面圖.....	4-70
圖 4- 78 水庫防淤 – DET1 滯洪沉砂池 B 剖面圖.....	4-70

圖 4- 79 水庫防淤 – DET1 滯洪沉砂池 C 剖面圖	4-70
圖 4- 80 水庫防淤 – DET2 滯洪沉砂池 A 剖面圖	4-71
圖 4- 81 水庫防淤 – DET2 滯洪沉砂池 B 剖面圖	4-71
圖 4- 82 水庫防淤 – DET2 滯洪沉砂池 C 剖面圖	4-71
圖 4- 83 水庫防淤 – DET1 池(UB4 砌石溝)實照	4-72
圖 4- 84 水庫防淤 – 隧道出水口臨時滯洪沉砂池入水口	4-72
圖 4- 85 校館興建 – 計畫範圍空拍影像成果圖	4-74
圖 4- 86 校館興建 – 水土保持設施配置圖	4-76
圖 4- 87 校館興建 – P01 及 P02 滯洪沉砂池現況圖	4-78
圖 4- 88 校館興建 – Z1、Z2 沉砂池及 P03 滯洪池現況圖	4-78
圖 4- 89 校館興建 – P01、P02 滯洪沉砂池平面圖	4-79
圖 4- 90 校館興建 – Z1、Z2 沉砂池平面圖	4-79
圖 4- 91 校館興建 – P01 滯洪沉砂池 A 剖面圖	4-80
圖 4- 92 校館興建 – P01 滯洪沉砂池 B 剖面圖	4-80
圖 4- 93 校館興建 – P02 滯洪沉砂池 C 剖面圖	4-81
圖 4- 94 校館興建 – P02 滯洪沉砂池 D 剖面圖	4-81
圖 4- 95 校館興建 – Z1 沉砂池剖面圖	4-82
圖 4- 96 校館興建 – Z2 沉砂池 F 剖面圖	4-82
圖 4- 97 校館興建 – P01、P02 出水口(T7、T8 集水井)平面圖	4-83
圖 4- 98 校館興建 – P01、P02 出水口(T7、T8 集水井)立面圖	4-83
圖 4- 99 校館興建 – Z1 沉砂池入水口正視圖	4-84
圖 4- 100 校館興建 – Z2 沉砂池入水口正視圖	4-84
圖 4- 101 校館興建 – Z1 沉砂池出水口詳圖	4-85
圖 4- 102 校館興建 – Z2 沉砂池出水口詳圖	4-85

表目錄

表 2- 1	R_m 單位：百萬焦耳·公釐/公頃·小時·年	2-13
表 2- 2	降雨動能與降雨強度、年降雨侵蝕指數與年降雨量之關係式	2-18
表 2- 3	土壤結構及滲透性參數	2-20
表 2- 4	Km 單位：公噸·公頃·小時·年/百萬焦耳·公釐·公頃·年	2-21
表 2- 5	S 值修正比($C_u : C_d$)	2-31
表 2- 6	C 值對照表	2-33
表 2- 7	冠層遮蔽(CC)因子	2-34
表 2- 8	殘株數蓋(CS)因子	2-35
表 2- 9	等高耕作之 P 值	2-36
表 2- 10	露天採掘之 P 值	2-36
表 2- 11	高填土坡之 P 值	2-37
表 2- 12	世界各國沉砂設施量體估算方式彙整表	2-38
表 2- 13	沉砂設施入流結構之功能比較表	2-47
表 2- 14	世界各國沉砂池之尺寸建議值	2-49
表 2- 15	沉砂設施內部結構之功能比較表	2-55
表 2- 16	出流結構之功能比較表	2-61
表 3- 1	(水土保持書件名稱)颱風(豪雨)設施自主檢查表	3-6
表 3- 2	沉砂池操作與維護檢查項目表	3-7

第一章 緒論

(一) 緣起

依據水土保持技術規範第 91 條規定，山坡地開發利用，宜設置沉砂設施，以攔截或沉積土石，其中永久性沉砂設施之泥砂生產量估算，依同規範第 92 條規定，採用通用土壤流失公式(USLE)進行估算；計算結果於完成水土保持處理或未開挖整地部分，每公頃不得小於 30 立方公尺，兩者取較大值進行沉砂設施設計。然近年來氣候變遷對環境的影響加劇，極端強降雨事件現象頻繁，山坡地土砂災害之威脅增加，透過合理有效的水土保持處理與維護方法，可維持土地永續利用與維護環境安定。基此，本單元叢書蒐集近年來設計完整且具特色之水土保持計畫永久性沉砂設施作為實際案例，進行規劃設計之重點說明，以及案例之設計圖說分析，據以探討現行規範合宜性，並作為未來規劃設計、防災應用及教育宣導之參考。

(二) 目的

隨著產業及經濟發展，近年來臺灣土地利用方式逐漸轉變，加上地狹人稠增加對山坡地利用之需求殷切，若忽略山坡地水土保持之重要性，除了造成自然生態環境一定程度的破壞外，也危害到居民的生命與財產安全。因此，須經由合理有效的保育措施與災害防治方法，才能達到永續發展的目標。山坡地土砂災害肇因多取決於洪峰逕流量及泥砂產量，一旦暴雨侵襲，洪峰逕流量及泥砂產量因山坡地開發而增加。沉砂設施具有攔截或沉積土石之功能，可減少土石下移並保護下游土地、房舍及公共設施，減少開發利用所造成之土砂災害。本單元叢書彙整沉砂設施規劃設計及維護管理內容，包含沉砂設施之設計流程、周邊資料蒐集、設計規範、量體計算、尺寸設計、監測設施、維護管理流程及維護檢查；並蒐集近年設計完整之永久性沉砂設施，配合沉砂設施之設計圖說，進行不同特色案例之說明。

(三) 沉砂設施定義與相關名詞釋義

本節根據水土保持技術規範及水土保持手冊，進行沉砂設施之定義、規劃、及其設計過程中相關名詞之釋義，而各名詞定義及釋義如下。

1.沉砂池(Sedimentation pond) (水土保持手冊工程篇):

為攔截或沉積土石之構造物，以減少土石下移、保護下游土地、房舍及公共設施。

2.沉砂設施(水土保持手冊工程篇):

一般而言，具有攔截或沉積土石之構造物都可稱為沉砂設施。水土保持之沉砂設施，主要在攔截或沉積泥砂及礫石，避免其淤積於野溪、河道或箱涵中，降低河道、箱涵或橋梁之通水斷面，減少漫溢或溢堤之風險。

3.泥砂生產量(水土保持技術規範 92 條、35 條):

泥砂生產量之估算，採用通用土壤流失公式（Universal Soil Loss Equation, USLE）估算之，並以每立方公尺 1.4 公噸換算為體積(立方公尺/公頃)。

4.沉砂量體:

永久性沉砂設施沉砂量體之需求，依其基地內泥砂生產量乘上基地面積計算，但每公頃不得小於 30 立方公尺，做為永久性沉砂設施之設計依據。

5.滯洪沉砂設施共構(水土保持手冊工程篇):

滯洪沉砂設施之共構分為平面共構和垂直共構兩種。平面共構為沉砂設施和滯洪設施，採取串聯方式操作，有先沉砂後滯洪，或先滯洪後沉砂兩種方式，當土地面積有限時，經常會有滯洪沉砂設施垂直共構之規劃設計，而垂直共構可視為增加滯洪設施之沉砂空間或提高呆水位之規劃方式。

6.排水溝(Drainage ditch)(水土保持手冊工程篇):

為將地表逕流有效的引導、分流或排放至下游安全地點之施設構造物。排水溝一方面能攔截逕流，以免下方坡面發生沖蝕，保護坡地安全，另一方面能控制逕流之流量、流速及流向，並與天然或人工渠道銜接形成排水系統，以有效引導分流，排放逕流。

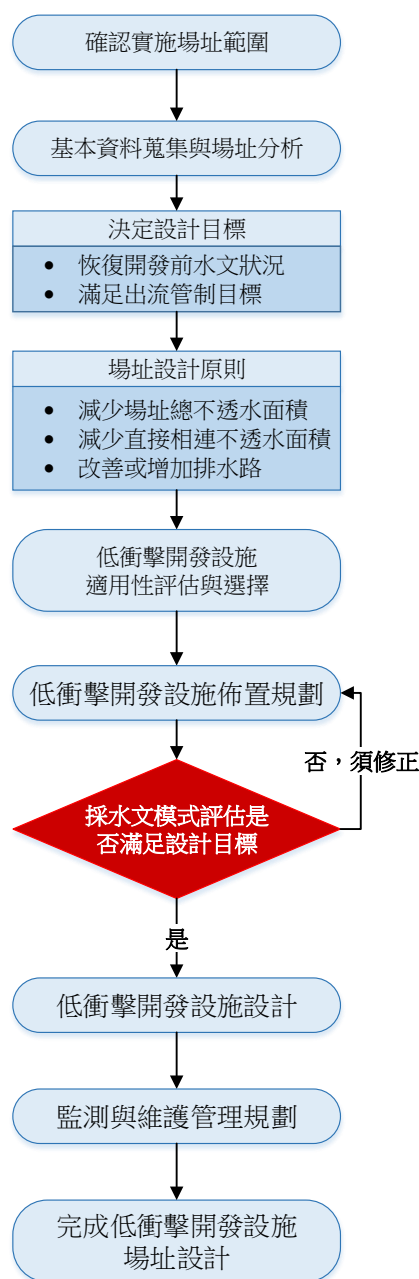
7.聯外排水(水土保持技術規範 156 條、157 條):

為銜接滯洪沉砂設施之放流水至區外排水系統，排水溝渠斷面應足敷排洪需要，並應針對區外排水系統之承受能力及安全條件審慎評估，且其排放流量不得大於開發前之逕流量。

(四) 低衝擊開發概念引入

傳統開發方式，為了追求安全穩固，常採用水泥等不透水材料，設計成不透水的硬質地面，導致地表入滲量降低。又為了避免雨水蓄積在路面上，只能規劃排水設施，將地表逕流迅速的排往鄰近的河川。臺灣受限於山多平原少的地理環

境條件，山坡地的開發成為不可避免之趨勢，隨著經濟與人口持續地成長，山坡地及都市的不透水鋪面面積持續增加，土地涵養水源能力因而下降，導致地表逕流量大幅增加。因此在沉砂設施的規劃設計過程中，引入「低衝擊開發」的概念，透過開發基地的資料蒐集，在降低開發行為之衝擊及減少地表逕流量的前提下，整合排水設施及景觀生態規劃設計，降低對環境產生的衝擊，使開發後的水文狀態回復到接近開發前的狀態，營造一個能與環境和諧共存的新樣貌。低衝擊開發設施之設計流程，可參考圖 1-1。



(資料來源：水環境低衝擊開發設施操作手冊，2015)

圖 1-1 低衝擊開發設施設計流程圖

沉砂設施規劃設計過程中，可納入低衝擊開發概念，配合減少地表逕流量、滯洪沉砂設施共構、平時具其他實用功能之多功能池體及結合周遭景觀生態等原則，降低開發行為對環境之衝擊。例如，減少不透水材料之使用，以池底不封底、池壁邊坡植草等降低不透水面積，藉此減少地表逕流量，提升涵養水源能力。再者，池體設計採植生覆蓋，除可增進入滲、蒸散及過濾作用，並可減緩逕流流速，以提升沉降土砂之效率，且有利於生物棲息。最後，配合現地條件及使用需求，可採滯洪沉砂設施共構或平時具其他實用功能之多功能池體設計，規劃兼具有停車場、公園綠地、生態景觀池等實用、休憩功能之設施，不僅可縮小開發面積，並可融入周遭景觀環境，降低開發對環境之衝擊。藉由滯洪沉砂設施攔截或沉降土砂之功能，以減少土砂下移、保護下游土地、房舍及公共設施；另一方面，利用滯洪沉砂設施之蓄水體積及限制出流量，可降低山坡地開發造成下游地區洪峰流量增加之衝擊，以達到接近開發行為前狀態之低衝擊開發目標。

(五) 單元叢書應用說明

- 一、 本單元叢書僅提供規劃設計及維護管理之參考，對於實際之規劃設計及維護管理，需因地制宜做出最妥善之安排，切勿直接複製利用。
- 二、 本單元叢書蒐集具不同特色之多功能性沉砂設施規劃設計圖說，針對區位特性需求及量體計算進行應用解說。
- 三、 本單元叢書針對沉砂設施部分呈現不同之規劃設計，各類型之設計圖僅為代表，並非指限定單一型式。
- 四、 本單元叢書蒐集八個實際案例，分述其水土保持設施規劃設計理念、配置及工程圖說。
- 五、 工程圖說針對沉砂設施及連接沉砂設施之排水設施進行說明，內容包括：平面圖及剖面圖，力求圖面簡明，避免圖面過於擁擠。
- 六、 沉砂設施之規劃設計原則除參考單元叢書外，仍須考量現場地形、地質、土地利用情形及其他因子因地制宜辦理。
- 七、 規劃設計之沉砂設施區位，除應考量現場地形及需求外，可納入小尺度、分散式設施之低衝擊開發原則，以降低對環境之影響。
- 八、 本單元叢書其他注意事項請依循水土保持技術規範或水土保持手冊等相關法規說明。

第二章 沉砂設施規劃設計

本章架構分為設計流程、沉砂設施周邊資料蒐集、設計規範、沉砂設施量體計算、沉砂設施尺寸設計等五個章節。涵蓋水土保持技術規範、水土保持手冊中的沉砂設施規劃設計之內容，並納入國外沉砂設施量體估算方式及結構設計參考，以進行沉砂設施之規劃設計。

(一) 設計流程

沉砂設施之規劃設計可分為五個步驟，包含沉砂設施周邊資料蒐集、沉砂量體估算、沉砂設施區位選定、滯洪沉砂設施共構與否、沉砂設施之形狀大小，其流程圖如圖 2-1 所示。

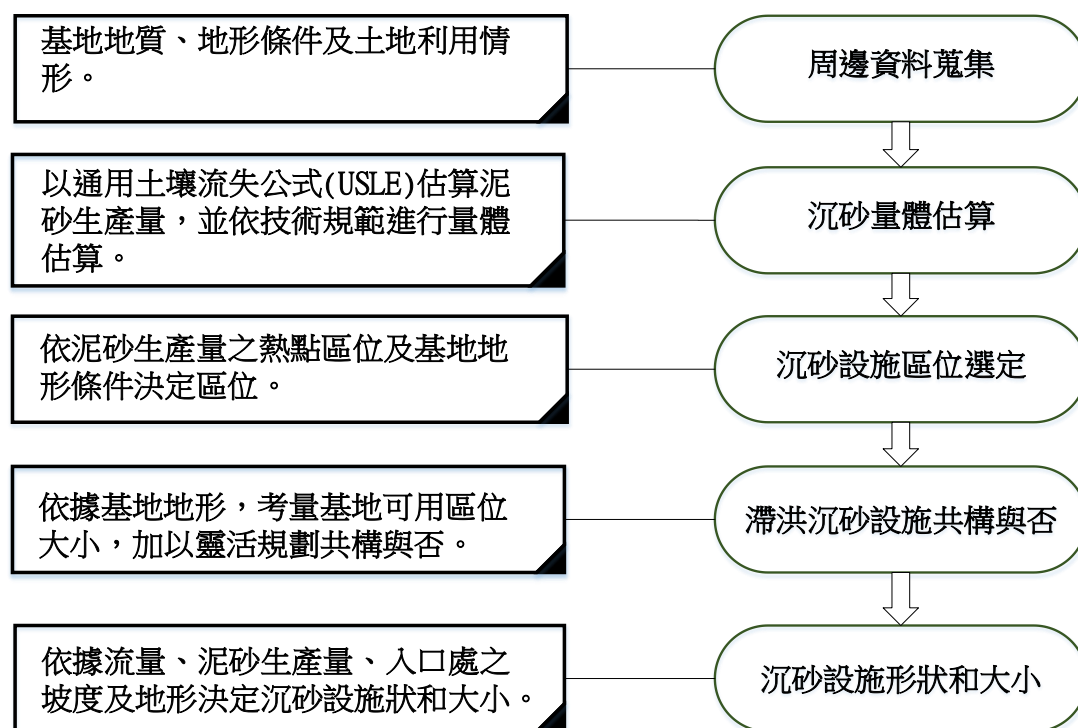


圖 2-1 沉砂設施規劃設計流程圖

1. 周邊資料蒐集

根據現地資料之蒐集結果，配合降雨資料、土壤特性、地形條件及土地利用情形，考量社會經濟環境及工程之重要性，進行沉砂滯洪設施規劃設計，避免人力及物力之浪費。

2.沉砂量體估算

根據基礎資料之調查結果，採用通用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation, USLE)進行泥砂生產量之估算，永久性沉砂設施之泥砂生產量估算，於完成水土保持處理或未開挖整地部分，每公頃不得少於 30 立方公尺，得就不透水鋪面之面積進行扣除。

3.沉砂設施區位選定

沉砂設施之區位選定，依基地內地形、基地面積和泥砂生產量之熱點區位，決定沉砂設施之設置區位。

4.滯洪沉砂設施共構與否

當土地面積有限時，經常需要滯洪、沉砂設施垂直共構之規劃設計，可以依據基地地形，可用土地區位、大小加以靈活規劃。

5.沉砂設施形狀和大小

依據流量、泥砂生產量、入口處之坡度及地形，決定沉砂設施之形狀和大小，其周邊護岸之材料可分為混凝土、漿砌石及土堤等。

(二) 沉砂設施周邊資料蒐集

本節說明需蒐集之沉砂設施周邊資料，包含降雨資料、土壤資料、地形資料、土地利用資料等，做為沉砂設施量體估算之基礎。

1.降雨資料

降雨資料可由經濟部水利署及中央氣象局雨量站、氣象站或水文站等地面觀測站獲得，除選擇適當之雨量測站點的雨量值代表開發基地之水文狀況外，雨量紀錄的正確性亦屬重要的環節。當發生雨量記錄遺漏時，則須設法將此遺失的雨量記錄，藉由附近雨量記錄較完整之雨量站，以分析方法填補回來。最後利用正確及完整的雨量資料進行降雨強度、累積雨量之分析。

(1)降雨觀測：

降雨計量係以降落在地面上的水體深度表示，用於測量雨量的儀器，稱為雨量計，包括非自記及自記雨量計(hyetometrograph)兩種類型。

(2)雨量站選取：

雨量測站的雨量值可代表開發基地之水文狀況，以選取開發基地內之雨量測站為優先，倘若開發基地內無任何雨量測站，則選取與開發基地之地理

位置、海拔高度、氣象條件等相近，且紀錄時間較長(至少 15 年以上)之雨量測站進行統計分析。

(3)雨量記錄可靠度分析：

考量雨量站位置因人為疏忽或觀測方法不適當，皆可能導致雨量記錄之誤差，因而在使用雨量資料分析水文問題之初，實有必要採用雙累積曲線法(double mass curve)檢討雨量站記錄之可靠性及一致性，藉以修正雨量記錄。

(4)雨量記錄補遺方法：

當雨量紀錄不完整或遺漏時，必須設法將被遺失的雨量記錄，由附近雨量記錄較完整之各雨量站，以分析方法填補回來。較常用於雨量記錄補遺的方法有內插法(interpolation method)、標準比例法(normal ratio method)及迴歸法等。

(5)降雨強度與累積雨量：

降雨強度為某時段降雨量除以其時段時間長度，可得單位時間的平均降雨量，稱為降雨強度，常以(公釐/小時)計。累積雨量則為一定時間內累計的雨量值，可由降雨強度歷線按時程累加而得。

2.土壤資料

為瞭解基地表層土壤狀況，應進行有系統的觀察、描述、分類土壤本身之特性。除可利用農委會水土保持局之坡地土壤圖之外，亦可透過土壤調查瞭解調查區域之概況，土壤調查的型式一般有勘查、概測、半詳測、詳測、極詳測及非常詳測等六種，且應視實際需求予以訂定資料蒐集項目，依據分析方式區分為物理分析、力學實驗分析及化學特性分析三大類。

(1)物理分析：

主要以物理方式分析採樣土壤之特性，包括總體密度與孔隙率、土壤水份特性、飽和水力傳導度、粒徑分析(機械分析)等。

(2)力學實驗分析：

主要以室內或現地試驗分析土壤之力學性質，包括剪力強度、壓縮性質、透水性、阿太堡限度(或界限含水量，Atterberg limits)等。

(3)化學特性分析：

主要以化學方式分析採樣土壤之特性，包括酸鹼度值、電導度、有機質、可交換鹽基離子(鈣、鎂、鉀等)、陽離子交換量、碳酸鹽含量。

a.土壤酸鹼度值反應(Soil reaction)：pH 值為土壤酸鹼度的測值，與養分可利用性(養分固定法)、毒性(特別是鋁跟錳)、石灰施用情況、含鈉度(sodicity)、與其他土壤物理性、化學性與生物性上屬性皆具有關連性。

b.電導度(Electrical conductivity E_{Ce} or EC_s)：土壤電導度值簡稱 EC 值，是測定土壤水溶性鹽的指標，可用來判定土壤中鹽類離子是否限制作物生長的因素。

c.有機質(Organic matter)：可應用於養分可利用性、保持、固定法(特別是氮、磷、硫)、陽離子交換量及土壤穩定度與可利用性等。

d.陽離子交換量 (Cation exchange capacity)：以採樣土壤之可交換鈉(ESP)、鉀(EKP)之一價陽離子(EMP)百分比計算。

e.碳酸鹽含量：可應用於潛勢氮供給量評估。

3.地形資料

地形調查旨在取得地形特徵資料，地形測量是以控制測量成果為依據，並依基地面積、精度、密度、比例尺等要求，挑選適當地面、空中或衛星測量工具及方法。量測出地表面高低起伏等自然形態高程，及人為之地物的平面位置及高程。地形分析中坡面坡度可使用坵塊法、等高線法及實測法等方法計算。

(1)坵塊法：

在地形圖上，一般會依平行或垂直等高線或圖方格框方向畫設正方形網格如圖 2-2，此網格即稱為坵塊。依比例尺、目的及計畫範圍決定坵塊邊長，每個坵塊各邊與地形圖等高線相交點之點數，標註於各邊上，再將四邊之交

點數總和標註在坵塊中間。依交點數與坵塊邊長，以下式求得坵塊內平均坡度百分比(S)或平均坡度(θ)

$$S(\%) = \frac{n\pi\Delta h}{8L} \times 100 \quad \text{式 2- 1}$$

式中

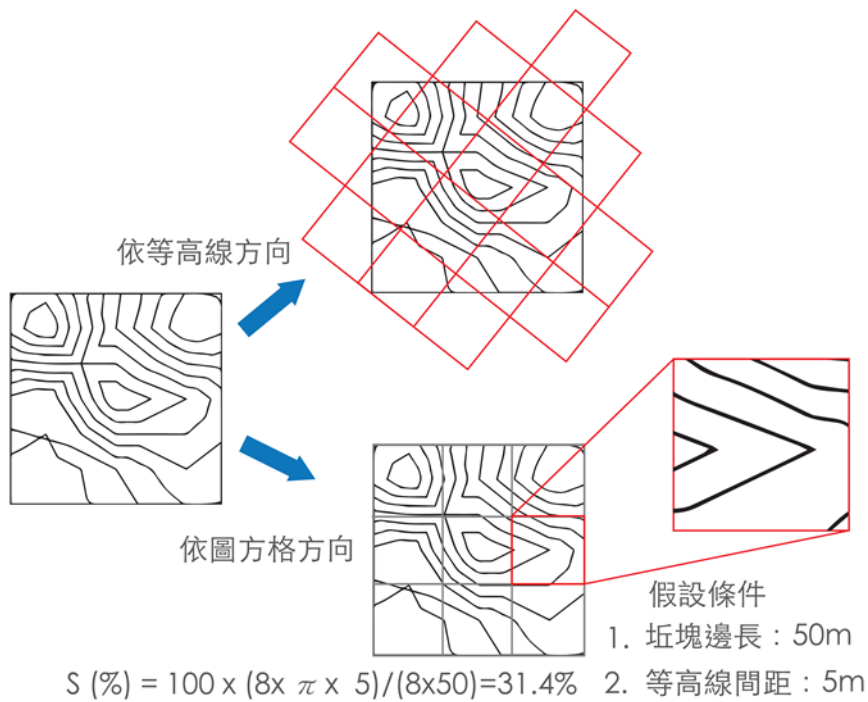
S ：平均坡度百分比(%)

n ：坵塊內等高線與邊線交點總數和

Δh ：等高線間距(公尺)

π ：圓周率

L ：坵塊邊長(公尺)



(資料來源：水土保持手冊，2017)

圖 2- 2 坵塊畫設及範例計算示意圖

(2)等高線法：

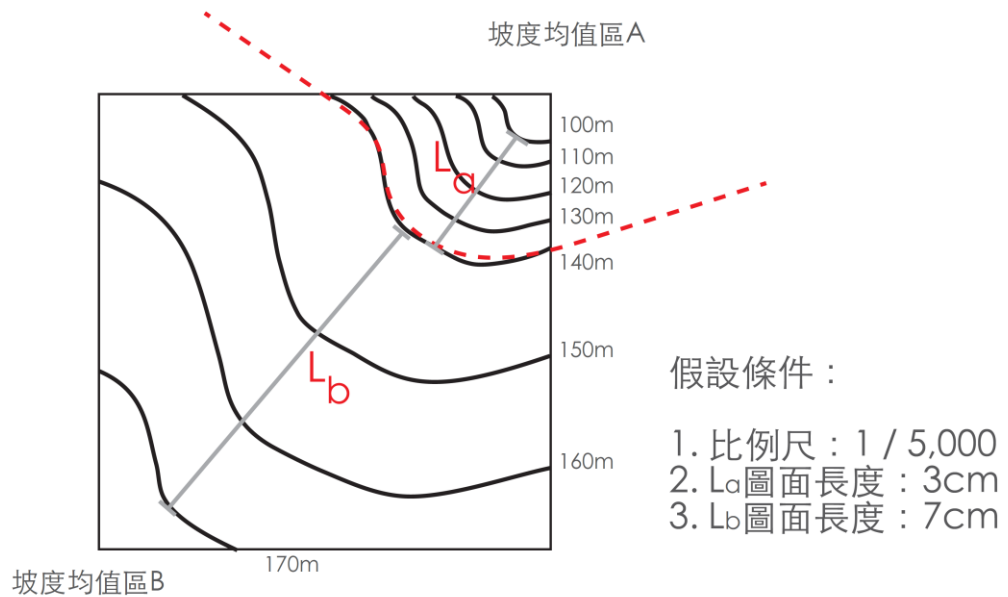
依地形圖上等高線之疏密程度劃「坡度均質區」，如圖 2- 3；再以每一坡度均質區之最高與最低等高線間(兩點間高差 h)之垂直線長度(兩點間之水平距離 L)計算該區之平均坡度百分比，如下式。

$$S(\%) = \frac{h}{L} \times 100 \quad \text{式 2- 2}$$

式中

h ：兩點間高程差(公尺)

L ：兩間點之水平距離(公尺)



範例計算：

坡度均值區A的坡度(%) = $100 \times (140-100) / (3 \times 5000/100) = 26.7\%$

坡度均值區B的坡度(%) = $100 \times (170-140) / (7 \times 5000/100) = 8.6\%$

(資料來源：水土保持手冊，2017)

圖 2- 3 坡度均值區及範例計算示意圖

(3)實測法：

計算方式與等高線法相同，以兩點間高程差及水平距離進行計算。此外，另有測量兩點以上的坐標，以實測法進行計算之方法，亦先計算出水平距離及高程差後，再用前述方法及式 2-2 計算。

4.土地利用資料

透過土地利用現況調查獲得土地利用類別及水土保持處理情形等資料，利用地形、地籍圖、航空照片、遙測影像判釋為主，再以實地調查或核對檢視為輔，得到包括土地覆蓋(Land Cover)狀況等更詳細之分類。

土地利用調查會將道路、灌排設施、房舍、墓地及其它公共設施等，登錄及標繪於底圖上，以作為規劃依據。參照水土保持局 98 年修訂之山坡地土地利用判釋分類，分為農牧用地、林業用地、交通用地、水利用地、建築及公共設施用地、遊憩用地、礦業用地、加強保育用地及其他用地等九類。土地利用調查除土地利用分類外，也應調查既有水土保持相關設施與維護情形等資料。

(三) 設計規範

本節彙整水土保持技術規範、水土保持手冊中與沉砂設施相關之設計規範、施工注意事項、維護管理事項等內容，分述如下。

1.設計規範

(1)水土保持技術規範第 36 條（泥砂生產量調查）

為瞭解坡地泥砂生產量，作為泥砂控制、河道濬渫及沉砂池等防砂工程設計之參考及集水區之整體規劃治理，需要實施泥砂生產量調查。

(2)水土保持技術規範第 91 條（沉砂設施）

山坡地開發利用，宜設置沉砂設施，以攔截或沉積土石，減少土石下移、保護下游土地、房舍及公共設施。

(3)水土保持技術規範第 92 條（泥砂生產量之估計）

泥砂生產量之估算，採用通用土壤流失公式（Universal Soil Loss Equation, USLE）估算之，並符合下列規定：

- a.臨時性沉砂設施之泥砂生產量估算，依通用土壤流失公式估算值之二分之一。但其計算結果於開挖整地部分，每公頃不得小於二百五十立方公尺；未開挖整地或完成水土保持處理部分，每公頃不得小於三十立方公尺。
 - b.永久性沉砂設施之泥砂生產量估算，其計算結果於完成水土保持處理或未開挖整地部分，每公頃不得小於三十立方公尺。
- 前項泥砂生產量之估算，得就不透水鋪面之面積進行扣除。

(4)水土保持技術規範第 93 條（沉砂池設計容量）

沉砂設施容量以泥砂生產量計算。沉砂設施設計原則如下：

- a.沉砂設施深度以一點五公尺至三點五公尺為宜。但沉砂與滯洪設施垂直共構，且其設計具合理性者，不在此限。
 - b.臨時性沉砂設施以就地取材（施作簡易、方便清除）為主，永久性沉砂設施之池壁以穩定之材料構築。
 - c.臨時性沉砂設施容量應以泥砂生產量一點五倍計算。
 - d.為清除沉砂設施內淤積泥砂之道路，應考慮以機械直接清除及搬運為原則，並防止洪水經由道路溢流。
- 永久性沉砂設施應隨時檢視其功能，並至少每年清除一次，臨時性沉砂設施應於每次豪雨後立即清除。

(5)水土保持技術規範第 165 條（沉砂池之設計）

滯洪與沉砂設施之設計及維護方式如下：

- a.滯洪及沉砂設施之設計容量不得小於本規範相關規定。
- b.滯洪及沉砂設施之邊坡及構造，應檢討其浸水後之安定性。
- c.應考慮方便清除，並避免產生沼氣。
- d.臨時性滯洪及沉砂設施應於每次豪雨後立即清除；永久性滯洪及沉砂設施應隨時檢視其功能並至少每年清除一次。

(6)水土保持技術規範第 166 條（滯洪及沉砂設施之設置位置）

滯洪及沉砂設施以設置於開發基地內為原則，且在不影響設施功能之情形下，滯洪及沉砂設施得共構之。

2. 施工注意事項(水土保持手冊工程篇)

(1) 出口之橫向構造物應設置排水管，將池中之水儘速排除，以防孳生蚊蟲破壞環境。

(2) 沉砂池周圍應設置防護措施，以策人畜安全。

(3) 入口應防止堵塞而產生漫流。

(4) 於溪流設置沉砂池時，其入口及出口處均應設置固床工，兩岸以護岸保護。

3. 維護管理事項(水土保持手冊工程篇)

清除沉砂設施內淤積泥砂之設計，應考慮以機械直接清除及搬運為原則，並防止逕流經由道路溢流。永久性沉砂設施應隨時檢視其功能並至少每年清除一次，臨時性沉砂設施應於每次豪雨後立即清除。

(四) 沉砂設施量體估算

根據水土保持技術規範第 92 條敘明「泥砂生產量之估算，採用通用土壤流失公式（Universal Soil Loss Equation, USLE）估算之」，配合降雨資料、土壤資料、地形資料及土地利用資料等計算年泥砂生產量，並以此估算沉砂設施量體之設計量。

1. 沉砂設施量體估算方式

(1) 泥砂生產量之估算

泥砂生產量之估算，採用通用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation, USLE) 估算之，如式 2-3。計算年泥砂生產量之後，再乘上基地面積做為沉砂設施量體設計依據。

$$A_m = R_m \cdot K_m \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad \text{式 2-3}$$

式中，

A_m ：每公頃之年平均土壤流失量(公噸/公頃·年)

R_m ：年平均降雨沖蝕指數(百萬焦耳·公釐/公頃·小時·年)

K_m ：土壤沖蝕性指數(公噸·公頃·小時·年/百萬焦耳·公釐·公頃·年)

L：坡長因子

S：坡度因子

C：作物管理因子

P：水土保持處理因子。

(2)年土壤流失量(soil loss, A_m)

年土壤流失量代表某一具體農地或坡面在特定的降雨、作物經營方式及所採用的水土保持措施的條件下，單位面積上產生的年土壤流失量，單位(公噸/公頃·年)。

(3)降雨與逕流侵蝕指數(R_m)

降雨與逕流侵蝕指數表示在標準試區條件(即坡長 22.13 公尺，坡度 9% 均勻坡面，順坡耕作，連續兩年休耕)下，降雨對土壤的侵蝕指標，單位為(百萬焦耳·公釐/公頃·小時·年)。降雨與逕流侵蝕指數對土壤的侵蝕包括兩個方面，一是降雨的雨滴動能對土壤的擊濺，二是降雨形成逕流後逕流的紊動對泥砂的搬運。根據大量研究資料顯示，在降雨以外其他因子不變的情況下， R_m 值與降雨的總動能和 30 分鐘的最大降雨強度有關。因此， R_m 是暴雨動能和最大 30 分鐘降雨強度的函數，它確定了雨滴擊濺及逕流擾動對田面土壤顆粒遷移的綜合影響，可表為

$$R_m = \frac{1}{100} \sum E \cdot i_{30} \quad \text{式 2-4}$$

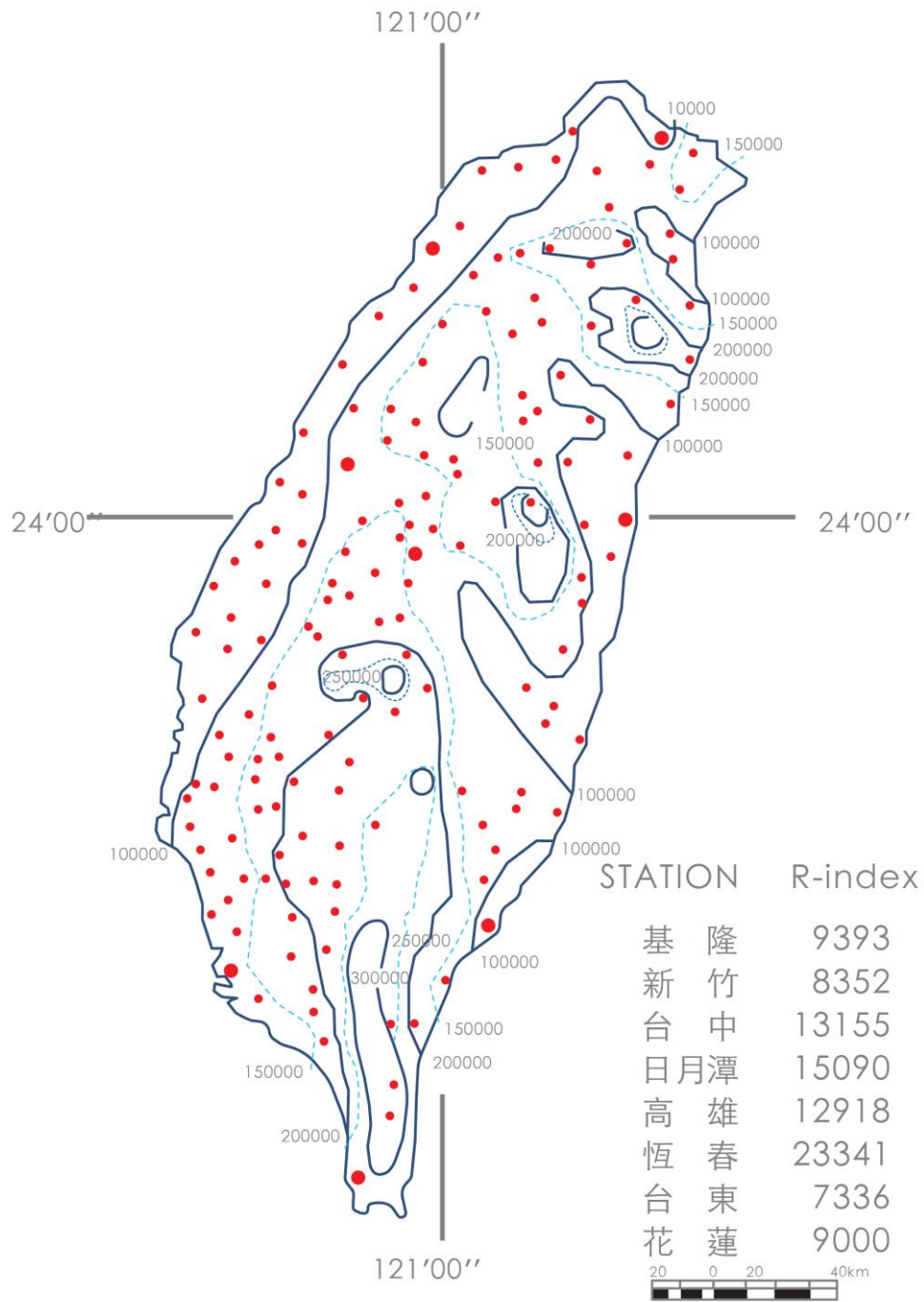
式中， E =某次暴雨過程中某個階段降雨量所產生的動能； i_{30} =某次降雨過程中連續 30 分鐘最大降雨強度。一次降雨過程中連續 30 分鐘最大降雨強度 i_{30} ，可以從自記雨量計記錄曲線上查得，而降雨過程中某階段所產生的動能 E 可表為

$$\begin{aligned} E &= E_o \Delta V_x \\ E &= 0.119 + 0.0873 \log i_x \end{aligned} \quad \text{式 2-5}$$

式中， ΔV_x =某降雨時段之降雨深度（公釐）增量； E_o =某次降雨過程中某時段的降雨動能(百萬焦耳/公頃·公釐)； i_x =某次降雨過程中某時段降雨強度(公釐/小時)。

利用上述方法，可以計算出某一地區一次降雨事件的降雨侵蝕指數，也可以通過逐次計算而求出每旬、每月及每年的侵蝕指數。某一地區多年的侵蝕指數加上一一起，除以年份，即為年平均降雨侵蝕指數，亦即通用土壤流失公式中的 R_m 值。應用各地區的 R_m 值，可繪製某範圍內的 R_m 值等值線圖，如圖 2-4 所示。水土保持局蒐集臺灣地區 323 個雨量站 2002~2018 年 10 分鐘的雨量資料，以 Wischmeier and Smith (1958)之單場有效降雨事件定義，進行雨場分割後，共計有 175,926 場有效降雨事件，依據有效降雨場次分割資料，計算每一場有效降雨事件的降雨侵蝕指數，並累加得年降雨侵蝕指數，如表 2-1 為臺灣地區之 R_m ，另可由行動水保服務網參採經加權後之數值。

此外，國內亦有類似的研究成果，係以年(或月)降雨量推估年(或月)降雨侵蝕指數，甚屬簡便，惟使用時需注意其適用性問題。例如，水土保持手冊中係以臺中、南投、北部陽明山、臺北市區、基隆、宜蘭、花蓮、臺東、新竹、嘉義等地區天然雨滴粒徑分布，而屏東地區則參考屏東老埤地區降雨動能公式，推算降雨侵蝕指數 R_m 值，以及年降雨侵蝕指數與年降雨量之關係式，如表 2-2。



(資料來源：水土保持手冊，2017)

圖 2-4 臺灣各地降雨侵蝕指數(百萬焦耳·公釐/公頃·小時·年)

表 2-1 R_m 單位：百萬焦耳·公釐/公頃·小時·年

雨量 站名	縣市	鄉鎮	R_m	雨量 站名	縣市	鄉鎮	R_m
下營	臺南市	下營區	20,671	溪頭	南投縣	鹿谷鄉	29,981
大內	臺南市	大內區	24,204	瑞岩	南投縣	仁愛鄉	16,239
大棟山	臺南市	白河區	35,745	萬大	南投縣	仁愛鄉	19,697
王爺宮	臺南市	六甲區	25,300	翠峰	南投縣	仁愛鄉	17,061
北門	臺南市	北門區	16,136	翠巒	南投縣	仁愛鄉	20,472
左鎮	臺南市	左鎮區	24,806	鳳凰	南投縣	鹿谷鄉	27,528
玉井	臺南市	玉井區	29,644	樟湖	南投縣	國姓鄉	31,352
白河	臺南市	白河區	21,760	龍神橋	南投縣	水里鄉	21,315
佳里	臺南市	佳里區	15,074	豐丘	南投縣	信義鄉	14,865
安南	臺南市	安南區	16,991	雙冬	南投縣	草屯鎮	18,303
岸內	臺南市	鹽水區	14,498	廬山	南投縣	仁愛鄉	16,010
東河	臺南市	東山區	18,342	蘆竹溝	南投縣	中寮鄉	29,789
東原	臺南市	東山區	28,229	土庫	雲林縣	土庫鎮	12,353
虎頭埤	臺南市	新化區	23,472	大埔	雲林縣	古坑鄉	19,780
善化	臺南市	善化區	19,912	山豬湖	雲林縣	古坑鄉	35,661
曾文	臺南市	楠西區	42,412	斗六	雲林縣	斗六市	18,745
媽廟	臺南市	歸仁區	22,680	北港	雲林縣	北港鎮	10,571
新市	臺南市	新市區	21,994	四湖	雲林縣	四湖鄉	11,176
新營	臺南市	柳營區	19,659	西螺	雲林縣	西螺鎮	13,321
楠西	臺南市	楠西區	31,184	虎尾	雲林縣	虎尾鎮	16,415
環湖	臺南市	大內區	25,682	阿丹	雲林縣	斗南鎮	18,981
關子嶺	臺南市	白河區	41,967	後安寮	雲林縣	麥寮鄉	10,532
關山	臺南市	南化區	33,020	草嶺	雲林縣	古坑鄉	28,372
七股	臺南市	七股區	13,087	崙背	雲林縣	崙背鄉	10,959
北寮	臺南市	南化區	33,795	褒忠	雲林縣	褒忠鄉	11,505
沙崙	臺南市	歸仁區	24,466	小公田	嘉義縣	番路鄉	26,233
崎頂	臺南市	龍崎區	21,985	中坑	嘉義縣	大林鎮	22,161
三爺	高雄市	路竹區	21,985	中埔	嘉義縣	中埔鄉	26,437
大津	高雄市	六龜區	40,246	內埔	嘉義縣	竹崎鄉	33,556
大寮	高雄市	大寮區	26,347	石磐龍	嘉義縣	竹崎鄉	49,564
小關山	高雄市	桃源區	40,362	朴子	嘉義縣	朴子市	14,422
月眉	高雄市	杉林區	33,684	東後寮	嘉義縣	義竹鄉	13,907
內門	高雄市	內門區	30,213	南靖	嘉義縣	水上鄉	15,292
古亭坑	高雄市	田寮區	24,612	馬頭山	嘉義縣	大埔鄉	36,821

雨量 站名	縣市	鄉鎮	R_m	雨量 站名	縣市	鄉鎮	R_m
左營	高雄市	左營區	22,794	魚寮	嘉義縣	太保市	15,942
甲仙	高雄市	甲仙區	41,352	新高口	嘉義縣	阿里山鄉	22,513
吉東	高雄市	美濃區	32,476	溪口	嘉義縣	溪口鄉	11,439
尖山	高雄市	燕巢區	24,715	瑞里	嘉義縣	梅山鄉	30,767
阿公店	高雄市	燕巢區	25,720	奮起湖	嘉義縣	竹崎鄉	48,711
岡山	高雄市	橋頭區	23,444	頭凍	嘉義縣	番路鄉	45,601
南天池	高雄市	桃源區	36,783	豐山	嘉義縣	阿里山鄉	46,333
美濃	高雄市	美濃區	34,692	龍美	嘉義縣	番路鄉	36,175
高中	高雄市	桃源區	38,543	鰲鼓	嘉義縣	東石鄉	14,417
御油山	高雄市	桃源區	67,182	士林	臺北市	士林區	11,238
排雲	高雄市	桃源區	15,603	大直	臺北市	中山區	12,298
復興	高雄市	桃源區	30,670	內湖	臺北市	內湖區	14,093
新發	高雄市	六龜區	52,561	公館(臺北)	臺北市	大安區	18,144
溪南	高雄市	桃源區	52,052	天母	臺北市	士林區	14,330
溪埔	高雄市	大樹區	29,425	石牌	臺北市	北投區	11,858
旗山	高雄市	旗山區	29,163	竹子湖	臺北市	北投區	35,317
鳳山	高雄市	鳳山區	24,225	社子	臺北市	士林區	9,557
鳳森	高雄市	小港區	23,478	信義	臺北市	信義區	15,861
鳳雄	高雄市	大社區	24,815	關渡	臺北市	北投區	11,202
達卡努瓦	高雄市	那瑪夏區	29,733	三和	新北市	金山區	23,808
表湖	高雄市	那瑪夏區	23,461	三重	新北市	三重區	10,724
新集	高雄市	桃源區	28,663	大坪	新北市	萬里區	38,705
新興	高雄市	新興區	26,531	山佳	新北市	樹林區	12,453
路竹	高雄市	路竹區	21,398	五指山	新北市	汐止區	18,997
楠溪	高雄市	桃源區	22,552	火燒寮	新北市	平溪區	24,750
旗津	高雄市	旗津區	18,228	四十份	新北市	新店區	23,871
力里	屏東縣	春日鄉	32,685	四堵	新北市	坪林區	28,132
三地門	屏東縣	內埔鄉	42,819	永和	新北市	永和區	14,366
上德文	屏東縣	三地門鄉	55,691	石碇	新北市	石碇區	23,855
口社	屏東縣	三地門鄉	42,804	坪林	新北市	坪林區	34,147
石門山	屏東縣	牡丹鄉	19,057	屈尺	新北市	新店區	25,193
旭海	屏東縣	牡丹鄉	25,057	金山	新北市	金山區	12,947
尾寮山	屏東縣	三地門鄉	65,360	桶後	新北市	烏來區	23,677
牡丹池山	屏東縣	牡丹鄉	22,837	富貴角	新北市	石門區	19,425
赤山	屏東縣	萬巒鄉	44,024	新莊	新北市	新莊區	12,016

雨量 站名	縣市	鄉鎮	R_m	雨量 站名	縣市	鄉鎮	R_m
車城	屏東縣	車城鄉	22,866	瑞芳	新北市	瑞芳區	25,358
里港	屏東縣	里港鄉	27,332	福山	新北市	烏來區	34,061
來義	屏東縣	萬巒鄉	45,830	福隆	新北市	貢寮區	20,480
枋山	屏東縣	枋山鄉	18,675	鼻頭角	新北市	瑞芳區	9,759
枋寮	屏東縣	枋寮鄉	18,189	雙溪	新北市	雙溪區	23,555
阿禮	屏東縣	霧台鄉	33,189	八德	桃園市	八德區	10,830
南州	屏東縣	南州鄉	19,995	大溪	桃園市	大溪區	14,805
屏東	屏東縣	屏東市	31,286	大園	桃園市	大園區	9,783
春日	屏東縣	春日鄉	26,791	桃園	桃園市	桃園區	11,479
鹽埔新圍	屏東縣	鹽埔鄉	36,005	新屋	桃園市	新屋區	14,246
壽卡	屏東縣	牡丹鄉	21,920	龍潭	桃園市	龍潭區	11,525
瑪家	屏東縣	瑪家鄉	66,927	白蘭	新竹縣	五峰鄉	25,730
潮州	屏東縣	潮州鎮	28,748	梅花	新竹縣	尖石鄉	25,196
貓鼻頭	屏東縣	恆春鎮	22,784	湖口	新竹縣	湖口鄉	10,501
龍泉	屏東縣	內埔鄉	32,221	新埔	新竹縣	新埔鎮	10,325
檳榔	屏東縣	滿州鄉	33,605	關西	新竹縣	關西鎮	15,803
麟洛	屏東縣	麟洛鄉	32,307	八卦	苗栗縣	泰安鄉	21,811
佳樂水	屏東縣	滿州鄉	28,751	三義	苗栗縣	三義鄉	16,613
楓港	屏東縣	枋山鄉	20,013	大河	苗栗縣	三灣鄉	16,104
東港	屏東縣	東港鎮	20,703	大湖	苗栗縣	大湖鄉	38,908
墾丁	屏東縣	恆春鎮	28,365	公館(苗栗)	苗栗縣	公館鄉	13,491
牡丹	屏東縣	牡丹鄉	23,852	竹南	苗栗縣	竹南鎮	10,317
上谷關	臺中市	和平區	26,573	卓蘭	苗栗縣	卓蘭鎮	19,199
大甲	臺中市	大甲區	11,477	南庄	苗栗縣	南庄鄉	21,415
大坑	臺中市	北屯區	19,229	南礦	苗栗縣	南庄鄉	21,364
大肚	臺中市	大肚區	12,932	後龍	苗栗縣	後龍鎮	10,856
中竹林	臺中市	太平區	22,506	泰安	苗栗縣	泰安鄉	25,833
白毛臺	臺中市	新社區	28,075	馬拉邦山	苗栗縣	大湖鄉	24,023
白冷	臺中市	和平區	25,546	馬都安	苗栗縣	泰安鄉	17,143
石岡	臺中市	石岡區	19,304	象鼻	苗栗縣	泰安鄉	30,335
伯公龍	臺中市	東勢區	18,497	新開	苗栗縣	大湖鄉	18,250
東勢	臺中市	東勢區	23,322	鳳美	苗栗縣	南庄鄉	25,307
桐林	臺中市	霧峰區	21,282	三星	宜蘭縣	三星鄉	20,267
烏石坑	臺中市	和平區	33,287	太平山	宜蘭縣	大同鄉	35,492
神岡	臺中市	神岡區	12,528	牛鬥	宜蘭縣	大同鄉	26,590

雨量 站名	縣市	鄉鎮	R_m	雨量 站名	縣市	鄉鎮	R_m
梨山	臺中市	和平區	12,547	冬山	宜蘭縣	冬山鄉	29,035
清水林	臺中市	太平區	26,841	北關	宜蘭縣	頭城鎮	14,157
雪嶺	臺中市	和平區	37,222	玉蘭	宜蘭縣	大同鄉	22,458
稍來	臺中市	和平區	38,413	內城	宜蘭縣	員山鄉	15,674
新伯公	臺中市	東勢區	28,407	南山	宜蘭縣	大同鄉	8,710
慶福山	臺中市	東勢區	19,666	思源	宜蘭縣	大同鄉	12,628
橫山	臺中市	橫山鄉	12,820	寒溪	宜蘭縣	冬山鄉	29,232
龍安	臺中市	新社區	30,424	新寮	宜蘭縣	冬山鄉	30,493
雙崎	臺中市	和平區	26,174	頭城	宜蘭縣	頭城鎮	15,002
下水埔	彰化縣	溪州鄉	13,129	礁溪	宜蘭縣	礁溪鄉	17,403
二林	彰化縣	二林鎮	11,061	雙連埤	宜蘭縣	員山鄉	20,102
臺西	彰化縣	大城鄉	13,994	羅東	宜蘭縣	羅東鎮	18,578
芬園	彰化縣	芬園鄉	14,062	大農	花蓮縣	光復鄉	19,362
員林	彰化縣	員林市	13,687	大觀	花蓮縣	萬榮鄉	21,775
草湖	彰化縣	芳苑鄉	12,000	中興	花蓮縣	壽豐鄉	17,738
鹿港	彰化縣	鹿港鎮	10,804	天祥	花蓮縣	秀林鄉	23,694
溪州	彰化縣	溪州鄉	13,613	太安	花蓮縣	萬榮鄉	28,684
溪湖	彰化縣	溪湖鎮	12,623	月眉山	花蓮縣	壽豐鄉	16,953
彰化	彰化縣	卦山里	9,014	布洛灣	花蓮縣	秀林鄉	29,859
九份二山	南投縣	國姓鄉	31,086	玉里	花蓮縣	玉里鎮	17,725
上安橋	南投縣	水里鄉	15,194	立山	花蓮縣	卓溪鄉	15,555
大鞍	南投縣	竹山鎮	18,528	光復	花蓮縣	光復鄉	16,702
中心崙	南投縣	竹山鎮	25,117	吉安光華	花蓮縣	吉安鄉	14,463
中寮	南投縣	中寮鄉	24,136	西林	花蓮縣	萬榮鄉	21,606
丹大	南投縣	信義鄉	5,120	卓溪	花蓮縣	卓溪鄉	13,313
仁愛	南投縣	仁愛鄉	17,384	和中	花蓮縣	秀林鄉	28,157
六分寮	南投縣	鳳鳴里	19,702	明里	花蓮縣	富里鄉	22,109
文文社	南投縣	仁愛鄉	31,362	洛韶	花蓮縣	秀林鄉	14,223
水里	南投縣	水里鄉	22,399	高寮	花蓮縣	玉里鎮	16,811
水長流	南投縣	國姓鄉	22,775	富世	花蓮縣	秀林鄉	23,512
北山	南投縣	國姓鄉	24,431	慈恩	花蓮縣	秀林鄉	14,738
北坑	南投縣	埔里鎮	25,386	新城	花蓮縣	新城鄉	19,746
卡奈托灣	南投縣	信義鄉	8,333	壽豐	花蓮縣	壽豐鄉	16,159
外大坪	南投縣	埔里鎮	21,990	舞鶴	花蓮縣	瑞穗鄉	10,699
合歡山	南投縣	仁愛鄉	20,687	銅門	花蓮縣	秀林鄉	17,654

雨量 站名	縣市	鄉鎮	R_m	雨量 站名	縣市	鄉鎮	R_m
竹山	南投縣	竹山鎮	21,878	鳳林	花蓮縣	鳳林鎮	18,464
西巒	南投縣	信義鄉	19,816	鳳林山	花蓮縣	鳳林鎮	18,585
和社	南投縣	信義鄉	14,148	靜浦	花蓮縣	豐濱鄉	12,612
昆陽	南投縣	仁愛鄉	7,909	龍澗	花蓮縣	秀林鄉	20,575
東埔	南投縣	信義鄉	14,393	豐濱	花蓮縣	豐濱鄉	23,044
武界	南投縣	仁愛鄉	20,648	鯉魚潭	花蓮縣	壽豐鄉	21,904
長豐	南投縣	國姓鄉	22,755	下馬	臺東縣	海端鄉	10,636
阿眉	南投縣	仁愛鄉	31,190	土阪	臺東縣	達仁鄉	33,000
青雲	南投縣	信義鄉	19,648	大溪山	臺東縣	太麻里鄉	20,567
信義	南投縣	信義鄉	14,710	太麻里	臺東縣	太麻里鄉	12,482
凌霄	南投縣	仁愛鄉	36,122	向陽	臺東縣	海端鄉	18,177
埔中	南投縣	名間鄉	19,988	池上	臺東縣	池上鄉	13,090
埔里	南投縣	埔里鎮	20,761	東河	臺東縣	東河鄉	23,329
神木村	南投縣	信義鄉	29,587	知本	臺東縣	卑南鄉	27,016
草屯	南投縣	草屯鎮	15,275	金峰	臺東縣	金峰鄉	17,845
望鄉	南投縣	信義鄉	22,065	金崙	臺東縣	太麻里鄉	16,711
桶頭	南投縣	竹山鎮	35,552	長濱	臺東縣	長濱鄉	11,710
清流	南投縣	仁愛鄉	19,417	南田	臺東縣	達仁鄉	23,888
魚池	南投縣	魚池鄉	22,608	都蘭	臺東縣	東河鄉	16,905
集集	南投縣	集集鎮	22,514	鹿野	臺東縣	鹿野鄉	15,008
奧萬大	南投縣	仁愛鄉	15,961	華源	臺東縣	太麻里鄉	19,692
新興橋	南投縣	信義鄉	19,077	摩天	臺東縣	海端鄉	7,676
楓樹林	南投縣	仁愛鄉	24,265				

(資料來源：水土保持局)

依據水土保持手冊(2017)之降雨動能公式，利用月雨量、月降雨強度與月降雨侵蝕指數間之關係，以迴歸分析法建立適用於臺北地區降雨侵蝕指數推估公式，即

$$R_{mj} = 0.002P_j^{2.235}$$

$$R_{mj} = 0.134(P_j \cdot i_j)^{1.28}$$

式 2- 6

式中， R_{mj} =月降雨侵蝕指數(百萬焦耳·公釐/公頃·小時·年)； P_j =月平均降雨量(公釐)； i_j =月降雨強度(公釐/小時)，係為月雨量除以月降雨延時之商數。

為利取得臺灣地區降雨指數，以作為土壤流失量估算，水土保持局近 4 年（105 年至 108 年）利用歷年降雨、土壤沖蝕調查資料，完成相關研究成果圖資，並介接至「行動水保服務網」(<https://serv.swcb.gov.tw/>) 平台，提供線上查詢服務。

表 2- 2 降雨動能與降雨強度、年降雨侵蝕指數與年降雨量之關係式

降雨動能與降雨強度關係式			年降雨侵蝕指數與年降雨量關係式		
地區	$E_o = a + b \log i$		降雨氣候分區	$R_m = a P^b$	
	a	b		a	b
臺北陽明山	873.77	416.52	北部地區(臺北試區)	0.000911	1.71557
臺北地區	745.58	350.51	東北部地區(基隆試區)	0.000013	2.18615
基隆地區	836.32	323.08	宜蘭地區(宜蘭試區)	0.000103	1.99179
花蓮地區	781.58	267.22	花蓮地區(花蓮試區)	0.000891	1.78248
臺東地區	756.30	230.33	臺東地區(臺東試區)	0.003030	1.65534
新竹地區	785.82	229.55	西北部地區(新竹試區)	0.000294	1.91672
臺中地區	830.16	274.65	中部地區(臺中試區)	0.003265	1.62653
嘉義地區	808.35	321.81	中南部地區(嘉義試區)	0.001170	1.79835
屏東地區	930.96	238.54	南部地區(高雄試區)	0.006666	1.58975
南投蓮花池地區	897.65	242.73	中部、中南部山區 (南投蓮花池試區)	0.020653	1.35072
臺灣地區	883	313			

(資料來源：水土保持手冊，2017)

(4)土壤侵蝕性指數(K_m)

土壤侵蝕性指數為平均年土壤侵蝕量(A_m)與單位降雨侵蝕指數(R_m)之比，單位(公噸·公頃·小時·年/百萬焦耳·公釐·公頃·年)。土壤侵蝕指數

為土壤抵抗侵蝕之分離及搬運作用的一種量化指標，它與土壤本身特性有關。水土保持手冊中推估臺灣西北部及南部坡地土壤侵蝕指數與土壤流失量，而將 K_m 值分為低蝕性($K_m < 0.2$)、中蝕性($K_m = 0.2 \sim 0.4$)及高蝕性($K_m > 0.4$)等三個等級；而臺灣現行使用通用土壤流失公式(USLE)之土壤侵蝕性指數(K_m)資料，係利用 Wischmeier & Smith(1978)列線圖，推算得臺灣 280 處土壤侵蝕性指數 K_m 值；經分析，臺灣地區 K_m 值約 73%是小於 0.3，而且變化幅度很小，多介於 0.11~0.4 之間；此外， $K_m < 0.026$ 者，為低蝕性土壤； $K_m = 0.026 \sim 0.052$ 者，為中蝕性土壤； $K_m > 0.052$ 者，為高蝕性土壤。

一般，影響 K_m 值的土壤特性有土壤的質地、結構、有機質含量、滲透性等，其推估方法有二：一是在標準試區實測法；二是用列線圖法(nomograph)或公式推估。此外，亦可參考表 2-4，各地之土壤侵蝕性指數表。

a.實測法

在標準試區下方設置沉砂槽，降雨時地面產生逕流，土壤被侵蝕至下方沉砂槽內，然後稱重烘乾，測得土壤流失量 A_m 。因實驗試區處在標準條件下，通用土壤流失公式中的 LS、C 及 P 等因子皆為 1.0，故公式就成為 $A_m = R_m K$ 。這樣，測得 A_m 值後，只要再計算降雨侵蝕指數 R_m 值，便可求出 K_m 值。

b.公式法

Wischmeier et al.(1971)及 Wischmeier & Smith(1978)根據土壤的 5 個參數提出 K_m 值的計算式，即

$$K_m = 0.1317 \frac{2.1 \times 10^{-4} [d(d+e)]^{1.14} (12-a) + 3.25(b-2) + 2.5(c-3)}{100} \quad \text{式 2-7}$$

式中， a =有機質含量(%)，當土壤之有機質含量超過 4%時，仍以 4%計算； b =土壤結構參數(參見表 2-3)； c =土壤滲透性參數(參見表 2-3)； d =土壤粉粒(silt)及極細砂(粒徑：0.002 公釐~0.1 公釐)含量(%)； e =土壤粗砂

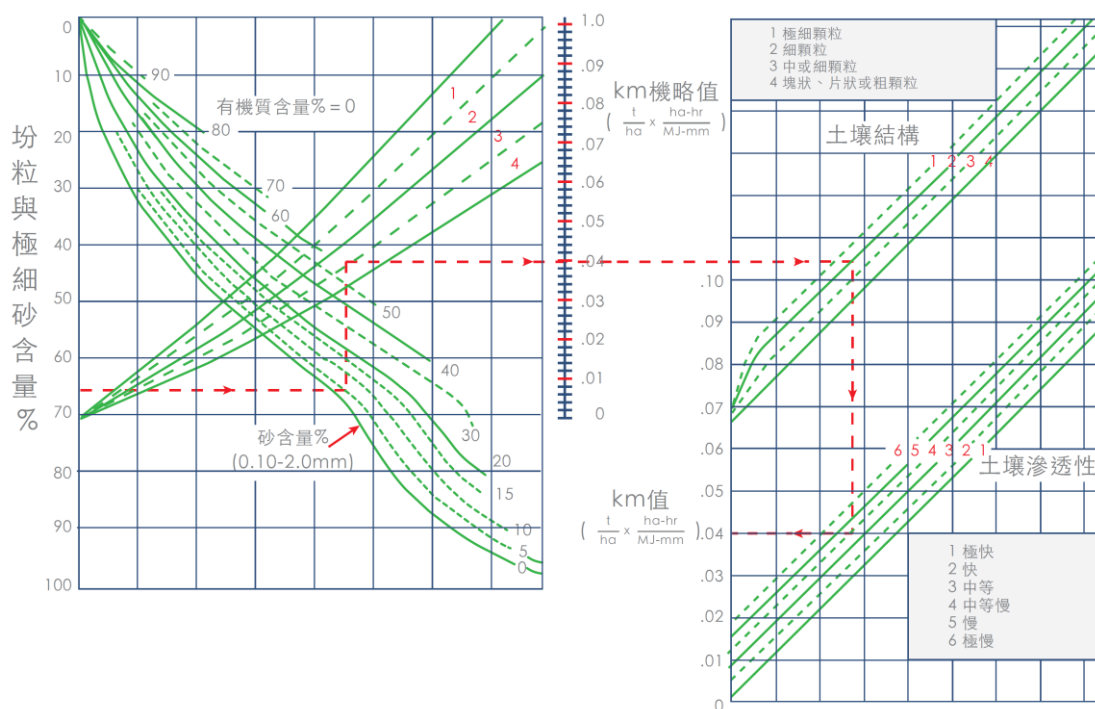
(粒徑：0.1 公釐~2.0 公釐)含量(%)。不過，上式僅能應用於 $d<70\%$ 條件。

圖 2- 5 係依上式所建立之圖解。

表 2- 3 土壤結構及滲透性參數

土壤結構參數			土壤滲透性參數		
參數值	土壤	粒 徑 (公釐)	參數 值	滲透速度	公釐/小時
1	極細顆粒	<1.0	6	極慢	<1.25
2	細顆粒	1~2	5	慢	1.25~5.0
3	中或粗顆粒	2~10	4	中等慢	5.0~20.0
4	塊狀或片狀或粗顆粒	>10	3	中等	20.0~62.5
			2	快	62.5~125.0
			1	極快	>125.0

(資料來源：水土保持手冊，2017)



(資料來源：水土保持手冊，2017)

圖 2- 5 臺灣各地土壤侵蝕指數圖解

為利取得臺灣地區土壤侵蝕指數，以作為土壤流失量估算，水土保持局近 4 年（105 年至 108 年）利用歷年降雨、土壤沖蝕調查資料，完成相關研究成果圖資，並介接至「行動水保服務網」(<https://serv.swcb.gov.tw/>) 平台提供線上查詢。

表 2-4 K_m 單位：公噸・公頃・小時・年/百萬焦耳・公釐・公頃・年

編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m	編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m
Pt - 1	210206	2504523	0.01379	Hcc - 8	246493	2739428	0.01127
Pt - 2	215679	2514050	0.01781	Hcc - 9	244885	2739491	0.02589
Pt - 3	222191	2516608	0.02165	Hcc - 10	246456	2739862	0.03043
Pt - 4	212740	2525688	0.01511	Hcc - 11	248781	2741649	0.01991
Pt - 5	217744	2491644	0.01069	Hcc - 12	245039	2741417	0.02902
Pt - 6	219075	2523132	0.00759	Hcc - 13	252758	2739233	0.03064
Pt - 7	215768	2498035	0.01862	Hcc - 14	252797	2739554	0.02983
Pt - 8	213128	2524266	0.02877	Hcc - 15	248163	2741615	0.02703
Pt - 9	237834	2458158	0.01359	Hcc - 16	248243	2740850	0.04108
Pt - 10	218246	2482267	0.02424	Hcc - 17	248085	2741094	0.02869
Pt - 11	231622	2451362	0.02600	Hcc - 18	249043	2741129	0.03252
Pt - 12	210940	2486725	0.01837	Hcc - 19	245847	2740661	0.04292
Pt - 13	219907	2483054	0.01989	Hcc - 20	245658	2740658	0.01636
Pt - 14	223841	2439891	0.02556	Hcc - 21	253051	2739760	0.03301
Pt - 15	210810	2487589	0.04888	Hcc - 22	252938	2739985	0.03239
Pt - 16	220413	2455083	0.04130	Hcc - 23	245313	2741501	0.04348
Pt - 17	211584	2504386	0.05042	Hcc - 24	248721	2742487	0.03846
Pt - 18	213670	2472525	0.00813	Hcc - 25	245710	2741452	0.03723
Pt - 19	236013	2454020	0.02766	Hcc - 26	245550	2741559	0.03676
Pt - 20	236281	2449003	0.03674	Hcc - 27	245174	2739895	0.04450
Pt - 21	214465	2470105	0.02866	Hcc - 28	245265	2739956	0.04769
Pt - 22	218082	2435644	0.05017	Hcc - 29	247692	2741048	0.03993
Pt - 23	219395	2449036	0.04051	Hcc - 30	247405	2741489	0.04270
Pt - 24	228488	2457337	0.02533	Hc - 1	260670	2737508	0.02999
Pt - 25	224691	2436024	0.02605	Hc - 2	262341	2739470	0.03026
Pt - 26	231845	2429032	0.03266	Hc - 3	263262	2735971	0.04066
Kh - 1	207572	2536285	0.03123	Hc - 4	260857	2733715	0.02670
Kh - 2	190365	2519797	0.05096	Hc - 5	272458	2736499	0.04342
Kh - 3	195855	2540997	0.04784	Hc - 6	270668	2730930	0.03440
Kh - 4	185516	2514276	0.02686	Hc - 7	268782	2738549	0.03099
Kh - 5	187461	2510154	0.06454	Hc - 8	272418	2739346	0.03395
Kh - 6	189377	2523673	0.08197	Hc - 9	261512	2746617	0.05481
Kh - 7	187726	2521116	0.02702	Hc - 10	277374	2738228	0.05853
Kh - 8	188109	2514104	0.04695	Hc - 11	259964	2748761	0.03700
Kh - 9	196563	2538302	0.06534	Hc - 12	262714	2747132	0.05445

編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m	編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m
Kh - 10	215770	2530696	0.02105	Hc - 13	256365	2748870	0.03225
Kh - 11	204864	2532590	0.06113	Hc - 14	262169	2751305	0.03745
Kh - 12	185003	2527221	0.05296	Hc - 15	260812	2743982	0.04961
Kh - 13	209122	2541990	0.04816	Hc - 16	257272	2744424	0.05025
Kh - 14	204290	2551766	0.07233	Hc - 17	250947	2734834	0.03636
Kh - 15	207971	2554923	0.07967	Hc - 18	259563	2740042	0.04676
Kh - 16	199512	2545282	0.03639	Hc - 19	264892	2728548	0.03474
Kh - 17	188298	2515904	0.02084	Hc - 20	264113	2736456	0.03168
Kh - 18	222691	2533547	0.06895	Hc - 21	255372	2731750	0.04281
Kh - 19	221767	2553651	0.05253	Hc - 22	264566	2735269	0.04627
Kh - 20	209822	2544798	0.01292	Hc - 23	254221	2727004	0.07716
Kh - 21	211972	2555709	0.03964	Hc - 24	256556	2738723	0.04987
Kh - 22	187786	2535185	0.04844	Hc - 25	249225	2740728	0.04039
Kh - 23	199340	2541757	0.03648	Hc - 26	254540	2741247	0.04028
Kh - 24	217429	2533980	0.07219	Hc - 27	254553	2739116	0.01996
Kh - 25	202993	2545131	0.04945	Hc - 28	253353	2732502	0.01914
Tn - 1	200092	2564019	0.03107	Hc - 29	252681	2737304	0.04044
Tn - 2	195788	2545851	0.00970	Hc - 30	261460	2728006	0.04517
Tn - 3	188297	2542576	0.03901	Ty - 1	265657	2761470	0.03925
Tn - 4	183988	2536592	0.06717	Ty - 2	260696	2758098	0.04561
Tn - 5	185761	2541995	0.05631	Ty - 3	270770	2750191	0.03236
Tn - 6	185761	2541995	0.04979	Ty - 4	274819	2756804	0.03309
Tn - 7	190195	2539386	0.06612	Ty - 5	274057	2755398	0.05833
Tn - 8	189155	2541081	0.06966	Ty - 6	272319	2754810	0.07220
Tn - 9	190429	2537265	0.02242	Ty - 7	262993	2760786	0.05261
Tn - 10	197515	2566259	0.03702	Ty - 8	271755	2755837	0.03732
Tn - 11	196402	2558561	0.06233	Ty - 9	276141	2751609	0.06086
Tn - 12	186791	2546583	0.05897	Ty - 10	271990	2748467	0.05915
Tn - 13	195687	2549641	0.07309	Ty - 11	271761	2764188	0.02816
Tn - 14	196211	2574093	0.05614	Ty - 12	271902	2758647	0.03910
Tn - 15	187874	2563827	0.06471	Ty - 13	268967	2748039	0.04164
Tn - 16	189915	2558145	0.07079	Ty - 14	268222	2757861	0.03887
Tn - 17	189379	2573543	0.05035	Ty - 15	270019	2763530	0.03196
Tn - 18	196420	2581945	0.05864	Ty - 16	269691	2759281	0.02591
Tn - 19	194423	2578391	0.05873	Ty - 17	261964	2753643	0.04854
Tn - 20	197047	2579844	0.04987	Ty - 18	266717	2751670	0.06841

編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m	編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m
Tn - 21	198903	2569984	0.04022	Ty - 19	274318	2745996	0.02985
Tn - 22	197660	2552126	0.05813	Ty - 20	262797	2752915	0.03148
Tn - 23	204218	2565208	0.03265	Ty - 21	276659	2742198	0.04297
Tn - 24	204823	2567821	0.03452	Ty - 22	278517	2742791	0.04349
Tn - 25	211387	2566388	0.06355	Ty - 23	285905	2744874	0.01214
Cy - 1	205663	2592129	0.03700	Ty - 24	285970	2743785	0.01613
Cy - 2	208784	2591535	0.03440	Ty - 25	284971	2752047	0.02092
Cy - 3	209999	2600084	0.06190	Ty - 26	288096	2744137	0.00909
Cy - 4	204979	2600345	0.06440	Ty - 27	285162	2737043	0.03684
Cy - 5	206802	2602954	0.04590	Ty - 28	285551	2735158	0.02746
Cy - 6	210007	2602729	0.02530	Ty - 29	281149	2754336	0.05372
Cy - 7	205003	2608312	0.06160	Ty - 30	283740	2748617	0.05406
Cy - 8	203391	2609670	0.06560	Tp - 1	308774	2762386	0.03270
Cy - 9	203645	2609116	0.05120	Tp - 2	308515	2763395	0.03357
Cy - 10	203645	2609270	0.07280	Tp - 3	308300	2768804	0.03532
Cy - 11	206811	2605845	0.04530	Tp - 4	307972	2767844	0.04411
Cy - 12	200742	2589007	0.04180	Tp - 5	312911	2768886	0.02667
Cy - 13	202038	2594755	0.06030	Tp - 6	311150	2768328	0.03358
Cy - 14	205835	2592621	0.05540	Tp - 7	313963	2768975	0.02549
Cy - 15	206776	2594002	0.04730	Tp - 8	312732	2768357	0.03168
Cy - 16	207034	2595017	0.05910	Tp - 9	311823	2768956	0.01802
Cy - 17	207211	2597139	0.05720	Tp - 10	315282	2768436	0.02849
Cy - 18	209025	2596641	0.05560	Tp - 11	300338	2783122	0.01098
Cy - 19	205427	2598405	0.06260	Tp - 12	302522	2782897	0.01537
Cy - 20	204808	2600099	0.05480	Tp - 13	304519	2785278	0.02373
Cy - 21	205614	2604126	0.05800	Tp - 14	304419	2782720	0.02132
Cy - 22	211429	2604264	0.04050	Tp - 15	303443	2782682	0.03455
Cy - 23	203377	2596320	0.06670	Tp - 16	304969	2783406	0.04122
Cy - 24	203789	2591858	0.04910	Tp - 17	309174	2781227	0.03273
Cy - 25	206904	2598931	0.04310	Tp - 18	309733	2780904	0.03733
Cy - 26	217174	2586162	0.05870	Tp - 19	304524	2779721	0.02910
Cy - 27	208338	2574433	0.08440	Tp - 20	302177	2781310	0.03389
Cy - 28	209274	2573600	0.06890	Tp - 21	307034	2783892	0.03031
Cy - 29	208069	2581569	0.07030	Tp - 22	307945	2782193	0.04011
Cy - 30	201414	2585820	0.01160	Tp - 23	305516	2780603	0.01245
YI - 1	210259	2622601	0.03800	Tp - 24	305444	2779865	0.01212

編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m	編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m
Y1 - 2	210569	2621893	0.04200	Tp - 25	306784	2779190	0.03926
Y1 - 3	211447	2621737	0.07060	Tp - 26	307523	2780133	0.02874
Y1 - 4	210227	2621217	0.05870	Tp - 27	305765	2777834	0.05805
Y1 - 5	208183	2619746	0.05610	Tp - 28	306325	2778760	0.06268
Y1 - 6	209934	2617649	0.08260	Tp - 29	309350	2777804	0.05196
Y1 - 7	210497	2616048	0.03270	Tp - 30	306800	2776284	0.03080
Y1 - 8	206138	2617876	0.05690	Ntp - 1	330739	2774216	0.03194
Y1 - 9	207358	2618549	0.05290	Ntp - 2	308926	2748730	0.02858
Y1 - 10	212639	2627315	0.02740	Ntp - 3	304096	2748296	0.01793
Y1 - 11	210314	2625033	0.05880	Ntp - 4	337225	2769241	0.02972
Y1 - 12	208539	2615223	0.06310	Ntp - 5	322788	2757393	0.03825
Y1 - 13	209049	2615289	0.04990	Ntp - 6	324994	2757612	0.01601
Y1 - 14	209127	2614944	0.05520	Ntp - 7	299369	2741072	0.05805
Y1 - 15	209689	2615011	0.04210	Ntp - 8	304005	2740740	0.01698
Y1 - 16	216843	2610198	0.05710	Ntp - 9	324949	2766155	0.02885
Y1 - 17	210749	2614042	0.06000	Ntp - 10	328923	2767683	0.01729
Y1 - 18	209999	2612549	0.06170	Ntp - 11	292906	2774307	0.02831
Y1 - 19	206121	2614092	0.04630	Ntp - 12	288094	2778507	0.02680
Y1 - 20	206025	2614323	0.04730	Ntp - 13	295838	2753767	0.02860
Y1 - 21	203803	2614376	0.06290	Ntp - 14	300216	2755934	0.05046
Y1 - 22	206066	2614683	0.03730	Ntp - 15	311030	2758065	0.02807
Y1 - 23	208785	2611943	0.02270	Ntp - 16	315458	2746653	0.02922
Y1 - 24	206285	2610308	0.03280	Ntp - 17	314960	2765483	0.01788
Y1 - 25	203819	2610438	0.03360	Ntp - 18	316310	2769740	0.03131
Y1 - 26	202999	2611025	0.04860	Ntp - 19	307764	2795204	0.01597
Y1 - 27	203030	2611763	0.05420	Ntp - 20	304606	2795701	0.01774
Y1 - 28	203652	2611300	0.05900	Ntp - 21	297950	2782264	0.03264
Y1 - 29	205612	2612709	0.03690	Ntp - 22	299130	2784375	0.02974
Y1 - 30	208403	2614380	0.05100	Ntp - 23	300018	2786615	0.05202
Ch - 1	213994	2632097	0.06720	Ntp - 24	302538	2791601	0.03976
Ch - 2	213768	2632375	0.06620	Ntp - 25	314669	2783613	0.03722
Ch - 3	214165	2632712	0.06090	Ntp - 26	337441	2777161	0.02532
Ch - 4	207932	2659924	0.01670	Ntp - 27	311842	2788192	0.03699
Ch - 5	212893	2633607	0.05890	Ntp - 28	314443	2787063	0.03705
Ch - 6	212738	2650128	0.05070	Ntp - 29	342070	2765381	0.03142
Ch - 7	212319	2651851	0.03850	Ntp - 30	339206	2764305	0.05413

編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m	編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m
Ch - 8	213196	2652403	0.02460	KI - 1	316111	2777952	0.04071
Ch - 9	209030	2653956	0.02600	KI - 2	315614	2778773	0.02699
Ch - 10	211783	2652376	0.03930	KI - 3	325235	2775108	0.03131
Ch - 11	211697	2651945	0.03364	KI - 4	325683	2774530	0.04071
Ch - 12	211784	2652991	0.02610	KI - 5	328142	2779704	0.03741
Ch - 13	207085	2659926	0.04250	KI - 6	327958	2780835	0.06037
Ch - 14	206943	2659681	0.01570	KI - 7	322477	2774054	0.01430
Ch - 15	207742	2662478	0.01190	KI - 8	322639	2773458	0.01634
Ch - 16	213968	2633082	0.01970	KI - 9	319718	2779958	0.02611
Ch - 17	212894	2633976	0.02700	KI - 10	319347	2779359	0.02484
Ch - 18	212186	2633763	0.05800	KI - 11	317284	2780341	0.03078
Ch - 19	211648	2636187	0.00720	KI - 12	316799	2781364	0.02139
Ch - 20	211335	2640568	0.04600	KI - 13	326327	2773943	0.04135
Ch - 21	212999	2652711	0.01490	KI - 14	326862	2773572	0.02590
Ch - 22	212504	2648563	0.04110	KI - 15	323651	2782048	0.02056
Ch - 23	211985	2654006	0.02520	KI - 16	322286	2783755	0.02045
Ch - 24	211512	2654065	0.03240	KI - 17	317703	2781259	0.02008
Ch - 25	206665	2661097	0.07800	KI - 18	321238	2774199	0.02398
Ch - 26	209692	2662841	0.01410	KI - 19	320714	2779006	0.04426
Ch - 27	209685	2660380	0.06640	KI - 20	318631	2777022	0.04893
Ch - 28	208584	2662454	0.03280	KI - 21	317211	2781378	0.03344
Ch - 29	208750	2659368	0.04620	KI - 22	317557	2781290	0.04467
Ch - 30	208935	2654845	0.02700	KI - 23	319242	2781594	0.04463
Nt - 1	217546	2625813	0.04900	KI - 24	319976	2781083	0.02828
Nt - 2	220221	2628260	0.03970	KI - 25	316867	2779848	0.04220
Nt - 3	226213	2626196	0.05030	KI - 26	317250	2779438	0.03044
Nt - 4	227805	2630808	0.03130	KI - 27	314895	2780720	0.01646
Nt - 5	228152	2635053	0.04690	KI - 28	315111	2781108	0.01813
Nt - 6	231206	2633264	0.04210	KI - 29	325774	2778818	0.02516
Nt - 7	237510	2624275	0.02880	KI - 30	325587	2778058	0.03125
Nt - 8	228239	2636960	0.06860	II - 1	303452	2723560	0.04765
Nt - 9	227022	2636808	0.03610	II - 2	319640	2742161	0.04666
Nt - 10	226767	2636347	0.03440	II - 3	291668	2707287	0.02988
Nt - 11	225720	2636164	0.04020	II - 4	297483	2716473	0.02702
Nt - 12	220825	2636973	0.01960	II - 5	312482	2731698	0.03537
Nt - 13	219185	2637161	0.02890	II - 6	314697	2727743	0.03991

編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m	編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m
Nt - 14	220705	2633189	0.04340	II - 7	329407	2697588	0.04384
Nt - 15	218322	2630764	0.07450	II - 8	323633	2701923	0.04610
Nt - 16	230136	2637326	0.06080	II - 9	332007	2722415	0.02891
Nt - 17	230619	2638925	0.05130	II - 10	316239	2736852	0.01747
Nt - 18	230337	2639818	0.02720	II - 11	330974	2752356	0.04660
Nt - 19	225054	2644071	0.07170	II - 12	321754	2745171	0.04215
Nt - 20	221199	2647627	0.04690	II - 13	319146	2736187	0.03631
Nt - 21	234942	2660331	0.03820	II - 14	333246	2752954	0.04522
Nt - 22	238531	2661897	0.03590	II - 15	324414	2745298	0.02666
Nt - 23	242288	2661494	0.03920	II - 16	327067	2722048	0.02762
Nt - 24	242542	2660049	0.00930	II - 17	325904	2702586	0.04199
Nt - 25	243980	2654695	0.01000	II - 18	328555	2699472	0.04191
Nt - 26	248671	2650602	0.03000	II - 19	329958	2716960	0.05284
Nt - 27	244996	2648973	0.01780	II - 20	336463	2713774	0.06708
Nt - 28	241349	2649405	0.03480	II - 21	329189	2709452	0.03366
Nt - 29	240894	2645745	0.02480	II - 22	335212	2719643	0.03842
Nt - 30	236664	2647881	0.03980	II - 23	316745	2742674	0.01772
Tc - 1	218813	2687307	0.05900	II - 24	321510	2724586	0.01080
Tc - 2	223215	2688898	0.06100	II - 25	314198	2723918	0.04628
Tc - 3	223638	2688835	0.03790	II - 26	306245	2724421	0.04823
Tc - 4	224399	2688742	0.02280	II - 27	301265	2715563	0.03687
Tc - 5	225642	2689970	0.04310	II - 28	314899	2722413	0.04620
Tc - 6	234937	2681835	0.05040	II - 29	319373	2722407	0.04179
Tc - 7	238321	2681186	0.02580	II - 30	320899	2739007	0.03492
Tc - 8	230424	2682702	0.02930	HI - 1	275001	2560480	0.04737
Tc - 9	227692	2685321	0.05170	HI - 2	289409	2605542	0.05886
Tc - 10	224027	2685789	0.03400	HI - 3	304854	2625791	0.03641
Tc - 11	222861	2680715	0.03930	HI - 4	301566	2618017	0.03454
Tc - 12	226422	2684185	0.04030	HI - 5	303687	2614708	0.03591
Tc - 13	226731	2683538	0.02980	HI - 6	293551	2616166	0.04929
Tc - 14	227662	2683968	0.00090	HI - 7	285013	2571305	0.04335
Tc - 15	227150	2681354	0.01950	HI - 8	300674	2606182	0.05950
Tc - 16	220102	2656540	0.03290	HI - 9	287088	2576444	0.03322
Tc - 17	220583	2656754	0.02070	HI - 10	289374	2592651	0.03993
Tc - 18	221523	2660506	0.05050	HI - 11	286994	2610569	0.03958
Tc - 19	220199	2662385	0.05960	HI - 12	295521	2631070	0.04047

編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m	編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m
Tc - 20	222006	2661797	0.03690	HI - 13	305216	2636314	0.04018
Tc - 21	222348	2663396	0.05930	HI - 14	299940	2593036	0.05068
Tc - 22	223486	2668008	0.04820	HI - 15	297379	2637483	0.04943
Tc - 23	224460	2669452	0.06300	HI - 16	300824	2644687	0.03690
Tc - 24	223412	2673515	0.05420	HI - 17	286044	2627155	0.04383
Tc - 25	220226	2675275	0.03230	HI - 18	305464	2651562	0.04713
Tc - 26	219104	2678415	0.01520	HI - 19	308747	2657205	0.04738
Tc - 27	220825	2678073	0.02430	HI - 20	281092	2599923	0.05404
Tc - 28	221672	2678349	0.04070	HI - 21	317190	2692917	0.02678
Tc - 29	221564	2680871	0.05860	HI - 22	313658	2673003	0.02939
Tc - 30	206343	2675988	0.04680	HI - 23	295214	2612201	0.03666
MI - 1	231485	2704110	0.02320	HI - 24	304508	2630702	0.04957
MI - 2	231478	2704757	0.02783	HI - 25	300279	2597131	0.06549
MI - 3	224398	2698823	0.06646	HI - 26	280020	2568521	0.08289
MI - 4	225540	2697005	0.04470	HI - 27	276850	2572964	0.04705
MI - 5	226031	2704844	0.03210	HI - 28	273971	2565280	0.04461
MI - 6	225563	2704496	0.02518	HI - 29	284946	2591355	0.03964
MI - 7	228009	2713356	0.04247	HI - 30	281426	2581111	0.05142
MI - 8	227619	2713987	0.05264	Tt - 1	286888	2560460	0.01861
MI - 9	234372	2691908	0.03532	Tt - 2	296161	2589525	0.01722
MI - 10	233901	2691892	0.04346	Tt - 3	268411	2562730	0.04874
MI - 11	226034	2710344	0.03643	Tt - 4	258180	2560058	0.04861
MI - 12	226467	2711526	0.05223	Tt - 5	246082	2501180	0.03531
MI - 13	242321	2714418	0.07662	Tt - 6	243906	2485430	0.03498
MI - 14	242825	2713971	0.07827	Tt - 7	274800	2540984	0.04398
MI - 15	234199	2710978	0.03895	Tt - 8	265542	2525422	0.04605
MI - 16	233502	2709454	0.03849	Tt - 9	292782	2578261	0.02900
MI - 17	250458	2724447	0.04085	Tt - 10	278542	2551140	0.03005
MI - 18	249698	2723644	0.05031	Tt - 11	275444	2550460	0.03510
MI - 19	238486	2706242	0.05027	Tt - 12	290725	2570528	0.04976
MI - 20	238228	2705849	0.04786	Tt - 13	242249	2514527	0.02947
MI - 21	245607	2719004	0.04259	Tt - 14	258401	2542528	0.03474
MI - 22	245170	2718922	0.03697	Tt - 15	266635	2521879	0.02774
MI - 23	247785	2713104	0.04537	Tt - 16	271016	2550085	0.02727
MI - 24	246760	2713860	0.04688	Tt - 17	258703	2524882	0.03208
MI - 25	237137	2696655	0.05518	Tt - 18	244334	2496704	0.04252

編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m	編號	TWD97X 座標	TWD97Y 座標	K_m
MI - 26	237009	2696990	0.03033	Tt - 19	254218	2522981	0.03371
MI - 27	229621	2702287	0.04293	Tt - 20	254734	2532145	0.03753
MI - 28	229404	2701848	0.04854	Tt - 21	238965	2491555	0.05330
MI - 29	230651	2690939	0.04120	Tt - 22	240032	2474662	0.03254
MI - 30	231730	2689797	0.02650	Tt - 23	232504	2467823	0.03695
Hcc - 1	251707	2739943	0.06919	Tt - 24	231849	2462780	0.03388
Hcc - 2	252021	2739842	0.01455	Tt - 25	265028	2551189	0.04442
Hcc - 3	252091	2739686	0.03662	Tt - 26	267416	2556336	0.04005
Hcc - 4	252122	2739275	0.05718	Tt - 27	263725	2534833	0.02181
Hcc - 5	252669	2739635	0.01564	Tt - 28	252941	2511753	0.02410
Hcc - 6	252663	2739348	0.02278	Tt - 29	235098	2483751	0.03529
Hcc - 7	246685	2739392	0.04898	Tt - 30	233514	2476431	0.04690

(資料來源：水土保持局)

(5)地形因子(LS)

通用土壤流失公式中，坡長及坡度的影響分別表示為 L 及 S 。坡長係指從地表逕流的起點至坡度降到足以發生沉積的位置，或逕流進入一個規定渠道的入口的距離，其中渠道也許是一個水文網的一部分，或者是一個人工渠道。坡度是坡面的傾角，通常用%表示。不過，通常把它們作為一個獨立的地形因子 LS 來估算，表徵特定坡面單位面積上土壤流失量與標準試區單位面積土壤流失量之比，其計算式可表為

$$LS = \left(\frac{\ell}{22.1} \right)^k (65.41 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.065) \quad \text{式 2-8}$$

式中， ℓ =坡長(公尺)； θ =坡度(°)； k =指數，與坡面坡度(So)相關，可寫為

$$k = \begin{cases} 0.5 \\ 0.4 \\ 0.3 \\ 0.2 \end{cases} \quad \begin{matrix} So > 5\% \\ So = 3.0\% \sim 5.0\% \\ So = 1.0\% \sim 3.0\% \\ So < 1.0\% \end{matrix} \quad \text{式 2-9}$$

式中， ℓ =坡長(公尺)； So =坡面坡度(%)。式 2-8 是在單向規則的坡面上發展起來的，故它們只適用於這類坡面。當應用於凹型坡面時，會有高估的問題；反之，應用於凸型坡面時，則有低估之虞。因此，在應用時必須注意複雜坡面地形因子的推估問題。

倘若現場之原地形或開發中、後地形變化明顯，無法以單一平均坡度來表示時，應先將代表坡長(L_e)之地形縱斷面，依坡度分割成上坡面(L_u)及下坡面(L_d)，如圖 2-6 所示，依據上、下坡面之平均坡度，以式 2-8 出上、下坡面之 S 值(即 S_u 、 S_d)，再由上、下坡面所占之比例 $L_u : L_d$ ，於表 2-5 中分別查出上、下坡面 S 值之修正比 $C_u : C_d$ ，並以下式推估

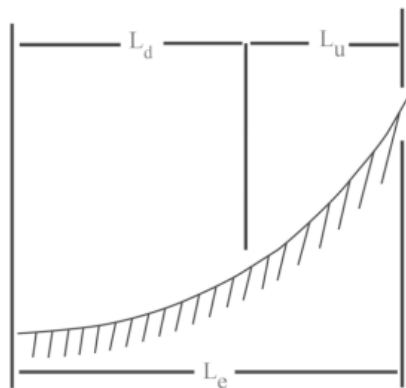
$$S = C_u S_u + C_d S_d \quad \text{式 2-10}$$

式中， C_u =上游坡面 S 值修正比； C_d =下游坡面 S 值修正比； S_u =上游坡面 S 值； S_d =下游坡面 S 值。

若現場之原地形或開發中、後地形複雜，無法以上、下坡面表示時，則應先將代表坡長(L_e)之地形縱斷面，依坡度分割成上(L_u)、中(L_m)及下坡面(L_d)，如圖 2-7 所示。依據上、中、下坡面之平均坡度，以式 2-8 分別求出上、中、下坡面之 S 值(即 S_u 、 S_m 、 S_d)，再由上、中、下坡面所占之比例 L_u ： L_m ： L_d ，於表 2-5 上、中、下坡面 S 值之修正比 C_u ： C_m ： C_d ，並以下式推估

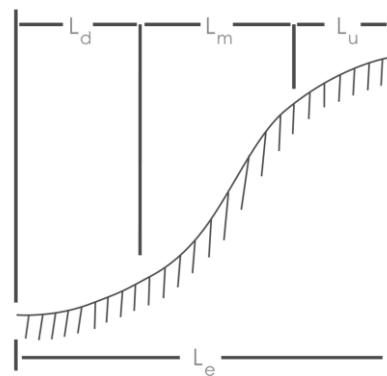
$$S = C_u S_u + C_m S_m + C_d S_d \quad \text{式 2- 11}$$

式中， C_m =中游坡面 S 值修正比； S_m =中游坡面 S 值。



(資料來源：水土保持手冊，2017)

圖 2- 6 坡面分割圖(L_u ： L_d)



(資料來源：水土保持手冊，2017)

圖 2- 7 坡面分割圖(L_u ： L_m ： L_d)

表 2-5 S 值修正比($C_u : C_d$)

上、下坡面比 ($L_u : L_d$)	S 值修正比	
	上游坡面(C_u)	下游坡面(C_d)
1:1	0.354	0.646
1:2	0.192	0.808
1:3	0.125	0.875
1:4	0.189	0.911
1:5	0.068	0.932
2:1	0.544	0.456
3:1	0.650	0.350
4:1	0.716	0.284
5:1	0.761	0.239

S 值修正比($C_u : C_m : C_d$)

$L_u : L_m : L_d$	C_u	C_m	C_d	$L_u : L_m : L_d$	C_u	C_m	C_d
1:1:1	0.192	0.352	0.456	1:2:1	0.125	0.525	0.350
1:1:2	0.125	0.229	0.646	1:2:2	0.089	0.375	0.535
1:1:3	0.089	0.164	0.747	1:2:3	0.068	0.286	0.646
1:1:4	0.068	0.124	0.808	1:2:4	0.054	0.227	0.719
1:1:5	0.054	0.099	0.847	1:2:5	0.044	0.185	0.770
1:3:1	0.089	0.626	0.284	1:4:1	0.068	0.693	0.239
1:3:2	0.068	0.476	0.456	1:4:2	0.054	0.550	0.396
1:3:3	0.054	0.378	0.568	1:4:3	0.044	0.450	0.506
1:3:4	0.044	0.309	0.646	1:4:4	0.037	0.377	0.586
1:3:5	0.037	0.259	0.704	1:4:5	0.032	0.332	0.646
$L_u:L_m:L_d$	C_u	C_m	C_d	$L_u:L_m:L_d$	C_u	C_m	C_d
1:5:1	0.054	0.740	0.206	2:1:1	0.354	0.296	0.350
1:5:2	0.044	0.650	0.350	2:1:2	0.253	0.212	0.535
1:5:3	0.037	0.507	0.456	2:1:3	0.192	0.161	0.646

(資料來源：水土保持手冊，2017)

(6) 覆蓋與管理因子(C)

覆蓋與管理因子(C)係表在相同的土壤、地形和降雨等條件下，實際耕作地上的土壤流失量與連續休耕地上的土壤流失量之比。依現地上不同種類之植生、生育狀況、季節、覆蓋及敷蓋程度而定。C 值越大，代表土壤流失量越嚴重。休耕地處於裸露狀態，沒有植被，土壤流失量嚴重，C=1.0；開挖整地處 C 值不得小於 0.05，而生長茂密的林地，因植被良好，C=0.01。

由於植生或作物的植物冠層遮蔽(canopy cover)與生長或收成後的殘株敷蓋(residual mulch)屬於兩種不同的保護土壤方式，故通用土壤流失公式將覆蓋與管理因子以次因子(subfactor)的方式來分別表示植物冠層遮蔽(CC)及殘株敷蓋(CS)，而代表該覆蓋與管理方式的 C 值即為各次因子之乘積，即

$$C = CC \times CS \quad \text{式 2- 12}$$

C 值推估方式如下：

- a. 依現地之地表及植被狀況，由表 2- 6 直接求得C值。
- b. 若現地之地表及植被狀況不在表 2- 6 中時，應依現地植物冠層遮蔽百分比、植株平均落高，由表 2- 7 求出 CC 值。再依現地地表殘株敷蓋百分比，由表 2- 8 求出 CS 值。將 CC 值與 CS 值相乘，即為現地之 C 值。因此，敷蓋百分比 11%的 CS 值即為 0.759。
- c. 如遇地表礫石敷蓋明顯，應先估計地表礫石敷蓋百分比，再利用表 2- 8 求出 CS 值，即為礫石敷蓋之 CS 值。
- d. 如採用地工織物作為土壤侵蝕控制之資材時，應先估計其敷蓋百分比，再利用表 2- 8 求出 CS 值，即為該地工織物之 C 值。

表 2-6 C值對照表

地表及植被狀況	C 值	地表及植被狀況	C 值
百喜草	0.01	裸露地	1.00
水稻	0.10	水泥地	0.00
雜作	0.25	瀝青地	0.00
果樹	0.20	雜石地	0.01
香蕉	0.14	水體	0.00
鳳梨	0.20	建屋用地	0.01
林地（針業、闊葉、竹類）	0.01	牧草地	0.15
蔬菜類	0.90	高爾夫球場植草地	0.01
茶	0.15	雜草地	0.05
特用作物	0.20	墓地	0.01
檳榔	0.10	～	～

(資料來源：水土保持手冊，2017)

表 2-7 冠層遮蔽(CC)因子

冠層遮蔽百分比(%)	植株平均落高(公尺)							
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	0.958	0.965	0.971	0.975	0.979	0.982	0.984	0.986
10	0.917	0.930	0.941	0.950	0.957	0.963	0.969	0.973
15	0.875	0.895	0.912	0.925	0.936	0.945	0.953	0.959
20	0.833	0.860	0.882	0.900	0.915	0.927	0.937	0.946
25	0.792	0.825	0.853	0.875	0.894	0.909	0.921	0.932
30	0.750	0.790	0.823	0.850	0.872	0.890	0.906	0.919
35	0.708	0.755	0.794	0.825	0.851	0.872	0.890	0.905
40	0.667	0.720	0.764	0.800	0.830	0.854	0.874	0.892
45	0.625	0.685	0.735	0.775	0.808	0.835	0.858	0.878
50	0.584	0.650	0.705	0.750	0.787	0.817	0.843	0.865
55	0.542	0.615	0.676	0.725	0.766	0.799	0.827	0.851
60	0.500	0.580	0.646	0.700	0.744	0.780	0.811	0.837
65	0.459	0.545	0.617	0.675	0.723	0.762	0.795	0.824
70	0.417	0.510	0.587	0.650	0.702	0.744	0.780	0.810
75	0.375	0.475	0.558	0.625	0.681	0.726	0.764	0.797
80	0.334	0.440	0.528	0.600	0.659	0.707	0.748	0.783
85	0.292	0.405	0.499	0.575	0.638	0.689	0.732	0.770
90	0.250	0.370	0.469	0.550	0.617	0.671	0.717	0.756
95	0.209	0.335	0.440	0.525	0.595	0.652	0.701	0.743
100	0.167	0.300	0.410	0.500	0.574	0.634	0.685	0.729

(資料來源：水土保持手冊，2017)

表 2-8 殘株敷蓋(CS)因子

敷蓋百分比(%)	+0	+1*	+2*	+3*	+4*	+5*	+6*	+7*	+8*	+9*
0	1.000	1.000	0.998	0.959	0.925	0.896	0.869	0.844	0.821	0.799
10	0.778	0.759	0.740	0.722	0.704	0.687	0.671	0.655	0.640	0.625
20	0.611	0.597	0.583	0.570	0.557	0.544	0.532	0.519	0.507	0.496
30	0.484	0.473	0.462	0.451	0.441	0.430	0.420	0.410	0.400	0.391
40	0.381	0.372	0.363	0.354	0.345	0.336	0.327	0.319	0.311	0.303
50	0.295	0.287	0.279	0.271	0.264	0.256	0.249	0.242	0.235	0.228
60	0.221	0.215	0.208	0.202	0.195	0.189	0.183	0.177	0.171	0.165
70	0.159	0.154	0.148	0.143	0.137	0.132	0.127	0.122	0.117	0.112
80	0.107	0.102	0.098	0.093	0.089	0.084	0.080	0.076	0.072	0.068
90	0.064	0.060	0.056	0.053	0.049	0.045	0.042	0.039	0.035	0.032
100	0.029									

註：* 代表敷蓋百分比的個位數。

(資料來源：水土保持手冊，2017)

(7)水土保持處理因子(P)

水土保持處理因子(P)係表示有水土保持措施土地上的土壤侵蝕量與順坡耕作的農田上的土壤侵蝕量之比，故 P 值主要是根據水土保持措施來選取適當的值；措施好的 P 值小，惟開挖整地處 P 值不得小於 0.5，未採取任何水土保持措施者、或棄土場、或陸砂及農地砂石開採處，P=1.0。

a.等高耕作之 P 值與其坡長最長限制，如表 2-9 所示。

b.露天採掘之 P 值，如表 2-10 所示。

c.高填土坡之 P 值，如表 2-11 所示。

表 2-9 等高耕作之 P 值

地面坡度(%)	P 值	坡長限制(公尺)
1~2	0.6	120
3~5	0.5	90
6~8	0.5	60
9~12	0.6	36
13~16	0.7	24
17~20	0.8	18
21~25	0.9	15

(資料來源：水土保持手冊，2017)

表 2-10 露天採掘之 P 值

採掘面坡度(度)	採掘面高度(公尺)	P 值
60	5	$P=0.1299\ln(n)-0.0536$
	10	$P=0.0628\ln(n)-0.0202$
	15	$P=0.0453\ln(n)-0.0128$
65	5	$P=0.1229\ln(n)-0.0509$
	10	$P=0.0593\ln(n)-0.0186$
	15	$P=0.0431\ln(n)-0.0116$
70	5	$P=0.1166\ln(n)-0.0482$
	10	$P=0.0563\ln(n)-0.0170$
	15	$P=0.0414\ln(n)-0.0105$
75	5	$P=0.1109\ln(n)-0.0456$
	10	$P=0.0538\ln(n)-0.0154$
	15	$P=0.0401\ln(n)-0.0093$
n=階段個數;(n≥2)		

(資料來源：水土保持手冊，2017)

表 2- 11 高填土坡之 P 值

填土坡度(度)	P 值
25	0.125
26	0.120
27	0.115
28	0.111
29	0.107
30	0.103

(資料來源：水土保持手冊，2017)

(8)沉砂設施量體之估算

永久性沉砂設施之泥砂生產量估算，於完成水土保持處理或未開挖整地部分，每公頃不得小於三十立方公尺；泥砂生產量之估算，得就不透水鋪面之面積進行扣除，沉砂設施量體之估算依其泥砂生產量乘上基地面積計算。

臨時性沉砂設施之泥砂生產量估算，依通用土壤流失公式估算值之二分之一，但於開挖整地部分，每公頃不得小於二百五十立方公尺；未開挖整地或完成水土保持處理部分，每公頃不得小於三十立方公尺；泥砂生產量之估算，得就不透水鋪面之面積進行扣除，沉砂設施量體之估算依其泥砂生產量一點五倍乘上基地面積計算。

2.各國沉砂設施量體估算方式

土壤沖蝕量增加是土地開發衍生之重要問題，其會導致土壤養分流失、水利設施淤積及水質變差等問題發生，因此在土地開發過程中，會藉由沉砂設施攔截或沉積泥砂，而各國有不同估算沉砂設施量體之方式。本單元叢書蒐集美國、澳洲、日本及馬來西亞之沉砂設施量體估算方式，彙整如表 2- 12。由表 2- 12 可知臺灣及日本係以土壤流失公式估算泥砂生產量，再評估其是否大於最小量體限制(分別為 30 及 35 立方公尺/公頃/年)；馬來西亞及澳洲則是先決定沉砂池尺寸(面積及深度)後再輔以公式檢驗沉砂量體是否足夠；而美國則僅以開發擾動區域及整體集水區之面積進行沉砂量體之計算，且無設置最小量體限制。從表 2- 12 可知除美國外，臺灣、日本、馬來西亞及澳洲均設置最小沉

砂量體限制，顯示各國為減少估算結果之不確定性對於沉砂池設計尺寸的影響，故以最小量體限制進行保守規劃設計。

表 2- 12 世界各國沉砂設施量體估算方式彙整表

國家	地區	估算方法	算式	最小量體限制
臺灣	全區	以通用土壤流失公式(USLE)估算泥砂生產量。	$A = R_m \cdot K_m \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$	30(立方公尺/公頃/年)
日本	沖繩縣	以通用土壤流失公式(USLE)估算各階段泥砂生產量，再配合各階段時長進行權重計算。	$1. A = R_m \cdot K_m \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ $2. A = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + A_3 \cdot R_3}{R_{year, El_{60}} \cdot t}$	35(立方公尺/公頃/年)
馬來西亞	全區	先決定設計流量，查表得知沉砂設施表面積、深度及體積後，再以修正通用土壤流失公式(MUSLE)檢驗量體估算是否足夠。	$1. \text{根據重現期與集流時間進行查表得知量體體積。}$ $2. \text{檢驗算式。}$ $A = 89.6(V \cdot Q_p)^{0.56} (K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P)$	不得小於 MUSLE 計算值。
美國	阿拉巴馬州	考量工程擾動區域面積及集水區面積進行計算。	$V = \frac{1}{2} inch \times A_d + \frac{1}{2} inch \times A_c$	無
澳洲	全區	依據現地條件決定沉砂池深度、設計流量、泥砂沉降速度及預計沉砂效率，並由計算式求出沉砂池面積之上下限，依現地地形限制重新調整沉砂池之長寬比，最後以檢驗算式檢驗估算量體是否足夠。	$1. \text{沉砂池面積計算方式}$ $A = [(1 - R)^{\lambda - 1} - 1] \times \frac{1}{1 - \lambda} \times \frac{Q}{V_s} \times \frac{d_e + d^*}{d_e + d_p}$ $2. \text{檢驗算式}$ $V_s = A_c \cdot R \cdot L_o \cdot F_c$	不得小於檢驗算式之計算值。

另外臺灣、日本及馬來西亞無論在泥砂生產量之估算，或最小量體限制之計算上，儘管使用公式有所不同，仍是以通用土壤流失公式(USLE)為基礎，可以看出通用土壤流失公式仍是估算沉砂設施量體的主流方法。而通用土壤流失公式(USLE)是一種經驗模型，用於估計不同作物系統、水土保持管理、土壤類型、降雨模式和地形的組合所產生年平均土壤流失量。臺灣依據水土保持技術規範，土壤流失量僅能採用 USLE 公式估算，惟 USLE 公式已提出四十餘年，屬經驗公式，採用實驗所得數據來推估土壤流失量，因此其公式參數(現地資料)之準確性對估算結果，具有重要之影響性。因應氣候變遷帶來之影響並將公式參數落實本土化，水土保持局近年已完成年平均降雨沖蝕指數 R_m 及土壤沖蝕性指數 K_m 估算方式之更新，並建立資料庫以供查詢，提升沉砂設施量體估算的準確度與便利性。由於其餘因子仍需透過專業工程師之主觀判定進行選擇，因此其餘參數如何因應環境條件之變化需根據在地自然條件進行調整，為後續提升沉砂設施量體估算準確性之研究方向。

(五) 沉砂設施尺寸設計

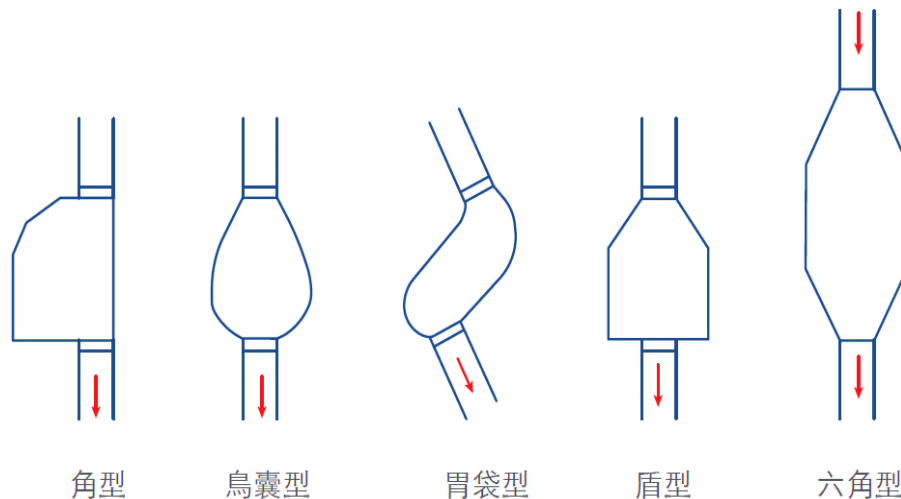
本節彙整水土保持手冊中沉砂設施種類、構造物參數、尺寸設計，進行沉砂設施尺寸設計之說明，並提供其他國家之沉砂設施結構設計相關圖例做為參考。

1. 水土保持手冊沉砂設施設計

彙整水土保持手冊中有關沉砂設施池體設計之小節，分為池體形狀、沉砂池深度及長度、沉砂池因砂率三個部分進行說明。

(1) 池體形狀

沉砂設施之形狀及大小係依據流量、推移質砂礫的數量、形狀、入口處之河床坡度、淤砂度及地形而定。一般常見類型有角型、鳥囊型、胃袋型、盾型、六角型及長橢圓型等，沉砂設施經常使用之周邊護岸材料則有混凝土、漿砌石及土堤等。



(資料來源：「水土保持手冊」，2017)

圖 2-8 沉砂池示意圖

(2)沉砂池深度及長度

沉砂池深度及長度，可透過哈真數及因砂率之計算求得，亦或根據與入流水寬度及深度之關係，進行沉砂池深度及長度之設計。

a.沉砂池之長度和深度得依據哈真數(Hazen number)計算，哈真數、因砂率分別為：

$$H_a = \frac{W_s L}{V H} \quad \text{式 2- 13}$$

$$\eta = 1 - e^{-H_a} \quad \text{式 2- 14}$$

其中， W_s ：泥砂(4 號篩以上粒徑)之沉降速度(公尺/秒)； L ：沉砂池長度(公尺)； V ：進入沉砂池之速度(公尺/秒)； H ：沉砂池深度(公尺)。建議以 4 號篩粒徑砂石為代表粒徑計算，因砂率計算結果應採：

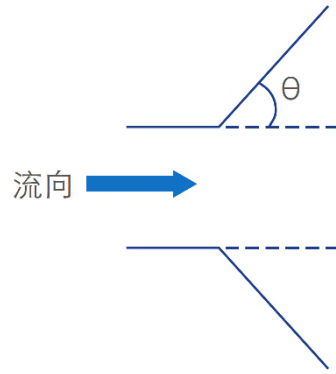
$$\eta \geq 0.67 \quad \text{式 2- 15}$$

b.沉砂池之長度和深度亦可採用下列參數設計：

(a)沉砂池寬度應為入流水寬 3 倍以上。

(b)沉砂池長度應大於寬度。

- (c)沉砂池深度應為入流溝渠水深 2 倍以上。
- (d)以開挖方式施設，其深度視容量而定，建議至少在 0.5 公尺以上，其縱坡度 0.5% 以上。
- (e)入口處進入之角度視溪流狀況，施工位置而異，一般 $\theta=30^{\circ}\sim60^{\circ}$ 。



(資料來源：「水土保持手冊」，2017)

圖 2-9 沉砂池水流流向示意圖

(3)沉砂池因砂率

- a.先計算求得沉砂池內之平均速度後及各種粒徑泥砂之沉降速度，再依據設計之沉砂池長度及深度尺寸進行計算，得到各種粒徑之滯留時間和沉降時間，以計算各種粒徑泥砂之哈真數及因砂率，最後求得總因砂率。以 van Rijn(1984)推估模式計算粒徑分布內各個粒徑之沉降速度

$$W_s = \frac{1}{18} \frac{(S-1)gD^2}{\nu} \quad \text{當 } D < 0.1 \text{ 公釐} \quad \text{式 2-16}$$

$$W_s = 10 \frac{\nu}{D} \left(\sqrt{1 + \frac{0.01(S-1)gD^3}{\nu^2}} - 1 \right) \quad \text{當 } 0.1 \text{ 公釐} < D < 1 \text{ 公釐} \quad \text{式 2-17}$$

$$W_s = 1.1\sqrt{(S-1)gD} \quad \text{當 } D > 1 \text{ 公釐} \quad \text{式 2-18}$$

式中，D：泥砂粒徑(公尺)；

S：泥砂比重(約 2.65)；

ν ：20°C 水溫之運動粘滯係數，(1.003×10^{-6} 平方公尺/秒)。

- b.計算沉砂池內平均速度。
- c.計算粒徑分布內各個粒徑之滯留時間和沉降時間。
- d.計算粒徑分布內各個粒徑之 Hazen 數。
- e.計算粒徑分布內各個粒徑之因砂率。
- f.計算總因砂率。

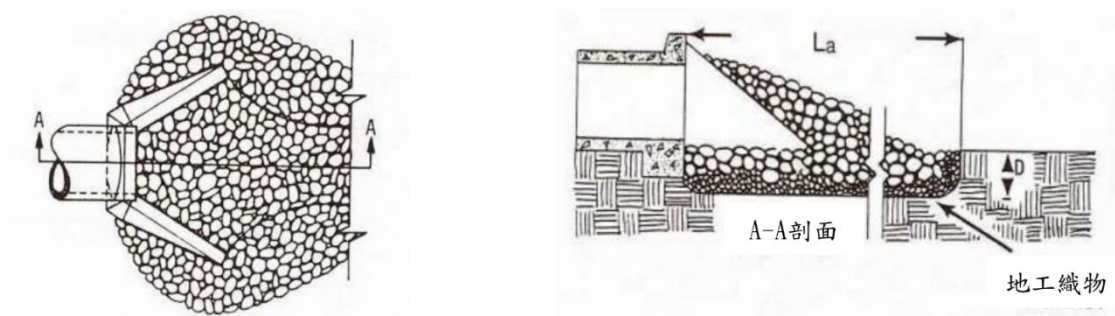
2.其他國家之結構設計參考

本節彙整美國、澳洲等國家沉砂設施之入流結構、內部結構、出流結構之設計，配合圖例說明並進行結構功能之比較。

(1)入流結構

集水區之地表逕流通常透過涵管及明渠，流入到沉砂設施中，入流時有必要確保流入水流能量充分地消散，以防止池內已沉澱之泥砂再次被揚起，並避免涵管或明渠出口附近的邊坡局部沖刷，設計良好之入流結構不僅可以保護沉砂設施，還可確保逕流方向，使逕流至出流處的距離最大化，保障沉砂之效率。

美國阿拉巴馬州水土保持委員會(Alabama Soil and Water Conservation Committee) 於 2018 年發行之「Erosion Control, Sediment Control and Stormwater Management on Construction Sites and Urban Areas」中提到，入流結構常以拋石、漿砌塊石或混凝土建造出一個平坦的平台，藉此降低流速和消耗能量，來防止通道或管道出口的侵蝕，其構造如圖 2- 10 及圖 2- 11 所示。



(資料來源：Alabama NRCS)

圖 2- 10 沉砂設施入流結構



(資料來源：Alabama NRCS)

圖 2- 11 沉砂設施入流結構實際照片

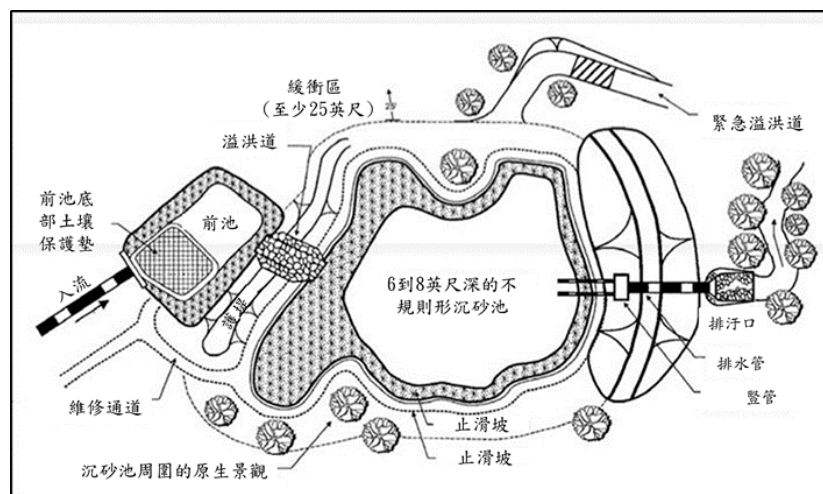
而在美國及澳洲的沉砂設施為了增加泥砂之沉降，會在地表逕流進入主要沉砂設施前，在水中投放絮凝劑(Flocculant)並充分混合，而絮凝劑目前在台灣之使用案例，僅運用於自來水淨水場改善原水濁度，其功用是使微小的懸浮土壤顆粒透過絮凝劑凝結在一起形成較大的顆粒，增加小顆粒泥砂的沉降速率。澳洲使用絮凝劑時，顧及沉砂設施出流水直接排放到下游，沒有另外進行淨化處理，採用在常溫常壓下對人體及生態無毒之聚丙烯醯胺作為絮凝劑，聚丙烯醯胺化學性質只有在分解成單體時才會產生神經毒素，故在一般溪流環境中產生危害的機會相對較小。另外部分其他種類的絮凝劑，透過中和或破壞粘土與膠體顆粒上的電荷，使土粒進行結合。過量使用絮凝劑會積累過多的正電荷，造成粘土和膠體顆粒相互排斥導致沉降速率降低，用量過少則會使沉砂效率不佳，所以絮凝劑的適用性與劑量須根據現場水的化學

性質及實際流量進行調整。因應沉砂設施內部泥砂濃度不同，沉砂設施可透過水質檢測系統或流量監測控制加藥桶(圖 2- 12)，添加不同劑量之絮凝劑，以達到最佳的效果。



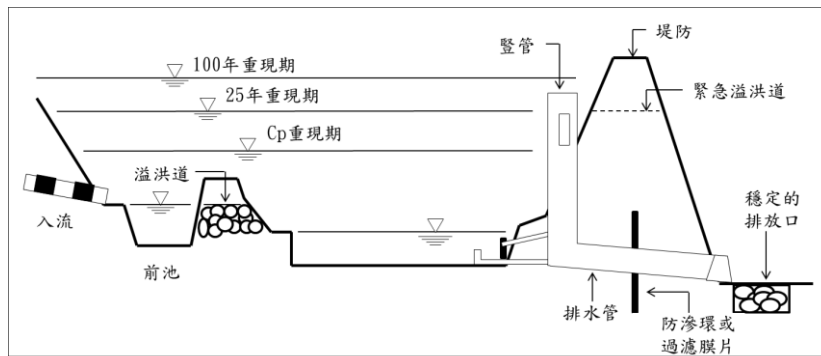
圖 2- 12 水質檢測系統與自動加藥桶

前述所說之絮凝劑(Flocculant)須與挾砂水流充分混和才能發揮其效用，所以便出現前池(Forebay)的設計，如圖 2- 13 及圖 2- 14 所示；前池可以對挾砂水流進行第一階段沉砂，並提供一個獨立區域促進絮凝劑的混合，且為避免絮凝顆粒的重新懸浮，故前池設計長度建議最小為 5 公尺，而最小深度建議為 1 公尺。使用絮凝劑的時候須定時檢驗水質，避免絮凝劑的副產品對水生生物產生毒性，進而對生態環境造成危害。



(資料來源：Center For Watershed Protection, 2002)

圖 2- 13 前池平面示意圖



(資料來源：Center For Watershed Protection, 2002)

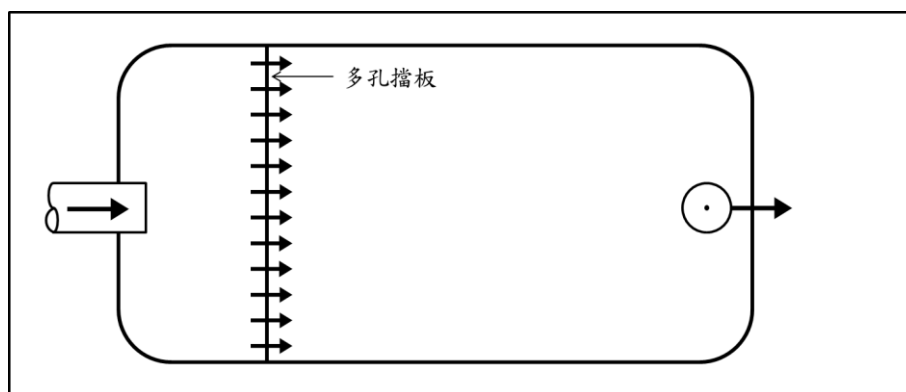
圖 2- 14 前池剖面示意圖



(資料來源：High Point, NC)

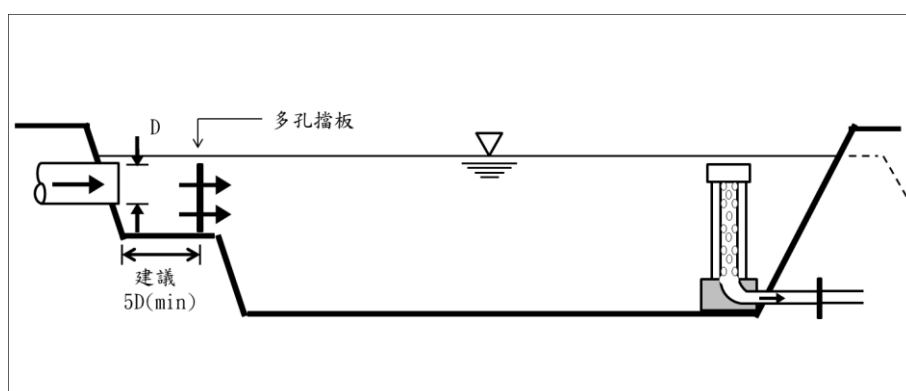
圖 2- 15 前池實際照片

前池的建造雖可使絮凝劑對夾砂水流進行第一階段沉砂，然前池的建造勢必加大沉砂設施的用地需求及經費，因此若土地範圍及經費有限以致無法建造前池的情形之下，澳洲國際侵蝕控制協會(International erosion control association)於 2018 年發表沉砂池泥砂控制技術規範，提到的 C 型跟 D 型沉砂池可透過放置透水織布、穿孔布或多孔透水擋板等類似裝置於沉砂設施的入口端，即可形成一個進水室以達到類似前池的效果，如圖 2- 16 及圖 2- 17 所示。而透水織布、穿孔布或流量控制擋板，須佈滿整個沉砂池斷面，並按固定間隔開孔，而孔的間距和大小則須使沉砂池入流速度低於 0.5 公尺/秒。



(資料來源：International Erosion Control Association, 2018)

圖 2-16 進水室平面示意圖



(資料來源：International Erosion Control Association, 2018)

圖 2-17 進水室剖面示意圖

綜合上述沉砂設施入流設置說明，透過前池或沉砂設施串聯(以首個沉砂池作為前池)的設計，透過加大水流在池內分布的範圍，使水流能均勻地流入主要沉砂設施中，避免水流直接集中流向池內，沉砂池內部可保留住大部分顆粒較大的沉積物，但前池的建造勢必會加大沉砂設施用地面積。考量臺灣地窄人稠，用地取得不易，進水室的設計似乎更符合臺灣需求，其材料取得方便，藉由透水織布、穿孔布或多孔透水擋板等類似裝置形成進水室，可透過阻滯水流，減少進入沉砂設施的速度，使整個水流均勻分布在整個沉砂設施；惟其缺點為清淤時需避免損壞裝置，也使清淤過程趨於複雜化，此問題在體積較小的沉砂設施中容易被凸顯出來，因此進水室設計可採用移動式隔板，於清淤時進行拆卸，避免造成裝置損壞。不同入流結構之比較詳如表 2-13 所示。

表 2- 13 沉砂設施入流結構之功能比較表

入流結構	絮凝劑	前池	進水室
設計方式	透過絮凝劑使微小的懸浮土壤顆粒凝結在一起形成較大的顆粒，增加沉降的速率。	使用當地土方、礫石或透水性網材堆疊建造一個獨立區域。	藉由透水織布、穿孔布或流量控制擋板等類似裝置形成進水室。
優點	可有效增加沉積物沉降效率，且臺灣自來水場已應用多時，材料來源取得容易。	可以對挾砂水流進行第一階段沉砂，避免水流直接集中流下，並可提供獨立區域促進絮凝劑的混合。	可透過攔阻水流，減少集中入流的速度，使整個水流均勻分布在整個沉砂設施。
缺點	須通過法規規定且定時檢驗水質，避免絮凝劑的副產品對生態環境造成危害。	佔地面積大。	須定期維護更換材料，清淤時須先移除隔板否則容易造成損壞，使清淤過程趨於複雜化。

(2)沉砂設施內部結構

沉砂池內部結構是沉砂設施的主體，亦是表現沉砂效率最重要的環節，影響沉砂效率最重要的因素便是沉砂池的有效長寬比。澳洲湯斯維爾市議會 (Townsville City Council) 發行之「Technical Design Guidelines for the Coastal Dry Tropics」中提到，沉砂池不同入流與出流之配置型態，以及使用不同入出流孔及隔板對沉砂效率之影響如圖 2- 18 所示。由圖中 I 配置及 J 配置可以清楚發現，相同的入流與出流之配置，當有效長寬比越大，則沉砂池之沉砂效率越佳(沉砂效率值由 0.41 增加至 0.90)。因此世界各國對沉砂池之長寬尺寸相當重視，適當的內部結構，可避免水流的流入重新揚起已沉降泥砂，並提升沉砂效率。日本、馬來西亞、美國及澳洲為確保沉砂效率維持在一理

想值，皆訂出沉砂池的長寬尺寸及沉砂池深度之建議值，如表 2- 14 所示，其中日本以泥砂沉降速度與入流流量進行沉砂池的長寬設計，澳洲要求沉砂池的長寬比要維持在 3：1 以上，美國及馬來西亞則要求沉砂池的長寬比要維持在 2：1，台灣水土保持技術規範針對沉砂池之長、寬及深度並無明確之規定，唯可參考水土保持手冊針對沉砂池之設計建議。

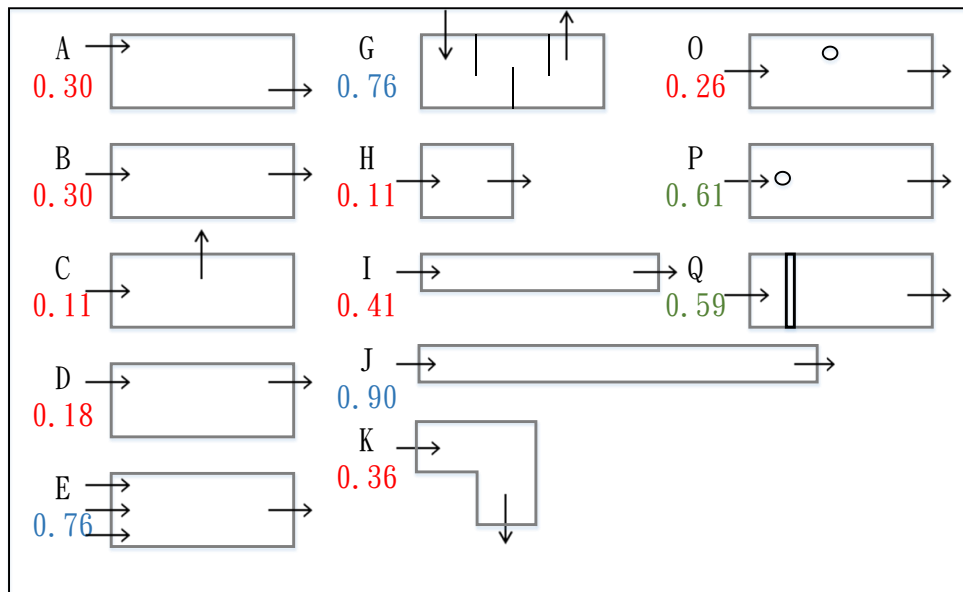
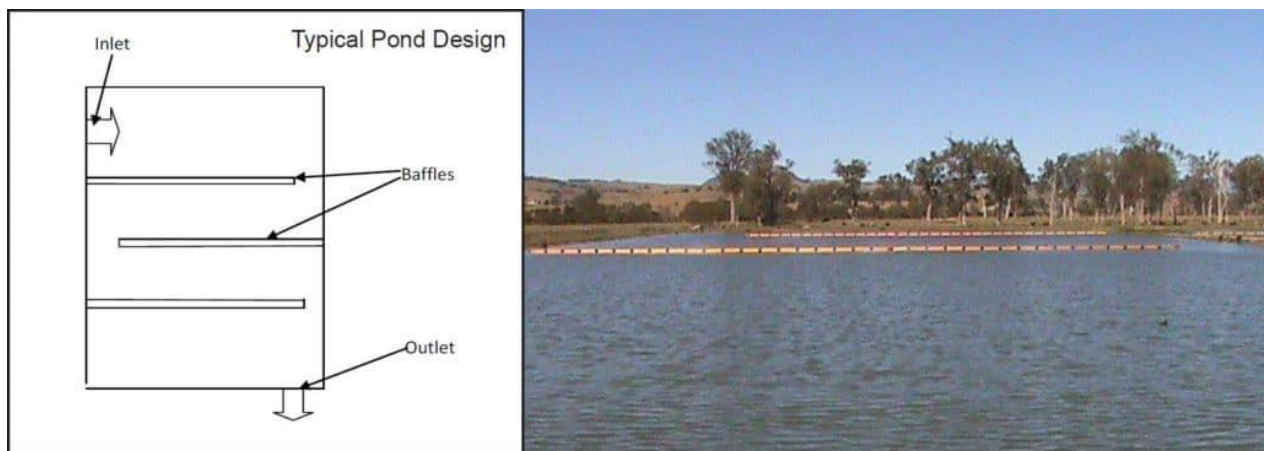


圖 2- 18 各種出入流孔及隔板配置之沉砂效率圖

表 2-14 世界各國沉砂池之尺寸建議值

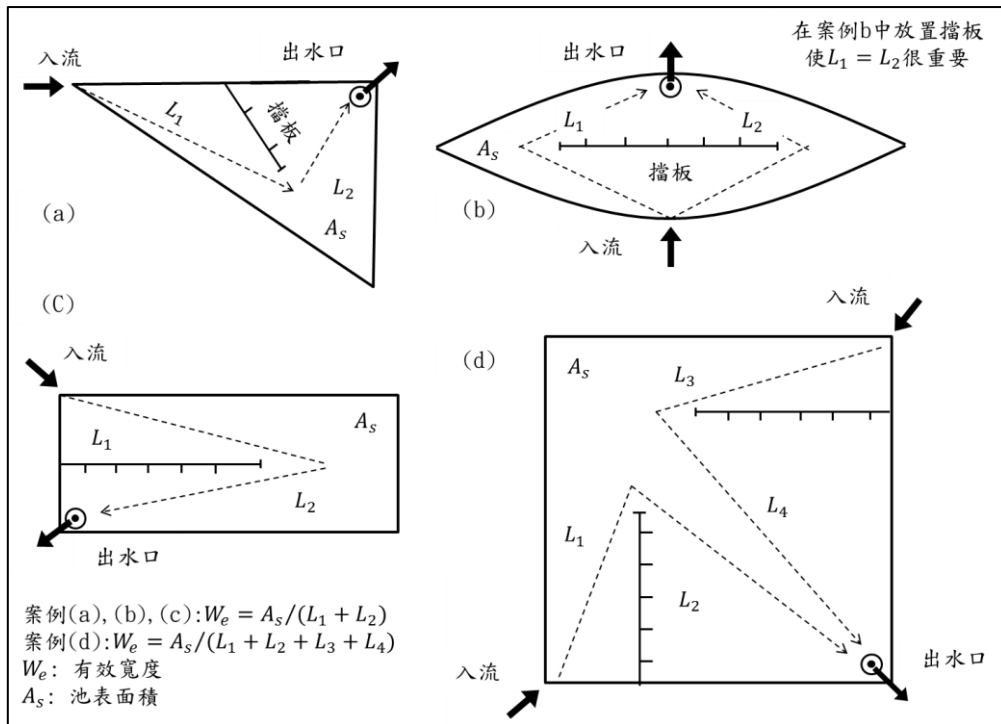
國家地區	沉砂池之尺寸規定	
臺灣	資料來源：水土保持手冊(2017)，行政院農業委員會水土保持局	
	長度及寬度	沉砂池寬度應為入流水寬 3 倍以上； 沉砂池長度應大於寬度。
	深度	沉砂池深度應為入流溝渠水深 2 倍以上。
日本 (沖繩縣)	資料來源：土地改良事業等における赤土等流出防止対策設計指針(2015)，沖繩縣農林水產部	
	長度、寬度及深度	長 = $(0.225 \times \text{沉降區深度}) / \text{沉降速度}$ ； 寬 = $\text{設計流量} / (0.15 \times \text{沉降區深度})$ 。
馬來西亞	資料來源：Guideline For Erosion And Sediment Control In Malaysia(2010), Government of Malaysia Department of Irrigation and Drainage	
	長度及寬度	沉砂池最小長寬比為 2:1； 沉砂池最大長度與沉降深度比為 200:1。
	深度	沉降區最小深度為 0.6 公尺； 沉澱物儲存區最小深度為 0.3 公尺。
美國 (阿拉巴馬州)	資料來源：Erosion Control, Sediment Control and Stormwater Management on Construction Sites and Urban Areas(2018), Alabama Soil and Water Conservation Committee	
	長度及寬度	沉砂池最小長寬比為 2:1。
	深度	沉砂池深度應介於 1 公尺~1.5 公尺。
澳洲 (昆士蘭州， 湯斯維爾市)	資料來源：WSUD Technical Design Guidelines for the Coastal Dry Tropics(2011), Townsville City Council	
	長度及寬度	沉砂池最小長寬比為 3:1。
	深度	沉降區深度應介於 0.6 公尺~2 公尺。

從表 2- 14 可知上述各國針對沉砂池尺寸都有不同的規定，大致可分為兩個考量方向，以臺灣與日本為例，著重於入流的水流與沉砂池的相對關係，期望透過入流流速的改變增進沉砂效率，而其餘各國則是著重於沉砂池本身長寬比對沉砂池內部水流的影響。這個現象可能是因為臺灣與日本相對於其餘國家擁有較大的人口密度，用地取得不易，因此無法透過大面積的沉砂池提高沉砂效率，然前述提到影響沉砂效率最重要的因素便是沉砂池的有效長寬比，對此澳洲國際侵蝕控制協會(International erosion control association)於 2018 年發表沉砂池泥砂控制技術規範內，提到在沉砂設施內部設置不透水擋板(Baffle)，如圖 2- 19 所示，透過增加沉砂設施的有效長寬比，增進沉砂池的沉砂效率，且不同配置的不透水擋板可以獲得不同的有效長寬比，如圖 2- 20 所示，不透水擋板使用的材料亦相當多元，常見的有塑膠板、土堤，或是混凝土牆，只要能達到增加流動路徑的作用即可。



(資料來源：Chatoyer Environmental)

圖 2- 19 不透水擋板



(資料來源：International Erosion Control Association, 2018)

圖 2-20 不同配置擋板有效長寬比示意圖

而擋板的應用並不僅限於增加沉砂設施的有效長寬比，阿拉巴馬州水土保持委員會於 2018 年發表的「Erosion Control, Sediment Control and Stormwater Management on Construction Sites and Urban Areas」提到在沉砂設施內部增設透水擋板，可以減少湍流並均勻分佈流量，其方法主要透過架設透水網減緩流速達到增進沉砂效率的目的，透水網通常採用多支立在沉砂設施底部和邊坡上的柱子進行固定，如圖 2-21 及圖 2-22 所示，或是由浮體、透水網跟重物組成的浮動系統，如圖 2-23 及圖 2-24 所示。

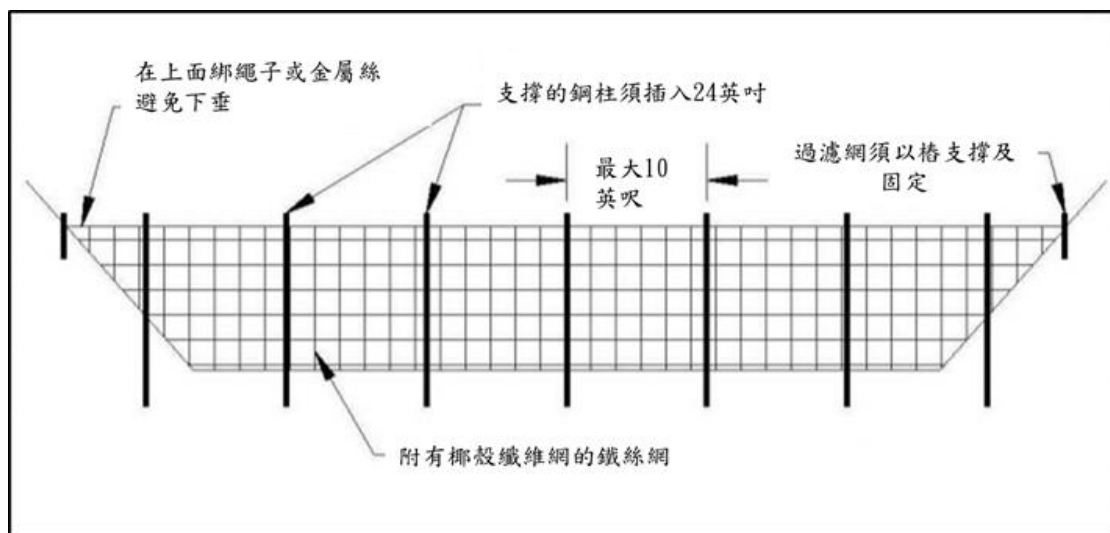
透水網適用於所有類型的沉砂設施，不僅能保證沉砂設施內的水流均勻流動，還有助於沉降絮狀物。北卡羅來納州立大學的沉積物和侵蝕控制研究和教育設施(SECREF)，使用聲學多普勒測速儀觀測沉砂設施設置不同材質透水網及不設置透水網的穩定流速，數據分析結果顯示沉砂設施中設置透水網可大幅減少流速和擴散流量，其中以黃麻或椰殼纖維製成的透水網，最能有效降低水流前進速度及增加水流分布範圍，且捕獲沉積物和細小顆粒的

能力亦最佳。由於透水網編織的緊密度會影響性能，因此在選用上要慎選使用的材料及規格，建議使用 75% 透水率的黃麻、椰殼纖維網或編織遮光布。



(資料來源：Alabama NRCS)

圖 2- 21 立柱透水網



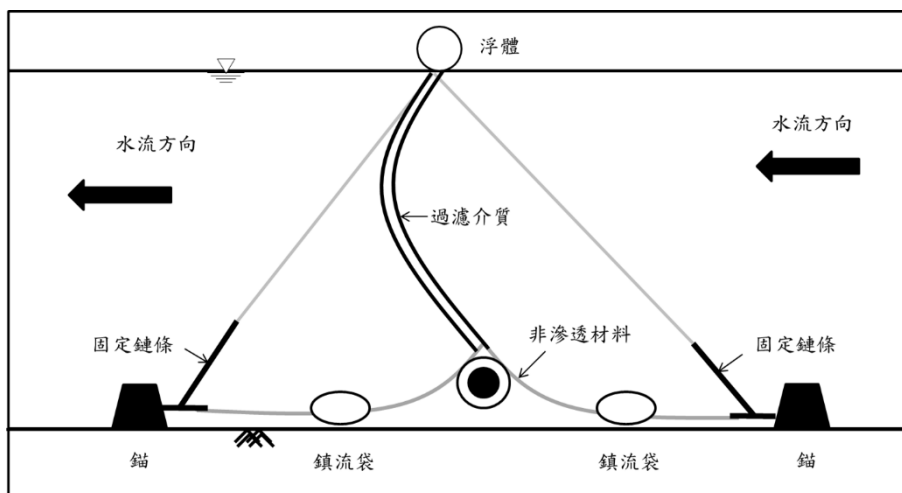
(資料來源：North Carolina Erosion and Sediment Control Planning and Design Manual)

圖 2- 22 立柱透水網建造示意圖



(資料來源：JMD Geo Components)

圖 2- 23 浮動透水網



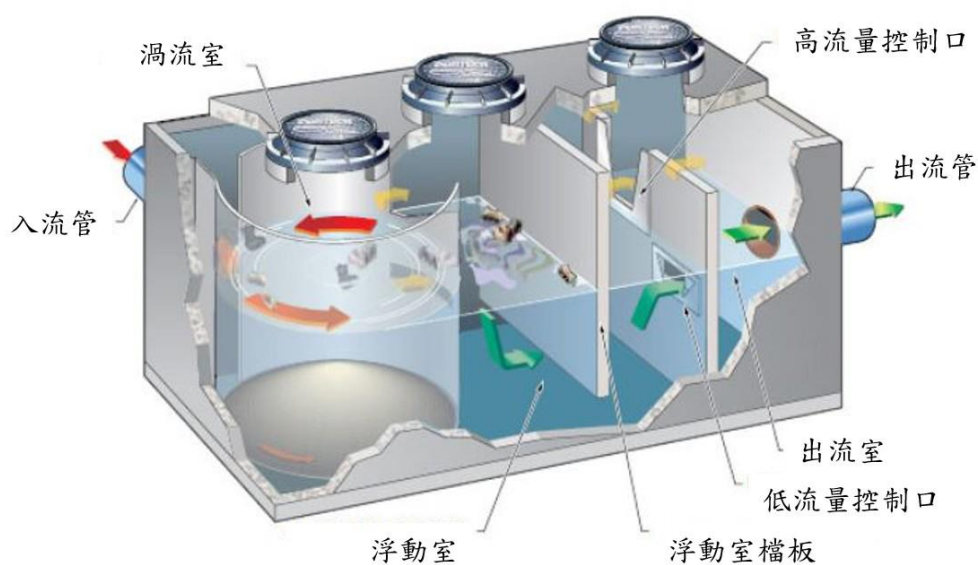
(資料來源：修改自 Dredging Summit and Expo, 2017)

圖 2- 24 浮動透水網建造示意圖

前述所提，在沉砂設施中加入隔板進而增進沉砂效率的方法，意在不增加沉砂設施佔地的前提下提升沉砂效率，而美國的全國預鑄混凝土協會 (National Precast Concrete Association) 於 2011 年出版的「Precast Concrete Stormwater Management Structures」中提到的漩流除砂概念亦可達到此目的。

漩流除砂是透過流體動力分離器(Hydrodynamic Separators)，將流入物轉變成渦流，使流入物中固體因重力下沉並儲存在分離器結構底部的儲存空間中，如圖 2- 25 所示。當儲水量超過設計高度時，經由出流口將表面乾淨的水導至儲存設備(如滯洪池)，可以有效地去除粗粒固體、垃圾、和油污。

綜合上述所提到的兩種方法，皆能對沉砂池的沉砂效率起到良好的影響，其中流體動力分離器最初建立成本較高，但流體動力分離器體積較小且安裝在地面下的特點，可以符合臺灣污染嚴重的高流量交通區或工業場所等城市地區用地的取得不易與安全性的要求，而隔板的建造雖然簡單但塑膠隔板與透水網的材料需定時維護，因為臺灣的降雨強度大，對於隔板的損耗定會增加，不僅維護成本高，且私人沉砂設施占的比例又多，使得維護的管理不易，如果採用混凝土結構，則可以減少定期維護成本，進而保護民眾生命財產安全。前述所提沉砂設施內部結構之比較如表 2- 15 所示。



(資料來源：CONTECH, 2011)

圖 2- 25 漩流除砂示意圖

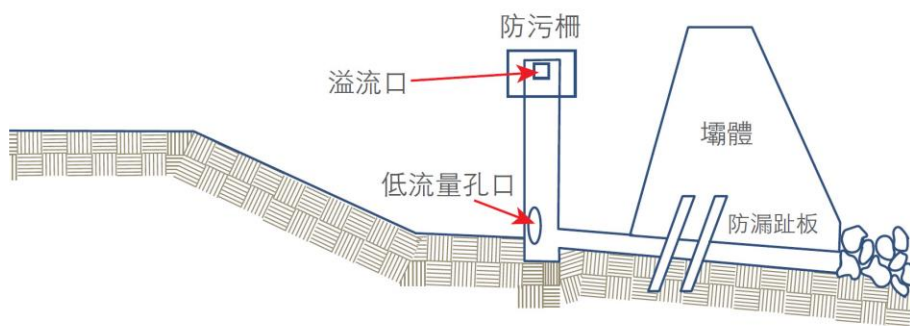
表 2- 15 沉砂設施內部結構之功能比較表

內部結構	不透水隔板	透水網	流體動力分離器
設計方式	在沉砂設施內部設置不透水擋板，藉此改變水流流動路徑。	採用立柱或浮體及重物將透水網固定在沉砂池內部。	將流入物轉變成渦流，使流入物中固體因重力下沉並儲存在分離器結構底部的儲存空間中。
優點	可有效增加沉積物沉降效率，且臺灣自來水場以應用多時，材料來源取得容易。	透過架設透水網可以減緩流速、沉砂設施內的水流均勻流動，還有助於沉降絮狀物的功能。	體積較小且安裝在地面下，又設有專門清潔孔，可使維護便利性提高。
缺點	須定期維護更換材料，清淤時須先移除隔板否則容易造成損壞，使清淤過程趨於複雜化。	容易損壞，維護頻率高。	初期建造成本高昂。

(3)出流結構

沉砂設施的出流結構可分為被動排水型式和主動排水型式。被動排水型式的沉砂設施透過長時間滯留雨水逕流，已提供足夠的時間讓細小的顆粒自然沉降，如臺灣採用滯洪池與沉砂池共構的沉砂設施常見之出流結構—豎井，示意圖如圖 2- 26 及圖 2- 27 所示。豎井在底部側壁及頂部開孔，在低流量時，可透過底部的低流量孔口進行排水，而高流量時，底部低流量孔口宣洩不及，水位持續上升至頂部，則以溢流方式從頂部排水，因此低流量孔口高度的設定就非常重要，若設定太低則會使尚未沉降之挾砂水流直接出流，影響沉砂效果；若設定太高則會導致無法即時排水，減少滯洪沉砂池之容量。

美國阿拉巴馬州水土保持委員會(Alabama Soil and Water Conservation Committee) 於 2018 年發行之「Erosion Control, Sediment Control and Stormwater Management on Construction Sites and Urban Areas」中提到改善豎井無法即時排水之方法，其透過將豎井穿孔，使沉砂池在任何水位皆可透過豎井之穿孔進行排水，雖排水能力得到改善，但此方式亦衍生出出流孔阻塞的問題，為了避免穿孔阻塞問題，需在豎井穿孔處利用碎石濾料及過濾網材包覆之，並在豎井頂部設置攔汙柵，如所示，能大幅降低豎井排水的維護成本與提高其實用性。



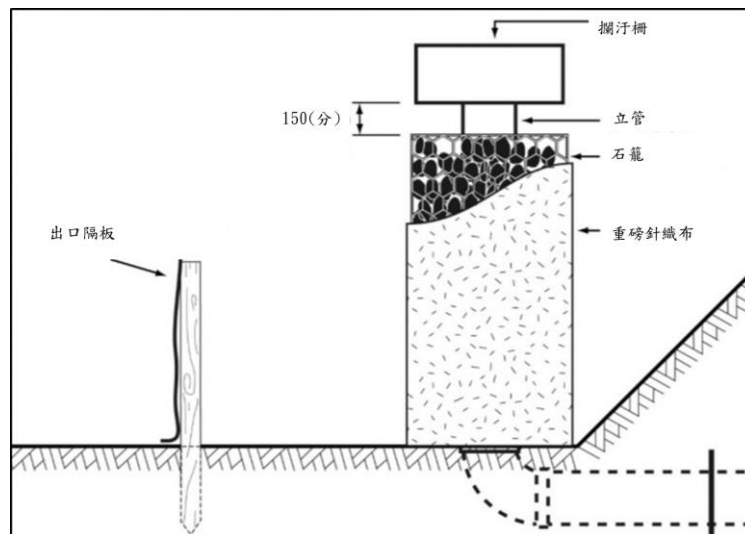
(資料來源：水土保持手冊，2017)

圖 2- 26 豎井排水示意圖



(資料來源：水利大臺中資訊網)

圖 2- 27 豎井出流結構之實際照片

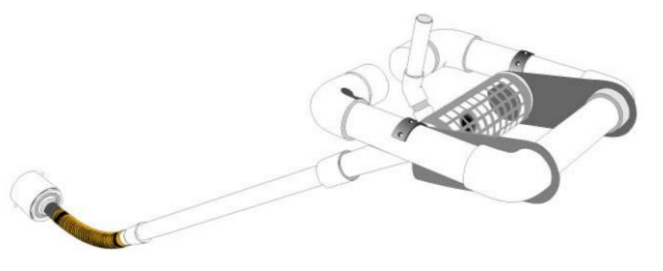


(資料來源：North Carolina Erosion and Sediment Control Planning and Design Manual)

圖 2- 28 穿孔豎井保護示意圖

而主動排水型式則是在沉砂設施加入可操控的排水系統，使每次降雨後都可以進行排水，如美國阿拉巴馬州水土保持委員會提到沉砂設施之去沫器 (Skimmer)。去沫器為一種浮力裝置，依據廠商設計生產出許多不同樣式，如圖 2- 29 及圖 2- 30 所示，可以根據沉砂池容積大小、沉砂設施的入流量、出口下游的排水設施類型，及預計排乾時間，來決定形式、尺寸及數量。若沉

砂池與滯洪池串連設計，去沫器將設計為溢洪道型式，以排放所有流量；反之，沉砂池與滯洪池共構則須依照泥砂沉降情況，透過控制系統進行排水。在使用上可配合擋板設計，使沉砂設施之水位達到預定高度時即進行排水，不僅可延長泥砂沉降時間，更可控制排水速率，對於沉砂設施之管理有顯著的優點。



(資料來源：A Manual for Designing, Installing, and Maintaining Skimmer Sediment Basins)

圖 2- 29 去沫器示意圖

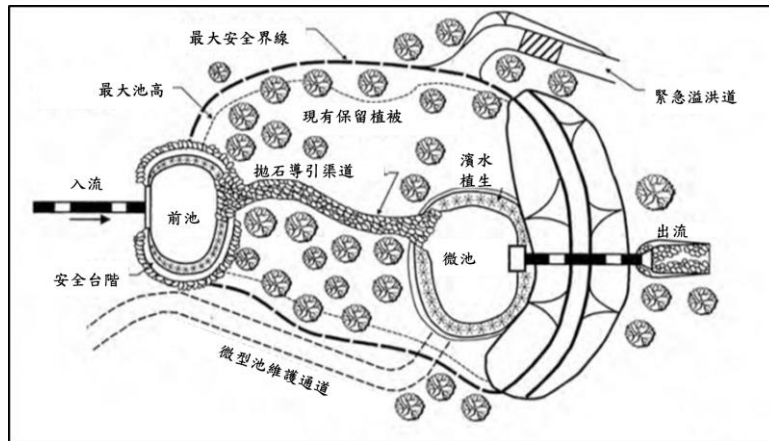


(資料來源：SCDOT Stormwater Quality Design Manual Appendix A)

圖 2- 30 去沫器之實際照片

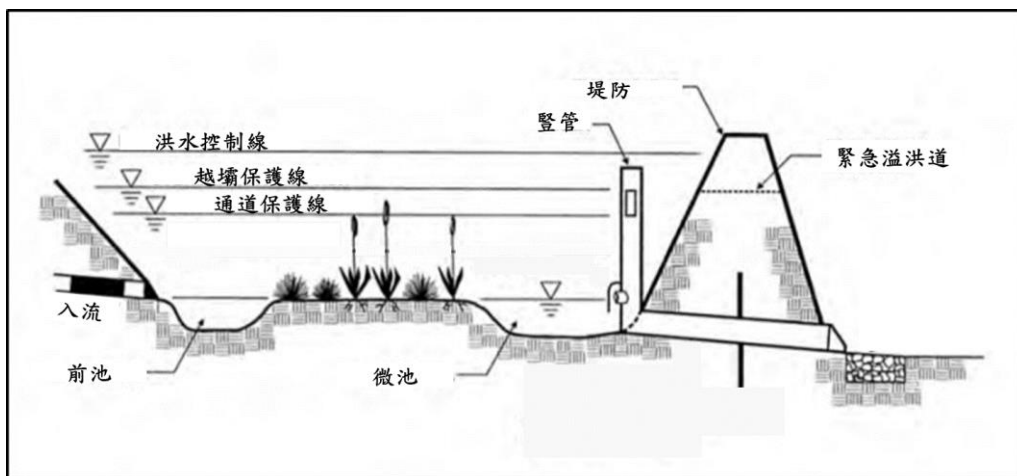
上述兩種排水方式皆容易發生出流孔堵塞之問題，造成維護頻率提高，且容易在清淤過程中可能會損壞排水系統、使維護管理成本提高。因此除了設置過濾網材、碎石濾料及攔汙柵防止沉積物阻塞出流孔外，亦可在出流結

構周圍構建微池(Micropool)，如圖 2- 31、圖 2- 32 及圖 2- 33 所示，通常使用當地土方、礫石或透水性網材作為材料堆疊建造。微池的建造可以減少沉積物在出流孔周圍沉積、阻塞，降低維護成本，並可延長泥砂的沉降時間，增進沉砂效率。



(資料來源：修改自 New York State Department of Environmental Conservation, 2001)

圖 2- 31 微池平面示意圖



(資料來源：修改自 New York State Department of Environmental Conservation, 2001)

圖 2- 32 微池剖面示意圖



(資料來源：Design of forebay and micropool for highway stormwater detention basins)

圖 2- 33 微池設施實際照片

臺灣因其地理因素，地形起伏較大，降雨分配不均，夏季受午後雷陣雨、梅雨及颱風影響，降雨頻率高、降雨強度大且降水量多，常有沉砂設施內之泥砂尚未完全沉降，下一波降雨事件卻又來臨的現象，大幅降低沉砂池及滯洪池的功效。而去沫器可提升沉砂池及滯洪池的排水效益，由於泥砂之沉降運動係受重力影響，由高處往低處進行沉降，而去沫器是一浮力裝置，該裝置會隨水面升降調整，始終保持於水面上，利用此一特點從水體中沉積物濃度最低的水面處開始排水，更能兼顧沉砂及排水效益。美國喬治亞州水土保持委員會(Georgia Soil and Water Conservation Commission)於 2016 年發表的侵蝕和沉積物控制手冊中，提到去沫器與傳統的豎井相比，設置去沫器的沉砂設施沉砂效益增加了 45%，顯示裝設去沫器能夠更好地發揮沉砂功能。綜上所述，去沫器裝置造價便宜及可重複利用的特性，可與穿孔之豎井設計相互搭配。前述四種出流結構之比較如表 2- 16 所示。

表 2- 16 出流結構之功能比較表

內部結構	豎井	穿孔之豎井	去沫器	微池
排水型式	被動	被動	主動	-
設計方式	透過豎井底部側壁開孔及頂部開孔，能於低流量及高流量時進行排水。	同豎井之排水型式，其差別在於增加豎井之穿孔，並以濾料、網材包覆之。	透過去沫器之安裝，以浮力裝置之特性，從沉積物濃度最低之水面進行排水。	使用當地土方、礫石或透水性網材堆疊建造一個獨立區域。
優點	建造方式簡單，且臺灣已行之有年，材料取得及工法熟練度高。	透過穿孔，可以在不同水位階段進行排水。	能從沉積物濃度最低處進行排水，增加沉砂效益且造價便宜。	增加沉積物沉降空間，減緩出流孔阻塞狀況、降低維護管理成本。
缺點	部分懸浮沉積物易從出流開孔處排放至下游排水系統。	需額外增加濾材與開孔費用，亦會提高施工複雜性。	開孔容易阻塞，須定期維護。	低流量時，可能造成池內水無法完全排乾。

第三章 沉砂設施維護管理

本章分為沉砂設施之監測設施、維護管理流程及維護檢查項目與頻率等三個章節，內容涵蓋常見之監測設施，並配合維護管理流程及維護檢查表，進行沉砂設施維護管理之說明。

(一) 監測設施

本節彙整常見之滯洪沉砂池之監測設施，如沉砂設施內部測尺配合即時影像回傳可進行沉砂池內淤積監控及池體之檢查，出入流口水位計監測則可對出入水口水位變化進行監控，可使沉砂池的監測工作有較即時且較準確的分析資料，相關監測設施如圖 3-1。

1. 沉砂池內部測尺配合即時影像回傳

沉砂池內部測尺配合即時影像回傳，可即時監測沉砂池內淤積程度及沉砂池體之檢查，除減少日常現地檢查的人力成本，還有即時發現、即時處理通報的優勢，也可作為清淤程度的檢視及池體損毀變化的監控。

2. 出入流口水位計監測

出入流口水位計監測可檢視出入水口水位的變化，作為滯洪沉砂池水量變化的參考，如水位出現異常，可能是出入水口攔汙柵的阻塞、池體出現破損或龜裂等情形，可做為滯洪沉砂池之監控方式。



沉砂池內部測尺配合即時影像回傳



出入流口水位計監測

圖 3-1 監測設施

(二) 維護管理流程

沉砂設施完工後之維護管理流程可分為五步驟，包含完工後之驗收、定期清淤、周圍防護措施檢查、出入水口之暢通、沉砂池池體檢查，其流程圖如下。

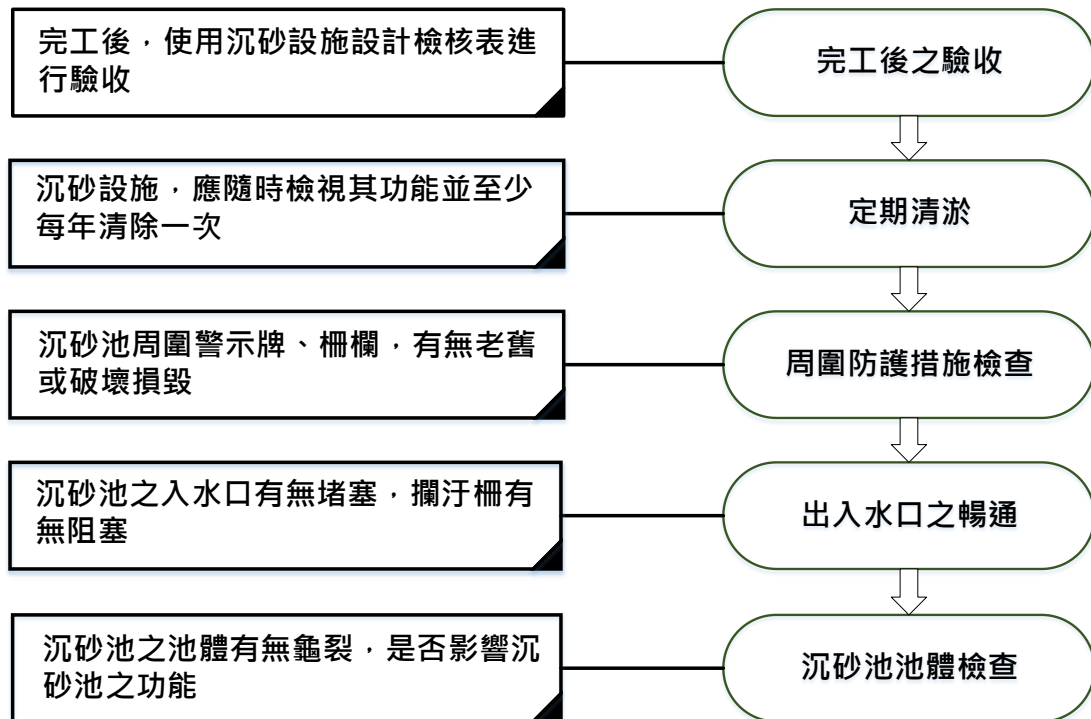


圖 3-2 維護管理流程圖

1.完工後之驗收

完工後，應搭配沉砂設施設計檢核表進行驗收，除沉砂空間自然積水外，不得蓄水或移作他用，若有重大缺失或與設計不符，應限期改善。

2.定期清淤

沉砂設施，應隨時檢視其功能並至少每年清除一次，當暴雨或颱風發生後應派人巡視，維持足夠之沉砂量體。

3.周圍防護措施檢查

巡視沉砂池周圍警示牌、柵欄，有無老舊或破壞損毀，以免造成人畜跌落，發生危險。設計清除淤積土石之道路時，應考慮以機械直接清除及搬運，並應防止逕流經由道路溢流。

4.出入水口之暢通

清查沉砂池之入水口有無堵塞，攔汙柵有無阻塞，清理時應保持通風良好及止滑踏步之正常，以免發生危險。

5.沉砂池池體檢查

確認沉砂池之池體有無龜裂或破損，若出現龜裂或破損，應檢視其沉砂功能是否受到影響。

(三) 維護檢查項目與頻率

本節說明沉砂設施的維護項目及維護頻率，包括維護檢查問題程度和每次檢查期間要檢查的關鍵項目，建立維護管理的流程，並依水土保持計畫審核監督辦法制定詳細的維護計畫。

1.維護檢查項目

- (1)沉砂池池體有無破損龜裂。
- (2)沉砂池池底之淤積是否影響沉砂池之設計沉砂量體。
- (3)沉砂池之踏步、階梯是否有老化或損毀，影響維護工人之安全。
- (4)沉砂池之入水口是否因堵塞而產生漫流。
- (5)沉砂池之出水口或攔汙柵是否有異物堵塞造成池水溢流。
- (6)沉砂池周圍設置之防護措施及警語是否有老化無法辨識或損壞情形，以策人畜安全。

2.維護頻率

- (1)永久性沉砂池應檢視其功能並進行維護，至少每年清除一次。
- (2)為加強水土保持設施處理與維護，落實水土保持設施自主檢查電子化管理，行政院農業委員會於一百十一年二月十日增訂水土保持計畫審核監督辦法第二十五條之一，臨時性沉砂池應依規定，檢視功能及進行定期維護，並於每次豪雨後進行清除。
 - a.水土保持計畫審核監督辦法第二十五條之一：
 - (a)水土保持計畫施工期間，水土保持義務人應於每年五月一日至十一月三十日期間，按週於次週週三起，於中央主管機關指定資訊系統（以下

簡稱資訊系統)填報前一週監造紀錄及按月於次月五日前,填報前一個月監造月報表。

(b)水土保持計畫施工期間,承辦監造技師應於中央氣象局發布海上、海上陸上颱風警報或大豪雨以上之豪雨特報時,檢視各項水土保持設施,確保其發揮正常功能,並依主管機關指定時間,於資訊系統填報設施自主檢查結果。

b.依水土保持計畫審核監督辦法第二十五條之一規定,各項水土保持設施之自主檢查,可配合颱風(豪雨)設施自主檢查表進行功能檢視,如表 3-1 所示。其中,沉砂設施之自主檢查情形及因應措施,可配合沉砂設施各部之檢查結果及問題程度之狀況進行評估,如表 3-2 所示。

3.特別檢查時機

- (1)預期有短時強降雨之降雨事件發生,應提前進行沉砂池之功能檢視。
- (2)於超越沉砂池之設計沉砂量體之降雨事件發生後,應立即檢視沉砂池之功能。
- (3)於沉砂池上游有土砂災害出現後,應檢視沉砂池之功能及池體之完善。
- (4)預期有連續之強降雨事件發生時,應提前進行維護檢查,於降雨事件期間應即檢視沉砂池之功能。
- (5)於地震等突發事件發生後,應檢視沉砂池池體是否有破損,及是否伴隨降雨帶來過多之土砂淤積。

4.操作與維護檢查項目表

依照沉砂池之維護管理事項,進行沉砂池之檢查結果和問題程度之評估,包括對沉砂池之淤積程度、周圍防護措施、入水口、出水口及攔汙柵、沉砂池池體、緊急溢洪措施、階梯踏步等項目進行維護管理檢查,並將問題程度分為輕微、中度、嚴重三個等級,如表 3-2。

沉砂設施應定期或於豪雨過後進行池體及淤積程度檢查,沉砂設施池壁應無出現龜裂破損並無明顯淤積情形,且無蓄水或移作他用,若經檢查出現問題,則應於下次大雨前完成修復及清淤處理,如圖 3-3 所示。沉砂設施入水口應隨

時檢視以保持暢通及完整，連接沉砂設施之入水口應無明顯淤積及異物堵塞，且無破損或龜裂情形出現，避免漫流及溢流發生，如圖 3-4 所示。沉砂設施周圍防護措施應定期檢視其防護功能，防護措施應無老化或損壞情形，避免發生危險，以維護人畜安全，如圖 3-5 所示。沉砂設施出水口及攔汙柵應保持暢通及完整，出水口及攔汙柵應無異物堵塞及損壞情形出現，以維持滯洪沉砂之功能避免排水不及或池水溢流，如圖 3-6 所示。

表 3-1 （水土保持書件名稱）颱風（豪雨）設施自主檢查表

檢查日期： 年 月 日

一、檢查項目	檢查情形 (勾“否”者，請填寫因應措施) 是 否	因 應 措 施	備 註
(一) 水土保持施工告示牌	☐ 是 ☐ 否		
(二) 搶救小組成立、任務交付及緊急消防、醫療通聯是否完成	☐ 是 ☐ 否		
(三) 防災配置(砂包、防水帆布或抽排水機等)是否整備完成	☐ 是 ☐ 否		
(四) 臨時性防災措施功能是否發揮			
☐ 排水設施	☐ 是 ☐ 否		
☐ 沉砂設施	☐ 是 ☐ 否		
☐ 滯洪設施	☐ 是 ☐ 否		
☐ 土方暫置	☐ 是 ☐ 否		
☐ 邊坡保護措施	☐ 是 ☐ 否		
☐ 施工便道	☐ 是 ☐ 否		
☐ 其他	☐ 是 ☐ 否		
(五) 永久性防災措施功能是否發揮			
☐ 排水設施	☐ 是 ☐ 否		
☐ 沉砂設施	☐ 是 ☐ 否		
☐ 滯洪設施	☐ 是 ☐ 否		
☐ 聯外排水	☐ 是 ☐ 否		
☐ 擋土設施	☐ 是 ☐ 否		
☐ 植生工程	☐ 是 ☐ 否		
☐ 邊坡穩定措施	☐ 是 ☐ 否		
☐ 其他	☐ 是 ☐ 否		
(六) 其他事項：			

表 3-2 沉砂池操作與維護檢查項目表

沉砂池操作與維護檢查項目表	檢查結果	問題程度
沉砂池是否有淤積情形	☐ 是 ☐ 無此設施 ☐ 否	☐ 輕微 ☐ 中度 ☐ 嚴重
沉砂池周圍防護措施是否有損毀情形	☐ 是 ☐ 無此設施 ☐ 否	☐ 輕微 ☐ 中度 ☐ 嚴重
沉砂池入水口是否有堵塞情形	☐ 是 ☐ 無此設施 ☐ 否	☐ 輕微 ☐ 中度 ☐ 嚴重
沉砂池出水口攔汙柵是否有堵塞情形	☐ 是 ☐ 無此設施 ☐ 否	☐ 輕微 ☐ 中度 ☐ 嚴重
沉砂池池體是否有破損龜裂情形	☐ 是 ☐ 無此設施 ☐ 否	☐ 輕微 ☐ 中度 ☐ 嚴重
沉砂設施入水口是否有破損龜裂情形	☐ 是 ☐ 無此設施 ☐ 否	☐ 輕微 ☐ 中度 ☐ 嚴重
沉砂設施出水口是否有破損龜裂情形	☐ 是 ☐ 無此設施 ☐ 否	☐ 輕微 ☐ 中度 ☐ 嚴重
沉砂池之踏步、階梯是否有老化或損毀	☐ 是 ☐ 無此設施 ☐ 否	☐ 輕微 ☐ 中度 ☐ 嚴重
沉砂設施之緊急溢洪措施是否有破損龜裂情形	☐ 是 ☐ 無此設施 ☐ 否	☐ 輕微 ☐ 中度 ☐ 嚴重



圖 3-3 沉砂設施池體及淤積程度檢查



圖 3-4 沉砂設施入水口堵塞及損壞程度檢查



圖 3-5 沉砂設施周圍防護措施老化及損壞程度檢查



圖 3-6 沉砂設施出水口攔汙柵堵塞及損壞程度檢查

第四章 實際案例圖說分析及說明

本章將各水土保持計畫案例分為四部分進行說明，包含基地概述、設計理念、水土保持設施規劃與配置、滯洪沉砂池等。基地概述部分，簡述基地之申請面積、位置及基礎資料等；設計理念部分，說明依其開發目的，進行基地內之水土保持設施與規劃，並說明融合周遭景觀或納入生態考量之設計理念；水土保持設施規劃與配置部分，概述基地內設置之排水系統、滯洪沉砂池、連結滯洪沉砂池之出入水口及植生綠化工程等水土保持設施之規劃及配置情形，配合水土保持設施示意圖及現地照片，進行水土保持設施整體之說明；滯洪沉砂池部份則說明滯洪沉砂池整體規劃設計、滯洪沉砂池尺寸及滯洪沉砂池之設計特色等，配合滯洪沉砂池平面及剖面示意圖進行說明。

案例一：農業開發使用

(一) 基地概述

開發基地座落於南投縣魚池鄉，位於日月潭附近，申請面積為20,263.56平方公尺。原基地為一尚楠林地，地形東高西低，坡向多為西南向，坡度介於三級~五級坡，並以三級坡占比最大，現地空拍影像如圖 4-1。基地之集水面積在 1000 公頃以下，故採用合理化公式進行水理計算，經調查基地內之地下水位較深較無湧水疑慮，且距最近之活動斷層約 15.6 公里，因此無安全疑慮。

(二) 設計理念

本計畫屬農業開發使用案例，目的是為進行植物種原保存。為減少開發行為造成之土砂流失、地表裸露等，配合基地之地形、地貌進行完善且整體之水土保持設施規劃設計。順應基地地形並減少挖填方數量，於坡面規劃多個平台階段，開挖整地後並於平台階段之裸露區撒播具有水土保持及景觀功能之草種，配合滯洪沉砂池及緩衝綠帶之配置，避免基地內開發行為造成土砂災害。整體之規劃除達到植物種原保存之開發目的外，期望降低對原開發基地之自然環境影響，回復植生覆蓋且融入周遭景觀，並提供動植物之棲息地，使基地能快速恢復開發前之自然生態。

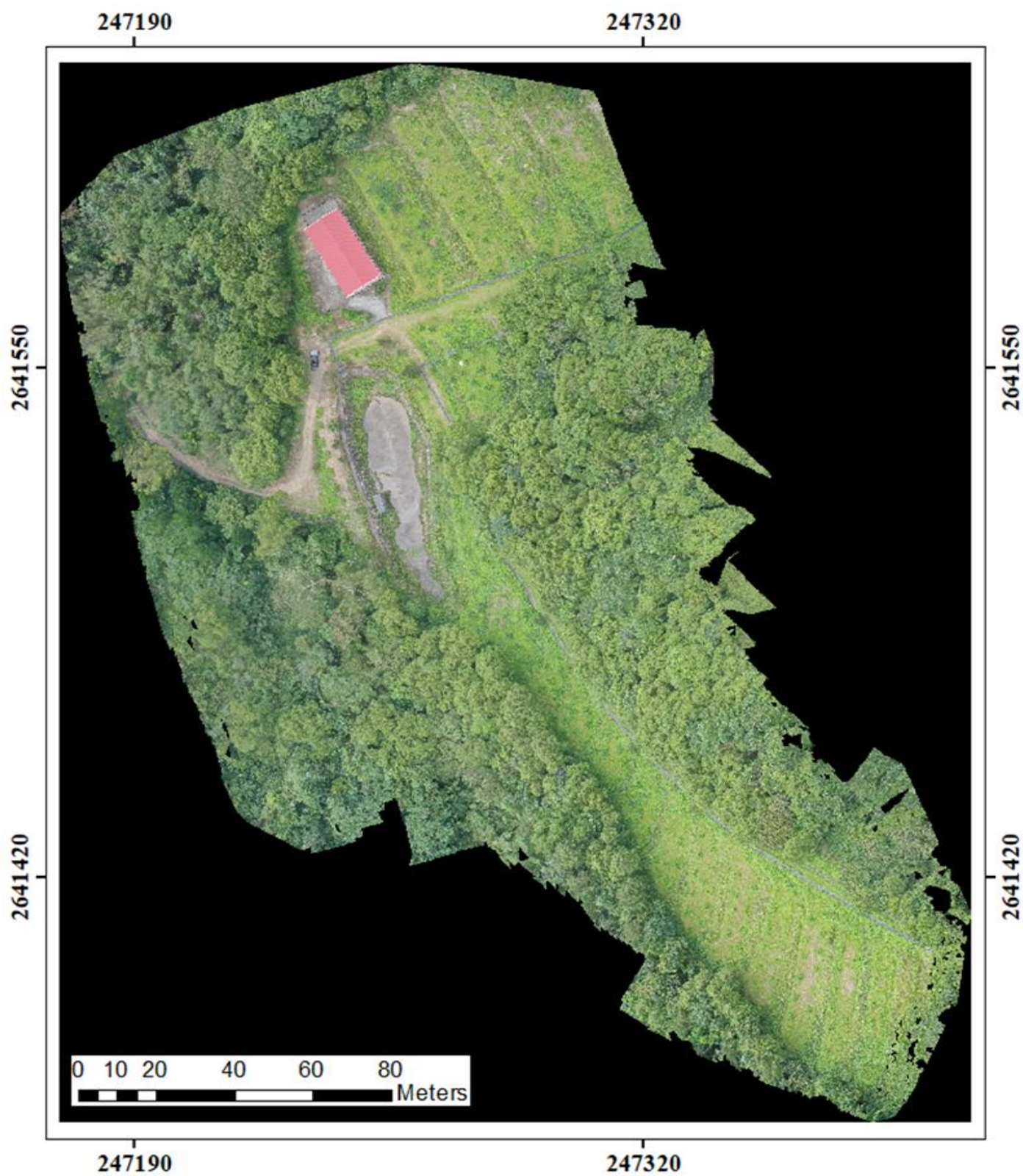


圖 4-1 農地開發 - 計畫範圍空拍影像成果圖

(三) 水土保持設施規劃與配置

基地內整體之水土保持設施規劃與配置，順應基地地形東高西低之特性和地貌，並配合種原保存之需求。由於計畫區域坡長長、坡度陡、高程落差約 50 公尺，且完工後預計供農業使用，故於基地坡面構築 23 個內斜式平台階段，以減短基地之坡面坡長，達到抑制逕流、降低土壤侵蝕之目的，平台階段之設計採 1:1.5 之平台壁斜率，並於平台及平台壁加強植生，以具水土保持及景觀功能之草種混合撒播，使開挖整地後之裸露區位快速恢復植生覆蓋，以防止平台壁侵蝕，保護階段安全。另外在平台階段構築數排橫向之平台溝且在其表面種植草類，以融入自然景觀，降低土壤沖蝕並收集逕流，並連接縱向排水溝配合集水井收集橫向的平台溝之逕流，防止水流侵蝕坡面，再由排水溝 W1 和 W5 排入滯洪沉砂池內，W1 和 W5 底部砌排卵(塊)石以降低進入滯洪沉砂池水流之流速。經過沉砂後再藉集水井 B4 的出水口進行放流，透過 W6 連外排水溝排放至計畫區外，縱橫向排水溝之完善配置，可將基地內之逕流安全有效且安全的排放至滯洪沉砂池，最後再由滯洪沉砂池連接至聯外排水，安全排入既有之排水系統，如圖 4-2。基地內水土保持設施規劃配置兼具實用及景觀綠美化之設計。

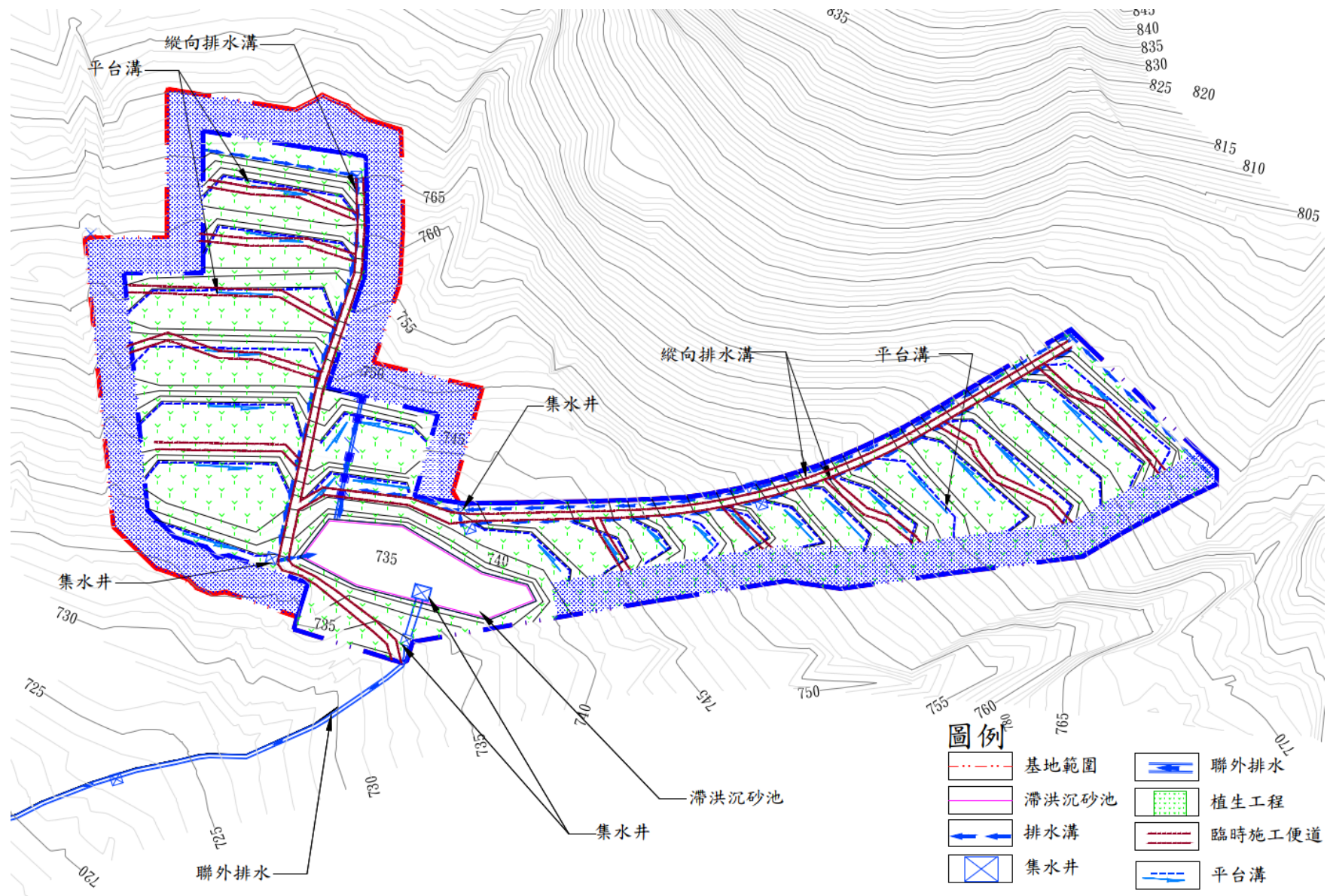


圖 4-2 農地開發 - 水土保持設施配置圖

(四) 滯洪沉砂池

本計畫之滯洪沉砂池區位依據基地之使用空間採滯洪沉砂垂直共構之設計，池壁採混凝土基座並以 1:0.5 之漿砌塊石設計，融入周遭景觀增加視覺美感，較傳統混凝土設計除能調和景色之外，可增加池壁之孔隙，利於生物棲息，並能增加植物生長空間覆蓋，如圖 4-3，除了一般的出入水口配置，如圖 4-4，另在池壁設置排水管可增加池壁穩定性。滯洪池體之設計部分，採用下底面積 812 平方公尺，上底面積 894 平方公尺，滯洪深 1 公尺，滯洪容量為 853 立方公尺；沉砂池體部分，採用下底面積 700 平方公尺，上底面積 768 平方公尺，沉砂深 1 公尺，沉砂容量為 734 立方公尺；除了滯洪深、溢洪深和沉砂深之外，因為本案例為農業開發使用案例，有灌溉需求，因此池底以混凝土封底，藉此蓄積灌溉用水，以供計畫區內之農業用水需求，可參考圖 4-5、圖 4-6 及圖 4-7。滯洪沉砂池之整體規劃除滿足基地之滯洪沉砂需求之外，採用池壁之漿砌塊石設計及池體周圍之欄杆等設計方式，達到配合周遭景色並融入自然環境的目的，並在入水口設置砌排卵(塊)石進行消能，以防水流沖刷池體，如圖 4-8 及圖 4-10；出水口攔汙柵為平面型式，屬於早期之設計，後期採用立體型式，如圖 4-9 及圖 4-11。而因本計畫所設計之滯洪沉砂池較深，故設置警告標誌牌，以提醒民眾未經允許禁止人車靠近此地。



圖 4-3 農地開發 - 滯洪沉砂池空拍影像成果圖

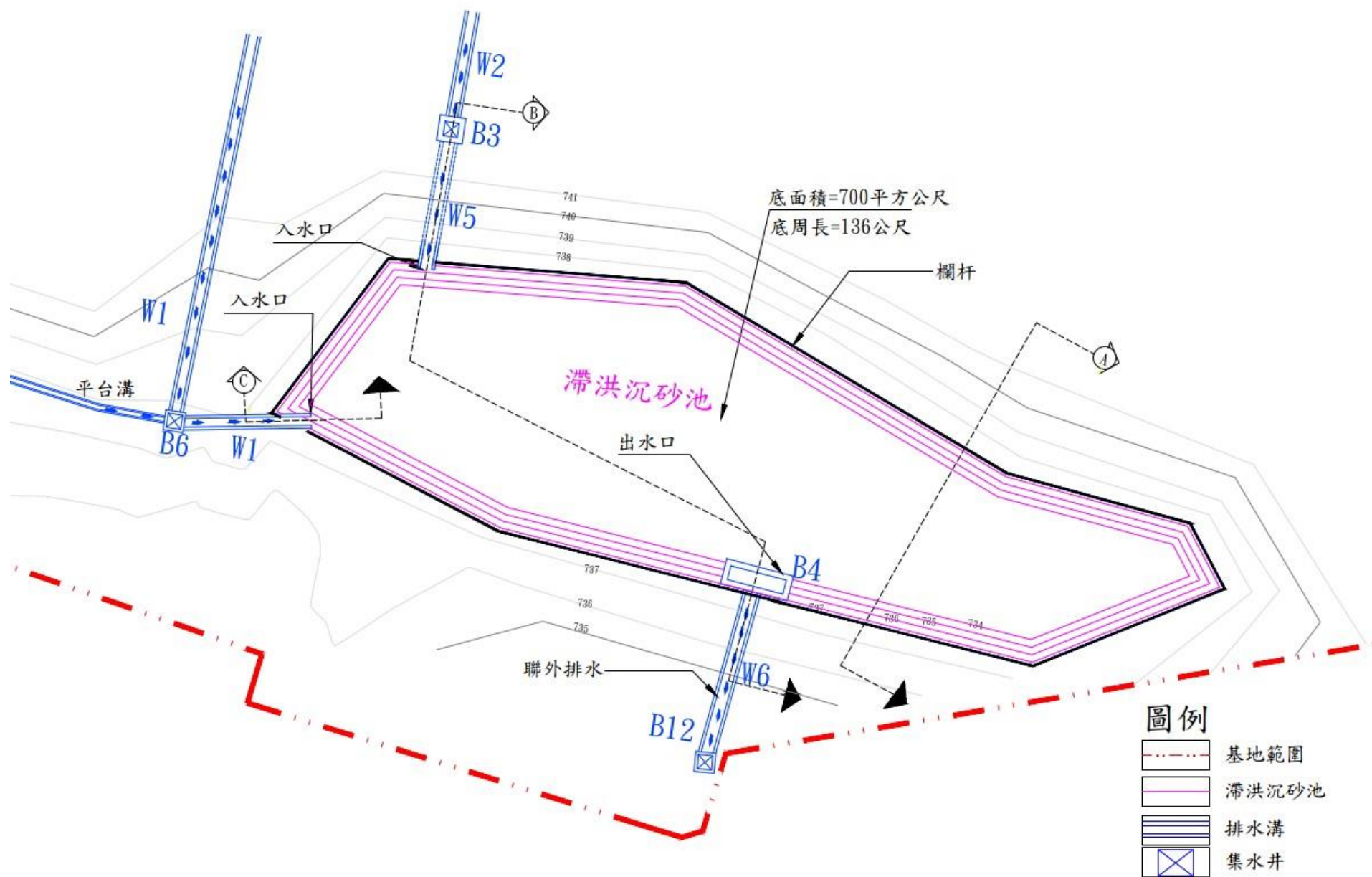


圖 4-4 農地開發 - 滯洪沉砂池平面圖

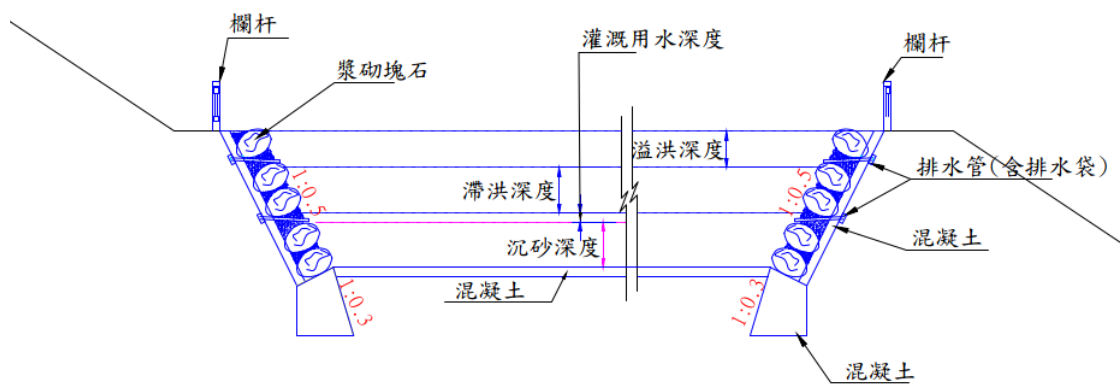


圖 4-5 農地開發 - 滯洪沉砂池 A 剖面圖

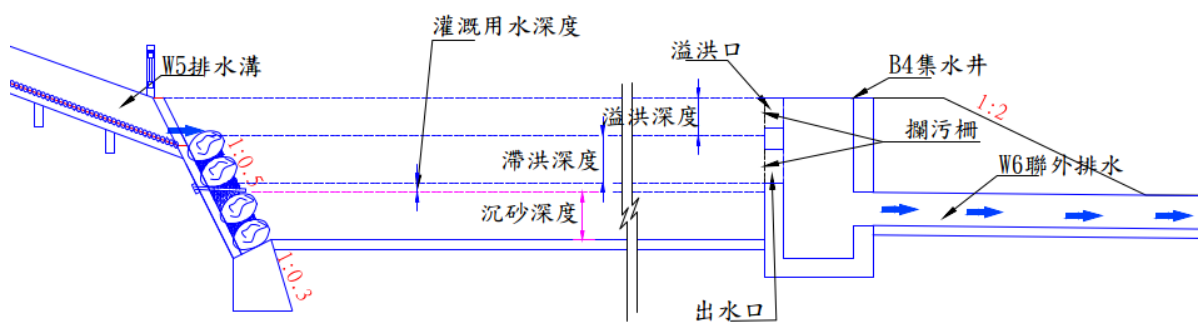


圖 4-6 農地開發 - 滯洪沉砂池 B 剖面圖

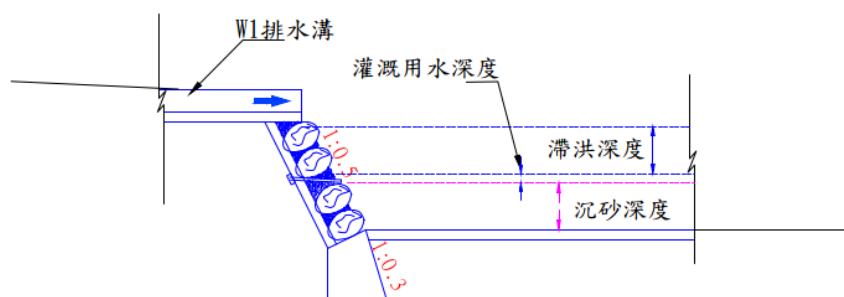


圖 4-7 農地開發 - 滯洪沉砂池 C 剖面圖



圖 4-8 農地開發 - 入水口實照



圖 4-9 農地開發 - 出水口及溢洪口實照

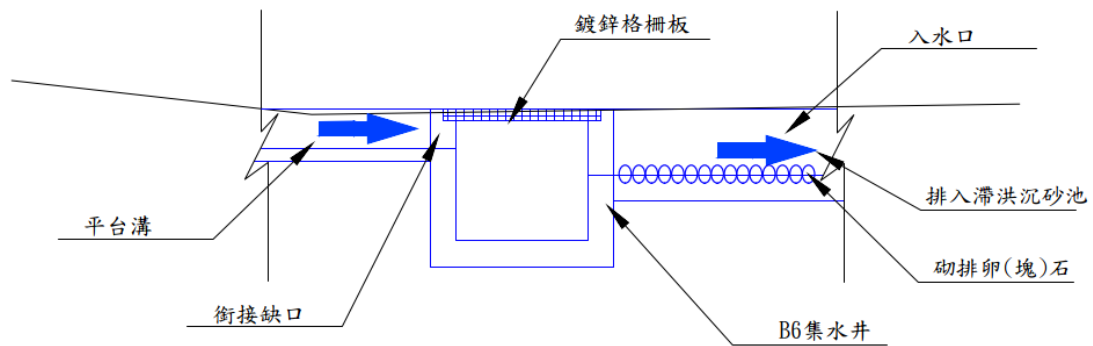


圖 4-10 農地開發 - 入水口詳圖 (W1 排水溝)

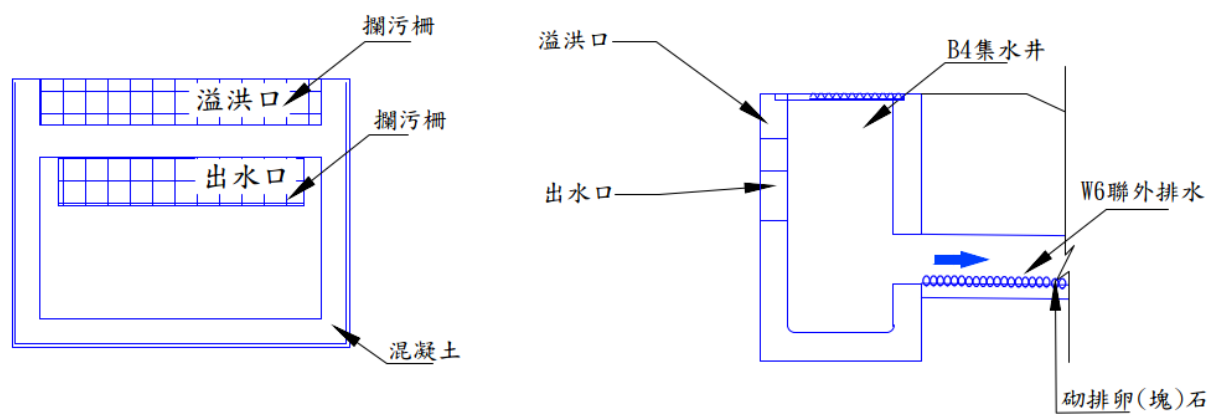


圖 4-11 農地開發 - 溢洪口及出水口詳圖

案例二：汙水處理廠新建工程使用

(一) 基地概述

本開發基地座落於臺中市南屯區。配合污水廠增擴建，周邊進行整地及綠美化作業，其計畫面積為 3,790 平方公尺，而污水管線設置計畫面積為 726 平方公尺，合計計畫面積為 4,516 平方公尺，基地現況地勢為一緩坡，區內皆為二級坡，整體地形由西北向東南側漸緩，現地空拍影像如圖 4-12。經地質調查，基地內並無其他地質敏感因子存在。

(二) 設計理念

本計畫屬汙水處理廠新建工程使用案例，原有的污水處理設施老舊，考量原有的污水廠處理量已無法滿足現行法規及處理人數，且廢污水未全部納管處理及雨污水未分流，影響周遭環境，因此興建新的汙水處理廠。為能符合目前現行環保署法規及維護整體環境品質，增建一座現代化之污水處理場，使處理後的放流水，可以符合現行法規之要求外，並回收利用部分回收水作為澆灌及清洗用水使用，再依總量管制原則進行本工程之基本設計。本計畫設計兩個滯洪沉砂池以提升防洪減災能力，並新設排水溝，防止區外逕流流入。由於本案並無大挖大填之情形，因此除了混凝土鋪面旁配合整地高程施作擋土牆外，無規劃其他坡腳及坡面穩定工程。

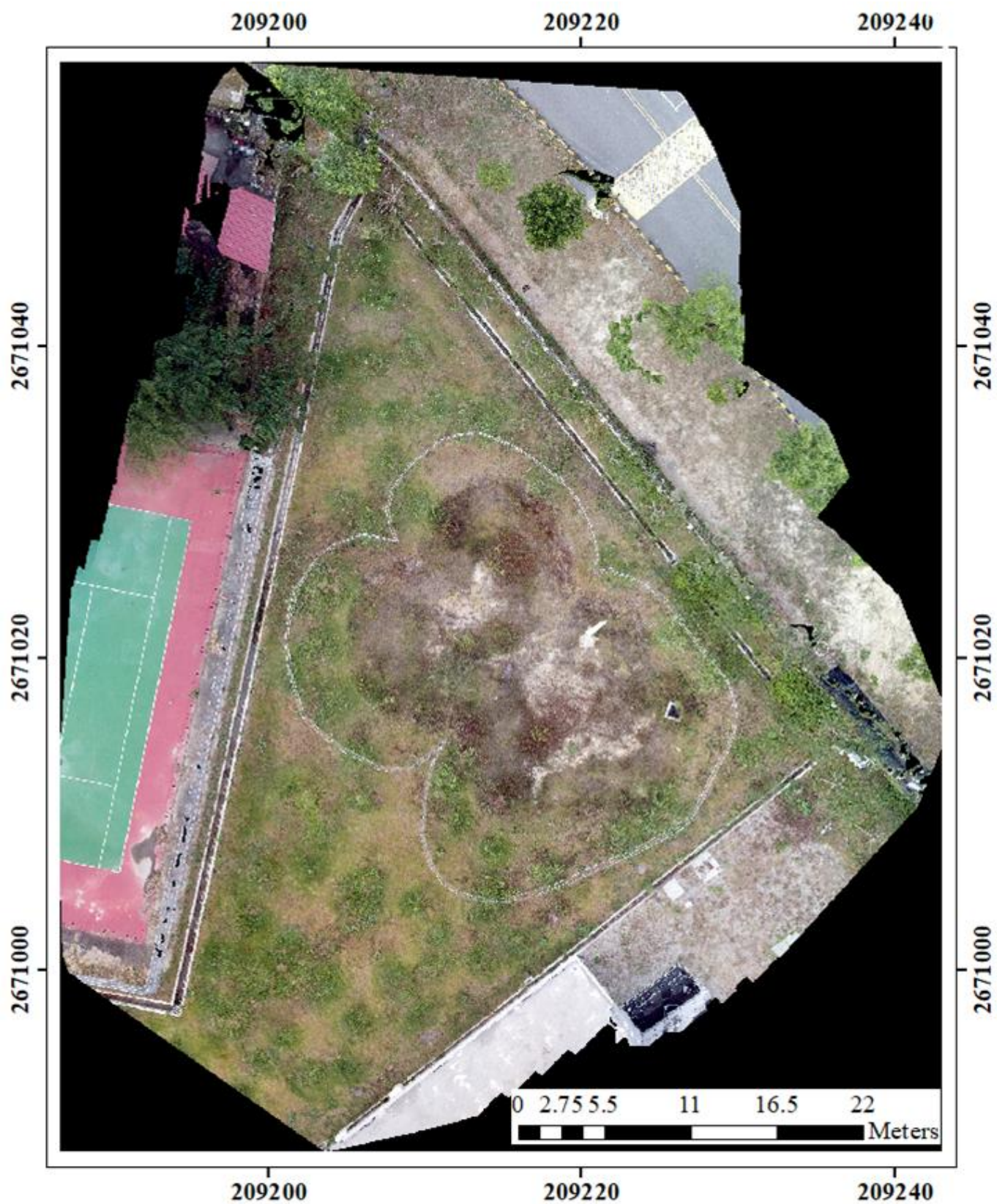


圖 4-12 汙水處理廠 - 計畫範圍空拍影像成果圖

(三) 水土保持設施規劃與配置

基地內整體之水土保持設施規劃與配置，順應基地地形西北高東南低之特性，並配合開發之需求及符合總量管制。沿著計畫範圍以及汙水廠設置矩形混凝土溝、集水井和兩座滯洪沉砂池收集區內產生之逕流，並在計畫範圍西側設置排水溝，將區外逕流導入基地旁既有水溝。由於本次計畫無大挖大填之情形，所以除配合整地高程施作半重力式擋土牆外，無設置其他坡腳及坡面穩定工程。兩座滯洪沉砂池皆透過新設混凝土管涵排入滯洪沉砂池，經滯洪沉砂後，再由排放井及管涵排放至區外既有水溝，相關水土保持設施配置如圖 4-13。

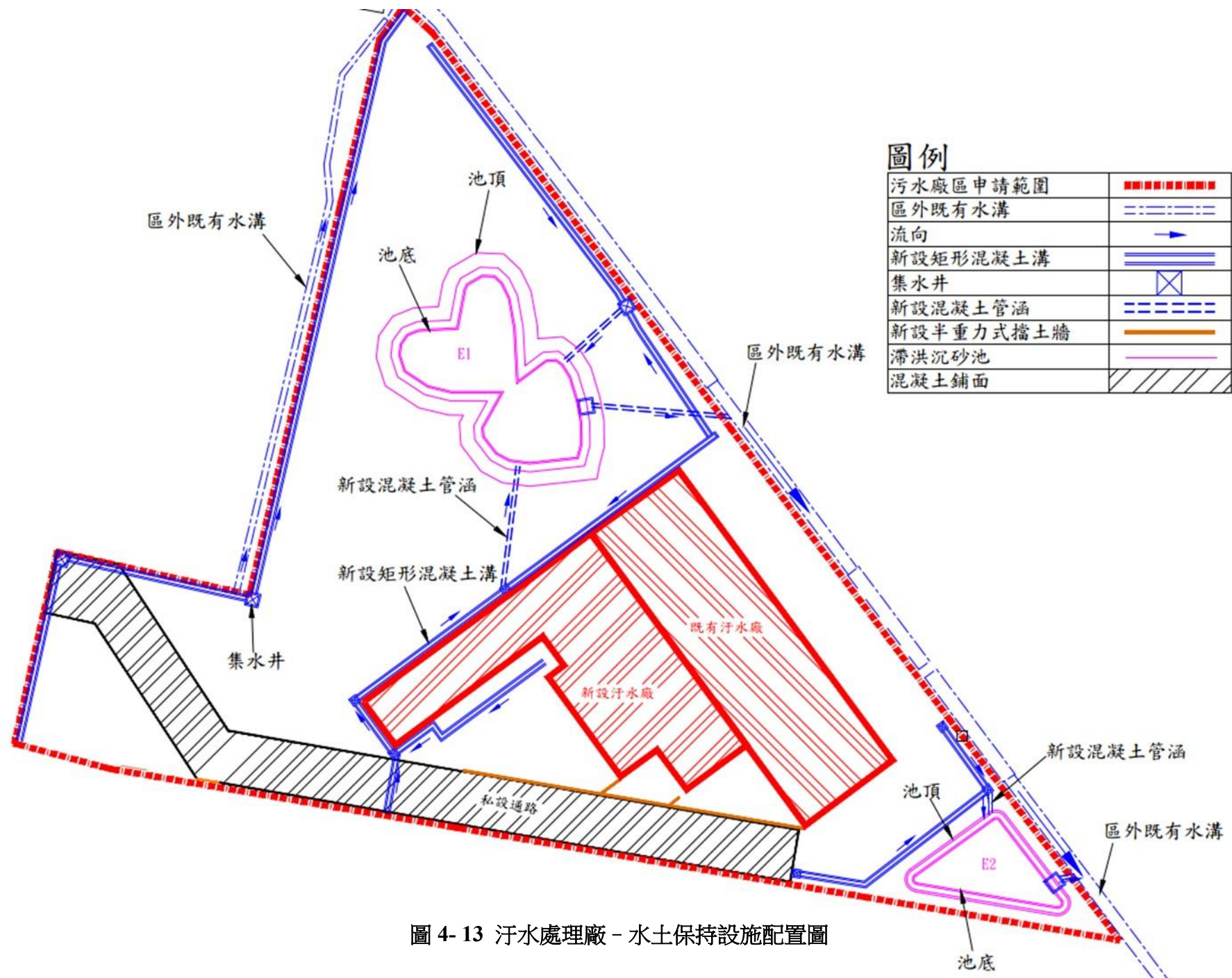


圖 4-13 污水處理廠 - 水土保持設施配置圖

(四) 滯洪沉砂池

本計畫之滯洪沉砂池依據基地之使用空間採滯洪沉砂垂直共構之設計，池壁採 1:1 設計，並在上面種植草種，不但美觀還能符合自然生態，如圖 4-14，並以拋石保護池壁之坡腳，兩座滯洪沉砂池分別透過 P1、P2 新設混凝土管涵排入 E1 滯洪沉砂池，而 P4 新設混凝土管涵則排入 E2 滯洪沉砂池，經滯洪沉砂後，E1 池由排放井及 P3 管涵、E2 池則由排放井和 P5 管涵排放至區外既有水溝，如圖 4-15 和圖 4-16。另外在入水口也設置拋石，以防淘刷，如圖 4-17 至圖 4-20。滯洪沉砂池體之設計部分，E1 採用下底面積 187 平方公尺，上底面積 245 平方公尺，滯洪深 0.75 公尺，滯洪容量為 162 立方公尺；沉砂池體部分，採用下底面積 177 平方公尺，上底面積 187 平方公尺，沉砂深 0.15 公尺，沉砂容量為 27.3 立方公尺，其現狀及出入水口實照如圖 4-21 及圖 4-22。E2 採用下底面積 80 平方公尺，上底面積 100 平方公尺，滯洪深 0.5 公尺，滯洪容量為 45 立方公尺；沉砂池體部分，採用下底面積 74 平方公尺，上底面積 80 平方公尺，沉砂深 0.15 公尺，沉砂容量為 4.2 立方公尺。滯洪量之排放，將於滯洪沉砂池設置排放井，出水口以不鏽鋼板施作、設置矩形出水口，且於開口處加設半圓柱型攔污柵，以保持排水之通暢，E1 及 E2 池之出水口正視圖及剖面圖如圖 4-23 至圖 4-26，並經由管涵排放至基地東側既有水溝。另外在 E1 及 E2 的入水口皆有設置拋石，其設計如圖 4-27。而在 E2 池出水口旁有設置污水管，以免污水量影響原本設計之出水口流量，如圖 4-25。

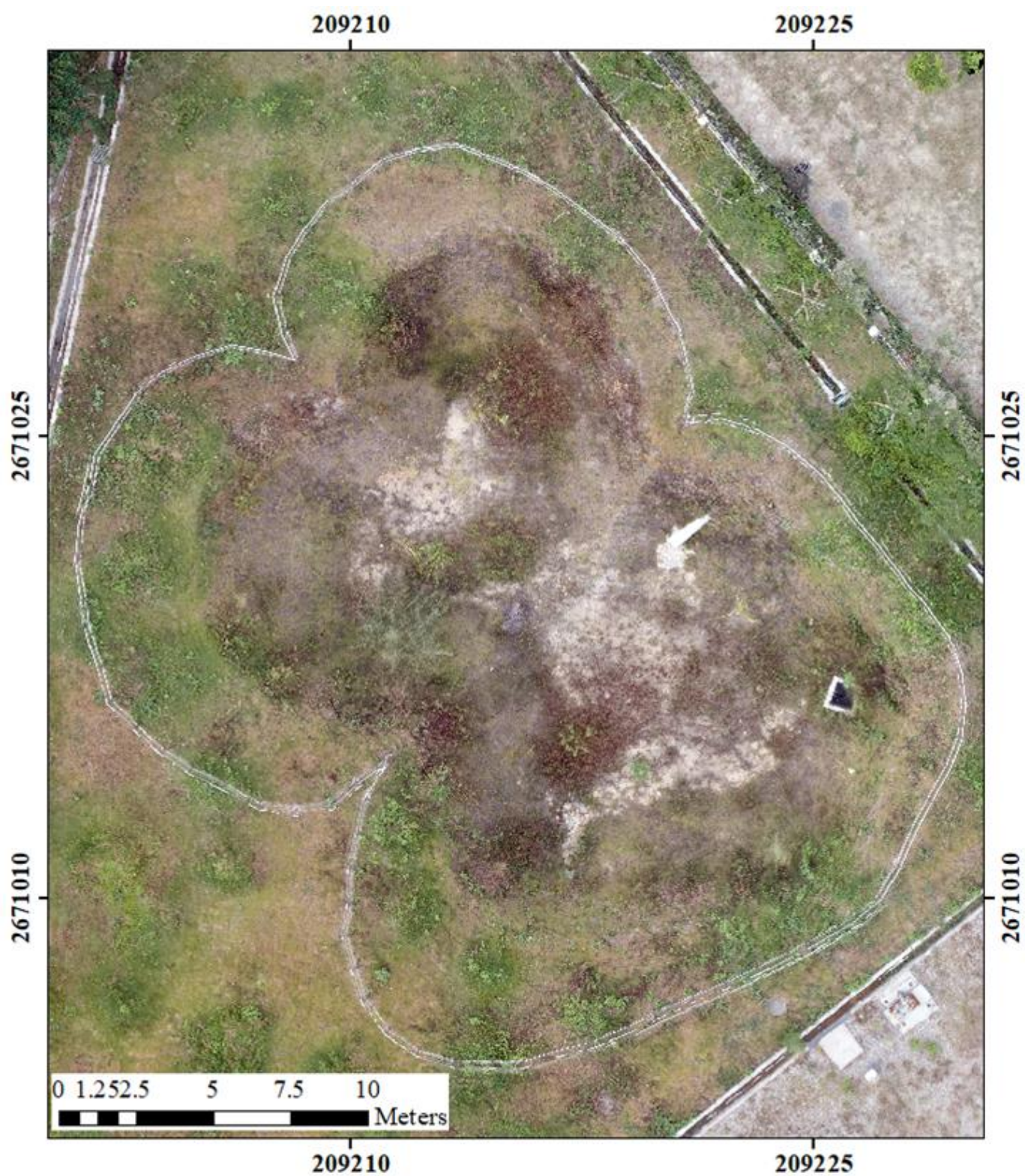


圖 4-14 汙水處理廠－滯洪沉砂池空拍影像成果圖

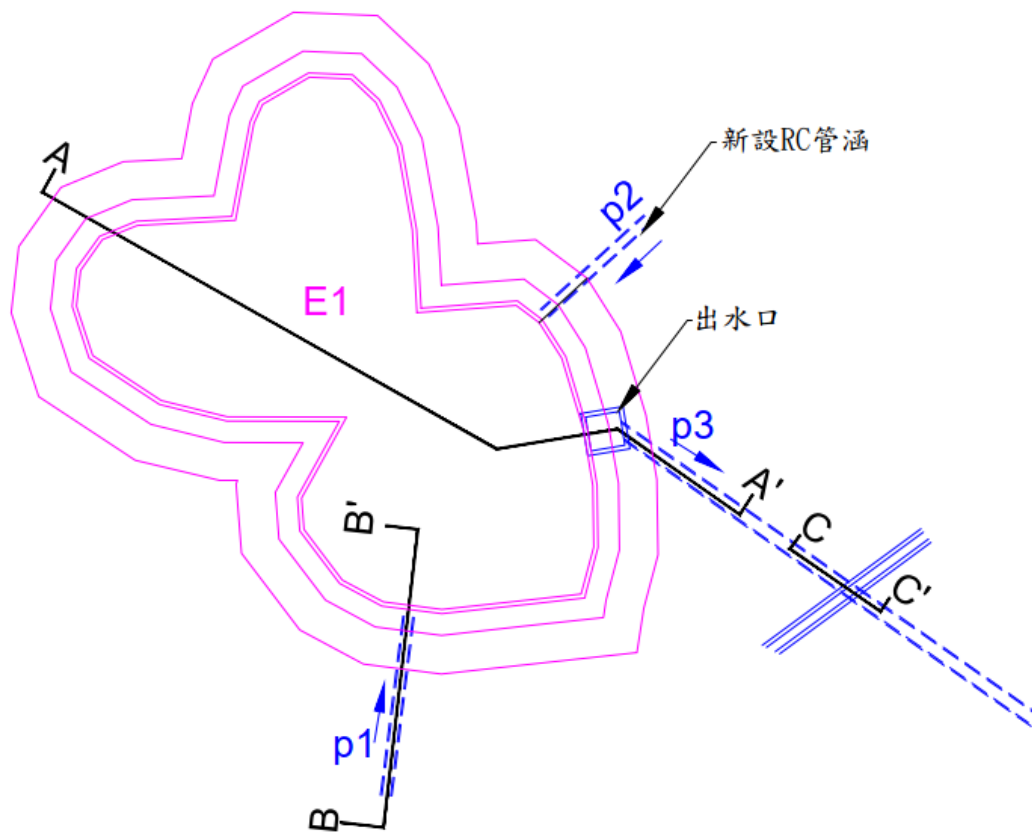


圖 4-15 污水處理廠 - E1 滯洪沉砂池平面圖

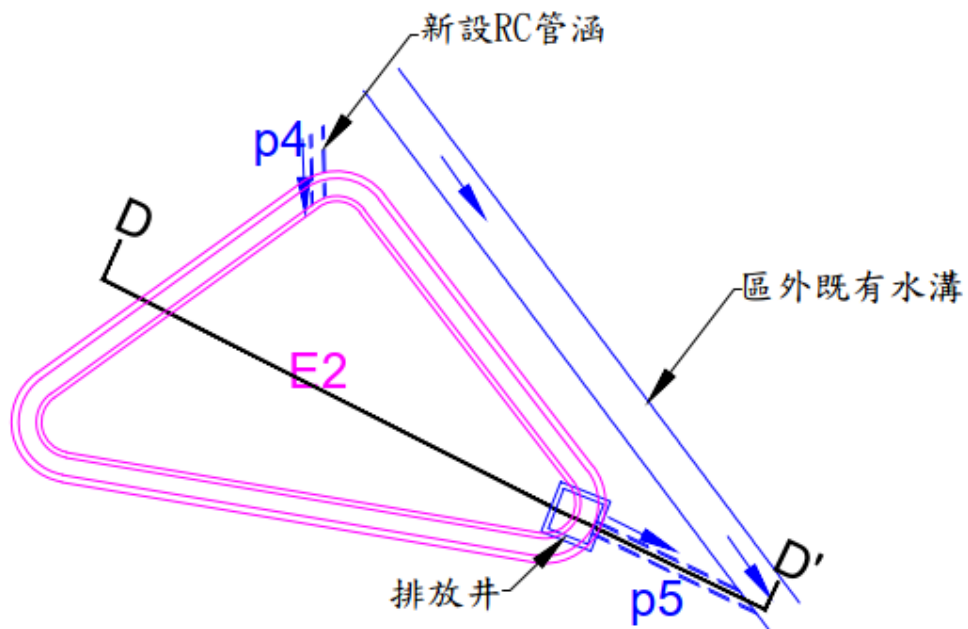


圖 4-16 污水處理廠 - E2 滯洪沉砂池平面圖

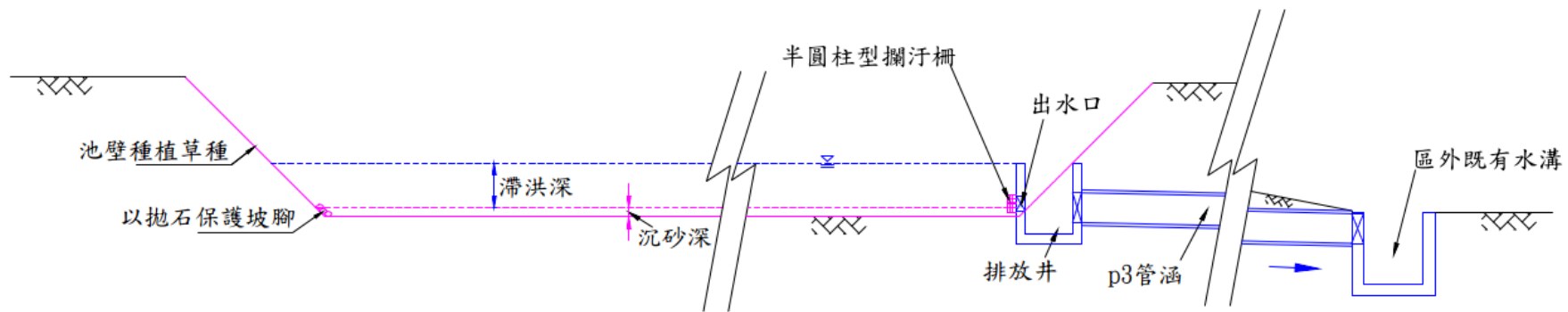


圖 4-17 污水處理廠 - E1 滯洪沉砂池 A-A'剖面圖

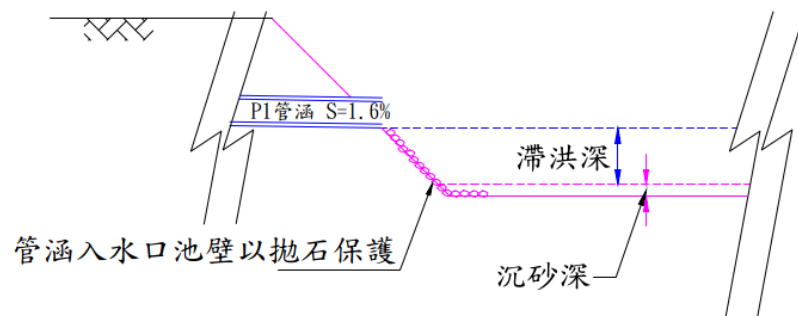


圖 4-18 E1 滯洪沉砂池 B-B'剖面圖

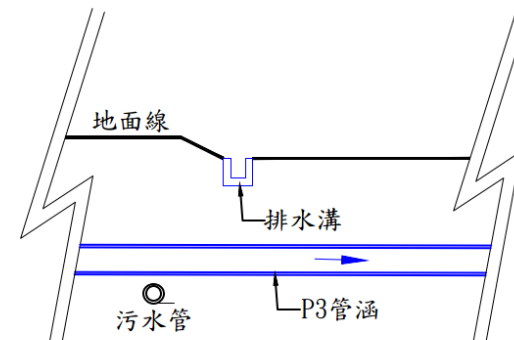


圖 4-19 E1 滯洪沉砂池 C-C'剖面圖

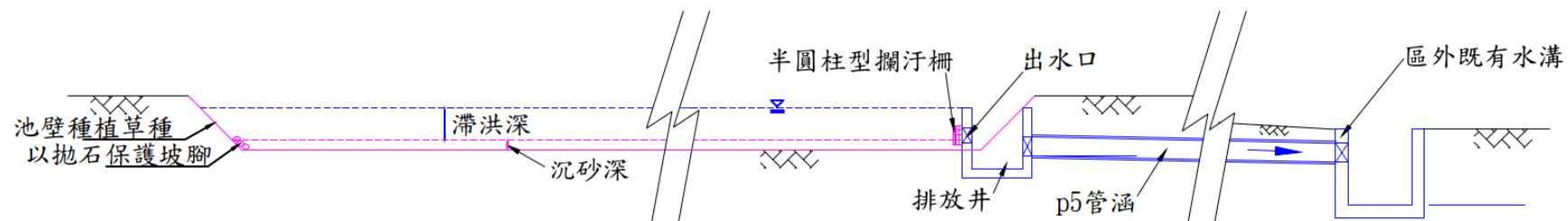


圖 4-20 污水處理廠 - E2 滯洪沉砂池 D-D'剖面圖



圖 4-21 污水處理廠 - E1 池入水口實照



圖 4-22 污水處理廠 - E1 池出水口實照

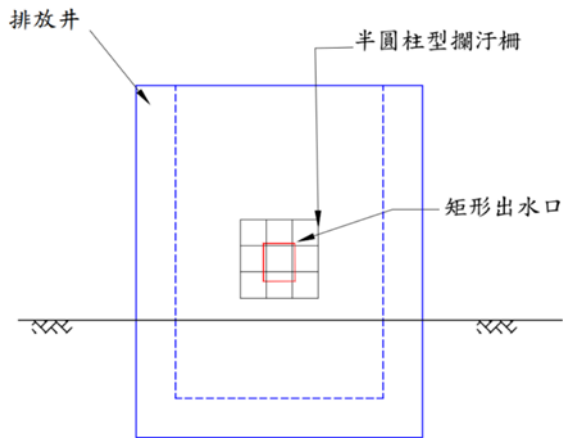


圖 4-23 污水處理廠 - E1 池出水口正視圖

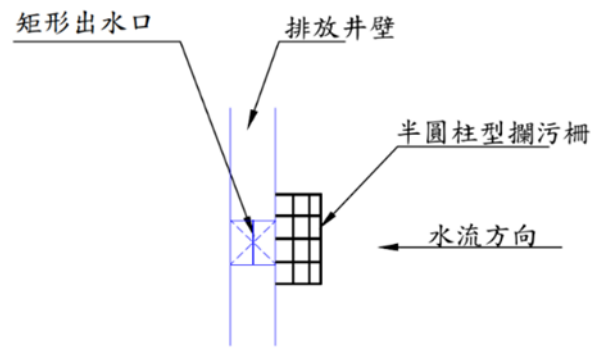


圖 4-24 污水處理廠 - E1 池出水口剖面圖

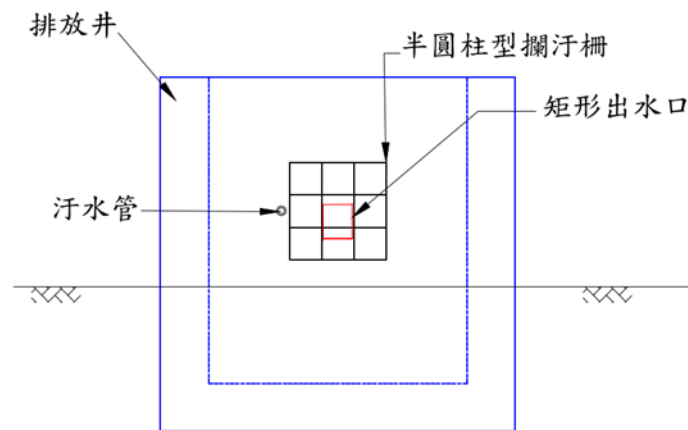


圖 4-25 污水處理廠 - E2 池出水口正視圖

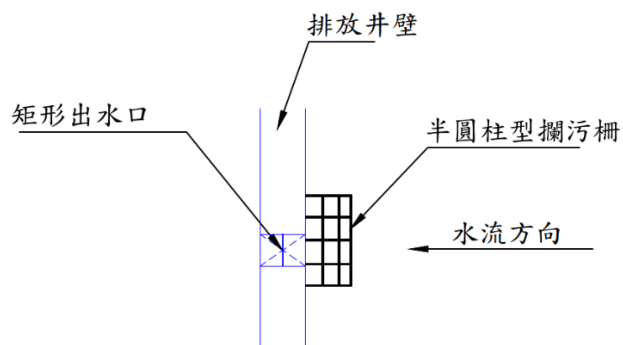


圖 4-26 污水處理廠 - E2 池出水口剖面圖

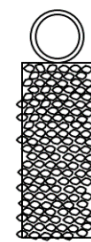


圖 4-27 污水處理廠 - 入水口拋石正視圖

案例三：檢修廠興建工程使用

(一) 基地概述

本開發基地座落於南投縣魚池鄉，位於日月潭北側，申請面積為6504.14平方公尺。基地西北側為日月潭公路，地形西高東低，坡向多為東南向，坡度介於二級~五級坡，並以三級坡占比最大，現地空拍影像如圖 4-28。基地之集水區面積在 1000 公頃以下，故採合理化公式做為水理計算之依據，經調查基地內地質無結構不良或地層破碎帶，地表植生狀況良好且距天然河岸距離甚遠，受向原侵蝕之影響甚微，洪患可能相對較低。

(二) 設計理念

本計畫屬興建工程使用案例，目的是為進行船舶上架檢修廠興建。為減少檢修廠興建行為對環境之衝擊，避免水土流失災害之發生，配合新設之聯外道路及線形之基地範圍，進行完善之水土保持處理與維護設計。於開挖整地前清除地上之雜物，並順應基地地形規劃挖填之土方量，達到檢修場興建之整地需求，在基地內設置一座長 87.5 公尺加勁擋土牆，並撒播具有水土保持及景觀功能之草種，將因開挖整地工程導致地表裸露之區域，迅速恢復植生覆蓋，避免地表裸露導致之土砂災害發生。為滿足基地之區域排水需求，重新規劃排水設施，配合排水管將逕流導入新設之滯洪沉砂池，避免基地內開發行為造成土砂災害。基地整體之水土保持規劃除配合檢修廠興建之開發目的外，期望降低開挖整地對原基地區域之環境影響，恢復原植生覆蓋景觀，融入日月潭周遭之景色。

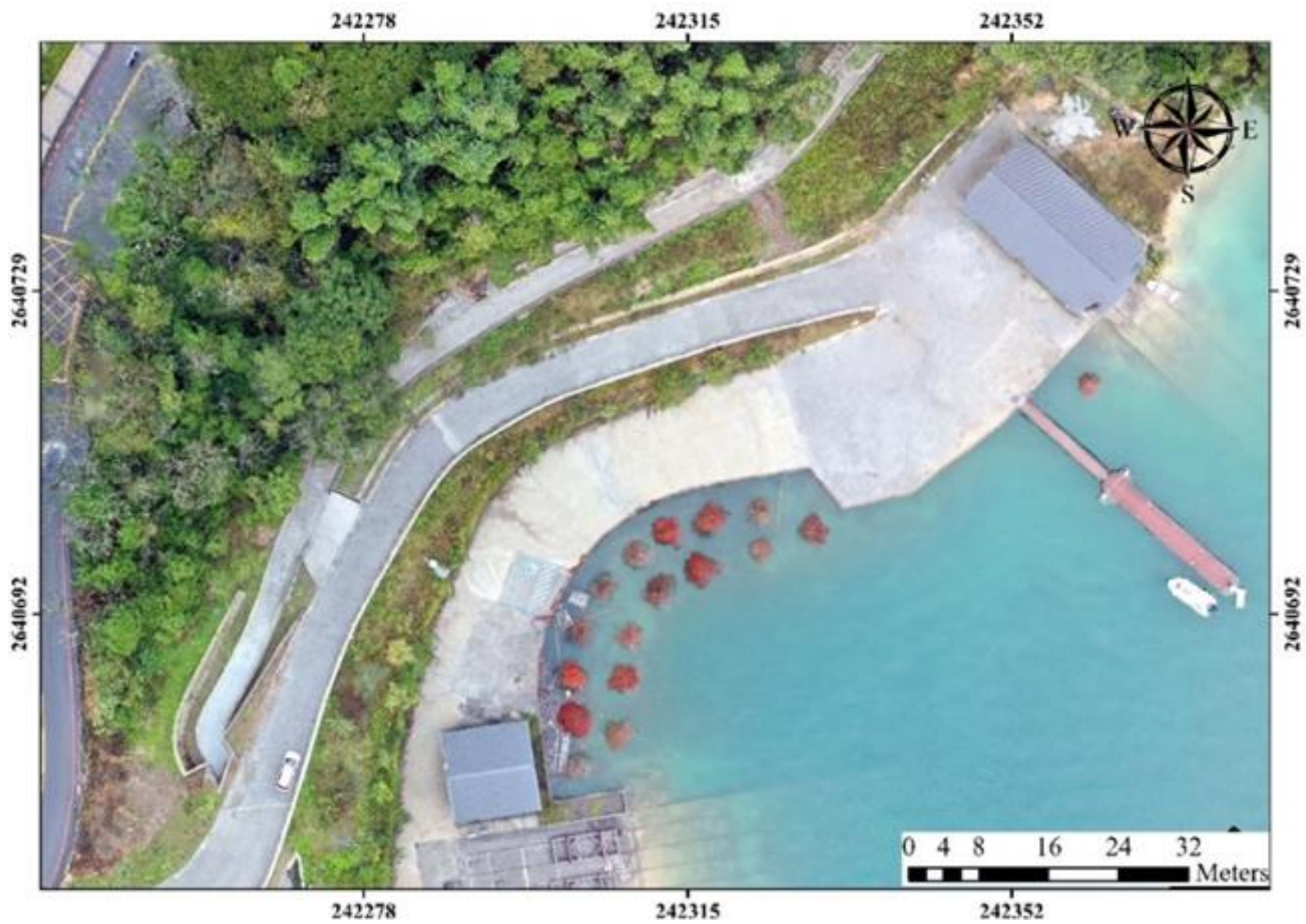


圖 4- 28 檢修廠 - 計畫範圍空拍影像成果圖

(三) 水土保持設施規劃與配置

基地內整體之水土保持設施規劃與配置，配合檢修廠興建之目的，並順應線形基地範圍與地形西高東低之特性。於基地坡面進行開挖整地工程，配合加勁擋土牆及懸臂式擋土牆之配置，維護邊坡穩定及安全，坡面配合草皮鋪設及植草磚方式加強植生覆蓋，防止地表裸露產生之坡面侵蝕及土壤流失，期望快速回復開發前之自然景觀，相關水土保持設施配置如圖 4-29。因基地範圍較為狹長，排水系統之規劃設計，由矩形溝及箱涵蒐集逕流至集水井後，由涵管連接斜率 1:0.5 之縱洩溝，防止逕流對坡腳之破壞及坡面之土壤沖蝕，再由集水井連接涵管將逕流安全排入滯洪沉砂池，由於基地之狹長範圍及地形走向，設計將滯洪沉砂池與懸臂式護岸共構，並於護岸出水口設計砌石消能塊，使滯洪沉砂池之出流水可安全排入日月潭中，防止對護岸基腳之沖刷。基地內水土保持設施規劃配置順應基地地形，兼具實用及融入周遭景色之設計。

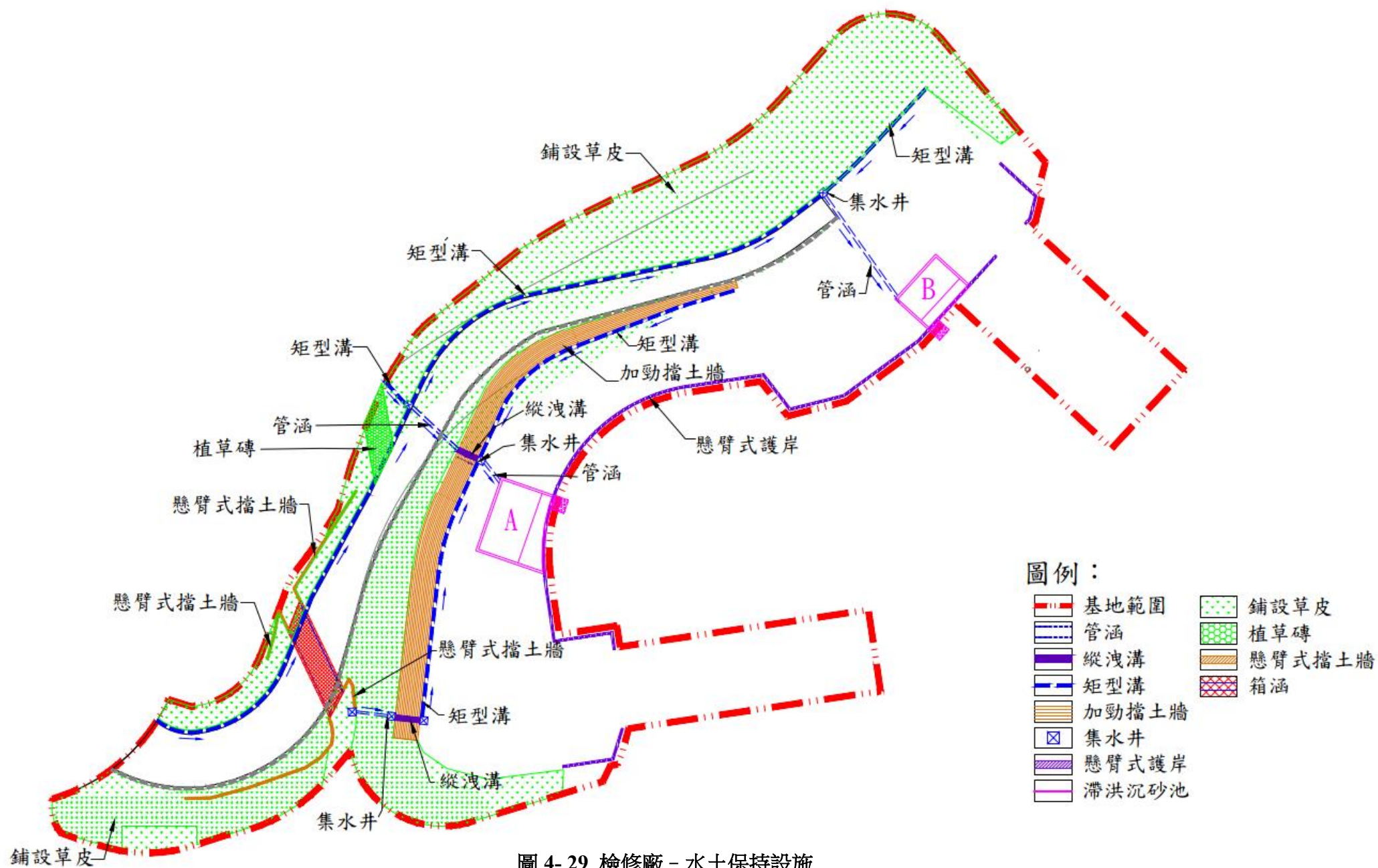


圖 4-29 檢修廠 - 水土保持設施

(四) 滯洪沉砂池

本計畫之滯洪沉砂池規劃設計，依據基地之地形及使用空間分為 A、B 兩池，兩池皆採滯洪沉砂垂直共構設計，且順應狹長之基地範圍設計與護岸共構，為配合基地之土地利用方式，及融入日月潭周遭景色，並方便人車通行，故將滯洪沉砂池設計於地下，如圖 4-30、圖 4-31。計畫範圍內所收集的逕流分別由 P2 及 P3 管涵排入至 A、B 兩座滯洪沉砂池，如圖 4-32 及圖 4-33。A 池滯洪池體部分，採用底面積 84.11 平方公尺，滯洪深 1.2 公尺，滯洪容量為 100.93 立方公尺；沉砂池體部分，採用底面積 22.8 平方公尺，沉砂深 2.3 公尺，沉砂容量為 52.44 立方公尺，如圖 4-34 及圖 4-35。B 池滯洪池體部分，採用底面積 48 平方公尺，滯洪深 1.2 公尺，滯洪容量為 57.6 立方公尺；沉砂池體部分，採用底面積 12 平方公尺，沉砂深 2.3 公尺，沉砂容量為 27.6 立方公尺，如圖 4-36 及圖 4-37。為避免異物堵塞出水口導致池水溢流，於出水口配置半球型攔汙柵，如圖 4-38 及圖 4-39。基地內之滯洪沉砂池整體規劃，除滿足基地之滯洪沉砂需求之外，配合狹長之基地範圍採用與護岸共構的方式，並透過滯洪沉砂池周遭之草種撒播，使整體之規劃設計達到融入日月潭周圍自然景色之目的。



圖 4-30 檢修廠 - A 滯洪沉砂池現況圖



圖 4-31 檢修廠 - B 滯洪沉砂池現況圖

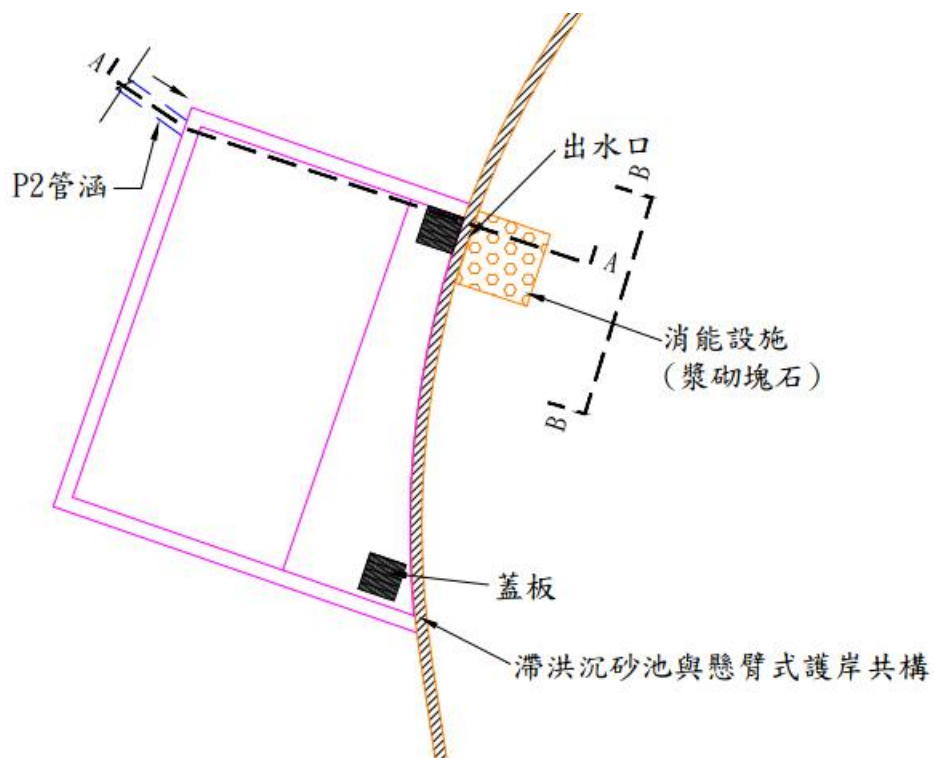


圖 4-32 檢修廠 - A 滯洪沉砂池平面圖

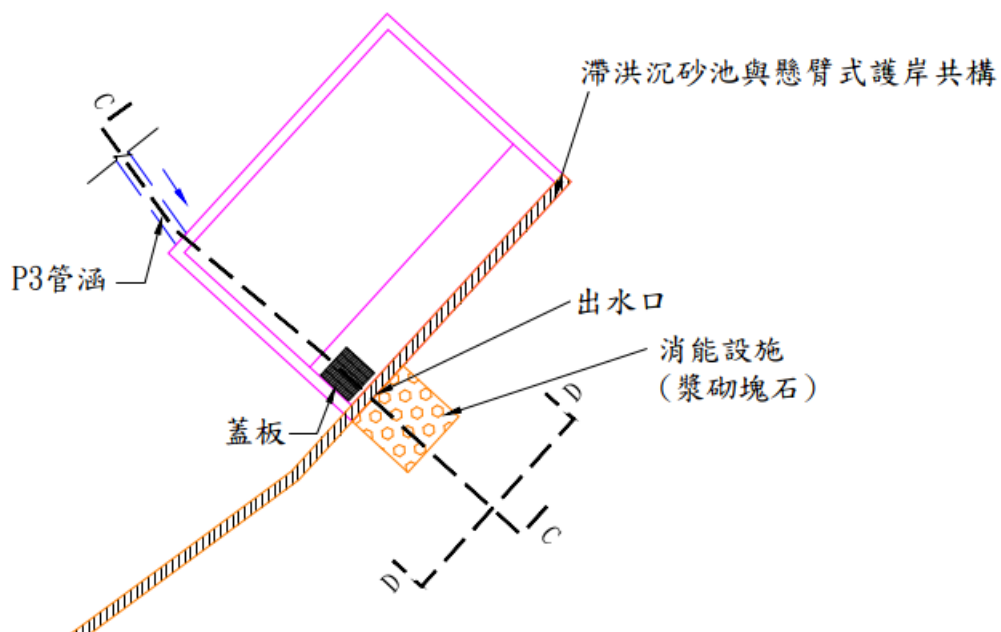


圖 4-33 檢修廠 - B 滯洪沉砂池平面圖

本案例兩座滯洪沉砂池皆設計在地下，上方平時可供停車或是道路使用

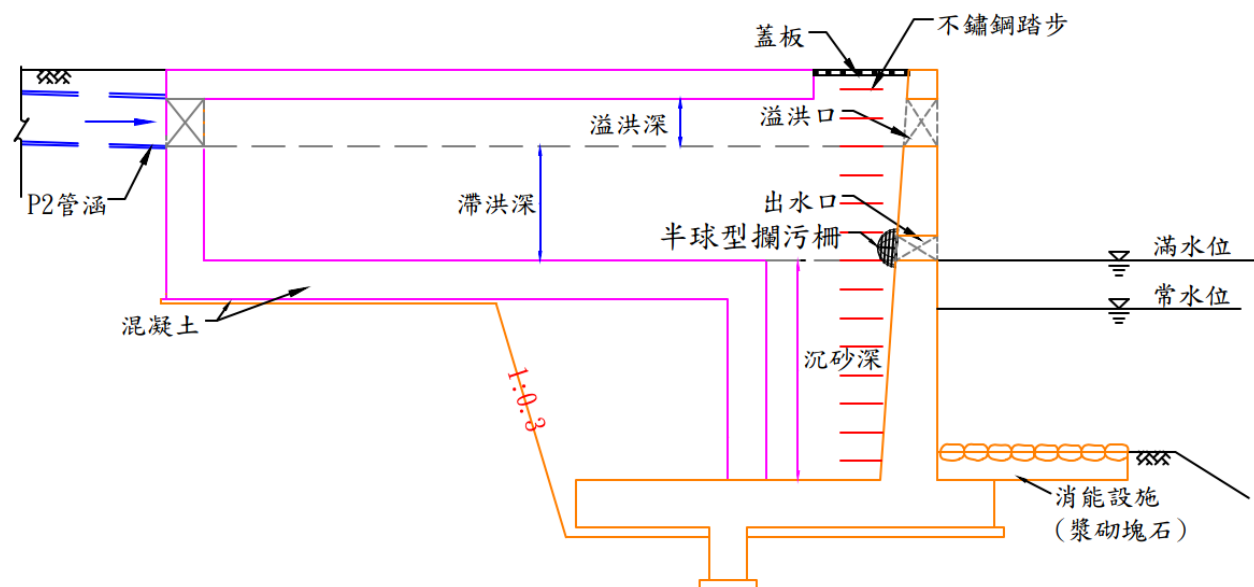


圖 4-34 檢修廠 - A 滯洪沉砂池 A-A 剖面圖

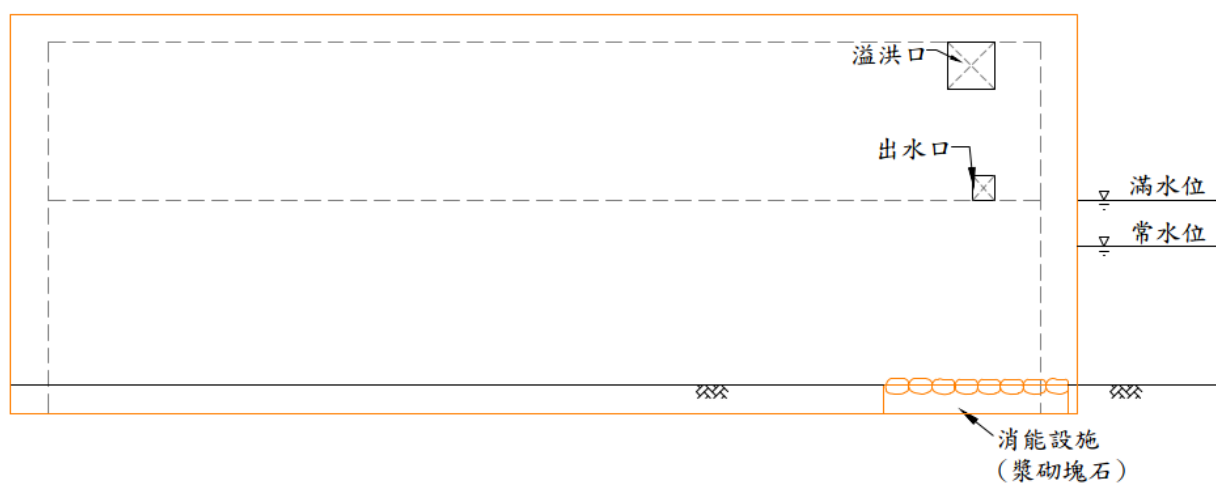


圖 4-35 檢修廠 - A 滯洪沉砂池 B-B 剖面圖

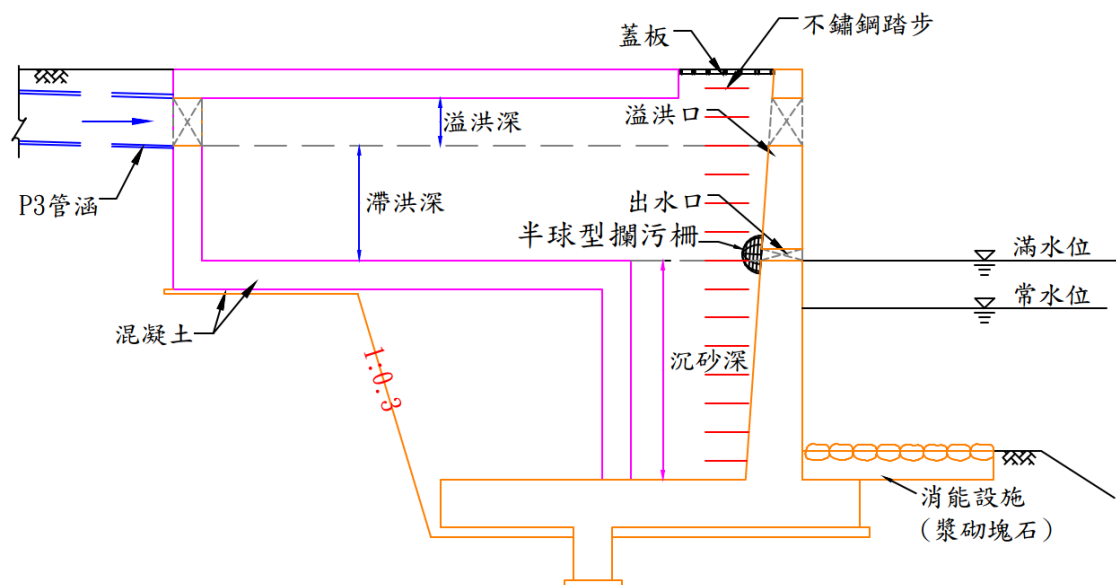


圖 4-36 檢修廠 - B 滯洪沉砂池 C-C 剖面圖

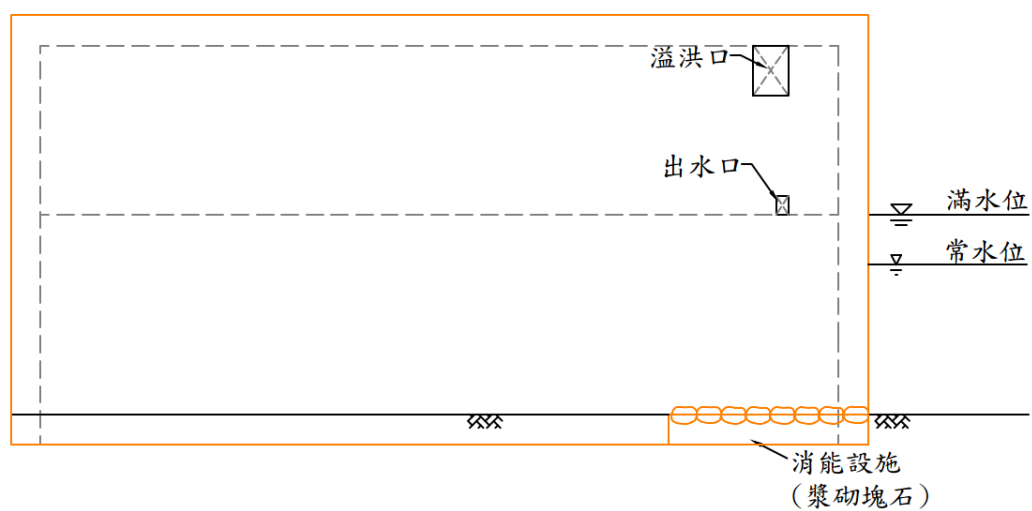


圖 4-37 檢修廠 - B 滯洪沉砂池 D-D 剖面圖

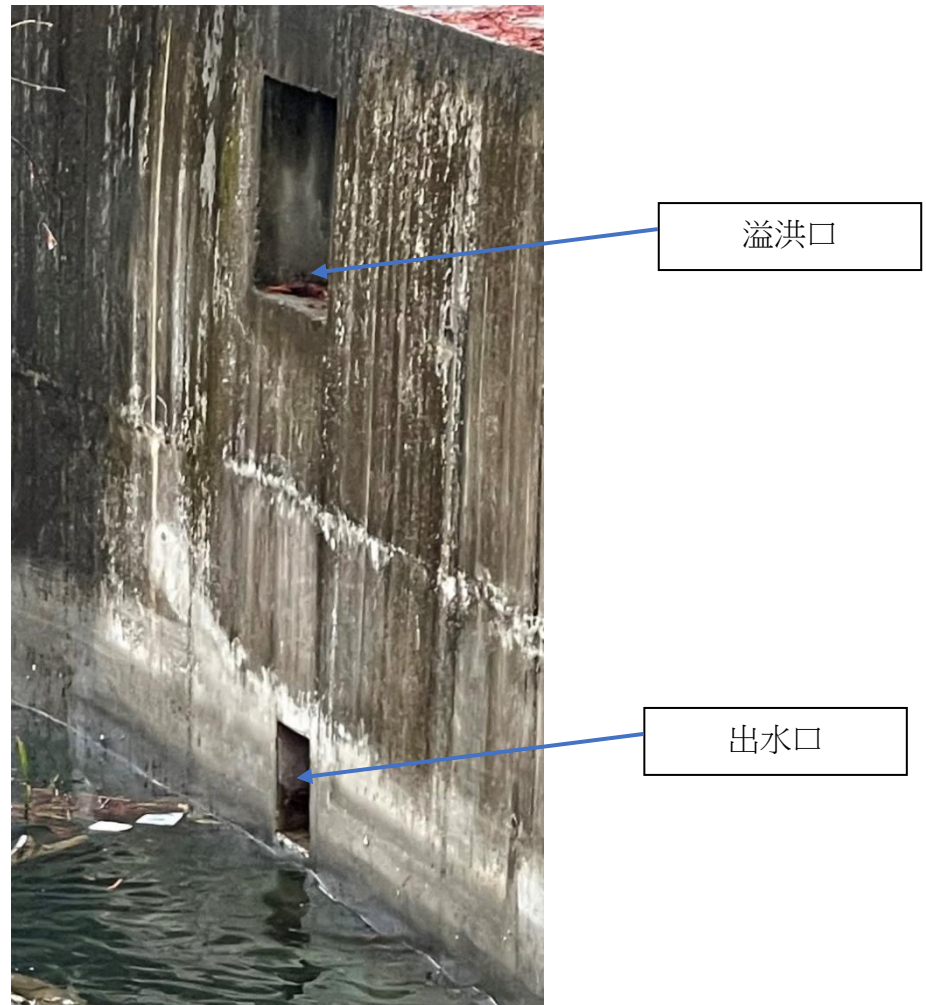


圖 4- 38 檢修廠 - A 滯洪沉砂池出水口及溢洪口實照



圖 4- 39 檢修廠 - 半球型攔汙柵實照

案例四：賓館興建工程使用

(一) 基地概述

本開發基地座落於臺中市和平區位於山頂之平台地，西南側最高點高程約為 2247 公尺，東北側最低點高程約為 2242 公尺，高差約 5 公尺。土地登記面積為 6,120 平方公尺，位屬山坡地，區內坡度分級以一級坡最多，二級坡次之，基地之坡向大致為東北向，使用分區為山坡地保育區。而因為基地位於山頂，周圍不會有水排入，故將基地劃設成單一集水區，現地空拍影像如圖 4-40。

(二) 設計理念

本計畫屬建築開發使用案例，目的為新建賓館。農場位於高海拔，佔地約 800 公頃，雲霧變化無窮，農場之自然景觀及人文資源豐富，環境優美，也有眾多的體驗休閒設施，亦提供住宿餐飲服務，適合從事休閒旅遊、渡假、健身、聯誼等活動。本計畫在遊客服務中心之東側，規劃賓館新建計畫，以便於管理及滿足旅遊之基本需求。因計畫基地位於山坡地，為減低開發行為對環境造成之衝擊及避免產生水土流失之災害，設置各項水土保持設施，在東北側最低點處設置滯洪沉砂池，並配合新設排水溝及集水井收集逕流並匯流入滯洪沉砂池，以發揮最佳效益。

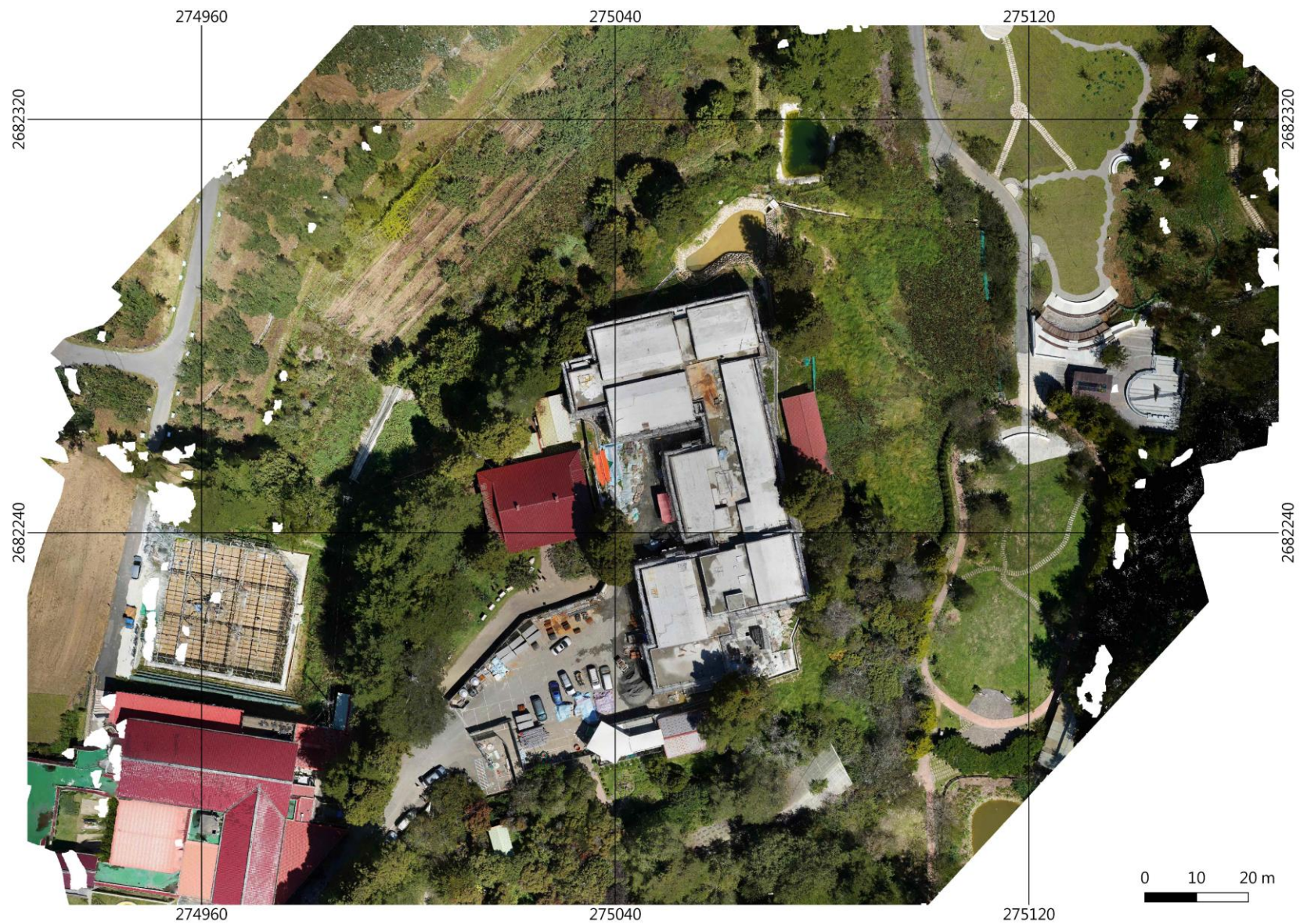
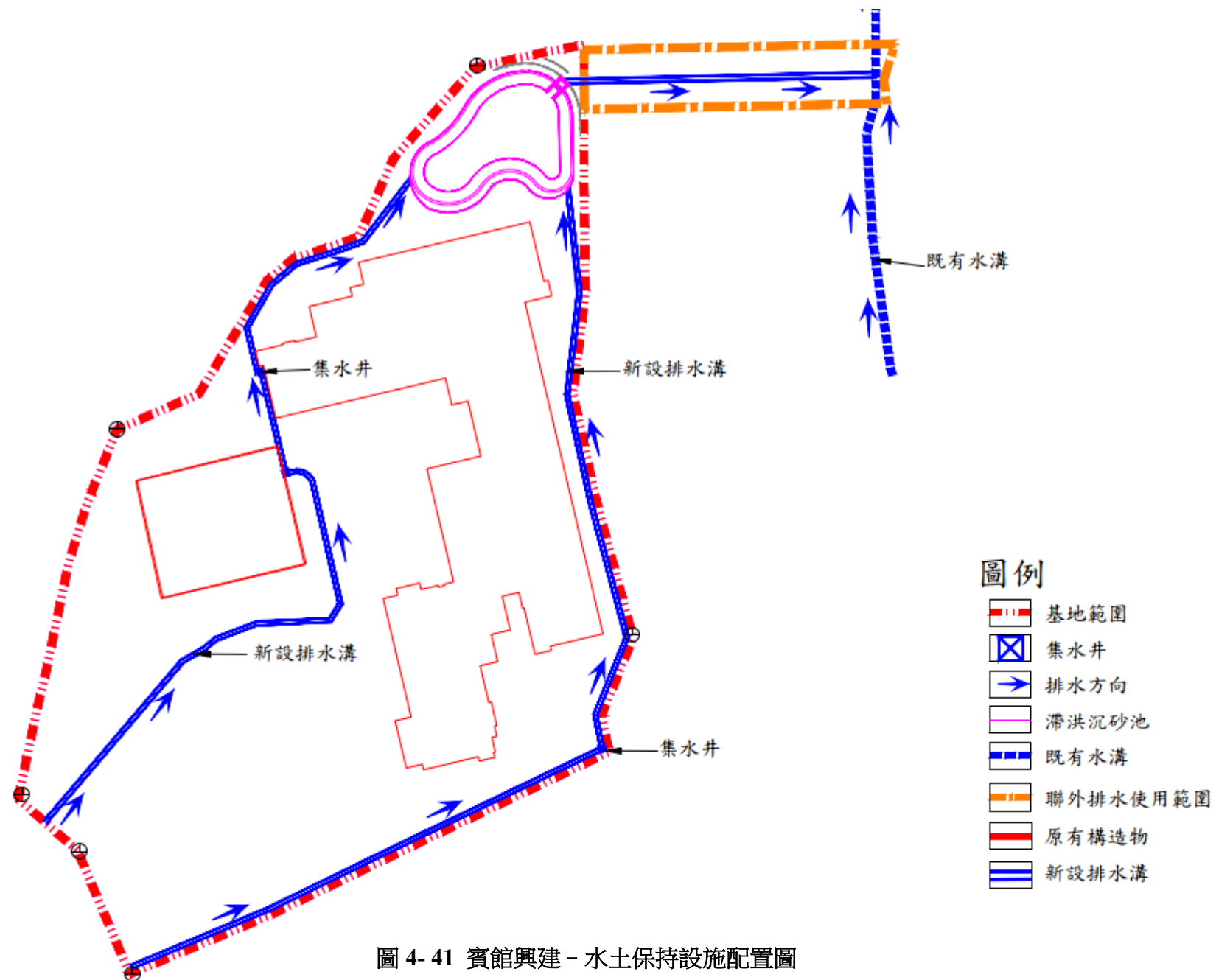


圖 4- 40 賓館興建 - 計畫範圍空拍影像成果圖

(三) 水土保持設施規劃與配置

基地內整體之水土保持設施規劃與配置，配合園區賓館新建之需求及順應基地西南高東北低且位於山頂之特性，沿著計劃範圍與建物周圍設置排水溝及集水井，採 25 年重現期降雨強度計算其逕流量，並透過這兩項排水設施收集計畫範圍內產生的逕流，再由 U1 及 U2 排水溝排放至滯洪沉砂池內，如圖 4-41。而透過滯洪沉砂池，可以降低洪峰流量，遲滯洪峰到達時間，因為本計畫區位於山頂上，可透過滯洪沉砂池降低開發增加之逕流對下游地區環境之衝擊，經滯洪沉砂後再排入既有水溝。另外，本案新建建築位置為既有建築平台，故無需設置邊坡穩定設施及擋土構造物。



(四) 滯洪沉砂池

本計畫之滯洪沉砂池採用滯洪沉砂垂直共構且開放式之設計，以作為沉砂兼生態景觀水池，池壁邊坡採 1:0.75 乾砌卵塊石設計，可使水分入滲至池壁內，幫助植物在池壁生長，乾砌卵塊石也能方便動物進行攀爬，符合自然生態且創造景觀視覺美感，如圖 4-42。滯洪池體之設計部分，採用滯洪底面積 152.4 平方公尺，滯洪頂面積 243.3 平方公尺，滯洪深 2 公尺，滯洪容量為 395.7 立方公尺；沉砂池體部分，沉砂面積為 152.4 平方公尺，沉砂深 0.8 公尺，沉砂容量為 121.9 立方公尺，逕流經沉砂作用後，透過 U3 排水溝排出，如圖 4-43，且在沉砂池池壁做漿砌卵塊石設計以融入周遭環境，如圖 4-44 和圖 4-45。入出水口之實照及設計可參考圖 4-46 至圖 4-50，而滯洪量之排放，將於滯洪沉砂池的豎井設置一直徑為 17.5 公分的圓形出水口，出水口設計採鋼板切割，所需開口固定於出口處，入流面設置半球型攔汙柵，並由水土保持義務人定期清理，汛期需加強巡視，避免阻塞，如圖 4-47、圖 4-49 及圖 4-50。而滯洪沉砂池由 U3 排水溝排放至區外既有水溝，U3 排水溝底部鋪排卵石及末端加深，藉此消能與減緩流速，如圖 4-44。



圖 4- 42 賓館興建 - 滯洪沉砂池空拍影像成果圖

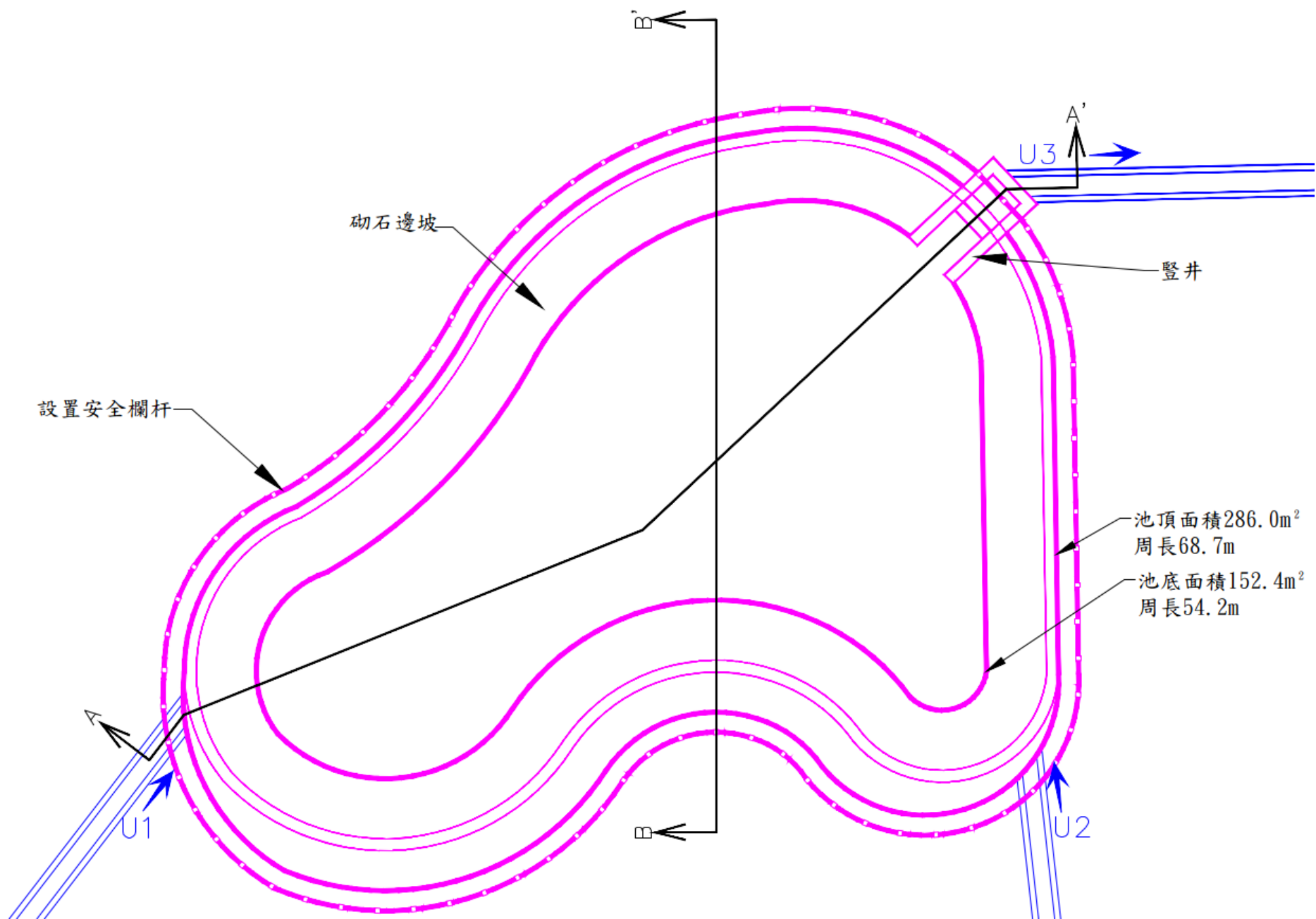


圖 4-43 賓館興建 - 滯洪沉砂池平面圖

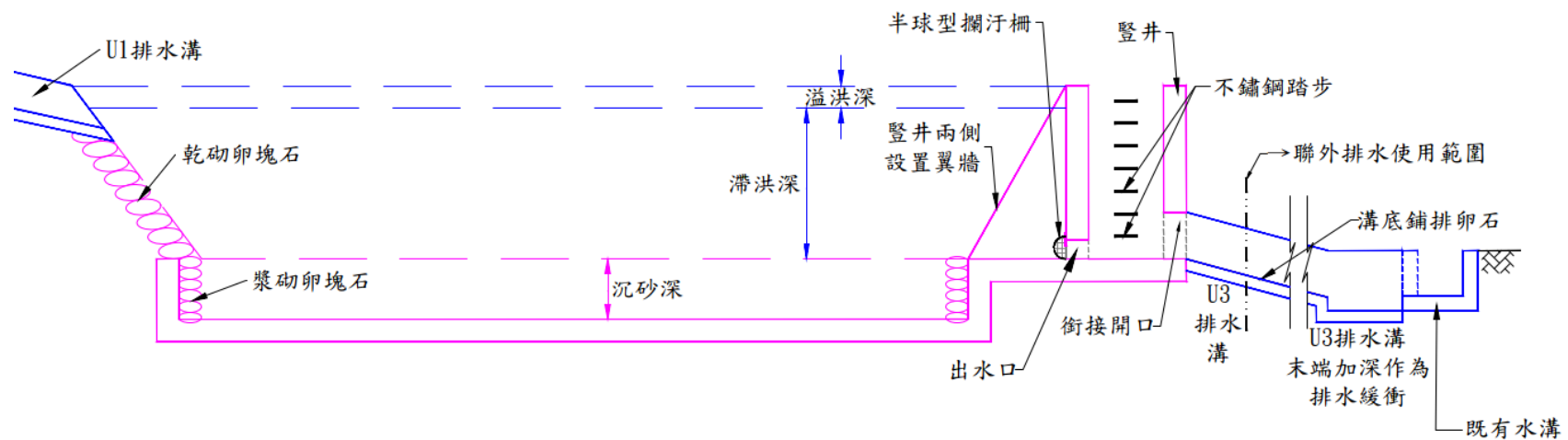


圖 4-44 賓館興建 - 滯洪沉砂池 A 剖面圖

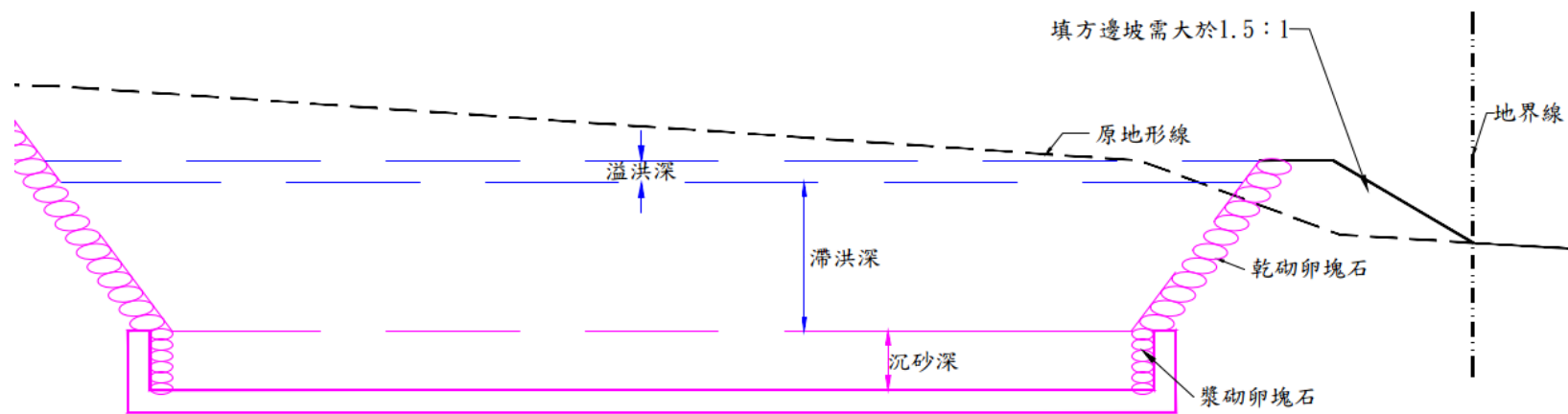


圖 4-45 賓館興建 - 滯洪沉砂池 B 剖面圖



圖 4- 46 賓館興建 - 入水口實照



圖 4- 47 賓館興建 - 出水口及溢洪口(豎井)實照

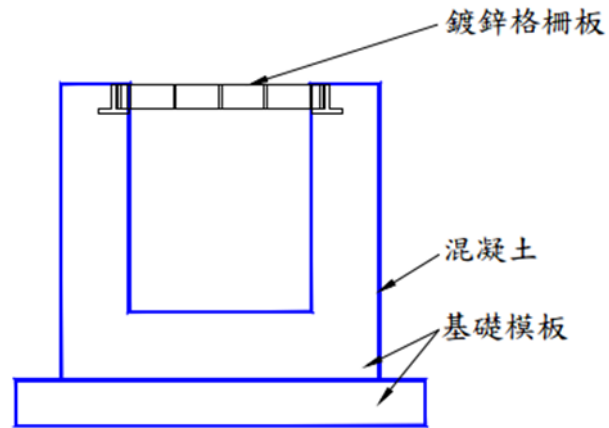


圖 4-48 賓館興建 - 入水口詳圖

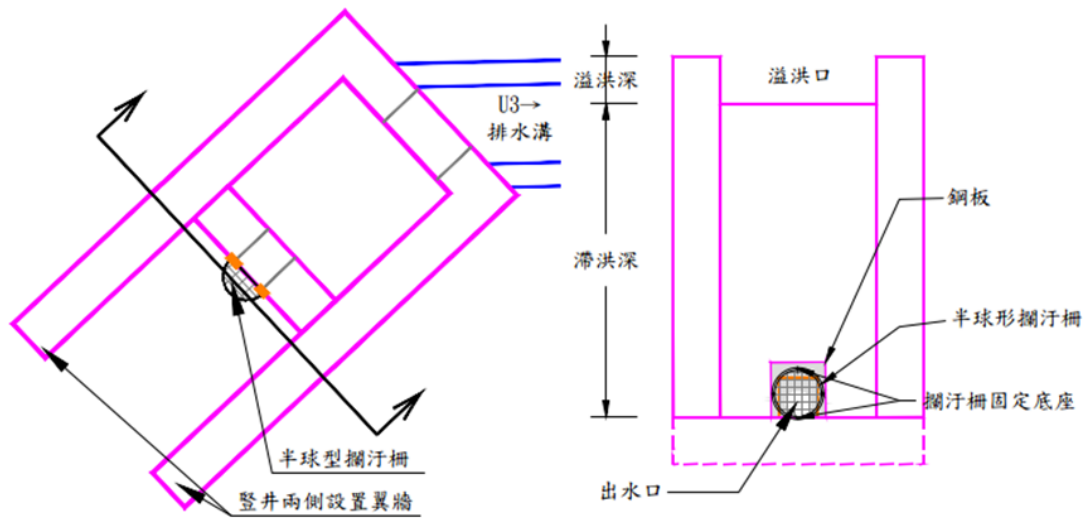


圖 4-49 賓館興建 - 出水口及溢洪口詳圖

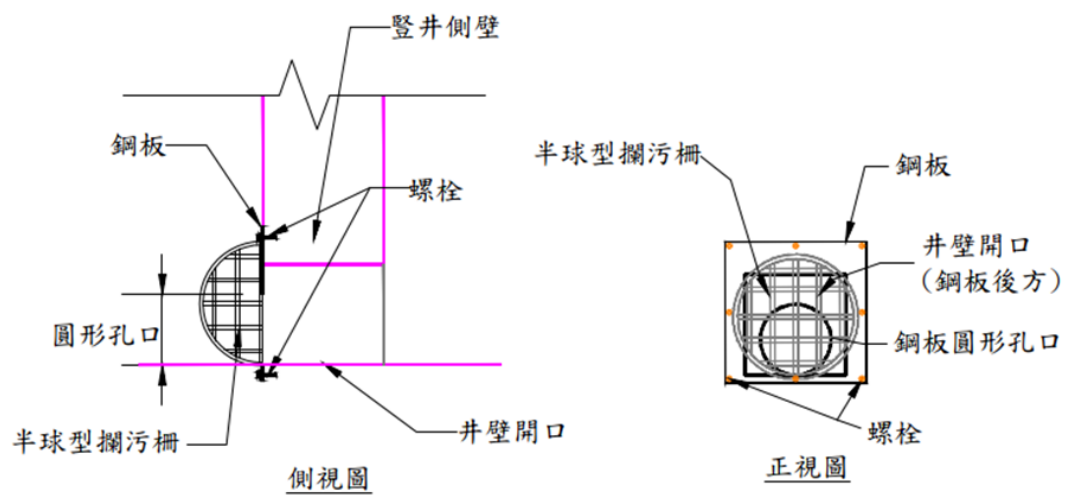


圖 4-50 賓館興建 - 攔汙柵詳圖

案例五：園區興建及生態保留區開發使用

(一) 基地概述

本開發基地座落於臺北市南港區，東臨四分溪，申請面積為253141.11平方公尺。基地中央部分地勢平緩，基地內平坦地區周邊環繞麓山帶丘陵地形區，地形以北、南地勢較高往中央方向下降，坡面多呈向北或向南，經調查發現基地內地下水位較淺，但由於黏土層透水性差導致地表逕流水不易入滲，顯示地下水位應受周邊地形影響。基地內附近無活動斷層，建築使用面積地勢較為平坦，而北側丘陵地形區則有部分為順向坡潛勢區，於北側及南側則有小面積淺層崩塌潛勢區，但因地表植生茂密，坡面多為崩積層覆蓋，故邊坡呈穩定狀態，因此大致無安全之疑慮，現地空拍影像如圖 4-51。

(二) 設計理念

本計畫屬園區興建及生態保留區開發使用案例，目的是為研究園區之興建及生態保留區之規劃。為達到園區興建最小開發及最大生態維護之目標，以最少量體開發、兼顧生態環境為基本原則，配合基地原自然生態，進行完善之水土保持處理與維護設計。基地內各項水土保持設施配置減少混凝土之使用，善用漿砌卵塊石及自然植生之設計，並於園區內設置人工濕地復育區及生態保留區，期望達到最大生態保育之目標。開挖整地工程以保育生態棲地及保留林木為優先，並配合草種撒播及草皮鋪植，將因開挖整地導致地表裸露之區域，迅速恢復植生覆蓋，融入周遭景觀。排水系統之規劃，以漿砌卵塊石溝及草溝等設置，配合園區整體景觀，再將逕流導入滯洪沉砂池。基地整體之水土保持規劃保留原基地區域之自然環境，恢復及保留植生覆蓋景觀，打造具景觀休憩之生態園區



圖 4- 51 園區興建 - 計畫範圍空拍影像成果圖

(三) 水土保持設施規劃與配置

基地內整體之水土保持設施規劃與配置，配合園區興建及生態保留之目的，順應基地生態保留區及人工濕地復育區之規劃。基地內進行之開挖整地工程，以保留生態棲地及林木為原則，減少對原基地地貌之破壞，並配合草種撒播及草皮鋪植於開挖整地區域，使基地內快速恢復植生覆蓋情形，期望快速回復開發前之自然景觀。為配合基地自然生態之規劃，排水系統之規劃設計融入基地景觀，開發區域以排水暗溝、漿砌卵塊石溝及既有排水溝收集逕流，經由管涵導入生態滯洪沉砂池。整體之排水系統規劃，材料選擇貼近自然，並減少混凝土之使用，以融入基地景色。基地內之水土保持設施規劃配置，以最小開發及最大生態維護為目標，兼具生態保育及融入自然景色之設計，如圖 4-52。未開發區域之邊趾設置漿砌卵塊石溝或草溝等，增加植物生長於溝面孔隙及動物棲息空間，並收集逕流經由管涵或直接導入生態滯洪沉砂池，除滿足滯洪沉砂需求，滯洪沉砂池不封底及池中陸島，可增加生物棲地及涵養水源之功能，配合基地整體自然生態設計。

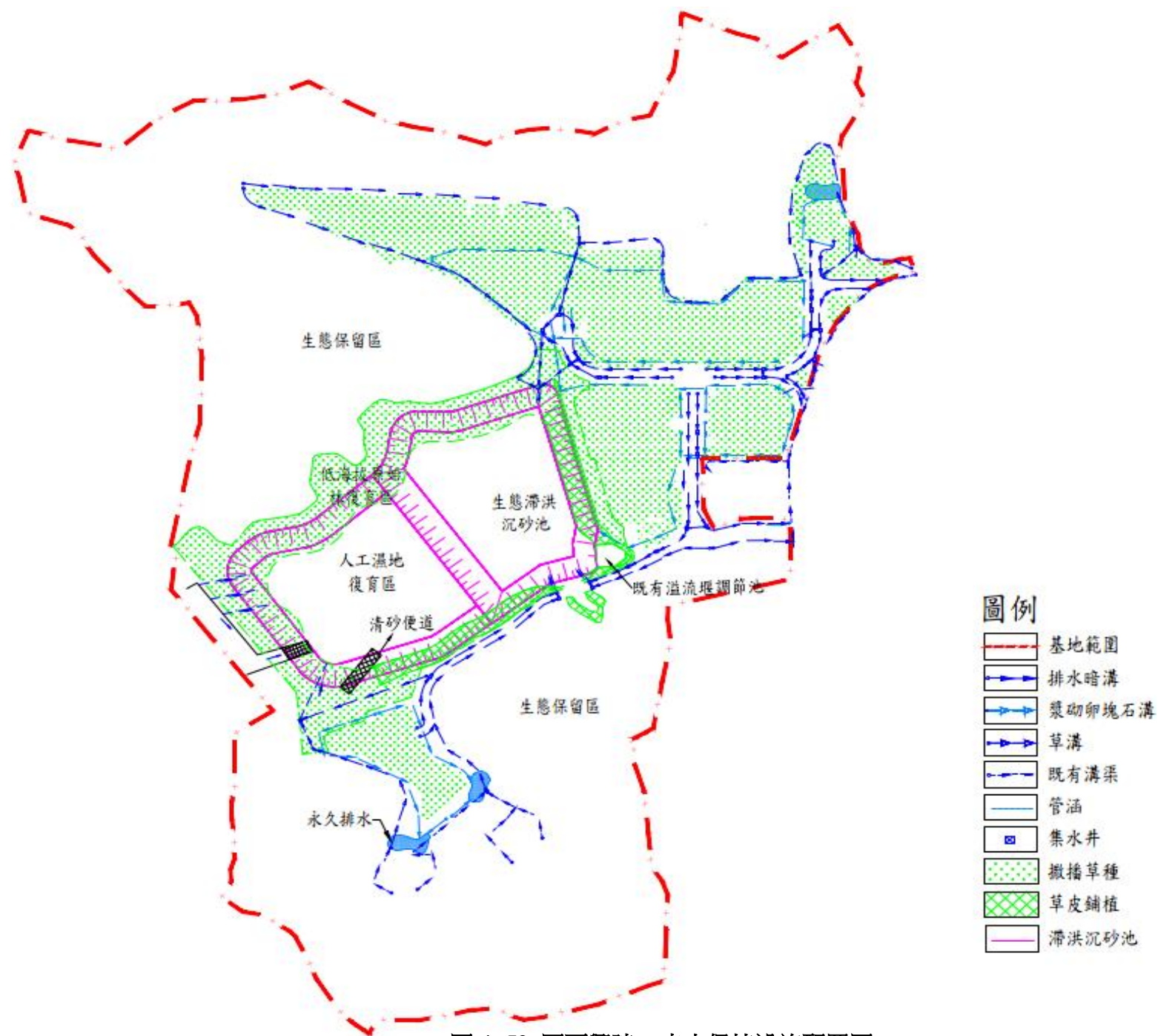


圖 4-52 園區興建 - 水土保持設施配置圖

(四) 滯洪沉砂池

計畫之滯洪沉砂池規劃依據基地之生態化設計，採不封底滯洪沉砂垂直共構之設計，融入周遭自然生態景觀創造視覺美感，如圖 4-53，並於滯洪沉砂池內規劃生態陸島，以利於濱水植物生長及吸引鳥類、魚類等棲息之生態環境。滯洪池體之設計部分，採用下底面積 23,777 平方公尺，上底面積 27,295 平方公尺，滯洪深 1.236 公尺，滯洪容量為 30,944 立方公尺；沉砂池體部分，採用下底面積 19,757 平方公尺，上底面積 23,777 平方公尺，沉砂深 0.6 公尺，沉砂容量為 13,060 立方公尺。滯洪沉砂池之整體規劃順應基地自然生態化之目標，期望達成開發與自然保育之共存，除滿足基地之滯洪沉砂需求之外，不封底設計及生態陸島之規劃，兼具實用、視覺及生態保護等功能，達到基地最少開發及最大生態維護之目的，滯洪沉砂池、入水口及出水口現況如圖 4-55 至圖 4-57，入出水口的相對位置則可參考圖 4-54。



圖 4- 53 園區興建 - 滯洪沉砂池全景圖

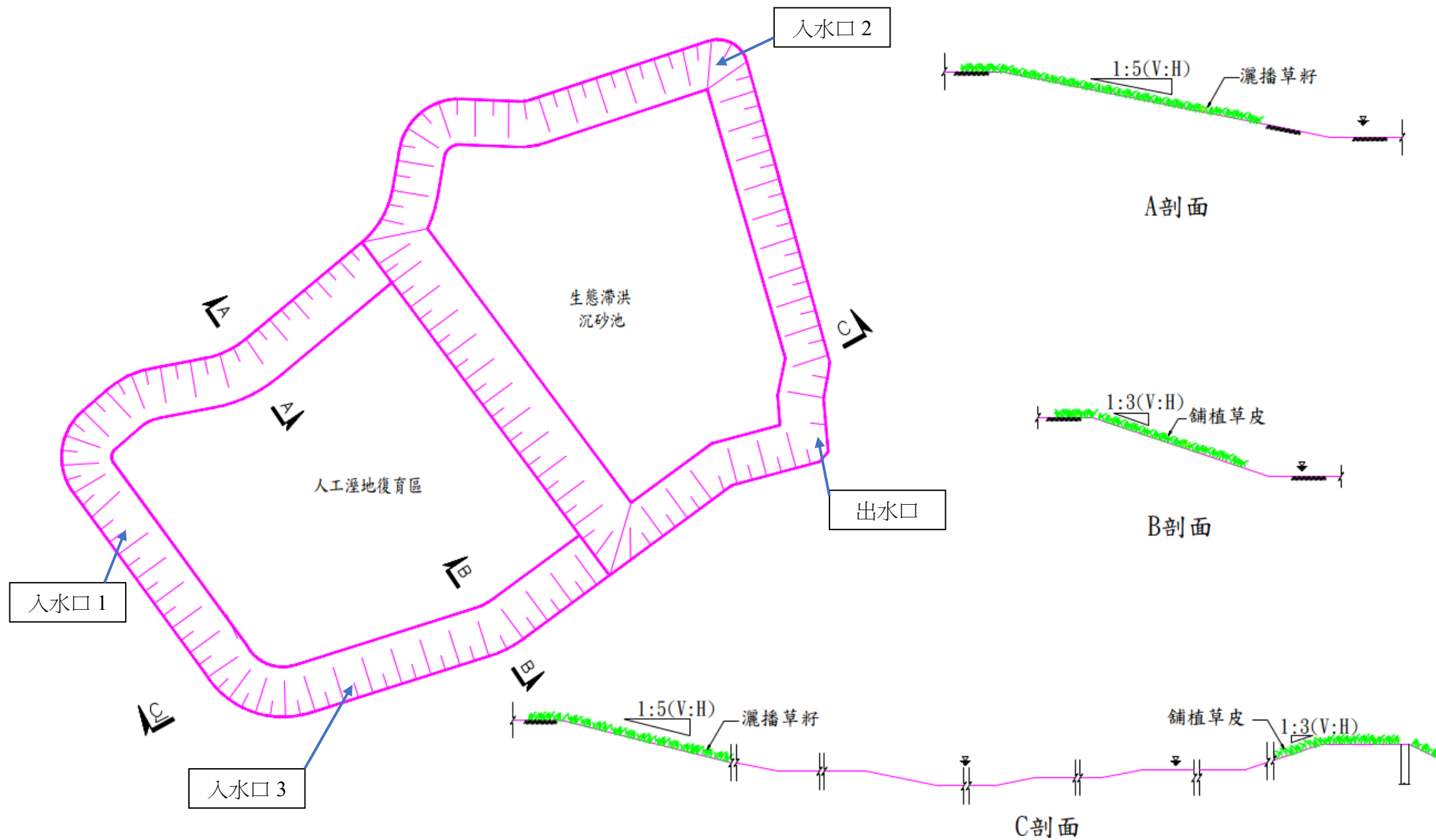


圖 4-54 園區興建 - 滯洪沉砂池詳圖



(a)入水口 1



(b)入水口 2



(c)入水口 3

圖 4- 55 園區興建 - 入水口實照



圖 4- 56 園區興建 - 出水口下游實照(既有溢流堰調節池)



圖 4- 57 園區興建 - 出水口上游實照(既有溢流堰調節池)

案例六：公園開闢工程使用

(一) 基地概述

本開發基地座落臺中市並橫跨龍井區及沙鹿區，進行都市中的公園綠地開發，申請面積為 11916 平方公尺。基地區域成倒 L 型，現地空拍影像如圖 4-58，地形有東南高西北低之趨勢，且坡度多位於二或三級坡。基地位於高地，未近河岸，且由現場地下水位觀測，地下水位應位於地表面 20.0 公尺以下。本基地之植生現況良好，多為草本植物，經調查基地內無地質結構不良或地層破碎帶，但於基地有深溝，易受地形影響，開發時需做好水土保持。

(二) 設計理念

本計畫屬公園開闢工程使用案例，目的是為進行公園綠地開發。為降低開發行為對環境造成衝擊，改善都市生態環境，滿足民眾們休憩、生態教育及視覺美感等生活需求，規劃設計完善之水土保持維護處理措施。除公園綠地規劃外，利用公園之廣大區域設置滯洪沉砂公園，調節上游區域之逕流，減輕下游龍井區之水土災害之負擔。除平坦區域增設集水井、管涵及排水溝等，適當導引逕流外，規劃逕流以自然方式導入池中，整體設計配合滯洪沉砂公園地形考量，規劃兼具安全防災及生活休憩功能之生態環境公園。



圖 4- 58 公園開闢 - 計畫範圍空拍影像成果圖

(三) 水土保持設施規劃與配置

基地內整體之水土保持設施規劃與配置，順應地形東南高西北低之特性，並配合滯洪沉砂公園之設計需求為目的。基地進行之開挖整地工程，為降低對原基地地貌之破壞及順應公園之休憩空間需求，僅進行滯洪沉砂池開挖，並配合公園整體景觀營造，加強植生覆蓋，使基地內無大面積之地表裸露區域，呈現綠化生態之景觀。因基地為滯洪沉砂公園之規劃，規劃形式係將整區皆設計為池體，排水系統之規劃設計，考量基地之地形將逕流自然導入滯洪沉砂池，僅於較平坦區域增設集水井、管涵及排水溝等作適當導引至滯洪沉砂池，最後由集水井連接管涵連接至聯外排水。滯洪沉砂池池壁設計採甲、乙式兩種，以配合基地內不同區位邊坡之需求，主要以植生包堆疊坡腳，並配合客沃土及草種撒播方式，增加公園內活動區域及池壁面之植生覆蓋，如圖 4-59。整體滯洪沉砂公園之規劃配置減少混凝土使用，且多為透水面積以增加逕流入滲，並於公園全區進行植生栽植計畫，包括草皮鋪設、草種撒播、堆疊植生包及喬木及灌木之種植等，達到全區之綠美化，使整體之規劃兼具實用及生活休憩之滯洪沉砂公園。

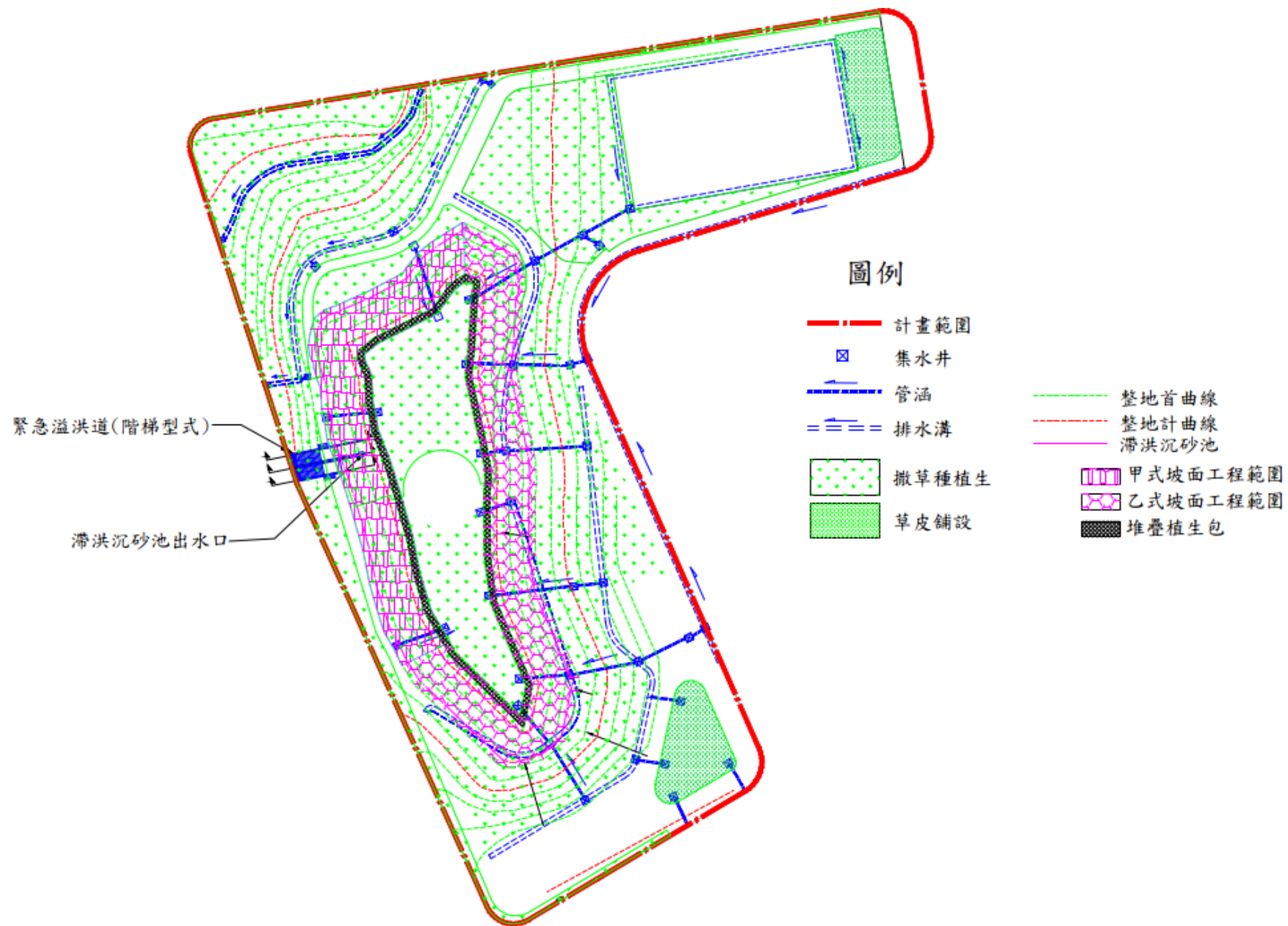


圖 4-59 公園開闢 - 水土保持設施配置圖

(四) 滯洪沉砂池

本計畫之滯洪沉砂池規劃設計，依據滯洪沉砂公園之規劃，設計全區皆為滯洪沉砂池池體，採不封底滯洪沉砂垂直共構設計，基地內多為透水面積，且植生綠化及覆蓋完整，使公園全區具良好涵養水源之能力及視覺景觀之美感，如圖 4-60 至圖 4-63。而為了方便民眾出入公園及有效利用土地，在滯洪沉砂池出水口上方設置緊急溢洪道，並將其設計成階梯形狀，如圖 4-64。滯洪沉砂池之滯洪池體部分，採下底面積 1333.1 平方公尺，上底面積 3043.6 平方公尺，滯洪深 3 公尺，滯洪容量為 6565.1 立方公尺；沉砂池體部分，採下底面積 1090.8 平方公尺，上底面積 1333.1 平方公尺，沉砂深 0.5 公尺，沉砂容量則為 606 立方公尺。為避免逕流對坡面之沖蝕，於入水口設計消能設施，另外出水口則以截水井連接管涵將逕流導至既有排水系統，出入水口之實照如圖 4-65 及圖 4-66，而設計如圖 4-67 及圖 4-68。基地內之滯洪沉砂池整體規劃，配合公園之生活休憩功能，透過完善之植生覆蓋及透水面積之配置，規劃生態自然之休憩場域，設計平時具公園遊憩功能，遇暴雨時則具滯洪沉砂功能之多功能性滯洪沉砂池，達到都市中生態自然及滯洪沉砂之目的。



圖 4-60 公園開闢 - 滯洪沉砂池空拍影像成果圖

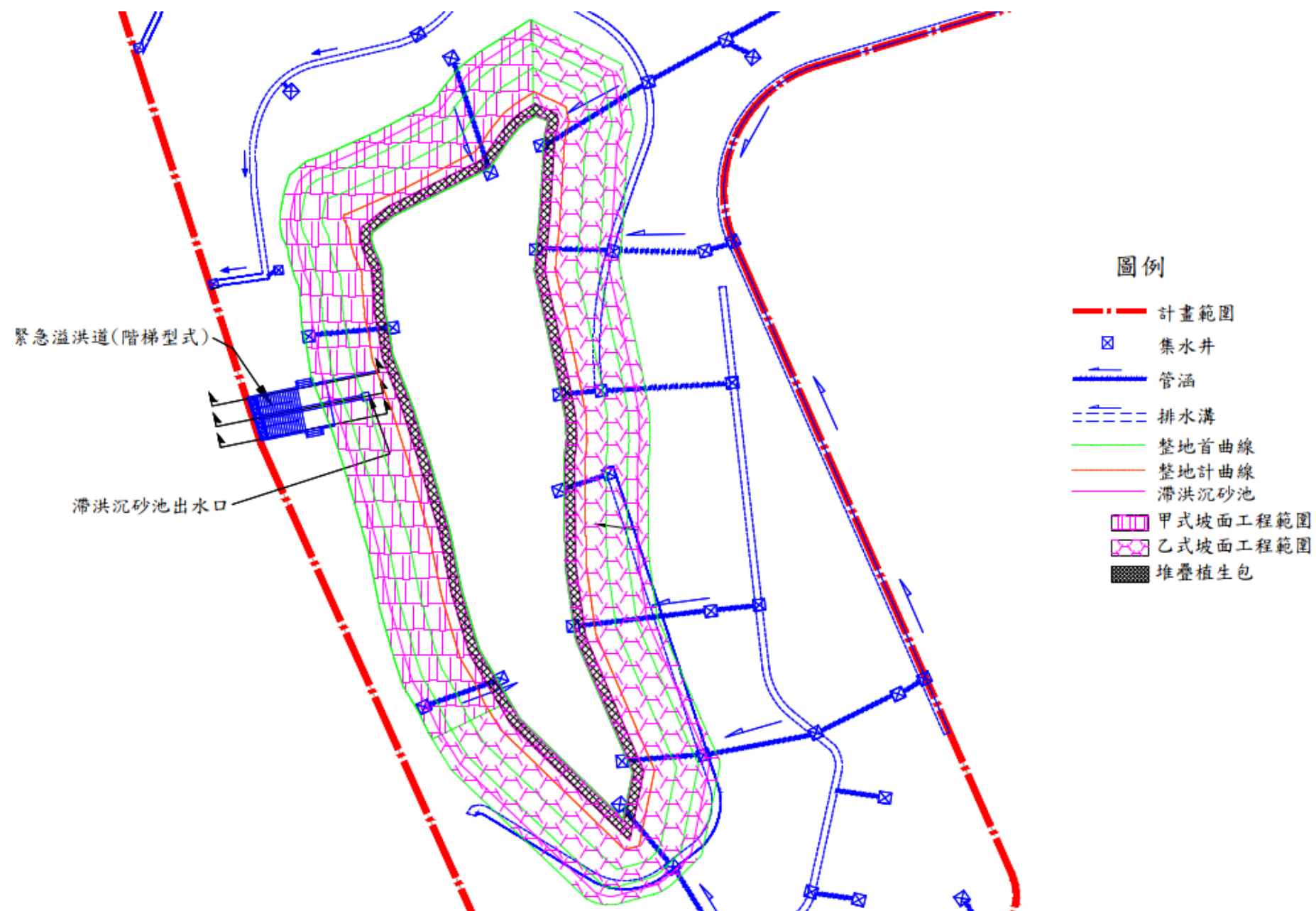


圖 4-61 公園開闢－滯洪沉砂池平面圖

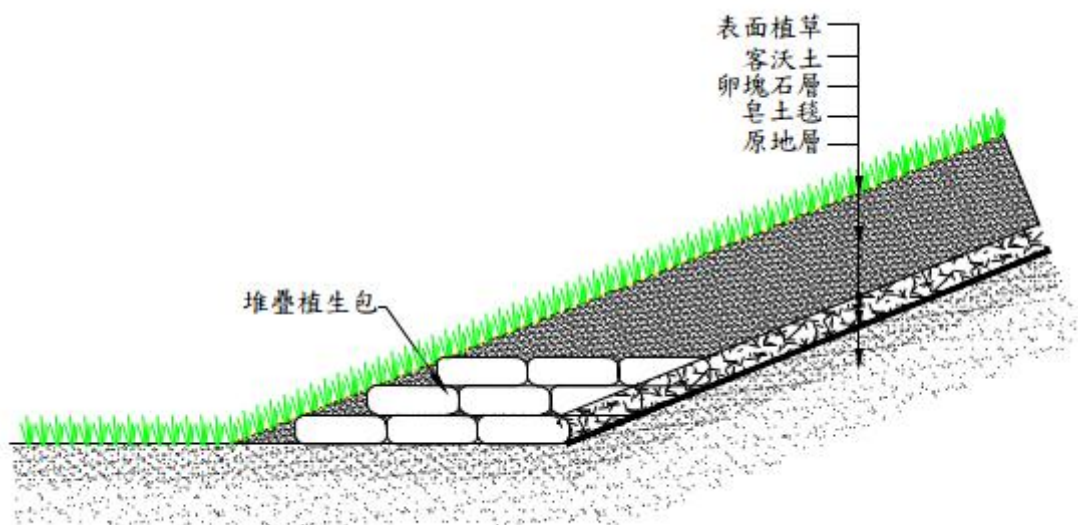


圖 4- 62 公園開闢 - 滯洪沉砂池甲式坡面工程詳圖(北側及西側邊坡適用)

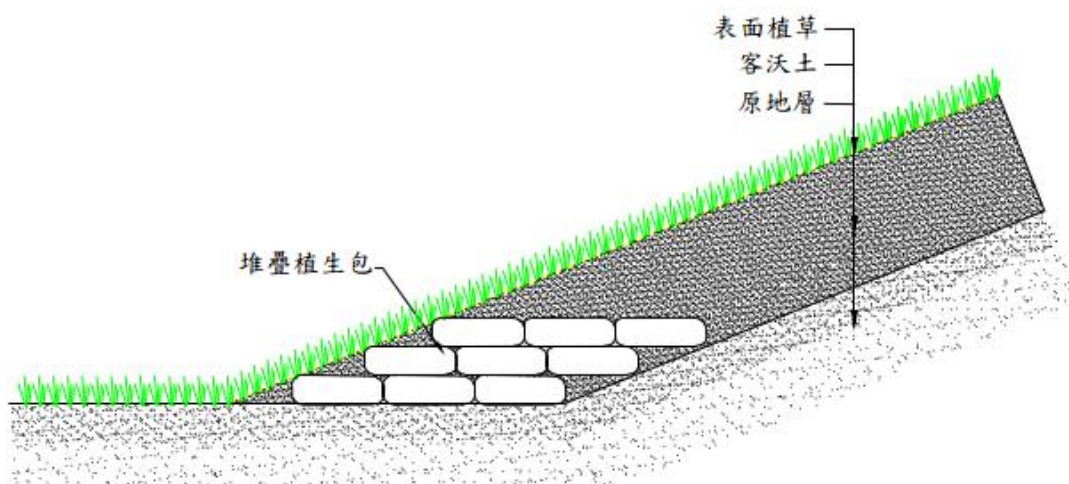


圖 4- 63 公園開闢 - 滯洪沉砂池乙式坡面工程詳圖(南側及東側邊坡適用)

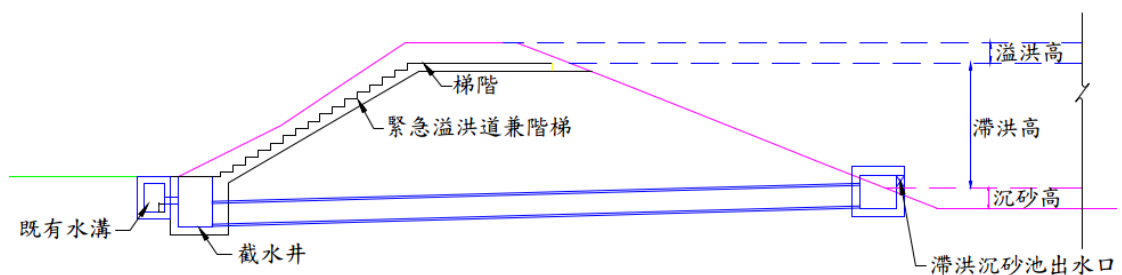


圖 4- 64 公園開闢 - 滯洪沉砂池詳圖



圖 4- 65 公園開闢 - 入水口實照

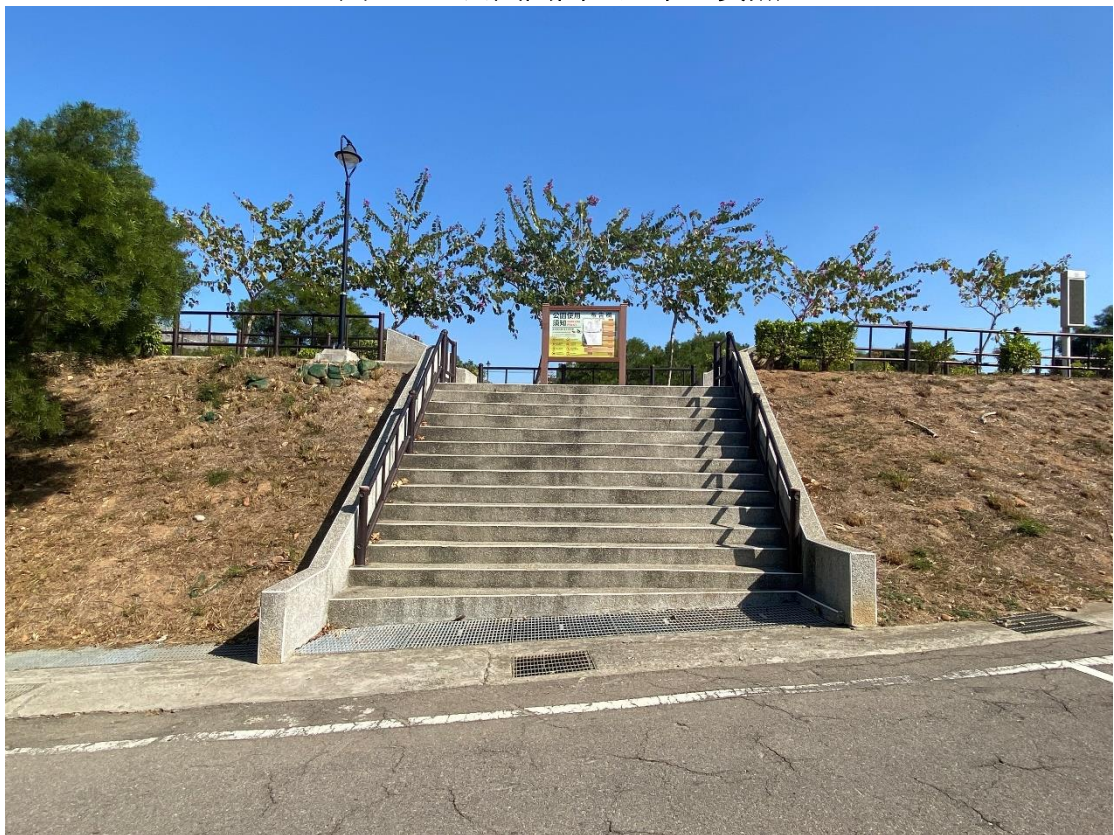


圖 4- 66 公園開闢 - 出水口(緊急溢洪道)實照

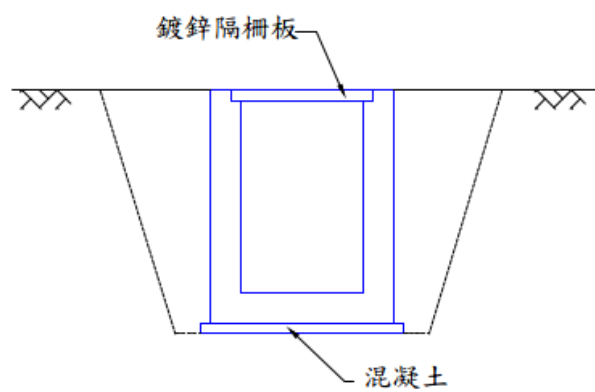
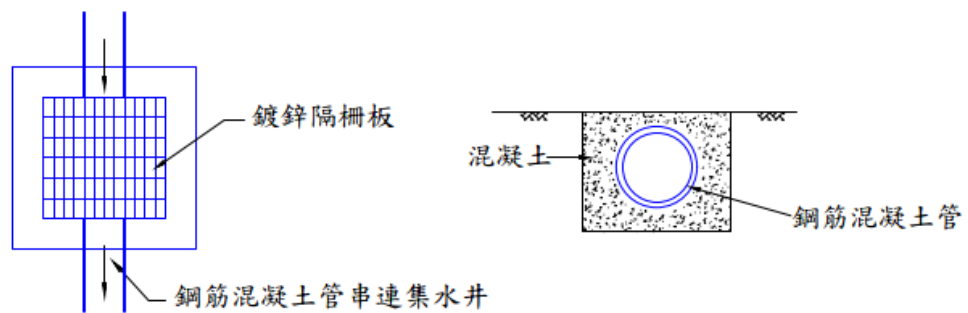


圖 4- 67 公園開闢 - 入水口詳圖

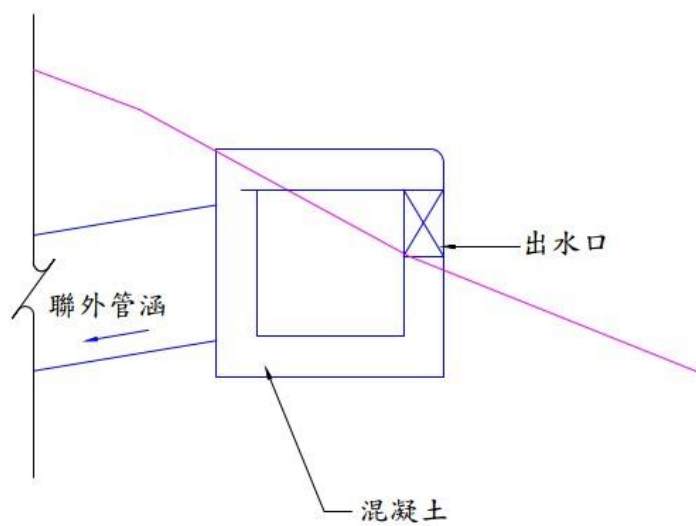


圖 4- 68 公園開闢 - 出水口詳圖

案例七：水庫防淤隧道興建工程使用

(一) 基地概述

本開發基地位於桃園市大溪區，防淤隧道工程位於庫區右岸，主要工程設施包括進水口、隧道段、出水口、沖淤池及淤泥貯留設施等，其中進水口工區座落於阿姆坪台地，工區內整體高程由西北向東南遞減，坡向以東南向與南向為主；出水口則位於台 4 線 35k 附近下方，工區內整體高程由東向西遞減，坡向以西向為主，現地空拍影像如圖 4-69 及圖 4-70。

(二) 設計理念

本計畫屬水庫防淤隧道興建工程使用案例，為加強水庫防淤能力及排洪能力，水庫為具有灌溉、發電、給水、防洪及觀光等多目標水利設施，歷經極端颱風事件後，水庫總容量已大幅降低，使得穩定供水及防洪操作之風險提高。面臨氣候變遷導致極端水文事件，強降雨之頻率已然驟增，加強水庫防淤及排洪能力已刻不容緩，應予以重視並提出對策。於水庫蓄水範圍內阿姆坪及大灣坪等 2 處增設防淤隧道，再配合水土保持設施，包含使用擋土牆穩定開挖後的邊坡，開發所造成的裸露坡面也會進行植生工程，以減小土壤沖刷並增強邊坡穩定性，再透過排水設施充分引導地表逕流。



圖 4- 69 水庫防淤－隧道進水口計畫範圍空拍影像成



圖 4-70 水庫防淤－隧道出水口計畫範圍空拍影像成

(三) 水土保持設施規劃與配置

基地內整體之水土保持設施規劃與配置，順應進水口工區西北高東南低和出水口工區東高西低之地形特性，並配合防淤隧道之設計需求為目的。本計畫範圍分為隧道進水口及隧道出水口等二區。為避免開發造成之逕流增加與土壤流失，在隧道進水口工區，隧道進水口洞口邊坡因為岩石強度低，故設置擋土牆作為邊坡保護措施，擋土牆兼做 L 型側溝，以提升邊坡安全性與減緩坡面沖蝕，另外也設置格網護坡和拋石護坡，除能穩定坡面及減緩沖蝕外，也能促進植物生長。排水設施則設置四種排水溝(矩形溝、拍漿溝、砌石溝和 L 型側溝)、排水管涵、箱涵和集水井，用於截流逕流，或用於滯洪沉砂池排水，砌石溝和集水井使用砌排塊石之設計，使其美觀並增加土壤入滲，並可配合生物廊道，補償生物因開發而受到的衝擊，如圖 4-71。隧道出水口工區的水土保持設施則有排水溝、集水井和滯洪沉砂池，針對本工程開發區域所增加之逕流量，於既有排水設置截水牆做為 DET3 滯洪沉砂設施，地表逕流經末端滯洪沉砂池後，先排放至既有排水設施，再流至大漢溪，如圖 4-72。

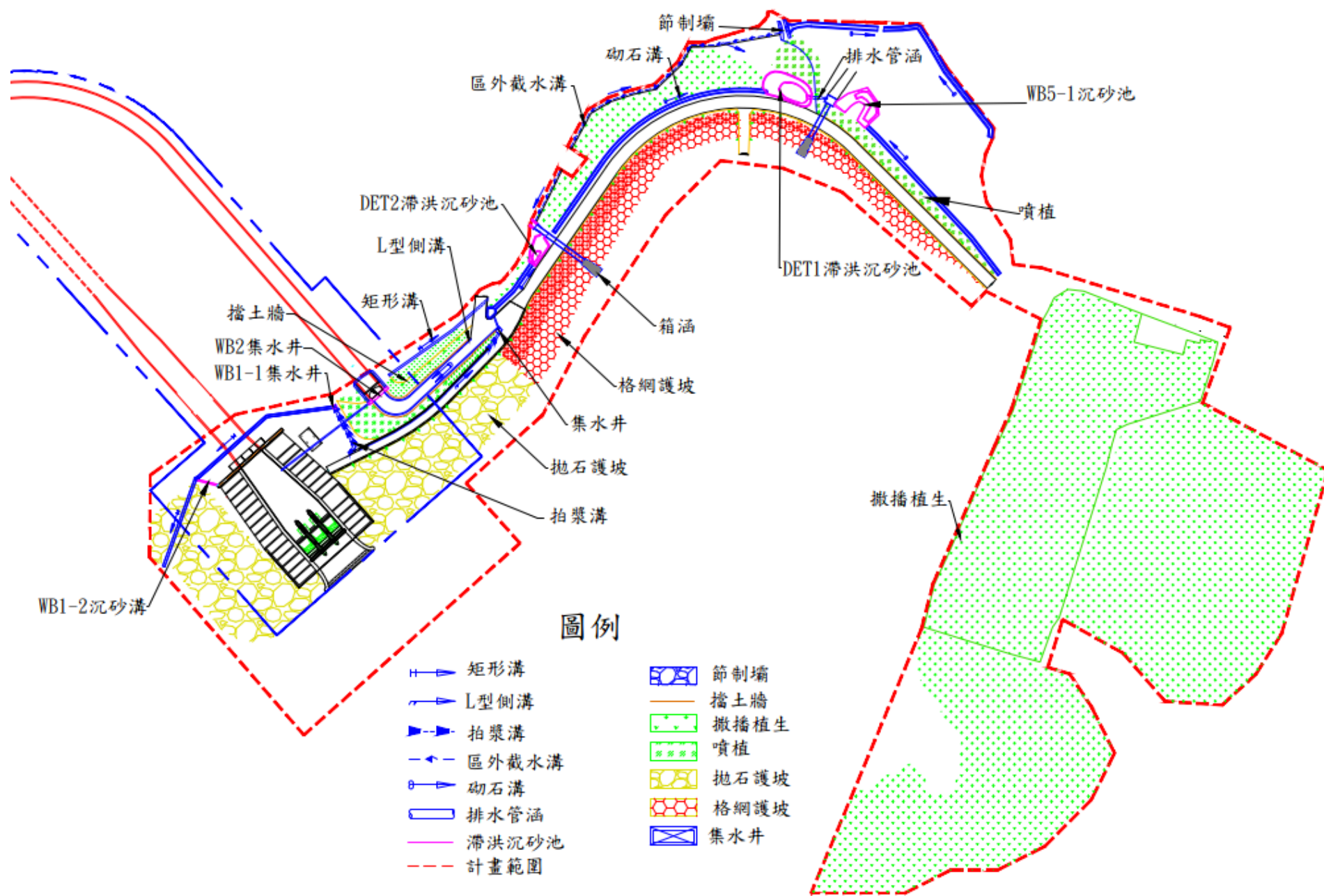


圖 4-71 水庫防淤－隧道進水口水土保持設施配置圖

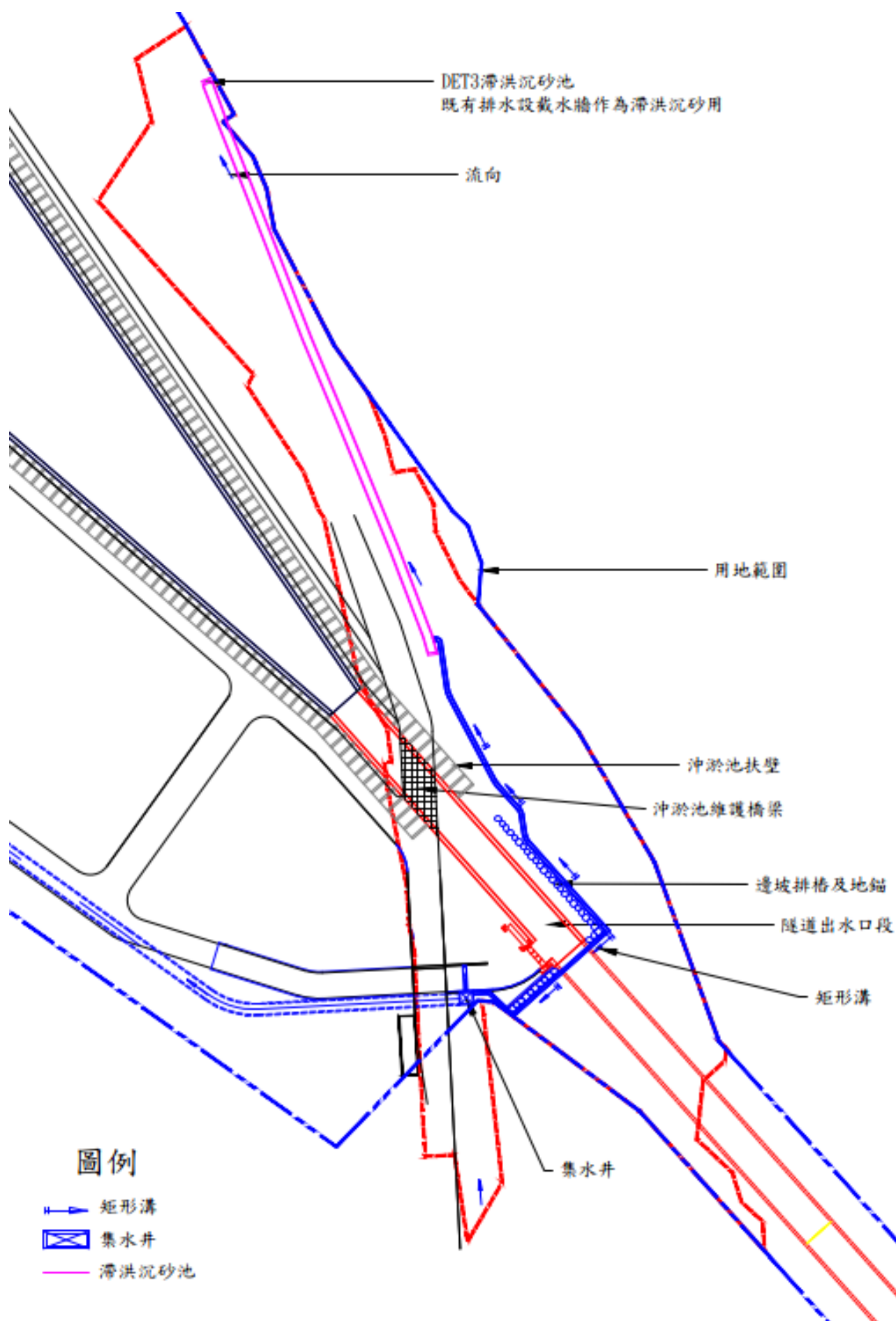


圖 4-72 水庫防淤－隧道出水口水土保持設施配置圖

(四) 滯洪沉砂池

本計畫滯洪沉砂池之規劃設計，依據防淤隧道之規劃，在進水口工區針對本工程開發區域所增加之逕流量，設置 DET1 和 DET2 兩座滯洪沉砂池、兩座集水井兼沉砂池、一條沉砂溝、一座沉砂池，如圖 4-71。隧道出水口工區則是在既有排水設置截水牆作為 DET3 滯洪沉砂設施，如圖 4-72。因本案尚未完工，現地仍留有臨時滯洪沉砂池，臨時滯洪沉砂池現況如圖 4-73。進水口工區的兩座滯洪沉砂池皆採不封底滯洪沉砂垂直共構設計，池壁皆以砌排塊石設計，不但讓滯洪沉砂池在視覺上不會太死板、更加的美觀外，不封底設計還能增加水分入滲，有利於植物在池壁或池底生長，如圖 4-74。進水口工區排水設施收集的逕流最後透過 UB4 和 UB3-3 砌石溝排入 DET1 及 DET2 兩座滯洪沉砂池，經滯洪沉砂過後 DET1 池藉 PC3 管涵排出，DET2 池則經箱涵排出，如圖 4-75 和圖 4-76。DET1 滯洪沉砂池之沉砂池體設計採池底面積 70 平方公尺，沉砂高 0.5 公尺，沉砂容量為 35 立方公尺；滯洪池體設計部分則採用池底面積 350 平方公尺，滯洪高為 0.8 公尺，滯洪容量為 280 立方公尺，其相關設計如圖 4-77、圖 4-78 及圖 4-79，剖面位置可參考圖 4-75。DET2 滯洪沉砂池之沉砂池體設計採池底面積 12 平方公尺，沉砂高 0.5 公尺，沉砂容量為 6 立方公尺；滯洪池體設計部分則採用池底面積 100 平方公尺，滯洪高為 0.8 公尺，滯洪容量為 80 立方公尺，其相關設計如圖 4-80、圖 4-81 及圖 4-82，剖面位置可參考圖 4-76。DET1 及 DET2 在入水口皆有設置排水墊進行消能，降低池子被沖刷的可能(如圖 4-77 及圖 4-80)，且兩座滯洪沉砂池之入水口皆與砌石溝連接，讓視覺上差異不會太大，砌石溝現況照片如圖 4-83。WB1-1 和 WB2 為集水井兼沉砂池，分別能提供 1.125 立方公尺和 15.44 立方公尺的沉砂容量，WB1-2 沉砂溝能提供 1.65 立方公尺的沉砂容量，而 WB5-1 為沉砂池可提供 43.2 立方公尺的沉砂容量。隧道出水口工區則是在既有排水設置截水牆作為 DET3 滯洪沉砂設施，地表逕流經末端滯洪沉砂設施後排放至既有排水設施，DET3 池底面積設計為 300 平方公尺、沉砂高度為 0.5 公尺，能提供 150 立方公尺的沉砂容量，目前臨時滯洪沉砂池的入水口則與混凝土管連接，如圖 4-84。



圖 4- 73 水庫防淤 - 隧道出水口臨時滯洪沉砂池



圖 4- 74 水庫防淤 - DET1 滯洪沉砂池實照

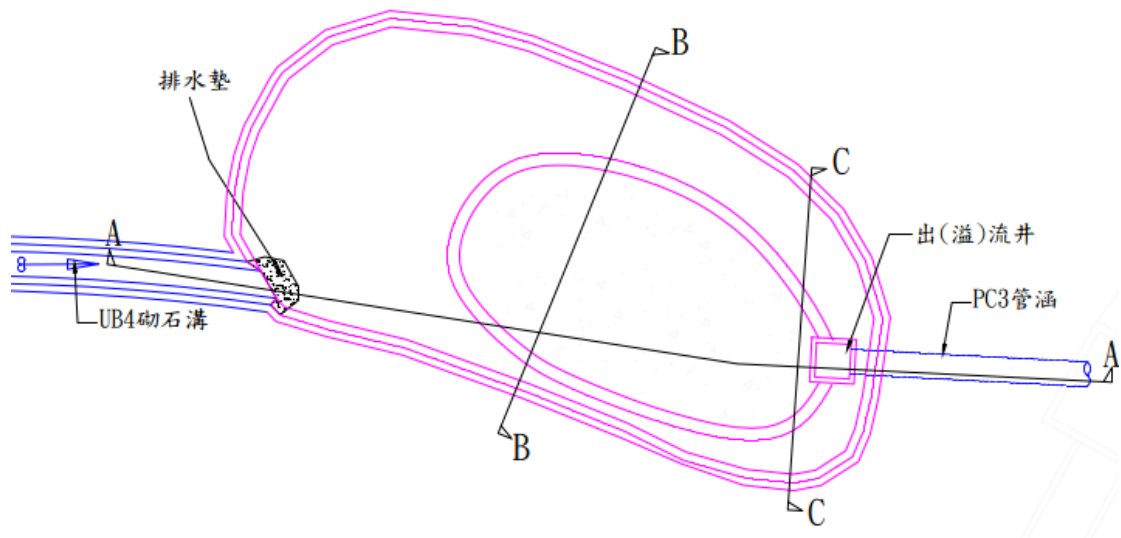


圖 4-75 水庫防淤 - DET1 滯洪沉砂池平面圖

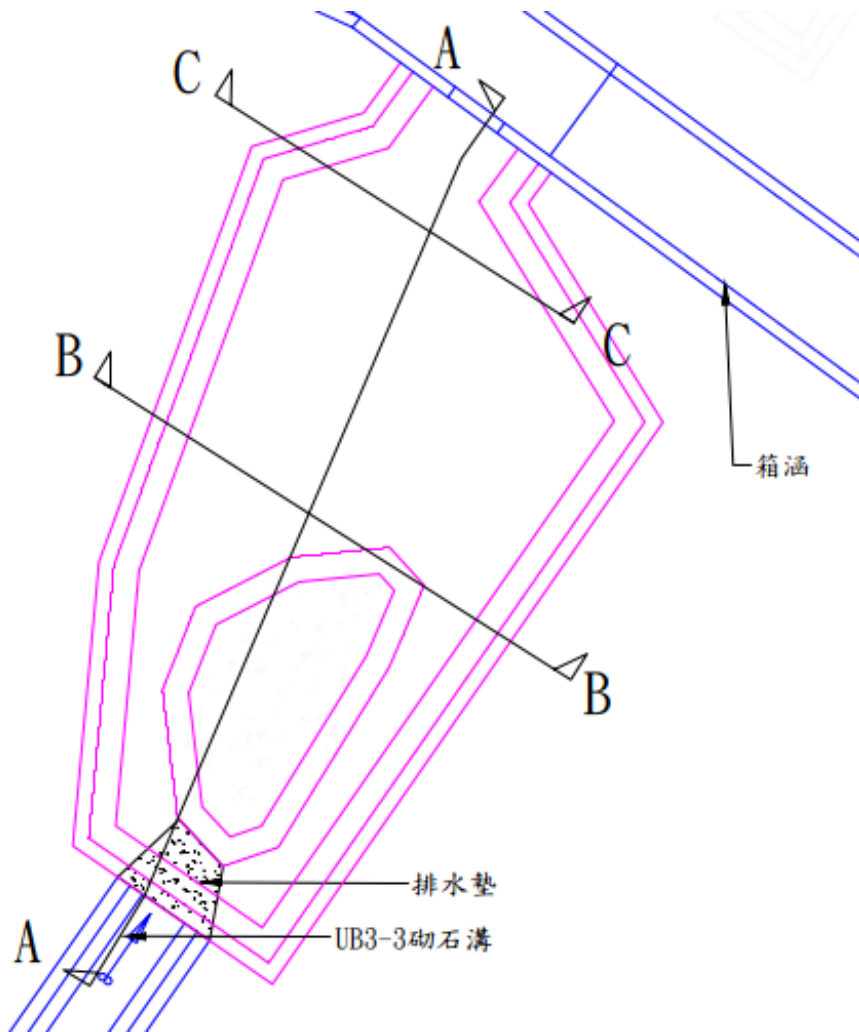


圖 4-76 水庫防淤 - DET2 滯洪沉砂池平面圖

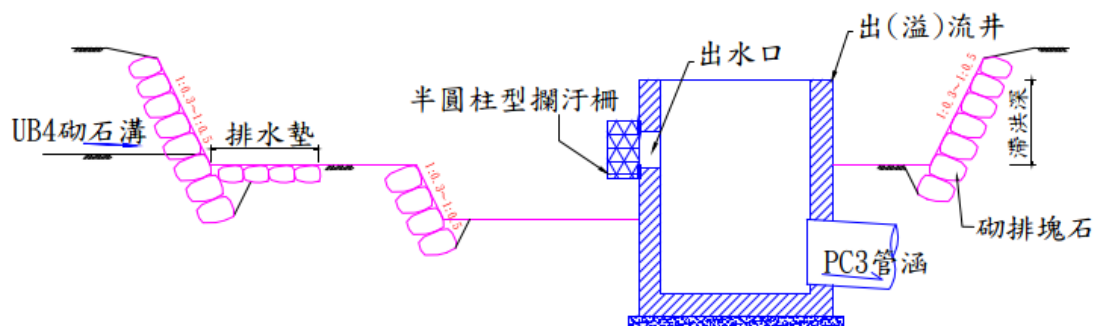


圖 4-77 水庫防淤 - DET1 滯洪沉砂池 A 剖面圖

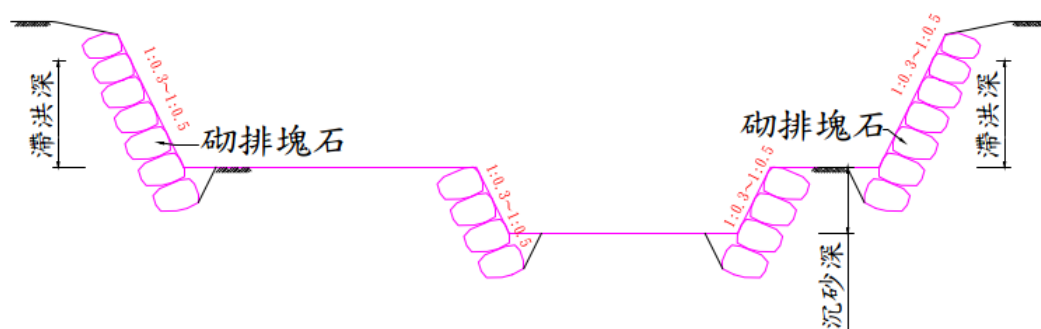


圖 4-78 水庫防淤 - DET1 滯洪沉砂池 B 剖面圖

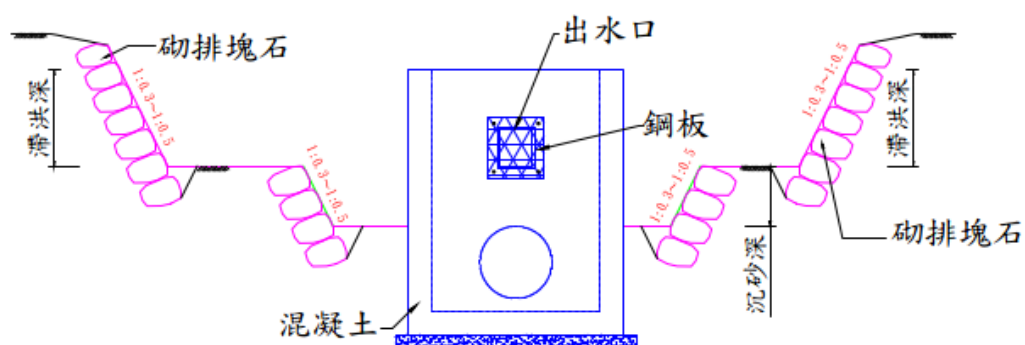


圖 4-79 水庫防淤 - DET1 滯洪沉砂池 C 剖面圖

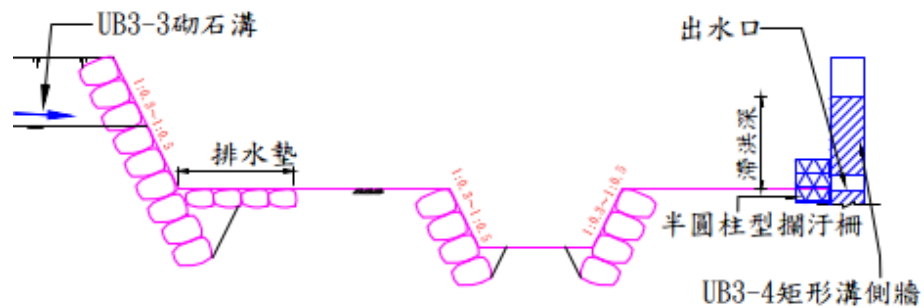


圖 4-80 水庫防淤 - DET2 滯洪沉砂池 A 剖面圖

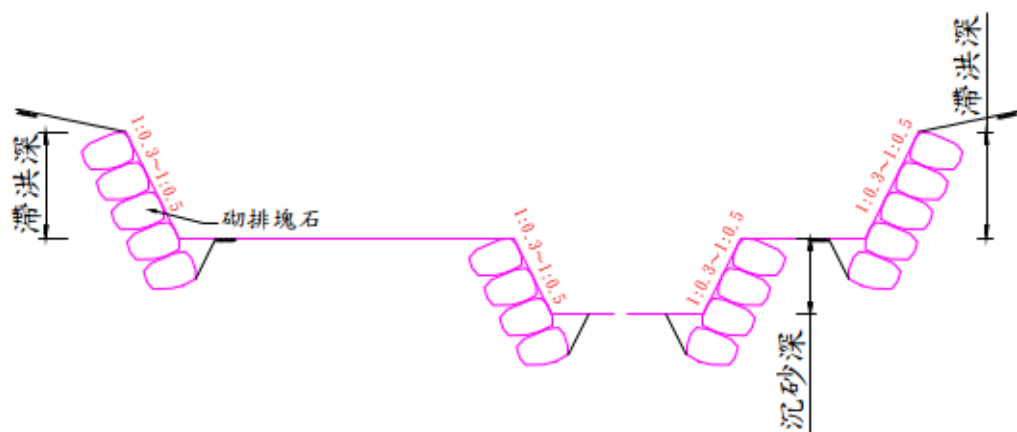


圖 4-81 水庫防淤 - DET2 滯洪沉砂池 B 剖面圖

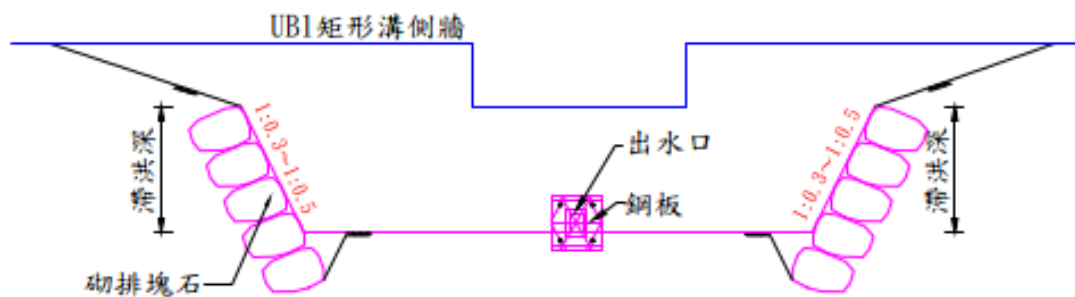


圖 4-82 水庫防淤 - DET2 滯洪沉砂池 C 剖面圖



圖 4- 83 水庫防淤 - DET1 池(UB4 砌石溝)實照



圖 4- 84 水庫防淤 - 隧道出水口臨時滯洪沉砂池入水口

案例八：校館興建工程使用

(一) 基地概述

本開發基地座落於彰化縣彰化市，北接台中市，南接雲林縣，交通便利，申請面積為 3910 平方公尺。基地區域地勢平坦，地形多為由南向北或西北方向傾斜，且坡度皆位於三級坡以下。基地與天然河岸距離較遠，且由現場地下水位觀測，地下水位應位於地表面 20.0 公尺以下，地表植生則多為校園常見之景觀植栽，現地空拍影像如圖 4-85。經調查基地內無地質結構不良或地層破碎帶，距最近之活動斷層甚遠，無安全疑慮。

(二) 設計理念

本計畫屬校館興建工程使用案例，目的是為進行學校校館興建。為減少學校校館興建行為對環境之衝擊，配合校園範圍及土地利用需求，規劃設計完善之水土保持處理與維護措施。開挖整地區域為降低對原基地地貌之破壞，並順應基地土地利用需求，減少開挖整地面積，僅於排水溝施工進行小範圍之開挖。善用基地停車場及筏基空間，規劃兼具滯洪沉砂及實用性之多功能滯洪沉砂池，滿足基地之滯洪沉砂需求，並配合校園整體空間使用情形。基地整體之水土保持規劃除配合校舍興建之開發目的外，降低開挖整地對原基地地貌之影響，活用校園空間，並於基地內種植綠美化景觀植物，使基地內無裸露區域，融入校園整體景觀。



圖 4- 85 校館興建 - 計畫範圍空拍影像成果圖

(三) 水土保持設施規劃與配置

基地內整體之水土保持設施規劃與配置，以配合校館興建並貼近基地平時之空間使用情形為目的。於基地進行之開挖整地工程，為降低對原基地地貌之破壞及順應基地土地利用需求，減少開挖整地面積，僅於排水溝施工進行小範圍之開挖，並配合基地景觀栽植植生，加強植生覆蓋，使基地內無裸露區域，融入校園整體景觀。因基地為學校區域且地勢較為平坦，排水系統之規劃設計將周邊逕流蒐集至具停車場功能之 PO1 及 PO2 滯洪沉砂池，以善用基地之空間，後由集水井 T7 及 T8 連接 P3 及 P4 管涵，如圖 4-86，將逕流安全導入連外排水系統。建築範圍內之逕流則利用排水溝及管涵連接集水井分別導入 Z1 及 Z2 沉砂池，再連接建築筏基空間配置之滯洪池，最後由 T6 集水井連接 P5 管涵排入既有排水系統。基地內整體之水土保持設施規劃配置善用基地內之空間使用，規劃平時具其他實用功能之滯洪沉砂空間，使整體之規劃設計貼合平時校園之空間使用。

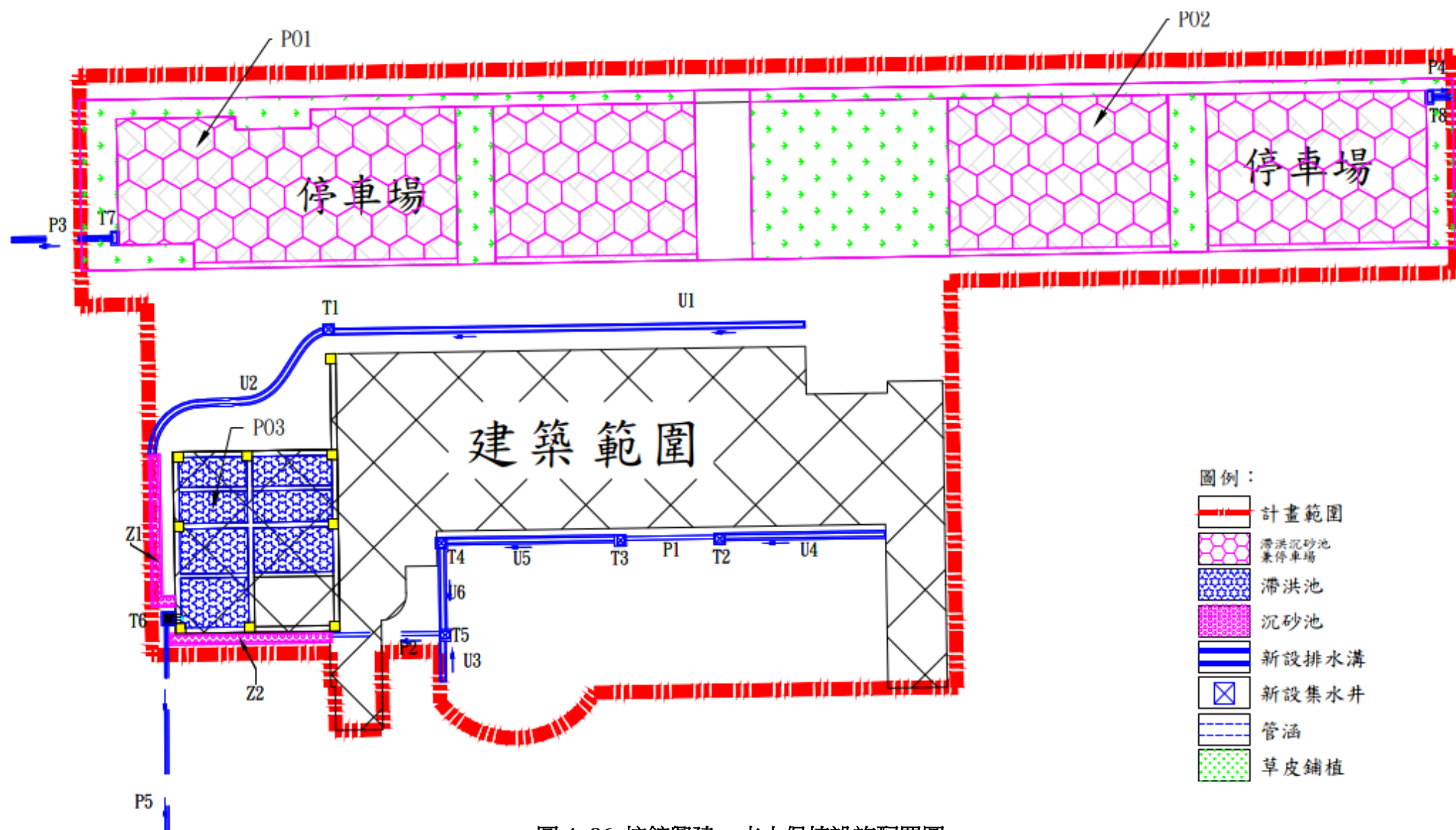


圖 4-86 校館興建 - 水土保持設施配置圖

(四) 滯洪沉砂池

本計畫之滯洪沉砂池規劃設計，依據基地之空間使用，包含具停車場功能之滯洪沉砂池 PO1 及 PO2，和位於建築筏基空間之滯洪池 PO3，及周遭配置之沉砂池 Z1 及 Z2，多池配置以配合基地之土地利用方式，滯洪沉砂池空拍影像如圖 4-87 及圖 4-88，而沉砂設施平面圖及各剖面位置如圖 4-89 及圖 4-90。PO1 及 PO2 滯洪沉砂池之滯洪池體部分，分別採用底面積 510 平方公尺，滯洪深 0.08 公尺及底面積 420 平方公尺，滯洪深 0.08 公尺，滯洪容量則分別為 40.8 立方公尺和 33.60 立方公尺；沉砂池體部分，分別採用底面積 510 平方公尺，沉砂深 0.02 公尺及底面積 420 平方公尺，沉砂深 0.02 公尺，沉砂容量則分別為 10.2 立方公尺和 8.4 立方公尺。配合停車場之使用需求，以停車場磚及植草磚的排列，增加表面之透水孔隙，又因需遮陽擋雨之功能，在停車場上方加蓋遮雨棚，如圖 4-87；並於池底進行原土夯實配合洩水管的方式增加逕流入滲，花台中埋設 PVC 塑膠管連接兩側之滯洪沉砂空間，如圖 4-91 至圖 4-94。Z1 及 Z2 沉砂池池體部分，分別採用底面積 7.56 平方公尺及 7.78 平方公尺，沉砂深同為 0.6 公尺，沉砂容量共 9.2 立方公尺，皆於池頂加上鍍鋅隔柵板，以防止發生危險，且皆由 PVC 塑膠管連通至 PO3 滯洪池，如圖 4-95 及圖 4-96，最後由 T6 集水井出水口連接 P5 管涵排放至既有排水系統(如圖 4-96)。而在滯洪沉砂池出入水口的部分，PO1 池及 PO2 池在出水口設置攔汙柵，防止異物或花台上植物掉落的樹葉堵塞，如圖 4-97 及圖 4-98。P2 管涵及 U2 排水溝蒐集逕流排入 Z1 及 Z2 沉砂池，其設計如圖 4-99 及圖 4-100。Z1 及 Z2 的出水口則是由 PVC 塑膠管連接 PO3 滯洪池，其設計如圖 4-101 及圖 4-102。基地內之滯洪沉砂池整體規劃，為滿足基地之滯洪沉砂需求，及配合基地之土地利用及空間使用方式，透過善用基地空間及滯洪沉砂之多池配置，規劃平時具實際功用之多功能性滯洪沉砂池，使整體之規劃設計達到融入校園環境之目的。



(a)P01 滯洪沉砂池



(b)P02 滯洪沉砂池

P01 及 P02 滯洪沉砂池兼做停車場使用，此為現況照片

圖 4- 87 校館興建 - PO1 及 PO2 滯洪沉砂池現況圖



P03 滯洪池位於建築筏基內，而 Z1 及 Z2 沉砂池位在圖中之左方及下方

圖 4- 88 校館興建 - Z1、Z2 沉砂池及 PO3 滯洪池現況圖

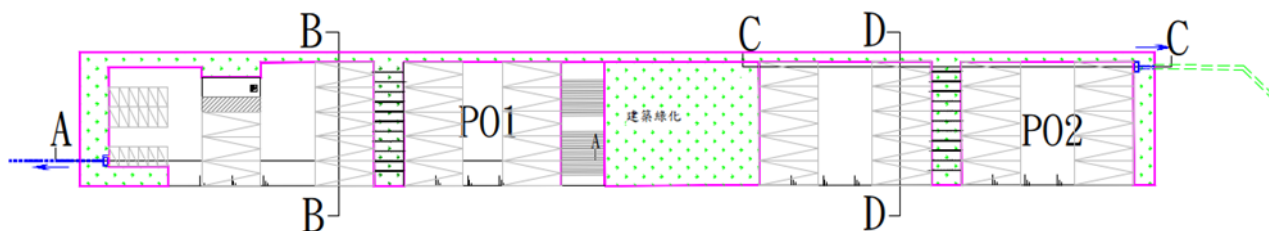


圖 4-89 校館興建 - P01、P02 滯洪沉砂池平面圖

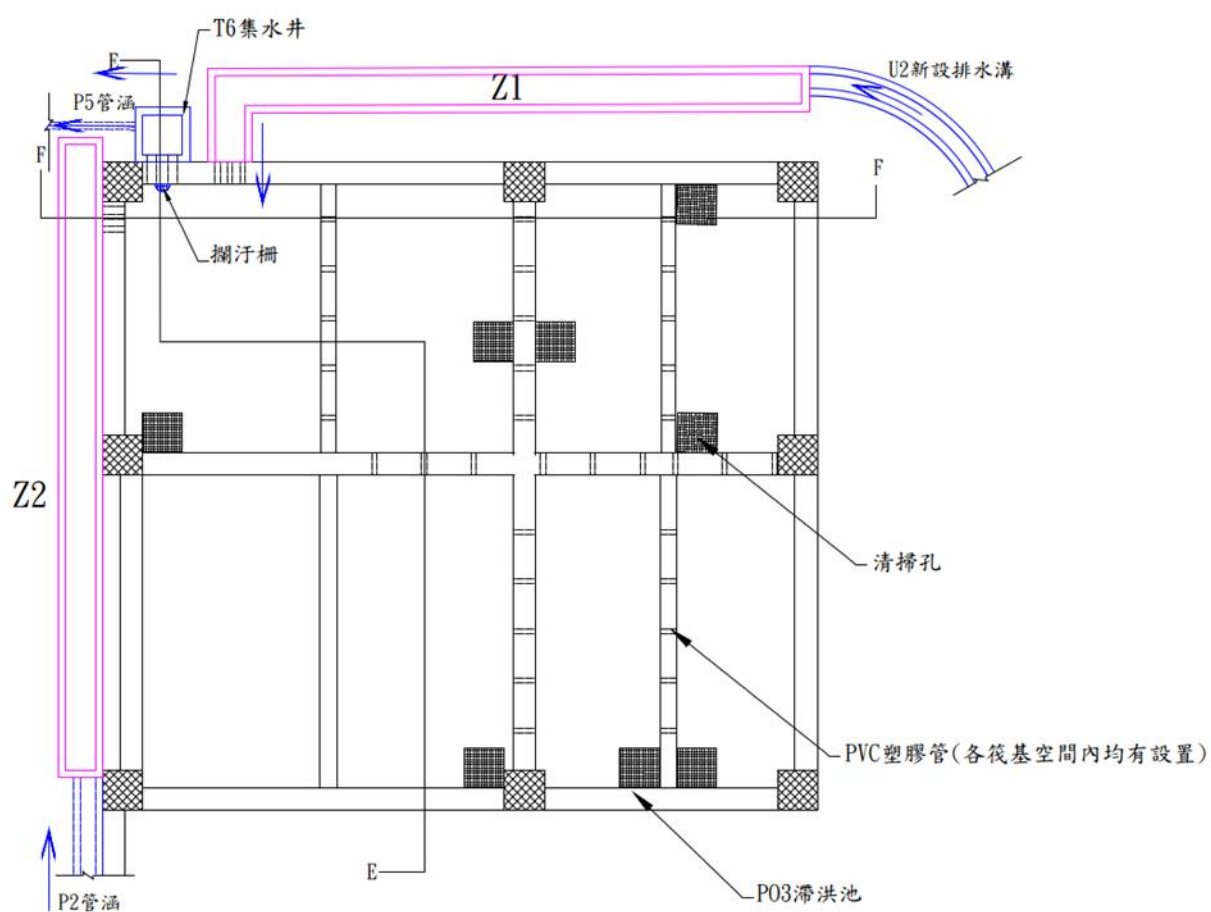


圖 4-90 校館興建 - Z1、Z2 沉砂池平面圖

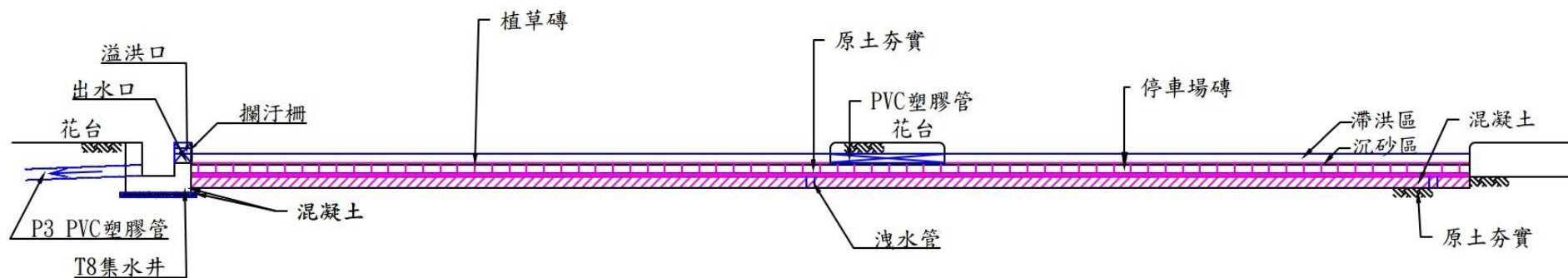


圖 4-91 校館興建 - P01 滯洪沉砂池 A 剖面圖

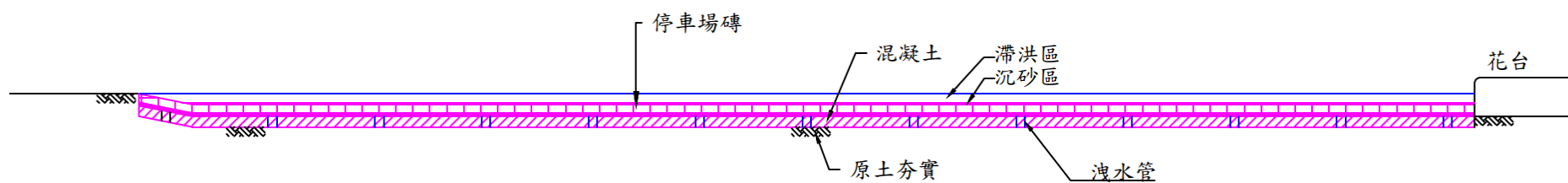


圖 4-92 校館興建 - P01 滯洪沉砂池 B 剖面圖

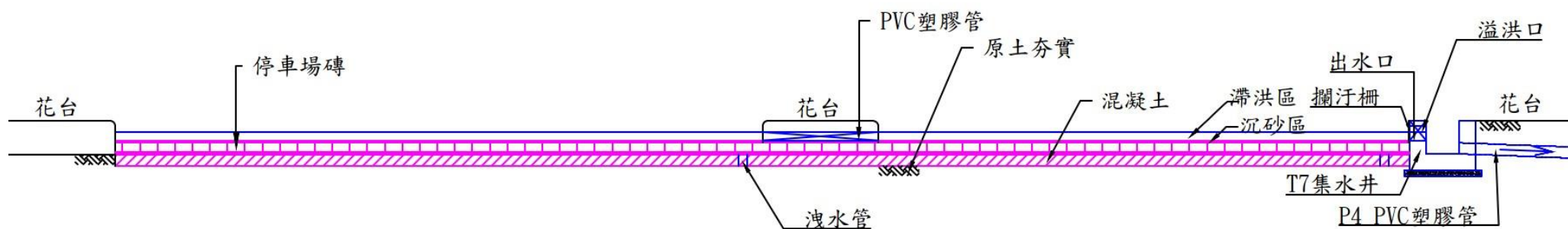


圖 4- 93 校館興建 - P02 滯洪沉砂池 C 剖面圖

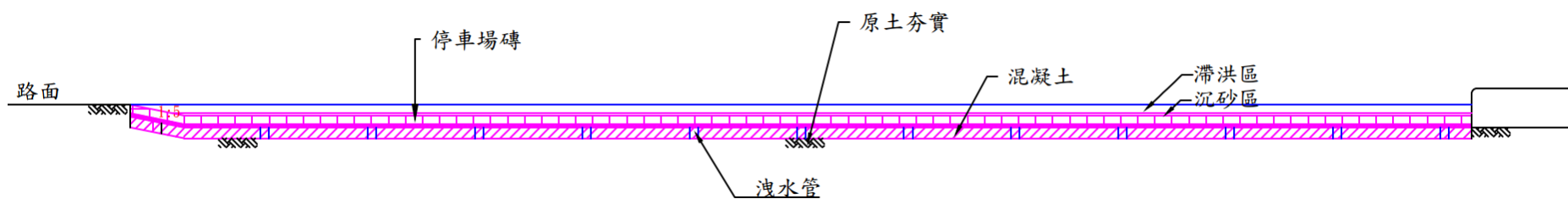
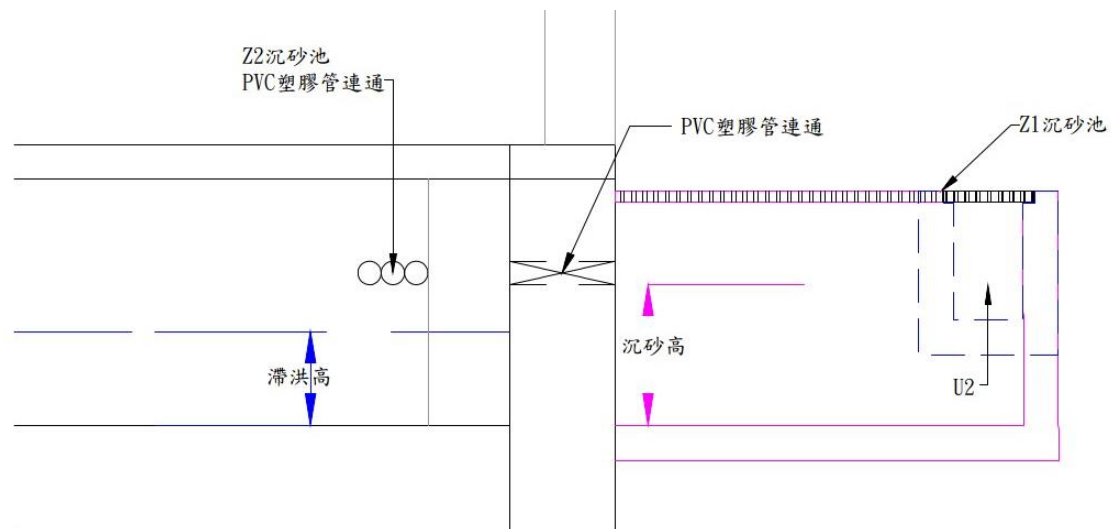
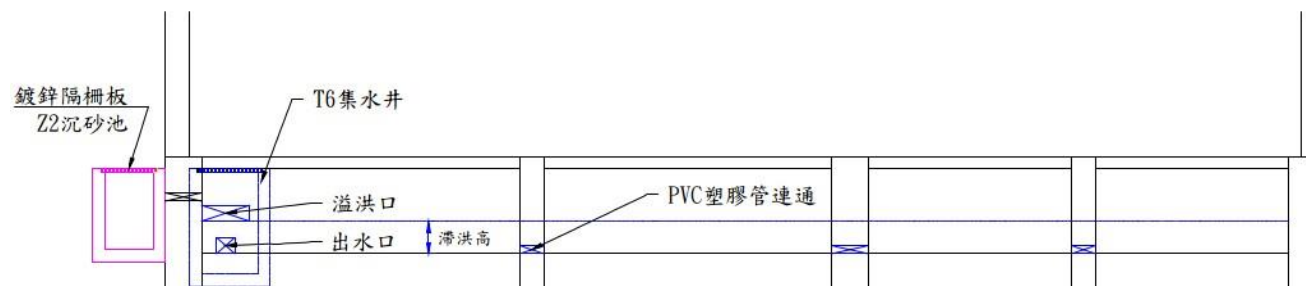


圖 4- 94 校館興建 - P02 滯洪沉砂池 D 剖面圖



先經 Z1 沉砂池沉砂後再排入 P03 滯洪池

圖 4-95 校館興建 - Z1 沉砂池剖面圖



Z2 沉砂池將沉砂過後的逕流排入 P03 滯洪池，再透過 T6 集水井排至區外

圖 4-96 校館興建 - Z2 沉砂池 F 剖面圖

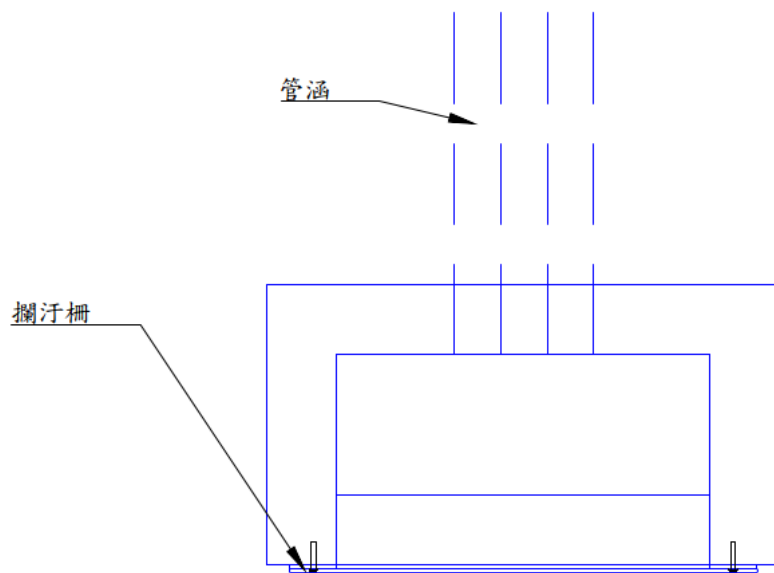


圖 4-97 校館興建 - P01、P02 出水口(T7、T8 集水井)平面圖

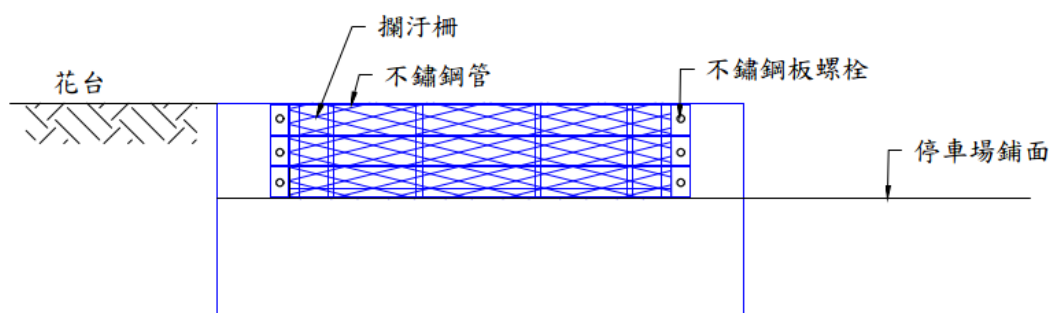
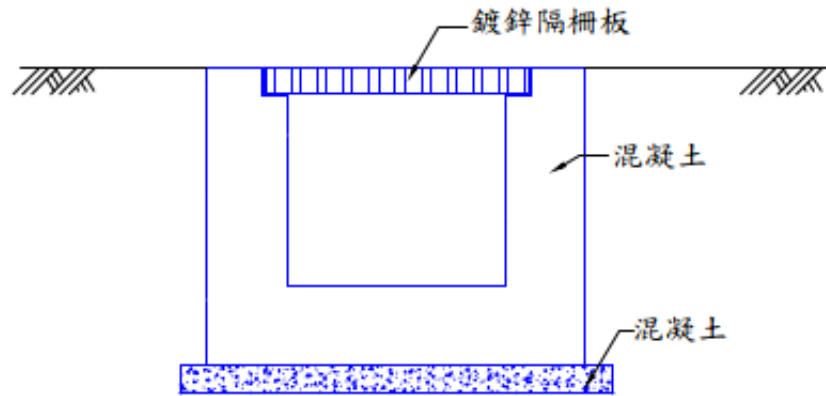
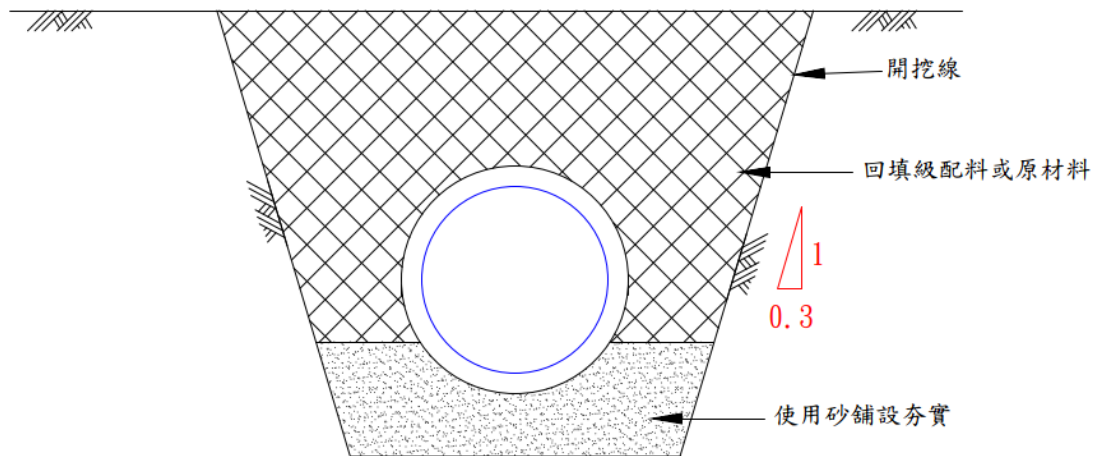


圖 4-98 校館興建 - P01、P02 出水口(T7、T8 集水井)立面圖



U2 排水溝收集逕流後，排入 Z1 沉砂池，此圖為兩者相接處

圖 4- 99 校館興建 - Z1 沉砂池入水口正視圖



P2 管涵收集逕流排入 Z2 沉砂池，此圖為兩者相接處

圖 4- 100 校館興建 - Z2 沉砂池入水口正視圖

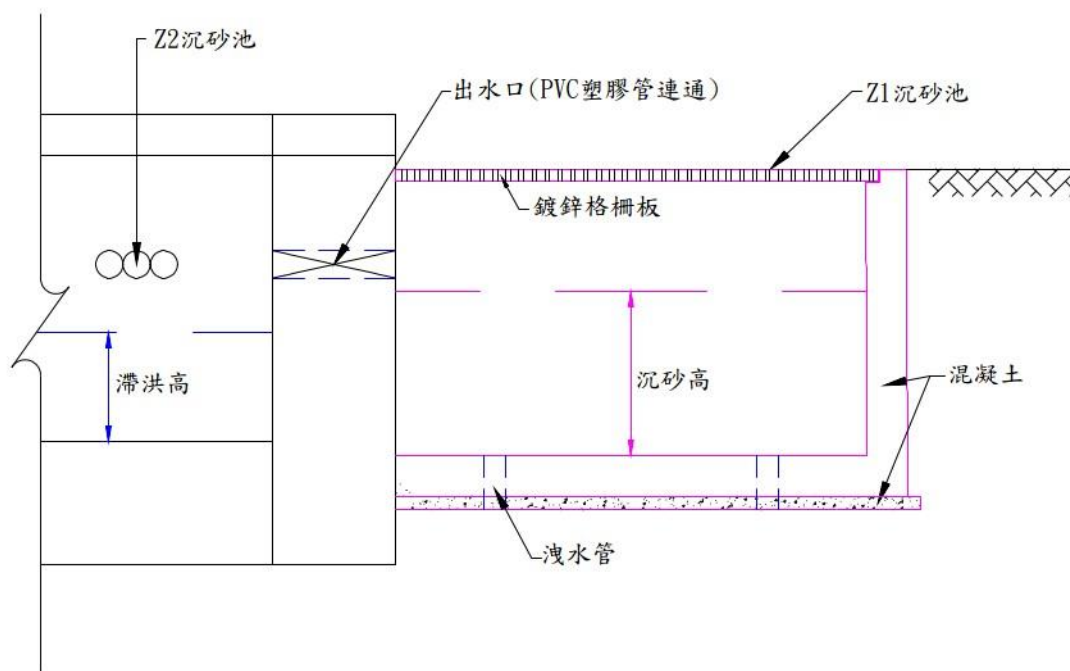


圖 4- 101 校館興建 - Z1 沉砂池出水口詳圖

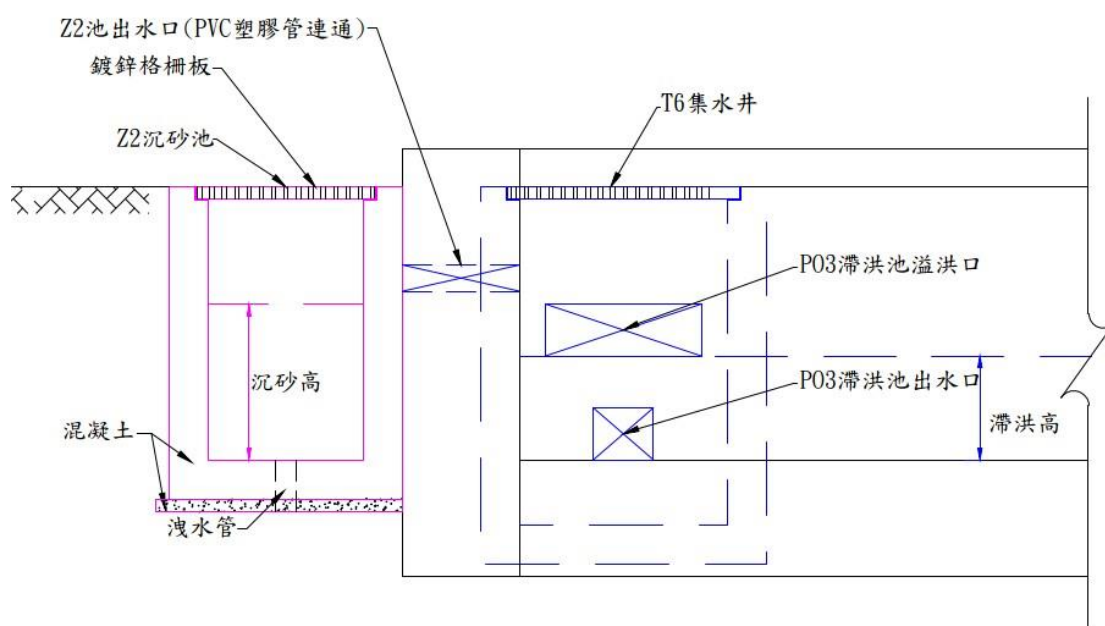


圖 4- 102 校館興建 - Z2 沉砂池出水口詳圖

水土保持單元叢書 09 – 水土保持計畫沉砂設施

編著者 / 行政院農業委員會水土保持局

發行人 / 李鎮洋

發行所 / 行政院農業委員會水土保持局

策劃指導人員 / 李鎮洋、林長立、王晉倫、陳重光、徐森彥

黃振全、高伯宗、吳菁菁、張錦家、周玉奇

編審人員 / 方偉、石永祺、吳安欽、吳俊毅、李國正、張曉康

張繼儒、張灝、許中立、郭育祥、陳志雄、陳清田

陳亞昕、詹勳全、鄧鳳儀、簡以達

(以姓氏筆畫為序)

行政統籌 / 黃勝堂

地址 / 54044 南投縣南投市中興新村光華路 6 號

電話 / (049) 2394300

網址 / 本書同時刊載於行政院農業委員會水土保持局全球資訊網站

(<http://www.swcb.gov.tw>)

編印日期 / 中華民國 111 年 5 月

定價 / 新臺幣 600 元

G P N / 1011100550

I S B N / 9786267100745

著作權 / 本刊著作權歸行政院農業委員會水土保持局所有



行政院農業委員會水土保持局 編印