

雨水貯留滲透設施 (塑膠製品)技術手冊

再版



台灣下水道協會

中華民國 106 年 5 月 31 日

雨水貯留滲透設施(塑膠製品)技術手冊 再版

台灣下水道協會

民國
106
年 5
月 31
日

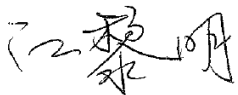
再版序

根據統計台灣年平均降雨量約 2,500 毫米，是世界降雨量的 2.6 倍，由於地勢陡峭且地狹人稠，政府在各處竭盡所能的興建水庫，然而一到旱季供水仍顯得捉襟見肘，顯見對於雨水資源未能有效妥善利用，殊為遺憾。

先進國家為因應地球氣候異常，防範瞬間強降雨造成之重大災害，及寶貴水資源的有效利用，已從綜合治水的角度，引進海綿城市之概念，打造具有韌性的透水城市，將異常氣候帶來之極端暴雨，導入雨水貯留滲透設施。本協會自 2014 年 9 月開始籌劃，並成立技術手冊編審小組，由常務理事陳光雄擔任召集人，邀集常務監事簡源水、常務理事吳金和、常務理事彭振聲、常務理事曾淳錚、理事謝啟萬、臺北科技大學何嘉浚教授及台灣世曦工程顧問股份有限公司翁志偉正工程師等專家學者，密集開會討論，特針對塑膠製品優先研訂雨水貯留滲透設施技術手冊，初版於去（105）年 8 月 10 日刊印提供水資源主管機關及業界之使用與查閱。

本協會嗣於 2015 年 10 月邀請德國專家 Dr. -Ing. Harald Sommer (INGENIEURGESELLSCHAFT PROF. DR. SIEKER MBH) 來台共同研討，參酌國外先進技術與經驗，並於 2016 年 11 月邀請日本公益社團法人雨水貯留浸透技術學會及國際雨水利用協會相關人士針對手冊內容座談交換意見，以期更臻周延。

編纂期間承蒙內政部營建署、臺北市政府工務局暨所屬水利工程處、高雄市政府水利局、新北市政府水利局、臺中市政府水利局、台灣世曦工程顧問股份有限公司、良潤實業股份有限公司、諾迪股份有限公司、連積企業有限公司、台灣積水化學股份有限公司、積水塑膠管材股份有限公司等單位代表的熱心參與共同奉獻心力完成本手冊，謹於再版前夕，在此一併表達深深的感謝。

理事長  謹識

2017.05.31

編輯小組

召集人：

台灣下水道協會常務理事

陳光雄

委員：

台灣下水道協會理事長

江黎明

國立臺北科技大學土木工程系副教授

何嘉浚

內政部營建署副主任、台灣下水道協會常務理事

吳金和

台灣世曦工程顧問股份有限公司正工程師

翁志偉

臺北市政府工務局局長、台灣下水道協會常務理事

彭振聲

台灣世曦工程顧問股份有限公司協理、台灣下水道協會常務理事

曾淳錚

國立屏東科技大學土木系教授、台灣下水道協會理事

謝啟萬

台灣下水道協會常務監事

簡源水

(以姓氏筆劃為序)

參與單位人員：

內政部營建署

林宗韋

臺北市政府工務局

黃忠正

李詩茜

臺北市政府工務局水利工程處

陳郭正

林洙宏

陳元鎮

林劭權

余世凱

新北市政府水利局

鄧力瑋 劉有棋

林仕婷

江家慧

臺中市政府水利局

陳宏穎

高雄市政府水利局

張世傑

台灣世曦工程顧問股份有限公司

陳韋圻

陳逸鴻

良潤實業股份有限公司

陳宏銘

陳宏政

盧尚甫

諾迪股份有限公司

王宏宇

連積企業有限公司

楊燦銘

鄭永壽

鐘益利

台灣積水化學股份有限公司

高健哲

積水塑膠管材股份有限公司

胡鳳秋

林栢輝

萬銘科技股份有限公司

黃台琪

編輯小組說明

傳統都市計畫區之排水方式係採立即排水為原則，以雨水下水道或輔以抽水站為其主要排水系統設施；近年氣候異常，極端強降雨發生頻率劇增，使得現有雨水下水道難以滿足原規劃排水設計標準，限於政府財政狀況短期內全面要提升現有雨水下水道之實質排水設計標準有實際困難，故已無法完全仰賴傳統雨水下水道排除都市計畫區內逕流之方式，需思考納入雨水下水道工程以外之補強方案，例如塑膠製雨水地下貯留滲透設施。

近年因政府實施低衝擊開發(LID)、積極推動海綿城市等治水政策，於人行道、停車場及公園綠帶等地下空間設置塑膠製雨水地下貯留滲透設施之實例愈來愈廣泛，藉其以抑制雨水逕流之流出，延緩洪峰到達時間，以消減洪峰流量，達到都市計畫區單位面積逕流分攤與出流管制之目的，改善局部地區可能積淹水之情形；此外，所貯留之雨水，可回收再利用作為植栽澆灌、洗滌用水、景觀用水、消防用水、涵養土壤、補注地下水、改善熱島效應等（如附圖）多功能使用，可更有效利用寶貴的水資源。

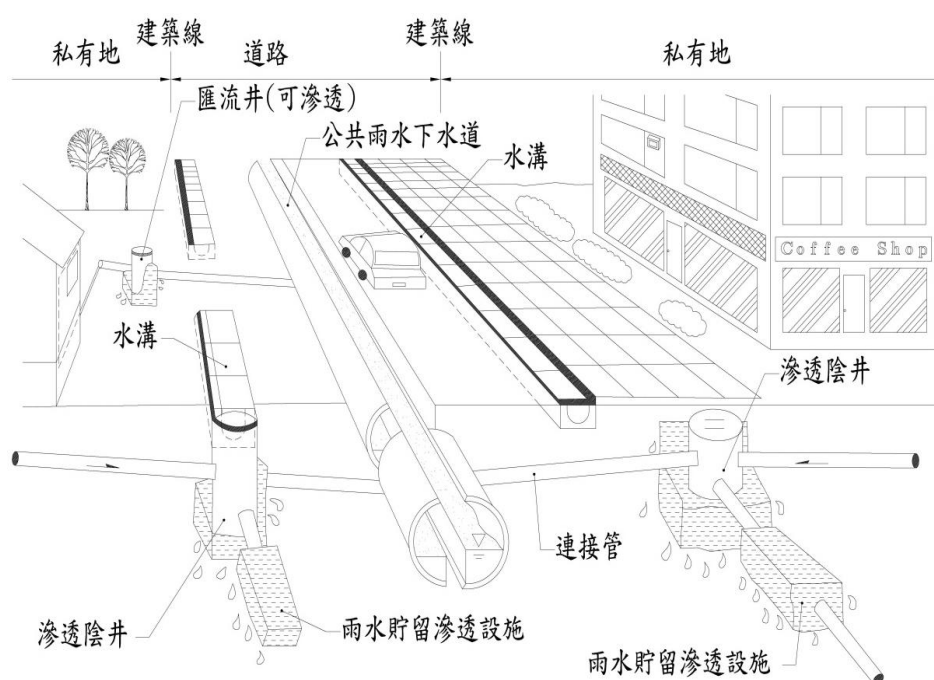
因此本協會自 2014 年 9 月起在理事長江黎明先生督導下，邀集國內外專家學者密集開會討論雨水貯留滲透設施技術手冊之編纂事宜，於 2016 年 7 月底完成本手冊初稿，編纂期間並委由國立屏東科技大學實驗中心執行塑膠製雨水貯留槽抗壓強度、長期應變試驗及耐震性能試驗。如今該三項特性試驗業已完成，爰於 2016 年 12 月 28 日召開會議達成七項結論：

1. 本試驗成果，宜將貯留槽容許荷重、埋設深度及耐震性等資料納入未來公共工程委員會之施工綱要規範內，以控制貯留槽品質，使試驗資料能反應實際工程行為接近現況。
2. 「手冊附錄」第三章標題「耐震性能試驗方法」修正為「往復抗剪性能試驗方法」。
3. 容許應力之常時及長期安全係數初期建議參考英國建議值，俟未來試驗樣品組數取樣至一定數量試驗成果後，再評估是否調整其安全係數。
4. 有關長期潛變之長期間潛變位移圖，當試驗呈現第二階段潛變特

性時，未來可經分析將潛變位移外插 1 個對數時距。

5. 未來潛變試驗宜將合宜圍束條件納入潛變試驗條件。
6. 可考量執行不同寬度貯留槽往復抗剪試驗，以建置貯留槽尺度和剪斷變形角之關係。
7. 建議未來設計者宜考慮貯留槽覆土厚度、貯留槽入流口攔砂系統及消減洪峰流量等配套設計措施。

茲將上述結論納入定稿內修正再版付梓，以供同業設計時參考。



目錄

	頁次
第一章 通則	1-1
1.1 目的	1-1
1.2 適用範圍	1-1
1.3 適用基準	1-3
1.4 名詞定義	1-4
第二章 設施概要	2-1
2.1 本設施之構成	2-1
2.2 本設施之種類	2-2
第三章 設施設計	3-1
3.1 設計程序	3-1
3.2 基本條件之確認	3-2
3.3 貯留槽配置	3-5
3.4 地工合成材料之設計	3-8
3.5 基礎之設計	3-10
3.6 附屬設施之設計	3-11
3.7 貯留結構體性能之審查及確認	3-14
第四章 施工	4-1
4.1 施工計畫	4-1
4.2 施工方法	4-2
4.3 施工注意事項	4-18
4.4 施工管理	4-25
第五章 維護管理	5-1
5.1 基本原則	5-1
5.2 管理內容	5-3
參考文獻	R_1

圖目錄

	頁次
圖-解 1.2-1 流出抑制設施之分類及適用範圍一覽圖	1-2
圖-解 1.2-2 設施各尺寸之位置關係.....	1-3
圖-解 2.1-1 本設施各部之名稱示意圖	2-1
圖-解 2.2-1 貯留設施示意圖	2-2
圖-解 2.2-2 滲透設施示意圖	2-3
圖-解 3.1-1 本設施之設計程序示意圖	3-1
圖-解 3.2.1-1 本設施示意圖	3-2
圖-解 3.3-1 考量鄰近結構物示意圖.....	3-5
圖-解 3.3-2 計畫貯水位和貯流水深示意圖	3-7
圖-解 3.3-3 從設施所觀察之滲透示意圖	3-7
圖-解 3.6.2-1 孔口說明圖	3-13
圖-解 3.7.2-1 覆土之靜態載重和車輛載重(q_1 、 q_2)之模式圖	3-16
圖-解 3.7.2-2 垂直方向之強度審查流程圖	3-16
圖-解 3.7.2-3 車輛載重之構想	3-18
圖-解 3.7.2-4 作用於貯留結構體之水平方向載重之示意圖	3-19
圖-解 3.7.2-5 水平方向之強度性能審查流程圖	3-19
圖-解 3.7.3-1 長期性能審查流程(垂直方向)圖	3-23
圖-解 3.7.5-1 塑膠變形—時間特性示意圖	3-24
圖-解 4.2.1-1 標準施工流程圖	4-2
圖-解 4.2.1-2 施工照片示意圖	4-3
圖-解 4.2.3-1 開挖剖面示意圖	4-5
圖-解 4.2.4-1 基礎配置示意圖	4-7
圖-解 4.2.5-1 組裝工程之標準作業流程圖	4-8
圖-解 4.2.5-2 底面地工合成材料之鋪設示意圖	4-8
圖-解 4.2.5-3 接合部位之處理示意圖.....	4-9
圖-解 4.2.7-1 地工合成材料(三層)之施工流程圖.....	4-12
圖-解 4.2.7-2 地工防水膜之熔接示意圖	4-13
圖-解 4.2.7-3 地工防水膜之黏接示意圖	4-13
圖-解 4.2.7-4 接合處之檢查範例 1(用起子確認)示意圖	4-14
圖-解 4.2.7-5 接合處之檢查範例 2(加壓檢查)示意圖	4-14
圖-解 4.2.7-6 接合處之檢查範例 3(負壓檢查)示意圖	4-15
圖-解 4.2.7-7 透水地工織物之施工流程示意圖	4-16
圖-解 5.1.1-1 本設施維護管理示意圖	5-2

表目錄

	頁次
表-解 1.2-1 適用範圍	1-2
表-解 3.2.1-1 地質調查項目一覽表	3-4
表-解 3.2.1-2 地下水調查項目內容一覽表	3-4
表-解 3.7.2-1 構成覆土材料之單位體積重量之一般值	3-17
表-解 3.7.2-2 衝擊係數	3-17
表-解 3.7.2-3 土質常數之一般值與主動土壓係數(K_A)計算例	3-21
表-解 5.2.1-1 維護管理之項目及其方法	5-3
表-解 5.2.2-1 平常之檢查部位及確認事項	5-4
表-解 5.2.2-2 檢查內容	5-5
表-解 5.2.2-3 水位之確認	5-5

第一章 通則

1.1 目的

本手冊係針對以抑制雨水逕流流出為目的而設置之塑膠製雨水地下貯留滲透設施，說明設計、施工及維護管理之技術性事項。

【解說】

塑膠製雨水地下貯留滲透設施(以下稱本設施)在本手冊中係指由貯留槽(由貯留結構體及塑膠布所構成)、及附屬設施所構築之設施。

本手冊係針對設計、施工、維護管理，將所需之技術性事項加以彙總。

1.2 適用範圍

本手冊適用於作為雨水貯留設施及雨水滲透設施所使用之塑膠製雨水地下貯留滲透設施。

【解說】

雨水貯留滲透設施中有各種用途及使用方法，另外，依據各種條件設置。本手冊適用於下列所示之「依據分類之適用範圍」和「依據設置條件之適用範圍」中塑膠製雨水地下貯留滲透設施。將依據分類之適用範圍和依據設置條件之適用範圍分別說明如下：

1. 流出抑制設施之分類和適用範圍

圖-解 1.2-1 係表示雨水逕流流出抑制設施之分類和本手冊之適用範圍。

2. 依據本設施設置條件之適用範圍

表-解 1.2-1 係表示本手冊中本設施之適用範圍。另外，圖-解 1.2-2 係表示設施各尺寸之位置關係。

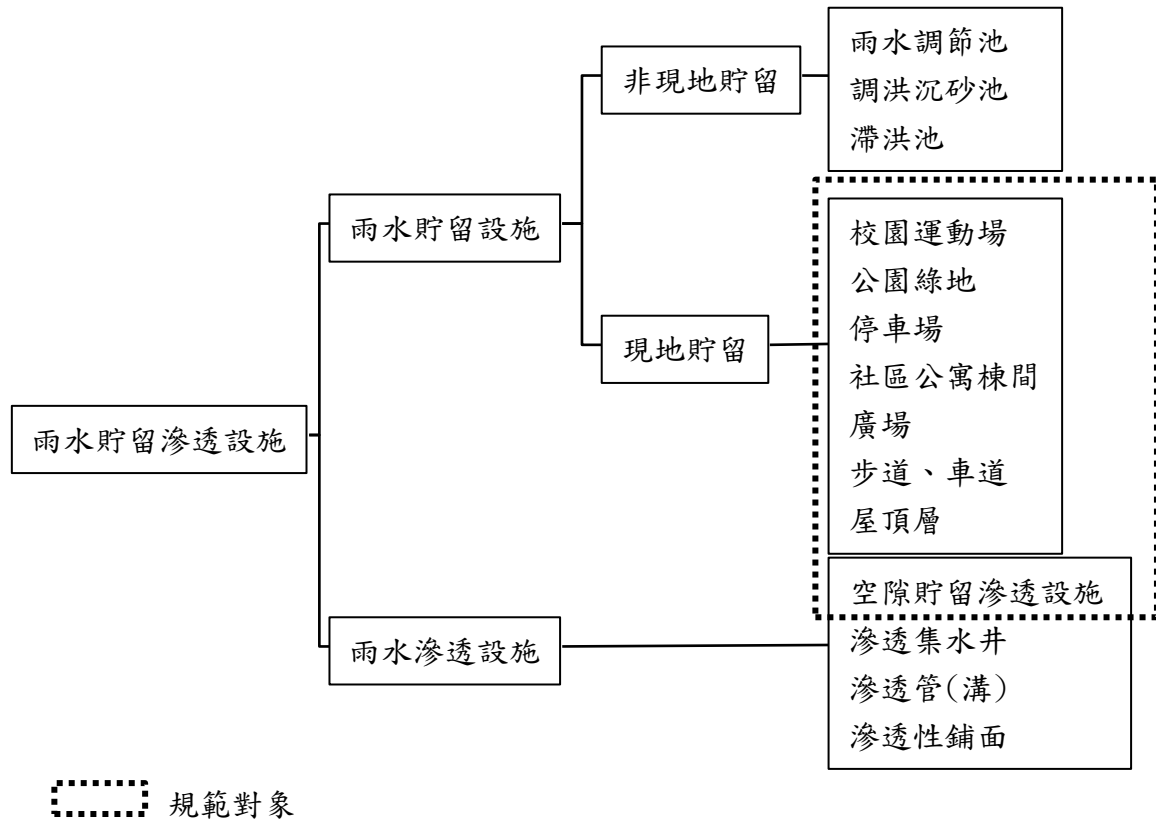


圖-解 1.2-1 流出抑制設施之分類及適用範圍一覽圖

表-解 1.2-1 適用範圍

項目	設施和設置條件	設置場所
適用範圍	◆ 在現場組裝並埋設由塑膠所製成之構成部件 ◆ 覆土：0.5~2m ◆ 貯留槽高度 ◆ T-25 載重對應 ◆ 必須有長期耐久性 ◆ 依台灣震區劃分之地震下能確保功能	◆ 校園 ◆ 公園 ◆ 停車場 ◆ 綠地 ◆ 住宅區 ◆ 步道 ◆ 車道
非適用對象	◆ 鑄塊、有孔管溝 ◆ 預鑄製貯留設施	◆ 土壤液化處 ◆ 急傾斜地 ◆ 底面高<地下水位

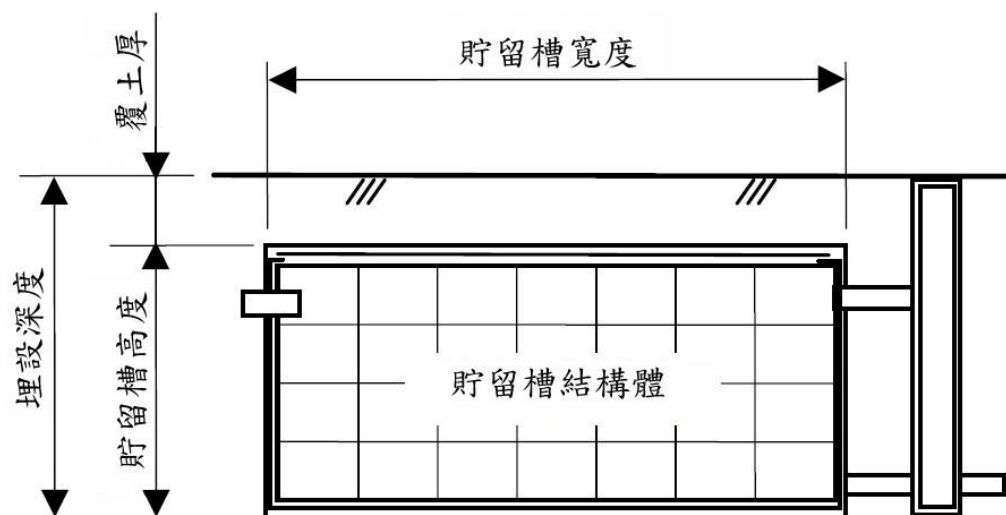


圖-解 1.2-2 設施各尺寸之位置關係

1.3 適用基準

本手冊編定之內容，相關法規另有規定時，應從其規定。

【解說】

提及「專用蓄水貯集框架」，即意指本設施之國內現有規範，手冊及指引，包括：

1. 滲透及貯留設施技術彙編(台北市政府都市發展局，2006)
2. 建築基地保水設計技術規範(內政部營建署，2012)
3. 社區及建築基地減洪防洪規劃手冊(內政部建築研究所，2013)
4. 降雨逕流非點源污染最佳管理技術(BMPs)指引(行政院環境保護署，2013)

1.4 名詞定義

1. 流出抑制

抑制雨水逕流直接排入河川或下水道之雨水貯留滲透設施，概略區分為貯留設施和滲透設施。貯留設施又分為現地及非現地貯留。

2. 現地貯留

控制降雨雨水逕流流動至最小，可直接貯留於雨水降落之地區，以抑制雨水逕流流出之設施，可稱為現地貯留。如：公園，運動場，停車場及設有地下貯留設施之集合住宅等。

3. 非現地貯留

河川、區域排水及雨水下水道等水路收集雨水後貯留於此，並抑制流出。如：滯洪池、雨水調節池。

4. 地下貯留滲透設施

設置於地下之設施，具有滲透、貯留或滲透貯留機能兼備之設施皆屬此範圍。

5. 貯留滲透設施

貯留滲透設施係指由貯留槽、附屬設施、基礎所構成之設施。

6. 貯留槽

貯留槽係指由貯留結構體及塑膠布(圍住貯留結構體)所構成的槽。貯留槽係具貯留功能的槽、具滲透功能的槽、及兼具兩種功能的槽之總稱。另外，具滲透功能的槽有時稱為滲透槽或貯留滲透槽。

7. 貯留結構體

貯留結構體係指組合塑膠製之構成部材，形成所要貯留空間之結構體。

8. 構成部材

構成部材係指用構成貯留結構體之塑膠製部材，藉由射出成型之製成品。

9. 附屬設施

附屬設施係指入流設施、維護管理設施、出流設施之總稱。

10. 貯留率

貯留率係指實際貯留容量對貯留槽外型體積之比例。另外，外觀體積係指根據外型尺寸所算出之體積，實際貯留容量係指從貯留槽外型體積減去貯留結構體及維修人孔等實際體積之體積。

11. 貯留槽高度

貯留槽高度係指從貯留槽之頂部到底端之高度。

12. 貯留槽寬度

貯留槽寬度係指設深度方向為 z 時，垂直之 x 方向、 y 方向之貯留槽長度。

13. 埋設深度

埋設深度係指從埋設於地中之貯留槽底端到地表面之距離。

14. 覆土

覆土係指從埋設於地中之貯留槽頂端到地表面之土厚度。

15. 審查項目

審查項目係指為確保貯留結構體之安全，必須符合之項目。

16. 確認項目

確認項目係指為確保貯留結構體之進一步安全，必須符合之項目。

17. 視比例限度應力

視比例極限應力係指當應力與位移成比例增加時，把比例關係持續最大之應力稱為比例極限應力，但如不易求出比例極限應力，則在最大應力乘上係數等，以簡易方法算出之應力。

18. 材料係數

材料係數係指對材料偏差等之安全率。

19. FEM 分析

FEM 分析係指採用有限要素法(*Finite Element Method*)之分析。本手冊係指藉由要素分割將貯留結構體模組化，對載重之負載計算其發生變形或應力。

第二章 設施概要

2.1 本設施之構成

本設施由以下所示要件構成。

- 1.貯留結構體
- 2.地工合成材料
- 3.附屬設施
- 4.基礎

【解說】

本設施由貯留槽(由貯留結構體及塑膠布構成)、附屬設施、及基礎構成，如圖-解 2.1-1 所示。

1. 貯留結構體

貯留結構體係指組合塑膠製構成部材，形成所要貯留空間之結構體。當作為貯留槽時，有時設置有維修人孔等。

2. 地工合成材料

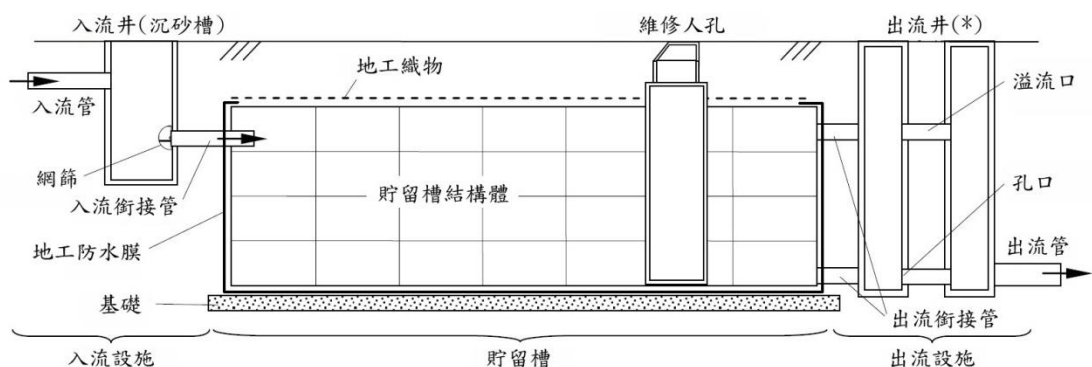
地工防水膜、地工織物(透水地工織物、保護地工織物)及組合這些布之總稱。

3. 附屬設施

附屬設施係指入流設施(由入流井(沉砂槽)和入流銜接管構成)、維修人孔等維護管理設施、及出流設施(由出流井、出流銜接管、溢流管等構成)之總稱。

4. 基礎

基礎係指用來將貯留槽和其上載重及貯留水載重傳導給地層之基座。



*：出流井有時與貯留槽分離設置。

圖-解 2.1-1 本設施各部之名稱示意圖

2.2 本設施之種類

依照使用之地工合成材料，本設施之種類可分類為 2 種。

- 1.貯留設施
- 2.滲透設施

【解說】

依照使用之地工合成材料，本設施之種類可分類為貯留設施及滲透設施 2 種。另外，也有貯留設施及滲透設施之混合型之貯留滲透型。

1. 貯留設施

貯留設施由貯留槽及附屬設施構成。為確保貯留功能，貯留結構體之外面與周邊地層間所鋪設之塑膠布採用遮水布。

流入貯留設施之雨水一旦貯留後，從流出接管朝外部排出。調節排水管或孔口高度，藉此就能利用貯留槽所貯留的雨水，如圖-解 2.2-1 所示。

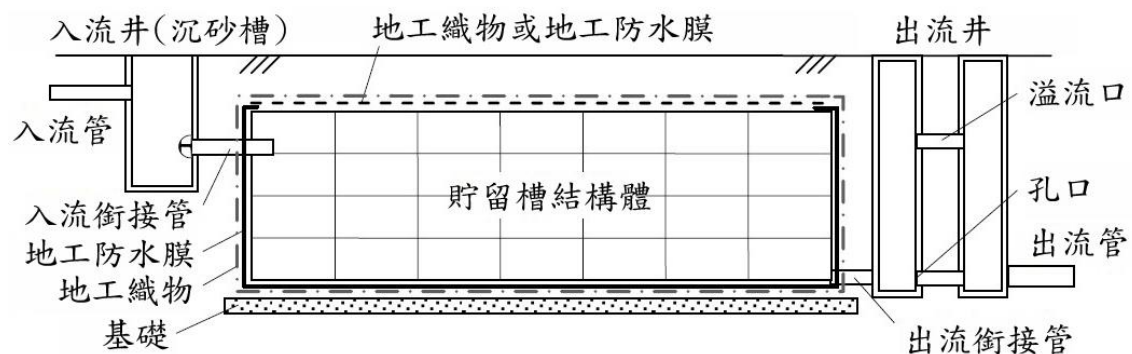


圖-解 2.2-1 貯留設施示意圖

2. 滲透設施

滲透設施由具有滲透功能之貯留槽及附屬設施所構成。為確保滲透功能，貯留結構體之外面與周邊地層間所鋪設之塑膠布採用透水布。

流入滲透設施之雨水透過透水布往貯留槽外部(土壤)滲透。將出流銜接管設置於貯留槽較高位置，加大貯留水深度，藉此提高貯留滲透功能，如圖-解 2.2-2 所示。

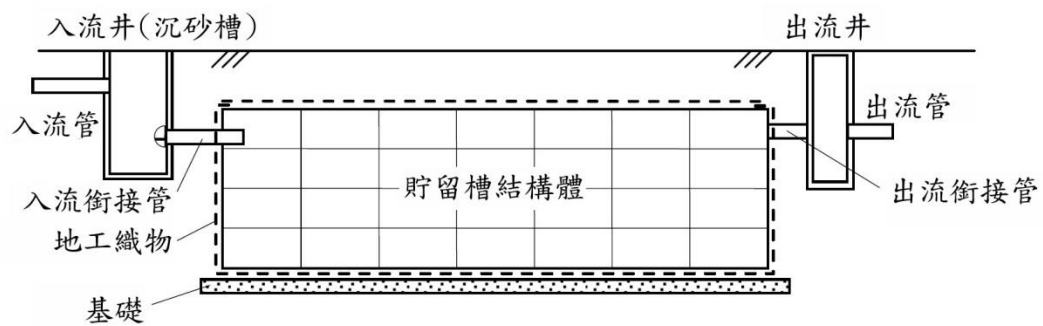


圖-解 2.2-2 滲透設施示意圖

第三章 設施設計

3.1 設計程序

根據所鋪設之地層及流量等各要素，確認貯留結構體之性能後，進行塑膠布、基礎、及附屬設施等檢討，並且整理必須注意事項，進行本設施之設計。

【解說】

圖-解 3.1-1 表示本設施設計之程序。

本章內容由 3.2 到 3.6 節為設計流程，3.7 節為構成貯留槽之貯留結構體之性能審查及確認流程；於設計貯留槽時，應依據 3.7 節之說明，對貯留結構體性能進行審查及確認方法，其又分為審查項目(為確保安全必須符合的項目)與確認項目(為更加安全，儘可能滿足之條件)。

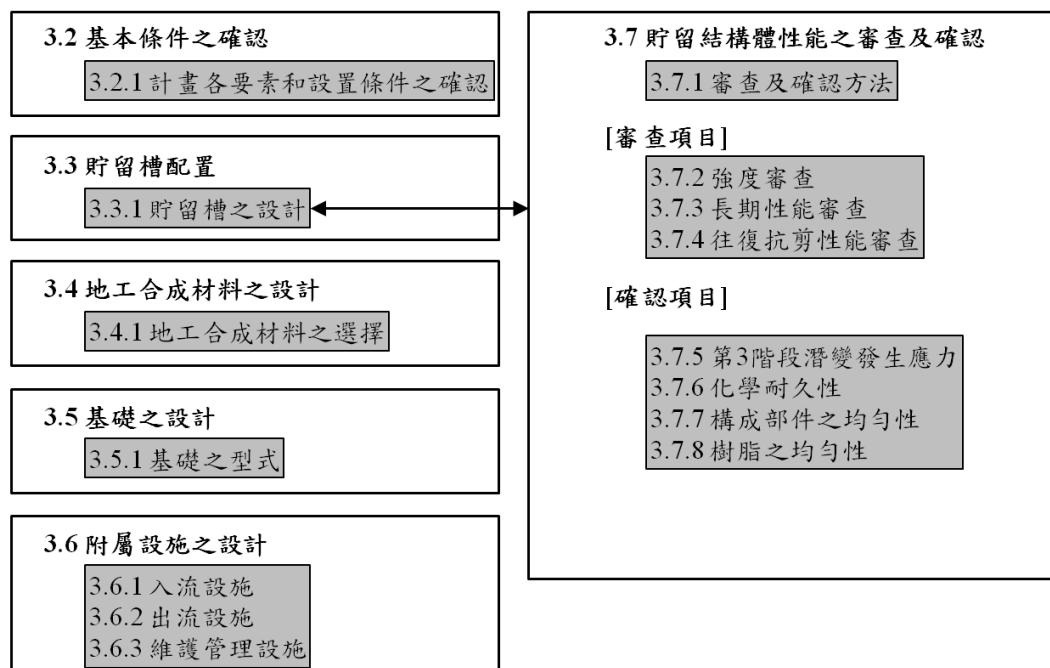


圖-解 3.1-1 本設施之設計程序示意圖

3.2 基本條件之確認

3.2.1 計畫各要素和設置條件之確認

當設計本設施時，事前確認進行調查及檢討之計畫各要素和設置條件。

1. 計畫貯留量
2. 可能施工用地
3. 計畫入流高程與計畫出流高程
4. 排出地點之條件
5. 土質及地下水位
6. 上部載重
7. 基礎之地層
8. 入流砂土量等
9. 雨水逕流量

【解說】

圖-解 3.2.1-1 係表示本設施概要。當設計本設施時，事前確認進行調查及檢討之計畫各要素和設置條件。

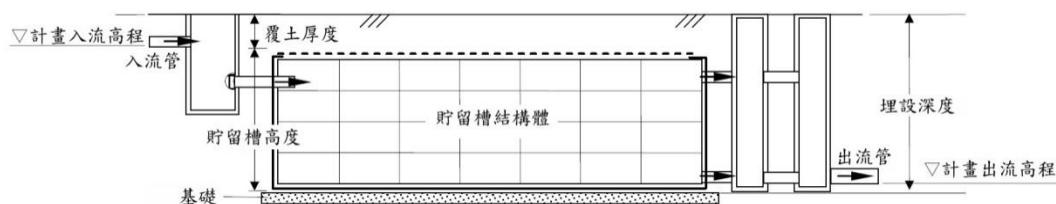


圖-解 3.2.1-1 本設施示意圖

1. 計畫貯留量

如根據水文設計，計畫貯留量已推算時，則確認本設施之計畫貯留量。然而，在其他計畫各元素和設置條件之確認過程中，可能會產生貯留槽高度及容量之變更，此時必須再次進行流出計算，讓計畫貯留量明確化。

2. 可能施工用地

為進行設施之配置計畫，將可能施工用地之形狀尺寸明確化。另外，如對覆土、貯留槽高度、埋設深度有要求或有限制事項時，則確認這些事項。另外，本手冊中，貯留槽高度之適應範圍最大為 4m。

3. 計畫入流高程與計畫出流高程

為了決定埋設深度及貯留槽高度，確認計畫入流高程(入流管管底高程)、計畫出流高程(出流管管底高程)。

4. 排出地點之條件

為了設計出流設施，確認之排水計畫及現設之下游管渠之排水能力等排水地點之條件。

5. 土質及地下水位

根據鑽孔等地質調查結果，確認土質及地下水位，如表-解 3.2.1-1~3.2.1-3。依據本手冊，設置貯留槽宜設計於地下水位之上部，但如將貯留槽全部或一部分設置低於地下水位時，可能因外水壓及浮力而造成地工合成材料及貯留結構體破損，因此需另行個別進行檢討。另外，如設施為滲透型，則進行土壤滲透能力調查，並且地下水位儘可能至少離貯留槽底端 50cm 以上深度。

6. 上部載重

確認上部利用目的之條件，以決定上部載重。

7. 基礎之地層

如作為鋪設基礎之地層，預測無適當承载力時，則必須採取適當對策，如再檢討設置場所，或視需要改良地層等。

8. 流入砂土量等

為決定沉砂槽等入流設施之規模，使積砂量及混雜物量明確化。以平均集水面積 1ha，每年於設施內產生 $1.5m^3$ 之淤砂量，以評估設施竣工後有效貯水率變化情形，作為清淤頻率擇定標準。

9. 雨水逕流量

依據水文條件計算現有雨水逕流量。為了決定所需入流設施規模，以確認雨水逕流量，或依據所推估之逕流量設計所需入流設施規模。

表-解 3.2.1-1 地質調查項目一覽表

試驗項目		調查項目	土壓及靜載重等結構計算	承載力及變形	沉陷量計算	滲透性調查
鑽孔				◎	◎	◎
取樣				◎	◎	◎
取樣調查	標準貫入試驗法			◎		
物理試驗	土壤比重試驗法		○	○	○	
	實驗室土壤含水量測定法		○	○	◎	
	土壤粒徑分析試驗法		○	○	○	
	土壤液性及塑性限度試驗法		○	○	◎	
	定水頭試驗法					○
	變水頭試驗法					○
力學試驗	凝聚性土壤無圍壓縮強度試驗法			◎		
	土壤三軸壓縮試驗法			◎		
	土壤單向度壓密試驗法				◎	
現地試驗	土壤單位重試驗法		◎			
	平鈑載重試驗法			◎		
	現地抽水試驗法					◎
取得參數			單位重 γ	凝聚力 c 、摩擦角 ϕ 、單軸壓縮強度 q_u 、 N 值	壓縮指數 C_c 、壓密係數 C_v 、體積壓縮係數 m_v 、	滲透係數 K

註：◎為最有效之調查方法；○為有效之調查方法；△為依場合使用之調查方法。

表-解 3.2.1-2 地下水調查項目內容一覽表

調查項目	調查目的	調查方法
地下水位	● 有無浮力 ● 對滲透能力影響	利用觀測井，鑽孔來觀測地下水位
水質調查	● 防止滲透設施阻塞 ● 防止地下水及土壤污染	視需要，調查入流水、地下水及土壤

3.3 貯留槽配置

3.3.1 貯留槽之設計

依照以下所示程序進行貯留槽之設計

1. 決定計畫配置範圍
2. 決定平面形狀
3. 覆土
4. 決定貯留槽高度
5. 確認貯留槽容量
6. 流入砂土及混雜物對策
7. 計算設計滲透量
8. 審查及確認貯留結構體

【解說】

當設計貯留槽時，根據可能施工用地、計畫入流及出流高程等決定平面形狀及貯留槽高度，並確認必須滿足計畫貯留量。

1. 決定計畫配置範圍

配合用地形狀，根據可能施工用地考量臨設結構物和貯留槽間之施工範圍、搬運用便道坡度及作業空間，決定計畫配置範圍。

如圖-解 3.3-1 所示，原則貯留槽不得配置於建築物基礎角隅 45° 的影響線內。惟，如無法配置於離建築物基礎之場所，則設置擋土牆或鋼板(永久)，來防止側面載重之影響。

如貯留槽為滲透型，則從建築物等基礎確保貯留水深 2 倍以上之水平距離，再配置貯留槽。

本手冊所使用之貯留槽，其重量比混凝土製品輕，因此安裝作業時大多不必使用重機械，但在開挖面如有吊車、搬入車等重機械進入，則在開挖面內必須確保搬運用便道坡度及作業空間。

另外，為藉由開挖埋設設施，在開挖面進行所要的斜度設置及擋土工程，必須確保作業空間之餘裕範圍。

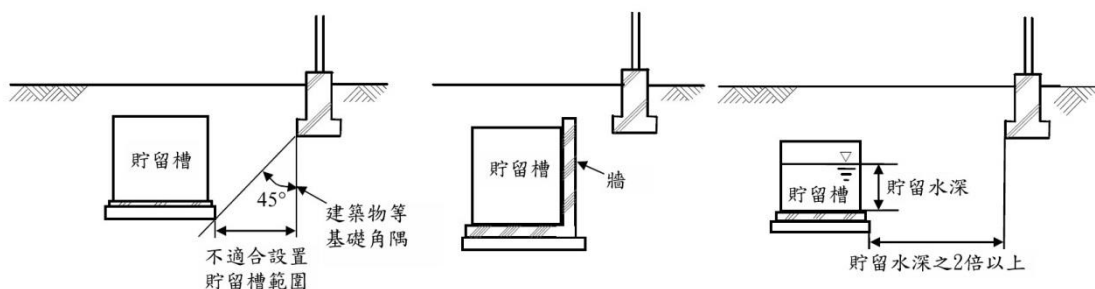


圖-解 3.3-1 考量鄰近結構物示意圖

2. 決定平面形狀

當設定貯留槽平面形狀時，必須考量槽體大小、用地形狀、近鄰狀況、入流及出流設施之配置、施工方法、貯留槽強度、往復抗剪性能、現有地下埋設物、維護管理等後，再決定適當的平面形狀。另外，依據往復抗剪性能審查結果決定貯留槽寬度。

3. 覆土

考量作為對象之貯留槽強度、鋪設結構、地上利用狀況、周邊地型後，再適當決定覆土。為避免對貯留結構體造成偏載重，覆土盡量固定。

另外，覆土有讓車輛載重等集中載重朝地中方向分散之作用，車輪載重朝地中以 45° 之角度均勻分布，並進行審查車輛載重(動態載重)。

另外，基本上，本手冊之最小覆土為 $0.5m$ ，最大覆土為 $2.0m$ 。

4. 決定貯留槽高度

貯留槽高度係考量覆土、計畫入流及出流高程、排水方法(重力排水、機械排水)等後，根據計畫貯留量、計畫貯水量、溢流水深度決定適當之高度。

另外，本手冊之貯留槽高度最高為 $4m$ 。

5. 確認貯留槽容量

為滿足本設施計畫流出抑制量之方式，以設定貯留槽大小，根據各貯留槽規定貯留率，以式(3.1)及式(3.2)進行貯留容量之換算。

$$V_w = V_{rt} \times P_r \dots\dots\dots(3.1)$$

$$P_r = \frac{(V_{rt} - V_m)}{V_{rt}} \times 100 \quad (\%) \dots\dots\dots(3.2)$$

式中，

V_w ：貯留容量(m^3)

P_r ：貯留率(%)[詳 1.4 節名詞定義]

V_{rt} ：根據除板類等貯留槽之外形尺寸(m^3)

V_m ：貯留結構體與維修人孔等佔貯留槽之實際體積(m^3)

※計算計畫貯留量時也可採用貯留水深。

如圖-解 3.3-2 所示，作為計畫貯水位溢流管之管底高度，其計畫貯水位以下之貯留容量必須滿足計畫貯留量。

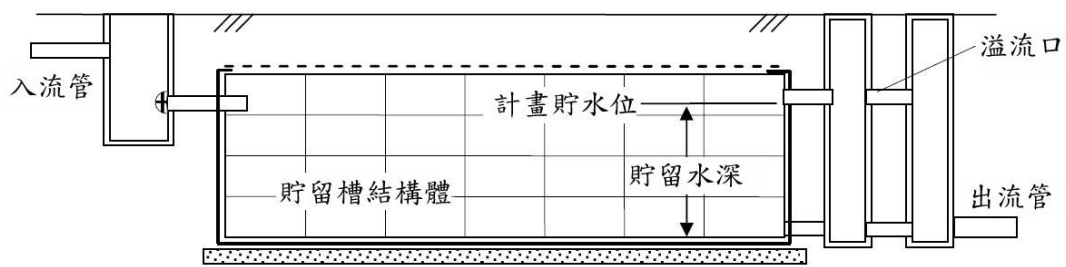


圖-解 3.3-2 計畫貯水位和貯流水深示意圖

6. 流入砂土及混雜物對策

本手冊所記載之貯留槽主要是由長度約為 50~100cm 之塑膠製構成部件所組成，因此不易將流入內部之砂土、混雜物、垃圾等除去，另外，由於大部分設施未在底部特別設置斜度，因此容易積留砂土。為此，本設施在入流部設置濾網、沉砂槽(池)等，將砂土、混雜物、垃圾等分離，防止流入貯留槽之結構。

車道因設置場所限制，而難以設置沉砂槽(池)時，需在入流處設置過濾構造，以去除流入施設內部的砂土、混雜物、垃圾等。

7. 推算設計滲透量

原則上，推算設計滲透量使用混凝土基礎，由於無法確保底面滲透，因此本手冊原則上僅考量側面滲透，如圖-解 3.3-3 所示；如底面非採混凝土基礎時時，亦可依據設計者判斷。

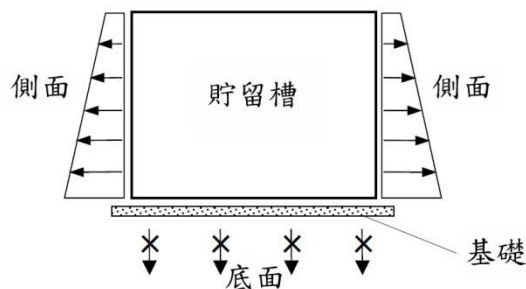


圖-解 3.3-3 從設施所觀察之滲透示意圖

8. 貯留結構體之審查及確認

貯留槽所使用之貯留結構體為了對預測外力、使用條件能發揮規定功能，必須具有充分之安全性及耐久性。

為確保貯留槽之安全性及耐久性，必須審查對貯留結構

體垂直方向載重及水平方向載重之強度及長期性能、及往復抗剪性能。

另外，為貯留槽之更加安全，可再確認 FEM 分析及對化學藥品等化學影響之耐久性。

貯留結構體之審查和確認方法請參照本章第 3.7 節。

3.4 地工合成材料之設計

3.4.1 地工合成材料之選擇

如本設施用途為貯留，則採用地工防水膜，如用途為滲透，則採用透水地工織物。

1. 地工防水膜之選擇
2. 透水地工織物之選擇
3. 保護地工織物之選擇

【解說】

本設施大致可分為貯留設施和滲透設施兩種。

貯留設施，其鋪設於貯留結構體外面和周邊地層之地工合成材料採用地工防水膜及保護地工織物。

滲透設施，其鋪設於貯留結構體外面和周邊地層之地工合成材料採用透水地工織物。

地工合成材料破損不僅無法確保貯留及滲透功能，並且可能造成地表面塌陷等二次災害，因此適當進行選擇地工合成材料至為重要。

1. 地工防水膜之選擇

地工防水膜使用於貯留設施，為了對預測外力及使用條件不破壞並發揮貯留功能，必須具有充分強度和耐久性及防水性能。

地工防水膜係鋪設於貯留結構體外面和周邊地層間之地工合成材料，一般是無間隙地包圍貯留結構體全面後使用。為防止地工防水膜破裂，採用保護地工織物包圍地工防水膜的外面。當擔心因貯留結構體形狀而使地工防水膜破裂時，在地工防水膜和貯留結構體之間鋪設保護地工織物。另外，有時依據用途，上面採用透水地工織物包圍。

由於貯留槽埋設於地下，因此當失去防水功能想修復時必須開挖，成為極困難的作業，因此請慎重選擇地工防水膜。

(1) 耐久性

為了發現地工防水膜之長期耐久性，必須有物理及化學耐久性。影響物理耐久性之因素有因施工時覆土壓實所造成之破損、利用上部時因衝擊等所造成之破損、回填土中混入

銳石等所造成之破損、來自側方土壓所造成之潛變破壞。另外，化學耐久性有耐光性、耐熱性、耐藥品性等，必須注意這些特性加以選擇。

2. 透水地工織物之選擇

透水地工織物使用於滲透設施。為了對預測外力及使用條件不破壞並發揮功能，必須具有充分強度和耐久性及透水性能。當選擇透水地工織物時必須考量下列事項。

(1) 透水性

透水地工織物所需功能係使貯留槽內雨水迅速滲透於土中的功能及防止砂土逆流入之功能。評估透水地工織物性能的方法一般採用 CNS13298 地工織物正向透水率試驗法。

透水地工織物之透水係數，求出不低於土壤飽和透水係數後，一般較適合選擇具有 $0.1\sim 2.0\text{ s}^{-1}$ 之透水性能之透水地工織物。具有透水性能之透水地工織物有織布和不織布，如為滲透設施，考量透水性其他諸特性，透水地工織物較適合採用不織布。

(2) 耐久性

為瞭解透水地工織物之長期耐久性，其包括：物理及化學耐久性。影響物理耐久性之因素有因施工時覆土壓實所造成之破損、利用上部時因衝擊等所造成之破損、回填土中混入銳石等所造成之破損、來自側方土壓所造成之潛變破壞；此外，化學耐久性有耐光性、耐熱性、耐藥品性等，必須注意上述這些情況而作適當選擇。

3. 保護地工織物之選擇

保護地工織物係為防止地工防水膜破裂，在地工防水膜與周邊地層間及地工防水膜與貯留結構體間所鋪設之地工合成材料。為保護地工防水膜，必須具有充分強度及耐久性。保護地工織物亦可使用與透水地工織物同種地工合成材料。當選擇保護地工織物時，必須考量以下事項。

(1) 耐久性

為瞭解保護地工織物之長期耐久性，其包括：物理及化學耐久性。影響物理耐久性之因素有因施工時覆土壓實所造成之破損、利用上部時因衝擊等所造成之破損、回填土中混入銳石等所造成之破損、來自側方泥土壓力所造成之潛變破壞；此外，化學耐久性有耐光性、耐熱性、耐藥品性等，必須注意這些加以選擇。

(2) 其他

保護土工織物亦可使用與透水土工織物同種之土工合成材料，地層為礫質土或岩地層時，如直接採用開挖土作為回填土，則可能會因施工中載重、上部載重或土壤側向壓力接觸而造成保護土工織物破損。此時，除了採用砂等作為回填土外，另行增設保護土工織物、增加土工合成材料厚度或選擇比保護土工織物強度更高之土工合成材料。

此外，設施作為貯留型，對保護土工織物不需注意透水性能，因此在最終處理場及河川護岸中，土工防水膜之保護有時也使用厚度 10mm 之吸出防止材。

3.5 基礎之設計

3.5.1 基礎之型式

為能確實支撐貯留槽，當設計基礎時，必須確認下列事項之安全。

1. 地層
2. 土壤液化

【解說】

基礎型式除了混凝土基礎外，還有碎石基礎及砂基礎。本手冊之貯留槽基礎型式原則上採用混凝土基礎。若小型滲透設施能確保充分之承載力及平坦性，則亦可採用碎石基礎或砂基礎。

貯留槽係將塑膠製構成部件相互嵌合構築而成。因此，為防止構成部件間產生偏離，基礎必須消除不平或斜度設成水平，需均勻控制基礎完成面高程，並且對不規則下陷進行充分檢討並採取改善對策。

1. 地層

當設計及施工貯留槽時，為了設定適當之形狀尺寸、基礎型式，必須進行設置工址之地質及地下水等調查。

若有局部之軟弱層等，為了滿足設計承載力，必須施以替換工法、地盤改良工法或樁基礎工法等。

2. 土壤液化

檢討地層於地震時，有無引起土壤液化之可能性，若判定土壤液化，則原則上不設置；若設置於有可能發生土壤液化之地區，則必須對地盤進行充分之改善對策。

3.6 附屬設施之設計

3.6.1 入流設施

入流設施為確實能流入計畫流量，必須針對以下項目進行適當之設計。

1. 入流銜接管斷面積
2. 入流管之設置高程
3. 入流井(沉砂槽)
4. 貯留結構體與入流銜接管之連接
5. 濾網

【解說】

入流設施除了將計畫入流量安全地流入貯留槽，亦必須防止砂土、混雜物等流入之功能。因此，必須針對以下項目進行適當之設計。

1. 入流銜接管斷面積

入流銜接管為了將計畫入流量確實地流入貯留槽，必須對計畫入流量之下游確保具有充分餘裕之斷面積。推估入流銜接管斷面時，可採用曼寧公式(Manning's equation)檢核。

2. 入流管之設置高程

入流管之管底高程為了確實貯留計畫貯留量，應設置高於最大貯留時之水位之位置。

3. 入流井(沉砂槽)

如因淤砂而無法確保貯留槽之有效容量時，則必須盡速排除淤砂，但貯留槽內之除砂作業困難。因此，為防止砂土流入，在入流設施設置有所需規模之入流井(沉砂槽)之構造。

4. 貯留結構體與入流銜接管之連接

視需要，在入流銜接管和貯留槽結構體之連接部採用撓性接頭。

5. 濾網

為防止混雜物流入貯留槽內及防止設置於排水槽之孔口堵塞，視需要設置濾網。濾網之網孔大小較適合依照維護管理之頻率及雨水所流入之混雜物種類決定，大約為5mm～12mm。另外，如為小型流入設施，則也可設置與入流銜接管之入流井側所流入之銜接管同直徑之能拆裝管口之濾網。也可設置口濾網。

3.6.2 出流設施

出流設施為確實能排出設計放流量，必須針對以下項目進行適當的設計。

1. 排水方式
2. 孔口設計
3. 貯留結構體與出流銜接管及溢流管之連接

【解說】

出流設施必須依據外水位條件，擇定適當排水方式，並確認下游管渠之結構及其重力排水能力，以確實排出設計放流量。因此，必須針對以下項目進行適當的設計。

1. 排水方式

原則上，排水方式採用重力排水方式；若因出流口處之外水位較高而難以重力排水時，可選擇機械排水方式或兩者並用之方式。確認出流口處之下游管渠結構及重力排水能力，排出設計放流量。另外，特別注意下游管渠滿管情形，避免溢流。

(1) 重力排水方式

若為重力排水方式，則必須設置由出流管、溢流管、及孔口所構成之出流井。

(2) 機械排水方式

若為機械排水方式，則必須設置由標準之集水坑及泵浦所構成之出流井。

尤其是若為自動機械排水，則必須依據進行下游管渠水位情形，設定泵浦起抽水位。

2. 孔口設計

設計孔口係為於降雨時，降低下游管渠排水負擔，使貯留槽之容許出流量 $Q(m^3/sec)$ 小於下游管渠排水量。在圖-解 3.6.2-1 所示之關係中，孔口之斷面積 $A(m^2)$ ，對容許出流量以式(3.3)計算。另外，視需要檢討濾網設施。

$$A = \frac{Q}{C \sqrt{2g \left(H - \frac{D}{2} \right)}} \dots\dots\dots(3.3)$$

式中，

A ：孔口截面積(m^2)

Q ：容許放流量(m^3/sec)

C ：流量係數(0.6)

H ：以孔口地基高度作為基準面之水深(m)

D ：孔口高度或直徑(m)
 g ：重力加速度(9.8m/s^2)

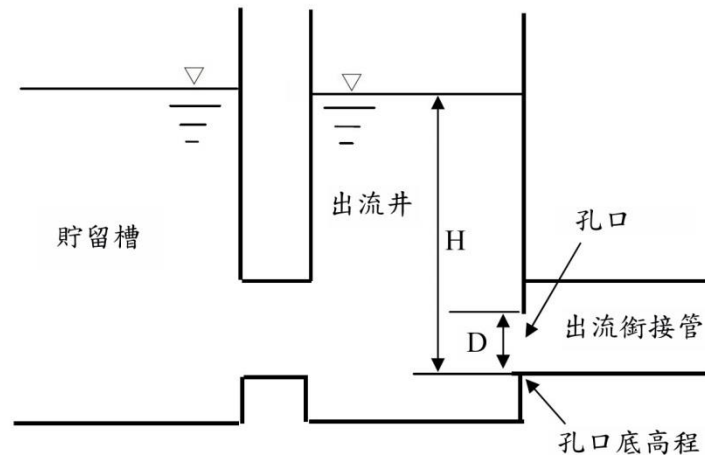


圖-解 3.6.2-1 孔口說明圖

3. 貯留結構體與出流銜接管及溢流管之連接

出流銜接管及溢流管與貯留結構體之連接部，視需要採用撓性接頭。

3.6.3 維護管理設施

在貯留槽配置以下所能維護管理之設施。

1. 檢查口
2. 排氣口
3. 告示牌

【解說】

為檢查貯留槽內之淤砂狀況、貯水量、設施之變形等是否異常，視需要設置檢查口。為避免因雨水流入所產生之壓縮空氣影響，視需要設置排氣口。

檢查口或排氣口之設置位置及口徑，有時會受本設施結構及接頭部分之限制。

若在貯留槽內設置檢查口或排氣口，則為了取出貯留結構體之一部分，進行具有充分強度之補強。另外，若檢查口採用人孔，則人孔之載重或透過人孔之車輪負載，應避免直接施加於貯留槽(貯留結構體)。

1. 檢查口

檢查口由於兼具清掃口，必須從地面向下能看到貯留槽底部，在檢查口人孔蓋必須清楚標示地下埋設有本設施，並提示注意嚴禁煙火。

2. 排氣口

排氣口須能符合排氣之需求。排氣口也能兼用檢查口及

排水槽。此時，使用排氣壓力開放蓋等，如因貯留槽無法設置檢查口等而單獨設置排氣口時，必須採用適當對策，避免排氣口之出口因砂土流入等而阻塞。

3. 告示牌

在不特定多數之車輛或市民可能進入之校園、公園及廣場等，應於設置貯留槽周邊設置告示牌，用以記載限制車輛載重及禁止煙火等事項。

另外，可能因鄰近工程而造成貯留結構體或地工合成材料破損，因此為標示設置位置，宜設置一定安全間距之標示樁等。

3.7 貯留結構體性能之審查及確認

3.7.1 審查及確認方法

當進行貯留槽設計時，進行貯留結構體性能之審查及確認。設計者從廠商取得所需要之貯留結構體資料。

1. 審查項目

2. 確認項目

【解說】

塑膠在長期使用中，有從初期性能逐漸變質之特性，因此當設計貯留槽時，必須考量貯留結構體強度及長期性能為主，針對各種項目進行性能之審查及確認，以確保安全。另外，塑膠即使是同一樹脂，但從細微觀點來看，分子量及分子量分布或添加物等不同時，往往呈現不同一特性。因此，較適合針對作為貯留結構體成型材料之塑膠品質進行必要之評估，以確認樹脂均勻性。

貯留結構體之結構及成型材料，會因各廠商而有所不同。設計者必須從廠商取得所需之資料，並視需要進行會同檢查等過程，以確認是否在適當條件下進行試驗及評估。

1. 審查項目

為確保貯留結構體之安全，審查項目以必須滿足之實施項目，採下列所示之方法審查以下事項。

- (1) 強度審查(3.7.2 節)
- (2) 長期性能審查(3.7.3 節)
- (3) 往復抗剪性能審查(3.7.4 節)

設計者適當設定作用於貯留結構體之載重及外力。作用於貯留結構體之載重，一般有靜態載重、動態載重、積雪載重，地震時有地震外力等。

經常載重依照強度審查(3.7.2 節)及長期性能審查(3.7.3 節)進行審查。若是混凝土結構物，一般潛變不致成為重大問

題，因此不必對持續作用之載重實施審查。另一方面，作為本手冊對象之貯留結構體，若載重長期持續作用，則會因潛動現象而變形，因此必須進行長期性能之審查。

地震時之審查依照往復抗剪性能審查(3.7.4 節)進行審查。貯留結構體作成組合塑膠製構成部件之特殊結構，地震時會產生貯留槽之剪斷變形。

在本手冊中，廠商對地震時之剪斷變形程度實施反覆載重試驗及依台灣震區劃分進行地震時之動態解析，並於各載重及貯留槽高度設定容許貯留槽寬度。

2. 確認項目

為追溯貯留結構體之更安全，較適合滿足確認項目。視需要分別依照 3.7.5~3.7.8 所示之方法進行確認。

- (1) 第 3 階段潛變發生應力 (3.7.5)
- (2) 化學耐久性 (3.7.6)
- (3) 貯留結構體之均勻性 (3.7.7)
- (4) 樹脂之均勻性 (3.7.8)

本手冊係針對長期性能，以使用變形之方法作為審查項目。另外以第 3 階段潛變發生應力作為確認項目記載於本手冊中。

另外，將與審查項目有關之試驗方法記載於附件，將與確認項目有關之試驗方法記載於資料篇，請參照之。

車道時，參照項目為上述確認項目的(1)第 3 階段潛變發生應力、(4)樹脂之均勻性。

3.7.2 強度審查

在所設計之埋設條件中，對貯留結構體在土中所承受之垂直方向載重及水平方向載重，審查必須具有所需強度。

1. 垂直方向強度之審查
2. 水平方向強度之審查

【解說】

將貯留結構體在土中所承受之垂直方向及水平方向之應力、及根據貯留結構體強度試驗所求得之應力容許值加以比較，進行貯留結構體強度之審查。垂直方向對靜態載重及動態載重之應力進行審查，水平方向對來自側面之側向土壓力等應力進行審查。另外，依據使用環境，適當計算積雪載重。當土中所承受之應力小於貯留結構體所具有之應力容許值時，以設計之覆土及埋設深度判斷能否施工。

還有，在施工中，暫時性對貯留槽作用載重與強度審查時之載重有明顯差異時，則另行檢討。

1. 垂直方向強度之審查

由於貯留結構體被埋設，因此在垂直方向承受持續的覆土載重(靜態載重)。另外，車輛在埋設上部通行，承受持續的載重(動態載重)。圖-解 3.7.2-1 係表示作用於貯留結構體之垂直方向載重之示意圖。

這些載重因設計之覆土厚度而不同。必須對設計之覆土具有充分的強度。圖-解 3.7.2-2 係表示審查流程。

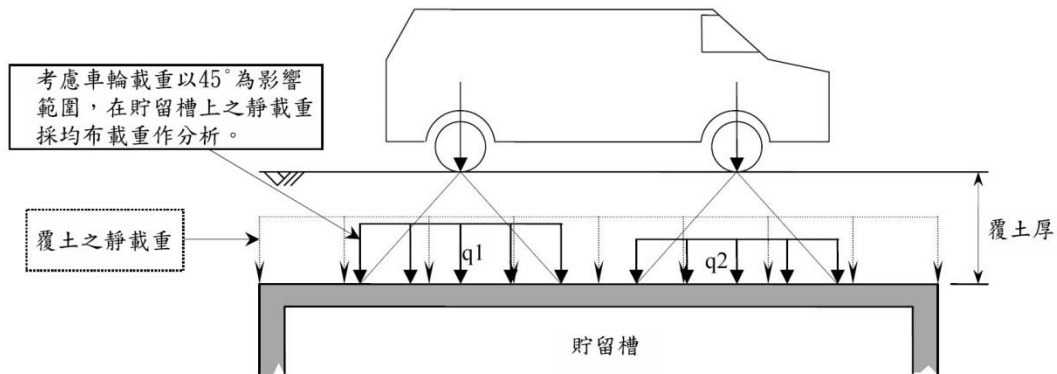


圖-解 3.7.2-1 覆土之靜態載重和車輛載重(q_1 、 q_2)之模式圖

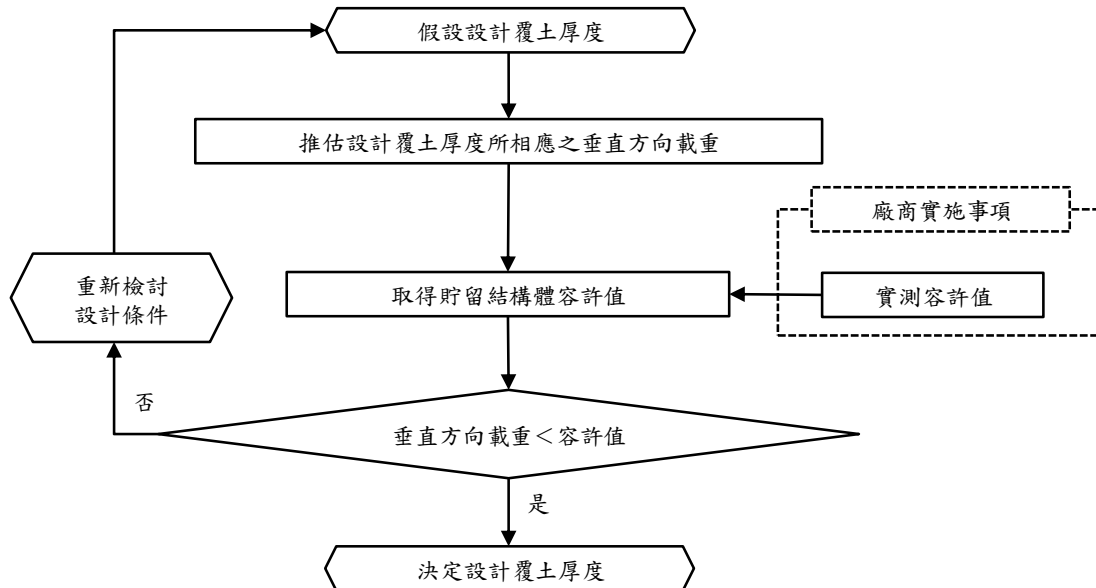


圖-解 3.7.2-2 垂直方向之強度審查流程圖

(1) 靜態載重

依據構成覆土厚度及覆土之材料，適當算出靜態載重。

表 3-3 係表示作為靜態載重計算基礎之單位體積重量。

表-解 3.7.2-1 構成覆土材料之單位體積重量之一般值

材料名稱	單位體積重量(kN/m ³)	材料名稱	單位體積重量(kN/m ³)
鋼筋混凝土	24.5	碎石(礫石)	22.6
混凝土	23.0	砂土(普通土)	18.0
瀝青混凝土	22.5	水	9.8

(2) 動態載重

本手冊，作為強度審查所使用之動態載重，以 T-25 載重(250kN)之車輛載重為原則，考量衝擊力。

A. 車輛載重之計算方法

將作用於貯留結構體上面之車輛載重表示如下。

車輛載重不限於道路橫跨方向之載重。

平均單位長度載重如式(3-4)所示。

$$P_1 = \frac{2T_1}{B}(1+i), \quad P_2 = \frac{2T_2}{B}(1+i) \quad \dots\dots\dots(3-4)$$

P_1 ：汽車後輪之動態載重(kN/m)；

P_2 ：汽車前輪之動態載重(kN/m)；

T_1 ：汽車之 1 後輪載重(T-25 載重時， $T_1=100\text{kN}$)；

T_2 ：汽車之 1 前輪載重(T-25 載重時， $T_2=25\text{kN}$)；

B ：車輛佔有寬度($B=2.75\text{m}$)；

i ：衝擊係數(參照表-解 3.2.2-3)。

衝擊係數在本手冊適用範圍亦即覆土 0.5~2.0m 為 0.3。

表-解 3.7.2-2 衝擊係數

覆土 $h_1(\text{m})$	衝擊係數
$h_1 \leq 3.5$	0.3
$3.5 < h_1$	0.0

輪載重之動態載重(車輪載重之範圍)如圖-解 3.7.2-3 所示，僅在離地表面設置寬度 0.2m，車輛行進方向，以 45°之角度分散於地中。

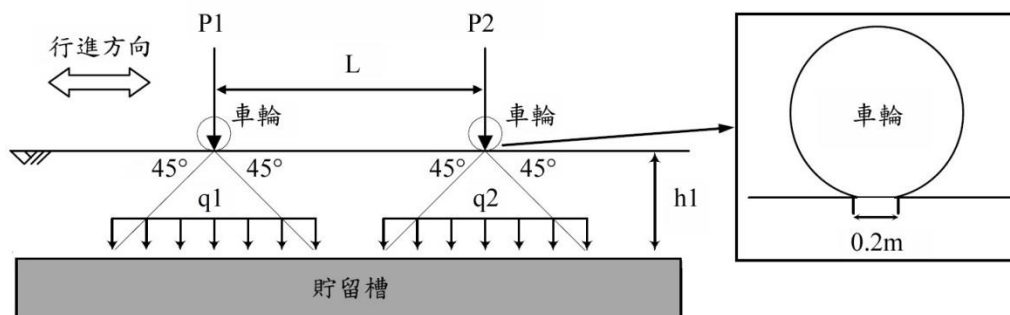


圖-解 3.7.2-3 車輛載重之構想

作用於貯留結構體上之均布載重係如式(3-5)所示。

$$q_1 = \frac{p_1}{2 \cdot h_1 + 0.2}, \quad q_2 = \frac{p_2}{2 \cdot h_1 + 0.2} \dots\dots\dots(3-5)$$

q_1 ：車輛後輪之均布載重(kN/m^2)；

q_2 ：車輛前輪之均布載重(kN/m^2)；

h_1 ：土壤覆土厚度(m)；

p_1 ：後輪載重之道路橫跨方向平均單位長度載重(kN/m)；

p_2 ：前輪載重之道路橫跨方向平均單位長度載重(kN/m)；

L ：前輪與後輪之中心間距(軸距 4.0m)。

其中：

(a) $L > 2h_1 + 0.2^m$ 時

僅考慮後輪載重， $q = q_1$ 。

(b) $L \leq 2h_1 + 0.2^m$ 時

僅考慮後輪與前輪載重， $q = q_1 + q_2$ 。

(3) 垂直方向強度之審查方法

將(1)和(2)所求得之垂直方向載重(σ_A)和從廠商所取得之貯留結構體之容許值($\frac{\sigma_{vc}}{\gamma}$)加以比較，依照式(3-6)進行審查。

$$\sigma_A < \frac{\sigma_{vc}}{\gamma} \dots\dots\dots(3-6)$$

式中，

σ_A ：垂直方向載重(靜態載重+動態載重) (kN/m^2)

σ_{vc} ：貯留結構體垂直方向之視比例極限應力(kN/m^2)

γ ：常時材料折減係數可參考英國(CIRIT)標準，約介於 3.5~4.0

2. 水平方向強度之審查

由於貯留結構體被埋設，因此來自側方之土壓在水平方向承受載重。當計算出對應埋設深度之土壓時，本手冊原則上以動態載重考量地表載重 10kN/m^2 。另外，一般雖加上地下水壓等因素，但本手冊將貯留槽設置於地下水位以上，因此基本上不以地下水為對象。圖-解 3.7.2-4 係表示作用於貯留結構體之水平方向載重之示意圖。

貯留結構體對這些載重必須具有充分的強度。圖-解 3.7.2-5 係表示審查流程圖。

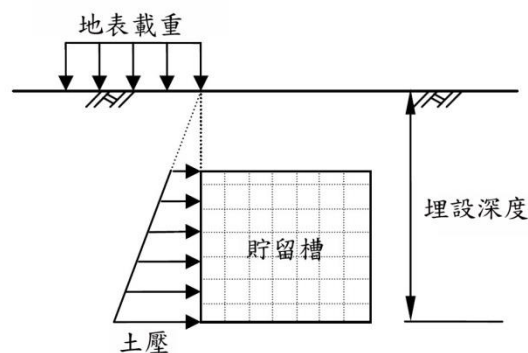


圖-解 3.7.2-4 作用於貯留結構體之水平方向載重之示意圖

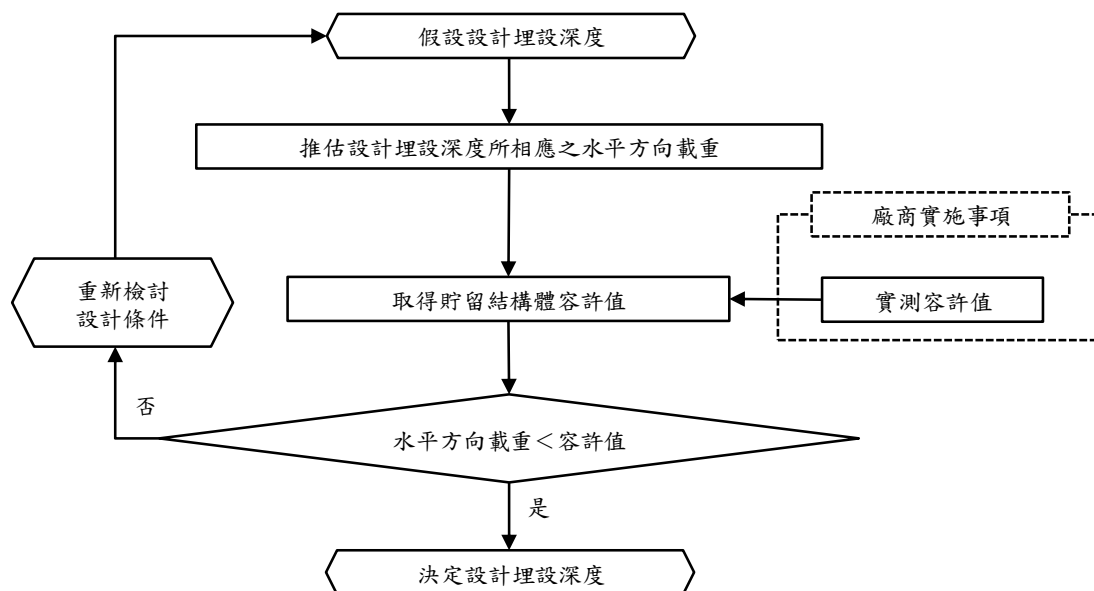


圖-解 3.7.2-5 水平方向之強度性能審查流程圖

(1) 水平方向載重

水平方向載重考量土壓。必須依據埋設深度算出土壓。當算出對應埋設深度之土壓時，本手冊原則上以動態載重考量地表載重 10kN/m^2 。

如涵渠條件下之地中剛性結構物，其設計土壓力，一般採用靜態土壓。另外，有關深埋設於地中，側牆位移能忽略之結構物也適用靜態土壓。

另一方面，本手冊所使用之貯留槽為地中結構物，但由於是塑膠所構成之撓性結構物，因此如埋設深度較淺，則考量藉由主動土壓也能算出側向土壓。

根據以上所述，本手冊中，當埋設深度小於等於4m時，採用主動土壓力計算；大於4m時，則採用靜止土壓力計算。

A. 埋設深度 h (對貯留槽之土壓作用點深度)為4m以下時

如埋設深度為4m以下，則能預測因柔軟結構所造成之位移影響，因此採用庫倫之主動土壓(式(3-7)~(3-8))。

砂質土：

$$P_A = K_A \cdot \gamma_s \cdot h + K_A \cdot q \dots\dots\dots(3-7)$$

$$\text{黏質土： } P_A = K_A \cdot \gamma_s \cdot h - 2 \cdot c \sqrt{K_A} + K_A \cdot q$$

$$(\text{但是， } P_A \geq 0) \dots\dots\dots(3-8)$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cos(\theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\theta + \delta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$

(當 $\phi - \alpha < 0$ 時， $\sin(\phi - \alpha) = 0$)

式中：

P_A ：深度 h 之主動土壓(kN/m^2)；

K_A ：依庫倫土壓之主動土壓係數；

q ：平時地表載重(一般是 10 kN/m^2)；

h ：土壓(P_A)於側面作用點之深度(m)；

γ_s ：土壤之單位體積重量(kN/m^3)；

c ：土壤之凝聚力 (kN/m^2)；

ϕ ：土壤之摩擦角(rad)；

α ：地表面與水平面之夾角(rad)；

θ ：設施側面與垂直面之夾角(rad)；

δ ：設施側面與土壤間之側面摩擦角(一般

$$\delta = \frac{\phi}{2}, \text{rad})。$$

作為土壓計算所採用之土質常數，有回填材密度及剪斷強度等。

較適合藉由現場試驗或土質試驗求取這些土質常數，但如受到各種限制而不易進行地層調查時，較適合採用表 3-5 所示之土質常數。

表-解 3.7.2-3 土質常數之一般值與主動土壓係數(K_A)計算例

回填土之種類	單位體積重量 (kN/m^3)	剪斷阻抗角 (ϕ)	黏著力 (c)(註 2)	主動土壓係數 (K_A)
礫質土(註 1)	20	35°	—	0.246
砂質土	19	30°	—	0.301
淤泥、黏質土 ($W_L < 50\%$)	18	25°	—	0.367

註 1：乾淨砂採用礫質土值。

註 2：計算上黏著力 c 予以忽略。(實際上黏著力 c 存在)

B. 埋設深度 h (對貯留槽之土壓作用點深度)為 $4m$ 以上時
如埋設深度為 $4m$ 以上，地盤也十分安定，因此在貯留槽側牆有以下所示靜止土壓作用。

$$P_h = K_0 \cdot \gamma_s \cdot h + K_0 \cdot q \dots\dots\dots(3-9)$$

式中，

P_h ：深度 h 之土壓(kN/m^2)

K_0 ：靜止土壓力係數($=0.5$)

γ_s ：土之單位體積重量 (kN/m^3)

h ：土壓(P_A)對側面作用之深度(m)

q ：通常之地表載重(一般為 $10 kN/m^2$)

(2) 水平方向強度之審查方法

將用(1)所求得之水平方向載重(σ_B)和從廠商所取得之貯留槽結構體之容許值($\frac{\sigma_{hc}}{\gamma}$)加以比較，根據式(3-10)進行審查。

$$\sigma_B < \frac{\sigma_{hc}}{\gamma} \dots\dots\dots(3-10)$$

式中，

σ_B ：水平方向載重(kN/m^2)

σ_{hc} ：貯留槽結構體水平方向視比例極限應力(kN/m^2)

γ ：常時材料係數可參考英國(CIRIT)標準，約介於 3.5~4.0

3.7.3 長期性能審查

雖載重持續對埋設之貯留結構體作用，但由於是塑膠製，因此考量潛變現象所造成之變形。故因，對持續作用之載重進行長期性能審查。

1. 垂直方向載重

【解說】

貯留結構體在使用期間中，長期持續受到因覆土等所造成之靜態載重，則會因潛變現象而產生變形，因此必須對持續作用之載重長期性能進行審查。對持續作用之載重變形係藉由【附錄篇】第二章所示之貯留結構體長期變形試驗所求得。為確保與下水道設施同樣之長期性能，因此本手冊設定垂直方向之變形容許值。

在土中持續承受之載重如滿足變形容許值之長期變形試驗時之載重以下時，則判斷能進行所設計之覆土及埋設深度之施工。

關於長期性能，係指塑膠在長期使用中，具有逐漸變質的特性，因此必須加上長期性能設計，惟目前可確保長期性能之方法仍在確認中。因此，本手冊，以「變形」之審查為基本。

1. 垂直方向載重

貯留結構體被埋設，因此持續承受垂直方向對應覆土之載重。因持續作用之載重所造成之垂直方向之變形，地表面產生沉陷等，為防止對日常生活影響為目的，擇定容許值。圖-解 3.7.3-1 係表示對垂直方向載重之長期性能之審查流程。

將其程序表示如下：

(1) 覆土之設定和垂直方向載重之推算

作為長期性能審查所採用之垂直方向載重，原則上，貯留結構體在使用期間中，預估因持續作用載重亦即覆土所造成之載重。另外，如大型車輛長期停在停車場，考量可能持續受到大載重時，另行考量地表載重。

(2) 從廠商取得垂直方向之貯留結構體長期變形試驗結果

廠商各型號產品取得依據【附錄篇】第二章試驗法執行試驗以推算容許值所對應之垂直方向載重。

如垂直向變形容許值為 1%。

例如：以本手冊之最大槽高 4m 為例，則其垂直方向之變形容許值為 4cm。

(3) 垂直方向載重之審查

將長期性能審查所採用之垂直方向載重和廠商所實施之貯留結構體長期變形試驗之載重加以比較。

長期性能審查所採用之垂直方向載重 $\leq$ 貯留結構體長期變形試驗之載重.....(3-11)

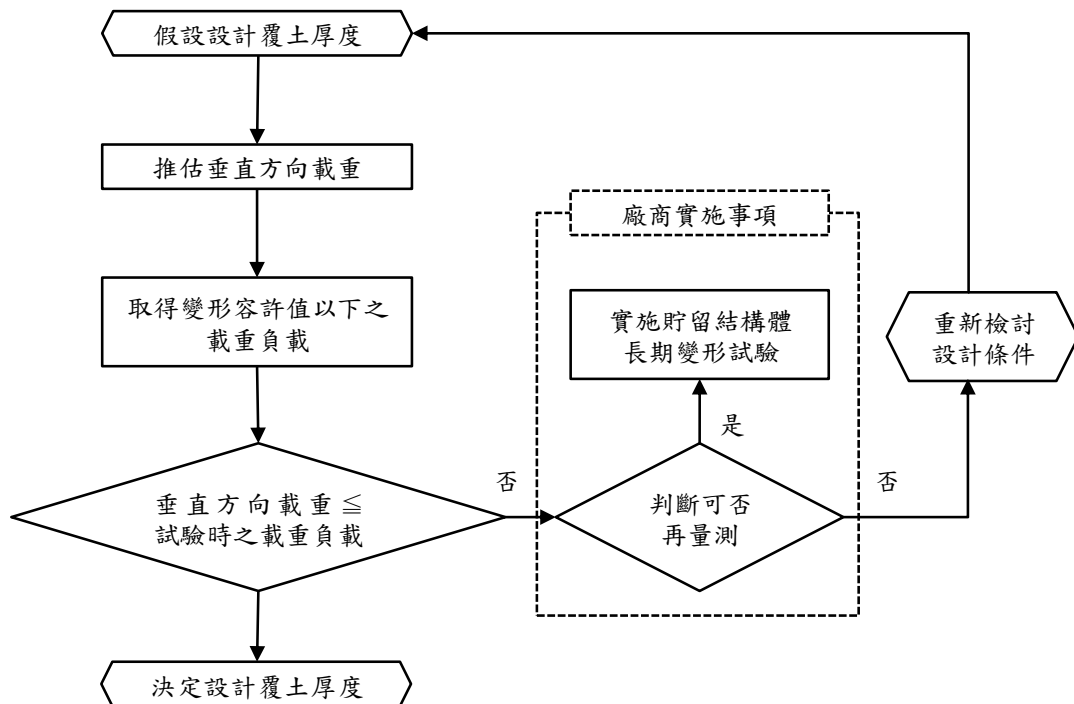


圖-解 3.7.3-1 長期性能審查流程(垂直方向)圖

3.7.4 往復抗剪性能審查

被埋設於土中之貯留槽，由於因地震而引起剪斷變形，因此必須能承受剪斷變形。

【解說】

貯留槽在土中受地震影響，引起剪斷變形作用。剪斷變形之大小值因覆土、貯留槽高度、貯留槽寬度、及地層條件等而不同。

各貯留結構體在本手冊中，所假設之靜態載重(假設覆蓋普通土 2.0m 及 0.5m)及貯留槽高度之容許貯留槽寬度依據

【附錄篇】第三章試驗法進行分析及審查。

設計靜態載重 $\leq$ 反覆載重試驗時之載重^{註1}

註1：本手冊中，設最大覆土為 2m。

根據反覆載重試驗時所設定之最大覆土相當載重如用較大覆土需另行設計條件以上之試驗條件進行反覆載重試驗。

3.7.5 第3階段潛變發生應力

為了推測塑膠長期變形，可採用長期減驗或加速試驗法之特性[變形—時間特性]，推算出發生第3階段潛變之應力為審查之依據。

【解說】

一般說來，塑膠如長期間持續受到載重作用，則會發生潛變現象。圖-解 3.7.5-1 係表示一定載重持續對塑膠作用時之變形與時間之關係。可分為3個階段亦即表示承受負載後瞬間變形後之變形速度逐漸減少之第1階段潛變、變形速度呈一定之第2階段潛變、及變形速度急遽增加之第3階段潛變。為了實測外插區間(10,000 小時以上)之常溫特性，需要較長時間，因此藉由溫度進行加速試驗，可推算較長應用期間之潛變形，以評估貯留結構體確認是否發生第3階段潛變之應力。

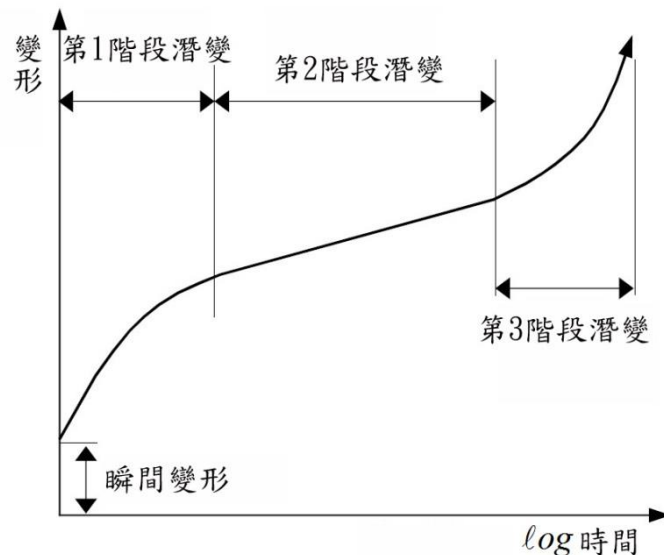


圖-解 3.7.5-1 塑膠變形—時間特性示意圖

3.7.6 化學耐久性

針對化學耐久性，為能確保貯留結構體規定性能，必須確認有關化學耐久性之以下項目。

- 1.耐化學藥品性
- 2.耐光性
- 3.耐候性和耐低溫性

【解說】

貯留結構體，作為雨水貯留滲透設施，從工廠生產後到埋設完成，預測會受到日光及溫度變化之影響。另外，設施

使用中，持續受到水質影響。在這種環境下，必須能滿足規定強度，因此從廠商取得有關以下項木之評估結果，並確認必須滿足廠商所設定之管理基準。。

1. 耐化學藥品性

貯留槽在使用中，雨水有時流入，且貯留著，因此持續受到流入水質之影響，必須確認水質影響所造成之變質對貯留結構體幾乎不發生。由廠商提供進行化學藥品浸泡實驗前及實驗後之試驗片之品質變化或拉伸降伏應力之物性變化率作為評估結果。

2. 耐光性

貯留結構體從工廠生產後到埋設完成，預測會受到陽光照射。在這種情形下也確認與初期性能不產生差異。由廠商提出所採用之光源，曝露於光源前後之試驗片之拉伸降伏應力及伸長等物性變化率作為評估結果。

3. 耐候性和耐低溫性

貯留結構體從工廠生產後到埋設完成，預測會受到溫度變化之影響。在這種情形下也確認與初期性能不產生差異。由廠商提出所採用之溫度條件之試驗前後之試驗片之拉伸降伏應力及伸長等物性變化率作為評估結果。

3.7.7構件之均勻性

貯留結構體為對強度及長期性能確保規定性能，必須確認有關構成部件品質之均勻性之以下項目。

1.品質

2.尺寸

【解說】

如構成部件變更成型條件或生產所使用之模具不同，其品質及尺寸就會產生差異，可能對貯留結構體之強度及長期性能會有影響，因此必須對品質及尺寸確認品質均勻性。品質均勻性從廠商取得品質及尺寸之測定結果，確認必須在廠商所設定之管理基準以內。

廠商定期抽出生產批中不同的製品，測定其特性並確認均勻性。另外，為了依據設計者要求，能提出交貨製品之量測結果，實施適當量測。另外，實際量測由廠商或各種試驗中心進行。

1. 品質

確認構成部件之品質，並確認貯留結構體之均勻性。試驗體數為3個以上。本手冊所適用之製品，其外形尺寸為300mm以上之構成部材，偏差在 $\pm 3.0\%$ 以內。

2. 尺寸

確認構成部件之尺寸，並確認貯留結構體之均勻性。試驗體數為 3 個以上。本手冊所適用之製品，其外形尺寸為 300mm 以上之構成部材，偏差在 $\pm 4.5\%$ 以內

3.7.8 構材之均勻性

作為貯留結構體成型材料之樹脂，為能確保規定品質，必須確認以下項目之均勻性。

1. 強度
2. 密度
3. MFR(Melt Flow Rate)
4. 型號及樹脂均勻性相關資料

【解說】

作為貯留結構體成型材料之樹脂有初次樹脂及回收樹脂。

初次樹脂係指樹脂廠商合成時新生產之樹脂。樹脂廠商控制合成方法、條件等，藉此能生產穩定品質之樹脂。因此，如初次樹脂之樹脂種類、等級(型號)等相同，則均勻性較高。另外，出貨時，大多以粒狀之「顆粒」狀態供應。

另一方面，回收樹脂係指經成形加工成製品形狀後，再利用之樹脂。回收樹脂在每次再利用時，經過成型加工製程，承受熱效應。一般為防止加工時之熱老化，在初次樹脂中添加熱穩定劑等，相對於此，回收樹脂比初次樹脂承受更多熱效應，因此考量熱穩定劑等減少老化等。另外，如回收樹脂較多，將各種成型品粉碎或加以混合，然後成型加工，作成粒狀之「顆粒」，藉此供應給廠商，由於混合有兩種以上等級之樹脂，因此必須特別注意品質均勻性。

而且，如第 3 階段潛變發生應力(前述第 3.7.6 節)所示，即使同一種樹脂，但等級不同，樹脂長期性能也大不相同。因此，用於車道時，不得使用回收樹脂。

因此，廠商也必須掌握回收利用之回收方法，經交貨樹脂的品質確實定量化。檢查頻率較適合以顆粒之生產批為基準。另外，設計者視需要提示交貨品質之量測結果，實施適當量測。

另外，如樹脂內混入異物，則會對成型機或貯留結構體造成不良影響，因此必須進行目視檢查，並加以注意避免異物混入。

確認樹脂之均勻性，必須滿足廠商設定之管理基準。

1. 強度

塑膠強度直接用熔融狀態或顆粒粉體等成型材料形態無法評估，因此從廠商取得，可依據 JIS K7139 或對應之 CNS 或 ASTM 標準，製成啞鈴形狀之試驗片，進行評估之結果，進行確認。作為張力試驗，依照 JIS K7161、JIS K7162、JIS

K7113 或對應之 CNS 或 ASTM 標準，確認進行試驗之結果。試驗體數為 3 個以上。本手冊所適用之製品之偏差在 $\pm 6.0\%$ 以內。

2. 密度

取得密度依據 JIS K7112 或對應之 ASTM D792 所進行之結果，並進行確認。

試驗體數為 3 個以上。本手冊所適用之製品之偏差在 $\pm 2.0\%$ 以內。

3. MFR(Melt Flow Rate)

MFR 是表示樹脂流動性之指標。如值小則流動性變低。取得依據 JIS K721012 或對應之 ASTM 或 CNS 標準所進行之結果。

4. 型號及樹脂均勻性相關資料

為能判斷初次樹脂之型號相同為同一品質，取得使用樹脂型號是否每個製品皆相同。

如為回收樹脂，型號可能無法取得，因此設計者取得從原廠商或回收樹脂廠商(供應商)所提出的出廠證明(檢查報告書)或樹脂回收履歷、樹脂特性等樹脂均勻性相關資料。

第四章 施工

4.1 施工計畫

4.1.1 施工綜合性檢討

當擬定本設施之施工計畫時，必須對設置目的、地形及地質等自然條件，考量其他相關工程、地下埋設物、工程安全對策、環保對策等，進行綜合性檢討。

【解說】

施工人員根據設計圖，編制施工計畫書，該施工計畫書需說明用來完成本設施所需之程序及施工法，包括：工程概述、開工前置作業、施工作業管理、進度管理、假設工程計畫及測量計畫等；若因現場條件或其他事由，根據設計圖內容不易施工時，必須與業主協調，並接受業主必要之指示；工程施工過程中，契約若有變動而致原施工計畫書內容不適用時，應配合修訂。

編定施工計畫時所需撰寫內容可參照行政院公共工程委員會（以下簡稱工程會）施工計畫製作綱要。

4.1.2 開工前置作業

依據以下所示項目施工之現場狀況進行事前調查與處置。

1. 地質研判
2. 工址現況調查
3. 地下埋設物調查
4. 鄰房調查

【解說】

1. 地質研判

施工前應參考主辦機關或設計單位提供之地質鑽探報告資料，經研判並做檢討，內容應包含地層分佈及地下水位等。

2. 工址現況調查

調查內容應包括工址內土地使用情形、地上障礙物、既有設施、對建築線、地界線、道路中心樁進行確認及工址周遭環境與交通狀況，並研析處置方式。

3. 地下埋設物調查

研擬對基地內地下障礙物或既有設施(如基礎)及各類管線之數量、位置及深度等之調查方法，並檢討處置方式。

4. 鄰房調查

就基地週邊依所在地縣市政府規定之法定責任範圍內(自工地邊界起依開挖深度計算相對之水平距離倍數)，可能受

到施工開挖或因其他施工因素，而導致破壞龜裂損毀之鄰房，提出鑑定檢查作法。

4.2 施工方法

4.2.1 施工程序

當進行本設施之施工時，必須掌握其程序並依照程序，以便能進行安全且順利之施工。

【解說】

當進行本設施之施工時，其標準流程如圖-解 4.2.1-1 所示，並於圖-解 4.2.1-2 表示施工例。

本節針對「灰底色部分」之作業，詳細加以說明。

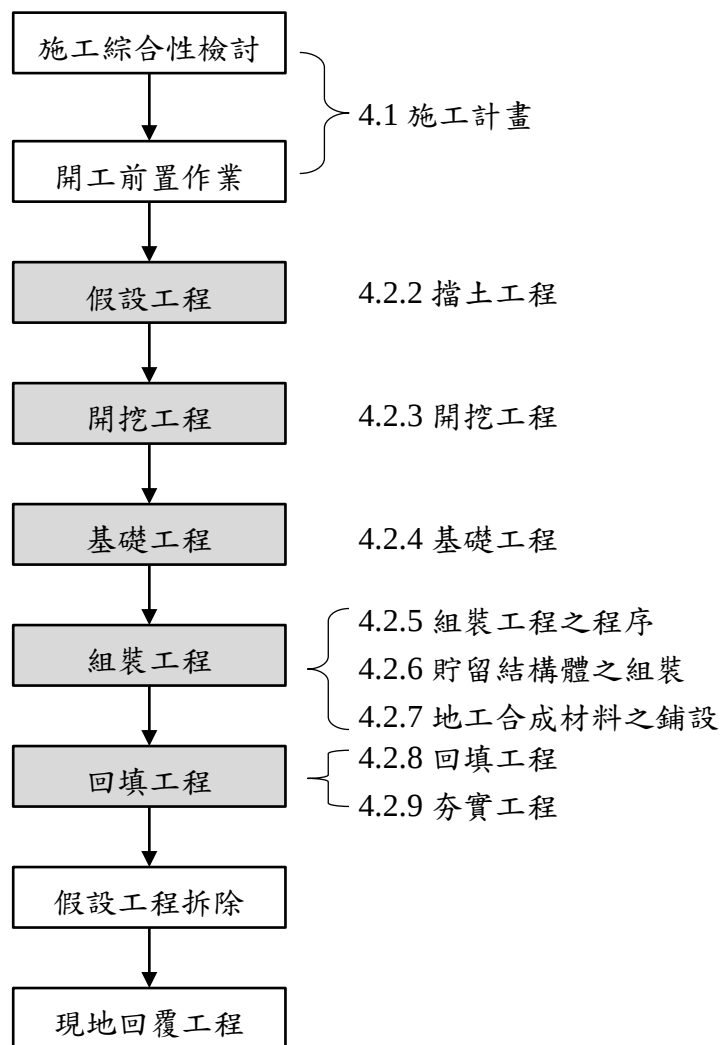


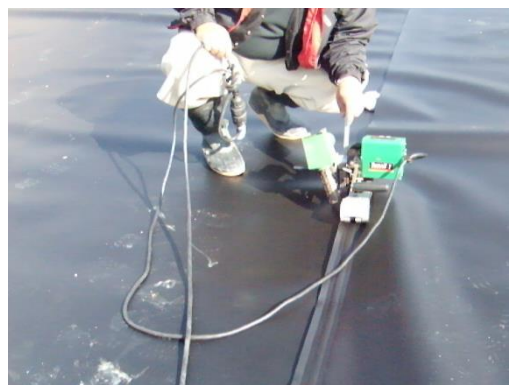
圖-解 4.2.1-1 標準施工流程圖



① 開挖及基礎鋪設



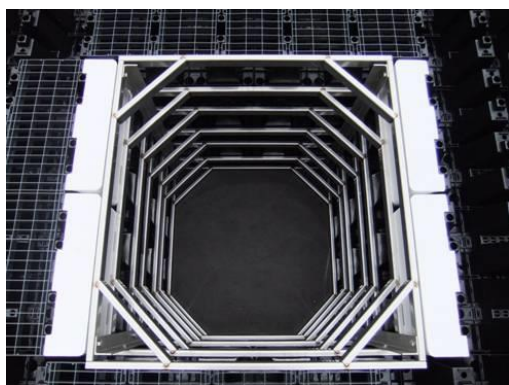
② 底面地工合成材料鋪設



③ 地工合成材料接合



④ 貯留結構體組裝



⑤ 維修人孔安裝



⑥ 側面及頂面地工合成材料鋪設



⑦ 回填



⑧ 竣工

圖-解 4.2.1-2 施工照片示意圖

4.2.2 擋土工程

當進行地下構造物開挖之擋土工程施工時，需注意下列項目，以確保施工安全。

1. 擋土工法之選擇
2. 擋土內部支撐系統之安裝
3. 擋土支撐工法之拆除

【解說】

本擋土工程參照工程會公共工程施工綱要規範第 02256 章「臨時擋土支撐工法」等相關基準，以確保施工安全。

1. 擋土工法之選擇

保持與該工區土質之平衡斜度，以利開挖作業，若開挖深度超過 1.5m，原則需採擋土設施；擋土設施與貯留槽之間距至少 1.0m，以利組裝及回填作業。

- (1) 地下構造物開挖之臨時擋土支撐工法之規定，其範圍包括鋼板樁、鋼軌樁、H 形鋼樁、木板樁等，但考量地質條件、地下水位、開挖深度及對周邊地區之影響等，選擇適當之工法。
- (2) 若本設施規模較大時，且大部分情況皆在開挖底面進行施工，故儘可能不採用水平支撐工法，而採用斜坡明塹工法、自承式開挖工法或擋土牆自承工法等，以降低對起重機作業空間阻礙之擋土工法。

2. 擋土內部支撐系統之安裝

作用於擋土牆之土壓力，開挖後，隨時間經過而增加，可能引起擋土牆變位或擋土牆背後地層下陷。因此在規定開挖結束後立即設置擋土內部支撐系統，其包括：橫擋、支撐及支柱，其安裝之方式對其他施工作業之干擾應減至最小。所有支撐構件間，及構件與支撐面間應維持緊密之連接，並應在必要處安裝監測儀器，以監測構件之應力。

3. 擋土支撐設施之拆除

若擋土用之樁必須全部或部分拆除，在拆除時不得擾動或損害鄰近之構造物或公共設施管線；拆除後所留下之空隙應確實回填。

4.2.3 開挖工程

當進行擋土及開挖作業時，需注意下列項目進行施工。

1. 開挖順序
2. 開挖範圍
3. 開挖面
4. 開挖機具
5. 排水處理
6. 開挖土方之處理

【解說】

本開挖工程參照工程會公共工程施工綱要規範第 02316 章「構造物開挖」等相關基準。為避免開挖深度或開挖範圍過大，應依據設計圖，正確進行開挖工程。

1. 開挖順序

為利開挖範圍周邊土壓力平衡，開挖順序以左右對稱方式開挖，為避免擋土牆前面因開挖解壓所造成應力不平衡狀態，故較適合從中央部分開挖。

2. 開挖範圍

如圖-解 4.2.3-1 所示，為避免超過計畫之開挖範圍，並且考量組裝及回填等作業特性，擋土設施與貯留槽之間距儘可能以 1.0m 為宜。

3. 開挖面

開挖面須整平及壓實，以利基礎施工，盡量避免下雨天施工。

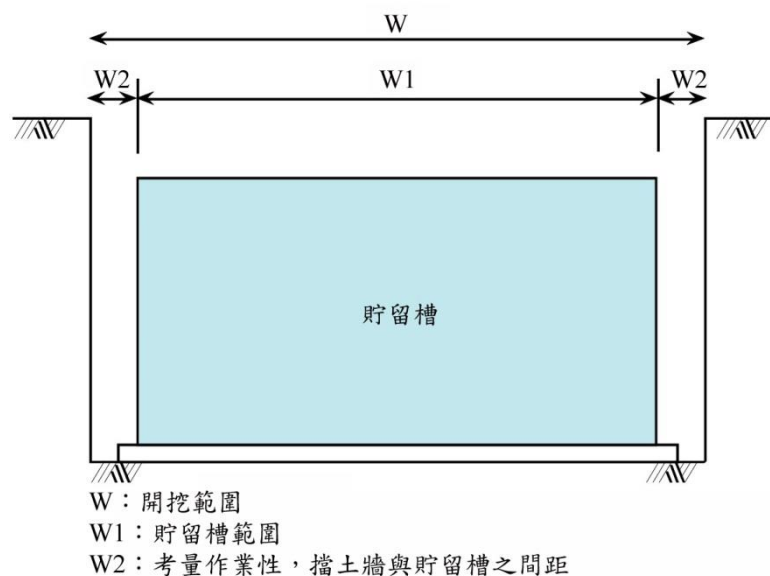


圖-解 4.2.3-1 開挖剖面示意圖

4. 開挖機具

依工區周邊現況，選擇適合採用之開挖機具型式。尤其是鄰近住宅區施工時，宜選擇噪音及振動等對周邊地區影響較小之開挖機具。

工程施工前，承包商應先行試挖，以確實查明是否另有未知之地下管線或設施，及其種類、尺度、數量、位置、高程及走向等，若發現有管線或其他地下設施存在且影響本工程之施工，宜採用人工開挖，並視需要對露出之埋設物予以保護，以避免施工期間地下管線或設施受損壞或破裂。

5. 排水處理

若開挖面底部湧水時，其滲流水會夾帶沉泥及土壤細顆粒而造成掏空現象，使得工區周邊可能發生地層下陷情形。

因此，於貯留槽施工組裝時，可使用排水坑蒐集逕流或滲流水，以避免開挖面底部積水而呈泥濘狀態，以確保開挖作業進行。若在排水處理不良之狀況下進行開挖，不僅開挖效率降低，並且會影響貯留槽品質。

施工時之排水，需注意下游承受水體是否可承容，若排放於河川或雨、污水下水道設施時，需注意「水污染防治法」等相關法規，若水質濁度太高，必要時需設沉砂池設施。

6. 開挖土方之處理

挖出之材料適於回填者，可將之堆置於回填取用方便之處；挖出之材料不適於回填者，予以挖除並運離現場處理之。

若開挖回填所剩餘之土方，需暫置於工區內時，應注意以下事項：

- (1) 餘土應暫置於所規定之範圍。
- (2) 避免餘土飛散，造成附近居民困擾。
- (3) 設施已接近施工完成時，由於尚存可能下陷之虞，故不得將餘土暫置於其上部。

4.2.4基礎工程

當基礎施工時，需注意下列項目。

- 1.貯留槽本身重量及其上部載重
- 2.基礎級配層之夯實
- 3.基礎混凝土之養護期間
- 4.基礎之加工高度
- 5.基礎端部之加工材料

【解說】

當基礎施工時，可根據開挖後之湧水或地質狀況情形，判斷原基礎工程設計之適用性，如：基礎是否可於完工後提供所需超

載重之承载力，或因下雨使地下水超過貯留槽底部而上升，又基礎下部存在腐植土等軟弱地層，而發生不均勻沉陷情形，以考量調整變更為鋼筋混凝土基礎或其他適合之基礎型式。

1. 貯留槽本身重量及其上部載重

基礎工程中最重要的是確保施工面精度，以滿足承載需求。若設施規模較大時，亦應考量開挖範圍內之土壤種類可能會有不同之情形，宜納入承载力檢討分析。

開挖時，若發現現場之土壤條件不同於設計時之土壤條件，則宜以較佳土壤置換劣質土壤，以滿足承載需求。

2. 基礎級配層之夯實

確實將基礎碎石級配均勻夯實。

3. 混凝土基礎之養護時間

混凝土的養護時間應視水泥的水化作用及達成適當強度之需求儘可能延長，且不得少於 7 天，但採用加速養護或另有規定外，不在此限。

4. 基礎完成面高程

基礎完成面之高程精度，對後續貯留材組裝施工有很大影響，因此，需均勻控制其完成面高程。

基礎完成面之控制方式，以平面測量，以 2~3m 間隔，設置立桿等進行高程控制。

5. 基礎端部配置

基礎端部配置如圖-解 4.2.4-1 所示，其距貯留槽結構體之組裝端部約 100cm 以上，以利進行施工。

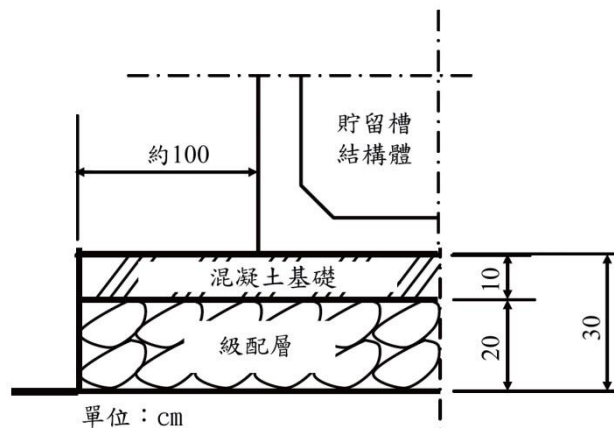


圖-解 4.2.4-1 基礎配置示意圖

4.2.5 組裝工程之施工流程

貯留槽之組裝，包括以下作業：

1. 底面地工合成材料之鋪設
2. 貯留槽結構體組裝
3. 側面地工合成材料之鋪設
4. 頂面地工合成材料之鋪設
5. 附屬設施之設置

【解說】

組裝工程之標準作業流程，如圖-解 4.2.5-1 所示。

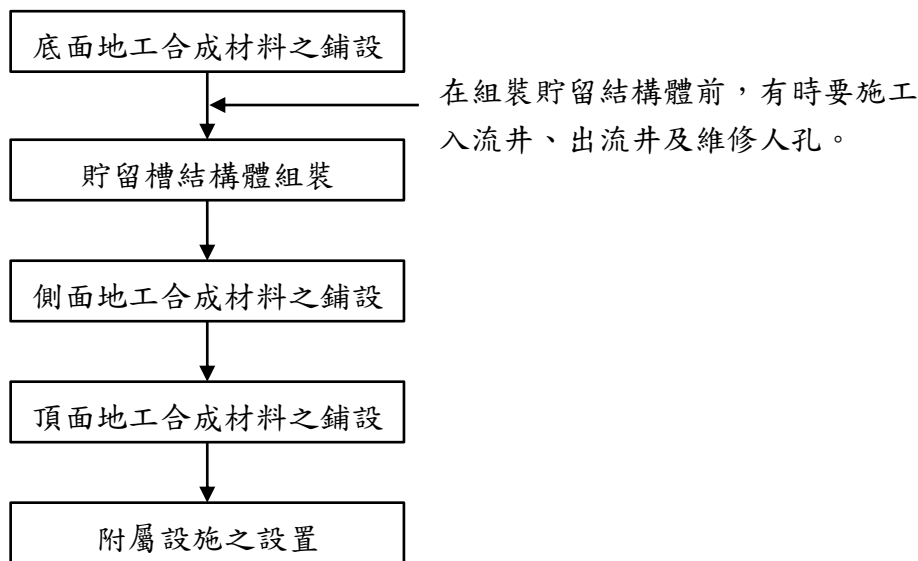


圖-解 4.2.5-1 組裝工程之標準作業流程圖

1. 底面地工合成材料之鋪設

關於底面地工合成材料之鋪設，貯留型設施鋪設保護地工織物及地工防水膜，而滲透型設施僅鋪設透水地工織物，如圖 4.2.5-2 所示。

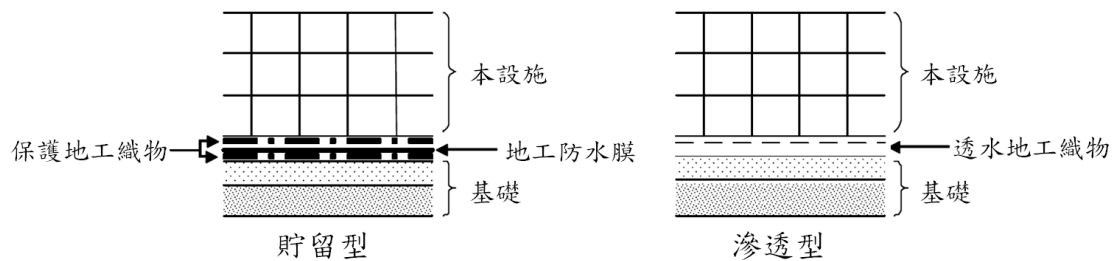


圖-解 4.2.5-2 底面地工合成材料之鋪設示意圖

2. 貯留槽結構體組裝

貯留槽結構體係依據設計圖進行組裝。相關組裝注意事項詳 4.2.6 節。

3. 側面地工合成材料之鋪設

側面地工合成材料之鋪設，相同於底面地工合成材料之鋪設。

4. 頂面地工合成材料之鋪設

頂面地工合成材料之鋪設，貯留型設施多採透水地工織物，但有時配合相關條件鋪設採地工防水膜。

5. 附屬設施之設置

依據設計圖設置附屬設施。

若貯留槽為貯留型時，為確保其貯留功能，採以下程序針對貯留槽與附屬設施之接合部位進行織布處理，如圖-解 4.2.5-3 所示。

- (1) 為防止漏水，在附屬設施之安裝處安裝覆蓋式織布。
- (2) 連接織布與覆蓋式織布，將覆蓋式織布與織布連接在一起。
- (3) 在入流管周圍鋪設地工合成材料和保護地工織物。

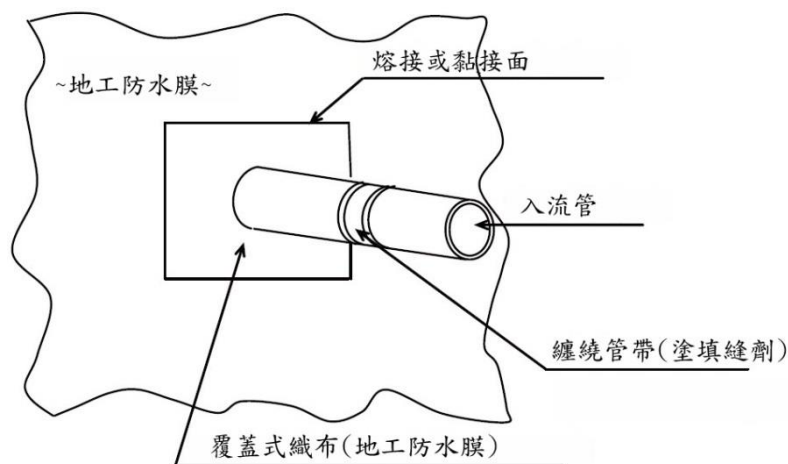


圖-解 4.2.5-3 接合部位之處理示意圖

4.2.6 貯留槽結構體之組裝

貯留槽結構體之組裝，必須充分考量各貯留材結構之特徵，以適當方法進行組裝，相關注意事項如下：

1. 碰撞
2. 保管方法
3. 定位及安裝
4. 貯留材結構之嵌合
5. 安全對策

【解說】

貯留槽結構體會因不同廠牌之貯留材，其組裝方法亦不盡相

同，因此，於組裝貯留槽結構體時，相關作業人員應充分瞭解組裝程序及其所相應使用說明書。

1. 碰撞

過度碰撞可能導致貯留槽結構體變形或損毀，因此，搬運貯留材構件時，應注意卡車承載台之裝卸，以及施工時與其他物資與構材之碰觸或跌落等，若遇損毀，應禁止使用該構件。

2. 保管方法

為避免因塑膠受到陽光直接照射而劣質化，應儘量縮短搬入至組裝之時間，倘若需花費較長時間時(約 14 天)，為防制其於平坦之工區產生損毀或變形等情況，可用防曬布等進行覆蓋，以避免陽光直接照射構件。

尚需注意構材是否有附著化學藥品或油，若是，則立刻用布等加以擦拭乾淨，並勿靠近火源，尤其遠離銲接時火花影響範圍。

3. 定位及安裝

貯留槽結構體組裝時，應先將設計平面位置測量放樣於現地，確認施工時之偏斜情形，使貯留槽結構體水平安裝於設計位置，並配置排水坑。施工管理人員必須確認組裝前之產品是否損毀或為不良品，並指導組裝作業員組裝要領，以避免組裝構件時弄錯方向或配置。

此外，隨著設施組裝，使得其規模越變越大，需控制最下層貯留材之鋪設精度，避免組裝至上部構材時，發生隆起或開裂情形。

4. 貯留材結構之嵌合

貯留材結構之嵌合對本設施強度及耐久性有很大影響，組裝時應確認嵌合及插梢插入深度。

嵌合部之檢查，藉由目視檢查及適時搖動嵌合部，以確認嵌合無鬆動狀態。

5. 安全對策

組裝施工中，作業人員應注意自身安全，尤其是在設施高度較高之工區，於貯留槽頂部或周邊行走及搬運物品時，需注意是否有視線不良、步行不穩、貯留槽端部塌陷之情形，以避免構材掉落或從貯留槽上部跌落。

4.2.7地工合成材料之鋪設

地工合成材料之鋪設應依照貯留槽用途分別適當使用，其類型如下：

- 1.地工防水膜及保護地工織物
- 2.透水地工織物

【解說】

鋪設時，可一面採砂包臨時固定地工合成材料，一面進行鋪設地工合成材料。

1. 地工防水膜及保護地工織物

鋪設地工防水膜之目的，主要係確保設施貯留功能，一般會再加鋪保護地工織物進行保護，鋪設時應注意避免發生織布破損情形。

通常鋪設程序為三層，即中央層為地工防水膜，其餘兩層為保護地工織物之情形，如圖-解 4.2.7-1 所示。

(1) 保護地工織物及地工防水膜之鋪設

為維持較佳形狀，儘可能減少地工合成材料接合之情形，一般以鋪設面之長邊方向，將保護地工織物及地工防水膜作為基礎面，確認現況無鋼筋或石頭等突起物後，再採大面積鋪設；於坡面鋪設時，應確認地工合成材料沒有翻落或掉落等情形後再進行後續作業。

鋪設保護地工織物時，標準重疊寬度為 100mm 以上；而地工防水膜，可視實需並依鋪設形狀先於工廠加工完成。接合處之重疊長度，若採熔接則為 100mm 以上，若使用黏接膠帶接合時，則為 150mm 以上，使用黏接劑時，則為 200mm 以上。

前述鋪設原則亦適用鋪設在基礎下方之地工合成材料。

(2) 保護地工織物及地工防水膜之臨時假固定

保護地工織物及地工防水膜於接合前，可能因風等影響，發生飛散或移位時，需採用砂包等作臨時假固定。尤其是鋪設於坡面之地工合成材料，應注意避免滑落情形。

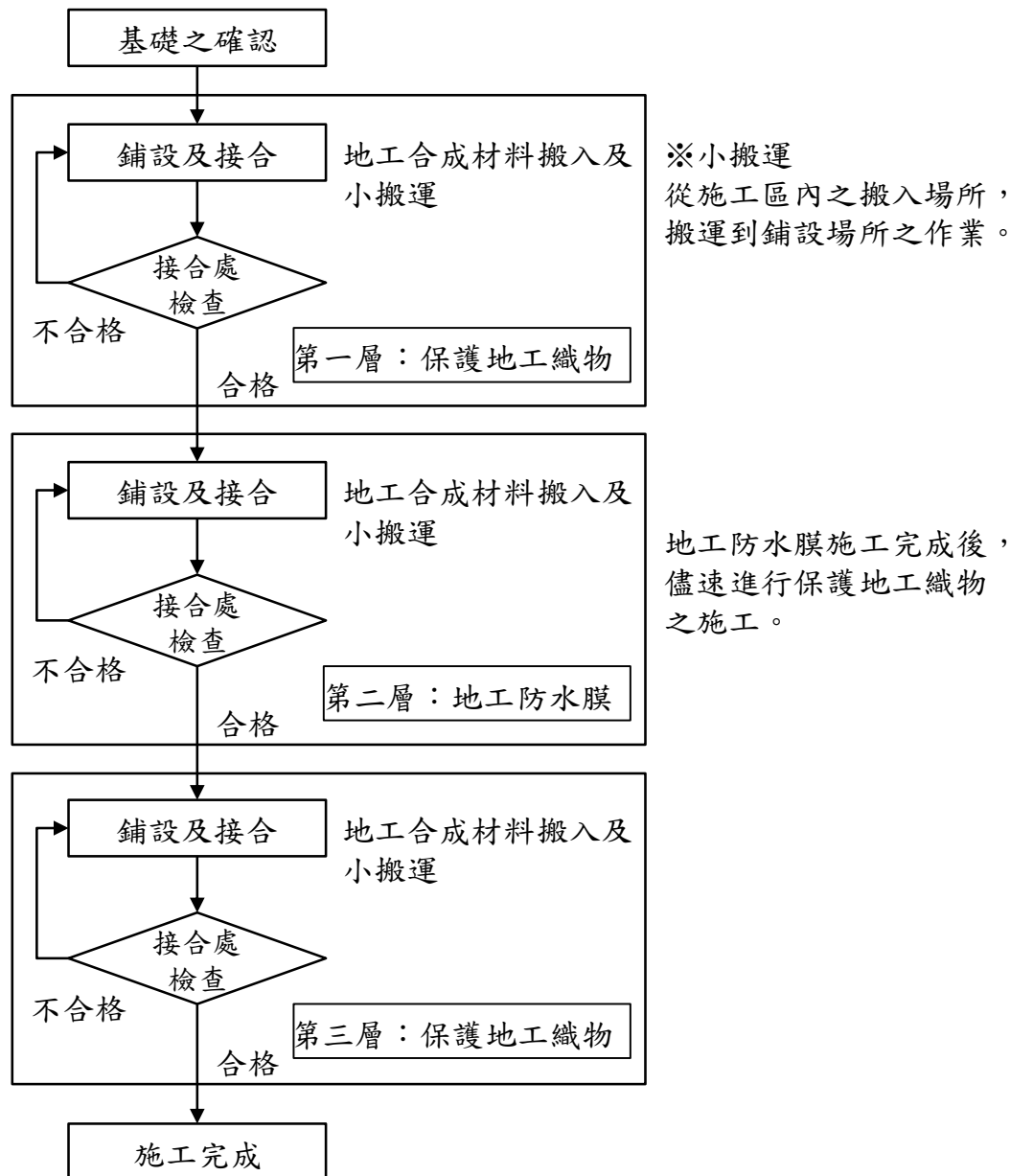


圖-解 4.2.7-1 土工合成材料(三層)之施工流程圖

(3) 土工防水膜之接合

在土工合成材料彼此之接合方法中，有熔接型和黏接型。

A. 熔接型

使用自走式熔接機或手動式熔接機，其熔接方法如圖-解 4.2.7-2 所示。

B. 黏接型

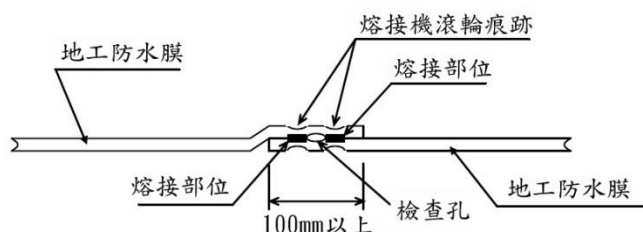
使用黏接膠帶或黏接劑，其黏接方法如圖-解 4.2.7-3 所示。

壓接機具使用旋轉滾輪等，依照所使用之黏接膠帶或

黏接劑之特性決定適當壓接方法及乾燥時間，在接合處之端部為防止地工防水膜捲入，用補強帶加以保護。

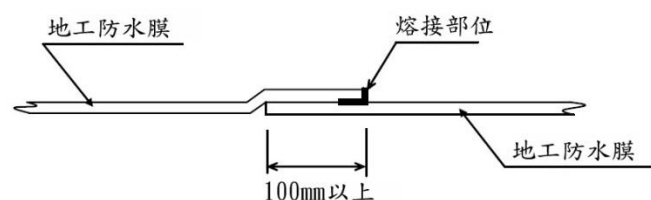
若採用黏接劑進行接合時，由於無法藉由檢查孔進行接合檢查，故採用丁基橡膠系之黏接劑，其特徵為低壓氣體穿透性、防震特性、耐水性、耐化性及耐光性。

使用自走式熔接機之熔接



熔接機以壓接之滾輪自走之結構，能調整加熱溫度、自走速度及滾輪壓力。
設置有檢查孔，能將壓縮空氣注入接合處，進行熔接檢查。

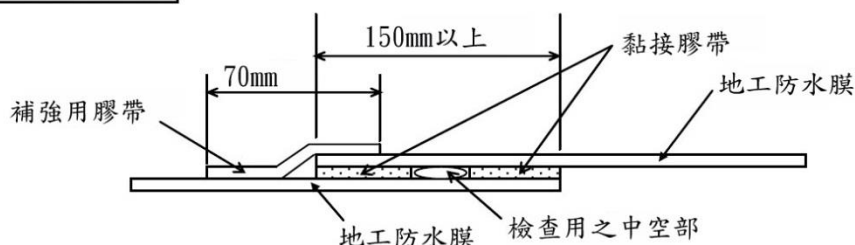
使用手動式熔接機之熔接



適用於無法使用自走式熔接機之細部分等。

圖-解 4.2.7-2 地工防水膜之熔接示意圖

使用黏接膠帶之接合



使用黏接劑之接合

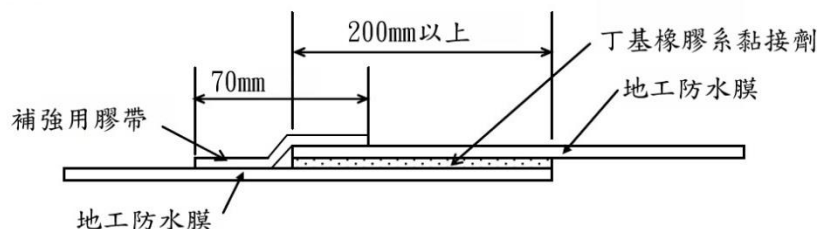


圖-解 4.2.7-3 地工防水膜之黏接示意圖

(4) 接合處之檢查

地工防水膜接合處之檢查，原則熔接型與黏接型都採用目視及用手進行張力檢查。

若為熔接型，則用起子等尖銳工具，插入接合面之間隙，按壓熔接部位，確認是否剝離，對接合處進行確認，如圖-解 4.2.7-4 所示。

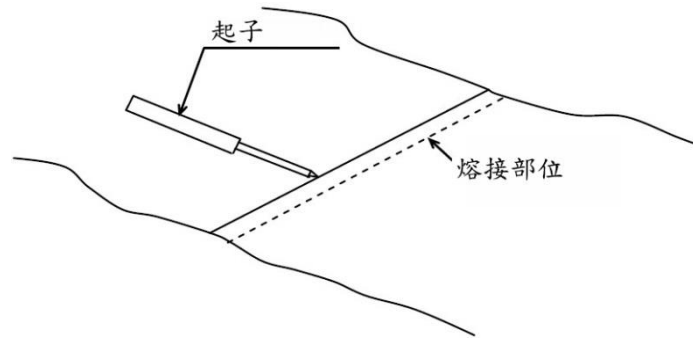


圖-解 4.2.7-4 接合處之檢查範例 1(用起子確認)示意圖

此外，可視實需採以下方法，對接合處進行檢查。

(a) 加壓檢查

當使用自走式熔接機或黏接膠帶進行接合時，採用檢查孔或檢查用之中空部，確認密合情形(參照前述圖-解 4.2.7-2 及圖-解 4.2.7-3)，如圖-解 4.2.7-5 所示。

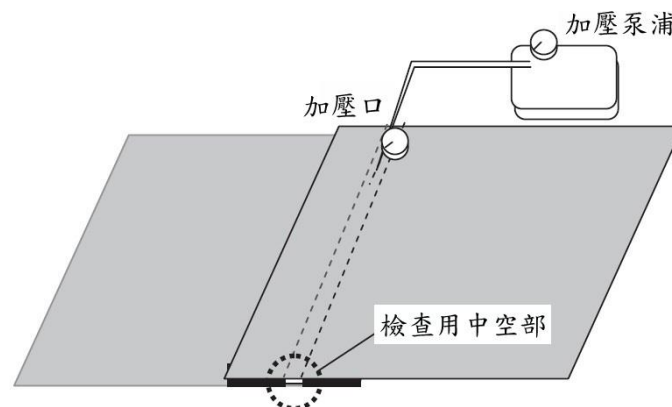


圖-解 4.2.7-5 接合處之檢查範例 2(加壓檢查)示意圖

首先將排氣口插入於接合處中間之中空部(將中空繩事先設置於膠帶之中間，始成中空部)，黏接後，將檢查孔端部密閉，加壓送入壓縮空氣，若 $50\sim150\text{kPa}$ 之壓縮空氣可維持 30 秒皆無漏氣或所規定壓力下降 20% 內，則判定為合格。

(b) 負壓檢查

若三層重疊地工合成材料進行接合時或接合後無法形成中空部時，則無法採用加壓檢查，需採負壓檢查，

如圖-解 4.2.7-6 所示。

首先於欲檢查部分塗上肥皂水，黏接後，僅單面開口，將開口部周圍設有襯墊之透明容器之檢查工具放置於檢查部分，用減壓泵浦將容器內部減壓，一直減壓至約 $-6.7kPa$ ，觀察 10 秒內有無氣泡，若無氣泡則判定為合格。

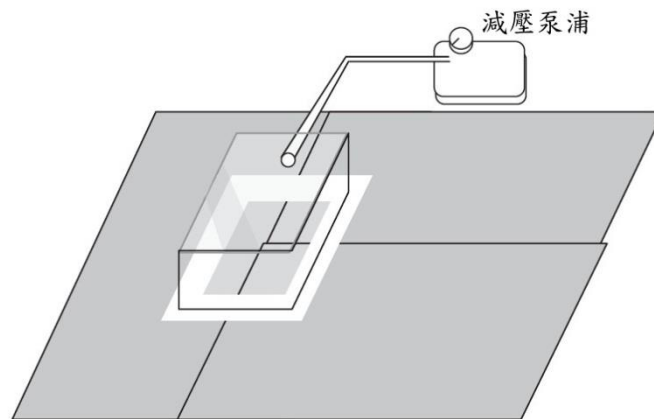


圖-解 4.2.7-6 接合處之檢查範例 3(負壓檢查)示意圖

(5) 與附屬設施之接合

可參照前述圖-解 4.2.5-3 所述之操作要領進行附屬設施與貯留槽之接合處理。

地工合成材料之接合係藉由熱熔接而形成為一體，於施作接合前，應先去除附著於接合面之泥土或髒污、水分等，此外，現場之接合寬度至少為 $20mm$ 以上，重疊寬度至少為 $30mm$ 以上。接合作業一般都採用自動式熔接機，以熱風方式進行作業。

若貯留槽為貯留型時，為避免降低貯留功能，於接合處採用覆蓋式織布使其成為一體，以防止於接管時其間產生間隙。

2. 透水地工織物

透水地工織物大多採不織布，但由於容易破損，因此，為防止搬運時所造成之破損，當解開包裝時，須注意避免被工具類等尖銳物品刮傷。

相關鋪設流程如圖-解 4.2.7-7 所示。

(1) 透水地工織物之鋪設

為維持較佳形狀應儘量減少接合處數量，在基礎面確認現況無鋼筋或石頭等突起物後，再依鋪設面長邊方向鋪設透水地工織物。

當鋪設透水地工織物時，其標準重疊寬度為約100mm。
鋪設於坡面時，應確認地工合成材料沒有翻落或掉落等情形後再進行後續作業。

(2) 透水地工織物之臨時假固定

透水地工織物於接合前，可能因風等影響，發生飛散或移位時，需採用砂包等作臨時假固定。尤其是鋪設於坡面之地工合成材料，應注意避免滑落情形

(3) 透水地工織物之接合

藉由黏接膠帶、黏接劑或熔接來接合重疊部分。

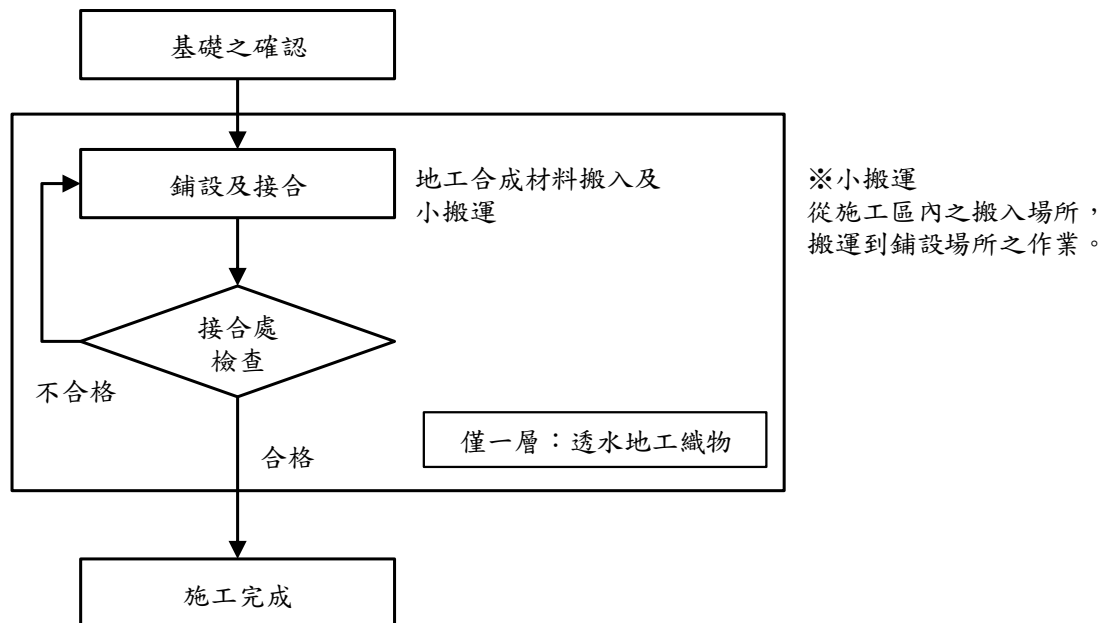


圖-解 4.2.7-7 透水地工織物之施工流程示意圖

4.2.8 回填工程

回填工程宜使用適宜土壤進行施工，用以獲得充分之夯實，為考量本設施之用途，使用適當之回填材料及機具。

【解說】

配合設施為貯留型或滲透型，所採回填材料不盡相同；回填作業時，應配合設施規模，考量回填順序及使用適當機具進行施工，並注意避免回填作業時，造成地工合成材料破損之情形。

1. 回填材料

若設施為貯留型，則使用現場出土或級配良好之砂質土；若設施為滲透型，則在滲透面使用級配優良之砂質土；需考量地震時，所採回填材料可能液化之情形。

2. 使用機具

在回填及夯實作業中，可使用以下機具。

- (1) 鏟裝機(backhoe)
- (2) 履帶式鏟裝機(shovel dozer)
- (3) 推土機(bull dozer)

4.2.9 夯實工程

夯實係以規定之回填厚度，將其周圍均等分為數層，並以適當之方法施作。

【解說】

夯實方法係在各層進行均勻鋪設，使用適當機具進行夯實，以避免貯留槽結構體受到損毀，夯實不可只集中 1 處，必須均勻進行夯實。

原則上，回填土之填土厚度一層為 30cm，如為停車場等路基部分則不可超過 20cm。

4.3 施工注意事項

4.3.1 剩餘土石方之處理

剩餘土石方需考量其特性及產量，進行適當之處理措施。

【解說】

剩餘土石方係於施工場地整地及開挖，並經挖填平衡施作後之剩餘挖方，但不包括不適用於回填之材料，例如廢棄物或須進行加工後方能再利用於回填之物質等。

工區內土石方應依據「土石方規劃設計內容及收容處理建議說明書」補充規定內容，規劃出(填)土處理方案，可將有用之剩餘土石方，運送至工區範圍內以供再利用，或運送至工區範圍外之合法棄土場予以妥當處理，或依業主規定辦理。

若施工作業產生之已不適用於本設施工程之剩餘土石方(包括劣質土)，應按照內政部營建署頒定之「營建剩餘土石方處理方案」相關規定予以適當處理；如該不適用土石方符合環保署「廢棄物清理法」之事業廢棄物認定標準，則應依「廢棄物清理法」及「事業廢棄物儲存清除處理方法及設施標準」等相關規定辦理。

1. 作為回填之材料使用

若將開挖所產生之土石方作為回填土使用時，一般會暫置於開挖範圍外，若暫置於擋土牆背面，則擋土牆會產生設計時未考慮之側向土壓力作用，而導致變形或地層不穩定，故土石方有暫置需求時，宜嚴選適當場所及土石方暫置高度，並予以適當覆蓋，以避免發生風飛沙情形。

此外，需去除所混入土石方中之石塊及混凝土塊等雜物，以避免貯留槽承受集中載重所造成不良影響。

2. 棄土處理

承包商應先擬定棄土施工計畫，該計畫應提出包括棄土場之預定棄土範圍、棄土高度、排水設施詳圖及水土保持設施等之設置圖說，並應包括交通維持、交通運輸路線及衛生環保與安全措施等；若棄土場地做為剩餘土石方回填之用地，應以夯壓至相當於鄰近原始地層之密度為標準。

4.3.2鋪設地工合成材料之注意事項

鋪設地工合成材料時，注意以下項目。

- 1.地基之確認
- 2.地工合成材料之搬運及保管
- 3.氣象條件
- 4.回填作業

【解說】

為保持本設施之功能，當鋪設地工合成材料時，必須注意地基之確認、地工合成材料之搬入及保管、氣象條件及回填作業等。尤其是當鋪設地工防水膜時，為避免因雨水滲漏或地下水滲入，而降低貯留功能時，應注意地工合成材料之施工品質，故當進行地工合成材料接合作業時，必須使用適當之工具，由專業人員進行地工合成材料施工。

1. 地基之確認

地工合成材料破損原因通常係因為地基未整平所致，必須將碎石等突起物及引起地基未整平之主要原因排除後，再進行地工合成材料鋪設。

若發生來自地面之伏流水或雨水逕流等流入地工合成材料鋪設作業範圍時，其地工合成材料品質可能會受到重大影響，因此必須進行排水處理。

原則於地工合成材料鋪設施工前，應會同業主，以確認地基狀況，並取得業主同意後，再進行地工合成材料鋪設。

2. 地工合成材料之搬運及保管

進行地工合成材料之搬運及保管，參照以下要領：

- (1) 依規定搬運路徑，搬運使用材料。
- (2) 於材料裝卸及運輸時，應注意避免材料受到損毀，並進行適當之保護。
- (3) 解開地工合成材料包裝後，作業人員應小心從事，並考量若碰觸至建築物角落可能造成之損毀，故應選擇四周環境較寬廣之暫置場所。
- (4) 當採起重機懸吊地工合成材料時，必須使用尼龍吊帶等塑膠製吊具，以避免地工合成材料受到損毀。
- (5) 於工區附近設置保管場所，該場所必須可防止陽光直接照射、防風及防雨等，其中為避免地工合成材料被雨淋溼，可用保護板等加以保護。

3. 氣象條件

若有以下天候條件時，必須立即停止作業。

- (1) 颶強風時(地工合成材料可能因強風而被捲起或飛揚時)

- (2) 氣溫特別低造成施工困難時(不易控制溫度時)
- (3) 因降雨或降雪使得接合處熔接或黏接困難時
- (4) 因暴雨而使貯留槽上浮時(貯留型設施回填前等)
- (5) 其他，如因突發事件，判斷持續作業有困難時

4. 回填作業

回填作業中，應考量防止地工合成材料移位之方法，並且確認重疊部分之接合是否有捲起現象。

4.3.3 附屬設施之施工注意事項

為發揮貯留槽之設計功能，施工時必須注意以下附屬設施之設置高度及銜接處之止水性。

1. 入流井(沉砂槽)
2. 出流井
3. 入流及出流銜接管
4. 維修人孔(檢查口及排氣口)
5. 溢流口
6. 人孔
7. 孔口

【解說】

銜接於貯留槽之附屬設施中，可能會有穿過地工合成材料之情形，故施工時必須注意其接合處之銜接。

為能使附屬設施與貯留槽成為一體貌，可採地工防水膜、保護地工織物或透水地工織物，將本設施作適當包覆，以便能發揮其功能。

1. 入流井(沉砂槽)

確認設計圖所設計之位置、尺寸及高程，進行設施之構築。

2. 出流井

確認設計圖所設計之位置、尺寸及高程，進行設施之構築。

3. 入流及出流銜接管

確認設計圖所設計之入流及出流銜接管之位置、尺寸及高程，並事先預留開孔，以利將入流及出流銜接管安裝於開孔處，並在銜接處之管口周圍進行加工填縫、止水等處理。

4. 維修人孔(檢查口及排氣口)

確認設計圖所設計之位置、尺寸及高程，進行設置。

5. 溢流口

確認設計圖所設計之溢流口之位置、尺寸及高程，並事先預留開孔，以利將溢流口所相應之管安裝於開孔處，並在

銜接處之管口周圍進行加工填縫、止水等處理。

6. 人孔

在入流井、出流井及維修人孔設置人孔。當進行基礎施工時，為防止人孔塌陷，應採適當夯實機具進行充分壓實。

7. 孔口

在現場構築孔口時，確認確設計圖所設計之位置、尺寸及高程，進行構築孔口。當設備設有孔口之人孔時，應注意前述 6. 所述之內容。

4.3.4 回填工程注意事項

進行回填作業時，必須注意以下事項。

1. 回填周圍時之偏載重及衝擊
2. 回填上部時之載重
3. 瞬間地下水位上升
4. 回填日期
5. 回填並拔出擋土設施
6. 本設施頂部覆土厚度
7. 確認回填時之狀況

【解說】

貯留槽之組裝完成後，立即進行回填作業。

為避免設施側向土壓力所造成之位移或地工合成材料移位，其回填順序，首先在人孔周圍均布回填土壤，再均布回填四周，以避免周圍發生單向偏載重作用之情形，至上部回填至設計填土高度為止。

1. 回填周圍時之偏載重及衝擊

貯留槽頂部之回填，為防止偏載重造成貯留槽變形或損毀，採每層鬆方厚度不得大於 30cm 之方式實施夯實作業。為避免單向側向土壓力作用所造成之倒塌或變形，儘量採均勻進行夯實。

為避免因回填土所含之碎石等衝擊所造成地工合成材料之破損或貯留槽結構體變形及損毀，應慎選回填材料。

為避免因為設施規模或形狀，受側向土壓力影響所造成之倒塌或位移，應考慮回填土厚度不超過最初貯留槽頂部所能容許之承載應力。

2. 回填上部時之載重

貯留槽頂部之回填採每層鬆方厚度不得大於 30cm 之方式實施夯實作業；由於載重直接作用於貯留槽結構體，回填施工時應小心從事，避免造成設施損毀或變形。若於貯留槽結構體上方鋪設地工防水膜，若須考量可承受重型機具載重，

其保護地工織物上方須覆蓋約 50cm 之覆土厚度，此外，須注意履帶機具之操作方法(尤其是方向切換之方法)。

3. 瞬間地下水位上升

原則本設施宜設置於比地下水位高之位置，但考量因降雨所造成地下水位瞬間上升，使得施工中貯留槽因浮力而上浮，於此類情形下，須注意以下事項：

(1) 排水坑排水

施工中，開挖排水坑進行集水，並用泵浦抽除積水。

(2) 回填程序

若先行回填外圍區塊，則有貯留槽位移或上浮之虞，故貯留槽上方宜採整平回填。

(3) 回填材料

回填材料採用級配良好材料，以利進行夯實。

(4) 回填厚度

採與周圍地形之高程差作為回填厚度，須注意不可有窪地或積水。

(5) 減低浮力方法

設施竣工後，於雨天時，雨水流入貯留槽內部，藉此保持平衡；但施工中，亦可將雨水貯存於貯留槽內部，藉此減輕上浮力影響。

4. 回填時間

由於貯留槽重量較輕，於降雨時，雨水滲入開挖面及其四周土壤內，可能會有上浮之虞，因此組裝完成後，宜儘速進行回填。

5. 回填拔除擋土設施

拔除擋土設施時，應隨拔隨灌砂以防空隙造成土壤移動；若因判斷空隙會對造成周邊有地層下陷之虞，可使用砂漿等充填材進行回填。

6. 本設施頂部填土厚度

回填時，本設施頂部填土厚度不可超過設計覆土厚度；若不得已必須超過設計覆土厚度時，回填土厚度不超過貯留槽頂部所能容許之承載應力。

7. 確認回填時之變形

以往經驗有發現因回填作業時，發生側向土壓力造成貯留結構體變形之情況，故於回填作業時，藉由適時檢查確認貯留槽結構體未有變形現象。

4.3.5 回填附屬設施附近區塊所需之注意事項

對附屬設施附近區塊進行回填時，必須注意以下項目：

1. 入流及出流銜接管
2. 維修人孔
3. 入流井及出流井

【解說】

回填於附屬設施附近區塊時，原則宜採用人工作業，尤其是在銜接段，其狹窄部分可採小型夯實機具進行夯實。

1. 入流及出流銜接管

(1) 回填材料及時間

採用級配良好材料進行回填，並充分加以夯實，確認接合處之砂漿及保護混凝土發揮強度後，再進行回填。

(2) 藉由保護間隙保護

拔除擋土設施後，進行入流及出流銜接管之施工，其回填時，採用保護蓋以保護管之端部；此外，為容易辨視位置，必須事前作記號。

2. 維修人孔

維修人孔包括：檢查口、排氣口及其周邊設施，若引起不規則沉陷，則鋪設路面會產生隆起或未平整現象，因此回填時宜採用級配良好材料。

3. 入流井及出流井

入流井、出流井及其周邊設施，若引起不規則沉陷，則鋪設路面會產生隆起或未平整現象，因此回填時宜採用級配良好材料，並充分進行夯實。

4.3.6 回填工程及夯實工程所使用之機具

回填工程及夯實工程所使用之機具，必須注意以下事項。

1. 貯留槽上部所使用之機具
2. 夯實時所使用之機具

【解說】

回填時，若採用重型機具承載於本設施上部，宜採用鋪設鋼板等保護措施，回填設施上部時，應考量本設施之容許承載應力，進行機具選擇。

1. 貯留槽上部所使用之機具

禁止使用超過貯留槽結構體容許承載應力之機具於貯留槽上部通行，若因受限作業空間需求，被迫不得已於貯留槽上部使用傾卸式卡車與起重機等車輛，有可能超過貯留槽結構體容許承載應力時，應與施工廠商進行協調，採取能因應貯留槽結構體容許承載應力之配套措施。

2. 夯實時所使用之機具

設施周邊夯實時之施工機具，一般採用平板式夯實機或夯鎚，須注意施工機具不得碰觸地工合成材料而造成破損情形。

初期均勻鋪設地工合成材料時，須先確認是否有破損情形，以避免貯留槽上部地工合成材料回填後而無法採目視進行確認。

4.3.7 使用重型機具之注意事項

貯留槽結構體組裝時所使用之重型機具必須遵守法令等，安全使用。

4.4 施工管理

4.4.1 安全管理

施工時，必須針對以下事項之安全管理項目，擬定對策計畫，並建立安全系統。

【解說】

為防患公共災害及勞動災害於未然，以施工安全為目的，進行適當安全管理。

1. 實施監視及巡邏

設施施工時，依據現場狀況及作業方法，適當配置職安人員；工地主任(工地負責人)對現場內及周邊實施巡邏、監視及安全管理。

2. 擬定事故防止對策

開始作業前，全員參加危險預知活動等，藉此擬定排除危險事項之對策。

特別是作為局部性豪雨對策，須盡力取得氣象資料，並且進行降雨時之安全管理。

3. 建立防災系統

為推行施工安全，將勞動災害及公共災害防患於未然，必須遵守相關法規，並建立安全管理系統，適當整理施工現場之作業環境，並且對作業人員實施安全教育及健康管理，並經常進行勞動災害及公共災害等之防止及衛生管理教育。

另外，建立發生災害或事故及勞動災害時之聯絡系統，並作成聯絡系統圖。

4.4.2 工程管理

施工時，在以下期間必須進行適當工程管理。

1. 進行施工前
2. 施工中

【解說】

經常掌握施工進度，並依照工程進度表順利進行。然而，當工程發生變更，必須針對其內容相當重要時及施工期限所規定之事項，事前與業主進行協調等，採取適當措施。

1. 進行施工前

依據工程管理計畫，訂定施工程序等基本方針；若事前認為需重新檢討計畫，或預定工程有變更時，必須事前與業主進行協調等，採取適當措施。

2. 施工中

在施工中，適時進行計畫與實績之比較檢討，如兩者間產生大差異時，則必須採取必要之矯正措施。

4.4.3 施工中品質管理

組裝完成後之執行管理實施以下項目。

1. 計畫貯留量
2. 尺寸(高度、寬度、深度)
3. 設置位置(坐標)
4. 設置高程

【解說】

貯留槽結構體係為塑膠製品，根據材料特性，其尺寸會因溫差而產生變化。

因此，注意測定時之氣溫，執行管理由業主與承包商協調，事先規定管理對象、測定基準及管理方法等管理基準。

1. 計畫貯留量

確認工程之執行是否滿足設計書所規定之計畫貯留量。
根據尺寸等計算貯留容量，並記錄結果。

2. 尺寸(高度、寬度、深度)

確認設施之執行是否符合所規定之管理基準。
測量設施之高度、寬度、深度，並記錄結果。

3. 設置位置(坐標)

確認設施之設置位置必須符合管理基準，並記錄結果。

4. 設置高程

確認設施之設置高程必須符合所規定之管理基準，並記錄結果。此外，必須規定以下所示之高程。

- (1) 貯留槽之基準高程(底面高程、頂端高程)
- (2) 計畫入流管底高程
- (3) 計畫出流管底高程

4.4.4驗收品質管理

驗收時之品質管理針對以下項目進行。

- 1.成型材料之品質
- 2.形狀尺寸
- 3.外觀
- 4.試驗

【解說】

施工時，針對本設施所使用之構成部件，進行確認以符合相關規定事項。

1. 成型材料之品質

依照試驗報告表及工廠出貨證明等確認成型材料之品質；承包商負責整理和保管證明工程所使用成型材料品質之資料，當業主有要求時，得馬上提出。

2. 形狀尺寸

確認構成部件之形狀尺寸於相關規定之容許值範圍內。

3. 外觀

構成部件之外觀在使用上不得有刮痕、裂痕、缺口等。另外，地工合成材料等使用上不得有刮痕、破損等。且確認在卸貨施工中，不得有明顯刮痕及損傷。

4. 試驗

強度等需有工廠製造管理試驗資料，品質試驗法雖能變更，但必須與業主進行協調，試驗前能會同工廠，確認品質。

4.4.5 施工記錄

針對以下事項，歸檔保管施工記錄。

1. 竣工圖
2. 日報
3. 工程記錄照片
4. 執行管理記錄
5. 其他特記規格書等所規定之項目

【解說】

作為竣工圖之施工記錄確認格式或寫法之整理方法後，隨時彙總並規定保管場所並加以歸檔。

1. 竣工圖

依照相關規定製作竣工圖；針對設計階段所作成之設計圖，依據實際結構把變更部分等圖面化，並當作記錄加以歸檔保管。

2. 日報

每天填寫作業(工程)日報，記錄工程種類、施工內容、指示事項、檢查事項、其他協調事項等並加以歸檔保管。

3. 工程記錄照片

工程記錄照片不僅留下工程各施工階段之施作狀態，並且工程完成後，成為從外面無法確認之部位的執行確認資料，依據各目的適當拍攝，當作工程記錄進行適當的照片管理，並當作施工記錄進行歸檔保管。

4. 執行管理記錄

組裝完成後需記錄尺寸、設置位置、設置高程，並進行歸檔保管。

5. 其他

依據契約或業主指示項目進行記錄並進行歸檔保管。

第五章 維護管理

5.1 基本原則

5.1.1 目的和方法

充分掌握本設施功能後，為保持其功能，須進行適當的維護管理。

【解說】

1. 目的

維護管理之目的係充分掌握貯留槽功能後，以適當之維護方法及頻率，維持其功能；若未適當進行設施之維護管理，則可能會因設施內之砂土或沉積物堵塞而導致滲透功能降低，無法發揮本設施之功能。

將維護管理所考量之事項表示如下：

- (1) 貯留滲透能力之延續
- (2) 貯留滲透設施之維護
- (3) 有效之維護管理
- (4) 通過維護管理發揮本設施功能

重要的是考量以上事項，建立有關維護管理之適當管理內容及系統。

2. 方法

維護管理之方法係因平時及汛期狀況而不同，因此必須參照可因應這些狀況之作業計畫去執行，標準之維護管理內容如以下所述：

- (1) 檢查
- (2) 維護
- (3) 制定設施分類冊及保管
- (4) 維護管理紀錄之保管
- (5) 災害及事故對策

3. 其它

若滲透設施之滲透功能因堵塞而降低，使得貯留槽內有經常滲水或溢流至貯留槽外之情形；又當設施連接有溢流管時，從外觀不易判斷其功能是否降低，若把這種狀況放置不管，則可能即使嘗試恢復功能也無法復原。為避免發生這種情形，當實施滲透設施之維護管理時，必須充分掌握設施結構形式、設置場所之土地利用及地形等，藉此防止因堵塞使滲透能力降低，並且能穩定地發揮功能。

由於車道檢查、維護時需進行交通管制，因此設施構造需能簡便進行檢查、維護。較適合可從地上進行檢查、維護。

茲將檢查和維護之概要表示如圖-解 5.1.1-1 所示。

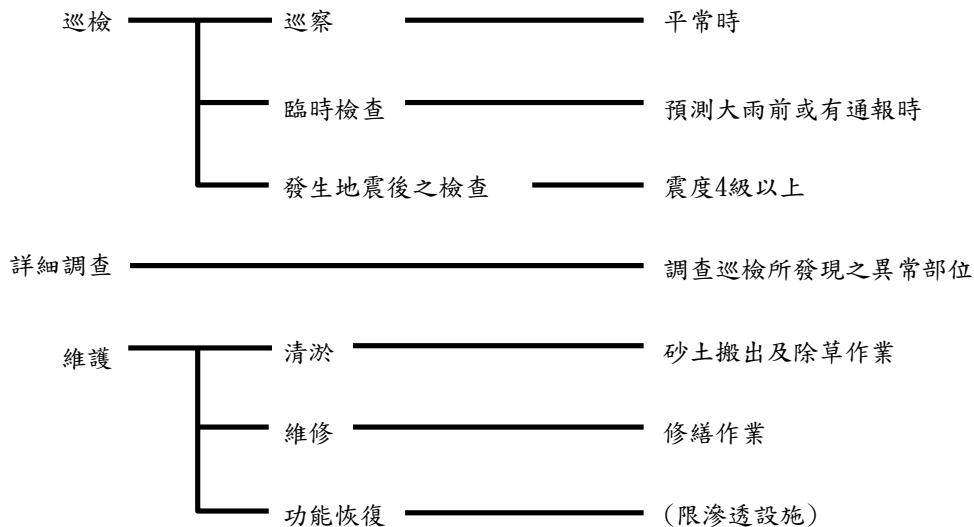


圖-解 5.1.1-1 本設施維護管理示意圖

藉由設施內部清淤以恢復所需之貯留量，其中以具滲透功能之設施，較易確認其功能恢復，可採定水頭或變水頭試驗法作進一步確認。

5.1.2安全管理

進行維護管理時，應注意安全。

【解說】

為辦理設施之維護管理(檢查、清淤、修補等)，作業人員進入槽內時，需綁安全帶或安全繩等防護裝備，以防止不慎跌落。

本設施係為塑膠製品，須注意熱及煙火。當進入槽內時，可能遭遇到缺氧、硫化氫或一氧化碳等有害、有毒氣體或汽油等爆炸性氣體之危險，故在入槽前，須採用機器類之氣體濃度檢測，記錄測定結果，必要時進行強制換氣。

在槽內進行清淤檢查等作業時，須配合氣象資訊，用以作為局部豪雨對策。

事前要建立聯絡系統及緊急避難方法等。

5.2 管理內容

5.2.1 管理項目

配合管理之項目依照設施種類、規模、附屬設施等，進行適當的設定。

【解說】

本設施係颱風、暴雨時用來控制雨水最大流出量之設施，但涉及貯留設施及滲透設施之種類不同，其設施規模、入流設施或出流設施、維護管理設施等亦不同。因此，必須依照各設施設定適當之管理項目。

一般是採用目視檢查，標準之維護管理項目及其方法係如表-解 5.2.1-1 所示。

表-解 5.2.1-1 維護管理之項目及其方法

	檢查部位	管理項目	維護管理方法
入流設施	入流井(沉砂槽)	堆積物	抽污去除
	濾網(管口濾網)	污垢	清淤去除
	入流管、入流銜接管	堵塞	清淤去除
		破損	修補或更換
貯留槽	檢查口	堆積物	吸引去除
		破損	修補或更換
	沉砂空間	堆積物	高壓洗淨去除
出流設施	出流井	堆積物	抽污去除
	濾網	污垢	清淤去除
	孔口 溢流管	堵塞	清淤去除
		破損	修補或更換
	出流銜接管、出流管	功能下降	修補或更換
	排水泵浦	劣化	修補或更換
		破損	修補或更換
		堵塞	清淤去除

5.2.2 巡檢

本設施檢查項目如下：

1. 巡察
2. 臨時檢查
3. 地震發生後之檢查
4. 詳細調查

【解說】

設施需考量淤砂使得設施貯留功能下降，及隨著長期使用，受到化學及物理作用，產生材料老化而形狀變化，或因地震而變形等。

巡檢係為提早掌握這些變化狀態，判定是否需要清淤及修補。設施之巡檢可分為巡察、臨時檢查、及地震發生後之檢查等。

配合本設施特性，擬定維護管理計畫。於適當時期及管理系統下，計畫性、安全性地實施檢查，其檢查結果宜留下記錄。

1. 巡察

(1) 檢查頻率

宜規定 3 個月、6 個月、1 年等期間實施巡察，並且考量雨季等季節性條件，進行檢查。

(2) 檢查部位及確認事項

平常之檢查部位及確認事項如表-解 5.2.2-1 所示。

表-解 5.2.2-1 平常之檢查部位及確認事項

檢查部位	確認事項
入流設施	安裝管部分之異常、漏水、沉砂槽之淤砂狀況、濾網之堵塞、入流口之垃圾等
貯留槽	淤砂狀況
出流設施	結構物之異常、泵浦之狀況、濾網之堵塞等
地上部分	有無下陷或隆起

(3) 檢查內容

平常之檢查內容如表-解 5.2.2-2 所示。

檢查結果，若發現設施損壞或功能下降時，必須探討其原因並立即實施必要之修補及清淤對策，使其恢復原來功能。

表-解 5.2.2-2 檢查內容

種類 內容	功能檢查	安全檢查
檢查項目	1. 砂土、垃圾、落葉之堆積狀況 2. 濾網之堵塞狀況 3. 設施之排水狀況(降雨後檢查口、貯留槽內水位確認) 4. 出流設施(泵浦)之損傷及腐蝕、有無浮渣 5. 現場操作盤面板等外觀、性能確認 6. 配管類之確認(漏水、接頭偏離)	1. 集水蓋偏離 2. 設施破損或變形狀況 3. 地表面下陷或塌陷及隆起之狀況
檢查方法	以目視檢查入流井、維修人孔、出流井內	以目視檢查設施外觀
記錄	記錄檢查結果	
平常清淤方法	1. 將入流井及出流井內之落葉及垃圾等去除 2. 將入流井及出流井內之沉澱污泥等去除 3. 清掃濾網	

另外，重要的是測定表-解 5.2.2-3 所示之貯留時或排水時之水位，藉此確認本設施之功能是否正常。

表-解 5.2.2-3 水位之確認

確認事項	理由
水位是否成滿水位	溢流管溢流，可能對下游有影響。
是否引起水位急上升或急下降	急遽的水位變化可能導致設施損壞。
	可能因濾網及出流設施之堵塞引起水位上升。
	可能因地工防水膜之破損而引起水位下降。
排水狀況	可能因濾網及出流設施之堵塞引起排水量減少。

2. 臨時檢查

(1) 檢查頻率

藉由氣象資料等，事先預測可能大雨時，事前必須進行臨時檢查，用以維護設施功能。如發現部分設施異常時，或設施周邊之土木工程等結束後，相關住民反映時，亦實施檢查。

(2) 檢查內容

檢查內容依據巡察。

3. 地震發生後之檢查

(1) 檢查頻率

地震發生後之檢查，當發生震度4級以上之地震時，立即實施檢查。如有規定地震發生時有關檢查之事項，則依照此規定。

(2) 檢查內容

檢查內容依據巡察。

4. 詳細調查

詳細調查係指巡檢等所發現之異常部位之調查，為調查原因並判定是否需要進行改善對策。

其調查目的如下所述。

- (1) 異常狀況必須明確。
- (2) 必須掌握結構物之完整性。
- (3) 推測異常原因後，必須擬定適當之改善方法。
- (4) 必須確認改善方法施工後之效果。

根據詳細調查結果，針對其判定內容及方法進行檢討，並視需要實施改善。

5.2.3 清淤

以確保本設施之功能為目的進行清淤。依照本設施之規模、形態、入流水之水質制定清淤方法。

【解說】

實施清淤之目的係為防止入流水所含之有機物腐敗而產生惡臭及有毒氣體，以確保貯留容量或確保滲透功能，防止因油脂類附著於孔口或濾網等而使功能下降。

清淤內容主要是將砂土、垃圾、落葉、樹根等去除及搬出，同時進行設施周邊之清掃。另外，清淤時必須注意，避免洗淨水流入設施內。

以平均集水面積 $1ha$ ，每年於設施內產生 $1.5m^3$ 之淤砂量，以評估設施竣工後有效貯水率變化情形，作為清淤頻率擇定標準。

清淤方法，一般小型設施用人工進行清淤，如為大型設施則用人工及機械並用效率較高。

清淤作業概略有以下方法，依照本設施之產品及目的選擇清淤方法。

1. 採取高壓洗淨車及污泥吸引車之方法(淤積砂土之清淤)
2. 將水貯留，攪拌槽內水之方法(清淤整個槽內)

此外，可能裝卸之濾網等可由工廠統一清理，如在現場準備有備品，可將這些備品更換後只清掃集水部即可，可縮短作業時間，從洗淨排水之處理面來看效率較高。

清淤時，若欲進入本設施內，則必須進行安全對策。作為安全對策，必須確認含氧量及確認有無產生有毒氣體，參照「職工安全衛生」之相關規定辦理。

清淤作業時可能發生缺氧，可採用送風機持續進行換氣。

作業中需確保有效地照度，此外，採用高壓水之洗淨作業會帶來危險，若採用高壓洗淨車，需指派非常熟悉之作業人員進行作業；若槽內實施清淤作業，必須配合作業狀況，配置監視人員，用以確認安全，並能與地上人員聯絡。

5.2.4修補

如檢查判定必須修補，則立即採取改善對策。

【解說】

為維安全性及功能性，有必須盡快進行修補或經適當觀察後再進行修補之情形，若無法修補則必須進行更換或重新設置。

當本設施之入流部濾網發生脫落或破損時，可能在槽內部有垃圾或小動物進入，導致貯留槽及滲透功能下降。因此，如發現濾網發生脫落或破損時，立即進行修補或更換。

由維修人孔檢查貯留槽，若發現貯留結構體之變形、扭曲、破損，則儘速調查其原因，並採取適當改善對策。此外，若發現地工合成材料破損，則儘速進行修補。

若地表面發生沉陷時，須調查其原因及影響範圍，採取適當改善對策；有時地表面沉陷，並非設施本身所造成之原因，而常常是開挖後回填及夯實等不確實所造成之。

5.2.5設施資訊管理

為適當維護管理本設施，必須建立記載有設施結構及功能等設施屬性資料，並加以保管。

【解說】

為適當維護管理本設施，必須建立屬性資料，其內容記載有設施結構(貯留容量、貯留槽形狀、入流部及出流部位位置及結構、貯留槽之維修人孔位置及結構)及功能(沉砂槽之沉砂功能、貯留槽內部之沉砂功能)等，並加以保管。從本設施到排放處之配管路徑、覆土、設施範圍警戒告示及連接出流處之核可執照或申請書等亦事先加以保管。

事先填寫於設施屬性資料之主要內容表示如下：

1. 設施名稱及位置
2. 竣工年月日
3. 保管人及管理人
4. 貯留槽之覆土
5. 埋設深度
6. 貯留槽高度
7. 貯留槽形狀
8. 地工合成材料之種類及成分
9. 入流管及出流管之連接方法
10. 入流部及出流部之結構
11. 地下水位
12. 標示與周邊建築物之相關位置圖

5.2.6 維護管理記錄

為適當維護管理本設施，須妥善保管維護管理記錄。

【解說】

當適當維持本設施功能時，重要的是持續管理業務。因此，儘可能保管檢查及清淤、修補等記錄作為維護管理記錄。

5.2.7 災害及事故對策

所預測之災害及事故作危機處理，當發生情況時，為能適當因應，必須事先掌握各設施之狀況。

【解說】

所預測之災害及事故之原因，需考量以下所示之事項：

1. 因降雨集中造成地下水位異常上升，貯留槽產生浮力，使貯留槽受到破壞。
2. 因超過設計值震度之地震而使貯留槽受到破壞。
3. 因超過設計值之上部載重(重車輛或砂土等)對貯留槽上部之地表面施力，使貯留槽受到破壞。
4. 因貯留槽上部之焚燒熱或化學藥品之洩漏等原因，造成強度下降而使貯留槽受到破壞。

因災害或事故發生上述這些異常情況時，如能有效運用設施屬性資料，則能快速復原。

5.2.8 維護管理系統

為能長期適當維持本設施功能，設施設置者必須與管理者及使用者共同維護管理。

【解說】

本設施設置於住宅區或公園及道路等各種位置，為保持一定之管理水準，必須建立適當之維護管理系統。

5.2.9完成後上部之禁止事項

為確保設施功能，完成後其上部，必須注意以下事項。還有，為了公布禁止事項，考量設置記載禁止事項之告示板。

- 1.載入預測重量以上之重機械及填土或建設資材之臨時設置
- 2.焚火
- 3.化學藥品之使用
- 4.其他

【解說】

為防止無關作業車輛進入，採用設置路障措施，用以防止車輛進入，並保護本設施。另外，如在上部鋪設柏油路時，在鋪設完成前，設置路障措施。

1. 載入預測重量以上之重機械及填土或建設資材之臨時設置

完成後，若在貯留槽上部臨時進入超過設計載重之重型機具及進行填土或建設資材之臨時設置等，則貯留結構體可能會扭曲或變形，使貯留槽受到破壞。

此外，在貯留槽上部不得進行超過設計載重之升降機作業或拔除擋土設施作業。

2. 焚火

完成後若在貯留槽上部進行焚火，可能因熱而導致貯留結構體變形及強度下降，甚至因起火而引起火災。

3. 化學藥品之使用

為防止貯留結構體之老化，不可接觸有機溶劑、化學藥品、礦油等；此外，防止汽油或油等流入。

4. 其他

為防止貯留結構體之強度下降，不可讓高溫排水流入貯留槽內。

校園或公園、廣場等不特定之車或市民等可能進入之場所，設置告示牌等，用來填寫禁止重型車輛之進入或焚火等事項。

此外，在本設施附近之試挖或接近工程可能會造成貯留結構體或地工合成材料等破損，因此為標示設置位置，於現場設施適當距離設置告示牌。

參考文獻

1. プラスチック製雨水地下貯留浸透施設技術マニュアル(日本下水道新技術推進機構、日本 雨水貯留浸透技術協会，2010)
2. 雨水下水道設計指南(營建署，2010)
3. 滲透及貯留設施技術彙編(台北市政府都市發展局，2006)
4. 建築基地保水設計技術規範(內政部營建署，2012)
5. 社區及建築基地減洪防洪規劃手冊(內政部建築研究所，2013)
6. 降雨逕流非點源污染最佳管理技術(BMPs)指引(行政院環境保護署，2013)

【附錄篇】

附錄篇目錄

	頁次
第一章 貯留結構體強度試驗方法	1-1
1.1 強度評估之概要	1-1
1.2 強度試驗	1-1
第二章 貯留結構體長期應變試驗方法	2-1
2.1 長期應變試驗注意要點	2-1
2.2 垂直方向試驗方法	2-1
2.3 水平方向試驗方法	2-2
2.4 長期應變之推測方法	2-3
第三章 往復荷載抗剪性能試驗方法	3-1
3.1 往復荷載抗剪性能之評估概要	3-1
3.2 往復荷載抗剪試驗	3-2
3.3 容許剪斷變形角	3-7
第四章 地工合成材料之選擇	4-1
4.1 地工防水膜	4-1
4.2 透水地工織物	4-1
4.3 保護地工織物	4-2
第五章 浮力穩定性檢討	5-1
5.1 土壓及水壓	5-1
5.2 浮力	5-2

附錄篇圖目錄

	頁次
附圖 1-1 強度評估示意圖	1-1
附圖 1-2 1 單元組合示意圖	1-2
附圖 1-3 垂直水平方向壓縮試驗之試驗體示意圖.....	1-3
附圖 1-4 水平方向壓縮試驗之試驗體示意圖	1-3
附圖 1-5 應力－位移曲線 (示意圖).....	1-5
附圖 1-6 漸近線取軸法	1-5
附圖 2-1 垂直方向之長期應變試驗之試驗體示意圖.....	2-2
附圖 2-2 水平方向之長期應變試驗之試驗體示意圖.....	2-2
附圖 2-3 長期間載重位移之外插示意圖	2-3
附圖 3-1 往復荷載抗剪性能評估示意圖	3-2
附圖 3-2 往復荷載抗剪試驗裝置之示意圖	3-3
附圖 3-3 往復荷載抗剪試驗之曲線圖(例).....	3-5
附圖 3-4 往復荷載抗剪試驗之剪斷變形角和剪斷應力之測定結果(例)	3-8
附圖 5-1 瞬間地下水位上升作用於貯留槽之土壓及水壓示意圖	5-1
附圖 5-2 瞬間地下水位上升所產生之浮力示意圖.....	5-2

附錄篇表目錄

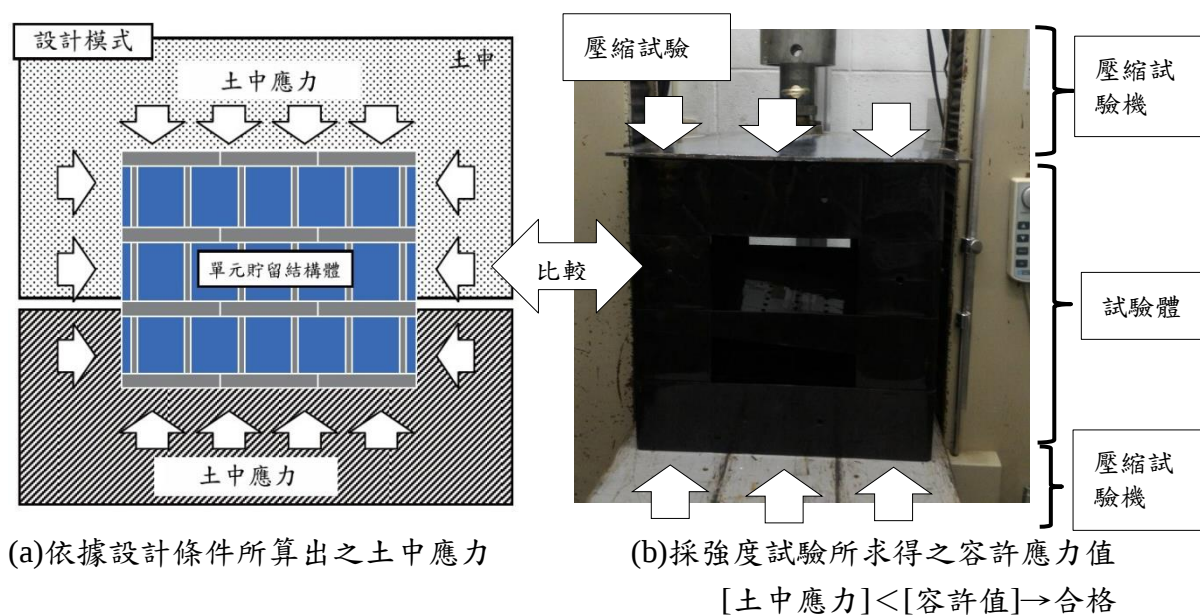
	頁次
附表 4-1 使用於本設施之地工防水膜(低密度聚乙烯)建議規格表..	4-1
附表 4-2 織布與不織布性能比較一覽表	4-1
附表 4-3 不織布之種類與特性一覽表	4-2
附表 4-4 使用於本設施之透水地工織物建議規格表.....	4-2

第一章 貯留結構體強度試驗方法

貯留單元結構體強度試驗係指設計者進行強度評估時，為求所需容許值之試驗，因此以單數或多個單元結構體或重疊構成試體之狀態下進行壓縮試驗，根據所得之結果，設定容許值。貯留單元結構體之強度評估應包括針對垂直方向和水平方向，因此需分別針對垂直方向和水平方向實施貯留單元結構體強度試驗。

1.1 強度評估之概要

貯留單元結構體之強度評估是以貯留單元結構體在土中從垂直方向和水平方向所承受之應力(附圖 1-1(a))與實際壓縮試驗所求得之容許應力(附圖 1-1(b))之比較進行。對土中所受之應力，實際之貯留結構體具有充分的強度，亦即計算所求出之土中應力比貯留結構體強度試驗所求得之貯留結構體之應力容許值小時，則表示所設計之覆土及埋設深度符合要求，如附圖 1-1 所示。



附圖 1-1 強度評估示意圖

1.2 強度試驗

判定貯留槽強度之值(容許值)係以貯留結構體之最大壓縮應力為基準進行計算。當塑膠材料在某些狀況下，於最大應力之範圍內，發現可能發生塑性變形，在載重減低後，往復接受同樣之載重，往往無法承受相同之最大應力。

為得知長期穩定之性能，貯留結構體所承受之應力必須在容許應力內。

另外，材料本身亦具變異性，因此除需考量材料變異性，另一方面需計算對應容許值。

1.2.1 壓縮試驗方法

為評估強度性能，將構成單元結構體組裝成指定之層數後，進行壓縮試驗。

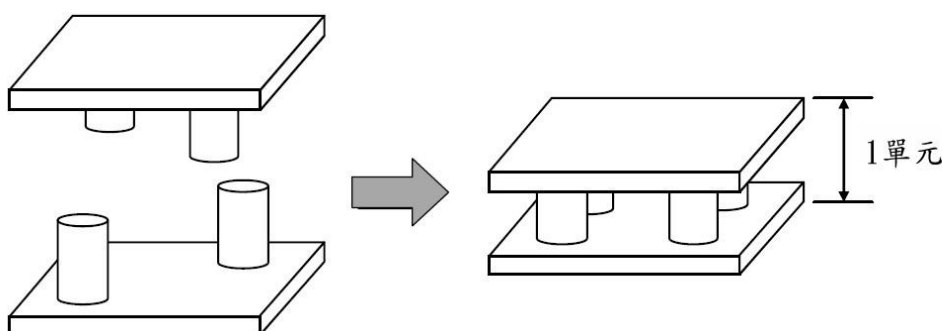
1. 試驗方法

- (1) 載重速度：平均加載速度為 $10\text{mm}\pm 3\text{mm}/\text{min}$
- (2) 試驗溫度：原則上於 $24\sim 30^{\circ}\text{C}$ 溫度範圍內實施
- (3) 載重方向：在貯留結構體完成設置後，分別於垂直方向及水平方向施加载重

2. 試驗層數

以附圖 1-2 所示為基本單位，增加重疊單元之層數，以不同層數進行試驗。貯留結構體因構成單元體及嵌合之不同，其對壓縮之移動難易度及變形之變異性而不同，因此必須在應力值穩定之層數中求出最大應力。以穩定層數對應之最大應力推算出貯留結構體之容許值。

試驗層數可依各貯留結構體之特性決定。

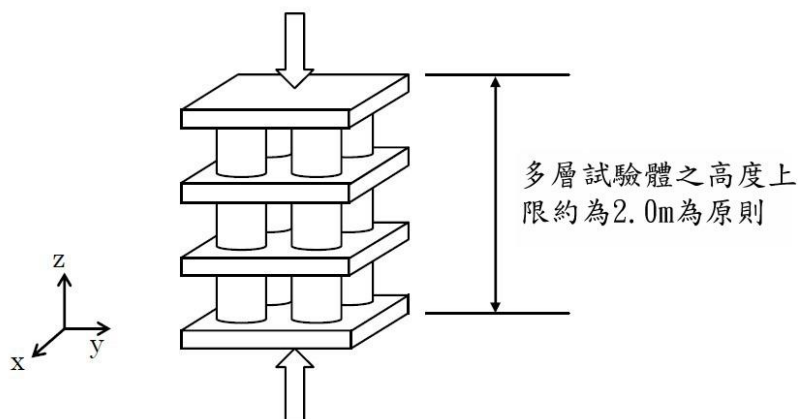


附圖 1-2 1 單元組合示意圖

3. 垂直方向

壓縮試驗，首先，進行垂直方向之載重試驗。以 1 單元作為第 1 次試驗，如附圖 1-3 所示之 z 方向壓縮方向試驗，另可以不同層數進行試驗，至其載重試驗值穩定為止(與前次試驗值符合容許誤差範圍內)。

另外，由於受到萬能壓縮試驗機之尺寸限制(高度 2.0m)，當試驗值仍無法穩定時，則以多層單元試體達 2.0m 為試驗體上限進行試驗。(參照附圖 1-3)。

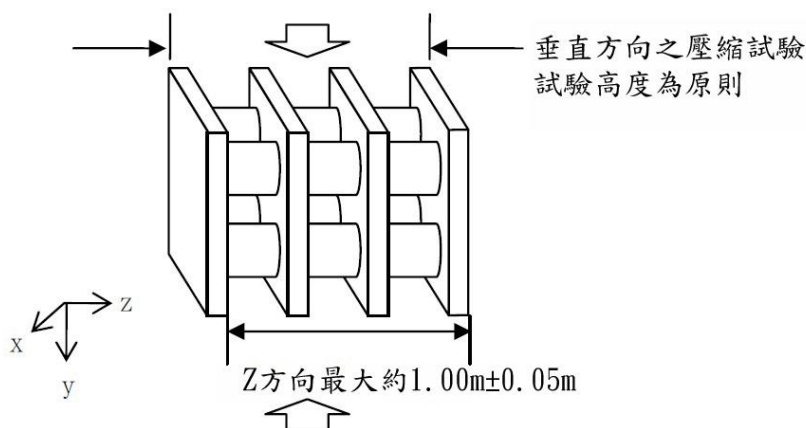


附圖 1-3 垂直水平方向壓縮試驗之試驗體示意圖

4. 水平方向

水平方向之壓縮試驗如附圖 1-4 所示，在所示之 y 方向(壓縮方向)增加層數，以不同層數進行試驗(y 方向之最大高度以 $2.0m$ 為限)，至其載重試驗值穩定為止(與前次試驗值相同)。

另外，由於受到萬能壓縮試驗機之尺寸限制，寬度以垂直方向壓縮試驗之穩定層數為參考高度進行試驗，但其寬度改以 $1.00m \pm 0.05m$ 為原則。



附圖 1-4 水平方向壓縮試驗之試驗體示意圖

【注意事項：試驗體之限制】

當把試驗體設置於載重裝置時或進行載重試驗時，由於試驗體為不穩定等原因，如使用細繩狀或其他型式材料使其穩定時，請加以注意，避免對試驗結果造成影響。

1.2.2 容許應力

1. 用語定義

(1) 最大應力： $\sigma_{\max}$

最大應力係指根據試驗結果，繪出應力及位移，在表示為應力曲線下降前之應力值。惟若受到壓縮試驗機性能之限制，貯留結構體無法測定到應力極限值且應力尚未發生下降時，則可採用所能測定之最大值為最大應力。

(2) 比例極限應力： σ_c

當應力與位移成比例增加時，線性關係持續，其最大應力稱為比例極限應力，但當不易求出比例極限應力時，採用最大應力乘上係數，亦可以簡易方法得出之比例極限應力。

(3) 材料折減係數： γ

材料折減係數係指材料具有變異性時所折減之安全係數(各型式產品需經完整試驗分析之)。

(4) 容許應力： $\frac{\sigma_c}{\gamma}$

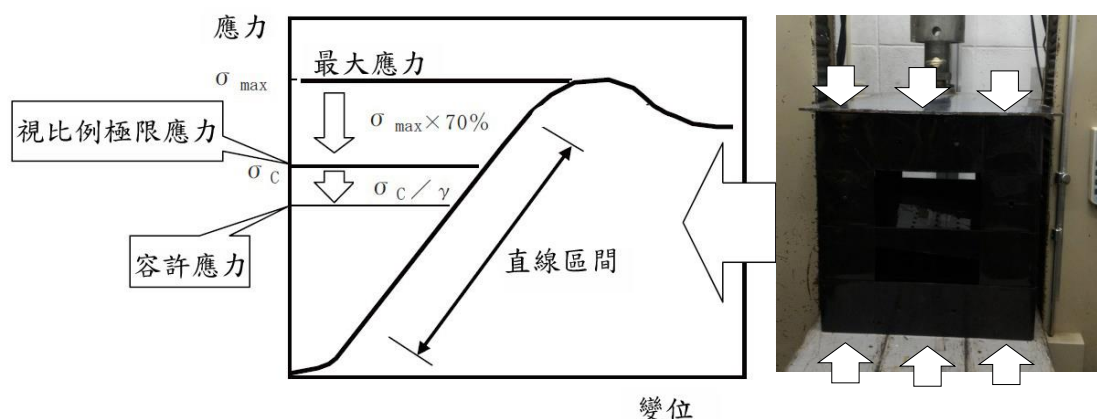
容許應力係指評估強度時所使用之值，係用比例界限應力除材料折減係數之值。

(5) 應變

應變係指試體最初之尺寸(初始值)除以試體試驗時產生之位移所得之值，並以百分比表示。

2. 視比例極限應力

視比例極限應力如附圖 1-5 所示，係指藉由產品之壓縮試驗所確認之最大應力(降伏應力)之 70%所得的值。惟，70% 值必須仍位於應力-位移曲線之直線區間，如 70% 值位於曲線部，則以比例極限應力直線區間之最大值為視比例極限應力。另外，判定時所採用之應力—位移曲線軸如附圖 1-6 所示，採用之座標表示方法係以縱座標應力適當比例(如：1.0~5.0kPa/mm)對應橫座標位移 1mm 之軸長度，並以 1:1 的比例表示來繪製座標軸。並於繪製畫直線時，使用直尺將應力—位移曲線之最傾斜直線部分延伸到應力零線。



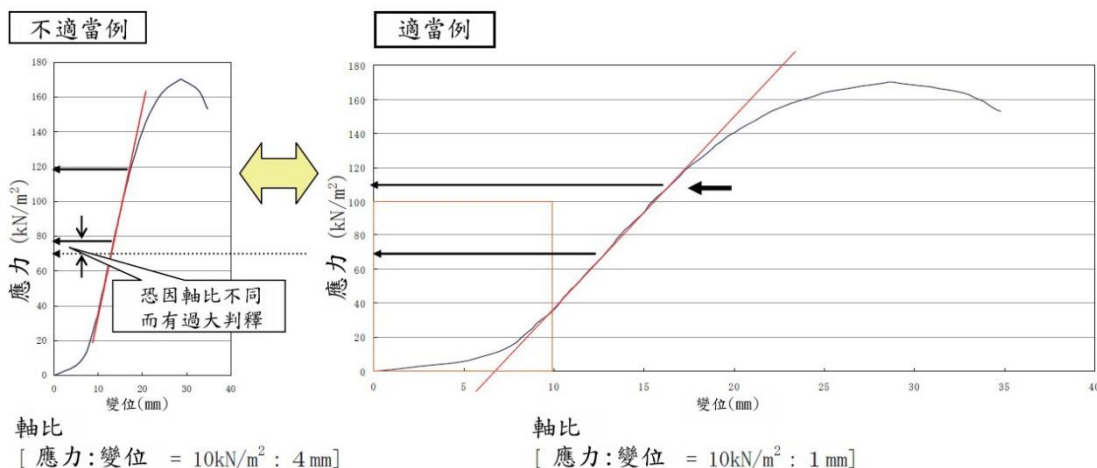
附圖 1-5 應力—位移曲線 (示意圖)

【注意事項】

以下對載重顯示計精度、試驗速度及繪圖方法作說明。

載重顯示計精度： $\pm 1\%$ 。

試驗速度(mm/分)： $10\text{mm} \pm 3\text{mm}/\text{min}$ 。



附圖 1-6 漸近線取軸法

3. 材料折減係數

由於受限於試驗數量，實難以確定試驗貯留結構體之代表性及其試驗數據之準確性，因此採用一材料折減係數來確保設計之安全性及材料變異性。

貯留單元體亦需考量生產過程之變異性，以安全方面之值作為參考，貯留單元結構體之材料折減係數。各國建議折減係數均不同。英國 CIRIA 獨立機構建議折減係數不可低於 2.75，法國 CETE 政府機構則建議折減係數介於 5 至 10，而日本雨水儲留協會建議折減係數為 1.3，本協會依參考此三國建議折減係數，委員會暫建議折減係數不得低於 2.75，待協會會員參考本手冊應用於數年後再研修折減係數。

第二章 貯留結構體長期應變試驗方法

由於貯留結構體採用塑膠(熱塑性樹脂)構成，因此如在長期持續承受載重之狀態下使用，則會產生起潛變。因此應進行長期應變試驗，以推估長期使用應變。

2.1 長期應變試驗注意要點

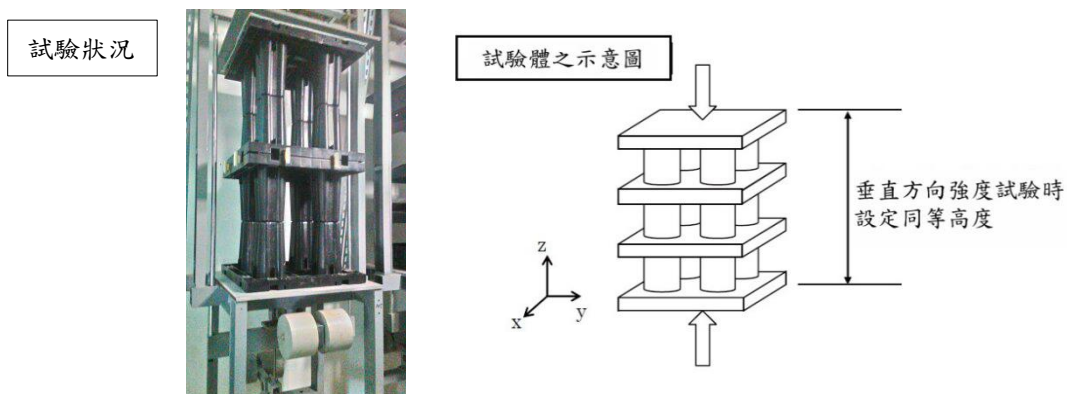
將長期應變試驗注意要點分述如下：

1. 建議多層試驗體高度達 $1.00m \pm 0.05m$ 為原則。
2. 載重後位移常係屬不穩定。於實際施工中，從回填到鋪設柏油路面，需花費 10 小時至 12 小時，因此評估所使用之數據，從載重後 10 小時至 1,000 小時。
3. 試驗溫度為 $23 \pm 2^{\circ}C$ 。
4. 由於貯留結構體採用塑膠製品，如在本試驗之外插範圍，則可能偏離直線。因此，試驗建議進行至少 1,000 小時，數據外插以 1 個時數為限(例如：100 小時之數據可外插推測 1,000 小時之數據；1,000 小時之數據可外插推測 10,000 小時之數據)。
5. 目前 ASTM 塑膠製品抗壓及抗壓潛變試驗法 ASTM D5262 及 ASTM D7406 均採用無圍束條件執行長期潛變試驗，然雨水貯留箱大多埋設於地下，其四邊多具圍束條件，但圍束條件下之垂直方向潛變試驗及水平方向潛變試驗，需有較具體實驗條件規範，其仍待後續研究以利訂定。

2.2 垂直方向試驗方法

附圖 2-1 係表示垂直方向之長期應變試驗狀況。

1. 載重：依實際覆土深度計算垂直載重，以每 $18kPa$ 計，不得小於 $27kPa$ 。
2. 試驗體：多層試驗體達 $1.00m \pm 0.05m$ 為原則。
3. 試驗溫度：原則於 $23 \pm 2^{\circ}C$ 之一定條件下實施，試驗中必須記錄溫度。
4. 測定點：測定載重方向長度至中間點或對稱二點。
5. 測定事項：時間、試驗體尺寸。
6. 儀器精度：具有 $0.1mm$ 以上精度之測微計，以測定試驗載重方向之變位。

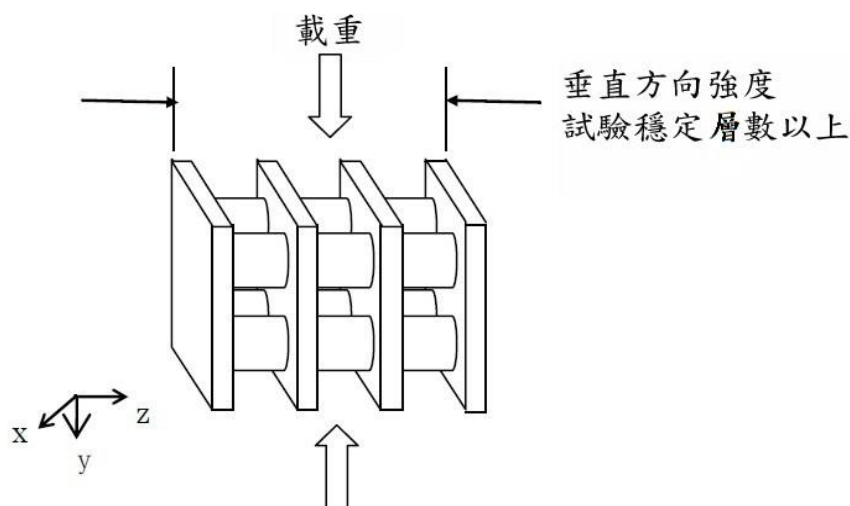


附圖 2-1 垂直方向之長期應變試驗之試驗體示意圖

2.3 水平方向試驗方法

附圖 2-2 係表示水平方向長期應變試驗之試驗體之狀況。

1. 載重：依實際埋設深度計算水平載重，不得小於 23kPa 。
2. 試驗體：多層試驗高度達 $1.00\text{m} \pm 0.05\text{m}$ 。
3. 試驗溫度：原則於 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 之一定條件下實施，試驗中必須記錄溫度。
4. 測定點：測定載重方向中間點或對稱二點。
5. 測定事項：時間、試驗體尺寸。
6. 儀器精度：具有 0.1mm 以上精度之測微計，測定試驗載重方向之變位。

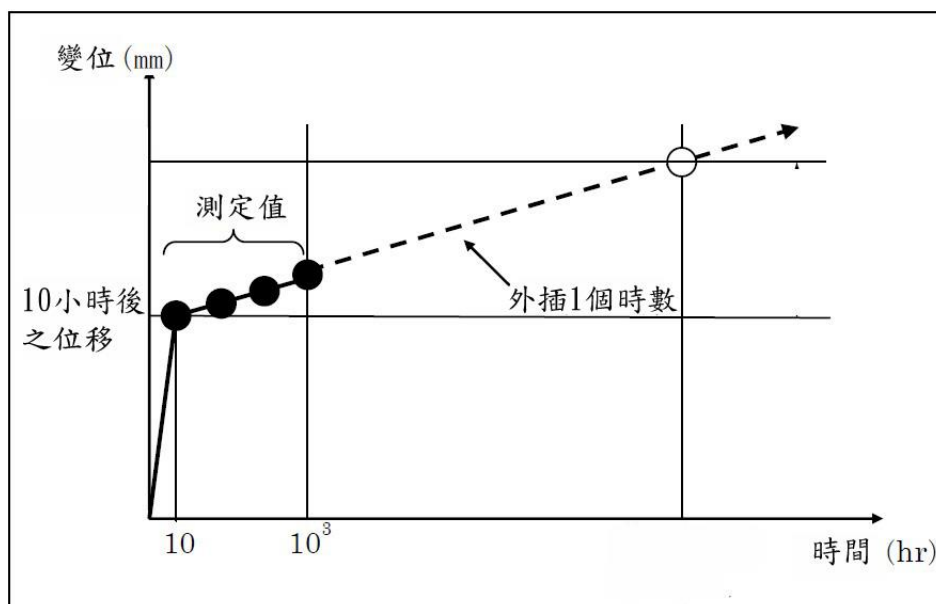


附圖 2-2 水平方向之長期應變試驗之試驗體示意圖

2.4 長期應變之推測方法

將以下資料繪圖，如附圖 2-3 所示，採用最小平方法之外插推測 1 個時數之位移。

1. 從開始載重之持續載重時間
2. 位移：(載重前之載重方向尺寸)－(載重後之載重方向尺寸)



附圖 2-3 長期間載重位移之外插示意圖

3. 應變：位移除以載重前之載重方向尺寸。

第三章 往復荷載抗剪性能試驗方法

如當因地震而發生設施塌陷或功能停止，則對其上部使用者可能造成災害，或可能受到土壤液化災害。從預防發生災害之觀點來看，必須要有對地震具有充分耐震性之設施。耐震性能依照以下試驗等，計算廠商各產品數值。

3.1 往復荷載抗剪性能之評估概要

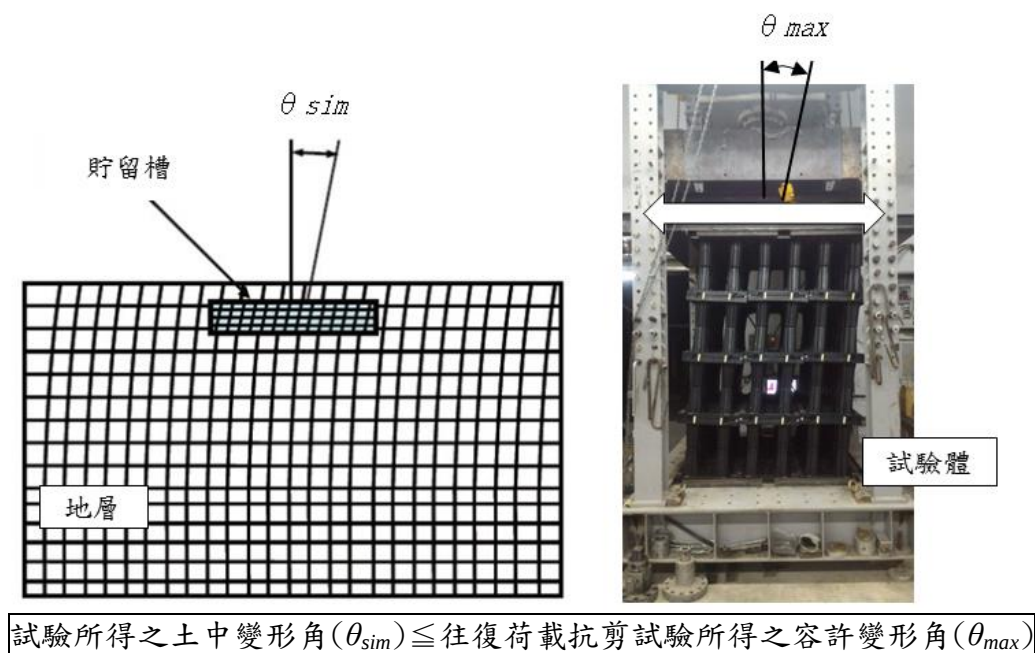
土中結構物於地震時，會使結構物周邊地層受到重大影響。尤其是剛性比土層低之貯留槽塑膠製品，地震時覆土之慣性力所產生之剪力作用，使貯留槽產生剪斷變形。

貯留槽之耐震性能可能影響試體、接頭強度或嵌合狀態。建議模擬設施埋設於土中之狀態下，進行耐震性能評估，較可能得到趨近實際之評估成果，但若考量時間與經費等條件，實際上並不容易執行。

本手冊採用往復荷載抗剪試驗，求出地震時土中貯留槽之剪斷變形程度，如實際上引起剪斷變形，則實測貯留槽之應力應變行為，將這些測定結果加以比較，以算出用來設計貯留槽之特性(附圖 3-1)。

由於貯留結構體之剪斷變形，造成局部挫屈、硬化或剝離等，可能造成強度降低。上述因素亦應加以考量，當進行往復荷載抗剪試驗時，對試驗體以目視進行確認，並針對受應力之影響進行確認。

具體方法是藉由往復荷載抗剪試驗(實測)，求出容許剪斷變形角(θ_{max})和藉由往復荷載抗剪試驗貯留槽之變形角(θ_{sim})後進行比較。試驗之貯留槽變形角如在實測所獲得之容許剪斷變形角以下時，則判斷具有耐震力。



附圖 3-1 往復荷載抗剪性能評估示意圖

3.2 往復荷載抗剪試驗

3.2.1 試驗方法

參照日本研究資料^註進行試驗。

註：「橋の耐震性能の評価に活用する実験に関するガイドライン(案)(橋脚の正負交番載荷実験方法及び振動台実験方法)」土木研究所資料 平成 18 年 8 月 (No.4023)。

3.2.2 試驗體

貯留槽於實際設計與施工時，塑膠製品之結構體於高度方向可排複數層，並於水平方向依需求並排複數層，以確保計畫貯留量。於正負往復荷載抗剪試驗中，依照實際使用狀態及試驗設備之實際尺寸，建議採嵌合組合單元進行試驗。藉由平面寬廣之構造物，施加應力，以確認試驗對結構體彼此間之有效嵌合方法與接觸狀態等之影響。

試驗體之層數係以實際施工之貯留槽之最大高度為原則(平常最大約 4m)，惟實際貯留槽結構體之實際槽高上限為 4m 以下(例如 2.0m、2.5m 或 3.0m)亦可。惟，此時，必須依其結果(例如 2.0m、2.5m 或 3.0m)得以評估貯留體耐震之特性。。

1. 進行試驗之貯留槽高度：2.0m~4.0m。
2. 進行試驗之貯留槽寬度：1.0m~2.0m。
3. 進行試驗之貯留槽縱深：1.0m~2.0m。

3.2.3 試驗

試驗配置係為將相當於覆土之垂直載重加載於試體，同時於水平方向施加剪斷作用之荷載。

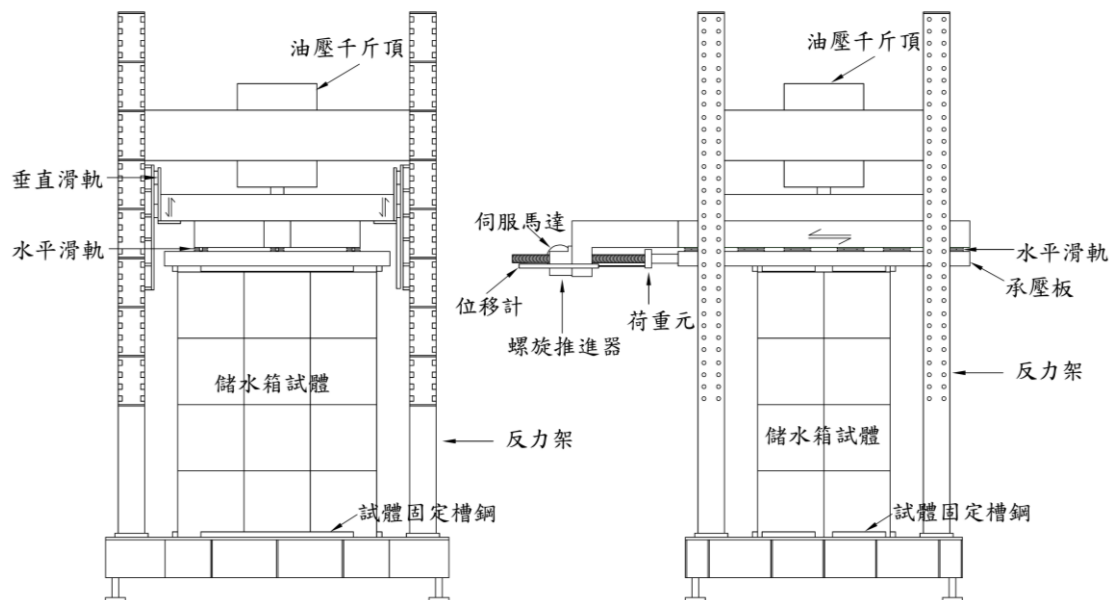
垂直載重之施加方法，於試體上方加載呆荷重或以千斤頂加載方式。不論採用何種方式皆必須對試體整個上方施以均等載重作用(參照前述附圖 3-1)。

採呆荷重時，選用於試驗體平面形狀大致相同形狀之鉛或鐵等金屬板。採千斤頂時，必須調整位置，使得載重加載於試驗體中心，並透過鉛板等方式，使試體承受均布載重。

地震時，覆土因慣性力而產生水平方向移動，為模擬該現象，需採維持水平裝置，避免試驗體頂面傾斜而進行試驗(參照附圖 3-2、附照片 3-1)。

3.2.4 水平方向剪變形角

施加試體之最上面往水平方向之移動量為 δ ，試驗體高度為 h ，則試體之剪斷變形角(θ)可以 δ/h 表示。以剪變形角為 $(0.01 \pm 0.005)\text{rad}$ 之移動量作為基準位移，一面逐次增加整數倍之位移，一面進行往復荷載。另外，在各往復剪斷變形角中，重覆往復(推拉)使其變形。



附圖 3-2 往復荷載抗剪試驗裝置之示意圖



附照片 3-1 往復荷載抗剪試驗裝置概況

3.2.5 載重

使用設計對應之覆土載重(相當於假設覆土之最小值(約 0.5m)和最大值(2.0m))進行試驗。加載可使用鐵、鉛等呆荷重或使用千斤頂進行。

3.2.6 水平方向剪變形速度

施加剪斷變形時之剪斷變形速度宜採漸進方式進行。如以 60mm/min 以上之水平方向剪斷變形速度，以量測試驗體之強度特性，可能會比實際強度為高。

試驗體最上面之移動速度來表示水平方向剪斷變形速率(δ)， $\delta=5\sim50\text{mm/min}$ 。

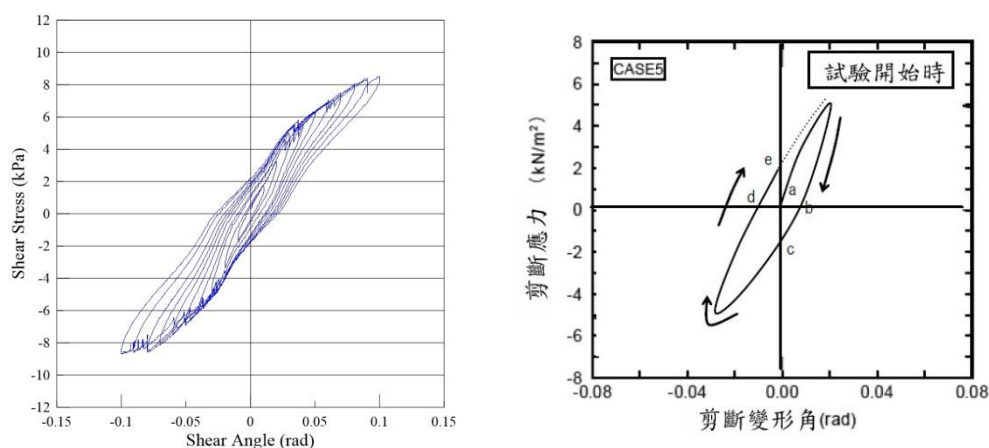
3.2.7 試驗結束

往復水平載重試驗，試驗中之剪斷變形角—剪斷應力之曲線圖表示最大應力，往復持續施加變形，俟確認應力下降後，試驗即告結束。

3.2.8 曲線圖之軌跡

附圖 3-3 係表示依照剪斷變形角和剪斷應力所求得之資料。橫軸表示剪斷變形角，縱軸表示試驗體產生之剪斷應力。

剪斷變形角係如實驗條件所示，一面重覆增加一面進行。開始試驗時之曲線圖(最初之 $\pm 0.01\text{rad}$)亦同時表示。(附圖 3-3(右))



附圖 3-3 往復荷載抗剪試驗之曲線圖(例)

附圖 3-3 所示之 a 點是剪斷變形之開始點，e 點是表示剪斷變形 1 周期($\pm 1\%$)結束點。

如從應力 0、剪斷變形角 0 開始推(亦即正方向)，則朝右上開始畫曲線。以達剪斷變形角最大值後，返回(亦即負方向)，並且曲線往左下前進。在 b 點應力為 0，但剪斷變形角為正值，為「推行」狀態。這是因為部分槽之彈性應變未完全恢復之關係。

在此之後為負值，成為「拉回」狀態。在 c 點，剪斷變形角為 0，乍看下恢復原來狀態，但應力為負值，拉回上述之變形部分，成為保持原形狀之狀態。之後，表示拉回之最大應力後，在 d 點應力為 0。此時，剪斷變形角表示負值，成為「拉回」狀態。為返回剪斷變形角 0，必須對正方向施加應力。剪斷變形角 0 成為 e 點，由此可知是對正方向施加應力之狀態。

一面階段性地加大剪斷變形角一面重覆同樣作業之結果如前述附圖 3-3(左)所示。如前所述，各角度之曲線能以最大應力為基準，判斷有效性。如是表示最大應力之角度以上，則應力下降，且即使以相同變形角表示最大應力後，持續施加重覆變形應力亦下降。

因此，發現最大應力，依據包含塑性變形之某些要素，不能引起強度下降之要點是考量最大應力產生點。

另外，代表試驗體特性之曲線為包絡線(最外圍之線)。

各試驗體之特性，如在水平(推拉之)方向試驗體產生滑動時，b、d 間有擴大趨勢。另外，如試驗體之餘隙少且剛性較高時，包絡線成為更趨近直線之形態。

另外，當試驗體之嵌合處表示容易轉動狀況時，只要重覆數次就能表示最大應力。大多是 S 字斜向右側之平行四邊形狀。很少達最大應力，應力下降後，隨著剪斷變形角再增加，再增加應

力，產生某些變形後，亦考量因該變形而增加強度，以最初所發生之最大應力作為判斷點。

3.2.9 有無因塑性變形而造成應力下降

在往復荷載抗剪試驗中，除藉由目視對試驗體之塑性變形或挫屈，進行確認外，並需對試驗體間之嵌合偏離、破壞或剝離等進行確認。

往復荷載抗剪試驗中之應力下降，如能判斷為這些試驗體之初期破壞所造成，則中止試驗，可在比該點之剪斷變形角小之範圍內，進行評估選擇容許剪斷變形角。

3.2.10 往復荷載抗剪試驗之注意事項

1. 維持水平裝置

在交替載重試驗中，為維持水平，為避免鉛板等呆荷重在載重中傾斜，必須安裝維持水平裝置(通稱：*pantograph*)。

2. 底面滑動對策

在往復荷載抗剪試驗中，如底面滑動，則可能造成端部止滑之試驗體之應力增大。

為防止滑動，較容易之對策是加大底面之摩擦係數，如附照片 3-2 所示。

3. 重疊之影響

在往復荷載抗剪試驗中，如試驗體為複數層時，因嵌合處或試驗體間公差之影響，降低覆土部分之容許變形角很少比覆土條件較高情形之角度為低。為確認有無這種現象，除了量測實際施工之最大覆土外，並針對最小之覆土進行量測。

4. 環境溫度對策

因貯留結構體為塑膠製品，常時因溫度不同而有不同特性。因此，為因應產品特性受溫度影響。



試體固定座

附照片 3-2 底面抗滑動對策

5. 底面之挫屈

原則設施埋設土中，應不易發生底面滑動，亦不易發生局部挫屈，故應於底部及端部進行止滑，以避免發生挫屈，另外，試驗時，必須持續觀查底面及端部是否發生挫屈。

3.3 容許剪斷變形角

容許剪斷變形角，當貯留結構體實際因地震而受到剪斷變形時，而未明顯達塑性變形時。亦即，在剪斷變形中，表示容許傾斜角。

本手冊採用前述之往復荷載抗剪試驗，以量化方式實際施加剪斷變形進行量測。單元結構體實際施工之貯留槽最大高度(約 4m)進行。藉此，在組裝複數個單元試驗體之狀態下進行量測，因此能針對嵌合部材料強度及嵌合方法之優劣進行判斷。

本手冊為求出容許剪斷變形角，當對試驗體施加剪斷變形時，以最大應力產生點作為判斷依據。其原因在於發生最大應力後，因發生塑性變形造成應力下降、或因挫屈等形狀變形或嵌合部偏離或破壞等容易造成變形。必須避免使用時達到耐震強度之變形角。

如以上所述，在往復荷載抗剪試驗中，確認試驗體發生最大應力之剪斷變形角，根據附式(3.1)，求出考量安全率之剪斷變形角。

$$\theta_{\tau \max *} = \theta_{\tau \max} \times 80\% \dots\dots\dots \text{附(3.1)}$$

式中，

$\theta_{\tau \max *}$ ：發生最大應力時之剪斷變形角之 80%(採正向應力值)(參照附圖 3-4)

$\theta_{\tau \max}$ ：發生最大應力時之剪斷變形角^註

80%：安全率

註：發生最大應力時之剪斷變形角係指往復荷載抗剪試驗之結果

在往復荷載抗剪試驗中，當往水平方向推動時(正剪斷變形角)與往水平方向拉回時(負剪斷變形角)之兩種最大應力。因此，為根據往復荷載抗剪試驗求出貯留槽結構體之容許剪斷變形角： $\theta_{\max}$ ，根據附式(3.2)，考量正負條件推拉算出其值。

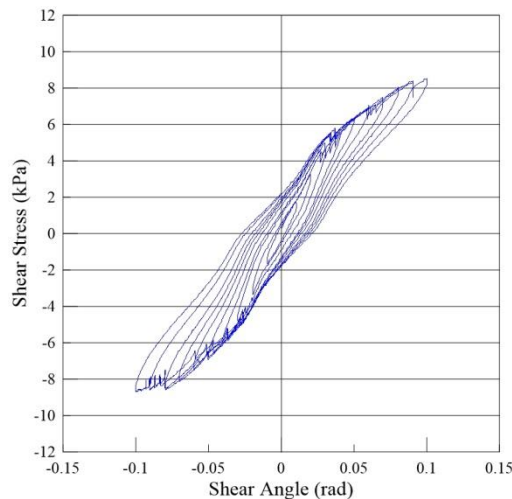
$$\theta_{\max} = (|\theta_{\tau \max*}| + |\theta_{\tau \min*}|) / 2 \dots\dots\dots \text{附(3.2)}$$

式中，

$\theta_{\max}$ ：容許剪斷變形角

$\theta_{\tau \max*}$ ：發生最大應力時之剪斷變形角之 80% 值(於正向位移時，正側)

$\theta_{\tau \min*}$ ：發生最大應力時之剪斷變形角之 80% 值(於負向位移時，負側)(參照附圖 3-4)



附圖 3-4 往復荷載抗剪試驗之剪斷變形角和剪斷應力之測定結果(例)

第四章 地工合成材料之選擇

4.1 地工防水膜

對於估計之外力及使用條件能發揮所定之功能，並具備充足之強度、耐久性及防水性能。

使用於本設施之地工防水膜材料為低密度聚乙烯，其參考項目如附表 4-1 所示，或採其他具適度施工性之地工防水膜材料。

附表 4-1 使用於本設施之地工防水膜(低密度聚乙烯)建議規格表

項目		單位	規格值	試驗方法
厚度	基準值	mm	1.50	ASTM D5199
	平均值		1.50	
	最低測試值		1.35	
密度		g/cm ³	0.939 以下	ASTM D1505/D792
抗拉強度	斷裂點抗拉強度	kN/m	40 以上	ASTM D6693
	斷裂點伸長率	%	800 以上	ASTM D6693
抗撕裂強度		N	150 以上	ASTM D1004
抗刺穿強度		N	370 以上	ASTM D4833
碳黑含量		%	2~3	ASTM D4218

4.2 透水地工織物

4.2.1 織布和不織布之性能比較

土木用之地工織物分為織布和不織布。相關要求性能如附表 4-2 所示。

附表 4-2 織布與不織布性能比較一覽表

項目	織布	不織布
透水性	若與乾淨之砂層做比較，結果透水性稍差。	與碎石層有同等程度之透水性。亦有表面內方向之通水性。
耐堵塞性	只有纖維束交差之空隙(較不均勻)能透水，通水面積少，效果不佳。	形成孔隙較為均勻，全面積皆能通水，效果佳。
強度	抗拉強度優越。因轉壓碎石之尖銳處會造成破損為其弱點。	具厚度和彈性，衝擊吸收性能佳。
施工性	不具伸縮性，對凹凸非常敏感施工費時。	有適當之延伸和柔軟性，能對應施工基面些微之不平整。

4.2.2 不織布之特性比較

不織布因纖維之長度、厚度與密度等不同，並配合產品之需要，作適當之選擇，不織布種類與特性如附表 4-3 所示。

附表 4-3 不織布之種類與特性一覽表

不織布種類	特性
聚酯長纖維不織布	抗拉強度，撕裂強度，延伸等之機械面性質佳。 輕量，柔軟性高，對地盤之變化性高，施工簡單。 施工面積大或是陡峭斜面皆易於施工。
以聚酯為主要素材之短纖維不織布	具彈力性及吸震性，對於突起或衝擊之緩衝效果佳。針刺製法之蓬鬆結構，特別適用於保護材。

4.2.3 透水地工織物材料參考項目

在本施設使用之透水地工織物以不織布較為適當，其參考項目如附表 4-4 所示。

附表 4-4 使用於本設施之透水地工織物建議規格表

項目	單位	試驗方法	說明	第二類
				規格值
抗拉強度	N	CNS 13483	抓式法(縱、橫向)	800以上
伸長率	%	CNS 13483		40~100
撕裂強度	N	CNS 13299	梯型法(縱、橫向)	350以上
瑕疵	點	CNS 5618	每公尺扣點數	5以下
透水係數	1/s	CNS 13298		0.1以上
厚度	mm	CNS14260		4.0

4.3 保護地工織物

擇定透水地工織物後，再擇定保護地工織物。一般保護地工織物大多使用與透水地工織物同類者。

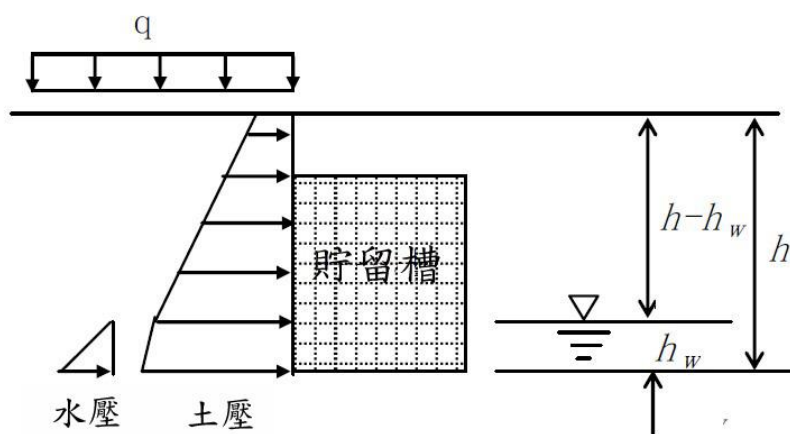
第五章 浮力穩定性檢討

貯留槽宜設置於地下水位之上，但在施工中及營運後，可能因降雨，造成地下水瞬間上升，使得浮力及水壓對貯留槽產生作用，而發生上浮或破壞貯留槽結構體之問題。

有關瞬間地下水上升，可由設計者自行判斷，以下內容表示瞬間地下水上升時，貯留槽所承受之載重推估方法及穩定性之檢討方法，概述如下：

5.1 土壓及水壓

因瞬間地下水位上升，作用於貯留槽之土壓及水壓如附圖 5-1 所示，一般採模式化或採用附式(5.1)進行推估。



附圖 5-1 瞬間地下水位上升作用於貯留槽之土壓及水壓示意圖

$$P_{sw} = K[\gamma_s(h-h_w) + \gamma_{sw}h_w + q] + \gamma_w h_w \dots\dots\dots \text{附(5.1)}$$

式中，

P_{sw} ：深度 h 之土壓及水壓(kN/m^2)；

γ_s ：土壤之單位重量(kN/m^3)；

γ_{sw} ：土壤之水中單位重量(kN/m^3)；

γ_w ：水之單位重量(9.8 kN/m^3)；

h_w ：設施底面到地下水面之高度(m)；

q ：常時地表之各種承載載重(kN/m^2)；

K ：各種土壓係數 [K_o, K_A]。

有關貯留槽之穩定性，採用附式(5-1)所求得之土壓及水壓，再藉由式(5-2)進行檢討。

$$P_{sw} < \frac{\sigma h_c}{\gamma} \dots\dots\dots \text{附(5-2)}$$

式中，

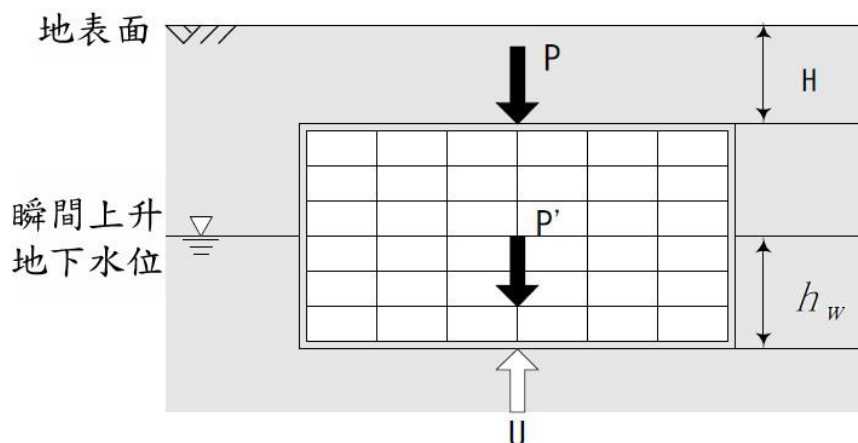
P_{sw} ：水平方向載重；

σh_c ：貯留槽結構體水平方向視比例極限應力；

γ ：材料折減係數。

5.2 浮力

因瞬間地下水位上升而作用於貯留槽之浮力，受到覆土載重之抵抗，如附圖 5-2 所示，可藉由附式(5-3)檢討其穩定性。



附圖 5-2 瞬間地下水位上升所產生之浮力示意圖

$$F_s = \frac{(P + P')}{U} \dots\dots\dots \text{附(5-3)}$$

式中，

F_s ：浮力之安全係數(建議 1.07^註以上)；

註：台北捷運土木工程設計手冊(CEDM)。

P ：土壤覆土厚度之垂直載重 $P = \sum \gamma_s \cdot H$ (kN/m^2)；

P' ：貯留槽之自重($P' = 0$)；

U ：浮力 $U = \gamma_w \cdot h_w$ ；

H ：土壤覆土厚度(m)；

h_w ：設施底面開始到地下水面之高度(m)；

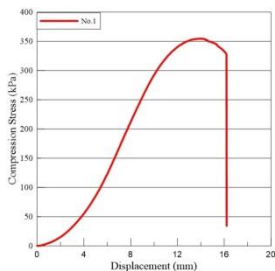
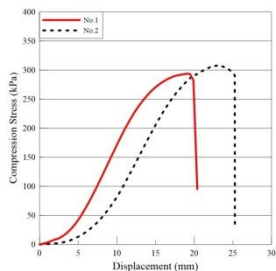
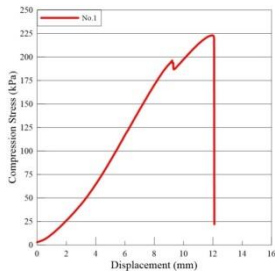
γ_s ：土之單位重量(kN/m^3)；

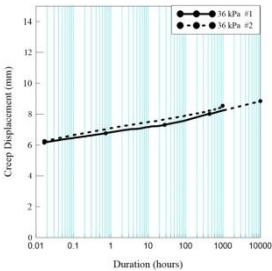
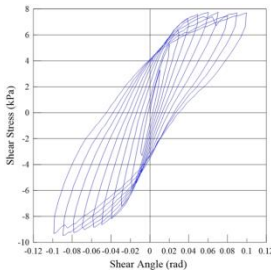
γ_w ：地下水之單位重量(9.8kN/m^3)。

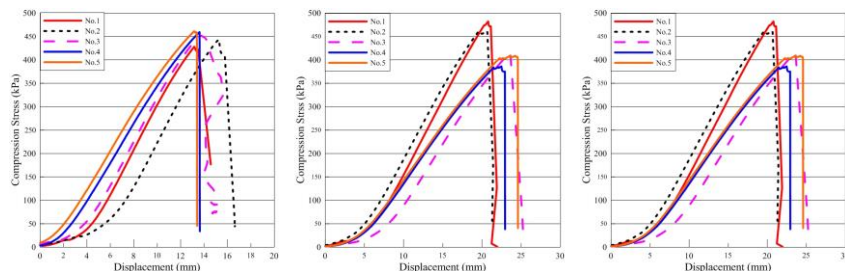
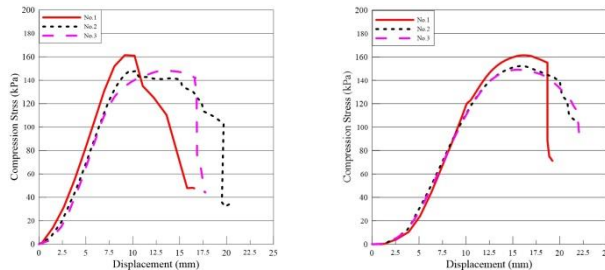
【試驗成果篇】

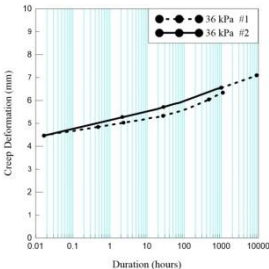
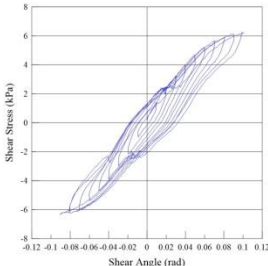
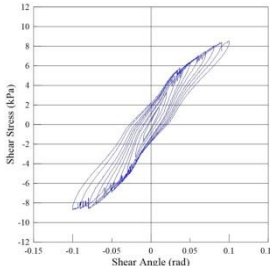
以下數頁係為各公司塑膠製雨水貯留槽經委由國立屏東科技大學實驗中心執行抗壓強度、長期潛變試驗及往復抗剪試驗之各種試驗結果，其試驗方法，參照本手冊【附錄篇】第一～三章內容，每種塑膠製雨水貯留槽採兩頁篇幅說明試驗結果，以左、右對照方式，提供未來規範編訂、公私部門單位審查、工程單位設計或維管單位維護管理參考使用。

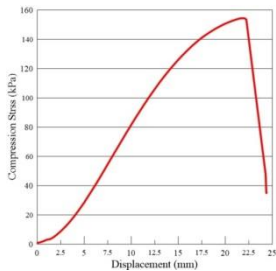
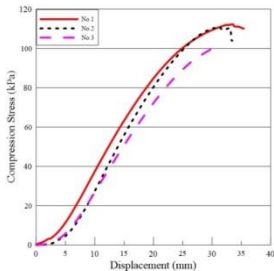
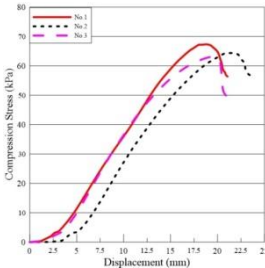
以公司筆劃為序，表列如后：

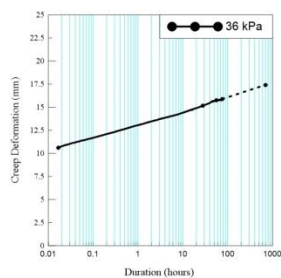
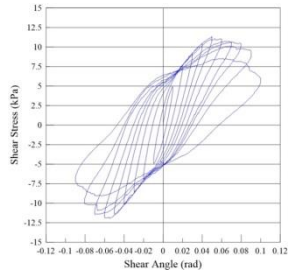
台灣積水		品名		雨水收集站	
		型號		Rain Station 500	
		主要材質		聚丙烯(PP)	
		單元尺寸		496 mm×496 mm×501 mm	
		孔隙率		95%以上	
特性評估					
抗壓試驗	方向	尺寸(長×寬×高)(mm)		面積(m ²)	平均抗壓強度(kPa)
	垂直	四層	496×496×501	0.2460	354.44
		八層	496×496×1001	0.2460	300.90
		 四層  八層 註：四層試驗組作 1 次試驗，八層試驗組共作 2 次試驗，求得垂直方向平均抗壓強度。			
	方向	尺寸(寬×長×高)(mm)		面積(m ²)	平均抗壓強度(kPa)
	水平	四層	496×501×496	0.2485	223.04
		 四層 註：四層試驗組共作 1 次試驗，求得水平方向平均抗壓強度。			

長期 潛變 試驗	方向	尺寸(長×寬×高)(mm)	面積(m ²)	平均壓縮潛變(mm) (1~1000 小時)	
	垂直 (無圍束)	496×496×1001	0.2460	1.409	
		 註：共作 2 次試驗，求得垂直方向平均壓縮潛變。			
往復 抗剪 試驗	壓應力 (kPa)	尺寸(長×寬×高)(mm)	$\theta_{\tau \max}^*$ (rad)	$\theta_{\tau \min}^*$ (rad)	$\theta_{\tau \max}$ (rad)
	36	1984×1488×2002	0.06194	-0.07391	0.06793
	 36 kPa				

良澤塑膠有限公司		品名		組合式蓄水貯集框架	
		型號		H500	
		主要材質		聚丙烯(PP)	
		單元尺寸		502.5 mm×502.5 mm×505 mm	
		孔隙率		95%以上	
特性評估					
抗壓試驗	方向	尺寸(長×寬×高)(mm)		面積(m ²)	平均抗壓強度(kPa)
	垂直	單層	502×502×509	0.2527	448.62
		雙層	502×502×1020	0.2526	430.87
		三層	502×502×1530	0.2526	426.12
					
		單層 雙層 三層			
	註：每種層數共作 5 次試驗，求得垂直方向平均抗壓強度。				
	方向	尺寸(寬×長×高)(mm)		面積(m ²)	平均抗壓強度(kPa)
	水平	單層	502×509×502	0.2557	152.50
		雙層	502×1020×502	0.5127	154.14
					
單層 雙層					
註：每種層數共作 3 次試驗，求得水平方向平均抗壓強度。					

長期 潛變 試驗	方向	尺寸(長×寬×高)(mm)	面積(m ²)	平均壓縮潛變(mm) (1~1000 小時)	
	垂直 (無圍束)	502×502×1020	0.2527	1.421	
		 註：共作 2 次試驗，求得垂直方向平均壓縮潛變。			
往復 抗剪 試驗	壓應力 (kPa)	尺寸(長×寬×高)(mm)	$\theta_{\tau \max}^*$ (rad)	$\theta_{\tau \min}^*$ (rad)	$\theta_{\tau \max}$ (rad)
	9	2008×1506×2036	0.04982	-0.05067	0.05025
	36	2008×1506×2036	0.06808	-0.06968	0.06888
	 9 kPa  36 kPa				

連積企業有限公司			品名		CrossWave
			型號		CW-H
			主要材質		聚丙烯(PP)
			單元尺寸		994 mm×994 mm×220 mm
			孔隙率		95%以上
特性評估					
抗壓試驗	方向	尺寸(長×寬×高)(mm)		面積(m ²)	平均抗壓強度(kPa)
	垂直	三層	994×994×590	0.9884	154.36
		五層	994×994×960	0.9884	107.98
		 三層  五層			
	註：三層試驗組作 1 次試驗，五層試驗組共作 3 次試驗，求得垂直方向平均抗壓強度。				
	方向	尺寸(寬×長×高)(mm)		面積(m ²)	平均抗壓強度(kPa)
	水平	五層	994×960×994	0.9542	64.89
 五層					
註：五層試驗組共作 3 次試驗，求得水平方向平均抗壓強度。					

長期 潛變 試驗	方向	尺寸(長×寬×高)(mm)	面積(m ²)	平均壓縮潛變(mm) (1~75 小時)	
	垂直 (無圍束)	994×994×960	0.9884	2.756	
		 註：僅作 1 次試驗，求得垂直方向平均壓縮潛變。			
往復 抗剪 試驗	壓應力 (kPa)	尺寸(長×寬×高)(mm)	$\theta_{\tau \max}^*$ (rad)	$\theta_{\tau \min}^*$ (rad)	$\theta_{\tau \max}$ (rad)
	36	1992×960×1920	0.08976	-0.09536	0.09256
	 36 kPa				