

農地永續發展之水土保持工法

農地水土保持 工法操作手冊



水土保持技術教育中心



行政院農業委員會水土保持局
Soil and Water Conservation Bureau



國立屏東科技大學
National Pingtung University
of Science & Technology

目錄

一、工程方法

- 1.1 碎石袋護坡.....01
- 1.2 輪胎護坡.....07
- 1.3 輪胎擋土牆.....13

二、植生方法

- * 2.1 打樁編柵.....19

三、農藝方法

- * 3.1 草皮鋪植.....27
- 3.2 稻草蓆敷蓋.....33
- * 3.3 山邊溝.....39
- * 3.4 平台階段.....45
- * 3.5 乾砌石護坡.....51
- * 3.6 農塘.....57

四、農地排水

- 4.1 複合材料鋪面排水溝.....63
- * 4.2 碎石集水井.....69
- * 4.3 草溝.....75

* 為多應用性農地水土保持方法 (請詳見表一)

應用方法屬性概要

工法	工程方法	植生方法	農藝方法	農地排水
碎石袋護坡	✓			
輪胎護坡	✓			
輪胎擋土牆	✓			
打樁編柵	✓	✓		
草皮鋪植		✓	✓	
稻草蓆敷蓋			✓	
山邊溝	✓		✓	
平台階段	✓		✓	
乾砌石護坡	✓		✓	
農塘			✓	✓
複合材料鋪面排水溝				✓
碎石集水井	✓			✓
草溝			✓	✓

農地水土保持 工法操作手冊

總編輯：陳天健

編輯小組：謝杉舟、李錦育、吳嘉俊、許中立、唐琦、江介倫、李明熹

簡士濠、賴宗成、陳宥達、李宥叡、陳淑玉

編審委員：林信輝、陳慶雄、陳有着、張文章、詹連昌

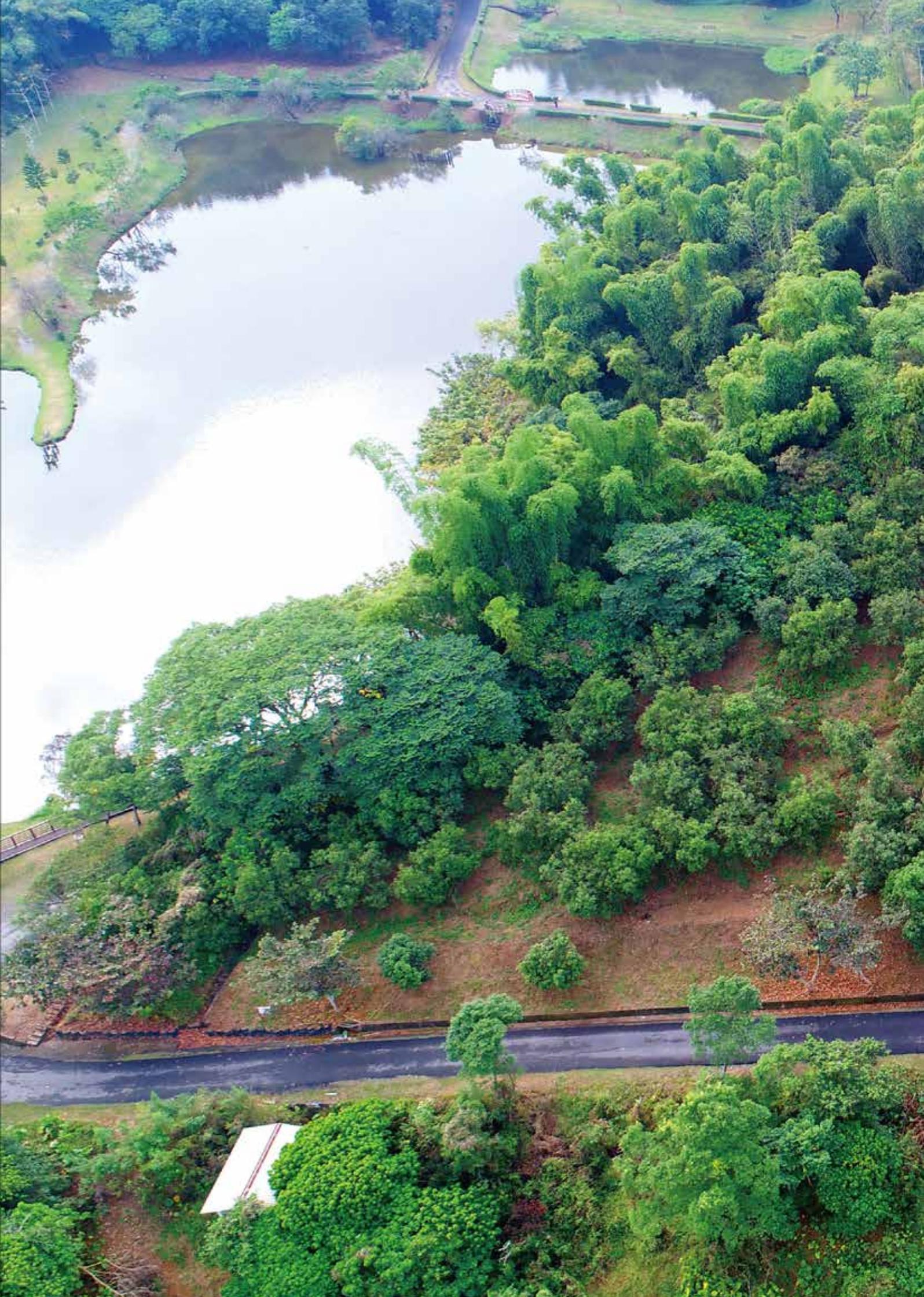
英文翻譯：吳嘉俊、陳樂蕊

泰文翻譯：畢雅蘋、高淑雯、陳少琪、江蓉珍、李秀金、吳香蘭

美術設計：壹肆伍貳創意整合有限公司

第一版：2018.12

第二版修訂：2019.12



前言

如何協助農民合理且妥善利用山坡地，是臺灣水土保持從業人員一直以來所致力的目標。農地水土保持工法是以省工經營、提高作物產量為最高目標，且把握就地取材、因地制宜的原則，利用既有的材料，解決因為農耕所產生的水土流失問題。節約水資源及保護土壤肥力，亦同時降低土砂災害衝擊力，營造永續的農業生產環境。

本現場操作手冊主要以作為農地水土保持科普教材為目標。手冊以簡單易懂的方式編撰，解說各工法的建置過程、材料、特點等，以達到水土保持科普教育目的。工法包含坡地有效利用、沖蝕控制，及逕流引導等，提供農民、有意農作民眾、或國民學校自然環境教育之參酌。

本手冊歷時二年完成，期間同時建置完成農地水土保持國際示範區，作為各工法之教學與展示應用。而順應數位化教材時代，本手冊以農地水土保持國際示範區之建置過程及工法為主軸，製作成多媒體數位影音教材，放置在國立屏東科技大學水土保持系之水土保持技術教育中心網站上，提供給讀者快速學習應用。

開創與落實應用新局所需的資源及專業協助相當多，本手冊與教材應感謝水土保持局的支持；編輯團隊、技師、及工程團隊的努力，使得本農地水土保持工法操作手冊得以完成，且為一本實用的參考刊物。祈冀本手冊能為保護地球與永續環境盡一份力。

陳天健
水土保持系系主任

一舉可數得 碎石袋護坡



碎石袋護坡（國際示範區，2018）

將坡地土層中含有的卵、礫、碎石取出，裝填成碎石袋，除了降低農耕操作的困難，更因為碎石袋具有高透水、高機動性、材料不易流失等多元特性，可提供良好的水土保持效果。將碎石袋疊砌於邊坡坡腳以做為護坡使用時，除了可以穩固邊坡、減少土壤流失，並提高土地利用率。

基地
環境

順應地形施作

碎石袋護坡示範區位於窄形山邊溝下坡面約 1m 的範圍內，寬度約 30m，呈帶狀施作。由於山邊溝與下方坡面銜接處坡度驟降、近乎垂直，且為凹狀地形是天然水流匯集之處所。因此，利用碎石袋於山邊溝下坡面堆疊形成護坡，達鞏固山邊溝及避免逕流匯集造成土壤沖蝕之目的。



碎石袋護坡（國際示範區，2018）

設計
理念

順應地形 簡單護坡



碎石袋護坡施作（國際示範區，2018）

土壤含石量高或許可以增加坡體的自立性，但對於絕大多數的農業耕作來說，卵、礫石的存在可能造成耕作、翻犁等農業操作的困難。因此，若能將土層中含有的卵、礫石或碎石做有效的利用，則可以達到提高作物生產、降低農耕障礙的效果。



碎石袋護坡（國際示範區，2018）

碎石袋裝填後的尺寸均勻，施工方便、快速且擺放具有彈性。

此外，碎石袋應用場合廣泛，可做護坡、築溝、造池或穩定結構使用，也可依需求自行規劃用途。

材料
工具

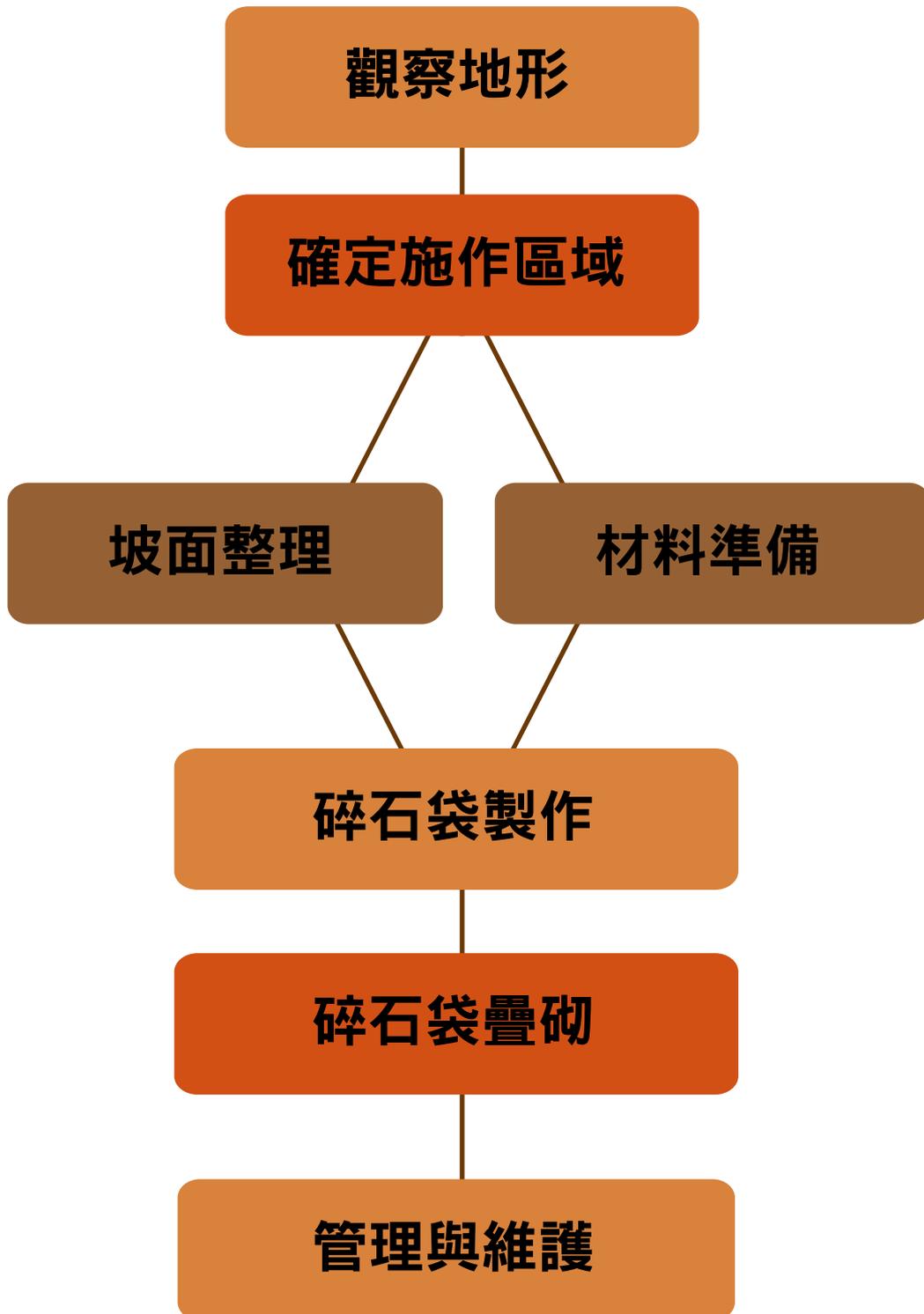


碎石袋（國際示範區，2018）



施作材料工具（國際示範區，2018）

1. 填充材料：清碎石 1.5~2.0cm。
2. 袋體：PE 聚乙烯材質網袋（網徑 0.1cm）、寬度 40cm、長度 60cm。填充後之體積約為 0.02m³ 重量達 25~30kg。
3. 保護袋體縫線：因袋體周圍車縫棉線不耐風吹日曬，因此在填充碎石之前，須將 PE 袋翻面，使車縫線藏於袋體內，以增加使用年限。



1. 觀察地形

地形觀察的重點，在於坡面及周遭環境的整體特性，規劃時必須順應地形，配合周遭環境設施。由於碎石袋施作的彈性較佳，可依現場實際需要配合治理策略隨時修正疊砌型式。

2. 確定施作區域

治理策略決定後，應框定施作範圍，並對施作區域面積、坡度進行簡易測量、放樣，同時，依照測量結果估計材料使用量。

3. 坡面整理

坡面整理工作，除了需要移除容易影響施工進行之雜物外，同時應妥善保存可再利用資源。為了滿足碎石袋石塊需求，務必在進行坡面整理工作時，將整坡挖方中的石塊篩出，並妥善堆置工址附近。

4. 材料準備

依照材料使用量，評估石塊資源是否足夠。倘若不足，可考慮外購或外取儘量避免以土壤替代填充，以免日後流失，影響碎石袋護坡的穩定。

5. 碎石袋製作

為避免袋體車縫棉線外露，影響使用壽命，在填充碎石袋之前務必將袋體翻面，使縫線藏匿於內側，再將碎石填入袋中大約 5 分滿 (25~30kg)。填充完畢後，將袋口以束繩綁緊即可。由於碎石袋之翻袋、填充、綁束等程序需要人工，因此建議將以上程序分工進行，以增加工作效率。

6. 碎石袋疊砌

疊砌時應將施作區域稍加整平後，自底部開始，分層向上施作，第二、三層堆疊宜向坡面側退縮約 8-10cm 以防側壓，或不均勻沉陷導致傾倒。每層鋪設完畢後，務必將袋間的縫隙利用現場土壤確實回填夯實。碎石袋逐層向上施作時應交錯擺放，使任意相鄰的 3 個碎石袋皆呈三角形重疊。

7. 管理與維護

碎石袋護坡完成後，應經常注意碎石袋有無損壞。若出現破損、位移或是碎石流失等情形，務必儘早處理，以免該處成為水流集中侵蝕之處。



碎石袋護坡（國際示範區，2018）

工法
特性

簡易掌握細節

1. 材料準備

碎石或石塊取得難易與施工區域周邊的環境有關，通常可經由人工整地時篩選取得。

2. 施作人力

- (1) 碎石袋護坡高度為 0.6~0.8m，長度約 25m，共計使用碎石袋約 600 個、碎石約 16,500kg，4 位工作人員分工施作，共耗費 5 個工作天。
- (2) 碎石袋製作：包含袋體翻面、填充碎石及袋口綁束，由 2 位工作人員施作，每日約可製成 100 個碎石袋。

3. 工法困難處

- (1) 交錯疊砌：由於碎石袋填充完畢後的尺寸一致且具有柔性，因此工法施作時較為簡易，但仍需注意分層之間應交錯疊砌，使任意三個碎石袋皆呈現三角型重疊。護坡外側應力求整齊，不宜出現凸起或凹陷。於疊砌前，可先於施作區域挖掘一條平整的淺溝，方便後續施作。
- (2) 避免車縫棉線或袋口外露：碎石袋體週邊的車縫棉線及袋口束繩，往往是最容易受到外力碰撞或是風化碎解的地方，因此疊砌時，應儘量避免外露於護坡外側，並技巧性的將縫線及袋口藏匿於袋體之間。

替代
材料

1. 填充材料

若碎石材料不足，可自周邊溪流下游區域採取，或改以土壤填充，但是要注意填充土壤可能流失的潛在問題。若以土壤袋施作護坡，應於施作完畢後撒播草種，使其快速綠覆，避免袋內土壤流

2. 袋體

若 PE 聚乙烯材質土包袋取得不易，亦可以選擇飼料袋、麻布袋，或是肥料袋。

廢物再生護水土 輪胎護坡



輪胎護坡（國際示範區，2018）

台灣機車數量龐大，汰換的機車輪胎是廢物再利用很好的素材。將汰換的機車輪胎以三角型拼排，緊密貼附在裸露坡面上，並以鋼筋固定後形成護坡。輪胎鋪面護坡容易適應地形起伏，且輪框內的空間亦可配合土壤袋客土等植生方法，以改善坡地植生的生長基盤。

基地
環境

因地制宜彈性大

輪胎護坡工法示範區的原始坡度為 $34^{\circ} \sim 36^{\circ}$ ，坡長為 5~6m，面積約為 200m^2 ，為一富含卵礫石的紅土坡面，坡面上方為一內斜式的窄型山邊溝，下方則為混凝土矩形截水溝。此區雖然母質結構性佳，坡體具有良好的自立性，但坡形從上至下略呈現先陡而緩的趨勢，不僅容易發生土壤沖蝕，若以一般方法進行植生導入也較容易失敗。因此，將廢棄輪胎回收再利用，以解決裸露坡面土壤沖蝕與生長基盤條件不佳的問題。



現場施工情形（國際示範區，2018）

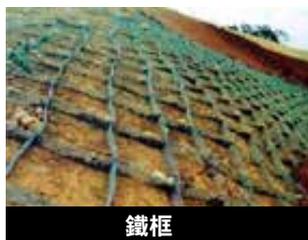


現場施工完成情形（國際示範區，2018）

設計
理念

型框植生的延伸

用廢棄輪胎做護坡材料的設計理念，主要為「型框植生護坡工法」的延伸。型框植生的概念，是在一些植生導入困難的地區，例如坡度陡峭、基岩破碎、表土容易流失，或是土壤結構不佳等區域，利用鐵框、木製框、混凝土固定框或預鑄固定框等材料，於框內客土植生，再搭配錨定、鋪網等方式，以保護坡面，同時提高植生復育的成功率。



鐵框



木製框



混凝土固定框



預鑄固定框

型框植生護坡工法案例（崩場地植生工程與植物應用手冊，林信輝）

輪胎護坡與預鑄型框護坡的特性相似，尺寸多樣且容易取得，質地強韌而富有彈性，使用者可以依照現地地形、施作人力或植生目標等不同需求而選取合適的廢棄輪胎。



輪胎護坡（國際示範區，2018）

為求輪胎於坡面穩定，拼排工作應自坡腳開始，分層向上進行，輪胎應以三角型的樣式交錯排放，最後於輪框內打入錨定材料增加穩定度。

輪胎錨定之後可以在框內回填客土或放置土包袋，再利用直播法撒播草種，也可以栽種爬藤、地被類植物，達到植生的目的，亦可以於輪胎內利用穴植法，導入一些色彩鮮艷的觀賞植被，增添景觀效果。

材料 工具

廢輪胎與植生共生



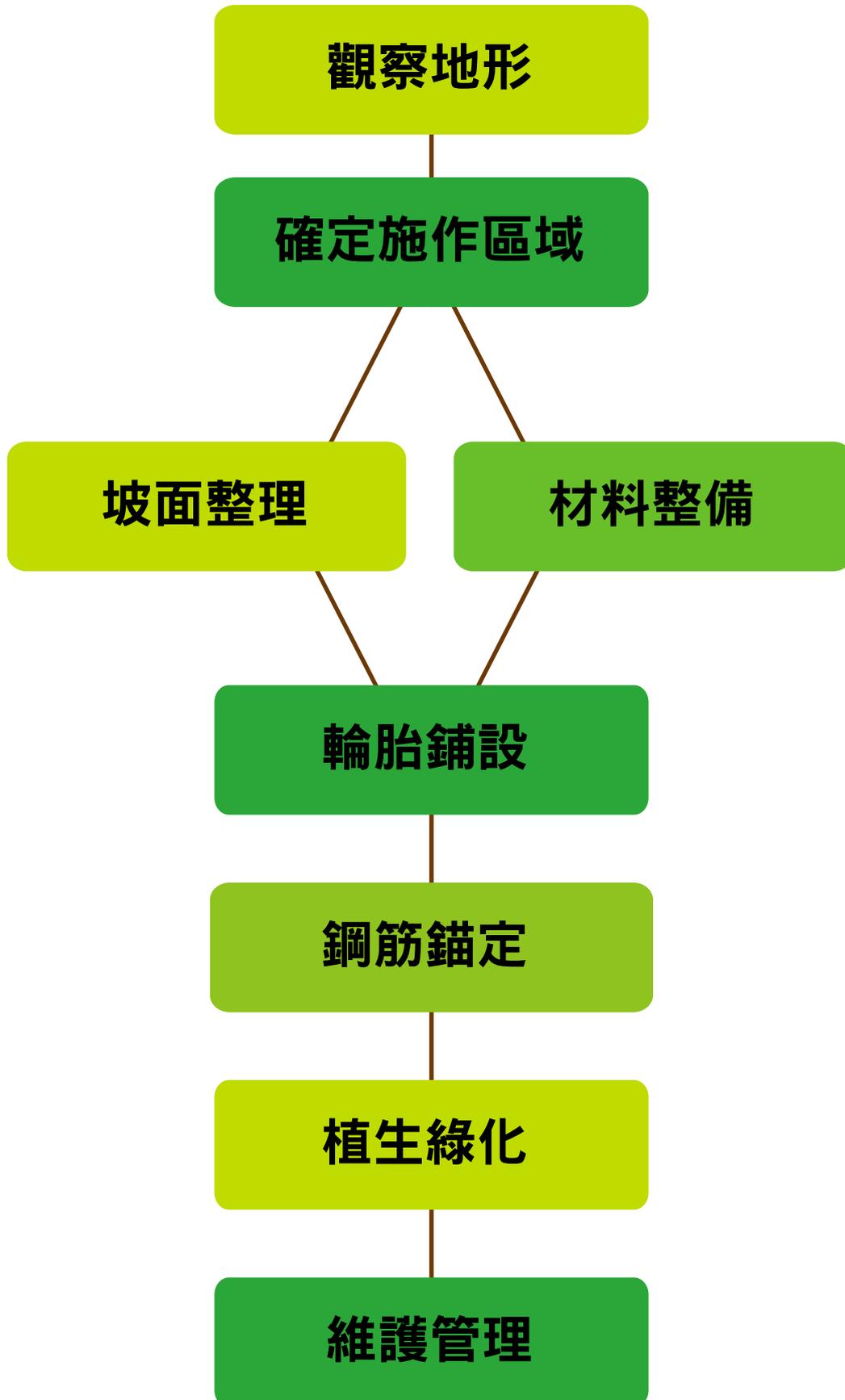
輪胎護坡工具材料（國際示範區，2018）

■ 施工材料及加工方法

1. 廢棄輪胎：採用 10 吋輪框的廢棄機車輪胎，胎寬 10cm、胎徑 50cm。
2. 錨定材料：6 號竹節鋼筋，直徑 19mm、長度 40cm。
3. 錨定材料保護：錨定材料外露於地表的部分應施予適當防護措施。

■ 植生材料

1. 土包袋：PET 材質，尺寸為 40X60cm。
2. 百喜草：多年生禾本科草類，耐高溫日照，土壤適應力佳，匍匐莖蔓延快速，觸地即生根。
3. 多年生花生（蔓花生）：多年生草本植物，根系發達，主要用於防止公路或邊坡產生土壤沖蝕所用，也可抑止雜草，土壤適應力佳且覆蓋快速。
4. 南美蟛蜞菊：多年生草本植物，主要用於濱海地區，耐鹽、耐旱，土壤適應力強且生長快速，莖葉粗壯，匍匐於地上蔓延。



1. 觀察地形

施作前的地形觀察重點，在於坡面整體及周遭環境特性，必須考量既有地形障礙物迴避、框型材料選擇及植生導入方式等因素。儘量順應地形，並配合周遭環境，規劃施作方法與策略。

2. 確定施作區域

施作區域確定後，應將施作範圍框定並丈量施作面積，依面積大小估算輪胎、錨定及植生材料數量，同時於施作區域附近挑選合適臨時加工場所，以提高工作效率。

3. 坡面整理

坡面整理除了移除易影響施工之雜物外，應保留坡面可再利用的資源。進行坡面整理時，應將表土翻鬆後取出，就近堆置，並儘量挑除碎、礫石塊，減少施作障礙。

4. 材料準備

依照施作區域面積丈量結果，估算需要的廢輪胎數量。

5. 輪胎鋪設

輪胎鋪設應自施作區域坡趾開始，沿等高線方向逐層向上坡面進行鋪設，鄰近層間輪胎應交錯擺放，使任意 3 個輪胎皆呈現「三角型」，以達到互相嵌合穩定效果，並按照輪胎尺寸，把握「大輪胎在下、小輪胎在上」施作原則。

6. 鋼筋錨定

利用鋼筋或其他耐候材料對鋪設輪胎進行固定，以增加穩定性。鋼筋長度至少深入地下 2/3 長度，且不得小於 30cm。若是使用竹樁、木樁等替代材料，應酌量再加深。外露於地表的錨定材料，應進行適當包覆保護，以策安全。

7. 植生綠化

植生材料選取，應優先考量現地既有原生物種。若生長條件較嚴苛，可以人工方式導入植生。於坡度平緩施作區域，可利用整地階段預先保留的表土直接填入輪胎內，或與草種混合後裝填土布袋施作。坡度陡峭區域，以穴植、分株或插枝等方式進行。填入輪胎的土方量避免過多，以免產生額外自重，影響坡面穩定性。

8. 維護管理

護坡完成初期，應定期灑水，加速植生復育。

工法
特性

了解每個細節

1. 胎內處理不易

廢輪胎護坡工法最大問題，是防止輪胎內積水的加工處理，尤其當輪胎內嵌鋼絲時，最不容易處理。

2. 施作人力評估

廢輪胎護坡工法示範區施作，各項步驟耗費人力如下：

- (1) 輪胎加工處理：共計約 600 顆輪胎，2 位工作人員，以手持電鑽同時進行，共耗費 4 個工作天。
- (2) 輪胎鋪設：鋪設面積 200m²，2 位工作人員同時進行，包含校正，共耗費 2 個工作天。
- (3) 鋼筋貫入：共貫入約 1800 根鋼筋，4 位工作人員同時進行，共耗費 4 個工作天。

3. 工法困難之處

- (1) 輪胎尺寸選擇：輪胎護坡採用的輪胎尺寸不一定要統一，須把握順應自然地形原則，必要時可在施工區域內搭配不同胎徑的輪胎。
- (2) 下邊坡輪胎的固定，是整個工法的成敗關鍵，必須非常穩固。
- (3) 錨定樁材的貫入：若施工區域土壤含礫石量較高，錨定樁材不易貫入時，可先利用鑽機或較堅硬鐵具於錨定地點先鑽孔，再將錨定樁材貫入，但先導鑽孔的孔徑不宜太大，以免影響錨定成效。

4. 管理維護的優點

由於廢輪胎及錨定用的竹節鋼筋均耐天候，完工後僅需少量管理維護，是其優點，主要需維護部分有：

- (1) 錨定材料若採用自然腐壞材料，例如木樁、竹幹，需要注意更換。
- (2) 錨定材料若出現傾斜，需要再次貫入；尤其靠近下邊坡處。
- (3) 輪胎內客土材料或土包袋自然沉陷是施工初期必然發生的現象，宜適度補充客土。

替代
材料

彈性方案制宜

1. 框形材料

選用廢棄輪胎做護坡材料的主因，是藉由取得容易、不易腐壞、施作簡單、具有標準規格樣式等特性，快速將裸露坡面進行敷蓋保護。同時配合輪胎內客土，改善植生生長基盤條件。若廢輪胎不易取得，或是其他環境考量，可改用以下材料或施作：

- (1) 木、竹材，自行釘製成格框。
- (2) 椰纖束，自行擺設成格框。

2. 錨定材料

選擇竹節鋼筋做輪胎護坡的錨定材料，主要是竹節鋼筋具有強度高、尺寸規格容易訂製、耐候等特性，不必擔心錨定過程中因為鐵鎚敲打力道過大而產生材料損壞的問題。若無法以竹節鋼筋錨定，可改用下列材料或施作方式，並適度調整數量與打入深度：

- (1) 採用現地疏伐後樹木枝幹做為錨定材料。
- (2) 將部分輪胎（約 1/3-1/2 胎寬深度）以土壤回填方式埋入土中。

坡腳的守衛部隊 輪胎擋土牆



輪胎擋土牆（國際示範區，2018）

輪胎是汽、機車等交通工具所必須使用的消耗品，具有高強度、高韌性及耐久的特性。將汰換後的輪胎回收再利用，用於坡腳或溝岸保護，輪胎堆疊高度不宜超過 2m。除了能提供良好的水土保持效果之外，同時也解決廢棄物處理的問題。將輪胎內紮實填土後向上堆疊所形成的擋土工法，除了可以利用自重穩固坡體，也可以調整上邊坡度，達到減少土壤沖蝕及增加坡地可利用性的效果。

基地環境

減少開挖及水泥

輪胎擋土工法示範區，位於坡地果園坡腳。此區域坡度過大，一般的植生工法不容易成功，且坡腳為既有的道路側溝。為了減少坡面的開挖、減少水泥的使用，但又需要達到穩定坡腳的目的，因此選擇此工法。工法示範區的地形，可分為兩段：

第一段：坡面寬度為 12m、長度 2.5-3.0m，平均坡度約 25°。

第二段：坡面寬度為 15m、長度 3.0-4.0m，平均坡度約 30°，坡面上方為一內斜式窄形山邊溝，下方為既有的道路側溝。



輪胎擋土牆施作中（國際示範區，2018）



輪胎擋土牆施作中（國際示範區，2018）

設計理念

簡易擋土牆



輪胎擋土牆（龍崎牛埔泥岩水保戶外教室，張文章）

將廢棄輪胎內紮實填土，再以鋼筋予以串聯後，形成擋土構造。設計發想源自於「半重力式擋土牆」的概念，不需要太複雜的計算或構造設計，可設置於坡腳、溝岸等位置。

利用輪胎填土後所產生的自重，抵抗輪胎擋土牆後方的背填土壓力，除了保護邊坡外，更可以改善上方坡面的地形條件，提高坡地利用率。



剛設置完成的輪胎擋土牆（國際示範區，2018）

為了避免擋土牆後方土砂從輪胎縫隙中流失，擺放輪胎時應確保輪胎之間緊密接合，或可利用不織布、遮光網等材料，鋪設於輪胎與背填土之間。在不影響坡體排水的前提下，減少背填土壤的流失。

輪胎擋土牆的頂部可鋪設碎石或栽植花草點綴，美化景觀。

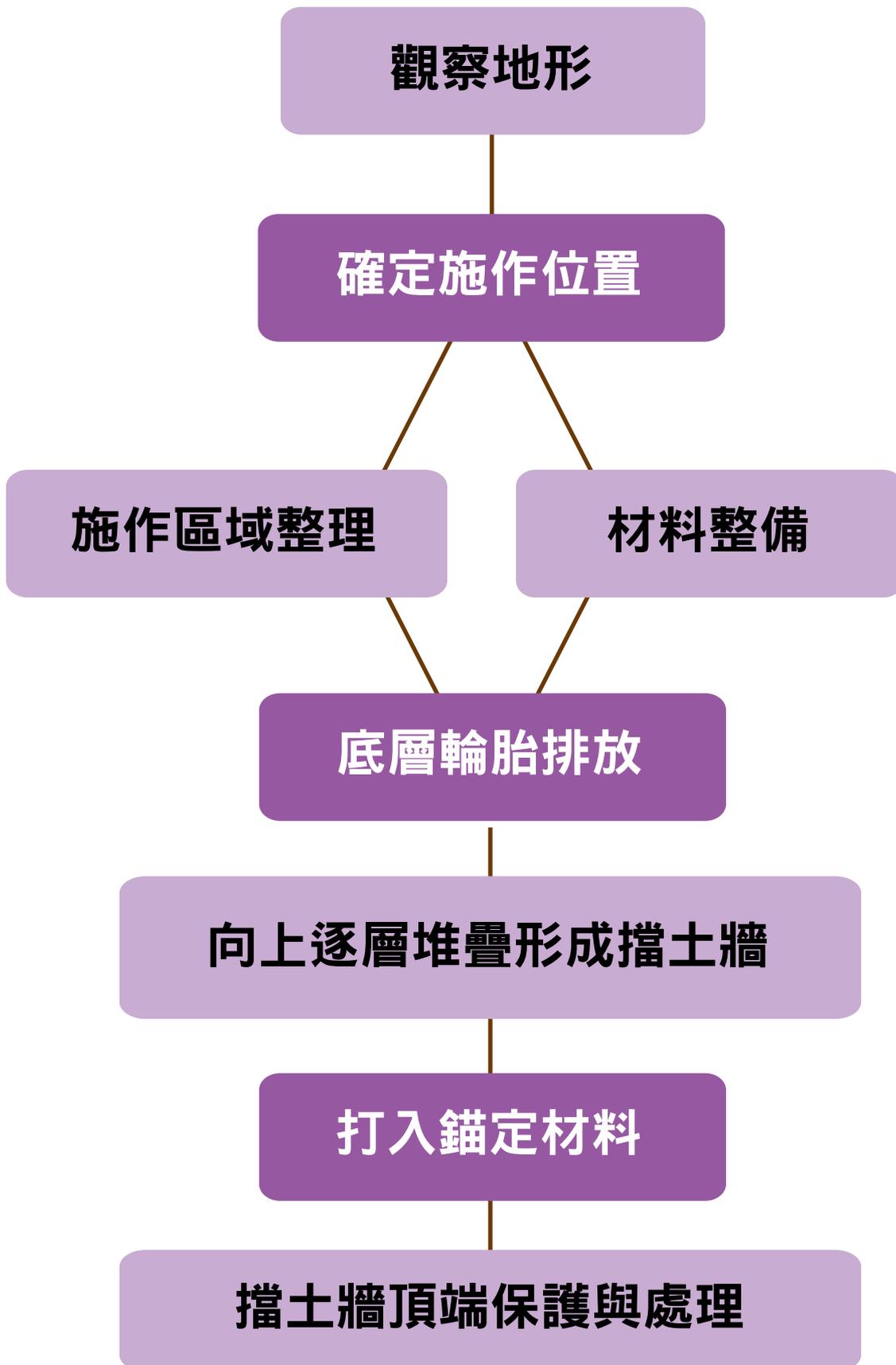
材料
工具

廢輪胎加工施作



輪胎擋土牆材料工具（國際示範區，2018）

1. 輪胎材料：採用 15 吋廢棄汽車輪胎，胎寬 25cm、胎徑 60cm。
2. 錨定材料：採用一般市售的 8 號竹節鋼筋，長度應至少為擋土牆設計高度的 1.5 倍以上。
3. 回填材料：現地施作輪胎擋土牆之基礎時所挖掘的土石方。
4. 背襯材料：為防止背填土壤流失，應於輪胎與背填土方之間鋪設遮光網或不織布。
5. 防止牆頂填充材料流失：於輪胎擋土牆頂部鋪設碎石或以植生覆蓋。
6. 施工用具：鋤頭、圓鍬、10 磅鐵鎚。



1. 觀察地形

施作前的地形觀察重點，在於坡面整體及周遭環境特性；其中必須考量預定施作地點後方的坡面高度及可能會面臨的土方壓力。坡高倘若落差過大，則必須考慮採用二階設計。牆體所要面對的土方壓力如果過大，非輪胎擋土牆可以承受時，則施作時必須要考慮加強鋼筋錨定的深度。施作地點的土壤條件也需要一併觀察，以決定是否需要於牆體後方加鋪不織布等材料。

2. 確定施作位置

施作區域確定後，應將施作範圍框定，丈量擋土牆設計長度並進行簡易放樣，完成後依照設計長度與擋土牆高度估算輪胎、錨定及回填土方數量。

3. 施作區域整理

坡面整理工作，除了需要移除容易影響施工進行之雜物外，同時應保留坡面可利用之資源；例如基礎挖方所產生的土方。進行坡面整理時，應將表土及基礎挖方所產生的土方就近堆置，並儘量挑除碎、礫石塊。

在擋土牆預定施作位置，以輪胎直徑為寬度，挖掘牆體基礎，挖掘深度應至少可將 1 顆輪胎完整埋入為原則，以增加擋土牆基礎的穩定。

4. 材料準備

依照施作材料估算結果進行材料蒐集，同時依照擋土牆設計高度訂製錨定材料，錨定材料的長度應至少為擋土牆設計高度的 1.5 倍以上。

5. 底層輪胎排放

首先將輪胎擺放於牆體基礎面內並緊密靠攏，再利用基礎挖方所產生的土方回填於輪胎內及輪胎間的縫隙。底層輪胎排放時應注意輪胎面的平整，其中包含底層輪胎完成面及外露面的平整。

6. 向上堆疊形成擋土牆

以底層輪胎之位置為基準，分層向上堆疊，並把握逐層填土夯實的原則。為避免背填土方自輪胎縫隙中流失，可利用不織布或遮光網鋪設在擋土牆與被填土方之間，鋪設材料以具有透水性者為

7. 打入錨定材料

堆疊完成後，可將錨定材料自輪胎框內打入土中，以串聯各層的輪胎。打入深度應至少為擋土牆設計高度之 1.5 倍，並儘量避免鋼筋外露，外漏部分需作安全處理。

8. 擋土牆頂端保護與處理

由於輪胎擋土牆將會承接上方坡面所產生的逕流，為了避免輪胎內所填充的土方流失，可於擋土牆頂部以碎石、植生或以不透水層封頂等方式進行保護。

廢棄物再利用

1. 施作人力

輪胎擋土牆施作之各項步驟，以施作長度 25m 計算，所需的人力如下：

- (1) 牆體基礎開挖：2 位工作人員、4 個工作天，持鋤頭與圓鋤進行基礎開挖。
- (2) 底層輪胎排放及填土：底層共計使用 50 顆輪胎，2 位工作人員，1 個工作天。
- (3) 向上疊砌形成擋土牆：擋土牆每貫疊放 5 顆輪胎，共計使用輪胎 250 顆。胎內填土夯實，需要 2 位工作人員，8 個工作天。
- (4) 打入錨定材料：每貫輪胎內打入 1 根鋼筋，需要 2 位工作人員，2 個工作天。
- (5) 擋土牆頂端保護與處理：挖穴種植植栽，需要 2 位工作人員持鏟子與花耙進行，共需 1 個工作天。

2. 管理維護

- (1) 人力挖掘基礎：由於施作區域含礫石量高，施工期間若逢降雨，將使土壤濕黏沉重，耗費相當多的人力，必要時應以輕型機具輔助。
- (2) 輪胎內填土夯實：為避免輪胎受力後變形，輪胎內紮實填土為重要關鍵，也是整個工法最耗人力的過程。
- (3) 由於廢輪胎及錨定用的竹節鋼筋均耐天候考驗，因此完工後僅需注意輪胎內土壤若受到滲流水侵蝕而流失，應立即回填修復。輪胎擋土牆頂部，要注意以資材敷蓋防水或藉由植生方法固結胎內土壤。



輪胎擋土牆（國際示範區，2018）

保護坡面的拒馬 打樁編柵



打樁編柵（國際示範區，2018）

打樁編柵工法，是利用一般木樁、竹樁或具有自生萌芽力的萌芽樁做為材料，配合竹片、網材，在木樁間編織成柵目的在控制坡面沖蝕。施作材料以就地取材為原則，適用場域包括崩場地、蝕溝控制、海岸防風定砂等。編柵可達到攔阻沖蝕土砂的功能，於編柵後方的空間自然淤積，也可在其中回填土壤，配合撒播或噴植方法，加速植生覆蓋。

基地
環境

改善坡面穩定

此打樁編柵工法示範區，原為一寬度 25m，坡長 4.5m，坡度 36° 裸露坡面，下邊坡則為矩形混凝土排水溝。此區域坡降陡急，容易產生沖蝕且植生不易，為避免坡面沖蝕土砂影響下邊坡排水溝的排水效能，因此利用打樁編柵攔截沖蝕土砂，增進生育基盤，逐步穩定坡面，改善植生立地條件。



打樁編柵施工情形（國際示範區，2018）



打樁編柵施工坡地（國際示範區，2018）

設計
理念

近似等高帶狀的矮柵欄



打樁編柵（牛埔水土保持戶外教室，張文章）

打樁編柵是一種沿等高線構成的帶狀抗沖蝕工法，原則上沿等高線設置，若有特殊需求也可適當調整，施工材料一般取自現地，可將疏伐、修枝後所產生的小徑木進行加工再次利用，以達到水土保持的效果。打樁編柵一般用於容易發生沖蝕、坡度陡峭或植生不易的地區，設置後可攔截坡面沖蝕土砂，經年累月逐漸形成階段地形，穩定坡面土壤。



具萌芽力的樁材 - 九芎枝條（國際示範區，2018）

打樁編柵工法施作簡單，且能立即見效。由於一般木樁與編柵材料經長時間日曬雨淋容易腐壞分解，因此部分樁材若能以具萌芽力之九芎、黃槿、水柳等萌芽樁取代之，便可藉由萌芽樁的生長，自然鞏固坡面。另在崩場地、造林地可每隔 3-5 樁配上萌芽樁，將小樹苗或萌芽枝條插植於木樁基部，亦可達到相同效果。

為避免土壤自編柵間隙流失，可於編柵後方以遮光網、不織布等材料鋪襯，以提高土砂攔截效率。但鋪設時不可完全密封，以免造成編柵後方土壓力過高，影響工法穩定性。

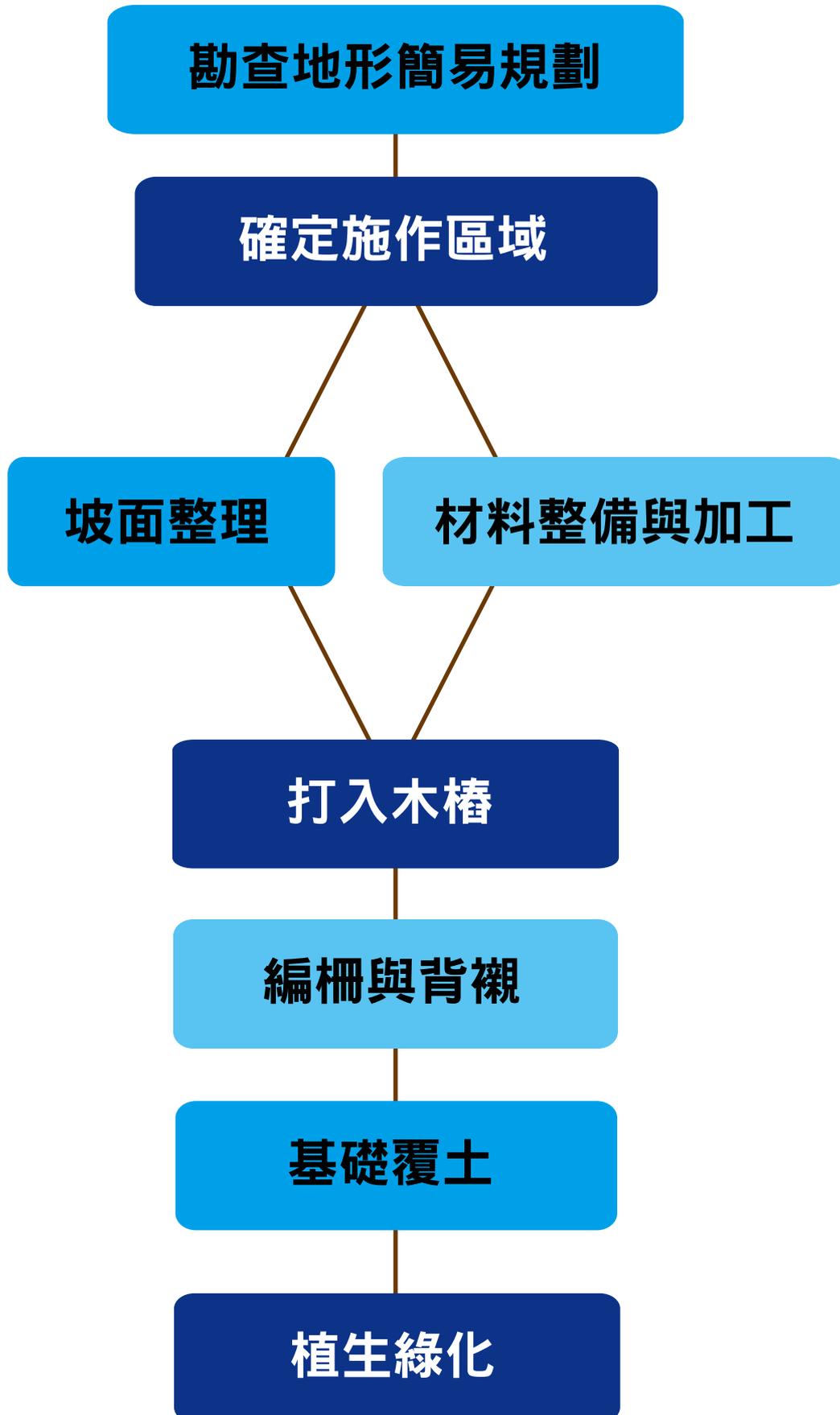
材料 工具

材料多樣，施工簡易



材料工具（國際示範區，2018）

1. 樁材：以就地取材為原則，可選擇木樁、竹樁（選用三年以上之長枝竹、桂竹或直徑 10cm 之刺竹。本工區採用杉木樁（長 0.8m~1m、直徑 3~8cm）、九芎枝條（修枝材）
2. 柵材：以竹片為主，將長枝竹或桂竹四片剖，長度應大於 2m。如竹片難取得，可用五節芒、甜根子、柳枝條或枯枝條細綁成束，直徑 5-10cm，做為編柵材料。
3. 背襯材：遮光率 60% 的遮光網
4. 工具：鋤頭、圓鍬、鐵錘
5. 搭接方式：竹片搭接編柵以鐵絲、麻繩等結繫材細綁。



1. 勘查地形簡易規劃

施作範圍內估測坡度、坡長、寬度及坡面土壤特性，或以不同坡度、立地條件分區，繪製規劃略圖。並考慮坡頂及打樁坡面排水流向及配置。

2. 確定施作區域

根據地形規劃略圖，規劃樁材間距、編柵行距及出露高度，進行簡易放樣，估算材料使用數量，配置規劃原則如下：

- (1) 樁距：應在 30~100cm 之間，以木樁材料強度為評斷標準，使用材料越粗壯者，樁距得以放寬，反之應當縮小，本示範區木樁間距採 70cm。
- (2) 編柵行距：打樁編柵按等高之方向施作，而且各等高方向宜盡量平行，行距應在 1~3m 之間以地形條件及坡面土壤特性為評判標準，坡度越平緩，編柵行距得以放寬，易沖蝕坡面則行距應縮小，本示範區編柵行距採 1m。
- (3) 樁材貫入深度：應至少打入土中達樁材長度 2/3，出露高度應在 15~30cm 之間，本示範區樁材出露高度 30cm。

3. 坡面整理

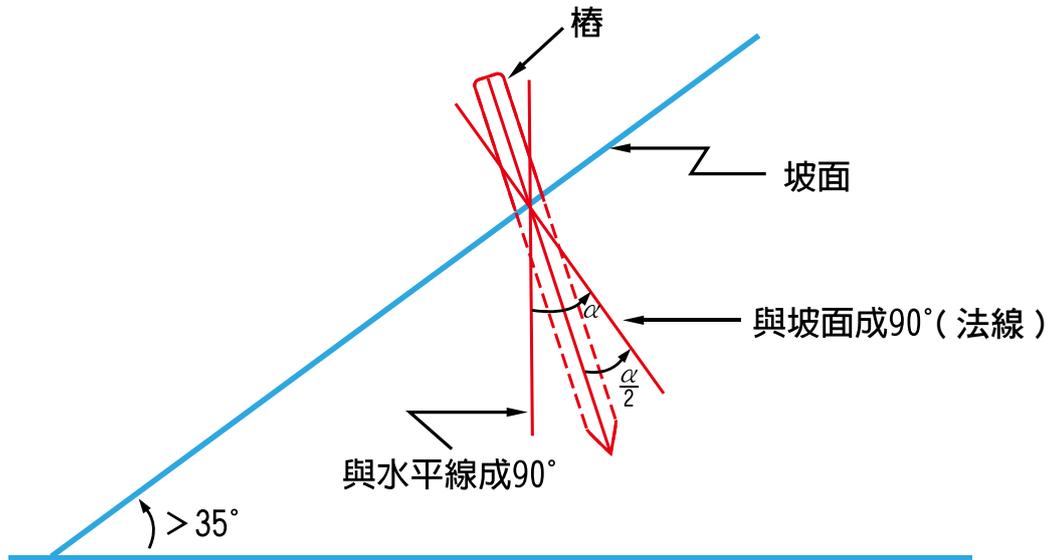
施工前應將坡面整平，雜草、雜木、危石及廢棄物清除，並於預定施作位置挖掘一條淺溝，淺溝建議深度 5~10cm，寬度 10~20cm。

4. 材料準備與加工

- (1) 樁材製作：將疏伐、修枝或現地取得可用木材進行加工，建議樁材直徑為 5~8cm，長度為 90~120cm，並將頭端削尖，方便打入坡面。

5. 打入樁材

- (1) 將樁材以鐵鎚打入坡面，應注意木樁貫入角度，即以木樁軸線與坡面法線成交角之 1/2 為原則。
- (2) 打入木樁的過程中，若遭遇塊石或其他硬物，可利用土鑽或打洞器以排除，若無法排除，則於預定位置周圍重新選點施作。
- (3) 若貫入過程造成木樁損壞，應將損壞部分切除，損壞嚴重者應更換。
- (4) 坡度陡，打樁易鬆動坡面土壤，樁徑、長度、間距等需調整。
- (5) 以設計出露高度為標準，將多出部分切除。



■木樁貫入角度示意圖（參考資料：水土保持手冊 1992）

6. 編柵與背襯

將竹片交錯編柵於樁材中，自底部開始逐層向上編製，竹片與木樁重疊處用鋸齒淺割竹片利用鐵釘固定，編製完成後，將遮光網或不織布固定於編柵後方，增加土砂攔截效率。

7. 基礎覆土

將先前挖掘淺溝回填鋪平，回填時務必將底層竹片與遮光網一同埋入，後續可利用客土、土壤袋等方式回填，使打樁編柵上方坡面略呈平台狀。

8. 植生綠化

可利用適生於該地區之草種撒播，於編柵間進行植生。

工法特性

取材簡易但施工費力

1. 材料準備與加工

- (1) 打樁編柵材料準備工作簡單，但須耗費人力將每一根木樁削尖，竹片也需要剖切和搭接。
- (2) 定期灑水施肥，加速植生復育。
- (3) 應宜考量配合與安全排水相互銜接。

2. 工料分析與施作人力評估

- (1) 竹片搭接：共計使用長 2m 之竹片約 500 片。2 位工作人員同時進行，共需 3 個工作天。
- (2) 木樁：共計約 120 根木樁。2 位工作人員同時進行，需時 2 個工作天。

3. 管理維護

由於一般木樁及竹片皆天然資材，即使經過防腐處理，仍會因為長時間日曬雨淋而逐漸腐壞分解，因此需進行以下維護管理措施：

- (1) 木樁與編柵材料若自然腐壞，須注意維修。
- (2) 定期灑水施肥，加速植生復育。
- (3) 應考量配合與安全排水相互銜接。

替代材料

1. 編柵的替代材料

編柵主要目的是攔截沖蝕土砂，選用竹片編柵材料的主要原因，是材質自然、剖切容易且耐彎曲，不必擔心在編柵過程中出現斷裂問題。遮光網則用於增加土砂攔截效率，只要具有透水性網材皆可。因此無法取得竹片或遮光網時，可改以塑膠網、PE 網或鐵絲網取代竹片，或以不織布替代遮光網。



打樁編柵（國際示範區，2018）

自然理想優化景觀 草皮鋪植



草皮鋪植（國際示範區，2018）

裸露坡面上若有完密的植生覆蓋，不僅可以減少土壤沖蝕、固結土壤，也能減少土壤水分散失、調節地溫、增加土壤養份與有機質，更有美化景觀、抑制雜草生長及方便坡地管理的效果，是一種相當理想的水土保持方法。

草類覆蓋可以採用分株、扦插、種子灑播或是草皮鋪植等方式進行；其中，草皮鋪植可將培育完成的草皮掘取後移植覆蓋，可快速達到坡面保護的效果，並增加植草覆蓋的成功率。

若坡面保護沒有急迫需要性，可改以種子撒播、草苗栽植的方式，如此可以降低施作成本，但需要較長的養護管理時間。

基地環境

裸露坡面

草皮鋪植示範區原為一面積 240m² 的裸露坡面，平均坡度約 15°，礫石含量高，坡面左右兩側隆起，呈現凹狀地型，是逕流自然匯集之所在。坡面上方為窄型山邊溝，下方則為混凝土矩形排水溝。為避免坡面土壤沖蝕影響山邊溝的運作及排水溝的通水功能，因此在坡度相對較緩的裸露坡面選擇以草皮鋪植進行坡面保護。



裸露坡面（國際示範區，2018）



坡面植草皮（國際示範區，2018）

設計理念

草葉根系守護土壤



草皮鋪植（國際示範區，2018）

利用草皮鋪植坡面，可以藉由葉片與匍匐莖脈阻擋雨滴打擊，減少土壤沖蝕發生，也可以藉由根系固結地表土壤，提供微生物棲息所需要的空間與養分，是一種相當理想的護坡方法。

材料
工具

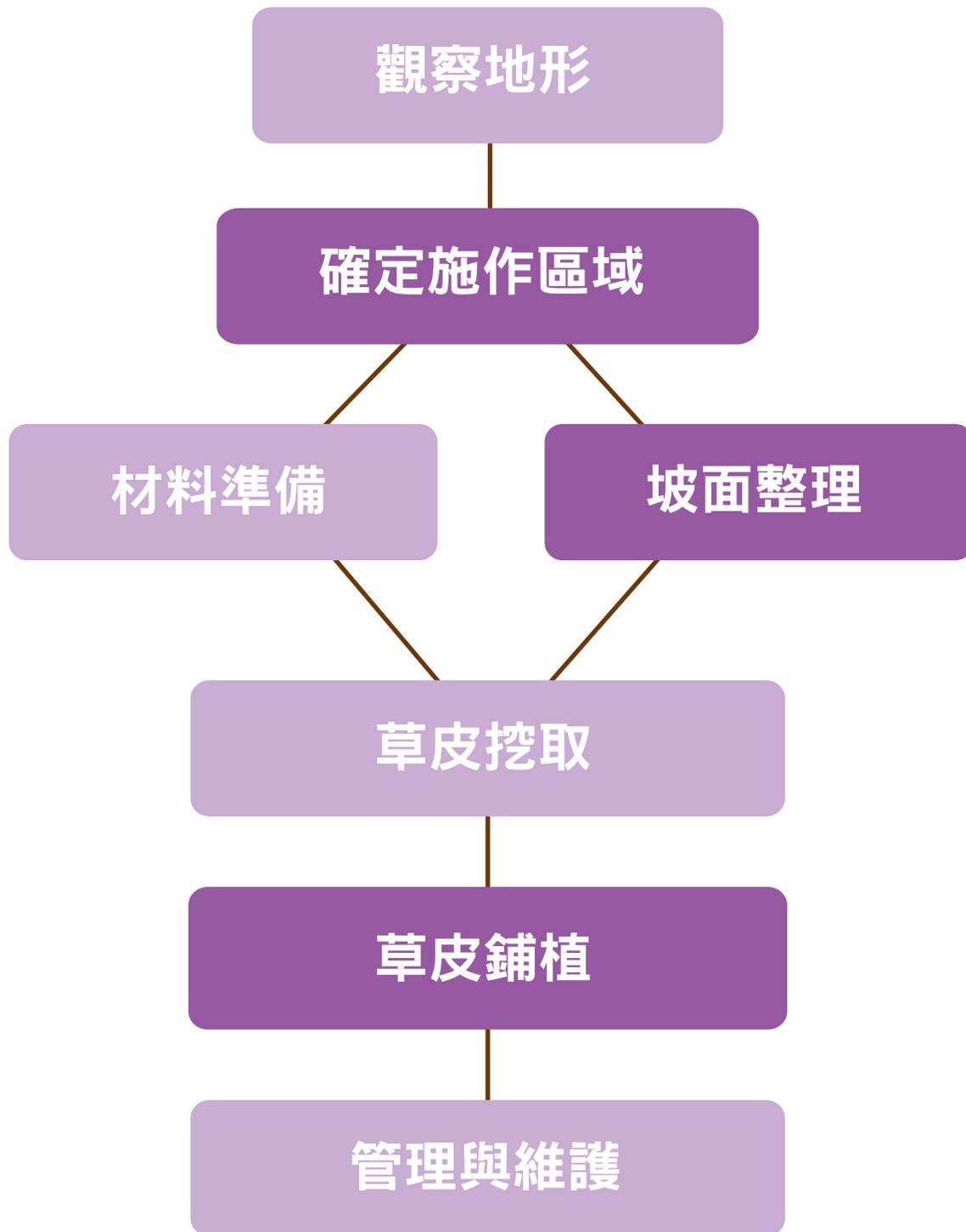


地毯草草皮（國際示範區，2018）



施工用具（國際示範區，2018）

1. 材料：地毯草草皮，禾本科多年生植物，匍匐性、耐蔭性佳
2. 施工用具：釘耙、鋤頭



1. 觀察地形

草皮鋪植施作前的地形觀察重點，在於了解施作區域的土壤與周遭環境特性，再根據觀察結果，評估工法可行性、訂定施工策略，並決定適合的草皮種類。

2. 確定施作區域

施作區域確定後，應將施作範圍框定並量測面積。

3. 材料準備

依照面積測量結果，準備足夠的草皮材料，可就近向苗商採購或就近進行草皮培育。

4. 坡面整理

坡面整理的重點，在於改善草皮的立地條件。首先應將坡面上有礙草皮生長的障礙物移除，並將表層土壤翻鬆、撫平，以方便草皮扎根。同時妥善保留坡面可利用的資源，例如礫石、表層土壤或植物殘株等。

5. 草皮挖取

挖取培育好的草皮並移植至施作區域，步驟如下：

- (1) 施作前應先將草皮葉片修短，以降低草皮水分消耗速度。
- (2) 挖取時保持草皮濕潤，並確保草皮帶有足夠厚度的原生土壤至少 2~4cm。
- (3) 草皮取出後應於 3 日內儘快鋪設完畢，若無法立刻施作，應經常灑水，避免草皮枯萎。

6. 草皮鋪植

草皮鋪設之步驟如下：

- (1) 鋪植前，先將表層土壤翻鬆，並酌量澆水，以利草皮根系與土壤貼合。
- (2) 鋪設時可將草皮撕開，以促進草根再生。鋪設可以沿等高方向上下行交錯鋪植，以達到阻絕鋪設初期逕流垂直流下所造成的沖蝕。
- (3) 鋪植完成後，須立刻澆水，並踩踏、拍打或滾壓草皮，使草根與土壤緊密接合，建議澆水至表土產生泥漿最為理想。
- (4) 草皮鋪植盡量選擇在雨季前施作。
- (5) 於斜面上鋪植草皮後，應考慮以竹籤固定。

7. 管理與維護

草皮鋪設完成初期應確保水分充足，並進行經常性的灑水工作，但須注意水溫控制，避免對草皮造成傷害。

工法
特性

人力維護容易

1. 施作人力需求低

240m² 草皮鋪植之各項步驟所需人力如下：

- (1) 坡面整理：2 位工作人員同時進行，以鋤頭及釘耙進行表土翻鬆、碎石剔除，共需 1 個工作天。
- (2) 草皮鋪植：2 位工作人員合作進行，鋪設同時充分灑水，並踩踏草皮使其與地表土壤結合，共耗費 1 個工作天。

2. 管理維護容易

草皮鋪植完成並穩定生長後，僅需定期灑水、拔除雜草即可，管理相當容易，是其優點。

替代
材料

本示範區利用地毯草草皮做為覆蓋材料的原因，主要是因為地毯草具備根系強健、匍匐莖生長蔓延快速、葉片面積大等特性，能提供良好的沖蝕控制及固結土壤效果。草皮鋪植法的成功率高、立即見效且養護期較短。因此，若因為成本考量或其他因素無法採用地毯草草皮鋪植時，可改用下列替代材料，應可以達到類似的效果：

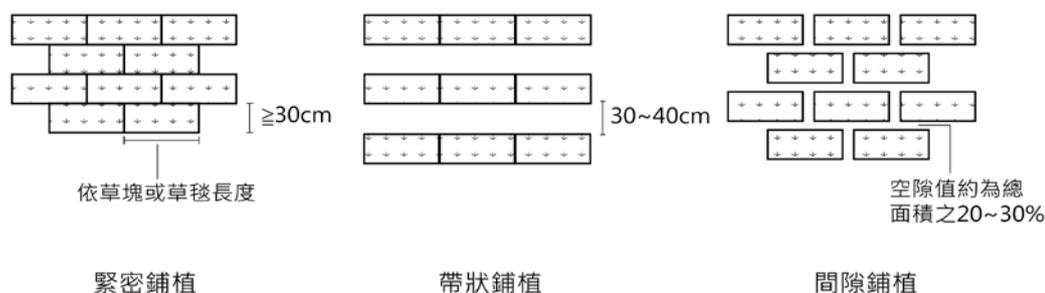
1. 適用材料種類

適用於草皮鋪植之草類除地毯草外，尚有以下種類：

- (1) 假儉草：多年生禾本科植物，具有強壯匍匐莖、耐旱、耐踐踏。
- (2) 百慕達草：多年生禾本科植物，匍匐性強、耐高溫、耐踐踏。
- (3) 結縷草（台北草、斗六草、韓國草等）：具發達的匍匐地下莖，對土壤地質及酸鹼不具選擇性，耐旱與貧瘠土壤、不耐浸水。
- (4) 類地毯草：草紅色莖，耐寒、耐濕性佳、再生力強、抗病蟲害、耐蔭、耐旱力稍差。
- (5) 其他在地天然草皮。

2. 草皮覆蓋密度

- (1) 全面鋪植
- (2) 帶狀鋪植：將草皮以帶狀鋪設，草帶寬度及帶狀間隔可視坡面條件與成本考量調整。建議帶寬為 0.5~1.0m，草帶間距為 0.3~1.0m。
- (3) 間隙鋪植：鋪設時將草皮展開，使覆蓋率降低至 60~70%，經過一段時間的管理維護，方可達到坡面全面覆蓋的目標。



草皮覆蓋密度示意圖（林信輝，2016）

水土的自然面膜 稻草蓆敷蓋



稻草蓆敷蓋（國際示範區，2018）

將稻草稈或其它作物之殘株，以層狀方式敷蓋於裸露坡面，達到減緩土壤沖蝕之目的。施作容易快速，是一種簡單有效的沖蝕控制工法。

稻草稈的纖維豐富，容易保留水分，鋪設時可以提供坡面保濕、保溫的效果，亦可減少雜草入侵。當稻草蓆腐壞分解後，可提高土壤有機質含量，改善土壤肥力。

除此之外，稻草蓆敷蓋亦可在種子撒播後配合使用，可避免種子因為乾燥、高溫、陽光曝曬或是鳥類啄食，影響種子發芽率。

基地環境

土壤沖蝕

此處稻草蓆敷蓋施作區的原始坡度為 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ，坡長為 5~6m，面積約為 300m^2 ，為一富含卵礫石之裸露坡面，上邊坡為一窄型山邊溝，北側緊鄰一處面積約 150m^2 之低窪地，是坡面逕流所匯集的區域。因坡面裸露而容易產生土壤沖蝕，為了避免沖蝕流失的土壤淤積於低窪地，影響窪地蓄水功能，因此需進行坡面抗沖蝕處理。



裸露坡面（國際示範區，2018）



富含卵礫石之裸露坡面沖蝕（國際示範區，2018）

設計理念

稻草護生的智慧



稻草蓆敷蓋施工情形（國際示範區，2018）



稻草蓆敷蓋施工情形（國際示範區，2018）

利用稻草稈做為護坡材料的理念，是希望能將作物收成後所產生的殘株稻草稈再次利用，一來可以省去清運殘株的工作與費用，同時也能達到保護坡面的效果。而稻草稈的纖維強韌、質輕，進行鋪設時相當簡便。

稻草蓆鋪設主要可提供兩種坡面保護功能，包含：(1) 避免雨滴直接衝擊裸露地表，以及(2) 減緩逕流沖蝕動能。其中，雨滴衝擊的減少效果與稻草蓆鋪設密度有關，而逕流動能的減緩則與稻草稈的鋪設方向有關。若稻草稈的鋪設方向垂直於坡向，逕流流動時會不斷受到稻草稈的阻礙，減少土壤沖蝕動能，用於裸露坡面的臨時防護，效果顯著。



稻草蓆敷蓋施工情形（國際示範區，2018）

使用
工具

編定的稻草蓆敷蓋



材料工具（國際示範區，2018）

敷蓋材料：稻草蓆，由曬乾後的稻草稈以棉線編織而成，寬度約 0.8~1.0m。

固定材料：將鐵絲截為固定長度後彎折而成” \cap ”形壓釘，頂面寬度 10cm，兩翼長度 15cm。



1. 觀察地形

施作前的地形觀察重點，在於坡面整體及周遭環境特性，儘量順應地形，並配合周遭環境，規劃施作方法與策略。

2. 確定施作區域

施作區域確定後，應將施作範圍框定並丈量施作面積，依面積大小估算稻草蓆及壓釘材料數量。

3. 坡面整理

為了使稻草蓆能夠緊密敷蓋於坡面，應將坡面上的雜草清除，除草作業所產生的雜草殘株，可就地保留，增加敷蓋厚度。

4. 稻草蓆敷蓋

用於坡面保護時，應至少密鋪 2 層以上。稻草蓆鋪設方向，應使稻草蓆與坡向垂直，提高逕流攔阻效果。鄰近的兩排稻草蓆，應重疊 10~15cm。若是配合草籽撒播而鋪設時，以單層鋪設，並應酌量整平地面，以增加種子發芽率。

5. 壓釘固定

建議每平方公尺至少以 4 根以上之壓釘固定，且壓釘應保持固定間距，方便後續回收再利用。壓釘打入的方向，應垂直於稻草稈，盡可能固定稻草蓆。

6. 管理與維護

稻草蓆於雨季時腐壞分解速度較快，鋪設完成後應視情況加鋪，加鋪時機可根據稻草蓆敷蓋率衰退至 50% 以下、坡面逐漸恢復裸露時進行。



稻草蓆敷蓋與壓釘（國際示範區，2018）

工法
特性

簡單施作、慎選環

1. 材料準備

稻草蓆或其他敷蓋材料可經由作物收成或除草作業時取得，但應注意，敷蓋材料以輕便、容易分解為原則。若是經由疏伐作業所產生的粗壯枝條，不可直接使用，應先進行碎解，否則坡面保護的效果有限。

2. 施作人力評估

稻草蓆敷蓋工法所需人力如下：

- (1) 稻草蓆敷蓋：面積約 300m²，2 位工作人員合作進行，約需 1 個工作天。
- (2) 壓釘固定：面積約 300m²，2 位工作人員同時進行，共需 1 個工作天。

3. 工法適用性

稻草蓆敷蓋工法相當簡單，僅需沿坡面方向鋪設後以壓釘固定即可，坡面礫石含量多或不穩定時，較不宜施作。

材料
替代

1. 敷蓋材料

以稻草蓆做為敷蓋材料，主要因為稻草稈具有材質自然、取得容易、質量輕盈等特性，鋪設施工相當簡便，且不會對自然環境造成負擔。若稻草蓆不易取得，可改用下列材料施作：

- (1) 牧草、椰纖，或將其他除草作業產生的殘株。敷蓋可能造成根系基部或樹幹基部濕度增加，須注意病蟲、菌之防治。（資料來源：農地水土保持方法實例圖冊 P59，林信輝，2014）
- (2) 遮光網、不織布或抗沖蝕網等人造資材，保護效果較強也較持久，可用於沖蝕較嚴重的區域。

2. 固定材料

選用”□”形壓釘做為固定材料，是因為壓釘尺寸規格容易訂製、強度較高且可重複利用，壓釘頂面寬度大小，決定每根壓釘可以固定的稻草稈數量。若”□”形壓釘取得不易，或其他環境考量，可改以碎石袋、土壤袋、塊石或紅磚等重物壓實。若施作區域坡面坡度陡峭，重物容易順坡面滑落，此時應於坡面一定適當距離挖掘數條淺溝，將重物及稻草蓆固定於溝內，較為穩定。

坡地農作省工基礎 山邊溝



山邊溝（國際示範區，2018）

所謂山邊溝，是指在坡面上，每隔適當距離，沿等高方向所構築之寬淺三角形溝，同時也是建立坡地農作省工經營的基礎。除了能減短坡長，達到分段截洩逕流、防止沖蝕，增進水土保持效益的功能，也能做為等高耕作基線及田間作業道路使用，是坡地農作必須具備的基礎設施。

基地環境

範圍彈性廣泛

山邊溝應用範圍廣泛，且根據坡地條件及使用目的而有不同，根據水土保持手冊（2017）建議，應用原則如下：

1. 做為作業道或園內道使用時，以坡度 21.8° 以下之農地為原則。
2. 配合草帶法及外斜式平台階段時，可適應較陡的坡地。
3. 覆蓋完密之坡地果園，可適用至坡度 28.8° 。

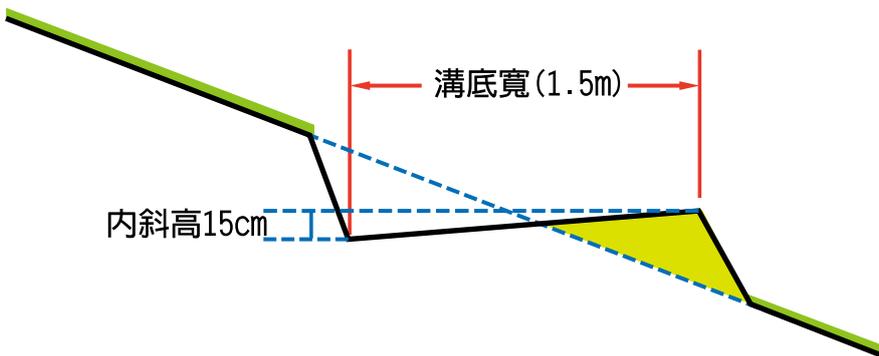
設計理念

寬窄兩類型

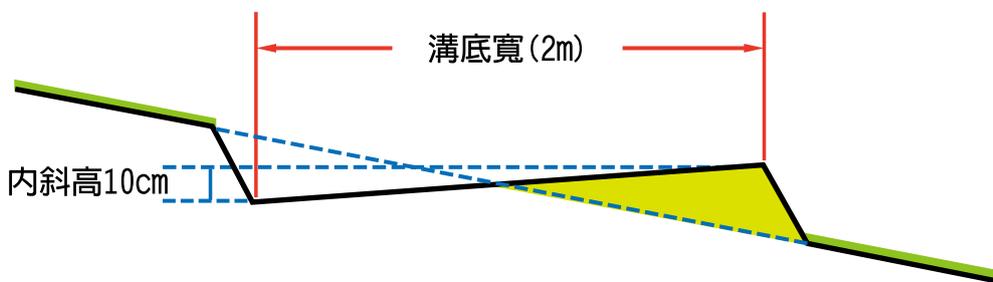
山邊溝種類可以區分為窄型及寬型兩類，條件如下：

窄型山邊溝：溝底寬 1.5m，內斜高度 15cm，適用較陡坡面（坡度 $>11.3^\circ$ ）。

寬型山邊溝：溝底寬 2m，內斜高度 10cm，適用較平緩坡面（坡度 $<11.3^\circ$ ）。



■ 窄型山邊溝示意圖（資料來源：水土保持手冊 2017）



■ 寬型山邊溝示意圖（資料來源：水土保持手冊 2017）

除了山邊溝類型選擇，規劃時應就坡面條件與週遭環境設施設計山邊溝間距、排水坡降、排水長度、過水溝面、出水口等設施：

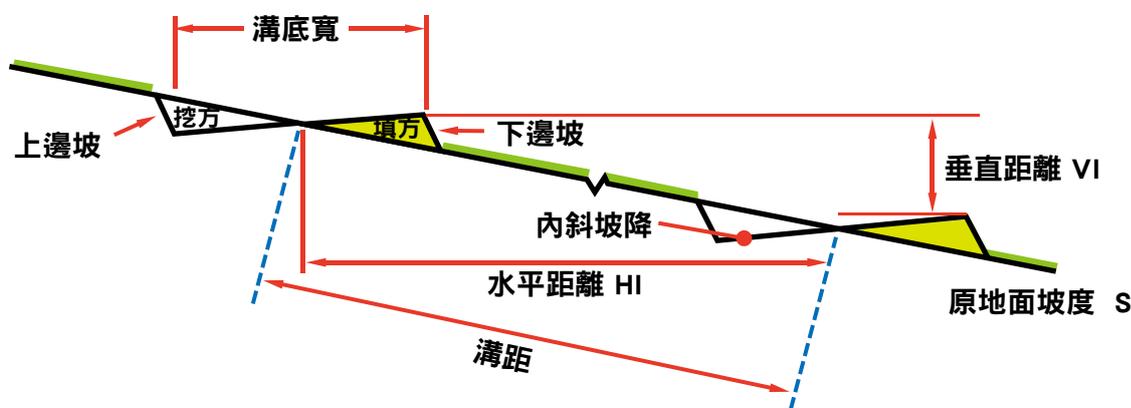
1. 溝距

不同山邊溝之間的地面距離可依下列公式計算，或根據地面坡度對照下表得知：

垂直距離計算公式
$$VI = \frac{S+6}{10}$$

水平距離計算公式
$$HI = \frac{VI}{S} \times 100 = \frac{S+6}{S} \times 10$$

式中：VI：垂直距離 (m)；SL：溝距 (m)；HI：水平距離 (m)；S：原地面坡度 (%)



■ 山邊溝溝距示意圖 (資料來源：水土保持手冊 2017)

■ 山邊溝之坡度、溝距對照表

原地面坡度(S)		距離(m)		
(%)	(°)	垂直(VI)	水平(HI)	溝距(SL)
3	1.7	0.9	30.0	30.01
4	2.3	1	25.0	25.02
5	2.9	1.1	22.0	22.03
6	3.4	1.2	20.0	20.04
7	4.0	1.3	18.57	18.62
8	4.6	1.4	17.5	17.56
9-10	5.1 - 5.7	1.5-1.6	16.67-16.0	16.73-16.08
11-15	6.3 - 8.5	1.7-2.1	15.45-14.0	15.55-14.16
16-20	9.1 - 11.3	2.2-2.6	13.75-13.0	13.92-13.26
21-25	11.9 - 14.0	2.7-3.1	12.86-12.4	13.14-12.78
26-30	14.6 - 16.7	3.2-3.6	12.31-12.0	12.72-12.53
31-40	17.2 - 21.8	3.7-4.6	11.94-11.5	12.50-12.39
41-55	22.3 - 28.8	4.7-6.1	11.46-11.09	12.39-12.66

(資料來源：水土保持手冊，2017)

2. 排水坡降

一般以 $0.6^\circ \sim 0.9^\circ$ 為原則，但為配合地形、作物，必要時得局部放寬至 2.9° 。

3. 排水長度

山邊溝設計為單向排水時，溝長以不超過 100m 為原則，當溝長大於 100m 時，可於溝間設置縱向排水設施，或改以雙向排水設計，將逕流排向坡地兩側。

4. 過水溝面

可於逕流集中處，以拍漿、鋪磚石及植草等方式設計過水溝面，引導逕流集中排出，若有機具操作需要，可改小型涵管施作。

5. 出水口

山邊溝排水匯流處，應力求平順並酌量增加排水斷面及坡降。

施工
步驟

流程說明

1. 勘查規劃

應先做全區勘查，依據地形、土壤、侵蝕及天然排水情形，決定山邊溝的採用型式及排水位置。

2. 決定溝距

就山邊溝所橫跨坡面量測出平均坡度後，依據溝距公式，再參酌勘查結果及作物種類，決定適當溝距。

3. 測定樁線

在農地間選取上下坡度較平順坡面，做為山邊溝樁線起點，依預定排水方向，每 5~ 10 m 測定一樁，遇急彎處應增加樁數。

4. 樁線修正

樁線測定後，應加檢視，並作必要調整，以消除急彎或減低彎曲程度。

5. 構築順序

應先自最上一條山邊溝樁線上下緣進行開挖，完成後再進行下一條山邊溝構築。

注意
事項

1. 預留土壤沉陷空間：山邊溝填土溝面應視其土壤條件增高約 5.7° ，以預留為土壤沉陷空間。
2. 整修：山邊溝初步構築完成後，應做校正測量，按照設計斷面及降坡分別校正，從事整修。
3. 山邊溝經過窪地或蝕溝時，應予填實，斷面亦須加強。
4. 配合處理：包括截水溝、等高耕作、覆蓋作物、敷蓋、山邊溝植草、安全排水系統等處理，以加速裸露坡面覆蓋，減少土壤沖蝕。

臺灣最傳統的農地水土保持 平台階段



水土保持手冊 (P. 農 -2-19 之圖示, 2017)

平台階段是在坡面上，沿等高方向，每隔適當垂直距離所構築而成的連續式水平或微斜的階段地形，是最傳統的農地水土保持工法。可達到抑制逕流、安全土地利用、保蓄土壤水分、防止土壤沖蝕的效果。連續式的階段地形能改善陡坡地區的土地利用率，是坡地農作經常使用的水土保持設施。（資料來源：黃國鋒，水土保持手冊，2017，水平式平台階段 - 砌石台壁處理）

基地環境

需方便管理區域

平台階段主要方便作物管理、提高生產效率，應用範圍如下：

1. 具有相當深度土壤之坡地。
2. 栽培勤耕作物之坡地農地。
3. 果樹園區宜採外斜式平台階段，須於階段外緣配合草帶或植生覆蓋。



沙田水土保持戶外教室（李宥勸，2019）

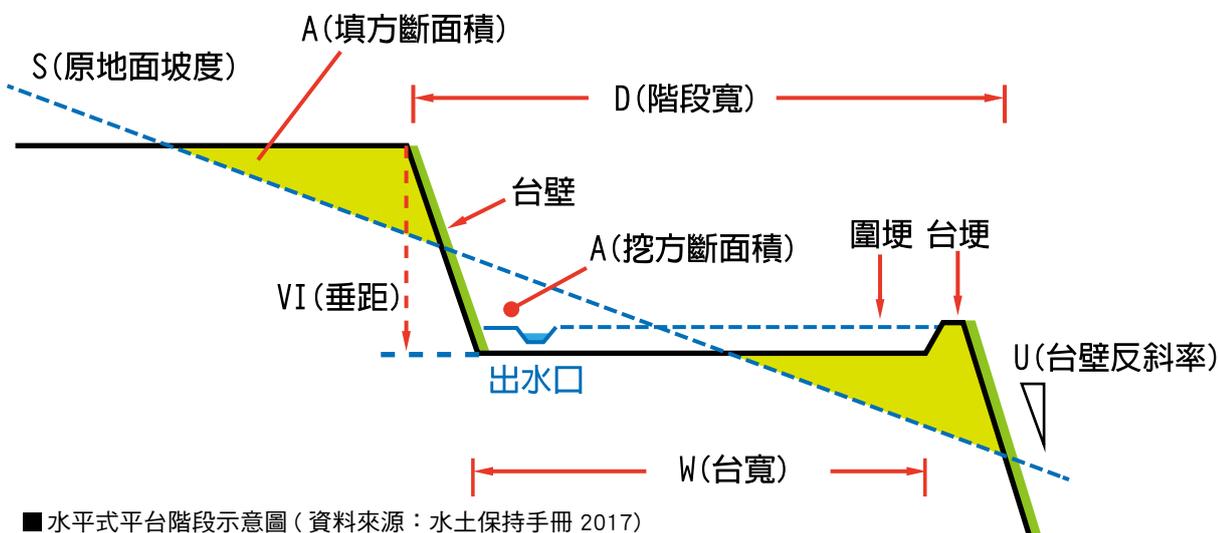
設計理念

量身就地打造

階段類型依台面斜率可以分為水平式、內斜式、外斜式三類，平台階段寬度，視坡度、土壤深度、作物種類及耕作需要而定。

1. 水平式平台階段

台面保持水平，通常會在平台外緣設置高、寬各為 20cm 的台埂，可有效蓄水及控制土壤流失。

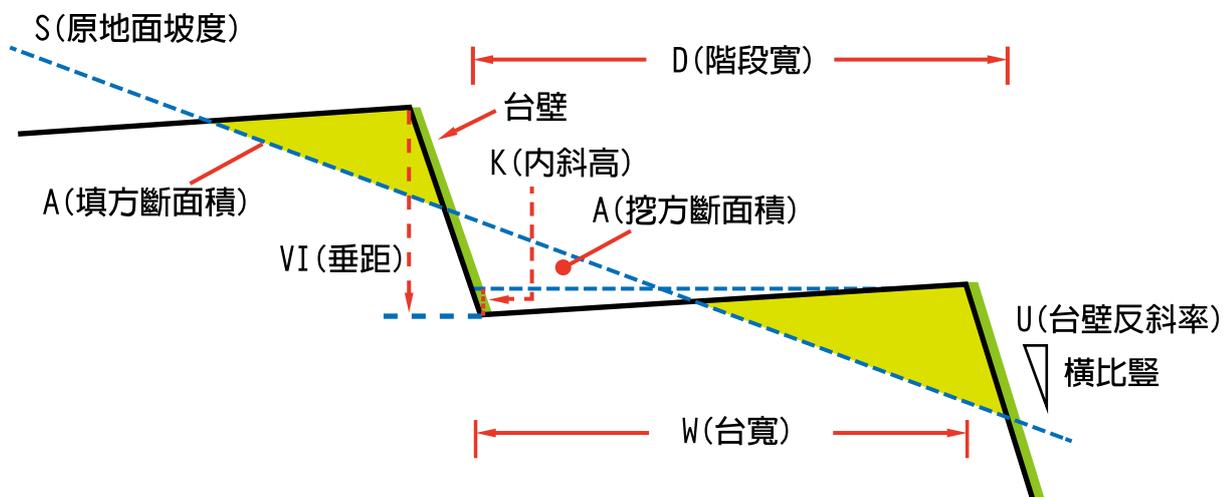




水土保持手冊 (P. 農 -2-18 圖示, 2017)

2. 內斜式平台階段

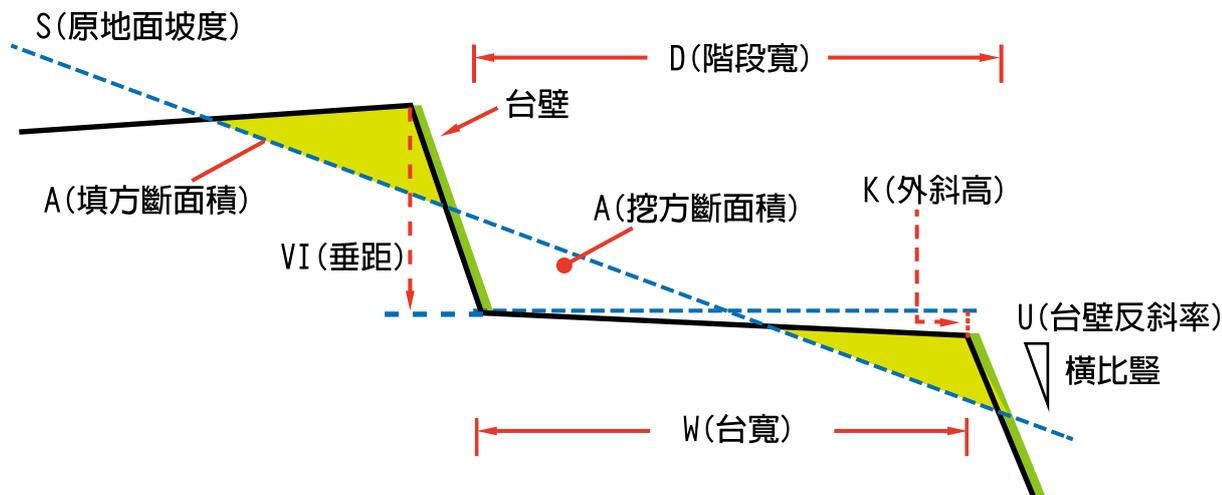
台面內斜坡降為 $0.3^\circ \sim 0.9^\circ$ ，排水坡降為 $0.6^\circ \sim 0.9^\circ$ 。



■ 內斜式平台階段示意圖 (資料來源：水土保持手冊 2017)

3. 外斜式平台階段

台面坡降應在 5.7° 以內，可以快速排除地表逕流，但應該每隔 2~3 階配合施作內斜式平台階段或截水溝，以利排水。



■ 外斜式平台階段示意圖 (資料來源：水土保持手冊 2017)

4. 垂直距離

平台階段之間的垂直距離，可經由下列公式求得

$$\text{水平式 } VI = \frac{W \cdot S}{100 - S \cdot U} = \frac{W \cdot S / U}{100 / U - S} = \frac{D \cdot S}{100}$$

$$\text{內斜式 } VI = \frac{W \cdot S + k \cdot S \cdot U}{100 - S \cdot U} = \frac{W \cdot S / U + k \cdot S}{100 / U - S} = \frac{D \cdot S}{100}$$

$$\text{外斜式 } VI = \frac{W \cdot S - k \cdot S \cdot U}{100 - S \cdot U} = \frac{W \cdot S / U - W \cdot z \cdot S}{100 / U - S} = \frac{D \cdot S}{100}$$

式中：VI：垂距 (m)；W：台寬 (m)；D：階段寬 (m)；k：台面之內斜高或外斜高 (m)；S：原地面坡度 (%)；U：台壁反斜率 (%，橫比豎)；z：台面外斜率 (%，豎比橫)。

5. 階段寬

$$\text{水平式 } D = \frac{100 \cdot VI}{S} = W + VI \times U$$

$$\text{內斜式或外斜式 } D = \frac{100 \cdot VI}{S} = W + (VI \pm k) \times U = W + (VI \pm W \cdot z) \times U$$

■ k 在內斜式採用正值，在外斜式採用負值

6. 台壁

台壁斜率，挖方坡面應緩於 1:0.5，填方坡面應緩於 1:1.0~1.5，可視土壤、植生條件或有無擋土構造而調整。台壁高度低於 1.5m 為原則。

7. 排水長度

與山邊溝排水長度設置原則相同。單方向排水時，排水長度應小於 100m；排水長度超過時，則改以雙向排水，或於溝間設置縱向排水設施。

8. 出水口

平台階段排水與聯外排水系統的銜接處應酌量加寬斷面，並以植草或其他鋪面加強處理。

施工
步驟

流程說明

1. 勘查規劃

就地形條件、周邊環境設施，配合耕作或機具之需要決定平台階段形式，進行規劃設計。

2. 測定樁線

選取坡度較均勻位置，就所設計寬度，自上而下測定基本樁；從基本樁開始，沿等高方向每隔 5~10 m 釘定一樁，依次測樁線。台面應盡量等寬，橫向測樁定後，全面檢視樁位，因局部地形變化，調整樁位，以利日後耕作管理，遇地形變化較大以短行、局部調整降坡等進行補正。樁線應加檢視，遇急彎處應調整平順，並注意排水溝之銜接。

3. 清理地面

施工前將地面上所有雜草、雜木、危石及廢棄物清除。

4. 挖填作業

以測定樁線為基準，挖掘基準線上坡面的土方，並移至基準線的下坡面。施作時，應注意與下層原有土壤密接，填土應每 30 cm 左右為一層，逐層壓實。

5. 砌築台壁基礎

如有石塊可做為砌築台壁，應按台壁線掘妥基礎後再砌築台壁，由下而上依次構築，砌石與填土配合進行。

6. 整修

階段施工中或初步完成後，應按設計台面及降坡隨時整修之。

注意
事項**構築次序**

一般自坡地最上方第一條平台階段依次向下構築，除了方便作業及整修之外，並可防止施工中遇雨受損。如作表面處理或砌築台壁時，應該自下方坡面向上構築，但遇雨時則視需要開掘臨時截水溝保護。

表土處理

如需表土處理時，在階段構築後，將上一行之表土移置台面，依次類推；或將表土分段沿中心線堆集，待挖填作業完成後再鋪回。平台階段構築完成後，台面應進行深耕，並做土壤改良措施，台壁應盡速植草，並積極管理，保持覆蓋完密。後續耕作時，應注意維持台面原有設計斷面，損壞時應立即修整。



農地水土保持方法實力圖冊（林信輝，2014）

水保的工藝美學 乾砌石護坡



乾砌石護坡（國際示範區，2018）

乾砌石護坡源自古工藝，是人力時代手工智慧的水土保持工法。以就地取得的塊石做為素材，以六圍砌方式疊砌形成護坡，除了具備保護坡趾之功效，並具有排水及維持表土活性的功能。由於就地取材，構造物更能融入周遭環境。砌石間的縫隙能提供動植物棲息的空間，營造出工程與生態共存的雙贏結果。

基地
環境

就地取材護地球

此乾砌石護坡示範區的坡型為上緩下陡，坡趾處恰有一路邊排水溝通過，若僅於坡趾部施作植生工法，對於坡趾坡面穩定及抑止土壤沖蝕的效果有限。當農民必須跨過路邊排水溝循著坡面往園區內移動時，由於坡趾坡面過陡，行走站立都不易，因此有必要施作低矮護坡。

示範區的土壤富含卵礫石，工區鄰近石材洗選場，石材來源多來自鄰近河川過剩土砂。因此採用挖方土中取得的卵、塊石及外購石塊直接進行疊砌，不僅能達成穩定坡趾的功能，也能因石塊間的孔隙提供生物生長與躲藏的空間，更因卵塊石為現地採取，同時達成環境與工程共榮的目標。



乾砌石護坡基地環境（國際示範區，2018）



乾石砌石護坡（國際示範區，2019）

設計
理念

傳承砌石文化

起源：乾砌石工法為早期開墾農田時，將田園內大小塊石挖掘、開鑿並篩選集中後，依照水平方向分層向上疊砌而成，這種做法除了可以提供坡體穩定的效果，也可以避免農田因為過多的礫石含量，影響作物耕作以及農機具操作。

生態性：石塊間具有孔隙，能提供動植物躲藏與生長的空間。

排水性：塊石間孔隙有利土壤滲流水排出。

工程性：主要利用石塊重量，提供坡面穩定效果，施工時直接將石塊進行堆砌嵌合，沒有使用石灰或水泥等固結劑，純人力施作。

傳承：目前在台灣具有排砌乾砌石經驗的師傅大多年事已高，且已無體力親自施工，導致砌石技術流失快速。因此，乾砌石護坡的示範，具備保存乾砌石工藝的目的。



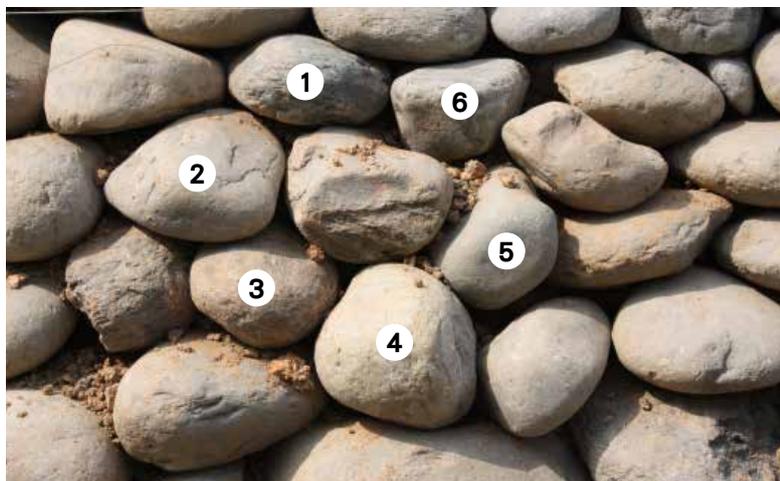
乾砌石護坡（風水坪水保戶外教室，2019）

石塊疊砌守則

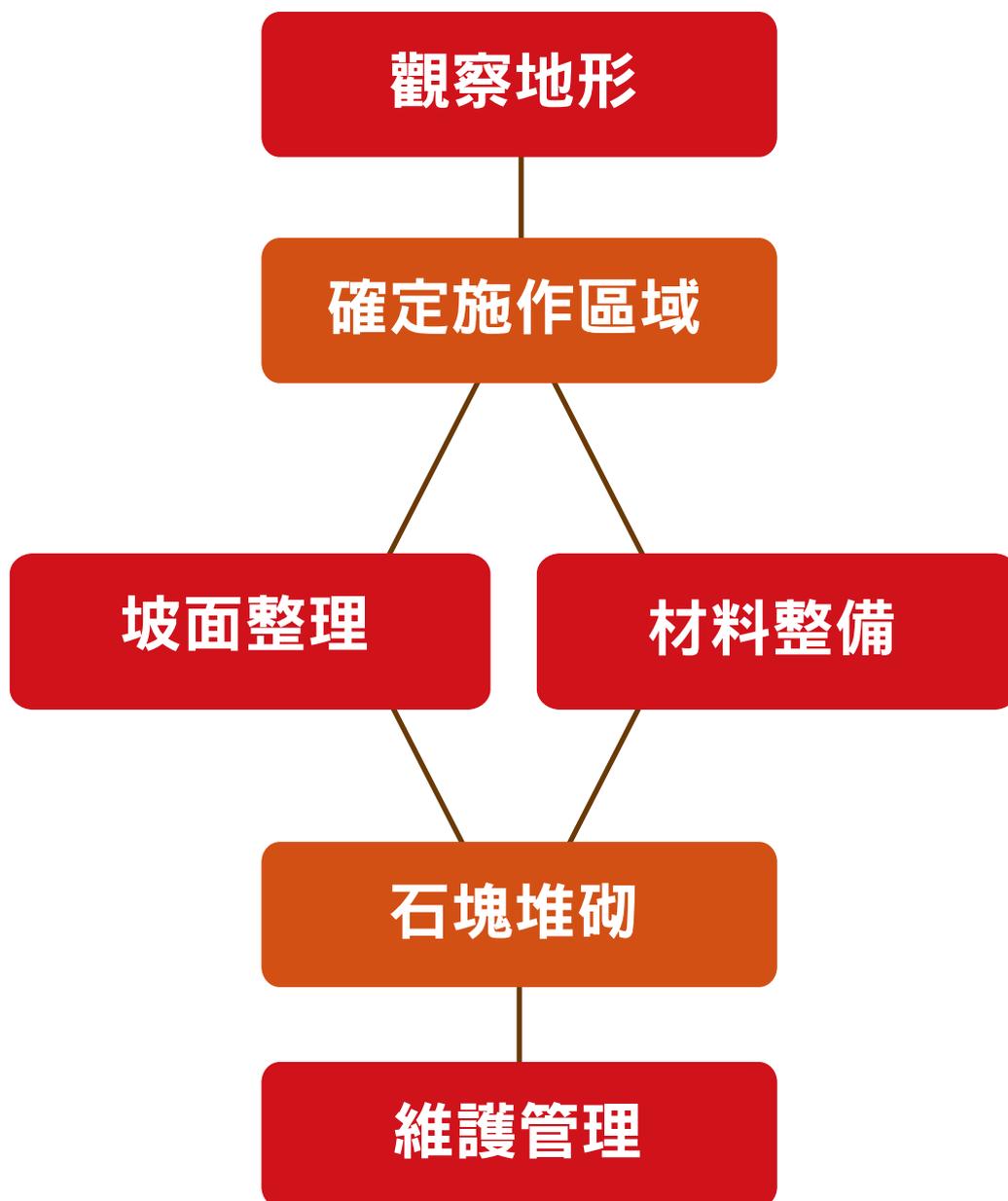


排砌時由底層開始分層排設（風水坪水保戶外教室，2019）

1. 石塊：堆砌前應先將石塊分類成塊石與大塊石（塊石長徑 15~40cm、大塊石長徑 41~60cm）。
2. 石塊堆砌應自坡腳開始，長徑較長之塊石做為基礎砌於最下方，長徑較小石頭做為坡面砌石，由下至上儘量沿著等高線堆砌。疊砌前應於水平方向拉一棉線做為水平參考基準，以方便調整堆砌塊石排列。
3. 六圍砌堆疊：乾砌石護坡以六圍砌為原則，五圍砌、七圍砌亦可，但注意不可橫砌及重疊。
4. 砌石應相互交錯連鎖，其間空隙或不穩處，可使用小塊石嵌塞穩固。
5. 砌塊石時，最長徑應與牆面垂直，短徑與坡面垂直，而且最好每個塊石之疊砌處均有接觸點。
6. 底層應選較大石塊，並力求穩固。



六圍砌工法（國際示範區，2018）



施工
步驟

流程說明

1. 觀察地形

施作前地形觀察重點，在於擬施作乾砌石護坡坡面整體現況，註記地形變異點或荷載較大的區域，做為未來施工需要特別加強堆砌的參考。

2. 確定施作區域

施作區域確定後，將施作範圍框定並丈量施作面積，依面積大小估算石塊數量，並於施作區域附近挑選合適堆放臨時石塊分級場所，以提高工作效率。

3. 坡面整理

坡面整理除了需要移除易影響施工雜物，同時應保留坡面可再利用資源，例如整坡期間所產生的挖方、挖方內所含的卵礫石等。進行坡面整理時，應將挖方土壤就近堆置，以方便施工期間護坡背後的土壤回填使用。

修坡工作必須設置基礎面與護坡背填面的整坡或挖方基準線，以確保護坡基礎面微向內傾斜。護坡背填面修整的內傾角度，則視護坡高度而定，以承擔部分石塊重量。

4. 材料準備

石塊堆砌前先分類，將所有石塊區分卵石、塊石、大塊石，以方便疊砌。

5. 石塊堆砌

石塊堆砌應自坡趾開始，大塊石做為基礎，砌於最下方、卵石及塊石做為坡面砌石，由下至上盡量沿等高線堆砌。疊砌前應於水平方向拉一棉線做為水平參考基準，以方便調整堆砌塊石之排

6. 維護管理

護坡完成後，應定期檢查護坡面是否出現凸起或陷落，護坡頂也要特別留意陷落問題。若堆砌石塊出現龜裂現象，應儘速更換。石塊更換的難易，視護坡當時堆砌期間圍砌數量而定。若堆砌得當，需要更換石塊周鄰石塊，仍可分擔石塊更換期間的荷載。

工法
特性

在生態與人力之間

1. 材料準備

乾砌石護坡是最需要人工的一種工法，材料準備需要耗費人力將石塊材料先進行大小分類，以減少施工期間尋找適合石塊的時間。

2. 施作人力

乾砌石護坡設計高度為 1.2m，長度為 25m，2 位工作人員施作，共耗費 12 個工作天完成。

3. 工法困難處

- (1) 施工坡面的修整：施工坡面修整，決定乾砌石護坡未來的穩定的與美觀。因此，修坡工作必須設置基礎面與護坡背填面的挖方基準線，以確保護坡基礎面微向內傾斜。至於背填面修整的內傾角度，則視護坡高度而定，以方便分擔部分石塊重量。
- (2) 圍砌數量選擇：五、六、七圍砌的選擇，需視石塊材料大小。無論採用圍砌數量為何，應把握石塊間的相互契合為原則。
- (3) 護坡面的整齊：護坡面應力求整齊，不宜出現凸起或凹陷，因為凸起或凹陷往往是護坡最易毀損的地方。因此施工時應於設計護坡面的上、下坡面設置校準線，以便隨時調整石塊堆砌。

4. 管理維護

乾砌石護坡不採用水泥砂漿做為固結劑，因此經過一段時間後，堆砌的石塊難免出現鬆動或脫落的現象。一旦發現石塊鬆動，務必儘早處理，通常處理方式是增加鬆動石塊與相鄰石塊間的穩固，例如增加縫隙的填補。

替代
材料

避免水泥澆灌

石塊材料

石塊取得不易時，可採用其他護坡工法替代。為了營造友善的生態環境，替代護坡應儘量避免採用水泥澆灌方式。若須採用水泥澆灌，可於護坡表面黏貼其他材料，以增加表面糙度，營造昆蟲或小形動物棲息的空間。



卵塊石砌石擋土牆（詹連昌，2019）

蓄水救旱保育 農塘



大湖石門農塘（李宥叡，2019）

農塘是指在低窪地區或水流匯集位置，以開挖或構築堤壩等方式，所形成的儲水設施，同時具有生態保育及微氣候調節的功能。農地水土保持之農塘不僅供養殖之用，亦提供旱季缺水之灌溉、噴灌用水，及噴灑農藥防治病蟲害之用水。

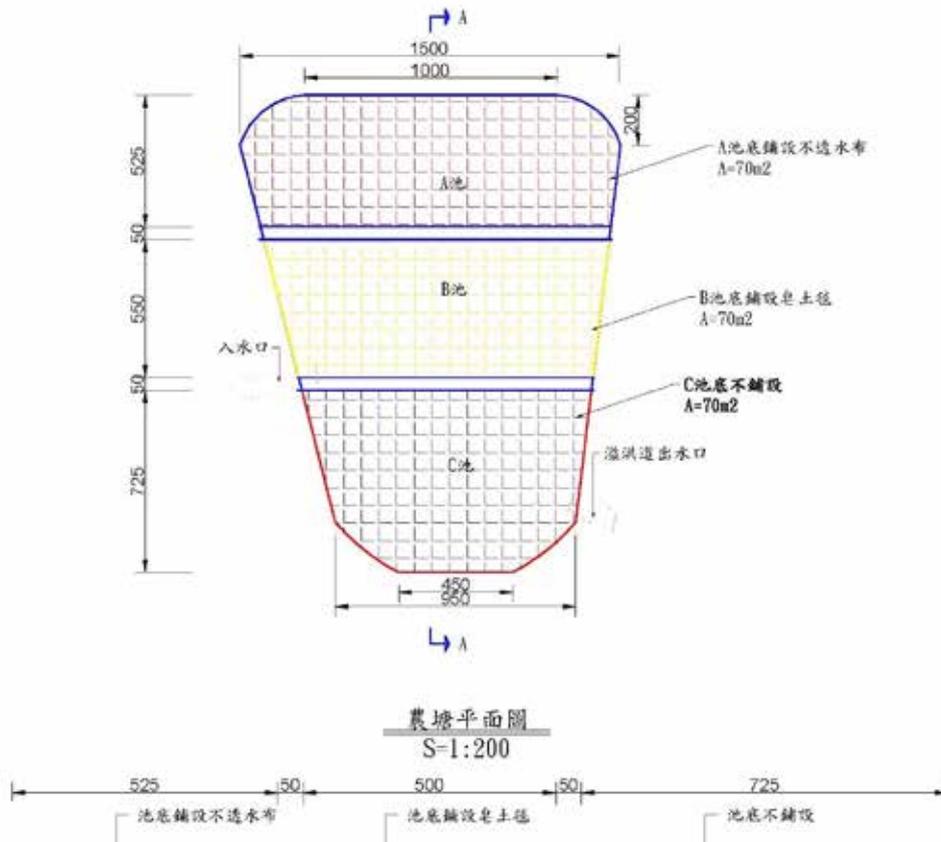
基地環境

農塘可構築於下列地區：

1. 坡面湧水地區
2. 天然逕流匯集之低窪地區
3. 易乾旱地區或土壤保水力低的地區（例如泥岩地區）
4. 需提供農業用水及逕流儲蓄利用的地區



農塘（國際示範區，2018）



農塘之平面圖（國際示範區，2018）

設計理念

開挖式農塘

1. 示範區農塘

利用山坡窪地及配合挖掘、引水入流而儲蓄水源，以供農業噴藥或補充灌溉使用。需要時，可於窪地周邊配合土壤包、植草、防水布、磚石等資材，以簡易堆置或砌築矮堤，增加蓄水量。設計原則如下：

- (1) 底部加強不透水處理，底部鋪設防水布、細質地土壤或皂土等。
- (2) 土堤高度不得超過 3m，堤頂寬度應在 1.0m 以上，堤面坡度應緩於 1:1.5(V:H)
- (3) 混凝土堤頂寬在 0.3m 至 0.5m，以擋土牆方式設計，並應考慮水壓力。出水高在 0.4m 至 1m。出水口斷面應足以宣洩最大出水量。

2. 維護管理

- (1) 築堤式農塘構築完成後，應儘速於土堤坡面上進行植生，防止土壤沖蝕。
- (2) 為減少蓄水滲漏損失與管湧現象，可在農塘底部鋪設防水布、細質地土壤或皂土等。
- (3) 若長期蓄水，應注意蚊蟲滋生與環境衛生問題。



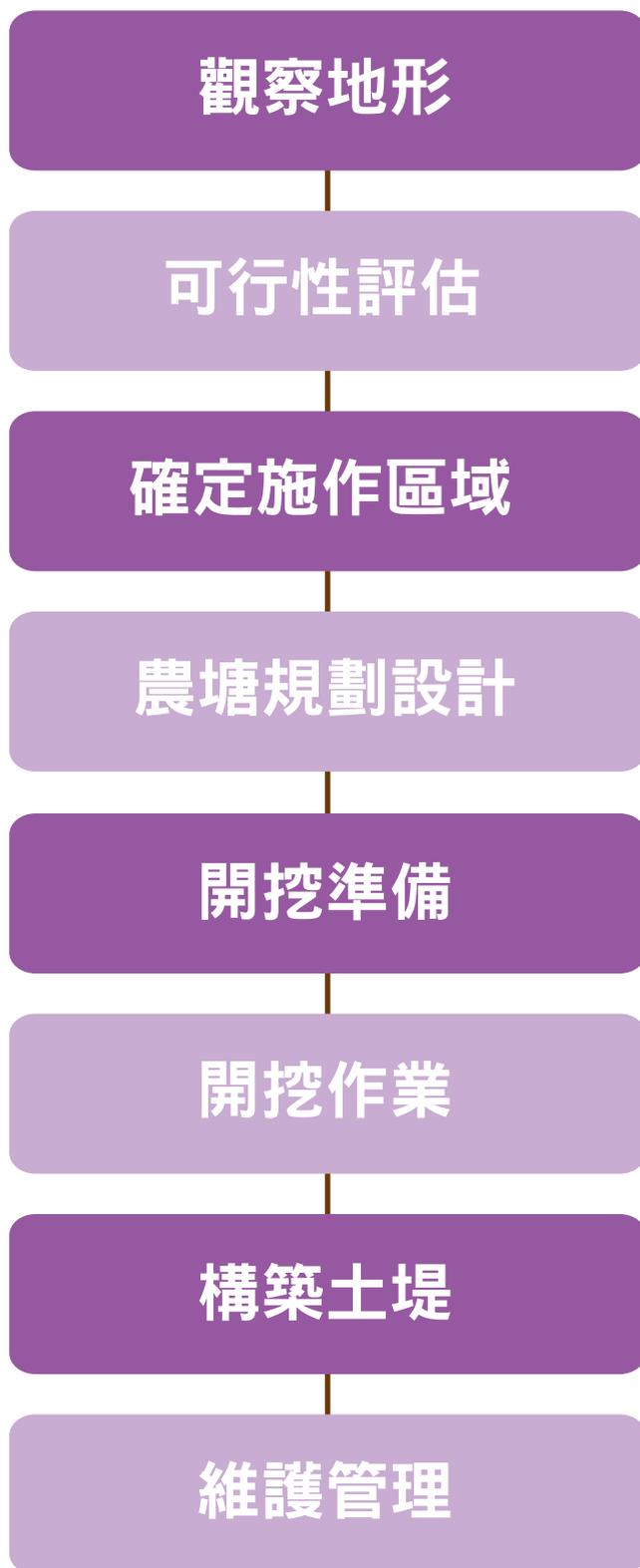
剛完工的開挖式農塘（國際示範區，2019）



鋪底施作情形（國際示範區，2019）



鋪底施作情形（國際示範區，2019）



流程說明

1. 觀察地形

農塘施作應順應地形，可於溪流、坑溝等合適區域構築土壩，或在低窪處進行挖掘。地形觀察重點，在於了解坡面逕流流向及匯集位置，並依照觀察結果，挑選數個預定位置，進行可行性評估。

2. 可行性評估

可行性評估的重點在於該區域逕流匯集的效率，以及土壤滲透性。挑選的位置以集水區域之下游出水口為優先，倘若土壤滲透性高，則應考慮池底不透水處理。

3. 確定施作區域

確定施作區域後，根據地形、經濟、施作人力等條件決定農塘型式，並同時估算蓄水體積及施作範圍，最後進行放樣。

4. 農塘規劃設計

依據農塘型式進行尺寸的設計，挖掘式農塘周邊若加構土堤，則深度應小於 3m，且應於池底利用細粒土壤、皂土毯或防水膜等材料加強蓄水效率。

5. 開挖準備

開挖前應於適當位置設置臨時排水溝及防砂柵欄，將逕流及土砂安全引導至安全地點。挖作業應選在旱季進行，以減少施工難度。

6. 開挖作業

依照農塘規劃設計之型式、尺寸進行開挖，挖掘時應儘量去除土壤中的粗顆粒及碎石，減少農塘底部滲水率。若於池底鋪設防水膜或皂土毯等不透水材料，應特別加強粗顆粒之剔除作業，並在鋪設前先於農塘底部覆蓋一定厚度的細粒土壤，減少不透水材料破損的機率。

7. 構築土堤與不透水處理

將挖掘土方回填於農塘周圍以形成土堤，填土施工時應每隔 30~50cm 進行一次夯實處理，務必使土壤密實，並預留填土高度的 10% 做為沉陷空間。堤體頂寬應至少 1m 以上，若有其他用途可酌量加寬。堤體表面需以植生保護，但農塘的內側堤面則應以最高水位線為界，在最高水位線之上進行植草保護，最高水位線以下應利用拋石保護。底部加強不透水處理，可鋪設防水布、皂土毯及其他不透水材料。材料鋪設交疊處需重疊並加強不透水處理。

8. 維護管理

農塘的土堤應定期維護，若有損壞、沉陷等狀況，應即刻修補。若農塘長期蓄水，為避免蚊蟲孳生，可於農塘內養殖水生動植物或儘量保持水源流動。

多元材組捍衛戰將 複合材料鋪面排水溝



複合材料鋪面排水溝（國際示範區，2018）

排水溝是農地排水系統中不可或缺的重要環節，主要的功用是將山邊溝、平台階段等橫向截水設施所收集之逕流，引導至下游安全位置。

人造地工材料具有高強度、耐天候、抗腐蝕的特性，利用不同地工材料鋪設於排水溝面，不僅可以有效鞏固溝形、防止沖刷，且可利用其選擇多元、施作快速、替換方便的優點，讓設計者可視地形條件與排水需求選用，達到安全排水的目的。

基地
環境

逕流匯集之排水路

複合材料排水溝設置於農地水土保持示範區的北側坡面，是土壤沖蝕試驗場與農地水土保持示範區的分界線。坡面長度約 80m，平均坡度約 $21^{\circ} \sim 23^{\circ}$ ，呈現上陡而下緩的地形。

施作區域源頭存在一座既有管涵，是區外逕流匯集排入示範區的入口。源頭附近的地勢陡急，除了上游集水區匯入之地表逕流外，還有山邊溝、平台階段、沖蝕試驗區等多處逕流匯入。因此，本示範區利用不同材料構成排水溝的內面材料，以確保溝體安定。



逕流匯集之排水路徑（國際示範區，2018）



複合材料鋪面排水溝（國際示範區，2018）

設計
理念

多元彈性修正

配合農地水土保持所施作的排水溝，其主要設計目的在於安全排除坡面逕流。因此，需依照排水需求、坡面地形條件，設計足夠的通水斷面，並選擇合適的內面材料。在地勢平緩處，可以以土溝簡易為之。隨著排水坡度、所在地點的土壤抗沖蝕能力的強弱，可以選擇在溝內種植草類、砌磚或砌石、澆置混凝土或鋪設地工材料，以加強溝體的穩定性與排水效率。

人造地工材料具有高強度、耐日曬以及不易腐化的特性，可隨意剪裁、搭接，且容易適應不同地形，很適合用於排水溝內面。除此之外，地工材料的選擇多元，可以視排水需求利用不同材料分段或分層鋪設，設計的彈性佳。

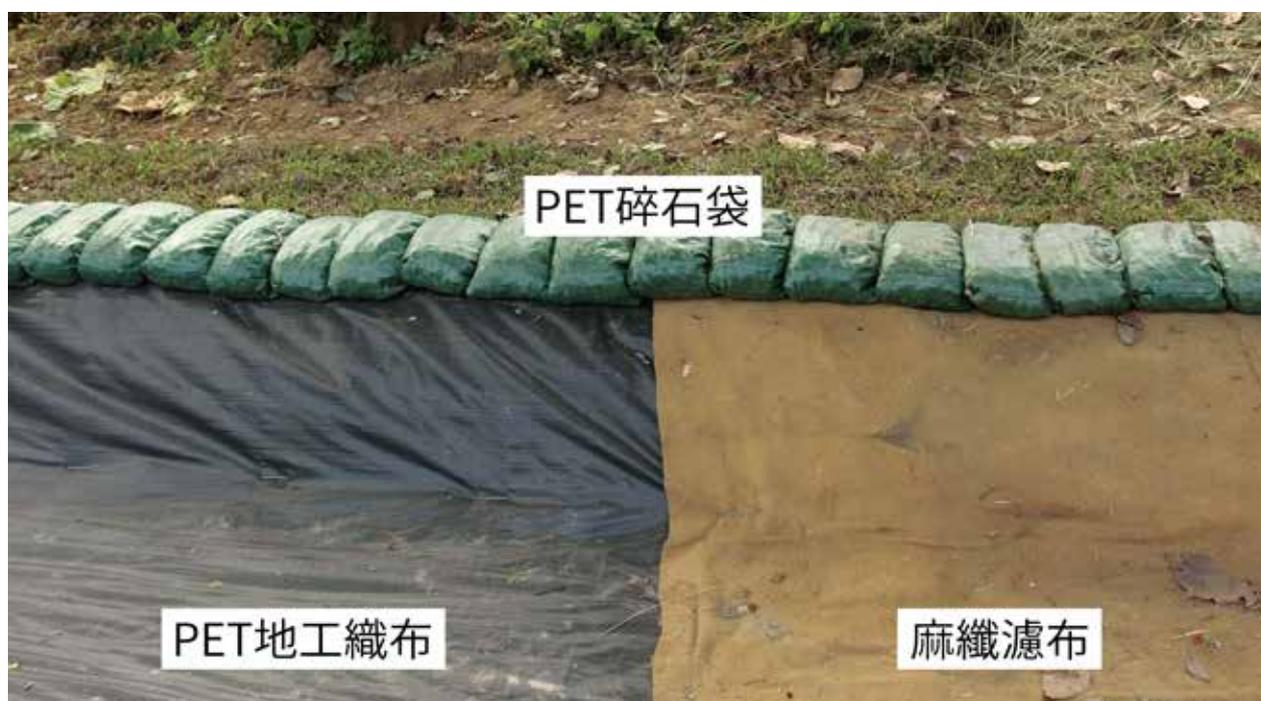
利用碎石袋佈設於水溝岸堤，除了能夠固定地工材料外，最大的優點在於碎石袋的施作彈性與機動性，可依現場需要隨時增設或移除，提供使用者較大的修正空間。若是發現溝體斷面不足以排放逕流時，可以將碎石袋逐層向上疊砌即可解決。利用碎石袋做為與區外逕流銜接的排水入口，亦相當方便。

土工材料應儘量沿直線設置，避免急彎。倘若無法避免，應於溝體彎曲處的外側特別加強保護。洩水坡降應力求平順，不可變化過大，避免水流淘刷溝體。

排水溝的斷面形狀以梯形或拋物線形為主，渠底寬度應大於 30cm，溝壁斜率應緩於 1:1，並應視設計水深，額外保留至少 1/4 的計算水深做為安全出水高，以降低溢流機率。

排水溝的洩水坡度若大於 10%，則應每隔 10~40m 設置集水井。集水井應安排在地勢較低處，盡量與周邊其他排水系統銜接，以發揮集中逕流與消能的效果。

材料
工具



溝面鋪設材料（國際示範區，2018）

1. 溝面鋪設材料

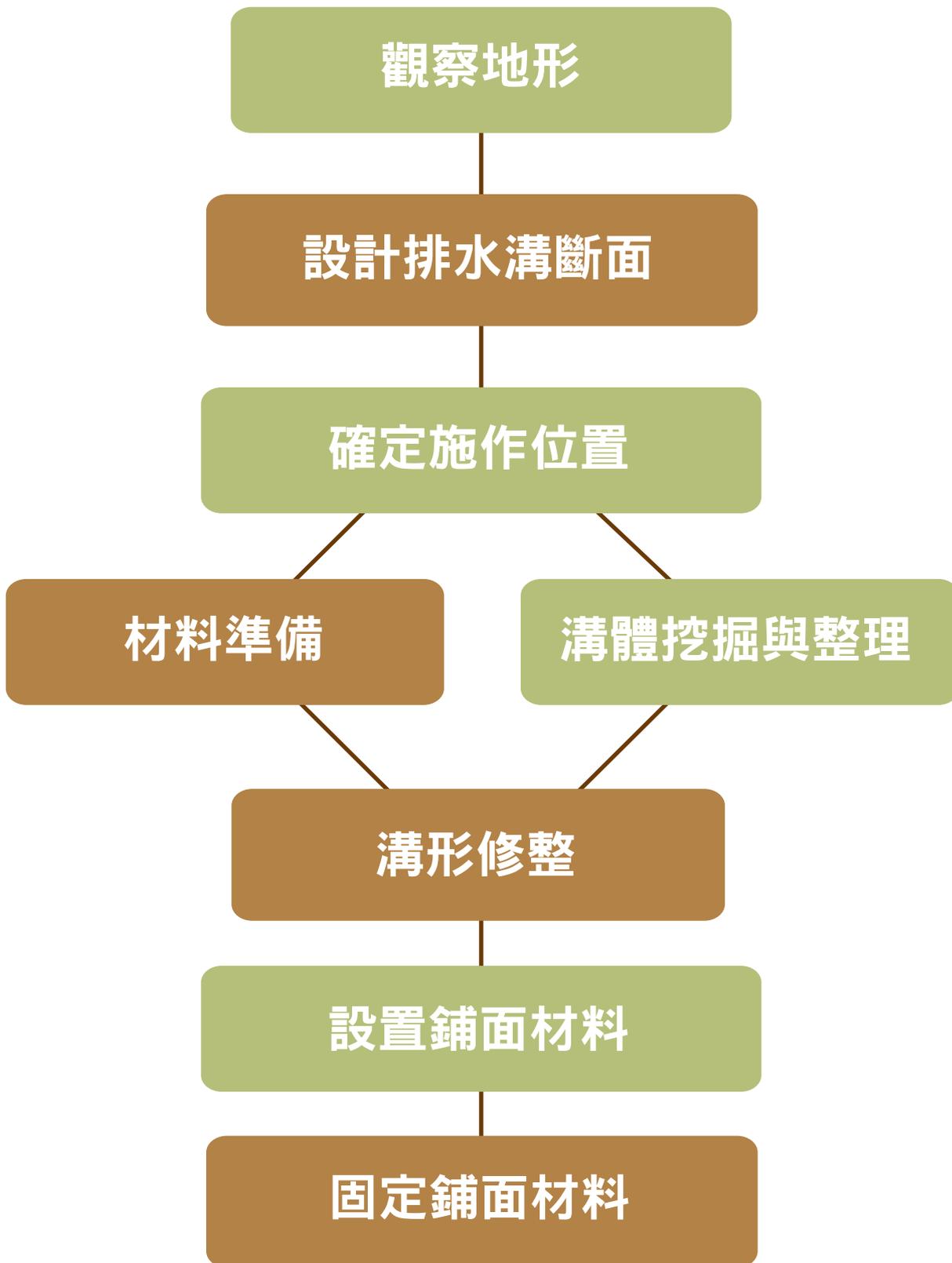
- （1）麻纖濾布：純麻纖維，可過濾土砂、防止溝岸沖刷。
- （2）PET 土工織布：PET 聚酯纖維材質，耐天候、耐腐蝕，抗拉强度高。

2. PET 碎石袋

袋體採用 PET 聚酯纖維材質，袋寬 40cm，袋長 60cm。填充材料：清碎石 ϕ 1.5~2.0cm。PET 碎石袋填充後之體積約為 0.02m^3 ，重量達 25~30kg。因袋體周圍之車縫棉線不耐風吹日曬，因此，在填充之前，須將 PET 袋翻面，使車縫線藏於袋體內，以增加使用壽命。

3. ”口”形壓釘

將鐵絲截為固定長度後彎折而成，”口”形壓釘頂面寬度 10~15cm，兩翼長度 15~20cm。



1. 觀察地形

施作前地形觀察的重點，在於評估排水溝未來設置的位置，障礙物的迴避，儘可能利用天然排水或較低窪之位置。排水溝設置的位置應選在水流匯集處，並盡可能與附近橫向排水系統銜接。

2. 設計排水溝斷面

排水溝斷面設計，草溝以拋物線形為主，土工材料溝以梯形為主，並應觀察水流泥砂含量，酌量加大通水斷面。坡地農地排水系統的設計通水量以重現期距 10 年的降雨事件計算，其他非農業使用或多元用途的排水斷面，則以重現期距 25 年計算。

3. 確定施作位置

施作區域確定後，應將範圍框定，並依照排水溝斷面設計進行樁線佈設、面積丈量，以及材料使用量估算。

4. 材料準備

依據材料使用量估算結果訂製溝面鋪設材料、PET 袋體及填充材料。為避免 PET 袋體之車縫棉線外露，影響使用壽命，在填充 PET 袋之前務必將袋體翻面，使縫線藏匿於內側。碎石填充不宜過滿，大約維持在 5 分滿 (25~30kg) 狀態。

5. 溝體挖掘與整理

溝體挖掘前，應先清除排水溝施作區的雜草、雜木或其他廢棄物，並將土方中的碎石篩出，可做為袋體填充使用。整理完畢後，依照排水溝樁線位置進行溝體開挖。挖掘作業所產生的土方應妥善堆置於工址附近，未來可做其他用途使用。

6. 溝形修整

針對排水溝的形狀，進行細部修整，包含排水溝高度、溝底寬度及溝岸斜率等。修整後的溝面應保持平整，並將碎石、樹根等雜物剔除，以降低鋪設材料破損之機率。

7. 設置鋪面材料

設置鋪面材料時，為了將鋪設材料固定於排水溝的內面，鋪設時可利用 ” □ ” 形壓釘固定，並在溝岸頂部以重物鎮壓，同時必須特別注意以下三點：

- (1) 鋪面材料務必與土溝緊密貼合。
- (2) 以不同鋪面材料搭接時，材料之間應至少重疊 30cm 以上，並注意搭接處的疊放順序，上游的鋪面材料必須鋪設於下游鋪面材料的上方，避免水流經由縫隙中滲入溝底。
- (3) 排水溝之起點、終點及與其他構造物銜接處，應將鋪面材料埋入地表至少 15cm 深，並以碎石袋加載，避免鋪面材料外露。

8. 固定鋪面材料

為確保鋪面材料穩定，在溝底、溝壁及溝岸，每隔適當距離，利用 ” □ ” 形壓釘固定。壓釘使用量每平方公尺應多於 4 支，同時於岸堤利用碎石袋或其他重物固定。

工法
特性

便利有彈性

1. 施作人力

複合材料鋪面排水工法之各項步驟所需人力如下：

- (1) 碎石袋裝填製作：包含袋體翻面、碎石裝填及袋口綁束，由 2 位工作人員施作，每日約可製成 100 個碎石袋。
- (2) 鋪面材料設置：鋪設面積約 100m²，包含溝面材料的搭接作業，2 位工作人員同時進行，共需 0.5 個工作天。
- (3) 鋪面材料固定：面積約 100m²，共耗費壓釘 400 支，2 位工作人員同時進行，共需 1 個工作天。

2. 工法彈性大

利用碎石袋搭配地工材料施作排水溝的工法相當便利，只需將材料妥善鋪設後固定，即可達到鞏固溝體的效果。更重要的是，這樣的做法具有相當大的修改彈性，在排水溝完成後，尚可視實際使用情形進行調整，例如將碎石袋疊砌加高，增加通水斷面，或是將碎石袋移除，做為水路與區外逕流銜接。

3. 管理與維護方便

由於人造地工材料與 PET 袋體皆有耐磨損、耐天候的特性，因此管理維護工作較為簡易。若固定鋪面材料的步驟確實施作，僅需定期清理溝內淤積物，並注意有無材料破損、位移情形並適時更換修補即可，並在雨季或風災前後加強維護。

替代
材料

1. 鋪面材料

麻纖濾布、PET 地工織布具有耐磨損、耐天候及可適應地形變化的柔性優點，倘若取得不易，可改於溝面種植匍匐性草類，如地毯草、百喜草，但應注意排水溝的洩水坡降不可過陡，並保持草類覆蓋完密。

2. 固定材料

利用碎石袋固定鋪面材料較為方便，且具修正彈性。若碎石取得不易，可改以土壤或細砂進行袋體填充，亦可達到同樣的效果。

3. 袋體

若 PE 聚乙烯材質袋獲得不易，可以選擇飼料袋、麻布袋或肥料袋代替。

緩衝水流的小窟窿 碎石集水井



碎石集水井（國際示範區，2018）

坡地安全排水系統乃是利用橫向截水溝與縱向排水溝的相互搭配，將坡面漫地流或是灌溉後多餘的供水集中後，排放至安全地點。由於水流匯集或有可能遇到水流流路急彎，因此必須設置集水井以做為緩衝，避免水流的強力淘刷造成排水設施損壞。因此，集水井的設計與配置，對於排水系統的安全運作尤其重要。

坡地農地排水系統常利用山邊溝、土溝、草溝等做為主要的排水溝面，既使以砌石、拋石或其他材料，材料強度仍然有限。碎石袋、土包袋、砌石、磚砌、混凝土等均可作為集水井的構築材料。

基地
環境

逕流匯集處

碎石袋集水井設置於農地水土保持示範區北側的坑溝中，一共設置兩座。坑溝長度約 80m，平均坡度約 $21^{\circ} \sim 23^{\circ}$ ，呈現上陡而下緩的趨勢，是土壤沖蝕試驗場與農地水土保持示範區的自然分界線。

第一座集水井設置於坑溝的源頭部，該處存在一座連結區外排水系統的既有水泥箱涵。為了避免區外大量逕流匯集排入所造成的影響，因此第一座集水井採用連續兩口設計，以做為沉砂、消能及穩流等多功能使用。

第二座集水井設置於施作中之坑溝排水系統的中段，採單一式的矩形集水井設計，除了做為縱向排水溝的消能使用之外，亦可提供山邊溝與周邊逕流匯入的銜接口。



碎石集水井（國際示範區，2018）



碎石集水井（國際示範區，2018）

設計
理念

碎石袋機動功能

利用碎石袋疊砌形成集水井的理念，是希望藉由坡地現有礫石及碎石的收集，一方面減少農耕作業的困難度，再方面改善作物的生長環境。碎石袋的尺寸均一，袋內填充的碎石量也容易控制，因此相較於乾砌石疊砌工法，在施作難度上佔有優勢，且更加整齊美觀，並可以經由不同的袋體選擇，決定碎石袋的透水性，具有多元的施工用途。此外，碎石袋具有良好的機動性，可以隨時增設、移除，設計容錯率高。

集水井具有「分段消能」及「安全銜接」兩大功能，其原理是利用高低落差，消耗逕流動能，並可以依照集水井的設計型式，提供沉砂、導流等多種功能。

所謂「分段消能」，是為了避免大量逕流經由排水溝快速流下，造成水流動能不斷累積。因此在縱向排水溝中，每隔適當距離設置集水井。「安全銜接」，是為了避免不同排水系統在匯集時所產生的亂流與淘刷，一般設置於排水系統的匯流點，使來自於各方的逕流先於集水井內集中，再經由集水井的出水口排入下游排水設施。

坡地農地排水系統常利用山邊溝、土溝、草溝做為主要的排水架構，既使以砌石、拋石或其他材料保護溝面，但材料強度仍然有限。因此，消能設施的設計與配置，對於排水系統的安全運作尤其重要。

集水井的規格需依現地逕流量、坡度、排水溝方向而定，一般多以矩形集水井設計。矩形集水井的長與寬約為 0.8~1.2m，深度約為 60~80cm，尺寸可依照水流含砂量、銜接排水溝的數量或其他用途酌量調整。

材料 工具



製作碎石袋（國際示範區，2018）



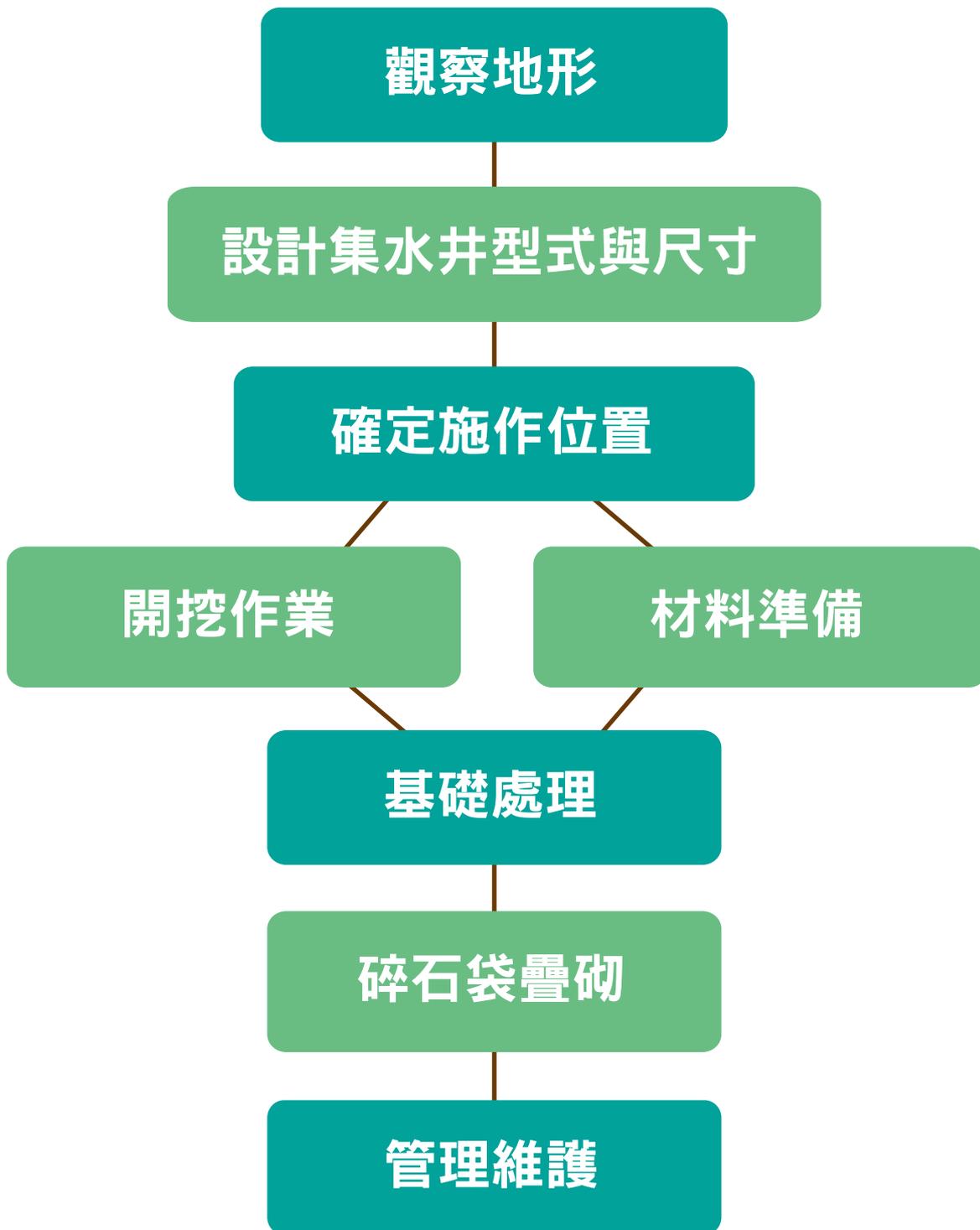
碎石袋（國際示範區，2018）

1. 袋體

PET 聚酯纖維材質，寬 40cm，長 60cm。填充後之體積約為 0.02m^3 ，重量達 25~30kg。

2. 填充材料

清碎石 1.5~2.0cm。



1. 觀察地形

地形觀察的重點，在於了解附近區域的水流流向、匯集位置以及周遭環境設施。規劃時應將集水井設置於逕流匯集的地點或渠道急彎處，並根據集水區的大小以及土地利用，評估集水井的容量需求與設置目的。

2. 設計集水井型式與尺寸

碎石袋集水井一般以矩形設計為主，尺寸可依照地形條件、集水面積、水流含砂量、銜接排水溝渠的數量或其他用途進行設計，其深度不宜超過 1.5m。

3. 確定施作位置

集水井型式與尺寸確定後，應框定施作範圍並進行簡易放樣，同時估算材料用量。

4. 開挖作業

應避免於汛期時施工，開挖作業所挖出之土方應妥善處理，不可堆置於渠道中。可將開挖土方內的碎石篩出，做為 PET 袋填充的材料。施工過程中，基於安全考量，可於工址附近加設警示圍籬，避免人員不慎跌入。

5. 材料準備

依照材料用量估算的結果訂製 PET 袋體、收集碎石資源。為避免袋體車縫棉線外露，影響使用壽命，在填充碎石袋之前務必將袋體翻面，使縫線藏匿於袋內，再將碎石填入袋中大約 5 分滿 (25~30kg)。填充完畢後，將袋口以束繩綁緊即可。

6. 基礎處理

開挖完成後，應確保基礎土壤的確實夯實與整平，避免未來井內發生集中積水的現象。集水井井底應鋪設碎石袋以保護井底基礎，鋪設至少 2 層以上。鋪設時應自井底開始，並把握分層交錯疊砌的原則，以達到減少水流滲漏、增加碎石袋穩定性的效果。倘若 PET 聚酯纖維袋獲得不易時，亦可選擇飼料袋、麻布袋、肥料袋代替，並於施作時以不織布、椰纖毯等資材做為內襯。

7. 碎石袋疊砌

沿著集水井四周的土壁，利用碎石袋分層交錯向上疊砌成牆為原則。每層鋪設完畢後，務必將碎石袋間的縫隙利用現場土壤確實回填夯實。最後，應注意集水井與周遭地形、設施的銜接，使周遭排水設施能夠有效排入井內，並安全排往下游。

8. 管理維護

碎石袋集水井完工後，應定期檢查有無袋體脫落、破損等情形，並即刻修補或更換，避免構造物損壞。雨季時，應儘量保持井內清空，避免影響集水井的功能。

工法
特性

人力開挖不易

1. 人力開挖較為困難

碎石袋集水井的開挖作業需要耗費較多的人力，是其缺點，因此，建議能以輕型機具輔助，可省去許多時間，並將人力集中於碎石袋的準備。

2. 碎石材料再利用

碎石或石塊取得的難易與施工區域周邊的環境有關，通常可以經由整地時篩選取得。將坡地碎石做為施工材料，可以減少機具操作以及作物生長時的阻礙，是其優點。

3. 施作人力

本示範區設置兩座碎石袋集水井，共計使用碎石袋約 2,000 包，開挖土方約 10m³，各項人力需求如下：

開挖作業：以小型挖土機施作，包含井體初步修整，共需要 2 個工作天。

碎石袋製作：包含袋體翻面、填充碎石及袋口綁束，由 2 位工作人員施作，每日約可製作 100 個碎石袋。

銜接與收尾：以人力施作，將周遭逕流流線與集水井妥善銜接，由 2 位工作人員施作，共耗費 2 個工作天。

替代
材料

1. 填充材料

若碎石材料不足時，可自採石場採購，或改以土壤填充，但是要注意填充土壤可能流失的潛在問題，因此當使用土壤做為填充材料時，宜選擇密封性較高的袋體。

回歸自然的材料 草溝



草溝（國際示範區 2018）8

排水溝是農地排水系統中不可或缺的重要環節，主要的功用是將山邊溝、平台階段等橫向截水設施所收集之逕流，引導至下游安全位置。

草溝具有增加土壤滲及宣洩逕流的功能，利用植草於排水溝面防止土壤沖蝕，不僅可以有效保護溝身安全，且兼具便利農機作業及農作物經營管理的優點，讓設計者可視現地需求選用，達到安全排水的目的，也能減少硬鋪面，維護景觀生態。

施作
區域

平緩低窪處

草溝施作區域位於草皮鋪植示範區內，平均坡度為 15°，礫石含量高，坡面左右兩側隆起，呈現凹狀地型，是地表逕流匯集之處。坡面上方為山邊溝，下方為混凝土矩形排水溝，因此在草皮鋪植示範區內施作草溝，將逕流收集後往下方混凝土排水溝排出。

設計
理念

近年來注重環境生態保育，非主要排水設施若能以草溝取代，除了可以降低整體排水系統的混凝土使用量，並提供生物棲息空間且易於與自然環境結合。

草溝植被的根系能改善土壤性質、增加土壤固結、進而提供錨定作用，地表上之植株亦能保護排水溝溝深免於土壤沖蝕、攔截部分土砂、延長洪峰時間。

使用材料



草皮鋪植（國際示範區，2018）



施工用具（國際示範區，2018）

1. 材料

地毯草草皮，禾本科多年生匍匐性植物，耐蔭性佳。

2. 施工用具

釘耙、鋤頭。



1. 觀察地形

施作前地形觀察的重點在於評估排水溝設置的位置，且應考量既有地形障礙物的迴避方案。排水溝設置的位置應選在水流匯集的地區，並儘可能與附近橫向排水系統銜接。

2. 設計排水溝斷面

草溝排水溝斷面設計以拋物線形為主，並應觀察水流泥砂含量，酌量加大通水斷面。坡地農地排水系統的設計通水量以重現期距 10 年的降雨事件計算，其他非農業使用或多元用途的排水斷面，則以重現期距 25 年計算。

3. 確定施作位置

施作區域確定後，應將範圍框定，並依照排水溝斷面設計進行樁線佈設、面積丈量，以及材料使用量估算。

4. 材料準備

依照面積測量結果，準備足夠的草皮材料，可就近向苗商採購或就近進行草皮培育。

5. 溝體挖掘與整理

溝體挖掘前，應先清除排水溝施作區的雜草、雜木或其他廢棄物，並將土方中的碎石篩出。整理完畢後，依照排水溝樁線位置進行溝體開挖。挖掘作業所產生的土方應妥善堆置於工址附近，未來可做其他用途使用。

6. 溝形修整

針對排水溝的形狀進行細部修整，包含排水溝高度、溝底寬度及溝岸斜率等，務必與設計相符。修整後的溝面應保持平整，並將碎石、樹根等尖銳雜物剔除。

7. 草皮挖取

挖取培育好的草皮並移植至施作區域，步驟如下：

- A. 施作前應先將草皮葉片修短，以降低草皮水分消耗速度。
- B. 挖取時保持草皮濕潤，並確保草皮底部夾帶有足夠厚度的原生土壤至少 2~4cm。
- C. 草皮取出後應於 3 日內儘快鋪設完畢，若無法立刻施作，應經常灑水，避免草皮枯萎。

8. 草皮鋪植

草皮鋪設之步驟如下：

- A. 鋪植前，先將表層土壤翻鬆，並澆水使土壤濕潤，以利草皮根系與土壤貼合。
- B. 鋪設時可將草皮撕開，以促進草根再生。鋪設方向沿水平方向施作，以達到鋪設初期阻絕逕流下所造成的沖蝕。
- C. 鋪植完成後，須立刻澆水，並踩踏或拍打草皮，使草根與土壤緊密接合，建議澆水至表土產生泥漿最為理想

9. 管理與維護

草皮鋪設完成初期應確保水分充足，並經常灑水，但須注意水溫控制，避免對草皮造成傷害。

工法 特性

1. 施作人力評估

草溝排水工法之各項步驟所需人力如下：

- A. 溝型挖掘及修整：2 位工作人員同時進行，包含溝型的挖掘及修整成與設計相符之拋物線型斷面，共需時 1 個工作天。
- B. 草皮鋪植：2 位工作人員合作進行，鋪設同時充分灑水，並踩踏草皮與地表土壤結合，共耗費 0.5 個工作天。

2. 管理與維護方便

草溝植草或鋪植完成並穩定生長後，僅需定期灑水、拔除雜草即可，管理相當容易，是其優點。

施工 方法

草類導入方式

草溝植草若採用分株法進行，則於挖掘溝體成形後，應鋤鬆種植面土壤，並將良好表土客入，每隔 10 ~ 20cm 挖一橫向植溝，然後以分株法種植，再行覆土並充分踩踏。

替代 材料

溝底材料

當草溝內有水流集中或滯留情況，為使溝面不因浸潤造成草生覆蓋損壞或溝底刷深，可在溝底增加砌石、砌磚及混凝土鋪面，形成複式斷面之草溝。

