

白堊土創生機 —泥岩裸露邊坡保護工法

文圖 | 張文章 水土保持局第四工程所

泥岩—專家學者稱之為“台灣山坡之癌”，俗稱惡地形，治理甚感棘手，台灣主要水庫諸如曾文、南化、烏山頭…等水庫均涵蓋於泥岩範圍內，其治理之急迫性不可言喻。經多年觀察試驗以及經驗之累積，以因地制宜，利用其不透水性，就地採取泥岩興建土壩式農塘「以土蓄水，以水保土」，符合自然生態的原則。

台灣惡地景觀包括有泥岩惡地、礫石惡地及石灰岩惡地，其中以西南部泥岩惡地面積最大，分布主要在曾文溪以南的台南縣及高雄縣內，為一狹長地帶。

台灣山坡之癌—泥岩惡地

泥岩地質為年代很輕、結構緊密、透水性差、岩性不足、膠結不良之岩體，因此其乾時雖硬如岩石，觸水後，則又迅速崩解軟化如泥，乾燥過程中表層會因水分變化的收縮作用產生密布裂隙與剝離界面層。降雨時水流循裂隙滲入至界面處使風化層軟化成泥流，造成表土層流失或界面坍塌。








泥岩乾濕的變化，直接影響泥岩表面之風化與崩解，使風化表層因而不斷流失或剝落，導致植物根系外露，加上原岩硬度高，植物根系無法延伸、地質非常貧瘠、pH 值高等惡劣的環境條件，使泥岩邊坡成為植生護坡處理難度極高之特殊地質。專家學者稱之為“台灣山坡之癌”，

俗稱惡地形，由於理化性質特殊 pH 值高達 8.5 - 9.3，粉粒含量多，其粒徑為 0.002 - 2 公厘，其於乾時堅硬如石，表面呈魚鱗龜裂，濕時表層軟化呈泥漿態。裸露坡面的年沖蝕深度據估計約 6 - 8 公分，最高甚至可達 10 公分以上，為台灣最容易沖蝕之土壤。

泥岩地質的特殊性，使得植生護坡處理難度極高，若以純植生工法整治泥岩，其成效較難發揮，因此以自然生態之理念為著眼點，營造動植物良好的生長環境，減少施工期間對自然地形的破壞，依立地條件配合施以不同工法予以治理，俾使邊坡達到安定，並恢復泥岩坡面植生覆蓋。可發揮山坡地崩塌整治效果及預防災害發生，促進國土資源保育、加速泥岩裸露地植被重建、再藉由植生綠美化，提升環境生活品質及維護自然景觀生態平衡。

生態工法—以土蓄水·以水保土

生態工法為現今世界各國在工程設計上主要理念與措施，其精神是「以安全為基礎，生態為導向，永續為目標」。因此，若為泥岩性質集水區，其溪溝坑谷特多，縱橫向之沖刷更為劇烈，泥岩之流失量又大，必需溪溝與邊坡同時整治才能一舉而達成功之境，在溪溝以泥岩之不透水性因地制宜就地取材，挖取泥岩構築土壩，兼具防砂與蓄水之功能，採用當地可應用之資材，創造兼具防災、生態復育與

施用工法	所在樣區
<p data-bbox="458 182 665 217">廢輪胎護坡工法</p> 	<p data-bbox="1022 262 1200 297">牛埔教學園區</p>
<p data-bbox="462 437 644 472">自由樑框工法</p> 	<p data-bbox="968 521 1258 556">182 線道龍崎路段邊坡</p>
<p data-bbox="462 672 644 707">布袋模毯工法</p> 	<p data-bbox="1022 756 1200 791">牛埔教學園區</p>
<p data-bbox="415 901 679 936">擋土柵配合截留束法</p> 	<p data-bbox="993 991 1229 1027">烏山頭紅泉坑樣區</p>
<p data-bbox="344 1142 751 1177">植生帶法、植生帶法 (加草帶法)</p> 	<p data-bbox="1022 1226 1200 1262">牛埔教學園區</p>
<p data-bbox="468 1377 622 1413">掛網噴植法</p> 	<p data-bbox="1022 1462 1200 1497">牛埔教學園區</p>
<p data-bbox="472 1613 622 1648">肥束網帶法</p> 	<p data-bbox="993 1697 1229 1732">烏山頭紅泉坑樣區</p>

休閒遊憩之功能，而達「以土蓄水，以水保土」之最自然生態工法。

目前運用於泥岩邊坡整治所使用各種工法，歸納如下所列：廢輪胎護坡工法，

自由樑框工法，布袋模毯工法，擋土柵配合截留束法，掛網噴植法 (含掛網加長纖噴植)，肥束網帶法，植生帶法，土堤 (箱籠) 圍堵法。

田寮古亭試驗區植生試驗邊坡



① 田寮農塘試驗區植生試驗邊坡施工情形 (邱創益於 1992 年拍攝)



④ 田寮農塘試驗區植生試驗邊坡 1 年後邊坡覆蓋情形 (邱創益於 1993 年拍攝)



② 田寮農塘試驗區植生試驗邊坡施工情形 (陳振盛於 1992 年拍攝)



⑤ 田寮農塘試驗區植生試驗邊坡 2 年後邊坡覆蓋情形 (陳振盛於 1994 年拍攝)



③ 田寮農塘試驗區植生試驗邊坡維護情形 (邱創益於 1992 年拍攝)



⑥ 田寮農塘試驗區植生試驗邊坡 8 年後邊坡覆蓋情形 (2001 年拍攝)

泥岩邊坡試驗案例分享

一、田寮古亭試驗區植生試驗邊坡

本試驗地由中華工程公司、國科會共同提供經費，計畫期間 1992 - 1995

年，分別由國立成功大學李德河教授(綠色防水封面工法)、顏富士教授(泥岩坡頂鋪設混凝土面層)、中興大學段錦浩教授(水泥梳狀板)及中原大學張達德教授(加勁擋土設施)，從工程層面進行坡腳穩定、安全排水及工程材料敷蓋裸地之方面探討工程邊坡穩定；並由屏東科技大學邱創益教授(植生法 I)與水土保持局陳振盛股長(植生法 II)，各自進行植生穩定坡面試驗，另由水土保持局自行執行自然裸坡的植生試驗。

南二高田寮收費站南下邊坡



南二高隧道口陡峭坡腳土堤圍堵法 (邱創益於 2003 年 8 月拍攝)

二、南二高田寮收費站南下邊坡

南二高田寮至嶺口段之道路裸坡，以泥岩最多而面積大，次為礫石層在同



南二高田寮收費站南下隧道口陡峭裸坡坡腳下方用箱籠圍堵泥塊、泥流 (2005 年 6 月拍攝)



南二高田寮收費站南下隧道口陡峭裸坡坡腳下方圍堵沉砂區清淤後情況 (2005 年 10 月拍攝)



南二高田寮收費站南下邊坡(圍堵法)情形 (2005 年 7 月拍攝)



南二高田寮收費站南下隧道口陡峭裸坡坡腳受蝕泥砂沉積區 (2005 年 10 月拍攝)

一路段隧道口前，在距陡坡 5 - 20 公尺處，設置箱籠內側栽植灌木及草類圍堵坡腳，以防止大量泥流及崩落的泥塊流入道路，維持道路暢通，創意甚佳且省工程費、效果良好。在坡腳與蛇籠間(土堤)間，目前栽植數排之培地茅，若補植耐土掩蓋易生不定根之柳樹、榕樹，則防止土砂流入路面之效果更佳。

經調查量測發現，泥岩陡峭裸坡 pH 值達 9.1 - 9.2，而下方植生綠籬攔截泥砂土層之 pH 值為 8.3 - 8.4，顯示酸鹼性有降低情形。

結語

對泥岩植生工法進行效益評估之成果顯示，坡腳基礎及坡面坡頂截排水等基礎設施常關乎植生工法之成敗，在泥岩裸露邊坡植生工程，應將基礎設施設置於穩定坡面上，選用適宜且防災效果大的鄉土植物進行植生綠化。基礎設施可包括：基腳穩定設施、設置階段、打樁編柵、排水設施、鋪網及框法等，以有效穩定坡面後採用適當的植生工法。

經長年的泥岩邊坡試驗分析，於泥岩裸坡地上用適宜的植生工法與選用適生的植物材料(草類與木本混植)及適時植生導入後，維持一定程度的植生被覆，泥岩裸坡的穩定可收預期的效果。

而泥岩邊坡因其易蝕性等因素，目前各項邊坡植生工法處理成果，或有部分缺陋或因執行時間限制，有未臻於完善者。未來隨著植生工法現地試驗經驗的累積、技術發展與資材的研發，仍有待持續試驗研究的必要，已執行處理地區仍需適時維護，以確保其護坡功能。

關於泥岩植生方法，有以下幾點建議：

1. 在 35 度以下之泥岩緩坡上，用直播法、植生帶法、肥束網帶法或輪胎護坡工法導入草類及喬灌木。

2. 在 35 - 50 度之邊坡上，用草帶法、掛網中層噴植法(厚度 3.1 - 7.0 公分)及掛網加長纖噴植法植生，為防止乾旱宜加敷稻草蓆。

3. 坡度 50 - 60 度之陡峭邊坡上，用框法植生配合掛網噴植法、土壤袋法。

4. 坡度大於 60 度，可採坡腳圍堵法，緩和基腳坡度，進而恢復植生覆蓋。

泥岩裸露邊坡植生材料之選用，在實際邊坡處理上除以百喜草、百慕達草、奧古斯丁草及類地毯草為主的草類植物外，為達到在短期內(約 6 年)造成防災效果大的複層植被，今後植生設計運用上，在較陡(≥ 35 度)的坡面上，建議加入台灣優良、適生之山鹽菁、山水柳、水黃皮、海桐、野番石榴、野桐、九芎、構樹、山芙蓉及月橘等低矮喬灌木類；緩坡(≤ 35 度)上可選用黃槿、稜果榕、榕樹、相思樹、台灣欒樹、苦楝、桃花心木、無患子等優良的水土保持適用植物。

另外，黃野百合、青葙為 1 年生草花，對護坡效果極為有限；營多籐、賽芻豆為多年生的豆科籐類植物，生長勢太強易壓抑其他邊坡綠化植物生長，因此宜審慎使用。而植生種子為植生材料中為最主要因子，宜多研究及推薦確實有用之鄉土植物，建立種子資料庫，提供設計及施工之應用。 