



以生態工程搶修林道路基工程之研究——以宜專一線公路11 k+500 m路基流失為例

文、圖 ■ 崔國強 ■ 國立宜蘭大學土木工程學系副教授

林志明 ■ 國立宜蘭大學土木工程學系研究生（通訊作者）

一、前言

宜專一線公路早期為太平山林道，其為造林、保林、育林、伐木等功用，經濟發展後推廣國民旅遊後兼具森林生態旅遊、取締盜伐盜獵等，另外在林班地崩塌治理、國家森林遊樂區設施災害復建等防、救災與森林火災車輛人員通行之利用，亦為林業經營通行林道利用型態之一，其中提供民眾前往國家森林遊樂區旅遊，為近來林道利用最重要之型態，因此，林道利用之經濟效益，可以提供森林遊樂區聯外通行，為實質之有形效益等（謝宏松，2007）。

近年由於國際環境保護及森林生態保育的觀念以及國人旅遊型態的轉變，一種有別於傳統旅遊，將旅遊休憩與生態保育、環境保護以及文化體驗結合的森林生態旅遊型態，已融入民眾生活的旅遊型態，在現階段社會趨向於森林生態旅遊型態脈動及政府大力推動國家旅遊發展的情形之下，林務局所屬國家森林遊樂區為提供民眾前往旅遊地點的選擇之一，而專用公路為聯絡國家森林遊樂區之聯外主要交通道路，因此提供基本之安全設施確保行車安全才能創造國家森林

遊樂區高品質旅遊環境，增加旅遊吸引力及提昇國家旅遊競爭力（謝宏松，2007）。

台灣地理環境特殊，地形陡峭、坡度大、地質脆弱因颱風豪雨造成林道邊坡沖蝕、路基流失等情形，太平山林道雖改善為宜專一線公路對於邊坡或路基因受921大地震或颱風豪雨影響，地質碎裂鬆動，颱風豪雨常造成邊坡沖蝕、路基流失，其中94年7月18日的海棠颱風就重創宜專一線公路，因此使太平山國家森林遊樂區於95年7月1日才真正順利通車，整個遊樂區關閉近1年，動用搶修及維護經費超過億元，影響整個遊樂區之營運甚鉅。

94年7月18日的海棠颱風重創宜專一線公路，其中1處重大災害地點在11.5 km，路基坍塌長度約70 m、高度達30 m，是自開設該道路以來最嚴重的路基坍塌，林務局羅東林區管理處為搶修宜專一線公路通車，恢復太平山國家森林遊樂區維修及營運，在考量勘查當地地形、考慮搶修經費、搶修時效、生態工程等因素採用基礎打預力混凝土樁，上層以聚合物原料加勁工程程序製造而成呈網狀之地工格網加勁擋土牆搶修，事後經過2年



圖1 海棠颱風造成宜專一線11 K+500 m災害地點之位置圖。

監測，不但成效良好，搶修時間短、經費省及兼具生態，因此特別進行研究及探討，希望能提供其他林區管理處林道類似災害復建之參考。



▲海棠颱風造成宜專一線11K+500 m之災害情形（一）。

定及生態的目的。

三、施工步驟及施工情形

(一) 施工步驟



▲海棠颱風宜專一線11K+500 m之災害情形（二）。

二、以生態工程搶修林道路基坍塌之設計

採加勁擋土牆工法，利用聚合物原料加勁工程序製造而成呈網狀之地工格網，與選擇性之填土料（加勁邊坡內之填土料，取材於仁澤河道粒徑 $< \Phi 10 \text{ cm}$ 之砂石），於施工時隨著填土的鋪填滾壓，分層鋪設地工格網，堆砌植生土包，並利用地工格網回包及張拉錨定的方式，循序施工，藉由格網與土料之間的相互楔合力，增加斜坡內土料的抗剪強度，以達到邊坡穩

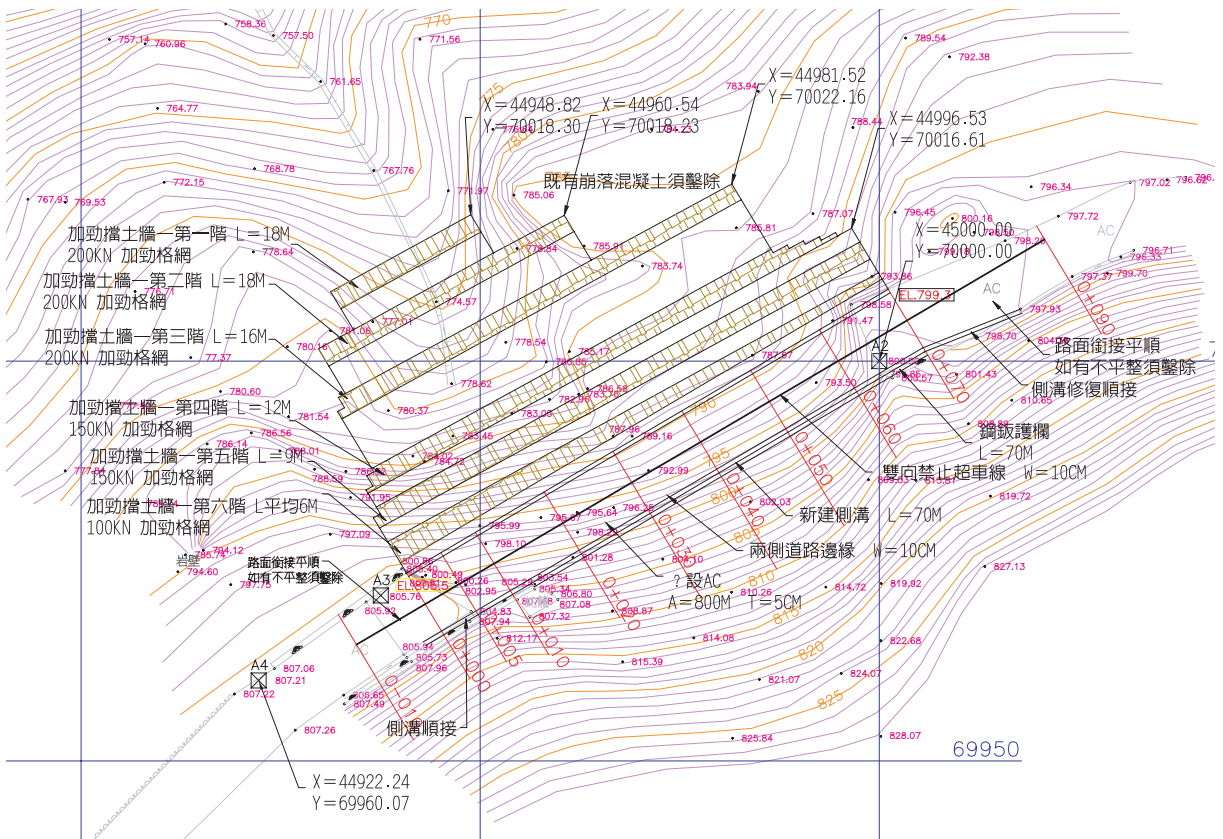


圖2 宜專一線11 K+500 m災害地點採加勁擋土牆工法之平面設計圖。

表1 加勁格網設計材料規格設計表

規格	100KN	150KN	200KN	檢驗標準
格網材質	聚酯纖維 (PET)			
外層被覆材質	PVC	PVC	PVC	比重法或燃燒法
經向極限抗拉強度 TULT (KN / M)	≥ 100	≥ 150	≥ 200	ASTM D 6637
經向極限延伸率 (%)	≤ 12	≤ 12	≤ 12	ASTM D 6637
經向5%應變抗拉強度 (KN / M)	≥ 45	≥ 60	≥ 80	ASTM D 6637
經向長期設計強度 Tal (KN / M)	≥ 40	≥ 60	≥ 70	FHWA-NHI-00-043

1. 土工格網進場：營造廠商應提供安全、潔淨、無直接受陽光日曬之平坦場所置放土工格網。各批材料進入工地倉庫後，於開工同時，會同甲方人員或工地工程師取樣1.5M×1.5M 見方之格網材料，送公立

機構或其他學術檢驗單位試驗，符合規格要求後方可使用。

2. 基礎開挖整平，夯實達90%壓密度，清理地表植物，坡趾開挖。按設計圖所標示之位置高程將基礎面整平，將所有尖銳

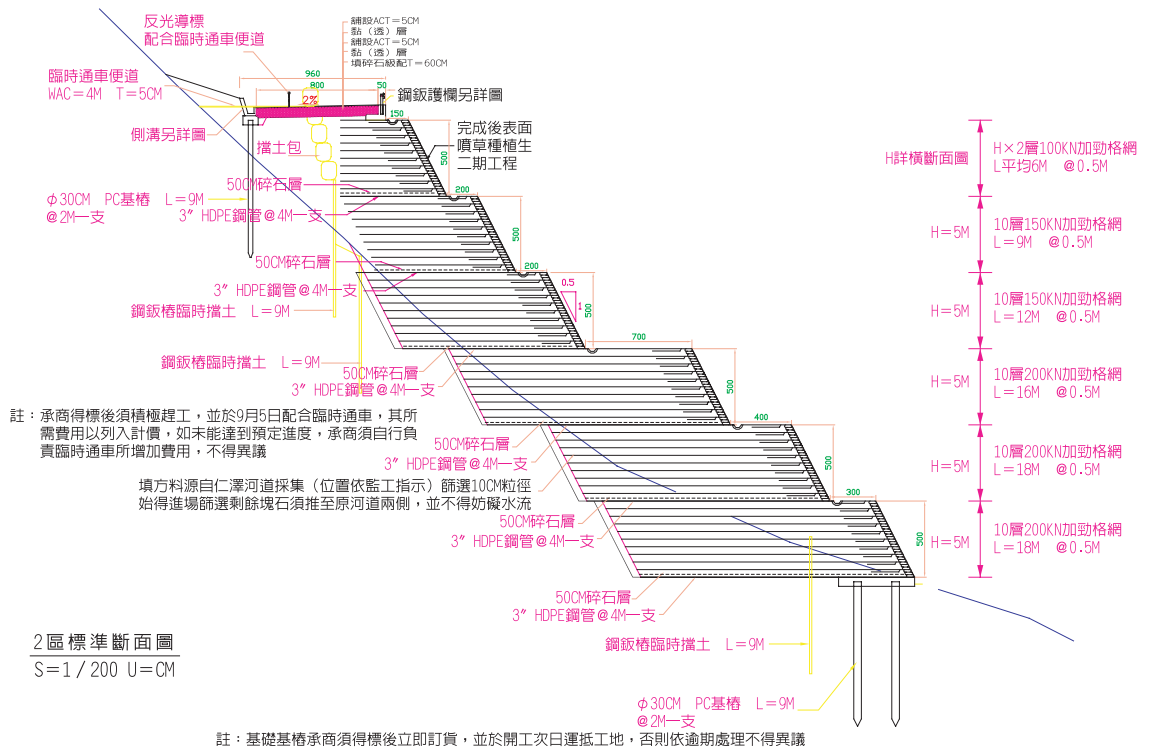


圖3 宜專一線11 K+500 m災害地點採加勁擋土牆工法断面圖。

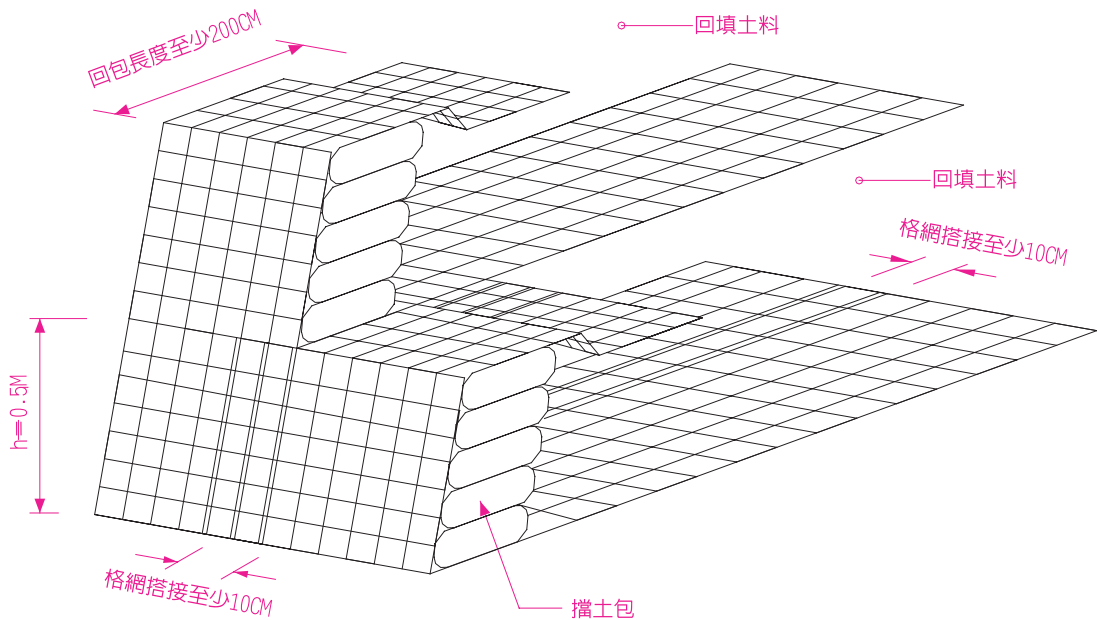


圖4 宜專一線11 K+500 m災害地點採加勁擋土牆加勁格網設計圖。



突出物、植物、腐土及其它有機物質挖除清離基礎之表面，而任何窪地或孔隙、空洞等，都必須以認可之土料填平，並夯實至90%壓密狀態。

3. 若基礎開挖面有軟弱土層，應予以挖除，並回填碎石級配料或 $140 \text{ kg} / \text{cm}^3$ 混凝土，其改良深度及範圍，應製成施工圖，經工地工程師核可後施作。加勁區下方若有深層圓弧滑動之可能時，設計者可考慮搭配微型樁設計，以避免整體圓弧破壞。而在基礎整平後，非經工地工程師之許可，任何施工車輛或機具不得在整平之基礎面上行走。

4. 承包廠商在基礎整平開挖時，事先應有周詳計畫，並以適當的工法施工以確保開挖面整體的穩定安全。施工期間碰到任何意外情況，依本身之工程經驗判斷，非為原先所預期者，而且顯然不符合加勁格網的設計效能時，應立即向工程師報告，以供處理。

5. 記錄地下水及坡面滲水位置，遇有出水現象，以碎石盲溝或水平向排水處理。

6. 邊坡之階梯式開挖，鋪設加勁格網。坡面疊置碎石包或植生包，後方加勁格網需確實施以預力拉撐，不得有波浪摺皺的情形，並以J型鋼筋錨定或以土方堆壓錨定。

7. 回填土料於篩分析檢驗合格後，須分層鋪置，分層壓實，回填土料之鋪置厚度每層須在 $15 \text{ cm} \sim 30 \text{ cm}$ 間，並應先行修整，使呈水平層面，再以8噸~10噸之三輪震動壓路機或膠輪壓路，予以均勻滾壓。回填夯實土壤，需達最大乾密度90%，並以核子密度儀檢測夯實度。每層回填應有3~5孔

夯實度檢測，或依回填面積及現場工程師要求酌量抽驗。在工地現場作密度試驗，若試驗結果不合乎標準，營造廠商應依現場工程師要求，再加壓實不得異議，其所有再加壓及增加試驗之費用，應由承包商負責。

8. 牆前擋土包每疊置1~2包，需以挖土機抓斗夯壓，並達到可行走重型機械的程度。回填夯實土壤到達回包之高度後，開挖回包錨定溝。

9. 將回包段格網折入錨定溝內，回包段長度應至少 2.0 m 以上，施加預力拉襯，使格網能緊繃牆面，再回填錨定溝，夯實整平土方。

10. 鋪設上一層格網；以挖土機抓斗修整坡面。

11. 任何施工車輛及機具不得直接在格網上行走，如係必要應先鋪設厚 25 cm 以上回填土料，行車車速不得大於 $5 \text{ km} / \text{小時}$ ，行車方向以縱行或橫跨為原則，並不得急轉彎或加速。

12. 格網鋪設後應立即回填土料並夯壓，鋪覆土料延遲時間不得超過72小時。

13. 水平向格網搭接，應有左右重疊 10 cm 以上，並以土方每隔 2 m 堆壓錨定，搭接時若有擾動拉扯格網之情形，需立即拆除重新鋪設。

14. 依照施工圖設置加勁區後方及周圍排水系統。開挖面若有特殊出水處，應另設計獨立的盲溝橫向排水。

15. 施工中應注意加勁區兩側坡面及後方坡面的臨時排水，回填區以土包堆置臨時

導水溝。如遇颱風、暴雨，應以挖土機具於加勁區後方及兩側開闢臨時排水溝導出地表水；未施工完成之牆面及加勁區，應以P.E布立即覆蓋，避免暴雨沖刷。

16. 重覆6~7步驟至加勁區完成。

17. 依設計圖說設置坡頂攔水排水設施。

(二) 施工情形

宜專一線11 K+500 m災害緊急搶修工程，採加勁格網擋土牆工法，94年12月26日

施工，95年3月11日完工，扣除春節，施工日數52天，治理費用14,250,000元。除加勁格網外，道路路基及邊坡治理，基樁、鋼筋混凝土基礎、土方及運輸、路基加勁、邊坡植生、排水、臨時通行設施、交通及工地安全維護等工作，其施工情形如下列照片情形。

四、成效分析

(一) 據林務局提供資料顯示，太平山

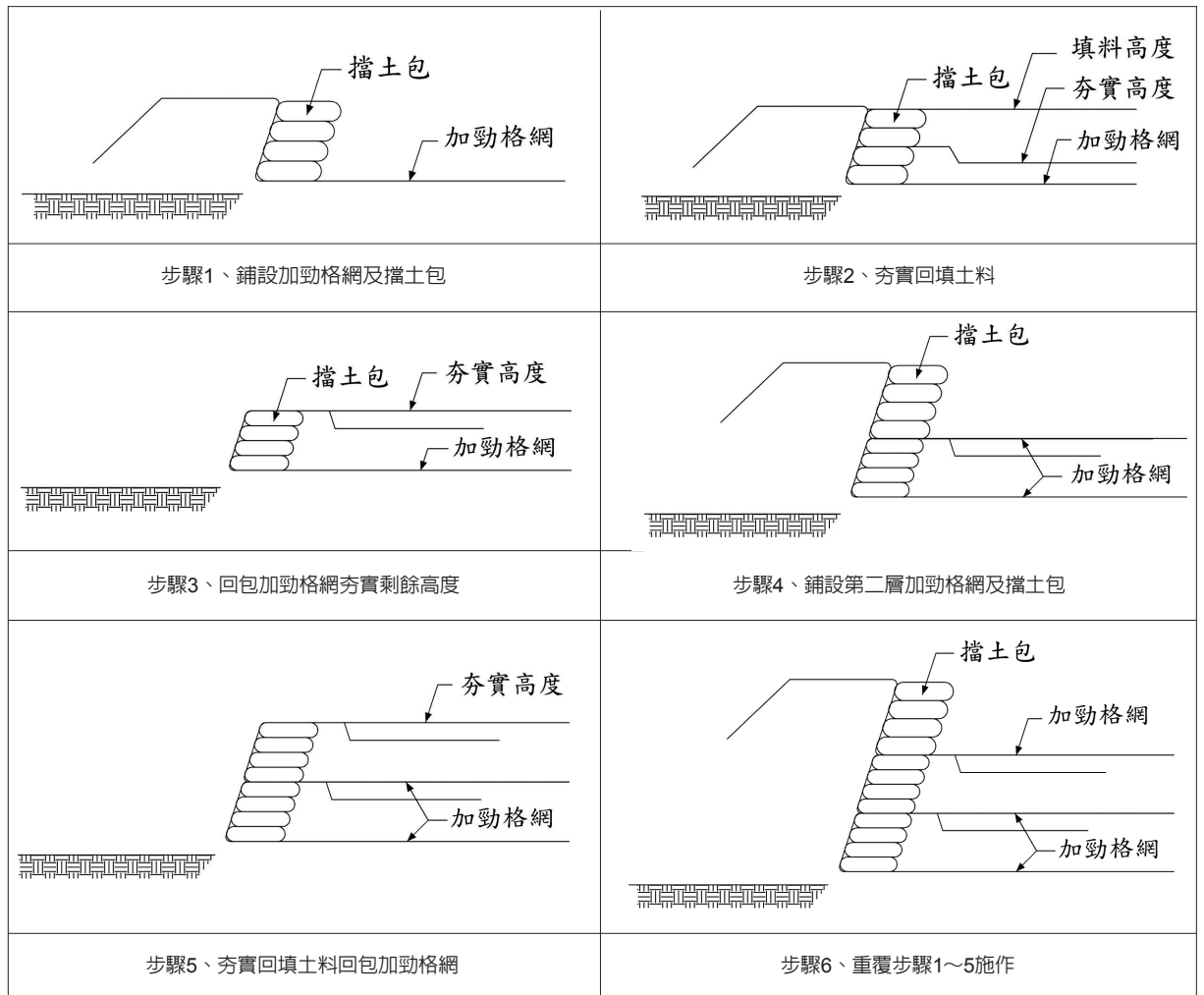


圖5 加勁格網施工步驟。



▲測量及開挖基礎。



▲夯實度檢測。



▲加勁材料抽驗。



▲2~3層加勁擋土牆施設。



▲基礎及第一層加勁擋土牆施設。



▲3~4層加勁擋土牆施設。



▲膠輪壓路滾壓。



▲5~6層加勁擋土牆施設近完工。

國家森林遊樂區自89年度至94年度止，宜專一線公路門票收入為1億6千6百餘萬元，平均每年2千7百餘萬元，入園人數平均每年23萬4千餘人，入園車輛平均每年有4萬4千4百輛，因此工期提早不但提高收入，也減低因道路中斷遊樂設施缺乏養護管理潮濕而腐壞。本案採加勁格網擋土牆施設，施工日數只有52天，對太平山國家森林遊樂區營運及收益幫助非常大，因此工程期限提早也應值得研究。

(二) 海棠颱風重創宜專一線公路，其中另1處重大災害地點在6.5 km，路基坍塌長度與高度略與本處相似，唯因四個連續回頭彎，經監測結果，土壓力過大，並經過斷層帶為考慮安全，採用地錨工法，工程經費超過2千萬，施工長達1年，兩處災害搶修完竣經過1年多監測，宜專一線6.5 km有3支地錨因壓力大而損壞，擋土牆再次龜裂、路基又再下陷並產生整個構造物潛在危險，而本案宜專一線公路11.5 km案有2個連續回頭彎，以聚合物原料加勁工程程序製造而成呈網狀

之地工格網加勁擋土牆搶修，不但植生成長良好，路基穩定性高均未再下陷，搶修時間短、經費省及兼具生態，因此特別進行研究探討，希望能提供其他林區管理處轄管林道類似災害復建之參考。

(三) 宜專一線公路係太平山國家森林遊樂區聯外道路，遊樂區雖然有翠峰景觀道路、見晴懷古步道、太平山莊、太平山後山公園、茂興懷舊步道及鐵杉林國家步道、蹦蹦車、翠峰山莊、翠峰湖、翠峰湖國家步道、山毛櫸國家步道、平元自然步道等美麗據點暨遊樂設施，但是宜專一線公路一但中斷，太平山國家森林遊樂區所有設施形同虛設，由此可知宜專一線公路的重要性，而一但發生災害搶修時效也相對重要，因此工法對節省工期及經費影響重大，頗值得加以探討及研究。

五、結論與建議

(一) 土壤加勁之觀念早在古中國即已萌芽，在玉門一帶利用紅柳、蘆葦混合砂礫

表2 太平山國家森林遊樂區遊客量車輛數與收入表

年度	遊客量 (人)	門票收入 (元)	車輛數 (輛)	車輛收入 (元)
89	259,154	27,024,827	46,441	4,202,833
90	201,200	24,183,526	41,169	3,759,790
91	199,814	14,662,721	39,934	3,698,017
92	286,696	20,326,428	53,280	4,814,174
93	298,928	35,971,768	54,192	4,930,974
94	158,477	19,622,961	31,354	2,868,076
合計	1,404,269	141,792,231	266,370	24,273,864

資料來源：謝宏松 (2007)。



▲宜專一線6.5 km地錨工法。



▲宜專一線11.5 km加勁擋土牆工法。

構築而成的漢長城，雖歷經了2千年之風沙，某些地段卻仍高達數米。所謂加勁之意義就土壤而言，即在減少單位變形的條件下，增加複合體之強度，其原理如同混凝土材料中加入鋼筋具有相同的機制。加勁格網用於土壤係藉由地中鋪設格網與土壤間因互制作用產生張力與互鎖機制，束制土層之側向位移，以增加複合體的強度。

(二) 加勁格網擋土牆施工，利用聚合物原料加勁工程製造成網狀的地工格網，於施工時隨著回填土的鋪填夯壓，地工格網分層回包鋪設，並利用地工格網回包及張拉錨定的方式，循序施工，經由本身結構之柔性，來穩定擋土牆，並於擋土牆排放排水設施，增加結構物之疏水性，避免基礎土壤因不均勻沉陷或排水不良等影響減至最少，並儘量利用挖填平衡式施工，減少資源土石方之

(圖片 / 高遠文化 攝影 / 陳吉鵬)

運棄，並以噴植生聚材等來改善，防止邊坡滑動坍塌並達到綠美化功能。

(三) 由於地工格網廣泛應用於加勁擋土結構，除作為加勁功能同時為裹覆土壤，可避免土壤流失，而加勁擋土牆之施工步驟簡單、快速，不需要重型機具即可施工，惟各項工法的選擇仍需考量當地地質、地形、水文、植生狀況、生態環境需求（如特定物種培育、保護）、材料取得等當地因素。

(四) 林務局管轄之林地佔全國土地約58.5%，以往的林場均開設為森林遊樂區，但94年的海棠颱風，幾乎所有森林遊樂區高山聯絡道路均損壞中斷，類似林道路基大坍塌損壞也不少，以往均採用地錨工法來維修。羅東林區管理處管轄權道路，除宜專一

線公路11.5 km採加勁格網擋土牆外，也均採地錨工法來維修搶修，但本案經研究，以經濟效益、維修經費、搶修工期時效、生態工程各方面比較均比地錨工法好，因此將當地災害、搶修過程、施工順序、監測成效等加以彙整，期望對林務局及所屬林區管理處推動生態工程具有實質助益。

(五) 羅東林區管理處管轄之宜專一線公路11.5 km採加勁格網擋土牆，監測一年半後路基也保持很穩定，上下邊坡草木成長良好，營造綠道路生態成效不錯，林務局管轄之道路部分具有相同性，建議林務局應加以整理並刊登期刊，或成立專屬檔案供需要之單位參考利用。🌱



(圖片/高遠文化，攝影/游忠霖)