

地工植生網材料對坡地土壤抗沖蝕之影響

鄭恆志¹ 陳建同²

¹盟鑫工業股份有限公司 協理

²盟鑫工業股份有限公司 工程師

摘 要

全球暖化溫室效應的影響，使得近年極端天氣類型多變，而氣候變遷所造成雨季延長或瞬時高強度暴雨機率增加，使坡地崩塌大量產生，並劇烈沖蝕坡面土壤，進而造成交通設施損壞、河道原水濁度飆升與危及居民生命財產之安全。掛網噴植工法為崩塌地常見之植生工法，裸坡面透過地工植生網資材鋪設與錨釘增加坡面穩定與抗沖蝕性，並藉噴植導入人工植生之途徑達植生復育效果。本研究選取三種地工植生網資材分別鋪設於坡度斜率 1:1、1:1.5、1:2，並控制三種降雨強度 120mm/hr、180mm/hr、250mm/hr 與一組無鋪設植生網之對照組進行室內人工降雨台試驗，試驗量測結果分析發現，鋪設地工植生網材後土壤抗沖蝕效能至少達 21.87% 以上，而以聚丙烯回收材料製成抗沖蝕環保矩形錐立體植生網產品更達 50% 以上。

關鍵字：地工植生網、植生工法、抗沖蝕、聚丙烯

The Effects of the Erosion Control Ratio of GeoMats on Soil Losses along Hillslopes

James Cheng¹ Chien-Tong Chen²

¹Manager, Gold-Joint Industry Co., Ltd., R.O.C.

²Engineer, Gold-Joint Industry Co., Ltd., R.O.C.

ABSTRACT

Keywords: Geomats, Vegetation Engineering, Erosion Control, Polypropylene

一、前言

全球暖化氣候變遷為目前全球的熱門議題，近年天然災害俱增，相關災情逐漸被專家驗證其關聯性。根據世界銀行於 2005 年報告顯示，台灣為曝露於兩種以上天然災害下之人口與面積比率居世界之冠，一旦發生大規模災害，其損失更難估計，尤以暴雨侵襲台灣之頻率為高，值得關注，颱風所挾帶強降雨，使邊坡產生大量崩塌形成土石料源並堆積於道路與溪流，破壞結構物並中斷聯外交通，甚至沖毀民宅及基礎設施，危及民眾生命財產安全。為因應氣候變遷及天氣劇烈變化，坡地保護復育實為目前工程師急切關注與進行防災整治之要務。

在考量坡面穩定並兼具生態永續目標時，人工掛網植生工法為普遍且適當之作法，且同時具備工法安全性與工程時效性。藉由鋪設地工植生網、抗沖蝕網毯或菱形網等產品於坡地表面，除了增加坡面穩定性，並能緩衝降雨的沖刷與衝擊能力；而植生網材具備立體與厚度更提供植生生長空間，達到植生綠化之效。

地工植生網毯由二十世紀中期開始蓬勃發展至今，材料及類型繁多，運用於實際邊坡沖蝕防治上尤其需要更多詳細資訊 (林, 2001; Rickson, 2006)。然而，目前問題台灣邊坡台地或山坡地常呈陡峭，坡度往往超過 30° 以上，且各類型抗沖蝕鋪網產品適用之坡度及環境並無詳盡規範。因此，本研究主要測試目前市場常用之編織型地工植生網毯，鋪設於砂質土壤後，以模擬降雨並控制在不同坡度下，評估地工植生網於邊坡土壤抗沖蝕能力。

二、地工植生網材料說明及介紹

2-1 地工植生網之製造與特性

掛網植生工程地工植生網一般採用高分子類材料，此高分子材料主要為聚乙烯、聚酯及聚丙烯，也是國內紡織、塑膠等製品主要材料。這類人工合成高分子材料不易受生物與化學分解，但會因紫外線、熱源因時間性而產生材料裂解現象，一般而言可添加助劑予以改善。

常見地工植生網製造原理與傳統紡織方法相同，亦即將高分子材料經抽絲、紡紗、整經後，由縱橫向經紗與緯紗交織而成的平織方式，另一種為用圍環方式來纏繞鉤結紗線織成的針織方式；而硬式植生網則以塑膠膠料經機械軋壓延伸而成。

2-2 地工植生網趨勢與應用

噴植工法約於 1970 年間引進與應用至現今，噴植資材及噴植施工技術仍持續在改良與研發 (林信輝, 2003)。植生網材主要由天然材料 (如黃麻、椰殼、劍麻、稻稈和棕櫚葉) 或合成纖維 (尼龍, 聚丙烯, 聚酯纖維和聚乙烯) 製成, Rickson(2006), 此類網毯用於穩定邊坡、保護植生萌芽初期和控制土壤侵蝕, 廣泛用於現地水土流失與植生護坡處理, Dayte and Gore(1994)。植生依賴於土壤而得以生長, 土壤受植生保護而減緩流失, 植生與土壤相輔相成, 方能保育水土資源 (林俐玲, 2009)。而氣候變遷的影響與節能減碳的重視, 具有立體結構、適當孔徑與輕質柔軟的高分子材料地工植生網, 已逐漸取代天然材質網材耐久性不足與金屬菱型網高碳排耗能的趨勢。

表 1. 植生網材比較

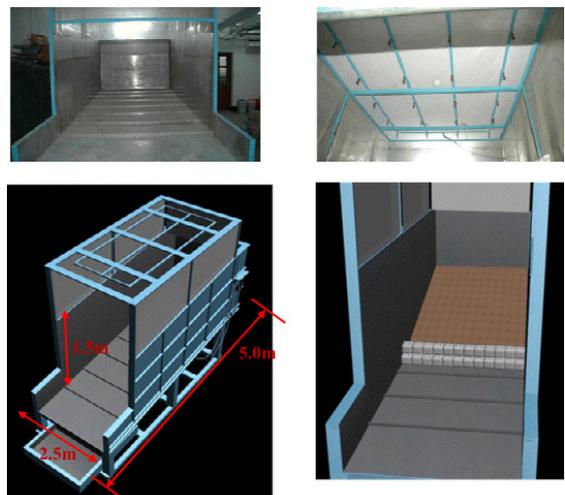
產品比較項目	稻草蓆	菱形鐵絲網	高抗沖蝕植生網
材料強度	低	高	中
耐久性	易受環境自然分解、耐久性差	如無鍍鋅保護、易受腐蝕破壞	經加工處理、耐久性佳
價格	低	高	中
施工性	材料輕盈、施工便利、然產品特性不利險峻邊坡抗沖蝕保護	常見掛網植生產品, 唯金屬特性與網目過大, 常有貼覆性不佳之情況	地工紡織加工製品, 柔性組織, 可因應各種坡度邊坡抗沖蝕與植生復育工程
材料環保性	天然材料, 可分解	鋼鐵類, 耗能	高分子材料類, 可回收再製
碳排放量 ^{註1}	0	2226.18kg-CO ₂ /ton	406.57kg-CO ₂ /ton

註1: 資料來源參考成功大學林憲德教授, 台灣建材生產耗能與二氧化碳排放之解析, 建築學報, 2002

三、研究試驗方法

3-1 試驗設計

(一) 降雨台尺寸長×寬×高: 5m×2.5m×1.5m, 降雨台試



驗儀器並配置 20 個等間距灑水噴頭。

圖 1. 試驗降雨台示意圖

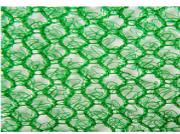
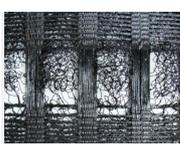
(二)土樣為砂質壤土；沖蝕架之設計參考 ASTM D7101 設計長：90 ± 2 cm、寬：25 ± 2 cm，並分兩測試樣品沖蝕坡；試驗設計如表 2 所示。

表 2. 抗沖蝕試驗條件

試驗條件	本研究試驗
降雨裝置高度(m)	1.5m
降雨強度(mm/hr)	120、180、250
雨滴粒徑(mm)	2~5
降雨延時(hr)	0.5
鋪設土體尺度(cm)	厚度 10±1、長度 90±1
沖蝕坡尺度(cm)	寬度 25±1、長度 90±1
沖蝕坡斜率	1:1、1:1.5、1:2
收集筒逕流量	有足夠容積可收集逕流量
收集時間(hr)	0.25

(三)土工植生網試樣：本試驗選取三種土工植生網鋪設詳表 3，並與一組無鋪設植生網材之裸坡做為比對分析。

表 3. 土工植生網試樣

	樣品示意圖	名稱	樣品說明
T1		抗沖蝕環保矩形錐立體植生網	1.縱向聚丙烯，緯向聚丙烯回收料平織加工製程。 2.厚度 ≥ 5mm 3.網目 ≤ 3x3mm
T2		固草植生網毯	1.聚乙烯針織製 2.厚度 ≥ 10mm 3.網目 ≥ 10mm
T3		多功能複合植生網	1.聚酯纖維平織與聚丙烯熱黏 2.厚度 ≥ 15mm 3.網目 ≤ 3x5cm

3-2 試驗流程

抗沖蝕試驗流程：本試驗試驗旨在模擬異常氣候時的降雨強度及延時，分別將試驗降雨設定為 120mm/hr、180mm/hr、250mm/hr，各強度之降雨時間為 30 分鐘。規劃邊坡斜率為 1:1、1:1.5、1:2，同時考量各斜率降雨面積一致的因素，故試驗流程規劃為：控制降雨強度、堆填試驗邊坡

坡、控制降雨時間、試驗結果量測，試驗流程詳圖 4，總計試驗組數共 36 組，分別記錄各組數據為：地表逕流水重、沖積扇濕土重、乾土重、沖積扇最大深度、長度，及坡面最大沖刷深度，作為三種土工植生網抗沖蝕效能分析。

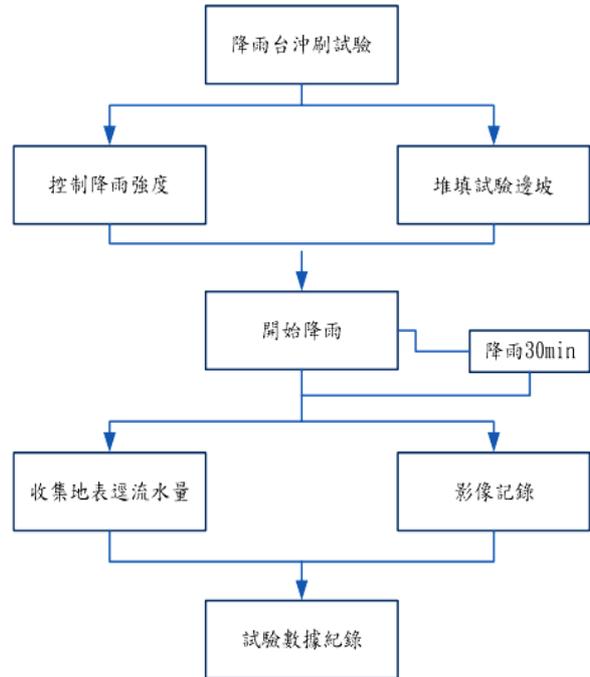


圖 2. 降雨沖刷試驗流程圖

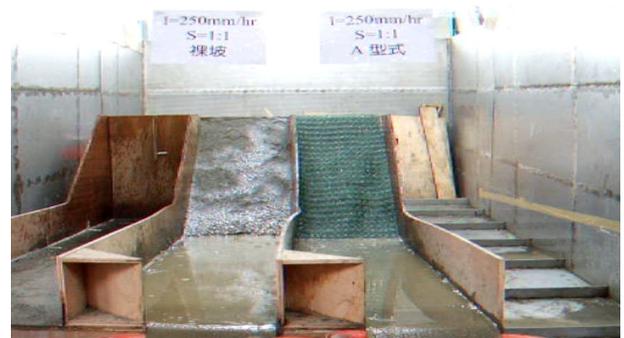


圖 3. 裸坡與 T1 植生網抗沖蝕試驗示意圖



圖 4. T2 與 T3 植生網抗沖蝕試驗示意圖

表 4.抗沖蝕試驗紀錄

類別	組數	降雨強度 (mm/hr)	邊坡斜率	坡面型式	地表逕流水重 (kg)	沖積扇			
						濕土重 (kg)	乾土重 (kg)	深度 (cm)	長度 (cm)
第一類	1	120	1:1	T1	16.2	3.238	2.534	5	18
				T2	19	6.32	5.158	12	25
				T3	18	3.142	2.462	10	20
				T4	24	8.14	6.388	15	25
	2		1:1.5	T1	16	1.256	0.982	3	10
				T2	23	2.62	2.076	7	20
				T3	13	0.946	0.73	2.5	10
				T4	9	2.788	2.166	5	15
	3		1:2	T1	39.5	1.724	1.374	2	15
				T2	21	1.41	1.092	5	20
				T3	24	1.086	0.806	2.5	15
				T4	29	3.524	2.692	5	22
第二類	13	180	1:1	T1	23.6	2.454	1.918	8	25
				T2	26.2	8.948	6.96	10	30
				T3	15	0.7	0.39	2	8
				T4	32.4	24.142	18.276	13	50
	14		1:1.5	T1	23	1.436	1.118	2.5	10
				T2	22.2	2.914	2.34	5	20
				T3	20.5	1.158	0.942	4	10
				T4	29	6.348	4.952	8	30
	15		1:2	T1	22.8	2.092	1.63	2.5	15
				T2	29	2.754	2.236	3.5	20
				T3	20	0.902	0.772	1.5	8
				T4	37	4.608	3.654	5	25
第三類	16	250	1:1	T1	38.5	11.892	9.254	5	35
				T2	35	16.4	12.204	8.5	38
				T3	28.1	13.04	10.208	7	34
				T4	34.5	28.014	21.66	12	53
	17		1:1.5	T1	23	2.01	1.642	2.5	30
				T2	33	5.778	4.33	4.5	35
				T3	29	2.494	1.708	3.5	27
				T4	24	10.966	8.706	7	42
	18		1:2	T1	25.5	2.342	1.424	1	20
				T2	23.5	4.672	3.708	4	30
				T3	28.5	4.316	3.464	3	40
				T4	25	5.918	4.776	5.5	40

四、試驗結果討論

4-1 坡度與坡面保護型式的關係

在相同降雨強度下(180mm/hr)，沖蝕坡斜率 1:2 坡度 33° 以下的緩坡，各組試驗的數據較無明顯差異，但在沖蝕坡斜率 1:1 坡度 45° 的陡坡，試驗數據相對的差距甚大(圖 5)，T1-抗沖蝕環保矩形錐立體植生網、T3-多功能複合植生網對邊坡保護較優於 T2-固草植生網毯，相對於未保護的邊坡，其抗沖蝕的效能提升 78% 及 96%，詳表 5。

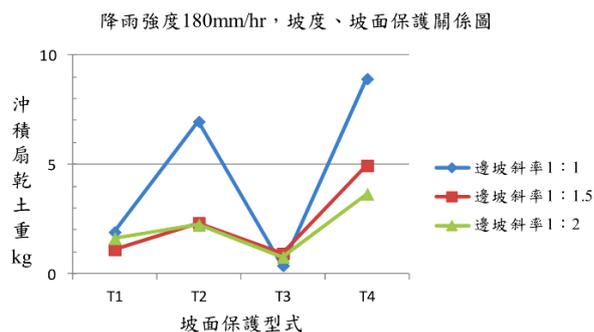


圖 5.相同降雨強度下，坡度與坡面保護關係圖

表 5.降雨強度 180mm/hr，陡坡抗沖蝕效能比較表

坡面型式	地表逕流水重 (kg)	沖積扇		抗沖蝕效能 [(T4-Tn)/T4] %
		濕土重 (kg)	乾土重 (kg)	
T1	23.6	2.454	1.918	78.47%
T2	26.2	8.948	6.96	21.87%
T3	15	0.7	0.39	95.62%
T4	32.4	24.142	18.276	-

4-2 緩坡下降雨強度與植生網抗沖蝕效能關係

在緩坡試驗條件下(邊坡斜率 1:2，坡度 27°)，土工植生網坡面保護施作確實有提升抗沖蝕效果，在降雨強度 120mm/hr 時三種土工植生網沖蝕量乾土重數值差距不大，但隨著降雨強度的升高而使數據逐漸產生差距(圖 6)，由其在高降雨強度下 250mm/hr，T1-抗沖蝕環保矩形錐立體植生網抗沖蝕能力優於其他試驗組，詳表 6。

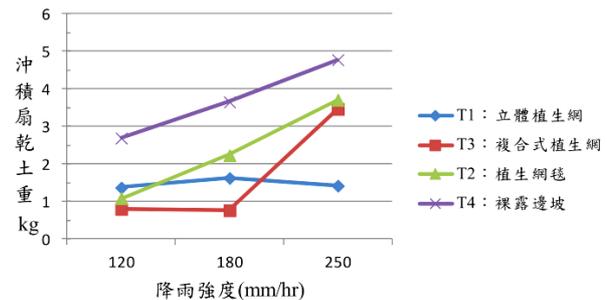


圖 6.邊坡斜率 1:2，降雨強度與沖蝕乾土重關係圖

表 6. 坡斜率 1:2，坡面保護抗沖蝕效能表

坡面型式	邊坡斜率	降雨強度	抗沖蝕效能 [(T4-Tn)/T4] %		
			邊坡斜率	降雨強度	
T1	1:2	180mm/hr	1:2	250mm/hr	70.18%
T2				22.36%	
T3				27.47%	
T4				-	

4-3 陡坡坡下降雨強度與植生網抗沖蝕效能關係

在陡坡試驗條件下(邊坡斜率 1:1，坡度 45°)，低降雨強度時 T1-抗沖蝕環保矩形錐立體植生網與 T3-多功能複合植生網試驗組皆發揮抗沖蝕效能，且沖蝕量重低於 T2-固草植生網毯，但在高降雨強度時則與 T2-固草植生網毯抗沖蝕特性相近(圖 7)。由抗沖蝕效能數據進行比較，坡面保護均能達到抗沖蝕的效果，其中 T1、T3 在低降雨強度下，無論是緩坡或陡坡條件，皆可達到 50% 以上的抗沖蝕效能，詳表 7。

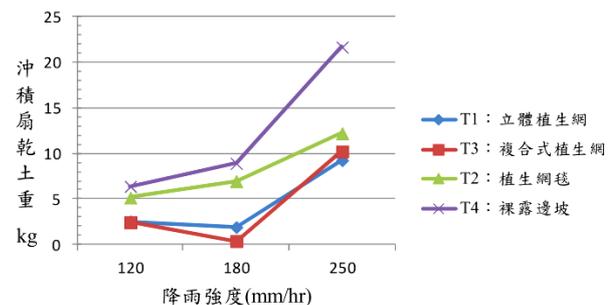


圖 6.邊坡斜率 1:2，降雨強度與沖蝕乾土重關係圖

表 6. 坡斜率 1:2，坡面保護抗沖蝕效能表

坡面 型式	邊坡 斜率	降雨強度	抗沖蝕效能	邊坡 斜率	降雨強度	抗沖蝕效能
			【(T4-Tn)/T4】%			【(T4-Tn)/T4】%
T1	1:1	180mm/hr	78.47%	1:1	250mm/hr	57.28%
T2			21.87%			43.66%
T3			95.62%			52.87%
T4			—			—

四、結論建議

本研究試驗利用三種地工植生網毯保護工法由試驗數據中的對於各坡度坡面、降雨強度及沖蝕後乾土重量，作為討論坡面抗沖蝕產品保護效能之判別依據。在試驗結果中 T1 高抗沖蝕環保矩形錐立體植生網與 T3-多功能複合植生網產品，無論各坡度與各種降雨強度試驗條件下，抗沖蝕保護效能均能達到 50% 以上，提供地工產品開發者對於植生網材料功能數之參考。然而室內試驗在尺度比、環境干擾因素與現場施工影響，不及室外現地狀況，後續可考慮施作戶外大型降雨台試驗，使產品效能更臻可靠。

參考文獻(範例)

1. Dayte, K.R., and Gore, V.N., "Application of natural geotextiles and related products." Geotextiles and Geomembranes NO13, pp.371~388, 1994.
2. Koerner, R.M. "Design with Geosynthetics", Prentice Hall, 1999.
3. Rickson, R. J., "Controlling sediment at source: an evaluation of erosion control geotextiles", Earth Surface Processes and Landforms, vol. 31, pp. 550-560, 2006.
4. 林信輝, 「水土保持植生工程」, 高立圖書有限公司, 2001。
5. 林俊岳, 「人造被覆資材對土壤沖蝕防治及植生復育成效之研究」碩士論文, 國立中興大學水土保持學研究所, 2006。
6. 林義傑, 「工程開挖裸露地表植生覆蓋對土壤沖蝕之探討」碩士論文, 朝陽科技大學營建工程系, 2009。
7. 林俐玲、蔡義誌、王永琦、馮美禎, 「崩塌地植生復育與土壤性質之調查研究」, 坡地防災學報, 第 8 期, 第 25-39 頁, 2009。
8. 陳樹群、王士豪、林俊岳、陳駿豪, 「不同類型人造被覆資材抑制坡地沖蝕之成效分析」, 中華水土保持學報, 第 39 期, 第 289-302 頁, 2008。
9. 簡士濠、李明熹、簡維信、戴紫陽、王重棋、陳俊廷, 「防沖蝕網毯覆蓋率對邊坡土壤流失量之影響」, 中華水土保持學報, 第四十四卷,

第二期, 第 158-164 頁, 2013。

10. 蘇煒哲, 「坡度影響地表逕流與土壤沖蝕之探討」, 國立中興大學水土保持系碩士論文, 2007。