

台灣中部明潭水庫集水區坡地崩塌治理對策之研究

林志玄⁽¹⁾ 李錦浚⁽²⁾

摘 要

明潭水庫集水區於 1999 年 9 月 21 日凌晨發生芮氏規模 7.3 的強烈地震及餘震，造成水里溪中游多處山坡崩塌，在調查規劃階段又逢颱風及暴雨對崩塌範圍沖刷致使崩塌面積持續擴大，並危及超高壓輸電線鐵塔及坡趾之土木結構物。另將地震後堆置於坡面之土石沖刷帶入溪床，至水庫內，造成水庫淤積，影響水庫營運。

本研究係利用地理資訊系統（GIS）、現場勘查、相關文獻研究結果對區內崩場地做判釋及對水里溪中游沿岸經判釋為危險度 A 級的 5 處崩場地，以生態工程及傳統工法併用之治理原則，防止發生二次災害。配合集水區之經營管理計畫，以防止土壤流失，減少泥砂淤積量，延長水庫壽命為首要目的。並提供決策者作為水庫集水區保育及管理之參考。

（**關鍵字：**崩場地、生態工程、傳統工法）

Treatment Measures for Landslides in the Ming-Tan Reservoir Watershed, Nantou County

Jh-Siyuan Ling⁽¹⁾, Chin-chun Lee⁽²⁾

Graduate Student⁽¹⁾ and Doctoral Graduate Student⁽²⁾, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

ABSTRACT

The Sui-Lee Creek is a key part of the watershed of the Ming-Tan reservoir. Landslides in the middle reaches of the creek occurred during the 921 Earthquake and its aftershocks in the early hours of September 21, 1999. A series of typhoons and rainstorms associated with typhoons continued to expand landslide areas, and threaten the structures of EHV transmission line tower and its toes. These landslides also contributed sedimentation problems to the creek channels and the Ming-Tan reservoir made an influence on the reservoir operation.

In this study, the use of geographic information system(GIS), site inspections and other relevant researches and studies, five major landslides in the mid-stream of the creek was classified as the

(1)國立中興大學水土保持學系碩士在職專班研究生

(2)國立中興大學水土保持學系博士班研究生

Class A landslides. Both ecological and traditional engineering methodologies were deployed to treat these landslides areas to prevent further landslides or erosions. These treatments had been evaluated and validated to be effective measures and should be deployed for landslide treatment in other watersheds, especially for the watershed of reservoirs. To comply with the watershed management plan, these treatments can be used for preventing soil erosion , reducing the amount of silt deposition, getting to the primary purpose of extending the useful life of a reservoir and providing policy makers with the reference of conservation and management of the watershed of reservoir.

(**Key word:** Landslides, Ecological engineering, Traditional method)

前言

本研究地區明潭水庫集水區於 1999 年 9 月 21 日凌晨，發生 50 年來罕見的，芮氏規模 7.3 的強烈地震，引起中部山區大規模的崩塌及地表植被破壞，地震後造成地表土質破壞及鬆動，部份崩塌土石直接崩落溪床或水庫內，部份仍堆積於坡面、坡腳及溪谷，再經由颱風及豪雨的來襲將崩塌面積沖刷擴大並將堆積於坡面、坡腳之土石沖刷帶入溪床遞移至水庫內淤積。為防止水庫內土石淤積持續增加，因此對水庫集水區坡地崩塌之治理有其必要性。

坡面崩塌發生在超高壓輸電線鐵塔通過及水庫保護帶旁。為保護重要設施需研擬治理對策，防止二次災害發生。本研究係依據衛星影像、地理資訊系統（GIS）、配合現場勘查以進一步研判崩塌地的危險度，並以坡地崩塌之治理與維護中之工程、植生等方法，單獨或配合運用，防治坡地發生沖蝕、崩塌、地滑、土石流及土砂災害，以保育水土資源，涵養水源，維護自然生態環境永續發展。

研究方法

一、研究方法與步驟

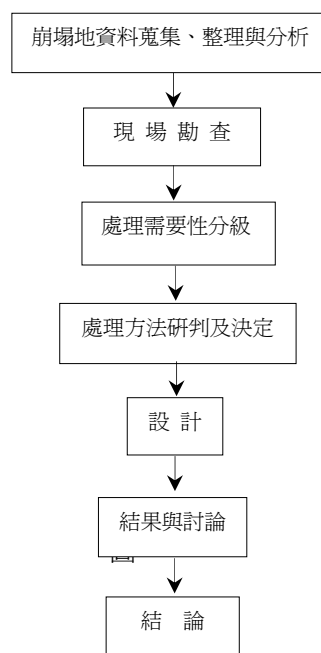


圖 1 . 研究流程圖

Figure 1 . Flowchart of the study.

1. 崩塌地資料蒐集、整理與分析

本集水區在 921 地震後發生大小崩塌，在水里溪西側山坡計 150 處、東側山坡計 134 處，共 284 處。而崩塌面積為 0.1 公頃以下的約佔 59.5%，主要崩塌類型為落石。另崩塌面積在 0.1 至 0.5 公頃範圍內之土石塊崩落地為 27.5%，其餘介於 0.5 公頃至 3.28 公頃之間，整體可看出本區位的崩塌主要是以小型的落石為主。

2. 現場勘查

本研究依 GIS 判釋結果，編訂各崩塌地所在位置之代號與範圍，即進行現場勘查崩塌地之誘因、地質、土壤、面積、坡度、方位、植被現況與滑動崩塌之潛在情形，進而就影響之程度、範圍及輕重緩急予以分析，並作為研擬治理對策之參考。

3. 處理需要性分級

在集水區崩塌地可依據地形圖、地理資料系統 ArcView、WinGrid 等來建立基本的環境資料庫，如位置、水系、DTM、地質、土壤、現況土地利用等，再配合現場勘查有無重要設施，隨即判釋崩塌地的危險度，並做為研擬治理對策之依據。

4. 設計

針對危險度 #1 號至 #5 號崩塌地以生態工程及傳統工法，因地制宜，依治理對策，繪製設計圖，以便發包施工。

二、研究地區

(一) 地理位置及地形

本研究區域位於南投縣水里鄉、魚池鄉

境內之明潭水庫集水區（圖 2），該集水區由水里溪東起松柏崙山（885 m），後尖山（1008 m），頭社山（857 m），往西北之阿里眉山（904 m）到水里溪西邊之高山巷（1158 m），折往東南走向至麻竹湖山尖（1067 m）而形成，總面積為 2043.5 公頃。地形標高由海拔 1158 公尺之高山巷山區，下至海拔 345 公尺的明潭水庫（圖 3）；由水里溪明湖水庫溢洪道出口右岸之大觀溢洪道下游右岸山坡崩塌（#1、#2、#3 號崩塌地）起經下游 1K 處崩塌（#4 號崩塌地）至明潭水庫保護帶坡面崩塌（#5 號崩塌地）止，全長約 2.08 公里之山坡有 5 處崩塌（圖 4）。主要公路有自水里通往魚池、埔里的 131 縣道及水里經頭社往日月潭的台 21 號省道，區內有台灣電力公司的明潭電廠，進行抽蓄水力發電，因此集水區的邊坡穩定與否，勢必影響水庫營運及電廠安全。

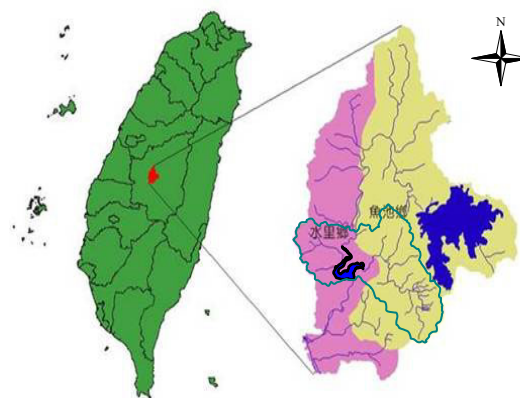


圖 2 . 研究地區位置圖
Figure 2 . Location of the study area.

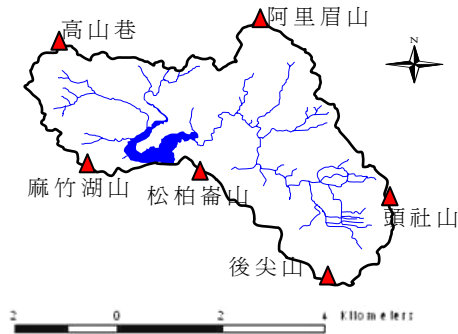


圖 3 . 明潭水庫集水區範圍圖

Figure 3 . Scope of Ming-Tan reservoir watershed.

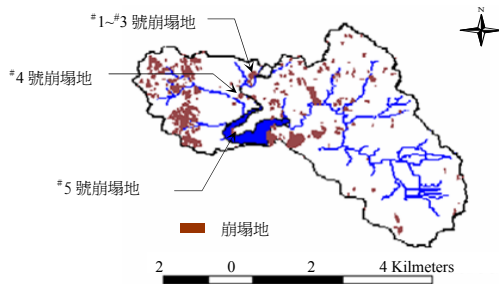


圖 4 . 崩塌地分布圖

Figure 4 . Distribution of landslides.

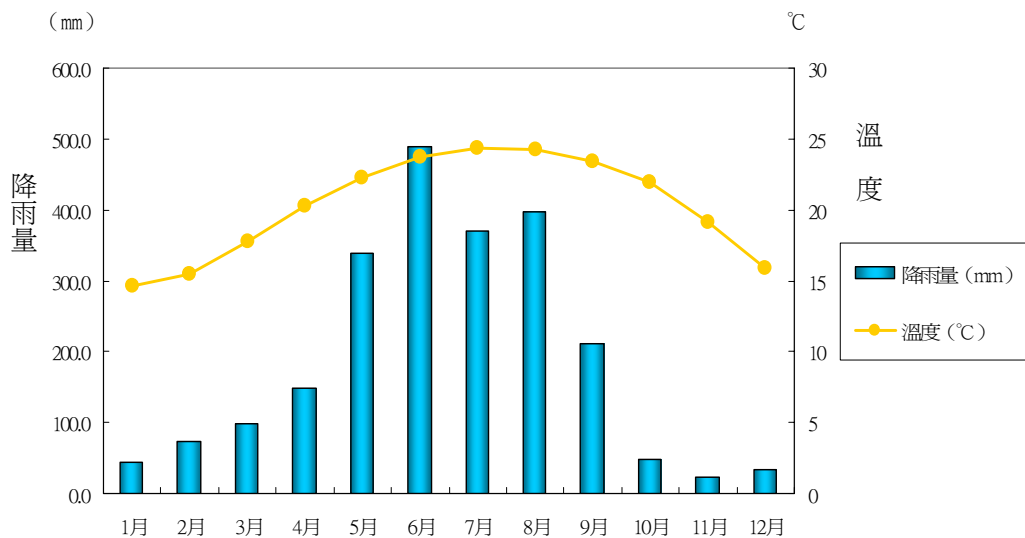


圖 5 集水區月平均氣溫與月平均降雨量圖

Figure 5 . Average Monthly Temperature and Rainfall at Study Area.

(二) 氣象

本研究區域附近有日月潭、蓮華池兩氣象站及日月潭、蓮華池、大觀(台電自記)、鉅工(台電自記)等雨量站,根據這些測站長期監測的資料(如表1),可得知明潭水庫集水區範圍內之年平均氣溫為 20.26 °C,其中以1月為最低約為攝氏 14.6°C,7月及8月兩月份較高約為 24.4°C、年平均降雨量 2271.4 mm (圖5)、年平均相對濕度為 83.5%、年平均蒸散量為 892.7 mm,大部份雨量集中於 5~9 月,佔全年總雨量的 79.5%,也是颱風及豪大雨發生期,由於本區氣候全年溫暖而濕度高,經年無缺水現象,所以在水里溪中游設有大觀、明潭兩座抽蓄水力發電廠及下游的鉅工分廠,充分利用水資源以達到發展經濟且無污染空氣及周遭環境之生態目標。

表 1. 集水區氣象特性表

Table 1. Climatic characteristics of the study

月 份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	平均 總計
平均溫度 (°C)	14.6	15.5	17.8	20.3	22.3	23.7	24.4	24.4	23.4	21.9	19.1	15.9	20.26
平均降雨量 (mm)	42.9	73.3	99.0	148.2	339.2	488.4	369.6	396.2	211.5	48.0	22.4	32.7	2271.4
平均相對濕度 (%)	81.0	83.5	83.5	84.5	85.5	85.5	84.0	85.5	85.0	83.5	80.5	81.0	83.5
平均蒸散量 (mm)	57.7	58.9	76.8	74.9	81.0	84.1	98.8	89.1	78.8	75.7	62.0	55.3	892.7

(三) 地質

本集水區之地質狀況，由水里溪東側頭社盆地之白冷層，向西逐次為水長流層、白冷層、水里坑斷層、南莊層。本研究崩塌地（#1 至 #5 號崩塌地）地質均在白冷層範圍內（圖 6）。白冷層岩性為細粒至粗粒的石英岩質砂岩為主，其間夾有灰色至深灰色的砂質頁岩互層。白冷層砂岩膠結良好，常具交錯層，局部為礫狀砂岩，風化後常呈粉紅色。碳質顆粒及煤的凸鏡體，分佈在不同層位的深灰色頁岩中。

(四) 土壤

本集水區土壤包含石質土、沖積土、崩積土、黃壤及未調查區等（圖 7），其中石質土為岩層輕微風化作用造成，土壤厚度較淺；沖積土係由各式結構地層中所含之板岩風化物經沖積而堆積成；崩積土為地質岩層中所含之石礫、砂泥、頁岩的風化物及石塊，藉滾落、滑落或崩塌等位移作用堆積而成；黃壤由各式岩層中所含之砂岩或頁岩或該二者不等雜泥等之風化物所化育而成。另各土壤所佔集水區面積及百分比如表 2 所示。

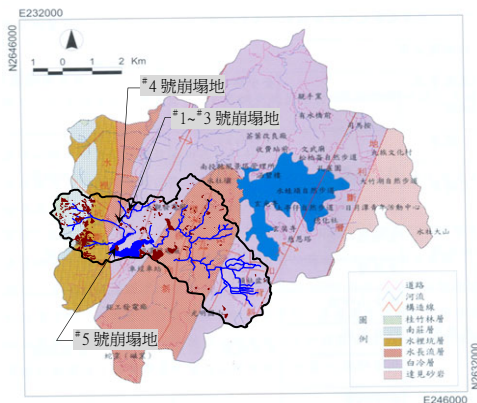


圖 6. 集水區地質及崩塌地分布圖
Figure 6. Geological map with distribution of landslides.

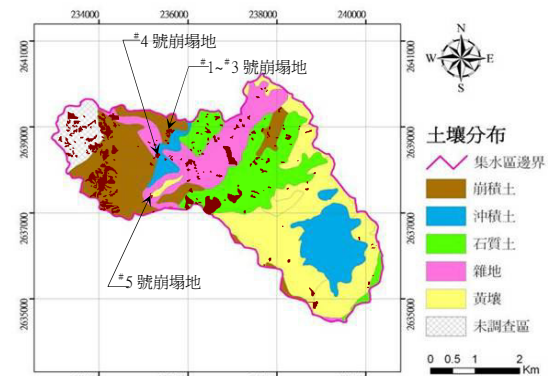


圖 7. 集水區土壤分布圖
Figure 7. Soil distribution.

表 2. 集水區內土壤分布表
Table 2. Soil distribution in the study.

項 目	面積 (ha)	百分比 (%)
1.崩 積 土	397.60	19.46
2.沖 積 土	249.92	12.23
3.石 質 土	380.80	18.63
4.雜 地	303.04	14.83
5.黃 壤	594.08	29.07
6.未調查區	118.08	5.78
總 計	2043.52	100.00

(五) 坡度

本集水區其坡度分級狀況如圖 8，坡度分布以六級坡（55~100%）最多，佔全區面積的 32.19%；七級坡（>100%）雖只佔全區面積的 3.48%，但本研究之 5 處崩塌地均在該範圍內，其坡度分級統計表如表 3。

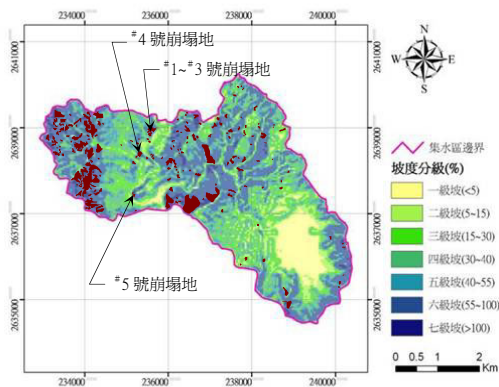


圖 8 . 集水區坡度分級及崩塌地分布圖
Figure 8 . Slope and landslides distribution in the study.

表 3. 集水區不同坡度等級所占集水區面積百分比
Table 3. Slope distributions in the study.

分級坡 (%)	面積 (ha)	百分比 (%)
一級坡 (<5)	150.40	7.36
二級坡 (5~15)	147.04	7.20
三級坡 (15~30)	324.02	15.86
四級坡 (30~40)	426.62	20.88
五級坡 (40~55)	266.28	13.03
六級 (55~100)	657.92	32.19
七級坡 (>100)	71.24	3.48
總 計	2043.52	100.00

(六) 土地權屬與利用

本集水區內崩塌地均為林班地及居民向林務局之承租地，屬林務局巒大事業區，故治理前亦應依水土保持法辦理各項手續；明潭水庫集水區內坡地崩塌為 79.71 公頃，佔全區的 3.90%；闊葉林為 840.93 公頃，佔全區的 41.15%為最大宗（圖 9 及表 4）。

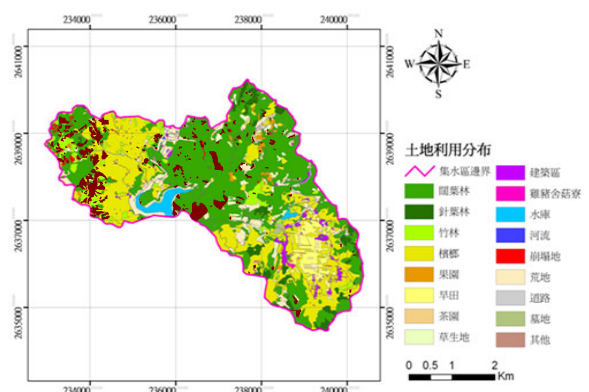


圖 9 . 集水區土地利用分布圖
Figure 9 . Landuse distribution in the study.

表 4. 集水區內土地利用分布表（單位：公頃）

Table 4. Landuse distribution in the study. (unit : ha)

項 目	水 庫	竹 林	旱 田	其 他	果 園	河 流	建 築 區	荒 地	草 生 地	茶 園	針 葉 林	崩 塌 地	道 路	墓 地	闊 葉 林	檳 榔	雞 豬 舍 菇 寮	總 計
面 積	33.92	100.80	73.12	5.92	19.68	4.96	31.52	145.92	37.92	0.96	79.36	79.71	33.60	4.48	840.93	548.16	2.56	2043.52
百 分 比 (%)	1.66	4.93	3.58	0.29	0.96	0.24	1.54	7.14	1.86	0.05	3.88	3.90	1.64	0.22	41.15	26.83	0.13	100.00

結果與討論

一、崩塌地處理需要性分級

水土保持局委託工業技術研(2001.12)
之”桃芝颱風災區崩塌地調查分析成果報

告”，係根據地形圖崩塌地位置是否有重要
公共設施或建築而將該崩塌地之危險度分爲
A、B、C、D 四級，各級之區分方式如表 5 所
示，其主要考量爲崩塌地附近是否有人爲設
施及此設施的種類。

表 5 崩塌地之危險度分級準則

Table 5. Criteria for the landslide risk classification.

與崩塌距離		設施種類			
上邊坡	下邊坡	公共設施（或聚落）		一般建築	其他
		活動徵兆明顯	活動徵兆不明顯		
< 1H	< 2H	A	B	C	D
1H~3H	2H~5H	C		D	

註：H 表崩塌體的高，其上邊坡冠部起 H 以內，或下邊坡趾部起 2H 以內（圖 10）。

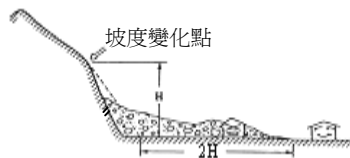


圖 10 . 崩塌地影響範圍示意圖

Figure 10. Hazard map of landslide.

A. 崩塌體的高爲 H，其上邊坡冠部起一個 H 以內，或下邊坡趾部起 2H 以內若有公共設施（主要道路、醫院、學校等）、聚落或社區，且經現場調查該崩塌地活動徵兆明顯，表示爲高危險度，則該崩塌地列爲 A 級。

B. 崩塌體上邊坡冠部起一個 H 以內，或下邊坡趾部起 2H 以內若有公共設施，但活動徵兆不明顯者，則該崩塌地列爲 B 級。

C. 崩塌體上邊坡冠部起一個 H 以內，或下邊坡趾部起 2H 以內若有一般建築物（非公共設施或聚落，如農舍、工寮、倉庫等）；或距崩塌體上邊坡冠部 1~3H 間，或距下邊坡趾部 2~5H 間若有公共設施，則該崩塌地定為 C 級。

D. 凡不屬於前述狀況者，均列為 D 級。另依據水土保持局崩塌地危險等級劃分（2000，水土保持技術規範）其崩塌地危險度經判釋為□A 級，需緊急處理（崩塌地已危及重要設施、道路、人民生命財產安全者）；判釋為□B 級，需處理；判釋為□C 級，目前無立即危險，但應視其發展狀況進行治理；判釋為□D 級，採用自然恢復（崩塌地位處偏僻且交通不便而無需

處理價值或漸趨穩定不再有惡化者）。

集水區崩塌地調查可依上述方法進行調查與危險等級判釋，並依照各崩塌地現地條件，選擇適當的治理工法以抑止崩塌。

依前述現場勘查結果如圖 11 所示，在水里溪中游沿岸共有 5 處崩塌地，面積共 2.58 公頃，在崩塌地上邊坡，距離 0 至 10 公尺因有重要設施（超高壓輸電線鐵塔及坡趾土木結構物）之保全對象，因此崩塌地危險度判釋為 A 級，該資料成果與本集水區套疊後整理如表 6 所示，所以需研擬治理對策以保護其重要設施。其他被判釋為 C 及 D 級，崩塌地坡面已有植物入侵，且已趨穩定狀態者，則建議可採用自然復育方式。

表 6 . 集水區調查後崩塌地（#1~#5 號）特性表

Table 6 . Characteristics of landslides. (No. #1~#5)

編號	土地屬性	面積(ha)	頂部標高(m)	底部標高(m)	坡向	坡度(°)	座標 X	座標 Y	危險度
#1	林班地	0.62	484.00	384.00	東南	44	235661.30	2638929.05	A
#2	林班地	0.36	508.00	428.00	東南	44	235569.80	2638920.51	A
#3	林班地	0.28	456.04	376.00	東	44	235583.39	2638820.05	A
#4	林班地	0.83	477.90	366.00	東北	45	235334.73	2638372.05	A
#5	林班地	0.49	402.73	343.00	西	41	235180.08	2637418.77	A



編號#1 號崩塌地現況



編號#2 號崩塌地現況



編號#3 號崩塌地現況



編號#4 號崩塌地現況



編號#5 號崩塌地現況

圖 11 . 崩塌地現況照片

Figure 11 . Photos of landslides.

二、處理方法

(一) 原則

崩塌地治理應以生態工程為主，傳統工法為輔，並配合源頭裂縫填補及坡面截

排水工整治，以降低災害再次發生，其治理方式可分為：

1. 道路可到達者，可因地制宜配合應用以下二種工法：

(1) 生態工程

A. 坡度 35 度以上之崩塌地，可採用黑麥草、百慕達草、小葉百喜草、戀風草、三葉草、綠柏等草本種子，另外亦可胡枝子、田菁等灌木種子配合使用。

B. 坡度 35 度以下之崩塌地，除草本植物及灌木以外，亦可配合撒播台灣欒樹、山鹽菁、相思樹等喬木種子。

(2) 傳統工法

坡面可採用噴型框、噴凝土及坡面擋土牆等工法配合坡趾保護工。

2. 無道路可到達者，由於施工機械不易運達（若因而開闢施工便道，則易造成環境衝擊及二次災害），其崩塌坡面採用打樁編柵整治，若已有植物入侵且坡面呈穩定狀態則建議可採取自然復育方式。

(二) 崩塌地之處理對策及方法

崩塌地治理可區分為坡頂源頭、裸露坡面、坡腳及堆置區等治理單元，分區段治理：

1. 坡頂源頭處理

(1) 崩塌地源頭稜線地帶勘尋裂縫及裂縫填補。

(2) 源頭上方截排水處理，將地表水引至安全地點（排往山下排水溝，或溪流），以防流至裂縫或崩塌坡面。

依地質、土壤資料及現場勘查顯示，崩塌地坡面陡峻（坡度 44°），該崩塌體為崩落

(3) 崩塌地邊緣之高莖危木截短處理。

2. 裸露坡面處理

(1) 整坡，將坡面已鬆動且難以處理之土石去除。

(2) 視坡面陡緩做適當之打樁編柵及橫向截導水設施，將地表水導至植被良好地區。

(3) 坡面外圍做適當的截水工，防止坡面外之地表水流入崩塌地區。

(4) 填平蝕溝，做護底、護岸或築小型節制壩以控制蝕溝。

(5) 進行植栽以穩定坡面，幫助受創的大地復原。

3. 坡腳及堆置區處理

(1) 堆置區坡面打樁編柵，並施作截導水工。

(2) 施作堆置區基腳穩定工。

(3) 施作植栽工以穩定坡面。

集水區內有規模大小不一之崩塌地，可針對崩塌地發生之原因採用上述之治理對策進行規劃。

三、設計

設計類型可概分為四類：1. 自然保育型。2. 林業經營型。3. 綠地造園型。4. 水土保持型。本設計係以水土保持型為依據，對於崩塌地之危險度判釋後，因有重要設施（上邊坡有超高壓輸電線鐵塔及坡趾土木結構判）而列為 A 級者，應進行規劃、設計及施工。判釋後被列為 A 級崩塌地之 #1 至 #5 號崩塌地之設計如下：

(一) #1 號崩塌地（坡度 44°）

型（山崩），無滑動及移動現象，地質為白冷層、土壤為崩積土，且崩塌表面多為風化破

碎岩面，坡面之土壤層淺薄、貧瘠，植生覆蓋緩慢，藉由自然復育約需 5 至 7 年，又因坡趾有重要設施（水庫溢洪道），為穩定邊

坡、抑制崩塌、防止逕流沖蝕，且為綠美化環境及景觀維護經研判可採取自由梁固定框（施工圖，如圖 12）施作。

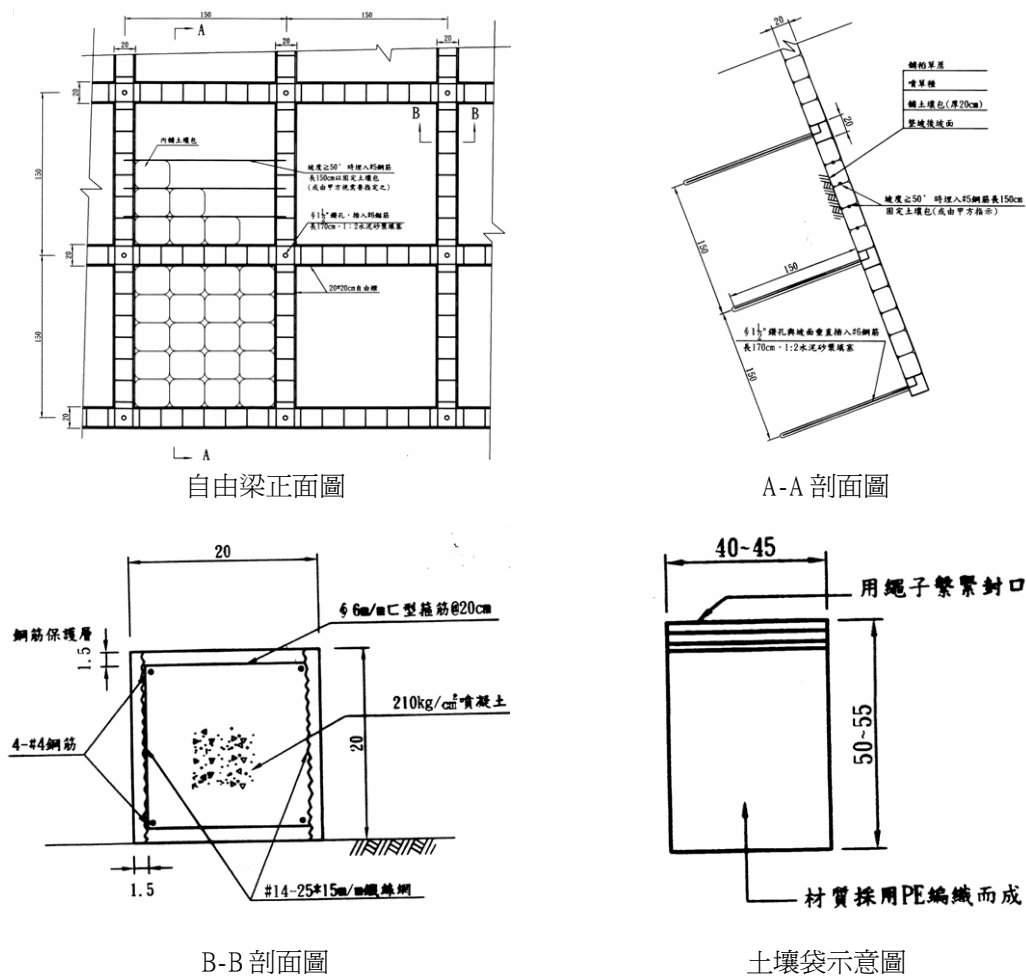


圖 12 . 自由梁固定框施工圖

Figure 12 . Construction diagram of free-frame on slopeland.

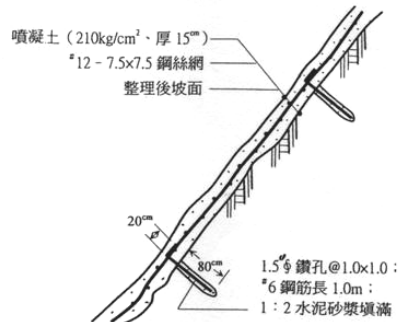
(二) #2 及 #3 號崩場地（坡度 44°）

依地質、土壤資料及現場勘查，發現該崩場地為崩落型（山崩），無滑動及移動現象，地質為白冷層、土壤為崩積土，#2 號崩場地已崩塌至稜線、#3 號崩場地之上邊坡已崩塌至重要設施（輸電線超高壓鐵塔），兩者因

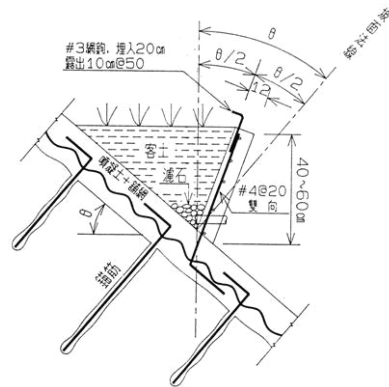
坡度陡峻（坡度 44°），崩塌表面為石礫、鬆軟土壤、土層淺薄及風化岩石，植生不易，容易造成表土流失，工程方法無法全面處理之崩場地，可先施作噴凝土保護坡面，再施設植生槽，以改善噴凝土生硬面貌；為攔截逕流、抑制崩場地繼續擴大、防止土壤流失、

綠化崩場地、維持自然景觀、改善排水並恢復荒地，經研判後可採用噴凝土加植生槽(施

工圖，如圖 13) 施作。



噴凝土縱斷面圖



植生槽剖面圖

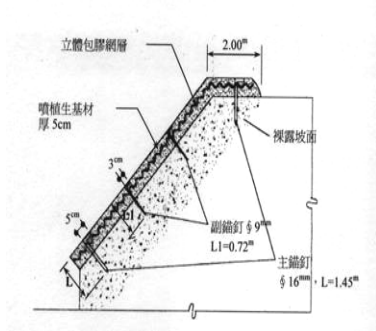
圖 13 . 噴凝土加植生槽施工圖

Figure 13 . Construction diagram of shotcrete and vegetation planting trough.

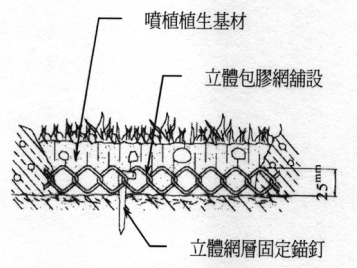
(三) #4 號崩場地 (坡度 45°)

依地質、土壤資料及現場勘查，該崩場地為崩落型 (山崩)，無滑動及移動現象，地質為白冷層、土壤為沖積土，因坡度陡峻 (45°)，崩塌面多為鬆質土壤及部分風化岩

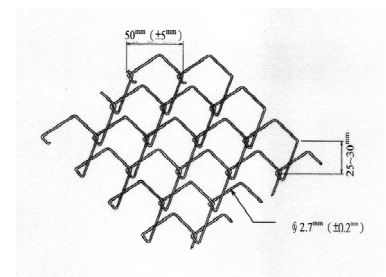
，地表環境單純，為防止土層流失，鞏固表層土壤，並改良植物生長之土壤環境，經研判可採用施工迅速的鋪網植生工程 (施工圖，如圖 14) 施作。



立體網層護坡植生斷面圖



橫斷面圖



立體包膠網層展開圖

圖 14. 鋪網噴植護坡施工圖

Figure 14 . Construction diagram of net, shotcrete and spraying vegetation on slopeland.

(四) #5 號崩場地 (坡度 41°)

依地質、土壤資料及現場勘查，該崩場

地為崩落 (山崩) 型，地質為白冷層、土壤為黃壤，坡度在 41°，崩塌坡面土壤及砂岩

混雜，少部分岩石裸露，坡面起伏較大，呈現不規則邊坡，坡面表層呈現風化、崩落現象，為攔截逕流、抑制崩場地繼續擴大、防止土壤流失、綠化崩場地，且基於上邊坡已

崩塌至重要設施（輸電線超高壓鐵塔），而崩場地又位於水庫保護帶旁。經研判後可採取型框植生護坡（施工圖，如圖 15）施作。

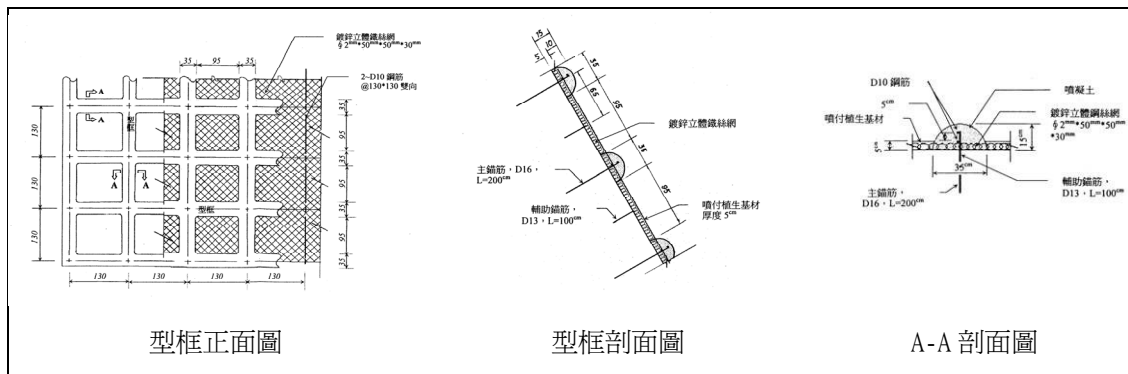


圖 15 . 型框植生護坡施工圖

Figure 15 . Construction diagram of frame-structure vegetation on sloped land.

植生工程為植物材料導入之作業，故受到季節影響甚鉅，在設計時應斟酌崩塌邊坡之立地環境，選擇適當之植生工法，植物以採用原生種為主；另一需要考量之重要因素為施工季節，崩場地植生工程因係屬較簡易、粗放之植生工程。通常愈簡易之植生作業，愈需要配合季節之施作，藉快速建立裸露邊坡之植被覆蓋，以達減少地表沖蝕之效（林信輝、2005.12、第 300 頁）。

結論

依據地理資訊系統（GIS）、現場勘查等資料判釋，顯示明潭集水區崩場地主要分佈在水里溪及其支流兩旁之上邊坡，由於此地有水里坑斷層經過，且岩層及構造破碎，是容易發生山崩的地區。從分佈的規模來看，大部分的規模並不很大；但位於西南方則有

較密集的崩塌，同時具有潛在的危險性。這些地區應儘量避免過度開發，在豪大雨發生時，應提防再次崩塌的可能。

本集水區內之崩塌以小型落石為主，崩塌區位大部分在崇山峻嶺內，經 GIS 分析及現場勘查在 284 處崩場地中只有 5 處（編號 #1 至 #5 號）位於水里溪中游兩岸及保護帶旁，其餘不需治理或可暫緩治理者約佔 98%。因編號 #1 至 #5 號崩場地有人為的重要設施需要保護，其崩場地的危險度判釋為 A 級者，需立即查出崩塌因子，迅速治理，其治理對策採用生態工程及傳統工法因地制宜施作，否則崩塌面積會因豪大雨冲刷而擴大，對集水區造成嚴重威脅，治理時既不經濟亦多困難，然其崩場地治理的最終目的為：（1）保護集水區坡面穩定。（2）減少水庫淤積。（3）保護坡面上、下方結構物設施安全。（4）保護坡地周邊居民之生命財產；

當山坡崩塌發生後，能將治理對策迅速提供決策者，作為水庫集水區保育及管理之參考。

參考文獻

1. 鄭皆達、黎智源、蔡明波（2006），「苑裡溪上游集水區之保育治理研究」，水土保持學報，第三十八卷，第一期，第 11-20 頁。
2. 鄭皆達、陳文福、陳奕煌（2005），「艾莉颱風後阿邦溪集水區整體治理規劃」，水土保持學報，第三十七卷，第四期，第 399-412 頁。
3. 林信輝、張俊彥（2005）景觀生態與植生工程規劃設計，明文書局。
4. 林信輝（2004），水土保持植生工程，高立圖書有限公司。
5. 林俊全、任家弘（2003），「集水區潛在崩塌災害問題之探討-以水里溪流域為例」，水土保持學報，第三十四卷，第四期，第 303-315 頁。
6. 胡婷雅（2002），「921 地震崩塌地植生復育與坡面泥砂產量之研究」，國立中興大學水土保持學研究所碩士論文。
7. 林昭遠、林文賜（2001），「集水區資訊系統」，暉帥股份有限公司。
8. 林務局農林航空測量所（1989），「水里溪集水區土地利用、崩塌地、坡度及航測調查報告」，台灣電力公司委託林務局農林航空測量所執行。

95 年 11 月 26 日 收稿

95 年 12 月 25 日 修改

96 年 1 月 7 日 接受