

艾莉颱風後阿邦溪集水區整體治理規劃之探討

黃文騰⁽¹⁾ 陳奕煌⁽²⁾ 鄭皆達⁽³⁾ 陳文福⁽⁴⁾ 蔡喬文⁽⁵⁾

摘要

大甲溪之支流阿邦溪集水區，因 2004 年 7 月 2 日之敏督利颱風及 8 月 25 日艾莉颱風侵襲所引發強大豪雨，造成集水區上游多處嚴重崩塌，大量之土石下移與厚層堆積，導致省道台八線中斷、近出口處之台灣電力公司的高壓塔基與麗陽營區因河岸嚴重崩塌而岌岌可危、進入大甲溪後更對下游之松鶴部落及其居民安全造成莫大之威脅。為維護國土保安、永續利用及保護人民生命財產之安全，實有必要探討並對此集水區進行整體性之治理規劃。

本研究運用航拍影像比較風災前後影像，得知：風災前本集水區內共有 7 處崩塌，面積為 29.93ha，風災後則因原來之崩塌地面積擴大且合併為 6 處大崩塌，面積擴增為 39.63ha，河道堆積面積則有 13.87ha。根據現場調查結果研討，分別針對上、中、下游的災害現況提出對策：上游部份建議採連續性節制壩及源頭處理方式以減抑土石流向下游移動；中游部份建議規劃重力式梳子壩，以分化並消滅土石流能量，並降低災害規模；下游部分建議構築大型沉砂池，以控制並沉積土砂，並藉清淤以維永續功能，自可保護下游之高壓塔基及麗陽營區之房舍之安全、維持台八線省道行車、增益松鶴部落居民之安全。

(**關鍵字**：七二水災、敏督利颱風、艾莉颱風、崩塌、節制壩、梳子壩、沉砂池)

An Integrated Conservation and Management Plan for A-Bang Creek Watershed after the Typhoon Aere Related Disasters

Wen-Teng Huang⁽¹⁾

Candidates for Master Degree of Soil & Water Conservation, National Chung Hsing University

Yi-Huang Chen⁽²⁾

Director of Dongshih Forest District Office, Forestry Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan

Jie-Dar Cheng⁽³⁾, *Wen-Fu Chen*⁽⁴⁾

Professor of Soil & Water Conservation, National Chung Hsing University

Qiao-Wen Cai⁽⁵⁾

Candidates for Doctor Degree of Soil & Water Conservation, National Chung Hsing University

-
1. 國立中興大學水土保持學系碩士在職專班研究生
 2. 行政院農業委員會林務局東勢林區管理處處長
 3. 國立中興大學水土保持學系教授
 4. 國立中興大學水土保持學系教授
 5. 國立中興大學水土保持學系博士班研究生

ABSTRACT

Substantial amount of rainfalls associated with Typhoon Mindulle on 2 July and Typhoon Aere on 25 August in 2004, caused serious landslide in A-Bang Creek watershed. Due to the thick deposits and debris from upstream of A-Bang Creek, it not only endangered the foundation of high voltage tower of Taiwan Power Company and Li yang village near the creek exit, but also threatened the living of local residents in the downstream Song-Ho community. Therefore, a comprehensive disaster mitigation plan for the watershed is necessary in order to ensure both the living and environmental safety of the area.

From aerial photographs show the 7 landslides with a total area of 29.9ha before the typhoon had combined and/or enlarged to become 6 larger with a total area of 39.6ha. Accumulated debris on riverbed covered an area of 13.87ha. According to the results of site investigation, continuous check dams started from upstream is recommended to reduce the debris flow slide downstream. Gravity slit dam is also recommended to dissipate the energy of debris flow and mitigate the disaster. To control and increase trap efficiency, large sized deposition basin is recommended in the downstream. These strategies should help to ensure safety of high voltage tower in the downstream of the creek, the Li-yang village and the Song-Ho community.

(Key words: Flood of 2 July 2004; Typhoon Mindulle; Typhoon Aere; Landslide; Check dam; Comb dam; Deposition basin)

壹、前言

因 93 年 7 月 2 日之敏督莉颱風來襲造成七二水災與其後 8 月 25 日艾莉颱風所帶來豪雨之影響，致使大量土石下移，不但沖毀其注入大甲溪處之 8 號省道、造成左岸台電公司高壓電塔之塔基及麗陽營區河岸嚴重冲刷與崩塌而致岌岌可危，對其下游之松鶴部落的安全造成嚴重之威脅，為減少日後再度致災及舒解其威脅，並達國土之保安與永續利用，及保護人民生命財產之安全，故阿邦溪急需進行集水區整體治理規劃。

本集水區主要保護對象為：省道 8 號、麗陽營區、台電電塔等公共設施及部分松鶴部落居民安全，本篇研究利用 GIS 系統進行分析，並提出各種整治方法，以使本區土砂災害減至最低。

貳、背景資料與泥砂量探討

一、試區概述：

1. 地理位置

如圖 1 本區位於台中縣和平鄉博愛村境內，以阿邦溪與大甲溪匯流口(E : 247607, N : 2675617)為集水區入口，試區範圍以阿邦溪集水區為邊界，整個集水區面積為 309.39ha，集水區行政區域佔博愛村全村面積 1.23%(博愛村全村面積 25159.9ha)。

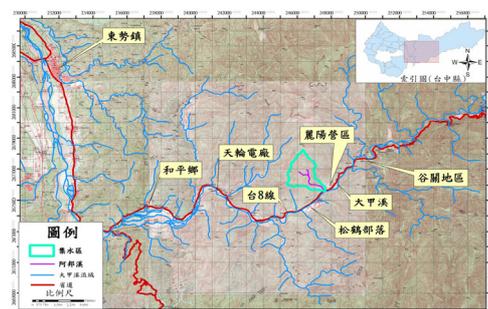


圖 1. 阿邦溪集水區地理位置圖

Figure 1. Geographic position of Creel Aban watershed.

2. 地質

依據中央地質調查所地質圖查詢結果，集水區內所出露的地層為漸新世厚層或塊狀白色中至極粗粒石英岩及硬頁岩，全區為四稜砂岩，如圖 2 及

表 1 所示。四稜砂岩 (EO) 本岩層的特徵為厚層淺灰色到灰白色石英岩質砂石或石英岩為主，夾有暗灰色硬質岩或板岩，現場露頭發現，四稜砂岩硬頁岩和板岩相當緻密，通常形成陡壁呈現清晰的木片狀破裂面。

3. 地形

集水區高程分級圖詳圖圖 3，阿邦溪集水區所涵蓋的面積約為 309.39ha，此範圍內之最低高程為 648m，最高為 1769m，其中以高度 1200~1300m 所佔的面積為最多，約佔了 14.43%，如表 2。計畫範圍的坡度分佈狀況如圖 4 所示，坡度分佈以六級坡(55%~100%)分佈最多，各約佔全區面積之 66.01%，其坡度分佈統計如表 3。

4. 土壤

土壤分佈則由參照台灣地區土壤分佈概圖(王明果,1991)與行政院農委會出版之『台灣地區土壤分佈圖』研判得知，土壤以崩積土與石質土為主，其中石質土面積 44.61ha，佔全區面積 14.42%；崩積土面積 17.16ha，佔全區面積 5.55%，其餘為未調查區。其土壤的分佈狀況如圖 5 及表 1 所示。

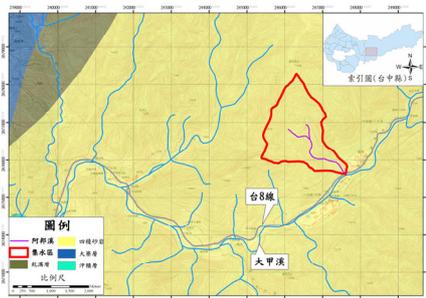


圖 2. 集水區地質圖

Figure 2. Geological map of watershed.

表 1. 集水區內地質分佈一覽表

Table 1. Geological distribution in watershed.

地質年代	岩性	地層	面積 (ha)	百分比 (%)
漸新世	厚層或塊狀白色中至極粗粒石英岩及硬頁岩	四稜砂岩	309.39	100
合計			309.39	100

表 2. 集水區內高程分佈統計表

Table 2. Elevation distribution in statistics.

級數	高程 (m)	面積 (ha)	百分比 (%)
1	< 700	3.36	1.09
2	700~800	16.65	5.38
3	800~900	16.17	5.23
4	900~1000	24.65	7.97
5	1000~1100	33.29	10.76
6	1100~1200	36.81	11.90
7	1200~1300	44.66	14.43
8	1300~1400	42.25	13.66
9	1400~1500	39.85	12.88
10	1500~1600	32.81	10.61
11	1600~1700	16.33	5.28
12	1700<	2.56	0.83
總計	309.39	100	

表 3. 集水區內坡度分佈統計表

Table 3. Slope distribution in statistics.

分級	坡度 (%)	面積(ha)	百分比 (%)
一級坡	0~5	0.32	0.10
二級坡	5~15	4.96	1.60
三級坡	15~30	16.01	5.17
四級坡	30~40	17.45	5.64
五級坡	40~55	40.81	13.19
六級坡	55~100	204.23	66.01
七級坡	> 100	25.61	8.28
		309.39	100

5. 氣候

本區氣候資料係基於與集水區形狀相似、地理位置相近等條件考量，選出足以代表其氣象狀況之氣象測站蒐集所得，依中央氣象局資料，距本集水區附近最近之氣象測站分別為和平鄉雙崎氣象站(C0F90)及和平鄉上谷關雨量站(C1F87)。根據測站之統計所得，共包括溫度、風速風向、降雨量、降雨日數以及一日最大降雨量等項目，其中溫度、風速風向資料採用雙崎氣象站資料，而降雨資料採用上谷關雨量站資料。統計分析各項相關氣象資料如表 4，本地區年平均降雨量約 2471.9 公釐，全年均有可觀之降雨，各月份降雨量以 11 月為最少 35.2 公釐，以 5 月最多 427.8 公釐，月平均降雨量如圖 6 所示：

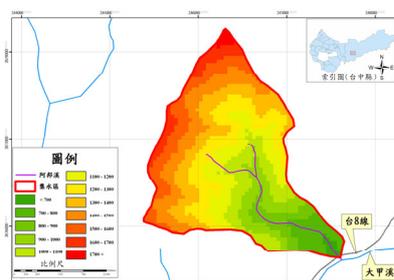


圖 3. 集水區高程分級圖

Figure 3. Elevation parameter in watershed.

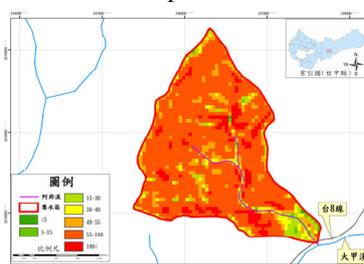


圖 4. 集水區坡度分級圖

Figure 4. Slope parameter in watershed.

表 4. 計畫區氣候資料統計表

Table 4. Statistical climate data in the planning area

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	平均總計
平均氣溫(°C)	14.6	14.9	18.1	20.2	22.6	24.2	25	24.6	23.7	22.4	19.9	16.2	20.4
平均降雨量(mm)	104.3	150.9	191.8	305.6	427.8	355.8	312.8	362.8	147.7	82.4	35.2	71.5	2471.9
平均降雨日數(日)	7.2	9.2	11.3	14	16.2	18.2	17.3	18	11.5	6.5	5.2	7.8	137.2
最大降雨量(mm/日)	89	132.5	83.5	145	177	149.5	362.5	321.5	80.5	116.5	31	42.5	362.5
平均風速(m/s)	1.3	1.3	1.3	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.1	1.2	1.3	1.3	1.2

資料來源：中央氣象局雙崎氣象站(民國 85~90 年)

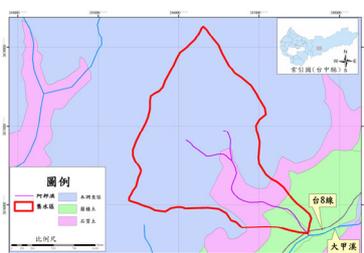


圖 5. 集水區土壤分佈圖

Figure 5. Soil classification of watershed

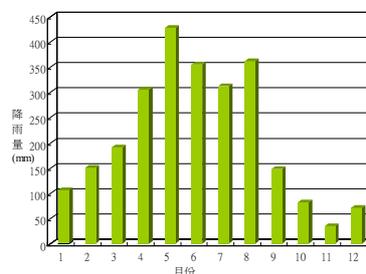


圖 6. 集水區歷年月降雨量分佈統計圖

Figure 6. Distribution of monthly volume of rainfall in watershed

6. 環境現況綜合整理表

本區各項環境基本資料詳見表 5。

表 5. 環境現況綜合整理表
Table 5. Miscellaneous table of present environmental condition.

項目	環境現況說明
地理位置	行政區域為台中縣和平鄉博愛村。本溪屬於阿邦溪流域，本溪出口座標為(247616, 2675622)。
計畫面積	本溪集水面積為 309.39 ha。
保護對象	(1)省道八號，(2)麗陽營區，(3)台電高壓電塔，(4)松鶴部落。
土地利用	林地、崩場地、溪流、道路。
歷史災害	民國 88 年 9 月 21 日，921 地震，造成地層鬆動、岩層破碎。 民國 90 年 7 月 30 日，桃芝颱風造成區內受災嚴重。 民國 93 年 7 月 2 日，敏督莉颱風造成區內土石流災情。
地形環境	根據農林航測所相片基本圖，本區高程介於 648m~1769m，溪流總長度 2028.07m。高程以 1200~1300m 所佔的面積為最多，約佔全區之 14.43%，坡度以六級坡(55%~100%)為主，約佔全區面積之 66.01%。
地質環境	根據中央地調所網站查詢，本區地層分佈為四稜砂岩，由現場堆積物顆粒與岩性，可清楚看出砂岩分佈之情形。
土壤環境	本區土壤以石質土與崩積土為主，由現場觀察，本區崩積土形成主要原因為崩場所造成。
氣象水文	本集水區之年降雨量為 2471.9mm，歷年之月平均雨量主要集中於 5 月至 8 月，其中以 5 月降水最多，主要暴雨場次皆為颱風所引起。
土石流分佈	阿邦溪土砂沖淤顯著，但目前資料中並未顯示該溪為土石流潛勢溪流；根據現場調查，該溪具有土石流潛勢溪流徵兆。
崩場地分佈	依桃芝颱風後，水土保持局於民國 90 年委託財團法人工業技術研究院調查中部 921 重建區與花蓮地區之「桃芝颱風災區崩場地調查分析成果報告」之資料，本區有 7 處崩場地面積為 29.93ha。

二、 主要課題

1. 崩場地

本計畫共收集歷年六期之影像(含 1995 年像片基本圖、1999 年 921 地震前 SPOT 衛星影像、2000 年 921 地震後 SPOT 衛星影像、2001 年桃芝颱風後空拍正射影像、2004 年敏督莉颱風後空拍正射影像以及 2004 年艾利颱風後福衛二號衛星影像)，據以分析集水區崩場地之分佈，再以此為底圖至現場實地調查崩場地目前之分佈與現況。各期影像如圖 7 所示。比對各期影像，明顯可看出本區在 921 地震後產生了大規模崩場地，崩塌土石堆積於上游，中下游並無明顯土砂堆積；桃芝颱

風後中下游溪床以可看出溪土石堆積，敏督莉颱風與艾利颱風造成大規模土石流動，形成中下游溪床目前土石堆積之現況。

據水土保持局桃芝颱風後之崩場地調查成果，阿邦溪集水區在桃芝颱風後有 7 處崩場地，面積共 25.96ha，崩場地多位於河道上游及河床兩旁，危險等級皆為 D 級，該資料成果與本集水區套疊後整理如表 6 與圖 8 所示。

本計畫以集水區像片基本圖以及七二水災後集水區正射影像圖為底圖，至現場調查檢核。根據現場調查，在集水區中下游之崩場地，多因土石流之橫向淘刷產生之崩

場，面積皆在 0.1~0.7ha 之間，崩塌面多為岩盤(或岩塊)夾雜部分土方，在麗陽營區附近溪床有兩處崩場地，崩塌坡度接近垂直，對麗陽營區及台電電塔等保全對象造成威脅。

在集水區中游之崩場地以溪床兩岸之蝕溝發展及小型邊坡崩場地為主；集水區上游支流處有一面積約為 25.62ha 之大型崩場地，部分已崩塌至岩盤，下邊坡仍有鬆散土方堆積，該崩場地所崩落土石應為阿邦溪溪床堆積土砂的主要來源。

本集水區目前崩場地總面積為 46.54ha，佔集水區總面積之 15.04%。茲將現場崩場地調查結果，彙整如表 7 所示，調查崩場地之現況與位置詳圖 9、圖 10 所示。

本集水區目前崩場地總面積為 46.54ha，佔集水區總面積之 15.04%。茲將現場崩場地調查結果，彙整如表 7 所示，調查崩場地之現況與位置詳圖 9、圖 10 所示。

表 6. 集水區內桃芝颱風後崩場地分佈統計一覽表

Table 6. Distribution of landslide fields after Typhoon Toraji.

崩場地編號	土地權屬	面積(ha)	座標 X	座標 Y	高程(m)	坡度(°)	危險度
台中縣-140	林班地	16.77	245976	2676902.8	1663	36.06	D
台中縣-460	林班地	5.38	245917.79	2676477.47	1572	36.8	D
台中縣-461	林班地	0.93	246428.16	2676604.03	1128	32.78	D
台中縣-462	林班地	0.72	246503.01	2677070.84	1281	49.62	D
台中縣-463	林班地	0.47	246492.13	2676944.27	1202	41.18	D
台中縣-464	林班地	0.41	246764.32	2676824.51	1153	46.09	D
台中縣-601	林班地	1.28	247028.03	2675741.28	1066	37.48	D

表 7. 集水區調查後崩場地面積統計表

Table 7. Statistical analysis of landslide surface area.

編號	面積(ha)	坡度(°)	坡向	座標 X	座標 Y	編號	面積(ha)	坡度(°)	坡向	座標 X	座標 Y
1	1.77	37.5	NE	247,009	2,675,747	16	0.39	60	SE	246,627	2,676,299
2	0.77	80	W	247,555	2,675,798	17	0.12	47	W	246,791	2,676,331
3	0.52	80	SW	247,459	2,675,933	18	0.05	50	W	246,749	2,676,389
4	0.26	50	N	246,887	2,675,958	19	0.56	30	SE	246,489	2,676,321
5	0.09	60	N	247,025	2,676,000	20	0.14	70	E	246,678	2,676,395
6	0.18	70	N	246,836	2,675,997	21	0.15	65	NE	246,669	2,676,466
7	0.15	70	N	246,788	2,676,016	22	0.16	70	SW	246,746	2,676,479
8	0.25	75	N	246,711	2,676,029	23	0.37	80	SW	246,698	2,676,585
9	0.21	75	N	246,678	2,676,036	24	0.76	46	SW	246,723	2,676,829
10	0.13	70	S	246,910	2,676,061	25	25.62	36	SE	246,120	2,676,826
11	0.30	80	S	246,868	2,676,064	26	5.79	49	SE	246,495	2,677,034
12	0.07	50	S	246,829	2,676,087	27	0.13	40	NE	245,535	2,676,576
13	3.03	70	S	247,083	2,676,074	28	1.17	40	NE	245,631	2,676,469
14	1.58	50	E	246,373	2,676,090	29	0.75	40	NE	245,791	2,676,402
15	0.21	70	W	246,720	2,676,251	30	0.86	40	NE	245,951	2,676,428

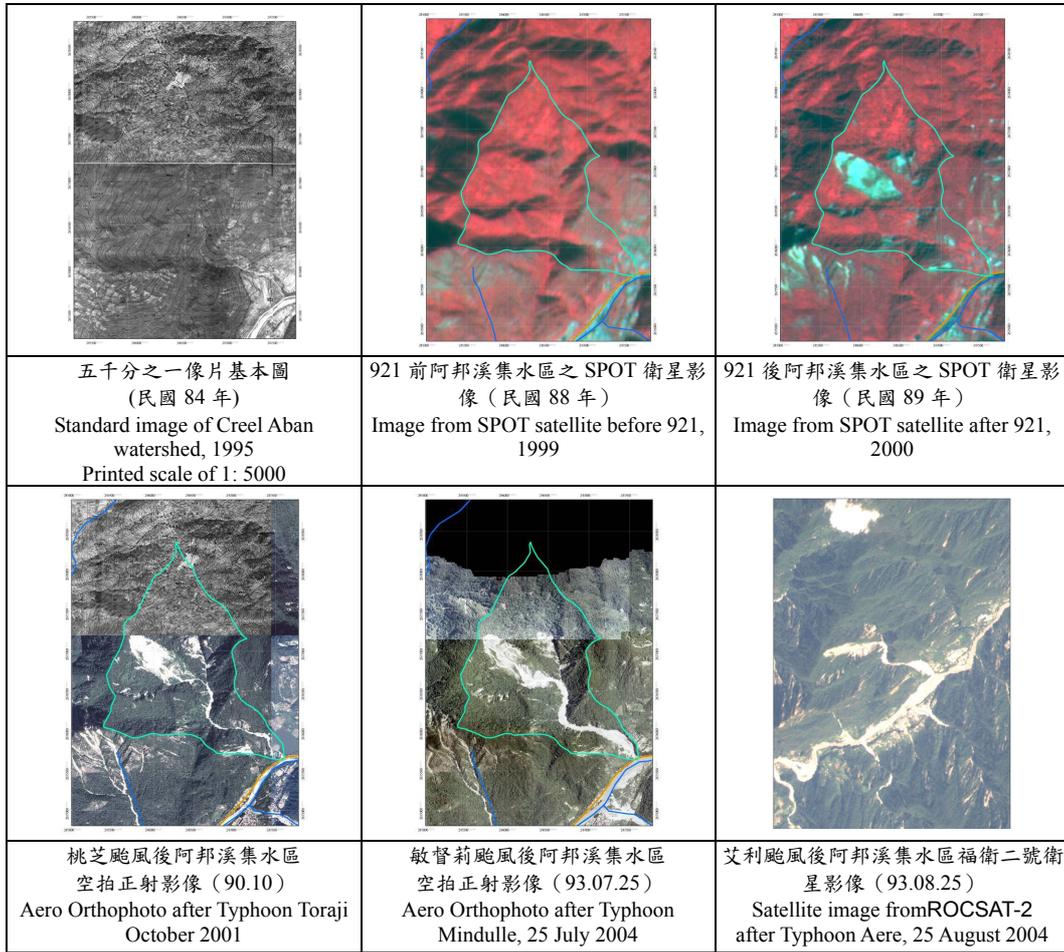


圖 7. 各時期集水區影像圖

Figure 7. Periodic images of watershed

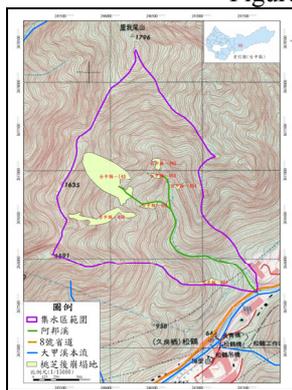


圖 8. 集水區內崩塌地分佈圖
(90.8.2 桃芝颱風後)

Figure 8. Distribution of landslide fields after Typhoon Toraji on 2 August 2001.

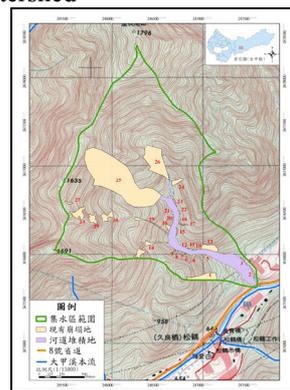


圖 9. 集水區內崩塌地分佈圖
(93.8.25 艾莉颱風後)

Figure 9. Distribution of landslide fields after Typhoon Aere on 25 August 2004.

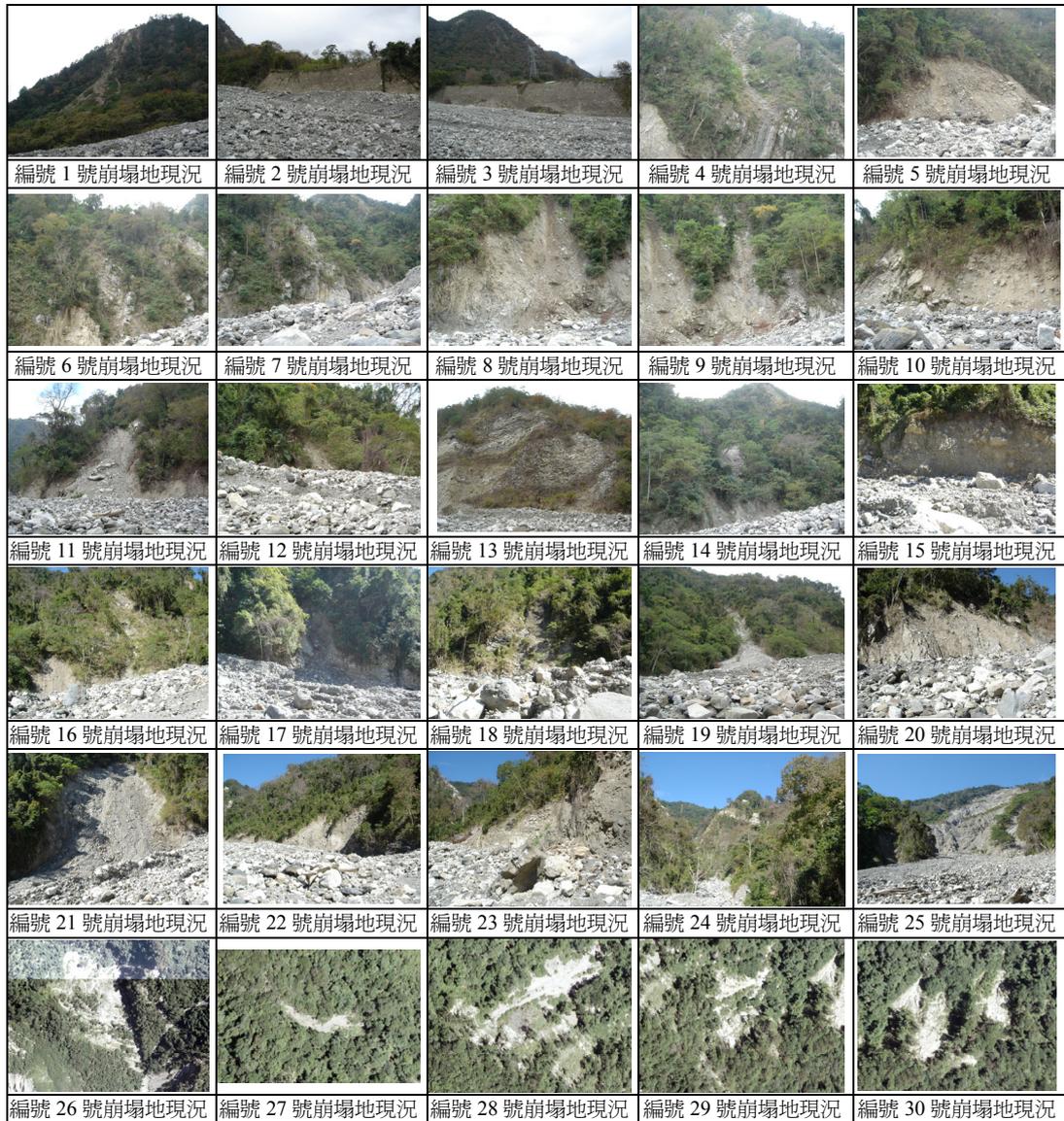


圖 10. 崩塌地現況照片

Figure 10. Present condition of landslide fields.

造成本區泥砂來源之原因可分為天然與人為兩種因素。天然因素有：陡峭地形、921 地震、颱風豪雨造成崩塌；人為因素則有：道路及果園開闢所造成。其中以天然因素為造成泥砂之主要來源，茲分別說明如下。

(1) 陡峭地形：

本區之坡面坡度，以六級坡為主(>55%

以上)，面積有 204.31 公頃，佔全區面積之 66.01%；溪床平均坡度在 30%以上之面積有 272.27 公頃，佔全區面積之 87.97%；根據本計畫區崩塌地之調查資料，崩塌地坡度幾乎都在 50%以上；由以上說明，陡峭的地形為造成泥砂來源之潛在主因。

(2) 921 大地震：

本區地層之地質年代屬於新生代第三紀，漸新世早期之岩層，地質年代較新，921地震時在本區造成大規模崩場地，提高本區土石流產生之機率。

(3) 颱風豪雨：

民國 88 年 921 大地震後，歷經民國 90 年 7 月 30 日之桃芝颱風、民國 93 年 7 月 2 日之敏督莉颱風以及同年 8 月 24 日之艾莉颱風所帶來的豐沛雨量，將上游崩落土石逐漸帶往中下游河道淤積，因此颱風豪雨是造成泥砂產出之外在主要誘因。

(4) 道路與果園開闢：

因為道路與果園之開闢改變了逕流量，並造成短暫的裸露地，將增加土砂之生產量，但其規模遠不及自然災害所造成之土砂量。

整體而言，本區主要之土砂來源應為 921 大地震所造成之岩層震裂及土石結構之不穩定，強大颱風降雨如桃芝颱風、敏督莉颱風與艾莉颱風等均對溪床造成縱橫向之沖刷，直接造成溪床刷深與兩岸崩塌，溪水則挾帶大量之土砂到溪床坡度較緩處堆積，這是本區泥砂產生之主要來源與因素。

如圖 7，民國 88 年之 921 大地震在集水區上游坡面產生大量的崩場地，90 年桃芝颱風時溪床上已有部分土石流出，而在 93 年之敏督莉颱風時，更造成大規模的土石流，並於溪床中堆積了大量土石。因此，從不同時期之衛星影像與空中正射影像即可進一步說明 921 大地震及颱風為本區泥砂產生之主要因素。

2. 整體泥砂量探討

為同時推估本集水區之坡面沖蝕、道路裸露、溪床沖刷、與崩場地所造成之泥砂量，根據調查之土地利用現況（含崩場地、溪床、道路、建築區及各類土地利用型態），將集水區產砂量之估算分為二部分，分別依照理論公式推估坡地土砂生產量及崩場所造成之土砂量，再以實地測量之資料，比對所計算之

結果，以推估合理之土砂生產量。

(1) 坡面土砂量

坡面土砂量計算係推估坡面土砂生產量，其計算方式為以 USLE 估算。計算方式為將整個計劃區域分割成小集水區，再參考 WinGrid 系統計算坡長因子的方式，來統計集水區之土砂沖蝕量。

依據水土保持技術規範第 35 條之規定，山坡地土壤流失量之估算，得採用通用土壤流失公式(USLE)，其公式如下：

$$Am = Rm \times Km \times L \times S \times C \times P$$

式中各參數：

Am：土壤流失量(tons/ha/yr)

Rm：降雨沖蝕指數(Mj-mm/ha-hr-yr)

Km：土壤沖蝕指數(tons-ha-yr/Mj-mm-ha)

L：坡長因子

S：坡度因子

C：覆蓋與管理因子

P：水土保持處理因子

A. 降雨沖蝕指數(Rm)

依水土保持技術規範若估算地點之年降雨沖蝕指數 Rm 值無法由規範中之表中直接查得時，得由估算地點附近兩個已知地點之 Rm 值以下列之反距離權重公式估算之：

$$Rm = \frac{\sum_{i=1}^3 \frac{Rm_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^3 \frac{1}{L_i^2}} = \frac{\frac{Rm_1}{L_1^2} + \frac{Rm_2}{L_2^2}}{\frac{1}{L_1^2} + \frac{1}{L_2^2}}$$

式中：

Rm：估算地點之年降雨沖蝕指數。

Rmi：已知地之年降雨沖蝕指數。

Li：已知地點至估算地點之直線距離。

因此，降雨沖蝕指數(Rm)可依水土保持技術規範取鄰近天輪（Rm：16,028，距離 6.5 公里）、八仙新山（Rm：15,080，距離 5.9 公里）之降雨沖蝕指數並依反距離權重法計算過程如表 8 所示，求得特定水土保持區之 Rm 為 15,511.5。

表 8. 降雨沖蝕指數 Rm 試算表
Table 8. Rm Index for scour of rainfall.

地點	L(公里)	Rm	Rm/L ²	1/L ²	採用 Rm
天輪	6.518	16,028	377.3	0.023538	
八仙新山	5.958	15,080	424.8	0.028171	
合 計			802.1	0.051709	15,511.5

B. 土壤沖蝕指數(Km)

土壤沖蝕指數(Km)係採用水土保持技術規範中東勢鎮中坑坪之 Km 0.0553 為計算依據。

C. 坡長因子(L)

通用土壤流失公式中，坡長因子(L)係採用 Wischmeier and Smith (1965)之計算式： $L = (l / 22.13)^m$ ；式中 l 為地表漫地流之流長(公尺)，m 隨著坡度而改變，Wischmeier and Smith (1978) 分析指出：當坡度小於 1%時， $m = 0.2$ ；當坡度介於 1%與 3%之間時， $m = 0.3$ ；當坡度介於 3%與 5%之間時， $m = 0.4$ ；而當坡度大於 5%時， $m = 0.5$ 。

坡長因子使用 WinGrid 模式中坡長計算模組計算，其計算方式如下：

假設集水區坡面受到窪蓄、入滲等作用以及山溝、道路排水側溝等之截流，地表漫地流之流長甚少超過 100 公尺，以及一般坡地安全排水，超過 100 公尺即需分段排水，否則逕流集中易形成蝕溝之條件下；以數值高程模型，利用排水流向之觀念，萃取集水區漫地流與渠道流(為安全與計算方便，地表水之流長超過 100 公尺時，可視為渠道流)。

D. 坡度因子(S)

坡度因子係計算各網格(20m*20m)之平均坡度($\theta\%$)，轉換為度數後再以 Wischmeier and Smith (1978)所提出之坡度因子公式： $S = 65.41 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.0654$ 求算而得各網格之坡度。

E. 覆蓋與管理因子(C)

覆蓋與管理因子 C 之值主要受本區土地利用型態之影響，依水土保持技術規範，將

不同之地表及植被狀況代入不同之 C 值，並加入包括現場調查之崩塌地、裸露地分佈修正以計算 C 值，其覆蓋與管理因子如表 9 所示。

F. 水土保持處理因子(P)

依水土保持技術規範，有關本特定水土保持區水土保持處理因子即 P 值之決定，在無任何水土保持處理、或棄土場、或陸砂及農地砂石開採處，P 值設定為 1。

依上述通用土壤流失公式所需之各因子求出後，相乘即可求得本特定水土保持區之土壤流失量及分佈與沖蝕深度如表 10 及圖 11、圖 12 及圖 13 所示。

表 9. 覆蓋與管理因子參考表
Table 9. References of Overburden and Control Factors.

土地利用	道路	建築用地	草地	土砂堆積地	崩塌地	闊葉林
面積(公頃)	0.04	1.76	1.81	14.25	46.54	245.1
C 值	0	0.01	0.05	1	1	0.01

表 10. 阿邦溪集水區內土壤沖蝕量估算表
Table 10. Soil erosion estimation in watershed.

土壤沖蝕量(公噸/年)	面積(ha)	百分比(%)
0~10	143.36	54.52
10~50	9.91	3.77
50~150	12.51	4.76
150~300	13.31	5.06
300~600	21.49	8.17
大於 600	62.38	23.72
合 計	262.96	100
土壤流失量	62,350.61 (公噸/年)	
	4,453.15 (m ³ /年)	

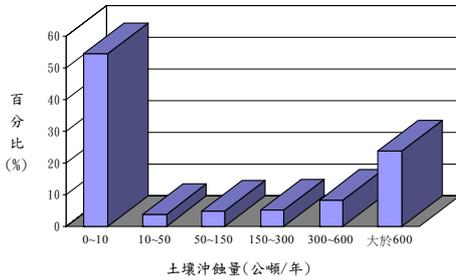


圖 11. 阿邦溪集水區內土壤流失量柱狀圖
Figure 11. Estimate capacity of soil losses by Bar Chart

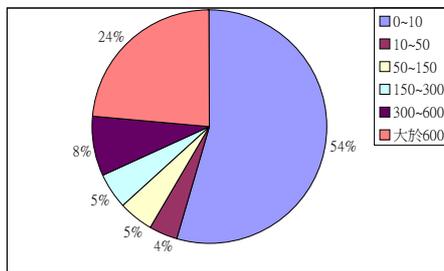


圖 12. 阿邦溪集水區內土壤流失量圓餅圖
Figure 12. Estimate capacity of soil losses by Pie Chart.

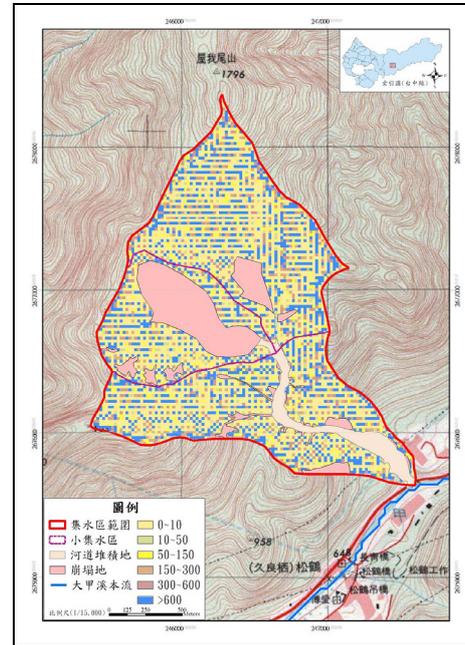


圖 13. 阿邦溪集水區內土壤流失量圖
Figure 13. Capacity of soil losses in scale.

(2) 土石流流出規模推估

造成本區主要災害之土砂為敏督莉颱風所造成，因此推估本區土石流流出規模，有助於對本集水區土砂問題之瞭解。

本區土石流流出規模，依水土保持局「桃芝颱風災區土石流潛勢分析成果」報告書經調查 168 處土石流災害現場結果，以最小二乘法推求平均值曲線再以同該線之斜率求出各種不被超過之迴歸方程式，在不超過 90% 之迴歸方程式：

$$V = 120,418A^{0.56}$$

式中：

A 為坡度 30% 以上溪床所佔之面積 (2.72km²)。

V 為土砂流出量(m³)。

計算結果：本區之土砂流出規模為 211,006 m³。

(3) 實地測量成果

依照 94 年 1 月地形測量圖(圖 14)，自崩

場地以降，溪床堆積面積約為 16ha，對照農林航測所像片基本圖，推估目前堆積溪床土方量約為 3,194,783 m³。

參、結果與討論

經由以上公式與測量結果計算，本區目前溪床堆積量約有 3,194,783m³，依照崩塌面積估算之崩塌土方量經推估約為 1,366,400m³。

而由推估本區土石流流出之規模，為 211,006m³。其值明顯低於現場溪床堆積量，由此推論本區無法依照該公式合理估算土砂流出量。

由於本集水區為土石流重災區域，下游亦有重要保護對象，依照現有資料研判，本區泥砂未來生產量，將採用較保守方式估算，本計畫以崩塌土方量(1,366,400m³)以及 0k+800 上游溪床堆積量，估計約有 2,751,852m³。

0k+800 為谷口分界處，谷口以下土石能量消散，成為堆積狀態，土砂下移動能不高；谷口以上，坡度變大，現場土砂較不穩定，故將 0k+800 上游為溪床不穩定之土砂量。

由於本區災害之來源為集水區上游土砂之生產與輸送，及其所影響到下游保護對象之安全。在整治對策擬定上，由上游至下游，分段治理土砂所造成之威脅，如圖 14 所示。茲分述如下：

1. 上游治理方案

依據現場條件，在兩岸有岩盤處，約為樁號 1k+440 位置，規劃配置 7.5 公尺重力式防砂壩，並在下游規劃副壩(1k+422.8)與固床工(1k+411.5)，以調整該溪段之溪床坡度，並穩定溪床堆積之土砂，抑制上游土砂下移。

針對本溪段最大崩場地(編號為 25 號)，依據崩塌坡面目前有 6.46 公頃為岩盤，其餘坡面之坡度達到 36 度，岩盤將不予處理，其餘坡面有鑑於坡度陡峭，土方堆積鬆散，施工困難，人員危險性亦高，同時各種工法所可獲致之成效有限，故目前建議令其自然復原。

2. 中游治理方案

依據現場條件，考量溪床堆積之土砂，計畫於 0k+560 規劃有效壩高 10 公尺、壩長 150 公尺之防砂壩，做為穩定溪床土砂、調整坡度、抑制溪流縱橫向沖刷，以穩定中游溪段，削減土石流下移之能量。

3. 下游治理方案

下游將規劃沉砂池，位置為 0k+170、0k+220、0k+340，有效壩高分別為 5 公尺、5 公尺及 10 公尺，壩長分別為 160 公尺、193 公尺及 251 公尺，平時維持空庫，以收納上游與中游下移之土砂，期將土石流轉化為含砂水流或清水流。沉砂池護堤邊坡規劃為階段式邊坡，邊坡斜率 1:2，坡面並以抗沖蝕網處理並加以植生，保護麗陽營區及台電高壓電塔之安全。

沉砂池下游規劃之防砂壩(0k+170)、固床工(0k+150)，與公路總局 8 號省道，與公路總局規劃之處理終點銜接。有鑑於上述規劃配置與公路總局目前 8 號省道之設計具有重要關連，而目前 8 號省道之設計仍未完全定案，設計高程與排水方式仍需與公路總局進行溝通、協調，以竟全功。

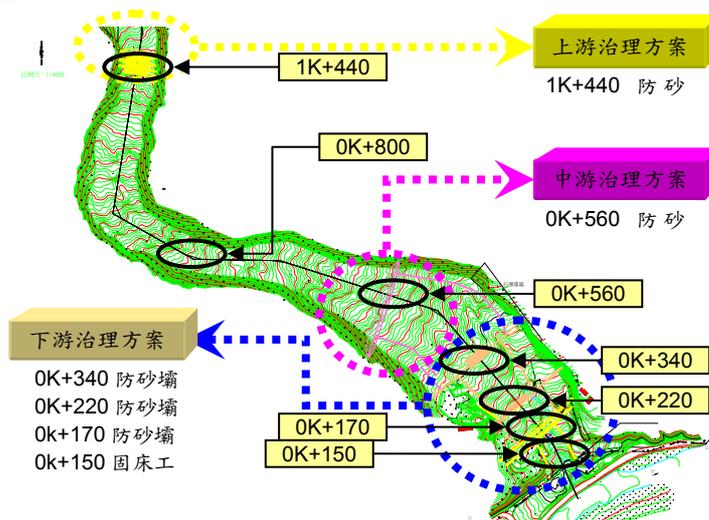


圖 14. 實測地形與工程配置圖

Figure 14. Topography survey and construction plans.

4. 非結構性工法規劃

除硬體工程外，當地應禁止開發行為，在人為可以控制之下，避免災害規模持續擴大，擬建議本區應劃為特定水土保持區，以實施必要之治理與管理事項。

根據日本之經驗，強烈地震過後二十年內，皆屬於不穩定時期，此次災害除進行必要之治理外，剛好藉此讓本集水區之山林休養生息，未來再提供我們更清新的自然資源。

5. 預期效益

本計畫集水區水土保持設施如防砂壩、固床工、護岸、等數量是否符合需求，擬透過集水區泥砂生產量及既有設施防砂量之比較，取得具體數據參考，採用陳正炎、張三郎（1996）提出之公式，運算如下：

(1) 防砂量

防砂量 (m³) = 防砂壩 (壩高×壩長×10倍壩高×3) + 崩坍地處理 (面積×2) + 護岸 (有效高 H×2×長度 L) + 蝕溝控制 (溝長 L×溝寬 W×溝深 D)，各壩體興建後之防砂量與不穩定土砂量及土砂流出量之關係詳表 11 所示。

(2) 泥砂生產量

泥砂生產量 (m³) = 崩坍土石流失量 (崩坍地面積×5 倍) + 表土沖蝕量 (4 年山坡地面積總和×T)，本計畫採用實際調查崩坍地泥砂與溪床堆積泥砂估計之。

(3) 容許流砂量

容許流砂量 (m³) = 平衡河道泥砂量 +

骨材需求量 + 無害入海量，保守估計本項定為 0 m³。

(4) 防砂率

$$\text{防砂率 (F)} = ((1)/(2)-(3)) \%$$

經計算防砂量 (1) 為 1,488,870 m³，泥砂生產量 (2) 為 2,751,852m³，容許流砂量 (3) 為 0 m³，因此本計畫預期之防砂率 (F) 為 54.10%。

如依照攔阻土砂量推估，中長期計畫攔阻土砂之效果最佳，但因壩體設置位置座落於堆積層上，綜合考量保護對象與結構物之安全，故建議除 1K+440 之防砂壩具有間接防制崩場地處理之效果應優先設置外，其餘所規劃之防砂壩應由下游往上游施作，並在最下游之壩體加強基礎保護 (加設全套管式基樁)，以維護系列壩體之安全。

本治理對策除了宜對土砂特性、現場條件及保護對象等之相互關係，以擬定整體治理對策外，預期可得到下列效益：

1. 降低 8 號省道破壞之機率。
2. 保護麗陽營區與台電高壓電塔之安全。
3. 減低土砂災害之規模。
4. 減輕大甲溪土砂負荷。
5. 提昇谷關周邊地區觀光價值。
6. 集水區資源保育。
7. 土地涵養。
8. 維護國土資源。
9. 提高土壤之滲透及蓄水功能。

表 11. 防砂量、不穩定土砂量及土砂流出量關係表

Table 11. Interconnections among sediment prevention; unstable sediment and sediment flow capacity.

樁號	防砂量(m ³) (1)	不穩定土砂量(m ³) (2)	土砂流出量(m ³) (3)=(2)-[(1)+前期工程防砂量]	備註
1K+440	113,337	2,751,352	2,465,982	短期工程
1K+422.8				
0K+170	75,000			
0K+220	97,533			
0K+340	753,000			
0K+560	450,000			

肆、結論與建議

本集水區災害發生之主因係因民國 88 年之九二一地震造成集水區之岩層被擠裂及土石鬆動，而使結構不穩並發生大規模之崩塌在先，具足了土石流發生之要件。其後於民國 90 年又遭逢桃芝颱風、民國 93 年再遭敏督莉颱風與艾莉颱風之豪大雨侵襲，不但使崩落於上游陡峭區之巨量土石發生土石流，並於中游之土石流輸送段造成野溪之縱橫向沖刷，而直接造成溪床刷深與兩岸土石之持續崩落，溪水挾帶大量土砂石在溪床坡度較緩之下游段則因下衝之能量大減而堆積，因而淹沒了 8 號省道道路與兩岸農地，並使大量土砂堆積於大甲溪床，擠壓了大甲溪之主流河道，使大甲溪之流向在阿邦溪下游偏向松鶴部落，因而影響松鶴地區之民宅與公共設施安全，甚或擴大了其土石流災害。

就本區而言，此次災害所造成影響之範圍相當大，使原有溪床之寬度沖刷最大至約 215m，溪床坡度由於土石堆積形成約 17% 之坡度、溪床平均堆積深度約 15m。本區治理規劃原則以集水區為單元，規劃依目前土砂影響範圍為治理範圍，並以安全為導向、生態為基礎為治理原則。

目前本區主要之威脅為上游源頭區崩塌地之巨大土砂量，這些土砂部分堆積於溪床上，依照現有資料研判與初步估計本區土砂未來生產量約有 2,751,852m³，這些土砂對下

游保護對象之安全頗具威脅。因此抑制上游土砂生產以及控制溪床堆積之土砂乃屬當務之急。

以大甲溪目前在松鶴地區之淤積情形而言，位於其上游之本集水區的規劃，應以減輕大甲溪溪床輸砂之負擔為考量。換言之，控制大量土砂下移，對大甲溪現階段而言，必有正面之助益。

參考文獻

1. 王明果、謝兆申 1989. 台灣地區土壤分佈圖。國立中興大學土壤調查試驗中心。
2. 行政院農業委員會水土保持局, 2001, 「桃芝颱風災區土石流災害潛勢分析」。
3. 行政院農業委員會水土保持局, 2001, 「桃芝颱風調查成果(中部重建區)」。
4. 陳正炎、張三郎, 「流量歷線作用於滯洪設施之模擬」, 中華水土保持學報, 27 卷 3 期, pp.235-244, 1996。
5. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith (1978), "Predicting rainfall erosion losses," Agricultural Handbook 537, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.

94 年 10 月 28 日 收稿

94 年 11 月 30 日 修改

94 年 12 月 11 日 接受