

## 牡丹水庫集水區潛在土石流危險溪流調查及分析

### Field Investigation and Analysis of Potential Debris Flow on Watershed of Mu-Dan Reservoir

高苑技術學院土木工程系副教授

高苑技術學院土木工程系講師

高苑技術學院土木工程系講師

張東炯

簡耀鴻

林宏麟

Tung-Chueng Chang

Yaw-Hung Chien

Ho-ling Lin

#### 摘 要

水庫上游集水區之經營管理與水庫延用壽命有著密切關係，而土砂來源之調查及控制更是首要工作之一，本文以牡丹水庫集水區為研究範圍，進行其上游集水區之潛在土石流危險溪流之調查，調查結果水庫上游總共有 109 條潛在土石流，溪流坡度在 5 度至 25 度之間佔 91%，溪流長度集中在 1000m 以下佔 88%，而集水區面積分佈 20 公頃以下約佔 88%，且在溪流上之崩場地達 30 處。

**關鍵詞：**集水區，潛在土石流。

#### ABSTRACT

The management of upstream watershed has a good correlation with the useful life of reservoir. For a long useful life of reservoir, one of the important work is on the works of the investigation and control of sand source. This paper focuses on the investigation of creek at Mu-Dan Reservoir that it's upstream watershed presented the potential debris flow.

The result showed that potential debris flow achieved 109 creeks, the percent of average slope from 5 degree to 25 degree is 91%, the length below 1000 meter 88% and that the percent of watershed area under 20 acres is about 88%, and the number of landslip in study area is 30.

**Keywords:** Watershed, Potential debris flow.

## 一、前言

台灣為山多平地少的海島型國家，地質構造脆弱，地勢以陡峭的坡度為多，土地資源狹小，山坡地開發為本省土地使用之重點，若山坡地過度開墾發展，及天然災害諸如地震、颱風、暴雨等的侵襲，極易產生土石流的危害。在台灣發生土石流造成之災害，確實影響著人民生命財產之鉅大損失，亦使得國家經濟資源蒙受重大損失。因此土石流危險溪流及危險區域資料建立及調查，除了積極進行現地調查外，尚需配合各研究學者所研究的理論基礎，應用較快速且精確方法為之。

水庫之經營管理及集水區上游之水土保持更與水庫壽命、水資源之應用有著重要的關係，尤其土砂量之控制更不容忽視，本研究藉著對水庫上游集水區之潛在土石流危險溪流做調查，期能提供作為水庫經營管理之參考。

本文根據本省以往對土石流發生之研究，歸納出土石流危險溪流之坡度、長度、集水面積、崩塌地等地形特性，並以牡丹水庫上游為調查區域，依土石流危險溪流之地形特性，在航照圖或地形圖上標示潛在土石流危險溪流位置。

## 二、土石流潛在危險溪流調查

本文以人為判定方式針對牡丹水庫上游為調查區域，牡丹水庫上游集水區之地形圖及牡丹水庫上游溪流分佈如圖 1 所示，利用屏東縣牡丹鄉 (1/25000) 地形圖對坡度、集水面積、長度、崩塌地等地形特性分析如下：

### (一) 坡度特性分析

根據以往的調查 (張 1998, 1997) (游、陳 1988) (陳 1984)，土石流危險溪流的坡度通常集中於 10 至 25 度之間為最多 (張 1998, 1997)。溪流平均坡度在 5 度以下者，幾乎不存在土石流危險溪流 (謝、陳 1993)；溪流平均坡度在 35 度以上者，則以發生山崩及落石為多 (謝 1991)。因此潛在土石流溪流之判定，其溪谷的平均坡度是相當具重要性的因子，本研究

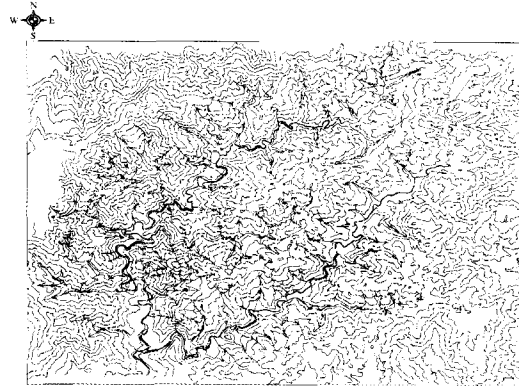


圖 1 牡丹水庫上游溪流分佈

以坡度 5 度以上做為潛在土石流危險溪流之判定。其中溪床的平均坡度(S)係依下式計算 (謝 1991)：

$$S^{\circ} = \tan^{-1}[(EL_1 - EL_2) / L] \dots\dots\dots(1)$$

$S^{\circ}$  : 溪床平均坡度

$EL_1$  (m) : 溪床上游高程

$EL_2$  (m) : 溪床下游高程

$L$  (m) : 溪谷長度

上游溪流經判讀共有 107 條潛在土石流危險溪流，如圖 2 其坡度大部份分佈於 5 度至 35 度之間；平均坡度大於 5 度之溪流共有 107 條；平均坡度於 10 至 25 度之間的潛在危險溪流為 87 條，佔全部溪流之 81.309%。表 2 是牡丹水庫上游潛在土石流危險溪流平均坡度統計分佈表，其中 10 度至 15 度之危險溪流最多佔約 36%，15 度至 20 度佔 27%，20 度至 25 度約佔 19%，整個集水區 10 度至 25 度之間的危險溪流總計達約 81.31%。

### (二) 集水面積特性分析

集水面積( $A_c$ )，係以溪流之谷口為基準點，在該點以上的流域集水面積稱之。

在一定的降雨特性及地質條件下，集水區的大小可代表逕流量及崩積物的多寡。土石流的產生，除了需要足夠的地面坡度外，尚需要有豐富

表 1 牡丹水庫上游潛在土石流危險溪流平均坡度彙整

編號	平均坡度(°)	編號	平均坡度(°)	編號	平均坡度(°)	編號	平均坡度(°)
1	22.024	28	30.000	57	20.171	84	25.872
2	13.213	29	12.487	58	16.401	85	12.944
3	21.845	30	15.466	59	15.070	86	13.213
4	20.051	31	13.024	60	19.471	87	10.240
5	24.443	32	13.003	61	12.541	88	8.150
6	19.471	33	12.094	62	12.153	89	22.719
7	13.698	34	14.478	63	17.058	90	12.318
8	18.663	35	16.041	64	15.783	91	11.970
9	20.354	36	15.664	65	13.430	92	10.722
10	33.816	38	24.720	66	15.055	93	11.537
11	14.747	39	10.346	67	23.578	94	5.565
12	16.013	40	23.578	68	19.471	95	8.980
13	12.541	41	20.701	69	16.912	96	60.074
14	40.885	42	21.921	70	11.685	97	14.250
15	20.051	43	23.578	71	15.466	98	15.466
16	17.090	44	20.925	72	15.070	99	15.038
17	12.944	46	9.946	73	10.015	100	15.122
18	17.235	47	22.115	74	10.639	101	10.191
19	15.122	48	21.324	75	13.003	102	10.981
20	13.041	49	30.189	76	5.025	103	17.744
21	12.784	50	14.478	77	10.015	104	25.184
22	24.443	51	33.056	78	5.338	105	33.056
23	17.665	52	13.609	79	5.007	106	15.466
24	14.955	53	12.840	80	11.104	107	27.486
25	9.974	54	11.582	81	15.765	108	16.205
26	14.176	55	20.827	82	9.696	109	19.058
27	17.235	56	20.667	83	7.808		

表 2 牡丹水庫上游潛在土石流危險溪流平均坡度統計分佈

坡度(°)	條數	百分比(%)
0~5	0	0
5~10	10	9.346
10~15	38	35.514
15~20	29	27.103
20~25	20	18.692
25~30	4	3.738
30~35	4	3.738
35~40	0	0
40~45	1	0.935
45~50	0	0
50~55	0	0
55~60	1	0.935

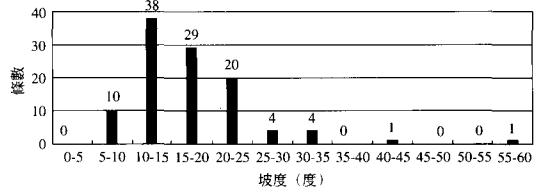


圖 2 牡丹水庫上游潛在土石流危險溪流平均坡度統計

砂礫崩積物和足夠的水量。因此，坡度大於某一角度以上之集水區域面積大小，可當作評估土石流是否產生的指標。本調查利用求積儀並找出溪流的分水嶺作為量出集水面積之依據。

表 3 牡丹水庫上游潛在土石流危險溪流集水面積彙整

編號	面積(ha)	編號	面積(ha)	編號	面積(ha)	編號	面積(ha)
1	12.9125	28	3.8875	57	12.4575	84	2.4425
2	13.2225	29	23.0125	58	8.7900	85	4.8125
3	6.6450	30	10.7925	59	17.2225	86	4.5350
4	4.3925	31	22.3875	60	4.5300	87	4.7550
5	5.5825	32	15.4400	61	40.9375	88	15.0200
6	5.9475	33	23.6600	62	4.1875	89	5.2675
7	26.5250	34	24.0500	63	8.0675	90	26.2525
8	5.6550	35	3.0400	64	8.1175	91	4.9275
9	2.8375	36	17.8800	65	9.9900	92	27.3700
10	5.2100	38	8.0475	66	16.5350	93	12.8275
11	9.9050	39	9.5350	67	13.3825	94	5.7625
12	5.5275	40	7.6775	68	5.6400	95	36.1250
13	12.6975	41	7.8975	69	12.4625	96	7.3900
14	8.2975	42	4.3625	70	18.3600	97	10.3125
15	4.9725	43	9.2900	71	9.3375	98	6.6850
16	10.9250	44	10.2575	72	8.2275	99	18.1525
17	8.9625	46	16.0225	73	4.3600	100	21.2050
18	4.6225	47	3.0425	74	15.0825	101	15.7250
19	9.7225	48	3.1375	75	12.1925	102	14.7350
20	9.0625	49	7.8725	76	19.1600	103	8.0350
21	7.3900	50	10.2750	77	30.7700	104	7.1175
22	5.9850	51	6.8375	78	9.4425	105	6.6875
23	4.4925	52	6.6250	79	12.5275	106	10.9825
24	8.9100	53	10.1075	80	16.0175	107	5.2950
25	27.1950	54	27.8625	81	12.3225	108	6.2725
26	9.6550	55	7.3675	82	4.9750	109	7.7750
27	5.8825	56	6.0300	83	14.3725		

表 4 牡丹水庫上游潛在土石流危險溪流集水面積統計分佈

集水面積(ha)	條數	百分比(%)
0~5	19	17.757
5~10	44	41.122
10~15	19	17.757
15~20	12	11.215
20~25	5	4.673
25~30	5	4.673
30~35	1	0.935
35~40	1	0.935
40~45	1	0.935

圖 3 是集水區內危險溪流之集水面積調查結果，溪流集水面積平均分佈在 5 至 20 公頃之間，其中溪流集水面積介於 5 至 10 公頃為最多共 44 條，溪流最大集水面積為 40.9375 公頃，最小為 2.8375 公頃。表 3 是集水區內土石流危險溪流之集水面積分佈統計百分比，其中 5 公頃以下約為 17.8%，5 至 10 公頃約為 41.1% 佔全區之最多百分比，10 至 15 公頃約為 17.8%，本調查區之集水面積較小，大部份集中在 5 公頃至 20 公頃之間。

表 5 牡丹水庫上游潛在土石流危險溪流長度資料

編號	長度 (m)	編號	長度 (m)	編號	長度 (m)	編號	長度 (m)
1	800.0	28	200.0	57	725.0	84	275.0
2	875.0	29	1387.5	58	425.0	85	312.5
3	537.5	30	525.0	59	1000.0	86	350.0
4	350.0	31	887.5	60	300.0	87	225.0
5	362.5	32	800.0	61	1750.0	88	987.5
6	600.0	33	1050.0	62	237.5	89	362.5
7	1562.5	34	1000.0	63	375.0	90	937.5
8	250.0	35	212.5	64	625.0	91	337.5
9	287.5	36	1000.0	65	775.0	92	1075.0
10	287.5	38	550.0	66	962.5	93	700.0
11	550.0	39	612.5	67	625.0	94	412.5
12	362.5	40	375.0	68	300.0	95	1537.5
13	875.0	41	537.5	69	550.0	96	300.0
14	412.5	42	375.0	70	987.5	97	487.5
15	437.5	43	625.0	71	487.5	98	487.5
16	612.5	44	700.0	72	500.0	99	925.0
17	625.0	46	1100.0	73	287.5	100	1150.0
18	337.5	47	212.5	74	650.0	101	1300.0
19	575.0	48	275.0	75	800.0	102	787.5
20	487.5	49	437.5	76	1712.5	103	525.0
21	587.5	50	400.0	77	1437.5	104	587.5
22	362.5	51	275.0	78	537.5	105	550.0
23	362.5	52	425.0	79	687.5	106	750.0
24	775.0	53	450.0	80	675.0	107	325.0
25	1212.5	54	1012.5	81	662.5	108	537.5
26	612.5	55	562.5	82	475.0	109	612.5
27	337.5	56	425.0	83	662.5		

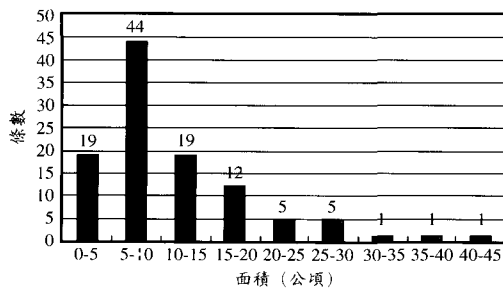


圖 3 牡丹水庫上游潛在土石流危險溪流集水面積統計

(三) 長度特性分析

危險溪流之長度調查係依 (1/25000) 之地

形圖，由溪流之谷口往上量至上游無法辨識出溪谷處為止之長度。

圖 4 顯示溪流長度之分佈結果，溪流長度以 500 至 1000 公尺為最多，500 公尺以下有 45 條，1000 公尺至 1500 公尺之間僅有 9 條，1500 公尺至 2000 公尺有 4 條，2000 公尺以上已無土石流；表 5 是潛在土石流危險溪流之長度資料表，表 6 是潛在土石流危險溪流長度統計分佈表，其中 500 至 1000 公尺佔總數的 46%；其次為 500 公尺以下，共 45 條佔總數的 42%。平均坡度大於 5 度之溪流長度最長為 1750 公尺；最短為 200 公尺。

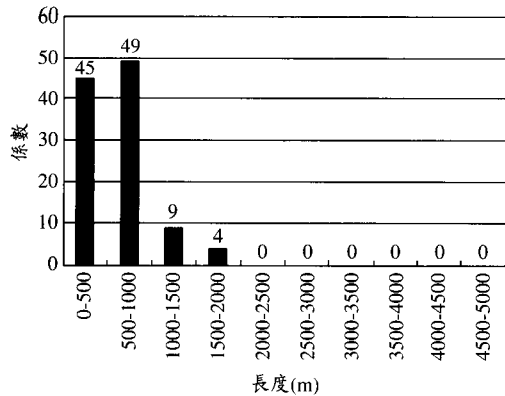


圖 4 牡丹水庫上游潛在土石流危險溪流長度統計

表 6 牡丹水庫上游潛在土石流危險溪流長度統計分佈

長度(m)	條數	百分比
0~500	45	42.056
500~1000	49	45.794
1000~1500	9	8.411
1500~2000	4	3.738

### 三、崩塌地調查

土石流發生常帶來大量之土砂，當土砂往下游沖刷，便造成下游地區之災害，而土砂量的多寡係來源於溪床之上之堆積物量，其中堆積物部分來自於溪床上游山坡地崩場所形成之礫石砂料，因此危險溪流上游之崩塌，也是影響土石流土砂流出量之因子（陳 1984）。本文採用行政院經濟部水利處南區水資源局主辦，農業委員會林務局農林航空測量所編製之牡丹水庫集水區航測調查報告，其中有關崩塌地之調查分析如圖 4 至圖 5。

圖 5 係牡丹水庫集水區崩塌地位置之分類，分成山嶺崩塌、山腹崩塌、山腳崩塌、溪邊崩塌及路邊崩塌，其中位於溪邊幾乎達 30 處，由溪流所造成河床及山坡之沖刷侵蝕在本調查區是嚴重的約佔 24%，山腳亦達 10 處以上。圖 6 是集水區內崩塌地種類之統計資料，崩塌地以新崩為最多達 80 處以上，舊崩塌已漸達穩定，

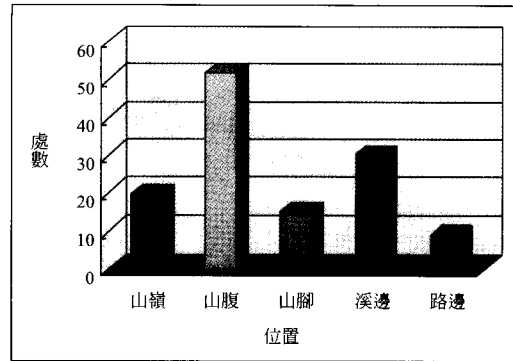


圖 5 崩塌地位置統計圖

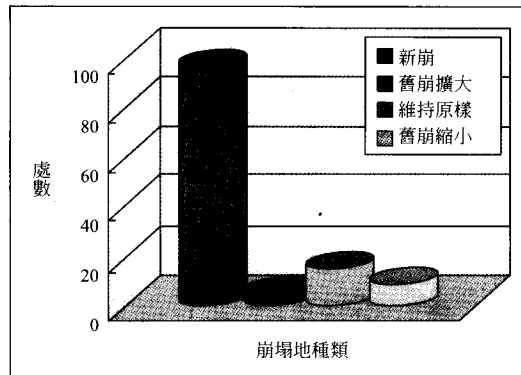


圖 6 崩塌地種類統計圖

但新崩塌地可能由於土壤特性，地質因素或地震之影響漸漸擴大，此現象應值得注意。

### 四、土地利用植生型態調查

全區除相思樹造林地外，另有天然林、草地及旱地，主要土地利用型為造林地，其次是遊牧及農業用地，圖 7 顯示集水區內各種土地利用及植生之型態。

### 五、結論

經調查牡丹水庫上游之潛在土石流危險溪流其結果如下：

1. 土石流危險溪流共 107 條。
2. 土石流危險溪流長度集中在 1000m 以下者佔 87.850%，其中 500m~1000m 佔 45.794%。
3. 土石流危險溪流集水面積集中在 20 公頃以下

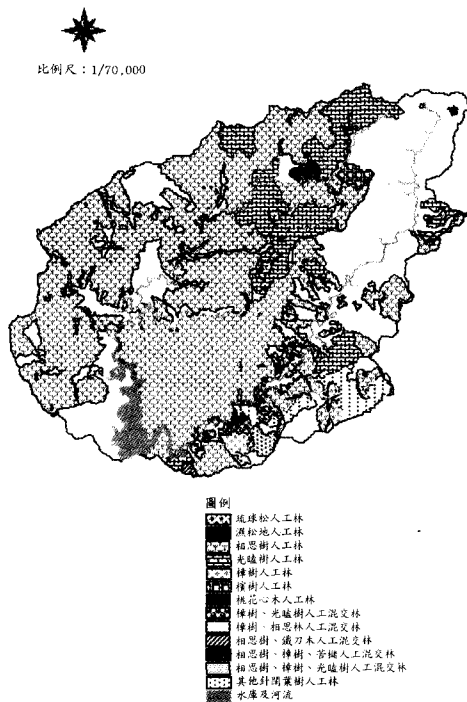


圖 7 牡丹水庫土地利用植生生態

者佔 87.851%，其中 5~10 公頃佔 41.122%。

4. 土石流危險溪流平均坡度集中在 5 度~25 度佔 90.655%，其中 10~15 度佔 35.514%。
5. 牡丹水庫上游崩塌地共 126 處，溪邊達 30 處之多，新崩塌地計約有 80 處。
6. 牡丹水庫上游集水區之土地利用主要以造林地為主，游牧及農業用地次之。

## 六、參考文獻

1. 張東炯 (1998)，『台灣北部地區潛勢土石流現場調查與分析』，農工學報，第四十四卷，第三期，pp.51~63。
2. 張東炯 (1997)，『中部地區土石流危險溪

流調查與分析』，農工學報，第四十三卷，第三期，pp.76~92。

3. 游繁結、陳重光 (1988)，『十八重溪土石流災害之探討』，農林學報，第三十七卷，第一期，pp.1~18。
4. 謝正倫、陳禮仁 (1993)，『潛在溪流之危險度評估方法』，中華水土保持學報，第二十四卷，第一期，pp.13~19。
5. 陳信雄 (1984)，『土石流災害調查方法之研究(一)』，台灣大學森林學系，pp.1~34。
6. 江永哲、林啟源 (1991)，『土石流之發生雨量特性分析』，中華水土保持學報，第二十二卷，第二期，pp.21~23。
7. 謝正倫 (1991)，『土石流預警系統之研究(一)』，國立成功大學台南水工試驗所報告，第 130 號。
8. 謝正倫 (1991)，『土石流預警系統之研究(二)』，國立成功大學台南水工試驗所報告，第 139 號。
9. 高橋保 (1977)，『土石流の發生與流動と關係研究』，京大防災研究年報 20 號 B-2，pp.405~435。
10. 陳禮仁 (1996)，『台灣崩塌災害防治對策研究』，國立台灣大學森林學研究所博士論文，pp.47~61。
11. 行政院經濟部水利處南區水資源局委託，農業委員會林務局農林航空測量所編製 (2000)，『牡丹水庫集水區航測調查報告』。

收稿日期：民國 90 年 11 月 2 日

修正日期：民國 91 年 1 月 21 日

接受日期：民國 91 年 2 月 1 日