



RRPG89040008 (170.P)

沐湖山、湖南水庫地震研究及影響評估

ismic Hazard Analysis and Impact Assessment of Fushan and Funan Reservoirs

機關：經濟部水利處

機關：經濟部水利處水利規劃試驗所

機關：國立交通大學

華 民 國 八 十 九 年 十 一 月

木湖山、湖南水庫地震研究及影響評估
mic Hazard Analysis and Impact Assessment of Fushan
and Funan Reservoirs

廖志中、潘以文、胡賢能、孫一鴻、周家榮、陳至揚、
湯士弘、簡宜嫻、史天元

華 民 國 八 十 九 年 十 一 月

雲林湖山、湖南水庫地震研究及影響評估

目錄

頁次

錄	(i)
目錄	(iii)
目錄	(v)
摘要	1
一、研究背景與計畫目的	1
二、地質補充調查研究	1
三、地震研究	4
四、地震影響評估	5
五、修正工程規劃成果建議方案	5
六、建議後續應辦理之調查分析工作項目	6
結論與建議	8
一、結論	8
二、建議	9
章 緒論	12
一、前言	12
二、研究背景與計畫目的	12
三、工作項目及內容	13
(一) 基本資料蒐集	13
(二) 地震研究	13
(三) 地震影響評估	14
章 研究方法	15
一、資料蒐集與整理	15
二、地質補充調查	15
三、地震危害度分析	16
四、地震影響評估	16

三章 地質補充調查研究成果	18
一、地質文獻	18
二、航照判讀	27
三、野外調查成果	34
四、綜合判釋	46
五、梅山斷層之特性探討	52
四章 地震研究	54
一、控制斷層之決定	54
二、地震危害度分析	55
三、與前期研究成果比較	75
五章 地震影響評估	79
一、主壩安定分析	79
二、淹沒區邊坡穩定（含溢洪道）分析	99
三、前期調查分析工作檢討	105
四、修正工程規劃成果建議方案	122
五、建議後續應辦理之調查分析工作項目	123
一、參考文獻	127
二、報告審查意見及處理情形	129
（一）期初報告	129
（二）期中報告	134
（三）工作會報	140
（四）期末報告	144
三、野外調查照片	152

表目錄

4-1 水庫大小等級	55
4-2 水庫災害潛勢等級	55
4-3 水庫之分級	56
4-4 Wells and Coppersmith (1994) 斷層規模與斷層破裂參數 之關係	58
4-5 蔡主權等, 1987, 加速度衰減公式	59
4-6 控制斷層可能在壩址造成之最大地表加速度	65
4-7 其他斷層可能在壩址造成之最大地表加速度	66
4-8 Makdisi-Seed 簡易圖解法值	73
4-9 前期規劃與本次計畫於地震危害度分析項目的比較	78
5-1. 前期分析採用之地震係數 (Seed and Martin)	81
5-2 大壩築壩材料安定分析參數值	83
5-3 前期大壩安定分析結果	84
5-4 前期規劃單位重新進行大壩安定分析結果	85
5-5 本計畫大壩安定分析結果 (Seed 和 Martin, PGA=0.56)	92
5-6 本計畫大壩安定分析結果 (Seed 和 Martin, PGA=0.45)	93
5-7 本計畫大壩安定分析結果 (加州壩工監理單位 Kh=0.15)	94
5-8 本計畫大壩安定分析結果 (Seed & Idriss, PGA=0.56)	95
5-9 本計畫大壩安定分析結果 (Seed & Idriss, PGA=0.45)	96
5-10 本計畫大壩安定分析結果 (Hynes and Franklin, PGA=0.56)	97
5-11 本計畫大壩安定分析結果 (Hynes and Franklin, PGA=0.45)	98

5-12	前期邊坡穩定分析結果 (一)	101
5-13	前期邊坡穩定分析結果 (二)	102
5-14	前期邊坡穩定分析採用參數	102
5-15	本計畫邊坡穩定分析採用之強度參數	103
5-16	本計畫邊坡穩定分析結果	104
5-18	前期規劃區鑽探工作統計表	107
5-19	前期地球物理探勘統計表	108
5-20	前期岩石力學試驗項目及數量 (1/3)	109
5-20	前期岩石力學試驗項目及數量 (2/3)	110
5-21	前期岩石力學試驗項目及數量 (3/3)	111
5-22	前期觀測日期一覽	112
5-23	前期集水區崩塌地調查表	116
5-24	前期崩塌地調查使用符號	117
5-25	前期主要崩塌地統計表	118
5-26	前期湖山、湖南水庫使用壽命概估	118

圖目錄

3-1 台灣活動斷層分佈圖	26
3-2 大尖山斷層沿線航照判釋圖 (1/3 圖—大坑至 山坪頂段)	31
3-3 大尖山斷層沿線航照判釋圖 (2/3 圖—山坪頂至蜈蚣坪段)	32
3-4 大尖山斷層沿線航照判釋圖 (3/3 圖—蜈蚣坪至牛稠溪段)	33
3-5 原內磅斷層附近區域地質圖	38
3-6 大尖山斷層沿線地質調查位置索引圖	40
3-7 大尖山斷層沿線地質調查 A 圖	41
3-8 大尖山斷層沿線地質調查 B 圖	42
3-9 大尖山斷層沿線地質調查 C 圖	43
3-10 大尖山斷層沿線地質調查 C-D 圖	44
3-11 大尖山斷層沿線地質調查 D 圖	45
3-12 大尖山斷層沿線地質調查 E 圖	46
3-13 大尖山斷層走向、傾角判釋(三露頭點 TF-27、TF-28.3、TF-29 三點法)	48
3-14 地震前後調查區域斷層差異比較圖	51
3-15 梅山—民雄一帶地質圖 (摘自黃明哲等, 1984)	53
4 湖山水庫地理位置圖	62
2 湖山湖南水庫壩址及 chy028 測站位置圖	63
3 921 地震震度分布圖	64
4 綜合歷線比較	68
5 Newmark 法針對不同岩盤及用途之反應譜	69
6 本計畫建議之設計反應譜	69
7 實錄之地震 CHY028NS	71
8 設計反應譜	71
9 人工合成地震	72

4-10 Makdisi-Seed 經驗圖法	73
4-11 k_y 與 FS 關係圖	74
5-1 均質土堤受 El Centro 地震後放大效應圖	80
5-2 壩的地震反應經驗統計法	87
5-3 壩體變形推估法 (1)	90
5-4 壩體變形推估法 (2)	90
5-5 強度參數折減經驗圖	91
5-6 十三個邊坡穩定分析剖面位置圖	100
5-7 集水區崩塌地分佈	115
5-8 15-15'剖面圖	121
5-9 3-3'剖面圖	121
5-10 AH 1 , AH2 傾度管試驗結果	122

I、摘要

背景與計畫目的

梅山、湖南水庫前期規劃階段有關地震的工程分析之研究，係以梅山斷層，並以壩址附近曾發生之最大規模地震($ML=7.1$)為未來可能最大地震，用加速度衰減公式估計壩址區最大水平地震加速度(約為 $0.3g$)。亦以統一出強地動參數-加速度、速度、位移，並據以推估出設計反應譜，及利用振動及 SIMQKE 程式合成人工地震時間歷線供壩體動態分析參考。但此次大地震，車籠埔斷層再次錯動，其延伸長度遠較以往車籠埔斷層為長。其位置與前期地質調查成果之大尖山斷層位置接近，且距湖南水庫壩址約為五~六公里，本計畫目的係針對車籠埔斷層與大尖山斷層之詳細位置加以確定及釐清，更考慮以大尖山或車籠埔斷層為控制斷層，重新評定之最大水平加速度、地震設計反應譜、人工合成地震歷線等地震影響研究成果，及提出建議方案供修正工程可行性規劃設計成果與後續(基礎應辦理之調查分析工作(項目包括工程材料調查與試驗、地質探查與動態分析等)參考。

補充調查研究

調查範圍為南投縣竹山鎮東南方至嘉義縣竹崎東方的車籠埔、大尖山斷層。工作內容是觀察記錄 921 地震之地表龜裂錯移情形，大尖山斷層的斷層兩側岩性變化及岩層分佈情形，調查點之位置以 GPS 加以定位，

地形圖上，以供製作斷層分佈及斷層線兩側地質圖，初步成果如圖 3-6
}。

的調查研究結果，可歸納大尖山斷層的特性如下：

921 地震產生的地表隆起破裂情形，顯示大尖山斷層與北方車籠埔斷層
一條斷層。另外，出露之斷層露頭，可定出大尖山斷層的滑動面走向及
依據斷層露頭推算出本地區之斷層面位態大致為北 30 度東走向，斷面
南約 17 度，顯然地大尖山斷層為一低角度向西逆衝斷層。

尖山斷層的斷層泥及破碎帶寬度一般大於一百公尺，局部地區更達到
百公尺，由斷層泥中所夾的礫岩和未固結的卵礫石，可推斷其為一條
的活動斷層。

山斷層開始活動的年代應是在火炎山礫岩形成之後，因此有學者提出
年代應起使於更新世後期距今僅七、八十萬年。因斷層為明顯的低角
層，而且因其斷層帶相當寬廣，歷次的斷層活動並未在同一斷面出
法呈現出明顯的斷層線崖。

尖山斷層上下盤岩層的層位落差高達四千公尺以上來看，大尖山斷層
一逆衝斷層。但在這次地震中，除了可看到上盤塊體向西逆衝外，

也層卻出現右移的走向斷層性質，且此現象在這次地表破裂中，以活動的南端林頂階地最為明顯，其活動機制建議於設計前或設計階段前期做之探討。

斷層兩側地形面的觀察及比較，可推測出大尖山斷層的活動與台灣島的抬昇相關，且可研判出斷層沿線的錯動量不同。然而欲確實瞭解斷層形期的活動情況，建議於設計前或設計階段前期對本區各地形面作定比工作。

梅山斷層的特性如下：

山斷層位於嘉南平原及丘陵邊緣，農耕及河水氾濫頻繁，加以斷層移以往地表破裂錯移現象大部分已被破壞或覆蓋，黃明哲等（1984）在防災計畫的資助下，以航照判釋、地表調查、槽溝開挖和參考地球物對此條斷層做了詳細的研究探討，茲將其成果摘錄如下（參考圖 3-15）。

判釋及現場調查發現有數條約略平行梅山斷層的小斷層存在，顯示梅近應是一條寬約一公里半的斷層帶，而這條斷層帶應是第四紀的新層，也就是說 1906 年大地震所造成的梅山地震斷層是此斷層帶最近顯的活動。

山斷層在地震活動中呈現右移性質，最大水平位移量達 2.4 公尺，而斷

、北側岩盤則互有上、下升降現象，因此一般認為梅山斷層屬走向右

析及現地調查可知梅山斷層與大尖山斷層無直接關連性。

研究

以車籠埔斷層為控制斷層、以距壩址最近距離為震央距離(5.5Km)、假
(10Km)、及假設歷史最大地震為 921 之 $ML=7.3$ 為基礎，利用不同加
式，計算得的 $PGA=0.3$ 至 $0.6g$ 間，範圍甚大，而平均值約為 $0.45g$ 。

度估算之地震規模，計算得之 PGA 值更大，甚為保守。由於本區域位
層之南端，未來要產生於斷層線上與壩址最近距離之震央，且又向北
籠埔斷層全面性斷裂之地震，誠屬不易，本計畫建議 PGA 估計時，未
車籠埔斷層全面性斷裂之狀況不予考慮，但建議未來以機率法加以估
是否滿足其再現週期。經由地質圖顯示(圖 4-2)，本水庫群之壩址位
層之下盤，且由 921 地震記錄顯示(圖 4-3)，斷層下盤之震度較小，
較小(亦即加速度衰減較快或擠壓力量較小)，但現有之衰減公式無
比現象。因此，本計畫建議，若考慮最大地震規模(MCE)以羅俊雄(1997)
為依據(或可加以折減)，即 $0.56g$ (或更小)，若考慮為第 II 級蓄
也震，則建議採用平均值， $0.45g$ 。依經濟部水庫安全評估地質與地
(草案)之規定本水庫可屬第 II 級蓄水庫，因此本計畫建議壩址之

用 0.45g。但本計畫建議未來於壩址附近裝設強震儀長期監測並以機率核。

震影響評估

畫考慮壩址 PGA=0.56g 及 0.45g 二種條件，並利用四種方法推估壩體之加速度，由於本計畫採用前期規劃階段築壩材料之三軸試驗結果，而未以折減，計算得之大壩安定分析結果，所得之結果（僅改變 PGA），由表無論 PGA = 0.56g 或 0.45g，大壩條件於各階段皆能達到穩定狀況。

畫採用 $K_h=0.23g$ 進行邊坡穩定分析，結果顯示幾乎所有邊坡皆處於不穩所幸，原有分析剖面大多於大壩施工時將予挖除，未來僅需特別注意施。但預定溢洪道及湖山主壩右壩墩可能影響未來之安全性，應加以重

工程規劃成果建議方案

究成果及前期之規劃工作檢討，本計畫提出下列修正建議，供水試所

依大壩安定分析成果顯示，大壩應可維持原規劃案。但由築壩材料性質推估，本大壩接近均質壩，考慮滲流問題，建議增加透水層之厚度，其料源可由引水隧道開挖或由鄰近礫石階地取得（但應詳加規劃）。

- .) 地震對引水路雖然不致造成重大災害，但如有可能（水工條件許可），建議將攔河堰移至車籠埔斷層以西，亦即斷層下盤，或者於通過斷層之引水路採用大口徑鋼管（亦可於鋼管外圍裹覆 RC）。
-) 湖山右壩應配合監測得之滑動深度及新的分析參數，檢討填土（培厚）厚度。溢洪道應進一步調查、監測或檢討，以確定岩層方位，分析時剖面應與岩層方位一致，除自然邊坡外，亦應進行規劃案之分析。若水工條件許可下，溢洪道方位建議可加以調整，以利邊坡穩定。

義後續應辦理之調查分析工作項目

究成果、前期之規劃工作檢討及修正工程規劃成果建議方案，本計畫提

應辦理之調查分析工作項目之建議：

大地力學分析：應包括 1.機率法地震危害度分析。2.動態大壩安定分析。3.大壩基礎力學行為分析（應力、變形等）4.淹沒區及集水區邊坡穩定分析。

調查與試驗：應包括 1.重要結構物附近進行更詳細之地質調查，並完成沿壩軸線及越域引水路等之地質剖面圖。2.驗證性之鑽探取樣，室內試驗（單壓、三軸、直剪、透水）及現地試驗（孔內變形，亦即傍壓儀試驗、孔內波速量測，亦即

P-S logging, Lugeon Test 及現地直剪試驗) 等。3.於重要之工址預定地，如預定溢洪道附近及湖山主壩右壩墩配合新增鑽孔加設傾斜管及水壓計並長期觀測。4 壩材料試驗參數驗證，及築壩材料之動態三軸試驗。

地震站設置及長期觀測

工程分析與評估：1.越域引水路通過車籠埔斷層之工程規劃與評估。2.大壩透水層之厚度之檢討及透水層料源規劃。3.溢洪道及湖山右壩之穩定工程。

II、結論與建議

論

經調查結果，車籠埔斷層與大尖山斷層應被認定為同一斷層，而中央地質調查所發表的雲林圖幅中所示的內磅斷層應不存在，因此研判此一斷層延伸總長度為 87.5 公里，而且是相當活躍之活動斷層。

大尖山斷層的層面傾向東方，傾角相當小，介於 15 至 20 度之間，因此其於地震時顯現地表破裂情況為彎彎曲曲狀，此現象也說明了這條斷層在地形上無法顯現斷層崖線型。

由斷層兩側地形面的高程對比，可確認大尖山斷層在不同時期有斷斷續續的活動跡象，且其在各地區之活動位移量均有不同，建議對這些地形面做定年工作，以確定這條斷層的歷史活動情況，作為日後工程設計之參考。

考慮最大地震規模(MCE)，及本水庫屬第 II 級蓄水庫之設計地震，建議 PGA 採用各不同衰減公式計算得之平均值，即 $PGA=0.45g$ 。

建議採用水平地震力為 $0.23g$ 進行邊坡穩定分析。

本計畫採用接近場址近域所錄取得的強震紀錄之(CHY028NS)，並利用 spmatch 軟體得到設計反應譜及人工合成地震歷時，其中人工合成地震歷時與實際之地震反應譜形狀甚為接近，其差別只在振幅(加速度)小，利用此人工合成地震歷時於大壩之動態分析較為合理。

7. 依大壩安定分析成果顯示，大壩應可維持原規劃案。但由築壩材料性質推估，本大壩接近均質壩，考慮滲流問題，建議增加透水層之厚度。
8. 地震對引水路雖然不致造成重大災害，但如有可能（水工條件許可），建議將攔河堰移至車籠埔斷層以西，亦即斷層下盤，或者於通過斷層之引水路採用大口徑鋼管（亦可於鋼管外圍裹覆 RC）。
9. 當 $K_h=0.23g$ 時，幾乎所有壩址附近之分析邊坡皆處於不穩定狀態。幸好，原有分析剖面大多於大壩施工時將予挖除，未來僅需特別注意施工時之安全。但預定溢洪道及湖山主壩右壩墩可能影響未來之安全性，應加以重新檢討。

義

依據研究成果及前期之規劃工作檢討，本計畫提出下列修正：

1. 由築壩材料性質推估，本大壩接近均質壩，考慮滲流問題，建議增加透水層之厚度，其料源可由引水隧道開挖或由鄰近礫石階地取得（但應詳加規劃）。
2. 如有可能（水工條件許可），建議將攔河堰移至車籠埔斷層以西，亦即斷層下盤，或者於通過斷層之引水路採

用大口徑鋼管（亦可於鋼管外圍裹覆 RC）。

3. 湖山右壩應配合監測得之滑動深度及新的分析參數，檢討填土（培厚）厚度。溢洪道應進一步調查、監測或檢討，以確定岩層方位，分析時剖面應與岩層方位一致，除自然邊坡外，亦應進行規劃案之分析。若水工條件許可下，溢洪道方位建議可加以調整，以利邊坡穩定。

依據研究成果，本計畫提出下列後續應辦理之調查分析工作之建議：

1. 大地力學分析：(1)大壩基礎力學行為分析（應力、變形等）。(2)動態大壩安定分析。(3)淹沒區及集水區邊坡穩定分析。(4)機率法地震危害度分析。
2. 調查與試驗：(1)重要結構物附近進行更詳細之地質調查，並完成沿壩軸線及越域引水路等之地質剖面圖。(2)驗證性之鑽探取樣，室內試驗（單壓、三軸、直剪、透水）及現地試驗（孔內變形，亦即傍壓儀試驗、孔內波速量測，亦即 P-S logging, Lugeon Test 及現地直剪試驗）等。(3)於重要之工址預定地，如預定溢洪道附近及湖山主壩右壩墩配合新增鑽孔加設傾斜管及水壓計並長期觀測。(4)壩材料實驗參數驗證實驗，及築

壩材料之動態三軸實驗。

3. 工程分析與評估：(1)越域引水路通過車籠埔斷層之工程規劃與評估。(2)大壩透水層之厚度之檢討及透水層料源規劃，(3)溢洪道及湖山右壩之穩定工程。
4. 地震站設置及長期觀測

第一章 緒論

九二一集集大地震對中部區域水資源設施、及水源供應影響，經濟部水利規劃試驗所委託國立交通大學防災工程研究中心，針對雲林湖山、湖山、湖南水庫前期規劃階段有關地震的工程分析之研究成果，以梅山斷層，並以壩址附近曾發生之最大規模地震(ML=7.1)為未來可能最大用加速度衰減公式估計壩址區最大水平地震加速度(約為 0.3g)。亦以範圍內 1976 年至 1992 年間的強震記錄，以統計方法求出強地動參數- 變、位移，並據以推估出設計反應譜，及利用自然散漫振動及 SIMQKE 地震時間歷線供壩體動態分析參考。

集集大地震，車籠埔斷層再次錯動，其延伸長度遠較以往車籠埔斷層，中央地調所發佈之車籠埔斷層最南端於桶頭(亦即攔河堰附近)呈東北

九二一集集大地震對中部區域水資源設施、及水源供應影響，經濟部水利規劃試驗所委託國立交通大學防災工程研究中心，針對雲林湖山、湖山、湖南水庫前期規劃階段有關地震的工程分析之研究成果，以梅山斷層，並以壩址附近曾發生之最大規模地震(ML=7.1)為未來可能最大用加速度衰減公式估計壩址區最大水平地震加速度(約為 0.3g)。亦以範圍內 1976 年至 1992 年間的強震記錄，以統計方法求出強地動參數- 變、位移，並據以推估出設計反應譜，及利用自然散漫振動及 SIMQKE 地震時間歷線供壩體動態分析參考。

建議後續應辦理之調查分析工作項目等。

背景與計畫目的

山、湖南水庫前期規劃階段有關地震的工程分析之研究成果，以梅山斷層，並以壩址附近曾發生之最大規模地震(ML=7.1)為未來可能最大用加速度衰減公式估計壩址區最大水平地震加速度(約為 0.3g)。亦以範圍內 1976 年至 1992 年間的強震記錄，以統計方法求出強地動參數- 變、位移，並據以推估出設計反應譜，及利用自然散漫振動及 SIMQKE 地震時間歷線供壩體動態分析參考。

集集大地震，車籠埔斷層再次錯動，其延伸長度遠較以往車籠埔斷層，中央地調所發佈之車籠埔斷層最南端於桶頭(亦即攔河堰附近)呈東北

並有明顯錯動跡象。此斷層錯動位置與前期工作地質調查成果之大尖山斷層位置接近，且距湖南水庫壩址最近距離約為五~六公里，因此實有必要針對大尖山斷層與大尖山斷層之詳細位置與相關性加以確定及釐清，更應考慮以大尖山斷層為控制斷層，重新評估壩址附近之最大水平加速度地震設計反應譜、工程合成地震歷線等、地震影響的工程分析研究成果，及提出建議方案供工程可行性規劃設計成果與後續(基本設計)階段應辦理之調查分析工作(項工程材料調查與試驗、地質探查及大壩動靜態分析等)參考。

工作項目及內容

基本資料蒐集

(可行性規劃階段)地震調查研究既有成果蒐集分析。

分析九二一集集大地震及一〇二二嘉義大地震之資料。

蒐集相關資料(如計畫壩址、越域引水工程之區域地質；可能地震因素)。

補充蒐集分析。

研究

地質調查，本項補充調查工作以比例尺伍仟分之一基本圖辦理。

地質補繪；以比例尺二萬伍仟分之一經建圖呈現調查成果，地質補

主要工作為：

計畫堰址(桶頭攔河堰)附近之大尖山斷層與其北側車籠埔斷層關係。

計畫堰址(桶頭攔河堰)附近之大尖山斷層與其南側梅山斷層。

提供上述地質構造線(斷層)長度及與計畫壩址之距離。

期(可行性規劃階段)地震調查研究成果。

利用第 1. 項調查成果，重新分析估算壩址地區可能之最大加推求設計反應震譜及人工合成地震歷線。

與前期(可行性規劃階段)之研究成果比較分析。

震影響評估

期(可行性規劃階段)工程可行性規劃成果。

主壩及附屬工程(包括淹沒區邊坡穩定、大壩安全出水高及滲析等)之影響評估。

越域引水工程之影響評估。

呈可行性規劃設計成果之建議方案。

責(基本設計)階段應辦理之調查分析工作項目(包括工程材料試驗、地質探查及大壩動靜態分析等)。

第二章 研究方法

研究工作首在因應 921 集集大地震對本水庫之影響，因此研究工作包括資料整理、地調補充調查（亦即活動斷層位置之確定）、地震危害度重新分、地震對前期工程規劃之影響評估及後續調查分析工作建議，研究方法頁目分別敘述如下：

資料收集與整理

計畫將收集及整理前期（可行性規劃階段）地震、地質調查研究及工程成果，並將蒐集 1999 年 921 集集大地震及 1022 嘉義大地震相關之資料層露頭位置、錯動量、地表加速度及可能地震原因等等。

補充調查

在釐清計畫堰址（桶頭攔河堰）附近之大尖山斷層與其南、北側之車梅山間之關係，亦即 921 集集大地震車籠埔斷層錯動隆起帶之位置、其與此二斷層間之相關性及與計畫壩址間之距離，因此本研究計畫擬現有之 1/5000 航空照片基本圖，進行詳細之地表地質調查（包括岩面）、重要之斷層露頭點將以精密 GPS 加以定位，最後將斷層延伸線標示於比例尺為二萬五千分之一之地形圖上，地質圖之範圍至少涵蓋 1-公里。

震危害度分析

有關之地震危害度分析-估算壩址地區可能之最大加速度，推求設計反應
合成地震歷線，如前所述皆以梅山斷層為控制斷層，並以區域內曾發
規模地震為未來可能最大地震，利用傳統確定式(Deterministic)方式，
(1993)之 barrier 模型及現有國外之加速度衰減公式推估壩址可能之最
大加速度，最後採用 Tsai 之 0.3g。上述水平加速度亦配合 1976 至 1992 年
間強震記錄，以統計法求出地動參數、加速度、速度位移，而推估出設
計及合成人工地震歷線。由 Tsai 之 barrier 模型推估之水平加速度，一
般較樂觀，即低估水平加速度，因此本研究計畫擬利用二之結果決定之控
制用歷史最大之地震規模或推估地震規模重新進行地震危害度分析，以
求水平加速度。水平加速度之決定除採用前期之各種衰減公式外，亦將
收集大地震後國內修正之衰減公式。對於設計反應震譜及合成人工地震
規劃工作採用 1976 至 1992 間區域內之強震記錄外，亦將盡可能收集
期間之記錄並利用原有之方法加以研究。

影響評估

利用二、三之研究成果重新評估前期工程可行性規劃成果，包括主
體，及越域引水工程之影響評估。前期工作採用 STABLE5M 針對 13 處
具影響之邊坡進行邊坡穩定度分析，其採用之水平地震加速度為
研究擬採用前期相關之剖面、地層參數及三之水平加速度重新評估震

受地震之影響。由於地震可能引致大壩坡面之滑動而降低原設計之出水
研究擬結合三之結果合成地震及邊坡穩定推估地震對出水高之影響。大壩
量一般可採用 SEEP 程式加以估計，本研究亦擬採用前期工作滲流分析採
行參數及三之結果重新評估原有大壩可能之滲流量。

庫之越域引水工程擬採用暗渠及隧道兩部分，暗渠採用 3.5m X 3.5m 箱
則採用內徑 3.5m 圓形斷面。暗渠採明挖後埋設箱涵再予以覆土回填，
則因需貫穿階地或紅土礫石層，施工不易，擬採用三義隧道之施工方式，
山隧道之施工方法亦可加以參考。隧道因考慮與岩體結為一體，如施工
構體良好，一般並不考慮動態之影響，但隧道洞口覆土層較淺之處則應
地震之影響，本研究將對原有越域引水工之設計加以檢討，並對可能受
處加以評估。

究最後將依主壩及附屬工程與越域引水工程重新檢討受地震影響之評估
修正前期可行性規劃設計成果之方案及後續（基本設計）階段應辦理之
工作項目（包括工程材料調查與試驗、地質探查及大壩動靜態分析等），
劃之參考。

第三章 地質補充調查研究成果

921 地震不但震出台灣中部地區有史以來的最大災害，也震出台灣地區一連串及大地工程設計問題，尤其是水庫大壩設計地震的選擇評估。921 地震地表龜裂及破壞，不但提供了地質學者追蹤車籠埔斷層及大尖山斷層在這次活動中的發展情形，也解決了一些地質學者長期迷惑及爭論甚久的地質問題，其最質疑的是大尖山斷層往北延伸連接雙冬斷層或車籠埔斷層。以前大部分地質學家根據斷層上、下盤出露岩石的相似情況，而推測大尖山斷層往北延伸應連接雙冬斷層。經由這次地震車籠埔斷層及大尖山斷層在地表出露情形相當明顯，證實這兩條斷層是同一條斷層，而且是相當活躍的活動斷層。另外經過這次地震活動，一些不為人知和常受爭論的斷層特性也迎刃而解。

本調查工作除了於現場勘查 921 地震在竹山以南地區的地表龜裂錯移情況的觀察斷層上下盤相對位移量，儘可能了解大尖山斷層在這次活動中斷層的特性。同時也希望由斷層露頭、斷層線崖及地形的對比，找出在近幾千年或幾萬年活動的痕跡，再據以概略性瞭解斷層的活動情形作為工程設計的參考。另外，本調查工作亦以區域地質觀點，追蹤大尖山斷層情形，以了解其往南延伸的長度，再提供作為可能發生最大規模地震的參考。

文獻

本區地處偏僻，又缺乏經濟價值，早期僅台灣省地質調查所（經濟部

調查所)和中國石油公司曾在此地區做小比例尺的地質調查，其中張麗(1981)、徐慶雲、魏聲焜(1923)和耿文溥(1986)等均曾調查本地區，並發表。最近劉桓吉和李錦發(1998)完成五萬分之一雲林地質圖幅，算是本調查目前最完整的區域地質圖。黃鑑水等(1982)對觸口斷層做地質調查及探井，從桶頭開始往南追蹤大尖山斷層及觸口斷層，亦提供本調查工作不少資料。至於梅山斷層的調查，則以黃明哲等(1984)所發表的梅山地質研究最為完整。針對區域內綜合整理及調查結果敘述如下：

湖南兩座水庫預定壩址位於斗六市東南方 9 公里之丘陵地區，屬斗六境內，為北港支流梅林溪上游之山坑，水庫之主要水源將由清水溪本溪近引取餘水調蓄。其地理位置如圖 4-1 及圖 4-2 所示。桶頭位於南投在水庫群東南方約 5 公里處，桶頭攔河堰址座落清水溪主流溪谷中，橋北方 50 公尺。

大尖山斷層兩側的岩石以第三紀中新世晚期至第四紀更新世之沈積岩雲林地質圖幅的分層，大尖山斷層沿線最老的岩層為南莊層，往上依序出露十六份頁岩、大窩細砂岩、卓蘭層及頭嵙山層的香山砂岩(梅山礫岩(湖本層)，以及不整合覆蓋於上述岩層的階地堆積層和沖積

其相關的地質構造有觸口斷層、水社寮斷層、社稜坪斷層、檳榔宅斷層、
和內寮向斜(圖 3-6 至 3-11 部分)。本水庫規劃工作前期以耿文溥(1986)
山層取代頭嵙山層，湖本層取代階地堆積及紅土礫石層。湖山、湖南水
新世頭嵙山層(香山相為主)中，桶頭攔河堰則位於上新世大窩砂岩層
或引水路則位於紅土台地堆積層或沖積層中(由桶頭橋上游右岸出露之
推測越域引水路通過大尖山斷層帶之寬度約三、四百公尺—此於此次調
可以窺見一般)。各地層由老而幼描述如下：

2)：此層分佈於大尖山斷層東側至松腳間出露一狹長帶，以砂
夾薄層頁岩和砂岩與頁岩之薄葉互層，大部分為數公分至數十
層間夾 3-4 公尺厚的塊狀厚層，屬原石英砂岩類，局部含長石
，質地較為堅硬。

岩(Kck)：主要出露於大尖山斷層東側後棟子至松腳間呈北北
狀分佈，以及檳榔宅斷層東側和鳳凰山斷層、石壁斷層和鹿
側等地區。主要由深灰色、灰色、青灰色細緻塊狀混濁砂岩
砂質頁岩或少量礫石。

(Kcs)：主要出露地區與關刀山砂岩大致相同，在關刀山砂
東側或西側。以青灰色塊狀砂質頁岩為主，夾薄層的細粒砂

不明顯，易呈洋蔥狀剝落。厚度約 200 公尺。

岩(Kct)：主要為淺灰色細粒至粉砂質砂岩層或塊狀純淨砂岩。相當堅硬緻密，夾有薄層頁岩。

(Cs)：本層主要分佈於大尖山斷層以東，桶頭攔河堰附近即出段，本層依張麗旭之分層可細分為三段，即下部頁岩段，中部岩互層段及上部頁岩段(張麗旭，1951)。本層頁岩為青灰色至狀純淨頁岩，球狀或洋蔥狀剝理發達，常破碎成為球形小碎片。有孔蟲化石甚豐。

l)：為細粒淺灰色層狀或塊狀之純淨砂岩，並不緻密。夾薄層頁岩互層。部分砂岩為石灰質，本層薄層砂岩面上有波痕，構成互層。本層層厚在 1000 公尺以上。

：本層依岩性之不同可分為上、下二段。下段稱為香山砂岩。要由厚層砂岩和砂岩與頁岩或泥岩之互層所組成。砂岩呈淡灰顏色，風化後呈黃棕色。顆粒為中粒至細粒，有些則為粉。相當疏鬆，膠結物主要為粘土。本層具有板狀及槽狀交錯層、或枕狀等原生沉積構造。少數的礫石薄層偶夾在砂岩或泥

上段稱火炎山礫岩(Tkh)，本層礫岩中之礫石，其粒徑多在 20 公分以上者偶或一見，其排列不甚規則。以粗砂及細粒填其間。礫岩中偶夾透鏡狀鬆砂岩，其礫石主要為砂岩及石英，其形狀為圓形及次圓形。礫岩出露之處常造成懸崖絕壁，溪谷。湖山、湖南水庫壩址及淹沒區大多位於香山相中。

堆積層(1)：本層主要由礫石組成，上覆 1 至 3 公尺不等之紅土，主要為砂岩及石英質砂岩，礫徑多在 15 公分以下，呈次圓形。

層(t)：階地堆積層可區分為大尖山斷層以東及以西者。大尖山以東之階地發育不佳；大尖山斷層以西，各大小河流之兩岸普遍發育。

斷層將本區域分為兩大地質構造單位，西部地區內構造較單純平緩，內則多褶皺，且被許多斷層割裂。除第四紀早期之紅土台地層及其後地堆積層外，本區內各地層皆為整合關係，未有沉積間斷現象。茲將畫區有關之主要斷層及褶皺簡述如下。

：本斷層為台灣西部一大規模逆斷層。大尖山斷層大致以南西方向斜切斗六東方的丘陵地，是一條由東往西逆衝的斷層。上盤為中新世晚期至上新世的岩層，下盤為上新世的卓蘭層和

，兩側層位落差（註一）最大處在大尖山之西，其層位落差達
以上（劉桓吉和李錦發，1998）。

者認為大尖山斷層在接近地表處，為一相當高角度的逆斷層，黃鑑水
指出其為斷面向東傾，傾角大於60度的逆斷層。但由此斷層在地表面
甚為曲折，且在竹崎以東呈現斜切其上盤諸地層現象，因此仍有些地質
在許多地區，本斷層之逆衝角度甚小，而較為大家所接受的則是此斷層
平緩而成為一低角度之基底斷層（耿文溥 1986, Suppe 1976, 1980）。

述斷層性質外，大尖山斷層的開始活動年代亦為學者探討的重點。由
層切穿之最年輕地層為更新世晚期的頭嵙山層上部礫岩，因而可推測
始活動當在頭嵙山層礫岩沈積完成之後，也就是在距今八十萬年以前
監水等，1992）。

調查與航照判釋，桶頭攔河堰離本斷層距離約為 700 公尺，為最重要
。本斷層被中央地質調查所歸為第二類活動斷層。

本斷層由阿里山區以北 50 度西之走向經撓坑延至外湖溪，
度西走向伸展至桶頭附近為大尖山斷層所切（耿文溥，1986）。

、活動斷層，對基地並無影響。

山斷層在梅山東側露頭可見南港層岩層直接蓋在頭嵙山層礫岩上，南
山層之間沈積岩層厚度達四千公尺以上，因此推斷大尖山斷層的層位
公尺。

：為大尖山斷層以西僅見之主要斷裂構造，係一推定之橫向平
將梅山背斜與梅林背斜兩構造隔開，乃一右向平移斷層(耿文
)。其受大尖山斷層所截切，且不屬於活動斷層，對基地並無

：梅林背斜以往文獻稱之內林背斜，背斜軸走向為北 20 度東，
傾角向北傾沒。軸部出露梅山層（頭崙山層），其東翼北端傾
本層之礫岩（階地或紅土台地堆積層），梅林背斜西翼之傾角
）度，並有局部褶曲，其東翼傾角為 20 至 40 度，而愈上愈平
，1986)。其軸部位置大致位於湖山水庫主壩軸及湖山水庫副
250 至 300 公尺處，可能通過湖南壩左壩墩附近。由地表地質
集水區地層層面位態分佈判斷，可得梅林背斜軸之位態大致
，以 18 度向北傾沒。

地質調查所(1998)發佈之台灣活動斷層分佈圖（圖 3-1）顯示，距
50 公里範圍內之活動斷層合計有彰化、雲林、田中、車籠埔、大
梅山、大尖山觸口斷層，其中梅山斷層屬第一類活動斷層，而車籠
觸口屬第二類活動斷層，其餘則屬第三類存疑性活動斷層。規劃階

作以梅山斷層(距壩址約 11 公里)為控制斷層進行地震危害度分析，但震車籠埔斷層再次錯動，依活動斷層定義其應被認為第一類活動斷層，延伸至桶頭附近(距壩址約為 5.5 公里)，且其位置與大尖山斷層甚為接近。調查結果，車籠埔斷層與大尖山斷層應被認定為同一條斷層，其延伸總長 5 公里。

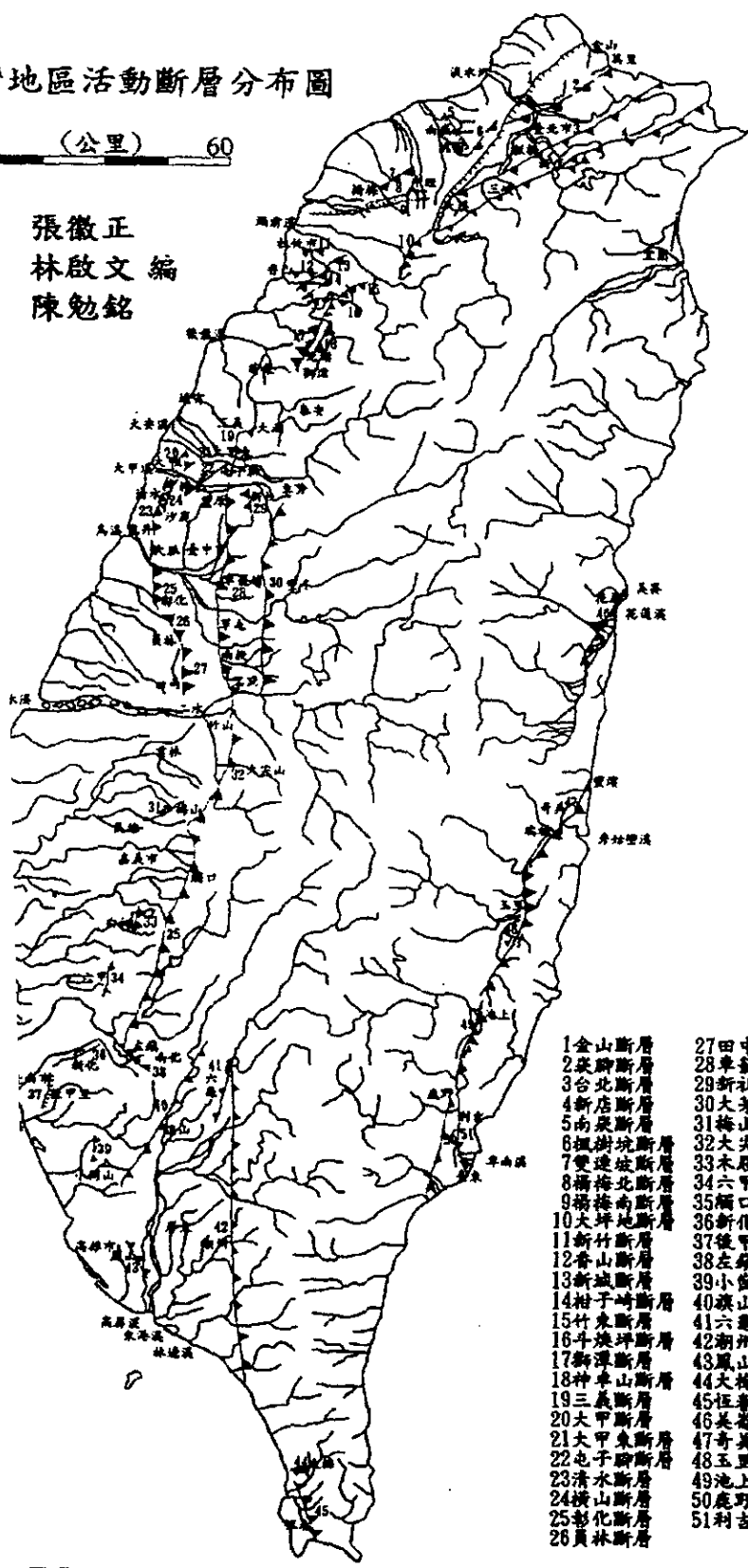
野外調查車籠埔、大尖山斷層之露頭及其上下盤岩層分佈情形，再詳析層之特性。此外，亦對斷層沿線地區之地形發育現況做詳細的觀察，以空照片判讀方法，試圖對斷層的性質及活動性做評估。

雲林斷層最接近壩址，依中央地質調查所之分類其屬第三類存疑性之斷層，於設計前再做進一步之調查。

地區活動斷層分布圖

(公里) 60

張徽正
林啟文 編
陳勉銘



- | | |
|----------|-------------|
| 1 金山斷層 | 27 田中斷層 |
| 2 茨脚斷層 | 28 卓羅埔斷層 |
| 3 台北斷層 | 29 新莊斷層 |
| 4 新店斷層 | 30 大茅埔—雙冬斷層 |
| 5 南寮斷層 | 31 梅山斷層 |
| 6 楓樹坑斷層 | 32 大尖山斷層 |
| 7 雙連坡斷層 | 33 木屐寮斷層 |
| 8 橋梅北斷層 | 34 六甲斷層 |
| 9 橋梅南斷層 | 35 觸口斷層 |
| 10 大坪地斷層 | 36 新化斷層 |
| 11 新竹斷層 | 37 後甲豆斷層 |
| 12 香山斷層 | 38 左鎮斷層 |
| 13 新城斷層 | 39 小崗山斷層 |
| 14 柑子崎斷層 | 40 旗山斷層 |
| 15 竹東斷層 | 41 六龜斷層 |
| 16 斗煥坪斷層 | 42 潮州斷層 |
| 17 獅潭斷層 | 43 鳳山斷層 |
| 18 神卓山斷層 | 44 大梅斷層 |
| 19 三義斷層 | 45 恆春斷層 |
| 20 大甲斷層 | 46 美崙斷層 |
| 21 大甲東斷層 | 47 奇美斷層 |
| 22 屯子斷層 | 48 玉豆斷層 |
| 23 清水斷層 | 49 池上斷層 |
| 24 橫山斷層 | 50 鹿野斷層 |
| 25 彰化斷層 | 51 利吉斷層 |

圖 3-1 台灣活動斷層分佈圖 (參見光碟彩色圖片集)

照判讀

照判讀圖片係拍攝於 921 大地震之後，除了可供研判大尖山斷層在地表之外，也期望能由地表破裂情形確認斷層之位置，以與現場調查成果相判讀重點完全放在大尖山斷層上，因此工作內容為 (1) 斷層兩側水況及差異情形 (2) 地層層跡與斷層之關係 (3) 斷層在地表上的痕跡 (4) 斷層兩側地形面發育情況及高程差異和 (5) 由上述結果探討斷層在活動情況及抬昇速率。根據前述工作內容將判讀成果表現於圖 3-2 至圖 3-4 如下：

系

判釋圖 (圖 3-2 至圖 3-4) 可看出斷層兩側水系均呈現樹枝狀水系型。斷層兩側地形因受大尖山斷層抬昇影響，地形明顯地急遽變陡，河流的侵蝕因此能完全超越地質及構造的控制，呈現樹枝狀水系。此外，由於向山風強，各支流的源頭常有崩崖出現，其中尤以大尖山至太平一帶尤甚，常出現土石流，除了上游地區因侵蝕溝發達，水系密度較高外，其他地區，水系呈現中低密度。

斷層兩側地形明顯地變為較平坦，而且也有較多台階地發育。整體而言，此區呈現樹枝狀，屬中高密度；由各地形面分佈情形，可推測整個地區曾達高海拔地形，因此河流因地形抬昇而下切之現象明顯，下切曲流情形相當普遍。本區內出露之岩層屬頭嵛山層火炎山相礫岩，其岩性膠結程度甚佳，膠結性良好而常可保持相當陡峭之岩坡，在此次大地震期間，因強烈的

邊坡之破壞，導致整個崖坡崩坍滑移，形成禿頂現象，此與雙冬地區地震期間峰頂崩坍禿頭現象相同；此一禿頭現象可輕易地於航照圖片區分斷層西側岩層的界線。

跡

斷層東側的岩層屬中新世至上新世地層，岩性大部分由軟硬相間的砂岩組成，理論上在受侵蝕時應會表現出層跡來，但此次判釋僅於桶頭和樟木及大尖山南側見到三、四個不甚明顯的層跡。究其原因，除了斷層東側下大外，主要原因應該是大尖山斷層將東側塊體急速抬昇，使整個地區侵蝕速率加快，讓岩性及地質構造對地形發育的控制不甚明顯所致。

西側岩層屬年輕的頭嵛山層礫岩，因其岩性呈厚塊狀，且岩層傾角相當陡，看不出岩層的層跡。

層崖及線型

航照判釋的重點是於立體對上詳細地觀察 921 地震所造成的斷裂痕跡和可能形成的斷層線崖及線型。此次 921 地震對桶頭以北的大尖山斷層也表錯動位移現象，但於航照判釋上僅於大人凍林道嶺腳二號橋及三號橋斷裂錯移痕跡，其他地區則因位移不明顯而無法確定斷裂位置。至於線型也僅於山坪頂及瑞竹東側的台階地上看到兩條不太明顯的線型，僅高出西側塊體僅數公尺（約 2—3 公尺）而已。對大尖山斷層這種近垂直且層位落差達四千公尺以上的斷層而言，航照判釋尚無法看出斷層錯動，實屬不可思議。探究其原因可完全歸因於斷層逆衝角度相當小，可

5-20 度之間（此點將於野外調查成果中詳細探討）；由車籠埔斷層及大於這次 921 地震中，地表呈現彎彎曲曲的破裂情形，即可推測這兩條斷相當平緩，以致於東側塊體向西側塊體逆衝時，在地表上形成曲線狀斷而歷次斷層活動所累積的抬昇量僅能讓東側塊體的侵蝕速率加強，而斷被迅速地消滅掉。

地形面發育情況與對比

航照圖的判釋，在大尖山斷層兩側的階地面大致可分成四階，由老至新為高位階地 (t_1)、次高位階地 (t_2)、次低位階地 (t_3) 和低位階地 (t_4)。

皆地 (t_1) 在斷層面西側均呈現台地面地形，其高出河床可達 150 公尺。

及周圍地形高度，推測其形成年代應有一段長時期的穩定期，好讓當時蝕堆積成相當於老年期的地形。在斷層東側可對比於高位階地者僅有兩

立於桶頭南方約一公里的稜線上，其高程約海拔 500 至 550 公尺，比其皆地高約一百多公尺；另一處在太平谷地上，航照圖片上可看到範圍狹

皆地，其海拔高約 950 公尺，比斷層西側蜈蚣坪台階地高出二百多公尺。

內的河階地應是老年期地形中的源頭地區，其最顯著特徵是河床坡度相

一公里的河床上昇不到 50 公尺，與其下游河谷急遽陡峭及形成瀑布截

提供了太平地區被刷烈抬昇的最佳證據（見圖 3-4）。

階地 (t_2) 在大尖山斷層西側相當發達，一般高出河床達七、八十公

尺達一百公尺左右。在斷層東側相對於此階地面的有兩處，一處位於林

；一處位於桶頭南方（見圖 3-3）。前者西側邊緣被大尖山截切，似有抬

後者在西側可找到相對應的階地面，兩者高程相差約十幾公尺，斷層東面似乎被抬昇。

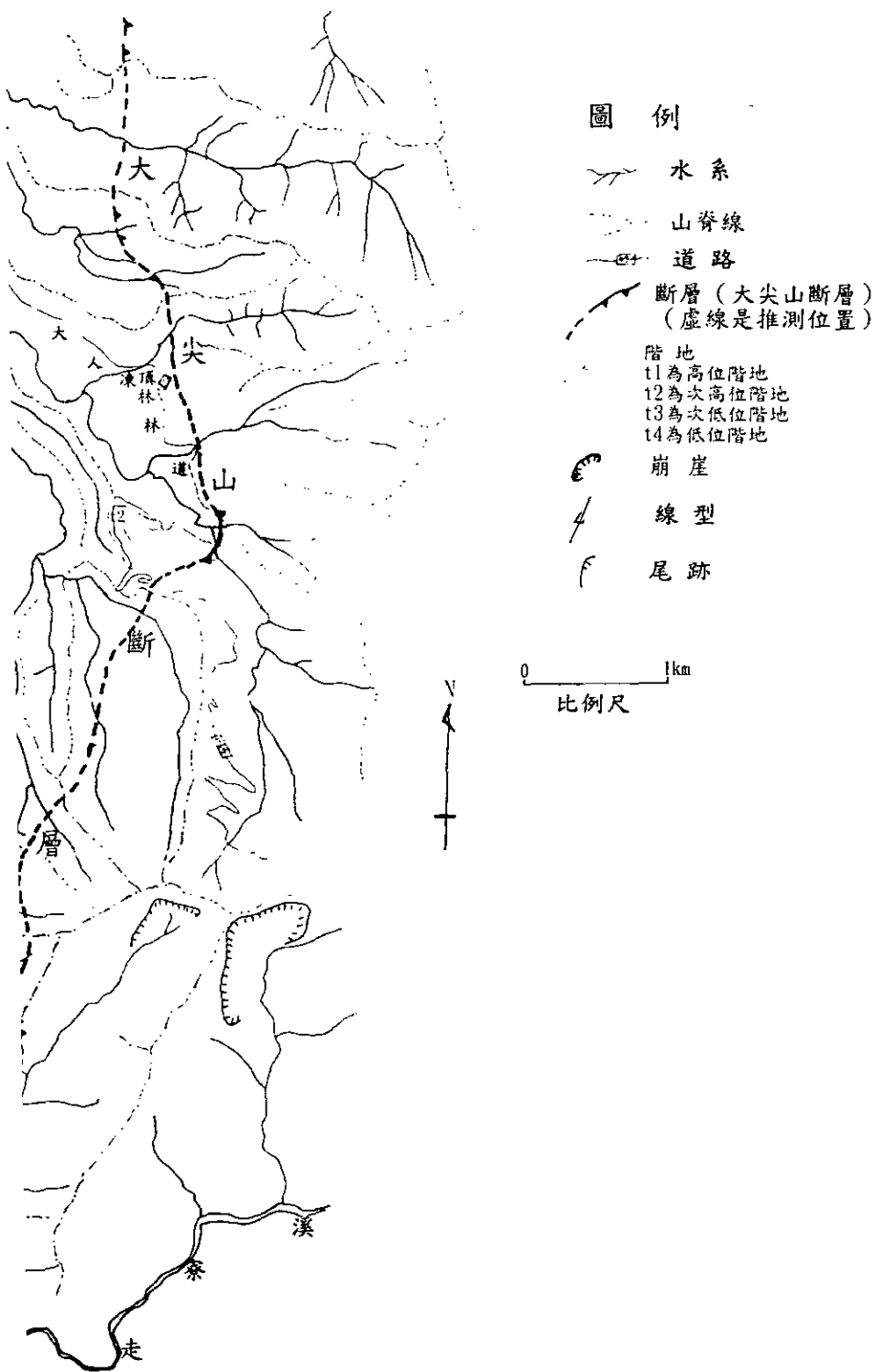
t_3 階地高出河床僅二、三十公尺，主要分佈於山坪頂及瑞竹地區，溪兩岸。在山坪頂及瑞竹地區，大尖山斷層直接切過此階地面，航照判直接看到此斷層崖線型，惟其高差研判僅 2-3 公尺而已。

t_4 階地發育於主要溪流兩岸，高出河床僅數公尺。此類階地面雖有新層切過的地方，但仍看不出任何線型存在。

斷層活動性評估

由航照判釋及地形期的初步比對，可對大尖山斷層在各時期的活動情形說明。首先，在高位階地面形成之前，大尖山斷層早已存在，且其往西的距離。而在 t_1 階地面形成時期，當時的台灣島相當平靜，讓此區河成近乎老年期地形，當時的太平地區應為西側河流的源頭。此後整個安定期，除了整個地區一起抬昇外，大尖山斷層也開始活動，使斷層相對抬昇一、二百公尺以上，且其抬昇量各地不同，太平地區明顯地。而到達 t_2 階地面時期，整個地面似又進入平靜期，讓河流有時間拓階台地。嗣後，區域性的地殼抬昇及大尖山斷層的活動，再將 t_2 階地昇 70-100 公尺。往後到達 t_3 階地面生成期間，地殼活動的平靜期較 t_3 階地面範圍僅侷限於主要溪流兩岸，但因其年代新，受到近期斷層仍可顯示斷層線型現象。至於 t_4 階地面，其生成年代太新，且其仍受響，無法看出斷層跡象。由於上述地形面的對比均缺乏定年資料，因

斷層的活動年代及速率均不得而知。

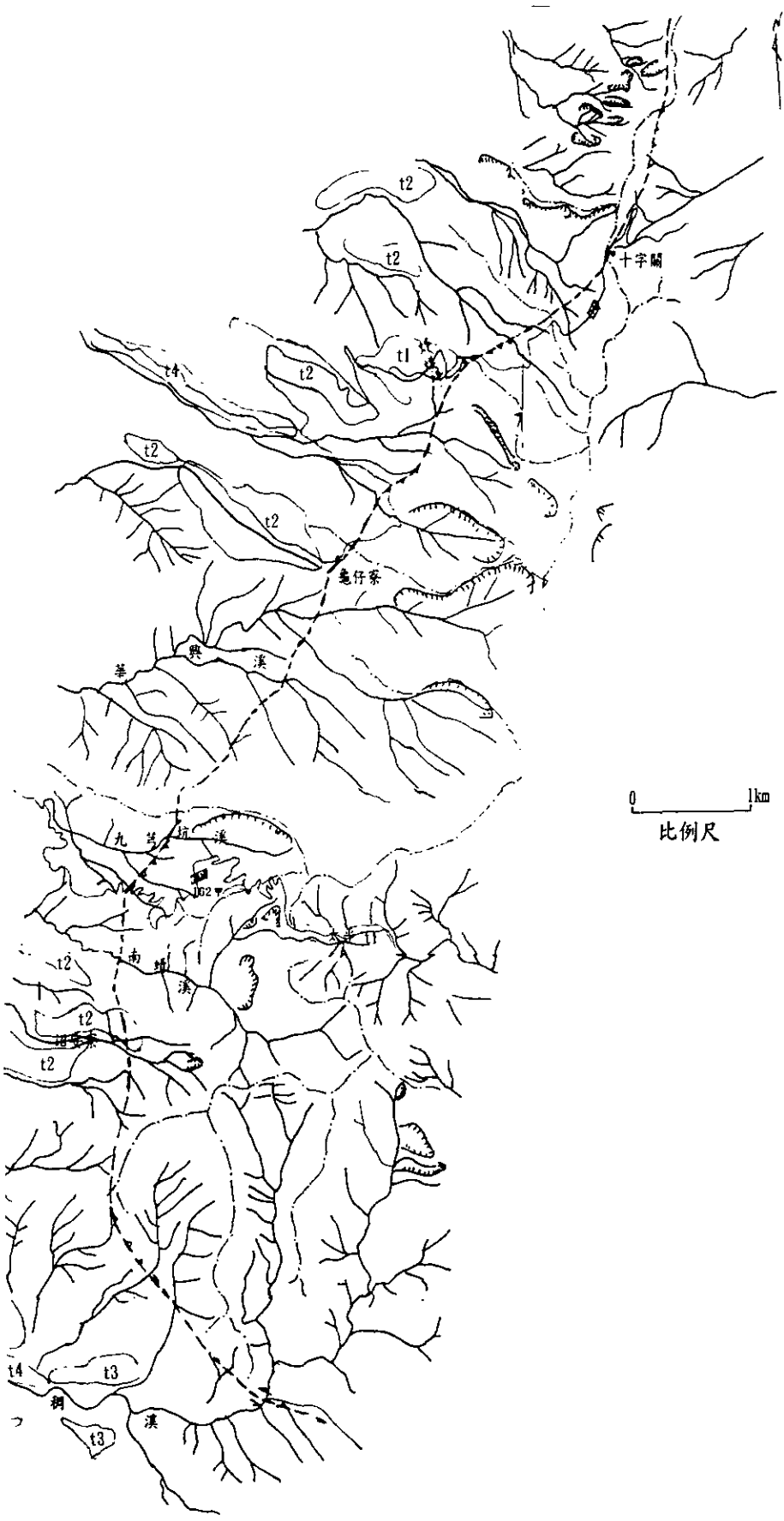


大尖山斷層沿線航照判釋圖 (1/3 圖—大坑至山坪頂段) (參見光碟彩色)

註：僅於大人凍林道見到斷橋錯移痕跡



大尖山斷層沿線航照判釋圖 (2/3 圖—山坪頂至蜈蚣坪段) (參見光碟彩色圖片集)



大尖山斷層沿線航照判釋圖 (3/3 圖—蜈蚣坪至牛稠溪段) (參見光碟彩色圖片集)

調查成果

調查範圍為南投縣竹山鎮東南方至嘉義縣竹崎東方的車籠埔、大尖山斷層，工作內容是觀察記錄 921 地震之地表龜裂錯移情形，大尖山斷層的走向和斷層兩側岩性變化及岩層分佈情形，調查點之位置以 GPS 加以定位，繪於地形圖上，以供製作斷層分佈及斷層線兩側地質圖，初步成果如圖 3-6 所示。茲將野外調查之初步成果列述如下（露頭點及照片位置請參見圖 3-6 及表 3-1）。

本調查工作由大人凍林道開始，於柿子林東側產業道路上見到大尖山斷層滑動泥露頭（見 TF-1 照片），斷層泥內夾有頁岩碎屑，顯示此區斷層上盤岩層可能為十六份頁岩。往南於嶺腳二號橋北側（見 TF-2 照片）、嶺腳三號橋及林道上（TF-3 及 TF-4 照片）均可見道路隆起破壞及邊坡破壞露出的斷層泥露頭。

山坪頂台地東側的產業道路上及茶園均有 921 地震破壞的痕跡，照片 TF-5 除了顯露出大尖山斷層泥的露頭外，也在附近顯露出斷層破壞的道路隆起痕跡。TF-6 照片是山坪頂產業道路駁坎被斷層體低角度上衝，相對上升二、三十公分的破壞痕跡。照片 TF-8 及 TF-11 是階地上茶園被 921 地震影響，東側茶園相對上升三、

十公分的情形。此外，此斷層似有一 2 公尺高的斷層線崖存在確情形仍有待於航照判釋時作詳細的研判分析。

大尖山斷層在通過加走寮溪處，受 921 地震影響，兩岸堤防有些微的錯移破壞，僅位移量不大，但在左岸階地崖岩層露頭，看到一百公尺以上的斷層泥及錯動帶（見照片 TF-12 和 TF-13）。大尖山斷層的斷層泥內尚夾有下盤被擄獲的火炎山礫岩塊體，斷層帶之寬度大。另外，由上方階地面向下游面緩傾的情形，發現有斷層線崖的情況。

由瑞竹往南，大尖山斷層成北北東-南南西走向切過丘陵地邊林頂階地，在產業道路上均可見道路面受此次地震隆起破壞的現象，其中以往林頂的產業道路上，受斷層錯移而呈現路旁排水溝側位移一公尺多的現象最特殊。在道路下方的茶園內，也可明看出茶畦被斷層錯移現象，亦呈現出右移性質，移動量均 2 公尺（見 TF-16 和 TF-17）。林頂階地大致上可分為二階，階地崖大致北走向，與北北東-南南西走向的斷層線呈斜交狀，且階地面上呈現斷層線崖的跡象，也就是大尖山斷層切過林頂階地面並無舌動痕跡。

921 地震造成桶頭橋倒塌，最近施工單位重新建築橋樑，於

橋墩處開挖結果，顯露出大尖山斷層通過橋墩處，大尖山斷層錯形成的斷層泥夾有沖積層的卵礫石（TF-18），顯示斷層在階地形後應有錯動過。在清水溪的右岸階地崖露出大尖山斷層錯動斷層及破碎帶（見 TF-19），由其內含岩塊推測斷層最前緣岩層可能屬六份頁岩，而後端砂岩含量較多，推測為大窩細砂岩岩層。大尖山斷層在清水溪北岸的露頭，由於破碎帶及斷層泥達三、四百公尺及上下盤岩層層位落差大看，可說是一條相當明顯的大斷層。

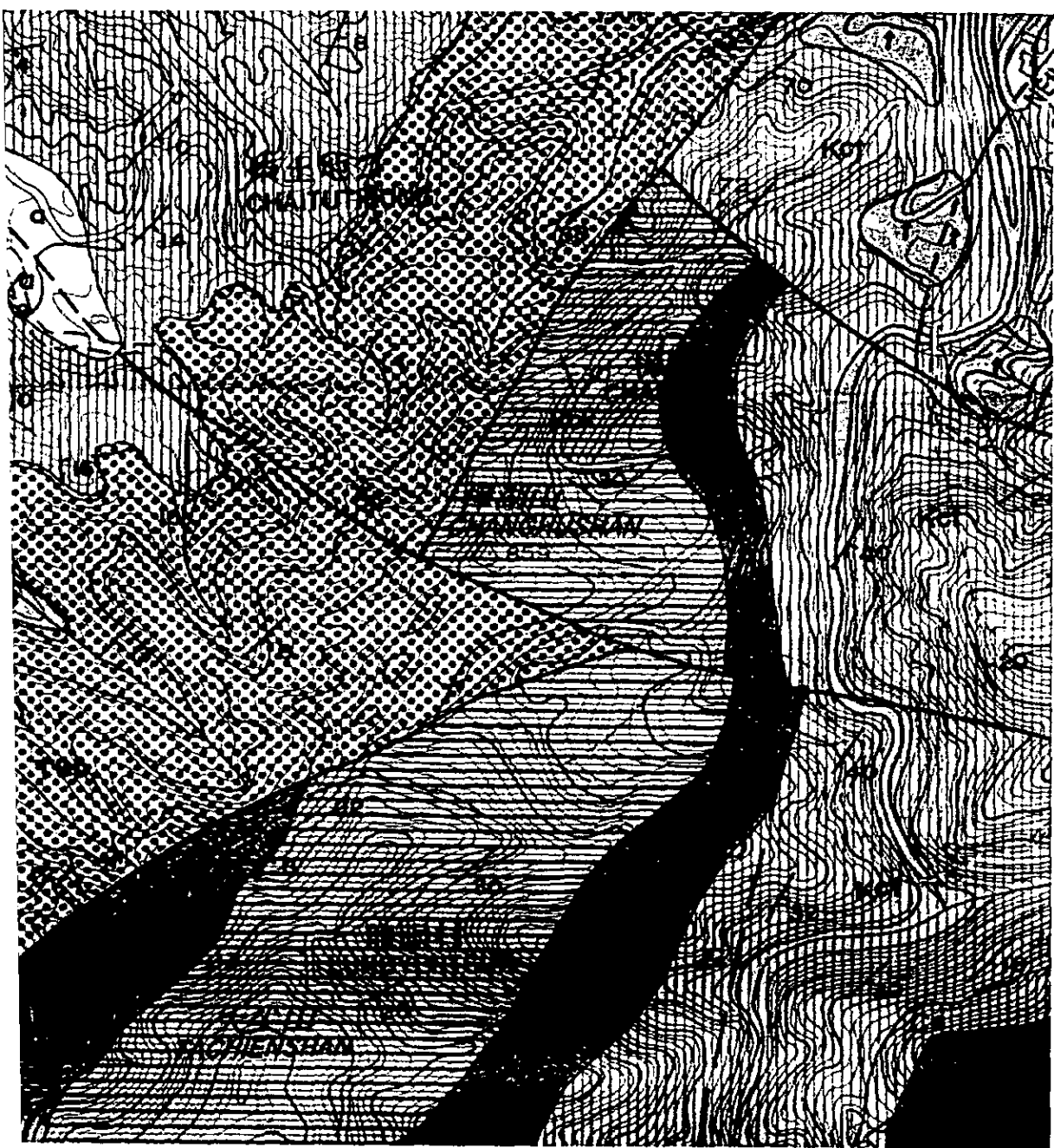
921 地震的地表破裂錯移往南明顯的降低，過了桶頭橋後僅三溪橋及天心橋看到些微地表隆起及橋墩錯移痕跡，其中天心橋橋墩呈現右移錯動現象，位移量約 40 公分（見 TF-20）。

大尖山斷層往南的延伸穿過 149 甲公路和樟湖山（EL857 公尺）西側，斷層兩側上下盤岩層分別為關刀山砂岩和火炎山礫岩，岩性的差異甚大外，也可能見到斷層泥及破碎帶露頭（見 TF-21、TF-22、TF-24、和 TF-26）。由斷層兩側岩體均相當完整（TF-23 及 TF-25）推測此段大尖山斷層破碎帶並不寬廣，估計僅七、八十公尺。

由地形特徵及兩側岩盤露頭的性質，可確定大尖山斷層通過樟湖山西側往南則很明顯地斷層向東南延伸穿過樟湖山南端鞍部，此點可由台電

開挖的高壓電鐵塔基座全為黑灰色斷層泥窺知（見照片 TF26.2 及 TF26.3）。往南延伸，大尖山斷層呈現出向東凸出的線型斜切 149 甲公路，此點可由層兩側出露的礫岩層及砂岩層證明之（見照片 TF26.4 及 TF26.5）。在中央調所出版的雲林圖幅中，以一左移的內磅斷層橫切過大尖山斷層，並將後錯移約一公里，其主要依據為南側礫岩層向東凸出。但在圖幅中，內磅斷未將十六份頁岩及頭崙山層礫岩錯移，因此內磅斷層是否存在甚為懷疑。據本次調查結果，大尖山斷層是一條相當低角度（低於 20 度）之逆衝斷層，斷層現彎曲成弧形狀應屬正常，且其斷層破碎帶寬度也會影響斷層線型，故本報告認為內磅斷層並不存在（參看圖 3-5 及圖 3-11 及相片點 TF-26.2、26.3、TF-26.4、TF-26.5）。

過了十字關地區，大尖山斷層的露頭並不明顯，大部分需由火炎山礫南莊層砂岩互層的出露情況來判定斷層可能通過之位置。大尖山斷層在坪及龜仔頭地區均被沖積的土石流所掩蓋，僅能由東側的南莊層砂岩及的礫岩層出露情形，再參考地形特徵來推測斷層位置（見照片 TF26.6）。

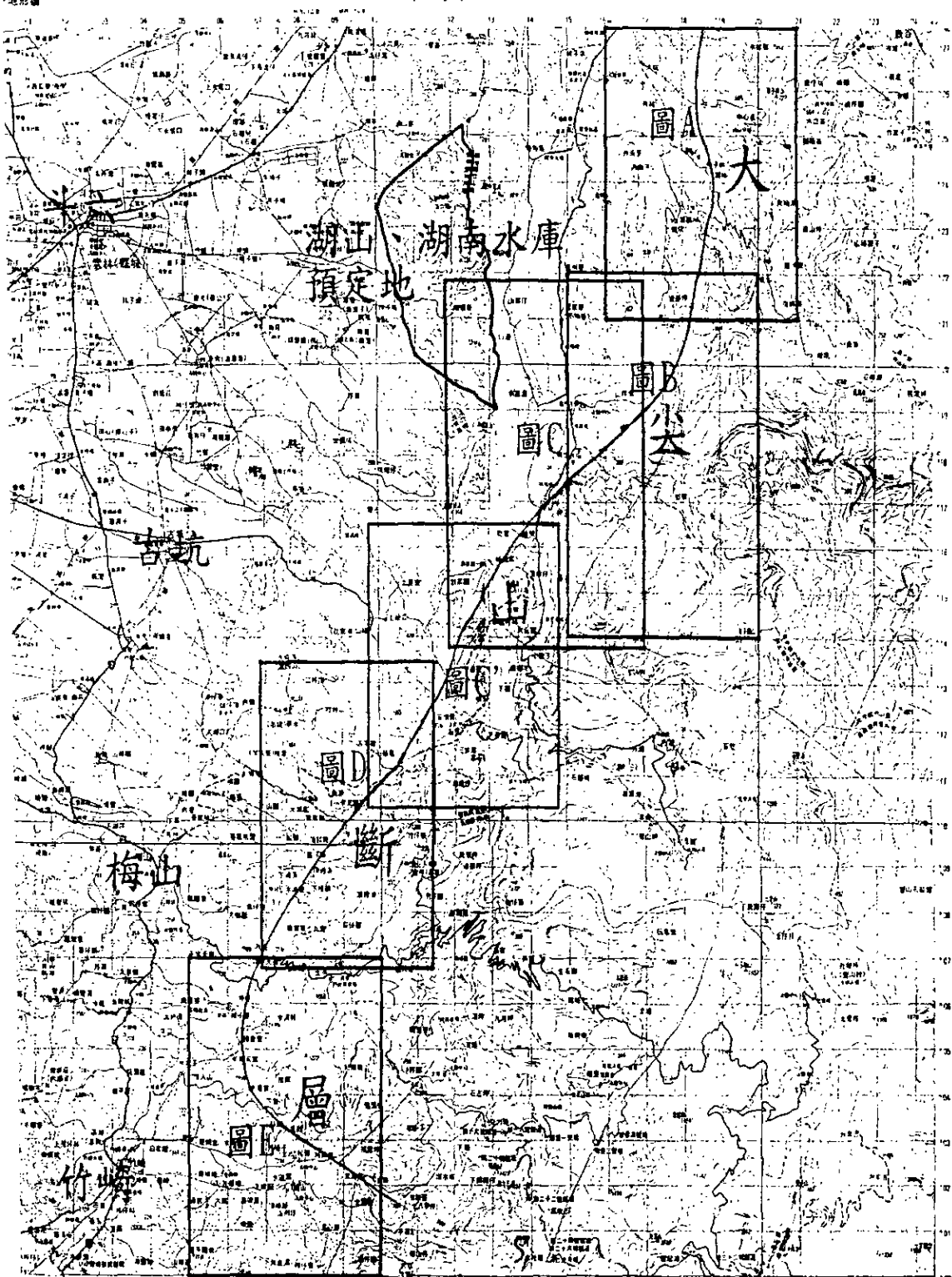


原內磅斷層附近區域地質圖

本調查工作在九芎坑溪 (TF-27)、162 甲公路 (TF28.3)、南靖溪 (TF-29)、科底 (TF-30) 和大掘田 (TF-31) 均發現大尖山斷層的斷層泥及破碎帶。其中九芎坑溪、南靖溪和 162 甲公路的斷層露頭均非常明顯，斷層破碎帶均寬達 200 公尺左右，而斷層上盤露出南莊層的砂頁岩互層，下盤露出火炎山礫石層。科底和大掘田發現因整坡及挖掘排水溝而出露的斷層，再由斷層上下盤確認大尖山斷層由上述地區通過。

大尖山斷層的滑動面傾角為何一直是大家關注的重點，本報告亦以其為逆衝斷層來解釋為何大尖山斷層的斷層線崖不明顯。本調查工作在 162 甲公路 (標高約 500 公尺)，162 甲公路 10 至 12 回頭彎處 (標高約 490 公尺) 及南靖溪河床 (標高約 385 公尺) 等三處發現大尖山斷層露頭，依此推測出斷層滑動面走向大致為北 30 度東走向，斷面傾向東方約 15-20 度之淺角。以往地質學者所稱之大尖山斷層在靠近地表面處傾角約 60 度極為不同。

根據雲林圖幅，大尖山斷層在牛稠溪北岸轉為左移的社寮斷層，南邊的觸口斷層分隔開來。本調查工作在一條牛稠溪支流河床發現斷層露頭 (TF-32)，除呈現斷層泥及破碎帶外，其所夾岩塊均為頁岩為主，推測其岩盤可能屬十六分頁岩。



3-6 大尖山斷層沿線地質調查位置索引圖 (參見光碟彩色圖片集)

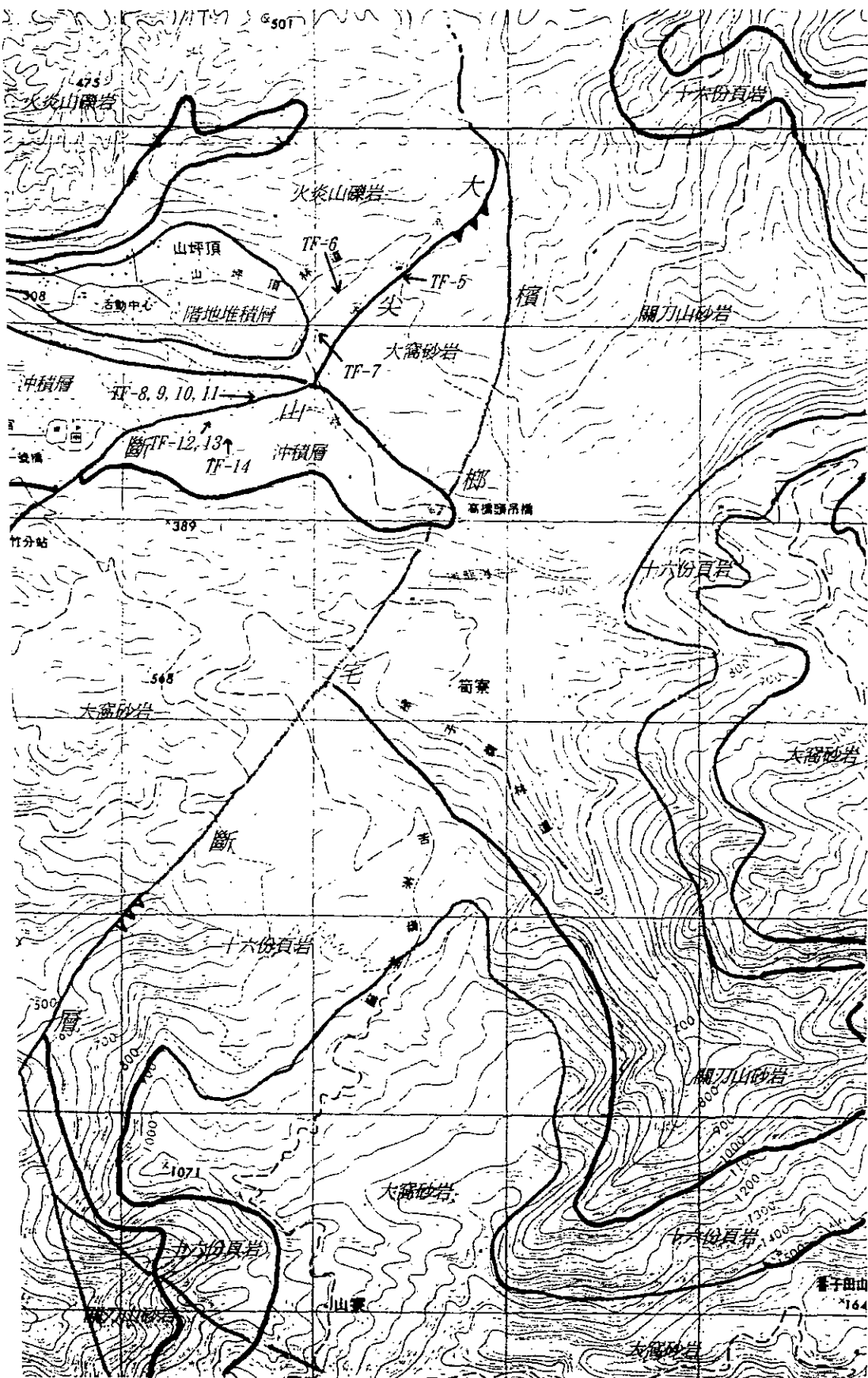
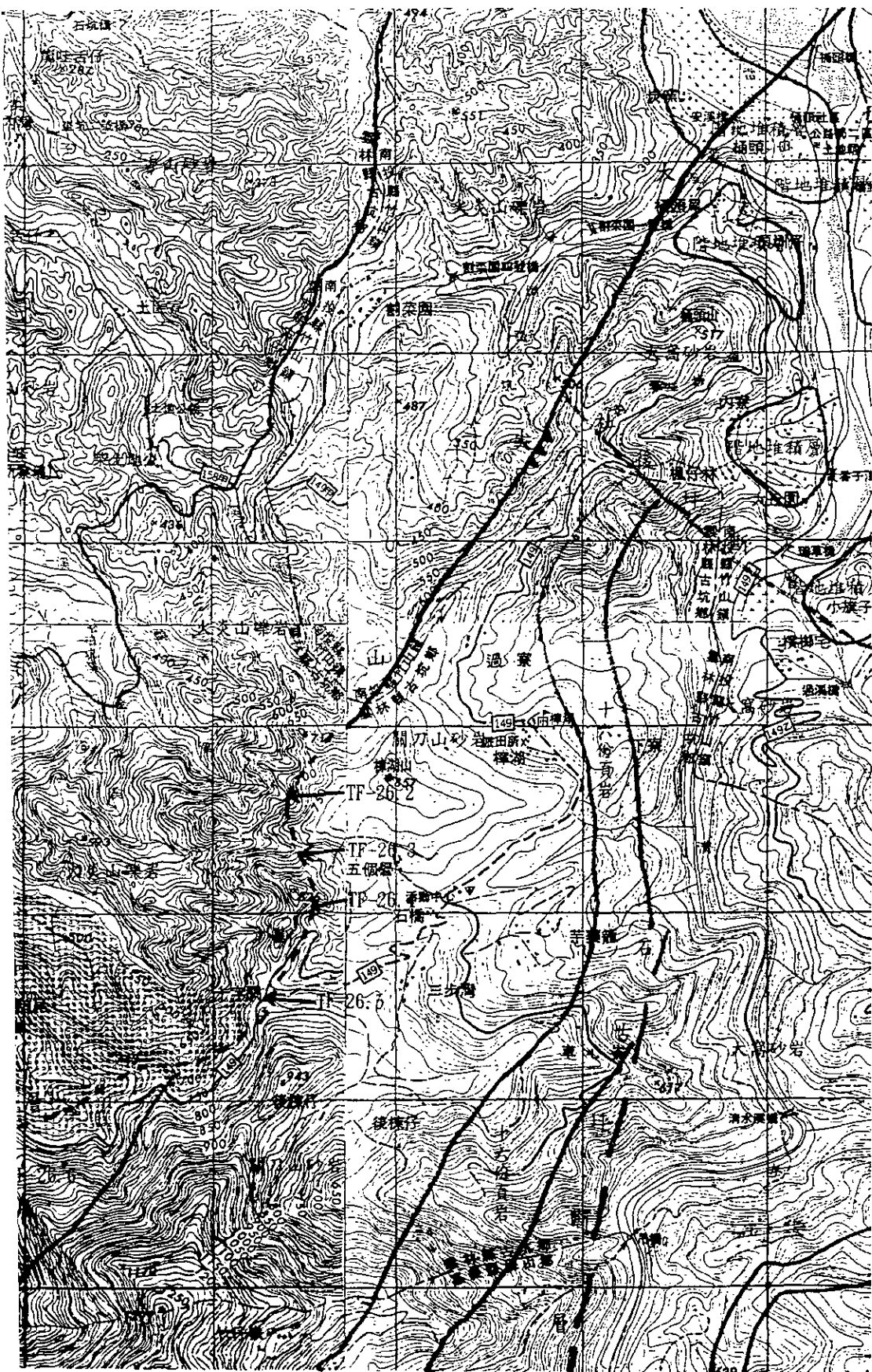


圖 3-8 大尖山斷層沿線地質調查圖 B (參見光碟彩色圖片集)



| 3-10 大尖山斷層沿線地質調查圖 C-D (參見光碟彩色圖片集)

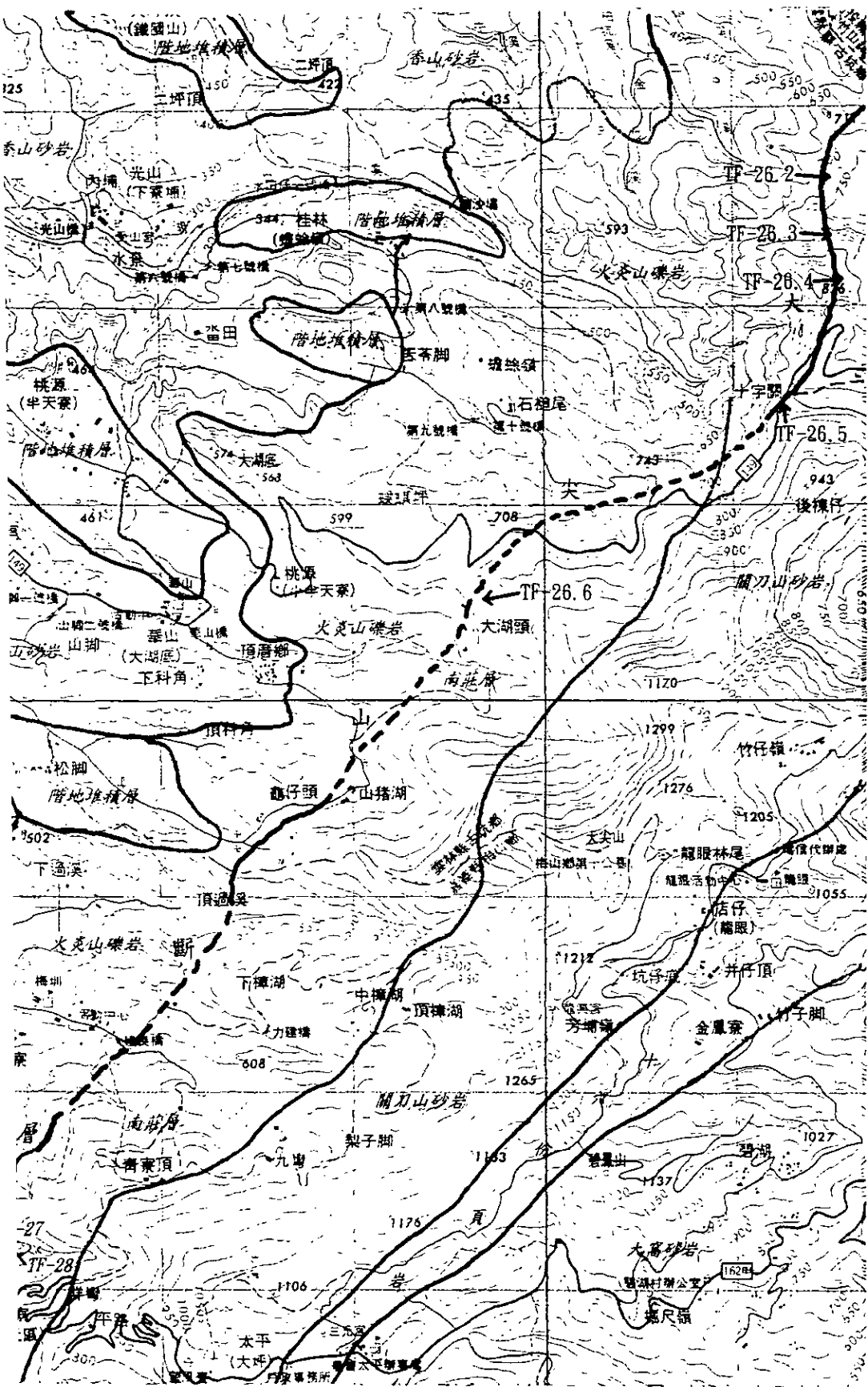


圖 3-11 大尖山斷層沿線地質調查圖 D (參見光碟彩色圖片集)

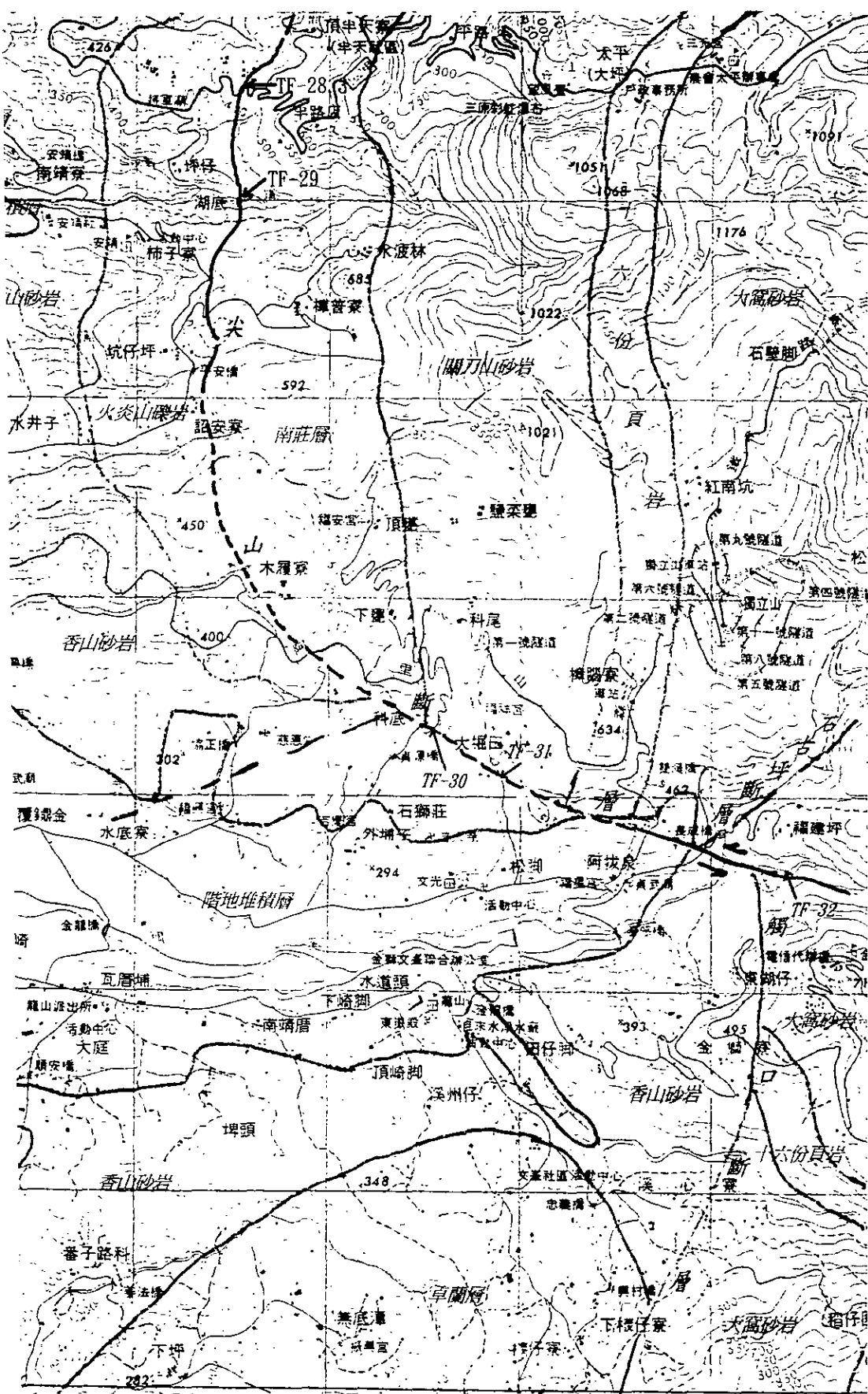


圖 3-12 大尖山斷層沿線地質調查圖 E (參見光碟彩色圖片集)

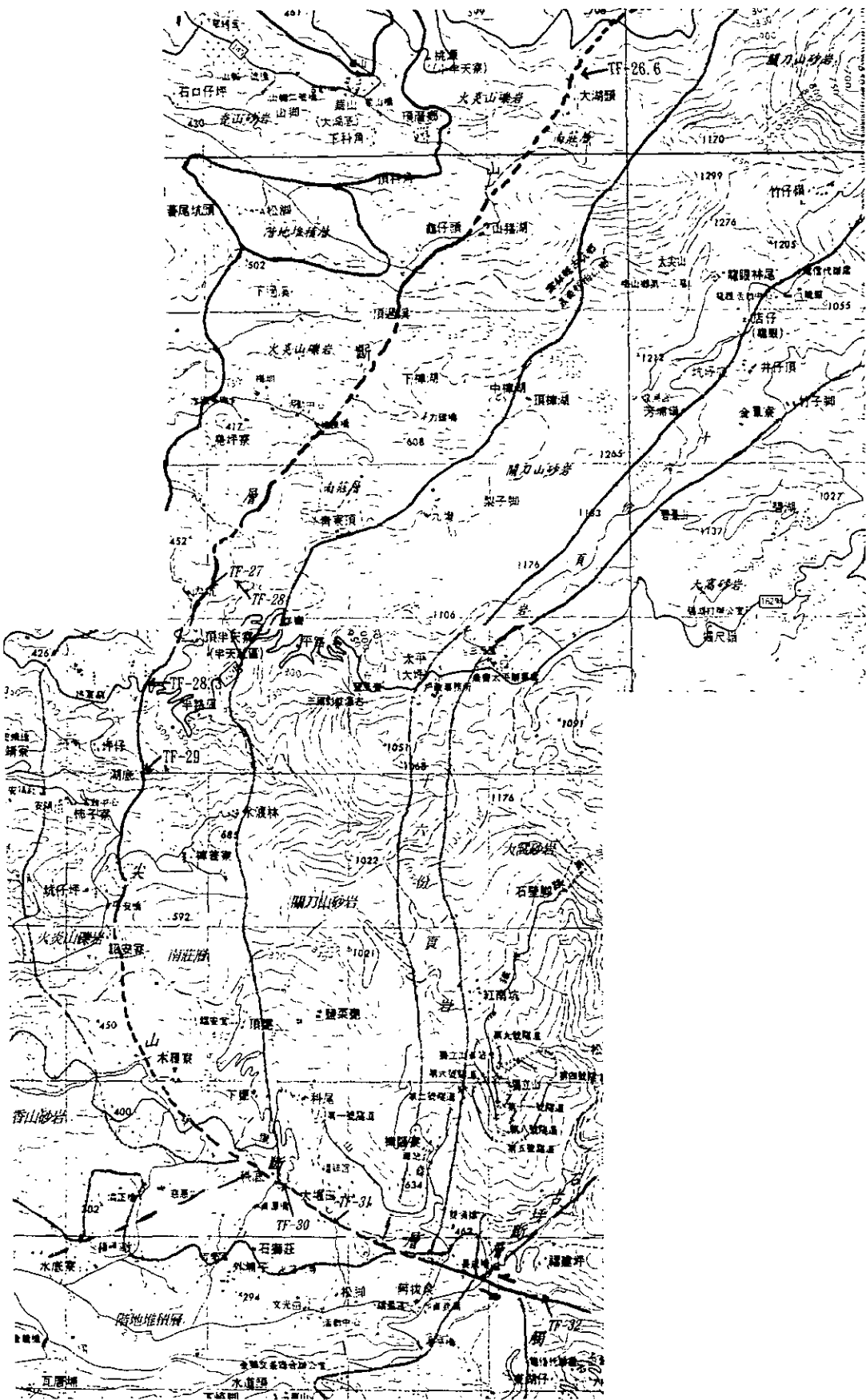
判釋

層之特性探討

的調查研究結果，可歸納大尖山斷層的特性如下：

大尖山斷層在 921 大地震表現出逆衝斷層性質，其上盤岩層屬中新世晚期漸新世岩層，而下盤則以更新世之頭嵛山層岩層為主，其中最大的層位落差達二千公尺以上。

921 地震產生的地表隆起破裂情形，顯示大尖山斷層的斷層線呈現曲折，與北方車籠埔斷層之性質相似，加上兩者穿過濁水溪連成一條斷層，可說此兩條斷層為同一條斷層。另外，由九芎坑溪、162 甲公路和南靖橋之斷層露頭，可定出大尖山斷層的滑動面走向及傾角。由上述三處斷層帶之前緣高程分別為 505 公尺、510 公尺及 385 公尺，將此三點構成一平面（見圖 3-13 之 TF-27、TF-28.3、TF-29 點），再依據此平面推算出斷層面位態大致為北 30 度東走向，斷面傾向東南約 17 度，顯然地斷層為一低角度向西逆衝斷層。



大尖山斷層走向傾角計算點位 (三露頭點 TF-27、TF-28.3、TF-29 三點法)

大尖山斷層的斷層泥及破碎帶寬度一般大於一百公尺，局部地區更達到四百公尺，斷層露頭多且易於追蹤，是一條明顯且易於辨認的斷層。又斷層泥中所夾的礫岩和未固結的卵礫石，可推斷其為一條非常新的活動斷層。

大尖山斷層開始活動的年代應是在火炎山礫岩形成之後，因此有學者提出其年代應起使於更新世後期距今僅七、八十萬年。依車籠埔斷層在這次地震情形，以及以往的文獻資料，知道近兩百年即發生兩次強烈地震，可確認為活動斷層。但最令人迷惑的是其與大尖山斷層均屬無明顯的斷層存在，此點也許可由此兩條斷層均為明顯的低角度逆衝斷層，而且因斷層帶相當寬廣，歷次的斷層活動並未在同一斷面出現，也就無法呈現出斷層線崖。

從大尖山斷層上下盤岩層的層位落差高達四千公尺以上來看，大尖山斷層為一逆衝斷層。但在這次地震中，除了可看到上盤塊體向西逆衝外，下盤卻出現右移的走向斷層性質，且此現象在這次地表破裂中，以活動斷層南端林頂階地最為明顯，其活動機制建議於設計前或設計階段前期做進一步探討。

對斷層兩側地形面的觀察及比較，可推測出大尖山斷層的活動與台灣島的

性抬昇相關，且可研判出斷層沿線的錯動量不同。然而欲確實瞭解斷層地形期的活動情況，建議於設計前或設計階段前期對本區各地形面作定對比工作。

本次調查，對地震前後斷層位置之比較，與以往最大之不同點在於：
1. 籠埔斷層與大尖山斷層連成一條斷層（如圖 3-14 中 28、32 號相連處）；
2. 大尖山斷層以一左移斷層與觸口斷層分開（如圖藍色錯移標示處）。

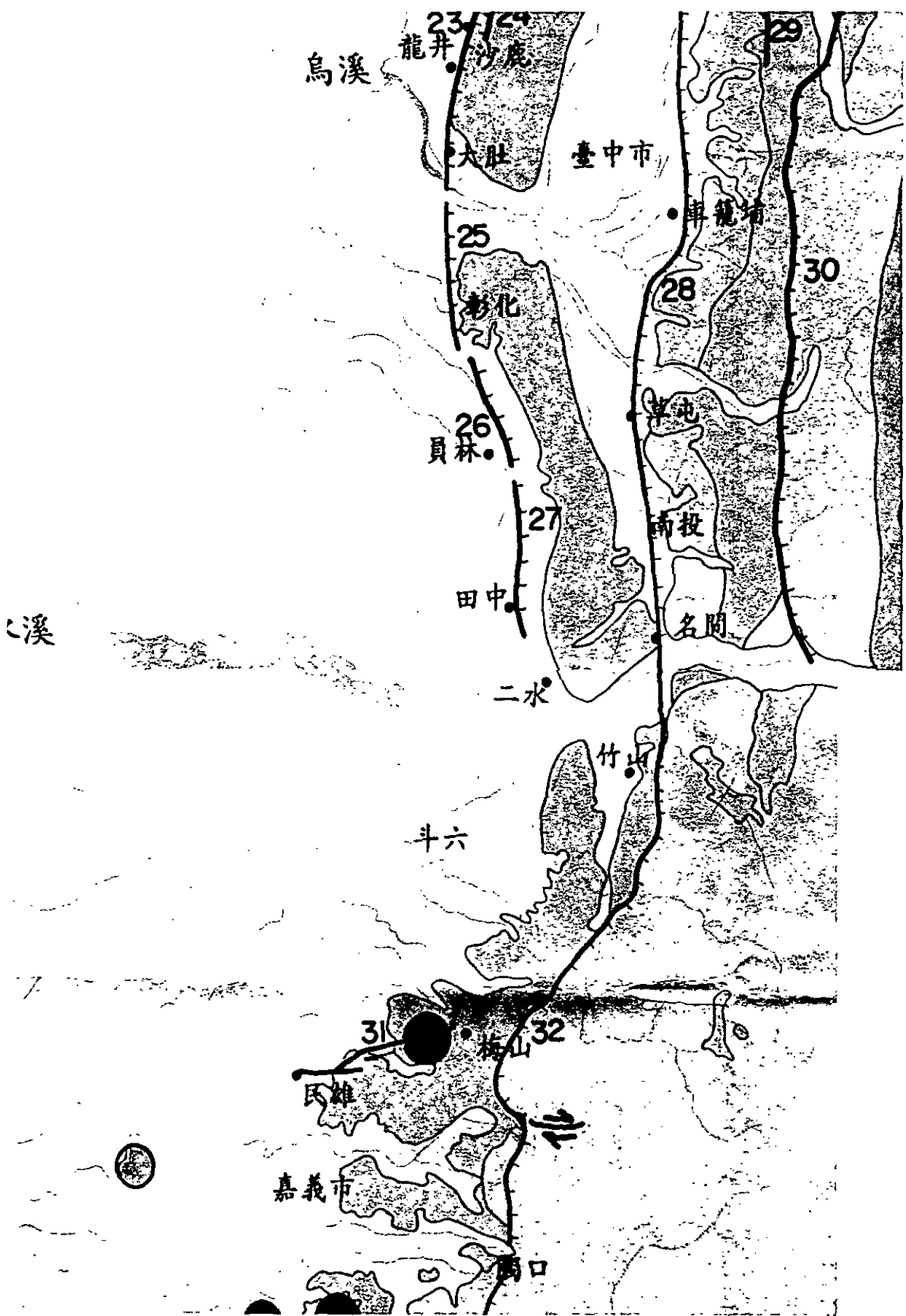


圖 3-14 地震前後調查區域斷層差異比較圖

山斷層之特性探討

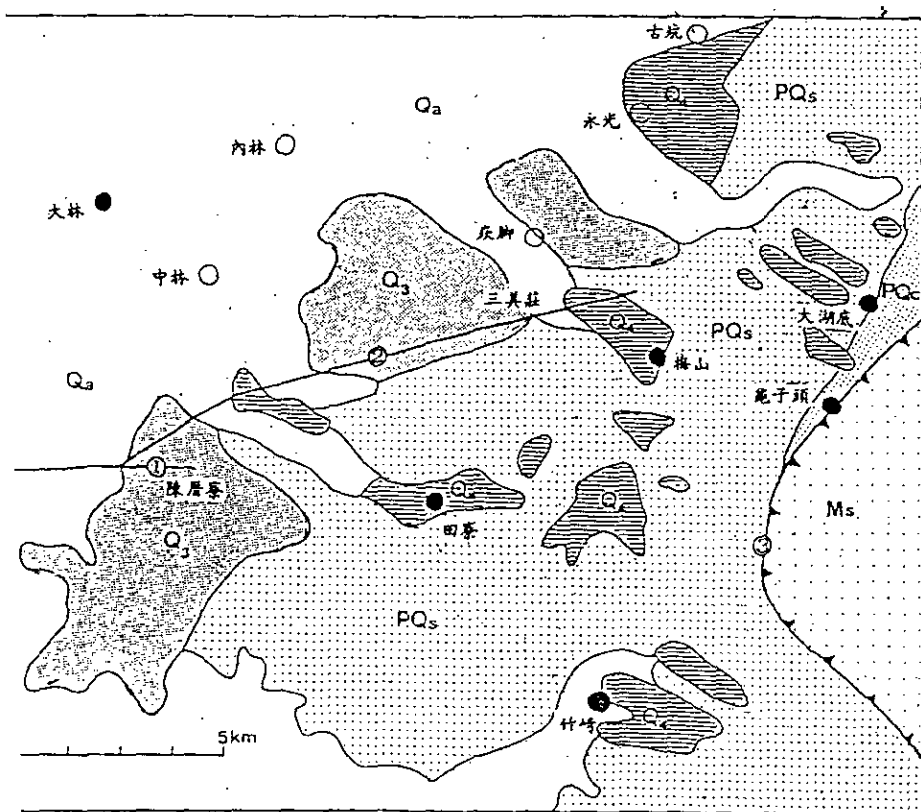
文獻記載，嘉義地區於西元 1906 年 3 月 17 日發生約芮氏 7.1 級地震，義梅山鄉三美莊與開元后之間，造成人員死傷約三、四千人，此為梅山活動產生的破壞結果。當時地表斷裂現象由梅山往西南西延伸至民雄，新港一帶只見噴砂及噴水現象。此條斷層為一右移斷層，於開元后西南南偏西 75 度方向延伸。

梅山斷層位於嘉南平原及丘陵邊緣，農耕及河水氾濫頻繁，加以斷層移，以往地表破裂錯移現象大部分已被破壞或覆蓋，黃明哲等（1984）在型防災計畫的資助下，以航照判釋、地表調查、槽溝開挖和參考地球物斗，對此條斷層做了詳細的研究探討，茲將其成果摘錄如下（參考圖 3-

照判釋及現場調查發現有數條約略平行梅山斷層的小斷層存在，顯示梅附近應是一條寬約一公里半的斷層帶，而這條斷層帶應是第四紀的新斷層，也就是說 1906 年大地震所造成的梅山地震斷層是此斷層帶最近明顯的活動。

斷層在地震活動中呈現右移性質，最大水平位移量達 2.4 公尺，而斷、北側岩盤則互有上、下升降現象，因此一般認為梅山斷層屬走向右

文獻分析及現地調查可知梅山斷層與大尖山斷層無直接關連性。



- | | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
- 更新世

每山—民雄一帶地質圖 (摘自黃明哲等, 1984) (參見光碟彩色圖片集)

第四章 地震研究

制斷層之決定

畫藉由上述詳細的地質調查，已經有充分的證據顯示這車籠埔斷層及大尖山斷層，很顯然的這兩條斷層是同一條斷層，而且是相當活躍的活斷層。

大尖山斷層所出露交接於地表之斷層線，雖未在地表與文獻所調查之車籠埔斷層相接。但大尖山斷層附近之地質狀態、特性經過詳細調查後，與車籠埔斷層地質狀態、特性相近。因此經多次的討論和判斷分析之後，認為大尖山斷層是車籠埔斷層南端之延伸部分。因此經過此次的地質調查後，得知車籠埔斷層長度較以往所推算之 50 公里推估值來增加的許多。

由踏勘後之地質圖來看，接續大尖山斷層後的車籠埔斷層，在地形上是向南延伸，根據測量所得之地面斷層曲線長度約為 100 公里左右。造成車籠埔斷層整塊區域質量滑動的斷層面在地表下應該是接近平面投影面上也就是接近直線；只是因為地形高度不同所造成的差異性與地表上斷層長度較實際值為大。因此，藉助此次踏勘測得之資料，保守估計斷層車籠埔斷層的長度應該是 87.5 公里（由台中縣東勢至嘉義縣）。由於 921 地震之確定，大尖山斷層應屬車籠埔斷層之一部份，且距離無庸置疑的車籠埔斷層為湖山、湖南水庫壩址之控制斷層。

震危害度分析

危害度分析的主要目的在於決定壩體以及相關水力結構的設計地震強

危害度分析一般可採用傳統的確定法 (Deterministic Approach) 或是

Probabilistic Approach) 進行。在設計土壩時，通常都採用確定式與

步分析。其主要目的是以確定式決定設計地震最大加速度，再以機率式

確定設計地震最大加速度的回歸期。一般設計大壩所選用之回歸期約在

10,000 年之間。

湖南水庫的設計地震將根據『經濟部水庫安全評估地質與地震評估規

』辦理。根據該規範第 4.5.10 節之要求，大壩壩體耐震分析之最大設

計地震動 (PGA) 應根據水庫之重要性做決定，而水庫之重要性分級則由水庫之大

小及地勢依表 4-1~表 4-3 之分級決定。

表 4-1 水庫大小等級

大小等級	蓄水量, S (10^6m^3)	條件	壩高, H (m)
小型	$S < 1$	且	$H < 15$
中型	$1 < S < 5$	或	$15 < H < 60$
大型	$S > 5$	或	$H > 60$

表 4-2 水庫災害潛勢等級

災害潛勢等級	淹沒區人口 P (千人)	淹沒內已開發土地面積 A (公里)
輕度	$P < 1$	$A < 1$
中度	$1 < P < 10$	$1 < A < 10$
重度	$P > 10$	$A > 10$

表 4-3 水庫之分級

水庫大小等級	災害潛勢等級	水庫重要性分級
大型	重度	I
中型		I
小型		II
大型	中度	I
中型		II
小型		III
大型	輕度	II
中型		III
小型		III

之規定，湖山、湖南水庫應屬第 II 級蓄水庫。復根據此規範，第 II 級設計地震將採用最大可能地動 (MCGM) 至設計地動 (DBCM) 辦理。最大 (MCGM) 的壩址尖峰地表加速度值，係由壩址附近地震構造區內能於壩址地動之斷層決定。斷層可能產生的最大規模地震 (MCE) 需依最大歷層之破裂長度與錯動量、或以累積能量法訂定。於機率法中，最大規模 (MCE) 將定義為發生 50,000 年再現週期地動值之地震規模。而設計地震將採用 50 年再現週期地動值之地震規模。

Deterministic Approach)

風險性的結構 (例如：大型蓄水庫與核能發電廠)，在選址與設計階段應進行地震危害度分析，而所用的方法不論在國內或國外進行地震危害度分析均以確定法為主。確定法的精神在於其保守性以及其簡單容易明瞭的原理。

在壩址附近的斷層活動性確定後，保守的假設每一斷層在結構物的

中一定會發生至少一次全面破裂（產生最大可能規模，亦即 MCE）的地
根據各活動斷層可能產生的最大規模地震（MCE）與距離壩址距離，計
斷層可能在壩址造成的地表最大加速度，再由其中選取最大的地表最大
設計加速度。

確定法為做地震危害度分析的步驟如下：

查區域與壩址附近之地質

查活動斷層之活動性並確定活動斷層之位置

定活動斷層的可能產生的最大規模地震（MCE）

用適當的地動衰減公式

定各活動斷層與壩址之最短距離

控制設計的斷層

設計地表加速度與設計反應譜

其

期所用的斷層破裂長度與地震規模關係是根據(1)蔡主權（1987）針
舌斷層之研究，及(2)東方國際工程公司之台灣斷層長度與地震規模
1984)。而 Wells and Coppersmith（1994）根據全球的地震記錄統
計被採用（如寶山第二水庫動態分析）。東方國際工程公司之台灣斷
層規模關係式(EIE 1984)以及蔡主權（1987）之公式說明如下；Wells
and Coppersmith 之統計結果整理於表 4-4。

$$\log a_p = (1.006 M_L - 3.232) \quad (1)$$

其中： M_L 為芮氏地震規模； L 為斷層破裂長度 (km)；

統計之標準差 $\sigma_{ln}(L) = 0.422$ (蔡主權 1987)

$$L = \exp(1.357 M_L - 5.823) \quad (2)$$

其中： M_L 為芮氏地震規模 (EIE 1984)

表 4-4 Wells and Coppersmith (1994) 斷層規模與斷層破裂參數之關係

頁型	參數	次數	經驗公式	$\sigma(M_w)$	經驗公式	$\sigma_{log}(L, A, \text{ or } D)$
層	破裂長度 L (m)	43	$M_w = 5.16 + 1.12 \log L$	0.28	$\log L = 0.74 M_w - 3.55$	0.23
		19	$M_w = 5.00 + 1.22 \log L$ $M_w = 5.00 + 1.22 \log L$	0.28	$\log L = 0.63 M_w - 2.86$	0.20
		15	$M_w = 4.86 + 1.32 \log L$	0.34	$\log L = 0.50 M_w - 2.01$	0.21
		77	$M_w = 5.08 + 1.16 \log L$	0.28	$\log L = 0.69 M_w - 3.22$	0.22
層	破裂面積 A (km^2)	83	$M_w = 3.98 + 1.02 \log A$	0.23	$\log A = 0.90 M_w - 3.42$	0.22
		43	$M_w = 4.33 + 0.90 \log A$	0.25	$\log A = 0.98 M_w - 3.99$	0.26
		22	$M_w = 3.93 + 1.02 \log A$	0.25	$\log A = 0.82 M_w - 2.87$	0.22
		148	$M_w = 4.07 + 0.98 \log A$	0.24	$\log A = 0.91 M_w - 3.49$	0.24
層	地表錯動量 D (m)	43	$M_w = 6.81 + 0.78 \log D$	0.29	$\log D = 1.03 M_w - 7.03$	0.34
		21	$M_w = 6.52 + 0.44 \log D$	0.52	$\log D = 0.29 M_w - 1.84$	0.42
		16	$M_w = 6.61 + 0.71 \log D$	0.34	$\log D = 0.89 M_w - 5.90$	0.38

地表加速度與地震規模及斷層距離之關係稱為地震衰減公式，衰減公式的影響，本計畫前期選用蔡主權等 (1987) 的加速度衰減公式外，另外中心，所建議以台灣地震資料庫為基礎所統計的衰減公式 (羅俊雄，常被引用。蔡主權等等(1987)的加速度衰減公式將整理成表 4-5；而這台灣地表型斷層震源，硬盤面的衰減公式，如下：

$$0.0278 e^{1.20M} (R + 0.1413e^{0.6918M})^{-1.7347}$$

$$= 0.539 \quad (3)$$

a_{max} 為最大加速度，單位為 g ; R 為距離震源最短距離，單位為 km ;

減公式之統計標準差

表 4-5 蔡主權等，1987，加速度衰減公式

衰減公式	標準差 σ_{ln}
	%
$a=1.126 \exp(0.728M_L)(R+26)^{-1.741}$	0.599(R ≤ 20km)
$\log_{10} a=-1.31+0.275M_L- \log_{10} (R^2+5.9^2)^{0.5}$	0.4798 (R ≤ 20km)
$a=0.0057\exp(1.375M_L)(R+0.06 \exp(0.9225M_L))^{-1.481}$	0.5289
$\log_{10}(0.981a)=0.01(R+79.7)(-4.87+1.002M_L-0.0577M_L^2)$	0.5725

畫以車籠埔斷層為控制斷層，估計 PGA 值所需的地震規模，除採用集集(7.3) 加上 0.1 地震規模增量後為 7.4 作為 PGA 分析外，另以車籠埔斷為 87.5 公里，併式 (1) 及 (2) 加以估計 (ML 分別為 7.7 與 7.5)，再根等(1987) 及羅俊雄 (1997) 的加速度衰減公式計算在壩址造成之最大地(表 4-6)。表 4-7 為前期針對壩址周圍五十公里內其他可能造成震源的估之壩址最大地表加速度。此外亦根據葉永田教授利用 921 大地震 240經由非線性回歸分析所得的衰減方程式加以計算：

$$0.03249 \exp(0.70771M_L) ((d_{\min}^2 + 0.001h^2)^{0.5} + 20)^{-0.93862}$$

規模， d_{\min} : 場址與震央距離， h : 震源深度

亦標示於表 4-6 內，表 4-6 顯示若以車籠埔斷層為控制斷層、以距壩為震央距離(5.5Km)、假設震源深度(10Km)、及假設歷史最大地震為 921 基礎，利用不同加速度衰減公式，計算得的 PGA=0.3 至 0.6g 間，範圍均值約為 0.45g。若以斷層長度估算之地震規模，計算得之 PGA 值保守。由於本區域位於車籠埔斷層之南端，未來要產生於斷層線上與之震央，且又向北延伸導致車籠埔斷層全面性斷裂之地震，誠屬不議 PGA 估計時，未來地震產生車籠埔斷層全面性斷裂之狀況不予考來以機率法加以估算，以確定是否滿足其再現週期。經由地質圖顯示本水庫群之壩址位於車籠埔斷層之下盤，且由 921 地震記錄顯示(圖盤之震度較小，影響範圍也較小(亦即加速度衰減較快或擠壓力量較

現有之衰減公式無法完全反應此現象。因此，本計畫建議，若考慮最大(MCE)以羅俊雄(1997)之衰減公式為依據(或可加以折減)，即 0.56g(或考慮為第 II 級蓄水庫之設計地震，則建議採用平均值，0.45g。依經安全評估地質與地震評估規範(草案)之規定本水庫可屬第 II 級蓄水庫計畫建議壩址之 PGA 值採用 0.45g。但本計畫建議未來於壩址附近裝長期監測並以機率法加以檢核。

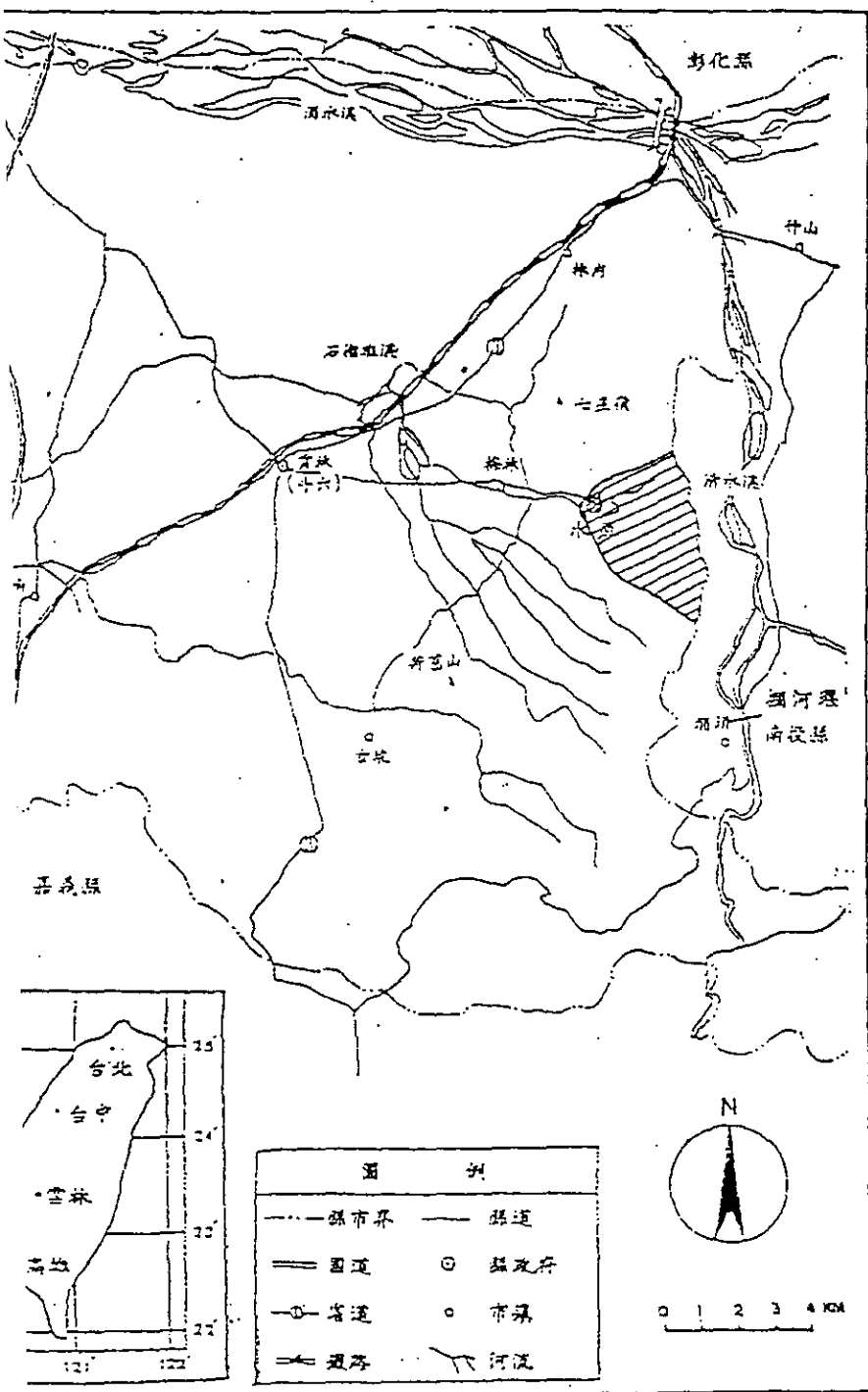


圖 4-1 湖山水庫地理位置圖

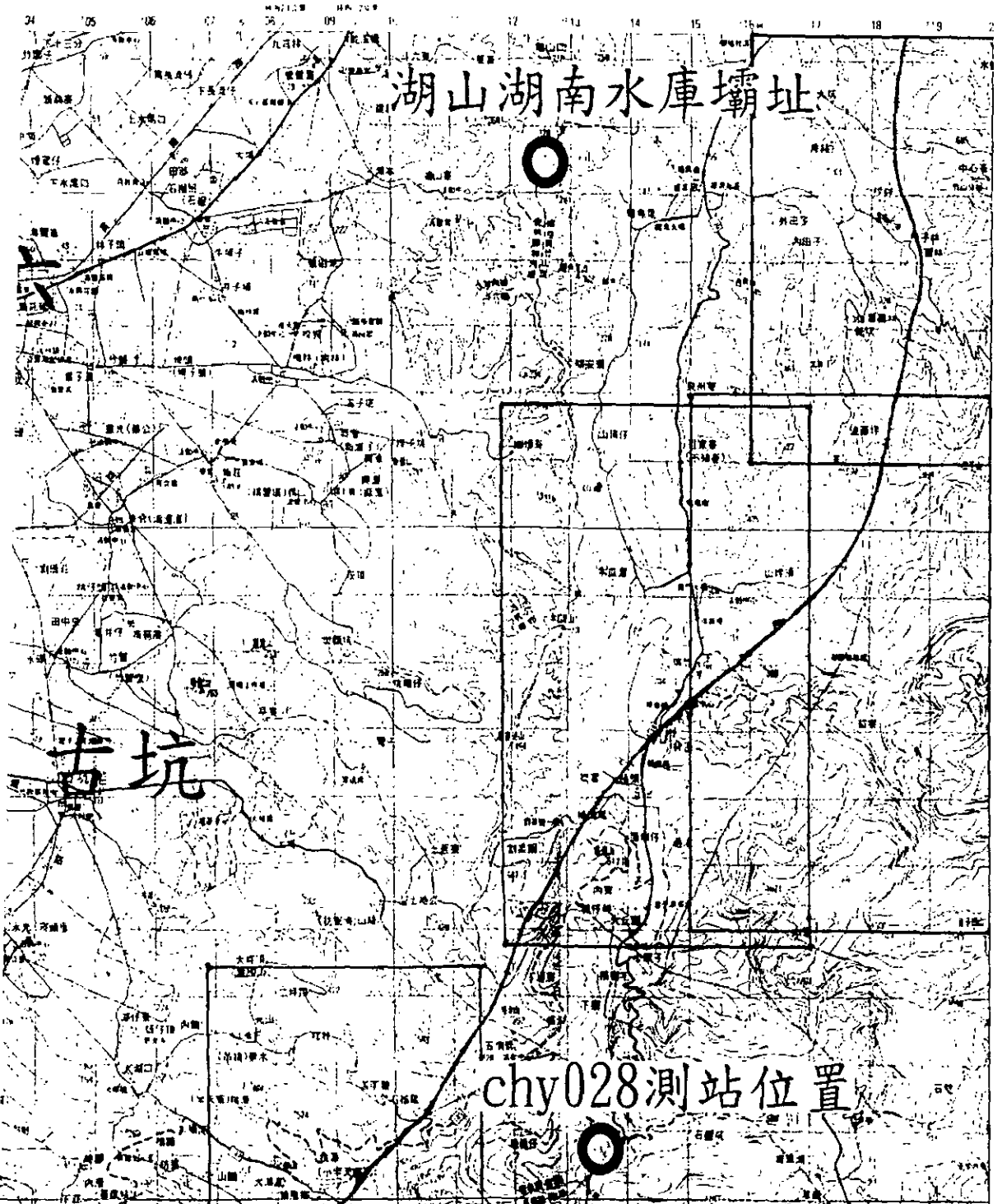
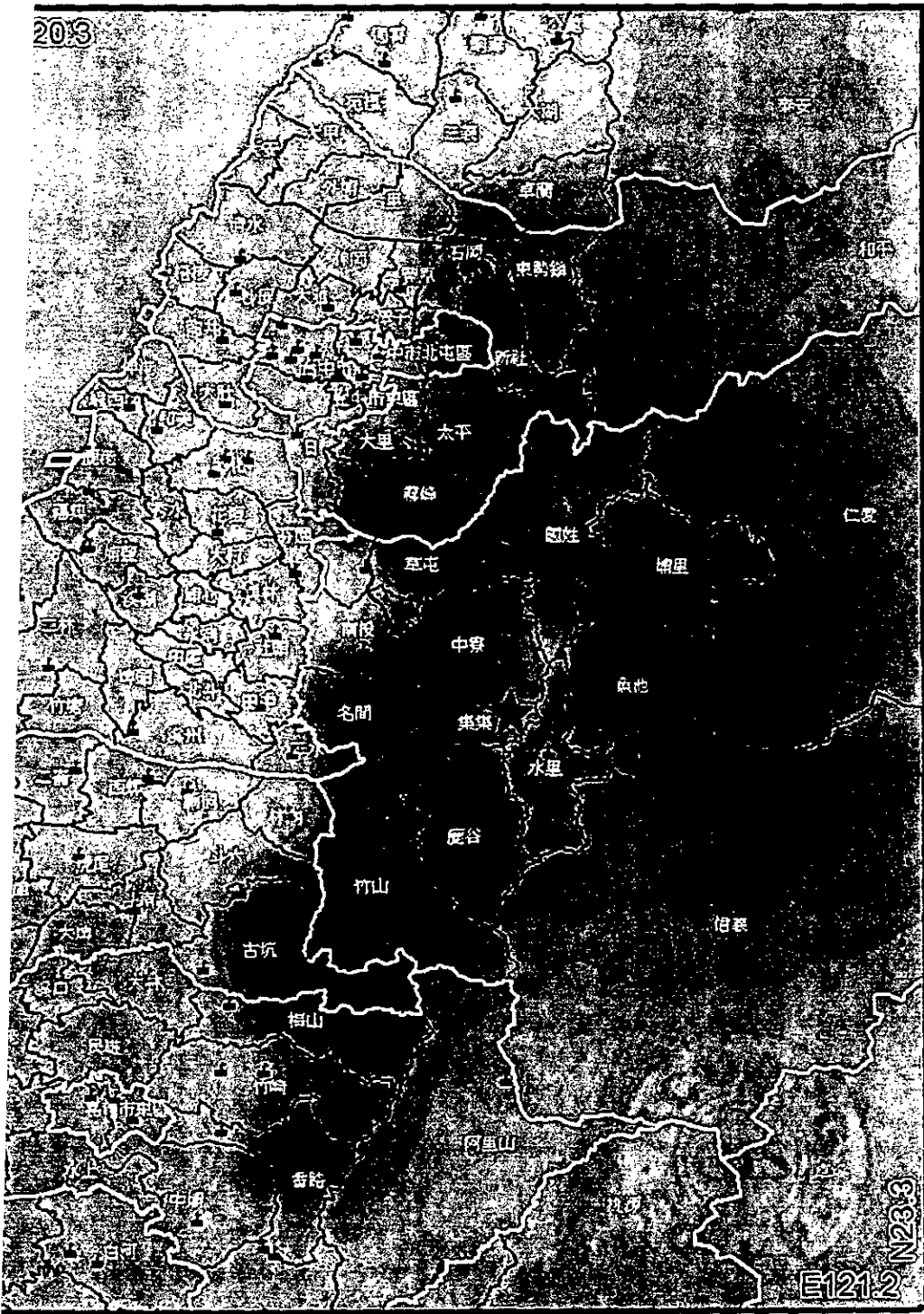


圖 4-2 湖山湖南水庫壩址及 chy028 測站位置圖



★ 集集地震震央 ■ 自由場強震站資料 〰 活斷層

圖 4-3 921 地震震度分布圖

(參見光碟彩色圖片集)

表 4-6 控制斷層可能在壩址造成之最大地表加速度

斷層名稱	斷層長度	震央距離	震源深度	震源距離
	Km	Km	Km	Km
南斷層	87.5	5.5	10	19.7
公式名稱	地震規模採用 $ML=7.4$ ，集集大地震加上 0.1 規模增量，1999			
	PGA- 1σ	PGA	PGA+ 1σ	
Li form	0.4696	0.6062	0.7825	
Boore form	0.5385	0.6582	0.8045	
Ill form	0.1930	0.3409	0.6023	
Rock form	0.1546	0.3051	0.6020	
(1997)	0.4279	0.5760	0.7755	
(1999)		0.2923		
公式名稱	地震規模採用 $ML=7.7$ ，式 (1)			
	PGA- 1σ	PGA	PGA+ 1σ	
Li form	0.6531	0.7542	0.8709	
Boore form	0.7133	0.7959	0.8880	
Ill form	0.2037	0.3532	0.6125	
Rock form	0.1745	0.3295	0.6222	
(1997)	0.4710	0.6131	0.7981	
(1999)		0.3614		
公式名稱	地震規模採用 $ML=7.5$ ，式 (2)			
	PGA- 1σ	PGA	PGA+ 1σ	
Li form	0.5242	0.6520	0.8109	
Boore form	0.5914	0.7012	0.8314	
Ill form	0.1968	0.3453	0.6060	
Rock form	0.1616	0.3138	0.6093	
(1997)	0.4426	0.5888	0.7834	
(1999)		0.3137		

控制斷層長度係參見本計畫中最新之地質踏勘成果

震源距離係斷層距壩址最短距離

震源深度係台灣中南部地震深度普遍採用值

地震規模是採地震規模公式(1) 及(2)

地表最大加速度(PGA)採加速度衰減公式(3)及表 2 推估之平均值

表 4-7 其他斷層可能在壩址造成之最大地表加速度

層 稱	斷層 長度	震央 距離	震源 深度	震源 距離	地震 規模	壩址 PGA 值
	Km	Km	Km	Km		G
斷層	13	11	10	14.9	6.2	0.16
斷層	65	14	10	17.2	7.4	0.29
斷層	65	17	10	19.7	7.4	0.26
察斷 層	7	23	10	25.1	5.7	0.08

Probabilistic Approach)

地震危害度分析法 (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) 同時考慮地震及其發生機率，震源可能位置及震度衰減特性。地震危害度分析地址某一地震參數 (地表最大加速度, 地表最大速度, 地表最大位移, 反年超越機率曲線, 亦即危害度曲線 (hazard curve)。機率式地震危害度分析是一個複雜的機率分析過程。一般工程上最常用的為平穩態 Poisson 模式

裂模式進。其主要的步驟為：

資料蒐集與震源分區：震源分區需配合地質構造之考量。

發生特性參數分析：主要包括描述各震源規模與年發生機率
berg-Richter 關係式之 a , b 參數，最小及最大地震規模 m_0 、 m_u 之決
並配合地震分區計算震源之地震平均年發生率。

衰減律回歸分析：震度（可為最大加速度或頻譜…等）衰減率對地震
度分析分析結果影響極大，須審慎選擇及分析其常係數。

危害度分析：由以上資料建立輸入檔，執行機率式地震危害度分析。

內容，本計畫本年度不進行機率法分析。

反應譜

進行地震反應譜分析時，分別採用了羅俊雄之經驗公式、天花湖水
分析所採用之經驗公式、Seed 的經驗圖表（配合台灣岩盤之條件，
及硬質土之兩經驗曲線）、以及 Newmark 的經驗圖表，共五種不同
震反應譜方法。分析所得結果如圖 4-4 所示：

綜合反應譜

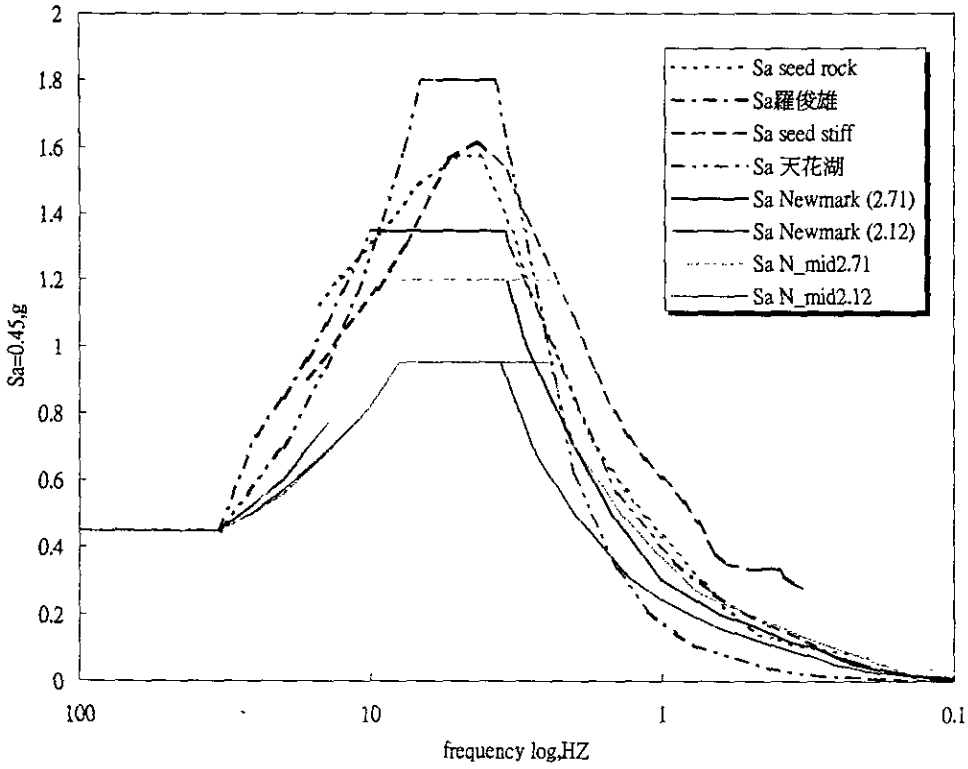


圖 4-4 綜合歷線比較

(參見光碟彩色圖片集)

法更分別對應岩盤、軟弱岩盤使用不同的地盤參數(55, 82.5)以及針對(如水壩)或一般用途選取不同標準的放大係數(2.71, 2.12)。製作得圖如下所示：

Newmark Spectrum

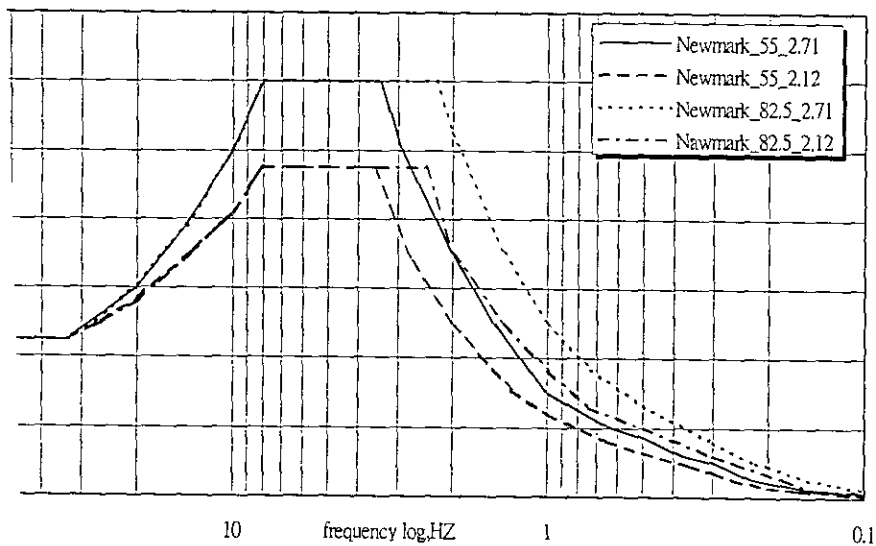


圖 4-5 Newmark 法針對不同岩盤及用途之反應譜

(參見光碟彩色圖片集)

後，本計畫所建議的設計反應譜如下：

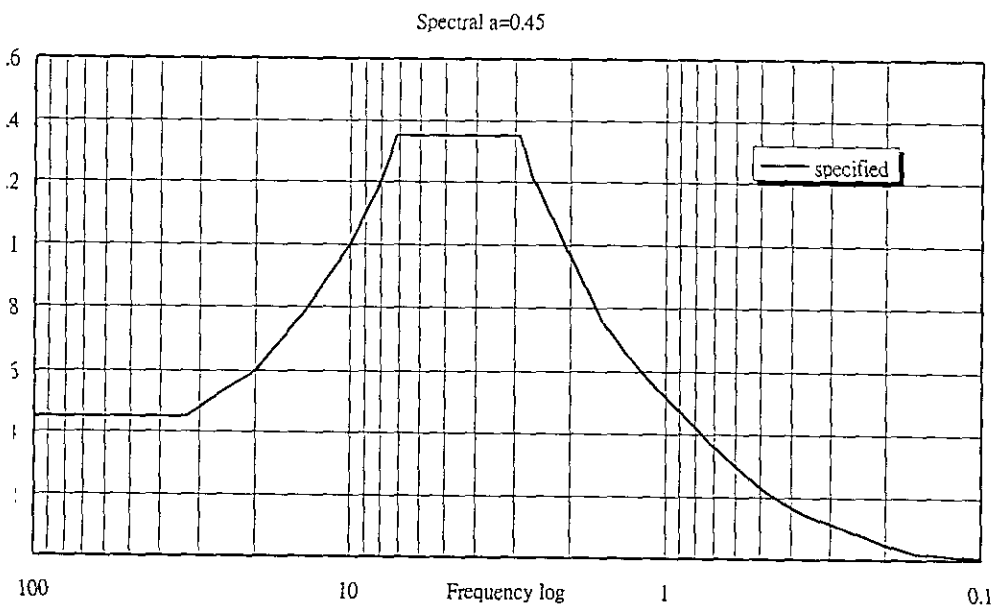


圖 4-6 本計畫建議之設計反應譜 (參見光碟彩色圖片集)

三圖設計地震反應譜的綜合比較，可發現以羅俊雄、天花湖水庫之經 Seed 之二種曲線、Newmark 經驗圖表製作得的地震反應譜曲線於特定具有共同的曲線型態；因此可選出適當的設計反映譜於地震分析中。設計地震反應譜曲線後，即可進一步製作人工合成歷線。

震

人工合成歷線的製作計畫，採用“Rspmatch”軟體。有鑒於去年(1999)一大地震所造成的嚴重地震，本次人工合成地震採用之強震紀錄將區域所錄取得的強震紀錄(CHY028NS)，圖 4-7，來作為 Rspmatch 軟體 CHY028NS 地震站位於雲林縣古坑鄉東和國小，為氣象局所設最接近強震儀。經由 Rspmatch 軟體之分析，分別得到設計反應譜(圖 4-8)震歷時(圖 4-9)，其中人工合成地震歷時與實際之地震反應譜形狀差別只在振幅(加速度)大小，利用此人工合成地震歷時於大壩之合理。

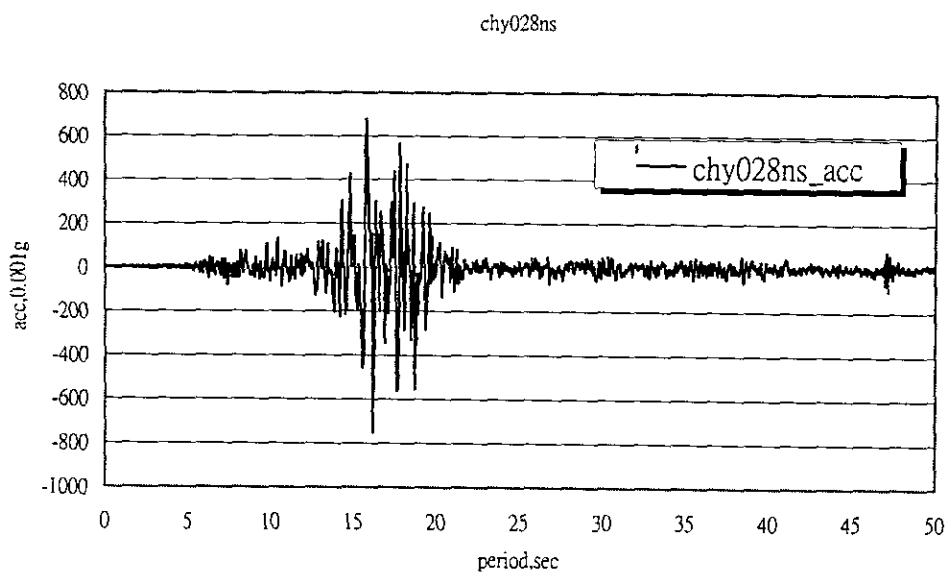


圖 4-7 實錄之地震 CHY028NS (參見光碟彩色圖片集)

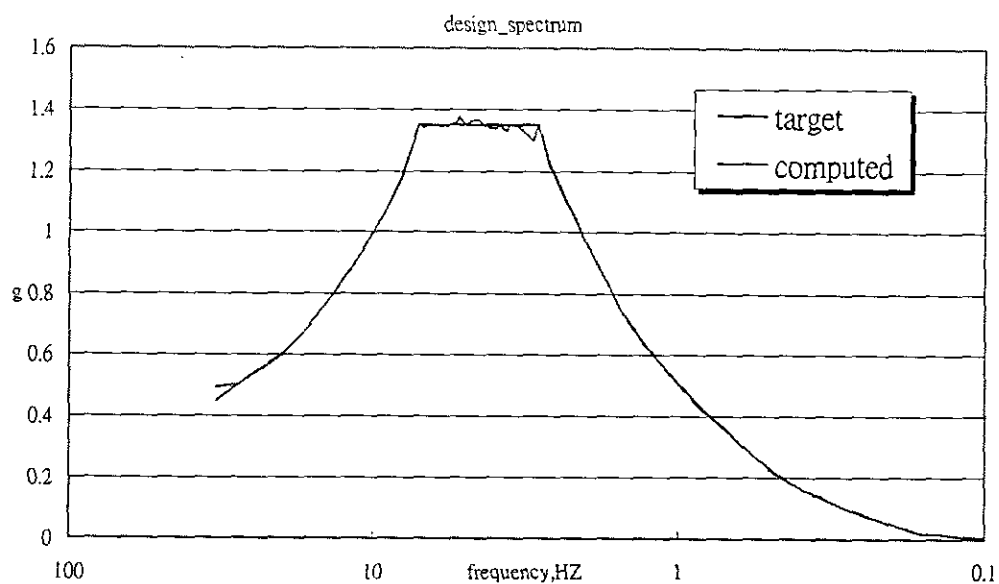


圖 4-8 設計反應譜 (參見光碟彩色圖片集)

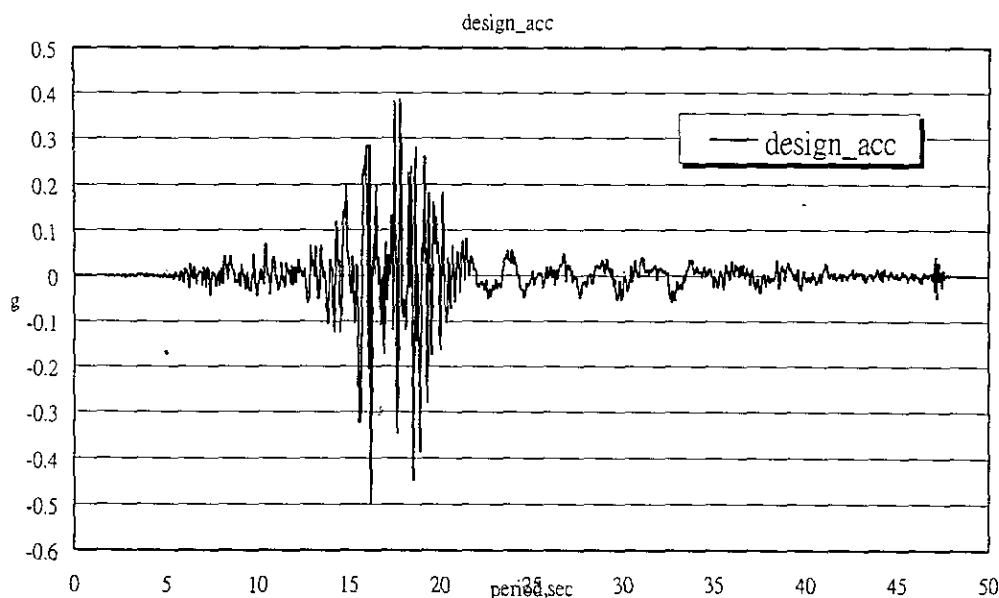


圖 4-9 人工合成地震 (參見光碟彩色圖片集)

高的計算是根據設計出水高，扣除壩體在地震後的變形量或壩頂在
 量所得。土石壩因為無法抵抗庫水溢頂，因此土石壩的壩頂在任何
 於蓄水庫的湖面，即使在地震後亦然。因此，土石壩縱然在地震時
 地滑，但是，在設計時仍需檢核大壩在地震時可能的變形量，並確
 後，壩頂仍高於蓄水庫的水位面。殘餘出水高的計算，最困難的部
 體在地震時的位移量。本計畫將根據 Makdisi-Seed 簡易圖解法計算
 在不同的分析地震下所得之各臨界滑弧之潛在位移。

eed 簡易圖解法是根據滑動土塊的反應歷時紀錄的最大值(k_{max})與滑
 加速度(k_y)，並根據地震規模，由經驗圖表(圖 4-10)查得。壩體滑
 態分析中最大值(k_{max})與降服加速度(k_y)分別整理於表 4-8。 k_y 乃是

數等於 1.0 時所對應之加速度， k_y 的取得是由圖 4-11 所得。

表 4-8 Makdisi-Seed 簡易圖解法值

分區	K_y	k_{max}	滑弧位移量(cm)
1/4 壩高	0.53	0.58	0.4
1/2 壩高	0.43	0.41	~0
3/4 壩高	0.38	0.31	~0
全壩高	0.35	0.24	~0
1/4 壩高	0.6	0.58	~0
1/2 壩高	0.44	0.41	~0
3/4 壩高	0.36	0.31	~0
全壩高	0.32	0.24	~0

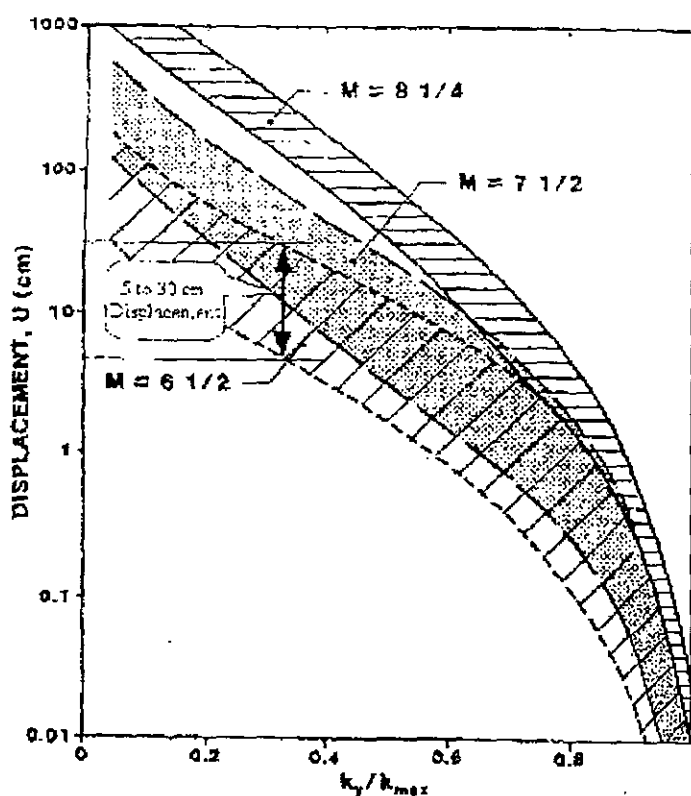


圖 4-10 Makdisi-Seed 經驗圖法 (參見光碟彩色圖片集)

K vs FS

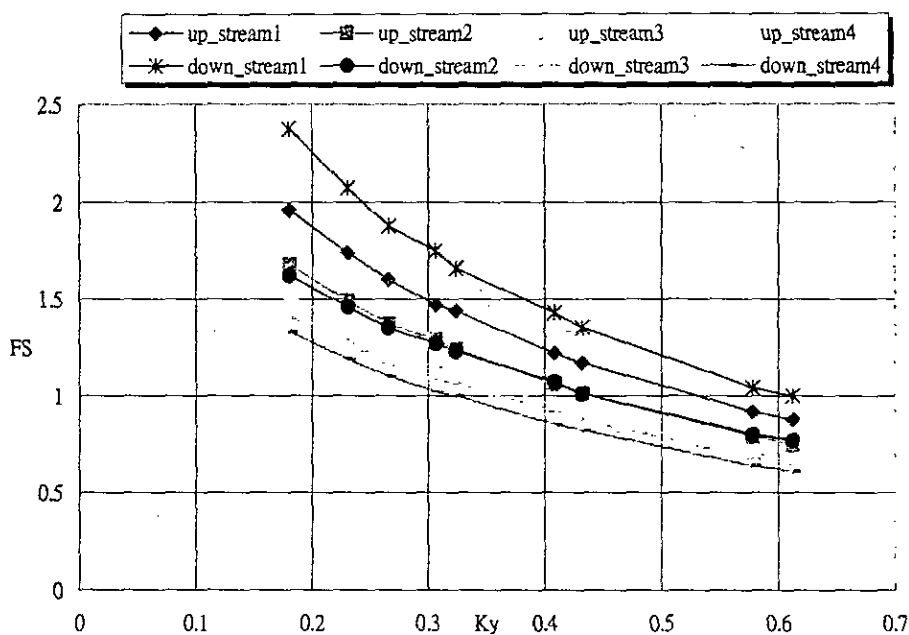


圖 4-11ky 與 FS 關係圖 (參見光碟彩色圖片集)

亦使用二次積分法積分滑動臨界面的位移量。此法是假設全壩高滑動臨與岩盤層在面接觸面之間的動量傳遞是一致的，因此可將整塊全壩高滑所獲得的加速度歷時視做和岩盤面加速度歷時相同，即上節所述人工合成在該人工合成地震歷線上超過 k_v 值的加速度，即為導致整塊全壩高臨不穩定位移的可能來源。經過二次積分後，可得全壩高臨界滑動面在經加速度引至之地震後的位移量。經檢核後為 0.5cm。

期研究成果比較

地震規模與壩址區最大水平地震加速度

劃採用確定法 (Deterministic Approach) 進行分析，因為在集集大() 之前，場址區域歷史上的最大發生地震為嘉義地區之梅山地震(906)，因此以梅山斷層為控制斷層(距壩址約 11 公里)，並以壩址附近最大規模地震($ML=7.1$) 為未來可能最大地震，再利用加速度衰減公式最大水平地震加速度(約為 $0.3g$)。本研究以車籠埔斷層為控制斷層、近距離為震央距離(5.5 km)、假設震源深度(10 km)、及假設歷史最大之 $ML=7.3$ 加上 0.1 地震規模增量為基礎，利用不同加速度衰減公式， $=0.3$ 至 $0.6g$ 間，範圍甚大，而平均值約為 $0.45g$ 。

劃中，有關設計反應譜的獲取僅是採用了以統計法分析場址區域附錄，並根據 Mohraz (1976) 所建議之方法推估而得設計反應譜相關

畫的設計反應譜分析中不僅採用了與 Mohraz 相同原理的 Newmark 經(的橫座標為 period, Newmark 的橫座標為 frequency) 之外，本計畫應譜分析時，更分別採用了羅俊雄之經驗公式、天花湖水庫地震危用之經驗公式、以及 Seed 的經驗圖表，總共五種不同的製作設計法以資比較。其中在製作 Newmark 經驗圖法時，更針對場址岩盤狀

條配合不同岩盤強度(分別為硬岩岩盤、軟岩岩盤)、不同建物基準放
物標準、重要建物標準：如壩、核能發電廠)的 Newmark 經驗曲線以
計反應譜的精確程度。一旦有了上述五種不同的方法可以用來比較分
獲得的設計反應譜可更為適當，對於接下來人工合成歷線的計算將可

震歷線

在分析計算人工合成地震歷線是採用了自然散漫振動法及 SIMQKE 程
的分析，並輸入壩址 70km 範圍內由 1976 年至 1992 年間的強震記錄
資料。

來有關地震危害度的分析已漸漸不在使用上述之自然散漫振動法及
。因為利用自然散漫振動法及 SIMQKE 程式所製作出的人工合成地震
無法精準的反應場址區域當地所紀錄到的強震紀錄，而是近似於地
。尤其近來的工程界在進行土壩的分析時，並不推薦採用自然散漫
。

針對上述問題採用了近年來工程界於地震危害度分析時常用之程式
分析的軟體。Rspmatch 程式具有輸出之人工合成地震歷線與輸入之
波形、週期域相近，且能有效地反應設計加速度的尖峰值於輸出人
線上的優點外，亦具有其分析計算得的計算反應譜(computed
計反應譜(design spectrum or target spectrum)圖形十分地符合

與人工合成地震歷時有關的其他地震分析提供了良好的可靠度。因此
atch 程式漸漸成為地震危害度分析時的主流軟體之一。

計畫所輸入的強震紀錄為集集大地震發生時距離場址最近的測站（距
公里，且距車籠埔斷層僅 1 公里）所擷錄的強震紀錄（chy028 站），
場址區歷史最大可能地震紀錄資料的分析計算，更能適當地反應該場
址最大可能地震下相關的作用狀況。表 4-9 為前期規劃與本次計畫於地震
中各個項目之間的比較。

表 4-9 前期規劃與本次計畫於地震危害度分析項目的比較

	前期規劃	本次計畫
	確定法 (Deterministic Approach)	同前期規劃。
名稱	梅山斷層	車籠埔斷層
地震	梅山地震 (1906)	集集大地震 (1999)
震度	13 km	87.5 km
斷層最	11 km	5.5 km
地震規	(1) 蔡主權 (1987) (2) 東方國際工程公司 (EIE 1984)。 (3) Wells and Coppersmith (1994)	同前期規劃。
大可能 (MCE)	ML=7.1 (以壩址附近曾發生之最大規模地震為未來可能最大地震)	(1) ML=7.4 (以壩址附近曾發生之集集大地震加上 0.1 地震規模分析之) (2) ML=7.7 (蔡主權 1987) (3) ML=7.5 (EIE 1984)
公式	羅俊雄 (1997) 蔡主權等等 (1987) : (1) Kanai from (2) Joyner & Boore from (3) Campbell from (4) Japan Rock from	同前期規劃。 並加上葉永田教授根據集集大地震強震測站紀錄回歸之加速度衰減公式。
加速度	0.3 g	0.45 g
普採用	以統計法分析實測地震紀錄，並根據 Mohraz (1976) 所建議之方法推估而得	(1) 羅俊雄之經驗公式 (2) 天花湖水庫採用之經驗公式 (3) Seed 經驗曲線 for rock (4) Seed 經驗曲線 for stiff soil (5) Newmark 經驗圖
歷線方法	自然散漫振動法及 SIMQKE 程式	Rspmatch 程式
歷線紀錄	壩址 70km 範圍內 1976 年至 1992 年間的強震記錄	集集大地震，距離場址最近之強震測站紀錄 (chy028)

第五章 地震影響評估

將利用一、二之研究成果重新評估前期工程可行性規劃成果，包括主壩，及越域引水工程之影響評估，最後將依評估結果建議修正前期可計成果之方案及後續（基本設計）階段，應辦理之調查分析工作項目（材料調查與試驗、地質探查及大壩動靜態分析等）」供水利處參考。

安定分析

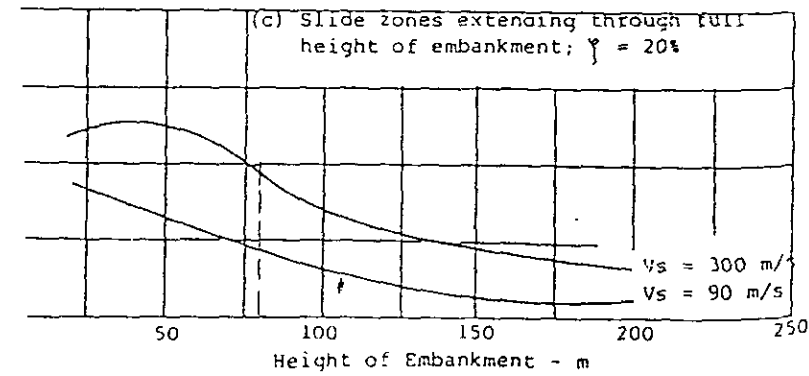
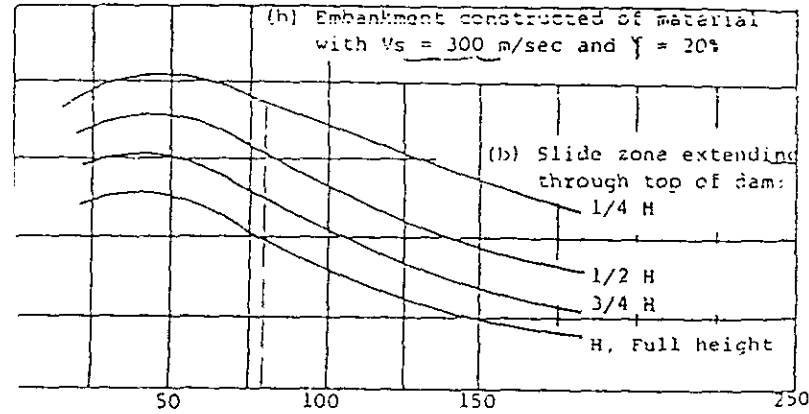
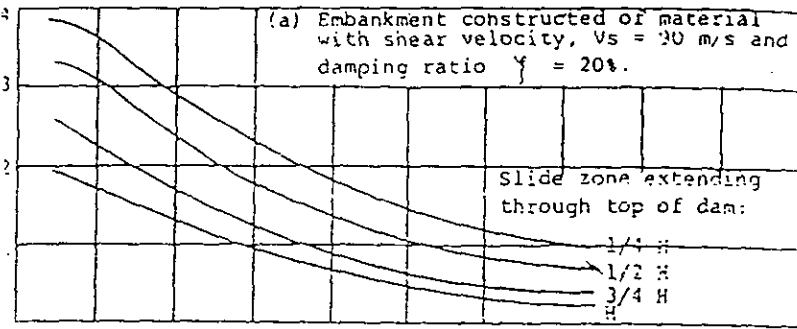
針對前期主壩安定分析之方法及結果加以摘述，再提出本計畫重新，有關出水高及滲流量部分，前期之分析方法並不受地震之影響，故不受影響。

安定分析利用 UTEXAS3 軟體，以仿靜態法為之，即地震力假定為靜標準滑動圓弧法，依據 SPENCER 理論計算。

數

依據 Seed 和 Martin(1966)針對均質土堤，利用有限元素法以二向度析，之成果圖表，假設大壩之地表最大水平地震加速度 $0.30g$ (MCE) 築材料之剪力波傳播速度為 300m/sec ，則大壩受 $0.3g$ 之水平加速度滑動弧趾位於距壩頂 $1/4$ 高度內、距壩頂 $1/2$ 高度內、距壩頂 $3/4$ 高度時平均反應水平加速度（圖 5-1）。

Values of equivalent maximum seismic coefficient for homogeneous embankment subjected to El Centro Earthquake



土堤受 El Centro 地震後放大效應圖 (參見光碟彩色圖片集)

地震係數

根據 Seed 和 Martin 之方法採用 El Centro 地震實錄之 PGA(0.33g)

El Centro 地震後放大效應圖 (圖 5-1) 推估本土壩的地震力係數。

析是採用 0.30g 之 PGA，因此在距壩頂 1/4 高度其地震力係數需乘上

0.33) 再乘上 0.38，在距壩頂 1/2 高度內其地震力係數 (0.30/0.33)

在壩頂 3/4 高度內其地震力係數為 (0.30/0.33) * 0.24，全部高度時期

為 (0.30/0.33) * 0.21(表 5-1)：

5-1. 前期分析採用之地震係數 0.30g (Seed and Martin)

體延伸之位置 (壩高表示)	受 0.33g 地震時 (El Centro)	受 0.30g 地震時 (湖山、湖南)	規定最小安全 係數
距之 1/4 內時	0.38	0.36	1.05
距之 1/2 內時	0.33	0.31	1.1
距之 3/4 內時	0.26	0.24	1.2
全部高度時	0.2	0.18	1.3

計值

依土壤受力之臨界情況，分施工末期，定常滲透期及急洩降，並分
震情況。

蓄水營運期間：

由於殘留於壩體不透水材料內之施工孔隙壓力最大，此種施工孔隙

壤有效壓力，降低土壤之抗剪強度，因而造成邊坡之不安定，惟對

壩土壩由於心牆較薄，破壞圓弧通過心牆部分不多，對安定之影響

原理上、下游坡之分析可採用總應力或有效應力分析法，估算施工

力。

期間：

狀態下僅分析下游坡，因當滿水時上游坡理論上不會滑動，因此假定動僅發生於施工末期或急洩降求得，土壤剪力強度採用三軸壓密不排水兼測孔隙壓力或直接剪力，慢剪力試驗結果。

由滿水位 EL. 211.5 公尺瞬間下降至取水口 EL. 165.00 公尺，則水流滲透時之最高流線向上游面滲流，由滲流力及上頂力造成邊坡不安。降同時發生地震機會不多，但一般仍考慮較小之地震係數。本時期有效應力分析法，孔隙壓力可由流線網求得，採用有效應力分析法。

階段曾針對築壩材料，進行一系列之三軸試驗，其結果如表 5-2 所。霸安定分析建議採較實驗值保守之參數值，亦即將 c 值再折減 57%，安定。

表 5-2 大壩築壩材料安定分析參數值

t/m^3	$\gamma_{sat}(t/m^3)$	$C(kg/cm^2)$	ϕ	$C(kg/cm^2)$	ϕ	$C'(kg/cm^2)$	ϕ'
2.1	2.2	1.6	24	1.5	25	0.4	30
2	2.2	1	29	1	30	0.2	33
2.1	2.2	0.1	40	0.1	40	0.1	40
2.1	2.2	0.2	37	0.2	37	0.2	37

為前期大壩安定分析之結果，表中顯示計畫之大壩無論於各種條件下

另外，本研究進行期間前期規劃單位，以壩址 $PGA=0.31g$ (以湖山

$K_H=0.28$ 及 $K_V=0.14$ 得出水平向地震係數 $K_{HE}=0.31$)，利用前期之參數

進行大壩安定分析，其結果如表 5-4 所示，亦都能滿足大壩安定。

表 5-3 前期大壩安定分析結果

蓄水位	地震	平均地震係數	安定係數			
			上游面	下游面	規定最小值	
空庫	無	$g=0$	2.36	2.05	1.3	
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$G=0.38$	1.6	1.56	1.05
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$G=0.31$	1.38	1.3	1.1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$G=0.24$	1.4	1.45	1.2
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$G=0.18$	1.45	1.34	1.3
閘水位 180.8	無	$g=0$	4.15	-	1.3	
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$G=0.38$	1.39	-	1.05
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$G=0.31$	1.38	-	1.1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.24$	1.26	-	1.2
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.18$	1.3	-	1.3
211.5 至 EL 65	無	$g=0$	1.23	-	1.2	
水位 211.5	無	$g=0$	-	2.09	1.5	
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.38$	-	1.49	1.05
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.31$	-	1.26	1.1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.24$	-	1.3	1.2
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.18$	-	1.34	1.3
水位 13.0	無	$g=0$	2.29	1.85	1.4	

表 5-4 前期規劃單位重新進行大壩安定分析結果

蓄水位	地震		平均地震 係數	安定係數		
				上游 面	下游 面	規定最 小值
空庫	無		$g=0$	2.36	2.05	1.3
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.36$	1.65	1.58	1.05
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.31$	1.38	1.3	1.1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.24$	1.4	1.45	1.2
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.19$	1.45	1.32	1.3
間水位 180.8	無		$g=0$	4.15	-	1.3
	有	滑動圓弧切線距 壩頂 H/4 內	$g=0.36$	1.65	-	1.05
		滑動圓弧切線距 壩頂 H/2 內	$g=0.31$	1.38	-	1.1
		滑動圓弧切線距 壩頂 3H/4 內	$g=0.24$	1.26	-	1.2
		滑動圓弧切線距 壩頂 H 內	$g=0.19$	1.26	-	1.3
211.5 降 EL 165	無		$g=0$	1.23	-	1.2
水位 211.5	無		$g=0$	-	2.09	1.5
	有	滑動圓弧切線距 壩頂 H/4 內	$g=0.36$	-	1.54	1.05
		滑動圓弧切線距 壩頂 H/2 內	$g=0.31$	-	1.26	1.1
		滑動圓弧切線距 壩頂 3H/4 內	$g=0.24$	-	1.3	1.2
		滑動圓弧切線距 壩頂 H 內	$g=0.19$	-	1.31	1.3
水位 213.0	無		$g=0$	2.29	1.85	1.4

断面計畫安定分析利用較為常用之 STABLE 5M 軟體，以仿靜態法為之，定為靜力而分析。

係數

採用壩址 $PGA=0.45g$ 及 $0.56g$ 二種條件，並利用如下四種方法推估壩

震加速度：

Martin(1966)

二 監理單位

driss(1979)

id Franklin(1984)

如下：

tin(1966)(圖 5-1)

採 $g=0.56$ 和 $g=0.45$ 為地震力係數，根據 Seed 和 Martin 之方法採

取地震實錄之 $PGA(0.33g)$ 根據表 5-1，推估本土壩 $g=0.56$ 時在距

壩頂 1/4 高度內其地震力係數為 $0.28/0.33*0.38$ 、在距壩頂 1/2 高度內其地震

力係數為 $0.28/0.33*0.33$ 、在距壩頂 3/4 高度內其地震力係數為

0.26 、全部高度時期地震力係數為 $0.28/0.33*0.2$ 和本土壩 $g=0.45$

時在距壩頂 1/4 高度內其地震力係數為 $0.23/0.33*0.38$ 、在距壩頂 1/2 高度內

其地震力係數為 $0.23/0.33*0.33$ 、在距壩頂 3/4 高度內其地震力係數為

0.26 、全部高度時期地震力係數為 $0.23/0.33*0.2$ ，垂直地震力係數

為水平地震力之 1/3。

Values of equivalent maximum seismic coefficient for homogeneous embankment subjected to El Centro Earthquake

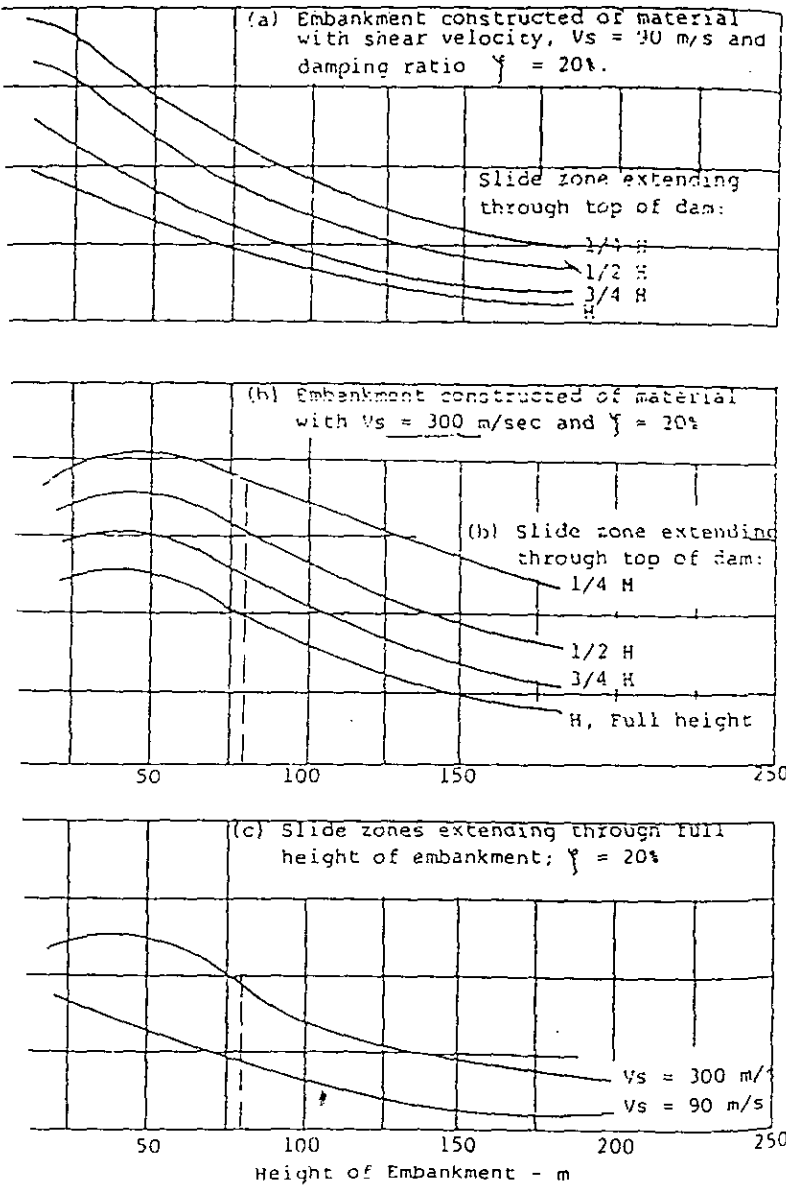


圖 5-1 均質土堤受 El Centro 地震後放大效應圖

單位

地震係數，亦即不採用分階之加速度，規定最小地震力係數為

$=0.15$ ，垂直地震係數 K_v 為 K_H 之 $1/3$ ，即 $K_H=0.05$ ，

·iss(1979) (圖 5-2.5-3.5-4)

為 $0.56g$ 作分析，在距頂部 $1/4$ 內高度時，頂部的地震放大係數 K_H 為

或 0.85 。在距頂部 $1/2$ 內高度時，頂部的地震放大係數 K_H 為 $0.72g$ 再

距頂部 $3/4$ 內高度時，頂部的地震放大係數 K_H 為 $0.72g$ 再折減 0.45 。

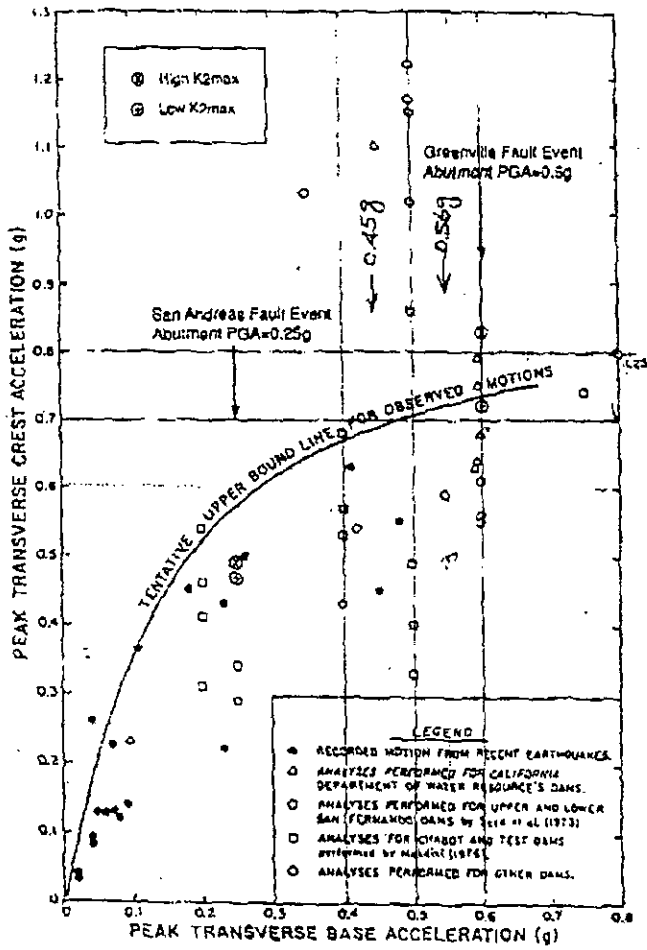
，地震係數 K_H 為 $0.72g$ 再折減 0.35 。垂直地震係數 K_v 為 $K_H*1/3$ 。

為 $0.45g$ 作分析，在距頂部 $1/4$ 內高度時，頂部的地震放大係數 K_H 為

或 0.85 。在距頂部 $1/2$ 內高度時，頂部的地震放大係數 K_H 為 $0.68g$ 再

距頂部 $3/4$ 內高度時，頂部的地震放大係數 K_H 為 $0.68g$ 再折減 0.45 。

，地震係數 K_H 為 $0.68g$ 再折減 0.35 。垂直地震係數 K_v 為 $K_H*1/3$ 。



* DENOTES BASE MOTION IS A ROCK OUTCROP MOTION AT A DAM SITE WHERE THE DAM IS FOUNDED ON A SUBSTANTIAL THICKNESS OF ALLUVIAL SOILS (E.G. LA VILLA DAM, THE ANALYST FOR CRYSTAL CITY).

After Housner et al. (1990)

Project No. 91C0811A	Los Vaqueros Dam Contra Costa County, CA	COMPARISON OF ABUTMENT AND CREST ACCELERATIONS FOR EMBANKMENT DAMS	Figure 35
Woodward-Clyde Consultants			

91C0811A-02407000002

圖 5-2 壩的地震反應經驗統計法

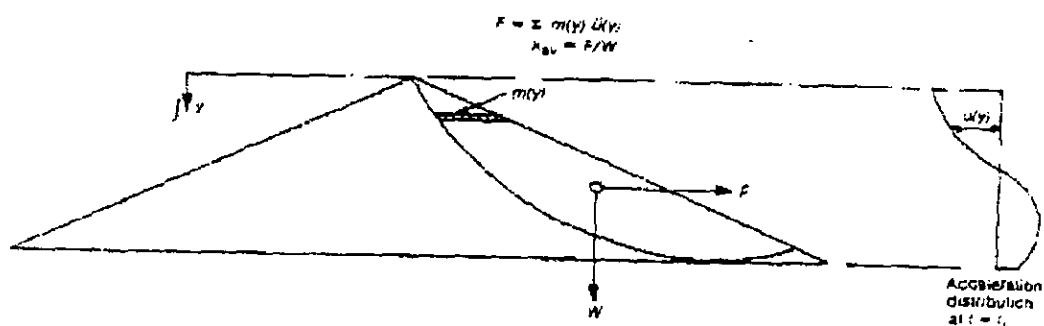


圖 5-3 壩體變形推估法 (1)

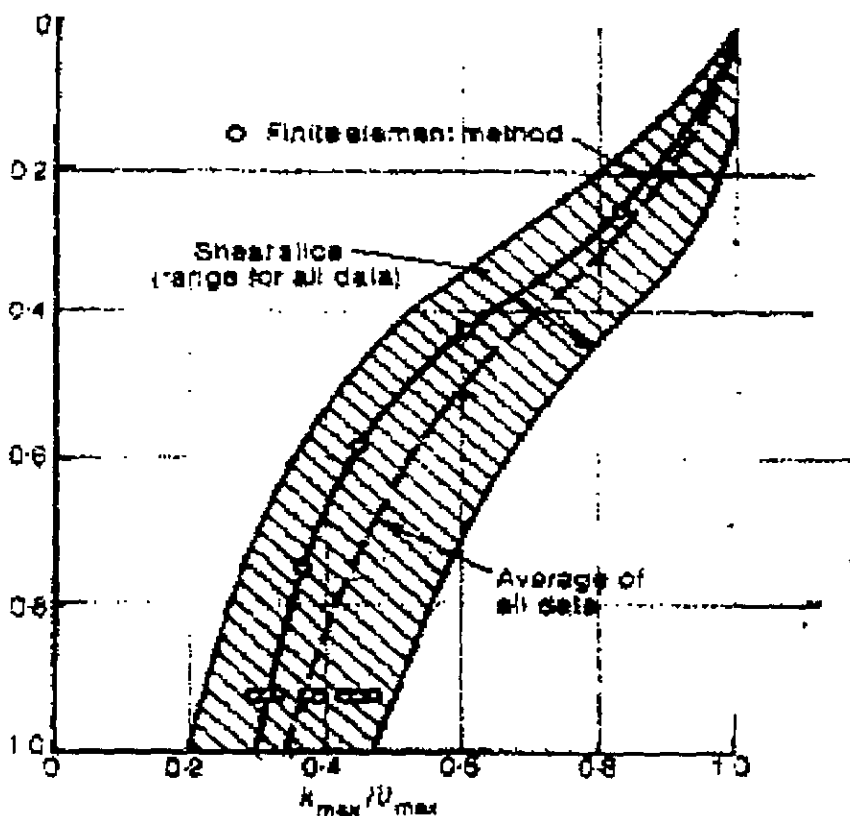


圖 5-4 壩體變形推估法 (2)

Franklin(1984) (圖 5-5)

Franklin 建議水平地震力係數值採定值分別為 0.23 與 0.28 維持

強度參數採用 $C'=0.8C$ ， $\tan\phi'=0.8 \tan\phi$ ，即 C 值及 ϕ 值均折減百分之

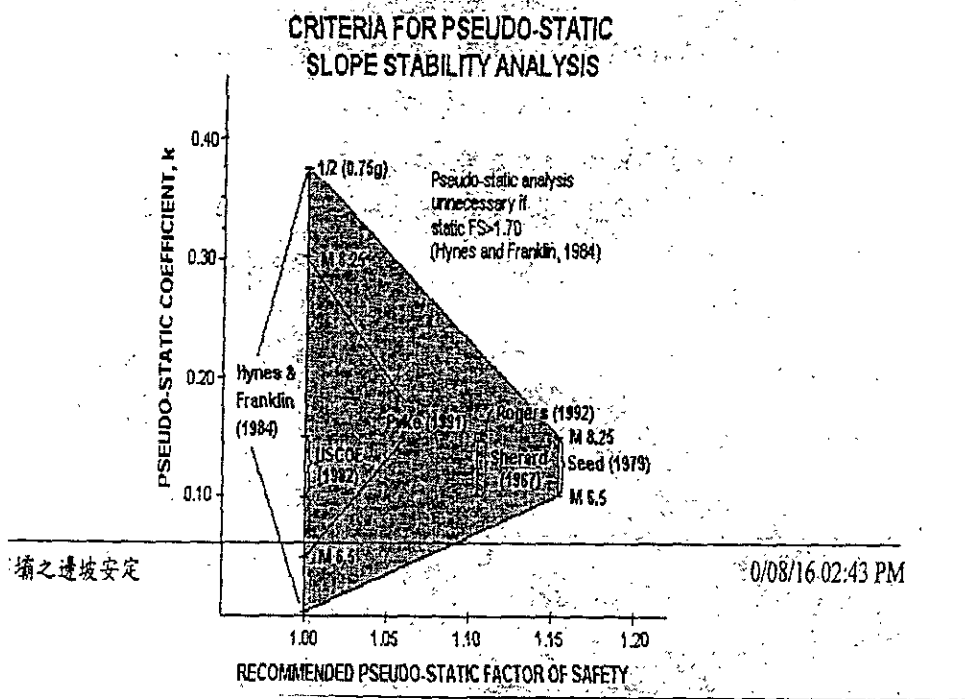


圖 5-5 強度參數折減經驗圖 (參見光碟彩色圖片集)

計值

分析參數，所採用之適用時機與前期相同，但所使用之參數值，則結果 (表 5-2) 而不加以折減。

表 5-11 為本計畫考慮壩址 $PGA=0.56g$ 及 $0.45g$ 二種條件，並利用估壩體之水平地震加速度，所計算得之大壩安定分析結果，表中採用前期規劃階段築壩材料之三軸試驗結果，而未對 C 值加以折之築壩材料剪力強度比前期規劃案高，表 5-5 及表 5-6 為採用與

似之分析方法，所得之結果（僅改變 PGA），由表中顯示，無論 PGA=45g，大壩條件於各階段皆能達到穩定狀況，表 5-7 為採用加州壩工方法，亦即不考慮地震條件，建議採用 $K_h=0.15$ ，由表中顯示，各種皆甚為穩定。表 5-8 及表 5-9 則為使用 Seed 及 Idriss 之建議方法，示無論 PGA 使用 0.56g 或 0.45g，大壩在各種條件下皆能達到穩定之

本計畫大壩安定分析結果（Seed 和 Martin，PGA=0.56）

水位	地震	平均地震 係數	安定係數			
			上游面	下游面	規定最小值	
E庫	無	$g=0$	2.72	2.4	1.3	
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.32$	2.19	2.37	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.28$	1.61	1.8	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.22$	1.64	1.49	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.17$	1.68	1.54	1
J水位 180.8	無	$g=0$	2.77	-	1.3	
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.32$	1.81	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.28$	1.62	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.22$	1.62	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.17$	1.72	-	1
1.5 降 165	無	$g=0$	1.3	-	1.2	
K位 11.5	無	$g=0$	-	2.4	1.5	
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.32$	-	2.17	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.28$	-	1.66	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.22$	-	1.56	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.17$	-	1.59	1
水位 13.0	無	$g=0$	2.43	1.93	1.4	

本計畫大壩安定分析結果 (Seed 和 Martin, PGA=0.45)

蓄水位	地震		平均地震 係數	安定係數		
				上游 面	下游 面	規定 最小 值
空庫	無		$g=0$	2.72	2.4	1.3
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.265$	2.45	2.6	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.23$	1.78	1.98	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.18$	1.8	1.62	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.14$	1.81	1.65	1
閘水位 180.8	無		$g=0$	2.77	-	1.3
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.265$	1.99	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.23$	1.8	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.18$	1.78	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.14$	1.85	-	1
1.5 降 L 165	無		$g=0$	1.3	-	1.2
水位 211.5	無		$g=0$	-	2.4	1.5
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.265$	-	2.41	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.23$	-	1.84	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.18$	-	1.69	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.14$	-	1.71	1
水位 13.0	無		$g=0$	2.43	1.93	1.4

本計畫大壩安定分析結果 (加州壩工監理單位 $K_h=0.15$)

卡	蓄水位	地震	平均地震係數	安定係數		
				上游面	下游面	規定最小值
	空庫	有	$g=0.15$	1.78	1.62	1
參	中間水位 EL 180.8	有	$g=0.15$	1.8	-	1
	EL 211.5 降至 EL 165	有	$g=0.15$	1.2	-	1
參	滿水位 EL 211.5	有	$g=0.15$	-	1.62	1
參	異常水位 EL 213.0	有	$g=0.15$	1.2	1.3	1

5-8 本計畫大壩安定分析結果(Seed & Idris, PGA=0.56)

蓄水位	地震		平均地震係數	安定係數		
				上游面	下游面	規定最小值
空庫	無		$g=0$	2.72	2.4	1.3
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.612$	1.3	1.53	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.432$	1.23	1.4	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.324$	1.34	1.22	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.252$	1.4	1.31	1
間水位 180.8	無		$g=0$	2.77	-	1.3
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.612$	1.13	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.432$	1.23	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.324$	1.32	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.252$	1.44	-	1
11.5 降 EL 165	無		$g=0$	1.3	-	1.2
水位 211.5	無		$g=0$	-	2.4	1.5
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.612$	-	1.32	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.432$	-	1.26	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.324$	-	1.29	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.252$	-	1.35	1
水位 13.0	無		$g=0$	2.43	1.93	1.4

i-9 本計畫大壩安定分析結果(Seed & Idriss, PGA=0.45)

蓄水位	地震		平均地震係數	安定係數		
				上游面	下游面	規定最小值
空庫	無		$g=0$	2.72	2.4	1.3
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.578$	1.36	1.59	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.408$	1.24	1.45	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.306$	1.36	1.24	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.24$	1.43	1.33	1
閘水位 180.8	無		$g=0$	2.77	-	1.3
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.578$	1.18	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.408$	1.27	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.306$	1.35	-	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.24$	1.47	-	1
11.5 降 L 165	無		$g=0$	1.3	-	1.2
水位 211.5	無		$g=0$	-	2.4	1.5
	有	滑動圓弧切線距壩頂 H/4 內	$g=0.578$	-	1.38	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H/2 內	$g=0.408$	-	1.31	1
		滑動圓弧切線距壩頂 3H/4 內	$g=0.306$	-	1.31	1
		滑動圓弧切線距壩頂 H 內	$g=0.24$	-	1.38	1
水位 13.0	無		$g=0$	2.43	1.93	1.4

本計畫大壩安定分析結果(Hynes and Franklin, PGA=0.56)

蓄水位	地震	平均地震係數	安定係數		
			上游面	下游面	規定最小值
空庫	有	$g=0.28$	1.06	1.06	1
中間水位 L 180.8	有	$g=0.28$	1.07	-	1
211.5 降 EL 165	無	$g=0$	1.79	-	1.2
滿水位 L 211.5	有	$g=0.28$	-	1.01	1
常水位 L 213.0	無	$g=0$	1.94	1.47	1.4

本計畫大壩安定分析結果(Hynes and Franklin, PGA=0.45)

蓄水位	地震	平均地震係數	安定係數		
			上游面	下游面	規定最小值
空庫	有	$g=0.23$	1.18	1.17	1
中間水位 L 180.8	有	$g=0.23$	1.19	-	1
211.5 降 EL 165	無	$g=0$	1.93	-	1.2
滿水位 211.5	有	$g=0.23$	-	1.04	1
常水位 213.0	無	$g=0$	2.06	1.54	1.4

及表 5-11 則為採用 Hynes 及 Franklin 之建議方法所得之結果。考慮大壩受震後不同高度之放大效應，但考慮將實驗值之 C 減 80%，且認為 $F. s. = 1.0$ 大壩則達穩定狀態，本計畫針對 PGA 0.45 條件建議分別採用平均水平加速度分別為 0.28 及 0.23 進行分析，表中顯示，除大壩於完工後，滲流狀態下游面之安全係數 1.01 及 1.04 之外，其餘條件亦皆達穩定。

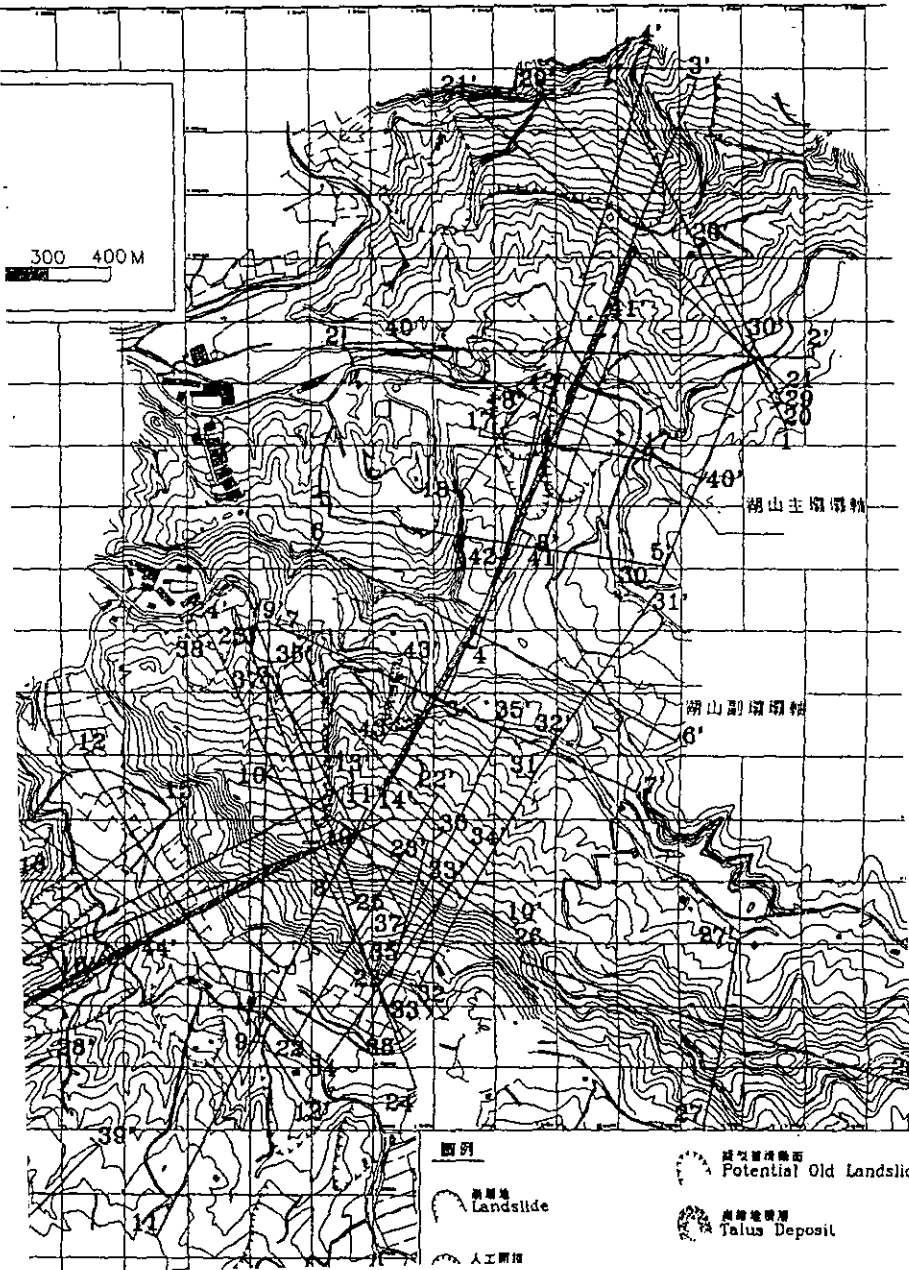
安定分析之輸入及輸出資料列於附錄（詳見所附光碟）。

區邊坡穩定（含溢洪道）分析

針對前期淹沒區邊坡穩定之方法及結果加以摘述，再提出本計
斤之結果。

前期規劃工作曾針對 13 個邊坡剖面(圖 5-6)以 PCSTABLE 5M 加以分
如表 5-12 及表 5-13 所示，由於受到地質及地形之影響，前期分析方
3 剖面為逆向坡以圓弧形破壞考慮外，其餘剖面皆以平面破壞方式分
剖面以平面型滑動為主。表 5-12 及表 5-13 列出平時、暴雨及地震三
坡穩定分析成果。上述三種條件為，平時狀況表示水庫滿水且無地震
狀況假設邊坡地下水位因暴雨而上升之狀況，其上升水位為原地下水
差之三分之二，地震狀況假設水庫滿水位且地震發生狀況時，採用之
速度為 0.18g。分析採用之地層參數分為二類，一為由實驗室試驗結
果，另一個則由現有破壞邊坡（剖面 15-15'）進行反算分析，反算分
及 ϕ 再與於實驗室針對滑動面處之軟泥進行直接剪力試驗所得之結果
分析參數，相關地層採用之分析參數如表 5-14。壩體穩定分析係假設
達滿水位後，壩心在承受該水壓力下，壩底沿壩基滑動之穩定性分
情況下，並未考慮蓄水所額外產生的動態水壓力。

地質剖面位置圖



十三個邊坡穩定分析剖面位置圖 (參見光碟彩色圖片集)

表 5-12 前期邊坡穩定分析結果 (一)

剖面 編號	分析項目	安全係數						改善方案
		實驗參數值			反算參數值			
		平時	暴雨	地震	平時	暴雨	地震	
1-1'	自然邊坡穩定(順向坡)	1.81	1.48	1.11	1.30	1.06	0.80	坡趾山谷 回填
	山谷回填至 高程 200m	2.58	2.27	1.71	1.86	1.64	1.24	
3-3'	自然邊坡穩定(順向坡)	2.45	2.36	2.00	2.00	1.92	1.46	坡趾山谷 回填
	山谷回填至 高程 200m	3.40	3.31	2.42	2.80	2.72	1.95	
20- 20'	自然邊坡穩定(逆向坡)	1.89	1.58	1.22	-	-	-	
42- 42'	自然邊坡穩定(順向坡)	2.37	2.37	1.43	1.23	1.23	0.74	挖除已滑 動地，壩 建成後已 穩定
13- 13'	自然邊坡穩定(順向坡)	2.00	1.43 1.27	1.27	0.91	0.80		同上
5- 5'	自然邊坡穩定(順向坡)	2.69	2.09	1.39	-	1.02	-	為反算參 考剖面
4- 4'	自然邊坡穩定(順向坡)	2.82	2.65	1.57	1.68	1.58	0.93	同湖山左 壩墩
3- 3'	自然邊坡穩定(逆向坡)	2.99	2.79	1.32	-	-	-	但需防沖 刷，結構 體須錨定
	蓄水後邊坡 穩定	3.76	3.57	1.53	-	-	-	
5- 5'	自然破壞面 邊坡 (1)	3.30	2.83	1.78	1.96	1.68	1.06	挖除上坡 山頭，結 構體錨定 于岩盤
	(順 向) 破壞面 (2)	2.60	2.60	1.53	1.53	1.53	0.90	

模式除 20-20' 及 23-23' 剖面屬逆向邊坡以圓弧形破壞考慮外，其餘各剖面皆以析。

值，自然邊坡於平時為 1.25，暴雨為 1.10，地震時為 1.05。

表 5-13 前期邊坡穩定分析結果 (二)

面號	分析項目	安全係數						備註
		實驗參數值			反算參數值			
		平時	暴雨	地震	平時	暴雨	地震	
-	壩基水平穩定	>10	>10	3.30	>10	>10	3.29	穩定
3	壩基水平穩定	>10	>10	2.95	9.30	9.17	1.84	穩定
7	壩基水平穩定	>10	>10	3.84	>10	>10	1.99	穩定
	壩基水平穩定	>10	>10	3.35	>10	>10	1.99	穩定

表 5-14 前期邊坡穩定分析採用參數

W(%)	Qu (kg/cm ²)		三軸試驗		Back Analysis		E(kg/cm ²)
			C	φ	C	φ	
11.5	15.5	(15)*	0	33.0	0	21~25	800
7.9	18.4	(24)*	0	36.0			
10.1	10.1	(10)*	0	33.5			
7.0	13.4	(16)*	0	36.5			1500
10.9	4.4	(5)*	0	36.5			800
4.2	10.2	(7.5)*	--	--			

石力學報告中單軸壓縮強度之試驗結果相對於 W(%) 之平均強度

3: 泥質砂岩 SS: 厚層塊狀砂岩

斤

執行期間，無法取得原有分析剖面之電子輸入檔。因此，進行分析前
告內之分析剖面還原地形及地層資料，進而以原倒推分析剖面（剖面
行計算，以暴雨條件下安全係數與原分析結果相近時之地層強度參數
剖面之參數。表 5-15 為各層倒推計算所得的參數。本計畫以水平地
 $=0.23$ ，而垂直地震係數 $K_v=1/3K_h$ ，重新針對淹沒區之邊坡穩定加以分
四個壩體穩定分析係假設水庫上游蓄水達滿水位後，考慮壩底沿壩基
性分析，原分析因在地震情況下，並未考慮蓄水所額外產生的動態水
有分析之安全係數甚大，採用新的地震力，對大壩底之滑動穩定應不
改變，故本計畫省略之。本計畫利用 PCSTABLE 5M 計算所得之安全係
5-16。

表 5-15 本計畫邊坡穩定分析採用之強度參數

土類	γ	γ_{sat}	C	ϕ	C	ϕ
土	2	2	5	28	5	22
SS-MS 泥質砂岩夾 岩	2.2	2.2	0	35	0	22.5
SS 泥質砂岩	2.3	2.3	0	33.5	0	23.5
S-MSS 泥岩夾泥岩 砂岩	2.1	2.1	0	36	0	24
厚層塊狀砂岩	2	2	0	33	0	23
S 鬆散砂岩	2.15	2.15	0	30	0	22
S-MSS 砂岩夾泥質 岩	2	2	0	32	0	24
S-SS 泥岩夾砂岩	2.05	2.05	0	32	0	22
SS/MS	2	2	0	33	0	23

表 5-16 本計畫邊坡穩定分析結果

剖面 編號	分析項目		安全係數							
			實驗參數值				反算參數值			
			平 時	暴 雨	地震 g=0. 18	地震 g=0. 23	平 時	暴 雨	地震 g=0. 18	地震 g=0. 23
壩 收	1-1'	自然邊坡穩定 (順向坡)	1.8 3	1.79	1.15	1.03	1.2 5	1.2 3	0.79	0.7
		山谷回填至高 程 200m	-	-	-	-	-	-	-	-
	3-3'	自然邊坡穩定 (順向坡)	2.8 1	2.71	1.53	1.35	1.9 3	1.8 7	1.48	1.31
		山谷回填至高 程 200m	-	-	-	-	-	-	-	-
庫	20- 20'	自然邊坡穩定 (逆向坡)	-	1.55	1	0.89	-	1.1 2	0.72	0.65
霸 霸	42- 42'	自然邊坡穩定 (順向坡)	1.7 5	-	1.06	0.94	1.1 9	-	0.72	0.63
	43- 43'	自然邊坡穩定 (順向坡)	1.7 1	-	1.07	0.95	1.1 2	-	0.7	0.63
霸	15- 15'	自然邊坡穩定 (順向坡)	-	2.05	1.3	1.16	-	1.0 7	0.67	0.6
霸	44- 44'	自然邊坡穩定 (順向坡)	2.6 6	-	1.47	1.28	1.7 9	-	0.99	0.86
庫	23- 23'	自然邊坡穩定 (逆向坡)	1.8 3	-	1.13	1.01				
		蓄水後邊坡穩 定								
25- 25'	自然邊 坡(順 向)	破壞 面(1)	2.7 2	-	1.53	1.38	1.6 3	-	0.92	0.8
		破壞 面(2)	2.2 7	-	1.34	1.18	1.2 4	-	0.76	0.67

；中顯示當 $Kh=0.23g$ 時，幾乎所有邊坡皆處於不穩定狀態，其原因

一章詳細說明。所有分析之電子檔附於附錄（詳見所附光碟）。

調查分析工作檢討

水利處（前台灣省政府水利局）自民國六十九年度至八十五年度止分湖山、湖南水庫規劃工作，其間也進行了甚為詳細的地表地質調查、地球物理探勘、岩石力學試驗、築壩材料調查與試驗、大壩安定分析、治理規劃及水庫沖蝕量分析等等與工程規劃相關之工作。由於受到 921 成車籠埔斷層於地表之錯動的影響，規劃單位擬檢討是否應辦理後續析工作以強化規劃工作之安全性及完整性，本研究依研究成果針對如下：

自 82 年度開始本規劃工作進行了詳細的地表地質鑽探、試驗及地球物理探勘。其中總共完成 87 孔，近 3000 公尺之地質鑽探工作(表 5-18)並利用抽水試驗、變形試驗、灌漿試驗及裝設觀測井、水壓計及傾斜管等。亦完成 13760 公尺之折射震測及 461 公尺之反射震測，23 測點之電阻率及 10 公尺深之電井測(表 5-19)，至於岩石力學試驗自 82 至 84 年度間共完成 10 組室內及 7 組之孔內變形試驗(表 5-20)。前期規劃工作配合地質鑽探及地球物理探勘亦於八十三年至八十四年間埋設了十數支之傾斜管(表 5-21)。上述工作之數量甚為可觀，但大多集中於壩址附近。利用上述調查成果，前期規劃了壩址附近及越域引水路之地質圖。由地質調查結果顯示調查區域為崙山層香山相地層，此年輕地層成岩作用不完全，膠結差，甚易受水後強度大量降低（尤其是含泥量少之砂岩）。而前期鑽探工作採

法，即以水為介質並利用三套岩心管加以取樣，此類取樣方法，由前片可知雖然岩心回收率高，但岩心大多已受擾動，且鑽探後之裸孔亦因此無論於室內進行岩心試驗或於孔內進行之變形試驗，其結果均無岩石特性。所幸除邊坡穩定分析採用部分直剪及三軸結果外，前期規用於實際之分析及規劃工作。但因壩址屬軟岩區且甚為不均質及具負角，未來實有必要加以分析築壩後，壩基之力學行為（應力、變形）有必要於後續階段進行驗證性之鑽探取樣，室內試驗（單壓、三軸、）及現地試驗（孔內變形，亦即傍壓儀試驗、孔內波速量測，亦即 P-Lugeon Test 及現地直剪試驗）等。尤其是與邊坡穩定分析有關之強應力應依地層之不同而加以進行室內及現地之直接剪力試驗等。雖然壩址 1/1000 之地質圖，但本區域岩層受到梅林背斜之影響，方位甚為不於預定溢洪道附近因受植生覆蓋，地質圖上並無完整岩層方位紀錄，應於重要結構物附近進行更詳細之地質調查。另外，前期提供之地質地質剖面圖殊為可惜。建議後續應完成沿壩軸線及越域引水路等之

表 5-18 前期規劃區鑽探工作統計表

規劃區各年度完成鑽探工作統計表

目	70年度	72年度	82年度	83年度	84年度
(孔)	15	8	23	25	16
	DH	DH	DP	BH	AH
(公尺)	428	252	850	825 233	635
(驗(組))	0	0	0	24	0
(組)	35(註 1)	44(註 1)	68	58	50
(驗(組))	0	0	0	7	0
(支)	0	0	21	23	7
(支)	0	0	0	2	0
()	0	0	0	1	0
(公尺)	0	0	0	160	0
(支)	0	0	0	2	9

(頭滲漏法)

表 5-19 前期地球物理探勘統計表

地球物理探勘數量統計表

目	82年度完成數量	83年度完成數量
長	6,440 公尺	7,320 公尺
點間距	10 公尺	5公尺 (4,560 公尺) 10公尺 (2,760 公尺)
線數	16 條	27 條
長	461 公尺	—
線數	4 條	—
探測	16	7 測點 展距 50 公尺
測	0	2 處 各 30 公尺深

表 5-20 前期岩石力學試驗項目及數量 (1/3)

表 3-1 各年度岩石力學試驗項目及數量表(1/3)

地區	孔號	試驗項目	室內試驗									現場試驗	
			一般物性試驗(組)	顆粒分析(組)	消散試驗(組)	單向度膨脹試驗(組)	直接剪力試驗(組)	單軸壓縮試驗(組)	三軸壓縮試驗(組)	動彈性試驗(組)	靜彈性試驗(組)		潛變試驗(組)
湖	82年	DP-3	2		2	1		2	1	2	2	1	
		DP-4	1		1		1	1	1	1		1	
		DP-4-1	1					1		1			
		DP-5-2	1		2	1		1	1	1			
		小計	5	0	5	2	1	5	3	5	2	2	0
山	83年	BH-1							RTC-1	1			
		BH-2	1					1	RTC-2				
		BH-3	1		1			1		1	1		
		BH-4		1		1	1						
		BH-5								1			
		BH-6	1		1	1				1	1		
		BH-7	1		1	1	1		RTC-3				
		露頭		1	1								
小計	4	2	4	3	2	2	3	4	2	0	0		
嶺	84年	AH-1	1				1						
		AH-2					1						
		AH-3	1				2	2					
		AH-4	1				2	1					
		AH-5	1					2					
		AH-6	1				1	1			1		
		AH-7	3				3		1				
		小計	8				10	6	1		1		
合計	17	2	9	5	13	13	7	9	5	2	0		

註：RTC 代表試驗編號

表 5-20 前期岩石力學試驗項目及數量 (2/3)

表 3-1 各年度岩石力學試驗項目及數量表(2/3)

試驗項目	室內試驗											現場試驗
	一般物性試驗(組)	顆粒分析(組)	消散試驗(組)	單向度膨脹試驗(組)	直接剪力試驗(組)	單軸壓縮試驗(組)	三軸壓縮試驗(組)	動彈性試驗(組)	靜彈性試驗(組)	潛變試驗(組)	孔內變形試驗(組)	
湖 山 年 副 度	BH-8					3	RTC-4	1			2	
	BH-9	1				3			1		2	
	BH-10	1				1				1		
	BH-12											
	BH-13	1	1				1					
	橫坑		2			2	2	RTC-10		1	1	
總計	3	3	0	0	3	9	2	1	2	2	4	
湖 南 年 度	82 DP-12	1		2	1	2	1		1		1	
	DP-13	2		1		1	2	1	2	1		
	DP-15	1		1		1	1		1			
	DP-16	1		1		1	1	1	1			
	小計	5	0	5	1	5	5	2	5	1	1	0
	83 BH-11	1				1		RTC-3	1			
	BH-14	1		1		1			2	1	3	
	BH-16	2	1				1	RTC-5 RTC-6	1			
	BH-17	1		1		1						
	BH-18											
BH-19												
83 BH-20			1				RTC-7					
BH-21					2							
BH-22			1		1				1	1		
BH-23												
BH-27							RTC-8					
BH-28							RTC-8					
露頭		1	1									
小計	5	2	5	0	6	1	4	4	2	1	3	

注：RTC 代表試驗編號

表 5-21 前期岩石力學試驗項目及數量 (3/3)

表 3-1 各年度岩石力學試驗項目及數量表(3/3)

地區	孔號	試驗項目	室內試驗									現場試驗	
			一般物性試驗(組)	顆粒分析(組)	消散試驗(組)	單向度形脈試驗(組)	直接剪力試驗(組)	單軸壓縮試驗(組)	三軸壓縮試驗(組)	動彈性試驗(組)	靜彈性試驗(組)		潛變試驗(組)
湖南	年	AH-8	1		1		2	1				2	
		AH-11					1					1	
		AH-12	1					1					
		AH-13					1	1				1	
		AH-14	1				1	1	1				
		AH-15	2		3		4	2	1			3	
		TS-8	2										
		TS-8-1	3				4						
		各類	1										
		度小計	11		4	0	13	6	2	0	6	0	0
合計	21		14	0	24	12	8	9	9	1	3		
湖南	年	BH-24					1				1		
		BH-25					1		RTC-9				
		合計	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
湖南	年	BH-15	4		4			0					
		小計	4	0	4	0	0	5	0	0	0	0	
		AH-9	3		7			9					
		AH-10	5		6			10					
		TS-1	2					4					
		TS-2	1					2					
		TS-3	1					2					
度小計	12		13			27							
合計	16	0	17	0	0	32	0	0	0	0	0		
總計	57		40	6	41	67	19	10	17	6	7		

註：RTC 代表試驗編號

表 5-22 前期觀測日期一覽

觀測日期一覽表

湖南壩左壩墩下游崩塌地傾斜管

斜管 編號	裝設日期 (月/日/年)	裝設深度 (M)	量測日期(月/日)								
			1994								
I-27	07/05/1994	30.00	07/20	07/29	08/10	08/25	10/04	11/11	11/29	12/16	12/28
I-28	07/10/1994	30.00	07/20	07/29	08/10	08/25	10/04	11/11	11/29	12/16	12/28
I-11	-	30.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1995								
I-27	07/05/1994	30.00	01/13	01/27	02/13	03/08	03/24				
I-28	07/10/1994	30.00	01/13	01/27	02/13	03/08	03/24				
I-11	-	30.00	-	01/27	02/13	03/08	03/24				

胡山主壩右壩墩北側邊坡

斜管 編號	裝設日期 (月/日/年)	裝設深度 (M)	量測日期 (月/日)			
			AH-1	01/11/1995	30.00	01/27
AH-2	01/14/1995	29.00	01/27	02/14	03/07	03/27

胡山主壩左壩墩壩軸線附近崩塌地

斜管 編號	裝設日期 (月/日/年)	裝設深度 (M)	量測日期 (月/日)			
			H-5	01/22/1995	30.00	01/27
H-6	01/25/1995	30.00	01/27	02/14	03/07	03/27
H-7	01/21/1995	30.00	01/27	02/14	03/07	03/27

胡山主壩左壩墩壩上游崩塌地

斜管 編號	裝設日期 (月/日/年)	裝設深度 (M)	量測日期 (月/日)		
			AH-12	01/25/1995	30.00
AH-15	02/09/1995	30.00	02/13	03/08	03/24

胡山主壩右壩墩附近

斜管 編號	裝設日期 (月/日/年)	裝設深度 (M)	量測日期 (月/日)		
			AH-8	01/28/1995	30.00

解壩址附近之邊坡坍塌狀態，前期規劃工作亦已完成 11 孔之傾斜裝設，時間過短及觀察時間大多於前期工作之末期，觀測結果並未完全應用於分析上殊屬可惜。本區域部分邊坡由地表跡象顯示（如預定溢洪道附近）定，故早期安設之傾斜儀及水壓計等皆因年代久遠而失效，故應於重要之地，如預定溢洪道附近及湖山主壩右壩墩配合新增鑽孔加設傾斜管及去進一步檢討參考。

規模之地球探勘工作，數量多，成果亦豐碩，殊屬難能可貴，但除局部分析（如引水路第五、六案之隧道入口）外，大多未充分利用，本地質調查及鑽探結果綜合研判，製作較為可靠的邊坡穩定分析及越域，以供規劃參考。

五 壽命

劃工作內之關連計畫專題“水庫集水區保育治理規劃”亦曾針對集水及坡地安全性加以調查及建議處理對策，上述規劃報告之另一重點為量及水庫壽命之推估。前期工作以航空照片判讀疑似崩坍地(圖 5-7)，該界定出 24 處疑似崩坍地(表 5-23&5-24)，其中 10 處(表 5.25)被包，僅有 3 處在滿水位上方集水區。至於集水區泥沙量及水庫壽命之考慮越域引水泥沙產量及水庫集水區內之地表土流失及降雨沖蝕量，計算過後，前期工作認為計算值過低，最後採用年沖刷深度為 10 公之泥沙產量則利用清水溪水文站之實測泥沙記錄加以推估，得年沖

7.6 公里。綜合上兩推估值，前期報告估算得為湖山、湖南兩水庫聯合
車壽命可達 609 年(表 5-26)。本研究認為以台灣之地質條件言，本預
樂觀，此乃因坍方應為泥沙量之一主要來源，現有的沖蝕模式大多未考
因素。本水庫附近地層因受地質構造之影響，水庫北側大多屬順向坡，
且輕，岩層強度軟弱，除北側易成平面型滑動外，逆向或斜交坡亦可能
崩面產生之崩坍。為維護蓄水後之安全及確保水庫之壽命，後續工作及
應有針對水庫蓄水後可能產生滑動之邊坡加以進一步調查及分析，而更
應建立考慮坍方影響水庫壽命之預估模式。本計畫執行期間至現場調查
區內部分山脊為明顯順向坡，建議後續應進一步將此類山脊調查清楚，
時加以挖除供築壩使用，並增加水庫容量。

圖 3.8 集水區崩塌地分佈示意圖

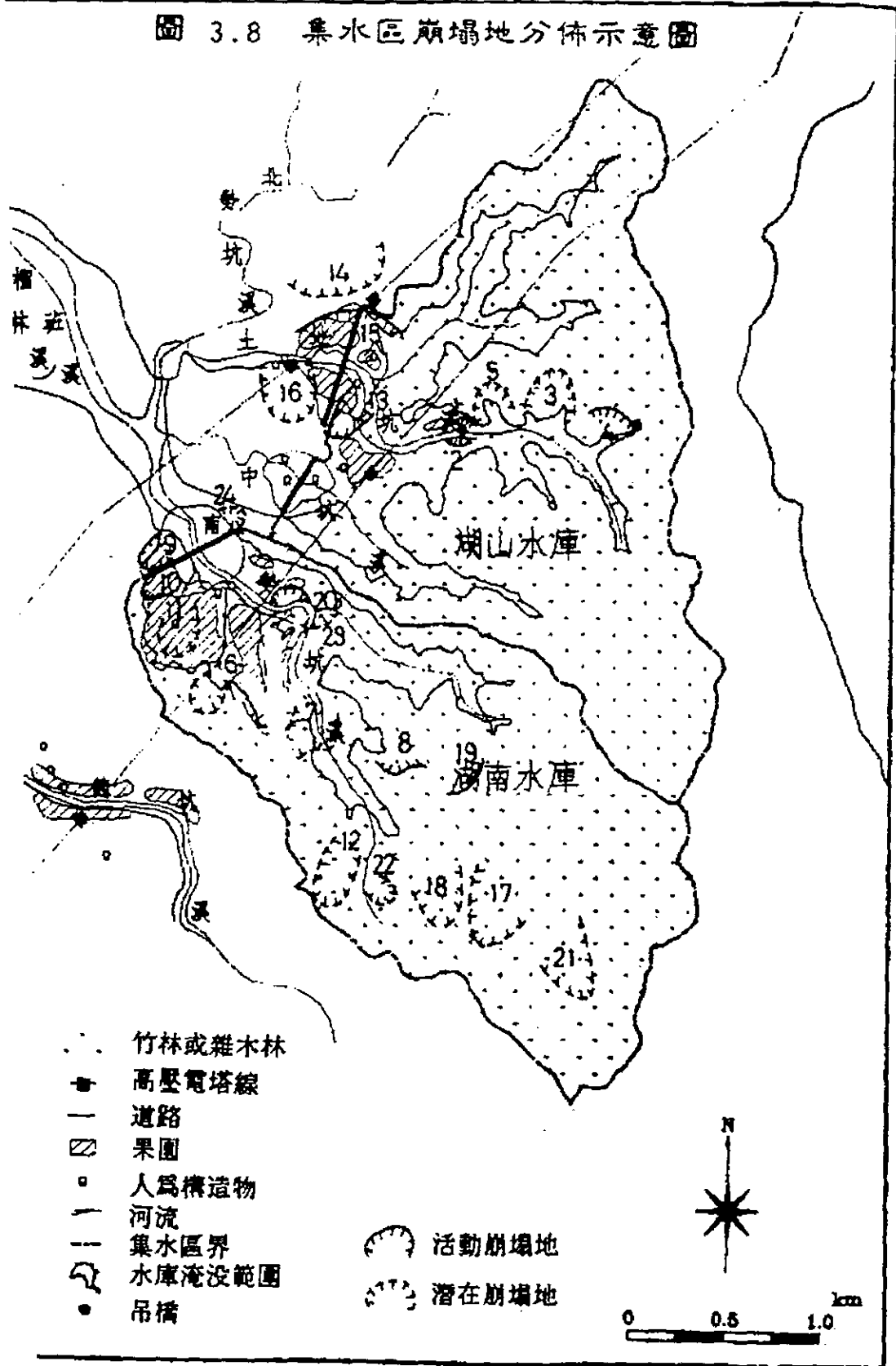


圖 5-7 集水區崩塌地分佈 (參見光碟彩色圖片集)

表 5-23 前期集水區崩塌地調查表

崩塌地位	坡向	坡度 (度)	坡長 (公尺)	底部高程 (公尺)	植生覆蓋	崩塌面積 (平方公尺)	崩塌分類	崩塌原因	安定程度	處理需要性
R	SW	30~40	15	177	TP	300	FA	S+Ge	B	II
M	NW	30~40	15	200	TP	450	FA	S+Ge	A	III
M	NE	20~30	150	230	C	18000	SL	Su+Sp	B	II
M	SW	40~50	70	215	C+F	10500	SR	S+Ge	A	II
M	NE	20~30	60	225	C	9000	SL	Su+Ge	B	III
M	NE	20~25	250	216	C+F	12500	SL	Su+Ge	B	III
R	NE	20~30	150	195	C+F	30000	SL	Su+Ge	B	II
M	NW	20~25	250	218	F	12500	SR	S+Ge	B	III
M	NE	15~20	250	155	C+F	17500	SL	Ge	B	II
M	NE	15~20	250	178	C	17500	SL	Ge	C	I
M	NE	20~23	250	180	C	30000	SL	Su+Ge	B	I
M	E	30~35	200	270	C+F	20000	SL	Ge	B	II
M	NE	20~30	150	160	C+F	9000	SL+SR	Ge	B	II
T	N	25~35	80	170	F	20000	SL	Ge	B	II
R	S	50~60	70	175	C+F	105000	SR	S+Ge	B	I
M	N	20~30	250	155	C	50000	SL	Ge	B	I
R	NE	25~35	100	250	C	8000	SL	Ge	B	I
R	N	50~55	120	226	F	7200	SR	S	B	II
T	NW	40~60	100	260	F	3000	FA	Ge	B	II
R	SW	30~35	20	165	F	200	SR	S+Ge	B	II
M	NW	20~25	200	310	C	12000	SL+SR	Ge	B	II
T	NW	40~50	200	275	F	8000	SL	S+Ge	B	II
R	NW	30~40	150	168	F	7500	SL	S+Ge	B	II
M	SW	40~50	200	170	F	8000	SL	R+Ge	B	III
										II
										III
										II

符號意義說明於表 5-24。

表 5-24 前期崩塌地調查使用符號

水庫集水區崩塌地調查使用符號說明表

項目	符 號	說 明
崩塌地位置	R M T	- 溪連 - 山腹 - 山頂 崩塌之區域位於坡面 2/3 之上方者劃分為山頂，其下方為山腹。
崩塌地型態分類	SL FA SR	- 滑 - 墜 - 剝 落 落 落
崩塌地周邊植生	TP C G F FP	- 竹木 - 果園 - 草生 - 天然 - 林地 地 地 地
崩塌原因	S R GE	- 溪流淘刷 - 遲流集中 - 純地質 Su - 開墾關係 Sp - 底土滲流
處理需要性	I II III IV	- 極需處理 - 暫緩處理 - 不需處理 - 無法處理 處 處 處 處 理 理 理 理
安定度	A B C D	- 安定 - 稍安定 - 較不安 - 不安 定 定 定 定 (部份植生但坡面尚未穩定) (惡地形，坡面沖蝕顯著)
崩塌地坡向	N W E S SE SW NE NW	- 北 - 西 - 東 - 南 - 東南 - 西南 - 東北 - 西北

表 5-25 前期主要崩塌地統計表

主要崩塌地統計分析表

位置	地面坡度	土壤	岩種	岩層位態	土地利用	現況	建議
公坑右岸； 區內。	30~40度	砂質	SS-MS	N5° W/20° NE	天然林。	溪流淘刷、純地質； 墜落；崩失及堆積； 基岩小碎屑；稍安定	惡化發展； 間接威脅。
公坑左岸； 區內。	30~40度	砂質	SS-MS	N5° W/25° NE	天然林。	溪流淘刷、純地質； 墜落；崩失及堆積； 基岩小碎屑；稍安定	安定發展； 間接威脅。
公坑右岸； 位上方。	40~50度	砂質	SS-MS	N6° W/26° NE	檫樹林； 天然林。	溪流淘刷、純地質； 剝落；崩失及堆積； 基岩小碎屑；安定。	安定發展； 間接威脅。
坑支流；滿 上方。	20度	砂、 泥質	SS； MS-SS	N5° W/25° NE	天然林。	溪流淘刷、純地質； 剝落；崩失及堆積； 基岩小碎屑；稍安定	安定發展； 直接威脅。
坑左岸；左 下游面。	15~20度	砂、 泥質	MSS-MS	N80° E/16° NW	天然林； 果園。	純地質；清落；崩失 及堆積；基岩小碎屑 、土；稍安定。	安定發展； 直接威脅。
坑左岸；左 上方。	15~20度	泥、 砂質	MSS-MS ；MSS	N80° E/16° NW	果園。	純地質；清落；崩失 及堆積；基岩小碎屑 ；較不安定。	安定發展； 直接威脅。
坑左岸； 上方。	20~30度	泥、 砂質	MS-MSS	N50° W/20° NE	天然林； 果園。	純地質；清落、剝落 ；崩失及堆積；基岩 小碎屑、土；稍安定	安定發展； 直接威脅。
坑右岸； 上方。	50~60度	砂質	SS； MSS	N50° E/22° NE	天然林； 果園。	溪流淘刷、純地質； 剝落；崩失及堆積； 基岩小碎屑；稍安定	安定發展； 直接威脅。
交流；滿 方。	40~60度	砂質	SS	N25° E/30° SE	天然林。	純地質；墜落；崩失 及堆積；基岩小碎屑 ；稍安定。	安定發展； 間接威脅。
與奇尾坑 ；淹沒區	30度	砂、 泥質	MS； SS	N70° E/13° NE	天然林。	溪流淘刷、純地質； 剝落；崩失及堆積； 基岩小碎屑；安定。	安定發展； 間接威脅。

表 5-26 前期湖山、湖南水庫使用壽命概估

越域引水		水庫集水區		水庫工程完成後		水庫總容 量 (萬立 方公尺)	水庫使用 壽命概估 (年)
日入 萬立 方公尺)	年入流懸移 質體積 (萬 立方公尺)	年平均逕流 量 (萬立方 公尺)	年輸砂量 (萬立方 公尺)	年平均逕流 量 (萬立方 公尺)	年輸砂量 (萬立方 公尺)		
1	1.5	552.1	3.33	4,593.1	4.83	3138	660
5	1.1	538.7	3.25	3,583.7	4.36	2143	493
	2.2	1090.8	6.58	7,156.8	8.78	5348	609

址年平均逕流量 60,932 萬立方公尺 (民國 48 年至 82 年)。

占日平均流量低於 400CTS 之年平均懸移質佔年平均懸移質 11.5%。

$$\text{水年平均入流懸移質體} = \frac{\text{引水口年平均入流量}}{\text{桶頭(2)站年平均逕流量}} \times \text{桶頭(2)站懸移質體積} \times 11.5\%$$

砂率為百分之百

$$\text{用壽命} = \frac{\text{水庫總容量}}{\text{水庫工程完成後年輸砂量}}$$

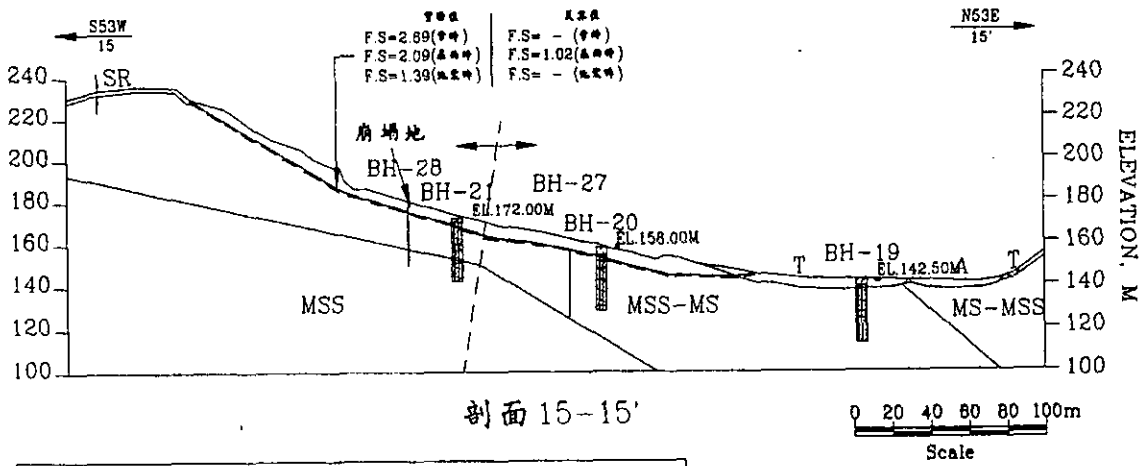
程完成後之年逕流量為越域引水年平均入流量及水庫集水區之年平均逕流量之和。

三 分析

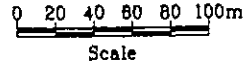
規畫工作進除行大壩安全分析工作外，亦進行壩址附近十三處之邊坡穩定四個分析壩體蓄水後向下水平滑動之情形)。大壩安全分析前期採用次體加以分析，其中分析採用強度參數則以築壩材料試驗所得之實驗結果而得，至於地震力則採用仿靜態法，並以 Seed 及 Martin 以 El Centro 均質土堤進行二向度綜合性動態分析之研究結果，加以推估不同滑動弧在時之水平地震加速度。UTEXAS3 無法輸入垂直向之地震力，亦較不為大普遍使用，本研究以 PCSTABLE 5M 及採用新的地震加速度及以往實驗的進行類似之分析，分析結果原有壩址應屬穩定。但本研究認為築壩材料有待後續階段部分進一步驗證，亦有必要進行築壩材料之動態三軸實驗強度參數及彈性參數以供動態邊坡穩定分析參考。前期工作於壩址附近穩定分析則採用 PCSTABLE 5M 軟體加以分析，分析時所用之強度參數分 5-15' 剖面（崩塌地）倒推分析及於實驗室對滑動而採得之軟泥進行直研判得(2)利用岩石力學三軸試驗所得參數。至於平時地水位則由鑽探而水平地震力則採用 0.18g。由原規畫報告得知原有分析剖面大多屬順型，因此分析時考慮平面滑動應屬合理。但邊坡穩定分析之合理否，數、滑動面方向（即剖面方位）及滑動深度等等而定。前期分析時之

係數大多出現於採用倒推分析之參數，然而倒推分析分析剖面(15-15')
)之滑動面為沿老崩滑界面，屬非圓弧形破壞所估得之強度參數，將之使
型滑動參數，實屬可疑。另者，一般平面滑動型邊坡，其可能滑動方向
層最大傾向(dip direction)，但原分析剖面並未依此原則選取滑動剖
用之滑動面強度參數、滑動模式亦屬不甚合理。原規劃工作亦於部分分
或附近裝設傾斜管進行邊坡滑動觀測，部分成果甚佳(如剖面 3-3'，圖
1)，但可能前期工作分析與監測時程未能完全配合，故部分分析時採用
置與觀測結果不能完全吻合，因此邊坡穩定分析實有重新檢討之必要。
有分析剖面大多於大壩施工時將予挖除，未來僅需特別注意施工時之安
定溢洪道及湖山主壩右壩墩可能影響未來之安全性，應加以重新檢討，
方位、分析參數、分析剖面方位、滑動深度、地下水位等之再確定。因
建議(1)應對預定溢洪道附近之岩層方位加以細查，並裝設傾斜管及水壓
計監測(2)進行強度參數之驗證試驗-室內及室外直接剪力試驗(3)邊坡
分析時應考慮自然邊坡及設計邊坡等。

剖面15邊坡穩定分析成果



剖面 15-15'



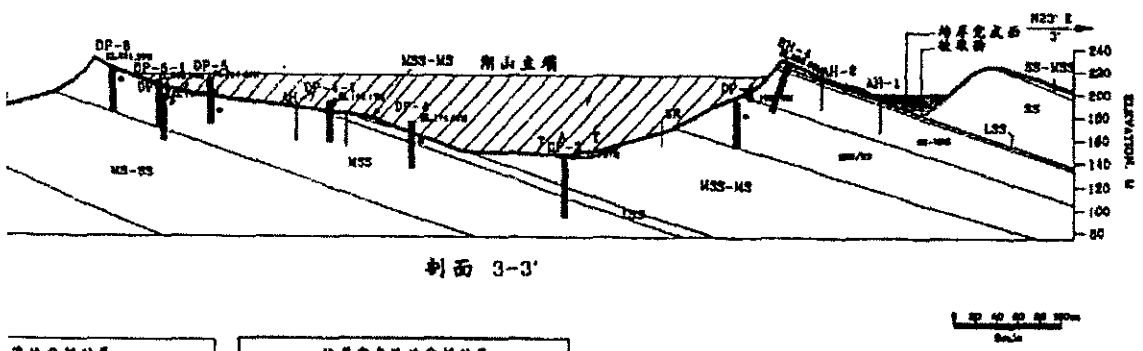
圖例			
A	沖積層	SS	厚層塊狀砂岩
T	階地堆積層	MSS-MS	泥質砂岩夾泥岩
SR	土壤和石塊混合物	MS-SS	泥岩夾砂岩
SS-MSS	砂岩夾泥質砂岩	MSS	泥質砂岩
LSS	凝灰砂岩	MS-MSS	泥岩夾泥岩質砂岩
SS-MS	砂岩夾泥岩		

* 本報告之反算值皆由此剖面, 經較詳實之調查及觀測反算所獲。

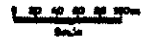
15

圖 5-8 15-15'剖面圖 (參見光碟彩色圖片集)

剖面3邊坡穩定分析成果

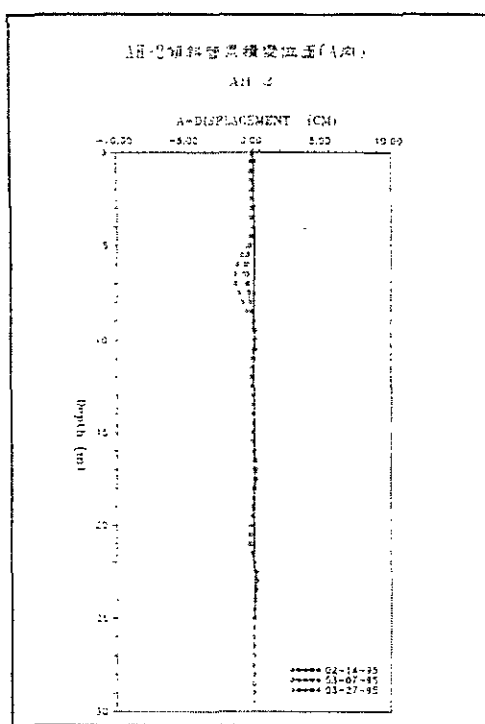
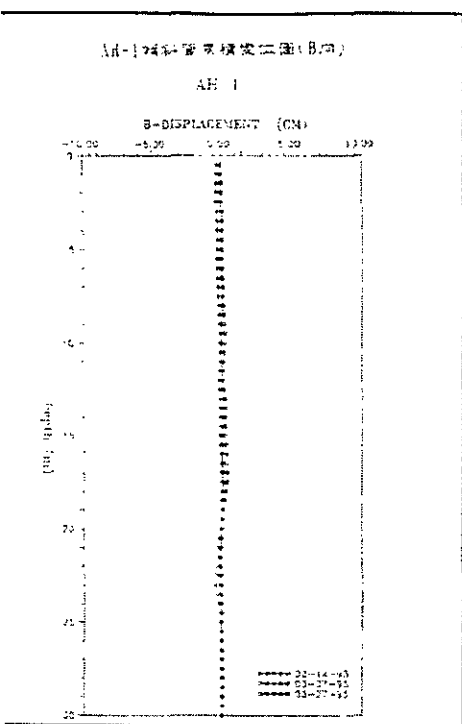


剖面 3-3'



邊坡分析結果		階地完成邊坡分析結果		圖例			
反算值	F.S.=2.00(中時)	空算值	F.S.=3.40(中時)	A	沖積層	SS	厚層塊狀砂岩
中)	F.S.=1.92(中時)		F.S.=3.31(中時)	T	階地堆積層	MSS-MS	泥質砂岩夾泥岩
中)	F.S.=1.46(中時)		F.S.=2.42(中時)	SR	土壤和石塊混合物	MS-SS	泥岩夾砂岩
			F.S.=1.95(中時)	SS-MSS	砂岩夾泥質砂岩	MSS	泥質砂岩
				LSS	凝灰砂岩	MS-MSS	泥岩夾泥岩質砂岩
				SS-MS	砂岩夾泥岩		

圖 5-9 3-3'剖面圖 (參見光碟彩色圖片集)



5-10 AH 1 ,AH2 傾度管試驗結果 (參見光碟彩色圖片集)

工程規劃成果建議方案

究成果及前期之規劃工作檢討，本計畫提出下列建議供參考：

依大壩安定分析成果顯示，大壩應可維持原規劃案。但由築性質推估，本大壩接近均質壩，考慮滲流問題，建議增加透厚度，其料源可由引水隧道開挖或由鄰近礫石階地取得（但規劃）。

地震對引水路雖然不致造成重大災害，但如有可能（水工條），建議將攔河堰移至車籠埔斷層以西，亦即斷層下盤，或過斷層之引水路採用大口徑鋼管（亦可於鋼管外圍裹覆 RC）。

湖山右壩應配合監測得之滑動深度及新的分析參數，檢討填

(培厚)厚度。

溢洪道應進一步調查、監測或檢討，以確定岩層方位，分析剖面應與岩層方位一致，除自然邊坡外，亦應進行規劃案之分析。水工條件許可下，溢洪道方位建議可加以調整，以利邊坡穩定。

建議後續應辦理之調查分析工作項目

研究成果、前期之規劃工作檢討及修正工程規劃成果建議方案，本計畫提後續應辦理之調查分析工作項目之建議：

大地力學分析：應包括 1.機率法地震危害度分析 2.動態大壩分析，3.大壩基礎力學行為分析（應力、變形等），4.淹沒區及區邊坡穩定分析。詳說明如下：

法地震危害度分析：本計畫以確定法進行地震危害度分析，無法的檢討再現週期，下階段建議以機率法進行地震危害度分析。

大壩安定分析：本計畫以仿靜態法進行大壩安定分析，為安全來管理值之設定，下階段應進行大壩動態分析（總應力及有效分析）

基礎力學行為分析（應力、變形等）：本壩址之地層屬軟弱之砂頁岩、及砂頁岩互層，岩層傾角約 15-20 度，受大壩作用力之，應有差異沈陷之可能，下階段應加以分析，以確定不影響大

區及集水區邊坡穩定分析：本水庫附近地層因受地質構造之影響，水庫北側大多屬順向坡，又因地層年輕，岩層強度軟弱，除北側平面型滑動外，逆向或斜交坡亦可能形成不沿層面產生之崩坍。蓄蓄水後之安全及確保水庫之壽命，後續工作及細部規劃實有針對水庫蓄水後可能產生滑動之邊坡加以進一步調查及分析。

調查與試驗：應包括 1. 重要結構物附近進行更詳細之地質調查並完成沿壩軸線及越域引水路等之地質剖面圖。2. 驗證性之鑽探，室內試驗（單壓、三軸、直剪、透水）及現地試驗（孔內變應力亦即傍壓儀試驗、孔內波速量測，亦即 P-S logging, Lugeon Test 地直剪試驗）等。3. 於重要之工址預定地，如預定溢洪道附近及主壩右壩墩配合新增鑽孔加設傾斜管及水壓計並長期觀測。4. 材料試驗參數驗證，及築壩材料之動態三軸試驗。詳說明如下

結構物附近進行更詳細之地質調查：本區域岩層受到梅林背斜之影響，方位甚為不一致，尤其於預定溢洪道附近因受植生覆蓋，地質圖上並無方位紀錄，因此未來應於預定溢洪道及湖山主壩右壩墩等附近進行更詳細地質調查。另外，前期提供之地質圖，並未附有地質剖面圖殊為可惜。建議應完成沿壩軸線及越域引水路等之地質剖面圖。

鑽探取樣，室內試驗及現地試驗：由前期地質調查結果顯示調查地層大多屬頭嵛山層香山相地層，此年輕地層成岩作用不完全，膠結易受擾動，尤其含水後強度大量降低（尤其是含泥量少之砂岩）。而前

探工作採用傳統之方法，即以水為介質並利用三套岩心管加以取樣，此類方法，由前期之岩心照片可知雖然岩心回收率高，但岩心大多已受擾動，探後之裸孔亦嚴重變形，因此無論於室內進行岩心試驗或於孔內進行之變換，其結果均無法代表現場岩石特性。因此亦有必要於後續階段於壩址附近進行驗證性之鑽探取樣，室內試驗（單壓、三軸、直剪、透水）及現地試驗（直剪、變形，亦即傍壓儀試驗、孔內波速量測，亦即 P-S logging, Lugeon Test 及直剪試驗）等。尤其是與邊坡穩定分析有關之強度參數，更應依地層之方向加以進行室內及現地之直接剪力試驗等。

之工址預定地，配合新增鑽孔加設傾斜管及水壓計並長期觀測；於壩址附近之邊坡坍塌狀態，前期規劃工作亦已完成 11 孔之傾斜裝設，但觀察時間過短及觀察時間大多於前期工作之末期，觀測結果並未完全應用於穩定分析上殊屬可惜。本區域部分邊坡由地表跡象顯示（如預定溢洪道附近）尚屬不穩定，故早期安設之傾斜儀及水壓計等皆因年代久遠而失效，故於重要之工址預定地，如預定溢洪道附近及湖山主壩右壩墩配合新增鑽孔加設傾斜管及水壓計以供進一步檢討參考。

試驗參數驗證，及築壩材料之動態三軸試驗：前期工作已完成築壩材料之靜態三軸試驗，但其部分試驗結果，依經驗判斷有誤，而前期並未進行築壩材料之動態三軸試驗，為提供動態分析，下階段建議進行壩材料靜態三軸驗證試驗，及築壩材料之動態三軸試驗。

地震站設置及長期觀測：前期工作曾進行地震監測，但計畫完，地震儀亦已移除，建議未來裝設可自動讀取之地震儀，以供工程設計及營運管理參考。

工程分析與評估：(1) 越域引水路通過車籠埔斷層之工程規劃估。(2) 大壩透水層厚度之檢討及透水層料源規劃。(3) 溢洪道山右壩之穩定工程。

附錄一、參考文獻

吉、李錦發（一九九八），台灣地質圖幅（雲林），經濟部中央地質調查所。

溥（一九八六），台灣中部竹山及嘉義間之地質，經濟部中央地質調查所彙刊，第四號，第一至二十六頁。

研究院地球科學研究所（一九九四），「雲林地區水庫水源開發調可行性規劃地震調查研究專題報告」。

省水利局規劃總隊（一九九三至一九九五），雲林湖山、湖南水庫可行性規劃」一、工程專題報告(三)地質探查評估 1 地表地質調查

省水利局規劃總隊（一九九四），「雲林湖山、湖南水庫可行性規劃」一、工程專題報告(四)地震調查研究 1 地震調查研究。

省水利局規劃總隊（一九九五），「雲林湖山、湖南水庫可行性規劃」一、工程專題報告(四)地震調查研究 2 八十四年度強地動觀測分

省水利局規劃總隊（一九九五），「雲林湖山、湖南水庫可行性規劃」一、工程專題報告(五)湖山、湖南水庫工程可行性規劃 1 工程規

省水利局規劃總隊（一九九六），「湖山、湖南水庫計畫工程可行性報告」。

省水利局規劃總隊（一九九七），「雲林湖山、湖南水庫可行性規
報告」。

哲、王文能、潘國樑和顏滄波（1984），活動斷層之航照地質研
：嘉義梅山地震斷層研究計畫。國科會大型防災計畫。

省水利局規劃總隊（一九九九）寶山第二水庫工程計畫壩體動態分析
僉期末報告

省水利局規劃總隊（一九九九）南化水庫加高工程計畫壩體動態分析
僉期中報告

省水利局規劃總隊（一九九九）天花湖水庫可行性規劃期末報告修正

附錄二、報告審查意見及處理情形

月初報告

期初簡報審查意見及辦理情形

查單位及人員	審查意見	辦理情形
試所 組長	<p>一、本計畫工作重點在追蹤車籠埔斷層與大尖山斷層之關連性及九二一地震後本計畫之控制斷層應採用何者較適宜。</p> <p>二、本計畫有關地質、地震、工程方面之規劃報告，請交大以借閱方式作為參考。</p> <p>三、有關地震衰減公式，本所在天花湖水庫地震研究方面有請葉永田教授重擬九二一及一〇二二地震之衰減公式，請參考套用，並與原規劃之MCE、DBE、OBE值比較。</p> <p>四、未來若作動態分析及進一步評估時須調查之項目及建議事項。</p> <p>五、追蹤斷層調查時，請知會本所人員配合參加。</p> <p>六、在區域地質及工程設計地震係數標準之採用方面，請詳加復核檢討。</p>	<p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>採用葉永田教授之建議公式以 $M_L=7.3$ $d_{min}=5.5$ $h=10$ 所算得 $PGA=0.27g$，建議列入參考，將於期末報告列入討論。</p> <p>遵照辦理，將於期末提出。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p>

查單位及人員	審查意見	辦理情形
央大學 維民副教授	<p>一、樂見本計畫之職行，建議蒐集地調所五萬分之一地質圖與國科會二萬五千分之一地質圖，可減少很多工作量。</p> <p>二、車籠埔與大尖山斷層向南延伸之位置與範圍、長度問題請說明。</p> <p>三、考量下一次地震會從何斷層發生之可能性請說明。</p> <p>四、壩址附近桐樹湖斷層對水庫之影響請納入報告之建議內。</p> <p>五、野外地質調查工作，建議再多配置地質專長方面之人力。</p> <p>六、考量水庫香山相地質泡水後較軟弱，分析對集水區邊坡穩定之影響。</p>	<p>謝謝建議。</p> <p>說明如期中報告之初步成果之地質補充調查。</p> <p>目前知識甚難估計。</p> <p>期末報告討論。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>下階段遵照辦理。</p>

審查單位及人員	審查意見	辦理情形
<p>成功大學 紀勝火教授</p>	<p>一、九二一地震後對水庫邊坡破壞的地方，建議作一仔細調查，可獲得正確之分析參數。</p> <p>二、有關本計畫之PGA採用0.30g，而目前國家地震會議建議採用0.30g，是否採用請加以考量。</p> <p>三、人工地震資料因是早期作的，目前是否適用，或須補充最新資料，請在報告內作一建議。</p> <p>四、考慮是否須擺設地震監測站，使對水庫安全評估更有效率。</p> <p>五、原邊坡穩定分析採用stable-5m程式是否會較保守，請與動態分析理論作一比較。</p> <p>六、請說明以地質觀點而言，未來本水庫壩址是否會發生比九二一地震規模更大之地震。</p> <p>七、工作執行計畫書 p. 8 第9行，「至」應改為「一」（減）才對。</p> <p>八、有關地震衰減公式參數的靈敏性與可靠度能作一分析，以了解預測值與誤差值之差距。</p>	<p>已作調查，似乎無明顯破壞之邊坡。</p> <p>重新計算後，會高於0.33g。</p> <p>期末報告說明。</p> <p>未來建議。</p> <p>未來建議。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>建議未來辦理。</p>

審查單位及人員	審查意見	辦理情形
水炳森教授	<p>一、對地震監測站分佈位置、數量、地質方面請交大作一詳細規劃。</p> <p>二、對順向坡之邊坡穩定方面，其垂直方向之係數亦應列入考慮。</p> <p>三、在地震衰減公式方面，應與葉永田教授所做的不同公式作一比較，同時對岩性也作一說明。</p> <p>四、有關各斷層對本計畫之影響，宜作一詳細評估，以確定本水庫是否能開發。</p>	<p>期末建議。</p> <p>前期未考慮，建議未來辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p>
桂興	<p>一、感謝交大在本計畫有限之經費下，卻作這麼多之分析與評估工作。</p> <p>二、本計畫之點在找出控制斷層與對水庫之影響。</p>	<p>謝謝。</p> <p>遵照辦理。</p>
正男	<p>一、本計畫工作期限至 89 年 10 月底止，故 p. 19 研究進度表內報告撰寫時程應提前，請配合修正。</p> <p>二、p. 29 表二觸口斷層之 PGA 值大於梅山斷層，卻不採用作為控制斷層之理由，請說明。</p> <p>三、以 PGA 依仿靜態公式求得之地震係數應用於規劃階段之防震設計之適用性，請加檢討說明。</p>	<p>已修正。</p> <p>為前期討論。</p> <p>期末檢討。</p>
豐銘	<p>一、配合新控制斷層及地震係數之採用，除對 p. 20 之淹沒區邊坡穩定分析外，亦請對溢洪道及取水工位置之安定分析，作一評估與建議。</p> <p>二、有關工程規劃設計之理念方面由本所與交大討論後，請交大提供建議作為參考。</p>	<p>遵照辦理，期末建議。</p> <p>遵照辦理，期末建議。</p>

查單位及人員	結論	辦理情形
席結論-水試所 副所長正男	<p>一、本計畫期初簡報及工作執行計畫書原則認可。</p> <p>二、各學者專家意見請列入本計畫工作內研討，並將辦理情形列於報告附錄中。</p> <p>三、工作執行計畫書內進度表部分要修改，並送本所參份備查。</p>	<p>謝謝。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p>

期中簡報審查意見及辦理情形

審查單位及人員	審查意見	辦理情形
地試所 組長	<p>一、報告內彩色照片可考慮數張合成一頁，節省經費。</p> <p>二、有關設計反應譜及人工合成地震歷線之觀念及應用，請交大教授來所指導演講。</p> <p>三、簡報資料內有關大茅埔及雙冬斷層與大尖山斷層之關連性，請說明。</p> <p>四、報告內彩色相片請提供光碟片資料</p> <p>五、有關地震危害度分析方面，本次計畫有否考慮使用機率法分析。</p>	<p>謝謝，遵照辦理。</p> <p>遵照辦理，並請安排時間。</p> <p>此二斷層應無直接關連性</p> <p>遵照辦理。</p> <p>本計畫不擬採用，建議將來檢核時採用。</p>
經濟部水利處	<p>一、建議增列湖山、湖南水庫與周遭斷層之相關位置圖。</p> <p>二、本次利用確定法推求之設計地震強度與經濟部水庫安全評估地質與地震評估規範(草案)之間的規定是否相符。</p> <p>三、PGA 本次建議採用 0.45g，請具體說明理由。</p> <p>四、建議增列前期與本次推估成果之比較表。</p> <p>五、斷層長度採用 87.5km 請具體說明理由。</p>	<p>請參考前期成果。</p> <p>是。</p> <p>已說明於期末報告地震危害度分析部分。</p> <p>已說明於期末報告地震危害度分析部分。</p> <p>已說明於期末報告地震危害度分析部分。</p>

審查單位及人員	審查意見	辦理情形
康維民副教授 (書面傳真意見)	<p>一、工作內容符合委託之項目。工作進度一幅和合約要求。地質調查之結果與中央地調所雲林圖幅及九二一地震地質調查報告頗為一致。</p> <p>二、參考文獻，建議仔細明列文中引用之文獻。附錄二之野外露頭照片，部分欠缺文字說明。建議增列文字說明。</p> <p>三、地質調查之成果(圖四誤為圖二)展示(圖四之A、B、C、D、E)中，圖A、B、C、D、E，建議依據地質圖慣例標示圖例，並說明各地層之時代及岩性。</p> <p>四、建議增列各野外露頭之GPS定位座標資料。</p> <p>五、地質調查之成果中，圖(C)與圖(D)間有一區域未重疊，斷層分佈、延伸及地表之破裂情形在此未重疊區域不得而知。建議於期末報告時，提供此重疊區域地質調查結果。</p> <p>六、地質圖(C)中左下角有一西北走向之斷層，其名標示為內磅斷層，其實應為社後坪斷層(請見中央地調所雲林圖幅)。</p>	<p>謝謝。</p> <p>謝謝指正，已補充於期末報告。</p> <p>謝謝指正，已補充於期末報告。</p> <p>標示於照片說明</p> <p>謝謝建議，詳見期末報告地質補充部分。</p> <p>謝謝指正。</p>

審查單位及人員	審查意見	辦理情形
	<p>七、地質圖 (C) 之斷層露頭最南端控制點為 TF-26，所接地質圖 (D) 之下一個控制點為 TF-27，2 控制點相距 5 公里以上，對二萬五千分之一的斷層地質圖精度而言，有必要在其間再加上控制點。建議由湖口溪上游的桂林向東沿溪再找一 GPS 控制點。以及在頂厝鄉之東南方沿小溪而上再找一 GPS 控制點，如此可增加地質圖 (D) 中斷層延伸之可信度。</p> <p>八、依中央地調所雲林圖幅，大尖山斷層在桶投向西南延伸至樟湖山附近南延伸至樟湖山附近被西北走向之內磅斷層所截，此大尖山斷層被內磅斷層所截之區域正好位在圖 D 之右上角與圖 C 之左下角，二圖未銜接之處，是本次地質調查的死角。建議於期末報告時，提供此區域地質調查結果，以釐清大尖山斷層在樟湖山附近是否為內磅斷層所切的問題。果真被內磅斷層所切，則內磅斷層亦為非常新之活斷層？</p>	<p>已增列，並加以調查。</p> <p>已調查判定內磅斷層並不存在。</p>
<p>經濟部水利處中區資源局</p>	<p>一、有關區域地質部分，請在報告內補充區域地質圖。</p> <p>二、請進一步說明釐清車籠埔、大尖山、觸口斷層間之關係。</p> <p>三、P.10 由斷層露頭及斷層線崖的研判，評估大尖山斷層活動週期及頻率，請進一步說明 (如何定年)。</p>	<p>請參考前期成果。</p> <p>詳見期末報告地質補充部分。</p> <p>方法詳見期末報告地質補充部分。</p>

審查單位及人員	審查意見	辦理情形
炳森教授	<p>一、地震規模評估中，應將相關參數條件說明清楚，如斷層破裂長度...</p> <p>二、壩址距車籠埔斷層最近距離為 5.5km 應考慮斷層特性，如邊坡穩定分析應考慮垂直地震力係數 K_v。</p> <p>三、宜將目前已有之強震儀位置、埋設深度作一整理；另外並建議以後可加裝強震儀位置，以監測未來之地震特性。</p> <p>四、衰減公式若採葉永田先生之方法則較保守，在本壩址宜採何種公式？</p> <p>五、P.34.分析之邊坡剖面以平面滑動為主，應從地質與地形之影響方面加以解釋？</p> <p>六、P. 36. 表 8 中，湖山水庫取水工 20-20' (剖面編號) 未列改善方案？應說明。</p> <p>七、P. 37 (1) 地層 MS、MSS、SS 之岩層特性應加以說明 (如位置、深度、顏色)。(2) 表 10 中 ϕ 值參數偏高，試體是否飽和，請再檢核。</p> <p>八、P36 各個剖面之穩定分析，是否考慮水位？且輸出結果最好以繪圖機輸出 (包含破壞面)。</p>	<p>已說明於期末報告地震危害度分析部分。</p> <p>謝謝本計畫已考慮。</p> <p>前期報告甚為詳細，本計畫亦已建議加裝強震儀，謝謝建議。</p> <p>本計畫採用各方法之平均值。</p> <p>謝謝，已說明於期末報告。</p> <p>前期成果。</p> <p>前期成果，本計畫已建議未來加以檢核。</p> <p>前期成果。</p>

查單位及人員	審查意見	辦理情形
水利規劃試驗所水 組（書面意見）	<p>一、基本資料蒐集除 921 集 集大地震及 1022 嘉義大地 震之資料外，請再補充最近 幾次規模較大之有感地震的 資料。</p> <p>二、報告（如 P.16）內容中 第一類獲第二類、第三類活 斷層，請敘明其分類是如何 定義？</p> <p>三、部分錯別字（如 P5 及 P15）及圖號編列與報告文章 敘述不符，請修正。另 P33 機率法之段落內似乎漏了一 段。</p> <p>四、將來期末報告撰寫格式 請與本所之報告格式一致。</p> <p>五、於 P33 建議未來以機率 法檢核 PGA，然於 P34 指出 現階段不擬以此方法進行分 析；則對建議所採用之 PGA 值，即無法加以檢核確定？ 請說明。</p> <p>六、P9 之地質補充調查，尚 欠缺大尖山斷層與其南側梅 山斷層之關係。</p> <p>七、P74 採用葉永田公式所 計算得知 PGA 值為 0.27G， 與表 6 之 PGA 值差距甚大， 請說明原因。</p> <p>八、P15、P16 支撓坑斷層及 大埔斷層之位置請標示在報 告之圖內。</p>	<p>不在工作範圍，建議未來補 充。</p> <p>請參考地調所發行之報告或 網業。</p> <p>謝謝指正，已訂正。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>建議未來辦理。</p> <p>已補充於末報告地質補充部 分。</p> <p>其回歸資料近域地震較少。</p> <p>詳見前期成果。</p>

審查單位及人員	結論	辦理情形
主席結論-水試所 附所長勝彥	<p>一、本計畫期中報告書審查暨期中簡報原則認可。</p> <p>二、請交通大學就各學者專家及各單位所提意見參酌修正，並請交大提出建議數據，供本所提送湖山、湖南水庫工程計畫審查時參考。</p>	<p>謝謝。</p> <p>遵照辦理。</p>

工作會報

位及人員	審查意見	辦理情形
水利處水利規劃試副所長	<p>本計畫因受 921 地震影響，經委託交大進行研究探討，本案擬就下列各點及其相關問題進行討論，並請各學者、專家提供寶貴意見。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 大壩及附屬構造物安全上是否有問題？ 2. 本次地震對大壩滲漏及液化問題是否有影響？ 3. 總工程費是否需調整？ 	如後討論
司許總經理勝田	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大壩之安全為第一考量，本公司規劃當時是用保守觀點去分析（以 MCE 之 PGA=0.30g 分析大壩安定性），故目前採用新地震係數仍屬安全，且大壩之坡度從國內、外來看，應是安全的。 2. 越域引水路線建議是與清水溪堤防共構，隧道洞口須加處理，但對整體工程費增加有限。 3. 築壩材料調整經國外專家建議，採用泥岩輾壓處理均無問題，另外在湖南壩之南邊原黃德水庫也可提供築壩材料，故料源應無問題。 4. 因本計畫之大壩為均質壩，且壩內之濾層料來自清水溪，距離不遠，工程費影響不大，故原大壩設計規劃不必更改。 	<p>知悉</p> <p>知悉</p> <p>知悉</p> <p>知悉</p>

位及人員	審查意見	辦理情形
司陳董事長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫地質圖均經本公司現場實際露頭勘查後所繪製。 2. 在邊坡穩定性分析方面，北側順向坡之滑動是屬於將來水庫興建後之保養問題。 3. 因軟岩泡水後強度會降低，故本公司對淹沒區邊坡穩定分析用之參數採保守估計即是此因。 4. 土石壩沈陷量與大壩高度比較為很小，故當時不考慮。 5. 越域引水路通過大尖山斷層，若有錯動的話，量也有限，工期與造價均很好控制。 6. 隧道洞口問題在細部設計時即可處理，應不是問題。 7. 湖本層或清水溪砂石均屬大窩砂層，作為大壩濾層料之品質不錯。 	<p>謝謝！</p> <p>因其會影響水庫壽命，建議下階段應加以調查、分析</p> <p>知悉</p> <p>知悉</p> <p>知悉</p> <p>知悉</p> <p>知悉</p>
教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 邊坡穩定分析中一些地質參數，本校已花費了一個月時間恢復完畢。 2. 巨廷公司原規劃之邊坡穩定分析採用 0.18g 大壩分析採用 0.30g。本次 921 地震後採用車籠埔斷層為控制斷層，邊坡穩定分析採用 0.23g (設計水平地震力)，大壩安定分析採用二級蓄水庫最大地震規模 (MCE) 之 $PGA=0.45g$，經由本計畫採用的四個分析方法 (El. Centro 法，加州壩工監理單位法，Seed & Idriss 法，Hynes and Franklin 法) 以 Stable 5M 程式分析，若採用原規劃報告實驗之 C 值時，大壩原設計邊坡均屬安全。 	<p>如前</p> <p>如前</p>

位及人員	審查意見	辦理情形
教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 大壩安定分析採用各種方法，其中 Idriss 方法地面 g 值用 0.24，壩頂 g 值用 0.58 去分析，安定也無問題，另外在動態分析方面也無問題。 2. 因本計畫大壩為均質壩，建議增加壩體透水濾層之厚度，雖然增加費用不大，但可增加大壩安全性。 3. 土石壩之破壞原因主要有(1)溢頂(2)管湧滲漏(3)壩體施工不良，近 200 年來國內外無地震造成土石壩潰壩情形。 	<p>如前</p> <p>如前</p> <p>如前</p>
教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 921 地震規模，經分析大壩約沈陷 10cm 左右，滲流增加了 40%，但影響不大不致造成液化現象，故建議增加濾層料以排除水分。 	<p>如前</p>
顧問	<ol style="list-style-type: none"> 1. 攔河堰在上盤位置較無漏水問題，若在下盤將有漏水問題。 2. 大尖山斷層 100 年才發生一次，對越域引水路應無影響。 	<p>如前</p> <p>如前</p>
水利處程課長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 溢洪道是否安全，能否以工程方法克服？若能克服即可以提報本計畫之工程計畫書。 	<p>知悉</p>
水利處王副工程司	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有關 MCE 之 PGA 值採用 0.45 或 0.56g，及水平地震力係採用 0.23 或 0.28，應決定採用一個數字，不宜有二個數據。 2. 大壩安定方面經交大教授分析應可維持原規劃案，但須有量化數據佐證。 	<p>本研究建議採用 0.45g，以保守觀點，大壩安定分析採用兩者</p> <p>詳見期末報告表 5-5 至表 5-9</p>

位及人員	審查意見	辦理情形
水利處水利規劃試組長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 前期原規劃案採用之地震係數是多少？安定分析之結果是如何？本次921地震後之修正地震係數是多少？安定分析的結果是如何？應列表比較。 2. 雖然分析有四個方法，將來呈報行政院經建會之結論與建議只有一個採用數字。 3. 湖本層開挖出來之濾料仍應再加處理較佳。 4. 動態分析方面是否有問題？ 5. 引水路隧道洞口應無問題，因以前已鑽探過。 6. 921地震後已經證明攔河堰不在斷層上，故堰址不宜往下游移，一則將產生水頭高度不足，二則因接近斷層位置，位於下盤時將產生漏水現象。 7. 溢洪道位置角度問題，將來細部設計時再檢討。 8. 因增加工程費有限，故建議在細部設計時再修正。 	<p>詳見期末報告表 5-5 至表 5-11</p> <p>各種分析方法考慮之基礎不同，本報告仍以四種結果列出，至於呈報行政院經建會之結論與建議由貴所決定</p> <p>謝謝！</p> <p>本計畫未進行動態分析，大壩穩定採用擬靜力分析</p> <p>知悉</p> <p>知悉</p> <p>知悉</p> <p>知悉</p>

位及人員	結論	辦理情形
論-水試所 長正男	<p>一、經交通大學研究評估與各學者專家與會充分研究討論後，有關大壩部分，九二一地震後採用之修正係數，經數個方法分析，認為均安全，原則上大壩仍維持原規劃案。但為謹慎起見，有關大壩內部濾層部分是否需調整，在將來細部設計時再進一步研討。</p> <p>二、溢洪道布置角度問題，於細部設計時再進行詳細探討，因工程費增加有限，在細部設計時再修正。</p> <p>三、攔河堰因不在斷層上，只有引水路暗渠部分通過大尖山斷層，未來在細部設計時再檢討工法。因其費用影響整體工程費幅度有限，目前暫不變更。</p>	<p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p>

期末報告

人員	審查意見	辦理情形
處程課長	<ol style="list-style-type: none"> 1. P.75 四種推估壩體水平地震加速度之方法請詳予說明。 2. 壩體安定分析演算結果，應予評估說明。 3. PGA 選為 0.45g 之理由，請予說明。 	<p>遵照辦理，見期末報告第五章一、主壩安定分析</p> <p>遵照辦理，見期末報告 91 頁至 98 頁</p> <p>遵照辦理，見期末報告 60 頁及 61 頁</p>
處王副工程司	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告付梓格式請依規定辦理。 2. 建議增列摘要章節，將研究結果重要數據摘錄。 3. 建議增列圖目錄與表目錄。 4. 結論所提內磅斷層，報告並未提及，請補充。 5. P.12 湖山湖南水庫預定壩址位於「石榴班溪」，請修正為「梅林溪」，與原提報工程計畫書內容一致。 6. P.40 大尖山斷層言及其最大的層位落差達四千公尺以上，請說明。 7. P.46 湖南水庫、湖山水庫請修正為湖山、湖南水庫。 8. P.51 依水資局規定，請修正為依經濟部水庫安全評估地質與地震評估規範（草案）之規定。 9. 報告中之計「劃」請修正為「畫」，規「畫」請修正為「劃」。 10. P.67 表 9 分析用之最大可能地震規模（MCE），本次計畫採用 ML7.4，7.7，7.5 為何，請說明。 11. 原規劃 PGA 採用 0.30g，本次計畫重新評估結果採用 0.45g，惟依大壩安定分析結果，卻可維持原工程規劃案，請具體說明，否則非專業人士可能很難接受。 12. P.111 本計畫分析該段文章請刪除。 	<p>遵照辦理</p> <p>遵照辦理</p> <p>已增列</p> <p>參看 37 頁第(8)點，已補充</p> <p>已修正</p> <p>參看 23 頁註一</p> <p>已修正</p> <p>已修正</p> <p>全部修正完畢</p> <p>遵照辦理，見期末報告第 60 頁</p> <p>本期採用之分析參數，未經折減，詳見報告 91 頁至 98 頁</p> <p>已刪除</p>
水利規劃試	<ol style="list-style-type: none"> 1. 溢洪道邊坡穩定的問題，要做怎樣的調查才能控制？或建議如何調查，應在寫清楚點。 2. 原規劃報告內推估水庫壽命六百年應是指經濟使用狀況，與實際壽命在感覺上之差異應會有。 	<p>遵照辦理，見期末報告第 106 頁及第 113 頁</p> <p>謝謝指教！！</p>

單位及人員	審查意見	辦理情形
水利處水利規劃所蔡副所長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告欠摘要，且寫法應參考本所規劃之報告。 2. 請補充圖目錄及表目錄，以方便查閱圖表，另圖表之編號係以章節之號碼去編。 3. 請說明湖山壩右壩墩及溢洪道邊坡不穩定問題，是否與九二一地震後之現地現況相吻合。 4. 部分傾斜管資料未使用，主因是在可行性規劃階段將完成之後再補充之觀測資料，此可做將來細部設計階段之參考，報告內之用詞請修改。 	<p>已增列</p> <p>以補充及修訂</p> <p>九二一地震並無明顯跡象顯示本區邊坡滑動，因此無法比較</p> <p>遵照辦理</p>
水利處水利規劃所廖組長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書封面須更改，另委託機關名稱在報告內之第二頁才呈現。 2. 報告書內容之寫法應依照本所規劃報告之方式撰寫，並補充摘要章節。 3. 輸砂量深度依原規劃報告計算只有3mm左右，採用10mm已很保守了。 4. 有關地震觀測站儀器埋設，建議將來在細部設計階段時由本處中區水資源局執行。 5. P.4之前言敘述請再修正。 6. 圖二比例尺太小，圖內之地形等高線過於簡略，以致無法顯現出地形特徵，例如P.22頁下方強調太平地區被劇烈抬昇，然而在圖中卻找不到太平。此外各不同時其的高、低位階地，其相對高程義無法由圖中研判。 7. P.33圖三太小且大尖山斷層的標示不夠清晰，易為其他線條所干擾；另有些地點如沖積層的範圍內為斷層所通過時，仍以時線表示，顯有不妥，請校正。 8. 建議以一張圖幅將九二一地震前地質文獻的車籠埔斷層與大間山斷層的相關位置和本計畫所調查之成果相對照。 9. P.41(5)及(6)之建議工作請修改敘明在何時做。 10. P.101第11行之建議增加水庫容量應是屬於集水區保育治理方面之工作。 	<p>已更正</p> <p>已補充及修正</p> <p>謝謝指教</p> <p>列入建議</p> <p>已納入緒論</p> <p>已重新繪製標示，惟因報告紙張版面限制，詳圖可以所附CD中圖檔放大檢視。</p> <p>所指圖幅，因係整體示意圖，為小比例尺，故全為實線，而後之A、B、C、D、E等子圖即以虛線表示沖積層之斷層帶</p> <p>遵照辦理</p> <p>遵照辦理</p> <p>謝謝指正</p>

單位及人員	審查意見	辦理情形
水利處水利規劃 水源組簡副研究 員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 附錄二內之野外地質調查照片，請彩色印刷五本，餘為黑白印刷。 2. 報告內圖表應分別放在文章敘述之後頁，而非集中放在一起。另文章段落順序之編排方式請依本所規劃報告之格式。 3. 越域引水路通過大尖山斷層段之寬度約為多少公尺，請敘明。 4. 本計畫報告印刷完成之期限，是否須延長。 5. P.2 第 5 行應是車籠埔斷層以「西」不是以東。 6. P.2 建議 1 之文字敘述有遺漏，請更正。 7. 報告錯別字請更正，如 P.8 第 8 行之 1022「集集」應改為「嘉義」。P.21 最後一行層「為」落差改為層「位」落差。P.79 表 15 之 $g=18$ 改為 $g=0.18$。表 17 之 $g=252$ 改為 $g=0.252$。 	<p>遵照辦理</p> <p>遵照辦理</p> <p>已於 20 頁中說明</p> <p>謝謝</p> <p>已修改</p> <p>遵照辦理</p> <p>已更正</p>
利處中區水資 黃工程司	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為報告之完整性，宜補附有關計畫位置圖、壩區工程佈置圖等，並對工程計畫作一簡述。 2. 建議後續應辦理調查分析項目，請略述原由，俾日後本局據以辦理。 3. 報告內部份圖表不甚清晰，請改進。 4. P.111 頁之本計畫分析內容應為多餘，請加以修飾。 	<p>已補充</p> <p>遵照辦理</p> <p>遵照辦理</p> <p>已刪除</p>

人員	審查意見	辦理情形
炳森教授 (意見)	<p>1. P.2 結論 9 中提及預定溢洪道及湖山主壩右壩墩之安全性有問題，是否可評估其影響情形？</p> <p>2. P.52 請列出 CHY028NS 地震站與本水庫壩址相關位置圖，並說明其距離為何？</p> <p>3. P.72 表 11，大壩築壩材料安定分析參數中，zone4 $\phi=40$ 濾料 $\phi=37$ 是否太高，請再檢核並詳細說明其為何種材料？</p> <p>4. 報告中有錯字請更正，如： P.72 (第 3 行) 水平「像」地震係數，應改為「向」。 P.87 (第 1 行)「園」弧形破壞，改為「圓」。 P.89 (第 6 行) 但「期」中四個壩體，改成「其」。</p> <p>5. P.89 表 24 中，(1) 地層 MS，MSS，SS 之位置，深度請加以說明。(2) MS 中 ϕ 值偏高，請再檢核之。</p>	<p>建議下階段進行工程評估</p> <p>chy028 測站位於湖山湖南水庫壩址 10 公里附近，距離車籠埔斷層之垂直距離約為 1 公里。其相關位置請參照 chy028 測站示意圖(包括壩址、鄰近城鎮示意位置) 圖 4-2</p> <p>為前期試驗結果，建議未來進行驗證實驗</p> <p>已更正</p> <p>該表為對全區地層整理結果，因此各種深度皆有可能，實驗值為前期結果，建議未來進行驗證實驗</p>

位及人員	審查意見	辦理情形
學陳維民副教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工作內容符合服務建議書工作項目。 2. 地質調查工作詳實且控制點多。 3. 航照判識內容深入，惟判識圖(圖二)品質太差，階地符號及位置皆無法看清楚，建議重新繪製。 4. 車籠埔斷層之斷層面傾角依震央及震源深度所定結果，由北而南差異頗大，大致介於30-60度間。本次調查成果，依三露頭點定出大尖山斷層之傾角為15-20度，此為重大發現，為未明細交代計算方式，建議於報告書補充。 5. 初期報告，本人建議壩址附近之桐樹湖斷層(雲林斷層)對水庫之影響，請納入報告之建議內。惟期末報告並未討論及有任何建議，建議於期末報告內加入此部分。 	<p>謝謝！</p> <p>謝謝！</p> <p>已改善重新繪製</p> <p>已補充</p> <p>依中央地質調查所分類其屬存疑性活動斷層，建議工程設計前期，做進一步之調查</p>

人員	審查意見	辦理情形
范勝火教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. P.45 表一蓄水量欄請說明。 2. P.45-P.46 表一、表二、表三之引用來源請加註明，另上、下標請清楚標明。 3. P.51 方程式之符號，請註記說明。 4. 請說明 P.40 第六行之「層為落差達四千公尺以上」，是如何求出。 5. P.25 圖二請註記大人凍林道位置。 6. P.60 及 P.61 人工合成地震歷時較實測值小，是否合理，請檢核。另外頻率含量的差異性有多大？ 7. P.52 表六之 σ 數字位置顛倒。 8. P.75 人名 Idriss 才對，報告內漏掉 S 字。 9. P.88 表 23 $\phi = 21-25$ 數字上下中斷，請重新整理。 10. P.90 邊波滑動潛勢分析表中 $F_s \leq 1$ 者，請在圖中標明位置。 	<p>已說明 已標示</p> <p>已說明</p> <p>已說明同前</p> <p>已註記 因為土壩的自然頻率在頻率 1 左右，因此在考慮設計反應譜時會將該頻率周遭的 S_a 設計值提高，以確保土壩在地震歷時接近自然頻率之處的安定性。配合這樣的考量所製作得之人工合成地震歷時會與輸入之實測地震歷時的頻率含量在土壩自然頻率處有所差異。</p> <p>已更正</p> <p>已更正</p> <p>已更正</p> <p>詳見剖面位置圖 5-6 (100 頁)</p>

單位及人員	結論	辦理情形
論-水試所 勝彥	<p>一、本計畫期末報告初稿原則認可。</p> <p>二、因報告目錄要修改，內容按本所規劃報告形式撰寫，本報告之修正稿須於89年10月31日前送達。本計畫工作期限延到89年11月30日止，交大完成報告印刷，並送達本所。</p> <p>三、各參加單位所提意見，請交大列入報告內修改。</p>	<p>謝謝。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p>



TF-1

大人凍林道開挖出來的大尖山斷層露頭，斷層泥內夾的頁岩塊顯示出此斷層帶岩盤為十六分頁岩。



TF-2

大人凍林道嶺腳二號橋受 921 地震破壞情形，大尖山斷層通過此處。



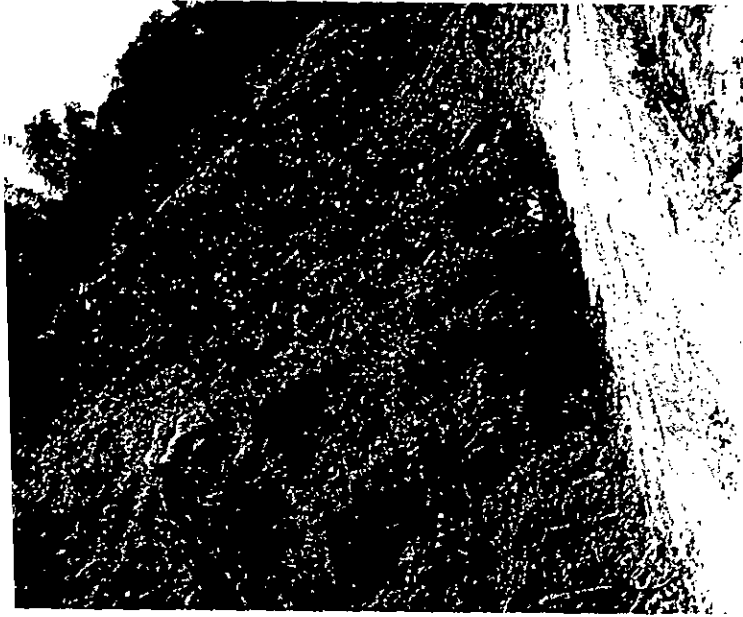
TF-3

大人凍林道上的大尖山斷層露頭。



TF-4

大人凍林道地表破壞情形。



TF-5

投 52 產業道路上的大尖山斷層露頭。
(GPS 二度分帶座標 217579,2619436)



TF-6

大尖山斷層通過山坪頂產業道路，造成道路駁坎錯動破壞的情形。
(GPS 二度分帶座標 216891,2618741)

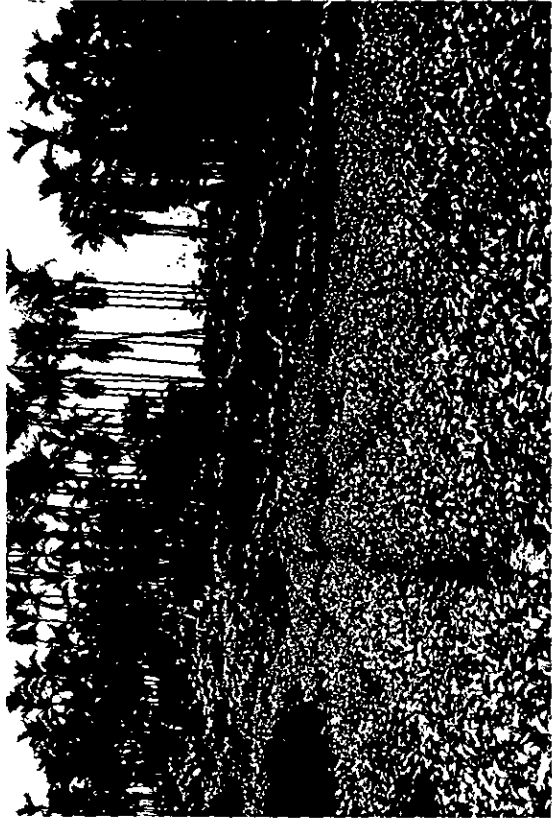


TF-7 921 地震造成山坪頂地區產業道路隆起破壞。
(GPS 二度分帶座標 216960,2618922)



TF-8

山坪頂階地上茶園受斷層錯移影響，右側塊體相對上升三、四十公分。



TF-9

山坪頂階地東南側塊體相對上升，地形上似有一高起約 2 公尺的斷層崖，為受農作整地及地表水流侵蝕影響而致斷層線崖不明顯。



TF-10

山坪頂階地被 921 地震斷層錯動情形，左側塊體向上逆衝。



TF-11

山坪頂階地東南側塊體相對上升，茶畦在斷層兩側有明顯的落差。



TF-12

大尖山斷層在加走溪左岸的斷層露頭，此露頭顯現頭斜山礫岩塊夾於桂竹林層的斷層泥中。

(GPS 二度分帶座標 216059,2618437)



TF-15

大尖山斷層在林頂階地產業道路錯動情形，斷層顯現右移性質，將水溝錯移近一公尺多。

(GPS 二度分帶座標 214560,2616914)



TF-13

大尖山斷層通過瑞竹階地，但是並無斷層線出現。



TF-14

加走寮溪左岸，斷層上盤岩層受大尖山斷層影響呈現破碎狀。

(GPS 二度分帶座標 216013,2618675)



TF-16

大尖山斷層在林頂階地上表現出明顯的右移現象，錯移量約 2 公尺，斷層東側上盤逆衝量僅二、三十公分。此照片可看出原本呈直線的茶園畦被右移兩公尺。

(GPS 二度分帶座標 216595,2618660)



TF-17

茶園被地震斷層錯移。



TF-18

桶頭橋墩開挖顯現階地礫石被夾雜於斷層泥內。

(GPS 二度分帶座標 219138,2623294)



TF-19

桶頭 大尖山斷層帶。

(GPS 二度分帶座標 214433,2616489)



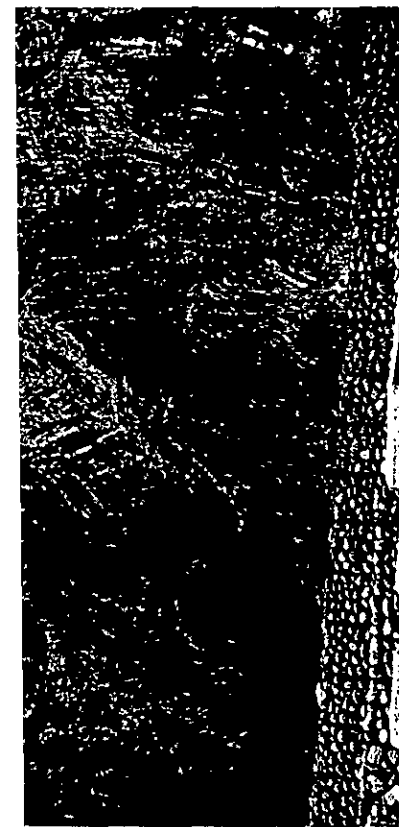
TF-21

大尖山斷層帶，左側礫岩略呈水平狀。



TF-22

指出斷層泥。



TF-19.3

斷層露頭。



TF-20

天心橋右移 40 公分。
(GPS 二度分帶座標 213412,2615750)



TF-23

關刀山砂岩。



TF-24

明隧道的基礎在礫岩上，而上方邊坡明顯地顯露出斷層破碎帶，此即大尖山斷層通過位置。

(GPS 二度分帶座標 212404,2614100)



TF-25

149 號公路，半隧道前（西方）大尖山斷層，右側礫岩岩層位近乎水平。



TF-26.3

大尖山斷層通過樟湖山下方鞍部，台電的電塔基座控出來的岩層全為礫層泥。



TF-26

大尖山斷層，右側為礫岩，左側為關刀山砂岩層。



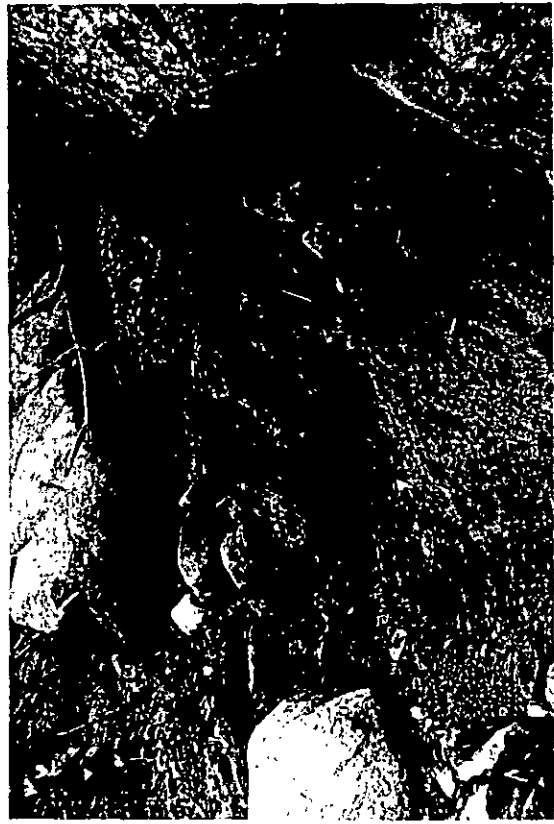
TF-26.4

大尖山斷層切過十字關附近的情形。



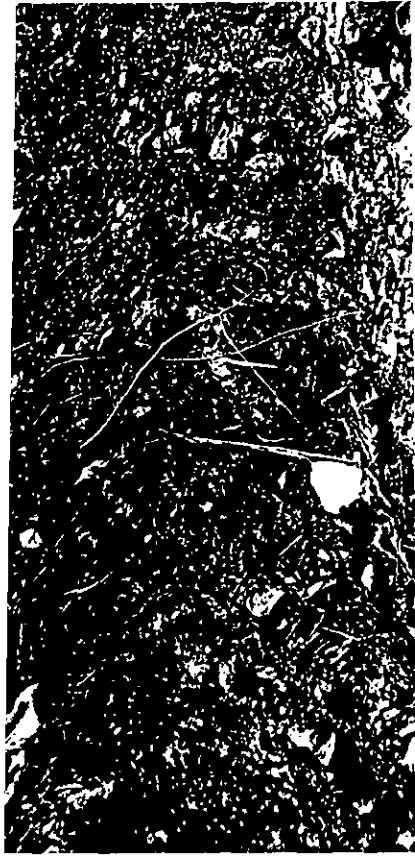
TF-27

大尖山斷層露頭，斷層帶寬約一百多公尺。
(GPS 二度分帶座標 207164,2607216)



TF-27.2

大尖山斷層露頭。



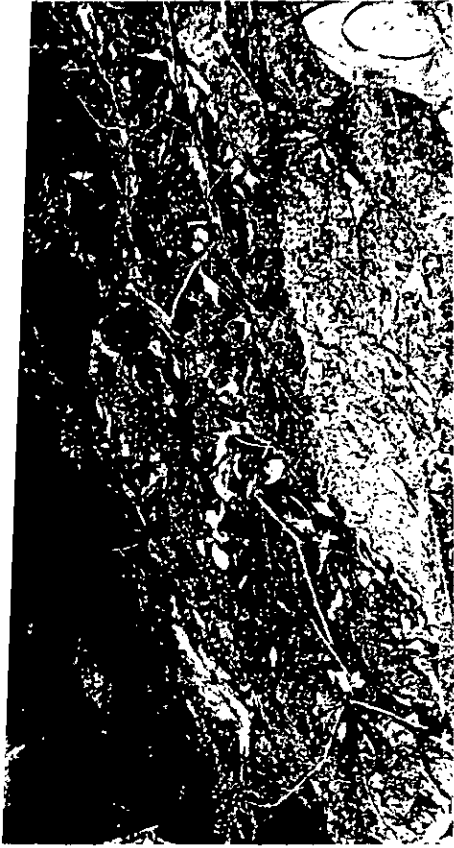
TF-28.2

南莊層砂頁岩互層受斷層影響發生順層面錯動現象。



TF-29

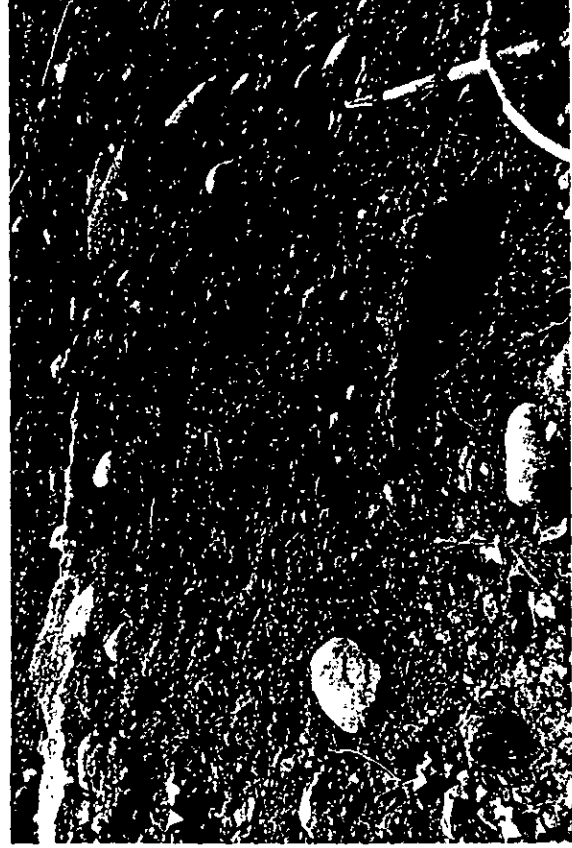
大尖山斷層露頭。



TF-29.2
大尖山斷層露頭。



TF-30.2
斷層泥近照。



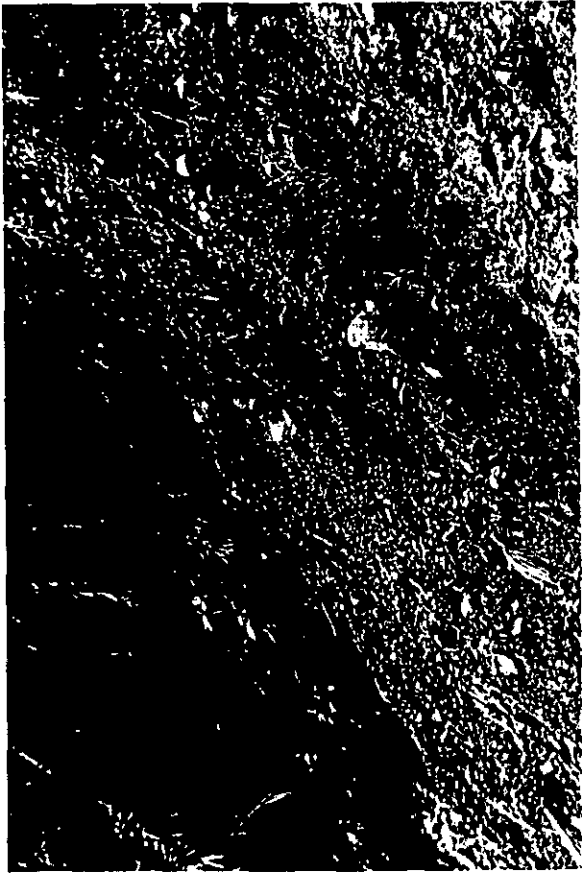
TF-30
整坡挖除的斷層泥。



TF-31
大尖山斷層。
(GPS 二度分帶座標 209159,2602718)



TF-32
十六分頁岩及斷層。



TF-32.2
十六分頁岩及斷層。