

梨山地區地層滑動整治計畫之五

成效評估與後續處理

詹連昌、蘇苗彬

一、整治工程之成效

為了解梨山地滑區現有整治工程之成效與工程構造物現況及功能正常與否，將對各項整治工程進行現地勘查，以便對工程構造物進行成效評估。評估項目依據工程構造物設計目的與功能而有所不同，主要包括：構造物現況、所在位置描述與 GPS 之定位、工程成效是否良好（排水情況、淤積情形與周邊土體安定性等...）、現場照片拍攝及紀錄。

1.1 排水廊道工程成效評估

G-1 排水廊道於民國八十八年三月九日發包，八十八年四月八日開始施工。八十九年二月一日廊道開挖至 120 公尺後，因地質破碎且有大量滲水，於 120、135、180、205、222 與 231 公尺附近，發生多次抽心災害，經多次以管幕、灌漿方式進行搶修後，始恢復正常開挖。目前已完成廊道全部工程，包括洞口保護工（擋土牆及地錨）、預計開挖長度 350M 及襯板組裝及共計 4880 公尺之集水管設置等工程。

G-2 排水廊道於民國八十七年五月二十二日發包，因施工等計畫審查作業，自八十八年三月一日開始施工。已完成廊道洞口保護工（擋土牆及地錨）。九一年一月十日開挖至 461 附近發生抽心災害，停工搶修後現正進行廊道開挖及襯板組裝至 529 公尺。預計 92 年 1 月中旬完成 G-2 廊道工程全部工程。

目前針對 G-1 廊道部分進行相關測量項目，以了解廊道是否變形與位移程度。G-1 與 G-2 排水廊道成效評估如表 1 與表 2 所示，詳細評估項目、方法與後續廊道監測設施，待工程全部接近完工再定案辦理。

1.2 集水井工程成效評估

於 84 至 89 年度間，梨山地滑整體治理計畫在梨山地區共設置集水井 15 座，編號由 W1 至 W16(無 W14)，分佈範圍則涵蓋 B、C 兩區主要滑動土體。集水井構造分為 RC 預鑄環片與鋼板環片兩種，深度由 20M 至 40M 不等。井內並分層鑽設不同方向之橫向集水管 4~7 支，以便地下水排出。底部設有靜水池與排水口，利用重力方式將所收集之地下水排出，井口外圍則以鐵絲網圍籬保護並設置標示牌。除定期之人工流量觀測外，於其中五處(W1、W3、W5、W6、W13)並有水位半自動紀錄裝置，可紀錄靜水池水位高度、溫度等資料，再定期利用手提電腦將資料下載分析。

經現地調查後，目前多數集水井構造物與功能皆屬正常，少部分集水井之橫向集水管出口則有淤積物影響排水功能，觀察淤積之物體，屬紅褐色泥狀物，應為隨地下水流出之含鐵礦物質沉澱，進一步觀察滲水環片四周與井底靜水池，無發現泥沙堆積或沉澱情況，故井壁環片外應無掏空之危險，建議針對集水管口淤塞現象，編列維修清理費予以清除。而因為多數集水井終年有水，故有當地農家、居民私自架設管線與馬達自井內靜水池抽水，可能造成流量觀測上之誤差。調查發現 W12、W13 集水井，為使水位上升方便取水而將井內底部排水口堵塞，將會影響集水井功能，建議清除井底排水口堵塞物以恢復正常排水功能。部分井內環片上有植物生長，為避免植物根系損害井內環片結構，如發現木本植物生長，建議應予以清除。表 3 為集水井工程一覽表，表 4 為集水井工程成效評估表範例，詳細現地調查結果與評估內容如原期中報告之附錄一中之附表所示。

表 3 集水井工程一覽表

編號	所在土體	深度(公尺)	出水口平均 流量(公升/ 分)	附註
W1	B-13	30	30.776	
W2	B-13	30	12.987	
W3	B-11	35	26.245	
W4	B-9	15	14.227	
W5	B-5	20	16.897	
W6	B-5	20	392.225	
W7	B-5	25	389.669	
W8	B-4	15	—	僅有環片滲水
W9	B-5	40	—	居民接管取水
W10	B-2	32	1.935	
W11	B-1	32	1.624	
W12	C-1	40	21.143	底部排水堵塞
W13	C-2	25	77.057	底部排水堵塞
W15	B-9	40	4.546	
W16	B-9	40	7.266	

※ 出水口平均流量為 90 年 11 月至 91 年 8 月間每次量測結果之平均值。

※ 多處集水井內有居民接管取水，造成出水口流量與井內觀測流量不符。

※ W8 出水口無水；W9 出水口居民接管取水，故無法量測。

表 4 集水井工程成效評估表範例

評估日期：民國 91 年 07 月 31 日

基本資料	編號	W1					
	GPS 定位	座標 E	274730				
		座標 N	2683125				
	地表高程	2055					
所在滑動土體	B13						
位置描述	梨山農會後方斜坡（B13 滑動土體上） 接近往福壽山道路的果園中。						
工程概要	設置日期	民國 87 年 02 月 27 日		經費(元)	84 年度第一期整治計畫 -33,767,416		
	施工單位	文健營造股份有限公司					
	工程內容：預鑄鋼板環片集水井，直徑 3.5M，總深度 30M。集水井內深度 23.5M 與 32.0M 處分別設置 8 支與 10 支不同方向之橫向集水管，總長度 990M。底部設置兩支排水管，總長度 175M。						
工程現況	工程構造物現況	良好	✓	局部損壞		毀壞	
	排水功能現況	良好	✓	局部阻塞		堵塞	
	環片滲水狀況	無		少許	✓	嚴重	
	工程現況描述：此集水井為密閉式，井內每一定深度設有工作平台以供作業。目前有當地農家於井內抽水使用，造成底部排水管出水流量與橫向集水管流量總合不同。井口處設有底部淨水池水位自動紀錄裝置。 						
成效評估與建議	集水井 W1 目前橫向集水管排水功能正常，管口無堵塞現象。底部淨水池排水管亦排水良好，無水位上升現象。建議定期檢查及評估排水功能正常與否。						

1.3 橫向集水管工程成效評估

現有橫向集水管共 38 處，編號以 H、HB、HC、H89 表示，分佈範圍涵蓋 A、B、C 三區滑動土體。經現地勘察後，屬較早期設置之 H 橫向排水部分，因為地下水位下降、管口堵塞、植物嚴重覆蓋與構造物毀壞等原因，多半已無排水功能，少部分管口仍有少量滲水。而 HB、HC、H89 部分則因屬於較近期之工程，並設有沉沙池，故構造物與排水情況較為良好，從排出水清澈程度與管口觀察後，亦發現無泥沙淤塞現象。位於果園中或住家附近之橫向排水管，所排出水則有農民與居民接管線使用，其中位於梨山賓館晒衣場前方，橫向集水管 HB-2 為梨山賓館用水。

現地調查內容主要由構造物外觀評定工程構造物是否受損，由排水與管口植物生長情況評估橫向排水管排水功能是否正常，另外觀察排水管口是否有泥沙淤積堵塞現象。表 5 為橫向集水管工程一覽表，在評估表中並將橫向排水管數目、排列方式與有無排水以圖示方式表示，其範例如表 6 所示，詳細工程現況與評估內容如原期中報告之附錄二中之附表所示。

表 5 橫向集水管工程一覽表

工程編號	所在滑動土體	目前排水情況評估	建議事項	附註
H-1	B5	管口堵塞，無排水。	已無排水功能。	
H-2	B5	管口堵塞，無排水。	已無排水功能。	
H-5	B9	管口局部堵塞，少量滲水。	清除管口堵塞，定期維護。	
H-6	B9	管口局部堵塞，少量滲水。	清除管口堵塞，定期維護。	
H-7	B9	管口局部堵塞，無排水。	清除管口堵塞，定期維護。	
H-8	B9	管口局部堵塞，少量滲水。	清除管口堵塞，定期維護。	
H-9	B9	管口堵塞，少量滲水。	清除管口堵塞，定期維護。	
H-10	B4	管口堵塞，無排水。	已無排水功能。	
H-10-1	B9	管口堵塞，無排水。	已無排水功能。	
H-11	B3	目前無排水。	定期清理與維護。	
H11-1	B4	目前無排水。	定期清理與維護。	
H-12	B4	管口堵塞，少量滲水。	清除管口堵塞，定期維護。	
H12-1	C2	目前無排水。	定期清理與維護。	
H-13	B2	管口堵塞，少量滲水。	清除管口堵塞，定期維護。	
H-14	A1	管口堵塞，無排水。	已無排水功能。	
H-15	A6	管口堵塞，無排水。	已無排水功能。	
H-16	B9	管口局部堵塞，少量排水。	清除管口堵塞，定期維護。	
HB-1	B11	排水情況良好。	定期清理與維護。	
HB-2	A11	排水情況良好，水量大。	定期清理與維護。	梨山賓館用水

表 5(續) 橫向集水管工程一覽表

工程編號	所在滑動土體	目前排水情況評估	建議事項	附註
HB-3	B16	管口局部堵塞，無排水。	清除管口堵塞，定期維護。	
HB-4	B16	管口局部堵塞，少量排水。	清除管口堵塞，定期維護。	
HC-1	C1	管口局部堵塞，少量排水。	清除管口堵塞，定期維護。	
HC-2	C1	管口局部堵塞，無排水。	清除管口堵塞，定期維護。	
H89-1	C1	目前無排水。	定期清理與維護。	
H89-2	C1	排水情況良好。	定期清理與維護。	居民接管引水使用
H89-3	B29	排水情況良好。	定期清理與維護。	
H89-4	B29	排水情況良好，水量小。	定期清理與維護。	
H89-6	B11	排水情況良好，水量小。	定期清理與維護。	居民接管引水使用
H89-8	B32	排水情況良好，水量大。	定期清理與維護。	居民接管引水使用
H89-9	B32	排水情況良好。	定期清理與維護。	居民接管引水使用
H89-10	B22	排水情況良好。	定期清理與維護。	
H89-11	B22	排水情況良好。	定期清理與維護。	
H89-12	B33	排水情況良好。	定期清理與維護。	
H89-13	B5	目前無排水。	定期清理與維護。	
H89-14	A11	排水情況良好。	定期清理與維護。	
H89-15	A11	排水情況良好。	定期清理與維護。	
H89-16	—	排水情況良好。	定期清理與維護。	居民接管引水使用

表 6 橫向集水管工程成效評估表範例

基本資料	工程編號	H-1						
	GPS 定位	座標 E	275456					
		座標 N	2683146					
	地表高程	1983						
所在滑動土體	B-5							
位置描述	梨山賓館後方上邊坡步道涼亭旁。							
工程概要	施 工 期 間	85/04/23~85/04/24		經 費(元)	85 年度共 20,580,000 (包括 H-1,2,3,4, 10,11,12,14,15)			
	排水孔位排列	○ ○ ○○ ○○ ○○ ※目前排水情況:無水○有水 ◎						
工程現況	工程構造物現況	良 好		局部損壞	✓	毀 壞		無法評估
	排水功能現況	良 好		局部阻塞		不 良	✓	無法評估
	泥沙堵塞情況	輕 微		中 等		嚴 重	✓	無法評估
	附 註	共 8 支橫向排水管。						

1.4 防砂工程成效評估

為防止坑溝沖刷與控制地表高程，自 84 年度起，編列預算於適當地點設置防砂工程，目前總計有防砂壩二座與 69 處潛壩、跌水工與末端處理等。完成防砂壩與潛壩所在地點調查、地圖上位置標定與工程原始資料收集後，進行數次現地調查。現地調查採沿工程所在坑溝，徒步自上游處向下游處找尋工程構造物，以進行工程現況紀錄與成效評估；其中以週邊土體安定性、排水功能現況與坑溝淤積情況為調查重點，週邊土體安定性主要為坑溝沿岸邊坡是否有崩坍情況、工程構造物是否有明顯錯動或位移情況發生等為依據，排水功能則視河道排水順暢程度而定，坑溝淤積則為了解河道中堵塞情況嚴重程度，其中垃圾、土石堆積與植物覆蓋等狀況之嚴重程度為調查重點。

調查中發現工程構造物（潛壩、跌水工與末端處理等...）大致並無嚴重毀損情況，少數潛壩與跌水工構造物下方因受水流沖刷而有壩體基部遭掏刷

現象，有進一步危害構造物之可能。排水功能方面，因上游處隨水流而下之垃圾、樹木枝幹與雜物等...，在河道坡度較緩處或潛壩上方堆積，影響局部水流行進或小部分水流積聚形成水潭，並可能增加地表水入滲機會；調查中於 E-3 工程與四期工程範圍內，分別發現一處與二處之坑溝沿岸坡面坍塌現象，並據下游處老部落當地果園農家表示，曾因連續大雨造成泥水夾帶土石自坑溝順流而下，將早期設置之固床工與跌水工破壞，故仍須重視河道周圍土體之安定性與淺在土石流危險。

建議就上述情況編列預算清除坑溝河道中堆積之垃圾、土石與傾倒木，並對下方壩體遭掏刷之潛壩進行修復與補強，同時針對 E-3 工程與四期工程範圍內邊坡崩坍處，進一步調查是否須加強邊坡穩定工程或植生，以避免崩坍情況持續擴大或因雨造成下游土石流危害。

評估表中以不同期工程作為區分，共分為一期、二期、三期、四期與 E-3 潛壩工程，加上 A-3 土體保護工程及新建之 E-6 潛壩工程等共六處分別進行評估，其範例如表 7 所示，詳細工程現況與評估內容如原期中報告之附錄三中之附表與附圖所示。

表 7 防砂工程成效評估表範例

基本資料	工程名稱	梨山地滑區 E-3 坑溝潛壩工程						
	分佈高程	1870 - 1720（工程構造物分布起點－終點之地表高程）						
	位置描述	沿 B-9 滑動土體西側坑溝，分佈於台七甲線下方邊坡。						
								
工程概要	設置日期	民國 88 年 02 月		經費(元)	14,383,000			
	工 程 內 容：一號潛壩：主壩乙座、副壩二座、末端處理乙處。 二號潛壩：主壩乙座、副壩二座、末端處理乙處。 （一）號階段壩：階段壩三座。 （二）號階段壩：階段壩二座、末端處理乙處。 （三）號階段壩：階段壩乙座、末端處理乙處。 （四）號階段壩：階段壩六座、末端處理乙處。 三號潛壩：主壩乙座、末端處理乙處。							
工程現況	週邊土體安定性	良 好		尚 可	√	欠 佳		無法評估
	排水功能現況	良 好	√	局部阻塞		堵 塞		無法評估
	淤 積 情 況	輕 微	√	中 等		嚴 重		無法評估
	工程現況描述： 經數次現地探勘後，本期工程內之構造物主體無嚴重損壞情況，但一號潛壩之副壩壩體下方，經水流沖蝕後有掏刷情況，可能影響壩體結構安全。河道護岸則有數處毀損，以及下游處河道中有傾倒木與土石塊堆積，並發現河道旁一處穩定性欠佳之坡面，唯目前情況尚不致影響正常排水。工程現況如附圖所示。							
成效評估與建議	目前河道內雖有堆積物，但不影響排水功能，調查中並無發現嚴重河道向下刷深、向源侵蝕或土體滑動現象，故研判工程應已發揮應有維持地表高程與排水之功能。							

1.5 地表排水工程成效評估

地表排水系統之目的，主要是防止雨水滲入地下或地滑區外之地表水流入及入滲，助長地下水位升高而誘發地滑之活動。因此地表排水相關設施之調查，主要係探討現有排水措施之規劃與構造物現況，是否可達到排除地表水之功能。完成地表排水溝所在地點調查、地圖上位置標定與工程原始資料收集後，陸續對所有計畫內地表排水工程進行現場勘查，對工程構造物現況加以紀錄並評估工程成效。調查中以排水工程構造物是否完整、排水功能是否正常與周邊土體之安定性為評估重點。

經現地調查後發現，工程構造物與周邊土體安定性皆屬良好情況，排水功能則受溝內雜物堆積與植物覆蓋而有所影響；另外大部分排水溝於乾季或無雨時，溝中並無排水，在雨季或遭逢大雨時方能發揮功能。建議應定期清理地表排水構造物內之堵塞物與覆蓋之植物，以維持排水暢通。本次評估中對地表排水工程 P-1~5、7 與 V-1、3~7 進行調查，表 8 為地表排水工程一覽表，其範例如表 9 所示，詳細工程現況與評估內容如原期中報告之附錄四中之附表所示。

表8 地表排水工程一覽表

工程編號	所經滑動土體	排水情況評估	建議事項	附註
P-1	B14、B15、B19	目前無排水	清除雜草及淤沙、整理吊掛管線	
P-2	B6、B7	目前無排水	清除雜草及淤沙	雜草堵塞嚴重
P-3	B5、B8	排水功能正常、溝中水量小	清除雜草及淤沙、整理吊掛管線	
P-4	B4	排水功能正常	清除雜草及淤沙、整理吊掛管線	位於台七甲線道路邊、建議加蓋
P-5	B29、B30、B31	目前無排水	定期檢查及維護	
P-7	未在分區內	排水功能正常	清除雜草及淤沙	
V-1	A1	目前無排水	清除雜草及淤沙、整理吊掛管線。	雜草堵塞嚴重
V-3	未在分區內	排水功能正常	清除雜草及淤沙、整理吊掛管線。	
V-4	未在分區內	目前無排水	清除雜草及淤沙	
V-5	B4	目前無排水	清除雜草及淤沙	
V-6	B12、B22、B23、B32、B33	目前無排水	清除雜草及淤沙	
V-7	C1、C2	目前無排水	定期檢查及維護	

表 9 地表排水工程成效評估表範例

評估日期：民國 91 年 08 月 28 日

基本資料	編號	P-1							
	GPS 定位 (上游起點)	座標 E	273970						
		座標 N	2683150						
	地表高程	2075-2085							
	所經滑動土體	B14、B15、B16、B19							
位置描述	位於福壽山農場之高麗菜園中，最後流入 V-6 排水溝。								
工程概要	設置日期	民國 85 年			經費 (元)	85 年度 71,170,000 (包括 P-1；V-1, 2, 3, 4)			
	工 程 內 容： 大部分構造物於福壽山農場上，位於菜園與果園中，總長度約 850M。								
工程現況	工程構造物現況	良 好	✓	局部損壞		毀 壞		無法評估	
	排水功能現況	良 好	✓	局部阻塞		堵 塞		無法評估	
	週邊土體安定性	良 好		尚 可	✓	欠 佳		無法評估	
	工程現況描述：起始端位於 W1 集水井鄰近果園中，並向福壽山農場方向延伸，有部分果樹落葉堆積，溝內設有水管等...灌溉管線。								
	 								
成效評估與建議	目前溝中無排水，有農地灌溉管線設置與雜物落葉堆積。建議清除雜草及淤沙、整理吊掛管線。								

二、整體安定性評估

梨山地滑區在位於中央山脈西翼之**斧標山脈帶地質分區**之西側邊緣，出露之地層為第三紀中新世之廬山層。該地層主要由黑色至深灰色板岩、千枚岩、硬頁岩和深灰色砂岩互層組成，偶有零星散佈之泥灰岩團塊，劈理構造發達（何春蓀，1986）。地滑區內覆蓋於新鮮岩盤上之滑動地層主要由風化板岩塊、板岩屑、黏土質土壤組成，組織鬆散而不均勻。岩盤風化深度與氣候、地形、地層岩性、地質構造、河谷解壓及環境等因素有關，一般而言地滑區岩盤風化程度很深，詳細地質說明見“梨山地區的地質”文中所述。

2.1 地滑區現地調查

梨山地滑區呈倒三角形，面積約為 230ha；一般地勢由南向北遞降，最終沒入德基水庫。大甲溪由東向西流經調查區之北緣，沿大甲溪兩岸常有呈東北-西南走向，坡度約為 15° 至 30° 之山脊，相互交錯排列。本區內有兩條主要溪流，分別匯集西區集水區(梨山小築附近)與東南區集水區(梨山賓館至榮民醫院附近)的水，並在調查區中央偏北處匯合後向北流大甲溪。依河流切割侵蝕型態，近大甲溪處應屬壯年期之河谷地形下切作用顯著，河谷兩岸偶有岩盤裸露且坡度亦較陡。山腰佈著狀的大小丘陵地，但在河谷上部接近山脊處，偶顯能老年期形特徵，留有侵蝕或沉積的遺跡；大甲溪河谷橫斷面具有谷中谷之地形特徵，似有因**地層上抬或河道侵蝕基準面下降引起之河流回春作用**發生。

根據地質調查結果，推測本區在過去曾發生過大規模的岩盤地滑形成目前所見，在梨山賓館後方(南側)的馬蹄形陡坡(古滑落崖)下之凹地內，有一向北延伸出之平緩山脊(古滑動體)，而呈凸狀台地型之地滑地形。古滑動體的材料原來較為新鮮或弱風化之板岩，因地層滑動而較周圍破碎，因此易受地表水、地下水、或降雨滲透而風化或黏土化。

梨山地滑區依據地形、地質及滑動現象，以集水區界線可分成西區、東南區、及東北區三個地滑區。先前之研究，工研院能資所(1993)將三個地滑區細分為 A1-A9, B1-B14, C1-C10 等較小的滑動體，中華顧問工程司(1999)則在西區增加 A10-A13 及東南區增加 B15-B31 共 17 個滑動體。

綜合上述之地質及滑動體背景特性探討，擬定將梨山地滑區以能資所提出之西區、東南區、及東北區三個地滑區為基礎，再將東南區區分為東南 I 區(梨山賓館附近之 B1, B4 及 B5 等滑動體)及東南 II 區(溪谷地形中之 B9 ~ B13 等滑動體)。上述四區之特性各有不同，其中西區與東北區之潛層滑動體

特徵接近但水文地質條件受坡向及位置影響可能稍有不同；東南 I 區為具有下伏老滑動面之複合滑動區，行為遠比想像複雜，而東南 II 區則為受溪谷地形影響甚大中之淺層滑動區（參見圖 1）。

參考前人研究、監測結果、區域地質調查研究、地下地質研究、及其他新證據，在此對梨山地滑區地質條件進行進一步之探討。建議將梨山地滑區分為西區、東南 I 區(梨山賓館附近之 B1, B4 及 B5 等滑動體)、東南 II 區(溪谷地形中之 B9 ~ B13 等滑動體)、及東北區等四個地滑區。上述四區之特性各有不同，西區與東北區以沿著風化板岩與新鮮板岩之交界面滑動之淺層滑動為主，東南 I 區為受下伏老滑動面之複合滑動區，而東南 II 區則為受溪谷地形影響甚大中之淺層滑動區。未來應對監測較少之西區滑動區加強處理，並對東南 II 區之處理對策依其滑動特性及背景加以檢討修正。

2.2 邊坡穩定分析方法

邊坡穩定分析為梨山地區地層滑動整體安定性評估的主體，針對治理工程實施前後安全性的比較，擬定由現地勘查監測結果與穩定性分析綜合評估。

邊坡穩定分析一直是土木工程上重要的課題之一，也可以為山坡地邊坡規劃分析，提供重要的依據。本計畫對於邊坡穩定分析剖面之水文地質包含梨山地區之長期監測資料及鑽探資料之地質分析，並用兩種分析軟體做交叉比對，因此除使用一般 PCSTABL 軟體外，另將以加拿大 Rocscience Inc. 研發之 SLIDE 3.0 作為邊坡穩定的主程式，此程式以二維的邊坡穩定進行分析，除了其視窗化及執行效率佳的優點外，SLIDE 可對分析結果進行可查詢分析結果及資料匯出。

2.2.1 剖面線選取與繪製

經由現場調查地形地物、地滑的地表滑動現象與受影響或欲保護對象之重要性以及考量鑽孔分佈與長期監測站之設置位置等，選定 6 條具代表性之剖面線，其相關位置如圖 2 所示。剖面選取之考量有三個重點：

1. 依據梨山地滑地分區，分為西區(原地滑區編號為 A 之地滑範圍)、東南 I 區(梨山賓館附近之編號 B1, B4 及 B5 等滑動體)、東南 II 區(溪谷地形中之編號 B9 ~ B13 等滑動體)、及東北區(原地滑區編號 C1 與 C2 等之 C 區地滑範圍)。
2. 根據鑽探資料之分佈與地形上之考量，以順著滑動方向之剖面選取以及鑽孔較多之區域，利於剖面圖與柱狀圖之繪製，也利於滑動層之研判。

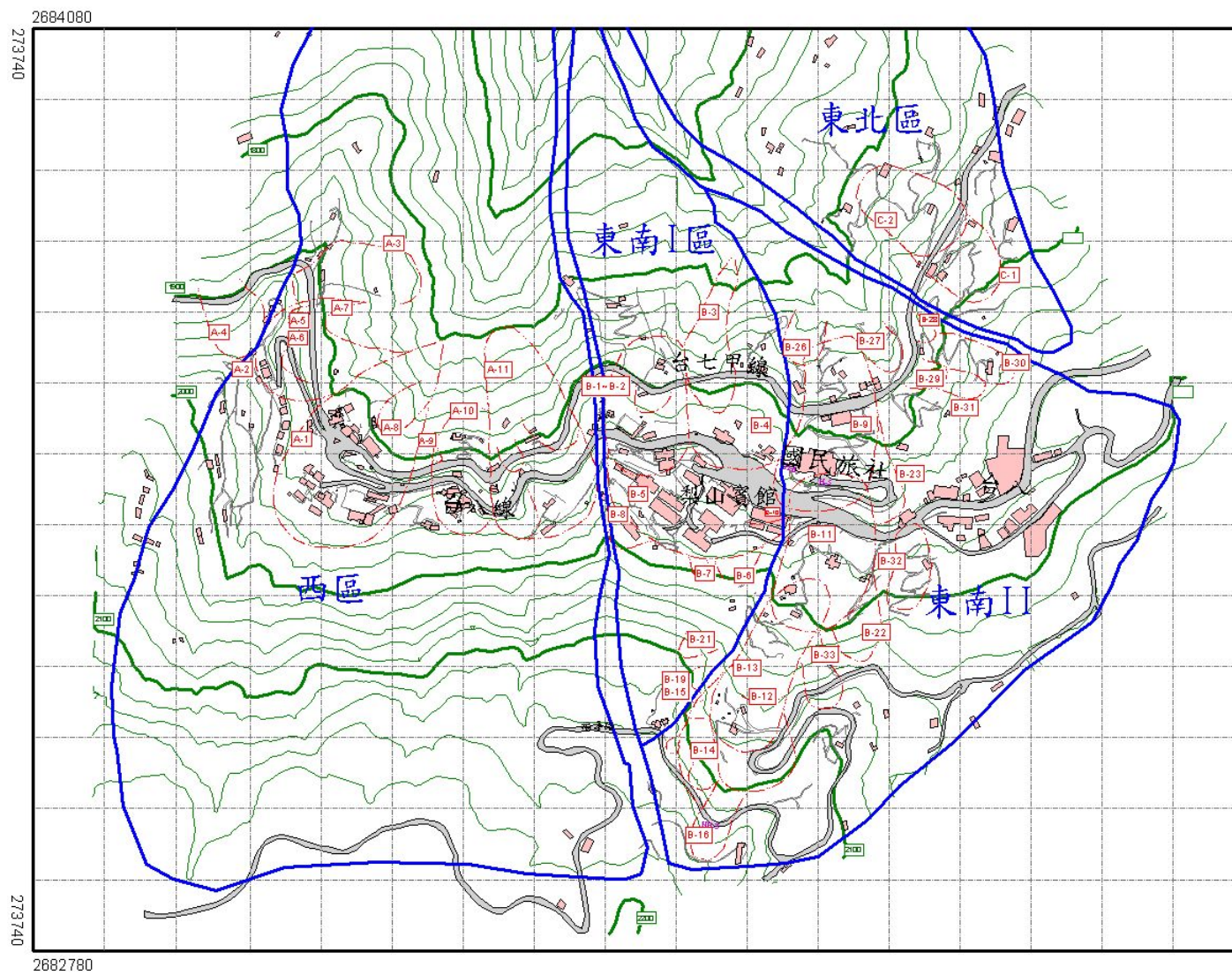


圖 1 梨山地滑分區圖

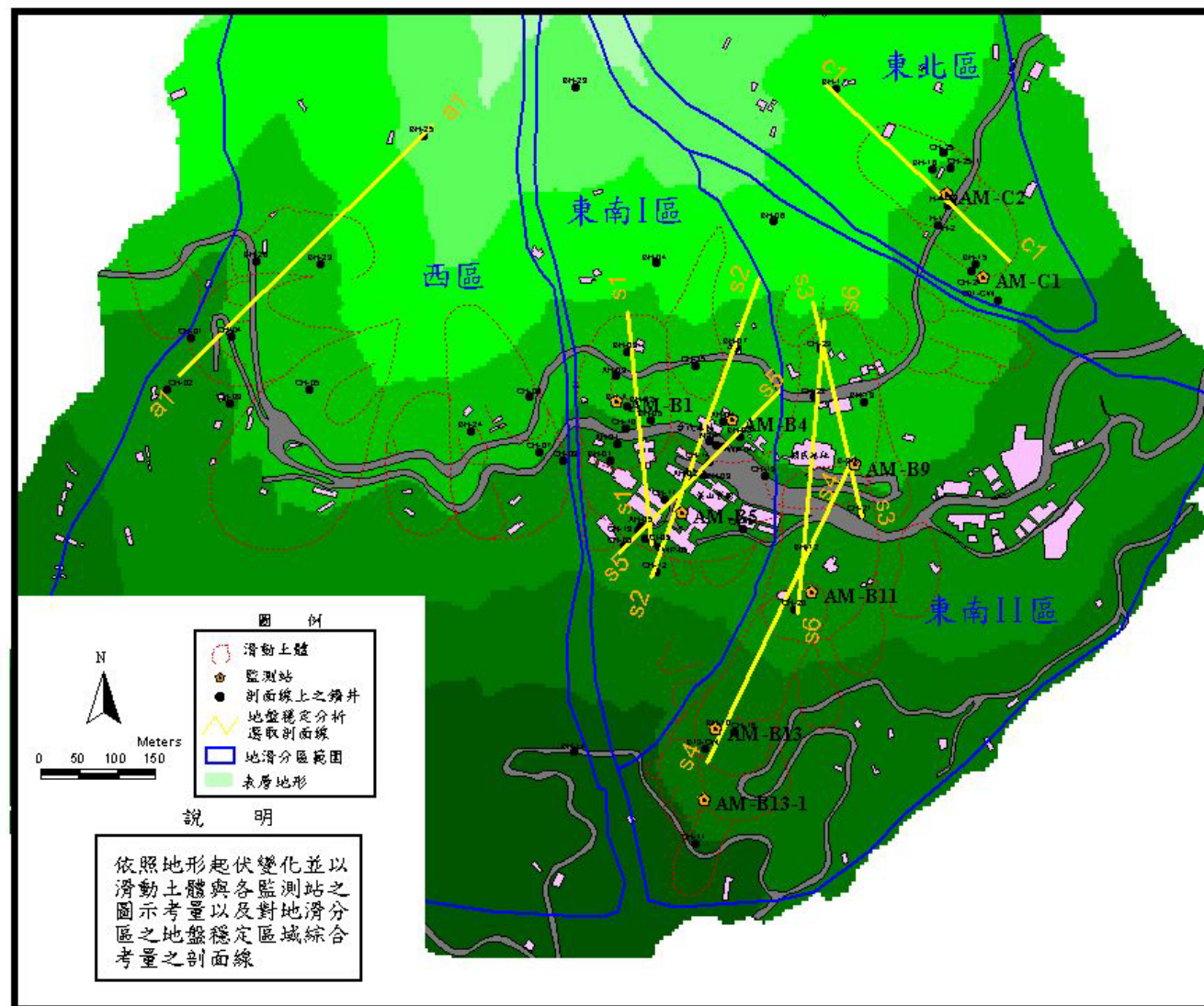


圖 2 相關鑽孔分布與剖面位置圖

3. 監測站位置之考量，因為監測站之監測數據可供滑動面之研判，重要的是為地下水位資料可了解選取剖面之地下水位面之狀況，以便模擬地下水位之高低對邊坡穩定之影響，間接顯示整治工程對整體安定性之影響。

綜合而言，選定分析之剖面分別在西區有一剖面(編號A1)，東南I區選定二處剖面(編號S1、S2、S5)，東南II區選定二處剖面(編號S3、S4、S6)，東北區選定選定有一剖面(編號c1)，針對此八處剖面進行分析，依據個別地質狀況與地下水位之變化情形加以分析探討，以了解整治工程對邊坡穩定之影響性，本次之期中報告針對各個剖面分為無載重與有載重(剖面通過梨山賓館與舊台汽車站或國民旅社等之建築物)作穩定分析之探討，剖面之研判與穩定分析步驟如下所述。

在剖面圖的繪製上，以地理資訊系統 ARCVIEW 軟體作為繪製剖面圖的工具，經由自行撰寫的 AVENUE 巨集程式將所選定的剖面線寫入圖層檔，並以線段(Line、Polyline)的型式儲存，將邊坡穩定分析程式 SLIDE 所需的屬性一併寫入，以便進行剖面的匯出。

AVENUE 巨集程式可一次對四個網格檔進行剖面的繪製，程式將自動的抓取網格檔的高程值，繪製剖面圖使用的網格檔包括梨山的地表網格檔以及崩積層、中風化層與弱風化層之網格檔。其圖 3 為網格檔與剖面屬性相對關係，繪置完成的 S2 剖面如圖 4。

在一般剖面的繪製上，柱狀圖扮演了一個極為重要的角色，柱狀圖不但有助於了解地質的分佈情況，亦可做為剖面線繪製上的參考，利用 AVENUE 的巨集指令來進行柱狀圖的繪製，將圖 4 所繪製的剖面配合柱狀圖之繪製，對可能滑動面進行研判，由於部份鑽孔並不位於剖面上，將以柱狀圖投影的方式繪製於剖面。S2 的柱狀圖如圖 5 所示。

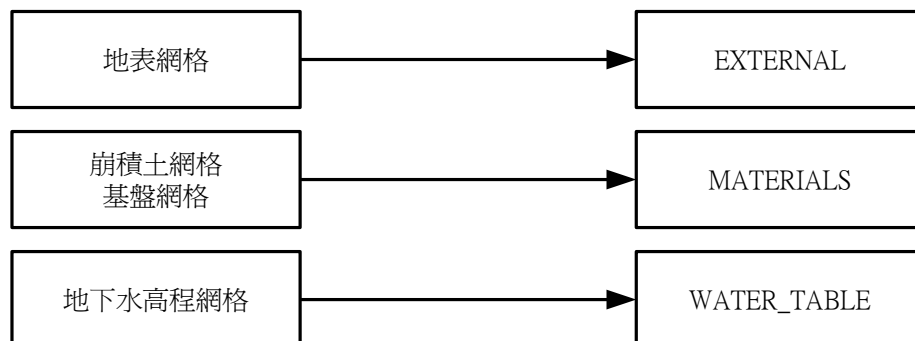


圖 3 網格檔剖面屬性相對關係

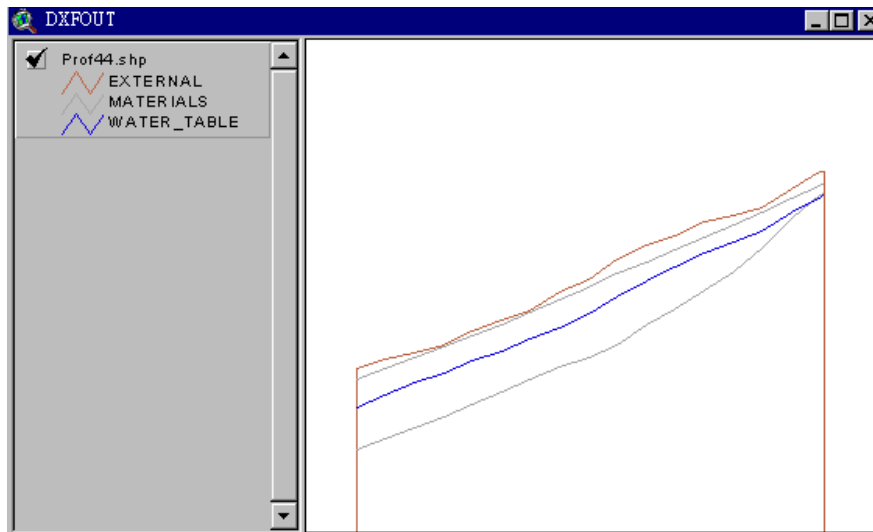


圖 4 繪製完成之 S2 剖面圖

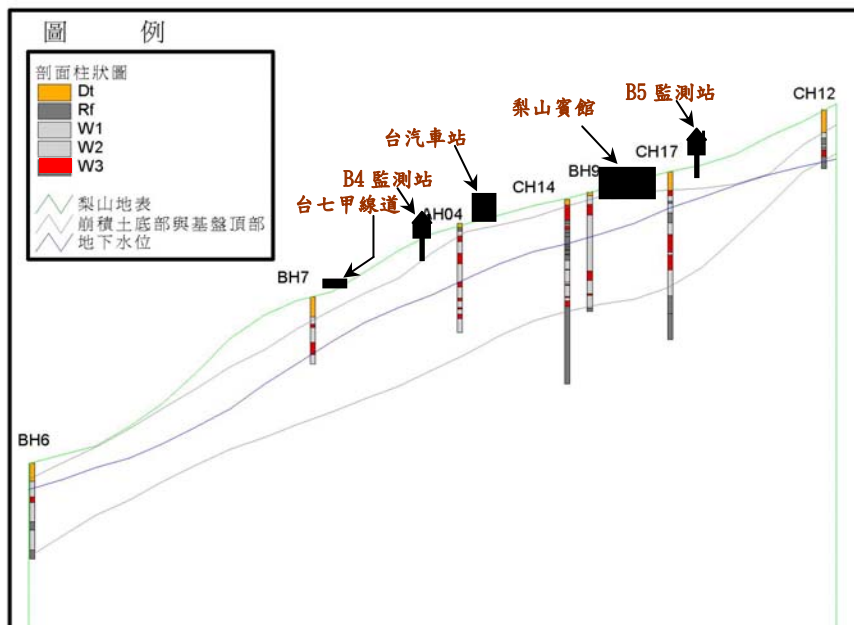


圖 5 S2 剖面柱狀圖

2.2.2 可能滑動面的研判

由行政院農委會水土保持局第二工程所委託中興大學所作之「梨山地滑地區綜合資料庫建立與應用」(89.12)得知梨山地區屬於風化板岩層，此區崩積層因組織鬆散且透水性高，地表水易下滲造成淺層滑動，而板岩層間常夾有為粉砂質砂或黏土，經由室內試驗及理論判釋為 SC(黏土質砂)，加上長期監測結果研判，地層之滑動大多介於此強風化層之界面，因此將此土層簡稱為滑動層(地質分類為 W1)，其物理性質如表 10。本區之地層滑動主要沿著崩積層與板岩中之滑動層產生，主要針對板岩中之滑動層探討其穩定狀況。

表 10 滑動層(W1)物理性質表

W1 地質 符號	有效粒徑		均勻係數 C_u	液性限度 LL	塑性限度 PI
	D_{10}	D_{60}			
	0.003	0.22	73.3	30.3	15.5
	含水量 $W(\%)$	比重 G_s	濕體單位重 r_t	空隙比 e	乾密度 r_d
	12.72	2.77	2.25	0.39	1.996

(註：單位符號， r_t ： t/m^3 ； r_d ： t/m^3)

由梨山地區的監測相關報告及自動監測站之監測資料，將梨山監測得到可能滑動面位置進行整理判釋後可以圖 6 表示，將判釋結果與先前繪製的地質剖面圖，利用柱狀岩心地質與滑動面位置加以比對方式進行可能滑動面的比對，藉由比對的結果，決定可能滑動面的深度，並以剖面的地質狀況及滑動層造成的阻水效應，探討地下水位變動與地質環境的關係。

由以上之相關報告對地質上可能滑動面所作的研判，在剖面柱狀圖上進行準滑動層中可能滑動面的判釋，可直接匯入 SLIDE 邊坡穩定程式，經由地理資料系統與邊坡穩定程式的結合，可對選定區域內進行任意剖面的快速繪製、匯出或進行分析，如圖 7~圖 14 為剖面編號 A1、S1~S6 與 C1 之可能滑動判釋之剖面圖。

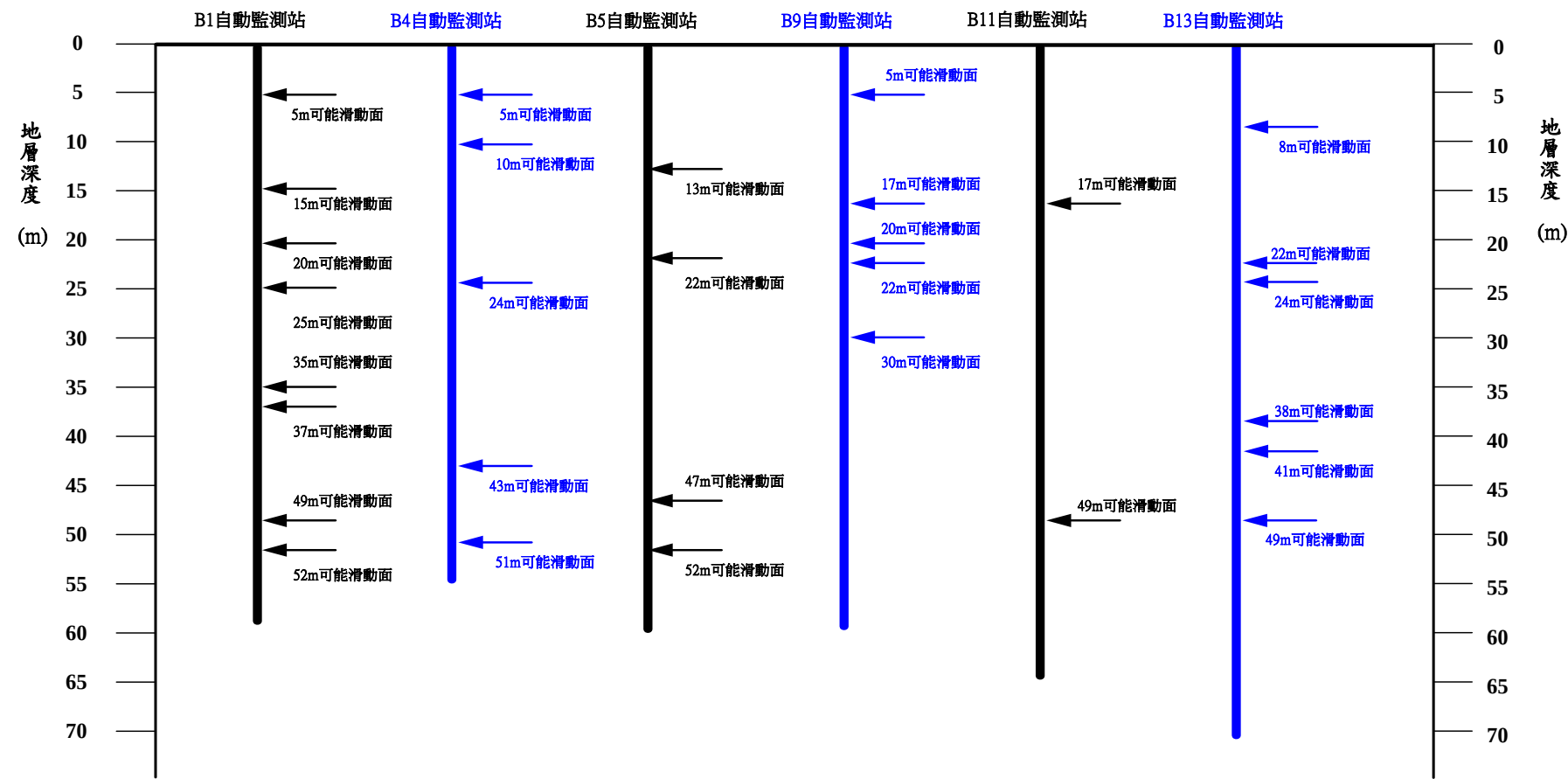


圖 6 自動監測資料滑動面深度判釋圖

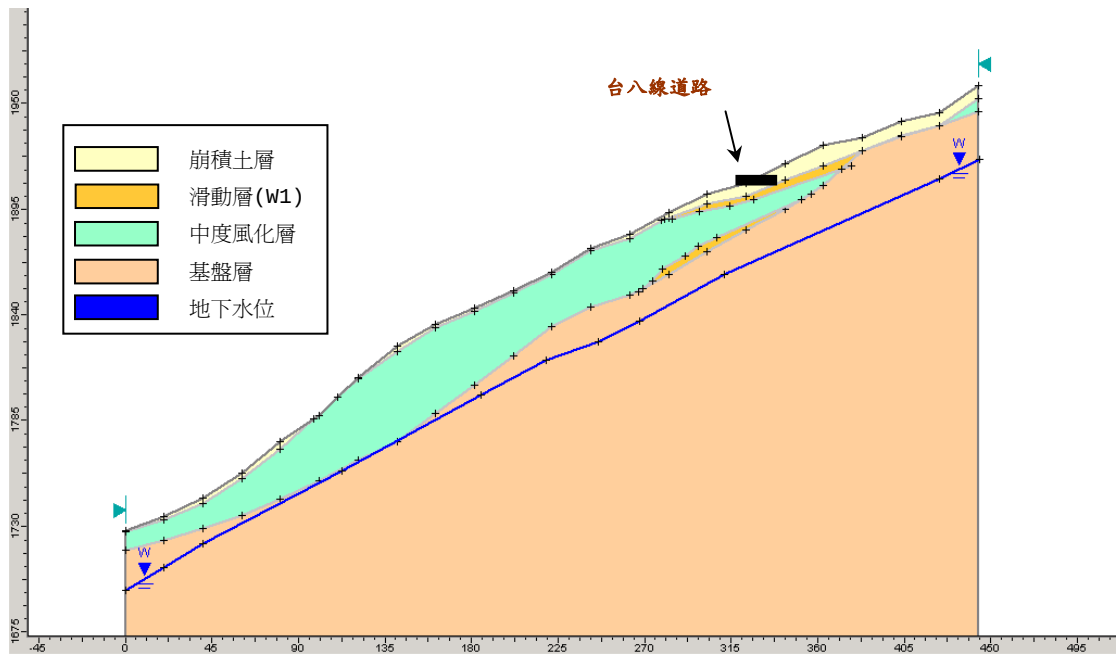


圖 7 A1 可能滑動面判釋圖

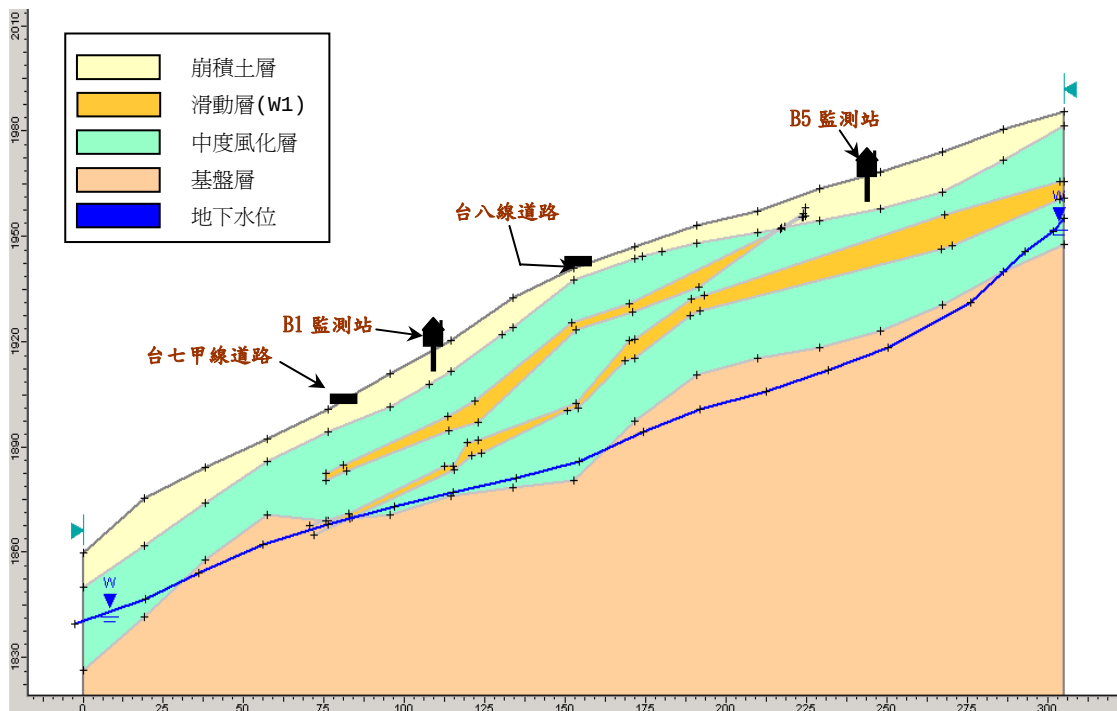


圖 8 S1 可能滑動面判釋圖

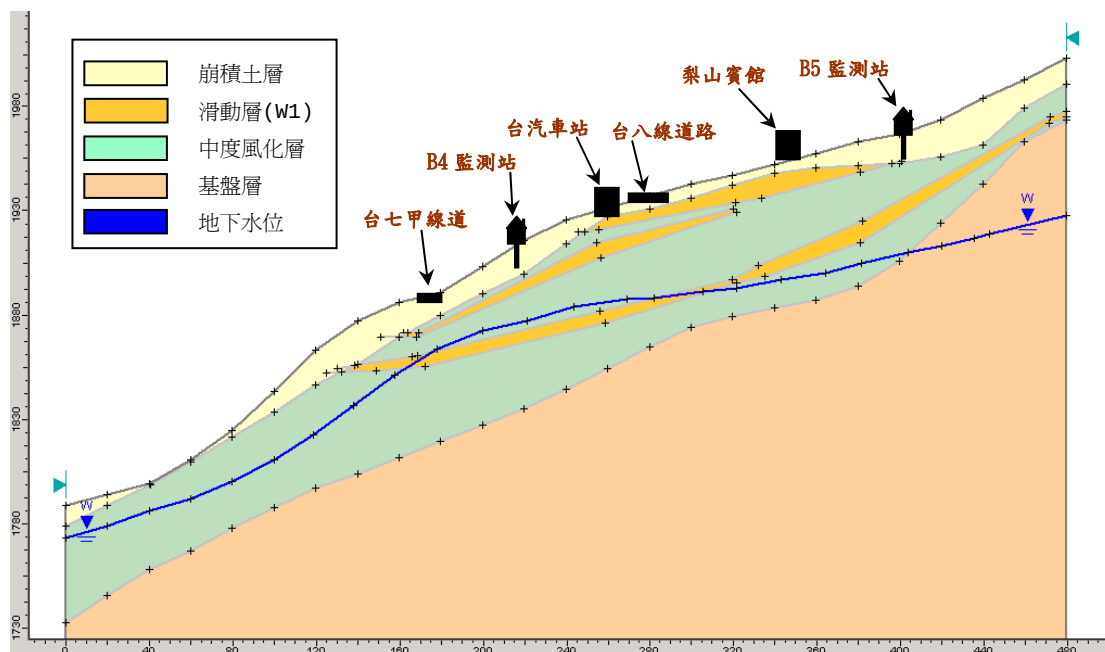


圖 9 S2 可能滑動面判釋圖

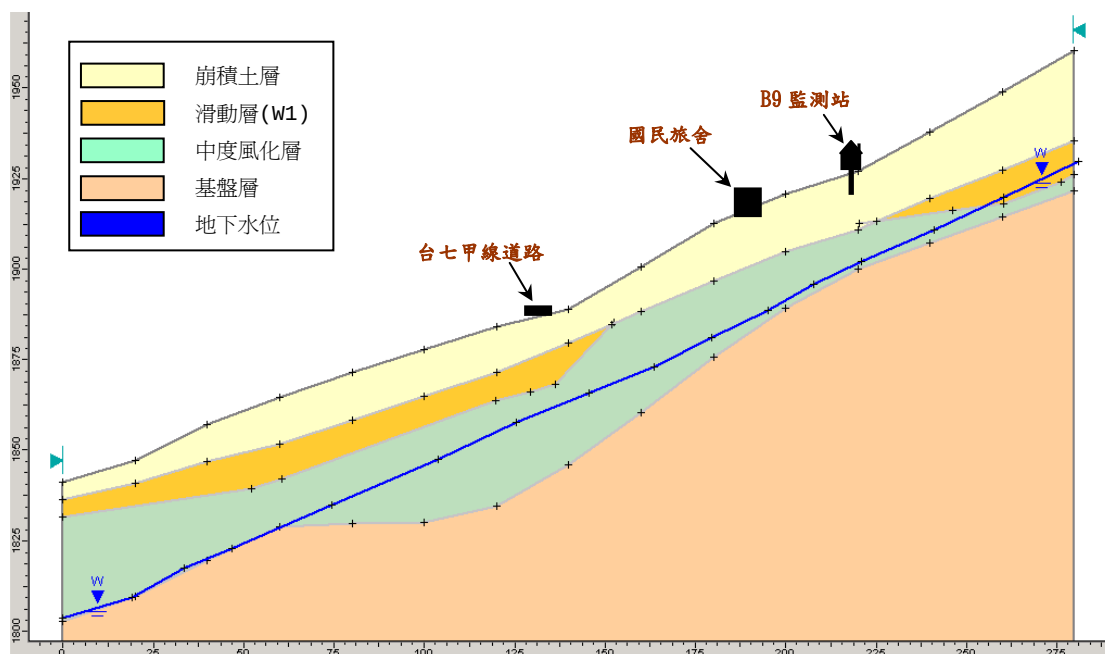


圖 10 S3 可能滑動面判釋圖

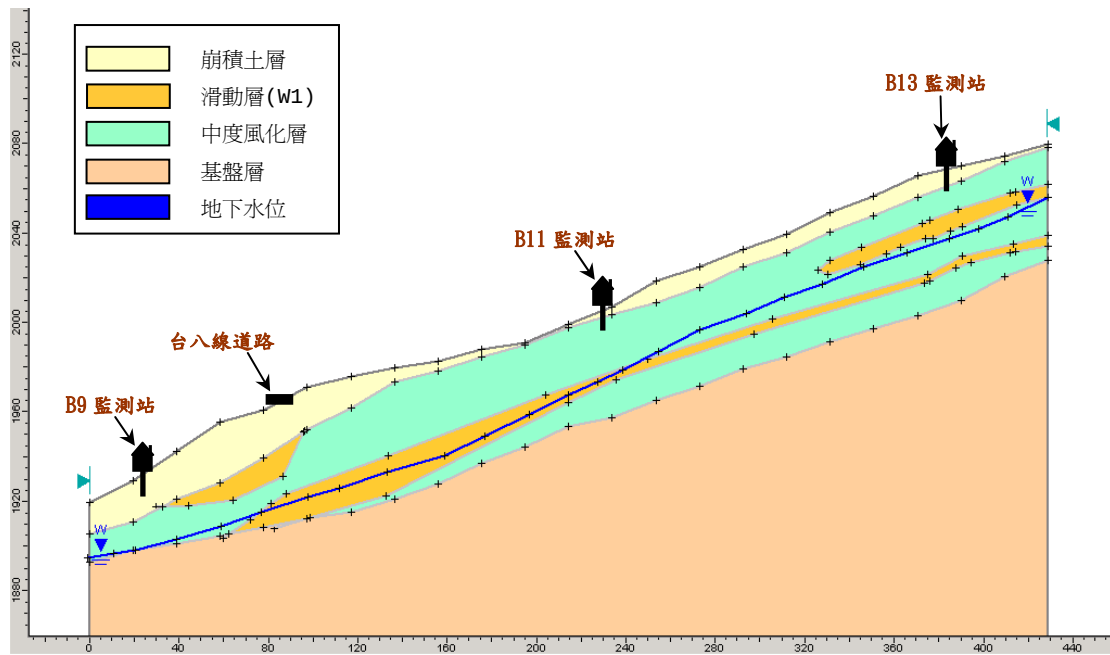


圖 11 S4 可能滑動面判釋圖

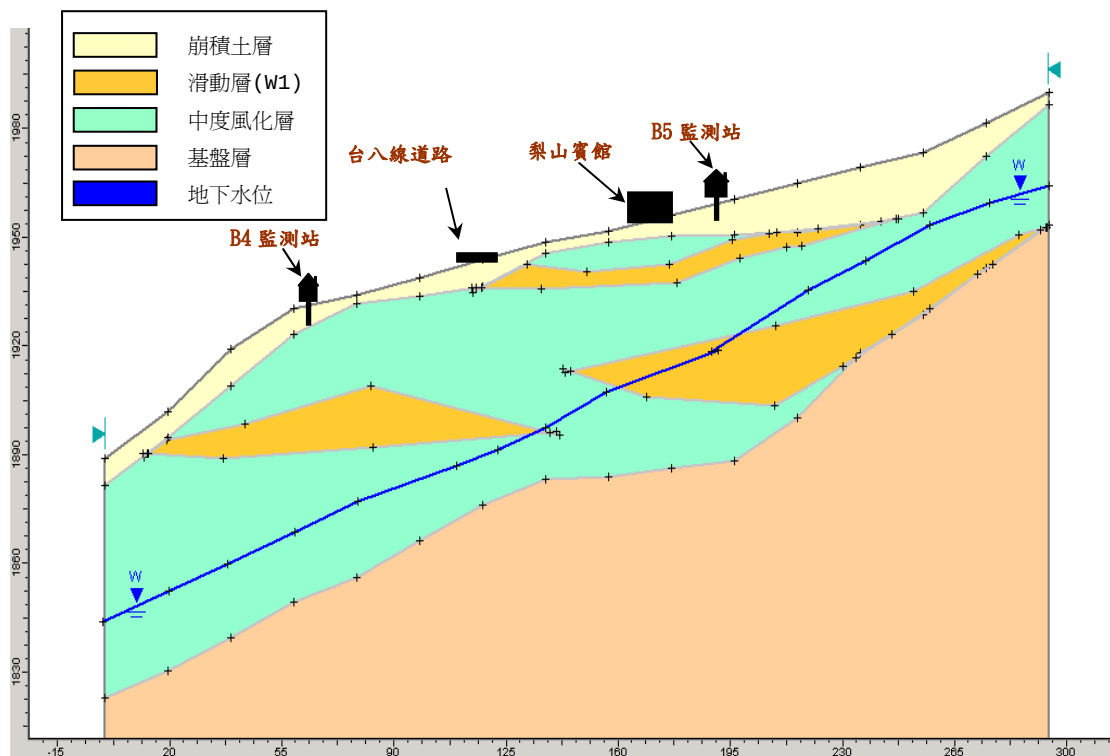


圖 12 S5 可能滑動面判釋圖

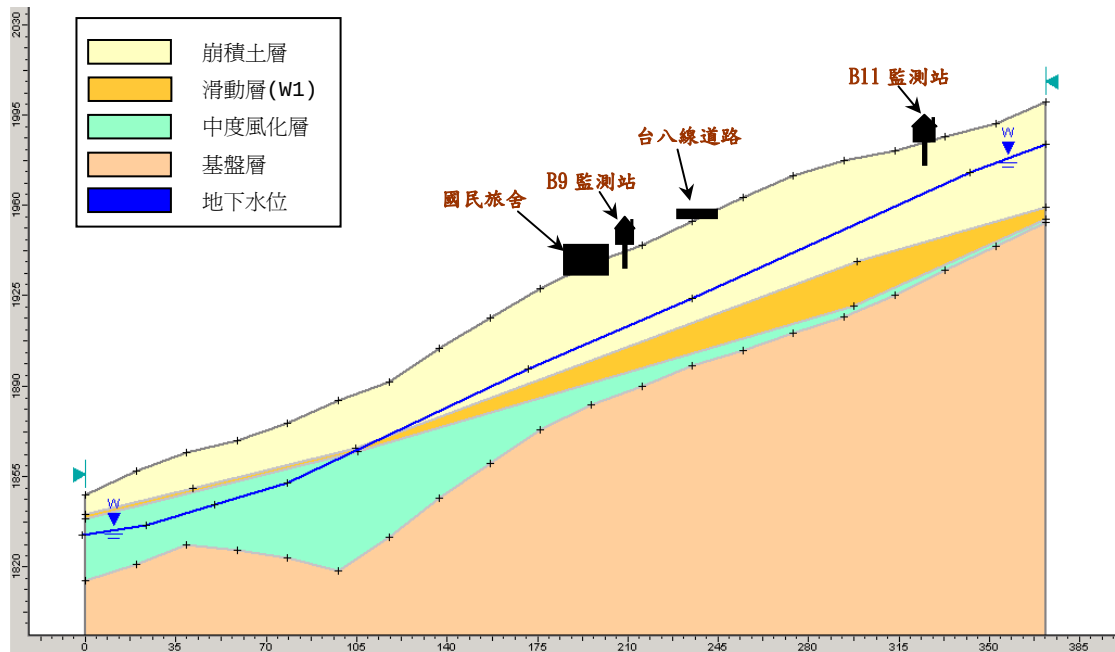


圖 13 S6 可能滑動面判釋圖

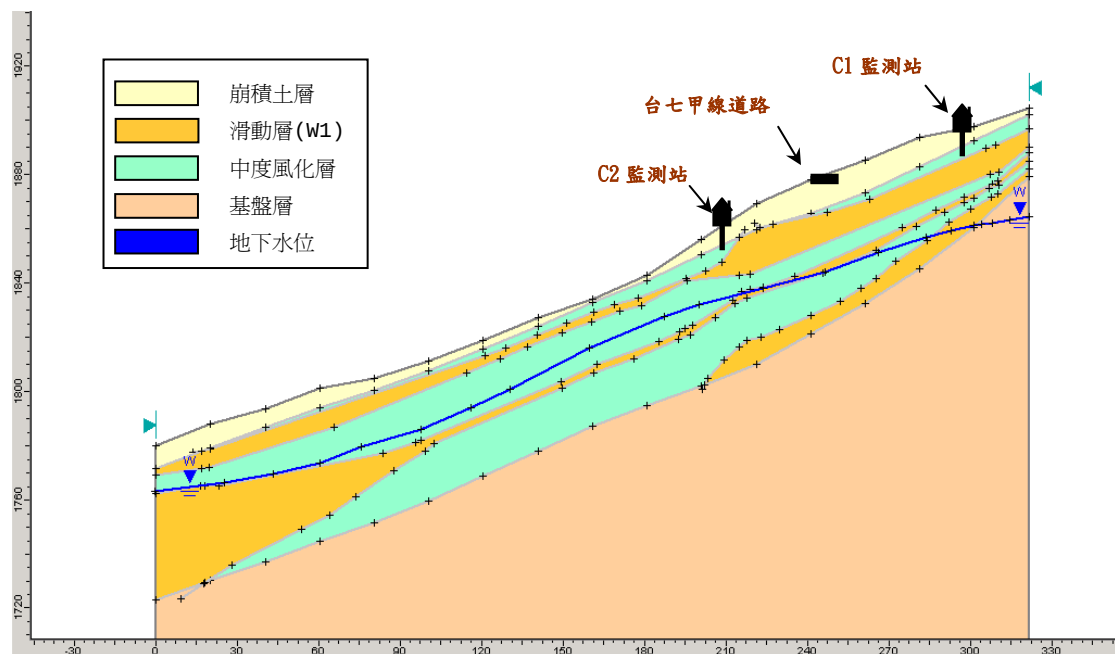


圖 14 C1 可能滑動面判釋圖

2.2.3 邊坡穩定分析軟體

採用 PC STABLE 6 程式與 SLIDE 程式進行邊坡穩定分析，STABLE 6 程式為以二維之極限平衡法(LIMIT EQUILIBRIUM METHOD)分析邊坡穩定問題，且以切片法計算安全係數。而 SLIDE 程式預設的分析方法為 Bishop、Ordinary、Janbu 分析法三種。

由於本區滑動體大部份位於強至中度風化板岩內，故強至中度風化板岩

滑動面之參數大小對分析結果影響甚大。

本地區地層滑動之滑動面主要沿著崩積層及板岩中之粉土質砂土或粘土層產生，而破壞型態以平面滑動之複合型破壞模式居多。故 PC STABLE 6 程式與 SLIDE 程式皆以 BLOCK 破壞形式分析之。

2.2.4 邊坡穩定分析之參數

本計畫雖依各種地形、地質及監測資料研判各滑動體之滑動面位置，但為瞭解各滑動體於目前所已知之地形、地質及地表載重條件下之最具滑動潛能滑動面位置，將以邊坡穩定分析程式依上述繪製之地質剖面圖，以 BLOCK 破壞模式找出各滑動體之最可能滑動面加以分析其安全係數，藉以瞭解該處現況之安全穩定性。

分析使用之參數除參考鑽探試驗成果外，以及參考梨山地區相關報告所使用之分析參數(表 11)，並經由反算分析所得之梨山地質參數，將地滑地地層原則上分為崩積土層、強至中度風化板岩(滑動面多位於此層)、弱至風化新鮮板岩，針對剖面加以進行滑動面安全係數分析。

其中反算分析方法是利用自動監測站的管內傾斜儀之結果配合現地的地質狀況，決定潛在滑動面，將滑動面設定於該處，將地下水位設定在監測以來之高水位情況，以安全係數 $FS=1.00$ 反算滑動面的 C 、 ϕ 值。由於 W1 為判釋出之滑動弱面，其強度參數應小於強至中度風化板岩，因此採用小於強至中度風化板岩之 C 、 ϕ 值進行反算($C=3.00 \text{ T/M}^2$ 、 $\phi=33^\circ$)。

反算分析得到的參數為滑動面之地質參數分別為 $C=1.0 \text{ T/M}^2$ 、 $\phi=16.7^\circ$ ，本次反算分析所得參數較文獻中為小，可能跟採用的地質參數不同及破壞面位置的決定有關，本研究決定之梨山最佳地質參數如表 11，崩積土層、強至中度風化板岩、弱風化至新鮮板岩的 C 、 ϕ 值主要是參考中華顧問工程司之建議值，而滑動面之 C 、 ϕ 值為本次反算分析之結果，本文中之穩定分析所使用之地質參數如表 12 所示。

表 11 梨山地質參數表(相關報告)

		蘇苗彬(1990) 國科會防災 (79-10 號)		亞新顧故 (1990)		林柄森(1991)國 科會防災(79-64 號)		蔡光榮(1987) 國科會防災 (75-36 號)		工業技術研究 院(1993)		中華顧問工程 司(1995)		中華顧問工程 司反算分析 (1995)		中華顧問工程 司建議值	
		C (T/M ²)	φ (度)	C (T/M ²)	φ (度)	C (T/M ²)	φ (度)	C (T/M ²)	φ (度)	C (T/M ²)	φ (度)	C (T/M ²)	φ (度)	C (T/M ²)	φ (度)	C (T/M ²)	φ (度)
崩積土		0.0	35.0	0.0	29- 34.5	0.17-1. 6	33- 38	1.9- 3.9	33.5-3 5	0.1- 2.2	15- 45					0.5- 1.0	28- 32
強至中度風化板岩										2.0- 6.0	36- 39					3.0	28.0
弱風化至新鮮板岩										30.0	40.0					30.0	33.0
滑 動 面	崩積土													0.5	28.0	0.5- 1.0	28- 32
	強至中度風 化板岩	2.1- 3.8	9-16			1.3- 2.9	18.2- 18.5	1.8- 4.0 (3)	25- 45 (36)	0-20	20- 23	0.5- 1.1	28.7-3 0.9	0-5.0	15- 31	2.0	20.0
	弱風化至新 鮮板岩											0.3- 1.8	28.5- 31.3				

表 12 穩定分析之地質參數表

土/岩層種類	比重 G	單位重 γ_t (t/m ³)	C(T/M ²)	φ(度)
崩積土層	2.73	2.06	0.50	28
強至中度風化板岩	2.76	2.69	3.00	33
弱風化至新鮮板岩	2.76	2.70	30.00	37
滑動面(反算分析)	2.76	2.69	1.00	16.7

2.2.5 地下水位之假設

而各滑動面之分析係假設基於高水位之情況下，針對研判之可能滑動面進行，因此針對各剖面所在之監測站所得之地下水位資料進行研判。

B-1 監測站水位監測初期變動範圍在 EL=1885m 至 EL=1895m 之間，B-1 監測站第一層黏土層底部之高程約為 EL=1895m，第二層黏土層頂部之高程約為 EL=1885m，可推測地下水位在此含水層中升降，自主排水設施施作後地下水水位便常駐於 EL=1880m 附近；B-1 之地下水位受降雨之影響頗為顯著，遇較強之暴雨水位即有可能超過 EL=1900m，推測第一層黏土應為零星分佈並不會阻止雨水的入滲補注。

B-4 監測站水位監測初期變動範圍在 EL=1890m 至 EL=1897m 之間，W8 集水井施作後地下水水位常駐於 EL=1897m 附近；自 89 年 1 月後，水位雖有變動但已下降至 EL=1890m 以下變動，B-4 之地下水位受降雨之影響初期頗為顯著，而後越來越不明顯。

B-5 監測站水位監測初期一般變動範圍在 EL=1959m 至 EL=1960m 之間，降雨與地下水位的變化關係並不明顯，集水井(W5、W6、W7)施作後，B-5 地下水位下降至 EL=1943m，2000 年九月 G1 排水廊道施工時，發生大量出水的情形，可能貫穿該區含水層，之後 B-5 地下水位下降鑽孔底部以下，已量測不到水位，後續變化仍待觀察。

B-9 監測站監測初期水位變動範圍在 EL=1895m 至 EL=1904m 之間，在 W4 集水井施工之後，水位一度下降至 EL=1893m，而後水位上升在 EL=1897m 左右變動，但水位變化較為平緩；該區排水能力增加了，但水位並沒有明顯下降，可見地下水補注充沛，監測站水位變化與降雨關係十分密切。

B-11 監測站水位變化與降雨十分密切，平時水位在 EL=1980m 至 EL=1978m 變動，一有降雨便會造成地下水位上升，B-11 監測站所在位置，因為沒有第一層黏土的阻水效應，降雨較易入滲補注。

B-13 監測站水位自監測以來一直維持在 EL=2042m，幾乎不變，降雨並不會造成地下水位變化，地下水滲流補注量大且穩定，B-13 監測站有兩層黏土層存在，可能由於上層黏土的阻水效應，造成 B-13 監測站的地下水位變化與降雨關係並不明顯，而第一層黏土層底部高程約為 EL=2042m，推測該區應屬拘限含水層。

C1 監測站設站，水位觀測井高程為 1897.71 公尺，初期觀測資料顯示降雨與地下水位關係不明確，水位長期維持在 1878 公尺，即使暴雨發生，水位仍未有明顯變動，然 88 年 10 月之後，由於 HC-1 橫向排水管的施作，水位以一個月下降 1 公尺的速率至 89 年 2 月底止，水位降至 1875 公尺附近，於 90 年後突然下降 10 公尺，為後續所應探討項目，因此降雨與地下水位的關

係不明確。

C2 監測站也是後期的監測站，設置完成日期為 89/8/15，水位觀測井口高程為 1855.41 公尺，水位變化不大，地下水位自 89 年 10 月份起至今約上升一公尺，應注意觀察其後續變化。

針對各剖面所假設的地下水位以監測站之目前水位情況及曾經量測之最高水位作為高水位之情況兩種水位狀態加以分析，以兩種水位分析各剖面的可能滑動面之安全係數，如下表 13 為整理所有監測站歷年水位變化之情形，並經由文獻得之此區域有棲息水停留於滑動層之可能性(如圖 15)，尤其於大雨過後，水位有可能暫時停留於滲透係數較低之滑動層上，因此有些剖面另外分析水位於第一個滑動層之上的情況加以分析其安全係數。

表 13 監測站地下水位歷年水位表(目前水位為 91 年 9 月 30 日之資料)

監測站	目前水位 (m)	最低水位 (m)	最高水位 (m)	監測站所屬 剖面
B1	1877.151	1877.151	1906.481	S1
B4	1887.159	1886.639	1902.089	S2 S5
B5	1918.505	1918.465	1967.045	S1 S2 S5
B9	1896.881	1892.701	1903.741	S3 S4 S6
B11	1979.46	1978.47	1987.94	S4 S6
B13	2041.866	2040.916	2043.016	S4
C1	1862.778	1859.468	1879.978	C1
C2	1831.62	1830.53	1831.69	C1

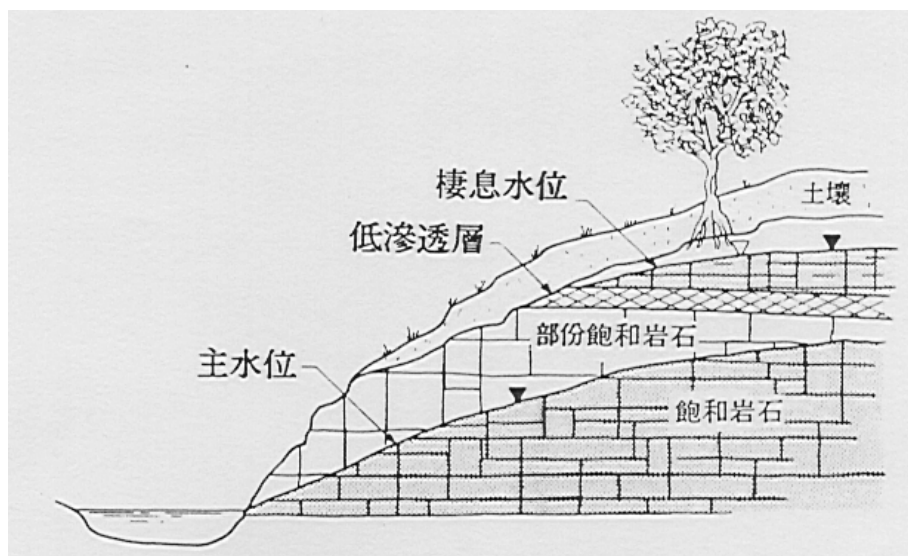


圖 15 地下水示意圖(劉長齡，1991)

2.2.6 穩定分析結果

針對所選定的八個剖面，應用前面章節所研判得之分層與材料強度，以現況的載重條件加上地下水位變化，進行邊坡穩定性的分析，計算結果的安全係數可以提供作邊坡後續處理的依據，依合約要求，以兩種不同程式分析，以下分節說明分析條件與結果。

分別針對各個剖面之滑動面於目前地下水位與最高水位以及無載重時與有載重(建築物)加以交叉分析。結果分別以各剖面分類說明之，如表 14 至 29 分別為 SLIDE 軟體分析與 PC STABLE 分析之成果，兩者加以印證比對。

(1)A1 剖面

A1 剖面為選定區域內最西側的剖面，穿過梨山小築台八線分析結果可以當作此區安定的參考。

表 14 A1 剖面 Slide 程式分析結果表

	第一滑動面	第二滑動面
無載重(目前水位)	1.075	1.433
無載重(滿水位)	0.616	-----

表 15 A1 剖面 PCSTABLE 程式分析結果表

	第一滑動面	第二滑動面
無載重(目前水位)	1.022	1.308

第一滑動面在目前水位之無載重時安全係數 1.075，而無載重最危險水位上升至接近滿水位時安全係數為 1.075。

第二滑動面在目前水位之無載重時安全係數則為 1.433，比第一滑動面較為安定。

由於 A 區並無監測站，無法了解最高水位之情況，因此假設暴雨發生時，水位一時無法消散，而積蓄於第一層滑動面之情況，也就是分析其滿水位之 F.S.，了解滿水位時之 F.S. 已降至 0.616，因此應避免滿水位的情況發生。

(2)S1 剖面

S1 剖面為選定區域內最西側的剖面，位於分區的東南一區，穿過梨管所位置，後方延伸之梨山賓館的西側分析結果可以當作梨管所安定的參考。

表 16 S1 剖面 Slide 程式分析結果表

	第一滑動面	第二滑動面
無載重(目前水位)	1.269	1.156
有載重(目前水位)	1.268	1.150
無載重(最高水位)	1.078	1.042
有載重(最高水位)	1.078	1.042
無載重(最低水位)	1.464	1.346
無載重(最危險水位)	-----	1.006
無載重(滿水位)	-----	0.773

表 17 S1 剖面 PC STABLE6 程式分析結果表

	第一滑動面	第二滑動面
無載重(目前水位)	1.036	1.342
有載重(目前水位)	1.044	1.312
無載重(最高水位)	1.012	1.081
有載重(最高水位)	1.019	1.146

第一滑動面在目前水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.269、1.268，而無載重最低水位是 1.464，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.078、1.078。

第二滑動面在目前水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.156、1.150，而無載重最低水位及最危險水位分別是 1.346 及 1.006，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.042、1.042，而當 B5 監測站水位達地表下 4m，B1 監測站水位達地表下 15m 時為最危險水位。

(3)S2 剖面

S2 剖面選定為東南 I 區中，穿越梨山賓館西側，通過台汽車站並延伸至下邊波的長剖面，其影響主要為台汽車站的安定性。

第一滑動面在目前水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.664、1.646，而無載重最低水位是 1.714，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.654、1.589。

表 18 S2 剖面 Slide 程式分析結果表

	第一滑動面	第二滑動面	第三滑動面
無載重(目前水位)	1.664	1.177	1.332
有載重(目前水位)	1.646	1.181	1.329
無載重(最高水位)	1.654	1.105	1.060
有載重(最高水位)	1.589	1.102	1.055
無載重(最低水位)	1.714	1.240	1.353
無載重(滿水位)	-----	-----	1.014

表 19 S2 剖面 PC STABLE6 程式分析結果表

	第一滑動面	第二滑動面	第三滑動面
無載重(目前水位)	1.571	1.149	1.268
有載重(目前水位)	1.594	1.139	1.255
無載重(最高水位)	1.549	1.136	1.143
有載重(最高水位)	1.565	1.140	1.156

第二滑動面在目前水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.177、1.181，而無載重最低水位是 1.240，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.105、1.102。

第三滑動面在目前水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.332、1.329，而無載重最低水位及滿水位時分別是 1.353 及 1.014，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.060、1.055。

(4)S3 剖面

S3 剖面選定於國民旅舍東側區域，通過旅舍周邊進出道路部份，並涵蓋旅舍之下邊坡位置，分析結果如下表：

表 20 S3 剖面 Slide 程式分析結果表

	第一滑動面
無載重(目前水位)	1.055
無載重(最高水位)	1.046
無載重(最低水位)	1.096
無載重(最危險水位)	1.004
無載重(滿水位)	0.592

表 21 S3 剖面 PC STABLE6 程式分析結果表

	第一滑動面
無載重(目前水位)	1.084
無載重(最高水位)	1.060

由於此剖面地質之變化較小，僅分析一個滑動面，第一滑動面在目前水位之無載重時安全係數為 1.055，而無載重最低水位及最危險水位分別是 1.096 及 1.004，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重時安全係數為 1.046，而當 B9 監測站水位達地表下 11m 時為最危險水位。

(5)S4 剖面

S4 剖面選定於國民旅舍上邊坡，亦既福壽山農場方向，為分析中之較長邊坡，上方為地質研判的地下水來源區，分析結果如下表中所示：

表 22 S4 剖面 Slide 程式分析結果表

	第一滑動面	第二滑動面	第三滑動面
無載重(目前水位)	1.094	1.443	1.208
無載重(最高水位)	1.064	1.404	1.103
無載重(最低水位)	1.139	1.456	1.241
無載重(最危險水位)	-----	1.001	-----
無載重(滿水位)	-----	0.856	-----

表 23 S4 剖面 PC STABLE6 程式分析結果表

	第一滑動面	第二滑動面	第三滑動面
無載重(目前水位)	1.021	1.539	1.156
無載重(最高水位)	1.005	1.538	1.078

第一滑動面在目前水位之無載重時安全係數為 1.094，而無載重最低水位及最危險水位分別是 1.139 及 1.013，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重時安全係數為 1.064。

第二滑動面在目前水位之無載重時安全係數為 1.443，而無載重最低水位及最危險水位分別是 1.456 及 1.001，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重時安全係數為 1.404，而當最危險水位時，B13 監測站之水位為地表下 4m，B11 監測站為地表下 2m，B9 監測站則為地表下 9m 時。

第三滑動面在目前水位之無載重時安全係數為 1.208，而無載重最低水位及最危險水位分別是 1.241 及 1.031，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重時安全係數為 1.103。

(6)S5 剖面

S5 剖面選定於梨山賓館西側通過台汽車站東側之較短的剖面，分析結果如下表中所示：

表 24 剖面 Slide 程式分析結果表

	第一滑動面	第二滑動面	第三滑動面
無載重(目前水位)	1.335	1.878	3.302
有載重(目前水位)	1.335	1.875	3.285
無載重(最高水位)	1.222	1.831	3.259
有載重(最高水位)	1.222	1.825	3.243
無載重(最低水位)	1.816	1.983	3.320
無載重(滿水位)	1.221	-----	-----

表 25 S5 剖面 PC STABLE6 程式分析結果表

	第一滑動面	第二滑動面	第三滑動面
無載重(目前水位)	1.465	1.938	2.884
有載重(目前水位)	1.539	1.899	2.888
無載重(最高水位)	0.990	1.309	1.950
有載重(最高水位)	1.011	1.325	1.930

第一滑動面在目前水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.335、1.335，而無載重最低水位及滿水位時分別是 1.816 及 1.221，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.222、1.222，由監測結果得知，最高水位時曾達到地表下 6m 已接近滿水位，所以即滿水位時之狀況。

第二滑動面在目前水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.878、1.875，而無載重最低水位是 1.983，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.831、1.825。

第三滑動面在目前水位之無載重、有載重時安全係數分別為 3.302、3.285，而無載重最低水位是 3.320，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生

水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重、有載重時安全係數分別為 3.259、3.243。

(7)S6 剖面

S6 剖面為穿過國民旅舍所在剖面，並涵蓋其上、下邊坡，主要針對旅舍作的分析，其分析結果如下表中所示：

表 26 S6 剖面 Slide 程式分析結果表

	第一滑動面
無載重(目前水位)	1.036
有載重(目前水位)	1.033
無載重(最高水位)	1.024
有載重(最高水位)	1.018
無載重(最低水位)	1.043
無載重(滿水位)	1.015

表 27 S6 剖面 PC STABLE6 程式分析結果表

	第一滑動面
無載重(目前水位)	1.122
有載重(目前水位)	1.084
無載重(最高水位)	1.025
有載重(最高水位)	0.975

分析剖面上下為道路，只計算一個假設滑動面，Slide 程式分析之結果，約略描述如下：

第一滑動面在目前水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.036、1.033，而無載重最低水位及滿水位時分別是 1.043 及 1.015，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重、有載重時安全係數分別為 1.024、1.018。

(8)C1 剖面

C1 剖面為選定區域內東北側的剖面，穿過台七甲線位置，其分析結果可以當作此區安定的參考。

表 28 C1 剖面 Slide 程式分析結果

	第一滑動面	第二滑動面
無載重(目前水位)	1.108	1.178
無載重(最高水位)	1.095	1.157
無載重(最低水位)	1.207	1.226
無載重(最危險水位)	1.003	-----
無載重(滿水位)	0.629	-----

表 29 C1 剖面 STABLE 程式分析結果

	第一滑動面	第二滑動面
無載重(目前水位)	1.020	1.177
無載重(最高水位)	1.010	1.126

第一滑動面在目前水位之無載重時安全係數為 1.108，而無載重最低水位及最危險水位分別是 1.207、1.003，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重時安全係數為 1.095，而當到達最危險水位時，C2 監測站水位則距離地表 12m，C1 監測站水位距地表 10m。

第二滑動面在目前水位之無載重時安全係數為 1.178，而無載重最低水位是 1.226，但考慮目前水位之影響，在豪大雨後容易發生水位上升至最高水位，會使其安全係數下降，所以分析最高水位之無載重時安全係數為 1.157。

2.2.7 穩定分析初步探討

針對八個剖面之可能滑動面進行分析，考量之狀況有目前地下水位與最高地下水位以及無載重與有載重時(國民旅舍)加以交叉分析，並考量梨山之地質特性，此區域有棲息水停留於滑動層之可能性，因此有些剖面另外分析水位於滿水位之情形，並試算其危險水位的情況，整理如表 30 所述，而相關分析結果與圖形展示，將於第五章分區地滑地探討中加以仔細比對與闡述。

表 30 穩定分析之地下水位整理表

基準值危險分級	目前水位 (m)	安全水位 (m)	危險水位 (m)
B1 地下水位高程	1877.15	1890	1902
B4 地下水位高程	1887.16	1891	1908
B5 地下水位高程	1918.51	1948	1962
B9 地下水位高程	1896.88	1904	1913
B11 地下水位高程	1979.46	1987	2004
B13 地下水位高程	2041.87	2043	2052
C1 地下水位高程	1862.78	1874	1885
C2 地下水位高程	1831.62	1830	1837

三、排水設施成效檢定

暴雨或持續的降雨，使地下水位上升，易造成有效應力降低、增加側向壓力、黏性土壤吸水軟化、增加滲流應力等不利因素，對邊坡穩定產生負面的效果。利用時間序列分析方法對降雨量與地下水位間之轉換關係及對梨山地區主要排水工程之排水功效分別加以討論，其主要目的如下：

- 1.傳統上，在分析降雨與地下水位之關係時，多側重含水層之模擬或理論預測法來加以分析，以時間序列的 ARIMA 分析方法對梨山地區地滑整治工程中排水設施完成後降雨與地下水位建立合理之轉換函數，並在多場暴雨之轉換函數中挑選出最具代表性之轉換函數，且藉由對不同場次降雨之模擬，對轉換函數加以驗證，以證明其可行性。
- 2.梨山地區自 84 年整治以來，相繼完成不少排水設施，且尚有部分排水設施仍在施工中。為探討排水設施完成後，對當地水文地質及地下水位產生變化之程度，藉由時間序列中之介入模式對排水前後之地下水位作出合理的分析，以評估排水工程之效益。
- 3.一般而言，頻率年之水文分析，大多用於水利工程之設計上，但在地滑管理準則上，亦可使用相同之概念來做頻率年之雨量分析。利用近兩年之暴雨迴歸分析建立暴雨雨型後，再利用不同頻率年之降雨量及已建立之轉換函數來求得不同頻率年之地下水位上升之情形，以預估未來可能之地下水

位上升量，並可供不同頻率年暴雨時，邊坡穩定分析所用。

3.1 介入模式分析步驟

梨山地滑地整治中，排水工程大致可分為地表排水溝、橫向排水管、集水井、及施工中之排水廊道等，其中目前以集水井對地下水位影響最大。故以六個設有自動監測站之滑動土體的集水井工程為研究對象，分析集水井工程對現地地下水位之影響程度及影響型式是否顯著，且對目前現地所建立降雨與地下水位之轉換函數關係是否應以排水工程進行後為具有現地代表性進一步加以分析。介入模式分析步驟，分述如下：

1. 取得各分析區域之集水井施工資料，及各分析區域之地下水位資料。
2. 利用集水井施工資料及現地地下水位變化圖，判別介入模式之起始時間。
3. 將各區地下水位資料分成排水工程進行前及進行後的兩段資料，且暫時鑑定施工前地下水位之單變量 ARIMA 模式。
4. 參考圖 16，認定介入因素發生之型式，判別為步階函數或脈衝函數，及其衰退之型態。
5. 估計殘差值，再利用樣本 SACF、SPACF 判別地下水位之單變量 ARIMA 模式。
6. 合併步驟 4 及步驟 5 的兩個模型，即可得原序列之鑑定模型：

$$X_t = (\omega(B)/\delta(B)) \xi_t + (\theta(B)/\varphi(B)) a_t$$

7. 根據此預定模式估計其參數值。
8. 如同單變量 ARIMA 模式一般，檢驗殘差是否為白噪音數列及評估參數的顯著性。
9. 重新認定與估計最終模式。

3.2 以介入模式評估排水工程效益

介入模型的形式係合併單變量 ARIMA 模型及轉換函數模型，以估計並偵測外在因素對時間序列的影響是否顯著？若以介入模型分析間序列時，須確知：1. 外在因素介入的起點(starting point)。2. 外在因素介入的影響圖形(The shape of the intervention)。

由表 31 及表 32 得知，各區排水工程的施工期間並不一致，且各區之分析期距自半年自一年半不等，視各區而定。而在決定各區介入起點時，常因工程資料之不完整，或監測儀器故障的影響及降雨產生之干擾，使得介入起點之判定，不易掌握。

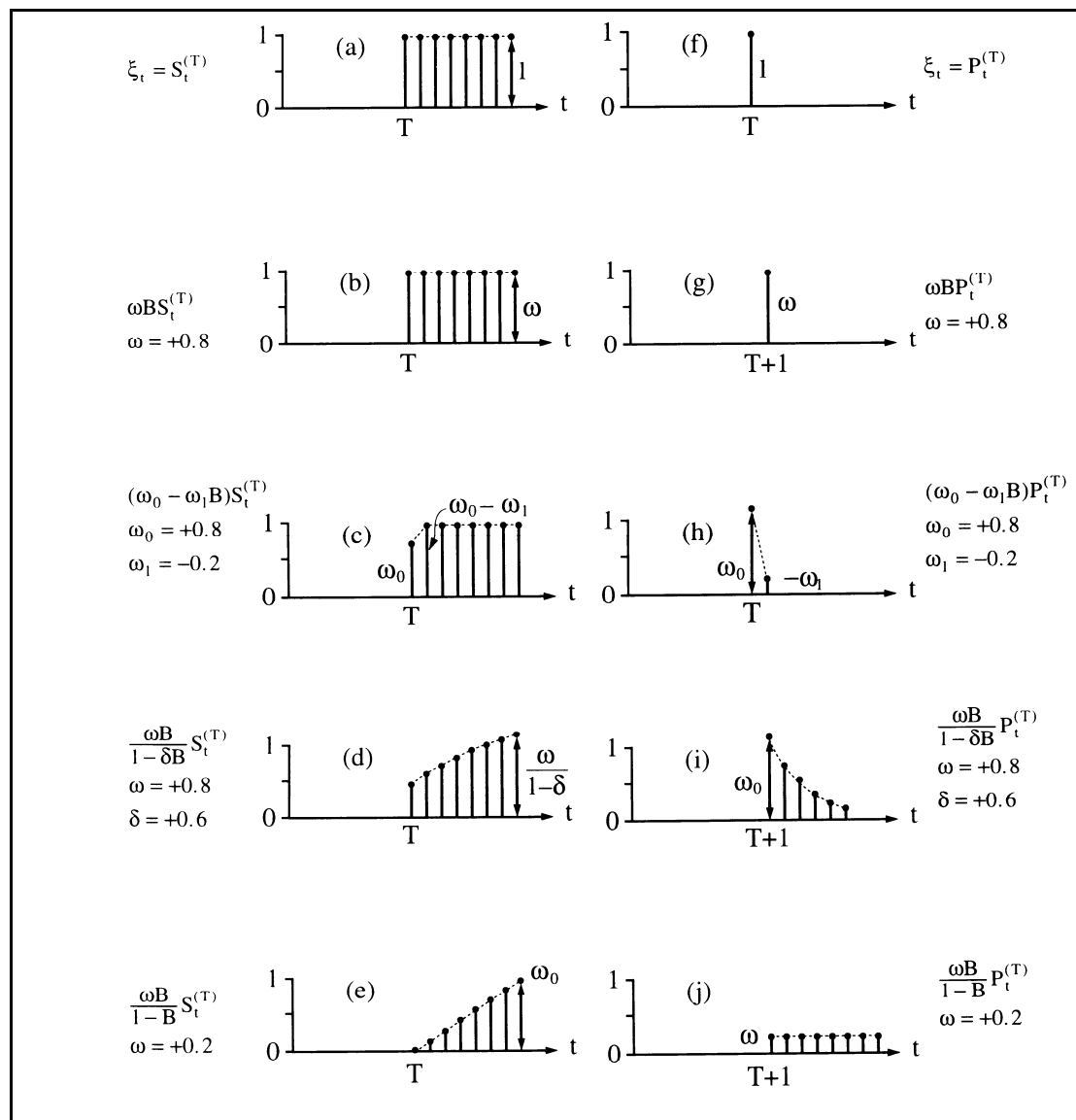


圖 16 階梯函數及脈衝函數之影響走勢（資料來源：Box 和 Jenkin，1994；葉小蓁，1999）

表 31 介入模式分析資料表

	工程施工時間	介入模式起點	資料分析期距	排水前地下水位 ARIMA 模式	模式顯著性
B1	86.3.20~86.8.26	86.7.7	86.1.01~86.12.31	(1, 0, 3)	顯著
B4	86.3.06~87.5.01	87.5.4	87.1.01~87.6.30	(1, 0, 6)	顯著
B5	87.1.11~87.2.12	87.1.16	86.7.01~88.2.01	(1, 0, 5)	顯著
B9	87.5.20~87.5.28	87.6.8	87.1.01~87.9.30	(1, 0, 1)	顯著
B13	86.4.09~86.12.27	-	-	-	-
C1	87.06.12~87.7.24	無	無	無	不顯著

表 32 各滑動土體之完整介入模式

分析區域	完整介入模式
B1	$G = \frac{-0.12773}{1-0.9832B} S_t + \frac{1+0.17945B-0.17575B^2-0.14922B^3}{1-0.89155B} a_t + 1886.2$
B4	$G = \frac{4.8136}{1-0.118B} S_t + \frac{1+0.29B-0.45B^2-0.35B^3+0.18B^4-0.19B^5-0.29B^6}{1-0.892B} a_t + 1896.4$
B5	$G = \frac{-0.72847}{1-1.006B} S_t + \frac{1+1.18B+1.1B^2+0.921B^3+1.17B^4+0.73B^5}{1-0.4464B} a_t + 1959.6$
B9	$G = \frac{-0.37085}{1-1.1351B} S_t + \frac{1+0.55925B}{1-0.99907B} a_t + 1899.2$

在介入事件發生前，需先得知地下水位之單變量 ARIMA 模式，由表 31 可知，各滑動土體之長期地下水位於集水井施工前皆為未差分的 ARMA 模式。表 32 顯示各區之完整介入模式，由表得知，由於集水井屬於長期之影響，故使用階梯函數為假設之虛擬變數，而分析所得之介入模式皆為 $\frac{\omega B}{1-\delta B} S_t$ 之型式，即各集水井對地下水位之影響皆隨時間而衰退，且模式之參數皆達顯著水準，故可得知各區之排水工程對地下水位而言皆發揮一定程度之影響。

3.3 排水設施成效檢定綜合說明

應用時間序列對梨山地區構築降雨-地下水位之輸入-輸出關係及建立排水工程之影響評估應屬可行。提出說明如下。

1. 各區最佳轉換函數綜合說明

各滑動土體在經過各場次主要降雨之轉換函數比較後，選出各區轉換函數如表 33 所示。

各區最佳轉換函數表現出各區水文地質特性，例如各區的稽延皆非常的快速，尤以 B1、B4 滑動土體稽延為 $b=0$ ， $b=1$ 為最快，由此可知現地地質相當破碎，降雨及地表水極易入滲。而 B5 滑動土體由於地表大多陡坡，故地表入滲較為不易，故稽延較它區來得較長。B13 滑動土體的稽延 $b=8$ ，此因該區地表下有一砂質粘土層介乎地表及地下水位間，使得該區稽延較它區來得更長。雖然各滑動土體的稽延各有不同，但整體而言仍是反應相當快速，故在探討梨山地區地下水位變化時，此為相當重要的一點。

表 33 各滑動土體最佳轉換函數表

滑動土體	累積降雨量 (mm)	最大地下水位變動(m)	最佳轉換函數
B1	304.2	19.62	$Y_t^* = \frac{0.12297 + 0.07676 B}{1 - 0.82564 B} X_{t-1}^*$
B4	304.2	2.02	$Y_t^* = \frac{0.0086788 - 0.0028266 B^6}{1 - 0.95385} X_t^*$
B5	304.2	2.52	$Y_t^* = \frac{0.0005824 - 0.0003949 B^7}{1 - 0.97955} X_{t-7}^*$
B9	304.2	5.95	$Y_t^* = \frac{0.05127}{1 - 0.74822B} X_{t-5}^*$
B13	304.2	0.68	$Y_t^* = \frac{0.001686 + 0.00266B + 0.00215B^2 + 0.00155B^3}{1 - 0.67375B} X_{t-8}^*$

再者各區的地下水反應量並不一致，如上表所示，在同一場暴雨中，各區地下水位變化量由 0.68 公尺至 19.62 公尺不等，由表顯示出 B1 滑動土體的反應量相當大，對於邊坡之破壞潛能也相對的提升，對梨山的邊坡穩定性產生不利的影響，宜特別加以注意。

2. 排水工程對地下水位變化之綜合討論

為了進一步確認集水井排水工程對梨山地區的地下水位變化影響情形，除了之前討論的介入模式部份，再針對排水工程進行後對該地降雨時，地下水位變化之影響模式改變情形進行分點討論如下。

- 當集水井工程完工且開始排水後，各滑動土體因降雨所引起地下水位變化量尖峰值，並沒有受到排水工程明顯之影響。除了 B4 滑動土體因為集水井工程施工導致地下水位上升，而使得目前降雨引起之地下水位變化量較排水工程施工前明顯減少外，其餘無明顯影響。
- 集水井開始排水後，對梨山地區地下水位變化歷線之退水段產生影響，亦即集水井施工後，地下水位之消退速度明顯加快。除了 B4 滑動土體更難消退，及 B5 滑動土體無退水段可評估外，其餘皆具有此趨勢。

3. 地下水位擬合圖之綜合評估

利用各滑動土體所得之最佳轉換函數對各場降雨所作地下水位擬合圖，其擬合程度良好。如圖 17、18 為例，證明利用最佳轉換函數預估後期地下水位應屬可行。其綜合評估列述如下。

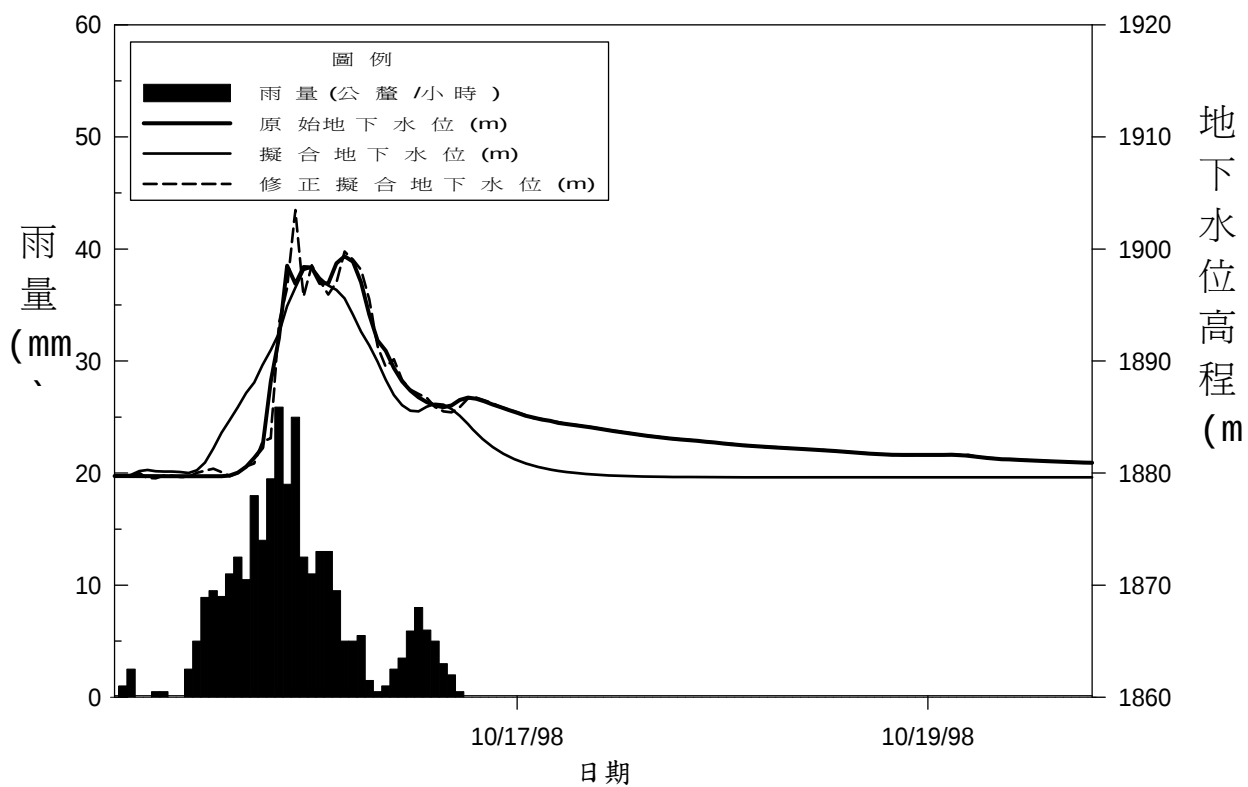


圖 17 B1-5 地下水位變化擬合驗證圖

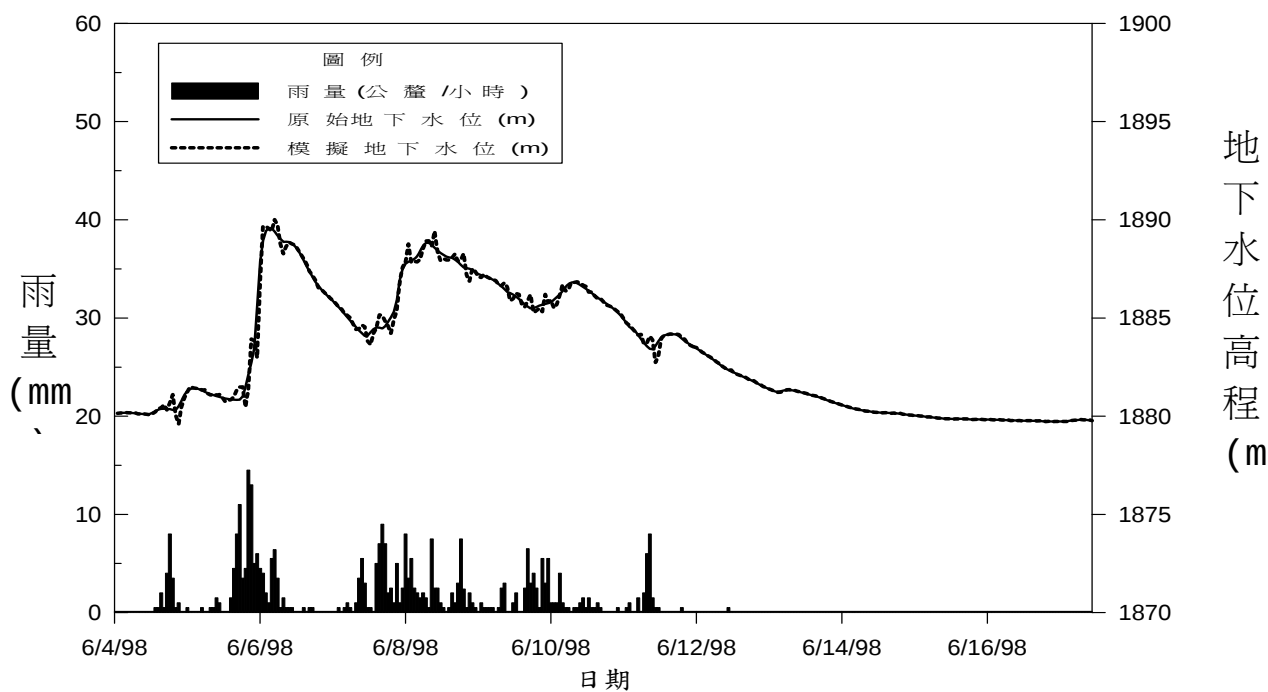


圖 18 B1-4 地下水位變化模擬驗證圖

- a.純粹由降雨輸入轉換函數時，地下水位之擬合程度隨著各區水文地質條件不同而有所不同。一般而言，純粹由降雨輸入轉換函數時，均可正確擬合出地下水位變動趨勢，於變動尖峰值部份也頗為類似。
- b.藉由輸入監測所得之地下水位對轉換函數做逐步修正時，模式對地下水位之擬合程度較純粹由降雨輸入轉換函數之擬合程度更加良好。當輸入它場降雨做模擬時，模擬程度相當良好，故利用修正式模擬暴雨時地下水位之上升量應屬可行。
- c.各滑動土體目前已進行集水井工程進行排水，且大部份滑動土體地下水位已趨於穩定，故本研究所得之轉換函數應頗具現地代表性。但現地目前有排水廊道進行施工，故仍需待其完工且排水穩定後，進一步確認各區水文地質改變狀態。

3.4 地表滑動變位之評估

藉由觀測之地層滑動量的空間分佈作圖，可以研判其滑動的位置、主要方向及可能影響範圍等，如再輔以各剖面之地質資料，可資提供作機制的研判，各滑動體的將來是否會有變化，亦應一併考慮。而滑動區域內地表之沉陷為最直接可觀察且可靠之數據，並且藉由位移沉陷了解滑動土體之區域範圍，以及變動嚴重程度，同時位移沉陷也可以間接觀察重要整治工程結構物位移變化及可堪使用的程度。如何建立地表的位移變化速率及其崩塌危險之關係，是未來努力之的目標。

四、工作成果與後續進行事項

4.1 工作成果

梨山地滑區為過去曾發生大規模地盤滑動所涵蓋的區域，其地質主要是由崩積層及破碎板岩所組成，主要地滑區可分成西、東南Ⅰ、東南Ⅱ及東北四個區域，每個地滑區並由數個上下相關連之滑動體所構成，屬於大面積之深層地盤滑動。由於滑動體頭部裂隙發達，加上其上方覆蓋之崩積層及風化板岩層透水性佳，降雨時引起地下水位上升，為造成本區地滑災害的主要誘因。整體之治理方式為施以地表排水、橫向集水管、集水井、排水廊道等整治工程，其成效有待評估後續的安全狀況予以確定。評估計畫進行至今，有以下成果：

- 1.彙整完成針對梨山地滑所實施的「坡地災害整治」計畫內的所有工程項目與內容，除了兩個排水廊道尚未完工外，其他皆已實施完成。針對完工的項目建立必要的評估表，並踏勘完成了單項工程的評估作業，並針對現況所發現的問提提出說明與建議。
- 2.彙整完成監測系統的項目與內容，並建立資料的彙整方法與應用。針對監測所採用的儀器提出了檢討，由其記錄可以了解各式儀器與監測方法的適用性與功能，另外針對梨山地滑地的長期安全管理，建議後續安全監測的方法，供擬定後續計畫實施。
- 3.建立整體安定性評估的方法，重新檢討梨山地區的地質構造，並對穩定分析的方法及結合監測結果的評估，做深入的探討，完成梨山地區整體與分區的安定評估，以利擬定梨山地區後續應辦理事項。

4.2 後續治理與管理工作之建議

梨山地區的「坡地災害整治」計畫，自84年度開始實施，至今(91年度)預定進行之治理工作項目中，除了G-2排水廊道因施工遭遇抽心延誤外，另有原定之台七甲72k+500的鋼管樁工程，公路單位另有考量外，已大致完成，為有效擬定後續應辦理的工程實施項目及必要的安全管理工作，作成以下建議事項，供主管單位參考，依評定的四個分區描述：

- 1.整體治理工作集中於東南Ⅰ區，其成效也較為顯著，區域內之地下水位得到穩定的控制，梨山賓館及周圍建物安定性應可維持，後續應可進行建物損壞之修復等工作，本區為梨山風景區之中心，應知會相關單位進行以利梨山地區後續產業發展。
- 2.東南Ⅱ區由國民旅舍上、下邊坡向福壽山農場方向延伸，其地質條件不佳，向源侵蝕持續發展，由觀測結果顯示仍有緩慢位移發生，後續應持續加強區域內之地表排水與地下排水，並針對地下水來源進行調查。
- 3.西區部份，於台八甲線與台七甲交會口附近的區域，在原工研院調查報告中，評定為危險度較低，無立即危險，並無規劃治理工作，經歷年觀察與測量作業，發現本區仍具危險性，深層的強風化層持續緩慢的在移動，應儘速設置自動監測站，予以觀測及追蹤，並規劃進行相關的必要治理工作。
- 4.台七甲72k+500~700附近的東北區部份，因地層持續陷落，形成容易聚水與積水之路段，治理計畫中雖有部份排水工程的實施，由現地監測結果顯示仍未達安定，其深淺層的滑動面與位移量皆相當明確，經相關會議協商本區之安定性主要影響公路交通，由公路局全權負責辦理規劃與進行治理工作。水土保持局儘就坡面的安定性進行必要的復舊工作。

5. 梨山地滑地區治理期間所設置的安全監測系統，包括自動監測站與人工測讀的監測兩部份，對治理期間的安全性與治理成效皆發揮了極大的功效，現治理工作初步完成，人工測讀的監測可以停止，而自動監測站則應持續觀測，並結合監測基準值，的判定，應用為區域長期安全的預警系統，為能正確有效的發揮即時變位的觀測，建議增加定置性的差分衛星定位觀測，可即時評定區域的滑動狀況，並採用TDR觀測系統，觀測地層內部變位，長期掌握變化。整體滑動區域的變位量，則建議採用衛星定位測量分季實施全面的測量作業，以了解全區的變化。
6. 梨山地滑地區的管理準則訂定計畫，旨在經由觀測區域內的各項變化，提供適當的管理基準值，作為地滑災害預警之依據。由於區域內的各項治理工作的推動造成安定條件的改變，加以長期觀測資料逐漸累積，對現地變化愈趨了解，為災害預警所需之基準值，也應逐漸修正，以期更有效發揮其預警之功能。