

梨山地區地層滑動整治計畫之二

監測系統與資料庫

陳德天、蘇苗彬

一、現場監測系統

為充分瞭解整治後地層及地下水變動情形，為往後繼續整治規劃設計依據，驗證整治成果、建立管理準則，於 84 年度起分期設置自動監測站及人工觀測等工作，進行長期資料之蒐集。

1.1 自動監測系統

梨山地滑區自動監測系統之建立，係依據工研院「梨山地區地層滑動調查與整治方案規畫」總報告之建議，選擇滑動較顯著之滑動體設立自動監測站。自八十四年度起分四年設置 8 個站(見表 1)完成全區監測系統，每站埋設地表傾斜儀等儀器，以短程無線電傳送資料至控制中心。

整體運作方式，如圖 1 所示，自動監測系統的運作方式是先由每隔一個固定時間各個感應單元會去讀取現在感測單元所對應的值，如現在的地表傾斜量、地下水位等，包括日期時間等記錄到資料記錄器之中，再透過資料傳送單元使用無線通訊的傳送方式將所測得的資料傳送到梨山上的控制中心內的個人電腦中，而一段時間後，地面管理中心會使用有線電話數據機透過電話專線傳輸的方式將資料擷取回到平地管理中心的電腦中，目前管理中心設置在豐原市水土保持局第二工程所內。

使用之監測系統可分為四個單元：a.感應單元(Sensor unit)、b.資料蒐集記錄單元(Monitoring unit)、c.資料傳送單元(Communication unit)、d.資料顯示警報單元(Control unit)，分別說明如下：

a.感應單元：

包括地表伸縮儀、地表傾斜儀、管內傾斜儀及壓力式水位計等，依施工規範及研討結果，儀器規格及廠牌型號如表 2 所示；孔內傾斜儀感應器埋設深度依地質鑽探柱狀圖而定，原則上於滑動面位置附近裝設，其他設置深度則視實際情況裝設。

b. 資料蒐集記錄單元：

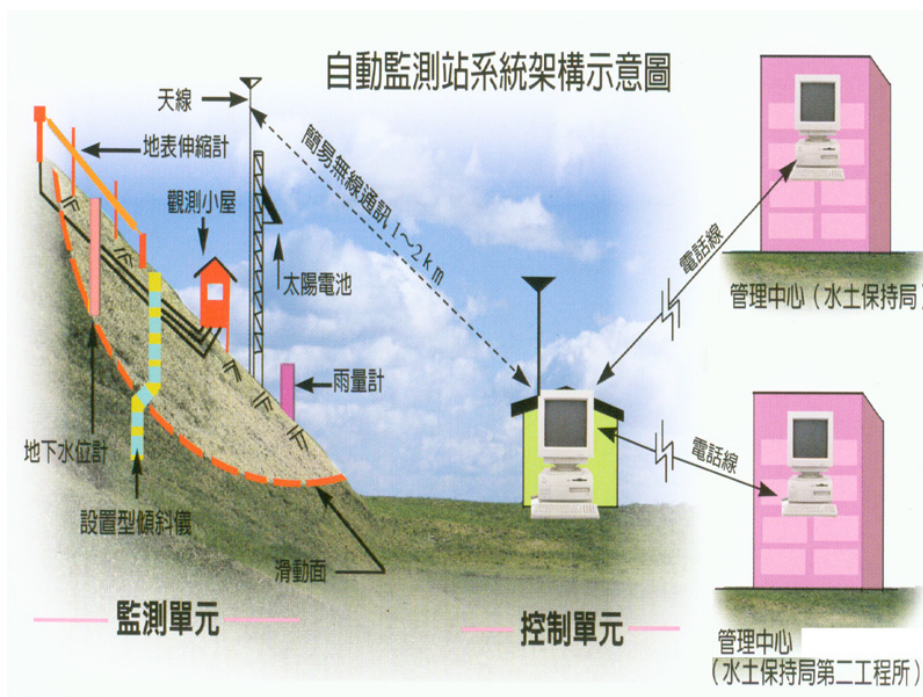


圖 1 自動監測站系統架構圖(圖片來源: 水土保持局第二工程所)

表 1 梨山地滑區自動監測站基本資料

監測站編號	監測儀器	高程(m)	記錄日期	備註
B1	地表傾斜儀、地表伸縮計	1924.10	85.02.07~持續中	84 年度計畫設置
	地下水水位計、管內傾斜儀		85.05.26~持續中	
B9	地表傾斜儀、地表伸縮計、地下水水位計、管內傾斜儀、雨量計	1924.63	85.01.28~持續中	84 年度計畫設置
B4	地表傾斜儀、地表伸縮計、地下水水位計、管內傾斜儀	1937.70	85.12.13~持續中	85 年度計畫設置
B5	地表傾斜儀、地表伸縮計、地下水水位計、管內傾斜儀	1966.79	85.12.13~持續中	85 年度計畫設置
B11	地表傾斜儀、管內傾斜儀、地下水水位計	2008.03	89.8.14~持續中	88 年度計畫設置
	雨量計		89.9.21~持續中	
B13	地表傾斜儀、地表伸縮計、地下水水位計、管內傾斜儀	2070.68	87.01.18~持續中	86 年度計畫設置
	地下水水位計	2087.77	89.8.15~持續中	88 年度計畫設置
C1	地表傾斜儀、地表伸縮計、地下水水位計、管內傾斜儀、雨量計	1897.92	87.01.18~持續中	86 年度計畫設置
C2	地表傾斜儀、管內傾斜儀、地下水水位計	1855.41	88.8.15~持續中	88 年度計畫設置

表 2 感應單元之儀器規格

儀器	靈敏度	量度範圍	精確度	數量 (處)	廠牌與型號
地表伸縮儀	0.025mm	0~100cm	±0.1%	6	Celesco Transducer Products Inc., PT-101
地表傾斜儀	9"	-5°~+5° (X、Y 方向)	±0.5%/FS	6	興和 GIC-10W
管內傾斜儀	0.01°	-15°~+30°	±0.5%/FS	6 (共 個)	興和 GIC-45S
壓力式水位計	--	0~50m	±0.35%/R.O	6	Toyoda TD-4000-12
雨量計				2	

包括資料蒐集之卡式記錄器、資料記錄卡及供應其電源之太陽能電池(DC12V)與蓄電池。以定期將資料記錄卡取回後，由資料記錄卡讀取資料後輸入電腦之方式；經由無線電自動傳送至梨山工作站之電腦，並透過電話專線連線至設於豐原市水保局第二工程所之控制電腦，可直接進行資料傳輸、分析、儲存、測讀。表 3 所列即為資料蒐集單元之儀器規格廠牌及型號。

表 3 資料蒐集記錄單元之儀器規格

儀器	規格	數量	廠牌與型號
卡式記錄器	24 個頻道，1-99 分或 1-99 小時任意時間間隔設定，使用電源 DC12V	2	興和 NTR-24
資料記錄卡	128KB，無接點 LSI 卡	2	興和 LSI
資料讀取器	RS-232C 介面，傳輸速度 9600bps	1	興和 NTR-CR01
太陽能電池	16.2V*1.5A*25W	2	昭和太陽能-SCI-95008
蓄電池	12V*100Ah	4	統立(或其他同等級產品)
註：太陽能電池與蓄電池並用			

c. 資料傳送單元：

利用無線電傳送方式，定時將資料傳送至梨山工作站之電腦，包括無線電數據機(Modem)及無線電機；另外利用電話專線方式，可定時或隨時將梨山工作站之監測資料傳送至豐原第二工程所，包括數據機(Modem)及電話專線。表 4 為其規格與型號。

表 4 資料傳送單元儀器規格

儀器	規格	數量	廠牌與型號
無線電機	通信距離 500~1000m，頻率則以交通部核准使用之 454.3KHz 頻率為準。	2	ICOM IC-UH201
DACKET RADIO CONTROLLER	Z-80 相容之微處理機傳送速度 300~9600bps	2	興和 MC-138 (內含 TNC-21)

d. 資料顯示單元：

於梨山工作站設置電腦，可將現場資料蒐集儲存電腦之硬碟，並可將所蒐集之資料以圖形顯示，瞭解地滑活動情形，並架設自動傳輸系統，資料傳至第二工程所及本局，可即時觀測了解現地變化。另於事前可設定管理基準值，若有超過基準值就可發出信號，提醒工作人員加強注意。表 5 為資料顯示單元之儀器規格。

表 5 資料顯示單元儀器規格

儀器	規格	數量
個人電腦	LEO 66513E(中直立式) CPU：INTEL 133MHz pentium 記憶體：16MB 軟式磁碟機：1.44MB*1, 1.2MB*1 硬式磁碟機：1GB(IDE)*1 104 鍵 KEYBOARD 32 BIT VESA-LOCAL BUS MS-DOS 7.0 倚天中文系統 ADAPTEC 1542CF SCSI CARD 15" COLOR MONITOR	1 組
印表機	CANON BJC-4550 彩色噴墨印表機(A3 SIZE)，解析度 720dpi	1 部
不斷電系統	群加 POWER Star UA-1500TA 容量：1500KVA 輸入電壓：110V，120V：200V，240V 的 75%至 125% 頻率：50 或 60Hz 輸出電壓：110V，120V：200V，240V 的 75% 頻率：50 或 60Hz 備用時間：120min(負載) 充電方式：兩段式充電 6~8 小時至 90%	1 部

1.2 自動監測儀器簡介

(1) 雨量計

如圖 2，為傾倒式雨量計，可以自動計測其位置的雨量以脈波訊號自動紀錄，其倒轉雨量為 0.5mm，其靈敏度為 0.5mm，精確度為 $\pm 3\%$ (雨量強度在 100mm/h 內)，由於部份監測站較近，故並非每個監測站都有，目前 B9、B11 以及 C1 監測站都有架設。

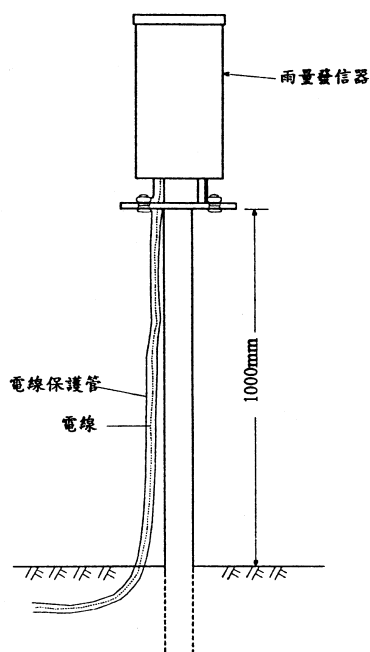


圖 2 雨量計設置圖

(2) 地表傾斜儀

地表傾斜儀的外觀裝置如圖 3 所示，主要用來觀測滑動區地盤傾斜變動情形，一般大多利用水準管地盤傾斜儀來觀測，這裡是利用埋設於地表下 1m 之雙軸傾斜儀進行觀測。地表傾斜儀之 X 軸大致沿滑動方向或是正北方裝設，X 軸與 Y 軸所觀測資料的正負符號及數值，分別代表傾斜方向及傾斜角度如圖 4 所示，而地表傾斜計通常非常靈敏，在地滑監測中，往往較其他的監測儀器觀測出滑動，期靈敏度為 9''，量度範圍為 ± 5 度，而在梨山上幾乎所有的監測站都有安裝，總共有八處。

(3) 管內傾斜儀

如圖 5 管內傾斜儀是使用 PVC 管置於鑽孔中，管壁與鑽孔之間以混凝土固定，而在其中之各種不同設定的深度架設傾斜儀，可以傳回其所在深度的傾斜狀態，其靈敏度為 0.01 度，量度範圍為 -15 度到 +30 度，正值表示前傾斜（滑動方向）；負值代表後傾斜方向（與滑動方向相反）表示目前在梨山上總共架設了八處。

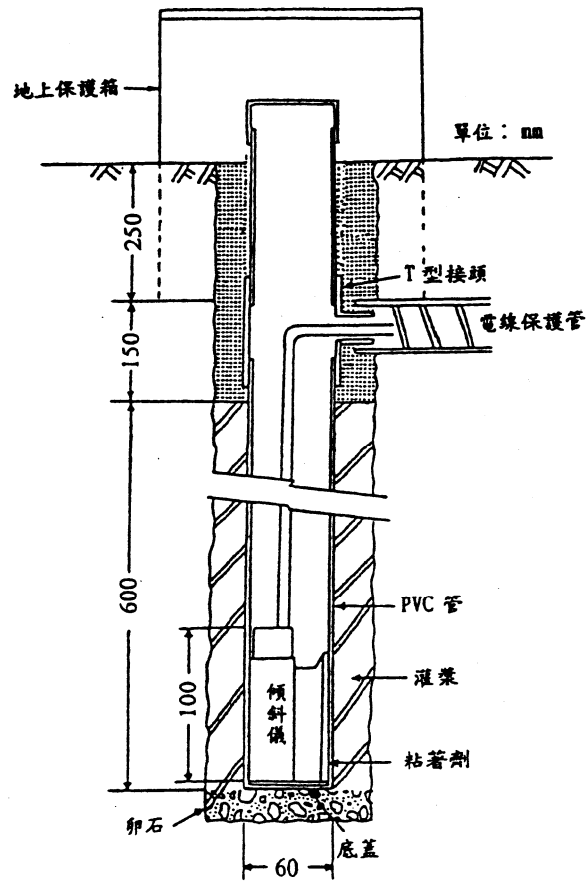


圖 3 地表傾斜計的設置圖

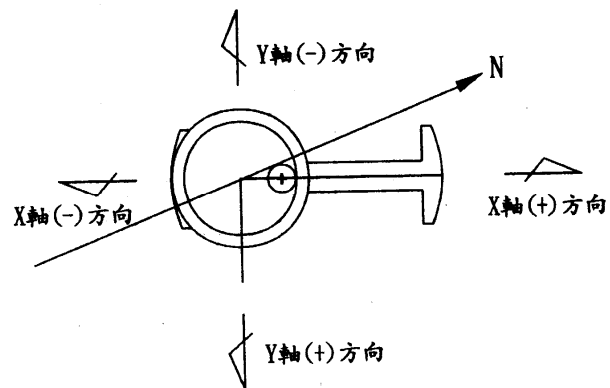


圖 4 地表傾斜儀觀測值與傾斜方向之關係

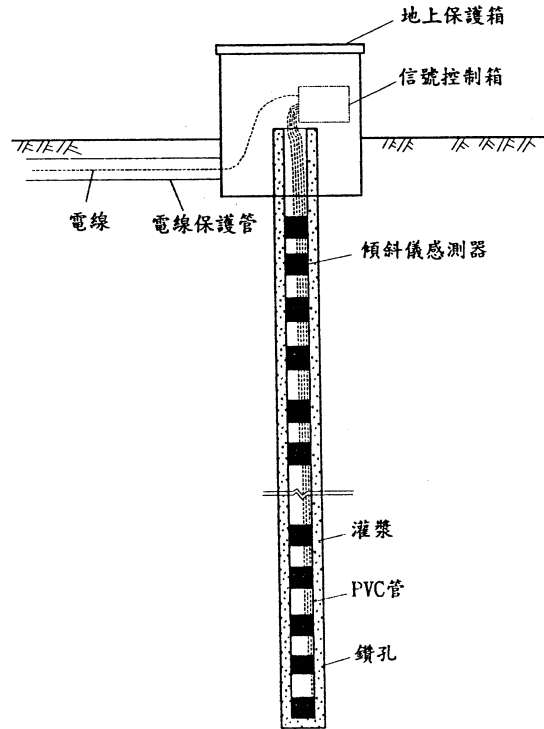


圖 5 管內傾斜計

(4)地表伸縮計

地表伸縮計為量測地表伸縮之量測儀器，通常設置於滑動土體的頭部，可以量測到地表伸張的情形，如圖 6 地表伸縮計是以鈹鋼線的一端掛重錘，而當移動樁因地表位移拉動鈹鋼線使鈹鋼線伸縮來測定地表伸縮的大小，期靈敏度為 0.025mm，量度範圍為 0-100cm，精確度為±0.1%，目前梨山設置有六處。

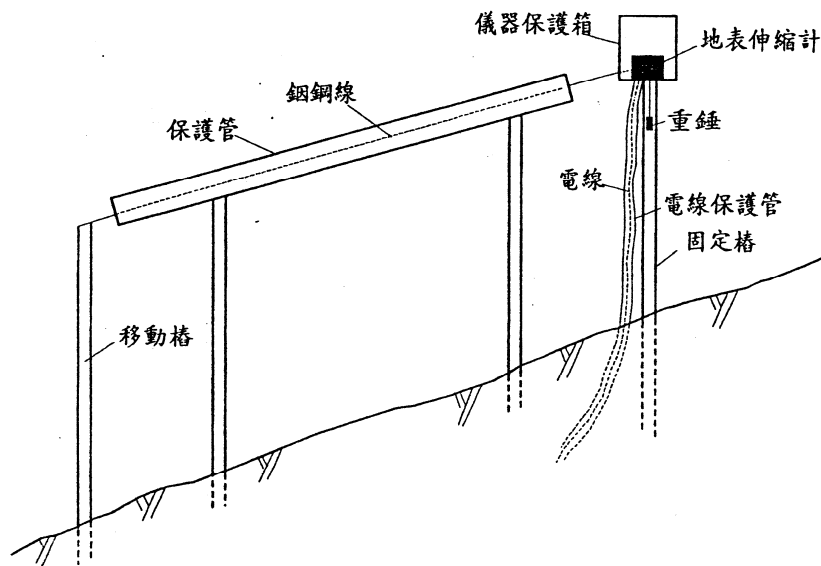


圖 6 地表伸縮計

(5) 地下水位計

在梨山上的地下水位計是採用壓力式水位計，如圖 7 所示，而這也是梨山上面設置最多的監測儀器總共有十處，因為地下水位計比起其他的監測儀器好判釋，直接清楚而明確，其量度的範圍為 50m，而由於是壓力式水位計，故地表面設置有大氣壓力的校正盒，來平衡大氣壓力變化的誤差。

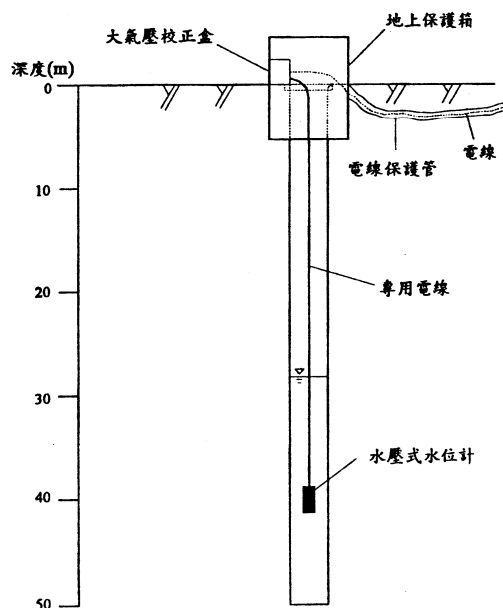


圖 7 地下水位計設置圖

1.3 人工監測項目

在 85、86 年度辦理基本設計與補充調查時，為增加對地滑區全面的掌握，遂配合補充調查之鑽探作業，增加人工監測作業，並於 89 年度增加集水井流量量測與全區測量作業。主要人工監測儀器包括：

- a. 水管式地盤傾斜儀九台。
- b. 地下水位井八口。
- c. 管內傾斜井九口。

並採購以下觀測儀器，供作人工測讀之使用：

- a. 管內傾斜儀讀數器一台。
- b. 管內傾斜儀一台。
- c. 水位指示器一台。

對於前期人工監測儀器上有些已經超出儀器誤差範圍或不敷使用的情況，經由檢討儀器之可用性，並經由承辦人員檢討後，其可用人工觀測

點位，列表於表 6。

表 6 手動監測系統配置及數量一覽表

儀器名稱	編號	所在位置	備註
管內傾斜儀	MIN-1	A-2 滑動體	利用 CH-4 鑽孔設置
管內傾斜儀*	MIN-2	A-1 滑動體	變形太大，無法使用
管內傾斜儀	MIN-3	B-9 滑動體下邊坡	利用 CH-15 鑽孔設置
管內傾斜儀*	MIN-4	C-2 滑動體	量測至 8m 後儀器無法在往下量測
管內傾斜儀*	MIN-5	B-15 滑動體上邊坡，往福壽山農場路上	已遺失
管內傾斜儀*	MIN-6	公路局停車場北側擋土牆下	無法使用
管內傾斜儀	MIN-7	B-6 滑動體上邊坡	利用 CH-18 鑽孔設置
管內傾斜儀*	MIN-8	台八線公路旁，近 B-9 滑動體	已遺失
管內傾斜儀	MIN-9	B-9 滑動體、台七甲線上邊坡	利用 CH-22 鑽孔設置
水位觀測井	MOW-1	梨山小築北側民旁後方，近 A-2 滑動體頭部	利用 CH-1 鑽孔設置
水位觀測井	MOW-2	台八線下方邊坡菜園內，B-2 滑動體西側	利用 CH-7 鑽孔設置
水位觀測井	MOW-3	B-8 滑動體頭部附近	利用 CH-8 鑽孔設置
水位觀測井	MOW-4	B-1 滑動體範圍內，台七甲路邊	利用 CH-23 鑽孔設置
孔隙水壓計	MWP-1	B-5 滑動體，梨山賓館西側道路邊	利用 CH-9 鑽孔設置
孔隙水壓計	MWP-2	B-5 滑動體，圓環附近	利用 CH-19 鑽孔設置
孔隙水壓計	MWP-3	B-7 滑動體，頭部上方	利用 CH-12 鑽孔設置
孔隙水壓計	MWP-4	B-7 滑動體，頭部上方	利用 CH-13 鑽孔設置
水管式地盤傾斜計	T-1	A-1 滑動體西側邊坡	
水管式地盤傾斜計	T-2	梨管所西南側角落邊坡	
水管式地盤傾斜計*	T-3	未尋獲	
水管式地盤傾斜計	T-4	B-1 滑動體，台七甲下邊坡果園內	
水管式地盤傾斜計	T-5	梨管所東側，W-9 集水井邊	
水管式地盤傾斜計	T-6	B-9 滑動體，國民旅舍東側橋下	
水管式地盤傾斜計*	T-7	台汽車站北側，住家菜園內	儀器移至 T-8 使用
水管式地盤傾斜計	T-8	B-9 滑動體，台七甲上邊坡	
水管式地盤傾斜計*	T-9	未尋獲	

*見備註

在 89 年 1 月起對梨山集水系統進行流量監測的記錄，針對集水井內排水管流量量測加以建檔並持續新增，並觀察是否有異常之現象，包括漏水之追蹤、查證，集水井抽水時間等。

另外 89 年度新增設五處集水井(W1、W3、W5、W6、W13)之流量、水溫及電導度半自動量測，以自記式資料記錄器記錄，再定期利用手提電腦下載。

在 85、86 年度辦理基本設計與補充調查時，為增加對地滑區全面的位移與沉陷，計畫地表沉陷測量，原為延襲過去台八線及台七甲線道路 150 測點進行導線測量，經由實際量測後比較出道路沿線之沉陷情形，但對於地滑區內之各滑動土體之沉陷及滑動情形無從得知，有鑑於此，為明確測定梨山地滑地區滑動土體全面性之位移方向及沉陷量，以便了解地滑是否減緩或持續發生，並監視是否有新的地滑區產生，以進一步的了解建築物與工程設施之安全性，作為長期之監測，於 87 年度委託於全地滑區內重設 158 測點作為沉陷測量之依據，其設置之依據分為兩類：1. 主導線點（編號 X）設置 80 個點，主要沿道路分佈，並配合地形、地物以可通視為原則，導線閉合差為 1/5000 之三等水準點。2. 平面測量點（編號 Y）設置 78 個點，以主導線點為引測，並配合地形、滑動土體、工程設施為依據設置點位。為提高精度與不動點之範圍，於 90 年度新增新增 GPS 衛星定位測量配合精密導線測量進行，除採用佈設精密導線量測地滑區內監測點（150 點）之空間座標外，由 GPS 衛星定位測量在地滑區域量測控制點（區域內八點、區域外三點）作為基準控制點，利用控制點之座標。對於測量資料分析，包括座標計算、單次沉陷量計算表、累積沉陷量計算表、單次沉陷量等量圖、累積沉陷量等量圖、地滑區域分析圖，提供地滑之決策依據與監測地滑之用途。

1.4 人工監測儀器簡介

(1) 管內傾斜儀

利用傾斜儀以人工方式放入預定深度利用地面的數據接收器，可以傳回其所在深度的傾斜狀態，紀錄傾斜角度數據，經後處理求得累積位移，如圖 8，其靈敏度為深度每 30 公尺水平誤差 6mm，目前在梨山原本架設了九處，後因位移過大或現地遭破壞而損毀，僅剩四組可供量測。

(2) 水管式地盤傾斜儀

儀器之精確度為： $10''/2\text{mm}$ 。一組水管式地盤傾斜儀有 2 個儀器，分別監測 E-W 方向及 N-S 方向，故儀器放在 X 方向(E-W 方向)及 Y 方向(N-S 方向)，X 方向儀器在 Y 方向儀器下方，地盤傾斜儀的單位為秒。現場操作時，要讓儀器中之側邊水管式氣泡居中，然後旋轉刻度盤讓水

管式氣泡居中，讀出刻度盤上的值。其旋轉刻度盤以逆時鐘為正，順時鐘為負，當讀數超過 360 秒時，其值為 360+刻度值既為當次讀數；當讀數小於 0 秒時，其值為 0- 刻度值。

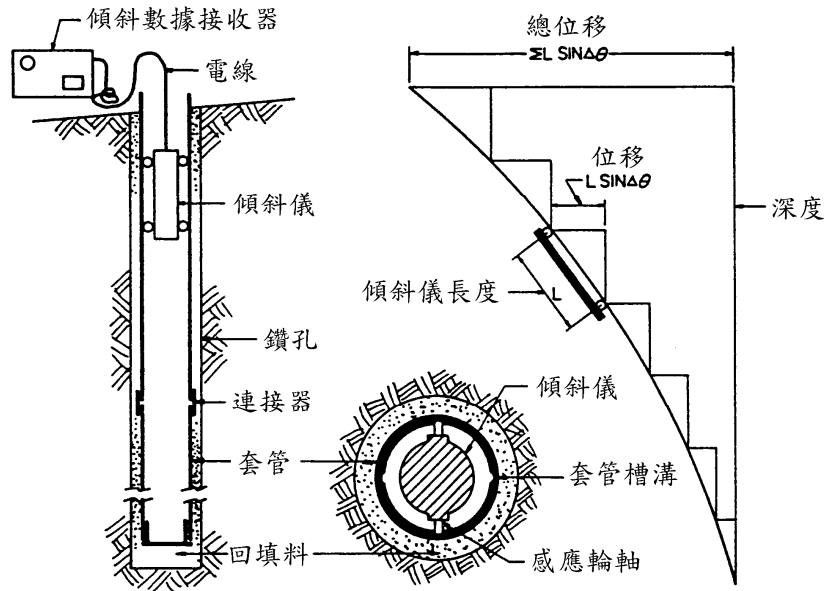


圖 8 管內傾斜儀



圖 9 水管式地盤傾斜儀

(3) 地下水位量測

A. 水位觀測井

主要儀器構件包括鑽有透水孔之塑膠管，其外徑約為 5cm，開孔長度及位置則依鑽孔深度設計，惟可依現場情況作適當調整，管外須以 2 層濾網或非織物包裹。

B. 孔隙水壓式觀測井

水壓計係用以量測地層中某一特定深度處地層內壓力水頭之設施，主要儀器構件與觀測井不同處在於套入之塑膠管不予鑽透水孔，其外徑約為 3.2cm，並於預定深度底部設有透水石，以便觀測某一深度地層之水頭。

(4) 集水井流量監測

以 89 年 1 月起對梨山集水系統進行流量監測的計錄加以設計，針對集水井內排水管流量量測加以建檔並持續新增，並觀察是否有異常之現象，包括漏水之追蹤、查證，集水井抽水時間等，如圖 3-9 所示為流量量測之現地操作。

另外 89 年度新增設五處集水井(W1、W3、W5、W6、W13)之流量、水溫及電導度半自動量測，以自記式資料記錄器，在定期利用手提電腦下載。



圖 10 集水井流量監測之現地操作相片

(5) 全區地表變位測量

為彌補前期人工與自動監測系統中，無法全面了解地滑範圍與整體長期變化的缺失，於滑動區及周圍佈置全面的地表變位測量點，測量點之設計主要延道路分佈、滑動土體、工程設施為依據設置點，並配合地形、地物以可通視為原則，形成涵蓋全區之測量網，可供長期掌握變形之所需，積極推動建立全區沉陷測量作業，梨山地區地表變位測量網的建立與補充。本計劃除採用佈設精密導線量測地滑區內監測點之空間座

標外，為提高精度與不動點之範圍，新增 GPS 衛星定位測量配合精密導線測量進行



圖 11 現地測量操作相片

全體監測系統分佈圖如圖 12 所示，本地滑區之監測系統除基本規劃階段已設置者外，原先已完成 B-1、B-9、B-4、B-5 坍滑體之自動監測系統，另外，為考慮原先基本規劃階段完成之監測系統已部份受損而無法持續觀測，故於本次之鑽探作業中鑽設新鑽孔，重新裝設人工監測儀器傾斜儀，繼續觀測各坍滑體之滑動行為。其中 B-13 及 C-1 滑動體內裝設自動管內傾斜管監測儀器，該兩鑽孔(CH-16 及 CH-24)之施設作業已於八十六年元月十三日配合完成。而人工觀測的部份為中華顧問工程司在執行基本設計與補充調查時，依需要利用調查鑽探之孔所佈置。

從相關研究報告顯示，對相關監測儀器上有些已經超出儀器誤差範圍或不敷使用的情況，應該徹底檢討儀器之可用性，加上管理準則訂定是以即時監測地滑發生所能反映給管理人員評判的數據與提供危機處理的依據為最終之目的，因此對於相關監測儀器之總檢討實為必要，將利用此次安全監測評估，針對實際監測數據之可讀性與可利用性加以評估，對於未來之使用性提出建議。

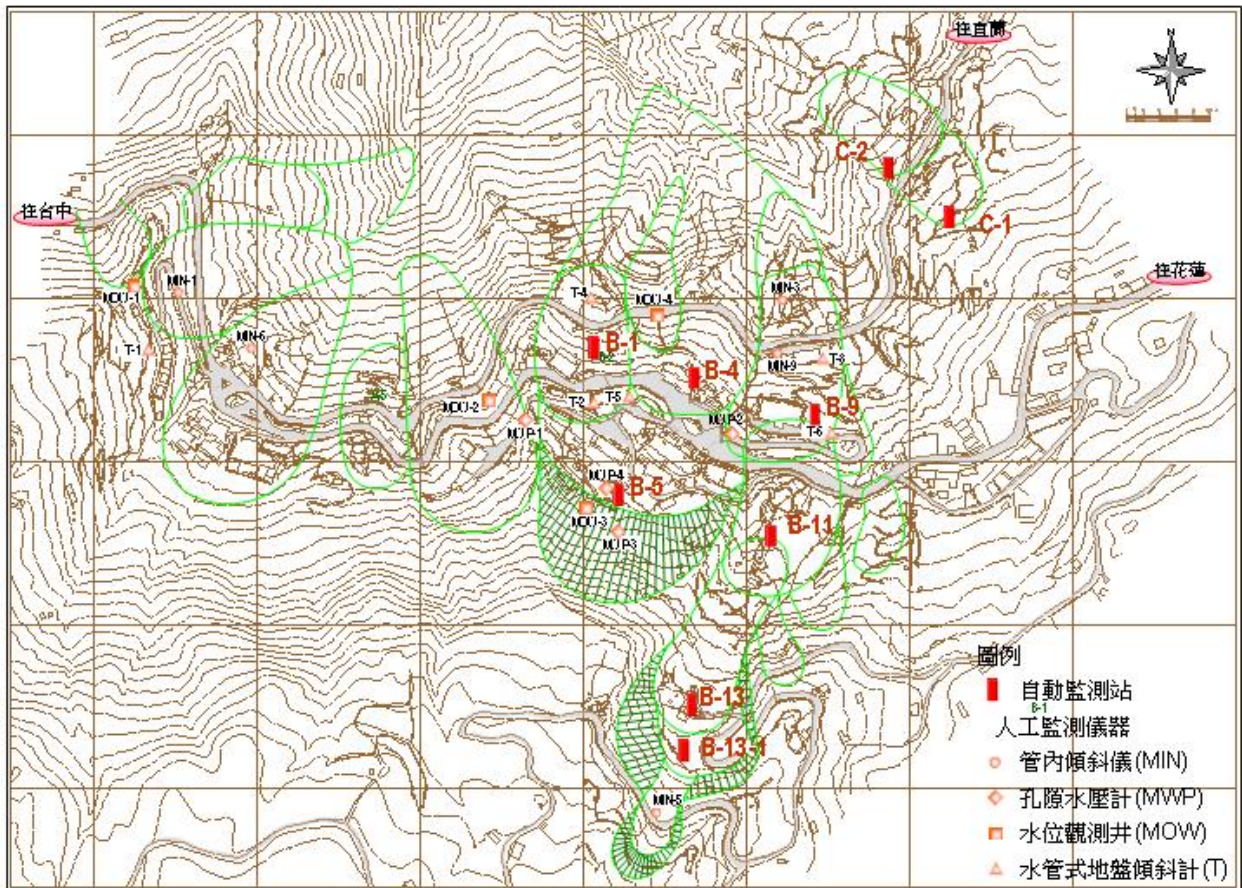


圖12 梨山地滑區監測配置圖

二、監測數據與工程影響評估

依個別自動監測站所觀測到的資料繪製成圖，見圖 13 至圖 29，其中圖 13~21 為各監測站觀測期間降雨量、地下水位及地表伸縮計變動量之關係圖，圖 22~29 則地表傾斜量與地下水位變動量之關係圖，可據以評定各滑動土體安全性的評定及檢討後續安全維護的實施，以下依各監測站監測結果大略作成說明：

1. B1 監測站

B1 滑動土體在整體 B 滑動區之最西側，地勢較低，其上坡面仍有 B2、B5、B8 等連續之滑動土體。B1 監測站設站完成日期為 1996/5/26，水位觀測井高程為 1923.92 公尺，其觀測資料顯示降雨與地下水位關係相當顯著，水位一般變動範圍在高程 1885~1895 公尺之間，遇到極強之暴雨，水位上升曾超過 1900 公尺。B1 滑動體主要排水設施 W11 施工期間為 1997/3/20~1997/8/26，水位自 1997 年 7 月初即有明顯的下降趨勢，從 1885

公尺降至 1880 公尺，1997 年 9 月之後 B1 常駐地下水位為 1880 公尺附近，遇暴雨仍有機會上昇至 1900 公尺，降雨與地下水位的關係仍然明顯，在 1999 年 4 月在排水廊道施工後，水位就無再上升至 1895 以上，由監測數據可看出本區域集水井確實發揮降低地下水位之功效，而排水廊道之施工更加速水位消散之能力。

在地表變形量方面，位移量變化穩定，921 地震時有約 2.5cm 的變形，後又漸趨穩定，其地表傾斜量亦有相當顯著的變化，至 2001 年六月，其傾斜程度又恢復至地震前的狀態，而其間之地下水位並未因此有明顯變化。在 2000 年 8 月份碧利斯颱風影響，有較大的降雨，其地下水位亦急劇上昇，超過了管理準則訂定的注意基準值，但並未達警戒，沒有警報發佈。地表伸縮並沒有明顯變化，顯示並未達滑動的極限，而地表傾斜儀兩個觀測軸在 2000 年 8 月份起都有了明顯的變化，應特別注意。2001 年至今地表伸縮計與傾斜計並無特殊變化，只是在 x 方向的地表傾斜隨年度呈現循環的變化，可能是受溫度變化影響，後續應調查分辨究竟是儀器安裝的問題，還是地盤整體的效應。而 y 方向的地表傾斜持續變大，顯示受排水廊道施工影響，地盤應是趨於穩定。

由監測數據評估此區地下水確實受到工程之影響，平均下降約 10 公尺，且目前水位變化量極小，加上排水廊道施工後，監測站水位不再突然劇升，所以總體評估此區地下水位已受控制，若在 2002 年底之排水廊道工程完工後，此監測站地下水位應可控制於安全範圍。

2. B4 監測站

B4 監測站在 B 滑動土體中央的下邊坡，位於台八線經過位置的下方，其上方有 B5 滑動土體，兩側分別為 B1 及 B9 滑動土體。B4 監測站設站完成日期為 1996/12/13，水位觀測井高程為 1937.70 公尺，初期觀測資料顯示降雨與地下水位關係顯著，只是水位短時間變動趨勢不像 B1 水位劇烈，一般變動範圍在高程 1890~1897 公尺之間。B4 滑動體主要排水設施 W8 施工期間為 1997/3/6~1997/4/4，爾後水位並未受 W8 集水井影響而下降，退水趨勢緩慢，水位維持在 1897 公尺附近，1998 年 1 月~5 月間推測受到 B5 滑動土體上集水井排水系統導引至本區，水位躍升至 1902 公尺，一直至 1998 年 12 月中旬水位才降至 1900 公尺以下，而在排水廊道施工後，1999 年 4 月水位已漸漸下降，但只此後降雨與地下水位關係變得不明確，水位在 2000 年 1 月之後維持在高程 1894~1895 公尺附近，在近期水位已呈現穩定之狀態，待排水廊道於 2002 年底完工後，再進一步觀察水位是否已趨於穩定。

地表變形量在 921 地震期間約發生了一公分的變形，之後則漸趨穩定。其地表傾斜經 921 地震無明顯變化，至 2001 年一月份下旬，在側向產生較明顯變化，應特別注意，其地下水位變化特性亦有所改變。在 2000

年碧利絲颱風與 2001 年桃芝颱風過境期間地下水位急劇上升超過了高程 1900m 注意的警戒值，而其地表伸縮計開始有明確的變化持續發生，每個月約達 1~2mm，仍在注意範圍內，地表傾斜儀則並無太明顯變化。在 2001 年內地下水位持續維持在較低的高程，但其暴雨發生的高水位仍有一次超過 1900m 注意警戒值，地表伸縮計則維持穩定，顯示地層仍安定，地表傾斜的部份則較值得注意在 2002 年 5 月 20 至 5 月 25 其 X 方向突然變化達 2 萬多秒，應該為異常狀況，儀器是否異常，需通知儀器維修單位檢查。

由監測數據評估此區地下水近期已經受到控制，水位變化量極小，因為此區位於整治重點區域，相關排水工程設施頗多，由地形圖上可了解，此監測站南方有多處集水井工程，北方有多處橫向集水管工程，所以總體評估此區地下水位已受控制，待排水廊道工程完工後，其水位應可控制於安全範圍。

3. B5 監測站

B5 滑動土體位於 B1 及 B4 的上坡面，內部包含了梨山地區幾個主要的構造物，有梨山賓館、車站等。B5 監測站設站完成日期為 1996/12/13，水位觀測井高程為 1967.05 公尺，初期觀測資料顯示降雨與地下水位關係並不明顯，偶爾因極強的尖峰暴雨才有 1 公尺左右的變動，水位一般變動範圍在高程 1959~1960 公尺之間，B5 滑動體主要排水設施 W5、W6、W7 施工期間為 1998/1/11~1998/4/26 之間，排水工程施作後 B5 水位明顯下降，從 1957 公尺降至 1943 公尺，1998 年 5 月以後遭遇極強的暴雨(尖峰雨量超過 15mm/hr 以上)才有明顯水位變化，而且最高地下水位出現時間比尖峰雨量出現時間延遲三天，由於 1999 年 6 月中旬之後並無密集性暴雨出現，降雨與地下水位的關係並不明顯，而在圖中可以看到 B5 的地下水位在 2000/9/25 下午 5 點開始到 26 日水位急劇洩降，從 1946 降到 1918 公尺，降了 28 公尺，之後水位高程都一直維持在 1918 公尺，就沒有再上升了，推測是排水廊道施工時曾遭遇大量湧水，B5 底部已有管道到排水廊道，而已於 2001 年三月中旬以人工的方式測得 B5 已無水位，故 B5 監測站地下水位暫時無法發揮監測之功效，但在排水廊道之工程影響下，B5 監測站附近水位已獲控制，並大幅下降，可以發揮排水之功效。

地表伸縮有微小的變化，傾斜儀則無明顯變化。至目前地下水位仍持續維持低於井底的情形，只有少量很小的變化，地表位移亦穩定無特殊變化，地表傾斜則維持穩定。

4. B9 監測站

B9 監測站位於 B 滑動體之最東側下方的滑動土體，其上方有國民旅舍。B9 監測站設站完成日期為 1996/1/28，水位觀測井高程為 1924.70 公尺，初期觀測資料顯示降雨與地下水位關係相當明確，幾乎瞬時降雨達

5mm 以上，B9 水位就有明顯的變化，水位一般變動範圍在高程 1895~1904 公尺之間，B9 滑動體主要排水設施 W4 施工期間為 1998/5/16~ 1998/5/28，B9 水位自 1998 年 6 月中旬明顯開始下降至 1892 公尺，爾後於 10 月初遭遇暴雨又回昇至 1895 公尺，2000 年後觀測記錄顯示，平均水位在 1897 公尺，變動範圍從 1895~1901 公尺之間，降雨與地下水位的關係比初期觀測時還要明顯。

地表伸縮量顯示變化很小，921 地震發生後，其地表傾斜達 500 秒，持續緩慢的增加，至 2000 年 6 月下旬，又有較明顯的變化，其地表變形約有 3mm，後又恢復原狀，而其地下水位在地震期間上升了兩公尺多，而後約經 1 週消退，且退水曲線變得很緩慢。2000 年碧利絲颱風與 2001 年桃芝颱風過境期間造成的影響並不明顯，不若前述幾站。90 年度內可見地下水位變化很小，但維持在較高水位，而地表位移持續穩定，地表傾斜也持續穩定。

由監測儀器了解此區域地下水位並未大幅度下降，而變動量亦有小幅度增加之趨勢，因此本區在未來應列為重點觀察地區，以監測數據評估此區尚無法確實掌握地下水位變化。

5. B11 監測站

B11 監測站為後續補充設置的監測站，其設置完成日期為 2000/8/14，水位觀測井高程為 2008.30 公尺，B11 滑動土體介於 B9 及 B13 之間，觀測始於 89 年 9 月，其地下水位變化穩定，由資料觀察可以看出其地下水位受到雨量的影響，在這段觀測的時間水位高程最低在 1977 公尺，最高到 1987 公尺，落差大約 10 公尺，初步評定與降雨關係明顯，其地表傾斜量在滑動方向持續增加，且其量顯著，應特別注意。待排水廊道於 2002 年底完工後，再進一步觀察水位是否已趨於穩定，處於可控制之範圍。

6. B13 監測站

B13 監測站位於 B 滑動體的南端上邊坡，較似典型的向源侵蝕發展。設站完成日期為 1998/1/19，水位觀測井高程為 2070.68 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 2042 公尺，唯有降雨超過每小時 15mm 以上的時候，才有十幾公分的變動，隨即消失，B13 滑動體主要排水設施 W1、W2、W3 施工時間分別為 1997 年 4 月間及 1998 年 8~12 月，然而 W2、W3 對 B13 監測水位並無直接的效果，自集水井完工至 2000 年 2 月底水位一直維持在 2041~2042 公尺之間，降雨與地下水位的關係並無明顯相關。

於 921 地震時，其地表傾斜超過 500 秒，並持續擴大，至 2000 年 4 月份再加速傾斜變化，地表伸縮計顯示地震期間約有 2mm 的地表變形量，而其地下水位上升超過 1 公尺，但很快的消失。但長期地下水位一直沒有

變，顯示本站地下水位不受降雨影響。2000 年碧利絲颱風與 2001 年桃芝颱風過境期間並沒有造成顯著的影響。2001 年中，地下水變化亦不明顯，地表變位持續小量增加而地表傾斜亦持續增加。

由監測儀器了解此區域地下水位並未大幅度下降，而變動量亦有增加之趨勢，因此本區在未來應列為重點觀察地區，以監測數據評估此區地下水位穩定，但仍需加強對位移量變化之觀察。

7. B13-1 監測站

在這個補充設置的監測站，只有兩個地下水位觀測井，設置完成日期為 2000/8/13，總共有兩個水位井，水位計(1)高程為 2088.68 公尺，水位計(2)高程為 2087.77 公尺，兩口井呈現一致的變化趨勢，顯示在同一含水層，在約 1m 的水頭差，顯示其上、下游關係，且受降雨影響明顯，因為此監測站為後期設置，所以與整治工程之關係不明顯，同時與 B13 監測站比對也可證實此區地下水位尚無明顯下降。

8. C1 監測站

C1 監測站位於 C 滑動土體所設的監測站，於台七甲線上邊坡，因常發生公路崩壞，公路單位持續在整修中。C1 監測站設站完成日期為 1998/1/19，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，C1 滑動體主要排水設施 W12、W13 施工時間為 1998/6/1~1998/8/28，目前資料顯示集水井的施作並未對 C1 監測水位有顯著的影響，水位仍然維持在 1878 公尺左右，然 1999 年 10 月之後，可能受 921 地震影響，水位以一個月下降 1 公尺的速率至 2000 年 2 月底止，水位降至 1875 公尺附近，然降雨與地下水位的關係仍不明顯。至 2001 年 10 月份起地下水位急劇下降至 1860 公尺附近，其後續變化應特別注意。

地表伸縮計在 921 地震時有超過 5mm 的變形，地表傾斜計的變化則較為複雜，在 2000 年 2 月間及 6 月間有較明顯的傾斜變化，似乎有加速之狀態。2000 年碧利絲颱風與 2001 年桃芝颱風期間並沒有造成顯著的影響，地表位移量則有持續變化。地表傾斜在 2001 年 10 月下旬有顯著變化，已達注意的基準。921 地震發生後，地下水位有逐漸下降的趨勢，到 2001 年更大幅下降了約達 10m，應深入探究原因，地表位移量也逐漸增加中，地表傾斜量大幅的增加，顯示地盤不穩定，至今稍呈穩定。

由監測數據看出，C 區水位已下降達 15 公尺左右，但水位尚無法準確掌握，整治工程雖有一定之影響，但尚須往後進一步之觀察。

9. C2 監測站

C2 監測站為後續補充設置，位於 C1 站之下邊坡處，自 2000 年 9 月開始觀測，近期地下水變化不到 1 公尺，變化幅度小，且與雨量關係不甚

明顯，位移與傾斜稍有變化，但仍無法明確顯示相關性，後續應特別注意。因為此監測站為後期設置，所以與整治工程之關係不明顯，同時與 C1 監測站比對也可證實此區地下水位尚無法完全控制。

由前述各站監測結果結合本年度的新近觀測變化，加上與後續章節綜合討論各滑動土體的安全性評定，則可據以建議後續安全維護管理事項及針對安全的必要後續治理工作需要性的評定。

三、長期安全監測評估

前期之監測項目藉由數據之解讀確實可瞭解地滑活動情形地下水變動與相關儀器之相互關係，就目前監測的評估結果給予肯定之價值，在地滑地的處理與安全監測系統確實發揮實際地滑資訊的傳遞與告知，此寶貴之資料有極大之學術性價值，對於整治工程之成效也藉由監測儀器之數據得到直接之佐證。對於前期監測目前已有不錯之成果，在滑動面之判釋與地下水位變化的分析皆發揮監測應有的功用，但對於未來之長期安全監測上是以即時監測地滑發生所能反映給管理人員評判的數據與提供危機處理的依據為最終之目的，因此要達到所謂之預警系統和危機處理之評判能力上，對於監測系統之規劃須重新檢討，況且在前期監測儀器上有些已經超出儀器誤差範圍或不敷預警系統使用的情況。對於長期安全監測評估應有幾項重要指標：

1. 地下水位確實掌控：因地滑地最大之誘因乃是地下水之影響，因此地下水位之監測應該隨時注意。
2. 地滑變位數據之直接解讀能力：地滑地的災害最為直接的現象就是地表的變動與邊坡之崩塌，因此如何以監測儀器直接反應地表位移嚴重性以及地層滑動之潛在性，確實是目前地滑監測較難以辦到的成果，但對於往後長期安全監測卻扮演至重要之角色。
3. 降雨和地下水位變化關係建立：降雨與地下水位關係密切，在前其監測中已經確實了解兩者關係密不可分，因此未來長期安全監測中，對於降雨量應確實掌握。

3.1 地下水預測評估與降雨關係分析

對於地滑的掌握，能夠及早發現其危險，就能降低災害的損失，因此即時監測系統之建立與危險發布之基準將對於地滑發生有預警性的作用，不但能及早告知災害危險之程度，對於人民生命與財產的安全更有保障。

由梨山所設置八個自動監測站所測讀之降雨與地下水位變化可以了解，B1、B9 與 B11 站從過去到現在，降雨與地下水位變動之間的反應良好，而 B4 與 B5 在集水井施作前降雨與地下水位間反應普通，然集水井施作之後，兩者之間相關性隨著排水系統的施作而消失，至於 B13 與 C1 站從過去數據顯示，一直維持在某一高程附近，不受降雨的影響。

參考「梨山地滑區管理準則訂定(四)」中，藉由模式模擬來作降雨引起地下水位變化的預測，採用類神經網路為工作進行，在模擬之前，先要有關係式之建立，運用時間序列找出地下水位與雨量之轉換函數，然後建立類神經網路的學習架構。在網路學習的過程中，假如降雨與地下水位之間的關係愈明顯，則網路所需要的學習範例愈少，而模式在暴雨擬合的情況下，更能

貼近現地地下水位的變化，然而如果滑動體所測讀到的降雨與地下水位之間的關係並不明確，或是偶而受到影響，但水位變化不明確，即使類神經網路能發揮高度的學習能力，也無法明確的找出降雨與地下水位間確實的關係。利用類神經網路預測，首先將對各個監測站的雨量與地下水位分析處理，評估類神經預測的可行性，首先需了解各監測站雨量與地下水關係。

考慮輸入及輸出的單元，由於是預測，並且以預測下一個小時的地下水位為目標，故輸入的單元一定是前幾小時的雨量，而輸出則是下一個小時的地下水位，如此才能有預測的結果，建立的類神經網路中影響下一小時地下水位變化的相關單元作為類神經網路的輸入層神經元，分別是前一、二個小時的地下水位以及前一、二、三個小時的雨量。

由於輸入的資料中，真實值的大小並無實際的意義，將選取資料尺度化處理後，作為輸入層神經元進行學習，而網路的架構(隱藏層的層數以及隱藏層神經元的個數)先採用前期計劃所做出的最佳網路架構來學習，初步暫時以相關係數(C.C)與誤差均方根(RMS)作為評鑑學習後類神經網路的良窳，再進一步繪出預測與實際值的關係圖來決定是否採用或再調整學習參數及次數。

以真實的地下水位與預測的地下水位的圖形來比較預測的結果是否能在一定的誤差之內，或者檢查其跳動的情形是否嚴重，如果都在不在允許之內，則調整學習的資料量直到預測結果良好且有一定的準確性為止。將未經訓練的新資料來作驗證，以 2000 年作為學習網路，方法，並以 2001 年至 2002 年 3 月作為驗證。

3.2 新型地滑監測方法之建立

在地滑監測的工程領域裡，地表位移的方向與沉陷位移量以及地層下滑動位置的深度與變位量是屬於比較重要的項目，當然還有最重要的地下水之監測。以目前來說，測定地層變形仍大多延用傳統的應變管測定計法、地表伸縮儀以及人工或自動管內傾斜儀。前述幾項監測儀器不但有價錢昂貴的顧慮，且在實用上，應變計和伸縮儀有量測間距範圍的限制，而人工或自動傾斜儀則有設置和重力方向的限制，受現地條件影響頗大。

以新型地滑之監測，目的在解決上述舊有監測系統之缺點，在新型地滑監測上可分為用於地層滑動監測之時域反射技術(以下簡稱 TDR)，以及用於地表位移量監測之 GPS 衛星定位系統，在 TDR 監測之方法為利用一同軸電纜線其本身即為一具連續性且可多點量測的感應器，加上不受設置方向的限制、不易受地下物質侵害、不因溼度、溫度、或地下水狀態的改變而有所影響，以及儀器設置簡便快速且兼具經濟實惠等優點，近年來在現地地滑狀態調查的應用上已頗有取代傳統系統的架勢。在 GPS 應用於地表位移監測上，由於目前衛星科技發展迅速，在衛星測量上已經漸漸取代傳統測連的方法，

在 GPS 測量誤差上已達公厘的程度，應用在地表位移之監測勝未來之趨勢。新型地滑監測方法與其他方法之比較如下所述：

1. TDR 測定法與傾斜儀相比較：

使用上遠較傾斜儀經濟，設置或觀測也都較傾斜儀方便；而且由於電磁波傳輸不受方向限制，所以可以隨時改變設置方向，作各種斜度的變位量測。例如，可以將電纜線平行隧道頂部放置，以量測隧道頂部變位。但傾斜儀由於受感應器重力方向的限制，就無法任意傾斜變換導管設置之斜度，電纜測定法可同時量測側向變位及拉伸量，傾斜儀則只能作側向變位的量測。TDR 無法如傾斜儀般經由使用不同方向的溝槽來瞭解地層移動的方向，但移動的方向可從地表位移可得知。

2. TDR 測定法測定法與應變管和伸縮計之比較：

由 PVC 管上應變放置的深度或張力線錨定的深度，彼此間都有一定的距離間隔，無法如電纜測定法可以作整個深度，連續性變化的觀測。而且應變片易受溫度、潮濕的影響，而使得讀測的應變量不準確，伸縮計只能顯示出移動量，至於是側向變位或垂直變位則無法分辨，至於電纜測定法，由於電磁波是經由同軸電纜內外導體間的 PE 為介質傳輸。此介質由外導體包圍而與外界完全隔絕，因此電磁波傳輸不受地下水狀況影響，而且從反射波之波形也可以分辨出側向或垂直變位。

3. GPS 測量與地表伸縮計之比較：

在地表伸縮儀器方面，所要考慮之位置十分重要，因為需要一端在不滑動區域，一端在地滑端，其數據才又意義與比較性，但大部分之儀器站其監測數據之趨勢並無法研判地滑量與區域性之關係，僅能以大方向之趨勢研判地滑發生之嚴重性，尤其儀器本身之靈敏度與實用性並不敷即時預測與長期管理之特性，但 GPS 定位系統就可了解地表滑動的方向與大小，進而研判地滑發生之危險性，達到即時監測位移之目的。

4. GPS 測量與地盤傾斜儀之比較：

地盤傾斜儀同樣受到其儀器本身所限制，由水準氣泡原理所建構之地盤傾斜儀受到儀器精度與溫度變化造成之誤差，且資料擷取之不連續與人為誤差之影響，以不符即時監測與研判系統建立，其量測之目的運用 GPS 也可輕鬆達成，了解地表滑動的方向與大小，進而研判地滑發生之危險性，未來 GPS 之監測可以取代許多監測儀器。

3.3 TDR 應用於滑動面之監測

時域反射技術 (Time Domain Reflectometry; TDR) 最早在電信工程上的發展，原本是電機及通訊工程師使用在輸配電路及通訊網路中，尋找短路或發生障礙位置的一種技術。近年來，此一方法開始運用到其他的方向；包括

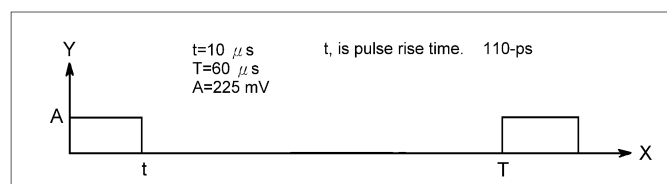
做某些材料特性的量測與變形的監測系統上，並有利用光的傳輸發展的 OTDR 的量測系統，採用光纖做導線，而非原本的同軸電纜線。TDR 的應用甚至延伸至環境工程與核子工程的領域，如量測地下化學物質的傳輸情形、核爆的區域...等。

TDR 監測系統在土木工程方面已有非常廣泛之應用。路面工程方面，可作為鋪面溼度的監測系統；在結構工程方面，舉凡監測混凝土結構中的裂縫位置、監測橋墩的沖刷情形和移動位置、橋樑監測上的應用...等等，應用情況亦日趨成熟。另外，不僅在岩石工程方面，可進一步監測岩盤變位；而大地工程方面，目前則已能使用於監測土層邊坡之滑動情況 (Dowding et al., 1989)。

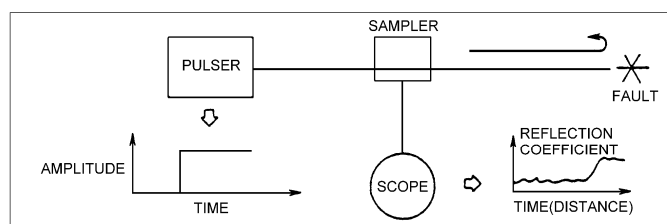
當設置 TDR 監測系統用於土層邊坡滑動之量測時，主要是以同軸電纜線作為量測變位的連續性感應器，並藉由電磁波形的變化，了解地層的滑動情形。由此可知，推求反射訊號波形和同軸電纜線變形間的關係是必要的。至於前人於室內試驗的相關研究，目前成果包括同軸電纜線長度對反射訊號波形的影響、受不同變形型式而造成波形的不同變化，以及反射訊號波形之量化方式；此外，現地監測之實際應用部分也已經有初步的進展。

時域反射技術可用於量測傳輸線的特性阻抗(characteristic impedance)，其原理主要是利用波行進間所遭遇介質改變而產生折射與反射的現象來作量測，找出傳輸路徑中不連續的位置以及特性阻抗；其行為遵循波動理論。一個基本的 TDR 系統如圖 30 所示，包含下列幾個部份：

- (1) 波形產生器 (pulser)。
- (2) 用以量測待測裝置 (Device Under Test; DUT) 上各種訊號的擷取器 (signal sampler)。



(a) 基本時域方形波(Tek 1502c)



(b) TDR操作原理

圖 30 基本 TDR 系統 (摘自 Dowding et al., 1989)

- (3) 連結波形產生器，訊號擷取器及待測裝置的傳輸線 (transmission line)。
- (4) 顯示或記錄擷取器上訊號的裝置 (displayer or recorder)。

所謂的時域反射系統，係由波形產生器 (pulser) 送出一源源不絕且上昇時間 (rise time) 極短的時變性電壓脈衝進入待測裝置 (test device)，而電壓脈衝的型式通常為一種躍階脈衝 (step function pulse)，此一訊號通過訊號擷取器後沿著傳輸線傳至待測裝置。若於傳送途中遇到不連續點時，亦即傳輸線因外力造成電纜局部特性的改變，將造成部分能量的反射，然後反射波將與入射波重疊，結果造成所謂的「反射係數」 (reflection coefficient)，即反射電壓與入射電壓的比值，並隨著時間的變化，而顯示在測試儀的示波器上。理論上，在輸入的波和反射回來的波之間時間的延遲，可以決定出障礙發生的地點。而綜合的考慮延遲的時間、反射波的波形及波長與大小，可以決定出每一個障礙發生的位置、形式與嚴重的程度。

在 TDR 設置中，訊號傳遞之路徑，即為可量測變化之範圍。而在本研究中作為量測變位之感測計，即為一傳輸線。傳輸線可引導能量從某一點 (輸入) 到達另一點 (輸出)。一般使用的傳輸線可分為同軸式與平行導線式兩種。平行導線式傳輸線在高頻使用時易受外來干擾且其能量的輻射 (radiation) 損失相當大的。用於 TDR 測量的傳輸線屬於同軸式導線，即以同軸電纜線 (coaxial cable) 為訊號傳遞的路徑。同軸電纜線可以提供電磁波一個一維度的波傳路徑，其能量在電纜線中則是以橫向電磁 (TEM) 波的方式傳遞；而波動進行的控制方程式可以用線路原理或麥氏 (Maxwell's) 理論來引導取得。

現地設置在梨山地滑地以了解梨山地滑之形式與變化量，並間接跟自動監測站之管內傾斜儀數據加以比對，根據既往地質調查結果，推測梨山地區在過去曾發生過大規模之地層滑動，又以 C 區道路下陷嚴重，因此以 C 區作為 TDR 之設置，如圖 31 所示，於 C-1、C-2 滑動體之趾部附近，除偶見壓力裂隙外，於地表並未明顯出現上拱或隆起之現象，故推測其滑動面並非弧形破壞，而為趨近平面破壞，且因位移量大於下陷量，於頭部位置容易出現陷落型張力裂隙。現場安裝完成之同軸電纜如圖 32 所示，本站以 2000 年 3 月 26 日所得資料作為原始不動資料，並與之後陸續讀得的每筆資料相互比較，觀察各深度波形之變化情況。期間波形發生明顯異動之處計有 7 個，皆以紫紅色字標註於其下方；波形合成圖下方標註線代表的是記號間長度計算示意圖，標註線的兩端特以填實方塊點出計算採用之起、終點位置。而至於記號間長度計算方法的決定。

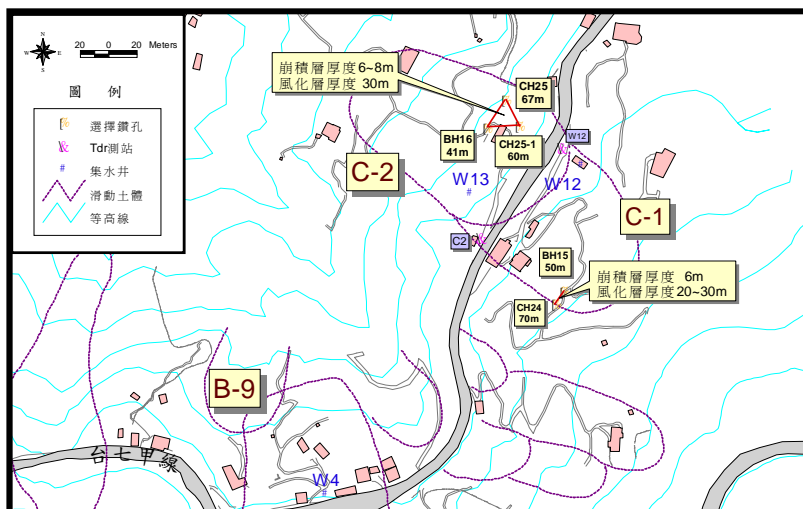


圖 31 梨山地滑區 TDR 測站平面配置圖

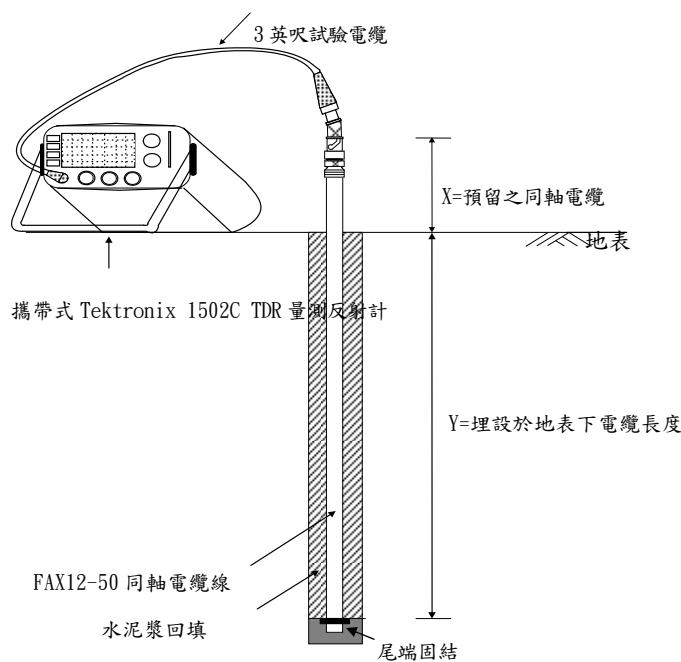


圖 32 同軸電纜線現場設置示意圖

3.4 GPS 應用於地滑沉陷之監測

1. GPS 的特性

GPS 衛星定位測量係利用 GPS 衛星接收儀於任何時間、任何天候架設於地球表面上任何可對空通視之地點，接收 GPS 之衛星訊息，以計算接收儀所在位置(座標)之快速測量方法，可應用於導航定位、各類測量、洲際聯測、及科學研究等方面。

2. GPS 應用於測量的特點

GPS 定位技術的高度自動化和所達到的定精度及其潛力使廣大測量工作者產生了極大的興趣。尤其從 1982 年第一代大地型無碼 GPS 接收儀 Macrometer V-1000 投入市場以來，在應用基礎的研究、應用領域的開拓、硬體和軟體的開發等方面都得到蓬勃發展。廣泛的實驗活動為 GPS 精密定位技術的應用展現了廣闊的前景。相對於傳統的測量技術，此新技術的主要特點敘述如下：

A. 觀測站之間無需通視

既要保持良好通視條件，又要考慮三角網的良好網形，這一直是傳統大地測量在作業方面的困難問題之一。GPS 測量不要求觀測站之間相互通視，因而不再需要建立規標。此優點既可減少測量工作的經費和時間(一般規標造價費用約佔總經費的 30%~50%)，同時也使點位的選擇變得甚為靈活。但是，GPS 測量雖然不要求觀測站之間相互通視，但必須保持觀測站上空開闊(淨空)，以使接收 GPS 衛星的訊號不受干擾。

B. 定位精度高

在小於 50km 的基線上，其相對定位精度可達 $1\sim 2\times 10^{-6}$ ，而在 100~500km 的基線上可達 $10^{-6}\sim 10^{-7}$ 。隨著觀測技術與數據處理方法的改善，可在大於 1000km 的距離上，相對定位精度達到或優於 10^{-8} 。

C. 觀測時間短

目前，完成一條基線的精密相對定位所需要的時間，根據要求精度不同一般約為 1~3 小時。為了進一步縮短觀測時間，提高作業速度，近年來發展的短基線(例如不超過 20km)快速相對定位法(rapid static)，其觀測時間僅需要數分鐘。

D. 提供三維座標

GPS 測量在精確測定觀測站平面位置的同時，可以精確測定觀測站的大地高程。此特點不僅為研究大地水準面(Geoid)的形狀和確定地面點的高程開闢了新方法，同時也為航空攝影及導航中的應用提供了重要的高程數據。且其座標系統係採用全球統一之“世界大地系統 1984”(World Geodetic System 1984，簡稱 WGS84)，可避免因各國採用不同之基準面(Datum)而引起基準面轉換問題。

E. 操作簡便

GPS 測量的自動化程度相當高，在觀測中操作員的主要任務只是安裝並開關儀器、量取儀器高及監視儀器工作狀態，而其他觀測工作如衛星的信號獲得、跟蹤觀測等均由儀器自動完成。另外，GPS 接收儀一般重量較輕、體積較小，例如 Ashtech Z-Survey 型 GPS 接收儀，包括接收儀及天線的重量約為 3.3kg，體積為 $8\times 18\times 24\text{cm}^3$ ；而 Leica 300 型 GPS

測量系統，其控制器與傳感器兩部份共重 3.2kg，因此攜帶與搬運都很方便。

F.全天候作業

GPS 觀測工作可以在任何地點、任何時間連續地進行，一般不受天候狀況影響作業。

G.經濟效益高

1983 年 9 月至 1984 年 5 月，在聯邦德國 Eifel 地區建立了一個由 35 個點位組成的一等加密網，經該網形測量的分析瞭解，利用 GPS 衛星定位測量技術較傳統大地測量技術節省約 85% 的外業費用[劉基余等，1993]。根據統計，美國利用傳統大地測量技術建立一個一等水平控制點需要約 7000 美元的經費，而利用 GPS 衛星定位測量技術建立同等精度的一個控制點，僅需 2000 美元的經費，節省約 71.43% 的費用。另 GPS 信號應用於其他場合的經濟效益亦可提高甚多。例如，彈道導彈的彈道測量，地面監測站一般只能測量它的主動段，而利用測量船測量它的被動段，例如前蘇聯向太平洋發射試驗性導彈時，派出了 5、6 艘測量船。如果於彈道導彈上裝備 GPS 接收儀，就可以獲得導彈位置的即時測量，如此可準確地控制導彈的彈著點，又可大幅度地減少監測經費。

3.GPS 定位基本觀念

GPS 衛星測量乃是利用 GPS 衛星所發射之無線電訊號以測定點位的三度空間座標之定位系統，基本上是距離的量測，即量測未知點(接收儀)與已知位置的衛星之間的瞬時距離。主要的測量方法有兩種：虛擬距離觀測與載波相位觀測。由於載波相位觀測在訊號傳播過程中受到的各種影響較小，因此精度遠高於虛擬距離觀測，在高精度的測量要求下，幾乎都採用載波相位觀測為主。吾人不管採用電碼觀測的虛擬距離或載波相位觀測，其基本觀測都是衛星到接收儀的距離，由圖 33 可知，只要同時觀測三顆衛星以獲得三度空間距離，並由各顆衛星的廣播星曆算出各該顆衛星的空間位置，就可如空間後方交會方法，解算出接收儀所在測量站之位置。

4.即時動態測量

即時動態測量能夠透過通訊設備將主站的觀測量訊號即時傳回移動站的電腦上，在移動的狀態下求解相位週波未定值，即時獲得點位座標，與其它 GPS 測量方法相較，除了具有其它 GPS 測量方法的優點外，還具有施測迅速，移動快速，且不需後處理的內業計算工作，因此在細部測量作業上甚具發展潛力。

即時動態測量(RTK)是採用差分定位概念，利用高精度的 GPS 雙頻載波相位觀測量，進行即時定位測量，其系統如圖 34 所示。

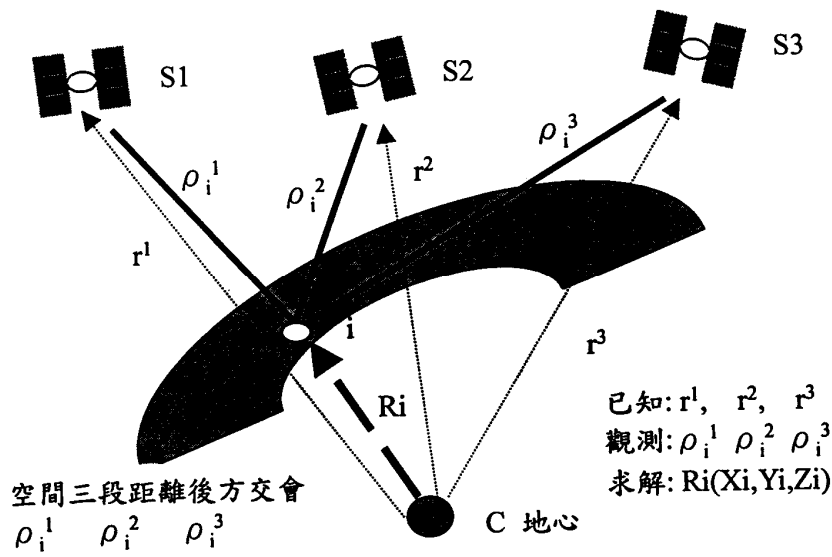


圖 33 衛星定位基本概念[曾清涼，1993a；Rizos，1996]

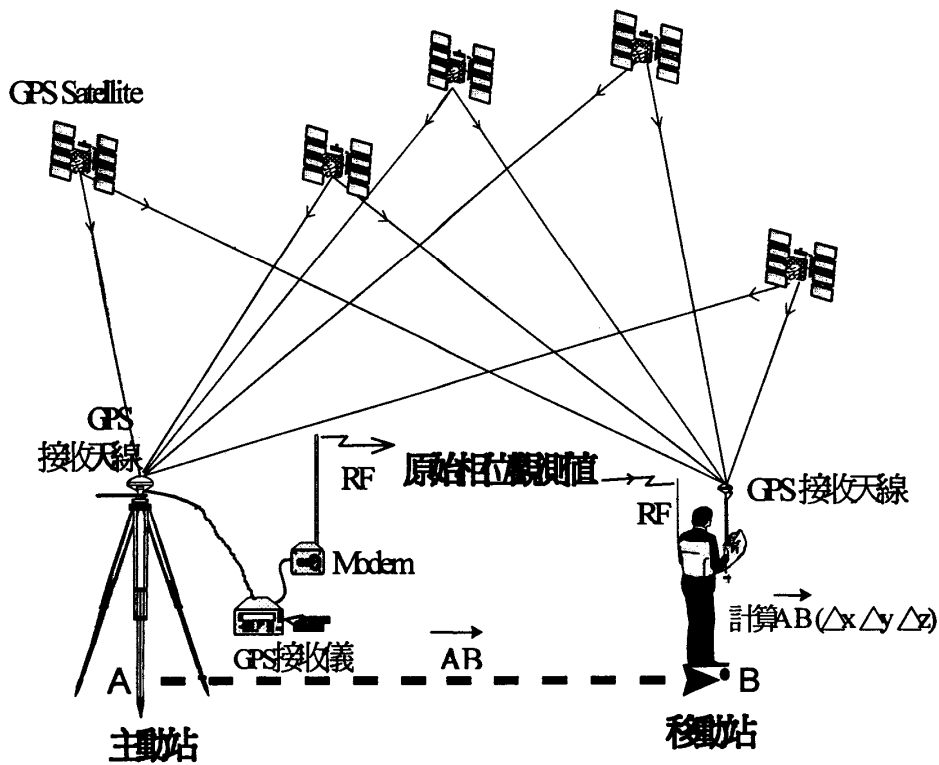


圖 34 RTK 系統示意圖[楊名，1997]

將主站架設於已知座標的點位上，透過無線電數據通訊設備，將其所接收到的 GPS 雙頻載波相位觀測量傳送至移動站的筆記型電腦上，再與移動站本身所接收之觀測量聯合，以 On-the-fly(OTF)相位未定值搜尋法快速解算相位未定值，再計算移動站之瞬時座標。此種測量方法是一種快速的測量

方式，不僅作業效率高、產量大，可以省下靜態測量所需的內業計算時間，更重要的是可以達到公分級的精度。

RTK 系統的硬體構件可分為移動站(圖 35)與主站(圖 36)兩部分。圖 35 為 RTK 系統移動站配線圖，主站將接收到的 GPS 原始觀測資料，經由無線電數據機，傳送給移動站之使用者。經由相對定位決定出的移動站即時座標，則顯現在移動站端之筆記型電腦上。

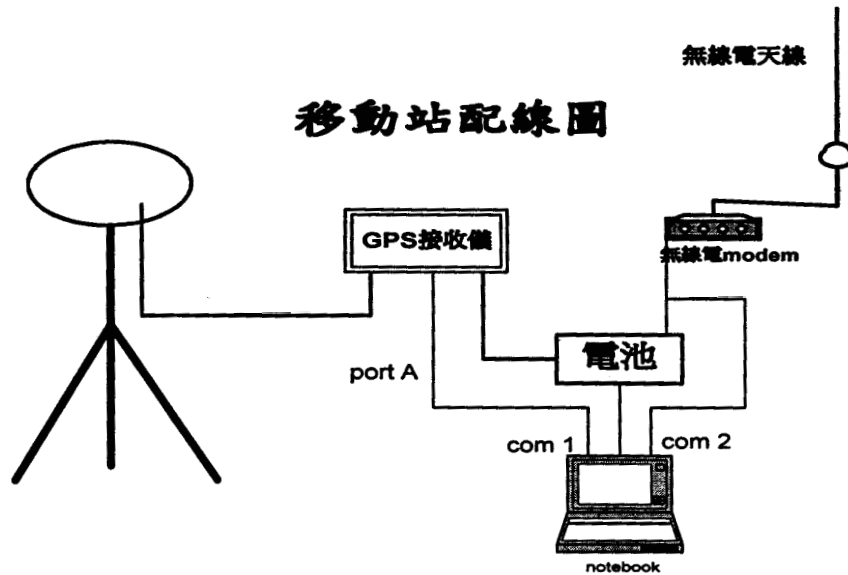


圖 35 RTK 系統移動站配線圖[孫連水，1997]

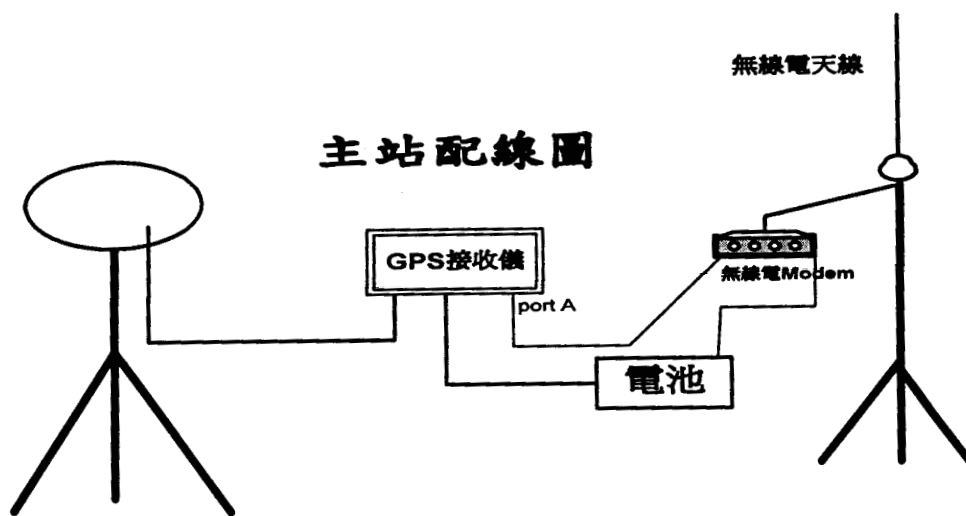


圖 36 RTK 系統主站配線圖[孫連水，1997]

3.5 後續監測項目建議

針對以上長期安全監測之考量重點加以評估未來監測儀器的設置，包括後續安全維護管理事項及必要工程實施的評定，分別評定之。

3.5.1 地下水位與雨量之監測

由自動監測之雨量與地下水資料經由轉化為圖形之輸出了解雨量和地下水之關係，了解地下水與雨量有相依之關係，並藉由模式的分析與判釋，成功經由雨量推估前 2 小時的地下水位，在未來管理準則的訂定也以地下水位之高低為危險指標之依據，因此地下水對地滑之重要性，並且是未來管理機制的重要參考依據，地下水位與雨量的監測應持續加以維護。在自動監測方面，保留所有監測站地下水位與雨量之儀器，但須重新檢測儀器的適用性與正確性，針對各項建議增設地下水監測之項目如下：

1. 維修原自動監測站之地下水位計與雨量計，維持其可用性，如上述之 B5 監測站之地下水位已降至預定深度以下，未來應有其必要性重新鑽孔裝設更深層之水位計。
2. 在人工觀測方面，建議針對尚可使用之觀測井，裝設自動或半自動之自計式水位觀測器，以達到連續性之監測，避免人為量測之疏失與不便，未來可供利用之僅剩 MOW-2、MOW-3、MWP-2、MWP-4，未來是否增設鑽孔，應加以全面性之評估與維護計畫。
3. 在分區治理方面，因為 A 區(梨山小築附近區域)仍持續有道路下陷之情事，又此區並無監測站可供了解其水文地質狀況，因此建議此區增設 1 至 2 處監測站，提供地下水之監測。
4. 對於地下水位與雨量監測數據分析上，應持續加以觀察與分析，建議於梨山地滑地區管理準則訂定中，持續分析地下水與雨量關係之建立，修正地下水位推估之準確程度，達到預測與預警之功效。

3.5.2 滑動變位量之監測

1. TDR 應用於滑動面之監測

由上述了解自計式孔內傾斜儀之監測資料已經不敷未來管理準則之需求與實用性，並根據以往處理觀測資料的經驗，常不定時發現資料有嚴重不連續之現象，造成處理上的極度困擾，加上目前已經損壞的感測器包括 B1 監測站孔內傾斜儀中的第 6、7、9、14 顆感測器，B5 監測站中的第 7、13 顆感測器已損壞，B13 監測站第 8 顆感測器於 90 年 7 月前已損壞。因此若於未來仍需增設，將重新鑽孔，既不經濟也不實務，因將以 TDR 監測作為未來地層滑動預警之判釋標準。至於人工監測之管內傾斜儀更不符未來資需求，為減少人力的浪費同時求得資料的連續性，未來將以自計的方式

擷取 TDR 監測系統的數位觀測資料，經由遠端傳輸的設計與規劃，嘗試結合專家系統，即時掌握地層變動的情形。

由表 7 整理目前梨山的監測項目與未來存廢的儀器對照表，未來在滑動面位置與變動量之監測將利用 TDR 時域反射技術作為監測之主體，其 TDR 取代其他儀器之優點如下：(a)處理多個不連續點之反射情況：TDR 可以同時處理多點反射情況，定出多個不連續點之特性阻抗，傳輸線的拉長、縮短、折疊、扭絞、斷裂均會造成傳輸線性質的改變，而成為電路上的一個不連續點，此時特性阻抗的改變將使得入射能量無法全部的被吸收，而有部份的能量反射。由反射電壓位準的不同，則可知道該處的特性阻抗。定出多個不連續點的位置，傳輸線如遇電纜之電學特性突然改變處，便會造成部份的入射訊號反射訊號回源端，根據反射波與入射波有時間上之不同，便可輕易地利用下面關係式求出電纜線上不連續點之位置。(b)了解電纜線變形型式：電纜線變形型式基本可分為兩種，一種為電纜線受到純剪的作用，另一種為受純拉作用。根據前人研究此兩種變形型式都有其容易辨別之波形，若電纜線同時遭受複合的受力情況時，則必須以室內試驗模擬才可以了解其變形型式。(c)了解地滑的嚴重性：研究結果顯示，對同軸電纜線所受到的剪動量和拉伸量可量化其變形量，且以面積法為最佳方式，並不受多重反射的影響。因此了解現場的波形變化是受到何種變形型式後所產生的，求取現場波形所圍成面積，利用室內試驗剪動量量化結果，以了解現場地層變形的嚴重性。(d)結合遠距離無線傳輸與 TDR 監測地層變動部分，運用 TDR 輸出訊號之結果確立電纜線各種變形相對應之波形變化之空間特徵，變形量與反射訊號之間的量化關係歸納出一定的相關程度，以達到即時監測之目的，有就是將變位量持續變形之成果立即顯現，求得變形速率，研判地滑發生之可能性，達到地滑監測之真正目的。

建議於現有監測站附近架設 TDR 監測系統，即時監測地層變動之趨勢與變形速度，並建議目前監測站沿用至合約結束為止，不再增設新的管內傾斜儀等舊有系統，同時配合 GPS 測量點點位之配置 6~8 個新型監測系統，透過 TDR 監測地層變化情形與 GPS 監測地表位移情況，架設完整之地滑地監測系統。

2.GPS 應用於地滑沉陷監測

至於地表變位量之監測建議應用 GPS 於地滑沉陷之量測，經由現地量測地滑地區全面性之位移方向及沉陷量，以便了解地滑是否減緩或持續發生，並監視是否有新的地滑區產生，以進一步的了解建築物與工程設施之安全性，作為長期之監測。但在地區因氣候、季節變遷與人為的破壞下，許多測點已經損毀或無法觀測，因此建議應隨時補設測點並設保護以利全面性的測量持續進行，並加強地滑區監測沉陷變位系統之發展與功效。

表 7 未來監測項目之評估表

監測項目		目前之監測儀器	設置位置	量測項目	設置方法	價格	未來存廢建議
地表變動		*地表伸縮計	地表面	地表位移量	架設於地表張力裂隙兩側	20,000~50,000 元(含記錄器)	儀器延用至合約結束，不再增設
		*地盤傾斜計	地表面	地表傾斜變動量	設置於滑動體之頭部、趾部	10,000~20,000 元 (人工觀測，不含記錄器及工資)	儀器延用至合約結束，不再增設
		*位移樁測量	地表面	地表移動量	設立標樁或基準點，以光波測距儀、衛星定位儀(GPS)進行三角測量及控制線測量	(材料便宜，測量工資貴，以 GPS 為例約為 5,000 元/點次)	由 GPS 即時監測系統，達到地表位位與移動方向之量測
滑動體	地下變動(滑動面位置及滑動量) *需考慮鑽孔經費	*人工管內傾斜儀	鑽孔內	滑動面位置、滑動量	將儀感測器伸入傾斜儀導管量測不同深度位儀變動量	每米導管約 1,000 元(含安裝，需觀測儀器及人工觀測)	儀器延用至合約結束，不再增設
		*設置型管內傾斜儀	鑽孔內	滑動面位置、滑動量	將傾斜儀分別安裝於導管之不同深度，量測滑動量	每點約 20,000 元(需加自動記錄儀器)	儀器延用至合約結束，不再增設
		*孔內伸縮計	鑽孔內	滑動量	設置於鑽孔內穩定地盤及地表	單點約 20,000 元(不含記錄器)	儀器延用至合約結束，不再增設
		*多段式孔內伸縮計	鑽孔內	滑動面位置、滑動量	設置於鑽孔內不同深度及地表	每點約 20,000 元(需加自動記錄儀器)	儀器延用至合約結束，不再增設
		*同軸電纜(TDR 原理)	鑽孔內	滑動面位置	將同軸電纜安裝於鑽孔內以電纜測定儀量測滑動面位置	每米深材料約 200 元(可連接自動記錄儀器)	建立 TDR 即時監測系統，詳見上述

在目前以 GPS 衛星定位測量配合精密導線測量進行，為提高精度與不動點之範圍，由 GPS 衛星定位測量在地滑區域量測控制點作為基準控制點，利用控制點之座標，修正導線測量之誤差值與絕對值。為了達到即時監測之目的，建議未來之地表變位量測，採用即時之 GPS 量測，其優點為 (a).觀測站之間無需通視(b) 定位精度高(c) 全天候作業，以利即時掌握地滑變動的嚴重性，即時發出警告，達到管理決策之目的，因此對於即時 GPS 系統之建立，將可取代地表伸縮儀、地表傾斜儀與地盤傾斜儀之功效，實為事半功倍之設置，未來應朝即時 GPS 系統建置

針對監測設施的更新，建議可採衛星定位測量取代孔內傾斜儀的觀測。孔內傾斜儀重點在找出滑動面，地滑治理完成後，觀測的重點應轉成滑動土體是否有再度移動。可以如下圖所示設置靜態的衛星觀測系統。

建議於梨山增設 6~8 個固定站 GPS 監測系統，並於梨山工作站架設 GPS 主機，24 小時監測系統，將資料傳至工作站。

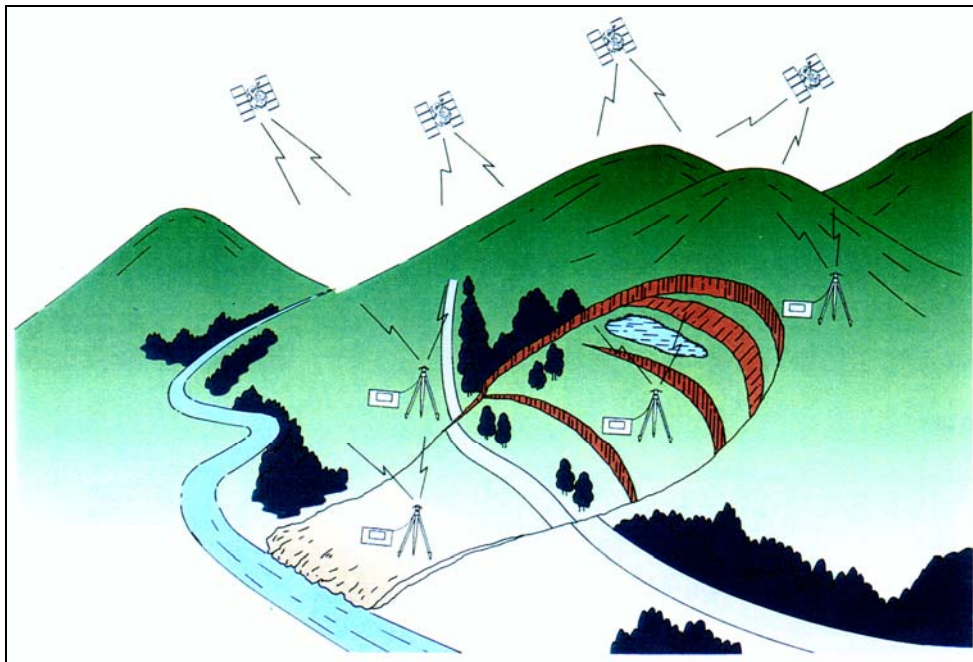


圖37 地滑地的即時衛星定位滑動觀測系統



圖 38 可移動式的 GPS 觀測點設施



圖 39 現地固定式的 GPS 觀測設施

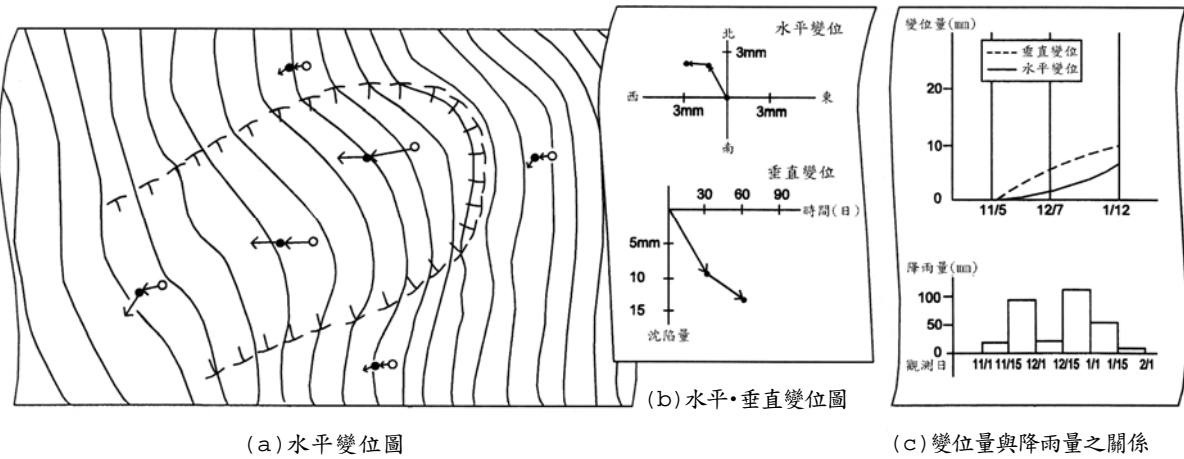


圖 40 GPS地滑觀測結果

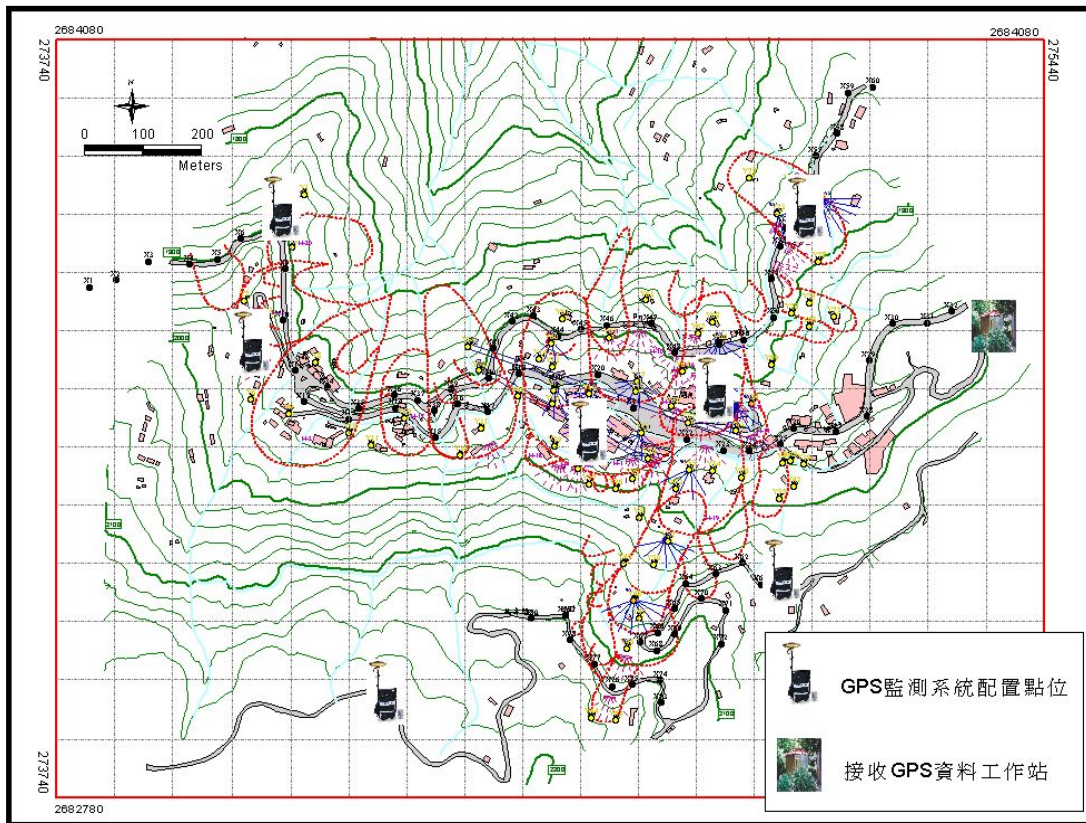


圖 41 GPS 監測系統配置圖

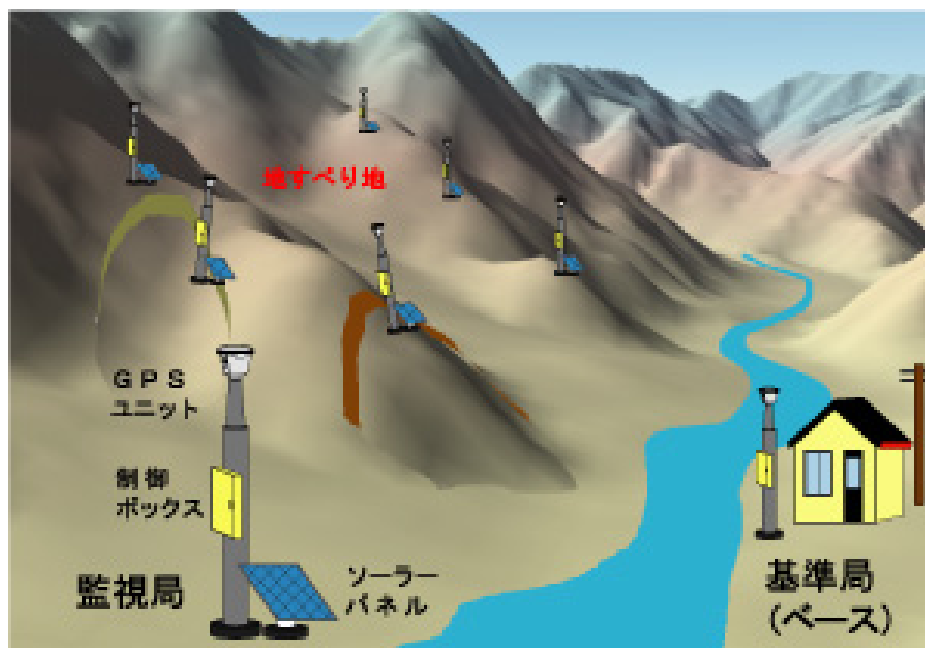


圖 42 GPS 即時監測設置示意圖

四、綜合資料庫建置

地滑地區之綜合資料庫是採用電腦軟硬體，對地滑地作成的一個數據管理的資料庫系統。第一個部份是地滑地概況記錄，包括地質、地貌、背景、特點及災害調查報告等，第二個部份是監測數據庫管理，它的功能包括數據輸入、修改、檢索、查詢等。

梨山資料庫統合了梨山地滑區過去的研究、調查、整治工程，更特別在資料上，做進一步的應用，提供方便性的運用與工程上之參考，將這些資料轉入 ACCESS 或 EXCEL 軟體中，建立基本資料與往後資料的更新，並設計更人性化之介面，以 Visual Basic 進行查詢系統程式的撰寫，利用 Microsoft 的 ODBC 進行連結，其特點為物件導向的設計模式運作於 Windows 視窗下，另利用相關應用模組達到分析成果，以建立查詢資料與分析資料之同步作業，因此資料庫的建置將達到方便使用者易於使用以及建立決策災害危險之資料分析之目。

4.1 資料庫內容

- 1.背景資料庫：相關區域之背景資料，包括其地質、地形、地貌、土地利用、水文等資料，建立電腦查詢的系統。本期新增排水廊道前進鑽探之鑽孔資料，將陸續建構至原鑽井資料庫
- 2.工程記要：包括先期調查、整治規劃、發包施工、變更及完工等時程記錄，並包括現地巡查等觀察資料，並建立電腦查詢系統。

目前梨山地滑地區主要工程項目包括有地表排水工程、防砂工程、橫向集水管工程、集水井、排水廊道等，分別建構基本資料檔、流量資料、現地照片、工程施工紀錄(包括調查、規劃、發包、變更及完工等記錄)與相關主題，以利日後資料查詢與應用，並可套疊於背景資料庫中，了解工程設施與地形、地質之相互關係。前期計劃在於工程基本資料之建立，本計劃將持續增建，尤其是在排水廊道部分，在工程陸續完成且地質資料持續新增後，更將使水文地質資料趨於完整，藉由人性化之介面建構資料庫系統，依照排水廊道之設計、施工到所遇到問題之工程紀錄以資料庫之方式存取並方便查詢，其中前進鑽探之岩心地質也將一並加以整理，以方便決策者之使用與查詢。

- 3.監測數據庫：最主要為監測結果的整理與儲存，應擇定最佳的方式，以供後續儲存建檔及查詢應用。本計劃除為監測結果的整理與儲存，同時設計選擇主選單中監測資料圖庫按鈕，即可進入查詢監測圖庫，清楚列出監測系統之儀器以及相關繪製圖表。並將設計以圖形之展示自動列出監測系統之儀器以及相關觀測值之歷時曲線，如使用者輸入

時間，自動彙製地下水之相關歷時圖形，或雨量、地下水位、地表伸縮儀之相關展示圖形，可清楚且符合使用者所須的監測資料，隨時了解監測變化情形。

4.2 監測數據彙整與分析方法

彙編所有之原始監測資料，並建立相關資料分析之方法以使其成為有用之資訊，以供即時了解現地變化，供作決策之用。

監測系統所觀測到的結果，需要經過研判才能變成有用的資訊，而分析研判的過程，則需要事先對現地有足夠的了解，預先建立足以描述地滑地特性的機制，才能有效利用監測的結果，供作預警及判定之用。以下列出幾個需要深入檢討分析的項目，以闡述分析與研判的工作重點。

1. 降雨、地下水位變化及移動量的相關性分析：這是地滑地變化分析最基本的項目。

2. 地下水位變化空間分佈：

區域的地下水位變化特性，可由觀測井的讀數來研判，其中地下水位變化並非等量，受地層分佈影響極大，這是決定地滑發生的關鍵所在，由地下水位變化的空間分佈特性，可以推求供描述區域水文地質特性的概念模式，進而提供穩定分析及預警研判之用，為系統有效成功的要項。

3. 地層滑動量的空間分佈：

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，各滑動體的區分是否合理，將來是否會有變化，亦應一併考慮。

4. 區域內地表的位移沉陷：

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。建立地表的位移變化速率及其崩塌危險之關係，達到預測變位之功能與訂定地滑基準的目標。

5. 地滑發生的滑動面：

滑動面所在位置為機制研判重要的項目，而中橫及宜蘭支線的各個邊坡滑動中，根據前人的調查，主要滑動面發生在崩積層界面，而工研院調查的結果指出梨山地滑為風化岩地滑，地質調查的結果，在許多深層位置存在有強風化的板岩，呈粉砂至粘土狀，遇水軟化，可能形成不透水層，很可能是滑動面的位置，並造成滲漏入邊坡的地下

水，形成不同的含水分層，故其水文地質狀況實屬複雜，這變化在機制的研判及將來的排水設計影響很大，應有足夠的調查與觀測資料來描述。

6. 整治工程排水效果評估：

監測系統的一個很主要的功能在於工程成效的評定，所設計的工程是否如規劃設計發揮其功能，應藉由監測來作評估，同時對排水效能施行監測，亦可提供安全預警之功效，故其安定評估及系統的後續利用應有完整的規劃。

伍、資料庫查詢系統

5.1 資料庫內容

收集梨山地滑區相關資料，其內容有過去規劃設計之地形資料、鑽探資料、現地調查資料等，整治工程之設計圖資料、施工紀錄報告等，以及歷年監測系統之數據資料、分析成果等，了解梨山之資料確實需要加以整合，以利資料系統化、系統查詢化、查詢普及化之功能，彙編既有資料，利用文字資料庫與GIS軟體(ARCVIEW 8.2)之連結功能，可查詢相關資訊，或作圖形之展現，以Visual Basic進行查詢系統程式的撰寫，利用Microsoft的ODBC進行連結，設計符合人性化之介面，其特點為物件導向的設計模式運作於Windows視窗下，另利用相關應用模組達到分析成果，以建立查詢資料與分析資料之套疊展示。因此資料庫的建置將達到方便使用者易於使用，最後結合梨山地滑區管理準則之訂定，建立決策災害危險資料分析之目的。此系統建構以地形地物查詢介面主體，除了查詢相關資訊、圖形展示、各個主題圖層之整合外，更加入GIS分析之圖層套疊、監測數據之歷時曲線繪製，另利用結合即時監測系統，納入資料庫查詢系統中，完成梨山地滑區完整之資料庫查詢與分析系統。主要內容有：

- (1) 背景資料庫：此為資料庫之基本圖形庫，唯有完整之背景資料，後續才可建構詳細之查詢與展示系統，梨山區域可建立之背景資料，包括其地質、地形、地貌、土地利用、水文等資料，利用之資源有衛星影像、相片基本圖、1/5000地形圖與相關報告等，詳細建構之內容，於後續有詳細之說明。
- (2) 工程記要：包括先期調查、整治規劃、發包施工、變更及完工等時程記錄，並包括現地巡查等觀察資料，並建立電腦查詢系統。

目前梨山地滑地區主要工程項目有地表排水工程、防砂工程、橫向集水管工程、集水井、排水廊道等，分別建構基本資料檔、流量資料、現地照片、工程施工紀錄(包括調查、規劃、發包、變更及完工等記錄)與相關主題，以利日後資料查詢與應用，並可套疊於背景資料庫中，了解工程設

施與地形、地質之相互關係。前期計畫完成了部份工程基本資料之建立，本計畫將持續增建，尤其是在排水廊道部分，在工程陸續完成且地質資料持續新增後，更將使水文地質資料趨於完整，藉由人性化介面建構資料庫系統，依照排水廊道之設計、施工到所遇到問題之工程紀錄以資料庫之方式存取並方便查詢，其中前進鑽探之岩心地質也將一並加以整理，以方便決策者之使用與查詢。

- (3) 監測數據庫：最主要為監測結果的整理與儲存，應擇定最佳的方式，以供後續儲存建檔及查詢應用。

本計畫除了監測結果的整理與儲存，同時設計選擇主選單中監測資料圖庫按鈕，可進入監測圖庫查詢，清楚列出監測系統之儀器以及相關繪製圖表。並將設計以圖形之展示自動列出監測系統之儀器以及相關觀測值之歷時曲線，如使用者輸入時間，自動彙製地下水之相關歷時圖形，或雨量、地下水位、地表伸縮儀之相關展示圖形，可清楚且符合使用者所須的監測資料，隨時了解監測變化情形。

- (4) 鑽井資料庫：為梨山歷年整治工程中鑽井的整理與儲存，擇定最佳的方式，提供查詢與岩心展示之介面。

依梨山地區地層滑動整治計畫工作報告，及相關報告中的鑽井資料，依照其井號、座標、岩性、厚度資料庫的建檔，鑽井資料庫的內容包括收集了過去本區共 73 孔 4181.3 公尺及其他相關之地質調查資料，配合現存岩心拍攝數位影像，納入資料庫形式之電腦檔。目前以建構之資料有基本資料、地質剖面資料、柱狀圖展示、岩心照片等。

5.2 資料庫架構

主要視窗以 ARCVIEW 8.2 為對話視窗，透過 VB 軟體設計介面之展示達到梨山地形、地物快速查詢與出圖之目的，系統資料之建置可分為兩大類，第一類依照查詢介面可分為資料查詢與地圖查詢，設計之理念在於梨山資料歷經 5、6 年之龐大數據與成果，尤其是監測數據，有些資料無法用地圖查詢方式，因此配合 VB 介面發展查詢系統，包括整治工程、鑽井資料之屬性與相關照片查詢，以及重要的監測數據查詢，依其日期查詢相關資料以及繪製歷時曲線圖形，而地圖查詢則依照於地圖上所有之地形、地物資料，即時點選地圖上資料展示其屬性資料與相關資料。第二類為依照資料建制之類別可分為空間資料及屬性資料兩大類，其建構之方法是利用收集之地形、地物資料等，將所需要之圖形整合在一起，對所有資料進行空間座標之對位，圖層進行套疊之功能，每一圖層之點、線、面所代表之物件即為空間資料之建構，在建構空間資料後，則須建立相關資訊，如整治工程之座標、位置、名稱等，稱之為屬性資料，此功能在查詢空間資料時，其屬性資料即伴隨存在，並可

供查詢以了解空間資料之意義，所以空間資料與屬性資料之建立需相輔相成，才可建構完整之查詢系統。

由上述可了解資料之初始整理實為重要，本系統在基本資料之處理運用多種軟體處理，在最終之查詢系統也透過 ODBC 與 DDE 連結原理進行處理，因此本系統之安裝與執行除了須有 ARCGIS8.2 之地理資訊系統軟體，還需電腦有 Microsoft 的 ACCESS 與 EXCEL 軟體。在開啟資料庫查詢系統前尚須了解資料庫之內容與操作方式，在資料庫之內容，可分為主題圖庫、整治工程、監測系統與應用分析圖庫。

主題圖庫之資料內容為 1.地形圖主體：包括等高線、衛星影像圖、相片基本圖、地滑區域、相關地物等；2.鑽井資料主題：包括鑽井位置、柱狀圖、剖面位置等；3.整治工程位置；4.監測系統位置等。

整治工程資料內容包括排水廊道、集水井、橫向排水管、地表排水溝、防砂工程等所有工程之基本資料、工程內容、施工紀錄與目前工程之排水情況或構造物狀況等。

在監測系統內容方面，包括 8 處自動監測站與人工監測之基本資料、儀器設置、監測數據彙整等，以及納入地表沉陷測量點位資料等相關監測圖形與分析數據。

在應用分析圖內容，包括利用 GIS 工具分析應用之成果與相關應用圖形，包括集水區域劃分、坡度坡向圖、地滑變位量等值圖與 3D 圖形等。

詳細之資料庫內容架構與操作方式，請參考附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明。以下針對資料庫系統的基本架構加以說明，以此了解整體查詢系統之介面與內容，由資料庫開啟之主題圖開始，依查詢順序與主題加以介紹，以此了解整體資料庫查詢系統之架構，而系統操作之方式將藉由附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明，配合系統移交時之軟體教學，完整交由承辦單位。

5.2.1 開啟畫面-主題式選單

開啟視窗內容有四大主題可供點選，第一為背景資料庫選項，為進入 ARCGIS 地理資訊系統之 icon 設計，主要為查詢梨山地區之地形、地物空間資料與屬性資料，此為查詢系統中重要之主題，藉由地形地物之空間資料查詢，不但能了解梨山之地形型態，更能了解地物之地理位置，並藉由查尋介面，查詢相關之屬性資料或現地照片等相關資料。第二為鑽井資料庫，梨山地區因地滑調查與工程需要目前共有 73 個鑽孔，為有效利用與方便查詢及應用，因此建立鑽井資料庫，包括鑽井基本資料-座標、鑽探深度、時間等，並彙整鑽探岩心資料，建置岩心柱狀圖與照片，以及彙整歷年地質剖面資料。第三為工程記要資料庫，其包括梨山之所有工程之紀錄與查詢，有防砂工程、橫向集水管、地表排水、集水井與排水廊道，內容包括工程之設計、施工紀錄、

排水情形等。第四為監測數據資料庫之架構，主要針對監測資料能即時繪製關係圖，供使用者方便查詢，其又分為固定式資料查詢與即時監測資料查詢。開啟視窗如圖43所示：

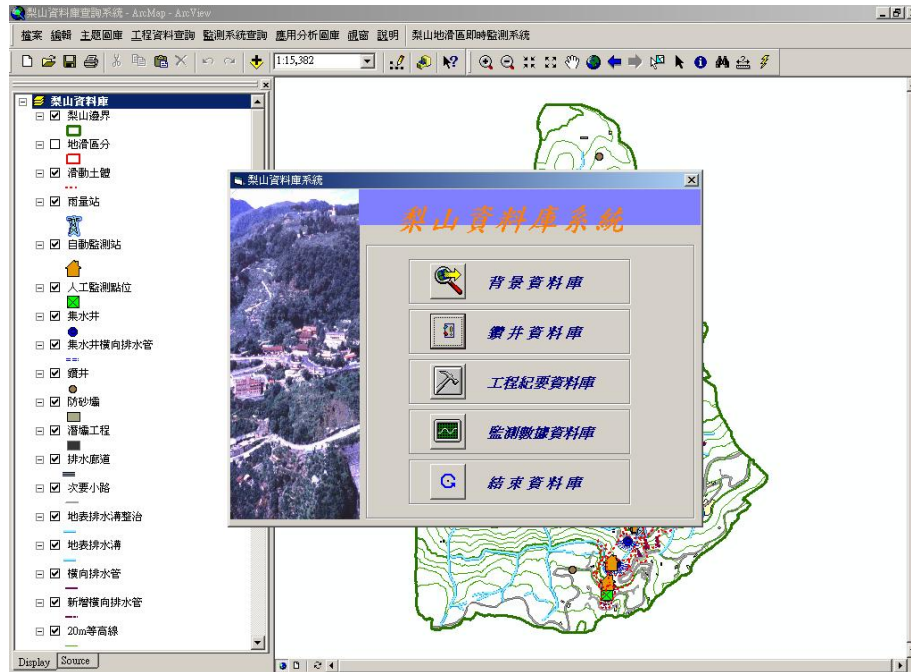


圖43 梨山資料庫查詢系統主視窗示意圖

5.2.2 背景資料庫

進入背景資料庫畫面如圖 44 所示，內容包括地形圖、工程位置圖、監測配置圖、鑽孔平面配置圖、應用分析圖庫等，運用 ARCGIS 地理資訊系統建立基本圖庫，達到展示功能、屬性查詢、以及編修圖檔等供使用者方便運用。首先使用者需點選查詢主題圖庫，內容如圖 45 所示，包括包括地形圖庫、工程設施圖庫、監測設施圖庫、鑽孔配置圖庫以及選擇顯示全部物件，而視窗左下角為圖層種類視窗，顯示各主題圖庫之圖層種類，如圖所示工程設施圖庫之圖層種類，包括排水廊道、集水井、橫向排水管、地表排水溝、防砂工程等；右下角視窗為主選圖庫之預覽畫面，預先了解畫面呈現之成果。

其中地形圖庫內容為收集梨山的相關資料包括：

1. 工研院的1/5000梨山地區地圖；
2. 40m*40m的DEM(數位高程模型)資料；
3. 衛星影像資料；
4. 由手工數化的地形資料；
5. 中華顧問工程司之2度分帶梨山地區1/2000地形圖檔。
6. 梨山地區相關道路建築之地物資料。
7. 梨山相片基本圖。

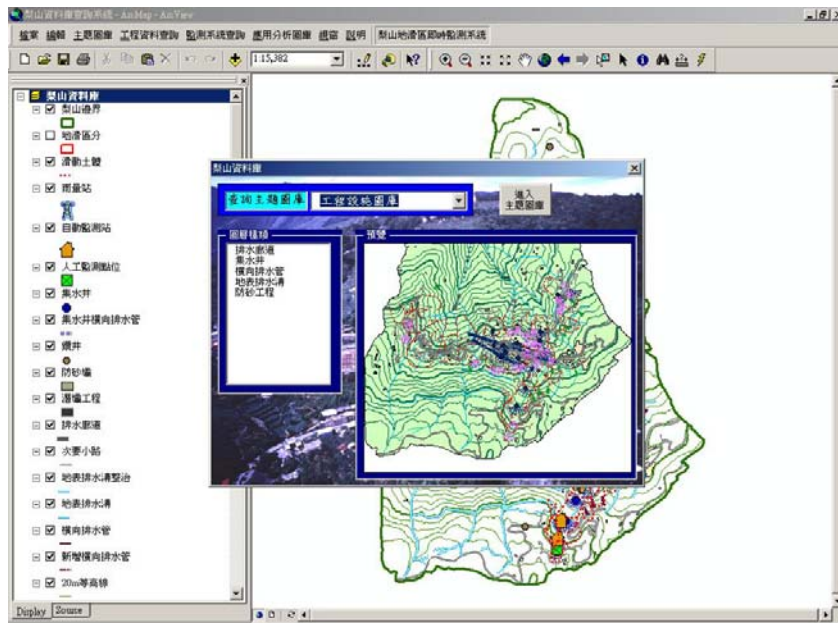


圖44 背景資料庫視窗示意圖

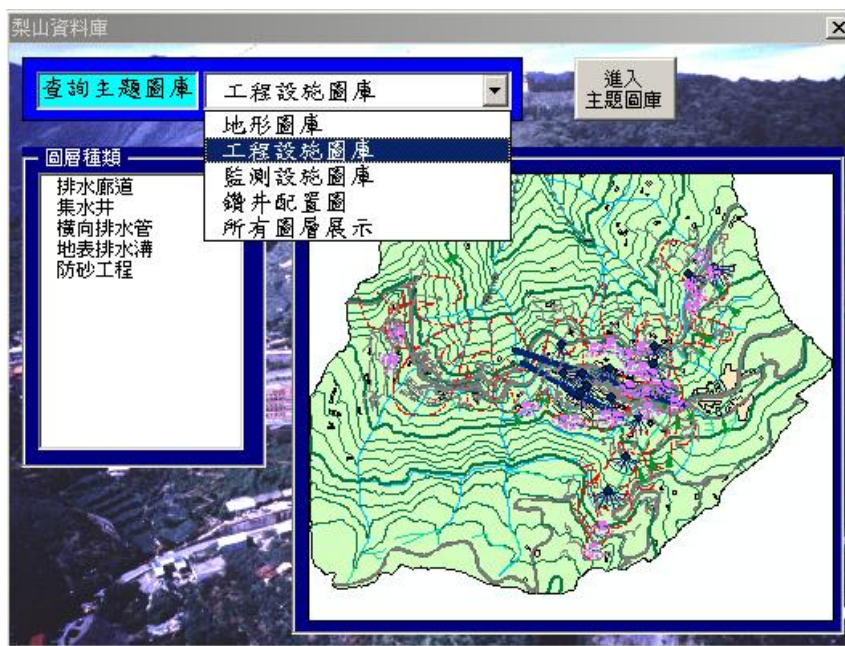


圖45 查詢主題圖庫選單

工程設施圖庫為梨山地區之所有工程在地形上之位置，包括防砂工程、地表排水工程、橫向集水管工程、集水井工程、排水廊道工程，提供其相關地理位置及現地照片和屬性之查詢。

監測設施圖主要為查詢梨山地區監測站設置之位置及相關屬性資料，有自動監測及人工監測項目等，其所建立於地形圖上之相關查詢方式同上述之介紹，可點選其現地照片及基本資料，並連結至監測資料歷

時曲線圖之繪製選單，以及監測數據查詢選單等相關資料。

鑽孔配置圖庫則查詢其相關位置及其屬性資料表，其中包括鑽井位置、柱狀圖展示、地質剖位置等，並連結至岩心照片之查詢介面、地質剖面圖等相關資料。

進入主題圖庫後，畫面系統則進入ARCGIS開發系統中，其所展示之視窗即為上述主題圖庫之內容，由系統設計之畫面，使用者可經由中文化之視窗介面，可清楚了解整體查詢系統之架構，點選第一列之MENU選單，可分為主題圖庫選單、工程資料查詢選單、監測系統查詢選單、應用分析圖庫選單、視窗選單、說明選單與梨山地滑區即時監測系統按鈕，如圖46所示。

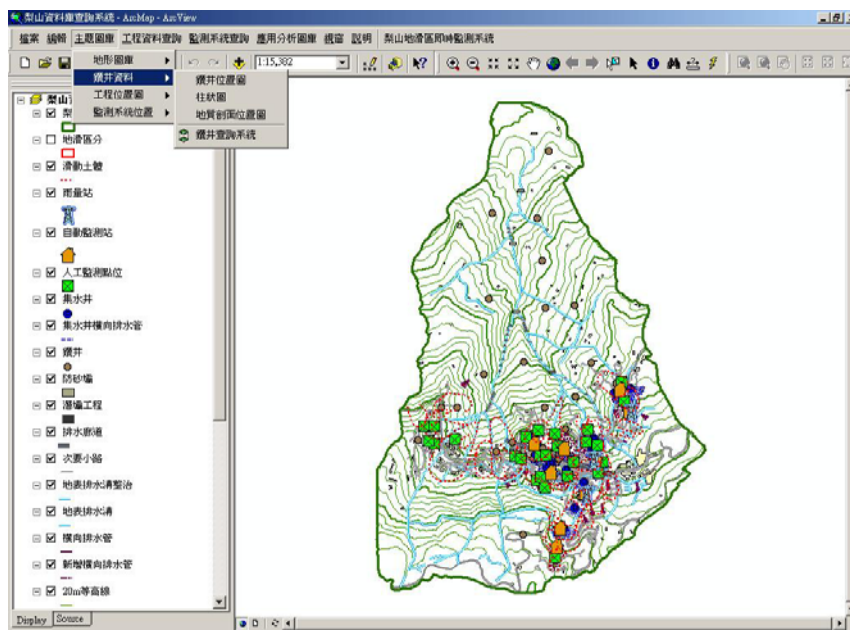


圖46 ARCGIS開發介面圖示，可直接點選最上層選單，系統中文化方便使用者查詢

由上圖畫面了解選單中之選項，其中檔案與編輯為初始ARCGIS之原有功能，詳細之說明參考附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明。而其他之選單為針對梨山資料庫所設計之查詢介面，以下將說明設計內容。

在主題圖庫選單方面，此為各個主題圖庫之詳細內容，可直接點選個別之圖層，由上圖46所示，主題圖庫分別有四大主題，同起始畫面之主題，如點選鑽井資料選單，即可列出相關表單，可供個別點選與展示，其中鑽井資料選單中的最後一個選項為鑽井查詢系統，則以VBA連結至鑽井資料詳細之文字與圖形資料庫中，進入後之畫面與內容如5.2.3節所述。

在畫面最上層之另一選單-工程資料查詢，點選後可選擇各個整治工程之單向工程項目，如圖47所示，為點選工程資料中之集水井，即列出所有集水

井之項目，如點選W1集水井，則視窗即跳出此工程之屬性資料與現地照片資料，如圖48所示，左下角視窗為所點選工程名稱之相關現地照片，並可隨時更換與展示所有建構之工程照片，同時視窗中也顯示工程之屬性資料，如圖所示W1集水井之所有資料，包括座標、井深、現地描述、構造物狀況、排水情形等，而地圖上也將所要查詢之工程以放大視窗顯示所在之地理位置，整體上提供查詢者了解地物之所有空間資訊與屬性資料。

在圖47中，點選工程資料查詢選單中，最後一項為工程紀要查詢系統的 icon，此按鈕以VBA連結至工程紀要詳細之文字與圖形資料庫中，包括基本資料、工程設計圖、排水情況等，進入後之畫面與內容如5.2.4節所述。

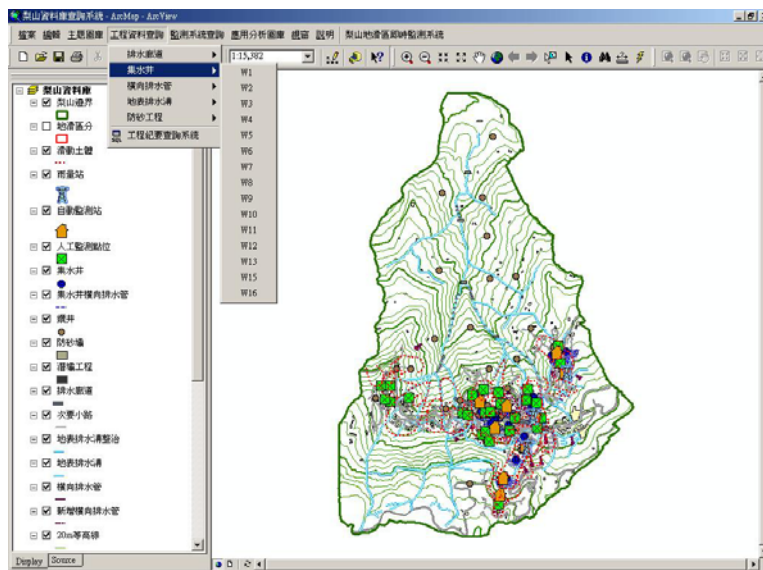


圖47 工程資料查詢選單之設計畫面

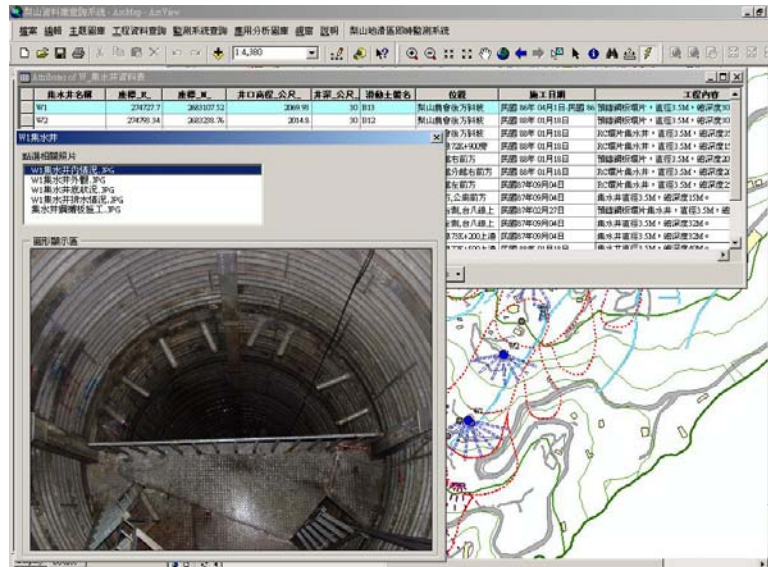


圖48 點選工程資料查詢，畫面即呈現查詢之工程位置、屬性資料與相關現地照片，現地照片可隨點選而即時更換展示

在主畫面最上層之另一選單-監測系統查詢，點選後可選擇監測系統之所有監測項目，如圖49所示，點選監測資料中之自動監測站，此包括所有監測站之基本資料與現地照片，形式如圖50所示，將所要查詢之監測站以放大視窗顯示所在之地理位置，整體上提供查詢者了解監測系統之所有空間資訊與屬性資料。

由圖49中，點選監測系統查詢選單中，有設計兩個icon查詢鈕，分別是集水井流量調查與監測數據歷時曲線圖，此兩個按鈕分別以VBA連結至集水井流量調查表單中，以文字與圖形展示監測集水井流量之表格，並提供查詢之功能資料庫中，另一個按鈕則連接至繪製監測數據之歷時曲線圖，提供使用者多變之選擇，包括自動監測之歷時曲線，人工監測之時間查詢，集水井自計式流量監測圖繪製等，進入後之畫面與詳細之操作方式如5.2.5節所述。

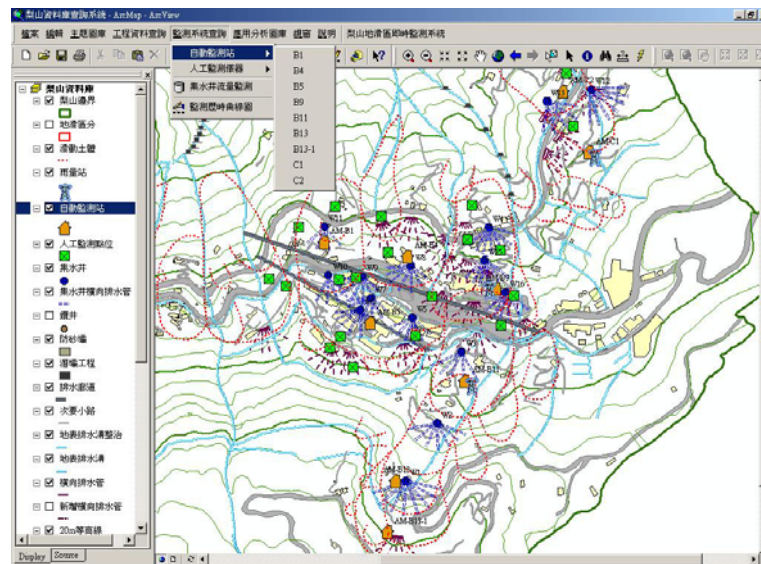


圖49 點選監測系統選單之畫面，包括所有監測項目可供查詢

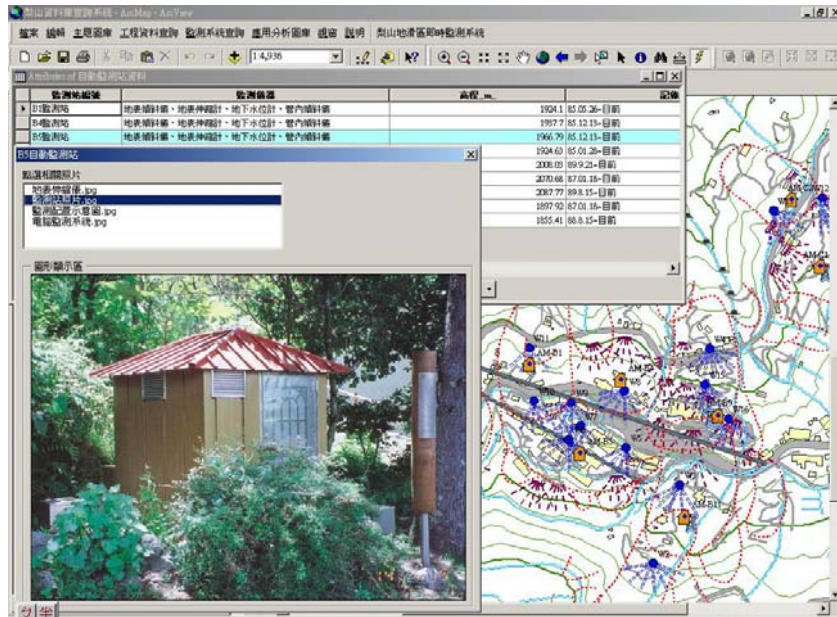


圖50 點選監測站按鈕後，畫面即呈現查詢之監測站屬性資料與相關現地照片，現地照片可隨點選而即時更換展示

在畫面最上層之另一選單-應用分析圖庫查詢，此圖庫是利用地理資訊系統分析成果圖之查詢與展示，並可經由套疊之功能，展示於圖面上，供使用決策之參考，其內容包括排水路徑圖、子集水區域劃分、坡度坡向圖、地表變位等值圖、3D立體圖等，如圖51所示。

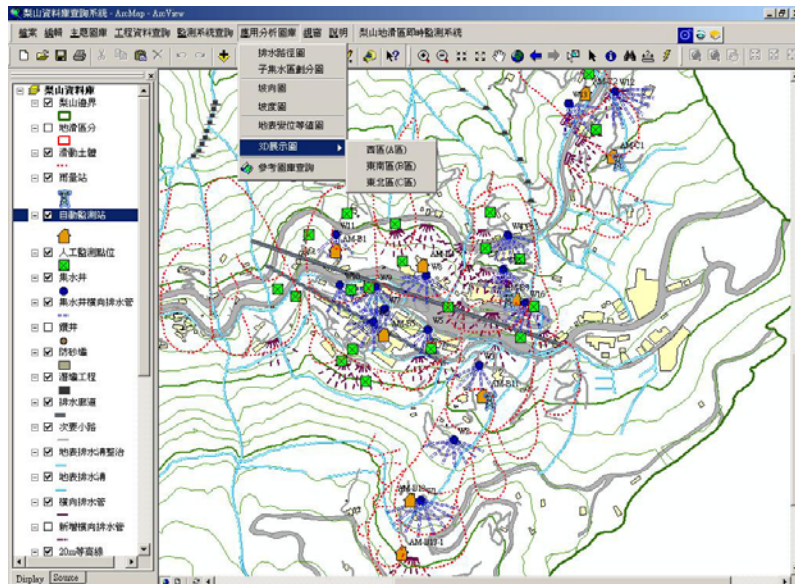


圖51 應用分析圖庫選單畫面

在上圖中，點選應用分析圖庫查詢選單中，最後一項為參考圖庫查詢的 icon，此按鈕連結其他應用分析之成果，主要來自前人研究與過去相關報告

之資料，進入後之畫面如圖52所示，可直接點選相關圖片，並即時展示其資料。至於應用分析圖庫詳細之操作說明與展示內容可參考附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明。

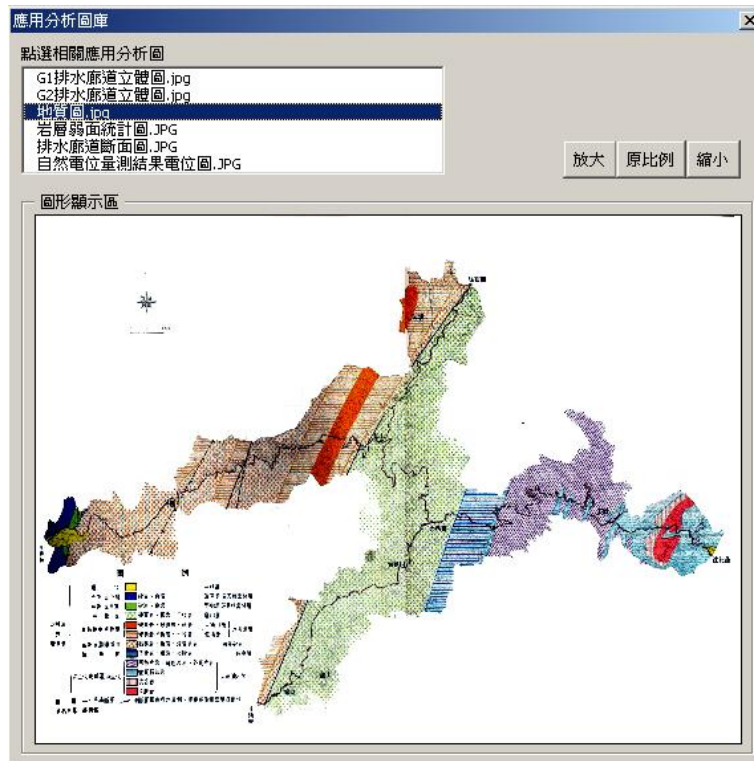


圖52 參考圖庫查詢之畫面設計，可隨點選而即時更換展示，並可放大縮小

在主畫面最上層之另一選單中之視窗選單與說明選單為原ARCGIS之基本功能，視窗選單主要為顯示目前顯示之視窗名稱與可供切換之視窗，而說明選單為ARCGIS之說明，另加入本梨山資料庫系統之說明與介紹，如圖53所示，詳細之說明與介紹參考附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明。

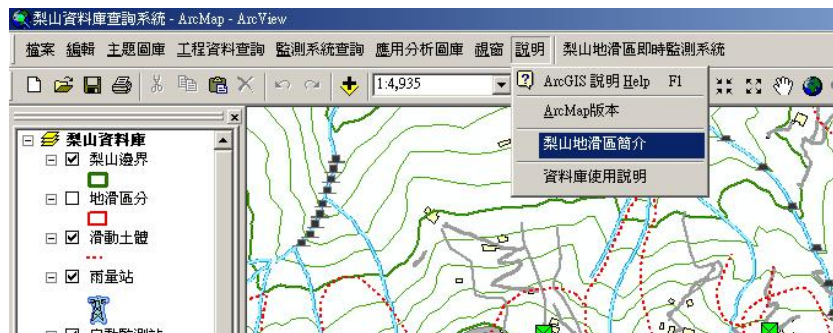


圖53 說明選單包括ARCGIS說明與梨山資料庫說明

最後在主畫面最上層之最右邊選單為梨山地滑區即時監測系統之icon按鈕，其主要內容為梨山管理準則訂定中之資料，結合於資料庫中，同時可顯示即時監測資料與即時研判系統，使用者可透過資料庫查詢系統，同時查詢即時的資料，其點選後之畫面如圖54所示，其相關設定與研判標準請參閱梨山地滑區管理準則訂定(四)報告，因為此即時監測系統，須有相關資訊配合，所以此選單設有權限，一般使用者無法登入，須有權限使用者才可開啟，詳細之操作，參考附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明。



圖54 梨山地滑區即時監測系統畫面顯示

5.2.3 鑽井資料庫

在鑽井資料的建構中，依梨山地區地層滑動整治計畫工作報告，及相關報告中的鑽井資料及地下水資料，依照其井號、座標、岩性、厚度等作為資料庫的建檔，並架構在 ARCGIS 展示、分析功能時所需要的資料。鑽井資料庫的內容包括收集了過去本區共 73 孔 4181.3 公尺及其他相關之地質調查資料，建立梨山地滑地區之地質資料庫。

整合上述地質及鑽探資料為格式名詞一致之三維地層基本資料，配合現存岩心拍攝數位影像，納入資料庫形式之電腦檔。利用 ACCESS 分別建構鑽井的基本資料庫與鑽井的岩心地質資料庫，並運用 VB 強大的連結與查詢系統，提供查詢新增等功能但不可修改刪除內部資料，基本資料有軼失的部份會利用圖檔建立參考值，分別建構各孔鑽井之岩心地質資料，而岩心地質資料表及其地質符號之說明與重新整理、簡化彙整之地質資料表，將兩者建構於地理資訊系統中，以方便查詢與空間分析的進一步應用。目前以建構之資

料有基本資料、地質剖面、岩心照片等，如圖 55~59 所示，為整體鑽井資料庫之架構與內容，詳細之操作可參考附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明。



圖55 鑽井資料庫包括有基本資料、地質剖面、岩心照片查詢項目



圖56 按下鑽孔資料鈕，其中包括了座標資料，鑽井時間、施工單位和交換視窗中鑽孔岩心照片

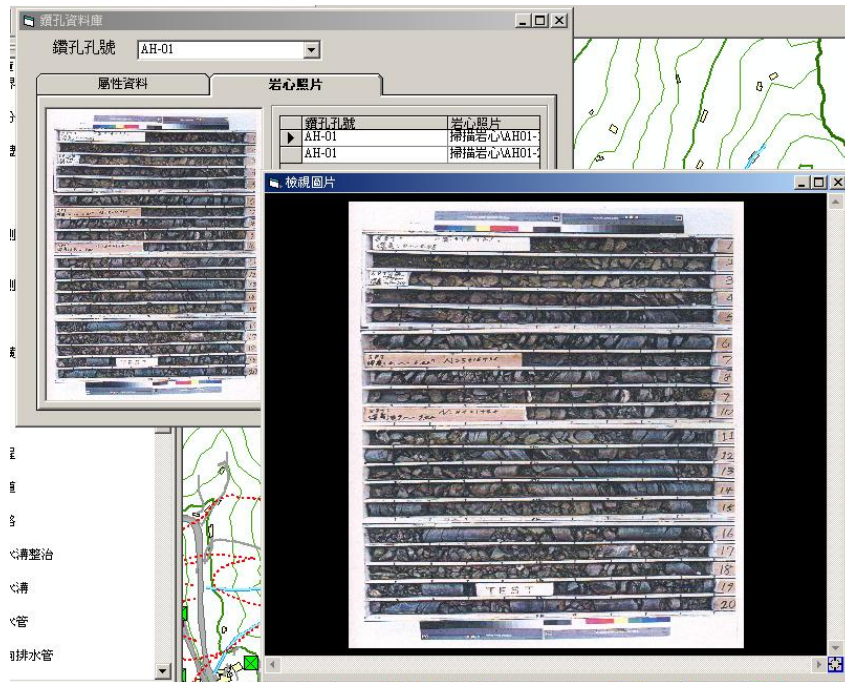


圖57 岩心照片表單中每一鑽孔所有的岩心掃描照片，提供方便之查詢，並可隨使用者將照片放大縮小以利觀看

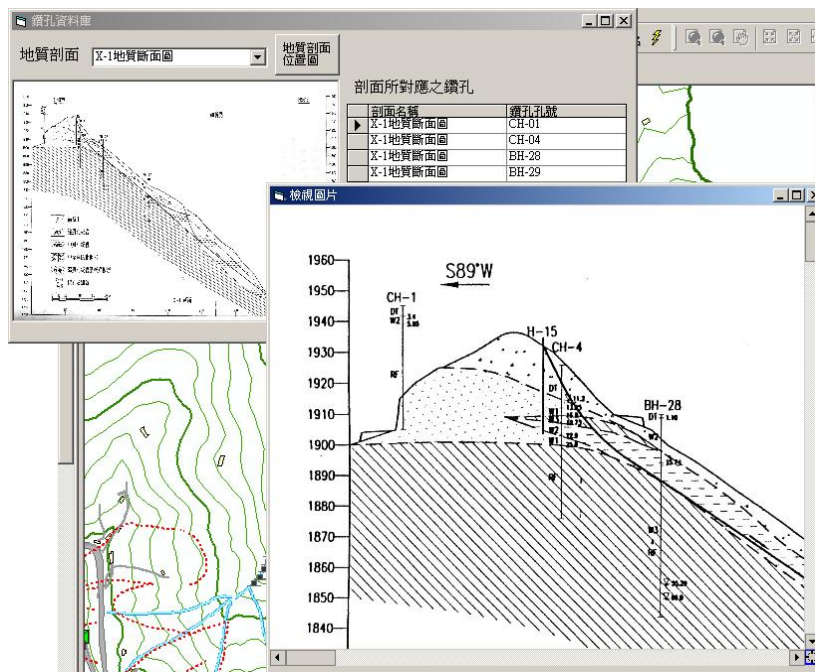


圖58 鑽探資料選單中之另一查詢鈕為剖面資料表，所包含的鑽孔孔號，可快速的查詢該剖面是利用那些剖面畫出，並提供新剖面與舊剖面之對照，同樣圖片也可放大縮小

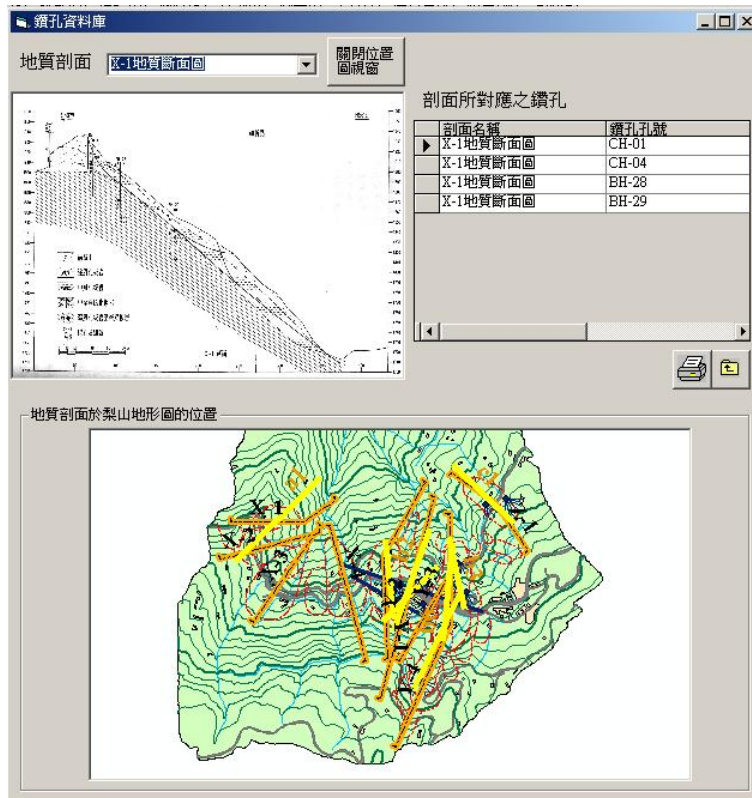


圖58(續) 在上圖表單中，按下地質剖面位置圖之icon鈕，則於下方出現地質剖面於梨山地區之地理位置預覽圖

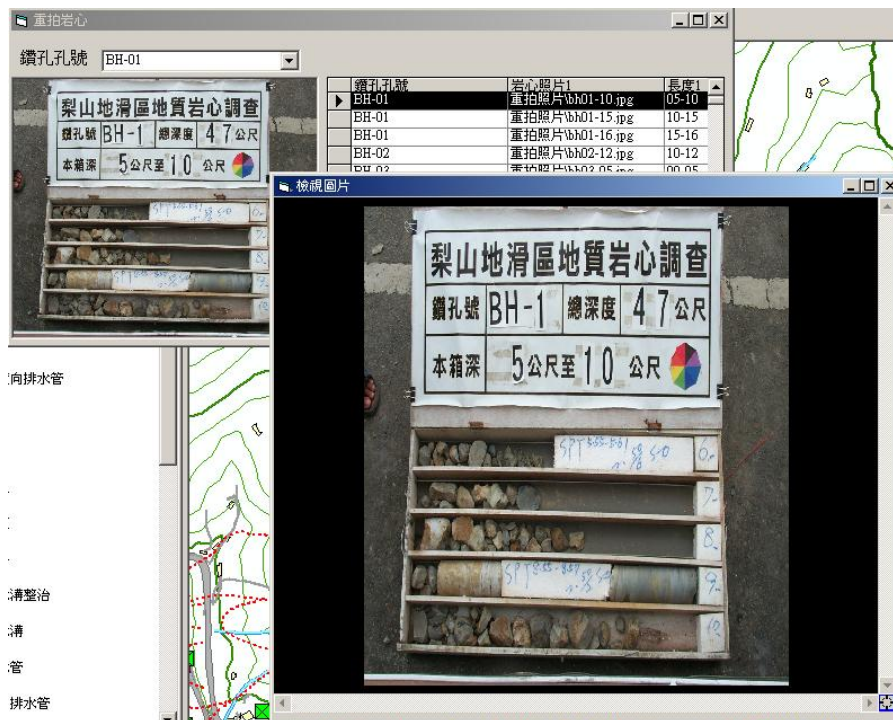


圖59 按下詳細表單下方之查閱重拍岩心鈕，即可查詢鑽孔重拍岩心

5.2.4 工程記要資料庫

針對梨山地區施工與整治紀錄加以建檔，其包括梨山之所有工程之紀錄與查詢，有排水廊道、集水井、橫向集水管、防砂工程與地表排水工程，在圖 58 之梨山資料庫查詢系統主視窗中，設計有工程記要資料庫 icon，按下後即進入工程記要資料查詢系統，如圖 60 所示，其中以每一主要工程為單獨視窗，紀錄整治工程之基本資料、設計圖、施工紀錄、排水情形等，其整體架構將分為五個整治工程加以說明，詳細之操作與內容請參閱附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明，以下將針對整治工程之表單設計理念與內容整體架構說明之，分述如下：

(1) 排水廊道表單設計

排水廊道之資料為本期資料庫之重點項目，因為此為梨山排水工程最後之整治工程，也是國內少見之重大排水工程，因此資料庫之建置可供未來工程界與學術界參考之項目，由於目前仍在施工，因此在資料的取得仍是相當凌亂，依照工程歸劃與施工作為分類，其包括有：基本資料、工程設計圖、前進鑽探之地質資料、施工紀錄、集水管資料，如圖 61 所示。

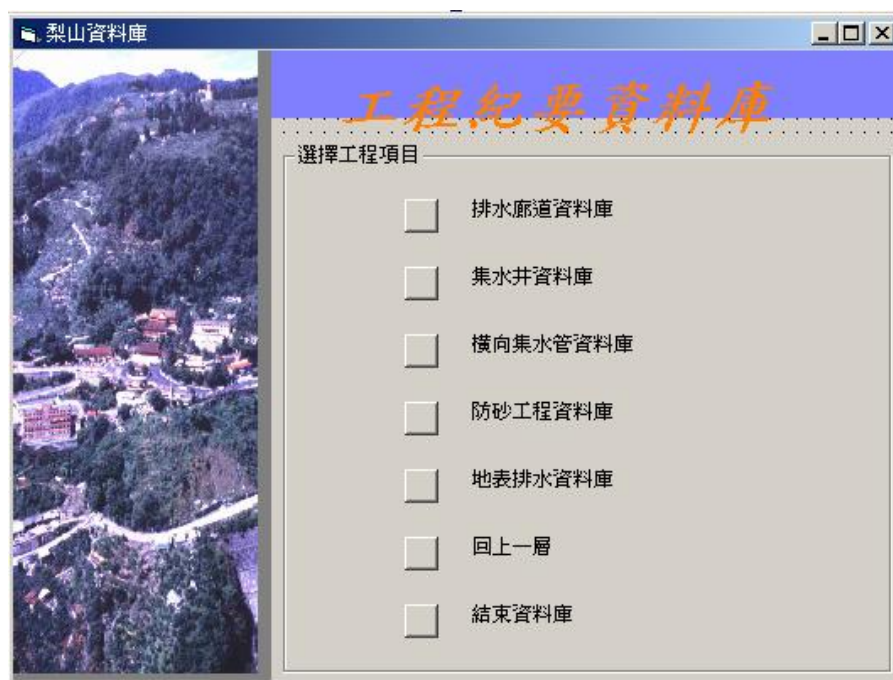


圖 60 工程記要資料庫選單示意圖

工程紀要資料庫

排水廊道編號: G1 [排水廊道位置圖]

屬性資料	集水管資料	工程設計圖	地質資料	施工紀錄
起點座標E: 274468.39	終點座標E: 274766.39	現地照片 		
起點座標N: 2683347.32	終點座標N: 2683511.32			
起點高程Z(公尺): 1890	終點高程Z(公尺): 1897			
設計長度(公尺): 350				
開工日期: 1999/4/1	完成日期: 2002/10/31			
設計監造單位: 富國技術公司	施工單位: 福麒營造			
集水管工程內容: 設置5處集水室, 集水管長度共4880M				
備註: <input type="text"/>				

圖 61 排水廊道表單設計示意圖

- A.基本資料：包括 G1、G2 排水廊道座標資料、施工日期等其他相關基本資料查詢與現地照片等。
- B.集水管資料：因排水廊道每一段皆打設縱向之集水管，以利排水，因此對於集水管之紀錄與其排水狀況都應定期之觀察與記錄，所記錄之數據經由資料庫之建檔方便使用者進一步之查詢，由於目前資料未交至承辦單位，因此尚無資料，如圖 62 為初始架構。
- C.工程設計圖：主要為包商所提供之廊道設計圖，重新數化建檔，如圖 63 所示，建立設計圖可供使用者查詢相關工程之參考，與承辦單位驗收之參考圖。
- D.地質資料：為排水廊道施工時，前進鑽探之岩心資料建檔，目前僅有 G1 排水廊道之前進鑽探之里程與岩心之岩盤分類，岩心照片尚在建構中，如圖 64 所示。
- E.施工紀錄：收集廊道施工過程所遇到之困難及災害之紀錄，如大量湧水、抽心等紀錄，並記錄進度表、每一時期之現地照片等加以建檔，提供方便查詢之系統，目前僅有 G1 廊道之施工紀錄，G2 廊道尚在施工中，如圖 65 所示。

水管編號	集水管長度(公尺)	集水管深度
G01-1	30	GL.+0M
G01-2	30	GL.+0M
G01-3	30	GL.+0M
G01-4	30	GL.+0M
G01-5	30	GL.+0M
G01-6	30	GL.+0M
G02-1	40	GL.+0.2M
G02-2	40	GL.+0.2M
G02-3	40	GL.+0.2M
G02-4	40	GL.+0.2M
G02-5	40	GL.+0.2M
G02-6	40	GL.+0.2M

圖 62 排水廊道表單中之集水管資料選單

集水管編列	集水管相關說明
	尚無資料

圖 62(續) 查詢集水管流量表單，目前尚無資料，後續調查後可直接建檔更新

- 圖名
- G1平面集縱剖面
- G1鑿井結構及廊道內排水溝詳圖
- G1廊道口排水設施平面配置圖
- G1岩盤分類
- G1監測系統配置平面圖
- G1監測儀器安裝詳圖(一)
- G1岩塊結構詳圖
- G2廊道口排水設施平面配置圖
- G2平面及縱剖面
- G2岩盤分類
- G2監測系統配置平面圖
- G2面板擋土牆展開圖
- 排水結構詳圖
- 量水堰結構詳圖

圖 63 排水廊道表單之工程設計圖，建立設計圖可供使用者查詢相關工程之參考

所屬廊道	里程(起)
G1	0+000.0
G1	0+001.5
G1	0+000.0

圖 64 排水廊道表單之地質資料，內容為前進鑽探之岩心資料建檔

查詢施工紀錄時間: []

抽心段里程(起): OK+6.5M

抽心段里程(迄): OK+14.0M

切方位置: 頂拱

地下水水量(升/分): 滴水

相關照片查詢: 尚無資料

岩盤描述: 灰色破碎板岩，呈塊狀，弱面風化偶夾粘土及岩屑

對廊道施工之影響: 局部位置自立性差者，要求承以側道坑方式開挖及組立同時進行，由於無時間可作測量調整，因而有小量之偏差發生。

圖 65 排水廊道表單之施工紀錄，內容為收集廊道施工過程所遇到之困難及災害之紀錄，提供查詢使用

(2) 集水井資料表單設計

集水井資料的建檔，依照井位、深度、集水流量建構基本資料檔。基本資料為提供查詢新增等功能，流量資料以89年1月起對梨山集水系統進行流量監測的記錄加以設計。現地照片亦加入資料庫中，以提供更詳盡的現地狀況，如圖66、圖67。



圖66 集水井資料庫選單示意圖，包括基本資料與流量資料之建檔



圖67 進入集水井資料庫選單中的查詢部分，查詢集水井的基本資料分為基本資料、集水管資料與工程圖庫之交換式選單

- A.基本資料：包括 15 口集水井座標資料、施工日期等其他相關基本資料查詢與現地照片等。
- B.集水管資料：因每一個集水井皆打設集水管，以利排水，並設有 1~2 個排水管，排至滑動土體外，因此對於集水管之紀錄與其排水狀況都有定期之觀察與記錄，所記錄之數據經由資料庫之建檔方便使用者進一步之查詢，如圖 68。

C.工程設計圖：主要為包商所提供之工程設計圖，重新數化建檔，如圖 69 所示，建立設計圖可供使用者查詢相關工程之參考。



圖 68 查詢集水井資料的另一選單為集水管資料，作隨時查詢之用

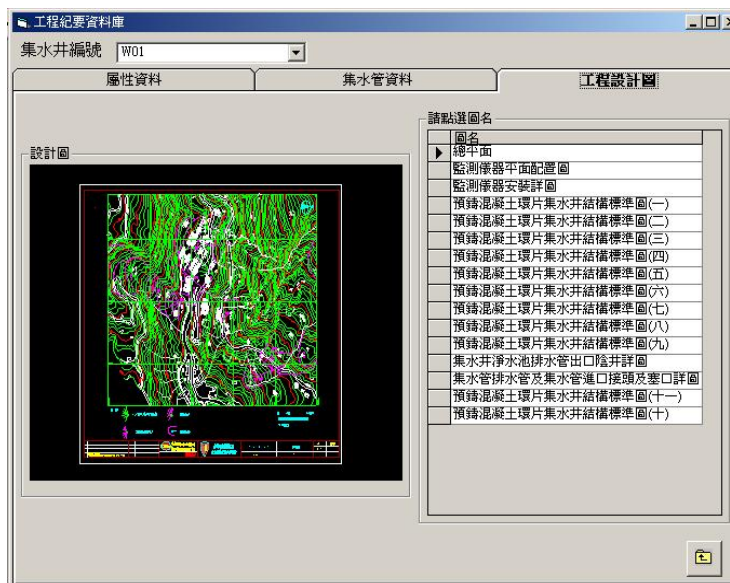


圖 69 集水井表單之工程設計圖，建立設計圖可供使用者查詢相關工程之參考

流量資料以歷年對梨山集水系統進行流量監測的記錄加以設計，其中包括井內集水管與出口排水管之編列、井內排水之相關說明，以及用井內集水管排列之示意圖方便使用者之對照流量資料，查詢集水管流量情形之相對位置，其表單如圖 70 所示。

量測日期	W01-1-1	W01-1-2
民國87年01月31日	0.01	0.014
民國87年03月11日	0	0
民國87年09月17日	0	0
民國88年01月27日	0	0

量測日期	W01-1	合計2
民國87年01月31日	0	0
民國87年03月11日	0	0
民國87年09月17日	0	0
民國88年01月27日	0	0
民國89年02月13日	0	0

圖 70 集水井流量查詢之表單設計，包括井內集水管之相關說明，以及用井內集水管排列之示意圖

(3) 橫向集水管表單設計

建立基本資料，提供基本資料之查詢與新增等功能，將現地照片加入資料庫中，以提供更詳盡的現地狀況，選單之設計如圖71所示，分別有屬性資料、排水管資料與工程設計圖選單，其中屬性資料包括座標、所屬位置、施工時間等以及各排水管之現地照片，在第二項表單-排水管資料內容有各排水管之編號、長度等屬性資料，以及經由現地探勘後對各排水管之評估情形，如圖72之左半部有詳細之排水描述。在工程設計視窗則為橫向排水管之工程設計圖，對於橫向排水管之查詢與新增之方式請參閱附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明。

圖 71 進入查詢橫向集水管的表單，包括基本資料和排水管資料與工程設計圖三個選單



圖72 查詢橫向排水管調查的記錄，包括各排水管之屬性資料，以及經由現地探勘後之評估情形

(4) 防砂工程與地表排水工程表單設計

記錄其基本資料與工程設計圖，如圖所示。基本資料主要為相關工程之時間表與現地照片；工程設計圖主要記錄相關CAD圖庫資料，以利查閱與應用，如圖73為防砂工程之設計表單，其內容有設置日期、位置等與各個防砂工程之工程內容、現地照片與目前排水狀況等，而地表排水工程設計表單如圖74所示，內容有設置日期、位置等、現地照片與目前排水狀況等，在防砂工程與地表排水工程之編號排列是以施工工期之編號為主，而其設計圖，皆為驗收報告中加以數化之CAD圖，詳細之表單內容與操作參閱附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明。

梨山資料庫系統

防砂工程之工期編號 **第一期潛壩工程**

屬性資料 | **工程設計圖**

設置日期: 民國85年11月

淤積情況: 輕微

排水功能: 良好

位置描述: 沿B-9滑動土體西側坑溝，上方接續二期潛壩工程，下方則與四其潛壩工程交會。

防砂工程現地照片

工程內容

- 1號潛壩
- 2號潛壩
- 3號潛壩
- 4號潛壩

備註

Text6

圖73 防砂工程之設計表單，包括各工期之屬性資料，以及經由現地探勘後之評估情形

梨山資料庫系統

地表排水溝編號 **B2**

屬性資料 | **工程設計圖**

設置日期: 民國84年

所在土體: B6、B7

排水情況: 目前無排水

位置描述: 往梨山賓館曬衣場路旁邊溝，於橫向集水管H89-15旁

地表排水溝現地照片

建議事項

清除雜草及淤沙

備註

雜草堵塞嚴重

圖74 地表排水工程表單設計示意圖，包括各工期之屬性資料，以及經由現地探勘後之評估情形

5.2.5 監測數據資料庫

包括能即時繪製監測數據關係圖，如圖75~77所示，將梨山現有監測資料列出供使用者選擇，經由使用者挑選後其資料以歷時曲線方式呈現於螢幕中，可選擇之項目除監測儀器外，依使用者所需要之時間間隔可自行調配，此監測繪製系統將方便使用者對於監測數據即時了解與數據檢討之依據。

另一選單為固定時間之監測資料查詢，供使用者方便查詢，如圖78及圖79，選擇主選單中監測資料按鈕，即可進入查詢監測圖庫，清楚列出監測系統之儀器以及相關監測數據，其中圖78為自動監測系統表單設計，表為每月整理之監測數據所繪製之相關圖形。詳細之內容與操作方式參考附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明。

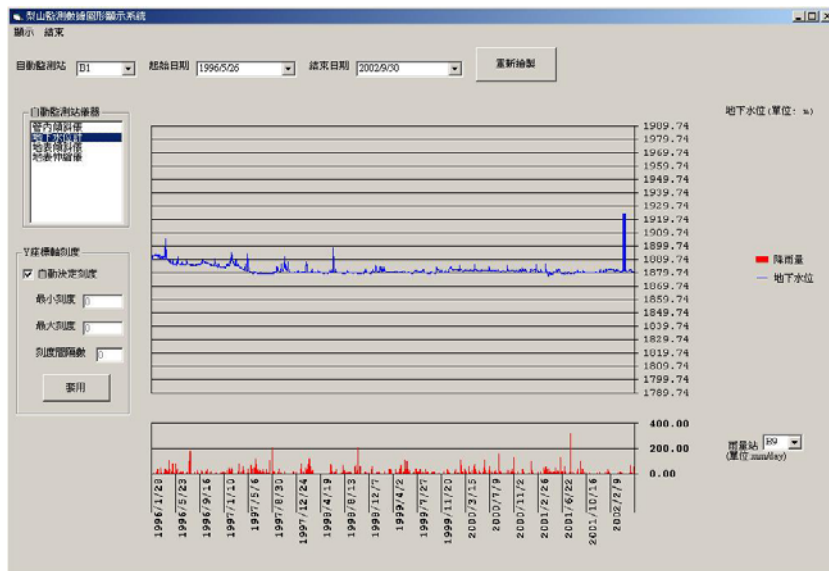


圖75 監測站之歷時曲線繪製視窗-自動監測站



圖76 監測站之歷時曲線繪製視窗-人工監測儀器

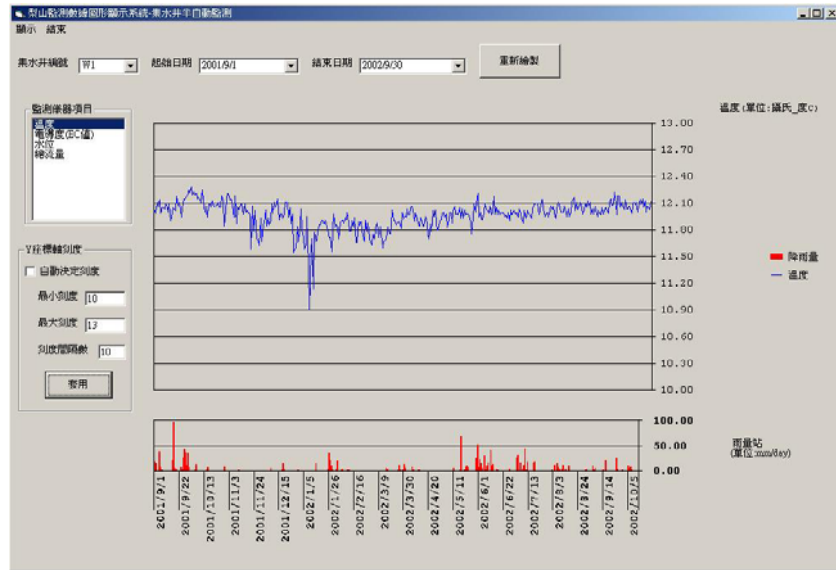


圖77 監測站之歷時曲線繪製視窗-集水井半自動監測



圖78 點選梨山監測數據查詢系統之畫面設計-自動監測站



圖79 點選梨山監測數據查詢系統之畫面設計-人工監測儀器

5.3 梨山資料庫系統功能

梨山資料庫查詢系統內容包括過去規劃設計之地形資料、鑽探資料、現地調查資料，整治工程之設計圖資料、施工紀錄報告等，現地探勘評估資料以及歷年監測系統之數據資料、分析成果等，除了將資料加以系統化，使得在資料運用與查詢上更加方便，更特別針對梨山特殊之內容加以突顯化，如將監測資料添增多樣性之功能，除了單純之資料查詢，並加入即時彙製歷時曲線圖，以及加入即時監測系統，使得使用者有多方面之參考與應用。同時針對梨山之整治工程，每一項工程都有其獨特之表單設計，讓使用者可清楚了解工程之狀況與排水之情況。

在系統設計而言，以目前新興之地理資訊系統為主軸，建立使用者可同時查詢圖面上資料，也可一邊查詢文字與圖片資料，更利用 GIS 強大之功能，做到分析、套疊之應用查詢。本系統藉由一般視窗環境作業系統，將查詢系統簡單化與中文化，並結合 VB 親和的介面，讓使用者快速上線使用，其中本系統清楚的以四大系統作為整個資料庫主軸，分別為背景資料庫、鑽井資料庫、工程紀要資料庫與監測系統資料庫，並配合 ARCGIS 於工作區域最上端設置功能表列，主要放置主題式圖庫命令，此功能表如上章節所述分別為主題圖庫選單、工程資料查詢選單、監測系統查詢選單、應用分析圖庫選單、視窗選單、說明選單與梨山地滑區即時監測系統按鈕功能表。

本系統所要呈現之主要功能有，工程資料之查詢與新增排水流量狀況、鑽孔資料查詢與岩心地質之建立、監測資料之整合與新增、監測資料之圖形顯示、其他歷年對梨山相關研究之資料收集與建檔、地理資訊系統應用分析之查詢，以上所述之內容項目與功能操作都將於附冊-梨山資料庫查詢系統操作說明中有詳細之闡述。附冊之內容包括：第一章之系統介紹、第二章之系統架構、第三章之主要介面設計、第四章~第九章為功能介紹-鑽井資料庫操作篇、工程紀要資料庫操作篇、監測資料庫操作篇、即時監測系統操作篇、

背景資料庫之查詢篇以及背景資料庫之進階篇，最後為系統之版本說明與梨山之相關介紹。並藉由系統移交與軟體教學，完整將梨山資料庫查詢系統應用在相關之工作上，發揮其最大之功能。

陸、結論與建議

6.1 結論

本計畫為過去監測分析計畫和綜合資料庫建立與應用計畫加上梨山地區沉陷測量計畫三個主要計畫之結合，又因年度合約關係，全程計畫有九個多月的空窗期，因此在前置作業與相關儀器交接之程序上，花費許多時間，目前已經步入正軌，陸續將資料庫更新。對於資料整合作業以新的格式儲存，以方便查詢與應用，並利用資料庫之最新資料研判水文地質之條件，全程完成的工作約略說明如下：

1. 監測作業實施

- (1)自動觀測系統：定期彙整其結果，並檢查監測數據有無異常現象，將其結果通知承辦人員。

月報表之製作已經建立至2002年10月，將整理完成之數據以光碟燒錄備份交與承辦人員。

- (2)人工觀測點：目前順利依合約定期進行量測，資料整理已建置2002年10月，相關資料整理成月報表每月交與承辦人員。
- (3)全區測量作業：以GPS衛星定位測量，在區域內八點、區域外三點為基準控制點，配合精密導線測量點(計150點)，計算其位置及地表沉陷變位量並供地滑分析之用。

2. 綜合資料庫建置

彙編既有資料，設計資料庫架構，採用相當普遍之ACCESS關聯式資料庫為基本資料架設，再依其特性，以Visual Basic進行查詢系統程式的撰寫，架構最佳的資料庫架構及其相關子系統，並配合GIS軟體ARCVIEW 8.1進行圖形資料之建置與管理，以及分析區域水文地質之特性與分層。

3. 資料庫分析應用

- (1)梨山地滑地之水文與地質調查結果彙編：

經由新資料的整理與彙編，針對過去水文地質的描述已有所改變，因此在參考前人研究、監測結果、區域地質調查研究、地下地

質研究、及其他現地調查的新證據，對梨山地滑區地質條件與地滑分析重新的描述與探討。

(2)測量作業：

經由重新佈置的全區測量點，包括沿主要道路之路線及相關設施與各滑動土體佈點，採用GPS定位系統結合精密導線測量，應可掌握全區地層滑動之分佈，後續若佈置設置型GPS位移監測，則可即時監測地滑發生，達預警系統之功能。

(3)綜合評估：

應用資料庫的查詢，地理資訊系統的空間分析，可以應用於排水路徑的分析、剖面圖繪製、柱狀圖繪製以及3D的模擬，進一步的展現於現地水文地質狀況，由圖面了解工程設施與梨山水文地質之關係圖，藉由資料庫之查詢與分析評估各分區之工程成效與地滑情況，了解目前各分區的水文地質條件、穩定分析與工程成效，提供評估作業的方法流程。

完成以上工作得有結論如下：

- 1.地滑地治理工作進行中，監測作業的實施相當重要，除了可以協助了解現地災害情況的調查階段的監測外，工程中的安全監測與完工後的管理與維護的監測可以提供掌握現地的變化，作為災害預警之基礎，應持續維持其功能，而梨山地滑治理中補充調查階段所設置之人工觀測，乃為協助排水廊道設計與施工用，在治理工程陸續完工後，可以停止人工觀測之進行。
- 2.採用全區測量作業來追蹤地滑地位移之空間分佈，為經濟有效之監測方法，但山區起伏較大，通視亦不佳，誤差範圍較難控制，本計畫中加入GPS測量，共完成三次量測作業，其精度控制於1公分以內，確定可將區域內8個GPS點作為導線測量點之控制點位，達到與全國衛星測量點之連結，以確實訂定出全區沉陷測量導線點位置座標，了解位移情況。實施結果不錯，能有效測得滑動之區域與位移量。
- 3.地滑地的資料管理採用GIS的套裝軟體為基礎，再依需要編寫必要之介面做成資料庫，可以有效的管理相關的資訊與資料，並可作有效之應用，為規模較大的山坡地治理工程必要且有效之工具。本計畫所規劃之資料庫包括背景資料庫、工程記要、監測數據庫及鑽井資料庫等四個部份，並建立完善的查詢與應用的介紹，可以有效的發揮其預定之功能。
- 4.對地滑地的監測而言，地下水位是未來管理機制的重要參考依據，地下水位與雨量的監測應持續加以維護。在自動監測方面，保留所有監測站地下水位與雨量之儀器，但須重新檢測儀器的適用性與正確性，

針對各項建議增設地下水監測之項目如下：a.維修原自動監測站之地下水位計與雨量計，維持其可用性；b.在人工觀測方面，建議針對尚可使用之觀測井，裝設自動或半自動之自計式水位觀測器，以達到連續性之監測，避免人為量測之疏失與不便。

- 5.對地滑地的地層滑動變化量而言，自計式孔內傾斜儀之監測資料已經不敷未來管理準則之需求與實用性，並根據以往處理觀測資料的經驗，常不定時發現資料有嚴重不連續之現象，造成處理上的極度困擾，加上目前已經損壞的感測器包括B1監測站孔內傾斜儀中的第6、7、9、14顆感測器，B5監測站中的第7、13顆感測器已損壞，B13監測站第8顆感測器於90年7月前已損壞。因此若於未來仍需增設，將重新鑽孔，既不經濟也不實務，因將以TDR監測作為未來地層滑動預警之判釋標準。至於人工監測之管內傾斜儀更不符未來資需求，為減少人力的浪費同時求得資料的連續性，未來將以自計的方式擷取TDR監測系統的數位觀測資料，經由遠端傳輸的設計與規劃，嘗試結合專家系統，即時掌握地層變動的情形。
- 6.梨山地滑地經資料庫建立與應用檢討，建議將梨山地滑區分為西區及東北區，此區以風化板岩與新鮮板岩之交界面滑動之淺層滑動為主；另一分區為東南I區(梨山賓館附近之B1, B4及B5等滑動體) 為受下伏老滑動面之複合滑動區；而東南II區(溪谷地形中之B9 ~ B13等滑動體) 則為受溪谷地形影響甚大中之淺層滑動區。

6.2 建議

全程工作之進行，已大致完成原定之工作項目，除了前節中所述之成果外，有以下之建議事項：

- 1.地滑地治理工作的進行，必需有完善的監測系統來作為調查階段，施工階段及完工後長期管理階段對現地現況與變化的掌握，長期的監測與分析為確保安全的不二法門，避免隨意間斷，以致無法掌握災害發生之先機。
- 2.資料庫的建立與應用，對山坡地工程處理及集水區經營管理，都屬有效及重要的工作，相關單位應多方建立必要之地理資訊系統的資料庫，以有效管理山坡地，避免災害發生危及人民生命與財產。
- 3.各種監測技術的發展，在台灣目前現況尚未十分成熟有效，相關單位應持續發展改進，依現地需要，開發或引進更有效的監測技術，並推廣使用，對其應用與功能更加明確後，可更成熟有效的發揮監測與預警的功能。

4. 在梨山地滑地嘗試引進使用較新的TDR電纜線作為地層滑動面與滑動量的監測，相當有效，後續可推廣使用，並加入自動量測、傳輸等功能，可組合成即時地層滑動的監測工具。