

梨山地滑區之整治工程檢討與安全監測

蘇苗彬¹ 陳鶴勳² 廖建鑫³

1 中興大學土木工程學系教授

2 水土保持局第二工程所技士

3 中興大學土木工程學系博士班研究生

摘 要

梨山地區地層滑動範圍涵蓋遼闊，主要包括中橫公路台8線與宜蘭支線(台7甲)交會處的梨山村一帶，本區域在民國七十九年四月間發生大規模的地層滑動，台7甲線路基嚴重下陷流失而致中斷，而台8線及座落在梨山地區的幾處重要公共設施，均發生嚴重地基下陷建物損毀之情事。為防止地滑災害持續擴大及維護區域居民安全與道路暢通，水土保持局自八十四年度起實施梨山地區的「坡地災害整治」計畫。於民國九十一年度完成原計畫編定之工作，民國九十五年完成第二期四年的計畫。

本研究對整治計畫中相關工程進行檢討與成效分析，主要區分為淺層與深層之地下水排除工程，依據工程內容、所在區域及工程完工後之後續評估，來作為該項工程對於整體地層滑動治理上之成效良好與否之判定。而各項工程對整體梨山地區地滑治理之成效可由安全係數之提升多寡作為初步評定。

為了解後續地滑區穩定性及各項工程設施功能正常與否，持續進行監測系統之建置、維護管理及資料蒐集，由監測結果評定地滑地安全的狀況及持續檢核以符合現地現況的地層滑動管理基準，以供管理機關實施有效的預警系統操作。針對現場現況所需與科技發展之進步，研究中進行了監測系統中相關監測項目之改善研究，以較新的監測技術來取代傳統上的方法，以更完整與即時的掌握梨山地滑區之安全現況及應付緊急處理之所需。

近年來梨山地區經歷了幾次較大的風災侵襲，包括93年度的敏督利與94年度的海棠，對本區域造成不少的災情，尤其公路沿線、松茂部落。未來研究方向應針對整體大梨山地區做全面的檢討與後續德基水庫上游集水區整體的建議，以配合重要水庫集水區治理工作的進行。

關鍵詞：梨山、地滑地、整治工程、監測系統。

一、前 言

1.1 研究區域

梨山地滑區位於台中縣和平鄉，居中部橫貫公路主幹道(省道台8線)與宜蘭支線(省道台7甲)之交會樞紐。由於其高山氣候適合高冷蔬菜、高經濟水果等之栽種，且地處風景優美、氣候宜人之處，因此在中橫公路貫通之後，即被政府規劃為旅遊重點觀光區及高經濟價值之農業區，提供國人假日之旅遊休憩。

由於梨山地區本身為一古老地滑地，加上長年來農作耕種之開墾，原有地表植生遭破壞，逐漸喪失當地原有水土保持功能，每逢雨季時山坡地土壤遭沖蝕流失、土壤含水量增加，使得整體邊坡產生地層滑動與破壞，不僅直接影響到當地居民生命財產安全，也使得下方德基水庫功能受到影響。

民國79年間梨山地區發生嚴重的大規模地層滑動。為防止地滑災害持續擴大及維護區域居民安全與道路暢通，水土保持局研提本區域之整治計畫，整體治理工作主要為在滑動區內施作排水設施，透過地表排水溝、橫向集水管、集水井及排水廊道等抑制工程，將地滑區附近之地下水，透過各工程設施予以導出，降低滑動體內之地下水位，期在降雨後亦能迅速排除入滲之地下水。

相關整治計畫由水土保持局第二工程所負責執行整治計畫，自民國84年起實施至92年完成原計畫編定之工作，歷時八載，整治經費達12.5億元，為目前國內實施過最大規模的地滑地整治計畫。

1.2 研究目的

梨山地層滑動地區地下排水設施業於92年中旬完成原計畫編定之工作，雖有初步成效(雖評定為安

定，惟需注意滑動體仍具活動性)。目前仍持續進行監測系統之維護管理及資料蒐集，觀察現地地下水位變化外及土體之安全性。為深入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調查，以進行治理工程成效評估。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。期望能夠經過對整體排水設施現地調查及實施資料蒐集整理後做整體檢討，除了瞭解梨山地滑地地下排水設施使用後之現況，以及對於長期的安全維護管理應改善事項及後續必要的工程處理做成建議，並提供管理維護單位作為日後編定地滑地整治計畫之參考。

主要研究目的包含下列幾點：

1. 經由歷年規劃、設計、施工、維護及運作等相關工程文書資料之搜集整理，了解執行地滑整治計畫之歷程及相關決策過程。
2. 各單項工程實施成效的評估：包括其設置之適當性、耐用性及營運維護成果等。
3. 經濟效益的評估：包括治理工程的直接與間接效益及其影響的評定。
4. 長期安全維護管理事項的評定：包括目前及後續安全維護管理事項評定及必要工程實施的建議。
5. 綜合檢討後提供相關執行地滑治理單位作為整治工程實施之參考，以期提升工程規劃、設計、施工及相關行政程序作業之正確性。

1.3 研究內容與流程

本研究以工業技術研究院 82 年 3 月提出之「梨山地層滑動調查規劃總報告」為源起，經由總報告重點節錄、歷年規劃資料蒐集、工程實施摘要及相關工程現地調查評估。期望能夠透過對地下排水設施現地調查及實施資料整理後做整體的檢討，以了解梨山地滑地排水設施營運期間歷經地震、颱風、豪雨考驗後之現況。

針對前述之研究內容擬定進行步驟與方法大致如下：

1. 工程實施資料蒐集彙整。
2. 梨山地滑整治排水工程現地調查。
3. 比較規劃與工程實施方案。
4. 綜合檢討分析提供建議。

二. 整治工程

2.1 治理工程規劃

根據調查與穩定分析結果，梨山地滑區內之主要滑動土體現況的安全係數 $FS=0.98\sim1.20$ ，亦即有部份

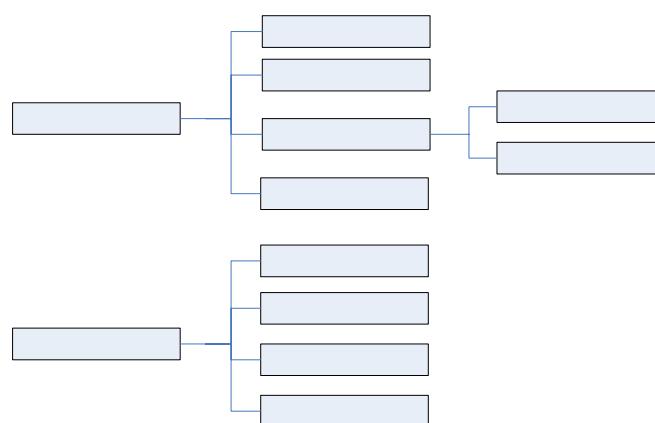
邊坡正處於臨界狀態或緩慢滑動中，規劃整治工程，希望完工後使其安全係數提昇至某種程度(稱為規劃安全係數，略為 PFS)。此 PFS 因受保全對象的重要性而異，且其些微之差對於整治費用即有天壤之別的影響，國內尚無規劃安全係數的標準可循，由於日本的自然和社會環境均與台灣相近，其一般常用且行之多年的地滑整治規劃安全係數標準，例舉下表或可供國內參考。保護梨山地區住家安全，恢復台 7 甲公路通車是此次整治規劃最主要的工作目標，因此，本區整治工程的規劃係數至少希望能在 1.10~1.20 以上。

表 2 決定規劃安全係數的準則(渡正亮與小橋澄治, 1987)

整 治 對 象	規劃安全係數
國道、快速公路、鐵路、社區、主要河川、公共機關、醫院	$PFS \geq 1.20$
縣(省)道、二級以下河川等	$PFS=1.10$
緊急對策工程	$PFS=1.05$

地滑整治工程，大致可分為抑制工程與抑止工程兩大類。所謂抑制工程，係指以改變邊坡之地形或地下水等自然環境條件來穩定邊坡的各種工程設施，如整坡、排水等；抑止工程，係指以工程結構物來抑止邊坡滑動的各種工程設施，如樁、擋土牆等。

一般常用之整治工法有：



地滑的整治工法雖有如此多，但其規劃宜先根據調查結果，選擇有效而經濟的工程組合，此外，尚需注意其可行性。

一般而言，地滑的整治工法中，以挖方及填方工程最易取得即效性，但梨山地滑地整治範圍內的邊坡上，除建築物之外多數為果園分布，經調查後地滑區係由數個相關連的滑動體所組成，若在某一滑動土體頭部進行挖方工程或趾部進行填方工程，可能導致另

一滑動體失去平衡，因此在本區進行挖方或填方工程的可行性不高。若單以抗滑樁或擋土牆等抑止工程，則因本區地滑規模太大，可能產生不了作用。

綜觀以上，梨山地滑的整治規劃主要以排除災害誘因的雨水及地下水，亦即以排水工程為主，估計將區內之地下水位平均降低 8.3m 左右，即可將安全係數提昇至 1.2 左右；坍方或崩塌之處，另外施以抑止工及坡面保護工，以恢復台 7 甲線交通及防止沖蝕；另外，自德基水庫沿大甲溪支流上溯建防砂壩、潛壩、及固床工等，不但可攔截土砂及防止溪谷沖蝕，而且可藉淤積之土砂來穩定溪谷兩岸之邊坡。

2.2 地表排水工程規劃

地表排水工程的目的，主要是防止雨水滲透或來自地滑區外圍的地表水流入或再滲透等，而助長或誘發地滑活動。地表排水工程確實可降低部份地下水位，但卻很難定量地由穩定分析表示出來。

根據地表滲透試驗，得知本區地表附近之最終入滲率為 $3.6 \sim 4.08 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ ，表示雨水或地表水相當容易滲入地下，另外，再由水質分析結果，顯示本區地下水與地表水的水質相近，表示地表水是區內地下水的補注源之一。因此，首先在梨山賓館背後陡坡頂部(調查區南側)及坡腰規劃截洩溝 P-1 及 P-2，以攔截來自福壽山產業道路方向的地表逕流；前述陡坡坡腳，不但是一地形變化點，而且恰好位於滑動體的頭部，若築構排水溝 P-3，不但可攔截部份地表逕流，亦可作為橫向集水管的外接排水溝；郵局東南的 B-11~B-13 地滑區，略呈山谷地形，易匯集地表水，故本區宜規劃地表排水溝 V-6。

調查區的東北地滑區與西地滑區內之滑動土體危險度多屬 C 極，且目前亦多尚未發現有滑動現象，若在該等邊坡上中段設截洩溝 P-5、P-6 及 P-7，再銜接縱向溝至下游區排放，即可再提昇其穩定性。至於溪谷邊之崩塌地，多是河水沖蝕所造成，可藉防砂壩的淤砂來略加以穩定。

就地表排水系統而言，傳統鋼筋混凝土排水溝雖具剛性，但易因錯動而斷裂，反而可能把欲排除掉的地表水匯入地滑區內，造成更嚴重的反效果，此外，梨山地區地形陡峭，在運搬與施工上，均較一般的平地或丘陵區困難，故本區的排水溝、涵管之材料，建議採用具如下特點的皺紋鋼版(Corrugated steel pipe)：

- (1) 質輕：重量只有傳統混凝土預鑄溝的 $1/5 \sim 1/10$ ，因此只要少數幾位現場作業員即可輕易地搬運施工，即使在車輛無法到達之處，亦不為所難。
- (2) 施工簡單：皺紋鋼版預鑄溝僅係以螺絲將皺紋鋼版組合而成，故較混凝土預鑄溝者，可縮短不少工期。
- (3) 強度與耐用性俱佳：皺紋鋼版剛性低，邊坡略有所變動，亦不至於受太大的影響，且經鍍鋅處理，故使用年限長。

- (4) 經濟：由於施工期縮短且耐用，相對地提高其經濟性。

2.3 地下排水工程規劃

地下排水的主要目的，是在降低滑動土體內的孔隙水壓，使地滑趨於穩定。調查區內，平時雖無地表逕流，但卻處處可見湧水或泉水，表示本區地下水相當豐富。因此，若能將此等地下水作適當的處理，則本區即可得到相當程度的穩定。以梨山這麼大規模的地滑，降低其地下水位的工法，必須要組合橫向集水管、集水井、及排水廊道等始能奏效。

(1) 橫向集水管

一般而言，橫向集水管工程對於淺層與深層地下水的排水能力均佳，通常在地勢較陡或落差較大之處多採此工法。本計畫區內共規劃有 15 座(H-1~15)橫向集水管工程，每一座橫向集水管工程設 7~9 支，長 30~60m 之集水管。

標準的橫向集水管，係以 $5^\circ \sim 10^\circ$ 之仰角，朝向含水層掘鑿鑽孔，以貫穿滑動面 5~10m 為原則，完鑽之鑽孔再插入 $\phi 50 \sim 76 \text{mm}$ PVC 管作為保孔管兼集(排)水管。收集地下水區段之保孔管，應加以處理成透水管。集水管之孔口，以蛇籠、混凝土或鋼框擋土牆加以保護，並於該保護設施之前設一靜水槽與排水溝相接。

(2) 集水井

為了要排除區域內較深層的地下水，可施以集水井。集水井以規劃於地滑頭部為原則，因水壓在頭部對地滑穩定性影響最大。根據地形與已有之鑽孔水位判釋，地下水流向，在東南地滑區內，是由南側高處往北側低處流；在東北地滑區內，由東南流向西北，地下水面深偶在地表下 30~40m 間，因此在該兩區內共規劃直徑 3.5m 之集水井 13 座(W-1~13)，井深 20m~40m 左右。井底應高於滑動面 2m 左右。

集水井主要由井筒、靜水槽、集水管、排水溝四部份所構成：

I. 井筒

一般由鍍鋅鋼襯板(Liner plate)或混凝土框，沿井壁襯砌組合而成，由於在搬運上，鋼襯板較混凝土框輕便，施工簡單，且具強度高、耐用、可從內側組合而減少超挖土方、軟硬地盤均可適用等特點，因此在本區建議採用鋼襯板。

II. 靜水槽

係構成集水井之底座，主要功能在匯集由集水管排出之地下水，以防止其再滲入地下，故其材料應為具水密性的混凝土，深度一般約為 1.5m。

III. 集水管

由集水井內部，分上下兩段，向外施鑽 5~10 支，長 40~60m 之橫向鑽孔，以收集排除不利於地滑之地下水，其規劃原則與前述橫向集水管同。

IV. 排水管

用 $\phi 100\text{mm}$ PVC 管，以 $3^\circ\sim 5^\circ$ 之傾角，將靜水槽內所匯集到之地下水，自然排至地表之河溝或排水溝。增大排水管之傾角，雖可提高排水速度及排水量，但會增加排水管長度，反而不經濟，因此在設計時應加以考慮。

此外，每一座集水井之排水管，應視地下水量之多寡而設計一至數支。

(3) 排水廊道

排水廊道通常是用在處理，以集水井工程仍難於克服之深層地下水。

為求安全起見，排水廊道應設於滑動面以下之穩定地層內。滑動土體 B-1 及 B-2 之西側，有較穩定之岩層露頭出露於地表，因此可於台 7 甲公路 73k+400 附近，分別自標高 1,910m 及 1,865m 處，以 0.5~1.5% 的坡度，朝東南方向挖掘斷面高約 2m，長分別為 350m(G-1)與 550m(G-2)之排水廊道。

排水廊道斷面為上部呈半圓之馬蹄形，高度 2m 左右，仰拱部份(底部)應為具有水密性之構造，必要時可設排水溝。為了安全及日後維護管理之便，排水廊道可隨地質狀況，選用鋼襯板、皺紋鋼管、木頭等不同襯砌材料，其中鋼襯板可靠性較高。木頭雖施工容易且經濟，但耐久性與強度較差，通常只用於短且斷面小之廊道。梨山地區之岩層，幾全為劈理極其發達的板岩，且所規劃的廊道均在 300m 以上，故宜採用鋼襯板。

排水廊道內之集水管是由廊道內，一般以 $30^\circ\sim 60^\circ$ 角度向上施鑽，若含水層的位置很接近廊道時，亦可以 25° 的角度向上施鑽。

2.4 其餘相關整治工程

除了上述排水工程之規劃實施之外，包括防砂工程及崩塌地治理工程等亦陸續規劃實施，達到穩定坑溝高程、減少沖蝕發生與坡腳之穩定等減緩地滑發生之目的。同時與主要地滑區範圍所連接之區域，包含台七甲線、梨山上游集水區(福壽山農場)與松茂部落等地之調查規劃等工作近年來亦相繼完成或進行中。

3. 監測系統

梨山地滑區監測系統主要目的為接收梨山相關監測硬體設備所傳回之資料，包括地下水位變化、雨量資料、地層變動與地表變位等，由觀測資料即時研判推估災害發生的可能性，並預先發出警訊。配合運用先進的網際網路來溝通與傳遞訊息，藉由自動監測的硬體設備即時將資料傳輸後交由電腦研判，並與地理資訊整合應用，將現有之資料檔案匯入資料庫，建構完整之梨山地區地層滑動整治即時監控預警系統。

持續監測與維護整體梨山預警監測系統作業，包括九處自動監測站、梨山監測中心的監測站設備與連線，相關軟硬體的改善與維護工作，及提供人員操作之必要訓練與故障排除以維持系統的運作，完成保障梨山地區居民的安全，發揮預警系統之功能。

3.1 梨山監測系統

從梨山地滑地治理的自動監測站自設置初，即一直使用電話撥接來接收梨山自動監測站的資料，由於無法達到資料傳輸的『即時性』，於此改利用嵌入式系統與無線傳輸系統達到資料的即時傳輸，並且利用網際網路將即時資料顯示。本計劃使用嵌入式系統來取代梨山原有的監測系統。使用嵌入式控制器 WINCON8000 配合 WIN CE.NET 系統，加上用 VB.NET 撰寫紀錄與傳輸程式，並運用 2.4GHz 的無線傳輸來溝通與傳遞訊息，整體系統藉由自動監測傳輸的 WINCON8000 即時將資料傳輸後交由電腦處理，藉由所建立的管理基準值及即時觀測結果，再利用網際網路將即時資料顯示於網站並且即時顯示現地的危險程度。圖 3-1 為梨山地滑災害預警系統整合示意圖。

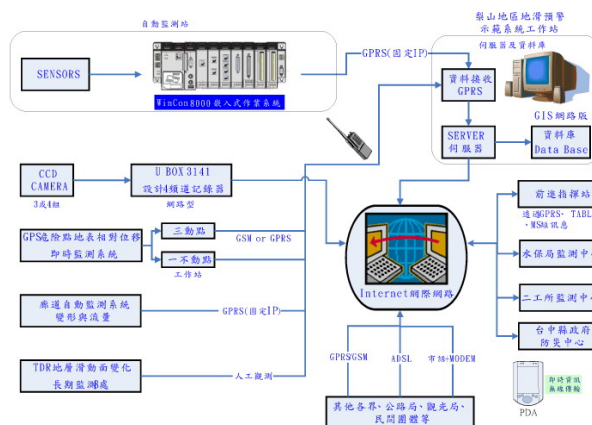


圖 3-1 梨山地滑災害預警系統整合示意圖

3.2 原有監測系統與傳輸方式

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 2-1)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。

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；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

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。

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。

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。

其運作為預先設定資料蒐集間隔與傳輸時機，原來的每日傳輸一次，單向操作，無法遠端遙控改變，傳輸系統老舊速率太慢，可以長期蒐集資料，但無法達即時監控顯示，且在 DOS 下系統無法修正改進，這樣的系統架構與功能作為自動資料蒐集的監測系統尚為稱職，但要達預警的功能則有待改進，圖 3-2 為原有監測系統示意圖。

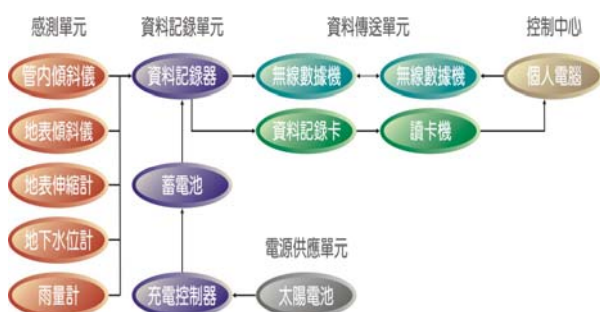


圖 3-2 原有監測系統示意圖

3.3 監測系統與儀器

梨山地區各自動監測站即時監測之項目配置表如表 2-3 所示，監測站之分布位置如圖 3-3。

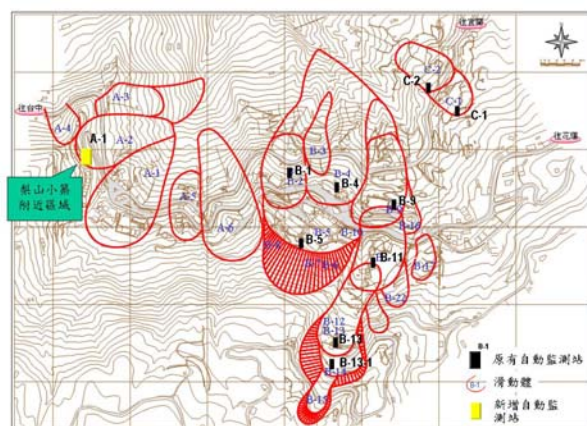


圖 3-3 梨山地區各自動監測站分布位置圖

自動監測儀器簡介如下：

(1)雨量計

如圖 3-4，為傾倒式雨量計，可以自動計測其位置的雨量以計數方式自動紀錄，其倒轉雨量為 0.5mm，其靈敏度為 0.5mm，精確度為±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、C1 以及 A1 監測站都有架設。

(2)地表傾斜儀

地表傾斜儀的外觀裝置如圖 3-5 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 2-7 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，總共有九處。

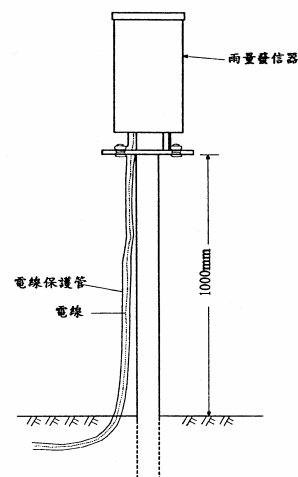


圖 3-4 雨量計設置圖

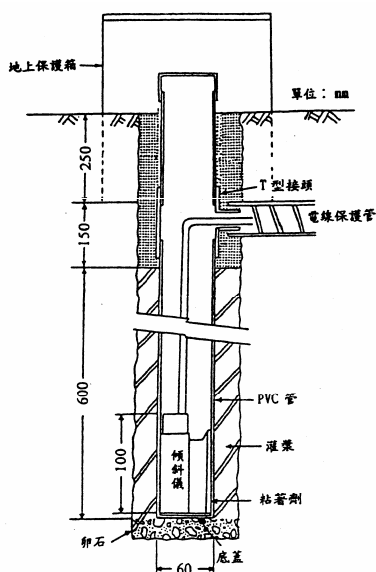


圖 3-5 地表傾斜儀的設置圖

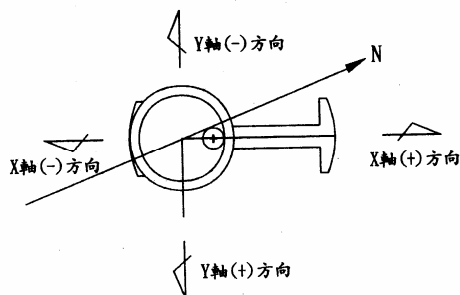


圖 3-6 地表傾斜儀觀測值與傾斜方向之關係

(3)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 3-7 地表伸縮計是以鋼鋼線的一端掛重錘，而當移動樁因地表位移拉動鋼鋼線使鋼鋼線伸縮來測定地表伸縮的大小，其靈敏度為 0.025mm，量度範圍為 0-100cm，精確度為 $\pm 0.1\%$ ，目前梨山設置有五處。

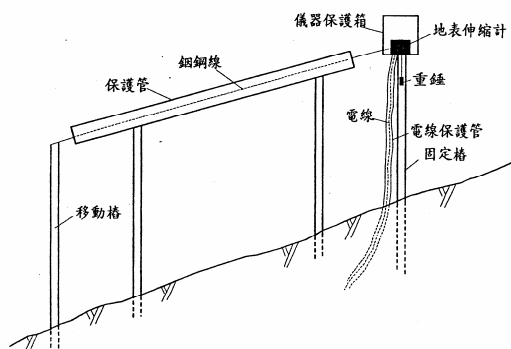


圖 3-7 地表伸縮計

(4)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 3-8 所示，而這也是梨山上面設置最多的監測儀器總共有十一處，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。

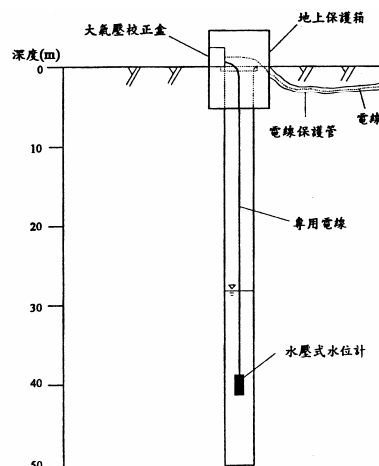


圖 3-8 地下水位計設置圖

3.4 傳輸方式的建立

本計劃使用嵌入式(WINCON8000)系統來取代梨山原有的監測系統紀錄與傳輸方式。WINCON8000 使用 WIN CE.NET 系統，加上利用 VB.NET 撰寫紀錄與傳輸程式，並運用 2.4GHz 無線傳輸來溝通與傳遞訊息，整體系統藉由自動監測傳輸的 WINCON8000 即時將資料傳輸後交由電腦處理，WinCon8000 的傳輸方式有以下方法：

(1)有線區域網路架構

利用區域網路連線方式以有線的方式連接每台 WinCon8000 主機，圖 3-9 為有線區域網路架構示意圖。而優缺點如下：

優點：1.直接連線無訊號強弱的問題。

2.形成內部區域網路方便檔案傳輸。

缺點：1.連線距離受到限制（最長 100 米）。

2.線路可能因外在地形影響。

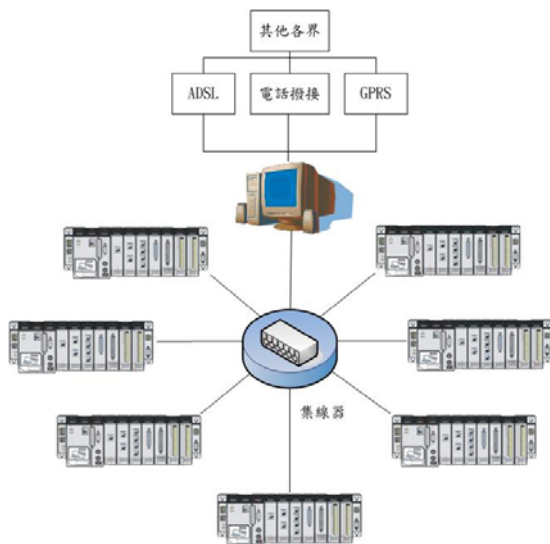


圖 3-9 有線區域網路架構示意圖

(2)無線區域網路架構

利用無線區域網路連線方式以無限橋接器的方式連接每台 WinCon8000 主機，利用無線橋接器不需每台 WinCon8000 主機連線到主站 PC 電腦上，可以利用無限橋接器互相傳輸即可。圖 3-10 為無線區域網路架構示意圖。而優缺點如下：

優點：1.形成內部區域網路方便檔案傳輸。

2.受地形影響較小。

3.連線距離只受外部天線影響。

缺點：1.訊號強度要求較高（容易失去連結）。

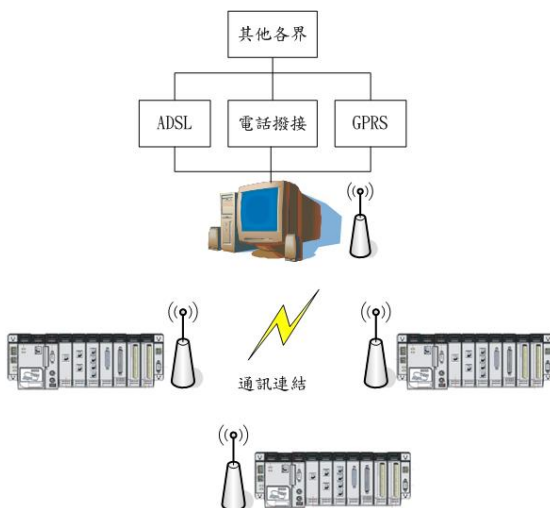


圖-10 無線區域網路架構示意圖

(3)無線模組（SST-2450）傳輸架構

利用無線模組（SST-2450）連接每台 WinCon8000 主機與主站 PC 來互相通訊連結如圖 3-11 為無線模組（SST-2450）傳輸示意圖。而受地形或障礙物時可以利用轉發的方式傳輸訊號，以梨山為例如圖 3-12 為各監測站傳輸示意圖。而優缺點如下：

優點：1.訊號強度要求較低（不容易失去連結）

2.受地形影響較小。

3.連線距離只受外部天線影響。

4.資料傳輸之設定可以自行設定。

缺點：1.連線程式須以 VB.NET 自行撰寫。

(4)GPRS 連線或網際網路連接 WinCon8000 系統

利用 GPRS 連線或網際網路連接每台 WinCon8000 主機，每台 WinCon8000 主機皆成為網際網路上的一點，擁有高度的應用性且 WinCon8000 主機可以架設網站如此一來每一個監測站都是對外傳輸的主機。如圖 3-13 為 GPRS 連線或網際網路連接 WinCon8000 系統示意圖。而優缺點如下：

優點：1.無訊號強度問題。

2.受地形影響非常小。

3.連線距離不受影響。

4.可以從 ADSL 直接讀取 WinCon 資料。

缺點：1.GPRS 目前接入 WinCon 還無法自動重新撥號連上 ADSL。

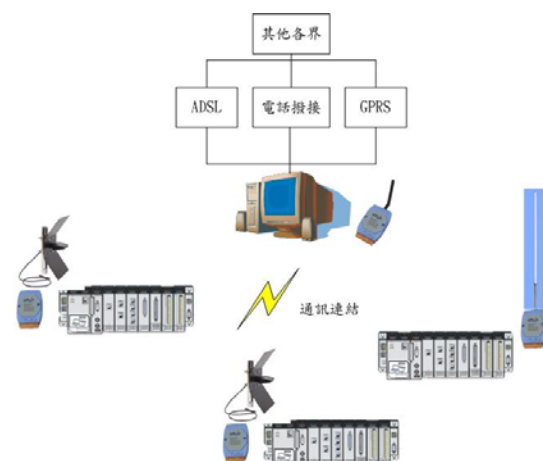


圖 3-11 無線模組（SST-2450）傳輸示意圖

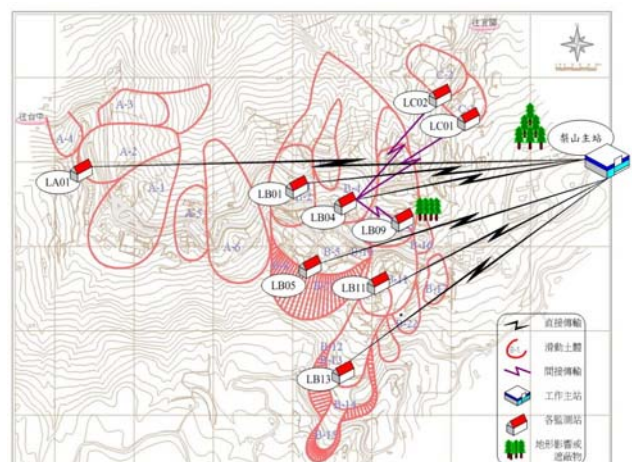


圖 3-12 監測站傳輸示意

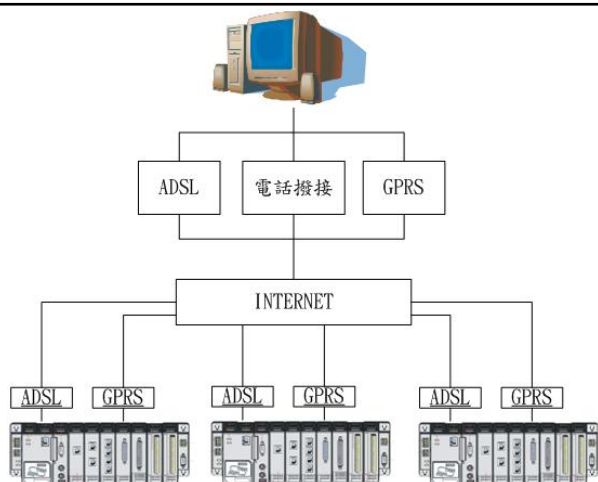


圖 3-13 GPRS 連線或網際網路連接 WinCon8000 系統示意圖

上述介紹的四種方法在梨山地區選擇了無線模組（SST-2450）傳輸架構並在 B11、C01 站加設網際網路（固定 IP）連接 WinCon8000 系統。

各監測站的傳輸方式以 2.4GHz 的天線搭配無線模組(SST-2450)以 9600bps 以上的傳輸速度傳輸資料回梨山主站，再以 ADSL 方式(採用固定式 IP)傳送資料，再利用 FTP 方法將資料傳送回監測中心。圖 3-14 為梨山資料傳輸至相關單位之傳輸示意圖。

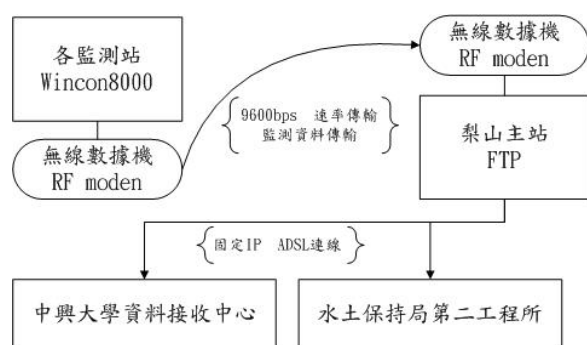


圖 3-14 資料傳輸示意圖



圖 3-16 現場天線裝設照片

3.5 主站系統與不斷電設備

主站設有全自動發電機與 100 公升油箱，無人員操作下，備用電力可達 4~6 天，若油箱持續添加，供電系統將不間斷。且電腦還有接上 UPS 不斷電系統，UPS 採用 3000VA/2100W 可以提供斷電時臨時用電，確保監測儀器正常運作與傳送資料。主站照片與發電機設備如圖 3-17 所示。



圖 3-17 主站照片

梨山地區 WinCon 系統主站程式主要有下列三大項：

(1) 主站資料傳輸程式

主站資料傳輸程式是傳輸資料的核心程式，主站將會傳送訊息給各監測站再由各監測站判斷是否被呼叫，例如：主站傳送『LB05』之訊息則所有監測站都會收到『LB05』之訊息，但只有 LB05 監測站會傳送資料回主站。圖 3-18 為主站資料傳輸程式系統介面。



圖 3-18 主站資料傳輸程式系統介面

(3) 主站資料即時顯示

主站接收到資料利用網際網路達到資料共享與即時顯示於網站上，即時顯示最新監測資料內容包括地下水位、地表傾斜、地表伸縮和雨量資料，監測網站將自動每 10 秒自動更新檢查是否有最新資料將資料更新於網站上。如圖 3-19 為即時監測網頁介面。



圖 3-19 即時監測網頁介面

4. 結論與建議

4.1 結論

本研究主要討論「梨山地區地層滑動整治計畫」執行以來，所進行之調查、規劃、設計、施工、營運與維護作業之相關記錄資料，經蒐集、篩選、彙整並配合監測資料及現地調查評估後做成完整詳實的紀錄，共同探討各項排水設施的適宜性與成效，尤其排水廊道、集水井與橫向排水管工程的集水功能，攸關排除地滑區地下水的成效，也直接決定了梨山地滑區滑動體的安定性，經由持續的追蹤檢討可以針對後續的工作及進行方向做修正，並提出相關問題進行綜合檢討，彙整適宜之結論與建議以提供執行單位後續辦理地滑治理之參考，亦可作為相關單位地滑地治理及維護管理之依據。

地表排水工程採用皺紋鋼板排水溝，規劃設計時應因地制宜，而非全面性使用，應有週全的設計與配置，加上依規範要求確施工，否則新型之鋼板溝會更容易因質輕及易變形之特性而脫離地表，而成效不佳。

梨山地區之整體地表排水已歷經數次之嚴重之地震、颱風、豪雨等災害，各地區之損壞程度不一，應進行全面性調查，修復已損壞之地表排水溝。

橫向排水管堵塞嚴重，有些屬第一期規格之PVC(管內含支撐架)之排水管易堵塞後造成營運期間更難維護管理，日後應多採用不需內部支撐，較厚、強度較高之管材，以利後續維護清洗作業。

經現地調查 W1、W2、W4、W5、W7、W8、W9、W10、W11、W12 及 W13 等集水井之集排水功能皆不佳(尤其集水管多為滲水情形水量幾乎為零)，可能因原有受壓水層的水因整體治理發揮功效，已大量排出而降低地下水壓力，造成流量減低甚至沒有水，也有可能排水設施流出物淤積阻塞甚至植生入侵等原因造成，應儘速進行集水管檢查與清洗作業，以作為後續辦理井內集水管清洗依據。

排水廊道工程之設計應可免除配置縱向集水

管，可利用自然重力排水即可排除深層地下水，以及在施工計畫編定時應以廊道主體工程為要徑工項，再輔以集水管打設即可。

淺層地滑地治理規劃以地表排水(場鑄RC排水溝)及地下排水工程(橫向集水管及集水井)為主。如地層滑動較深層則多利用集水井(低窪地)或排水廊道(陡坡地)。

東北區排水系統整治工程對降低地下水位之成效並不明顯。位本區之集水井部分已嚴重變形研判其目前仍處於明顯滑動狀態，應儘快編列經費進行治理。

6.2 建議

W2、W13 集水井有嚴重變形甚至損壞趨勢，應儘速建立集水井變形自動化監測及井內集排水功能定期評估，提早預防勝於事後補救，由於上述 2 座已變形集水井皆屬預鑄鋼襯板材質，建議日後可依不同區域、地形及地質不同之條件混合設計採用預鑄 RC 環片材質集水井。

集水井之施工程序部分建議先完成鑽掘集水井設置井筒主體工程後，再行分層進行集水管打設作業。

由排水廊道目前集、排水情形研判，在設計廊道內集水管時可取消垂直向集水管施設，因垂直向可利用重力排水方式即可導入廊道內，再經過廊道襯板之間隙即可順利滲排地下水。

廊道設計之位置應錯開避免施設於平行之上下層，以利有效排除更多不同地下水層水之地下水，另外應儘速建立廊道變形監測及排水量自動化監測。

集水井及橫向排水管在營運期間之維護管理相當重要，惟梨山居民長久習慣不當截取整治工程水源農用(圍堰取水)，造成設施集排水功效不佳，整治工程設置後之成效與維護管理息息相關，建議加強教育宣導，得以讓政府花費十餘億之整治工程發揮最大功效。

日後相關集水井及橫向排水管之成效評估與檢討，建議一併考量該排水設施及水區域內之地下水位及地表伸縮計之歷年變動量。

參考文獻

- 中央地質調查所，1974，：臺灣地質圖，比例尺 1/250,000。
- 何春蓀，1986，：臺灣地質概論，經濟部中央地質調查所。
- 工研院能資所，1992，「崩塌地調查、規劃與設計手冊（地滑篇）」行政院農委會水土保持局委託。
- 財團法人工業技術研究院，1993，「梨山地區地層滑動調查與整治方案規劃報告」，行政院農委會水土保持局委託。
- 洪如江，1995，初等工程地質學大綱，財團法人地工技術研究發展基金會。
- 財團法人中華顧問工程司，1998，「梨山地區地層滑動基本設計與補充調查計畫工作報告」，行政院農委會水土保持局第二工程所委託。
- 財團法人工業技術研究院能源與資源研究所執行，1998，「八十六年度坡地災害整治計畫『監測系統』委託技術服務-工作報告」，行政院農委會水土保持局第二工程所委託。
- 吳照誠，1998，「八卦山淺層滑動危險區之評估研究」，碩士論文，國立中興大學土木工程研究所。
- 中華水土保持學會，1998，「梨山地滑地區管理準則之研究(一)」，台灣省政府農林廳水土保持局第二工程所委託。
- 中華水土保持學會，1999，「梨山地滑地區管理準則之研究(二)」，台灣省政府農林廳水土保持局第二工程所委託。
- 陳毅輝，1999，「水文地質決策支援系統之建立」，碩士論文，國立中興大學土木工程研究所。
- 陳志忠，1999，「地滑地排水設施成效檢定方法與研究」，碩士論文，國立中興大學土木工程研究所。
- 經濟部中央地質調查所，2000，「地質災害調查報告第一號台灣山崩災害專輯」。
- 賴典章，2000，「環境地質調查與治山防災設施規劃設計之關係-以梨山地滑整治為例」，全國治山防災研討會論文集。
- 國立中興大學土木工程學系，2000，「梨山地滑地區綜合資料庫建立與應用計畫」，行政院農委會水土保持局第二工程所委託。
- 富國技術工程股份有限公司，2001，「梨山地滑區第四期監測系統委託技術服務第二期工作報告」，行政院農業委員會水土保持局第二工程所委託。
- 郭力行，2002，「邊坡破壞發生之預測方法研究-以梨山地滑地為例」，碩士論文，國立中興大學土木工程研究所。
- 國立中興大學土木工程學系，2002，「梨山地區地層滑動整治計畫成效評估計畫成果報告」，行政院農委會水土保持局第二工程所委託。
- 國立中興大學土木工程學系，2002，「梨山地區地層滑動整治計畫成效評估研討會論文集」，行政院農委會水土保持局第二工程所委託。
- 詹連昌，2003，「梨山地滑區地下水管理基準建立方法之研究」，博士論文，國立中興大學水土保持學系。
- 曾國維，2003，「梨山地滑地管理基準值的綜合評定」，碩士論文，國立中興大學土木工程研究所。
- 富國技術工程公司，2003，「梨山地滑東南區調查規劃，委託技術服務工作報告書」，行政院農委會水土保持局第二工程所委託。
- 國立中興大學土木工程學系，2003，「梨山地區地層滑動管理基準檢核及評估」，行政院農業委員會水土保持局第二工程所委託。
- 國立中興大學土木工程學系，2003，「梨山地區地層滑動整治計畫圖表與解說彙編」，行政院農業委員會水土保持局委託。
- 國立中興大學土木工程學系，2004，「梨山地區地層滑動管理基準檢核及評估」，行政院農業委員會水土保持局第二工程所委託。
- 張國欽，2005，「邊坡在降雨入滲狀況下之穩定性分析與評估」，碩士論文，國立中興大學水土保持學系。
- 盧威志，2005，「地滑地地下排水設施維護標準作業程序之訂定-以梨山地滑地為例」，碩士論文，國立中興大學土木工程研究所。
- 財團法人工業技術研究院能源與資源研究所，2005，「梨山地滑東北區加強調查與規劃」，行政院農委會水土保持局第二工程所委託。
- 國立中興大學土木工程學系，2005，「監測系統之改善與維護資料分析與基準值的檢核」，行政院農業委員會水土保持局第二工程所委託。
- Kevin Forrester，2001，「Subsurface Drainage for Slope Stabilization」，ASCE PRESS，P.177-P.187