

梨山地滑地區管理準則及基準值之建置

Landslide Hazard Management and Warning points for Monitoring System of Li-Shan Area

蘇苗彬
Su, Miao-Bin
國立中興大學
土木工程系(所)教授

詹連昌
Chan, Lian-Chang
行政院農業委員會水
土保持局第二工程所
所長

陳毅輝
Chen, Yi-Hui
國立中興大學
土木工程系(所)碩士

摘要

梨山地滑區位於中橫公路台8線與宜蘭支線(台7甲線)交會處之梨山村一帶。本區自公路開闢及開發高山農業區以來，山坡時常發生沖蝕及崩塌之情事，近年來以民國79年4月間所發生之地滑災害最為嚴重。為了防止地滑現象的惡化及擴大，省政府乃委託工研院能源與資源研究所進行「梨山地區地層滑動調查與整治方案規劃計畫」擬定對策進行整治，並奉行政院八十三年六月二十五日台八十三經二四三〇九號函，自八十四年度起實施「坡地災害整治」計畫。至本年度(八十八年)，現地整治施工與監測工作仍持續進行中，依照監測結果顯示，雖已有初步成效，但梨山地滑仍具活動性。由於梨山位居中橫公路之樞紐，地滑災害不僅危及當地居民之生命財產，嚴重時影響本省東西交通之順暢，涉及層面包括觀光事業至經濟體系之運作。因此，有必要建立梨山地滑區地滑管理準則，經由模式建立、分析作業與現行施工整治成果的檢討與評估，訂立適當、有效的地滑管理準則，並彙整相關之調查資料與分析結果作成資料庫，建立防災基準值之安全依據。

ABSTRACT

Li-Shan landslide is located in Li-Shan Village which is in the intersection of two main routes in central mountain area of Taiwan. Landslides occurred can be divided into many large blocks action. Currently, remedial works is in processing. In regards to the safety of local residents' life and properties, a safety management plan is prepared. The baseline of monitored parameters for the landslide occurrence is studied in this report. In order to provide required data from monitoring station. A data base system is proposed to perform the data collection, reduction and analysis work. All the systems built in this study are going to be the basis of judgement for safety of Li-Shan area.

一、前言

梨山地滑區為過去曾發生大規模地盤滑動所形成之地區，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、東南及東北三個區域，每個地滑區並由數個上下相關連之滑動體所構成，滑動體呈角形或馬蹄形，其長寬近百公尺或數百公尺，滑動面深度在地表下30~60公尺內，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，地表水易入滲而使地下水位上升，降低邊坡之穩定性，因此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。目前之整治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。本計畫針對現地現況及施工整治成果進行檢討與評估，並配合相關之研究成果，來訂立地滑管理準則，並進行綜合資料庫之建立與運用，以達成建立基準值之依據。為了達成上述目的，擬定六個主要項目：

1. 調查資料整理

針對現況綜合各單位的調查成果作資料的整理。

2. 模式建立

根據梨山地滑特性，建立降雨、地下水位變化及各種地滑變動量間的關係，所建立之模式，依據現場量測資料推求相關之參數，並驗證其適用性。

3. 分析作業

經由地滑特性及滑動機制之研究，配合觀測資料及模式之分析，研判地滑再度發生之可能性、位置、範圍及深度等，以提供擬定管理準則所需之相關資料。並進而建立長期現地監測系統的管理基準值，以作為預警之用。

4. 施工與整治成果之檢討與評估

就民國八十三年七月一日以來，梨山地滑區已完成之施工及整治成果進行檢討與評估。包括：

(1)地滑範圍與演進

(2)監測系統與施工整治之效果

(3)地滑人為誘因及其他相關資料之調查與建立

5. 地滑管理準則之建立

經由現場水文地質調查結果、模式分析、各種地滑監測資料之整理、分析以及各種地滑預測方法之探討，制定梨山地滑區地滑管理基準及監測系統管理方法與必要的事項。如此可提供管理權責單位或工程人員在接收到現地觀測資料時，可據以研判現地的情況，災害是否緊急，而擬定相關之處理對策及有效管理整體監測系統。

二、梨山地滑地監測系統

梨山地滑地自動監測系統：

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。自八十四年度起分三年設置六個站(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(見圖 1)，其架構見圖 2。

表 1 梨山地滑區自動監測站完成時間表

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
	地下水位計、管內傾斜儀		85.05.26~目前	
B9	地表傾斜儀、地表伸縮計、 地下水位計、管內傾斜儀、 雨量計	1924.63	85.01.28~目前	84 年度計畫
B4	地表傾斜儀、地表伸縮計、 地下水位計、管內傾斜儀	1937.70	85.12.13~目前	85 年度計畫
B5	地表傾斜儀、地表伸縮計、 地下水位計、管內傾斜儀	1966.79	85.12.13~目前	85 年度計畫
B11	地表傾斜儀、管內傾斜儀、 地下水位計	2008.03	89.8.14~目前	88 年度計畫
	雨量計		89.9.21~目前	
B13	地表傾斜儀、地表伸縮計、 地下水位計、管內傾斜儀	2070.68	87.01.18~目前	86 年度計畫
	地下水位計	2087.77	89.8.15~目前	88 年度計畫
C1	地表傾斜儀、地表伸縮計、 地下水位計、管內傾斜儀、 雨量計	1897.92	87.01.18~目前	86 年度計畫
C2	地表傾斜儀、管內傾斜儀、 地下水位計	1855.41	88.8.15~目前	88 年度計畫

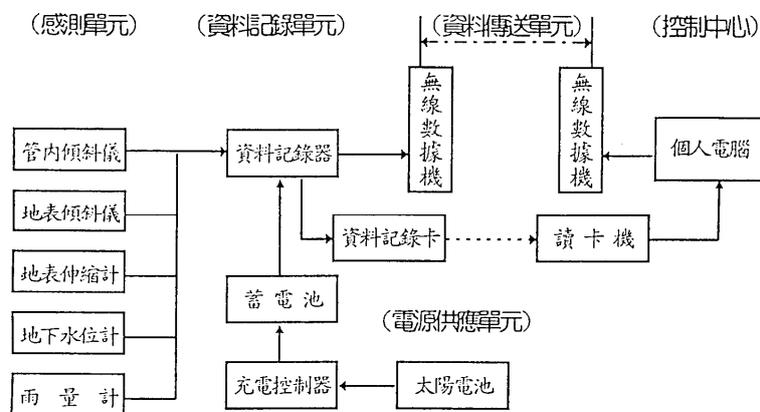


圖 1 梨山地滑區自動監測站組成示意圖

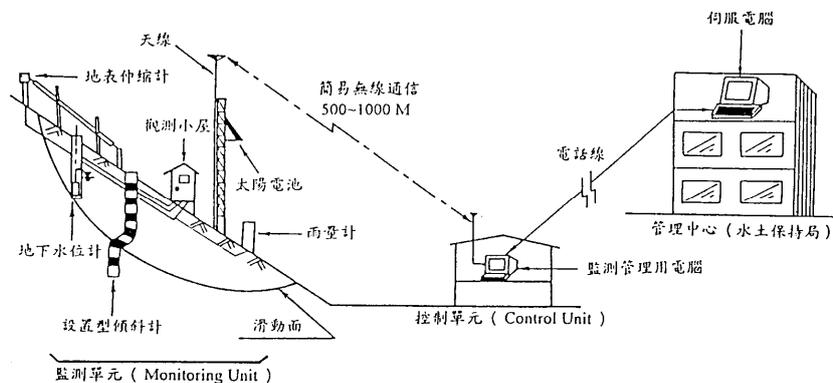


圖 2 梨山地滑區自動監測站系統架構示意圖

所使用之監測系統可分為四個單元：1.感應單元(Sensor unit)、2.資料蒐集記錄單元(Monitoring unit)、3.資料傳送單元(Communication unit)、4.資料顯示警報單元(Control unit)，分別說明如下：

(1)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，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。

(2)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。

(3)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。

(4)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。由主電腦控制輸出，為一面板系統，以各個 LED 亮紅、黃、綠等來顯示梨山監測系統的運作狀態，顯示項目可包括：①電力狀態：梨山與豐原的供電或使用發電機；②通訊狀態：梨山到二工所到本局之間；③監測站運作狀態：1~8 站正常或異常；④危險指標：正常、注意、警戒、疏散等狀態，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。全體監測系統分佈圖如圖 3 所示

三、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。

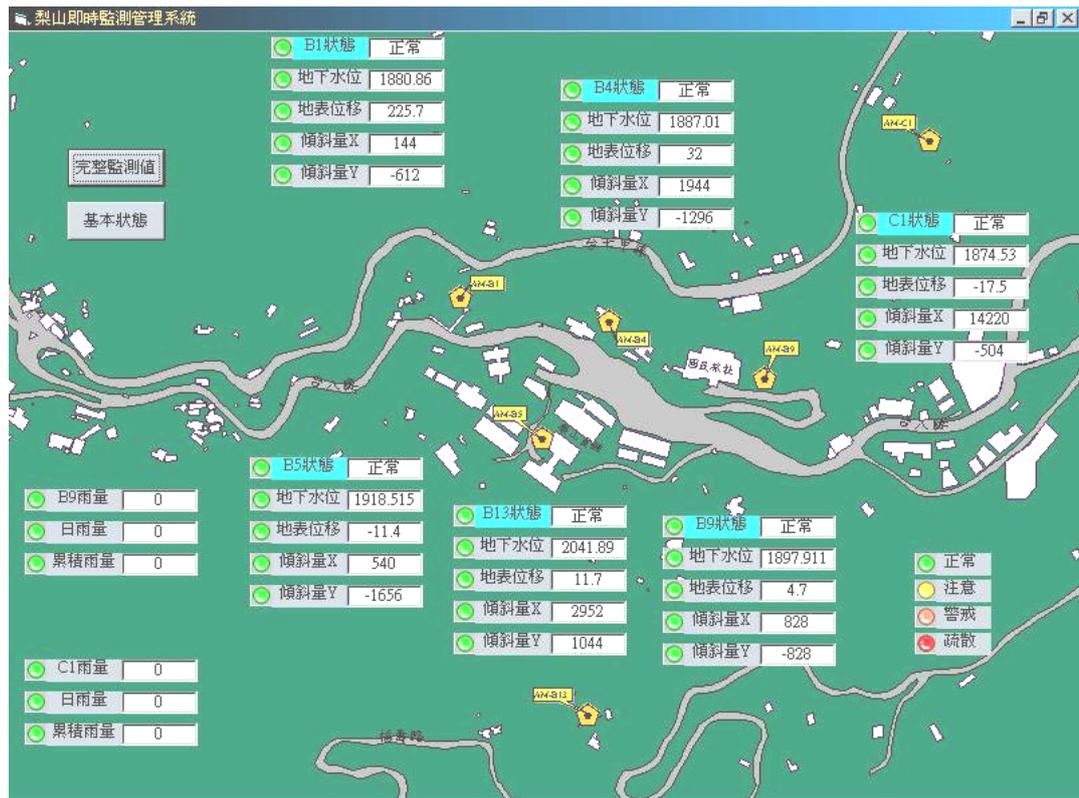


圖 3 梨山地滑區監測即時顯示系統

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.區域內結構物的變化：

滑動區域內各式結構物為亟需直接保護的對象，處理區內已觀察得到許多的構造物受損情形，其後續變化及可堪使用的程度或者復舊工作，都是整治工程中不可遺漏的重要環節與指標。如何建立結構物與地層的互制作用機制及結構物的安全評估，是必需的工作項目。本地滑區內相關的結構物應儘速建立必要的觀測工作。

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.排水及擋土效果評估：

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，同時對排水及擋土施行監測，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。

四、基準值之建立

預警系統為一監測系統的延伸，以監測某項或多項自然及人為環境的變異，推測可能引發的災害，而預先發出警告。預警系統是由許多項監測所組成的，而監測之結果必須經由研判分析才能成為有用的資訊。雖其中有相關之各項管理基準，但應經本地驗證與檢討方可推定適當的基準值。

由於目前整治工作正大規模進行中，區域內之安定條件一直隨之在變化，故目前管理準則之擬定，集中於整治工程效果之評定及各種管理準則可行性之檢討，不斷由其反應建議後續處理之調整，至全程整治工作初步完成再訂定適當之管理值。

地表伸縮計及地表傾斜儀為量測邊坡表面之移動量，但若地表變化的發生可能離大規模滑動時間距離很短，無法充分反應；管內傾斜儀為量測邊坡地層內之移動，通常可以更正確描述整體移動的量與範圍，且更早出現警示，但地層內之監測花費相當昂貴；而降雨使地下水位升高使滑動土體內之應力增加亦會造成邊坡表面之移動及邊坡地層內之移動，降雨使地下水位升高為造成滑動土體崩滑的主要誘因之一，而地下水位之高度亦為邊坡穩定分析之重要考量因素。所以經由轉換函數可使降雨及地下水位之監測資料變成有用的資訊，以提供邊坡穩定分析之參考，並設定地滑地之預警基準值。

至於如何將降雨-地下水位變化之分析結果與轉換函數應用於各滑動土體上，以定出地滑地之預警基準，初步有以下進行方向：

1. 訂定危險地下水位值之範圍：

首先應根據現地之地質及地表狀況做最詳盡之邊坡穩定分析，並根據邊坡穩定分析之安全因數訂出危險地下水位值之範圍，接著於降雨時，將觀測資料輸入轉換函數，而經由轉換函數可於較早之時間得知地下水位變化量，如此即可提早預估邊坡之穩定性。

初步仍未完成穩定分析，首先檢討嘗試訂定各監測站的危險地下水位值的範圍，由於地下水位高直接反應出邊坡的驅動力，故認定可由其變化做成危險警戒的依據，由前面之分析可見 B1 站的地下水位反應大，集水井施工造成的介入顯著，全程地下水位約略下降 5m 左右，施工後之最高地下水位發生在 87 年 10 月的 EL=1899.36m，可以用 1900m 做為危險警戒的界限，若考慮地下水位變動特性與岩層分佈，在 B1 站地下水注意值設定為 EL=1885m。而 B4 經分析為目前邊坡較不穩定之處，其地下水位也因集水井施工造成介入顯著，地下水位約略上升 5m，目前仍持續下降中，其受降雨而引起之變化很小，可以考慮以前期之 EL=1900m 為控制點，若水位再因排水能力不足造成上升，則可能威脅邊坡不安定。

B5 滑動土體資料較短，經分析其集水井施工介入顯著，地下水位大幅下降可以目前最高之 EL=1948m 為界限，B9 的監測資料顯示其施工之介入亦顯著，長期下降約 5m，建議注意值 EL=1900m，而危險地下水位警戒值為 1904m。

在 B13 及 C1 監測站中，地下水位對降雨的反應皆不明顯，無法做時間系列分析，其水文地質特殊，可以用排水能力來看，建議將 B13 站之 EL=2042m 及 C1 站的 EL=1878m 作為危險注意的界限，若水位高過此，

則顯示流入之水大於其排水能力，造成水位的累升。綜合以上作成表 2，提供做以地下水位高做基準的初步結果。

表 2 監測站地下水位高程作為危險區分基準值

監測站	B1		B4	B5	B9		B13	C1
	注意	警戒	注意	注意	注意	警戒	注意	注意
地下水位高程界限 (EL,m)	1885	1900	1900	1948	1900	1904	2042	1878

2.訂定危險累積降雨量之範圍：

根據危險地下水位值反推求得危險累積降雨量，由於轉換函數只能求得地下水位變化量，所以還要考慮降雨前之地下水位高程。

由於尚未完成全部之轉換函數分析，無法結合降雨前地下水位高程合併分析，本項初步建議採頻率年暴雨分析結果作為依據，由於只針對雨量，無法真正預測邊坡穩定性，故定本項為針對危險提出注意的警戒。

由於梨山地區不同頻率年暴雨推估，建議以 10 年頻率之 1，2，3 日累積降雨為界限，做為危險注意的警戒，分別為一日累積降雨 260mm，2 日累積降雨 380mm，3 日累積降雨 433mm，詳細更明確的推估應結合降雨之雨型，滑動土體降雨前之地下水位等等有待後續進行。

3.訂定地層變形速率檢討：

地層變形為邊坡不穩定的表現，會有累積及擴大的效應，如何透過穩定分析結合觀測資料，針對破壞時間作預測，亦是可行的方式。

地層變形量及其變化速率，最直接的反應其邊坡的安定性，由地表及地中傾斜儀與伸張量測，可以提供做各級危險注意，警戒與疏散的直接依據，並可對破壞時間提供預測。本項各種界限之基準值，因整治工程仍持續進行中，暫時不作建議。唯應特別注意當變形量量測到大於其可能誤差範圍時，應加強觀測與分析其變化速率。變化速率若加大時，應提出危險警戒的警告。

五、結論與建議

梨山地滑地區管理準則的訂定，除了可以對地區之生命財產提供一份保障外，亦可同時對整治工程的成效，提供檢討的依據，實屬必需及相當重要的工作。本計畫將過去及正在進行的工作，做成相關資料的彙整，可以提供各級人員參考。

有關模式建立及分析作業，為地滑地研判的基石，本計畫所提出利用轉換函數模擬地下水位變化確實可行，並可應用其檢討現地水文地質之差異性與設定地滑地之預警基準，以提供梨山地滑地將來設立全區預警系統之參考與建議。

監測系統所觀測之結果，應儘速作妥善之解讀，並結合適當的分析作業，以期了解與掌握現地隨時的變化，及時反應問題。另外，整治工程的成果亦會反應在現地的變化上，亦應持續追蹤檢討。尤其地下水位的觀測，應結合作成不同時段的地下水等水位面以研判地下水的流向與孔隙水壓力分佈。

地滑區內，除了農林土地外，尚有公路及多項公共設施與建築物，除建議現有建立之地層監測系統外，亦應積極協調公路及各建物的主管單位，共同進行調查與監測作業，群策群力，對整體地滑整治、區域內土地使用與公共財產安全等事項，應經由行政單位協調，相關單位對監測與預警系統之功能與運作方式達成共識，擬定妥善之防災反應體系與作業方式，以對區域內人民生命財產提供更妥善之保障。

管理準則訂定之方法，除了須持續研究進行外，待更完整的資料彙整與分析後，結合更多的水文地質調查，確定地滑發生的機制與相關影響因子，即可訂定適當之地滑地管理準則，供決策單位使用。工作進行至此，初步以現地現況建議了部份的基準值供整治期間使用，後續再依整治的成效持續修訂。

梨山地滑地依據過去調查及已完成之監測，判定仍在持續活動中。所進行的整治作業，對地滑地的穩定性有正面的影響，由觀察中可見其成效已漸顯現，尤其是局部地區的地下水位持續下降，顯示最主要的驅動地滑作用力，已有部份得到控制，唯其對整體安定性影響的程度仍有待後續追蹤與評估。部份區域地下水位上昇，表示整體排水系統未竟其功，應持續檢討修正。全程工作進行至今時間尚短，以上為初步之結論，仍有待後續隨工程進行持續修訂來達成整體之目標。

六、誌謝

本研究為水土保持局第二工程所與中興大學合作之計畫報告，內容引用了許多相關工作之成果，包括工研院能資所、中華顧問、富國、盛邦公司等，計畫的進行本局及二工所的人員亦提供了很多協助，在此一併誌謝。

參考文獻

- 1.中華水土保持學會，1998，「梨山地滑地區管理準則之研究(一)」。
- 2.中華水土保持學會，1999，「梨山地滑地區管理準則之研究(二)」。
- 3.中華顧問工程司，1999，「梨山地區地層滑動基本設計與補充資料成果報告」。
- 4.工業技術研究院能源與資源研究所，1993，「梨山地區地層滑動調查與整治方案規劃總報告」。