

# 地滑地管理準則訂定方法研究

蘇苗彬<sup>1</sup> 詹連昌<sup>2</sup> 閻嘉義<sup>1</sup> 于慧珍<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>國立中興大學土木工程研究所、<sup>2</sup>水土保持局第二工程所 台中市)

**提要** 梨山地滑區之滑動面積廣大且各地滑區皆由數個上下相關連之滑動土體所組成，透水性極佳，降雨及地表水易入滲而使地下水位上升，降低邊坡之穩定性，因此降雨時所引起之地下水位上升，為造成本區地滑災害之誘因。有鑑於此，本研究利用時間序列分析方法來討論降雨量造成地下水位變化間之關係，並配合相關之研究成果，來訂立地滑管理準則。

本研究利用各監測站所測得之一小時降雨量及一小時地下水位資料，先對各監測站之資料選取多場代表性降雨並建構其時間序列之ARIMA(p,d,q)模式，接著再與地下水位變化建立輸入(降雨量)-輸出(地下水位變化)間關係之轉換函數(Transfer Function)。假設一單位延時之一單位有效降雨輸入轉換函數，再根據轉換函數對其本身之資料擬合程度，選取代表該滑動土體之最佳轉換函數，並以其分析討論，將其他各場代表性降雨輸入，模擬地下水位變化情形。

**關鍵詞** 地滑地、管理準則、轉換函數

## 1 概況

### 1.1 背景

梨山地滑區位於台灣省之中橫公路台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，尤其以1990年4月間所發生之地滑災害最為嚴重。此次地滑除了造成台7甲線路基下陷交通因而中斷外，在崩塌地上緣之台8線公路，國民旅舍、梨山賓館、台灣汽車客運車站、梨山管理所及活動中心等處均有嚴重下陷或龜裂的情形發生。為了防止地滑現象的惡化及擴大，乃擬定「梨山地區地層滑動調查與整治方案規劃計畫」進行整治，自1995年起實施「坡地災害整治」計畫。至今，現地整治施工與監測工作仍持續進行中，依照研究及監測結果顯示，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，梨山地滑區地滑管理準則之訂定實為刻不容緩之重大課題。本研究擬藉由嚴謹之模式建立、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。

### 1.2 災害概況

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，地表水及雨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。並擬定全程對現行之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。

### 1.3 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建立。如此可提供管理權責單位或工程人員在接收到現地觀測結果時，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的長期管理整體監測系統。

## 2 預警系統

大致而言，地滑的預警系統應能做到地滑的預測與地滑的預報。地滑預測主要指推測地滑發生可能的範圍；地滑預報主要為推測可能發生大規模移動的時間。

### 2.1 地滑預測

地滑預測應包括：(1)可能發生地滑的區域、和地點，(2)可能發生地滑的基本類型，(3)可能發生地滑的規模，及(4)可能發生地滑的基本特性，如運動方式、滑動速度等。

一般而言，地滑預測只要經由詳細的調查與分析建立前面所述的各項模式，應可作出適當的判斷。而最困難的是如何預測發生破壞的時間，地滑的大規模運動，有如地震的發生，會有部份的徵兆，但準確的預報仍屬急需研究建立的領域，必得配合模式推估及現場實際監測結合分析，作適當的判斷。

### 2.2 模式建立

各部份研判模式為預警系統的核心，需得配合建立許多研判模式，就梨山地區之特性，建立如降雨、地下水變化、各種變形量與應力改變等與地滑趨動的相關性。模式應經建立、測試後方才形成可用之預警系統，其中可能得借助部份專家系統的建立，為最主要的軟體研究發展的部份，亦是預警與監測最主要的差別。

## 3 管理準則

### 3.1 模式擬合

利用動態模式(Dynamic Model)來解釋說明操縱變數(Manipulated Variable) $X$ 與被控制變數(Controlled Variable) $Y$ 間之關係，可稱為 $X$ 和 $Y$ 間之轉換函數。

而一完整轉換函數模式，如(1)式：

$$Y_t = U_t + N_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} X_{t-b} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \dots\dots\dots(1)$$

其中  $U_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} X_{t-b}$ ：為 $Y_t$ 之一部分，其僅用來解釋 $X_t$ 部分

$N_t = \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t$ ：為干擾項(Disturbance Term)，與  $X_t$  無關。

因此，於本研究中為了清楚的解釋滑動土體內降雨和地下水位變動之關係，特別針對(2)式前半部( $Y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} X_{t-b}$ )提出討論和研究。

現在將 B9 觀測井於 97 年 8 月 28 日所觀測之降雨-地下水位資料提出做為模式擬合之介紹、討論，其累積降雨量 247.3mm，最大地下水位變動量 2.88m。完整之轉換函數模式如下：

$$Y_t = \frac{0.01634 + 0.00926B^4}{1 - 0.92861B} X_{t-1} + \frac{1}{1 - 0.33779B + 0.491818B^8} a_t \dots\dots\dots(2)$$

則轉換函數：

$$Y_t = \frac{0.01634 + 0.00926B^4}{1 - 0.92861B} X_{t-1} \dots\dots\dots(3)$$

展開(3)式得

$$Y_t = 0.92861Y_{t-1} + 0.01634X_{t-1} + 0.00926X_{t-5} \dots\dots\dots(4)$$

令  $Y_t = Y_t'$

其中  $Y_{t-1}$ ， $X_{t-1}$ ， $X_{t-5}$ ：真實地下水位及降雨。

$Y_t'$ ：地下水位擬合值。

將已知降雨及地下水位值代入(6)式得  $Y_t'$ 。再將  $Y_t'$  與真實  $Y_t$  擬合比對，其結果繪於圖 1，由圖 1 可看出，兩條曲線非常接近，且無時間上之稽延，尖峰強度之誤差非常小，表示利用轉換函數，已可對現地物理特性作出正確擬合。

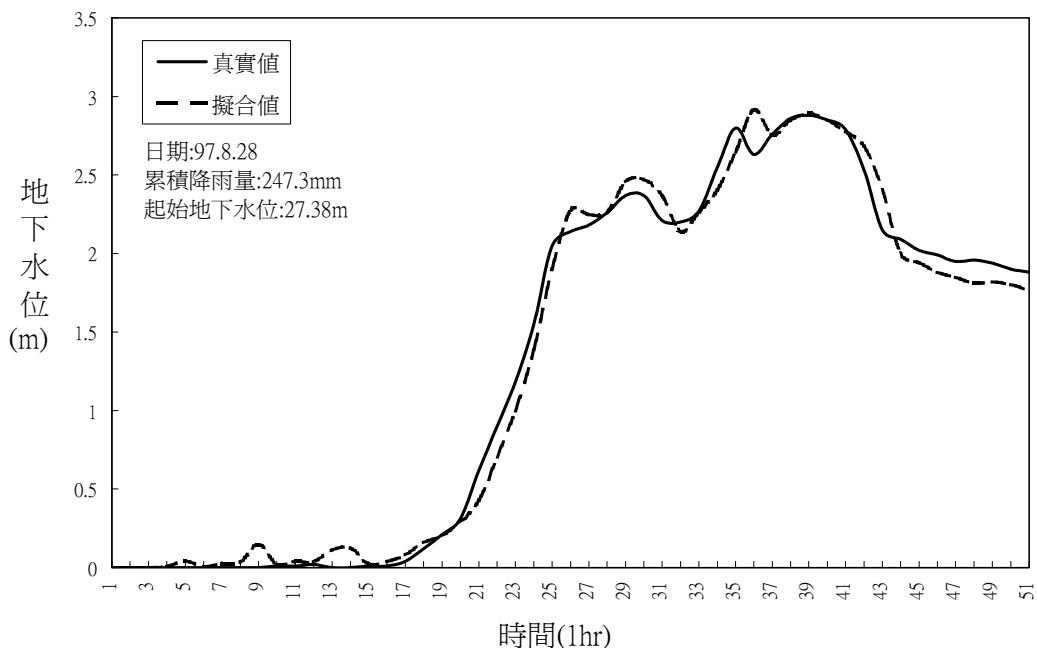


圖 1 B9 地下水位變化擬合圖

### 3.2 以轉換函數模擬地下水位變化

歸納出現地最佳轉換函數後，將其他日期所觀測之降雨和地下水位值代入，模擬其可能造成的地下水位變化，並和原始地下水位變動互相比對。因此可分為以下兩部份探討，並以 B9 觀測井所得之最佳轉換函數為說明。

(1)修正模擬地下水位：即利用前期之降雨和地下水位變動值來模擬現期之地下水位值，將(3)式展開，得

$$Y_t' = 0.92861Y_{t-1} + 0.01634X_{t-1} + 0.00926X_{t-5} \dots\dots\dots(5)$$

其中  $Y_{t-1}$ ,  $X_{t-1}$ ,  $X_{t-5}$ ：真實地下水位及降雨值。

$Y_t'$ ：地下水位修正模擬值。

(2)模擬地下水位：純粹由輸入降雨來模擬地下水位之變動，將(3)式展開，得

$$Y_t'' = 0.92861Y_{t-1}'' + 0.01634X_{t-1} + 0.00926X_{t-5} \dots\dots\dots(6)$$

其中  $X_{t-1}$ ,  $X_{t-5}$ ：真實降雨

$Y_t''$ ,  $Y_{t-1}''$ ：地下水位模擬值

將 B9 觀測井於 96 年 5 月 20 日及 97 年 6 月 14 日所觀測之兩組降雨及地下水位值代入(5)式與(6)式，再與真實地下水位值互相比對，結果如圖 2 和圖 3。

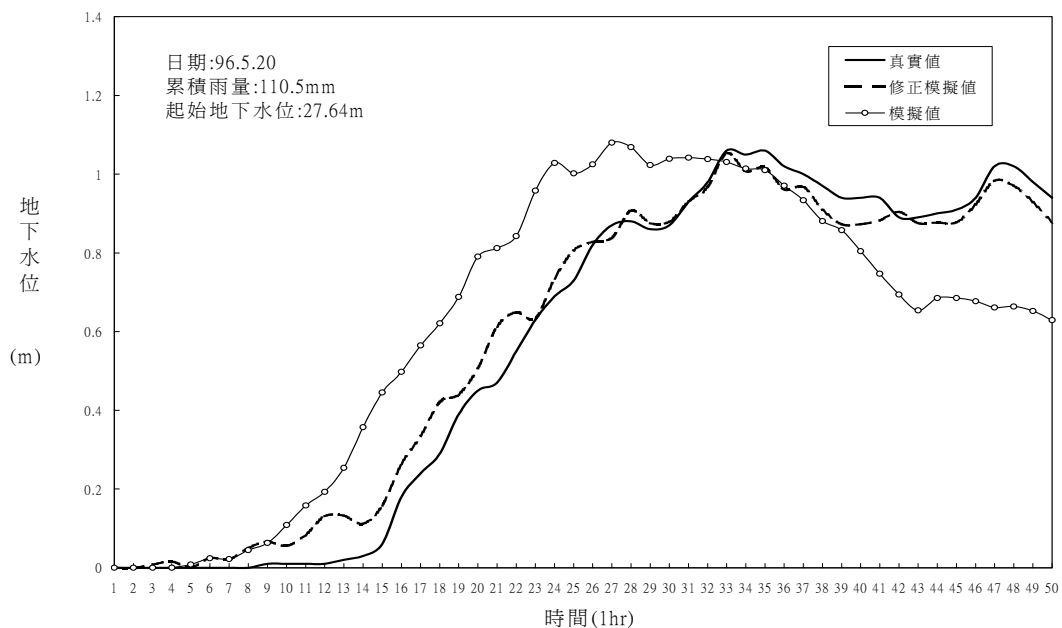


圖 2 B9-1 模擬地下水位變化圖

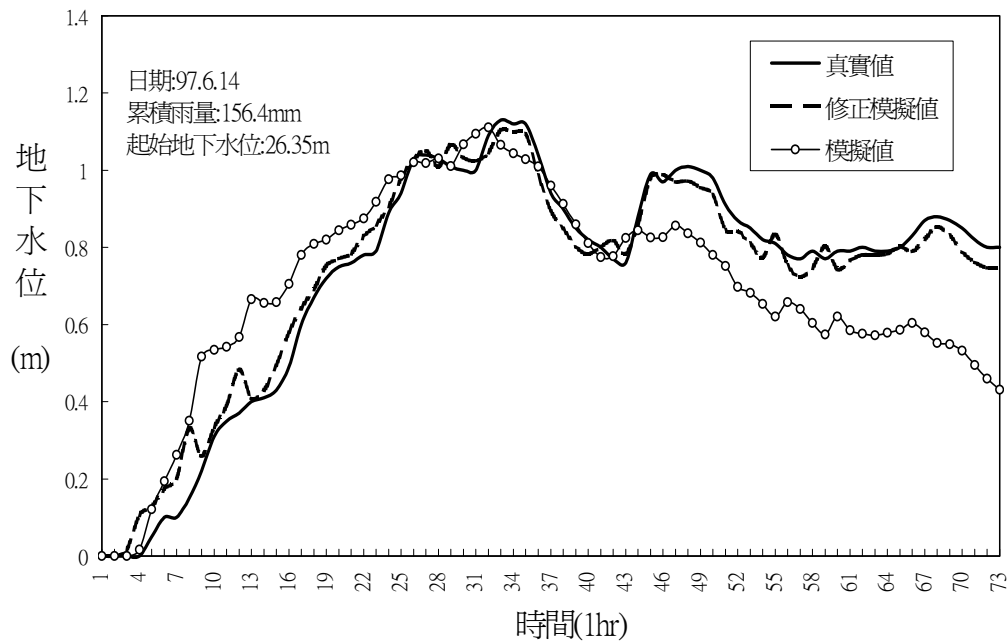


圖 3 B9-3 模擬地下水位圖

### 3.3 綜合結果

B9 觀測井之觀測資料由 96 年 2 月至 97 年 9 月，取出四組代表性降雨，討論降雨-地下水位變化之轉換函數，詳細資料如表 1。

表 1 B9 監測站分析資料表

|      | 觀測日期    | 累積降雨量<br>(mm) | 起始地下<br>水位值<br>(m) | 最大地下<br>水位變動<br>(m) | 降雨之<br>ARIMA<br>模式 | 轉換函數                                                      |
|------|---------|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------|
| B9-1 | 96.5.20 | 110.5         | -27.64             | 1.06                | (2, 1, 0)          | $Y_t = \frac{0.0111}{1 - 0.98383B} X_{t-5}$               |
| B9-2 | 97.6.10 | 179.          | -26.99             | 1.90                | (2, 1, 0)          | $Y_t = \frac{0.01213}{1 - 0.97011B} X_{t-2}$              |
| B9-3 | 97.6.14 | 156.4         | -26.35             | 1.13                | (0, 1, 5)          | $Y_t = \frac{0.01408}{1 - 0.96668B} X_{t-3}$              |
| B9-4 | 97.8.28 | 247.3         | -27.38             | 2.88                | (6, 1, 0)          | $Y_t = \frac{0.01634 + 0.00926B^4}{1 - 0.92861B} X_{t-1}$ |

由表 1 可知，累積降雨量愈大，地下水位變化也愈高，而使得稽延時間縮短，如：B9-1 之稽延  $b=5$  而 B9-4 之稽延  $b=1$ 。

## 4. 結論

利用修正模擬之地下水位，可得到相當高的模擬品質，不論上升段、尖峰流量等幾乎和原始地下水位變動一致；而純粹由輸入降雨模擬之地下水位，雖模擬品質不如前者，但其上升段斜率和尖峰流量，均與實際值相同，因此，利用最佳轉換函數代表滑動土體內降雨造成地下水位變位之觀念，應屬可行。如此的過程可以提供做為由降雨作地滑地內地下水位變化之預測，再由穩定分析設定極限平衡中，允許的地下水位變化進而提供做為預警之依據。

## 參 考 文 獻

- 1 Gupta, Yash P. and Somers, Toni M. (1989), Availability of CNC Machines: Multiple-Input Transfer-Function Modeling, Transaction on Reliability, 38(3):285-296.
- 2 Maidment, David R. and Miaou, Shaw-Pin, Apr. (1985), Transfer Function Models of Daily Urban Water Use, Water Resource Research, 21(4):425-432.
- 3 Trier, A. and Firinguetti, L. (1994), A Time Series Investigation of Visibility in an Urban Atmosphere-I, Atmospheric Environment, 28(5):991-996.

## METHODOLOGICAL STUDY ON LANDSLIDE JUDGEMENT

Su, Miao-Bin<sup>1</sup> Chan, Lian-Chang<sup>2</sup> Yen, Richard<sup>1</sup> Yu, Hui-Zhen<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, National Chung-Hsing University,

<sup>2</sup> 2<sup>nd</sup> engineering office, Soil and Water Conservation Bureau)

### Abstract

Landslides occurred in Lin-Shan areas are divided into many large blocks action. Because the permeability is high in these area, infiltration of rainwater and surface flow are concluded as the main factors influencing the stability of slopes. In this research, time series analysis is applied to study the relationship between rainfall and groundwater level fluctuations. Then the result will be applied to form the base of landslide judgement.

Hourly data on rainfall in the monitoring station are applied to form the ARIMA(p,d,q) model. Then, transfer function for each pair of rainfall and groundwater level data are searched. Discussion on the simulation results showed the applicability of the methodology on landslide judgement.

**Keyword:** Landslide, Harzard judgement, Transfer functio