

名詞解說專欄

## 35. 邊坡指示器 (SLOPE INDICATORS)

吳 偉 特\*

「邊坡指示器」一詞係指安裝於一般坡地之斜坡監測儀器；除可幫助了解斜坡坍塌可能區之滑動現象，亦可配合詳細之現地調查資料，進行詳細之邊坡穩定分析；同時有關施工完畢後之斜坡移動情形，亦可藉著指示器之記錄資料得到之。

因此邊坡安置監測儀器之目的，一方面可瞭解並掌握整個邊坡發生變化之過程，加以印證理論之正確性，與對設計方法之評估外，另一方面亦可直接利用量測記錄之結果，可預知危險發生的可能性，並提供在設計、施工與管理上之有用資料。

邊坡指示器所得之記錄資料，目前已可成功的加以應用，來預測邊坡穩定研究區域，發生坍塌滑動的發生時間。

為解決邊坡滑動所須採用之解決方法，可因臨時救急防護措施與永久性措施，在量測項目之內容上而有所不同；此外，亦可因所須了解整個坍塌土塊之運動，或希望決定坍塌滑動面之位置，或了解坍塌地區地下水之變化等不同目的，而在規劃監測儀器系統時亦有所不同。

大體而言，邊坡指示器規劃系統，應包括下列各項內容：

- (1)決定量測的目的與內容
- (2)選擇適當之量測儀器
- (3)量測地點、數目、深度之決定
- (4)依據量測目的訂立記錄方式

為幫助規劃系統之週全，應有現地踏勘，

地質研判，當地地形特性，該區域降雨記錄等輔助資料，方可對於研究地區之坍塌可能發生原因，滑動面之可能深度，滑動區域面積之可能範圍，加以合理之推估。

一般依據量測目標對象之不同，可分為：  
(一)了解整個坍塌土塊之運動

為能辨識斜坡危險區域的範圍（圖一），用以預測往後坍塌地區的活動程度；同時也為了在防止與維護方法上有所選擇，一般利用傾斜計儀器測定地表面之傾斜度，伸縮計測定滑動區裂縫變動之伸縮量變化，或利用傳統之測量方法，亦可了解斜坡整體移動之傾向。

### (1)地表傾斜計(Tiltmeter)

可求取因土體滑動與坍塌引致地表面之傾斜度，一般按置於有坍塌可能區域或已有坍塌活動區域之周圍邊緣，以供判別推估坍塌區域之擴大可能性；按裝位置一般常設於研究坍塌區域之頂端頭部、冠部與足部（圖一）；原則上同一地點按置兩個相互垂直之傾斜計（圖二）。

經由地表應變累積的程度，再配合在連續變化過程中由於氣象、潮汐、降雨與地下水位自然環境等之因果關係，可預知地層滑動的發生與研判潛在的滑動區域，進而得出具體之結果與防止繼續惡化之方法。

地表傾斜計之量測變動量單位為秒／

\*國立台灣大學土木工程學系教授

天，記錄結果以縱座標為日變化量，橫座標為測定日期表示之，並考慮地下水位、降雨量之影響一併加以評估。

地表傾斜變動之研判，其活動程度之大小判定，可如表一所示。

(2)伸縮計(Extensometer)

可求取兩點間（1端點固定）之距離變化，計算其應變量，以掌握坍塌之變動情形（圖三）；一般按置於跨越滑動頂部之裂縫，且沿著坍塌運動之平行方向。

記錄器設置於固定端點，量測變動量單位為 mm；記錄結果以縱座標為變位量，橫座標為日，亦配合降雨量，地下水位之變動，加以綜合解釋研判之；經由裂縫

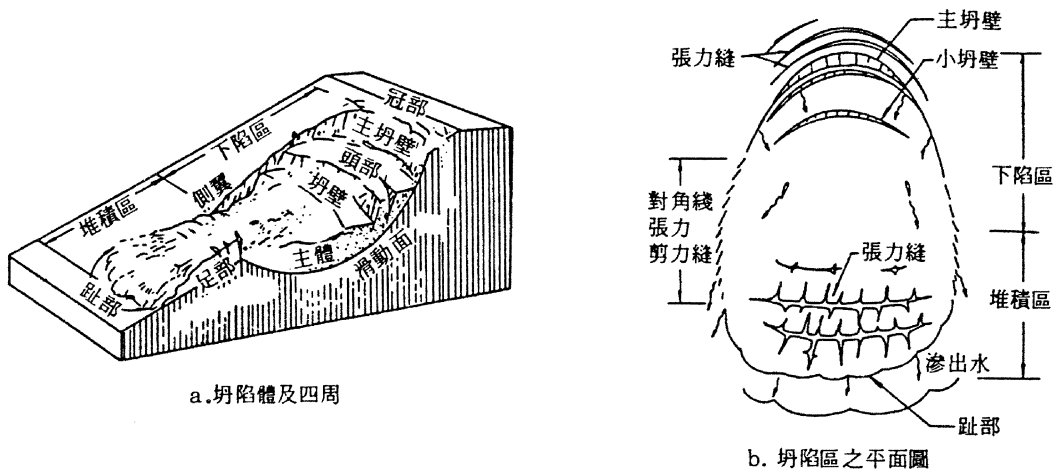
之變動大小，可用以預測崩落滑動時間。

地表伸縮變動之研判，其活動程度大小之判定，可如表二所示。

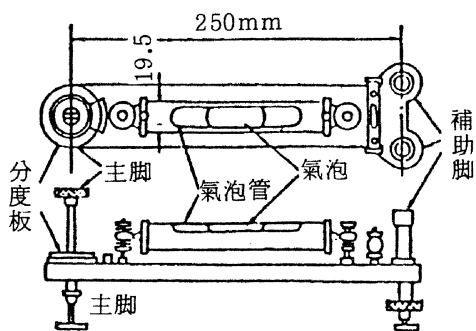
藉著地表伸縮變動之資料，可劃分伸張與壓縮之區域，然後將此滑動土體可依力學運動塊體進行穩定性之分析。

(3)傳統量測方法

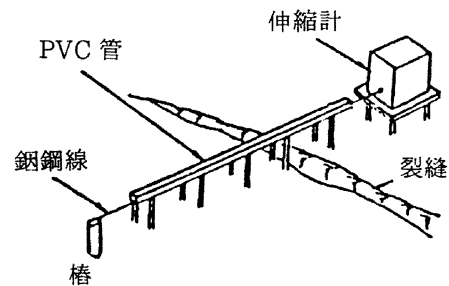
利用量尺與光學儀器之經緯儀，測取測樁或標尺板向下滑動之移動量；一般按置不動點於坍塌滑動區之兩側，而沿著滑動方向之垂直線距離，打入適當距離之視點測樁；此種傳統之測量方法，可能會產生測樁或標尺板之變位方向，與坍塌滑動方向不盡相同，且亦可能樁體產生傾斜等



圖一 坍塌區之示意圖(Uarnes,1978)



圖二 地表傾斜計



圖三 地表伸縮計示意圖

表一 地表傾斜變動之研判(取自中村浩之，1984)

變動類別	日平均變動量 (秒)	累積變動量 (秒/月)	傾量量是否有累積傾向	傾斜運動之方向與地形之關係	活動程度
A	大於 5	大於 100	顯著	有	顯著活動
B	1~5	20~100	略顯著	有	緩慢活動
C	小於 1	小於 30	略有	有	須繼續觀測
D	大於 3	無(斷續變動)	幾無	無	局部地盤變動

誤差來源，須小心研判之。

(二)決定可能之坍塌滑動面

邊坡穩定分析最主要之基本調查工作，即為找出可能之坍塌滑動面位置，進而決定有關之防護措施。

一般利用鑽探之鑽孔按裝有關之量測儀器，以決定可能滑動面，大致可分為：

(1)管壁應變計(Pipe Strain Gauge)

利用埋於鑽探孔中 PVC 管所貼之應變計應變，在累積應變量變化加劇之處，即為可能滑動面位置。

通常 PVC 管所貼之應變計，每間隔 2m，採兩枚對貼方式，中間並以 1m 之中間管與接頭組合之；PVC 管埋入鑽孔中並以砂土回填，使管與土層聯為一體。

記錄時以孔底應變計為假設不動點，而將上方各應變計總應變量加以累積，由加劇變化之累積量相對應位置，即為可能滑動面深度；記錄之應變單位為  $\mu$ ，記錄結果縱座標為應變量、橫座標為日。

可能滑動面之研判，以及該研究區域之活動程度，可以表三決定之。

(2)孔內傾斜儀(Inclinometer)

在了解邊坡滑動運動之監測與分析工作上，孔內傾斜儀扮演相當重要的角色；

除可決定滑動面或滑動區相對應安定區之運動關係外，亦可決定地表面下不同時間之側向位移分佈。

孔內傾斜儀主要包括導引套管，手提感應器，控制纜線與讀數器四部份（圖四）；導引套管為圓型斷面之塑膠、鋼或鋁製材料，並含有縱向槽溝，可導引感應器；纜線係用於套管內之感應器上，以傳遞訊號至地表面；讀數器則可提供電源與接受訊號之用。

為使傾斜儀之導管底部量測值為固定不變值，底部一般應深入不動土層中 6m 以上；導引套管與鑽孔間以砂或灌漿填充之，套管按裝務求垂直，並於頂端加置頭套以防泥水流入。

為減少因儀器率定及套管不規則性之誤差，感應器在導管之一對槽溝中，均進行正反兩方向（相差 180°）之記錄，取其平均值後再乘以率定係數，此外，感應器、讀數器及套管均應在每次繼續使用前加以檢核之。

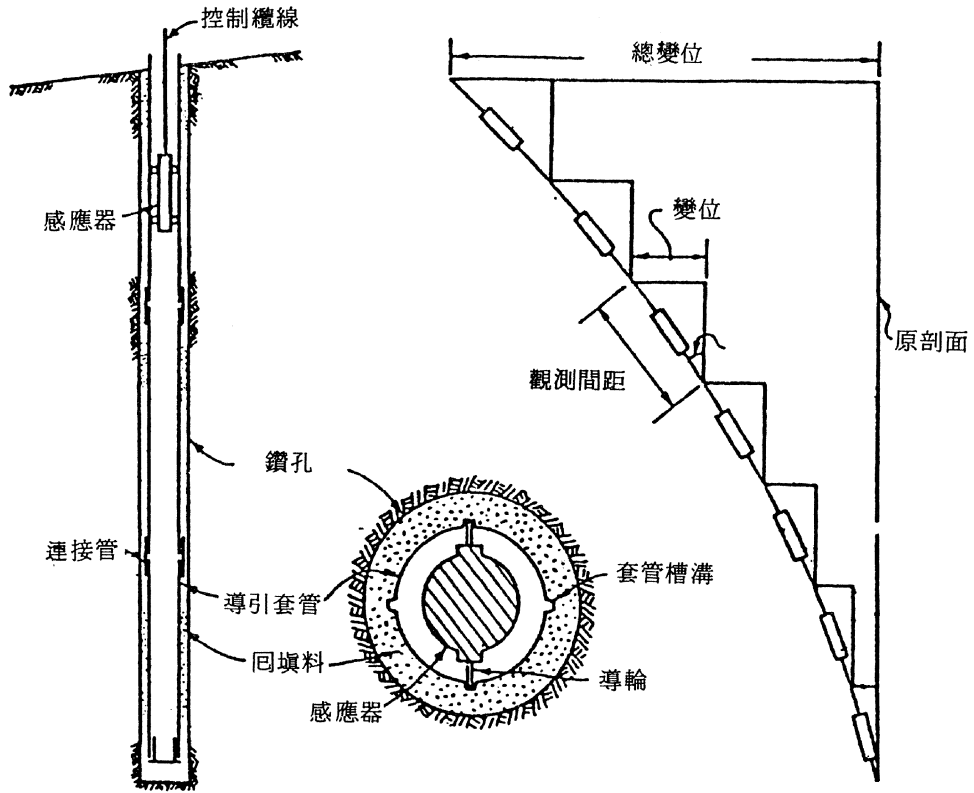
依據每一固定間隔深度量測之傾斜角，換算其水平變位量(mm)，求出導管之彎曲程度；若以底部為不動點，則可往上計算出累積變位量；由於位於滑動面之邊

表二 地表伸縮變動之研判(取自中村浩之，1984)

變動類別	日變位量 (mm)	累積變位量 (mm/月)	朝固定方向有無累積傾向	變動形態	活動程度
A	大於 1	大於 10	顯著	伸長	顯著活動，深層滑動
B	0.1 ~ 1	2 ~ 10	稍顯著	伸長及斷續變動	緩慢活動，黏性土及崩積土之滑動
C	0.02~0.1	0.5~2	略有	伸長及壓縮	須繼續觀測
D	大於 0.1	無(繼續變動)	無	無規則	局部地盤變動

表三 管壁應變變動程度之研判(取自中村浩之，1984)

變動類別	累積變動量 $\mu$ / 月	變動形態		滑動面存在可能性	活動程度
		累積傾向	變動狀態		
A	大於 5000	顯著	累積變動	有	顯著活動之坍塌
B	大於 1000	略顯著	累積變動	有	緩慢活動之坍塌
C	大於 100	略有	累積斷續 續散亂不定	有	無法確定滑動面是否存在，須繼續觀測
D	大於 1000 (短時間)	無	斷斷續續 散亂不定	有	無滑動面坍塌以外之原因

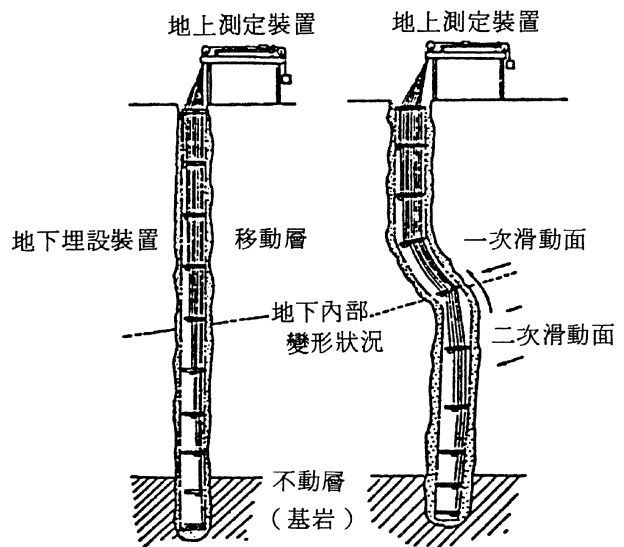


圖四 孔內傾斜儀示意圖

界邊緣變化，常有劇烈之變化量，且剪力破壞區之變化常僅有數公分，而導致套管無法跟隨該項變形，因此在記錄資料上常可看到以滑動面為中心之大範圍變形區域。

(3) 孔內伸縮計

利用滑動面下方適應深度作為固定點在鑽探孔內安置 PVC 管，管內裝置伸縮計（圖五），在欲量測深度位置固定之，以鋼線上接至地表測定裝置之滑車重錘上；每間隔適當深度皆按裝之，亦即一端固定，一端上接地表測定裝置之滑車重錘；根據此項裝置，即可長時期直接觀測各深度之移動量，並決定滑動面之位置。



圖五 孔內伸縮計示意圖

(三) 量測孔隙水壓與地下水位變化

斜坡穩定分析滑動面上之孔隙水壓大小與地下水位分佈，防護措施中地下水排除方法之設計，與日後檢核排水方法之功效，均須對現場之孔隙水壓與地下水位變化加以監測記錄。

一般可分僅供量測地下水位之觀測井，與量測孔隙水壓之水壓計：

(1) 觀測井

所得值為自由地下水與受壓地下水位

之平均值，且其地下水變化時間較為緩慢。

(2) 孔隙水壓計

一般分開口式、閉合式與隔膜式三種型態；開口式最為簡單，以 Casagrade 型水壓計最為普遍；閉口式係於開口式管頂加裝壓力錶，即轉變成閉合水力式系統；隔膜式係按置隔膜將孔隙水與量測系統

分隔，又分爲氣壓式，油壓式與電氣式三種型式。

對於高透水性土壤材料，若無受壓水或滯留水層，一般以觀測井量測地下水位，以開口式水壓計量測孔隙水壓；對於較不透水性土壤材料，以閉口式或隔膜式水壓計量測孔隙水壓；若有負孔隙水壓之現象，或採自動記錄系統，則採用電氣式水壓計較適宜。

## 參 考 文 獻

林晉祥(1984)“坍崩相關之現場計測”山坡地建築開發工程——施工與管理，台灣營建中心民國73年11月。

中村浩之(1984)“地すべり地および急傾地の計測”土木施工，Vol.25, No.6, 1984年，3月，PP.374-395。

VARNES, D. T. (1978) *Landslides, Analysis and Control*, National Academy of Science, Special Report 176, PP. 11-35, Washington, D. C.