

TGS-SLOPEM106

山坡地監測準則

中華民國大地工程學會

中華民國一〇六年三月

山坡地監測準則

(TGS-SLOPEM106)

編修委員：

廖瑞堂(召集人)	陳昭維	吳澤雄	鄒鄭翰
呂家豪	高振誠	陳御崇	

審查委員：

林宏達(主席)	周功台	費立沅	林正陽
何樹根			

中華民國大地工程學會

序言

本準則（TGS-SLOPEM106）為中華民國大地工程學會系列規範/準則之一，乃為本學會依照內部章程、相關組織簡則及作業辦法，採用公開透明作業程序編撰而成。準則編號SLOPE代表山坡地，M代表監測，106代表民國106年版本。本學會已經成立常態性的編修維護小組，每年定期檢討規範/準則內容。未來學界及業界先進引用本規範/準則時，敬請注意引用的版本或年代；若對本規範/準則有任何建議，敬請將建議內容寄給大地工程學會轉交給編修維護小組研修。

中華民國大地工程學會

目錄

第一章 總則	1-1
1.1 適用範圍	1-1
1.2 名詞解說	1-1
第二章 山坡地監測系統之規劃	2-1
2.1 說明	2-1
2.2 山坡地監測系統設置時機	2-2
2.3 山坡地監測系統規劃	2-3
2.3.1 監測系統規劃原則	2-3
2.3.2 監測系統量測方式規劃	2-6
2.4 監測儀器配置	2-7
2.4.1 配置原則	2-7
2.4.2 監測儀器項目	2-8
2.4.3 氣候條件監測	2-11
2.4.4 水文條件監測	2-12
2.4.5 地文條件監測	2-14
2.4.6 既有構造物監測	2-19
第三章 監測系統建置與執行	3-1
3.1 說明	3-1
3.2 建置計畫	3-1
3.3 監測工作執行計畫	3-2
3.4 監測頻率	3-2
3.5 監測期程	3-3
3.6 監測管理值之訂定	3-3
3.7 監測管理值及應變措施	3-6
3.8 監測報告	3-7
第四章 監測系統維護	4-1
4.1 說明	4-1
4.2 定期維護及檢測	4-1
4.3 使用年限及校正頻率	4-1
參考文獻	參-1
附錄 A 山坡地各種監測儀器參考圖	A-1
附錄 B 山坡地監測儀器規格建議	B-1

附錄 C 山坡地監測系統執行成果參考案例..... C-1

第一章 總則

1.1 適用範圍

本準則適用於山坡地或邊坡監測系統之規劃、建置、執行及管理維護。本準則未規定者，得依其他相關學理自行訂定。

【解說】

山坡地及邊坡之定義有所不同，無論監測標的屬於山坡地或邊坡，均可適用本準則之內容。惟土石流適用之監測儀器設備，與其他災害類型差異甚大，本準則內容係針對土石流以外之其他災害類型作說明，然而監測系統規劃之考量等一般性原則，仍可適用於所有邊坡及山坡地之範疇。

1.2 名詞解說

1. **山坡地**：係指具地形高差的斜坡地，或依水土保持法第3條第1項第3款所定義，係指國有林事業區、試驗用林地、保安林地，及經中央或直轄市主管機關參照自然形勢、行政區域或保育、利用之需要，就合於下列情形之一者劃定範圍，報請行政院核定公告之公、私有土地：
 - (1) 標高在一百公尺以上者。
 - (2) 標高未滿一百公尺，而其平均坡度在百分之五以上者。
2. **邊坡**：為土壤或岩石等坡體材料構成之斜坡面，包含自然邊坡及經由填土或挖土工程等人工形成的斜坡面，稱為填方邊坡或挖方邊坡。
3. **監測系統**：係指利用科學儀器或感測器進行監測或掌握肉眼無法觀察的各種物理變化現象，並加以量化，供後續之分析利用。
4. **邊坡破壞類型**：依運動型態不同大致分為三類，含落石、邊坡滑動及土石流。
 - (1) **落石(Rock Fall)**

所謂落石係指陡峭邊坡因弱面發達裂痕加大，致使坡體之岩塊、石礫剝離或固結度低的土砂礫等，由坡面上掉落的現象。
 - (2) **邊坡滑動(Slope Slide)**

邊坡滑動主要為坡體之破壞土石產生移動，一般可分為轉動和移動兩類，在邊坡滑動量體少的情況下，稱為崩移，如：岩屑崩移及土體崩移。在滑動量體多的情況下稱為滑移，如岩體滑移及土體滑移。
 - (3) **土石流(Debris Flow)**

土石流係指泥、砂、礫及巨石等物質與水之混合物，在豪大雨期間，因重力作用為主，水流作用為輔之高濃度流動體，在谷地向下游流動。

第二章 山坡地監測系統之規劃

2.1 說明

1. 當山坡地有滑動徵兆或滑動疑慮，進行開發使用時，為確保邊坡或其工程設施在施工中及長期使用階段之穩定，宜在調查、規劃、設計、施工及管理維護等不同階段，分別規劃並建置完整的山坡地監測系統，利用各種不同科學儀器或感測器，掌握目視無法掌握的微觀行為，例如邊坡坡體變位、地下水位變化、工程設施變形、位移或受力狀況等。
2. 工程設計階段取得之監測資料，將提供設計者辦理坡地開發或整治工程，有關開發工程潛在風險評量、災害處理工法選擇、邊坡穩定分析及工程規劃設計所需之環境、基本考量條件及評析依據。
3. 施工階段取得之監測資料，除作為施工中防災之參考外，並可回饋給設計者，驗證邊坡各項條件與設計階段之一致性，若有不符者，可加以檢討並因應調整。
4. 使用或管理維護階段取得之監測資料，可提供管理維護單位或業主於邊坡有異狀時，作為預警防災及採取緊急應變措施及修復、補強之依據，以確保邊坡之安全。
5. 山坡地監測系統之規劃設置，應依邊坡破壞類型及坡體或工程設施之變形、位移速率等可能之損壞型態、機制，妥予規劃並選擇適當之監測系統儀器種類。

【解說】

為確保邊坡或其工程設施在施工中及長期之穩定安全，有必要在其全生命週期之不同階段規劃完整妥適之邊坡監測系統加以監測及執行。依邊坡監測系統設置時機之不同，可概分為設計階段、施工階段及使用或管理維護階段。

設計階段之監測系統設置目的，為利用安裝於現地之各種類別感測器，以人工手動監測或自動監測記錄方式，取得與邊坡穩定安全相關之環境、考量條件等基本資料，如工址氣候條件、地下水狀況、可能滑動深度、位移速率等，於進行坡地開發工程時，得以確切掌握較完整之相關設計考量條件；抑或整治工程時研判邊坡可能發生之災害型態、災害原因及機制，供作設計者在辦理邊坡穩定分析及工程規劃設計之依據，以有效防範坡地災害產生或遏止災害擴大，抑或避免災害之再度發生。

施工階段之監測系統設置目的，為利用安裝於現地不同類別感測器，取得邊坡各項具工程意義之變化，以掌握施工中邊坡之穩定，保障施工人員之

安全，並藉由施工期間之監測成果，驗證邊坡實際狀況是否與原設計條件相符，如有明顯差異則可加以檢討並因應調整。

使用或管理維護階段之監測系統設置目的，扼要說明如下：

1. 安全之掌握：山坡地管理維護的過程中，監測系統之組成儀器可以隨時反映其行為變化之訊息，作為判斷安全與否之指標及提供預警防災所需，必要時可作為緊急災害處理之依據，以確保保全對象之安全。
2. 長期穩定之確保：藉由監測系統各種儀器之長期觀測，可掌握地下水位的變化是否超出設計假設，邊坡穩定狀況及邊坡工程相關設施之變形、位移等，以適時採取必要之修復、補強措施，確保邊坡工程設施在其生命週期內發揮應有的功能，使邊坡經常保持穩定。此外，長期之觀測追蹤結果，亦可作為研析邊坡破壞原因及追蹤整治成效之參考。

山坡地監測系統之規劃設置，可依潛在風險程度、邊坡破壞類型、實際狀況及管理單位之需求，根據設計及施工階段之目的，並考量營運維護階段需求，規劃並選擇適當之監測系統儀器種類及建置，而設計及施工階段設置之監測系統各種儀器宜納入營運維護階段予以整合及一併執行。

2.2 山坡地監測系統設置時機

1. 為掌握邊坡之穩定性，研判可能邊坡災害型態、災害機制及致災因子，並取得設計時所需之各項地工分析參數，於調查及設計階段，宜設置監測系統以取得各項現場資訊。而監測系統設置之規劃(設置範圍、儀器配置、儀器種類、數量、量測方式、頻率等)，應依邊坡之既有條件加以調整。
2. 施工階段應考量施工時可能之災害風險，設置必要的監測系統，以提供設計條件之回饋及施工期間預警防災之監測資訊。
3. 對地質狀況較差之舊崩塌地或具潛在不確定性較高之邊坡，不易以學理分析掌握邊坡之穩定性，可能引致災害損失時，則應設置邊坡之預警防災監測系統。

【解說】

一般而言，位於特殊、複雜或地質狀況較差之邊坡，或具潛在不確定性較高之邊坡，不易應用學理分析掌握邊坡穩定性之可能變異，以致無法完全免除產生破壞之風險，諸如：邊坡地質條件不佳、邊坡曾發生災害、邊坡經大規模挖填，致難以確切研判可能造成之邊坡破壞，以及肇致其破壞之原因者，可能需要設置具有預警功能之監測系統加以監控其行為之變化。另外，

亦可能於施工前地質調查階段(或設計階段後)、施工中及邊坡工程設施完工使用前視需要佈設之。各階段佈設之監測系統可加以整合運用。

2.3 山坡地監測系統規劃

2.3.1 監測系統規劃原則

監測系統之規劃，需考量現場環境、地形、地質及地下水特性等因素外，並應根據初步研判之可能邊坡破壞類型，配合工程設計階段所需取得之各項土工參數，考量施工與管理維護需要，根據監測目的擬定規劃報告，循序施行之。

【解說】

監測系統規劃，應考量地形、地質分布、地下水位及可能邊坡破壞類型等因素，按設計、施工與管理維護需要等不同階段之監測目的，進行妥善之規劃。

鑒於各監測階段有其不同監測目的，因此監測系統之資料讀取方式、監測項目、儀器種類、監測頻率、監測期程等，均應有不同考量，需加以綜合研析考慮後妥適規劃。

監測系統規劃之執行步驟詳解說圖 2.3.1 所示，其規劃報告之內容應包括以下項目：

1. 權責單位、監測執行機構

敘明權責單位作業負責人員、監測執行機構及其相關工作人員應具之資格等。

2. 監測系統架構

監測系統架構應說明資料讀取方式，若為自動化監測系統，應涵蓋(1)感測單元、(2)資料擷取單元、(3)資料傳輸單元、(4)資料儲存、展現或分析單元及(5)電源供應單元等五個單元。自動化監測預警系統架構圖如解說圖 2.3.2 所示。

3. 監測儀器平面及剖面配置圖

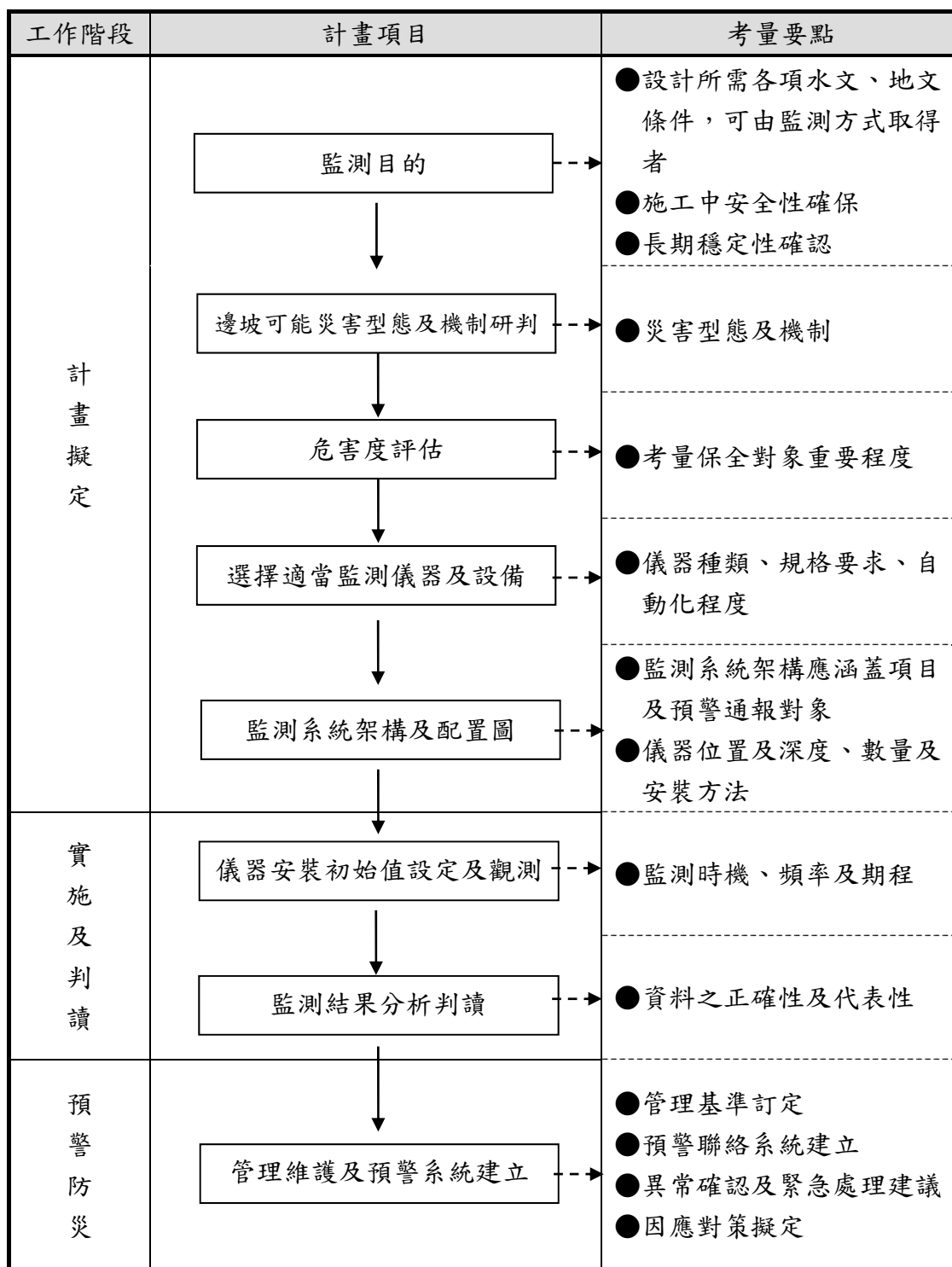
監測儀器之位置應以圖形方式呈現，標示監測儀器之位置、深度與數量，若採自動方式監測系統者，需標示自動資料擷取系統之設備設置處。山坡地監測儀器及相關設施之配置示意圖如解說圖 2.3.3 所示。

4. 監測系統儀器規格或廠牌

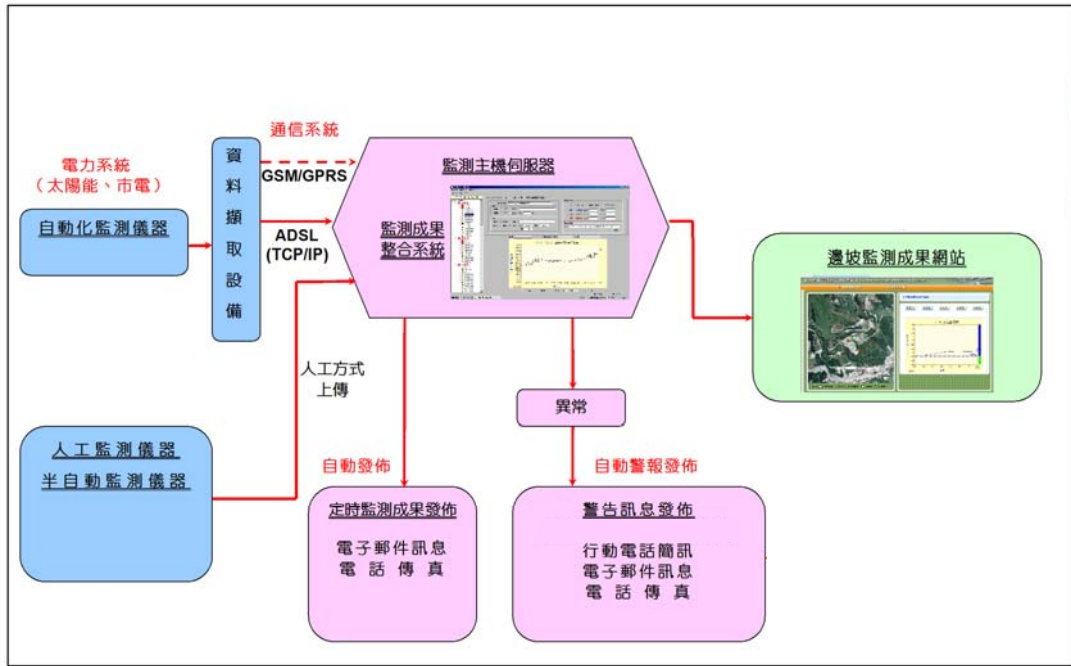
監測系統說明中，應涵蓋系統使用與運作說明、採用之儀器及設備廠牌、型號與規格。

5. 監測系統管理維護

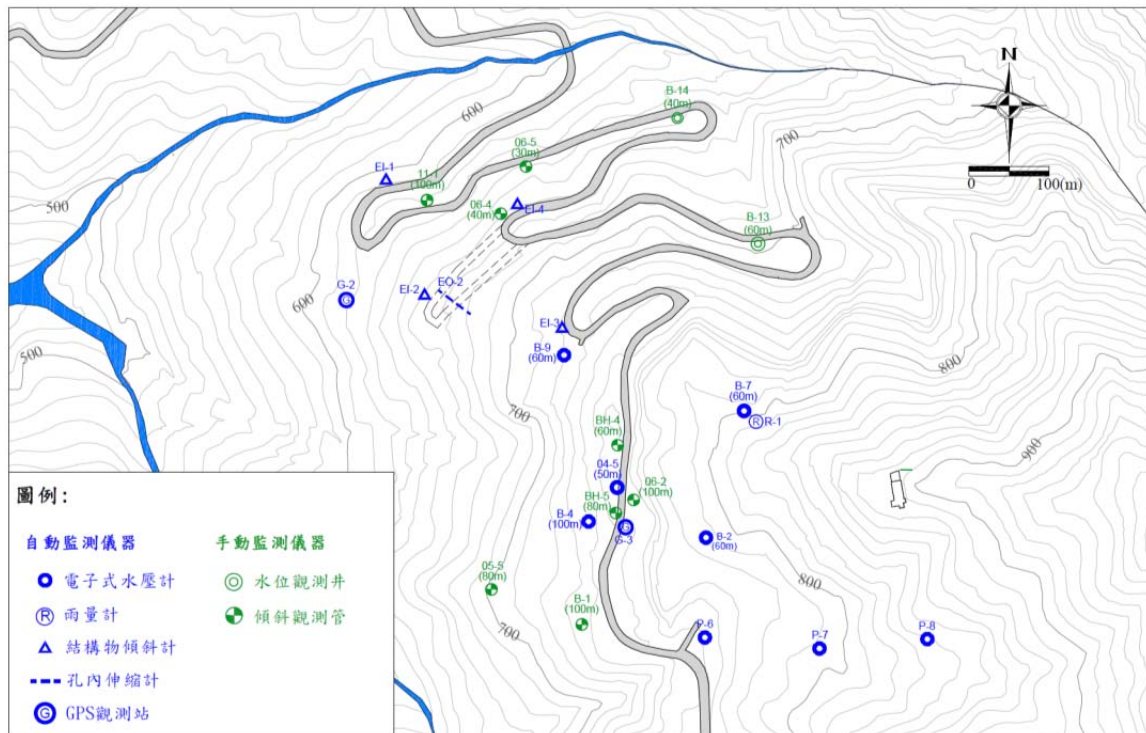
說明監測系統管理維護機制，監測儀器設備維護、故障檢測及排除方法與汰換年限。



解說圖 2.3.1 山坡地監測系統執行流程圖



解說圖 2.3.2 自動化監測系統架構圖參考案例



解說圖 2.3.3 監測儀器及相關設施配置平面示意圖

2.3.2 監測系統量測方式規劃

監測系統依量測方式不同，大致可分為人工手動、半自動及全自動監測等。監測系統規劃者應綜合山坡地的危害性、監測成果代表性、所需費用及現場環境狀況等，選擇合宜監測方式。一般而言，危害性越高的山坡地，自動化的要求越高。

【解說】

山坡地監測系統，依其量測方式分為：

1. **人工手動方式**：係以人力攜帶量測儀器，赴裝設儀器的現地進行量測及記錄，再將成果攜回進行資料整理。
2. **半自動方式**：為在現場設置資料擷取器，以固定量測頻率自動讀取儀器監測值並記錄，再以人工方式赴現場下載監測資料。
3. **全自動化方式**：為在現場設置資料擷取器，自儀器量測、記錄、傳輸、彙整、繪圖、管理值研判等一系列運作，均採自動化方式。管理人員可於非現地之其他工作地點，即可收集大量且即時的監測成果，瞭解現場資訊。

自動化監測系統的主體架構可分為四個部分。

1. **感測器**：係裝設於現場，量測監測區域的氣候、水文、應力及位移等物理量。
2. **資料擷取設備**：為控制現場監測儀器之資料擷取程序、量測方式，並儲存監測資料之設備。由於其係裝設於現場，因此除依據儀器類型選擇匹配之資料擷取器外，亦需考慮現場環境狀況(如：溫度、電力供給能力等)，評估適合之資料擷取器型式。而為監測資料避免因通訊中斷而喪失或無法監測，資料擷取設備應以具資料儲存功能者為佳。
3. **資料傳輸設備**：係指將記錄於現場資料擷取器之監測資料，傳輸至後端伺服器之設備。傳輸設備之選擇與系統選用之傳輸方式有關。常用之傳輸方式可概分為有線傳輸如市話網路、網際網路等及無線傳輸例如 2G、3G、4G 網路、衛星網路等二大類。
4. **監測成果整合**：感測器、資料擷取器、通訊設備等均為系統之硬體，但完整的自動化監測系統尚需後端的整合，將收集之監測資料予以彙整。基本之監測成果整合需能彙整監測資料並予以繪圖呈現。

2.4 監測儀器配置

2.4.1 配置原則

山坡地監測儀器之選擇，應考量可能發生之邊坡破壞類型、環境變化、採用量測方式等，選擇合適之監測儀器種類、型式、數量及安裝位置與深度等，以取得有效且具有代表性之監測成果。

【解說】

不論是工程設計、施工或管理維護階段，對於評估結果認為需設置監測系統之山坡地，應進一步研判其可能破壞模式或保全範圍，再進行監測儀器種類、安裝位置與深度及數量之配置，才能規劃出有效且符合經濟效益之監測系統。以邊坡滑動監測為例，應先由基本資料研判邊坡可能破壞機制、滑動方向、滑動範圍、滑動面深度等，以作為邊坡位移監測儀器(如插入型傾斜儀、地表伸縮計、孔內伸縮計等)配置之參考。

監測設施可能變化範圍之事先預判，是決定監測系統是否能有效率的執行及監測工作成敗關鍵之所在。經過適當的行為預測與研判，監測設施及觀測儀器的種類與精度得以恰當的選擇；監測設施佈設之位置、方向、數量與深度得以妥適的配置，以獲得有效的數據，俾作為訂定合理的監測管理值及應對方案之依據。

監測儀器設備的選擇，應單純而不複雜、能在所埋置的監測環境中有最好的耐久性、對氣候溫度、溼度的變化有最小的敏感性、材料零件不致因施工機具、水、塵土或其他化學作用之影響，依然能夠正常運作等之特性者為佳。

相同監測儀器種類，其精度、重複性、量測範圍、適用溫度等可能有所差異。監測系統設計者應先依據山坡地之特性，研判山坡地環境及待測物理量可能分布範圍，據以選擇最適之儀器規格。而對於採自動監測之電子式儀器，亦需考量感測器、資料擷取設備、資料傳輸設備之耗電量。

監測儀器配置數量與位置之決定，必須足以正確反應監測對象可能變化行為，以期所得到之監測數據能夠代表或掌握整個監測對象範圍內的環境變化趨勢。惟對於山坡地而言，往往不易精確預判出較為臨界之監測位置，故選取位置應保留可適當調整及預留增設監測點位的彈性，以因應不可預期的變化。

儀器的選擇所需考慮因素可分為主要及次要因素兩二部分，茲分述如下：

1. 主要因素

- (1) 量測範圍(Range 或 Capacity)：研判山坡地於監測期間可能發生之最大變化量，以決定監測儀器之量測範圍。

- (2) 正確性(Accuracy)：表示測讀結果與絕對真值之一致程度，儀器之正確性應要求在量測值之 $\pm 1\%$ 以內。
- (3) 精度或重複性(Precision or Repeatability)：表示每次監測之讀值與平均值之差異。精度高者，表示每次監測結果都十分相近，亦即重複性很高。儀器之精度應要求至少在量測值之 $\pm 1\%$ 以內。
- (4) 耐候性：山坡地監測儀器均安裝於野外環境，因此儀器之選擇需特別考量環境溫度、濕度、細塵等外在不利條件之影響，或於儀器安裝時另設保護機箱予以加強防護，以增加儀器之耐候性，提高穩定度及增加儀器使用年限。

2. 次要因素

(1) 成本考量

一般而言，精度越高、正確性愈佳或耐久性越好的儀器，往往亦較昂貴，但昂貴，並不一定代表精度高及正確性佳，因此設計者需考量監測目的之實際需要，決定其所需量測精度及儀器種類。

(2) 施工考量

儘量選擇施工較為簡易，且可以標準化施工之儀器，以降低因人為因素在儀器安裝時對儀器監測品質之影響。

(3) 自動化之需求

如監測系統欲採用自動化量測時，於儀器選擇時，應將自動化之需求列入考慮。當風險越高，為達到預警防災的目的，則監測頻率需要越密，此時所需的自動化程度要求就越高。另一種情況為地處偏遠，人工不易到達時，也會採用自動化監測系統。

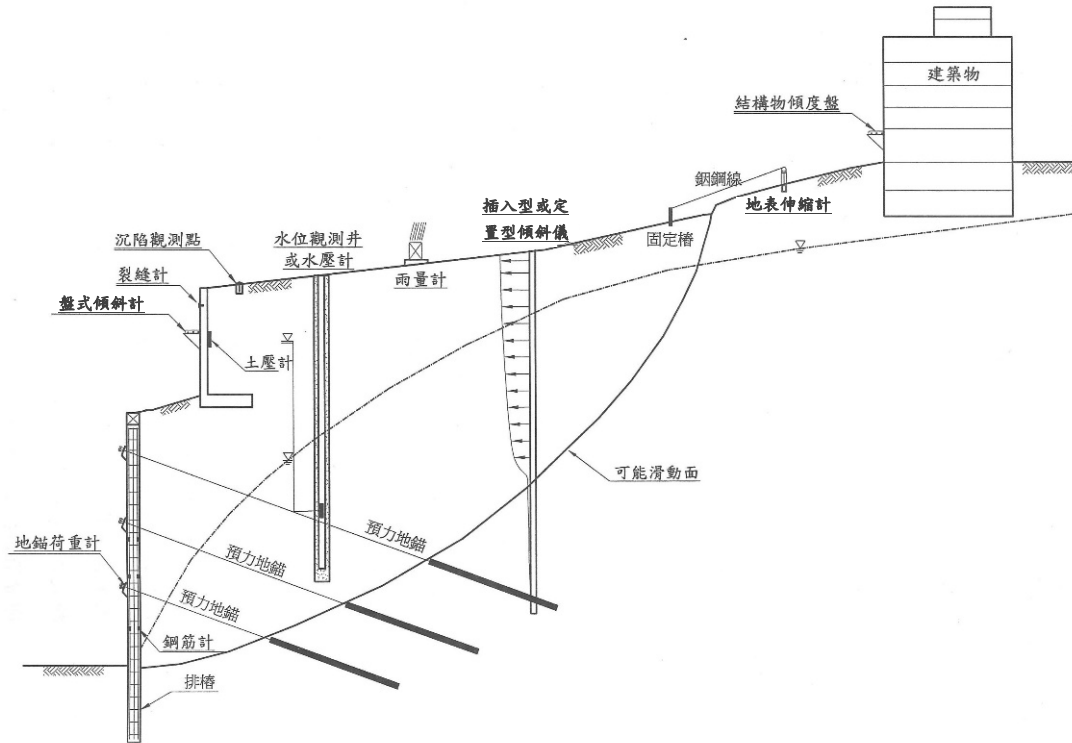
2.4.2 監測儀器項目

山坡地監測儀器種類繁多，包括量測氣候、水文、邊坡位移及構造物應力或變形等各類儀器。其量測所得之物理量不同，於不同型態邊坡災害之適用性亦有所不同，監測系統規劃時應根據研判之可能災害類型加以選擇。

【解說】

山坡地監測儀器種類繁多，約數十種，包括量測氣候、水文、邊坡位移及構造物應力或變形等各類儀器。監測儀器在不同型態邊坡災害之適用性不同，例如土石流選擇之監測儀器與落石及邊坡滑動就有明顯差異。

以邊坡滑動類型之災害為例，常見的山坡地監測儀器如解說表 2.4.1 所示，安裝示意圖如解說圖 2.4.1 所示。設計、施工及管理維護等不同階段之監測儀器選用建議，如解說表 2.4.2 所示。



解說圖 2.4.1 邊坡監測系統配置剖面示意圖

解說表 2.4.1 山坡地監測儀器或設施適用表(針對邊坡滑動)

監測儀器名稱	量測之物理量	監測適用性	常見監測方式
插入型傾斜儀 (Inclinometer)	邊坡水平位移量	○	M
定置型孔內傾斜儀 (In-Place Inclinometer)	邊坡水平位移量	△	A
地表伸縮計 (Surface Extensometer)	地表相對位移量	○	M、A
孔內伸縮計 (Borehole Extensometer)	邊坡相對位移量	△	A
地表傾斜計 (Surface Tiltmeter)	地表傾斜量	○	M、A
地錨荷重計 (Anchor Load Cell)	地錨預力	○	M、A
裂縫計 (Crackmeter)	裂縫寬度變化量	△	M、A
水位觀測井 (Water-level Observation Well)	地下水位	○	M、A
水壓計 (Piezometer)	地下水壓力	○	M、A
流量計 (Flowmeter)	地下水流量	△	A
雨量計 (Rain gauge)	降雨量	○	A
液位計 (Level meter)	溪溝水位高度	×	A
鋼索感測器 (Steel Wire Sensor)	鋼索完整性	×	A
地聲感測器 (Geophone Sensor)	聲波	×	A

○：經常使用 △：偶而使用 ×：甚少使用

A：自動監測 M：手動監測

解說表 2.4.2 不同階段之監測儀器使用建議

監測系統 設置時機	監測項目	建議使用之監測儀器	
		優先考慮	可考慮
設計階段	1. 邊坡穩定性評估 2. 地下水調查	<input type="checkbox"/> 傾斜儀 <input type="checkbox"/> 水位觀測井 <input type="checkbox"/> 水壓計	<input type="checkbox"/> 雨量計 <input type="checkbox"/> 地表傾斜計
施工階段	1. 邊坡穩定性變化 2. 地下水位變化 3. 擋土結構穩定性 4. 鄰房建物穩定性	<input type="checkbox"/> 傾斜儀 <input type="checkbox"/> 結構物傾斜計 <input type="checkbox"/> 水位觀測井 <input type="checkbox"/> 水壓計 <input type="checkbox"/> 地錨荷重計(若有地錨構造物)	<input type="checkbox"/> 雨量計 <input type="checkbox"/> 地表傾斜計 <input type="checkbox"/> 地表伸縮計 <input type="checkbox"/> 孔內伸縮計 <input type="checkbox"/> 鋼筋計
管理維護階段	1. 地下水位監測 2. 邊坡穩定性監測 3. 擋土設施安全監測 4. 結構物安全監測	<input type="checkbox"/> 傾斜儀 <input type="checkbox"/> 結構物傾斜計 <input type="checkbox"/> 水位觀測井 <input type="checkbox"/> 水壓計 <input type="checkbox"/> 地錨荷重計(若有地錨構造物)	<input type="checkbox"/> 雨量計 <input type="checkbox"/> 定置型孔內傾斜儀 <input type="checkbox"/> 地表傾斜計 <input type="checkbox"/> 地表伸縮計 <input type="checkbox"/> 孔內伸縮計 <input type="checkbox"/> 裂縫計

2.4.3 氣候條件監測

氣候條件之監測項目包括：雨量、溫度、濕度及風力等。考量對邊坡穩定之影響程度及個案需求，以雨量監測最為重要，監測項目可由監測規劃者加以考量。

【解說】

臺灣地區多雨、多地震的先天環境，不利於邊坡穩定，大部分邊坡災害與豪大雨及地震有關。近年來，極端氣候的影響下，高強度降雨機率提高，更提高了邊坡在特殊氣候條件下的不穩定性，因此於邊坡監測系統規劃時，若鄰近區域無可引用之氣候監測資料，則應考慮設置。

氣候條件之監測項目包括：雨量、溫度、濕度及風力等。考量對邊坡穩定之影響程度，以雨量最為重要，其他監測項目可視個案需求，由監測系統規劃者加以考量。

雨量監測，一般係以雨量計(Rain gauge)監測。常見之雨量計型式為傾斗翻轉式。雨量計之安裝位置，應選擇盛雨口以上 45 度角範圍內，無遮蔽物阻礙之空曠地，以提高監測成果代表性。

設計及施工階段取得之各項氣候資料，應完整移交予管理維護單位。

2.4.4 水文條件監測

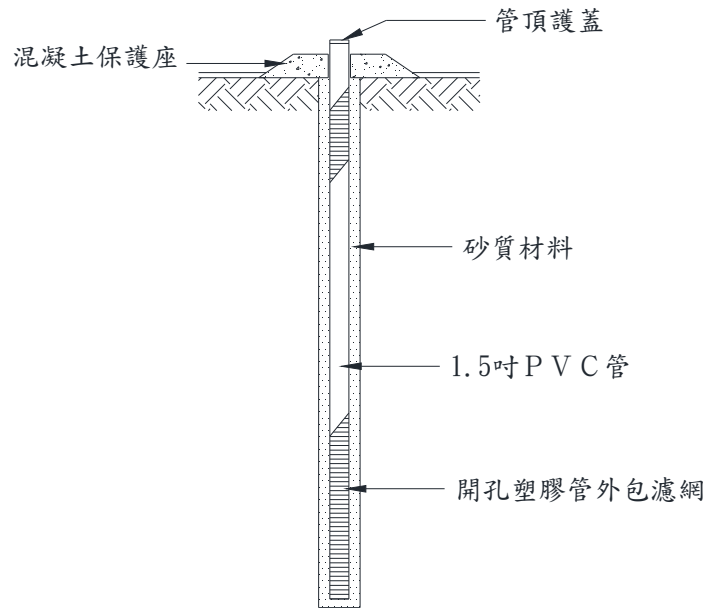
1. 邊坡之地下水分布複雜，且地下水位(水壓)之分布及變化，對於邊坡之穩定性影響甚大，調查期間須以監測方式加以調查瞭解，以作為設計階段之分析依據。
2. 地下水監測儀器之安裝位置，應視鑽探調查所取得之地質分布情形、鑽探過程之地下水位變化記錄，加以綜合研判。以配置於地下水位可能變動較大區域，或受壓水層深度範圍為原則。
3. 監測方式宜採半自動或全自動監測方式，以取得邊坡在豪大雨期間，地下水位變化之連續性資料，利於掌握邊坡在豪大雨期間最高之地下水位。

【解說】

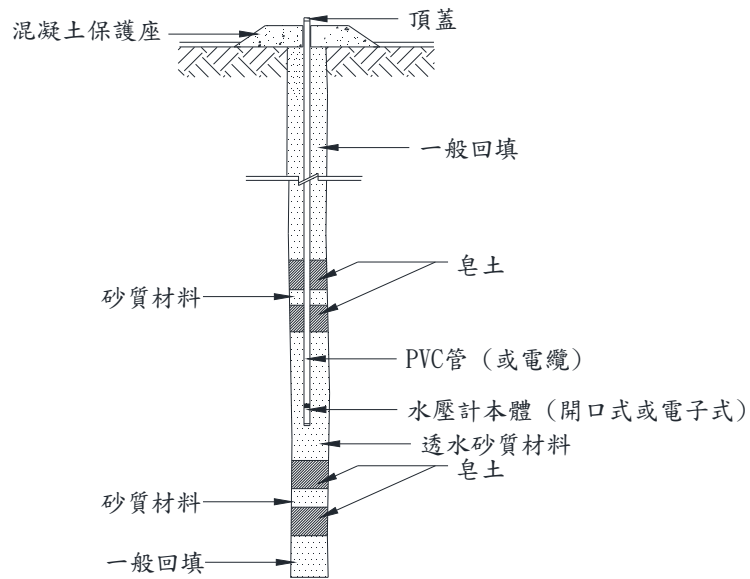
邊坡之地下水分布甚為複雜，且地下水位(水壓)之分布及變化，對於邊坡之穩定性影響甚大，故對邊坡監測系統而言，地下水的監測為不可忽略的項目之一。

地下水的監測儀器，常採用水位觀測井或水壓計，係安裝於鑽探完成之孔內。於鑽探過程中，如調查發現有多層含水層或受壓水層現象，應權宜調整為安裝水壓計，以掌握地表面下某一特定深度之地下水壓。

1. 水位觀測井(Water-level Observation Well)：水位觀測井安裝之目的，為監測邊坡之地下水位變化。監測原理為地下水由安裝於鑽探孔之開孔 PVC 材質豎管進入管內，於水壓平衡後之管內水位面，為該處之地下水位，即水位觀測井開孔段深度範圍之平均水壓。典型水位觀測井之安裝示意圖，如解說圖 2.4.2 所示。原則上水位觀測井與傾斜觀測管係安裝於不同鑽孔內，惟在經費受限等情況下，可於傾斜觀測管管身開孔，兼作水位觀測井使用。
2. 水壓計(Piezometer)：水壓計之安裝目的，為監測邊坡某一深度範圍內之孔隙水壓力，安裝時可由阻絕封層之範圍，決定擬監測之深度範圍。典型水壓計之安裝示意圖，如解說圖 2.4.3 所示。水壓計之型式可分為開口式水壓計(Open Standpipe Piezometer)、壓氣式水壓計(Pneumatic Piezometer)、電子式水壓計(Electrical Piezometer)等



解說圖 2.4.2 水位觀測井安裝示意圖



解說圖 2.4.3 開口式水壓計安裝示意圖

邊坡之孔內型監測儀器，以配置於臨界面為原則。每一斷面應至少配置 1 孔地下水位觀測井或水壓計，配置位置應視鑽探調查所取得之地質分布情形、鑽探過程之地下水位變化記錄，加以綜合研判。以配置於地下水位可能變動較大區域，或於含水層或受壓水層之深度配置水壓計為原則。

地下水位之監測方式，可採手動、半自動及全自動方式。手動方式係利用刻有深度標示之水位指示器，以人工方式監測；半自動方式及全自動方式，為在水位觀測井放置電子式水壓計或於特定深度安裝電子式水壓計，以記錄地下水位之連續性變化。

邊坡之地下水位監測，應採半自動或全自動監測方式者為佳，以取得邊坡在豪大雨期間，地下水位變化之連續性資料，利於掌握邊坡之最高地下水位，配合雨量計之監測結果，分析降雨與地下水位昇降之關係。

2.4.5 地文條件監測

1. 邊坡位移之監測成果，可用以掌握邊坡位移方向、位移速率及滑動面深度等，研判邊坡之可能災害類型、穩定情形及滑動規模等，提供設計者於邊坡穩定工法選擇之參考。
2. 邊坡位移監測儀器位置、深度及數量應依據研判之可能滑動範圍及滑動深度加以配置。有滑動疑慮或重要邊坡應至少配置一處位移監測斷面為原則，每一斷面需有二孔以上監測儀器。
3. 除降雨之外，地震亦為可能引發山坡地災害之因素，可視需要設置地震儀進行監測，以瞭解當地之加速度、速度及震幅等地震資訊，作為邊坡穩定動態分析之依據。
4. 於設計階段之監測方式，可採手動方式為主。施工或管理維護階段之監測方式，應考量該邊坡之風險性，評估自動化監測之必要性。

【解說】

當邊坡發生不穩定之滑動現象時，將產生水平及垂直位移。其中水平位移量通常較為顯著，故為邊坡位移監測之重要項目。水平位移之監測成果，可掌握邊坡位移方向、速率及滑動面位置，以瞭解邊坡穩定情形及確認滑動規模。

邊坡位移監測儀器，依量測所得之物理量不同，可分為以下三類型：

1. 水平位移監測儀器

水平位移監測儀器，依監測儀器安裝位置不同，可分為孔內型及地表型等二種類型。

(1) 孔內型：

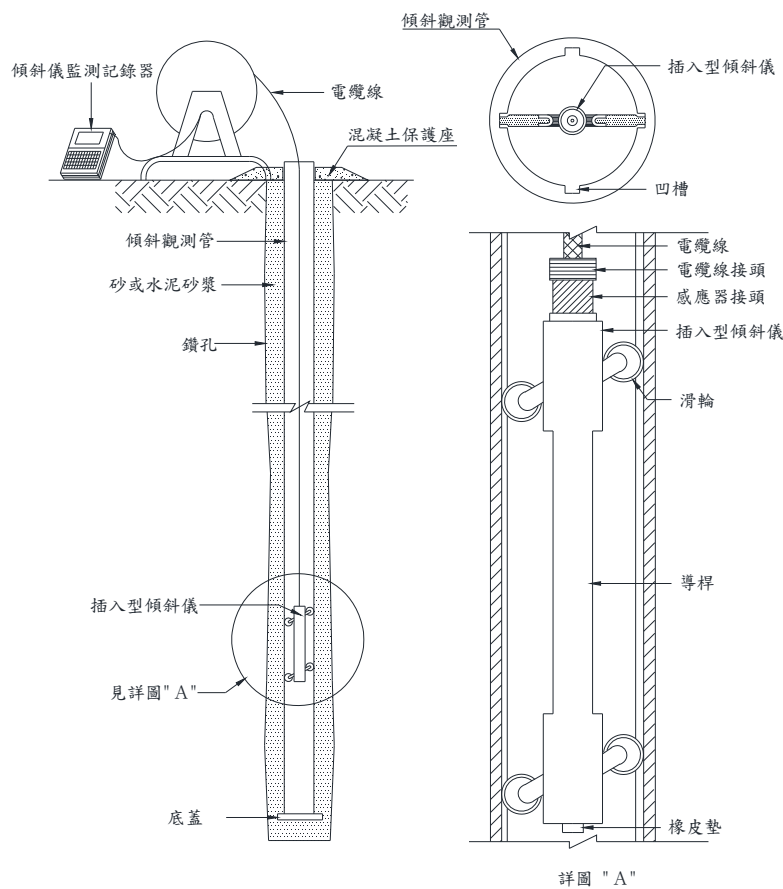
常見之孔內型水平位移監測儀器，包括插入型傾斜儀、定置型傾斜儀及孔內伸縮計等，其中以插入型傾斜儀最為常用。

- A. 插入型傾斜儀(Inclinometer)：為邊坡監測實務運用上最常用之位移觀測儀器，其監測成果能清楚表現出邊坡位移狀況、分析滑動速率、滑動深度等，協助研判邊坡之穩定性，係為有效的

邊坡位移觀測技術，惟因該儀器只能採人工手動方式進行監測，故缺點為無法取得即時監測資料。

該儀器係利用鑽探完成之鑽孔，埋設具十字溝槽之傾斜觀測管(Inclinometer Casing)，量測時置入插入型傾斜儀以量得每一深度之傾斜角度，如解說圖 2.4.4 所示，進而推得相對於孔底假設不動點之各深度水平位移量。

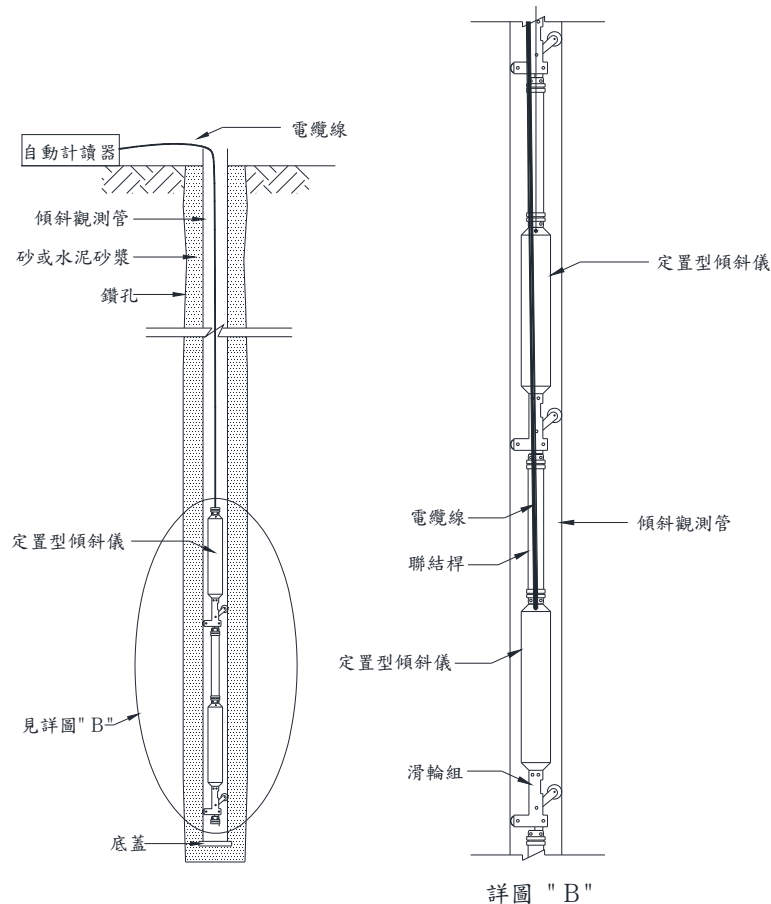
傾斜觀測管裝設過程中，有可能產生扭轉，使得插入型傾斜儀之量測成果產生誤差，如欲確認管材是否發生扭轉，可於安裝完成之傾斜觀測管內放入陀螺儀，量測管內各個深度之凹槽方向。



解說圖 2.4.4 插入型傾斜儀監測方式示意圖

- B. 定置型傾斜儀(In-Place Inclinometer): 為在傾斜觀測管之管材內之不同深度，安裝一系列之多支固定式傾斜儀，以達到自動監測目的，其安裝方式如解說圖 2.4.5。但因其安裝間距及總數量有所限制，整體量測精度較手動方式量測結果為差，故在預警防災的運用上仍有其侷限性。

定置型傾斜儀安裝深度之規劃，應考量可能滑動面深度及滑動面型態，故以先利用插入型傾斜儀以手動方式進行監測，於初步掌握滑動面後，再根據其監測成果評估定置型傾斜儀安裝深度及間距為佳。其安裝間距，以不超過 1m 為原則，而鄰近滑動面深度範圍，則應縮小安裝間距，以提高整體監測精度。

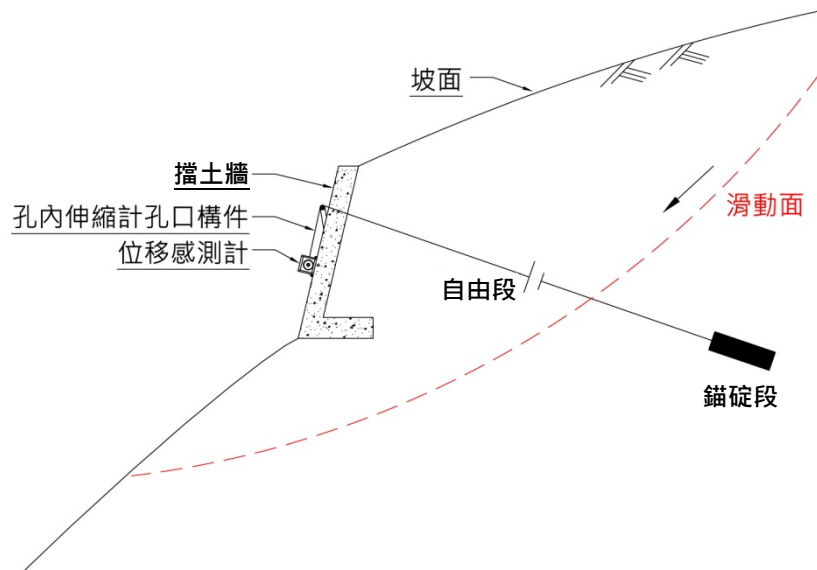


解說圖 2.4.5 定置型傾斜儀監測方式示意圖

- C. 孔內伸縮計(Borehole Extensometer)：孔內伸縮計係將一端向下錨錠在滑動層下方之穩定區域內，另一端設置於地表之伸縮計。由於連接於錨錠端之鋼腱將因邊坡滑動，而在孔口端產生相對變位，該變位量可反映邊坡之變位情形，如解說圖 2.4.6 所示。孔內伸縮計之孔口變位量測端，可較易達成自動監測目標，故常運用於預警防災目的，提供必要警訊發佈依據。

使用孔內伸縮計時，須注意鋼腱之變位量通常不直接等於邊坡位移量(方向角度不同)，須透過合理之換算才能推得邊坡位移量。此外，孔內伸縮計之錨錠位置應確實超過滑動面，其監測結果方具代表性，如安裝於可能有多個不同滑動面之邊坡，

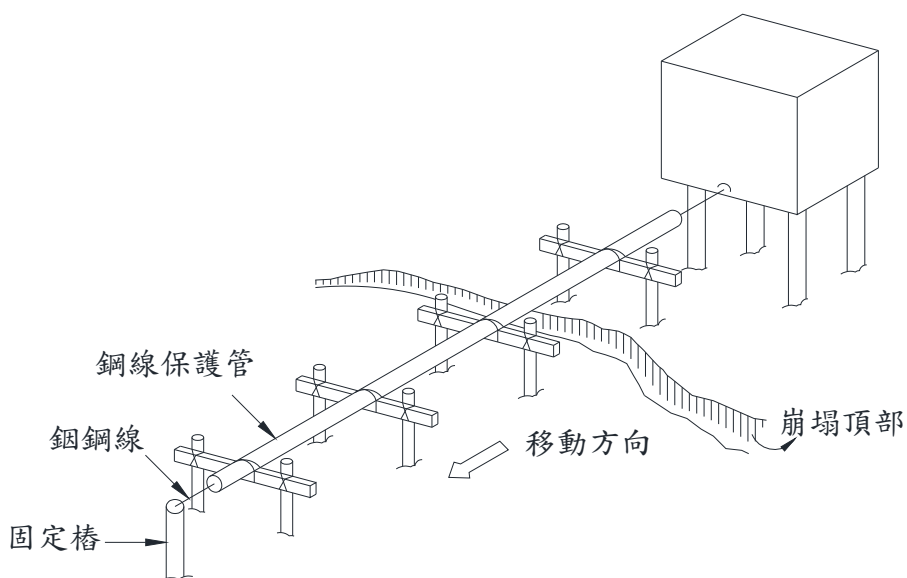
亦可設置多個錨碇段之多段式孔內伸縮計，以監測不同滑動面間之相對位移狀況。



解說圖 2.4.6 孔內伸縮計構造示意圖

(2) 地表型：

地表型位移監測儀器，以地表伸縮計(Surface Extensometer)最為常見(又稱為地滑計)。地表伸縮計係用來量測邊坡的地表二點間之相對位移(有可能為伸張或壓縮)，其係以鋼索一端固定於不動之地表上，另一端設置在滑動塊體內，當兩端產生相對位移時，將伸張拉動鋼索，量測其伸張量可求得兩端之相對變位量，如解說圖 2.4.7 所示。



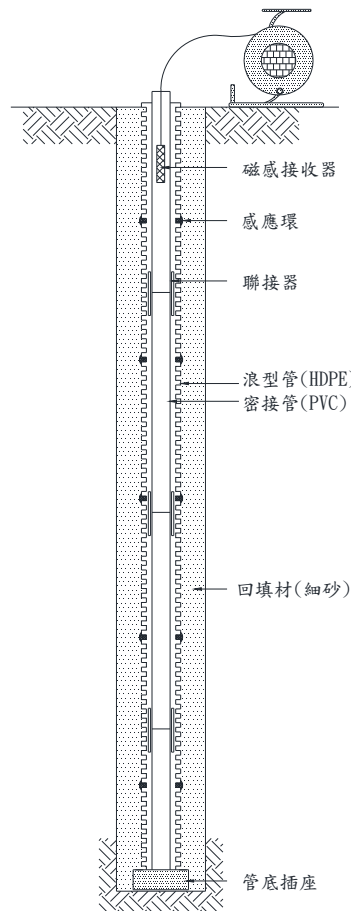
解說圖 2.4.7 地表伸縮計安裝示意圖

地表伸縮計常因鋼索二端點均座落於滑動塊體內，故無法監測其絕對水平位移量。因此地表伸縮計應選擇安裝於研判邊坡可能滑動塊體之上坡鄰近崩崖位置，以得到最具地表性之滑動塊體位移量。

2. 垂直位移監測儀器

當邊坡發生不穩定之滑動時，除了滑動塊體之水平位移外，於崩塌頂部區域亦伴隨出現陷落情形，而產生垂直方向之位移變化。而在填方邊坡發生之垂直位移，常導因於高填方之沉陷現象，而非邊坡不穩定所造成。量測邊坡垂直位移之儀器，包括：

- (1) 地表沉陷釘(沉陷觀測點)：於地表面打設沉陷釘，以水準測量方式量測沉陷釘之垂直位移變化。
- (2) 多點式層別沉陷計(multi-level settlement gauge)：於鑽井完成之孔內，在預定觀測深度安裝沉陷計，利用標示有深度刻度之測讀器，量測沉陷計之垂直變化量。沉陷計依其量測方式，有爪式、磁感環式、桿式等型式，安裝及量測示意如解說圖 2.4.8 所示。大多裝設在填土邊坡居多，於自然邊坡或挖方邊坡不常使用。



解說圖 2.4.8 多點式層別沉陷計安裝及量測示意圖(以磁環式為例)

3. 三維變位位移監測

係於邊坡監測範圍內設置固定之觀測點(常規劃為網狀)，以非接觸式型式，於邊坡以外地區，利用儀器量測各觀測點之三維位移變化。

- (1) 光波測距儀：光波測距係採用測量儀器，如光波測距儀、全測站經緯儀或水準儀等儀器，量測後經計算，可監測觀測點之三維位移變化。
- (2) 全球定位系統(Global Positioning System)：為利用全球定位系統之人造衛星，遙測地面觀測點之位移變化。觀測結果係以坐標方式表示，量測精度受衛星接收天線規格及資料解算方式影響甚大。

邊坡之變位監測為調查邊坡可能滑動型態或掌握邊坡穩定性之基本監測項目，每一處地質條件不佳或可能有破壞疑慮之邊坡，宜加以配置監測系統，其中以監測邊坡水平位移之孔內型監測儀器最為重要。

有滑動疑慮或重要邊坡應至少配置一條水平位移監測斷面，監測斷面之數量應考量研判滑動範圍、滑動深度及滑動塊體分布評估之。每一斷面應至少配置2孔孔內型監測儀器(孔內型監測儀器建議為傾斜儀)。考量邊坡可能滑動深度，監測管之深度應至少大於可能滑動深度5公尺，以確保監測儀器之有效性。

地表型、非接觸式監測儀器及垂直位移量監測儀器，可視邊坡之滑動型態、規模及重要程度等，評估其配置需要。

邊坡位移之監測方式，可採手動及自動方式。於設計階段，監測方式建議以手動方式為主，惟預期豪大雨事件發生前後，均應進行補充監測，以掌握在豪大雨發生期間之邊坡狀況。於施工或管理維護階段，監測方式建議依該邊坡之風險性，評估自動化監測之必要性。對於風險程度較高之邊坡，監測方式可考量採手動及自動並行方式，安裝較容易提昇為自動化之監測器，如孔內伸縮計，以達到施工中或管理維護階段預警防災之目的。

2.4.6 既有構造物監測

邊坡若發生不穩定時，將使得構築於邊坡上之構造物應力狀況改變、變形或傾斜，可加以監測，研判邊坡之穩定性。

【解說】

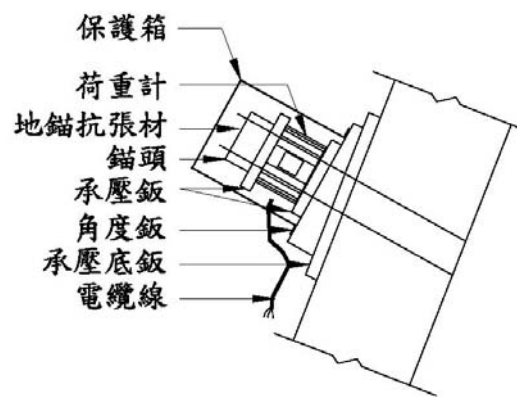
如邊坡發生不穩定時，將使得構築於邊坡上之構造物應力改變、變形或傾斜，因此可加以監測，研判邊坡之穩定性。

1. 構造物傾斜計(Tiltmeter)：安裝於擋土構造物或建物之表面，用以監測擋土牆或建築結構體，因邊坡變位而致構造物產生之傾斜變化情形。構造物傾斜計型式可分為盤式及電子式二類型。

- (1) 盤式傾斜計：為將傾斜觀測盤安裝於待測之構造體表面上，傾斜觀測盤上具有四個外凸銅柱，監測方式為以人工方式攜帶測傾儀量測，測傾儀需確實倚靠銅柱，以進行四個方向之傾斜量監測。
- (2) 電子式傾斜計：以電子感測原件製作之測傾儀器，一般於自動化監測系統使用。測傾感測器之型式甚多，例如電漿式、振弦式、MEMS等，不同感測器型式之量測範圍、精度、反應時間、功率等規格均不相同，設計者需依據推估構造物之可能傾斜變化量、資料擷取系統及電源供應系統等綜合考量。
2. 裂縫計(Crackmeter)：安裝於構造物之裂縫二端，以監測裂縫寬度變化。裂縫計型式可分為機械式及電子式二類型。
3. 地錨荷重計：地錨工法為挖方邊坡常使用之邊坡穩定工法，完工後之地錨預力變化，對於錨拉式擋土牆能否發揮預期功能有重要之影響，地錨預力變化與邊坡之變形行為密切相關，因此建議錨拉式擋土構造物應安裝地錨荷重計加以監測。

地錨荷重計係安裝於地錨之錨頭處，安裝方式如解說圖 2.4.9，由荷重計之監測值可掌握該支地錨之預力變化情形，進而研判地錨功能及邊坡變形行為。地錨荷重計可安裝於新設地錨或既有地錨，惟荷重計安裝之方式有所差異。

地錨荷重計之感測器型式包括振弦式及電阻式等，監測方式可採用以指示器進行手動監測或訊號線銜接資料擷取器進行自動監測。



解說圖 2.4.9 新設地錨荷重計安裝示意圖

第三章 監測系統建置與執行

3.1 說明

監測系統之建置與執行，應根據規劃、設計報告，擬訂建置計畫、監測工作執行計畫，據以施行。

3.2 建置計畫

監測系統之建置計畫內容至少應包括：1.監測目的、2.儀器規格、3.安裝方式、4.操作原理、5.校正手續、6.測讀步驟、7.資料處理、8.維修步驟等要項。

【解說】

監測設施之建置計畫內容，至少應包括下列各項：

1. 監測目的：包含監測的項目及其應用。
2. 儀器規格：敘明符合要求型式之儀器品牌、型號及規格說明書。
3. 安裝方式：包含儀器本身及附屬零件之安裝步驟，連接方法及安裝時之注意要點、需要之安裝孔徑、安裝時須作紀錄之重點，以備日後測讀之參考。
4. 操作原理：包含基本之文字說明，及用圖示或電路圖說明其量測原理。
5. 校正手續：包含儀器交到使用者手中要驗證其功能正常所需之驗證試驗步驟、經常性之校正步驟及校正頻率之建議、測讀儀器之校正手續及頻率，如有需要亦應含使用者本身之簡單校驗方式。
6. 測讀步驟：包含測讀器之操作、各接頭之功能及控制、人員或儀器之注意事項、初始值之測讀方式、正常監測讀數方式、環境影響對讀數之修正、工地紀錄表及測讀樣本。
7. 資料處理：包含詳細計算步驟、製造商提供之電腦程式使用手冊、計算書樣本、圖示資料方法及樣本、其他注意事項。
8. 維修步驟：包含正常維修步驟、正確之拆裝指引、清潔潤滑指示、蓄電池充電之方法、維修之頻率、消耗材之備品數量、異常狀況之可能原因及處理方式表、維修站之電話地址等資料。

3.3 監測工作執行計畫

監測系統之監測工作執行計畫內容至少應包括：1.邊坡管理單位、監測執行機構 2.監測範圍及儀器配置圖 3.監測系統說明書 4.監測數據之處理 5.監測管理等要項。

【解說】

監測工作執行計畫之內容至少應包括以下項目：

1. 邊坡管理單位、監測執行機構

敘明邊坡管理單位作業負責人員、監測執行機構之執業技師、現場工程師及相關工作人員資料等。

2. 監測範圍及儀器配置圖

監測範圍應以文字、圖形為之，並標示監測設施、感測器之位置與數量，若為自動控制型，並需標示其儀控設置處。

3. 監測系統說明書

監測系統說明書中應涵蓋系統說明、儀器保護與維修之方法、監測方法、監測頻率及監測管理值之訂定。其中監測管理值之訂定須考慮實際之需要合理調整，以必須能反映危險潛因為原則。

4. 監測數據之處理

監測數據應能以圖形、表格及紀錄等方式呈現，經負責之執業技師檢核後由其執行機構以整合形式提出，其成果資料應併巡檢維護紀錄備查。

5. 監測管理

監測數據達預警管理值時，應即時通知邊坡管理單位採取適當防災措施，預警通報發布應至少能以電子郵件、行動電話簡訊、電話傳真等方式，通知邊坡管理單位。

3.4 監測頻率

1. 於設計階段之手動監測頻率應以每一至三個月至少一次為原則，惟監測時間應根據天氣條件加以調整。半自動及自動監測系統之量測頻率，應至少為 30 分鐘一次，以掌握豪大雨狀況期間監測成果之完整性。其中，有關地下水位監測，應儘量採用半自動監測，以記錄降雨期間之地下水位連續變化。
2. 施工階段之監測頻率，以不低於設計階段為原則。監測系統設計者應考量施工期間之各項風險，適度增加監測頻率。
3. 管理維護階段之監測頻率，宜依邊坡危害度加以訂定。

【解說】

於設計階段，採手動監測方式之監測頻率應以每一至三個月至少一次為原則，惟監測時間應根據天氣條件加以調整。如在預期豪大雨事件發生前，應進行補充監測；於豪大雨事件結束後，在天候條件可行下，應立即再進行一次補充監測，以掌握在豪大雨發生期間之邊坡狀況。其中，有關地下水位監測，應儘量採用半自動監測，以記錄降雨期間之地下水位連續變化。

半自動及自動監測系統之量測頻率，以 10 分鐘監測一筆為原則，惟在電力供應較為匱乏之環境下，監測頻率可適度減少，但不宜超過 30 分鐘一筆資料，以掌握豪大雨期間監測成果之完整性。

於施工階段之監測頻率，應依施工進程及風險控管需要，訂定施工階段各項監測儀器之監測頻率。但由於施工過程中，邊坡產生不穩定之風險度較高，在基於保障施工人員及機具之安全考量下，監測系統設計者可視該邊坡之需要，提高監測頻率。

於管理維護之監測頻率，宜依邊坡危害度加以訂定，原則上變形徵兆愈明顯的邊坡，其監測頻率應愈高。監測結果有異常現象，或遭遇大豪雨、地震時，有必要立即將監測頻率調整為較密集，以有效監控物理量之變化趨勢。監測一定期間，確定物理量變化較小之項目，可適度將監測頻率調整較低，並對變化較大之項目加強頻率，以達到重點之量測。經長期監測，確定物理量變化已呈穩定之項目，可適度將監測頻率調整降低，以節省人力、資源。

3.5 監測期程

1. 設計階段之監測期程越長越好，以取得邊坡地下水位及位移變化資料，利於邊坡之穩定設計。若因設計階段時程受限，則應至少跨越一乾季一雨季。
2. 施工階段之監測期程，則應至少涵蓋整體施工期間。
3. 管理維護階段之監測期程，宜依邊坡危害度及活動性據以訂定。

3.6 監測管理值之訂定

邊坡管理單位應依據邊坡特性，訂定能合理反映危險潛勢之監測管理值，俾於監測達管理值時，能適時採取相對之因應對策，以維護邊坡工程設施及保全對象之安全。監測管理值不應一成不變，應依據所累積觀測資料，回饋檢討，適度調整。

【解說】

由於每處邊坡之特性各不相同，訂定監測管理值時須考量之因素甚多，本解說引用「由台灣監測案例探討邊坡位移量之管理值」(廖瑞堂等人，2013)之研究，提供管理值訂定時之參考。

主要考量因素：

1. 滑動型態：

不同災害型態需訂定不同的管理值，山崩、地滑或土石流的位移速率及滑動機制不同，需分別訂定。以順向坡平面破壞為例，其破壞型態係為一脆性破壞，當累積位移量尚小時，即可能會產生加速破壞；但若為深層滑動之地滑時，往往可以承受較大的邊坡位移量或位移速率而未破壞，曾有順向坡邊坡在測得水平位移量僅3~5cm後即快速崩壞之個案，在深層滑動之邊坡曾測得累積位移量1m以上，仍未產生加速破壞之情況。

2. 保全對象及危害度：

保全對象重要性不同，於一旦發生災害時，將造成不同程度之危害。例如：邊坡有高速公路或是高速鐵路通過，相較於一般鄉鎮道路，若發生坡地災害時，所造成之生命財產損失亦相對較高。

3. 儀器種類及自動化程度：

常用於監測邊坡水平位移的監測儀器有傾斜觀測管、地表伸縮計、孔內伸縮計等，而傾斜觀測管又分為插入型傾斜觀測管、定置型傾斜觀測管及管式應變計等，其中以手動插入型傾斜觀測管之監測精度最高，亦最為常用，但其自動化成本甚高，故往往採用手動方式監測。而當自動化程度越高，監測頻率亦越高，其結果亦較能完整反應邊坡行為，相較於手動監測，在訂定位移速率管理值，可較合理且精確地考量。

次要考量因素：

1. 不同工程階段(施工中或管理維護階段)：

一般施工中常有較多的監測儀器及專責人員進行監測，加上施工中常會對地盤進行填土或開挖，只要有加壓及解壓，地盤自然會變形反應，故在施工階段大都容許略大的變形，故管理值較大。

2. 工程設施的種類：

已施作工程設施(如地錨、抗滑樁、擋土牆等)之邊坡，可能在工程設施發揮作用後，而使得邊坡之滑動機制及可能破壞型態有所改變。故管理基準應根據工程設施完工後之邊坡可能滑動型態，加以檢討訂定。

3. 儀器精度、重複性或可能誤差：

儀器精度高，表示監測值將接近實際值；儀器之重複性高，則表示於重複測讀時，每次結果將十分相近。故管理值訂定時，需要儀器之精度、重複性及可能誤差納入考量。如部分自動化監測之儀器受溫度效應影響甚大，管理基準應考慮溫度效應，以避免誤判或假警報情形發生。

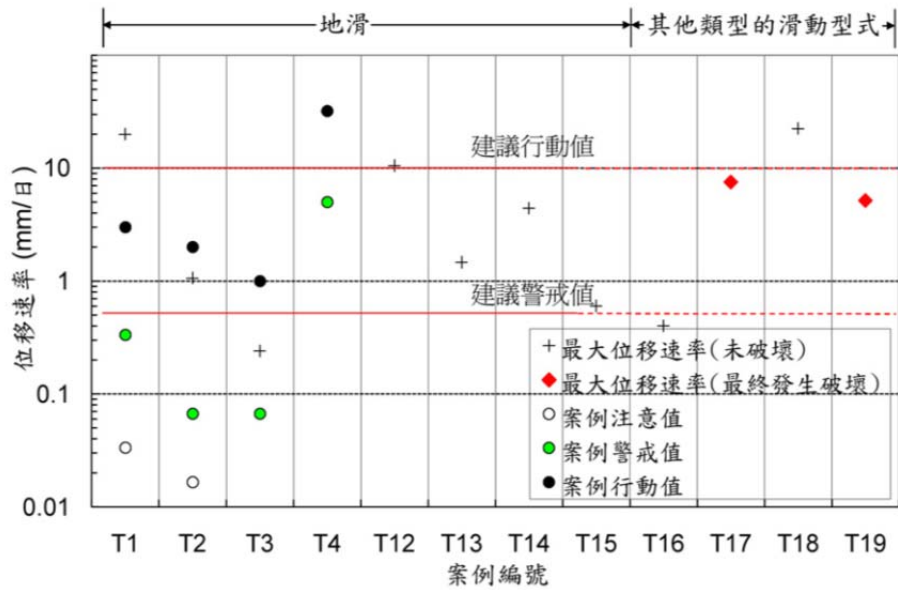
深層滑動或填土邊坡之管理值建議：

根據國內多處深層滑動的邊坡案例，以人工監測之傾斜觀測管量得之最大位移速率介於 10~20mm/日，且未發生大規模破壞，亦即類似的破壞模式在此位移速率下，仍不致於大規模的破壞，如圖 3.6.1 所示。故建議監測初期，邊坡位移量之行動值暫訂為 10mm/日，應屬合理。

在缺乏前期監測成果之情況下，各項管理值之代表意義及因應對策，執行初期可參考表 3.6.1 之建議。而監測管理單位宜根據個案之地質、可能滑動型態等條件加以檢討，在執行過程中，根據實際監測成果加以回饋分析及修正，使管理值更有代表意義。

本準則所述之監測管理值，僅適用於邊坡滑動之監測，其注意值、警戒值及行動值所代表之意涵，與開挖工程監測之管理值不同，而在不同邊坡監測個案中，也應視監測目的擬定合適之管理值及因應對策。因此，每一監測個案均有必要於相關之各項計畫書或成果報告中，敘明該個案之監測管理值所代表之意涵為何，以免造成誤解。

此外，監測管理值若以速率為單位時，其計算方式不宜直接將當次監測值與前測監測值之差值除以時間間距，因所得之計算結果往往只是儀器隨機誤差之差值。建議在計算前，首先應根據長期之監測成果，確認是否有持續性之變化趨勢(例如朝固定方向持續位移或傾斜)，一旦具有趨勢，再針對有變化趨勢之時段，計算變化速率之平均值；若無趨勢(例如數值平穩或來回震盪)，則計算變化速率並無實際意義，應於監測成果中註記為無趨勢，並視為無變化速率。



解說圖 3.6.1 國內多處深層滑動邊坡案例之最大位移速率

解說表 3.6.1 深層滑動或填土邊坡執行初期之位移監測管理值建議

滑動型態	深層滑動或填土邊坡		
	注意值	警戒值	行動值
管理值建議	2(mm/月)	0.5(mm/日)	10(mm/日)
代表意義	邊坡已開始滑移或走走停停緩慢移動中	邊坡等速率滑移中	邊坡滑移速率加速，瀕臨破壞
監測對策 (建議範例)	檢查監測系統有無異常 加強目視檢視及監測	提升自動化監測頻率	採嚴密之監測頻率 及回傳
因應對策 (建議範例)	進行邊坡穩定調查及評估 提出補強改善規劃	研擬緊急應變對策 進行邊坡緊急補強 長期補修同時進行	人員車輛必須疏散 撤離

註：1.順向坡平面滑動不宜採用

2.本表之管理值以速率為單位，計算速率時，應視監測成果是否確實有持續變化趨勢，若有，應針對有變化趨勢之時間區段進行平均計算；若無明顯趨勢，則應視為無變化速率。

3.7 監測管理值及應變措施

邊坡或其工程設施發生異常情形，可能造成邊坡破壞或其工程設施功能快速下降，故邊坡管理單位應就每一個邊坡之監測管理值，訂定相對行動之處理應變措施，以應預警防災之需。

3.8 監測報告

監測作業應由具監測技術之專職工程師負責執行，監測報告應包括初始值報告及監測成果報告，監測報告亦應由專業技師負責撰寫，統整分析各項監測成果，研判邊坡穩定狀況，並針對異常現象給予處理對策及建議。

【解說】

監測作業之執行，應由具監測技術之專職工程師負責執行。監測報告應包括初始值報告及監測成果報告，監測報告之撰寫，亦應由專業技師整理監測期間之各項儀器監測成果，加以統整分析，研判邊坡於監測期間之穩定狀況，並針對異常現象給予對策建議。監測報告之內容，至少應包括：

1. 監測廠商。
2. 計畫區歷程：說明歷次監測期程或相關整治工作。

解說表 3.8.1 計畫區歷次相關工作一覽表

階段	計畫名稱	執行時間	工作項目及內容	現場整治工程
第一階段	○○○	○○~○○	○○○○	○○○○
第二階段	○○○	○○~○○	○○○○	○○○○
第三階段	○○○	○○~○○	○○○○	○○○○

3. 監測儀器配置平面及剖面圖：底圖以採實測地形圖為主，若無實測地形圖，則應採航空影像圖，以能清楚標示儀器位置。另各儀器應彙整歷次監測期程、設置地點及使用現況。

解說表 3.8.2 監測儀器配置平面及剖面圖格式

配置圖	標示項目	內容
平面圖	地形底圖	實測地形圖或航空影像圖
	圖例標示	各儀器代表圖示
	儀器名稱	各儀器名稱及編號
	設置位置	各儀器設置位置
	方位標示	指北針圖示
剖面圖	剖面底圖	主要剖面圖繪製
	作標高程	包含縱座標及橫坐標
	儀器位置	儀器設置地點套繪
	監測成果	儀器監測成果套繪
	相對位置	主要建物設施標示
	推估滑動面	以套繪之監測成果進行研判

解說表 3.8.3 計畫區歷次監測期程表

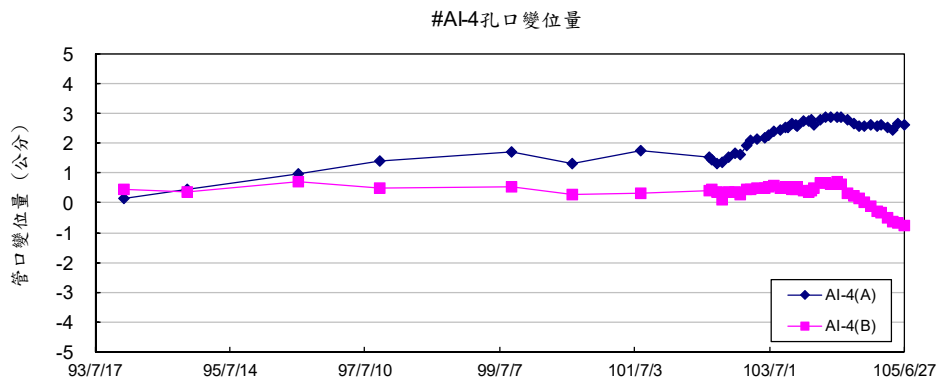
安裝時間	儀器名稱	儀器編號	設置地點	X 座標	Y 座標	觀測期間	現況
○年○月	○○○	○○	○○○	○○	○○	○○~○○	X
○年○月	○○○	○○	○○○	○○	○○	○○~○○	○
○年○月	○○○	○○	○○○	○○	○○	○○~○○	○

4. 監測期間之現場事件說明：載明於監測期間發生於邊坡現場之特殊事件，如颱風、豪雨、地震、施工地點及內容等。

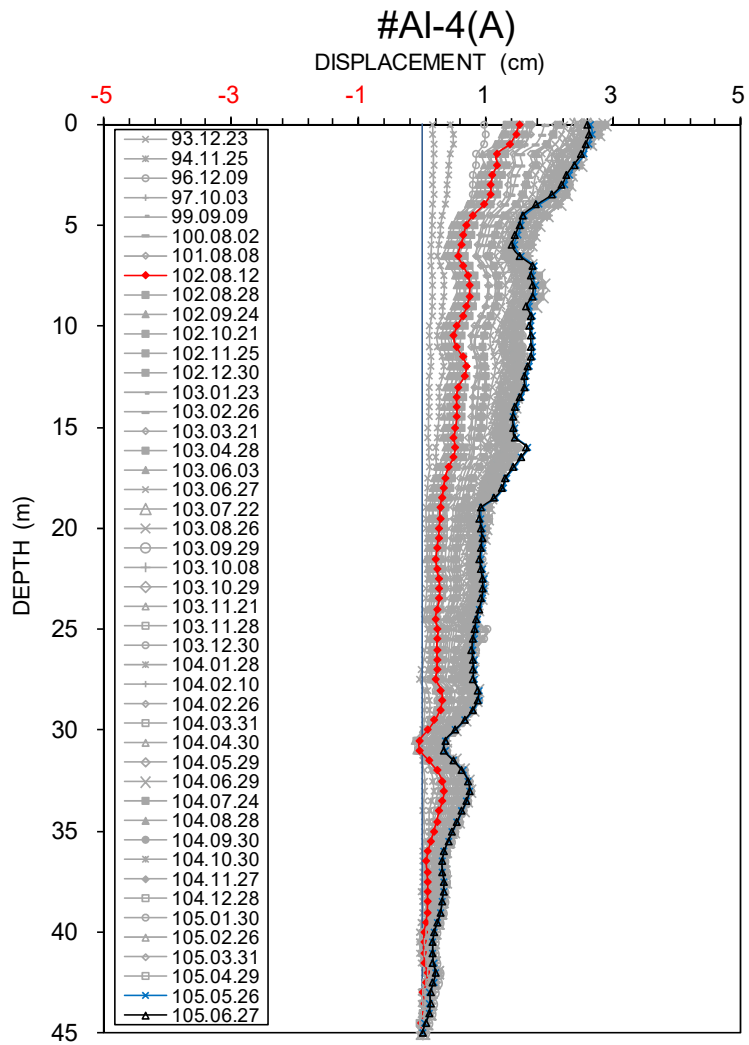
解說表 3.8.4 特殊事件說明

發生日期	事件名稱	等級或規模	影響期間
○年○月○日	○○颱風	○度	○月○日~○月○日
○年○月○日	○○地震	○級	○月○日
○年○月○日	○○豪雨	降雨量○○mm	○月○日~○月○日

5. 各分項監測儀器監測成果：監測成果應儘量以歷時曲線方式表示，歷時區間應自監測作業開始至今為原則(即包含初始值、監測日期及變化量)，以清楚表示該儀器於各期間之監測成果。監測成果圖應標示現場特殊事件之發生期間，如有儀器損壞或故障情形，亦需一併標示。



解說圖 3.6.2 傾斜觀測管孔口位移歷時曲線圖



解說圖 3.6.3 傾斜觀測管位移歷時曲線圖

6. 監測儀器維護與保養：例行性針對各監測站(儀器)進行維護及保養，以表持良好監測成果品質。

解說表 3.8.5 定期維護工作報告單

案 名：○○○○○○○○計畫

保養人員：○○○

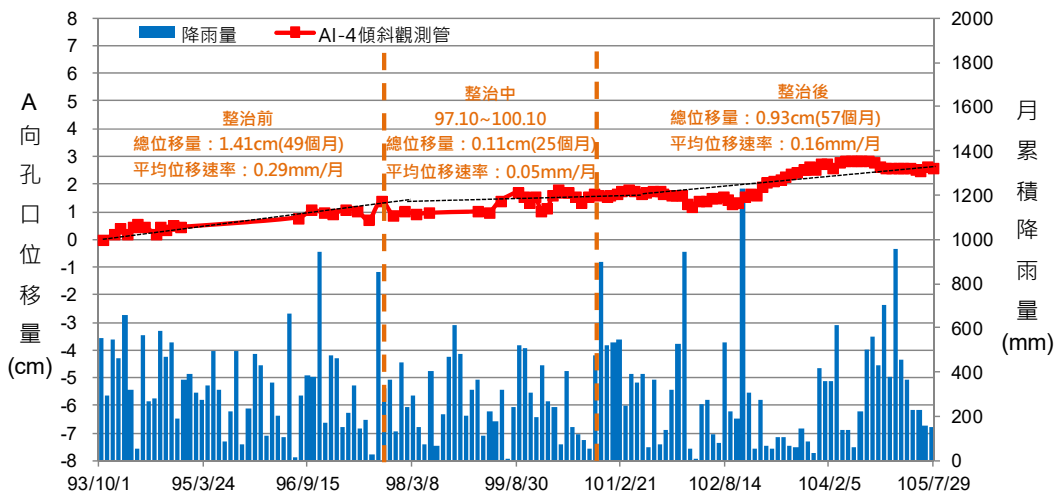
會同人員：○○○

保養日期：○年○月○日

項目		結果	
		正常	異常
一、系統保養	1. 檢查監測站外觀是否清潔或遭受損壞，並予以清潔整理。	■	<input type="checkbox"/>
	2. 檢查蓄電池電力及接頭是否正常，並予以清潔整理。	■	<input type="checkbox"/>
	3. 檢查監測站內部儀器是否有受潮情形，並予以擦拭乾淨。	■	<input type="checkbox"/>
	4. 檢查監測站內散熱系統是否正常，並予以故障排除。	■	<input type="checkbox"/>
	5. 檢查監測站連線是否正常。	■	<input type="checkbox"/>
	6. 檢查監測站資料擷取模組作用是否正常。	■	<input type="checkbox"/>
二、儀器維護測試	1. 測試○○儀器是否正常。	■	<input type="checkbox"/>
	2. 測試○○儀器是否正常。	■	<input type="checkbox"/>
	3. 測試○○儀器是否正常。	■	<input type="checkbox"/>
	4. 測試○○儀器是否正常。	■	<input type="checkbox"/>
	5. 檢查線路是否正常。	■	<input type="checkbox"/>
特殊狀況處理或異常情形說明：		異常處理說明或照片	
1. 各監測儀器正常運作中。			

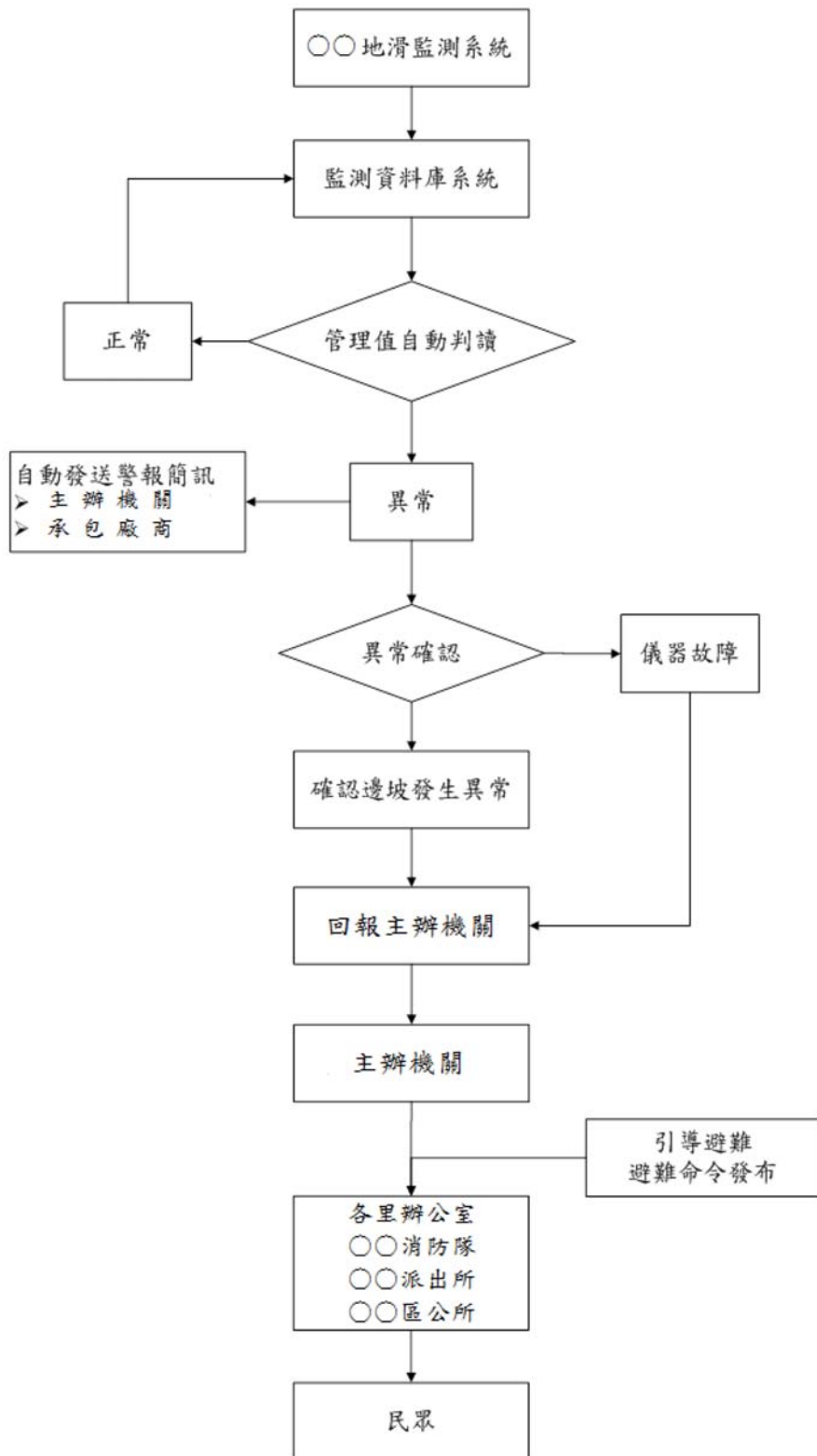
7. 邊坡整體穩定性研判：

彙整各類型儀器之監測成果(如雨量、位移量.....等)，綜合研判邊坡長期之穩定性，如曾進行相關整治工程亦可標示整治時程一併比對。



解說圖 3.6.3 整治前後位移速率變化圖

8. 異常時緊急應變措施及處理建議：包含邊坡不穩定及監測系統異常之處
理建議流程。



解說圖 3.6.4 緊急應變流程示意圖

第四章 監測系統維護

4.1 說明

為確保邊坡監測系統維持正常運作，邊坡管理單位應擬定監測系統維護計畫，定期進行儀器、設備及系統維護，耐久性及穩定性係監測系統能否發揮預警防災功能的重要關鍵。

【解說】

邊坡管理單位應擬定監測系統維護計畫，訂定儀器設備使用年限及校正頻率，定期進行儀器、設備保養檢查及系統維護、測試等工作，以確保邊坡監測系統維持正常運作。

4.2 定期維護及檢測

監測儀器、設備應設置保護裝置，並定期進行儀器、設備維護、檢查及系統維護、測試等工作，確保監測系統能維持正常運作。

【解說】

監測系統宜每 2~3 個月至少進行一次例行系統維護檢查工作，包括設備外觀及零件保養維護檢查、系統維護測試等二項。一旦系統發生故障等情事，即可迅速予以檢測及修復。

維護及檢查工作主要係針對現場儀器及設備，然若監測方式係採自動化監測系統者，則應包括後端之資料處理伺服器。現場設備檢查目的，乃為確保儀器可正常讀取監測值並傳回伺服器，同時檢視監測對象週邊環境是否有不利於監測對象安全或系統運作之因素；伺服器功能檢查目的，則為確保監測資料可正常且即時呈現於系統網頁，供查詢及分析。

4.3 使用年限及校正頻率

為確保邊坡監測系統正常運作，宜訂定監測儀器設備使用年限及校正頻率。

【解說】

1. 使用年限

監測相關設施大都安裝於環境條件甚為惡劣之戶外，其使用年限易受溫度變異、高濕度、動植物等因素影響，故大部分儀器製造商之相關文件均未明訂或建議使用年限。參考類似邊坡安全監測案例，監測設施若在良好防護機箱保護，且未受人為或天災事件損壞情形下，

自動化監測儀器大都為電子零件，其使用年限一般約 3~5 年，最長使用紀錄甚至有達 5~8 年以上；至於手動監測儀器，大多為管材或機械構造，其耐久性較高，不易損壞，一般壽命可達 5~10 年。以傾斜觀測管為例，係為 ABS 塑膠或鋁質管材，耐久性高，其損毀大都係邊坡位移量過大，或遭人為施工所破壞，另外常用的結構物傾度盤，主體係為銅質的銅盤，耐久性高，但常因支撐的鐵架銹蝕鬆動後喪失功能。故在海邊或需長期監測之個案，其支持架有必要採用不銹鋼材質，以延長使用壽命。當監測設施達使用年限或有異常訊號出現時，應予汰換或更新。

此外，在選擇監測儀器或相關設備的材質時，須詳加考慮現場環境條件，例如在溫泉區使用鋁質 ABS 材質傾斜觀測管，管材可能因高溫腐蝕而變形，因此不可貿然將常用之儀器規格套用於所有個案。

2. 校正頻率

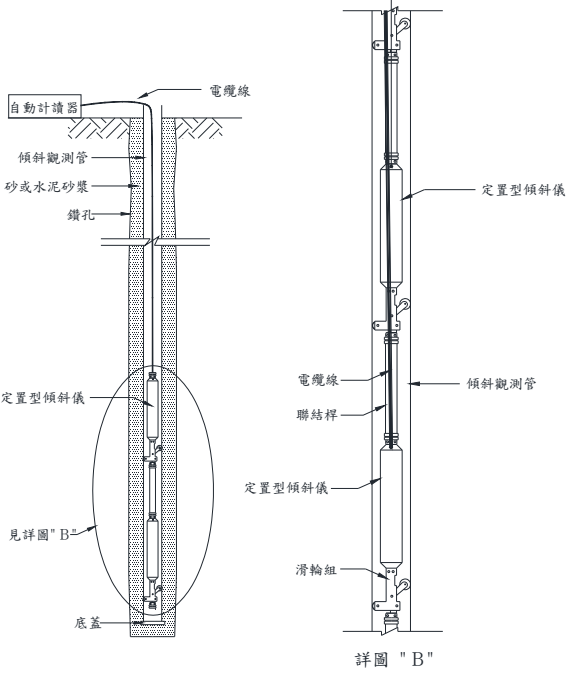
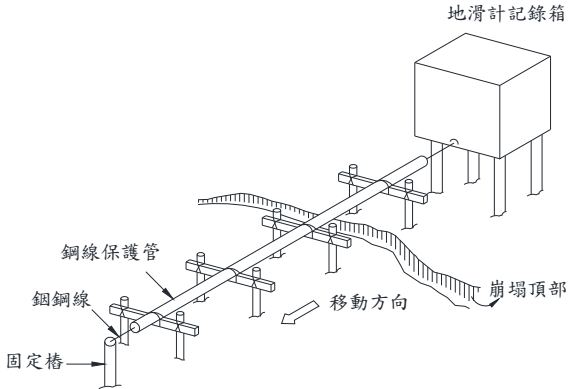
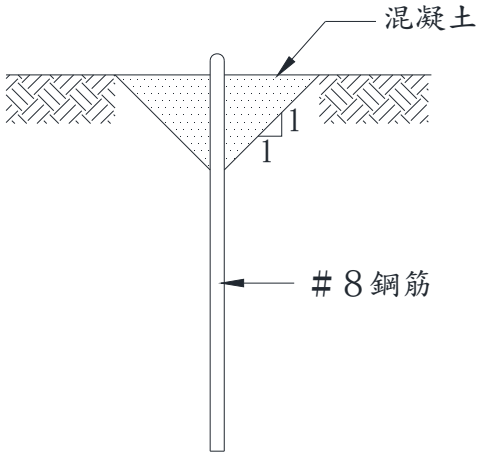
手動監測設備（如傾斜儀量測儀器），因感測器之精確度影響監測成果甚大，故應定期進行校正，以減少儀器誤差，避免誤判。校正之頻率建議每 1 年至少一次。然若該感測器使用頻度大或觀測結果有異常且有無法解釋之現象者，應加密其校正頻率。

參考文獻

- 中華民國大地工程學會，”公路邊坡工程設計規範(草案)”，2015。
- 中華民國大地工程學會，”公路邊坡大地工程設施維護與管理規範(草案)”，2015。
- 交通部，”公路邊坡工程設計規範”，2015。
- 交通部，”公路邊坡大地工程設施維護與管理規範”，2015。
- 行政院農業委員會水土保持局，”土石流災害預報與警報作業手冊”，2013。
- 青山工程顧問有限公司，”九份地層滑動監測與評析第七期計畫第三年度監測成果報告”，2016。
- 國立交通大學防災工程研究中心，”道路邊坡高效能監測系統研究與崩塌預警基準制定”，交通部研究報告，2002。
- 廖洪鈞、廖瑞堂，”坡地社區開發安全監測手冊”，內政部營建署營建自動化專案計畫報告，2000。
- 廖瑞堂、徐振煌、陳昭維，“自動化監測系統於山坡地防災之應用”，土木水利，第35卷第2期，45~53頁，2008。
- 廖瑞堂、陳昭維、紀宗吉、林錫宏，“由台灣監測案例探討邊坡位移量之管理值”，地工技術，第136期，59~70頁，2013。
- 日本(財)高速道路調査会，“地すべり危険地における動態観測施工に関する研究(その3)”，日本道路公団委託，1988。
- 日本(社)地すべり対策技術協会，“地すべり対策技術設計実施要領(第2分冊)--地すべり調査工事”，1982。

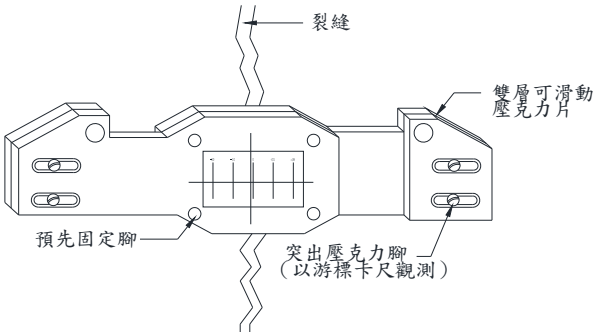
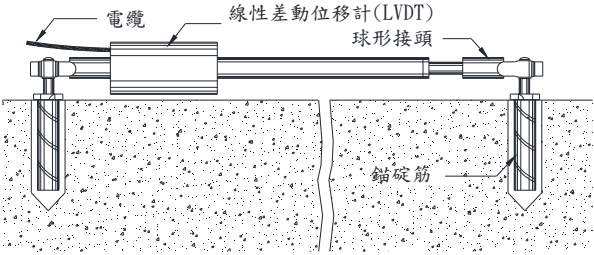
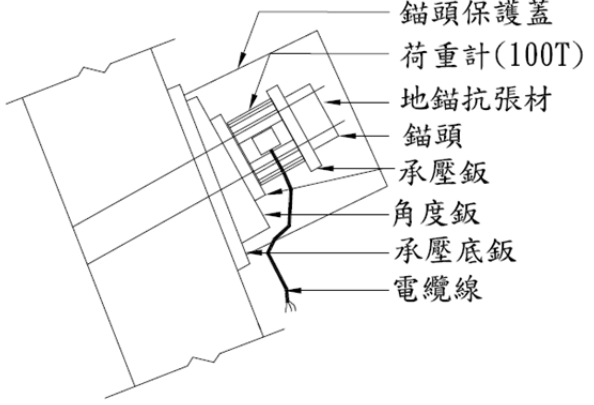
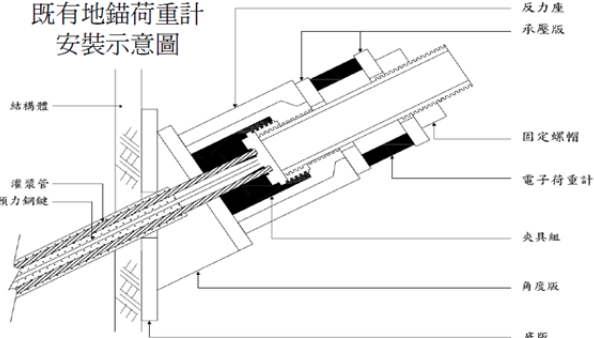
附錄 A 山坡地各種監測儀器及設施參考圖

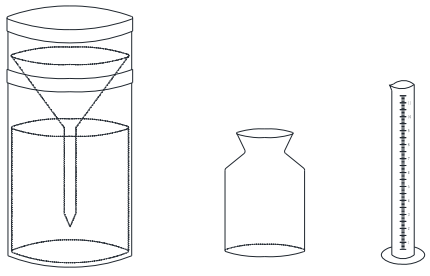
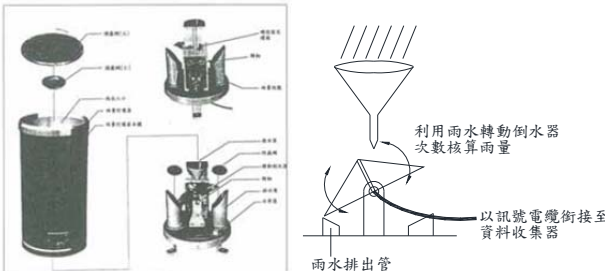
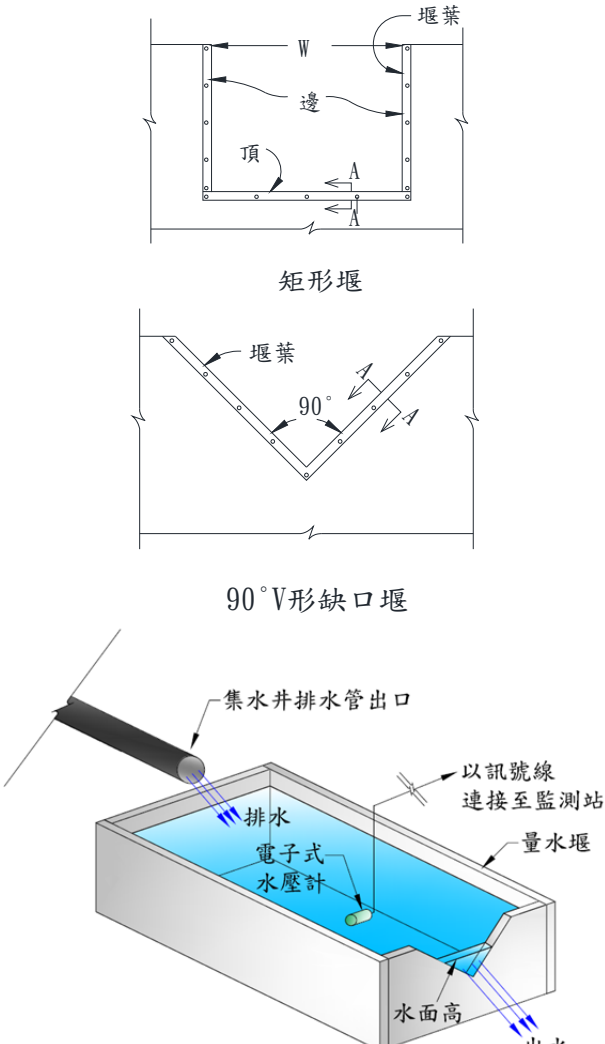
項目	儀器	示意圖
邊坡變位	<p style="text-align: center;">插入型傾斜儀 (傾斜觀測管、傾 度管、測傾管) (手動)</p>	
	<p style="text-align: center;">管式應變計 (手動或自動)</p>	

項目	儀器	示意圖
	定置型傾斜儀 (自動)	
	地表伸縮計 (地滑計) (手動或自動)	
	地表沈陷點 (沉陷釘) (手動)	 <p style="text-align: center;">地表沉陷釘</p>

項目	儀器	示意圖
		<p style="text-align: center;">沉陷觀測點</p>
地下水位 或水壓	水位觀測井 (可置入水位計或 水壓計) (手動或自動)	
	開口式水壓計 (可置入水位計或 水壓計) (手動或自動)	

項目	儀器	示意圖
結構物 傾斜	盤式傾斜計 (手動)	
	電子式 結構物傾斜計 (手動或自動)	
擋土壁 應力	鋼筋計 (手動或自動)	

項目	儀器	示意圖
裂縫寬度	裂縫計 (手動)	
	電子式裂縫計 (手動或自動)	
地錨荷重	地錨荷重計 (手動或自動)	 <p style="text-align: center;">新設地錨安裝荷重計</p>
		 <p style="text-align: center;">既有地錨安裝荷重計</p>

項目	儀器	示意圖
雨量	雨量計 (手動)	 <p>(a)雨量計 (b)集水瓶 (c)雨量器</p>
	雨量計 (手動或自動)	 <p>利用雨水轉動倒水器 次數核算雨量</p> <p>以訊號電纜銜接至 資料收集器</p> <p>雨水排出管</p>
排水系統 流量	三角堰 或矩形堰 (手動或自動)	 <p>堰葉</p> <p>W</p> <p>邊</p> <p>頂</p> <p>A</p> <p>矩形堰</p> <p>堰葉</p> <p>90°</p> <p>90°V形缺口堰</p> <p>集水井排水管出口</p> <p>排水</p> <p>電子式 水壓計</p> <p>以訊號線 連接至監測站</p> <p>量水堰</p> <p>水面高</p> <p>出水</p> <p>置入水壓計或水位計，可進行自動化監測</p>

附錄 B 山坡地監測儀器規格建議

表 B-1 常見山坡地監測儀器及設施規格參考表(手動量測部分)

觀測項目	觀測儀器	量測範圍	精度	耐用性	備註
邊坡位移	插入型傾斜儀	±30 度	±5mm/25m	◎	管材參考規格： 1. ABS 材質 2. 外徑 69~90mm 3. 四個互成 90 度正交之溝槽，3m 直線之旋轉角小於 1 度。
	地表伸縮計	≥5cm	±0.2mm	◎	
	地表沈陷點	無限制	±2mm~5mm (視轉點次數而定)	◎	以水準儀量測
地下水水位 或水壓	水位觀測井	視井深而定	±1cm	◎	建議採用外徑大於 38mm 之 PVC 管，開口率大於 3%，外覆砂網或不織布
	開口式水壓計	視水壓計深度而定	±1cm	◎	建議採用外徑大於 19mm 之 PVC 管，透水佳之水壓計本體
結構物傾斜	盤式傾斜計	±30 度	±20 秒	◎	
擋土壁應力	鋼筋計	±4, 200kg/cm ²	±1.0% F. S.	○	
裂縫寬度	裂縫計	±5cm	±0.1mm	○	
地錨荷重	地錨荷重計	1.5 倍~2 倍 設計拉力	±1% F. S.	○	
雨量	雨量計		0.5mm 或 1.0mm	◎	
排水系統 流量	三角堰 或矩形堰	2 倍設計流量	±10% F. S.	◎	

說明：◎耐用性佳 ○耐用性可 △耐用性尚可

如經費受限時，得採用傾斜觀測管管身開孔，兼作水位觀測井使用。

表 B-2 常見山坡地監測儀器及設施規格參考表(自動化監測部分)

觀測項目	觀測儀器	量測範圍	精度	耐用性	備註
邊坡位移	定置型傾斜計	±30 度	該點±0.2mm	○	1. 感測器費用甚高 2. 管材參考規格： (1)ABS 材質 (2)外徑 69~90mm (3)四個互成 90 度正交之溝槽，3m 直線之旋轉角小於 1 度。
	地表伸縮計	>5cm	±0.2mm	◎	
	管式應變計	±10,000 μ	±0.5% F.S.	△	耐久性較差
地下水位或水壓	水位觀測井	視井深而定	±10cm	○	1. 利用電子式水壓計量測。 2. 管材建議採用外徑大於 38mm 之 PVC 管，開口率大於 3%，外覆砂網或不織布。
	電子式水壓計	視水壓計深度而定	±10cm	○	
結構物傾斜	電子式結構物傾斜儀	±40 分~±5 度	±8 秒	◎	
擋土壁應力	鋼筋計	±4,200kg/cm ²	±1.0% F.S.	○	
裂縫寬度	電子式裂縫計	±5cm	±0.1mm	○	
地錨荷重	地錨荷重計	1.5 倍~2 倍設計拉力	±1% F.S.	○	
雨量	雨量計		±3% F.S.	◎	
排水系統流量	自記式水位計	2.0 倍設計流量	±10% F.S.	◎	

說明：耐用年限受防護條件與現場狀況之影響甚大。

◎耐用性佳 ○耐用性可 △耐用性尚可

表 B-3 山坡地監測後端系統軟體規格建議表

項目	用途	建議規格或功能
監測成果網頁	呈現監測成果圖表，供相關單位瀏覽。	程式語法以 HTML 為主，視需求配合 ASP.NET 等其他技術。
監測成果整合程式	將監測數據彙整存入資料庫，並提供資料查詢功能。	<ol style="list-style-type: none"> 1.必須能查詢各監測儀器在指定時間(時段)之監測值或監測成果圖。 2.程式語言不限，惟必須能在一般伺服器作業系統下運作，例如 Windows 7~10 版本，或 Winsows Server 2008~2016 等版本。 3.如以單一程式不易滿足所需功能，可以二個以上程式配合執行，不限於單一程式。
資料庫	存放監測數據，並提供監測成果網頁及監測成果整合程式查詢資料。	<ol style="list-style-type: none"> 1.須採用一般商用或可取得之開放軟體，例如 Microsoft SQL Server、MySQL 等。 2.資料庫中所有數值及字串不得以特殊型式存放，例如二進位值等，亦不得編碼或加密等，應使相關單位查詢時直接呈現直觀可理解之資料，例如十進位數字及一般中英文字。 3.以具備自動定時備份功能之軟體為佳。

附錄 C 山坡地監測系統執行成果參考案例

一、前言

1.1 計畫緣起：

包含計畫執行背景、計畫區現況、計畫目的、主辦機關、承包廠商、計畫相關歷程等簡述說明。

1.2 工作內容：

根據契約之要求，說明計畫工作內容。

二、邊坡現況概述

簡述邊坡現況，如不穩定表徵、前期監測成果、滑動機制、相關整治工程等。

三、監測工作概述

2.1 監測系統：

詳細說明建置之監測系統架構、儀器種類、數量等，並繪製監測儀器配置圖(應包含平面圖及剖面圖)，其相關標繪示意圖及格式，例如圖 C-1、C-2 及表 C-1；而儀器說明部分則應包含儀器種類、數量、建置時間、建置地點及安裝現況等，並詳述儀器規格、量測範圍、精度、可能誤差及儀器照片等相關資料，例如表 C-2、C-3。

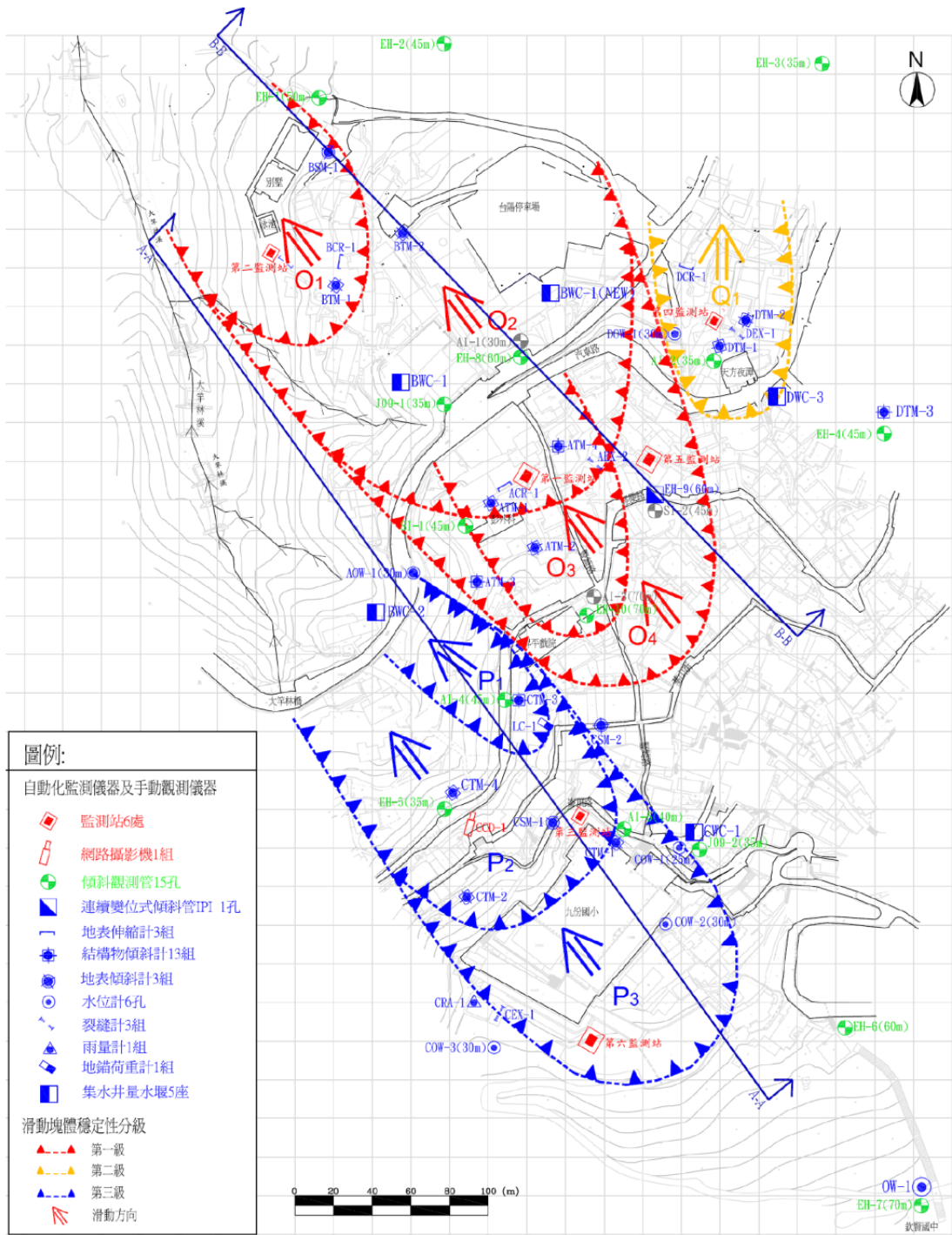


圖 C-1 監測儀器平面配置圖

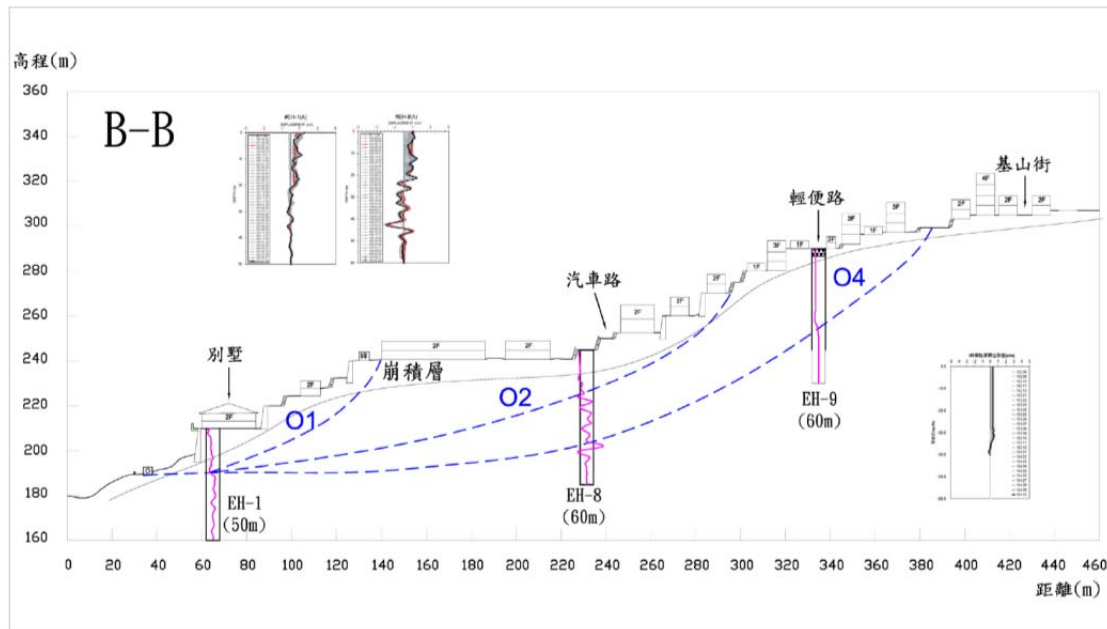
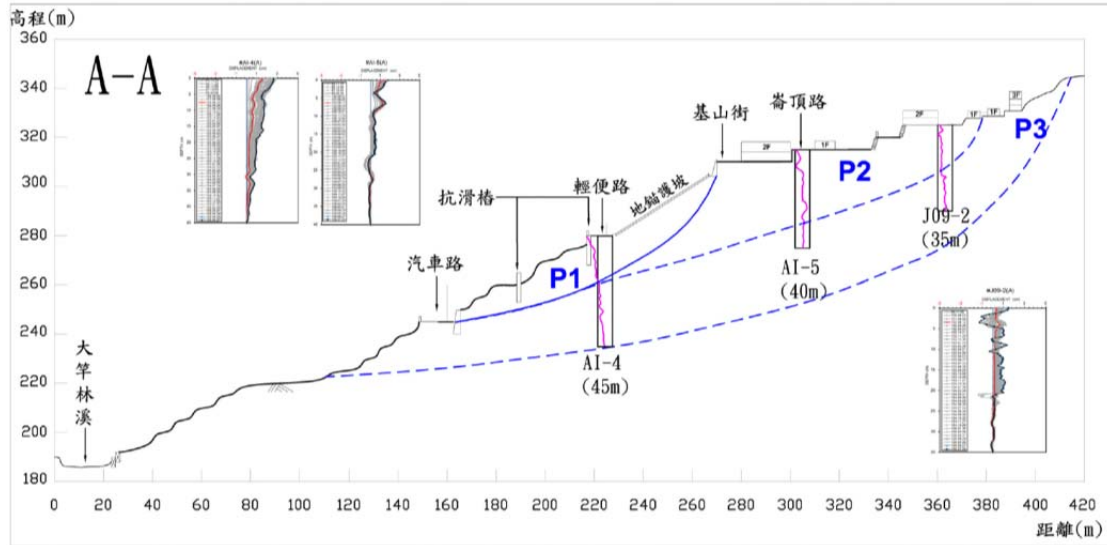


圖 C-2 監測儀器剖面配置圖


表 C-1 監測儀器配置圖格式(包含平面圖及剖面圖)

配置圖	標示項目	內容
平面圖	地形底圖	實測地形圖或航空影像圖
	圖例標示	各儀器代表圖示
	儀器名稱	各儀器名稱及編號
	設置位置	各儀器設置位置
	剖面標示	標示剖面圖之切線
	方位標示	指北針圖示
剖面圖	剖面底圖	主要剖面圖繪製
	作標高程	包含縱座標及橫坐標
	儀器位置	儀器設置地點套繪
	監測成果	儀器監測成果套繪
	相對位置	主要建物設施標示
	推估滑動面	以套繪之監測成果進行研判

表 C-2 監測儀器種類及數量表

儀器種類	數量
雨量計	1 組
地下水位計	6 支
雙軸傾斜計	16 組
地表伸縮計	3 組
裂縫計	3 組
地錨荷重計	1 組
網路攝影機	1 部
定置型傾斜觀測管(IPI)	12 組
傾斜觀測管	19 孔

表 C-3 雨量計主要規格表

型式	傾斗式	
口徑	200 mm	
1 傾斗雨量	0.5 mm	
訊號	接點訊號	
材質	不鏽鋼、銅	
其他	具水準氣泡、排水通氣孔防蟲網	

2.2 監測頻率

說明監測系統之監測頻率，不同監測方式(如人工手動、半自動或全自動化)應分列說明之。

2.3 管理基準及預警通報

說明各項監測儀器訂定之管理值，及其對應之因應對策，例如表 C-4、C-5 所示。並說明監測值達到管理基準時之預警通報流程及方式，例如圖 C-3 所示。

表 C-4 管理值標準

儀器名稱	預警值	警戒值	行動值
傾斜觀測管 (邊坡位移)	略有一定位移趨勢 大於 0.5mm/月	有一定位移趨勢 大於 2mm/月	1mm/日 或 10mm/月
地表伸縮計	略有一定位移趨勢 大於 0.5mm/月	有一定位移趨勢 大於 2mm/月	1mm/日
地表傾斜儀	略有一定傾斜傾向 大於 30 秒/月	向固定方向傾斜 大於 300 秒/月	40 秒/日
結構物傾斜儀	略有一定傾斜傾向 大於 30 秒/月	向固定方向傾斜 大於 300 秒/月	40 秒/日
地下水位計	較常時上升 5 公尺	—	—
地錨荷重計	大於 1.2Tw(72T)或 小於 0.5Tw(30T)	—	—
雨量計	30mm/時或累積 100mm/24 小時	—	—

表 C-5 管理值因應對策

	預警值	警戒值	行動值
意義	<ol style="list-style-type: none"> 當觀測值大於預警值，表示邊坡已略有不穩定徵兆。 觀測結果已超出設計標準，具較高潛在之危險。 	<ol style="list-style-type: none"> 邊坡或擋土牆已確定為不穩定。 	<ol style="list-style-type: none"> 邊坡或擋土措施已發生位移情形或已瀕臨破壞。
因應對策	<ol style="list-style-type: none"> 需加強監測頻率，並密切注意其變化趨勢。 需檢討影響邊坡穩定之各項因子，評估其長期安全性。 	<ol style="list-style-type: none"> 需立即進行緊急補強及長期整治。 需施以更密集的觀測頻率，監測邊坡的安全。 	<ol style="list-style-type: none"> 觀測值有明顯加速現象時，人員必須強制疏散。

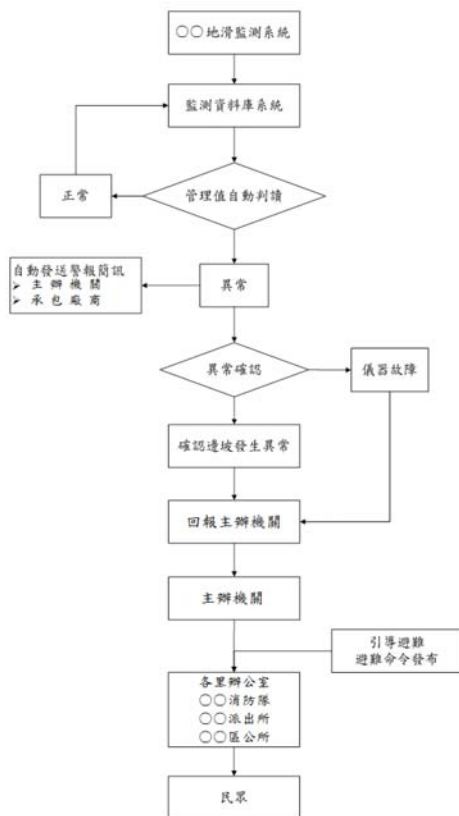


圖 C-3 預警防災監測系統執行流程示意圖

四、監測成果研判及分析

簡要說明本計畫監測相關時程，包含因特殊因素(如豪雨、地震)啟動之加強監測(例如表 C-6)，並於以下章節分別說明各項監測成果。

表 C-6 監測工作歷程表

監測期程月份	監測年度		
	第一年度 (102/08~103/07)	第二年度 (103/08~104/07)	第三年度 (104/08~105/07)
8 月	初值(102/08/12) 8 月監測(102/08/28)	103/08/26	104/08/28
9 月	102/09/24	103/09/29 103/10/08(加強量測)	104/09/30
10 月	102/10/21	103/10/28	104/10/30
11 月	102/11/25	103/11/28	104/11/27
12 月	102/12/30	103/12/30	104/12/28
1 月	103/01/23	104/1/28	105/1/30
2 月	103/02/26	104/02/26	105/2/26
3 月	103/03/21	104/03/31	105/3/31
4 月	103/04/28	104/04/30	105/4/29
5 月	103/06/03	104/05/29	105/5/26
6 月	103/06/27	104/06/29	105/6/27
7 月	103/07/22	104/07/24	105/7/29

3.1 降雨量及地下水位監測成果

統計監測期間之降雨量(如有颱風、豪雨等重要降雨事件，應一併標記於監測圖形)，並配合地下水位之監測成果進行說明及比對分析。

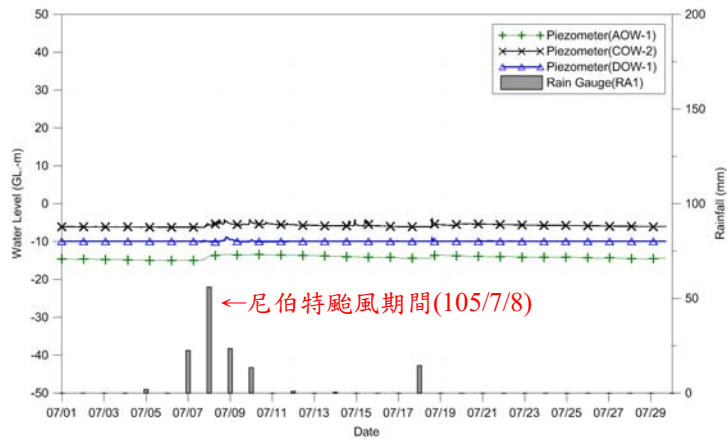


圖 C-4 降雨量與地下水位變化關係圖

3.2 邊坡穩定監測成果

綜合各項監測成果提出綜合比對及研判，監測成果圖展示儘量以歷時曲線方式表示，歷時區間應自監測作業開始至今為原則(即包含初始值、監測日期、位移深度及變化量)，以清楚表示該儀器於各期間之監測成果(例如圖 C-5、C-6、C-7)，並評估邊坡穩定狀況(變化趨勢)及提出研判結果，若曾進行相關整治工程亦可標示整治時程，並套繪相關監測儀器進行綜合比對分析，以研判施工前、後之影響變化(圖 C-8)。

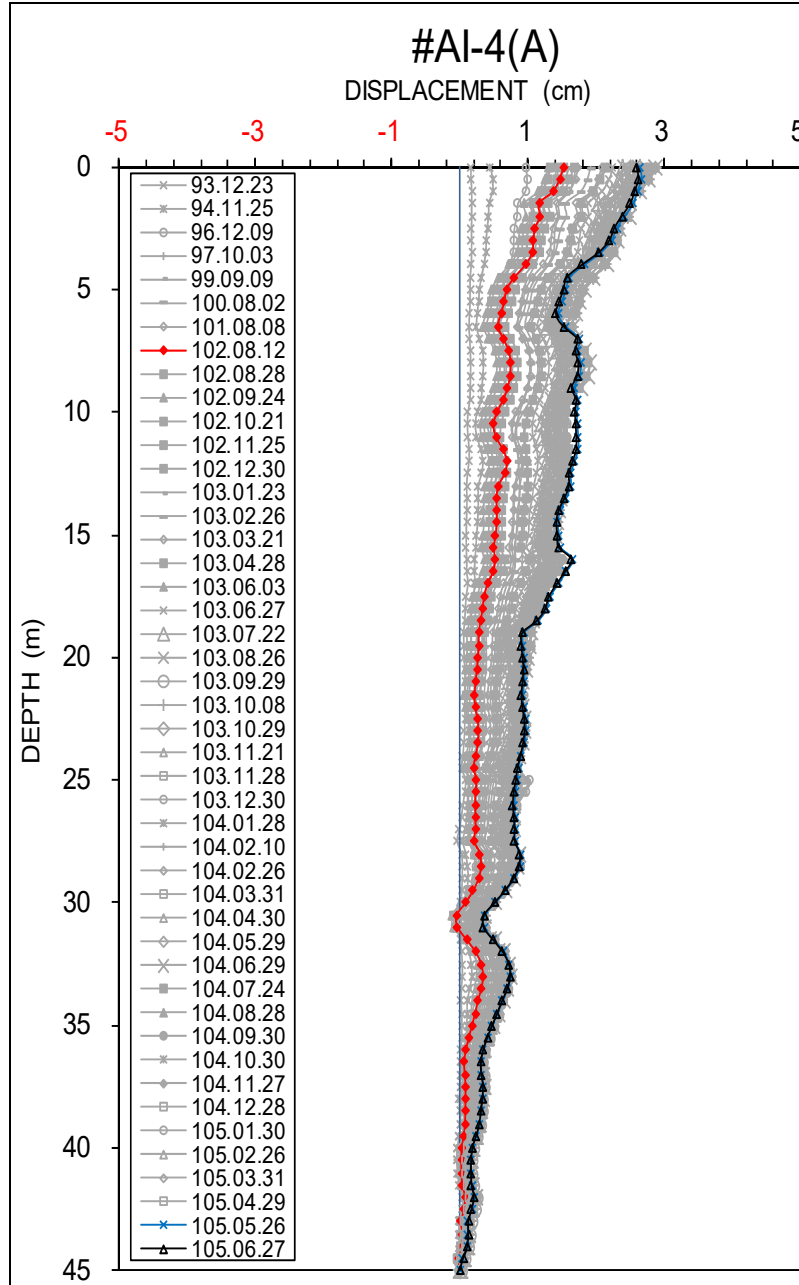


圖 C-5 傾斜觀測管位移曲線圖

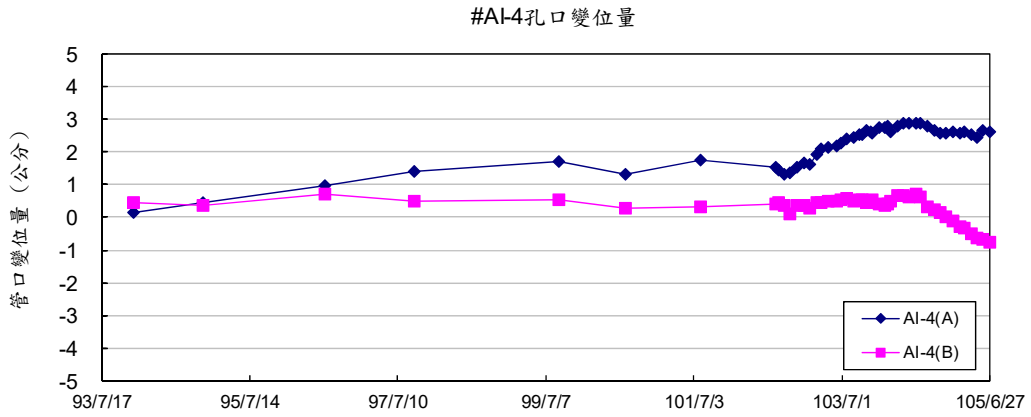


圖 C-6 傾斜觀測管孔口位移歷時曲線圖

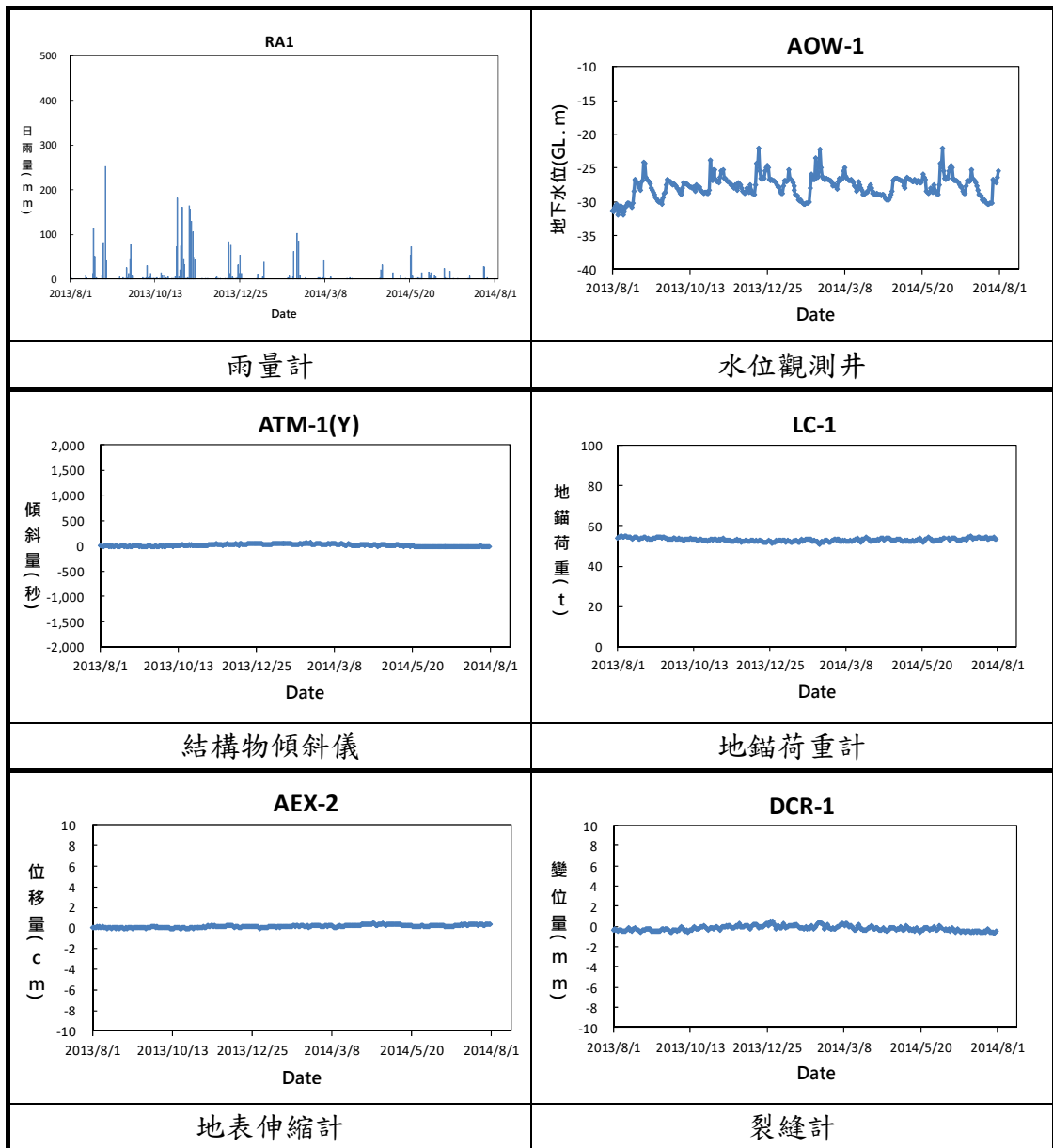


圖 C-7 各式自動化監測儀器成果圖

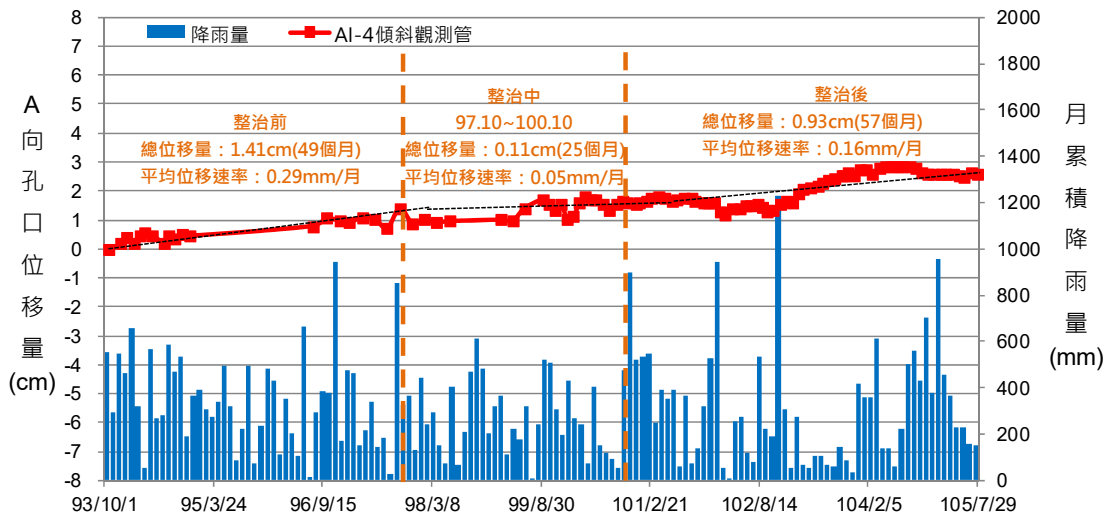


圖 C-8 整治前後位移速率變化圖

五、系統維護與保養

承包商應依「定期保養工作報告單」(詳)項目,進行每次例行保養維護工作,以確保觀測系統之各項功能均能正常運作,維持監測成果之正確性,例如表 C-17。

表 C-7 定期維護工作報告單

案 名：○○○○○○○計畫

保養人員：○○○

會同人員：○○○

保養日期：○年○月○日

項目		結果	
		正常	異常
一、系統保養	1. 檢查監測站外觀是否清潔或遭受損壞,並予以清潔整理。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2. 檢查蓄電池電力及接頭是否正常,並予以清潔整理。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3. 檢查監測站內部儀器是否有受潮情形,並予以擦拭乾淨。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4. 檢查監測站內散熱系統是否正常,並予以故障排除。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5. 檢查監測站連線是否正常。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6. 檢查監測站資料擷取模組作用是否正常。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
二、儀器維護測試	1. 測試○○儀器是否正常。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2. 測試○○儀器是否正常。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3. 測試○○儀器是否正常。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4. 測試○○儀器是否正常。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5. 檢查線路是否正常。	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
特殊狀況處理或異常情形說明： 1. 各監測儀器正常運作中。		異常處理說明或照片	

六、結論與建議

根據各項儀器之監測成果，綜合研判監測期間之邊坡穩定情形，並分析造成邊坡不穩定之可能原因及機制，並據以提出後續應辦理之建議(如後續補充監測建議、整治或補強建議等)。