

# 坡地場址調查觀測及變形機制分析(3/5)

## 一、摘要

台灣本島係由歐亞板塊和菲律賓海板塊相互擠壓成形，造就出陡峻之地形與脆弱多變之地質環境。近年由於全球氣候異常，頻繁之颱風豪雨及地震活動，受災範圍與程度均遠較過去為烈，以致山崩土石流等自然災害頻傳。因此，如何有效掌握山崩災害之破壞機制與影響範圍，以提供災損評估及作為防災減災之參考，實為今日防災工作上的一項重要課題。雖然導致山崩災害的因素甚多，但降雨是公認誘發山崩的顯著因子之一。一般而言，降雨入滲會導致淺層土壤含水量與基質吸力改變、單位重增加或抗剪強度下降，長期浸潤時則可能造成地層材料弱化或岩層潛變行為，進而導致坡地產生不同類型之災害型態。山崩災害之破壞機制與影響範圍會受地形、地質、地下水位(壓)變化、地層參數等條件而異，因此場址地質及水文特性之調查、現地觀測、數值模型建置及模擬實為釐清破壞機制所不可獲缺的重要工作。

爰此，本計畫共分5年，逐年挑選不同場址執行。前年度(106)計畫執行場址編號為D160之茶山潛在大規模崩塌地，去年度(107)計畫執行場址編號為D008之車心崙潛在大規模崩塌地，今年度(108)計畫場址選擇位於宜蘭縣大同鄉，編號為D007之梵梵潛在大規模崩塌地。為能釐清坡地淺層不飽和土體及深層重力變形之破壞機制，本計畫主要工作項目包含：(一)坡地場址地質調查、(二)三維水文地質模型建立及驗證、(三)三度空間坡地活動性評估系統建置、(四)動態水文條件下之破壞力學分析、(五)車心崙場址持續觀測及回饋分析等。預期透過本計畫於坡地場址之水文地質調查、觀測及數值模擬成果，可整合空間分布之水力條件、變形行為及破壞模式，以探討及驗證坡面淺層破壞與深層滑動之可能情境及模式。

## 二、計畫範圍與工作項目

### 坡地場址地質調查

1. 地表地質調查
2. 地質鑽探
3. 孔內探測與試驗
4. 地電阻剖面法
5. 主動/被動表面波震測法
6. 室內土壤及岩石試驗
7. 岩體透水係數推估



### 三維水文地質模型建立及驗證

1. 三維水文地質概念模型建立
2. 三維地下水模式參數率定與驗證
3. 三維地下水流場分析

### 三度空間坡地活動性評估系統建置

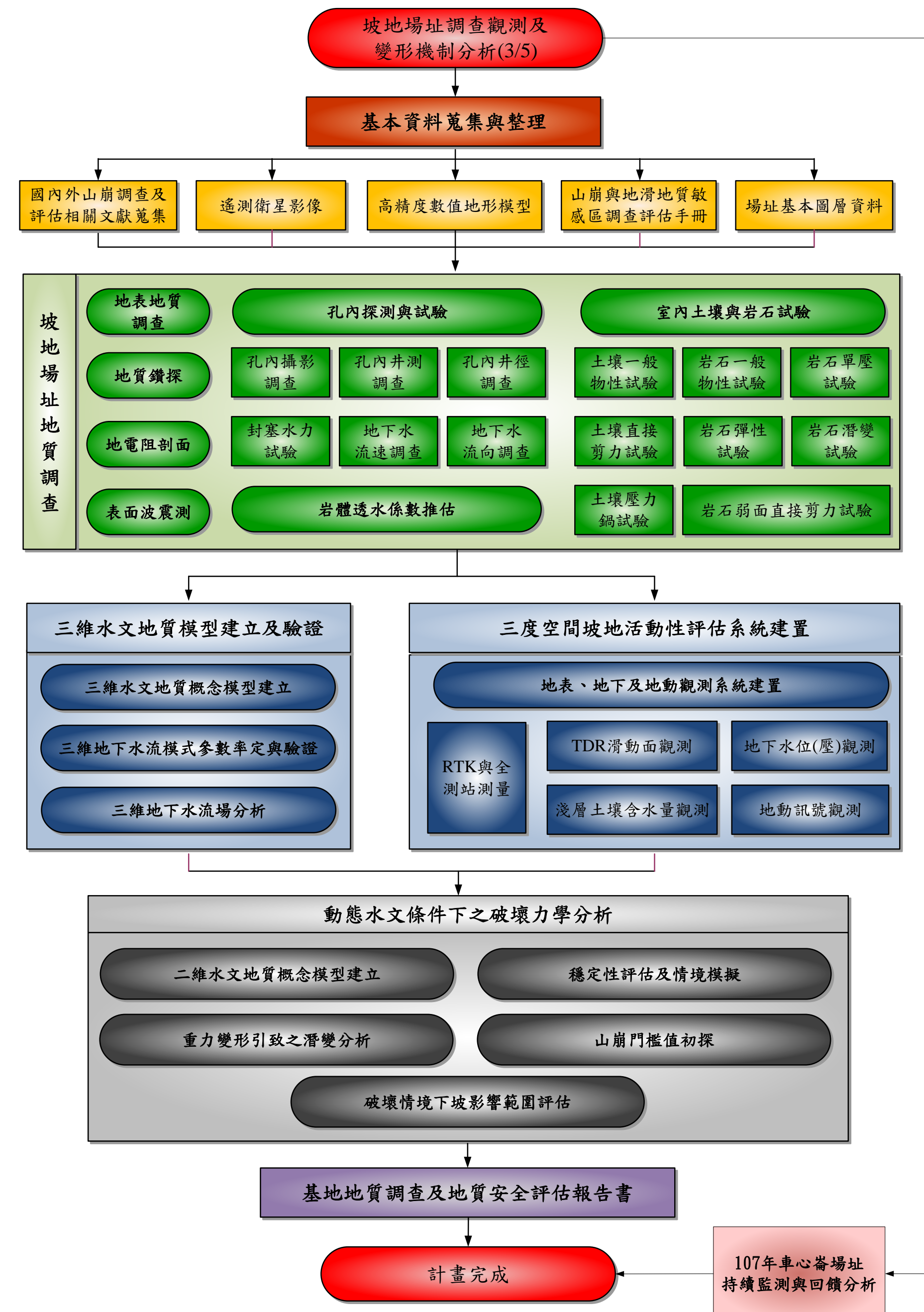
1. 地表觀測系統
2. 地下觀測系統
3. 地動觀測系統

### 動態水文條件下之破壞力學分析

1. 二維水文地質概念模型建立
2. 穩定性評估及情境模擬
3. 重力變形引致之潛變分析
4. 山崩門檻值初探
5. 破壞情境下坡影響範圍評估
6. 基地地質調查及地質安全評估報告

### 車心崙場址持續觀測與回饋分析

## 三、計畫流程



## 四、研究成果(1/2)

### 坡地場址地質調查(1/2)

本計畫先透過現況資料收集及多時期航空照片立體對，除瞭解調查場址現況、地形變化、崩塌歷史以及區域線形分布外，再配合地表地質調查(含區域調查及細部調查)，建立本場址的地質模式，地表地質圖如圖1。

場址上邊坡為緩傾角的變質砂岩夾板岩，下邊坡側為板岩，板岩理呈現約70度的高傾角，調查未見牛門斷層，但岩性確實呈現不連續之狀況，在地電阻探測結果亦呈現不連續情形，且電阻值呈明顯差異，故由地電阻剖面推判牛門斷層可能通過位置。由地表地質調查及地質鑽探推判，本區大致可區分為五層，分別為變質砂岩夾板岩(Mss)、板岩層(SI)、沖積層(a)、崩積層(Col)、蝕溝沖積扇堆積層(f)，岩心柱狀圖如圖2。

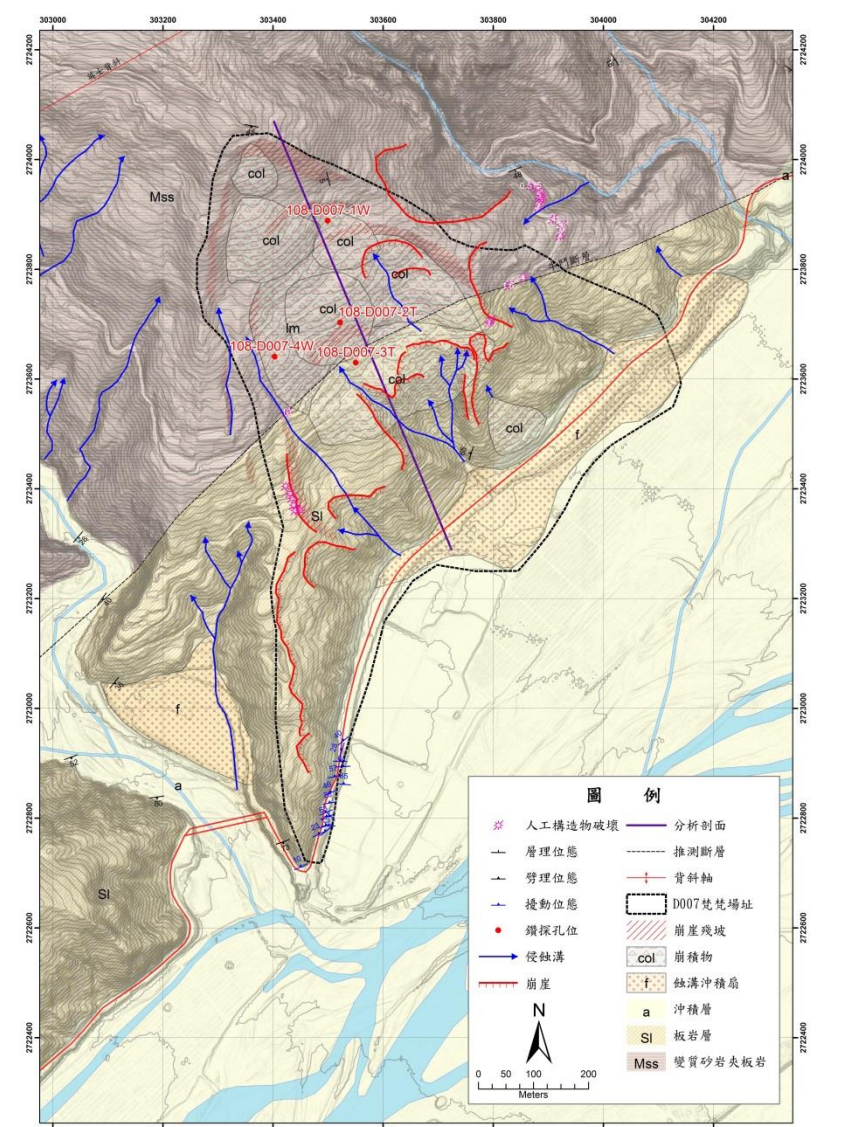


圖1 D007梵梵場址地表地質圖

由日治舊地形圖(1916)即可見下邊坡側的侵蝕溝；至近約40年來，邊坡破壞多集中於場址下邊坡，即早期重力變形的板岩區，且多為颱風大雨引致，然而上邊坡側則少有事件發生，僅有接近坡腹區域往鑽孔108-D007-2T的農路北側有局部崩塌，而誘發機制推估為侵蝕溝沖蝕所致。

為充分掌握D007梵梵場址之水文地質特性，本計畫另執行2孔孔內探測調查(圖3、圖4)、4條地球物理探測線(含地電阻及表面波震測法，如圖5)、25組室內力學試驗等調查工作，將鑽探「點」資料提升為探測「線」及剖「面」資訊，除銜接後續場址水文地質概念模型建置工作外，同時建立本場址沿著潛在滑動方向的地質剖面圖(圖6)及各地層之水文地質特性參數。

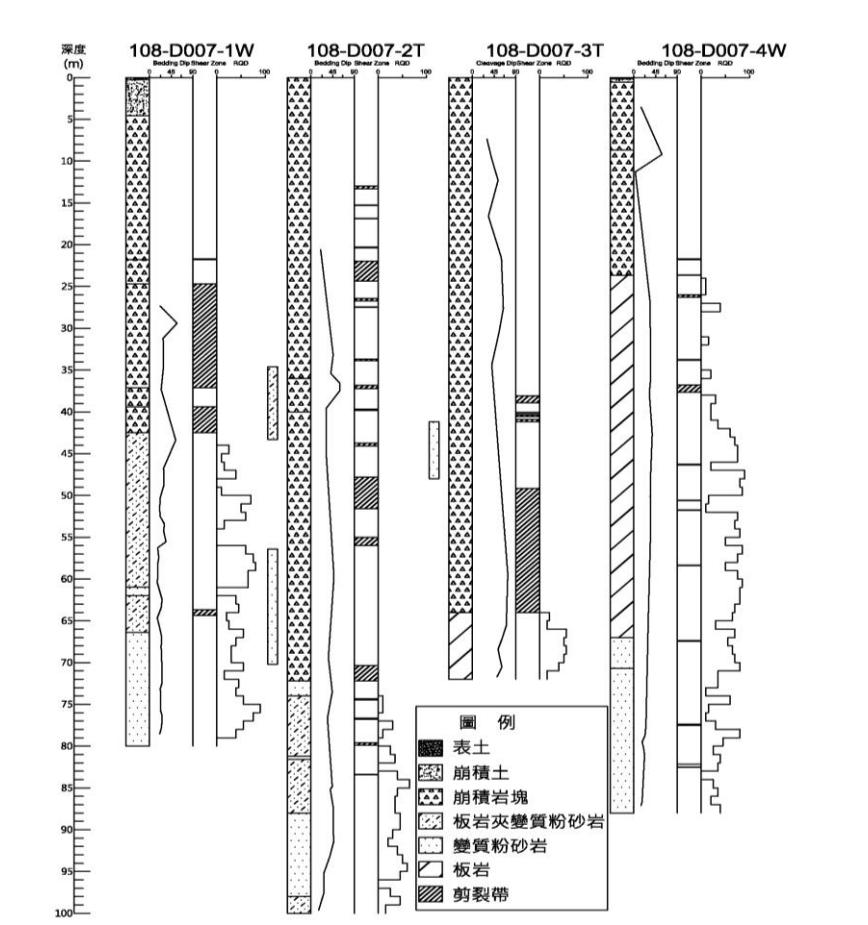


圖2 鑽孔岩心柱狀圖

## 四、研究成果(2/2)

### 坡地場址地質調查(2/2)

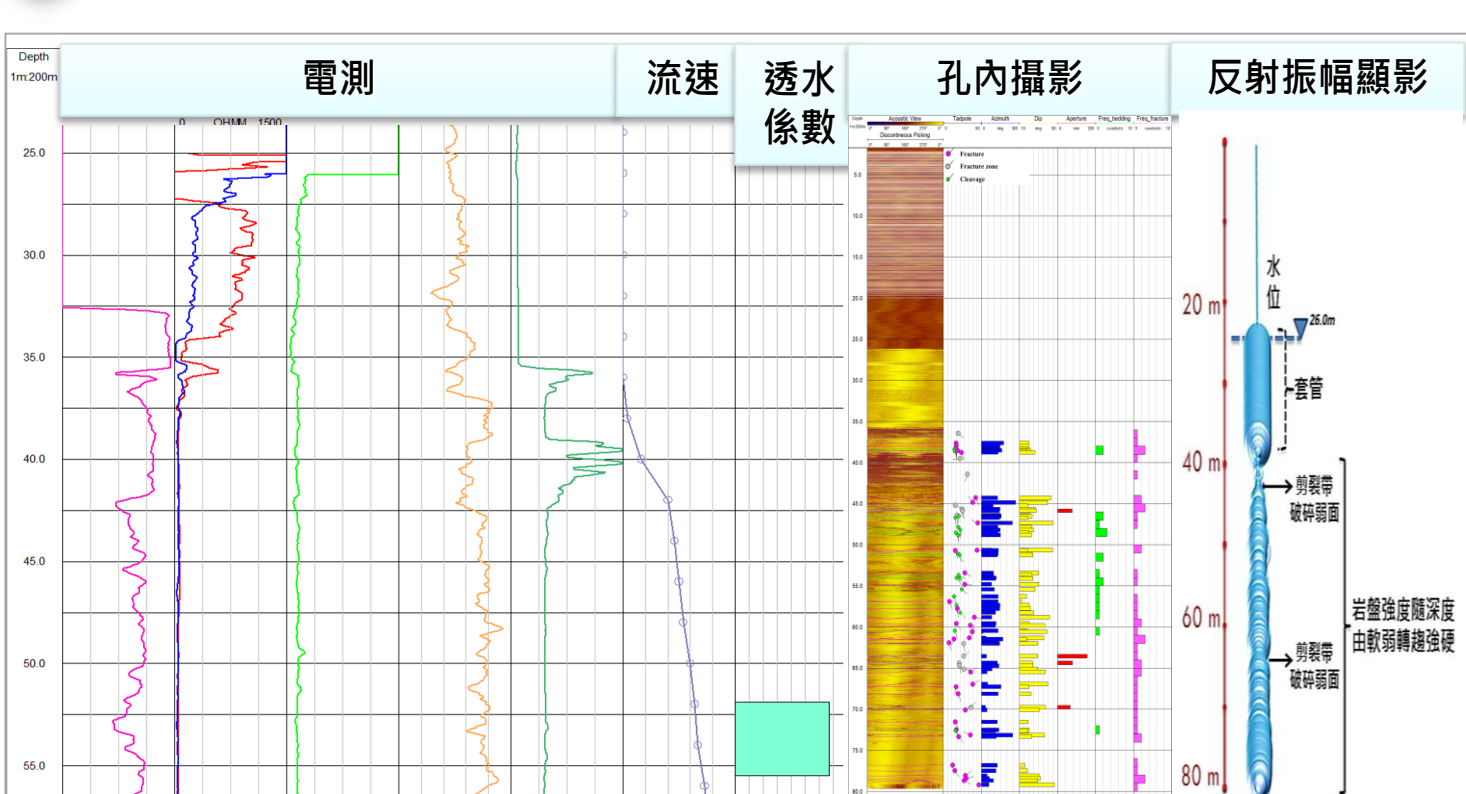


圖3 孔內探測調查成果

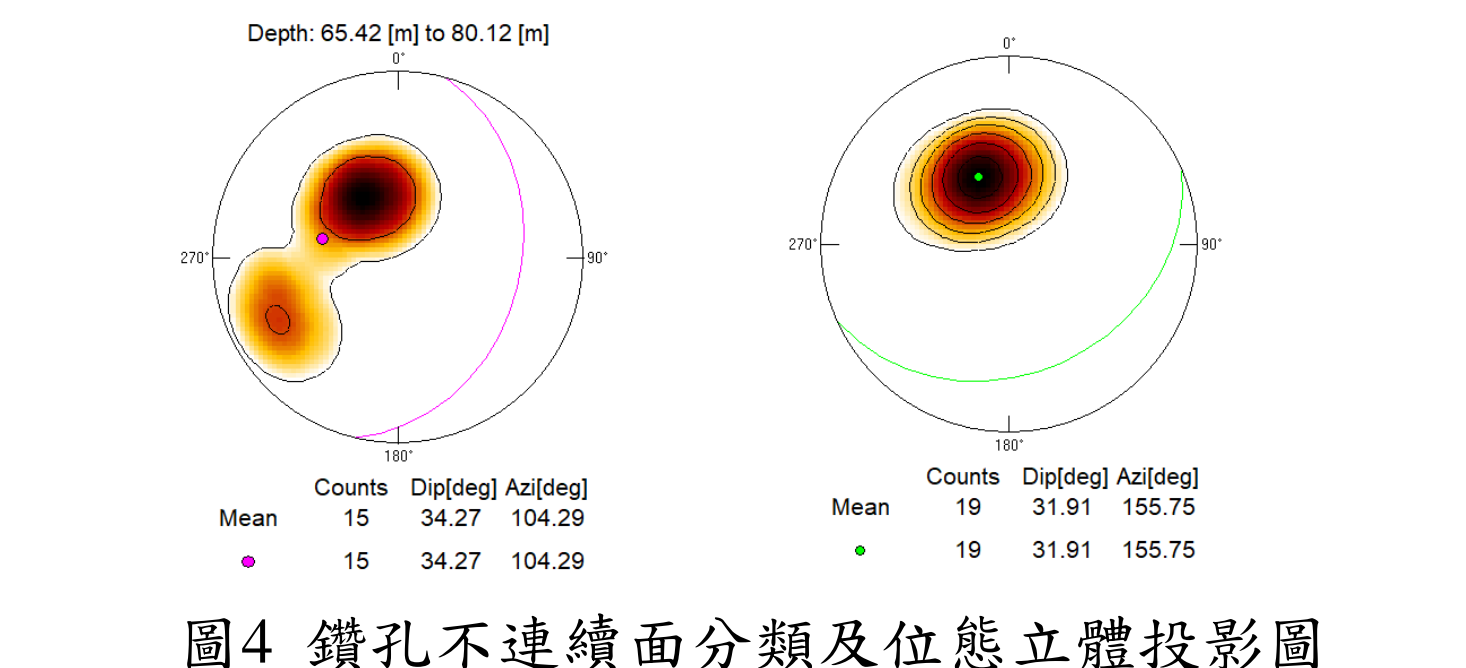


圖4 鑽孔不連續面分類及位態立體投影圖

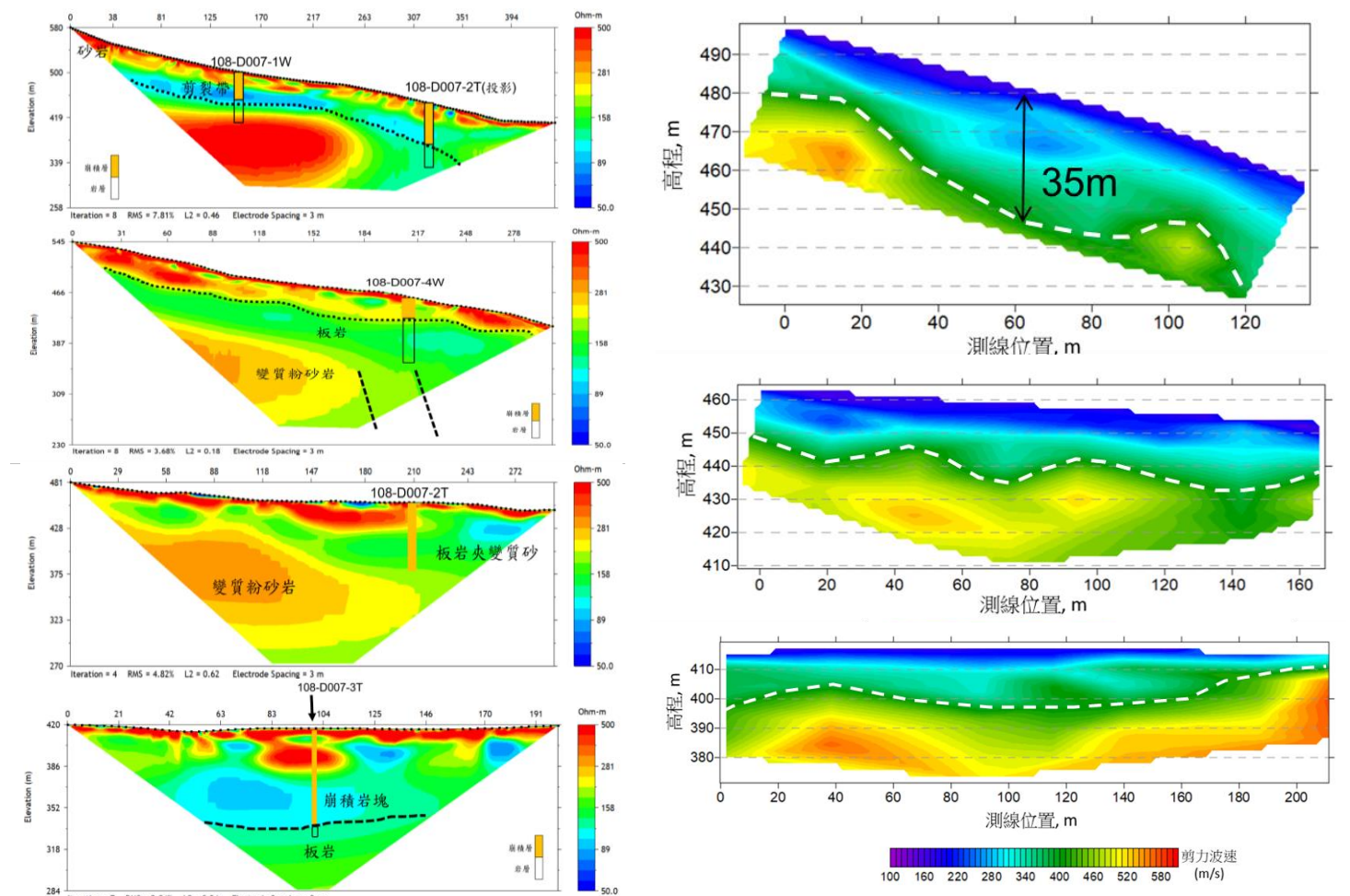


圖5 地電阻及表面波震測剖面

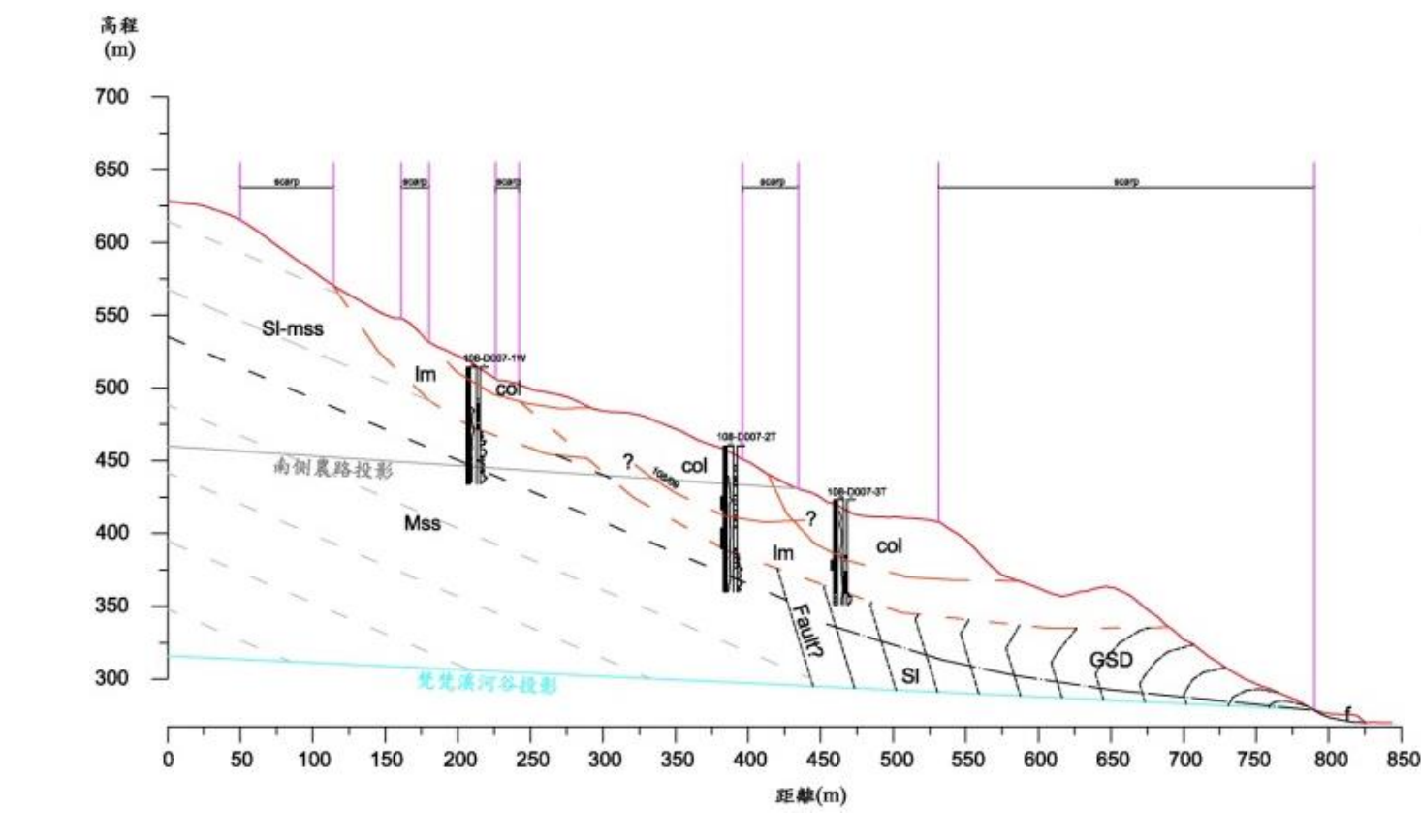


圖6 地質剖面圖

### 三維水文地質模型建立及驗證

本計畫透過數值地形、場址地質調查及孔內探測成果，完成D007梵梵場址之三維水文地質模型，搭配室內試驗(包含壓力鍋試驗、土壤一般物性試驗)及現地試驗(水力試驗)所獲得之水文地質參數，即完成D007梵梵場址之淺層三維地下水數值模型，可用於模擬降雨入滲、未飽和及飽和地層之滲流行為。

本計畫利用前述現階段現場蒐集之觀測資料進行模式分析，完成模式初步率定工作並獲取反算參數及穩定地下水流場(圖7)。此外，分析成果包含常時水位及高水位的三維地下水流場及土壤含水量之空間分布，相關成果提供後續邊坡穩定性分析使用。

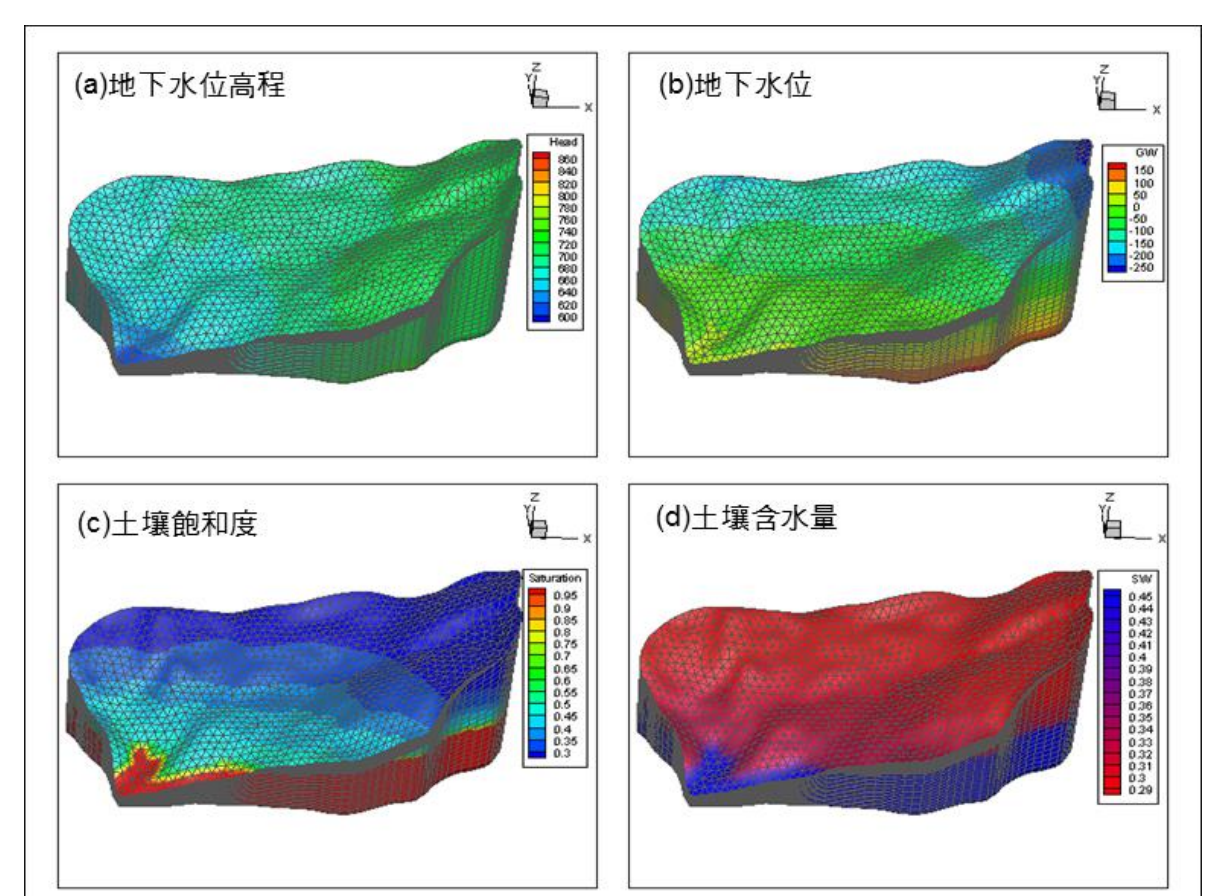


圖7 三維地下水流場變化

### 三度空間坡地活動性評估系統建置

為更細緻化釐清D007梵梵場址活動性，本計畫建置一套三度空間坡地活動性觀測系統，觀測項目包含：(A) 地表觀測系統；(B) 地下觀測系統；(C) 地動觀測系統。

本計畫今年度地表觀測系統新增靜態基線測量，以米塔颱風為例，增加GPS移動式觀測點位，並結合RTK靜態測量與既有之單頻GPS資料，計算出在梵梵上邊坡的區域有明顯的向東南移動與沉降趨勢，可達數公分的量值(圖8)。

圖8 地表觀測成果

地下水觀測結果(圖9)顯示，水位面抬升速度差異主因為入滲速度和常時地下水位面之差異，如上邊坡(108-D007-1W)之水位面於降雨事件之峰值發生後約四日後才爬升到區間最高值，坡腹(108-D007-4W)之水位面於降雨事件之峰值發生後兩日內達到區間最高值。

TDR坡地地體剪動監測在108-D007場址成功在108-D007-2T的剪帶帶觀測到地層滑動(圖10)，且觀測到兩次降雨事件後數日內出現地層剪動訊號，可回饋予三維水文地質模型驗證及地動觀測參考。

地動觀測系統之震波速度變化研究成果顯示，單站法用於監測地下水位優於雙站法，其dv/v變化與特定深度地下水水位變化呈現高度相關。

另配合梵梵場址108-D007-2T鑽探孔內觀察到TDR有剪動現象。本計畫發現dv/v於TDR剪動前有增加現象，在TDR剪動後dv/v先是下降，並於數日後轉為上升趨勢(圖11)。上述dv/v變化皆可在頻率範圍2-6 Hz及6-10 Hz觀察到。進一步分析，推估可能地剪動深度在21 m位置類似的dv/v的變化現象亦在107-D008車心崙場址V04單站法10-14 Hz的頻段範圍成果出現。配合鑽探岩芯資料，推估可能為淺層的剪動行為造成。

### 動態水文條件下之破壞力學分析

綜整文獻回顧及D007梵梵場址特性，本年度採用HydroGeoSphere軟體進行三維地下水流場分析，GeoStudio軟體進行淺層不飽和土分析，FLAC軟體進行深層重力變形分析，RAMMS軟體進行土砂運移分析。

淺層不飽和土分析成果顯示(圖12)：(A) D007梵梵場址於常時及高水位情境下，各區所得安全係數皆大於1.0，初步判別屬於相對穩定狀態；(B) 地震情境(0.32 g)下，坡腹崩滑體的部分塊體恐有崩塌之虞，崩塌量體約為1,639,650 m<sup>3</sup>。

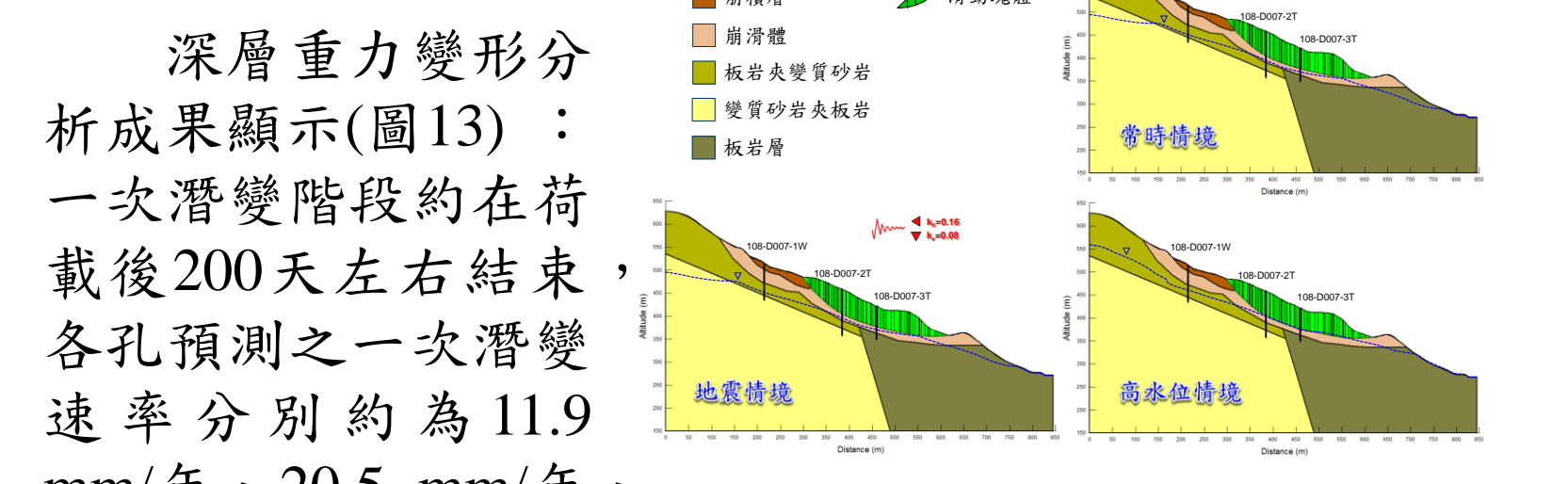


圖12 淺層不飽和穩定分析成果

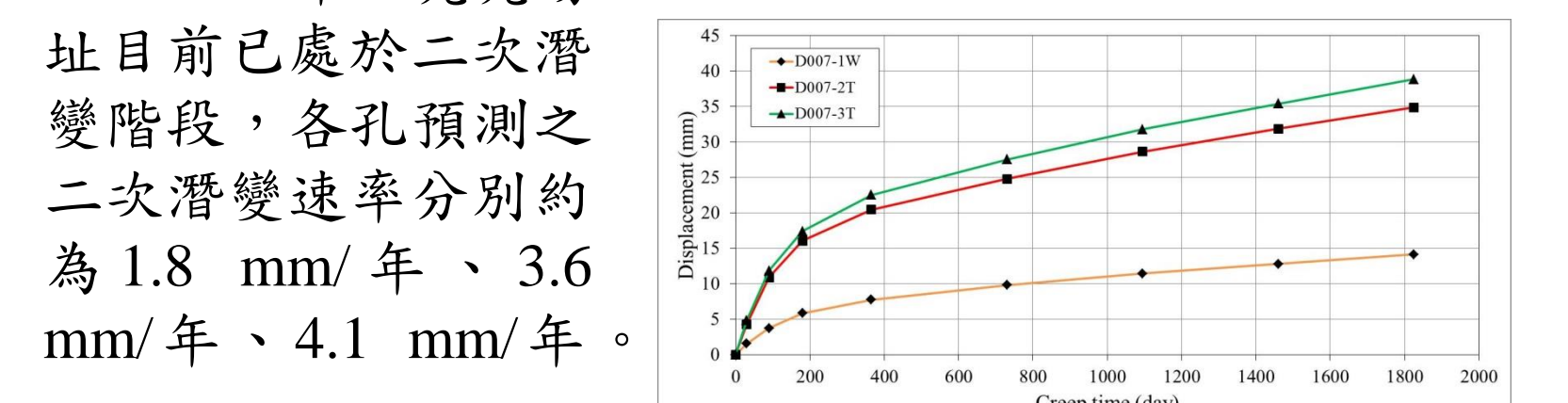


圖13 深層重力變形分析成果

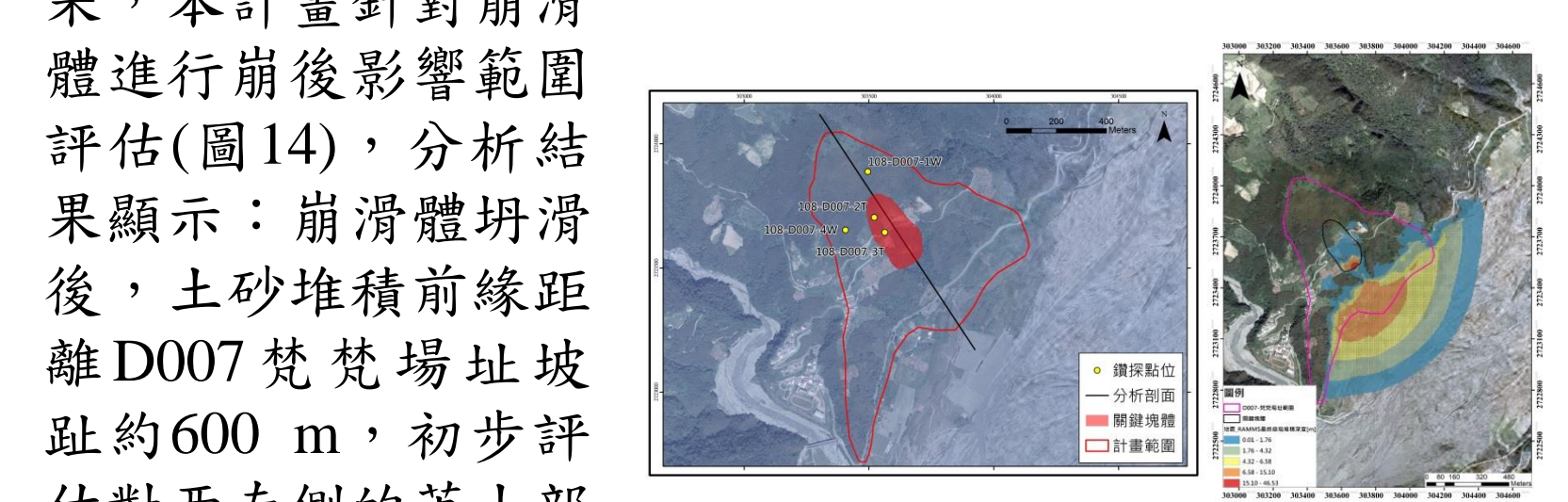


圖14 崩塌影響範圍評估

### 車心崙場址持續觀測與回饋分析

根據107年7月開始監測迄今的資料顯示，車心崙場址無論地表或地下均未發現明顯變化與趨勢，然而107年8月的暴雨事件，淺層土壤含水量有約8%的變化，地下水位抬升近2公尺，並量測到明顯地動訊號增強現象(圖15)。

二維穩定性評估進一步建置二維降雨入滲-地下水滲流-邊坡穩定性分析模式，透過淺層土壤含水量及地下水位等觀測成果進行分析模式率定(圖16)。分析模式擬合成果良好，率定後之水文地質概念模型已具有足夠之代表性，可供執行後續情境模擬與關聯性研究之用。

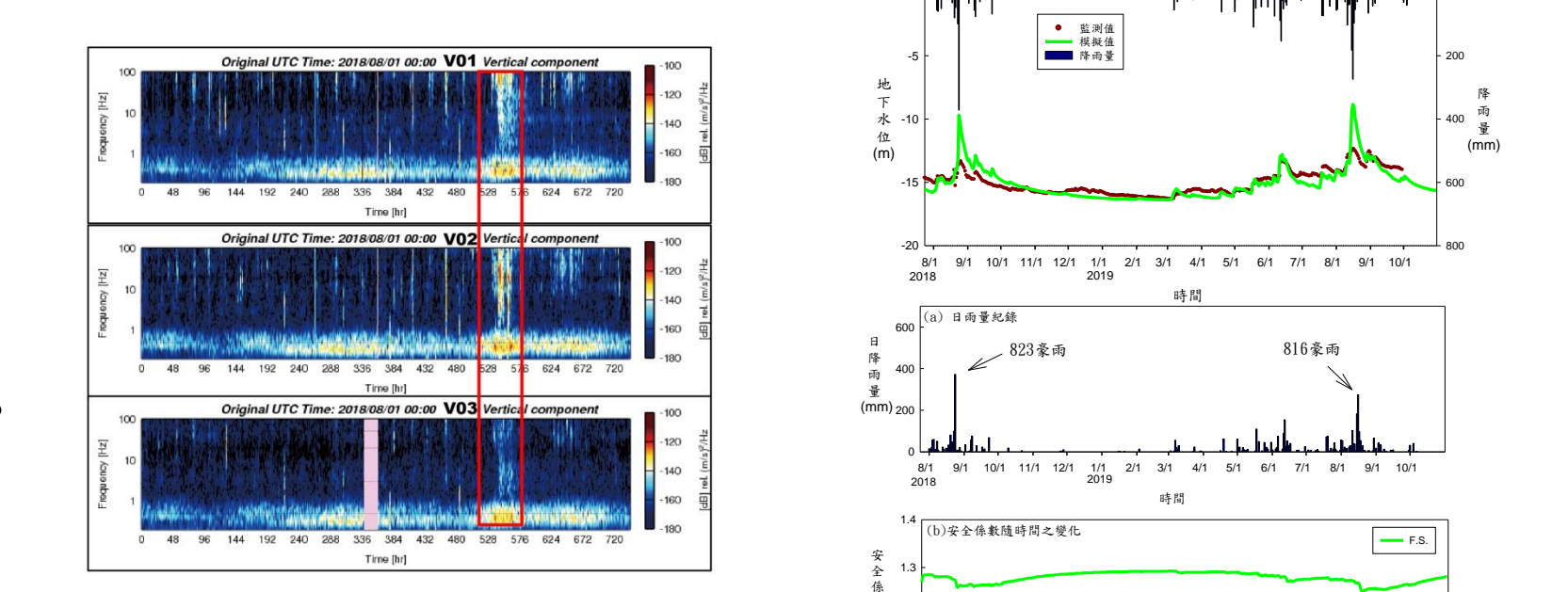


圖15 暴雨期間地動觀測訊號增強現象

圖16 分析模式率定及穩定性評估安全係數變化

