智慧防災

和諧山林

創新農村

智慧防災

油車寮及公田部落崩塌地監測系統及優勢水流路徑模式建置計畫

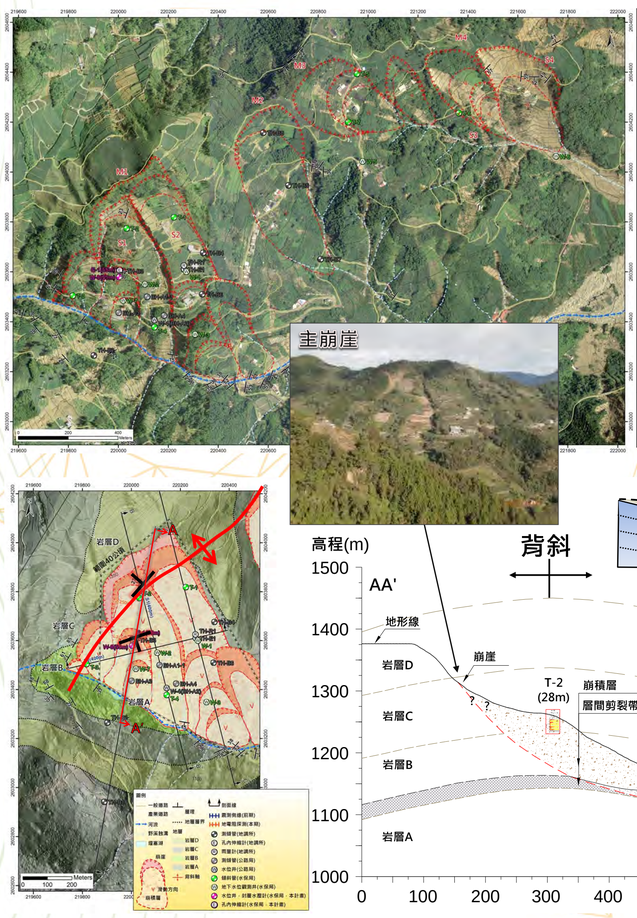
一、摘要

計畫區位於嘉義縣梅山鄉太和村油車寮及公田部落，2009年8月莫拉克颱風發生大規模崩塌。目前保全對象有住戶約200人、縣道162甲及縣道169等。莫拉克風災後已陸續投入調查及整治。本計畫為三年期計畫，107年度主要工作項目為地層優勢水流路徑模式精進，以分析區域含水量空間分布。此外針對區域內具保全對象之潛在滑動塊體持續觀測，其中滑動深度明確者，利用孔內伸縮計採自動化方式觀測，以提升對於邊坡活動性掌握之即時性，並進行地球物理探測，供整體治理規劃參考。

二、邊坡活動性觀測

2.1 手動定期觀測，掌握邊坡活動性

針對計畫區內具保全對象之油車寮S1、S2、M2及公田部落M3等潛在滑動塊體進行觀測作業。



觀測項目		數量	自動化
降雨量	雨量計	R-1 1處	V (介接地調所)
地下水位	水位觀測井	W-1*、W-3* 2孔	-
	自記式水壓計	W-1、W-3 T-1、T-7 4只	V (2只)
	封層水位井	W-8 1孔	V
地表變位	地表變位固定樁	G-1~G-10 GB-1~GB-3 13處	-
地中變位	傾斜管	T-1*、T-7* TH-B4、TH-B5 4孔	-
	孔內伸縮計	E-1 1套	V
結構物變形	裂縫尺	C-1~C-10 S-1 11處	-

□ 觀測成果

■ 滑動深度明確：S1：滑動深度約地表下50m，緩慢位移中：S2、M2、M3

近期降雨量不大，需持續觀測

□ S1(油車寮)崩塌機制研判：

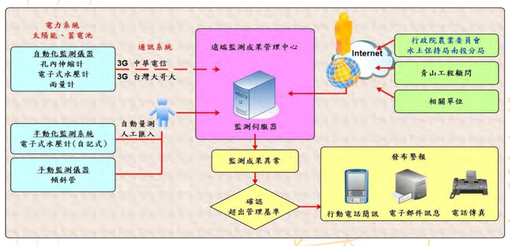
■ 崩積層滑動：傾斜管顯示滑動深度約地表下50m，大致為崩積層與岩層界面

■ 順向坡滑動：S1為順向坡，坡趾部分岩層自由面已出露，若花石溪持續下切，可能誘發順向坡滑動

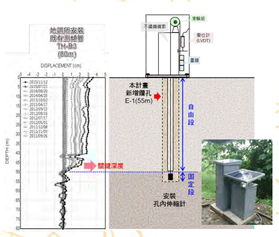
2.2 自動化觀測系統建置，提供防災工作參考

針對具位移趨勢之S1塊體(油車寮地區)，建置自動化防災監測系統，配合管理基準值設定，提供防災工作參考。

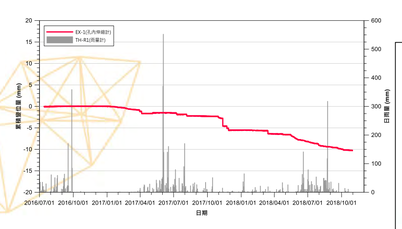
現場觀測站 <-> 後端伺服器，網頁展示、警戒發布



孔內伸縮計示意圖，掌握地中變位



孔內伸縮計觀測成果，緩慢位移中

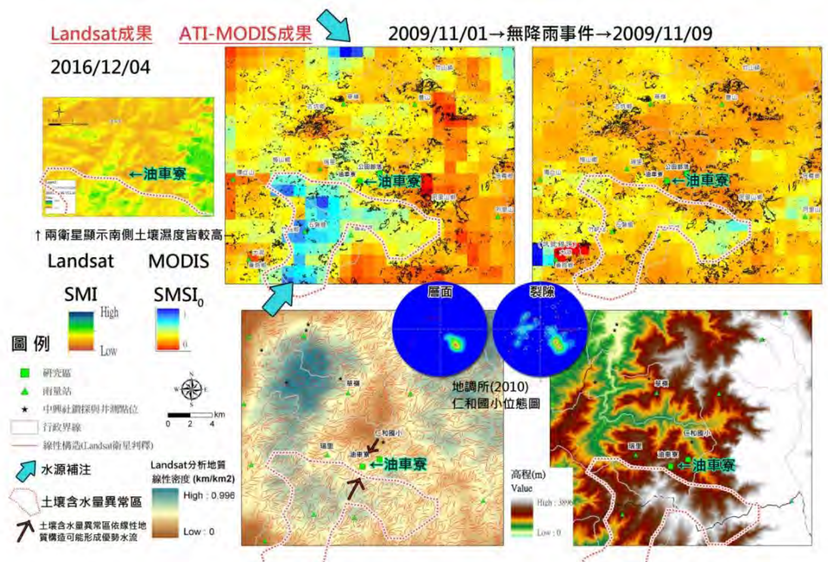


三、衛星影像反演土壤含水量分析

為瞭解廣域土壤含水量之變異點，供優勢水流路徑模式建置參考，本計畫採用MODIS及Landsat-8衛星影像進行分析，其具有宏觀性、綜合性、豐富性、實用性及經濟性等優勢：

□ MODIS衛星影像分析：空間解析度1公里，透過地表反照率、地表溫度、地表溫差等參數，配合熱慣量理論及搭配現地觀測資料，可反演地表下1公尺之土壤含水量。

□ Landsat-8衛星影像分析：空間解析度30公尺，透過地表反射率、地表溫度、植生指數等參數，分析土壤濕度變異點。



□ 分析成果：

■ 利用Landsat與ATI-MODIS法分析，顯示油車寮西南側大區域及北側小區域土壤濕度變異均較高，空間分布趨勢相近。

■ 透過高解析度之Landsat影像分析地質線性構造及地質鑽孔與井測裂隙位態分析，其走向皆為東北至西南向。初步研判油車寮地區地層優勢路徑水流可能受東北-西南向之裂隙影響。

四、地層優勢水流分析模式建置與土壤含水量空間分布分析

國內外相關文獻顯示優勢水流路徑會影響坡地穩定性的分析結果，目前國內應用較少，本計畫嘗試針對油車寮地區建置優勢水流優勢水流模式，進行創新技術研究。

□ 優勢水流路徑：水流快速移動的區域

■ 介質(地層)之大孔隙

■ 岩體裂隙、破裂面

■ 滲透性佳之地層

□ 優勢水流路徑對邊坡穩定影響

Shao et al. (2015)：

■ 低強度降雨條件：優勢水流路徑可有效降低孔隙水壓。

■ 高強度降雨條件：大部分雨量直接入滲至優勢水流路徑中，孔隙水壓短時間急速上升，可能影響邊坡穩定。

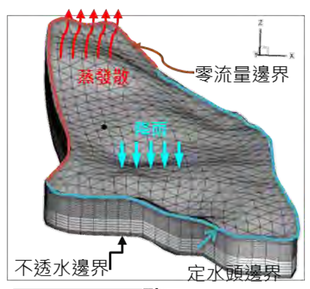
□ 本計畫採HGS程式(HydroGeoSphere)，針對油車寮進行優勢水流路徑模式分析：

模擬三維地表水與地下水互制行為，模擬降雨入滲土壤含水量變化

1. 數值模式網格設定

2. 地下分層劃分

依據鑽探岩芯及孔內水文地質調查成果



有限元素分析網格
844個節點數
465個網格數

3. 水文地質參數輸入

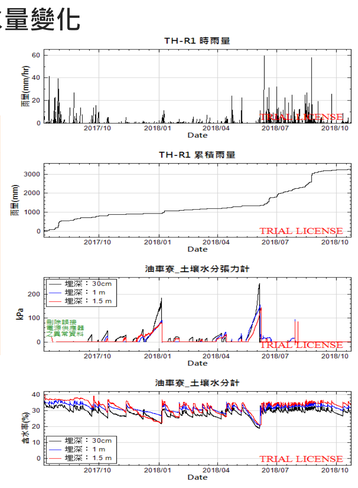
本計畫試驗成果

項次	試驗項目	目的	結果
1	壓力鍋試驗	取得水分特性曲線	0至1500 KPa的基質吸力，體積含水量由39 % 降至16.9 %。
2	土壤一般物理性質試驗	取得土壤物理性質	油車寮土壤組成為越級配，以粗顆粒之粗砂及礫石為主，細顆粒以相對含量較高的粉土質為主。
3	土壤三軸透水試驗	取得滲透係數	20℃之透水係數值由 5.99×10^{-8} cm/sec 至 5.69×10^{-6} cm/sec。

4. 小時雨量資料(介接地調所)

5. 淺層土壤含水量觀測資料

(本計畫裝設觀測儀器)



土壤溼度感測器(張力計)

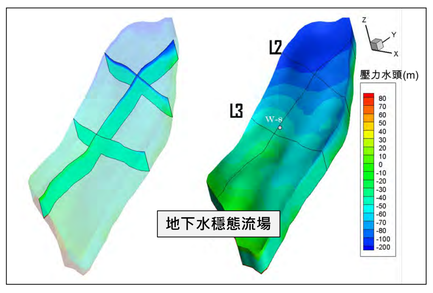
土壤水分感測器(水分計)

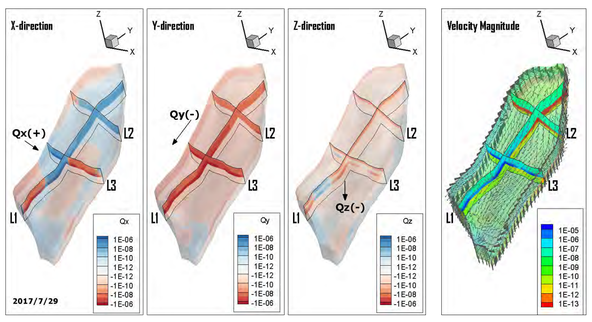
0.3m、1.0m、1.5m

■ 透過不同深度之監測數據，瞭解現地土層之含水量及飽和度之變異情況，並提供後續優勢水流路徑分析模型驗證比對。

■ 降雨導致土壤含水量增加，且淺層土壤增加程度較深層明顯；安裝深度豐水期與枯水期的數據差異性大。

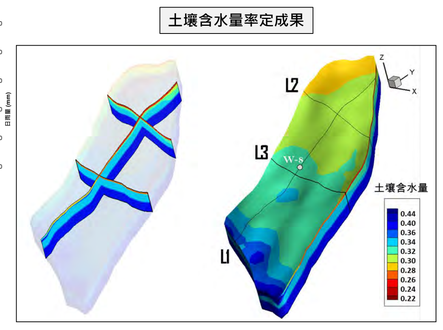
□ 現階段分析成果





S1崩塌地地下水流向顯示為由坡頂往坡趾方向向東流動

土壤含水量率定成果



□ 本計畫嘗試藉由模式分析所得之地下水流速及流向變化探討可能隱含優勢水流區位：

□ 無降雨期間

1. X方向相較於Y及Z方向之地下水流速呈現較明顯的變化
2. L1測線坡中位置(鄰近W-8測站)，為地下水主要流動區域，此結果與RIP成果相符
3. L3測線右側區位，該區有一蝕溝流經，其坡面可見滲水，其地下水流速有明顯變化

□ 豪大雨時期

1. Z方向相較於X及Y方向之地下水流速呈現較明顯的變化
2. L3測線到坡趾位置，為地下水主要流動區域，此與RIP成果一致
3. L1測線坡中位置(鄰近W-8測站)，該區地下水流速有明顯變化，

□ 上述地下水主要流動區可能為油車寮S1崩塌地之優勢水流區位

委託單位：水土保持局南投分局
受託單位：青山工程顧問股份有限公司
執行期間：107年02月 - 107年12月

主辦機關：行政院農業委員會水土保持局

執行單位：跨界策略顧問股份有限公司