109(本)年度計畫概述

依據計畫執行 D160 茶山、D008 車心崙、D007 梵梵場址調查經驗，綜合考量岩性(沉積岩：茶山、車心崙、板岩：梵梵)、場址活動性、上覆崩積層、河水沖蝕作用及地震活動度，配合各項工作的滾動修正表(**錯誤! 找不到參照來源。**)及**錯誤! 找不到參照來源。**至**錯誤! 找不到參照來源。**本計畫調查方法、監測技術與模式模擬優勢成果及執行限制彙整表。本年度選定片岩場址，並亦針對其工作內容進行調整。

1. 本年度工作項目

本計畫 109(本)年度之坡地場址為臺東縣海端鄉霧鹿坡地場址。根據潛在大規模崩塌劃定準則，霧鹿場址符合劃定準則，應屬於潛在大規模崩塌地；且該場址具備強降雨、高地震活動度、高輸砂濃度伴隨河岸沖蝕作用力強、保全對象等條件。因此，本年度計畫執行場址選定為霧鹿坡地，其場址規劃工作內容為：

(1) 坡地場址地質調查

本場址之區域調查與細部調查之工作，將參考地質敏感區基地地質調查及地質安全評估手冊之調查項目要求(以下簡稱調查評估手冊)，附加上建立水文地質模型之調查工作，而有關地質鑽探，地球物理探查等主要調查工作，則將與經濟部中央地質調查所討論規劃配置後始得施作。各分項工作分述如后。

A. 地表地質調查

調查範圍內數值地形，需申請使用 1 公尺高解析度之 DEM 地形資料，進行細部崩塌特徵之判釋工作。地質圖資比例尺規格、歷史崩塌及雨量資料收集、現地調查成果呈現，將參閱調查評估手冊。另以最近期航拍影像判釋現地狀況。

B. 地質鑽探及取樣

將搭配地電阻剖面法、表面波震測法，於調查範圍內，規劃不同崩塌塊體及崩塌區位至少完成 4 孔地質鑽探，總長度至少 300 公尺(實際鑽探點位與深、淺孔之深度可依現地狀況調整，但須經經濟部中央地質調查所確認後方可調整)。本團隊將自行準備岩芯箱及堆放用棧板，鑽探之岩芯採旋鑽連續取樣方式施工，鑽探日報將每天記錄上、下工水位、迴水情形及施工期間驟變之水位，有關鑽探取樣及岩芯紀錄等相關規定，將參閱調查評估手冊。

C. 孔內試驗

上述鑽孔至少擇 2 孔進行完整井深之全井地球物理井測，施測項目至少包括自然電位、自然伽瑪、長短距電阻率、孔內攝影、地下水流速及流向量測等，其中至少擇 1 深孔進行封塞水力試驗(獲取水平向透水係數)。此外亦需搭配岩芯進行裂隙及不連續面之判別分析。

D. 地電阻剖面法

為探討三維地下岩層、地下水分布，本計畫將進行至少 3 條剖面，總長 1,000 公尺，測深至少達 50 公尺。

E. 主動/被動表面波震測剖面法

為獲得較深地層之剪力波速訊息，採用主動/被動表面波震測進行調查。本計畫將進行至少 6 個測點與至少 3 條剖面，總長 300 公尺。

F. 室內土壤及岩石試驗

參考前述各項工作，進行所需之土壤及岩石各項試驗。

(2) 三維水文地質模型建立及驗證

A. 三維水文地質概念模型建立

將以工作項目一中之水文地質調查成果，來建立三維分層及水文地質概念模式(依實際調查狀況進行風化層、破碎帶及岩屑層之區分)，若地表地質初步判釋有數個潛在變形區塊時，將針對重點區域進行水文邊界劃分。

B. 三維地下水流模式參數率定與驗證

為確保模式之準確度與正確性，在模擬過程中輸入降雨條件作為入滲邊界，模擬每一時階之地下水位與土壤含水量之變化，並與實際監測資料進行比對分析，以完成模式率定與驗證工作。

C. 三維地下水流場分析

利用公式推算或數值模擬軟體，建立研究區域淺層之水文地質數值模型，模型網格大小需測試估計值與觀測值之吻合度，模擬飽和及非飽和層之三維地下水流場，並設計以地層含水量之量測或分層地下水位觀測，進行地下水滲流造成之飽和度改變，以及優勢水流路徑分析等穩態及暫態模式分析。

(3) 三度空間坡地活動性評估系統建置

A. 地表量測

本場址目前無 GPS 連續站進行地面位移觀測。本計畫預計架設 4 組 GPS 連續站量測站點的三維變化，成果將以日解時序資料呈現，並於期末提供原始觀測資料(rinex 檔)。另外，本年度須至少進行 5 次現地即時動態定位系統(RTK)量測(跨越汛期)，量測總長度至少 300 公尺。進行 RTK 量測時，將同步架設 2 組臨時 GPS 站。後續分析將連續 GPS、臨時 GPS 測站與 RTK 基站進行靜態基線計算該測量時間內各站位置，將可有效提升解算單點精度與 RTK 基站的絕對位置，有助於進一步探討不同時期的位移變化量。

B. 地下觀測系統建置

地下觀測包含滑動面觀測系統、淺層土壤含水量觀測系統、地下水位觀測井(視調查結果評估分層觀測之可能性及建議深度)及自記式水壓計裝設等，目的為率定三維水文地質模式以及記錄未來變化值。本計畫將參考鑽探結果，分別於各鑽探孔安裝 2 處 TDR 坡地監測站、2 處

自計式水位計即時監測站、1 處淺層土壤含水量觀測系統（預計與 TDR 坡地監測站共構）。

C. 地動觀測儀器建置

本計畫將在坡地場址內部安裝 7 組地聲計(Geophone，G)與場址外圍寬頻地震儀(Broadband Seismometer，BB)1 組，共計 8 組三軸向地動感震器，其中地聲計須配合省電型震波資料紀錄器使用。於寬頻地震儀位置共址安裝雨量計 1 組。各紀錄器以高頻取樣率記錄連續地動訊號(頻段須至少包含 1-50 Hz)及進行基礎分析(訊號須轉成速度值以及 sac 格式，並提供能讀取波形、濾波器及時頻分析之程式碼，針對特殊事件紀錄進行時頻分析、雙站地震儀交互相關分析函數、地表噪訊之時序分析)與單站法自相關分析。儀器擺放及記錄時間至少須跨汛期且 3 個月以上。並探討地震儀應用於坡地監測之相關成效，包含崩塌地面上環境振動特性、地下相對震波速度變化與地下水位及地中位移之關聯性、坡地上地震訊號特徵。

(4) 動態水文條件下之破壞力學分析

坡地在降雨入滲歷程中會導致地中含水量增加、孔隙水壓或地下水位之變化，進而產生坡體變形或破壞行為。因此本工作由前項工作建立二維水文地質模型後，需考量降雨入滲條件及變形破壞力學，建構坡地動態水文及力學之分析程序，並探討動態水文條件下坡地可能之破壞機制及行為。

A. 二維水文地質概念模型建立

將以工作項目一中之水文地質調查成果，來建立二維分層及水文地質概念模式(除參照三維水文地質概念模型外，依實際調查狀況將不同岩性之岩盤進行區分)。

B. 穩定性評估及情境模擬

以模式推估或文獻探討，釐清未飽和地層在動態水文條件下發生淺層崩塌之降雨及水文條件，探討情境將包含常時、高水位及地震等三種情境。

C. 重力變形引致之潛變分析

以模式推估或文獻探討，釐清深層重力變形體之變形行為及潛在滑動面之剪滑動機制，並探討其與滑動面觀測變位之關聯性。

D. 破壞情境下坡影響範圍評估

本計畫經破壞模式評估後，將進行破壞情境模擬，探討不同降雨或地震條件下可能造成之邊坡破壞型態，並以動畫展示塊體崩塌後之可能影響範圍。

E. 基地地質調查及地質安全評估報告

彙整本計畫調查與評估成果，參照「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估手冊」規定撰寫「基地地質調查及地質安全評估報告」，並研提修正建議。

(5) 梵梵場址持續觀測與回饋分析

A. 梵梵場址持續觀測

本年度於颱風汛期前後各進行一次 RTK，RTK 量測時同時架設 3 組臨時 GPS 站。透過臨時 GPS 站與 RTK 基站資料結合所方既有的 GPS 連續站資料，進行靜態基線測量計算與分析。持續維運地下觀測系統(水位、含水量及地中位移)與地動觀測網(環境振動訊號時頻分析、單站自相關函數分析、地震訊號特徵分析)。地動觀測網新設地聲計配合新工項震波式水文參數分析與時變地電阻剖面法，用以探討 108-D007-2T 孔位 TDR 剪動行為與地下水之間相關性。

B. 梵梵場址二維穩定性評估及情境模擬回饋分析

本年度配合梵梵場址持續維運的淺層含水量、地下水位及地中變位資料進行二維穩定性評估模式驗證與率定及情境模擬回饋分析。

C. 梵梵場址山崩門檻值評估

以前述分析成果及梵梵場址持續維運觀測資料為基礎，透過二維降雨入滲-地下水滲流-穩定性評估程序，探討降雨或地震誘發山崩之機制，進而精進評估降雨及地震誘發山崩門檻值。

D. 梵梵場址破壞情境下坡影響範圍精進評估

配合前述分析成果，修正降雨或地震條件下可能造成之邊坡破壞型態，並展示塊體崩塌後之可能影響範圍。

2. 預期成果及具體績效

國立交通大學與財團法人中興工程顧問社於計畫執行期間分別完成現地調查、現地觀測與室內試驗及分析等工作項目，預期成果及具體績效條列如下：

(1) 現地調查

- 參照「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估手冊」規定辦理地表地質調查
- 至少進行 4 孔地質鑽探，總長度達 300 公尺
- 挑選 2 孔進行完整井深之全井地球物理井測，擇 1 深孔進行封塞水力試驗
- 進行至少 3 條地電阻剖面法，總長度達 1,000 公尺
- 進行至少 3 條主動/被動表面波震測剖面，總長度達 300 公尺、6 個測點之主動/被動表面波震測分析

(2) 現地觀測

- 架設連續 GPS 站 4 處
- 跨越汛期執行 5 次即時動態差分法(RTK)量測，量測總長度至少 300 公尺。RTK 量測同時亦架設臨時 GPS 站 2 處
- 建置地下觀測系統，觀測項目包含滑動面觀測、淺層土壤含水量觀測、地下水位觀測
- 建置地動觀測系統，布設至少 8 組地動觀測儀器，記錄時間至少須跨汛期且 3 個月以上

(3) 試驗及分析

- 完成室內土壤及岩石試驗(25 組室內試驗)
- 完成三維水文地質模型建立及驗證，包含三維水文地質概念模型建立、三維地下水流模式參數率定與驗證及三維地下水流場分析
- 完成動態水文條件下之破壞力學分析，包含二維水文地質概念模型建立、穩定性評估及情境模擬、重力變形引致之潛變分析、破壞情境下坡影響範圍評估
- 完成基地地質調查及地質安全評估報告
- 完成梵梵場址回饋分析，包含梵梵場址二維穩定性評估及情境模擬回饋分析、梵梵場址山崩門檻值評估、梵梵場址破壞情境下坡影響範圍精進評估

3. 交付項目

本計畫透過各項細緻化坡地場址地質調查技術與各項前端影像判釋方法、地球物理探測技術、地震學技術與物理變形模式及機制之研究發展，將可整合空間分布之水力條件、變形行為及破壞模式，以探討、建立及驗證坡面淺層破壞與深層滑動之可能情境及模式。本計畫具體產出及交付成果條列如下：

(1) 期中階段

- 坡地場址地質調查成果(包含地表地質調查、地質鑽探、孔內試驗、地電阻剖面、主動/被動表面波震測等)

(2) 期末階段

- 水文地質鑽探之工程地質探勘資料庫檔案
- 室內試驗成果
- 三維水文地質模型建立及驗證成果
- 坡地場址觀測成果(包含地表變位量測、地中變形觀測、地下水位(壓)觀測、地動訊號觀測)
- 動態水文條件下之破壞力學分析成果
- 梵梵場址持續監測與回饋分析成果
- 基地地質調查及地質安全評估