

高速鐵路邊坡維護管理及監測精進作為

台灣高鐵公司
2026/04/28

簡報大綱



- 一. 高鐵邊坡維護及管理架構
- 二. 邊坡自動化監測系統應用
- 三. 整合「暴雨預警系統」
- 四. 物聯網IoT監測儀器應用
- 五. 結語



一、高鐵邊坡維護及管理架構

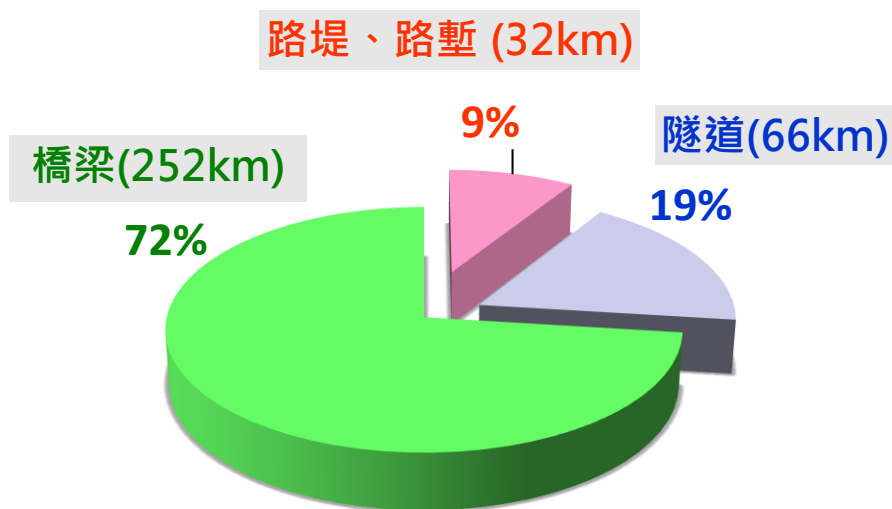
- 高鐵邊坡分布範圍
- 高鐵邊坡特性
- 高鐵邊坡維護及管理作業

一、高鐵邊坡維護及管理架構



1. 高鐵邊坡分布範圍

- 1) 全線350公里，路堤、路塹共32公里 (9%)
- 2) 邊坡單元共計389處
- 3) 分布於新北、桃園、新竹、苗栗及彰化

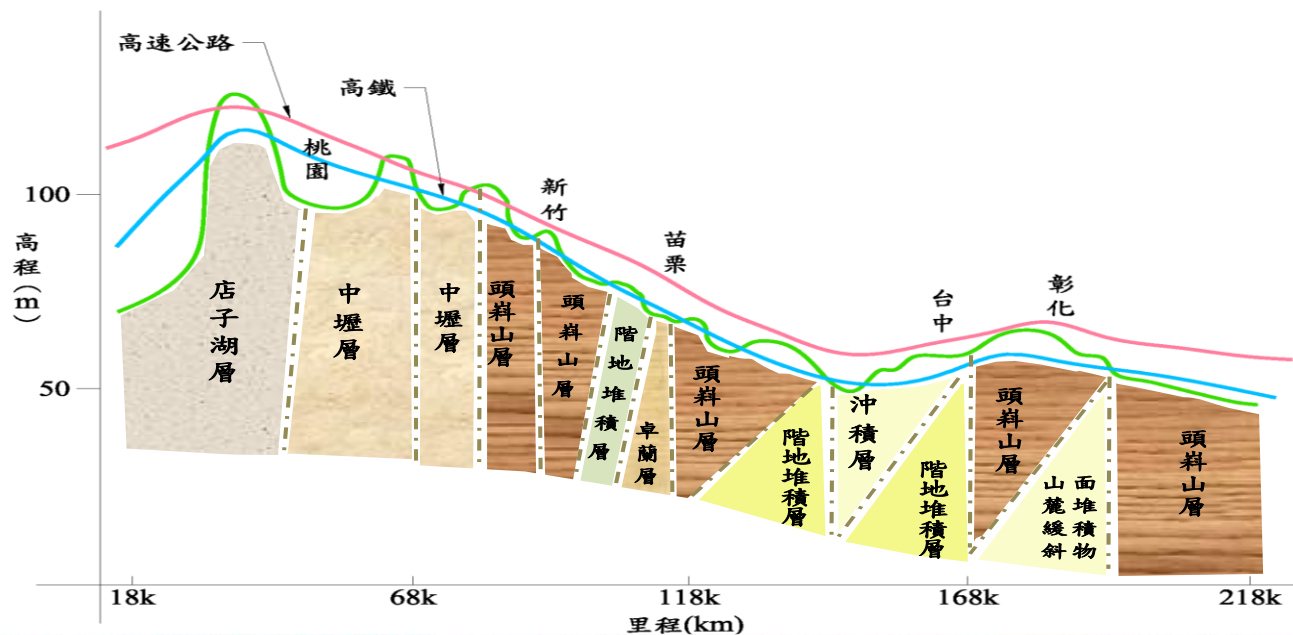


一、高鐵邊坡維護及管理架構



2. 高鐵邊坡特性

- 1) 多以挖填平衡方式構築，採開挖邊坡及填築路堤方式為主
- 2) 因應規劃路權，邊坡坡度、緩衝帶受限制
- 3) 位處頭嵙山層(Tk)等年輕、軟弱地層
- 4) 路塹開挖可能截切地下水流徑，遭遇滲水



一、高鐵邊坡維護及管理架構



3. 高鐵邊坡維護及管理作業

1) 通霄事件(TK126)後，高鐵成立「**邊坡安全規劃執行專案小組**」，總經理親自擔任召集人。

2) 短期：水因素立即改善

- 水文地質補充調查
- 邊坡水平排水管打設工程

} **已完成**
(2022~2023)

3) 中期：強化預警機制

- **自動化監測站更新與升級**
- 路權外廣域邊坡安全監測

} **已完成**
(2023~2024)

4) 長期：系統性預防改善

- 高鐵邊坡安全總體檢
- 邊坡維護與管理手冊研訂
- 優先處理邊坡改善工程

} **已完成**
(2022~2025)
(~2026完工)



110年TK126邊坡坍塌



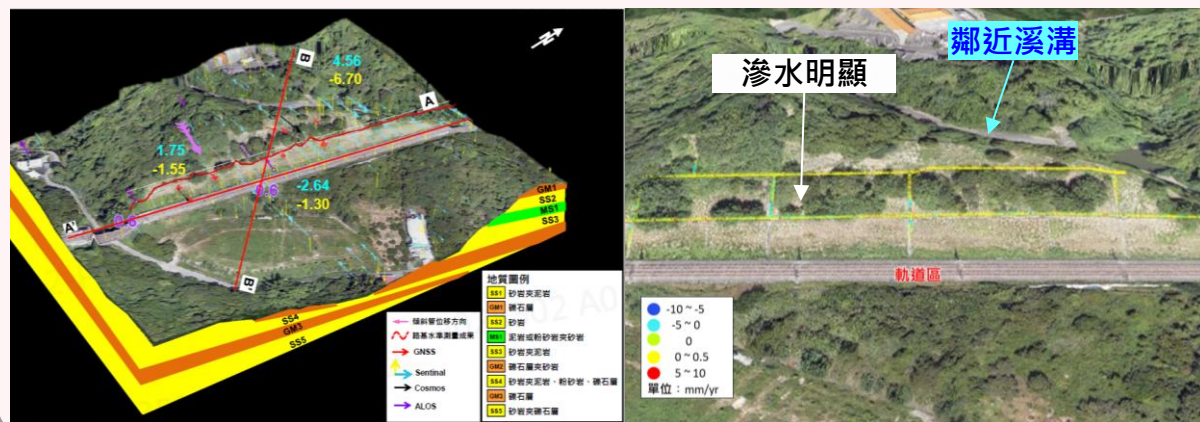
邊坡坍塌搶修工作

中期 強化預警機制

▶ 監測站更新與升級 (IoT設備)



➤ 廣域邊坡安全評估 (LiDAR、InSAR、GNSS)

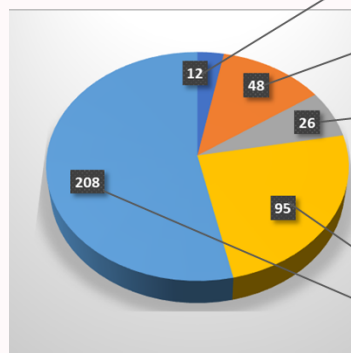


一、高鐵邊坡維護及管理架構



長期 系統性預防改善

➤ 邊坡安全總體檢



第I類 優先專案辦理整治

第II類 納入年度維修計畫

第III類 辦理調查(含監測)

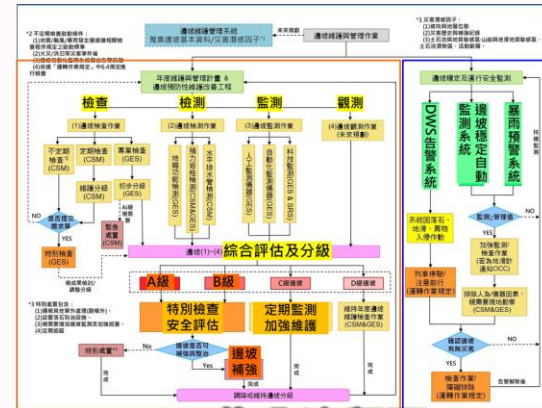
第IV類 加強維護及檢修

第V類 加強維管

➤ 邊坡維護與管理手冊研訂 (依循交通部頒「鐵路邊坡維護與管理規範」)



邊坡維護管理分級



作業流程圖

➤ 優先處理邊坡改善工程 完工照





二、邊坡自動化監測系統應用

- 災害告警系統
- 邊坡自動化監測系統

二、邊坡自動化監測系統應用



**高鐵通車
DWS 啟動**

01

**建置自動化
監測系統**

02

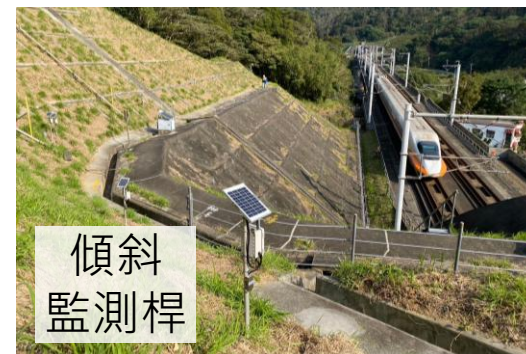
**升級自動化
監測系統**

03

高鐵通車
DWS 啟動

2007~2009
邊坡自動化監測站

2022~2025
物聯網IoT監測站



二、邊坡自動化監測系統應用



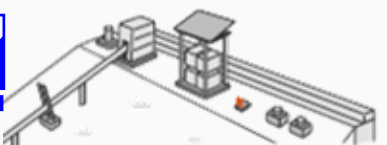
1. 災害告警系統 (DWS, Disaster Warning System)

- 高鐵興建已考量環境影響面臨災害風險增置DWS系統

1
可自動停車
邊坡滑動、落石、闖入及地震偵測器



2
依讀數應變
豪雨、洪水位、風速等氣象偵測器



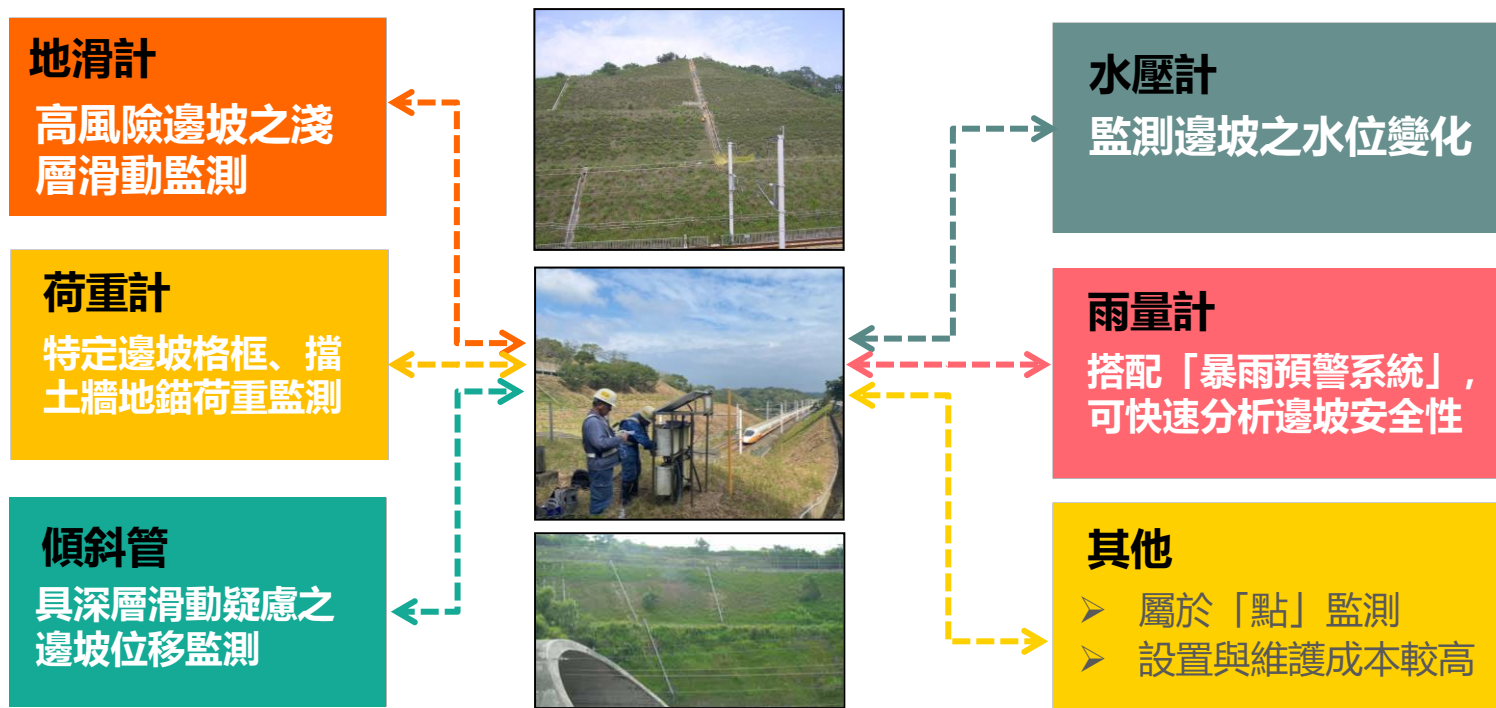
二、邊坡自動化監測系統應用



2. 邊坡自動化監測系統

1) 監測站建置項目與目的

- 提供早期徵兆：啟動邊坡檢查、預防性維護 → 避免坍滑發生
- 擔任預警功能：營運安全的第一道防線 → 爭取應變時間



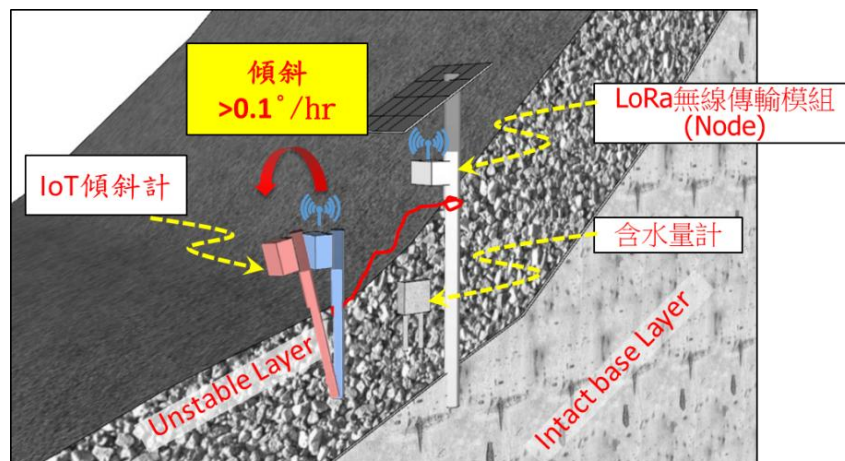
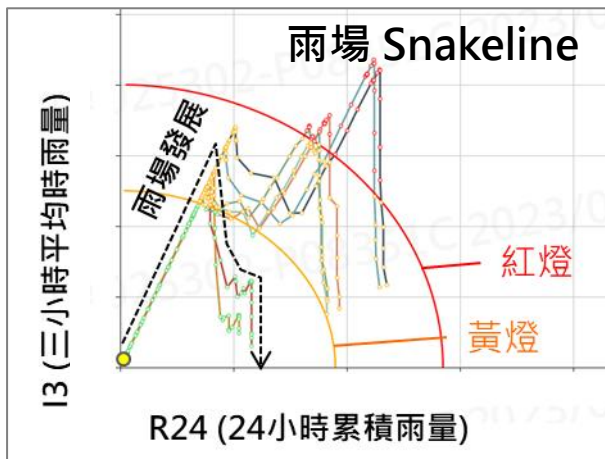
二、邊坡自動化監測系統應用



2. 邊坡自動化監測系統

2) 監測站更新與升級

- 整合「暴雨預警系統」：提供降雨先行指標，即時預警
- 物聯網IoT監測設備：擴大「面」涵蓋率，掌握徵兆
- 優化雲端監測平台：提升資通安全及系統穩定，增進效能



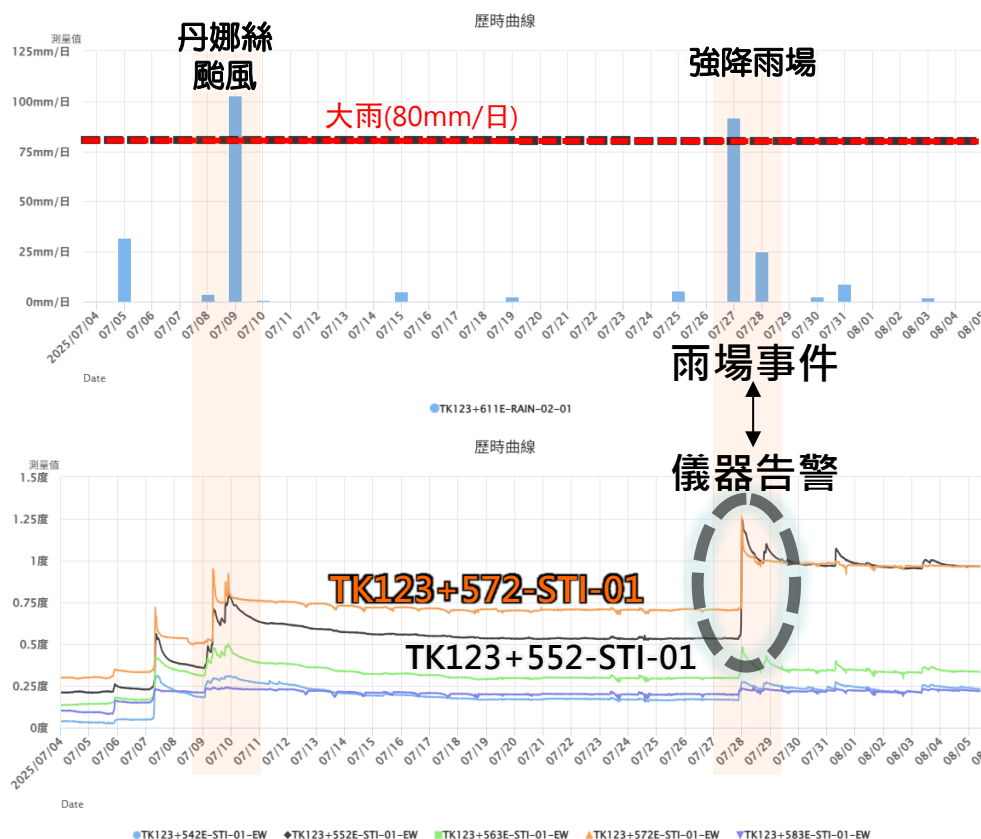
二、邊坡自動化監測系統應用



2. 邊坡自動化監測系統

3) 實際應用-潛在滑動案例

- 邊坡監測站發揮良好預警機制
- 掌握潛在徵兆，鞏固邊坡安全



自動化監測-歷時曲線



坡址隆起



張力裂隙

現場勘查

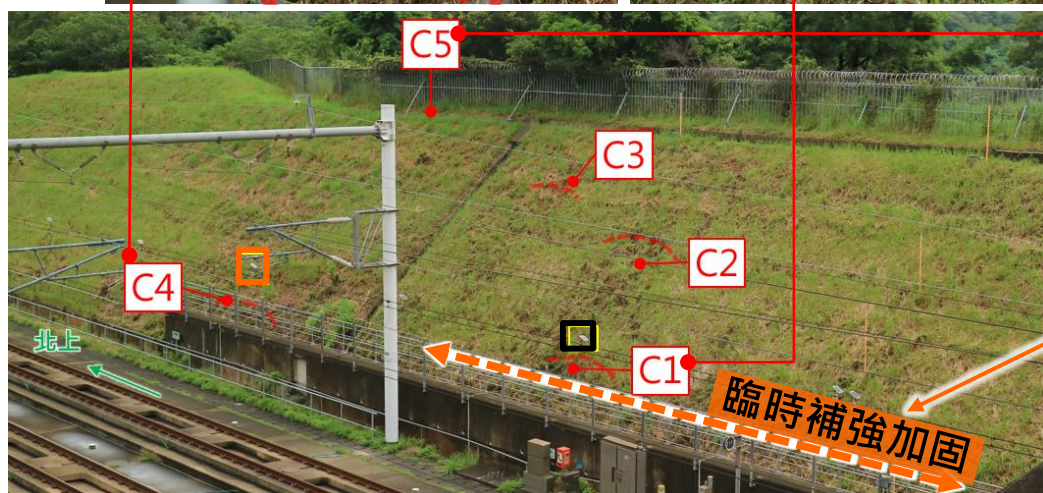
二、邊坡自動化監測系統應用



2. 邊坡自動化監測系統

3) 實際應用-潛在滑動案例

- 臨時加固補強，防止擴大
- 啟動調查、預防性改善工程



現場勘查檢查異狀



三、整合「暴雨預警系統」

三、整合「暴雨預警系統」



1. 「暴雨預警系統」整合於邊坡監測系統

- 1) 降雨為邊坡穩定先行指標，可作為即時預警
- 2) 因應極端氣候影響，考量「強降雨、長降雨延時」雨場之影響
- 3) 降雨事件 vs. 邊坡維護紀錄 → 「降雨警戒值」訂定



三、整合「暴雨預警系統」



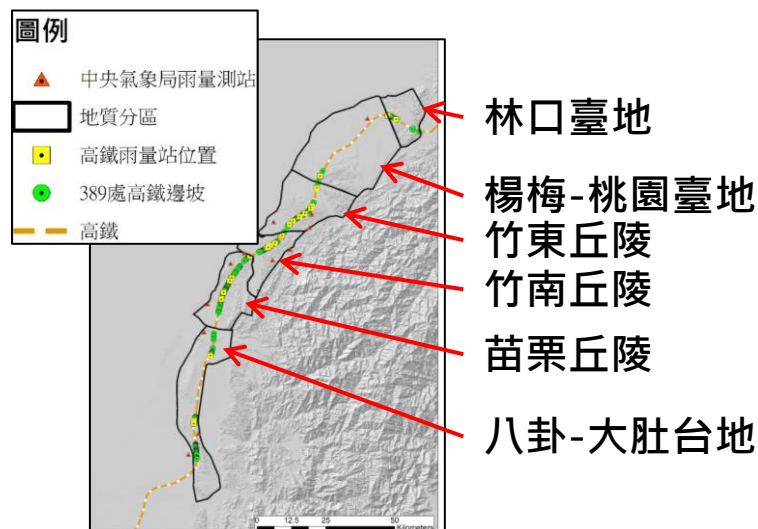
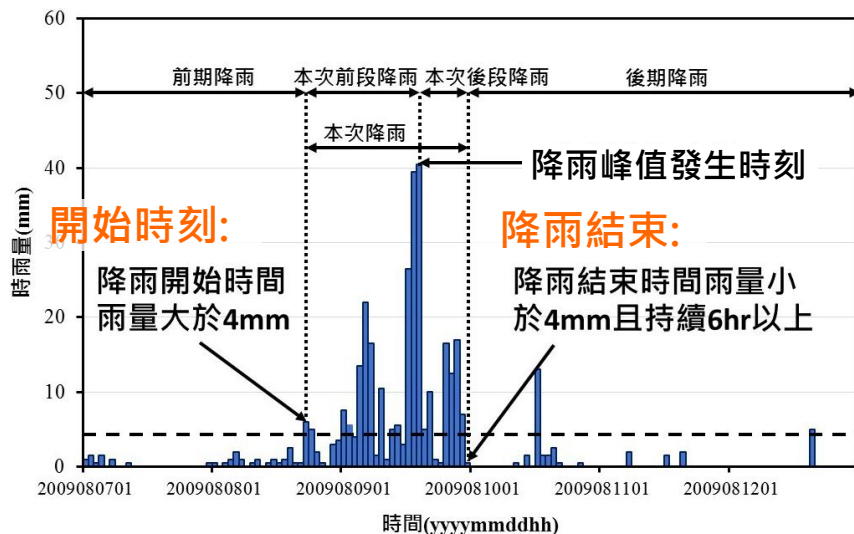
2. 暴雨預警系統 - 山雨欲來已先知

1) 系統設計

- 參考經濟部地礦中心、國家災害防救科技中心
- 歸納高鐵邊坡歷年災損與降雨量資料分析

2) 系統目的

- 快篩降雨熱區：區分為六個地質分區，進行分析降雨變化
- 大數據提供預警管理值：歷史降雨 vs. 維修紀錄



三、整合「暴雨預警系統」



3. 暴雨事件 Snakeline

1) 事件紀錄過程

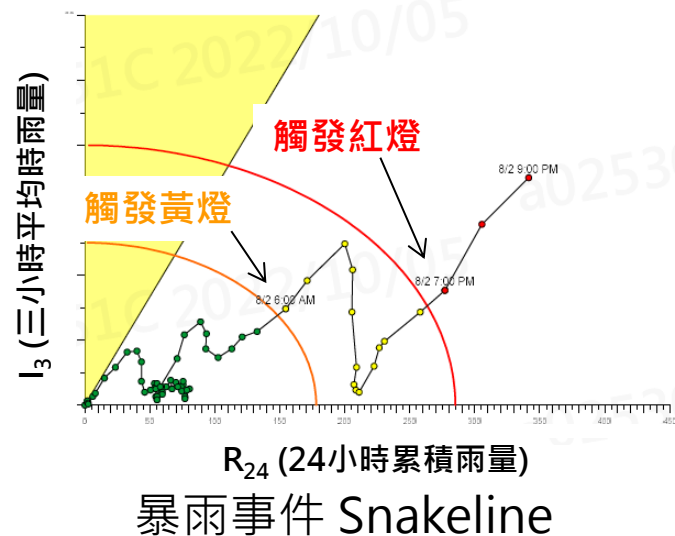
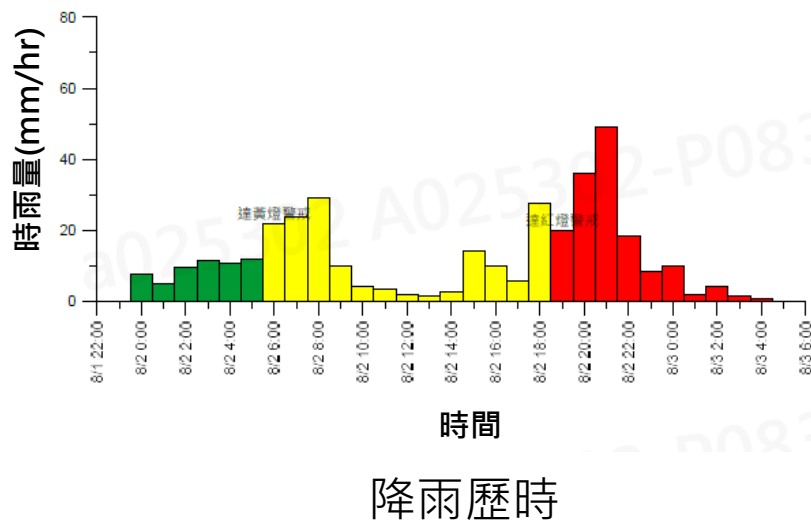
➤ 降雨歷時 → 改繪為暴雨事件 Snakeline

2) 降雨警戒值訂定，採兩階段門檻

➤ 黃燈、紅燈

3) 以相關性統計分析降雨引致邊坡崩塌的關係

警戒值	I_3 (三小時 平均時雨量)	R_{24} (24小時 累積雨量)
注意值 (黃燈)	25	190
行動值 (紅燈)	40	285



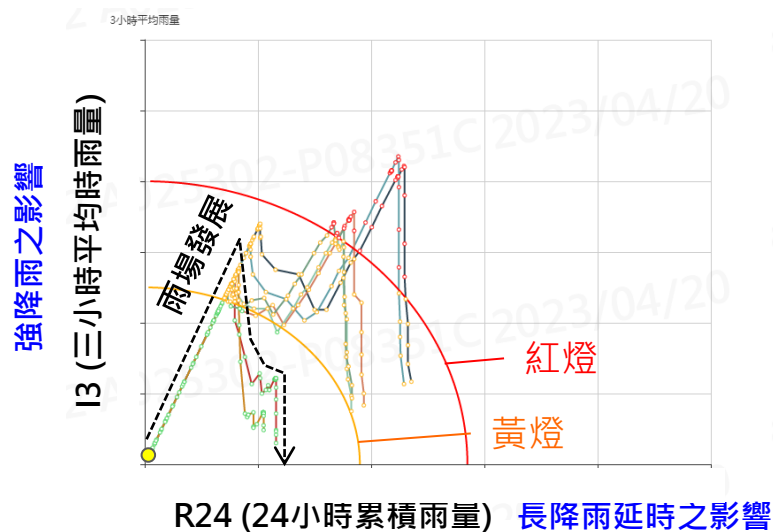
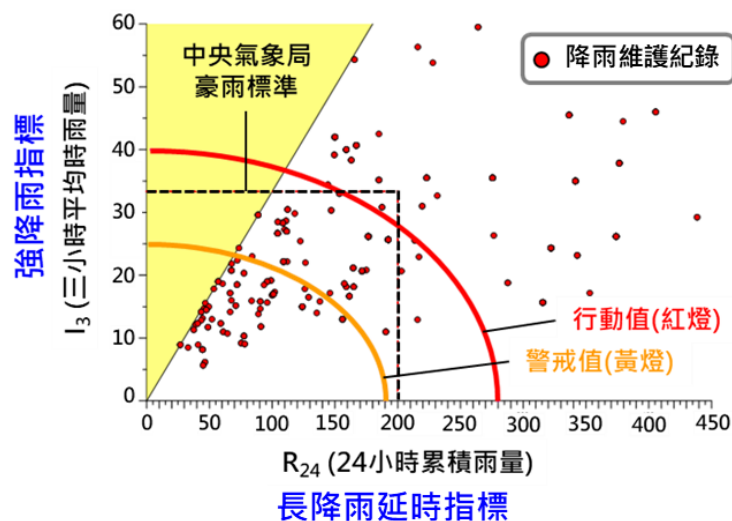
三、整合「暴雨預警系統」



4. 暴雨預警系統

1) 暴雨事件 Snakeline (評估是否達暴雨警戒值)

- 即時更新，瞭解雨場發展
 - 3小時降雨強度 I_3 作為短期強降雨指標
 - 24小時累積雨量 R_{24} 作為長降雨延時指標
- 後續依降雨事件發生時間歸檔供查詢



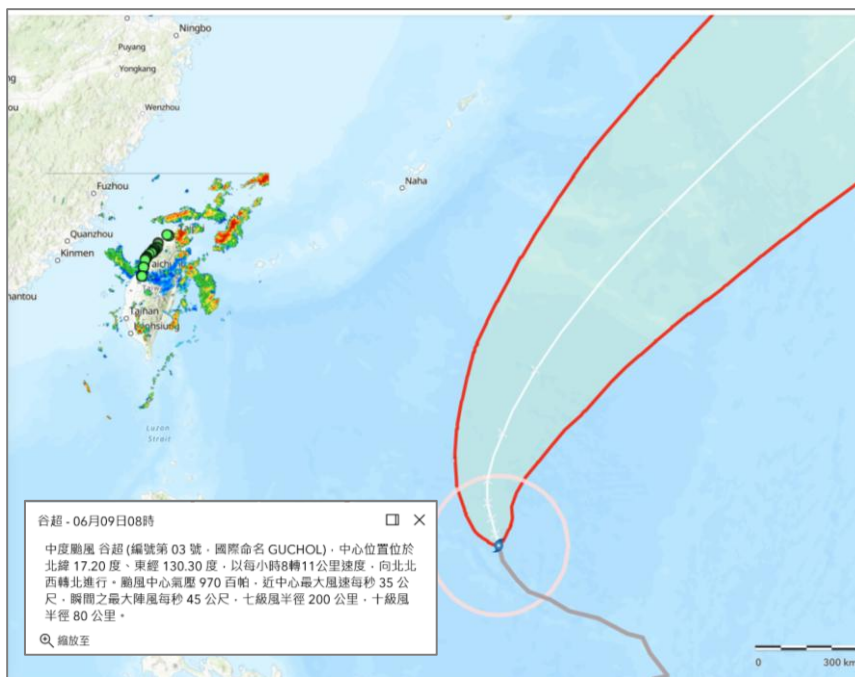
三、整合「暴雨預警系統」



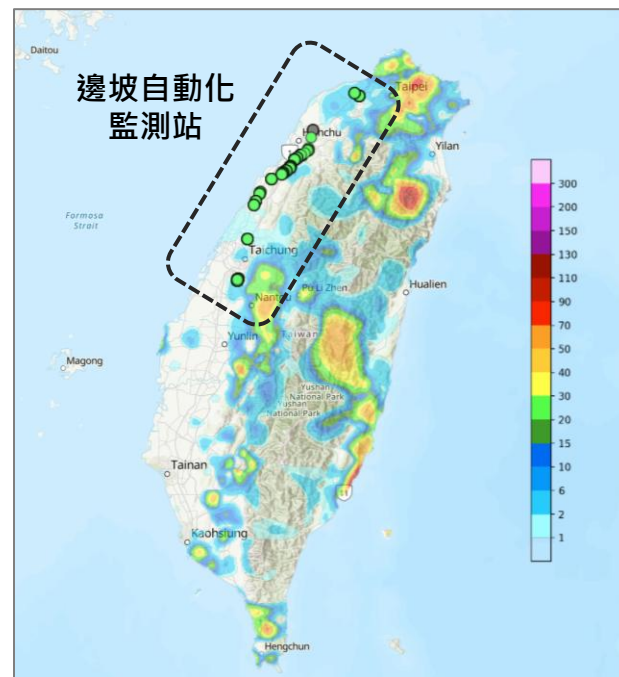
4. 暴雨預警系統

2) 介接中央氣象局 open data (颱風路徑圖、雷達回波圖、累積雨量圖)

➤ 協助判斷降雨分布及發展



颱風路徑及雷達回波圖



累積雨量圖(24H)



四、物聯網IoT監測儀器應用

四、物聯網IoT監測儀器應用



1. 監測「面」涵蓋率優化

- 1) 邊坡坍塌是「面」的問題
- 2) 目前監測設施主要發揮「點」、「線」的功能
- 3) 優化監測，增加「面」涵蓋率



四、物聯網IoT監測儀器應用



2. 邊坡自動化監測站應用

從點升級至「面」 IoT 設備優點

面監測的開始

- 傳統的自動化監測，主要為「點」監測。
- IoT 監測技術，可提升為「面」的監測。

物聯網IoT優點

- 無配管線之限制，可長距離傳輸
- 裝設快速，能加強設置的密度。



邊坡滑動監測桿



土壤含水量計

四、物聯網IoT監測儀器應用



2. 邊坡自動化監測站應用

- 1) 淺層坍滑偵測 預警為主
- 2) 設置儀器：傾斜桿、濕度計
- 3) 國外鐵、公路已廣泛應用

➤ 優勢：

- 安裝快速、費用較經濟
- 無需配線、可依需求移設
- 符合淺層坍滑徵兆監測需求



四、物聯網IoT監測儀器應用



3. 物聯網IoT傾斜桿預期效益

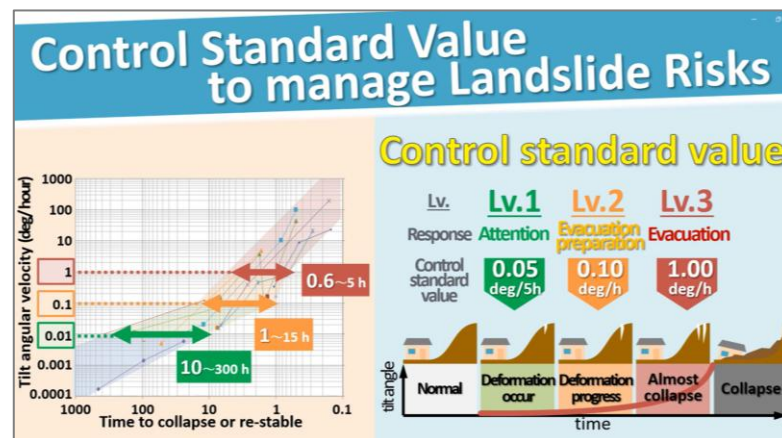
1) 爭取應變時間 (4~6hr)

2) 提高靈敏度

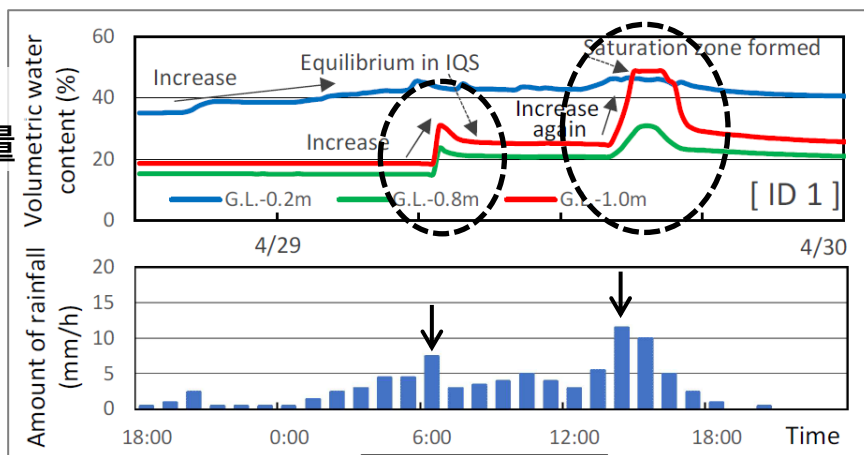
➤ 傾斜桿 (0.3°/hr) , 高於地滑計

3) 掌握變動範圍

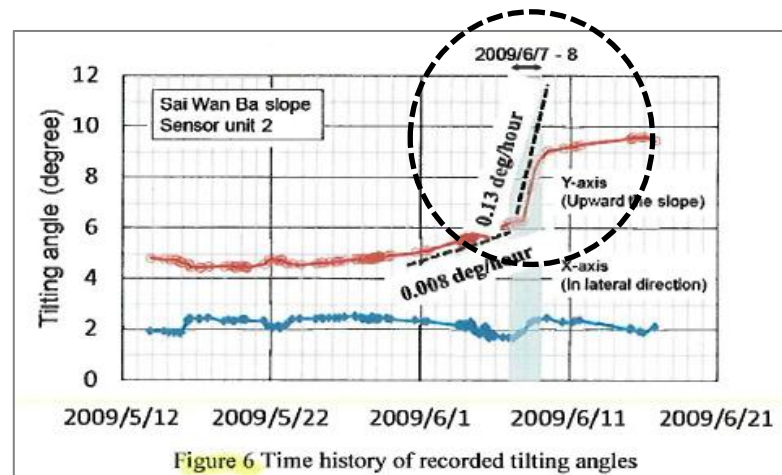
➤ 面狀評估、詳細里程位置



體積含水量



土壤濕度計



傾斜監測桿

第八屆鐵道技術展交流 (Cs Inspector Co., Ltd., 大阪大學)

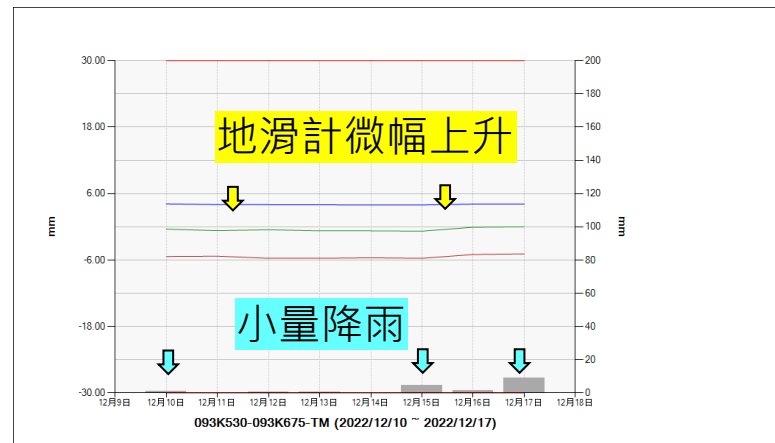
www.ckcnet.co.jp/global/

四、物聯網IoT監測儀器應用

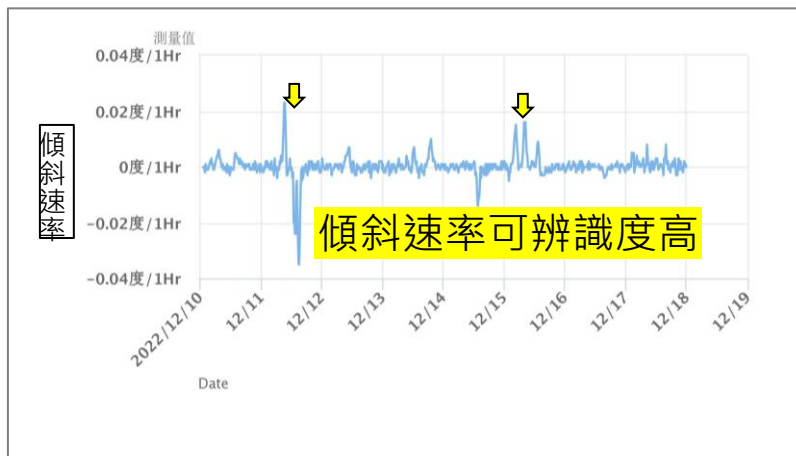


3. 監測值交互比對

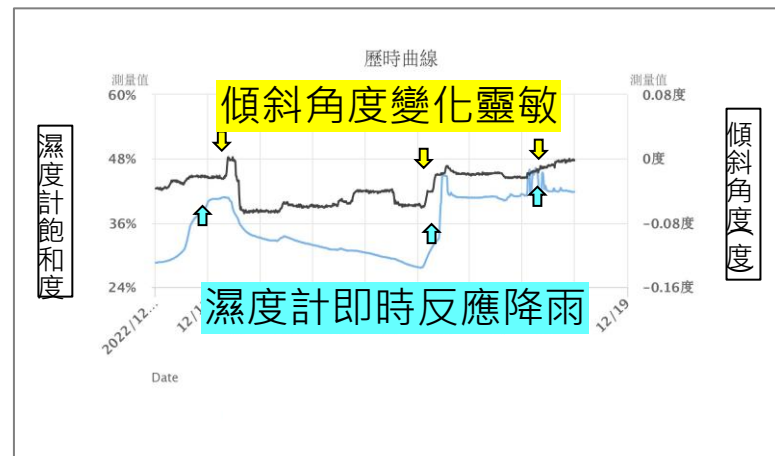
- 1) 地滑計 – 變化較緩和
- 2) 傾斜桿 – 變化較靈敏
(傾斜桿變化速率可辨識度高)



既有地滑計 & 雨量計



傾斜桿變化速率歷線



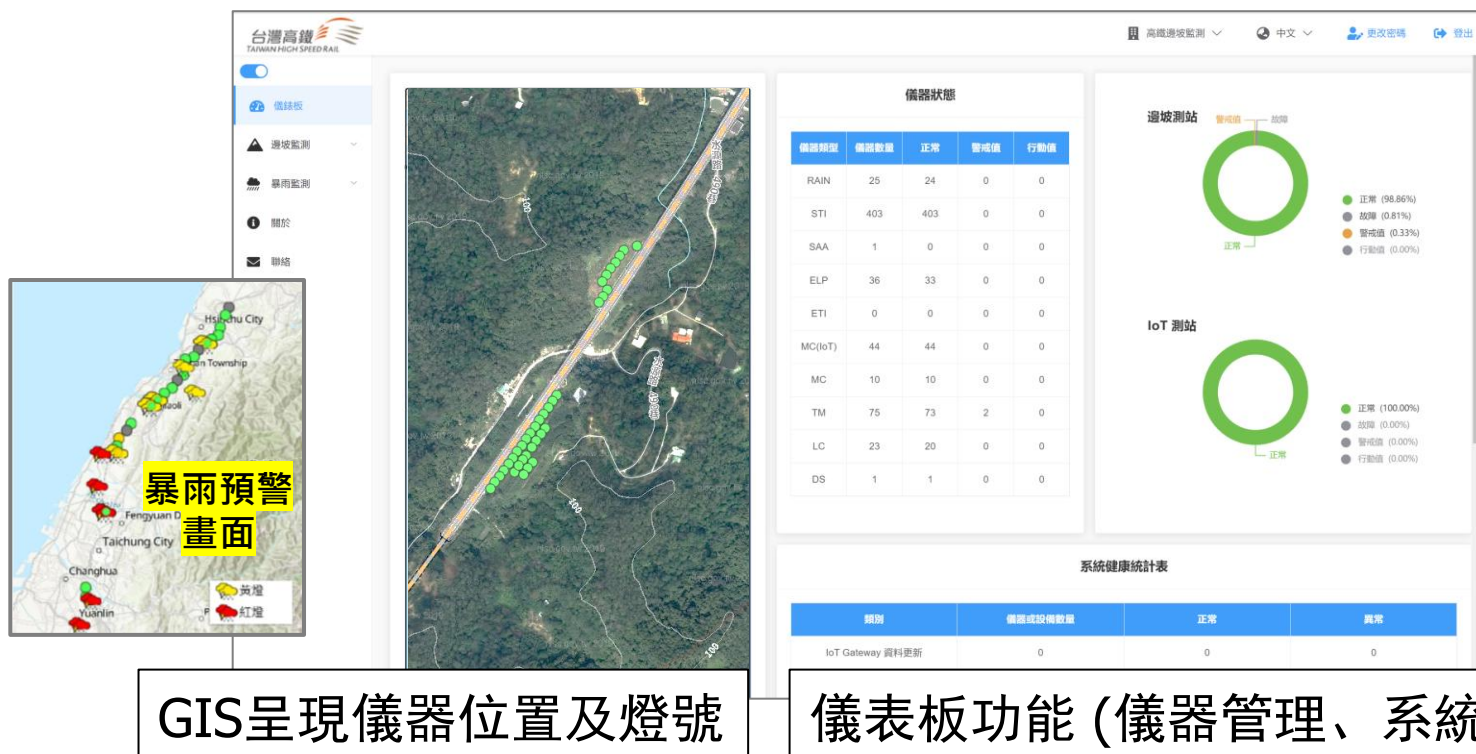
新設傾斜桿 & 土壤濕度計

四、物聯網IoT監測儀器應用



4. 邊坡監測平台應用

- 1) 儀表板 (dashboard) 功能：提升管理效能
- 2) 地理資訊系統(GIS)：加強視覺化操作介面



四、物聯網IoT監測儀器應用



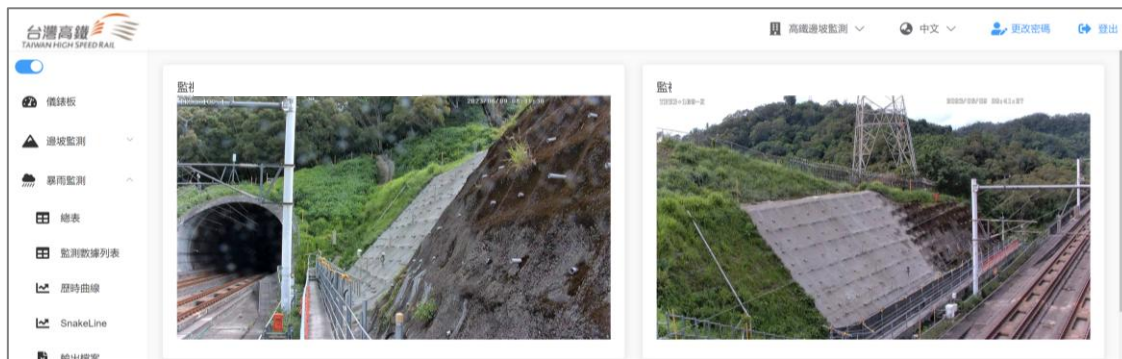
4. 邊坡監測平台應用

3) 搭配增設遠端監看CCTV影像 (具夜視功能)

4) 告警訊息提供截圖 (監測歷線、現場影像)

➤ 監視與監測系統結合

➤ 即時監控，快速預警



遠端監看CCTV影像



告警簡訊例



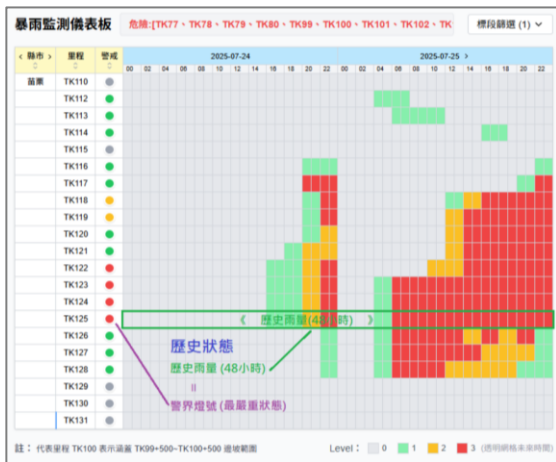
五、結語

五、結語

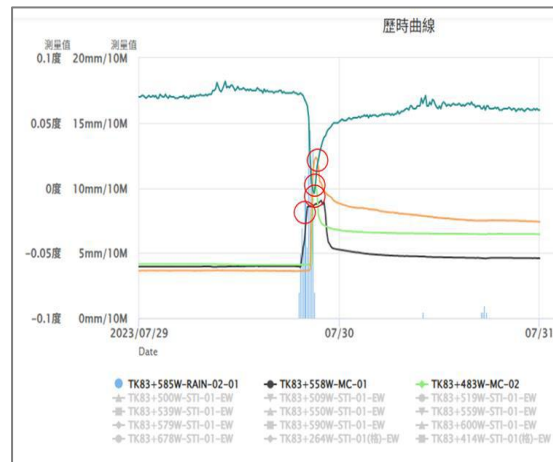


➤ 未來發展：邊坡監測與管理AI智慧化應用 (2025~2027)

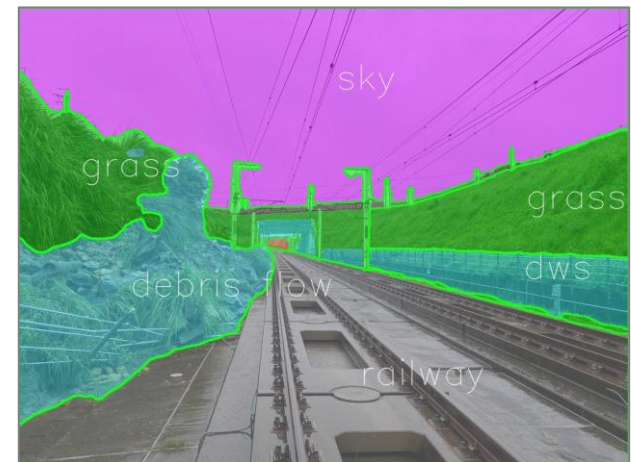
- 1) 暴雨預警儀表板：延伸預測未來雨量，建利風險地圖
- 2) 多變數樣態辨識：建置異常偵測模型，識別樣態
- 3) CCTV影像自動判識：訓練視覺語言模型，辨識異常



暴雨預警精進



多變數樣態辨識



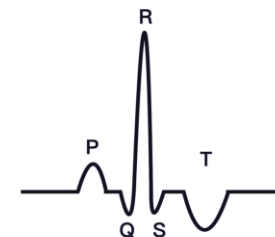
CCTV影像自動判識

五、結語



1. 邊坡自動化監測是邊坡維護管理的重要工具

- 1) 數位化：大數據建立、IoT物聯網應用
- 2) 數位優化及轉型：專家系統、AI智慧監控、預測維修



2. 邊坡維護及管理精進

- 1) 優先治理邊坡調查、監測及改善計畫 (固本培元)
- 2) 廣域邊坡調查及安全評估技術建立 (導入新技術)
- 3) 維護及管理手冊更新 (引進新思維)

安全是台灣高鐵的基石

報告完畢
敬請指教



二、邊坡自動化監測系統應用



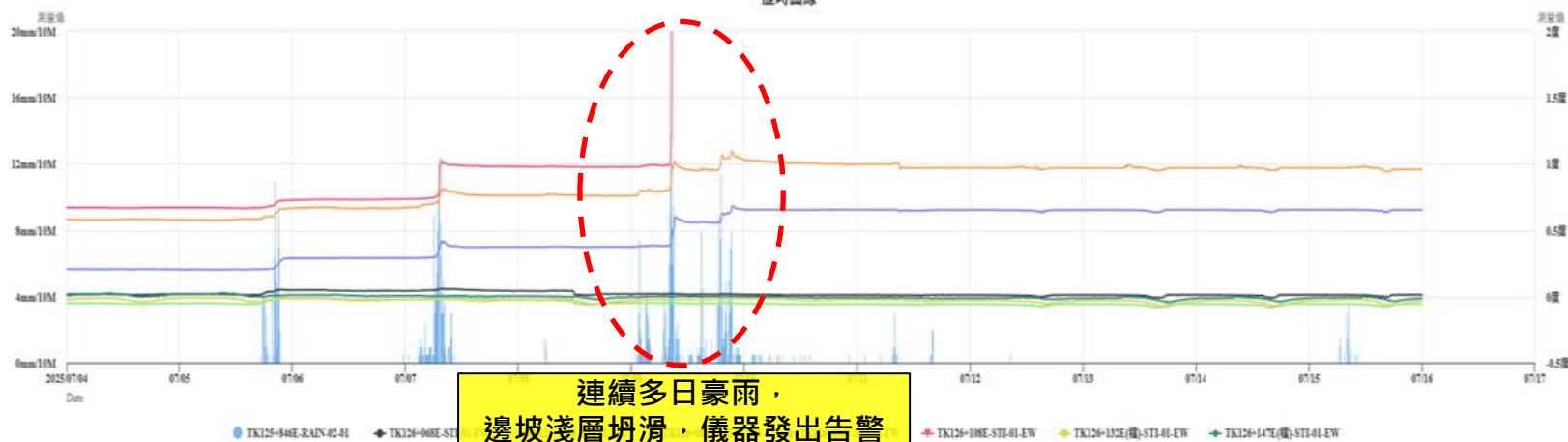
1. 邊坡自動化監測系統

3) 實際應用-滑動案例(2025/07/06)

- 2025/07/09 AM08:40 邊坡淺層坍塌，發出告警
- CCTV確認邊坡崩塌，1小時內人員至現場緊急處置
- PM4:00 完成緊急處置，避免災害擴大，影響行車安全



歷時曲線



二、邊坡自動化監測系統應用



1. 邊坡自動化監測系統

3) 實際應用-滑動案例(2025/07/31)

- 大雨邊坡崩塌，儀器發出告警
- 人員迅速抵達處置，避免災害擴大
- 防止觸動DWS，造成列車停駛

