

潛在大崩塌邊坡安全監測的最佳方案~光纖監測技術

奇博科技 總經理 黃鐘鋒

Mail : townyhuang@gmail.com

Tel : 0935-150505

Line ID : citpo3174

立足臺灣 逐鹿全球 成為領導廠商之一

堅強的管理團隊

姓名	學經歷
總經理黃鐘鋒	<ul style="list-style-type: none"> • 臺灣陽明交通大學電子物理系學士暨管理科學研究所碩士 • 創辦暨擔任展碁國際(Acer子公司)總經理 • 籌辦暨擔任樂彩國際(Acer子公司~首屆公益彩券營運商)總經理 • 擔任宏碁股份品質暨全球服務副總經理 • 宏碁股份(Acer)臺灣區總經理 • 有工程/行銷/業務/經營管理30年以上之經驗
技術長黃安斌	<ul style="list-style-type: none"> • 臺灣大學土木工程系學士美國Northwestern大學碩士Purdue大學博士 • 臺灣交通大學土木系Distinguished Professor • 新加坡南洋理工大學客座教授 • 2002年於臺灣新竹交大創立光纖光感測實驗室 • 土木工程實務與研究超過35年 /FBG sensing technology理論與實務超過20年
研發製造經理 廖峻儀	<ul style="list-style-type: none"> • 臺灣陽明交通大學機械工程系學士臺灣大學機械工程系碩士 • CAE/CAD/CAM/產品與機構設計及製造10年以上經驗 • 理論基礎與相關技術深厚，創新研發能量充沛

A. 擁有完整的光纖感測技術

A-1. 完備的光纖感測技術

	技術類別	原理說明	量測功能
部分分佈式	FBG	當寬頻雷射光束進入FBG時、滿足布拉格(Bragg)條件的雷射光波會反射回來且 $\Delta\lambda$ (反射波與該FBG中心波長的差)與FBG的應變量與溫度變化量呈正比關係	可利用FBG研發各種感測器,精準量測各種物理量如溫度、應變、水壓、傾斜、位移、沉陷與加速度
	HD(High Density) FBG	利用OTDR(Optic Time Domain Reflection)+FBG可以讓2公里左右的單芯光纜內含2000個以上的FBG、運作原理同上	可以以一條數公里長的FBG cable精準量測幾千點間的應變量與溫度
全分佈式	DTS	溫度變化導致光纖的拉曼(Raman)效應、透過分析反向散射的光波能夠精準計算該位置的溫度	可以以一條幾十公里的光纜監測全線連續溫度
	BOTDR/BOTDA	當光纖受到溫度或外力作用時反向的布裡淵(Brillouin)散射光有頻移現象、藉由分析即可得到光纖線路上連續準確之應變與溫度	可以以一條幾十公里的光纜監測全線連續溫度與應變
	DAS	當光纖受到震動或聲波幹擾導致瑞利散射(Rayleigh)、藉由反向瑞利散射光波的時間差計算出該位置的動態應變與震動	可以以一條幾十公里的光纜監測全線連續聲波與震動

A-2. 光纖感測全產品線

光纖光柵感測系統

- 溫度計
- 應變計
- 水壓計(一般/壓差/高精度)
- 傾斜計(一般/高精度/雙向)
- 位移計
- 串列式水壓計(封層器)
- 地中雙向傾斜計
- 差異沉陷計
- 量水堰水位計
- 加速度計
- 地錨荷重計
- 地熱井溫壓監測系統
- 光纖光柵解讀儀

密集型光纖光柵感測系統

- 密集型光纖光柵解讀儀
- 密集型光纖光柵應變光纜
- 密集型光纖光柵感溫光纜

全分散式溫度感測系統

- 全分散式溫度感測解讀儀
- 全分散式感溫光纜

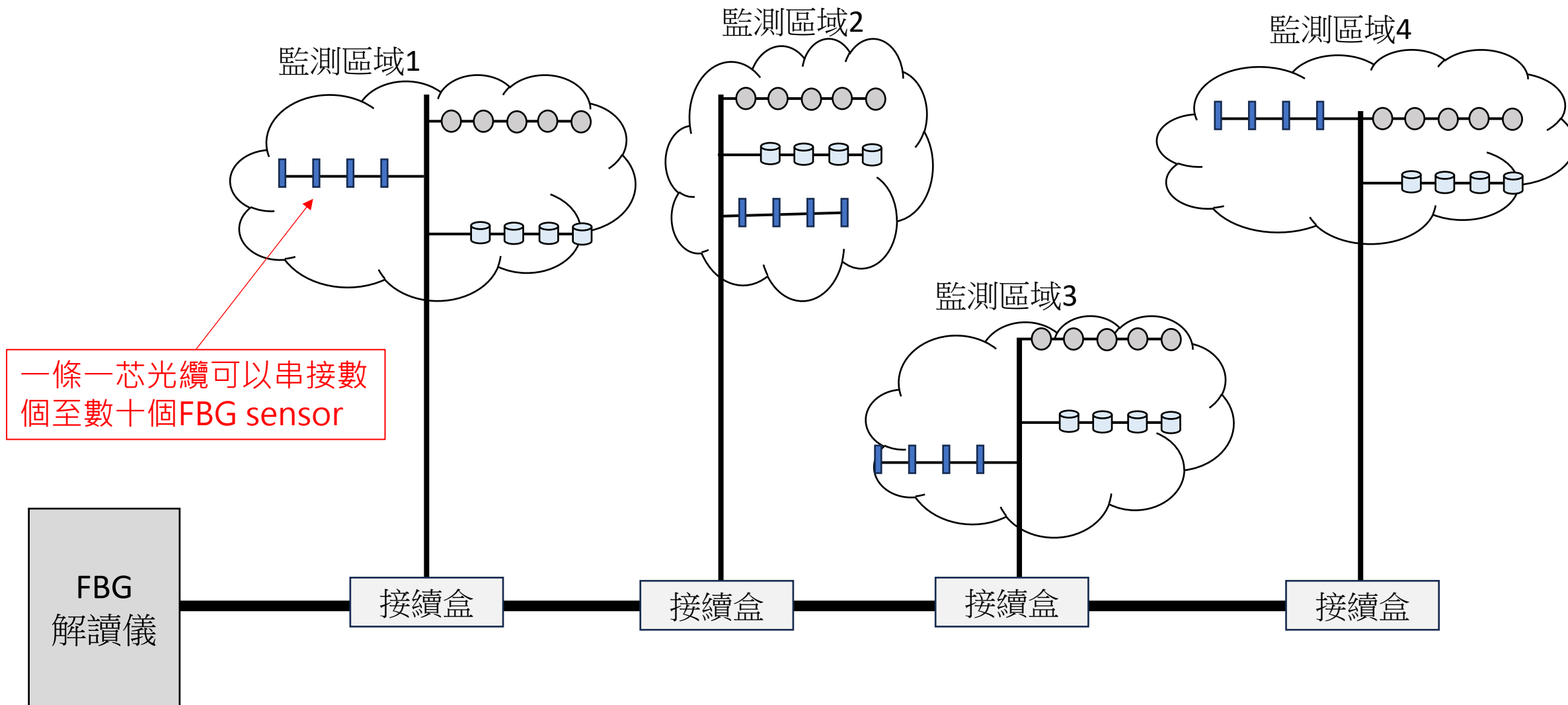
布裡淵光時域感測系統

- 布裡淵光時域**反射**解讀儀
- 布裡淵光時域**分析**解讀儀
- 感測光纜

全分散式聲紋與震動感測系統

- 全分散式聲紋與震動解讀儀
- 感測光纜

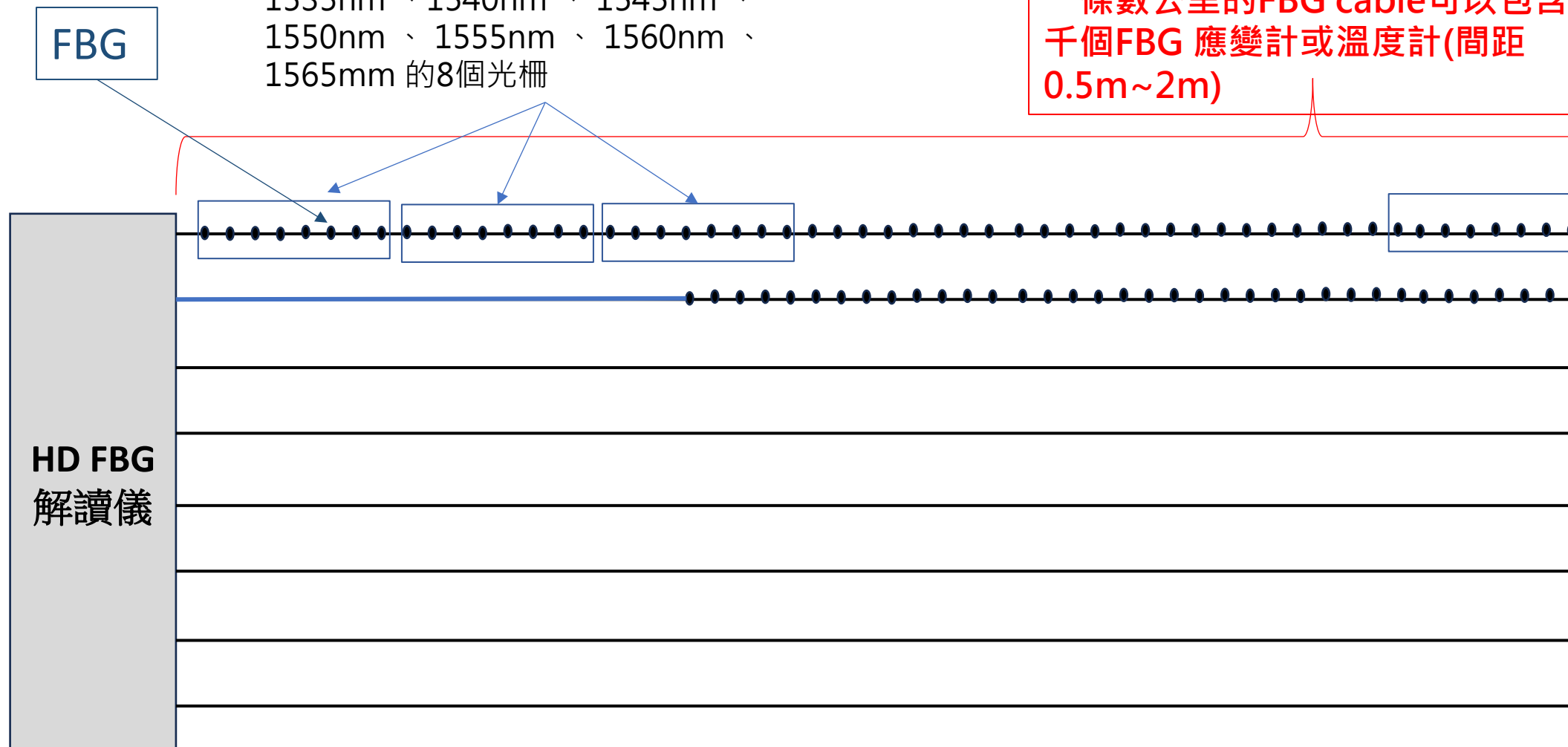
A-3. FBG(光纖光柵)監測系統示意圖



A-4. HD FBG監測系統示意圖

例如：每一段落包含中心波長為1530nm、
1535nm、1540nm、1545nm、
1550nm、1555nm、1560nm、
1565nm 的8個光柵

一條數公里的FBG cable可以包含數
千個FBG 應變計或溫度計(間距
0.5m~2m)



A-5. 全分散式監測系統示意圖

運用一條數十公里一芯的普通光纜可以
獲得數千~數萬的監測點的訊息(間距
0.5m~2m)



B. 潛在大崩塌邊坡安全監測的最佳方案~光纖監測技術

B-1. 邊坡大崩塌監測

B-1-1. 全台大崩塌區域盤點

莫拉克風災之後，政府花了六年八億，測繪出全台灣的數值地形圖，中央地調所、水保局與林務局，從中歸納如下：

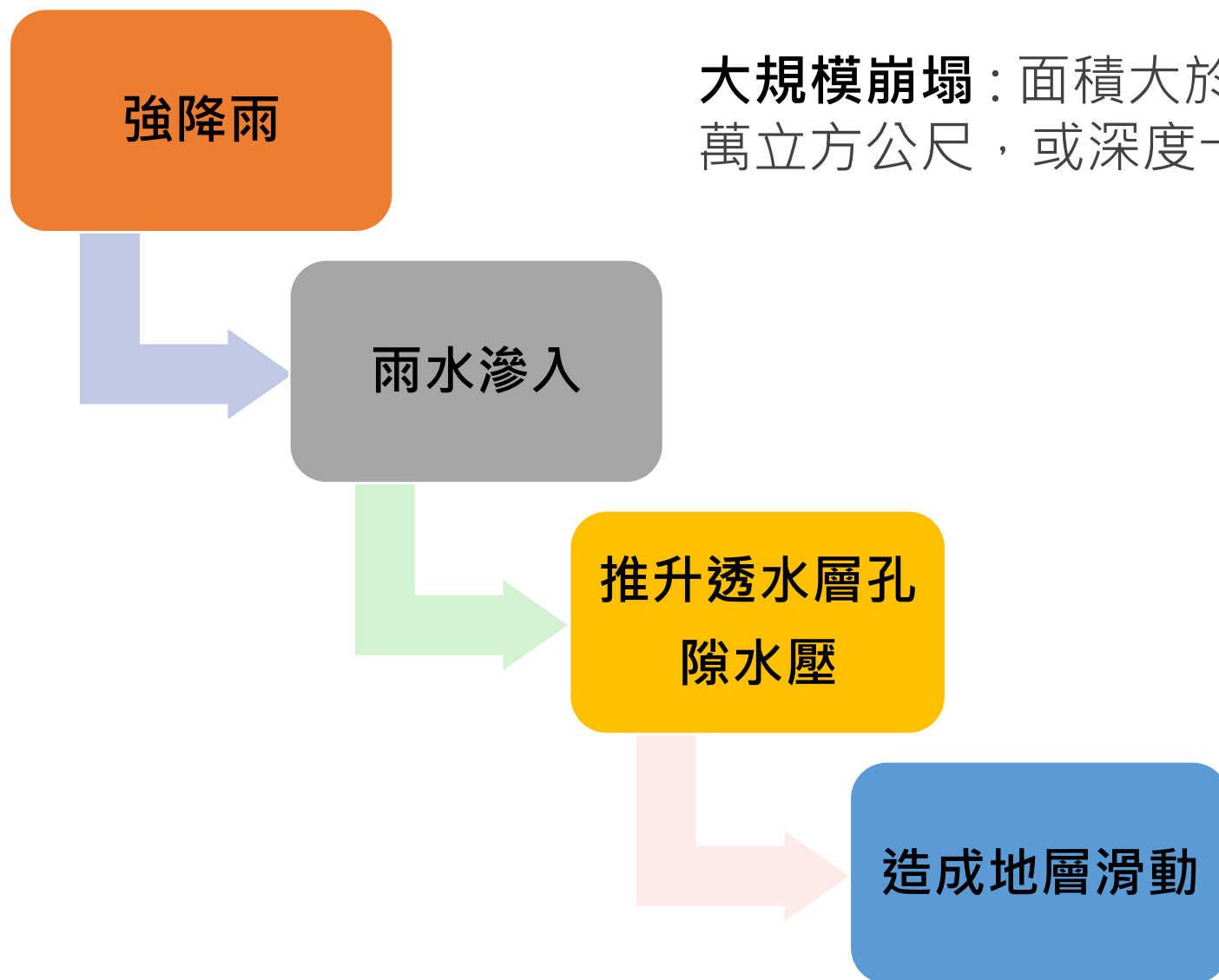
- 九千多個大規模崩塌潛勢地點
- 鄰近聚落或公共設施的地點有229個，水土保持局再從其中找出
- 風險最高的34個，應作為優先關注對象

重要的課題

1. 地層滑動機制探討
2. 地層滑動潛勢探討
3. 滑動面深度掌握
4. 滑動發生時機掌握

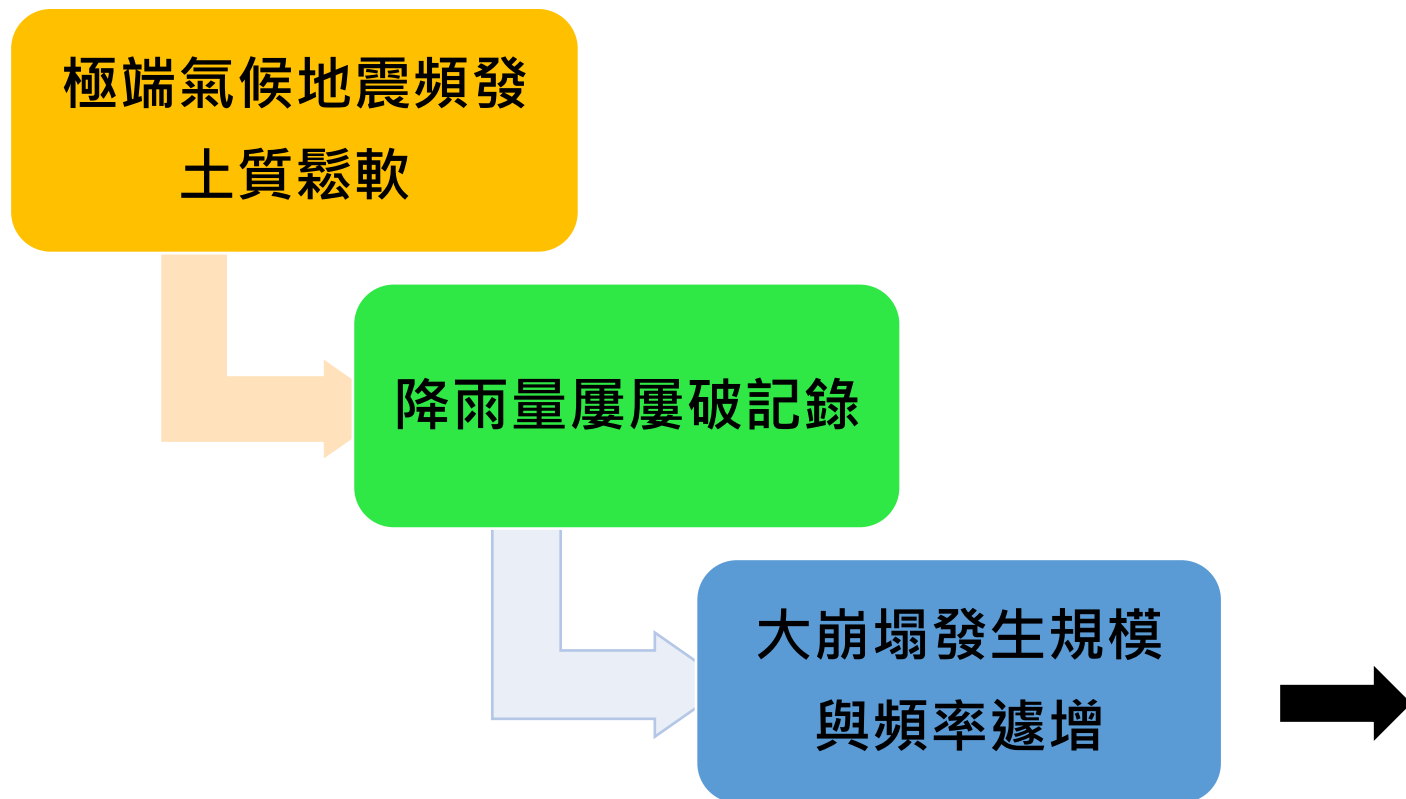


B-1-2. 大崩塌發生的主因



大規模崩塌：面積大於十公頃、體積超過十萬立方公尺，或深度十公尺以上的崩塌

B-1-3. 大崩塌的發展趨勢



根據統計，2000年至今，因為極端降雨，崩塌面積增加兩萬一千公頃，按照趨勢推估，未來二十年，台灣的崩塌面積，將增加到十萬公頃，相當於四個台北市的大小

B-1-4. 大崩塌的預警與告警

強降雨量測

- 電子式雨量計

透水層孔隙水壓量測~預警

- 光纖光柵分層孔隙水壓監測系統(潛勢探討)

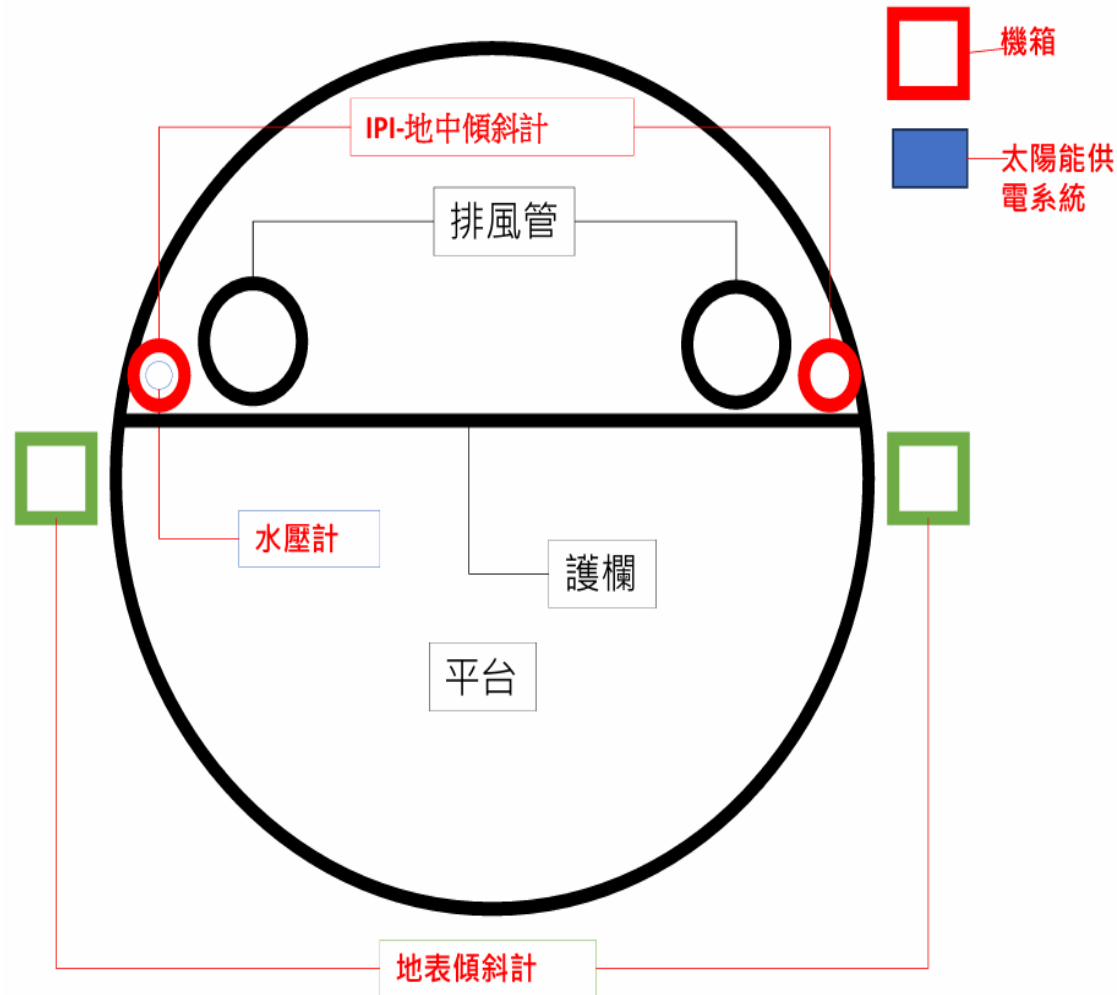
地層滑動量測~告警

- 光纖光柵地中雙向傾斜量測系統(滑動深度與時機掌握)
- 密集型光纖光柵

B-2. 大崩塌整治工程維運監測~以梨山大崩塌為例

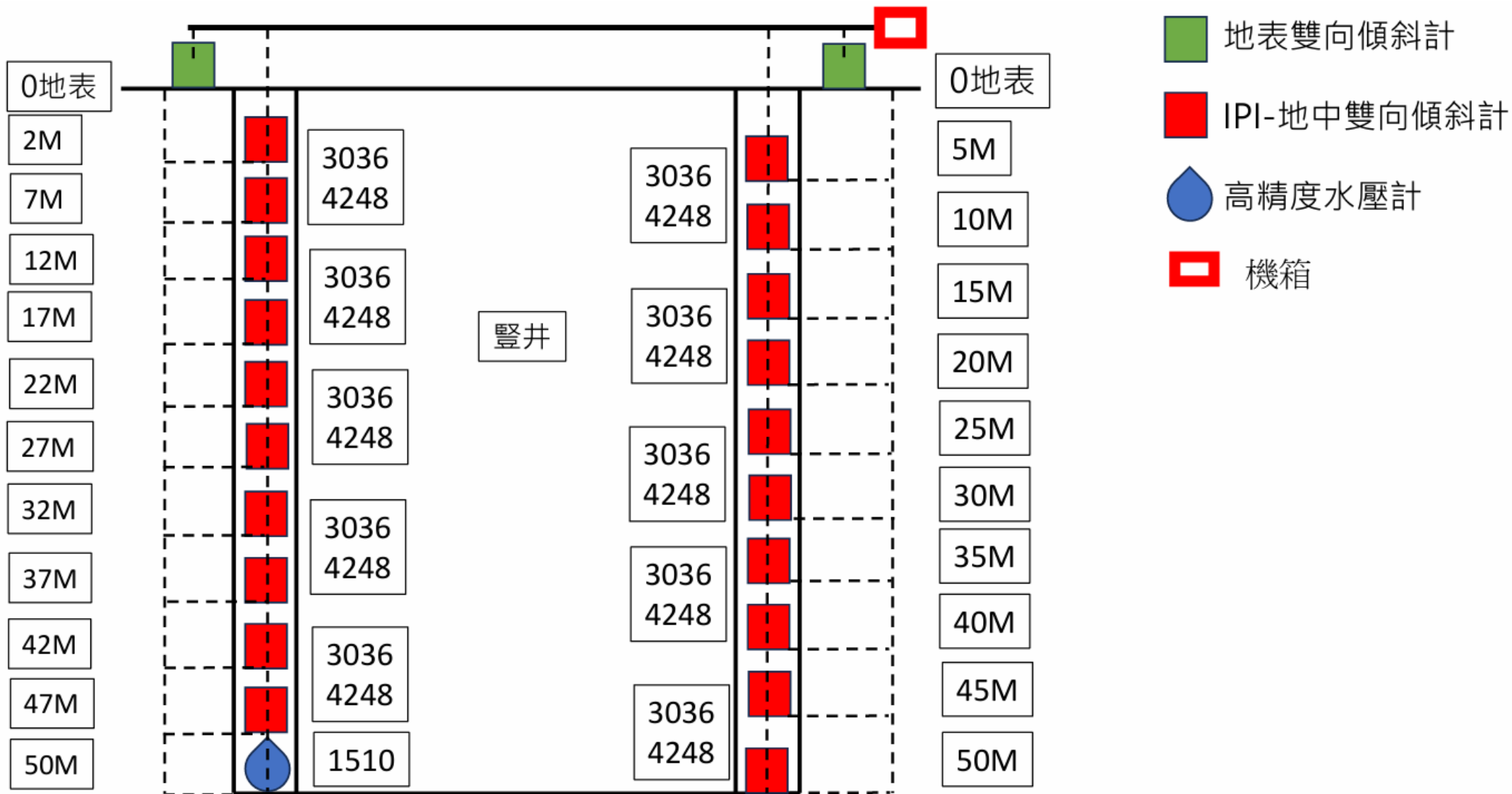
B-2.1. 集水井井監測規劃

集水井



1. 豎井的變形監測
 - 1) 於井內南側與北側的井壁從底部往上安裝傾斜管
 - 2) 將光纖光柵孔內雙向傾斜計以鋼纜每5公尺串接1個共串接10個
 - 3) 將串接好10個光纖光柵孔內雙向傾斜計的串列置入安裝好的傾斜管
2. 豎井的水位監測~於前述其中一串地中光纖光柵傾斜計串列的底部串接一個高精度光纖光柵水壓計
3. 豎井頂部的傾斜監測~於豎井頂部的南側與北側各安裝一組高精度光纖光柵雙向傾斜計
4. 於豎井周圍圍籬擇一柱子安裝機箱(內置光纖光柵解讀儀工業電腦與4G路由器)
5. 於機箱旁設置太陽能發電與供電系統
6. 將感測器的光纜連接上解讀儀
7. 每小時提供一筆監測資料

B-2-1.集水井監測規劃~感測器安裝示意圖



B-2-2. 廊道監測規劃



廊道



廊道口
地錨

1. 廊道變形位置之監測：採用密集型光纖光柵光纜(每公尺個光柵也就是每公尺一個應變計)貼著廊道兩側的牆壁橫跨整個廊道
2. 確定變形位置之沉陷監測：於廊道變形位兩側的牆壁置佈設光纖光柵差異沉陷計(2.5米~5米一組差異沉陷計)
3. 確定變形位置之傾斜監測：於廊道變形位兩側的牆壁置佈設光纖光柵傾斜計(2.5米~5米一組傾斜計計)
4. 監測廊道之水位：採用光纖光柵水壓計
5. 廊道口地錨監測：選擇25個地錨安裝一組光纖光柵地錨荷重計
6. 擋土牆傾斜監測：安裝2~3個光纖光柵傾斜計於擋土牆上方平面

B-2-2. 完整監測系統彙整

監測需求	監測儀器規劃
強降雨量測	雨量計
透水層孔隙水壓量測	光纖光柵分層孔隙水壓計
地層滑動量測	<ul style="list-style-type: none"> • 光纖光柵地中雙向傾斜計 • 密集型光纖光柵
集水井井監測	<ul style="list-style-type: none"> • 光纖光柵地中雙向傾斜計 • 光纖光柵地表雙向傾斜計 • 高精度水壓計
廊道監測	<ul style="list-style-type: none"> • 密集型光纖光柵 • 光纖光柵差異沉陷計 • 光纖光柵傾斜計 • 光纖光柵水壓計 • 光纖光柵地錨荷重計 • 光纖光柵地表雙向傾斜計

B-2-3. 光纖光柵感測器 vs 電子式感測器

FBG sensor = 光纖光柵 + 不銹鋼構件 + 特殊黏膠 (被動式組件)

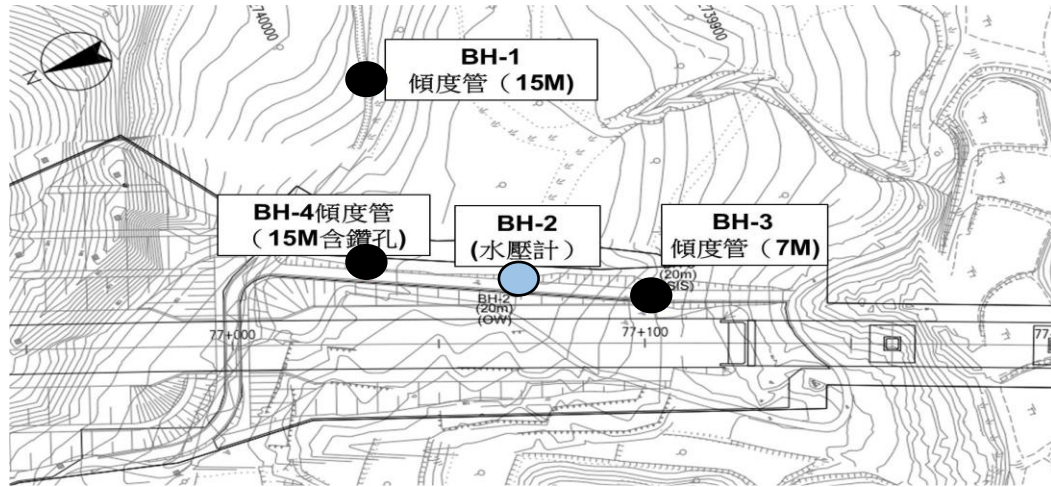
比較項目	FBG Sensor	Electronic Sensor
感測器至解讀儀傳輸距離	$\geq 20\text{km}$	$= < 300\text{m}$
訊號解析度與精度	優	優
訊號可靠度	優	佳
抗水性	優	普通
抗雷擊	優	劣
溫度補償	優	劣
維護成本	低	高
是否需定期或不定期校正	不需要	需要
多種或多個感測器串接	可	不可
全壽命成本	相對低	相對高

C. 代表性實績

優勢應用領域

- 深層&多透水層邊坡安全監測
- 雷擊頻繁、通訊不佳的邊坡之安全監測
- 深層&多地下水層超抽水之地層下陷監測
- 長距離多範圍之邊坡安全監測

C-1. TK77寶山邊坡滑動監測



監測目的:

大片邊坡的潛在滑動&水位變化監測



監測系統:

- 地中傾斜監測井*3 : 地中雙向傾斜計 (IPI)*74
- 水位井 *1

C-2. TK102路堤改善施工差異沉陷監測



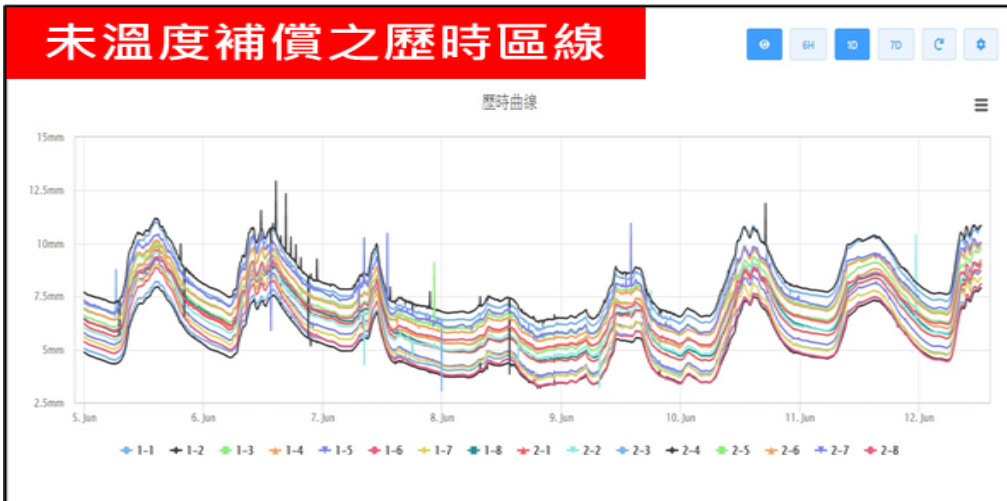
監測目的：

- 因路堤沉陷量已達行動值，運用低壓灌漿的方法將軌道板提升時的安全監測

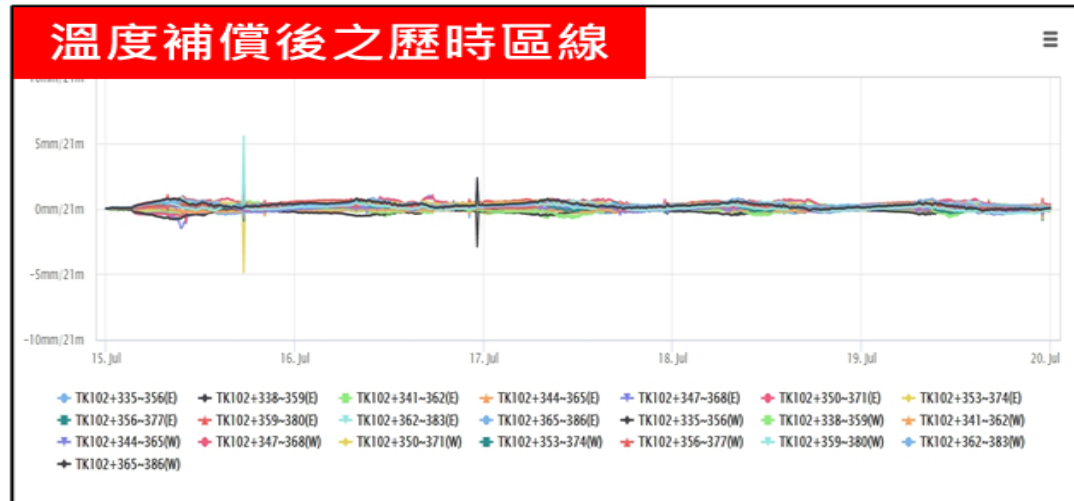
監測系統：

- 於軌道兩側的軌道板上，跟軌道平行的方向，每2.5米安裝1個差異沉陷計
- 總共安裝了40個光纖光柵差異沉陷計

未溫度補償之歷時區線



溫度補償後之歷時區線



C-3. 捷運隧道深開挖分層孔隙水壓與沉陷監測



監測目的：

多個透水層分層水壓穩定性及沉陷監測

監測系統：

1. 孔隙水壓井(3~4個水壓計)*14
2. 沉陷監測井(3~4個深度)*9



優勢與特色：

1. 大幅減少鑽井數量
2. 抗雷擊 & 耐用性

C-4. 貓纜T16邊坡地錨監測



監測目的：

地錨的預力是否減弱或消失

特色與優勢：

1. 光纖光柵地錨荷重計溫度幹擾小
2. 經久耐用

C-5. 陽明交大北投校區邊坡監測



電子式感測器的困擾：

1. 設備太多電子元件太多
2. 可靠性耐用性差
3. 維護工作繁複維護費用高昂

監測系統：

8個綜合監測區域

1. 地錨荷重計*30
2. 傾斜計*25
3. 水位井*8
4. 地中傾斜監測井*8
5. 分層水壓監測井*3(5組/井)
6. 光纖纜線~6公里

C-6.日月潭大壩安全監測



監測目的：

監測日月潭頭社壩與拔社埔兩個大壩數十個水位井及量水堰的水位變化

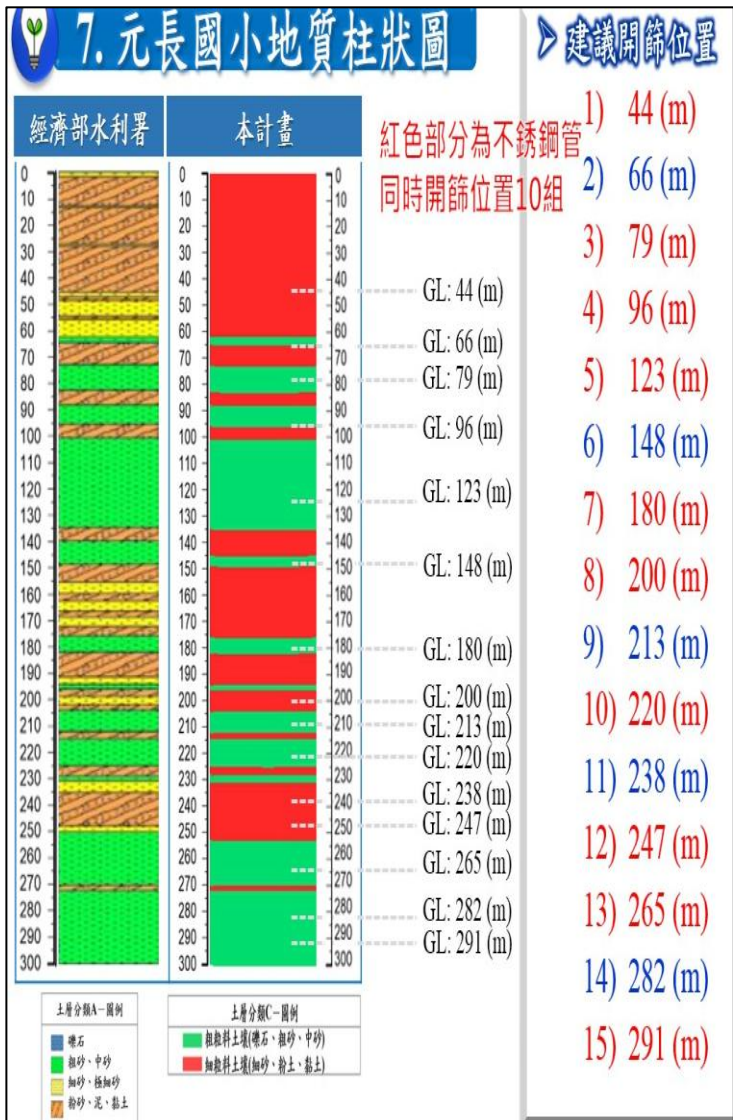
監測系統：

- 頭社壩：高精度光纖光柵水壓計(精度~1/1000 F.S.)*31+量水堰水位計*7
- 拔社埔：高精度光纖光柵水壓計(精度~1/1000 F.S.)*20+量水堰水位計*10
- 光纜佈設長度
 1. 骨幹光纜(288芯)~5.5公里
 2. 支線光纜~3公里

特色與優勢：

- 克服監測區域無電無無線通訊的困難
- 解決過往每遇密集落雷即造成感測器被雷擊損壞的問題

C-7. 透水層的水壓變化與地層下陷的關係



特色：

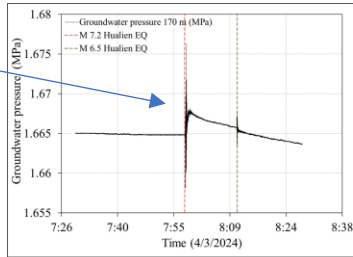
- 300公尺深、10個分層水壓量測
- 高精度壓差式串接式水壓計：0.25 Kpa
- 採用封層器及灌注水封層

C-8. 花蓮米侖斷層科學研究~500米深井

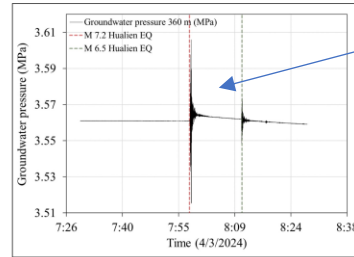


七星潭大橋受米侖斷層錯動影響，橋面斷裂。

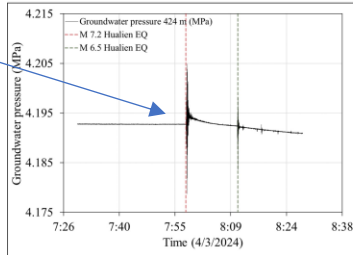
2.5KPa



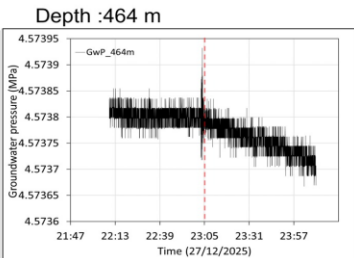
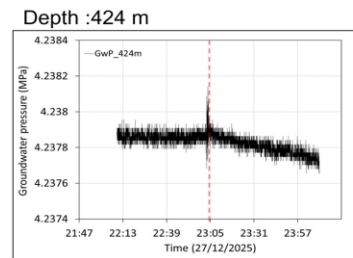
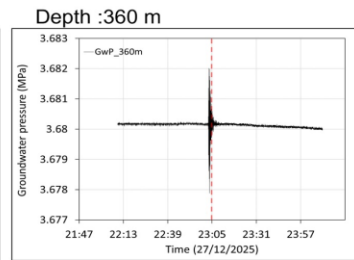
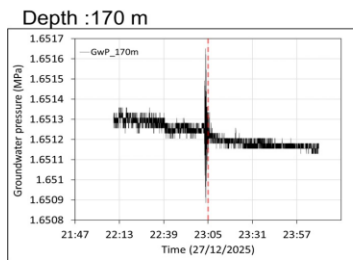
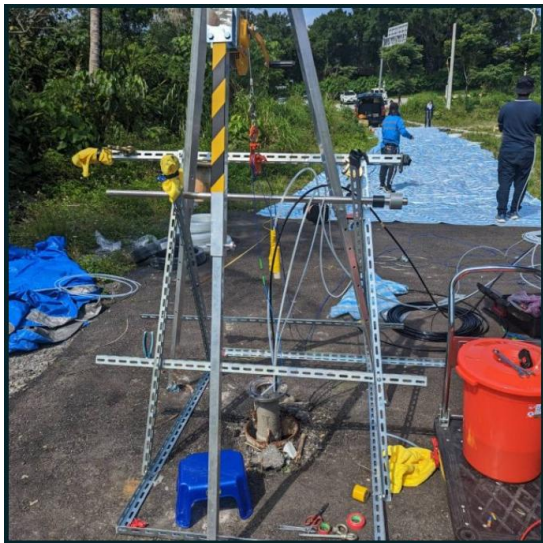
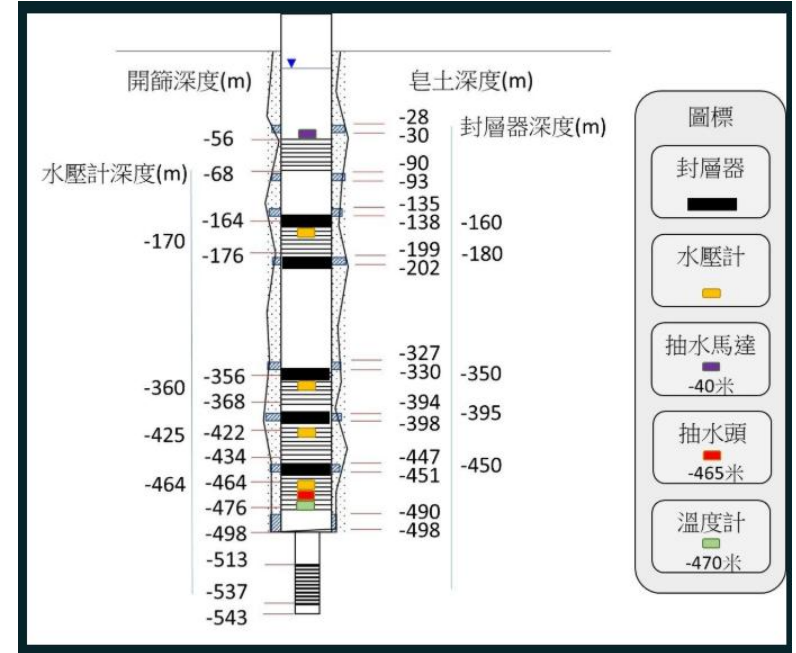
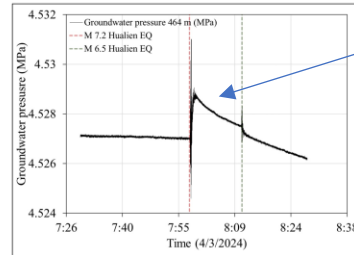
8KPa



2KPa



2KPa
(斷層介面處)



監測系統與特色：

- 500公尺深、5個分層水壓量測
- 高精度壓差式串接式水壓計：精度0.25 Kpa
- 採用封層器及灌注水封層
- 擷取頻率：100 Hz

謝謝！