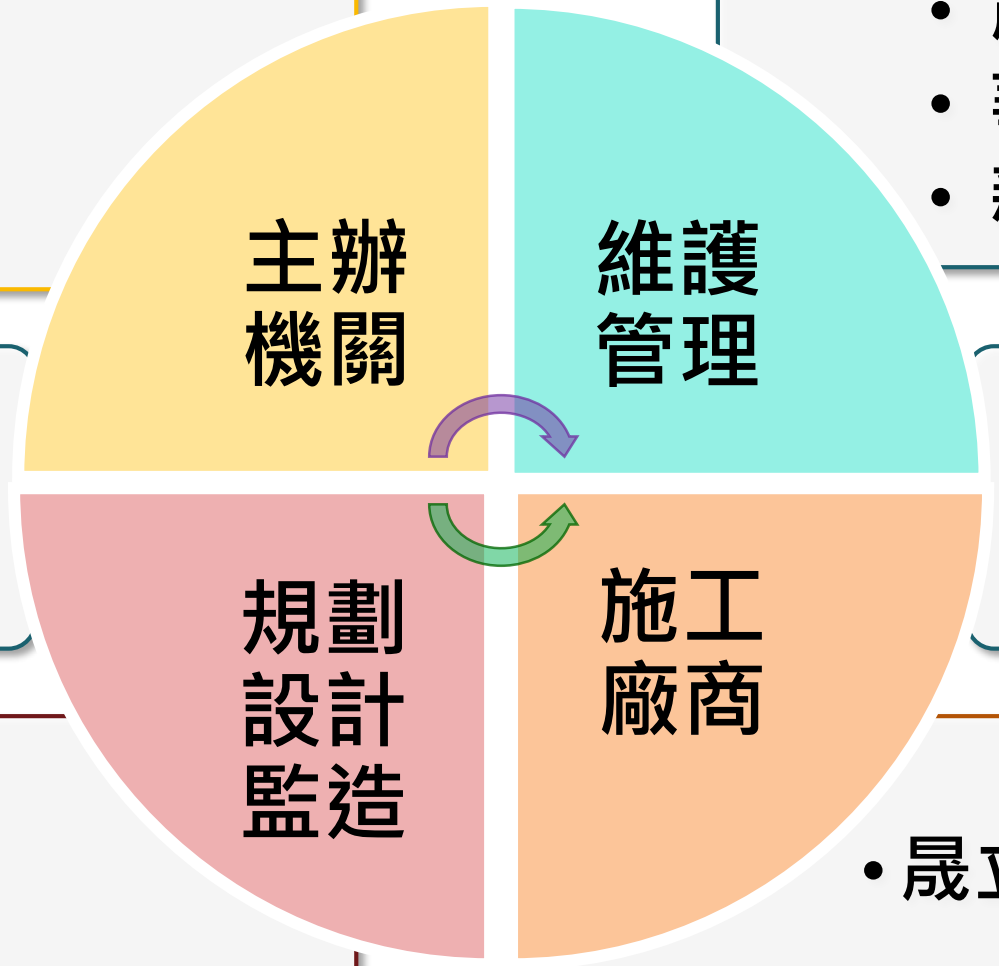
# 石碇大崙山整治二期工程



主辦機關：農業部農村發展及水土保持署臺北分署

簡報人員：吳佳威 正工程司

# 工作團隊




- 農村水保署臺北分署

- 農村水保署臺北分署
- 華梵大學
- 新北市政府

- 景澤創意有限公司
- 觀察家生態顧問有限公司

- 興大國土資源保育中心

- 青山工程顧問股份有限公司

- 晟立興營造有限公司



# 簡報綱要

壹 工程緣起

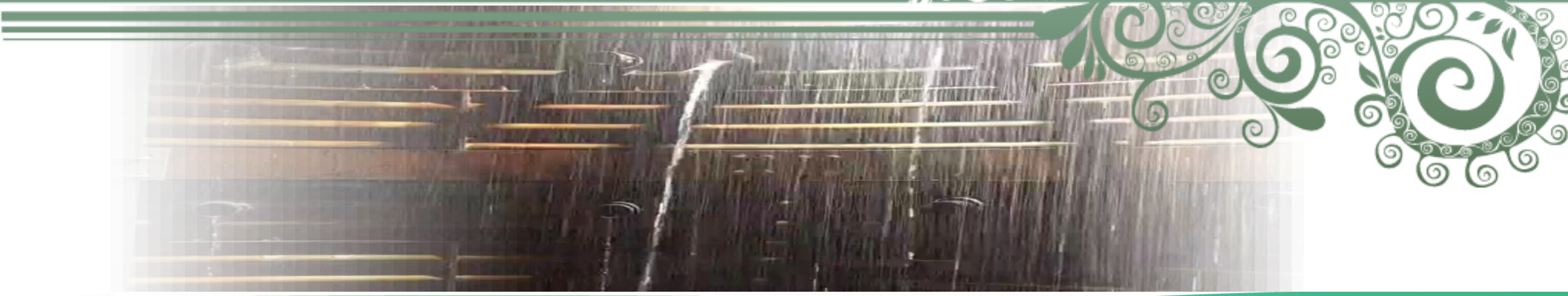
貳 規劃構想

參 設計分析

肆 特色效益



# 壹、工程緣起



# 災害歷史

- 坐落於**潛在大規模崩塌區內**(新北市-石碇區-T001)
- 96年開始發現邊坡滑動徵兆，**105年梅姬颱風**造成災害**最為明顯**











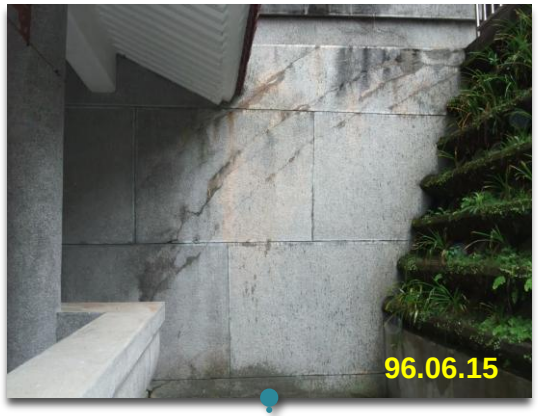







# 調查、監測及整治歷程1/2

## 持續有滑動徵兆現象







## 梅姬颱風造成明顯邊坡滑動







86 → 96 → 104 → 105 → 107

## 華梵大學建校




## 校內自行施作2座大口徑集水井







## 本分署施作1座大口徑集水井



# 調查、監測及整治歷程2/2

## 本分署開始調查監測







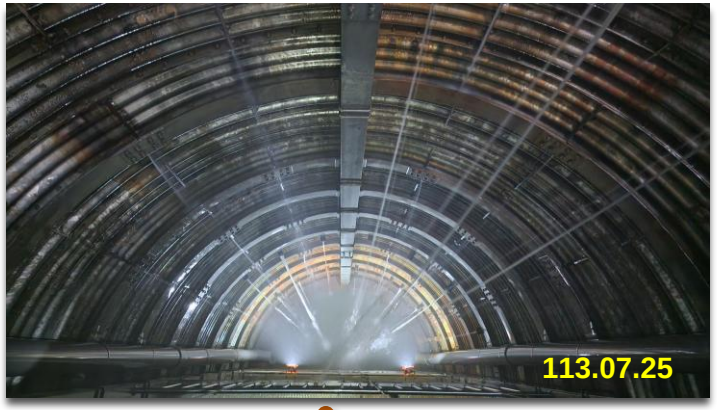
108

## 提出整體治理規劃

- 以導排地下水為主
  - 整體規劃需再7座大口徑集水井
  - 分期施作，配合監測滾動調整

110

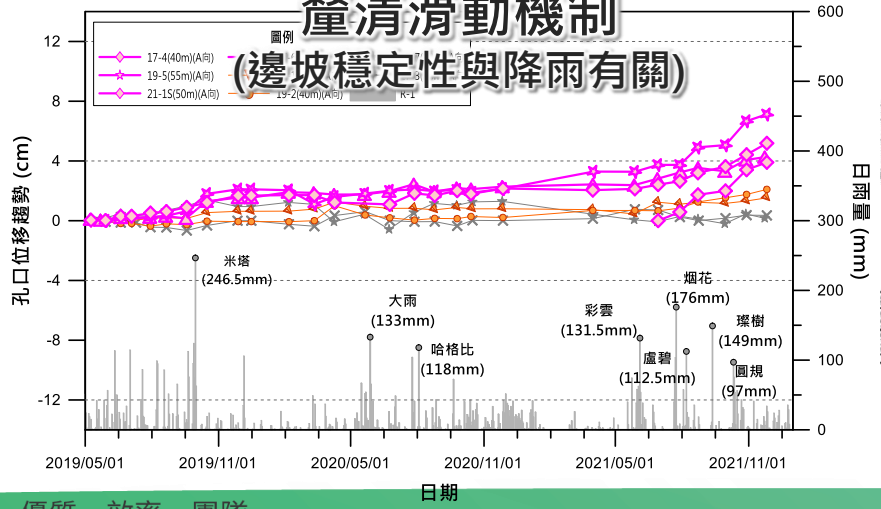
## 進行地下水導排工程(本工程)



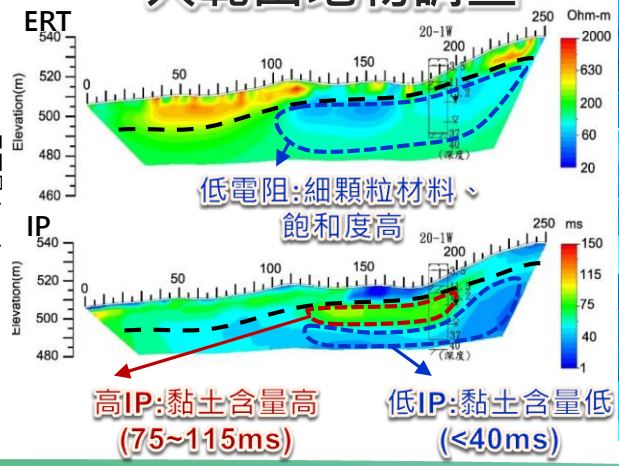

111

108~110年

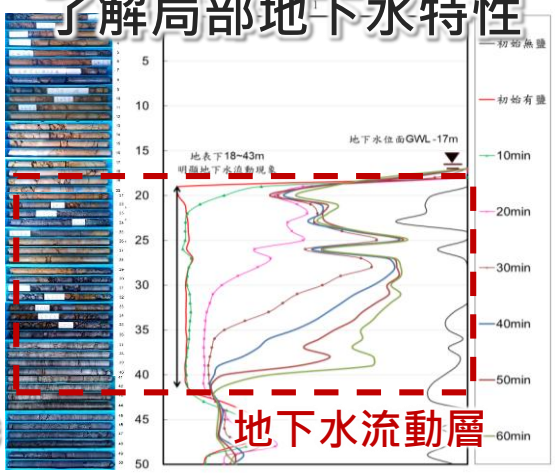
### 釐清滑動機制
(邊坡穩定性與降雨有關)



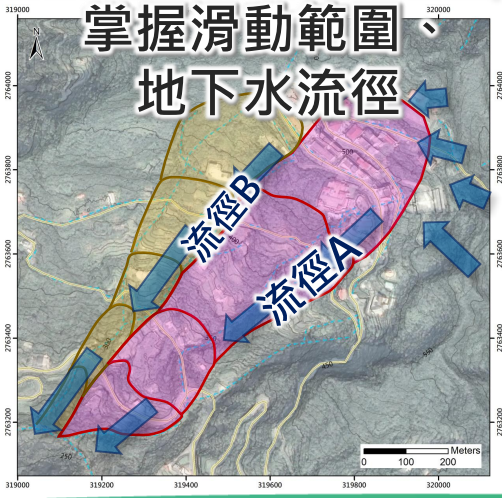

### 大範圍地物調查




### 了解局部地下水特性

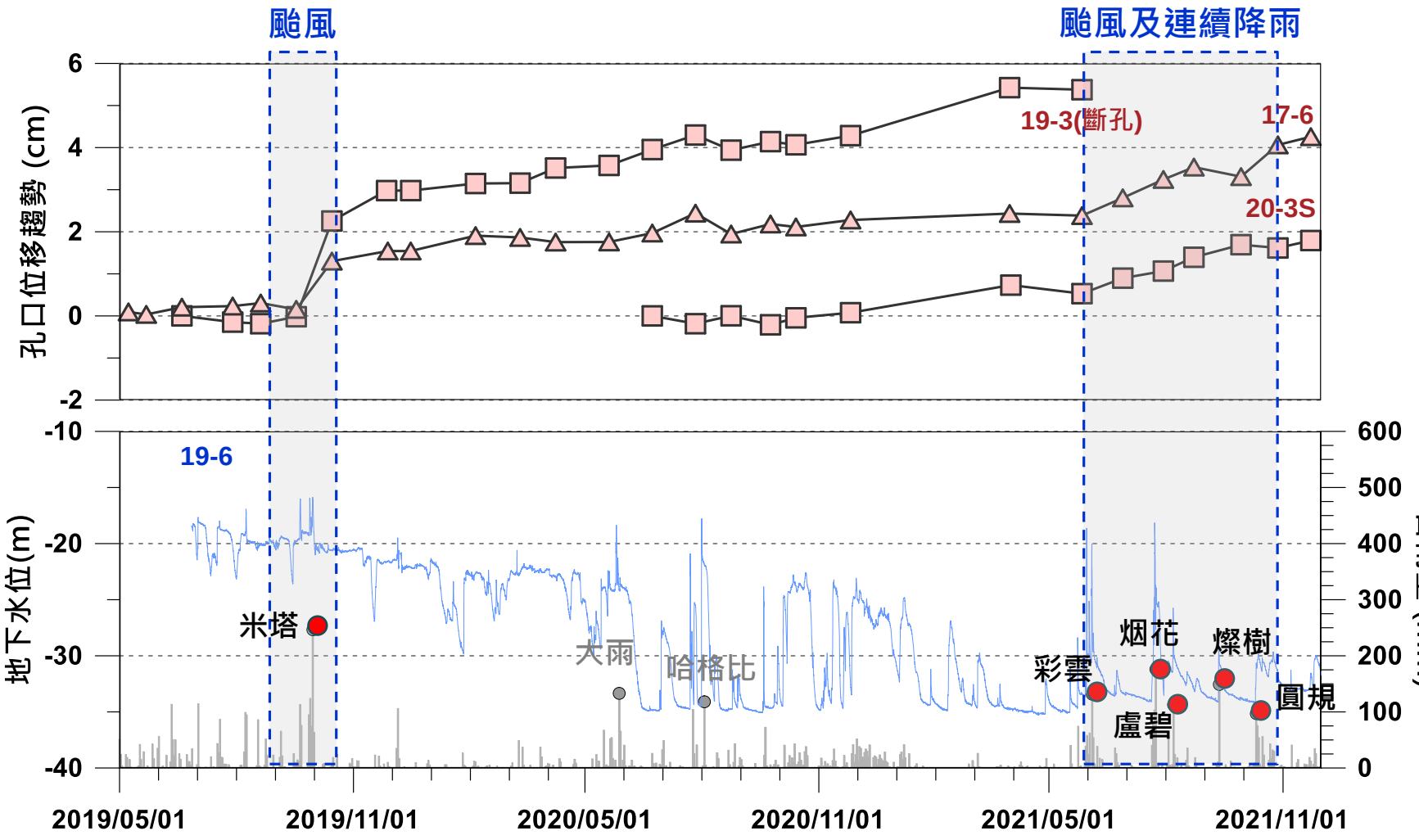


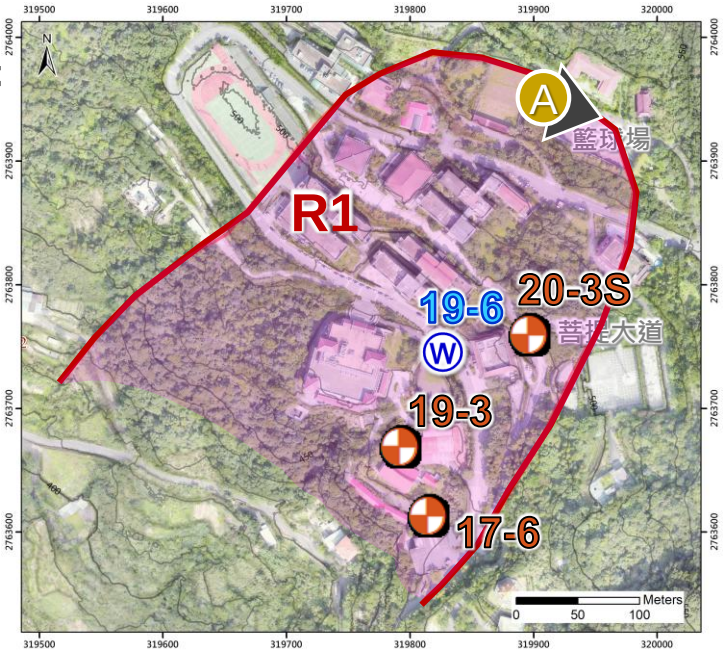

### 掌握滑動範圍、地下水流徑



# 面臨課題1/4：地下水上昇導致邊坡滑動

- 颱風或連續降雨期間，邊坡位移情形明顯(108~110年監測成果







連續颱風後，籃球場下陷開裂

# 裂縫重複發生且持續擴大

| | 梅姬颱風(105) | 米塔颱風(108) | 烟花颱風(110) |
|---|---|---|---|
| 籃球場 |  105.11.12 |  109.08.18 |  110.11.02 |
| 菩提大道 |  105.11.12 |  109.08.18 |  110.11.02 |
| | 期間累積雨量：552mm<br>最大日雨量：425mm | 期間累積雨量：603mm<br>最大日雨量：246.5mm | 期間累積雨量：397.5mm<br>最大日雨量：176mm |

# 面臨課題2/4：淺層地下水滲流造成淺層滑動

- 降雨後淺層地下水滲流顯示邊坡地下水豐沛
- 土岩界面滑動現象明顯







坡面滲流易造成淺層滑動情形

# 面臨課題3/4：長期缺乏水資源

- 計畫區現無自來水系統，現勘說明時在地居民主動建議**水資源回收利用**




## 石碇、坪林取水不易 侯友宜允解決自來水問題

2024/3/21 19:09（3/21 19:21 更新）



新北市長侯友宜（前左）21日前往石碇區、坪林區參加行動治理座談會，有里長反映山區民眾自來水取水不易，侯友宜表示，會請水利局協助解決取水問題，讓民眾可以用到簡易自來水。圖為石碇場。（新北市府提供）中央社記者楊侃儒傳真 113年3月21日

# 面臨課題4/4：自然生態良好

- 工區緊鄰森林，自然生態良好，應**加強**生態友善措施
- 周遭記錄到多種蛙類棲息













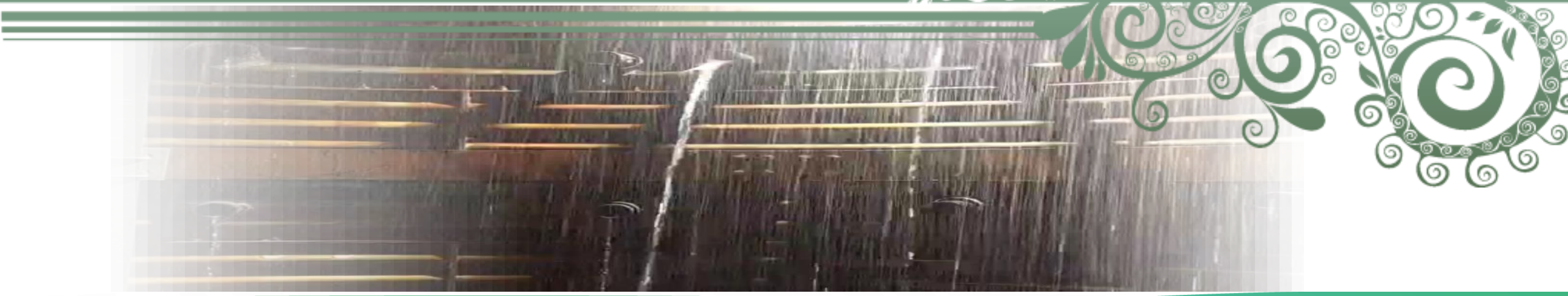


# 關鍵課題與對策

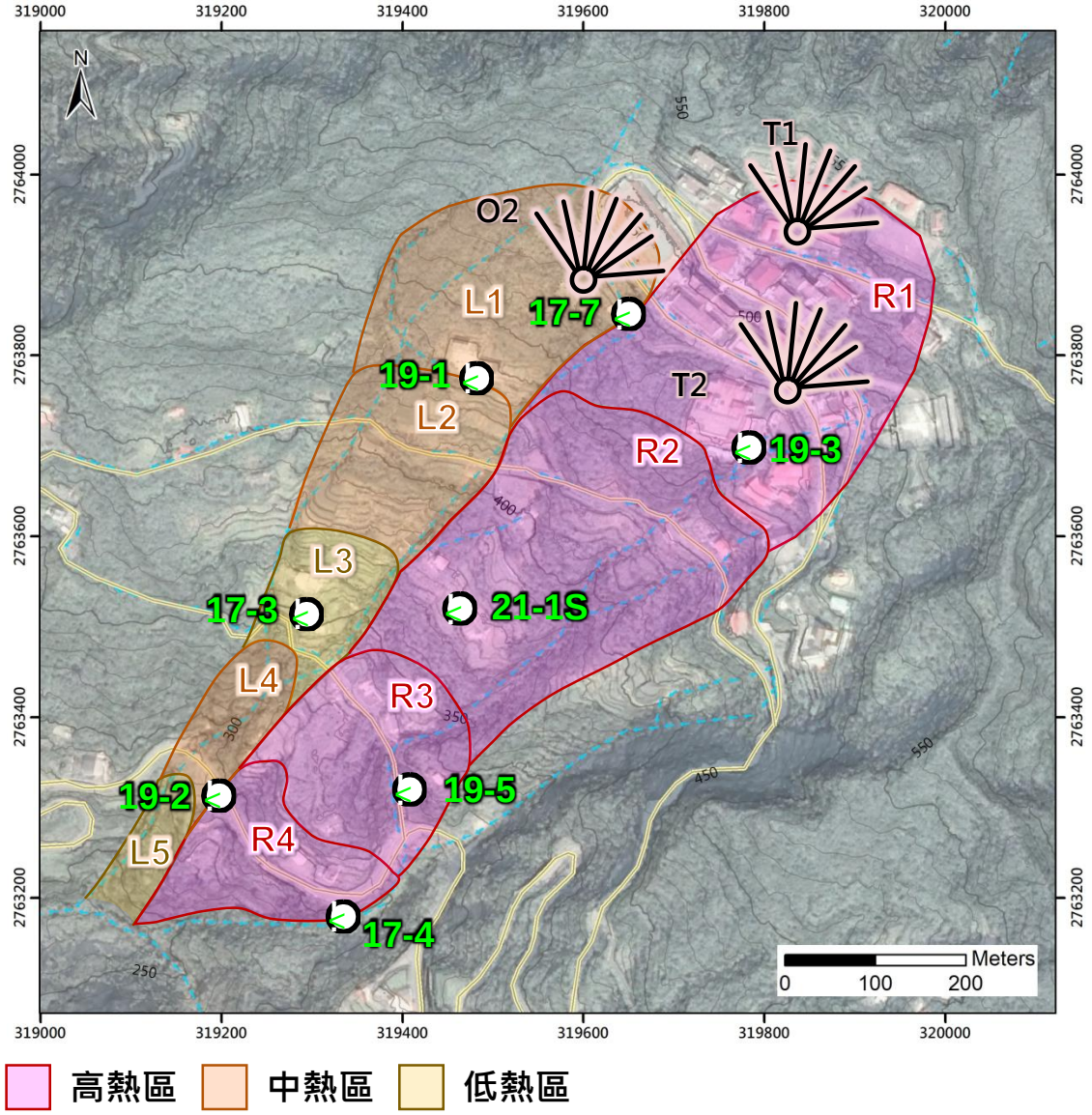
| 項次 | 關鍵課題 | 對策 |
|---|---|---|
| 1 | 地下水上昇導致邊坡滑動 | 導排地下水抑制邊坡滑動(加強地下水導排)<br>□ 中深層地下水導排：大口徑集水井<br>□ 集水井為局限空間作業，應強化相關職安衛設備 |
| 2 | 淺層地下水滲流造成淺層滑動 | 導排地下水抑制邊坡滑動(加強地下水導排)<br>□ 淺層地下水導排：坡面集水管 |
| 3 | 長期缺乏水資源 | 地下水導排需考量提供居民再利用<br>□ 蓄水設施(華梵大學心鏡湖)<br>□ 道路排水及坑溝野溪 |
| 4 | 自然生態良好 | 加強環境友善措施<br>□ 迴避：施工前調查樹木，迴避無災害或治理需求的植生區域<br>□ 縮小：調整整治區域，縮小工程量體規模<br>□ 減輕：利用既有便道施工，減少額外破壞<br>□ 補償：地下水補注坑溝野溪地表逕流，提供生物棲息需求 |



# 貳、規劃構想

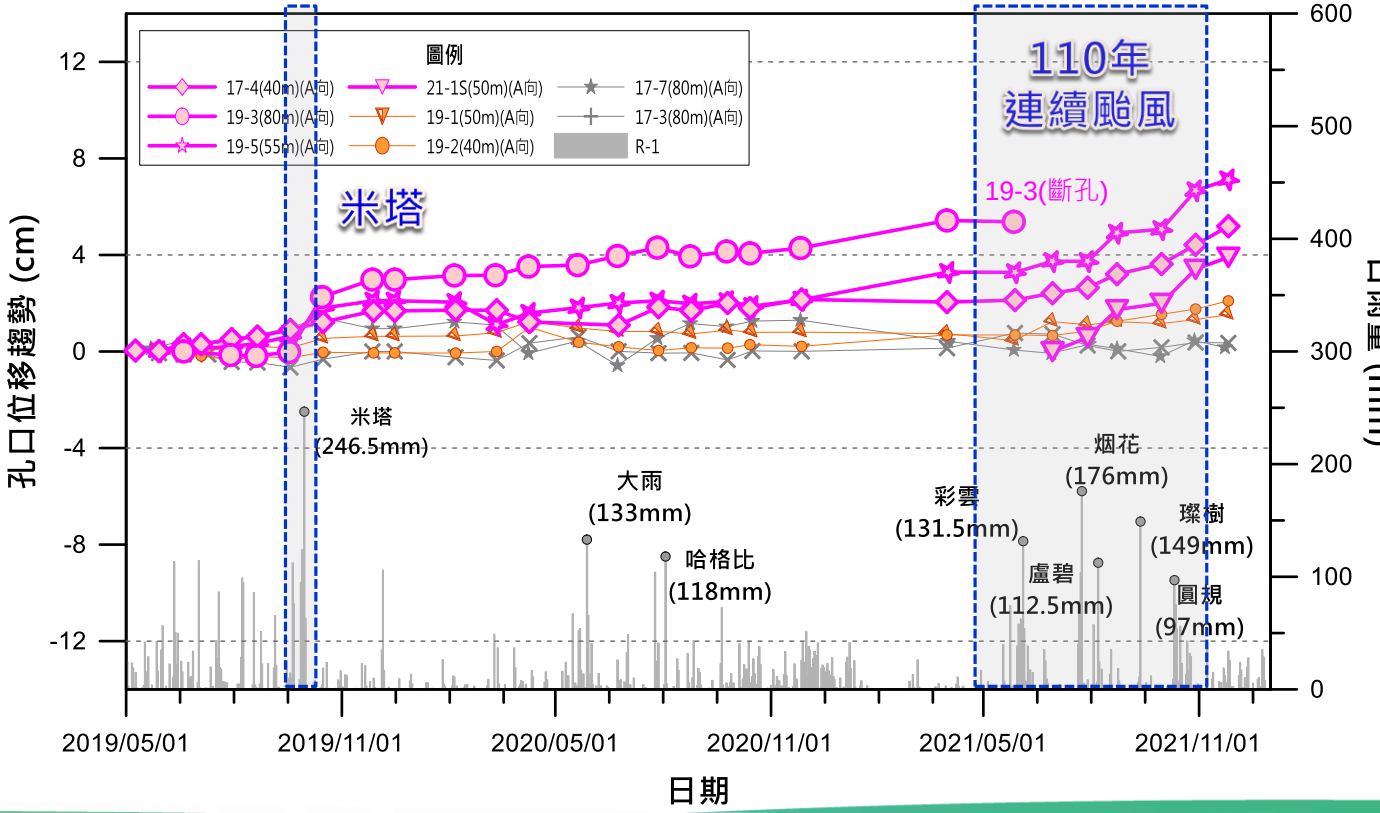


# 以塊體活動性評估整治順序



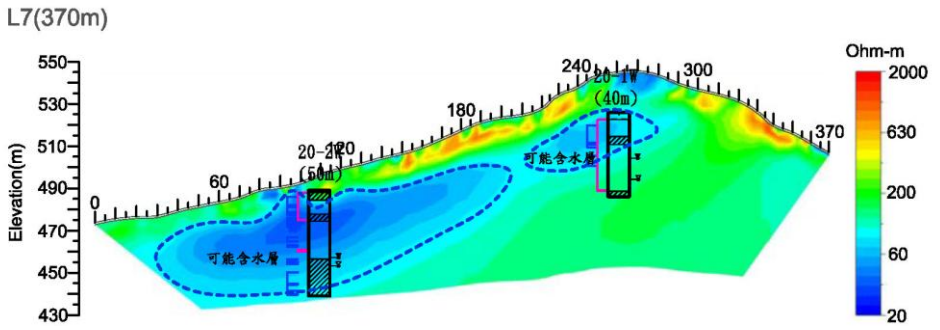

## 以108~110年各塊體傾斜管位移速率分類

- 高熱區：R1~R4塊體
- 中熱區：L1、L2、L4塊體
- 低熱區：L3、L5塊體、M及S塊體

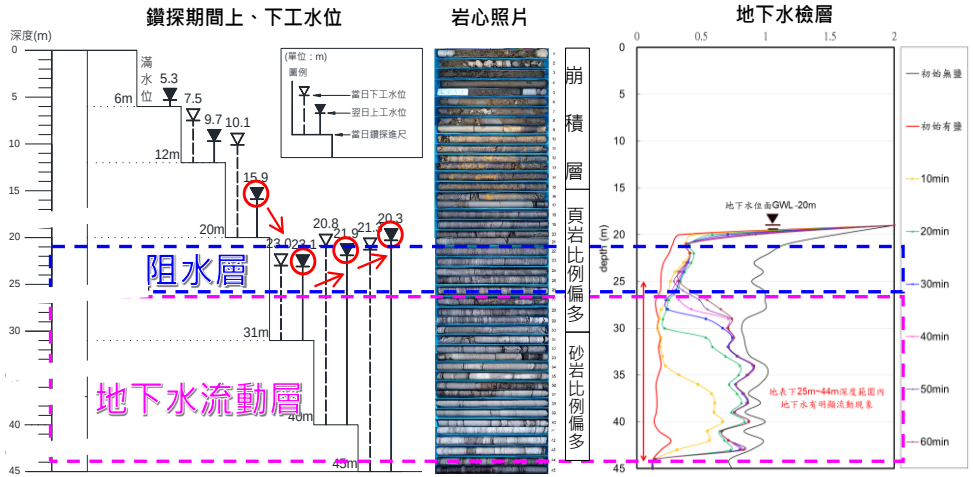


# 布設於地下水流徑提高效益

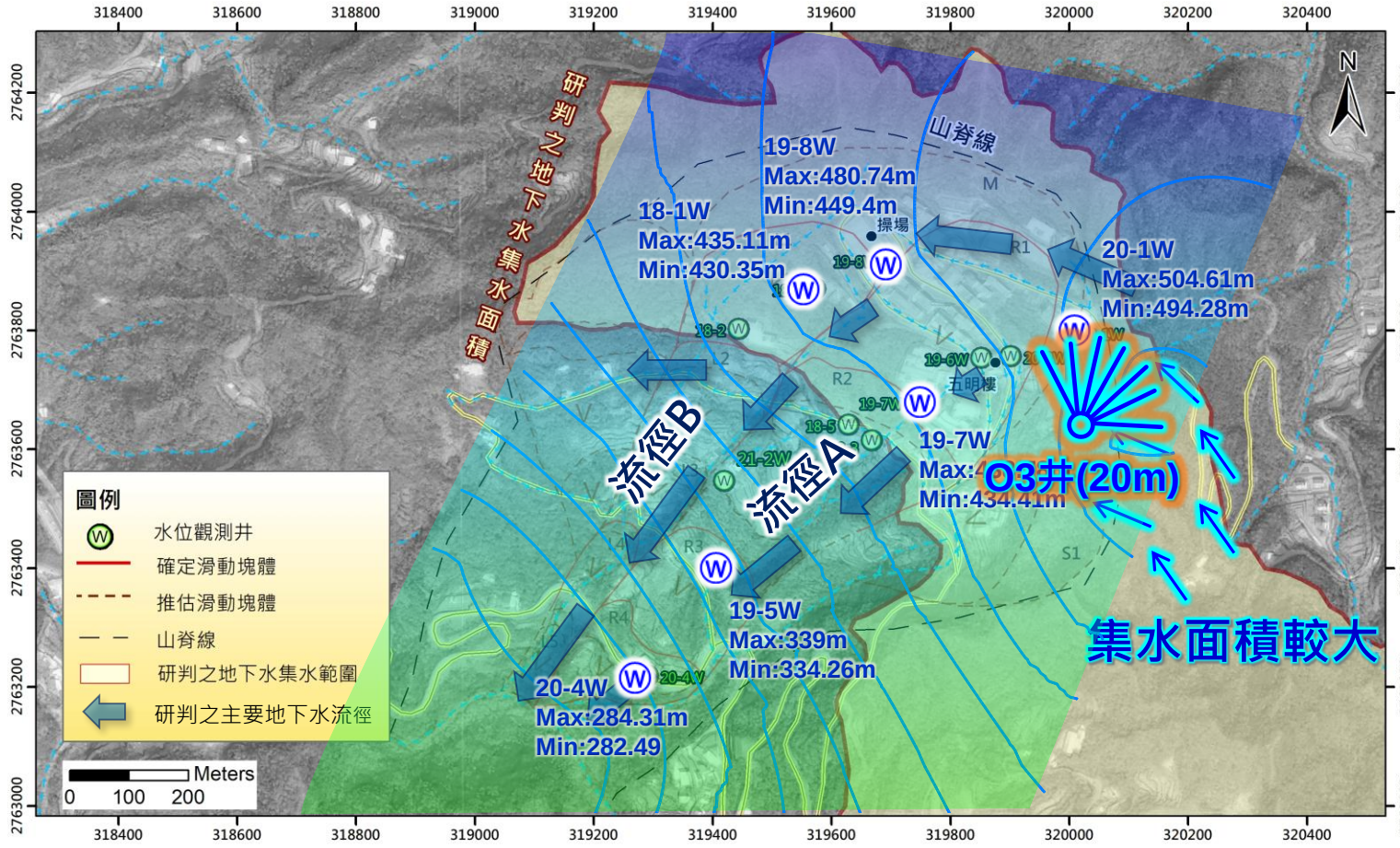
- 已綜合各期地電阻探測、地下水檢層試驗及常時水位高程等資料研判地下水流徑
- 主要補注來源為東南側




地電阻探測 - 研判可能含水層



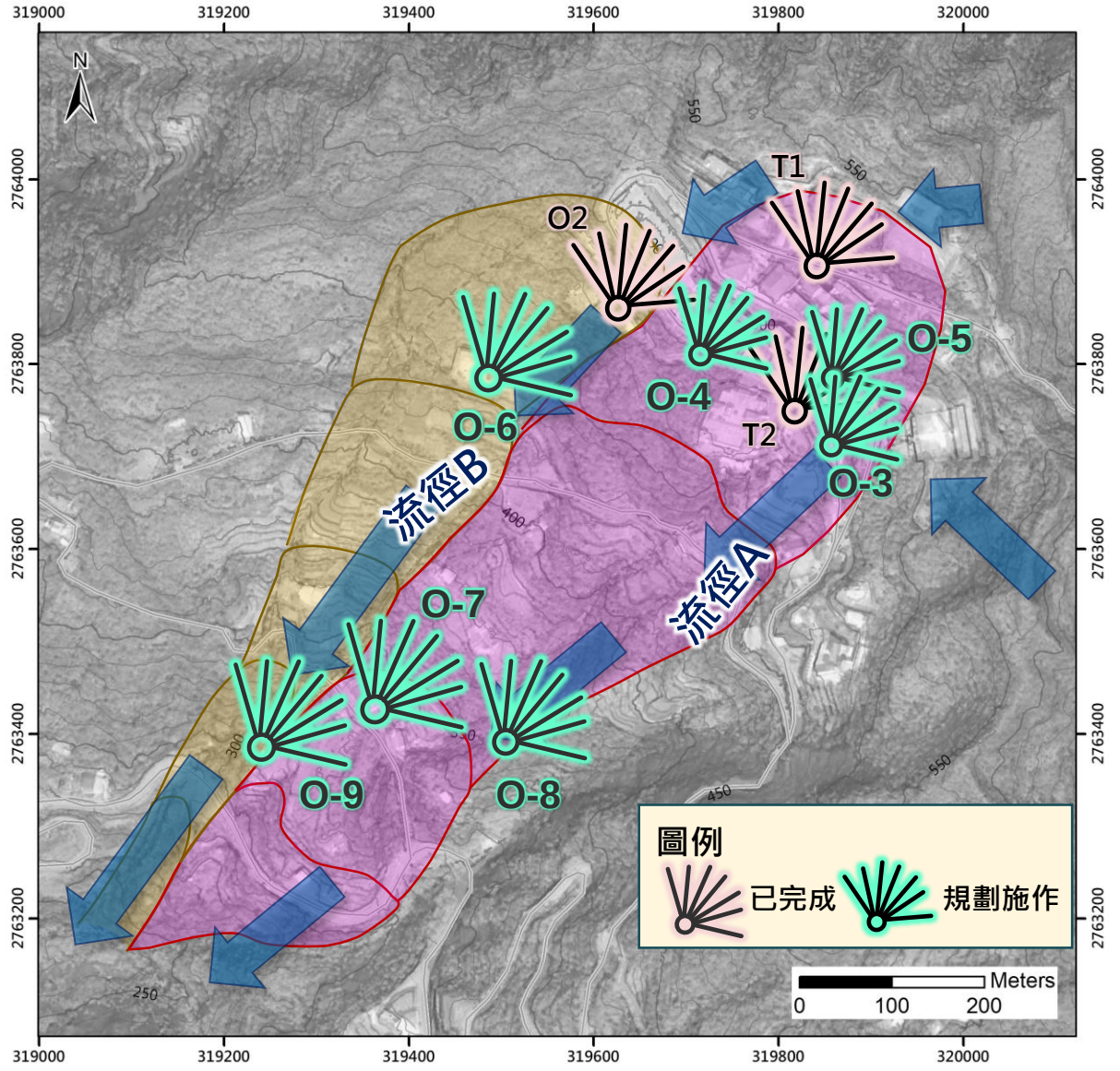

地下水檢層 – 掌握地下水流動段




主要地下水補注源研判成果

# 整體治理規劃構想(110年提出)

- 因滑動範圍大(約60ha)深度深(約30~50m)，且塊體穩定性與地下水升降高度相關，以導排地下水抑制邊坡滑動為整治原則
- 利用已掌握滑動熱區及地下水流徑等資料綜合評估，整體規劃坐落於不同滑動塊體之7座大口徑集水井，需依塊體活動性及分期整治成效滾動檢討施作必要性

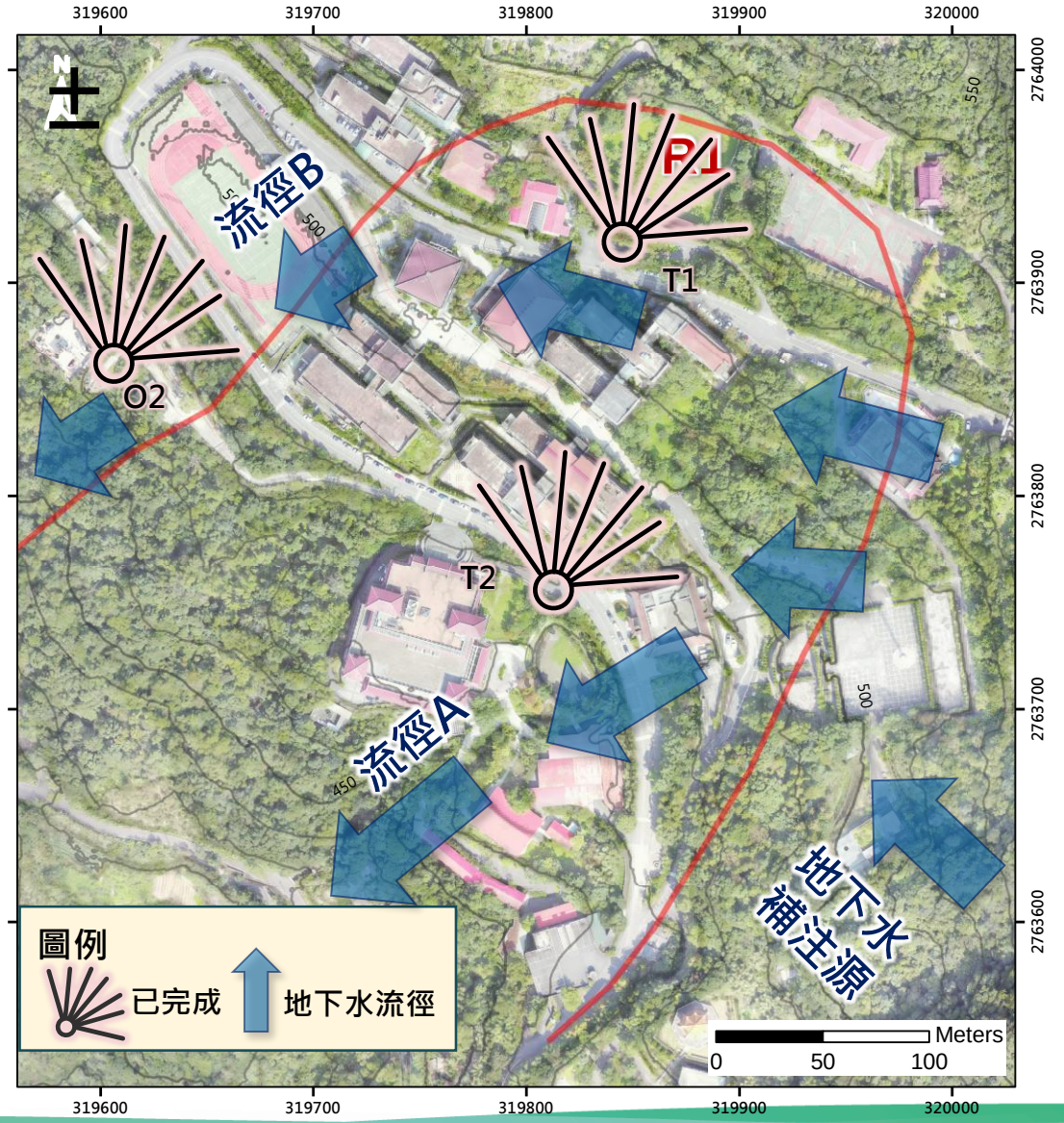


# R1塊體需優先整治(本工程)

- 受損情形最嚴重(邊坡位移速率最快)
- 具重要保全對象(學校行政大樓)
- 位於地下水補注源頭




學校行政大樓梁柱嚴重受損



# 水資源的再利用

- 集水井導排之地下水補注至華梵大學心鏡湖，供學校取用
- 坡面集水管導排之地下水沿區域排水系統進入坑溝野溪，供民眾自行取水




心鏡湖




坑溝野溪

# 掌握生態關注區域

- 位於國土綠網關注及生物多樣性熱區
- 關注生物包括穿山甲、黑鳶、食蛇龜、柴棺龜、臺北樹蛙、橙腹樹蛙，生態敏感度高，避免工程擾動現有棲地







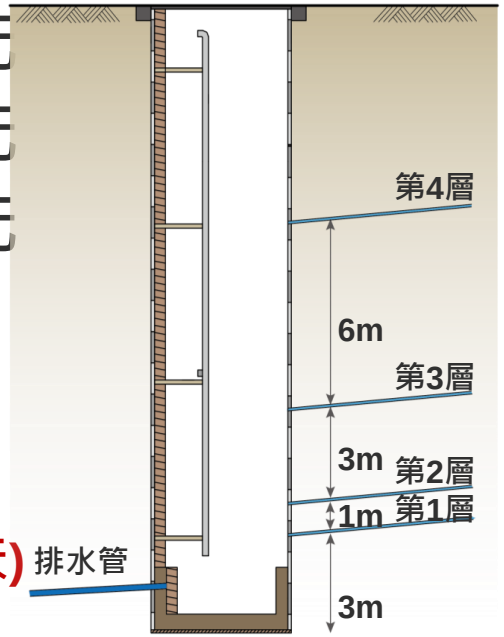


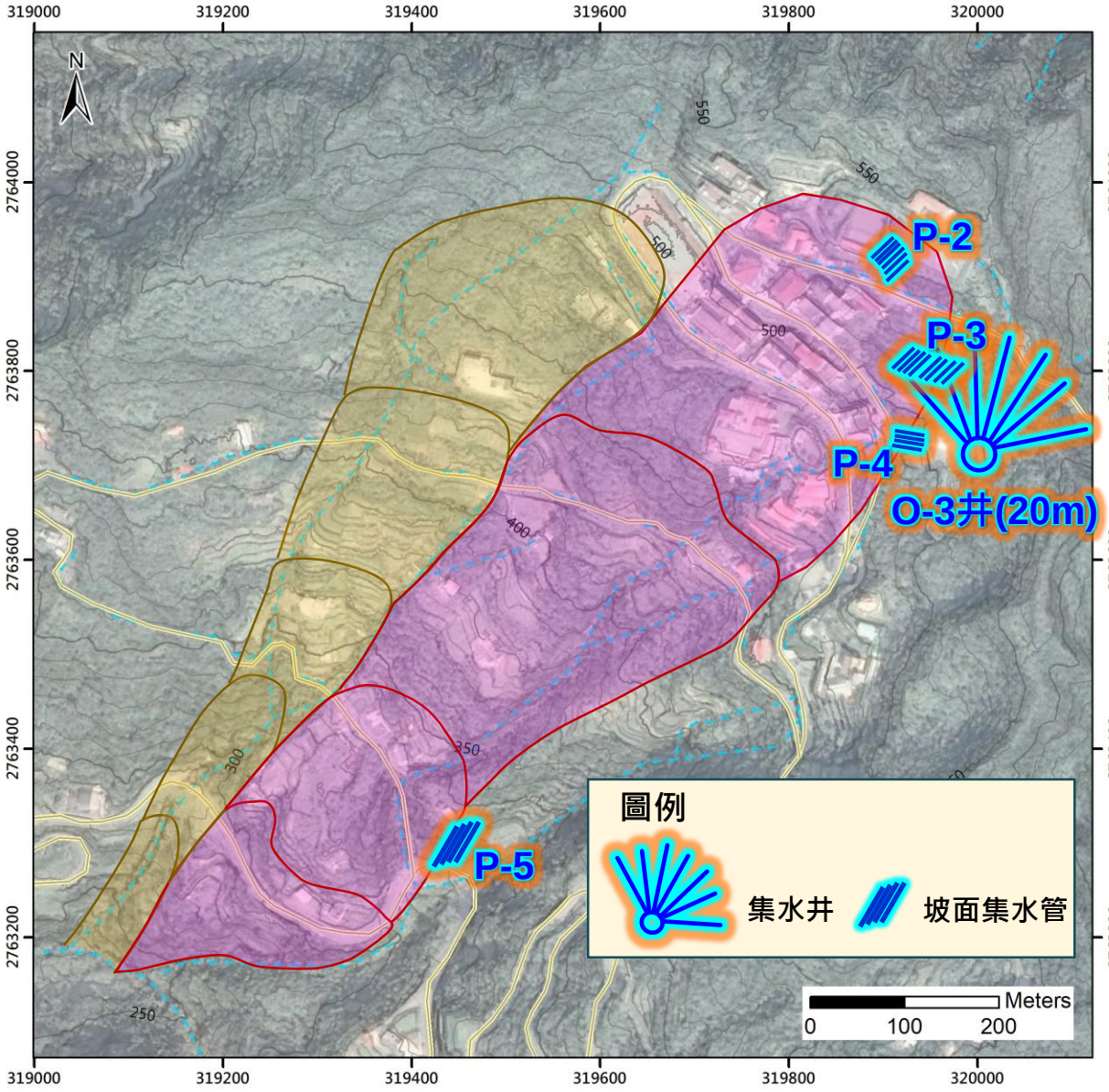





# 工程內容

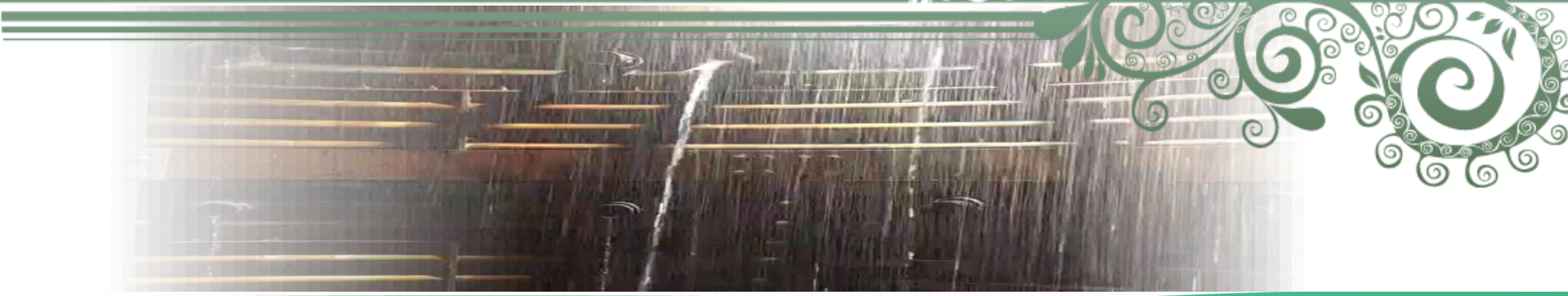
- 工程項目
  - 大口徑集水井(H=20m)
  - 井內集水管4層(@7支)共1,625m
  - 井內排水管3支共260m
  - 坡面集水管4處共2,700m
- 契約金額：36,800,000元
- 變更設計：33,629,969元
- 結算金額：31,935,083元
- 開工日期：111年6月1日
- 竣工日期：113年8月2日
- 契約工期：392日曆天
  (原契約300日曆天)





# 參、設計分析



# 設計考量重點

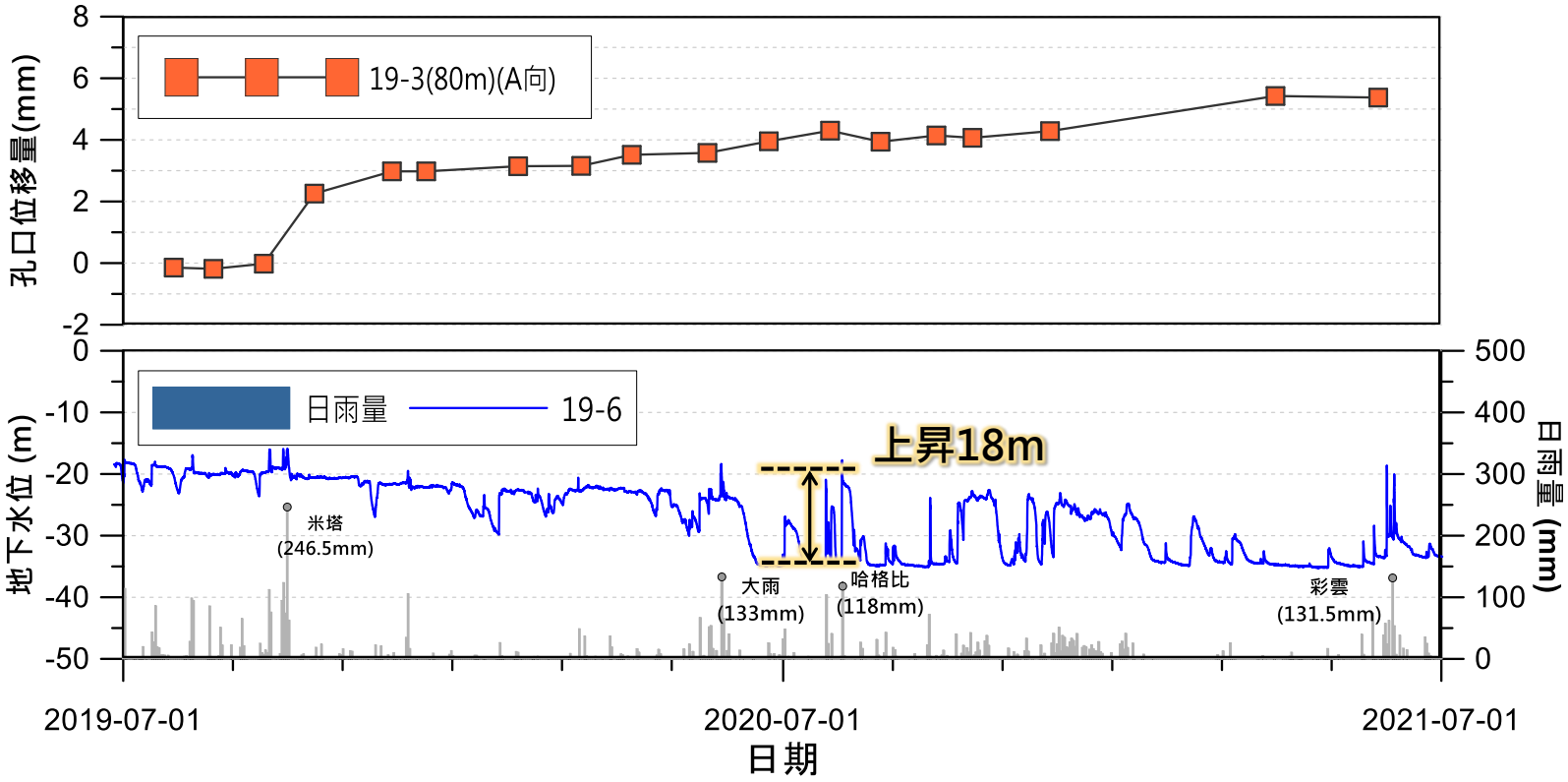
| 項次 | 關鍵課題 | 對策 | 設計考量重點 |
|---|---|---|---|
| 1 | 地下水上昇<br>導致邊坡滑動 | 中深層地下水導排：大口徑集水井 | □ 釐清地下水文特性，供設計集水井井位參考<br>□ 集水井施工屬局限空間作業，加強職安衛設備 |
| 2 | 淺層地下水滲流<br>造成淺層滑動 | 淺層地下水導排：坡面集水管 | 以導排降雨期間，地表滲流處之地下水為主<br>■ 套繪地電阻探測，再利用地形高差導排<br>■ 避免導出地下水沖刷坡面 |
| 3 | 長期缺乏水資源 | 地下水水資源再利用<br>■ 華梵大學沉砂滯洪池(心鏡湖)<br>■ 既有道路排水系統及坑溝野溪 | □ 排水管與集水管流末出口，需導排進入既有蓄水、排水設施或坑溝野溪，避免再入滲邊坡 |
| 4 | 自然生態良好 | 加強環境友善措施<br>□ 迴避：施工前調查樹木，迴避無災害的植生區域<br>□ 縮小：調整整治區域，縮小工程量體<br>□ 減輕：利用既有便道施工，減少額外破壞<br>□ 補償：地下水補注地表逕流，提供生物棲息需求 | □ 避免工程擾動現有棲地<br>■ 標記須迴避之樹木，避免施工中破壞<br>■ 施工中鄰森林側設置紗網，並於集水井井口設置攔阻網， 避免小型動物進入工區<br>■ 集水井採隱蔽式井蓋，避免動物掉落井內 |

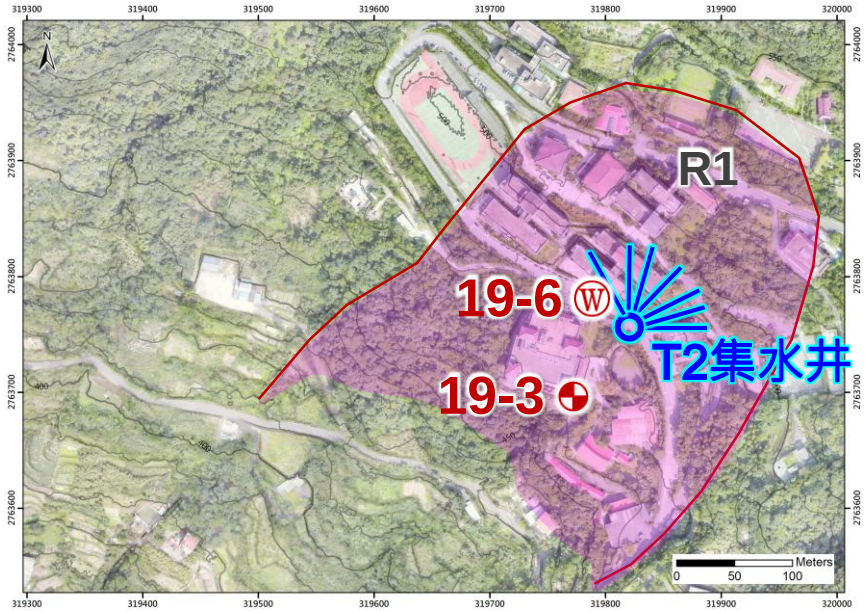
# 集水井井位挑選 - 檢討已完工集水井成效(華梵大學施作，民國98年完工)

## T2井完工後，R1塊體降雨、地下水位與邊坡穩定關係

- 豪大雨地水位仍有上升
- 豪大雨邊坡仍有位移

能導排大量地下水，但排水量能不足，需再增加地下水導排



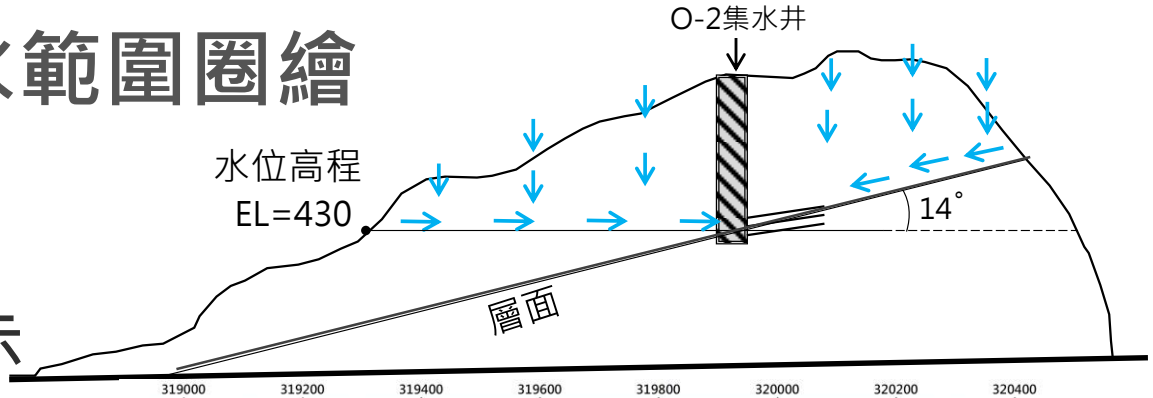




T2井有導排大量地下水

# 集水井井位挑選 - 地下水集水範圍圈繪

- 工區位於稜線，但地下水仍異常豐沛，推估
  **地表集水範圍≠地下水集水範圍**
- 利用**常時水位高程圈繪地下水集水範圍**，顯示
  **地下水集水範圍**(70公頃以上) > **地表集水範圍**(9公頃)



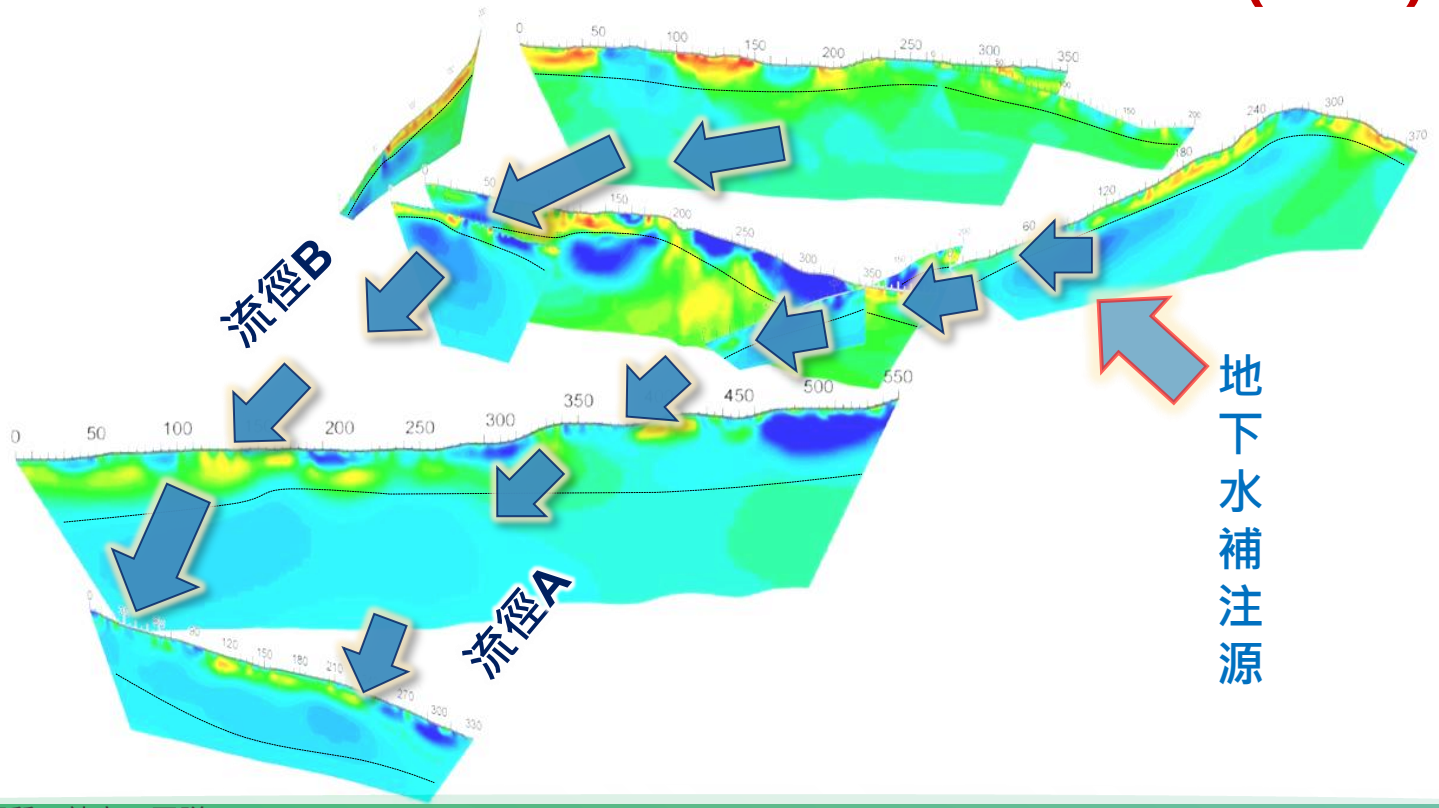


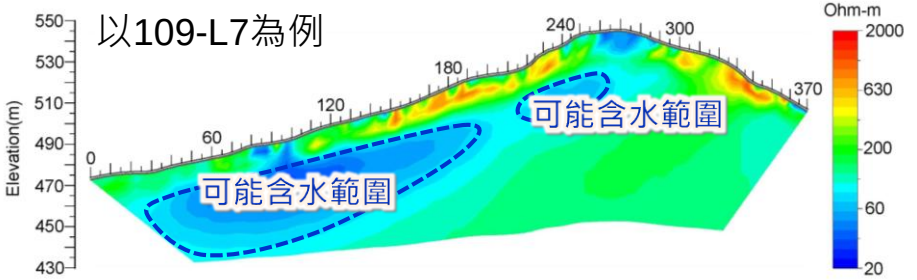




# 集水井井位挑選 - 地電阻探測掌握地下水分布及推估流徑

- 共施作**9條地電阻測線**，總長共**3,100m**
  - **採縱、橫向分布**，圈繪可能含水範圍
  - 產製3D柵狀圖 ➢ **東南側可能為地下水補注源**
    ➢ 共**2條主要地下水流徑(A、B)**

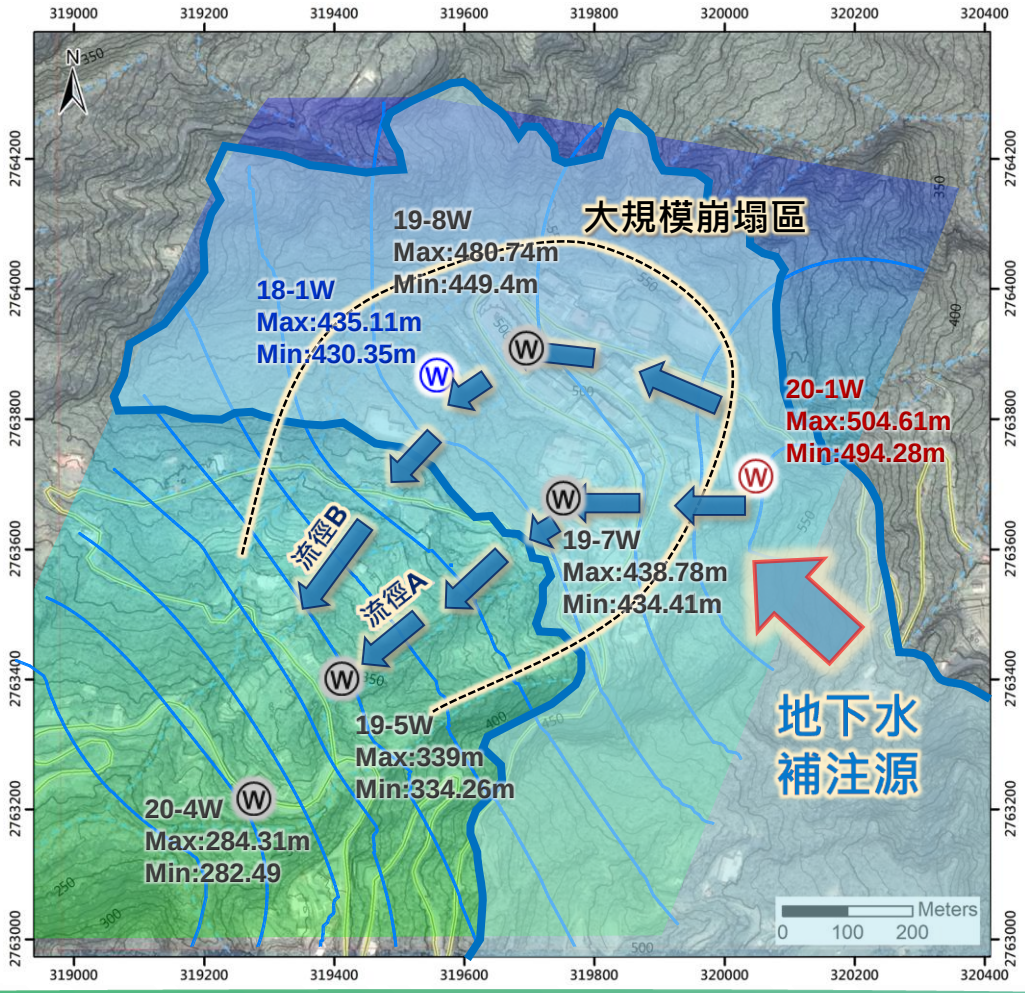


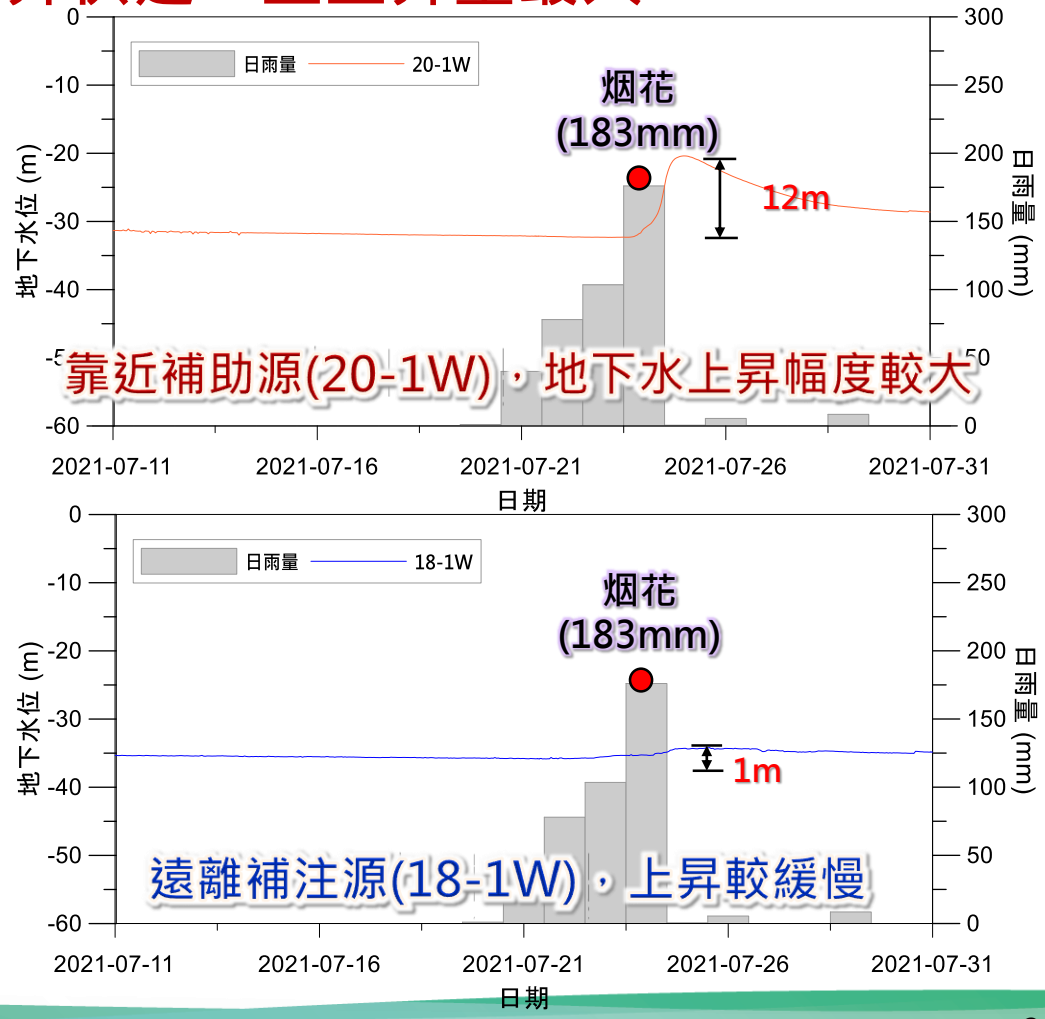






# 集水井井位挑選－利用長期地下水位監測成果確認地下水補注源

- 繪製地下水位等勢能線：等勢能線梯度較大區域，研判為地下水流動方向
- 水位昇降速度：地下水補注源之觀測井地下水上昇快速，且上昇量最大

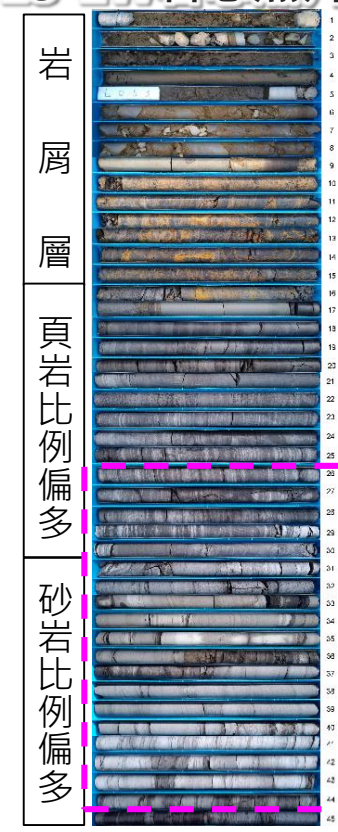


# 集水井設計依據 - 單點式調查強化地下水文特性

- 地層為砂、頁岩互層
- 砂岩含量較多區段
  - 受壓含水層
  - 具地下水流動特性
- 設計原則
  - 導排地下水流動現象明顯之砂岩層

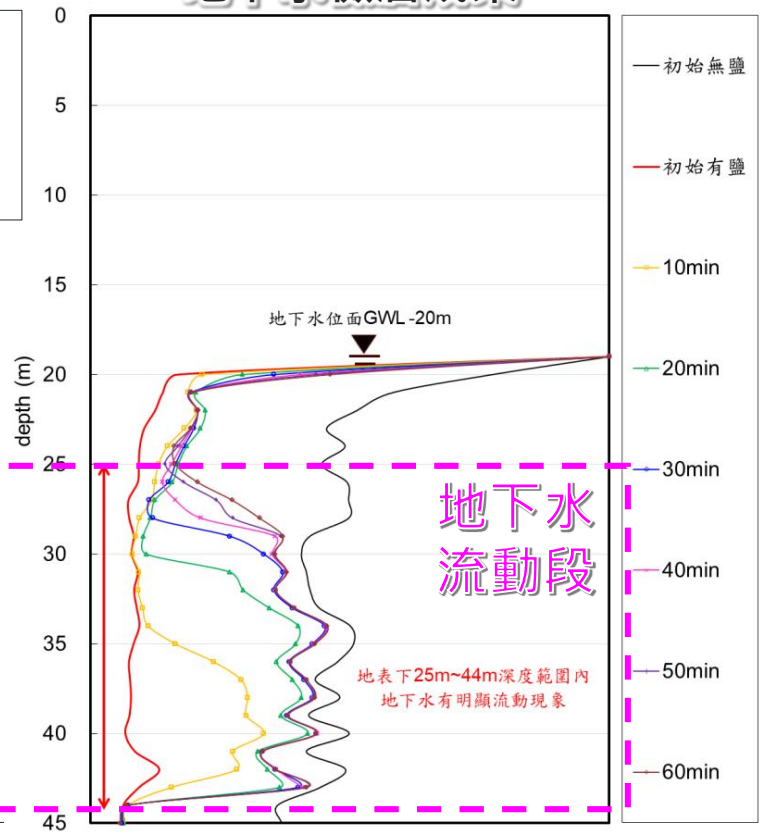
## 18-1W岩芯照片




## 鑽探期間上、下工水位




## 地下水檢層成果

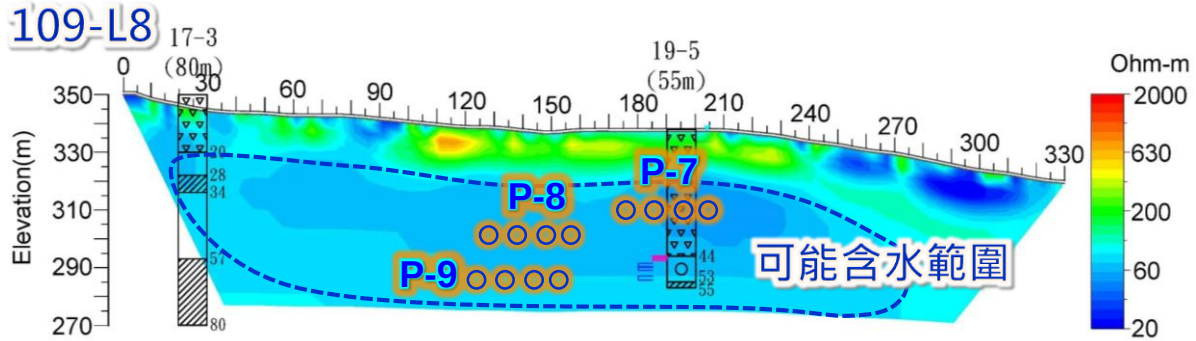



觀測期間
最高水位-20.2m

觀測期間
最低水位-35.6m

# 坡面集水管設計依據 - 導排淺層地下水減少淺層滑動

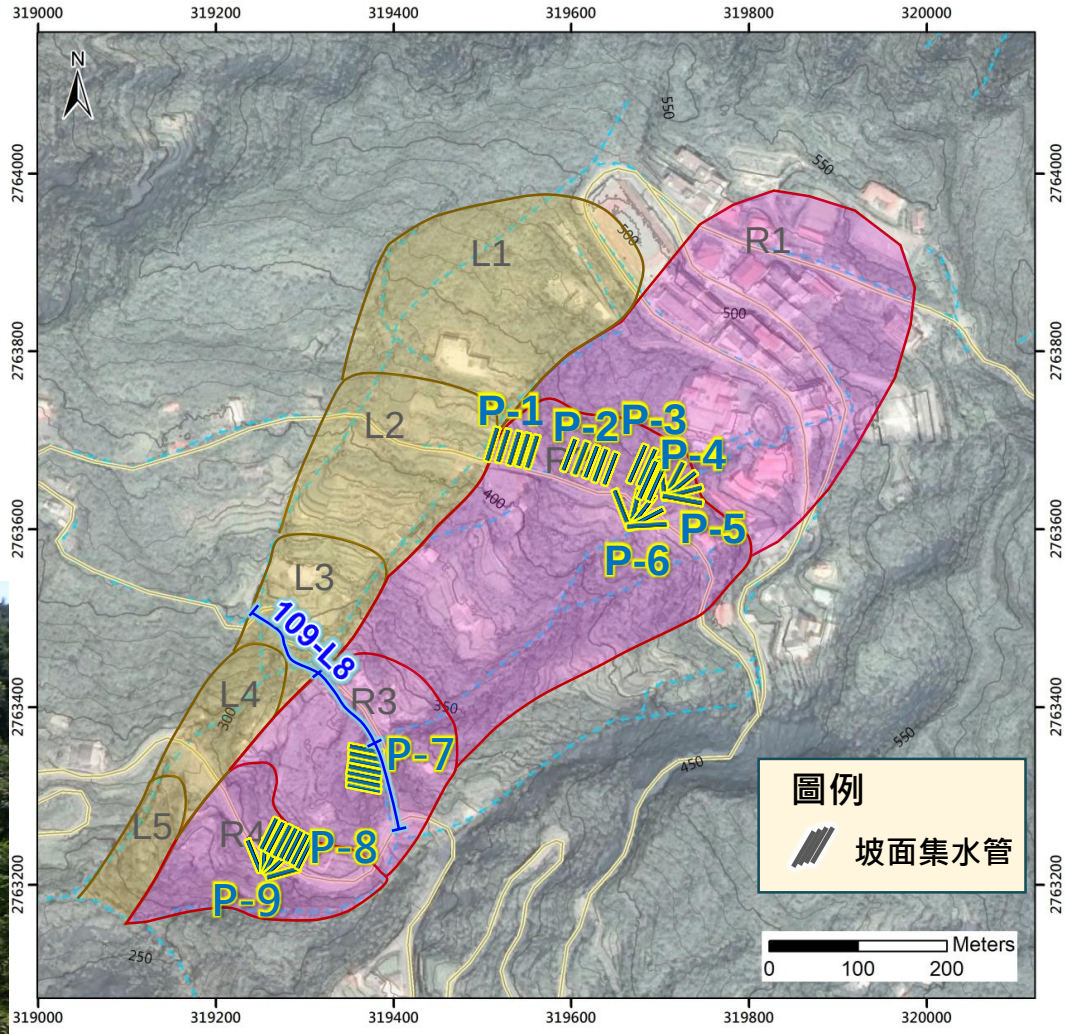
- 避免導出之地下水沖刷坡面， 造成2次災害
  - 坡面集水管利用地形高差配置
  - 配置於既有排水設施周圍，以利導排









# 落實公民參與

- 施工前說明會 1 場
- 用地協調會：華梵大學 7 場、在地居民 3 場
- 跨機關會議(新北市政府、區公所) 4 場



用地協調會(華梵大學)



施工前說明會



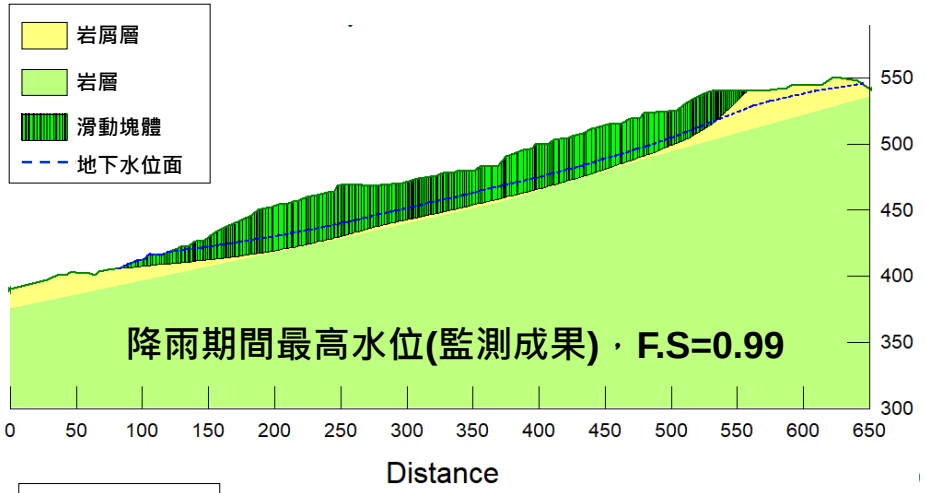
用地協調會

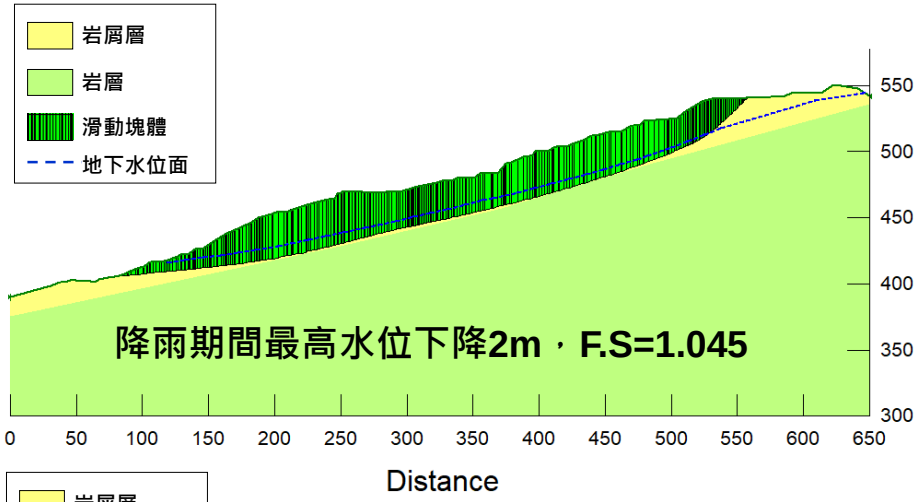


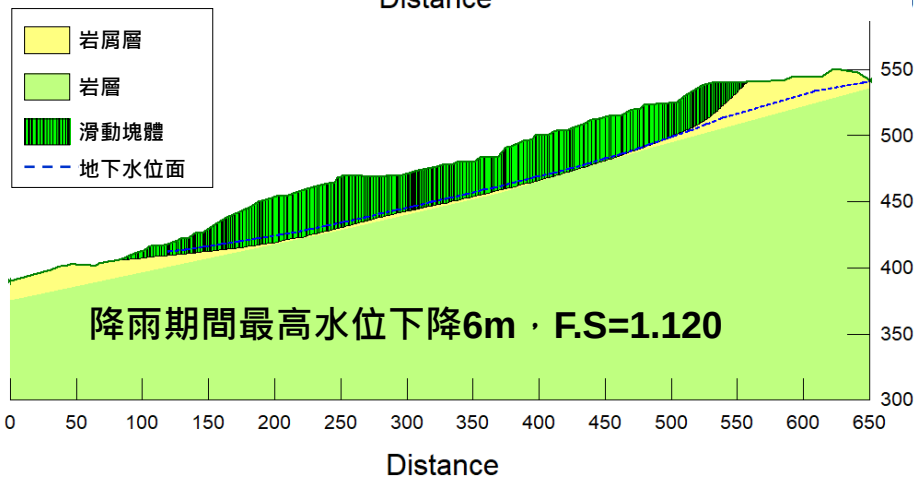
跨機關現勘說明

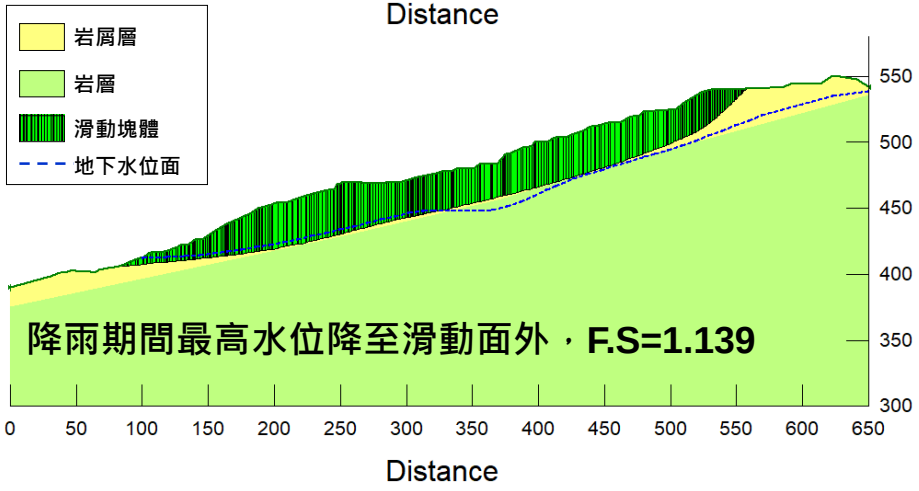
# 科技分析邊坡穩定效益

- 工法有效性分析：降低地下水對邊坡穩定性有助益較佳(VS地錨、排水)
- 安全性分析：若有效降低地下水位，FS可由0.99提昇至1.139



# 運用自動化監測科技

- 建立完整監測系統，進行整治成效追蹤評估
  - 降雨量：雨量計
  - 地下水變化：電子式水壓計
  - 地中位移：孔內伸縮計
  - 地表位移： GNSS 衛星觀測站、無線地表伸縮計
  - 即時影像：CCD攝影機



利用CCD攝影機觀察地表裂縫變化



GNSS衛星觀測站



無線地表伸縮計



孔內伸縮計



電子式水壓計



雨量計

# 克服重重挑戰 – 集水井施作位置調整2次

- **第1次調整**：原設計位置排水方向影響學校景觀，調整至**五明樓**旁(**地下水流徑**上)
- **第2次調整**：開挖遭遇大量地下水，影響施工及鄰近建物安全，再次評估有效位置選擇**阿育王柱旁**施作(近**地下水補注源**)











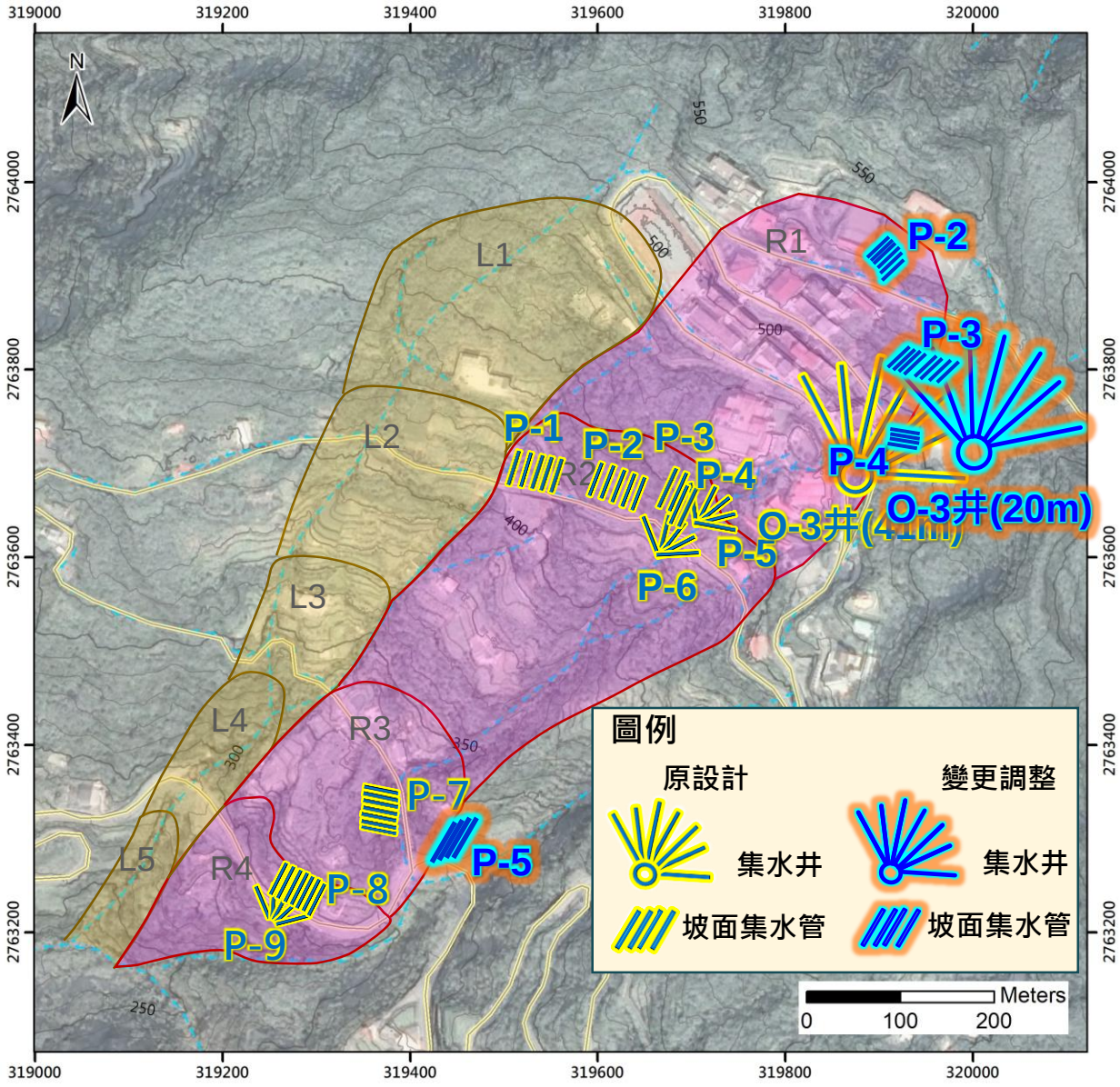




# 工程內容

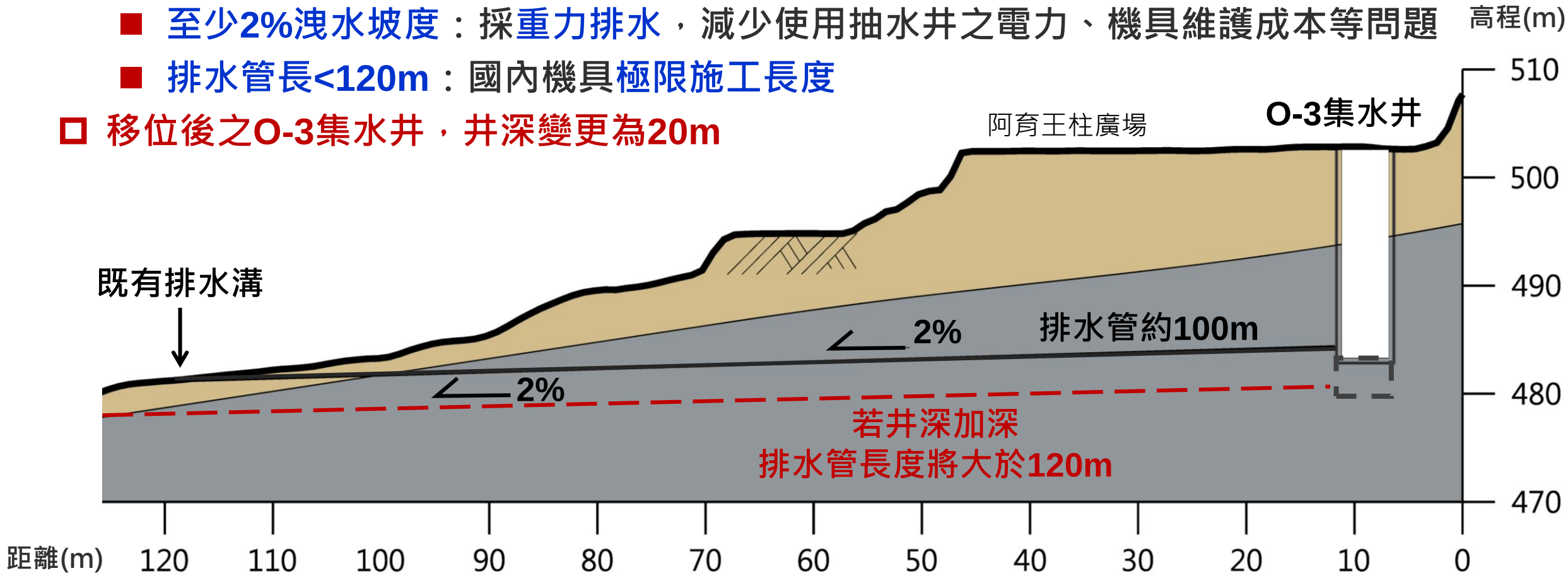
- 原設計
  - 大口徑集水井：1座，井深41m
  - 坡面集水管：9處，共3,060m

- 變更調整(地下管線問題、用地問題)
  - 大口徑集水井：1座，井深20m
  - 坡面集水管：4處，共2,700m



# 集水井井深調整說明

- 集水井井深，須能導排目標水層外，尚需考量
  - 銜接既有排水系統：將地下水快速排出區外，避免再度入滲邊坡
  - 至少2%洩水坡度：採重力排水，減少使用抽水井之電力、機具維護成本等問題
  - 排水管長<120m：國內機具極限施工長度
- 移位後之O-3集水井，井深變更為20m



# 落實生態檢核



## 生態友善措施

- [迴避]植生調查：施工前調查樹木，保留無災害或治理需求的植生區域
- [縮小]棲地保存：評估整治區域，縮小工程量體規模
- [減輕]減少開發：利用既有便道施工，避免額外破壞
- [補償]棲地需求：地下水補注地表逕流，提供生物棲息需求


迴避大樹及保護原生森林底層環境


森林側以紗網阻隔生物進入工區

# 符合節能減碳目標

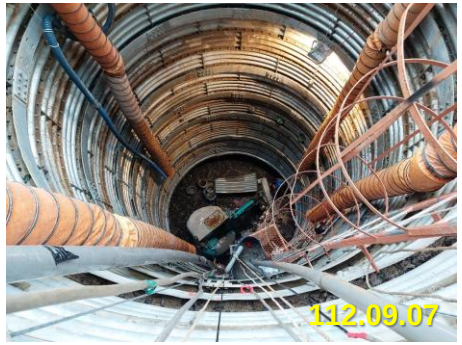
- 碳排上限 = $\frac{\text{工程費}}{\text{物價指數}}$ X工程類型係數 X年度減碳目標

= $\frac{3193.1\text{萬元}}{1.09}$ X 0.5317 X 0.9 = 1402.010 $tonCO_2e$

## 1 個案工程設定 碳排上限 控管碳排量

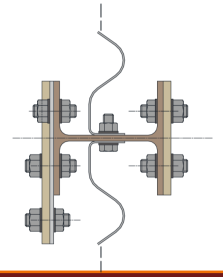
依工程類型碳排係數 核定每件容許排放上限

| 工程 | 工程類型 | 工程類型碳排係數 (ton $CO_2e$/萬元) |
|---|---|---|
| 水保工程 | 野溪治理 | 0.6447 |
| | 崩塌地處理 | 0.5317 |
| | 農塘營造 | 0.3748 |
| | 農路改善 | 0.5905 |
| | 水保不分類 | 0.6069 |




## 2 基本設計階段 初估碳排量

使用構造物單位碳排係數 檢核基本設計是否過量



本案使用可回收利用的型鋼和鋼襯鈑

## 3 細部設計階段 精算碳排量

依材料、人員及機具精算

(A) 排放係數法 數量X 碳排係數=排放量

(B) 經費推估法 無碳排係數，經費推估

(C) 不計碳排量

| 項目 | 工 程 項 目 | 單位 | 單價 | 數量 | 總價 | 碳排係數 | 碳排量 | 有碳排單價 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-09 | 護坡穩定水平排水管，集水管，高密度聚乙烯(HDPE)管(有孔) | M | 2,710 | 1,750 | 4,742,500 | 6.25 | 10937.5 | 4,742,500 |
| 1-10 | 護坡穩定水平排水管，高密度聚乙烯(HDPE)管(無 | M | 2,899 | 300 | 869,700 | 6.25 | 187 | 869,700 |
| 1-11 | 護坡穩定水平排水管，高密度聚乙烯(HDPE)管(無 | M | 3,995 | 60 | 239,700 | 6.25 | 375 | 239,700 |
| 1-12 | 不銹鋼管，安裝，直徑=16cm | 支 | 3,517 | 3 | 10,551 | 9.348 | 28.044 | 10,551 |
| 1-13 | 不銹鋼管，安裝，直徑=12cm | 支 | 3,156 | 35 | 110,460 | 9.348 | 327.18 | 110,460 |
| 1-14 | 暫井開挖(φ=4.5m，0~20m) | M3 | 1,840 | 462 | 849,399 | 9.348 | 4315.3172 | 849,399 |
| 1-15 | 暫井開挖(φ=4.5m，20m以上) | M3 | 2,160 | 0 | 0 | 2.51 | | 0 |
| 1-16 | 砼盤灌漿處理，化學灌漿 | M3 | 3,774 | 50 | 188,700 | 2.51 | 125.5 | 188,700 |
| 1-17 | 岩填灌漿(175kgf/cm2) | M3 | 3,123 | 80 | 250,184 | 304.08 | | 250,184 |
| 1-18 | 柱水，直徑20cm | M | 5,871 | 264 | 1,549,944 | 304.08 | 80277.12 | 1,549,944 |
| 1-19 | 割修土石方處理及購實(含處理證明) | M3 | 699 | 396 | 276,902 | 0.75 | 297.108 | 276,902 |
| 1-21 | 臨時擋土樁設施，鋼軌樁 50kg/m | M | 857 | 200 | 171,400 | 15.33 | 306 | 171,400 |
| 1-23 | 施工上下爬梯及裝拆(含技師簽證) | M | 430,182 | 1 | 430,182 | 3.35 | 3.35 | 430,182 |
| 1-24 | PVC管及安裝，(φ=8") | M | 1,822 | 36 | 65,592 | 6.75 | 243 | 65,592 |
| 1-25 | D19不鏽鋼止滑踏步及安裝 | 組 | 343 | 5 | 1,715 | 3.35 | 16.75 | 1,715 |
| 1-31 | 護凝土，抗壓強度210kgf/cm2，陡槽溝 | M | 4,523 | 10 | 45,230 | 324.34 | 3243.4 | 45,230 |
| 1-32 | 護凝土護坡，210kgf/cm2(t=15cm) | 式 | 541,109 | 1 | 541,109 | 57.56 | 57.56 | 541,109 |
| 1-34 | 鋼筋，SD420W，熱軋，工地交貨 | 噸 | 24,350 | 3 | 77,190 | 983.72 | 3118.392 | 77,190 |
| 1-35 | 鋼筋，SD280W，熱軋，工地交貨 | 噸 | 22,546 | 3 | 60,423 | 983.72 | 2636.369 | 60,423 |
| 1-36 | 鋼筋加工及組立，(不含鋼筋供應，含工資，零星工料及機具) | T | 6,133 | 5 | 33,180 | 993.03 | 5372.292 | 33,180 |
| 1-37 | 結構用混凝土，預拌，140kgf/cm2 | M3 | 2,746 | 2 | 4,366 | 293.57 | 466.776 | 4,366 |
| 1-38 | 結構用混凝土，預拌，280kgf/cm2 | M3 | 3,066 | 40 | 123,345 | 344.62 | 13864.062 | 123,345 |
| 1-39 | 普通模版，一般工程使用 | M2 | 212 | 18 | 3,897 | 0.29 | 5.330 | 3,897 |
| 1-54 | 護坡穩定水平排水管，集水管，高密度聚乙烯(HDPE)管(有孔) | M | 2,115 | 2,700 | 5,710,500 | 6.25 | 16875 | 5,710,500 |
| 1-02 | 鋼筋混凝土擋土牆工(H200) | 噸 | 53,109 | 19 | 1,009,071 | N | | |
| 1-03 | 鋼筋混凝土(取樣)製作及施工(H200) | M | 3,758 | 80 | 300,640 | N | | |
| 1-04 | 十字型側向支撐製作及施工(H200) | 處 | 28,136 | 3 | 84,408 | N | | |
| 1-08 | 集水井井蓋製作及施工 | 座 | 185,036 | 1 | 185,036 | N | | |
| 1-22 | 施工門式吊架費(含搬運及裝拆) | 座 | 711,667 | 2 | 1,423,334 | N | | |
| 1-28 | 護坡穩定監測工法，水位觀測井，安裝 | M | 4,685 | 80 | 374,800 | N | | |
| 1-30 | 護凝土，抗壓強度210kgf/cm2，跌水池 | 處 | 12,342 | 1 | 12,342 | N | | |
| 1-33 | 排水管流末處理 | 處 | 13,528 | 1 | 13,528 | N | | 未知 |
| 1-42 | 集水井RC固定基樁混凝土切斷費 | 式 | 45,092 | 1 | 45,092 | N | | 543.56 |
| 1-43 | 施工區域期護地坪復原費 | 式 | 54,111 | 1 | 54,111 | N | | 萬元 |
| 1-45 | 施工人員搭架設備（含搬運、裝拆及結構計算） | 座 | 360,848 | 1 | 360,848 | N | | |
| 1-46 | 既有道路復原費 | 式 | 135,277 | 1 | 135,277 | N | | |
| 1-47 | 臨時設施，排水設備 | 處 | 63,129 | 1 | 63,129 | N | | |
| 1-48 | 施工整地，便道費及機具調度 | 處 | 225,462 | 3 | 676,386 | N | | |
| 1-49 | 施工抽、排水及照明費(含燃料及電費) | 處 | 225,462 | 1 | 225,462 | N | | |
| 1-50 | 土方暫置及臨時沈砂設施及清運費 | 處 | 72,148 | 1 | 72,148 | N | | |
| 1-56 | 原O-3集水井區域地坪復原費 | 式 | 200,000 | 1 | 200,000 | N | | |
| 1-57 | 鋼筋混凝土擋土牆工(H200) | 噸 | 53,109 | 19 | 1,009,071 | N | | |
| 1-05 | 中間平台 | 座 | 100,409 | 4 | 401,636 | 0 | 0 | 401,636 |
| 1-06 | 不銹鋼爬梯 | M | 3,178 | 27 | 85,806 | 0 | 0 | 85,806 |
| 1-07 | 防墜落鋼架 | M | 3,161 | 9 | 28,449 | 0 | 0 | 28,449 |
| 1-20 | 施工輔助設施，施工架 | 組 | 360,739 | 1 | 360,739 | 0 | 0 | 360,739 |
| 1-26 | 集水井告示牌 | 座 | 9,018 | 1 | 9,018 | 0 | 0 | 9,018 |
| 1-27 | 護坡穩定監測工法，傾斜儀觀測管，安裝(φ=2.75") | M | 5,443 | 140 | 762,020 | 0 | 0 | 762,020 |
| 1-29 | 施工中安全監測及研判(含報告製作) | 月 | 18,037 | 13 | 234,481 | 0 | 0 | 234,481 |
| 1-40 | 集水井開挖地質記錄(含報告製作) | 人月 | 36,074 | 6 | 216,444 | 0 | 0 | 216,444 |
| 1-41 | 監視人員薪資 | 人月 | 22,546 | 13 | 293,098 | 0 | 0 | 293,098 |
| 1-44 | 網路攝影機及縮時攝影機租用(含安裝)，租用 | 組 | 216,444 | 1 | 216,444 | 0 | 0 | 216,444 |
| 1-51 | 工程告示牌及工地標誌，工程告示牌 | 處 | 5,411 | 1 | 5,411 | 0 | 0 | 5,411 |
| 1-52 | 施工標誌，租金 | 座 | 2,525 | 3 | 7,575 | 0 | 0 | 7,575 |
| 1-53 | 施工測量 | 式 | 31,565 | 1 | 31,565 | 0 | 0 | 31,565 |
| 1-55 | 大規模崩塌潛勢區監測系統及治理成果解說 | 式 | 180,370 | 1 | 180,370 | 0 | 0 | 180,370 |
| 2-1 | 職業安全衛生 | 式 | 2,583,043 | 1 | 2,583,043 | 0 | 0 | 2,583,043 |
| 2-2 | 環境保護 | 式 | 124,004 | 1 | 124,004 | 0 | 0 | 124,004 |
| 3-1 | 品質管理，品質管理人員 | 人月 | 37,878 | 13 | 492,414 | 0 | 0 | 492,414 |
| 3-2 | 品質管理，試驗規範及標準，土木工程及建築類檢驗，混凝土 | 件 | 45,092 | 1 | 45,092 | 0 | 0 | 45,092 |
| 3-3 | 品質管理，試驗相關規範資料及委外試驗費 | 式 | 42,409 | 1 | 42,409 | 0 | 0 | 42,409 |
| 3-4 | 資料話書，品質管理計畫書 | 式 | 22,546 | 1 | 22,546 | 0 | 0 | 22,546 |
| 3-5 | 資料話書，施工計畫 | 式 | 18,037 | 1 | 18,037 | 0 | 0 | 18,037 |
| 3-6 | 雜費 | 式 | 20,000 | 1 | 20,000 | 0 | 0 | 20,000 |
| 四 | 廠商利稅、保險及管理費 | 式 | 2,165,097 | 1 | 2,165,097 | 0 | 0 | 2,165,097 |
| 五 | 營業稅(含一、二、四項5%) | 式 | 1,601,499 | 1 | 1,601,499 | 0 | 0 | 1,601,499 |
| | SUM | | | | 33,631,473 | | 147,632 | 28,195,861 |

已知碳排 139.330 $tonCO_2e$，合計

未知碳排 303.723 $tonCO_2e$ 443.053

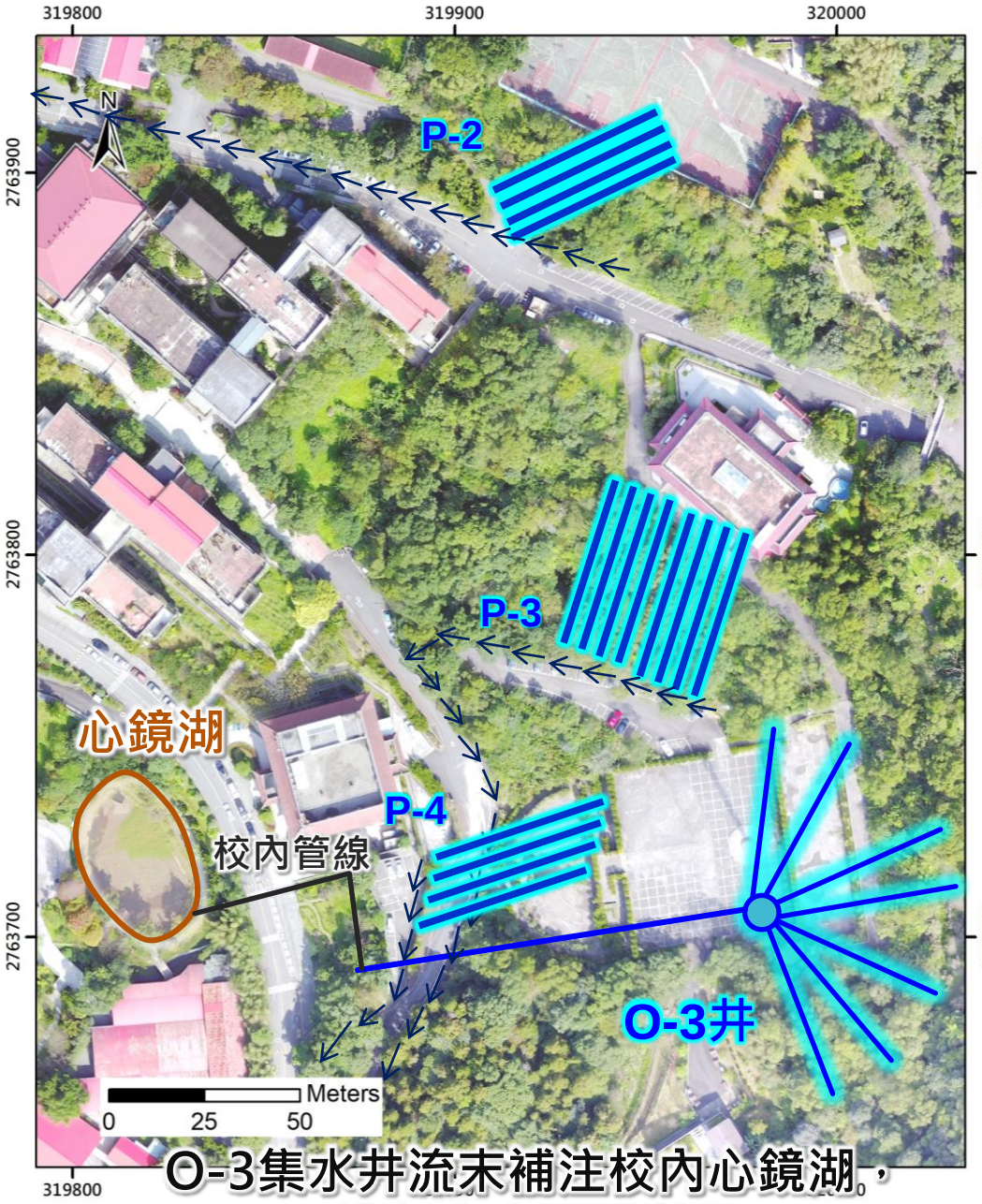
2 初估與 3 精算碳排 < 1 控管碳排 符合水保工程碳管理

本案符合

- 設計改變 → 低碳設計
- 材料改變 → 綠色材料
- 工法改變 → 自然工法

# 考量節能減碳及循環經濟

- **設計的改變：**
  - 活用**地下水流徑調查資料**決定集水井**位置**
  - **滾動**調整集水管打設長度、方向及角度
- **工法的改變：**
  - 詳實**記錄**、調整與加強設計，有利後續維護與效益追蹤
- **材料的改變：**
  - **鋼襯版**於工廠加工，現場僅需加以組立，提高施工安全性
  - 減少吊放鋼筋、模版及混凝土之風險
  - 縮短施工工期
- **維護的改變：**
  - 建立**太陽能發電**監測系統評估整治成效
  - 地下水導排**補注**心鏡湖及坑溝野溪循環利用




O-3集水井流末補注校內心鏡湖，進行水資源再利用

# 加強安全監控及職安衛設施

- 施工風險來源「缺氧有害氣體中毒」、「墜落」、「物體飛落」及「崩塌」













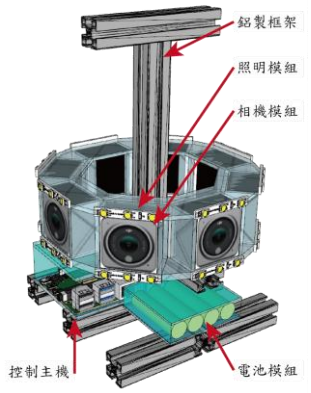


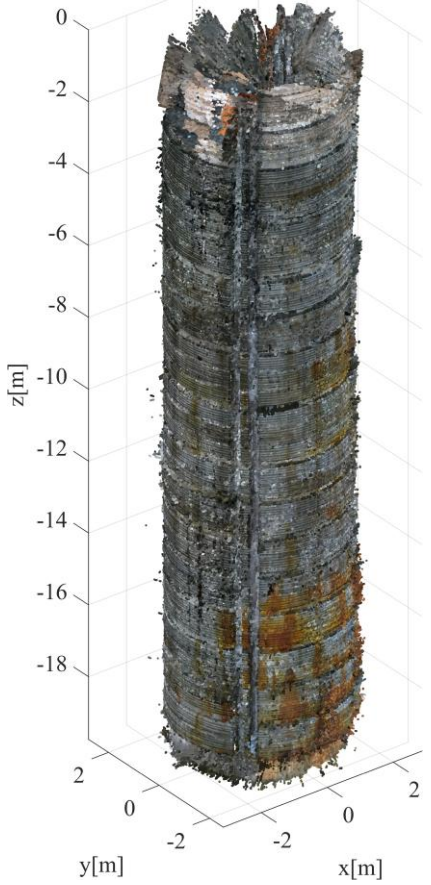


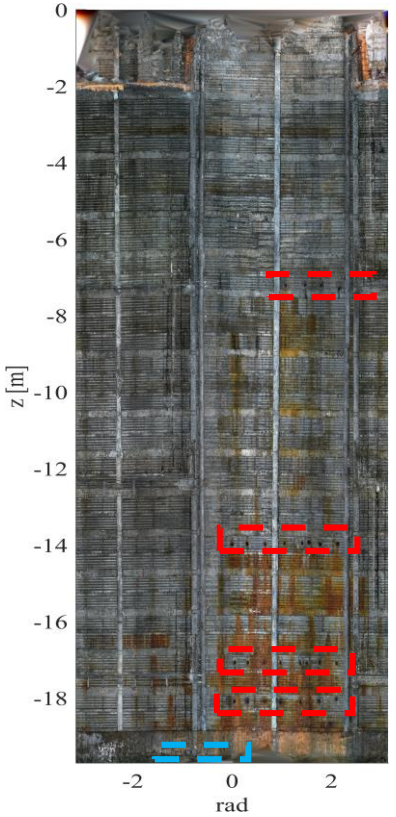

# 考量後續維護管理 – 本分署

- **硬體設備**：設置**巡檢設施**(通風換氣管、爬梯及中間平台)
- **軟體對策**：訂定大口徑集水井**管理維護計畫，定期巡檢及長期監測，追蹤整治成效**
- **科技輔助**：利用**無人載具**建立**數值模型**，提高安全，並可透過多期影像**分析比對**



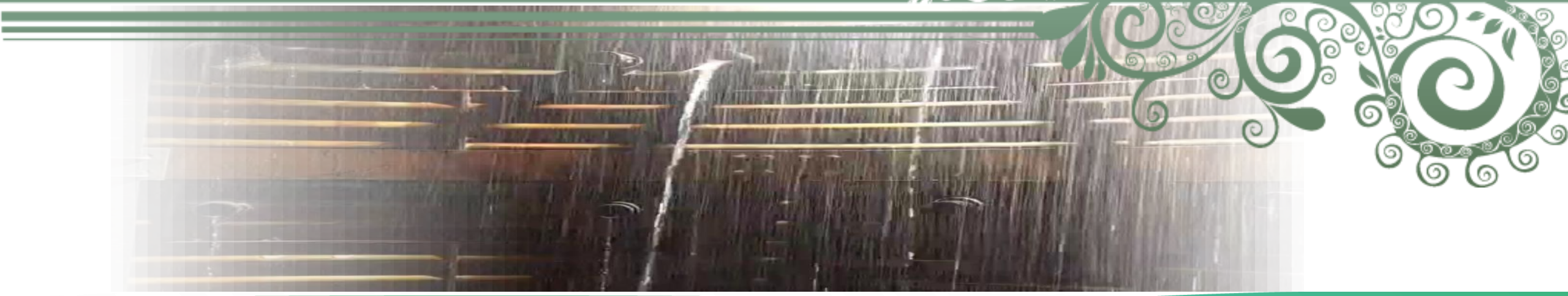



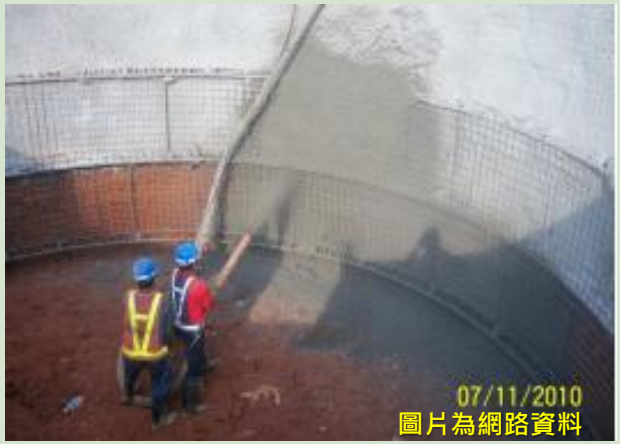





# 肆、特色效益



# 周延性 - 施工工法比較，優選鍍鋅鋼襯鈑工法

| 工法 | RC井筒工法 | 內襯鋪網噴凝土工法 | 鍍鋅鋼襯鈑工法 |
|---|---|---|---|
| 現場照片 |  |  |  |
| 施工性 | ■ 施工案例多，技術較純熟<br>■ 開挖期間需組立臨時鋼襯鈑 | ■ 等待硬固時間長，增加施工風險<br>■ 噴凝土於局限空間，影響施工人員健康 | ■ 現場僅需組立即可，施工快捷、簡易<br>■ 減少吊放鋼筋、模版及混凝土之風險 勝 |
| 安全性 | ■ 吊放鋼筋、鋼模組立及混凝土澆置作業，增加施工風險 | ■ 噴凝土易龜裂掉落，影響井內施工人員安全 | ■ 組裝快速，可減少施工風險 勝 |
| 經濟性 | ■ 工程費用中等<br>■ RC井筒耐久性佳 勝 | ■ 工程費用中等<br>■ 噴凝土之耐久性較差 | ■ 鋼材需鍍鋅處理，建造費用最高 |
| 工期 | ■ 施工工期較長 | ■ 施工工期最長 | ■ 工期較短 勝 |

# 周延性 - 鍍鋅鋼襯鈑模組化施工，降低施工風險

- 井體材料皆為預鑄：現場僅需採螺栓接合，可有效縮短井內(局限空間)施工時間
- 全能工班施工：栓接組立方式簡單，不需特殊工班 (井體開挖人員即可進行)



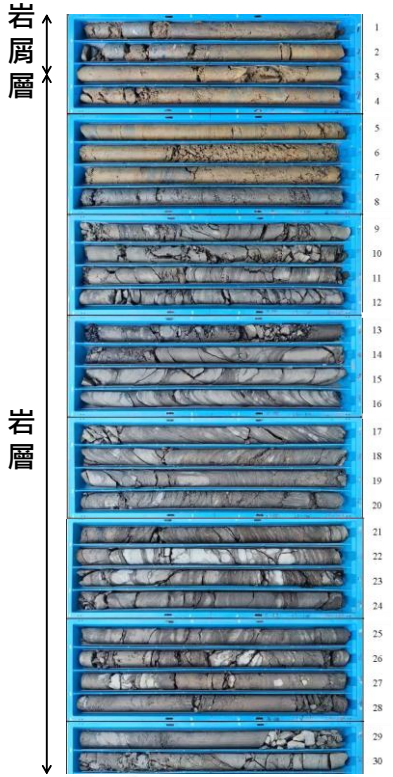



# 周延性 - 於集水井施工前進行，補充地質鑽探

- **掌握地層參數**：檢核結構計算及井體材料規格
- 進行**地下水檢層試驗**：確認地下水流動位置，供集水管打設位置參考
- **安裝監測儀器**(傾斜管、水位井，不共用)：供井體開挖期間，進行施工安全監測使用




地質鑽孔位於集水井上邊坡側




全程HQ取樣

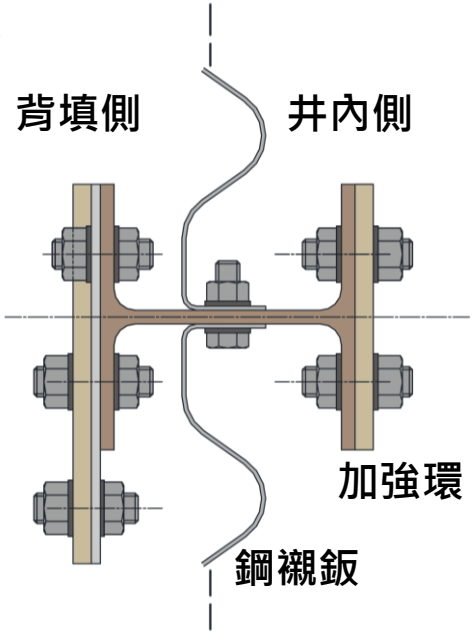






傾斜管、水位井安裝

# 周延性 - 依現地條件進行結構計算，決定材料規格




井體採加強環+鋼襯鈑

## 設計土壓力

- **側向土壓**：依現地鑽探、試驗成果計算
- **邊坡作用力**：考量位處大規模崩塌潛勢區，假設15t/m$^2$
  (參考日本經驗值10t/m$^2$~20t/m$^2$)

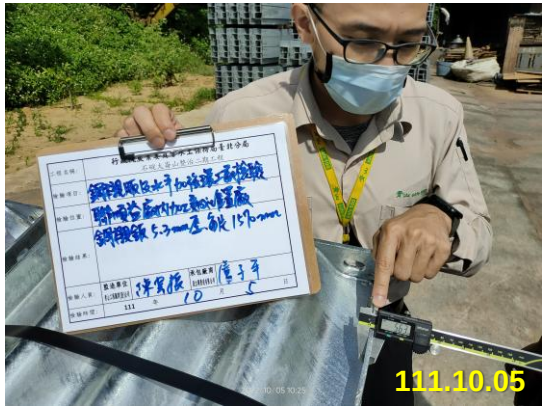
## 材料強度

- **符合CNS規定**
- **斷面性質**：考量集(排)水管鑽孔、組裝誤差，斷面性質折減20%

## 檢核破壞模式：彎矩、剪力及挫屈破壞，安全係數均大於1.5

| 項目 / 深度 | 鋼襯鈑厚 (mm) | 加強環尺寸 (mm) | 加強環垂直間距 (m) |
|---|---|---|---|
| 0~10m | 5.3 | H200x200x8x12 | 1.5 |
| 10~20m | 5.3 | H200x200x8x12 | 1.0 |

依不同井深，配置加強環間距

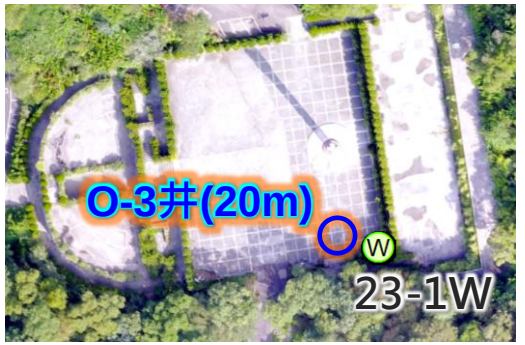




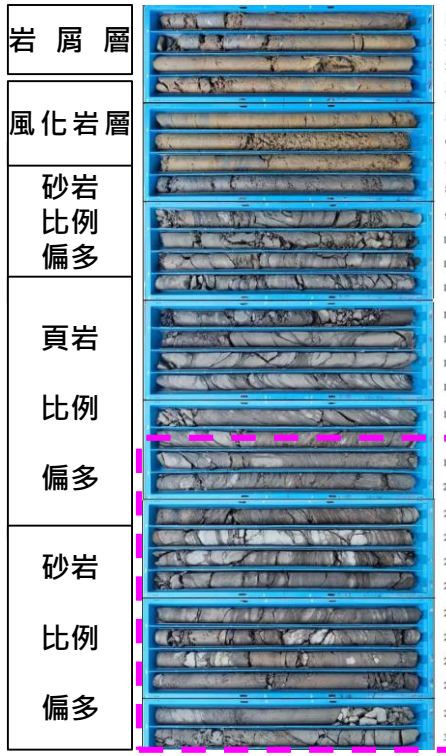

# 創新性 - 集水井施工前，進行地下水檢層試驗

- 檢核地下水流動段深度
- 配合鑽探岩芯、上下工水位，檢核砂岩段深度

**集水管打設高程設計依據**



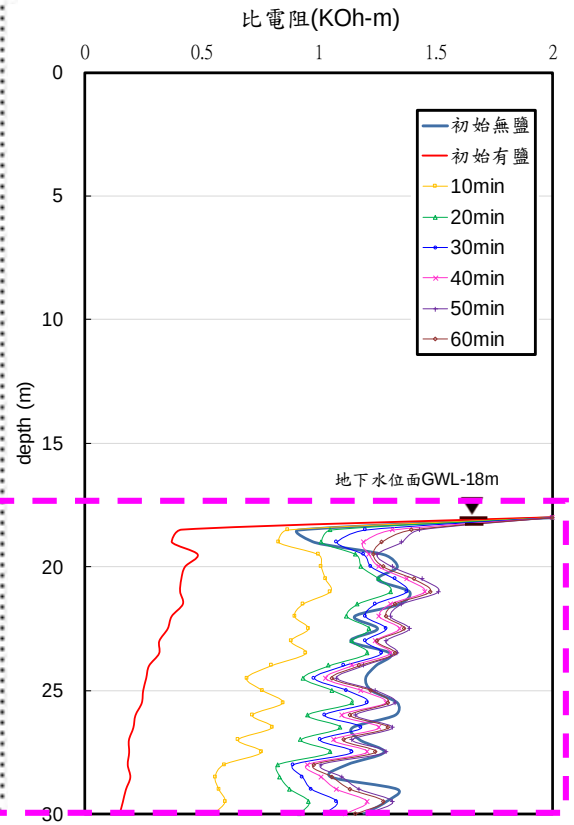

## 23-1W岩芯照片




## 鑽探期間上、下工水位



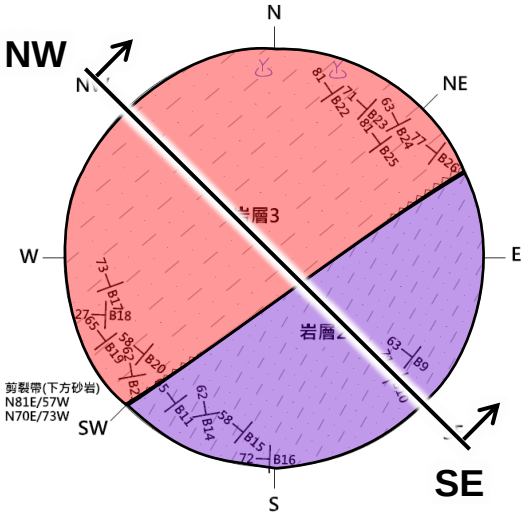

## 地下水檢層成果



# 創新性 - 集水井開挖期間，進行井體開挖面地質調查(國內首例)

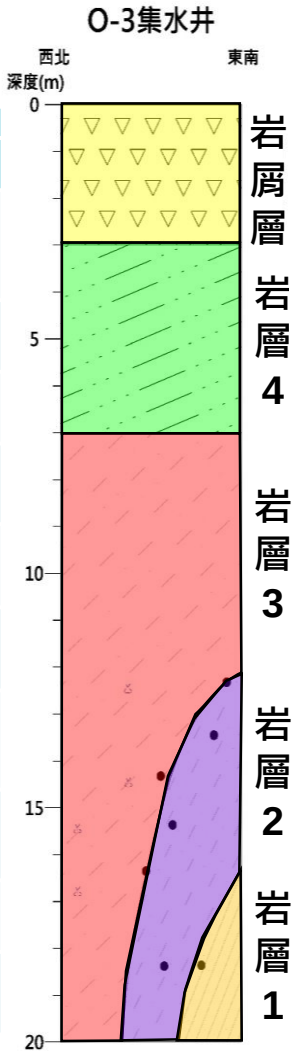
- 再次確認地下水流動高程(砂岩段)，每開挖1m由設計單位入井，進行岩性判釋及不連續面位態記錄



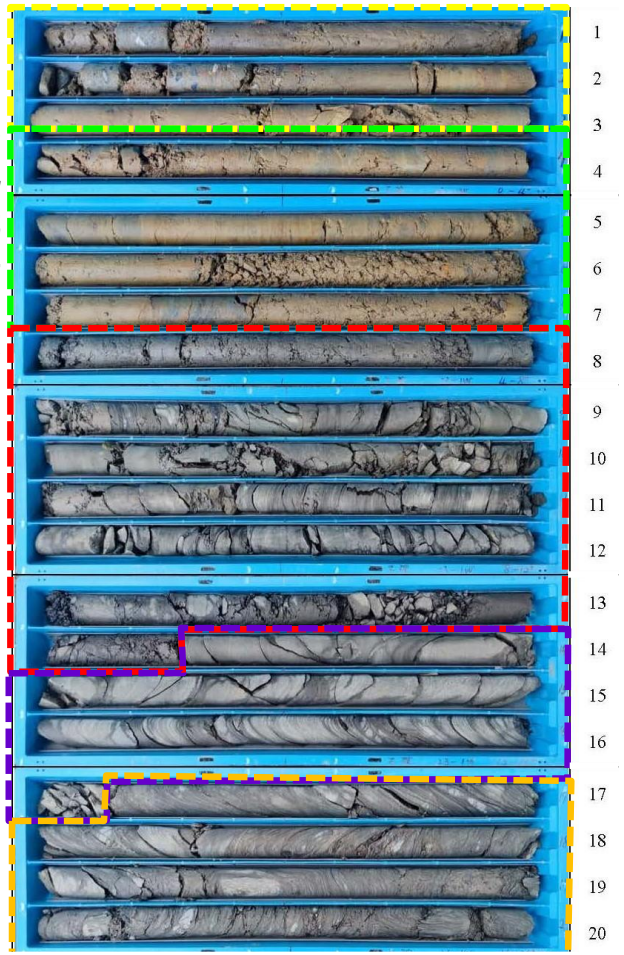









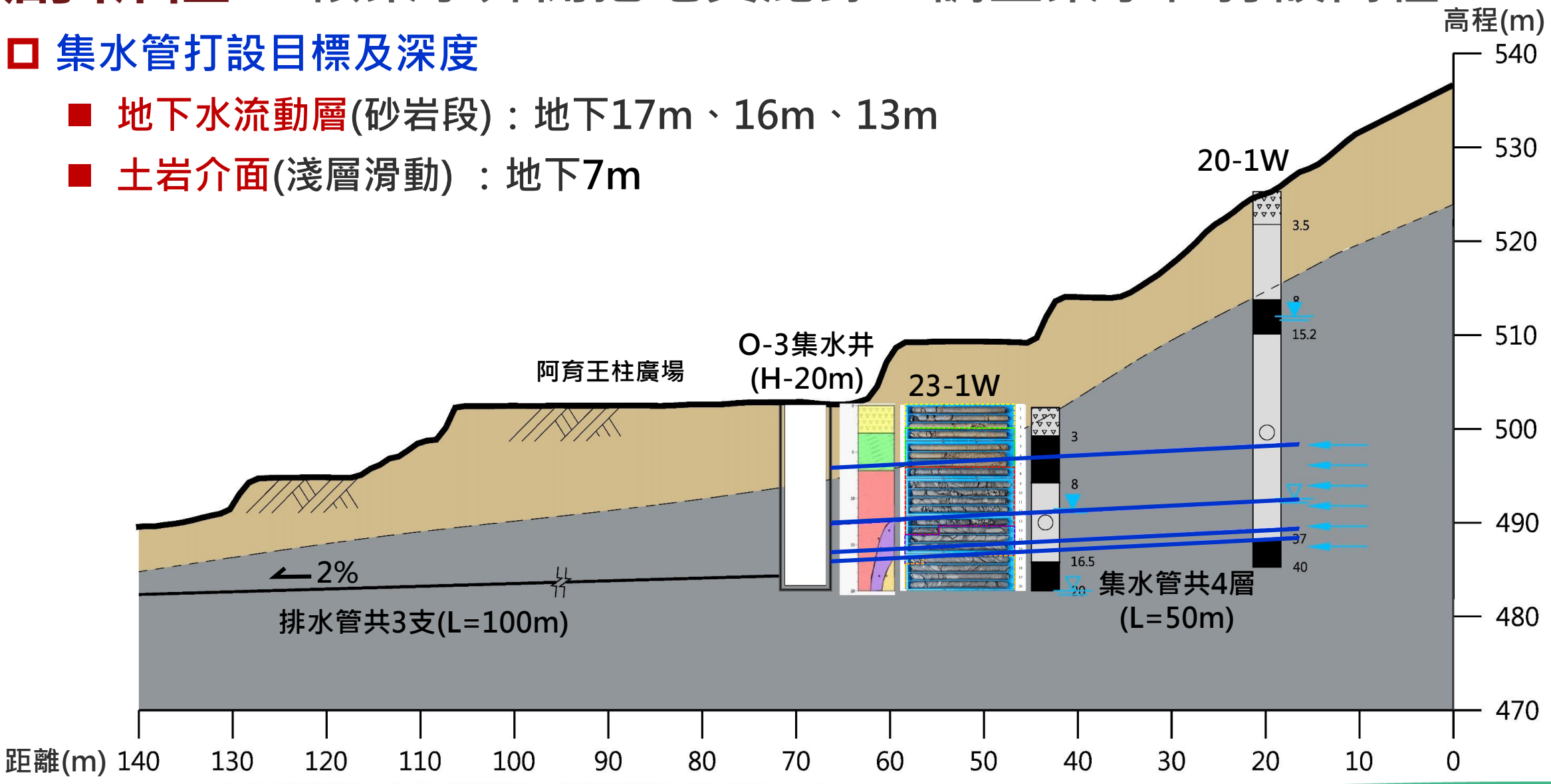

23-1W孔岩芯照片
(距集水井東南側約1m)



# 創新性 - 依集水井開挖地質紀錄，調整集水管打設高程

## 集水管打設目標及深度

- 地下水流動層(砂岩段)：地下17m、16m、13m
- 土岩介面(淺層滑動) ：地下7m



# 創新性 - 建立3D地質模型，檢核集水管與地下水流動層關係

- **地質模型**：LiDAR資料、地層分布及位態
- **地下水文特性調查**：鑽探上下工水位、地下水檢層及地下水監測

**檢核集水管**
- 配置高程
- 打設方向



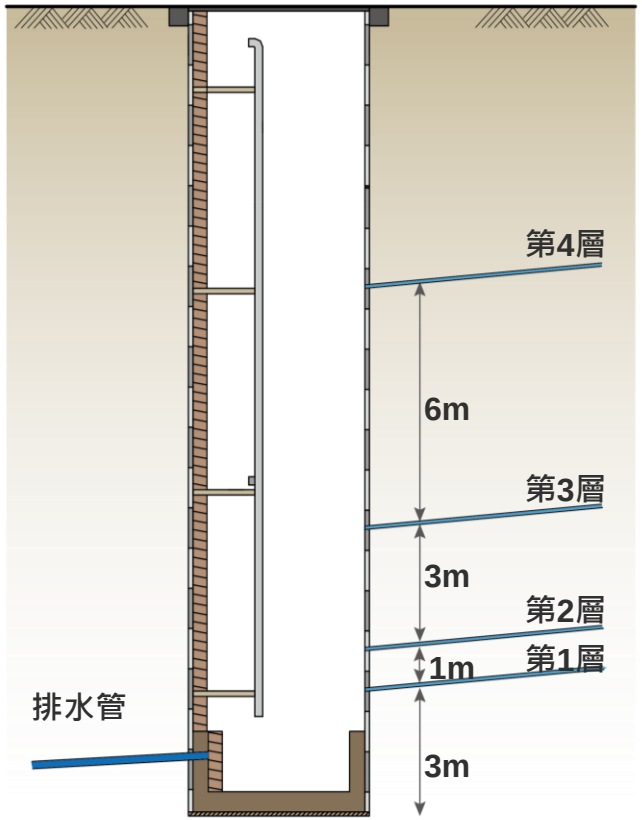
# 創新性 - 增加地下水導排量，施工中調整集水管打設順序

## 傳統打設順序

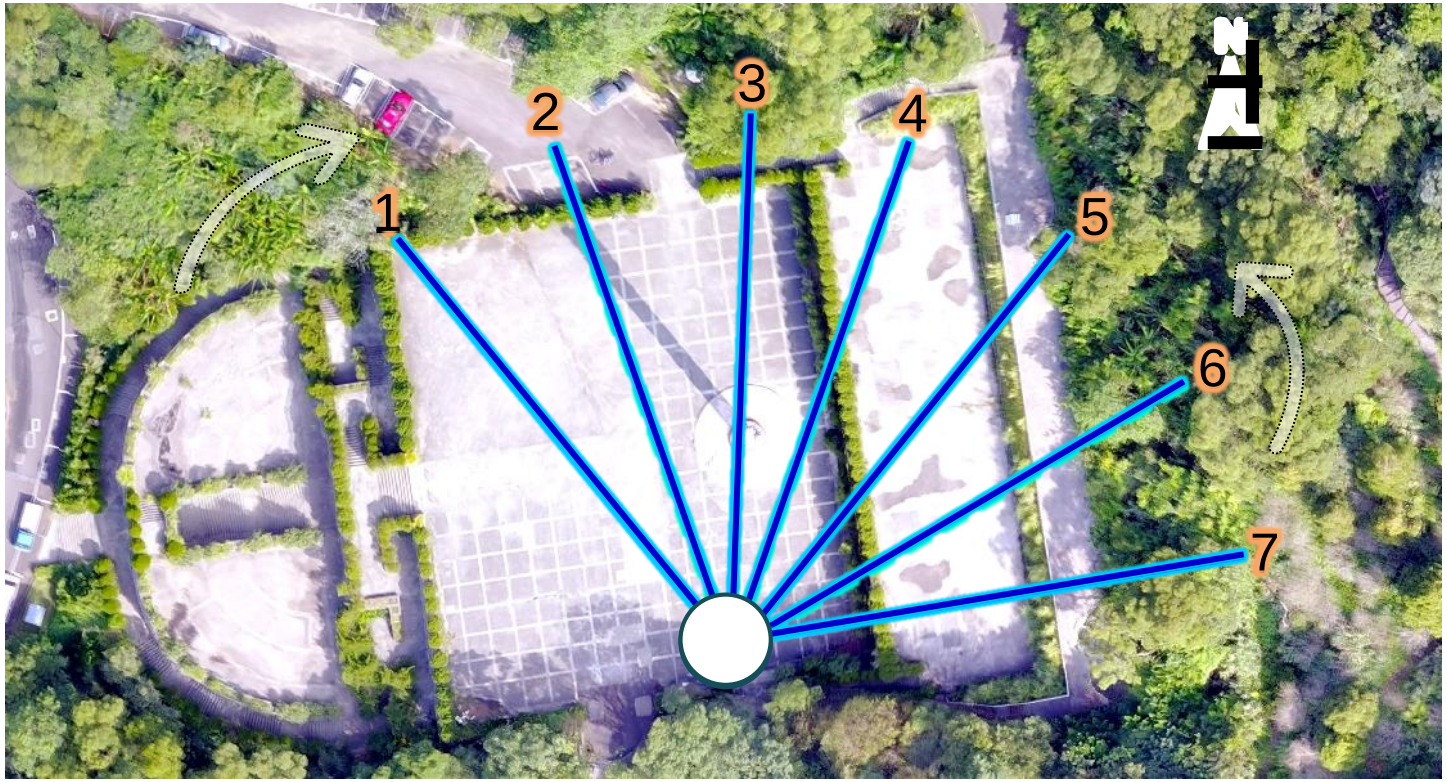
- 由1→2 →3...→7 依序打設

## 本工程設計圖說規定

- 第1輪：1→3→5→7 (視為探查孔)
- 第2輪：6→4→2 (依第1輪結果，滾動調整)




集水井共打設4層集水管

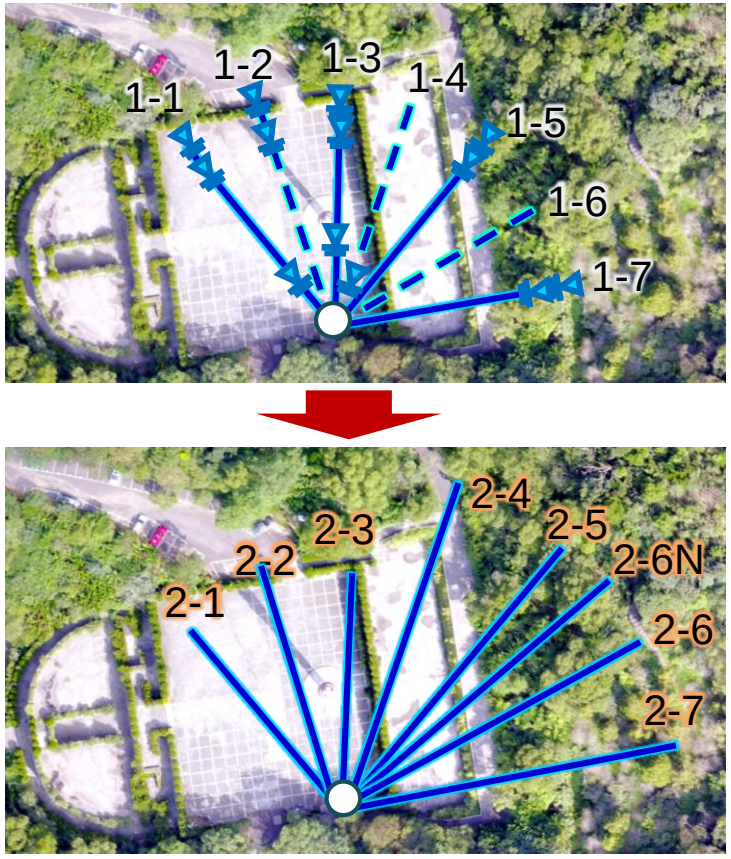


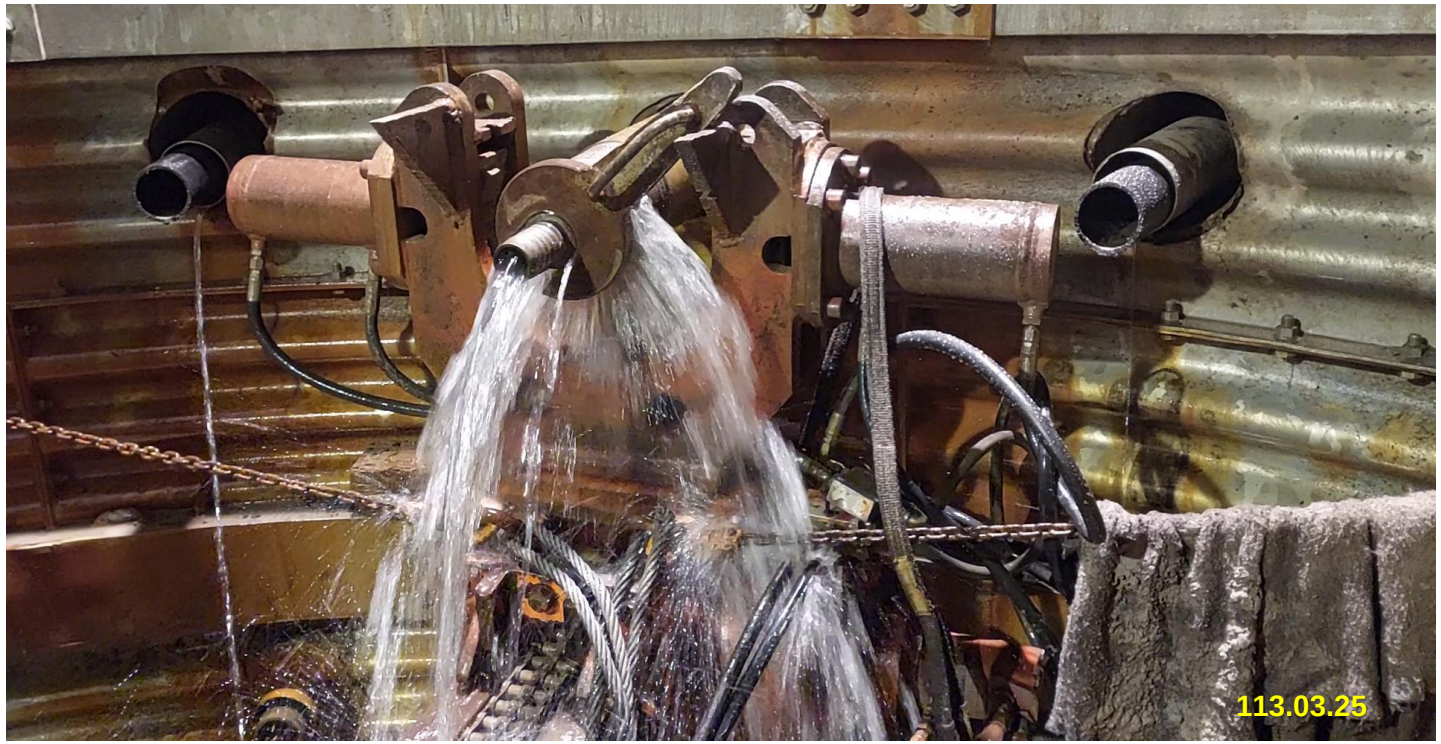

各層共7支集水管(輻射狀配置)

# 創新性 - 施工中調整集水管打設順序，增加地下水導排量

## 依第1輪(探查孔)打設成果，調整第2輪集水管，調整原則

- 增加集水管長度(配合機具動能極限)，增加集水管涵蓋範圍
- 增設集水管，增加地下水導排量

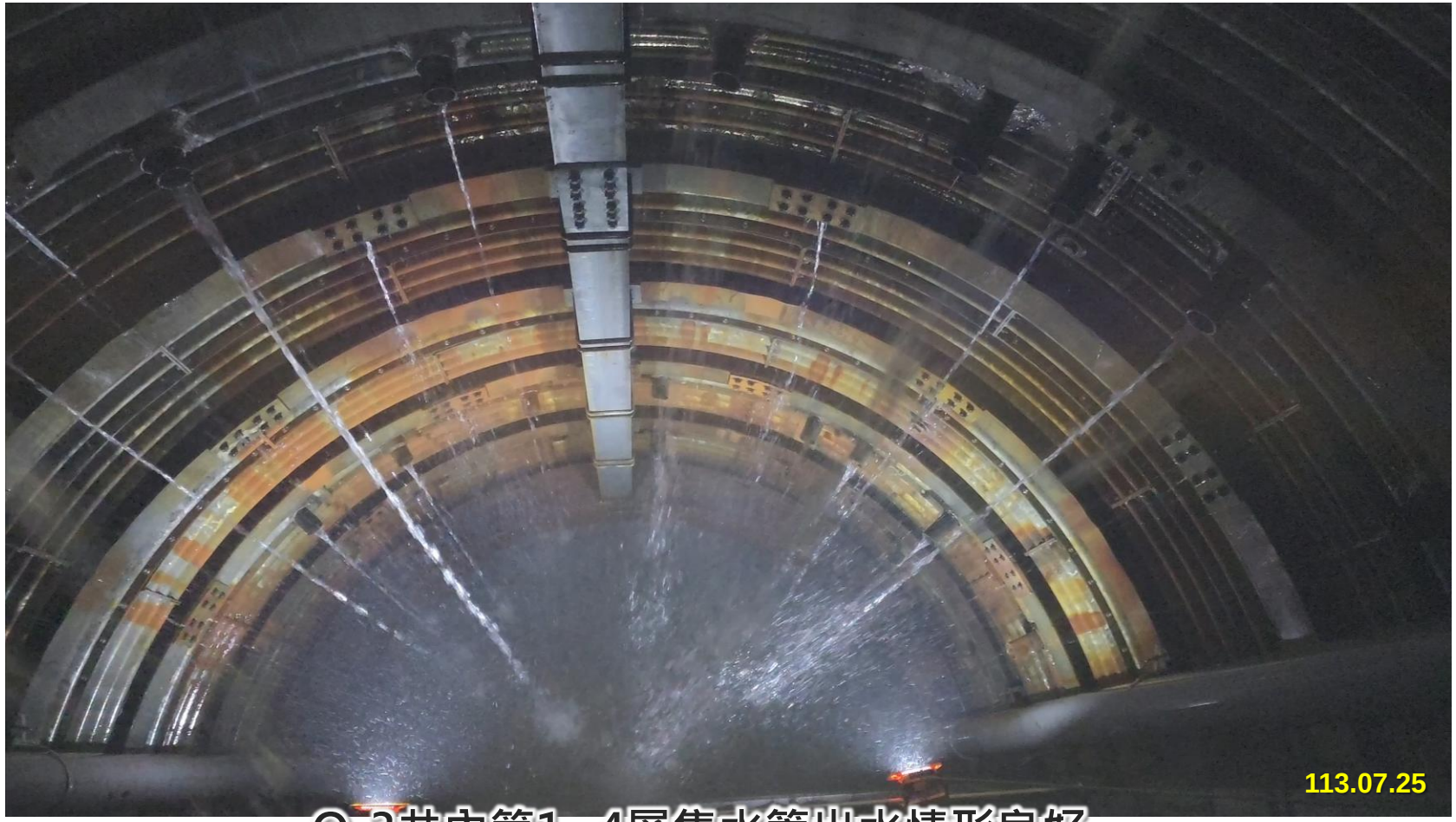



增設2-6N孔加長至75m，出水量良好(最大約400 L/分)

# O-3井內集水管出水情形良好

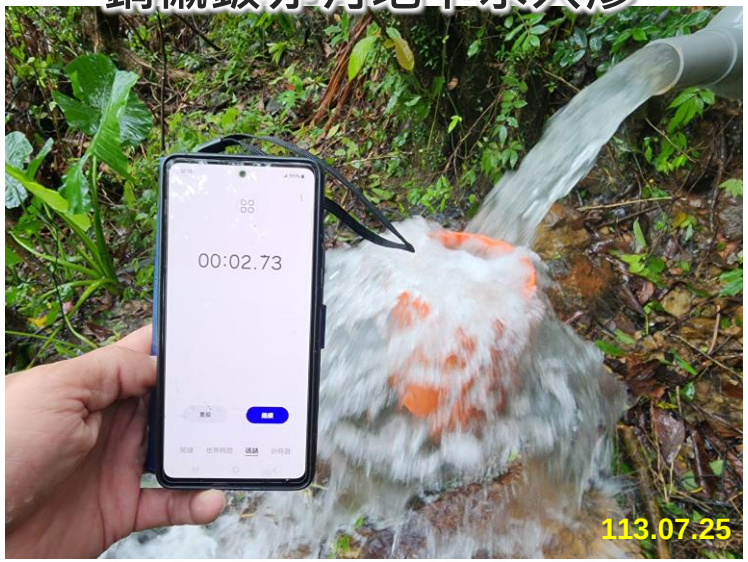
- 113年7月凱米颱風，累積降雨量約337mm
- 估計排水量**約3,500噸/日**(約33人 1年生活用水量)




O-3井內第1~4層集水管出水情形良好




鋼襯鈑亦有地下水入滲




凱米颱風排水管出水情形

# 坡面集水管導水情形良好

□ 各區坡面集水管皆有明顯出水












# O-3集水井治理成效追蹤

## 常時水位下降

| 孔號 | 施作前 | 施作後 |
|---|---|---|
| 20-1W | 地表下30m | 地表下35m |
| 23-1W | 地表下25m | 地表下30m |

下降5m

## 最高水位下降

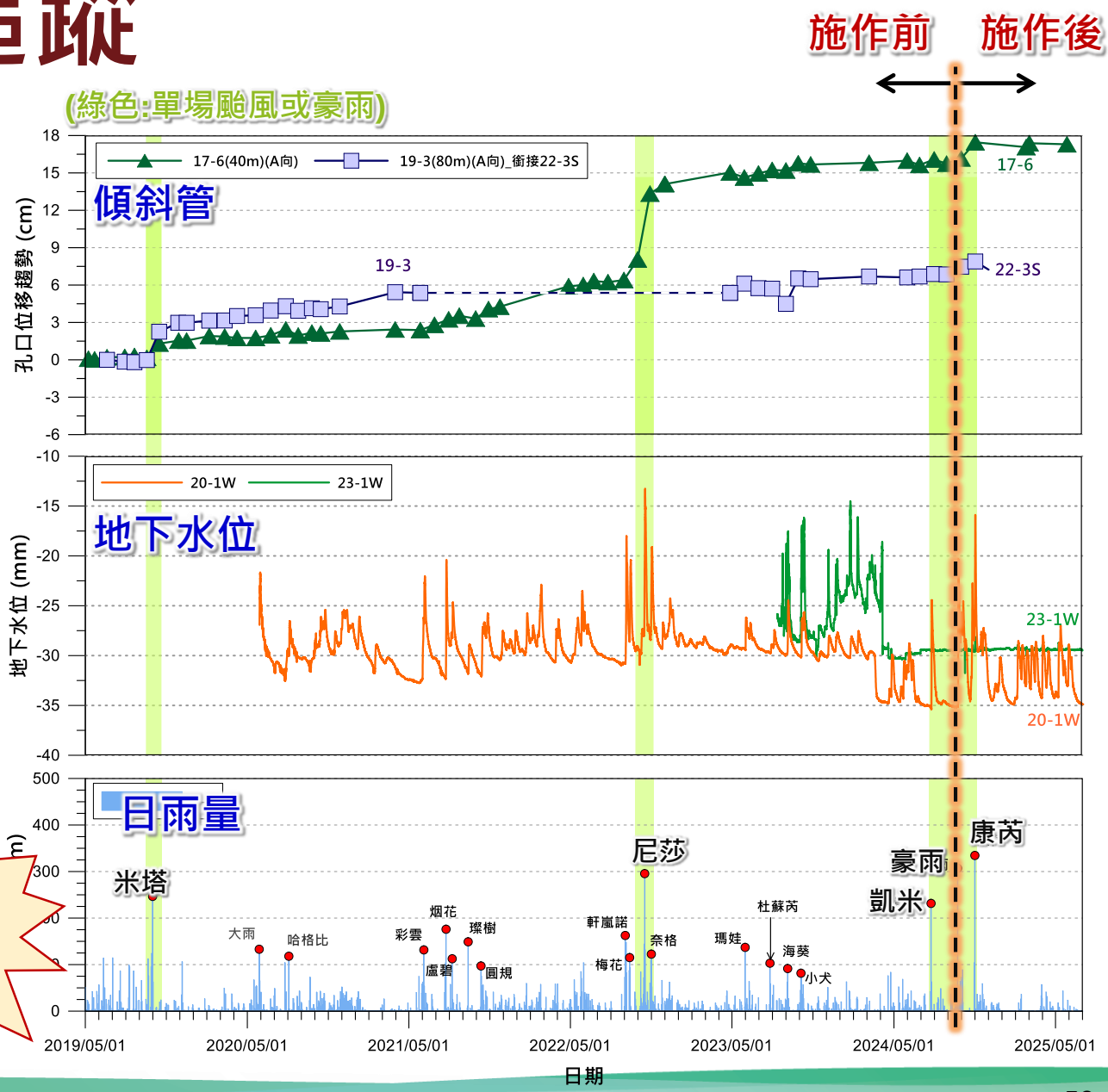
| 孔號 | 施作前 | 施作後 |
|---|---|---|
| 20-1W | 地表下13m | 地表下16m |
| 23-1W | 地表下15m | 地表下30m |

下降
3~15m

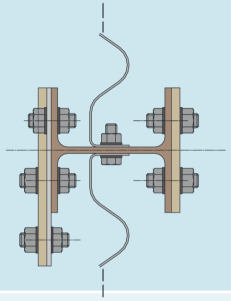
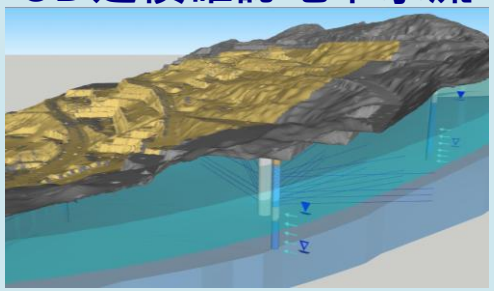
## 地層位移(傾斜管孔口位移)趨緩

| 孔號 | 施作前 | 施作後 |
|---|---|---|
| 17-6 | 1.1cm ~ 5.4cm | 0.4cm ~ 1.3cm |
| 19-3 (22-3S) | 2.3cm | 0.2cm ~ 0.6cm |

1.1~5.4cm
↓
0.2~1.3cm



# 節能減碳及循環經濟效益可觀

| | 材料階段 | 施工階段 | 施工階段 | 運用階段 |
|---|---|---|---|---|
| 圖說 | 使用耐用材質延長年限  | 3D建模確認地下水流  | CCTV遠端掌控邊坡  | 善用監測系統進行整治<br>■ 即時影像：CCD攝影機<br>■ 地表位移：無線地表伸縮計、GNSS 衛星觀測站<br>■ 地中位移：孔內伸縮計<br>■ 地地下水變化：電子式水壓計<br>■ 監測儀器使用太陽能發電 |
| 作為 |  |  |  |  |

**本專案工程碳排管控**

- 碳排上限 1402.010 ton$CO_2e$
- 精算碳排量 443.053 ton$CO_2e$

**工程之減碳率**

$$1-\left(\frac{443.053}{1402.010}\right)=0.684$$

**68.40%**

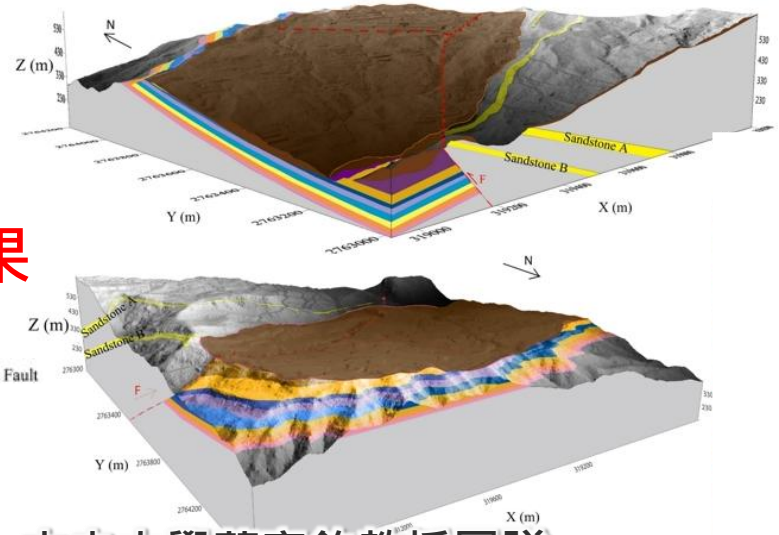
**工程減碳量化**

- 本工程減碳量 958.96 ton$CO_2e$
- 大安森林公園每年吸存 242.55 ton$CO_2e$

約減 **4座** 大安森林公園

# 交流參訪頻繁已為整治示範

- 國內學者研究：利用豐富調查監測成果**建立3D地質模型**
- 國外專家學者參訪：交流**大規模崩塌區監測預警及治理成果**
- 學校教學場域：華梵**相關科系**教學場域




中央大學董家鈞教授團隊
建立之3D地質模型



**美國**路易斯安那州立大學 111.11.15
蔡宗成教授參訪



113.01.17
**捷克**交流團地質專家參訪




113.05.09
**菲律賓**火山地震局官員參訪

# 生態監測成果

## 本工程棲地擾動低，生態恢復良好

1 福建大頭蛙

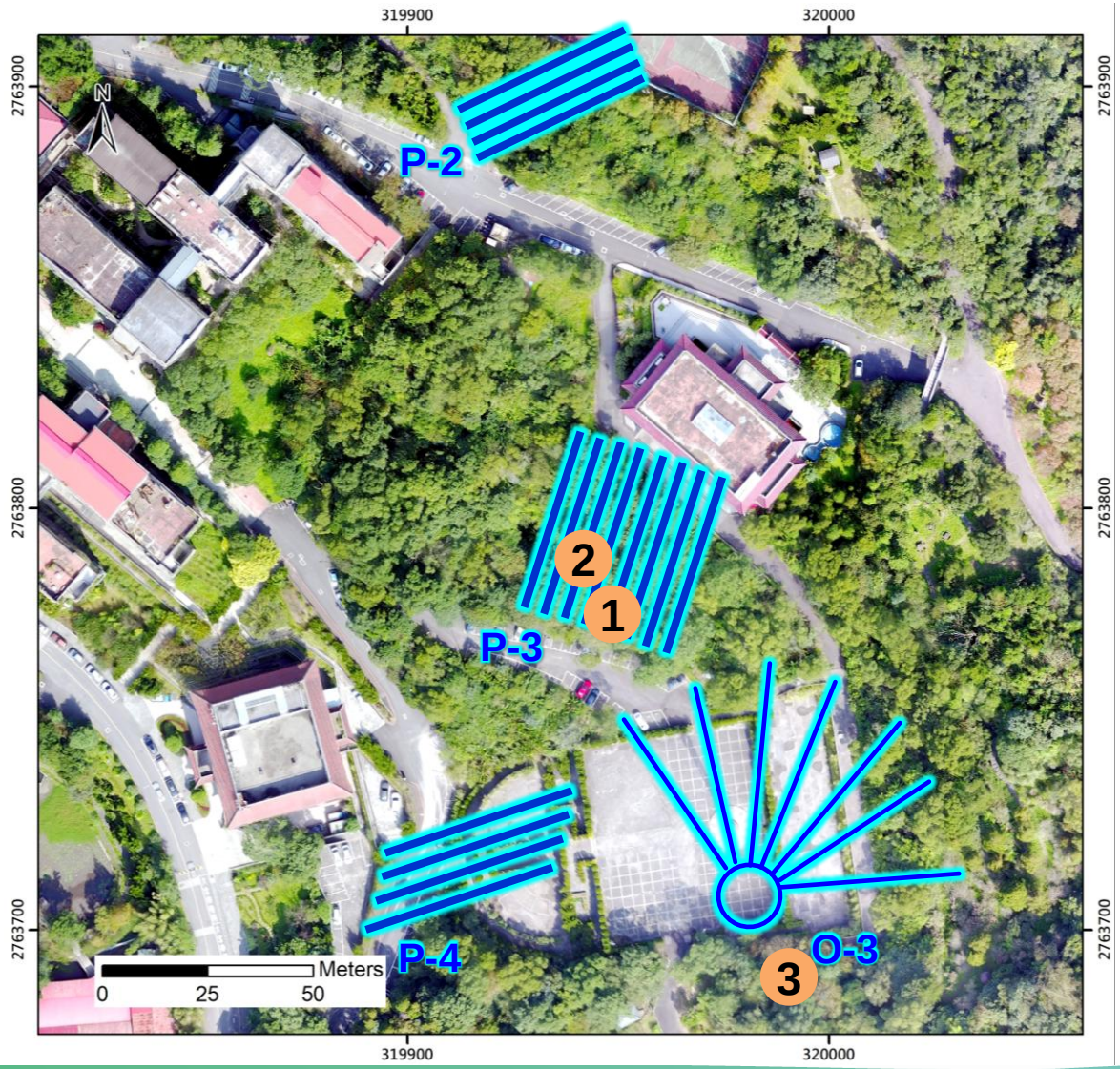



2 艾氏樹蛙




3 翡翠樹蛙(保育等級III)




2 麝香貓(保育等級II)




2 山羌、白鼻心




2 鼬獾



# 生態監測成果

## 本工程棲地擾動低，生態恢復良好

1 斯文豪氏赤蛙







2 白鼻心




2 臺灣藍鵲(保育等級III)




2 臺灣紫嘯鶇



# 總結

# 打造循證治理的大規模崩塌防減災體系



# 報告完畢
# 敬請指教

敬請指教

農業部農村發展及水土保持署臺北分署
與您一起打拼