

中國工程師學會工程會刊系列研討會-

臺灣能資源大地工程專題

先進水文地質調查技術應用- 場址水文地質描述模型建置

簡報者：柯建仲

2017.07.25



財團法人中興工程顧問社

Before the beginning.....



01

為何需要建構場址水文地質描述模型？

02

需要獲得哪些參數與執行哪些調查技術？

03

如何瞭解參數間之關連與驗證模型準確度？





I

場址水文地質描述模型

II

關鍵水文地質調查技術

III

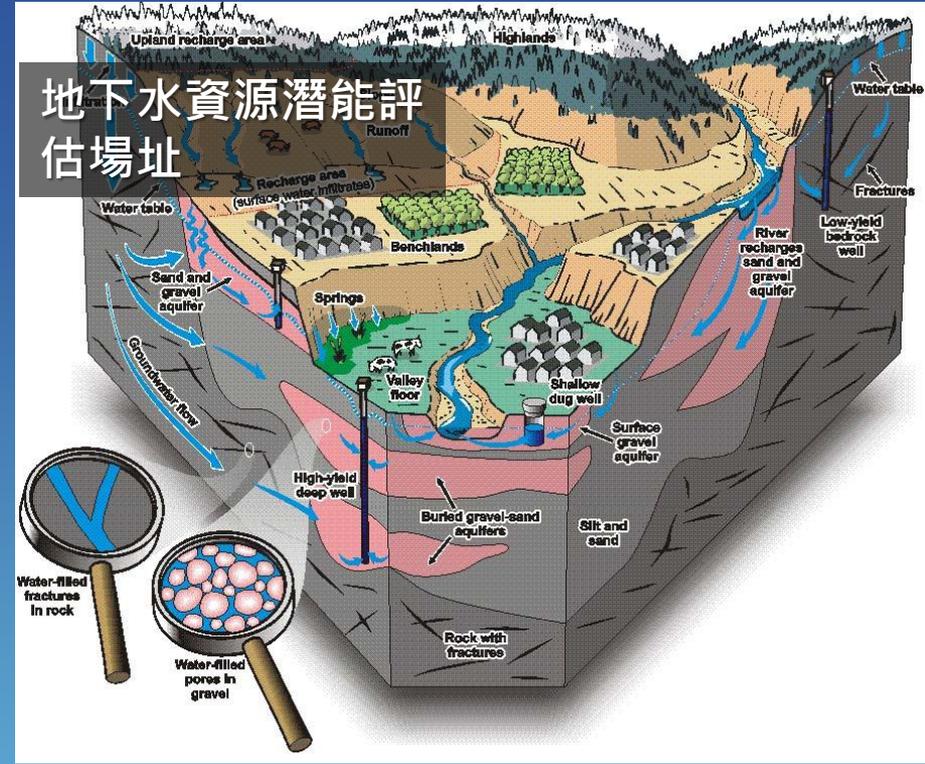
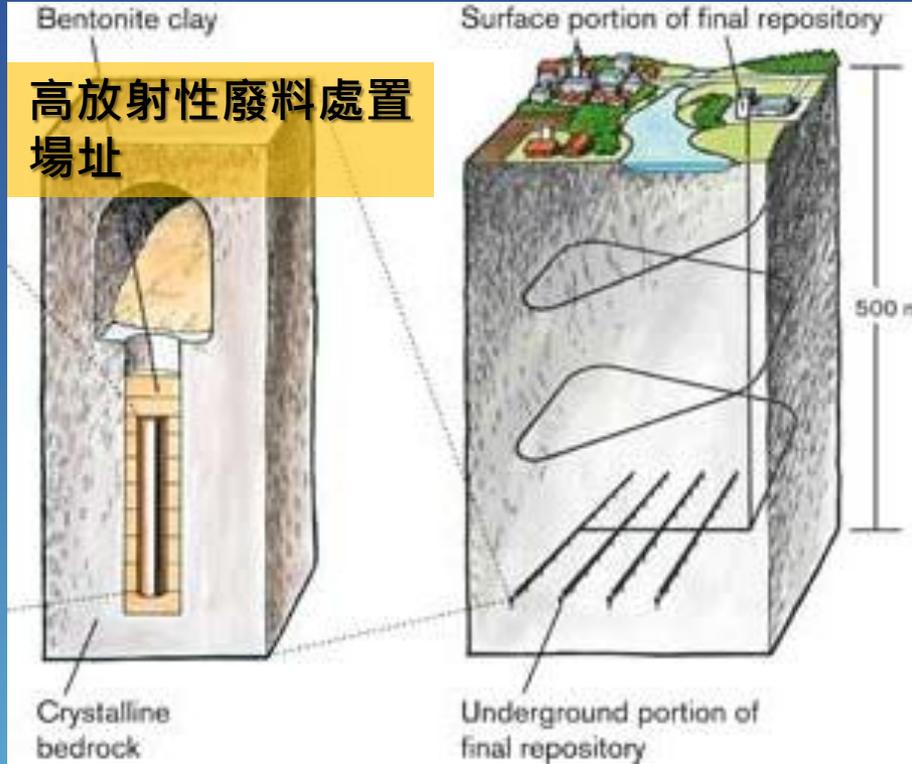
參數關聯性與應用案例

IV

結語



場址水文地質描述模型



低透水母岩地質環境

岩層透水特性

高透水母岩地質環境

裂隙不發達或頻率低

裂隙幾何特性

裂隙發達或頻率高

裂隙網絡連通性不佳

裂隙連通性

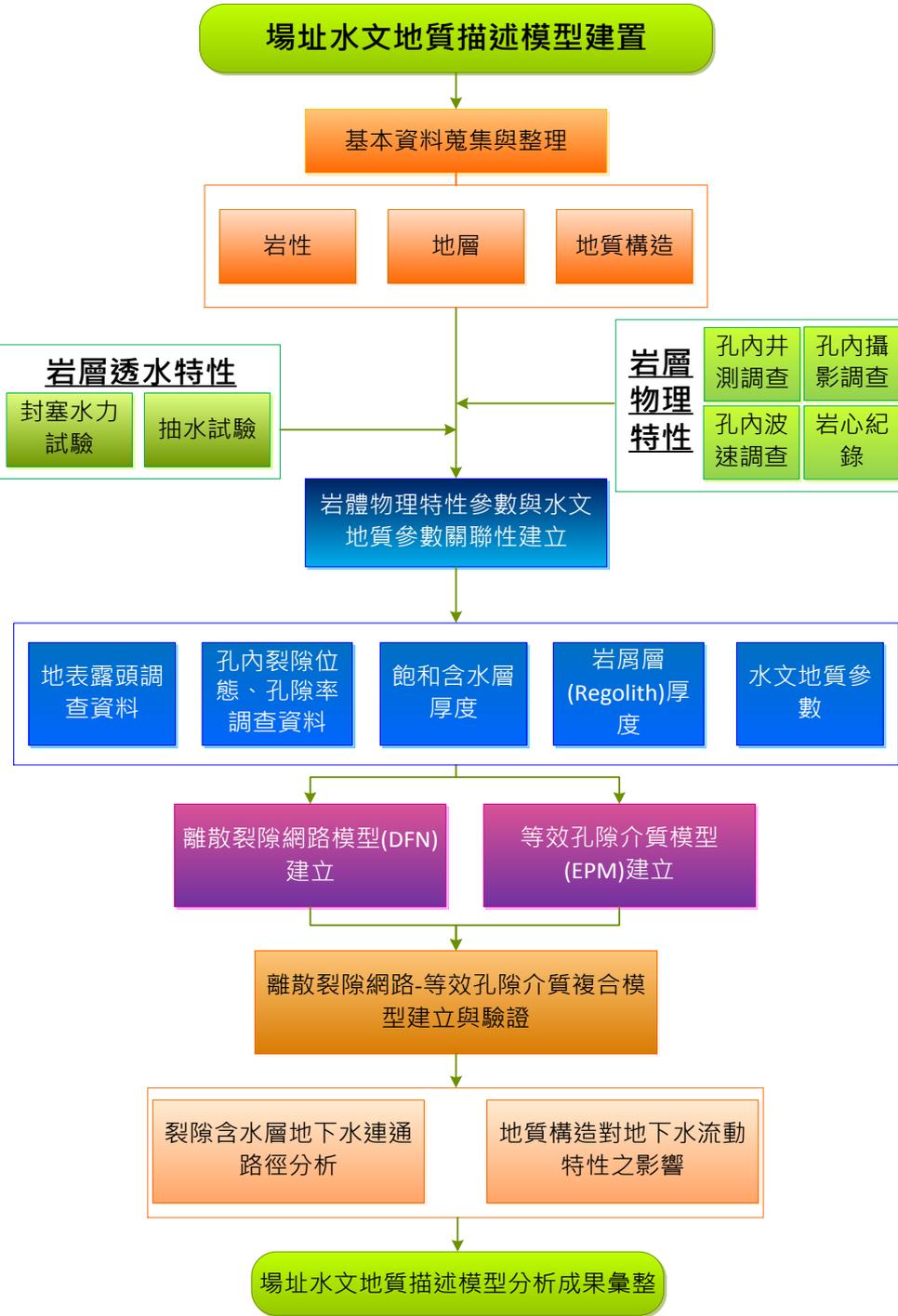
裂隙網絡連通性佳

地下水流動特徵不明顯

地下水流動特性

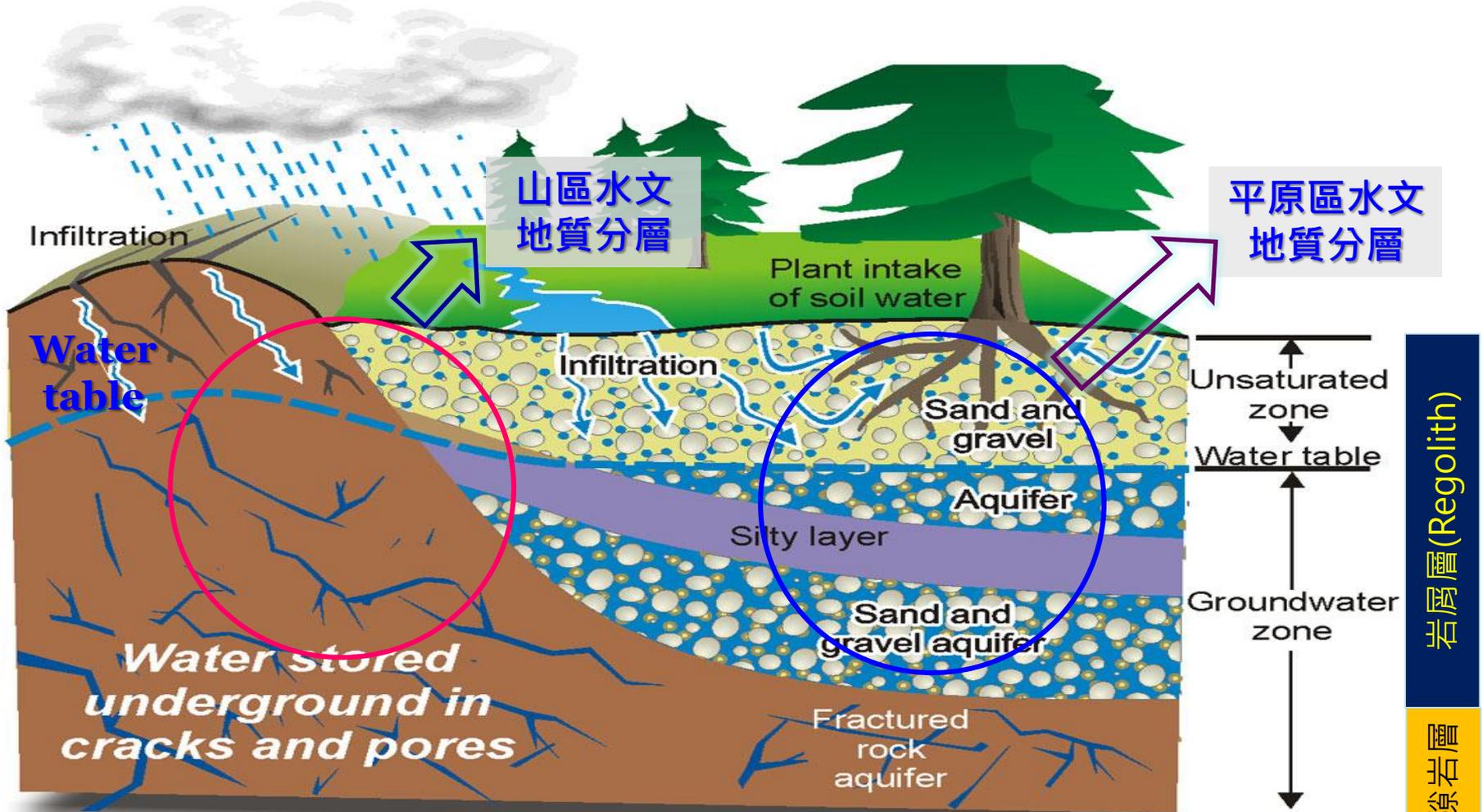
地下水流動特徵明顯

場址水文地質描述模型 建構流程



調查項目	獲得資訊
鑽孔岩心判釋	岩性變化、破碎帶、岩脈及斷層之位置、裂隙位態及特性、破碎帶之開口、充填物及置換作用
孔內攝影	破碎帶位置、破碎帶充填物特性、裂隙特性、裂隙之位態及延伸性、現地主應力方向
單孔地物井測	破碎帶深度、岩性分布、地溫梯度、岩層孔隙率、密度、地層透水性、岩盤質地及膠結情形
跨孔地物井測	孔間破碎帶連續性及幾何形貌
地下水流速調查	地層透水性、裂隙水力連通性、地下水流入或流出位置、推估裂隙水力傳導係數
封塞水力試驗	孔內岩層水力傳導係數、儲水係數
示蹤劑試驗	孔內岩層延散係數、延散度
現地應力水力法	現地應力
地球化學水質量測	地下水之酸鹼值、氧化還原電位、水中溶氧量、導電度、濁度、總溶解氣體、指標性陰陽離子

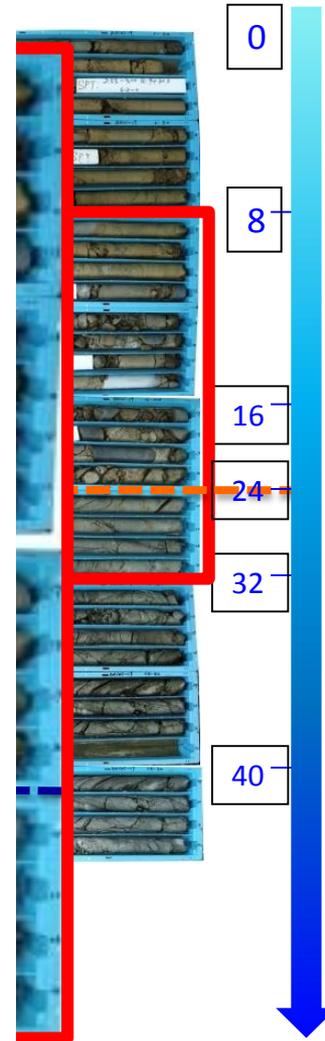
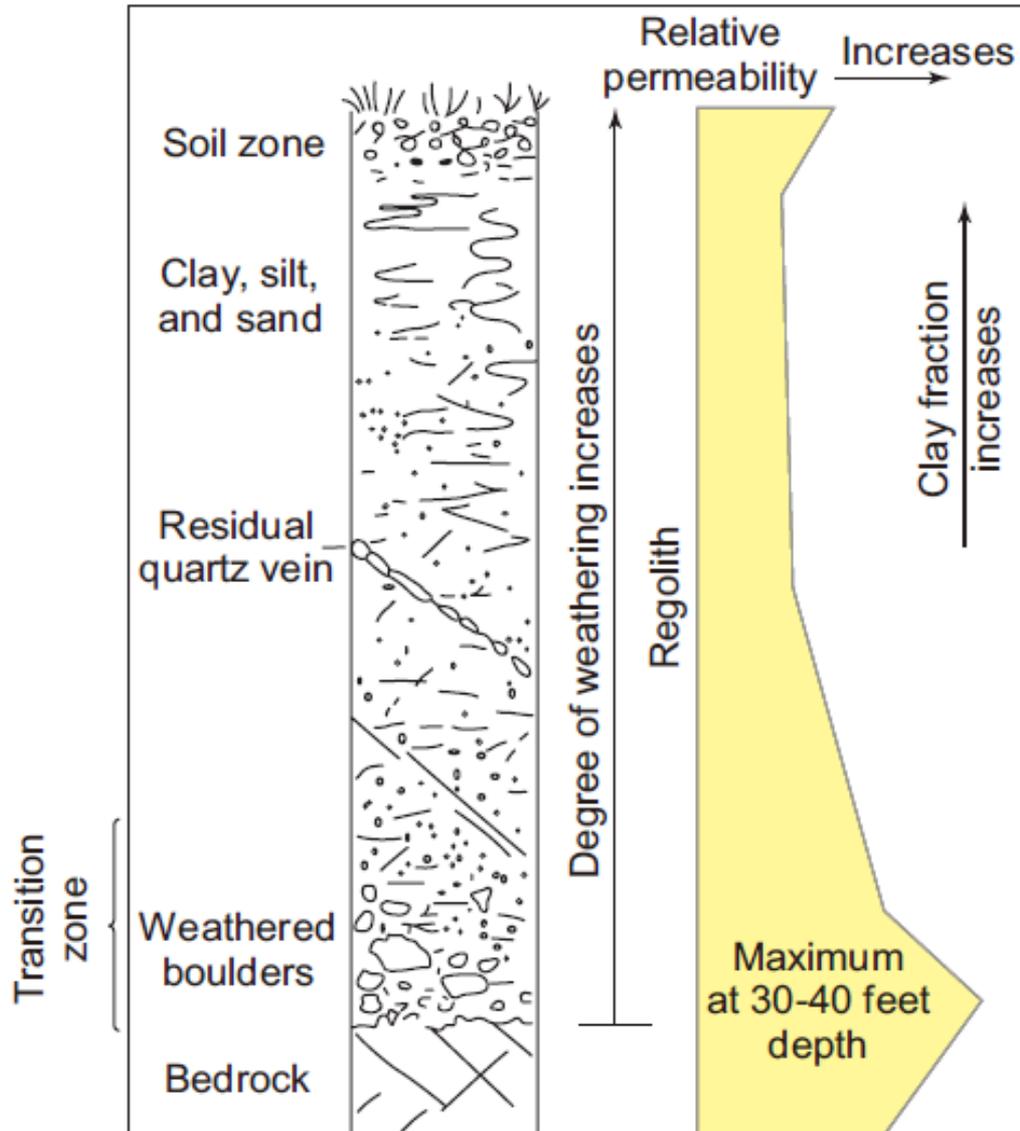
水文地質分層概念



如何得知岩屑層厚度與其和裂隙岩層之水文地質特性?

鑽孔&設井!

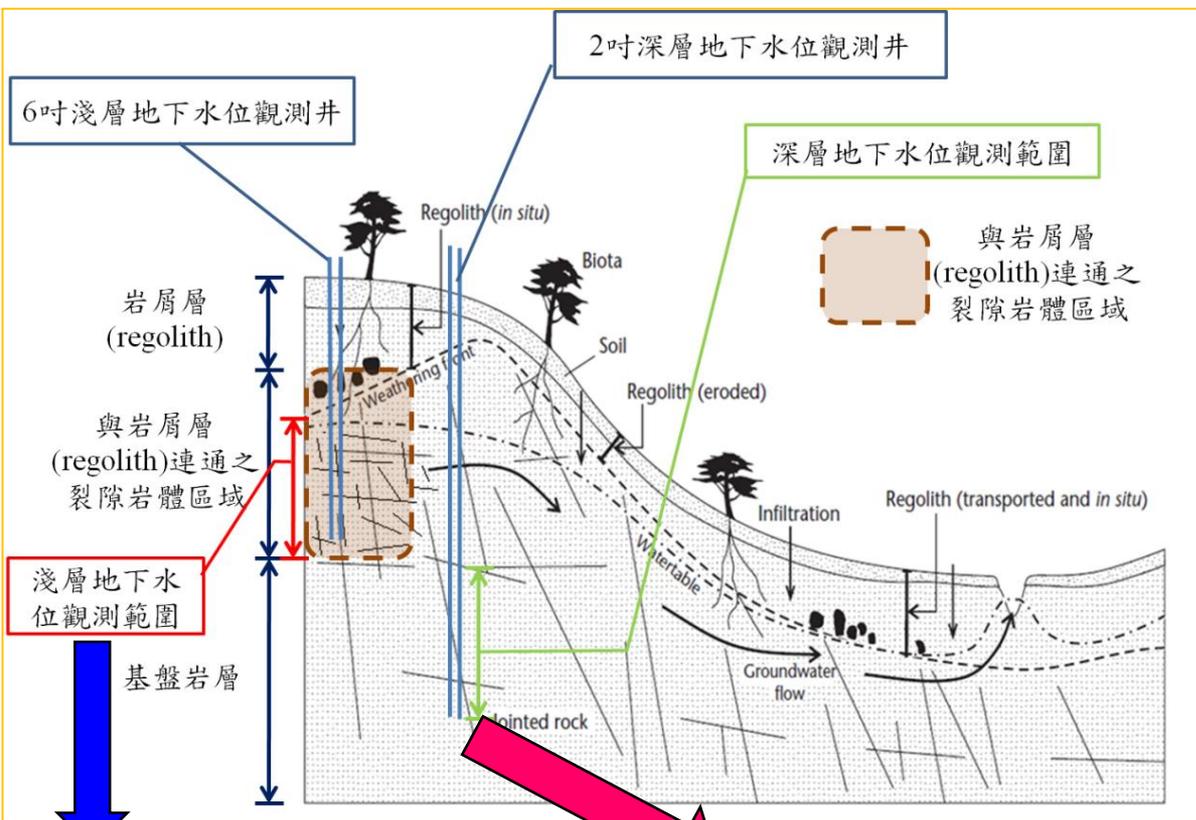
水文地質分層概念



24m以上含殘
與淘選度較差

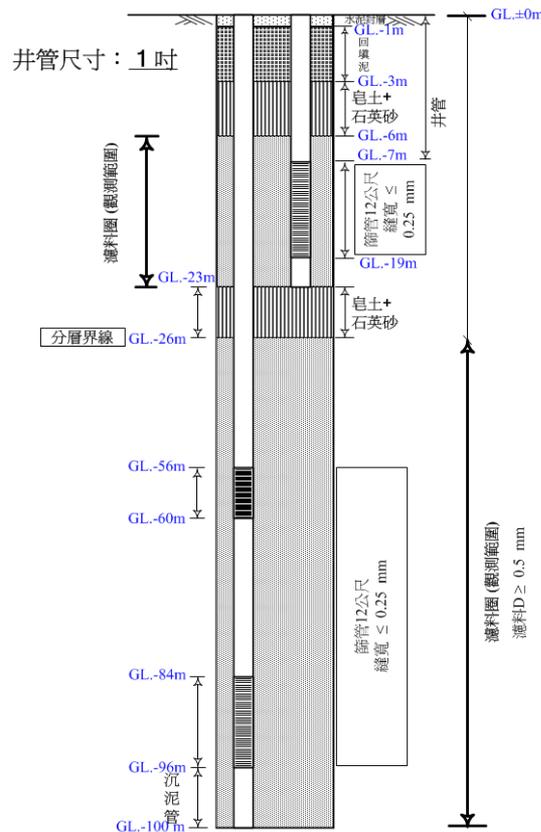
24m後為固結
及淘選度較差
然該段岩盤裂

水文地質分層概念

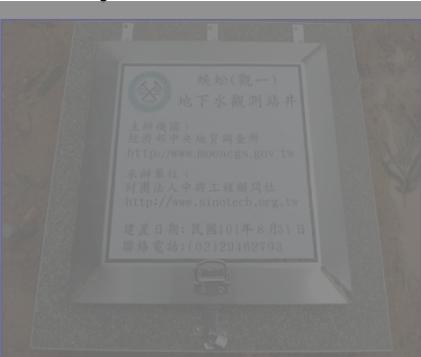


Type II: 水文地質孔

DH-01 峰谷 地下水位觀測井 井體設計圖



此設計圖為示意圖，均未按實際深度比例繪製 (Not to scale)



孔內水文地質調查技術總覽

孔內水文地質調查技術清單

修改自 Rider (1996)

應用範疇	項目	溫度	井徑	自然電位	電阻井測	伽瑪射線	聲波井測	孔內攝影	流速儀		含水層試驗	光電井測	密度測井	中子井測
									葉片式	熱脈衝				
普通地質探勘	一般岩性				▲	▲	●	▲				●	●	●
	火山岩地形					▲						▲	▲	▲
	蒸發鹽礦地形				▲	●	▲					▲	▲	▲
	礦物鑒定					▲		▲				●	▲	▲
	地層比對			▲	▲	▲	▲	▲			▲			
	岩相			▲	▲	▲	▲	▲					▲	▲
儲集層探勘	裂隙辨識		▲				●	●	▲	●	▲		●	
	過壓辨識	▲			●		●						▲	
	地溫梯度	■										■		
地質化學	原岩探勘				●	●	●						●	▲
	有機質成熟度	●			●									
	孔隙率				●		■						■	■

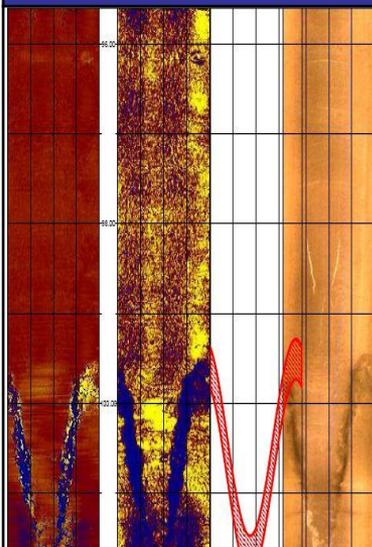
 **已引進**
即將引進
未來可引進

- 準確定量描述
- 定性與半定量描述
- ▲ 基本定性描述

自95年起至今已完成全台近450孔的孔內水文地質調查工作，涵蓋山區與平原區之地層，目前最深的探測孔深度為350公尺。

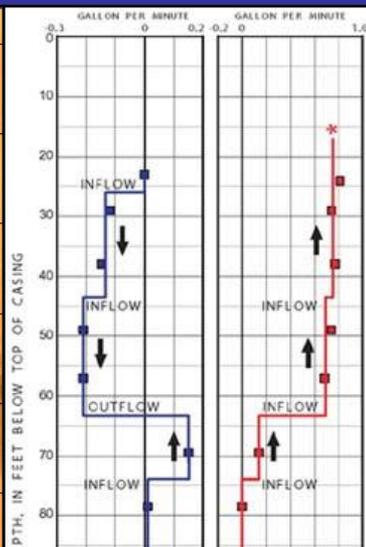
孔內水文地質調查技術

孔內水文地質調查與現地試驗



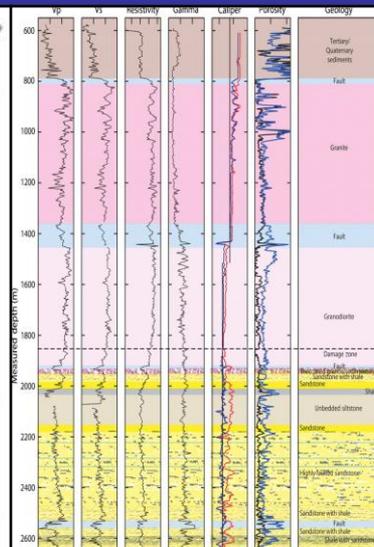
孔內影像與位態調查

- 一. 鑽探岩心檢視
- 二. 地層構造判釋
- 三. 位態投影分析
- 四. 裂隙特性統計



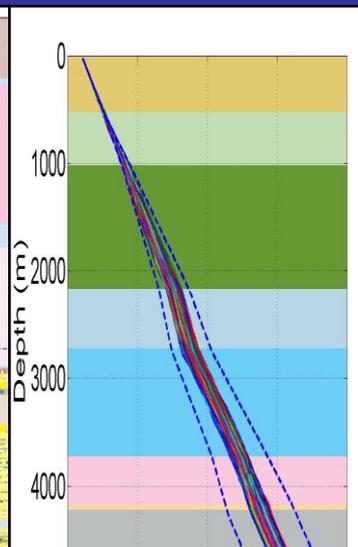
孔內流速與流向調查

- 一. 地層滲透性
- 二. 裂隙連通性
- 三. 地下水補注/流出潛勢
- 四. 含水層型態



孔內地球物理調查

- 一. 岩性分布
- 二. 地層透水性
- 三. 材料膠結度
- 四. 推估孔隙率
- 五. 地層蓄水能力



孔內溫度導電度調查

- 一. 地層滲透性
- 二. 裂隙連通性
- 三. 地下水補注/流出潛勢
- 四. 地熱開發潛勢

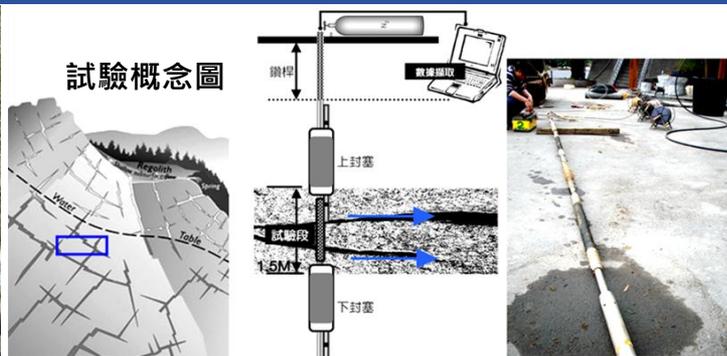


水力試驗及抽水試驗

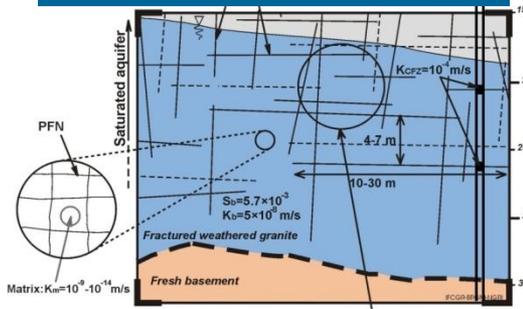
- 一. 透水係數
- 二. 蓄水係數
- 三. 導水係數
- 四. 延散係數
- 五. 含水層特性

孔內水文地質調查技術-封塞水力試驗

封塞水力試驗



裂隙與基岩透水潛能比較



不同型式封塞試驗適用情境之掌握

項目	呂琴試驗	單封塞試驗	雙封塞試驗
求取參數	透水係數	透水係數 蓄水係數	透水係數 蓄水係數
試驗時間	短 (~30mins)	較長 (~60mins)	長 (~120mins以上)
參數代表性	小	大	大
試驗長度	5m	10~90m	1.5m
試驗操作	隨鑽由上往下▼	鑽孔完成後由下往上▲	鑽孔完成後由下往上▲
試驗方式	依預定壓力梯度， 記錄各階穩定流量	記錄固定壓力下 之穩定流量	可依地層滲透性調整 試驗方法
理論模式種類	單一	多樣	多樣
分析方式	圖表分析法	Autesolv數值分析	Autesolv數值分析
理論解形式	穩態解	穩態解、暫態解	穩態解、暫態解
判斷含水層型態、異向 性與尺度效應	否	可	可
探討特定區段水力特性	否	可	可

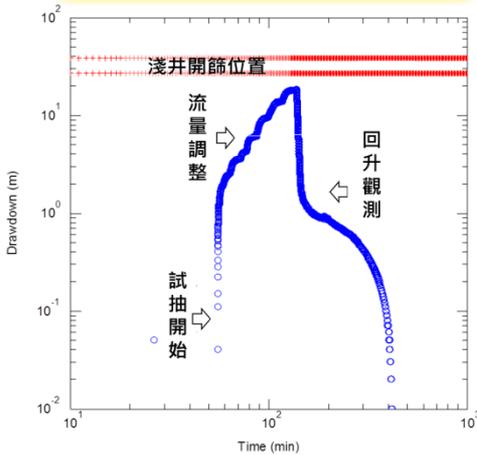
多功能封塞
水力試驗儀

孔內水文地質調查技術-現地抽水試驗

抽水試驗流程

1

背景水位觀測

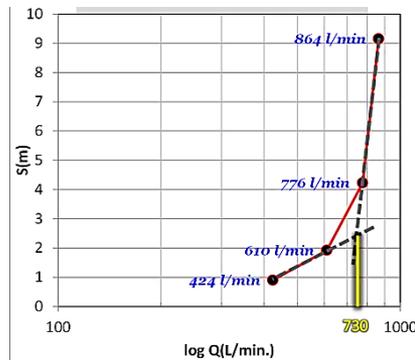
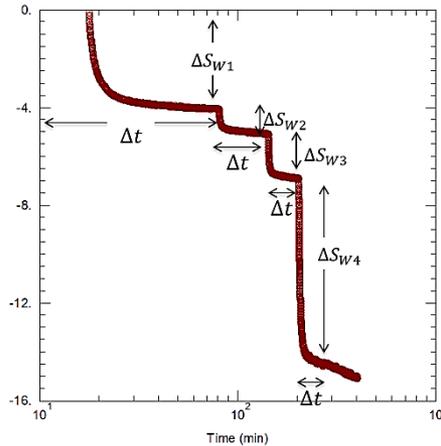


1. 安裝水位紀錄器
2. 整理排水路徑
3. 抽水量評估
4. 抽水馬達選定

2

分級試水

找出最適(安全)出水量

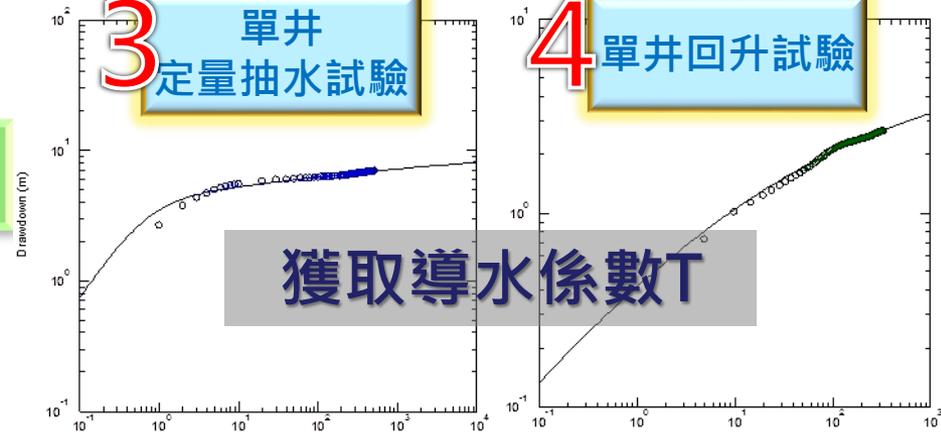


3

單井
定量抽水試驗

4

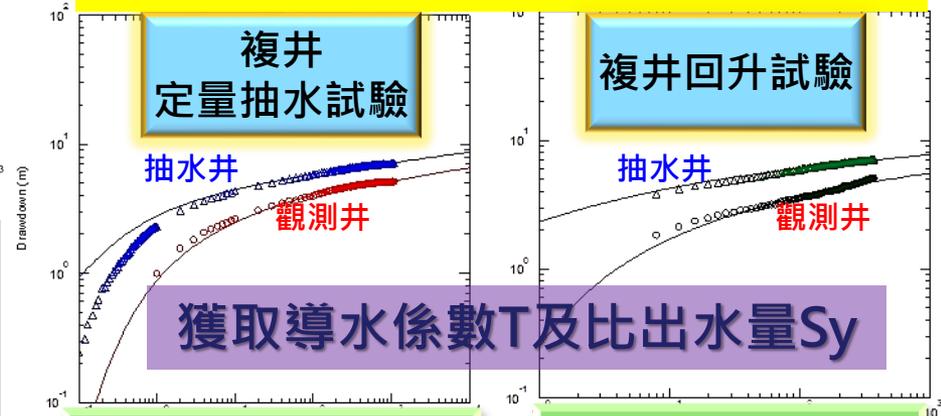
單井回升試驗



★地下水潛勢相對較高孔位★

複井
定量抽水試驗

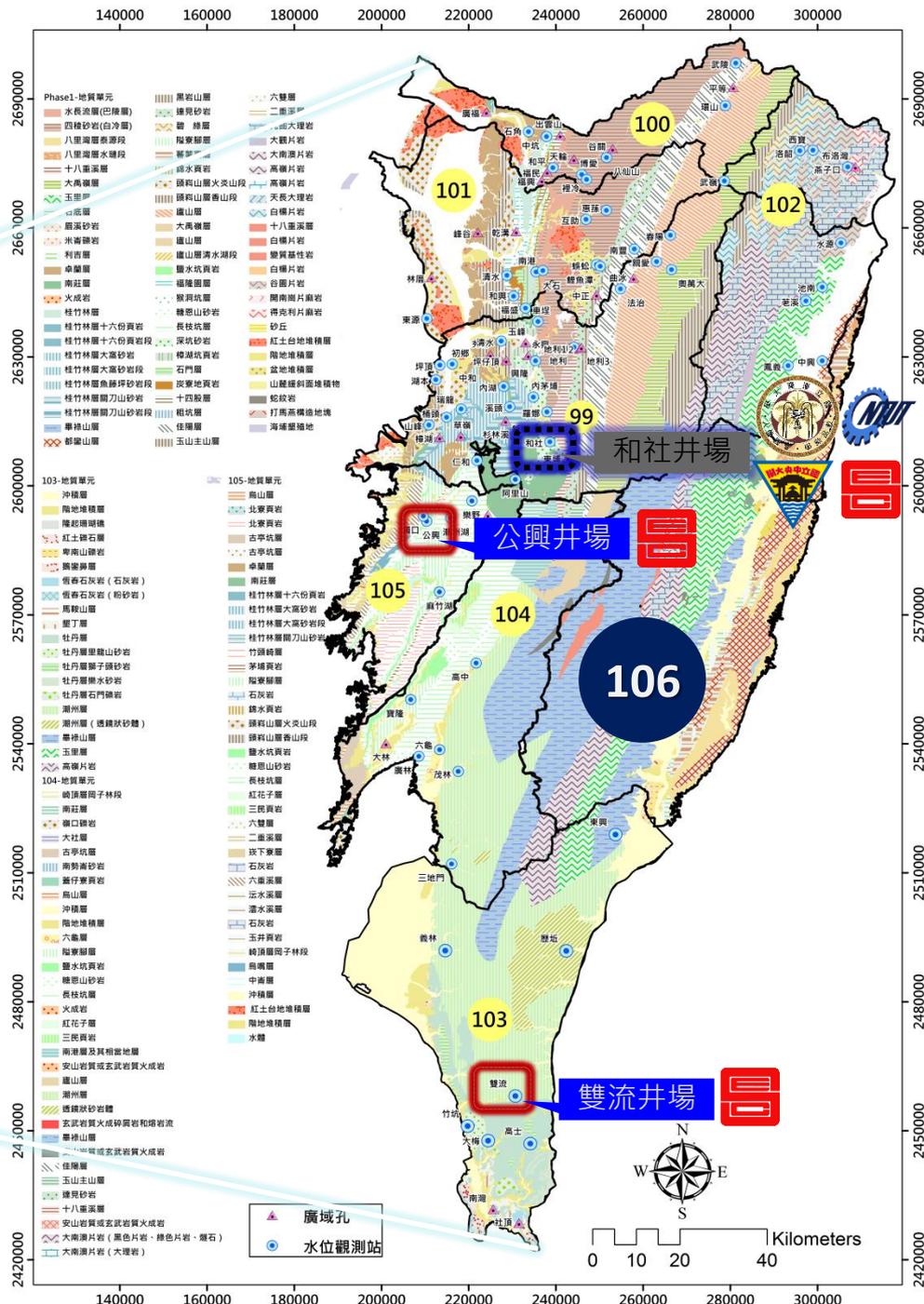
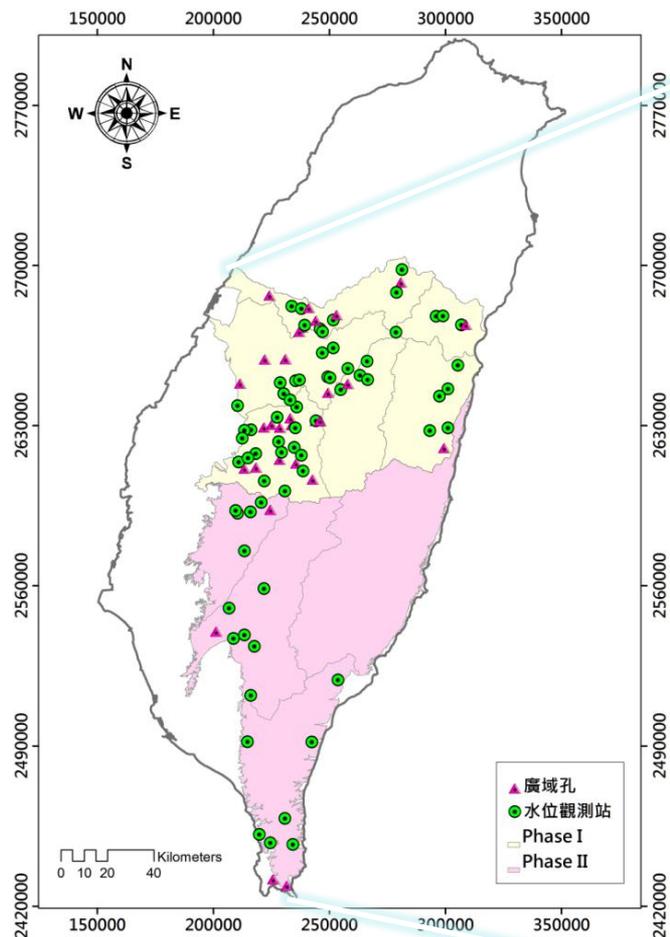
複井回升試驗



1. 消弭水井損失影響
2. 減少部分貫入井影響
3. 獲得比出水量 S_y

抽水試驗結果
之檢測與驗證

山區地下水資源調查



本社目前已於99-105年在臺灣山區36個不同地質單元(涵蓋沉積岩、變質岩及火山角礫岩)建置98孔水文地質鑽孔及孔內水文地質調查。

調查範圍從
100公尺到3200公尺



圖像日期：2013/4/10 24°14'32.07"北 120°59'47.19"東 海拔高度 1493 公尺 視角海拔高度 58.34 公里

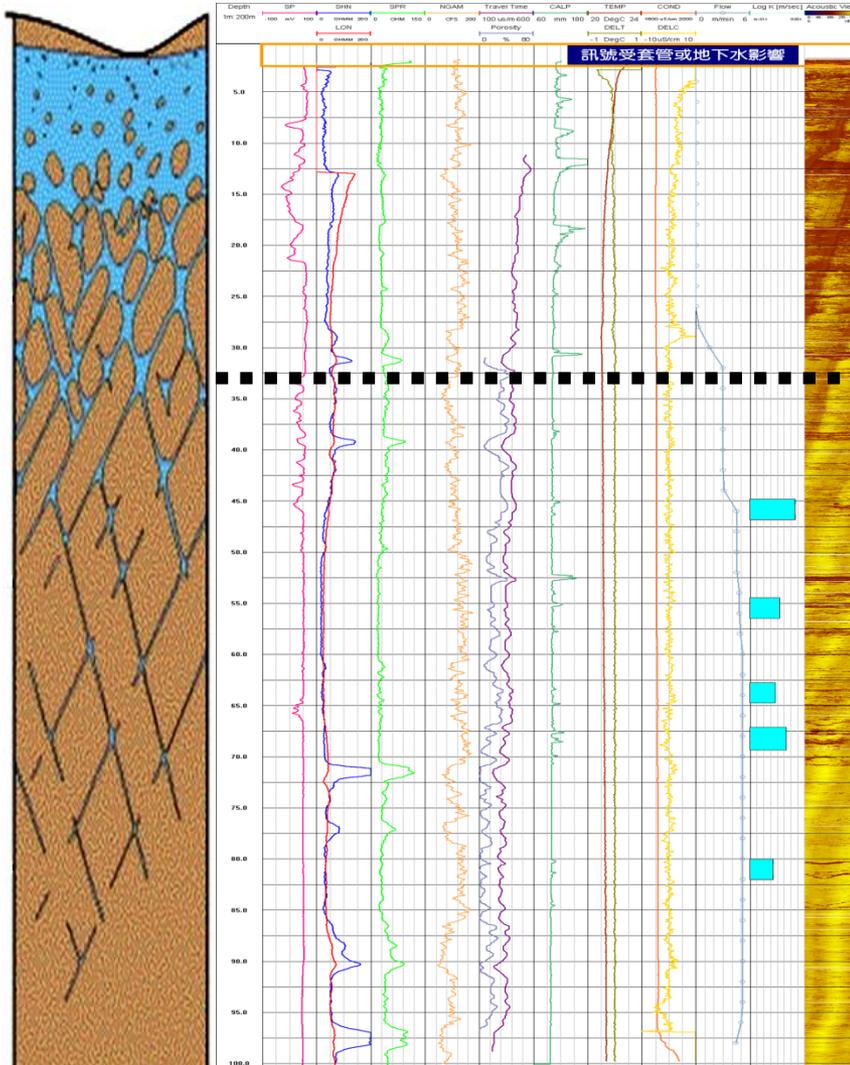
圖表：最低, 平均, 最高 高度：-0, 1247, 3236 公尺

選取範圍總計 距離：126 公里 坡度增加/減少：8028 公尺 斜率總計：2.0% 3.8% 9.0% 10.0% 15.2%



單井水文地質描述模型

單井水文地質描述模型建置



潮州湖站

黃棕色岩屑崩積層 0-31m

以10cm 以上大小岩塊所組成
岩性以粉砂岩為主，亦可見砂頁互層岩塊
井徑側錄結果：膠結相當鬆散
具有極佳地下水潛能

砂頁互層岩盤 31-100m

顯示砂岩、粉砂岩與砂頁互層地物訊號
部分區段受剪裂破碎，裂隙相當發達

中間段沉積構造發達，偶見高角度裂隙
孔內攝影可看到黃棕色銹染，透水性佳

流速儀發現孔底解壓補注，為受壓含水層

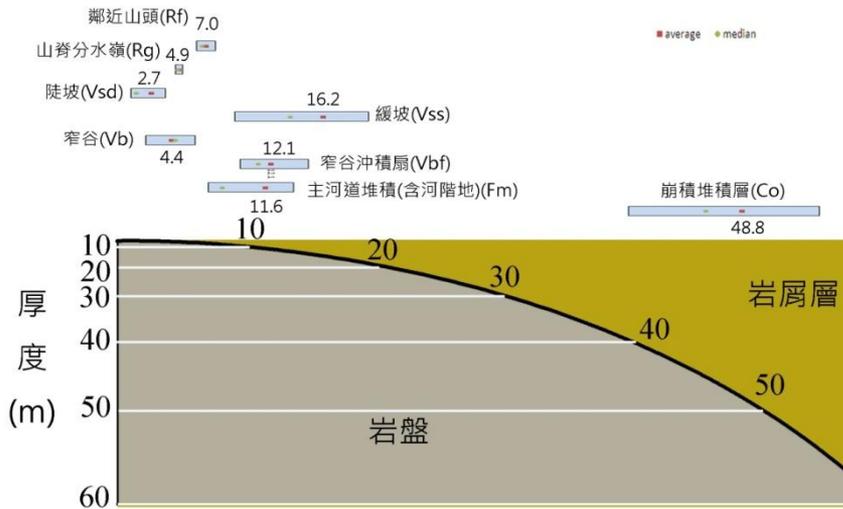
岩屑層厚度與地形特徵之關連

1. 岩屑層判釋準則

3. 調查成果

99-105與易淹水場址共110處

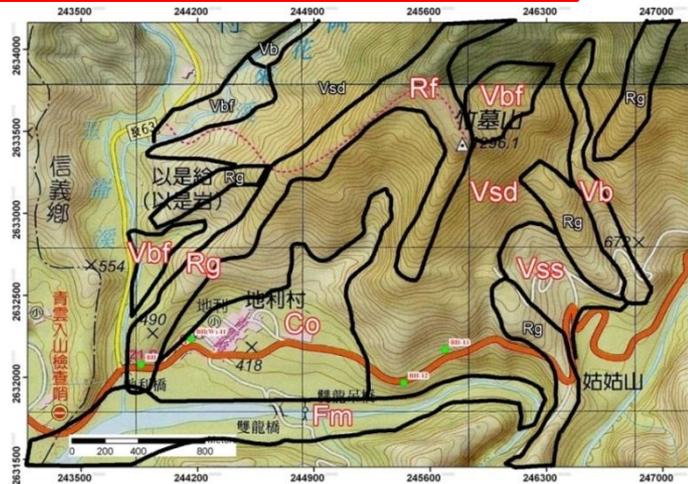
- 統計結果顯示：
- 鄰近山脊分水嶺與新發育之窄谷地形與陡坡，其岩屑層厚度較少(平均2.7~7.0m)
- 緩坡與沖積河道則其次(平均11.6~16.2m)
- 崩積堆積層因崩塌材料與範圍不等，而有所差異。



2. 地形與岩屑層關係

地形單元劃分(四類8項)

地形單元	定義	本計畫	Henriksen(1995)	LeGrand(1967)
鄰近山頂	山頂較為平坦區	Rf	山頂(R)	山脊、山頂
山脊分水嶺	山脊線	Rg	山頂(R)	山脊、山頂
陡坡	坡度大於 45 度	Vsd	斜坡(Vs)	上邊坡、陡峭
緩坡	坡度小於 45 度	Vss	斜坡(Vs)	下邊坡
窄谷	支流河寬小於 200 公尺	Vb	支流窄谷(Vb)	窄谷
窄谷沖積扇	支流下游略成扇狀堆積	Vbf	支流窄谷(Vb)	寬谷、高地平坦
主河道堆積(含河階地)	河寬大於 200 公尺	Fm	峽灣邊坡(Fs)、平坦地(F)	寬谷
崩積層	崩積或土石流堆積區	Co	平坦地(F)	寬谷



- 地形單元劃分類別：
- (一) 山頂與分水嶺
 - Rf: 鄰近山頂
 - Rg: 山脊分水嶺
 - (二) 坡度分類
 - Vsd: 陡坡
 - Vss: 緩坡
 - (三) 河道與沖積扇
 - Vb: 窄谷
 - Vbf: 窄谷沖積扇
 - Fm: 主河道堆積 (含河階地)
 - (四) 崩積與土石流堆積
 - Co: 崩積堆積層

井測訊號及透水係數調查成果

調查結果

Results

- ◆ 電阻、波速訊號隨岩層膠結度及變質度由西向東增加
- ◆ 岩體構造由西岸的多孔介質轉變成為東岸的裂隙發達網路型態
- ◆ 東岸岩體的透水潛能亦明顯高於西岸
- ★ 此趨勢未包含海岸山脈的地層環境

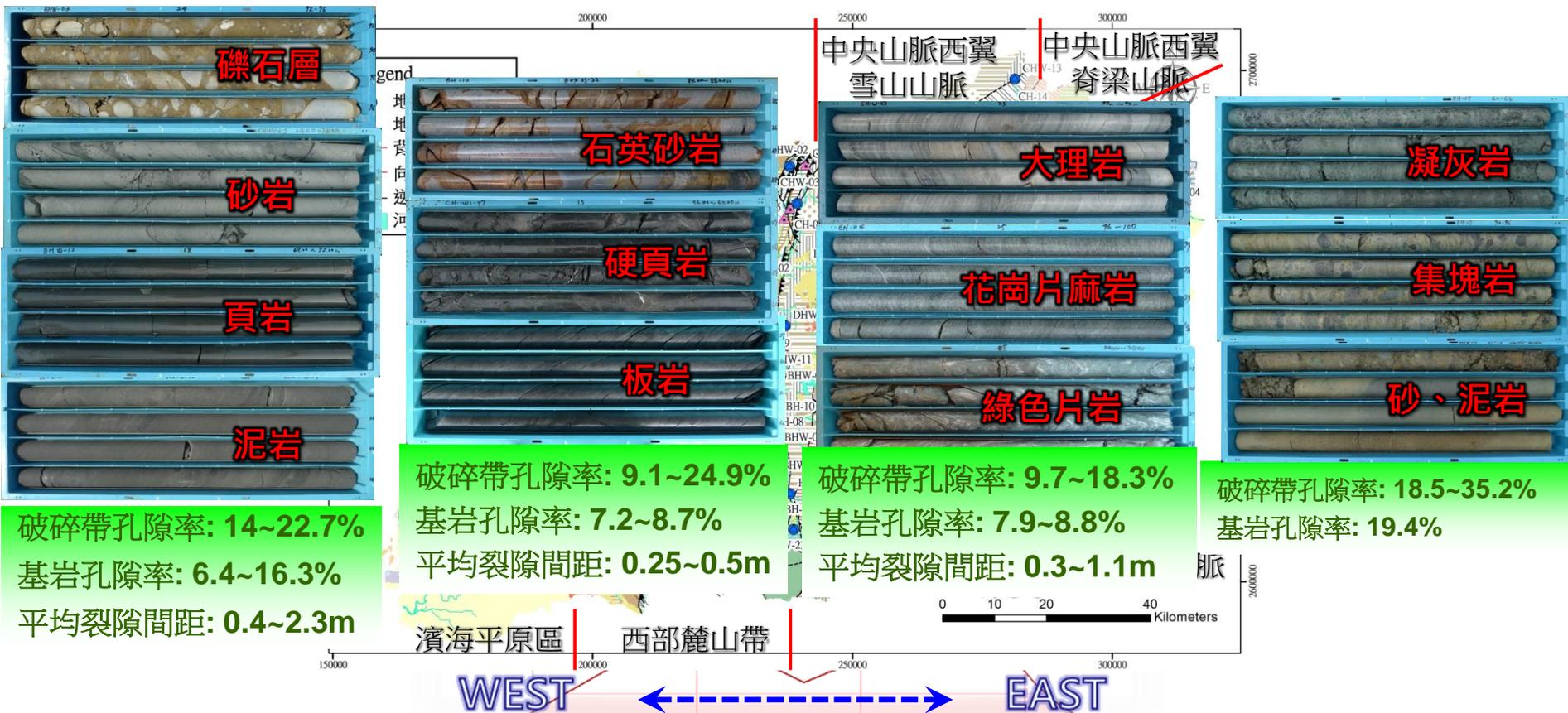


裂隙孔隙率調查成果

調查結果

Results

- ◆ 岩體構造由西岸的多孔介質轉變成為東岸的裂隙發達網路型態
- ◆ 變質岩的破碎帶孔隙率大於沉積岩，且裂隙間距較沉積岩低
- ◆ 岩層變質(膠結)度的改變導致變質岩基岩孔隙率小於沉積岩



不同岩層之透水係數

調查結果

Results

不同岩層透水係數比較

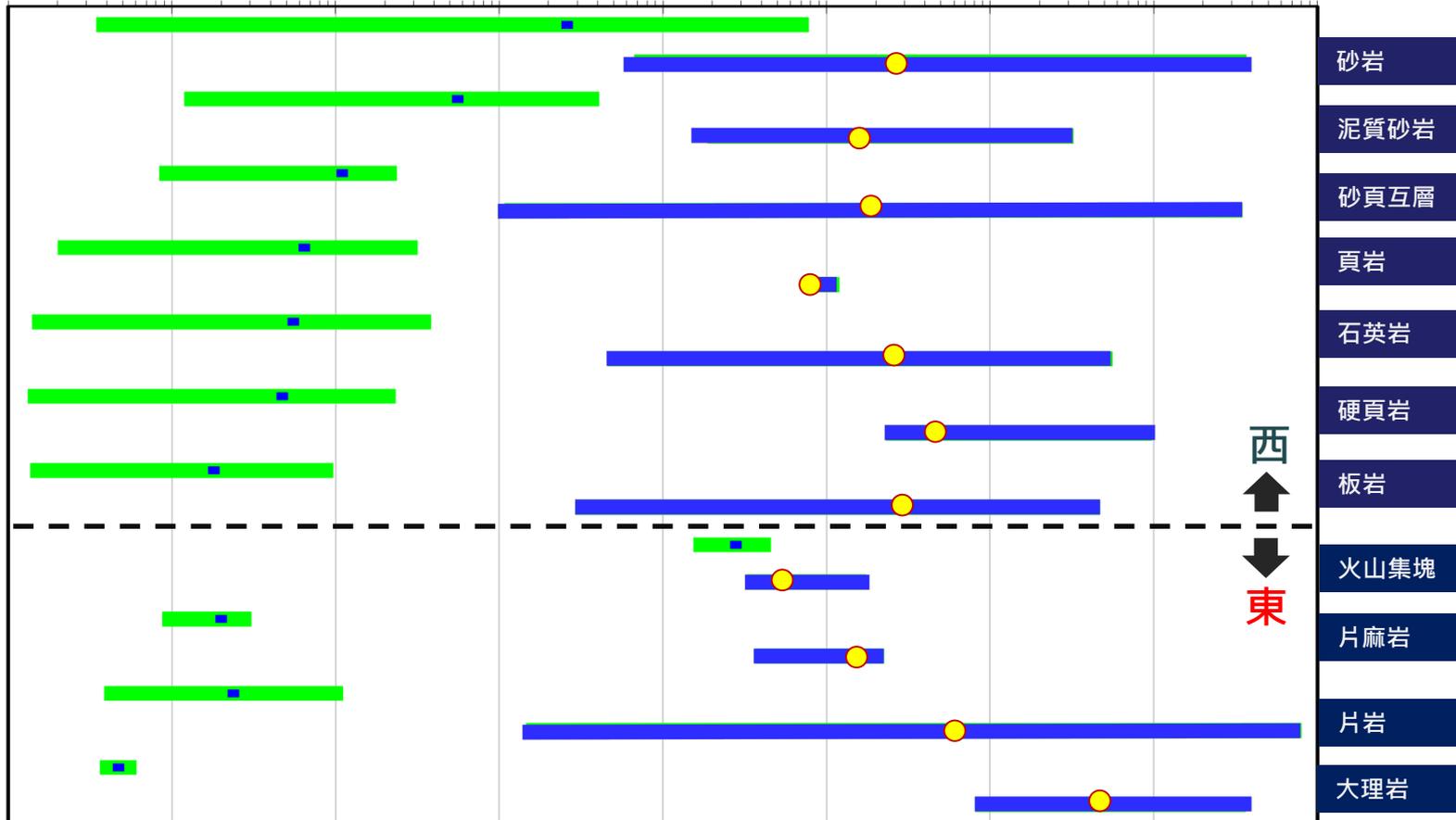
1.E-11 1.E-10 1.E-9 1.E-8 1.E-7 1.E-6 1.E-5 1.E-4 1.E-3



室內試驗尺度

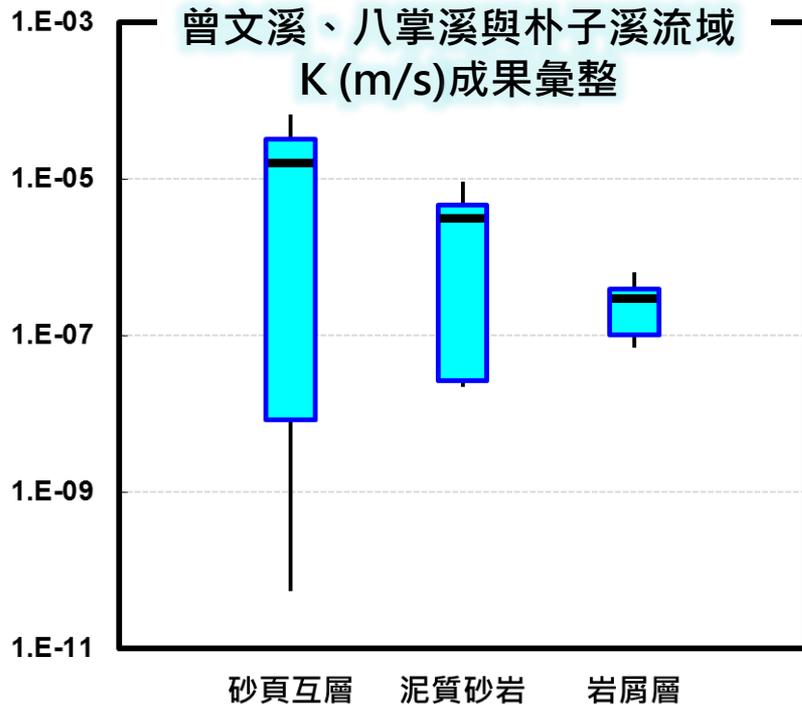


現地尺度



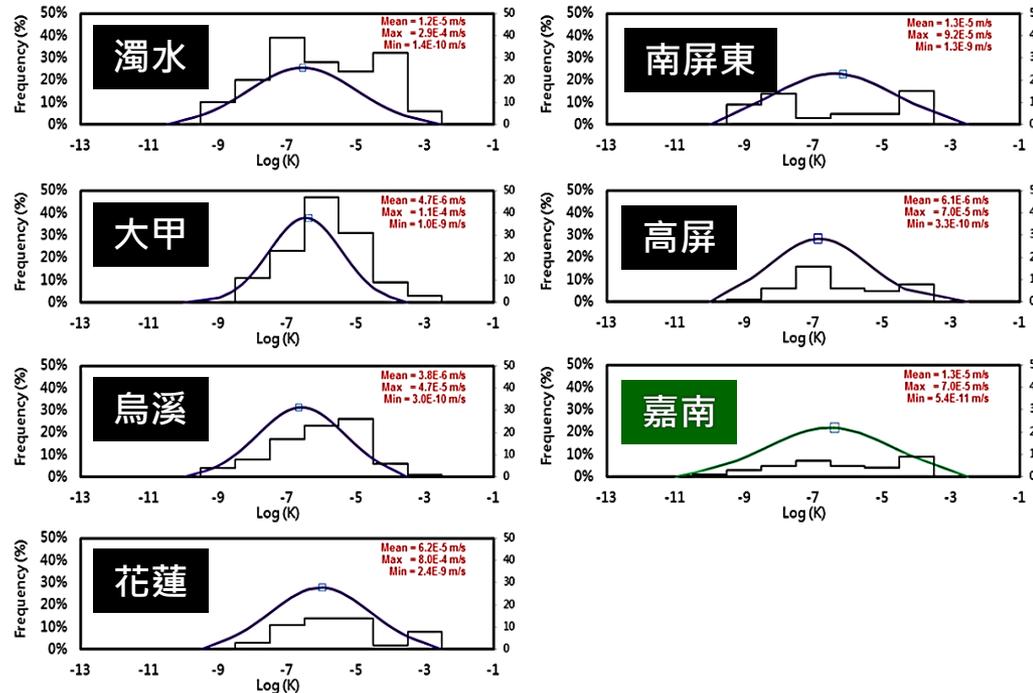
岩層透水係數分布比較

岩層透水係數(K)分布比較 (雙封塞試驗)



本計畫於曾文、八掌、朴子溪流域 7 處鑽孔共計完成 36 組雙封塞試驗

以砂頁岩互層透水潛能較大，分布範圍也較廣



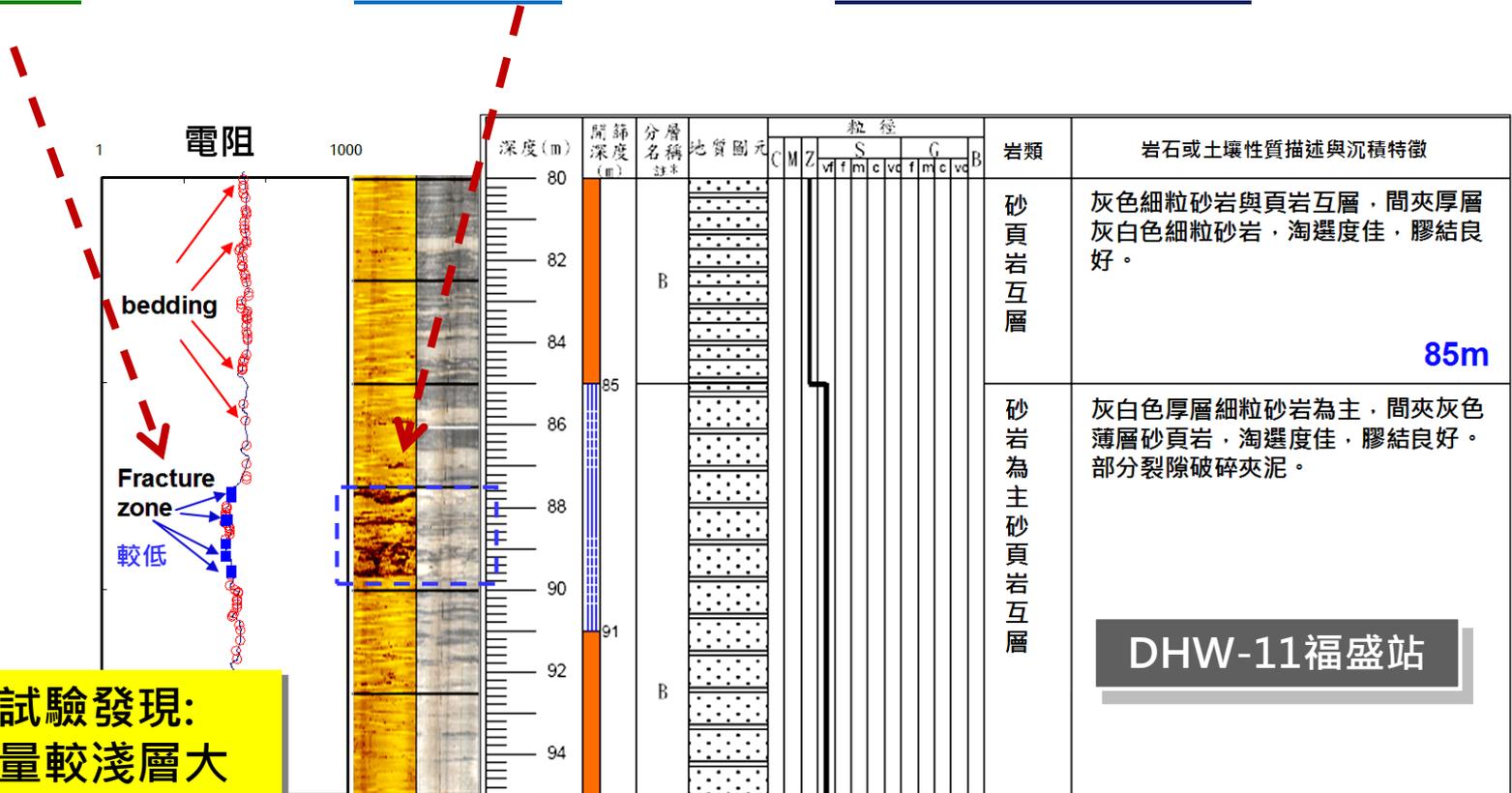
綜整七年山區548組雙封塞試驗透水係數之結果，中段山區包括濁水溪、大甲溪、烏溪、花蓮等流域發現高透水區段($K > 1.0 \times 10^{-5}$ m/s)的為7.1 ~ 23.4%，而南段山區為20.9 ~ 30.1%

可試驗孔數雖逐年減少，但掌握到高透水區段之比例卻增加

孔內水文地質調查技術

觀測井開篩深度決定

- 電阻值明顯降低 + 孔內攝影破碎區段 = 透水潛勢較高區段



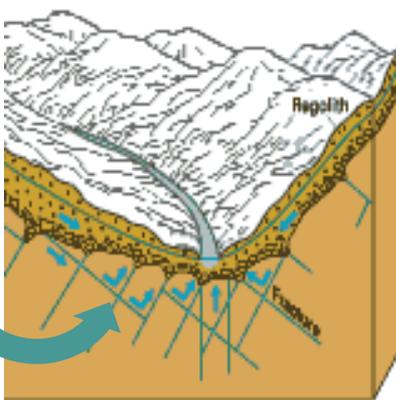
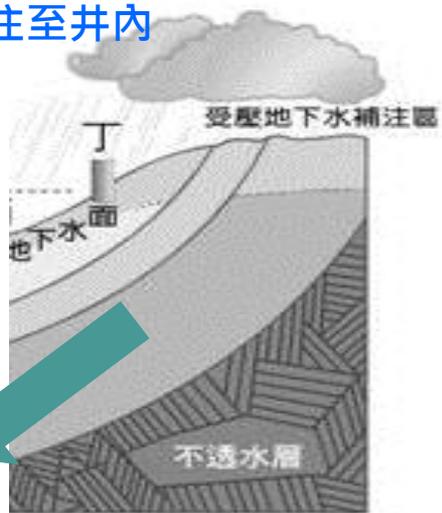
定量抽水試驗發現：
深層抽水量較淺層大
，與井測結果一致！

DHW-11福盛站

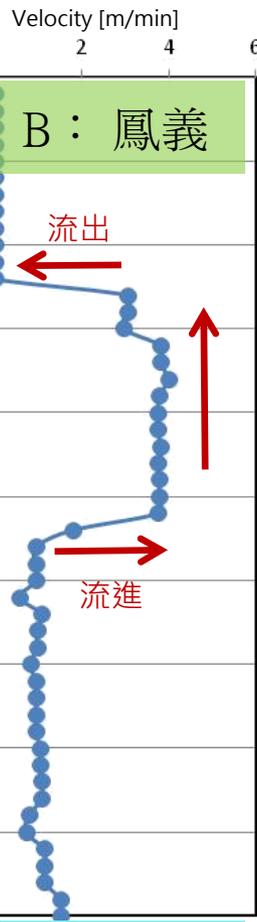
孔內水文地質調查技術

山區地下水循環概念模型

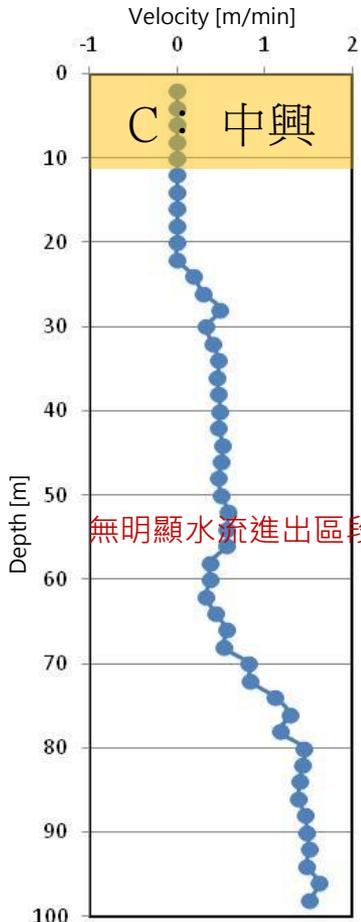
▶ 地下水從高於井內水頭之補注區(約高於EL.954),沿裂隙補注至井內



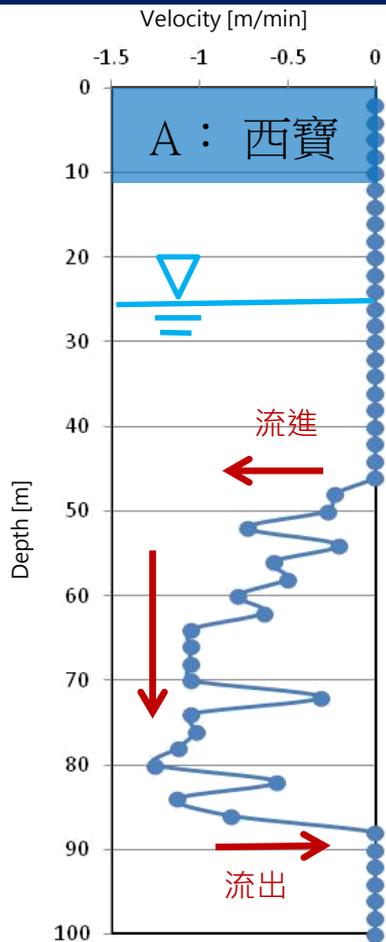
▶ 地下水從EL.864沿裂隙流出,補注至下游河道



深層流進
淺層流出
水流向上



單一含水層
無明顯進出



深層流出
淺層流進
水流向下

EL. 954

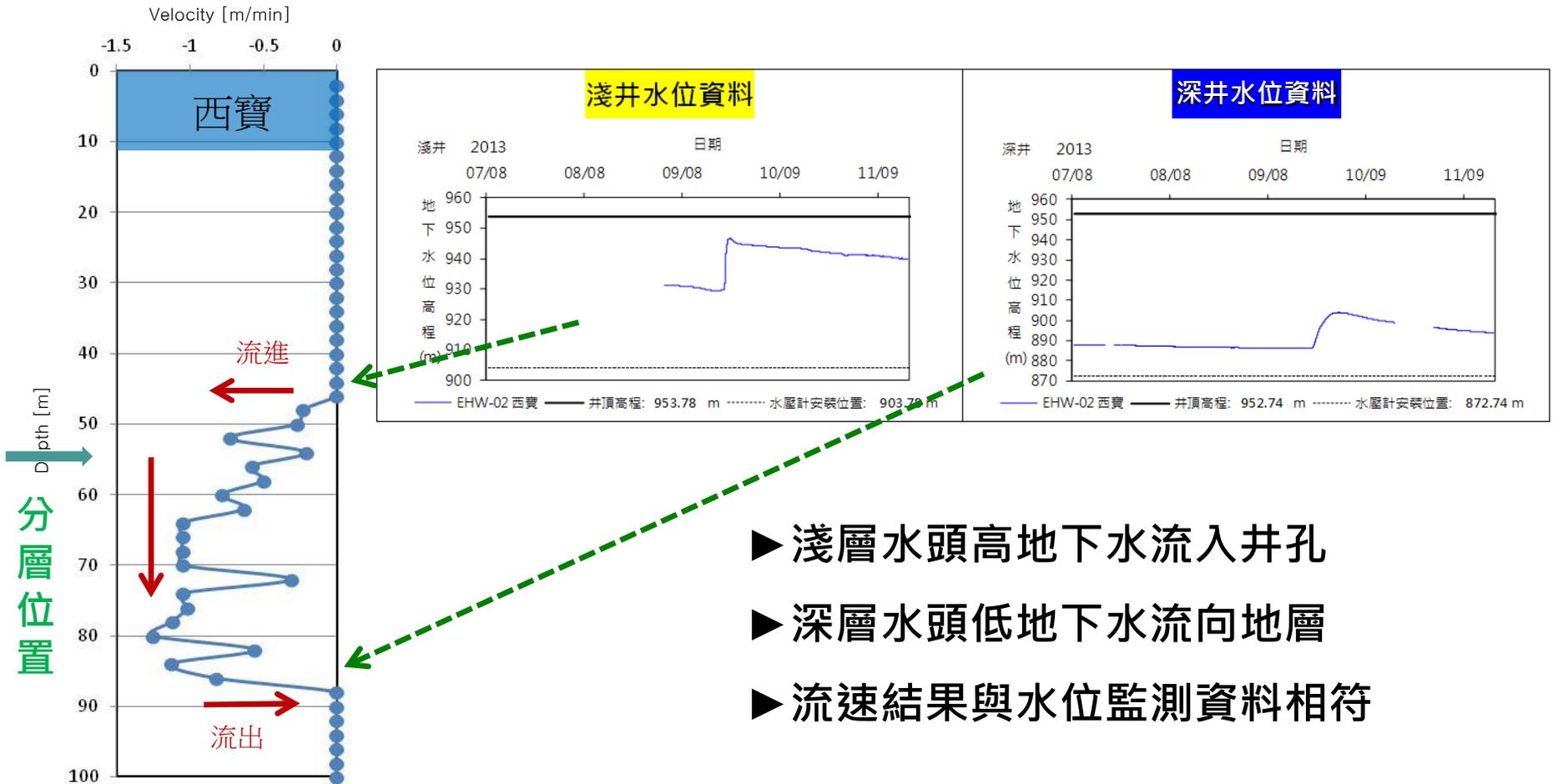
EL. 927

EL. 909

EL. 864

孔內水文地質調查技術

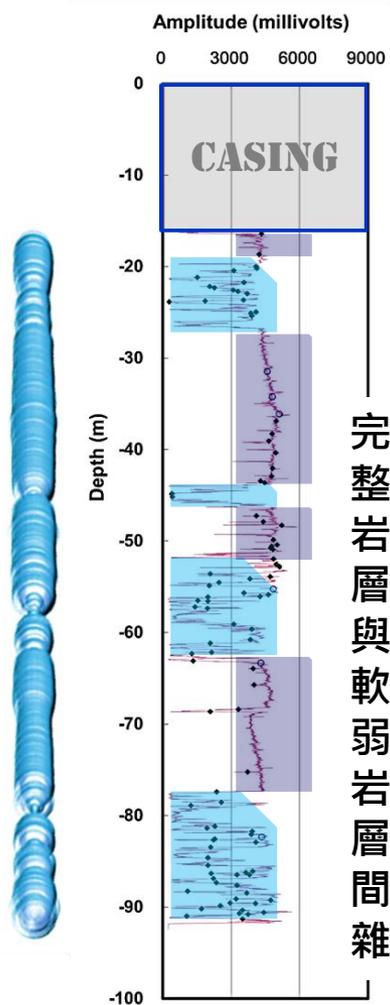
自然流場流速分布判釋地下水位分層界線



- ▶ 淺層水頭高地下水流入井孔
- ▶ 深層水頭低地下水流向地層
- ▶ 流速結果與水位監測資料相符

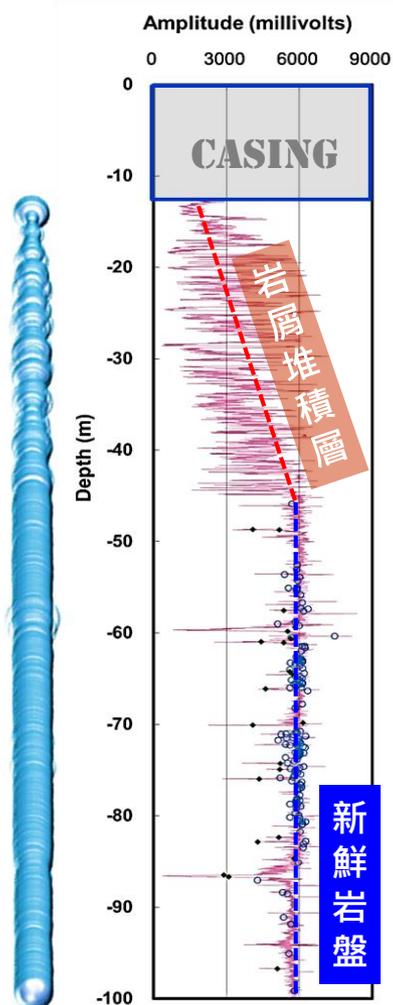
水文地質參數關聯性分析

音射式孔內探測儀 (HiRAT) 反射振福訊號分析 → 掌握岩層結構強弱變化



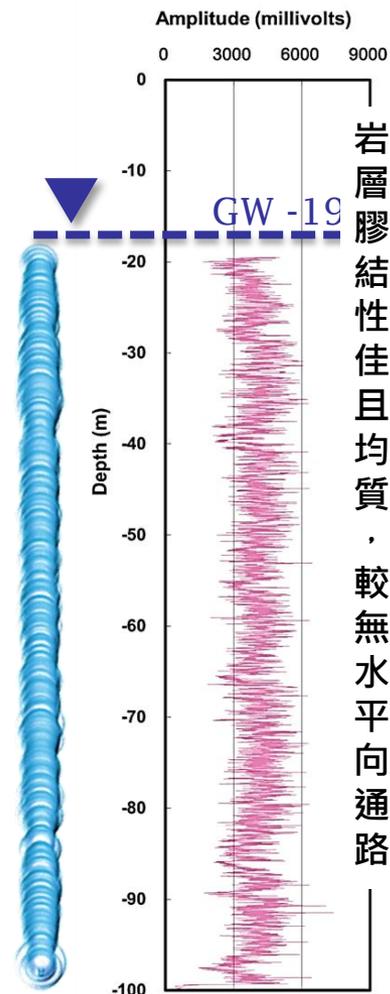
崩塌地坡趾

寶隆站



河階地地形

三地門站

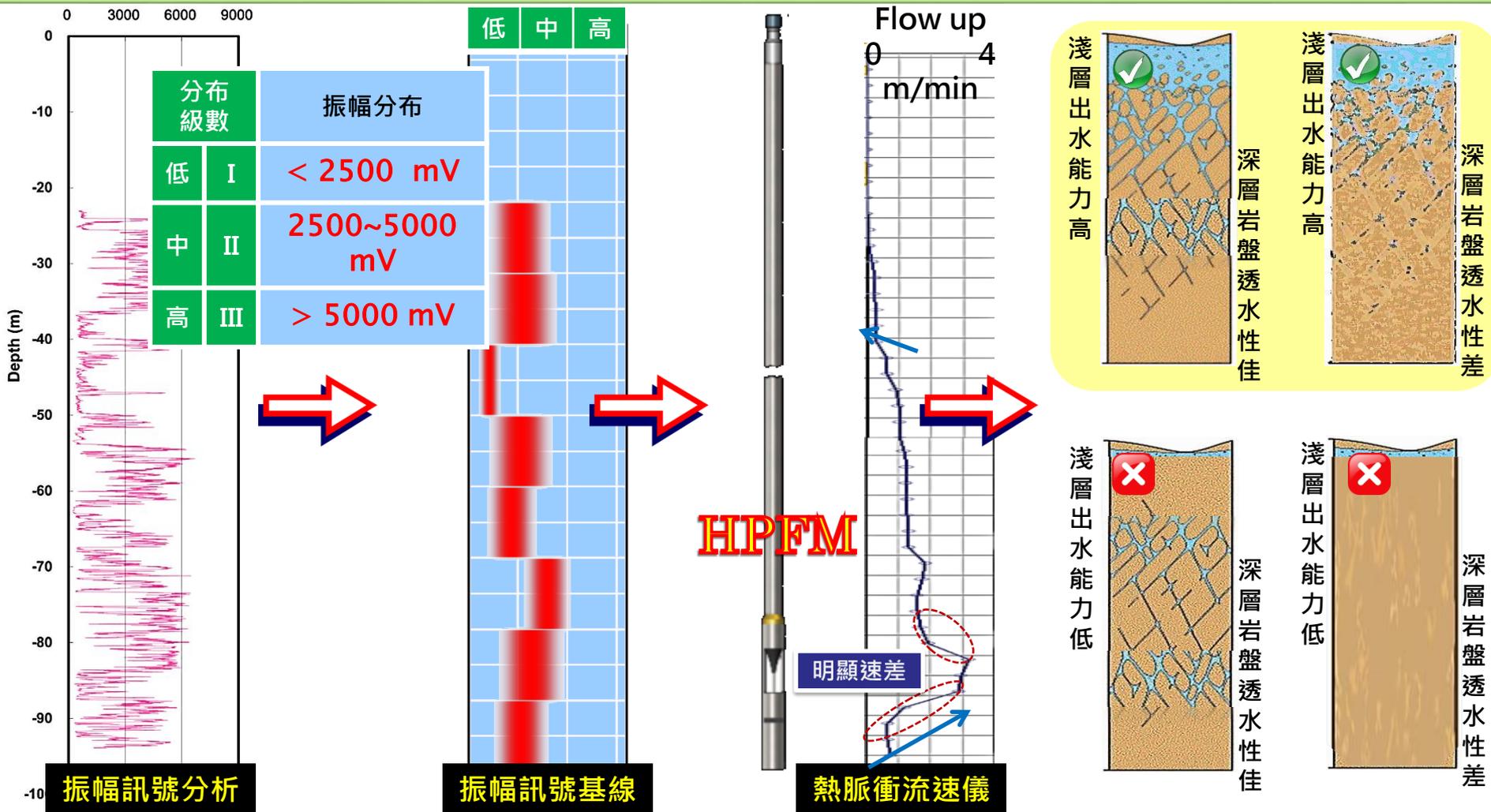


礫岩沉積構造

六龜站

水文地質參數關聯性分析

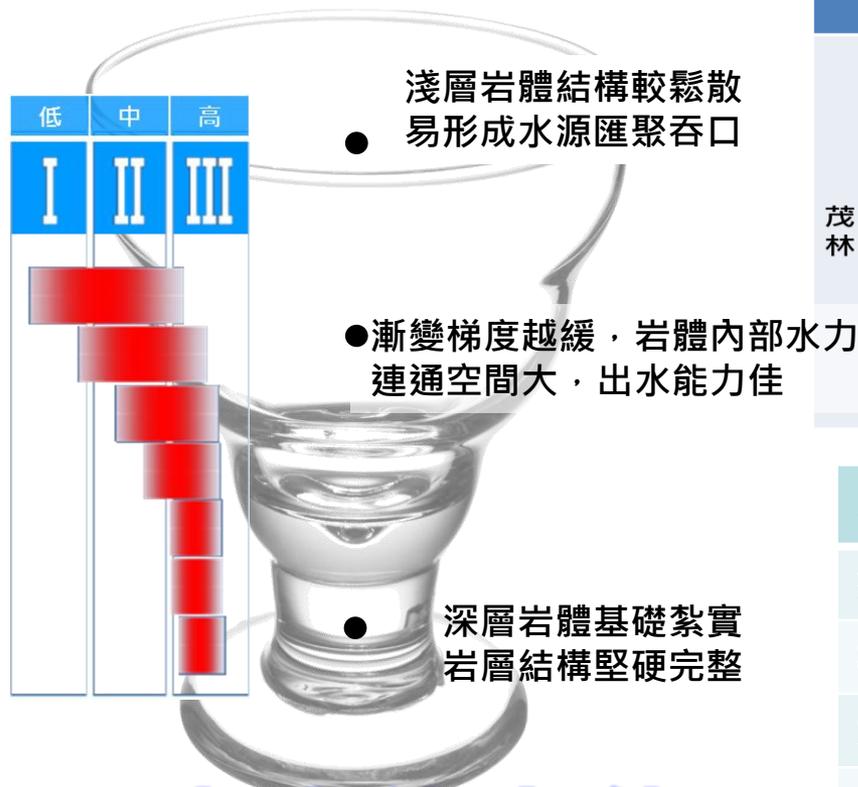
音射式孔內探測儀 (HiRAT) 反射振幅訊號分析 + 孔內流速調查 → 岩體水力連通能力



水文地質參數關聯性分析

音射式孔內探測儀 (HiRAT) 反射振幅訊號分析 + 孔內流速調查 → 岩體水力連通能力

振幅級數隨深度由低(I) 至高(III) 排列



出水能力佳！

站名	深度區間 (m)	反射振幅基線	振幅級數	站名	深度區間 (m)	反射振幅基線	振幅級數	站名	深度區間 (m)	反射振幅基線	振幅級數
茂林	0 ~ 10		I	三地門	0 ~ 10		I/II	潮州湖	0 ~ 10		I
	10 ~ 20	■	I		10 ~ 20	■	II		10 ~ 20	■	I
	20 ~ 30	■	III		20 ~ 30	■	II		20 ~ 30	■	I
	30 ~ 40	■	III		30 ~ 40	■	II		30 ~ 40	■	II
	40 ~ 50	■	III		40 ~ 50	■	III		40 ~ 50	■	II
	50 ~ 60	■	III		50 ~ 60	■	III		50 ~ 60	■	II
	60 ~ 70	■	III		60 ~ 70	■	III		60 ~ 70	■	II
	70 ~ 80	■	III		70 ~ 80	■	III		70 ~ 80	■	II/III
	80 ~ 90	■	III		80 ~ 90	■	III		80 ~ 90	■	II
90 ~ 100	■	III	90 ~ 100	■	III	90 ~ 100	■	II			

站名	茂林	三地門	潮州湖
抽水量 (L/min)	298	738	350
導水係數 T (m ² /min)	3.4E-2	8.2E-1	5.7E-3
透水係數 K (m/s)	1.6E-5	3.9E-4	2.3E-6
比出水量 Sy (複井)	0.0042	0.0376	0.0058
單位洩降出水量 Q/S (cmh/m)	2.52	21.10	3.40

水文地質參數關聯性分析

音射式孔內探測儀 (HiRAT) 反射振幅訊號分析 + 孔內流速調查 → 岩體水力連通能力

振幅級數隨深度排列不規則/錯置



站名	深度區間 (m)	反射振幅基線	振幅級數
阿里山	0 ~ 10		I
	10 ~ 20		I
	20 ~ 30		II
	30 ~ 40		II
	40 ~ 50		II
	50 ~ 60		II
	60 ~ 70		I/II
	70 ~ 80		
	80 ~ 90		
	90 ~ 100		

站名	深度區間 (m)	反射振幅基線	振幅級數
樂野	0 ~ 10		-
	10 ~ 20		-
	20 ~ 30		II
	30 ~ 40		II
	40 ~ 50		II
	50 ~ 60		II
	60 ~ 70		I
	70 ~ 80		I/II
	80 ~ 90		I/II
	90 ~ 100		

站名	深度區間 (m)	反射振幅基線	振幅級數
公興	0 ~ 10		-
	10 ~ 20		II
	20 ~ 30		II
	30 ~ 40		III
	40 ~ 50		III
	50 ~ 60		III
	60 ~ 70		II/III
	70 ~ 80		II
	80 ~ 90		III
	90 ~ 100		III

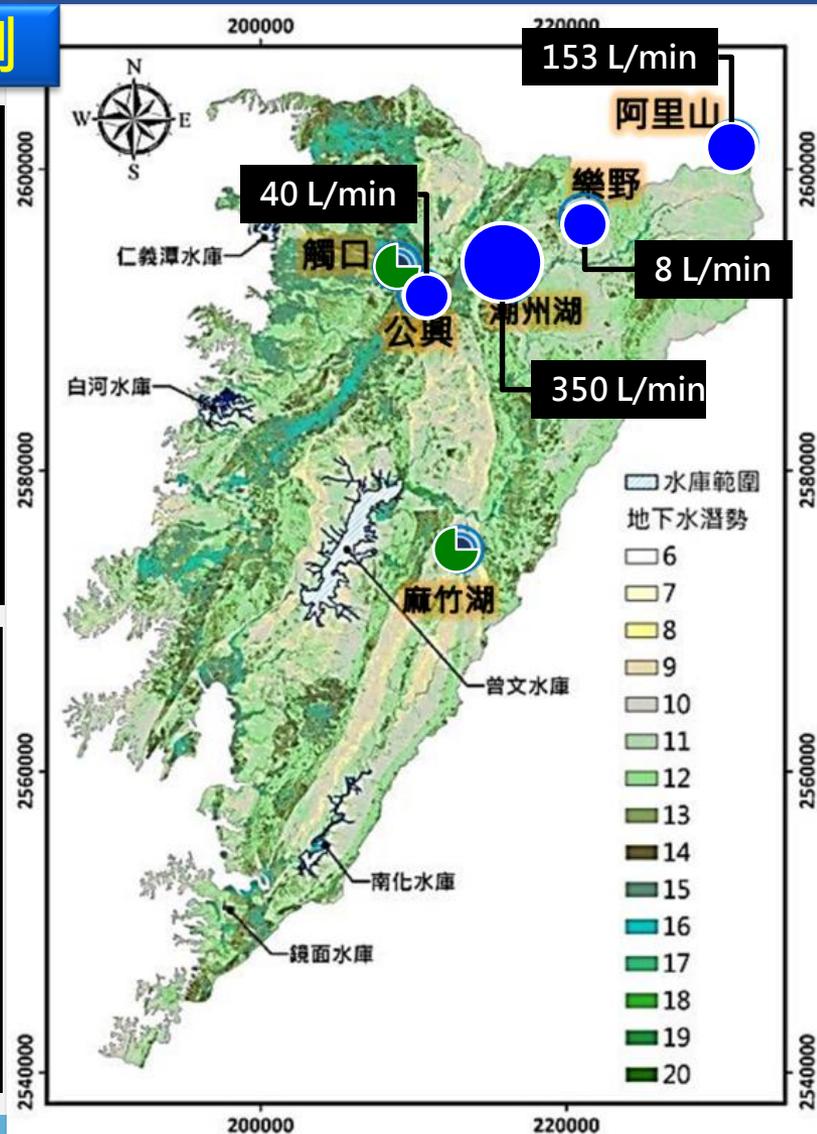
站名	阿里山	樂野	公興
抽水量 (L/min)	153	8	40
導水係數 T (m ² /min)	3.9E-3	5.2E-4	3.0E-4
透水係數 K (m/s)	1.7E-6	2.5E-7	1.7E-7
單位洩降出水量 Q/S (cmh/m)	1.0	0.1	0.2

現地抽水試驗結果-平均出水量

抽水試驗結果-以曾文溪、八掌溪為例

出水量

站名	抽水量 (L/min)	導水係數 T (m ² /min)	單位洩降出水量 Q/S (cmh/m)	地質單元
阿里山	153	3.9×10^{-3}	1.0	南莊層
樂野	8	5.2×10^{-4}	0.1	長枝坑層
潮州湖	350	5.7×10^{-3}	3.4	長枝坑層
公興	40	3.0×10^{-4}	0.2	糖恩山砂岩

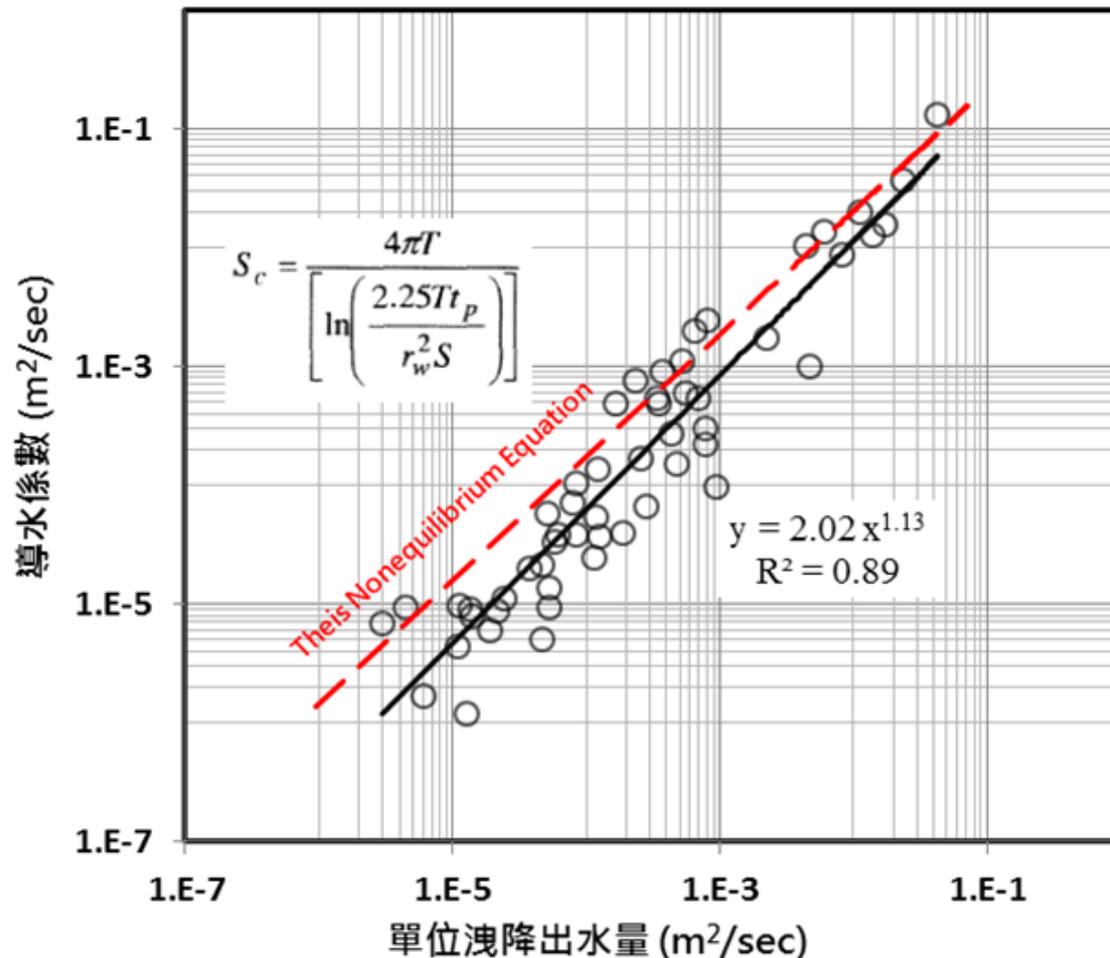


地下水資源調查研究整體計畫	年度	區域	井數	平均出水量 (公噸/日/站)
第一期	99.	濁水溪流域中游、北港溪流域	16.	129.46.
	100.	濁水溪流域上游、大甲溪流域	12.	98.21.
	101.	烏溪流域	12.	247.25.
	102.	花蓮溪流域、立霧溪流域	8.	454.18.
第二期	103.	林邊溪流域、南屏東河系流域、南臺東河系流域	7.	740.94.
	104.	高屏溪流域	5.	402.77.
	105.	曾文溪、八掌溪流域	4.	198.36.

水文地質參數關聯性分析-含水層特性

試驗資料分析結果

單位洩降出水量-導水係數之關係



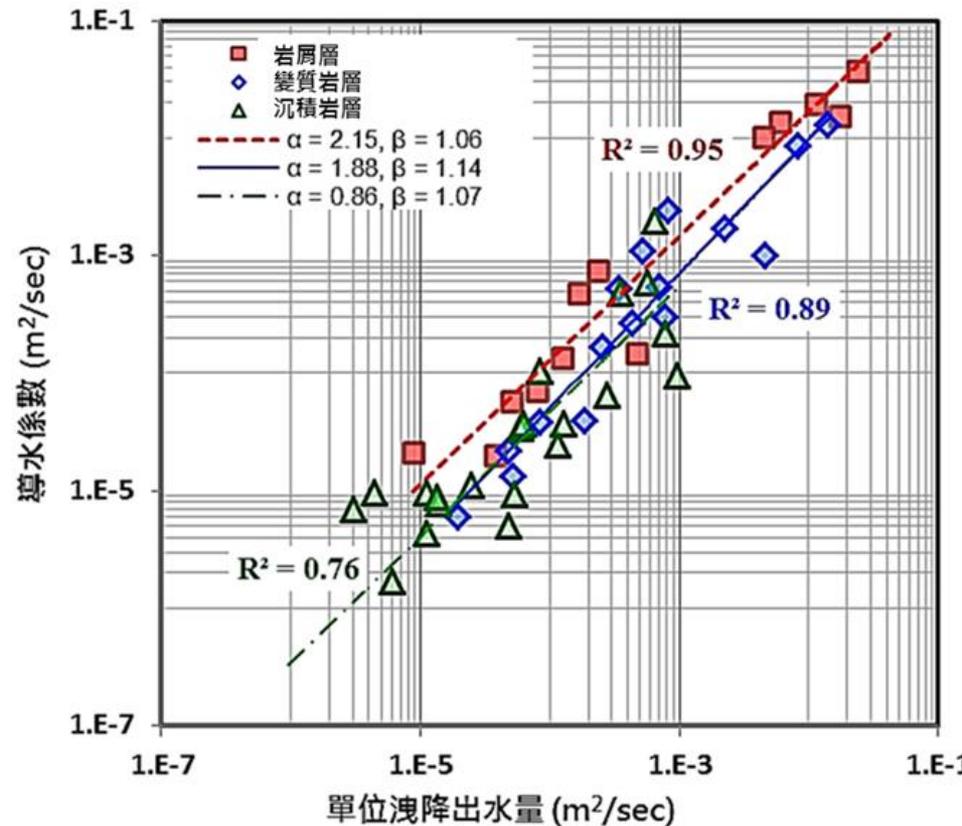
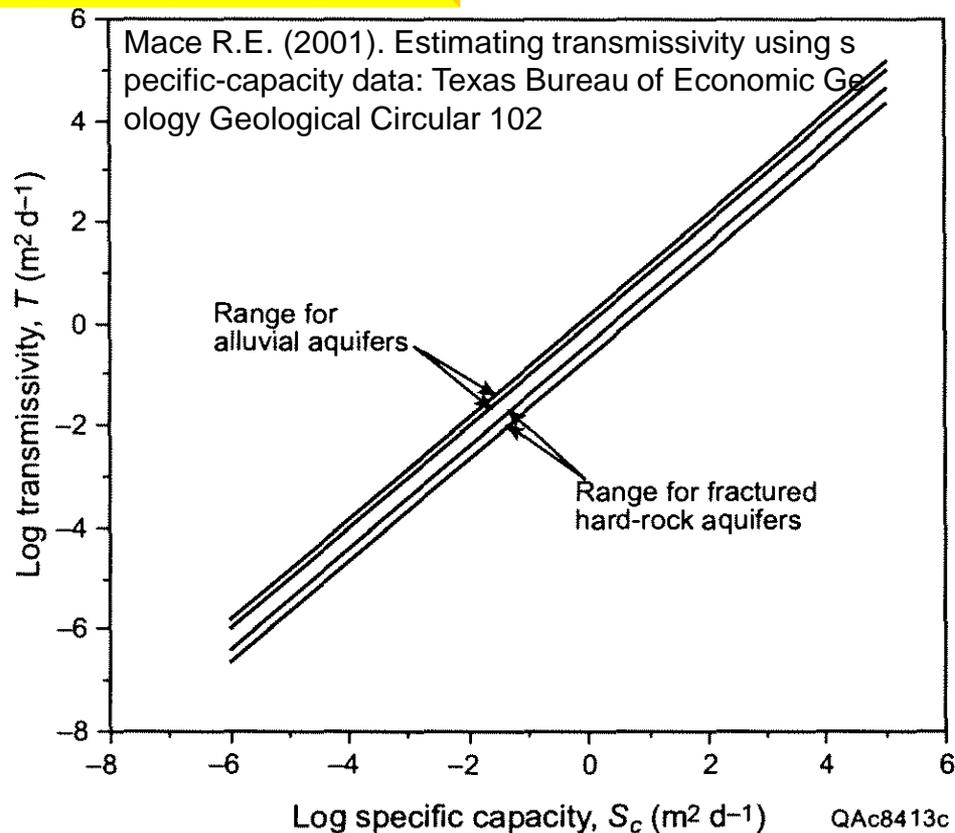
- 綜整山區計畫迄今52口觀測井抽水試驗所獲單位洩降出水量(S_c)與導水係數(T)數據，可觀察到若套用泰斯不平衡公式可能會有高估的情形。
- 但若依據前人研究之建議直接以冪次關係來詮釋單位洩降出水量與導水係數的關係，可發現兩者具良好正相關。

$$T = \alpha (S_c)^\beta$$

水文地質參數關聯性分析-含水層特性

試驗資料分析結果

臺灣山區不同岩層環境 $T = \alpha (S_c)^\beta$ 冪次關係式之初步歸納



山區岩屑層 $T = 2.15 (S_c)^{1.06}$

山區變質岩層 $T = 1.88 (S_c)^{1.14}$

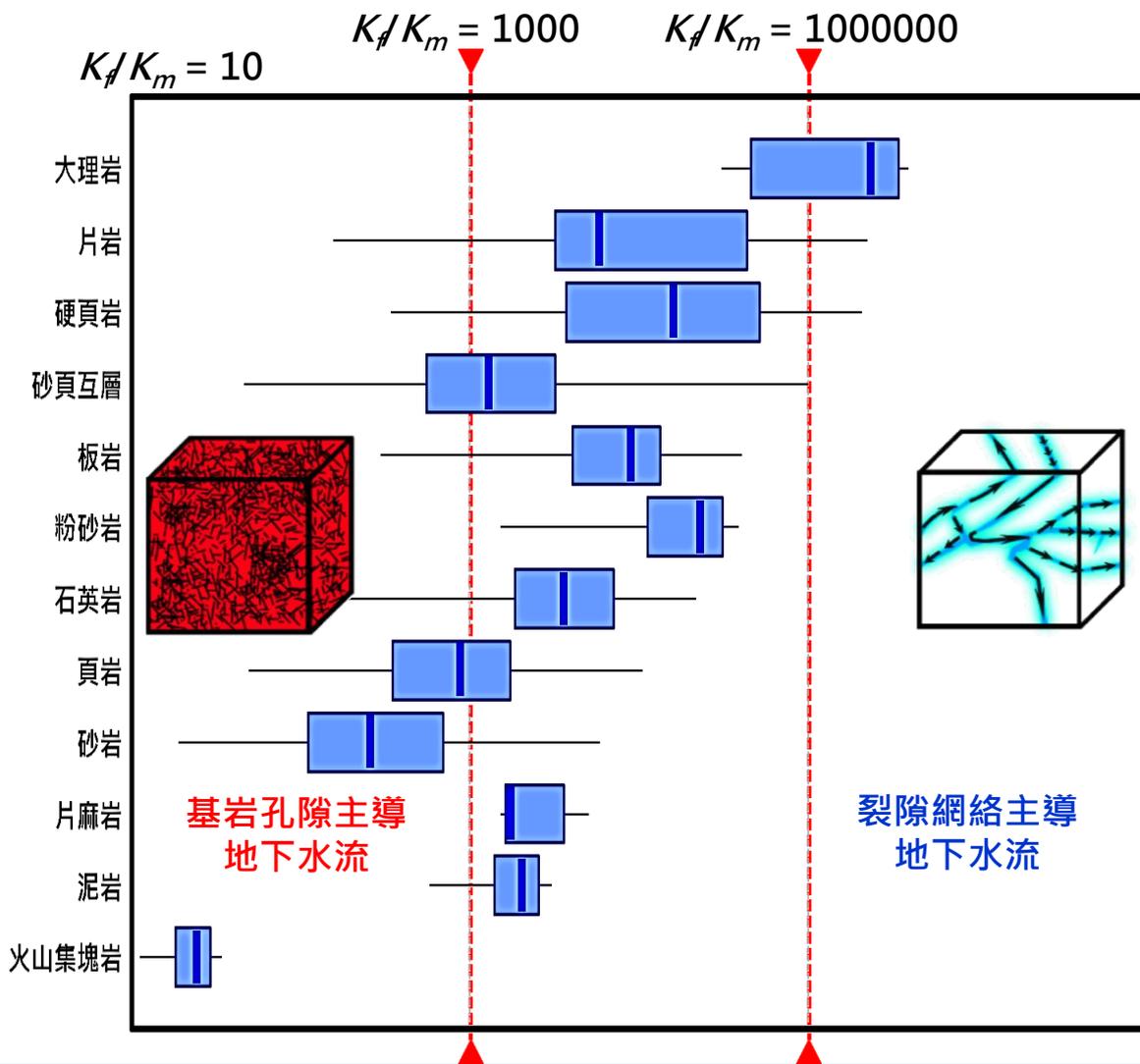
山區沉積岩層 $T = 0.86 (S_c)^{1.07}$

* 冪次常數 α 會因單位而有所不同

水文地質參數關聯性分析

裂隙基岩透水係數比較

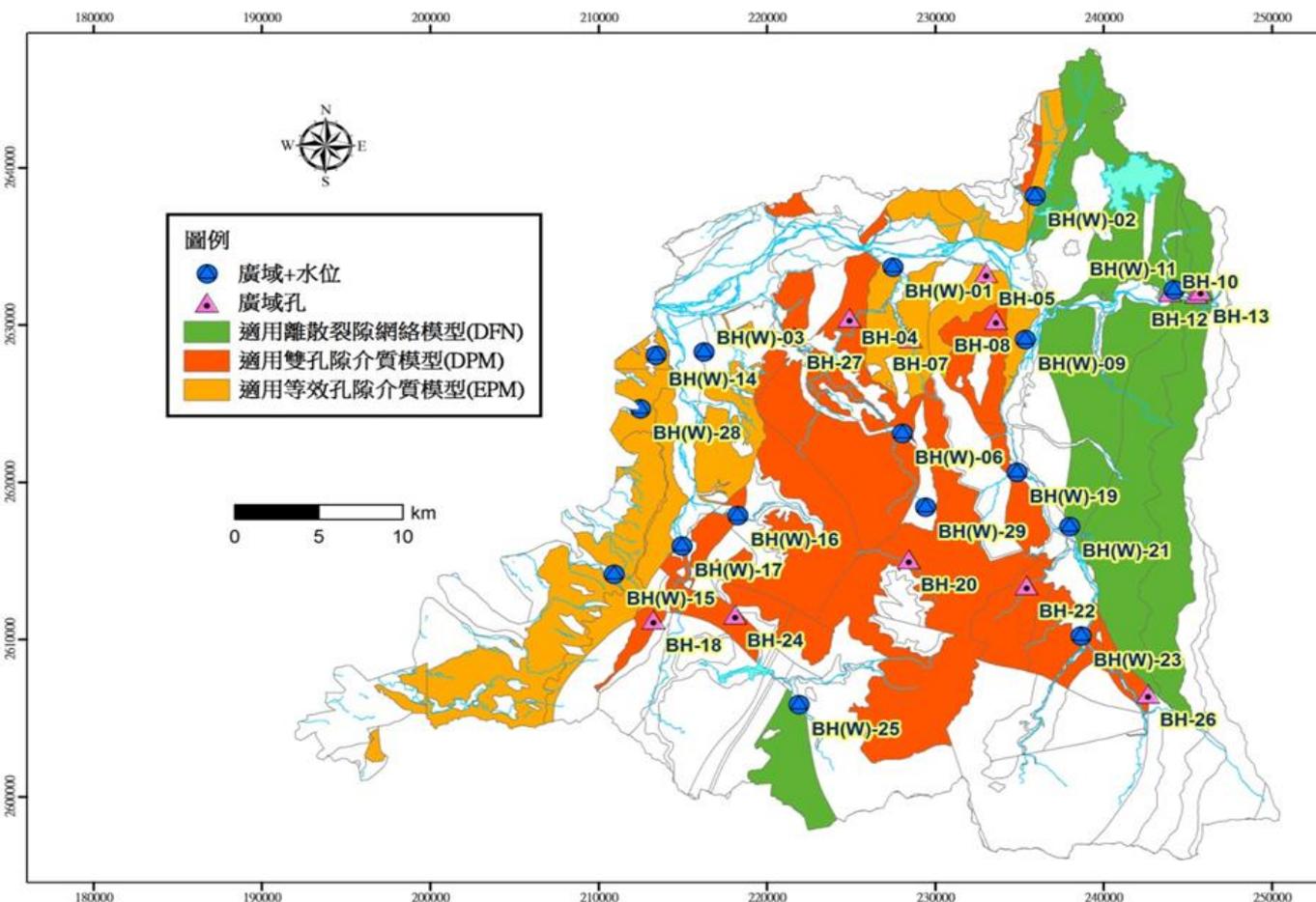
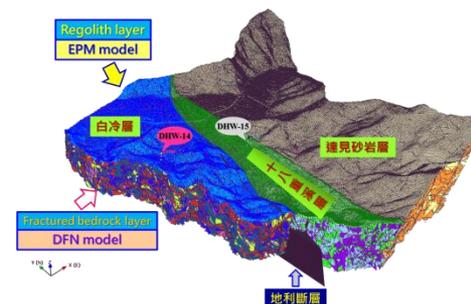
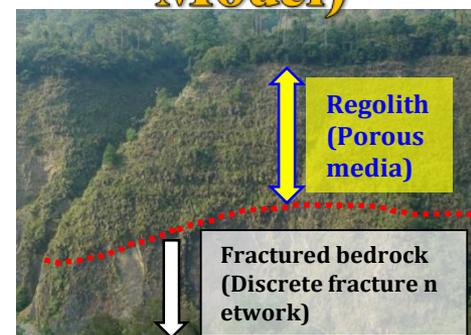
岩性	本社歷年計畫 K_f/K_m ratio	
	分布範圍	幾何平均
砂岩	$2.6 \times 10^0 \sim 1.4 \times 10^4$	1.5×10^2
粉砂岩	$1.9 \times 10^3 \sim 2.5 \times 10^5$	5.6×10^4
頁岩	$1.1 \times 10^1 \sim 3.4 \times 10^4$	5.0×10^2
砂頁互層	$9.8 \times 10^0 \sim 1.0 \times 10^6$	2.1×10^3
石英岩	$8.4 \times 10^1 \sim 1.0 \times 10^5$	5.8×10^3
硬頁岩	$2.0 \times 10^2 \sim 3.0 \times 10^6$	5.1×10^4
板岩	$1.6 \times 10^2 \sim 2.6 \times 10^5$	1.8×10^4
片麻岩	$1.9 \times 10^3 \sim 1.1 \times 10^4$	3.6×10^3
片岩	$1.4 \times 10^3 \sim 3.4 \times 10^6$	4.3×10^4
大理岩	$1.7 \times 10^5 \sim 7.7 \times 10^6$	1.5×10^6
泥岩	$4.4 \times 10^2 \sim 5.3 \times 10^3$	1.5×10^3
火山集塊岩	$1.2 \times 10^0 \sim 6.3 \times 10^0$	2.7×10^0



水文地質概念模型之選擇

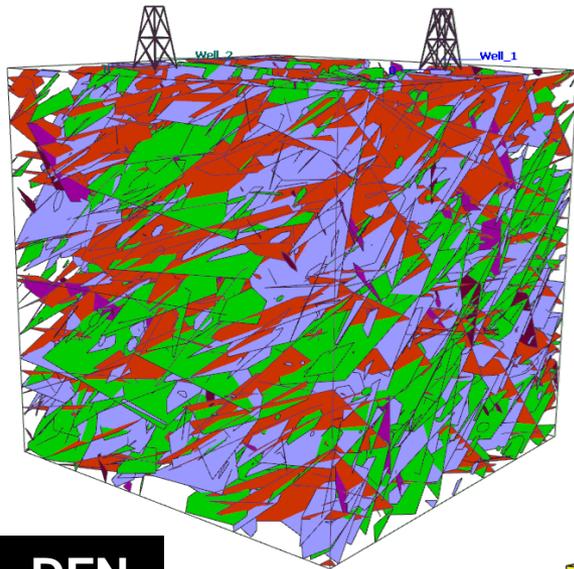
水文地質概念模型選擇

台灣山區特有 水文地質分層 複合模型(Hybrid EPM/DFN Model)

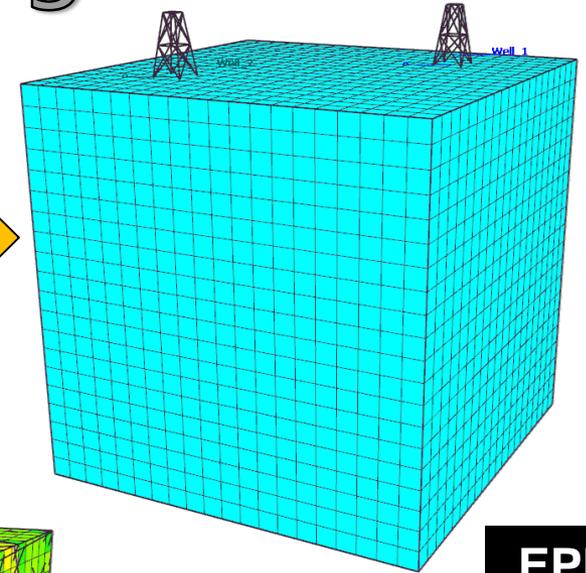


水文地質概念模型之選擇

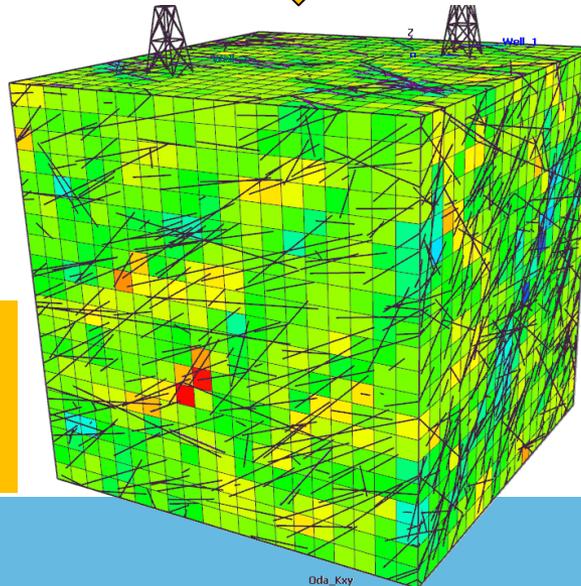
擴尺度Upscaling



DFN



EPM

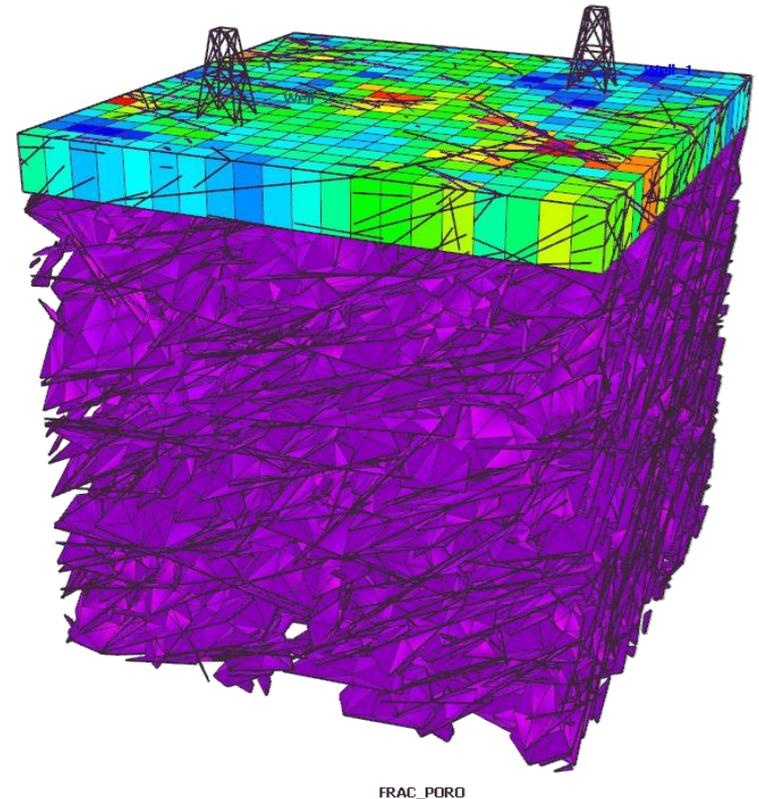
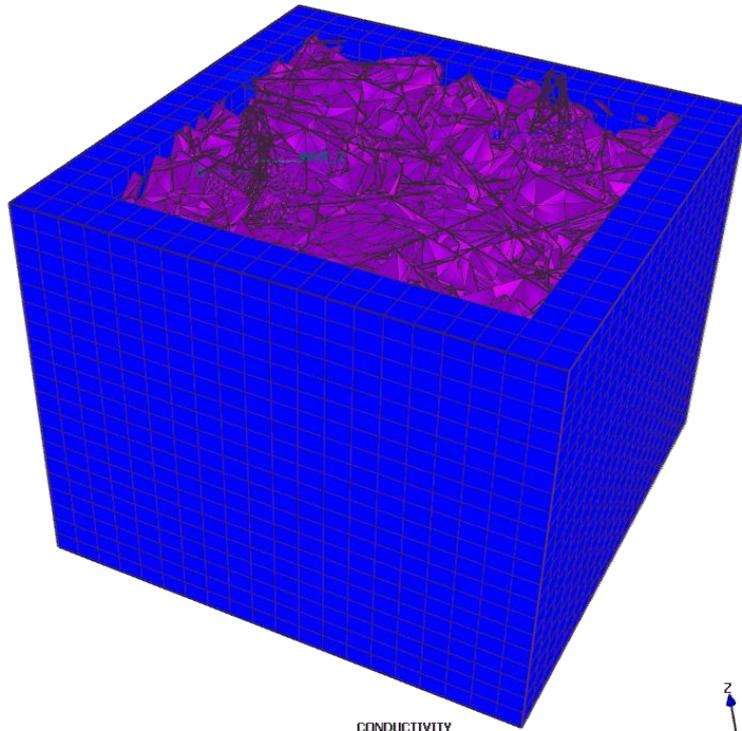


DFN/EPM
Grid

網格內均包含裂隙與
基岩之特性，符合真
實裂隙岩體情況

水文地質概念模型之選擇

複合分析模型 Hybrid Model

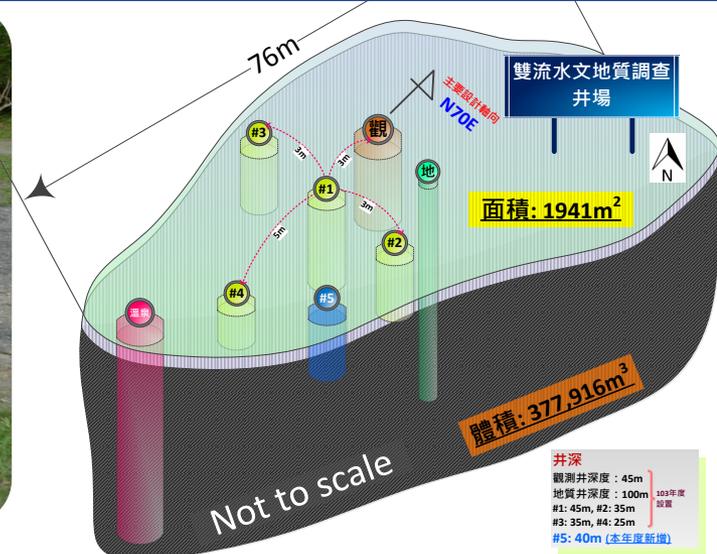


巢狀複合分析模型(Nested DFN/
EPM Model)，適用於小型場址
之裂隙連通性分析評估

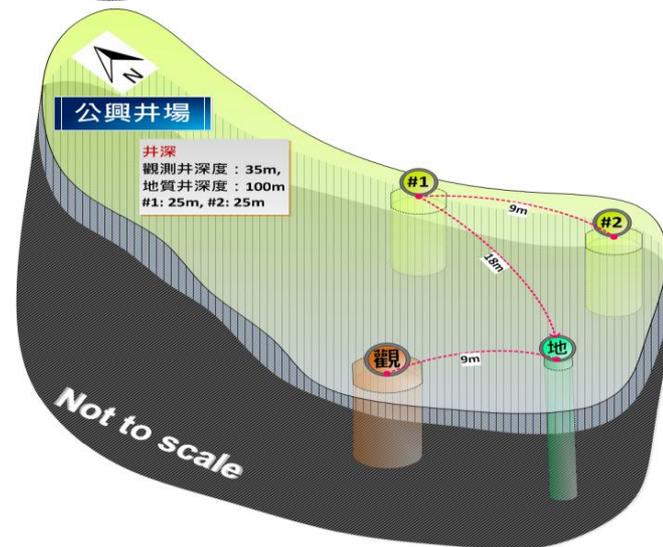
層狀複合分析模型(Layered DFN/
EPM Model)，適用於山區特殊
水文地質架構之地下水流動分析
評估

小場址描述模型水文地質特性研究

雙流井場(潮州層)-變質岩類

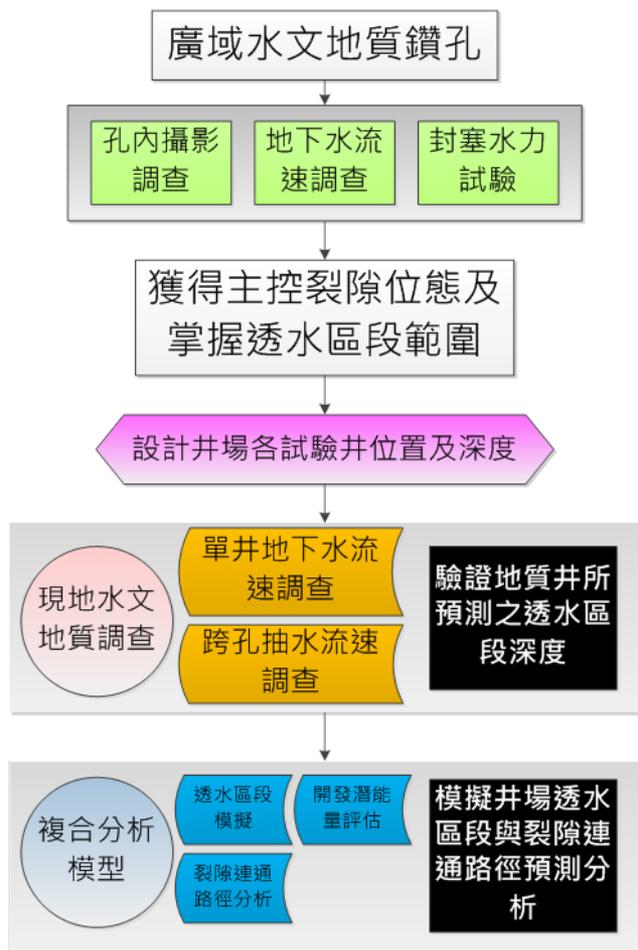


公興井場(糖恩山砂岩)-沉積岩類



小場址描述模型水文地質特性研究

小場址描述模型調查流程



試驗項目	變質岩類 (雙流井場)	沉積岩類 (公興井場)
孔內攝影調查	●	●
孔內電井測調查	●	●
抽水狀態地下水流速調查	●	●
跨孔地下水流速流向調查	●	●
抽水狀態孔內地下水溫度 與流體導電度調查		●

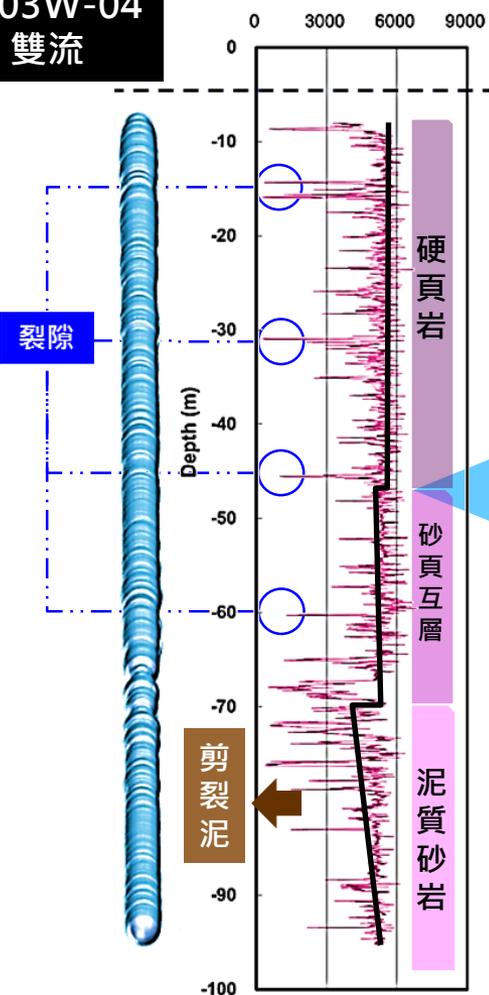
試驗目的

- (1) 建立裂隙岩體水文地質調查流程
- (2) 提供模擬實際參數
- (3) 探討裂隙發達之變質岩類(潮州層)及泥質含量較多之沉積岩類(糖恩山砂岩)地層中裂隙之透水特性

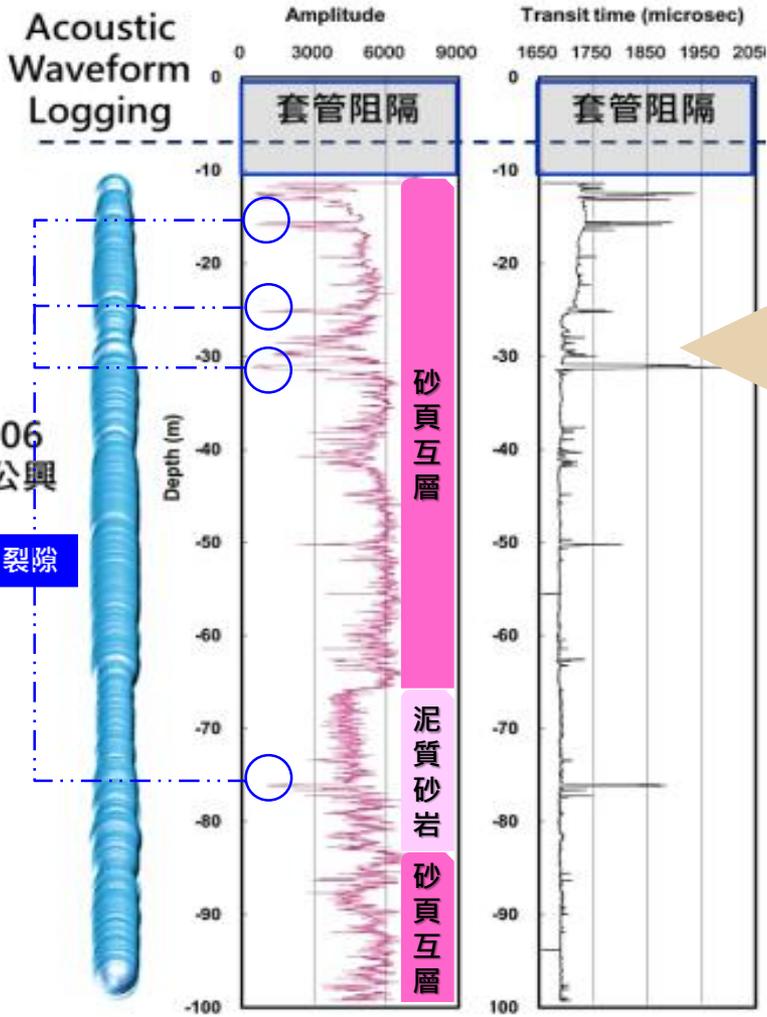
小場址描述模型水文地質特性研究

藉由 HiRAT 反射振幅訊號分析 → 掌握岩層結構強弱

B103W-04
雙流



由反射振幅分析結果初步掌握雙流井場淺層有四組明顯裂隙區段



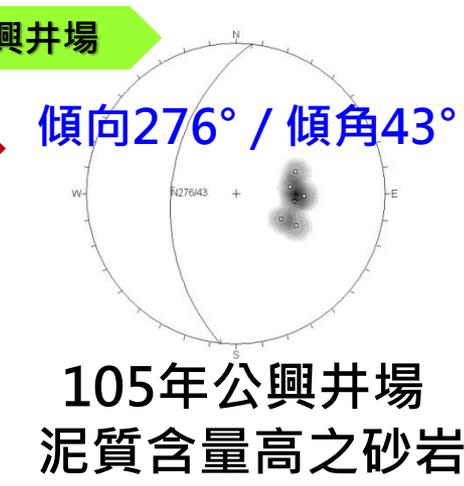
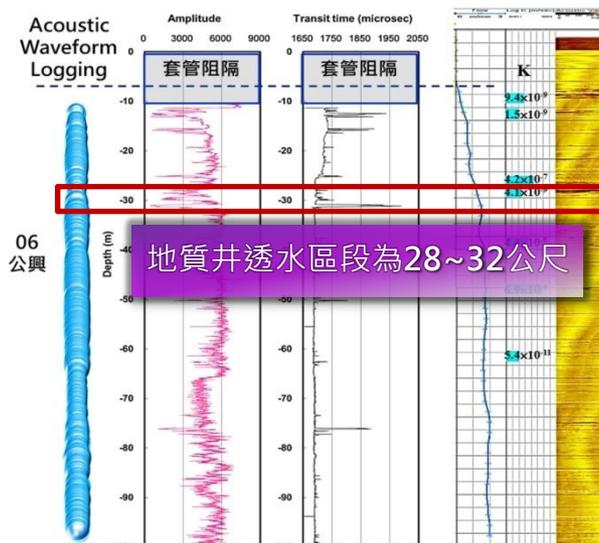
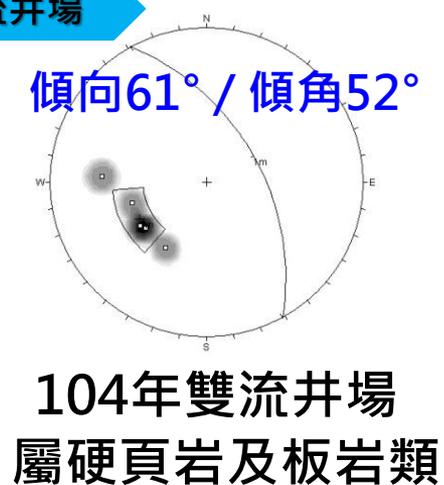
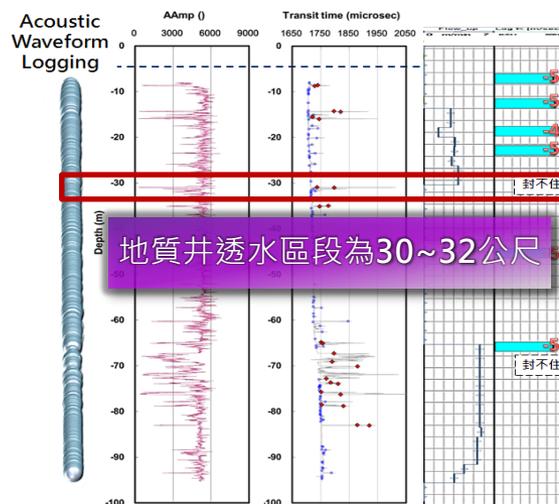
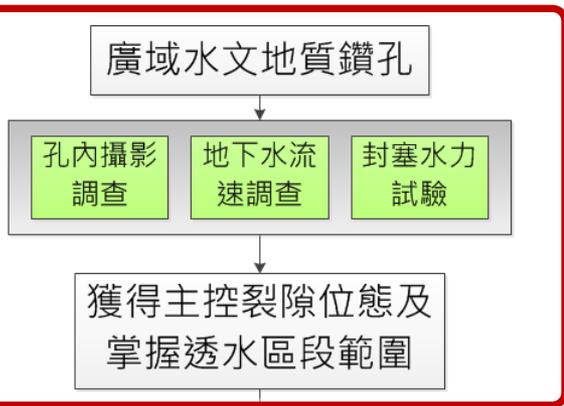
由反射振幅分析結果初步掌握公興井場淺層(40m)有三組明顯裂隙區段

但所有區段透水性均佳？或均具連通性？

岩層結構越堅硬，音波反射振幅越大。岩層結構越軟弱，音波反射振幅越小

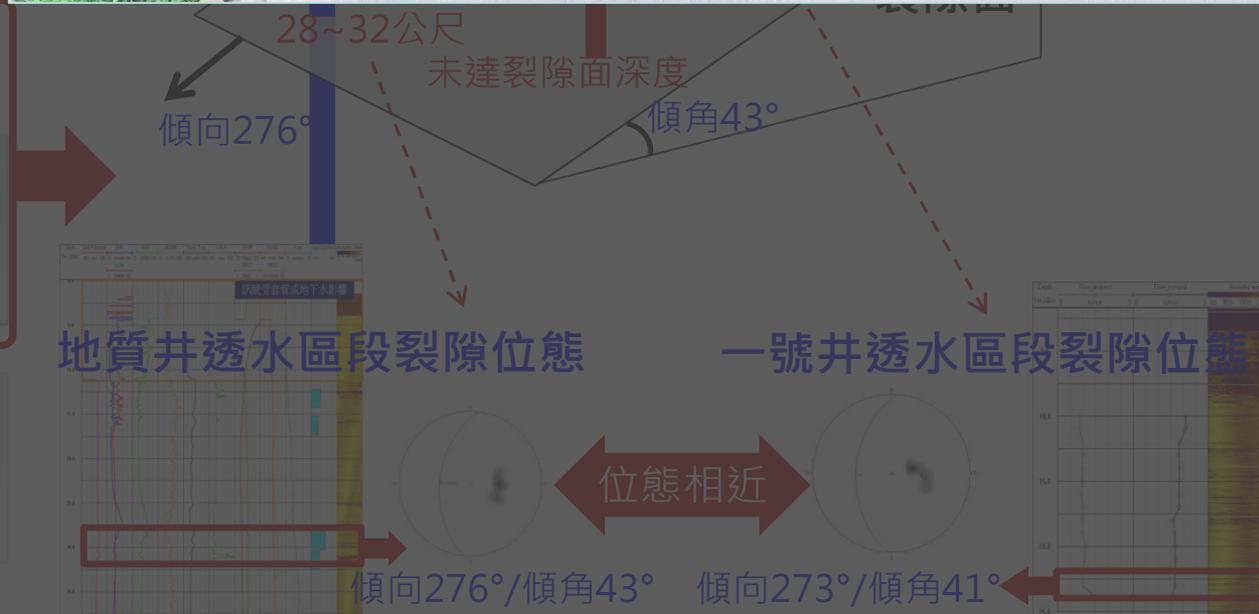
小場址描述模型水文地質特性研究

小場址描述模型調查流程



小場址描述模型水文地質特性研究

小場址描述模型調查流程



廣域水文地質鑽孔

孔內攝影
調查

地下水流
速調查

封塞水力
試驗

獲得主控裂隙位態及
掌握透水區段範圍

設計井場各試驗井位置及深度

現地水文
地質調查

單井地下水流
速調查

跨孔抽水流速
調查

驗證地質井所
預測之透水區
段深度

複合分析
模型

透水區段
模擬

裂隙連通
路徑分析

開發潛能
量評估

模擬井場透水
區段與裂隙連
通路徑預測分
析

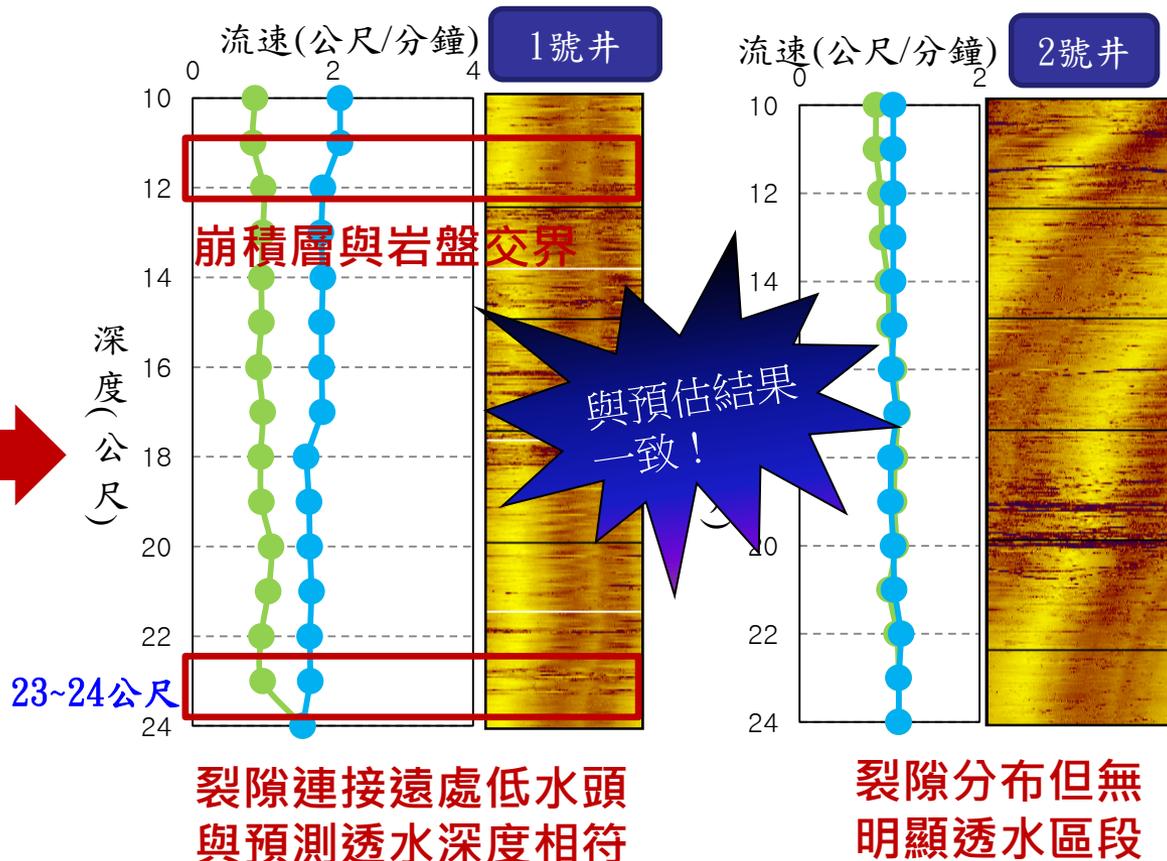
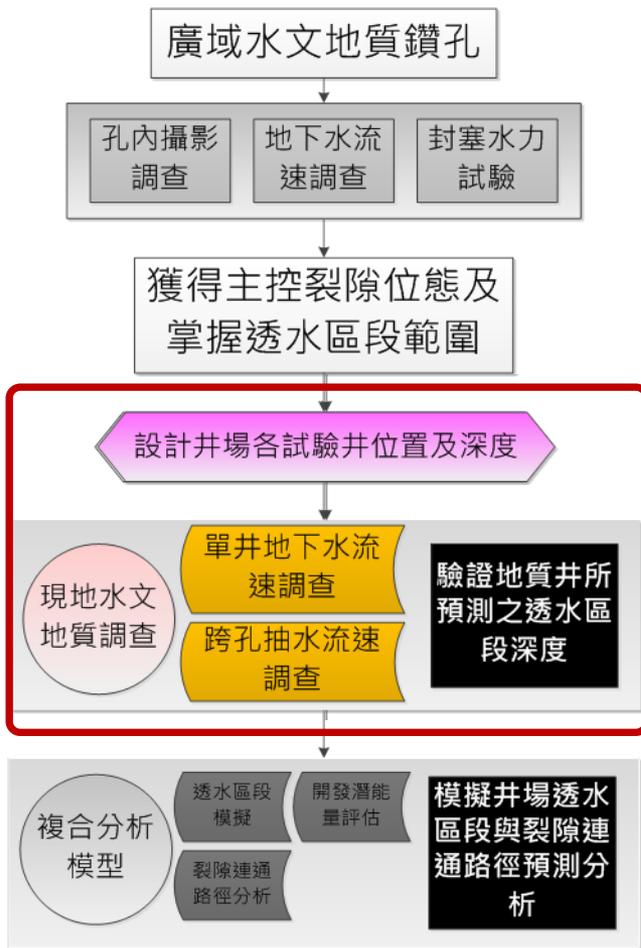
小場址描述模型水文地質特性研究

小場址描述模型調查流程

公興井場

各試驗井實測透水區段結果

試驗項目：孔內攝影 & 熱脈衝流速儀

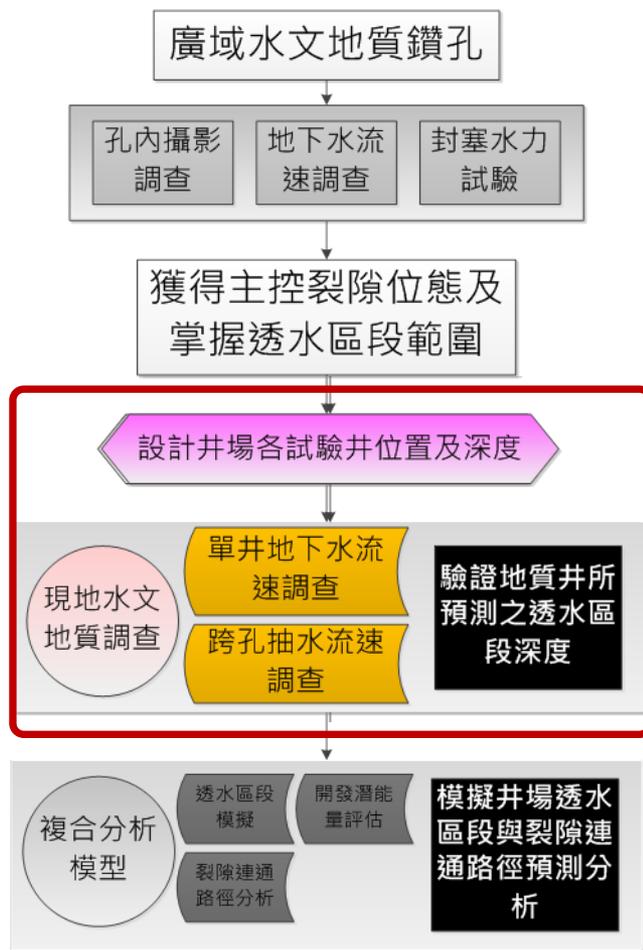


抽水狀態下流速變化

自然狀態下流速變化

小場址描述模型水文地質特性研究

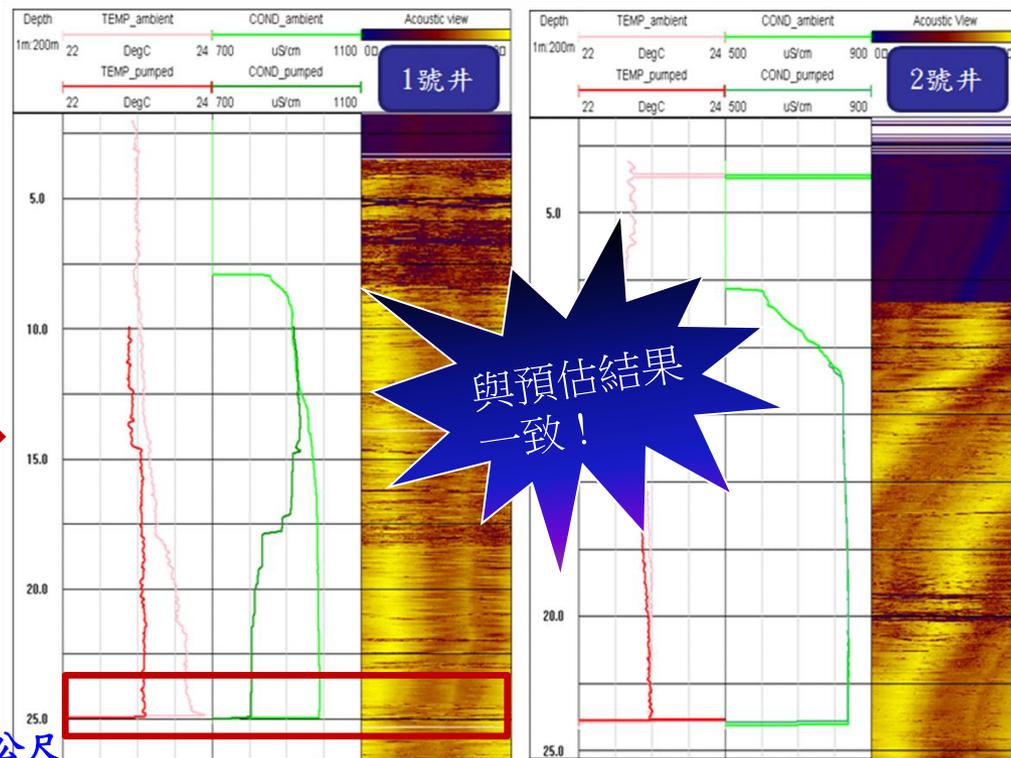
井場試驗流程



公興井場

各試驗井實測透水區段結果

試驗項目：溫度與流體導電度



23~24公尺

與預測透水深度相符

無明顯透水區段

因糖恩山砂岩層之裂隙泥質含量較多且基岩較均質，僅靠地下水流速調查結果並無法具體明顯判斷出透水區段，故需搭配溫度與流體導電度調查方法。

小場址描述模型水文地質特性研究

小場址描述模型調查流程

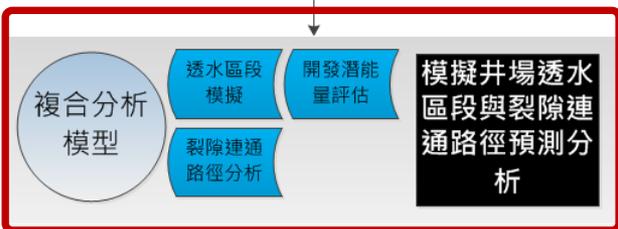
公興井場

裂隙連通路徑分析

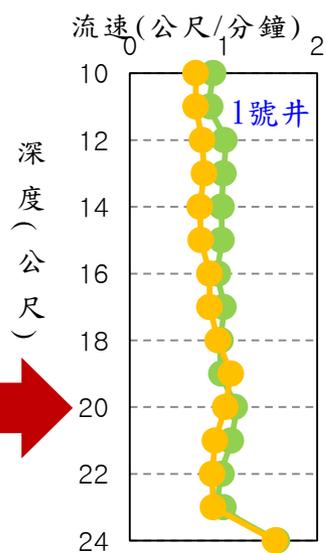


獲得主控裂隙位態及
掌握透水區段範圍

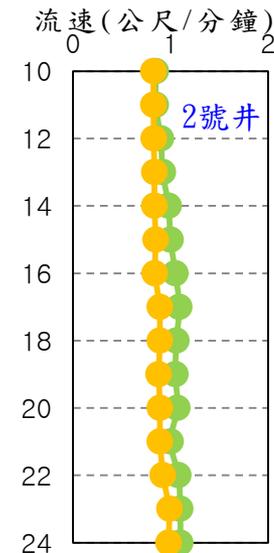
設計井場各試驗井位置及深度



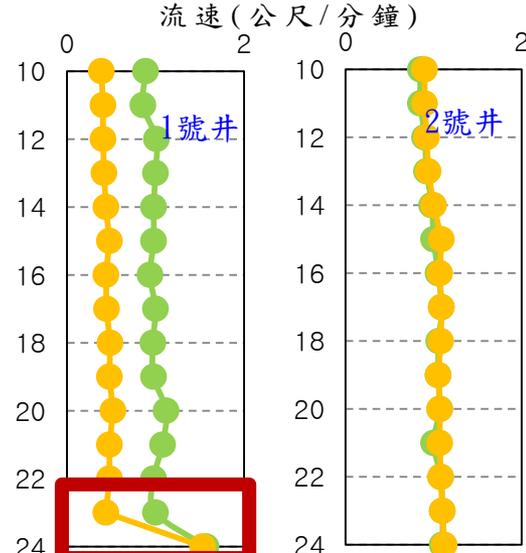
2號井抽水—1號井量測



1號井抽水—2號井量測

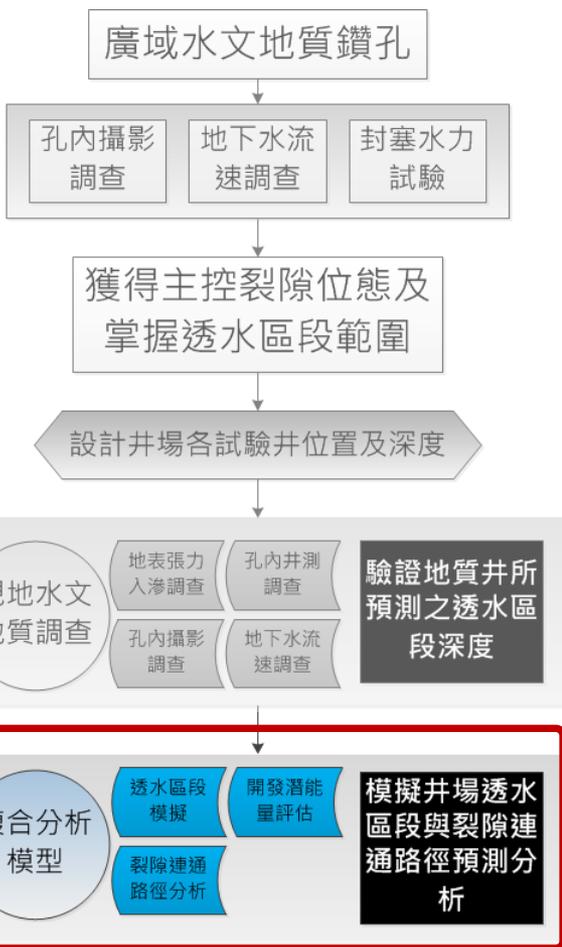


抽水井抽水—1、2號井量測

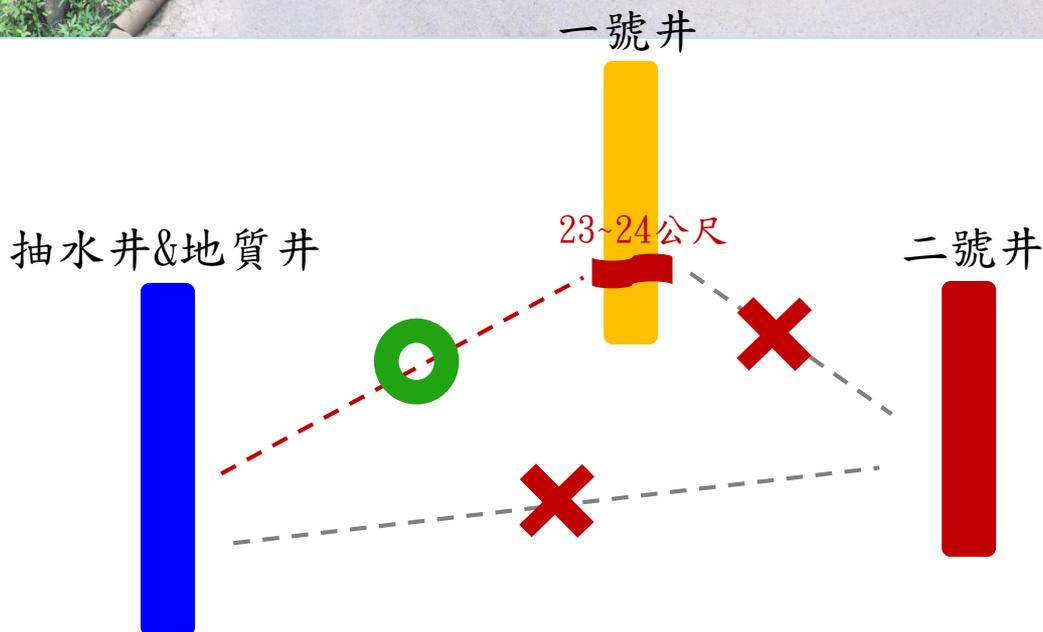


小場址描述模型水文地質特性研究

小場址描述模型調查流程



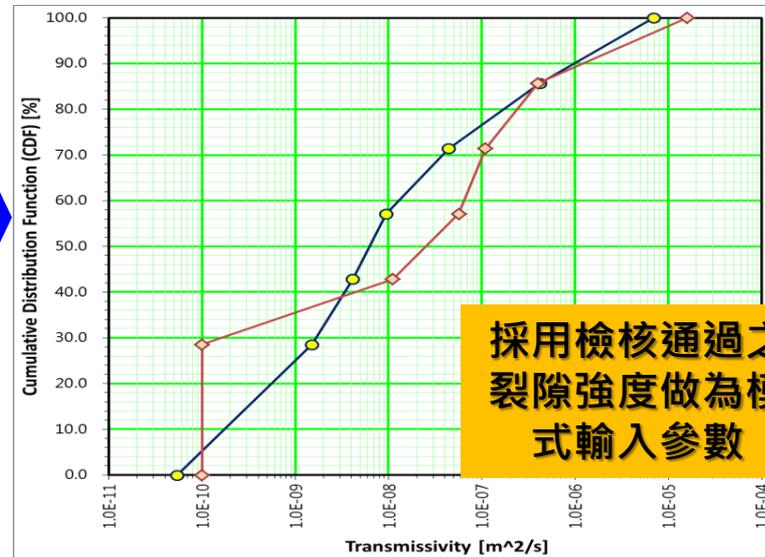
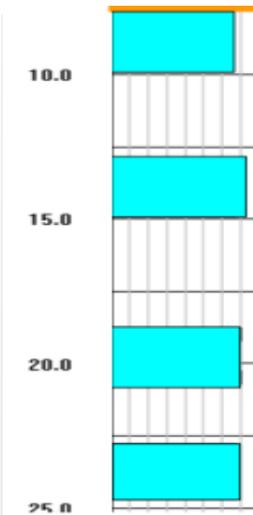
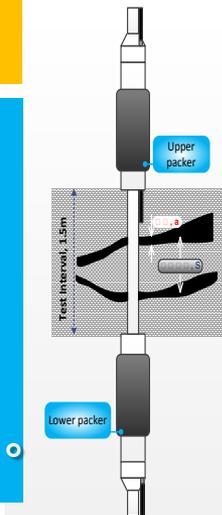
優勢水流路徑分析



小場址描述模型水文地質特性研究

封塞水力試驗

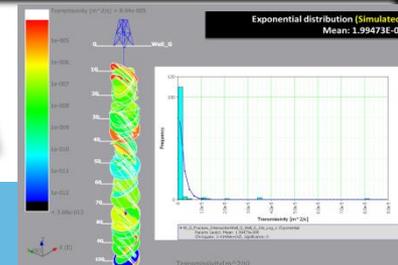
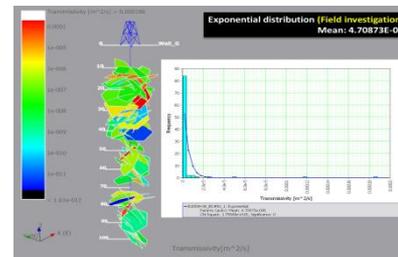
OxFILET Analysis-
 透過封塞水力試驗結果推估整孔導水係數之分布特性與裂隙強度。



Packer test results	OxFILET Definition Simulated
5.40E-11	1.00E-10
1.50E-09	1.00E-10
4.10E-09	1.11E-08
9.40E-09	5.65E-08
4.40E-08	1.09E-07
4.20E-07	3.99E-07
6.90E-06	1.58E-05
Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient, E	0.982
Pearson correlation coefficient, R	0.999

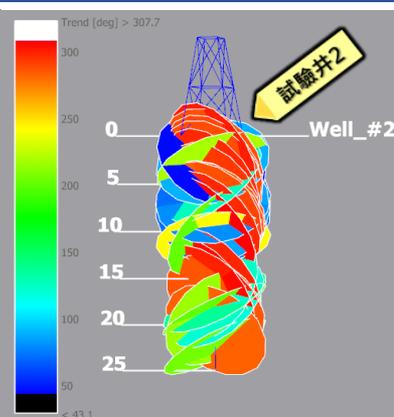
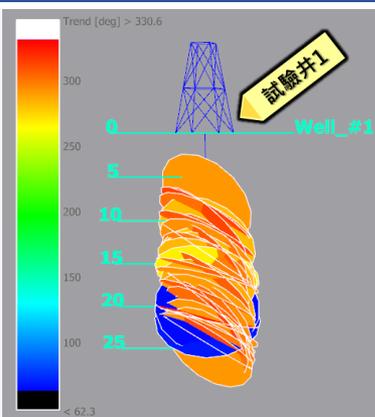
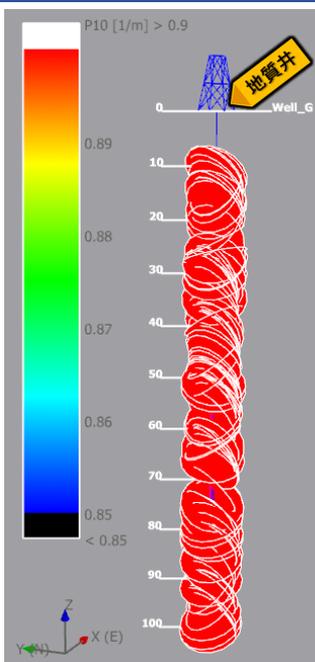
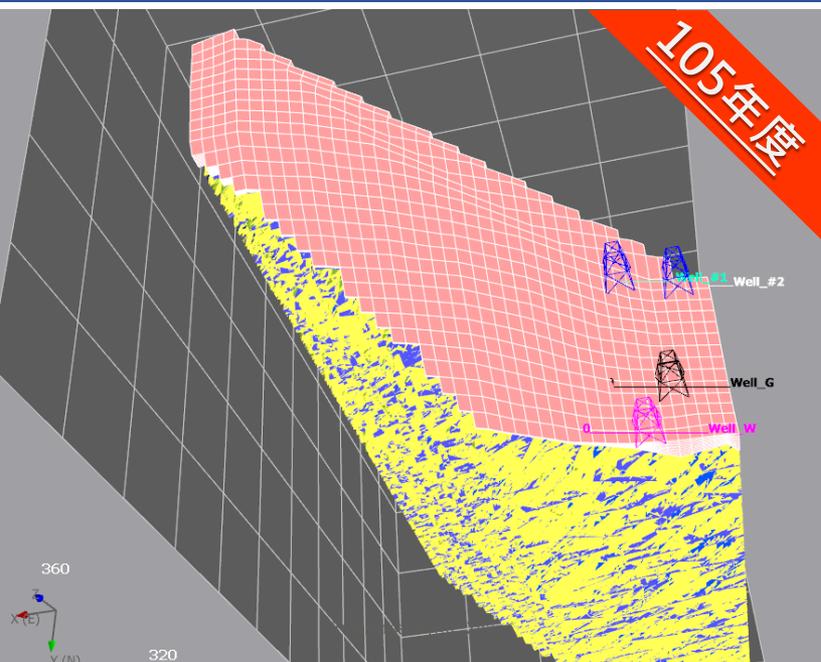
模式準確度高

導水係數分布特性一致



封塞水力試驗與模擬結果之檢核

小場址描述模型水文地質特性研究

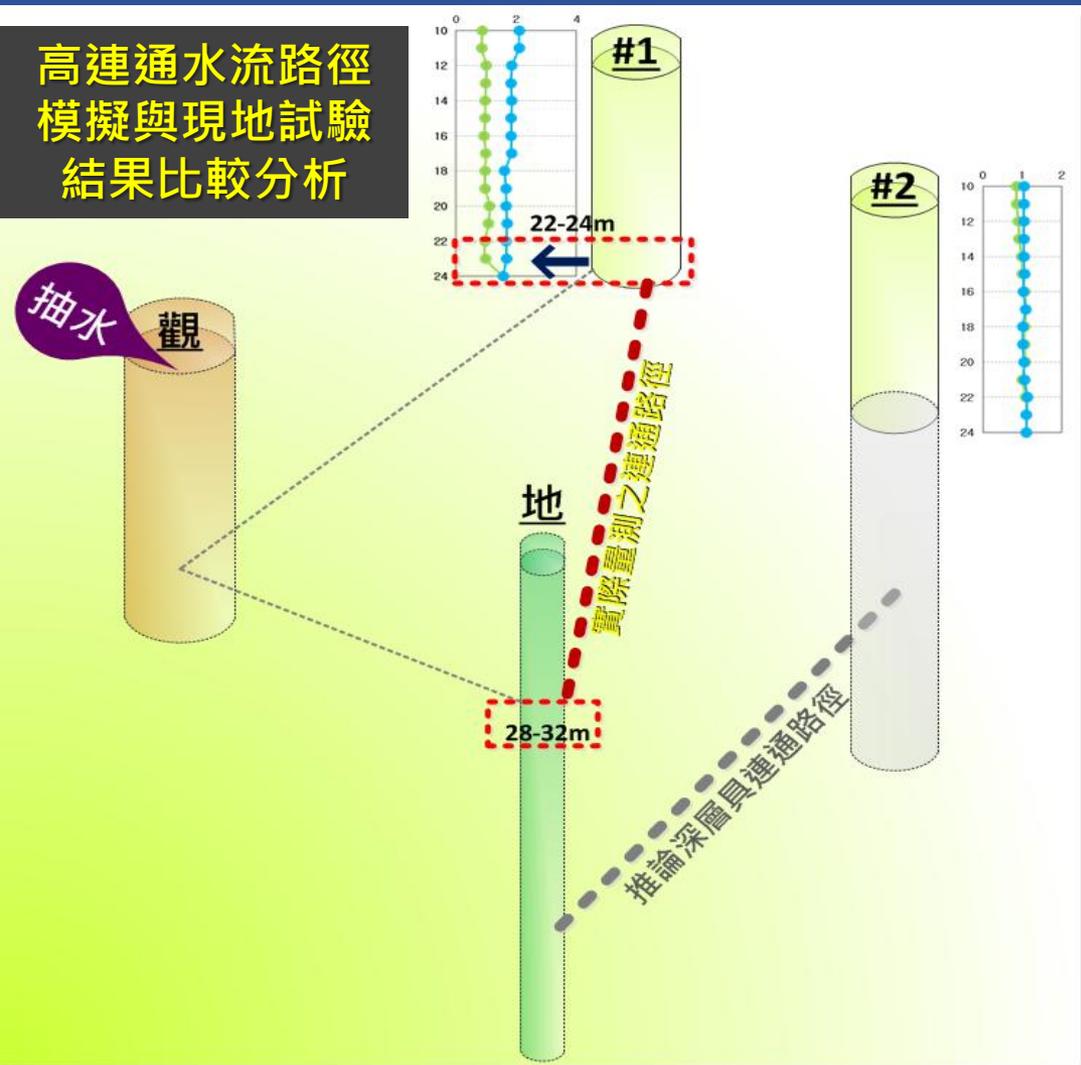


透過叢集分析所獲得之裂隙強度來建模，可提高模式分析準確度。

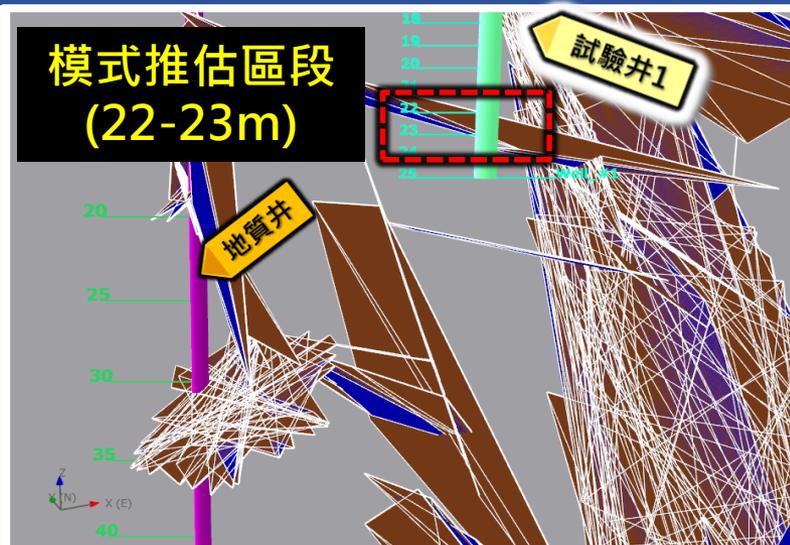
方法	B105W-06 公興站(地質井)			B105W-06#1試驗井			B105W-06#2試驗井		
	孔內攝影調查	FracMan 模式	Error (%)	孔內攝影調查	FracMan 模式	Error (%)	孔內攝影調查	FracMan 模式	Error (%)
參數	孔內攝影調查	FracMan 模式	Error (%)	孔內攝影調查	FracMan 模式	Error (%)	孔內攝影調查	FracMan 模式	Error (%)
裂隙數量/P10	93/0.93	90/0.9	3.23	39/1.56	39/1.56	0	31/1.24	31/1.24	0

小場址描述模型水文地質特性研究

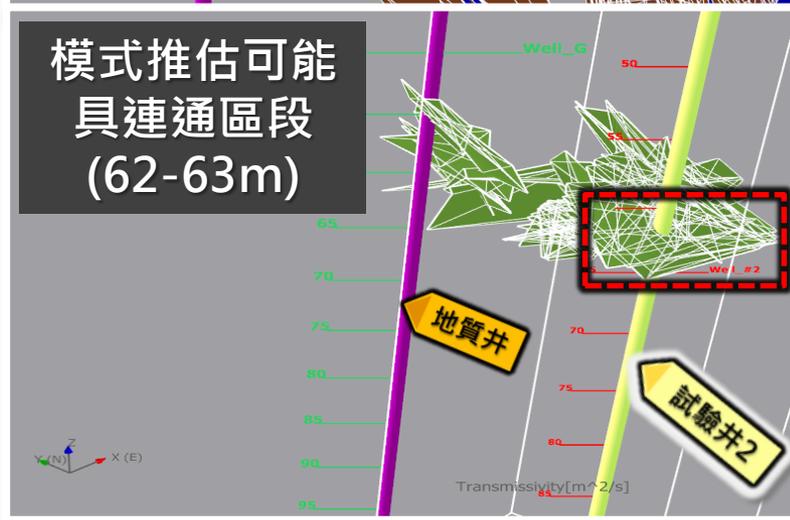
高連通水流路徑
模擬與現地試驗
結果比較分析



模式推估區段
(22-23m)



模式推估可能
具連通區段
(62-63m)



- 公興井場試驗井1之高透水區段模擬結果與現地量測之透水區段相當吻合，此外試驗井2之可能連通區段之模擬結果亦與推論一致，應屬於深層裂隙網絡系統。

結語

1

場址地質描述模型為水文地質模式與地下水模擬重要的基礎，也是最關鍵的一環，因此依據場址地質環境挑選適當之水文地質調查技術實為重要。此外，描述模型建立過程需不斷的透過現地各種參數來修正，方能達到貼近現地真實環境之分析模式。

2

本文透過臺灣山區98孔水文地質鑽孔，已建立7項孔內水文地質調查技術(孔內攝影、孔內井測與井徑、孔內波速、孔內地下水流速、孔內溫度與流體導電度、封塞水力試驗及現地抽水試驗)，已建立完整的山區水文地質特性點狀基礎資料，與各種參數關聯性。

3

本文已建立兩處不同地質特性之場址水文地質試驗與模式驗證之流程，初步發展之模擬技術已可與現地真實情況吻合，後續將持續針對不同地層特性之場址發展特有/關鍵之水文地質調查技術，以提高水文地質模式之準確度。

結語

未來
展望

持續提升國內水文地質調查技術之水平與精度，並向政府、學界與民間產業界推廣研發成果，擴大水文地質調查技術服務範圍與應用發展層面，強化國內外相關領域的競爭力與技術領先地位。



中興大業四十載，
工程實績布全台。
水文地質跨古今，
調查技術納中外。

感謝聆聽，敬請指教

Thanks for your attention!

Contact Information

Email: ccke@sinotech.org.tw

Mobile phone: 0920953571

From GERC, Sinotech Engineering Consultants, Inc.