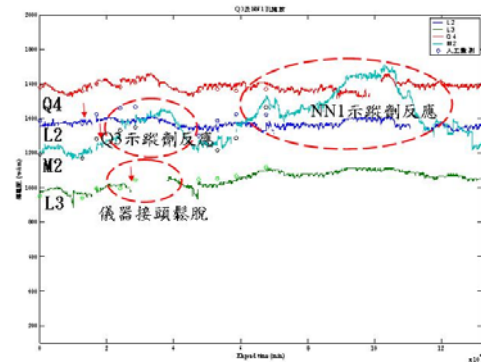


Q4與D3、D4、D6、D7、D8等滲水處進行導電度之監測，以掌握高導電度鹽水之傳輸情形。參考國外相關經驗 (Song et al. 2005)，Q3孔施放2噸鹽水示蹤劑，濃度約15000 ppm，視現地透水性以等速方式進行施放，施放速率約0.65 L/sec，為使NN1孔之示蹤劑試驗能於計劃時程內完成，且不與Q3孔相互干擾，因此於Q3孔施放一星期後進行左壩座NN1孔的示蹤劑施放，共施放3噸示蹤劑(鹽水)，濃度約15000 ppm，施放速率約0.028 L/sec。而下游觀測孔位則每十分鐘量測一次溫度與導電度值，持續二十天以上，導電度監測值配合溫度量測進行溫度修正，以更確切反應含鹽濃度之變化。

由於表面滲水點受到地面降雨影響甚大，並未觀測出明顯之示蹤劑反應，觀測井之示蹤劑量測結果如圖十一所示，由量測結果可知M2於Q3示蹤劑施放後約27360min其導電度便有上升之趨勢(人工量測結果亦相同)，且大約於50000min後便恢復至初始值，呈現出一明顯之歷時曲線，推測應為示蹤劑到達所造成，由此結果推算，殼層滲流速率約0.0045cm/sec、等效透水係數(K)約0.0547cm/sec (Q3至M2) (依流速 $V=$ 等效透水係數 $k \cdot$ 直線水力梯度 i 進行估算)。而由L2量測結果發現，雖導電度自動化監測資料僅有些微上升與下降的趨勢，但人工量測資料確有明顯之變化情形，將二者資料相互比較分析，推估如為示蹤劑影響所致，其到達時間應為23040min，由此結果推算，殼層滲流速率約0.0031cm/sec、等效K值約0.021cm/sec(Q3至L2)；另約在示蹤劑到達L2孔5天後，L3導電度也有上升之情況，雖L3導電度監測資料因感測器接頭鬆脫，而造成部份量測資料遺失

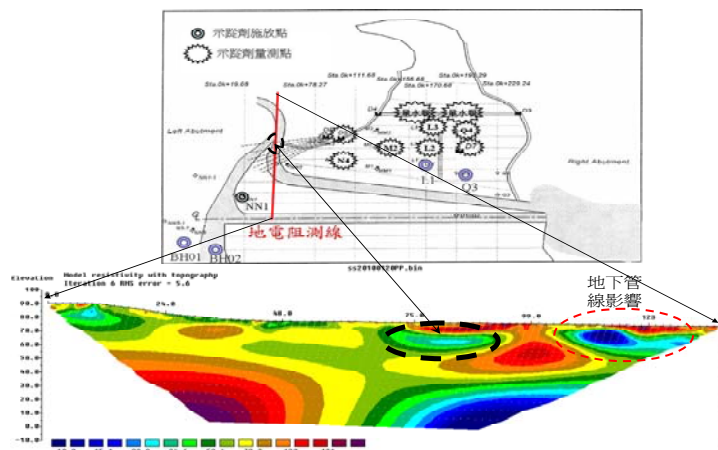


圖十一 示蹤劑量測結果(水位觀測井)

(圖中圓框處，當時正逢大雨階段，故無法立即維修)，但從資料中斷前可發現導電度有上升之趨勢，且資料恢復後其導電度便有明顯之抬升，比對人工量測結果亦是如此，因此綜合自動化與人工之量測資料，推估其示蹤劑到達時間應為30240min，由此結果推算，殼層滲流速率約0.0045cm/sec、等效K值約0.016cm/sec(L2至L3)。

於NN1孔示蹤劑試驗部份，由量測結果可發現，M2於Q3示蹤劑反應結束，恢復至背景值後，約在51840min時其導電度又有上升之趨勢(比對人工量測資料亦相同)，推測應為示蹤劑到達所造成，且後續導電度亦恢復至背景值，呈現出一明顯之歷時曲線，由此結果推算，殼層滲流速率約0.0041cm/sec、等效K值約0.017cm/sec (NN1至M2)。受限於示蹤劑施放與監測點的限制，本研究仍未能掌握滲水之確切路徑，但NN1與Q3示蹤劑施放之結果均顯示殼層存在局部高透水滲水通道。

另於NN1示蹤劑施放期間，為大範圍地追蹤示蹤劑的滲流情形，於試驗過程中佈設一條地電阻測線，如圖十二。



圖十二 示蹤劑施放前地電阻剖面

藉由監測地電阻影像變化了解示蹤劑於地層下流動之狀況。由監測結果(圖十二)可知表層於拋石層部份因拋石嚴重風化大多為30~50(ohm)之低電阻，約5m左右；測線進入壩體聯絡道路後，其表層電阻因受柏油路影響，故量測結果皆為100~150(ohm)之高電阻層；在測線約24m，EL.80m~85m處，有一較低之電阻區塊約20~40(ohm)，推測其可能為D8滲流水流經之路徑或拋石層含水量較豐富之位置，因此部份測線位置約略位於壩體D8出水點上方，且施測時，D8尚有滲流水流出，故可能造成此一區塊較為溼潤；而在測線110~120m，EL.70m左右，亦有低電阻區塊約10~20(ohm)，應為地下輸水管線通過所造成之影響。為期望能於示蹤劑施放期間獲得大範圍之地層水文因子變化情形，故現場採自動化監測，主要施測的排列方式為Pole-Pole，量測間隔為一天固定量測一筆，由於單憑地電阻剖面結果較不易辨識地電阻率隨時間軸的變化幅度，因此後續監測資料將利用時間序列反算方法(Time-lapse inversion)，將電阻率隨時間變化以百分比方式呈現。由於量測期間，適逢基隆雨季，因此僅選取部份未受降雨影響之量測資料進行分析，且為使變化明顯，故僅呈現負值（愈溼潤）之部份，以期掌握示蹤劑變化情況，各時間電阻率差異百分比剖面如圖十三所示。

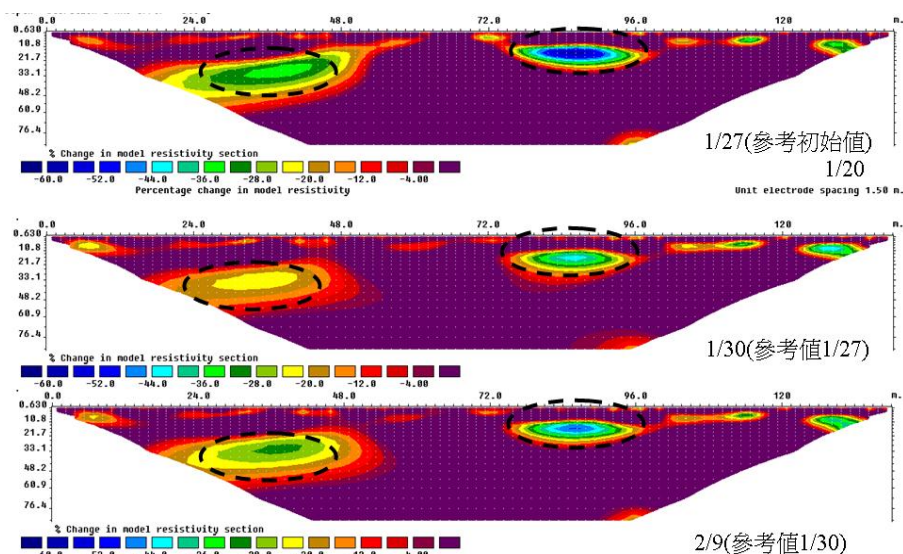
由結果可知，電阻率呈現負成長的區域，主要為測線約18~48m、深度約21~45m (EL.69.5~45.5m)與測線約72~96m、深度約10~25m

(EL.80.5~65.5m)的位置，其雖可能為示蹤劑滲流之路徑，但由於NN1孔示蹤劑施放結束後便接連出現大雨，其地電阻負成長之部份亦可能為地層於降雨過後，含水量上升所造成，但無論如何，左半段電阻負成長區顯示該處殼層下方透水性的異質性，極可能為示蹤劑主要的入滲通道。

2.5 溫度剖面試驗

本研究另利用漏水路徑相同水源之水體溫度剖面會具有一致趨勢的原理，藉由溫度剖面之相依性進行可能滲漏路徑之分析。溫度剖面量測位置包括庫區近壩體處、左山脊BH01（隔幕灌漿下游側）與BH02孔（隔幕灌漿上游側），於不同季節之量測結果分別如圖十四、圖十五所示。

溫度剖面共量測四次，分別在11月氣溫25°C、28°C時與2~3月寒流來時（氣溫分別為8.7°C（寒流持續約六天）及27°C（量測前二天寒流結束、寒流約持續十四天）），溫度量測之精度為0.01°C。圖十四顯示11月份之量測結果，氣溫25°C的溫度剖面，BH01與BH02孔的溫度及變化趨勢一致，但與庫水關聯性較低；在氣溫28°C時的溫度剖面，BH01與BH02溫度隨深度變化雖有相同趨勢，但兩者溫差約0.6°C，與庫水關聯性亦不明顯，比較相隔三天之量測結果發現，兩次量測庫水與BH02溫度剖面變化不大，而BH01則隨氣溫有明顯變化，由於此階段隔幕灌漿下游側BH01之水位高於上游側之BH02及庫水，因此推測BH01主要受到左山脊上游集水區及氣候之影



圖十三 地電阻率變化剖面-Time-Lapses反算