

清水輸水幹線隧道段檢測及維修

臺北自來水事業處工程總隊

張本慶 工程師

臺北市羅斯福路四段 92 號三樓 TEL：(02) 83695215

摘要

台北供水區第一條清水輸水幹線（清一幹線）的檢測及維修是台北自來水事業處在推動降低漏水，提高售水率的計劃中的一項主要工作之一，由於其每日輸送高達二百萬噸的清水供應大台北區的用水，因此在檢測及維修之前，須先完成第二條清水輸水幹線部分路段以替代供水。清一幹線完成於民國七十三年，發生漏水地點多在口徑 3400mm 公厘、長 6.4Km 的隧道段，漏水原因包含地震等外力造成的裂縫，施工縫橡皮的老化，施工不良或水力沖刷所造成的蜂窩等。檢測的方法包含目視法以了解損壞及漏水的情況、施密特錘試驗以了解混凝土的強度、透地雷達及鑽探取樣等，以了解隧道混凝土襯砌及裂縫，是否有不實及空洞的情況，以便採取適宜的修護方法。依據檢測的結果所採用修護技術有灌漿以填補隧道後的空洞，於伸縮縫及混凝土裂隙漏水處注入 PU 止漏材以防止漏水、以樹脂砂漿修補混凝土蜂窩及破損之處、利用高黏性的彈性填縫料修補伸縮縫及 10 mm 玻璃纖維樹脂（FRP）補強隧道破損段等。總共花費新台幣九千餘萬元，曆時十個多月始全部完成，所獲至的效果除可大幅降低輸水幹線漏水率外，亦提高清水輸水幹線的強度進而延長其使用年限。

一、前言

大台北供水區的大部份水源取自新店溪上游，經位於新店的直潭淨水場處理後，利用清水輸水幹線及其分支線，將佔本處總出水量百分之七十的清水，送至安康、中和、公館、松山及大同等大型加壓站，加壓供應用戶所需，其中第一條清水輸水幹線沿安康、中和、永和過永福水管橋進入市區，並沿建國南北路至新生公園大同配水池，口徑3400mm~2000mm，全長17.3Km，包含倒虹吸管、隧道、涵渠、水管橋（鋼管）、埋管（預力鋼襯混凝土管）等，完成於民國七十三年七月，使用至今，其中以3400mm—5834M、3200mm—585M之隧道段，漏水情況較為嚴重，因其肩負著大台北供水區近三百萬人的供水重任，無法長時間的停水維修，僅於七十九、八十一及八十三年斷斷續續利用春節用水量最少期間由潛水人員入內維修，因時間短促且漏水原因未明，無法徹底整修。

當為了滿足未來需求（計畫目標年為民國一一九年）、增加供水應變能力的第二條清水輸水幹線，口徑3800mm~2400mm，全長17.4Km，其前段（直潭淨水場至公館）於八十七年十二月完成後，可替代第一條清水輸水幹線的隧道段通水，即擬具各項維修計畫，並於第一條清水幹線（以下簡稱清一）停水後，委請專業機構先行就清一隧道以透地雷達等技術檢視隧道斷面；於八十八年四月份開始展開維修

作業，八十九年二月完成，因維修成果尚佳，特將本次經驗撰述以供日後自來水隧道維修參考。

二、輸水隧道檢測的方法與執行步驟

2.1 現場抽、排水作業及里程標記

由於清一幹線在本工程執行前尚處於通水使用階段，待第二條清水幹線（以下簡稱清二）取代供水後，清一幹線內因尚有清水殘留及地下水滲入管中，人員無法進入檢視，故須先辦理抽、排水工作，在部份區域因相對高程較低，須以砂包截水採接駁方式抽水。

里程標記註置之目的，主要為使各項工作之記錄及破損報告等異常區域，能以里程簡單表示出來，並方便爾後修復時，能夠順利尋得欲修補之位置。里程標記以 15cmX10cm、3mm 厚之不銹鋼片製成，其上打印里程數、設置年月等，原則上每隔 50 公尺設置一面，但對於特殊位置如高程突然變化區段(3K+604、3K+640)、下陷區段(4K+120、4K+180)、倒虹吸段(6K+230、6K+332)等亦加以設置，合計共設置 153 片。

2.1.1 專業人員檢視

由對隧道結構體之破損與修復具有專長之人員，以人工目視方式，針對隧道與涵渠段結構體，經目視結果，大部份之施工縫皆有白華、輕微滲水或嚴重滲水、湧水狀況發生，尤其在管內仰拱及管外地

質軟弱區，更有多處鋼筋露出、混凝土剝落、空洞造成大湧水現象，因施工縫兩側之襯砌並未有明顯之錯動或不等量沉陷等現象發生，故施工縫之滲水、湧水可能為止水帶施工時不慎彎曲、彈性填縫材料老化、剝落或襯砌本身損壞所造成。

所發現的裂縫型式主要為縱斷面裂縫及水平裂縫，間雜一些斜向裂縫，其規模不大且延續性不佳。裂縫滲水情形皆屬輕微。

檢測結果如下：

| 異常現象 | 施工縫破損 | 滲水 | 裂縫 | 剝落 | 蜂窩 |
|------|-------|-----|----|----|----|
| 數量 | 272 | 256 | 29 | 21 | 6 |

目測的同時，針對結構體破損、蜂窩、滲漏水區域、裂縫等異常區域照相或 VCR 攝影加以記錄。照相及攝影時，將目標處基本資料，以黑板書寫攝入鏡頭內，另檢視人員於相關資料彙整後，對各紀錄點加以研判，並區分安全等級分類表如表 2.1.1，以供爾後修補設計之用，對結構體破損或裂縫處，應加以特寫拍攝，檢測人員或拍攝人員，應適時加以同步說明、並一同錄製於影帶中，以方便日後查閱，VCR 攝影於每一管斷面分四測線拍攝，單獨拍攝單一區域後再依序自里程標記起接續下一區域拍攝，經過整理剪輯後，共拍成 8 捲 120 分鐘錄影帶。

2.1.2 施密特錘強度試驗

混凝土的強度與其硬度有關，硬度愈高強度愈強，本案採用瑞士

公司 Proceq 製造之施密特鎚，針對襯砌破損或裂縫滲水處，選擇平整處以垂直方向撞擊，藉由施密特鎚反彈值與對應強度關係圖（圖 2.1.1），了解施測處對應平均反彈強度（表 2.1.2），且因反彈值所受影響變數甚多，對應強度謹可視為混凝土相對品質參考，一般可測定混凝土表面約 3 cm 的約略強度，計施測 57 個區域，每一測區採 16 點撞擊，施測範圍每一區域約為 900c m^2 ，為降低一些不確定因素之影響例如撞擊角度、施力大小等，儘量由同一人施測，除了 6K+200~6K+360 區段，對應反彈值可達 293~346Kg/cm² 外，大部份區域，對應反彈值皆介於 100~200 Kg/cm²，少部份區域如 3K+863.6~4K+501.8，其對應反彈值皆小於 100Kg/cm²，可能是因混凝土劣化造成混凝土強度減弱的關係。

2.3 透地雷達(GPR)探測

透地雷達探測，主要是發掘隧道或涵渠壁體結構本身，與結構體後方地層之空洞與異常現象，做為爾後背填灌漿或結構補強之依據。

透地雷達是一種類似反射震測的電磁波法，對襯砌表面連續掃描，當電磁波碰到介電常數界面則發生部份反射，介電常數一般混凝土在 6 左右，而一般岩層在 6-8 左右，因水之介電常數為 8，空氣為 1，和混凝土對比還相當大，使得當襯砌中有蜂窩、背後空洞、含水等缺陷都可以透地雷達探測，為使解析度提高，故採用較高頻之天

線，以求得較佳之效果，且由於不必和襯砌緊密接觸，施測快速，是襯砌完整性調查非常有效的工具。

本工程需作探測之區段主要有：

1. 現有之滲漏點附近區域。
2. 曾有修漏位置附近區域。
3. 有外部水滲入或湧水之區域。
4. 管體結構有破損或龜裂之區域。
5. 對可疑區段經工地工程司認定有須作進一步了解之區域。

探測之區段，將通水斷面均分為六條測線，測線方向與幹線軸線方向平行，

本案使用 GSSI SIR-2 透地雷達及 900MH 天線，施測參數設定為總歷時(total duration)20 ns(10^{-9} ec)，每條描線(trace)取樣 1024 點，每公尺 40 次掃描，總共施測 3610 公尺。在資料處理分析上應用速度分析、頻率濾波、解迴旋、影像處理等技巧（如圖 2.3.1）。圖中彩色部分代表雷達波場振幅，色調較暗表示反射較弱，即介質之介電常數的差異較小，如襯砌與圍岩密接，因襯砌與一般岩系介電常數接近，因此反射能量不強，襯砌之厚度不易判讀；而當色調較鮮明時則表示反射較強，介質之介電常數變化較大，如有坑洞、鋼支保或含水，均會造成強反射。

對檢視所得的裂縫、滲水、白華施工縫、空洞、蜂窩、剝落等異常處，標示於縱斷面展開圖上（圖 2.3.2），展開圖以百分之一比例尺表示，另將探測結果沿測線方向每一公尺為單位繪制橫斷面圖（圖 2.3.3），並配合對損壞較嚴重可能影響結構體或會造成滲水湧水之區域，加以照相記錄，以方便往後資料查詢。。

三、清水輸水隧道漏水問題原因探討

一般隧道襯砌發生破損與裂縫的原因主要有

3.1 外力因素。

3.1.1 隧道挖掘後因周圍地盤應力將重新分配，如地盤強度不足時，易於破壞而對襯砌造成大的塑性壓，當襯砌之強度不足或有構造的缺陷如襯砌背面有空洞或襯砌厚度不足時，則易發生破損及裂縫等情事。

3.1.2 因地盤節理面風化後膠合度降低或砂質地盤因細粒沉泥成流失使地盤凝聚力降低，地盤鬆動產生垂直壓力，增加襯砌之受壓。

3.1.3 有連續大雨時如隧道之排水不良或導水設施不足，將使地下水壓上升。

3.1.4 隧道下地盤受人為因素（其他隧道施工或採礦）或自然因素（地層物質為地下水帶出）而形成自然空洞，致隧道產生下

陷。

3.1.5 地層承载力不足，造成隧道不均勻下陷。

3.1.6 地震產生的震動、斷層錯動及斜坡滑動、崩壞

3.1.7 鄰近隧道施工會產生地盤應力的重分配，另爆破會產生地層震動，因此新隧道之間距應有二倍隧道寬度以上為佳。

3.2 襯砌的設計施工問題及材料劣化。

3.2.1 襯砌厚度不足

3.2.2 襯砌背面有空洞

3.2.3 側壁陡直

3.2.4 側壁與拱部接觸之契合部施工不良

3.2.5 排水設備的設計與施工不良

3.2.6 襯砌劣化，因受輸送水流或地下水流 pH 值偏低經年累月所造成的混凝土腐蝕劣化。

3.2.7 材質不良、鋼筋組立不良、混凝土澆灌不良、施工縫施工不良等管理因素

3.3 漏水及其他因素

填縫砂漿及混凝土因漏水而被浸透，使混凝土中的氫氧化鈣溶出後，經中性化現象而劣化，另地層或襯砌材料中可溶性鹽類受到浸透水而溶出產生白色結晶（白華 Efflorescence）等，

皆使襯砌快速劣化。

本次就隧道襯砌檢視後，發現結構體破損情形主要包括：

1. 原施工時所產生或經流水沖蝕生成之蜂窩或襯砌破損及背面掏空。
2. 原施工縫受外力或填縫材料剝落而產生縫隙或缺口，因損壞程度不同造成湧水、滲水、噴水等現象。
3. 隧道結構體受到地質因素或外力之破壞而導致裂縫滲水或破損。
4. 其他不明因素所造成隧道結構之裂縫或破損。
5. 施工縫止水帶劣化或失效。

四、輸水隧道修護計畫

4.1 管壁清洗、隧道內照明、通風

為利爾後修補之正確完整性，必須於隧道內架設清水輸水 PVC 管後，以高壓水槍將管壁上之沈積物予以洗除，使各裂縫得以清晰辨識；另於隧道內除部分通風口外，空氣流動性不良，需沿線設置大型通風設備，並約每 20 公尺設置照明設備，以利施工人員工作安全。

4.2 修護方式

1. 襯砌背後地層掏空的修護

利用地面灌漿或隧道內灌漿工法，以水泥砂漿(每 M^3 使用 750kg 水泥對漏水地點嚴重則再加 250ML 的水玻璃)將隧道後的空洞或孔隙填灌固結，灌漿前，對灌漿的隧道段應每隔五公尺量測側壁、仰拱、頂拱空變位，監測其可能的變形量。由地面灌漿，應先詳細調查地面下的管線或其他設施資料以免施灌時對其產生影響損壞，原則上每公尺深度覆土的施灌壓力為 0.1 kg/cm^2 ~ 0.15 kg/cm^2 ，最大施灌壓力不超過 2.0 kg/cm^2 ，以防止隧道發生變位龜裂。

2. 襯砌剝落、破損、蜂窩的修護方式

決定須敲除之混凝土範圍，並作記號，劣質混凝土鑿除至少 2cm 並將面打毛，將鋼筋除銹，並於一小時內塗上防銹劑，並將修補範圍清理乾淨，塗上新舊混凝土接著劑，澆灌樹脂砂漿加設橫筋及鋼線網以增加附著力，將表面修補整平，鋪貼 2cm 厚樹脂 FRP 防水層。

3. 襯砌破洞大量湧水及湧砂的修護方式

襯砌破洞大量湧水且襯砌掏空部分，須先行將湧水處導水洩壓，鄰近疏鬆混凝土鑿除整修，將浮渣、劣質混凝土等雜物清理，若襯砌破損修補位置於頂拱，應先組模後，模板預留漿孔及排氣

孔，並於灌注混凝土，待混凝土達初凝後，於湧水處鑽孔穿透襯砌混凝土，並灌注可抗酸鹼、可伸縮變形快速發泡無毒性之止漏樹脂進行止水處理。

另小量湧水處，於處理面鑿除劣質混凝土後先行止水，凹洞混凝土面塗刷一層新舊混凝土接著劑，再以樹脂砂漿補平，外面再鋪貼 2mm 厚樹脂 FRP 防水層

4. 鋼襯板內襯工法

施工前於隧道內先行量測區分各段口徑，並以漸變段連接，將相關資料於工廠中加工成所需鋼板，鋼板表面以鋼砂除鏽後塗抹無毒性環氧脂防蝕；隧道內施工時，於混凝土襯砌先打入 19mm 膨脹螺栓，螺栓上焊 15cm x 15cm 之方形承板，利用 9mm 鋼板，每環原則上由四片鋼板先於承板上定位再電焊組合而成。鋼襯與混凝土襯砌間以適當距離為一區間，回填不收縮水泥漿。

5. 10 mm 樹脂 FRP 加襯補強工法

樹脂為無毒純樹脂，不可加溶劑，並能完全浸透玻璃纖維紗蓆，玻璃纖維紗蓆採用台玻產品，鋪貼前，隧道表面應先處理潔淨及濕潤不滲水，用短毛滾輪或利用噴塗方式塗上一層底油無毒樹脂接著劑，塗佈應均勻，以免影響接著效果。底層完成後，繼續塗無毒黏貼樹脂一道，材料配合比應依材料使用說明調配，用重量配比時要準確，如

有誤差對品質影響甚巨，樹脂未乾前鋪貼玻璃纖維，鋪貼時應平整，不得有氣泡鼓起，樹脂攪拌應以電動攪拌器為之，才能充分均勻，如攪拌不均勻時，材料硬化亦會不均勻，對強度影響甚大，塗佈以短毛滾輪為之，不可以塗佈太厚，否則容易產生氣泡。

第一道塗佈完成後，需間隔 4 小時方可塗佈第二道，塗佈最多為 0.5kg/M²，逐一貼妥後最後於表面塗一道樹脂面層。

樹脂應為無毒性，施作前應辦理相關無毒性及材質強度試驗：

抗拉強度—1000kg/cm² 以上

抗壓強度—1800kg/cm²

混凝土附著強度（乾燥面）--150kg/cm²

混凝土附著強度（潤溼面）--110kg/cm²

衝擊強度—120 kg/cm²

6. 施工接縫填縫材剝落的修復方式

將施工縫填縫料損壞段清除，鑿除疏鬆混凝土，整修清理凹槽將凹槽以高壓空氣或水清洗乾淨並乾燥後，以具有良好彈性、韌性、防水性及無毒性之彈性填縫劑填補凹槽並抹平，新舊填縫料需塗刷界面黏結劑。

7. 2mm FRP 防水層修補工法

適用於施工縫、裂縫漏水、破洞、密集裂縫、鋼筋外露等修補完

成後，視需要加強保護。

將襯砌上的浮渣、青苔、泥垢以鋼刷或高壓水清洗乾淨，於混凝土乾燥後鋪設為原則，若無法乾燥至少維持濕潤不漏水情況施作，垂直施工縫較嚴重處，滲水處理後，全環鋪樹脂 FRP 防水層，如滲水輕微則樹脂 FRP 防水層只做到滲水範圍二側各延伸 0.5 公尺，水平施工縫滲水處範圍，二側亦各延伸 0.5 公尺鋪樹脂 FRP 防水層。

8. 施工縫滲水

襯砌施工縫湧水、滲水之止漏：將施工縫填縫料損壞段清除，鑿除疏鬆混凝土，整修清理凹槽，灌注孔位置於裂縫兩測約 20 公分，各孔間隔 35~45 公分，鑽孔中心線與襯砌面成 45 度傾斜，鑽孔不得破壞原有止水帶，於湧水或滲水處灌注止水樹脂處理，於施工局部湧水無法進行灌注或減低填縫注入劑，需鑽孔穿透襯砌混凝土，並將可抗酸鹼、無毒性之灌注材止水處理後，再進行鑽注處理工作。並於止水後將凹槽以高壓空氣或水清洗乾淨並乾燥後，以無毒性彈性填縫劑填補凹槽並抹平。並視需要至少於管壁濕潤不滲水情況下，使用 2 mm FRP 防水層緊貼於施工縫處理面，因自來水管線脩關民生用水，採用止水材等需嚴格要求無毒性（表 4.2.1）。

9. 襯砌裂縫滲水

襯砌裂縫，狹長裂破損滲水修補，灌注孔位置於裂縫兩測約 5

公分，各孔間隔 35~45 公分，鑽孔中心線與襯砌面成適當角度傾斜，鑽孔深度 30~40cm，灌注樹脂前由下往上灌注孔沖洗以去除塵埃，灌注止水採用黏著強度大於 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 無毒性之止漏樹脂，將樹脂注入第一個用水沖洗的灌注噴頭，繼續注入直到樹脂從排序的下一個灌注噴頭流出，當水被純樹脂擠出後，依續做下一孔，當樹脂由裂縫流出使裂縫填實為止。打除灌注噴頭，孔口以樹脂或不收縮急結水泥封閉修飾，於乾燥環境下使用樹脂防水層緊貼於裂縫處理面。

五、 結論

1. 由檢修初期隧道底部約 10-15 cm 滲入之地下水，至修繕完成後，隧道內幾乎全面乾燥，檢修成果良好，預估可檢修漏水量達 90% 的清水，並延長使用壽命。
2. 因輸水幹線停水耗費諸多人力物力，且裂縫及施工縫皆為延續連通性，於修補前之檢視工作，有其必要先將管壁清洗後，將所有裂縫及滲水施工縫予以全面性止漏。
3. 原只有一條清水輸水幹線，無法長時間停水維修，且如有事故，對供水安全影響甚大，因此雙幹線供水系統的設計是需要的。
4. 因隧道的損壞漏水的因素很多，但於施工時的品質管理對混凝土的強度有很大的關係

5. 因管壁長時間供水後，壁面會形成一層約 2 mm-5 mm 生物膜，因此定期的維護管理清洗是需要的。
6. 使用的修補材料必須是無毒的，且必須依照材料配比規定嚴控配比濃度，以發揮材料特性，確保施工品質之完善。
7. 部分隧道大湧水處及破損嚴重段，修漏的成果除目視外，亦可利用透地雷達再做檢測，將可以掌控維修品質。
8. 隧道內漏水止漏及鋼板襯砌補強，因屬特殊專業維修工程，事先詳細規劃及專業技術施工人員之尋覓，將使工程進度更加迅速完成。

參考資料

1. 聯合大地工程顧問公司 (United geotech, inc.)，清一幹線檢視工程成果報告書, 87.9
2. 弘鼎營造工程股份有限公司，清一幹線維修工程第一標灌漿施工計劃書
3. 弘鼎營造工程股份有限公司，清一幹線維修工程第一標施工計劃書
4. 台北自來水事業處，清一幹線維修（第一標，第二標）工程

合約, 88.3

5 · 中興工程顧問公司 (sinotech engineering consultant ltd.) , 清一幹線維修設計書, 88.2

表 2.1.1 隧道先期安全等級分類表(檢查階段)

| 隧道等級 | 等級分類原則與處理對策 |
|------|-------------------------------------|
| III | 異狀非常明顯，經研判無法確保通水之安全或造成大量清水流失，須儘快修復。 |
| II | 有異狀發生，有檢討是否應補強或修復之必要性。 |
| I | 異狀輕微。 |

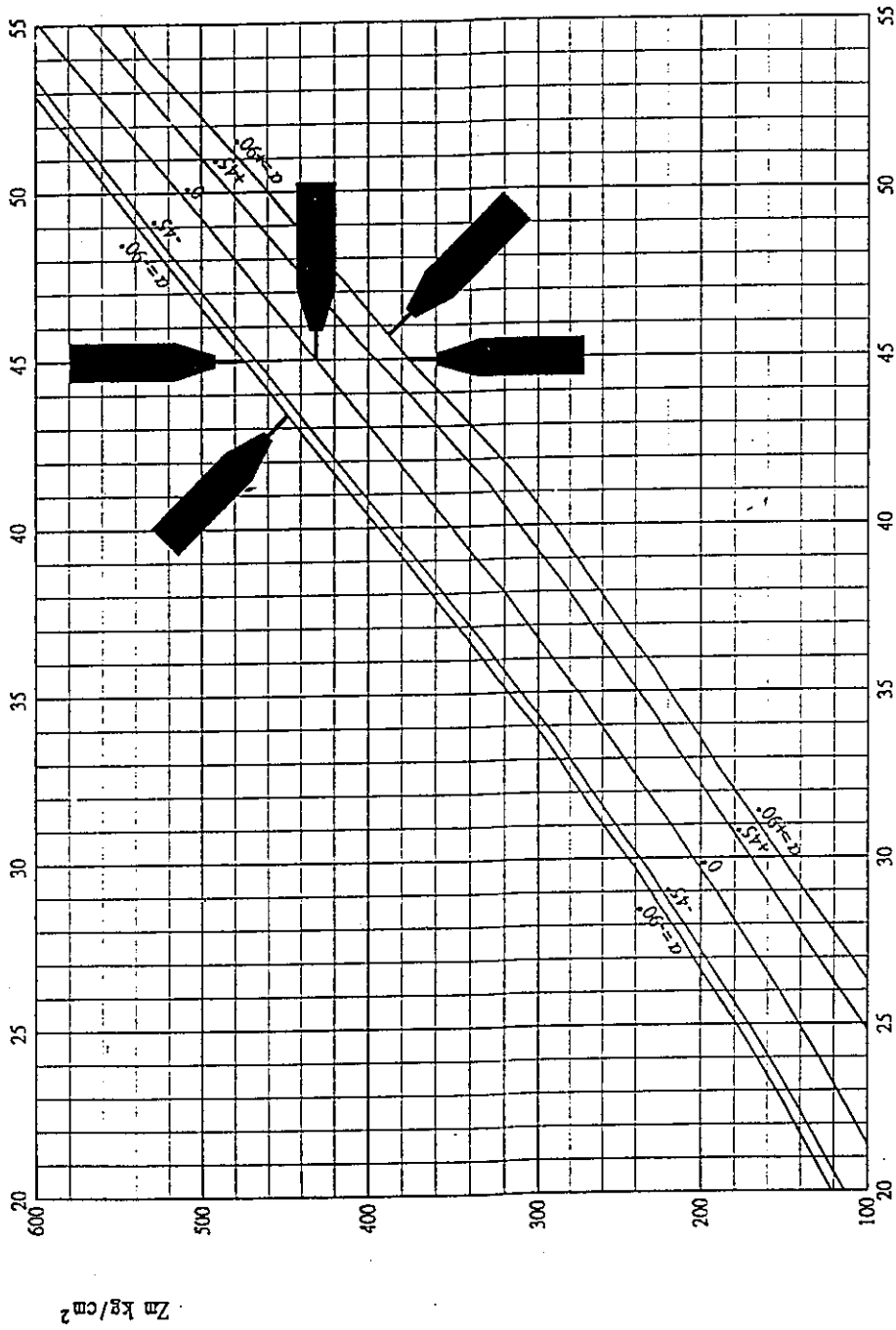
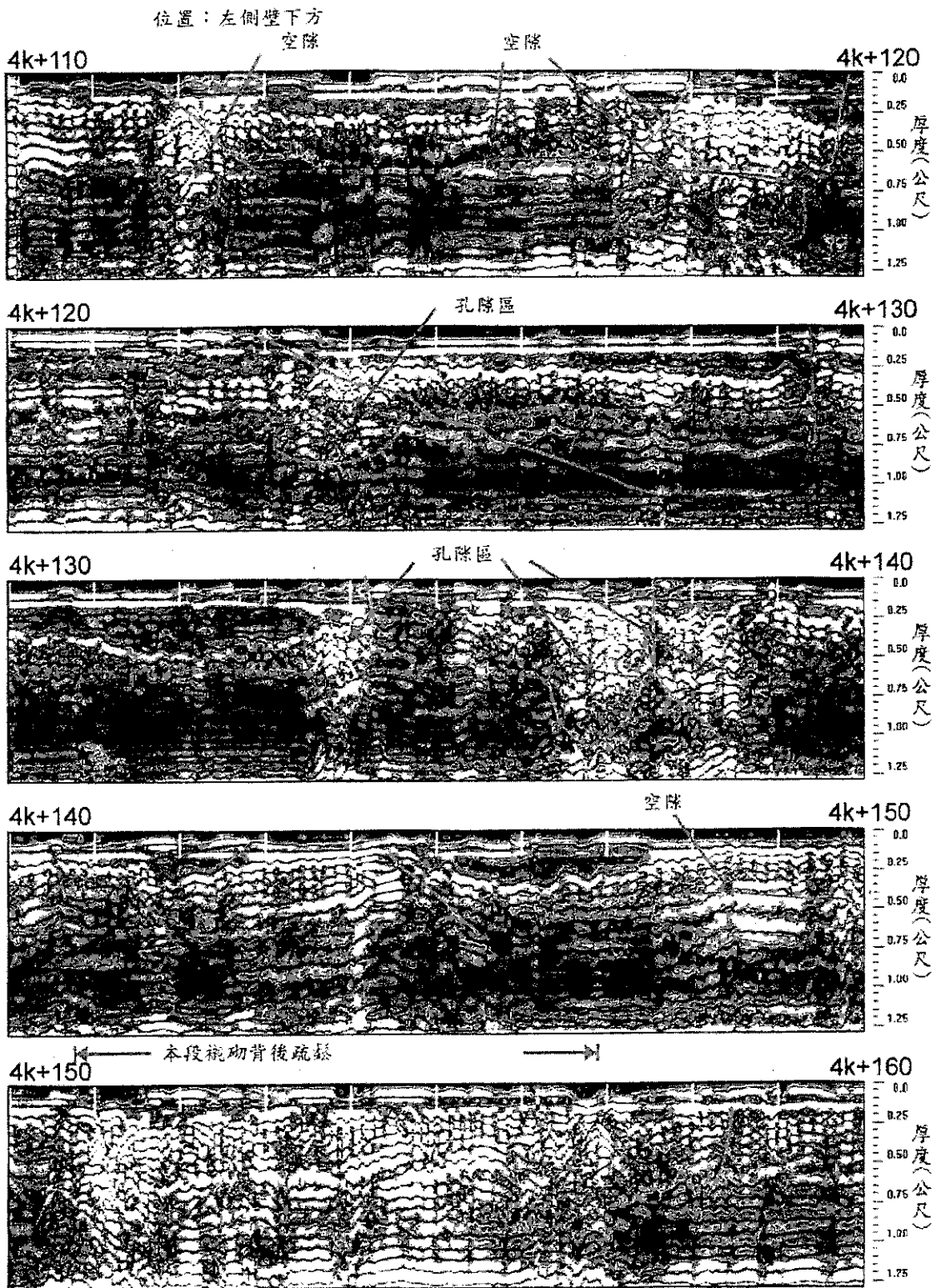


圖 2.1.1 施密特鉗反彈值與對應強度關係圖

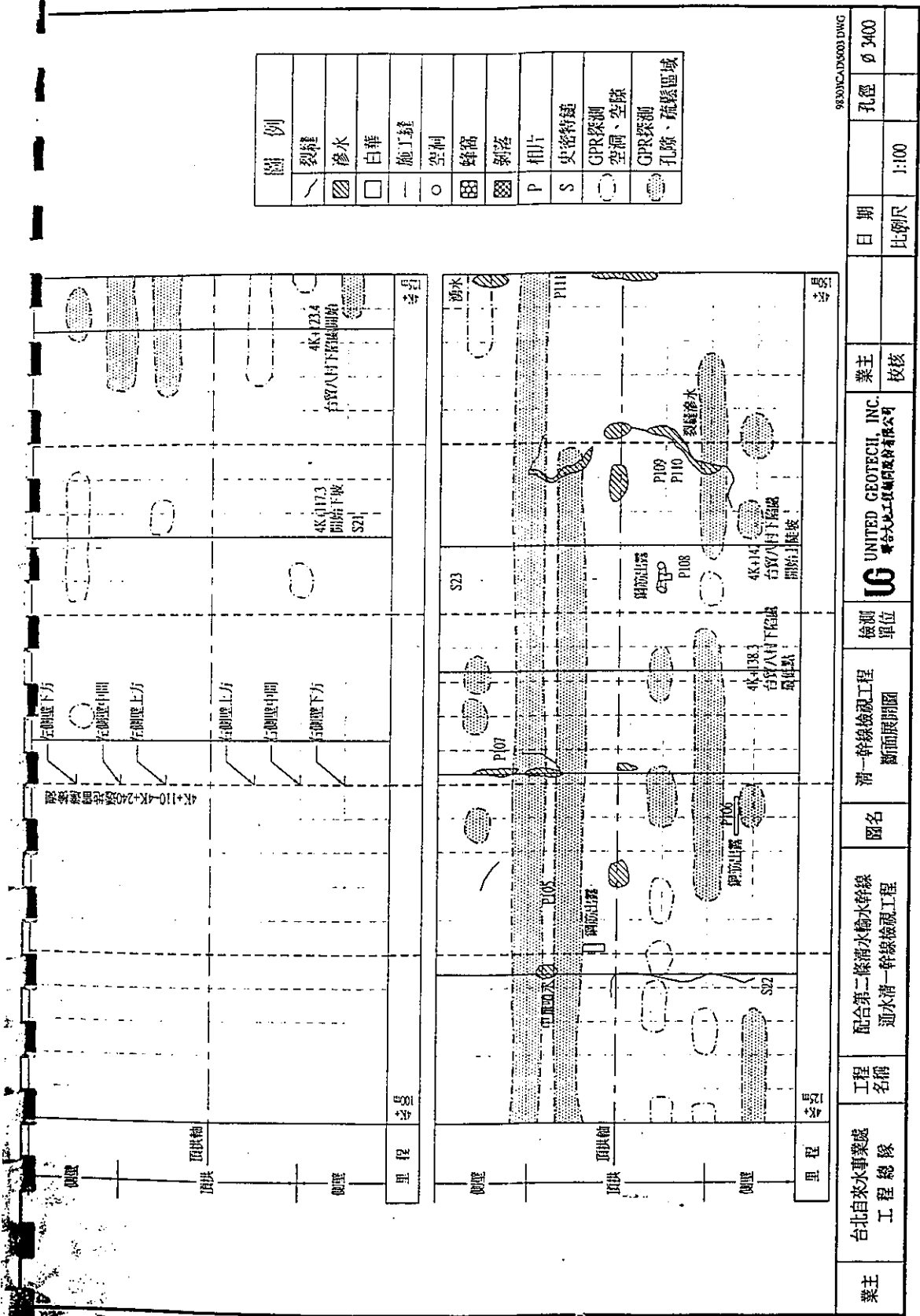
表 2.1.2 施密特鎚施測位置平均反彈值與對應之反彈強度表

| 編號 | 位置 | 平均反彈值 | 對應反彈強度 (kg/cm ²) | 編號 | 位置 | 平均反彈值 | 對應反彈強度 (kg/cm ²) |
|-----|----------|--------|---------------------------------|-----|----------|-------|---------------------------------|
| S1 | 0+29.45 | 19.88 | 86 | S30 | 4+886.8右 | 20.15 | 87 |
| S2 | 0+100.9 | 19.1 | <86 | S31 | 4+970左 | 15.1 | <86 |
| S3 | 0+310 | 27.4 | 171 | S32 | 5+000 | 20.12 | 87 |
| S4 | 0+327左 | 18.37 | <86 | S33 | 5+132.2左 | <10 | * |
| S5 | 0+508.8左 | 31.33 | 223 | S34 | 5+294右 | 20.76 | 92 |
| S6 | 0+935 | 21.71 | 104 | S35 | 5+324.4右 | 18.41 | <86 |
| S7 | 1+091 | 17.37 | <86 | S36 | 5+454.5右 | 28.07 | 179 |
| S8 | 1+174.6右 | 23.46 | 223 | S37 | 5+502.6左 | <10 | * |
| S9 | 1+593.1右 | 23.75 | 126 | S38 | 5+781左 | 20.58 | 92 |
| S10 | 1+695.6 | 23.15 | 120 | S39 | 5+838.4左 | <10 | * |
| S11 | 1+907.3右 | 14.8 | <86 | S40 | 6+152.7左 | 26.07 | 153 |
| S12 | 2+050左 | 19.6 | <86 | S41 | 6+200右 | 36.13 | 293 |
| S13 | 2+313.9右 | 24.38 | 134 | S42 | 6+230右 | 38.66 | 330 |
| S14 | 2+374.1右 | 28.66 | 187 | S43 | 6+290右 | 37 | 306 |
| S15 | 2+820左 | 27 | 180 | S44 | 6+360左 | 39.71 | 346 |
| S16 | 2+981.2右 | 27.66 | 175 | S45 | 0-000 | 13.30 | * |
| S17 | 3+192.3右 | 28.57 | 186 | S46 | 0-037.7右 | 20.93 | 96 |
| S18 | 3+496.7右 | 23.78 | 127 | S47 | 0-062右 | 26.13 | |
| S19 | 3+863.6左 | 11.72 | * | S48 | 0-065左 | 23.83 | 127 |
| S20 | 3+968.6右 | 13 | * | S49 | 0-097.2左 | 22.33 | 111 |
| S21 | 4+117.3右 | 20.15 | 87 | S50 | 0-236左 | 24.66 | 137 |
| S22 | 4+129.4右 | 11.5 | * | S51 | 0-231左 | 16.2 | <86 |
| S23 | 4+141左 | 10.61 | * | S52 | 0-282.1左 | 20.87 | 95 |
| S24 | 4+180左 | 11.35 | * | S53 | 0-428.8左 | 22.4 | 111 |
| S25 | 4+286.3左 | <10 | * | S54 | 0-443.2左 | 23.15 | 120 |
| S26 | 4+394左 | 18.92 | <86 | S55 | 0-557.7右 | 24.26 | 132 |
| S27 | 4+501.8右 | 18.625 | <86 | S56 | 0-590.9左 | 30.31 | 209 |
| S28 | 4+687.2左 | 26.53 | 160 | S57 | 0-616.3左 | 31.93 | 233 |
| S29 | 4+809.2右 | 22.86 | 117 | | | | |

*：表示其平均反彈值太小，無法由關係圖上查出對應之反彈強度



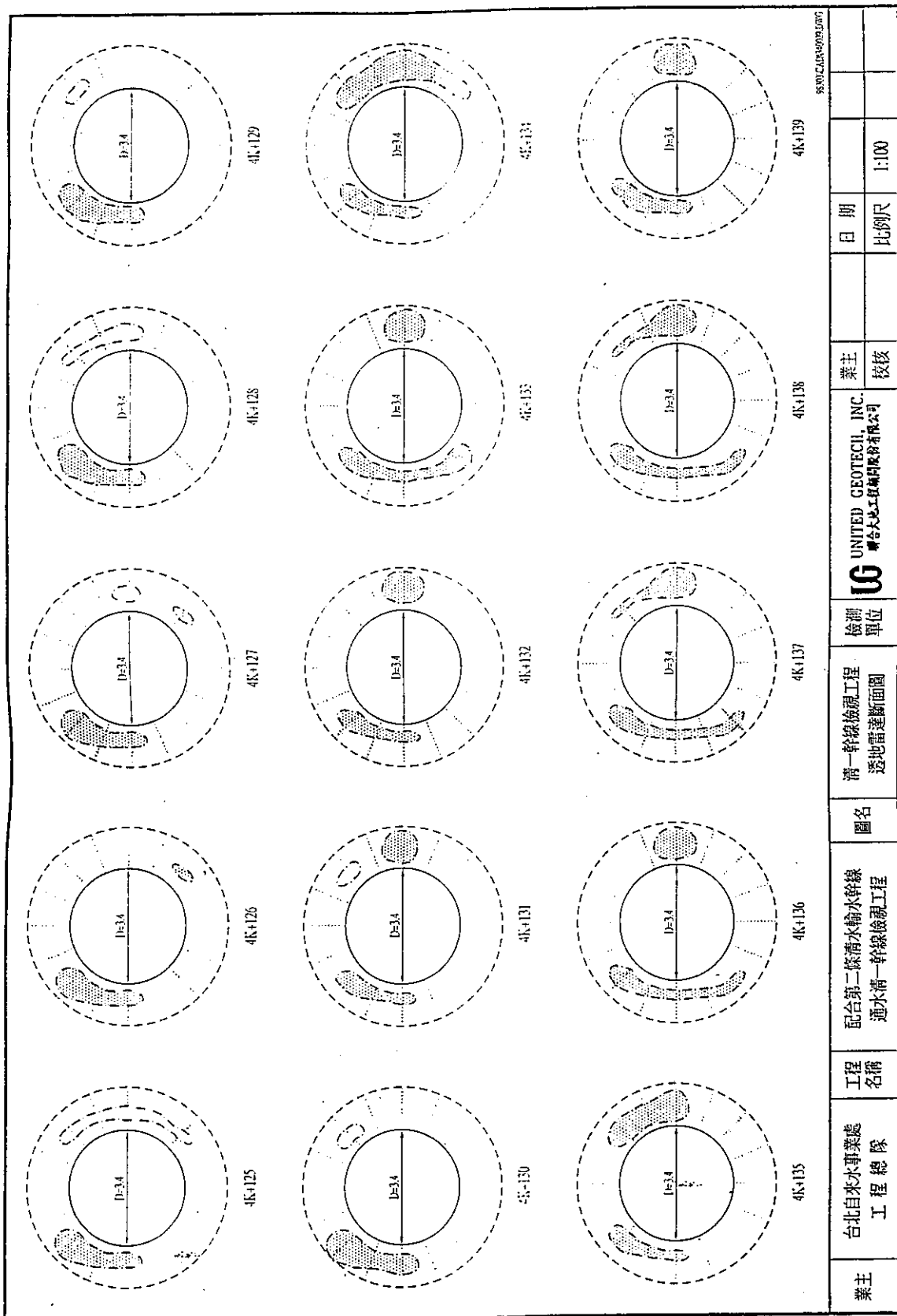
如圖 2.3.1) 4k+110~4k+240左側壁下方透地雷達檢測圖



| 圖例 | 說明 |
|----|------------------|
| — | 裂縫 |
| ▨ | 滲水 |
| □ | 白華 |
| — | 施工縫 |
| ○ | 空洞 |
| ⊞ | 蜂窩 |
| ⊞ | 剝落 |
| P | 相片 |
| S | 史密特鏡 |
| ○ | GPR探測 空洞、空隙 |
| ○ | GPR探測 孔隙、疏鬆區域 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------------------|------|---------------------------|----|-------------------|------|--|----|---------|----|---------|-----|-------|----|--------|
| 業主 | 台北自來水事業處 工程總隊 | 工程名稱 | 配合第二條清水輸水幹線 通水清一幹線檢視工程 | 圖名 | 清一幹線檢視工程 斷面展開圖 | 檢測單位 | UNITED GEOTECH, INC. 聯合大地工程顧問股份有限公司 | 業主 | UNITECH | 業主 | UNITECH | 日期 | | 孔徑 | φ 3400 |
| | | | | | | | | 校核 | | | | 比例尺 | 1:100 | | |

圖 2.3.2



| | | | | | | | | | | | |
|----|------------------|------|---------------------------|----|---------------------|------|--|----------|----|-----|-------|
| 業主 | 台北自來水事業處 工程總隊 | 工程名稱 | 配合第二條清水輸水幹線 通水溝一幹線檢視工程 | 圖名 | 溝一幹線檢視工程 透地雷達斷面圖 | 檢測單位 | UNITEC GEOTECH, INC. 聯合大地工程顧問股份有限公司 | 業主 校核 | 日期 | 比例尺 | 1:100 |
|----|------------------|------|---------------------------|----|---------------------|------|--|----------|----|-----|-------|

圖 2.3.3

分析試驗成績書

第 19050310-001 號

委託者：東邦化學株式會社

昭和 61 年 05 月 19 日

試料名稱：Hycel OH-1AN

日期：昭和 61 年 5 月 8 日 試驗分析結果如下記：

財團
法人 日本食品分析中心

品質證明書

分析試驗結果

| 分析試驗項目 | 結果 | 檢出界限 | 注 | 分析方法 |
|-----------|------|----------|---|---------------|
| 砷 sb | 檢査不出 | 0.1 ppm | | DDTC-Ag 吸光光度法 |
| 鉛 pb | 檢査不出 | 0.05 ppm | | 原子吸光光度法 |
| 鎘 cd | 檢査不出 | 0.01 ppm | | 原子吸光光度法 |
| 鉻 Cr | 檢査不出 | 0.5 ppm | | 原子吸光光度法 |
| 甲基水銀(汞) | 檢査不出 | 0.01 ppm | | 火燄式吸光光度法 |
| 乙基水銀(汞) | 檢査不出 | 0.01 ppm | | 火燄式吸光光度法 |
| 硝苯酸磷酸酯 | 檢査不出 | 0.05 ppm | | 火燄式吸光光度法 |
| 甲基硝苯酸磷酸酯 | 檢査不出 | 0.05 ppm | | 火燄式吸光光度法 |
| EPN | 檢査不出 | 0.05 ppm | | 火燄式吸光光度法 |
| 甲基乙基偶磷混合物 | 檢査不出 | 0.05 ppm | | 火燄式吸光光度法 |

表 4.2.1