

應用透地雷達技術於隧道工程探查之潛能研究

研究單位：聯合大地工程顧問股份有限公司、國立中央大學地球物理研究所
國立臺灣大學土木工程研究所

計畫主持人：蔡道賜

類別：隧道

編號：研究報告 109

出版年月：1999年1月

GPN 9124880039

◎摘要

臺灣地區太平洋板塊與歐亞大陸板塊交界，地質構造發達，多斷層、軟弱岩層、節理與剪裂帶等地質弱帶，以及豐富之地下水。這些地質弱帶及地下水常造成隧道施工之障礙，且常導致隧道施工之災變如崩塌、抽心與擠壓等現象，進而延遲完工與通車時間並增加可觀之工程費用。因此本計畫提出一套隧道內透地雷達法，探查隧道開挖面前方地質弱帶及地下水分佈，探討其可行性。此外，尚探討透地雷達應用於襯砌之完整性及其背後岩盤狀況調查之可行性，並建立透地雷達在這些探查上之施測導則，使透地雷達在臺灣工程界之應用有一依循的標準。

本研究透過在不同隧道實地施測結果，證實透地雷達在鋼筋及襯砌完整性的調查上，有相當不錯的成果，確可反應出探測目標之位置及分佈狀況。另外，在透地雷達往前探查部分，根據臺灣北部某隧道之探測結果與實際開挖資料之比對結果顯示，透地雷達往前探查法對隧道內前方約三十公尺內之地下水，具有相當之解析能力，值得進一步研究推廣。另外，本研究透過模型及已知結構之結構體透地雷達實驗，以確認透地雷達在混凝土襯砌檢測之檢測能力。

◎結論與建議

透地雷達對鋼筋、襯砌之調查

1. 鋼筋、襯砌等結構物與周圍材料及空氣、水等之電性差異較大，因此，透地雷達對襯砌、鋼筋及其背後地質狀況等項目之調查，應為相當有效之工具，而研究結果亦證實其使用之價值。
2. 透地雷達可用於鋼筋位置、襯砌厚度、襯砌完整性及背後岩盤狀況及背填效果等之調查，成效卓著，而對於結構複雜之區域如鋼絲網、預鑄環片之區域亦有相當不錯的應用成果。
3. 在厚度一公尺之襯砌調查，900MHz 高頻天線罩之施測結果比 400MHz 天線罩來得優異，但對較深的距離，則高頻天線的能量會稍嫌不足，可見掃瞄頻率對探測品質有相當大的影響，在進行探測時，需對調查目的及範圍有明確的瞭解，以選擇適當之施測頻率。

4. 由於鋼筋及襯砌調查之範圍多在 1 公尺以內，探測目標較小，施測時均需採用較高頻的波源，為避免過多的雜訊干擾，降低了解能力，在掃描時，最好儘量貼近襯砌表面，可降低雜訊之干擾，獲得之訊號品質會較佳。

透地雷達往前探查在隧道中之應用

1. 透地雷達隧道內往前探查法，在隧道工程之應用上為新開發的探測技術，結合了反射及電磁波的原理及特性，對隧道前方之地質及地下水狀況，提供多方面的資訊，以便執行單位在開挖過程中，能更為確實的掌握隧道開挖面前方的地質狀態。由本研究計畫中透過地雷達往前探查資料與開挖資料比對結果來看，透地雷達之探測方法確能反應出隧道開挖面前方部分的資訊，初步認為此一探查法在往前探查方面尚屬可行，尤其對水的反應相當敏感，在地下水分佈調查似乎相當有發展的空間。
2. 由於施測案例較少，透地雷達往前探查法目前尚未明確的瞭解其可行之探測能力及限制，現階段的探測結果主要可反應出地質弱帶與地下水的綜合效應，對於探測能力及應用範圍之確立，如分辨不同的地質狀態與地下水層，並提升其準確度，以及是否有估算水量的能力，則有待後續的研究及探討。
3. 透地雷達往前探查法之調查目地，在瞭解開挖面前方的地質狀況及地下水的分佈情形，建議安排於隧道施工流程中出渣程序之後，以避免支撐構件對探測結果之影響，且仍有完整的空間進行施測。而透地雷達對隧道襯砌之完整性及其背後狀況之檢測，則於襯砌完成後，視其需求而定。

透地雷達在其它方面之應用

1. 透地雷達法用在淺地層調查亦為可行，如本研究中北部某隧道洞口邊坡之探查，因此，建議未來可將透地雷達方法應用於施工中的邊坡及洞口段之探查。
2. 由實體模型實驗結果發現，透地雷達對鋼筋及裂縫之探測有相當的探測能力，以 900MHz 頻率之天線施測即可獲得不錯的成果，對鋼筋位置、間距及裂縫位置均有相當的解析能力，但受測線與探測環境中導電物體的相關位置影響極大，因此在進行此類調查時，應審慎評估透地雷達探測法對探測目標及探測環境之可行性，設計最佳之調查方式，以避免對探測結果之誤判。