

頭城地區四稜砂岩之水文地質特性及地下水流模擬

Hydrogeologic Characterization and Ground Water Modeling of the Sezleng Sandstone in Toucheng area

計畫編號：NSC 89-2116-M-002-012

執行期限：88 年 08 月 01 日至 89 年 07 月 31 日

主持人：賈儀平 台灣大學地質學系

計畫參與人員：江藝萱、吳雪蘋、朱家毅、解富明、詹淳傑

一、中文摘要

穿越山區岩層的隧道施工往往會遭遇湧水及地下水枯竭的問題。興建中的坪林隧道頭城段即在四稜砂岩中屢遭湧水困擾；因此亟需對該區之水文地質及地下水系統有所瞭解。本計畫研究結果顯示四稜砂岩具中低度的儲水能力，但岩層破裂面則具有良好的導水能力，所以開挖至破碎帶時，初期的湧水量可能很大，由於四稜砂岩中破碎帶的連通性頗佳，可匯集廣大地區之地下水，且隧道低於地下水面約兩百至五百公尺，湧水維持甚久。

本區調查研究結果所建立之水文地質架構，以數值模擬方法分別探討隧道施工前後的變化情況。施工前自然地下水流模擬結果可初步提供研究地區的水流方向及隧道沿線之水壓分佈情況；而開挖後的模擬結果顯示，隧道沿線附近地區地下水流有向導坑集中的現象，且開挖面附近的地下水位變化較大，並可應用於初步評估施工對附近地區水資源的影響。

本研究嘗試研發利用流速儀量測井孔中垂直方向上地層之透水性，在實驗室完成校正後，並於兩口觀測井進行現地試驗。配合定量抽水，流速儀可量測每公尺範圍之流量變化，再藉由單井水位回升試驗量測之導水係數，可分別估算不同深度地層之水力傳導係數，預期此項技術將有助於隧道湧水潛勢之調查。

關鍵字：四稜砂岩、地下水、水文地質、流速儀

Abstract

The construction of Pinglin tunnel has often encountered large quantities of ground water. Dewatering in the tunnel could reduce the ground water level in the Sezleng Sandstone and spring flow in the nearby area. Hence, it is essential to understand hydrogeologic conditions and ground water flow in the area. The study results provided a preliminary hydrogeologic framework. Modeling of natural ground water flow and ground water seepage around the tunnel would provide hydrogeologic information for evaluating ground water flow and water pressure before the tunnel construction and the impact of construction on local water use. Moreover, the research adopted a heat pulse flowmeter and an impeller flowmeter to conduct continuous measurement of the variation of flow rate in two boreholes. Combining the measured flow rates and the overall hydraulic conductivity calculated from the recovery test, the detailed distribution of formation hydraulic conductivity in the vertical direction can be delineated. It is anticipated that further research would enhance the resolution of investigating the potential ground water seepage problems due to tunnel construction in the future.

Key Words: Sezleng Sandstone、Ground Water、Hydrogeology、Flowmeter

二、計畫緣由與目的

台灣的高速公路逐漸往山區發展，目前興建中的北宜高速公路穿越崎嶇的雪山山脈北段，其中坪林隧道長達 12.9 公里，然而該隧道頭城段之導坑、主坑及豎井於施工期間在四稜砂岩之破碎帶中屢遭崩塌及大量地下水湧入之困擾，以致進度嚴重落後。目前雖已改進施工期間之地質鑽探工作，但仍未能瞭解該地之地下水源、水流及湧水機制等基本資訊，亦難以預知可能湧水之地點及狀況。同時由於近年環保意識逐漸提升，頭城及礁溪地區之居民對坪林隧道施工湧水對當地地下水資源及地熱資源可能導致之影響日益關注。鑒於台灣地區固結岩層水文地質研究具高度之前瞻性，但往往受限於稀少的資料，所以本計畫選擇新建之北宜高速公路上鑽探資料較多的頭城段及其附近地區之四稜砂岩進行水文地質研究，以瞭解岩層之分佈狀況、岩性、滲透性及地下水之流動行為，以提供政府相關單位未來在山區興建高速公路時進行水文地質工作之基本參考。

三、結果與討論

1. 本年度計畫工作以嘗試瞭解地層中含水層透水性分佈狀況，除了進行水位回升試驗外，另以井下流速儀配合抽水以連續試測不同深度的地下水流速，以計算水力傳導係數在垂直方向之分佈狀況。
2. 為獲得精確的水文地質資料，本計畫在實驗室進行流速儀之量測與校正，以建立流速與量測值之間的關係，並分別於台大農場與汐止之水位觀測井進行試驗，以井下流速儀配合定量抽水試測不同深度地下水流速，來分析流量隨深度的變化，目前此項方法已可測量出每公尺間距的流量。
3. 本研究利用熱脈衝流速儀及旋轉式流速儀在井孔中進行連續量測井孔內流速變化，進而配合抽水試驗以

計算井孔內垂直方向地層之水力傳導係數之分布，分別於實驗室、土壤及岩石環境下完成試測，並嘗試逐步改進量測精度。預期流速儀量測之持續研究發展及其應用將可提升大地工程及地下水資源相關工作在分層透水性調查方面的技術。

4. 自然地下水流模擬結果可用以初步評估隧道施工時可能遭遇之水壓及其分佈狀況；施工期間地下水流模擬，則可概念性地評估施工對附近地區水資源可能之影響，以作為設置地下水監測井之依據。
5. 頭城地區的四稜砂岩可視為一個含水層，四稜砂岩主要是由石英岩、砂岩、粉砂岩組成，但亦間夾多層碳質頁岩或硬頁岩。岩心記錄指出本區斷層帶發達，部份岩層極為破碎。試驗結果指出岩石之孔隙率頗低，水力傳導係數也不高。但是多次隧道湧水顯示本區之破裂帶之透水性良好，砂、頁岩之介面亦可能成為地下水流之通道。
6. 頭城地區四稜砂岩層中之粉砂岩和細粒砂岩有較高的儲水性，而導坑湧水現象也凸顯出四稜砂岩中的破碎帶具極高之導水性，且各破碎帶的連通性較乾溝層中局部破碎帶好，可匯集附近地層之地下水，以致在四稜砂岩段中之湧水常可持續相當長之時間。
7. 在靠近導坑 TBM 第九次受困湧水地點之 PH-25 水位監測資料，雖顯示最低地下水位與導坑第九次受困期間湧水有相當程度的關連，但其水位往往隨降雨而迅速回升，只是其水位回升有時高達 10m 以上，是否受其他因素控制，尚無法知道。因此本區隧道或豎井施工對附近水資源之影響不容視，必須儘早進行詳細且正確的地下水位監測，以瞭解造成其變化的相關因素。

8. 目前所建立的概念性地下水流模型及完成之地下水流模擬結果，是在水文地質資料不足情況下所能提供的初步資訊，確切的水文地質架構及地下水流仍有待進一步的調查。
9. 由於坪林隧道導坑工程屢遭湧水困擾，並可能影響附近的水資源，因此政府須在隧道規劃及設計階段時對附近區域之地下水系統進行深入的調查並長期監測，以掌握該地之水文地質特性，進而考量合適的施工技術。
10. 本計畫的地下流模式分別以隧道未開挖前及隧道開挖至四稜砂岩後之情況進行模擬，得到的初步結果尚須進一步的校正，但因缺乏可信的地下水位資料加以驗證，以致模擬結果僅能代表隧道開挖前水位大致分佈情況及隧道開挖後對周圍地下水位的影響趨勢。進一步更詳細之模擬，必須建立在更清楚的水文地質架構上，並蒐集更多正確的資料，才能得到較接近真實之模擬結果，因此未來相關單位在水文地質調查及監測方面，仍有待加強。

四、計畫成果自評

本研究計畫進行尚稱順利，本年度已完成各項配合之井測及記錄校正、分析。特別是在山區利用流速儀在井孔中連續量測地層透水性之研發工作已有所突破，將來或可用以提升地下水流之調查技術。至於區域地下水流之模擬及頭城附近地區四稜砂岩之水文地質研究可提昇學術界對各種固結岩層中地下水之生成、流動狀況及滲透性方面的瞭解，並提供建立地下水在雙孔隙（原生孔隙及破裂孔隙）岩層中流動理論之基本依據。

在經建及應用方面，研究成果可進一步瞭解坪林隧道湧水之過程、機制及其與水文地質之相關性，並提供現地

調查地層湧水潛勢或透水性的技術。此外亦有助於改進水文監測系統之方法及改善施工對附近地區水資源枯竭影響之資訊。長期而言，本研究將提昇學術界及工程界對山區水文地質條件及地下水流系統之瞭解，並有助於謀求解決未來在山區新建隧道工程所導致之湧水及水資源問題。

參與本計畫之研究人員可在研究過程中學習野外水文地質之研究方法、井測操作技術及井測記錄分析、地下水位監測之技術與地下水流模擬分析方法。

五、參考文獻

- Collar, R. J. and Mock, P. A. (1997) Using water-supply wells to investigate vertical ground-water quality, *Ground Water*, 35(5), p. 743-750.
- Domenico, P. A. and Schwartz, F. W. (1998) *Hydraulic testing : models, methods, and applications*, Physical and Chemical Hydrogeology, John Wiley & Sons, Inc, p. 103-135.
- Fetter, C. W. (1994) *Applied hydrogeology*, Oshkosh, 691 p.
- Hanson, R. T. and Nishikawa T. (1996) Combined use of flowmeter and time-drawdown data to estimate hydraulic conductivities in layered aquifer system, *Ground Water*, 34(1), p. 84-94.
- Kabala Z. J. (1994) Measuring distributions of hydraulic conductivity and specific storativity by the double flowmeter test. *Water Resource Research*, 30, p.685-690.
- Melville, J. G., Molz, F. J., Guven, O., Widdowsowsons, M. A. (1991) Multilevel slug tests with comparisons to tracer data, *Ground Water*, 29(6), p. 897-907.
- Robertson Geologging Ltd. (1997) *User's guide for heat pulse flowmeter sonde*, United Kingdom, 36 p.
- 台灣省政府建設廳 (1989) 台北縣南港、汐止調查區：全省都會區環境地

質資料庫之建立，七十八年度調查報告，第43-58頁。

台灣糖業公司 (1995) 台灣大學農業工程學系教學用井建井報告，共13頁。

朱家毅 (2000) 應用流速儀野外試測地層透水性垂直分布之探討：國立台灣大學地質學研究所碩士論文，共61頁。

何春蓀 (1983) 台灣基隆沿海區至桃園大溪間沒田地質及構造：經濟部中央地質調查所彙刊，第2號，第17-70頁。

林輝山 (1998) 未固結沈積物中井測記錄之孔徑校正及岩性分析：國立台灣大學地質學研究所碩士論文，共82頁。

陳鈞嗣 (2000) 熱脈衝流速儀量測驗證與地層透水性試測：國立台灣大學地質學研究所碩士論文，共66頁。

劉文煜 (1998) 濁水溪沖積扇下游地下水補注機制之研究：國立台灣大學地質學研究所碩士論文，共73頁。