

雪山隧道工程與地質處理相關之污水處理技術研究

研究單位：國立臺灣科技大學營建系

計畫主持人：呂守陞

類別：隧道

編號：研究報告 144

ISBN 9860027838

出版年月：2005年11月

GPN 1009403500

◎摘要

臺灣本島因丘陵地佔了三分之一，故隧道為不可或缺的交通建設，隧道工程也漸漸成為國家重大工程建設的關鍵項目之一。但因臺灣地層含水豐富，使得隧道在開挖過程當中，會破壞岩層與水壓力的平衡狀態，產生或多或少的湧水。這些地層水，再經過隧道各種施工作業的污染，使原水變濁，成為高懸浮固體及高鹼度之廢水，此廢水若未經妥善處理，而排放至附近河川，易影響鄰近生態環境。而廢水未經妥善處理的原因為，對廢水來源之探討不足、隧道廢水處理廠維護保養不足及緊急應變措施無法落實。

有鑑於此，本研究以雪山隧道為例，透過廢水實驗分析及資料蒐集，來探討廢水水量與水質來源，並擬定處理策略，再利用失效模式與效應分析及資料探勘技術，得廢水廠關鍵設備與水量、水質推估經驗模式，最後作一整合運用，達到廢水廠設備的預知維護，而推估模式另可預測大量湧水及懸浮固體值，用以落實緊急應變狀況，及操作加藥參考，最終目標為期望隧道施工所產生的廢水，皆能經由妥善處理後，再行排放，以避免造成環境衝擊。

◎結論與建議

經過為期一年之研究，探討目前國內隧道工程的廢水性質、維護、與緊急處置等相關事宜，並獲得具體之成果。在此僅將對本研究一年來的成果，歸納為以下之結論。然國內隧道廢水相關研究仍屬少量，此議題仍有許多問題有待克服及改善，以下僅陳列與說明，以作為未來具體執行之參考。

1. 結論部分

- (1) 水質檢驗分析方面，可發現隧道中的地下滲漏水之原水水質多屬非常乾淨，各項測定均符合放流水的標準。隧道放流水未能滿足環保署營造業放流水標準，多因施工作業之影響。現階段隧道工程所造成的廢水水質偏鹼，其主要汙染物為懸浮固體。大量的懸浮固體造成高濁度的廢水，其他如化學需氧量、氨氮、正磷酸鹽等，在經處理前就已達到放流水標準了。經由廢水處理廠所處理完的放流水，多已符合放流水標準
- (2) 從雪山隧道實地採樣廢水的瓶杯實驗結果可發現，現階段隧道工程雖含有大

量懸浮固體，但實務上是非常容易處理的，結果顯示利用多元氯化鋁(PAC)當混凝劑時，不需太多的加藥量處理，且加藥範圍廣，不易加藥過量。另外，在粒徑測量分析實驗中，亦可證明加入 PAC 後對於粒子的凝聚有相當的幫助。

- (3) 在模擬灌漿廢水的特性實驗中，以皂土作為灌漿材料時所造成的廢水，可以利用簡易沉降及混凝膠凝程序有效去除水中懸浮物，且無產生抑制混凝程序之作用。而以矽酸鹽樹酯作為灌漿材時，因其本身不會溶於水中，且持續有凝結的反應產生，並不會在水中造成對混凝反應的抑制作用。
- (4) 在模擬灌漿廢水的特性實驗中，我們針對 L.W.(水玻璃)灌漿處理方式的七種配方作分析，其結果顯示，僅有配方(一)與(二)之模擬廢水具有穩定的膠體懸浮系統，其外觀亦呈乳白色狀。此外，在酸鹼滴定結果中顯示，水玻璃配方(一)與(二)之模擬廢水之達到中和，所需之酸量為最大，其酸鹼控制困難，廢水含安定、不易去除之乳白色霧狀物質。其另一特色是矽酸鹽濃度特別高；而鹼度分析則與滴定結果相吻合。
- (5) 從水玻璃配方(一)的粒徑分析中發現，量測廢水中懸浮微粒的粒徑以體積為基準時，顯示廢水中主要有三群不同粒徑之微粒組成，分別是約 100 μm 、40 μm 與 0.5 μm 等，而以數目為基準的粒徑分析時則發現，其實多屬於 0.5 μm 左右的極細微粒子，其沉降性很低，安定性很高。
- (6) 在模擬灌漿廢水的瓶杯試驗的初步結果中，我們發現多元氯化鋁(PAC)對微粒的去除能力是十分有限的。其次，界面電位亦不隨 PAC 劑量變動，同樣亦見於矽酸離子濃度。從粒徑來看，PAC 的確可以在快混階段大幅度增加粒徑；然而，慢混階段的粒徑則顯示未經加 PAC 的懸浮液中，已有成長的效果；相較於較低劑量(4 與 8 mg/L)，粒徑無論體積或數目基準，均有些許的成長。某些程度的濁度去除，可能來自酸鹼值調整，並非化學混凝反應所致。
- (7) 經由失效模式與效應分析結果，廢水處理系統中的關鍵設備包含加藥設備、脫水系統、污泥泵、酸鹼感應電極、控制箱或控制盤之繼電器等，這些失效頻率高或影響度高的設備，應為設備維護時需特別加強檢視及保養的項目。
- (8) 由故障樹圖可看出造成最終事件：放流水不符合營造業放流標準的原因，分成三類：A.設備故障：為基本故障事件。B.施工方式與大量湧水：為房型事件，時常發生的事件，不屬於故障事件，但有可能觸發故障事件。C.人員操作：為未展開事件，可展開但因資訊不足需擱置的事件。
- (9) 經由敏感度分析的結果，得影響洞口出水量最重要的因子為，不連續面種類、洞口至開挖面斷層累積組數、洞口至開挖面其他不連續面累積組數、不同範圍 RMR 值的累積開挖深度；次之為開挖面覆土深度。而影響懸浮固體(水質)的因子為前一日洞口出水量、防水作業施作與否、出渣數量、RMR 為 1~20 的累積開挖深度、炸藥用量及管線廊道及排水溝混凝土澆置數量。經盒形圖的分析，證明這些參數對洞口出水量及懸浮固體值濃度皆有一定的影響存在。故在施工時，應做好這些因子之監測，以期更準確掌握水量與水質之變動。更且，適切地降低這些因子之影響，可達預防管理與源頭管理之

目標。

- (10) 本研究以資料探勘技術，研擬出水量與水質推估經驗模式建構流程。經由隧道施工時所收集之地質與施工資料，可即時預測洞口出水量與懸浮固體，此訊息將可做為廢水廠維護、操作管理、與緊急處置的參考。
- (11) 隧道因地質的不確定因素，常可能有水量突增，超過廢水廠負荷的緊急狀況，但一般都是突發的，難以預防。本研究透過水量推估模式的建構，輔以物理探查方法調查湧水地段，期望能預先得知可能的廢水水量，判斷是否超出廢水廠處理負荷，若為是則可事先安排緊急應變措施，如增加儲水槽等緊急處置，以避免大量湧水且未經處理就加以排放，影響當地河川生態。

2. 建議部分

- (1) 綜合結論 1~5 點，後續的研究應著重聚電解質膠凝劑的效能，當然，施工時亦可考慮暫時停用水玻璃配方(一)與(二)，如表 4.1.1，或者研究抑制矽酸離子之濃度或影響的加藥系統，例如添加鎂鹽或鈣鹽先行去除溶解性矽酸離子等。
- (2) 雪山隧道工程廢水具有以下的困難或不足：廢水水量變異性大、廢水水質受不同施工方法影響大、工地腹地小，造成設計或操作彈性小、操作人員素質不佳、整體維護檢查制度有待加強。針對以上之不足或困難，我們初步提出以下之因應對策：提高現有化學混凝沉澱程序之效能，至少包括：施工現場的水質監控、施工現場與廢水處理廠良好的溝通、設立廢水處理專責人員、定期檢測設備元件、設置自動加藥系統等；另外亦可研發新型廢水處理程序提高處理效能。
- (3) 本研究所建置之推估模式，其所採用的資料係以目前施工中的雪山隧道為對象。但不同隧道所處的地質與施工狀況與方法，其水量與水質亦有所差異。然本研究所研擬之建置流程與建議參數，皆可提供其他隧道廢水之水量與水質推估之參考。
- (4) 本研究所建置之推估模式所採用的資料，需包括洞口出水量、廢水廠操作加藥、地質與施工等完整紀錄。因此，建議日後隧道工程，應詳細紀錄並保存水量、水質、地質及施工等資訊，以供未來的分析及使用。
- (5) 本研究因受限於各項設備維護保養記錄及失效時間資料欠缺或不完整，而致無法具體進行量化評估分析。建議加強廢水廠內記錄管理的工作，除了水質水量的檢測記錄之外，亦應包括機器設備基本資料、操作記錄及維修記錄。良好的記錄管理制度，將有利於尋求水質水量與設備壽命間的統計關係，並進一步改善維護保養機制，達到知識管理之目標。

