

# 地下水活動對隧道溫升現象之影響分析

研究單位：財團法人成大研究發展基金會

計畫主持人：唐啟釗

類別：機電

編號：研究報告 075

出版年月：1996年6月

GPN 9124850146

## ◎摘要

本計劃考慮北宜高速公路坪林及彭山隧道內溫升現象受地下水活動影響之敏感度分析。計劃工作之程序首先應用收集到的坪林至頭城間地形與地層地質資料，及附近水文水理條件，建立數值計算模式以推算該區域地下水流動情形，再根據隧道內設計通風量，計算隧道內溫度場及其邊壁岩溫變化範圍，以研究地下水對隧道內溫升之影響。

坪林及彭山隧道內產生熱源最主要由於用路人車輛行駛所排放之熱量。當其經由隧道內通風氣流排放主要熱量後，其餘殘餘熱量則經熱傳過程，由隧道邊壁吸收，而使邊壁之溫度逐漸隨營運時間之增長而升高，因而降低邊壁吸收殘餘熱量之能力。在固定隧道通風量及正常交通流量運轉下，此將構成溫升現象最終且重要之決定因子。岩壁附近地下水之活動則有助於隧道岩壁熱傳遞並有降低邊壁溫度之功能，從而使隧道之溫升現象得以抑制而減少因溫升形成之困擾。所以地下水傳熱能力將為最終決定隧道內溫升年限之重要考量。

坪林地區地下水位高且僅隨季節微量變化，故隧道大抵處深層地下水域範圍。為了解表層地下水活動對隧道區域之滲水影響，本計劃根據溪地邊界及水文條件作大區域（遠域）地下水計算。其後並以隧道近域地下水熱流場併合隧道內部氣流熱傳場作細部計算。由於現場地質、水文觀測等各種水理與熱傳資料之不足，及流動及熱傳參數之變異性，致分析結果具不確定之特性。然本文就分析過程，藉由參數變化及計算格網之數值實驗，歸納主要參數敏感度分析之大致影響範圍，仍能適當提供評估隧道內溫升現象之有用參考。

根據分析結果，隧道內部有些區域的確會形成溫升現象。因此基於解決溫升問題之重要對策必須取決於對溫升情形之準確預測下，建議地下水及熱傳參數調查有其必要性。

## ◎結論與建議

本期末報告討論北宜高速公路坪林與彭山隧道附近地下水對隧道內溫升之影響效應。由所獲得之結果，可得下列幾點結論：

1. 本案建立分析遠近地下水及隧道熱傳分析模式，並提供簡易數值驗證結果，經檢

驗所得之結果尚為合理。

2. 近隧道邊壁格網厚雖對水頭影響不敏感，但對近邊壁熱傳有重要影響。岩層滲流係數與熱傳傳導係數對隧道溫升有影響。由地下水 3 種滲流係數  $k=0.001, 0.01, 0.1\text{m/day}$  計算溫度差異約  $2-3^{\circ}\text{C}$ ，且將隨  $k$  值增加而繼續降低。隧道附近之地下水的確可改善部分隧道內部溫升之情況。
3. 根據目前通風情況，車流量、重車比與車輛發熱量等條件計算，發覺短時尖峰時段溫升的現象的確可能造成困擾。車輛排熱源為隧道溫升主要來源，尤其重車排熱量對溫升有甚大影響。根據目前交通流量分佈，假日夏季上坡段之影響尤其嚴重。
4. 每日溫度最高與最低溫差最大可達  $30^{\circ}\text{C}$  成起伏狀態，估算隧道溫升必須考慮至小時車流量，並兼顧假日與平常日之變化才有意義。溫升短期效應逐小時變化，季節氣溫影響明顯；長期逐年變化對氣溫較無影響但略影響壁溫（至 2012 年幾只升高  $0.5^{\circ}\text{C}$ ）。
5. 2012 年坪林隧道最高溫可達  $65^{\circ}\text{C}$ （只維持半日超過  $44^{\circ}\text{C}$  至夜晚即回復到  $32^{\circ}\text{C}$ ），坪林隧道先經西行再東行之通風迴路，東行段壁溫可低於氣流至約  $13^{\circ}\text{C}$  之多，致氣溫於東行段不升反降，降溫度約可達  $6^{\circ}\text{C}$  左右。

由上述之結論因此建議：

1. 隧道通風系統與交通時段管制對尖峰溫升將有很大功效，降溫設施亦有必要設置，更精確之溫升評估將可了解設計需求量。
2. 施工階段，若能精確分段量測地下水滲流量，則可直接量得較準確之  $k$  參數值，以供檢核結果。
3. 地下水流對降溫效應之評估有其重要性，建議對滲流係數  $k$  再作細部現場調查。
4. 現場調查用之滲流井，亦可用於完工後監控地水流滲流或岩溫監視站。
5. 因本案時間有限，參數敏感度分析尚不夠全面，但可依本案分析方法再繼續評估，發展後續工作。

至於隧道降溫考量方面則建議：

1. 噴流風扇之最佳運轉，配合封閉式熱交換器，當可有效減少溫升。
2. 通風迴路首段包含西行路段者，可於中繼站作適當冷卻。  
若欲實施噴霧降溫，應注意濕度控制，反向迴路之降溫效果較差。
3. 各種附屬設施之流形化，有助於改善通風效率。
4. 訂定交通管制政策，調節車流量，以抑制熱源集中現象。
5. 統合規劃之降溫策略，方能達到經濟有效之降溫目標。

綜言之，本文建議一套完整計算遠近地下水域及隧道熱傳分析之程式，文中亦就使用格網尺寸討論了其對計算結果之影響，而大略提供了計算模式可靠性之簡易驗證。然而本報告因工作時間之限制，各熱流參數變異性對結果之敏感度影響分析工作尚不夠全面，但至少建立了分析與評估之方法與方向，足供後續工作之發展參考。