交通部公路總局蘇花公路改善工程處

臺 9 線蘇花公路山區路段改善計畫

水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作

107 年年度分析評估報告

財團法人中興工程顧問社

中華民國 108 年 4 月

目錄

第一章 前言 1
1.1 計畫緣起 1
1.2 計畫工作內容 2
1.3 工作概況及報告內容 4
第二章 基本資料蒐集分析 7
2.1 地質資料 7
2.1.1 既有地質探查與文獻資料 7
2.1.2 施工中隧道開挖地質紀錄 8
2.2 氣象資料 27
2.3 水文資料 41
第三章 施工期間水文地質調查 44
3.1 隧道內出水量觀測 44
3.1.1 隧道開挖工作面出水量觀測資料蒐集 44
3.1.2 隧道洞口排水量觀測資料蒐集 45
3.1.3 隧道開挖工作面及洞口出水量觀測資料分析 45
3.2 雨量觀測 59
3.2.1 自記式雨量站設施現況 59
3.2.2 自記式雨量站觀測結果 59
3.3 既有鐵路隧道排水量觀測 63
3.3.1 鐵路隧道洞口排水設施現況 63
3.3.2 鐵路隧道排水量觀測結果 63
3.4 河川流量觀測 69
3.4.1 自記式河川流量站設施現況 69
3.4.2 河川流量觀測結果 69
3.5 地下水位觀測 75
3.5.1 隧道洞口地下水位觀測資料蒐集 75
3.5.2 既有地下水位觀測井水位量測 77
3.5.3 自記式地下水位觀測井觀測結果 79
3.5.4 地下水位觀測資料分析 84

第四章 隧道鄰近區域三維水文地質模式分析.....98
4.1 隧道鄰近區域三維水文地質概念模式建立.....98
4.1.1 計畫區地層與地質構造水文地質特性.....99
4.1.2 三維水文地質概念模式建置原則.....104
4.1.3 水文地質模式分析原則.....113
4.2 東澳隧道三維水文地質模式檢討修正與分析評估.....119
4.2.1 東澳隧道水文地質概念模型檢討修正.....119
4.2.2 東澳隧道水文地質分析模式率定分析與驗證.....131
4.2.3 東澳隧道鄰近區域水資源環境影響評估.....134
4.2.4 東澳隧道設計階段出水量推估與實際開挖出水結果比較探討.....140
4.2.5 東澳隧道水文地質模式分析小結.....143
4.3 觀音隧道三維水文地質模式檢討修正與分析評估.....145
4.3.1 觀音隧道水文地質概念模型檢討修正.....145
4.3.2 觀音隧道水文地質分析模式率定分析與驗證.....150
4.3.3 觀音隧道鄰近區域水資源環境影響評估.....153
4.3.4 觀音隧道水文地質模式分析小結.....156
4.4 谷風隧道三維水文地質模式檢討修正與分析評估.....157
4.4.1 谷風隧道水文地質概念模型檢討修正.....157
4.4.2 谷風隧道水文地質分析模式率定分析與驗證.....161
4.4.3 谷風隧道鄰近區域水資源環境影響評估.....165
4.4.4 谷風隧道水文地質模式分析小結.....168
4.5 中仁隧道三維水文地質模式檢討修正與分析評估.....170
4.5.1 中仁隧道水文地質概念模型檢討修正.....170
4.5.2 中仁隧道水文地質分析模式率定分析與驗證.....180
4.5.3 中仁隧道鄰近區域水資源環境影響評估.....183
4.5.4 中仁隧道水文地質模式分析小結.....188
4.6 仁水隧道三維水文地質模式檢討修正與分析評估.....190
4.6.1 仁水隧道水文地質概念模型檢討修正.....190
4.6.2 仁水隧道水文地質分析模式率定分析與驗證.....199
4.6.3 仁水隧道鄰近區域水資源環境影響評估.....204
4.6.4 仁水隧道水文地質模式分析小結.....209

第五章 本期執行成果及後續工作重點 211
參考文獻 213
附錄 A 歷次審查意見暨處理情形彙整表.....217
附錄 B 隧道開挖面地質紀錄彙整(詳資料光碟)
附錄 C 隧道各開挖工作面量水堰觀測結果彙整表(詳資料光碟)
附錄 D 隧道各洞口量水堰觀測結果彙整表(詳資料光碟)
附錄 E 隧道洞口地下水位變化觀測結果彙整表(詳資料光碟)
附錄 F 本期隧道開挖岩體分類與支撐等級評定紀錄表(詳資料光碟)

圖目錄

圖 1.3-1 工作執行流程圖 6
圖 2.1-1 仁水隧道北洞口里程 3K+215.0 開挖面地質紀錄 11
圖 2.1-2 中仁隧道南口南下線里程 2K+378.5 開挖面照片 13
圖 2.1-3 仁水隧道北洞口里程 3K+247.0 開挖面照片 13
圖 2.1-4 東澳隧道北上線開挖面資料彙整圖 14
圖 2.1-5 東澳隧道南下線開挖面資料彙整圖 16
圖 2.1-6 觀音隧道北上線開挖面資料彙整圖 18
圖 2.1-7 觀音隧道南下線開挖面資料彙整圖 20
圖 2.1-8 谷風隧道北上線開挖面資料彙整圖 22
圖 2.1-9 谷風隧道南下線開挖面資料彙整圖 23
圖 2.1-10 中仁隧道北上線開挖面資料彙整圖 24
圖 2.1-11 中仁隧道南下線開挖面資料彙整圖 25
圖 2.1-12 仁水隧道開挖面資料彙整圖 26
圖 2.2-1 本計畫區河川水系與既有雨量站位置圖 29
圖 2.2-2 氣象局蘇澳雨量站月雨量柱狀圖 33
圖 2.2-3 氣象局東澳嶺雨量站月雨量柱狀圖 33
圖 2.2-4 氣象局東澳雨量站月雨量柱狀圖 34
圖 2.2-5 氣象局烏石鼻雨量站月雨量柱狀圖 34
圖 2.2-6 氣象局觀音海岸雨量站月雨量柱狀圖 35
圖 2.2-7 氣象局和中雨量站月雨量柱狀圖 35
圖 2.2-8 氣象局富世雨量站月雨量柱狀圖 36
圖 2.2-9 氣象局布洛灣雨量站月雨量柱狀圖 36
圖 2.2-10 水利署大濁水雨量站月雨量柱狀圖 37
圖 2.2-11 水利署武塔雨量站月雨量柱狀圖 37
圖 2.2-12 水利署樟林雨量站月雨量柱狀圖 38
圖 2.2-13 臺電思源雨量站月雨量柱狀圖 38
圖 2.2-14 臺電和平溪雨量站月雨量柱狀圖 39

圖 2.2-15 臺電太平山雨量站月雨量柱狀圖 39
圖 2.3-1 和平溪希能埔流量站各月平均日流量圖.....43
圖 3.1-1 東澳隧道北洞口出水量觀測結果圖 50
圖 3.1-2 東澳隧道南口洞口出水量觀測結果圖 50
圖 3.1-3 觀音隧道北口出水量觀測結果圖 51
圖 3.1-4 谷風隧道南洞口出水量觀測結果圖 51
圖 3.1-5 谷風隧道抽坍位置平面示意圖 53
圖 3.1-6 谷風隧道抽坍段處理情形.....53
圖 3.1-7 中仁隧道北洞口出水量觀測結果圖 54
圖 3.1-8 中仁隧道南洞口出水量觀測結果圖 55
圖 3.1-9 中仁隧道北洞口開挖面狀況.....56
圖 3.1-10 中仁隧道南洞口開挖面狀況.....56
圖 3.1-11 仁水隧道北洞口出水量觀測結果圖 57
圖 3.1-12 仁水主隧道北洞口開挖面狀況.....58
圖 3.1-13 仁水主隧道北洞口開挖面狀況.....58
圖 3.2-1 自記式雨量站安裝示意圖.....60
圖 3.2-2 自記式雨量站現況照片.....60
圖 3.2-3 永樂車站自記式雨量站之日雨量資料 61
圖 3.2-4 觀音北洞口自記式雨量站之日雨量資料.....62
圖 3.2-5 和中自記式雨量站之日雨量資料.....62
圖 3.3-1 既有鐵路隧道洞口排水渠道現況.....64
圖 3.3-2 計畫區內既有鐵路隧道洞口排水量觀測結果彙整圖 68
圖 3.4-1 河川流量站雷達波水位計/流速計安裝示意圖.....70
圖 3.4-2 河川流量站計讀&電源供應裝置安裝示意圖.....70
圖 3.4-3 本計畫自記式河川流量站設置情形 71
圖 3.4-4 圳頭溪流量站觀測結果圖.....72
圖 3.4-5 東澳北溪北支流之流量站觀測結果圖 72
圖 3.4-6 鼓音溪流量站觀測結果圖.....73

圖 3.4-7 大清水溪流量站觀測結果圖 73
圖 3.4-8 清水溪流量站觀測結果.....74
圖 3.5-1 觀音隧道北洞口地下水位觀測井位置示意圖.....75
圖 3.5-2 谷風隧道 10k+768 橫坑洞口地下水位觀測井位置示意圖 ..76
圖 3.5-3 谷風隧道南洞口地下水位觀測井位置示意圖.....76
圖 3.5-4 既有地下水位井現場量測作業情形 79
圖 3.5-5 本計畫區域地下水位觀測井位置示意圖.....81
圖 3.5-6 自記式水位井現況及現場資料下載讀取作業照片 82
圖 3.5-7 東澳隧道沿線 BT-05-01 水位井之地下水位觀測結果圖 86
圖 3.5-8 觀音隧道附近既有 PD-04 水位井之地下水位觀測結果圖 ..86
圖 3.5-9 中仁隧道北口附近既有 PB-06 水位井之地下水位觀測結果圖 87
圖 3.5-10 中仁隧道南口附近既有 PB-07 水位井之地下水位觀測結果圖 87
圖 3.5-11 東澳隧道北洞口水位井之地下水位歷時曲線圖 88
圖 3.5-12 東澳隧道南洞口水位井之地下水位歷時曲線圖 88
圖 3.5-13 觀音隧道北洞口水位井之地下水位歷時曲線圖 89
圖 3.5-14 觀音隧道南洞口水位井之地下水位歷時曲線圖 89
圖 3.5-15 谷風隧道 10K+768 橫坑洞口水位井地下水位歷時曲線圖 90
圖 3.5-16 谷風隧道南北洞口水位井地下水位歷時曲線圖 90
圖 3.5-17 中仁隧道南北洞口水位井地下水位歷時曲線圖 91
圖 3.5-18 仁水隧道北洞口水位井地下水位歷時曲線圖 91
圖 3.5-19 東澳隧道北段附近增設 BT-01 水位井之地下水位觀測結果圖 92
圖 3.5-20 東澳隧道北段附近增設 BT-02 水位井之地下水位觀測結果圖 92
圖 3.5-21 中仁隧道南段附近增設 BT-03 水位井之地下水位觀測結果圖 93
圖 3.5-22 仁水隧道北段附近增設 BT-04 水位井之地下水位觀測結果圖

.....93
圖 3.5-23 東澳隧道北段附近增設 BH-01 水位井之地下水位觀測結果圖 94
圖 3.5-24 東澳隧道南段附近增設 BH-02 水位井之地下水位觀測結果圖 94
圖 3.5-25 觀音隧道北段附近增設 BH-03 水位井之地下水位觀測結果圖 95
圖 3.5-26 谷風隧道北段附近增設 BH-05 水位井之地下水位觀測結果圖 95
圖 3.5-27 谷風隧道南段附近增設 BH-06 水位井之地下水位觀測結果圖 96
圖 3.5-28 中仁隧道北段附近增設 BH-07 水位井之地下水位觀測結果圖 96
圖 3.5-29 仁水隧道北段附近增設 BH-08 水位井之地下水位觀測結果圖 97
圖 3.5-30 武塔隧道附近增設 BH-13 水位井之地下水位觀測結果圖 97
圖 4.1-1 研究區地質分布概圖 100
圖 4.1-2 斷層帶之可能型態示意圖 106
圖 4.1-3 淺層非侷限含水層與深層侷限含水層分布示意圖 106
圖 4.1-4 山岳隧道水文地質概念模型之建立流程 111
圖 4.1-5 隧道水文地質概念模式分析流程圖 112
圖 4.1-6 裂隙岩體水文地質分析模式類型示意圖 117
圖 4.1-7 既有鑽孔之地形高程與山區地下水位關係圖 118
圖 4.2-1 102 年上半年度之東澳隧道三維水文地質模型 124
圖 4.2-2 102 年下半年度之東澳隧道三維水文地質模型 125
圖 4.2-3 103 年上半年度之東澳隧道三維水文地質模型 126
圖 4.2-4 103 年下半年之東澳隧道三維水文地質模型 127
圖 4.2-5 104 年上半年之東澳隧道三維水文地質模型 128
圖 4.2-6 104 年下半年之東澳隧道三維水文地質模型 129

圖 4.2-7 105 年上半年之東澳隧道三維水文地質模型.....130
圖 4.2-8 新舊永春隧道排水量驗證結果圖.....131
圖 4.2-9 東澳隧道水文地質概念模式分析地下水位與實測水位比對.....133
圖 4.2-10 三維有限差分網格及地表數值地形.....135
圖 4.2-11 計畫區域內初步推估之地下水位分布情形.....136
圖 4.2-12 東澳隧道開挖前之地下水總水頭與流向分布變化.....137
圖 4.2- 13 107 年下半年東澳隧道之地下水總水頭與流向分布變化138
圖 4.2-14 東澳隧道前階段(107 年 6 月)之地下水總水頭洩降分布情形.....139
圖 4.2-15 東澳隧道現階段(107 年 10 月)之地下水總水頭洩降分布情形.....139
圖 4.2-16 東澳隧道區段推估出水量.....142
圖 4.2-17 東澳隧道區段推估出水量與區段現地出水量比較圖.....143
圖 4.3-1 觀音隧道北上線里程 7K+175 區段新增水文地質單元示意圖.....147
圖 4.3-2 觀音隧道里程 6K+100 區段新增水文地質單元示意圖.....148
圖 4.3-3 106 年下半年觀音隧道三維水文地質模型.....149
圖 4.3-4 新觀音鐵路隧道北口排水量率定結果圖.....150
圖 4.3-5 觀音隧道水文地質概念模式分析地下水位與實測水位比對.....152
圖 4.3-6 三維有限差分網格及地表數值地形.....154
圖 4.3-7 觀音隧道開挖前之地下水總水頭與流場分布.....154
圖 4.3-8 觀音隧道現階段之地下水總水頭與流場分布.....155
圖 4.3-9 觀音隧道前階段(107 年 6 月)之地下水總水頭洩降分布情形.....155
圖 4.3-10 觀音隧道現階段(107 年 12 月)之地下水總水頭洩降分布情形.....156
圖 4.4-1 谷風隧道里程 12K+000~12K+400 區段新增水文地質單元示意圖.....159

圖 4.4-2 106 年下半年谷風隧道三維水文地質模型.....159
圖 4.4-3 107 年修正後之谷風隧道三維水文地質模型.....160
圖 4.4-4 新觀音鐵路隧道南口排水量率定結果圖.....161
圖 4.4-5 谷風隧道概念模型修正後率定之地下水位成果圖.....164
圖 4.4-6 谷風隧道鄰近地下水位觀測井與降雨量比較圖.....164
圖 4.4-7 谷風隧道抽坍區與 BH-05 水位井相對位置關係圖.....164
圖 4.4-8 三維有限差分網格及地表數值地形.....166
圖 4.4-9 谷風隧道開挖前之地下水總水頭與流場分布.....166
圖 4.4-10 谷風隧道現階段之地下水總水頭與流場分布.....167
圖 4.4-11 谷風隧道前階段(107 年 6 月)之地下水位洩降分布情形..167
圖 4.4-12 谷風隧道現階段(107 年 12 月)之地下水位洩降分布情形 168
圖 4.5-1 原設計階段之中仁隧道三維水文地質模型.....175
圖 4.5-2 103 年下半年之中仁隧道三維水文地質模型.....176
圖 4.5-3 105 年上半年之中仁隧道三維水文地質模型.....177
圖 4.5-4 105 年下半年之中仁隧道三維水文地質模型.....178
圖 4.5-5 107 年上半年之中仁隧道三維水文地質模型.....179
圖 4.5-6 新和平鐵路隧道排水量率定結果圖.....180
圖 4.5-7 中仁隧道水文地質概念模式分析地下水位與實測水位比對.....182
圖 4.5-8 中仁隧道三維有限差分網格及地表數值地形.....184
圖 4.5-9 中仁隧道開挖前之地下水總水頭與流向分布變化.....185
圖 4.5-10 107 年下半年中仁隧道地下水流場及流向分布情形俯視圖.....186
圖 4.5-11 中仁隧道前階段(107 年 6 月)之地下水總水頭洩降分布情形.....187
圖 4.5-12 中仁隧道現階段(107 年 12 月)之地下水總水頭洩降分布情形.....187
圖 4.6-1 原設計階段之仁水隧道三維水文地質模型.....193
圖 4.6-2 104 年上半年之仁水隧道三維水文地質模型.....194

圖 4.6-3　104 年下半年之仁水隧道三維水文地質模型.....195
圖 4.6-4　105 年上半年之仁水隧道三維水文地質模型.....196
圖 4.6-5　106 年上半年之仁水隧道三維水文地質模型.....197
圖 4.6-6　107 年上半年之仁水隧道三維水文地質模型.....198
圖 4.6-7 仁水隧道水文地質概念模式分析地下水位與實測水位比對.....201
圖 4.6-8 仁水隧道北口開挖面出水量模式分析率定結果.....202
圖 4.6-9 仁水隧道開挖面及洞口出水量觀測與分析結果彙整.....203
圖 4.6-10 仁水隧道三維有限差分網格及地表數值地形.....205
圖 4.6-11 仁水隧道開挖前之地下水總水頭與流向分布變化.....206
圖 4.6-12 仁水隧道現階段開挖之地下水總水頭與流向分布變化..207
圖 4.6-13 仁水隧道前階段(107 年 6 月)之地下水位洩降分布情形.208
圖 4.6-14 仁水隧道現階段(107 年 12 月)之地下水位洩降分布情形.....208

表目錄

表 1.3-1 計畫執行期程表 5
表 2.1-1 計畫區範圍隧道施工現況彙整一覽表 10
表 2.2-1 計畫區範圍既有雨量站彙整一覽表 28
表 2.2-2 計畫區氣象局雨量站年度月雨量資料(mm).....30
表 2.2-3 計畫區水利署及臺電雨量站年度月雨量資料(mm) 31
表 2.3-1 本計畫區既有河川流量站彙整表 42
表 2.3-2 計畫區水利署各流量站月平均日流量資料.....43
表 3.1-1 B 標工區隧道排水量觀測結果彙整表(單位：L/min) 52
表 3.3-1 北迴鐵路隧道洞口排水設施彙整表 65
表 3.3-2 計畫區內既有鐵路隧道洞口排水量觀測結果彙整表 66
表 3.5-1 本計畫持續觀測之既有地下水位井基本資料彙整表 77
表 3.5-2 既有地下水位井人工觀測結果彙整表(單位：m) 78
表 3.5-3 自記式地下水位觀測井表 80
表 4.1-1 計畫區域地層之透水性質彙整表 101
表 4.1-2 計畫區域重要斷層特性一覽表 102
表 4.1-3 各地質構造水文地質單元代表性參數參考值.....103
表 4.2-1 東澳隧道計畫區域地層與構造之透水性質彙整表 132
表 4.3-1 觀音隧道計畫區域地層與構造之水文地質參數彙整表 151
表 4.4-1 現階段谷風隧道修正後之水文地質參數值.....162
表 4.5-1 中仁隧道計畫區域地層與構造之透水性質彙整表 181
表 4.6-1 仁水隧道計畫區域地層與構造之透水性質彙整表 201
表 5.1-1 現階段工作成果及後續工作重點 211

第一章 前言

1.1 計畫緣起

位在板塊交界帶之臺灣，地質構造與水文地質條件複雜，加上臺灣地區雨量充沛，使得山岳地區地下水儲量豐富。臺9線蘇花公路山區路段改善計畫以8座隧道穿越蘇澳至大清水間之山岳地區，計畫所經過之區域為臺灣地質條件最為複雜之變質岩區。

設計階段雖已分別針對蘇澳-東澳路段之東澳隧道、和中-大清水路段之中仁隧道與仁水隧道分別建立隧道鄰近區域三維水文地質模式，同時對於施工期間可能造成鄰近區域地下水資源與水文地質環境之影響進行評估。惟由國道5號雪山隧道與東部鐵路改善新永春隧道施工經驗可知，山岳地區複雜之地下水文地質條件，實不易在設計階段事先精確掌握，隧道施工期間不排除仍有遭遇出水之可能性，除影響施工安全與工程進度外，地下水滲流改變亦可能影響地表環境，使民眾對隧道工程是否造成周圍水資源環境衝擊產生疑慮。

針對隧道施工與鄰近區域地下水資源及水文地質環境可能之影響互動關係，諸如水文地質環境對隧道可能之施工影響、隧道施工對鄰近區域地下水資源環境所造成之短期變化，以及未來營運階段對區域地下水資源環境可能之影響等，有必要予以研究釐清。負責臺9線蘇花公路山區路段改善計畫之蘇花公路改善工程處乃委託辦理「臺9線蘇花公路山區路段改善計畫-隧道水文地質模式檢測與區域水資源環境影響分析委託專業服務工作」(以下簡稱本計畫)，以量化科學方式，透過施工前背景資料蒐集及施工期間水文地質觀測，檢討建立符合實際情形之隧道鄰近區域三維水文地質模式，進一步研判隧道施工可能遭遇之滲湧水問題，釐清隧道施工與周圍區域水資源環境影響關係。

財團法人中興工程顧問社(簡稱中興社)長期致力於岩盤隧道工

程研究，以及水文地質及地下水調查分析工作，經公開評選後承接本計畫。於民國 101 年 9 月 1 日起開始執行計畫工作，並依契約規定爰提本(107)年度分析評估報告，提供主管機關及地方民眾參考。

1.2 計畫工作內容

本計畫執行期程配合臺9線蘇花公路山區路段改善計畫之施工，由民國 101 年 9 月至民國 108 年 8 月止，共計 7 個年度。惟民國 108 年 1 月 15 日蘇花工字第 1080001144 號函，本計畫工作配合各標隧道完工時程進行展延，其中東澳隧道展延至 107 年 10 月，觀音及谷風隧道展延至 109 年 6 月，中仁隧道展延至 109 年 4 月，仁水隧道展延至 109 年 5 月，展延後本計畫執行自民國 101 年 9 月至民國 109 年 6 月止，共計 7 年 10 月。工作範圍為蘇澳至大清水間之計畫路段改善沿線及鄰近地區，包含蘇澳-東澳段、南澳-和平段及和中-大清水段三個主要施工路段。工作內容分述如下：

1. 資料蒐集分析
   (1) 地質資料：
      a. 既有地質探查與文獻資料
      b. 施工中隧道開挖地質紀錄
   (2) 氣象資料：
      a. 施工前至少 5 年內之既有雨量站資料
      b. 施工期間既有雨量站資料
   (3) 水文資料：
      a. 既有鐵路隧道排水量資料
      b. 施工前至少 5 年及施工期間之既有河川流量站資料
   (4) 既有地下水位井觀測資料
   (5) 地形圖與 DTM 資料
2. 施工階段水文地質調查
   (1) 隧道內出水量觀測：

a. 隧道開挖面出水量觀測資料蒐集

b. 隧道洞口總出水量觀測資料蒐集

(2) 雨量觀測：

a. 增設 3 座自記式雨量站

b. 自記式雨量站資料蒐集下載

(3) 既有鐵路隧道排水量觀測

(4) 河川流量觀測：

a. 增設 5 座自記式河川流量站

b. 自記式河川流量站資料蒐集下載

(5) 地下水位觀測：

a. 隧道洞口地下水位觀測資料蒐集

b. 增設 12 座自記式地下水位觀測井，並辦理岩盤透水試驗

c. 自記式地下水位觀測井資料蒐集下載

d. 篩選設計階段既有地下水位觀測井可量測者並進行量測

3. 隧道鄰近區域三維水文地質模式之補充建立與整合

4. 隧道鄰近區域水文地質模型檢討修正與驗證

(1) 5 座長隧道三維水文地質模式檢討與修正

(2) 隧道可能湧水問題評估檢討修正

(3) 地下水文地質分區與分層劃分檢討

5. 隧道湧水對水資源環境之影響評估：

(1) 施工階段：

a. 近域湧水分析模式

b. 廣域水資源環境影響評估模式

c. 隧道鄰近敏感區域地下水水位洩降評估

d. 區域地下水淨補注量影響評估

(2) 完工營運階段：

a. 長期區域水資源環境影響評估

b. 營運階段資料蒐集與水文地質觀測計畫研提

6. 成果提送：

(1) 觀測月報：每月 10 日前彙整前一月份之觀測資料與初步統計分析結果，提送觀測月報送審。

(2) 半年度分析評估報告:計畫開始第一年底及各年度7月底前，彙整委託工作項目成果，進行資料統計分析，與相關課題之評估探討，提送半年度分析評估報告送審，並於審查會進行簡報。

(3) 年度分析評估報告：計畫開始第二年起之各年度結束後，於次年1月底前彙整整年度各項工作成果,進行資料統計分析,與相關課題之評估探討，提送年度分析評估報告送審，並於審查會進行簡報。

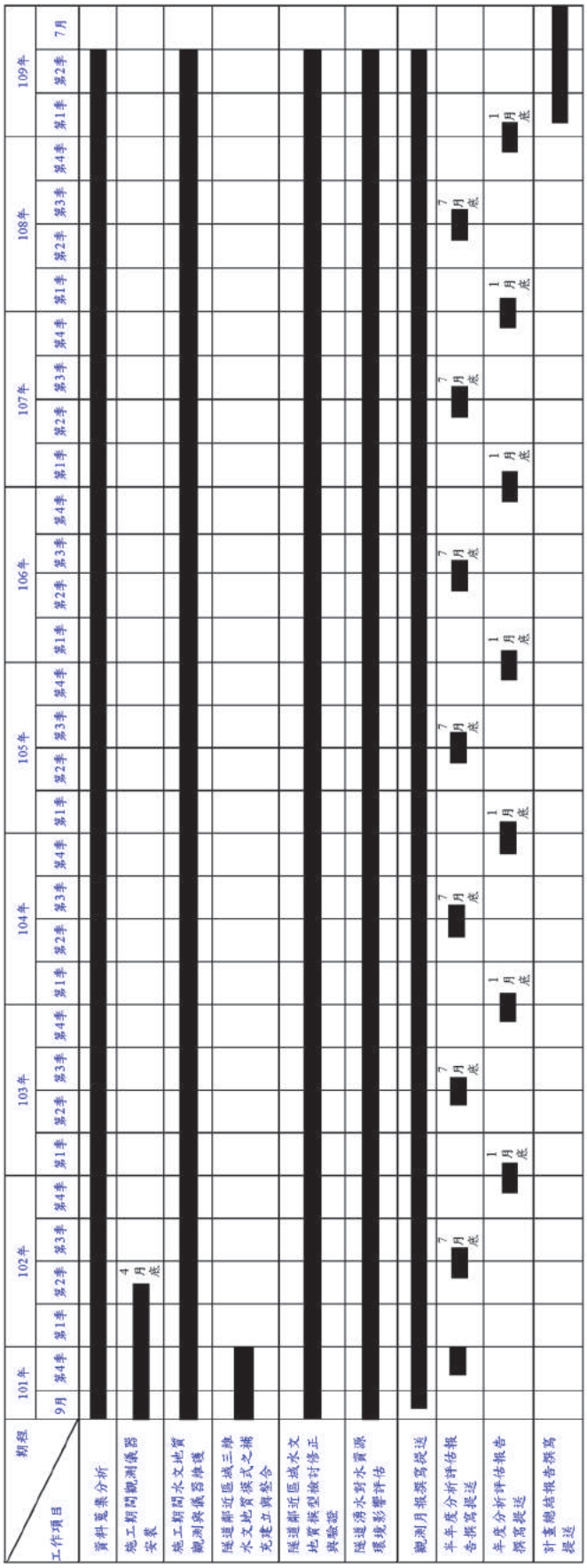
(4) 計畫總結報告：於計畫執行完成後第一個月底前綜合計畫執行期間之所有觀測資料，以及分析評估結果，經綜合評估後提出總結報告送審，並於審查會進行簡報。

1.3 工作概況及報告內容

中興社依據委託工作內容及特性制訂本計畫工作執行流程,如圖1.3-1所示，各要項之執行時程彙整詳見表1.3-1。

本報告為計畫第七年(107 年)年度之工作成果報告，主要總結民國107年1月1日至107年12月31日期間之工作成果,包括基本資料蒐集、施工期間水文地質調查、隧道鄰近區域三維水文地質模式補充建立等。報告共分為五章，第一章概述工作內容；第二章為基本資料蒐集分析；第三章說明施工至今各項水文地質調查工作現況；第四章闡述東澳、觀音、谷風、中仁及仁水隧道鄰近區域三維水文地質模式檢討及修正執行結果；第五章則列舉現階段工作成果及後續工作重點。

表 1.3-1 計畫執行期程表



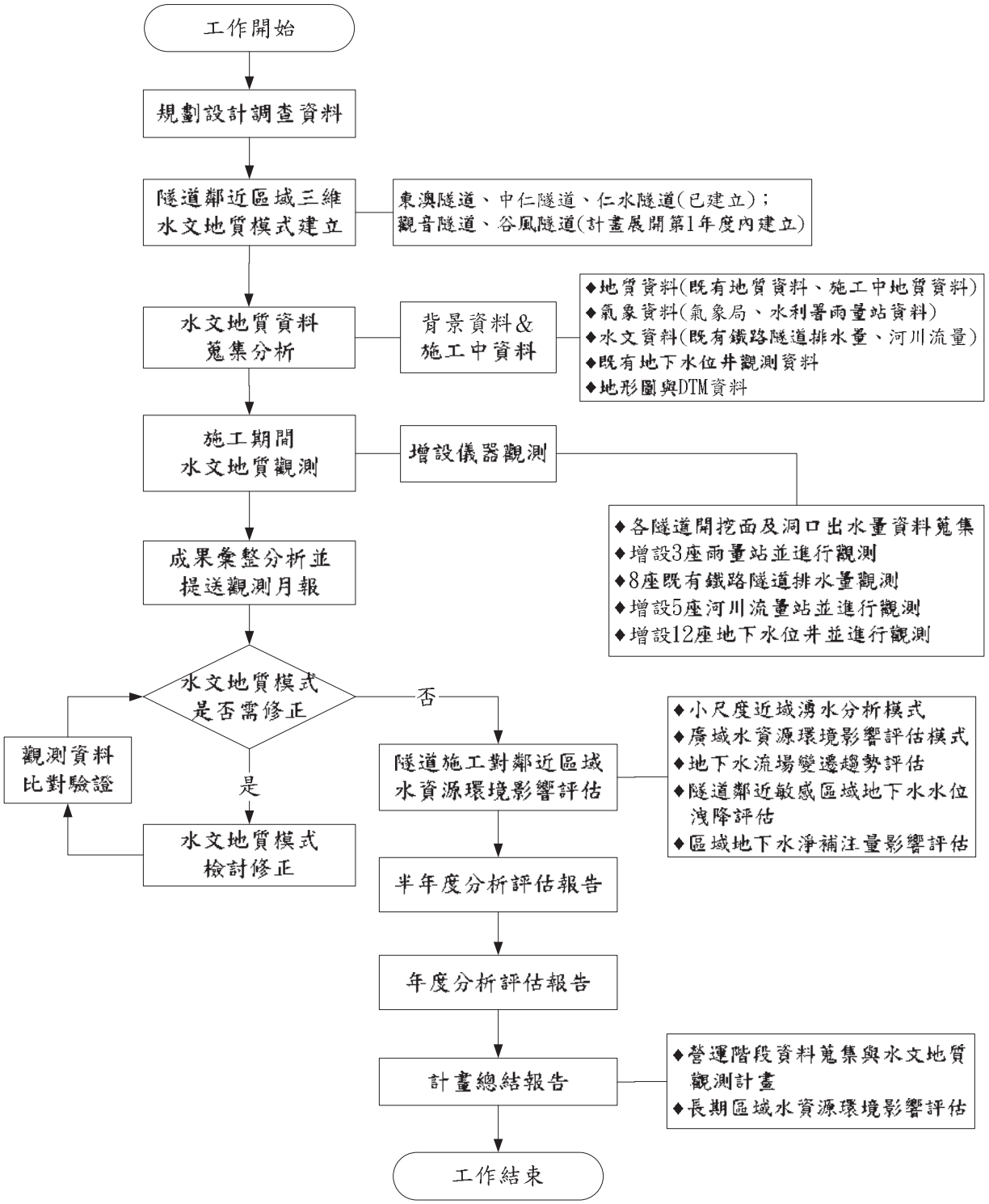


圖 1.3-1 工作執行流程圖

第二章 基本資料蒐集分析

臺灣河川具坡陡流急之特性，尤其東部區域更為顯著，河川豐水期與枯水期之流量變化十分劇烈，通常須以數水文年或更長期之觀測資料，方能歸納出較具分析意義的結果。本計畫基本資料蒐集旨在建立蘇花改工程施工前的背景值，同時在施工期間亦再持續蒐集既有觀測站的量測結果，以作為比對參考。本計畫所蒐集的基本資料包括計畫區內既有的地質、氣象、水文及地下水位等，蘇花改工程施工前的背景資料已蒐集完成(詳見 101 年半年度分析評估報告)，本期報告主要乃針對 107 年度新增的基本資料(包括文獻研究資料、隧道開挖所揭露地質資料、既有觀測站資料採購等)進行蒐集，蒐集結果彙整說明如下:

2.1 地質資料

2.1.1 既有地質探查與文獻資料

本項工作係蒐集本計畫及鄰近地區既有的地質調查成果、研究文獻及相關工程計畫的之地質探查報告與施工紀錄，以作為工作執行及評估所需基本參考資料。本計畫迄今已蒐集自 1977 年起計畫區內各項工程(包括北迴鐵路、東部鐵路改善工程、國道東部高速公路規劃、蘇花公路山區路段改善工程等)的地質調查與施工紀錄以及相關文獻報告共 204 冊。本期則另蒐集近年來有關水文地質調查、水文地質資料統計、隧道出水案例等各領域相關文獻資料，以提供計畫後續執行評估參考。本期資料蒐集結果整理如下：

－周柏儀、刁文儀，「大甲溪流域水文地質調查與低濁度原水來源分析初探」，第 35 屆自來水研究發表會，2018。

－蕭富元、辜炳寰、高憲彰、邵厚潔、林廷彥、劉文煜、陳敏璋，「蘇花改和中大清水斷高岩覆隧道施工問題探討」，地工技術，第 156 期，第 65-74 頁，2018。

－邵厚潔 、林敬智、李民政、林芳輝、李怡德、蕭富元，「蘇花改東

澳隧道案例探討」，第 17 屆海峽兩岸隧道與地下工程學術與技術研討會論文集，花蓮，第 D-1-1~D-1-12 頁，2018。

－Lambrakis, N., A. Antonakos and G. Panagopoulos, “The use of multicomponent statistical analysis in hydrogeological environmental research”, Water Research, Vol. 38, 1862-1872, 2004.

－Li, F.M., J.J. Lin, C.C. Ke, S.Y. Chi and Y.T. Lin, “Summarized groundwater monitoring well data in hydrogeological units of mountainous regious, Taiwan”, 2018 AGU Fall meetin, 2018.

2.1.2 施工中隧道開挖地質紀錄

本計畫蒐集蘇花改沿線 6 座隧道開挖面地質紀錄，截至本(107)年度 12 月底，A 標東澳隧道、B 標武塔隧道、觀音隧道、谷風隧道、C1A 標中仁隧道及 C2 標仁水隧道施工現況簡要說明如表 2.1-1 所示。配合現場施工進度，本計畫本年度持續蒐集中仁及仁水等二座仍開挖隧道之開挖面地質紀錄(如圖 2.1-1)，開挖面影像照片(如圖 2.1-2~圖 2.1-3 所示)外，並進一步整理各開挖面所出露之岩性、岩石強度、地下水狀況、RQD、岩體評分等資料(詳附錄 B)，並參考各隧道之震波探測(TSP)成果報告，擷取 Vp 資料及上述開挖面參數，繪製如圖 2.1-4~圖 2.1-12 所示。

C1A 標中仁隧道北上線於 107 年 5 月 6 日開挖貫通，南下線亦於同年 5 月 25 日開挖貫通，本期上半年(107 年 1~5 月)中仁隧道南口段開挖，主要遭遇片麻岩夾石英脈，開挖面呈現微潮狀況；隧道北口段開挖亦遭遇片麻岩夾石英脈，開挖面呈現微潮至潮濕狀況。

C2 標仁水隧道由北口向南開挖，於 107 年 11 月 13 日開挖貫通。隧道開挖於 1 月時主要遭遇大理岩夾綠色片岩，2 月起隧道開挖則遭遇綠色片岩夾片麻岩，開挖面呈現乾至微潮情形，3 月時開挖主要遭遇大理岩夾綠色片岩，開挖面呈現微潮至潮濕情形，4 月~6 月開挖主

要遭遇大理岩，大理岩局部破碎，開挖面呈現乾至潮濕情形，7 月~8 月開挖持續遭遇大理岩，大理岩局部破碎，開挖面呈現微潮情形，9 月~10 月開挖持續遭遇大理岩，大理岩局部破碎，開挖面呈現微潮~潮濕情形，11 月開挖進入洞口崩積層，開挖面呈現潮濕情形，11 月中旬隧道開挖貫通出洞。

表 2.1-1 計畫區範圍隧道施工現況彙整一覽表

隧道名	隧道概況	地質狀況	設計監造單位	施工單位	開挖及營運進度說明
東澳隧道	1.長約 3.3 公里； 2.雙孔單車道隧道； 3.採鑽炸法施工。	主要岩性包括板岩、變質砂岩、片岩、夾部分大理岩及角閃岩等。	中興工程顧問公司	福清營造股份有限公司	1.隧道北上線及南下線已分別於民國 105 年 4 月及 105 年 7 月開挖貫通。 2.於民國 107 年 2 月正式通車營運。
武塔隧道	1.長約 464 公尺； 2.雙孔單車道隧道； 3.採機械開挖施工。	主要岩性包括黑色片岩、綠色片岩、矽質片岩、大理岩與變質燧石等。	臺灣世曦工程顧問公司	泛亞工程股份有限公司	1.已於民國 104 年 6 月開挖貫通。
觀音隧道	1. 長約 7.9 公里 2. 雙孔單車道隧道 3. 採鑽炸法施工	主要岩性包括黑色片岩、綠色片岩、矽質片岩、大理岩與變質燧石等。	臺灣世曦工程顧問公司	工信工程股份有限公司	1.隧道北上線及南下線已分別於 104 年 11 月及 105 年 5 月開挖貫通。
谷風隧道	1. 長約 4.7 公里 2. 雙孔單車道隧道 3. 採鑽炸法施工	主要岩性包括黑色片岩、綠色片岩、矽質片岩、大理岩與變質燧石等。	臺灣世曦工程顧問公司	工信工程股份有限公司	1.隧道北上線及南下線已分別於 105 年 6 月及 105 年 10 月開挖貫通。
中仁隧道	1. 長約 4.8 公里 2. 雙孔單車道隧道 3. 採鑽炸法施工	主要岩性為厚層崩積塊石堆積、矽質片岩、片麻岩及大理岩等。	中興工程顧問公司	新亞建設開發股份有限公司	1.隧道北上線及南下線皆於民國 107 年 5 月開挖貫通。
仁水隧道	1. 長約 2.9 公里 2. 單孔雙車道隧道 3. 採鑽炸法施工	主要岩性包括片麻岩、花崗岩、大理岩、間夾部分石英脈等。	中興工程顧問公司	大陸工程股份有限公司	1. 隧道已於民國 107 年 11 月開挖貫通。

交通部公路總局蘇花公路改善工程處

RMR 岩 體 分 類 表

工程名稱:C2標台9線蘇花公路仁水隧道　　編號: MR1464

工程位置:主線

開挖面里程: 3 k+ 215　　日期:2018/9/21　　記錄者:張源達

A.分類項目與評分

評分值		分類項目		岩盤特性與評分						
A1	4	岩材強度	點荷重強度指數(kg/cm^2)	>100	40-100	20-40	10-20	以單壓強度表示		
			單壓強度(kg/cm^2)	>2500	1000-2500	500-1000	250-500	50-250	10-50	<10
		評分		15	12	7	4	2	1	0
A2	8	岩心品質指標(R.Q.D)%		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
		評分		20	17	13	8	3		
A3	8	弱面間距		>2m	0.6-2m	200-600mm	60-200mm	<60mm		
		評分		20	15	10	8	5		
A4	0	弱面狀況(另見詳述)		不連續 開口緊閉 岩壁甚粗糙 新鮮	開口<1mm 岩壁略粗糙 輕度風化	開口<1mm 岩壁略粗糙 高度風化	連續，具擦痕或含泥<5mm或開口1~5mm	連續 含泥>5mm或開口>5mm		
		評分		30	25	20	10	0		
A5	7	地下水狀況	流量/10m隧道(l/min)	無	<10	10-25	25-125	>125		
			弱面內水壓/主應力	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
			一般滲水狀況	全乾	略濕	濕	滴水	流水		
		評分		15	10	7	4	0		

B.弱面方位對評分之影響

評分值	弱面走向及傾向	很有利	有利	普通	不利	很不利
-12	隧道	0	-2	-5	-10	-12
	基礎	0	-2	-7	-15	-25
	岩坡	0	-5	-25	-50	-60

弱面走向垂直隧道軸向				弱面走向平行隧道軸向		任何弱面走向
開挖方向與弱面傾向相同		開挖方向與弱面傾向相反				
Dip45°~90°	Dip20°~45°	Dip45°~90°	Dip20°~45°	Dip45°~90°	Dip20°~45°	Dip0°~20°
很有利	有利	普通	不利	很不利	普通	不利

1.RMR評分值=A1+A2+A3+A4+A5+B = 15

2.岩體等級 = AV

3.建議支撐型式 = 洞口段

4.附　　註 :

監造單位: 地質師張源達

圖 2.1-1 仁水隧道北洞口里程 3K+215.0 開挖面地質紀錄

交通部公路總局蘇花公路改善工程處

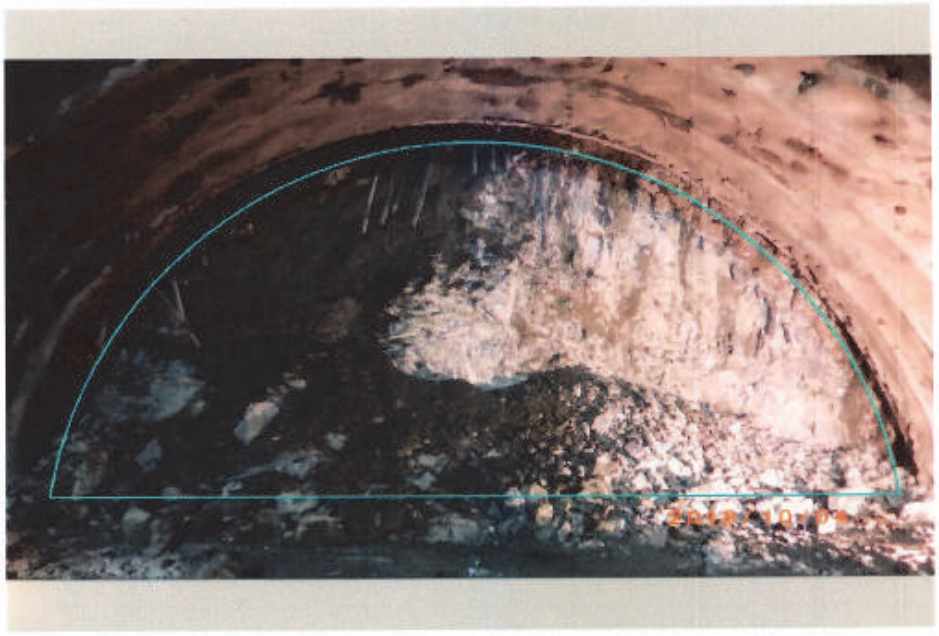
工程地質調查--不連續面調查表(鑽炸法)

工程名稱:台9線蘇花公路仁水隧道新建工程　　編號:MT-R1464

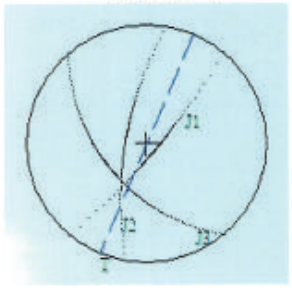
工程位置:仁水隧道主坑

開挖面里程: 3 k+ 215　　完成里程: 3 K+ 216　　日期:2018/10/4　　記錄者:李則和

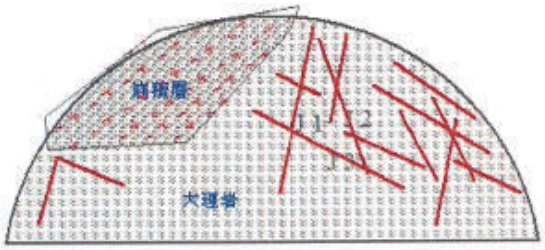
開挖面原始影像圖



投影分析圖



開挖面構造擷取解釋圖



構造種類	走向(度)	傾角(度)
節理組1(J1)	N40E	80SE
節理組2(J2)	N10E	70NW
節理組3(J3)	N40W	50SW
隧　道(T)	203(方位角)	

圖 2.1-1（續）仁水隧道北洞口里程 3K+215.0 開挖面地質紀錄

圖 2.1-2 中仁隧道南口南下線里程 2K+378.5 開挖面照片

圖 2.1-3 仁水隧道北洞口里程 3K+247.0 開挖面照片

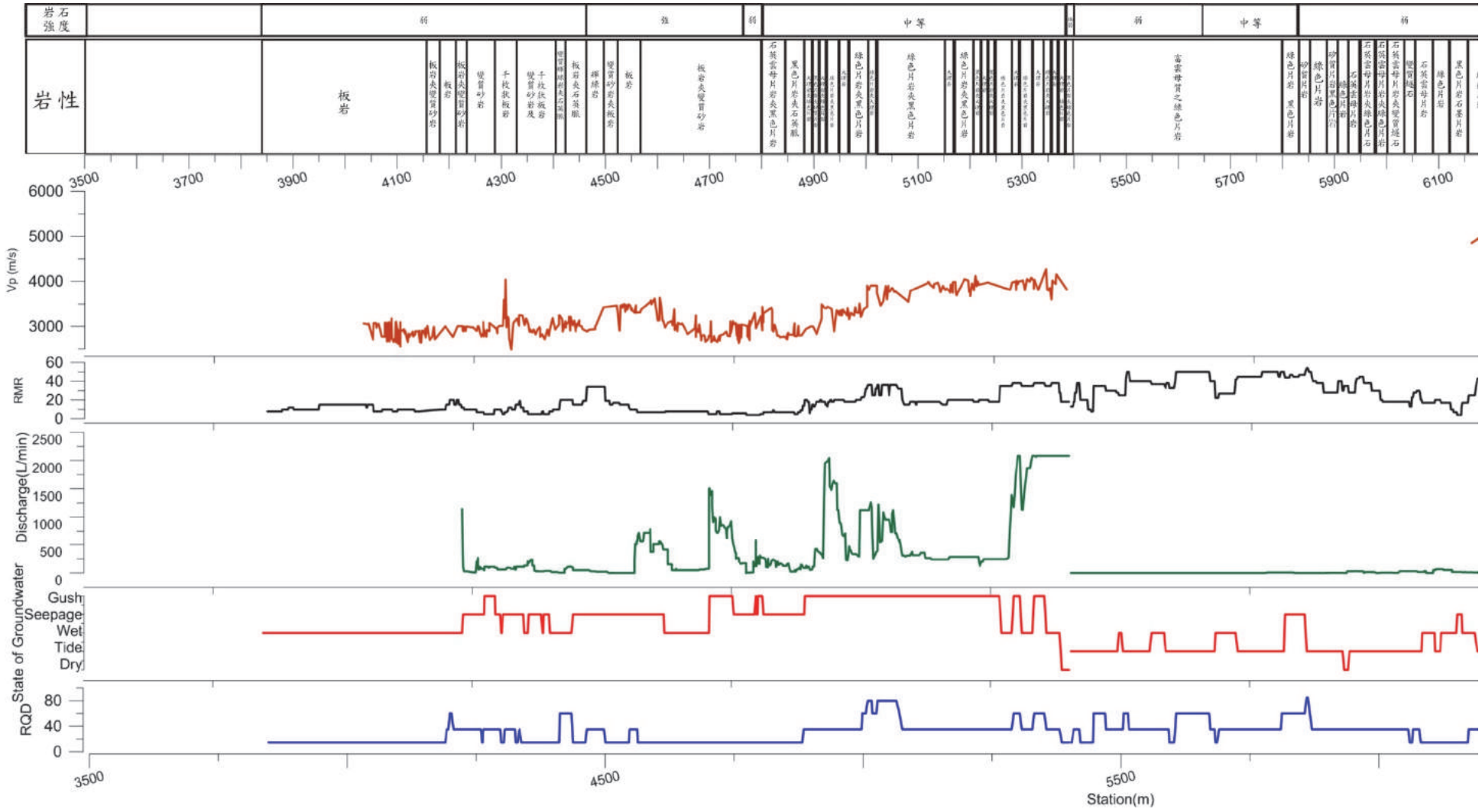


圖 2.1-4 東澳隧道北上線開挖面資料彙整圖

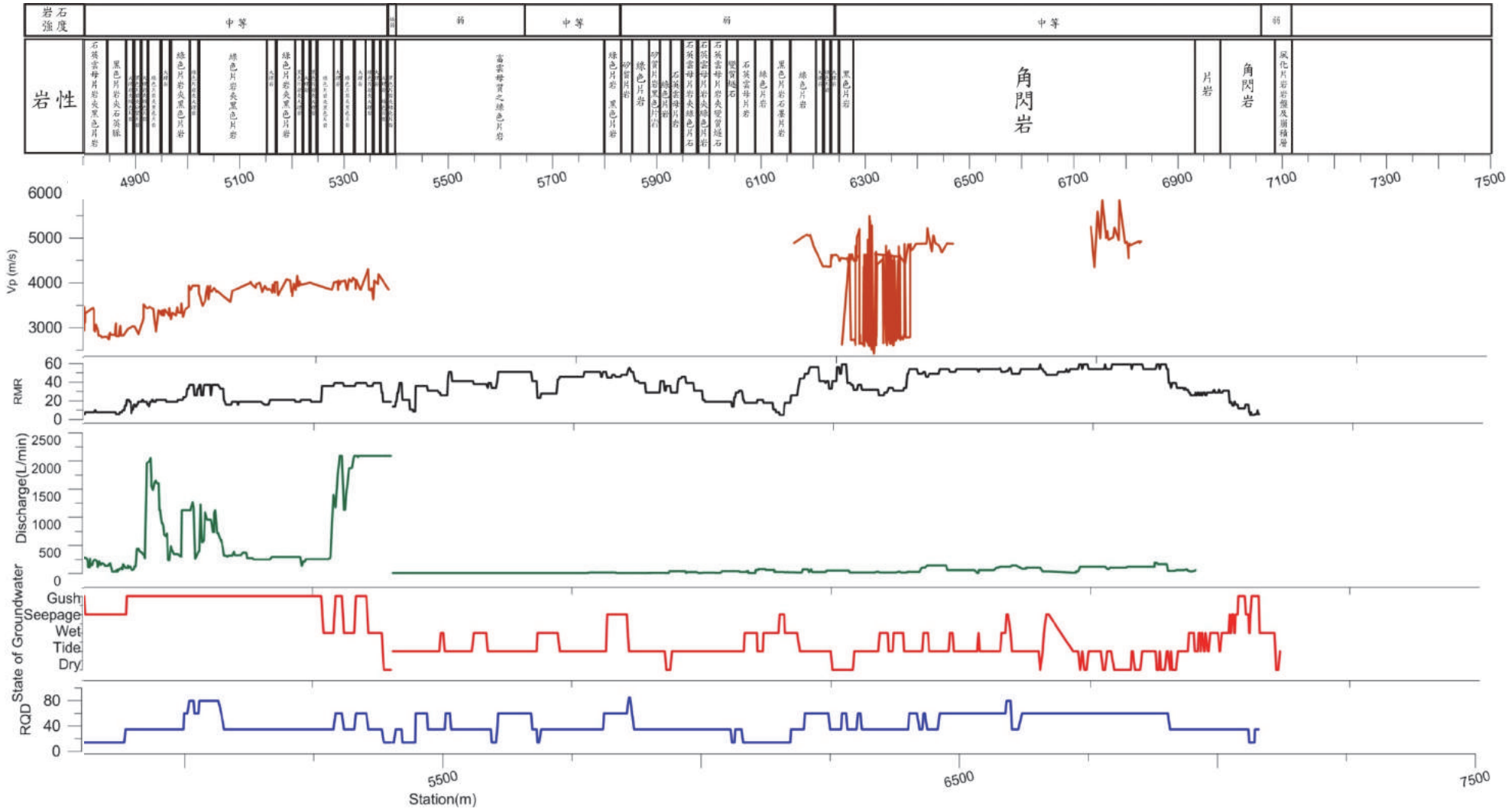


圖 2.1-4(續) 東澳隧道北上線開挖面資料彙整圖

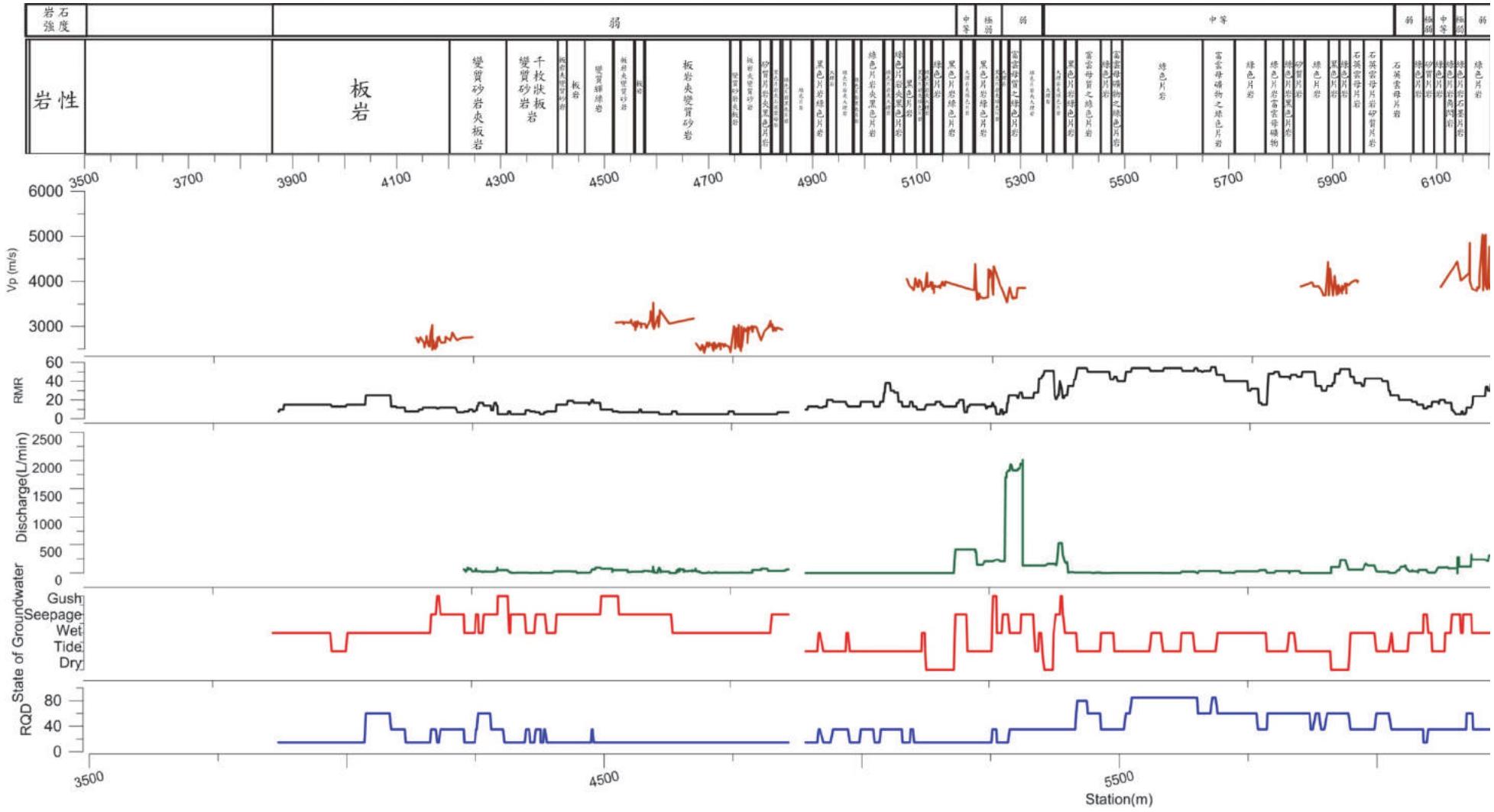


圖 2.1-5 東澳隧道南下線開挖面資料彙整圖

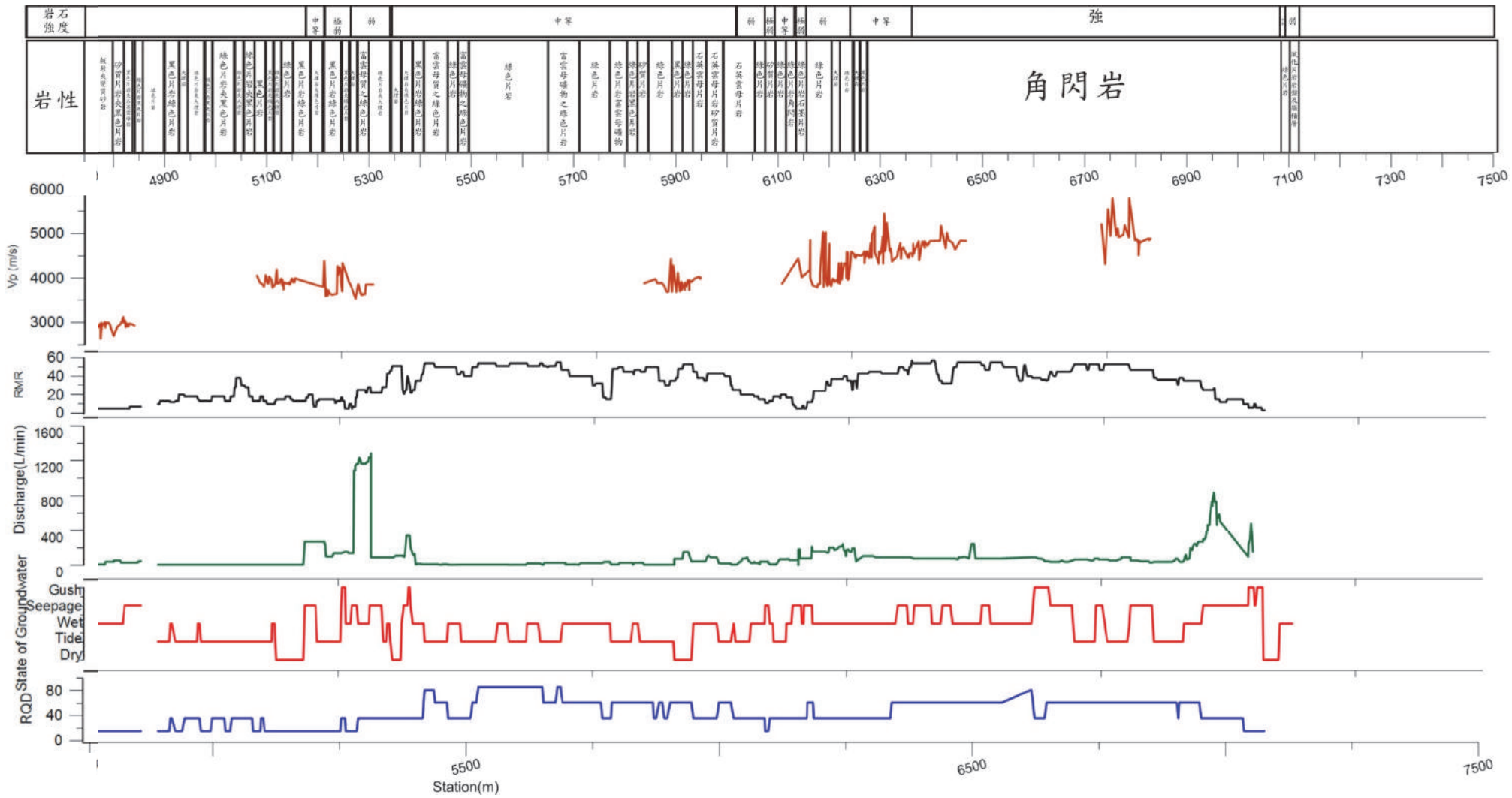


圖 2.1-5(續) 東澳隧道南下線開挖面資料彙整圖

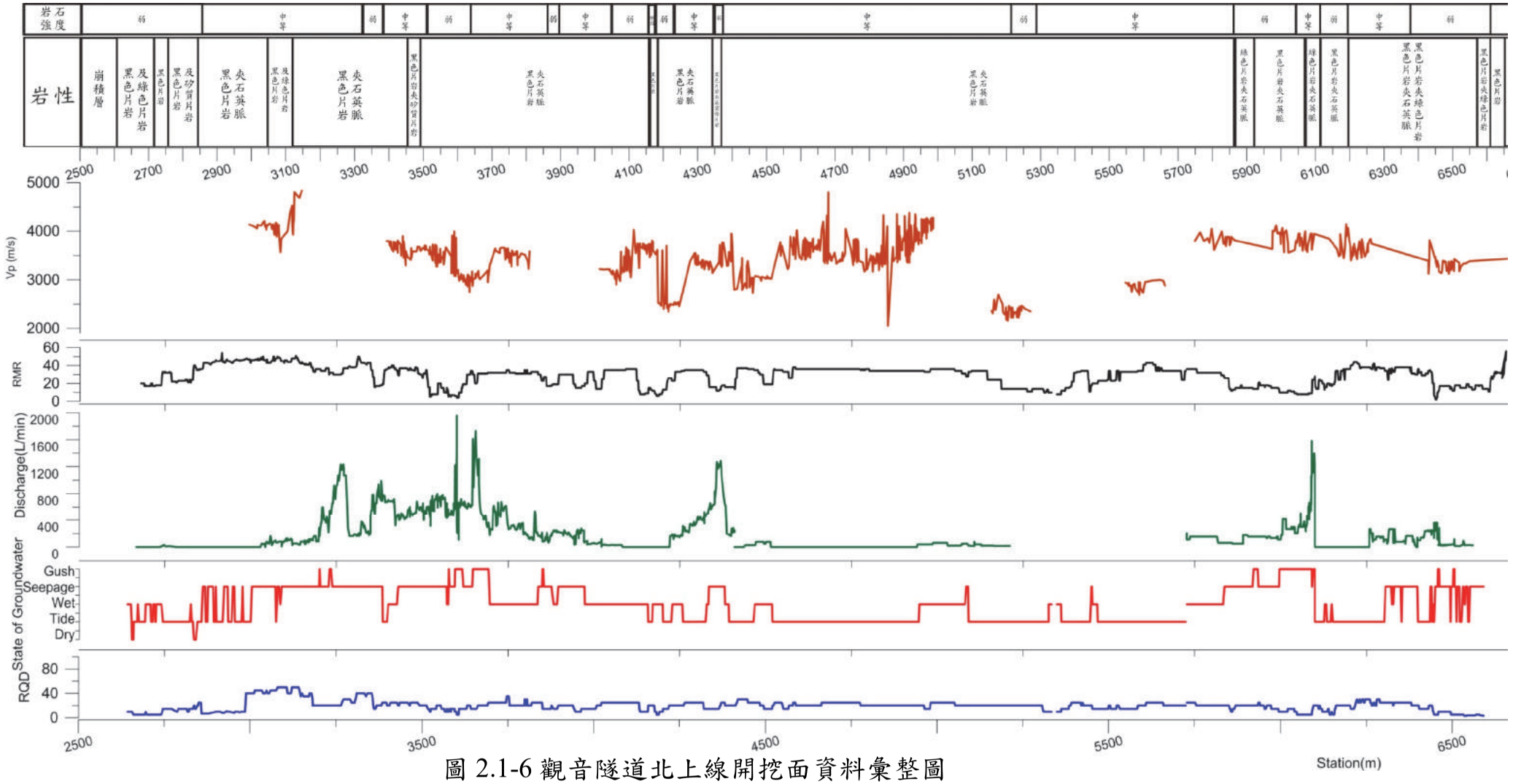


圖 2.1-6 觀音隧道北上線開挖面資料彙整圖

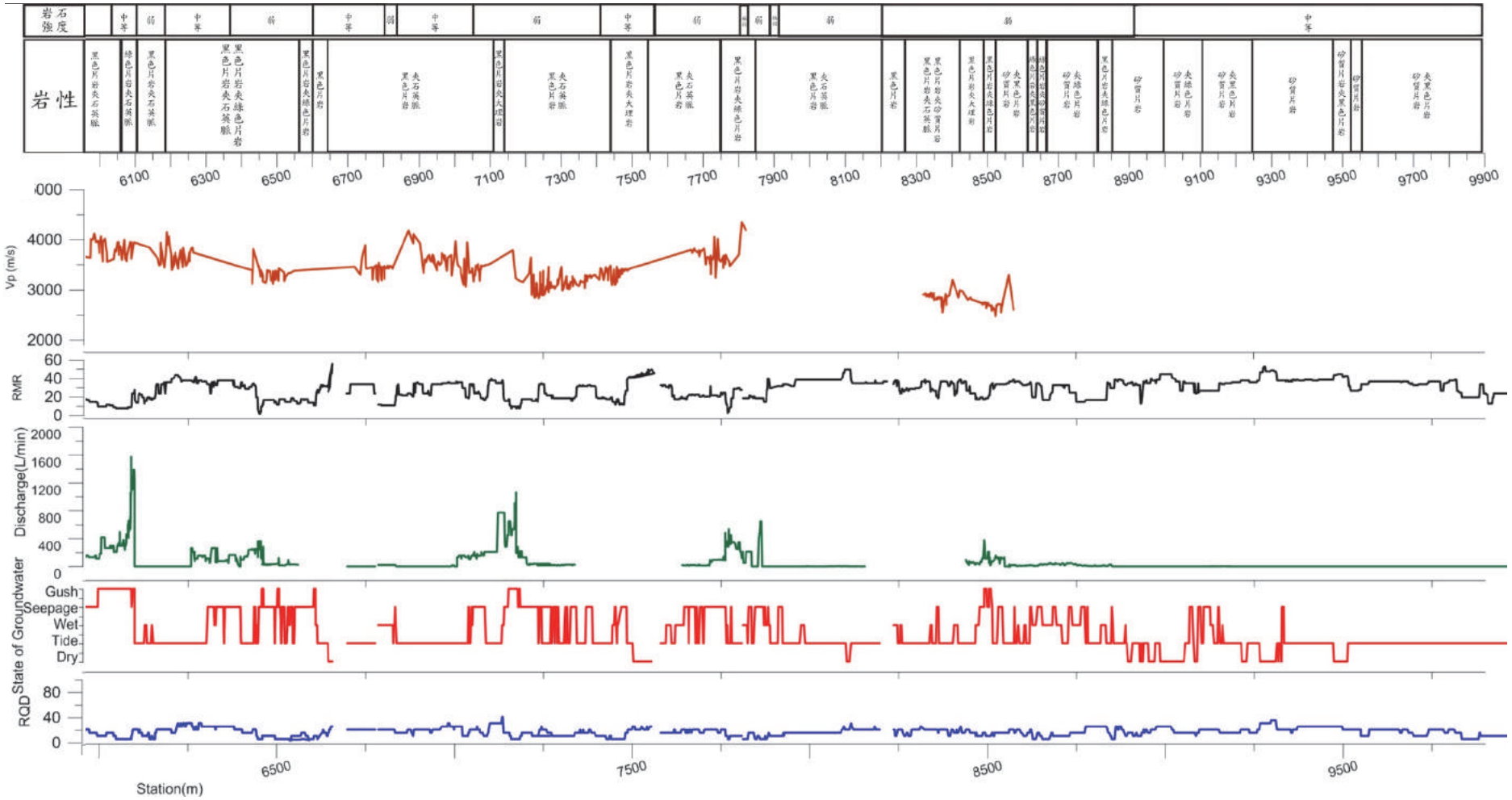


圖 2.1-6(續) 觀音隧道北上線開挖面資料彙整圖

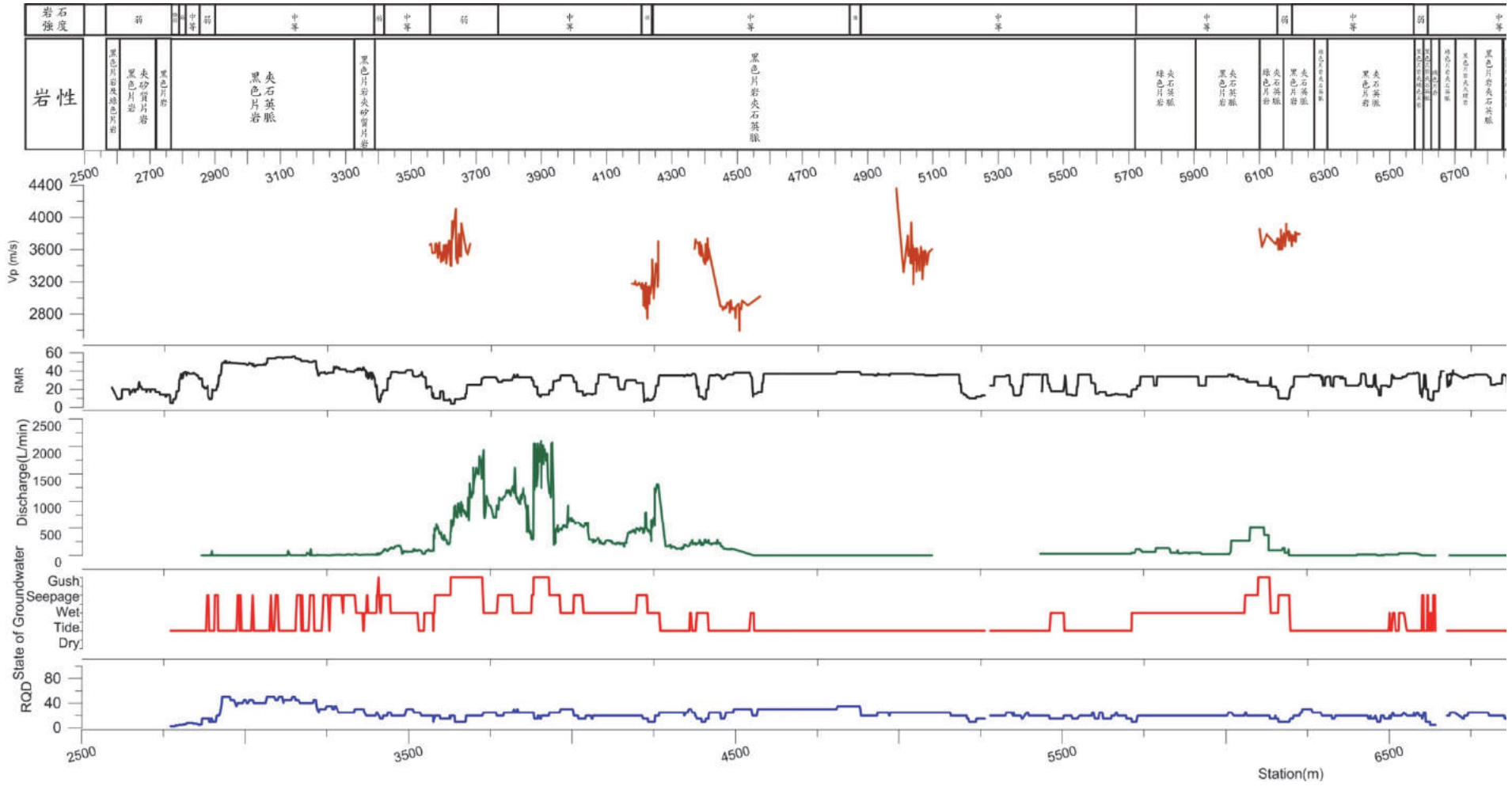


圖 2.1-7 觀音隧道南下線開挖面資料彙整圖

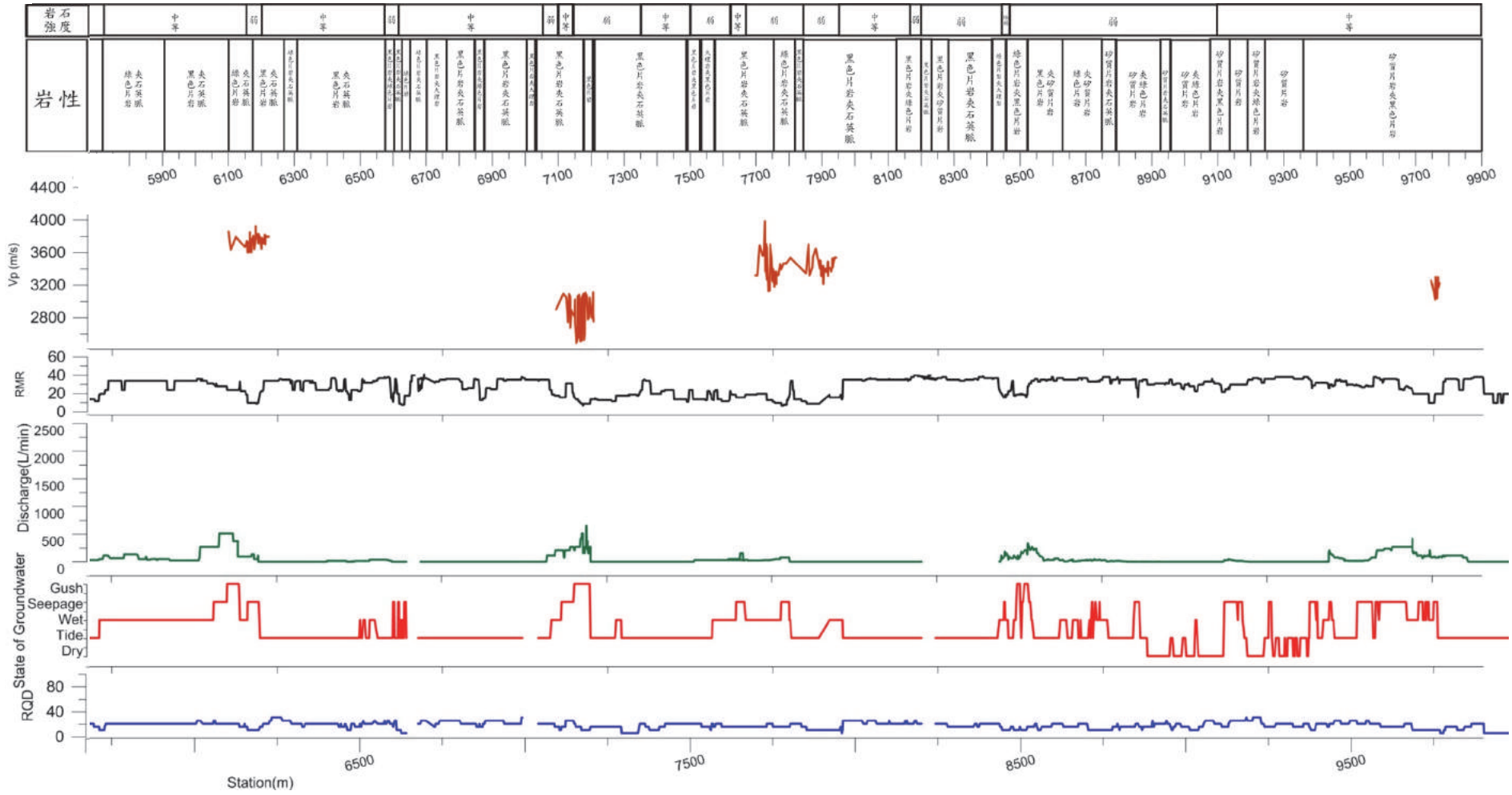


圖 2.1-7(續) 觀音隧道南下線開挖面資料彙整圖

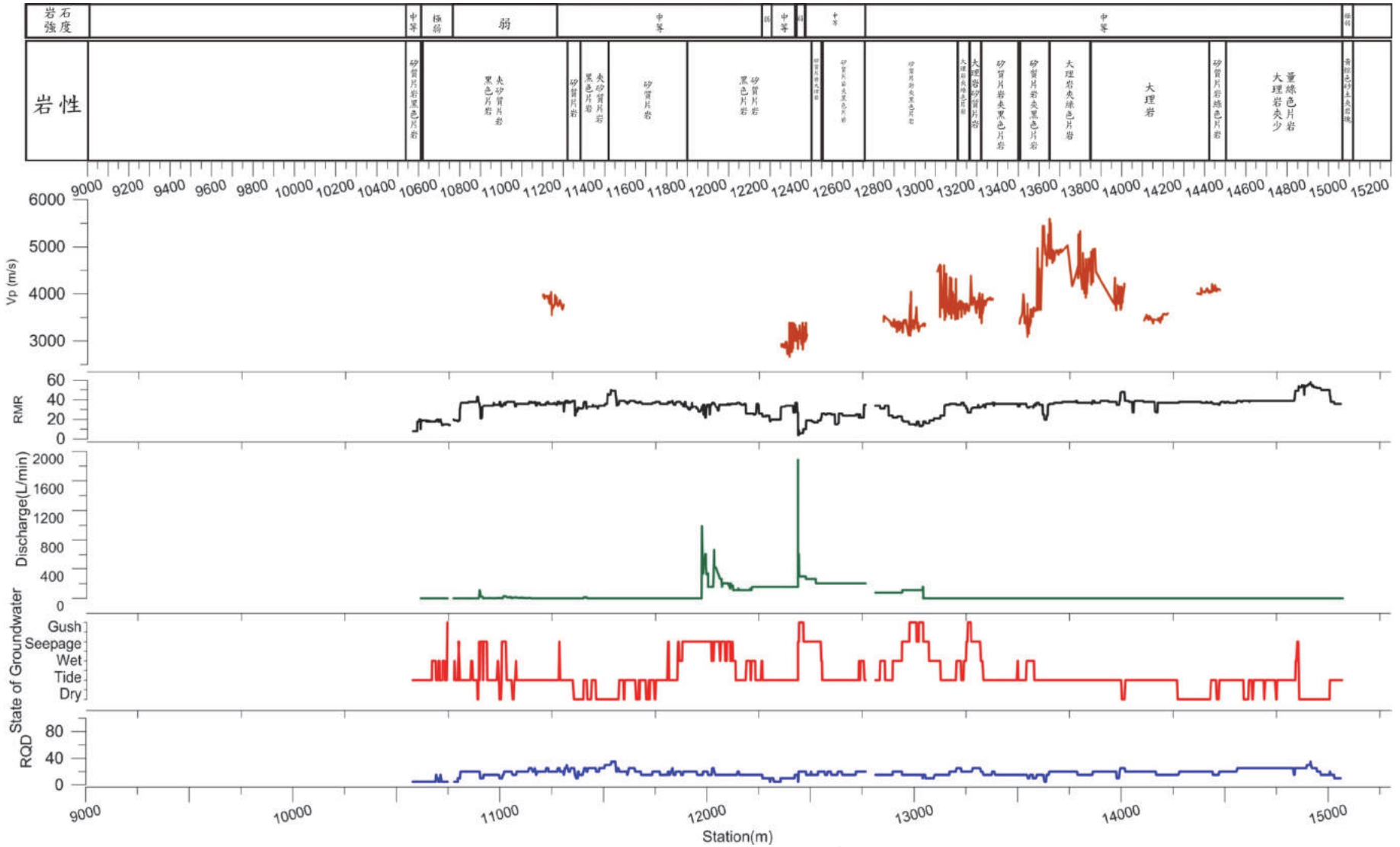


圖 2.1-8 谷風隧道北上線開挖面資料彙整圖

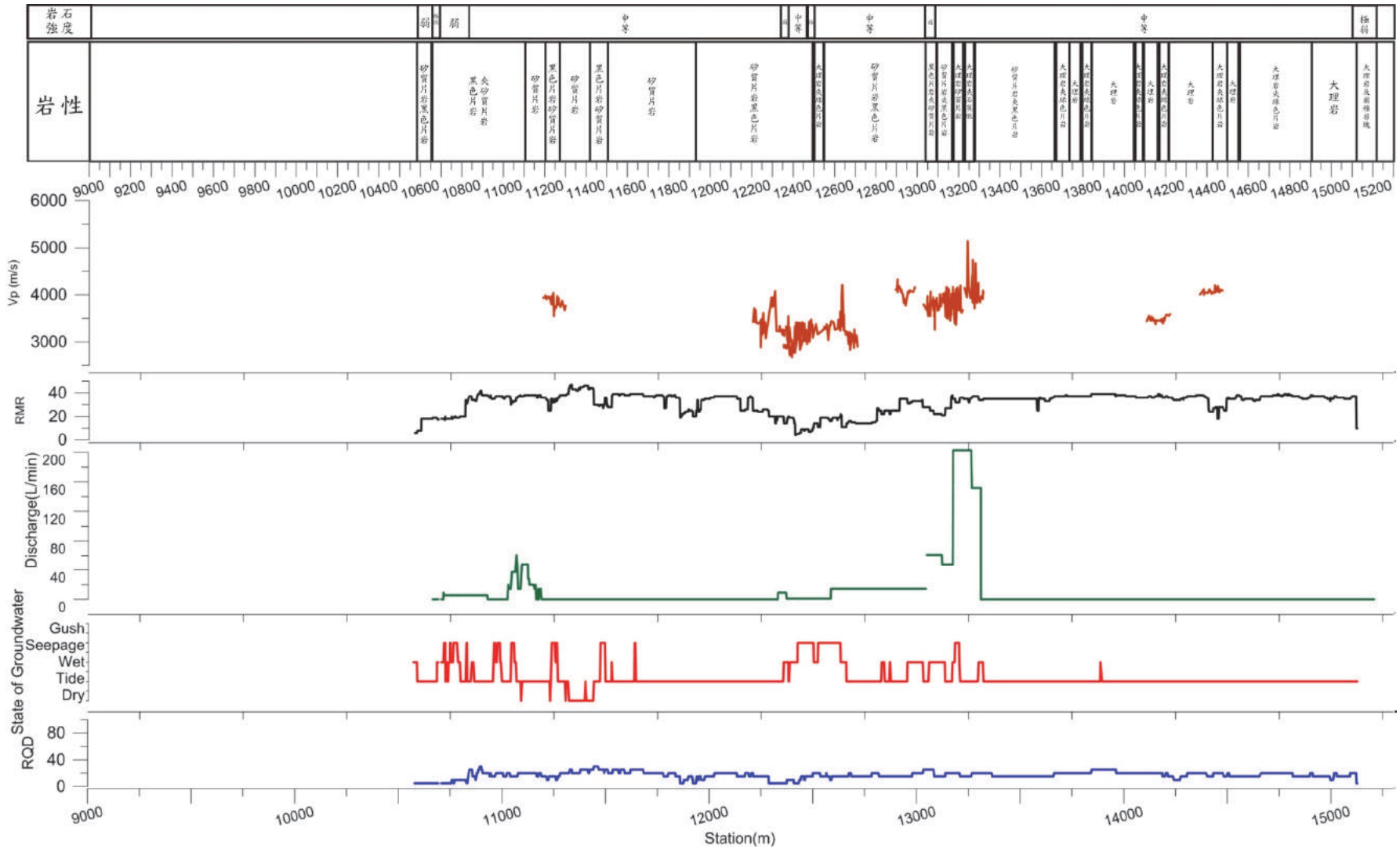


圖 2.1-9 谷風隧道南下線開挖面資料彙整圖

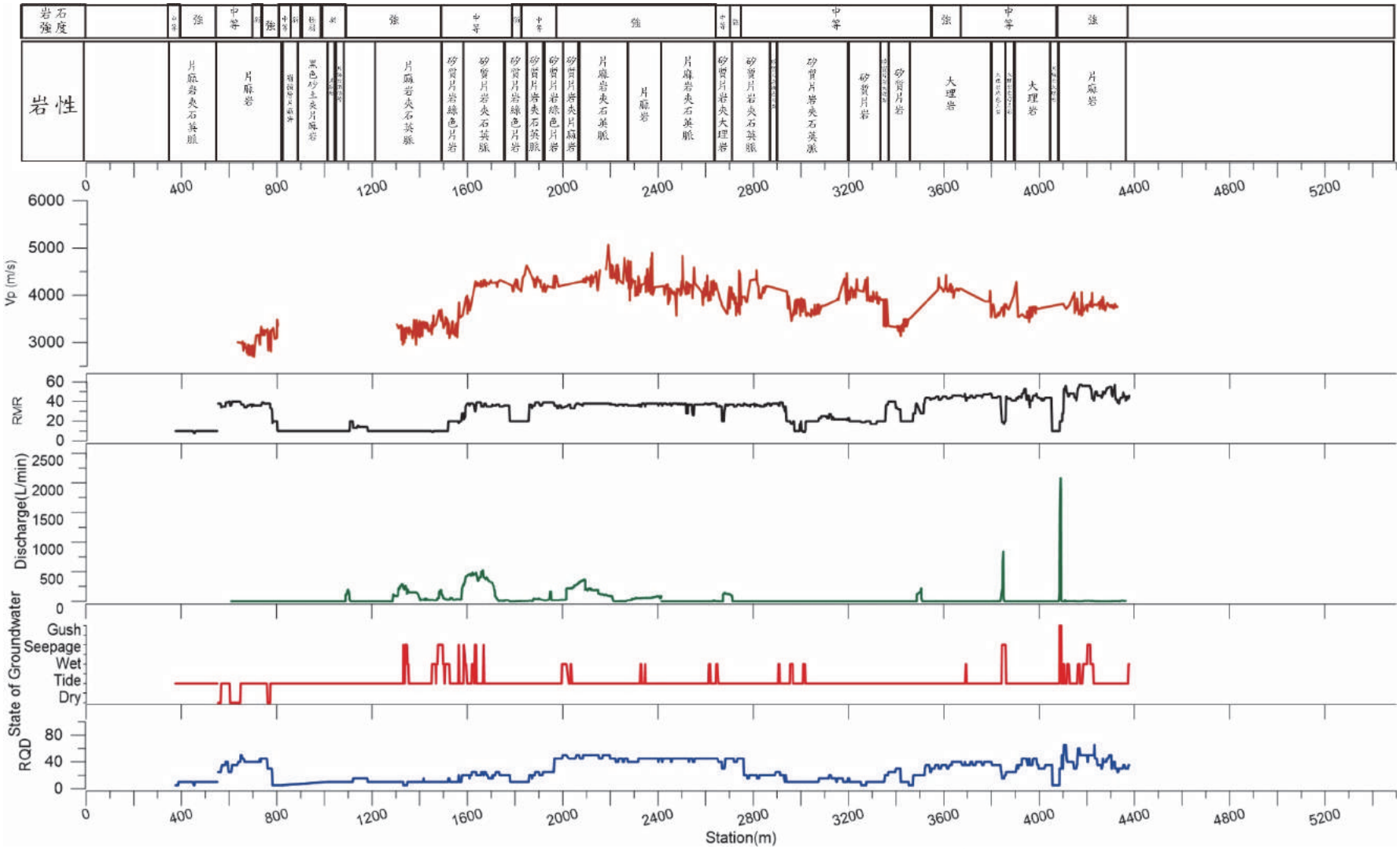


圖 2.1-10 中仁隧道北上線開挖面資料彙整圖

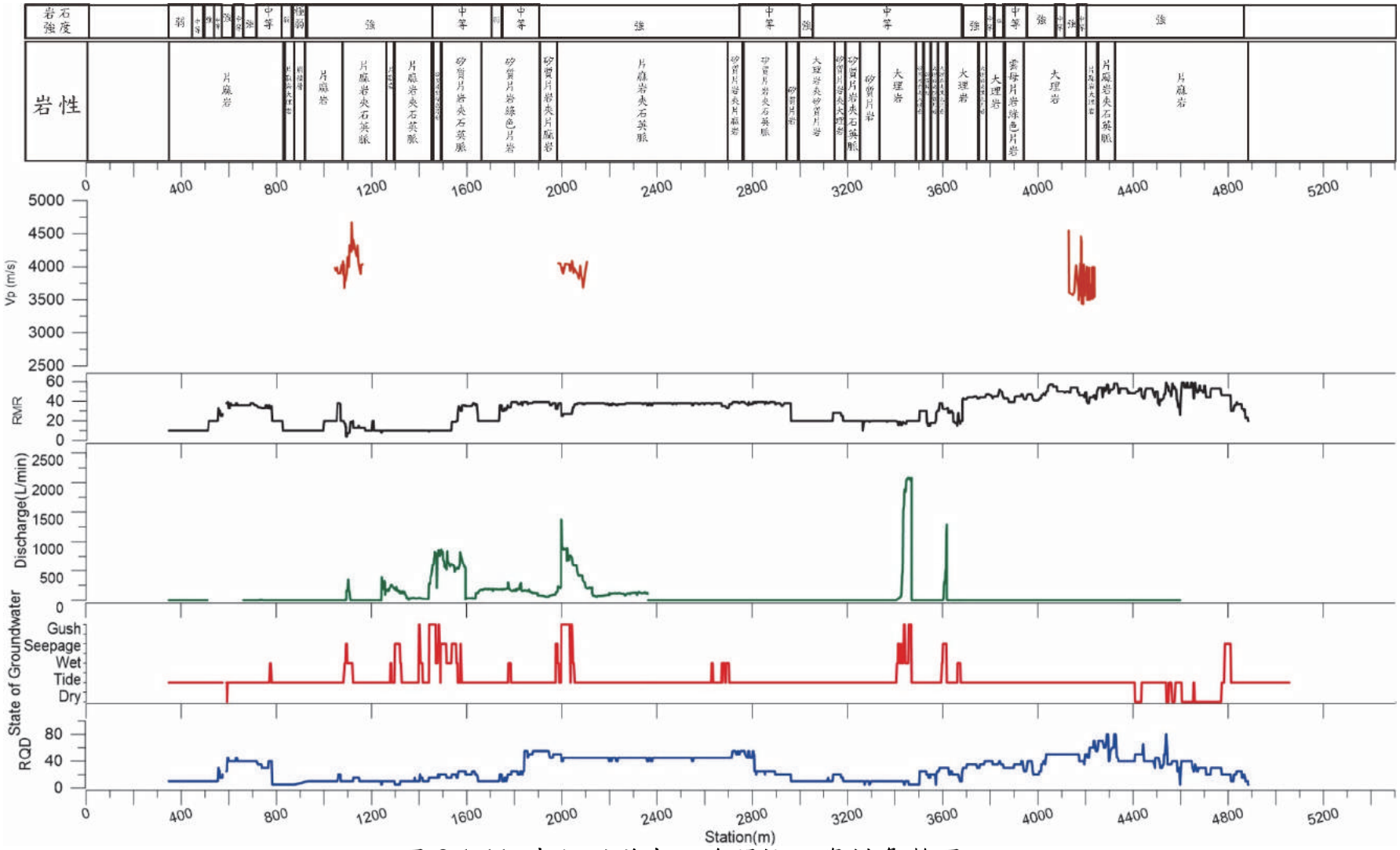


圖 2.1-11 中仁隧道南下線開挖面資料彙整圖

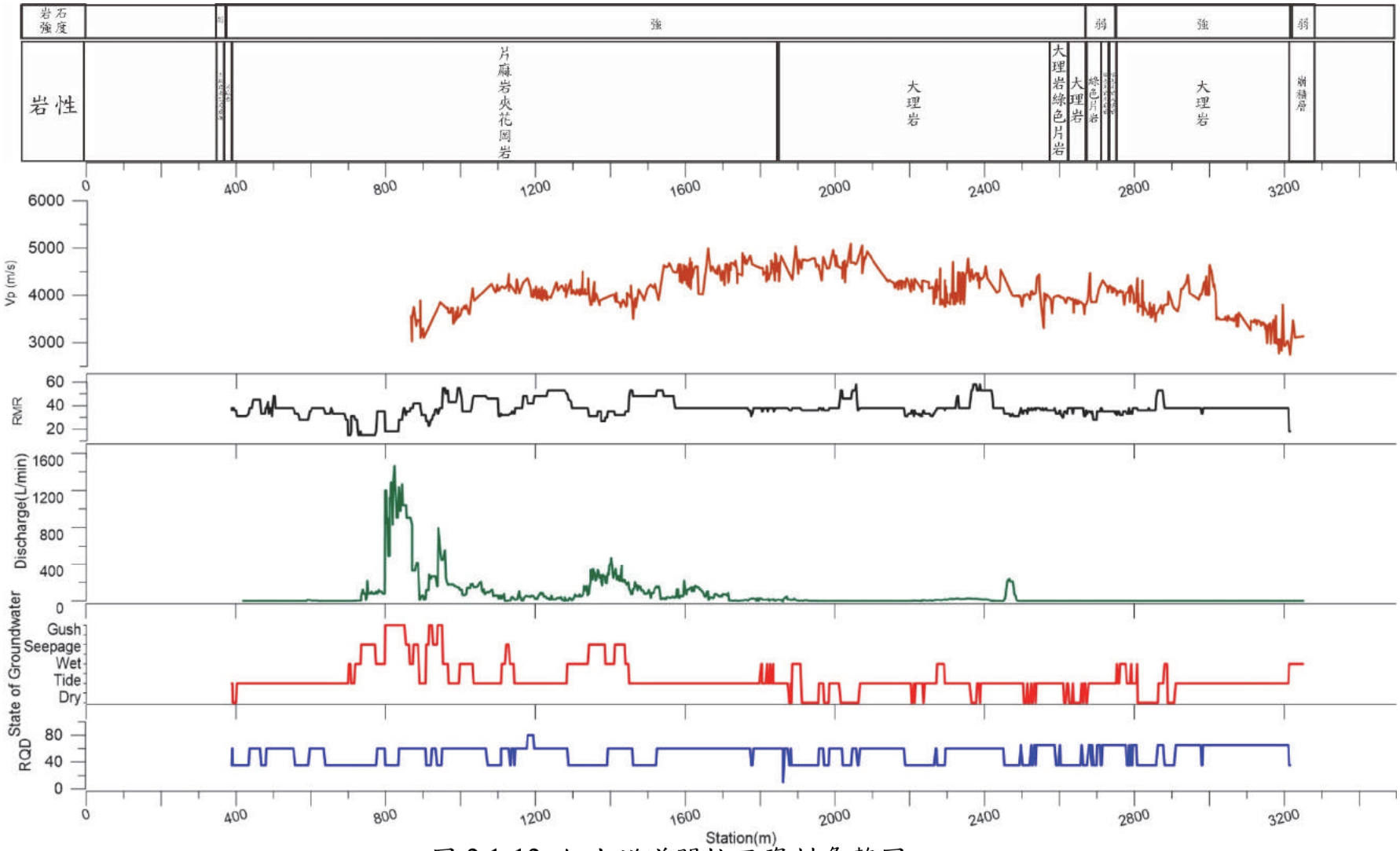


圖 2.1-12 仁水隧道開挖面資料彙整圖

2.2 氣象資料

本計畫所蒐集之氣象資料包括計畫區內氣象局 8 座雨量站及水利署 3 座雨量站資料，另為增加資料豐富度，並再蒐集臺電公司在本區所設置之 3 座雨量站資料，如表 2.2-1 所示，雨量站位置參見圖 2.2-1。另依據本計畫第五次契約變更的展延期程，其中 A 標鄰近雨量站(含：蘇澳、東澳嶺及東澳等 3 座雨量站)資料蒐集至 107 年 10 月止，其餘雨量站資料則持續進行蒐集。本計畫所蒐集之雨量資料可提供評估地下水補注量、隧道內出水量、降雨與河川流量關係參考。

(1)資料蒐集

本期工作主要係蒐集彙整 107 年度(1~12 月)氣象局雨量站資料及 106 年度臺電與水利署雨量站資料，其中臺電與水利署雨量站資料，係配合水利署觀測資料釋出規定辦理，於每年 7 月釋出前一年資料，資料蒐集結果彙整如表 2.2-2 及表 2.2-3 所示。

表 2.2-1 計畫區範圍既有雨量站彙整一覽表

站名	氣象局站號	水利署站號	臺電站號	所屬單位	記錄年份
蘇澳	467060			氣象局	70~107.10
東澳嶺	C1U840			氣象局	100.7~107.10
東澳	C0U760			氣象局	93.6~107.10
烏石鼻	C1U830			氣象局	100.1~107.12
觀音海岸	C1U850			氣象局	100.1~107.12
和中	C0T9D0			氣象局	93.6~107.12
富世	C0T9C0			氣象局	93.6~107.12
布洛灣	C1T830			氣象局	83~107.12
大濁水	01U230	2500P003		水利署	41~106.12
武塔	01U470	2510P009		水利署	68~106.12
樟林	01U450	2510P010		水利署	69~106.12
太平山	C0U710		2500P007	臺電	69~106.12
和平溪			2500P008	臺電	75~106.12
思源	C0U730		1420P040	臺電	47~106.12

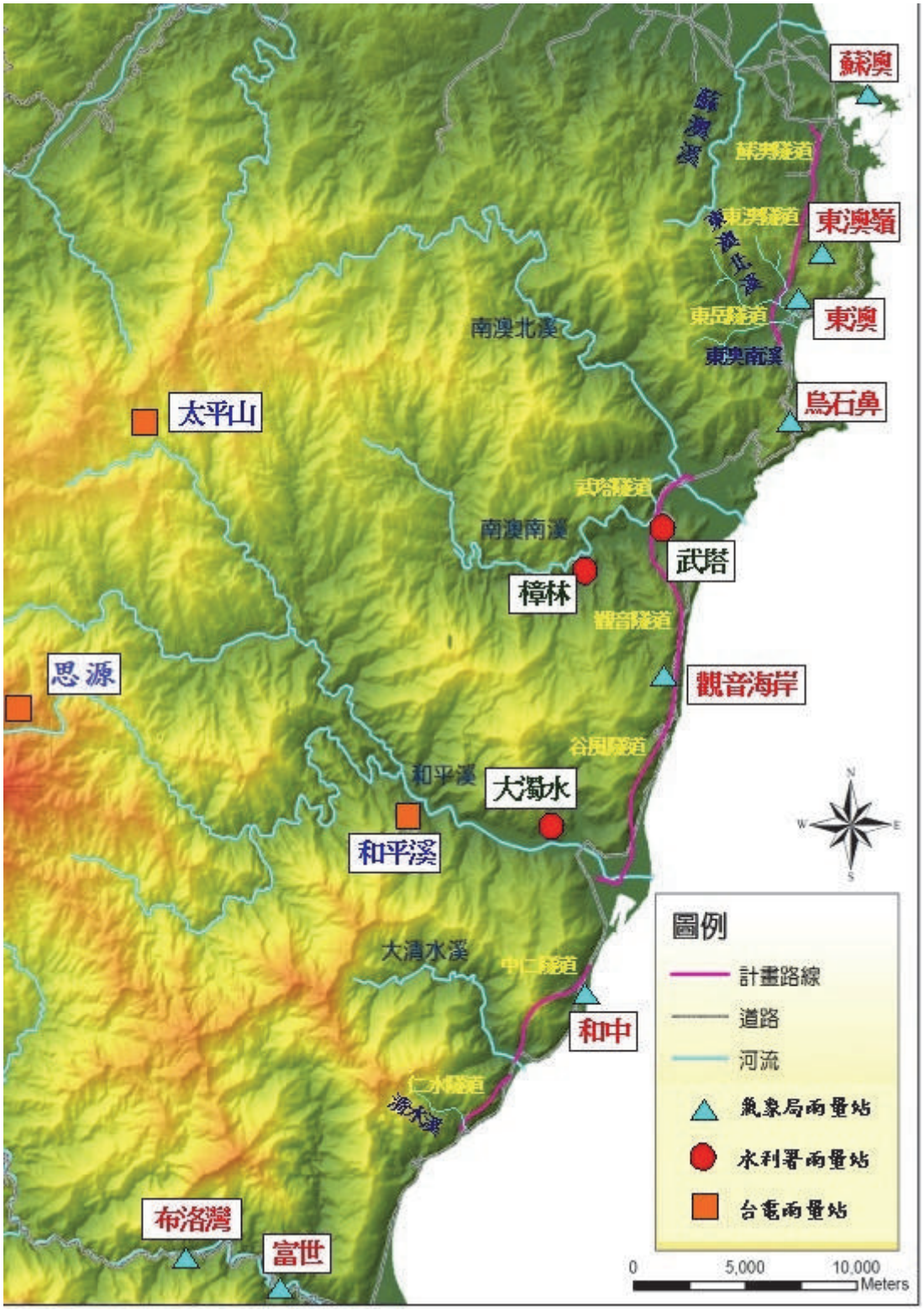


圖 2.2-1 本計畫區河川水系與既有雨量站位置圖

表 2.2-2 計畫區氣象局雨量站年度月雨量資料(mm)

蘇澳雨量站(至 107 年 10 月累計值: 3,190.5mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
107	733	230	131	52	33	328	99	116	433.5	1,035	—	—
東澳嶺雨量站(至 107 年 10 月累計值: 4,933.5mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
107	1,090	447.5	325	198.5	132.5	502.5	125.5	192	776	1,144	—	—
東澳雨量站(至 107 年 10 月累計值: 3,162mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
107	470	96.5	168.5	127	33	516	159.5	277.5	689	625	—	—
烏石鼻雨量站(累計值:3,699mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
107	65	72.5	222	115	50.5	469.5	102.5	321	468	562.5	758.5	492
*烏石鼻雨量站因氣象局檢測更新儀器，1 月紀錄期間為 107/01/26~31												
觀音海岸雨量站(累計值:2,824 mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
107	283	40.5	212.5	253	90	327	86.5	309	410.5	152	500.5	159.5
和中雨量站(累計值: 2,399mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
107	146	16.5	125.5	367	70	290.5	85.5	535.5	251	176	288	47.5
富世雨量站(累計值:1,234.5 mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
107	76	31.5	69	48.5	72	132.5	50	285.5	180	122.5	137.5	29.5
布洛灣雨量站(累計值: 1,214mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
107	99	53	21	34	82.5	84.5	74	264.5	332.5	93	51	25

表 2.2-3 計畫區水利署及臺電雨量站年度月雨量資料(mm)

大濁水雨量站(累計值:2,470mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
106	21	38	46	55	192	205	349	133	211	976	149	95
武塔雨量站(累計值:2,438 mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
106	35	28	70	77	178	158	251	110	387	767	174	203
樟林雨量站(累計值:2,514 mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
106	18	25	53	63	129	171	341	133	294	938	194	155
太平山雨量站(累計值: 3,376.5mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
106	56	48.5	81	102	229	646.5	537.5	142	285.5	902	229.5	117
和平溪雨量站(累計值: 2,340.5mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
106	14	22	41	61.5	117.5	208.5	374.5	103.5	125.5	1079	146	47.5
思源雨量站(累計值:1,394 mm)												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
106	38	69	91	109	156	293	72	13	0	17	286	250

(2)資料統計分析

計畫區 96 年至 106 年之平均雨量與 107 年氣象局雨量站資料初步比較分析結果如圖 2.2-2~圖 2.2-9 所示；至於水利署及臺電在計畫畫區內所設置之各雨量站資料初步比較分析結果如圖 2.2-10~圖 2.2-15。整體而言，計畫區的降雨主要受東北季風及梅雨季節影響，計畫區北段(蘇澳至東澳地區)降雨受東北季風影響明顯，本(107)年上半年的降雨集中於 1~2 月、6 月及 9~12 月期間，而東北季風的影響往南逐漸降低，計畫區中段(烏石鼻至和中地區)的降雨集中於 3~4 月、6 月和 10~11 月間，至於計畫區南端(富世至布洛灣地區)，全年降雨主要集中於 8~11 月份。

根據觀測資料顯示，計畫區內各雨量站歷年的平均年降雨量約於 2,352~5,851 mm，本(107)年上半年累積雨量則為在 374~2,696 mm，下半年豐水期之累積降雨量則明顯增加，惟整體略低於 106 年，此外計畫區的降雨型態大致呈現由北往南遞減情形(如圖 2.2-16)，計畫區北端蘇澳的平均年雨量約為 4,253.2 mm，B 標觀音海岸的平均年雨量為 3,322.25 mm，至計畫區南端富世的平均年雨量則為 2,353 mm，其中東澳隧道鄰近之東澳嶺降雨量為全區最高，100 年至 106 年之平均年雨量達 5,851.1mm，今年(107 年)1~10 月之累計雨量則達 4,933.5 mm，1~12 月之累計雨量更高達 8,349.5 mm，使得東澳嶺地區具有豐沛降雨補注。

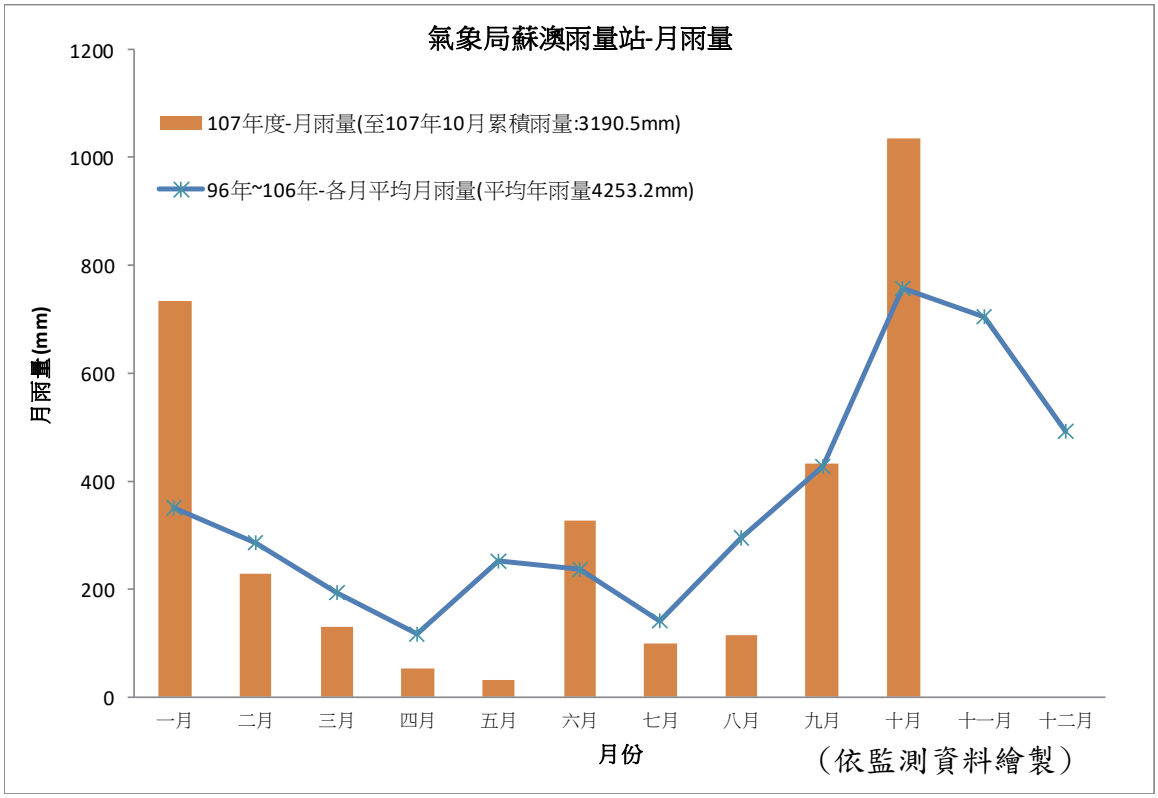


圖 2.2-2 氣象局蘇澳雨量站月雨量柱狀圖

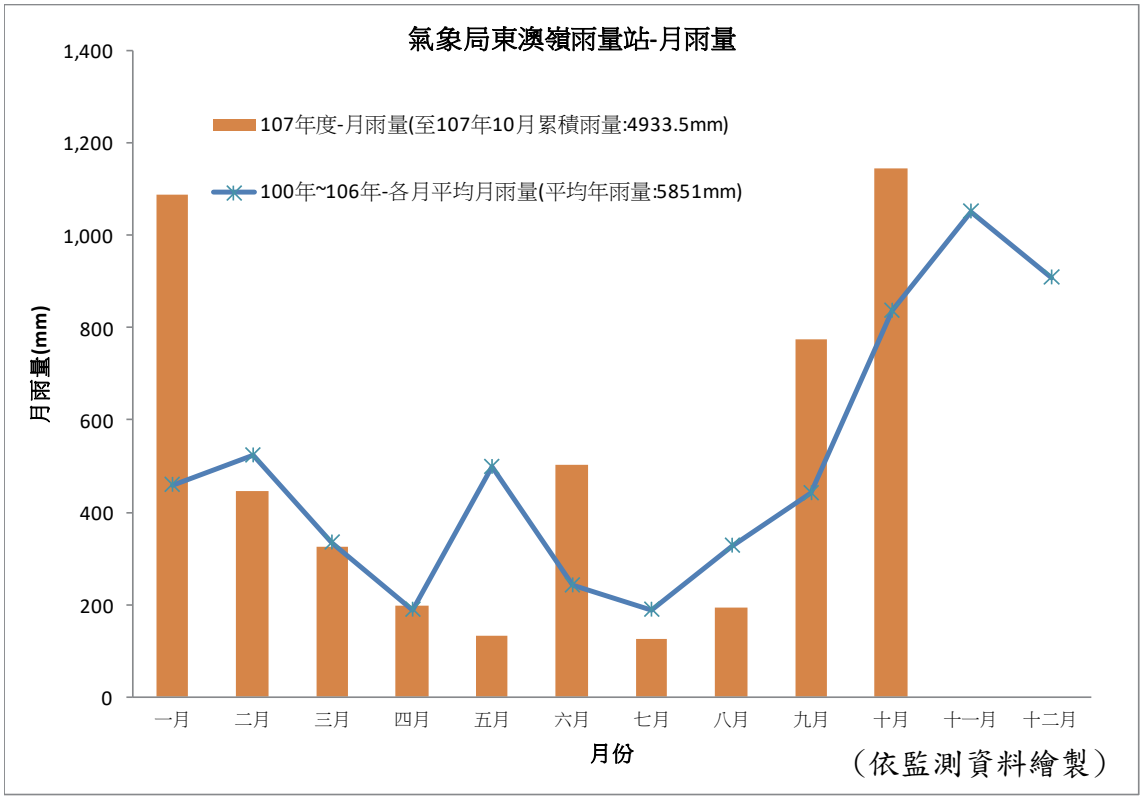


圖 2.2-3 氣象局東澳嶺雨量站月雨量柱狀圖

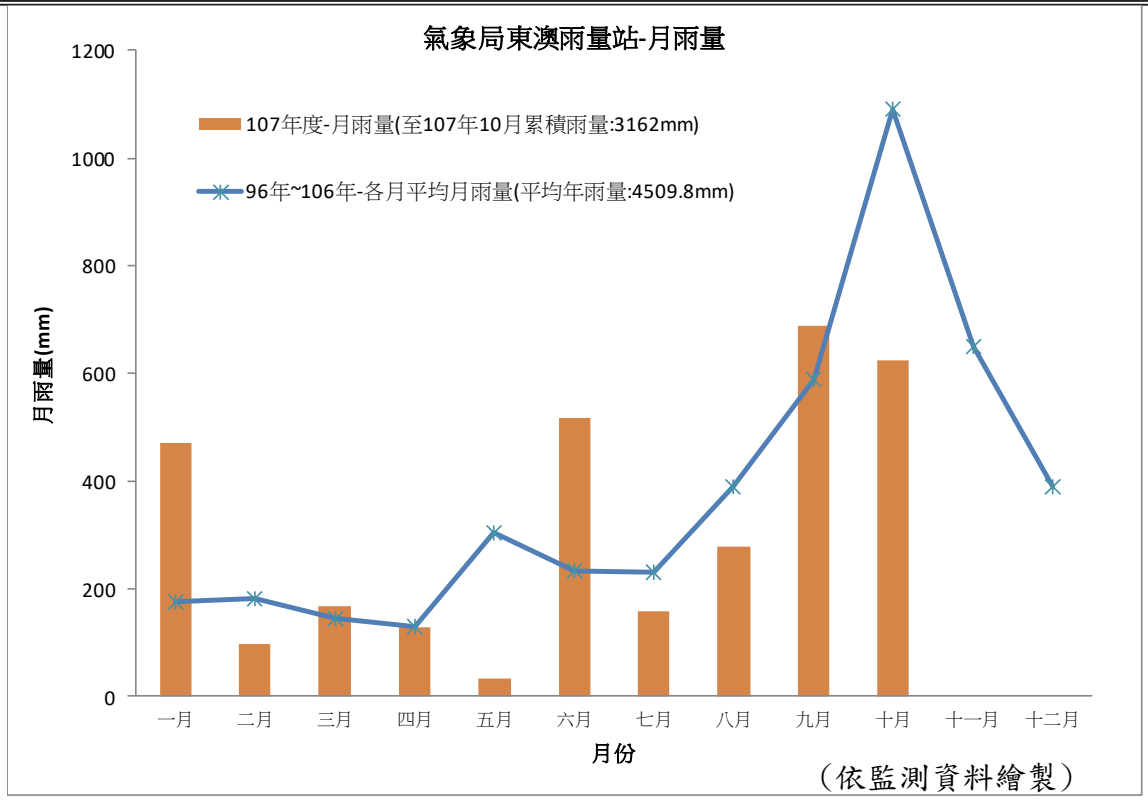


圖 2.2-4 氣象局東澳雨量站月雨量柱狀圖

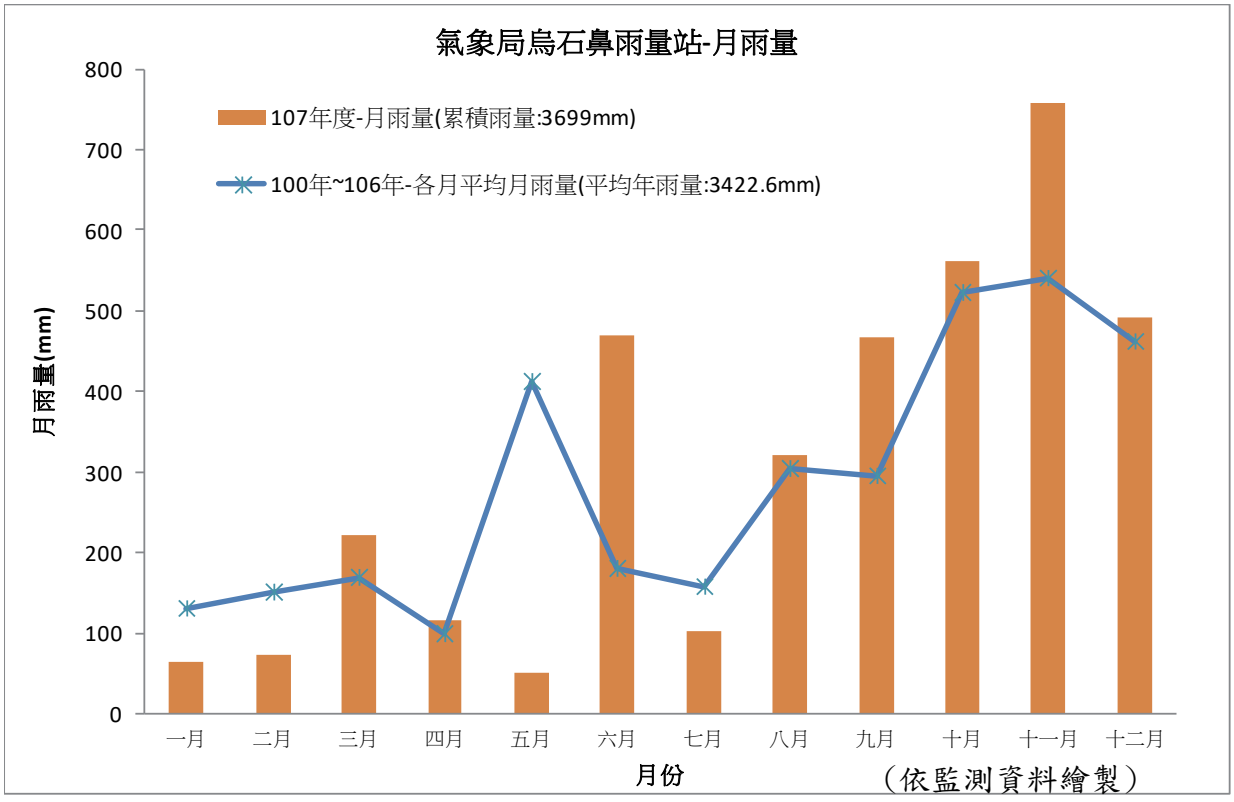


圖 2.2-5 氣象局烏石鼻雨量站月雨量柱狀圖

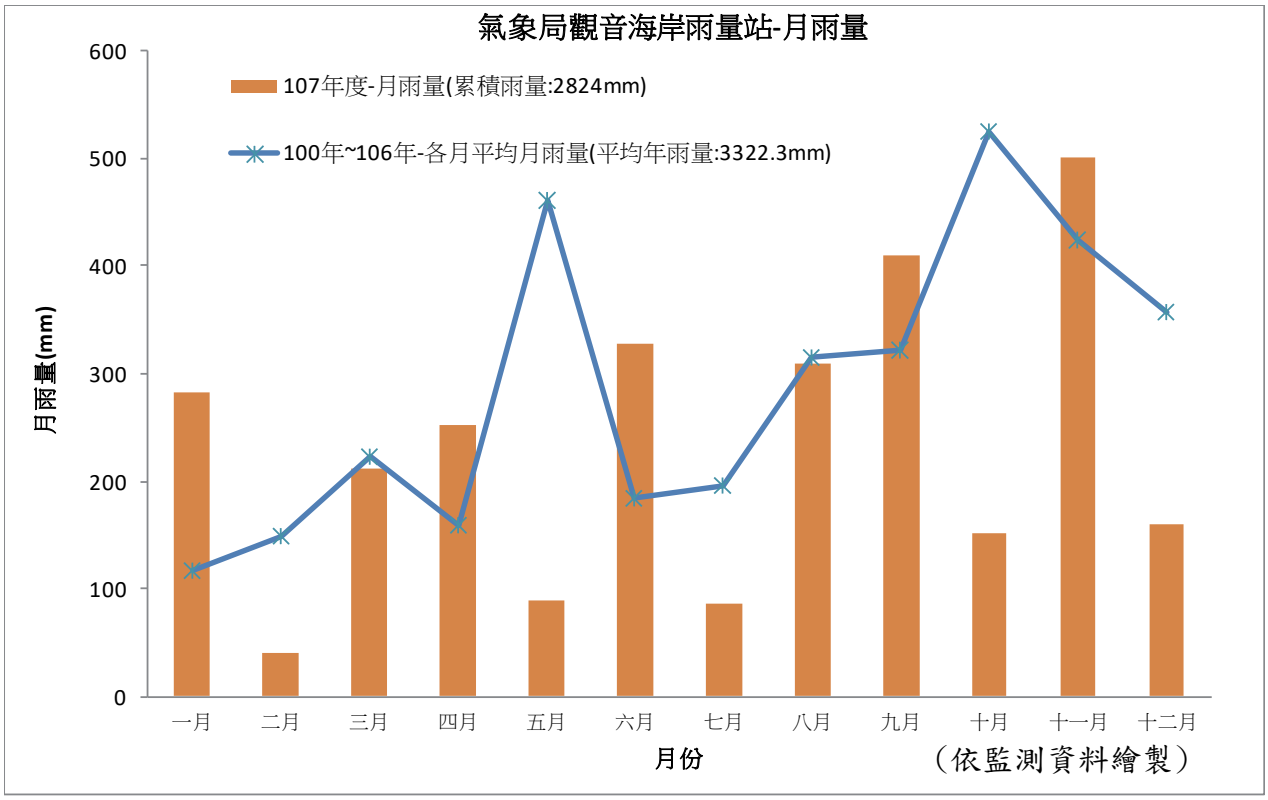


圖 2.2-6 氣象局觀音海岸雨量站月雨量柱狀圖

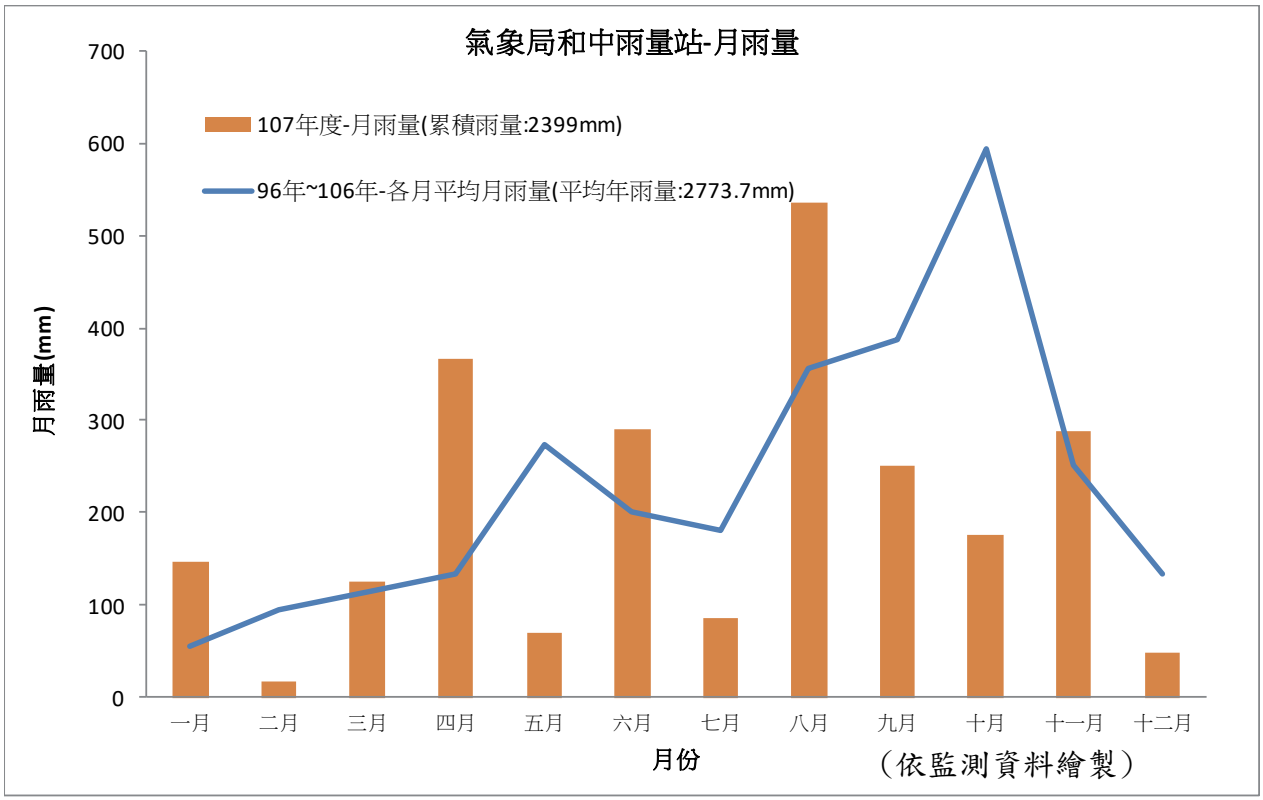


圖 2.2-7 氣象局和中雨量站月雨量柱狀圖

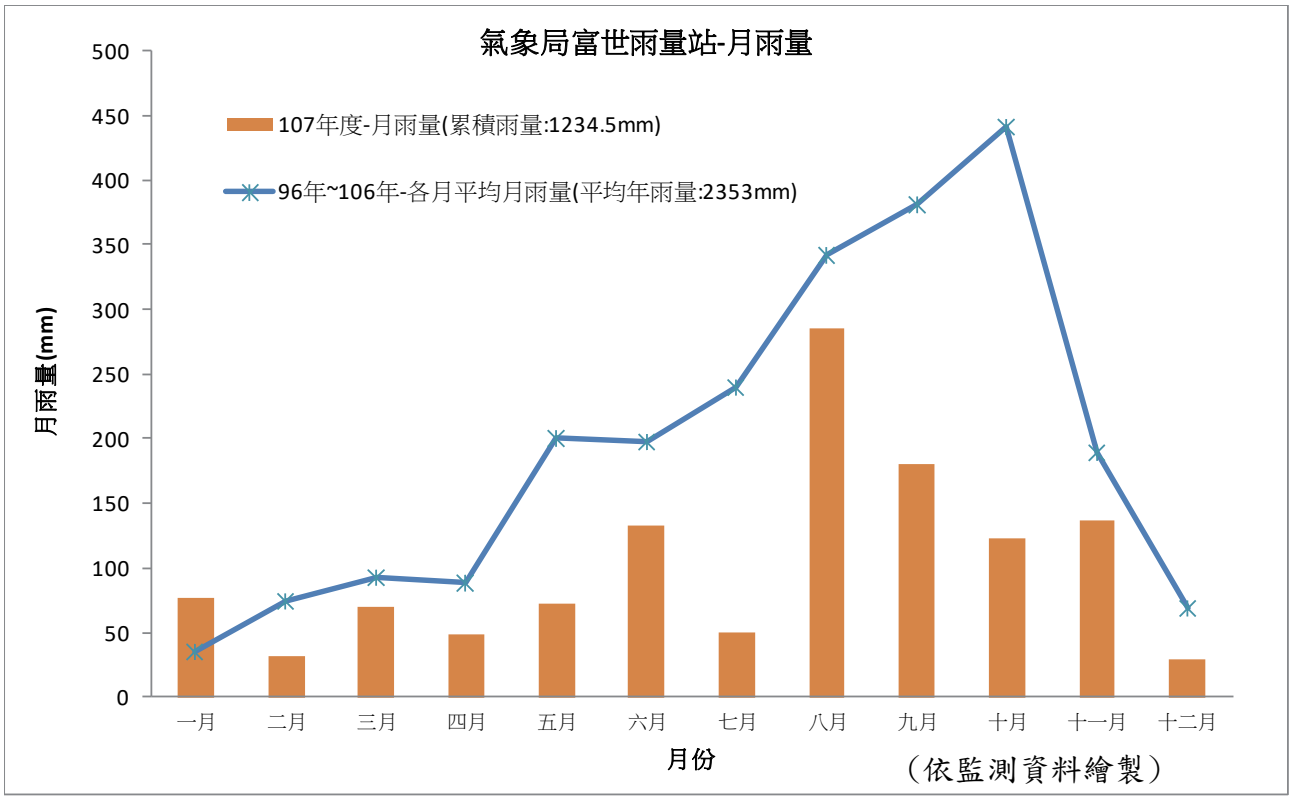


圖 2.2-8 氣象局富世雨量站月雨量柱狀圖

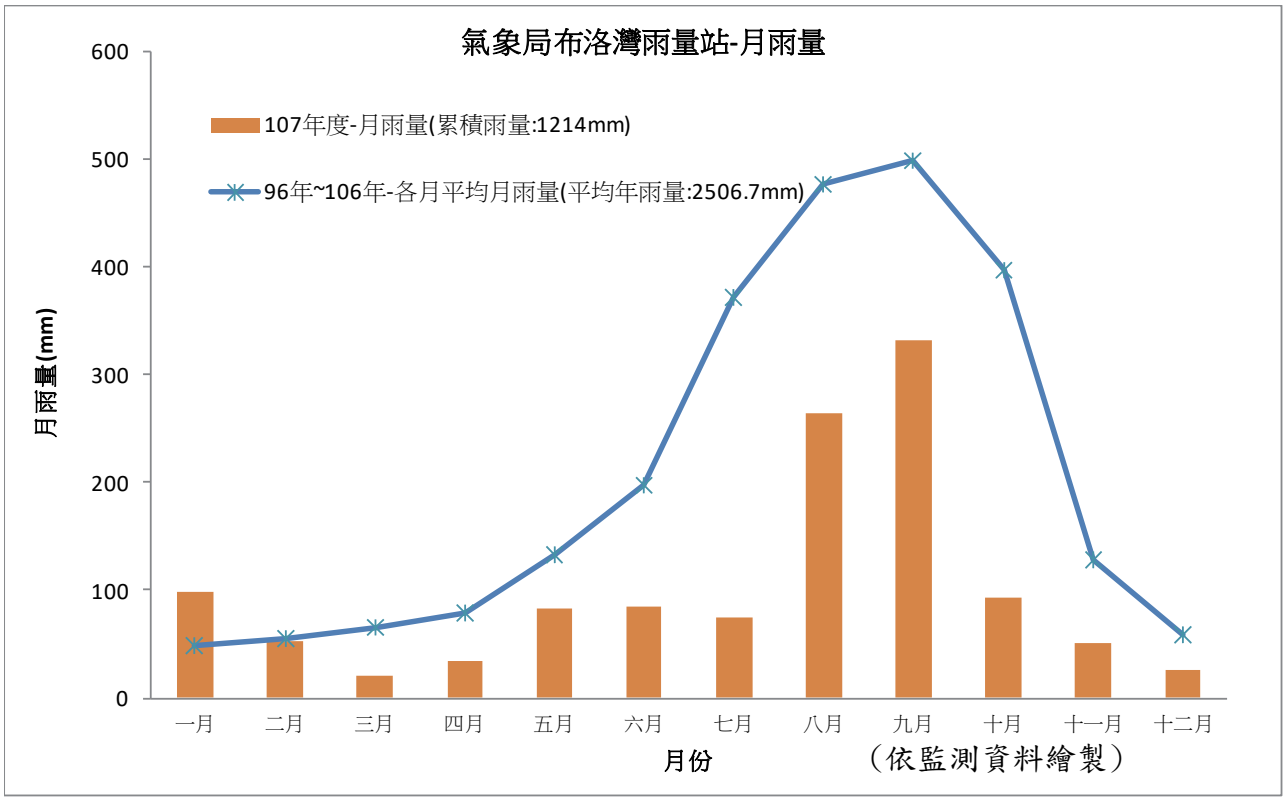
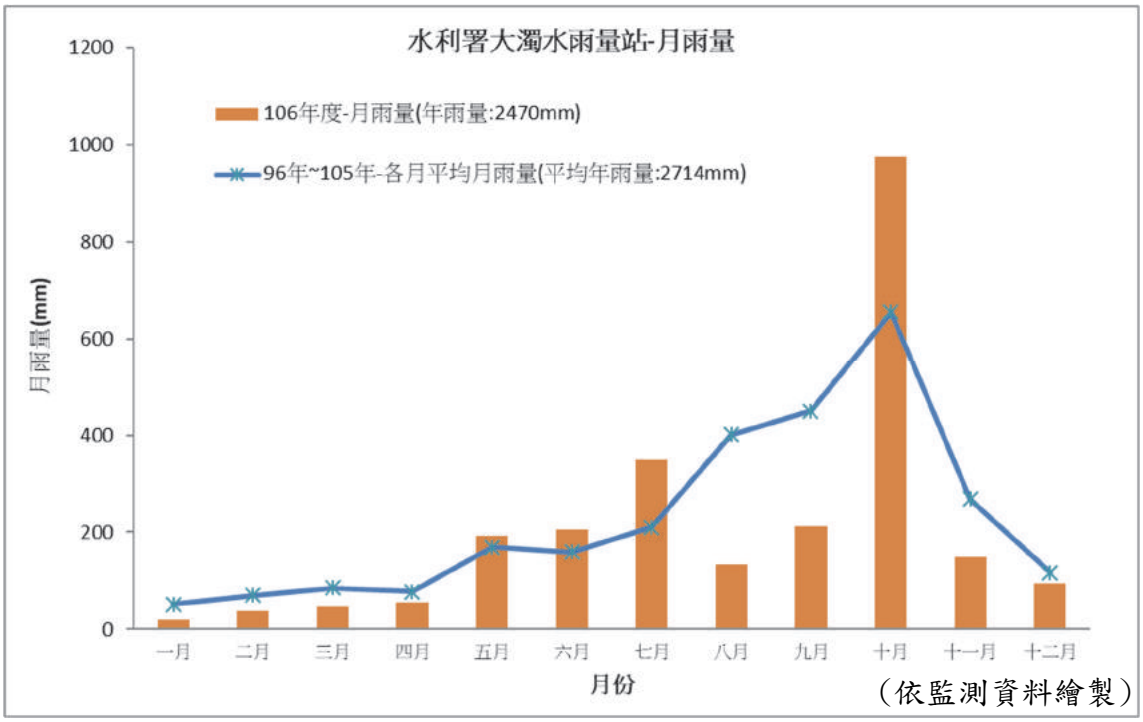
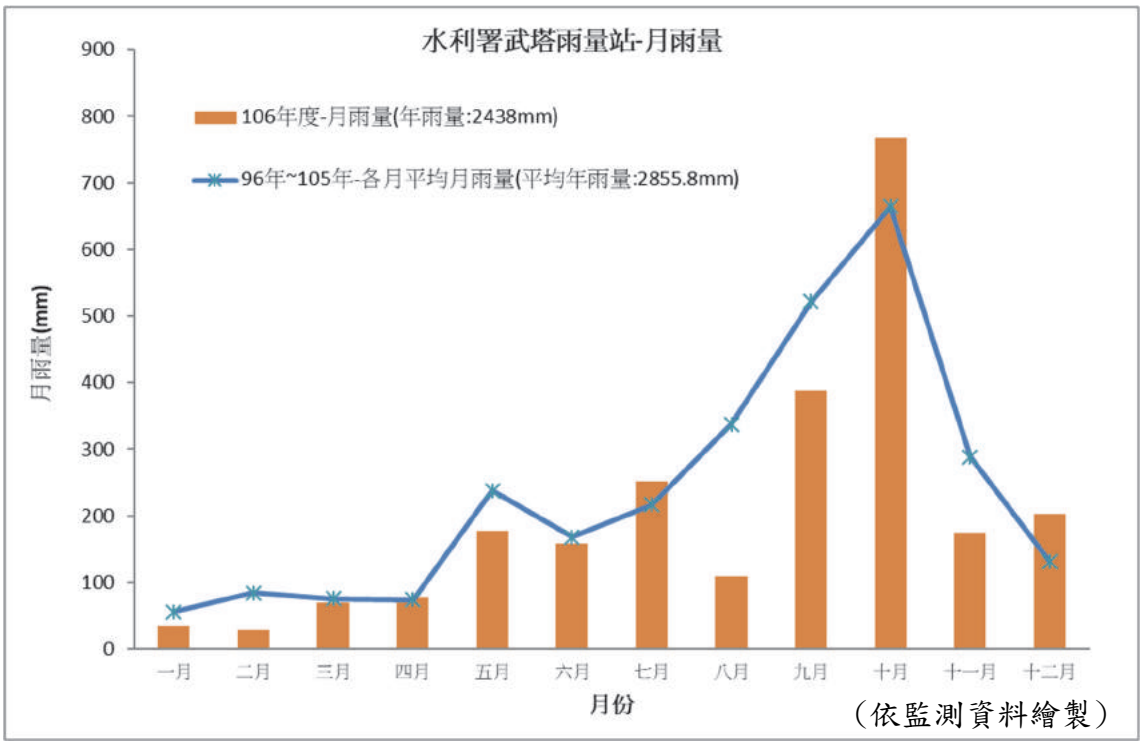


圖 2.2-9 氣象局布洛灣雨量站月雨量柱狀圖



（依監測資料繪製）

圖 2.2-10 水利署大濁水雨量站月雨量柱狀圖



（依監測資料繪製）

圖 2.2-11 水利署武塔雨量站月雨量柱狀圖

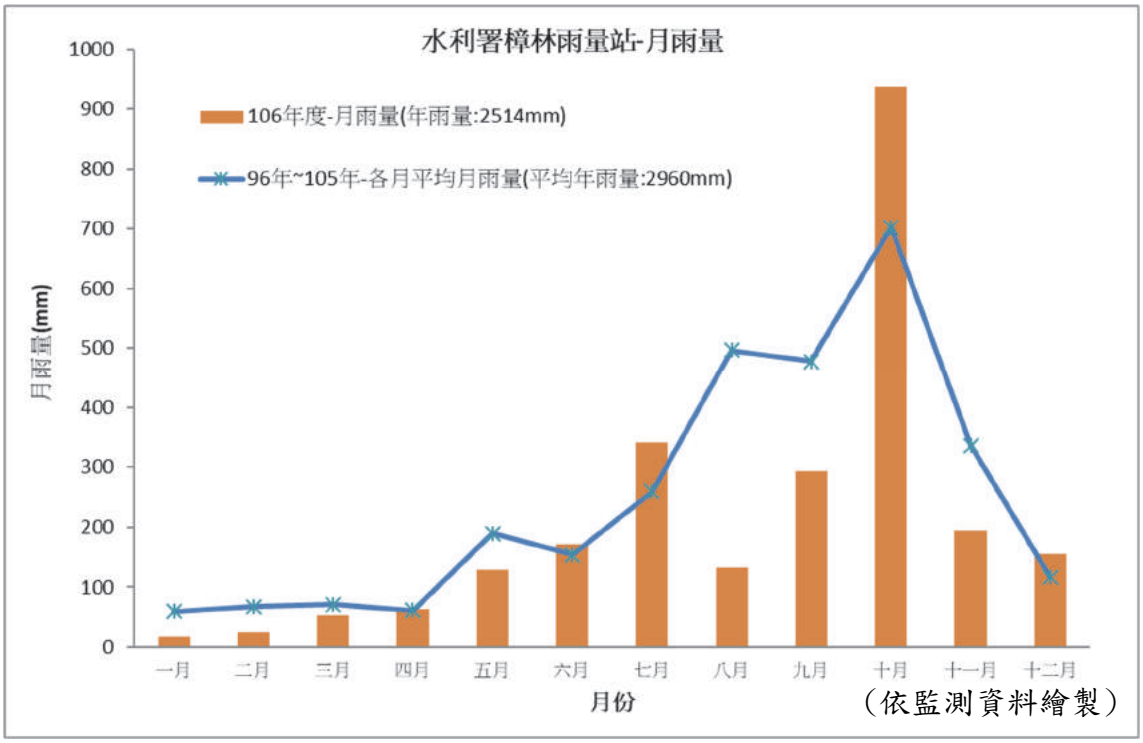


圖 2.2-12 水利署樟林雨量站月雨量柱狀圖

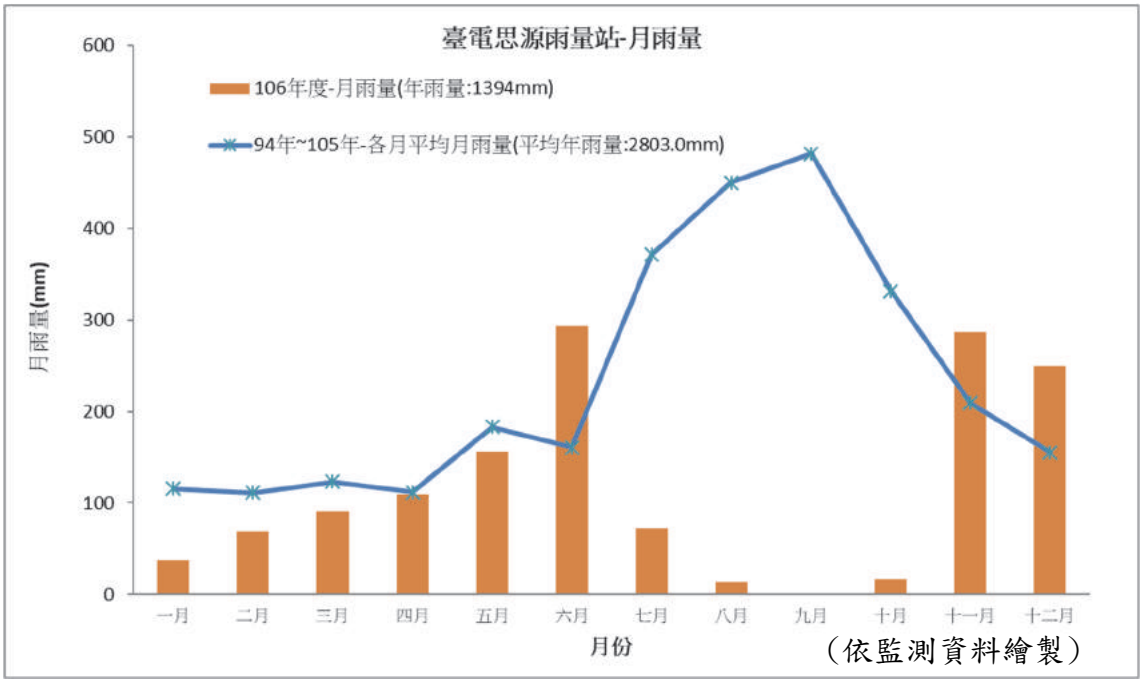


圖 2.2-13 臺電思源雨量站月雨量柱狀圖

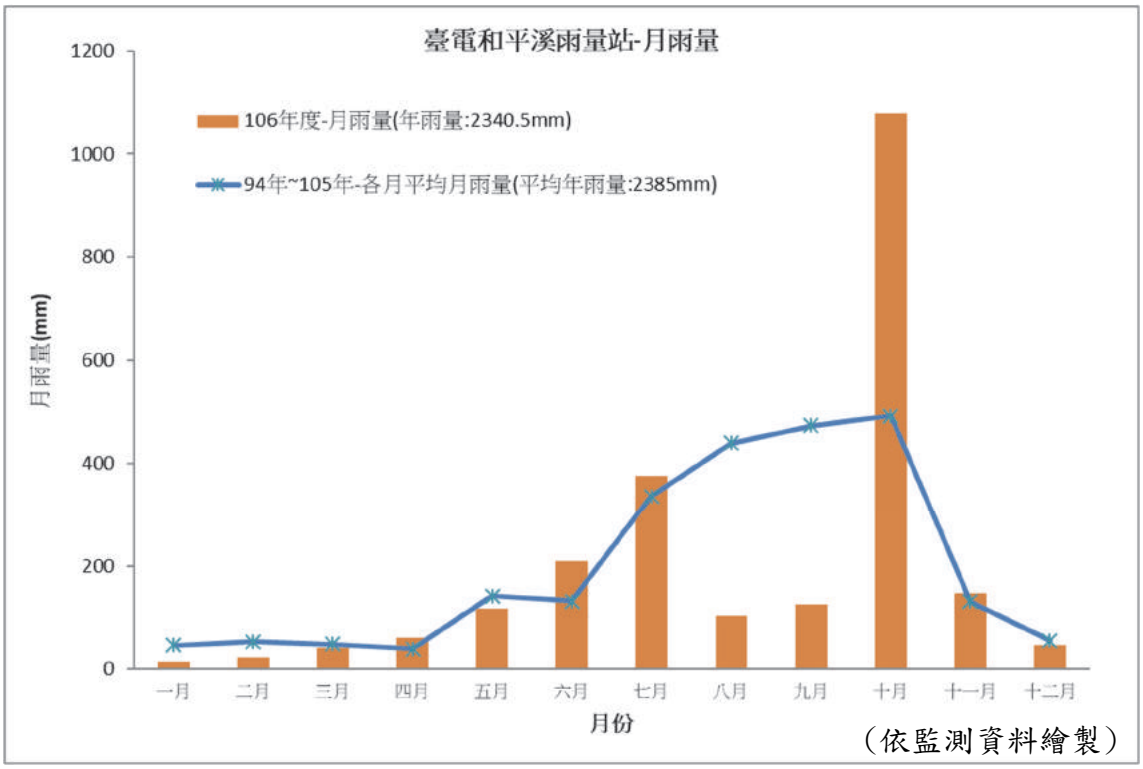


圖 2.2-14 臺電和平溪雨量站月雨量柱狀圖

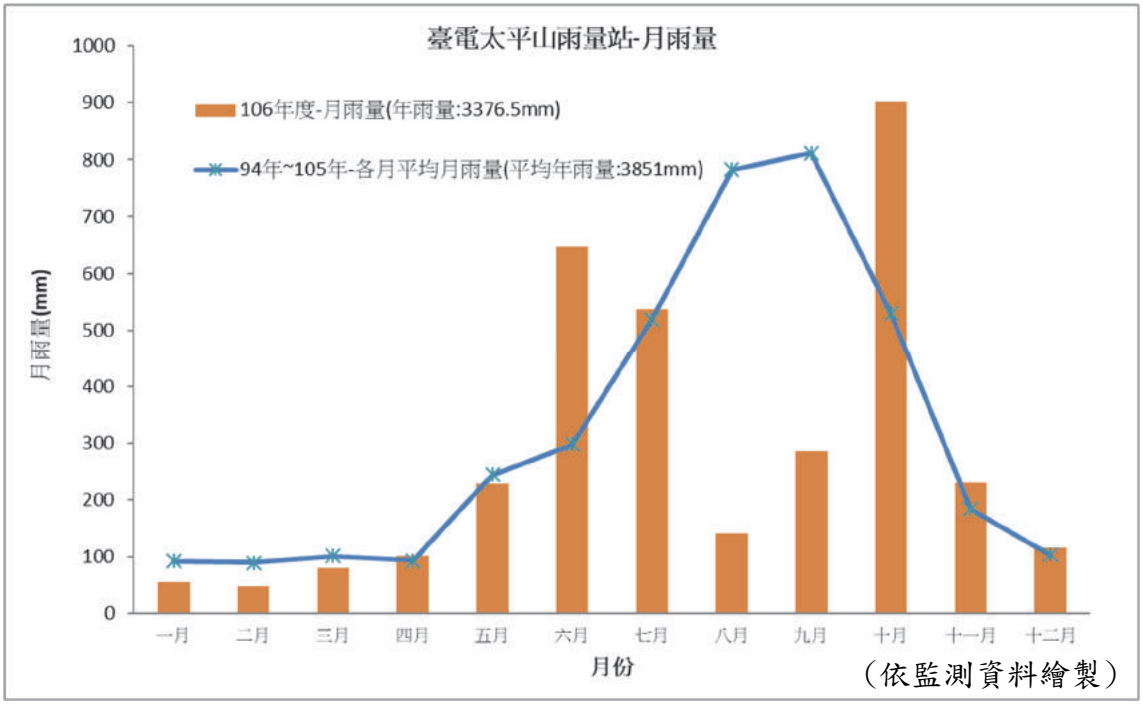


圖 2.2-15 臺電太平山雨量站月雨量柱狀圖

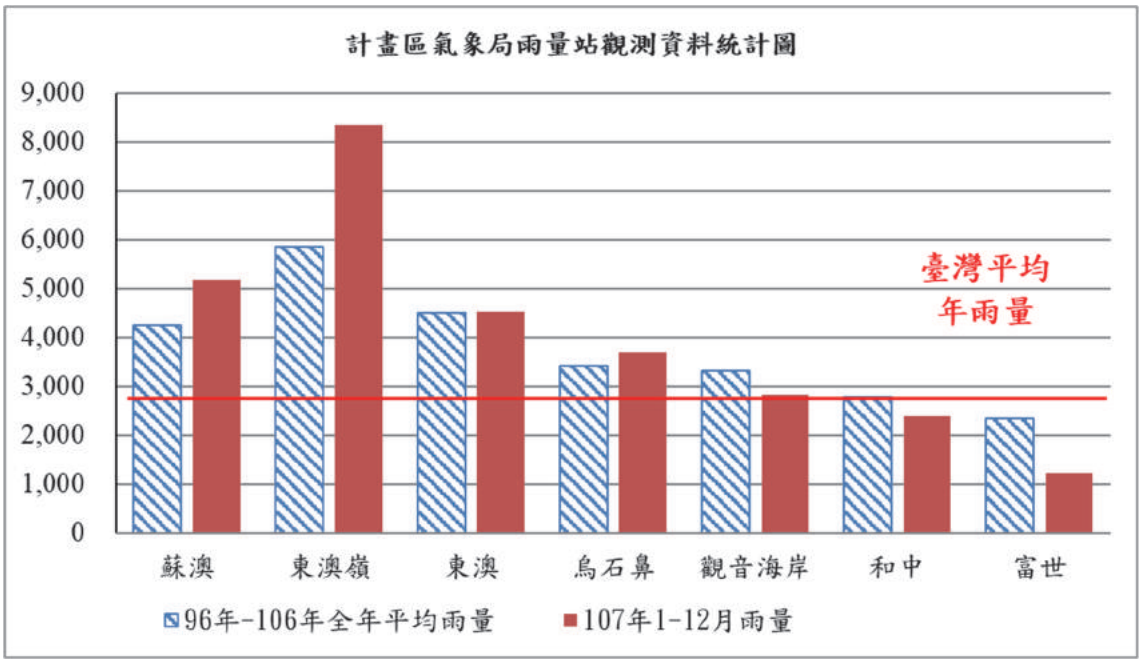


圖 2.2-16 計畫區氣象局雨量站觀測資料統計圖

2.3 水文資料

(1)資料蒐集

計畫區內於計畫開始前既有的河川流量站計有 12 座，分別隸屬經濟部水利署第一河川局及經濟部水利署第九河川局管轄，原有 4 座流量站(和平溪之希能埔流量站、南澳北溪之南澳橋與南澳圳流量站、以及南澳南溪之澳尾橋流量站)仍持續運作，詳如表 2.3-1。蘇花改施工前的 12 座河川流量站背景資料均已蒐集，而原隸屬水利署仍運作的 4 座流量站中，澳尾橋、南澳橋及南澳圳等三座測站已於 103 年 6 月移交給宜蘭縣政府管轄，由於宜蘭縣政府未編列相關經費，導致上述三座流量站已中斷量測，103 年 7 月 1 日迄今的資料仍缺漏，將持續追蹤，如有恢復量測，將持續蒐集。

本期資料蒐集工作係配合水利署觀測資料釋出規定與時程辦理，於每年下半年申購前一年度資料，表 2.3-2 為 106 年度的流量觀測資料，本期所蒐集的相關資料已納入分析，提供地下水補注量評估、隧道出水量與水文環境變化關係等參考。

(2)資料統計分析

本計畫針對計畫區內目前仍在運作中的河川流量站(和平溪之希能埔流量站)資料，進行 106 年度的月平均日流量統計，結果如圖 2.3-1 所示。

和平溪之希能埔測站的流量資料統計結果顯示，106 年度各月的流量大致維持穩定，並未有明顯豐水期及枯水期差異。整體而言，106 年 7 月的流量略低於 105 年 7 月，餘則大致維持穩定，由流量與雨量關係資料顯示，月平均流量與月雨量的變化有些許不一致之處，研判其原因有：

a. 由於流量站上游的支流眾多，集水區面積廣闊，集水區內雨量分佈殊異，因此其流量受到上游集水區整體雨量的影響，僅能與鄰

近之雨量站雨量資料大致吻合，而無法完全一致。

b. 月降雨量與月平均流量呈現延遲反應的現象，降雨時地表逕流較易直接反映於河川流量，但入滲至地表下後再補注至河川流量部分則因地下水滲流速度較慢，有延遲反映於河川流量的現象。

c. 在颱風豪雨期間，降雨量高度集中，高降雨強度時間短暫，雖使得累積的月降雨量提高，但因多為地表逕流而流入河道，僅造成短時間內的流量高峰值，於颱風豪雨期間過後，河川流量快速消退，若後續並無較多的雨量，則其月平均流量無法相對獲得提高。

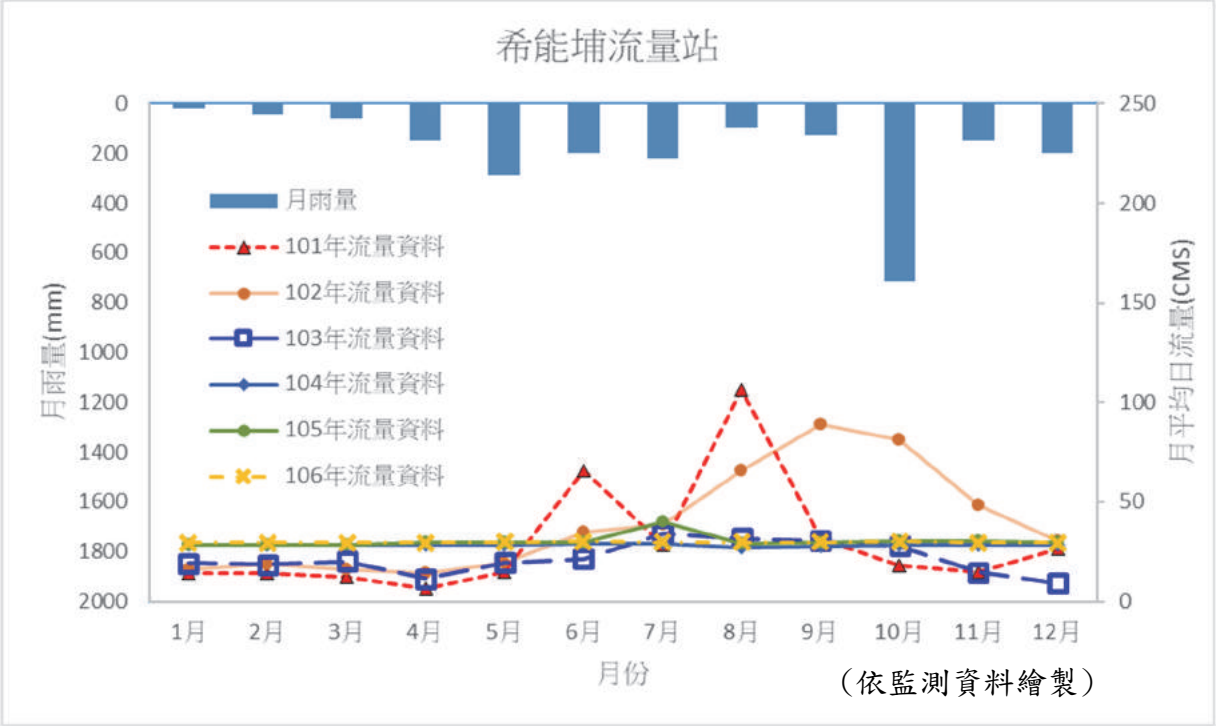
表 2.3-1 本計畫區既有河川流量站彙整表

站名	站號	量測河川	管理單位	記錄年份
希能埔	**2500H003**	**和平溪**	**經濟部水利署第一河川局**	**64~89, 91~106**
澳尾橋	**2510H004**	**南澳南溪**	**宜蘭縣政府**	**63~89, 91~103**
南澳橋	**2510H006**	**南澳北溪**		**88~89, 91~103**
南澳圳	**2510H007**	**南澳北溪**		**88~89, 91~103**
大濁水	2500H001	和平溪	經濟部水利署第一河川局	26~28,30
希能埔(左)	2500H009	和平溪		81
南澳	2510H002	南澳北溪		36, 40
澳尾橋(合)	2510H005	南澳北溪		64~89
南澳圳	2510H008	南澳北溪		84~87
阿育	2460H002	立霧溪	經濟部水利署第九河川局	28~31
立霧	2460H003	立霧溪		41, 43~46
婆賽干	2460H004	立霧溪		26~27

表 2.3-2 計畫區水利署各流量站月平均日流量資料

希能埔流量站												
年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
106	29.60	29.51	29.54	29.52	29.66	30.10	29.78	29.82	29.69	30.27	29.42	29.45

註:流量單位為立方公尺/秒



（依監測資料繪製）

圖 2.3-1 和平溪希能埔流量站各月平均日流量圖

第三章 施工期間水文地質調查

本計畫係以量化科學方式探討隧道施工對鄰近區域水資源環境影響，因此在施工期間透過觀測儀器安裝測讀與資料蒐集等方法，以瞭解區域水文地質環境變化情形，並進一步作為三維水文地質模式率定、檢討與修正之參考依據。本期(107 年度 1~12 年月份)施工期間水文地質調查結果彙整說明如下。

3.1 隧道內出水量觀測

本計畫所關注蘇花改沿線 5 座長隧道工程(東澳隧道、觀音隧道、谷風隧道、中仁隧道及仁水隧道)，目前東澳隧道、觀音隧道、谷風隧道、中仁隧道及仁水隧道皆已開挖貫通，隧道內出水量觀測辦理情形，主要針對上述開挖貫通後仍進行施測之隧道加以說明。

3.1.1 隧道開挖工作面出水量觀測資料蒐集

隧道開挖面出水量觀測工作，目前主要方式有三：(1)現場地質師在評估開挖面岩體狀況時，評分項目包括開挖面地下水狀況；(2)距離開挖面 20-50m 處設置量水堰，每日觀測開挖面出水量；(3)對於縱坡向下開挖段，不易重力排水時，則設置集水井，以抽水方式至後方重力排水段進行正常排水，並裝設量水堰觀測出水量。有關施工廠商地質師所評估的開挖面地質紀錄及地下水滲流情形請參見附錄 B。中仁隧道南北洞口及仁水北洞口開挖面量水堰的觀測結果彙整詳見附錄 C。

中仁隧道於 107 年 5 月開挖貫通，107 年 1~5 月 C1A 標中仁隧道南口段主要遭遇片麻岩夾石英脈，開挖面出水量極微；至於隧道北口段開挖面的出水量，107 年 1~5 月多數區段開挖出水量有限，其中 1 月~3 月間開挖遭遇片麻岩夾石英脈，開挖面出水量大約 0~207 (L/min)，4 月~5 月間北上線遭遇片麻岩、南下線遭遇片麻岩夾石英脈時，隧道開挖面出水量則約 58~134 (L/min)。

仁水隧道於 107 年 11 月開挖貫通，107 年度開挖於 1 月時遭遇大理岩夾綠色片岩，2 月起則遭遇綠色片岩夾片麻岩，3 月則進入大理岩夾綠色片岩，4~10 月隧道施工進入大理岩段，11 月隧道施工進入洞口崩積層區，隧道開挖面出水量均極微。各標隧道開挖出水情形詳見 3.1.3 節說明。

3.1.2 隧道洞口排水量觀測資料蒐集

有關隧道洞口排水量觀測工作，施工廠商係於主隧道洞口、以及施工橫坑與舊北迴鐵路隧道交會處邊溝安裝量水堰，每日觀測隧道洞口排水量。部分已開挖貫通隧道因洞台降挖及襯砌澆築等施工影響，將洞口量水堰移除者，則以人工方式觀測記錄。

A 標隧道各洞口(南、北洞口)及 B 標隧道各洞口(包括觀音北口、谷風隧道南洞口、10K+768 施工橫坑洞口等)、C1A 標中仁隧道南北洞口及 C2 標仁水隧道北洞口所設置之量水堰觀測結果彙整詳如附錄 D 所示。

3.1.3 隧道開挖工作面及洞口出水量觀測資料分析

本計畫蒐集施工廠商所量測之隧道內出水量資料，偶有開挖工作面出水量觀測值高於洞口出水量觀測值之異常情形，經現場檢視後，研判其主要原因為：(1)施工期間之側邊溝排水道並非混凝土溝渠，所以水流會有沿路滲失情形、(2)兩者量測時間並不完全一致、(3)開挖施工阻斷或妨礙排水順暢，導致流至洞口之水量減少。對於上述異常觀測結果，在隧道出水量分析研判時可透過將隧道洞口總出水量設定為需大於或等於開挖面出水量的情形，補正洞口總出水量以降低分析研判誤差。另上述異常觀測情形一般易發生在隧道出水量較少時，表示隧道施工對區域地下水環境影響有限，此些微觀測誤差並不影響計畫研判結果之正確性；而倘若隧道施工遭遇大量湧水時，沿路滲失的影響可忽略不計，亦不影響分析研判正確性。各隧道開挖面及洞口出水量觀測資料分析則分述如下：

(1) 東澳隧道

A2 標東澳隧道已於 107 年 2 月 5 日通車營運，根據本計畫展延期程，東澳隧道洞口出水量的觀測工作執行至 107 年 10 月止。本(107)年度 1~10 月東澳隧道洞口排水量觀測結果詳如附錄 D 所示，進一步彙整鄰近雨量站降雨量及洞口排水量等資料，結果如圖 3.1-1~圖 3.1-2 所示。

東澳隧道已全線開挖貫通並於 107 年 2 月 5 日正式通車營運，2 月～10 月期間係以人工方式量測隧道南、北洞口下游排水渠道的總排水量，其中北洞口於本(107)年 1 月時測得水量達 13,979 (L/min)，研判可能與 1 月時東澳地區降雨量豐沛所致(超過歷年平均值的 2 倍)，隨後 2~6 月期間洞口水量則呈現逐漸減少趨勢，觀測值約 3,893~10,176 (L/min)，9 月~10 月受颱風及東北季風影響，洞口出水量增加至 7,875~11,087 (L/min)；至於隧道南洞口的水量明顯低於北洞口，同時亦呈現 1 月時最高(約達 768 L/min)，而後 2-10 月期間洞口排水量則極微。整體而言，東澳隧道洞口出水量呈現與降雨量多寡正相關的關係，比對隧道開挖期間的出水型態，東澳隧道的出水主要來自東澳嶺地區的降雨補注，降雨入滲後沿岩盤裂隙及透水性佳大理岩流動，依地形及隧道高程水力梯度關係，部分地下水滲流入隧道內，由隧道排水系統排出洞外，部分則補注東澳嶺地區溪流(如圳頭溪)。

(2)觀音隧道

B2 標觀音隧道已全線開挖貫通，隧道路線高程最高處約在里程 4K+060 附近，里程 4K+060 以北的隧道出水由北口排出，而里程 4K+060 以南之出水則引流至舊觀音隧道南、北洞口及里程 7K+572 橫坑海側排出。觀音隧道洞口排水量觀測結果彙整於附錄 D，進一步彙整鄰近雨量站降雨量及洞口排水量等資料，結果如圖 3.1-3 所示。

觀音隧道持續進行襯砌澆築施工作業，107 年北口總排水量大致約 545~6,299 (L/min)，出水量最高出現於 9~12 月颱風及雨季期間。里程 4K+060 以南區間出水主要採抽水方式，分別引至舊觀音隧道南、

北洞口及里程 7K+572 橫坑海側排出，透過上述位置排水溝渠之人工方式量測，可大致瞭解觀音隧道出水量情形。107 年舊觀音隧道北、南洞口及 7K+572 橫坑海側排水口之出水量觀測值各約 165~1,097、55~377 及 922~1,472(L/min)左右，如表 3.1-1 所示。

(3)谷風隧道

B3 標谷風隧道已開挖貫通，目前隧道出水均引至南洞口排出。隧道洞口排水量觀測結果詳附錄 D，進一步彙整鄰近雨量站降雨量及洞口排水量等資料，結果如圖 3.1-4 所示。

106 年 10 月 20 日谷風隧道南下線 T980~T1058 輪(隧道里程約 12K+363.6 至 12K+454)區段發生大規模抽坍(如圖 3.1-5 及圖 3.1-6)，坍落料粗估約 9,500m^3。抽坍後的調查結果指出，該區地下水主要可能來自由南側上方，抽坍區段地層具有複雜的多期褶皺構造，局部有綠色片岩和大理岩分佈，因劇烈褶皺作用，不同軟硬程度的地層間可能產生拉伸或擠壓，以致造成地層破碎或剪切錯斷，形成地下水的通路與蓄積。隧道開挖面所遭遇的綠色片岩及剪裂泥均為細粒且不易透水的地層材料，因此於開挖面出水量甚低，但地下水可能棲止蓄積於隧道上方 5～20 公尺處。隧道開挖後的應力重新調整，使得地層中的裂隙可能產生開口或閉合等不同變化，造成地下水通路改變。隧道上方地層解壓鬆弛及地下水包等壓力變化影響，同時 106 年抽坍前由 10 月 3 日至 10 月 15 日約 13 天的持續降雨影響(觀音海岸雨量站觀測值約 871mm)，造成 T999～T1004 區段的地質軟弱區域支撐構件擠壓變形，並造成破壞坍落，此應為第一階段抽坍的可能原因；其後因抽坍孔洞逐漸擴大，以致隧道上方不透水層鬆弛破壞，大量地下水瞬間湧入隧道內，以致造成 T1004 以南隧道頂拱上方岩層崩落破壞，壓毀隧道支撐構件，致使抽坍區域進一步擴大。

抽坍段上半斷面已修復完成，目前正進行下半洞台階挖施工，抽坍段出水量已明顯減少，但抽坍段北側出水量有增加情形，研判可能

係因抽坍段上方圍岩進行灌漿回填，導致地下水路改變，往北偏移所致。本(107)年度谷風隧道南洞口排水量約為 4,870 ~ 8,870 (L/min)，前半年大致呈現由逐月遞減情形，下半年則大致維持在 2,500~4,000 (L/min)之間。

(4)中仁隧道

中仁隧道於 107 年 5 月全線開挖貫通，中仁隧道北口及南口開挖面及洞口排水量觀測結果詳如附錄 C 及附錄 D 所示，進一步彙整鄰近雨量站降雨量、隧道施工進度、開挖面出水量及洞口排水量等資料，結果如圖 3.1-7~圖 3.1-8 所示。

中仁隧道北口段本(107)年 1~3 月期間開挖遭遇片麻岩夾石英脈，開挖面出水量約 0~207 (L/min)，開挖面呈現微潮狀況，洞口排水量約 368~1,472 (L/min)；4 月至 5 月期間，北上線開挖遭遇片麻岩、南下線則為片麻岩夾石英脈時，開挖面呈現微潮至潮濕狀況，北上線及南下線開挖面出水量大致各約 58~88 (L/min)及 99~134 (L/min)，洞口排水量則約 591~668(L/min)，現場照片如圖 3.1-9 所示；至於隧道南口段施工主要遭遇片麻岩夾石英脈，開挖面出水量極微，洞口排水量亦有限，1 月時洞口排水量約 70~100 (L/min)左右，2 月時則約 50 (L/min)左右，3~5 月洞口排水量極微，開挖面照片如圖 3.1-10 所示。

整體而言，中仁隧道施工過程並未於開挖面遭遇嚴重出水問題，但近年來工區降雨量有增加趨勢，根據氣象局雨量站資料顯示，102 年~104 年間之年降雨量約為 1,323~2,554mm，但 105 年起降雨量明顯增加，年降雨量達 3,668mm，106 年的年降雨量約 2,269mm，本(107)年年雨量亦達 2,774mm，且降雨有集中於短時間內的情形，導致隧道開挖面雖未遭遇明顯出水問題(僅為潮濕至滲流狀況)，但隧道已開挖段則於持續豪雨過後出現大量滲湧水情形，包括：(1) 105 年 7 月時受尼伯特颱風所帶來的豪雨影響，隧道已開挖段出現大量出水，南洞口總出水量增加至 6,000~18,000 (L/min)；(2) 105 年 9~10 月時受莫蘭

蒂颱風、馬勒卡颱風、梅姬颱風、艾利颱風等多個颱風所帶來的降雨影響，隧道已開挖段的出水量突增至約達 4,5000(L/min)以上，降雨過後又再次逐漸減少；(3) 106 年 10 月時受卡努颱風外圍環流豪大雨影響，隧道內已開挖段復又再次大量出水，洞口出水量最大達 113,500 (L/min)，降雨減緩後，洞口水量又逐漸減少。總結以上情形，在持續豪雨過後，隧道開挖面並未出現異常出水情形，但已開挖段則於 5~7 日後開始出現出水量明顯增加情況，研判係因中仁隧道通過為狀似斗笠之山體，部分岩體屬透水性佳之大理岩，豐沛降雨後，地表水沿大理岩溶隙及岩性變化帶裂隙入滲，造成高聳山體內之水壓逐漸抬升，隧道開挖所產生水力梯度，使山體內豐沛地下水沿裂隙、岩栓鑽孔及地面仰拱無噴凝土段大量滲流入隧道內，造成隧道已開挖段出水量劇增情形，而降雨停歇後，山體內水壓逐漸降低，水力梯度亦逐漸減少，出水量隨之減緩，此為高岩覆中仁隧道遭遇透水性佳地層的出水特徵。

(5)仁水隧道

仁水隧道於 107 年 11 月全線開挖貫通，仁水隧道開挖面及洞口排水量觀測結果詳如附錄 C 及附錄 D 所示，進一步彙整鄰近雨量站降雨量、隧道施工進度、開挖面出水量及洞口排水量等資料，結果如圖 3.1-11 所示。

仁水隧道於本(107)年度開挖面出水量極微，洞口排水量亦極微。隧道開挖於 1 月時主要遭遇大理岩夾綠色片岩，2 月起隧道開挖則遭遇綠色片岩夾片麻岩，開挖面呈現乾至微潮情形， 3 月時開挖主要遭遇大理岩夾綠色片岩，開挖面呈現微潮至潮濕情形，4 月~6 月開挖主要遭遇大理岩，大理岩局部破碎，開挖面呈現乾至潮濕情形，7 月~8 月開挖持續遭遇大理岩，大理岩局部破碎，開挖面呈現微潮情形，9 月~10 月開挖持續遭遇大理岩，大理岩局部破碎，開挖面呈現微潮~潮濕情形，11 月開挖開始由大理岩進入崩積層，開挖面呈現潮濕情形，開挖面地質狀況如圖 3.1-12～圖 3.1-13 所示。

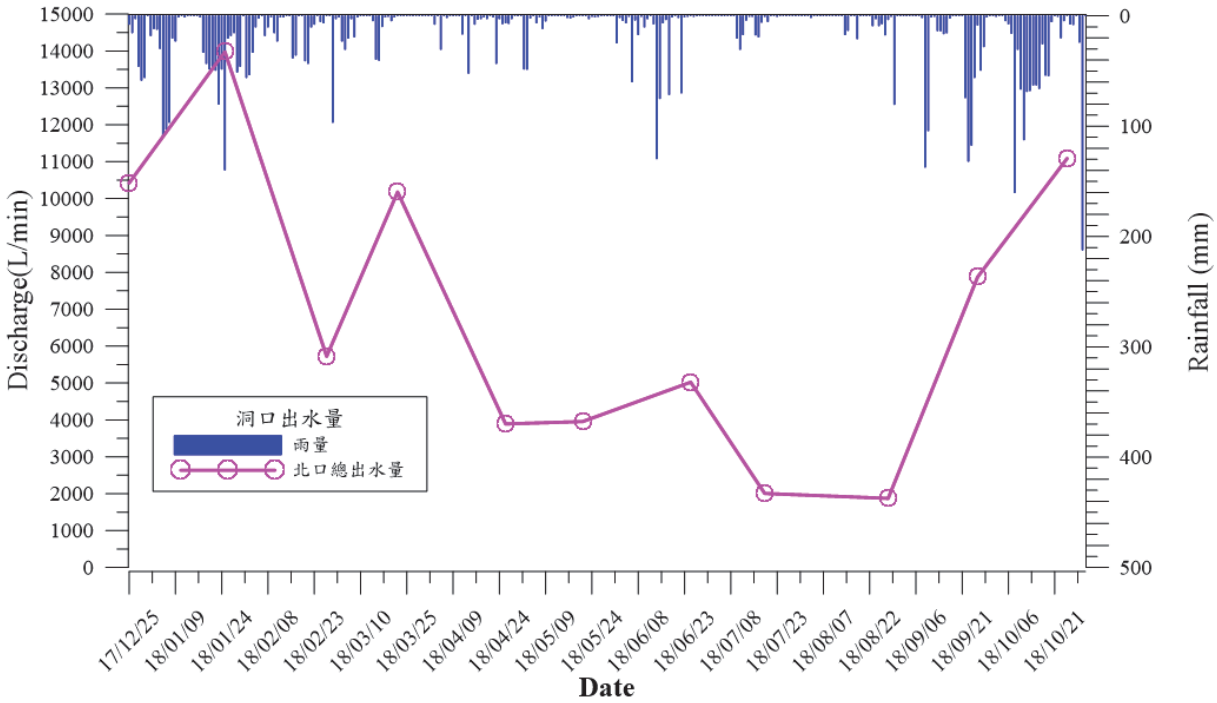


圖 3.1-1 東澳隧道北洞口出水量觀測結果圖

（資料依契約期程蒐集至 2018 年 10 月止）

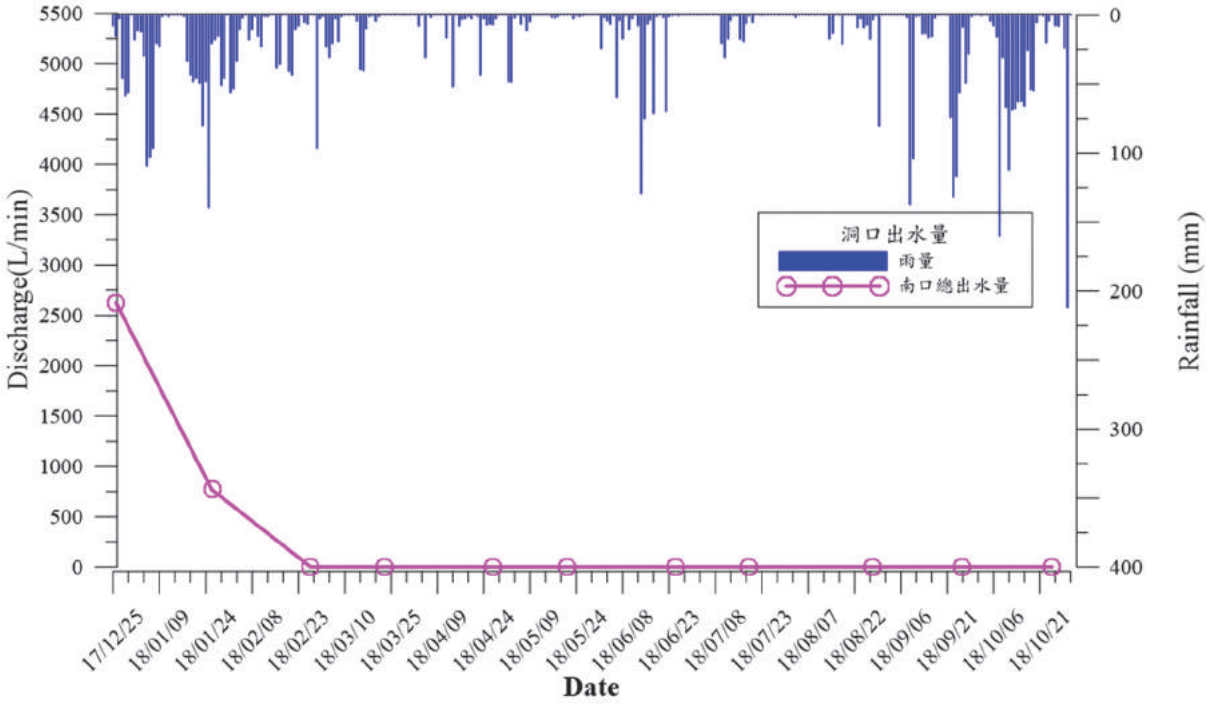


圖 3.1-2 東澳隧道南口洞口出水量觀測結果圖

（資料依契約期程蒐集至 2018 年 10 月止）

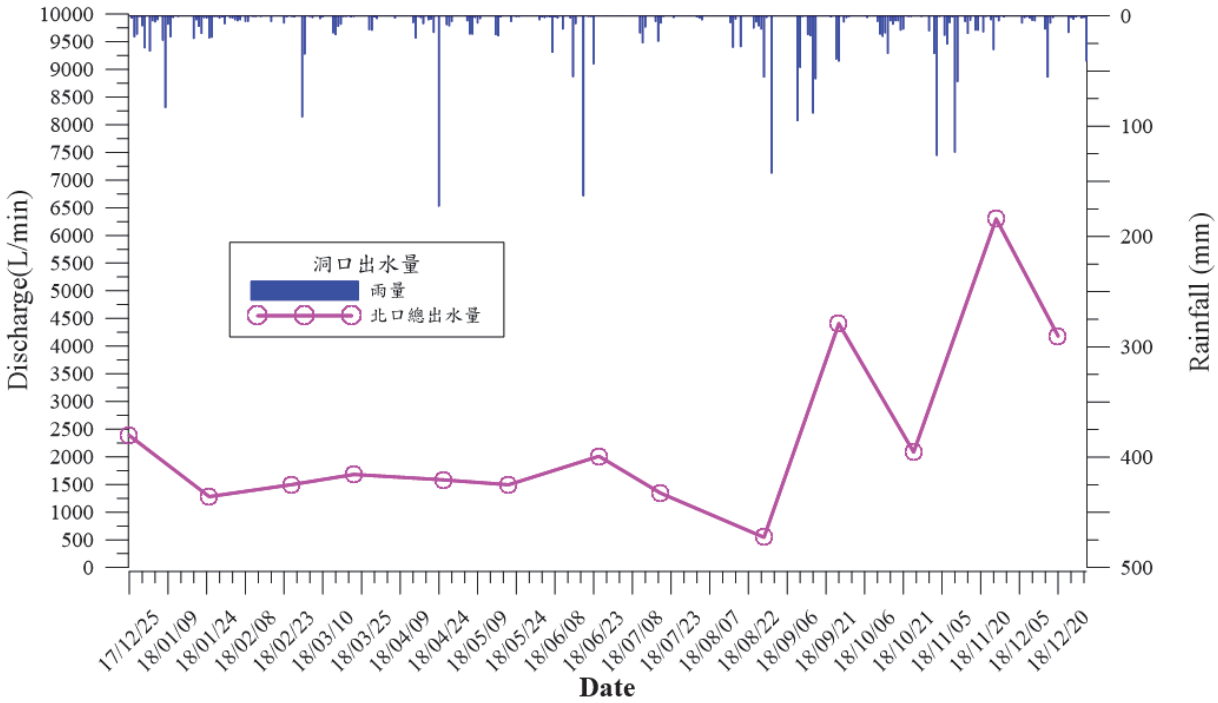


圖 3.1-3 觀音隧道北口出水量觀測結果圖

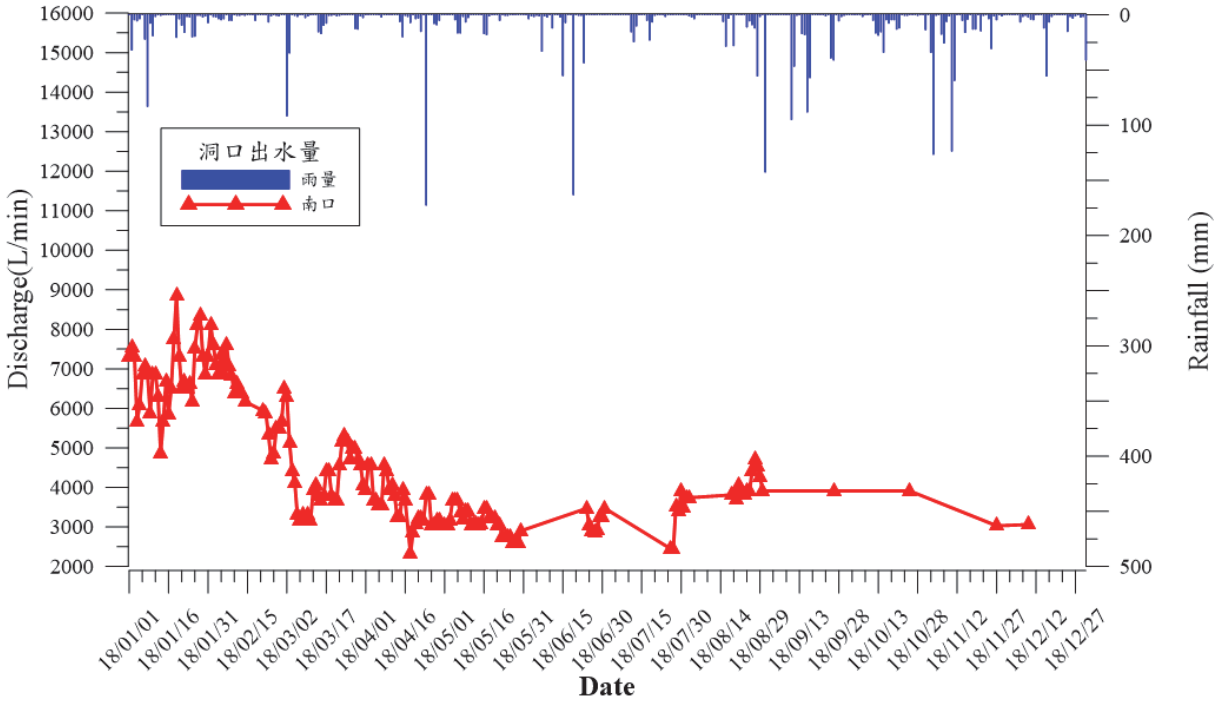


圖 3.1-4 谷風隧道南洞口出水量觀測結果圖

表 3.1-1　B 標工區隧道排水量觀測結果彙整表(單位：L/min)

位置	北迴鐵路隧道			蘇花改隧道			
	舊觀音隧道			觀音隧道		谷風隧道	
時間	北洞口	南洞口	7K+572	北口 北上線	北口 南下線	10K+768 橫坑	南口
2009/04	750	644	–	–	–	–	–
2009/05	618	83	–	–	–	–	–
2009/06	582	77	–	–	–	–	–
2009/07	534	72	–	–	–	–	–
2009/08	480	61	–	–	–	–	–
2009/09	588	73	–	–	–	–	–
2009/10	658	98	–	–	–	–	–
2009/11	940	359	–	–	–	–	–
2009/12	1,423	1,190	–	–	–	–	–
2010/01	2,110	4,540	–	–	–	–	–
2010/02	1,946	4,265	–	–	–	–	–
2010/03	1,839	4,219	–	–	–	–	–
2010/04	1,795	4,078	–	–	–	–	–
2010/05	1,773	4,006	–	–	–	–	–
2017/03	329	881	3,817	39	77	0	0
2017/04	351	755	3,868	165	495	0	0
2017/05	351	377	3,273	310	890	0	0
2017/06	296	1,557	2,321	2,050		0	0
2017/07	285	1,486	2,128	1,931		0	0
2017/08	614	1,769	1,701	2,897		0	0
2017/09	636	1,840	2,581	4,905		0	0
2017/10	2,688	1,942	3,408	11,140		0	14,990
2017/11	1,218	1,337	3,264	4,143		0	5,680
2017/12	1,097	1,474	2,938	2,386		0	5,680
2018/01	1,097	377	1,075	1,281		0	6,850
2018/02	549	134	922	1,498		0	5,500
2018/03	483	126	1,127	1,681		0	5,150
2018/04	241	110	1,383	1,584		0	3,050
2018/05	165	79	1,267	1,496		0	3,030
2018/06	230	79	1,472	2,011		0	3,030
2018/07	241	79	1,210	1,342		0	2,450
2018/08	219	55	1,024	,545		0	4,530
2018/09	593	126	1,383	4,406		0	3,910
2018/10	593	94	1,024	2,085		0	3,910
2018/11	878	189	1,210	6,299		0	3,030
2018/12	560	181	922	4,181		0	3,060

註：考慮篇幅限制，本表僅顯示近 22 個月的觀測資料

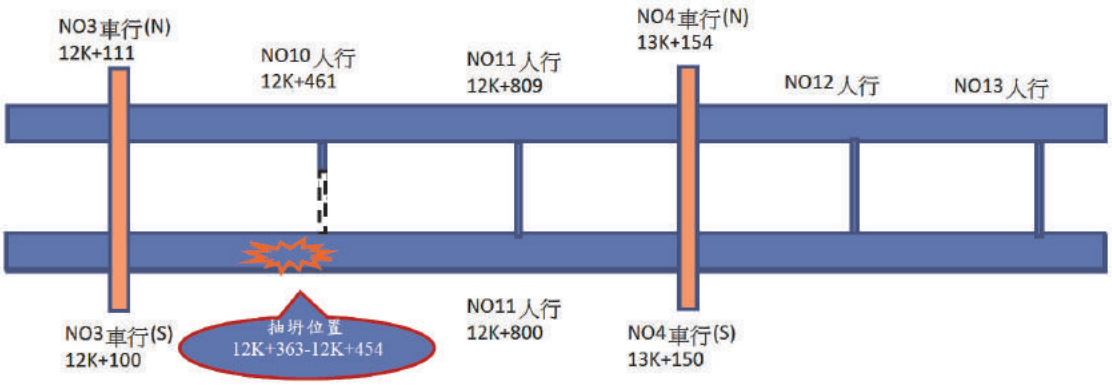


圖 3.1-5 谷風隧道抽坍位置平面示意圖

圖 3.1-6 谷風隧道抽坍段處理情形

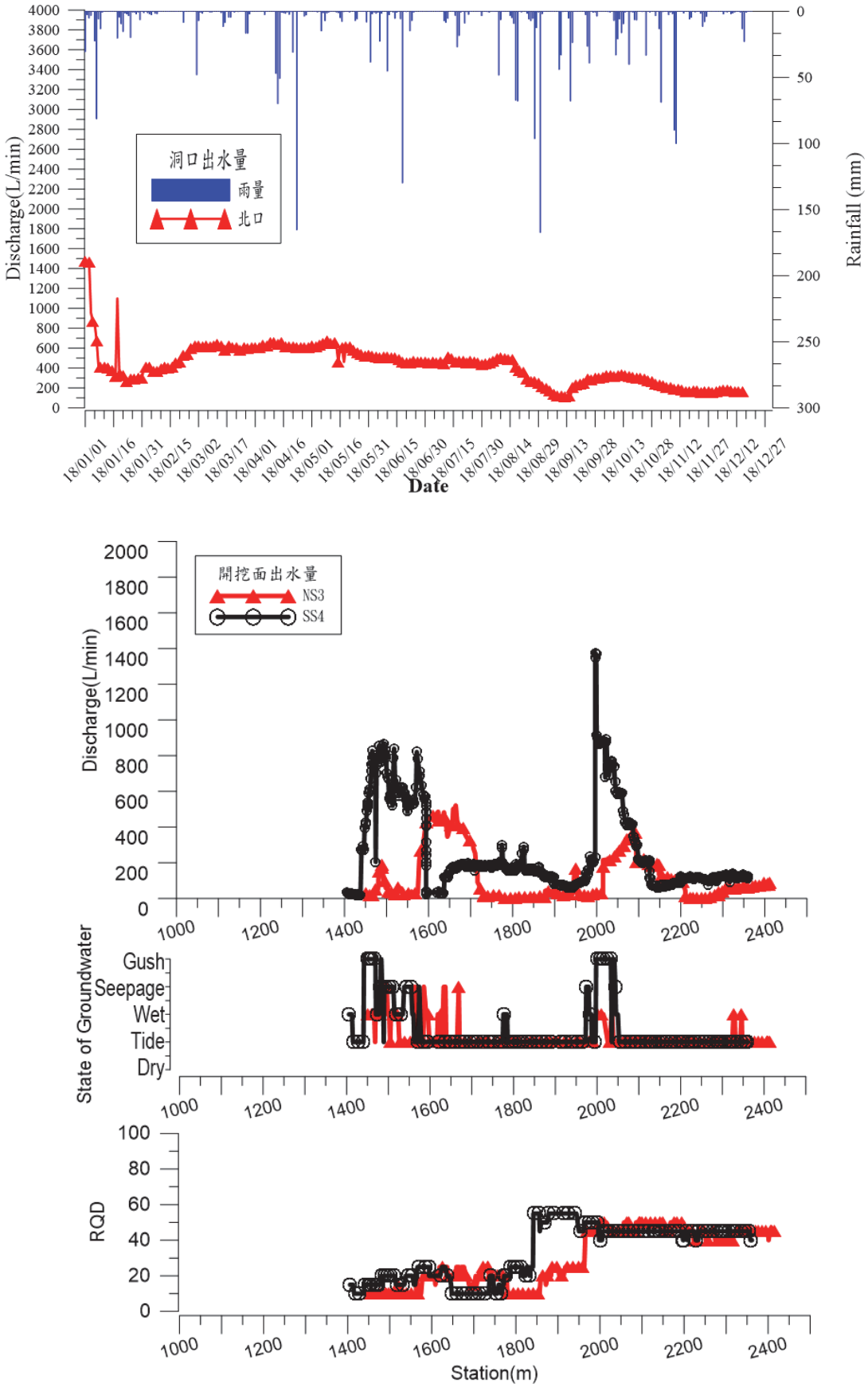


圖 3.1-7 中仁隧道北洞口出水量觀測結果圖

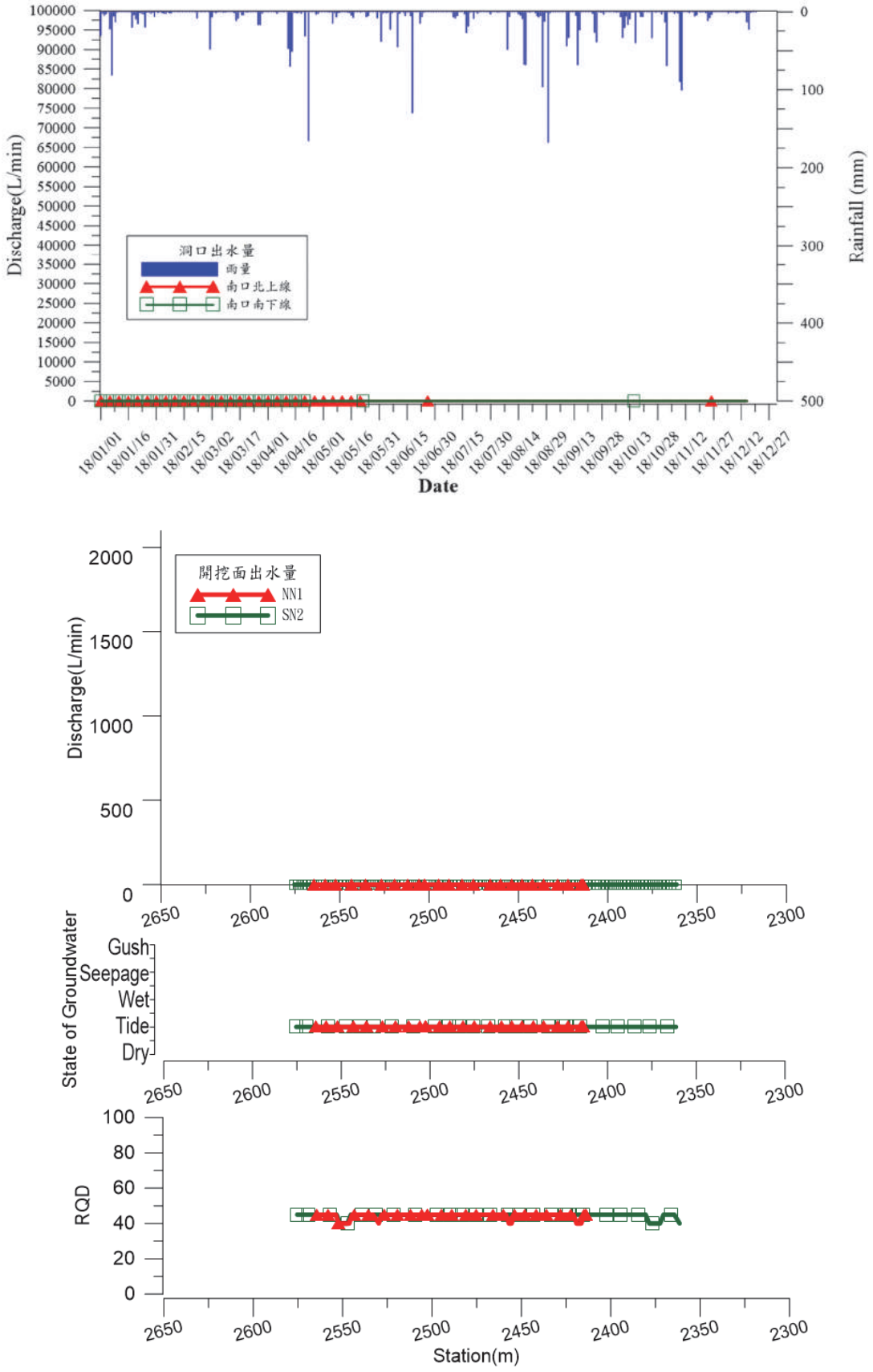


圖 3.1-8 中仁隧道南洞口出水量觀測結果圖

(a)北上線里程 2K+409.0

(b)南下線里程 2K+347.5

圖 3.1-9 中仁隧道北洞口開挖面狀況

(a)北上線里程 2K+425.2

(b)南下線里程 2K+361.5

圖 3.1-10 中仁隧道南洞口開挖面狀況

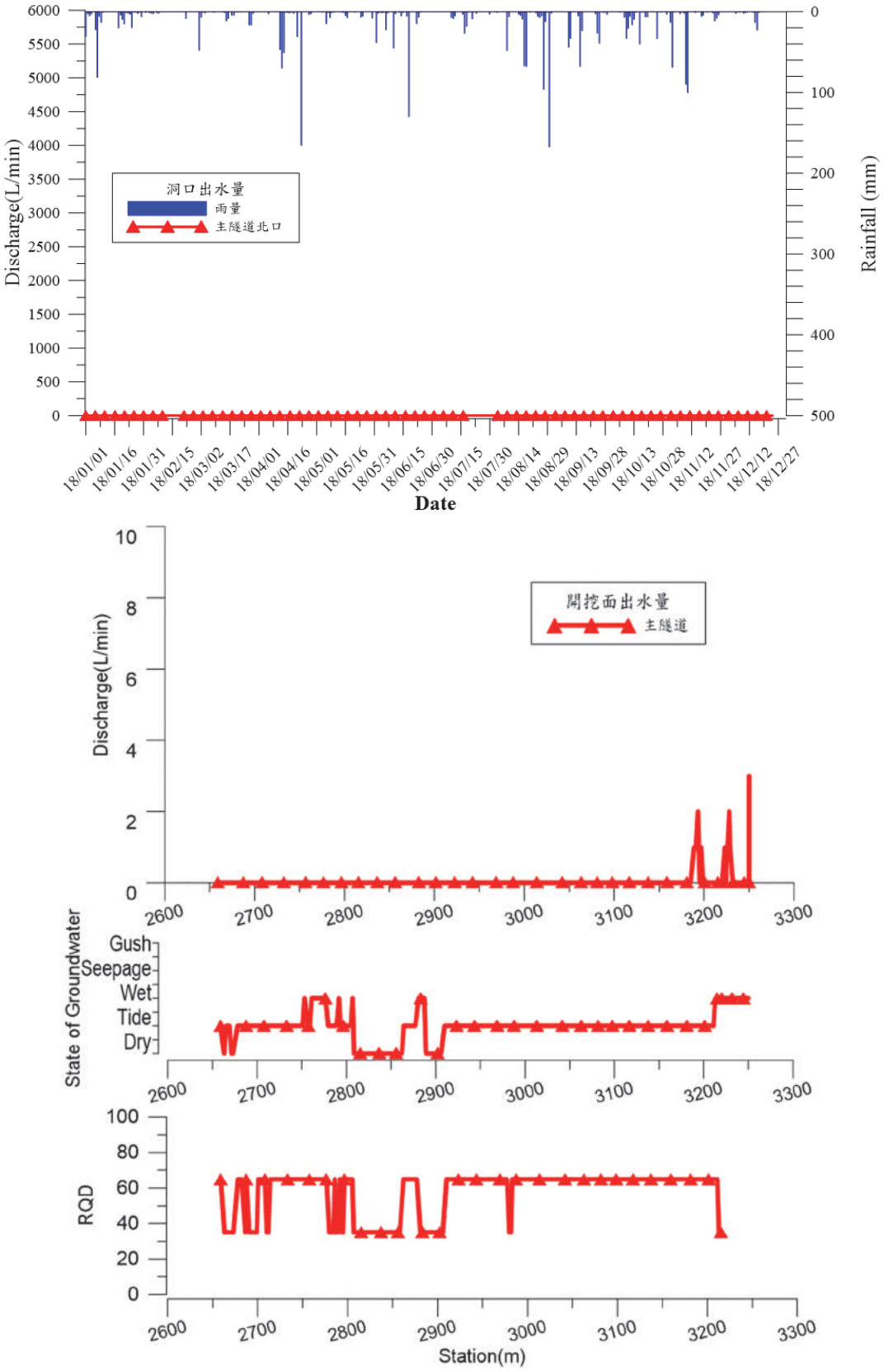


圖 3.1-11 仁水隧道北洞口出水量觀測結果圖

(a)里程 2K+935.0　　(b)里程 3K+021.0

圖 3.1-12 仁水主隧道北洞口開挖面狀況

(a)里程 3K+201.0　　(b)里程 3K+247.0

圖 3.1-13 仁水主隧道北洞口開挖面狀況

3.2 雨量觀測

3.2.1 自記式雨量站設施現況

本計畫原設置的2座自記式雨量觀測站，於102年4月安裝完成，分別安裝於 A 標永樂車站旁空地及 C 標監造工務所空地，104 年 5 月 29 日再於 B 標觀音隧道北口傾度管 SI-6 旁空地，增設第 3 座自記式雨量觀測站(設備包括傾斗式雨量計、資料紀錄盒、太陽能電源供應系統及儀器箱各一組)，雨量站安裝示意如圖 3.2-1 所示，儀器現況如圖 3.2-2 所示。

3.2.2 自記式雨量站觀測結果

根據本計畫展延期程，A 標臺鐵永樂車站雨量站觀測工作執行至 107 年 10 月止。3 座自記式雨量站觀測結果彙整如圖 3.2-3 及圖 3.2-5 所示。A 標永樂車站旁雨量站本年(107 年)1～10 月之觀測結果顯示，A 標永樂車站旁雨量站所測得之雨量集中於 1~2 月、6 月及 9~10 月間，最高月雨量為 10 月份的 1139.4 mm，同時間東澳雨量站的月雨量僅約 625 mm；另本年(107 年)1～12 月之觀測結果顯示，B 標觀音北洞口之雨量站所測得之雨量則集中於 1 月、4 月、6 月、8 月～9 月和 11 月間，最高月雨量則為 11 月份之 500.4 mm；C 標監造工務所之雨量站所測得雨量亦集中於 1 月、4 月、6 月、8 月～9 月和 11 月間，最高月雨量為 8 月份之 535.5 mm。整體而言，計畫區沿線地形起伏變化劇烈，且受梅雨、颱風及東北季風等不同風向影響，導致蘇花改沿線降雨分布差異明顯，所增設雨量站的觀測資料，搭配氣象局雨量資料可降低地形及設站位置影響，提供模式分析降雨補注參考，提升成果判釋精度。

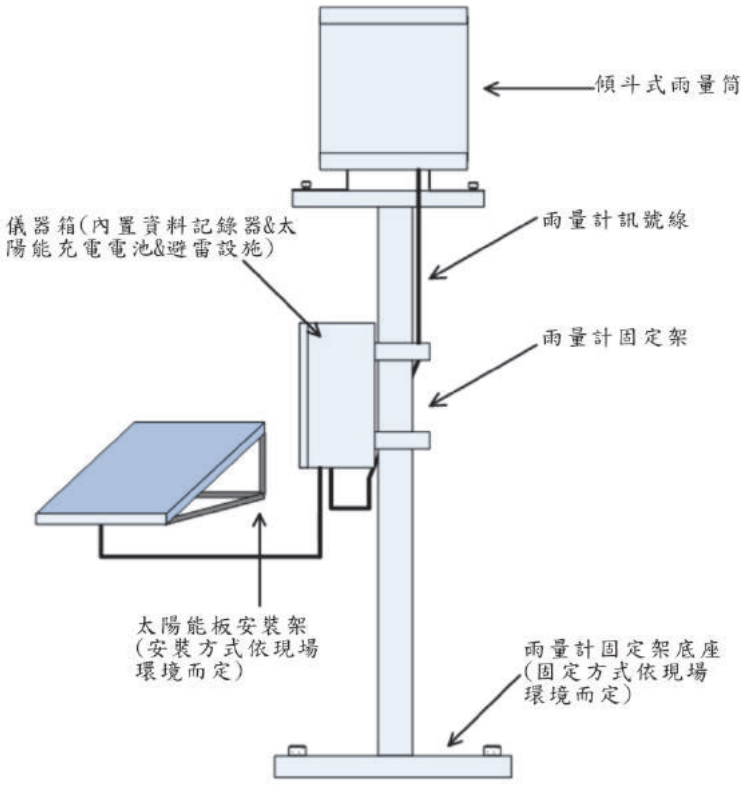


圖 3.2-1 自記式雨量站安裝示意圖

(a)永樂之自記式雨量站

(b)觀音北洞口之自記式雨量站

圖 3.2-2 自記式雨量站現況照片

(c)和中之自記式雨量站

圖 3.2-2(續)自記式雨量站現況照片

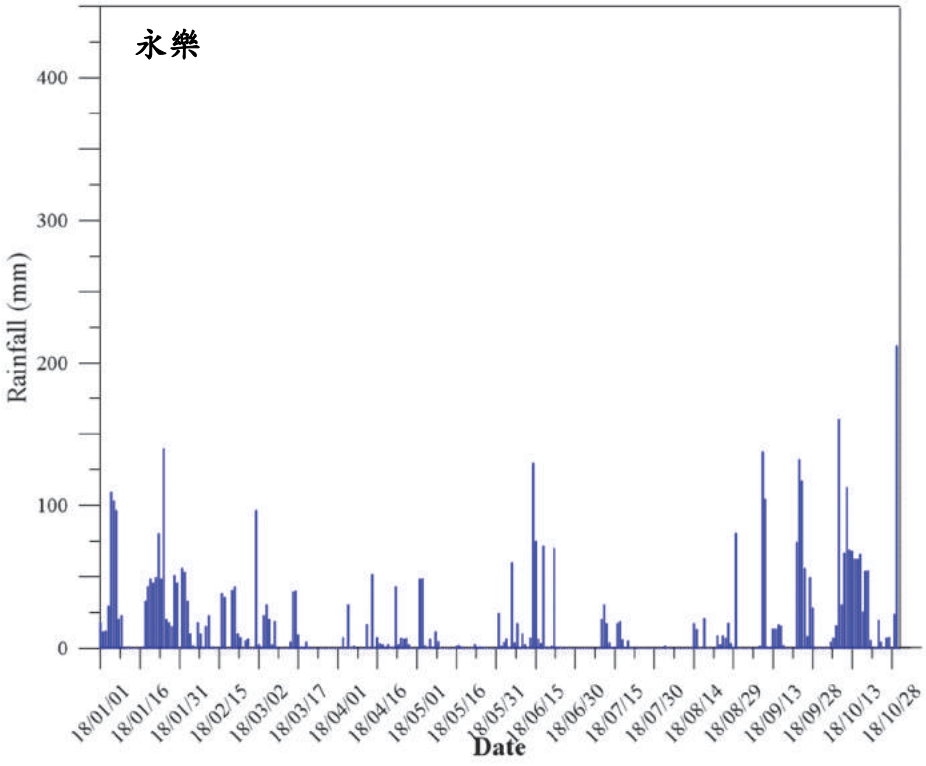


圖 3.2-3 永樂車站自記式雨量站之日雨量資料

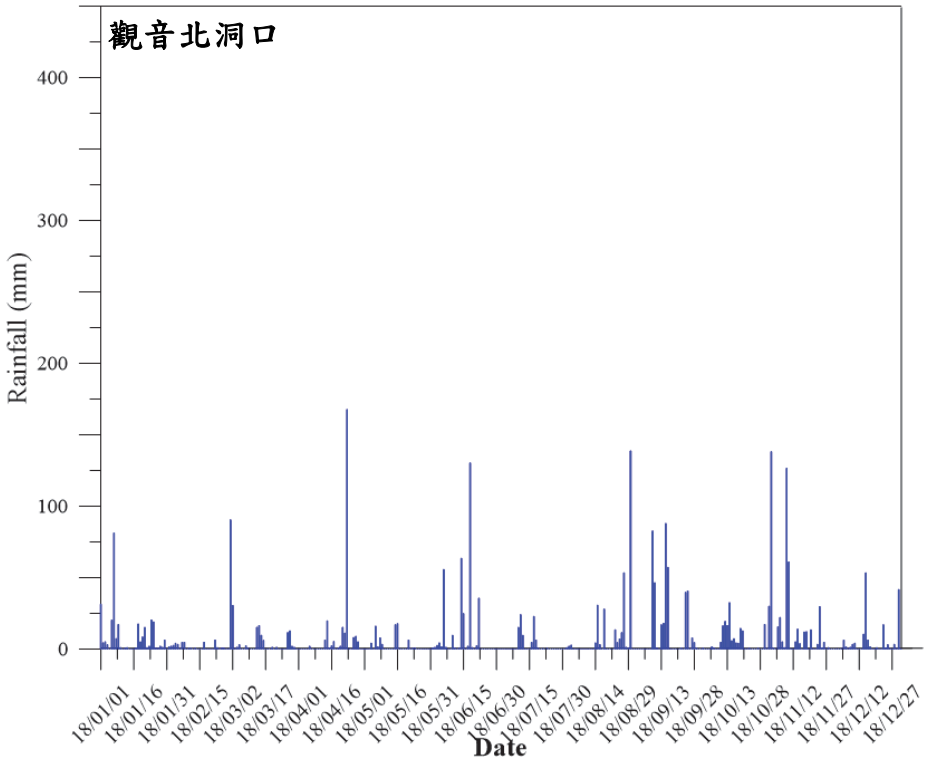


圖 3.2-4 觀音北洞口自記式雨量站之日雨量資料

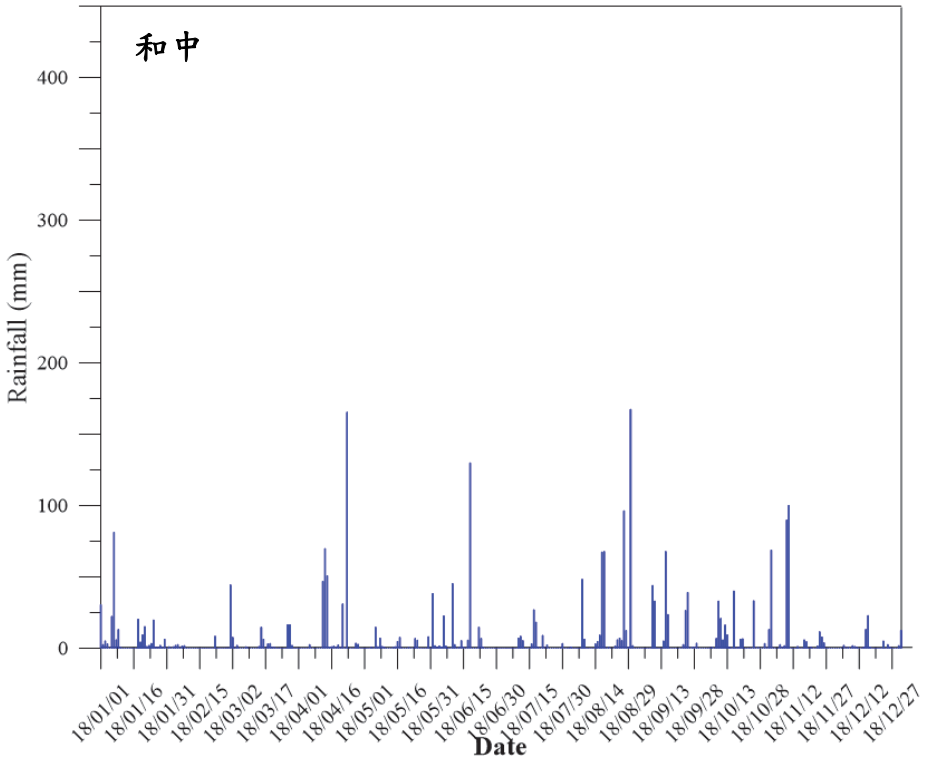


圖 3.2-5 和中自記式雨量站之日雨量資料

3.3 既有鐵路隧道排水量觀測

3.3.1 鐵路隧道洞口排水設施現況

本計畫在蘇花改施工期間對鄰近 8 座既有鐵路隧道(永春隧道、新永春隧道、南澳隧道、新南澳隧道、觀音隧道、新觀音隧道、和平隧道、新和平隧道)進行其洞口排水量之人工量測，觀測頻率為每月 1 次。根據現場勘查結果，上述各鐵路隧道洞口排水現況如表 3.3-1 及圖 3.3-1 所示。

3.3.2 鐵路隧道排水量觀測結果

本項鐵路隧道洞口排水量觀測工作，乃根據各鐵路隧道洞口排水渠道現況，採用不同之觀測方式，簡要說明如下：

1. 目視未發現可量測水量。
2. 排水溝渠有水排出，但因溝渠斷面不規則，且水量相對較小，則可以固定容量(V)之容器量測注滿容器所需之時間(t)，即可計算流量為 Q=V/t。
3. 排水溝渠有水排出，且溝渠斷面規則時，以流速計量測排水渠道中間段之表面流速，參考其斷面尺寸 A，再依據曼寧公式或校正後之水文經驗公式歸估平均流速 v，即可計算流量 Q=vA。
4. 排水溝渠有水排出，且溝渠斷面規則時，可設置 V 型、U 型或矩形量水堰，依水流流過堰體之高度，依據校正後之經驗公式計算瞬時流量。

根據本計畫展延後期程，舊永春及新永春鐵路隧道洞口的排水量觀測工作執行至 107 年 10 月止。本(107)年 8 座鐵路隧道洞口排水量觀測結果彙整如表 3.3-2 及圖 3.3-2 所示。觀測結果顯示。隧道排水量變化主要與季節乾溼季降雨量有關，計畫區內排水量較多的隧道為新永春及舊永春隧道南口，其中舊永春隧道南口平時排水量約

6,858~10,973 (L/min)，1~2 月、10 月受東北季風及 6 月受梅雨的影響，隧道洞口排水量明顯增加至約 12,447~30,450 (L/min)，顯示舊永春隧道南口排水量與東澳嶺地區降雨量呈現相關性；另新永春隧道南口排水量平時約 15,088~17,904 (L/min)，6 月梅雨期的洞口排水量為 16,898 (L/min)，無顯著差異，而本期東北季風影響期間(1~2 月)，新永春隧道南口排水量約 36,210 (L/min)，雖有增加，但增加幅度相較舊永春隧道少，顯示地區乾濕季與新永春隧道南洞口排水量的相關性略低，意謂舊永春隧道南口的出水主要來自東側東澳嶺地區的豐沛降雨，部分亦源自東澳溪河床段補注，而新永春隧道的出水則主要來自西側山區地下水，具有穩定的地下水供應來源，受季節降雨影響略小。整體而言，本階段觀測值與施工前背景值比對，計畫區內鐵路隧道洞口排水量並未有異常變化情形，後續將持續觀察。

(a)永春隧道北口排水渠道

(b)新南澳隧道南口排水渠道

(c)新觀音隧道南口排水渠道

(d)新和平隧道北口排水渠道

圖 3.3-1 既有鐵路隧道洞口排水渠道現況

表 3.3-1 北迴鐵路隧道洞口排水設施彙整表

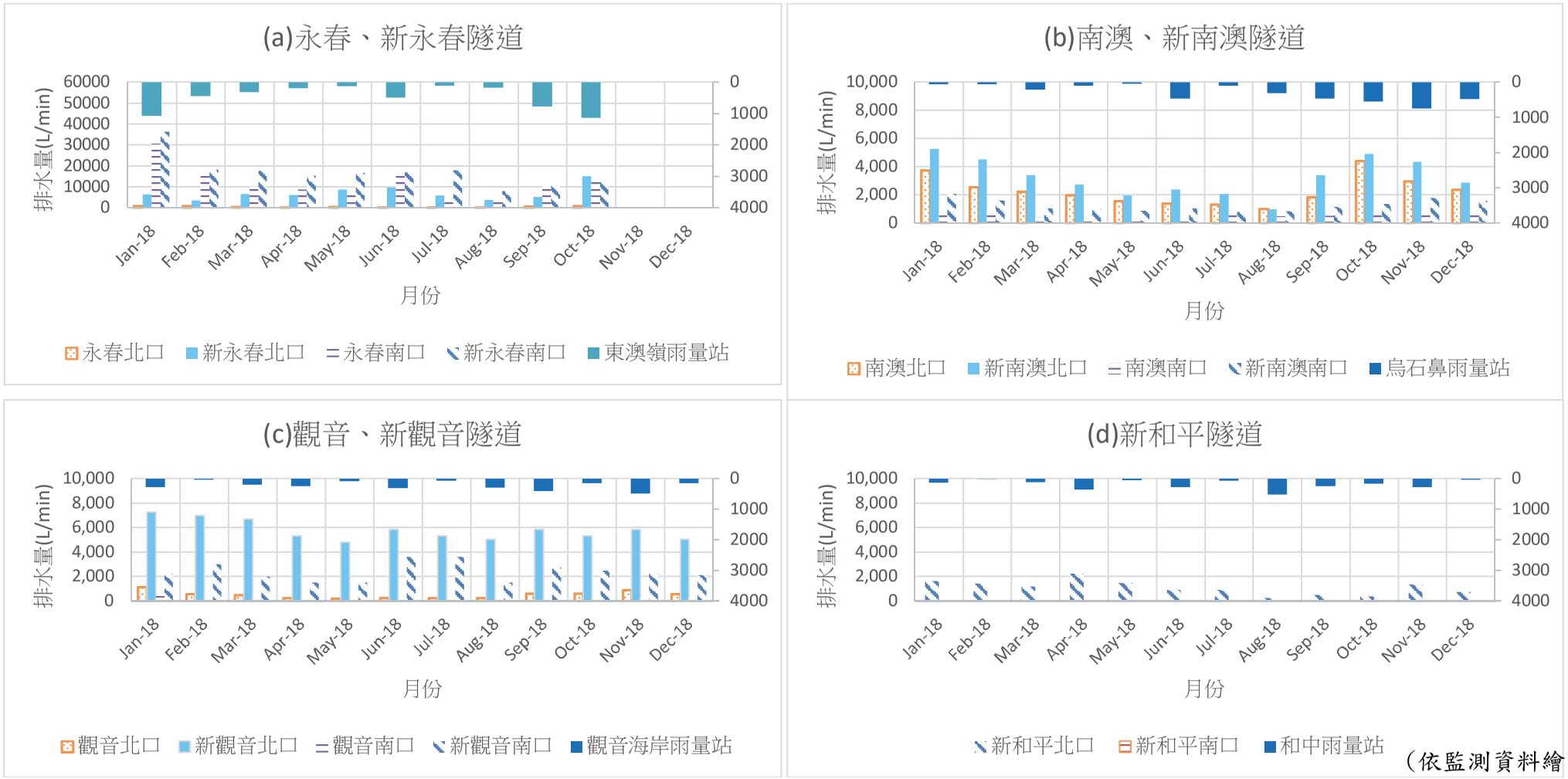
隧道別	南/北口	排水渠道數			現況	備註
		東側	西側	中間		
永春隧道	北口			1	固定斷面渠道	依契約執行至107年10月止
	南口			1	固定斷面渠道	依契約執行至107年10月止
新永春隧道	北口	1	1		固定斷面渠道	依契約執行至107年10月止
	南口			1	固定斷面渠道	依契約執行至107年10月止
南澳隧道	北口	1	1		固定斷面渠道	
	南口	1	1		固定斷面渠道	
新南澳隧道	北口	1	1		固定斷面渠道	
	南口	1	1		固定斷面渠道	
觀音隧道	北口	1	1		固定斷面渠道	
	南口	1	1		固定斷面渠道	
新觀音隧道	北口			1	固定斷面渠道	
	南口			1	固定斷面渠道	
和平隧道	北口	1	1		廢棄呈漫流狀態	
	南口	1	1		廢棄呈漫流狀態	
新和平隧道	北口			1	固定斷面渠道	
	南口	1	1		固定斷面渠道	
合計		20		6	共26座溝渠	

表 3.3-2　計畫區內既有鐵路隧道洞口排水量觀測結果彙整表

隧道名稱		排水量(L/min)						
		施工前觀測資料(2009/4~2010/5)	2018/01	2018/02	2018/03	2018/04	2018/05	2018/06
新永春	北口	3078~5012	6,127	3,436	6,498	6,094	8,705	9,576
	南口	664~45656	36,210	18,005	17,502	15,088	16,596	16,898
永春	北口	888~1771	795	737	277	138	300	230
	南口	9510~24878	30,450	16,665	10,104	8,550	6,858	16,459
新南澳	北口	1268~3840	5,232	4,503	3,385	2,721	1,943	2,364
	南口	300~1174	2,054	1,573	1,037	985	858	1,037
南澳	北口	2736~8436	3,719	2,528	2,232	1,973	1,553	1,378
	南口	38~2348	729	823	386	340	263	230
新觀音	北口	18720~23880	7,268	6,976	6,687	5,307	4,785	5,846
	南口	3840~6953	2,192	2,993	1,944	1,479	1,479	3,572
觀音	北口	480~2110	1,097	549	483	241	165	230
	南口	60~4540	377	134	126	110	79	79
	7K+572排水溝	—	1,075	922	1,127	1,383	1,267	1,472
新和平	北口	115~551	1,580	1,405	1,170	2,195	1,448	878
	南口	0	0	0	0	0	0	0
和平	北口	198~938	漫流	漫流	漫流	漫流	漫流	漫流
	南口	540~3255	漫流	漫流	漫流	漫流	漫流	漫流

表 3.3-2(續)　計畫區內既有鐵路隧道洞口排水量觀測結果彙整表

隧道名稱		排水量(L/min)						
		施工前觀測資料 (2009/4~2010/5)	2018/07	2018/08	2018/09	2018/10	2018/11	2018/12
新永春	北口	3078~5012	5,658	3,658	5,130	14,923	-	-
	南口	664~45656	17,904	7,946	10,260	12,447	-	-
永春	北口	888~1771	230	207	461	783	-	-
	南口	9510~24878	4,206	4,197	10,973	12,344	-	-
新南澳	北口	1268~3840	2,028	971	3,383	4,869	4,325	2,844
	南口	300~1174	789	812	1,135	1,351	1,763	1,561
南澳	北口	2736~8436	1,315	986	1,838	4,377	2,948	2,351
	南口	38~2348	528	477	495	735	740	537
新觀音	北口	18720~23880	5,307	5,043	5,846	5,307	5,846	5,043
	南口	3840~6953	3,572	1,479	2,717	2,450	2,192	2,067
觀音	北口	480~2110	241	219	593	593	878	560
	南口	60~4540	79	55	126	94	189	181
	7K+572排水溝	—	1,210	1,024	1,383	1,024	1,210	1,024
新和平	北口	115~551	878	234	468	351	1,317	702
	南口	0	0	0	0	0	0	0
和平	北口	198~938	漫流	漫流	漫流	漫流	漫流	漫流
	南口	540~3255	漫流	漫流	漫流	漫流	漫流	漫流



（依監測資料繪製）

圖 3.3-2 計畫區內既有鐵路隧道洞口排水量觀測結果彙整圖

3.4 河川流量觀測

3.4.1 自記式河川流量站設施現況

河川流量資料可提供作為區域地下水補注參考，水利署已在計畫區之南澳溪及和平溪設置河川流量站，而本計畫則在蘇花改工程沿線之圳頭溪、東澳北溪北支流、鼓音溪、大清水溪(良里溪)、清水溪等 5 條河川之跨河橋增設自記式河川流量站，以每 10 分鐘一次之觀測頻率記讀河川流速及水位高度，再進一步推估河川流量。每處包含雷達波水位計、雷達波流速計、資料紀錄器、太陽能電源供應系統以及儀器箱各一具，儀器設備示意如圖 3.4-1 及圖 3.4-2。

上述河川流量站於 102 年 4 月完成安裝作業，根據本計畫展延後期程，圳頭溪及東澳北溪流量站的量測工作執行至 107 年 10 月止。其餘流量站則持續進行資料記讀下載作業，參見圖 3.4-3。

3.4.2 河川流量觀測結果

自記式河川流量站歷時曲線圖參見圖 3.4-4~圖 3.4-8。觀測結果顯示，5 條觀測河川流量與降雨量有密切關係，河川流量在降雨後明顯增加，而在無降雨時之流量則有限。其中計畫區設置於東澳隧道北側之圳頭溪流量站，平時流量極微，在局部大雨影響後，流量有短暫激增情形，例如 1 月上旬及中旬受大雨影響，流量最大曾增加至 2.50 (CMS)；另東澳北溪北支流之流量站於本(107)年度的流量極微，甚呈現暫時溪(Ephemeral stream)特性，即河流溪床在無降雨時呈現乾涸狀，只有在降雨後方有流量，降雨停歇後流量也迅速減少，1 月至 2 月、10 月受東北季風、6 月受梅雨影響，導致流量最大達 17.99(CMS)；而位於觀音隧道南側的鼓音溪流量站，則於 1 月~2 月、9~12 月的東北季風期間及 6 月的梅雨期間，受降雨增加影響，流量最大達約 10.50 (CMS)；中仁隧道南側的大清水溪為本計畫 5 條監測河川中流量最多者，其流量平均約為 5.24 (CMS)，8 月時受降雨增加影響，流量最大達 24.31 (CMS)；至於位於仁水隧道南側的清水溪流量站，於 3 月~4 月間流量呈現減少

趨勢，5 月後開始受梅雨影響，8 月~11 月受降雨增加影響，流量最高增至 13.34 (CMS)，受降雨影響極為明顯。

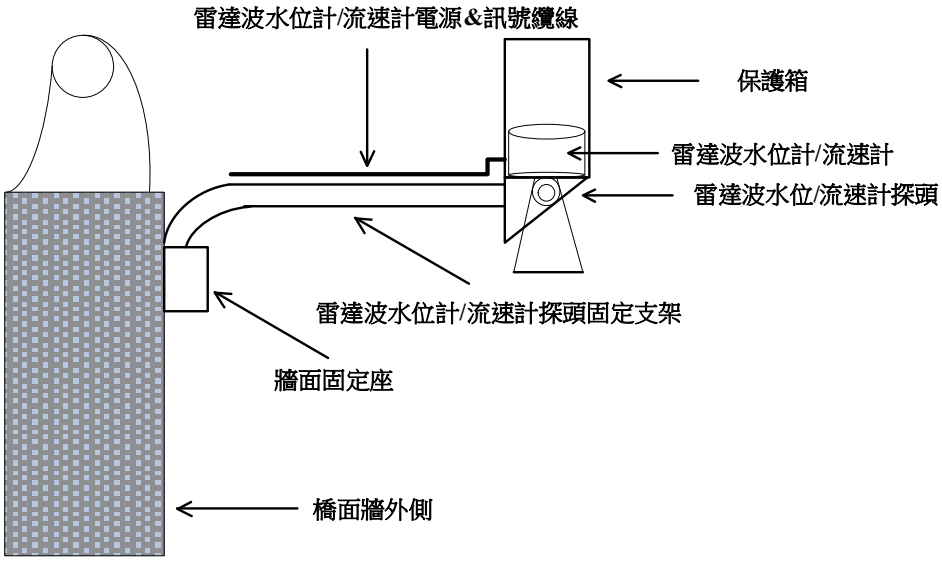


圖 3.4-1 河川流量站雷達波水位計/流速計安裝示意圖

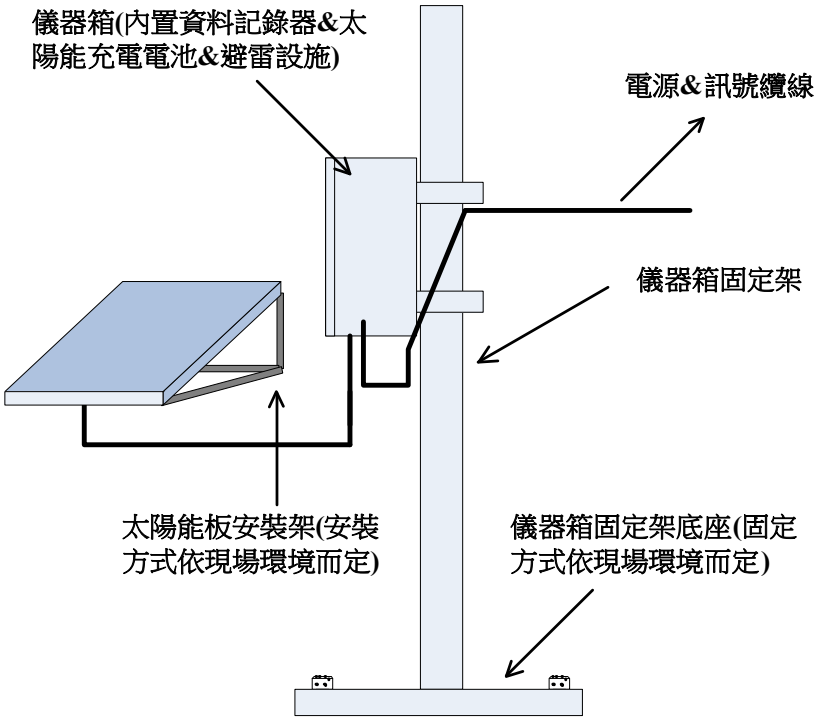


圖 3.4-2 河川流量站計讀&電源供應裝置安裝示意圖

(a) 東澳北溪北支流流量站

(b) 圳頭溪流量站

(c) 大清水溪流量站

(d) 清水溪流量站

圖 3.4-3 本計畫自記式河川流量站設置情形

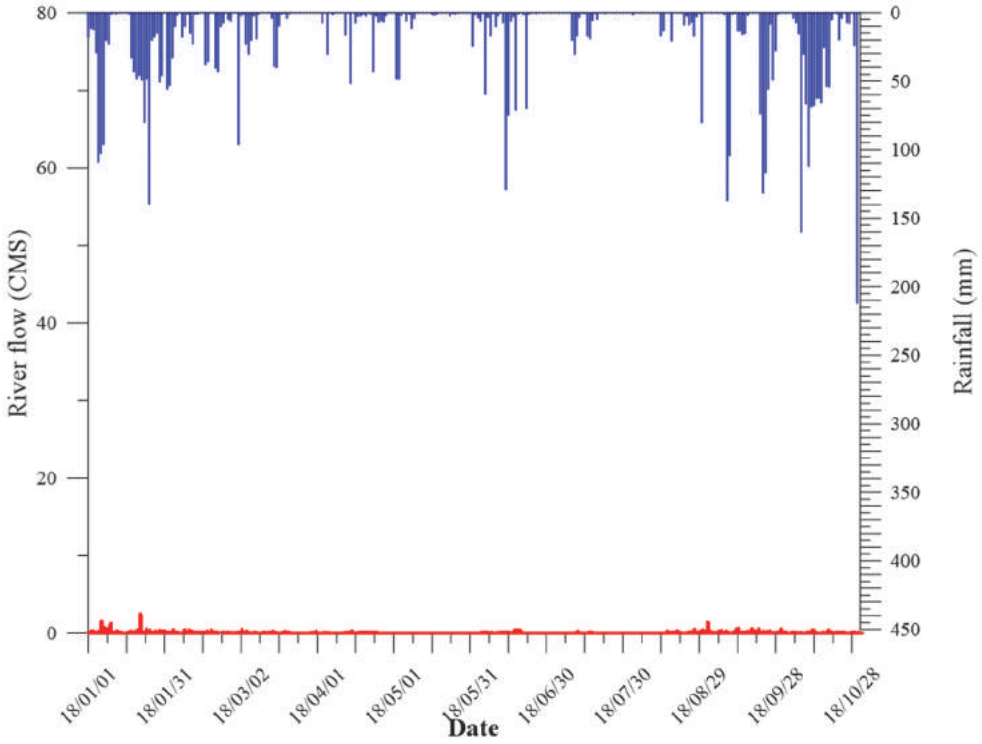


圖 3.4-4 圳頭溪流量站觀測結果圖

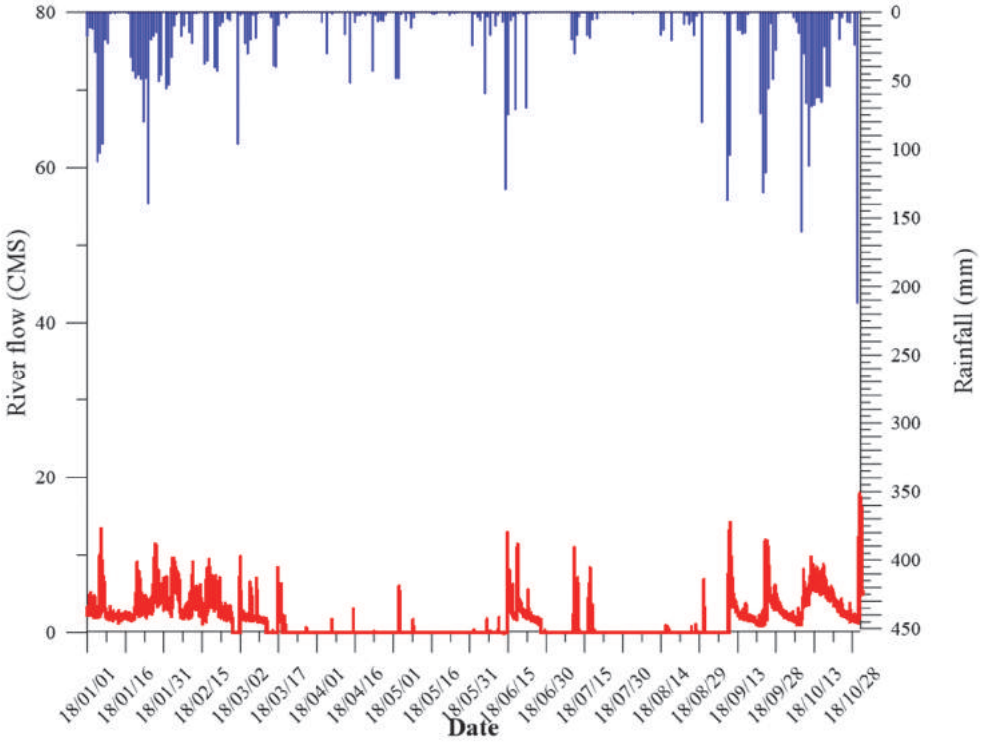


圖 3.4-5 東澳北溪北支流之流量站觀測結果圖

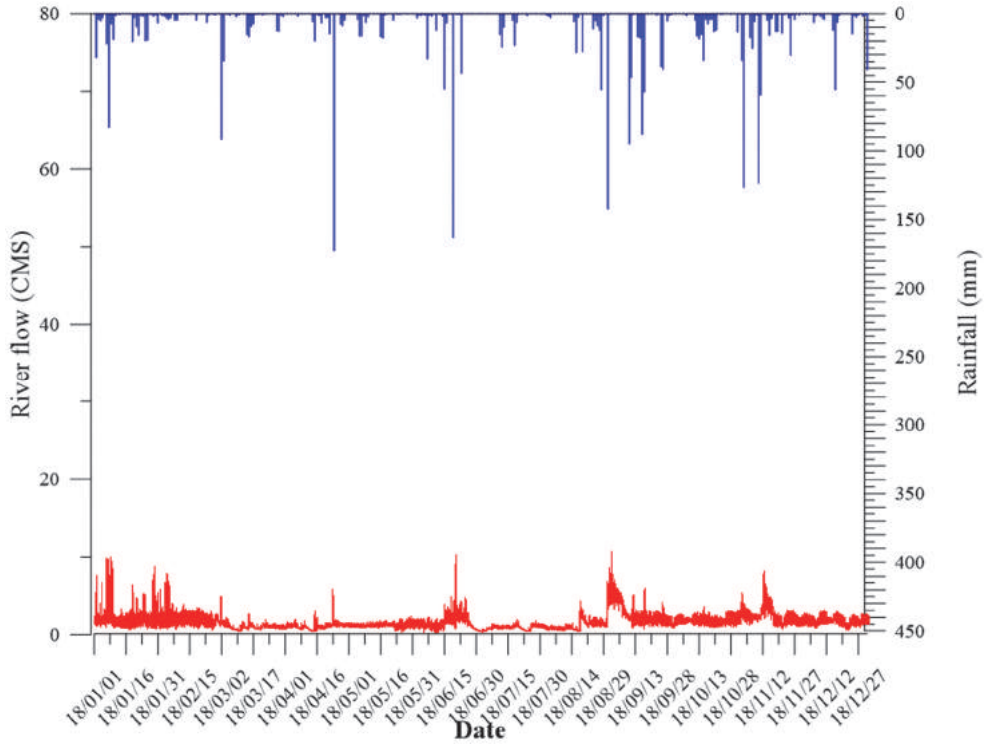


圖 3.4-6 鼓音溪流量站觀測結果圖

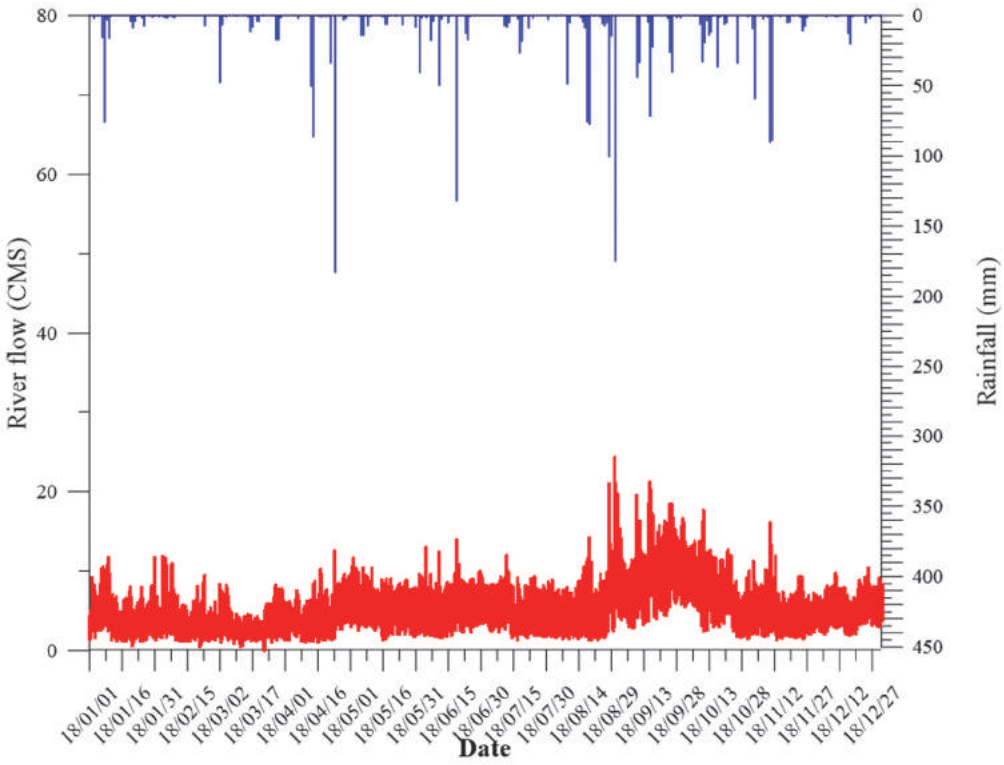


圖 3.4-7 大清水溪流量站觀測結果圖

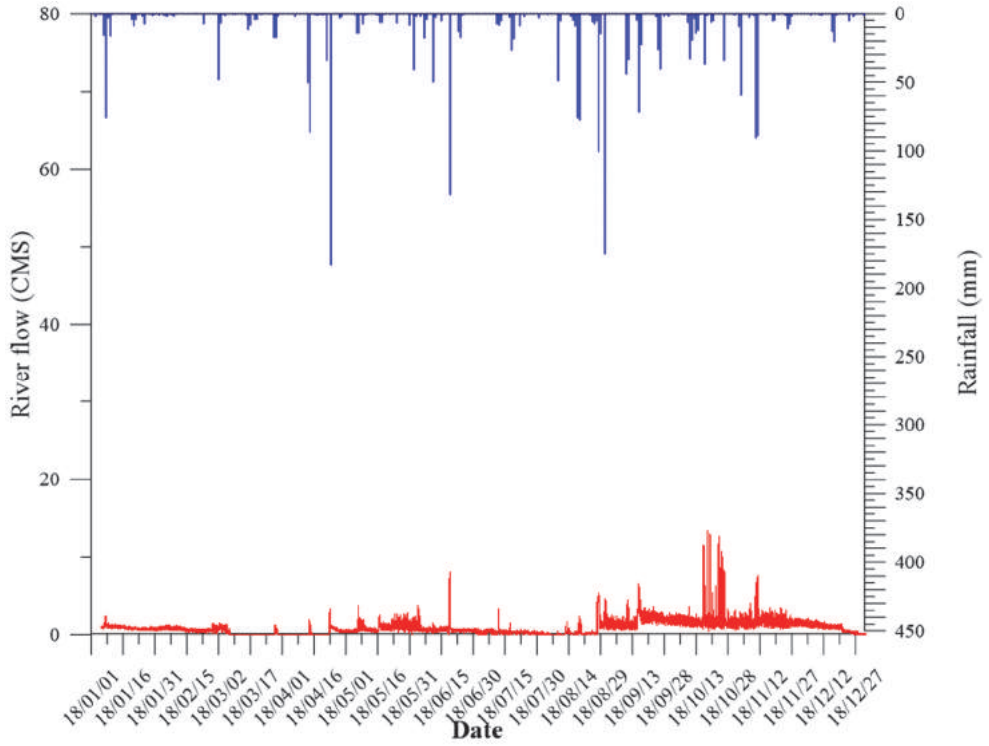


圖 3.4-8 清水溪流量站觀測結果

3.5 地下水位觀測

本工作項目包括：(1)隧道洞口地下水位觀測、(2)隧道沿線及周邊地區地下水位觀測等工作。現階段工作成果說明如下：

3.5.1 隧道洞口地下水位觀測資料蒐集

隧道洞口地下水位資料係由施工承商辦理，本計畫進行觀測資料蒐集與分析。東澳隧道、觀音隧道、谷風隧道、中仁隧道及仁水隧道皆已開挖貫通(其中東澳隧道於 107 年 2 月 5 日隧道通車，隧道洞口地下水位已停止量測)，其餘隧道洞口地下水位觀測工作仍持續辦理當中，包括觀音隧道北上線北洞口、谷風隧道 10k+768 處橫坑洞口、谷風隧道南北洞口、中仁隧道南北洞口及仁水隧道北洞口的地下水位觀測井，各水位觀測井位置如圖 3.5-1~圖 3.5-3 所示。107 年 1 月至 12 月的隧道洞口邊坡地下水位觀測資料彙整於附錄 E。

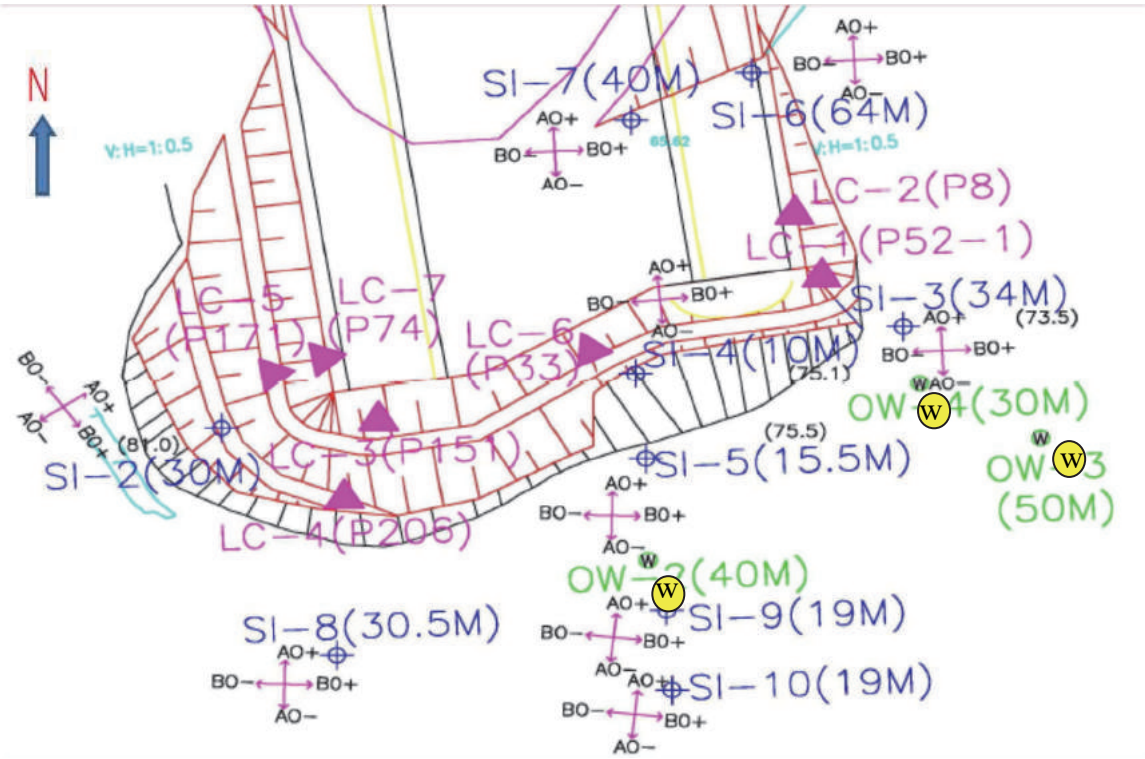


圖 3.5-1 觀音隧道北洞口地下水位觀測井位置示意圖

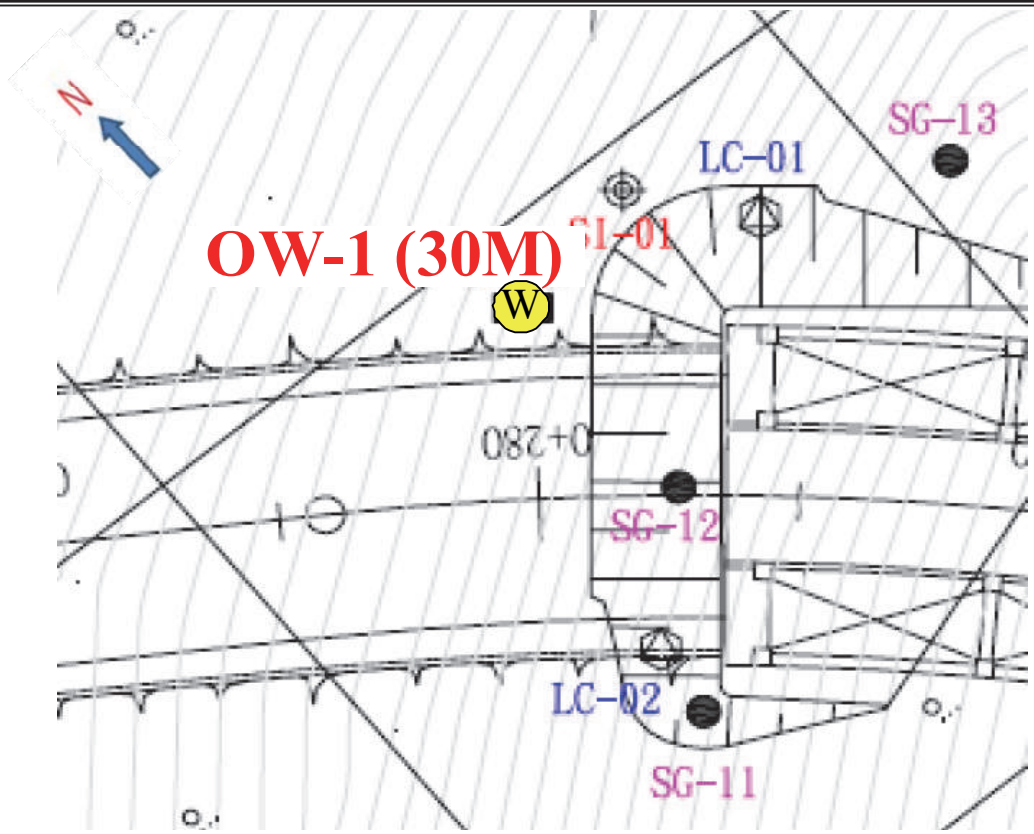


圖 3.5-2 谷風隧道 10k+768 橫坑洞口地下水位觀測井位置示意圖

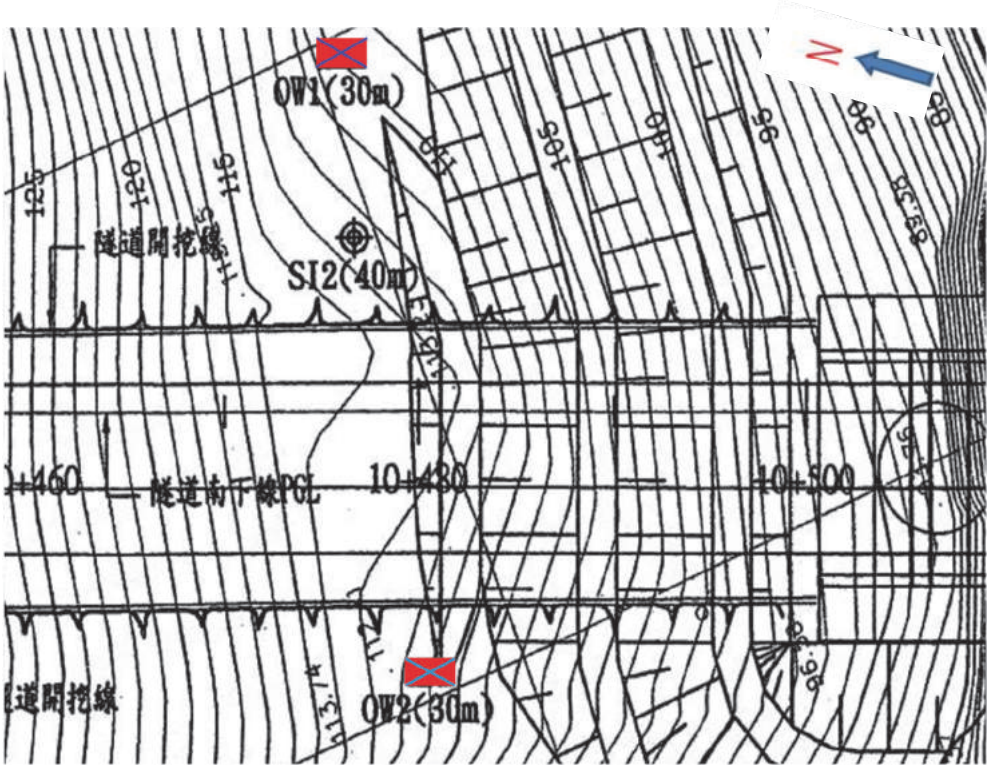


圖 3.5-3 谷風隧道南洞口地下水位觀測井位置示意圖

3.5.2 既有地下水位觀測井水位量測

對於設計階段所鑽設之地下水位井，本計畫篩選其中 4 孔堪用且需持續量測者進行人工方式觀測，其詳細資料如表 3.5-1 所示。107 年 1 月至 12 月現場量測作業現況詳圖 3.5-4，其地下水位井觀測資料彙整如表 3.5-2 所示。

表 3.5-1 本計畫持續觀測之既有地下水位井基本資料彙整表

計畫名稱	鑽孔編號	孔深 (m)	孔位座標(97)		孔口高程 (m)	地下水位深度 (m)	地下水位高程 (m)
			E	N			
蘇澳東澳段工程探查	BT-05-01	200	335103	2716414	381.98	57.00	324.98
計畫名稱	鑽孔編號	孔深 (m)	孔位座標(67)		孔口高程 (m)	地下水位深度 (m)	地下水位高程 (m)
			E	N			
蘇花改可行性研究與工程規劃	PD-4	300	329246	2701389	235.12	18.00	217.12
	PB-6	30	324089	2684902	43.25	20.41	22.84
	PB-7	30	321873	2682954	42.54	11.51	31.00

註：BT-05-01 鑽孔係於調查階段所鑽設，其目的並非為水位觀測，本計畫 101 年首次量測時，井口以下 70 公尺處即出現疑似堵塞情形，故水位低於 70 公尺以下即無法精確測得，本計畫已在附近增設 BT-01 自記式水位井，不影響本計畫執行成果。

表 3.5-2 既有地下水位井人工觀測結果彙整表(單位：m)

孔號 / 時間	PD-4 EL=235.12m	PB-6 EL=43.25m	PB-7 EL=42.54m	BT-05-01 EL=381.98m
106 年 04 月 19 日	-24.17	-27.56	水位低於 30m	-74.10
106 年 05 月 22 日	-24.19	-27.75	水位低於 30m	-71.62
106 年 06 月 22 日	-23.90	-22.80	水位低於 30m	-66.36
106 年 07 月 21 日	-24.10	-24.20	水位低於 30m	-77.87
106 年 08 月 24 日	-24.10	-25.66	水位低於 30m	-78.66
106 年 09 月 25 日	-24.07	-23.07	水位低於 30m	-75.21
106 年 10 月 25 日	-23.04	-19.45	水位低於 30m	道路阻斷未量
106 年 11 月 28 日	-23.13	-24.10	水位低於 30m	-62.90
106 年 12 月 25 日	-23.02	-24.88	水位低於 30m	-62.14
107 年 01 月 25 日	-23.08	-24.28	水位低於 30m	-60.30
107 年 02 月 27 日	-23.15	-26.37	水位低於 30m	-69.15
107 年 03 月 22 日	-23.10	-26.30	水位低於 30m	-70.50
107 年 04 月 27 日	-21.98	-20.98	水位低於 30m	-78.40
107 年 05 月 21 日	-23.19	-25.12	水位低於 30m	-81.13
107 年 06 月 25 日	-23.20	-24.04	水位低於 30m	-69.14
107 年 07 月 19 日	-23.19	-26.13	水位低於 30m	道路阻斷未量
107 年 08 月 28 日	-23.19	-28.06	水位低於 30m	道路阻斷未量
107 年 09 月 26 日	-23.19	-22.47	水位低於 30m	道路阻斷未量
107 年 10 月 25 日	-23.02	-24.65	水位低於 30m	道路阻斷未量
107 年 11 月 26 日	-23.02	-22.72	水位低於 30m	A 標期程結束
107 年 12 月 20 日	-23.02	-24.97	水位低於 30m	A 標期程結束

註：觀測值為距地表面下水位深度，本表僅彙整近 21 個月觀測結果

(a) BT-05-01

(b) PB-07

(c) PD-04

(d) PB-06

圖 3.5-4 既有地下水位井現場量測作業情形

3.5.3 自記式地下水位觀測井觀測結果

本計畫契約要求增設 8 座自記式地下水位觀測井，另 103 年 7 月時配合東澳嶺山區水文地質補充調查工作，再增設 2 座自記式水位觀測井。此外由於 C 標兩座隧道僅有兩座地下水位觀測井，施工期間的地下水位變化資料略有不足，經工程處同意後乃進行 C 標地下水位觀測井的補充建置，已於 105 年 3 月時完成 2 座自記式水位觀測井的設置，現階段共計 12 座觀測井(鑽孔深度總計達 800m)。水位井詳細資料彙整於表 3.5-3，位置詳圖 3.5-5，水位井現況及現場資料下載讀取作業參見圖 3.5-6，本期自記式地下水位井觀測結果詳見 3.5.4 節說明。其中

BT-01、BT-02、BH-01 及 BH-02 自記式水位計之水位資料，根據第五次契約變更書期程，該 4 座自記式水位計水位之量測工作執行至 107 年 10 月止。

表 3.5-3 自記式地下水位觀測井表

孔號	地表高程(m)	鑽孔深度(m)	位置		鄰近隧道別	位置概述
			N	E		
BH-01	111	30	2716945	335463	東澳隧道北段	圳頭溪上游
BH-02	135	55	2714428	334786	東澳隧道南段	東澳北溪上游
BH-03	55	40	2703648	329446	觀音隧道北段	南澳溪上游支流
BH-05	147	55	2693658	328310	谷風隧道北段	臺9線150.3km處
BH-06	139	80	2692095	326545	谷風隧道南段	澳花村舊蘇花公路
BH-07	9	30	2685143	325053	中仁隧道北段	和中村內
BH-08	165	80	2682253	321057	仁水隧道北段	大清水溪支流礦場通道旁
BH-13	55	30	2704375	328868	武塔隧道	武塔村內
BT-01	382	200	2716384	335083	東澳隧道北段	蘇澳礦場內
BT-02	240	100	2716119	335599	東澳隧道北段	蘇澳礦場連絡道路旁
BT-03	35	50	2682672	322659	中仁隧道南段	中仁隧道南洞口旁
BT-04	60	50	2681783	322160	仁水隧道北段	仁水隧道北口管制哨旁

圖 3.5-5 本計畫區域地下水位觀測井位置示意圖

(a) BT-01

(b) BT-02

(c) BT-03

(d) BT-04

(e) BH-01

(f) BH-02

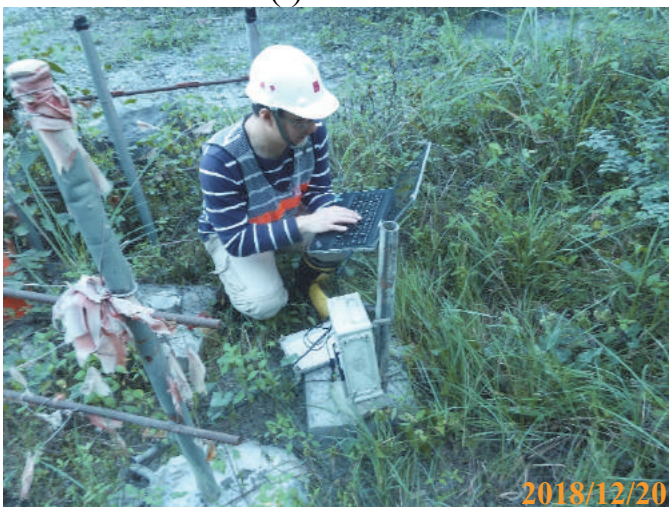
圖 3.5-6 自記式水位井現況及現場資料下載讀取作業照片

(g) BH-03

(h) BH-05

(i) BH-06

(j) BH-07



(k) BH-08

(l) BH-13

圖 3.5-6(續) 自記式水位井現況及現場資料下載讀取作業照片

3.5.4 地下水位觀測資料分析

(1) 既有地下水位觀測井

107 年計畫區內既有地下水位井觀測結果參見表 3.5-2，進一步彙整以往設計階段的水位資料、以及鄰近雨量站的降雨量資料，結果如圖 3.5-7~圖 3.5-10 所示。

由於設計階段的鑽孔係為地質調查所辦理，鑽孔位置與深度無法完全符合本計畫的區域地下水位觀測需求，惟觀測結果亦可提供參考。其中 BT-05-01 因坍方道段無法通過，且於 107 年 6 月已完成鄰近之 BT-01 遠距離無線傳輸水位監測系統，故不再攀爬步行至現場蒐集資料。本期設計階段的 4 座既有地下水位井觀測結果顯示：部份水位觀測井之水位變化不大(如 PD-04、PB-07)，部分水位井的水位則有較明顯起伏變化(如 PB-06)，但水位井的水位仍在一定範圍內變動，且水位的變化呈現與降雨量多寡有密切相關特性，水位並無異常持續抬升或下降情形。初步研判水位觀測井的水位變化，主要應與各地降雨量多寡及該區地下水補注速率差異有關，未呈現受隧道施工影響現象，後續將持續觀測各既有地下水位井的水位變化情形。

(2) 隧道洞口地下水位觀測井

A、B、C 標隧道洞口的地下水位井觀測結果彙整如圖 3.5-11~圖 3.5-18 所示。觀測結果顯示：(1)東澳隧道北洞口水位井的水位於 1 月有微幅抬升情形(其中 W-NO2 於 106 年 2 月因租地收回無法量測)，南洞口地下水位井 W-SO1 及 W-SO2 則自 106 年 9 月起則因回填土無法量測，東澳隧道已於民國 107 年 2 月 5 日營運通車，施工廠商已中止量測工作，故無新增資料；(2)觀音隧道北洞口的 OW-2 及 OW-3 水位井的水位呈現與降雨相關之起伏變動，兩座水位井的水位大致維持穩定，相較於施工初期的水位並無明顯降低，顯示觀音隧道北口段施工並未對其洞口邊坡地下水位造成顯著影響；觀音隧道南洞口水位井則

大致維持穩定；(3)谷風隧道 10K+768 橫坑洞口之 OW-1 水位井地下水位，大致位於地面下 26.72~30.00m 間跳動，無明顯異常狀況；另位於谷風隧道南洞口之 OW-1 及 OW-2 水位井水位在下半年略有上升，推估可能係因降雨增加所致，但大致仍在一個範圍內變動，並無持續降低情形；(4)中仁隧道北洞口之 W-N01 水位井之水位，呈現與降雨相關之微幅變動情形(其中北洞口橫坑之 W-NA01 水位井，因地主收回用地，僅觀測至 105 年 11 月為止)，南洞口的 W-S01 及 W-S02 水位井水位接近或低於孔底，將持續追蹤其後續變化情形；(5)仁水隧道北洞口的 W-NO1 及 W-NO2 水位井水位大致維持穩定，南口的 W-S01 水位井水位接近或低於孔底，將持續追蹤其後續變化情形。

(3) 增設地下水位觀測井

本計畫所設置的自記式地下水位觀測井係以每 10 分鐘一筆資料方式記錄地下水位變化情形，相對於上述人工量測方式，可更及時詳細呈現地下水位變化情形。其中 BT-01、BT-02、BH-01、BH-02 自記式水位計之水位資料，根據計畫(第五次契約變更書)期程，該 4 座自記式水位計水位之數據量測工作執行至 107 年 10 月止。12 座自記式水位井觀測結果如圖 3.5-19~圖 3.5-30 所示，其中部份水位井的水位變化不大(如 BT-03、BT-04、BH-01、BH-05、BH-06、BH-07)，而部分水位井的水位則有較明顯起伏變化(如 BT-01、BT-02、BH-02、BH-03、BH-8、BH-13)，惟大致仍在一定範圍內變動，且水位之變化呈現與降雨量多寡有密切相關特性，本期水位並無異常持續抬升或下降情形。初步研判目前計畫區內各自記式水位觀測井的水位變化，主要應與各地降雨量多寡及該區地下水補注速率差異有關，後續將持續觀測各水位井水位變化情形。整體而言，107 年 1~12 月各水位井水位變化主要仍受降雨影響，後續將持續觀測各水位井之水位變化情形，以提供三維水文地質模式率定及區域水資源環境影響評估參考。

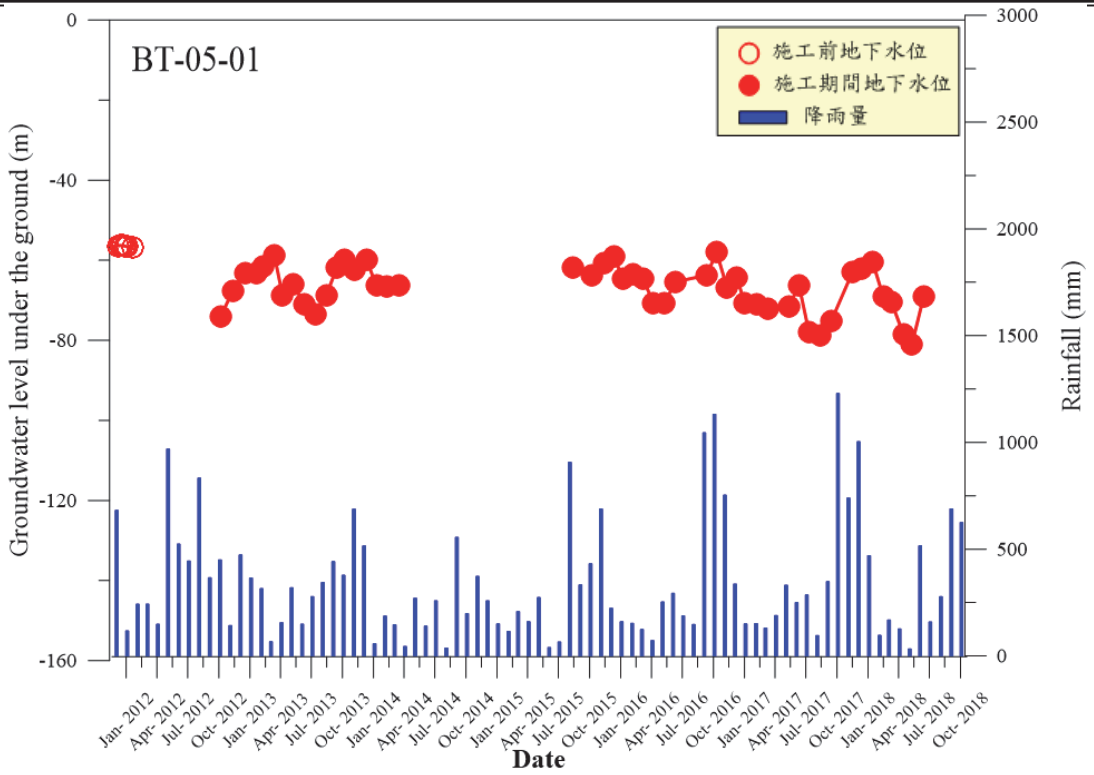


圖 3.5-7 東澳隧道沿線 BT-05-01 水位井之地下水位觀測結果圖

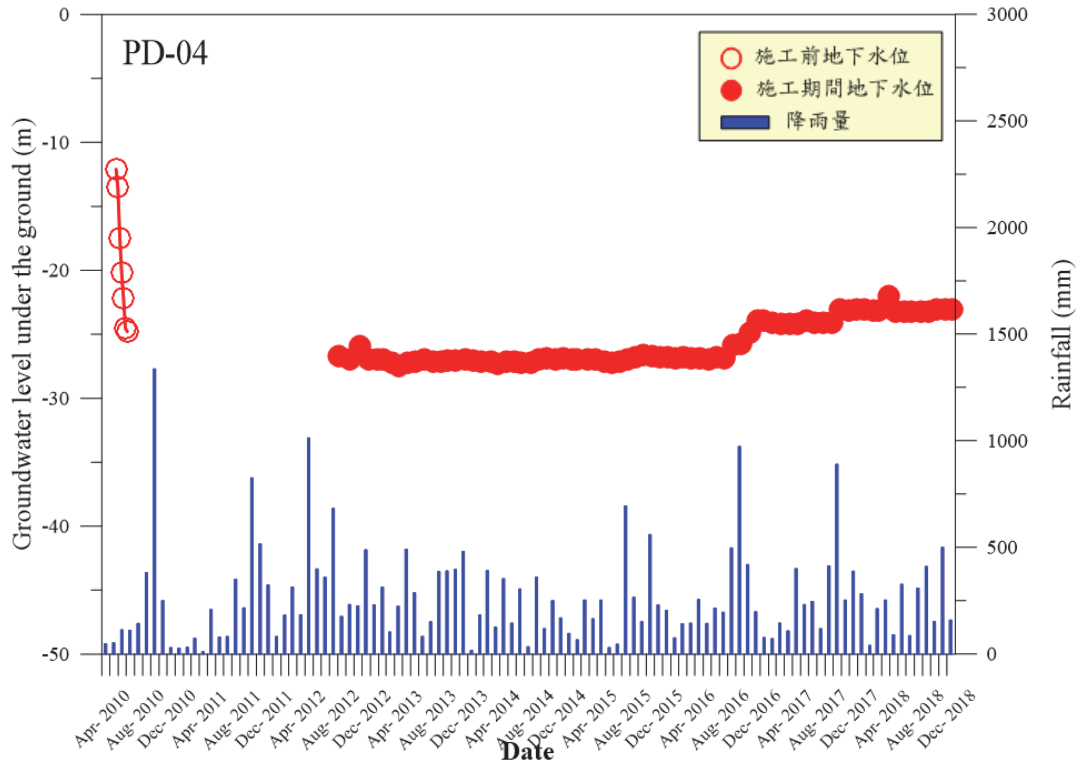


圖 3.5-8 觀音隧道附近既有 PD-04 水位井之地下水位觀測結果圖

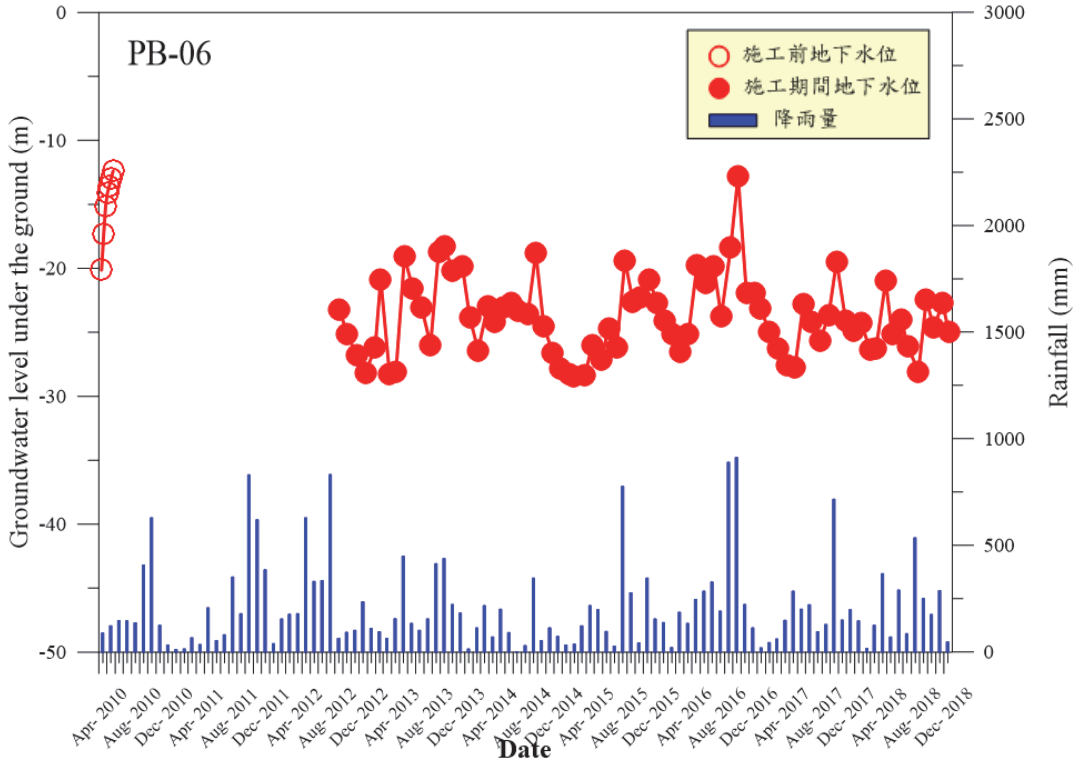


圖 3.5-9 中仁隧道北口附近既有 PB-06 水位井之地下水位觀測結果圖

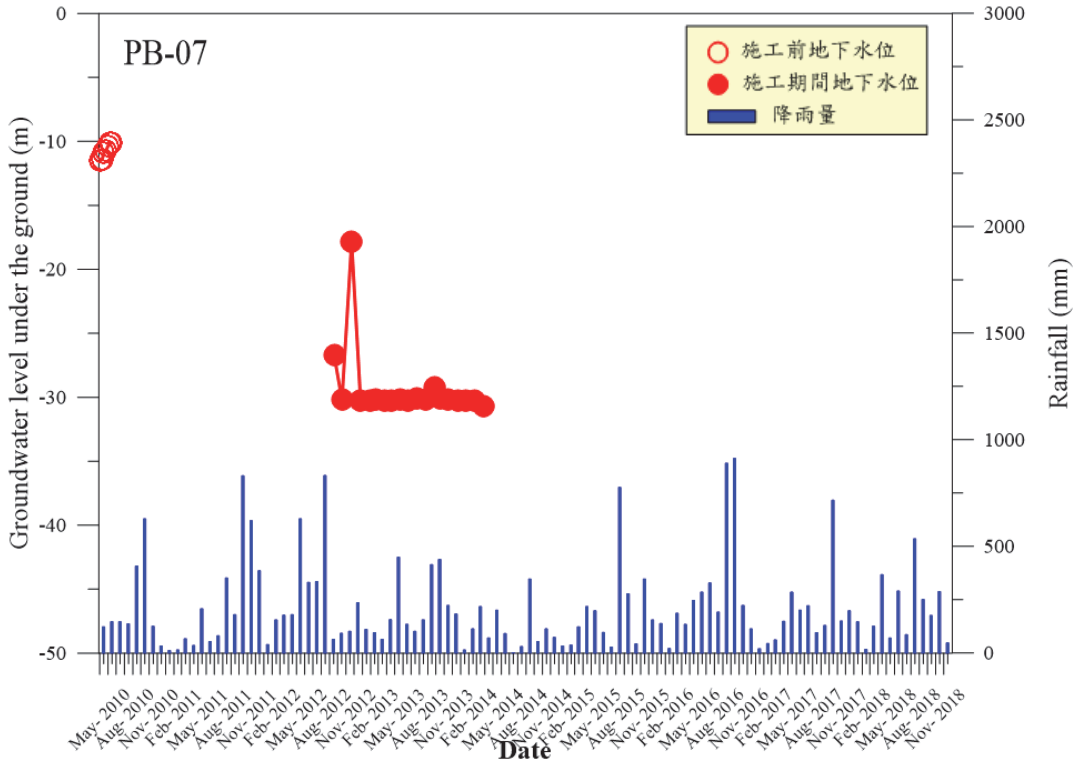


圖 3.5-10 中仁隧道南口附近既有 PB-07 水位井之地下水位觀測結果圖

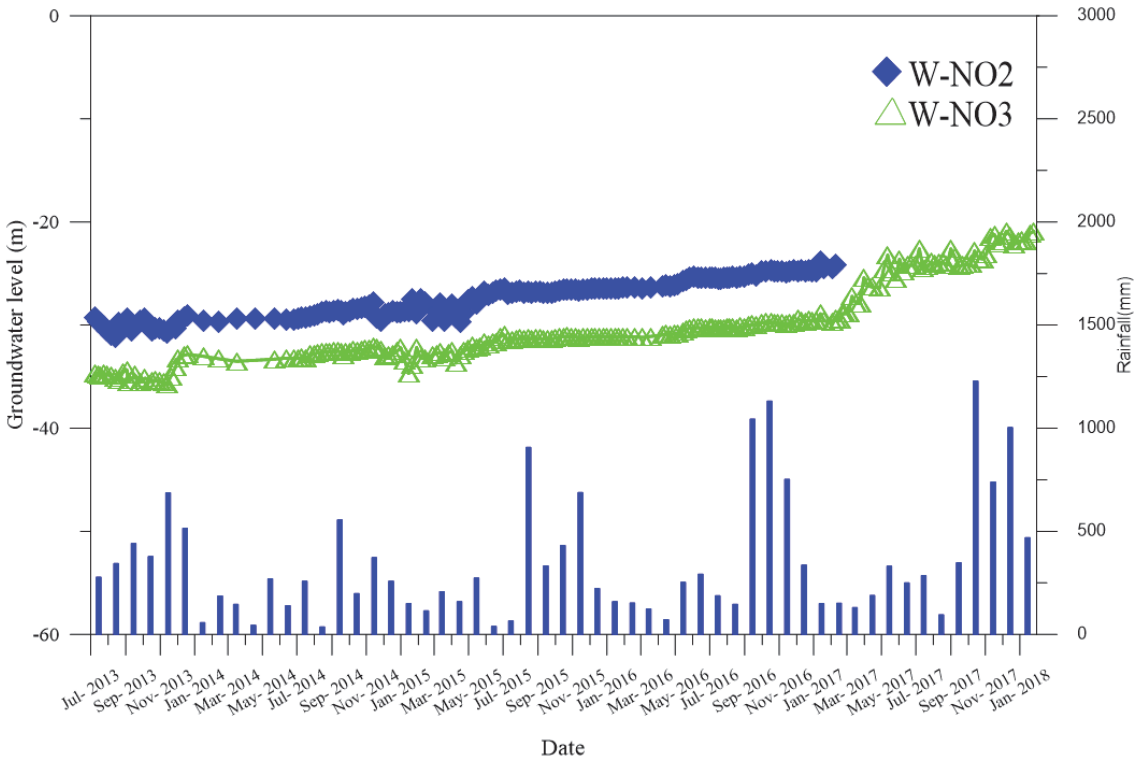


圖 3.5-11 東澳隧道北洞口水位井之地下水位歷時曲線圖

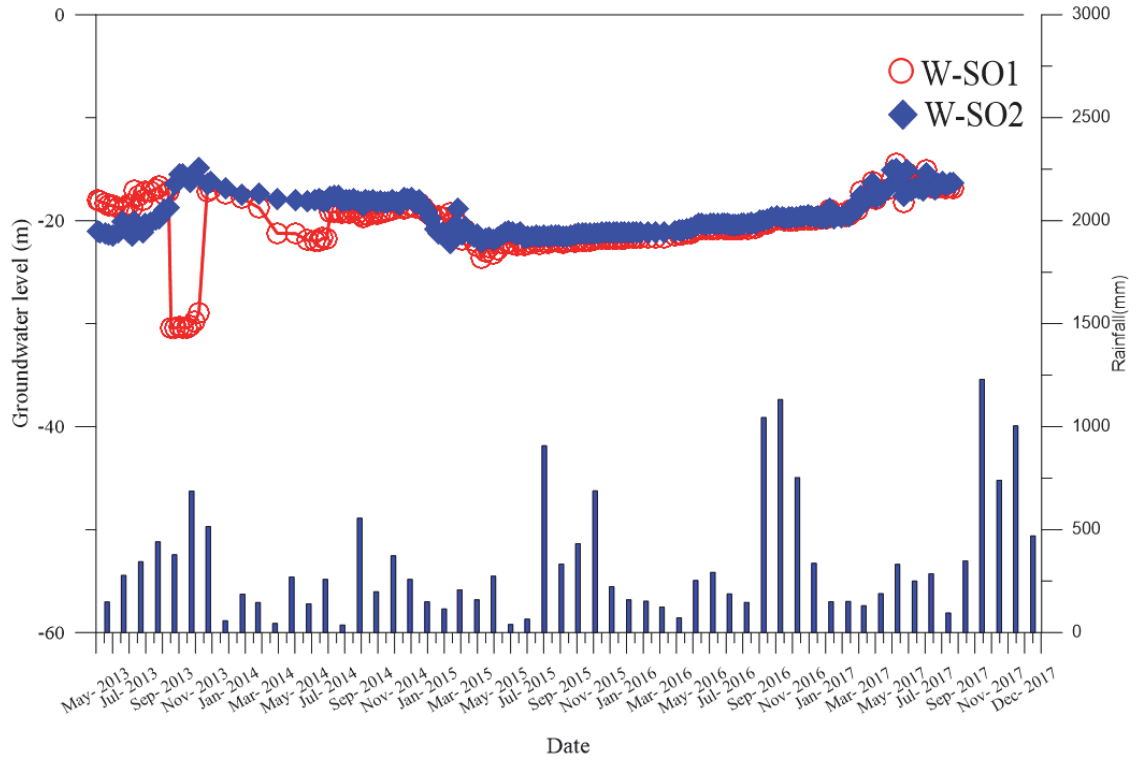


圖 3.5-12 東澳隧道南洞口水位井之地下水位歷時曲線圖

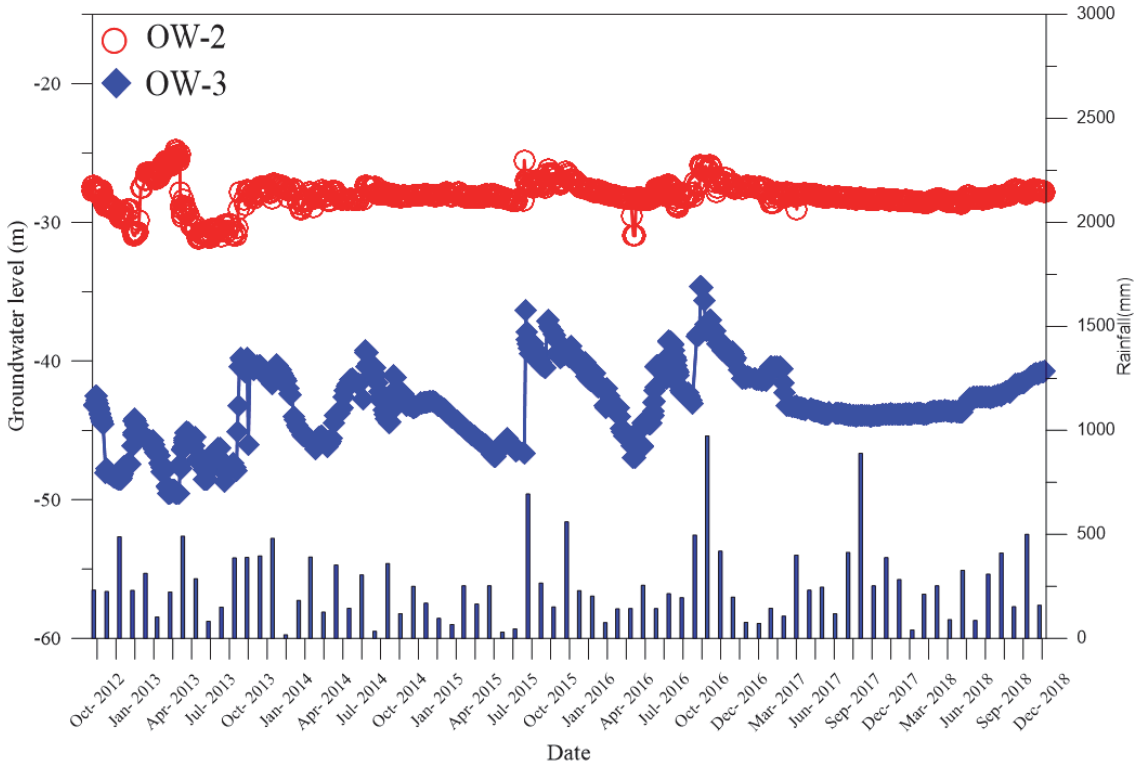


圖 3.5-13 觀音隧道北洞口水位井之地下水位歷時曲線圖

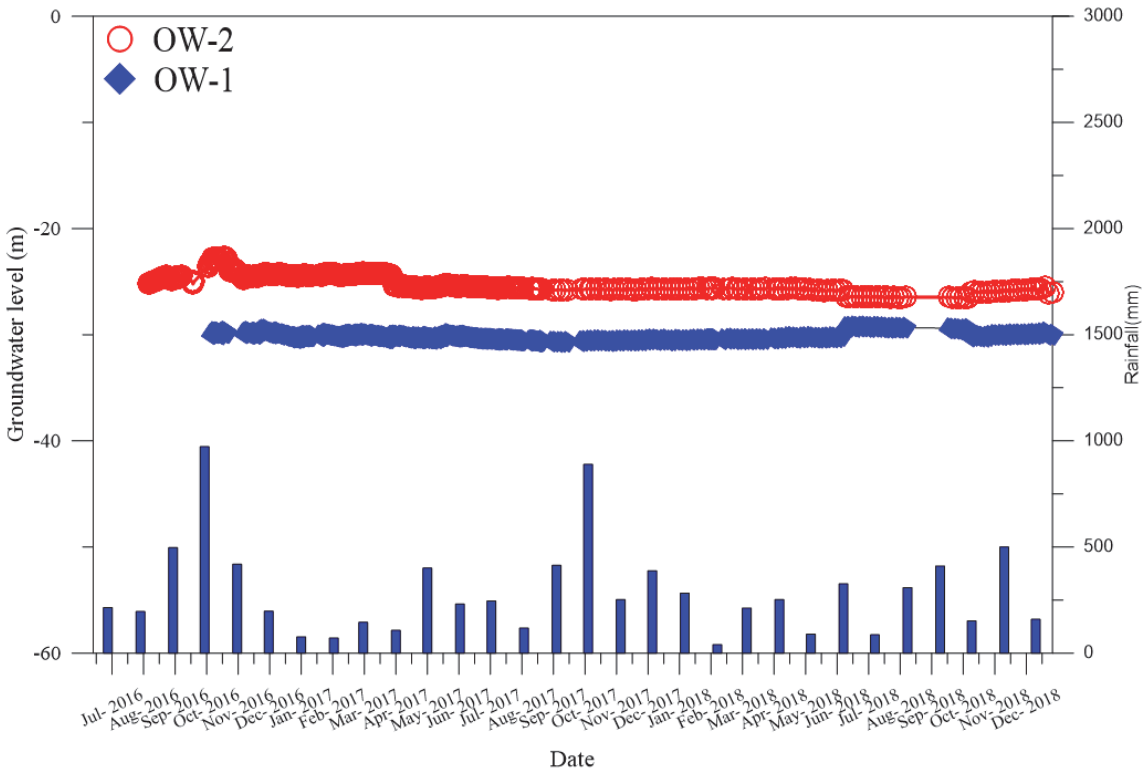


圖 3.5-14 觀音隧道南洞口水位井之地下水位歷時曲線圖

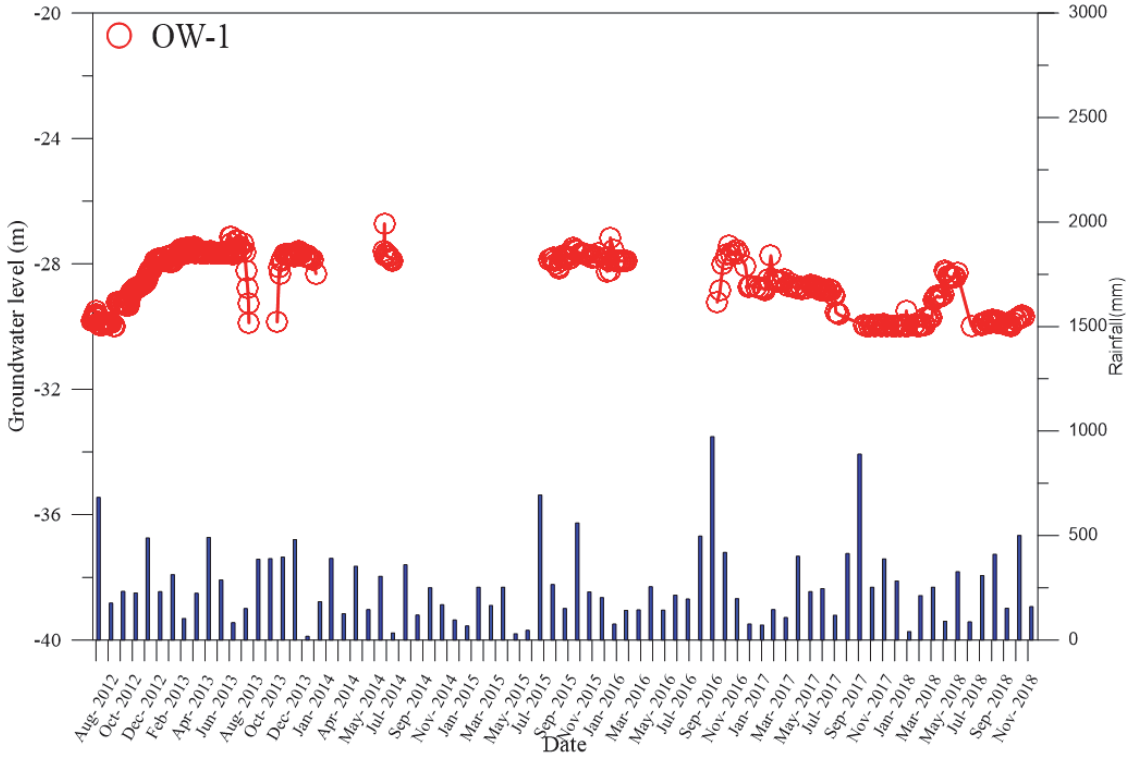


圖 3.5-15 谷風隧道 10K+768 橫坑洞口水位井地下水位歷時曲線圖

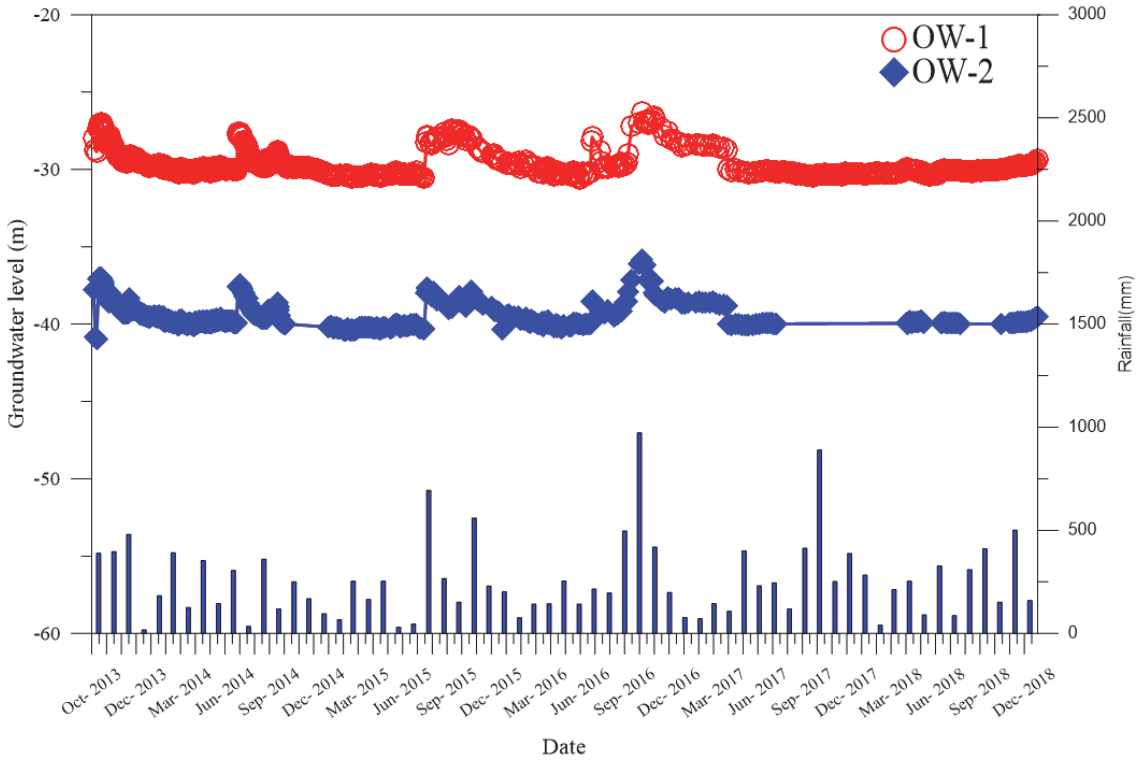


圖 3.5-16 谷風隧道南北洞口水位井地下水位歷時曲線圖

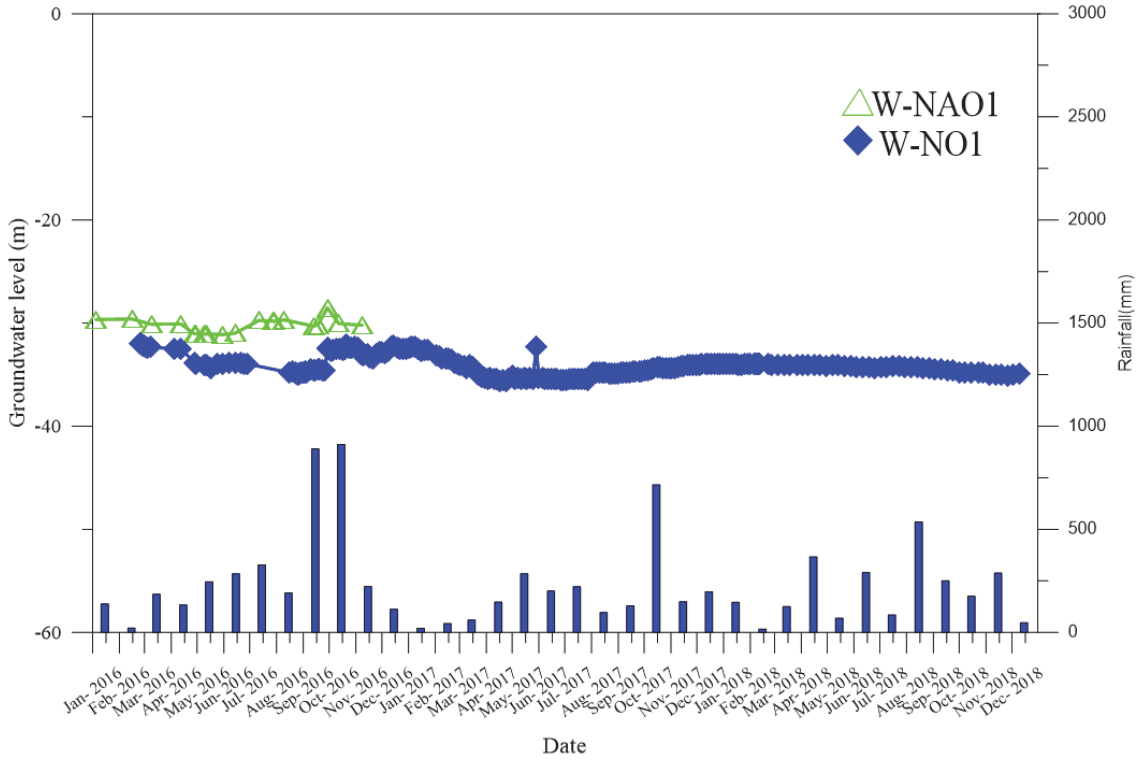


圖 3.5-17 中仁隧道南北洞口水位井地下水位歷時曲線圖

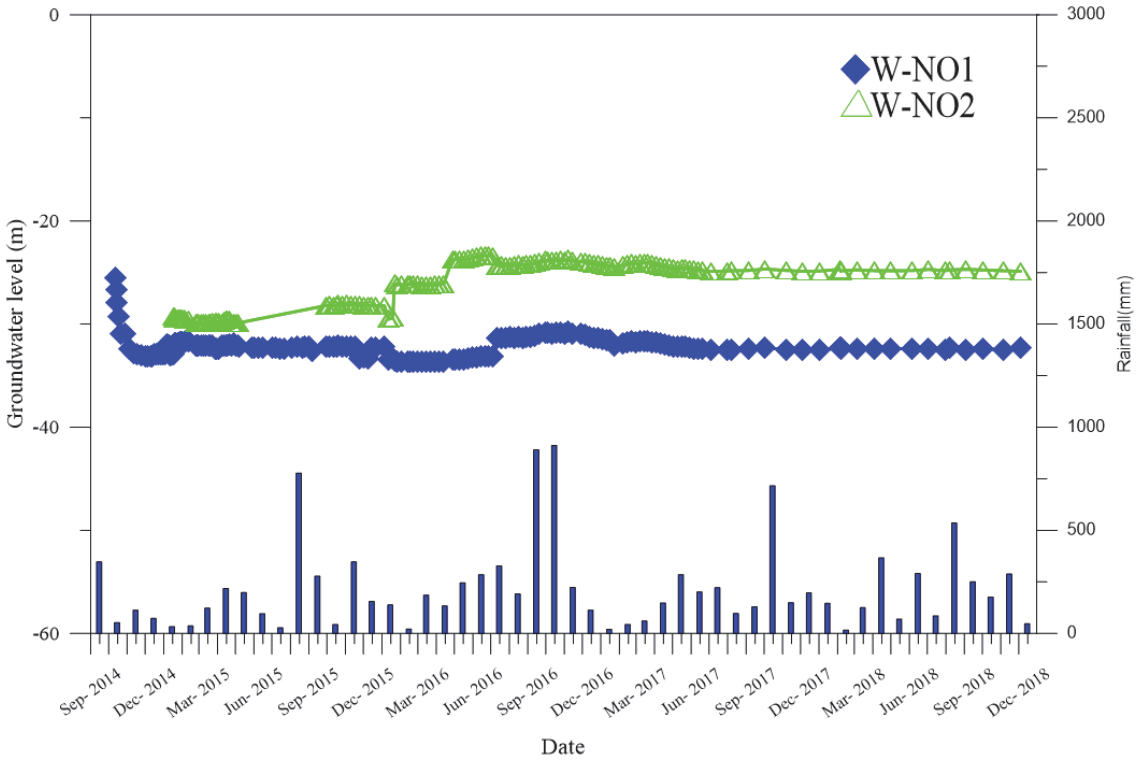


圖 3.5-18 仁水隧道北洞口水位井地下水位歷時曲線圖

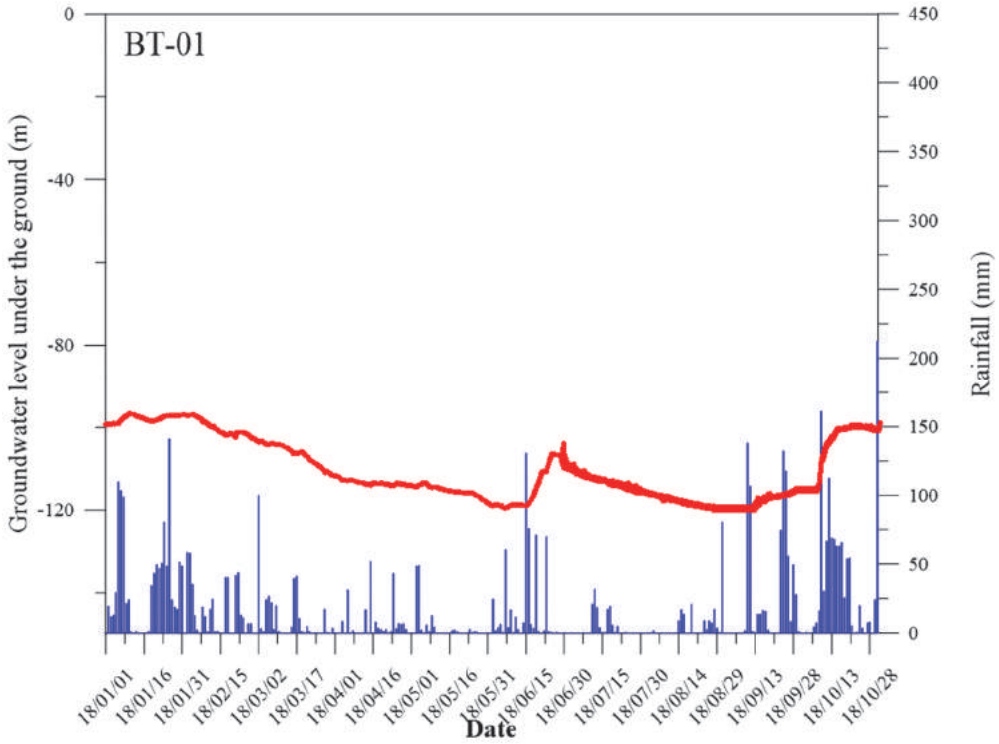


圖 3.5-19 東澳隧道北段附近增設 BT-01 水位井之地下水位觀測結果圖

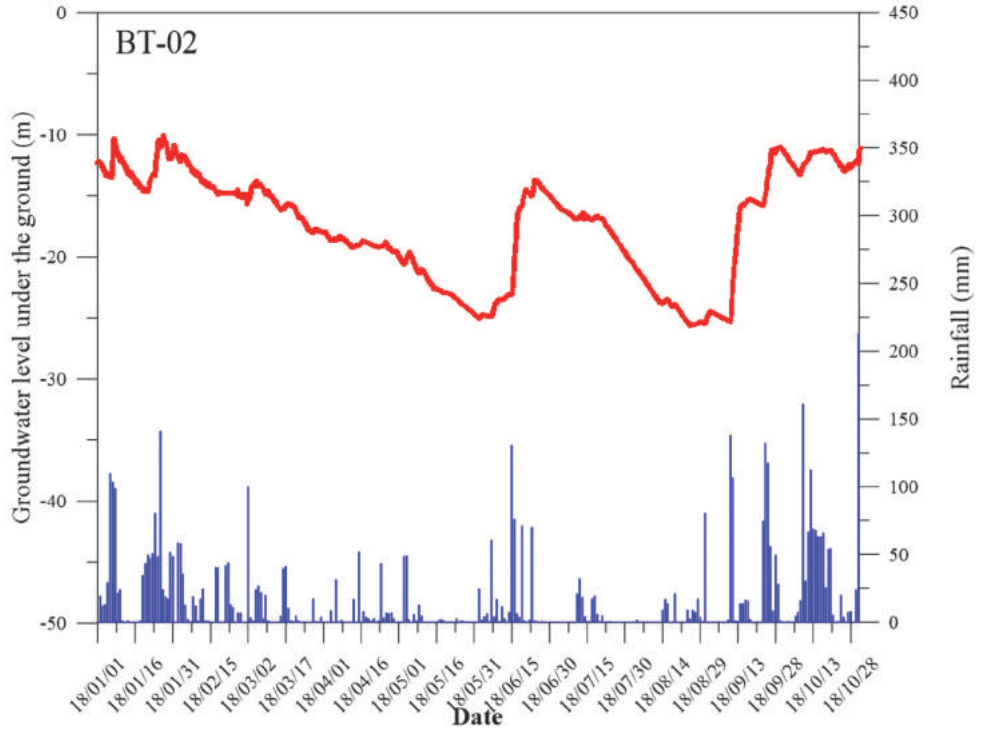


圖 3.5-20 東澳隧道北段附近增設 BT-02 水位井之地下水位觀測結果圖

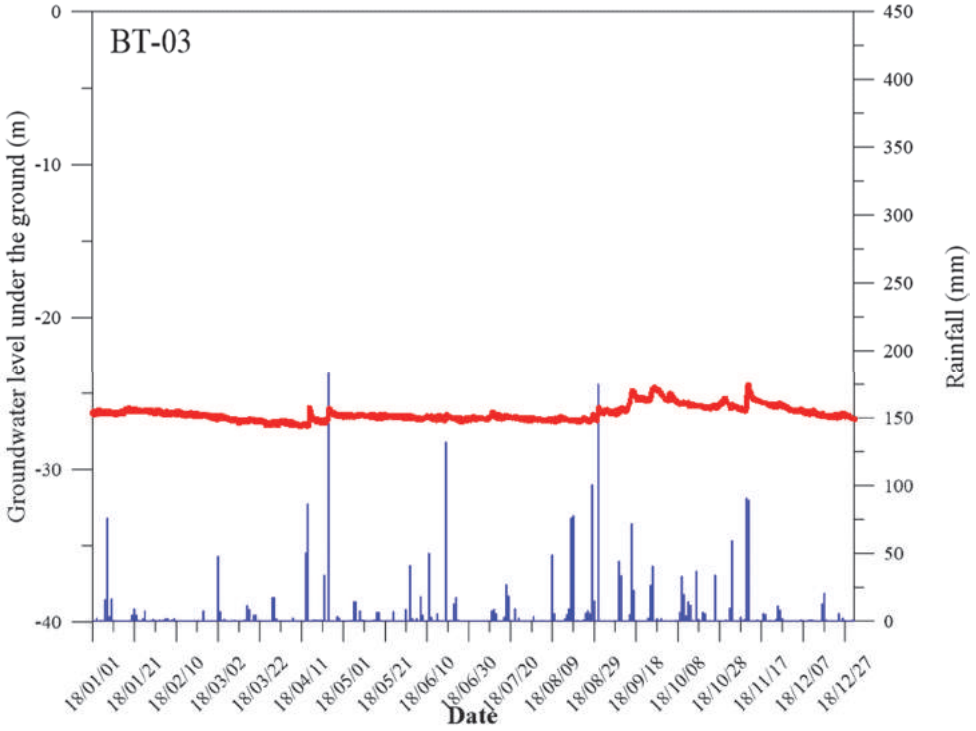


圖 3.5-21 中仁隧道南段附近增設 BT-03 水位井之地下水位觀測結果圖

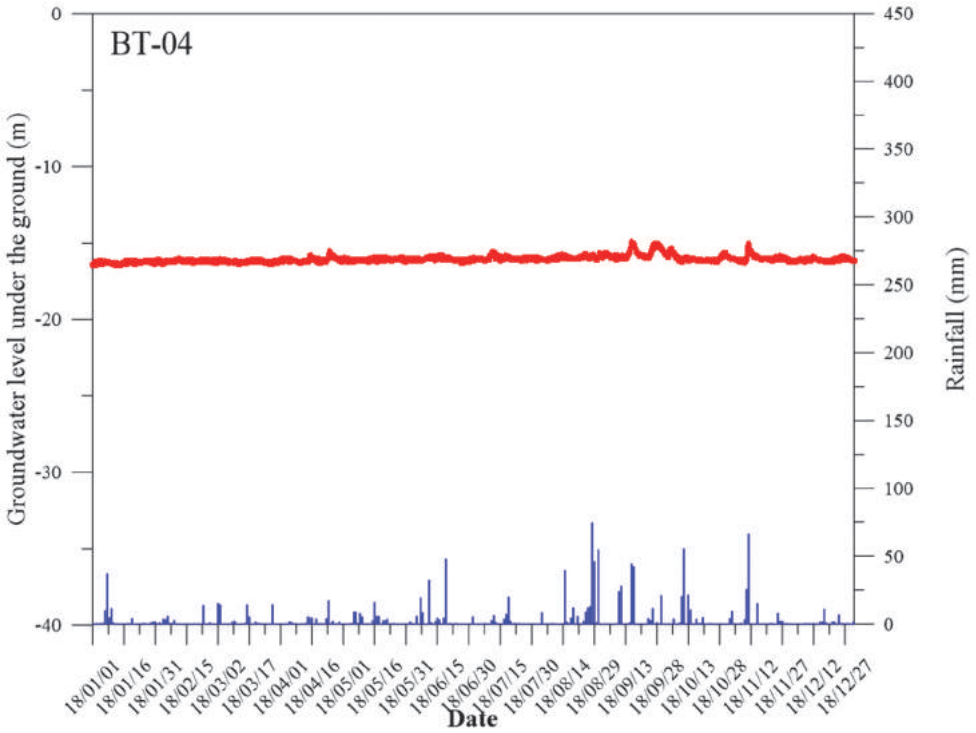


圖 3.5-22 仁水隧道北段附近增設 BT-04 水位井之地下水位觀測結果圖

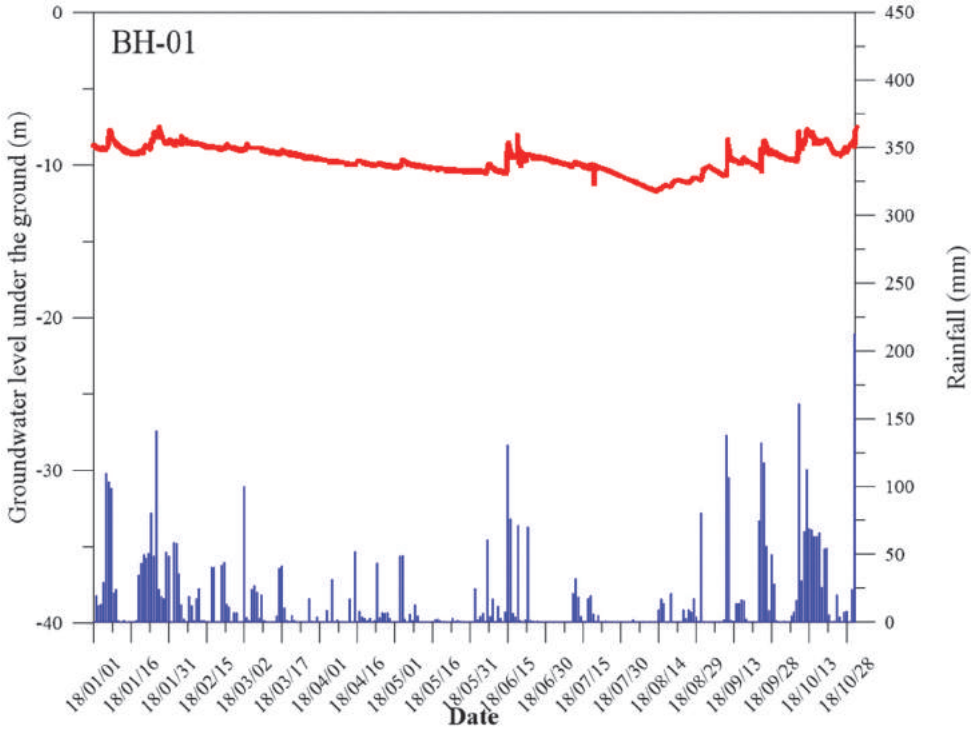


圖 3.5-23 東澳隧道北段附近增設 BH-01 水位井之地下水位觀測結果圖

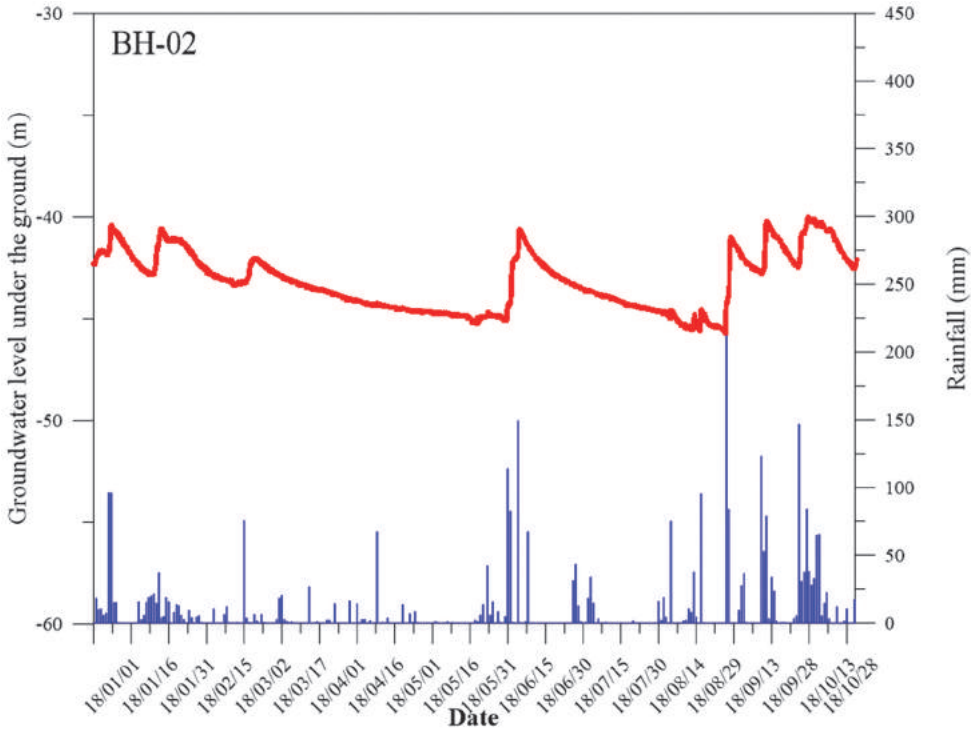


圖 3.5-24 東澳隧道南段附近增設 BH-02 水位井之地下水位觀測結果圖

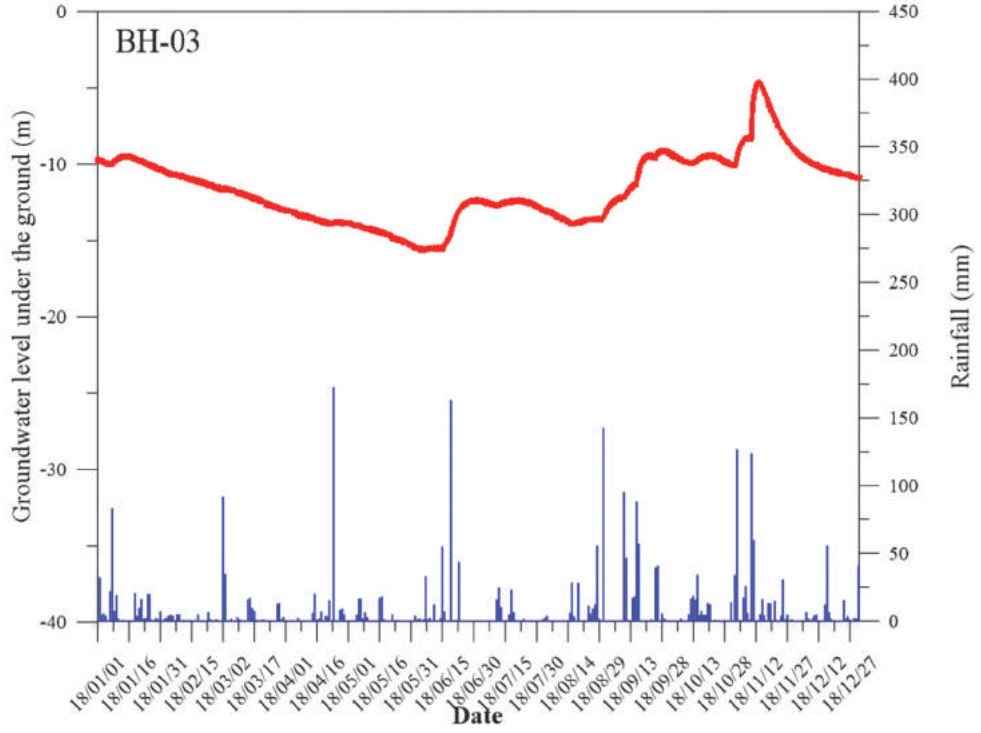


圖 3.5-25 觀音隧道北段附近增設 BH-03 水位井之地下水位觀測結果圖

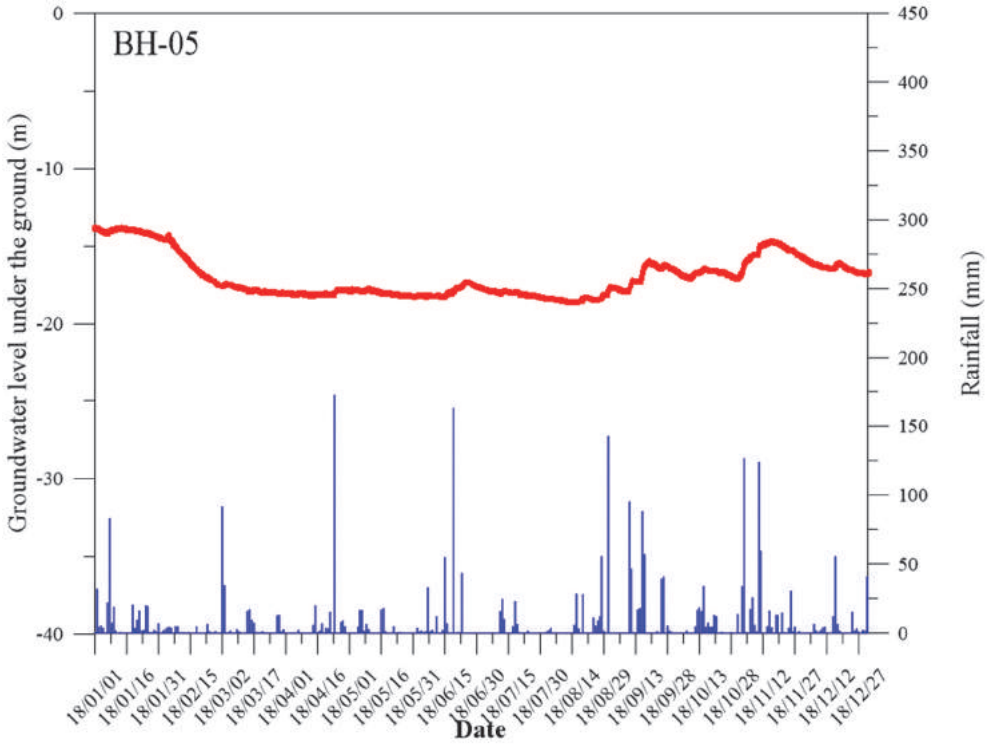


圖 3.5-26 谷風隧道北段附近增設 BH-05 水位井之地下水位觀測結果圖

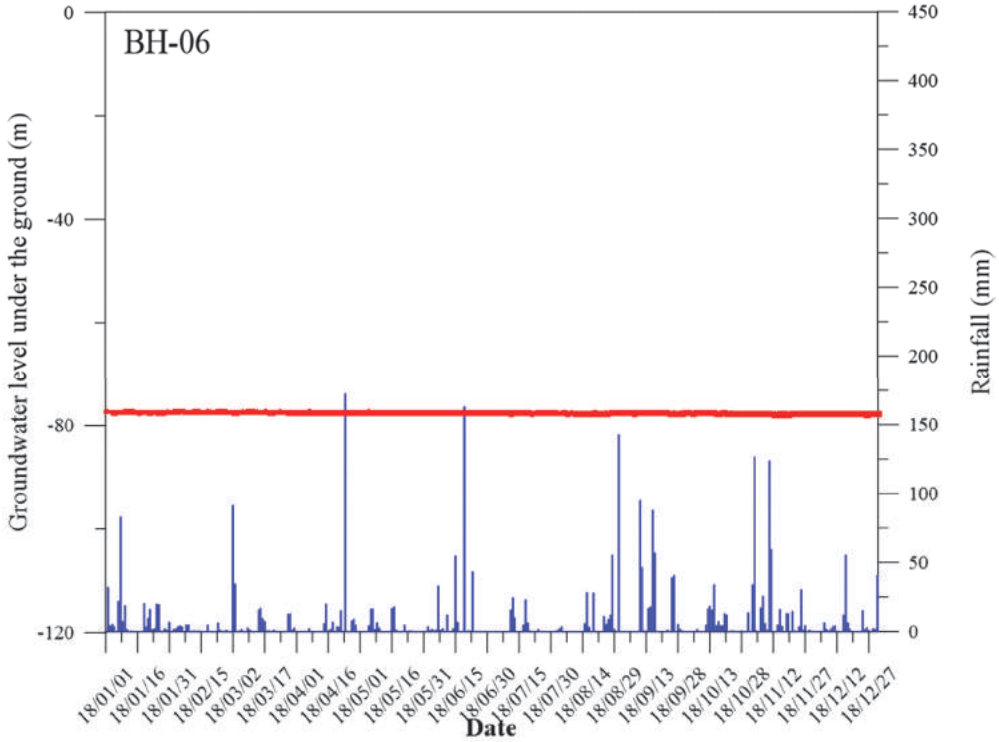


圖 3.5-27 谷風隧道南段附近增設 BH-06 水位井之地下水位觀測結果圖

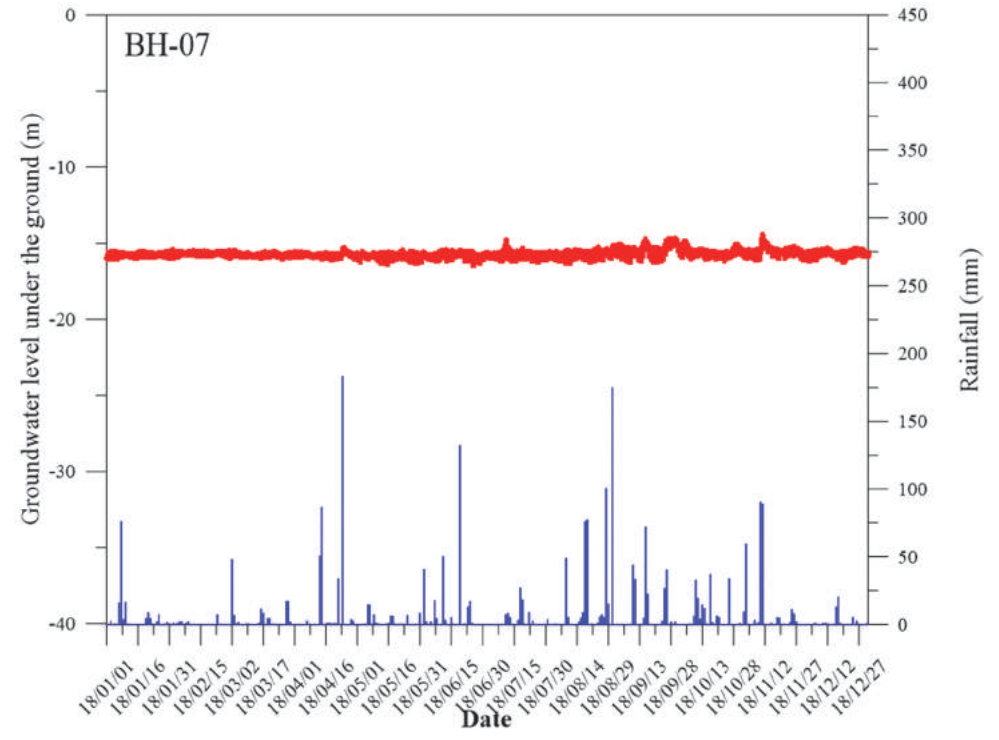


圖 3.5-28 中仁隧道北段附近增設 BH-07 水位井之地下水位觀測結果圖

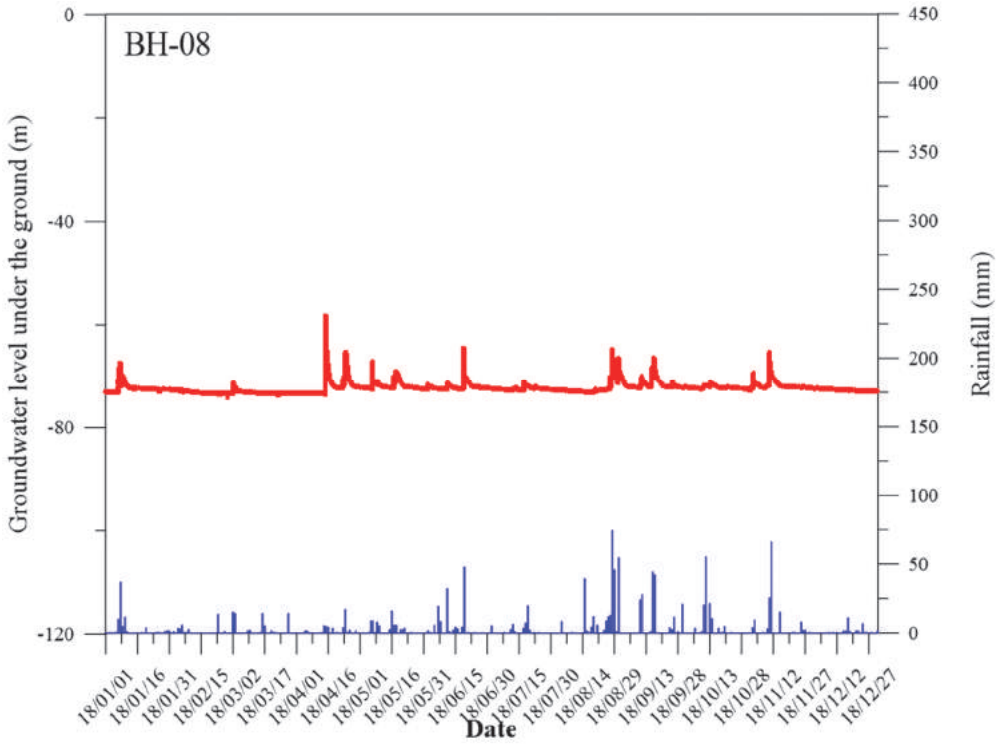


圖 3.5-29 仁水隧道北段附近增設 BH-08 水位井之地下水位觀測結果圖

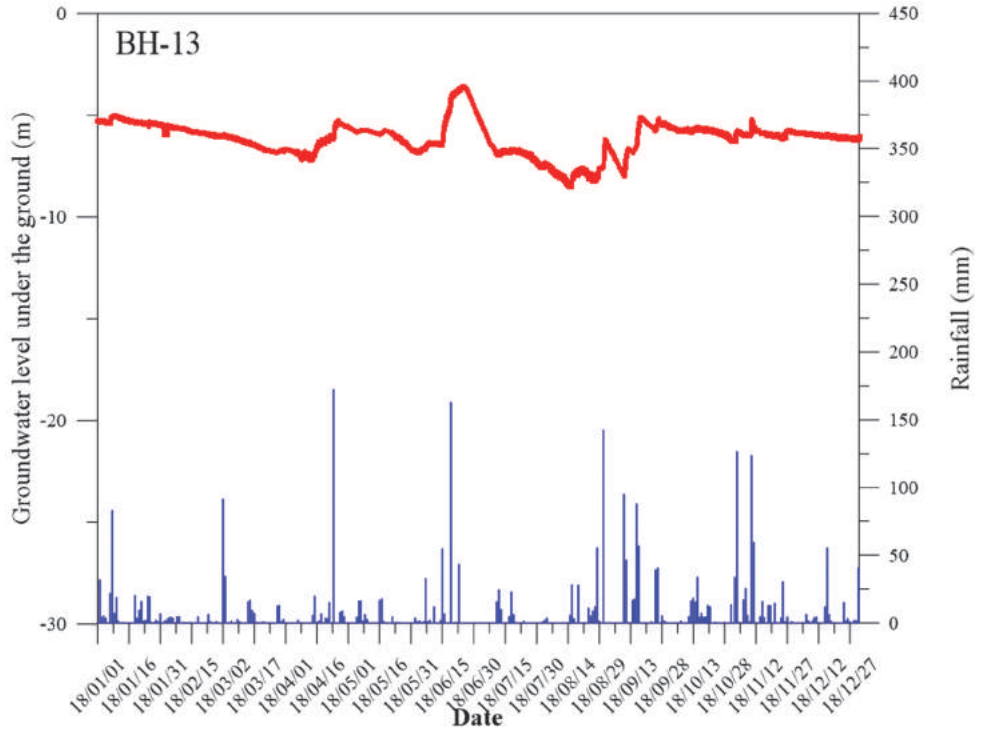


圖 3.5-30 武塔隧道附近增設 BH-13 水位井之地下水位觀測結果圖

第四章 隧道鄰近區域三維水文地質模式分析

區域地下水分析係根據所掌握之地理、地層、地質構造及地下水系等資料，建立研究區域之三維水文地質概念模型，而後透過地下水水位、水壓或河川流量等觀測資料進行模式的率定與驗證，以確認模式的正確性與準確度。最終設定模式的邊界條件與常期淨補注量，透過數值運算求解地下水流動控制方程，即可獲得模型內地下水流場分布情形。

本計畫係以規劃設計階段所調查獲得的資料，初步建構計畫區內5座長隧道(東澳隧道、觀音隧道、谷風隧道、中仁隧道、仁水隧道)的鄰近區域三維水文地質模式，後續則依據隧道施工過程所揭露的詳細水文地質狀況與儀器觀測結果，進行施工期間的模式檢討修正，以期能更精確評估隧道施工對鄰近區域地下水資源環境所可能造成的影響。以下首先簡要敘述本計畫水文地質概念模式初步建立的架構與原則，而後再進一步說明本期(107年度)所辦理的東澳隧道、觀音隧道、谷風隧道、中仁及仁水的三維水文地質模式檢討修正結果。

4.1 隧道鄰近區域三維水文地質概念模式建立

隧道沿線三維水文地質概念模式係結合地表水系、區域地質構造及地層走向等條件建構一概念化模型，以模擬簡化複雜的物理環境。因此模式建立首先需建置計畫區域內的數值地形模型(DEM)，劃分計畫區內地表水系分布與各子集水區範圍，再考慮計畫區域的地形、地質構造與地層情形，並結合區域內水文與地質調查資料，以建立地下含水層的分區與分層，其中水文地質分區主要為釐定地下水水文地質邊界，而水文地質分層主要為釐定計畫區內的主要含水層與阻水層，最終形成本計畫廣域水文地質概念模式。

4.1.1 計畫區地層與地質構造水文地質特性

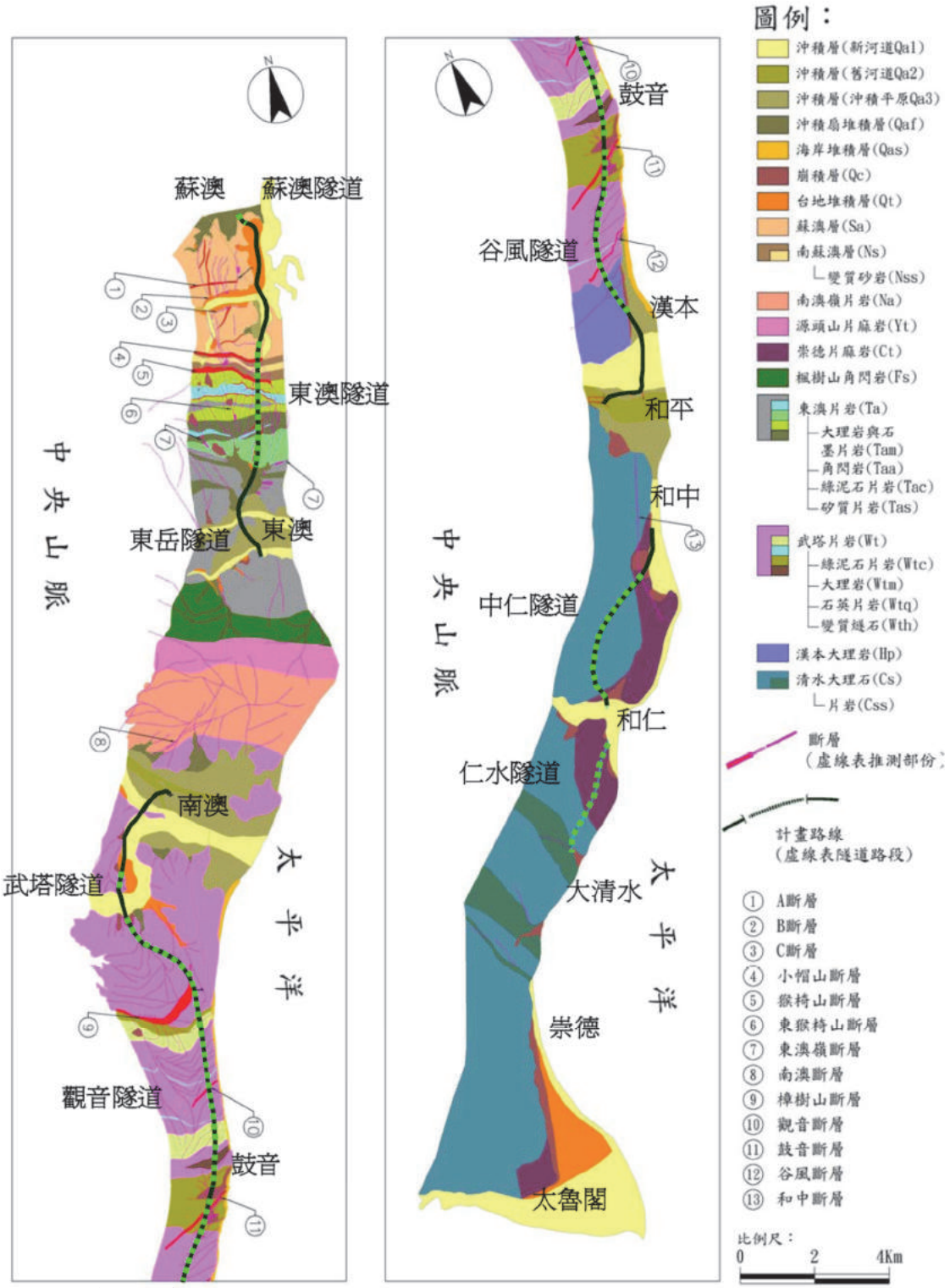
1. 地層透水性

本計畫區地質主要屬中央山脈東翼(太魯閣帶)地質區，沿線地質分布除沖積層及階地堆積層外，蘇澳至南澳段由北而南主要有蘇澳層、南蘇澳層、東澳片岩、源頭山片麻岩及楓樹山角閃岩；南澳至和平段為南澳嶺片岩、武塔片岩及漢本大理岩；和平至崇德段則為大理岩及片麻岩為主。其中東澳片岩與武塔片岩可再細分為石英片岩、綠色片岩及黑色片岩與大理岩，如圖 4.1-1 所示，各地層的主要岩性與地質特性據前期各階段地質調查成果，彙整如表 4.1-1。

2. 地質構造透水性

本計畫位在板塊縫合帶，受大地應力擠壓影響，產生許多褶皺與斷層構造，依據經濟部中央地質調查所於民國 99 年所公布的臺灣活動斷層分布資料顯示，研究區內並無已知的活動斷層，路廊沿線主要斷層呈東西、南北或東北－西南方向延伸，主要斷層包括小帽山斷層、猴猗山斷層、東猴猗山斷層、東澳嶺斷層、南澳斷層、樟樹山斷層、觀音斷層、鼓音斷層、谷風斷層及和中斷層等，其寬度由十數公尺至約二百公尺間不等。斷層帶岩體破碎，易成為地下水流動與貯存的主要通路，故為隧道開挖潛在滲湧水區。

另臺灣東部變質岩的岩性變化複雜，不同岩性間之接觸帶，由於兩側岩體性質存在差異性，在地體構造活動過程中易成為層間滑移帶，因而在不同岩性界面易形成規模不一之剪裂破碎帶，此亦為地下水的流通管道，乃成為除斷層破碎帶外的潛在出水區。依據前期各階段地質調查成果，彙整調查區域主要斷層的特性如表 4.1-2 及表 4.1-3 所示。



（摘自蘇花路廊湧水對地表、水文環境之影響及因應研析成果報告書）

圖 4.1-1 研究區地質分布概圖

表 4.1-1 計畫區域地層之透水性質彙整表

地層名稱	透水係數(m/sec)	透水性	備註	資料來源
源頭山片麻岩	1.0×10^{-8}~1.86×10^{-6}	L~M	區域性岩層透水係數仍需再以水文地質概念模式配合地下水位觀測結果加以率定，以推估各岩層較具代表性之透水係數。	規劃設計階段之水文地質報告及鑽孔透水試驗
東澳片岩	3.2×10^{-8}~4.55×10^{-6}	L~M		
南澳嶺片岩	6.0×10^{-8}~4.55×10^{-6}	L~M		
楓樹山角閃岩	1.15×10^{-6}~1.37×10^{-6}	M		
清水大理岩	6.3×10^{-8}~3.55×10^{-6}	L~M	透水係數係由岩盤滲漏試驗結果推估。	本計畫辦理之鑽孔透水試驗
武塔片岩	1.33×10^{-7}~3.48×10^{-6}	M		
沖積層（沖積平原）	3.76×10^{-6}~3.86×10^{-6}	M		
蘇澳層南蘇澳層	4.96×10^{-6}~9.76×10^{-6}	M		
沖積層（河道）	9.14×10^{-7}~3.84×10^{-6}	M~H		
崇德片麻岩	4.11×10^{-6}~1.13×10^{-5}	M~H		
漢本大理岩	4.68×10^{-7}~3.56×10^{-5}	M~H		

符號說明：H 代表高透水性，指透水係數量級介於 10^{-5}~10^{-4}(m/sec)； M 代表中透水性，指透水係數量級介於 10^{-7}~10^{-6}(m/sec)； L 代表低透水性，指透水係數量級介於 10^{-9}~10^{-8}(m/sec)。

表 4.1-2 計畫區域重要斷層特性一覽表

構造名稱	影響隧道	位態	破碎帶寬度	斷層型態	上/下盤(岩性)
小帽山斷層	東澳隧道 4K+250~4K+350 附近	N80°W / 向南傾斜	百多公尺	斜滑移 (右移+逆衝)	板岩/板岩
猴猗山斷層	東澳隧道 4K+830~4K+960 附近	東西向/ 向南傾斜	二百公尺以上	斜滑移 (右移+逆衝)	綠色片岩/板岩
東猴猗山斷層	東澳北溪河川橋 7K+500 附近附近	南北向/ 85°N	數十公尺	正斷層 (張裂+右移)	片岩、大理岩/片岩、大理岩
東澳嶺斷層	東澳北溪河川橋 7K+280 附近附近	西北走向/ 向南傾斜	數十公尺	逆斷層	角閃岩、片岩/片岩
南澳斷層	不影響	N70°E/ 60°N	百多公尺	斜滑移 (逆衝+右移)	片岩/片岩
樟樹山斷層	觀音隧道 4K+830~5K+140 附近	N73°W/ 30°N	數十公尺	逆斷層	片岩/片岩
觀音斷層	觀音隧道 7K+540~7K+640 附近	N55°E/ 30°N	數十公尺	逆斷層	片岩/片岩
鼓音斷層	谷風隧道 10K+530~10K+580 附近	N55°E/ 45°N	數十公尺	逆斷層	片岩/片岩
谷風斷層	谷風隧道 13K+150~13K+230 附近	東西向/ 30°N	數十公尺	逆斷層	片岩/片岩
和中斷層	中仁隧道 1K+400~1K+500 附近	N20-30°E/ 80-90°	數十公尺	平移斷層	片麻岩/大理岩

表 4.1-3 各地質構造水文地質單元代表性參數參考值

位置	岩體分類	定義	水文特性
斷層帶核心	斷層泥 (gouge)	斷層泥佔岩體體積的 70%以上、碎裂岩塊佔岩體體積的 30%以下，具有鱗片狀葉理。	不透水
↓	斷層角礫岩 (fault breccia)	斷層泥佔岩體體積的 70%以下、碎裂岩塊佔岩體體積的 30%以上，發育葉理及角礫狀岩塊的岩體。	微透水
	微斷層 (micro-fault)	發育無方向性、網狀微斷層之岩體。	透水
斷層帶外圍	破裂 (fractured rock)	發育破裂面但層理保持完整之岩體。	易透水
	圍岩 (wall-rock)	無破裂面或僅發育少許破裂面且層理完整之岩體 (岩磐)。	不透水

備註：修改自 Sibson (1977)及 Jamison (1979)。

4.1.2 三維水文地質概念模式建置原則

1. 含水層分區與分層劃分

(1) 含水層分區原則

本計畫含水層分區主要依下述原則來進行：

a. 含水層邊界：地下水含水層厚度常隨地形起伏變化而變薄或變厚，其在接近邊界時常變薄而終於自然消失，消失處即為含水層之邊界。

b. 地下水分水線：含水層在地形高處時之地下水頭常亦較高，降雨由地表滲入形成地下水，而在地下水分水線兩側的地下水則背向流動，若此種流動途徑經常不變，則地下水分水線亦可視為邊界。

c. 地質構造邊界條件：因大地應力作用，岩層發生斷裂及移動造成斷層破碎帶，而斷層帶常可截斷含水層之側向延伸，若斷層本身不透水，或斷層另一側為不透水，均可形成含水層之邊界。一般而言，斷層破碎帶可能會遭遇以下兩種情形，分別為：(1)斷層因角礫大小混雜，孔隙裂隙多、導水性較好，斷層帶本身常構成一高角度與含高地下水水頭的含水層帶；(2)斷層帶因兩側岩石高度剪動擠壓，核心區經常是低滲透性的斷層泥阻隔兩側的含水層，甚至造成受壓含水層，以致一旦隧道開挖穿過斷層泥所構成的阻水層，則可能突然發生大量出水。洪如江(民國 80 年)曾將斷層帶內之斷層碎屑、斷層泥與斷層兩側破裂岩石的各種可能組合加以分類如圖 4.1-2 所示。分區時依據現地透水試驗結果配合前述斷層帶分類，推估斷層帶內的斷層碎屑、斷層泥與斷層兩側破裂岩石的可能組合。

(2) 含水層分層原則

水文地質分層的層次劃分必須從區域性的尺度來考量，亦即各層應有相當的厚度，若細分太多層次，在觀測及管理上亦不可行。故在分層時需掌握區域性主要岩性的分層結構，而將次要的細節捨棄，並

考慮區域性地下水觀測與管理的便利性，將系統做合適之切割和劃分，以釐定出水文地質架構。本計畫之分層原則概括如下：

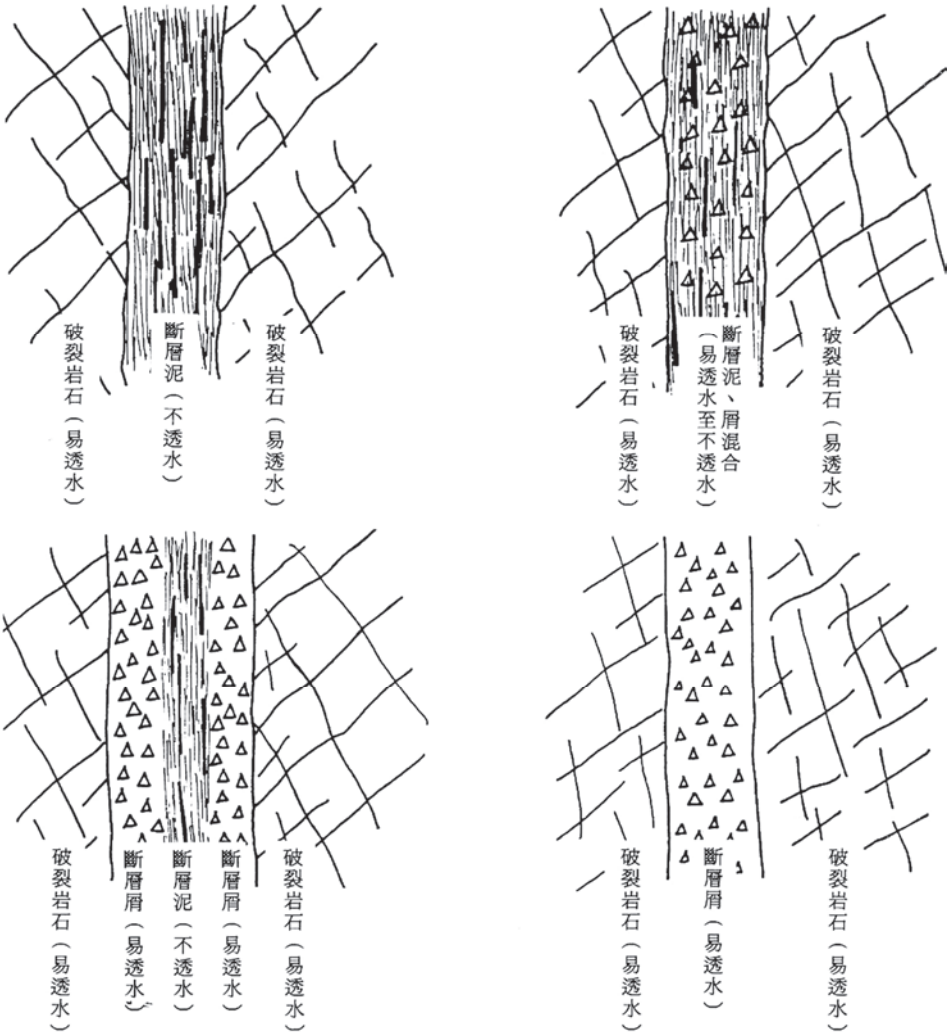
a. 利用厚層並延長較佳的岩層(如大理岩、片岩等)作為分層的依據。

b. 互相連通且滲透性相近的含水層(aquifer)可視為同一層。

c. 薄層或延展不佳的層次則略去不計，經此簡化後，再繪製地層斷面，以顯示地下水層的分層概況。

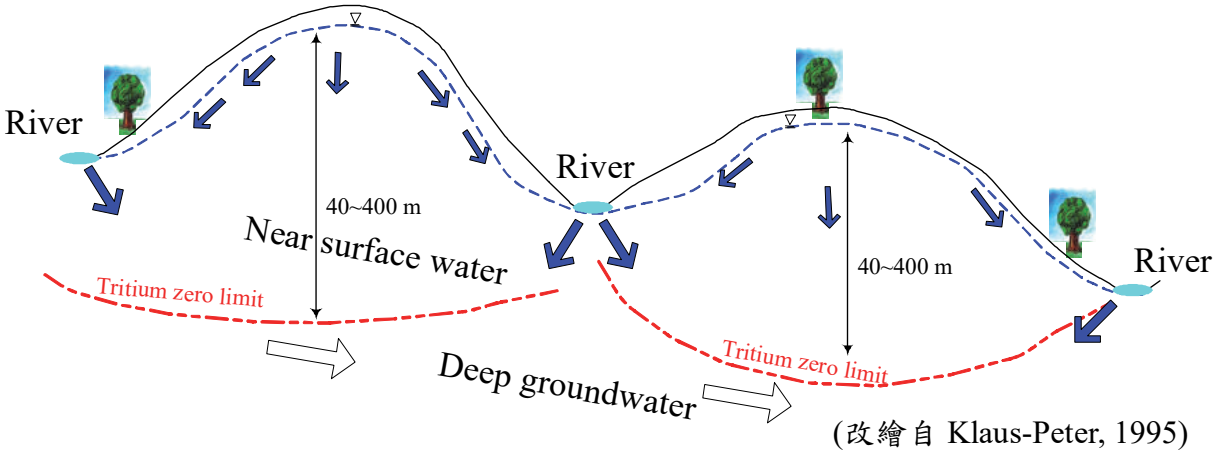
d. 地質構造常因岩層受到大地應力擠壓造成斷層破碎帶，而成為較佳之儲水層或剪裂泥阻水層，應獨立視為接近垂直的高角度分層。

e. 參考前人以同位素進行區域性地下水的研究(Klaus-Peter, 1995)，其結果指出山岳地區的淺層地下水多分布於地表下40-100公尺內(圖 4.1-3)，深層地下水多分布於地表下 100-500 公尺內，超過地表下500公尺的深層地下水多為原生地下水(connate water)，即在岩層形成過程中就存於地層中的水。其結果亦指出地表降雨所入滲的地下水補注範圍約 85%於淺層地下水中循環，而另15%於深層地下水中循環。



（摘自洪如江，1991）

圖 4.1-2 斷層帶之可能型態示意圖



(改繪自 Klaus-Peter, 1995)

圖 4.1-3 淺層非侷限含水層與深層侷限含水層分布示意圖

2.三維水文地質模式建立

本計畫隧道的鄰近區域三維水文地質模式係採用 GMS (Groundwater Modeling System)地下水分析軟體來建立，建立步驟如圖 4.1-4 所示。地下水流動分析則採用內建的 MODFLOW 模式進行地下水控制方程式求解分析。模式的建立與修正驗證過程可參考圖 4.1-5，其重點程序概述包括：

(1) 研究範圍劃定

研究區範圍的劃定係參考隧道沿線鄰近區域的水文地質狀況，包括地表水系、地層及地質構造分布等，並結合地表數值高程資料(5m×5m DEM)，將隧道沿線劃分出適當的子集水區作為分析範圍，以進一步引入地形及水系等邊界條件。建構研究區域的代表性水文地質概念模型時，儘量引入自然邊界，如山脊稜線、河川等邊界條件，再透過含水層的分層、分區，劃定適當之研究範圍邊界及給定合理之邊界條件。

(2) 邊界條件設定

水文地質概念模型內地下水之穩態流場主要由邊界條件所控制，而地下水的暫態流場則受概念模型初始條件的影響較大，若某時段內水文荷載(例如隧道長期湧水)效應延伸廣達邊界時，邊界條件亦會開始影響此暫態流場。邊界條件與初始條件的設定相當重要，若設定不當則將獲得錯誤之預測結果。

水文地質邊界可分為自然邊界與水力邊界兩大類：自然邊界常見的有不透水岩盤、河流、斷層等；水力邊界則如地下水分水嶺、流線邊界、或是人工排水設施等，須特別留意的是，水力邊界係屬暫時現象，若水文地質條件改變時，則水力邊界的位置可能隨之改變或消失。

水文地質邊界可由下列三種數學條件予以描述：(a)特定水頭邊界(又稱 Dirichlet boundary)，其水頭為已知定值，代表一源源不絕的水流

供應端，例如常年水位穩定的河流、平均海水位等；(b)特定流量邊界(又稱 Neumann boundary)，其垂直邊界方向的通量(flux)為已知定值，不考慮地層異質性或構造時的山脊稜線即可視為無側向流量邊界，為此種邊界條件的特例；(c)水頭-流量相依邊界(又稱 Cauchy or mixed boundary)，其邊界流量隨邊界水頭變化而異。本計畫即依上述原則訂定各隧道的水文地質邊界。

計畫區域內 5 座長隧道所採用的水文地質邊界條件，計有零流量邊界(no-flow boundary)、定水頭邊界(constant-head boundary)、溪流邊界(stream boundary)及地表水補注邊界(surface recharge boundary)等。本計畫的邊界條件設定情形概述如下：。

a. 定水頭邊界：東澳隧道研究區的溪流河口水位高程，係視為地下水數值模擬的特定水頭邊界條件，其定水頭值設定乃依據溪流水位高程。另中仁、仁水、觀音及谷風隧道之研究區東側均與海水為鄰，海岸線為地下水數值模擬典型的定水頭邊界條件，其定水頭值可設定為平均海水面高程，簡化給定為地下水水頭 h=0 m 之條件。

b. 零流量邊界：在僅考量重力作用影響情形時，則集水區山脊稜線為區隔兩個地下水系統處，因此在稜線上假定為無側向地下水流通。本計畫東澳隧道的北、西與東側山脊稜線、觀音及谷風隧道之西側及南側山脊稜線、中仁及仁水隧道的西側山脊稜線乃設為側向零流量邊界(horizontal no-flow boundary)。

c. 溪流邊界：溪流邊界條件為水頭-流量相依邊界，是允許雙向水流動之邊界條件，若河水位高於地下水位，則由河流入滲至地下含水層；若地下水位高於河水位，則由地下含水層補注流入河道。本計畫東澳隧道北側之蘇澳溪與南側的東澳北溪、觀音隧道北側的南澳南溪、谷風隧道南側的和平溪、中仁隧道南側的良里溪、仁水隧道北側的良里溪及南側的清水溪乃設定為研究範圍的溪流邊界。溪流邊界條

件在水文地質及地下水流場所扮演的角色，為地表水與地下水兩者之間互動的水體，可進行後續河水與地下水互動行為評估。溪流河床之高程則參考5m×5m精度DEM資料及現地水文調查資料決定。

d. 地表水補注邊界：地表水補注邊界條件為特定流量邊界，數值模型用來反應降雨扣除地表逕流後，入滲至地下含水層之補注邊界機制。根據計畫所蒐集的水文資料及基流分析成果，可將地下水有效補注量透過地表水補注邊界予以輸入模型內。本計畫的地下水補注量推估乃根據河川基流分析成果並考慮水文年乾季、雨季循環，獲得較具代表性的補注量。

(3) 數值模型建置

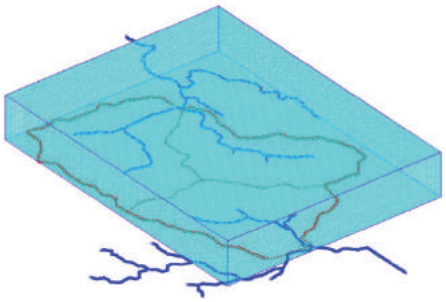
數值模型網格為水文地質概念模型數值化的產物。模型網格的建置以能精確且有效的代表研究範圍及鄰近地區的水文地質與地下水水文狀況為主要考量，同時儘可能兼顧網格數量以縮短運算時間。依此原則，本計畫建立的三維數值模型網格大小之取決常受制於地下水流速、含水層透水性、計畫目標精度及分析運算時間等因素，不宜過小或過大，否則易造成數值運算發散或產生過大的誤差。因此，經綜合考慮後，網格採等間距佈置，隧道周圍網格則依隧道寬度加密設置，至於網格厚度則視各水文地質單元的三維空間分布而略有不同。

(4) 水文地質單元參數設定

三維水文地質模式所需的相關分析參數包含滲透係數或水力傳導係數(Hydraulic conductivity, K)、貯水係數(Storage coefficient, S)、流通係數(Transmissivity, T)及孔隙率(Porosity)等。模式分析係假設裂隙岩體的代表性體積REV存在的條件下，採用等效孔隙介質模式建立概念模型，並將前述地下水流動與貯水特性一併納入考量。整合模式建置的初始各階段之相關調查、試驗、監測資料及環評階段的部分參數作為輔助，並透過各水文地質單元的滲透性在空間分布的變異予以考量，

初步獲得本計畫區域完整的水文地質模型所需的參數。

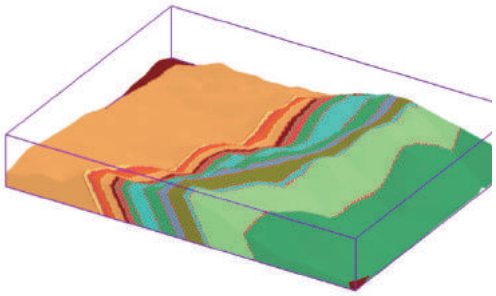
惟本計畫區地質複雜，地層破碎程度不一，變質岩常具明顯異向性，其均質性亦偏低，故水文地質參數離散性較高。因此後續計畫執行過程須持續透過施工期間的隧道出水量觀測、地下水位井水位變化、降雨量及河川流量監測等地下與地表水文地質長期觀測資料，進行參數的率定，以獲得能符合現地實際狀況的代表性參數。



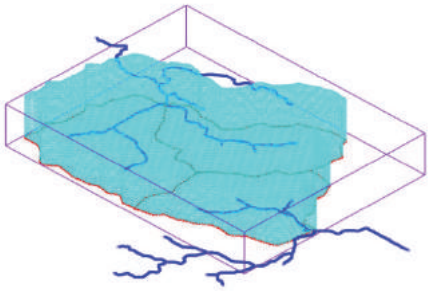
(a) 初始三維數值分析網格

(b) 數值地形資料

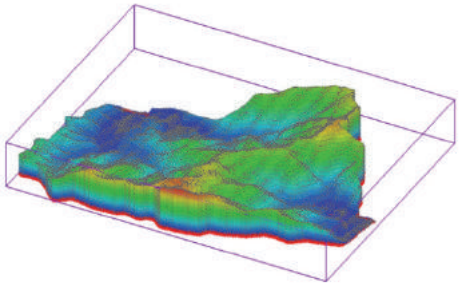
(c) 研究範圍劃分



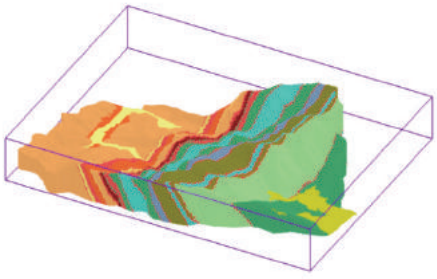
(d) 水文地質單元分佈



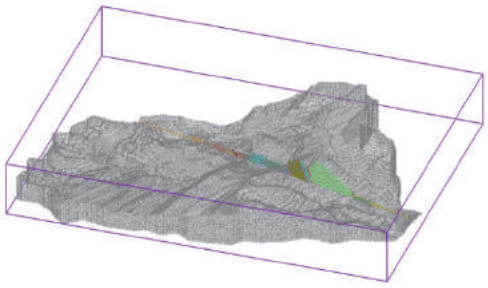
(e) 三維數值網格邊界裁修



(f) 三維數值網格高程裁修



(g) 三維水文地質概念模型



(h) 隧道軸線位置之縱剖面

圖 4.1-4 山岳隧道水文地質概念模型之建立流程

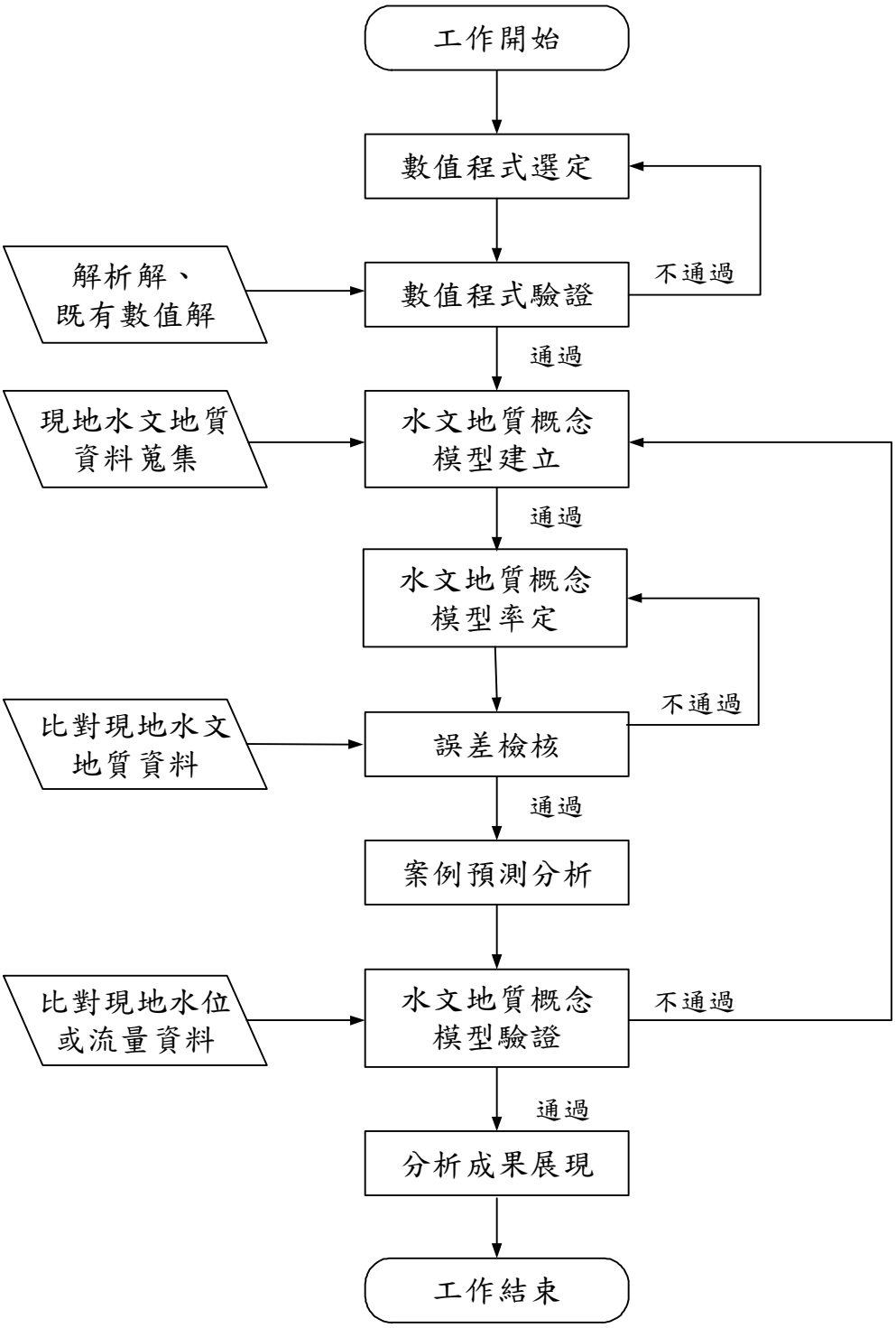


圖 4.1-5 隧道水文地質概念模式分析流程圖

4.1.3 水文地質模式分析原則

1. 分析模式

依據美國國家研究委員會(National Research Council, NRC)指出，山岳地區裂隙岩體水文地質概念模型的建構，需考慮以下三種因素分別為：(1)裂隙岩體地質情形、(2)問題尺度、與(3)數學模式。

圖 4.1-6 顯示裂隙岩體水文地質概念模式，由圖中可知模擬裂隙岩體的水文地質模式大致可概分為：等效孔隙介質模式(equivalent porous media model)、雙孔隙介質模式(double porosity model)及分離裂隙模式(discrete fracture model)等三種主要類型。各模式之適用情形係依據其裂隙岩體地質情形與問題尺度的不同而適用之。一般而言，等效孔隙介質模式假設裂隙岩體為一等效孔隙介質，不考慮單一裂隙之地下水流而僅考量裂隙岩體的整體流動現象，故適用於大尺度(廣域)模式分析。而分離裂隙模式根據岩體破裂面的位置、角度、長度、寬度，以及裂隙的傳導特性，直接模擬裂隙的地下水流，需配合詳細的現場裂隙調查及試驗才能得到較可靠的分析成果，因此適用於小尺度(近域)模式分析。根據上述特性並考量本計畫目的，計畫主要採用等效孔隙介質模式進行廣域分析，以評估區域之地下水變動趨勢。

2. 數值分析工具

依據廣域水文地質概念模式，透過三維數值程式計算本計畫區域之地下水流場與鄰近地區地下水水位洩降影響，分析所使用之數值分析工具為 EMS-I 公司所發行的三維有限差分地下水分析程式 GMS (Groundwater Modeling System)軟體，進行穩態及暫態的地下水流動分析，結合數值地形模型(DTM)可進行三維水文地質分析工作。

GMS 軟體係根據美國地質調查所(USGS)所發展之 MODFLOW 2000 模組及相關組件研發而成，歷經多國產官學界近 20 年的改良與驗證，已驗證其適用性與正確性無虞。以 MODFLOW 模組進行三維地下

水流動模擬時所選用的有限差分數值計算方法有 LPF、BCF、HUF 等形式，該類法可直接模擬各水文地質單元，且可獨立計算各內部網格間之流量，不受水文地層單元尺寸的限制。至於數值求解方式則採預置共軛梯度法(PCG2)及分層逐次超鬆弛法(SOR1)等方法，該類方法具有穩定性較佳且收斂速度較快的優點。

3. 計畫區域地下水補注量推估

水文地質模式分析基於水平衡原理，即水文地質模型內流入之水量需與流出之水量達到穩定平衡之狀態。本計畫採用穩態基流分析結果推估地下水的補注量，詳前述第二章(2.2 節及 2.3 節)。

分析結果顯示南澳溪及和平溪流域之地下水補注主要集中於每年之 6 月至 11 月及 7 月至 11 月間，其中又以 10 月為地下水補注之最高峰。並由集水面積與穩定基流量年均深度相乘，可推估出南澳溪集水區地下水總補注量為 5.56e7~1.99e8 立方公尺，和平溪集水區地下水總補注量為 4.68e8 立方公尺。

4. 計畫區域地下水水位分布

由於地下水流場之分佈與地形及地質構造相關，而匯集雨水的水系型態則與流域面積有關，因此導致流域內之河谷、沖積扇等不同地形，具有不同的地下水蘊藏特徵。

本計畫之初始地下水位分布主要係參考規劃設計階段或鄰近區域以往工程(如東部鐵路改善計畫、國道東部高速公路、蘇花改可行性研究及蘇花改細設等)所辦理之地下水位觀測井資料，共計 302 孔地下水位資料。圖 4.1-7 為所蒐集的鑽孔孔位高程與地下水位高程關係圖，結果顯示本研究區域的地下水位與地形高程有相當高的關聯性，回歸結果如下式，顯示地下水深分布於地表下 14.1 至 125.6 公尺之間。

$$GW = 0.8513 \times E - 6.6074 \quad (4.1)$$

式中的 GW 為地下水位高程；E 為地表高程。

5. 水文地質模式分析

為瞭解隧道施工對區域地下水資源的影響程度，有必要先針對區域地下水流動進行研究，以進一步掌握區域地下水流場變化。關於區域地下水流動研究，依分析目的不同，又可區分為流場與時間無關之穩態分析及流場與時間相依之暫態分析兩類。

穩態分析主要關心區域地下水資源分布、地下水主要流動趨勢、自然邊界長期補注量推估等議題；而暫態分析則主要針對外在水文荷載衝擊條件下地下水系統之短期反應評估，例如隧道開挖出水量評估、降雨入滲對坡面穩定性影響、大規模抽取地下水對地表沉陷及鄰近水資源影響等議題。

(1)暫態分析

由三維地下水流動控制方程式可知，地下水水頭在空間及時間上之分布關係與岩層的水文地質參數（例如滲透係數、比貯水率、孔隙率等）、地下水淨補注量及邊界條件與初始條件有著密切關係，即：

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}\right)+I=S_s\frac{\partial h}{\partial t} \quad \text{.....(4.2)}$$

式中，K_{xx}、K_{yy}、K_{zz} 分別為多孔介質體於 x、y、z 方向之滲透係數；S_s 為貯水率；h 為水頭；I 為淨補注量；t 為時間。待輸入地下水系統之水文地質參數、邊界條件及初始條件後，即可解得地下水水頭分布隨時間之變化關係。

進行地下水暫態分析時，若水文荷載衝擊範圍不及邊界時，則邊界條件之影響不大，分析結果主要由初始條件所控制。暫態分析所使用之初始條件有兩類：一為穩態地下水水頭分布 $h(x,y,z)$，即前述穩態分析成果；另一則為暫態水頭分布 $h(x,y,z,t)$，即前一次水文荷載衝擊之暫態分析成果。惟採用暫態水頭作為初始條件時，須待前一次事件的影響充分反應後，方得以反應完成時的水頭分布關係作為本次事件的

初始條件，以釐清本次事件對地下水系統所造成的衝擊程度。

(2)穩態分析

分析係假設地下水流動最終趨於穩定狀態，此時水頭的空間分布已不再隨時間變化(即水頭分布與時間無關)，此時地下水流動控制方程式之等號右側項$\partial h/\partial t$可視為零，即：

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}\right)+I=0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.3)$$

式(4.3)即為地下水穩態控制方程式(俗稱 Laplace 方程式)，於輸入不同邊界條件及淨補注量後，即可求得地下水系統之水頭空間分布。若再進一步根據達西定律則可推得地下水流速大小，即：

$$v=K\cdot\frac{\Delta h}{\Delta L} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.4)$$

式中，$\Delta h/\Delta L$ 為單位距離之水頭梯度。

若再進一步考量出水量，可求得時間 t 內通過特定斷面 A 之出水量 Q 可表示為：

$$Q=v\cdot A\cdot t \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.5)$$

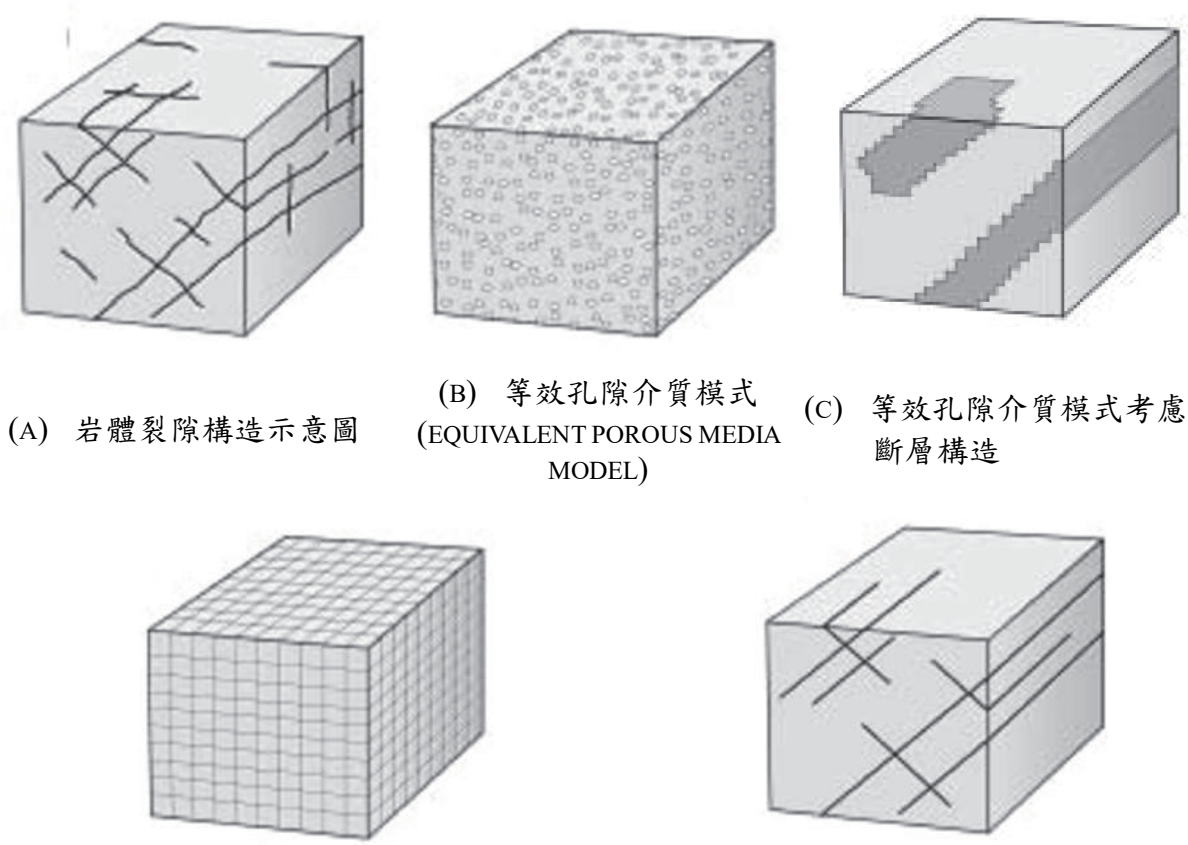
穩態分析結果可研判區域地下水之流向與流速，並瞭解地下水於岩層與地質構造內的主要流動路徑，所解得之地下水水頭分布亦可進一步作為暫態分析所需輸入的初始條件，以評估各項地下水文荷載對地下水系統的衝擊程度及其隨時間的變化關係。

穩態分析流程與前述暫態分析類似，二者均以水文地質模式分析為基礎，惟穩態分析係透過數值演算法直接求解 Laplace 方程式以獲得水頭的常期穩態分布；而暫態分析係藉由 t_0 時間的初始水頭分布 h_0 扣除Δt 時間後的變化量Δh，進而求得 t_1 時間的暫態水頭分布 h_1，即：

$$h_1(x,y,z,t_1)=h_0(x,y,z,t_0)-\Delta h \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4.6)$$

式中，Δh 可由式(4.5)經數值運算後求得。

由上式可知初始水頭分布的正確性對暫態分析結果影響甚大，須謹慎評估。



(A) 岩體裂隙構造示意圖

(B) 等效孔隙介質模式 (EQUIVALENT POROUS MEDIA MODEL)

(C) 等效孔隙介質模式考慮斷層構造

(D) 雙孔隙介質模式 (DOUBLE POROSITY MODEL)

(E) 分離裂隙模式 (DISCRETE FRACTURE MODEL)

(引用隧道湧水及對鄰近環境水文地質影響之研究，2007)

圖 4.1-6 裂隙岩體水文地質分析模式類型示意圖

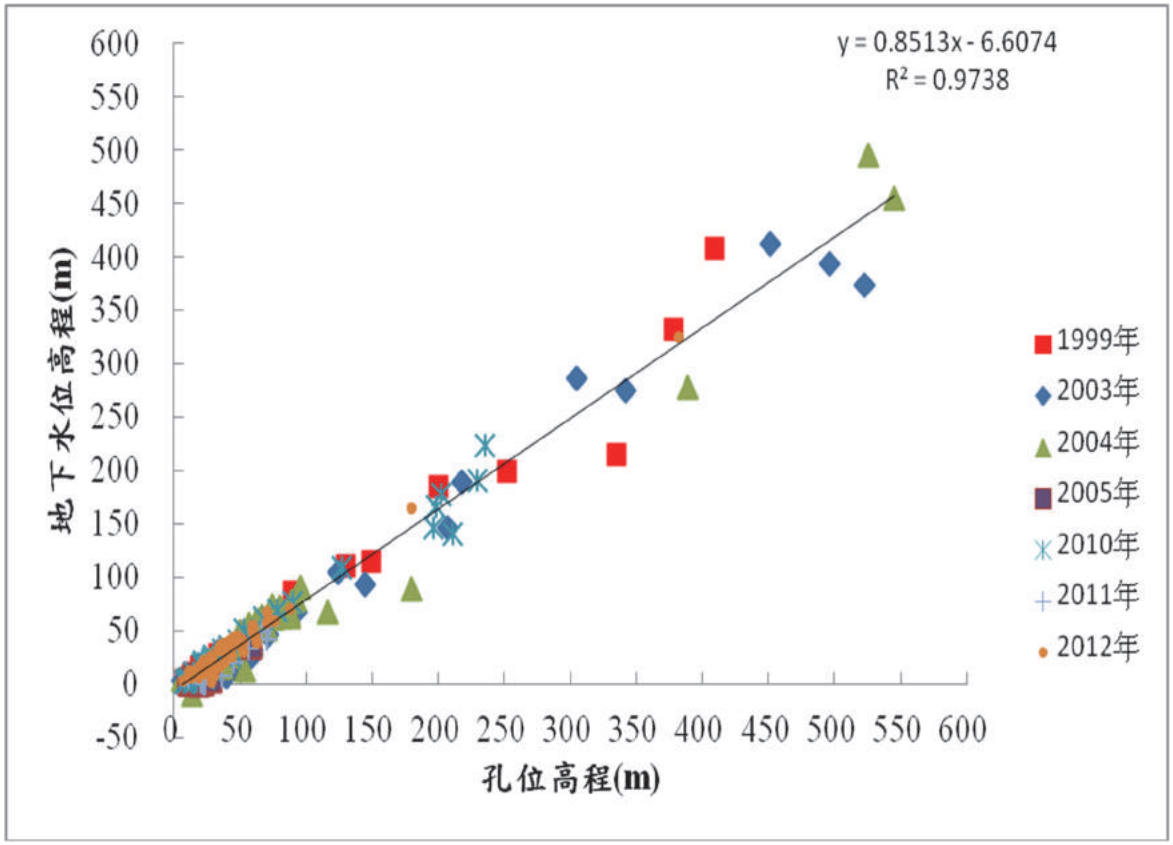


圖 4.1-7 既有鑽孔之地形高程與山區地下水位關係圖

4.2 東澳隧道三維水文地質模式檢討修正與分析評估

東澳隧道於 102 年 8 月開挖進洞，於 105 年 7 月全線開挖貫通，並於 107 年 2 月 5 日通車營運,另根據計畫第五次契約變更展延期程，本隧道出水量、水位井水位及自記式雨量站量測工作執行至 107 年 10 月止。本階段乃利用上述所揭露資料進行東澳隧道鄰近區域三維水文地質模式的率定與檢討修正，建立符合現地狀況的三維水文地質概念模式。本(107)年度東澳隧道鄰近區域三維水文地質模式的檢討修正結果分述如下：

4.2.1 東澳隧道水文地質概念模型檢討修正

東澳隧道三維水文地質模式由計畫開始執行(101 年 9 月)至今已辦理數次的重要修正，摘錄說明如下：

1. 102 上半年度依據：(1)鄰近新永春鐵路隧道施工通過小帽山斷層及猴猄山斷層時，隧道出現大變形，但無明顯出水現象，重新調降率定上述地質構造之透水性質；(2)鄰近新、舊永春鐵路隧道施工顯示，本區各大理岩層的透水性質並不完全相同，部分大理岩層施工出現巨量湧水，而部分則僅有少量出水，因此將本區大理岩區分為低、中、高等不同透水特性單元；(3)參考中興公司 2011 年所提出的本計畫地質鑽探報告資料，在模型中新增許多剪裂帶及破碎帶；(4)參考世曦公司在 2010 年所提出的本計畫大地工程綜合評估報告資料,在新、舊永春隧道間存在位態為南北向/85°E的東猴猄山斷層，將東澳山區分隔成東、西兩側不同地下水系統，故在模式中新增此南北向的斷層構造，修正後之三維水文地質模型如圖 4.2-1 所示。
2. 102 年下半年度依據：(1)羅偉及王泰典等(2010)所繪製的新永春隧道鄰近區域地質構造圖，調整模型水文地質單元分布，並區分東

猴猄山斷層東、西兩側水文地質單元不同特性；(2)參考潘國樑教授利用東澳地區衛星影像資料所判釋之東澳嶺地區地質構造及蘇花改東澳隧道新建工程細部設計圖，於模型中增加並大幅修改剪裂帶及破碎帶位置；(3)參考國道東部公路大地工程調查紀實報告(2003)及國道東部公路大地工程調查綜合評估報告(2004)所辦理之地電阻測線資料，推估猴猄山斷層位置、東澳嶺密集破碎帶可能範圍，及東猴猄山斷層位置及寬度，另亦參考 102 年東澳隧道施工所揭露的水文地質資料，進行模式檢討修正，修正後的三維水文地質模型如圖 4.2-2 所示。

3. 103 年上半年度依據隧道開挖所揭露的水文地質資料進行檢討修正。主要修正為南口南下線開挖於里程 6K+691~6K+636 區段遭遇寬約 20 至 30 公分的小型剪裂帶，此剪裂帶的位態與隧道前進方向呈小角度斜交，至於北上線在此區段則未遭遇剪裂帶，故研判此小型剪裂帶並非東澳嶺破碎密集帶的延伸。前期模型推測此區段因鄰近東澳嶺破碎密集帶，破碎密集帶可能延伸經過隧道，因此在此區段設置約 1.2~1.5 公尺寬之破碎延伸帶，乃將此破碎延伸帶位置修正為未達隧道沿線，修正後的三維水文地質模型示意如圖 4.2-3 所示。

4. 103 年下半年度依據隧道開挖所揭露的水文地質資料進行檢討修正，修正後之三維水文地質模型如圖 4.2-4 所示。主要修正為北口北上線於里程 4K+232~4K+282 遭遇變質砂岩，而里程 4K+282~4K+333 間則主要為板岩，原模型係假設變質砂岩範圍至里程 4K+330 處，因此微調此區域之水文地質單元分布；另開挖顯示隧道北口南下線里程 4K+243~4K+427 為變質砂岩夾板岩或夾千枚板岩，而北口北上線里程 4K+390~4K+416 間主要為變質砂岩夾板岩，里程 4K+416~4K+446 間則以板岩居多，原模型係假定此

區段皆為變質輝綠岩單元，因此修改此區域之水文地質單元，將北上線左側改為變質砂岩夾板岩單元，而右側則改為板岩單元。依據開挖地質紀錄顯示，南口北上線於里程 6K+235~6K+248 區段及南下線於里程 6K+245~6K+259 區段遭遇薄層大理岩(寬約 15m)，而後進入綠色片岩區段，因此調整現階段模型之大理岩及綠色片岩水文地質單元分布。

5. 104 年上半年度依據隧道開挖所揭露的水文地質資料進行檢討修正，修正後的三維水文地質模型如圖 4.2-5 所示。主要修正為開挖顯示北口北上線於里程 4K+614~4K+754 遭遇變質砂岩夾板岩，而里程 4K+754~4K+792 間則主要為黑色片岩，原模型係假設里程 4K+754 處開始為大理岩，因此微調此區域之水文地質單元分布，另北口南下線里程 4K+528~4K+606 為變質砂岩夾板岩或夾千枚板岩，此維持原模式設定的地質單元。此外北口北上線里程 4K+702~4K+745 區段開挖遭遇剪裂破碎帶，與模型所設置之層間剪裂帶單元位置相近，乃將此單元微調延伸其位置；南口北上線於里程 6K+140~5K+846 主要遭遇綠色片岩，而於里程 6K+041~6K+009 及里程 5K+987~5K+943 間有薄層矽質片岩分布，與原模式為綠色片岩並有一斷層破裂帶通過之設定不同，故將模型南口北上線水文地質單元進行修改；開挖顯示南口南下線於里程 5K+989~5K+945 為矽質片岩，而里程 5K+945~5K+482 則主要遭遇綠色片岩，並於里程 5K+750~5K+718 及里程 5K+680~5K+652 區段有薄層矽質片岩分布，與原模式為綠色片岩並有兩斷層破裂帶通過之設定不同，故將模型南口南下線段亦進行修改；另南口南下線於里程 5K+789~5K+750 及里程 5K+524~5K+508 區段遭遇斷層擾動帶，與原模型所設置的剪裂帶單元位置不同，故將此處單元位置進行調整。

6. 104 年下半年度依據隧道開挖所揭露的水文地質資料進行檢討修正，修正後的三維水文地質模型如圖 4.2-6 所示。依據隧道地質開挖資料，主要修正部分為北口北上線於里程 4K+792~5K+019 遭遇岩性修正為黑色片岩段，原模型係假設里程 4K+792 處開始為大理岩，因此微調此區域的水文地質單元分布。另南口南下線岩性，里程 5K+482~5K+179 遭遇岩性修改為綠色片岩段，並於里程 5K+372~5K+281 區段有一大理岩層段分布，與原模式為黑色片岩之設定不同，因此修正此區域之水文地質單元分布。隧道開挖施工期間所遭遇各個小型破碎帶及剪裂帶，推估為東澳嶺破碎帶之延伸段，對此狀況可視為區段具有不同破碎程度與水力特性，故採用率定方式修正其透水性質，並微調其位置與厚度。

7. 105 年上半年度依據隧道開挖所揭露的水文地質資料進行檢討修正，修正後的三維水文地質模型如圖 4.2-7 所示。北口北上線於里程 5K+084~5K+262 主要遭遇黑色片岩，里程 5K+262 至貫通里程間主要遭遇綠色片岩，里程 5K+162~5K+177、5K+223~5K+240、5K+288~5K+306、5K+329~5K+351 有厚度不等的大理岩分布，原模型係假設里程 5K+084 處開始為大理岩，因此調整此區域之水文地質單元分布。另北口南下線里程 4K+755~4K+849 遭遇變質砂岩、板岩、矽質片岩、石英雲母岩等互層段，里程 4K+849 至貫通里程主要遭遇黑色片岩，此維持原模式設定的地質單元。南口北上線於里程 5K+479 至貫通里程主要遭遇綠色片岩，與原模式為綠色片岩之設定相同，此維持原模式設定的地質單元。而南口南下線里程 5K+143~4K+939 主要遭遇綠色片岩，並於里程 5K+124~5K+116、4K+939~4K933 有厚度不等大理岩層段分布，另於里程 4K+933 至貫通里程主要遭遇黑色片岩，原模式係假設里程 5K+143 開始為黑色片岩，故將模型南口南下線水文地質單元進行修改。

本期(107年)所辦理的東澳隧道鄰近區域三維水文地質模式檢討修正工作，由於隧道北上線及南下線已於105年4月及7月開挖貫通，並於107年2月5日通車，隧道開挖所揭露水文地質資料均已納入模式檢討修正，目前模式已大致掌握隧道沿線的岩性分布與水文地質特性，本年度並未對模式進行調整修正，主要依據隧道近期出水量、鄰近鐵路隧道洞口排水量、地下水位變化及計畫區降雨量等資料進行模式分析評估，探討隧道鄰近區域地下水資源變化情形。

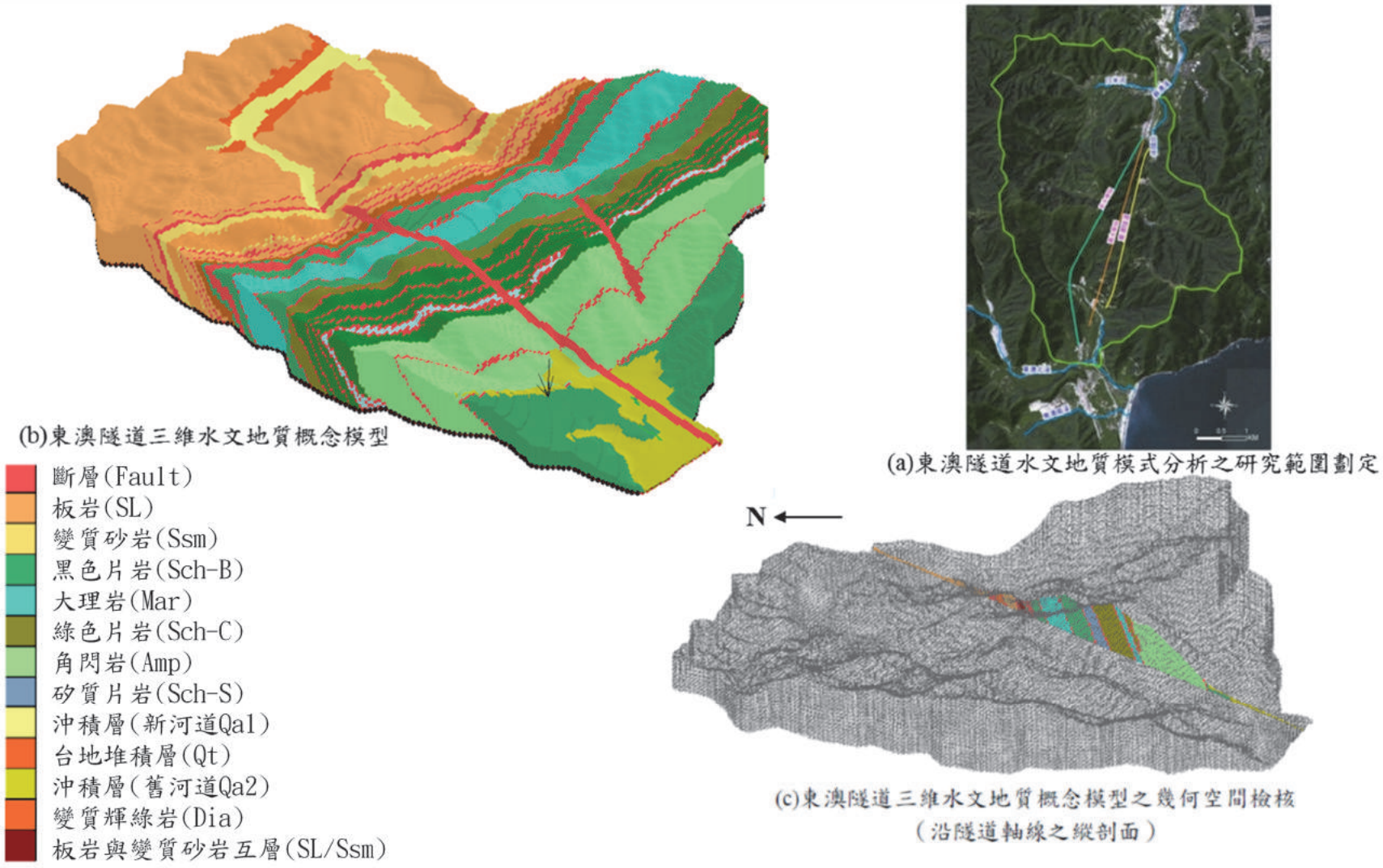


圖 4.2-1 102 年上半年度之東澳隧道三維水文地質模型

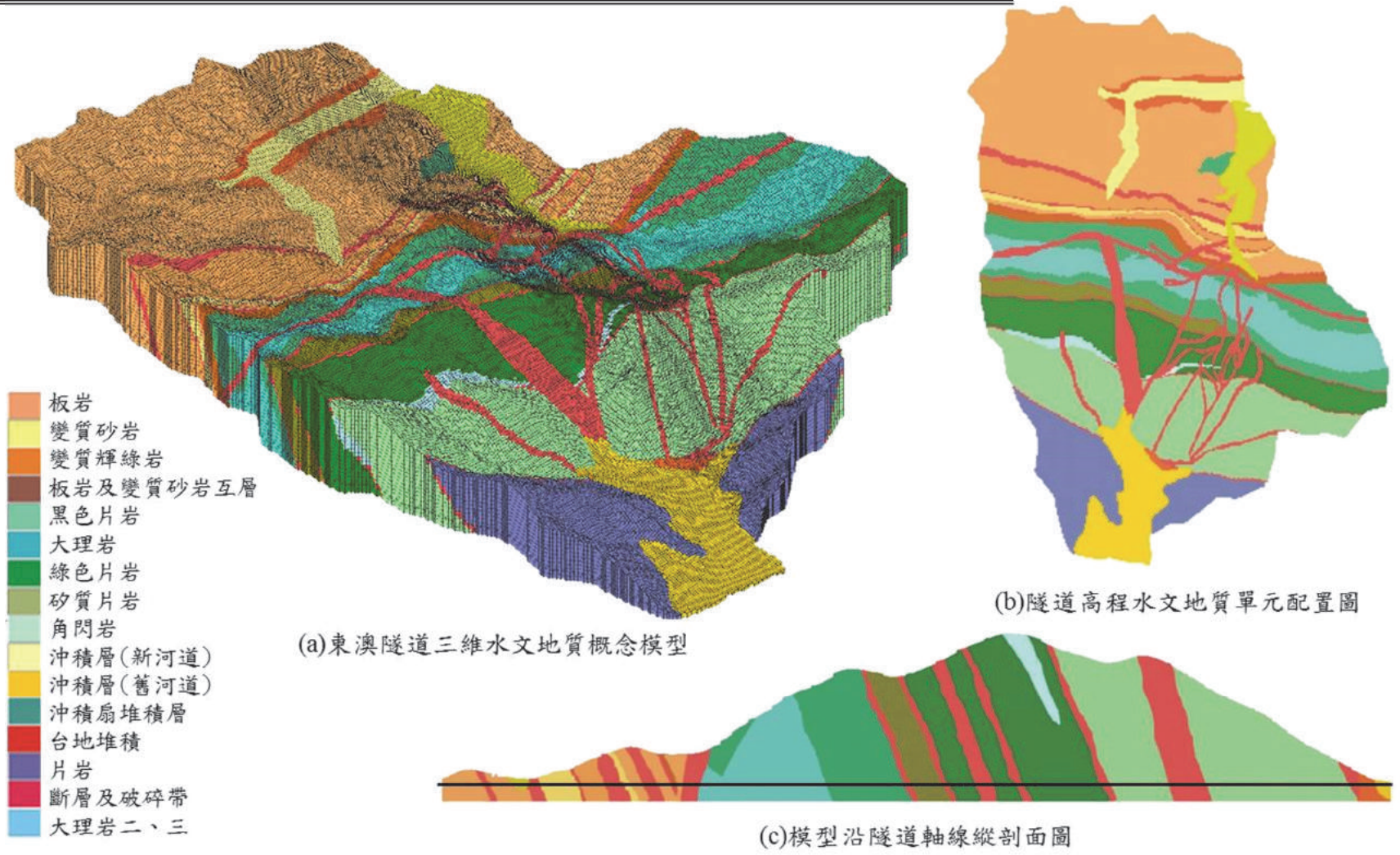


圖 4.2-2 102 年下半年度之東澳隧道三維水文地質模型

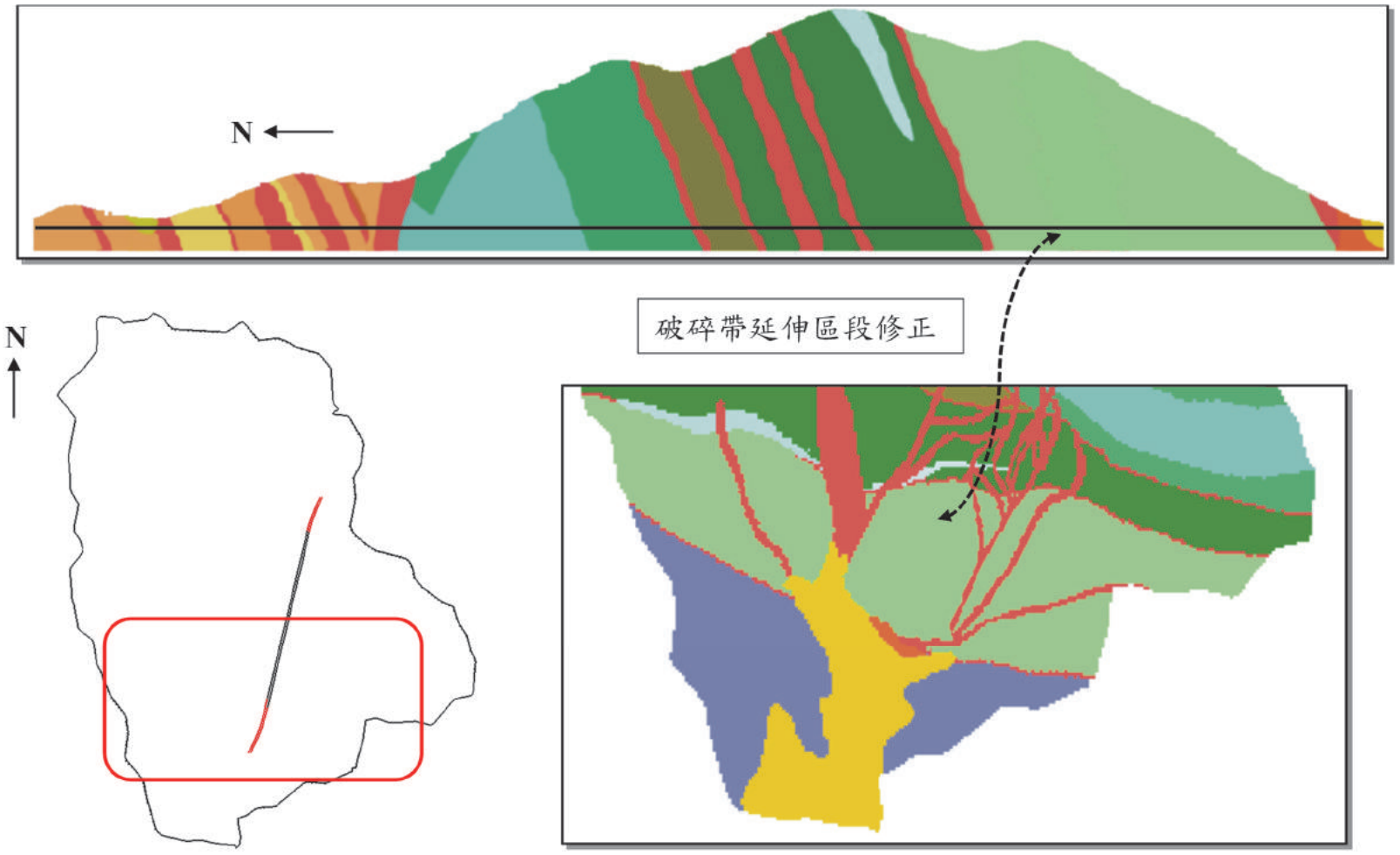


圖 4.2-3 103 年上半年度之東澳隧道三維水文地質模型

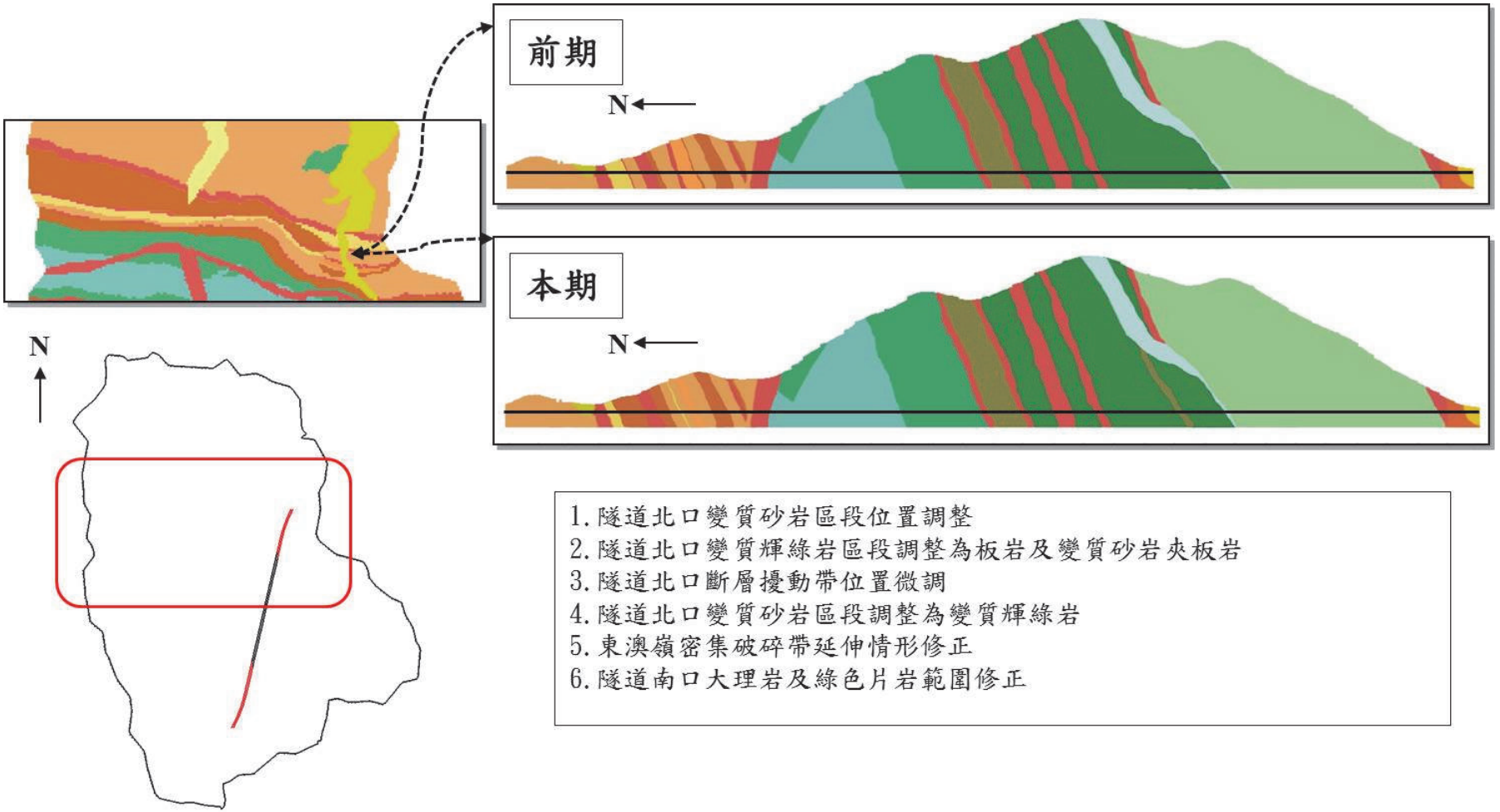


圖 4.2-4 103 年下半年之東澳隧道三維水文地質模型

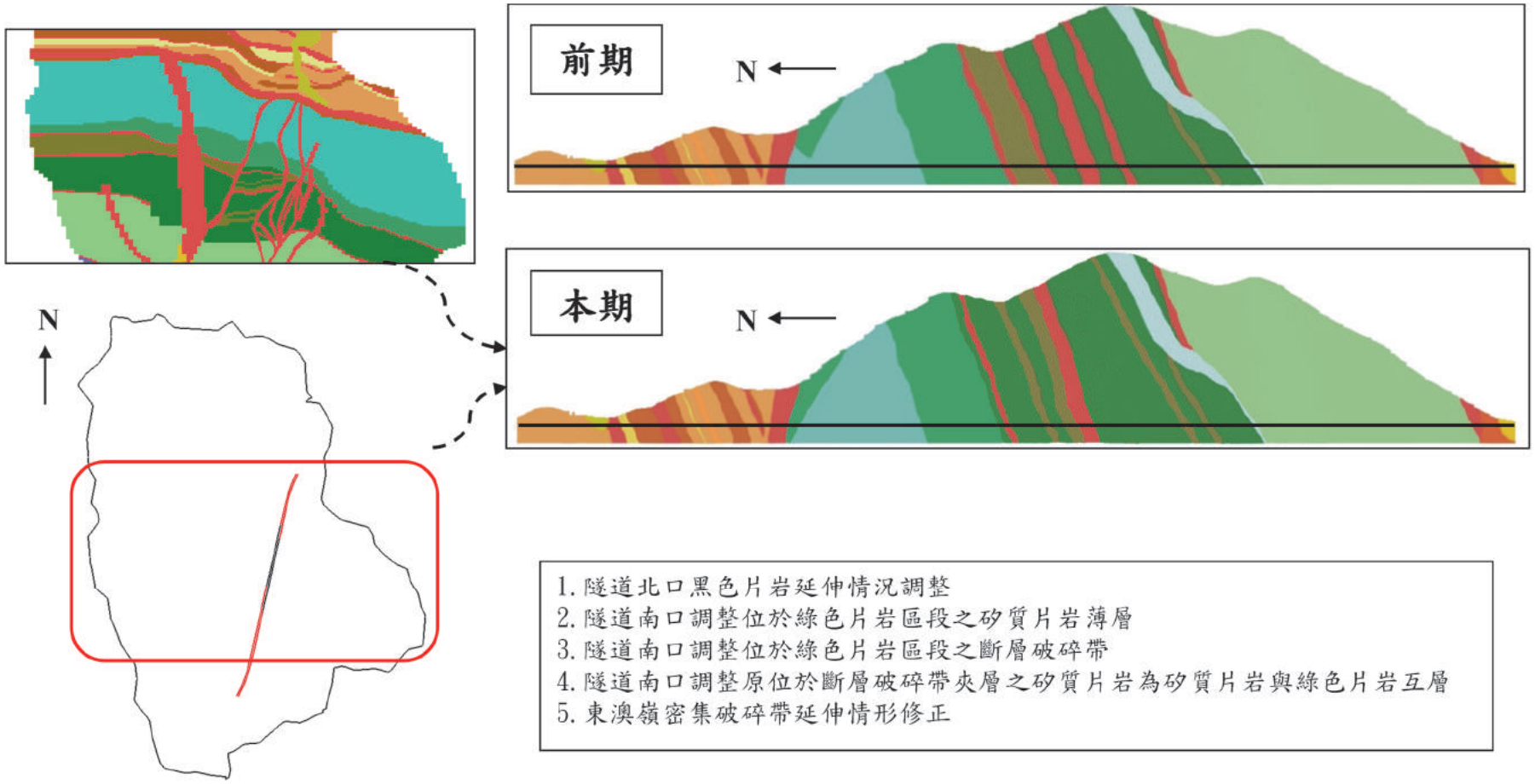


圖 4.2-5 104 年上半年之東澳隧道三維水文地質模型

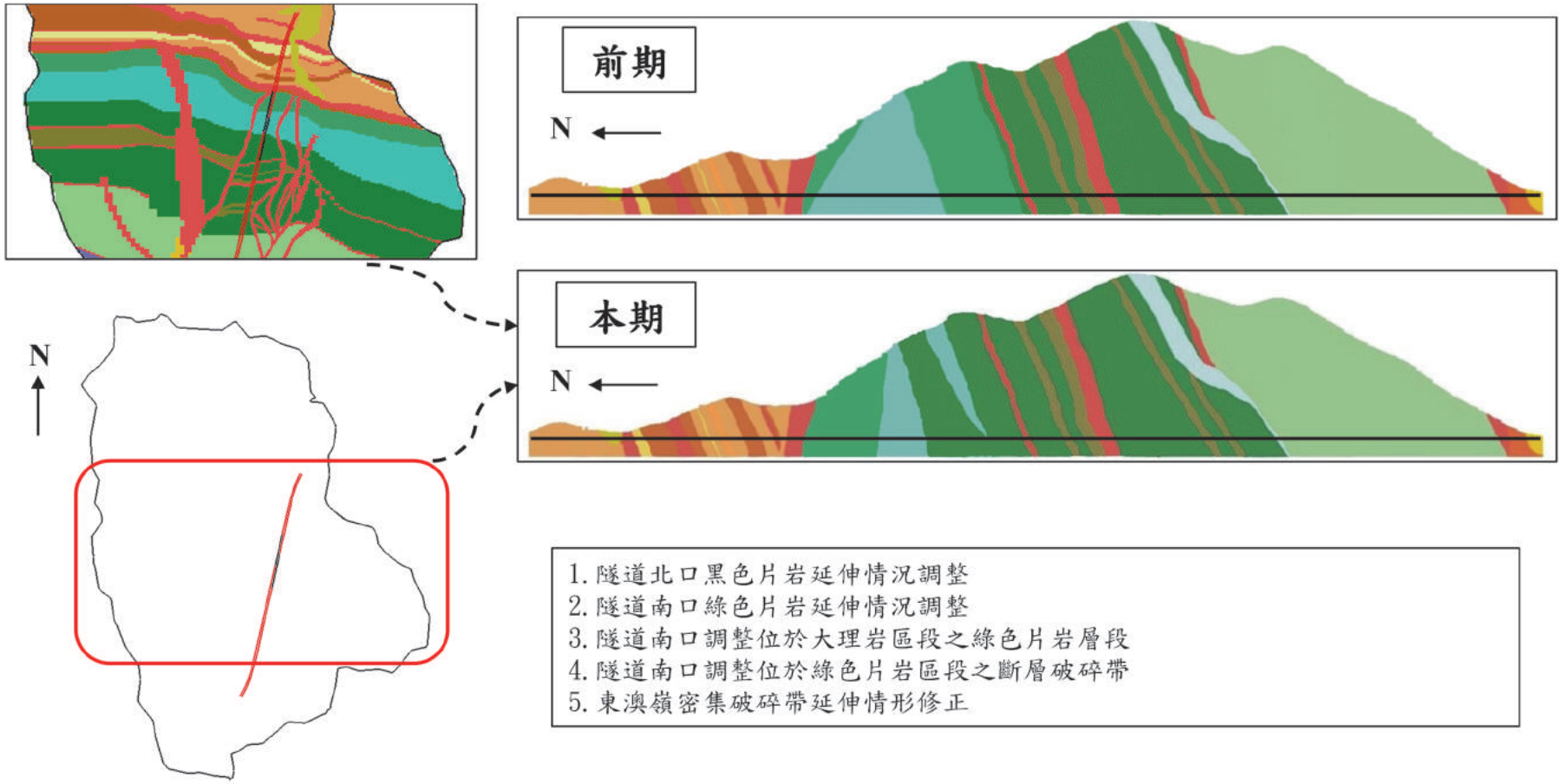
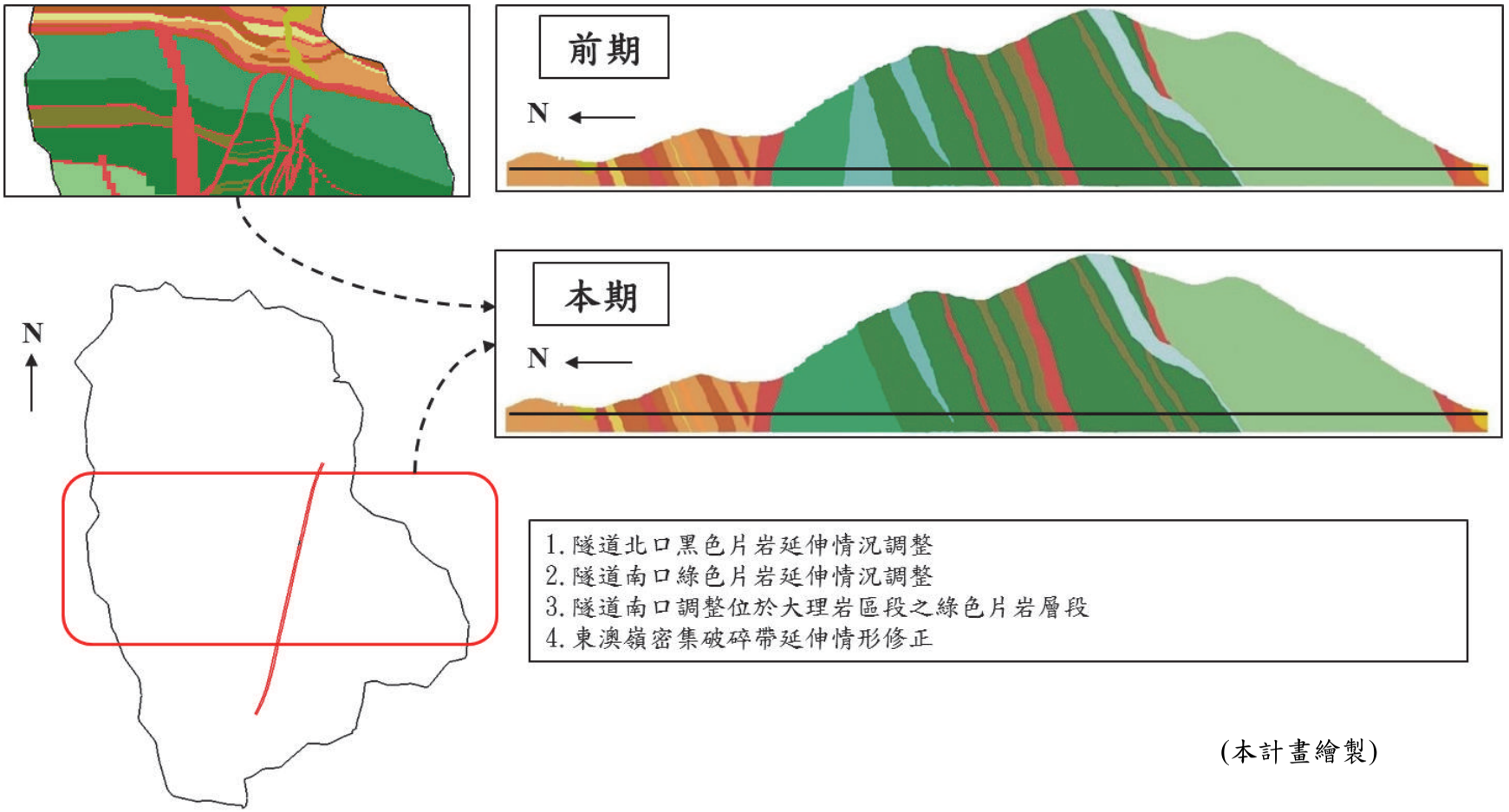


圖 4.2-6 104 年下半年之東澳隧道三維水文地質模型



(本計畫繪製)

圖 4.2-7 105 年上半年之東澳隧道三維水文地質模型

4.2.2 東澳隧道水文地質分析模式率定分析與驗證

本計畫東澳隧道水文地質參數的率定主要依據鄰近既有鐵路隧道排水量觀測值、已完成的現地試驗資料、隧道開挖地質紀錄、東澳隧道南、北洞口出水量、地下水位觀測井及鄰近地區雨量站資料辦理。水文地質參數的率定著重於敏感度較高的透水係數，以及次要參數如貯水率、地層孔隙率等。經前述各項資料率定後，本(107)年模型所採用的地層透水係數相較於隧道貫通時的率定結果，並未再調整，參數彙整如表 4.2-1 所示。另根據本計畫第五次契約後展延期程，東澳隧道相關水文資料數據量測工作執行至 107 年 10 月止，因此東澳隧道模式相關驗證結果(如既有隧道排水量、水位觀測井)僅呈現至 10 月止。

1. 既有隧道排水量

由於新、舊永春鐵路隧道位在模式研究區範圍內，對於東澳隧道鄰近區域之三維水文地質模式而言，可視為已存在之排水廊道，且持續有洞口量水資料可供參考，故將此 2 座鐵路隧道視為東澳隧道開挖後之模型驗證依據，107 年 1 月至 10 月之隧道排水量觀測資料及模式所驗證之新、舊永春隧道排水量結果合併繪製如圖 4.2-8 所示。

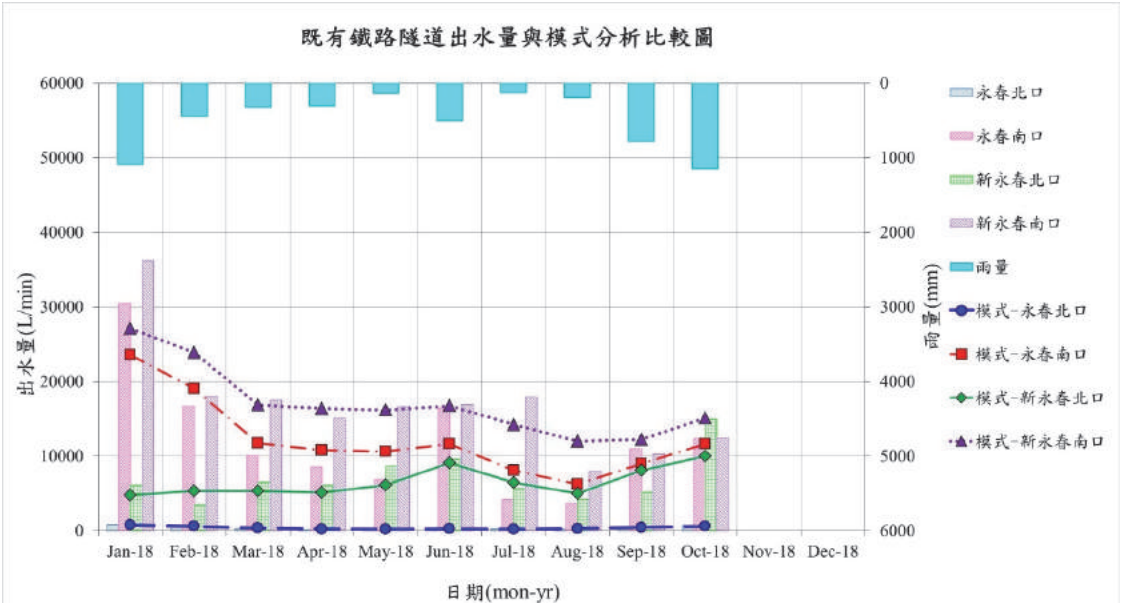


圖 4.2-8 新舊永春隧道排水量驗證結果圖

表 4.2-1 東澳隧道計畫區域地層與構造之透水性質彙整表

地層名稱	透水性	透水係數 K (m/sec)	比貯水係數 Ss(1/m)
板岩與變質砂岩互層	L~M	5×10^{-9}~1×10^{-7}	1×10^{-5}
綠色片岩	L~M	5×10^{-9}~5×10^{-6}	1×10^{-6}
矽質片岩	L~M	1×10^{-8}~1×10^{-7}	1×10^{-6}
低透水性大理岩	L~M	1×10^{-8}~3×10^{-7}	1×10^{-6}
黑色片岩	L~M	1×10^{-8}~3×10^{-6}	1×10^{-6}
角閃岩	L~M	6×10^{-8}~3×10^{-7}	1×10^{-4}
板岩	M	1×10^{-7}~2×10^{-7}	1×10^{-4}
變質輝綠岩	M	1×10^{-7}~3×10^{-7}	1×10^{-6}
變質砂岩	M	1×10^{-7}~8×10^{-7}	1×10^{-6}
大理岩	M	3×10^{-7}	1×10^{-6}
沖積層(舊河道)	M~H	3.4×10^{-6}~2×10^{-5}	1×10^{-6}
沖積層(新河道)	M~H	3.4×10^{-6}~3.5×10^{-5}	1×10^{-6}
臺地堆積層	M~H	3.4×10^{-6}~5×10^{-5}	1×10^{-6}
高透水性大理岩	M~H	5×10^{-6}~1×10^{-5}	1×10^{-5}
風化層	H	2×10^{-5}~1×10^{-4}	1×10^{-4}
構造名稱	**透水性**	**透水係數 K (m/sec)**	**比貯水係數 Ss(1/m)**
小帽山斷層	L	1×10^{-8}~3×10^{-8}	2×10^{-4}
猴猗山斷層	L~M	5×10^{-9}~5×10^{-7}	1×10^{-4}
層間破碎帶	M	2×10^{-6}	1×10^{-6}
東澳嶺破碎密集帶	M~H	5×10^{-6}~1×10^{-5}	1×10^{-5}
東澳嶺斷層	H	1×10^{-5}~4×10^{-5}	1×10^{-4}
東猴猗山斷層	H	5×10^{-5}	1×10^{-4}

符號說明：H 代表高透水性，指透水係數量級介於 10^{-5}~10^{-4}(m/sec)； M 代表中透水性，指透水係數量級介於 10^{-7}~10^{-6}(m/sec)； L 代表低透水性，指透水係數量級介於 10^{-9}~10^{-8}(m/sec)。

2. 地質開挖紀錄

東澳隧道北上線及南下線於 105 年 4 月及 7 月已開挖貫通，因此本期無隧道開挖地質紀錄檢視與相對應的參數率定工作。

3. 水位觀測井

依據前節 3.5.2 及 3.5-3 之水位觀測井資料，其中 BH-01、BH-02、BT-01 及 BT-02 等水位觀測井乃位在東澳隧道研究區範圍內，將此 4 座水位井觀測資料納入模式率定使用，率定結果如圖 4.2-9，各地下水位觀測井所在位置的實際水位與模式分析結果相近，誤差約在 ±5 m 內，顯示所建立的水文地質概念模型具有相當程度的代表性與準確度。

4. 隧道開挖出水量

由於東澳隧道北上線及南下線已於 105 年 4 月及 7 月貫通，因此本期無隧道開挖出水量評估工作。

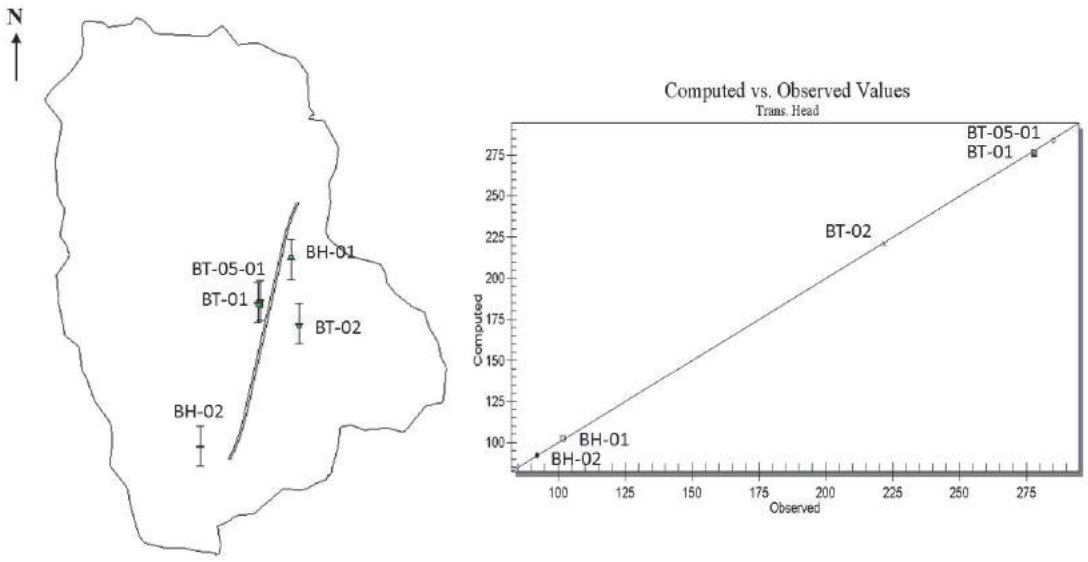


圖 4.2-9 東澳隧道水文地質概念模式分析地下水位與實測水位比對

4.2.3 東澳隧道鄰近區域水資源環境影響評估

1. 隧道施工前地下水文環境

依據前述隧道三維水文地質模型檢討修正與參數率定結果，東澳隧道鄰近區域三維水文地質模型之三維有限差分網格及地表數值地形如圖4.2-10所示，計畫區內地下水位分布情形如圖4.2-11所示，圖4.2-12則為模式分析所得隧道施工前的初始地下水流場。分析結果可見，地下水流於兩個集水區(蘇澳溪及東澳北溪)內各成體系，總水頭分佈呈現隨地形起伏的重力流趨勢，地下水流場變化較大處主要發生於高水頭(高岩覆)與透水係數較大的區域(斷層、密集破碎帶)，除鄰近既有北迴鐵路隧道周圍的地下水朝隧道軸線方向流入外，其他區域地下水流場變化不顯著。

2. 現階段水資源環境影響評估

為瞭解隧道開挖通過不同地層或地質構造時的地下水流場短期變化，本計畫採用水文地質概念模式的地下水暫態分析進行分析。圖4.2-13為截至107年10月時的東澳隧道地下水總水頭與流場分布狀況，圖4.2-14為前期(107年6月)東澳隧道鄰近區域的地下水位洩降狀況，圖4.2-15則為本期(107年10月)東澳隧道鄰近區域地下水位洩降情形，分析結果顯示隧道貫通時的主要出水段(北上線里程 5K+288~5K+306及里程 5K+329~5K+351 的大理岩)仍為現階段主要洩降區域，由於隧道襯砌已施作完成，東澳隧道通車後出水量相較於施工期間明顯減少，不過仍受季節性降雨影響而有增減變化。近期由於受東北季風所帶來之持續性降雨影響，東澳隧道 107 年 10 月時洞口總出水量達 11,087 L/min，相較前期(107年6月)約 5,021 L/min 有顯著增加，出水量的增加主因係為季節性降雨的補注影響(東澳嶺雨量站107年1月至6月間的累積降雨量為 2,805mm，107 年 1 月至 10 月間的累積降雨量為5,042mm，已達臺灣的全年平均降雨量之 2 倍)，使得地下水位有再回

升情形，目前最大洩降深度約 5.46 公尺，相較隧道剛貫通時有明顯減少。而參考位於東澳隧道上方之 BT-01 水位井及位於東澳嶺地區之 BT-02 水位井觀測結果，亦可論證此分析結果的可信度，105 年初 BT-01 及 BT-02 水位井曾出現水位明顯下降狀況，研判除該年度降雨量減少影響外，亦與隧道開挖通過北側大理岩段時，隧道內曾出現大量出水情形有關，此地下水位下降範圍並進一步向東側延伸，導致 BT-02 水位井的水位也出現下降的狀況。但隨著隧道開挖貫通後的襯砌施作逐步完成，以及東澳嶺持續的豐沛降雨補注，地下水位下降情形已減緩，並有回升現象，其中 BT-02 水位井的水位大約已回復至施工前狀態，BT-01 水位井的水位雖尚未完全回復，但亦有大幅回升的現象，顯示隧道施工的影響範圍已縮小至隧道鄰近小區域內，現階段區域地下水資源似有漸趨穩定平衡現象。

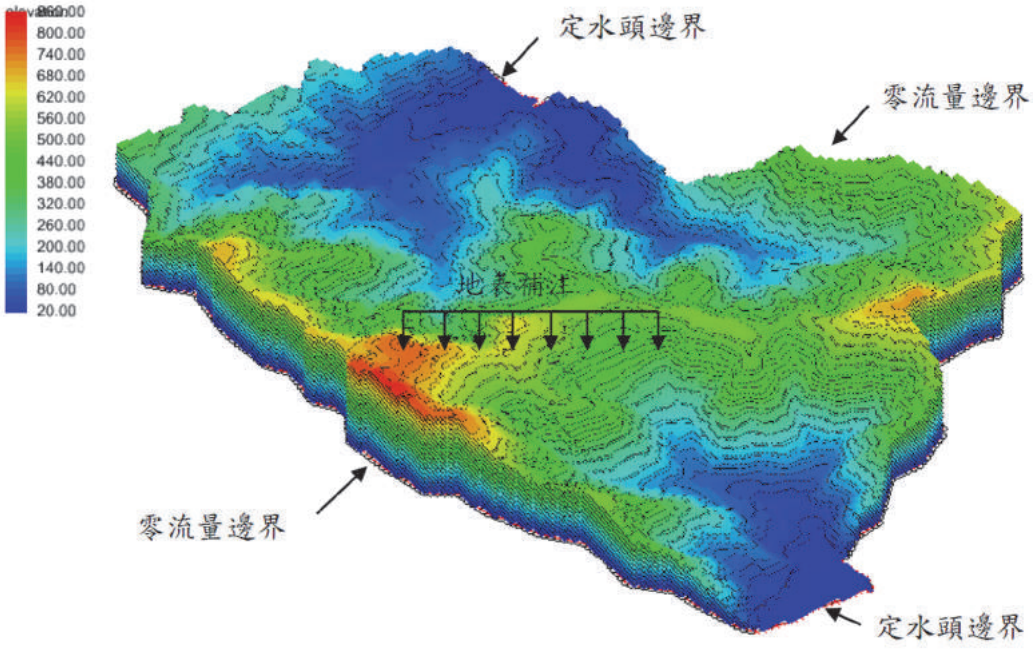


圖 4.2-10 三維有限差分網格及地表數值地形

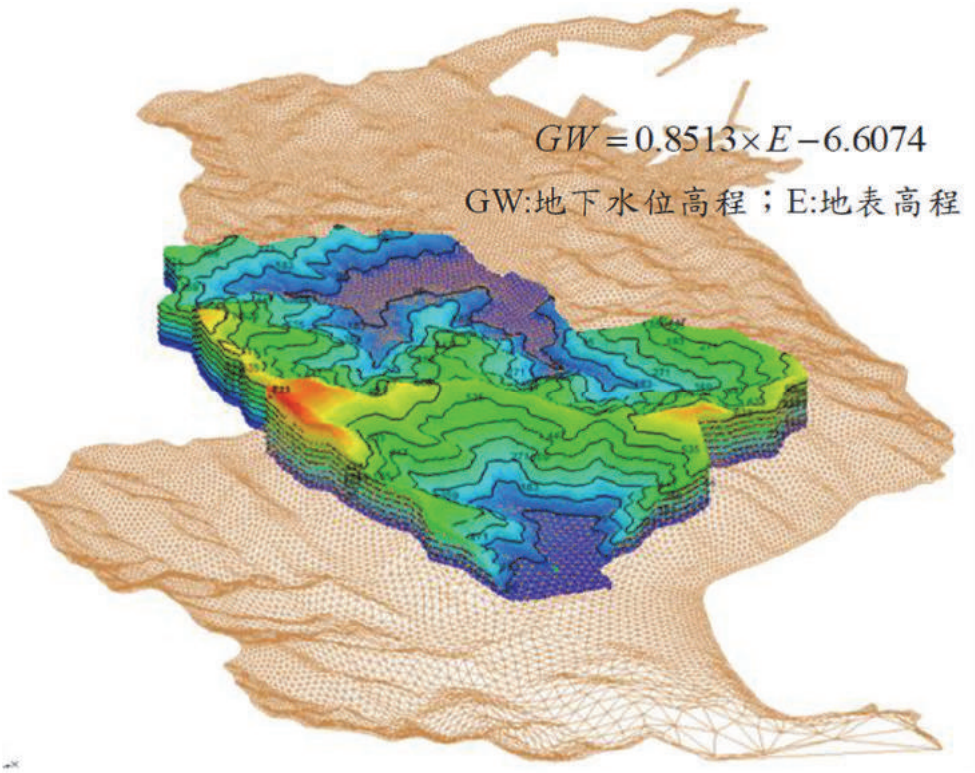
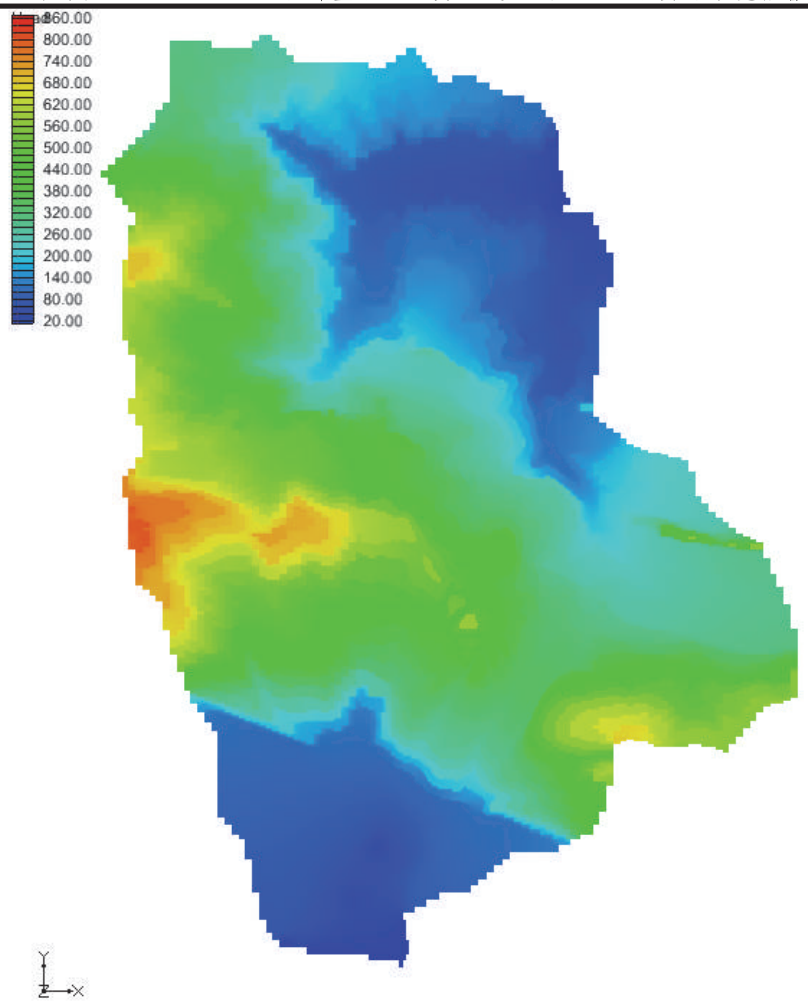
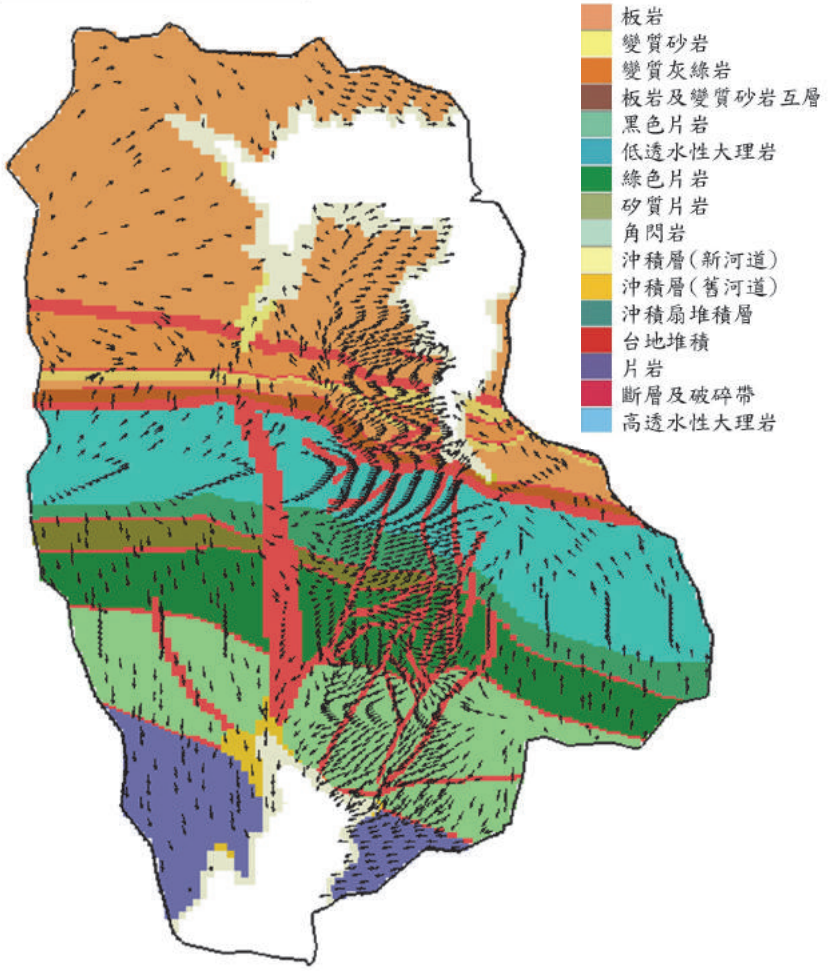


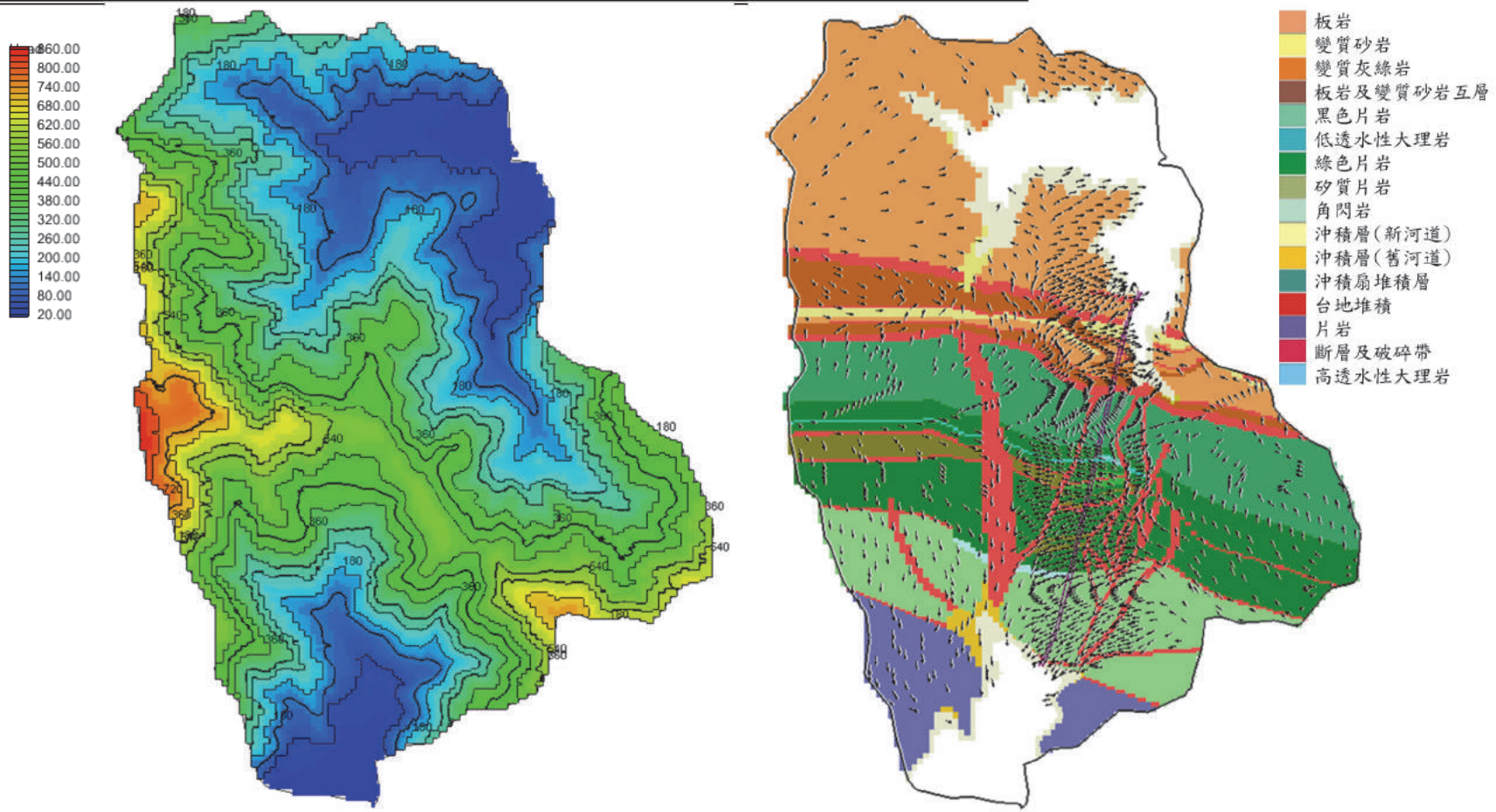
圖 4.2-11 計畫區域內初步推估之地下水位分布情形





(a) 總水頭分布情形 (單位:公尺)　　(b) 地下水流況 (隧道高程之橫斷面)

圖 4.2-12 東澳隧道開挖前之地下水總水頭與流向分布變化



(a) 總水頭分布情形 (單位:公尺)　　(b) 地下水流況 (隧道高程之橫斷面)

圖 4.2- 13 107 年下半年東澳隧道之地下水總水頭與流向分布變化

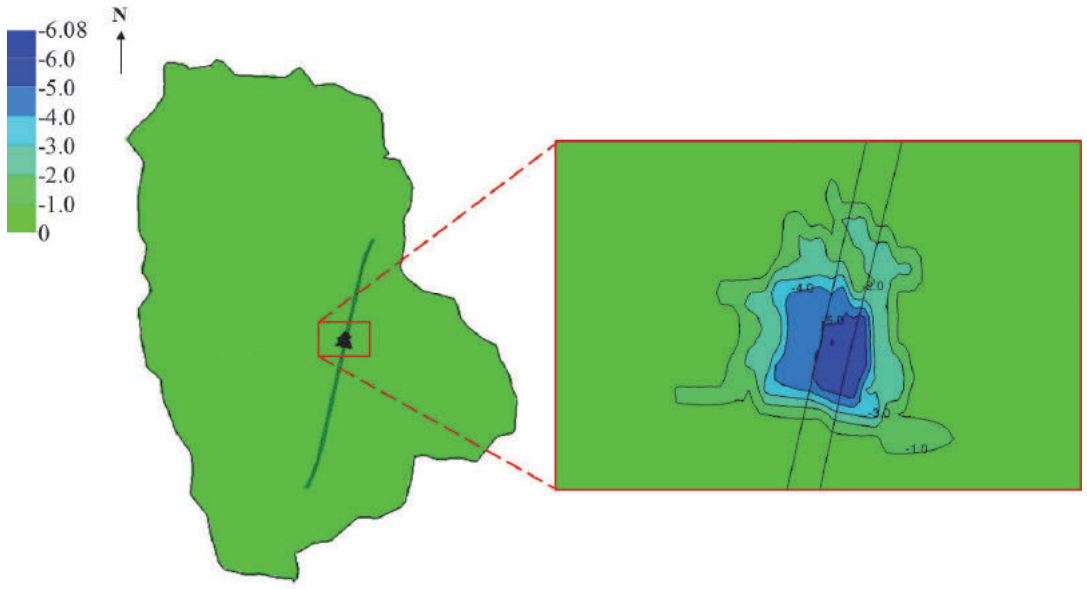


圖 4.2-14 東澳隧道前階段(107 年 6 月)之地下水總水頭洩降分布情形(單位:公尺)

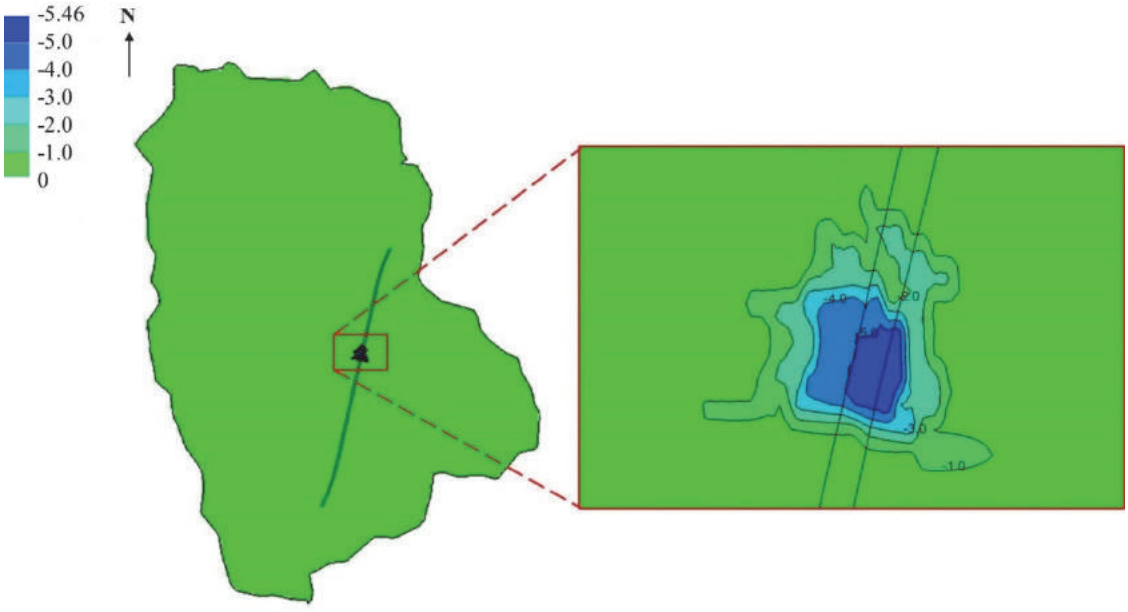


圖 4.2-15 東澳隧道現階段(107 年 10 月)之地下水總水頭洩降分布情形(單位:公尺)

4.2.4 東澳隧道設計階段出水量推估與實際開挖出水結果比較探討

東澳隧道在民國 101 年設計階段時，利用有限的地質資料，建構隧道沿線三維水文地質模式，分析推估隧道施工可能遭遇的出水狀況，推估結果如圖 4.2-16 所示。設計階段的分析結果顯示，隧道開挖主要出水位於小帽山斷層區段、猴猄山斷層區段、層間局部破碎區段、以及東澳嶺斷層區段，另大理岩層因透水性較大，研判亦為主要潛在出水區段，設計階段推估隧道開挖最大出水量約 1,587 (L/min)。

隧道於民國 102 年 8 月開挖進洞，施工過程雖遭遇多次抽坍及規模不等的出水量，所幸並未影響整個工期，105 年 7 月隧道全線開挖貫通，並於 107 年 2 月正式通車營運。隧道施工過程主要出水係發生在北口段，南口段因所遭遇的岩性單純，主要為厚層角閃岩，此段角閃岩大致完整透水性低，故隧道開挖過程未有明顯出水情形；隧道北口段開挖則遭遇複雜多變的岩性，包括板岩、千枚岩、變質砂岩、變質輝綠岩、黑色片岩、綠色片岩及大理岩等，岩性變化劇烈且交互出現，在岩性變化的層間破碎帶、以及小帽山斷層與猴猄山斷層的擾動破碎帶施工遭遇規模不等的出水情形，出水量約在 785~1,509 (L/min)。除此之外，東澳隧道開挖最主要出水區段係發生在里程 5K+300~5K+400 的厚層大理岩段，大量地下水沿大理岩裂隙滲出，同時隧道頂拱及側壁的岩栓鑽設過程遭遇地下水流出，瞬間甚出現高壓水噴出狀況，開挖面最大出水量約達 2,050 (L/min)左右。進一步比對隧道實際開挖出水量與設計階段的出水量推估(如圖 4.2-17)，結果說明如下：

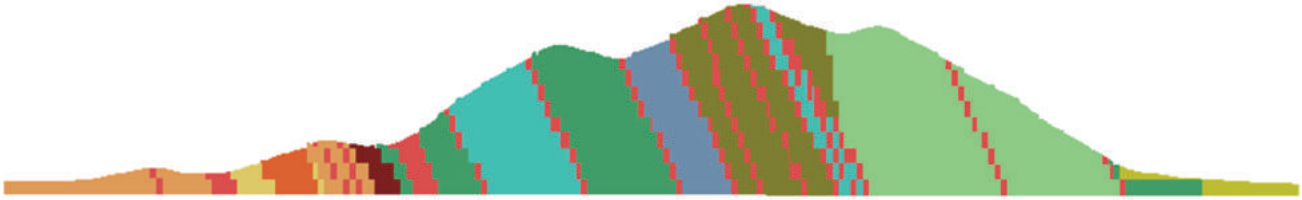
(1) 設計階段猴猄山斷層帶及小帽山斷層帶位置與隧道實際開挖出露位置有所差異，此情形在臺灣東部變質岩區之岩性劇烈變化情形下，實無法避免；惟檢視設計階段的斷層破碎帶出水量推估值(猴猄山斷層帶約 1,500 L/min，小帽山斷層帶約 950 L/min)，與實測值(猴猄山斷層帶約 1,509 L/min，小帽山斷層帶約 1,100 L/min)大致相符。

(2) 隧道北口實際開挖遭遇岩性變化的層間破碎帶出水情形(如板岩與變質砂岩交接帶、片岩與大理岩交接帶)，在設計階段推估並未提出，探究其因應為設計階段並未考慮岩性差異變化處，受板塊擠壓所可能形成的層間破碎帶，易成為地下水的良好通路，此點可提供未來變質岩隧道施工出水量推估參考。

(3) 北口段的厚層大理岩為隧道施工主要的出水區段，大量地下水沿大里岩裂隙及岩栓鑽孔持續流出,最大出水量達約 2,050 (L/min)，高於設計推估約 250-500 (L/min)出水量，探究其因除北段大理岩層的透水性高於設計階段預估外，另設計階段分析並未考慮岩栓鑽孔所增加通水路徑影響，此亦可提供未來設計研判參考。

(4) 隧道南口段的大理岩在設計階段預估亦為主要出水潛勢段，出水量推估約 1,000 (L/min)，惟實際施工後南口段大理岩出水量有限(低於 250 L/min)，研判主要應為設計階段所推估的大理岩層厚大於實際開挖遭遇，同時隧道主要出水來源-東澳嶺地區北側山區地下水主要沿北段厚層大理岩移棲，而南側山區地下水則受東澳嶺南北向的密集破碎帶影響，向南流入東澳水質水量保護區及東澳北溪流域，以致南段大理岩開挖出水量有限，此情形顯示地下水流場複雜不易掌握特性。

整體檢視結果顯示，設計階段所分析推估的高出水潛勢區段與出水量雖與實測結果仍有些許差異，但出水位置的差異在臺灣東部複雜岩性變化的變質岩區實屬合理，而出水數量級則大體仍與實測結果相近，顯示在設計階段利用三維水文地質模式分析進行隧道施工出水風險評估，對於後續施工具有相當程度的參考價值，其準確度則受設計階段對區域水文地質環境的掌握度，建議未來隧道規劃設計除工程地質外，亦應針對水文地質進行必要之調查。



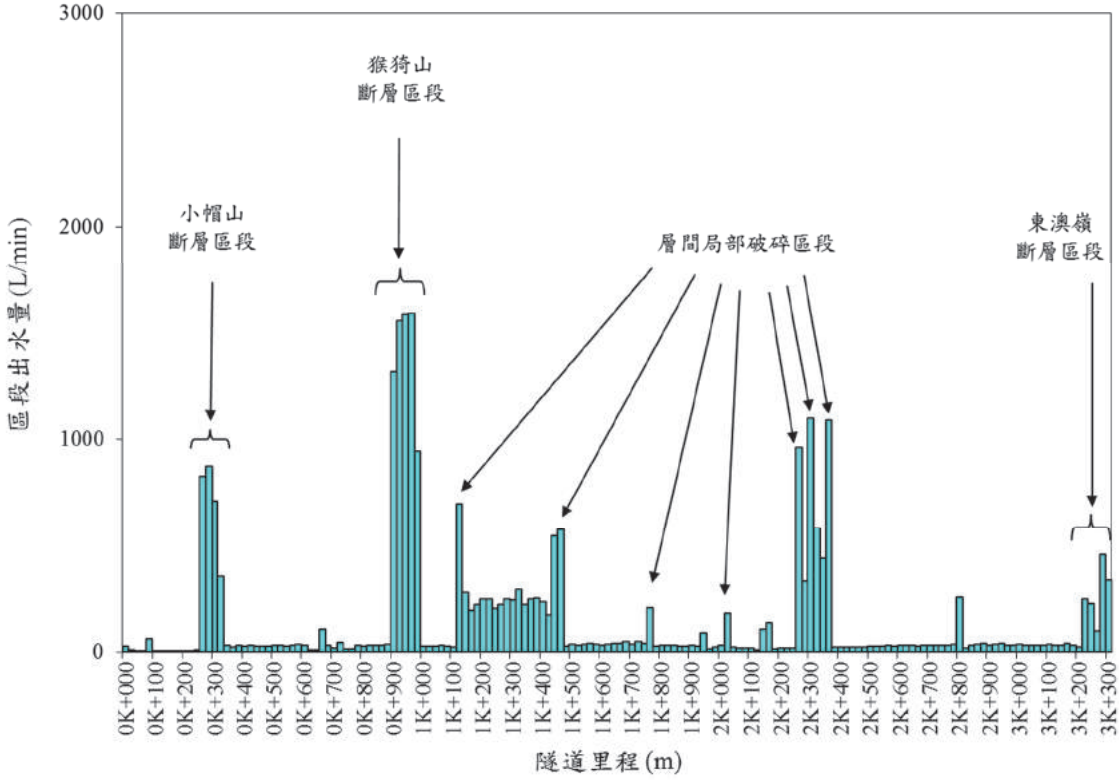


圖 4.2-16 東澳隧道區段推估出水量

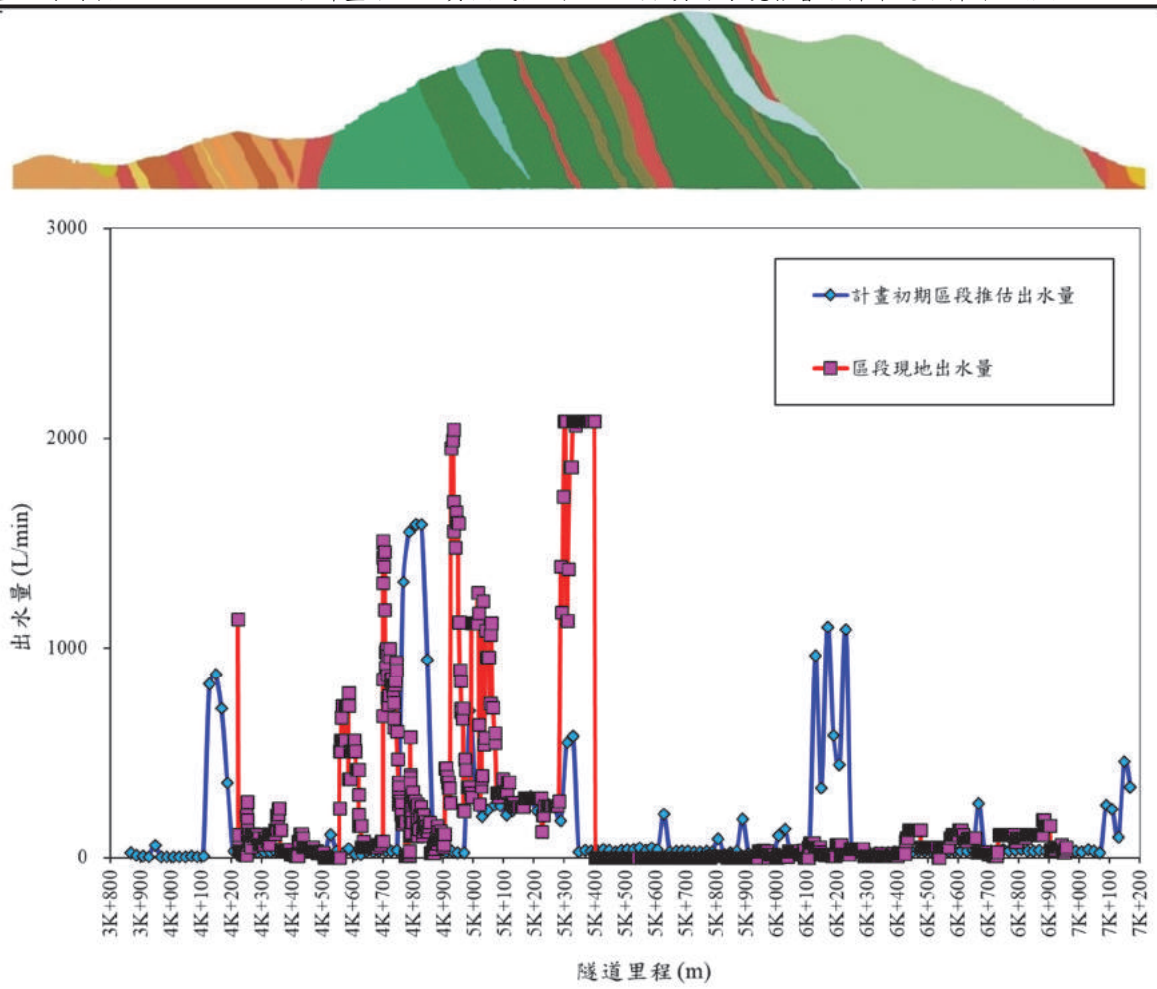


圖 4.2-17 東澳隧道區段推估出水量與區段現地出水量比較圖

4.2.5 東澳隧道水文地質模式分析小結

本期東澳隧道的三維水文地質模式檢討修正工作，主要係透過每月所蒐集的新、舊永春鐵路隧道排水量、水位觀測井，驗證前期所率定完成的三維水文地質概念模式的準確度與正確性。由於本計畫採用等效孔隙介質模式，所劃分的水文地質單元較大，係以整體考量設定其水文地質參數，無法完全反應局部較小規模的高透水性地質單元或阻水構造，因此在局部地區可能出現分析結果與實測值略有差異情形，惟整體分析結果與觀測值仍大體相符，顯示現階段模式可吻合現場情形。

隧道開挖可能造成周圍水力梯度改變並引致地下水流場變化，東澳隧道北上線已於民國 105 年 4 月 26 日貫通，南下線則於民國 105 年 7 月 7 日貫通，全線已於 107 年 2 月 5 日通車。隧道出水主要發生在北段的厚層大理岩，本期持續以鄰近地下水位井觀測資料為驗證基礎，並考慮 107 年 1 月至 10 月的降雨補注量，進行東澳隧道鄰近地區水文地質數值模式分析，探討目前營運階段及降雨條件下所可能造成的鄰近區域地下水資源變化情形。結果顯示貫通前(106 年 4 月)的修挖抽坍事件，雖使隧道出水量短暫增加，但隨著區域降雨的持續補注(107 年 1 月至 10 月累積降雨量為 5,042mm)，區域地下水位洩降範圍與深度相較於貫通時持續減少。近期受東北季風所帶來持續性降雨影響，隧道出水量於 10 月增加至 11,087 L/min，出水量主要來自大量降雨入滲，地下水沿透水性佳大理岩及岩性變化的層間剪裂破碎帶滲流入隧道內，導致隧道出水量增加，基本上東澳隧道營運出水量將與區域降雨量呈現明顯的正相關，研判區域地下水資源有逐漸趨於穩定趨勢，惟確實關係仍須持續長期觀測確定之。

4.3 觀音隧道三維水文地質模式檢討修正與分析評估

觀音隧道自 101 年 7 月開挖進洞，並於 105 年 5 月全線開挖貫通。隨隧道施工持續進展，本計畫同時蒐集隧道開挖面地質及開挖出水量等資料，持續辦理本計畫觀測儀器的資料讀取下載作業，以瞭解施工期間之水文地質變化情形，並利用上述施工所揭露得資料進行隧道鄰近區域三維水文地質模式的檢討修正，以建立更符合現地狀況的三維水文地質概念模式。107 年度觀音隧道鄰近區域三維水文地質模式的檢討修正結果分述如下：

4.3.1 觀音隧道水文地質概念模型檢討修正

觀音隧道三維水文地質模式由計畫開始執行(101 年 9 月)起，迄今已辦理數次重要的調整修正，茲摘錄說明如下：

1. 觀音隧道 7K+572 橫坑北上線北向於 102 年 5 月中旬開挖通過里程 7K+185 後，隧道頂拱出現小規模坍落且開挖面有明顯出水情形，持續向前開挖至里程 7K+173 後，隧道開挖面出現多道剪裂帶，片理折曲劇烈，岩體破碎，開挖面出水量持續增加，至 102 年 5 月下旬時開挖面附近的量水堰測得的出水量達 1,000 (L/min)左右，現場採用管冪工法及灌漿施工降低出水量，而後開挖通過此區段後，開挖面出水量逐漸減少。此區段出水情形明顯與鄰近區域不同，故於模式新增一段破碎高透水性的片岩水文地質單元，如圖 4.3-1 所示。
2. 觀音隧道北上線於 102 年 12 月中旬開挖至里程 6K+100 處，在進行主計測監測儀器鑽孔時，側壁鑽孔出現大量出水情形，導致開挖面及洞口量水堰水量急遽上升，達約 1,395 (L/min)，研判可能與此區段的高角度節理連通水路有關，其透水性質明顯超出此區域的武塔片岩，因此乃配合模式率定檢討，新增一段破碎高透水性水文地質單元，如圖 4.3-2 所示。

3. 103 年的隧道出水紀錄顯示，觀音隧道北上線北洞口開挖面出水狀況明顯高於其他開挖工作面，顯示該區域武塔片岩的水力性質與其他區段有所差異，故參照現場出水紀錄調整水文地質參數。
4. 隧道全線於 105 年 5 月開挖貫通，模式已相當程度掌握隧道沿線岩性分布與水文地質特性。
5. 106 年下半年度係再次詳細檢視開挖地質紀錄，將武塔片岩中的黑色片岩分依據地質開挖記錄的岩體評分與開挖面出水量級分為低、中、高度破碎等三種不同黑色片岩水文地質單元，修正後的模式如圖 4.3-3 所示。

本期(107 年度)所辦理的觀音隧道鄰近區域三維水文地質模式檢討修正工作，主要係沿用 106 年下半年所率定完成之模式，依據隧道出水量觀測值、鄰近鐵路隧道洞口排水量、水位觀測井及鄰近區域雨量站等資料進行分析評估，以瞭解隧道鄰近區域地下水資源變化情形。

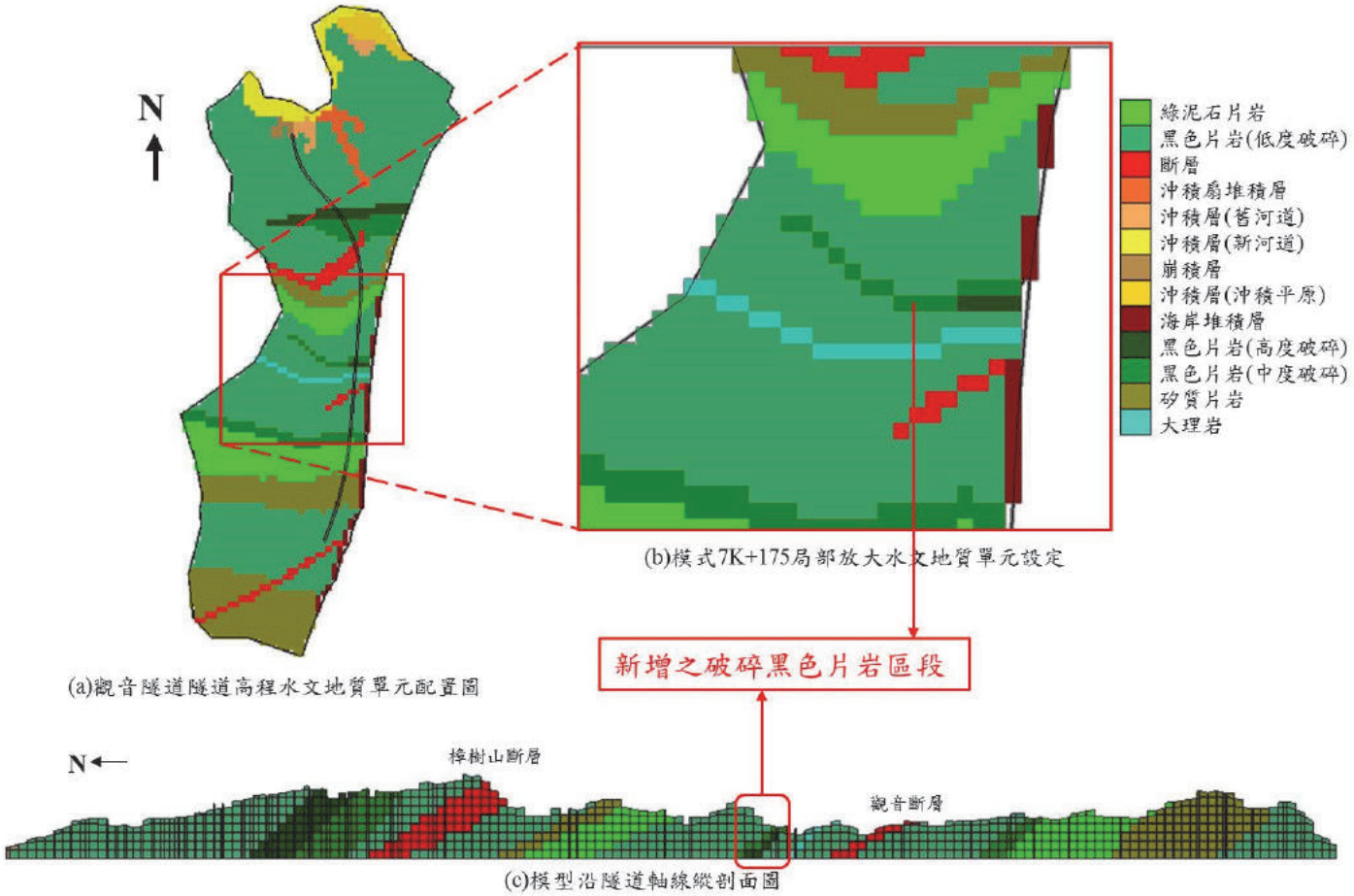


圖 4.3-1 觀音隧道北上線里程 7K+175 區段新增水文地質單元示意圖

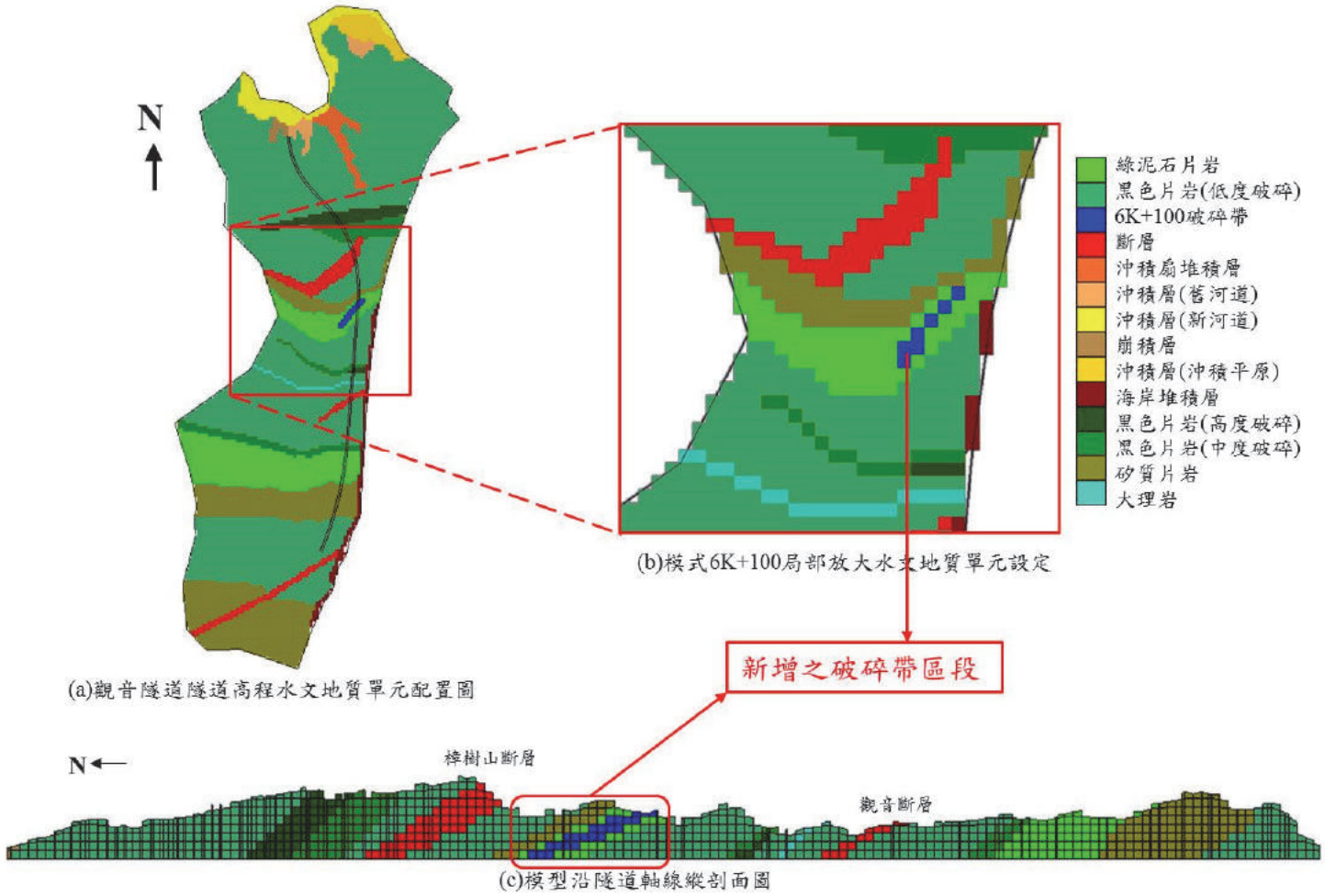


圖 4.3-2 觀音隧道里程 6K+100 區段新增水文地質單元示意圖

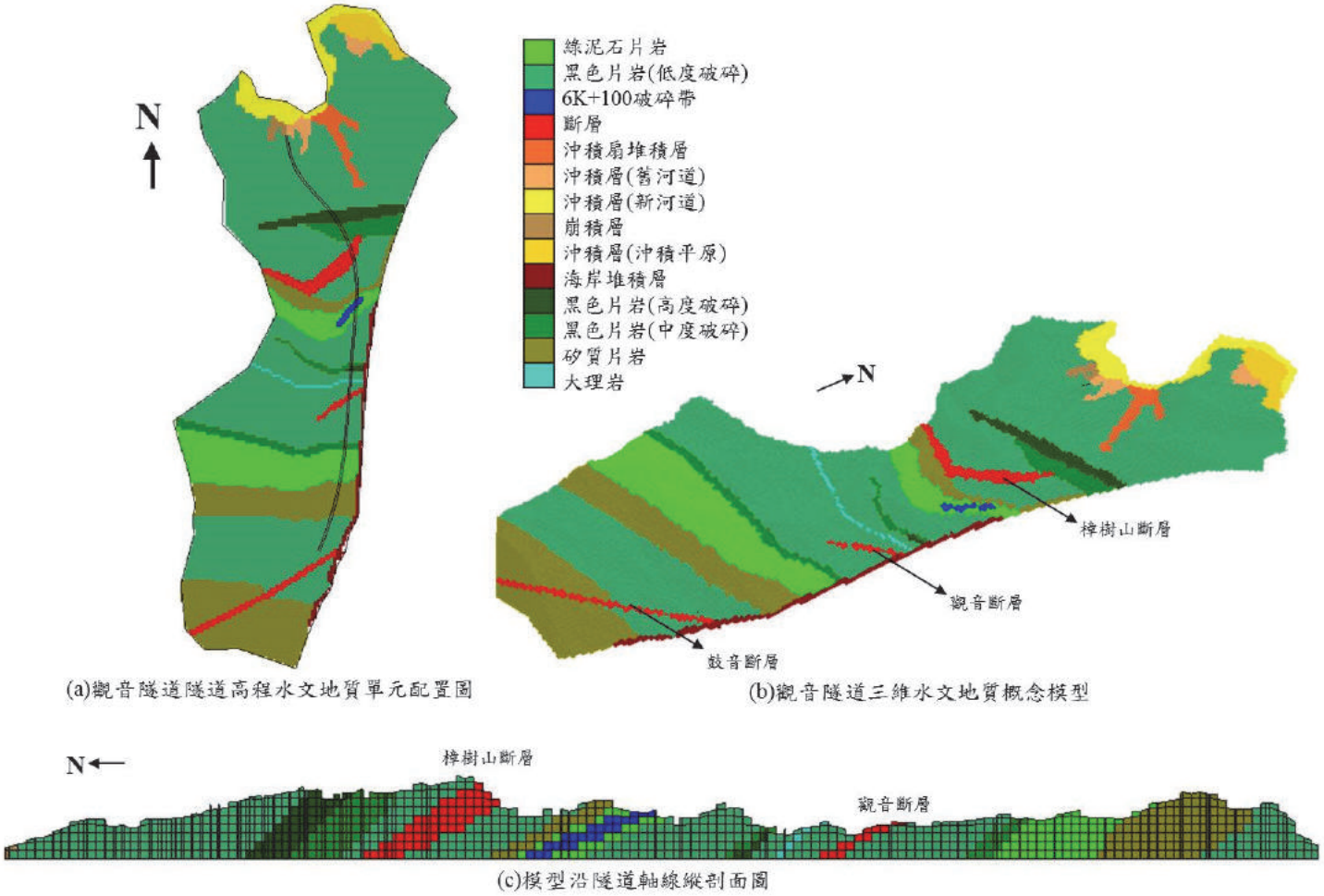


圖 4.3-3 106 年下半年觀音隧道三維水文地質模型

4.3.2 觀音隧道水文地質分析模式率定分析與驗證

本計畫觀音隧道水文地質參數的率定主要依據鄰近既有鐵路隧道排水量觀測值、隧道開挖地質紀錄、觀音隧道南、北洞口出水量、施工橫坑出水量、地下水位觀測井及鄰近地區雨量站資料辦理。本階段水文地質參數率定著重於敏感度較高的透水係數，以及次要參數如貯水率、地層孔隙率等。經前述各項資料率定後，本(107)年度模型所採用的地層透水係數經參考 106 年重新檢視開挖所揭露資料的修正率定結果，評估仍可符合現階段的觀測結果，因此予以沿用，參數彙整如表 4.3-1 所示，參數率定結果及驗證詳述如後。

1. 既有隧道排水量

由於新觀音鐵路隧道位在模式研究區範圍內，對於三維水文地質模式而言，可視為已存在的排水廊道，且有洞口持續排水量資料可供模式參考，故將新觀音鐵路隧道北口排水量做為觀音隧道施工的模式率定驗證依據，107 年 1 月至 12 月的隧道排水量觀測資料及模式分析率定結果彙整如圖 4.3-4 所示

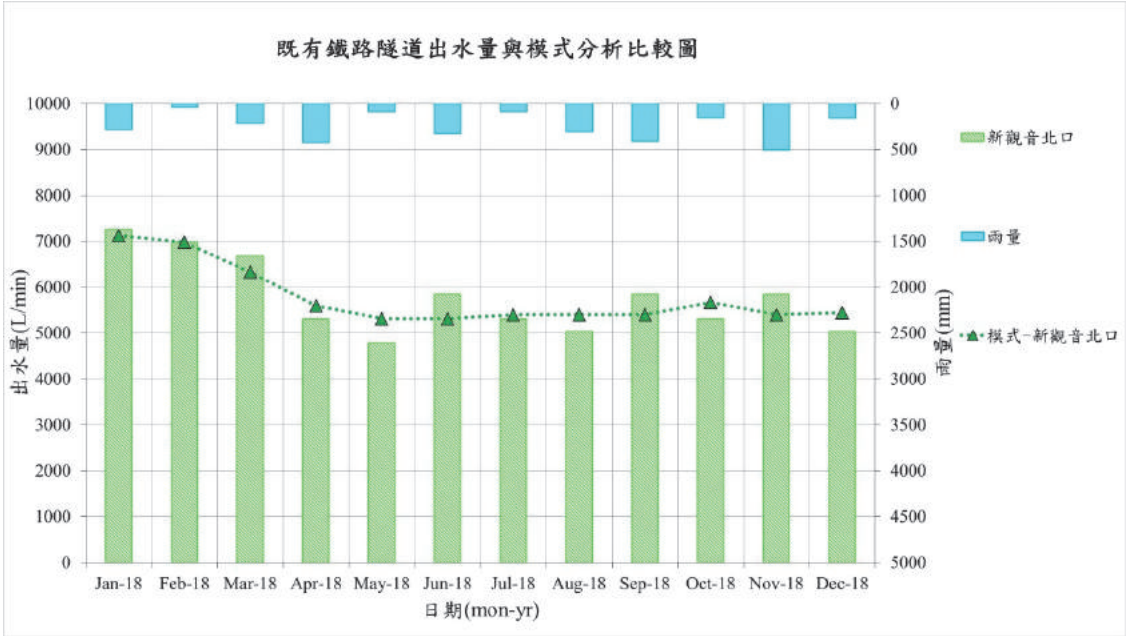


圖 4.3-4 新觀音鐵路隧道北口排水量率定結果圖

表 4.3-1 觀音隧道計畫區域地層與構造之水文地質參數彙整表

地層名稱	透水性	前期透水係數 K (m/sec)	本期透水係數 K (m/sec)	比儲水係數 Ss(1/m)
砂質片岩	M	1×10^{-7}~1.82×10^{-6}	1×10^{-7}~1.82×10^{-6}	1×10^{-6}
綠泥石片岩	M	2×10^{-7}~2.3×10^{-6}	2×10^{-7}~2.3×10^{-6}	1×10^{-6}
低度破碎黑色片岩	M	2.5×10^{-7}	2.5×10^{-7}	2×10^{-6}
中度破碎黑色片岩	M	2×10^{-6}	2×10^{-6}	1×10^{-6}
大理岩	M~H	1×10^{-6}~6×10^{-5}	1×10^{-6}~6×10^{-5}	1×10^{-5}
海岸堆積層	M~H	3×10^{-6}~7×10^{-5}	3×10^{-6}~7×10^{-5}	1×10^{-5}
沖積層(沖積平原)	M~H	5×10^{-6}~5×10^{-5}	5×10^{-6}~5×10^{-5}	1×10^{-5}
觀音斷層	M~H	5×10^{-6}~6×10^{-5}	5×10^{-6}~6×10^{-5}	1×10^{-5}
鼓音斷層	M~H	5×10^{-6}~6×10^{-5}	5×10^{-6}~6×10^{-5}	1×10^{-5}
樟樹山斷層	H	1×10^{-5}~2×10^{-5}	1×10^{-5}~2×10^{-5}	1×10^{-5}
崩積層	H	1×10^{-5}~3×10^{-5}	1×10^{-5}~3×10^{-5}	1×10^{-4}
沖積層(舊河道)	H	1×10^{-5}~5×10^{-5}	1×10^{-5}~5×10^{-5}	1×10^{-4}
高度破碎黑色片岩	H	1.2×10^{-5}	1.15×10^{-5}~1.2×10^{-5}	1×10^{-5}
沖積扇堆積層	H	3×10^{-5}~5×10^{-5}	3×10^{-5}~5×10^{-5}	1×10^{-4}
沖積層(新河道)	H	4×10^{-5}~5×10^{-5}	4×10^{-5}~5×10^{-5}	1×10^{-4}

符號說明：H 代表高透水性，指透水係數量級介於 10^{-5}~10^{-4}(m/sec)； M 代表中透水性，指透水係數量級介於 10^{-7}~10^{-6}(m/sec)； L 代表低透水性，指透水係數量級介於 10^{-9}~10^{-8}(m/sec)。

2. 地質開挖紀錄

由於觀音隧道已於 105 年 5 月全線貫通，故本階段無隧道開挖地質紀錄檢視與相對應之參數率定工作。

3. 水位觀測井

依據 3.5.2 節現有水位觀測井、新增水位觀測井資料及隧道北洞口的觀測井，其中共有 PD-04、OW-02 及 OW-03 等 3 口水位觀測井位在觀音隧道研究區範圍內，因此將水位井觀測資料納入模式率定使用，率定結果如圖 4.3-5，結果顯示各地下水位觀測井所在位置之實際水位與模式分析結果相近，在數公里長度之數值模型內，誤差仍可控制於 ±5 m 內，顯示率定完成之水文地質數值模型足可進行區域地下水流場之模擬以及預估。

4. 隧道開挖出水量

觀音隧道北上線及南下線已於 105 年 5 月全線開挖貫通，同時 106 年於下半年度係再次詳細檢視開挖地質紀錄與出水量資料，重新修正提升模式的代表性，因此本期無隧道開挖出水量評估工作。

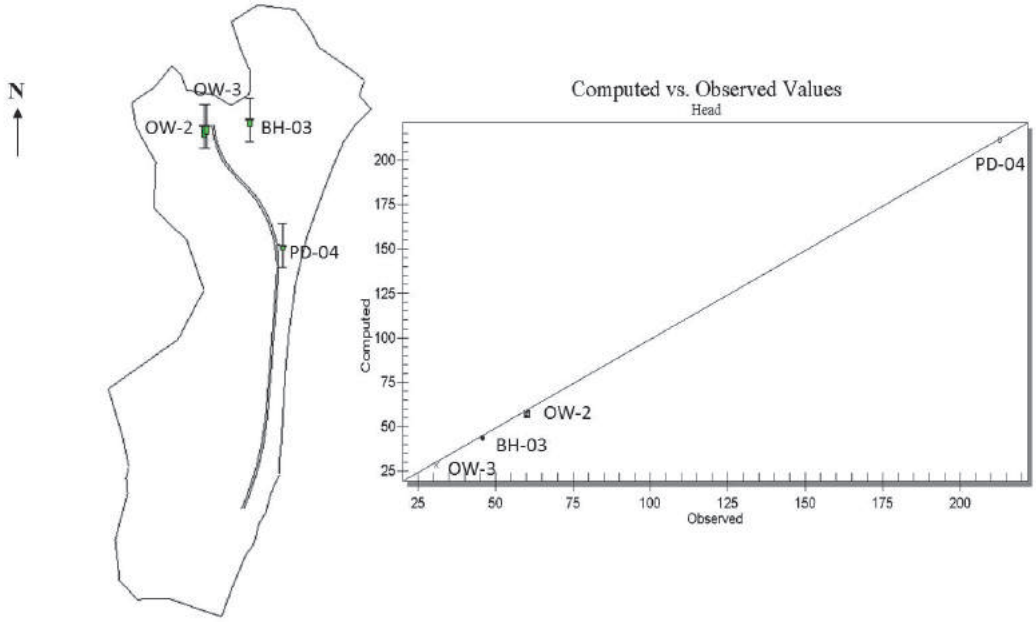


圖4.3-5 觀音隧道水文地質概念模式分析地下水位與實測水位比對

4.3.3 觀音隧道鄰近區域水資源環境影響評估

1. 隧道施工前地下水文環境

依據前述隧道三維水文地質模型檢討修正與參數率定結果，觀音隧道鄰近區域三維水文地質模型的三維有限差分網格及地表數值地形如圖 4.3-6 所示。圖 4.3-7 則為模式分析所得隧道施工前的初始地下總水頭與流場分布，分析結果可見地下水高程由模型由西南側往東北及東側海岸隨地形遞減，以重力流趨勢分布，以山脊稜線為地下水系的分水嶺，並沿著透水性相對較佳的地層流動，地下水流自西側分別向北、向東南流入東海岸。

2. 現階段水資源環境影響評估

為瞭解隧道開挖通過不同地層或地質構造時的地下水流場短期變化，並進一步評估隧道開挖可能造成的出水量，本計畫乃採用水文地質概念模式的地下水暫態分析進行分析。圖 4.3-8 為現階段地下總水頭與流場分布情形，結果顯示隧道開挖應未對區域地下水的總水頭及地下水流場造成明顯改變，圖 4.3-9 為前階段(107 年 6 月底)隧道鄰近區域地下水位洩降分析結果，圖 4.3-10 為現階段(107 年 12 月底)隧道鄰近區域地下水位洩降分析結果，結果顯示水位洩降相當有限，最大洩降深度僅約 0.065 公尺，洩降主要集中於樟樹山斷層北側破碎黑色片岩帶，隧道施工對鄰近區域地下水資源影響應有限。

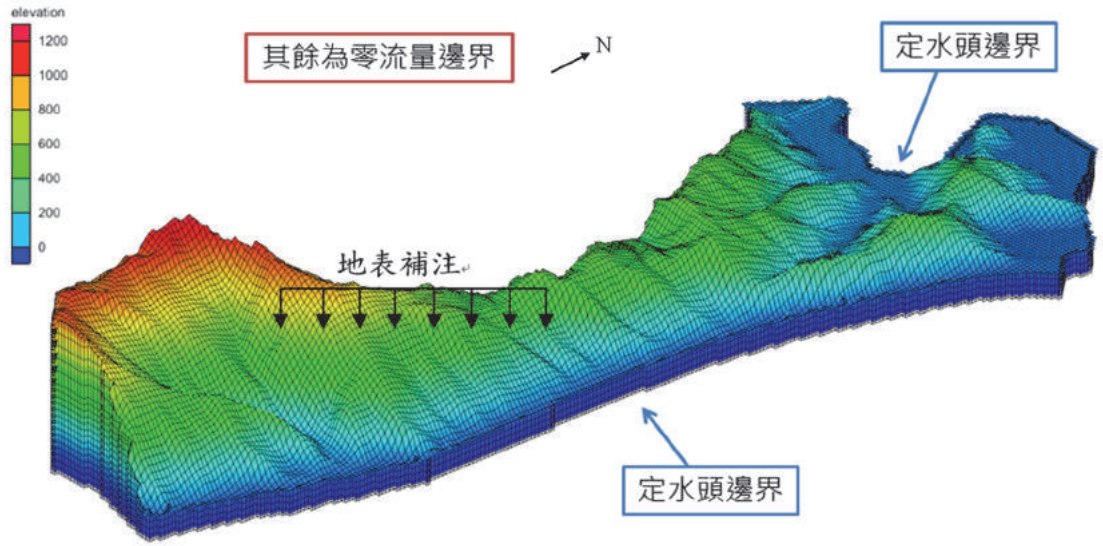
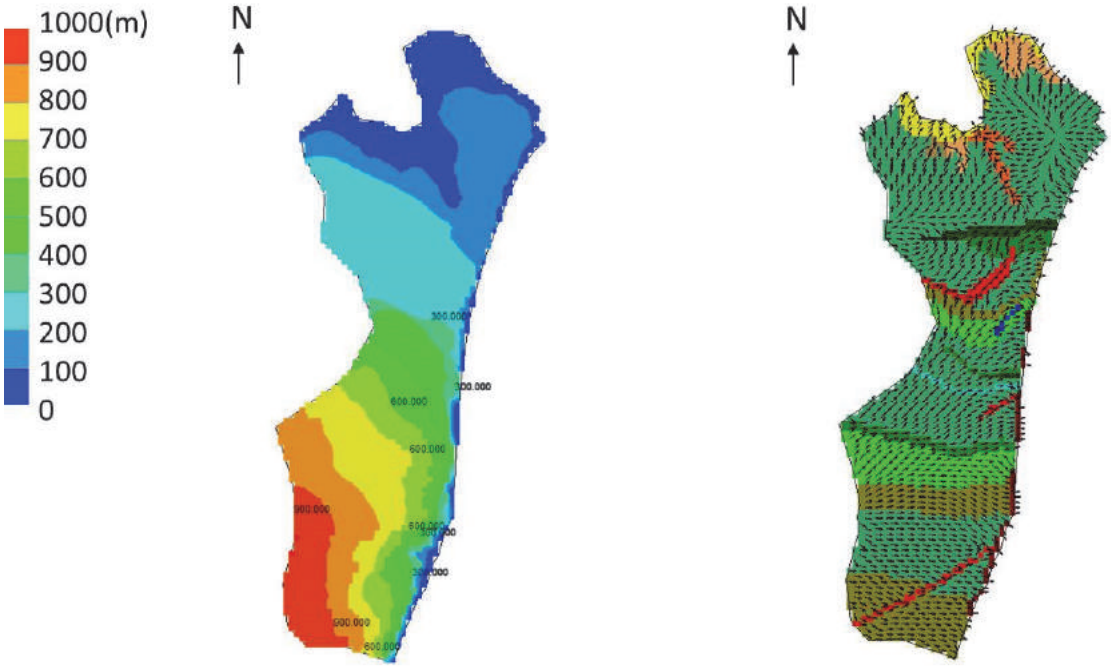
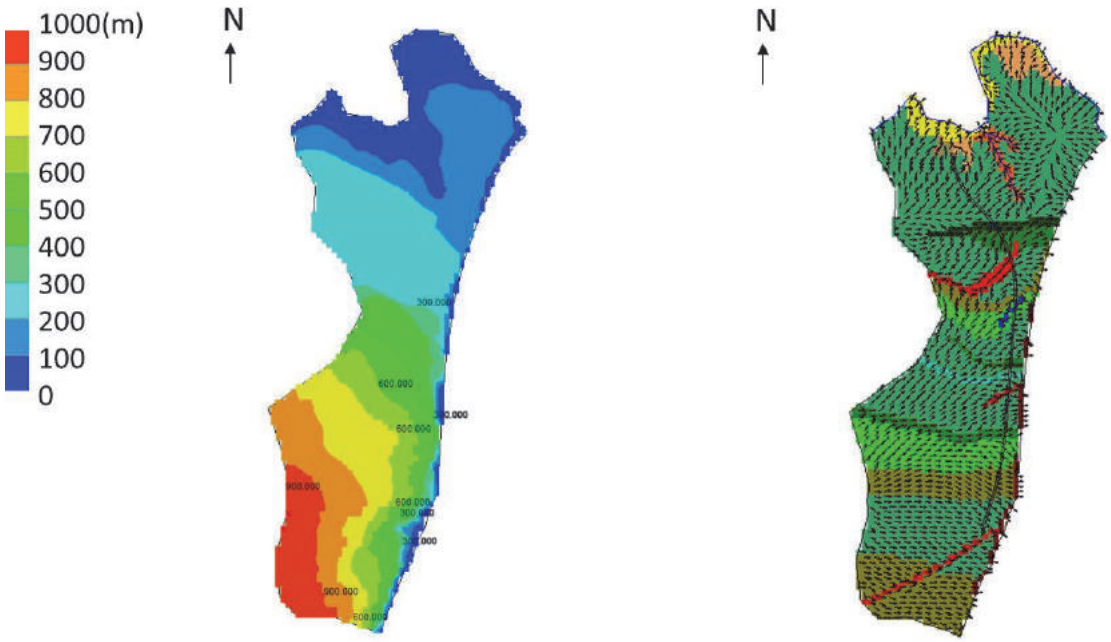


圖 4.3-6 三維有限差分網格及地表數值地形



(a)總水頭分布情形 (單位:公尺) (b)地下水流況(隧道高程之橫斷面)

圖 4.3-7 觀音隧道開挖前之地下水總水頭與流場分布



(a)總水頭分布情形 (單位:公尺)　(b)地下水流況(隧道高程之橫斷面)

圖 4.3-8 觀音隧道現階段之地下水總水頭與流場分布

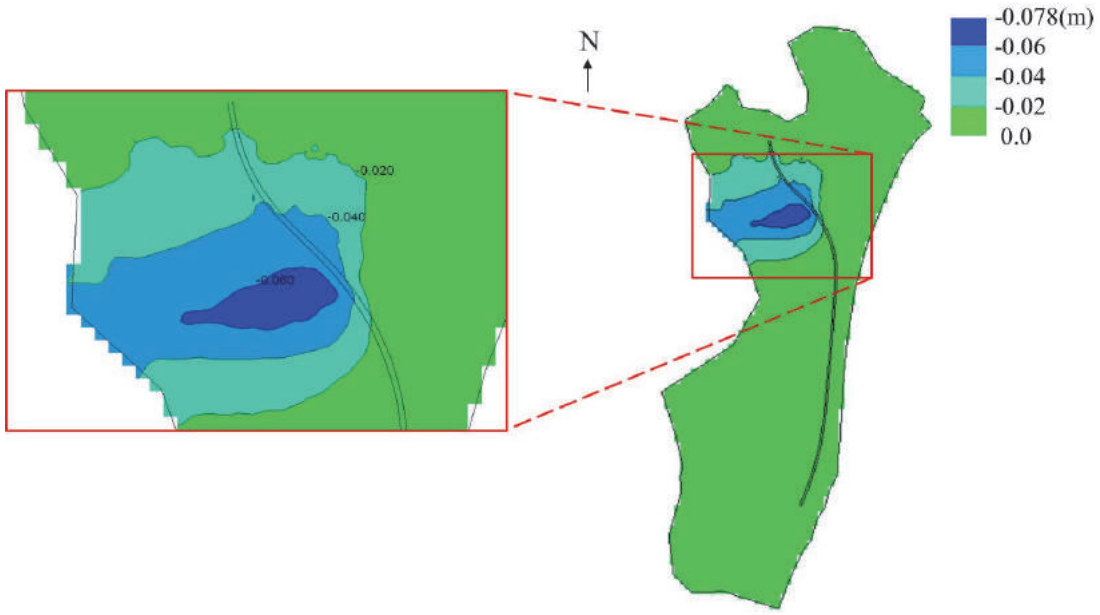


圖 4.3-9 觀音隧道前階段(107 年 6 月)之地下水總水頭洩降分布情形 (單位:公尺)

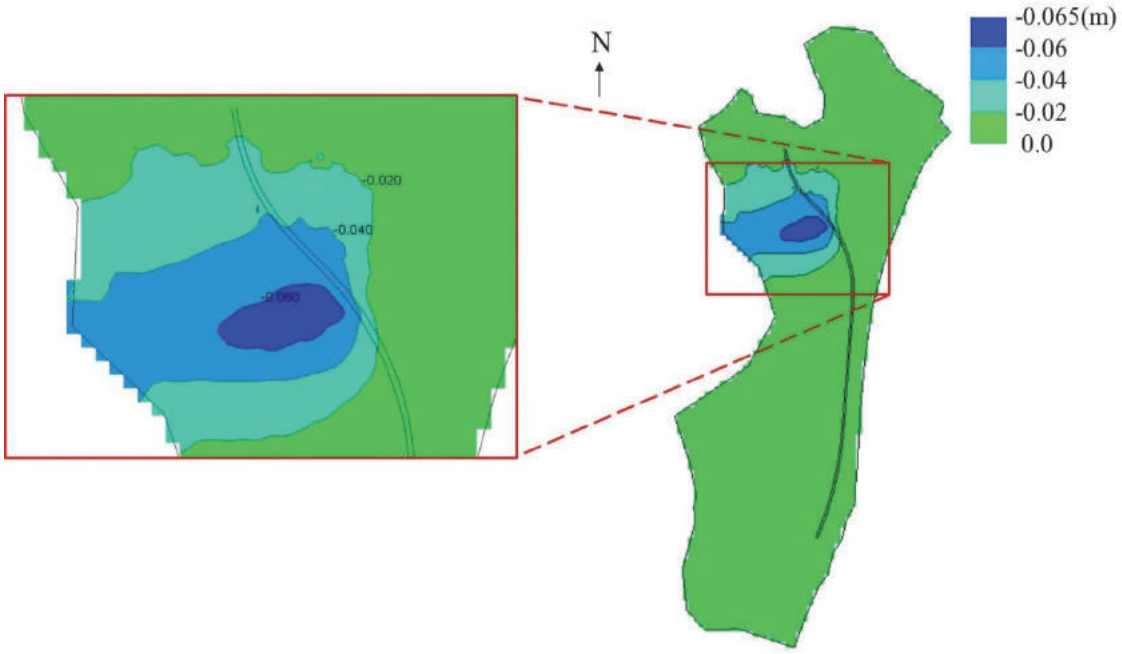


圖 4.3-10 觀音隧道現階段(107 年 12 月)之地下水總水頭洩降分布情形 (單位:公尺)

4.3.4 觀音隧道水文地質模式分析小結

透過觀音隧道開挖地質紀錄、隧道出水量及鄰近水位井觀測資料，逐步率定及驗證三維水文地質概念模式的準確度與正確性。為瞭解隧道施工對區域水資源的影響，本計畫乃採用等效孔隙介質模式，因所劃分的水文地質單元較大，網格單元的水力參數係採等效平均值，因此可能無法完全反應局部地區小規模的出水行為，惟整體分析結果仍與實際觀測值大體相符，顯示現階段模式可反應場場情形。

隧道開挖可能造成鄰近區域水力梯度改變，並引致地下水流場變化。觀音隧道貫通後持續進行仰拱降挖及襯砌澆築作等作業，雖仍有出水情形，惟出水量有限。模式分析結果顯示：截至 107 年底隧道施工對鄰近區域地下水資源影響仍有限，主要影響集中於樟樹山斷層北側高度破碎黑色片岩帶，最大洩降深度約 0.065 公尺。本計畫將持續配合後續施工所揭露資料，分析研判隧道鄰近區域地下水資源可能的變化情形。

4.4 谷風隧道三維水文地質模式檢討修正與分析評估

谷風隧道於101年9月開挖進洞，北上線於105年6月底開挖貫通，南下線南向於105年10月底與隧道南口南下線北向貫通，隧道南下線北向則於105年11月底開挖出洞。本計畫配合施工作業，持續蒐集現場各項資料(包括開挖地質紀錄、開挖出水量與水位監測等)，並辦理本計畫自記式觀測儀器的資料讀取下載作業，以瞭解施工期間的水文地質變化情形，進一步利用上述施工所揭露的資料進行隧道鄰近區域三維水文地質模式的檢討修正，以建立符合現地狀況的三維水文地質概念模式。107年度谷風隧道鄰近區域三維水文地質模式之檢討修正結果分述如下：

4.4.1 谷風隧道水文地質概念模型檢討修正

谷風隧道的三維水文地質模式由計畫開始(101年9月)起，迄今已辦理數次的檢討修正，茲摘錄說明如下：

1. 隧道開挖至12K+000處曾發生約1000 L/min出水量，通過該段後出水量約為200 L/min，後續104年1月開挖至12K+439處時復又發生約1,889 L/min出水，且伴隨抽坍事件，至104年9月時仍有約600 L/min以上出水量，此二次出水事件顯示谷風隧道武塔片岩破碎帶為本區地下水的主要通道。隧道里程12K+000與12K+400處出現較大出水事件，故於水文地質模型新增破碎帶，如圖4.4-1所示。另隧道中段的武塔片岩及接近南洞口的漢本大理岩開挖出水量甚微，原模式已可反應，故該區段未進行模式修正。

2. 隧道雖於105年11月全線開挖貫通，但隧道南下線於106年10月20~22日期間遭逢大規模抽坍，抽坍範圍大致位於里程12K+363~12K+454，抽坍後有持續出水情形，隧道洞口出水量觀測值最大達約14,990 (L/min)，至106年底時洞口出水量雖已明顯下降，但仍持續有約5,000~6,500 (L/min)出水量，因此106年乃

針對此次抽坍事件，根據施工單位所提供的抽坍區範圍及地質資料，進行模式的修正與率定工作。現場抽坍碴料除片岩及剪裂岩塊外，尚發現部分大理岩塊，顯示抽坍區上方可能存在高透水性大理岩層，故模式乃於抽坍區上方新增一東北-西南走向的破碎片岩帶，如圖 4.4-2 所示。

本期(107 年下半年)持續辦理的谷風隧道鄰近區域三維水文地質模式檢討修正工作，針對 106 年 10 月底的抽坍事件，依據施工廠商所提供之「B3 標谷風隧道 SS4 工作面南下線南向 T980～T1058 抽坍報告」顯示，抽坍區地層具有複雜多期褶皺構造，夾雜綠色片岩、黑色片岩及矽質片岩等不同岩性，因劇烈褶皺作用，致使地層產生拉伸或擠壓作用，造成局部地層破碎及剪切錯斷，形成地下水的通路與蓄積。隧道開挖面主要遭遇綠色片岩夾厚度不一的剪裂帶，均為細粒且不易透水的地層材料，因此於隧道開挖時面出水量甚低，但地下水可能棲止蓄積於隧道頂拱上方 5～20 公尺處。隧道開挖後應力的重新調整，使得上方軟弱地層逐漸鬆弛，褶皺裂隙可能產生開口或閉合等不同變化，造成地下水通路改變。同時抽坍前持續約 13 天的降雨影響，地下水壓抬升造成局部支撐構件擠壓破壞，並進一步形成骨牌式多階段抽坍，大量地下水亦隨之湧入隧道內，本期(107 年度)所辦理之谷風隧道鄰近區域三維水文地質模式檢討修正工作，乃以上述抽坍區補充地質調查結果維修正依據，由於本計畫區域地下水資源影響分析係採用等效孔隙介質模式，所劃分的水文地質單元較大，無法完全模擬上述地層多期褶皺構造，因此乃於抽坍區上方新增較高透水性水文地質單元，同時考量抽坍後隧道持續出水，顯示地下含水層應延伸至遠端相當範圍，本期修正後的三維水文地質模型如圖 4.4-3 所示。

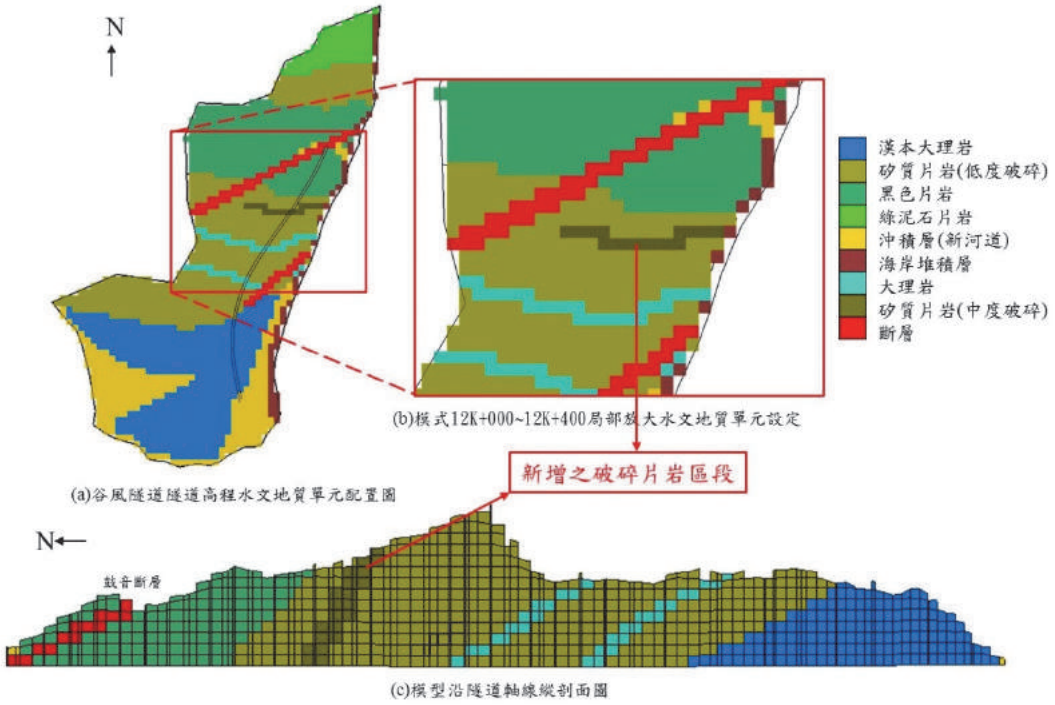


圖 4.4-1 谷風隧道里程 12K+000~12K+400 區段新增水文地質單元示意圖

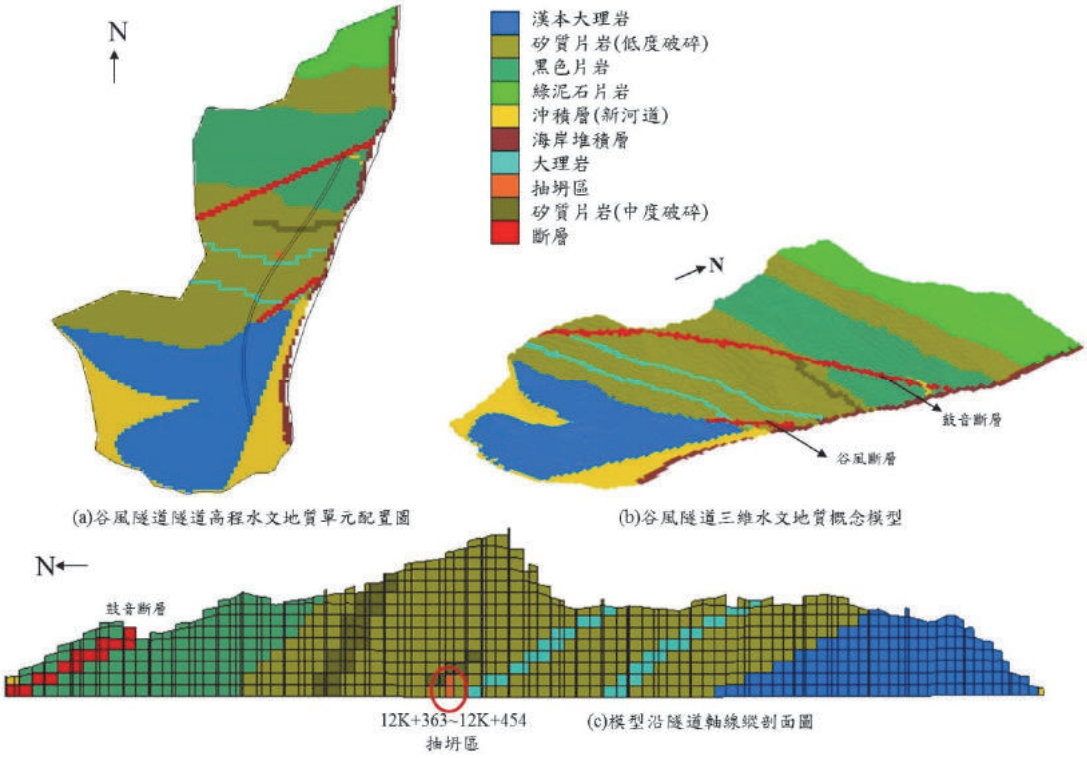


圖 4.4-2 106 年下半年谷風隧道三維水文地質模型

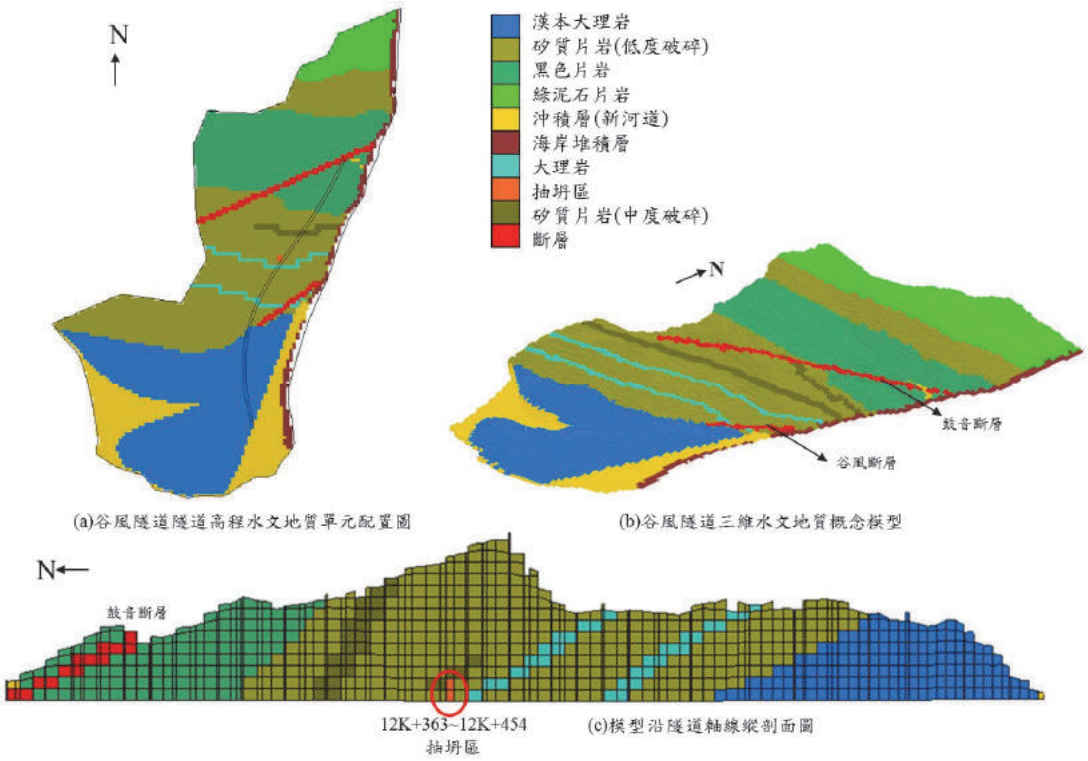


圖 4.4-3 107 年修正後之谷風隧道三維水文地質模型

4.4.2 谷風隧道水文地質分析模式率定分析與驗證

本計畫谷風隧道水文地質參數的率定主要依據隧道開挖地質紀錄、10K+768 施工橫坑出水量、隧道開挖面出水量、橫坑洞口水位觀測井(OW-1)及鄰近水位觀測井(BH-05 及 BH-06)等資料辦理。本階段水文地質參數率定著重於敏感度較高的透水係數，以及次要參數如貯水率、地層孔隙率等。經前述各項資料率定後，本(107)年度模型所採用的地層透水係數與地質構造透水係數彙整如表 4.4-1 所示，參數率定結果及驗證詳述如後。

1. 既有隧道排水量

由於新觀音鐵路隧道位在模式研究區範圍內，對於三維水文地質模式而言，可視為已存在的排水廊道，且有洞口持續排水量資料可供模式參考，故將新觀音鐵路隧道南口排水量視為谷風隧道施工後模式率定依據。107 年 1 月至 12 月之隧道排水量觀測資料及模式率定結果彙整如圖 4.4-4 所示

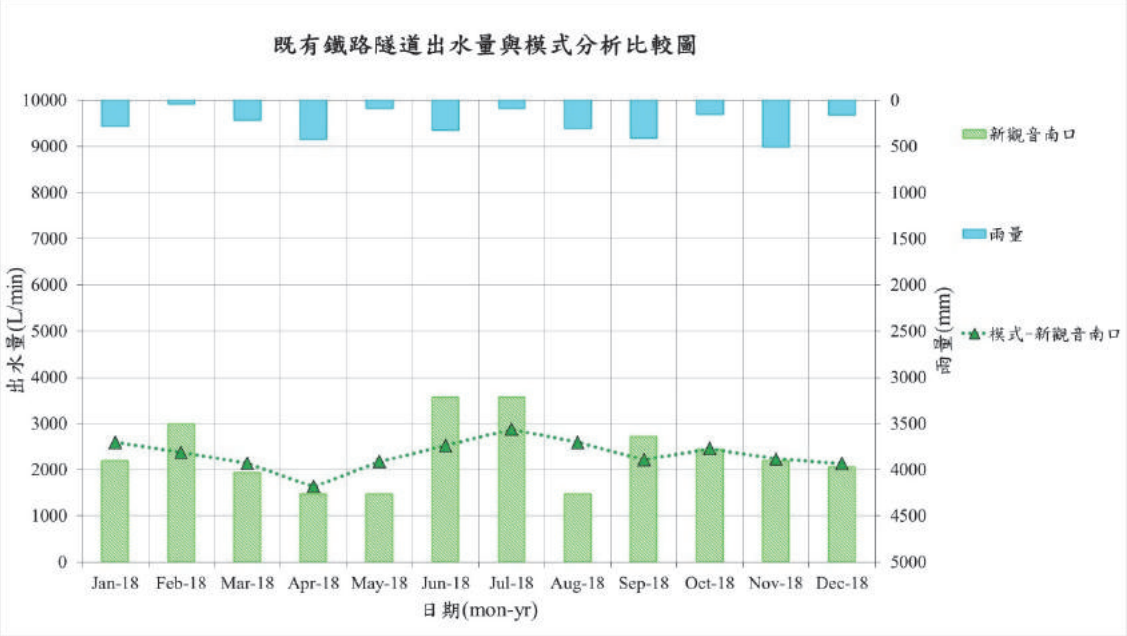


圖 4.4-4 新觀音鐵路隧道南口排水量率定結果圖

表 4.4-1 現階段谷風隧道修正後之水文地質參數值

地層名稱	透水性	前期透水係數 K (m/sec)	本期透水係數 K (m/sec)	比貯水係數 Ss(1/m)
黑色片岩	M	5×10^{-7}~5×10^{-6}	5×10^{-7}~5×10^{-6}	1×10^{-6}
漢本大理岩	M	5×10^{-7}~2.5×10^{-6}	5×10^{-7}~2.5×10^{-6}	5×10^{-6}
綠泥石片岩	M	6×10^{-7}~2.32×10^{-6}	6×10^{-7}~2.32×10^{-6}	1×10^{-6}
低度破碎矽質片岩	M	7×10^{-7}	7×10^{-7}	1×10^{-6}
中度破碎矽質片岩	M	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-5}
大理岩	M	1.2×10^{-6}~1.8×10^{-5}	1.2×10^{-6}~5×10^{-6}	1.2×10^{-6}
12K+363~454 抽坍區	M	5×10^{-6}	3×10^{-6}~5×10^{-6}	5×10^{-6}
鼓音斷層	M~H	1×10^{-6}~1×10^{-5}	1×10^{-6}~1×10^{-5}	1×10^{-5}
谷風斷層	M~H	5×10^{-6}~1×10^{-5}	5×10^{-6}~1×10^{-5}	1×10^{-5}
海岸堆積層	H	3×10^{-5}~3×10^{-4}	3×10^{-5}~3×10^{-4}	1×10^{-4}
沖積層 (新河道)	H	5×10^{-5}~5×10^{-4}	5×10^{-5}~5×10^{-4}	1×10^{-4}

符號說明：H 代表高透水性，指透水係數量級介於 10^{-5}~10^{-4}(m/sec)； M 代表中透水性，指透水係數量級介於 10^{-7}~10^{-6}(m/sec)； L 代表低透水性，指透水係數量級介於 10^{-9}~10^{-8}(m/sec)。

2. 地質開挖紀錄

由於谷風隧道已於 105 年 11 月全線貫通，故本階段(106 年 7 月至 12 月)無隧道開挖地質紀錄檢視與相對應得參數率定工作。

3. 水位觀測井

依據新增水位觀測井資料及 10K+768 橫坑洞口的觀測井，其中 BH-05、BH-06 及 OW-01 等水位觀測井乃位在谷風隧道研究區範圍內，因此將此些水位井觀測資料納入模式率定使用，率定結果如圖 4.4-5 所示。結果顯示各水位觀測井所在位置之地下水位與模式分析結果相近，誤差約在 ±5 m 內，顯示所建立之水文地質概念模型具有相當程度之代表性與準確度。

因 106 年 10 月所發生的抽坍區位置與本計畫 BH-05 水位觀測井最為接近，因此蒐集 106 年 8 月至 107 年 12 月的 BH-05 水位觀測井資料與相對應之觀音海岸雨量站降雨資料進行繪圖，結果如圖 4.4-6 所示。結果顯示該水位井的水位與持續降雨量呈現正相關的關係，短期的強降雨則影響有限。由圖中可見，抽坍前的持續降雨導致該井地下水位明顯抬升，BH-05 係位在區域地下水流向的下游側(與抽坍區相對位置如圖 4.4-7 所示)，研判抽坍區地下水位抬升應高於 BH-05 水位井，抽坍區隧道頂拱在抽坍前可能承受相當程度的水壓，推估應為抽坍發生的外力之一。然而近期由於季節性降雨量增加，使得 BH-05 水位有回升趨勢，此水位的回升除可能受隧道抽坍出水量減少影響外，區域的降雨補注量增加也可能對抽坍區的地下水位有一定程度的影響。

4. 隧道開挖出水量

谷風隧道已全線開挖貫通，無開挖面出水量觀測資料，因此本期未辦理隧道開挖出水量評估工作。

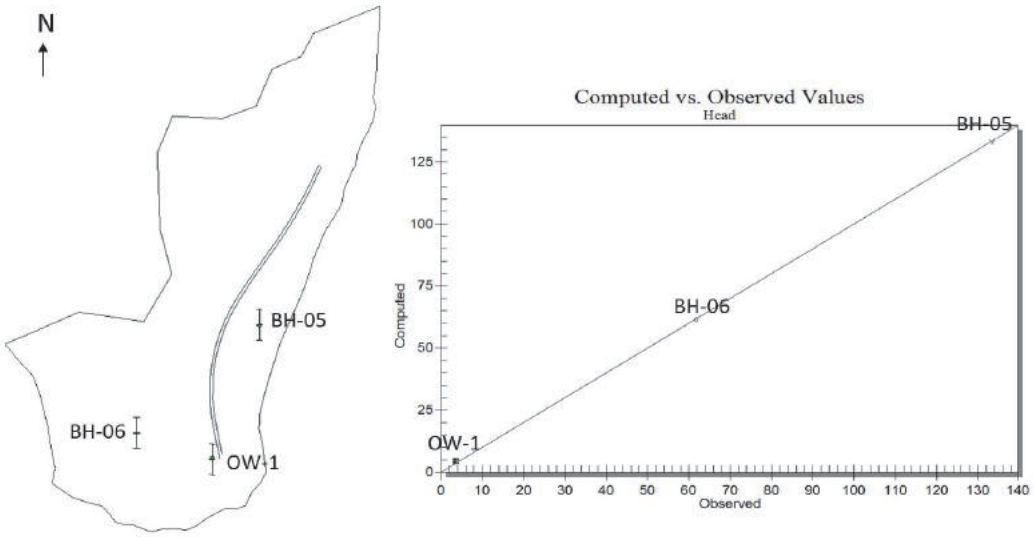


圖 4.4-5 谷風隧道概念模型修正後率定之地下水位成果圖

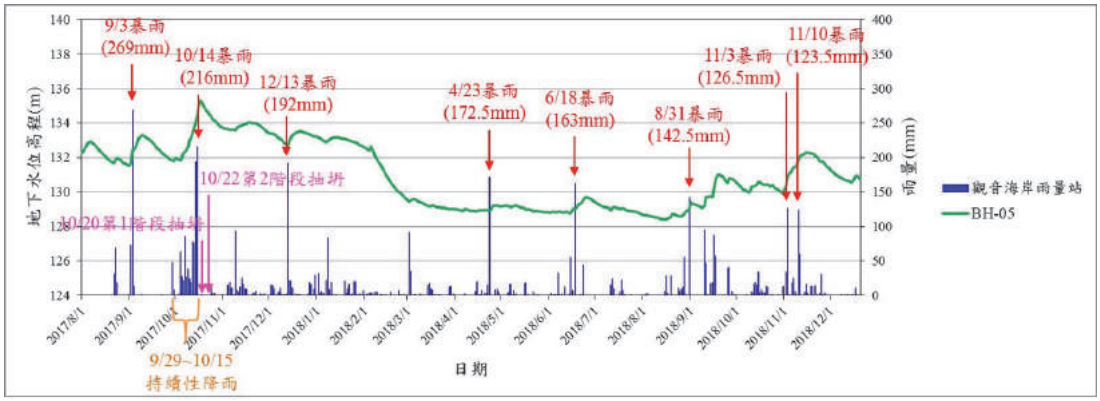


圖 4.4-6 谷風隧道鄰近地下水位觀測井與降雨量比較圖

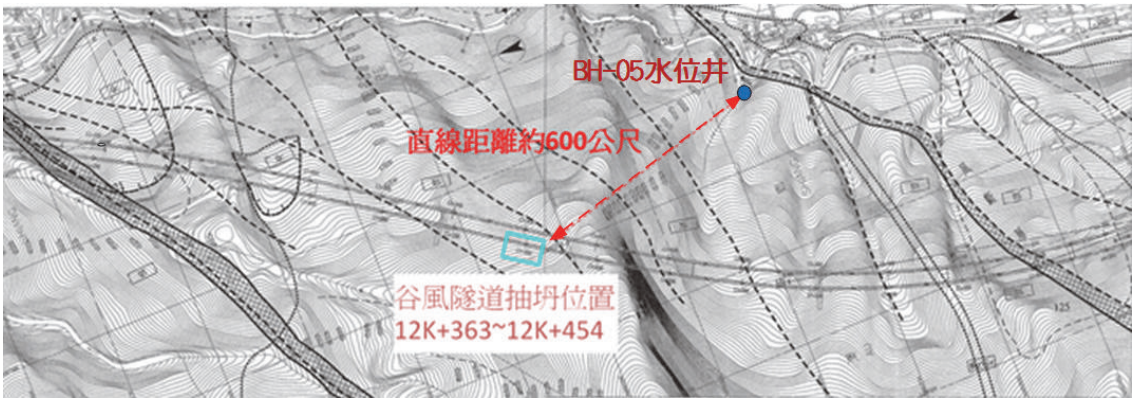


圖 4.4-7 谷風隧道抽坍區與 BH-05 水位井相對位置關係圖

4.4.3 谷風隧道鄰近區域水資源環境影響評估

1. 隧道施工前地下水文環境

依據前述隧道三維水文地質模型檢討修正與參數率定結果，谷風隧道鄰近區域三維水文地質模型的三維有限差分網格及地表數值地形如圖 4.4-8 所示。圖 4.4-9 則為模式模擬所得隧道施工前的初始地下水流場，分析結果可見地下水高程由西側的高山向東側的海岸逐漸下降，依據位置不同，位於隧道上方的地下水位高度範圍約為 200 至 450 公尺。

2. 現階段水資源環境影響評估

為瞭解隧道開挖通過不同地層或地質構造時的地下水流場短期變化，並進一步評估隧道開挖可能造成的出水量，本計畫乃採用水文地質概念模式的地下水暫態分析進行分析。圖 4.4-10 為現階段地下水總水頭與流場分布情形，結果顯示在靠近抽坍區地下水總水頭及區域地下水流場略有改變，圖 4.4-11 為上期(107 年上半年)的隧道鄰近區域地下水位洩降情形分析結果，圖 4.4-12 則為本期(107 年下半年)的鄰近區域地下水位洩降分析結果，結果顯示現階段最大洩降深度約 5.36 公尺，洩降區域主要集中於南下線抽坍區附近，本期區域洩降量較上期略有減少，研判除隧道抽坍後之修復工程已降低隧道出水量的影響外，季節性的降雨補注量增加亦為可能影響因素，BH-05 水位井的觀測資料(圖 4.4-6)亦顯示水位有上升的情形。本計畫將持續蒐集現場出水量觀測值及地下水位井資料，進行本計畫水文地質模型必要的調整修正，以及鄰近地下水資源影響評估分析評估工作。

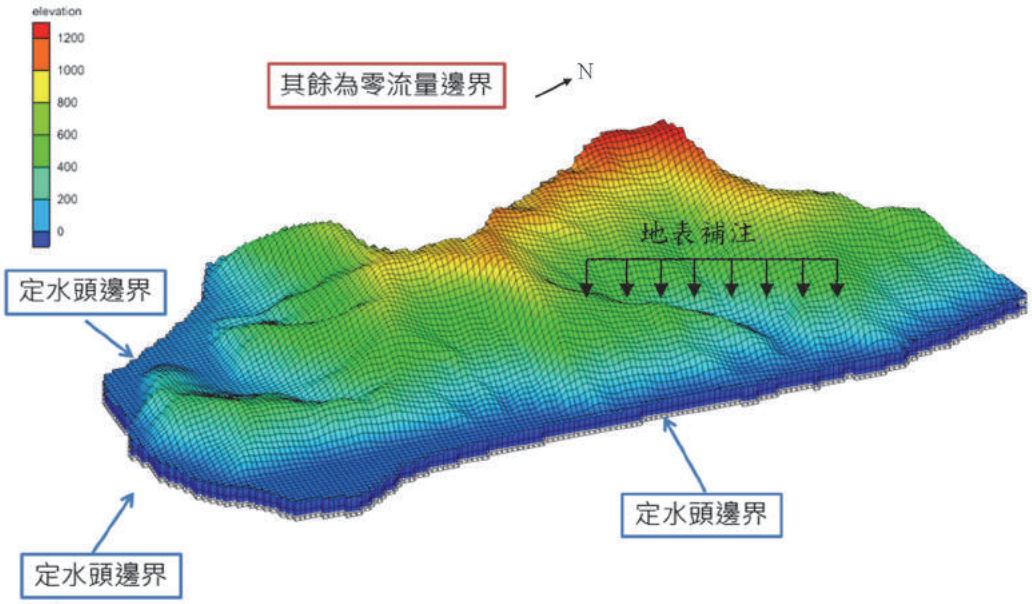
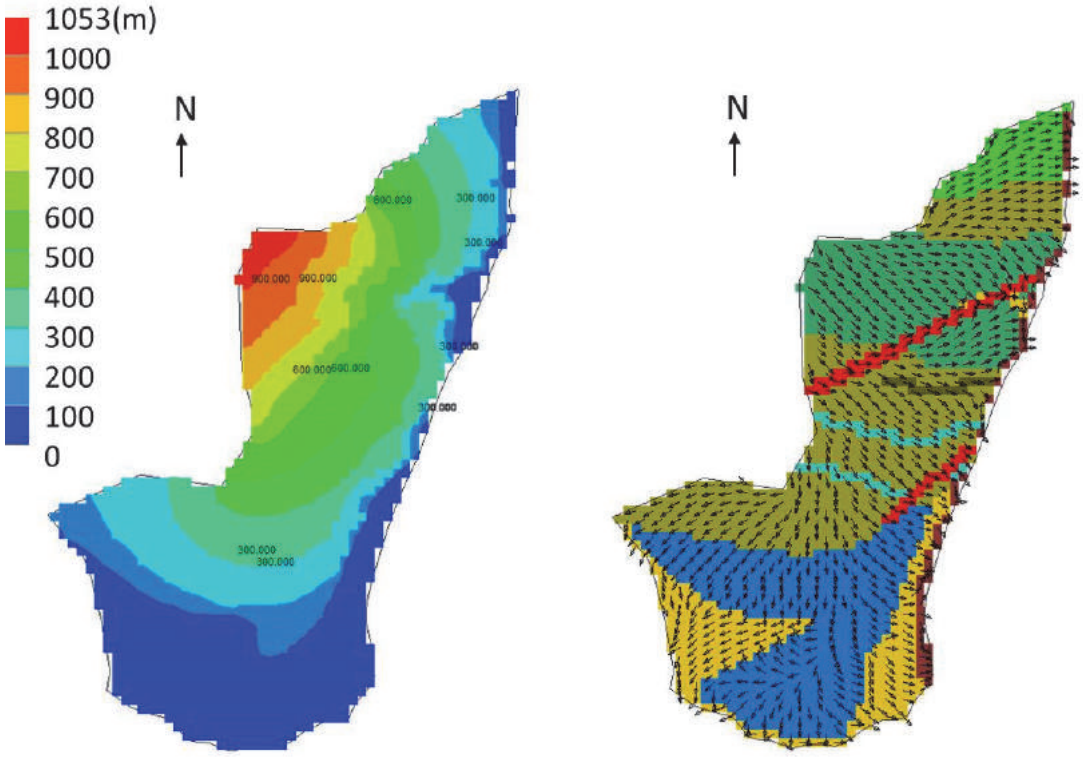
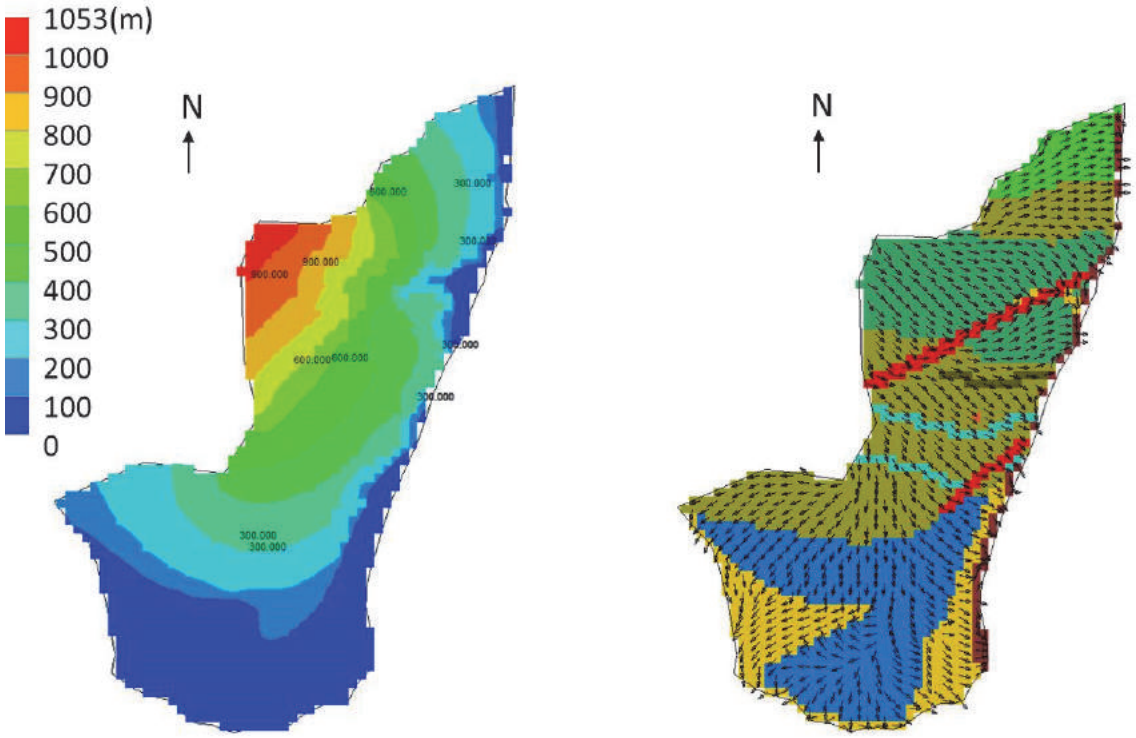


圖 4.4-8 三維有限差分網格及地表數值地形



(a)總水頭分布情形 (單位:公尺) (b)地下水流況(隧道高程之橫斷面)

圖 4.4-9 谷風隧道開挖前之地下水總水頭與流場分布



(a)總水頭分布情形 (單位:公尺)　(b)地下水流況(隧道高程之橫斷面)

圖 4.4-10 谷風隧道現階段之地下水總水頭與流場分布

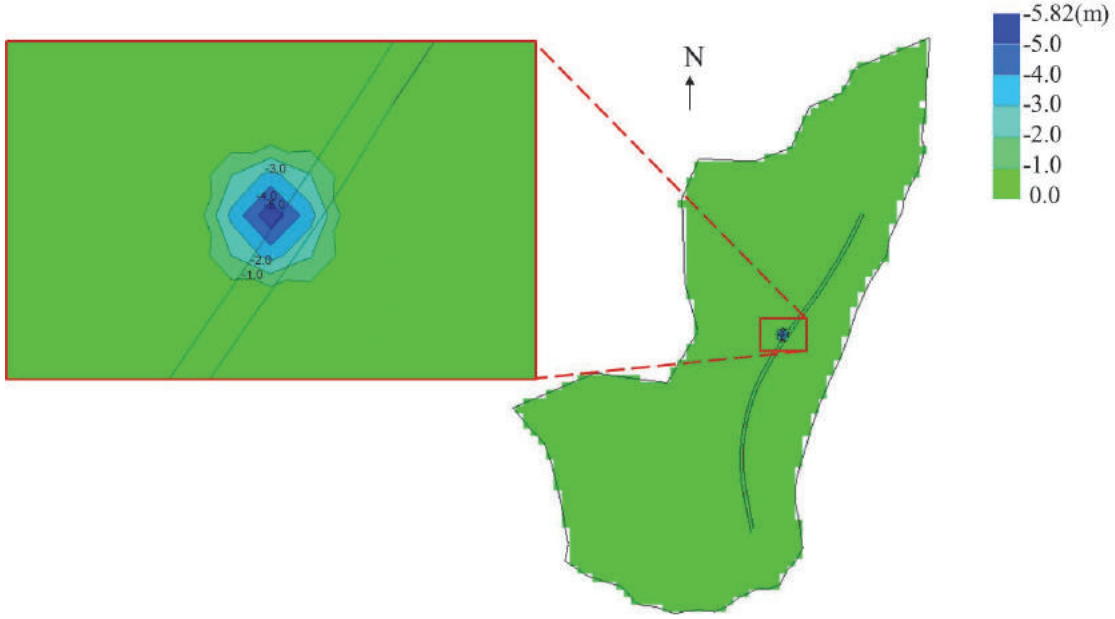


圖 4.4-11 谷風隧道前階段(107 年 6 月)之地下水位洩降分布情形(單位:公尺)

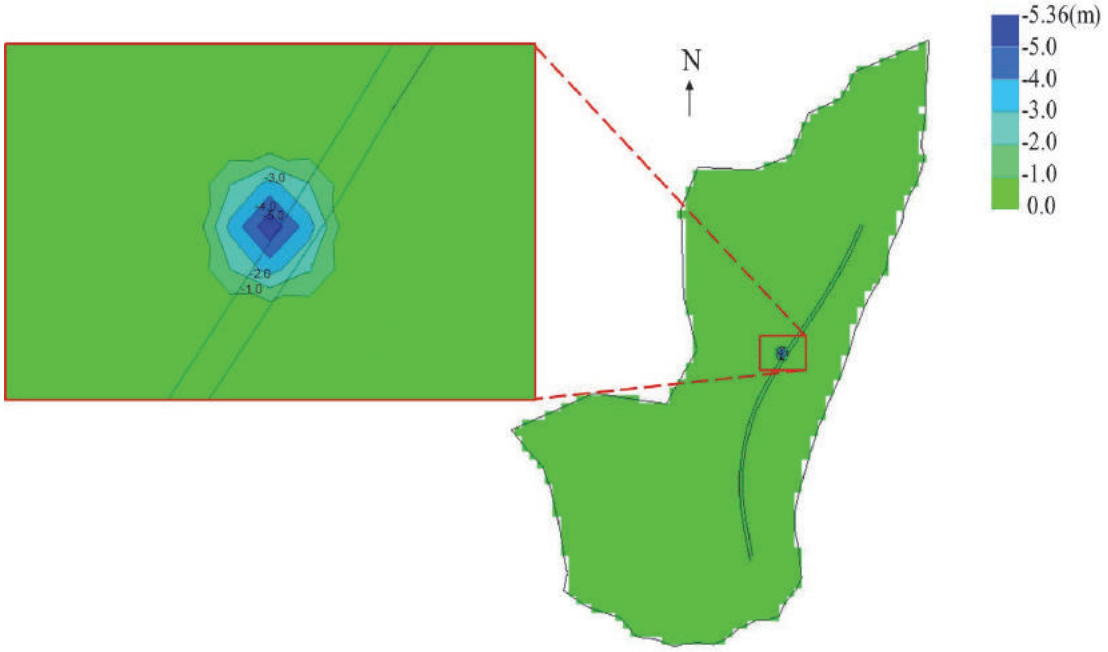


圖 4.4-12 谷風隧道現階段(107 年 12 月)之地下水位洩降分布情形(單位:公尺)

4.4.4 谷風隧道水文地質模式分析小結

本計畫透過谷風隧道開挖地質紀錄、隧道出水量及鄰近水位井觀測資料，逐步率定及驗證三維水文地質概念模式之準確度與正確性。為瞭解隧道施工對區域水資源之影響，乃採用等效孔隙介質模式，因所劃分之水文地質單元較大，網格單元之水力參數係採等效平均值，因此可能無法完全反應局部地區小規模之出水行為，惟整體分析結果仍與實際觀測值大體相符，顯示現階段模式可反應場情形。

隧道開挖可能造成鄰近區域水力梯度改變，並引致地下水流場變化，谷風隧道於 105 年 11 月全線貫通，隧道開挖階段並未造成鄰近區域地下水位明顯洩降，而貫通後持續進行仰拱降挖及襯砌施作等作業，隧道出水量亦極微。惟 106 年 10 月底所發生之抽坍事件，抽坍區持續

出水，本期分析結果(圖 4.4-12)顯示現階段隧道地下水位洩降主要仍發生在南下線里程 12K+363~12K+454 之抽坍段附近，最大洩降深度約 5.36 公尺，洩降量較上期減少主要可能應為季節性降雨補注量增加，使得區域地下水位回升導致，同時隧道出水量較抽坍發生初期明顯減少，亦使洩降範圍略有縮小，現階段研究區整體地下水位及流場尚無極顯著變化。由抽坍區鄰近地下水位觀測井(BH-05)之水位變化顯示，目前該井地下水位主要仍受降雨量影響，抽坍發生後地下水位未有明顯持續下降情形，而近期由於降雨量增加，地下水位有上升情況(如圖 4.4-6)，研判抽坍影響範圍現階段仍主要侷限在抽坍區附近，後續將持續配合現場狀況與抽坍區地質調查工作、隧道出水量與鄰近地下水位井觀測資料，修正分析模式及分析隧道鄰近區域地下水資源可能變化情形。

4.5 中仁隧道三維水文地質模式檢討修正與分析評估

中仁隧道於 102 年 7 月開挖進洞，隨著開挖工作之持續推展，本計畫持續蒐集現場開挖面地質資料、開挖出水量與水位井水位監測資料等數據，同時亦持續辦理本計畫自記式觀測儀器的資料讀取下載作業，以瞭解施工期間的水文地質變化情形。本階段乃利用隧道施工所揭露的資料，進行中仁隧道鄰近區域三維水文地質模式的率定與檢討修正工作，以建立符合現地狀況的三維水文地質概念模式。中仁隧道北上線及南下線分別於 107 年 5 月 6 日與 5 月 25 日貫通，本(107)年隧道鄰近區域三維水文地質模式的檢討修正結果分述如下：

4.5.1 中仁隧道水文地質概念模型檢討修正

101 年蘇拉颱風在花蓮地區之降雨量達每小時 130mm，導致位在中仁隧道北洞口附近之和中聚落發生嚴重土石流，為避開土石流影響區域，因此中仁隧道北段乃進行路線調整，變更後隧道北段約有數百公尺長將通過崖錐堆積區及和中野溪下方，且長度由原先之 3.9 公里增加為 4.8 公里左右。

中仁隧道三維水文地質模式因隧道長度增加，導致所經過的區域範圍擴大，由於三維水文地質模式的邊界不宜距離隧道路線過近，以免邊界條件影響分析結果，故本計畫於 103 年 8 月重新檢討中仁隧道的研究區範圍，進一步重新建立其三維水文地質模式，結果如圖 4.5-1 及圖 4.5-2。茲摘錄說明如下：

1. 103 年下半年度依據: (1)隧道改線後，往山側延伸，因此研究範圍針對模型南側沿著水系延伸模型邊界至水系分支，而模型西側則隨著左側的山脊稜線延伸邊界線並與南側的水系銜接；(2)原設計階段模型數值網格為 42 萬個等間距佈置，修改後模型共劃分約 280 萬個網格，為依等比例由隧道大小及建置處漸變佈置，網格厚度則視各水

文地質單元的三維空間分布而有差異。

2. 103 年下半年模型重新檢討後，水文地質單元分布調整分述如下：(1)將岩性交界的潛在高透水性區段視為一單獨的水文地質單元，並給予較高的滲透係數；(2)於模型北側增加滲透係數較高的和中斷層；(3)參考既有文獻資料，將模型北段的大理岩及片麻岩修正為大理岩破碎段及片麻岩破碎段，使水文地質單元分布及分層更符合實際狀況；(4)依據隧道開挖地質紀錄顯示，103 年下半年模型所設置的水文地質單元分布與實際地層相似。

3. 104 年上半年中仁隧道處於停工階段，因此並無相關隧道開挖地質紀錄，僅參考鄰近地下水位井、河川流量站、雨量站及鄰近鐵路隧道洞口量水堰持續取得的水文觀測資料辦理模型檢討修正。中仁隧道南口與北口分別於 104 年 6 月下旬與 7 月下旬恢復隧道施工，因此透過現場開挖的地質紀錄、鄰近地下水位井、河川流量站、雨量站及鄰近鐵路隧道洞口量水堰辦理 104 年下半年的模型檢討修正。

4. 104 年下半年中仁隧道恢復施工，根據隧道開挖地質記錄顯示，模型主要修正部分為：(1)北口北上線於里程 0K+815~0K+829 進入溪底過河段，隧道開挖遭遇崩積層及河川沖積層，此與原模型高透水性崩積地質單元設定大致相同；(2)北口南下線以里程 0K+580 為起點，分為北向(SN6)與南向(SS4)兩個工作面。北向於里程 0K+574~0K+523 開挖遭遇片麻岩，而南向於里程 0K+588~0K+716 間亦為片麻岩，與模式原設定相同；(3)南口北上線於里程 4K+095~4K+078 遭遇片麻岩夾大理岩層岩性交界帶，而里程 4K+078~4K+056 附近進入大理岩層段，與原模式片麻岩和大理岩岩性交界帶地質單元位置略有差異，乃進行微調。(4)南口南下線岩性於里程 4K+218~4K+206 區段遭遇與南口北上線相同的片麻岩與大理岩交界帶，並於里程 4K+206~4K+164 進入大理岩層段，與原模

式設定略有差異，故將模型進行微調。

5. 105 年上半年根據隧道開挖地質記錄顯示，模型主要修正部分為：(1)北口北上線里程 0K+815~1K+008 區段為溪底過河段，過河段開挖面岩性主要為崩積層及河川沖積層，此與原模型高透水性崩積地質單元設定相近，僅微調其單元分布位置；(2)南口北上線開挖至里程 4K+014~3K+519 處，主要遭遇大理岩，其中於里程 3K+880~3K+849 遭遇小區域綠色片岩層段，並在里程 3K+849~3K+840 遭遇綠色片岩與大理岩岩性交界帶，里程 3K+840 後則進入大理岩層段，此段與原模式大理岩地質單元設定略有差異，因此調整其單元分布位置；(3)南口南下線開挖進度為里程 4K+124~3K+630，主要遭遇大理岩，其中於里程 3K+928~3K+868 遭遇與南口北上線相同的小區域綠色片岩層段，並在里程 3K+868~3K+856 遭遇綠色片岩與大理岩岩性交界帶，里程 3K+856 後則進入大理岩層段，此段與原模式大理岩地質單元設定位置略有差異，故調整其單元分布位置。上述修正後之三維水文地質模型如圖 4.5-3 所示。

6. 105 年下半年根據隧道開挖地質記錄顯示，模型主要修正部分為：(1)北口北上線(NS3)里程 1K+079~1K+409 岩性主要為片麻岩，偶有石英脈夾雜，與原模型低透水性片麻岩地質單元略有不同，因此微調片麻岩水文地質單元參數。另北口北上線於民國 105 年 7 月 19 日新增洞口段開挖面(NS7)，並於民國 105 年 11 月 7 日與 NS3 連接貫通，開挖期間主要遭遇片麻岩，與原模型設定相同；(2)北口南下線於里程 0K+580 經由 1 號聯絡道交叉段南北向分別開挖，北向(SN6)於民國 105 年 7 月 14 日貫通出洞，此段開挖遭遇節理發達片麻岩，此與原模型水文地質單元設定相同。南向(SS4)於里程 1K+089~1K+369 遭遇與北口北上線相同的岩體破碎程度不一的片麻岩段，與原模型低透水性片麻岩地質單元設定略有不同，因此調整區段內單元水文

地質參數設定；(3)南口北上線(NN1)開挖至里程 3K+519~3K+470，主要遭遇大理岩，於里程 3K+470~3K+206 遭遇區域矽質片岩層段，此段與原模式大理岩地質單元設定略有差異，因此調整其單元分布位置；(4)南口南下線(SN2)開挖至里程 3K+628~3K+306，主要遭遇大理岩，其中於里程 3K+558~3K+489 遭遇與南口北上線相同的矽質片岩層段，此段與原模式大理岩地質單元設定位置略有差異，故調整其單元分布位置。上述修正後的三維水文地質模型如圖 4.5-4 所示。

7. 106 年上半年根據隧道開挖地質記錄顯示，模型主要修正部分為：(1)北口北上線(NS3)里程 1K+451~1K+483 岩性主要為片麻岩，1K+483~1K+499 為片麻岩和矽質片岩岩性交界帶，1K+499~1K+802 為矽質片岩，偶夾綠色片岩；(2)北口南下線(SS4)里程 1K+405~1K+465 為片麻岩段，里程 1K+465~1K+468 為片麻岩及矽質片岩交界，里程 1K+468~1K+701 為矽質片岩，偶夾綠色片岩；(3)南口北上線(NN1)里程 3K+164~2K+843 主要遭遇矽質片岩偶夾綠色片岩；(4)南口南下線(SN2)里程 3K+260~2K+919 主要遭遇與北上線相同的矽質片岩。

8. 106 年下半年中仁隧道根據隧道開挖地質記錄顯示，模型主要修正部分為：(1)北口北上線(NS3)里程 1K+842~2K+093 岩性主要為矽質片岩偶夾綠色片岩或片麻岩，2K+093~2K+181 為片麻岩；(2)北口南下線(SS4)里程 1K+745~1K+985 為矽質片岩偶夾綠色片岩或片麻岩，里程 1K+985~2K+100 為片麻岩；(3)南口北上線(NN1)里程 2K+819~2K+670 主要遭遇矽質片岩偶夾大理岩或片麻岩，里程 2K+670~2K+586 則主要為片麻岩；(4)南口南下線(SN2)里程 2K+881~2K+705 主要為矽質片岩偶夾片麻岩，里程 2K+705~2K+597 主要為片麻岩。

9. 107 年上半年度中仁隧道鄰近區域三維水文地質模式檢討修正工作，係以上述修正後的模型為基底，進一步參考 107 年 1~5 月隧道開挖所揭露的水文地質資料進行檢討修正，模型主要修正部分為：(1) 北口北上線(NS3)里程 2K+204~2K+413 岩性主要為片麻岩，北口南下線(SS4)里程 2K+126~2K+361 為片麻岩；(2) 南口北上線(NN1)里程 2K+564~2K+413 岩性主要為片麻岩，南口南下線(SN2)里程 2K+575~2K+361 岩性主要為片麻岩。

本期(107 年度)所辦理的中仁隧道鄰近區域三維水文地質模式檢討修正工作，由於隧道北上線及南下線已於 107 年 5 月 6 日與 5 月 25 日開挖貫通，隧道開挖所揭露水文地質資料均已納入模式檢討修正，目前模式已大致掌握隧道沿線的岩性分布與水文地質特性，107 年下半年並未對模式進行調整修正，主要依據隧道近期出水量、鄰近鐵路隧道洞口排水量、地下水位變化及計畫區降雨量等資料進行模式分析評估，以探討隧道鄰近區域地下水資源變化情形。

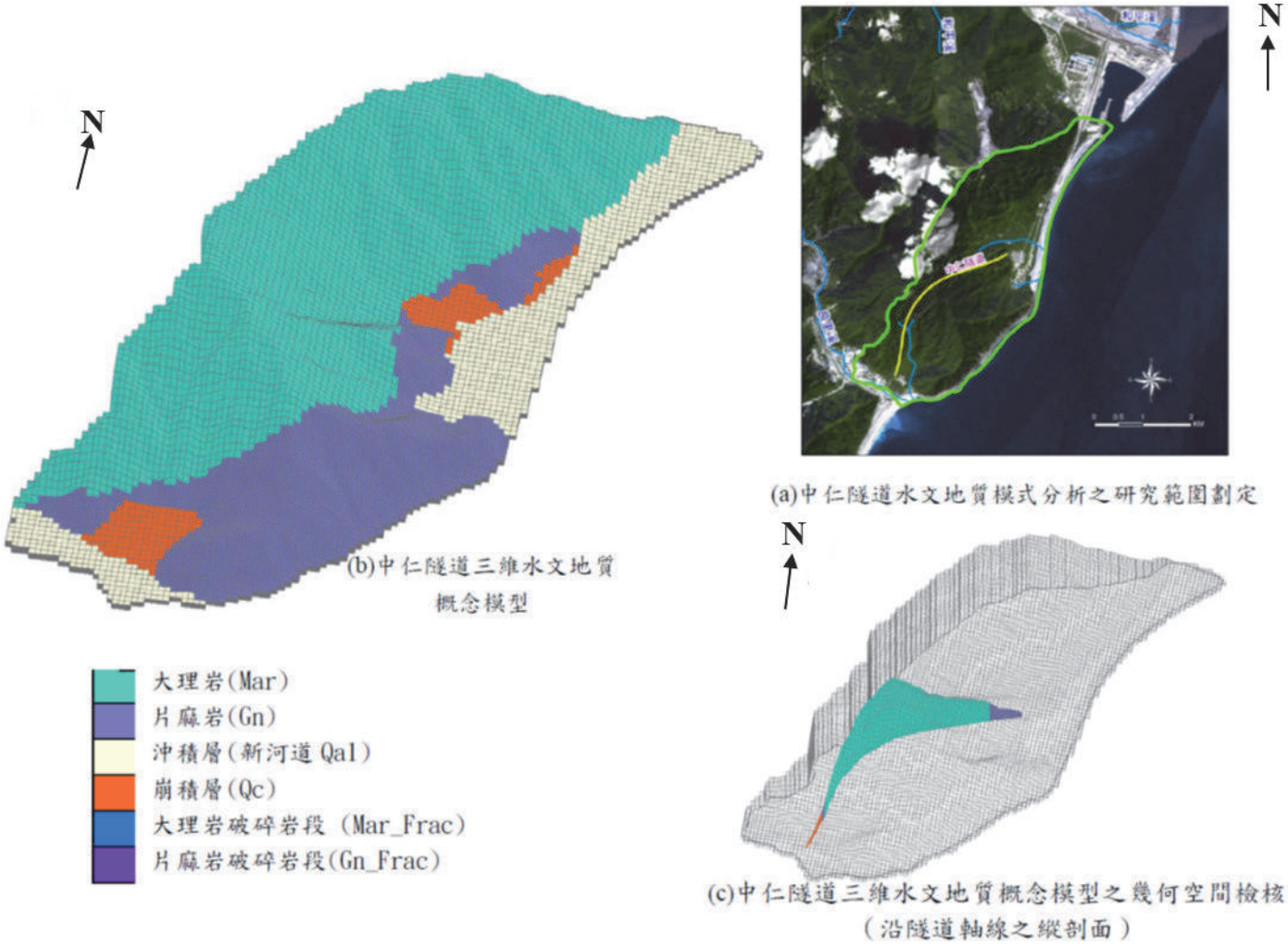


圖 4.5-1 原設計階段之中仁隧道三維水文地質模型

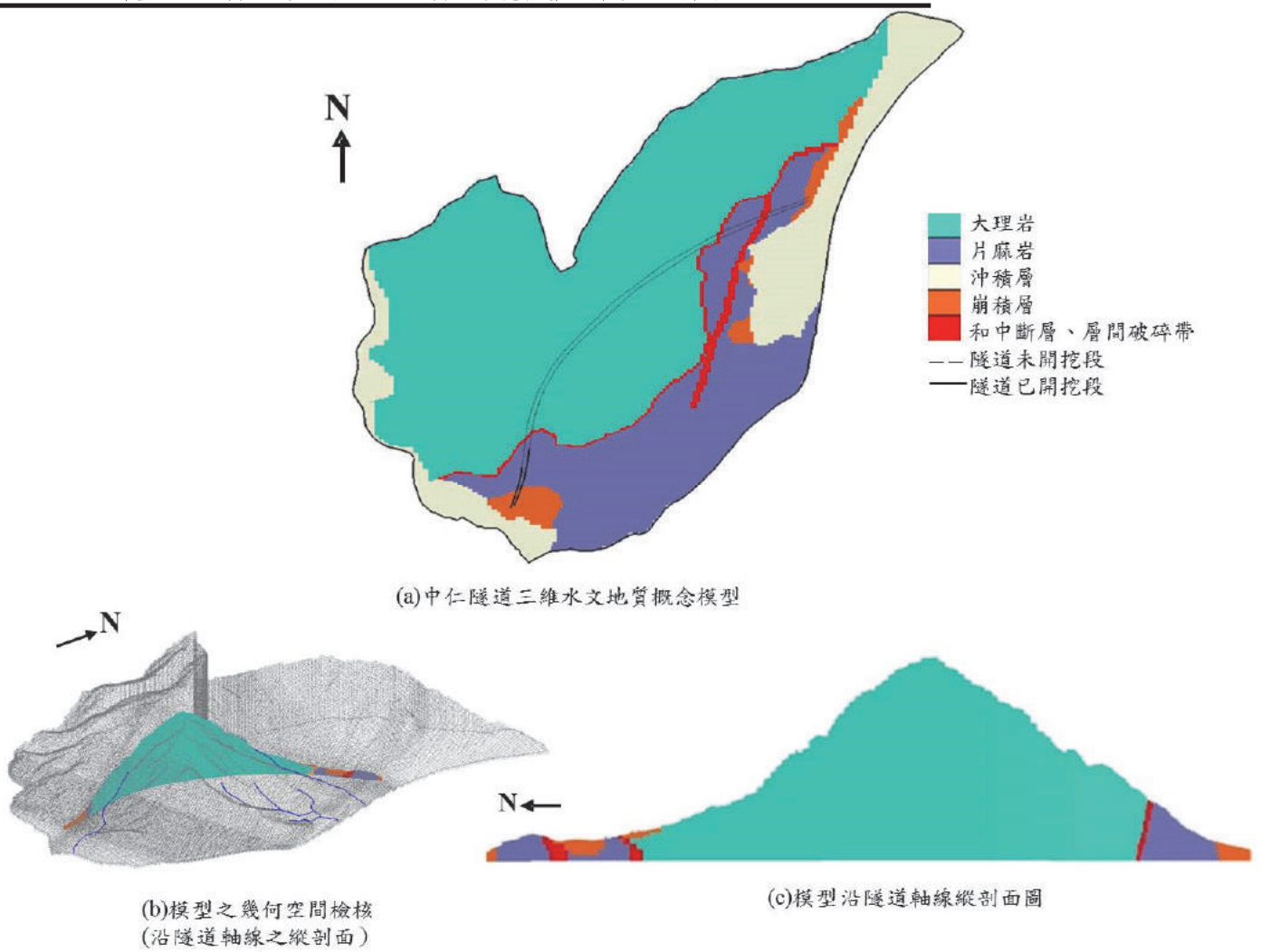


圖 4.5-2 103 年下半年之中仁隧道三維水文地質模型

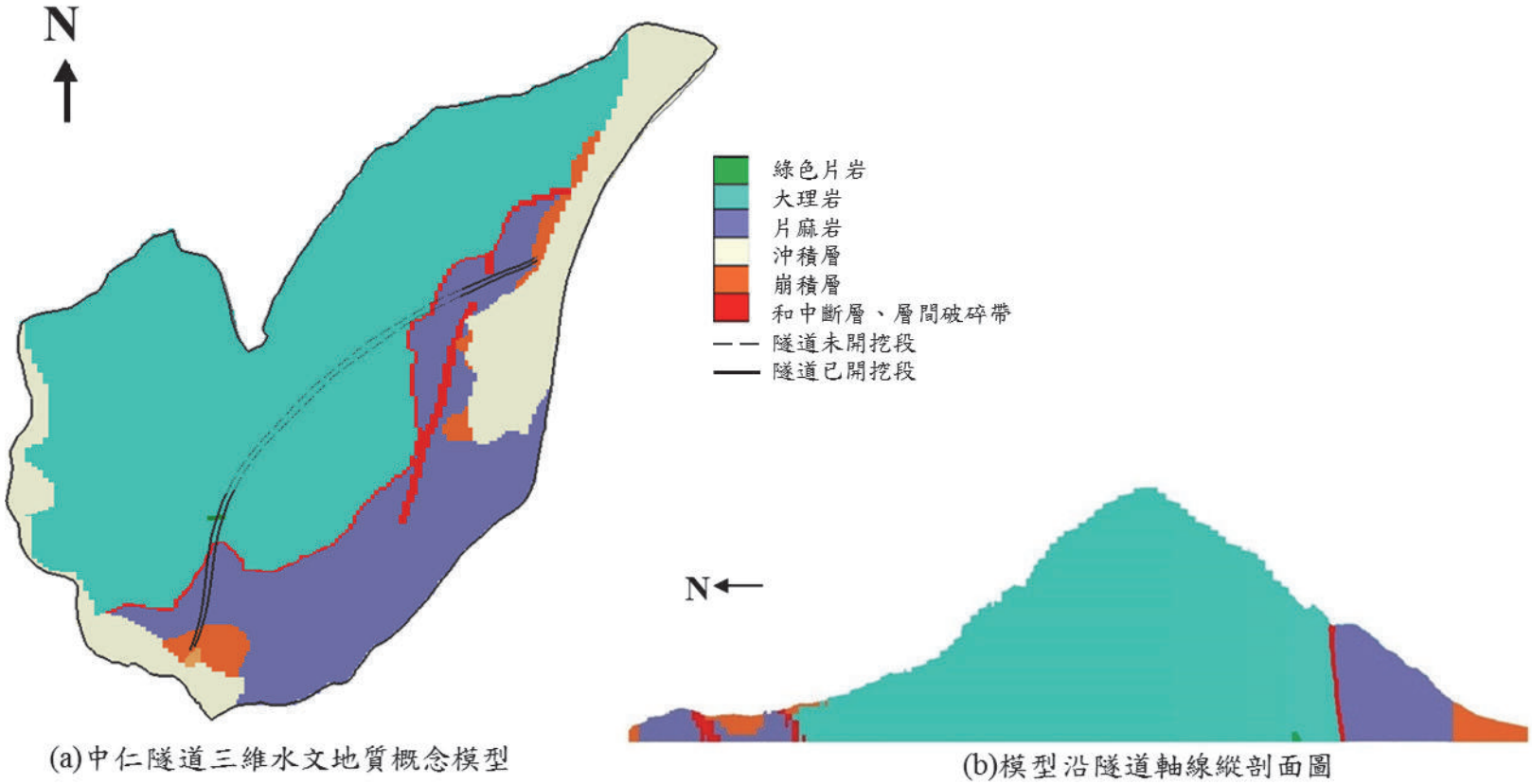
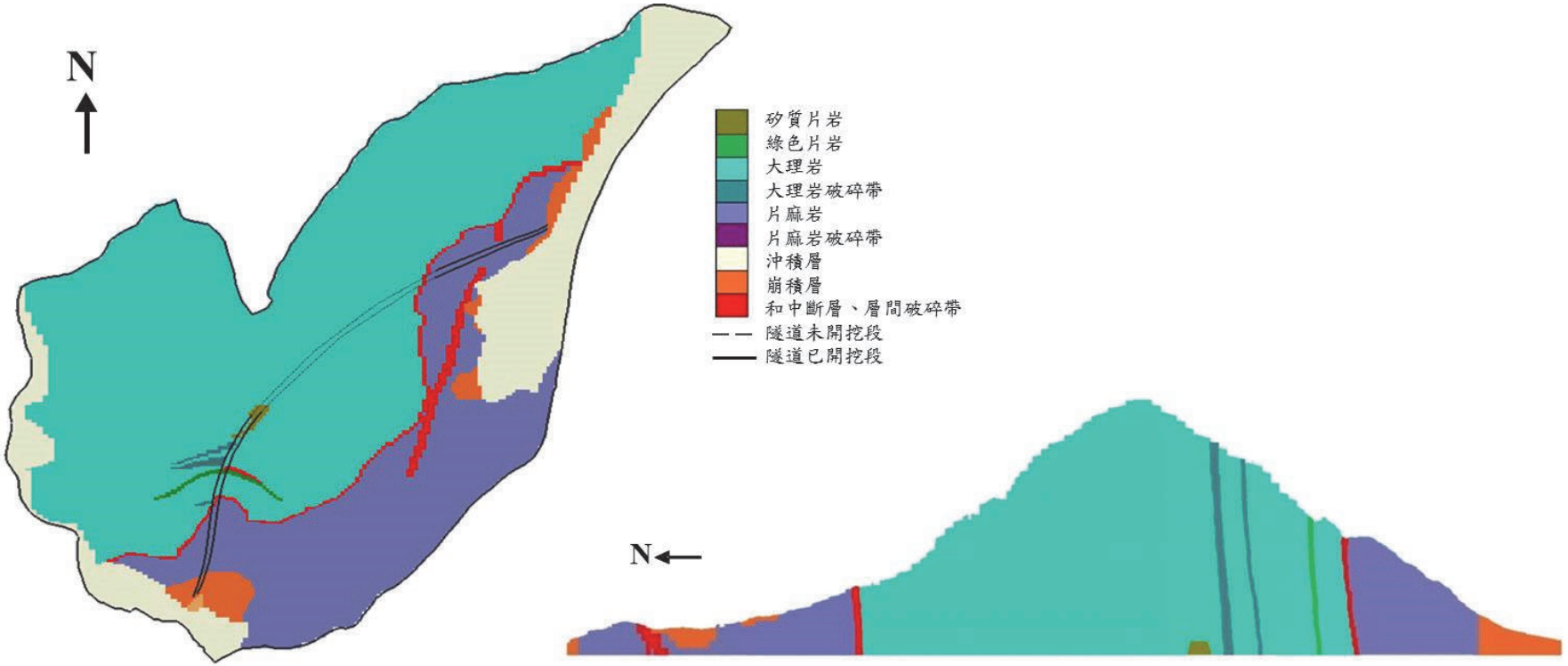


圖 4.5-3 105 年上半年之中仁隧道三維水文地質模型



(a) 中仁隧道三維水文地質概念模型　　(b) 模型沿隧道軸線縱剖面圖

圖 4.5-4 105 年下半年之中仁隧道三維水文地質模型

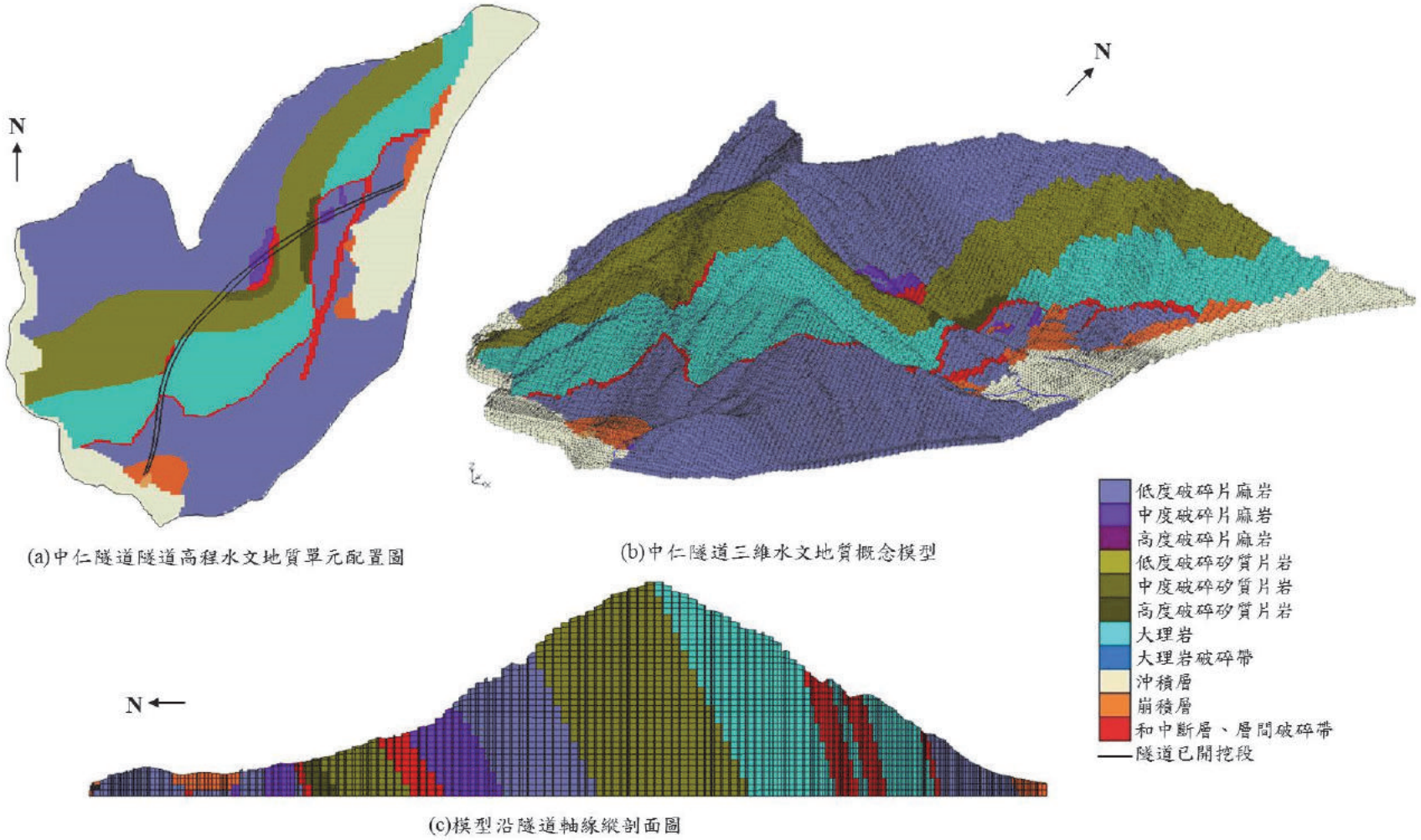


圖 4.5-5 107 年上半年之中仁隧道三維水文地質模型

4.5.2 中仁隧道水文地質分析模式率定分析與驗證

中仁隧道水文地質參數的率定主要依據鄰近既有鐵路隧道排水量觀測值、已完成的現地試驗資料、隧道開挖地質紀錄、隧道洞口量水堰水量、地下水位觀測井及鄰近區域雨量站資料辦理。現階段水文地質參數率定著重於敏感度較高的透水係數，以及次要參數如貯水率、地層孔隙率等。經前述各項資料率定後，本階段模型所採用的地層透水係數與地質構造透水係數修正結果彙整如表 4.5-1 所示，參數率定結果及驗證詳述如後。

1. 既有隧道排水量

由於新和平鐵路隧道位在模式研究區範圍內，對於中仁隧道鄰近區域之三維水文地質模式而言，可視為已存在之排水廊道，且持續有洞口量水資料可供參考，故可將新和平鐵路隧道視為中仁隧道施工後模式率定依據，107 年 1 至 12 月量測排水量資料及模式率定的新和平鐵路隧道排水量值如圖 4.5-6 所示。

圖 4.5-6 新和平鐵路隧道排水量率定結果圖

表 4.5-1 中仁隧道計畫區域地層與構造之透水性質彙整表

地層名稱	透水性	前期透水係數 K (m/sec)	本期透水係數 K (m/sec)	比貯水係數 Ss(1/m)
大理岩	L	1×10^{-8}	1×10^{-8}	1×10^{-6}
低度破碎矽質片岩	L	1×10^{-8}~5×10^{-8}	1×10^{-8}~5×10^{-8}	1×10^{-6}
低度破碎片麻岩	L~M	3×10^{-8}~1×10^{-7}	3×10^{-8}~1×10^{-7}	1×10^{-6}
中度破碎矽質片岩	L~M	5×10^{-8}~5×10^{-7}	5×10^{-8}~5×10^{-7}	1×10^{-6}
中度破碎片麻岩	M	1×10^{-7}~5×10^{-7}	1×10^{-7}~5×10^{-7}	1×10^{-6}
層間破碎帶	M	1×10^{-7}~1×10^{-6}	1×10^{-7}~1×10^{-6}	1×10^{-5}
崩積層	M	2×10^{-7}~5×10^{-6}	2×10^{-7}~5×10^{-6}	1×10^{-5}
高度破碎矽質片岩	M	5×10^{-7}~1×10^{-6}	5×10^{-7}~1×10^{-6}	1×10^{-5}
高度破碎片麻岩	M	5×10^{-7}~1×10^{-6}	5×10^{-7}~1×10^{-6}	1×10^{-5}
大理岩破碎帶	M	5×10^{-7}~5×10^{-6}	5×10^{-7}~5×10^{-6}	1×10^{-5}
崖錐堆積層	M	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-5}
和中斷層	M	1×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-5}
沖積層	M~H	8×10^{-6}~1.5×10^{-4}	8×10^{-6}~1.5×10^{-4}	1×10^{-4}

符號說明：H 代表高透水性，指透水係數量級介於 10^{-5}~10^{-4}(m/sec)； M 代表中透水性，指透水係數量級介於 10^{-7}~10^{-6}(m/sec)； L 代表低透水性，指透水係數量級介於 10^{-9}~10^{-8}(m/sec)。

2. 地質開挖紀錄

由於中仁隧道已於 107 年 5 月全線貫通，故本階段(107 年 7 月至 12 月)無隧道開挖地質紀錄檢視與相對應之參數率定工作。

3. 水位觀測井

依據報告 3.5.2 節及 3.5.3 節的現有水位觀測井及新增水位觀測井資料，其中 PB-6、PB-7、BH-07、BT-03 等水位觀測井係位在中仁隧道研究區範圍內，因此將此 4 座水位井觀測資料納入模式率定參考，率

定結果如圖4.5-7所示，結果顯示隨著隧道開挖前進的各暫態分析階段，各地下水位觀測井所在位置的實際水位與模式分析結果相近，誤差約在 ±5 m 內，顯示所建立的水文地質概念模型具有相當程度的代表性與準確度。

4. 隧道開挖出水量

由於中仁隧道北上線及南下線已於 107 年 5 月貫通，無隧道開挖面出水量觀測資料，因此本期無隧道開挖出水量評估工作。

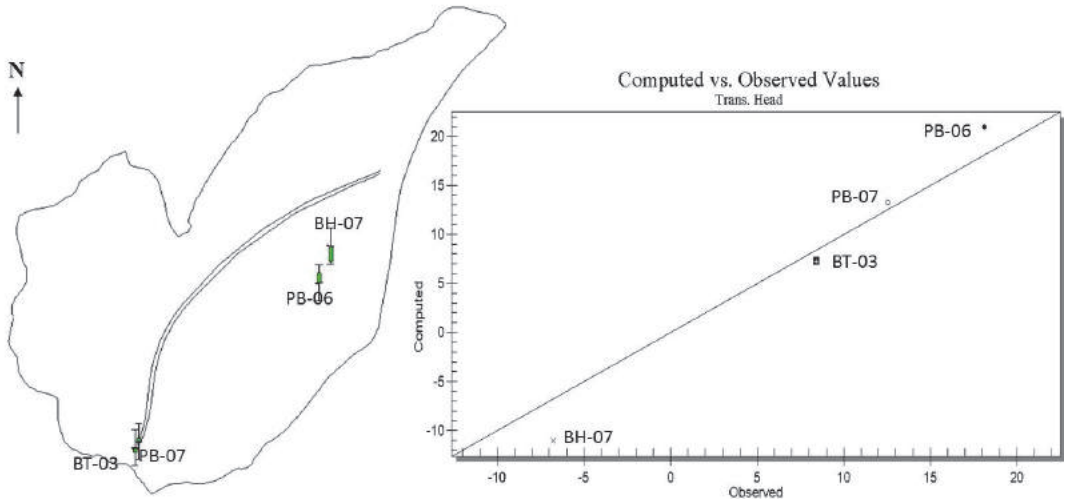


圖 4.5-7 中仁隧道水文地質概念模式分析地下水位與實測水位比對

4.5.3 中仁隧道鄰近區域水資源環境影響評估

1. 隧道施工前地下水文環境

依據前述隧道三維水文地質模型檢討修正與參數率定結果，中仁隧道鄰近區域三維水文地質模型的三維有限差分網格及地表數值地形如圖 4.5-8 所示。圖 4.5-9 則為模式分析所得隧道施工前的初始地下水流場，分析結果可見地下水總水頭高程分布大致由北側向東側海岸及南側河道遞減，至於地下水流向趨勢大致係自北側分別向東及向東南流入東海岸，地下水流場變化較大處主要發生於高水頭(高岩覆)與透水係數較大的區域(斷層、層間破碎帶、崩積層及沖積層)，除鄰近水系及既有北迴鐵路隧道周圍的地下水朝隧道軸線方向流入外，其他區域地下水流場變化不顯著。

2. 現階段水資源環境影響評估

為掌握隧道開挖通過不同地層或地質構造時的地下水流場短期變化，並進一步評估隧道開挖可能造成的出水量，本階段乃採用水文地質概念模式的地下水暫態分析進行分析。圖 4.5-10 為模擬隧道現階段開挖的地下水流場變化，另圖 4.5-11 為模擬中仁隧道前階段(107 年 6 月)鄰近區域的地下水位洩降分析結果，圖 4.5-12 則為中仁隧道現階段(107 年 12 月)的鄰近區域地下水位洩降分析結果。本期隧道開挖持續遭遇片麻岩破碎帶，分析結果顯示隧道目前的洩降深度約為 2.02 公尺左右，主要洩降集中在貫通段鄰近的片麻岩破碎帶小範圍內，分析顯示現階段隧道開挖對周圍區域地下水資源環境影響尚有限。

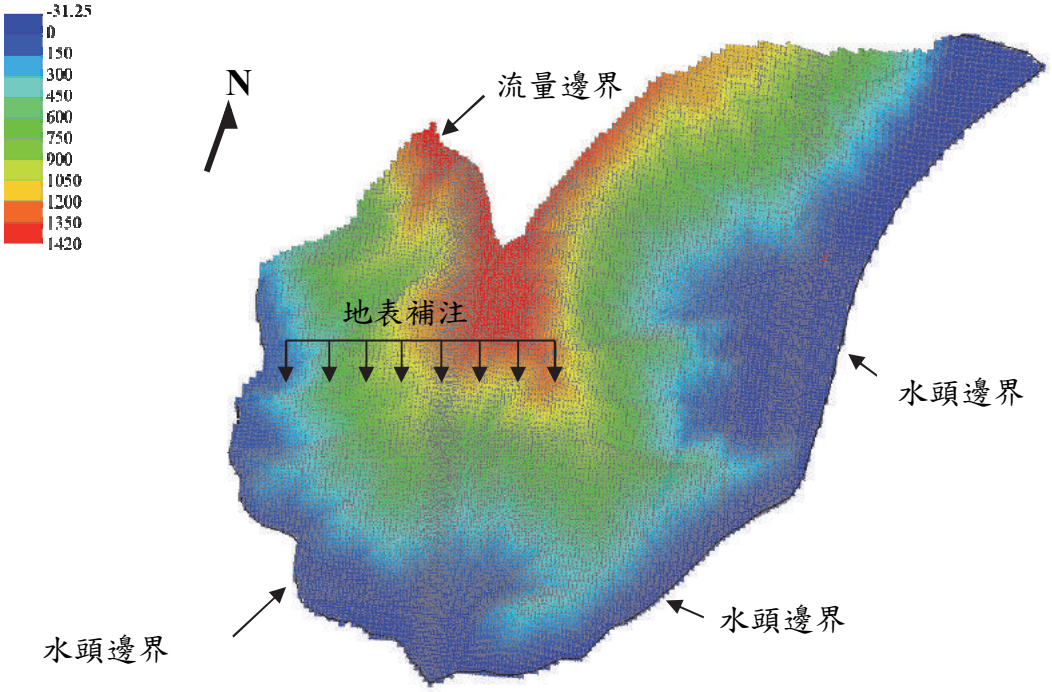
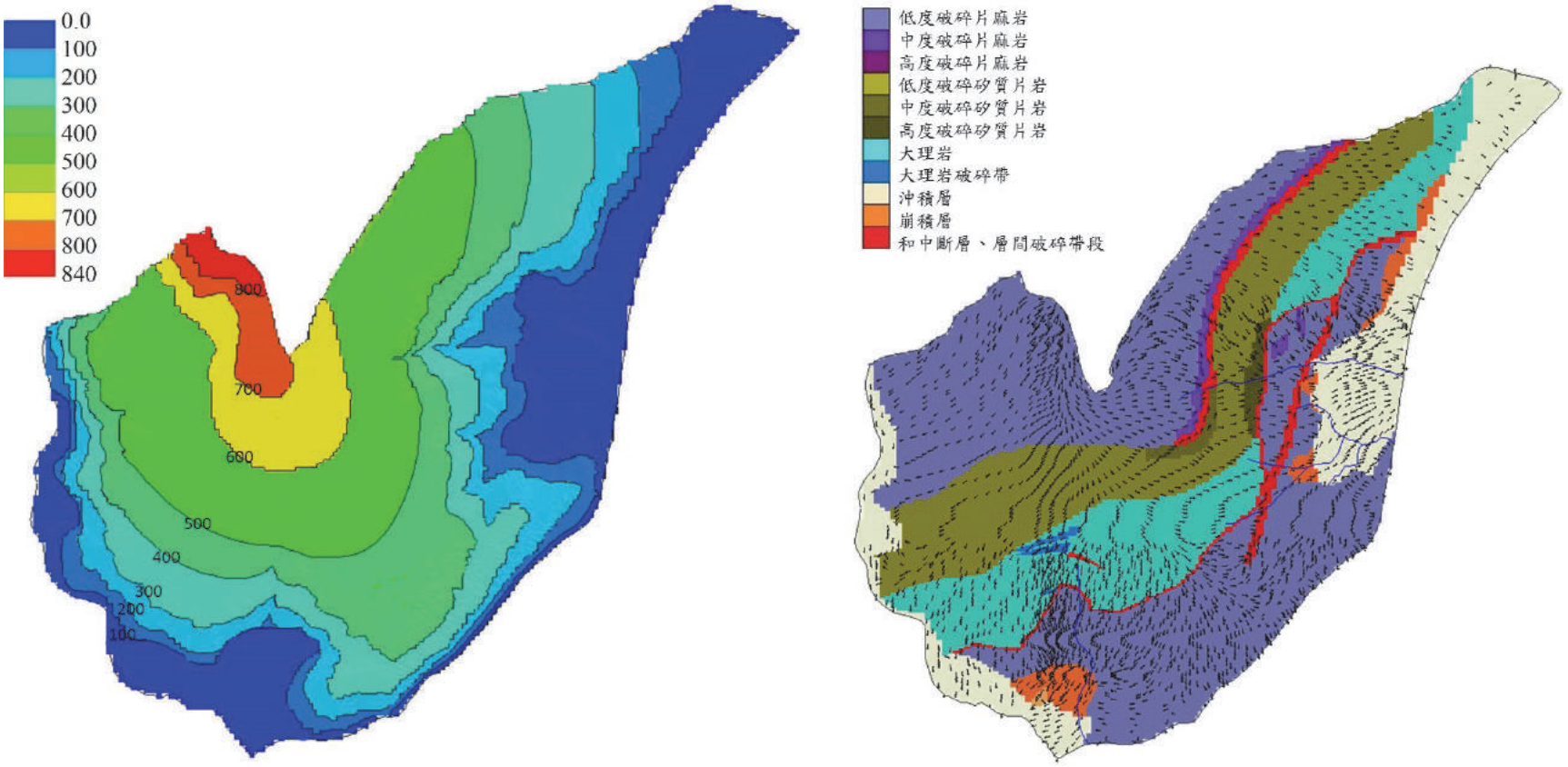
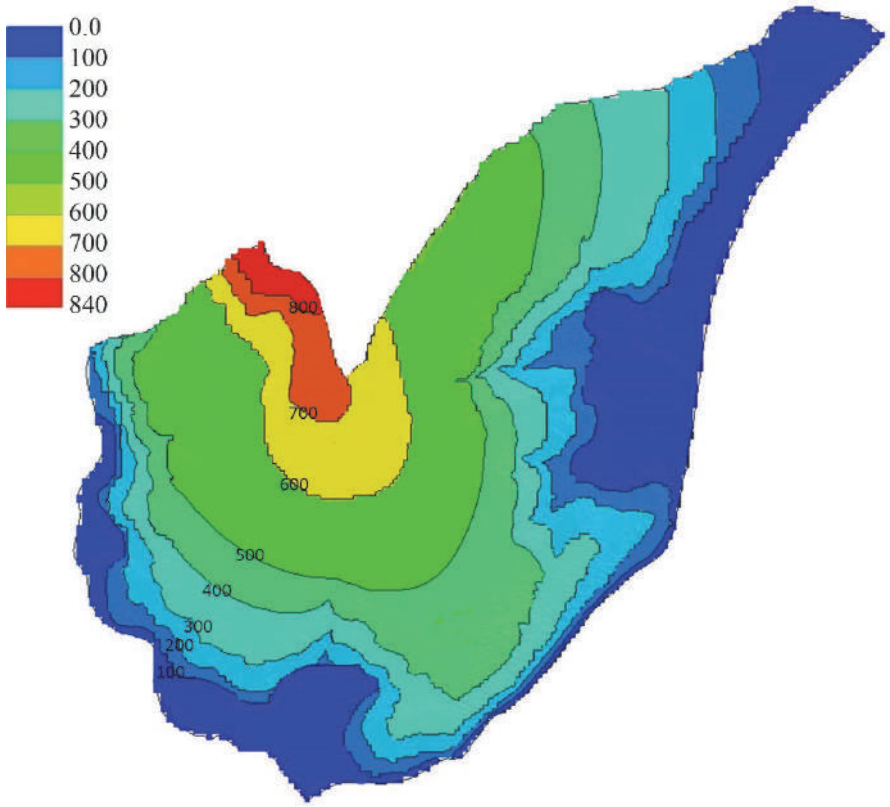


圖 4.5-8 中仁隧道三維有限差分網格及地表數值地形

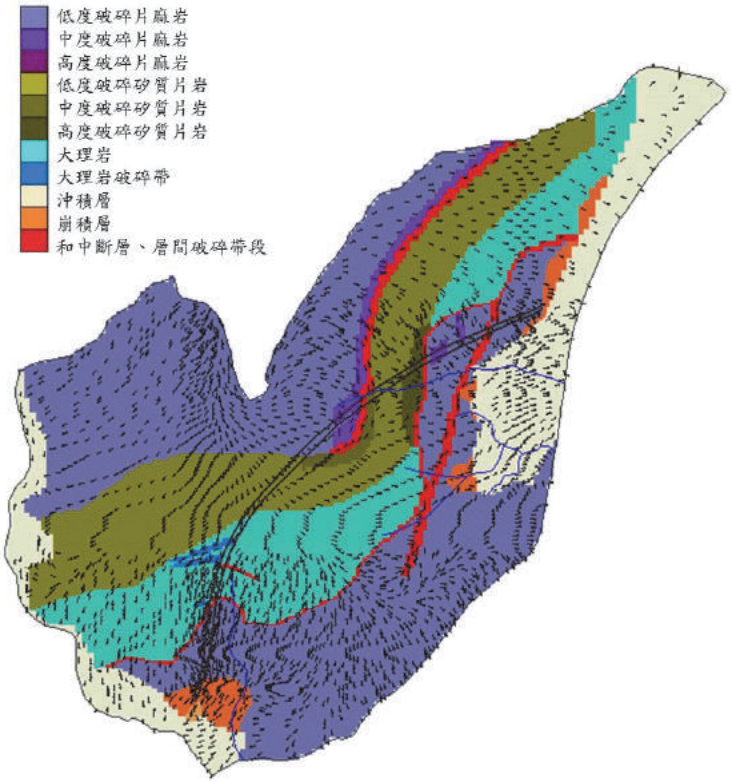


(a) 總水頭分布情形 (單位:公尺)　　(b) 地下水流況 (隧道高程之橫斷面)

圖 4.5-9 中仁隧道開挖前之地下水總水頭與流向分布變化



(a) 總水頭分布情形 (單位:公尺)



(b) 地下水流況 (隧道高程之橫斷面)

圖 4.5-10 107 年下半年中仁隧道地下水流場及流向分布情形俯視圖

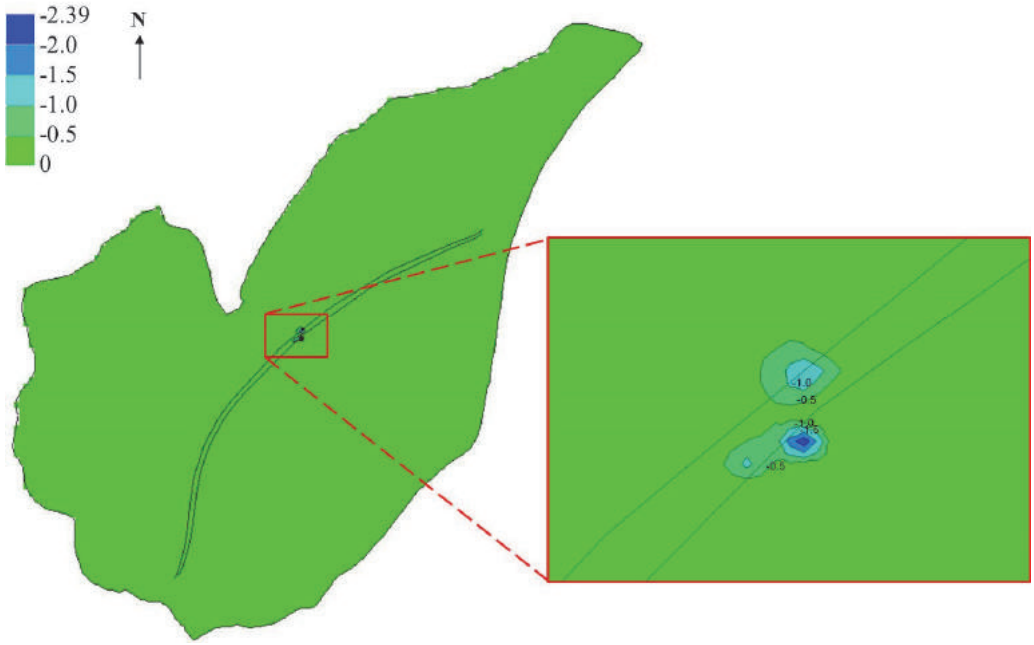


圖 4.5-11 中仁隧道前階段(107 年 6 月)之地下水總水頭洩降分布情形(單位:公尺)

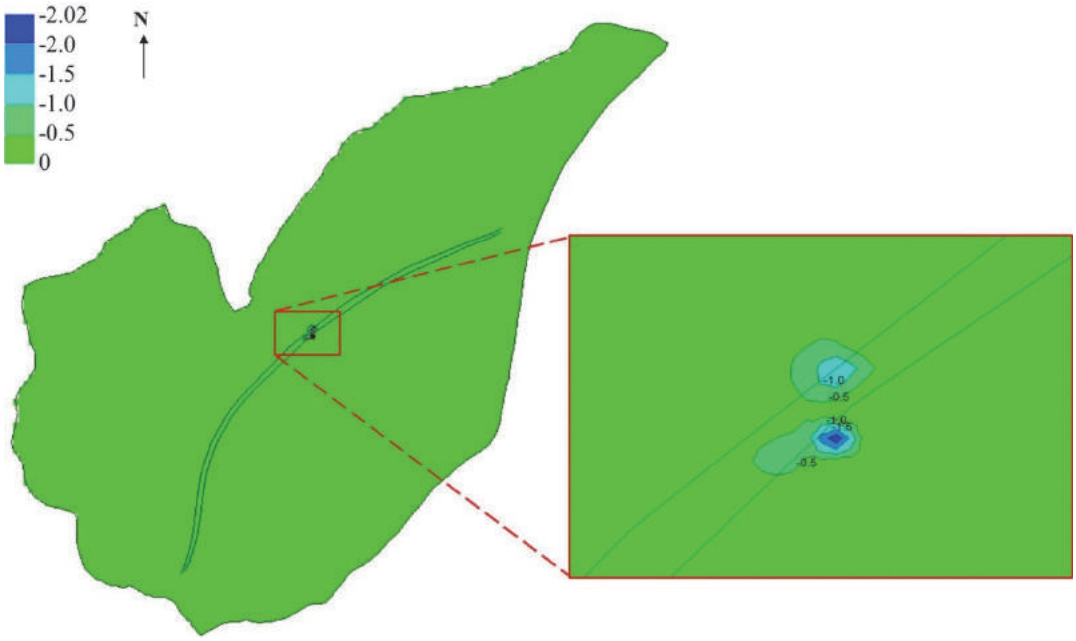


圖 4.5-12 中仁隧道現階段(107 年 12 月)之地下水總水頭洩降分布情形(單位:公尺)

4.5.4 中仁隧道水文地質模式分析小結

臺9線和中-大清水路段之中仁隧道為配合土石流潛勢溪流治理工程，並降低土石流發生對隧道營運造成影響，乃將隧道北段路線向山側挪移。隧道線型往山側延伸，其模型邊界、隧道沿線水文地質單元及地下水流況等皆有變動。原有模型邊界因與變更後之隧道線型過近，可能影響模式分析結果，故於103年度8月重新檢討設定研究區範圍，主要的變更包括模型南側沿著水系沿伸模型邊界至水系分支，而模型西側則隨著左側的山脊稜線延伸邊界線並與南側的水系銜接，調整後的模型範圍邊界適用中仁隧道目前狀況，模型網格數量配合增加至280萬個，約為原階段之7倍。模型重新檢討後，水文地質單元分布調整分述如下：(1)將岩性交界之潛在高透水性區段視為一單獨之水文地質單元，並給予較高的滲透係數；(2)於模型北側增加滲透係數較高之和中斷層；(3)參考既有文獻資料，將模型北段的大理岩及片麻岩修正為大理岩破碎段及片麻岩破碎段，使水文地質單元分布及分層更符合實際狀況。

本期中仁隧道的三維水文地質模式分析工作，主要係依據隧道開挖所揭露的水文地質狀況，修正模型水文地質單元設置與參數給定，並透過每月所蒐集的新、舊和平鐵路隧道排水量、水位觀測井、中仁隧道開挖出水量及鄰近區域雨量站等觀測資料，逐步率定及驗證三維水文地質概念模式的準確度與正確性。中仁隧道南口於102年7月開挖進洞，北上線及南下線分別於107年5月6日及5月25日開挖貫通。整體而言，隧道開挖面出水量有限，分析顯示現階段主要的地下水位洩降發生在隧道貫通段附近片麻岩破碎帶區域內，最大洩降深度約2.02公尺左右。

由於本隧道岩覆較高，地質調查不易，以致資料有限，施工所揭露之地質與設計階段有較明顯差異，同時本區變質岩區在不同岩性的

接觸帶，因兩側岩體性質與強度存在顯著差異，在地質構造活動中易成為應力集中區造成局部剪動破碎，加上隧道已開挖段圍岩解壓鬆動所造成的透水性增加，在高岩覆水頭壓力下，儘管隧道已針對側壁岩栓鑽孔出水段進行止水減漏灌漿，仍不排除持續豪雨過後可能仍有出水的可能性，本計畫將持續配合現場施工進度、出水量觀測結果及鄰近水文資料，辦理鄰近區域水資源環境影響評估工作。

4.6 仁水隧道三維水文地質模式檢討修正與分析評估

仁水隧道的主隧道於 104 年 4 月開挖進洞，隨著隧道開挖所揭露的各項相關資料，包括雨量資料、流量資料、鄰近集水區水文資料、相關透水試驗資料、隧道開挖地質紀錄、隧道北口量水堰及地下水位觀測井資料辦理等，進行隧道鄰近區域三維水文地質模式的率定與檢討修正，以建立符合現地狀況的三維水文地質概念模式。本(107)年度仁水隧道鄰近區域三維水文地質模式的檢討修正結果分述如下：

4.6.1 仁水隧道水文地質概念模型檢討修正

仁水隧道三維水文地質模式由計畫執行迄今已辦理數次重要修正，茲摘錄說明如下：

1. 103 年下半年度依據：(1)由於新增緊急避難通道，隧道之數量由一條變更為兩條，原設計階段模型數值網格為 43 萬個等間距佈置，修改為依等比例由隧道大小及建置處漸變佈置，至於網格厚度則視各水文地質單元之三維空間分布而有不同，共劃分約 288 萬個網格。(2)原設計階段之區域模型僅劃分三類水文地質單元(大理岩、片麻岩及崩積層)，模型重新檢討後的水文地質單元分布調整包括：(2.1)將岩性交界區段視為一單獨的水文地質單元，並給予較高的滲透係數，(2.2)於模型北側及南側納入大清水溪分支及清水溪，(2.3)依據既有文獻將模型北段的片麻岩增加片麻岩破碎段及模型南段的大理岩增加大理岩破碎段，使本階段模型的水文地質單元分布及分層更符合實際狀況。

2. 104 年上半年度依據主要為參考隧道開挖地質紀錄資料，對上期模式設定的地質單元進行修正，根據隧道開挖地質記錄顯示，北口於里程 0K+371 開挖進洞，里程 0K+371~0K+392 區段主要為崩積層，而里程 0K+392~0K+426 間則主要為破碎片麻岩，此與原模式設定的地質單元相同，原設計階段的三維水文地質模型示意如圖 4.6-1。

104 年上半年度的三維水文地質模型示意如圖 4.6-2 所示。

3. 104 年下半年度根據隧道開挖地質紀錄，北口開挖至里程 0K+854，主要為破碎片麻岩，0K+689~0K+854 遭遇地形凹谷下方的破碎片麻岩，與原模式設定有所差異，因此調整原模式的水文地質單元設定。104 年下半年度的三維水文地質模型示意如圖 4.6-3 所示。

4. 105 年上半年度根據隧道開挖地質紀錄，北口開挖至里程 1K+376，已逐漸接近片麻岩與大理岩交界帶，主要遭遇破碎程度不一的片麻岩，原模式設定之地質單元在此區未考量片麻岩地質單元，因此依據現場開挖紀錄調整原模式的地質單元設定。105 年上半年度的三維水文地質模型示意如圖 4.6-4 所示。

5. 105 年下半年度依據隧道開挖地質紀錄，隧道北口開挖至里程 1K+764 處，接近片麻岩與大理岩交界帶，持續遭遇破碎程度不一的片麻岩，原模式設定的地質單元在此區未考量片麻岩地質單元，因此依據現場開挖紀錄調整原模式的地質單元設定。

6. 106 年上半年度依據隧道開挖地質紀錄，隧道北口目前開挖至里程 2K+144 處，開挖已通過片麻岩與大理岩交界帶，進入相對完整的大理岩段，與原模式設定的片麻岩與大理岩交界帶位置略有差異，因此依據現場開挖地質紀錄微調原模式的地質單元設定。106 年上半年度的三維水文地質模型示意如圖 4.6-5 所示。

7. 106 年下半年度依據隧道開挖地質紀錄，隧道北口目前開挖至里程 2K+603 處，開挖持續進入大理岩段，除於里程 2K+452~2K+483 新增破碎大理岩層段，微調原模式的地質單元設定，其餘開挖里程所遭遇大理岩段相對完整。

8. 107 年上半年度依據隧道開挖地質紀錄，隧道北口目前開挖至里程 2K+974 處，開挖持續進入岩體相對完整的大理岩段，因此本期維

持原模式的地質單元設定。107 年上半年度的三維水文地質模型示意如圖 4.6-6 所示。

本期(107 年)所辦理的仁水隧道鄰近區域三維水文地質模式檢討修正工作，係以上述修正後的模型為基底，進一步參考 107 年 7~11 月隧道開挖所揭露的水文地質資料進行檢討修正。由於主隧道已於 107 年 11 月 13 日開挖貫通，且目前模式已大致掌握隧道沿線的岩性分布與水文地質特性，本期模式並未進行大幅修正，主要依據隧道近期出水量、鄰近鐵路隧道洞口排水量、地下水位變化及計畫區降雨量等資料進行模式分析評估，以探討隧道鄰近區域地下水資源變化情形。

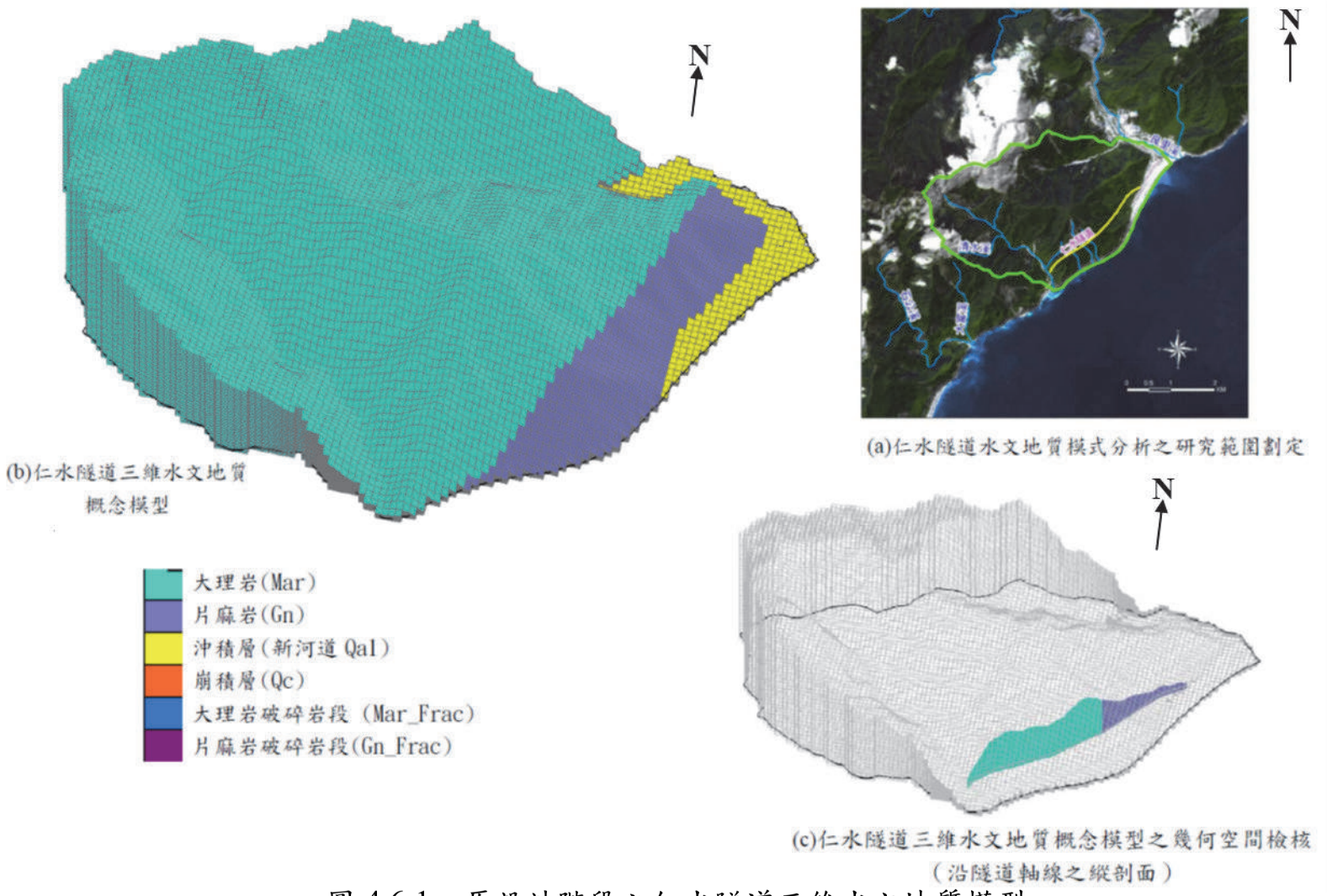


圖 4.6-1　原設計階段之仁水隧道三維水文地質模型

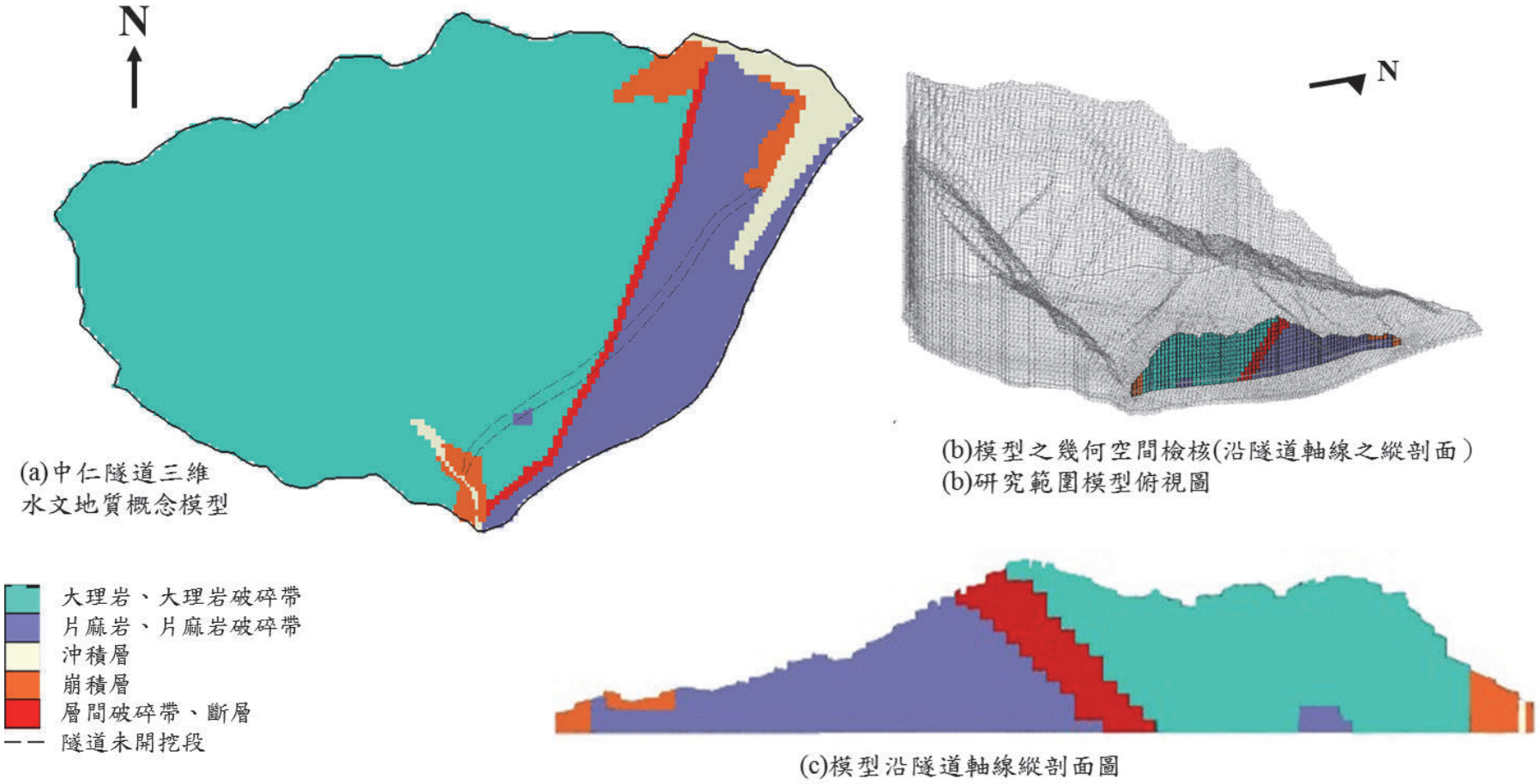


圖 4.6-2　104 年上半年之仁水隧道三維水文地質模型

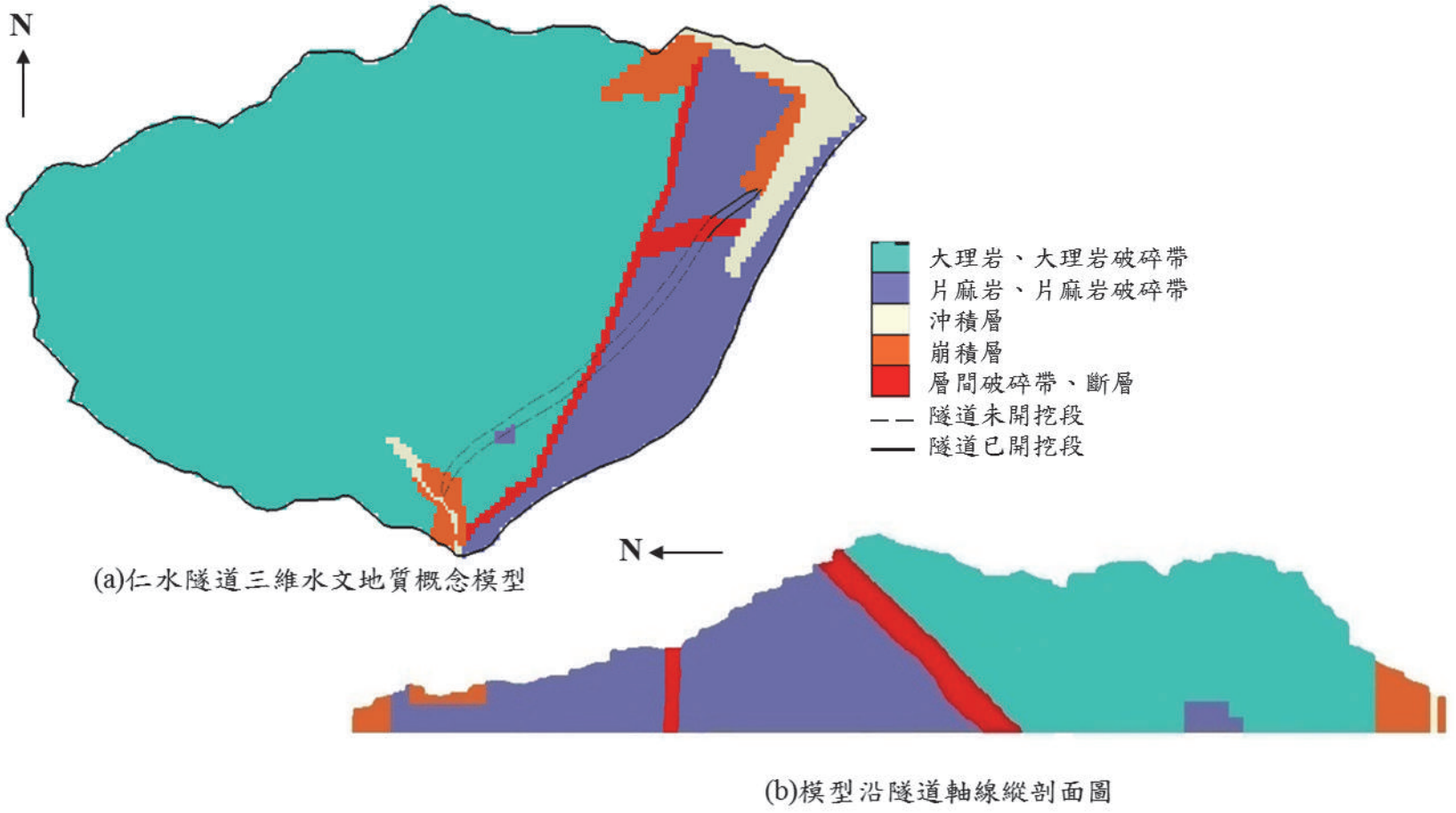


圖 4.6-3　104 年下半年之仁水隧道三維水文地質模型

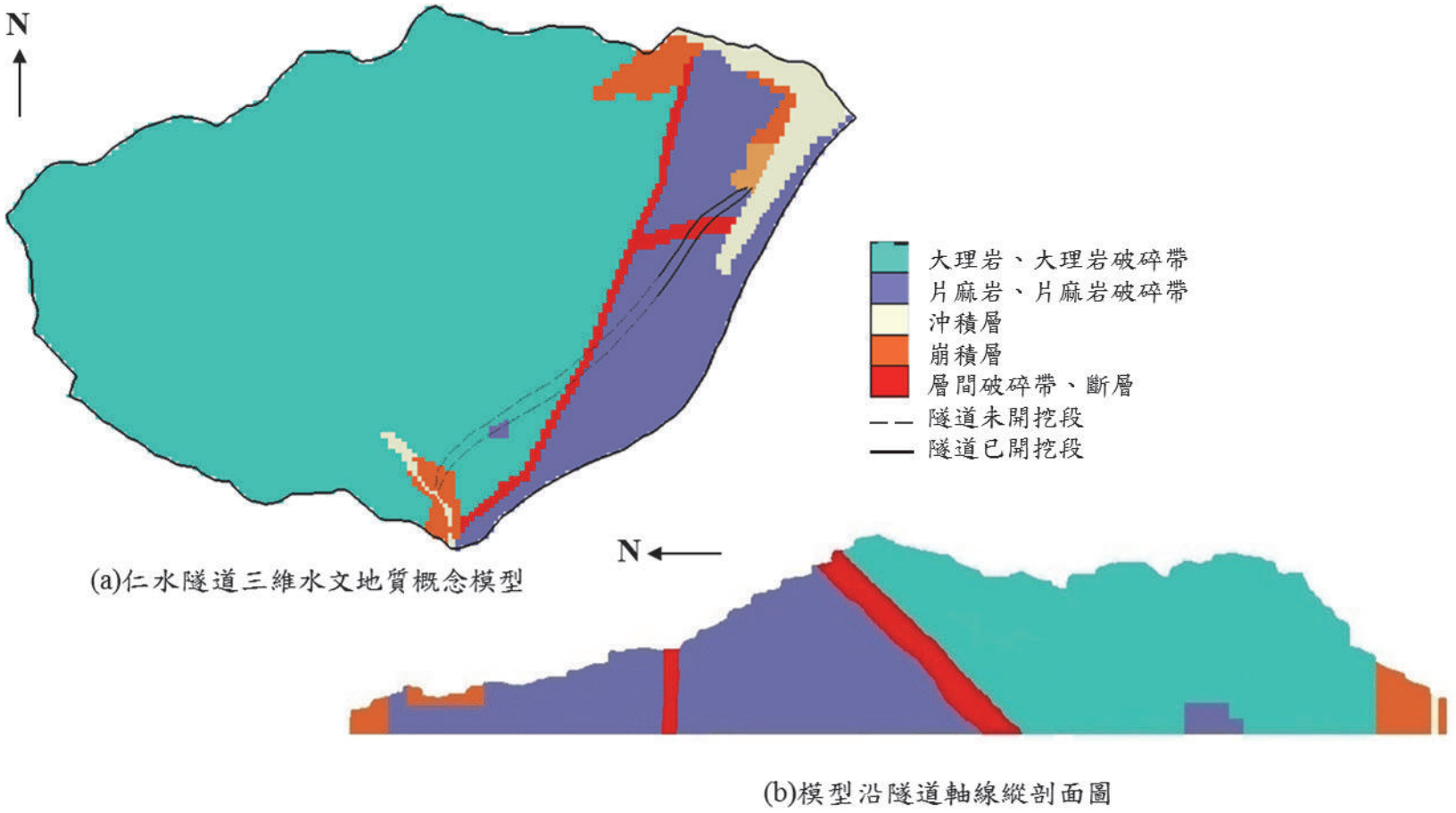


圖 4.6-4　105 年上半年之仁水隧道三維水文地質模型

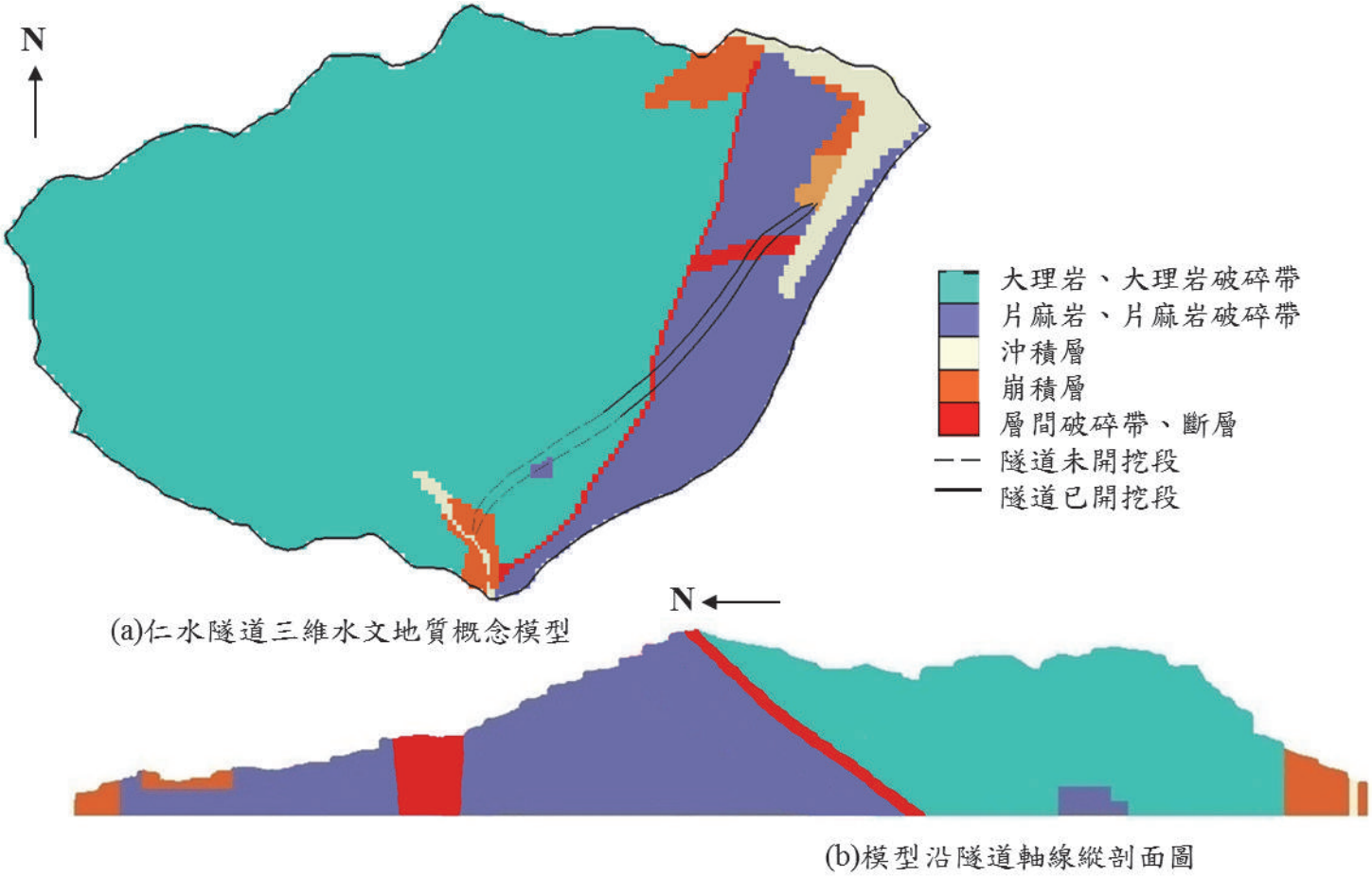
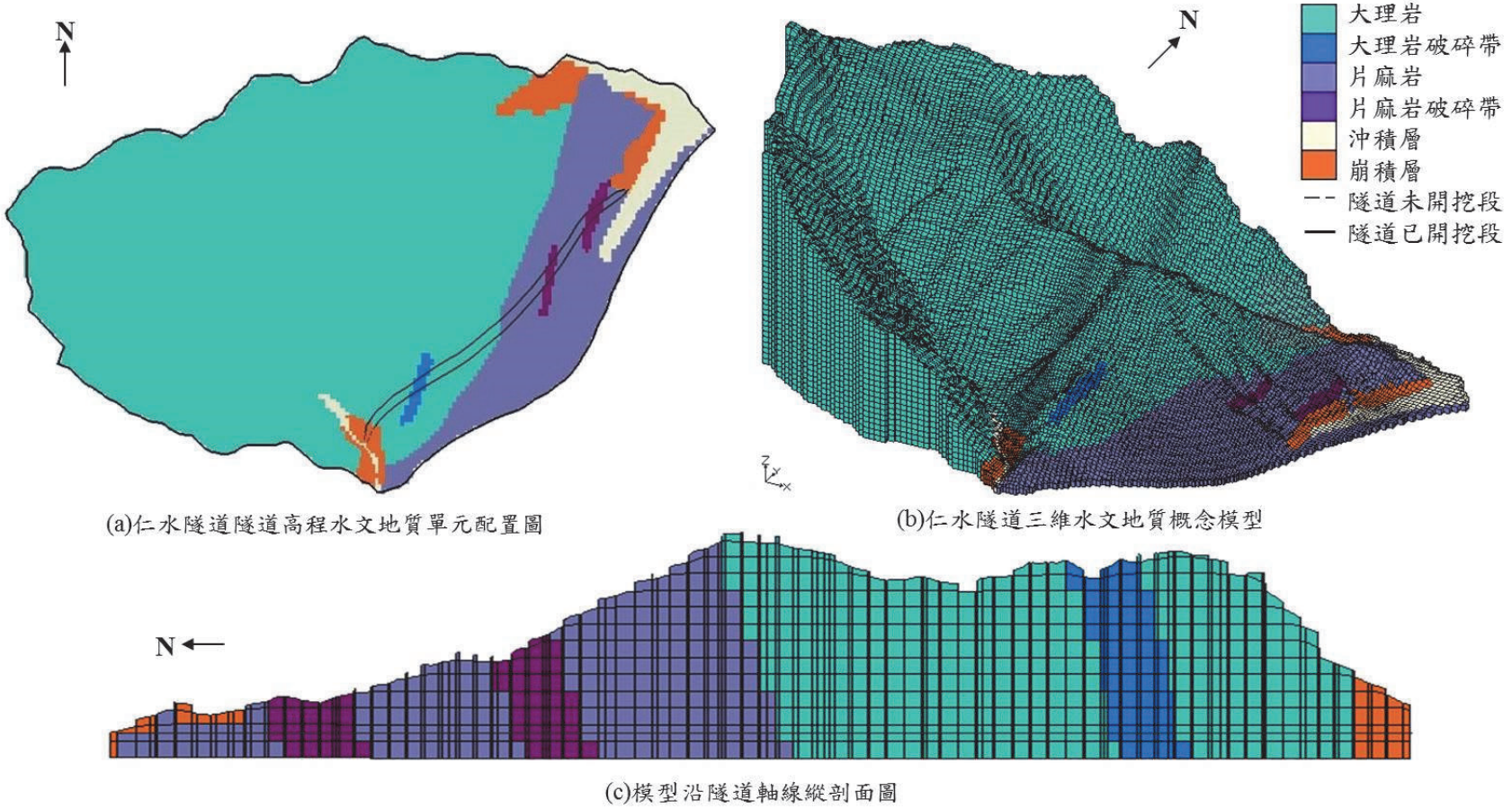


圖 4.6-5　106 年上半年之仁水隧道三維水文地質模型



(a)仁水隧道隧道高程水文地質單元配置圖

(b)仁水隧道三維水文地質概念模型

(c)模型沿隧道軸線縱剖面圖

圖 4.6-6　107 年上半年之仁水隧道三維水文地質模型

4.6.2 仁水隧道水文地質分析模式率定分析與驗證

仁水隧道水文地質參數的率定主要依據已完成的現地試驗資料、鄰近和仁及新和仁鐵路隧道開挖地質紀錄、仁水隧道開挖地質紀錄、仁水隧道北洞口量水堰水量、地下水位觀測井及鄰近區域雨量站資料辦理。本階段水文地質參數率定著重於敏感度較高之透水係數，以及次要參數如貯水率、地層孔隙率等。經前述各項資料率定後，本階段模型所採用的地層透水係數與地質構造透水係數修正結果彙整如表4.6-1 所示，參數率定結果及驗證詳述如後。

1. 地質開挖紀錄

依據仁水隧道實際開挖所揭露的地質狀況，隧道北口里程3K+050~3K+216 主要遭遇大理岩，RMR 值為 18~38，地下水狀況為微朝至潮濕，模式率定此區水力傳導係數 K 為 1e-8 m/s。里程3K+216~3K+259 主要遭遇崩積層，岩層軟弱無 RMR 值，地下水狀況為潮濕，模式率定此區水力傳導係數 K 為 1e-6~5-e-7 m/s。

2. 地下水觀測井

依據報告 3.5.2 節及 3.5.3 節之現有水位觀測井及新增水位觀測井資料，其中 BH-08、BT-04 水位觀測井乃位在仁水隧道研究區範圍內，因此將此 2 座水位井觀測資料納入模式隧道開挖後率定使用，率定結果如圖 4.6-7，結果顯示地下水位觀測井所在位置之實際水位與模式分析結果相近，誤差約在 ±5 m 內，顯示所建立的水文地質概念模型具有相當程度的代表性與準確度。

3. 隧道開挖出水量

本計畫以暫態分析探討隧道開挖出水量，分析之隧道洞口總出水量則係累計任一時間開挖面至洞口的水量，意即模擬隧道洞口總出水量隨隧道開挖面前進的變化，洞口總出水量為新開挖未噴漿區段的裸

岩出水量，加上已開挖噴漿區段出水量的總和；至於隧道開挖面出水量則指開挖面及其後方 20 公尺範圍內的出水量。分析結果說明如下:

截至 107 年 11 月 13 日貫通時,隧道北口開挖面貫通里程為 3K+250，開挖面附近量水堰觀測值為 0~3 L/min，模式分析隧道逐步開挖所得之各區段出水量約為 1~11 L/min，如圖 4.6-8 所示。此區段洞口量水堰共量測到約 2,879 公尺的隧道出水量，出水量觀測值為 0 L/min，模式分析隧道逐步開挖的總出水量約為 17~44 L/min。仁水隧道於民國 106 年 10 月中旬遭逢卡努颱風外圍環流夾帶豪雨影響，主隧道與安全疏散通道大理岩已開挖段均出現大量出水情形，並於豪雨過後數日出水量即明顯減少，其出水特性與中仁隧道類似。研判可能係因持續豪雨過後，大理岩含水層內地下水位上升，同時隧道開挖所產生之水力梯度，使地下水沿大理岩裂隙及溶隙進入隧道內，導致大理岩段出現大量出水情形。惟本期未遭遇如卡努颱風外圍環流所夾帶的強降雨事件，因此本期主隧道與安全疏散通道開挖面及洞口出水量觀測值相當有限。

仁水隧道開挖迄今(107 年 11 月)的開挖面及洞口出水量與模式分析結果比對彙整如圖 4.6-9。由圖中可見，模式分析結果與實際觀測結果大致吻合，驗證目前所建立模式符合現階段現場情形。

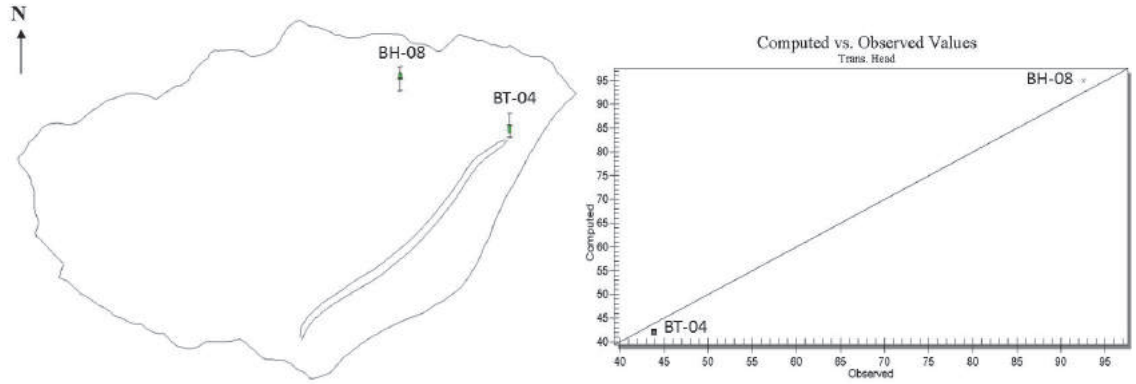


圖 4.6-7 仁水隧道水文地質概念模式分析地下水位與實測水位比對

表 4.6-1 仁水隧道計畫區域地層與構造之透水性質彙整表

地層名稱	透水性	前期透水係數 K (m/sec)	本期透水係數 K (m/sec)	比貯水係數 Ss(1/m)	備註
大理岩	L	1×10^{-8}	1×10^{-8}	1×10^{-5}	開挖已通過
片麻岩	L~M	1×10^{-8}~1×10^{-7}	1×10^{-8}~1×10^{-7}	1×10^{-6}	
大理岩破碎岩段	M	1×10^{-7}~5×10^{-7}	1×10^{-7}~5×10^{-7}	1×10^{-5}	
片麻岩破碎岩段	M	1×10^{-7}~5×10^{-7}	1×10^{-7}~5×10^{-7}	1×10^{-5}	
崩積層	M	5×10^{-7}~1×10^{-6}	5×10^{-7}~1×10^{-6}	1×10^{-5}	
沖積層	H	2×10^{-5}	2×10^{-5}	1×10^{-4}	

符號說明：H 代表高透水性，指透水係數量級介於 10^{-5}~10^{-4}(m/sec)； M 代表中透水性，指透水係數量級介於 10^{-7}~10^{-6}(m/sec)； L 代表低透水性，指透水係數量級介於 10^{-9}~10^{-8}(m/sec)。

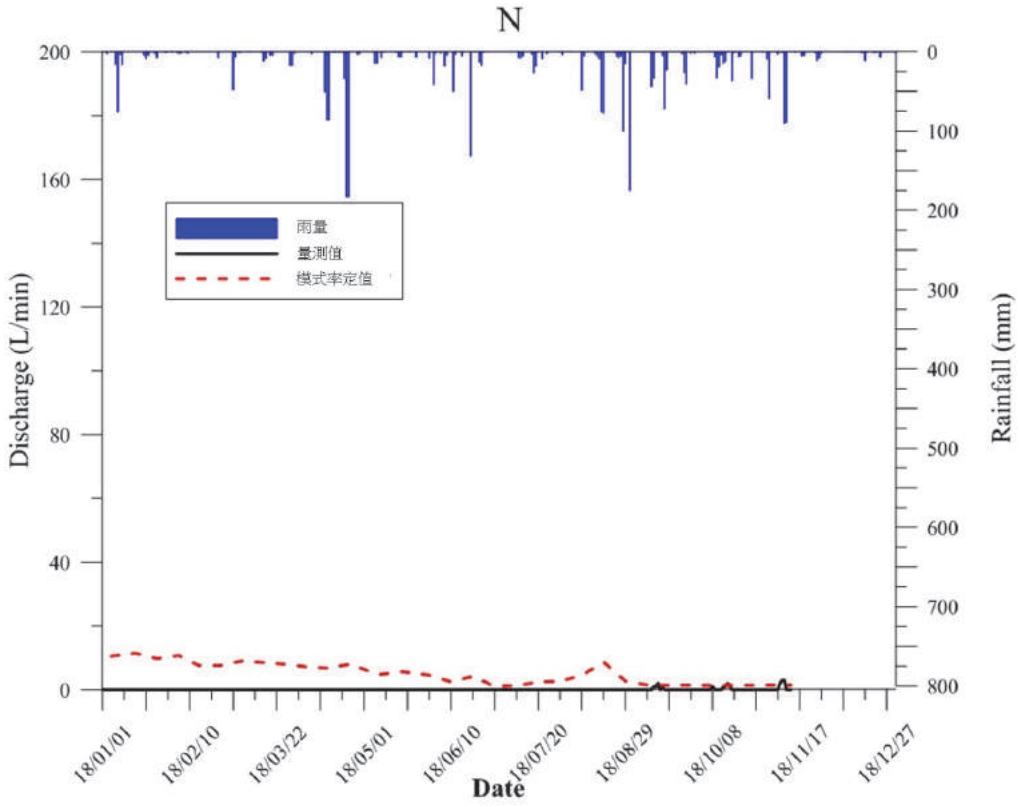


圖 4.6-8 仁水隧道北口開挖面出水量模式分析率定結果

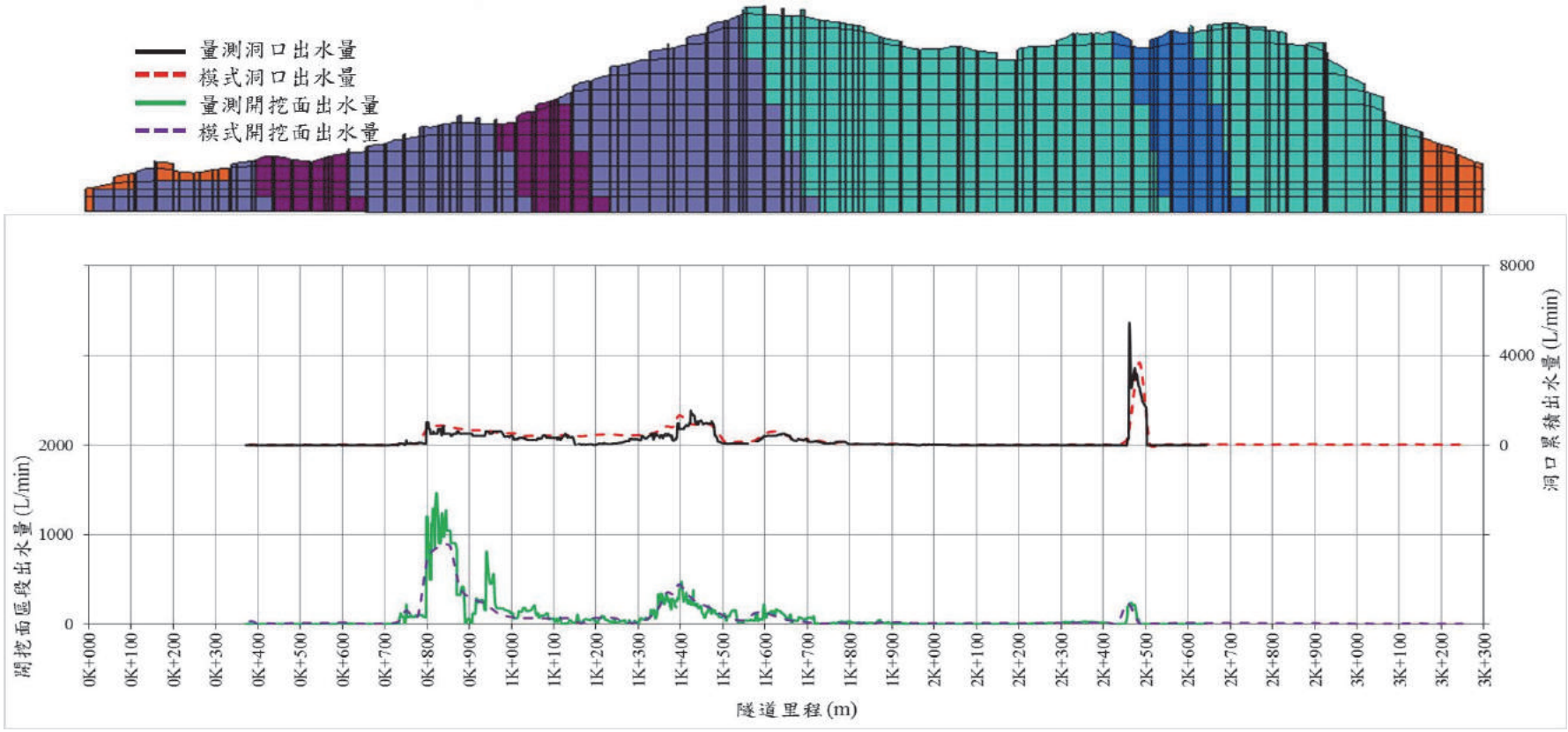


圖 4.6-9 仁水隧道開挖面及洞口出水量觀測與分析結果彙整

4.6.3 仁水隧道鄰近區域水資源環境影響評估

1. 現階段隧道開挖前地下水文環境

依據前述隧道三維水文地質模型檢討修正與參數率定結果，仁水隧道鄰近區域三維水文地質模型的三維有限差分網格及地表數值地形如圖 4.6-10 所示。圖 4.6-11 則為模式分析所得隧道施工前的地下水流場，分析結果可見地下水總水頭高程分布大致由西側向東側海岸遞減，至於地下水流向趨勢大致係自西側分別向北及向東南流入東海岸，地下水流場變化較大處主要發生於高水頭(高岩覆)與透水係數較大的區域(層間破碎帶、崩積層及沖積層)，除鄰近水系及既有北迴鐵路隧道周圍的地下水朝隧道軸線方向流入外，其他區域地下水流場變化不顯著。

2. 現階段隧道開挖後地下水文環境

依據本階段隧道三維水文地質模型檢討修正與參數率定結果，圖 4.6-12 為本期(107 年下半年)模式分析所得隧道開挖進度的地下水流場，圖 4.6-13 為模擬仁水隧道前階段(107 年 6 月)鄰近區域的地下水位洩降分析結果，圖 4.6-14 則為仁水隧道現階段(107 年 12 月)的鄰近區域地下水位洩降分析結果。結果顯示，主隧道與安全疏散通道近期開挖面與洞口出水量均有限，模式分析結果的洩降影響範圍也極有限，目前洩降主要集中於主隧道開挖面鄰近區域，最大洩降深度與上期無明顯差異，約 1.37 公尺左右。隧道開挖已於 107 年 11 月 13 日貫通，貫通前開挖出水量非常有限，分析顯示現階段隧道施工對區域地下水環境影響尚不顯著。

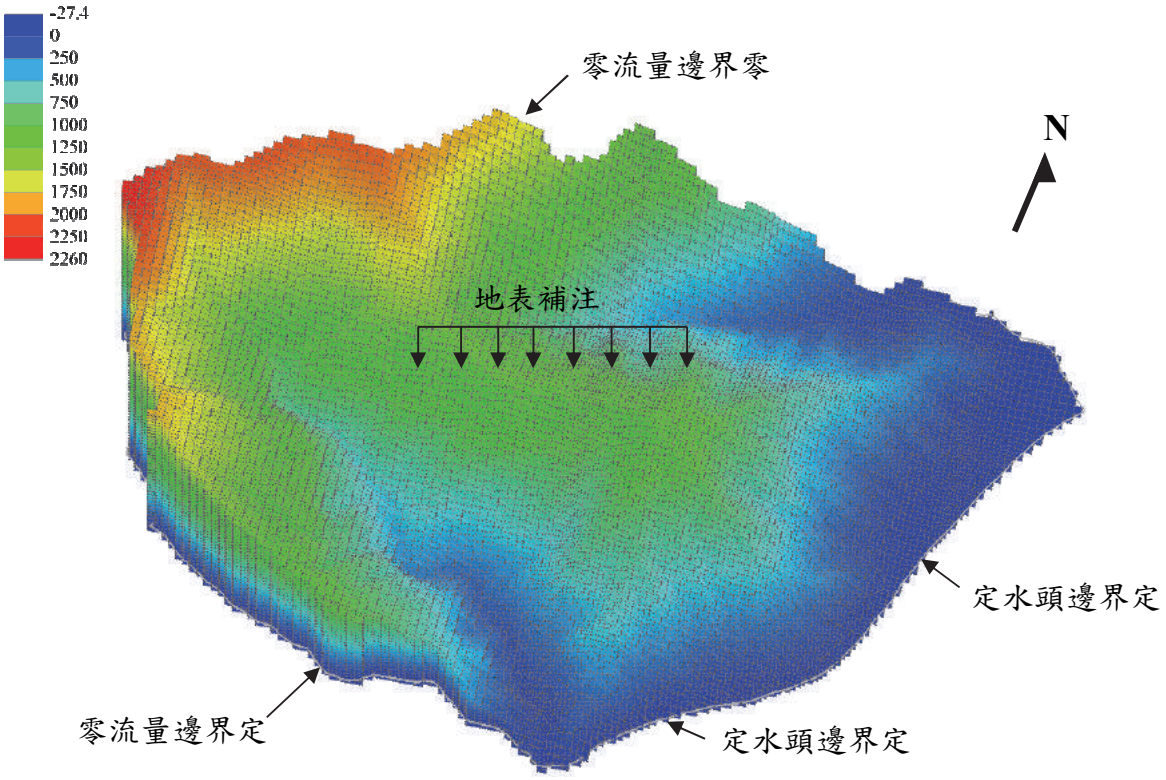
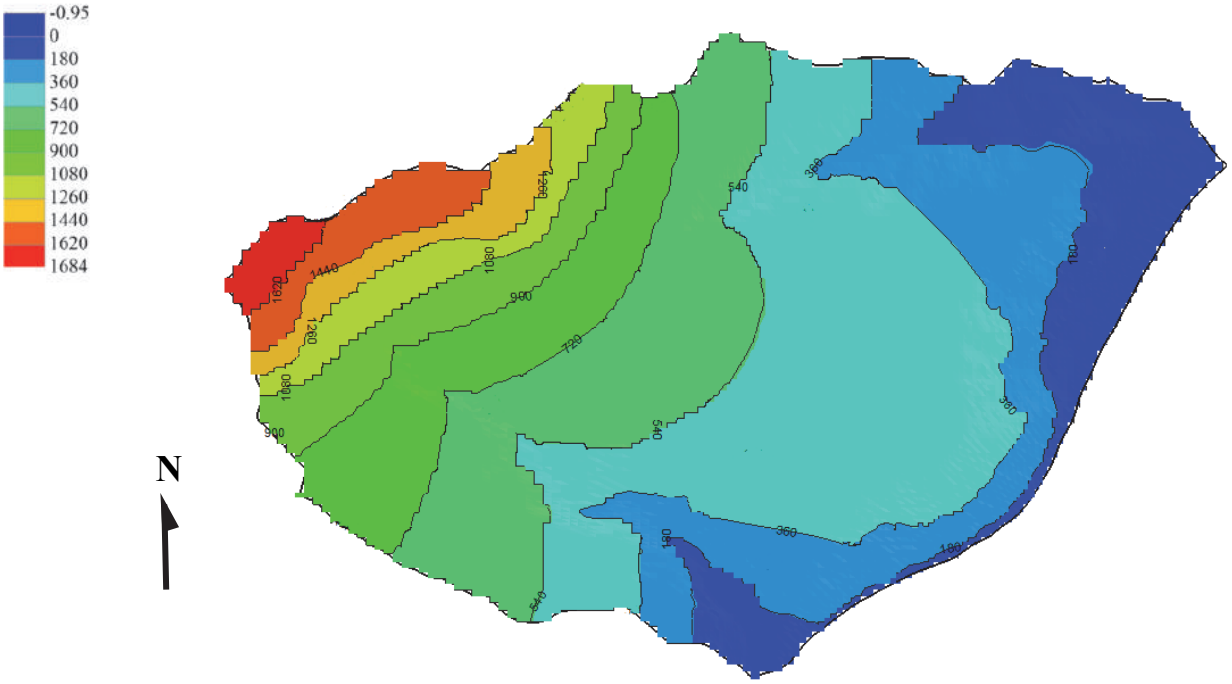
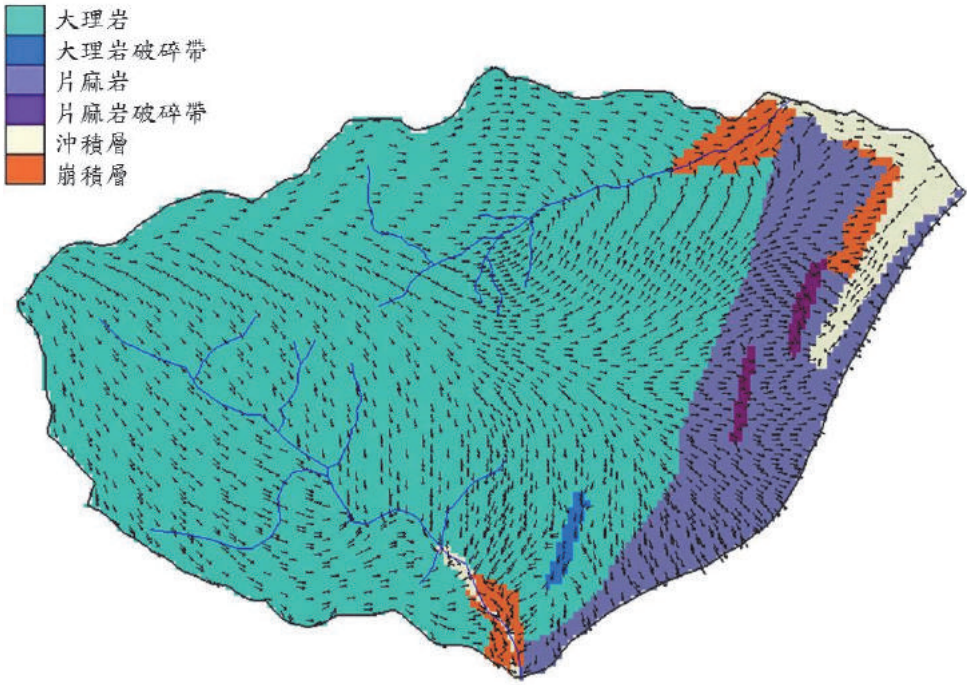


圖 4.6-10 仁水隧道三維有限差分網格及地表數值地形

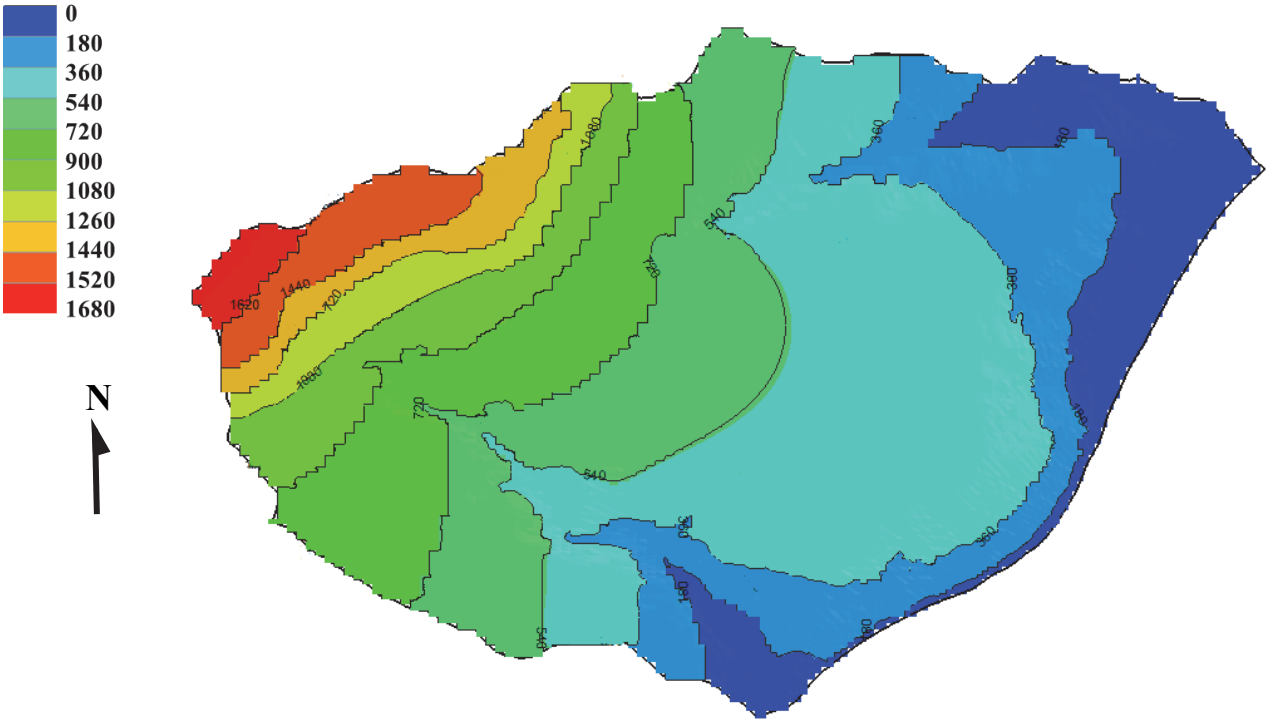


(a) 總水頭分布情形 (單位:公尺)

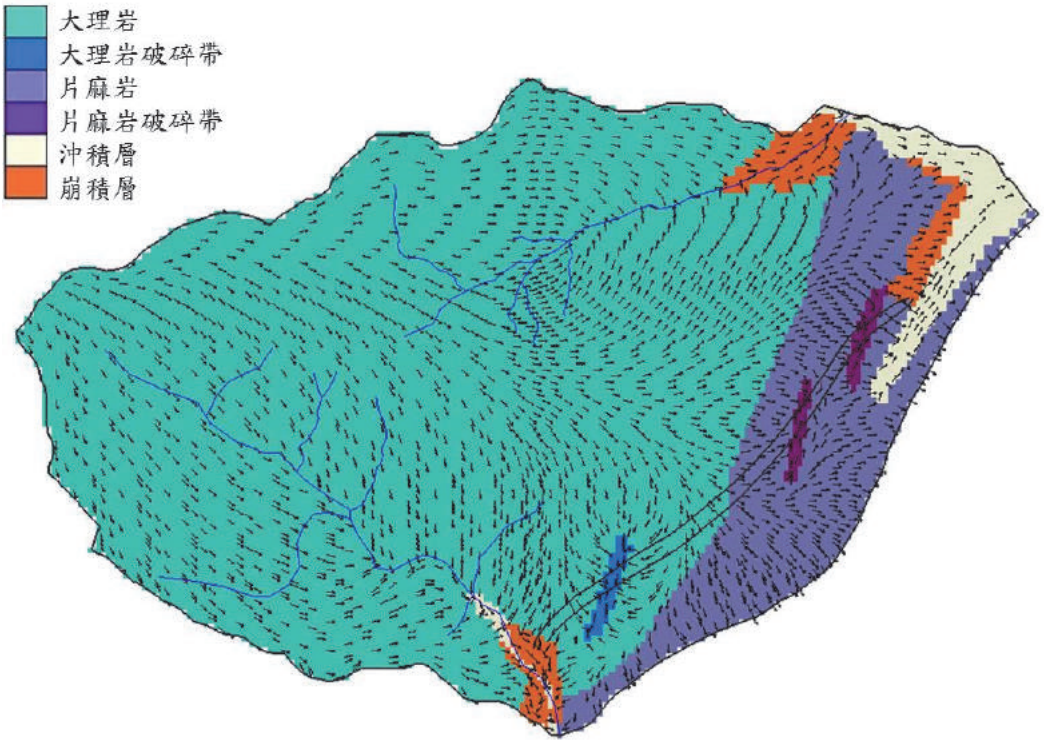


(b) 地下水流況 (隧道高程之橫斷面)

圖 4.6-11 仁水隧道開挖前之地下水總水頭與流向分布變化



(a) 總水頭分布情形 (單位:公尺)



(b) 地下水流況 (隧道高程之橫斷面)

圖 4.6-12 仁水隧道現階段開挖之地下水總水頭與流向分布變化

圖 4.6-13 仁水隧道前階段(107 年 6 月)之地下水位洩降分布情形(單位:公尺)

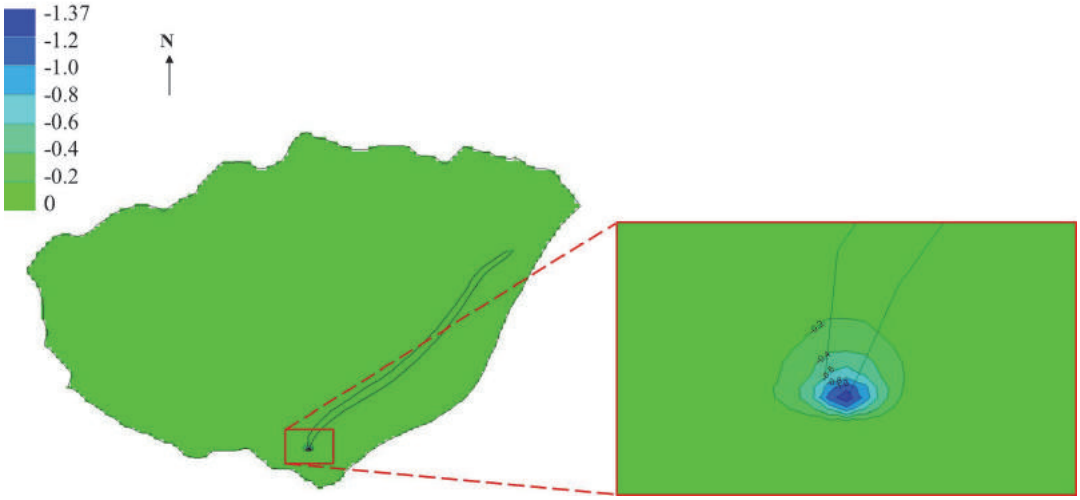


圖 4.6-14 仁水隧道現階段(107 年 12 月)之地下水位洩降分布情形(單位:公尺)

4.6.4 仁水隧道水文地質模式分析小結

臺 9 線和中-大清水路段之仁水隧道為配合法規要求，於主隧道旁新增一條安全疏散通道，施工順序初步規劃將先行開挖該安全疏散通道，而後再開挖主線隧道。變更前、後的水文地質狀況雖無明顯差異，但因隧道數量不同，模型網格需予重新建置，另隧道施工順序變更將可能造成地下水流況改變，故於 103 年 8 月重新檢討建立，考慮隧道數量由一座變為二座，因此網格數量配合增加為 288 萬個，約為原階段的 6.7 倍，另根據目前所掌握的研究區水文地質狀況，將模型水文地質單元分布亦進行調整，包括：(1)現階段將岩性交界區段視為一單獨的水文地質單元，並給予較高的滲透係數，(2)於模型北側及南側納入大清水溪分支及清水溪，(3)參考文獻資料將模型北段的片麻岩新增片麻岩破碎段，模型南段的大理岩則新增大理岩破碎段。

依據仁水隧道目前開挖進度，本階段乃利用截至 107 年 12 月累積的相關資料，包括雨量資料、流量資料、鄰近集水區水文資料、隧道開挖地質紀錄、隧道北洞口排水量以及地下水位觀測井資料等，進行隧道鄰近區域三維水文地質模式的率定與檢討修正。由於目前隧道已於 107 年 11 月 13 日開挖貫通，且本期未遭遇如 106 年 10 月卡努颱風外圍環流所夾帶的強降雨事件，本期主隧道與安全疏散通道開挖面及洞口出水量觀測值極微，現階段地下水位洩降深度最大約 1.37 公尺左右，目前洩降範圍侷限在主隧道貫通開挖面鄰近區域，對區域地下水環境影響尚有限。

第五章 本期執行成果及後續工作重點

本期(民國 107 年 1 月至 107 年 12 月)計畫執行工作成果及後續辦理工作重點，彙整如表 5.1-1 所示。

表 5.1-1 現階段工作成果及後續工作重點

工 作 項 目	本期執行成果	後續工作重點
1.資料蒐集分析		
(1)地質資料	1.蒐集隧道出水量評估及理論解等相關文獻資料。 2.蒐集整理C標隧道開挖面地質紀錄及谷風隧道抽坍段補充地質調查資料。	1.持續蒐集相關文獻資料。 2.配合隧道施工進度，持續蒐集本計畫各隧道開挖地質紀錄。
(2)氣象資料	1.採購分析 107 年度計畫區內既有氣象局雨量站資料。 2.採購分析 106 年度計畫區內既有水利署及臺電雨量站資料。	1.逐月採購施工期間計畫區內既有氣象局雨量站資料 2.配合官方資料釋出時間與規定，採購施工期間水利署及臺電雨量站資料。
(3)水文資料	採購分析106年度計畫區內既有水利署河川流量站資料。	1.配合水利署資料釋出時間與規定，採購施工期間水利署河川流量站資料。 2.辦理畫區內新增資料之河川基流量分析。
2.施工階段水文地質調查		
(1)隧道內出水量觀測	1.蒐集各標隧道開挖工作面出水量觀測資料。 2.蒐集各標隧道洞口排水量觀測資料。	配合隧道施工進度，持續蒐集B、C標案隧道出水量資料。
(2)雨量觀測	辦理3座自記式雨量站記讀資料下載與設備維護。	持續辦理2座自記式雨量站記讀資料下載與儀器維護。
(3)既有鐵路隧道排水量觀測	辦理8座鐵路隧道洞口排水量人工觀測。	持續辦理6座鐵路隧道洞口排水量人工觀測。

表 5.1-1(續) 現階段工作成果及後續工作重點

工　作　項　目	現階段工作成果	後續工作重點
2.施工階段水文地質調查		
(4)河川流量觀測	辦理5座自記式河川流量站記讀資料下載與設備維護。	持續辦理3座自記式河川流量站記讀資料下載與維護作業。
(5)地下水位觀測	1.蒐集各標隧道洞口地下水位觀測資料。 2.辦理 12 座自記式地下水位觀測井記讀資料下載與設備維護。 3.辦理既有地下水位觀測井之人工量測。	1.配合個標隧道施工進度，持續蒐集本計畫隧道洞口地下水位資料。 2.持續辦理8座自記式地下水位觀測井記讀資料下載與維護作業。 3.持續進行3處既有地下水位觀測井之人工量測。
3.隧道鄰近區域水文地質模式檢討修正與驗證		
(1)5座長隧道三維水文地質模式檢討與修正	依據各標隧道施工期間的水文地質資料蒐集與量測結果，辦理東澳隧道、觀音隧道、谷風隧道、中仁隧道及仁水隧道的三維水文地質模式率定與檢討修正。	配合各標隧道施工進度與水文地質資料蒐集與觀測結果，持續進行本計畫4座長隧道(觀音隧道、谷風隧道、中仁隧道及仁水隧道)模式率定與檢討修正工作。
(2)隧道可能出水問題評估檢討與修正	依據各標隧道的模式率定與檢討修正結果，辦理隧道可能出水問題評估。	依據各標隧道的模式率定與檢討修正結果，辦理隧道可能出水問題評估。
4.隧道湧水對水資源環境影響評估		
(1)施工階段	依據各標隧道的模式率定與檢討修正結果，辦理廣域地下水資源影響初步評估。	配合隧道施工進度，持續辦理區域地下水資源影響評估。並依據所蒐集資料，進行區域地下水淨補注量評估。
(2)完工營運階段	—	持續辦理相關水文地質觀測(包括隧道洞口水量、鄰近鐵路隧道洞口排水量、水位觀測井及雨量觀測等)，並進行分析評估，以瞭解完工初期隧道鄰近區域地下水資源變化情形。於本計畫結束時提出總結報告。

參考文獻

(1) 王媛、金華、李冬田，「裂隙岩體深埋長隧道斷裂控水模型及突湧水量多因素綜合預測」，岩石力學及工程學報，第 31 期，第 1567-1573 頁，2012。

(2) 中興工程顧問股份有限公司，臺9線蘇花公路蘇澳東澳段工程委託地質探查服務工作-工程地質鑽探報告書，交通部公路總局蘇花公路改善工程處，2012。

(3) 臺灣世曦工程顧問股份有限公司，臺9線蘇花公路山區路段改善計畫可行性研究與工程規劃暨優先路段工程設計工作大地工程調查-綜合評估報告，交通部公路總局蘇花公路改善工程處，2010。

(4) 財團法人中華顧問工程司，國道東部公路蘇澳和平段初設階段-大地工程調查地球物理探測紀實報告，交通部臺灣區國道新建工程局，2003。

(5) 財團法人中華顧問工程司，國道東部公路蘇澳和平段初設階段-大地工程調查地表地質調查紀實報告，交通部臺灣區國道新建工程局，2003。

(6) 財團法人中華顧問工程司，國道東部公路蘇澳和平段細設階段-大地工程調查綜合評估報告，交通部臺灣區國道新建工程局，2004。

(7) 聯合大地工程顧問公司，新永春隧道新建工程規劃設計總結報告，交通部鐵路改善工程局東部工程處，2003。

(8) 國立臺灣大學嚴慶齡工業發展基金會合設工業研究中心，山岳隧道突發性巨量湧水之地質特性與緊急因應對策研究委託計畫工作，交通部公路總局蘇花公路改善工程處，2012。

(9) 徐年盛、江崇榮、汪中和、劉振宇、劉宏仁、黃建霖，地下水系統水平衡分析與補注源水量推估之研究，中國土木水利工程學刊，

第 23 卷，第 4 期，第 347-357 頁，2011。

(10) 李振誥、李宏徹、黃崇琅與林碧山，岩體隧道滲流量之預測：以坪林隧道為例，中國土木水利工程學刊，第 10 卷，第四期，1998。

(11) 吳瑞賢、王其美、王婕妤，「臺灣地區區域降雨總量及極端降雨之變遷特性」，臺灣水利，第 61 卷，第 1 期，第 22-40 頁，2013。

(12) 林廷彥、蕭富元、高憲彰、彭詩容，「三維分析技術應用於公路隧道施工鄰近區域水資源環境影響研究」，臺灣公路工程，第 40 卷、第 8 期，第 26-42 頁，2014。

(13) 蕭富元、彭詩容、高憲彰、冀樹勇，「水文地質調查與分析在隧道工程中的應用探討」，隧道建設，第 34 卷，第 6-14 頁，2014。

(14) 蕭富元、高憲彰、邵厚潔、林廷彥，「蘇花改隧道施工對地下水文影響評估」，地工技術，第 146 期，第 33-42 頁，2015。

(15) Butscher, C., Steady-state groundwater inflow into a circular tunnel, Tunneling and Underground Space Technology, Vol.32, pp.158-167, 2012.

(16) Coli, M., A. Pinzabi,Tunnelling and Hydrogeological Issue: A Short Review of the Currrent State of the Art, Rock Mech Rock Eng, Vol. 47, pp.839-851, 2014.

(17) Gattinoni, P., L. Scesi, S. Terrana, Hydrogeological risk analysis for tunneling in anisotropic rock masses, World Tunnel Congress 2008, pp.1736-1747, 2008.

(18) Hazeri, H.R., A. Uromeihy, M. Sharifzadeh, Evalution of high local groundwater inflow to a rock tunnel by characterization of geological features, Tunneling and Underground Space Technology, Vol.26, pp.364-373, 2011.

(19) Holmoy, K.H., B. Nilsen, Significant of Geological Parameters for Predicting Water Inflow in Hard Rock Tunnel, Rock Mech Rock Eng,

Vol. 47, pp.853-868, 2014.

(20) Jamison, W.R, L.W. Teufel, Pore volume changes associated with failure and frictional sliding of a porous sandstone, 20th U.S. Symposium on Rock Mechanics, pp.163-170, 1979.

(21) Garcia I., I. Reig, J.R. Baragas, J. Gollerrer, “Effects of ground water pressure on the surrounding of cross passage openings through segmental concrete linings”, Proceedings of the World Tunnel Congress 2017 – Surface challenges – Underground solutions. Bergen, Norway, 2017.

(22) Kishinaka, N., T. Koyama, K. Takahashi, T. Yasuda, Y. Ohnishi, Groundwater inflow analysis during tunnel construction using SDA-SWING method, Proceeding of the ITA World Tunnel Congress 2013, pp.1371-1378, 2013.

(23) Klaus-Peter Seiler and Wulf Lindner, 1995, Near-surface and deep groundwater, Journal of Hydrology, 165, pp. 33-44.

(24) Klimczak, C., Richard A. Schultz, Rishi Parashar, Donald M. Reeves, ”Cubic law with aperture-length correlation: implications for network scale fluid flow”, Hydrogeology Journal, Vol.18, pp.851-862, 2010.

(25) Krasny, J., J.M. Sharp, U. Troeger, ”IAH commission on hardrock hydrogeology (HyRoC): past and preent activities, future possibilities”, Fractured Rock Hrdrogeology, International Association of Hydrogeologists Selected Paper, Taylor & Francis Group, London, UK, pp.1-12, 2014.

(26) Lachassagne, P., B. Dewandel, R. Wyns, ”The conceptual model of weathered hard rock aquifers and its practical applications”, Fractured Rock Hrdrogeology, International Association of Hydrogeologists

Selected Paper, Taylor & Francis Group, London, UK, pp.13-45, 2014.

(27) Loew S., G. Barla, M Diederichs, Engineering geolory of Alpine tunnels:Past,present and future，Geologically Active，ISBN 978-0-415-60034-7，2010.

(28) Shau, H.J., F.Y. Hsiao, H.C. Kao, ”Preliminary assessment of environmental impact for a high potential water inflow tunnel in Taiwan”, ITA WTC 2015 Congress, Dubrovnik, Croatia, 2015.

(29) Sibson, R.H., ”Fault rocks and fault mechanisms”, Journal of the Geological Society of London, Vol.133, pp.191-213, 1977.

(30) Tai-Tien Wang, Fu-Shu Jeng, Wei Lo, Mitigating large water ingresses into the New Yungchuen Tunnel, Taiwan, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol.70, pp.173-186, 2011.

(31) Xu, Z., Zhiye Zhao, Jianping Sun, Ming Lu, ”Determination of hydraulic conductivity of fractured rock masses: A case study for a rock cavern project in Singapore”, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol. 7, pp.178-184, 2015.

(32) Yang, F.R., C.H. Lee, W.J. Kung, H.F. Yeh, ”The impact of tunneling construction on the htdrogeological environment of Tseng-Wen Reservoir Transbasin Diversion Project in Taiwan”, Engineering Geology, Vol.103, pp.39-58, 2008.

附錄 A 歷次審查意見暨處理情形彙整表

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-107 年年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	一般性：整體上配合各長隧道陸續開挖完成，依據既有資料、設計階段調查、鄰近鐵路隧道之水文量測資料、相關水文、氣象資料、新建隧道開挖地質資料，配合修正各隧道之水文地質模式，實屬大量資料之整理與分析，為一負荷極大工作，工作團隊交付各階段配合調整模式組合之水文單元、相關係數及率定各區段水文特性值得肯定，後續各隧道完工後，建議持續辦理「運管階段」之水文地質觀測，以為環境衝擊評估之客觀證據，並為後續即將展開評估推動「東澳-南澳」、「大清水-崇德」段之水文地質對隧道工作之影響，提供客觀有說服力之證據，以更有效的推動計畫進程。		敬謝委員對本計畫團隊的肯定及建議。誠如委員所提「運管階段」持續辦理水文地質觀測工作，可建立工程對環境衝擊的完整各階段客觀證據，並可做為蘇花改後續改善計畫推動參考。本團隊將依據施工階段所揭露之資料，在後續總結報告，研提營運階段資料蒐集與水文地質觀測計畫，提供後續執行參考。
(2)	雖到本計畫尾聲，仍持續收集相關文獻，使本數據可參考性更加提高，值得肯定。		敬謝委員肯定。
(3)	P.40 圖 2.2-16 東澳嶺、蘇澳兩雨量站，量測得 107 年累積雨量達 8000mm、5000mm，此種量級雨量或更大量(環球氣候影響下)之雨量對隧道內排水(尤其在重要設施，或原破碎帶、湧水帶)之衝擊，或需進行局部改善之必要性?		敬謝委員提醒，東澳隧道的出水主要來自於東澳嶺的豐沛降雨補注，除雨量多寡外，降雨型態亦為重要影響因子，持續性降雨造成地下含水層飽和及水位抬升，為隧道出水增加的主因。既有的排水系統是否足夠因應極端氣候的衝擊，建議再持續觀測，累積資料，以提供參考。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(4)	P.101 表4.1-1區域地層透水係數vs透水性之描述或標示(由小至大)，可再檢討。	P.101 P.132 P.151 P.162 P.181 P.201	敬謝委員建議，已於報告內文中修改相關表格表示方式。
(5)	P.102 重要斷層特性，東猴猗山斷層係為較晚期南北向之正斷層(張裂+右移，亦為本區最重要的節理方向，蘇花海岸之NS走向)橫跨板岩區級片岩區，其配套之透水性及透水係數，可再檢討。	P.102 P.132 P.138	敬謝委員提醒，報告已將東猴猗山斷層註明為正斷層(張裂+右移)，並重新檢討其透水性。
(6)	P.119 4.2.1 東澳隧道水文地質模式視修正建議同上；P.132 表4.2.1 東猴猗山斷層之透水性修正建議同上。		同問題(5)之辦理情形。
(7)	P.134 107之大雨量，隧道洞口總出水量亦可反映之此正斷層現象。		敬謝委員提醒，東猴猗山斷層確實為影響本地區地下水系統的重要構造。
(8)	P.184~P.185 中仁隧道，高岩覆之特性及配合之水壓條件下，既有之排水設施對氣候變遷之強降雨是否足以支應，亦建議再檢討。		敬謝委員提醒，有關中仁隧道在持續強降雨事件後的出水量突增問題，設計單位已進行檢討，除擴增排水設施容量外，亦對高出水段進行減漏灌漿，後續本計畫將持續配合進行觀測，提供參考。
(9)	已完工隧道各分梯次提送，可先將目錄架構提送，核備後撰寫，以免反覆修正。		敬謝委員意見，將先提送已營運之A標東澳隧道總結報告，有關報告內容規劃將先提供機關卓核。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(10)	請提供有關營運階段建議辦理事項。		敬謝委員意見，本計畫已於民國 105 年底配合業主指示，研擬「蘇花改隧道營運長期排水量觀測建議」，供機關卓參。另後續將於各標隧道總結報告中提交各隧道營運階段資料蒐集及水文地質觀測計畫。
(11)	可將預測與實際開挖之出水量比較，做為自我評估供參。	P.140~P.143	敬謝委員建議，已新增 4.2.4 節說明。
(12)	P.50 圖 3.1-2 2 月份資料未更新?。		敬謝委員提醒，根據蘇改處蘇花工字第 1080001144 號函，A 標東澳隧道相關資料蒐集與觀測執行至 107 年 10 月底止，目前資料均已蒐集呈現。
(13)	P.68 圖 3.3-2(a) 縱軸資料重疊。	P.68	敬謝委員意見，已修正圖 3.3-2(a)。
(14)	P.81 圖 3.5-5 部分水位井編號重複，是否重新調整(P.89~P.91)		敬謝委員提醒，隧道洞口地下水位井編號及量測工作係由各施工承商辦理，本計畫乃蒐集觀測資料進行分析研判，為避免資料混淆，現階段擬仍採用廠商所設置之水位井編碼，未來總結報告時再一併修正。
(15)	P.127 分別展示北上、南下，其餘隧道是否需比照辦理?	P.127	感謝委員意見，原圖 4.2-4 中標示之北上線、南下線描述應屬誤植，應分別為前期及本期比對，已修正。
(16)	P.155 圖 4.4-2 與 P.156 圖 4.4-3 相同，是否誤植?	P.160	感謝委員意見，圖 4.4-3 相較於圖 4.4-2，差異處係新增一矽質片岩(中度破碎)帶，如圖 4.4-3(b)所示，其位置位於原矽質片岩(中度破碎)帶之南邊。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(17)	部分隧道的觀測作業，因契約期程而停止，對未來分析是否有影響?		敬謝委員意見，停止觀測作業雖會造成影響，所幸東澳隧道資料已涵蓋施工前、中、後期，應可大致掌握本計畫所需之隧道施工影響評估。對於長期因極端氣候變遷及排水系統功能下降等可能因素影響，建議於營運階段持續辦理必要之觀測。
(18)	針對已通車營運隧道，下次報告應統整不同階段的研究成果，以利未來應用。		敬謝委員建議，遵照辦理。
(19)	本案展延至 109 年 6 月，已近計畫後期，建議以東澳隧道為例，草擬未來成果報告呈現方式與內容。		敬謝委員建議，遵照辦理，將於下次報告提送。
(20)	若未來有類似分析需求、成果報告提供相關建議，如監測項目、位置、地質紀錄、模型建立等，有利後人參考。		敬謝委員建議，遵照辦理。
黃燦輝委員			
(21)	建議對各隧道鄰近區域地下水洩降情形，隨時間之變化趨勢，做詳細之展示與分析。		敬謝委員建議，遵照辦理，相關成果將於各隧道總結報告時呈現，將配合施工進度呈現隧道鄰近區域地下水位變化情形。
(22)	檢討隧道出水量觀測資料，是否符合當初規劃設計之設定標準。		敬謝委員建議，蘇花改隧道開挖面出水量設計以 2,100 L/min 為依據，連續 24 小時超過此出水量即達停工標準，檢視本計畫隧道開挖面出水量觀測資料均未超過此標準，故仍符合當初規劃設計之設定。
(23)	建議總結報告時，能對觀測資料、模式分析與鄰近區域水資源環境影響等，多做綜合性與統計性之數據比較分析與評估檢討。		敬謝委員建議，遵照辦理，總結報告將進行綜合性及統計性數據之分析檢討。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
王泰典委員			
(24)	谷風隧道 SS4 工作面抽坍區段之量測及分析，建議專節討論。若因網格精度問題，建議評估採用 hybrid 模式考慮抽坍區附近及隧道尺寸的地下水流及水位變化。		敬謝委員建議，因本計畫主要係採用廣域模式進行區域水資源影響評估，將遵照委員意見，針對谷風隧道 SS4 抽坍事件進行近域模式分析，相關成果將於下期報告呈現。
(25)	谷風隧道抽坍區段分析結果建議與量測資料進行比對及參數率定，成果可供探討岩體水利特性代表性單元體積(REV)之寶貴資料。		敬謝委員意見，岩體水力特性確實會受尺度效應影響，本團隊將蒐集廣域模式分析率定參數、近域模式分析結果、以及蒐集試驗資料，嘗試進行探討。
(26)	東澳隧道北口出水量量測結果超出隧道排水管溝容量，洞口地表逕流與隧道出水量如何區分?可否逆推流速或水頭?		敬謝委員意見，東澳隧道洞口出水量的觀測，由於隧道排水溝渠均設置混凝土蓋版，現階段僅能以人工方式於隧道洞外排水溝渠進行觀測，量測值已涵蓋地表逕流與隧道出水量，而現有的排水系統不易區分兩者水量，未來如有必要建議營運單位可於隧道洞內及洞外邊坡排水溝渠安裝觀測儀器進行長期觀測；另委員所提透過出水量逆推流速或水頭，理論可行，但須在隧道內安裝流量觀測儀器，同時須定義相關透水係數，逆推僅能獲得概略結果。
(27)	東澳隧道洞口出水量甚大，建議延長觀測。		敬謝委員意見，根據蘇改處蘇花工字第 1080001144 號函，東澳隧道相關量測工作執行至 107 年 10 月底止，延長觀測將依據機關指示辦理。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(28)	建議測量記錄以光碟或電子檔形式併報告提供。		遵照辦理，相關觀測結果已整理於附錄 B～附錄 F，並燒錄成光碟一併附於修訂本提供參考。
交通部公路總局			
(29)	無意見。		敬謝肯定。
中興顧問和中清水監造工程處			
(30)	P.186 倒數第三行，0k+371~0k+39，里程有誤。	P.190	敬謝提醒，已於報告內文修改。
世曦顧問監造工程處			
(31)	無意見。		敬謝肯定。
本處南澳工務段			
(32)	無意見。		敬謝肯定。
蘇花改工程處			
(33)	無意見。		敬謝肯定。
主席裁示			
(34)	有關 A 段總結報告相關建議可回饋至原設計單位，倘後續雨量超出設計排水量之情形產生，設計單位可評估後續營運時之改善對策。		遵照主席裁示辦理，將於總結報告提供相關建議，以供設計單位參考。
(35)	各委員相關建議，請納入後續執行考量。		遵照主席裁示辦理。
(36)	出席委員及相關單位出席代表意見，請列表逐條澄清修正。		遵照主席裁示辦理。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-107 年半年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	評估報告書 P.7，第 20 行「裂隙水文……」錯字請修正。	P.7	敬謝委員提醒，已修正。
(2)	新增相關資料之持續增補 5 篇，值得肯定。		敬謝委員肯定，本團隊將繼續努力。
(3)	評估報告書 P.41，管理單位-「經濟部水利署」第一河川局、第九河川局(表 2.3.1)。	P.41 P.42	敬謝委員提醒，已修正內文及表 2.3-1。
(4)	評估報告書 P.43，第 9 行「武塔隧道」(非 5 座長隧道)不在本研究計畫內。	P.44	敬謝委員提醒，已修正內文。
(5)	評估報告書 P.49，圖 3.1-1 東澳隧道北口為何出水量多集中在北上線。	P.50	敬謝委員意見，簡要說明如下： 1.東澳隧道的地下水來源主要來自於東側的東澳嶺地區，北上線隧道較為靠近東側地下水來源側，故而出水量較多，而南下線隧道兩側受北上線隧道的攔截及東猴猗山斷層的阻隔，致使隧道出水量較少。 2.東澳隧道排水系統完成後，將北口北上線及南下線的排水皆匯至同一排水系統，目前僅能能至洞外下游渠道量測總排水量，無法區隔兩隧道個別水量。原報告圖 3.1-1 之北口北上線及南下線的排水量，係以排水系統完工前之水量比例推估得之。為避免後續造成誤解，已修正為北洞口總出水量。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(6)	評估報告書 P.58，倒數第 1、2 行增設雨量站，可提升判釋「精度」?。	P.59	敬謝委員意見，蘇花改沿線降雨主要受東北季風影響，迎風面及背風面降雨易有差異，增設雨量站增加觀測位置，可提供模式分析時降雨補注參考，提高本計畫成果判釋精度。
(7)	評估報告書 P.70，圖 3.4-4、3.4-5，圳頭溪水量遠小於東澳北溪之河川流量，可有適當水文地質模式之解釋?		河川流量與集水區面積、地形、區域降雨量及地下水補注量等多項因素有關。圳頭溪雖有東澳嶺的豐沛降雨補注，但其集水區面積有限，故在無降雨時呈現地下伏流的情形；而東澳北溪的集水面積略大，同時其北支流部分沿東猴猗山斷層走向發育，故其河川流量除來自本地區的降雨外，尚包括西側山區地下水補注，故流量高於圳頭溪。
(8)	評估報告書 P.76，表 3.5-2 既有地下水位井，地下水位變動不大，可證明開挖後地下水位應大致趨於穩定。		敬謝委員說明，目前既有地下水位井基本上變動不大，水位並無異常持續抬升或下降情形，且水位的變化呈現與降雨量多寡有密切相關特性，顯示隧道施工應未影響各水位井的水位。
(9)	評估報告書 P.123，圖 4.2-2「變質輝綠岩」，錯字請修正。	P.124	感謝委員提醒，圖 4.2-2 文字誤植已修正。
(10)	評估報告書 P.122~128，圖 4.2-1 至圖 4.2-7 水文地質模式之修正能否解釋東澳隧道北口出水量多集中在北上線?		敬謝委員意見，東澳隧道的出水主要源自於東側的東澳嶺地區，北上線隧道較為靠近東側地下水的來源側，故而出水量較多，水文地質模式分析結果亦呈現此情形，此部分的詳細探討將於東澳隧道總結報告呈現。
(11)	評估報告書 P.141~145，圖 4.3-1 至圖 4.3-4 與圖 4.3-5 之圖例不同，請統一。	P.142 P.143	敬謝委員意見，已統一修正圖例。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(12)	評估報告書 P.156~157，圖 4.4-1 至圖 4.4-2 與圖 4.4-3 之圖例不同，請統一。	P.155	敬謝委員意見，已統一修正圖例。
(13)	谷風隧道抽坍段的補充地質探查，對谷風隧道的水文地質模式之區部修正，可有提供寶貴之訊息?並對水資源環境影響衝擊之評估?		敬謝委員意見，根據抽坍補充調查初步結果顯示，抽坍發生在多期褶皺構造區，水文地質條件複雜，本計畫將於調查報告定稿後，配合進行水文地質模型必要修正與分析。
(14)	各長大隧道多已接近開挖完成後期，後續配合的營運階段之水文地質與環境監測設施之維護與點交予後續之營運單位，應妥善處理，以證明隧道工程實為對環境友善之設施。		敬謝委員提醒，本計畫將配合隧道完工進度，研提總結報告，並提出各隧道營運建議。
(15)	評估報告書 P.8~9，第 2.1.2 章建議整理成表格。	P.8 P.9 P.10	敬謝委員建議，遵照辦理，已整理第 2.1.2 章相關內容為表格「表 2.1-1 計畫區範圍隧道施工現況彙整一覽表」。
(16)	本計畫增設多項儀器觀測，目前已使用多年，儀器設備狀況?是否需維修/更新?		敬謝委員意見，本計畫對於所設置之觀測儀器，每月皆派員至現場檢視儀器狀態，對於有損壞的設備立即進行維修或更新，目前儀器皆正常運作中。
(17)	評估報告書 P.162，谷風隧道發生的大抽坍事件，在本計畫模式中如何反應在水資源環境影響評估。		敬謝委員意見，由於抽坍區地質狀況尚未完全確定，故目前本計畫水文地質模式先於於抽坍區上方新增一薄層高透水性水文地質單元，以反應可能出水行為，後續待調查報告定稿後，將配合進行水文地質模式必要的修正，並評估谷風隧道抽坍對水資源環境影響之衝擊。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
黃燦輝委員			
(18)	三維水文地質模式經多次檢討修正，配合施工階段、貫通完成等逐次率定，東澳隧道與觀音隧道已獲得具代表性之透水滲透參數與地質分析模式，可供爾後各項分析之引用。		敬謝委員肯定。
(19)	由水位量測資料顯示，隧道施工對鄰近區域水位影響，隨時間已逐漸消減，惟其實際影響範圍、大小與延時，仍應持續謹慎觀測與評估，此為重要議題，值得長期探討。		敬謝委員提醒及說明，本計畫將在期程內持續辦理觀測與評估，後續並提出總結報告，提供參考。
王泰典委員			
(20)	圖 2.1-2 開挖面地質紀錄除岩體分類評分表外，應另附開挖面地質測繪，並蒐集整理於附錄中。	P.13 附錄 F	敬謝委員意見，遵照辦理，本計畫已蒐集隧道開挖各項地質紀錄（包含岩體分類表及開挖面地質測繪），如圖 2.1-2，相關詳細資料參見附錄 F。
(21)	BT-05-01 及 BT-01 的觀測結果，建議比對探討，並討論觀測過程的變化、與東澳隧道北口流量、降雨的相關性，以及地下水位與流量變化可能的影響因素。		敬謝委員建議，由於 BT-05-01 資料每月僅有一筆資料，不易完整反應隧道施工影響，故結果探討主要仍以安裝自記式儀器的 BT-01 為主。將針對施工過程隧道出水量、出水位置、地下水位及降雨量等關係加以比對參考，相關成果將於東澳隧道總結報告呈現。
(22)	東澳隧道已完工通車，本階段檢討修正改變那些條件，造成地下水總水頭有明顯的變化，建議臚例說明。		敬謝委員意見，隧道沿線水文地質狀況已大致掌握，本期模式分析主要依據條件如下： 1. 依據研究區雨量站觀測資料，進行降雨補注量調整。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			2. 根據隧道觀測出水量，模擬網格出水流量。 3. 依據地下水位井觀測資料作為率定依據。 分析結果顯示地下水總水頭有明顯變化，洩降量與洩降範圍亦有相當程度改變。
(23)	觀音隧道三維水文地質模型有較明顯的調整，圖 4-3 系列圖說建議比例尺及圖例盡可能一致，修正部分建議突顯並說明。谷風隧道部分亦同。	P.142、P.143、P.155	敬謝委員意見，遵照辦理，已修正觀音隧道及谷風隧道比例尺及圖例，並突顯修正結果。
(24)	中仁隧道與仁水隧道水文地質模型自前期以後調整幅度較大，片麻岩與大理岩界面分別有不同傾向，破碎帶傾角及是否延伸至地表差異大，調整的依據建議說明。此部分調整與隧道地質平面、剖面的關係，建議略加探討。		敬謝委員建議，中仁隧道主要係因高岩覆段開挖所遭遇地質與原設計有明顯差異(原設計均為大理岩，實際遭遇以片岩為主)，故乃依隧道開挖地質紀錄及區域地質圖幅資料，推估高岩覆段片岩可能分布狀況，並修正水文地質模式。 仁水隧道則係因隧道部分區段開挖面地層傾向與原設計有所差異，經與監造討論，考量變質岩地層多呈波浪狀起伏，開挖面小範圍地層傾向變化可能無法代表大區域狀況，故決議仍維持原設計所考量之大區域地質位態為主，結果參見圖 4.6-6。至於破碎帶的延伸則將其走向與地表地形比對，做為延伸至地表位置依據。
交通部公路總局			
(25)	無意見。		敬謝總局肯定。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
中興顧問蘇澳東澳監造工程處			
(26)	無意見。		敬謝工程處肯定。
中興顧問和中清水監造工程處			
(27)	無意見。		敬謝工程處肯定。
世曦顧問監造工程處			
(28)	谷風隧道因抽坍案所進行補充地質調查，其岩性分佈和褶皺構造複雜，建議由 F2(褶皺軸)、後期構造、片理面資料整合，進行面狀破碎帶處置之。		敬謝工程處建議，本計畫後續將配合谷風隧道抽坍補充調查之定稿本，並考慮模式網格尺度及等效介質模式，設定抽坍區的水文地質單元分布。
本處南澳工務段			
(29)	簡報內所提觀音北口雨量站資料蒐集路線阻斷 1 節，本段將會與承包商及監造單位協調改善，以提供通路供中興社辦理資料蒐集。		敬謝工務段意見及協調。
本處和中工務段			
(30)	無意見。		敬謝工務段肯定。
蘇花改工程處			
(31)	無意見。		敬謝工程處肯定。
主席裁示			
(32)	本研究案報告內容(各項專有名詞等)請儘量以繁體中文呈現。		遵照主席裁示辦理。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(33)	考量東澳隧道研究期程比起其他長隧道較早結束，請單獨先提報A區(東澳隧道)的總結報告，並依契約規定繳交期限內提送，另B區(觀音、谷風隧道)、C區(中仁、仁水隧道)之總結報告俟計畫(觀測)期程完成後，依規定期限內一併提報。		遵照主席裁示辦理，將依計畫執行期程，單獨提送A區的總結報告。
(34)	有關BT-01水位觀測井之遠距離無線傳輸水位監測系統，考量水位井鑽掘租地期限等因素，後續是否交由管養單位繼續監測，或納入本處採購案發包，請工程科與相關單位研議後提出。		經工程處電子郵件通知因考量用地租賃及儀器後續管養等因素，同意BT-01水位觀測井後續不交由管養單位持續監測及東澳隧道周圍水文儀器觀測監測至107年10月止（第二次展延說明書期程）。本計畫依上述研議結果配合辦理。
(35)	考量東澳-南澳段改善路段之可行性評估，本研究案裝設之雨量站(永樂車站附近)或其他相關觀測儀器是否保留持續觀測，以提供可行性評估之背景資料，請工程科與相關單位研議後提出。		同問題（34）之辦理情形。
(36)	出席委員及相關單位出席代表意見，請納入後續執行考量，並列表逐條澄清修正。		遵照主席裁示辦理。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-106 年年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	針對 A 標已通車路段的水文地質模式之建立進度？針對施工中湧水、擠壓路段的處理已克服，但對長期營運期有無計畫持續建議監測？以確保行車無重大之干擾(避免如雪隧營運期間有部分路滲湧、射水現象，有損業主之形象，另對較大變形之下斷層帶(界線斷層)(南蘇澳斷層及猴猄山斷層之複合地層))是否有持續微變形之細部觀測？		敬謝委員意見，茲說明如下： (1) 東澳隧道已開挖貫通正式營運，目前模式已大致掌握隧道沿線水文地質特性，本年度主要依據隧道洞口出水量觀測值、鄰近鐵路隧道洞口排水量、水位觀測井等資料持續進行分析評估，探討鄰近區域地下水資源變化情形。 (2) 施工期間遭遇湧水及擠壓段為營運期間潛在風險區，在水文地質部分建議持續辦理隧道洞口水量及地下水位觀測，以研判隧道出水量及排水系統運作情形，如必要可再視情況增設儀器加強觀測。 (3) 在斷層帶辦理微變形觀測有助於研判隧道營運安全穩定，但因非屬本案計畫範疇，故建後續請營運單位納入考量，另案辦理。
(2)	針對 B 標谷風隧道崩塌區段之處理，箇人看法，目前應已大致掌握崩壞之模式，及相對應之處理(空洞填補、加固，避免已崩塌之空洞擴大)也算對症下藥，但由其破壞歷程研判，初期較大量湧水應係與隧道軸小角度相交之剪裂帶封閉之水包原呈平衡狀態，但後期聯通地表之高角度裂隙使同期強降雨		敬謝委員意見，B 標谷風隧道的抽坍事件確實與強降雨的水壓抬升有密切關係，本期亦將此次抽坍納入模式分析，後續將配合調查與設計結果，進行模式必要修正與分析，提供主管機關及設計施工參考。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	迅速提昇水壓，造成封閉水包之剪裂帶崩壞，一洩而下，而造成近9,000~10,000m^{3}之塌落土石，根據鑽孔探查資料顯示部分路段抽塌高度>10m，現今處理方式應可突破，已充填之路段空洞已可恢復岩體之穩定性，惟建議仍需增設長距離洩水孔，以處理行車階段的豪暴雨瞬間地表水一衝而下的情形，同時對應原系統性的排水容量進行料敵從寬的檢討，以免行車後水浸路面之困境，另此一區段之襯砌厚度或強度也可一併檢討。		
(3)	C標局部區段瞬間大湧水區段，也可能比照上述分別檢討施工與設計。		敬謝委員建議，關於C標局部區段瞬間大湧水區段的因應對策，本計畫已配合現場所提出之減漏灌漿施工，進行模式分析，結果亦提供設計檢核排水系統容量參考，由於非屬本計畫例行工作，故未將分析結果詳載於年度成果報告，請委員諒察。
(4)	由出水紀錄可看出中仁、仁水隧道湧水成因為隧道地表裂隙引致對暴雨之反應敏感造成施工干擾，並未形成崩塌災害。而B標之谷風則強制為剪裂斷層水包外包聯通地表裂隙複合，才會因暴雨突增地下水位破壞剪裂帶斷層之功能，造成巨量湧水及崩塌碴料衝出造成平均 1.5~2 倍以上隧道上半開挖面積之空洞(由目前回灌充填之假設情境)。		敬謝委員提醒及說明。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(5)	文字、圖表細節勘誤： *評估報告書 P.1「惟由國道 5 號雪山隧道與東部鐵路改善『線』新永春隧道……」。 *評估報告書 P.9「(3)觀音隧道:……與主隧道南下線於分別於里程 6K+622.9、7K+572……」。 *評估報告書 P.14，圖 2.1-3「中仁隧道南口北上線里程 2K+845.3 開挖面地質紀錄」，惟圖片內容里程為 2K+99.2-100.7，請釐清修正。 *評估報告書 P.189，「……導致洞口觀測『職值』突增……」。 *評估報告書 P.201，「……岩覆深度隨(?)逐漸降低……」。	P.1 P.9 P.14 P.189 P.201	(1) 敬謝委員指正，已修正。 (2) 敬謝委員指正，已修正。 (3) 敬謝委員指正，已修正。 (4) 敬謝委員指正，已修正。 (5) 敬謝委員指正，已修正為「岩覆深度隨開挖進度逐漸降低」。
(6)	已貫通隧道是否保留施工進度示意圖，例如 P.12~P.13。		敬謝委員建議，因已貫通隧道已全線貫通，故移除施工進度示意圖，以避免讀者誤解隧道仍未貫通。
(7)	評估報告書 P.48 之文字敘述「106 年上半年北口北上線排水量大致約 39~530(L/mm) ……，北洞口排水量亦增加至約 1,931~11,140(L/mm)」與圖 3.1-3 及表 3.1-1 不符，請釐清修正。		敬謝委員提醒，經查證，報告所述「北洞口排水量亦增加至約 1,931~11,140(L/mm)」，係指北洞口總排水量，敬請參見表 3.1-1 所列之 2017 年 7 月及 10 月觀音隧道北口北上線與北口南下線之排水量總和。
(8)	裝訂錯誤，缺少 P.145~146 及 P.161~162，請檢視後修正。		敬謝委員指正，已修正。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(9)	評估報告書 P.211 圖 4.6-7，三維水文地質模型，紅色之「層間破碎帶、斷層帶」傾角修正依據為何(與 P.210 之圖 4.6-6 相比)？		敬謝委員意見，由於仁水隧道片麻岩及大理岩交界帶，施工時並未遭遇層間破碎帶，故已於模式中將此層間破碎帶於模式中移除。另亦依據隧道開挖所揭露之地質狀況，修正地層位態，相關之修正說明請參考修訂報告 P.203~P.204 及圖 4.6-7。
(10)	評估報告書 P.76，請確認圖 3.4-5 之 106 年 12 月份雨量是否超過 400mm，建議調整座標。	P.76	敬謝委員提醒，該月份最大日雨量為 401.3mm，已調整座標。
(11)	評估報告書 P.78，請確認圖 3.4-8 之 106 年 10 月份之後流量站數據，如有數據請補上。	P78	敬謝委員提醒，該圖數據缺漏處係因流量站儀器基座疑似受鄰近工地之接地線接觸，導致機版毀損，經將儀器拆回檢視維修，目前已完成修復，已重新繪圖至目前最新資料。
(12)	評估報告書 P.224，隧道完工後辦理工作重點為何？	P.224	敬謝委員意見，隧道完工後工作重點將持續辦理相關水文地質觀測(包括隧道洞口水量、鄰近鐵路隧道洞口排水量、水位觀測井及雨量觀測等)，並進行分析評估，以瞭解完工初期隧道鄰近區域地下水資源變化情形，並於本計畫結束時提出總結報告。已補述於報告中。
(13)	請提供施作襯砌前後水資源比較。		敬謝委員建議，A 標東澳隧道的土建工作於 106 年底方使完成，本計畫將持續觀測洞口出水量，已瞭解襯砌施作前後出水量及鄰近區域地下水資源變化，結果將於後續報告中提出。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(14)	建議將歷次湧水/抽坍資料彙整與水文模型預測成果做檢討。		敬謝委員意見，本團隊將對於已通車之東澳隧道整理其重大抽坍及出水事件，並於總結報告呈現。惟本計畫主要係根據開挖所揭露地質資料及水文地質觀測結果，透過模式分析探討大區域地下水資源的變化，而對於小範圍構造所引發之抽坍及湧水事件，不易做精確預測，尚請諒解。
(15)	是否考慮將谷風隧道 106 年 10 月的份抽坍事件納入模型分析考量？。		敬謝委員提醒，已將谷風隧道的抽坍進行初步分析，後續將依據進一步調查結果進行模式修正與分析。
(16)	資訊平台整合進度為何？		敬謝委員意見，資訊平台已建立完成，詳見 105 年之半年度評估報告，近期持續辦理資料庫更新。
黃燦輝委員			
(17)	東澳隧道與觀音隧道之水文地質與透水參數率定大都完成，然仍有部分參數未達穩定值，原因為何？		敬謝委員意見，已開挖貫通隧道的水文地質單元透水參數基本上已大致率定完成。惟後續洞台降挖及襯砌施作等施工之觀測資料，持續進行模式率定及參數調整，故部分水文地質單元之參數有微幅調整。
(18)	谷風隧道於 106 年 10 月 20 日及 22 日分別遭逢兩次抽坍，並有持續出水情形。致使水文地質模式作必要之修正。此修正內容之根據為何？請做詳細說明。		敬謝委員意見，本期主要依據施工單位所提供的抽坍區範圍、里程、出水量及岩性等資料進行模式修正，參見報告 P.162，後續待調查完成後，將再配合進行模式必要之修正與分析。
(19)	從東澳、觀音與谷風隧道之貫通、地下水位觀測與分析結果，顯示隧道施工並未造成鄰近區域地下水位明顯洩降，且洩降深度與範圍有限，請持續追蹤確認其影響範圍與洩降深度。		敬謝委員提醒，本計畫將持續進行水文地質觀測與分析，追蹤確認影響範圍與洩降深度。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(20)	由所收集之開挖面地質資料，出水量與滲透性質等，進行各項統計與比對，為一項長期且主要之課題，值得持續關注。		敬謝委員意見，將持續進行資料統計比對，提供參考。
王泰典委員			
(21)	和中自記式雨量站周圍植生茂密，是否可能高過量筒影響觀測結果？建議評估是否須修剪周圍植生。		敬謝委員提醒，和中雨量站周圍植生已修剪，應不致影響觀測結果。
(22)	評估報告書 P.67，永春、新永春南口水量與東澳嶺降雨量之相關性係系統分析或觀察所得，建議略加說明。		敬謝委員建議，該關係主要係依據觀測資料，已於報告中 P.67~P.68 補充說明。
(23)	評估報告書 P.146，觀音隧道水文地質模式本年度調整哪些部分？圖 4.3-5 中水文地質單元分佈較前期(圖 4.3-4)有較陡傾角，何以變化這麼大？		敬謝委員意見，本期重新檢視監造所提供之地質展開圖，並比對出水量資料，進行觀音隧道水文模式修正，將武塔片岩再劃分為低、中、高度破碎片岩，同時地層走向及傾角也依據地質展開圖調整，以更符合實際狀況。
(24)	中仁隧道三維水文地質模型岩層皆呈垂直分佈(圖 4.5-6)但概念模型與沿隧道軸線兩縱剖面有明顯差異，建議補充說明。	P.185	敬謝委員意見，開挖地質紀錄顯示中仁隧道沿線確實存在較高角度的剪裂帶及層面，已重新再檢視地質資料，修正中仁隧道水文地質模式，結果詳圖 4.5-6。
(25)	仁水隧道水文地質模型亦修正為陡峭分佈，建議說明原因。	P.211	敬謝委員意見，已重新檢視監造所提供之開挖地質紀錄、地質展開圖及區域地質圖，調整修正仁水隧道之水文地質模式，結果參見圖 4.6-7。
(26)	簡報第 92-115 頁內容應納入報告中。		敬謝委員意見，簡報的統計資料仍為初步結果，現階段統計結果的相關性仍偏低，將持續進行分析比對，結果將彙整於總結報告。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
交通部公路總局			
(27)	評估報告書 P.51，C1 標之岩性與設計時為大理岩已有明顯差異，但 P.51 敘述南口大出水量之原因因大理岩造成，請再調整用詞。	P.51	敬謝總局提醒，C1 標之岩性雖與設計時有所差異，但隧道南口段開挖主要仍為大理岩，僅於高岩覆段遭遇矽質片岩，南口段豪雨後的突發性出水係發生在已開挖之大理岩段，報告用語部分已斟酌調整。
(28)	A 段通車(107/2/5)後洞口地下水位停止測量(評估報告書 P.45)，請問 107 年 2 月 6 日地震後是否就沒量測，是否未來會有地下水位之變化調查資料？		敬謝總局意見，隧道洞口地下水位係由施工廠商負責，故隧道完工通車(107/2/5)後，施工廠商已停止洞口地下水位的量測。另本計畫於 A 標隧道鄰近區域設置 4 座自記式地下水位井（BT-01、BT-02、BH-01、BH-02），目前仍持續量測中，其中 BT-01 水位井位於隧道正上方，量測資料可提供參考。
(29)	若蘇改處認為有必要延長研究年限，請於 4 月份經費檢討時將需求經費預估進去。		敬謝總局提醒。
中興顧問蘇澳東澳監造工程處			
(30)	無意見。		敬謝肯定。
中興顧問和中清水監造工程處			
(31)	中仁隧道東側有和中自來水質水量保護區，中仁隧道開挖是否對水質水量保護區有所影響，請加以評估。		敬謝工程處意見，由目前地下水位井觀測資料及模式分析結果顯示，地下水位洩降量及影響範圍均有限，後續將持續追蹤隧道施工對於東側水質水量保護區可能之影響。
(32)	評估報告書 P.10 第 5 行「變質砂岩」應改為大理岩。	P.10	敬謝工程處指正，已修正。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(33)	評估報告書 P.51 第 10 行，10 月 10「月」筆誤。	P.51	敬謝工程處指正，已修正。
(34)	評估報告書 P.189，第倒數第 10 行觀測職(應改為值)。	P.189	敬謝工程處指正，已修正。
世曦顧問監造工程處			
(35)	無意見。		敬謝肯定。
本處東澳工務段			
(36)	無意見。		敬謝肯定。
本處南澳工務段			
(37)	目前 SS4 抽坍區在北上線相對區段打了 46 孔不取岩心探查孔，其中有 1/3 鑽孔數量有出水，建議做比對資料納入水文地質比對，此部分出水不同於隧道洞口出水，隧道洞口出水含蓋全線及施工用水其資料精準度變異過大。		敬謝工務段提醒，將參考不取心排水孔資料及地質調查成果，進行模式分析，探討區域地下水資源可能的變化。
本處和中工務段			
(38)	評估報告書中 P.58 上圖，北上線出水量為南下線近兩倍，而 7 月、8 月之強降雨卻無造成明顯出水量，以上特徵是否反應在水文地質模型中？		敬謝工務段意見，本計畫有將降雨情境納入分析，中仁隧道 10 月份的持續強降雨導致地層水壓短時間大幅上升，無法消散，使得地下水沿裂隙入滲隧道內，而 7、8 月時的強降雨持續時間較短，故未造成隧道嚴重出水。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(39)	C 標因卡努颱風外圍環流強降雨造成巨量滲水，後經地質改良固結灌漿，是否可經 107 年度實際降雨案例比較舊模型預估雨量與現地地改完之差異，以分析地改成效？。		敬謝工務段意見，各不同時期的模式分析結果，其影響因子包括近期開挖地質狀況、已開挖段施工情形、該期間的降雨事件等，故後續 107 年的分析結果，可提供做為概略參考，但由於 106 年與 107 年的條件不完全相同，故無法完全做為地改成效研判，仍需佐以其他資料綜合評估。
(40)	建議以水文地質模型配合年降雨趨勢預估各隧道可能遭遇之最大排水容量以提供設計單位評估現在排水容量是否影響。		敬謝工務段意見，對於已貫通隧道因水文地質狀況已大致掌握，故可考慮不同降雨情境，分析隧道可能出水量，提供設計參考。
蘇花改工程處			
(41)	無意見。		敬謝肯定。
主席裁示			
(42)	簡報第 120 頁，有關鼓音溪橋及清水溪橋流量站量測地點是否變動一節，鼓音溪橋流量站目前至谷風隧道新建工程完工前(目前預估約 108 年底)，應無變動之疑慮，清水溪橋流量站量測地點請中興監造單位與中興社再行協調是否變動及變動位置，如評估後有變動地點之必要性，請正式函文報處告知。		遵照辦理。清水溪流量站量測位置是否移動? 將與監造單位協調評估。
(43)	有關簡報第 123 頁，請評估考量本處各標工程於通車後(A 標業於 107 年 2 月份通車，B、C 標暫估約 109 年初通車)之營運階段尚需持續監測之理由及必要性，及後續		遵照辦理，將再仔細評估，並正式函文報處

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	對營運階段(針對養護單位)可獲得水文地質相關資訊為何，是否得以符合隧道工程之生命週期？經評估後如有持續監測之必要性，請以函文正式報處。		
(44)	各委員相關建議，請納入後續執行考量。		遵照主席裁示辦理。
(45)	出席委員及相關單位出席代表意見，請列表逐條澄清修正。		遵照主席裁示辦理。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-106 年半年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	中興社持續蒐集與本計畫相關之隧道水文地質中英文獻(最新者為2017 年發表)，值得肯定。		敬謝委員肯定，本團隊將繼續努力。
(2)	評估報告書中第 15 頁，圖 2.1-6 東澳隧道北上開挖面資料顯示-板岩系與大南澳片岩接觸帶(sta.4800 左右)為一擠壓型斷層低 RQD、RMR，但滲水量並不明顯，此界線斷層工程性質值得特別紀錄(地質、施工因應…)，規劃中的中橫快速公路#13 號隧道亦有此一構造下斷層(即板岩系系與大南澳片岩之接觸斷層)，為一擠壓型構造(軟弱地質材料大變形為其特性)。		敬謝委員提醒，東澳隧道里程 4K+800 附近遭遇長約 178m 之猴猗山斷層，斷層以北地層以板岩、千枚狀板岩及變質砂岩為主，斷層以南則主要為片岩夾大理岩及角閃岩體。該區段破碎岩體並夾斷層泥，施工過程遭遇 7 次規模不等的抽坍，本隧道施工經驗可提供未來其餘工程遭遇此斷層參考，本團隊後續將配合東澳隧道完工通車時間，綜整隧道施工出水量、地質、降雨量及水文特性參數關係，提供參考。
(3)	評估報告書中第 17 頁，圖 2.1-7 之東澳隧道南下線亦有同上點之特性。		同問題(2)之辦理情形。
(4)	評估報告書中第 32、33 頁，圖 2.2-2~2.2-3 蘇澳累積年平均降雨量達 4228.6mm(96-105 年)，東澳嶺(100-105 年)年平均降雨量為 5442mm，與長時期觀測統計相符(地形+東北季風作用)，造成地下水豐沛至之來源(與台灣另降雨高峰區火燒寮相當>4500mm 年降雨量(約 5000mm/y)。(1912/8000mm)		敬謝委員提供資訊與肯定。氣象局的資料顯示，105 年火燒寮的年雨量約 4,947mm，而同年蘇澳雨量站的年雨量約 4,238mm，另東澳嶺的年雨量則高達 6,014mm，顯示東澳嶺地區具有豐沛的降雨補注。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(5)	評估報告書中第 49 頁，圖 3.1-2~3.1-3，東澳隧道北口北上線出水量較大於北口南下線，且雨量有正相關之趨勢，而南口之北上線或南下線均呈低出水量且與雨量無明顯之關聯。請教是否有北段為張裂隙特性，南口段則為受壓型(裂隙較緊密?)，理論上板岩之透水性較片岩組合為低，但出水量屬因裂隙較發達之原因造成？		敬謝委員意見，區域張裂隙確實為隧道開挖出水的潛在通道。委員所提:(1)北口北上線出水量大於北口南下線，此現象可論證本區地下水主要來自東側的東澳嶺地區，故位在西側的南下線隧道出水量較小；(2)隧道北口段開挖通過多個地質破碎帶及透水性較佳之大理岩層，現階段東澳隧道的出水主要來自靠近北側的大理岩段，而目前此段大理岩出水則係引至北口排放，故導致北口北上線出水量高於南口北上線。
(6)	綜觀，評估報告書第 47~48 頁，觀音、谷風、中仁、仁水隧道之出水量均極低(尤其中仁及仁水隧道)，暴雨為暫時性，是否表示均為水包型出水體(洩降完及補充量體極少)，而與地表連接之裂隙補注(與雨量密切正相關的現象)之比例較低而造成？		敬謝委員意見，本計畫 B 標及 C 標 4 座隧道施工過程的出水量大多有限，主要出水多發生在岩性變化交界帶或大理岩裂隙發達段，開挖呈現之出水型態與委員所述之水包型出水體有關，開挖並未通過受壓水層。 另本計畫隧道已開挖段出水量呈現與降雨量密切有關，在豪雨後約 5~7 日時間，隧道已開挖段之岩栓孔及排水孔出現湧水突出情形，部分區段仰拱甚亦有地下水湧出情形，顯示具有高水壓情形。由於本計畫隧道岩覆較深，岩體裂(溶)隙延伸至地表的機率可能性較低，研判應為持續數日豪雨後，地層中不飽和孔隙及裂隙受降雨入滲填滿，導致壓力水頭大幅抬升，受高水力梯度影響，隧道已開挖段出現大量出水情形，且出水量於豪雨過後數日後逐漸減緩。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(7)	評估報告書第 66 頁，圖 3.3-2 計畫區內主要相關隧道仍以永春及新永春隧道南口仍維持 15~20T/min 之出水量，顯示均有穩定之地下水供應來源(兩側中央山脈地下水庫或東澳溪豐沛之地下伏流水？)？		敬謝委員意見，觀察永春及新永春鐵路隧道南口排水量記錄，研判應有穩定之地下水供應來源。
(8)	經評估報告書第 76 頁、78 頁及 79 頁之表 3.5-2、表 3.5-3 及表 3.5-4 等之觀測值地下水均變動不大，其所代表之水文地質模式意涵為何?。		敬謝委員意見，本計畫水位觀測井之水位大多變動不大，顯示區域地下水資源環境無明顯變化，隧道施工並未對大區域地下水資源造成嚴重影響。。
(9)	評估報告書第四章，對已開挖完成之東澳、觀音、谷風等隧道其他地質剖面(岩性、完整度、水文資訊、地質構造特性(如節理組、斷層、褶曲)等均已出露對水文地質模式分析所需輸入資料已大部份到位，期盼有具體之成果分享，且比對原開挖前預測之水文地質單元模式之差異比較，作為爾後類似計畫建構水文地質單元之參考資料，提供國內隧道工程界在學術實務之密切結合，以更精進國內之隧道工程水準。	P.139~P.144	誠如委員所提，本計畫之水文地質模式配合施工所揭露之地質與水文觀測資料，先後進行數次規模不等的調整與修正，同時由於變質岩之不確定性高，分析所得之參數變動範圍當對未來相關研究有重要參考價值。本團隊近期擬先針對即將通車之東澳隧道進行探討，所得成果將陸續於研討會或期刊發表，精進國內隧道工程界水準。
(10)	評估報告書中，第 119~123 頁，東澳隧道水文地質模式之檢討修正均隨隧道開挖地質狀況與區域大構造地質模式之精進修正，值得高度肯定，不論湧水、滲水、巨量變形，擾動帶均重新定義或修正水文地質單元使其模式更貼近真實開挖狀況		敬謝委員肯定，將持續努力完成後續工作。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(10)續	(從區域地質、規劃階段、既往鄰近隧道施工紀錄之借鏡、細設階段、施工實際狀況均不斷精進修正，值得肯定此一務實手段)。		
(11)	觀音、谷風隧道長度更長，岩性變化亦多，更多水文地質單元需一實際開挖地質條件的堦露再修正，也為數量相當龐大的工作，希望能同東澳隧道相關的階段性修改精進，而使其水文地質模式更為精確，而留下寶貴的經驗或運算模式的調整，供隧道工程界或學術界參考(第140~141 頁)。	P.139~P.144	敬謝委員提醒，已先補充觀音隧道歷次數值模型對應之修正過程於4.3.1 節中，修正參數列於表 4.3-1；谷風隧道模式修訂如 4.4.1 節所述。後續將針對B 標隧道持續進行模式的精進，相關成果將於本年度成果報告提出。
(12)	評估報告書中，第 144 頁，表 4.3-1 觀音隧道修正之武塔片岩、樟樹山斷層，新增之破碎片岩、破碎武塔片岩的水文地質參數合理(更細緻化的水文地質模式)。	P.139~P.144	敬謝委員意見，表 4.3-1 資料已補充詳述於 4.3.1 節。表中所列數據為模式率定所得，可供後續更細緻化的水文地質模式參考。
(13)	評估報告書中第 142 頁，圖 4.3-1 破碎式武塔片岩(wt1)、(wt2)標示圖例請確認是否有誤。	P.144	敬謝委員指正，已修訂(Wt2)對應為武塔片岩。
(14)	評估報告書中，第 149 頁，第 4.3.4「觀音隧道水文地質模式分析小結」，結論「顯示現階段隧道施工對區域地下水資源衝擊極微。將持續配合現場施工狀況，分析隧道鄰近區域地下水資源可能變化情形。」至為重要。	P.151、P.161	敬謝委員意見，依據目前觀測資料及模式分析結果顯示，觀音隧道開挖對區域地下水影響有限。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(15)	評估報告書第 150、154 頁，谷風隧道修正之水文地質單元，石英片岩及破碎剪裂帶亦屬合理(精進版)。		敬謝委員意見，將精進谷風隧道水文地質模式。
(16)	評估報告書中第 163 頁，中仁隧道三維水文地質模型，依實際開挖地質狀況(岩性、破碎程度、出水狀況……等)調整其單元位置，實屬合理，更貼近水文地質分析模式之回饋分析。		敬謝委員肯定。
(17)	評估報告書中，第 165~170 頁(圖 4.5-1~4.5-6)，中仁隧道三維水文地質模型，建議隧道軸線已開挖部分以實線表示，未開挖區段以虛線表示，以利分析比較，路線為曲線。	P.168~P.172	敬謝委員意見，遵照辦理。
(18)	評估報告書中，第 172 頁，表 4.5-1，中仁隧道地層與構造之透水係數(K值)修正合理(以開挖為準)。		敬謝委員肯定，後續仍將依現場施工狀況及隧道開挖情形持續進行參數率定工作。
(19)	評估報告書中，第 192~195 頁，圖 4.6-3~4.6-6，仁水隧道軸線表示方式，建議同 17 點之方式辦理。	P.193~P.197	敬謝委員建議，遵照辦理，已補充。
(20)	現階段地下水狀況在片麻岩與大理岩交界處，未有大量出水。現階段地下水洩降深度最大 0.3m，且侷限在主隧道開挖面附近，對區域地下水環境影響有限，應屬正面的訊息。		敬謝委員意見，後續將依現場施工狀況及隧道開挖情形持續進行參數率定及分析工作。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(21)	各已完工隧道，已逐步進行或完成襯砌作業，其所呈現的地下水狀況，亦值得深入研究，以為後續隧道工程對環境衝擊論述之依據，以爭取隧道工程為「永續工程」對環境影衝擊僅屬短期且侷限性之論點，提出正面的呼應。		感謝委員建議，後續仍將持續蒐集鄰近水文地質資料，做為後續隧道工程對環境衝擊論述之參考依據。
(22)	對已貫通的三座長隧道、水文地質條件均大致掌握，僅有少數區段有湧水對施工造成干擾，而未有致災性破壞，少部分崩塌多係地質構造或材料破壞，未有大規模的災害性破壞，本研究計畫基本已完成大部分的目的，但在相關對環境衝擊的規模則需藉客觀的紀錄及完備的分析，論述其對環境的衝擊系短暫性(施工期間)，侷限規模(非全面性僅局部路段)等特性，以支持隧道工程屬性為「永續性、對環境友善」的工程結構物的論點。		敬謝委員建議，本團隊將陸續將相關成果發表以供民眾瞭解。
(23)	評估報告書第 9、13、196 頁，標點符號有誤。	P.9、P.13、P.198	敬謝委員指正，已修正。
(24)	評估報告書第 86~97 頁，建議增加統整之各水位井位置圖。	P79	敬謝委員意見，遵照辦理，已於圖 3.5-5 增列隧道洞口地下水位井位置。
(25)	評估報告書第 175~176 頁，圖格線標示模糊。	P.177~P.178	敬謝委員意見，圖表已於修正。
(26)	評估報告書第 192~195 頁，三維水文地質模型建議加上隧道軸軌跡，以利閱讀。	P.193~P.197	敬謝委員意見，遵照辦理，已補充。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(27)	評估報告書第 138 頁，圖 4.2-14 請釐清東澳隧道水頭洩降-18m 是否合理。		敬謝委員意見，東澳隧道上半年出現抽坍事件導致出水量增加，配合 BT-01 自記式地下水位井觀測結果顯示，模式分析 18m 水頭洩降，應尚屬合理。近期隨隧道襯砌已澆築完成與降雨補注影響，東澳隧道洩降範圍已有再縮減趨勢。
(28)	評估報告書第 50 頁，圖 3.1-4，請補充說明 4 月份以後出水量增加原因。		敬謝委員意見，本期洞口排水量略有增加情形，研判除因降雨補注增加外，亦與量測位置調整有關。主要係因隧道開挖貫通後，原洞口量水堰移除，故改以人工方式量測，洞口排水系統配合現場施工常有變動，本團隊派員量測時，雖已詢問工班瞭解該時段排水系統運作情形，惟不排除仍有缺漏情形，已根據實際狀況，持續調整量測位置，提升成果精度。
(29)	評估報告書第 200 頁，仁水隧道開挖已通過片麻岩與大理岩交界帶，出水量並未如預期，原因請說明。		敬謝委員意見，初步推估岩性交界帶出水量未如預期原因，可能因此段隧道岩覆有限，未蓄積大量地下水，且裂隙未聯通至遠處含水層，故開挖通過未遭遇大量出水問題。
(30)	建議提供已貫通之隧道未來工作重點(或回饋)。		敬謝委員建議，已貫通隧道未來工作重點初步構想包括：(1)繼續觀測區域地下水文變化情形，以瞭解隧道貫通後之地下水資源可能回復狀況；(2)觀測襯砌施築後之隧道出水量變化情形，以及豪雨事件對隧道出水量影響，提供隧道排水系統功能適用性檢討；(3)持續進行模式分析，掌握區域水資源變化情形；(4)蒐集綜整本計畫之觀測與分析資料，進行統計分析，

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			提供未來其它工程參考。
(31)	建議增加說明施作襯砌前後之水資源比較。		敬謝委員建議，A 標施作襯砌前後之水資源環境影響分析已於 105 年年報時初步提出，後續仍將持續配合施工進度與降雨補注變化，提出後續分析結果。
黃燦輝委員			
(32)	現本工程A標及B標隧道皆已貫通，參數率定大致完成，不同岩性、地層的參數（如K值）可進一步統計。		敬謝委員建議，變質岩的透水係數與岩性種類及岩體破碎程度等因素有關，本團隊初步統計結果之相關係數仍有不足，由於資料量龐大，部分有問題資料可能影響統計結果，將進一步進行資料檢視與篩選，提高結果精度，相關結果將陸續提出，初步擬先提出即將通車之 A 標隧道資料，後續再配合進度提出 B 標成果。
(33)	簡報檔 p.41，有關隧道開挖平均出水量佔地下水平均補注量百分比之用語應嚴謹定義，避免誤解。		敬謝委員提醒，簡報所提之地下水補注量乃為整個研究區之降雨入滲補注量，非隧道鄰近小區域，同時地下水補注量應包含降雨入滲補注、河川入滲補注、地下水側向補注等，後續簡報將予以定義註明，以避免誤解。
(34)	觀音、谷風隧道開挖平均出水量所佔比例與東澳隧道差異甚大，建議討論。		敬謝委員意見，觀音及谷風隧道開挖貫通後，近半年之出水量有限，故隧道出水量與研究區降雨補注量相比較小；而東澳隧道大理岩段貫通後持續出水，故其出水量占比較明顯。由於此項分析定義不夠嚴謹，故此部分並未在報告中呈現，現階段主要係提供瞭解。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(35)	此次豪雨，仁水及中仁隧道有較大出水，但此兩隧道地質岩性較佳，原因及影響因素可以進一步討論。		敬謝委員意見，此次豪雨導致 C 標兩座隧道遭遇大規模出水的區域，主要係位於大理岩段，其原因研判詳意見(6)之回覆。由於此次出水事件係發生在下半年度 10 月期間，故將在年報時將加以闡述說明。
王泰典委員			
(36)	評估報告書表 2.3-1，紀錄年份一行資料請確認。		敬謝委員意見，該表記錄年份經確認無誤，澳尾橋等三座流量站於 103 年移交宜蘭縣政府，但因經費問題未繼續量測，目前僅希能埔流量站仍正常運作，相關說明請詳 2.3 節。
(37)	評估報告書表 3.5-3 及 3.5-4，BH03、BT01、BT02，觀測結果與其第 85 頁文字描述，建議確認。	P.84	敬謝委員意見，文字敘述已修正。
(38)	東澳、觀音、谷風三座隧道地下水總水頭洩降分佈之分析結果及呈現方式差異甚大，但岩性滲透係數差異不大，原因或影響因素建議討論；呈現方式及比例尺建議調整一致。		敬謝委員意見，本團隊將重新進行 B 標模式分析，並調整呈現方式，結果將於年報時提出。另隧道出水量與水位洩降幅度除與地層滲透係數有關外，地下水來源、補注量及補注速率亦為重要影響因子，相關狀況將於後續報告一併探討。
(39)	評估報告書圖 4.5-16(a)其岩層分佈依據為何，請補充說明。		敬謝委員意見，本隧道水文地質模式持續配合隧道開挖所揭露之資料檢討修正，惟開挖前大區域地下水頭長期穩態分布情形，主要係受地形起伏控制，岩性分布影響較小。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(40)	審查意見陸續修正部份，建議於修正當期補充說明。		敬謝委員建議，遵照辦理。
(41)	評估報告書圖 4.6-13 仁水隧道地下水總水頭洩降最大位置在開挖面東南側，但圖 4.6-12 地下水往東南方向流，原因為何?	P.206	敬謝委員意見，仁水隧道地下水頭最大洩降位置係發生在隧道開挖面附近，圖 4.6-14 有誤植，已修正。
中興顧問和中清水監造工程處			
(42)	建議將歷年區域地下水位洩降分析結果繪成圖表。	P.137、P.186、P.206	敬謝工程處建議，由於歷年區域地下水位洩降發生位置並非固定，係隨開挖進度及降雨補注等因素影響，表格呈現不易，若圖形呈現則有篇幅過多情形，故目前係呈現本期及前一期狀況，以做為比對瞭解，歷年的洩降變化則擬於總結報告時彙整呈現。
世曦顧問監造工程處			
(43)	無意見。		敬謝肯定。
交通部公路總局			
(44)	C 段兩隧道標與 A2 標同樣有大理岩，也有遇大雨後洞內出大水狀況，目前 A2 標襯砌主線已全部施作完成，也面臨隧道內大理岩湧水段部分襯砌壁面潮濕問題，有關 A2 標施作過程地下水位洩降、回升；歷年降雨量與地下水補注量等觀測、分析、統計經驗，建議適時回饋至 C 段標進行分析比較，以供日後 C 段承包商施作大理岩段襯砌時之參考，期能預為因應。		敬謝總局提醒，A2 標施工遭遇狀況與分析經驗，將適時回饋 C 標分析參考，並提出建議。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
本處東澳工務段			
(45)	無意見。		敬謝肯定。
本處南澳工務段			
(46)	觀音隧道地下水位部分，建議可將目前委託給世曦工程顧問公司之「觀音隧道北口邊坡擴大監測」案之水量計納入，可更完善。		敬謝工務段意見，已詢問「觀音隧道北口邊坡擴大監測」進度，得知目前僅完成鑽探工作，待監測儀器施作完成後，將蒐集監測結果，納入本計畫參考。
(47)	觀音隧道除目前仰拱、襯砌施工中外，7K+890 通風管道亦正開挖中，該開挖處並無相關水位計之量測點，是否能補充該開挖對水文地質是否影響之論述；另 7K+572 中橫坑處有排水，是否影響該資料建議再納入考量。		敬謝工務段意見，由於 7K+890 通風管道開挖範圍較小，且並未遭遇大量出水狀況，因此目前應對大區域的水文地質環境影響有限，故目前 7K+572 處還是以既有觀測資料進行參數反算。
本處和平工務段			
(48)	無意見。		敬謝肯定。
蘇花改工程處			
(49)	無意見。		敬謝肯定。
主席裁示			
(50)	本處 A 區工程已接近完工通車，請確認水文地質模式之率定參數應趨於收斂，並將所蒐集及觀測資料、報告統整後，提出施工對周圍水資源環境影響，提出合理之論述，建議發表期刊論文俾利提供後續國內相關隧道工程之參考。		遵照辦理，目前 A 標水文地質模式已大致確定，除持續觀測並整理相關資料外，本計畫執行成果將陸續於研討會及期刊發表，以供參考。
(51)	各委員相關建議，請納入後續執行考量。		遵照主席裁示辦理。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(52)	與會委員及相關單位出席代表意見，請列表逐條澄清修正。		遵照主席裁示辦理。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-105 年年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	評估報告書中，第 7 頁，中興社持續蒐集相關各領域之文獻資料共 7 篇(五篇中文，兩篇英文)，值得肯定。		敬謝委員肯定，本計畫在國內公路工程屬創新作法，故本團隊持續蒐集並參考國內外相關文獻成果，期望計畫執行成果具參考價值。
(2)	評估報告書中，第 54、55 頁，東澳隧道之北口出水量與降雨量有密切定性關聯，然而南口出水量則與降雨量不具定性相關，此兩現象可有模式解釋?		敬謝委員意見，因隧道北口段開挖通過多個地質破碎帶與透水性較佳之大理岩層，透水性較佳之地層能較快速反應降雨補注影響，故北口出水量與降雨量呈現密切關聯，而南口段則遭遇透水性較差之角閃岩及片岩，故受降雨量影響相對較不明顯。
(3)	評估報告書中，第 58 頁，圖 3.1-9 之(I)下半年洞口出水量觀測值僅各一個，何因?		敬謝委員意見，因觀音隧道北口上半斷面貫通後，施工廠商已移除洞口量水堰未繼續量測，目前本團隊派員每月定期量測水量，以致上下半年度之資料密度不一致。
(4)	評估報告書中，第 80 頁，圖 3.3-2 各既有隧道與降雨量之定性關係，供參考(依據以往經驗及本次觀測)，(a)永春南口與東澳嶺降雨有關，新永春南口則無關(主要東向西側地下水補注)，東澳隧道則同永春隧道，主要由東側補助(東澳嶺)，另永春隧道部分為東澳溪河床段補注；(b)南澳北口，新南澳北口則與降雨量有較密切之關係；(d)新和平隧道與和中降雨量有較密切關係。		敬謝委員提醒，後續將持續關注委員所提醒事項，並納入報告分析研判。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(5)	評估報告書中，第 81 頁，東澳北溪多以伏流型態(張裂型裂隙)，其地下水量極豐沛，以往舊永春隧道南口段(河床段)，曾多次遭遇大量湧水，完工後，每遇大雨即淹沒南口段軌道。		敬謝提醒，後續將委員意見納入分析研判。
(6)	評估報告書中，第 112 頁，B 標工區開挖已貫通，未有大量出水現象，整體排水(含舊觀音隧道)主要係受降雨之影響，水位也無明顯變化，此論述合理，未因開挖關係造成大量地下水流失。		敬謝委員肯定。
(7)	評估報告書中第四章內容，第 117 頁，已貫通之三座隧道(東澳、觀音、谷風隧道)之水文地質模式建立(預測、實際觀測值之回饋修正)，各個隧道之特性(地質單元、水文地質特性)之初步評估有無具體成果?(整體隧道地質均已揭露)。		敬謝委員意見，三座已貫通隧道施工前後之水文地質特性比對，目前仍探討中，將於後續報告提送探討比對結果。
(8)	評估報告書中，第 143 頁，圖 4.2-1，圖例「板岩」(SL)，錯別字請修正。	P142	謝謝委員提醒，已修正。
(9)	評估報告書中，第 138~141 頁，東澳隧道模型修正與時精進值得肯定，唯小帽山斷層及猴猗山斷層之記錄可參考承商開挖記錄，更詳實記錄分析(其為本島一重要界限層板岩/大南澳片岩之接觸帶)，其處理之經驗將為隧道工程界一重要資產(變形、遇水軟化之對應，值得傳承)；東澳隧道—整體隧道地質模式之多階段修正應為合理，對工程順利推進有相當之建樹。		敬謝委員對工作團隊的肯定。 關於小帽山斷層及猴猗山斷層的開挖地質紀錄及出水量資料，已納入隧道貫通前模式率定參考，謝謝委員的提醒，將再檢視施工廠商紀錄，以精進模式分析結果。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(10)	評估報告書中，第 142 頁，東澳隧道已於 105 年 4 月及 7 月開挖貫通，同前模式可「大致掌握」，或許太謙虛?開挖地質特性(岩性、構造、水文)均已揭露，應為相當程度之掌握。	P141	敬謝委員肯定，目前模式已掌握隧道沿線地質特性相當，內文修改為「相當程度掌握」。
(11)	評估報告書中，第 157 頁，圖 4.2-14 東澳隧道北上線(開挖面及洞口出水量)5K~5K+400 區段，量測與模式有較大差異，與岩性與出水量有何關係(第 158 頁之南下線亦同)?		敬謝委員提醒，東澳隧道 5K~5K+400 區段遭遇透水性較佳大理岩，導致開挖出水量增加，同時側壁岩栓鑽孔亦出現持續性出水情形，而此段開挖面量水堰之水量觀測值，實際上乃包含開挖面出水量及附近側壁鑽孔出水量，模式分析如果要完全吻合觀測值，則岩盤透水性可能會有略為高估可能性，並導致其他區段分析結果將有些許異常不合理處。
(12)	評估報告書中，第 160 頁，圖 4.2-17 有一公式 GW=0.8513*E-6.6074，是否意含地下水位高程僅和地形高有關，其餘岩性、構造之差異不明顯?		敬謝委員意見，該公式為本計畫彙整研究區內既有水位井資料所回歸統計之大區域地下水位與地形關係式，提供模式建置初始地下水位參考。後續模式分析則將岩性、地質構造、降雨等因子等均納入考量。
(13)	評估報告書中，第 169 頁，圖 4.3-2 新觀音鐵路隧道北口(南口)率定?		敬謝委員意見，依據蘇花改 B 標隧道模式分析設定範圍，既有隧道排水量率定係以新觀音鐵路隧道北口為對象，而谷風隧道則以新觀音鐵路隧道南口資料進行率定。
(14)	評估報告書中，第 173 頁，圖 4.3-4，觀音隧道北上線洞口量測與模式值出水量在 3K+700~4K 區有較大差異，請說明原因?另開挖面出水量，量測與模式比對較為吻合，請說明原因?		敬謝委員意見，考量隧道洞口水量為已開挖區段的出水量總合，所涵蓋範圍較長，且已開挖段之支撐工品質及岩栓鑽孔出水量亦會影響洞口總出水量，變數較複雜，故模式分析主要以開挖面出水量為主，進行岩盤水文地

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			質率定，而後再以洞口出水量為輔，進行已開挖完成段的參數微調，故導致開挖面水量模擬結果易較洞口段為佳的情形。
(15)	評估報告書中，第 174 頁，圖 4.3-5，觀音隧道南下線則整體洞口及開挖面之量測值與模式值較為吻合，請說明原因?		敬謝委員意見，洞口出水量如施工等其他外在影響因子較少時，則會出現模式分析結果與實測值較為穩合情形。
(16)	評估報告書中，第 177 頁，倒數第四行「現場」，漏字請修正。	P177	敬謝委員意見，已修正。
(17)	評估報告書中，第 186、187 頁，谷風隧道北上線及南下線之開挖面，洞口出水量之量測值與模式分析均較吻合(相較其他隧道：東澳、觀音隧道)，請說明原因?		敬謝委員意見，同問題(14)，谷風隧道北上線及南下線開挖期間，其出水量相對穩定，僅有極少數區段局部較大出水，洞口出水量模式率定調整幅度較小，故分析與實測值較為吻合。
(18)	評估報告中，第 193 頁，第 5 點 105 年度上半年中仁隧道恢復施工，其依隧道開挖地質紀錄，調整水文地質單元之模型修正(岩性界線、位置、透水係數)，實屬正確之步驟。		敬謝委員肯定。
(19)	評估報告中，第 195~199 頁(圖 4.5-1~圖 4.5-5)及第 212、213 頁(圖 4.5-17~圖 4.5-18)，各階段中仁隧道在三維水文地質概念模型，請標示隧道軸軌跡以利辨識。	P195~P198、P212	敬謝委員提醒，已補充標示隧道軸軌跡。
(20)	評估報告中，第 203 頁，中仁隧道南口北上線洞口最大出水量 11,250 L/min (L=1784M)，南口南下線洞口最大出水量 33,750 L/min(L=1751M)，應可算是蘇花改計畫目前出水量較大之 2 值區段(開挖面出水量尚好<2L/min)，另考		敬謝委員寶貴建議，在高岩覆高出水區段之水壓資料極為重要，後續本團隊將評估現場狀況量測水壓之可行性，提供機關參考。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	慮岩覆較高(高水頭水壓)與氣候影響較密切，建議可於大湧水區段量測水壓，確認其水文地質模式。		
(21)	評估報告中，第217~218頁，仁水隧道地質模型之檢討係配合實際開挖之地質條件與新增避難通道之實況調整，實為合理之操作。		敬謝委員肯定。
(22)	評估報告中，第227頁，圖4.6-8仁水隧道開挖面及洞口出水量測分析，其中模式洞口出水量均較量測洞口出水量為高，何故(檢視各隧道是平均量測值較高或較接近)?		敬謝委員意見，仁水隧道洞口總水量規模相對較少，模式分析結果較實測值偏高原因研判可能與模式無法考慮隧道路面排水沿路散失影響，後續將再檢討修正。
(23)	整體意見—各隧道水文地質模式，均配合實際開挖地質資訊(岩性、構造、完整性、施工配造、水文條件)進行模式調整、水文參數修正，算是一個成功的動態管理管理資訊平台，希望有更多寶貴的經驗可提供持續在施工的標段，及國內隧道工程界分享寶貴的經驗。		敬謝委員肯定，本團隊將繼續努力，並將計畫執行結果與經驗彙整分享。
(24)	整體意見—本計畫已進入下半場(諸多長隧道，東澳、觀音、谷風隧道均已貫通)，目前各隧道的資料整理，建議呈現方式應予以統一，岩性顏色、水文三維模式表達方式，隧道地表軌跡、剖面方向應統一(即剖面和平面及三維模型應指北同向)，以利判讀。		敬謝委員建議，本計畫圖例會再檢視統一，目前各圖指北方向已修正一致。
(25)	整體意見—若下半隧道開挖亦完成之隧道，可再精進檢視各隧道之水文地質模式如此可更加完善，並提供給仍在施工中(未貫通)之隧道參		敬謝委員建議，將持續蒐集觀測隧道洞台降挖出水量資料，供模式精進完善，其結果將提供其他施工中隧道參考。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	考。		
(26)	評估報告書中，第 43 頁，表 2.3-1「立霧」錯別字請修正。	P43	敬謝委員意見，已修正。
王泰典委員			
(27)	評估報告書圖 2.3-1 中，和平溪之希能埔流量站去年度觀測平均日流量幾乎沒有變化，請中興社釐清設備功能是否正常運作，另本計畫裝設之觀測設備儀器是否皆有定期檢查或率定校正及紀錄。		敬謝委員意見，茲回覆如下： (1)圖 2.3-1 和平溪希能埔流量站之觀測值，係引用自經濟部水利署所公布之資料，本團隊尊重其量測結果。 (2)本計畫所裝設之觀測設備儀器於每月蒐集資料時並進行儀器功能檢視，同時定期進行率定校正。
(28)	評估報告書中，第 48~49 頁東澳隧道開挖面出水量及洞口排水量文字敘述與圖 3.1-3~3.1-4 不一致，請再確認。	P48 P49	敬謝委員意見，已檢視修正。
(29)	評估報告書中，第 49 頁觀音隧道開挖面出水量及洞口排水量文字敘述與圖 3.1-9 不一致，請確認。	P49	敬謝委員意見，已檢視修正。
(30)	本案隧道三維水文地質模式分析之率定係採開挖面出水量為主，隧道貫通後之洞口排水量亦可供率定比較，採用開挖面出水量及洞口排水量率定結果是否有差異?		敬謝委員意見，本計畫模式分析係以開挖面出水量為主要率定依據，洞口出水量為輔助率定參考。如同意見(14)回覆，洞口出水量範圍將長且影響因子較複雜，而模式分析尚無法考慮隧道排水沿路散失影響，故在以開挖面出水量為主要率定依據情形下，洞口出水量之模式分析結果易與實測值差異較明顯。
(31)	有關東澳隧道 5K+400 附近開挖前後圍岩 K 值是否變化?開挖後地下總水頭洩降至穩態時間約多久?採用減滲灌漿後水位回升時間為何?		敬謝委員意見，受隧道開挖擾動影響，圍岩透水性應有變化，關鍵為變化的程度與範圍。本計畫係以未受開挖擾動之試驗資料設定初始參數，再

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			以開挖出水量進行率定，此時圍岩 K 值應已受部分開挖擾動影響，而洞口出水量之率定應可反應部分已開挖段開挖擾動影響。 另開挖期間之模式分析僅進行短時間暫態分析，並未探討開挖後地下總水頭洩降至穩態之情況。根據本團隊因應施工需求所辦理之減滲灌漿成效分析及水位井實測結果，隧道減滲灌漿後 3 個月，地下水位已有相當程度的回升，惟此結果受降雨補注量、地層透水性的異質及異向性變化等不確定性因素影響，僅可初步參考。
(32)	採用減滲灌漿之 K 值變化範圍為何?若考慮襯砌的 K 值變化，建議於分析模型中設定範圍建議增加圖示說明，另考慮襯砌完成後水位回升，襯砌及圍岩滲流壓力分佈亦建議圖示。		敬謝委員意見，減滲灌漿 K 值設定為裸岩 K 值的 1/10~1/100 倍，主要係參考 103 年東澳嶺水文地質補充調查之雙封塞水力試驗結果，裂隙發達大理岩在灌漿後其透水係數約可降低 2 個級數(即 100 倍)左右。另受限於網格尺寸影響，襯砌範圍標式及隧道鄰近小範圍之滲流壓力不易辨識，尚請諒查。
(33)	開挖面實際地質紀錄與經分析模式率定後之岩體工程與水力特性參數關係，建議詳加探討。		敬謝委員建議，後續將再彙整資料進一步探討，並將結果陸續提出。
黃燦輝委員			
(34)	隧道各施工階段，如開挖貫通與襯砌鋪置之前後，各區域出水量之變化?宜加以探討。可釐定整體水流路境改變、各階段施工對區域水文狀況之影響。		敬謝委員建議，由於東澳隧道有通車營運的時程壓力，故隧道開挖貫通與襯砌鋪置前後之出水量探討，本團隊擬以 B 標隧道為主要對象，嘗試透過洞口出水量與襯砌鋪置進度關係，瞭解各區段水量變化，進而利用模式分析探討不同降雨補注情境下之水流路

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			徑與區域水資源變化情形。
(35)	隧道鄰近區域三維水文地質模式中，經長期釐定得知透水係數(地層透水性、地質構造透水性)為主要敏感參數，惟至目前，各區域之參數是否已達一穩定之數值範圍，可供爾後參考引用(有無現地資料佐證之)。		敬謝委員意見，根據目前模式率定結果顯示，相同地質的參數大致落在一定範圍變化，除與岩質孔隙透水性有關外，亦受岩體等級狀況有關，本團隊將彙整本計畫所得資料及其他計畫(如地調所山區水資源調查計畫)嘗試加以分類定義，提供爾後參考。
(36)	本案所蒐集之資料，殊為珍貴，包括各開挖斷面之影像、岩性、RQD、Vp、地下水狀況等，已涵蓋隧道沿線岩體之主要工程性質，可有系統地規劃重要研究課題，如各性質指標間之統計分析工作，以及探討各種岩體分類(包括 PCCR)之通用性。		誠如委員建議，本計畫所蒐集之各種資料間關係建立極有參考價值，惟資料引用研究需加以篩選統計，本團隊將嘗試進行研究，並將結果提供參考。
中興顧問蘇澳東澳監造工程處			
(37)	請說明降雨量變化對水位井之影響及隧道滲漏量之關係，並提供三者之歷時曲線供參。		敬謝意見，依目前資料及經驗顯示，東澳隧道北口水量受東澳嶺降雨量影響較南口明顯，主要與鄰近區域水文地質特性及所設雨量站位置有關，而水位井水位變化與降雨量關係亦是如此，三者之歷時曲線資料定期提供監造單位參考。
中興顧問和中清水監造工程處			
(38)	評估報告書中，第 98 頁之中仁隧道南洞口 W-S01 及 W-S02 水位井、仁水隧道 W-S01 水位井皆無法量測到數值，經查係為地下水位低於孔底，建議於報告中增述說明。另 106 年 1 月份觀測月報亦有相同情形，	P98、P99	敬謝建議，已於報修正為「經查地下水位接近或低於孔底，將持續追蹤其後續變化情形」，後續觀測月報亦將進行修正。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	建議於後續月報中增述說明。		
世曦顧問監造工程處			
(39)	無意見。		敬謝肯定。
蘇花改工程處東澳工務段			
(40)	請中興社協助提供不同雨季之降雨量給中興監造單位並請研議針對不同降雨量建議灌漿強度參考值。		遵照工務段意見，將根據監造單位需求，整理相關資料供參。
蘇花改工程處南澳工務段			
(41)	無意見。		敬謝肯定。
蘇花改工程處和平工務段			
(42)	建議將評估分析報告書內，各表單年份(西元/民國)表示方式一致性。	P29 P43	遵照工務段意見，已將表單年份統一以民國年表示。
蘇花改工程處和中工務段			
(43)	評估報告書中，第 98 頁之中仁隧道南洞口 W-S01 及 W-S02 水位井、仁水隧道 W-S01 水位井皆敘述「無法量測到水位」，經查目前係為地下水位接近或低於孔底，承商仍有量測紀錄與數值，建議於報告中敘述說明「經查地下水位接近或低於孔底，將持續追蹤其後續變化情形」。	P98 P99	遵照工務段意見，已於年報修正敘述為「經查地下水位接近或低於孔底，將持續追蹤其後續變化情形」。
蘇花改工程處			
(44)	評估報告書中，第 8 頁 2.1.2 節「施工中隧道開挖地質紀錄」中，將武塔隧道列入之原因?東岳隧道及蘇澳隧道之地質紀錄是否有一併收集?惟評估報告書中，第 10 頁敘述「五」座隧道是否為誤植，請中興社釐清後修正。		敬謝工程處意見，根據本計畫之合約書，係指東澳、觀音、谷風、中仁及仁水等五座隧道，武塔隧道則為配合蘇改處要求予以蒐集。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(45)	簡報檔第 34 頁，觀音及新觀音隧道之洞口排水量差異甚大，其原因請補充說明，另與簡報檔第 61 頁之關係請一併說明。		敬謝工程處意見，茲回覆如下： (1)新觀音隧道與觀音隧道洞口排水量差異較大，研判係因新觀音隧道較近山區，而舊觀音鐵路隧道則近海側，同時受蘇花改觀音隧道開挖影響，故其水量較少。 (2)如意見(13)點回覆。
主席裁示			
(46)	依目前工程施作進度，觀音、谷風隧道預計今(106)年底會完成襯砌工作項目，配合開放通車時程，尚約有 1 年半至 2 年時間，為研究隧道施作襯砌前後附近水資源影響最佳時機(如黃燦輝委員所第 1 點建議)，建議中興社將前揭列研究內容列為考量。		遵照辦理，將參考黃燦輝委員意見，提出研究構想並據以辦理，
(47)	東澳隧道預計於明(107)年 2 月份通車後，其水文資料蒐集研究等事宜是否部分移交養護單位(四工處)，以及蘇花改生命週期研究計畫資料建立等事宜，請中興社與本處承辦單位連繫。		遵照辦理，將與工程處承辦單位聯繫並配合辦理。
(48)	有關東澳隧道 4K+400~4K+850 持續發生入侵現象(40~50 公分)，是否受附近地層狀況及水資源影響，前揭現象建議中興社納入研究並提供中興監造單位建議，爾後亦為其他隧道工程重要參考資料。		遵照辦理，東澳隧道 4K+400~ 4K+850 之入現象可能與地盤力學擠壓性及浸水軟化等因素有關，將與監造單位聯繫討論，提供建議，並將此議題納入蘇花改生命週期研究計畫考量。
(49)	各委員相關建議，請納入後續執行考量。		遵照辦理，

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(50)	與會委員及相關單位出席代表意見，請列表逐條澄清修正。		遵照辦理，已列表逐條澄清修正。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-105 年半年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	評估報告書中，P.2，1.2 計畫工作內容「本計畫執行期程配合臺 9 線蘇花公路山區路段改善計畫之施工，自民國 101 年 9 月至民國 106 年 8 月止，共計 5 個年度」，期程原為至 106 年 8 月止，目前有無報處完成展延工期(至何時?)。		敬謝委員提醒，本團隊已依據各標工期進度，提出相對應不同期程之展延計畫，最多展延至 108 年 8 月，展延申請已於民國 105 年 7 月 7 日獲蘇改處同意備查，目前正進行契約變更行政程序，後續將依核定之展延工期執行。
(2)	評估報告書中，P.7，有文字誤植，2.1.1 既有地質探查與文獻資料「(前略)本期則另廣泛蒐集近年來國內外有關隧道水文地質應用、裂隙水文地質參數……」。	P.7	敬謝委員指正，已修正該段文字，如下：「本期則另廣泛蒐集近年來國內外有關隧道水文地質應用、裂隙水文地質參數」。
(3)	評估報告書中，P.7，有文字誤植，2.1.1 既有地質探查與文獻資料「(前略)-劉芷妤、顧承宇……，第九屆地下水資源及水質保護研討會論文集，新竹，2016」。	P.7	敬謝委員指正，已修正該段文字，如下：「劉芷妤、顧承宇……，第九屆地下水資源及水質保護研討會論文集，新竹，2016」
(4)	評估報告書中，P.8，資料來源之人名有誤植，Wang,T.T.Wang,S.S.Zhan,……。	P.8	敬謝委員指正，已修正該段文字，如下：「Wang, T. T., S. S. Zhan,」
(5)	評估報告書中，內容之猴「椅」山或猴「猗」山，請統一。		敬謝委員指正，經參照交通部公路總局蘇花公路改善工程處(2012)「臺九線蘇花公路蘇澳東澳段工程委託地質探查服務工作」工程地質鑽探報告書，統一為猴「猗」山。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(6)	評估報告書中，P.8，有文字誤植，2.1.2 施工中隧道開挖地質紀錄，「 (1)東澳隧道：東澳隧道長約 3.3 公里，(略)，施工廠商為由福清營造股份有限公司，……。」	P.8	敬謝委員指正，已修正該段文字，如下：「(前略)施工廠商為福清營造股份有限公司，」
(7)	評估報告書中，P.76，有文字誤植，3.3.1 鐵路隧道洞口排水量觀測，「本計畫在蘇花改施工期間對鄰近 8 座既有鐵路隧道(永春隧道、.新永春隧道……」。	P.76	敬謝委員指正，已修正該段文字，如下：「本計畫在蘇花改施工期間對鄰近 8 座既有鐵路隧道(永春隧道、新永春隧道……」
(8)	原前期多次未整合事項，此次報告多已完成整合，值得肯定。		敬謝委員肯定。
(9)	A 段標、B 段標大多數隧道多已完成貫通，相關地質、水文條件多能掌握，本研究之預期成果配合實測值模式修正，應可提出具體的經驗供工程界分享(雖岩性未必完全一致)。		敬謝委員建議，本團擬先以地質多變之 A 標東澳隧道為對象，進行實測值與模式分析結果之比對與與經驗回饋，相關成果將陸續發表，提供工程界及學界分享。
(10)	本次報告時對資訊整合平台有所簡介，唯多數資料儲存之平台，似乎未定有協助初步預警之功能?(實為不容易之作，需先定準則(criteria)，其變數甚多，包括岩性、構造、應力、地形或其他……?，以及考慮即時性?)		敬謝委員建議，目前資訊整合平台之建立仍屬雛形階段，初步以資料儲存、查詢及展示為主。有關委員所提預警功能部分，初步擬將環評承諾之隧道開挖出水量(不得連續 24 小時每分鐘超過 2100 公升)納入展示平台，至於其他項目之預警，現階段仍有一些難度存在，包括整合平台所將涵蓋之資料類型、預警準則、使用單位權限、資料即時傳遞功能等，此部分仍須與蘇改處進一步討論。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(11)	建議建立兩種版本(基本資料儲存、抓取及展示)，另一版本具協助判釋，初步決策(供業主、監造及承商使用)，協助風險控管 (初步管理值建構)。		敬謝委員建議，協助判釋與決策功能之系統，須與工程處再進一步討論後辦理。
(12)	評估報告書中，P.22~P.25，圖2.1-10~圖2.1-11等開挖面資料既有RMR 配套之其他資料有部分疏漏(RQD、discharge etc.)	P.23 P.24 P.25	敬謝委員提醒，圖形繪製係依據施工廠商所提供之資料，隧道出水量之資料缺漏部分主要為洞口段或施工橫坑進洞處，開挖進洞初期未即時設置量水堰所致。本團隊再次全面審視原始資料，補充修正如圖 2.1-10 及圖2.1-11。
(13)	評估報告書中，P.32、34，請確認是否水利署及台電所屬雨量站只能提供前一年之統計資料?	P.31	目前臺電與水利署雨量站資料，係配合水利署觀測資料釋出規定辦理，於每年7月釋出前一年資料。
(14)	評估報告書中，P.31，請確認大濁水、武塔等5站有氣象局站號，是否另有資料?		敬謝委員提醒，經比對 5 站之站址、標高、座標及雨量觀測值等相關資料，其中大濁水、武塔及樟林等3站，應與氣象局同名站為相同站，而太平山、思源則屬同名不同站，另有觀測資料。惟因水利署之雨量非即時資料，係經過進一步檢測與品管，考量資料持續性及可靠性，後續仍採水利署觀測資料為主進行彙整。
(15)	評估報告書中，P.33，註二東澳嶺雨量站資料僅至6月中，請說明原因。		東澳嶺雨量站(站號:C1U840)自民國105年6月中開始，因其位於軍方軍用營區鄰近，資料敏感性高，氣象局已將該測站移交於軍方管理，且暫時不再受理申購事宜，故自民國 105 年 7 月始，無法繼續取得該站觀測資料，本團隊將持續與主管單位聯繫溝通。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(16)	評估報告書中，P.58，請說明圖 3.1.9 觀音隧道北口出水量(洞口)觀測資料僅至 105 年 5 月 20 日之原因。	P.58	敬謝委員提醒，隧道出水量係依據施工廠商所提供之資料彙整繪製。因觀音隧道上半斷面已於 105 年 5 月 3 日貫通，施工廠商於 5 月 20 後移除洞口量水堰未繼續量測。目前本團隊已先派員採人工方式定期量測繼續取得出水量資料，以 6 月份之人工量測資料補充繪製圖 3.1-9。
(17)	評估報告書中，P.73、74，照片模糊，請抽換圖 3.2-1、3.2-3。	P.73 P.74	敬謝委員意見，已抽換圖 3.2-1、圖 3.2-3。
(18)	評估報告書中，P.74、75，圖 3.2-3~圖 3.2-5 比例調整為相同可方便比較。	P.74 P.75	敬謝委員意見，圖 3.2-3~圖 3.2-5 之 Y 軸雨量間距一律調整為 0~400mm，俾便比較。
(19)	評估報告書中，P.84、85，圖 3.4-4~圖 3.4-7 比例調整相同使其較易比較，又其降雨量(Rainfall)和圖 3.2-3~圖 3.2-5 皆放在同側以便於比較	P.84 P.85 P.86	敬謝委員意見，圖 3.4-4~圖 3.4-8 之左側 Y 軸(流量)及右側 Y 軸(雨量)已分別調整間距使其比例一致，且雨量比例同圖 3.2-3~圖 3.2-5 比例，其較易於比較，惟由於上述圖 3.4-4~圖 3.4-7 係流量站觀測結果，考量閱讀者習慣，建議維持左側 Y 軸顯示流量站流況，右側 Y 軸顯示雨量資訊，以免造成讀者誤解。
(20)	評估報告書中，P.68，中仁隧道南口 3900 處有約 800 L/min 之出水量，但為何在洞口出水量卻不明顯?		敬謝委員意見，中仁隧道南口里程 3K+900 處之出水量，係為突發性出水，短暫激增後即迅速減少至無水情形，開挖面之短暫出水受沿線散失入滲地面影響，流至洞外水量極少，故洞口量水堰觀測值增加不明顯。
(21)	評估報告書中，針對 P.107 之圖 3.5-22 顯示東澳隧道北段 BH-01 地下水位下降近 30 公尺，未於 P.99 內容說明。	P.99	敬謝委員意見，BH-01 水位短暫下降回復，其原因可能與隧道出水、降雨量等多項因素有關，不易明確研判，後續水位已回復，故未持續追蹤討論。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(22)	評估報告書中，P.122，表 4.1-3 之參考文獻未見 Sibson(1997) 及 Jamison(1979)。	P.256	敬謝委員提醒，相關文獻已於參考文獻補列。
(23)	評估報告書中，P.157，東澳隧道北上線 5K+250~5k+350，量測開挖面出水量與模式開挖出水量相比差異較大(約 2 倍)，但其餘路段皆相符，請說明原因。		敬謝委員提醒，此段為大理岩鑽孔大量出水段，因出水量突增，模式分析結果要與實測值完全吻合，整個模式分析上(如洩降量與洩降範圍)在局部地區將有些許異常不合理處，後續將持續檢討修正。
(24)	評估報告書中，P.163，東澳隧道總水頭洩降達 19.4 公尺，是否合理?(整體東澳隧道湧水量未若預期量大?)，且對於短期或長期對環境衝擊之評估?		敬謝委員意見，根據隧道鄰近地下水位井 BT-01 觀測結果，確實已有相當程度之水位洩降，分析之洩降深度應仍屬合理。另地下水位變動除受隧道開挖出水影響外，亦與降雨補注等其他因素有關，本團隊將考慮不同降雨情境及實際觀測值評估本區地下水短期及長期可能之變化，評估成果將於後續報告中提出。
(25)	評估報告書中，P.150~P.152，由圖 4.2-8 新舊永春隧道排水量之恆定特性(如新永春南口 21~23T/min 之 order，且 P_{max}>45kg/cm^2)，與東澳隧道之量級(<5T/min，P 相對低)，更確認此兩座隧道間存在南北向張力裂縫之可能性，即東澳隧道之地下水主要來源東側(東澳嶺)之強降雨點(地形因素造成)。		誠如委員所述，就目前東澳隧道開挖出水量及新舊永春鐵路隧道洞口排水量觀測值，可大致確認此兩座隧道間存在南北向張力裂縫之可能性，也間接證明東澳隧道之地下水主要係來至源東側東澳嶺地區。
王泰典委員			
(26)	已貫通之隧道於施工進度示意圖應標示貫通日期及貫通位置，如圖 2.1-2。	P.12 P.13	敬謝委員意見，遵照辦理，如圖 2.1-1 及圖 2.1-2 所示。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(27)	評估報告書中，P.93，表 3.5-4 增設自記式地下水位觀測井(BT-01)結果與第 4.2.3 節第 2 段、第 3.5.4 節第(3)部分描述不合，水位變化分別為 30.92m、0~19m、7~17m，應加以釐清統一。	P.154 P.159	敬謝委員提醒，表 3.5-4 所示觀測值水位洩降深度約 0-30m，而報告 4.2.3 第 2 段之 0-19m 則係模式分析值，報告 3.5.4 節所述之 7-17m 乃為單月洩降深度，所述目標不儘相同，已於報告中修正敘述，避免誤解。
(28)	評估報告書中，3.5.4 節第 2 點中地下水位變化相當顯著，應詳加探討其原因，文中略以「東澳隧道北口北上線於 3 月底起開挖遭遇破碎大理岩，地下水沿裂隙及鑽孔大量流出……」，但表 3.5-4 中 BT-01 水位井自 105 年 1 月即有明顯變化，是否水位降低皆於隧道開挖並自大理岩流出，該加以討論。	P.99	敬謝委員意見，相關探討已於 3.5.4 節補充說明，包括 BT-01 水位井自 1 月起即有明顯變化原因，以及後續持續下降因素。
(29)	來自岩栓鑽孔及探查孔之地下水，如何與開挖面之地下水分離?於模擬分析結果中如何對比，建議補充說明。	P.153	敬謝委員意見，開挖面量水堰係安裝距開挖面約 20~50m，其所觀測之開挖面出水量包含開挖面及此段距離內鑽孔出水量，而模式之隧道分析網格約 20m，故其分析所得開挖出水量實際包含開挖面及此段側壁鑽孔出水量。
(30)	評估報告書中，P.156，圖 4.2-12 量測值與模式分析率定結果趨勢不同，似非文中所描述「大致吻合」?	P.154	感謝委員指正，量測值與模式分析結果略有差異情形，已於報告中補充說明。
(31)	東澳隧道水文地質模式分析目前可初步反映此區域地下水流及水位變化，並初步模擬隧道開挖引致地下水位約 20 公尺的下降。請問目前的分析方法可否考慮施作襯砌後地下水位的回升量以及隧道周圍水頭的變化，此部分或可提供施工單位阻水之參考。		敬謝委員意見，分析可考量不同降雨補注情境，並設定襯砌施作後降低隧道網格透水性，評估鄰近區域地下水位回升變化情形，相關分析結果將配合提供施工施工單位參考。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(32)	蘇花改資訊整合平台的運作規劃，例如係以展示施工過程資訊或完工後可持續累積各項資料，建議說明有關使用者與管理單位及其維護，亦應補充。		謝謝委員意見，後續平台的功能設定及其相關維護權責，將與工程處進一步討論後辦理。
(33)	東澳隧道北口北上線遭遇破碎大理岩之湧水模式分析是否修正或率定，未見於圖 4.2-7 以及 P.141 文中。另 P.151，表 4.2-1 中 3 類大理岩，本期透水係數皆小於或等於前期透水係數，請說明如何率定，請加以說明。	P.141	謝謝委員意見，模式率定係依照現場開挖出水量狀況逐一率定調整，並於文中詳細說明調整之區段，其中大理岩本期透水係數調整主要反映在”大理岩 2”的材質，已由前期 1e-6~5e-6 調整至本期 1e-5~5e-6。
(34)	蘇花改 A 段標及 B 段標隧道已陸續貫通，資料蒐集以及模式分析率定工作漸趨完整，建議將目前成果整理各項物理量之間的相關性，例如波速與透水係數、岩體評分、岩性等，以供參考。		敬謝委員建議，各項物理量之相關性，本團隊擬先以地質多變之 A 標東澳隧道為對象，進行分析比對，相關成果將陸續發表提供參考。
黃燦輝委員			
(35)	本報告透過基本資料蒐集分析、施工期間水文地質觀測，建立隧道鄰近區域三維水文地質模式，並與實測資料相互驗證，逐步修正。成果具體，對台灣隧道工程鄰近區域三維水文地質模式之建立與應用，樹立良好範例。		敬謝委員肯定。
(36)	隧道開挖對區域水文狀態之影響，如影響範圍與時間等，可多加著墨。		敬謝委員提醒，針對此議題之模式分析已嘗試進行中，將於後續評估報告提出。
(37)	三維水文地質模式，已依每一輪隧道開挖逐步修正其地層分佈與 k 值		敬謝委員建議，有關隧道後續開挖可能引致之水文變化(如出水量)分析推

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	變化，充分反應其率定工作。對爾後隧道開挖引致水文狀況變化之預測，可再研討。		估，目前執行當中，分析評估成果每2個月定期提送工程處及施工單位參考。
(38)	本計畫所得地層岩性(RMR 或Q_{H20}……)，與其滲透性(k 值)，能否建立統計量化關係?		敬謝委員建議，本團隊曾於102年整理B標隧道之RMR、RQD與隧道出水量關係，初步結果甚為離散，相關係數偏低，此可能意謂僅以RMR推估岩體透水性可能不適用於B標片岩段，可能需涉及多變量統計分析。另委員所提之Q_{H2O}與岩體透水性關聯性可能較佳，惟本工程現場並未辦理Q System評分，因此要建立Q_{H2O}與透水性關係，需另行根據開挖面資料重新評估Q值，隧道全線評估可能極為耗時，或可考慮針對部分路段嘗試辦理。各位委員所關注之各項物理量及岩體評分與透水性關係之建立確為值得研究課題，本團隊仍持續整理相關資料分析探討中，相關結果將持續提出以供參考。
(39)	本計畫資訊整合平台涵蓋水文資訊，開挖地質與施工重大事件資料等，為重要之資料庫，可為營運階段維護與管理之間，宜妥善整理分析與保存。		敬謝委員肯定，遵照辦理。
中興顧問蘇澳東澳監造工程處			
(40)	請提供東澳隧道大理岩段出水與雨量關係式及水位井之洩降之關聯性，並嘗試推估降雨後可能之出水量。		遵照辦理，相關分析結果已提送現場監造及施工單位參考。
(41)	請推估並提供大理岩段之水頭。		同問題(40)之辦理情形。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
中興顧問和中清水監造工程處			
(42)	東澳隧道模式率定分析大理岩透水性分成 L,H,M，仁水隧道、中仁隧道的大理岩是否也分成 L,H,M?		敬謝提醒，C 標仁水及中仁隧道因規設階段之大理岩探查資料較少，故初步模式並未劃分 L,H,M，後續將依實際施工所揭露之資料，劃分大理岩不同等級之透水性進行分析評估。
(43)	東澳隧道大理岩出水模式是否會在中仁隧道、仁水隧道出現。		C 標隧道因大理岩分布區域岩覆高，地質調查不易，資料較少，無法事先經確預測，惟大理岩具溶蝕性，隧道開挖不排除遭遇大量出水風險。另 C 標隧道岩覆深度及地下水補注蘊藏量與東澳隧道不盡相同，故其出水情形亦可能所有差異。
(44)	評估報告書中，P.10，(5)中仁隧道岩性描述有誤。	P.10	敬謝指正，已修正。
世曦顧問監造工程處			
(45)	無意見。		敬謝肯定。
交通部公路總局			
(46)	考量工期進度順利進行，請中興社儘速提供東澳隧道大理岩段出水與雨量關係式及水位井之洩降之關聯性及後續可能面臨之出水量，以利中興監造單位後續依其作灌漿強度之研判。		同問題(40)之辦理情形，已配合處理對策分析，並提供監造單位參考。
蘇花改工程處東澳工務段			
(47)	請中興社協助提供不同雨季之降雨量給中興監造單位並請研議針對不同降雨量建議灌漿強度參考值。		遵照辦理，相關推估分析成果已提供給現場施工單位。
蘇花改工程處南澳工務段			
(48)	無意見。		敬謝肯定。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
蘇花改工程處和平工務段			
(49)	無意見。		敬謝肯定。
蘇花改工程處和中工務段			
(50)	無意見。		敬謝肯定。
蘇花改工程處			
(51)	評估報告書，P.79，請定義「漫流」的型態，並附上照片及描述，及其估算排水量。		敬謝蘇改處意見，本報告之隧道洞口出水漫流，係指隧道洞口無排水渠道設施，洞內出水沿地面依坡度四處散流，不易量測其總水量。 已廢棄之舊和平鐵路隧道南北洞口出水漫流情形如圖 1 及圖 2 所示。 圖 1 舊和平隧道北洞口情形 圖 2 舊和平隧道南洞口情形
(52)	評估報告書中，P.97，PB-7 水位井之水位下降，文中所述可能受降雨	P.97	遵照辦理，已於報告中補充 BT-03 水位資料協助研判。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	量影響或孔底堵塞所致，應與隧道施工無直接關係，建議加上 BT-03 水位井觀測值加以研判並推斷結論。		
(53)	評估報告書中，P.206，有文字誤植，第 3 點第 3 行「(略)，因此將 3 座水位井觀測資料…」應為 4 座。	P.206	敬謝指正，已修正。
(54)	評估報告書中，P.246，所提之資訊內容，包括開挖紀錄等，建議建立帳號密碼管理查閱。		平台資料呈現、查閱權責與密碼設定等事項，將與工程處討論後，遵照辦理。
主席裁示			
(55)	中興社黃副理及李宗仁副座召開會議，協商水文地質資訊平台與蘇花改網站連結形式(主要以蘇花改網站作業系統為主)及資料呈現方式等相關事宜。		同問題(54)之辦理情形。
(56)	有關氣象局之位於東澳嶺之雨量站目前交由軍方管理致目前資料更新中斷，請中興社再與氣象局及軍方單位持續溝通，建議是否由本處正式發函請求氣象局雨量站資料之提供。		同問題(15)之辦理情形。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-104 年年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	評估報告書中，P.7 頁，本期持續數據相關專業文獻（六篇）值得肯定。		敬謝委員肯定，本計畫在國內公路工程屬創新作法，故本團隊持續蒐集並參考國內外相關文獻成果，期望計畫執行成果具參考價值。
(2)	評估報告書中，P.9 頁，武塔、觀音隧道之設計監造與施工廠商補記，以求和其他隧道之陳述相同格式。	P9 P10	遵照辦理，已補充武塔、觀音及谷風隧道之設計監造與施工廠商。
(3)	評估報告書中，P.10 頁，圖 2.1.3~2.1.8，整理 Vp(漏敘述)，岩石強度（未紀錄），但如係由 Tsp 所得 Vp 資料及 Vs 資料應可一併附記，以協助研判（Vp/Vs）岩體孔隙，地下孔洞或地下水密集之潛能。	P11	敬謝委員提醒，已補述說明 Vp，而岩石強度已標示於各彙整圖（圖 2.1-3~2.1-17)首列。委員所關心之 Vs 資料，則將再彙整各隧道施工廠商所辦理之震波探測成果報告，將於下期半年度分析評估報告時呈現。
(4)	評估報告書中，P.20 頁，圖 2.1-9 ，Discharge 部份路段缺漏。		敬謝委員提醒，隧道出水量資料係依據施工廠商所提供之資料彙整繪製，而本項資料缺漏部分主要為隧道洞口段，因開挖進洞初期尚未設置量水堰所致。
(5)	評估報告書中，P.22 頁，圖 2.1-10，部份路段缺 Groundwater、RQD。		同問題(4)之辦理情形。
(6)	評估報告書中，P.23 頁，圖 2.1-10 ，部份路段缺 Discharge 、Groundwater、RQD。	P25	敬謝委員提醒，隧道出水量資料係依據施工廠商所提供之資料彙整繪製。本項資料缺漏部分，主要係因觀音隧道施工除由洞口開挖進洞外，並利用舊山線鐵路隧道設置橫坑進入主隧道，增加工作面，橫坑與主隧道分別於里程 6K+662.9、7K+572 及 8K+225

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			處相交，故鄰近區域會有部分區域缺出水量、開挖面 RQD 及地下水狀況評估等資訊。
(7)	評估報告書中，P.24 頁，圖 2.1-11，部份路段缺 Discharge、Groundwater、RQD。		同問題(4)之辦理情形。
(8)	中仁、仁水隧道缺開挖面彙整圖	P30~P32	敬謝委員提醒，已補充中仁、仁水隧道開挖面彙整圖。
(9)	評估報告書中，P.41 頁，澳尾橋、南澳及南澳圳三座測站 103 年 7 月至 12 月資料缺漏，對分析有無重大影響？	P46 P48	敬謝委員提醒，因澳尾橋、南澳及南澳圳三座測站已於 103 年 6 月移交給宜蘭縣政府，於 7 月 1 日至 12 月 31 日之資料缺漏。經與宜蘭縣政府聯絡確認，因無編列經費故上述測站並未進行量測，本團隊仍將持續追蹤後續狀況，已於報告內文及表 2.3-2 中附註說明。資料缺漏部分主要為南澳溪之流量，短期內可參考鄰近溪流之流量資料推估，尚不致有重大影響。
(10)	評估報告書中，P.29 頁，圖 2.1.1，無流量站位置標示（圖名不符）。	P34	敬謝委員指正，已修正圖 2.2-1 圖名。
(11)	評估報告書中，P.152 頁，表 4.2.1，板岩缺透水性質 K(前期與本期)，另同樣性質之參數表如 P.192 表 4.4.1 之格式及表達方式（中文或英文）請統一，備註、說明亦同（已第同年工作計畫期程，相關的格式應完全統一），資料工作平台之連貫應將各種格式，搜尋系統亦統一。	P157 P175 P193	敬謝委員意見，表 4.2-1 板岩透水係數 K 已增列。另報告中各隧道之格式及表達方式已修正統一，以利後續工作平台之資料彙整及推動。
(12)	評估報告書中，P.161 頁，第 8 行，以山脊稜線為地下水系之分水嶺（而非岩性無限或地質構造無限）之定論為何？	P165	敬謝委員提醒，本區係以東猴猗山斷層區隔東西兩側地下水系統，山脊稜線則為地表水補注分水嶺，誤植部分已予刪除。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(13)	評估報告書中，P.204、205 頁，圖 4.5.2~4.5.3，剖面，標示南北口，另空間檢核對應之隧道軸之剖面、方向不一致。	P208 P209	敬謝委員意見，已補充修正。
(14)	評估報告書中，P.227、228 頁，圖 4.6.2 ~圖 4.6.3 與上同類型的不當表達方式。	P231 P232	敬謝委員意見，已修正。
(15)	P.157（東澳）、P.232(仁水)、P.212（中仁）與 p.189(觀音、谷風)，率定圖格式統一。	P177~ P181 P195~ P197	遵照辦理，各率定圖格式已修正統一。
(16)	補充 15 點意見，另參考用工作計畫書 P.35 資料整合平台建置，等兩年度之計畫期程，同前控管進度或成效如何？		敬謝委員提醒，資訊整合平台之建置工作，目前已依據所量測及蒐集之雨量、河川流量、地下水位、隧道地質等資料，初步建構資訊整合平台架構，現正進行資料庫及展示功能之調整，將於本年 7 月半年報時提出系統開發成果。
(17)	隧道鄰近區域三維水文地質模式分析，東澳隧道：依岩性實際出露位置，進行模式修正，並依開挖岩體的完整度，調整其相關水文地質係數，同理剪裂破壞帶亦然，如此模式之預測與回饋分析，將與更實際開挖的現象相符，並對未來的預測與相關係數的調整有更寶貴的經驗值，為極成功的一種作為。		敬謝委員肯定，日後仍將持續依隧道實際開挖情況進行模式修正工作。
(18)	中仁隧道出水較大路段位於片麻岩與大理岩之接觸帶，與過往隧道之經驗相符。		敬謝委員肯定。
(19)	配合工期展延，本研究計畫建議配合「土建開挖完成」展延，以完續本計畫在國內首屈一指的前導型工		敬謝委員提醒，本團隊將參考各標施工進度，提出本計畫之展延申請過處核定。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	程實務與科研結合之成果。		
(20)	含有錯字及誤植之頁數:P.7 、P.XI、P.132 、 P.142 、 P.172 、 P.200 P.201 、P.207 、P.180 、P.227 、P.228 、P.222 、P.224 、P.238。	PXII P7 P132 P147 P177 P183 P204 P205 P211 P226 P228 P231 P232 P242	敬謝委員指正，誤植處已修正。
(21)	標點符號：P.43 、P.46、 P.104、P.187、 P.242	P47 P51 P109 P192 P245	敬謝委員指正，已修正。
(22)	圖模糊需抽換：P.181 頁，圖 4.3-1.1(b)	P184	敬謝委員指正，已修改。
(23)	下標錯位：P.170 頁，圖 4.3-1(b)	P173	敬謝委員指正，已修改。
(24)	標示不清：P.79 頁，圖 3.2-3 縱軸	P84	敬謝委員指正，已修正。
(25)	缺圖名稱軸：P.215~216。	P219 P220	敬謝委員提醒，已補充。
(26)	台 9 線蘇花公路山區路段改善計畫-水文地質模式檢測及水資源環境影響分析工作計畫書中，P.35 頁，		同問題(16)之辦理情形。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	提及「本計畫將進一步開發資訊整合平台(如圖 3.3-1 所示).....(略)，本項工作將於計畫將視計畫執行第一年度所所獲得之資料格式與內容，於計畫執行第二年度規劃資訊整合平台整體架構，並於同年度開發建置資訊整合平台之初步雛形，後續則將依平台資料實際運作與使用回饋情形進行改版」，資訊整合平台之建置是否有在執行？		
(27)	是否考慮將水文地質資訊平台以動態形式設立於展示館，以利民眾或環評團體了解工程開挖對附近水資源之影響。		敬謝委員建議，目前資訊整合平台雛形已建構，待供工程處核示後，配合展示館之規劃與功能提供展示。
(28)	評估報告書中，P.85 頁，鐵路隧道超前地質預報技術指南。	P90	敬謝委員意見，已修正。
王泰典委員			
(29)	東澳隧道已過駝峰點，其分析模式是否還有其參考價值？		敬謝委員意見，雖然隧道已過駝峰點，現場採用抽水及重力搭配進行排水，雖導致部分區段量水堰資料精度略有下降，惟搭配現場開挖面出水情形及鄰近觀測資料，將不致影響分析結果正確性。
(30)	目前東澳隧道開挖處，因可能使地下水位下降，但未見實施噴凝土或灌漿之措施，亦未說明其開挖對地下水水位之影響。		敬謝委員意見，目前地下水位短期內之下降之相關因應對策，需由施工廠商提出辦理，本團隊將配合實際施作對策進行分析與評估。
(31)	隧道出水量大，是否直接施做襯砌？抑或是先改善出水狀況再施作襯砌？		敬謝委員意見，施作襯砌對隧道出水量抑制之成效，主要需視隧道設計是否為不排水隧道，至於施作襯砌前之出水改善狀況，應需請設計單位評估水壓對襯砌影響而定。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(32)	已確定無法執行水利署之雨量資料收集，後續資料如何進行統整分析？		委員應係關心水利署之河川流量資料蒐集問題，本團隊辦理情形如同問題(9)之處理。
(33)	NS3 開挖面出水量，因抽水設備故障使洞口出水量為其三倍？水量數應相同，請說明。		敬謝委員提醒，谷風隧道 NS3 工作面在本年 1 月份出現抽坍後大量出水事件，因停電導致開挖面附近積水，致使開挖面附近量水堰無法量測，而恢復供電後抽水初期之洞口瞬間最大出水量達 4,151(L/min)，積水解除後，開挖面量水堰之觀測方始恢復，後續洞口水量降為 1200~1500 L/min，與開挖面出水量關測值量級大致吻合。
(34)	NS3 開挖面大量湧水之現象，請加強說明。	P121 P189 P192 P194	遵照辦理，已補充說明。
(35)	中仁北口為崩積層及大理岩之交界帶且湧水量大，水位洩降深度僅 40 公分，請推測原因為何？	P221	敬謝委員提醒，中仁隧道北口段雖遭遇崩積層及河床沖積層，但因已先進行管幕灌漿，固結後再行開挖，因此開挖未遭遇湧水情形，鄰近水位洩降深度有限應屬合理。
(36)	可由水利傳導係數之分布推算滲流應力進而計算灌漿範圍深度，可以增加此項資料。		敬謝委員意見，由水利傳導係數之分布推算滲流應力進而計算灌漿範圍深度，需有詳細水力傳導係數資料，而可靠資料之取得則需透過現場試驗，故建議應另案辦理。
(37)	有關本計畫執行期程部分，建議配合整體計畫期程調整。		同問題(19)之辦理情形。
(38)	目前部分隧道施工過程遭遇湧水，採阻水灌漿後成效不一，建議本計畫增加有關地盤改良後地下水流向、水位洩降、隧道圍岩滲流應力		敬謝委員建議，有關地盤改良後地下水流向及水位洩降議題，本團隊將依據鄰近水文地質觀測資料，透過模式分析進行廣域尺度之地下水環境影響

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	分析以及與設計條件之比較等工作，以確保有效抑制環境影響。如非契約工作內容，建議協調增作。		研判。而隧道圍岩滲流應力分析與設計條件比較等議題，由於涉及本工程襯砌設計，應另案辦理或辦理本案契約變更後據以施作。
(39)	評估報告書中，P.18~21 頁，圖 2.1-8 及圖 2.1-9 東澳隧道南口工作面已開挖超過駝峰點，量水堰量測結果是否受影響? 如何率定或修正?		敬謝委員提醒，東澳隧道開挖通過駝峰點後，現場採用抽水及重力搭配方式進行排水，雖可能影響部分區段之量水堰資料精度，惟巨量出水時之影響可以忽略不計，而微量出水則對鄰近地下水環境影響有限，因此不致影響分析結果正確性。
(40)	評估報告書中，P.24 頁之圖 2.1-11 隧道內量測水量如因經橫坑或其他管道導排，以致水量甚低，建議加註，以利區隔資料缺失區段。	P24	敬謝委員意見，該圖之出水量係為開挖面出水量，並非洞口水量，故應無橫坑或其他管道導排影響。
(41)	評估報告書中，P.37-39 頁之圖 2.2-10~圖 2.2-15 水利署雨量站資料皆僅至 103 年，後續如何處理應加以說明。		敬謝委員意見，水利署及臺電之雨量資料，係於每年 7 月釋出前一年度觀測資料，故本次年度成果報告乃取得截至 103 年底之資料。由於氣象局及本計畫所增設之雨量站資料均可即時取得，可大致掌握計畫區降雨狀況，並不影響現階段計畫分析結果，後續水利署及臺電雨量資料取得後，可提供進行比對與修正必要性參考。
(42)	評估報告書中，P.46 頁，之最後一段有關東澳隧道開挖面並未遭遇明顯出水情形論述，與 P.51 頁，圖 2.1-18~19 等不符。	P51 P56 P57	敬謝委員提醒，已修正為東澳隧道開挖面雖曾遭遇短暫明顯出水情形，然大部分期間隧道洞口排水量主要來自岩栓鑽孔出水，並於後續說明開挖面及洞口詳細出水狀況。
(43)	評估報告書中 P.63、65 頁之圖 3.1-12 及圖 3.1-14，部分出水量觀測成果顯示有出水，但何以水量幾		敬謝委員意見，雖部分開挖面觀測到出水量變化情形，惟洞口水量乃除開挖面出水量外，亦再涵蓋隧道沿線已

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	乎無變化?		開挖段之滲漏水及岩栓鑽孔出水量，在開挖面出水量變化有限時，將不影響洞口總水量。另由於量水堰之觀測係由水位高度換算為排水量，因此若量水堰水位高度無明顯變化時，現場量測人員所提供之觀測數據將極為接近，甚或顯示無明顯變化情形。
(44)	評估報告書中，P.99 頁 3.5-4 增設自記式地下水位觀測井 BH-03、BH-13 變動範圍較大，影響因素為何，建議討論。	P109	敬謝委員意見，歸納所述兩孔水位觀測井長期觀測資料，如遇較大雨時，則有明顯抬升情形，雨量較小時則下降迅速，整體而說與降雨量關係密切。探究其因，主要係因 BH-03 鄰近溪畔，而 BH-13 則位於河階地上，故兩座水位井易受地表降雨及淺層地下水影響，水位跳動較為明顯。
(45)	評估分析報告書中，P.117 頁，圖 3-6-2 舊北迴鐵路隧道已完工，標示為點狀，恰與觀音隧道尚未開挖區段相同，建議調整。	P72 P122	遵照辦理，已修正。
(46)	評估分析報告書中，P.151 頁，圖 4.2-8，建議標示實測水位之水位井編號。其餘隧道亦同。	P159 P176 P194 P213 P236	遵照辦理，已補充修正相關圖資。
(47)	評估分析報告書中，P.166~167 頁，東澳隧道目前洞口出水量大，開挖面出水量較小，表示已開挖支撐區段的滲漏明顯，請問本計畫所採用分析模式是否可考慮滲流應力?後續內襯砌施作後，因滲水性較差，是否可考慮因而造成的應力增量?		敬謝委員意見，本計畫主要目的為評估隧道施工對鄰近區域水資源環境所可能造成之影響，故模式之控制方程式乃依據地下水水頭、補注量及水文地質參數關係進行求解運算，而滲流應力則為探討岩土與水力耦合議題，並非用以探討地下水環境影響，故滲流應力對襯砌所造成之應力增量，建

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			議應結合設計另案辦理。
(48)	評估報告書中 P.172 頁，第二段文字請檢核確認。	P177	敬謝委員提醒，已檢視重新修正。
(49)	評估分析報告書中，P.181 頁，圖 4.3-11b 解析度不佳，請更換。	P184	遵照辦理，已更換。
(50)	評估分析報告書中，P.54、P.185-189 頁，谷風隧道 NS3 抽坍出水造成約 8 個月未開挖，採用各種灌漿阻水方式克服，期間持續監測出水量，為難得的案例，建議詳加描述探討。目前模式分析採用增設二處破碎帶模擬之考量為何?規模為何?建議增述。	P189 P192 P194	敬謝委員意見，谷風隧道 NS3 抽坍出水事件確實為一值得參考之案例，本團隊持續蒐集相關資料，另模式已針對此段新增破碎水文地質單元，初步依據現階段之資料進行率定修正，將配合後續施工所揭露之資料，持續進行模式之檢討修正，相關敘述已於報中修正。
(51)	評估分析報告書中，P.193 頁表 4.4-1 未見破碎帶相關水文地質參數。	P193	敬謝委員指正，已補充增列破碎剪裂帶水文地質參數。
(52)	評估分析報告書中，P.188、189 頁，S3 抽坍出水採用灌漿阻水後，開挖面出水量變小，在數值模擬中如何考慮?開挖面地下水流如何變化?	P189	敬謝委員意見，模式分析乃依據開挖初期未灌漿前之出水量進行參數率定，以獲得裸岩之水文參數。對於灌漿改量後之岩體，則降低隧道周圍鄰近網格透水係數，利用灌漿後隧道出水量觀測值進行率定，模擬地下水流場改變情形。
(53)	評估分析報告書中，P.207 頁，表 4.5-1，中仁隧道崩錐堆積層及和中斷層、片麻岩破碎岩段、大理岩破碎岩段本期透水係數未見。	P211	敬謝委員提醒，表 4.5-1 相關水文地質單元之透水係數已補充。
(54)	評估分析報告書中，P.219~220，圖 4.5-14~圖 4.5-15，中仁隧道北口段崩積層開挖前路段以東無地下水流，何以目前可以看到地下水流?此區段建議採較大比例尺出圖。		敬謝委員意見，圖 4.5-14 中仁隧道動工前北口段地下水流場未顯示問題問題，主要係因比例尺不足所造成，如修正比例尺則可能造成圖面雜亂不易辨識，故建議維持原圖。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(55)	評估分析報告書中，P.220~221 之圖 4.5-15~圖 4.5-16，中仁隧道北口段大理岩與片麻岩交界帶觀測到湧水，但地下水流場、流向及總水頭洩降似乎未反應此一現象?		同問題(35)之辦理情形。
(56)	未見中仁、仁水隧道開挖面地質資料彙整圖。		同問題(8)之辦理情形。
台灣世曦監造工程處			
(57)	觀音隧道及谷風隧道請參考東澳隧道 4.2.2 節。		遵照辦理，已補充修正使報告一致。
(58)	地質開挖紀錄內容進行 RMR 值與水利傳導係數 L 之模式率定。		敬謝建議，有關 RMR 值與水力傳導係數之率定研究，由於本計畫之水力傳係數係透過隧道出水量率定及模式分析推估而得，其代表廣域尺度之水力傳導係數，而開挖面 RMR 評估則為小範圍之岩體等級狀況評估，兩者比例尺差異大，且 RMR 主要係針對岩體力學特性而發展，並非針對岩體水文性質，在雙重因素影響下，不易取得較良好之比對結果。本團隊曾於 102 年之年度分析評估報告 4.3 章，初步整理 B 標隧道之 RMR 與隧道出水量之關係，結果關係極為離散，相關係數偏低，意謂僅以 RMR 可能無法進行水力傳導係設之推估，相關影響因素可能甚多，可能涉及多變量統計分析，仍待更多資料研究探討。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(59)	評估報告書中 P.148、P.149、P.150 頁，地質模型及調整位置未標示。	P152 P153 P155	敬謝提醒，考量圖形之可讀性，故對於地質模型僅微調部分，乃於圖形中框出位置範圍，並以文字補充說明方式呈現，而後續若有重大模型修改，則將特別標示出調整位置。
(60)	評估報告書中，P.182 頁之圖 4.3-12~圖 4.3-13，104 年 6 月至 104 年 12 月之地下總水頭洩降差 0.04 公尺，其差值是否合乎誤差範圍內及洩降原因為何?	P185 P187	敬謝意見，由於觀音隧道 104 年下半年度無重大出水事件，短期內地下水補注影響不大，故兩者兩者差異不大，故分析結果應屬合里。
(61)	評估報告書中，P.197 頁之圖 4.4-11~圖 4.4-12，104 年 6 月至 104 年 12 月之地下總水頭洩降差 0.21 公尺，其差值是否合乎誤差範圍內及洩降原因為何?	P201	敬謝意見，谷風觀音隧道 104 年底之出水情形與 6 月實差異不大，短期內地下水補注條件類似，故兩者兩者差異不大，分析結果應屬合里。
中興顧問監造工程處			
(62)	東澳隧道南下線 5K315~327 自 104.9.3 迄今仍有大量湧水，永春、新春隧道此區段並無大湧水紀錄，是否分析其地下水補注來源?對地下水環境的影響?		敬謝意見，東澳隧道南口南下線岩栓鑽孔持續出水，其主要地下水補注源係來自東側東澳嶺，故此區地下水位井之水位(BT-02)已有相當幅度之下降，模式分析結果亦顯示約有 5m 深度之洩降，後續狀況仍需觀察探討；而永春及新永春隧道之出水則主要來自西側中央山脈之地下水，兩者地下水系不同，故其行為亦有所不同。
交通部公路總局			
(62)	無意見。		敬謝委員肯定。
蘇花改工程處			

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(63)	簡報 P.44 頁，BT-02、BT-03 之照片拍攝角度建議一致以及注意地貌之改變情形。		敬謝建議，簡報 P44 係因團隊成員觀察到局部區域水文環境似有變化，故拍照比對，誠如所提建議，後續將並注意照片拍攝角度，以釐清疑問並避免誤導。
(64)	簡報 P.57 頁，地下水平均出水量遠大於東澳隧道平均出水量，但簡報 P.44 頁之照片卻顯示溪流量減少，兩項資訊無法呼應，請說明。		敬謝提醒。簡報 P57 係說明研究區廣域地下水年平均補注量，目前大於東澳隧道年平均出水量，而簡報 P44 則顯示隧道鄰近小範圍內局部地區水文環境之變化情形，兩者尺度不同所致。
(65)	評估分析報告書中，第 10 頁下面「本計畫配合現場」施工進度，持續蒐集開挖中之東澳、觀音、谷風、中仁及仁座隧道……圖 2.1-8~圖 2.1-13（P.18~23）所示」缺 C1 及 C2 之開挖面彙整圖資料。		同問題(8)之辦理情形。
(66)	評估分析報告書中，P.13 頁，圖 2.1-2 無地質剖面表示方法與 2.1-1、2.1-3、2.1-4 不同，請統一圖表表示方式。	P13~P15	遵照辦理，由於考量 B 標隧道工作面複雜，故於圖面中標示舊北迴鐵路隧道，以平面圖方式呈現各工作面進度。目前 B 標隧道已有工作面貫通，故重製觀音隧道及谷風隧道施工進度示意圖，與其他各標隧道呈現方式一致。
(67)	評估分析報告書中，P.42 頁，表 2.3-2「計畫區水利署各流量站月平均日流量資料」，澳尾橋、南澳橋、南澳圳流量站資料七月份開始轉交給宜蘭縣政府，是否能跟宜蘭縣政府要到後續資料?		同問題(9)之辦理情形。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(68)	評估分析報告書中，P.81 頁，最後一段「104 年 1~12 月計畫區內鐵路……則未有異常增加“變化”情形」	P86	遵照辦理，已修正。
(69)	評估分析報告書中，P.103 頁最末段，「A、B“段各”標隧道洞口之地下水位井觀測……」。	P108	遵照辦理，已修正。
(70)	評估分析報告書中，P.226~228 頁，圖(a)、(b)、(c)之各圖正北邊方向請標示。	P230 P231 P232	遵照辦理，已補充各圖正北邊方向圖示。
(71)	評估分析報告書中，P.225 頁，1.「根據隧道開挖面地質紀錄顯示，北口目前開挖至里程 0K+854，主要為破碎片麻岩，0K+689~0K+854 遭遇一區域“剪裂帶“……」，經查核區內輪進監控支撐等級尚可，剪裂帶之定義為何？	P229	敬謝工程處指正，剪裂帶係為誤植，已修正為破碎片麻岩。
(72)	評估分析報告書中，P.227~228 頁，104 年下半年之仁水隧道三維水文地質模型圖(c)之剪裂帶，於 103 年下半仁水隧道三維水文地質模型圖(c)未出現。	P231 P232	敬謝工程處提醒，剪裂帶係為誤值，已修正相關圖形。
(73)	評估分析報告書中，P.228 頁，圖例「和中斷層」之“和中”不須附上。	P232	敬謝工程處提醒，”和中”一詞係為誤植，已修正。
(74)	東澳隧道南口南下線持續出現大量湧水，對後續排水影響作是否可作深入之研究。		敬謝工程處意見，東澳隧道南口南下線之持續大量出水目前，目前似對鄰近區域造成短期影響，後續將持續蒐集相關資料進行分析評估。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(75)	若已確定無法執行水利署之雨量資料收集，請於報告書上附註說明。		同問題(9)之辦理情形。
東澳工務段			
(76)	依據BT01、BT02之水位計量測資料是否可推判後續東澳隧道北上線隧道開挖之影響。		敬謝意見，本團隊依據BT-01及BT-02之水位井資料進行模式率定，此外亦參考其他鄰近水文地質資料進行比對，透過分析可研判北上線開挖影響，相關分析研判結果將持續提供工程處及施工單位卓參。
南澳工務段			
(77)	谷風隧道尚有一段距離才貫通，依照報告資料顯示水位變化起伏不大，請詳細說明。	P195 P197	敬謝委員意見，圖4.4-4~圖4.4-7之記錄乃為已開挖區段之出水紀錄及率定成果，變化不大區段為出水量甚低或無出水位置，圖中並無涵蓋未開挖區段之預估。
和平工務段			
(78)	里程呈現請保持一致性，如P.172頁採3k+600，但P.173頁採7.2K及9.7K。	P179	遵照辦理，已檢視修正，採用XK+XXX格式表示。
(79)	P.172頁出現103年12月底應為104年，P.173頁仍提醒樟樹山斷層開挖需特別留意，唯104年底北上線已通過。	P176 P177	敬謝提醒，已修正。
(80)	谷風隧道P.196頁，圖4.4-10谷風隧道沿線西側水頭轉東側高之趨勢，但P.193頁，東側北上線出水量卻較西側南下線出水量高出甚多，請補充說明。		敬謝意見，隧道出水量除與地下水頭有關外，亦與開挖所通過地層之水力特性有關，此外本段隧道北上線開挖進度較南下線快，而先行通過之隧道其出水量多較高，故此段施工進度較快之北上線其出水量高於進度較慢之南下線。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
和中工務段			
(81)	無意見。		敬謝委員肯定。
主席裁示			
(82)	與會委員及相關單位出席代表意見，請列表逐條澄清修正。		遵照辦理，相關辦理情形請詳上述審查意見之辦理情形。
(83)	將三維水文地質模型之整合資訊平台納入105年度9月7日「技術論壇」之發表內容。		遵照辦理。
(84)	承包商提供之各開挖面出水量資料應加以評估是否為合理值。		遵照辦理，本團隊目前定期派員至現場瞭解實際隧道出水情形，並於發現所蒐集之出水量資料有異常時，主動詢問檢核資料合理性。
(85)	針對隧道區域水位變化對工程施工及完工營運之影響，請加以說明其相關注意事項於後續報告中。		遵照辦理，目前根據所觀測及蒐集之資料，進行模式率定與分析，研判施工期間之區域地下水環境變化影響，而對於完工營運階段可能之影響及相關注意事項將於後續報告中辦理提出。
(86)	因各標工程完工時間不一致因素，故後續契約金額之計算，請中興社自行合理推算再向工程處呈報，以利辦理後續事項。		遵照辦理，將參考各標施工進度，提報計畫展延申請及相關預算，提供工程處審核，以利辦理後續事項。
(87)	各委員相關建議，請納入後續執行考量。		遵照辦理，將納入後續執行考量。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-104 年半年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	P7，新增近年(2013~2015)國內外有關裂隙岩體水文地質特性、隧道水文地質模式分析、降雨特性相關文獻計 52 項，值得肯定工作團隊之精益求精之精神及態度。		敬謝委員肯定，本計畫在國內公路工程屬創新作法，故本團隊持續蒐集並參考國內外相關文獻成果，期望計畫執行成果具參考價值。
(2)	P27，表 2.2-1 水利署、台電之雨量資料僅至 2014.12.31 對整體分析有無影響?		水利署及臺電之雨量資料，係於每年 7 月釋出前一年度觀測資料，故本次半年成果報告乃取得截至 103 年底之資料。氣象局及本計畫所增設之雨量站資料均可即時取得，已可大致掌握計畫區降雨狀況，並不影響現階段計畫分析結果，稍後水利署及臺電雨量資料取得後，可提供進行比對與修正必要性參考。
(3)	P36-P38，圖 2.2-10~15 顯示 103 年十月份雨量均較 96 年~102 年平均雨量之最高值為低，是否為氣象異常?且年度總雨量均遠低於 96~102 年年雨量均質。		誠如委員所提，103 年度之總降雨量確實低於往年，9-11 月豐水期之降雨量更明顯偏少，導致部分常年有水之河川(如清水溪)出現河床乾涸情形，惟有利於降低蘇花改隧道施工出水風險，今(104)年度之降雨似有恢復以往量級，建議施工仍應審慎以對。
(4)	P53，圖 3.1-3 東澳隧道北口出水量(累計)，與降雨量無直接密切關析?部分 DATE 缺，請補(05/15-06/10)。	P49、P50、P53	東澳隧道北口目前出水量觀測結果與降雨量似無直接密切關係，探究其原因可能為: (1)東澳隧道北口段開挖進洞深度已超過 800 公尺，岩覆深度亦超過 100 公尺，故開挖面出水受地表降雨之影響程度降低、(2)去年東澳嶺

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			之降雨量明顯減少，導致隧道洞口段之出水量亦減少，故洞口出水量未呈現與降雨量明顯關係。另委員所提觀測資料缺漏部分，主要係因施工導致量水堰觀測暫停所致，此部分將在報告修訂版中補充述明。
(5)	P54，圖 3.1-4 東澳隧道南口，降雨量 VS 出水量無關地質好壞，出水量高?(岩性控制?石灰岩)。		委員所關切之東澳隧道南口出水量情形，因報告圖 3.1-4 僅呈現今年 1-6 月之觀測結果，而今年上半年隧道開挖主要遭遇綠色片岩及矽質片岩，岩性無明顯變異，整體出水量亦無劇烈變化。惟回顧南口段隧道開挖出水量觀測資料可見，最大出水量係發生在薄層大理岩段，而最小則出現於角閃岩段，施工出水與岩石透水性質有關。
(6)	P59，圖 3.1-11 顏色統一(紅-黑白)	P59	感謝委員建議，遵照辦理。
(7)	P61，圖 3.13 觀音隧道(8K+225 橫坑)通風機房出水量為定值?500L/min		關於觀音隧道 8K+225 橫坑出水量於今年 1-6 月期間之觀測值固定乙事，主要因出水量係由量水堰之水深換算所得，而現場通常僅記錄至公分等級，以致出現觀測值固定不變情形，就地下水及工程角度，此等精度應已足夠，故未進一步要求。另新觀音鐵路隧道洞口排水量之觀測值亦是由量水堰之水深換算所得，故出現部分時段觀測值相同情形，此等精度尚不致影響模式分析結果，敬謝委員及工程處關心與提醒。
(8)	P74，表 3.3.2 新觀音北口 3562L/min(1、3、5、6 月)、南口 2192 L/min(3、4、6 月)?影響配套之		敬謝委員提醒，同問題(7)之回答。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	圖 3.3.2(後續分之分析有無影響?)		
(9)	P83，圖 3.5-3 缺(另 3.5.1~3.5.4)圖上標北。	P82~P83	敬謝委員提醒及指正，已於修正版報告中修正之。
(10)	P85，表 3.5.2 BT-05-01(L=200m)是否埋沒，故水位皆低於 70m?	P84	BT-05-01 鑽孔係於調查階段所鑽設，其目的並非為水位觀測，本計畫 101 年首次量測時，井口以下 70 公尺處即出現疑似堵塞情形，故水位低於 70 公尺以下即無法測得精確值，惟本計畫已在附近增設 BT-01 自記式水位井，不影響本計畫執行成果。
(11)	P89，圖 3.5.6 定稿改用綠色圖表示(方易見)。	P89	感謝委員建議，遵照辦理，定稿本之圖 3.5-5 已採用彩色列印。
(12)	圖 3.5-12~18 加上雨量資料以資佐證。	P96~P99	感謝委員建議，遵照辦理，已於定稿本之圖 3.5-11~17 補充雨量資料。
(13)	P113，表示 4.1-2 東猴猗山斷層，應為南北走向之正斷層或右移斷層(張裂型斷層)。	P113	感謝委員指正，報告 P.113，表 4.1-2 之東猴猗山斷層標示為斜滑移，主要係引用自臺灣世曦於民國 99 年所提出之「臺 9 線蘇花公路山區路段改善計畫工程規劃報告」，誠如委員如提，東猴猗山斷層實際應為南北向之張裂右移斷層，已於修訂版報告中修正之。
(14)	東澳隧道水文地質模式修正，應屬合理，南上北下線之地質開挖(地層對比)可判斷東猴猗山斷層之屬性。		敬謝委員肯定與提醒。
(15)	圖 4.2-6 用彩色(易辨識)。	P139	感謝委員建議，遵照辦理，定稿本之圖 4.2-6 已採用彩色列印。
(16)	P147，圖 4.2-12 東澳隧道北口量測 VS 模式出水量差異較大?		敬謝委員提醒，由於數值分析網格及實際水文地質狀況實無法精確掌握等限制，且局部瞬間出水量亦不易於分

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			析中完全精確反應，故廣域水文地質模式分析之要點為掌握出水趨勢與出水規模，目標為分析值與實測值吻合，以可反應施工期間大範圍之地下水文變化情形，故圖 4.2-12 中部分區段分析值與實測值有些差異，但整體趨勢應仍吻合，尚請委員諒解。
(17)	P154、155 東澳隧道南口之地水湧水潛勢應較新永春隧道為少(為東猴猗山南北向斷層切割成張裂型構造)。		敬謝委員提醒，目前東澳隧道之模式分析及實際開挖出水量皆符合委員所述趨勢。
(18)	P164，圖 4.3.7 觀音隧道 8.5K 實際出水量 VS 率定差異較大?	P164	感謝委員意見，本圖為資料錯誤，已修正。
(19)	P174 截取至 2013 年 6 月資料，建議應取至 2015 年 6 月之資料(2013 年 4 月亦然)。		敬謝委員意見，本次係採用 2014 年 6 月以前資料進行統計分析，而再以 2014 年 7 月~2015 年 4 月之資料進行驗證，此外本次所進行之觀音隧道武塔片岩及破碎武塔片岩統計資料，主要為嘗試提供施工參考，對於統計結果之偏差與疑慮部分，將再檢討，考量此項統計工作並未在契約項目中，因此統計結果將不納入半年度分析評估報告，後續相關成果將待分析完整後再行提供工程處參考。
(20)	P176，圖 4.3-17(非破碎)武塔片岩….。		同項次(19)辦理情形。
(21)	P182、183 圖 4.3-21 破碎帶樟樹山斷層預測與實際驗證出水量，雖有部分出入，可再檢討再導入修正(用東越多經驗值)。		同項次(19)辦理情形。
(22)	P212、213 中仁隧道之水文地質模式，1.網格加密 2.配合場線調整水		敬謝委員對於中仁隧道模式分析修正之肯定。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
	文地質單元，如岩性、洞口崩積層、和中斷層及岩性交界處之洞高較大之 K 值均屬較佳化的模擬運算。		
(23)	P215，仁水隧道亦然。		敬謝委員對於仁水隧道模式分析修正之肯定。
王泰典委員			
(24)	第 4.3.5 節觀音隧道開挖面出水量統計之假設為何?統計分析採用之自變數與應變數為何?建議補充說明。		敬謝委員意見，該統計工作目標在於出水事件(500l/min、1000 l/min 以上)出現機率，所以並無特別假設情況。統計工作中，自變數為開挖面出水量，應變數是出現機率，後續則同項次(19)辦理情形。
(25)	第 4.3.5 節統計迴歸結果如提出經驗公式或分佈型態，應增加檢定程序。		感謝委員意見，該工作之應用在事件出現機率部分，並非利用經驗公式或分佈型態，故僅用事件數量即可計算機率，並在期望值為 1 情況下，獲得事件平均出現距離，並用以預估事件可能發生位置，後續則同項次(19)辦理情形。
(26)	目前收集資料包括開挖面地質紀錄，其中包括地下水狀況評估因子，統計分析是否考量此評估因子分析結果，再分類統計，建議考慮。		敬謝委員建議，影響隧道開挖出水量之因子甚多，截至目前已嘗試採用 RQD、波速、地電阻等多種資料進行統計，惟尚未獲得較佳統計結果，所提之片岩皺褶波長資料，可能亦為影響因子之一。惟片岩皺褶波長資料取得不易，短波長或可由開挖面地質情形掌握，而長波長則可能需由區域地質推估，並且長短波長之界線區分不易，此亦為變質岩區複雜水文地質之特性，本區之統計具有相當難度，統計成果不如預期之處尚請諒解。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(27)	片岩地層隧道圍岩，出水異常位置常受皺褶波長影響，建議統計分析納入此因子。		如委員所述，摺皺波長為眾多影響出水量之因子之一，後續分析工作可考量納入。而本次使用之出水量統計則是由出水成果反推出水事件發生距離以提工作為預警參考，後續則同項次(19)辦理情形。
(28)	圖 4.3-13，圖 4.3-14 地下水線總水頭洩降有明顯差異，最大洩降於本階段明顯增加至-9.7M，但隧道開挖面出水量、地下水位監測值(BH-03與 PD-04)似無明顯變化，建議詳細探討原因。	P169、P171	敬謝委員提醒，對於觀音隧道鄰近觀測資料無異常變化，而模式分析之總水頭卻出現明顯洩降情形，主要係因模式分析運算調整所產生之誤差，並非實際有異常洩降發生，為求與前期成果之一致性，已更正模擬工作流程，並重新評估隧道開挖引起之地下水位變化量，已於修正版報告中修正之。
(29)	若圖 4.3-14 地下水位洩降達-9.7M，何以圖 4.3-15 地下水位流向仍皆向東流?	P172	感謝委員意見，承問題(28)，本處地下水位洩降已重新評估。由於隧道開挖引起之地下水位洩降皆發生於隧道周圍，故以整體而言，地下水流向還是維持西往東流，並無明顯變化。
(30)	圖 2.1-11 出水量在 5.5K 附近缺失。	P24	感謝委員指正，已修正。
(31)	圖 2.1-12 出水量 12.4K 附近甚大，何以開挖面地質地質紀錄仍評估為”潮”(TIDE)。	P25	敬謝委員意見，圖 2.1-12 之開挖地質記錄主要係施工單位所提供，12.4K 附近斷面初次評分時地下水狀況為”潮(Tide)”，而後抽坍出現大量出水情形，誠如委員所提，初始記錄似與實際不符，將於修訂版報告中修正為”湧水(Gush)”，以接近真實情形。
(32)	圖 3.5-3 未見。	P83	敬謝委員提醒及指正，已於修正版報告中修正之。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(33)	請問淤塞地下水位井，資料無法取得或缺失之流量站後續如何處理?		敬謝委員提醒，(1)BT-05-01 鑽孔係於調查階段所鑽設，其目的並非為水位觀測，本計畫 101 年首次量測時，井口以下 70 公尺處即出現疑似堵塞情形，故水位低於 70 公尺以下即無法測得精確值，惟本計畫已在附近增設 BT-01 自記式水位井，不影響本計畫執行成果。(2)對於移交給宜蘭縣政府之水利署流量站，本團隊將持續與宜蘭縣政府聯繫，嘗試取得後續資料。
(34)	表 3.6.1 B 標排水量觀測結果，NS3 工作面在 2015/1 月以後資料是否已呈現?		敬謝委員提醒，(1)谷風隧道 NS3 工作面在今年 1 月份出現抽坍大量出水事件，初期洞口最大出水量達 4151 L/min，惟考量該值係因停電開挖面積水，採用抽水方式所得之短時間水量，其代表性可能不足，故本報告採用 1 月下旬之穩定值作為洞口水量進行比對。(2)模式分析預測部分，谷風隧道 NS3 工作面之抽坍出水事件因處理時間較長，且考慮實際施工尚未完全通過模式下一個網格，故尚未進行此次出水事件之模式率定與修正，工作團隊將儘速辦理，以提供出水量推估參考。
(35)	圖 4.3-7 實際出水量與率定出水量似乎有出入，建議說明。	P164	同項次(18)之回答。
(36)	圖 4.4-4 實際出水量與率定出水量亦有出入，應加說明。	P178	本處由於隧道出水量甚大，並伴隨抽坍事件導致進度停止，仍處於處理階段，於模式中未達下一個網格長度，本計畫已估算目前進度之率定水量，並繪於圖 4.4-4 中。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-103 年年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	本計畫執行已超過 2 年 3 個月，對本計畫期初所提送之執行計畫書，建議做一回顧審視 a.各預定工作的進度，成果成熟度的檢討 b.執行滿兩年後有無需檢討改進之處(約40%進度)不論方法，觀測資料收取之頻率，導入分析程式之合宜性(或需作為調或較大規模的調派)c.類似工作的自我評量 d.或許也有業主在合約面需增加之探查或觀察設施，目前尚有相當的時間，可補設置如C1、C2 標 e.已開工的各標段(A、B、C)等之回饋分析之調適(模式，參數，etc.)。		敬謝委員的建議，有別於一般工程技術計畫，本案係屬研究性質計畫，計畫執行至今持續根據隧道實際開挖所揭露之各項水文地質資料，進行參數率定與分析模式必要之調整修正，相關成果已於各階段成果報告中呈現。此外本團隊亦蒐集國外研究成果，檢討本計畫可再精進之處，嘗試納入本計畫後續執行參考，以期提升成果可靠度。另委員所提之 C1 及 C2 標探查與觀測設施，因上述兩標地形陡峭限制，目前所掌握之資料確時相對較少，後續將配合隧道開挖施工進度，提出必要之補充調查或設置建議。
(2)	東澳隧道北上線(4K+750～4K+900？)即將進入板岩系/大南澳片岩之接觸帶(界限斷層)，依據過往永春/新永春鐵路隧道開挖之紀錄均有大量變形，施工單位應特別注意。		敬謝委員提醒。
(3)	圖 2.1-3 應將改線後(L≒4.8KM)之隧道剖面配置？(中仁隧道)	P14	敬謝委員指正，對於報告中誤植或易混淆之處，將予以修正與補充，包括抽換中仁隧道改線後之剖面配置圖、模糊圖片抽換、及圖例顏色修正等。
(3)	圖例量測開挖面出水量(黃→綠？)圖例顏色確認。	P152、P153、P203	同問題(3)之回答。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(4)	圖 4.3-15(b)模糊抽換。	P177	同問題(3)之回答。
(5)	圖 4.6.2 誤植中仁 TL→仁水 TL，另圖 4.6.2(C)左右對調即左側為南口應較易與(a)(b)比對。	P215	同問題(3)之回答。
(6)	圖 4.6.1 仁水隧道水文地質模式調整應屬合理(更佳化)符合施工單元(大、小各 1)及地質特性(接觸帶)。	P214	感謝委員肯定。
(7)	個別隧道觀察水量(降雨，預測水量)之比較統計 or 模式修正作為之摘要式說明。		敬謝委員建議，未來將會針對個別隧道之比較統計或模式修正做一摘要式說明。
(8)	圖 3.3.2(a)新永春，永春隧道南段洞口排水量，有無與 102 年下半起至 103 年的東澳嶺，東澳雨量站作一比對？(永春南口與新永春出水量趨勢相同，應與較廣域之氣候有關聯？)(永春南口與新永春屬性不同，永春南口部分為東澳溪沖積層或河床堆積物，新永春南口為廣域變質岩，如變質石灰岩之類材料，並聯通至西側山區，當年新永春 8K+058 大湧水，Pmax≒45kg/cm2 得證)	P81	敬謝委員提醒，目前之監測結果顯示，新、舊永春隧道之洞口排水量與東澳隧道施工並無直接關係，而與廣域之氣候降雨變化有關，此部分將結合隧道沿線水文地質材料及水系降雨補注情形，做進一步分析探討，並於後續成果呈現。
(9)	東澳隧道水文地質模式修正之(3)，(4)均為合理正確之修正，提示 4K+558 前段(含北口北上 4K+446～4K+509，及北口南下線 4K+472～4K+515)之變質輝綠岩出現，即為進出下斷層(廣義之小帽山，猴猗山斷層)板岩/大南澳片岩之接觸界限斷層，開挖應特別注意大變形之潛能(依新永春隧道開挖經驗)。	P139	敬謝委員提醒。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(10)	圖 4.2-3→圖 4.2.4 東澳隧道三維模式修正合理。	P143、P142	感謝委員肯定。
(11)	圖 4.2.5 新舊永春隧道(南口)率定趨勢用圖 3.3.2(雖屬不同之地質條件背景)，應與廣域氣象(雨量)有較密切關聯。	P144	同問題(8)之回答。
(12)	開挖面出水量模式，量測值，率定值能另種處理即，量測值/率定值%(±%)順里程，註明岩性等方式表之可瞭解模式適用性之限制	P150	敬謝委員建議，報告 P150 之呈現方式，除以圖示呈現方式外，後續將嘗試依照委員建議之”量測值/率定值%(順里程)並註明岩性或其他具代表性意義之資料”方式呈現，探討出水量實測值與模式分析值之差異。
(13)	東澳隧道開挖地下水位洩降僅侷限於開挖面附近，且洩降深度有限，對水資源環境影響有限，此重要結論應用在長大隧道開挖對地質模式(地下水資源影響)為一重要成果(環評承諾)。	P154	感謝委員肯定。
(14)	嘗試觀音隧道，圖 4.3-13 為例，已開挖區段長度>2/3，依據過往之量測與模式比對，能否對未開挖段嘗試預估出水量 Range 如:200~400 l/min(200 l 為單位)之試推，(無對錯究責之意，僅在 Test 回饋模式，下半年度則可回頭檢視推測出水量有較大出入之原因(岩性，K，破碎帶位置，雨量或其他原因?應為有意思之研究)。	P174	有關隧道未開挖段之出水量推估工作，目前已配合施工進度與模式率定結果持續辦理，並將結果提送機關與施工廠商參考，敬謝委員關心與提醒。
王泰典委員			
(15)	圖 2.1-7~圖 2.1-12 部分圖例，座標軸說明缺漏，資料連線異常，請修正。	P17~P26	敬謝委員指正，報告 P17~P26 圖 2.1-7~12 之圖例缺漏與連線異常處，將於報告修正版中補充修正。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(16)	分析結果地下水流場及流向分佈如有明顯變化，建議加大比例繪圖表示，並於文中探討說明。		敬謝委員建議，後續對於分析地下水流場與流向分布如有明顯變化時，將加大比例繪圖呈現，並以文字加以敘述之，以利瞭解。
(17)	東澳隧道 6K+691~6K+636 破碎帶修正前、後之分析結果，建議放大比例尺說明，並持續修正。	P138	同問題(20)之回答。
(18)	板岩、變質砂岩等單元之修正，側向延伸部分如何考慮，建議加註。	P138-P139	有關各水文地質單元之側向延伸議題，如有地質調查資料可參考，則依據其設定延伸範圍，而若無資料可參考，則主要參考鄰近水文地質單元延伸與地質構造分布情形設定，並依率定結果之參數合理性，檢視延伸範圍是否需調整修正。
(19)	模式修正與參數率定部分，分析模型之岩性分佈圖 4.2-2 與圖 2.1.7-2.1.8 開挖紀錄相似，但圖 4.3-13 與圖 2.1.9-2.1.10 似有差異，圖 4.4-7 與圖 2.1.11-2.1.12 則有較明顯差異，建議持續依據開挖揭露資訊修正。		敬謝委員指正，對於觀音隧道及谷風隧道之分析模型與實際開挖所揭露資料部份有所差異之處，將持續進行檢討修正。
(20)	本計畫執行期程已逾半，蒐集大量現地資料並已建立廣域水文地質分析三維模型，後期建議針對地下水位觀測結果進行量化分析，並考慮近域大比例尺的開挖面附近地下水流分析。		敬謝委員提醒，目前之模式率定工作已參考地下水位觀測結果，後續將再呈現量化比對結果已供瞭解；另模式之近域大比例尺分析工作，因近域之水文地質資料不易精確掌握，資料之不足將導致分析結果偏差，國內目前在此領域之技術仍有待精進，本團隊已著手挑選沿線隧道具代表性區段嘗試進行分析研究，將於後續成果報告中呈現。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(21)	中仁隧道報告資料似未依據最新資料修正。		敬謝委員提醒，中仁隧道模型之重新建立係於 103 年 8 月底完成，建立時已參考隧道開挖所揭露之資料。而中仁隧道於 103 年 9 月未再進行施工，本期僅新增 1 個月之少量施工資料，故本期率定修正結果與模式建立時之差異有限。
(22)	簡報新增資料，如仁水隧道分析成果等，建議納入報告。	P220~P222	遵照辦理，簡報時所新增之仁水隧道未來施工遭遇不同情境之分析成果，將納入報告修定版。
台灣世曦監造工程處			
(23)	建議執行單位嘗試利用東澳隧道已施作的 RIP 隧道沿線電阻變化，配合隧道已開挖量測湧水量，率定東澳隧道水文地質數值模型，再引用此建立程序，建置觀音隧道的水文地質模型，配合觀音隧道 RIP 沿線電阻變化，預估樟樹山斷層可能湧水量。		本團隊於前期已針對 TSP 成果進行統計分析，並嘗試比對模式出水量參數率定結果，惟其成果相當離散。對於東澳及觀音隧道所施作之 RIP 資料，由於地下水並非影響 RIP 地層電阻值之單一因素，岩性亦為重要影響因子，故初步研判 RIP 與出水量關係亦可能相當離散，不易建立極佳之推估結果。惟對於監造單位之期望，本團隊後續亦將比對已開挖區段之出水量與 RIP 調查資料，將其嘗試應用於出水量推估工作，提供施工參考。
(24)	報告書 P181，"谷風隧道北上線南口遭遇…1000 l/min，本區位於崩積層與武塔片岩交界區域…加以觀察"，似乎與現地資料不一致，請查明修正，另 P185 圖名與圖上方之標題不一致，請修正。	P181、P185	敬謝世曦監造單位提醒，對於谷風隧道資料誤植處將於報告中修正。
(25)	4.3 節與 4.4 節內容與圖表格式與 4.2 節皆有差異，建請依 4.2 節格式撰寫較易閱讀。		未來在分析報告之格式撰寫上會統一呈現，以期較易閱讀其分析成果。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(26)	P22 與 P24，P21 與 P23 之圖名與內容似有重複或誤植，請修正。	P22~P24	同問題(15)之回答。
中興顧問監造工程處			
(27)	東澳隧道南段大里岩已經通過，有兩層大里岩口厚度大概 15-30 公尺，開挖面無水，前進探查孔於第一層大里岩有約 30-40L/min 的持續出水，片岩地區常有水包。		敬謝中興監造單位提醒，提供東澳隧道南段大理岩之詳細資料，將納入模式率定與修正參考。對於 TSP 及 RIP 資料將再嘗試探討建立其可信賴關係，提供模式分析與出水量推估參考。
(28)	可否將目前東澳隧道接近猴猄山斷層帶之 RIP 及 TSP 資料提供給研究團隊，並請蕭博士協助提供斷層帶開挖時需注意事項之建議。		同問題(27)之回答。
交通部公路總局			
(29)	本計畫 4 月時將對監督小組進行專案簡報，報告內容若有涉及環說書承諾事項者，應注意其呈現方式，避免小組委員產生疑慮。		敬謝總局提醒，本團隊將配合監督小組召開時間進行專案簡報，報告內容將特別注意環說書承諾事項，提供委員確實瞭解。
蘇花改工程處			
(30)	部分觀測資料是由施工廠商及監造提供，例如工作面及洞口出水量，其量水堰設置位置及清淤情形，是否影響分析成果？		敬謝工程處提醒，對於量水堰淤積及排水路入滲對於出水量觀測值之影響，於隧道出水量有限時雖有明顯影響，但由於出水量少對於環境衝擊亦小，故其誤差影響重要性偏低，而若隧道出現大量湧水時，少量淤積及入滲影響佔整體出水量之低比例，故亦不影響分析成果。
(31)	隧道頂拱之滲水、排水路之入滲及抽坍處之較大量出水，是否影響分析成果?		同問題(30)之回答。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-103 年半年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
王泰典委員			
(1)	地下水位觀測井監測期間已累積相當資料，且受隧道開挖推進影響不同，建議深入探討。	P90 ～92	敬謝委員提醒，現階段各觀測井之地下水位並未呈現與隧道開挖進度有直接明顯影響關係，部分觀測井之水位出現波動變化，其主要係因降雨及該井位置特性有關，此部分狀況將於報告修訂版時闡述說明。
(2)	參數率定的敏感度建議補充分析說明，包括岩性與裂隙帶分佈、透水係數等。		前階段之分析評估報告，已針對各斷層區間或易湧水區段進行參數敏感度分析，包含東澳隧道大理岩層段、觀音隧道觀音斷層及樟樹山斷層、谷風隧道鼓音斷層等，日後亦將持續針對高出水潛勢區段進行係數敏感度分析。
(3)	模式分析結果與監測所得局部差異較大處，應補充說明。		模式分析結果與監測資料局部差異較大處，主要多於隧道開挖遭遇構造型水包或突發性豪大雨時出現，監測資料多於 1~2 日內即恢復正常，而受限於模式之網格精度，實無法反應上述所有突發短時間之出水現象，模式率定主要以具相當規模與時間之監測資料為主，並需確認各水文地質單元參數之合理性，故局部模式分析結果可能與監測資料出現差異，惟整體趨勢仍吻合監測結果。敬謝委員提醒，後續分析如有局部差異較大處將進一步研判說明。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(4)	隧道開挖後周圍流場變化除目前展示成果與方式外，建議選擇個別代表性斷面，比較開挖至不同里程時水位變化。		感謝委員建議，未來於隧道開挖後周圍流場變化之呈現方式將進行調整，考慮選擇代表性斷面，比較其流場、水位等變化。
(5)	監測所得與分析結果建議量化或列表/附圖比較，例如地下水位、出水量監測所得與地下水頭、出水量分析結果的差異。		關於監測所得與分析成果之呈現方式，目前以附圖比較其模式率定與監測成果之差異，後續將遵照委員建議，增加量化或列表比較方式，俾便瞭解比對。
孫荔珍委員			
(6)	表 2.2-1 雨量站列表及位置圖，圖 2.2-1 少臺電思源站位置。	P27.28	敬謝委員指正，表 2.2-1 已增列臺電思源站資料，另因該站距離本計畫其他雨量站較遠，已超出圖 2.2-1 範圍，故該圖未標示思源雨量站位置，尚請委員諒查。
(7)	圖 2.3-2 有誤。	P43	敬謝委員指正，誤植處已修正。
(8)	圖 3.2-1 修正	P68	敬謝委員指正，誤植處已修正。
(9)	隧道各階段地下之流場分布側視圖能否加上地層構造資料。	P146～149	遵照委員建議，已於隧道各階段地下之流場分布側視圖增加地層構造資料。
(10)	B-2 標(觀音隧道)年底前已有超過50%之開挖長度，且各類岩性及破壞度之區段均已遇過，回饋修正應可具體啟動，以利後續的推估(P、Q)		B-2 標觀音隧道實際施工所揭露之各種水文地質資料目前已納入模式檢討修正與出水量推估之情境模擬參考，敬謝委員提醒，後續將進一步彙整所蒐集之資料，回饋本計劃模式分析與推估。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(11)	圖 3.1-8、3.1-9、3.1-10、3.1-11、3.1-13、3.1-20 顯示 14/05/01 降雨後影響相關開挖面之出水量增加？		敬謝委員提醒，目前觀測資料顯示，豪大雨對於出水量之影響主要發生在岩覆較淺及隧道洞口段，而目前隧道開挖出水量多數主要仍受圍岩水文地質特性所影響。
(12)	圖 4.1-7 既有地形、鑽孔山區地下水之關係圖，極有價值(R2=0.9738)。	P125	敬謝委員肯定，後續工作團隊將更努力，以期提供更多具精確性及參考價值資料。
(13)	圖 4.2-1 東澳隧道水文地質模型修正應屬合理，現場觀測(四個工作面)結果亦與假設模式吻合(GOOD)。	P126	敬謝委員肯定，模式率定為本計畫關鍵工作之一，本團隊將更努力，以建立符合現場狀況之三維水文地質模式。
(14)	圖 4.2-10、11 累積出水量之標示？	P139	圖 4.2-10、11 之累積出水量為對應至該圖右側之縱座標軸，而區段出水量則對應至圖形左側之縱座標軸，易引發誤導處已進行修正。
(15)	「料敵從實」，隧道工程之精義，東澳隧道同前水文地質條件顯示較預期為佳，但東澳隧道水文地質小結結論建議合理。	P151	敬謝委員肯定。
(16)	觀音隧道圖 4.3-13，出水量實際略大於率定？	P165	敬謝委員指正，B2 標觀音隧道及 B3 標谷風隧道之實際出水量似略大於率定分析結果，後續將再仔細檢視，檢討可能原因並進行必要之修正。
(17)	圖 4.3-17，本階段 104 年或 103 年？	P169	敬謝委員指正，本階段為 103 年，誤植處已修正。
(18)	谷風隧道圖 4.4-5 出水量實際大於率定？	P180	同問題(16)之辦理情形。
蘇花改工程處			

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(19)	圖 2.3-2 流量資料有誤，請修正。	P43	敬謝指正，誤植處已修正。
(20)	資料顯示實際出水量經常高於率定值高。	P165	敬謝指正，誤植處已修正。
臺灣世曦監造工程處			
(21)	請補充觀音隧道地下流場分布圖。	P170	遵照辦理，已補充觀音隧道地下流場分布圖。
C 標中仁隧道及仁水隧道水文地質模式重新檢討建立與分析評估報告			
孫荔珍委員			
(22)	P5 表 2.1 新和平鐵路隧道之 RMR 統計資料應較目前新中仁隧道的地質條件為佳，新中仁隧道有 800~1000 公尺的糜稜岩化片麻岩及崖錐堆積，目前修正的水文地質單元(岩性，構造)(表 2.8，P19-20)考量應屬合理(包含隧道上方之溪流，路現斷層等)。	P192	敬謝委員提供之資料與建議，本階段中仁隧道三維水文地質模型係根據規設階段及近期所新蒐集掌握之資料進行重新檢討建立，未來將持續蒐集隧道開挖所揭露水文地質實際其況進一步率定修正，以提升模式精度。
(23)	P12 圖 2-4 以回歸得不同作業階段及既有鑽孔地下水位與地表高成之聯比，應極具代表性。	P198	敬謝委員之肯定。
(24)	P12 數值模型建置較原設計階段增加 7 倍網格數，及其大小調整為與隧道大小相近，應屬更優的模建置。	P198	敬謝委員之肯定。
(25)	P25 修正後模型圖 2-12，圖 2-13 地下水流場變化應更符合實際狀況(無原邊界與原隧道線附近之缺點)。	P210	敬謝委員之肯定。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(26)	P29 修正後水文地質單元具合理性，故出水量推估必須合乎實際可能遭遇的地質條件，北段高，南段低之定性，仍須回饋修正。	P214	目前模式初步以隧道未施作襯砌止水之裸岩條件下，推估隧道開挖可能之區段出水量，初步推估結果符合北段高而南段低之狀況，未來將依據隧道開挖所取得之進一步資料進行回饋修正。
(27)	P31 圖 2-15 標示應為中仁隧道，另累積出水量是否為由橫坑向南北挖之結果？	P216	敬謝委員指正，圖中標示誤植處已修正，另隧道累積出水量之呈現已修正為由洞口向洞內累加方式。
(28)	仁水隧道配合法規增設安全疏散通道，其隧道量體，施工順序與原規劃不同，而重新進行水文地質模型修正變更，應屬必要		已依據現況重新建立仁水隧道水文地質模式。
(29)	既有探查(鑽探、地物)位於仁水隧道上資料，略顯偏低，既有北迴和仁隧道施工中仍有抽坍、湧水之紀錄，故仁水隧道地質仍有相當程度變異性，尤其過往施工紀錄，大理岩/片麻岩接觸多以斷層型式，仍應注意。		敬謝委員提供之資料與建議，後續本計畫執行將特別注意。
(30)	P37、P38 仁水隧道網格加密由 43 萬→288 萬，且大小與隧道大小接近，均屬合理(同前)，且水文地質單元更接近實際，包含不同地質材料破碎度及交界區段(同 P42 表 3.3)。	P223、P224	敬謝委員肯定。
(31)	P44 仁水隧道施工前地下流況分析，納入地表河流，岩性分界(斷層？)破碎帶為水文地質單元調整，使模式和實際狀況更為定性一致。	P228	遵照辦理。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(32)	P52 圖 3-12 累積出水量，表達方式？(後，累積量之 Qε？)	P237	同問題(27)之辦理情形。
(33)	P53、54 結論均應屬合理，(高水頭之湧水壓或量)值得施工單位注意。	P238、239	敬謝委員提供之建議。
蘇花改工程處			
(34)	中仁及仁水隧道補充建立分析評估報告相關圖表，請補充圖例。		遵照辦理，已補充。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-102 年年度分析評估報告

<table>
<tr><th>項次</th><th>審查意見</th><th>修正頁數</th><th>辦理情形</th></tr>
<tr><td colspan="4">孫荔珍委員</td></tr>
<tr><td>(1)</td><td>蘇花改計畫前期臺大(黃、王教授)曾辦理「水文地質」應對特殊地質狀況之 Kvs(RMR $_{H2O}$ vs Q $_{H2O}$)之研究成果，建議亦可配合實際開挖之地質紀錄比對(借重前人之研究成果)，估算本計畫建構之水文地質模式，Ⅰ~Ⅴ類/(岩性組合) / Q $_{H2O}$，RMR $_{H2O}$ /Q $_{出水量}$。</td><td></td><td>有關隧道開挖出水量(Q $_{出水量}$)與岩盤 RMR 評分關係，本團隊已蒐集現場資料並以隧道里程為橫軸繪製各項參數關係對照圖，詳見報告圖 2.1-7；後續將遵照委員建議，將上述資料再彙整嘗試建立岩性、岩盤等級與出水量或透水係數關係對照表，並於後續報告提送相關成果。此外，由於現場並未辦理 Q System 評分，因此要建立隧道全線岩體 Q 值(Q_{H2O})與出水量或透水係數關有其困難，本團隊建議可在部分有代表性區段(如大量出水段、特殊岩性段等)請現場地質師協助辦理岩體 Q 值評分，再據以建立相關結果。</td></tr>
<tr><td>(2)</td><td>觀察值修正原假設之水文地質模式，修正僅為 K 值或水文地質單元(跨岩性及構造破碎度組合) ？TL x 水文地質模式(K、Q 假設值)之可行性？
<table>
<tr><th>岩性
RMR</th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr>
<tr><td>Ⅱ</td><td>K_1Q_1</td><td>K_2Q_2</td><td>K_3Q_3</td><td>K_4Q_4</td></tr>
<tr><td>Ⅲ</td><td>K_5Q_1</td><td>K_6</td><td>K_7</td><td>K_8</td></tr>
<tr><td>Ⅳ</td><td>K_9</td><td>K_{10}</td><td>K_{11}</td><td>K_{12}</td></tr>
<tr><td>Ⅴ
破碎帶</td><td>K_{13} →</td><td></td><td></td><td rowspan="2">(單一值，Range 或變化值)</td></tr>
<tr><td>斷層帶</td><td>K_{14} →</td><td></td><td></td></tr>
</table></td><td></td><td>同問題(1)之辦理情形。</td></tr>
</table>

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(3)	隧道開挖出水量評估 i. 東澳隧道南口(1)北上線開挖166M，預測水量190~1160 L/min(2)南下線開挖234M，預測水量52~1474 L/min，(1)vs(2)最大預測水量長度比1.5倍OK，但最低水量反而較少何因？另水文模式兩隧道均近乎垂直水文地質單位(構造及岩性)應屬合理，但量體定性趨勢不合，原因為何? ii. 東澳隧道北口(1)北上線開挖221M，預測水量5~535 L/min，實際水量0~1306 L/min (2)南下線開挖95M，預測水量5~81 L/min，實際水量6~75 L/min，兩者隧道線均垂直水文地質單元(岩性及構造)，由預測及實際觀測值，似乎隧道中間有一界限，北上、南下線分屬不同透水性質的路徑，原因何在?	P140	委員所關心之東澳隧道各洞口南下線及北上線模式預估出水量似與開挖長度出現不一致情形，其原因主要係因報告初稿P.140與P.141所敘述之預測水量，實際上係根據實際觀測值進行模式率定之分析結果，並非未開挖前之預測值。由於南下線及北上線各洞口開挖進洞時間不同，故：(i)不同隧道在去年出現最低出水量觀測值之時間並不相同，較早開挖隧道在進洞初期因乾季降雨較少，故於洞口觀測到較低出水量；(ii)模式率定係根據實際開挖進度，鄰近兩隧道雖沿線遭遇相近水文地質單元，但因開挖進度不同，導致開挖出水量亦不同；(iii)東澳隧道北口南下線因於去年(102 年)11月中旬方始開挖進洞，至12月底時之開挖總長度明顯低於9月即開挖進洞之北上線，致使兩隧道至12月底之出水量值有明顯差異；(iv)對於報告中敘述不清易有誤解處，將於定稿時修正。
(4)	表 4.3-1 觀音隧道修正之水文地質參數(第三行)武塔片岩水力傳導系數(K)由 10^{-7}~10^{-6} 修正為 10^{-9}~10^{-3} 在整體中為變異較大之調整(1/100→1/1,000)，其原因為何？有何經驗可分享?	P149	觀音隧道模式所初始設定之武塔片岩水力參數係參考設計階段有限之資料，而觀音隧道開挖雖現階段主要皆遭遇武塔片岩，但各區段所觀測到之出水量則有一些差異，檢討其因除受開挖當時降雨影響外，片岩片理方向與岩體破碎程度均影響其水力特性，導致模式率定之水力參數部分有明顯差異。實則在水文地質領域，水文地質單元主要係依據其水力特性來區分，與岩性地層單元並不一致，惟本

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			計畫為使一般民眾易於瞭解，現階段乃將水文地質單元與地層名稱進行連結。對於各地層之水力特性有明顯差異者，再將其進一步區分，例如區分為高透水性大理岩、中度透水性大理岩及完整大理岩等，後續武塔片岩部分亦將依其水力特性進行區分。
(5)	圖 4.3-4 觀音隧道沿線透水係數率定成果圖，原圖似與岩性變化及地質構造之變異相關，率定後則似乎僅與地質構造有較密切之關聯，原因為何?	P148	地質構造之岩體多破碎，為高出水潛勢區，故易在模式率定上出現明顯差異，而現階段觀音隧道施工多仍在武塔片岩內，敬謝委員提醒，後續將注意岩性變化區段之透水係數變化。
(6)	出水量預估能否採用情境(Q、P 定性分類)及信心度(資料、案例)之矩陣描述，避免量化預測，造成業主及研究團隊彼此之困擾。		敬謝委員對隧道開挖出水量推估工作之建議，由於後續隧道施工所遭遇地層水文地質特性及降雨補注量等因子無法事先完全掌握，因此工作團隊擬考慮平均降雨量、200 年重現期暴雨及歷史低雨量等不同降雨補注情境，以及普通等級、高度破碎及完整緻密等不同水文地質單元特性，將上述各種狀況組合，進一步分析推估後續隧道開挖可能遭遇不同情境(高出水潛勢、一般情形及低出水環境)之出水量。另鑑於分析評估報告為每半年提送一次，這期間可能掌握或出現新的資料，為能及時因應，因此隧道開挖可能出水問題評估工作將配合觀測月報提送時程，每 2 個月辦理檢討修正並提出評估結果。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
王泰典委員			
(7)	參考文獻漏列。		遵照委員意見，已於報告中補充參考文獻。
(8)	時間寫法建議加註年度，例如本(103)年度，以利後續閱讀。		遵照委員意見，已於報告中載明確實年度。
(9)	雨量分析部分，布洛灣站位於計畫範圍南側太魯閣峽谷內，氣候、降雨型態可能不同於海岸側，建議後續增述富世站資料。		本計畫已蒐集富世雨量站資料，詳見報告 2.2 節。誠如委員所言，該站之氣候與雨型與沿海地區似不完全相同，但由於該站位在計畫區最南端，且位在仁水隧道水文地質模式研究區範圍之外，故現階段未加以探討，未來如有需要，將再進一步探討。
(10)	開挖面附近湧水案例，建議儘可能納入湧水歷時曲線。		遵照建議，開挖面附近湧水案例如有完整歷時觀測資料者，將予以蒐集並納入計畫應用。
(11)	觀音隧道內水流流向增繪。	P95	遵照委員意見，已於報告圖 3.6-2 增繪觀音隧道排水流向。
(12)	觀音隧道北口北上線出水量明顯大於南下線，其可能原因建議於後續階段探討。	P97	觀音隧道北口北上線出水量較大之原因，初步研判可能原因有二，一是該區地表存在沖蝕溝，而北上線鄰近邊坡地質較差，二是開挖進度較快之北上線出水後導致地下水壓降低，而使隨後開挖之南下線出水量減少。敬謝委員提醒，後續仍將關注南下線與北上線出水量關係。
(13)	表 4.1.1 之地層透水性，有關本計畫辦理之鑽探水力試驗之井錄、壓力流量曲線、試驗位置與岩心照片、岩體裂隙與水力傳導係數之探討等，建議包含於本報告或其他附錄。		遵照委員意見，已將本計畫所辦理之岩盤滲漏試驗(Lugeon test)壓力流量曲線資料彙整於報告附錄，另本年度即將辦理之東澳嶺補充水文地質調查試驗成果，亦將於試驗完成後彙整於下期報告成果，以供參考。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(14)	三維水文地質概念模式中是否區分表層非侷限含水層與深層侷限含水層？若有區分，同一地層中如何於模式內劃分，請於各隧道模式中展示。		由於計畫區域現階段資料並無顯示具有承壓含水層特性及構造，故目前之模式分析皆以非侷限含水層設定之。後續若有明確承壓含水層資料，則將依調查結果設定壓力水頭以模擬侷限含水層受壓情形。
(15)	圖 4.2-17 建議增繪不同階段分析結果比較。		遵照委員意見，已於報告圖 4.2-17 繪製不同階段分析結果。
(16)	各隧道建構水文地質模式地層分層與水文地質單元的劃分原則是否一致？圖 4.3-9 之觀音隧道分層似與圖 4.2-4 東澳隧道分層差異甚大。		敬謝委員提醒，報告中各隧道之模式率定與展示方式已修改，使其盡量一致。
(17)	模式率定與展示方式，建議統一，例如採用圖 4.2-10 或圖 4.3-11 方式。		同問題(16)之辦理情形。
(18)	目前的率定係修改水力傳導係數或水文地質單元，模式之水文地質單元可否與開挖面資料(圖 2.1-6)比較。		本研究係將相近水力參數之地層歸為相同水文地質單元。報告圖 2.1-6 已彙整隧道開挖面各種地質資料，後續將遵照委員意見，於圖 2.1-6 中再補充模式率定所得之水力傳導係數，以供比對。
(19)	工作內容4.(3)地下水文地質分區與分層劃分檢討以及 5.(1)a 近域湧水分析模式是否於後續階段補充。		水文地質分區與分層劃分檢討已於模式檢討修正時辦理，詳見報告。另近域模式主要係用於小範圍問題研究，對於本計畫所關注之地下水資源環境影響仍應採用廣域模式分析為宜。由於近域模式之分析方法(等效孔隙或分離裂隙..)實應視問題狀況而定，故未來將視實際湧水情形及資料完整程度，研擬適用分析方法。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
蘇花改工程處			
(20)	P.105 e 所述依 6K+100 的狀況顯示 100-500 公尺的範圍內，深層地下水的補注貢獻應該也很大，觀音北口亦同(及隧道滲水並不隨雨量、季節等有所變化，持續維持在一穩定且頗大的狀態)、建請可再持續觀察檢討以確定此一論述之正確性。		遵照辦理，將持續關注觀音隧道北口及 6K+100 處出水量變化情形，研判其水源是否為深層地下水。以往沉積岩區之水位井分層觀測資料顯示，部分深度超過 100m 以下之地下水確實屬深層地下水，其水位變化不受降雨影響，惟本計畫變質岩區情形是否相同？仍須再進一步調查研究。
(21)	14 站雨量顯示主要集中在 8-10 月豐水期，但與 P25 不符，北邊雨量多在 11-2 月。	P114	P.114 之雨量豐水期敘述部分有誤植，敬謝工程處提醒，報告已修正。
(22)	中仁隧道是否會受和平溪影響?距離很遠，請再檢討。	P108	溪流邊界之設定理念主要來自整個集水區水系平衡觀點，並不代表該溪流將會影響到工程。而 P.108 關於和平溪之溪流邊界說明，主要為模式初步建立時之探討，現階段中仁隧道之水文地質模式實際上並未取和平溪為模式邊界條件，報告已修正。
(23)	“南”口隧道應為”北口”隧道。另依本節之推導，本隧道南口似未受東澳嶺斷層帶之影響，是僅局限於至 6K+632?還是經檢討該東澳嶺斷層帶不會有影響?另建請推估範圍宜長一點(至少以一年為準)。	P142	敬謝提醒，關於東澳嶺斷層對於隧道影響，將持續關注並審慎評估。另報告誤植處已修正。
(24)	是”谷風斷層”不是”谷峰段層”。	P169	敬謝提醒，誤植處已修正。
(25)	觀音隧道及谷風隧道武塔片岩之相關係數不同，宜有一交代，尤以觀音隧道水利傳導係數設定一個極大的範圍，建議應收斂一點。		敬謝提醒，片岩由於受到裂隙發育破碎程度與片理方向性影響，導致其水力參數可能有達數個級數之大範圍變動。遵照工程處建議，已將武塔片岩依其水力特性差異進行武塔片岩之分

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			級，詳見報告 4.3.2 節。另有關觀音隧道與谷風隧道之武塔片岩水力參數相關性問題，現階段係由於兩條隧道開挖長度與出水量有明顯差異，導致兩條隧道片岩初步率定結果出現差異，後續將配合隧道施工進度以及所揭露之資料，再檢討修正兩條隧道武塔片岩水力參數之合理性。
(26)	谷風隧道推估水頭洩降可能到 1.5 公尺(11K+200)，此比觀音隧道 1.2 公尺還大，請再補充論述說明其合理性(P168 已述及湧水量並不突出)。	P170	谷風隧道推估之水頭洩降略大於觀音隧道之原因，係由於現階段谷風隧道出水量少，率定後谷風隧道區域透水係數較低，導致隧道鄰近範圍短期內因地下水流動補注緩慢，形成洩降區域較小，而洩降深度較大之結果；而觀音隧道區域由於透水係數較大，故其洩降影響範圍較廣，而洩降深度較低。上述結果為短時間效應，隧道完工後之水資源環境影響評估係採用穩態分析，地下水可長期充分補注，屆時將不致有此現象發生。
(27)	推估 11K+200 有高達 90 公尺洩降此推估之合理性仍請再檢討(是否有可能一些係數設定的問題)，否則施工過程中會有很大的疑慮(因以目前施作方式要上內襯砌的時間會很後面)。	P172	本次所提谷風隧道水位洩降分析，亦假設隧道開挖完成後無任何襯砌(裸岩)且為穩態(即時間極長無限制)讓地下水任意洩流情形，分析目的係為了解可能出現之最大降深位置，僅為參考用，由於此種假設與實際狀況不符，為避免不必要之誤解，此部分敘述已刪除，相關議題擬後續掌握更充分資料與分析方法時再進行探討。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(28)	中仁隧道沒有任何交代?		由於中仁隧道截至 102 年底時之開挖進度極有限，且該隧道北段已進行路線變更，因此在變更設計完成後，陳請工程處提供完整變更設計資料，俾便本團隊重新檢討中仁隧道變更設計後之集水區研究範圍，並重建三維水文地質模式。
(29)	東澳隧道與觀音及谷風隧道分析的方式不同，檢討的內容一不同，雖不強迫要採一致的方式，但至少探討的項目要都有涵蓋。		遵照辦理，已修正報告中 A、B 兩標隧道分析及探討內容，使其盡量一致，惟因兩標隧道施工進度明顯不同，而導致報告修正後仍有些許差異，後續將持續改正。
(30)	對襯砌完成之影響仍應納入本案範圍，建請於下期研究中配合現場施作量測結果有所檢討(此為本案一個很重要的目的，並請參考雪隧的資料比對施工中及完工後的變化提出一說明)。		有關隧道襯砌對岩盤出水量之影響，本團隊已考量幾種可行方法，將再評估各方法之合理性與資料掌握度，後續將嘗試進行探討分析。另工程處長官建議參考雪山隧道案例做法，將遵照辦理。
(31)	第 7 行，8 月於里程”3K+342”再增設一橫坑，請修正為”5K+342”。	P9(3)	敬謝提醒，已將里程”3K+342”修正為”5K+342”。
(32)	表 3.5-3 註建議刪除。	P80	遵照辦理，已將 P.80 表 3.5-3 註刪除。
(33)	圖 4.3-9 圖例請補充說明。	P154	遵照辦理，已於 P.154 補充圖 4.3-9 之圖例。
(34)	圖 4.2-18 本計畫隧道施工進度較快，預測出水量里程可適度增長，並於提送月報時檢附相關資料。	P143	遵照辦理，後續將假設每個月隧道開挖進度達 100 公尺，據以辦理開挖出水量推估分析，並配合月報提送時檢附成果。
(35)	6K+100 12 月起之出水量相關資料，請監造單位提供中興社參考。		敬謝協助，現場所提供之資料將納入分析應用。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
臺灣世曦監造工程處			
(36)	請建立觀音隧道及谷風隧道 RMR 與 K 值之關係式。		遵照辦理，已初步整理 B 標隧道之 RMR、RQD 與出水量之關係，詳見報告 4.3 章，結果顯示兩者呈現負相關，與岩體分級概念吻合，但相關係數偏低，意謂現階段尚無法應用於開挖出水量推估，後續仍將再持續整理探討。
(37)	請預估觀音隧道及谷風隧道未開挖段之湧水量(如圖 4.2-18)。		同問題(6)及問題(34)之辦理情形。
中興工程顧問公司蘇澳-東澳監造工程處			
(38)	依據東澳隧道開挖面及洞口出水量觀測與分析結果彙整資料，北口北上線遭遇變質砂岩出水量將快速增加，請提供並說明推估原因。		東澳隧道北口段之變質砂岩，由於未有本區該段地層之水力試驗資料可供依循，故乃參考其他地區變質砂岩水力參數做為初始值，再以既有水位井率定所得。實際本計畫所遭遇變質砂岩之透水性質，需視其孔隙率及破裂面發育連通情形而定，出水量推估值僅代表變質砂岩具出水潛勢，提供施工參考。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-102 年半年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	觀音隧道上半部已有相當開挖長度及地下水量測，建議回饋建構模式(修正率定)，以推估未來開挖區段(保守、持平、樂觀)之湧水量。		敬謝委員提醒，對於已開挖進洞之隧道，本團隊將根據施工與觀測結果持續進行模式之率定與檢討修正工作，後續將嘗試以保守及樂觀不同觀點推估未來開挖可能之出水量。
(2)	部分區段水量突增，與降雨並無密切關聯，應為封閉水包之突水，此種出水量與地質條件關係建構基本模式→模式率定之 Ref。		委員所提之部分區段出水可能係封閉水包導致，水包型式之隧道出水量分析為最難預估及分析之類型。現場資料顯示具封閉水包特徵時，若有詳細調查資料則將依據調查結果建置模式分析；而若無詳細調查資料時，則將其簡化為具相當破碎程度之水文地質單元以進行模式分析率定。
(3)	由新永春持續穩定，似乎西側為平衡之水文狀態，TL 地層(水文單元)，由舊永春隧道推測東澳隧道以面積比推估最大湧水量(保守)？		敬謝委員建議，新永春隧道位在東猴猄山斷層西側水文系統，而東澳隧道則位在東側水文系統，故在參考舊永春隧道資料，將考慮面積比關係推估最大湧水量。
(4)	P33 之出水應為封閉水包型湧水，與前敘裂隙之出水量均為聯通地表之模式不同，在建構三維水文模式應簡別化考量。	P33	封包形式之湧水模式在率定過程基本上係簡化為高透水係數，若此封閉水包未與地表連通，或無連通其他地下水來源，則在後續模式修正中將以增加低透水性水文地質單元方式模擬。
(5)	表 3.3.2 永春南口、新永春南口排水量偏高與氣候有關?	P44	委員所提部分鐵路隧道(如永春及新永春隧道南口)洞口排水量與降雨量存在相當關聯性，分析時已將降雨補注量納入模式邊界條件，分析結果應可涵蓋雨量影響。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(6)	新觀音隧道施工地質圖將提供參考。		敬謝委員提供新觀音隧道施工地質圖，將作為模式檢討修正參考。
王泰典委員			
(7)	歷次審查意見暨處理情形建議整理於報告中。		遵照委員建議，將歷次審查意見暨處理情形建議整理於報告中。
(8)	三維水文地質數值模式的建置為本計畫關鍵工作之一，此次半年度分析評估報告的東澳、觀音隧道數質模式略有差異，包括展示的方式，率定的過程描述皆不同，原因為何?		本團隊由不同成員進行施工期間之模式檢討修正工作，以期能縮短現場觀測資料反映於模式檢討修正時間。後續將加強聯繫整合，避免A、B兩標模式之展示方式與率定過程描述出現過大差異。
(9)	水文地質模式依據資料掌握的精度而有不同的建置階段，例如自概念模式、敘述模式、力學或數學模式以至數值模式，數值模式中的水力邊界、水文地質分區以及水力單元大小等考量與選定依據，在各隧道請補充。		誠如委員所提，模式建置依所掌握之資料精度而有程度上之差異。本計畫101年半年度分析評估報告中，已初步對本計畫執行之概念模式、敘述模式及數學模式做整體性敘述，包括模式之水力邊界、水文地質分區以及水力單元大小等考量與選定依據，後續將遵照委員建議針對各個隧道做進一步詳細說明。
(10)	三維水文地質數值模式是否選擇數個代表性橫、縱剖面，與地質剖面相互比較。		本計畫初步建立隧道鄰近區域三維水文地質模式後，已參考蘇花改設計階段及鄰近北迴鐵路隧道施工所繪製地質剖面進行比對，後續將參考陸續新增蒐集之各種代表性橫、縱剖面資料進行模式修正比較。
(11)	東澳隧道模式中考慮了永春與新永春隧道，觀音隧道是否考慮北迴線既有隧道?		觀音隧道鄰近區域模式於模擬階段，皆有考慮新舊觀音隧道湧水，並已於初始條件設定中加入兩條隧道湧水資料進行模式率定反算。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(12)	隧道出水量量測結果(圖 3.1-3～13)、地下水位量測結果(圖 3.5-7～21)與模式率定展示方式(圖 4.1-9～12、圖 4.2-9～15)差異甚大，可否有較易理解之表示方式。	P29~P36 P59~P66 P83~P85 P99~P103	感謝委員提醒，未來將採納委員意見，將量測結果與模式展示方式，以同一表示方式呈現，以期讓各界更易理解其相互關係。
(13)	量水堰至開挖面的距離為變動值，開挖面附近之湧水量是否修正？如何進行？		目前模式分析率定係參考開挖面出水量紀錄，主要乃依據單一網格所代表距離內之各輪進開挖長度與出水量關係予以加權平均；目前開挖面附近之量水堰乃控制在距離開挖面約 20-50m 間，由於實際量水堰位置未有詳細資料，故將問題簡化，此種簡化方式基本上為較保守之分析結果，不影響環境影響衝擊研判。
(14)	K 值得修正，除了依據湧水量之外，是否探討與開挖面揭露地質特性的相關性，或是地球物理探查結果。		現階段 K 值之修正主要係參考隧道出水量觀測資料進行率定，後續將再彙整參考地質開挖資料(如 RMR、RQD 等)及 TSP 地球物理探查方法，進行率定參考。
(15)	東改的新、舊觀音隧道，其地層與施工中湧水已有完整資料，應可提供更直接的修正參考。		感謝委員建議，本計畫於初始率定階段已加入新舊觀音隧道湧水量資料，在重要斷層處並依既有施工湧水紀錄加以反算未施工段湧水，將繼續蒐集相關工程紀錄，以提升本模式預估之準確性。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
蘇花改工程處			
(16)	目前分析是採 1 孔或 2 孔？建議分析時採 1 孔(裸孔)作代表，開挖完成後水資源影響，則應採 2 孔。		遵照辦理，目前觀音隧道模式分析係採用單一裸孔方式以簡化問題。待隧道開挖完成後，將採用 2 孔並施作襯砌方式評估對區域地下水資源影響，俾便符合實際狀況。
(17)	樟樹山斷層是通水路或阻水路？施工中主要出水是北側或南側？請補充說明，俾提供施工參考及預警。		報告中已提出不同透水係數預估之樟樹山斷層湧水量值，後續也將繼續修正，以提供不同狀態下本段施工之湧水預估。
(18)	東澳隧道建議比照觀音隧道做施工區域地下水位變化分析。		本團隊已有針對東澳隧道施工區域地下水位變化進行分析，但目前因部分關鍵構造(東猴猗山斷層、東澳嶺密集破碎帶)仍未有明確資料，故地下水變化暫未呈現於報告中。
(19)	建議監造單位即時提供水平鑽探及 TSP 資料，請中興社進行分析修正，並儘速提供承商預警資訊。		本社將於接獲施工承商之水平鑽探及 TSP 資料後，儘速進行分析修正，並將初步結果提供承商參考。
(20)	觀音隧道與舊觀音隧道、新觀音隧道之相對關係，應作分析考量。		本計畫於初始率定階段已加入新舊觀音隧道湧水量資料，在重要斷層處依既有施工湧水紀錄加以反算未施工段湧水，後續將利用新舊觀音隧道湧水量資料變化，持續修正區域地下水位變化之預估。
(21)	第 2 段第 10 行，略以：「…並採蘇澳地區現階段之平均降雨量及基流分析結果作為地表補注依據」，為何不是用東澳地區？是否應依地形作區分。	P77	因東澳隧道鄰近區域之河川流量站，僅蘇澳站有 10 年以上穩定且不間斷之資料可進行基流分析，因此於地下水補注部分乃採用蘇澳流量站資料，而雨量補助部分則已參考蘇澳、東澳嶺及東澳等站之雨量資料進行分析，報告描述不清楚部分將進行修改加以敘明。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
臺灣世曦監造工程處			
(22)	3.1.3 隧道開挖面及洞口出水量觀測資料分析內容，建議將 RQD 值、開挖面地下水狀況及開挖面量水堰資料進行比對說明，並透過水文地質模式之透水係數 K 值與湧水量關係，建立 RQD 變化與湧水量變化之相關性，另雨量資料比對建議採用與地下水補助模式相關之雨量站。圖 3.1-3~13 橫坐標建議增加隧道里程標示方便比對。	P29~P36	目前報告已對隧道出水量與開挖地質狀況對應關係加以探討，並於圖 3.1-3~圖 3.1-13 已放入 RQD 及開挖面地下水狀況等圖資，以供比對參考。對於監造之建議”建立隧道出水量、透水係數與 RQD 關係”，本社目前實已辦理中，惟相關影響因素複雜繁多，故欲建立極佳關聯結果實屬不易，例如需區分不同水文地質單元特性或區分不同地下水補注區再進行比對，可能較易建立可靠結果。另已增加隧道里程標示以利方便比對，至於雨量資料比對將參考地下水主要來源(如山側)雨量站資料。
(23)	4.2.4 觀音隧道三維水文地質模式修正成果之樟樹山水文地質參數敏感度分析內容，請增加 K 值變化與湧水量變化情形之說明。	P103	觀音隧道三維水文地質模式已利用最新修正數值模型進行變化透水係數之湧水量預估成果，並盡快提出模擬成果以利施工參考。

工作名稱：水文地質模式檢測及區域水資源環境影響分析委託專業服務工作-101 年半年度分析評估報告

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
孫荔珍委員			
(1)	本次報告應為本委託專業服務工作之先期階段成果，其多為資料收集與整理，唯其涵蓋面甚廣，資料極為豐富，學術性與實務性俱佳，仍值得肯定。		敬謝委員肯定。
(2)	提醒注意：表 2.3-1 既有鐵路隧道排水量之量測結果-永春隧道南口平均水量維持 10T/min，新永春隧道南口平均水量約 40T/min，此穩定排水量之規模，十餘年未見太大起伏，值得重視，另表 2.2-18 東澳雨量站 200 年回歸期之降雨量 1438mm/24 小時、1765 mm/48 小時、1855 mm/72 小時，均十分驚人，值得對東澳隧道施工團隊提供寶貴之訊息。		敬謝委員提醒，北迴鐵路永春、新永春及新觀音隧道營運迄今仍持續有相當穩定水量排出，同時當地降雨量豐沛，顯示東澳隧道鄰近區域地下水蘊藏豐富。本計畫執行過程將特別注意東澳隧道施工與鄰近地下水資源影響互動關係，並將結果提供施工團隊參考。
(3)	新觀音隧道北口排水量長期應維持在 20T/min，亦值得注意。		同項次(2)辦理情形。
(4)	P.51 第 9 行圖 2.4-1 誤植為 2.4-2。	P.55	內容誤植處已修正，敬謝委員指正。
(5)	P.64 圖 3.1-10 觀音隧道 8K+225 橫坑出水量，標示建議與同一系列之圖 3.1.5～3.1.9 之圖採相同顏色與圖例；出處出水量似乎與日雨量有關聯(連通至地表之水路？)。	P.73	圖表顏色不一致處已修正，敬謝委員指正。
(6)	P.85 圖 3.5-6 Scale bar 採公里制(非 miles)。	P.97	單位誤植處已修正，敬謝委員指正。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
(7)	P.91 表 4.1-1 區域地層之透水性，第 6 行大理岩依據新永春隧道施工經驗，建議採 H-M 分別計算，另小帽山斷層及猴猗山斷層(板岩與變質岩接觸之界限斷層)之透水性，建議採 L 或 M(實際開挖經驗有大變形，但無明顯出水之現象)計算。	P.106	模式初步建立係根據設計階段有限之資料，故各地層透水性未予細分。敬謝委員建議，後續將參考鄰近新永春及新觀音等隧道資料，進行水文地質模式及水文地質參數之率定與修正，區分各地層之高(H)、中(M)、低(L)透水性，結果將於後續成果報告中呈現。
(8)	P110 表 4.2.3 大理岩與大理岩破碎段之 K 值檢討，小帽山、猴猗山斷層之 K 值檢討(配合表 4.1 之實際開挖特性調整)。	P.125	同項次(7)辦理情形。
王泰典委員			
(9)	本計畫主要目的與工作項目之一在透過檢、監測資料確認，研究區域水文地質特性，以利後續選擇適當的水文地質模式以及分析應用。本次半年度分析報告已說明檢、監測作業與既有資料蒐集成果，各項資料如何整合應用，建議預擬對策，並測試修正。		敬謝委員建議，本計畫所蒐集及量測之各項檢、監測資料，將予以整合應用。例如彙整降雨及河川流量資料進行地下水補注評估參考，另透過隧道出水量及地下水位井觀測資料以瞭解施工期間地下水流失變化情形，並進一步比較上述地下水源進及流出關係，研判隧道施工對區域地下水資源環境之影響程度。
(10)	開挖面地質紀錄所得，如何應用於修正或精細化含水層分層？如何應用於修正地層透水係數？		水文地質單元之分層與分區方式，主要係將互相連通且滲透性相近之地層視為同一層，考量區域性尺度與模式分析的可行性，亦不宜細分過多層次，故將參考開挖面地質紀錄資料，包括岩體評分值、RQD 及地下水狀況等，檢視原依據設計階段資料所初步擬定之水文地質單元劃分是否適當，並進行必要之修正。另將嘗試參考國內外已有之經驗式，例如 Q 值與滲透係數關係，檢討修正各單元之透水係

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			數，並再透過近域模式更細部探討其影響。上述工作將配合隧道施工進度辦理，並於半年度及年度成果報告中彙整陸續呈現檢討修正結果。
(11)	本計畫監測期間甚長，建議考慮監測期間儀器校正與率定。		本計畫所安裝之自記式觀測儀器，在進場安裝前已辦理儀器率定與校正，至於長時間量測後之精度問題，將每年至少一次至現場以人工方式量測校正，另在記讀資料如出現劇烈變化時，將視情況允許至現場進行人工量測確認。
(12)	圖 3.1-5、3.1-6 等圖建議增繪開挖面湧水量級別與量值。	P.64~P.65	遵照辦理，在隧道出水量觀測結果圖中，增繪開挖面出水量級別與量值，並於後續每月之觀測月報呈現。
(13)	表 4.1-1 與表 4.1-2 如何應用於本計畫，如何修正，建議及早考慮。	P.106~P.107	表 4.1-1 及表 4.1-2 內容將依據隧道開挖地質紀錄、出水量狀況及鄰近鐵路隧道以往施工結果，進行檢討修正。感謝委員提醒，將儘早啟動辦理。
(14)	未來三維水文地質模式如何依據資料陸續揭露，進一步修正與驗證，建議詳細說明。		本年度將展開三維水文地質模式之修正驗證工作，執行步驟已於工作計畫書說明，辦理成果將於後續成果報告呈現。
(15)	場址水文地質特性可能有不同的類型，如均質孔隙介質、裂隙岩體等，若未來蒐集所得資料顯示研究區域水文地質特性不同與已建立數值模型，如何因應？		裂隙岩體模式雖可能較符合裂隙主控之岩體狀況，但由於分析所需參數繁多，且受限於調查尺度與規模而難以完整掌握大區域範圍岩體之裂隙分布特性，因此可能不易獲得符合現場狀況之分析結果。由於本計畫主要目的係評估隧道施工對區域水資源環境影響，問題屬於大範圍廣域尺度，可適用均質孔隙介質模式，而對於施工過程特定時段小範圍之隧道出水量評

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
			估，本計畫將依據現場岩體特性，採用適用之近域模式進行分析評估。
(16)	新永春隧道與新觀音隧道施工紀錄完整，建議本研究目前建立的水文地質模式可先行應用前期施工紀錄，進行必要的修正與率定，並詳細補充以及檢討說明分析所得應用性。		同項次(2)辦理情形。
蘇花改工程處			
(17)	舊觀音隧道 7K+572 有一水量很大之既有排水溝，建議納入量測。		舊觀音隧道 7K+572 處之排水溝水量，本年度起將每月至現場進行量測，並納入分析研判。
(18)	需監造單位配合事項應及時提出。		敬謝工程處提醒與協助，計畫執行過程如有需監造單位配合事項，將儘速反應提出。
(19)	觀音隧道施作後是否影響舊觀音隧道出水量及區域水文特性，請特別注意。		工程處所關注之 B 標隧道施工是否影響舊觀音鐵路隧道出水量及區域水文地質環境，將納入本計畫後續執行評估重點。
(20)	目前觀音隧道施工將進入觀音斷層，建議可以進行湧水量推估及模式驗證。		本團隊將儘速辦理觀音隧道施工進入觀音斷層之湧水量推估及模式驗證，相關結果有必要時將及時提供工地參考。
臺灣世曦監造工程處			
(21)	開挖面紀錄有中許多異向性資料無法以層狀顯示，分層方式除可依地層外，開挖斷面之 RQD 亦可提供不同的思考模式。		同項次(10)辦理情形。
(22)	書面資料有關東澳地形部分有將兩個舊隧道地下水連通分析，建議新舊觀音隧道亦進行分析比對。		後續將納入新舊觀音隧道於模式分析，並進行分析比對，感謝建議。

項次	審查意見	修正頁數	辦理情形
中興工程監造工程處			
(23)	新永春隧道率定方式建議可先行套用於類似地層，初步估算類似地層可能湧水量。		同項次(7)辦理情形。