



## 東部鐵路改善工程 新永春隧道簡介

會訊編輯組

新永春隧道位於蘇澳與東澳之間，為東部鐵路雙軌化與電氣化工程中關鍵工程之一。鑒於當年舊永春隧道於開挖時所遭遇之施工困難與瓶頸，如地質狀況不佳導致開挖機具大約翰未能充分發揮效能，及通過溪流下方造成隧道內大量湧水(最大瞬間湧水達 81 t/min)等，交通部鐵路改善工程局東部工程處(以下簡稱東工處)於新永春隧道設計時，即進行詳細之地質調查、水文調查與路線研擬工作，期能於事前掌握充足資料，反應於規劃設計之中，以避免工程施工時遭遇無法預期之災害。

新永春隧道全長 4460 公尺，為單線鐵路隧道，線形約呈南北走向，位於舊永春隧道之西側(圖 1)，兩者平均間距 400 公尺，平均覆蓋厚度為 300 公尺。

設計階段之探查項目有：地球物理探測、地表地質調查、地質鑽探、溪流流量調查與地下水位監測等，由調查得知：隧

道通過之處有三條斷層，北側為位於板岩中之 F 斷層，南側為綠色片岩與大理岩中之 1、2 號斷層，隧道開挖經此三條斷層時預估會有湧水之狀況發生；另隧道南端 200 公尺及洞口部分位於未膠結之河階堆積及沖積層，開挖時易發生崩塌、大量湧水，且對洞口附近之邊坡穩定性有不利之影響。

為求開挖工作能於安全、穩定中進行，依整體地質探查之結果，新永春隧道之設計理念如下所述：

1. 針對通過斷層破碎帶與湧水區段，提出



內政部社會司台(86)內社字八六八七一八七號函立案

中華民國大地工程學會(第三屆)

理事長：陳榮河

祕書長：鄭富書

常務理事：方永壽，周功台，林美聆，胡邵敏，張惠文，黃燦輝

常務監事：謝敬義

理事：王劍虹，李咸亨，李德河，林宏達，林炳森，秦中天，張吉佐，張達德，陳堯中，黃子明，

廖洪鈞，褚炳麟，蔡光榮，謝旭昇，周南山，黃安斌

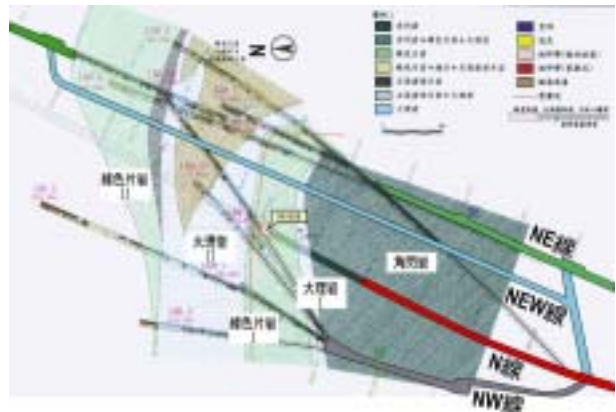
監事：吳偉特，李建中，翁作新，陳正興，黃鎮臺，廖瑞堂

**圖 1 新舊永春隧道平面位置圖**

一系列之探測方法與開挖輔助工法，如：前進探查孔、TSP 探測、開鑿迂迴坑、隔幕灌漿及噴漿封面等，期使未知之地質狀況能予以掌握。

2. 為提升外支撐之效益，並減少隧道開挖後應力集中之現象，本隧道斷面形狀為類橢圓形，與一般鐵路隧道馬蹄型斷面不同。
3. 預期南端之湧水量大，故研擬於隧道之西側興建一斷面約  $8\text{m}^3$  之排水隧道，以排除大量之地下水
4. 隧道南端位於河階堆積及沖積層，故先於隧道周圍(26m×15m×13m)進行山地固結灌漿，以事前地盤改良之方式，將可能之危險因子降低。

新永春隧道經前期詳細之調查與縝密之設計後，施工中於關鍵之南洞口與北側 F 斷層處均順利通過，惟於 1998 年 10 月 24 日南口工作面開挖至 N8+058 處，開挖面突發湧水達 25 t/min(圖 2)，現場緊急撤離機具、人員，而於 10 月 27 日施工人員準備處理湧水狀況時，開挖面又發生大量抽坍，湧水量達 50 t/min 並夾帶土石，掩埋隧道長度達 110 公尺，其後湧水量持續上昇，最高可達 80 t/min(圖 3)，且掩埋範圍持續擴大，於 11 月 7 日土石坍掩之隧道長度已達 540 公尺，此後逐漸趨於穩定。因湧水量持續維持在 45~70 t/min 之間且流速甚高，一般機具均無法進入，初期之搶修工作陷於停頓，於是停工討論處理對策。

**圖 2 初期湧水狀況(1998.10.24)****圖 3 隧道坍塌湧水圖(1998.10.30)****圖 4 平面地質圖**

高湧水量與湧水壓之災變性質特殊並罕見，東工處即廣邀設計、監造、施工、檢測等單位與廠商及國內外學者專家勘查與研討，期能集思廣益，提供後續處理的參考，並成立災變處理小組，專責災害後續處理與工程改善措施的評估與研討，積極研商處理對策。前期之處理方式分為初期搶救、補充地質調查(圖 4)兩方面進行，並由補充地質調查結果研擬湧水段隧道之開挖策略與長期穩定方法。前期之處理方式如下：

初期搶救：改善洞內外排水以利施工動線暢通；逐段清理坍方，並選擇地質較佳之位置做為迂迴坑開挖之起點。但因清理前方坍塌材料時又造成進一步之災害，經研商後決定於距災變點約 300m 處施作西側迂迴坑(NW 線)，用以探查主線(N 線)崩壞情形及前方斷層湧水帶之地質狀況，總計清理土石約  $15,000\text{m}^3$ 。



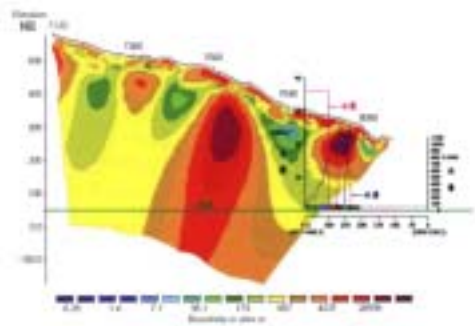


圖 5 NE 線地電阻探測剖面圖



圖 6 斷層破碎帶岩心箱照片(229m 231m)

補充地質調查：1.地表航照(遙測影像)比對；2.崩塌地地形測繪；3.地表塌陷測量；4.地電阻影像剖面、折射、反射震測探查；5.隧道湧水及崩塌材料取樣；6.隧道上方東澳北溪支流水文量測；7.長距離水平鑽探等；期能比對此次崩塌對於地表地形之影響、掌握地下水大量蓄積之區域、探查地下水補助之來源及了解隧道前方詳細地質之狀況。由地表航照比對、崩塌地地形測繪與地表塌陷測量三項相互比較之結果顯示本次隧道坍塌並未對地表面造成明顯之影響。由地電阻剖面、折射、反射震測探查發現測線範圍內之岩層多屬於裂隙節理發達之岩盤，且部分為高含水量之裂隙岩盤(圖 5)。水文調查中進行氫元素定年分析發現，水質混有年輕之地下水，但由追蹤劑測試，並未發現直接由上方流域滲入之水，因此研判隧道內之湧水與廣域地下水補助或地下水脈較為密切。長距離之水平鑽探顯示湧水區段主要位於大理岩層且寬度由西側之 70 公尺漸縮至東側並分為兩段，分別為 15 公尺

與 25 公尺。

綜合各項地質調查之結果發現湧水通道應為大理岩層之裂隙，而大理岩層南端與綠色片岩間存在斷層破碎帶之阻水層(圖 6)，且湧水大理岩層於崩塌主線(N 線)之左右兩側有著截然不同的分布：

1. NW 線前方為 60~70m 厚之大理岩層，湧水壓力約  $40\text{kg/cm}^2$ ，湧水量 6~8 t/min
2. NE 線將遭遇之湧水區段有二處，一為里程約 NE8+030~NE8+015 處，湧水壓力  $20\sim 22\text{kg/cm}^2$ ，湧水量 6t/min；二為里程約 NE7+960~NE7+935 處，湧水壓力約  $36\text{kg/cm}^2$ ，湧水量 2.4t/min。

根據上述之資料研判，於工程上採取東側繞行路線(NE 線)將較為安全，而湧水處理之規模亦單純。

本隧道之湧水來源應為裂隙水，故處理對策以排水與阻水並行。排水方面乃於 NW 線打設一系列之大口徑排水孔，以排除地下水上游蓄積之水量與水壓；阻水方面，經廣徵工程先進，遍訪廠商後，決定以台灣前所未見之熱瀝青灌漿法，利用其於高溫下之高粘滯性高阻水性之特點，於高水壓、高流速下有效的封堵大理岩之裂隙以阻水。

中長期之處理方式分為隧道施工與永久結構兩方面，說明如下：

1. 隧道施工：於斷層破碎帶處進行固結灌漿以增加岩體強度；隧道開挖時仍打設前進排水孔，並延伸原設計之排水隧道(NEW 線)自南向北通過湧水區，一方面可有效快速的排除隧道周圍之地下水，另並可於開挖時驗證阻水灌漿之有效性；除新增之排水系統及預計之熱瀝青灌漿外，隧道通過湧水處仍進行錐體灌漿，以增加開挖之安全性。

2. 永久結構：因新永春隧道乃為鐵路電氣化所設，且為東部重要交通要道，故隧道長期之穩定性非常重要，為防止阻排水系統因長期遭受高水壓或其他天然災害所破壞，乃將隧道之斷面設計成類橢圓形，以期能抵抗阻排水系統失效時上升之水壓力，並於內襯砌外圍全面鋪設防水膜，以防止地下水因阻排水系統失效而進入隧道，影響行車與隧道本體之安全；並於預計灌漿體之周圍增設滲水、水壓監測孔，內襯砌中設置鋼筋應力計及混凝土應變計，期能於阻排水設施失效時，有效且迅速的告知管理單位進行應變，防止人員的傷亡與進一步的災害發生。

目前新永春隧道之施作狀況簡述如下：

1. 水平長距離鑽探共打設 10 孔，共長 2098 公尺，分別為 LBH-1、LBH-2、

LBH-3、LBH-4、LBH-5、LBH-5A、LBH-5B、LBH-6、LBH-7 及 LBH-8。

2. 大口徑排水孔於 NW 線北端打設 22 處，其總排水量於主線南口量得約為 60 t/min(未打設大口徑排水孔前排水量約為 35 t/min)；NEW 線(排水隧道)打設 19 處大口徑排水孔，於主線北口量得之排水量約 7~10 t/min(圖 7、圖 8)。

3. 於 NE 線與 NEW 線(排水隧道)進行之熱瀝青灌漿共灌注消耗材料約 3000 噸，並於民國 91 年 6 月中旬完成灌漿(圖 9、圖 10、圖 11)。

4. NEW 線已於民國 91 年 6 月 30 日貫通，期能再接再厲，邁向主隧道全線貫通之日。

感謝交通部鐵路改建工程局東部工程處、聯合大地工程顧問股份有限公司及工信工程股份有限公司提供寶貴資料



圖 7 大口徑排水孔鑽孔防衝裝置



圖 9 熱瀝青灌漿雙重管



圖 8 NW 線大口徑排水孔狀況



圖 10 NE 線第一階段熱瀝青灌漿管線配置



圖 11 熱瀝青與岩塊膠結狀況

## 學會會議紀錄

### 中華民國大地工程學會 第三屆第六次理監事會議紀錄

- (一) 時間：九十一年六月十二日下午五時至 7 時
- (二) 地點：台灣大學土木系二 0 三會議室
- (三) 主席：陳榮河理事長
- (四) 出席人員：  
 常務理事：方永壽，周功台，林美聆，胡邵敏，張惠文，黃燦輝。  
 理事：王劍虹，林宏達，林炳森，張吉佐，張達德，陳堯中，謝旭昇，黃安斌。  
 常務監事：謝敬義。  
 監事：李建中，翁作新，陳正興，廖瑞堂。
- (五) 請假人員：  
 理事：李咸亨，李德河，秦中天，黃子明，廖洪鈞，褚炳麟，蔡光榮，周南山。  
 監事：吳偉特，黃鎮臺。
- (六) 列席人員：  
 祕書處：鄭富書、鄭偉晴。
- (七) 報告事項：  
 1. 學會收支報告。  
 (報告人：鄭富書秘書長)
- (八) 討論提案：  
 1. 案由：新進會員名單。  
 (提案人：蔡光榮主任委員)。  
 說明：有關李嶸泰、陳建維、周忠

仁、莊孟翰、趙振平、陳修、孫思優、詹松儒、陳福勝、陳水龍、魏敏樺、黃植禧、徐適康、陳昭維、葛其民、高振誠、吳明峰、蘇慶德、吳福祥以上十九位申請入會。

決議：原則上通過，待入會手續完成後正式通過。

2. 案由：第五屆 YGEC 規劃案變更。

(提案人：鄭富書秘書長)

說明：原定於 2003 年舉辦之亞洲青年大地工程師會議，因國際青年大地工程師會議也將於同年舉行，故擬將亞洲青年大地工程師會議延後於 2004 年舉行。

決議：通過。

(九) 臨時動議：

1. 案由：討論第十屆大地工程學術研討會舉辦日期、論文版本、主題、專題演講主講人。

(提案人：張惠文理事)

決議：(1)日期：尊重主辦單位，由主辦單位自行決定。

(2)論文版本：尊重主辦單位，由主辦單位自行決定。

(3)主題：暫定「邁向永續，開創地工新局」或「屢創科技新局勇攀地工奇峰」，並歡迎提供適當主題。

(4)專題演講主講人：暫定鄭文隆局長並由主辦單位洽詢。

2. 案由：關於考選部 91.5.29 選專字第九一三三一三號函中所示專門職業及技術人員高等考試技師考試土木工程技師等十二類科技師應試專業科目是否應涵蓋有關「生態公法」考試內容一節。(提案人：張惠文理事)

決議：請學會發文至考選部表達意見。

(十) 散會。

## 中華民國大地工程學會入會申請書及簡歷表

姓名	中文:	生日	民國 年 月 日		貼 照 片 處
	英文:	身 分 證 號			
地址戶籍					
地址通訊					
電話	(0)	(H)			
傳真		E-mail			
學歷	校 ( 院 ) 名	科 ( 系 ) 別	起	迄	學 位
考試	考 試 名 稱	屆 別 或 舉 行 年 月	證 書 字 號		
主要經歷	服 務 機 關	職 稱	自	至	共 計
專長					
介紹人	姓 名	會 員 證 號 碼	簽 名 或 簽 章		
申請人		簽 章		日 期	
審核結果		會證號碼		核准日期	
會員委員會		理 事 長			

- 一、本表請用楷書繕寫一份。
- 二、本表請黏貼照片一張。
- 三、如具有專門職業及技術人員資格者請將取得資格之證件日期及號碼填寫於表內考試欄。

中華民國大地工程學會團體會員入會申請書

團體名稱					
業務項目					
負責人			職稱		
地址					
電話			傳真		
E-mail					
連絡人 (會員代表)			職稱		性別
			出生 年月日		
證照號碼 發照機關 登記日期					
推薦理事					
入會日期	年		月	日	
團體會員證號					
審核結果			日期		
會員委員會			理事長		
備註					

★請附貴單位簡介乙份