

薪傳 隧道王 — 謝玉山先生

希望藉薪傳專訪對台灣地工界長期貢獻前輩表達敬意，更可將有價值的工程技術和閱歷供後輩學習

徐力平* 整理

一、生平回顧

我出生於民國 38 年，從小就住在南港。小學畢業考上第一志願大同中學，高中就讀師大附中。中學開始我就滿喜歡運動，主要是長跑，所以高中時期參加了師大附中田徑隊以及臺北市的中等學校運動會等，從年輕時就養成了運動的習慣。附中畢業以後，因為太愛運動了，大學就沒考好。因為附中學風很開放，所以那時候老師都說中原、逢甲是我們這些學生的大本營，因為用功的學生都考到很前面的志願，比較不用功的就掉到後頭。所以我就考取逢甲大學土木系。

離開了家和同學相處得也不錯，在逢甲土木系四年日子很快樂。那時候大家的感情交流和同學間互動性都相當好，所以 4 年中學了一些東西，然後也和同學們建立了交情。畢業以後，大部分人都去當預備軍官，我也考上預官。民國 61 年我到空軍防砲司令部在嘉義的一個營裡服務，擔任政戰官。當兵的過程中也學到不少，我的營長魏強，批公文都是用毛筆，所以我在那邊也學到了公文的撰寫，例如簽公文、簽稿的竅門。他的要求很嚴格，所以我們的文稿撰寫，受了滿多磨練。當兵前我就積極準備高考，或許是運氣好，我是我們系上第一個土木科高考及格，也替我們學校開一先例。

民國 66 年 1 月結婚，婚後太太就跟我住在北迴鐵路漢本的工地，生活很單調，不過那時候海邊很乾淨，很漂亮，可以躺在海灘上，所以有時我下班了之後，我們會到海邊去，也還不錯。隔年 5 月兒子出生，滿月左右，也帶到工地去了。然後他就跟著我，一路在工地跑，我到奇萊山，他也跟著我到奇萊山，住在工地裡面。民國 76 年時，我去做日月潭抽蓄水力發電工程時，小孩太太也都帶著走，所以我們在水里住了 3 年，住到孩子小學畢業。我兒子小學就讀了 5 個學校，包括和我一起去泰國的時候。



謝玉山先生於基金會訪談時攝影(2013.8.15)

當初接觸隧道工程是偶然，但是從事之後深深覺得隧道工程深具挑戰性，尤其是地質知識的充實與運用。民國 71 年赴奧地利專題研究新奧工法六個月，返國後正好應用在東線鐵路自強隧道沉泥段，更激發出興趣來。民國 74 年赴亞洲理工學院進修工程地質，增進對隧道力學行為的研究。之後，又參與明潭抽蓄水力發電工程、山線鐵路三義隧道以及雪山隧道等不同的挑戰，所以一路走來可說是興趣與機運的結合。這裡給我最大的支持力量應屬我的家眷，他們隨著我環繞本島各個隧道工地，使我無後顧之憂，得以專心於興趣的工作。

我整個求學跟工作的歷程都是教學相長，我去學了，然後也教人家。譬如說我有機會到外面演講，寫論文、文章等等，我都盡量把這些經驗介紹出來，所以我個人現在還一直在隧道協會擔任理事，隧道協會有一些什麼事務，我會以我隧道方面的專長來提供一些意見。

民國 72 年榮工處推薦我參加中國工程師學會評選，獲頒 39 歲以下的優秀青年工程師獎。民國 92 年我們輔導會頒給我一個服務楷模。我很感激「榮工」，不但我個人受到栽培，我們全家都靠「榮工」。所以有時候我常常跟人家講，我是喝榮工奶水長大的。所以我一直抱著感恩心情，盡一份力量，替社會做點事情。

* 台灣營建研究院



謝玉山先生攝於北迴鐵路漢本工區(1975. 4)



亞洲理工進修全家旅遊普吉島(1984)



調離漢本工區全家留影(1979.2)



探視費城留學公子(2010)



謝玉山夫婦重返漢本(1995.7)



優秀青年工程師晉見孫運璿院長



榮獲輔導會頒發服務楷模

二、一步一腳印：見證台灣隧道工程發展

我是在民國 63 年進入榮工處，參與十大建設的北迴鐵路興建，開始接觸隧道工程的施工。當時在前輩的領導與教導下負責谷風隧道南段的施工。施工方式為榮民員工自辦，分日夜兩班施工，隧道內的事都須親自調度安排。歷經四年磨練直至民國 68 年初才完成任務。隨後被派往花蓮參與台電奇萊引水計畫，在海拔 1200 公尺山區開挖一條 14 公里長的引水隧道。民國 71 年赴奧地利專題研究新奧工法(NATM)。往後陸續參與東線鐵路自強隧道、南迴鐵路中央隧道、明潭抽蓄水力發電工程、山線鐵路三義壹號隧道與北宜高雪山隧道等工程的施工。

從民國 63 年北迴鐵路隧道群施工之初，仍有一些短隧道或洞口段採用木支保作支撐。長隧道的施工才使用 H 型鋼作成的鋼支保，唯 H 型鋼均仰賴進口，所以岩盤稍好的區段就不架設鋼支保，除非發生岩塊鬆弛坍塌，再補行架設鋼支保。當時鑽孔機具普遍為手提 TY24 鑽機，氣動鑽堡(Jumbo)剛自瑞典引進數台。施工規畫主要以兩部大約翰(Big John)開挖機。之後因大約翰不適用而拆除(民國 65 年)，又自日本引進門型鑽堡(Gantry Jumbo)。

北迴鐵路完工之後(民國 68 年底)，隧道施工技術與設備大幅改進，明湖抽蓄水力發電工程採用油壓驅動式鑽堡(鑽進效率高，噪音較小)；此時鋼支保工法已普遍應用於國內。台電奇萊引水計畫工程率先在岩質較佳區段採用噴凝土與鋼線網替代隧道襯砌。

民國 71 年東線鐵路自強隧道沉泥段更成功引進新奧工法(NATM)克服困難。其後南迴鐵路隧道群也局部採用新奧工法，佳山計畫與明潭抽蓄水力發電工程全部使用該工法。尤其在明潭工程的地下廠房，更是國內首次採用鋼纖維噴凝土與自動噴漿機。民國 80 年代，相繼又有山線鐵路三義壹號隧道、北二高隧道群、北迴鐵路新南澳、新觀音與新永春等隧道，均以新奧工法完成。



奇萊引水隧道區段貫通(1980. 3)



Prof. Bala 參訪明潭抽蓄水力發電工程(1990. 4)



董萍局長參訪鐵路三義隧道工程(1995. 4)

隧道鑽掘機(TBM)在民國 80 年代初期首度被引進北宜高速公路雪山(坪林)隧道，預鑄混凝土環片取代鋼支保與噴凝土等支撐構件。雖然初期因密集的斷層帶使 TBM 受困停滯，中後期仍然有不錯的成績。民國 90 年代，士林電廠頭水隧道與新武界引水隧道應用 TBM 快速挖完長距離隧道。雪山隧道在 90 年代初期除沿用 TBM 之外，鑽炸段也開始採用桁型鋼支保與鋼纖噴凝土，以縮短施工時間；其中國內最深的五百公尺豎井，先以深井灌漿工法及昇鑽工法(Raise Boring)完成擴

孔，再鑽炸完成開挖。

民國 90 年代後期，花東鐵路瓶頸路段雙軌化中的新建隧道，除了採新奧工法之外，更廣泛地使用桁型鋼支保、自鑽式岩柱、鋼纖噴凝土與自動噴漿機等新技術。最近(民國 100 年)甫開工的蘇花公路改善計畫，沿襲成熟的新奧工法與前述新技術繼續開拓新隧道。

三、引進應用隧道新工法

國內引進與應用隧道新工法的過程相當平順與成功，個人認為歸功於十大建設使工程人員的歷練大幅提升，業主與顧問公司勇於嘗試新工法，且承包商也有能力配合採購新材料、新設備。上述整個環節搭配得宜，所以新奧工法、潛盾工法等能夠快速地引進，成功地推廣。

至於 TBM(隧道鑽掘機)的引進初期雖有受挫，但爾後也有工進不錯的案例。以北宜高速公路雪山隧道而言，TBM 在脫離斷層密集的四稜砂岩區段之後，就完成一段長距離且進度相當好的成績。台電的士林電廠頭水隧道以及新武界引水隧道更是先後創出佳績；但在碧海電廠的頭水隧道中的 TBM 就遭遇大湧水而拆除。簡言之，採用此工法首應研判欲穿越的斷層或剪裂帶是否可以克服，若沒把握就選擇替代工法，如雪山隧道採用頂帽坑工法通過斷層帶；其次選擇地質較佳的區段作效率評估，再決定是否採用 TBM。

四、台灣隧道工程地質特性及其對策

台灣隧道工程艱困的原因在於地質複雜多變且地下水充沛。本島的地質年代較新，斷層與剪裂帶較密集，加上年雨量約 2500 公釐，當隧道開挖發生湧水時，其對地下水的補注量大又快。所以國內隧道施工遭遇斷層或剪裂帶且發生大湧水的案例就有不少。依個人的經驗，國內隧道施工約 200 公尺就會遭遇剪裂弱帶而易發生抽坍。

因此，隧道工程遭遇的重大挑戰大都以地質變異與湧水居多，常導致工進停滯，甚至衍生合約爭議。在此情況下，關鍵的解決方法就是業主、設計(監造)與承包商要取得共識，共

商解決對策。倘若工地未能達成商議，則應提請高層協助處理，或邀請諮詢委員，共同研擬對策。整個施工團隊必須按照應變計畫繼續施工，業主隨時召會檢討執行成效，承包商更應維持工地運作，設計(監造)應儘速協助雙方做必要的工程變更，以紓解業主的政策(工期)壓力以及承包商資金的調度。至於依合約仍有爭議的事項，則應協商提請調處、仲裁或訴訟。

五、規劃設計須依地質特性、施工須落實設計理念及注重工作環境

隧道工程成功的基本條件要有妥適的規劃與設計。規劃設計階段應對隧道沿線的地質與水文情況作適當規模的調查，再進一步針對特殊的地質如斷層、湧水、地熱或有害氣體等作較詳細的調查，並對其地質特性與困難研擬對策。再據以編列合理的合約規範與預算供主辦單位執行。

施工過程要落實設計理念，除了承包商要做好自主品管之外，監造單位或業主的檢驗也要落實，凡未能達設計要求的項目，即應檢討改善，以免影響施工品質，甚至危及隧道安全。施工中假使有變更設計之需，應會同設計單位儘速檢討定案，俾施工進度不受影響。

由於隧道內的施工環境較其他工作環境差，所以通風與照明必須達到一定的程度，工作人員才能正確地作業，達到設計品質。為使承包商確實執行上述設施，設計時應規範隧道內的溫度(例如 28°C)與照度。此外，承包商應有高效率的施工設備，如高空作業車、自動噴漿機等，以減少作業人員的方便之舉而影響施工品質。至於作業人員的專業性也應持續改進，例如爆破作業手、噴凝土作業手等應建立證照制度。

六、注重地下環境保護

隧道工程會影響地下水流失，甚至影響地上的水源減少，尤其在施工階段更易遭遇湧水而流失大量地下水。選線規劃即應避開上述環評敏感地帶。若無法避開，建議採止水灌漿方法，將隧道周圍的滲水量減至最少。

以北宜高速公路雪山隧道的一號豎井為

例，豎井位於坪林山頂的包種茶區，村民因恐地下水經由豎井流失致取水困難。施工團隊於開挖前採深井灌漿方法，將兩座豎井(各為 500 公尺深)的周圍施作止水與固結灌漿。在昇鑽法擴孔後(直徑 2.4m)，兩座豎井的總滲水量減至每分鐘約 66 公升，不致影響茶葉的種植，也消弭茶農抗議。

七、深刻體驗與特殊經歷

我在北迴鐵路谷風隧道南段帶領榮民弟兄施工了四年，很幸運所有工作人員均平安完成任務。特別感謝我的主任也是啟蒙老師張敬璽先生，他以踏實的態度與師徒傳授方式的教導，讓我從基層歷練成長。期間我們這群新手也從瑞典技師與日本顧問吸取鑽炸工法與鋼支保工法的新技術。

北迴鐵路隧道群之施工規畫主要以兩部大約翰(Big John)開挖機分別自蘇澳與崇德發進。因大約翰不適用而拆除(民國 65 年)，而中段採輪型鑽堡施工進度也不佳，全線隧道開挖進度每月僅約 300 公尺。之後在行政院大力支持下，榮工處與日本鹿島建設、熊谷組技術合作，引進工程司與領班技術人力以及門型鑽堡。且全線原本五個施工所也擴張為十個施工所趕工進，因此整體進度每月開挖一公里以上，終於突破困境而完工，並培養出大量的隧道人力，助益爾後國內蓬勃的隧道工程。值得一提的是本工程為提升施工進度特地採用趕工獎金制度，由於隧道施工循環作業與介面處理特性，在獎金激勵下，施工人員積極主動解除問題、排除障礙，效率自然大幅提高，每日輪進可達 2.5 公尺以上。

民國 71 年中，我剛從奧地利專題研究新奧工法返國。正巧東線鐵路拓寬工程中的自強隧道，因遭遇沉泥停工兩年之後，改用新奧工法施工。榮工處總工程司齊寶錚先生派我前往支援，擔任施工所副主任。當時工地有法國 BSG 公司負責高壓灌漿，奧地利 Geoconsult 擔任新奧工法顧問，業主也聘請德國鐵路顧問 DEC 派員駐工地。我協調這些技術人員，也應用所學推動工作；雖然進度很慢(平均每月開挖四公尺)，但總算突破困境。翌年，我由

榮工處推薦，並經鐵路局總工程師陳世芳先生鼎力支持，榮獲中國工程師學會優秀青年工程師獎。從這工地吸取的新技術與經驗，使我日後對軟弱地層施作隧道更有信心。

民國 73 年初，我在南迴鐵路負責國內最長的中央隧道施工。先在東口(台東大武)成立施工所，籌備進洞。為追趕稍有落後之工期，我建議將側導坑工法改為底導坑工法，因進度可加快又節省經費，獲工程處會勘同意後，就施工進洞並未遭遇地質困難。同年八月我奉調至西口(枋山)施工所，趕建洞口段與斜坑。洞口前有一段易坍方的高邊坡須先構築假隧道防護，才能安全進洞施工。斜坑長度四百公尺，除先開挖洞口段也須安裝捲揚設備。西洞口與斜坑的施工協建廠商分別為世界工程無限公司與興志營造公司。我率施工所同仁與協建廠商經常研商對策解決困難，終於又增闢兩個開挖面。前後兩處施工所地處偏遠山區，成立之初運輸補給不便，推動工作頗費周章，卻是經驗的成長。



南迴鐵路中央隧道西斜坑(1985)

民國 76 年參與明潭抽蓄水力發電工程，從頭水隧道、地下廠房及尾水隧道之施工全由榮工處承攬，採新奧工法施工。尤其地下廠房之設計以先進之拱頂預錨與鋼纖維噴凝土及預力鋼腱、岩栓等半剛性支撐，並且採勻滑開炸與預裂法維持廠房周圍岩體強度，成功地完成國內首座新式開挖與支撐之地下廠房。我曾於民國 78 年出席倫敦國際研討會並報告此地下廠房之施工法。

山線鐵路三義壹號隧道統包工程，針對高速公路穿越段(覆蓋厚度約 18m)採管幕與超

微粒水泥灌漿(卵礫石層)，成功完成該隧道段。對付寬 280m 之三義斷層，自斷層兩端採隧道前方震測(TSP)確認其位置，並於山頂預先處理可能之溪流滲水，隧道開挖時再施以灌漿，終於順利通過三義斷層。本工程也創國內首次以豎井(126m)作為隧道開挖面，因此整體隧道開挖於 40 個月就貫通。

北宜高速公路雪山隧道為國內最長的公路隧道，首次規劃三部隧道鑽掘機(TBM)先後自頭城端發進。民國 85 年之後，導坑與主隧道之 TBM 遭遇密集的五處斷層破碎帶，經常發生抽坍、夾埋災變，進度大幅落後，連國外再保公司也拒絕保險，完工期限也難以估計，業主與承包商也衍生不少合約執行問題，無從解決。

民國 87 年 7 月，我奉派負責北宜高速公路雪山隧道施工。當時已開工七年，導坑與主隧道三部 TBM 均遭遇惡劣地質與大量湧水而嚴重受困，整個施工團隊備受工進壓力與合約爭議。上級長官經常到工地視察，開會檢討更是頻繁。施工團隊歷經三年艱辛，TBM 才脫離四稜砂岩破碎區繼續前進。為早日完工通車，我們盡可能增闢開挖面趕趕。趕工高峰時

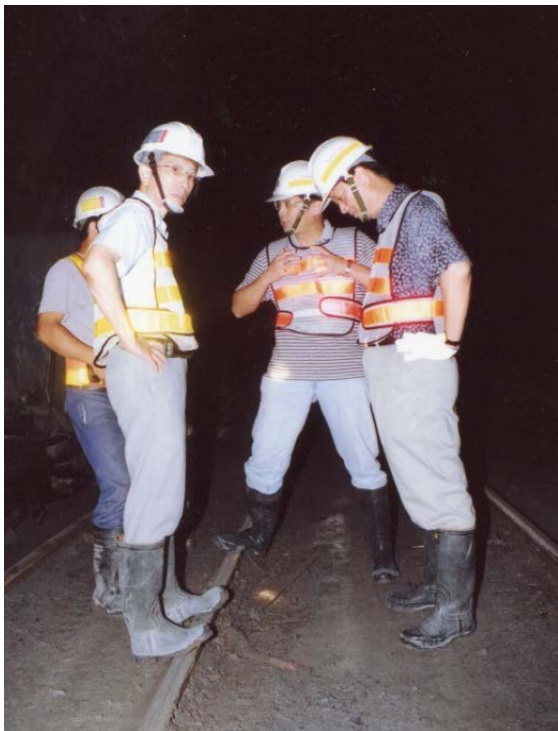
有十餘處開挖面日夜同時施工，總施工人力達一千五百人。民國 93 年以後，各隧道相繼貫通，上級長官為鼓舞士氣並宣示進度，曾舉辦六次貫通儀式。民國 94 年 2 月全線貫通後，我卸下重擔調回公司，但仍督導此工程直到完工通車(民國 95 年 6 月)。八年趕工期間，業主國工局、監造中興顧問公司與承包商榮工公司三方合作無間，以及政府部門輔以解套不合時宜的合約條款，始有雙贏的局面，完成此國際知名的艱巨隧道工程。



齊寶錚局長參訪雪山隧道(1998)



雪山隧道北上線貫通



歐晉德副市長參訪雪山隧道(2004)



游錫堃院長蒞臨春節會餐(2004)

八、鼓勵後進、展望未來

年輕人如能從基層歷練專業技能，不斷吸收新知或新技術，對於以後的發展或應用較能得心應手。我會鼓勵有志的年輕人加入隧道工程工作，因為它具有較高的挑戰性，例如地質狀況、地下湧水、隧道支撐狀況以及開挖斷面大小與輪進長度等等的研判，多需要依據專業知識與經驗作判斷。

針對台灣的工程地質特性，隧道工程無論於規劃設計或施工階段，首先應多參考相關地質的工程案例，就其曾遭遇的問題與解決對策引為工程上的研判。其次就面臨的工程問題應召會研議，甚至諮詢學者專家，再擬定方案。至於自我充實方面應多參加國內外研討會與工程觀摩，藉以吸收新技術與新工法。

未來國內的山岳隧道與都市捷運潛盾工程可能會減少，如何保有此產業的技術人力，公部門應持續推動某些數量的隧道或地下工程。產官學除了持續推動隧道與地下工程的新技術、新工法，減少施工對環境的影響之外，對於既有隧道的維護與修復技術，亦值得研創快速有效的監測、維修方法與維修材料。也期盼產官學推動隧道從業人員的培育，工程人員應著重工程地質的專業知識與隧道周圍岩體行為的判斷，如此可減少規劃設計以及施工過程的地質困難，亦可增強處理隧道災變的能力。作業人員應加強實作技術，如鑽孔開炸、岩栓裝設、噴凝土施工與環片組裝等；最好建立證照制度，更可確保施工品質。

九、後記

民國 102 年 8 月 15 日在一個典型夏日雷雨午後，於地工基金會新購置的會所我們專訪了謝玉山先生。在短短幾小時，謝先生引領我們一窺台灣隧道工程發展歷程及其豐富的人生閱歷與經驗，我們深深為其務實崇學及家人跟隨支持精神感動不已。相信這次薪傳專訪對於年輕後進及產官學各界皆有良好的示範及啟發。



DISCOVERY 雪隧工程試映(2006)



出席韓國隧道研討會發表雪隧工程(2008)



謝玉山先生與基金會林三賢執行長、方永壽總編輯及徐力平博士合影