

薪傳 飲水思源 壩工先驅 張森源先生

楔子

在地工技術基金會訪談會上，見證台灣經濟起飛年代的重大公共工程建設，包括石門、曾文、翡翠、明潭、明湖、中山高、北二高、雪山隧道、台北捷運，也奉獻近五十載的張森源先生侃侃而談，對信手捻來之地工案例，立刻以健筆於白板上描繪，搭配簡潔原則性的大地工程原理，以堅定語調說明處理經驗；述及年輕後輩若不願赴國外工作，認為即應斷然解除其職；更透露其以英文寫日記之習慣。此位具豐富工程實務與管理經驗的地工前輩，其刻苦自學、堅毅嚴謹、追根究底、深入專注之精神，實應以為薪傳，作為後輩之典範。

一、生平小傳

張森源先生出生於民國二十三年，小學接受日據時代之日本教育，專業方面之學歷起自光復初期當時舊制職業學校建築科及土木科，民國四十二年畢業於台南高工土木科，退伍後進入台灣省鐵路局，民國四十七年轉入石門水庫建設委員會，民國五十三年高考及格，民國五十六年進入中國技術服務社，從事曾文水庫工程，民國五十九年隨同曾文水庫計畫轉到財團法人中興工程顧問社，歷經工程師、副理、經理、副總經理、執行副總經理、執行長，期間更獲得美國 U.S West Canady University 土木系學士、碩士等學位；於民國八十九年後轉任中興社轉投資的中興工程顧問公司總經理及董事。民國九十二年退休後現任財團法人中興工程科技研究發展基金會董事。

張先生是一位全方位的土木水利與大地工程師，具有極為豐富的實務經驗，打從石門水庫興建起，歷經台灣許多水庫、大壩、電廠、油庫、公路、捷運、高鐵等重大公共工程建設，對於水利工程、隧道工程及大型山坡地之整治等均有許多獨到之見解與經驗。此外，其一生向來多是自發性的學習，從農村鄉下的貧苦家庭子弟，一路奮鬥發展到專業工程顧問公司的最高主管，其嚴謹的治學與剛正的處事態度，相當值得作為工程同業之典範。其學術論著亦相當豐富，所撰寫的論文或報導性文章共有五十多篇，曾刊載於國內外權威性的雜誌或於國際性的研討會中發表，研究成果均已成為相關工程從業人員依循之指針，對提昇我國工程水準貢獻良多。



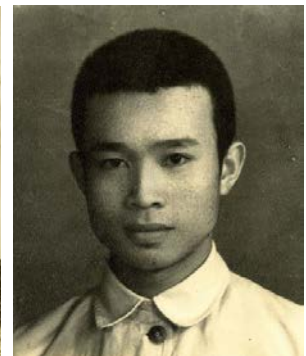
張森源先生於基金會訪談時攝影

二、求學生涯

張先生出生於台南白河鄉下的窮困家庭，家中共有十個兄弟姊妹，但因家庭經濟的因素，幾個妹妹並無法升學。但幸運的他小時候求學卻深受父親的鼓勵，民國三十年進入台南縣白河國民學校就讀，日據時代五年的小學日式教育除了奠定了深厚的日語文基礎，也為其一生樹立嚴謹自律的指引標竿。其中值得一提的是，小學期間他遇到了生命中的第一個貴人，小一到小三的級任導師一周竹煌先生，是他一生學習的榜樣與待人處世的模範。



約二歲時與媽媽、阿姨及妹妹合影



高中時期學生照



小學三年級全班與周竹煌老師合影

由於張先生與周老師彼此仍有聯繫，藉由他的聯絡安排，南下新營拜訪周老師。親訪之前只有張先生的口述，實難想像如何與近九十歲的長者暢談年輕時的過往。直至切實的會晤，心中的大石終於落下，突有豁然開朗的體現。見到周老師的第一眼，除了親切還是親切，硬朗的身體一點都不符合年齡上的認知。周老師民國十年出生，與夫人周盧蘭女士結婚六十一年，今年(97年)甫受台南縣新營市鑽石婚楷模表揚。訪談過程中張先生不只一次提及，在他一生中不管是為人處世均深受周老師影響，就連熱愛運動、勤練書法等興趣也彷彿都有老師的影子。這點確實可在周老師老而彌堅的硬朗身子及運筆流暢的字跡窺得一二。直至去年前，周老師仍然每年參加田徑比賽，舉凡標槍、鉛球及跑步等皆難不倒他，櫃子收藏的袋子裡滿是獲獎的獎牌，金光閃閃、目不暇給，真是令人大開眼界。而周老師印象中的張先生，從小就是個品學兼優、刻苦上進的好學生，德智體群皆為同儕間的佼佼者，一路走來雖是筆路藍縷，但後來的非凡成就，在周老師的眼中或許早已昭然若揭。前年張先生更籌辦了小學同學會，邀請多位師生同聚一堂，而近七十年來亦師亦友的師生情懷，至今仍在他們之間溫暖地延續著。

張先生小學畢業後便進入當時較容易找到工作的前職業學校就讀，民國三十七年考入嘉義高工建築科初中部，每日清晨五點起床走路、搭台糖小火車、轉台灣鐵路車上學，光是上下學來回通勤時間就超過四個小時，求學意志確實堅強。



與周竹煌老師合影(2008年11月于新營 益生西藥房)

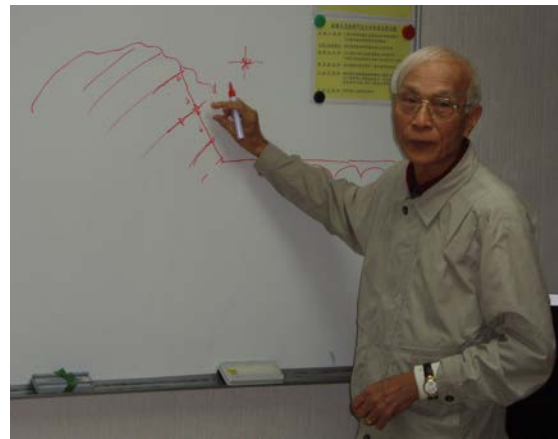
民國四十年初中畢業後，在老師的鼓勵下轉赴台南高工土木科就讀，開啟他踏入土木工程界的第一道門，在民國四十二年畢業。隨後入伍服役，進入空軍通訊學校接受士官訓練，退伍後雖即進入台灣鐵路局工程隊開始上班工作；但其進取上學的自我要求，公餘之暇仍自修通過民國五十三年國家高等考試及格。民國七十年代更於中興工程顧問社服務期間，又陸續經由約五年期間之函授與考試，取得美國西甘迺迪大學學士及碩士學位，並親自遠赴美國夏威夷，與二、三十位由世界各國前往之同儕一同領取畢業證書。鍾毓東董事長提及，曾經有一次上班前的時間前往拜訪，看到張先生正在讀空中英語雜誌；另有一次在高雄競標的場合，大夥都在閒聊，只有張先生專注於手中的 Canadian Geotechnical Journal，其旺盛不斷學習隨時自我充實的精神，著實令人感佩。

三、中興歲月

張先生於台灣鐵路局工程隊工作期間，經過數年服務，覺得該工作對個人的將來發展並不適宜。乃於民國四十七年經過考試進入石門水庫建設委員會，進而遇到人生的另一個貴人—程禹先生，在其下協助拱壩的設計工作。後來水庫因地質關係，拱壩改為土石壩，從此進入大地工程領域，跟隨程禹先生設計導水隧道、石門大壩、後池堰至完工管理。民國五十六年進入中國技術服務社，從事曾文水庫的大壩設計及隧道工程。其後因應政府政策於民國五十九年隨曾文水庫計畫轉至財團法人中興工程顧問社，一路由工程師、副理、經理、副總經理、執行副總經理，陸續晉升到改制後之執行長；並於民國八十九年後轉任至中興社轉投資的中興工程顧問公司擔任總經理及董事，至民國九十二年榮退。

中興工程顧問社於民國六十八年成立大地工程部，為國內第一個設立大地工程部的工程顧問公司，當時係因在霧社、谷關、石門、曾文及德基大壩之興建工程中，中興已累積不少土壤及岩石方面之工作經驗，為進一步擴大中興社在大地工程方面之工作範圍，並協助國內工程界在基礎、邊坡穩定及地下工程各種技術問題之解決，由張先生擔任首任經理。

於中興三十多年，曾在張先生麾下的工程師均了解其治軍之嚴謹，於其承襲程禹先生之作風，不管中英文報告均須來回數次，字字斟酌至邏輯清楚、前後呼應後方能定稿，辦公室內埋頭苦幹之肅穆氣氛，仍為老中興人之深刻經驗。張先生工程實務經驗與理論並重，對工程實務常以基本大地工程理論說明其問題所在；認為大地工程師一定要到工地瞭解實際情況，常帶領工程師赴現地，除習於親自說明地工事故機制及處理對策外，亦常當場考驗工程師思考分析判斷能力，要求提出見解。於地工基金會之訪談會議室中，即以一邊坡工程案例，針對開挖後主應力之變化說明應處理方式。此外，張先生亦強調雖應有理論分析，但於可能有災害事故發生時，即應依經驗當機立斷採取對策；若等分析結果再決定處理方式，工地可能已經垮下來。中央大學土木系黃俊鴻教授說，這是張先生曾經給他的指導。



張森源先生於訪談會議室說明地工案例

四、工程經歷

自投身石門水庫興建起，張先生陸續參與或督導台灣許多水庫、水壩、電廠、油庫、公路、捷運等重大公共工程建設之地質調查、評估、研究、規劃、設計及監造等工作，對於水庫工程、隧道工程及大型山坡地之整治等更有許多獨到之見解與經驗。經辦之工程有石門水庫、曾文大壩、中油油庫、義興壩、各類輸水隧道、懷恩隧道、南化水庫、鯉魚潭水庫、牡丹水庫、瑪家水庫、美濃水庫、翡翠水庫、明潭水庫抽蓄發電計畫、北二高速公路、台北捷運系統、北宜公路隧道、高雄捷運系統及台灣高速鐵路等不勝枚舉。

民國九十五年五月張先生整理近五十年之工程實務經驗，於大地技師公會進行為期半年之薪傳講座，並將其演講資料彙編為「大地工程四十載—從石門水庫至雪山隧道」一書；從國內最具代表性的重大工程談起，羅列了數件最具代表性的工程回顧供同業分享。特從壩工、隧道、地下廠房及捷運工程等方面，摘錄各項工程的突破、創新與其精采回顧的心得。

在他參與的壩工方面，民國五十三年完工的石門水庫工程誕生了 RCC(滾壓混凝土 Roller Compacted Concrete)及落水池深度的設計依據，成為兩個國際間常用的水庫設計範例及施工規範參考。RCC 就現今來講仍是國際上非常進步、經濟且安全的混凝土壩施工方法，為什麼會有 RCC 的誕生呢？當時是因長期下雨與工期限制才導致其誕生。按上游擋水壩原為土石壩，其施工必須嚴格遵守雨季(洪水期)和乾季(枯水期)的限制，土石壩體若在雨季來臨前不能達到一定的安全高度，則有可能被洪水溢頂，而已完成壩體則有被沖蝕潰壩之風

險。由於上游擋水壩的施工必須在次年五月份雨季來臨以前完成，才能確保安全，但當時雖為非洪水期的冬季，卻一直下雨，影響擋水壩土心的填築，於是才發展出 RCC 方法來因應。除了 RCC 的誕生外，石門落水池深度的確認也是一重要經驗。全世界早期溢洪道戽斗射落洪水的落水池設計深度，是根據洩洪能量計算而得。但是石門水庫於 1963 年葛樂禮颱風後，在溢洪道下游後池中沖蝕出一天然落水坑，其深度比原先所設計者大很多；經過換算，約是溢洪道上、下游水位高差的 1/3。此一數值後來便應用在曾文水庫和翡翠水庫的落水池深度設計上，效果非常正確，國際上也比照採用。

另外，傳統上溢洪道的設計只設置一道瀉槽，而曾文水庫却分成了階梯式的獨立三道。在三道瀉槽的上游溢流堰高程一致，並各裝有當時世界第一高的弧形閘門，其下順應地形高程各有不同縱斷面，此種方法應用在溢洪道的設計，曾文水庫是第一個案例。因為倘按照傳統一道洩槽的方式來設計，則必須在邊坡上開挖高度逾 200m 的挖坡，一來影響邊坡永久的安全性；二來開挖施工增加工期，且挖方非常龐大，遠大於曾文大壩所需的填築量，棄方的問題將很難解決。

至於全台第一座純以公共給水需求所興建的翡翠水庫，大壩工程主要的關鍵點在於壩基的處理，由於壩址岩層弱面走向平行於大壩的拱推力分力，基礎若無妥善處理，將可能因弱面滑動而向下游滑移。傳統弱面處理方法為沖洗和灌漿，經試驗發現處理結果並不理想，無法達到 100% 可靠度。當時適逢美國發展出水刀，便拿來應用在新開發之灌漿處理方法中。水庫壩基的泥縫處理均先沖除縫中泥與岩屑，再以水泥砂漿填補，其中沖洗是依泥縫厚度、填充物特性與位置，細分為三種方法。分別用於河床底部及右岸邊坡及左岸順向坡的泥縫處理，所有方法均經過現地試驗，確實可靠方予採用。

在隧道部份，隧道工程難免碰到問題，尤其是地質問題。縱使做了詳細的調查，仍會有遺漏及不確定性，國際上知名的岩石力學專家 Hoek 先生曾說過「要知道隧道全線的地質狀況，只有等到隧道全線貫通才曉得。」尤其是對較深、較長的隧道，愈是如此。北二高隧道群地處台北盆地，邊坡開鑿隧道問題頗多，累積處理的工作經驗要點包含：



石門水庫上游擋水壩填築施工



曾文水庫分階獨立瀉槽溢洪道

1. 路線規劃期間要有適當之地質調查；
2. 隧道路線盡量不要接近坡面；
3. 隧道通過斷層、弱帶必須分隔成小分塊開挖；
4. 穿越弱帶時，兩隧道間距必須有足夠的安全距離；
5. 過份接近坡面之隧道，先做坡面加強處理後再進行開挖；
6. 隧道洞口位置必須依進洞地質適當調整，並先穩住坡面再進洞；
7. 高速公路隧道內能否設置交匯段，需要進一步再研究；
8. 規劃階段需思索要如何通過地層弱帶，以防萬一將來基礎發生位移而釀成災難；

9. 隧道通天的搶修順序，首要還是從地面上將孔洞填補起來，並以灌漿改良地盤後進而再恢復隧道開挖，其處理方式與高雄捷運開挖造成地表塌陷案類似。

雪山隧道全長 12.9km，係臺灣公路史上第一個長隧道，國際上也非常知名，為東南亞第一、世界第五長的公路隧道。本項工程累積之實務經驗彌足珍貴，雪山隧道地質弱帶雖只佔 12.9 km 中的 3.5 km，因受地形、排水問題及避免污染翡翠水庫水質，隧道施工必須由東(低)往西(高)開挖，致先遭遇困難弱帶而拖延工期。倘若地質弱帶是在西側，弱帶可以使用人工開挖；而東側地質佳之段落使用 TBM，則兩者可同時進行而能提早完工。雪山隧道東段約 3.5 km 的含水破碎帶，即為 TBM 卡在隧道內的問題路段。初期開挖是以鑽炸方式從東口挖進，後遇滲水影響施工進度，恰巧 TBM 機具提早運送來臺，加上經驗不足，便決定以 TBM 來進行施工，於是就發生了施工問題。雪山隧道 TBM 施工中雖然遭遇困難，至少是一個非常難得的工程經驗。但也因為經驗的傳承使台電繼國工局(雪山隧道是國內第一個使用 TBM 施工的工程)之後，成為第二個使用 TBM 施工的單位，分別用在士林水力發電工程與日月潭新武界引水隧道工程，施工成效皆非常好，平均一天輪進 5~6 m，最快曾達 10 m。

在地下廠房部份，台灣初期電廠都是蓋在地面上的，爾後因為地面上合適的地點難尋，尤其是水力發電廠，與地形及水壓有關，於是將電廠建於地面下。目前國內規模最大的地下電廠，為日月潭的明湖和明潭電廠，現改名為大觀及鉅工電廠。國內地下電廠技術已由傳統的長條空間具菇形斷面進步到圓筒空間具半球狀頂拱型與長條蛋型或馬蹄形斷面，其施工期間的安全性符合現代岩石力學原理。明潭電廠側壁使用鋼纖噴凝土做為襯砌，為一品質、強度均勻又施工快速的好方法；之後的蘭潭隧道、新南澳隧道、雪山隧道一小段及八里觀音山隧道等也陸續採用。

在捷運潛盾洞道部份，潛盾隧道出入口最需要安全措施，且一定要確實，潛盾機的出、入豎井是最容易發生問題的時候，所以一定要有相關的安全措施，例如利用冷凍工法將地層凍結以增加出入口外地強度，並一併解決地下水問題。雖然此工法是一個最有效、萬無一失的工法，但相當昂貴，一般

只有在其他方法都無法有效解決問題的情況下才會採用。由於近來捷運工程災害頻傳，因此在鄰近河川或地下水位高區域進行潛盾隧道施工時，引用冷凍工法做為地盤改良案例有增加的趨勢。國內捷運隧道大都有 20m 的覆土，一般說來足夠將開挖對地面的影響降至最低，但仍應配合監測系統以瞭解地面變位的變化情形，並據以調整潛盾機的開挖進度。一般捷運車站的標高較隧道為高，加上排水問題，國內現今捷運隧道的坡度設計，通常為進站時上坡，出站時下坡，亦即兩站間隧道高程縱剖面呈現 V 字形。這種坡度設計尚兼具節省行車能源的優點。而為了順利排水，兩站間隧道標高最低的位置設有集水井，高雄捷運發生嚴重的地面坍塌災害，即是集水井施工程序發生問題，基本上集水井施工並非困難的工項，但因擋土作業的疏失而釀禍，也提醒工程人員凡事不可大意。

五、經驗傳承

上述各項著名大工程，張先生都有參加，但有些處理方法是同事們所創作。張先生認為他一生的所有學習大都是發自本人自動自愛，對於自己喜歡自修的習慣是生性所然，就連現在都還維持自服兵役以來，每天以英文寫日記的習慣，方便與在美國的孫子以英語溝通。他教育子女的方法，總是喜歡以他對自己的要求為標準，對於為人處世的人生哲學，他自評為「認真一板一眼」、「相互尊敬」，他不喜歡互相埋怨指責之作風，並深信唯有自己努力才能發展。同時他也期許年輕工程人員，要以周遭優良人士為榜樣，並努力尋找新技術。

以曾經管理大型顧問公司之經驗，張先生認為顧問公司以人才為本，工程師除基本專業外，必須反應快，能思考分析問題原因，並具備提出處理對策之能力。現行大型顧問公司仍有必要維持，方能具備較高技術水準，且可參考日本方式，由二、三家公司聯合承攬，帶領小型公司提昇技術，避免低價競爭，降低品質，營建市場亦是如此，且不可有政治力介入。他更強調工程師一定要去工地現場瞭解，不可只待在辦公室；對無法配合公司前往海外或工地者，即應解除其職。

他認為台灣今後之重大土木工程將逐漸減少，因此青年工程師參與重大工程，透過實務經驗以提高自身能力之機會也將降低，故建議青年工程

師宜多瞭解前輩過去所累積之經驗，作為學習的捷徑；而多請教前輩、多閱讀以前文件和設計資料亦是一良好方法。另外為維護既有工程，也可以自行學習或研發維修與改善之新材料。

對於國家大型公共工程日益減少，工程相關同業莫不急於尋找業務量萎縮的解決之道。雖然如此，張先生依然堅信靠著工程技術的日益改善進步，對隨時間老化的過去建設，以較進步的技術進行檢查、觀測與維護其安全性應為今後土木及大地工程師的一重要課題。土木大地專業人員，或可朝下列方向來努力：

1. 加強學習工程檢測和長期觀測新技術；
2. 觀測結果的判釋；
3. 補強及維修技術；
4. 新材料及新工法技術的學習、引進和研發。

六、退休生活

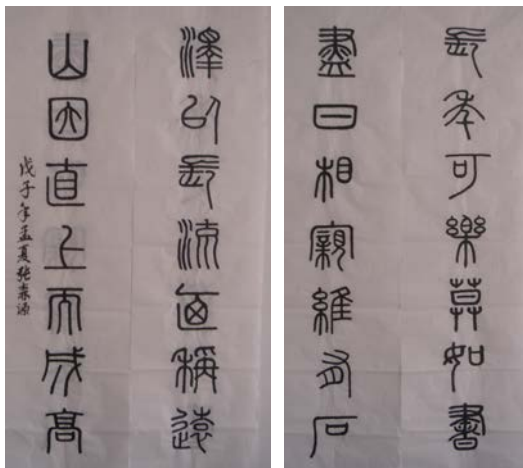
對於現年(97年)已近七十五歲的張先生而言，他的外在絕對能輕易地掩飾他的年齡，他總是氣色紅潤，說話時口條清晰，走起路來身手敏捷，對他的養生之道實在令人讚嘆與好奇。據他表示，由於家庭因素從小就一板一眼，做任何事一定都專注認真，使生活顯得較為呆板。由於電視節目過多謾罵攻訐，因此僅他看運動、CNN 或動物星球等節目。由於從小就喜歡閱讀及追求新知，因此離職後為免無事可做無聊致度日，他仍然持續閱讀日、美等國外技術書籍；目前也為中興工程科技研究發展基金會撰寫文章，介紹外國進步工程技術給後輩參考。

近幾年亦開始正式拜師學習書法，從楷書、篆體到目前的隸書，運筆功力逐漸深厚，而且聽說都

是站立揮毫，每週一天。除了上書法課，他也參加社區大學日本歌唱班與英語會話班，以消除緊張及降低無聊引起的迷惑。受過日本教育的他，喜歡演唱日本歌曲，最拿手的是「北國之春」，以回想已離開逾60年之故鄉。此外，他從小就是個運動員，也熱愛運動，五十歲以後加入健康俱樂部，迄今仍固定每週一、三、五及週日上午游泳二小時，每次都游一千五百公尺以上。在六十五歲時收到子女的生日禮物「高爾夫球桿組」，受到子女的熱切鼓勵，開始學習打高爾夫球；經過近二年的擊球場練習磨練後，目前已進入實戰程度，常與友人共赴藍天綠地、空氣清新的正式球場開打，平均每星期揮桿一次；此一活動對於他過度使用的眼睛，有恢復視力的作用，家人也非常支持。除了工程的專業外，他也喜歡親手DIY，家中所用電器若有故障，他都是自己動手修理。喜歡聽古典音樂的他，偶爾吹吹口琴；社交上大都以同學、同事互訪聊天為主，一般時候常與其夫人走訪親戚家庭，星期例假日兒女及孫子們則經常返家聚會，共享天倫之樂。



張森源先生全家福



張森源先生站立揮毫與成果

七、未來期許

民國八十八年張先生在地工基金會發起的「二十一世紀大地工程研究發展」的徵文比賽中以「二十一世紀的大地工程」為題的論文榮膺第一名，並刊載於地工技術第八十期之腦力激盪專欄；文章裡滿是他對於大地工程發展的獨到見解與先見之明，從都市的地下化、壓氣電力儲存、容器管送運輸系統、地下水庫、過海大橋與隧道、萬能隧道挖掘機、水沒式挖掘機、高比重泥漿穩定液到軟弱地層的處理與利用，以現在的工程發展成就而言，雖非全部符合預期，但其發展的方向與其論述，仍存在許多相似之處。訪談中，張先生更提及大地工程技術已比以前進步，而大地工程之目的乃在於維持地球綠色環境，目前正參考日本新技術，於中興工程科技研究發展基金會撰寫文章，介紹將開挖整地剝除之樹木碎解後，加入其他材料並與開挖土壤混合後再行回填；由於其中含有原生樹種，可加速綠色環境之回復。其創新靈感，在在都說明著他有顆佈滿大地工程敏感神經的大腦，對工程發展的敏感度，令人難望其項背。

他指出台灣地形及氣候的自然條件，可能仍難以避免不了繼續興建水庫的需求，惟從環境保護觀點，水庫的建設需要顧及環境保育；另為獲得社會各界之認同，土木工程界實應努力與教育界配合，教導各界有關水利工程必須進行之原因、工程方法、對環境之影響與保育方法等。工程進行中，甚至可邀請各界社會人士及學生等參觀，以爭取社會對工程之支持。台灣的隧道技術已頗有程度，但仍應讓社會了解，根據地質狀況選線與施工方法為第一要件，惟整條路線的地質情況常無法百分之百調查清楚，因此若遭遇地質不良時，工期應有所調整，否則將影響工程品質。各項土木建設必須以工程地質為導向，且一定要有地工人員參與，才能永續發展。對於地工技術基金會辦理的「工程地質研討會」，建議可改為「工程地質及地工處理案例研討會」，除了參觀瞭解現地地質情況之外，可增加地工處理案例說明。

張先生在「大地工程四十載」一書中，特別說明大地工程是土木工程的一部份，而以「大地」為處理對象。由於大地狀況因地而異，變化甚大，每件大地工程的處理均須隨案件實況採用適宜方

法，並於發展方法時參考過去類似案例。對於涉及具有大地工程在內的土木水利或其他工程，其計畫均宜有適當的地質調查，俾據以進行規劃與設計，減少事後之變更、困難、事故與影響工期。由於各階段之地質調查仍無法百分之百查清大地之實際情形，而難免於後續各階段之工作中發生意外或發現意想不到的狀況，而須進行補救，致影響工期與經費，因此工程開工後應隨時補充調查。對此種大地工程的特性與需要性，業主、監管單位甚至民意代表、政府單位、報社等大眾傳播媒體，均應有所瞭解而予善待支持。此外，大地工程遭遇預料外的困難時，應以處理妥當及安全性為優先，不宜只以工期需要而趕工、犧牲品質，致其品質永久留下安全問題。

在國內工程越來越少的情況下，張先生一直認為工程師進軍國際是思考的主要方向之一，像是參與中東、東南亞、中南美甚至中國大陸等經濟正在起步中的國家或地區之土木建設，應為值得努力的方向。可先藉由爭取與國外廠商或公司的合作機會，待環境、人脈熟悉了，也建立了口碑之後，凡事自然水到渠成。



張森源先生與基金會鍾毓東董事長合影

八、採訪後記

張森源先生於九十七年十一月二十一日在地工技術基金會接受鍾毓東董事長、俞清瀚執行長及工作人員訪談；本訪談內容由黃崇仁及林義評記錄，再參考張森源先生之「大地工程四十載」一書及技師月刊第46期內容整理而成。