

## 薪傳 連續壁施工之代表人物 ~ 李光雄先生

### 緣起

連續壁與地下開挖幾乎是同義詞，而李光雄先生與連續壁也幾乎是同義詞。連續壁由初引進時期之千瘡百孔至目前之滴水不漏，李光雄先生逐步對連續壁之施工方法、挖掘機種及相關細節進行調整，每一項重要之里程碑，包括MASAGO油壓抓斗之引進、Supermud高分子穩定液之使用、OL單元接縫創作等，李光雄先生皆獨領風騷。

96年8月份地工基金會董事長鍾毓東先生、執行長俞清瀾先生、及基金會李碧霞、廖美嬌小姐聯袂拜訪李光雄先生，李光雄先生於此次訪談興致昂揚，將其超過卅年之連續壁施工經驗及少為人知之心路歷程娓娓道來。李光雄先生當日所談論者多不見於文獻，也許是稗官野史，但絕對是台灣連續壁施工史上之精采片斷。當日李光雄先生之談興如黃河之水天上來，一發不可收拾，謹拾其牙慧編撰如下。

短短數小時之訪談轉眼即過，仍有相當之連續壁典故及趣談未盡著墨，李光雄先生擬於地工技術另闢專欄分期撰寫以饗讀者。

### 一、生平小傳

李光雄先生於民國卅年生於台灣嘉義，嘉義中學、國立台灣海洋大學河海工程系畢業。早期任職於基隆港務局，對海事工程及海上打樁等多所涉獵。後轉赴海陸工程公司任職，專注於連續壁及基樁之施工。台灣早期之連續壁工程大部份皆由海陸工程完成，基本上皆是李先生所規劃及施作，不少著名之案例皆出自其手，而現行之許多施工方法，如鋼筋籠三點、五點吊法及利用水刀破除漏漿等，皆為李先生於海陸時期之得意傑作。三力營造公司則是李先生淬鍊連續壁施工技術之重要階段，李先生於該期間潛心研究穩定液及水中混凝土之行為，並與歐晉德先生共同完成連續壁水密接縫之研發。該水密性接縫之出現實為連續壁工法發展之重要里程碑，徹底解決長久以來困擾施工單位有關連續壁單元接縫漏水漏砂之問題。該特殊接縫並以歐晉德及李光雄兩位先生之英文姓氏為名，稱之為「完全水密性連續壁OL型接縫」。

李先生於民國七十八年自行創業，成立三力技術工程顧問及磐固工程公司。李先生堅信唯有理論支配施工，施工驗證理論之交互運作才能真正提升工程水準，因此要求三力及磐固人員互調，使工程師兼具設計理論及實務經驗，此項堅持不但對工程師之養成有極大幫助，對業主而言亦可提供最經濟安全之服務。李先生於經營三力



照片一 神采奕奕之李光雄先生

顧問及磐固工程之同時，非常鼓勵員工進修，亦戮力於技術及工法之研發，舉其重要者如壁中井之裝置、高分子穩定液之引進、自承式雙排鋼軌樁及自立式T型扶壁之使用、連續壁扶壁設計理論之研發等，皆對連續壁之施工技術及相關之地工設計有關鍵性之影響。李先生對「地工技術」之支持贊助不遺餘力，除積極參加國內外之各項學術交流活動外，亦指示工程師發展適合台灣本土使用之深開挖分析程式「TORS」，並將「TORS」轉贈與「地工技術」發行。

李先生曾於1993及1995兩次接受北京當局之邀請參加中美工程技術研討會(SATEC)，該研討會之位階類似國建會議，李先生關於地下工程之建言備受與會人士之一致推崇。

## 二、MASAGO油壓抓斗

李先生涉入連續壁施工，接觸日本利根的BW工法，該工法係利用反循環系統排土除渣，工法標榜一刀見底，不必上下起落摩擦壁面，有利槽溝穩定等....云云。因操作系統中在挖掘階段土渣被絞碎並與穩定液混合，當排渣階段需大費周章地運用特有的除渣設備強制將土砂與穩定液分離，所採用之除渣設備以震盪篩(SCreen)或旋離機(cyclone)等為主，分離效率不高。因工法特殊性使然，鑽掘之砂石土泥與穩定液充份混合，穩定液之性狀常被這些土屑或地下水污染而劣化，性狀變化無常，掌控不易，結果直接影響連續壁槽溝穩定和水中混凝土之品質。且工地產生大量含水量甚高之廢棄土及廢液，倘處理不善，衍生之環境問題更令人憂心。

經過一段時間之體驗，bw工法之優缺點一一浮現，李先生懷疑該工法對本土一般都會區土質似不十分適應，擬另覓其他合適工法予以截長補短。經研究再三，當時日本真砂(masago)的油壓抓斗最適合大部份地質條件，且係穩定液靜置工法，十足可以彌補bw工法之所短。倘採複合法即BW和masago機械相互配合，各發揮所長，效率及品質一定不錯。於是李先生將此一工法引進並首先推介紹給好友，當時計劃發展連續壁工程的三井工程公司總經理李奕世(已故)，由三井購入mhl5070型一組(照片二、三)，建造位於仁愛路新國泰人壽大樓之基礎工程。經實際使用後，評價良好，成果斐然，於是masago在本省盛行形成一股旋風熱潮。最盛時期僅台灣區區一地，各型masago總數幾乎和世界其他國家的總和等量齊觀，此種盛世乃李先生始料未及之事。除了bw及masago之外，尚有歐洲Hydrofraise, trench cutter等機種亦各具特長，適用於硬岩，堪能勝任masago所不能。就如公路監理制度一樣，運輸車輛增多，監理制度要愈周延齊備，否則道路安全亮紅燈。台灣一味強調硬體，不重軟體，諸如學理研究各層人才養成，規範制訂也應齊頭並進，硬體軟體必需同時共生，這是李先生一貫所堅持的信念，這樣才能實質提升技術水平。



照片二 台灣第一部 MASAGO



照片三 MASAGO 之駕駛座

## 三、OL接縫

早期連續壁之施工技術未臻成熟，單元接縫之處理方式尤其糟糕，地下室開挖時因單元接頭包夾淤泥而造成之漏水漏砂現象幾已成為常態，甚至在建築物完工使用後依然有此現象。李光雄先生提及早年在敦化南路某地下三層之大樓，地下室開挖期間及建築物完工使用後皆曾發生離奇案例。開挖期間某日工地邊水稻田耕種之水牛突然憑空消失，原來是該大樓之連續壁接縫

有瑕疵，開挖階段接縫漏水，導致基地外地層已嚴重淘空但未延伸至地表面，故工地人員誤以為沒事。最後地層淘空延伸至地面，水稻田遂陷落成一個大洞，該頭倒楣的水牛恰好在陷落之位置耕作，所以也一起掉進洞裡，事後出動吊車費了九牛二虎之力才將驚惶失措之水牛由洞中吊起。該大樓完工使用一段時間後，在無地震及其他外力衝擊的某個晚上，地下室突然湧入大量夾帶泥砂之地下水，次日清晨發現時積水幾乎已將配電室淹沒。所幸連續壁竣工圖說保留完整，搶救人員得以迅速判明漏水位置並在釀成大災難前將破洞封堵。早年因連續壁破洞所造成之災變層出不窮，或造成鄰房損毀，或造成道路坍塌，水牛消失及地下室淹大水事件不過是其中一個特例。

有感於因連續壁接頭處理不良所造成之災變太多，李光雄及歐晉德先生遂潛心研究接頭淤泥之清理方式，並於工地中實際進行相關測試。最後完成之作品取名為「OL接縫」，並順利取得專利。「OL接縫」中之O及L乃分別代表歐晉德及李光雄先生英文姓氏中之第一個字母(Ou&Lee)。「OL接縫」之基本構思乃是在母單元端版上焊接一對角鋼，該對角鋼除用為接頭清洗工具之導軌外，亦可截斷地下水沿端版入滲之路徑(照片四、五)。在單元接頭之淤泥徹底清洗及截斷滲漏路徑之狀況下，連續壁單元接頭之水密性因此得以確保。「OL接縫」之技術細節曾發表於1991年美國大西洋城ASTM之會議中，亦由P.P. Xanthakos收錄於其所著作之Slurry Wall as Structural Systems (2nd edition, McGraw-Hill, 1994)一書之中。

OL接縫發展完成後，單元接縫之止水性獲得大幅度之改善，每挖必漏之狀況已不復見，但李光雄先生對所承接之連續壁工程進一步喊出「漏水我喝」之豪語，以砥礪員工自我要求，並確保施工品質。「漏水我喝」一詞雖頗震撼嚴苛，但亦代表李光雄先生對OL接縫及其自身連續壁施工技術品質之信心。



照片四 李光雄與歐晉德先生檢視 OL 接縫鑽心樣品



照片五 OL 接縫鑽心樣品

#### 四、高分子穩定液

另外一個影響連續壁品質之要素乃是穩定液品質之控制。早期之連續壁穩定液皆採皂土(Bentonite)為主劑，另添加CMC或FBL等藥劑使用。但皂土穩定液之使用極為不便，性質亦難控制，導致因穩定液控制不良所產生之災變層出不窮，包括連續壁槽溝崩坍或主筋外露(俗稱排骨)等現象。李光雄先生提及早年於杭州南路某工地晚間施作連續壁時，忽然聽見有人在叫救命，原來是因穩定液控制不良導致槽溝外側發生崩坍，而工地邊眷村恰有一對好夢方酣之老夫婦連人帶床墜入崩坍區，驚恐之餘遂大呼救命。高雄最早之一棟超高層大樓之連續壁，亦有因皂土穩定液遭海水破壞而致壁體嚴重包土之狀況，工地人員手持#4鋼筋即可於包泥之接頭處刺穿90cm厚之連續壁。凡此種種，皆為皂土系穩定液控制不良所造成，對施工廠商而言始終是地下室開挖之嚴重威脅。

李光雄先生與謝旭昇博士於1991年赴美國大西洋城參加ASTM之技術研討會，與美國高分

子系列穩定液之製造商會面，並將其提供之樣品攜回國內進行測試。測試之項目包括比重及粘滯度等，以及最重要之半致死濃度試驗，再再確認其性狀適合連續壁施工所需，且不致對人體或地下水造成危害。經完整體之測試後，李光雄先生於1992年首度於台北市敦化南路工地使用高分子系之穩定液，產品之名稱為「超泥漿」(Supermud)。該工地之試驗成效超乎預期(照片六、七)，後續之工地遂全部改用高分子系統之穩定液。高分子穩定液亦迅速為其他連續壁施工廠商所採用，使整體連續壁之施工品質跳躍至下一個世代。李光雄先生對高分子穩定液之引進頗多感嘆，該項產品之廣泛使用導致磐固公司在連續壁之施工品質上不再具有絕對之優勢，在業務承攬上必須面對殘酷之殺價競爭。但不可諱言的是，高分子穩定液之引進確實提高了連續壁之施工品質，對整體營造業及社會具有不可磨滅之貢獻。

### 五、T型內扶壁及壁中井

T型扶壁首見於台北市八德路及復興北路交叉口之深開挖工地，其目的在對於基地後側之鄰房提供保護。初期T型扶壁之設計及施工方法仍在摸索階段，但花蓮市的一個特殊深開挖案例將內扶壁之使用推至極限。該案之業主為李光雄先生之多年好友李政憲先生，李政憲先生為國內高層建築之先驅，曾負責台電大樓及台大醫院之新建工程。因花蓮地區鮮少深開挖工程，支撐型鋼材料之運輸補給極為不便，因此李政憲先生希望李光雄先生規劃突破性之作法以處理該深開挖個案。李光雄先生與胡邵敏博士先於工地挖掘試坑，觀察試坑穩定性及地下水位之變化。該試坑雖隨時充滿地下水，但經靜置兩週後，發現試坑仍保持穩定狀態，顯見該區域地層穩定但地下水極為豐富。經與李政憲先生及胡邵敏博士數度討論後，李光雄先生靈機一動，決定利用內扶壁之勁度以取代傳統支撐進行無支撐開挖。該作法必須配合連續壁施工，先抓掘T型槽溝，再澆鑄混凝土構成一體之T型單元。此外，花蓮地區乃屬水量豐富之卵礫石層，不論連續壁貫入深度之深淺，皆必須配置相當數量之抽水井於開挖時抽降地下水，而日後如何封閉這些抽水井亦屬頭痛問題。



照片六 高分子穩定液連續壁面之薄層淤泥  
(楊建西先生)



照片七 美國高分子穩定液廠商之感謝狀

為解決相關之抽水問題，李光雄先生提出突破性之壁中井觀念，即是於連續壁中預埋8英寸直徑之PVC管，開挖前鑿穿PVC管底部，置入抽水幫浦而成為一壁中抽水井(照片八、九)。壁中井之使用除可降低鑿井費用之外，亦完全避免結構體完成後之封井問題。而且就相關抽水理論而言，壁中井乃最有效率之降水方式，可在最少抽水量之情形下完成開挖，對周遭地區之影響程度亦可降至最低。該案之施工李光雄先生極度重視，特別派遣公司高層之劉泉枝博士親赴工地監

督。在業主代表楊瑞偉先生(劉泉枝博士成大土木工程系之同學)之極力配合下，花蓮案依計劃順利完成，寫下地下開挖史之新頁(照片十)，壁體之最大側向變位僅約1.5cm。數年後於屏東市嘗試更大規模之開挖，開挖面積接近40,000m<sup>2</sup>，亦以類似花蓮內扶壁之方式順利完成開挖(照片十一)。



照片八 壁中井預埋管



照片九 壁中井完成圖



照片十 花蓮無支撐開挖案例



照片十一 屏東無支撐開挖案例

現今內扶壁及地中壁早已大量應用於深開挖工程，壁中井亦廣泛使用於捷運工程之深開挖，但如花蓮及屏東案例採用內扶壁進行無支撐開挖之狀況可能不會再出現，畢竟無支撐開挖須要相當之勇氣及傻氣。李光雄先生亦再三提醒，內扶壁無支撐開挖適用於特殊地質及特定條件，非一般工地皆可一體適用，橘逾淮而北為枳，畫虎不成反類犬，使用時但請特別注意。

#### 六、TORS A

TORS A乃是Taiwan Originated Retaining Structure Analysis之縮寫(暫譯為「源起於台灣之擋土結構分析程式」)，其實也是程式原作者程日晟先生之綽號(土殺，亦稱塘虱，台灣原生魚種，以台語發音)。李光雄先生大力支持TORS A程式之發展，並決定將發展完成之TORS A贈與「地工技術發展基金會」，由基金會發行銷售以充裕基金會之經費。TORS A程式目前已廣泛使用於工程界及學術界，銷售約達180套左右，減低了不少基金會之財務壓力，此也是李光雄先生對基金會之一點心意。

## 七、生命中的轉折

李光雄先生於三力顧問/磐固工成創始至今已曾遭遇兩次重大轉折，一是1992年因開車打盹，於高速公路中壢戰備道北上58K附近連人帶車衝出路肩，墜入路旁剛插秧之水稻田，嚇壞耕作中之農夫。李光雄先生座車墜落高度約達10公尺，水平偏離約15公尺，田中滑行約達一百公尺(照片十二)。車輛雖嚴重毀損，但李光雄先生則因安全帶發揮作用，僅受驚嚇而未受傷，赴現場拖吊之業者亦稱奇不已。李光雄先生特別感謝林永光先生多次提醒開車須繫安全帶，雖然當年政府尚未有此硬性規定。經此一事，李光雄先生頓感人

生無常，日後行事但求圓滿，即使吃虧亦無所謂，常謂吃虧就是佔便宜。

2004年初李先生因長年積勞，身體不適住院治療，痊癒出院後毅然引退，交棒予長期陪養且堪稱一時之選之年輕專業團隊。李先生衷心期許接續三力磐固志業之團隊在既有之基礎上砥礪精進，貢獻社會，造福子孫，此實乃李先生之最大願望。

以上所述不過其事蹟之一二，但望李光雄先生於含飴弄孫之餘，仍能撥冗撰寫連續壁之相關掌故以饗地工讀者。



照片十二 由高速公路飛落路邊水稻田(北上 58K，車型 VW Jetta)