



## 台灣深開挖工程技術 —追求完美、止於至善

胡邵敏



胡邵敏博士，民國 33 年生，中華民國土木工程技師。畢業於國立成功大學土木系，並獲得泰國亞洲理工學院土壤工程碩士及首位大地工程博士學位。曾任成功大學土木工程研究所客座副教授兩年，亞新工程顧問公司及其新加坡分公司十三年，工作遍及東南亞。民 79 年起至今服務三力技術工程顧問股份有限公司和磐固工程股份有限公司，現職為首席資深顧問。

胡博士曾任地工基金會第四屆董事長，主編「樁基工程」及「山岳隧道」叢書，並發表工程論文八十餘篇，多次擔任工程研討會專題演講人，並於 2009 年榮任第十三屆大地工程研討會講座主講人。

胡博士早年本著「不入廚房，焉能教人煮菜」的理念從學界轉入工程界，進入工程界後更體會到「地工問題在工地」。若要提高地工水準，首先要協助施工廠商，故於 20 年前毅然親身投入台北捷運工程，協助各承商完成南港線、土城線、中和線、蘆洲線等工程。民 89 年起至今，專任新莊線鹿島／榮工／皇昌／JV 之 CK570C 標及松山線前田營造 CG590A 標之開挖、灌漿、抽水專家顧問。已順利完成台北捷運最複雜開挖最深 (40.5m) 之新莊線道岔段工程。

八年前胡博士應邀重入「廚房」工餘在成功大學土研所兼授工程實務課程，去年起亦在台灣大學土研所兼課。自稱「白頭宮女」的胡博士喜與年青學子「閒坐說玄宗」。

承蒙「地工技術」之邀為本期「大型建築物基礎開挖」專輯撰寫贈言，實感無尚榮幸。

台灣深開挖工程無論在分析設計、施工技術上已居世界領先地位。能有今天傲人的成果，實是地工界以往數十年來共同不斷努力突破的經驗累積。然而今後將面臨更嚴苛的環境，進行愈深與愈大的開挖工程須求，待克服的困難亦遠比過去的問題更複雜。在此謹以「追求完美、止於至善」作為繼續奮鬥目標，並期與地工界共勉之。

台灣深開挖工程因應民防條例及地下空間須求，萌芽於 70 年代初，發展至今已歷四十年，其過程略可分為四個階段，每一個階段發展各具不同背景原因與困境，且聽「白頭宮女」話舊事：

(一) 萌芽階段 (1970~1980 年) – 70 年代初期很多新建物規畫有一、二層地下室，基

礎設計採用浮式箱型筏基，開挖深度大多在 10 公尺以內。當時鑽探調查工作應卯多於確實、開挖設計欠周詳、施工技術落後、擋土措施只用預壘排樁或鋼軌樁加插木板，支撐系統採用木條斜撐或水平撐。本階段中期始有型鋼支撐引進，地錨背拉系統亦偶有使用。由於舊建築規範不完備，開挖設計尚未包括各項大地工程分析，故大樓開挖基地發生坍塌災變的事件極多，包括台北市之慶城街、士林天母、迪化街、基隆市愛三路、高雄市莒光街等大樓工區，肇因大多是在軟弱地層中設計貫入深度不足、擠壓隆起過量或砂質地層中引起地下水滲漏、湧砂導致失衡。施工時或因超挖、地錨施作失效造成地質滑動，諸多失敗案例讓工程界體會大地工程調查分析的重要性。此階段的承商亦逐漸引進施工新技術，例如連續壁工法、預力型鋼支撐等，開始接受施工安全監測觀

# 地工技術

## (二) 開挖安全監測階段 (1980~1990 年)

此階段興建大樓之風極盛，很多地下室設計超過三、四層，開挖深度達 15 公尺。開挖設計除了重視工址調查、大地分析及各項參數選取外，亦開始注重分階開挖之應力應變變化。由於當時尚未有適當之開挖分析軟體可用，設計者多沿用結構學之連續梁分析方法，為了要驗證其設計參數的妥適性，業主/承商亦為保障施工安全及減少鄰損的賠償，均樂於進行施工安全監測。當時開挖監測工作是由顧問公司全程派駐一組數名工程師/技術員，負責儀器採購、安裝、測讀、分析及預估開挖安全性。監測項目偏重於支撐應力、擋土壁土壓、變位、鋼筋應力、地面隆起/沉陷及地下水壓力等。此期間共完成之監測案例估約五十件，建立了本地開挖工程最有價值的資料庫。後期設計者利用前期開挖經驗回饋分析進行可靠設計。學術界於 1984 年開始嘗試以有限元素分析法分析案例資料。同時監測工程師亦紛紛自行研發分析工具，以應付現場每階開挖安全預估，為本土軟體研發立下紮實根基。此期間承商在施工方法上，大量採用皂土穩定液挖掘連續壁。礙於經驗尚不足，施工水準參差不齊。開挖成敗優劣，端視承商之施工品質。

此階段後期引進日本之彈塑性分析法，簡化分析開挖變位問題，對瞭解鄰建物保護工程幫助很大。

(三) 技術躍進階段 (1990~2000 年) – 本時期由於台北市、高雄市多幢超高樓地下室的興建與台北捷運地下工程全面動工，開挖技術躍進。設計上，從彈塑性分析法之後引進商用套裝軟體如 RIDO 等。施工技術上為了提昇連續壁品質，全面使用油壓抓斗機械施作，接頭改進及穩定液改用高分子聚合物，降低了壁體漏水漏砂風險。又為了減少開挖壁體側向位移量，在軟弱地層工區內進行土質改良。本階段開挖深度動輒已達 15~25 公尺，開挖愈深，地下水壓愈大，地下水止水灌漿處理技術要求更嚴格。此時期所面臨之問題是部分施工承商未能掌握施工品質，致造成：

# 技術

- (1) 因擋土壁體瑕疵造成鄰地漏失。
- (2) 軟弱地層中壁體側向變位量過大，導致翻覆坍塌。
- (3) 未預先落實鄰房保護，引致鄰建物沉陷、傾斜或龜裂。

本階段的安全監測因需求量大增，導致專業監測承商低價競爭，監測水準大幅下降，兼且未能及時進行回饋分析，安全監測之預警功能漸失。

(四) 改善損鄰階段 (2000~2010 年) – 此階段之主要工程有台北捷運二期路網、高雄捷運及超高樓興建、都市更新計畫等，地下開挖深度昂然增至 30-40 公尺。在開挖設計上，大量採用橫置連續壁及扶壁，有效抑制壁體變形量。但由於開挖深度增加，巨厚連續壁每一單元施工常耗時長達 2-3 天，遇到不良土層或多角異形單元即無法維持槽溝穩定，或擠進過多土量，造成內外側地層下陷。這類鄰近施工問題，明顯發生在北捷二期路段，或捷運營運中路段兩旁新建工區。大型基地開發時常用深層抽降水減壓以克服底部隆起，由抽降水所引起之大規模地層下陷、建物基礎下沉等問題，逐漸浮現。現時大地分析工具雖已進步至二維/三維有限元素分析，但過分大膽的設計，却常超乎施工技術所能控制。

在此謹提出幾點建議相贈：

1. 開挖設計者應從施工可行性角度來進行設計，避免出現不能實現的「夢幻設計」。
2. 儘量採用圓形地下結構，增加開挖穩定性，節省材料與成本。
3. 大型建物基地分切成小基地，分塊施工，縮減開挖時間。
4. 連續壁施作改用小單元，簡化接頭方式，降低土層開挖坍塌之機率。

總之，台灣之深開挖工程，從以往的「不挖垮」作為最低安全目標走到未來「不讓鄰地因開挖而變形」的理想境界，仍有待工程界共同努力。加油！