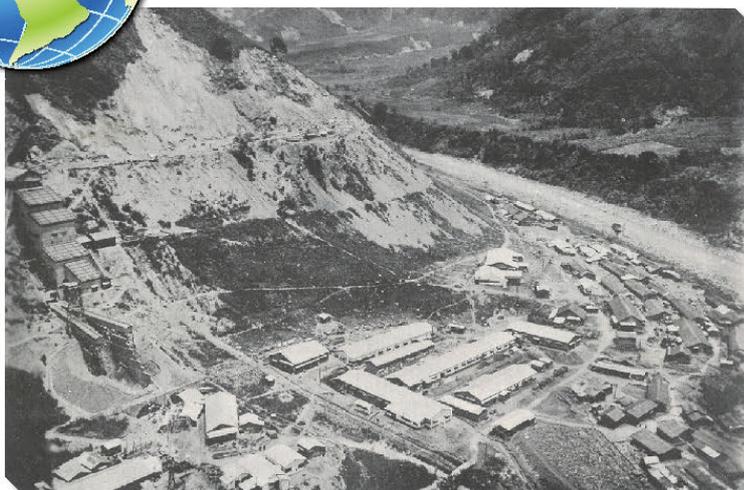


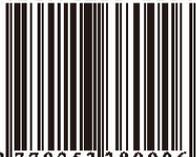
土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

October
2014

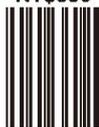


ISSN 0253- 3804



9 770253 380006

NT\$300



Volume 41, No. 5

中國土木水利工程學會 發行
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

減災救災
都市維生管線
維護及管理

政府推動
工程產業全球化



築·光

三角形中的光影交錯

亞洲大學安藤美術館



德昌營造

TE CHANG CONSTRUCTION

心/技/合/一

誠心·信心·專心
技能·技術·技巧

土木水利雙月刊

中國土木工程學會會刊



封面
相片
左上：工程產業海外發展策略聯盟成立
右上：複雜之都市地下維生管線系統
左下：2015國際橋樑研討會之台灣主題館概念圖
右下：八十年前日月潭水庫千卓萬工區

土木水利半月集

網多利用

土木社群 網頁
www.ciche.org.tw

先進工程社群

- 混凝土工程
- 鋼結構
- 運輸工程
- 鋪面工程
- 資訊工程
- 工程管理
- 系統工程
- 先進工程
- 非破壞檢測

永續發展社群

- 永續發展
- 國土發展
- 水資源工程
- 大地工程
- 海洋工程
- 環境工程
- 景觀工程
- 綠營建工程
- 能源工程
- 天然災害防治工程
- 工程美化
- 營建材料再生利用

國際兩岸社群

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習社群

- 工程教育
- 終身學習
- 土木史
- 工程教育認證
- 大學教育
- 技專院校
- 學生活動

學會活動社群

- 學會選舉
- 學術活動
- 土水法規
- 介紹新會員
- 專業服務
- 學會評獎
- 學會財務
- 年會籌備
- 會務發展
- 會士審查
- 公共關係 [工程倫理]

出版活動社群

- 中國土木工程學刊
- 土木水利雙月刊
- 土木水利半月集

分會活動社群

- 土水學會
- 土水南部分會
- 土水中部分會
- 土水東部分會

發行人：呂良正

出版人：中國土木工程學會

主任委員：宋裕祺 (國立台北科技大學土木工程系教授)、(兼總編輯)、(編輯出版委員會)

副主任委員：王華弘 (明新科技大學土木工程與環境資源管理系副教授)

委員：王昭烈、李維森、周中哲、周功台、周頌安、徐景文、高邦基
張添晉、劉格非、陳立憲 (依姓氏筆劃排序)

秘書：來慧敏

定價：每本新台幣300元、每年六期共新台幣1800元 (航郵另計)

繳費：郵政劃撥00030678號 中國土木工程學會

會址：110055 台北市中正區仁愛路二段一號四樓

電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

網址：<http://www.ciche.org.tw>

電子郵件信箱：service@ciche.org.tw

印刷者：中禾實業股份有限公司

地址：22161 新北市汐止區中興路98號4樓之1

電話：(02) 2221-3160

中國土木工程學會第二十一屆理監事

理事長：呂良正

常務理事：曹壽民 沈景鵬 張荻薇 陳仲賢

理事：莫若楫 曾大仁 楊偉甫 歐來成 歐善嘉 龔誠山 王昭烈

李咸亨 周永暉 鄭國雄 馬俊強 黃洪才 丁澈士 張武訓

蔡清標 吳瑞賢 陳存永 鄭文隆

常務監事：周南山

監事：楊永斌 李建中 張培義 許俊逸 黃燦輝 賴世聲

秘書長：倪惠妹

副秘書長：賴勇成

中國土木工程學會任務：

1. 研究土木水利工程學術。
2. 提倡土木水利最新技術。
3. 促進土木水利工程建設。
4. 提供土木水利技術服務。
5. 出版土木水利工程書刊。
6. 培育土木水利技術人才。

土木水利雙月刊已列為技師執業執照換發辦法之國內外專業期刊，土木工程、水利工程、結構工程、大地工程、測量、環境工程、都市計畫、水土保持、應用地質及交通工程科技師適用。

中國土木工程學會和您一起成長！

中華郵政北台字第518號 執照登記為雜誌 行政院新聞局出版事業登記証 局版臺誌字第0248號

土木水利

雙月刊 第四十一卷 第五期

前進國際化

- | | | |
|---|-----------------|----|
| 📖 政府推動工程產業全球化之前瞻策略及進展 | 許俊逸／徐景文／林 傑／蔡志昌 | 4 |
| 📖 強化人際連結與人力資源發展
— 促進專業工程師跨境移動以策進APEC區域整合 | 廖貴燕 | 10 |
| 📖 哈薩克共和國 — 中亞最閃亮的新興經濟體 | 張德文 | 15 |
| 📖 東南亞工程教育認證 | 顏家鈺／劉曼君 | 21 |
| 📖 獲取美國專業工程師證照新契機 | 王華弘 | 24 |
| 📖 台灣受邀成為2015國際橋梁研討會主題機構 | 陳銘鴻／黃紹翔 | 31 |
| 📖 什麼是「鑑識工程」(Forensic Engineering)？ | 陳治欣 | 36 |

減災！救災！

- | | | |
|-------------------------|-------------|----|
| 📖 都市維生管線之維護及管理 — 以下水道為例 | 陳賜賢 | 38 |
| 📖 跨孔式地電阻法於深埋管探查之應用 | 蔡道賜／黃富郎／柯瑞祥 | 46 |

「土木產業白皮書一向政府建言」計畫

規劃為國土規劃、永續發展、營建產業三個主題與十二個子題：



主題一 國土規劃：七個子題

「國土發展」、「水資源」、「大地」、「海洋」、「環境」、「運輸」與「防災」。

主題二 永續發展：三個子題

「永續」、「綠營建」、與「能源等」。

主題三 營建產業：三個子題

「設計顧問」、「營造」與「設計顧問與其營造共同性」。

103.12.6 學會中有精彩論壇、公開辯論，歡迎各界踴躍參加！請填寫報名表！

工程技術及發展

- 📖 應用高強度鋼筋與高強度混凝土於橋墩耐震設計之可行性研究
劉光晏／宋裕祺／黃世建／張國鎮 50

土木與文明

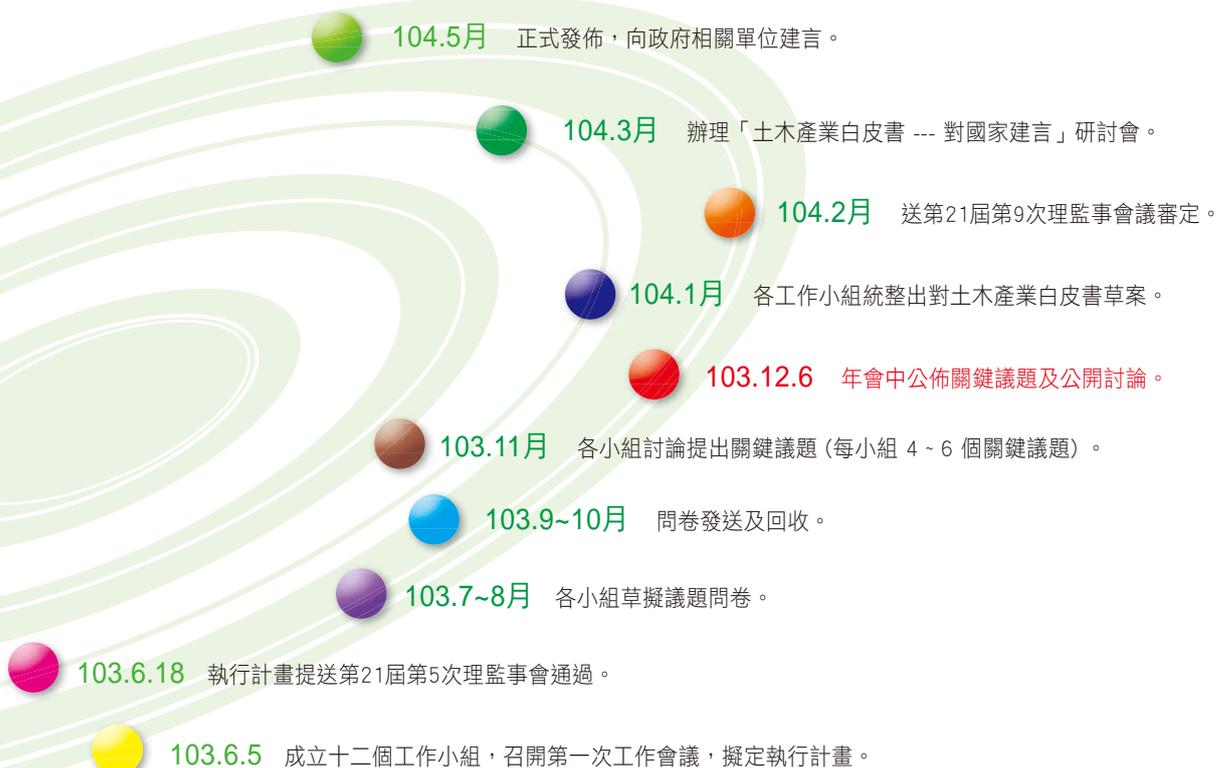
- 📖 略述八十年前日月潭水電工程技術 — 以鹿島組為例 林炳炎 62

活動與交流

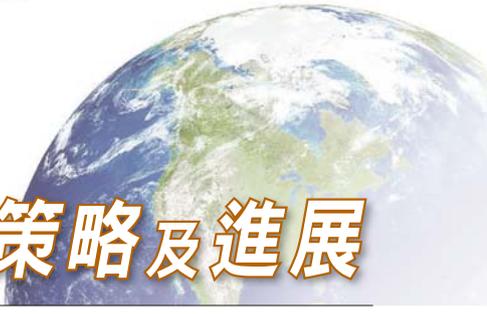
- 📖 能源委員會 — 2014年能源論壇研討會報導 陳怡如 68
📖 103年學生3D BIM軟體應用競賽報導 周頌安 72

秘書處報告

- 📖 103年會員會籍整理工作紀要 秘書處、會員委員會、資訊委員會 74



政府推動 工程產業全球化之前瞻策略及進展



許俊逸／行政院政務委員兼公共工程委員會主任委員

徐景文／行政院公共工程委員會技術處處長

林 傑／行政院公共工程委員會技術處副處長

蔡志昌／行政院公共工程委員會技術處簡任技正

前言

在國內工程建設經費投入趨緩，海外新興市場工程商機蓬勃發展之際，國內工程產業界對「走出去」開拓海外市場已有共識，並多所期待。依據行政院公共工程委員會（下稱工程會）統計資料顯示，今（103）年上半年「工程技術顧問公司」海外工程得標金額約新臺幣（下同）18.7億元，已超越去（102）年全年14.1億元；另就「營造業」而言，今年亦已於新加坡、東南亞及中東地區承攬多件標案，得標金額達750億元；顯示在產業界共同努力之下，全球化的步伐已經展開。

工程會基於技師法及工程技術顧問公司管理條例之主管機關立場，近年來積極以前瞻思考，蒐集各界建言及外國政府作法，主動邀集產官學各界，就工程產業全球化策略舉辦座談會，統籌民間力量與意見及加強與政府各部會溝通，並提出「工程產業全球化推動方案（政策白皮書）」，包含六項目標及十八項推動策略，結合外交部、經濟部、內政部等跨部會資源，爭取於103年至106年四年內投入1億元，預期將協助工程技術顧問業於106年底達成「234」目標，即新闢2個國家市場、協助3家業者進入全球225大國際工程顧問公司、及海外技術服務顧問得標金額增加4億元；另營造業部分，也將逐步協助，並滾動檢討納入前揭績效目標。

前揭推動方案於今年6月16日奉行政院核定，行政院江院長宜樺續於7月10日行政院第3406次會議

裁示：「工程產業爭取海外市場有很多優點，不但可以帶動工程顧問業、營造業及設備業等關聯產業輸出，也會有帶動整體經濟發展的效果。工程會及各相關部會以主動協助工程產業發展之積極作為，提出『工程產業全球化推動方案』，應予肯定。請各相關部會透過本方案分工事項積極辦理，並請外交部及經濟部研議駐外單位之績效評鑑機制，加入一些項目以激勵駐外人員積極協助蒐集相關商業情資，有效協助國內工程產業爭取海外標案。」可見整體行政部門對工程產業界的重視，並可預期駐外單位也將更進一步協助工程產業開展海外業務，對業者爭取海外市場是一大鼓舞。

本文除摘要說明政府對於推動工程產業全球化的整體策略，並更新重要策略的執行情形外，也就國際間工程產業的近況發展予以概述，俾供有意爭取海外業務的產業參考運用。

工程產業發展趨勢

全球工程市場持續擴大

綜觀全球工程市場，因區域經濟快速的整合變化以及人們對文明生活的追求，工程產業的市場永遠有機會，依據2013年公布的Global Construction 2025 [1]分析數據，預估全球工程產業產值於2025年將較現況成長約70%，達到15兆美元。可見全球工程產業市場相當龐大，我國工程產業全球化的開拓空間還很大，工程產業全球化可以為當前產業發展的重點方向。

我工程產業近年來於東南亞及印度市場已有初步收獲，為利業者進一步了解前揭潛在市場所在及切入機會，工程會委託專案辦公室綜合國內外相關組織客觀資訊作第一層級量化資料分析，進一步篩選優先具備開發潛力國家，再深入進行第二層資料相關分析。分析條件包括：國家整體條件指標 - 含國土幅員、人口數、經濟發展、政經成長、國際化指標共 5 個子項指

標；及國際外交現況 — 含地緣關係、國際金融援助、區域地位、技術廠商潛力共 4 個子項指標。目前篩選出之國家包括印尼、馬來西亞、緬甸、菲律賓、越南及印度計 6 處潛在市場 [2]，其工程市場商機規模每年約為 58.7 億美元，主要大宗為運輸、能源及水利工程，分別占 19.8、15.7 及 10.3 億美元，詳如圖 1；適合我商投入之計畫類型如圖 2。

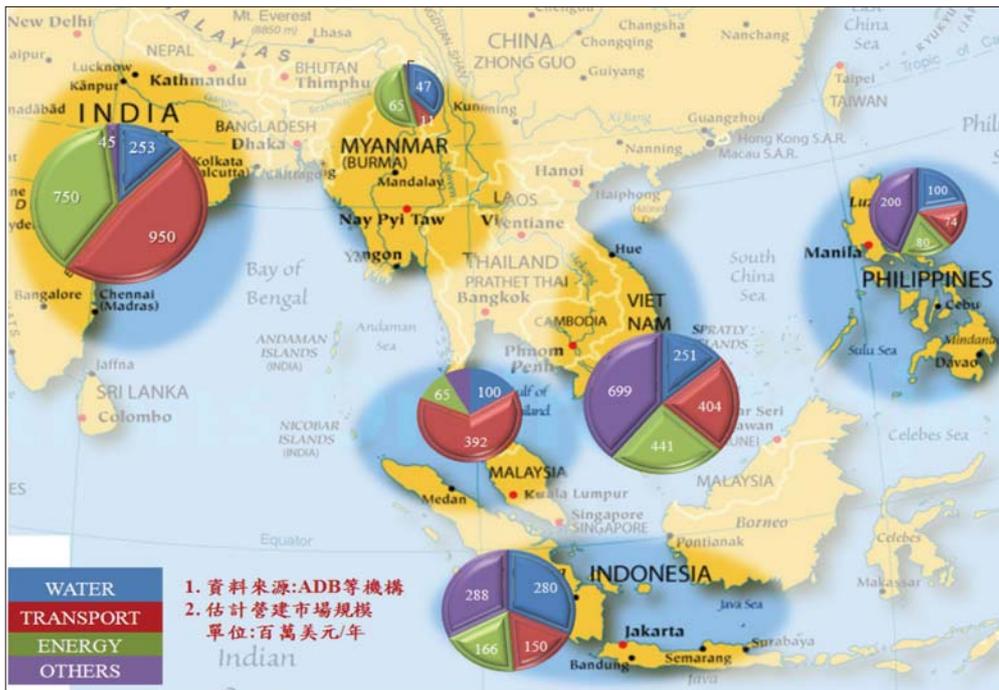


圖 1 東南亞及印度潛在工程市場商機 — 領域及規模



圖 2 東南亞及印度潛在工程市場商機 — 適合我商投入之計畫類型

工程產業併購朝大型化發展，提供整合性服務

今年 7 月 13 日，美國營收排名第 1 名的工程設計公司 AECOM（也是全球營收第 1 名）宣布以 60 億美元併購 URS 公司（工程設計營收排名美國第 3 名，工程興建營收排名美國第 16 名），合併後，全球員工總數約 95,000 名，年營收約 191 億美元，成為美國第 2 大的工程公司，僅次於 Fluor Corp.。另依 AECOM 資料顯示 [3]，其併購之目標，即係成為第 1 大完全整合基礎建設公司（Becoming the Premier Fully Integrated Infrastructure Firm），由於 AECOM 原僅有建築及工程設計（engineer-architect, E/A），併入 URS 後，業務內容擴增至營建（engineer-architect-contractor, E/A/C），可以提供設計及興建的服務。

另查 ENR2014 海外業務排名前 225 大國際工程顧問公司之經營型態，包括 E、A、E/A、A/E、E/A/C，國外大型工程標案常採用 Turnkey 或 Design-Build 之統包方式，國外大型顧問公司多具有獨立承攬之能力，無需再另尋求其他廠商共同具名投標（Joint Venture），可避免增加工程界面，更具有競爭力。由 AECOM 公司的例子來看，縱使其已身為設計公司的翹楚，為謀公司的長遠發展，仍積極向下游整合，併購營建廠商，成為具備單獨參與統包工程標案能力的廠商，可為國內業者借鏡。

除了設計及施工能力的整合外，國際市場上已推出愈來愈多的 PPP（Public-Private Partnership）案件，業主更進一步希望廠商具備整合服務能力（Design-Build-Finance-Operate-Maintenance, DBFOM），我國業者財務能力普遍有限，資本額亦不高，若欲朝國際發展，勢必需及早因應，考慮整合及轉型。

引入 BIM 新技術，提升生產力及競爭力

工程產業導入建築資訊建模 BIM（Building Information Modeling）的正面效益已陸續被報導，近期 McGraw Hill Construction 2014 年 Smart Market Report 所蒐集歐美亞澳 10 個國家的營造廠報告顯示，有四分之三的營造廠在投資 BIM 的相關計畫上獲得了正面的投資報酬 [4]，其應用也從建築物領域擴大到非建築物領域。工業製造類工程（如發電廠、油電設施等）的 BIM 使用

率為 32%，基礎建設類工程（例如公路、橋梁、隧道、水庫等）的 BIM 使用率為 20%，因此爭取國際標案的工程廠商，已普遍具有 BIM 設計或施工的能力，預期未來 2 年與 BIM 有關的業務量將成長 50%。此外，美、英、日、韓、星等國政府也大力推動 BIM 的應用，例如英國政府要求 2016 年以後的公共工程導入 3D BIM、韓國預定於 2016 年將 BIM 導入至所有公共設施中、新加坡政府預計於 2015 年起，所有公私建築必須使用 BIM 送審及興建。因此 BIM 已成為我商進入國際市場的必備要件，值得政府與產業界加以重視。

我國工程產業赴海外發展之利基與挑戰

在利基方面：我工程產業具有完成臺灣高速鐵路系統、北宜高速公路雪山隧道、臺北捷運路網、臺北 101 大樓等世界級工程的專業能力。另外，臺灣經常遭遇地震與風災之天然挑戰，災後重建工作經驗及氣候變遷議題，也有成功因應之經驗，值得各國參考。而專業人力成本，相較於歐美及日本等國家，我國的人員薪資相對具競爭力，但人員質素與其他國家不相上下，亦為我國爭取全球市場的優勢。

在挑戰方面：國外工程多採統包，國內統包案件量少，國內工程產業分工過細，工程技術顧問業（顧問公司、建築師）及營造業需進一步整合，以利廠商於國內取得業績，進而投標海外工程；而且廠商規模太小，在全球間之知名度及業績尚有不足。另外，業者海外投標及履約週轉需押標金及保證金等之資金籌措，廠商財務能力普遍不足；國內工程人員大多數長年從事國內業務，欠缺國際經驗，尤其對於國際商務（財務、法務、外國語）及契約管理之經驗更為不足，亦為取得標案需克服之難題。

政府前瞻策略

工程產業全球化推動方案 [5] 以「強化推動組織」、「把握政府資源之海外標案」、「降低海外工程市場進入障礙」、「提升產業全球競爭力」、「提供誘因，鼓勵邁向全球」及「個案協助業界赴海外發展」六大目標，研提 18 項具體策略，如圖 3，期望有效協助國內工程產業爭取海外標案，摘要說明如下：

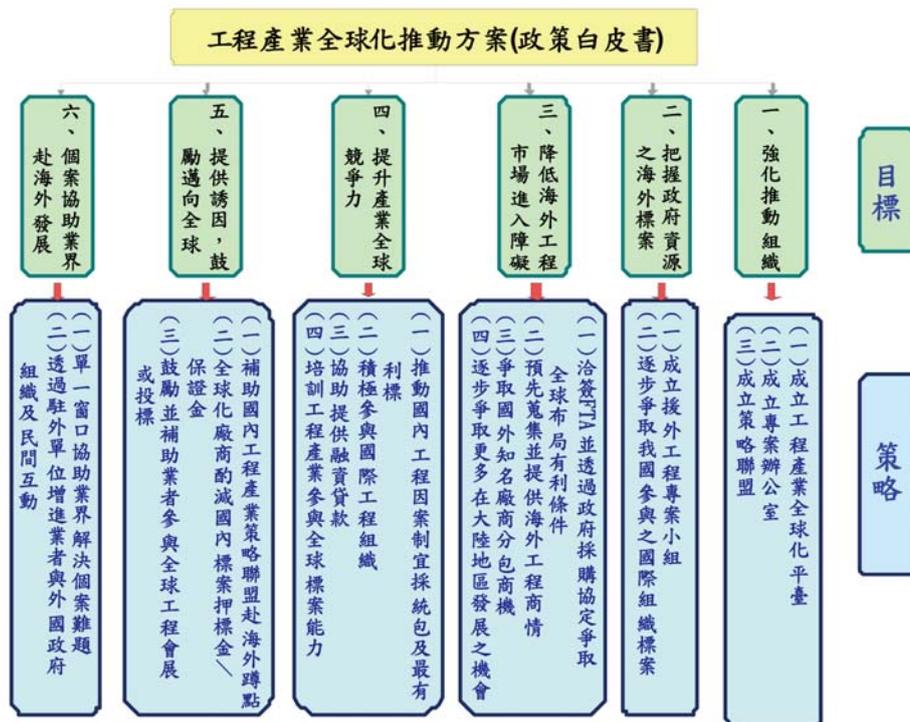


圖 3 工程產業全球化之推動策略

強化推動組織

■ 成立工程產業全球化平臺

工程會「工程產業全球化平臺」係結合 101 年 12 月 3 日成立跨部會的「工程產業國際化平臺」及 102 年 3 月 6 日成立「工程產業兩岸事務小組」，作為政府單一窗口，解決業界海外商情蒐集、參與國際金融組織標案、融資及取得工作簽證等疑難，透過平臺進行跨部會協調，有效解決國內工程產業於海外所遭遇的問題，為工程產業進軍全球奠定更強的競爭力。

■ 成立專案辦公室

工程產業全球化需長期推動，方有顯著成效，工程會經參酌日本之綜合商社及海外建設協會，韓國之海外營建協會之功能，於 103 年 4 月 29 日委外成立專案辦公室，提供專業意見及行政支援，協助工程產業全球化業務推展及研擬相關補助爭取海外標案之措施，並期該專案辦公室長期能成為工程產業全球化之智庫，補足行政部門人力及能力缺口。

■ 成立策略聯盟

專案辦公室 103 年 4 月 29 日成立同日亦促成工程產業海外發展策略聯盟，整合顧問公司、營造廠、設備材料供應商，並由專案辦公室依聯盟成員所關切

議題，適時與聯盟成員意見交流，以發揮策略聯盟成效，俾利朝大型化發展，一條龍共同爭取海外標案，目前已有廠商洽談策略聯盟共同備標事宜中。(工程產業海外發展策略聯盟暨專案辦公室成立，如圖 4)

提升產業全球競爭力

■ 推動國內工程因案制宜採統包及最有利標

為協助工程產業熟悉國際間常用的統包工程採購模式，提升工程效率和品質，並與國際接軌，工程會秉「因案制宜」原則，自 101 年底起，透過採購法規鬆綁、召開統包平臺會議、建置統包問與答、至各機關辦理教育宣導等作法，建構國內有利統包發展之環境，協助各機關以統包最有利標辦好工程採購，與國際接軌。

■ 培訓工程產業參與全球標案能力

為培育參與全球標案人才，工程會委託專案辦公室開設全球化相關培訓課程，邀請實務專家學者針對國內工程業者需求，開設課程，以實務案例及問題解析方式，進行經驗分享與知識交流，同時安排問題諮詢交流，藉此強化工程產業全球化能力，提升參訓學員之國際化技能及知識。不僅工程技術層面之提升，更加強契約管理、介面管理、溝通技巧、財務營運及外語等能力，以有效掌握及因應全球營建市場。



圖 4 工程產業海外發展策略聯盟成立（本會為創始會員之一）

■ 其他作為

工程會成立公共工程運用建築資訊建模（BIM）推動平台，以「循序漸進」與「因案制宜」柔性作法，逐步建構國內公共工程運用 BIM 技術之環境，使廠商熟悉 BIM 技術並與國際接軌。另成功爭取我國工程專業人員派駐國際金融機構，掌握該金融機構援助其他國家工程商機。

提供誘因，鼓勵邁向全球

■ 補助國內工程產業策略聯盟赴海外蹲點

營造工程具有強烈地域特性，非當地營造廠商欲參與該地區之營造市場，除非工程項目特殊，為本地廠商力有未逮者，否則其風險遠高於本地廠商，因此，目標市場蹲點並長期深耕為獲取海外標案不二法門，本會已著手擬訂補助國內工程產業策略聯盟赴海外蹲點計畫，策略性補助業界海外目標市場蹲點的初期成本，提高業界赴海外意願。

■ 全球化廠商酌減國內標案押標金 / 保證金

全球化廠商係指我國廠商得標我國以外之政府採購標案累計決標金額達世界貿易組織政府採購協定我國中央機關門檻金額（今年技術顧問服務案為新臺幣 600 萬元、工程案為 2 億 3,088 萬元）以上，於決標後一年內經相關中央目的事業主管機關審定登錄於主

管機關指定之資料庫公告，且在獎勵期間內者，機關辦理非條約協定採購案，得於招標文件中規定全球化廠商應繳納之押標金、履約保證金或保固保證金金額得予減收，其額度以不逾各原定應繳總額之 30% 為限（如該廠商為既有優良廠商，得合併減收 80%）。

推動方案近期成果

■ 召開策略聯盟會議並醞釀合作備標

迄今已召開 5 次聯盟會議（今年後續尚有一場待辦）。會議邀請成員及專家顧問進行分享，議題包含「業者海外得標資訊分享（分享單位 — 榮工新加坡捷運工程標）」、「歐洲復興開發銀行商機（分享單位 — 歐銀顧問專家）」、「印度市場商機（分享單位 — 中鼎、大陸工程、中鋼印度公司、國貿局）」。策略聯盟交流機制辦理方式已使聯盟成員產生回響，同時媒合其合作機會，包括促成歐銀顧問近期與工程業者將研商合作拓展中亞地區歐銀標案機會等。

■ 補助國內工程產業策略聯盟赴海外蹲點

工程會自 104 年起至 106 年，將爭取 3 年預算，執行「補助國內工程產業策略聯盟赴海外蹲點措施」，104 年度已籌編 1,800 萬元（尚待立法院預算審查同意），策略性補助業者開拓海外市場，初步研擬執行方式如下：

1. 補助個別或多家廠商聯合赴海外蹲點。

2. 申請補助者應研提 3 年期之計畫書，內容應包含團隊成員、目標市場、分年工作計畫、分年預期成果及計畫經費需求等。
3. 每蹲點案之總補助經費，原則以該計畫總經費 49% 為上限；另將訂定個案補助最高金額，如屬多家廠商聯合蹲點，上限額度得予提高，以鼓勵策略聯盟（母雞帶小雞、強強聯盟，例如工程顧問業結合營造業、機電設備業等產業鏈）。
4. 每年審查個案執行成果，檢討是否符合預期效益，滾動式調整計畫補助額度及目標市場。

■ 國內工程因案制宜採統包及最有利標

透過國際間常用的統包方式辦理政府採購，讓廠商於國內練兵，取得工程實績並與國際接軌。經統計 102 年統包最有利標案件決標計 105 案、552 億元；103 年 1 ~ 8 月則為 48 案、97 億元（另有 20 案、213 億元刻辦理招標作業）；相較於 101 年之 87 件、100 億元，各機關以統包最有利標辦理工程採購的意願，已明顯提升。

■ 培訓工程產業參與全球標案能力

為強化工程人員對於國際商務及契約管理能力，今年度辦理工程產業全球化教育訓練講習會北中南 3 場培訓活動。邀請工程界實務專家學者針對國內工程業者需求，開設「國際合約實務」、「透視國際工程履約關鍵與風險管理技巧」、「合約管理問題解析」、「開拓海外建案市場經驗分享」、「國際組織釋出標案與爭取標案分享」、「標案爭取問題解析」等課程，以實務案例及問題解析方式，進行經驗分享與知識交流，同時安排問題諮詢交流，藉此強化工程產業全球化能力，提升參訓學員之國際化技能及知識。活動分別於 7/29、8/14、9/4 舉行，參與人員逾 220 人。

■ 全球化廠商酌減國內標案押標金 / 保證金

工程會已配合押標金保證金暨其他擔保作業辦法新增規定，於 103 年 3 月 6 日發布「工程技術顧問業全球化廠商審定作業要點」，開始辦理工程技術顧問業全球化廠商名單之審核作業，目前中興工程顧問、台灣世曦工程顧問及中鼎工程公司業經審定為全球化廠商；營造業部分已另請主管機關內政部辦理。

■ 工程產業導入建築資訊建模 (BIM)

工程會於 103 年 5 月 23 日成立 BIM 推動平台，並

已召開 2 次平台會議，今年以鼓勵及試辦的柔性作法為主，預計完成非建築類公共工程試辦案例選案（公路類內政部已提 1 案、交通部已提 2 案；下水道類內政部已提 1 案；油氣及電力類經濟部已各提 1 案；航空、港埠及防洪排水類已請主管機關選案納入試辦中）、辦理 3 場教育訓練、蒐集統包運用 BIM 案例契約、研析公共工程技術資料庫串接 BIM 之作法與納入金質獎評分項目等目標，建構公共工程運用 BIM 技術之環境。

結論

工程產業在各國之經濟發展中，占有極重要之角色，協助工程顧問業及營造業承攬海外工程，將帶動國內水泥、鋼鐵、機械、運輸、電機相關產業之外銷市場，可提升經濟成長率及創造就業機會。

今年以來，在工程產業界共同努力之下，海外得標情形屢創佳績，啟動國內工程產業界「走出去」的步伐，然而面對全球工程市場大型化、整合化及運用先進技術的趨勢，有志向海外發展的公司仍需預為因應，提升自身競爭力。工程會將採循序漸進的作法，公共工程因案制宜採統包方式辦理，並引入建築資訊建模 (BIM) 新技術，協助產業逐步調適取得業績，俾利國際接軌，拓展海外市場。

工程會亦將持續依據行政院核定之「工程產業全球化推動方案」，長遠規劃法令鬆綁與政府協助事項，爭取預算，透過補助措施，拋磚引玉協助國內工程產業走向國際，由政府扮演促進者之角色，協助工程產業提高競爭力，爭取全球標案。

參考資料

1. 資料來源：<http://www.globalconstruction2025.com/>
2. 財團法人金屬工業研究發展中心，「工程產業全球化專案辦公室」委託專業服務案中報告，103.6.30。
3. AECOM，AECOM Investor Presentation, 2014.7.13 <http://investors.aecom.com/phoenix.zhtml?c=131318&p=irol-presentations>
4. 資料來源：<http://bradleybim.com/2014/01/10/download-mcgraw-hill-business-value-of-bim-for-construction-report/>
5. 行政院公共工程委員會，工程產業全球化推動方案（政策白皮書），103.6.16。 

強化人際連結與人力資源發展 — 促進專業工程師跨境移動以策進APEC區域整合



廖貴燕¹ / 國立清華大學科技管理學院經濟學博士

APEC 自 1989 年成立以來，伴隨亞太區域政經情勢之演變，區域經濟整合進展亦衍生諸多新興關注議題。今（2014）年第 6 屆 APEC 人力資源發展部長會議（HRDMM6）係勞動部長睽違 4 年後，於越南河內再次相約聚首。其中，如何促進區域人力與技能跨境流動以推進亞太區域經濟整合為一新興關注焦點。當前區域整合面臨風起雲湧變革之際，為因應各界期待，我國已於 HRDMM6 部長會議行動綱領內納入「強化亞太工程師跨境流動以促進區域整合」倡議，希冀為促進亞太專業工程師跨境流動以增加更多高品質就業創造條件。

亞太經濟合作會議（Asia Pacific Economic Cooperation, APEC）成立於 1989 年，為亞太地區最重要的多邊官方諮商論壇之一，其成員涵蓋之地理區域，包括東北亞、東亞、東南亞、大洋洲、北美及中南美地區共 21 個經濟體²。目前，APEC 經濟體所涵蓋之區域人口佔全球總人口 42%，國民總生產毛額佔全球產出 57%，區域內貿易總額佔全球 46%，會員體經濟相互依賴深，區域內貿易比重高達 72.6%。我國係於 1991 年以中華台北（Chinese Taipei）名稱加入，由於本組織活動最高決策層級達各經濟體之元首，所涉及議題幾乎涵蓋各會員體大部分行政部門之業務，APEC 已成為我國目前實際參與的最重要國際多邊機制之一，更成為我國擴展亞太市場或建立國際交流合作的重要管道。

伴隨亞太區域政經情勢不斷演變，APEC 近年人力資源發展關注焦點亦隨之與時俱進，本文闡述我國應順應相關新興議題發展機緣，於 APEC 人力資源發展

相關論壇更加關注促進人力與技術跨境流動性議題之際，積極回應產業界期待，透過公私部門協力（Public Private Partnership, PPP）方式，於 APEC 各式論壇與專業部長級會議之重要宣言與行動綱領上，致力納入我國領銜主導之「增進專業工程師跨境移動性以促進亞太區域經濟整合」倡議，並積極成為相關計畫之主導經濟體，爭取 APEC 各式論壇對相關倡議展現更多正面迴響，共為我國及亞太區域內提供更多高品質就業，以促進區域經濟整合與繁榮創造更多機會與條件。以下從 APEC 組織運作架構、人力資源發展領域新興關注議題焦點，以及我國倡議「促進專業工程師跨境移動以策進 APEC 區域經濟整合」之計畫內容等面向闡述如后。

APEC 組織架構簡介

APEC 組織架構設有資深官員會議作為運作的核心機制，目前下設 11 個工作小組（Working groups）、

1. 作者為國立清華大學科技管理學院經濟學博士，目前任職勞動部勞動力發展署國際科科長暨 APEC 國際事務專業小組執行秘書，長期參與 APEC 人力資源發展工作小組，並擔任該工作小組能力建構分組副國際協調人（CBN Deputy Coordinator）職務。
2. APEC 目前共有 21 個會員體，包括：澳大利亞、汶萊、加拿大、智利、中國大陸、香港、印尼、日本、韓國、馬來西亞、墨西哥、紐西蘭、巴布亞新幾內亞、秘魯、菲律賓、俄羅斯、新加坡、泰國、美國、越南及我國。

4 個委員會 (Committees)、2 個次級委員會 (Sub-committees) 及 8 個特別任務小組 (Task Groups)，負責推動貿易暨投資自由化與便捷化、經濟技術合作、性別整合、電子商務、人力資源發展、能源、工業科技、運輸、海洋資源保育、電信暨資訊、觀光、漁業、農業，及中小企業等領域的合作。

本文所介紹的強化人際連結與人力資源發展議題，在 APEC 組織架構主要係由人力資源發展工作小組 (Human Resources Development Working Group, HRDWG) 負責推動，HRDWG 成立於 1990 年，旨為從教育、勞動，及能力建構角度，透過三大網絡分組，即能力建構分組 (Capacity Building Network, CBN)、教育發展分組 (Education Network, EDNET)，以及人力與社會保障分組 (Labor and Social Protection Network, LSPN) 來推動相關研究計畫與倡議。

其中，CBN 分組成立宗旨經不斷與時俱進，當前工作重點為透過良善人力資源管理以增進跨國企業直接投資、推動人力資源技能開發與運用，以及策定職能基準以促進人員與技術跨境移動性等領域之交流與合作。由於 CBN 分組我政府係由勞動部勞動力發展署擔任主政部會，因長期經營有成，目前更成為該分組國際協調人，為我政府目前在 APEC 組織擔任分組主席職務之少數部會，對人力資源發展論壇議題走向有相當影響力，透過策略性推動，將賦予我國透過參與 APEC 相關人力資源發展論壇，於亞太區域倡議「增進專業人力與技能跨境流動性以促進區域經濟整合」，以爭取 APEC 支持與落實，創造天時地利之優勢與機緣。

由於 APEC 組織各工作小組在推動實務工作上，倘認為有提高協調層次之必要時，主要係透過召開專業部長會議方式，共同討論決定大政方針與策定行動綱領，以解決區域內的重要問題。在目前 HRDWG 運作機制下，勞動與教育部長等專業部長會議，均每 4 年召開一次，分別由主管人力資源或勞動，以及教育事務部會之各經濟體部次長級官員率團與會，為共同探討與解決區域內重要人力資源發展與就業議題之一大盛會。

APEC 人力資源發展新興關注議題

鑒於亞太地區已逐步走出 2008 年金融危機對全球經濟所造成之重大影響，去 (2013) 年主辦經濟體

印尼策定 APEC 主題為「活力亞太，全球成長引擎 (Resilient Asia-Pacific, Engine of Global Growth)」，三大優先議題為實現茂物目標 (Attainment of the Bogor Goals)、達成公平的永續成長 (Achievement of Sustainable Growth With Equity)，以及促進連結性 (promotion of connectivity)。其中，有關促進人力資源發展議題，主要係在促進連結性議題項下，該議題又進一步區分為促進實體連結 (Physical Connectivity)、促進制度性連結 (Institutional Connectivity)，以及促進人與人連結 (People-to-People Connectivity) 等三項子議題，呼籲亞太區域應重視透過人際連結，以致力促進人力資源發展。

今 (2014) 年 APEC 會議主辦經濟體為中國大陸，爰承前沿脈絡，以「推進區域經濟整合 (Advancing Regional Economic Integration)」、「促進創新發展、經濟改革及成長 (Promoting Innovative Development, Economic Reform and Growth)」，以及「加強全面連結及基礎建設發展 (Strengthening Comprehensive Connectivity and Infrastructure Development)」為三大議題主軸。承此，有關去年提倡之促進人與人連結，乃至今年倡議之加強全面性連結等新興議題，HRDWG 及所屬三分組均擔負相當重要之推動與落實相關倡議任務。

尤其，2014 年之重要性更勝以往，HRDWG 除於 2 月假大陸寧波召開例行性年度工作小組會議外，更適逢每 4 年提高協調層級之際，於 9 月 5 ~ 6 日假越南河內召開 HRDMM6 部長會議，共同研商決定亞太區域內勞動與就業議題之大政方針，並發表部長聯合宣言與策定未來 4 年新行動綱領，賦予相關工作小組與次級論壇全力貫徹任務。

由於今年召開 HRDMM6 會議，係繼 2010 年於北京召開之第 5 屆人力資源發展部長會議 (HRDMM5) 後，勞動部長睽違 4 年再次相約聚首，會中勞動部長與高階官員均針對新興焦點議題，例如如何透過人際連結，推進人力與技術之跨境移動性，以促進區域經濟整合等倡議多所關切，相關議案內容與發展情勢，值予詳加了解，以把握此新興關注議題發展機緣，透過公私部門協力，在 APEC 相關論壇分進合擊，使我國成為相關倡議與研究計畫之主導經濟體，方能順利

推動相關倡議，共為促進亞太區域專業人力與技術之跨境移動性創造更多條件。

由於 2010 年 HRDMM5 部長會議召開之際，係為因應前所未見之 2008 年全球金融危機所帶給勞動與就業市場之重大影響，導致「貧窮工作者」與失業情形遽增，會議焦點主要集中在失業課題，因此，如何因應金融海嘯，及其所衍生之日益嚴重財富分配不均，以及國際化與全球化所帶來的危機為重要討論議題。會議主題是「發展人力資源，積極促進就業及實現包容性成長」

(Developing Human Resources, Vigorously Promoting Employment and Realizing Inclusive Growth)，三個子題為「致力優先關注維持及擴張就業及採取就業導向之總體經濟政策 (Devote priority attention to maintaining and expanding employment and adopt employment-oriented macro-economic policies)」、「改善社會安全網、強化社會保障及提供弱勢團體就業協助 (Improve social safety net and reinforce social protection and employment assistance for the vulnerable groups)」、及「強化人力資源能力建構及培訓勞動力以復甦經濟成長 (Enhance human resources capacity building and prepare the workforce to revitalize economic growth)」，均強調照顧弱勢團體，鼓勵中小企業發展、分享經濟成長成果予社會大眾。

而 2014 年召開 HRDMM6 會議之時空背景，伴隨區域政經情勢變化已有所演變，此際，亞太地區已緩步走出 2008 年全球金融危機對就業市場造成重大影響之低盪，因此，今年 HRDMM6 主題為「經由人力資源發展促進高品質就業與人際連結 (Promoting Quality Employment and Strengthening People-To-People Connectivity through Human Resources Development)」，4 大子題為「支持包容性及永續性成長以關注全球化社會面向，包括弱勢族群之平等與需求 (Supporting Inclusive and Sustainable Growth to Address the Social Dimensions of Globalization, Including Equality and Needs of Vulnerable Groups)」、「強化人力資源品質以符合供應鏈需求 (Enhancing Human Resource Quality to Meet Supply Chain Demands)」、「促進勞工流動與技能發展 (Facilitating Mobility of Labor and Skills Development)」，以及「提高女性經濟參與 (Enhancing the Participation of Women in the Economy)」，對勞動與就業市場涵蓋議題之觸角更

廣、更細膩，並更與時俱進與兼容並蓄，注入對性別與不同勞動族群議題之多所關注，新興議題關切焦點已從「量增」轉向「質優」，非僅從增加就業以降低失業角度出發，而係呼籲亞太地區攜手開創更多高品質就業，並致力關注勞動力與技術之跨境移動性等議題，為實現區域經濟整合遠景攜手往前邁進。

我國促進人力與技術跨境移動相關倡議

由於我國勞動力發展署目前擔任 APEC CBN 分組國際協調人 (主席) 職務，為回應我國產業界與公協會對促進專業工程師跨境移動性之殷殷期盼，透過擔任 APEC CBN 分組領銜研撰與檢視重要會議文件機會，結合公私部門力量，致力將我國促進亞太專業工程師跨境移動倡議納入 HRDMM6 部長會議文件，呼籲亞太應透過推動亞太工程師專業證照之互相認證機制，促進經認證之工程領域職類專業工程師在亞太區域之流動性，強化人際連結，以提供更多高品質就業，相關倡議已引起 APEC 各式論壇關注，該制度、沿革與計畫內容介紹如次。

亞太工程師認證制度

亞太工程師認證制度，旨在建構一套專業與技術人才認證標準，以強化亞太地區工程專業與技術人才之流動性。此制度於 1994 年開始籌劃，經 1995 年大阪 APEC 經濟領袖會議認可後，於 1999 年由 7 個 APEC 經濟體成立「亞太工程師協調委員會 (APEC Engineer Coordinating Committee)」，致力推動亞太地區各類工程師資格認證制度。我國於 2005 年獲准加入，並經行政院公共工程委員會授權，在中國工程師協會 (Chinese Institute of Engineers, CIE) 所屬架構下成立「中華台北亞太工程師監督委員會」(Chinese Taipei APEC Engineer Monitoring Committee)，目前由莫若楫博士出任主任委員，作為我國和參與此計畫其他經濟體聯繫之窗口，並辦理相關認證事宜。

現行亞太工程師認證制度審核條件有 5，包括：

1. 學歷認證：由中華工程教育學會進行學歷認證作業。須具備國立大學以上工程相關學系畢業，或經認證之私立大學工程相關學系畢業。
2. 獨立作業資格：須經國內考試及格，並具有兩年以

上實際工程經驗。另外，亦要求一定程度之英語能力，以便和其他區域經濟體同業進行溝通。

3. 工作經驗：須具備七年以上工作經驗，其中兩年為實際工程經驗。
4. 繼續就業發展：技師執照每四年換發一次，在申請換發時須符合一定數量之專業績分。
5. 遵守倫理規範：取得亞太工程師認證資格之後，須遵守中華台北監督委員會訂定之職業倫理規範。

推動沿革

從該制度啟動迄今，第一階段有 13 個經濟體陸續加入（澳洲、加拿大、智利、香港、印尼、日本、韓國、馬來西亞、紐西蘭、泰國、美國、越南及我國），並成立相對應之監督委員會進行制度運作事宜。第二階段則由協調委員會協助各會員體之監督委員會簽訂雙邊或多邊協議，相互認可專業技師執照。目前加入亞太工程師之會員經濟體可辦理工程師類別共有 15 科，分別為：土木工程、結構工程、大地工程、環境工程、機械工程、電機工程、工業工程、採礦工程、化學工程、資訊工程、生物工程、航太工程、建築設施工程、消防工程、石油工程。至於我國目前辦理之工程類項目則共有土木工程、結構工程、大地工程 3 科。

自 2011 年起，中華台北亞太工程師監督委員會積極與各經濟體討論專業技術人力流通之辦法，建立一套國際化的專業技術人力標準認證制度，並致力克服人力資源尚未高效運用之瓶頸，期引領 APEC 組織相關論壇朝向推動專業人才及技術人員之流動為目標，強化國際工程聯盟與 APEC 組織之連結。

2012 年，中華台北亞太工程師監督委員會更獲邀，由莫主任委員率團前往俄羅斯喀山參加「亞太工程師國際研討會」，就本身之認證業務推動進程向大會簡報，相關構想獲得與會經濟體代表之呼應。

今年 2 月，中華台北亞太工程師監督委員會透過與勞動力發展署分進合擊機會，創下公私部門協力推動 APEC 倡議之良好範例，由於該署擔任 CBN 分組主席具有洽排與擬定議程優勢，邀請莫主任委員隨團參加於中國大陸寧波舉辦之第 36 屆 HRDWG 年會，簡報「強化亞太工程師跨境流動以促進區域整合」提案倡議，引起 APEC 論壇更多重視，並獲得 13 個經濟體同意聯署（澳洲、汶萊、中國大陸、印尼、日本、韓國、巴布亞新幾內亞、祕魯、菲律賓、俄羅斯、泰國、美國與越南）。

基此，勞動力發展署再接再厲，今年更提出兩項 APEC 研究計畫案，一為「APEC 人力資源發展國際論壇：未來優先領域暨新方向（APEC HRDWG Affairs Study Workshop: Future Priority Areas and New Directions）」，該論壇已於 6 月順利在台召開，繼有日、美、菲、越南，以及我國來自產、官、學、工會界計 80 餘位 APEC 專家，共同研議亞太地區未來人力資源發展之優先領域與新方向，特規劃一場介紹亞太工程師認證機制之論壇，邀請中華台北亞太工程師監督委員會李副主任委員建中蒞會分享，獲得國內外各界廣大迴響與關注。

另一案為勞動力發展署於今年 7 月底正式向 APEC 秘書處提案爭取 APEC 補助，支持我國領銜進行「強化亞太工程師跨境流動以促進區域整合（Strengthening Mobility and Promoting Regional Integrity of Professional Engineers in APEC Economies-Workshop on Centralized Data Bank）」研究計畫，相關內容另說明如后。

「強化亞太工程師跨境流動」計畫

本計畫闡述亞太區域可透過建構雲端人力資料庫（i-cloud manpower data bank）方式達到多重目標，包括：促進技術轉移、藉由工程知識分享平台建構永續未來、藉由平衡技術服務供需鏈，以解決擁有先進科技的已開發經濟體人力過剩，而開發中經濟體缺乏技術經驗之問題。

此資料庫預計收錄 6,338 位經亞太工程師註冊認證之 APEC 各經濟體工程師，除了存有工程專家資料，供公私部門以專案形式取得技術服務之外，亦將藉由召開論壇及研討會形式，進行跨境合作以促進能力建構；其他經濟體之工程採購及技術能力、工程師流動以及工程教育發展皆可因此計畫加以提升。由於我國擁有為數眾多之高階技術專業工程人力，若透過此計畫將人力資源妥善利用，將達到多邊互利互惠之目標。

推動成效

目前我政府透過勞動力發展署擔任 APEC 人力資源論壇分組主席職務優勢，掌握領銜研撰勞動部長會議重要文件之機，成功將前揭兩項 APEC 研究計畫案與相關倡議，納入於今年召開之 HRDMM6 勞動部長聯合宣言與新行動綱領內。

我國更於 HRDMM6 會議討論「促進勞工流動與技能發展（Facilitating Mobility of Labor and Skills

Development)」子題時，向在座部長公開呼籲 APEC 組織不應僅關注低階勞工跨境流動議題，而應放大視野，致力促進中階技術士與技師，甚至高階專業工程師（例如我國提案倡議之認證亞太工程師）之跨境流動議題，共同攜手在亞太區域內創造更多高品質就業。在此議題趨勢發展脈絡下，我國實已成為該倡議之主導經濟體，為後續推動打下良好基礎，值予有志之士持續投注心力共同促成。

結語

由於當前區域經濟整合伴隨政經情勢不斷演變，APEC 組織關切觸角已衍生至諸多新興議題，值此之際，如何強化人際連結以促進人力資源發展已成為一新興關注焦點，我國應善用此一新興議題發展契機，運用公私協力模式，透過政府與民間部門之合作，共同進軍 APEC 國際組織，其中政府部門於參與國際組織論壇之場域不斷倡議與引導，而民間部門亦應致力

推廣專業領域人才資格認證機制，為精進亞太區域成功建置一共同認證機制，以評選出適才適所之專業與技術人力努力不懈，替促進專業人力與技術具備跨境流動性創造更多條件，方能使相關倡議引起國際組織共鳴投注更多關注。

由於我國內需市場規模不大，若能積極拓展國際市場取得海外商機，將更有利於經濟發展。在推動作法上更應重視策略運用與結合，例如政府應善加結合國內施政計畫與 APEC 合作計畫，一方面強化利用國際資源，相輔相成推動國內經建政策，另一方面將促使政府部門資源投入涉外事務，更具規劃與實質效益，繼而透過政府與民間部門分進合擊方式，如此以來，不僅我國提出之相關倡議較易獲得國際組織重視並採取行動，相信亦將更能回應外界對政府有能力妥適處理融入區域經濟整合議題，致力替各類專業與技術人才開創發揮所長舞台，並戮力為我國與亞太區域創造更多高品質就業，以促進區域經濟永續成長和繁榮之殷殷期待。

經濟部 水利署

南區水資源局

水庫防淤新思維

曾文水庫防淤隧道工程

努力再現水庫風華!

經濟部水利署南區水資源局 廣告

哈薩克共和國

— 中亞最閃亮的新興經濟體

張德文／淡江大學土木系教授兼研發長

哈薩克共和國 (The Republic of Kazakhstan) 為中亞內陸國家，面積約 272 萬平方公里 (詳圖 1)，幅員廣闊，東臨中國新疆和蒙古共和國，西達裏海，北與俄羅斯為鄰，南境則和土庫曼、烏茲別克、吉爾吉斯等國相接，人口約 1700 萬，種族複雜，除哈薩克人 (約 60%) 外，尚包括俄羅斯、日爾曼、朝鮮等共 100 餘民族所組成，使用語言為哈薩克語和俄語。境內天然資源豐富，石油、天然氣、煤、鎳等礦藏量均排名世界前茅，除擁有深厚工業基礎外，亦是世界主要糧食出口國之一。根據維基百科，哈薩克是獨立國協第二大經濟體，綜合國力僅次於俄羅斯，屬於中高收入國家。該國已經成為全球發展中的新興經濟體，是全

球發展最快的國家之一。歷史上在哈薩克國境內曾建立的政權包括：烏孫、大宛、突厥汗國、欽察聯盟、金帳汗國、玉茲汗國、準噶爾汗國等；19 世紀清帝國勢力衰微後方被俄國併入其版圖，20 世紀該國曾為前蘇聯加盟共和國長達 55 年，蘇聯解體後，該國於 1991 年 12 月 16 日宣布獨立，原首都位於天山北麓鄰近新疆的阿拉木圖 (Almaty)，1997 年始遷至現今北方的首都阿斯坦那 (Astana)，新都人口約 80 萬，逐漸成長中；舊都人口約為 100 萬人。該國民族成分多元複雜，宗教信仰以伊斯蘭教為主，但亦有東正教、基督教、天主教者，官方語言為哈薩克語和俄語，哈薩克貨幣稱 Tenge，和新台幣匯率約為 6:1。



圖 1 哈薩克共和國地理位置 (from 維基百科)

筆者曾兩度（2010年10月和2011年9月）受邀到阿斯坦納 LN Gumilyov 國立歐亞大學訪問，邀請人為 2009-2013 國際土壤力學暨大地工程學會（International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ISSMGE）亞洲區副會長 Prof. Askar Zhussupbekov，每次約十餘天，做專題演講並指導該校博班學生論文。2014年6月則隨敝校副校長及土木系主任教師等人赴該校訪問四天。學術交流之餘，深感哈薩克共和國在納扎爾巴耶夫總統強人領導下的發展企圖與積極作為。

就營建產業市場而言，該國的蓬勃發展令人羨慕；阿斯坦那市宛如大型工地，在具前瞻性的城市藍圖規劃下，該國政府努力與國際營建團隊合作，積極地打造市區內的各式建築和相關公共工程設施。據筆者了解，哈國政府除致力於其首都的建設發展外，也規劃了連結歐亞大陸、橫跨國境的鐵公路系統，為其經濟開發鋪路。除各項硬體建設外，哈國也刻意向西方國家進行學習，該國每年由政府公費派遣數千名學生到海外，學習以英語為主的各式專業。相較於蒙古共和國，哈國的外交政治作為更為低調，但其穩健作風也為多元族裔的中亞帶來了的安定力量。

據筆者了解，該國營建法規稍早曾由俄羅斯體系轉變成以英國規範為基準，近年則又轉變成以歐盟規範（Eurocode）為主。國際上常與其合作的營造商包括土耳其、德國和韓國，日本、美國等國家近年亦積極經營進入其市場。近年，包括歐洲復興開發銀行在內等國際組織也關注該國工程開發案，紛紛施以援手。筆者以為該國營建市場極具開發潛能，台灣過去數十年所累積的工程經驗相當豐富，工程人員技術能力亦達一定水準，隨著本島營建市場益趨飽和，如何開發新境外市場，讓工程經驗可以傳承，技術得以永續發展，值得吾人深思。以下僅節錄筆者第一次訪問和最近一次訪問報導，供會員參考。

筆者首次訪問係為 2010 年 10 月 11~22 日，除

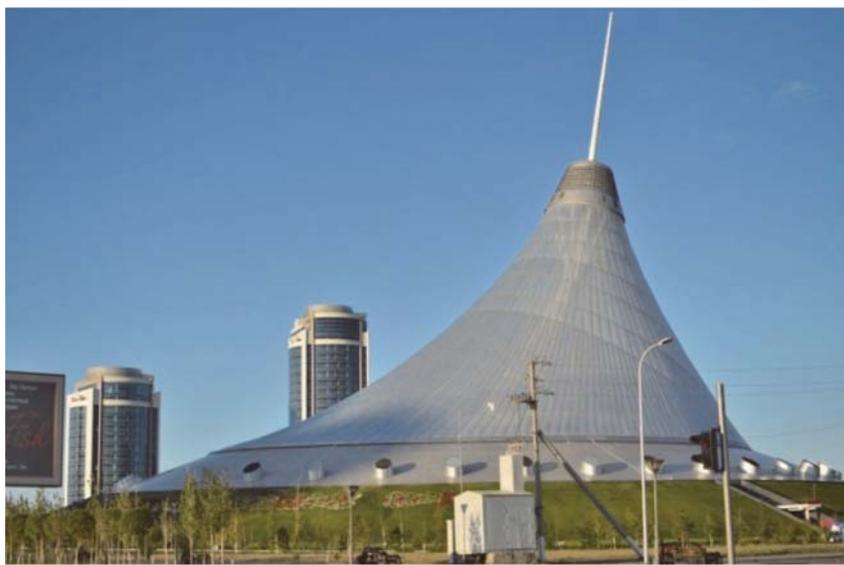


圖 2 阿斯坦那市可汗之帳購物中心外觀

進行數場演講外並指導哈國研究生。行程係由桃園機場先飛韓國仁川機場，再轉機飛哈國舊都阿拉木圖（Almaty），再由阿拉木圖飛哈國新都阿斯坦那（Astana），當時行程相當耗時。現在旅程航班選擇則明顯改善，赴哈國可選擇由仁川、北京、烏魯木齊、香港轉機，且仁川、北京、烏魯木齊均有直達阿斯坦納班機，旅程可節省不少時間。筆者當時下榻的旅館為 Comfort Inn。該旅館設施和裝潢略高於北美的 Best Western 或 Traveler Lounge 連鎖式旅館規模，收費標準卻近似台北五星級飯店，令筆者頗覺訝異，後經了解，發覺哈國當地生活物品相當程度地依賴進口，工資僅略低於我國，許多店家經營仍有公家色彩，故其消費並不特別便宜。筆者簽證係為 ENU 申請之學術訪問落地簽，在阿拉木圖機場入境時須繳交美金 80 元手續費；且據該國外交部規定，無邦交國家人員入境時間若超出五天，須於入境後赴當地公安單位報到；由於 ENU 人員亦不清楚該項作業規定，故橫生一些波瀾。此行除教學外，亦參觀許多阿斯坦納市的著名名勝和建築，例如：可汗之帳大型購物中心、獨立紀念碑和兩側的會議中心和劇院、總統府、玻璃帷幕金字塔、市中心觀光塔、國會大廈、行政大廈等。圖 2 ~ 圖 5 擷取自 <https://tw.images.search.yahoo.com> 網頁，活動照片如圖 6 和圖 7。訪問心得如下：

1. 哈國獨立後其資源成為經濟成長最佳利器，近年該國總統頗有計畫勵精圖治，除邀請日籍建築大師打



圖 3 阿斯坦那市中心電視觀光塔

造世界級之首都景觀外，並邀請歐洲和日韓等國參加首都 Astana 各項工程建設，並積極舉辦大型國際活動。走在 Astana 街頭，隨處可見各項建設工地，許多工程規模均大或極具創意，並以大型恆溫建築為主，該國似乎以荒漠中的杜拜為學習對象，積極打造其首都為國際級大城。Astana 和 Almaty 市均甚為發達進步，頗具歐洲希臘、土耳其、葡萄牙等國的城市景象，在中亞新疆的鄰國竟能看到類似於歐洲國家的景象，令筆者驚艷不已。

2. 該國僅有 7 ~ 8 個國立大學，除 L.N. Gumilyov Eurasian National University 外（學生 15000 餘人），Astana 尚有另一技術大學，規模遠遜於 ENU；此外，Astana 正在籌備國際性大學 Nazarbayev University，已完成第一期校園建設並開始延攬英美系學者，招攬首批學生，採以英語授課，為哈薩克走向國際建立最佳的基礎。目前該校每年招收學生僅達五百人。由於地緣和該國資訊較為封閉關係，筆者認為該校未來的發展仍待觀察。
3. 哈薩克教育體系承襲俄羅斯系統，不同學院的教育體制因其專業而稍有不同，ENU 在 2011QS 世界大學排名屬 401 ~ 450 級，共約有 10 個學院，分別為 Social Science、Law、Philology、International Relationships、Economics、Science、Construction Engineering、Mathematics and IT、Physics and

Technical、Additional Education and Professional Development。營建工程學院下有 6 個學系，包括：Construction、Engr. Service、Transport Systems、Standardization and Certification、Engr. Graphics and Geodesy、Construction Materials, Item and Structure Production。所提供學士學程主要可區分為交通、熱能源工程、營造、規範準則和認證、運輸後勤、大地資訊和測量，每年入學人數約為 120 人；碩士班學程則主要為營造、規範準則和認證、運輸後勤，每年入學人數約為 20 人；博班則以營造為主，每年入學約 2 ~ 3 人。Zhussupbekov 教授為該校營建工程學院營建系主任，且為哈薩克大地工程學會理事長，是該校具影響力的教授，類似於我國的特聘或榮譽教授；其除為哈國土木工程甚具份量之學者外，對外關係良好，經常邀請各國教授訪問該校給予演講，提供學生學習機會。該系碩博班學生普遍通曉英語，溝通尚無問題。

4. 該國營造工程之教學相當重視實務，多數研究所學生均有機會和實務接觸，並參與現場施工作業。以 Zhussupbekov 教授博班生研究為例，其博班生研究主題多與基樁有關，實驗室具備打樁動力分析儀 PDA 檢測儀具和分析軟體（PDI-CAPWAP 和 TNO-SIGNAL），以及高應變動力基樁完整性檢測試驗儀和分析軟體。數值分析軟體亦包括俄羅斯和

日本教授所研發的有限元軟體和荷蘭所發展的軟體 PLAXIS；近年曾以 FEM 分析模擬 Astana 地區鑽掘樁的樁載重試驗數據以建立相關的學理發展。

5. 由於全球暖化問題，Astana 夏季溫度可高達四十度，夏冬兩季溫差甚大，冬季時氣溫則可達零下 40 度，相當寒冷，有非永凍層凍土問題，深約兩公尺。Astana 地區的土壤狀況甚佳，主要為砂土、卵礫石土層，間雜有粉土或黏土細層，其樁基施工方法包括打擊樁和場鑄鑽掘樁，長度一般均低於 20 米，樁徑則由 300 mm 到 150 cm 不等。筆者所參觀的工地包括打擊樁 (Pre-cased concrete pile) 和場鑄樁 (Continuous Fly Auger, CFA method)，CFA 工法近似我國的 Installed Pile methods 中的鑽掘工法，且配合套管方式施工。當地人的施工經驗中無穩定液的使用，故當筆者介紹台灣所採用的反循環樁施工時，他們對挖掘深度和施工方式以及材料的應用有高度興趣。

今年 6 月 24 ~ 28 日，筆者隨敝校戴萬欽副校長和土木系王人牧主任、鄭啟明教授和段永定教授等五人再赴該國訪問，參加 25 日和 26 日於哈國 ENU 召開的 International Joint Seminar in Advances of Research and Education。本次會議除淡大訪員外，尚有包括 Incheon U. 土木系 Prof. EC Shin 在內的韓國綠能技術協會多位專家和三位 ENU 講員共襄盛舉。25 日和 26 日演講安排在該校工程學院七樓演講廳召開，25 日歡迎酒會則在該院八樓宴會廳舉行，26 日晚宴設在 AstanaMarriot 飯店。26 日下午敝校成員在會議結束後尚拜會該校副校長、國際長、工程院院長和系主任等人並簽訂兩校 / 系合作備忘錄。27 日與會人士安排參觀 2017 年 Astana 世界博覽會工程 (http://en.wikipedia.org/wiki/Expo_2017) 聽取簡報，並到該博覽會工址的阿布達比酒店 (Abu Dhabi Plaza Astana) 工址 (Astana 市第一件深開挖工程) 參觀，該工程統包商為阿拉伯技術工程公司 (Arabtec Construction LLC)，設計為英商莫特麥克唐納工程顧問公司，稍後更參觀 Astana 郊區以該國總統命名的 Nazabayev University。一行人對哈薩克政府的建設魄力和招商企圖心留下深刻印象。28 日淡大成員分別返回台灣。此行入境簽證手續費每人僅美金 50 元。活動如圖 8 ~ 圖 12 所示。心得如下：



圖 4 阿斯坦那市國會廣場一景 (中為總統府)



圖 5 阿斯坦那市行政中心大樓

1. 淡江大專與該 ENU 大學簽訂合作盟約，雙方將就學術合作師生互訪上建立更為密切的關係。該校也是敝校在中亞的第一座姊妹校。土木系教師亦分別就風工程、熱傳導混凝土材料、基礎構造耐震性能分析等技術和學研成果和哈國人士分享，希望能爭取在該國營建市場服務合作的機會。
2. 哈國獨立迄今方 20 餘年，首都至舊都 Almaty (阿拉木圖) 搬至新都 Astana (阿斯坦那) 甫十餘年，該國政治係強人領導，在其總統納薩耶夫強烈的企圖心下，Astana 市建設如火如荼地開展，具現代感造型的高樓大廈如雨後春筍般不斷冒出，充滿著欣欣向榮、蓬勃發展的景象。也吸引國際大型建商駐足，包括：德國、土耳其、韓國、日本、美國.. 等國家均積極參與協助該國建設。
3. Expo-2017 為該國大型建設代表作之一，展覽場係由知名國際建築師所規畫並開國際標，由哈國政府出資，國際廠商得標興建。該展場不同於上海世博由



圖 6 Zhussupbekov 教授與筆者在 LN Gumilyov ENU 展覽館合影



圖 7 2010 年訪問與 ENU 師生合影留念



圖 8 2014.06.24 淡江大學教師代表訪問 LN Gumilyov 歐亞國立大學簽約會議

各個國家參與建館，而是由哈國統一完成所有展館工程，其主題為能源與環保，預期完成後將為哈國帶來更多的高機與觀光資源；但預期哈國的聯外交通（如：航線與班機航次）和國外訪客出入境等便利性問題亟須改善解決，否則效益必將受到影響。

4. Astana 市高樓大廈林立，然停車場規劃並不周延，原因是該國原建築不興開挖設計，工程建築一般均無地下室空間。阿布達比飯店是該市第一個採深開挖為主進行基礎施工的工程建設，該市的地質條件頗佳，深達 20 米的深開挖除以地下連續壁做為支撐外，尚以地錨穩定。從地錨的預力纜線和基座的設置品質上觀察，該工程管理品質仍不及我國最好的技術水平。
5. 哈國除大興土木建設外，其在航太和核能工業上亦有獨到的技術，同時天然資源如礦產、石油、天然

氣蘊藏豐富；其為中亞最大內陸國，近年經濟發達，已成為開發中國家的新興市場。該國除傳統產業外，亦企圖發展電腦資訊綠能源等高科技產業，嘗試和西方以及亞洲先進國家親近，在教育體系上則逐漸轉換，試圖減少俄羅斯對哈國文化和語言影響。基於以上觀察，建議我國可設法開拓該國市場，增加海外資源和外交籌碼。

台灣和哈薩克共和國間的互動和了解實在有限，未來雙邊關係若能加強，對我國海外市場的開拓或許有利，學術上的互動和合作亦如是。和中亞國家的來往簽證辦理不易，我國在莫斯科、杜拜和伊斯坦堡等地已設有辦事處，或許未來可考慮在阿拉木圖或阿斯坦那增設辦事處，以使我國和中亞國家人民互動更為容易。筆者深盼未來我國和哈薩克共和國能在互惠基礎上開創一個可行的合作模式。



圖 9 Zhussupbekov 教授與淡大土木系王人牧主任合影



圖 10 出席會議之哈薩克、韓國和我國代表合影留念



圖 11 會議人員參觀 Expo-2017 展覽會工址



圖 12 會議人員參觀 Nazabayev University 合影



東南亞 工程教育認證

顏家鈺／國立臺灣大學機械工程學系終身特聘教授兼工學院院長
IEET秘書長兼認證委員會副執行長

劉曼君／IEET辦公室主任兼認證委員會副執行長

近年來東南亞國協（ASEAN）無論在全球政治、經濟或區域防衛的地位都日增，而我國政府亦積極加強與此區域內國家的合作機會與關係。對積極推動高等教育產業的我國大學校院而言，東南亞更是招收國際生的重要市場。當各大學積極拓展學生來源的同時，促使我國學歷受其他國家認定是政府及大學校院近年來積極努力的方向。過去新加坡、馬來西亞等國還不承認我國學歷，遂於我國完成大學教育的僑生或外籍生回國後僅能於私人企業就業，無法參與國家考試或擔任公職，然而 IEET 已順利協助突破此一受限的局面；藉由 IEET 為國際工程教育認證協定 - 華盛頓協定（Washington Accord）的會員，其他華盛頓協定會員，例如新加坡及馬來西亞等，也都承認畢業自通過 IEET 認證系所的學生，也因此近年來當政府或大學校院拜訪東南亞國家時，多將 IEET 認證列為重要宣傳項目。

IEET 主要是透過兩個平台進行和亞洲，尤其是和東南亞國家合作，一是亞洲工程教育認證網路（Network of Accreditation Bodies for Engineering Education in Asia，簡稱 NABEEA），一是亞洲及太平洋工程師組織聯盟（Federation of Engineering Institutions in Asia and the Pacific，簡稱 FEIAP）。此二平台成立的角度不同，NABEEA 主要為工程教育認證機構所組成，FEIAP 會員則主要為工程師組織。在這些國際合作工作上，IEET 主要透過本身在工程教育認證上的經驗，輔導其他尚未建有相關制度的東南亞國家。藉由此過程，IEET 也希望這些國家能瞭解到台灣高等教育，尤其是在工程及科技教育方面的成就和優勢，同步能協助我國政府及大專校院吸引優秀的學生來台及進行其他相關的交流活動。

NABEEA

IEET 於 2007 年和日本、韓國、新加坡及馬來西亞四國的工程教育認證機構共同籌組 NABEEA，目的在促進相互合作與學習。這四國的認證機構，日本 JABEE（Japan Accreditation Board for Engineering Education，簡稱 JABEE）、韓國 ABEEK（Accreditation Board for Engineering Education of Korea）、新加坡 IES（Institute of Engineers Singapore，簡稱 IES）及馬來西亞 BEM（Board of Engineers Malaysia，簡稱 BEM）和台灣 IEET 一樣都是華盛頓協定（Washington Accord）的正式會員（Signatory）。這五個發起機構也成為 NABEEA 的常任會員（Council Member）。

NABEEA 是由日本 JABEE 發起，當時的推動者是前幾年過世的 Dr. Fumio Nishino，發起初衷不諱言的是擬朝建構亞洲協定（Asia Accord）邁進，然不久後即調整方向以避免和華盛頓協定相衝突。NABEEA 的正會員（Full Member）都是工程教育認證組織，例如台灣的 IEET，副會員（Associate Member）則是各國的工程師組織，例如台灣的中國工程師學會（以下簡稱中工會）。

IEET 於 2011 年至 2014 年間擔任 NABEEA 主席，期間共協助推動幾個重點工作，包括 IEET 所負責建構的工程教育認證詞彙（Engineering Education Accreditation Terminology）。各國因教育制度、模式、文化皆不同，自然在認證工作上所使用的詞彙會有所不同，為協助會員間之溝通，IEET 統合了各會員所使用的字彙且參考了華盛頓協定會員所使用的內容綜整成一份通用文件。如此一來，會員間可較清楚彼此的



2013 年於韓國舉辦的 NABEEA

程序和內容，對於其他擬建立認證制度的國家，這份詞彙也具備重大效應。

在 IEET 擔任 NABEEA 主席的期間，也盡力邀請認證制度尚未成熟的國家加入。目前 NABEEA 的會員數除五個常任會員外，另有包括孟加拉、印度、巴基斯坦及泰國的工程教育認證機構為 NABEEA 的正會員。此四個正會員其實也都朝向成為華盛頓協定會員的方向發展，其中孟加拉的 Board of Accreditation for Engineering and Technical Education (簡稱 BAETE)、巴基斯坦的 Pakistan Engineering Council (簡稱 PEC) 都已是華盛頓協定的準會員 (Provisional Signatory)；印度的 National Board of Accreditation (NBA) 業於 2015 年成為正式會員；泰國的 Council of Engineers Thailand (COE) 也正準備申請觀察員資格。

FEIAP

在東協的架構下，推動人才流動是一項重要工作。然而東南亞國家的高等教育品質差距相當大，能為國際認可的國家畢竟是少數，因此在東協推動人才流動是一項挑戰。工程方面，目前已有亞太工程師 (APEC Engineer) 及東協工程師 (ASEAN Chartered Engineer) 二大區域性組織推動工程師的跨國執業，然而這二項機制都必須有國際性的工程教育認證機制為其把關工程師的養成。東協中僅新加坡及馬來西亞為 Washington Accord 會員，其他國家不是尚未建立認證機制，例如越

南、緬甸，就是機制尚不成熟，例如泰國。

自 2009 年起，IEET 與中工會合作，在政府的支持下，開始協助東南亞國家建立工程教育認證機制。這項計畫緣自中工會應其所屬的 FEIAP 之邀請，建構一套符合東南亞需求的國際工程教育認證機制，稱之為 FEIAP Engineering Education Guidelines，一則為協助各會員國建立符合區域性標準的國內工程教育認證制度，一則為協助各會員強化其整體國家的工程教育及工程界素質，最終目的則為協助這些國家有朝一日皆能成為國際協定，例如 Washington Accord 或歐洲體系 EUR-ACE 的會員。由於中工會並非專責執行工程教育認證的機構，因此借重 IEET 多年的經驗及於工程教育認證界的國際地位，讓此一計畫得以實現。這項工作實質上也增加了我國於東南亞的能見度、提升我國的形象及加強與東協會員的接觸機會。

FEIAP Engineering Education Guidelines 包括六項文件：(1) 工程教育認證常見名詞與定義，(2) 工程教育認證規範模式，(3) 工程教育認證基本架構，(4) 輔導機制，(5) 認證組織審查機制，(6) 認證組織定期監督審查機制。這六項文件完整地提供了建立認證機制的辦法及程序，並已於 2011 年起付諸執行。

為加強對東協國家高等教育及工程教育的了解，IEET 與中工會亦於過去走訪了泰國、越南、緬甸、印尼、孟加拉、印度、模里西斯、柬埔寨及菲律賓等國。這些國家都是 FEIAP 會員中關心工程教育認證機

制但尚未建立或機制未成熟的國家。就過去的參訪，IEET 基本上有以下四項意見：

1. 東南亞國家的工程師組織皆非常積極推動工程教育認證，這些組織亦希望藉由如 IEET 及中工會等國外力量協助說服其國內政府及大學校院有關工程教育認證的重要性；
2. 然而，不同於先進國家皆以 NGO 推動，在這些國家，若無政府的支持，工程教育認證在這些國家是不可能成功推動；
3. 這些國家主管高等教育的政府部門多有管控高等教育品質的評鑑機制，但成果有限；
4. 多數大學對國際工程教育認證並不了解，但幾所重點大學，例如泰國的朱拉隆功大學、印尼的印尼大學及菲律賓的瑪布亞科技學院（Mapua Institute of Technology），皆已投資相當大成本參與美國工程教育認證機構 ABET 的認證。

在過去兩年執行 FEIAP 計畫中，中工會和 IEET 最主要的精神是用在輔導緬甸（Myanmar Engineering Society，簡稱 MES）上。緬甸是一新興開放國家，我國工程界也將之視為重點發展地區。該國高等教育因長期政治不穩定，體質上非常孱弱，這兩年開放後已逐步強化體質，但因師資及設備資源上都遠遠不如其他東協國家，因此要發展工程教育認證機制是還有一段長路要走。所幸，學校、工程界及其他相關人士對推動

認證都非常積極，業於今年通過工程師法（Engineering Act），正式將工程教育認證納為重要工作。

IEET 和中工會代表已多次訪問緬甸，並參觀了該國幾所重點大學，瞭解了該國高等教育在師資、設備空間、教科書使用、教學上的現況。除在學校的層次面外，台灣代表團已多次參觀了 MES，瞭解其功能，並與其所邀請的學校代表交流。MES 將和新加坡的 IES 和香港工程師學會（The Hong Kong Institution of Engineers，簡稱 HKIE）類似，不僅為工程師組織，且也為執行認證審查的機構！

今年 11 月間緬甸將派五人代表團到台灣觀察 IEET 執行實地訪評。當年 IEET 在成立時，建立工程教育認證機制之初，即積極派員到其他認證機制發展成熟國家學習，實地觀察實地訪評的過程和方式。這種現場實際參與的經驗對新建機制的國家會是相當受用！也因此，IEET 極力推薦邀請緬甸也來觀察 IEET 的制度和現場執行方式！

IEET 花費相當多心力協助推動東南亞國家建立工程教育認證機制，這些工作一方面是我們於參與國際組織後所衍生的國際責任與義務，但另一方面也是我國拓展實質國民外交的機會；許多過去不常接觸我國工程教育的東南亞國家如今對我國優質的工程教育有了更深的了解與體會，對我國大學校院推動國際化相信是一大助力。🇹🇼

IEET 簡介

IEET (Institute of Engineering Education Taiwan)：中華工程教育學會，成立於 2003 年，為一非官方、非營利的社團法人。IEET 是國內首家受教育部認可的專業評鑑機構，主要業務為規劃及執行符合國際標準的工程教育（EAC）、資訊教育（CAC）、技術教育（TAC）及建築教育（AAC）認證。國內已有 70 餘所大學校院的 450 個系所通過 IEET 認證。

NABEEAA (Network of Accreditation Bodies for Engineering Education Accreditation in Asia)：亞洲工程教育認證網，是亞洲區域工程教育認證機構共同集合而成的組織。NABEEA 的宗旨是在最基礎的層面上協調彼此的認證機制，並以提昇工程教育品質為目的。

FEIAP, Federation of Engineering Institutions of Asia and the Pacific, formerly named as The Federation of Engineering Institutions of Southeast Asia and the Pacific (FEISEAP), is an international non-profit professional organization. The objectives were to encourage the application of technical progress to economic and social advancement throughout the world; to advance engineering as a profession in the interest of all people; and to foster peace throughout the world.

獲取 美國專業工程師證照新契機



王華弘／明新科技大學副教授、青年工程師委員會主任委員

前言

工程產業國際化是現階段內需市場飽和、產業成熟必然發展的方向，而國家在全球區域經經濟逐漸整合的同時，也可因為專業與國際接軌，突破在國際上外交孤立的困境。我國土木工程專業工程人員學養素質均佳，加上堅毅勤奮克服各項挑戰的精神傳承，專業技術的精實，早為世界各國所肯定，並有許多專業工程師楚材晉用在國際舞台上發揮為證。專業證照是對任何一個從業人員，選擇投入專業學習、累積一定深度的實務經驗之後，在能力上被公開賦予社會大眾信賴的依據。然而國家現階段由考選部篩選、行政院公共工程委員會或內政部營建署所頒布的技師法及營造業管理條例，與許多國家由具公信力民間機構所認可的技師資格接軌還有一段努力空間。面臨 2015 年東南亞國協（ASEAN）的整合，東協十加六的區域經濟體漸趨成型，預期成為未來數十年世界經濟成長最大動力來源的當下，台灣的專業技師可以在執業生涯中創造價值，透過以尋求獲取美國專業證照，加速個人執業能力受到國際的肯定。過去兩年多，歷經幾番折衝，就在 2014 年 8 月 22 日美國「國家工程暨測量典試委員會」（National Council of Examiners for Engineering and Surveying, NCEES）第九十三屆年會中決議與中國工程師學會簽署合作備忘錄，委託台灣成為繼 2006 年日本東京、2008 年韓國首爾、2010 年沙烏地阿拉伯、2012 年土耳其伊斯坦堡及阿聯酋之後，第八個在美國境外提供美國專業工程師考試的國家。自 2014 年 1 月 4 日起，NCEES 推行第一階段的「工程類基礎測驗」（Fundamentals of Engineering Exam, 簡稱 F.E.）

全面電腦化作業及考試，本文除了將 NCEES 各階段考試，含 F. E. 及「工程學理與實務測驗」（Principles and Practice of Engineering 簡稱 P. E.）的內容、報名方式做深入介紹之外，也揭露當前青年學子對於 NCEES 考試意願調查的結果，闡述準備進一步登記成為美國註冊專業工程師的步驟和過程，盼望鼓勵未來青年學子及早開始準備，為專業執業生涯創造不可限量的發展。

美國專業執照的發展

美國專業證照制度的萌芽，是在 17 世紀晚期到 18 世紀初期。當時大部分產業發展逐漸由農業社會進入到工業社會，且公共的工程如鐵路、公路和運輸的系統越來越複雜。當這些工程由不具備足夠專業訓練或經驗的人員擔任時，社會許多預算用於補救品質不良造成的損失和浪費。在 1883 年美國對專業的認證，首先開始頒佈的第一個是牙醫師執照，隨後經過一段十分漫長的演進過程，專業證照才逐漸從醫生、律師、藥劑師、會計師，陸陸續續擴及其他專業人士。美國第一個頒佈的專業工程師註冊使用執照法，是 1907 年在懷俄明州，透過立法的方式登記註冊，並且通過法令成立了該州的考試委員會。隨後美國其他各州開始群起效法，紛紛成立專業工程師註冊法及州級的考試委員會。

一直到 1920 年，當時全美共有 10 個州立法保障專業工程人員的基本執業權，註冊的專業工程師被賦予保障公眾健康、安全及福祉的責任。但是當時面臨一個很重要的議題，就是沒有一個州承認其他州所認證的專業工程師，不但通過的資格標準不一、各異其

趣，就連基本的專業術語也不對等。就在同一年，愛荷華州召集當時已頒布技師法的十個州會集一堂，共謀如何彼此互相承認其他州專業工程師資格的解決之道。1920年第一次開會僅有七個州出席，當時便成立了NCEES的前身「州際工程典試委員會」(Council of State Boards of Engineering Examiners, CSBEE)。當時委員會最主要的任務，便強化各州之間對於專業工程師認證資格的一致性，並構思一套州與州互相承認的標準程序。

就在1932年該委員通過了基本法(Model Law)，並建立了統一的登記註冊辦法，當年的專業人士註冊的基本資格，綜合納入基本的三個面向：教育、經驗及考試。直到1947年，全美包含哥倫比亞特區等所有的州，均紛紛立法，建立完整的工程師執照制度，但各州當時還都是各自負責專業工程師的考試出題及測驗方式，並且考題的難易程度差別很大。有鑒於此，「州際工程典試委員會」便開始從事設計統一考試命題的工作。第一次使用同一套「工程類基礎測驗」(F. E.)是在1965年，當時共有個30州參與。至於第二階段統一的「工程學理與實務測驗」(P. E.)測驗題目，則是到隔年開始使用。最後一直到1984年，專業執照之考試題目內容和方式，才獲得全美50個州一致統一的接納。

如今全美50個州和行政地區共69個委員會(因許多州工程和測量分屬不同委員會)，包含非美國本土陸地的阿拉斯加州、夏威夷州、關島及波多黎各地區，均採納統一的兩階段技師測驗。雖仍有極少數的州要求在NCEES測驗之外，工程師需要參加該州要求額外的考試，或對於專業工程師在註冊前需具備的條件有些許出入；但是基本上各州對於教育程度及實務經驗要求的標準已經十分一致。每一州目前都由專業工程師出任所組成的專責工程註冊委員會，來管理工程人員之登記及執業管理，並且由專業工程師負責審查申請成為專業認證者的資格，並且決定該項專業職業的範圍和方式。估計目前在全美共有超過47萬的註冊專業工程師在各州註冊，佔全體工程產業150萬從業人員的三分之一左右。美國「國家工程暨測量師典試委員會」(NCEES)便是由所有的州註冊委員會的代表所組成，每年定期聚會，至今仍在努力持續朝向統一註冊的方向努力。

NCEES 組織及發展

美國國家工程暨測量典試委員會成立的宗旨，即在於藉由提倡專業工程師及測量證照制度，保障社會大眾的健康、安全及福祉。藉由參加的69個各州和地方考試委員會代表中，再選出的董事會成員成為決策核心。組織內設有「執行長」(Chief Executive Officer, CEO)、專職工作人員70餘位，及超過600位以上來自全美各州的專業工程師，以志工方式擔任各類測驗的命題委員。並制訂統一的考試規範基本法，目的是提供全國專業工程師及測量技師標準化的考題，並倡議各州所共同接受的標準作業程序。NCEES的工作還包括：提升工程倫理，並且促進美國專業工程師與國際接軌。總部位於南卡洛萊納州非營利的民間組織，截至2011年的財務報表顯示NCEES固定資產已達3,100萬美元，平均年收入達2,400百萬美金。現任的理事長為代表賓州測量典試委員會的David Widmer先生，於2014年9月1日上任。前任理事長為代表內華達州典試委員會的Patty Mamola女士，也是NCEES有史以來第一位的女性主席，曾於2014年2月11～14日接受中工會邀請，偕同現任「執行長」Jerry Carter先生，來台北訪問四天。

從最早的1920年成立的「州際工程典試委員會」(CSBEE)，到1931年在名稱上再冠上國家(NCSBEE)，並每年舉行全國代表大會。1967年組織一度更名為「國家工程典試委員會」(National Council of Engineering Examiners, NCEE)，直到1989年起才正式納入測量技師，組織改稱為當前的「國家工程暨測量典試委員會」(NCEES)。至於美國境外的考試需求，起因於駐守在日本的許多美軍工程單位，和其所屬的各類工程團隊許多工程人員的申請，於是第一次在2005年於日本辦理NCEES測驗。隨後日本工程師學會和NCEES簽約，在組織內成立Japan PE/FE Examiners Council, JPEC專責辦理每年的試務工作。2006年開始在加拿大，2008年起在韓國首爾，2009年起在埃及，2010年在沙烏地阿拉伯，2012年開始由位於阿拉伯聯合大公國(United Arab Emirates, UAE)及土耳其的美國境外大學或是專業學術團體，在美國境外協助辦理NCEES試務工作。近年來，中國大陸也開始頻頻向NCEES招手，就在2014年10月份，力邀

NCEES 理事長前往北京協商合作簽約事宜，很快地將來在大陸辦理 NCEES 考試。

美國專業工程師的分科

在美國的專業工作環境分工十分詳細，雖然工程師都註冊為專業工程師（Professional Engineer，簡稱 P. E.），但是卻有許多不同的種類，而這些都不包含建築師（AIA）及測量師（PLS），這兩個專業有另外不同的要求條件和考照過程。專業工程師截至今年為止，依屬性分為農業、化工、土木、電機、機械、建築、控制、環境、消防、冶金、製造、工業、礦業、河海、核能、石化、結構等 17 類。而製造工程師（P. E. Manufacturing）已於 2003 年 10 月份停辦考試，不再單獨區隔。如機械專業工程師在名片或稱謂上均為專業工程師，若使用者不自我說明，一般人根本無從名片上頭銜分辨其專業屬性。

並不是每一個州都分有完整之類別，端賴各州州政府之規劃及要求。執照不能跨州使用，即使在相鄰的州，都必須視工作的範圍而使用屬於該州之專業工程師執照，而且對於遵重專業分界相當嚴格，雖然都是專業工程師，但是機械不能於土木工程圖說或是設計計算書上蓋印。若有跨領域不當使用印章，則設有罰則，嚴重的情節將以輟銷執照三年，或甚至收回並永不得再經考試取得或轉換認證之規定。加州技師法甚至規定，若非具有加州註冊之結構工程師執照者，即使於加州以外註冊之結構工程技師，一旦於加州政府所管轄範圍內從事行銷或結構相關業務，其文宣或名片上之姓名後之頭銜稱謂，不得印有註冊結構工程技師等字樣，區域性本位主義嚴重的程度由此可見一斑，這也成為 NCEES 持續努力改善的目標。

獲取美國專業工程師執照過程

每一州對於登記註冊之土木技師資格，要求多多少少有些不同，但是基本上，以下的四個原則，是為絕大部份之委員會所遵行辦理的必要條件：一是學歷，首要條件乃是由「工程與科技認證董事會」（Accreditation Board for Engineering and Technology，Inc. 簡稱 ABET）所承認之四年大學文憑或教育制度，

（全美含加拿大目前約 1,500 所）。二是通過 NCEES 工程類基礎測驗（Fundamentals of Engineering exam，簡稱 F. E.），通常美國大學生在畢業前，趁學科內容尚稱熟悉時，便參加考試。2014 年以前每年四月及十月分兩次進行，但自推行全面電腦試務之後全年均可註冊考試，且即試即評，通過者將可獲頒一個實習證書（Engineering Intern，簡稱 E. I. 或 Engineer-in-Training 簡稱 E. I. T.）。三是實務經驗，而且是必須從事於註冊在該州之專業工程師指導之下，通常一般需要四年的經驗才得取得第二階段的考試資格。四是通過工程學理與實務考試（Principles and Practice of Engineering 簡稱 P. E.），因為考題屬申論和計算題型，至今仍維持開卷筆試，在每年的四月及十月辦理考試。當以上所有條件滿足時，才向未來計畫執行技師業務的一州提出申請表格，一旦獲得該州技師管理委員會認可後，便會將技師執業證書及專業工程師號碼郵寄給申請人，如此才算是完成申請成為美國其中一州專業工程師的步驟及要件。

過去曾經赴美留學、取得由 ABET 認證過學位的工程師，固然要成為美國註冊的專業工程師在學歷的認可條件上比較簡單直接；但是，不曾留美僅取得國內大學文憑者如今也有機會，凡經過中華工程教育學會認證的我國國內的工程學士及碩士學程，如今因為中華工程教育學會自 2007 年成為華盛頓協定的正式會員身分，而享有與美國工程與科技認證董事會認可的大學、學院獲得學位一樣的資格待遇。許多州普遍要求申請人通過 F. E. 考試的資格，雖然有幾個州可以減免 F. E. 考試，但是條件是減免 F. E. 考試的申請人，得需至少 8 至 12 年，且在該州註冊之專業人士指導下“經認可之實務經驗”，才能取得參加第二階段 P. E. 考試的應試資格。目前在台灣領有美國各州執照人士並不在少數，況且因為 F. E. 考試並不難通過，在取得 E. I. T. 後，若具碩士學位者，僅需三年“實務經驗”便可申請考試。所以對資深的工程師而言，需要在選擇是否參加 F. E. 考試之間權衡得失。

而認可之實務經驗，並不限自身公司的主管或專案經理可以佐證，亦可以包括聯同承攬公司（Joint Venture）之同業人員，只要是曾一起工作的專業人士，甚至公司所承包工程之業僱主，只要熟悉個人專

業技術能力者，都可以為申請人提出“認可之實務經驗”之推薦函。因此資深工程師即便從未出國留學，或是在國外任職，想達到美國技師申請門檻應不是太困難。以目前未曾在美就學，但卻在美取得工作之華人工程師也大有人在，因此成為美國註冊專業工程師決不是不可能的任務。過去曾經在美留學取得 ABET 認證學位者，可以直接申請在台灣參加 F. E. 考試；甚至許多過去留美曾經通過 F. E. 考試的工程師，只要能夠準備四年專業執業的證明文件，均可以獲准參加第二階段 P. E. 考試。但是再次提醒讀者，即使通過以上所有的考試，仍與成為美國執業技師仍有一步之遙，便是需要將所有資料備齊之後，選擇美國的一個州向該州委員會提出執業執照申請，獲得認可後方可具備美國技師資格。

基礎工程類測驗 (F. E. Exam)

為了確保每一位未來要註冊成為專業工程師的候選人，具備基本的專業學術訓練，同時也做為工程師在大學養成教育修業完成之前的一個基本學歷驗收，NCEES 設計了第一階段的基礎工程類測驗。使得通過測驗及格者獲得一份實習證書，自獲得證書就開始累積實務經驗。工學院學生依照學習專長，可以從 7 套測驗模組，選擇相近的類群報名參加測驗：化工 (Chemical)、土木 (Civil)、電機 (Electrical)、環境 (Environmental)、工業工程 (Industrial)、機械 (Mechanical) 及其他 (Other Disciplines) 類，其中又以土木工程類考生為每年的最大宗。基礎工程測驗內容側重於在校所學有關科學、數學及工程基本的知識，土木類群的考試比重，包含 15% 的數學、10% 的力學 (含靜力學和動力學)、化學、電學和電磁學各佔 9%，另外有 8% 的工程經濟學，再加上工程統計、電腦概論、工程倫理及實務、工程材料、材料力學、流體力學和熱力學各佔 7% 左右。自 2014 年 1 月起的電腦測驗，全程 5 小時 20 分鐘，全部為選擇題採電腦上作答且均為閉卷考試。參加測驗時，電腦上將會提供所有必要輔助的計算公式和圖表，受測者將會獲得現場提供的草稿紙做計算之用，在考試結束後交還施測單位。

在過去美國每一年約有 50,000 名大學四年級以上參加 F. E. 考試的考生，考試的日期每年不一樣，但都是都集中在四月及十月份。普遍學生在畢業前四年級上學期，參加十月份所舉行的考試。若未獲通過，學生可以在大四下學期，就是隔年四月份再選擇重考，重考並沒有次數限制，也沒有任何加分或優待條件。如今採用電腦測驗，最大的差別是考試無須巨大的空間，或像過去將所有考生集中在一天完成考試；如今電腦測驗應試者在考完一週就可立即知道結果。成績只分通過與不通過兩種，並無分數或是顯示 PR 值，所以也毋需要追求高分或是成為榜首。每年 NCEES 統計每次考試的通過率皆在七成至八成五之間，各類科考試平均通過率統計如圖 1 所示，基本上是兼具廣度通過不算太難。台北目前設置一處電腦考場 (Pearson VUE test center)，位於台北市信義區基隆路一段 163 號 12 樓，電腦考試場所共有 14 個座位，同時也提供飲水機、廁所及休息空間，符合無障礙人士使用需求。

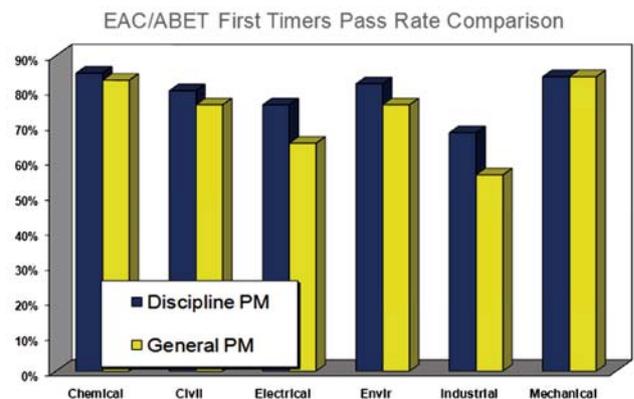


圖 1 NCEES 提供各類科通過率資料

學理與實務測驗 (P. E. Exam)

在通過基礎工程類測驗後，以大學學位申請者為例，經過累積四年實務經驗後，得以申請參加「學理暨實務測驗」(P. E. Exam)。通過 F. E. 並取得碩士學位者，得以用碩士學位減免一年實務經驗，而在通過 F. E. 之後三年申請參加考試。至於取得博士學位者比照碩士學歷，也只減免一年實務經驗，才得參加考試。若畢業於非經“工程與科技認證委員會”(ABET) 所認可之大學學歷者，普遍需要累積較長之工作經驗，相對而言大約要多四到八年的經驗視各州委員會要求不

同，只要有 E. I. 或 E. I. T. 亦可以申請參加 P. E. 考試。考試除少部份特殊專業為六小時外，其餘都是八小時，分為上午選擇題和下午計算題，各四小時開卷筆試。土木、電機和機械在上午為「通才」考試，並不細分領域內之專科，下午才依領域之組別進行考試。全日作答約八十到一百題，由於不限制帶書數量，因此題型廣濶，每個應考人士都是全力以赴，各式各樣教科書、圖表、筆記一應俱全，但筆記或補充資料需裝訂成冊，惟一不可帶的是“考試猜題”、“總複習”之類的書。P. E. 的考試通過率則介於六成至七成之間。根據統計，每次總有二成至三成左右之重考生，由於大多數州不限制，因此考三至五次不過再考的大有人在。

例行的 P. E. 考試分為以下數項專業：農業 (Agricultural)、建築 (Architectural)、化工 (Chemical)、土木類 (Civil) 之下細分：營建 (Construction)、大地 (Geotechnical)、結構 (Structural)、交通 (Transportation)、水資源和環境 (Water Resources and Environmental)、自動控制 (Control Systems)、電資類 (Electrical and Computer) 再細分為：資訊 (Computer Engineering)、電機和電子 (Electrical and Electronics)、能源 (Power)、環境 (Environmental)、工業工程 (Industrial)、機械 (Mechanical)、冷凍空調 (HVAC and Refrigeration)、系統和材料 (Mechanical Systems and Materials)、熱力和流體系統 (Thermal and Fluids Systems)、金屬及材料 (Metallurgical and Materials)、礦冶與煉金 (Mining and Mineral Processing)、海事 (Naval Architecture and Marine)、核能 (Nuclear)、石化 (Petroleum) 及軟體工程技師 (Software Engineering) 等類。結構工程考試是一項十分特別的類科，礙於篇幅暫且不做詳述。

P. E. 考試的目的在於測試應考者，過去在實務學習所累積的經驗，因此題型的設計過程嚴謹，並由出題委員針對題庫內，檢驗出題的方式與測驗設計規範的符合度，避免題型的重複，在題目符合言簡意賅的條件下，顯出難易度的一致性。考題最客觀的原因是由已具備專業工程師資格志工至少 10 名在考題完成後進行預測，其中的志工至少 1/2 ~ 1/3 為最近五年取得技師資格者。同時志工的年齡、居住的地理位置也考慮均佈性和代表性。透過這些志願參加考試者成績

的表現和所耗費的時間，以統計學進行內部效度的檢視 (Statistical Analysis, 和 Preliminary Item Analysis, PIA), 刪除過難、偏易或是引人進入陷阱、語意不詳的題組，萃取出具有專業經驗鑑別度的考題。志工進行預測後，除針對考題提供貼近實務的解答外，並提出具體修改建議。委員也針對志工預測後的成績經討論後，制訂出適切的基本分數做通過的門檻。

就如 F. E. 考試一樣，結果只分通過與不通過兩種，並不公布當次考試平均分數或是顯示測驗後的 PR 值，平均每次 P. E. 考試的通過率在六成上下，其精神真正落實篩選出具備實務經驗者。目前 P. E. 考試仍為筆試方式，因此考場當天需要提供每位考生，基本作答所用六英尺長、三英尺寬的桌面，現階段評估在台北將計畫使用國立台灣大學作為預定考場。考試日期與美國當地同步舉行，以 2015 年為例，將在 4 月 17 日及 10 月 30 日與美國同步考試，試題卷將由美國空運來台，考前密封置於保險箱內。並且從美國夏威夷州，遠道聘請的主監考官前來台北擔任現場管理。考試結束之後，所有答案卷也將密封裝箱，並且直接以快遞寄往美國批改，因此成績的公布時間比 F. E. 更久。未來欲參加 NCEES 考生，首先需要向中工會報名，並繳交相關費用，基本資格審查通過後，由考生在 NCEES 官方網路上所提供考生個人網路專屬帳戶內填寫報名資料，並可透過帳戶預約 F. E. 考試時間。考試結束後可登錄查詢考試結果，若獲通過也可在專個人屬帳戶內，列印通知書和及格證書。

美國執照的認知與意願調查

過去考選部對於技師考試改革進行普查的同時，為瞭解產業界特別是我國具備技師身分的工程師，對於技師新制的認知和看法，中國土木水利工程學會青年工程師委員會特別在 2011 年 11 月月間進行一份網路問卷調查。當論及現在任職於國內工程界的工程師，對於取得外國專業工程師資格的意願時，當時受調的 568 位，將近 300 位明確地表示，希望職業生涯中能夠有機會參加或是取得美國的技師執照。其他問卷內容及分析成果，已於民國 101 年 2 月土木水利雙月刊第 39 卷，第 1 期公開，礙於篇幅不做贅述。為了瞭解當前在校學生對於參加美國 NCEES 考試的意願，就在

2014年3月28日首先向中工會目前主要的7個學生分會，含：國立台灣大學、國立台灣科技大學、國立中興大學等，由現任會長填寫「協助學生參與NCEES考試意願調查表」。經過初步調查後，隨後於2014年4月1日至20日之間，共計完成回收169位目前在學的大學生及研究生「參與NCEES考試意願調查表」。相關的調查報告，所有成果於2014年4月27日中工會理監事會報告。

針對NCEES在台北舉辦第一階段考試的參加意願，在受調的全部169位在學學生（含大學部及研究生）中，僅有4位（佔2%）表達「確定參加」、共33位（佔20%）表示「非常有興趣」，其餘122位（佔72%）選擇「可能有興趣」，選擇「沒有興趣」共10位（佔所有受調者6%）。這樣的比例看來有興趣比例相當高，確定參加人數卻不多，主要原因可以歸因於從目前各校學生對於NCEES考試認知不足。當受調學生論及對NCEES考試的認識程度，僅2位學生（佔1%）選擇「瞭解」，共42位學生（佔25%）表示「聽過」NCEES考試，其餘選擇「從未聽過」者，共有125位（佔所有受調者74%）。既然需要介紹和解說的比例相當高，問卷設計時特別問到學校學生，對於主辦機關推廣NCEES考試最佳的方式。在受調的全部169位學生中，最高比例的學生（98位；佔58%）建議「透過辦理校園說明會」的方式、其次（85位；佔50%）建議「提供複習資料」，第三項有68位（佔40%）建議「建置專屬網頁」來增進學生對NCEES考試的瞭解。

報名及宣導

在2014年8月20～23日NCEES在西雅圖舉行第93屆會員大會，除了會員大會上通過與中國工程師學會簽署合作備忘錄的提案，在為期四天的會期中亦辦理多項研討會、專題講座及交流活動。NCEES為鼓勵所屬會員踴躍出席，除大會所邀請的講員之外，每一州配給兩位名額的全額出席補助，並且對於各州技師管理委員會中，凡是第一次參加會員大會的代表，大會給予全額機票、住宿及註冊的補助。一旦雙方簽署合作協議之後，NCEES官方網站上將會出現「中國工程師學會」（Chinese Institute of Engineers, CIE）的網路連結選項，供給凡是具備中華民國身分證的申請

人下載表格，欲參加NCEES考試的中華民國國籍者只要填妥申請表，並且繳交報名費，將由中工會對外關係委員會負責審查應考者資格。符合應考資格者如果是在校學生，需為工學院相關科系大學四年級（含）或研究所（含博士及碩士班），申請時連同繳交在學證明及成績單（中文即可）並且完成繳費者，經中工會審查通過者，再於NCEES註冊申請專屬的個人帳號密碼，日後將獲得NCEES以郵件方式通知申請人，若是參加F.E.考試者，可在網路上預約個人方便前往應考的時間，並依約訂時間前往試場作答。F.E.應試者在結束考試後七天之內，即可獲得NCEES電子信件通知登錄查詢測驗結果。美國NCEES同時亦同意授權，由「中國工程師學會」名義，對通過測驗者頒發正式的實習證書（E.I.）。

而過去已經具備通過F.E.考試，無論是在任何一州取得E.I.資格或是註冊在案，並且累積超過四年以上的實務經驗者，申請人得以檢具備審資料，提出參加第二階段P.E.考試的申請。和第一階段F.E.考試申請方式雷同，唯獨報名費略增，附加F.E.考試及格通知書（Verification of exam results）。一旦獲得中工會對外關係委員會審查通過者，便可等候收到准考證，在每年既定的考試時間赴考場參加考試。最特殊的一個案例情況，便是可以容許一位資深的工程師，在報名時同時申請F.E.和P.E.的考試資格，只要申請人具備基本由中華工程教育學會認證通過之學程取得的大學或是研究所學位，並且在產業界具備至少四年以上可以證明的實務經驗，而其中兩年又是擔任專案主管的職務（responsible charge），在提出申請兩個階段考試的申請表內，繳交以下幾樣文件：學校成績單（Transcript）、及雇主證明文件（Employment verification）向中工會提出申請。

建議凡具有參加考試意願者，可透過NCEES官方網站資訊，認識該機構對各階段考試的內容詳盡的介紹。同時也可以在網路上，購買市面上所有的複習資料和相關書籍。表1僅概略列出透過郵購可以取得的複習參考書籍，相信很快地隨著報名人數的增加及考試知名度的推廣，在台灣的各大書局將會販售。當前我國國民前往美國已獲免簽證的待遇，加上兩地往返的旅客十分頻繁，透過赴美省親或是旅遊的親朋好友，在回程時帶幾本複習的參考書籍，也是推薦大家可以參考的做法。

表 1 目前在網路上可以選購的 NCEES 考試複習參考資料

Name of Books	Author	Publisher	Price	Published	ISBN
The FE Review Manual	Michael R. Lindeburg	Amazon	\$87.68	October 21, 2010	ISBN-10 : 1591263336 ISBN-13 : 978-1591263333
Civil Discipline-Specific Review for the FE/EIT Exam, 3rd	Robert Kim, Thomas A. Spriggs, Michael R. Lindeburg	Amazon	\$71.47	May 1, 2009	ISBN-10 : 1591261775 ISBN-13 : 978-1591261773
Mechanical Discipline-Specific Review for the FE/EIT Exam, 2nd ed.	Michel Saad, Abdie H. Tabrizi, Michael R. Lindeburg	Amazon	\$75.09	January 15, 2006	ISBN-10 : 1591260655 ISBN-13 : 978-1591260653
Chemical FE Sample Questions and Solutions	NCEES	NCEES	\$38.52	November 24, 2009	
FE Chemical Practice Exam 1 FE Civil Practice Exam 1 FE Electrical and Computer Practice Exam 1 FE Environmental Practice Exam 1 FE Industrial Practice Exam 1 FE Mechanical Practice Exam 1 FE Other Disciplines Practice Exam 1	NCEES	NCEES	\$49.95		Computer based product
FE Supplied-Reference Handbook, 8th edition, 2nd revision	NCEES	NCEES	\$20.96	November 1, 2010	ISBN-10 : 1932613595 ISBN-13 : 978-1932613599
FE Reference Handbook, 9.0 edition	NCEES	NCEES			Computer based product
NCEES FE Reference Handbook	NCEES	NCEES	free		

結語

我國考試制度對於專業技師認定的標準過去和為擔任政府公職所需要通過的國家高考未能完全脫鉤，導致每年申請國家技師考試之通過率受法令限制為 16% 上限並需要達到各科平均分數及格的門檻。每一年估計全國超過 5 萬名各公私立大學或科技大學之工程學士畢業生，許多立志從事公職或是參加國家專技人員考試，但是因為通過率低，無法取得證照而淪為低收入階層，或甚至被迫轉行學非所用。反觀美國對專業技師通過率在六成以上，且社會地位較高，收入也相對較合理。依據國際商業情資估計，全球工程產業產值將由目前 7.5 兆美元，增長到 2020 年 12.7 兆美元，成長空間相當龐大，我國工程人員在面臨內需市場逐年降低的現實，因

應國際化需求，爭取與自身專業及努力等值的頭銜刻不容緩。本文內容並非鼓勵國內專業技師取得美國技師證照後赴他國任職造成人才外流，乃是盼望提供當前專業從業人員一項增加專業國際肯定頭銜的機會，並且向國際證明我國工程師資質學養均不比美國專業工程人員差，在面臨國際化的衝擊下，固然需要持續爭取國際認同我國技師資格，但是我國具備能力的工程人員以螞蟻雄兵的方式，進一步評估成為美國註冊登記的專業工程師，使個人資歷上增添一份可以帶著走的頭銜，有利於產業朝向國際化發展。

參考書目

- Edward H. Wang, John C. Li, (2014) “Advancing Regional Integrity through Capacity Building and Competency Enhancement among Consulting Engineers in APEC for their Business Sustainability”, FIDIC-ASPAC Conference, Bali, Indonesia March, 2-5, 2014.
- Edward H. Wang, (2014) “Current Status and Strategies on the Mobility of Professional Engineers within APEC Economies”, Information – An International Interdisciplinary Journal, Vol.17, No. 6(B), pp. 2635-2654, June, 2014.
- NCEES 官方網站資訊, <http://ncees.org/>
- 王華弘 (2014), 青年工程師打造與國際接軌之職能黃金履歷, 土木水利雙月刊, 第 41 卷, 第 1 期 12 ~ 21 頁, 土木水利工程學會, 民國 103 年 2 月。
- 王華弘, 熊斌成, 李寧 (2012), 青年工程師對技師考試新制的調查與回應, 土木水利雙月刊, 第 39 卷, 第 1 期 13 ~ 20 頁, 土木水利工程學會, 民國 101 年 2 月。
- 王華弘 (2010), 工程專業能力及資格認證制度的發展與我國國際化現況, 研習論壇月刊, 第 115 期, 17 ~ 27 頁, 行政院人事行政局地方行政研習中心, 99 年 7 月。
- 蔡榮根, 王華弘, 曾惠斌 (2008), 美國結構技師養成及證照制度的探討, 結構工程, 第三十二卷第四期 3 ~ 9 頁, 中華民國結構工程學會, 民國九十七年 12 月號。
- 王華弘 (2008), 與國際接軌的專業技師證照制度, 技師月刊 51 期 29 ~ 36 頁, 民國九十七年 12 月號。

台灣受邀成為 2015 國際橋梁研討會主題機構

陳銘鴻／財團法人中華顧問工程司正工程師

黃紹翔／交通部台灣區國道高速公路局正工程師

本文旨在介紹國際橋梁研討會（The International Bridge Conference, IBC）的活動內容。該研討會每年 6 月定期於美國匹茲堡舉辦的，在會中每年邀請不同的組織團體擔任主題機構（Featured Agency），而我國已接受邀請擔任 2015 IBC 主題國的角色。文中說明主題國所代表的意義，以及我國獲邀的緣由，並說明我國參展的防災、永續與觀光等三大主軸架構。期望藉由此項活動的舉行，可以將台灣工程成果展現給國際人士，增進我國工程界與國際的技術交流，創造更多海外市場的商機。

國際橋梁研討會介紹

國際橋梁研討會（The International Bridge Conference, IBC）是在北美、歐洲及亞洲等地區橋梁工程界的重大盛事，為美國橋梁工程實務界之國際交流會議。該研討會由美國西賓州工程學會（Engineers' Society of Western Pennsylvania, ESWP）所主辦，自從 1984 年舉辦第一屆研討會以來，至今已辦理過 31 屆。該研討會每年舉辦一次，開會的時間固定於 6 月份的第二個星期舉行，自週一至週四共為期四天，近年來研討會的場地也選定於匹茲堡市緊鄰阿勒格尼河（Allegheny River）的羅倫斯會議中心（David L. Lawrence Convention Center）。匹茲堡市又名為橋梁之都（The City of Bridges），全市共有 446 座橋梁，昔日曾是美國著名的鋼鐵工業城市，所以市內鋼橋數量眾多是其中一大特色。

歷年來參加研討會的人數規模大約 1,200 ~ 1,500 人，以 2014 年為例，共計有來自全美 48 個州及美國以外 17 個國家的人士與會。與會成員包括橋梁主管單位、政府部門、橋梁設計工程師、分析評估工程師、營造廠商、以及各式橋梁產業相關的供應商，所探討的議題涵蓋橋梁工程的各個層面。

研討會的場地共區分為橋梁相關產業展覽區（Exhibit Hall）、專題研討（Technical Session）、工作

研習會（Workshops, or Special Interest Sessions）以及專題訓練課程（Seminars）等。在展覽區的會場（圖 1）有來自工程顧問公司、軟體開發業者、營建業者、以及各式材料與機具的展示廠商總計超過 125 個攤位。專題研討一向是與會者最為熱衷的項目，研討會每年針對各界所矚目的議題進行專題研討，共有四個議場同步舉行，與會聽眾可就其有興趣的主題加以選擇進場聆聽並提出問題討論。工作研習會是由研討會贊助機構或其它工程組織機構所主導，針對部分特定議題進行深入研討。專題訓練課程則是利用大會開會期間使與會者可參加受訓，分為 4 小時、8 小時及 16 小時的訓練課程，並在結訓後頒與受訓證書。



圖 1 國際橋梁研討會展覽會場

國際橋梁研討會歷屆主題機構

國際橋梁研討會自1984年開辦以來，在第三屆（1986）邀請了佛羅里達州擔任主題機構（Featured Agency），之後便每年安排一個對象來擔任主題機構的角色，成為此研討會的主要特色。擔任主題機構者多半為各州政府的交通廳，也稱為主題州（Featured State）。但也有州政府以外的組織擔任主題機構的角色，例如2004年為賓西法尼亞州收費道路公司（Pennsylvania Turnpike），2008年為聯邦公路總署（Federal Highway Administration, FHWA），2014年為美國國家公路與運輸官員協會（American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO）所擔任，便稱為主題機構。近年來該研討會更擴大邀請不同的國家擔任主題機構，則稱為主題國（Featured Country）。中國在2007年首度被邀請擔任主題國，韓國在2011年為第二個被邀請的主題國，我國則是受邀在2015年成為第三個主題國家。表1所表列的是歷年的主題機構。

表1 國際橋梁研討會歷屆主題機構一覽表

屆數	年份	主題國 (州/機構)	屆數	年份	主題國 (州/機構)
32	2015	Taiwan, Republic of China	16	1999	Louisiana DOT
31	2014	AASHTO	15	1998	Massachusetts
30	2013	Mass DOT	14	1997	New Jersey
29	2012	Missouri DOT	13	1996	Minnesota
28	2011	Republic of Korea	12	1995	West Virginia
27	2010	Maryland	11	1994	Virginia
26	2009	Pennsylvania DOT	10	1993	North Carolina
25	2008	Federal Highway Administration (FHWA)	9	1992	Ohio
24	2007	People's Republic of China	8	1991	California
23	2006	Delaware DOT	7	1990	Texas
22	2005	Maine DOT	6	1989	Illinois
21	2004	Pennsylvania Turnpike	5	1988	Michigan
20	2003	South Carolina DOT	4	1987	Connecticut
19	2002	Utah DOT	3	1986	Florida
18	2001	New York State DOT	2	1985	N/A
17	2000	Kentucky DOT	1	1984	N/A



圖2 2014年主題機構—AASHTO



圖3 2013年主題機構—Mass DOT

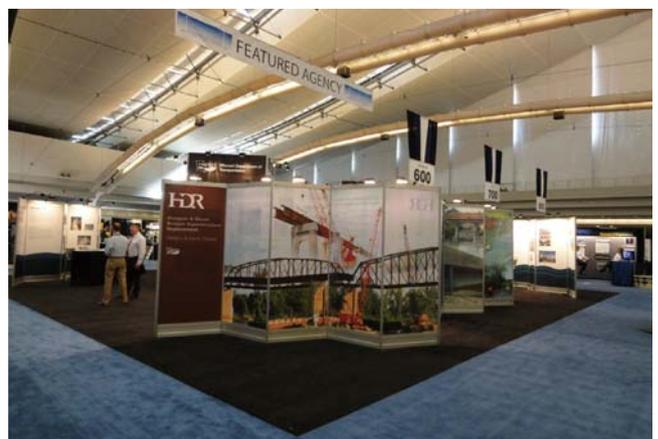


圖4 2012年主題機構—Missouri DOT



圖5 2011年主題國—韓國

各屆擔任主題機構的單位展現其特色的方式各不相同。以近四年的主題機構為例，2014 年的 AASHTO 以整體開放空間的設計展示該協會各種出版品（圖 2），2013 年的麻薩諸塞州交通廳以劇院的手法表現該州的橋梁工程介紹（圖 3），2012 年的密蘇里州交通廳是以屏風的方式介紹該州的橋梁工程（圖 4），2011 年的韓國則是將整個主題區域佈置成韓國式的場景，並利用八個燈箱及投影屏幕介紹其參展業者的橋梁業績（圖 5）。

台灣受邀擔任 2015 主題國

台美雙方的橋梁工程交流活動可溯自 2005 年開始，由交通部台灣區國道高速公路局、國道新建工程局及公路總局籌組第 1 屆「台美公路與橋梁工程研討會」，自此

建立台美兩國正式的橋梁工程技術交流平台，迄 2013 年已辦理 9 屆。在 2011 年第七屆「台美公路與橋梁工程研討會」之後，美方代表團主任委員 Myint Lwin 先生，同時也是聯邦公路總署橋梁司司長，於 2011 年向 IBC 執行委員會特別推崇台灣近三十年來公路橋梁技術之創新研發成果，推薦台灣擔任國際橋梁研討會 2015 年主題國家。此一提議獲得 IBC 執行委員會的一致同意，IBC 大會籌備委員會旋即由 2012 IBC 主席、IBC 國際事務主席、FHWA 代表等三人共同具名，於 2012 年 4 月寄送正式邀請函予當時的交通部部長，邀請函中以 Taiwan, Republic of China 正式稱呼我國以示重視，我國由交通部部長、高速公路局局長及中華顧問工程司董事長共同署名接受邀請（圖 6）。

MATTHEW P. MCTISH, P.E.
Conference Chair
McTish, Kunkel & Associates

MICHAEL J. ALTERIO
Alpha Structures Inc.

VICTOR E. BERTOLINA, P.E.
SAI Consulting Engineers, Inc.

CALVIN BORING, JR.
Trumbull Corporation

ENRICO T. BRUSCHI, P.E.
AECOM

MATTHEW A. BUNNER, P.E.
HDR Engineering, Inc.

RICHARD L. CONNORS, P.E., PMP
Bureau Veritas North America, Inc.

JOHN C. DIETRICK, P.E., S.E.
Michael Baker Jr., Inc.

JAMES GARRETT, JR., PH.D., P.E.
Carnegie Mellon University

KENT HARRIES, Ph.D., FACI, P.Eng.
University of Pittsburgh

DONALD W. HERBERT, P.E.
Pennsylvania Dept. of Transportation

GEORGE M. HORAS, P.E.
Alfred Benesch & Company

DONALD KILLMEYER, JR., P.E.
ms consultants, inc.

ERIC S. KLINE, PCS
KTA-Tator, Inc.

THOMAS G. LEECH, P.E., S.E.
Gannett Fleming, Inc.

M. MYINT LWIN, P.E., S.E.
Federal Highway Administration

THOMAS P. MACIOCE, P.E.
Pennsylvania Dept. of Transportation

JAMES R. MADARA, P.E., LS
Gannett Fleming, Inc.

RONALD D. MEDLOCK, P.E.
High Steel Structures, Inc.

GERALD J. PITZER, P.E.
Consultant

W. JAY ROHLEDER JR., P.E. S.E.
FIGG

GARY RUNCO, P.E.
Borlon-Lawson

HELENA RUSSELL
Bridge design & engineering

LOUIS J. RUZZI, P.E.
Pennsylvania Dept. of Transportation

STEPHEN G. SHANLEY, P.E.
Allegheny County, Dept. of Public Works

RACHEL STIFFLER
Vector Corrosion Technologies

JAMES L. STUMP, P.E.
Pennsylvania Turnpike Commission

THOMAS J. VENA, P.E.
ASA Consultants Inc.

KENNETH J. WRIGHT, P.E.
HDR Engineering, Inc.

Honorary Members

CARL ANGELOFF, P.E.
Bayer MaterialScience, LLC

JAMES D. DWYER
ARSA, Corp.

JOHN F. GRAHAM, Jr., P.E.
STRAEN, Inc.

HERBERT M. MANDEL, P.E.
GAI Consultants, Inc.

LISLE E. WILLIAMS, P.E., PLS
Consultant

Emeritus Members

JOEL ABRAMS, Ph.D.
Consultant

REIDAR BJORHOVDE, Ph.D., P.E.
The Bjorhovde Group

ARTHUR W. HEDGREN, Jr., Ph.D., P.E.
Consultant



INTERNATIONAL BRIDGE CONFERENCE®
June 10-13, 2012
Sponsored by the Engineers' Society of Western Pennsylvania

April 16, 2012

Dr. Chi-Kuo Mao, Minister
Ministry of Transportation and Communications
Taiwan, Republic of China
50, Ren-Ai Road, Sec. 1
Taipei, 10052
Taiwan, Republic of China

Dear Dr. Mao,

The International Bridge Conference (IBC) has been sponsored by the Engineers' Society of Western Pennsylvania (ESWP) for the past 29 years. ESWP is a Pittsburgh-based, non-profit professional membership organization of more than 800 engineers representing many engineering disciplines that was founded in 1880. Each year, the Conference attracts approximately 1,500 attendees from around the world to discuss bridge related issues.

On behalf of the Executive Committee of the International Bridge Conference®, we are pleased to extend to the Ministry of Transportation and Communications, Taiwan, Republic of China, an invitation to be the "Featured Country" at the 2015 International Bridge Conference®. The Conference will be held in Pittsburgh, PA in June 2015.

As the "Featured Country", you will have an opportunity to showcase the Taiwan bridge program and its cultures to this international audience of bridge industry practitioners.

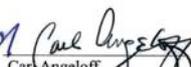
In general, the "Featured Country" is expected to provide:

- A Keynote Speaker, historically the Commissioner of Transportation or Executive Director, for the Opening Session of the Conference.
- A Chair for the Featured Country Session, usually the Chief Bridge Engineer.
- Technical presentations for the Featured Country Session.
- Displays and Exhibits for the Featured Country Exhibit Hall Booth.

We will be honored to have Taiwan as the "Featured Country" at the 32nd International Bridge Conference® in 2015. Please call Cori Stellfox, Conference Manager, of the ESWP Office, at 1-412-261-0710, or Myint Lwin at 1-202-366-4589 if you have any questions.

Sincerely,

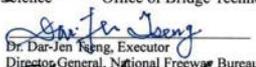

 Matthew P. McTish,
2012 Conference Chair

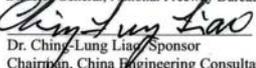

 Carl Angeloff
Bayer Material Science


 Myint Lwin, FHWA
Office of Bridge Technology

Accepted by:


 Dr. Chi-Kuo Mao, Minister
Ministry of Transportation & Communications
Taiwan, Republic of China


 Dr. Dar-Jen Fong, Executor
Director General, National Freeway Bureau


 Dr. Ching-Lung Liao, Sponsor
Chairman, China Engineering Consultants, Inc.
Taiwan, Republic of China

Pittsburgh Engineers' Building • 337 Fourth Avenue • Pittsburgh, PA 15222 • USA • P: 412-261-0710 • F: 412-261-1606 • E: c.stellfox@eswp.com

圖 6 美方正式邀請函

此次受邀是我國少數以英文國家全名參加之國際重要研討會，意義深遠，藉此機會可以具體展現我國橋梁工程永續營建的目標與成果，進一步整合國內業界工程技術走向國際。

台灣主題館之展出概要

在擬定台灣主題館的策展理念之前，首先參考中國與韓國在擔任主題國時的參展發表主題。中國和韓國主要著重在規模龐大、造價昂貴的「大橋」為介紹重點，但是我國的地理環境特色並不適合在巨形結構上加以強調，所以在策展構想的理念上擬就我國橋梁工程在發展過程中，因為天然環境因素及歷年努力成果，造就出有別於其它國家的特色成果加以突顯介紹。

談到台灣的橋梁工程特色，不難思及台灣位處地震帶，山高水急的地理環境，每年又會遭逢數個颱風侵襲，因此「多重天災的威脅」可說是台灣橋梁無法避免的宿命。因應外在環境的挑戰，台灣的橋梁多年以來已發展出各種因應對策，此點毫無疑問可為台灣特色之一；隨著台灣工程技術與生活素質的提昇，我國的橋梁設計近來從早期的運輸功能導向，逐漸結合全球永續經營的議題，包括環境生態、環保材料、節能減碳等理念逐一融入橋梁設計理念，也加入橋梁美學因子，「綠色優美的細膩」可作為台灣的第二個特色；自從早期的重大交通工程建設結束後，近期已較少新建橋梁的建造，取而代之的是既有公共建設的維護管理作業，使其維持正常良好的服務功能狀態，多年累積的成果足以成為第三個展示特色－「維護管理的實踐」；台灣的工程界一向勇於接受新進的技術與工法，或是運用智慧成功的發展出別具特色的工法，「創新工法的演化」這一方面的成就堪稱為第四個特色。

在上述的四個特色的架構下，由交通部台灣區國道高速公路、台灣區國道新建工程局、公路總局、高速鐵路工程局、台灣鐵路管理局、鐵路改建工程局，以及國家實驗研究院國家地震工程研究中心與中華顧問工程司共同整理篩選近期相關工程計畫成果，並進一步將參展主軸聚焦於「防災」及「永續」兩大主題，另外再加上台灣「文化與觀光」的介紹，共同組合成主題館內的三大元素。針對我國之參展特色內容，籌備委員會決定參展的主題標語為 SAFE Taiwan：



圖 7 台灣參加 2014 IBC 預展攤位

Symbiosis with the Environment，強調台灣工程與環境共生，代表走過 921 震災、88 水災，面對自然環境的挑戰，衍生橋梁與環境共生，發展出更多安全技術，堅定生活與環境永續。

為能將參展議題作最佳的詮釋，除了來自公部門的共同主辦單位以外，籌備委員會也就列為參展議題的工程計畫項目，擴大邀請有參與其中的顧問公司及工程公司等民間機構，以協辦單位的身份共同協助參展活動，以提供更豐富完整的資訊作為展示內容的說明，並在展出時一併提供專業的說明介紹。

參展籌備作業經過多次邀請各籌備單位開會討論，並且也於 2013 及 2014 兩年派員到匹茲堡實地觀摩 IBC 研討會辦理情形，其中 2014 年向大會承租攤位辦理預展（圖 7），提前一年向與會來賓預告台灣將於 2015 年正式以主題國的身份參加。觀摩與預展也帶回豐富詳實的資訊來作為 2015 年我國參展的參考，綜合各項參展的籌劃與準備，擬建置之台灣主題館如圖 8。

向國際介紹台灣實力

自 2005 年第一屆台美公路與橋梁工程研討會開始，台美雙方即展開技術交流與合作，而 2015 國際橋梁會議邀請我國成為主題國的參展國家，意義十分深遠，除表示對我國工程技術多年的發展表示肯定外，亦是展現台美兩國長期技術交流的善意回應，藉此可預期建立更長遠的實質合作關係。此次成功的參展國際橋梁研討會，實為可以結合國內公部門與民間企業



圖 8 2015 國際橋梁研討會之台灣主題館概念圖

的資源的絕佳契機，發揮最大整合效益，利用此次參展的平台，將我國的工程實力介紹給國際認識，同時也散播台灣精彩的觀光與繽紛的文化，並且企盼能將我國的營建產業推向國際舞台，增加爭取更多未來海外業務的機會。🏡

◎ 國際橋梁研討會官方網站
<http://www.eswp.com/bridge/>



◎ 台灣參與 2015 國際橋梁研討會專屬網站
<http://www.ibctaiwan.com/>



廣告



達欣工程

DACIN CONSTRUCTION

智慧、創新、務實、勤奮
 一步一腳印·向永續邁進



什麼是「鑑識工程」 (Forensic Engineering)？



陳治欣／前台北市土木技師公會、學術與國際交流委員會主委

本文是筆者三次參加「鑑識工程」國際研討會的一些回憶。這三次研討會分別是 2005 年 11 月 10 ~ 11 日在英倫，2007 年 1 月 19 ~ 20 日在台北，和 2007 年 12 月 6 ~ 9 日在印度孟買舉行。

什麼是「鑑識工程」(Forensic Engineering) 呢？

此一專用名詞在 2005 年以前對大多數台灣人包括筆者是相當陌生的。據了解，「鑑識」一詞是和法律案件有關的「鑑定」用語。那麼它和工程又有啥關係呢？這個謎團於 2005 年 11 月筆者首度和兩位同屬北市土木技師公會的李順敏理事和蔡博智兄遠赴英倫（當時筆者為國際交流委員會主委 / 蔡兄則為副主委）參加第三屆「鑑識工程」國際研討會時才獲得解答。它的定義在大會的主旨很明白的揭示：鑑識工程：失誤的診斷和問題的解決 (Forensic Engineering: Failure Diagnosis and Problem Solving)，而此一領域的權威 - 美國華盛頓州立大學的 Ken Carper 教授則有更貼切的定義：

- (1) 工程學理在法律上的運用，
- (2) 包含研究、分析及報告，
- (3) 工程業務上紛爭的解決，
- (4) 技術資訊的傳播，
- (5) 工程病理學，其範圍除土木、建築和結構等領域外，也涵蓋法律、公衛和醫療等，可見其範疇之廣泛。

此次研討會有一件事值得一提。在首日的歡迎酒會上有一百多位參加，其中以英美兩國的與會者占大多數，也有兩三位是來自印度或巴基斯坦。我們來自台灣的三位外又增加了一位台灣營建研究院的李維鋒君，我們四位穿著整齊地坐在大廳右前方的角落。當歡迎酒會進行到一半時，主持酒會的主人突然手指著

我們四人問：Are you from China？說時遲那時快，我立即回答：No Sir。We are from Taiwan！那時我看到了他友善的微笑。最後一天的晚宴是舊識的聯誼，也是結交新知的絕佳機會。筆者很幸運地和大會主席 Brian Neal 先生及英國土木技師協會 (ICE) 理事長 George Masterson 同桌，也因透過他們；筆者得以邀請四位國際知名的專家學者，於 2007 年 1 月 19 日前來台灣協助舉辦首次的「鑑識工程」國際研討會。

從英倫研討會返台後，筆者與李君頻頻聚會建立了共識：台灣工程界極需引進「鑑識工程」的觀念，而為達到此一目標，兩人一致同意於近期在台灣舉辦一場「鑑識工程」國際研討會，邀請全台的工程界人士共襄盛舉。為了達到最大的效果，也一致同意邀請國際知名的專家學者和國內工程菁英共同主持研討會。有了共識與願景之後，決定立即分頭進行：筆者出面邀請四位先前在英倫研討會認識的專家，分別是：Brian Neal（結構）、J. Wood（土木、結構）、Ken Carper（結構、建築）和 G. Butera（法律）等四位，堪稱是一時之選。李君則負責邀請國內的專家、經費和研討會地點等。其中經費一項最為棘手，因為國際專家們的來台旅費、研討會期間的住宿費用等，數字相當驚人。所幸李君憑他的人際關係和毅力，終於順利獲得解決，對他熟練的手腕令筆者佩服。

2007 年 1 月 19 ~ 20 日，台灣首次的「鑑識工程」國際研討會終於在台灣科技大學隆重開幕，約有一百多位工程、學術和法律界人士參加。（主辦單位：台灣營建研究院 / 台北市土木技師公會，協辦單位：台大土木系 / 台科大營建系）。研討會上，國內外專家分別提出精闢的專題報告，使與會者均感獲益良多。閉幕之時，擔

任大會主席的筆者，語重心長地期望此次研討會種下的「鑑識工程」種子，能很快的在台灣發芽茁壯。最後與會者在依依不捨的氣氛中互道珍重後圓滿落幕。

2007年12月5日，另一場研討會在印度大城孟買（Mumbai）舉行。在不久之前，高雄捷運工程在隧道施工中發生重大災變，而李維鋒君正好手邊有相關的資料，可作為專題報告之題材。筆者建議李君收集整理，由筆者以英文撰寫一篇報告後投稿於孟買的研討會。兩人再度分工合作，投稿後不久；便收到審查委員會表示接受的通知。後來從籌備會寄來的資料獲悉研討會鄰近的旅館收費昂貴得驚人（住一晚為500元美金以上），令筆者和李君兩人意願頓減。不意籌備會主席 R.N. Raikar 連續數次以 e-mail 邀請，筆者為其熱誠所動，另一方面因筆者當時擔任北市土木技師公會「學術及國際交流委員會」主委，國際間學術、技術之交流必需付之行動乃決定前往。12月5日筆者偕內人飛越印度洋抵達位於西岸的城市孟買。第二天上午

當筆者夫婦抵達研討會會場時，Mr.Raikar 已在會場親切歡迎。筆者參加此次研討會，竟有三個“意外”：

其一是，筆者在會場不期而遇到 Ken Carper 教授夫婦和 Dr.J Wood 夫婦，有異地重逢的親切感。其二，大會主席 Mr.Raikar 要筆者擔任首日上午議程的主持人（Moderator）。臨場授命且盛情難卻欣然地接受，讓議程能順利完成。

其三，研討會場主席台前的布景上印著 12 個參與國家的國旗和國名。筆者意外地發現青天白日的旗幟旗下國名為“Taiwan”。雖然印度和台灣長年沒有正式的邦交，但在與會期間筆者除了和各國人士交流，也和印度工程師們愉快地交談，為台灣的國民外交聊盡棉薄之力。

吉光片羽，以上所述都是筆者美好的回憶。對於「鑑識工程」筆者若有所付出，僅是一位播種者而已。深盼國內的工程菁英能繼續耕耘及培養後進，在台灣這塊土地上繼續傳承、茁壯。🇧🇪



財團中華顧問工程司
CHINA ENGINEERING CONSULTANTS, INC.



設計美學研習營

人才培育

研究發展





工程技術



追求工程建設的真善美

延伸人類幸福文明視野

廣告

都市維生管線之維護及管理 — 以下水道為例

陳賜賢／中華民國水利技師公會榮譽理事長

摘要

最近高雄石化氣爆事件及東日本 311 大地震與美國颶風災害等某種程度都使都市生活機能中斷，其中高雄石化氣爆事件因丙烯氣爆沿著三多路使多條重要道路嚴重損壞，同時炸毀包括與民眾生活息息相關之管線，如污水、自來水、電信、光纖通訊、高低壓電線、瓦斯、第四台電纜等或稱為都市「維生管線」，災害瞬間該區民眾生活陷入困頓，而外援也因交通道路中斷而無法到位；類似情況在前述國外也經歷過，而臺灣於莫拉克颱風或 921 大地震也都一再重複發生；因此都市維生線工程廣義的說法應包括地面上橋樑道路及地下各式各樣管線設施，而狹義的見解則為前述僅與生活息息相關之地下管線設施；無論如何面對類似複合型災害，有必要重新檢視，俾將災害影響範圍降至最小，亦即如何「降低災害」的想法，特別是面對維生管線維護對策，必須

更宏觀而全面的重新評估，以確保將來發生比高雄石化氣爆更巨大的災害時，能做好更萬全的準備；本文僅以地面下之污下水道管檢查維護管理為例，說明平時對地下管線維護管理方式。

前言

都市地下維生管線系統（Lifeline）為維繫一般居民生活之基礎設施，都市化程度越高之城市對其依賴性愈高；依據日本國土交通省的統計調查結果，每 1 km 長的國道便有 30 ~ 35 km 長的地下設施，在市區內，稠密程度更甚。地下設施繁多，除了常見的給水管道、能源管道、交通管道、通訊管道及視訊網路等逾 20 種，而電訊線路便有近 10 種；因此一但發生災害，若無完整管理系統，恐足以危害都市生活功能及其安全。



圖 1 複雜之都市地下維生管線系統 [4]
(1 km 長的道路約有 36 km 長的地下設施)

地下管線設施 — 污水下水道之維護管理介紹

臺灣地區隨著社會之進步與發展，污水下水道已列入重大國家建設項目之一，完整之污水下水道維護工程包含：管道清理作業、管線結構之內外檢測、對管線缺失進行診斷、修繕方式及費用估算等，如圖 2 所示。

1. 管線檢測

於進行管線檢視工作之前，先進行地面地形測量、管線基本資料量測及建檔等工作，以建立數值地

形、土地使用等圖資及紀錄管線長度、管徑、埋設深度、排水坡度、高程等管線基本資料。一般污水管線檢視包括管線內部結構狀況及外部基礎檢視。內部結構狀況檢測主要在調查由暴雨沖蝕、樹根入侵、黏土收縮，以及其他不穩定因素所造成管內壁缺失狀況，如裂縫、穿孔、變形、塌陷、接頭移位、表面沖蝕、滲入、阻塞、結垢等，作為擬訂適當維修方式之依據。管線調查方式包括管線注水試驗、誤接調查、送煙試驗與負壓試驗等，如圖 3 所示。

污水管線直徑 1200 mm 以下（不含 ϕ 1200 mm），

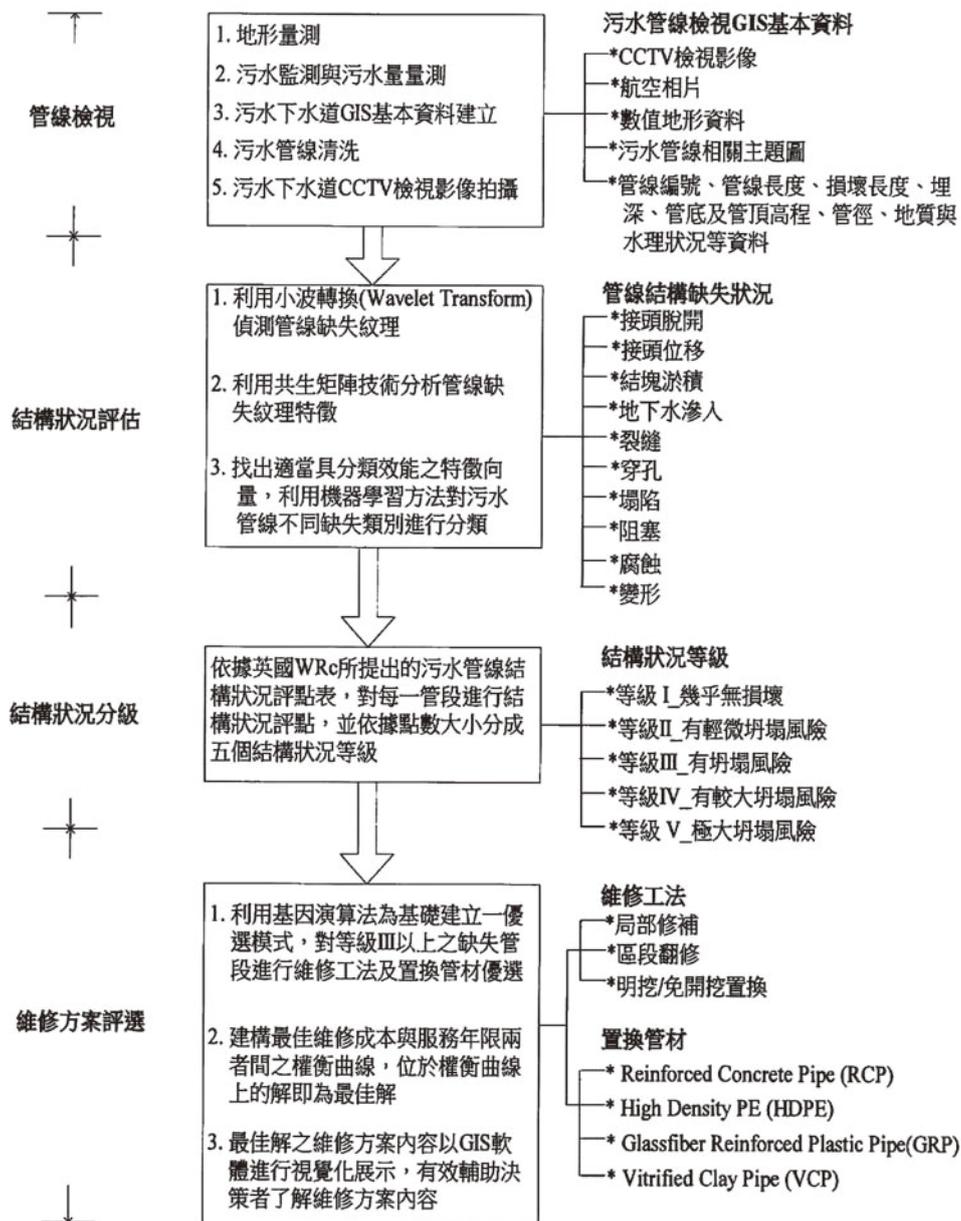


圖 2 污水下水道管線維護管理作業流程

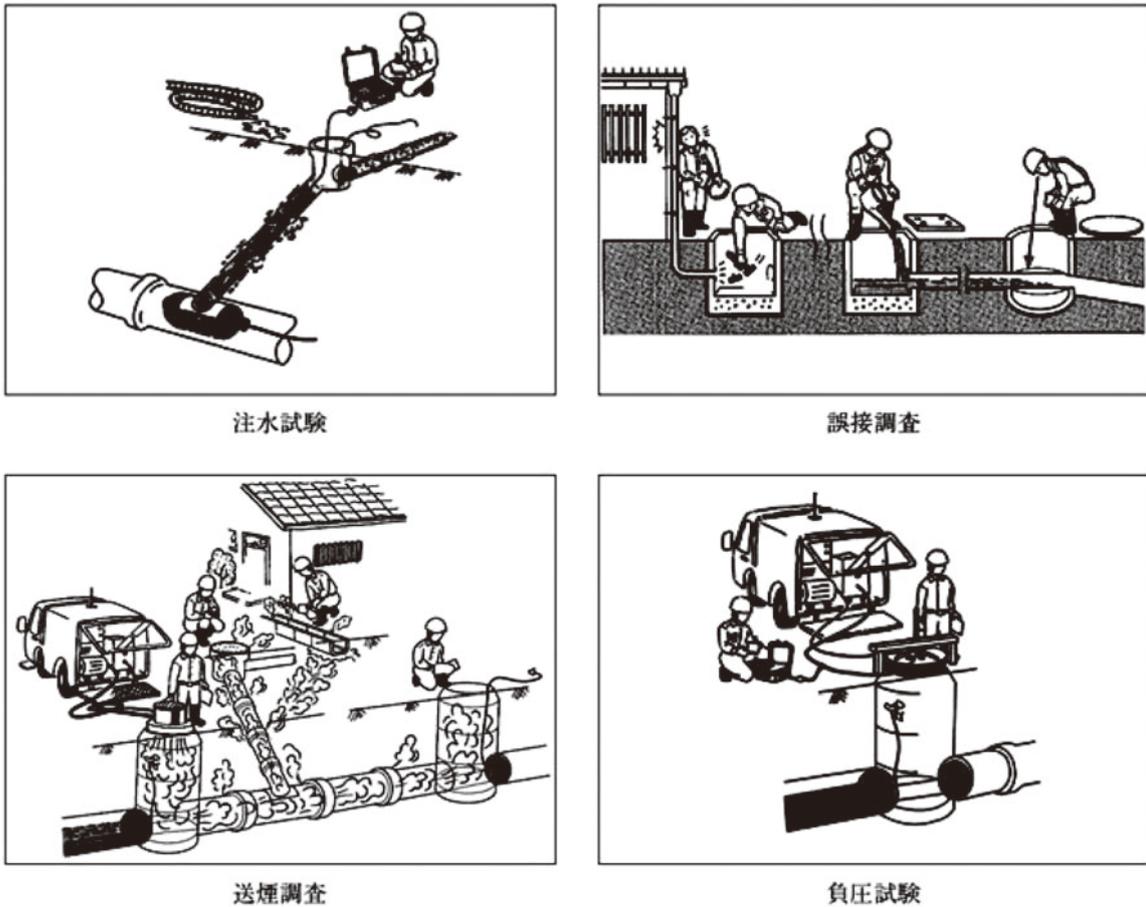


圖 3 管線之注水試驗、誤接調查、送煙調查及負壓試驗示意圖

目前以使用閉路電視 (CCTV) 逐段檢查管內狀況並錄影存證為主要技術。至於直徑 1,200 mm 以上之污水管線，則由現場作業人員攜帶錄影設備，進行縱走檢視，並在各接頭處進行環攝，以確認管線狀況。管線裂縫與滲水之 TV 檢視及探測方法如圖 4 所示，該方式係將閉路電視 (CCTV) 置於管道內，通過在地面上之監視器，觀察下水道破損、裂縫、浸漏、連接管之狀態，將其作為資料收錄在儲存設備上。惟 CCTV 在管線通水情況下無法進行檢視，因此，須先清洗下水道系統，並須將檢視之管段以另一暫代管段輸水後，再行檢視。

管線調查及診斷作業流程如圖 5，管線清理及檢視作業流程如圖 6 所示，主要工作包括：確定工作範圍、開啟人孔蓋、人孔內送風、檢測人孔內氣體、CCTV 自走車調校、自走車安置入管及系統設定、自走車操作及管內拍攝、影像品質確認、確認 CCTV 影像是否可供診斷等。

管線檢視之基本作業說明如下：

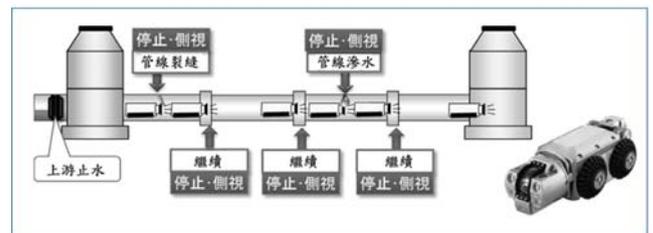


圖 4 管線之 TV 檢視及探查方法示意圖

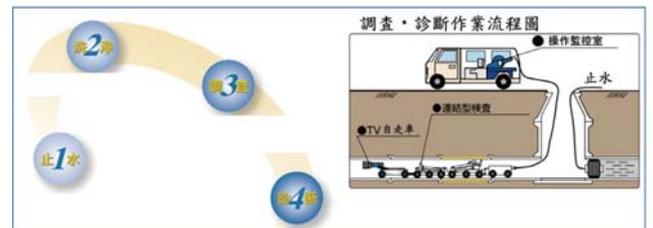


圖 5 管線調查及診斷作業流程

A. 確定工作範圍

在施作地點周圍，須架設交通錐等相關勞安設施，並設置交通指揮手排除車輛，以兩相鄰人孔或單一管段為一作業單元。

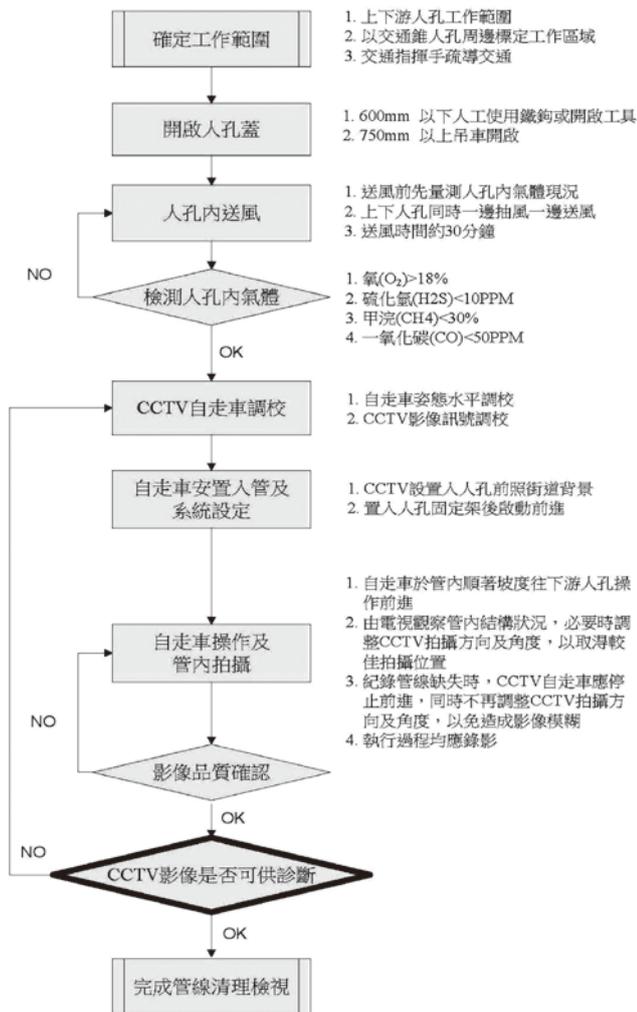


圖 6 管線檢視流程

B. 抽風換氣及氣體偵測

開啟人孔蓋後，將先對檢測管段抽風換氣，並以四合一氣體偵測器檢查管段內氣體是否達作業標準（氧 > 18%、硫化氫 < 10 ppm、可燃性氣體 < 30%、一氧化碳 < 50 ppm）。若未通過，則繼續抽風換氣，上下人孔同時一邊抽風，一邊送風，送風時間約 30 分鐘。接著，以橡皮充氣止水栓擋上游管道排放之水，並以抽水機作為臨時排水措施。

C. 管線清洗

原則上，將由上游往下游逐段清理，而污水管線清洗方式係由下游人孔向上游人孔清理，以高壓洗管方式清除管內沉積砂石、污物、油脂硬塊等雜物；以真空幫浦吸除所匯集在人孔內之砂石或污物並與以運棄。作業時，若以橡皮充氣式止水栓塞住上游管線，則將設置污水抽水機抽除，以避免上游管線溢流至路面。

D. CCTV 影帶製作

對管徑未達 1,500 mm 者，一般以進行 CCTV 檢視作業（將含坡度測定）為主，CCTV 自走車之操作係由地面上閉錄電視攝影車內之電腦設備控制，管內狀況傳輸至電腦螢幕，所有檢視過程均應製成光碟片存憑；進入前，工程師以白板填寫註明工程名稱、工程項目、施作人孔之圖號、編號、管徑、位置與日期等一起拍攝，攝影時將同時以監視器監看拍攝效果。

E. CCTV 自走車拍攝

CCTV 開始進行拍攝時，管內雜物將全部清除。清理完成後，進行錄影存證，拍攝時，將人孔週邊背景納入，並從設備安置在檢測管口處直到完成整個檢視過程為止，進行連續拍攝。管線內之水流不得超過管徑百分之五（管線沉陷部份及漏水等除外）。於拍攝過程，不良處之位置、管材、管徑、街頭號數、檢查日期及不良情形等資料將輸入電腦螢幕，並記錄在錄影帶上且將拍照管線缺失存憑；有關 CCTV 檢視車作業情形，如圖 7 與 8。CCTV 自走車操作作業程序如下：

- (1) 將閉錄電視攝影車停在適當位置，打開警示燈及擺放交通錐。
- (2) 啟動發電機，發動後約 5 分鐘讓電流、電壓平穩後，再行開啟各項設備開關。
- (3) 依序開啟電源總開關
- (4) 穩壓器儀表設定至額定電壓 110V。
- (5) 開啟錄放影機電源（以錄影方式將管道內部檢查結果記錄下來，作為下一階段之規劃設計依據）。
- (6) 開啟控制盤及監視器開關（控制盤：用以控制閉錄電視攝影機前進、後退、調整鏡頭光圈、焦距、直視及側視 360 度；監視器：可同步顯示管內狀況；鍵盤：隨時輸入各項資訊及記錄於影帶中）。



圖 7 CCTV 檢視車外觀



圖 8 CCTV 檢視車內部

F. 管渠內雜物處理

若有樹根侵入、接頭止水膠圈脫落、地板磨石漿或混凝土塊、油脂硬管內障礙物清除作業時，操作工程師需注意不損傷管壁。俟清除後，以高壓洗管機將障礙物清除，再以 CCTV 檢視鏡頭檢查管內清除情況後，製成錄影帶，並拍照存憑。如遇下列情況致使自走車無法前進時，現場常以錄影及拍照存參：(1) 管接頭漏水或接合不良 (2) 突出插管 (3) 管壁不良或管接合不良 (4) 管破損或斷裂等。

2. 管線結構狀況評估

下水道管線設施受原設計、施工、材料、構造等不同因素及通水後因使用狀況之不確定因素影響，其排放能力及結構狀況受物理性、化學性及生物化學性等影響，引致結構狀況受損，因而降低使用年限。一般管線設施標準之耐用年數與需予處理期限如表 1 所示。

3. 管線更新工法之分類

依據日本下水道協會「管更新之指導(案)」，污水下水道管線更新工法包括反轉工法、成形工法、製管工法、鞣管工法，其分類如圖 9。根據管線攝影調查結果，對管線診斷、評估及提出更新建議之流程如圖 10 所示。自走式攝影機調查判斷基準如表 2 所示，管線改良必要性之判定基準如表 3 所示。

改良之必要性及基本工法之判定

從調查項目之級別判定結果，決定改良之必要性與選定基本工法下判定基準。

附屬管項目 (SK-SS)，砂漿堆積 (Q) 及填料異常 (P) 原則上非本管修繕改建對象 (不含檢附管理)，但針對其他工程項目如下：

表 1 管線標準耐用年數與處理期限

大分類	中分類	小分類	年數	處理期限
管線設施	管渠 (人孔間)	鋼筋混凝土	50	20
		離心鋼筋混凝土		
		陶		
		硬質聚乙烯		
		玻璃纖維		
		鑄鐵		
		球墨鑄鐵		
		鋼		
		混凝土		
		樹脂混凝土		
	附屬管	硬質聚乙烯	50	20
		陶		
		離心鋼筋混凝土		
	人孔	本體 (混凝土)	50	20
		本體 (硬質聚乙烯)		
		本體 (樹脂混凝土)		
鐵蓋 (車道部)		15	7	
鐵蓋 (其他)		30	15	
共通	內部防蝕	10	-	

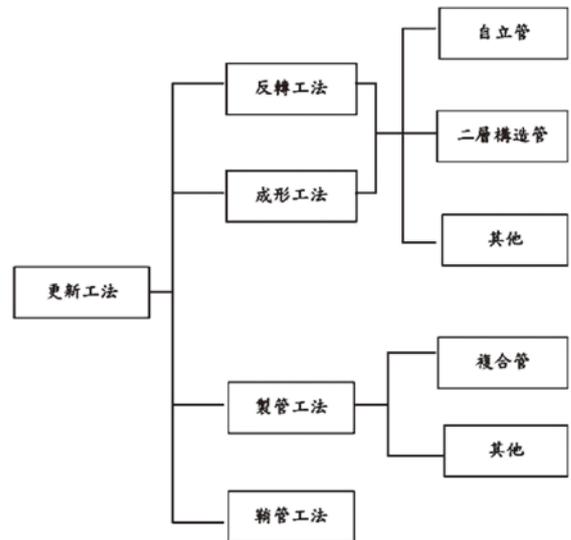


圖 9 污水下水道管線更新工法分類

- (1) 有妨礙之砂漿，填料，附屬管突出之前處理。
- (2) 附屬管詳細調查 (因有附屬管必要改良之情況)。

浸入水、樹根侵入等須進行水止工或前處理 (樹根去除工)。此為考慮基本之判定，須改良之位置數量及管路耐用年限，依據「投資效果」予以評估，決定全線改建或部分修補之方案。

表 3 改良必要性之判定基準

調查項目	判定之基本基準
C 級	<ul style="list-style-type: none"> 原則上 C 級之項目判斷與緊急處理之必要性，無立即修復對象可「監視處理」。 破損 E (從人孔內修補可能之管口部缺損) 為「管口修補」。
B 級	<ul style="list-style-type: none"> 原則上，檢討更新工法而分級。 鬆弛 (L)、蛇行 (M) 相關流水能力之檢討有必要，不符之場合，設施之角色已失之故，開挖更替佈設。 接頭垂直位移 (G)，逆坡流水能力不符場合，需開挖更替佈設，提升功能管渠更新之檢討。
A 級	<ul style="list-style-type: none"> 有關破損 (E)，接頭處垂直位移 (G)，原則上以開挖佈設替換。 有關鬆弛 (L)、蛇行 (M)，管流出能力不佳需開挖佈設替換。 等級 (V、H) 接縫處張開 (B)、腐蝕 (F)、樹根侵入 (R)、浸水 (D)，原則以更新工法檢討處理。

表 4 依據調查結果改良工法之基本目的

事項	級別	記號	A 級	B 級	C 級
破損	E		開挖檢討	自立管	管口修補
接頭處垂直移位	G		開挖檢討		(監視處理)
接頭處張開	B	二層構造管(II)	拔出之場合之開挖檢討	(監視處理)	(監視處理)
破裂(垂直)	V		二層構造管(II)	二層構造管(II)	(監視處理)
破裂(水平)	H		自立管 二層構造管(I)	自立管 二層構造管(I)	(監視處理)
鬆弛	L		因流下能力不符需開挖檢討	因流下能力不符需開挖檢討	(監視處理)
蛇行	M		因流下能力不符需開挖檢討	因流下能力不符需開挖檢討	(監視處理)
腐蝕	F		自立管	自立管 二層構造管(I)	(監視處理)
樹根侵入	R		二層構造管(II)	二層構造管(II)	
浸入水	D		二層構造管(II)	二層構造管(II)	(監視處理)
填料異常	P			—	
砂漿堆積	Q			—	
附屬管突出	SK			—	
附屬管破損	SE			—	
附屬管移位	SG			—	
附屬管異常	SP			—	
附屬管樹根侵入	SR			—	
附屬管內浸入水	SD			—	
附屬管內其他異常	SS			—	

※ 部分內視二層構造管 (II) 適用，在適用外之場合可將部分開挖，檢討全線視砌工法。
 ※ 既設管線為陶管時，適用於自立管。

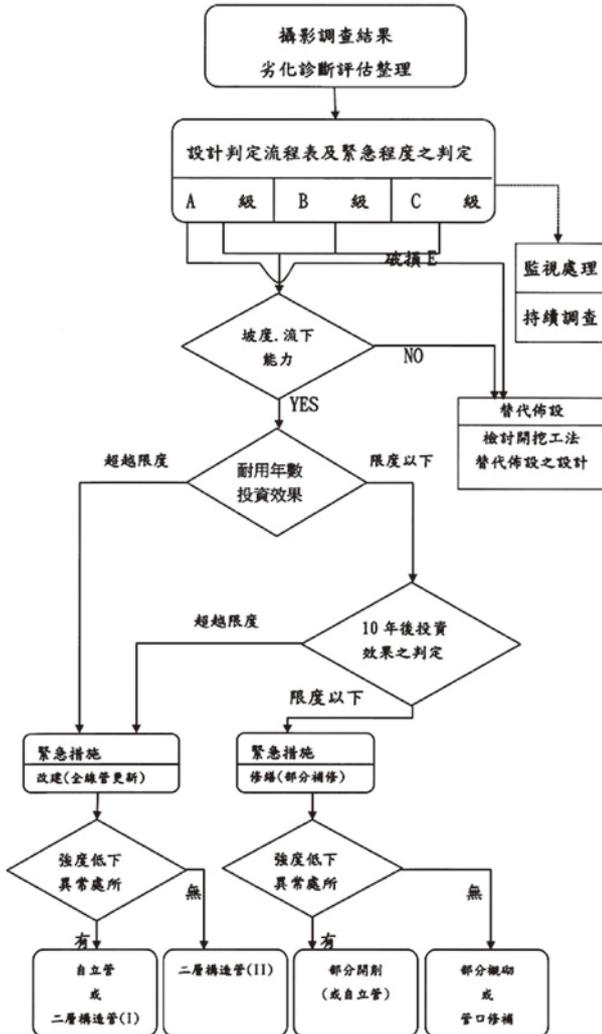
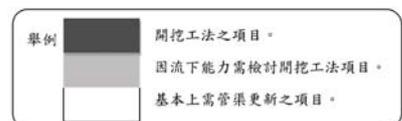


圖 10 管線攝影調查結果評估及更新建議之流程

表 2 自走式攝影機調查判斷基準

事項	級別	記號	A	B	C
破損	E		管材有破壞不適用管渠更新(要開挖)	管材有缺損管渠可能更新	可能從人孔內修補之管口部缺損
接頭處垂直位移	G		3cm 以上	1cm-3cm	1cm 以下
接頭處張開	B		3cm 以上	1cm-3cm	1cm 以下
破裂(垂直)	V		半圓周以上	半圓周以下	裂裂
破裂(水平)	H		管長之 1/2 以上	管長之 1/2 以下	裂裂
鬆弛	L		管徑之 1/2 以上	管徑之 1/2 以下	不足管徑之 1/5
蛇行	M		管徑之 1/2 以上	管徑之 1/2 以下	不足管徑之 1/5
腐蝕	F		全體管材露出	部份管材露出	顏色改變
樹根侵入	R		樹根侵入妨礙水流	有樹根侵入	—
水侵入	D		飄出水	流水	模糊
填料異常	P		有橡膠圈露出妨礙水管	有橡膠圈露出	—
砂漿堆積	Q		管徑之 20% 以上	管徑之 20% 以下	—
附屬管突出	SK		本管內 3cm 以上	本管內 3cm 以下	—
附屬管破損	SE		管材有破壞不適用管渠更新(要開挖)	管材有缺損，管渠可能更新	—
附屬管移位	SG		3cm 以上	1cm-3cm 未滿	1cm 未滿
附屬管異常	SP		橡膠圈露出妨礙水流	橡膠圈露出	—
附屬管內樹根侵入	SR		樹根侵入妨礙水流	有樹根侵入	—
附屬管內浸入水	SD		滲出水	流水	不明顯
附屬管內其他異常	SS		需要立即處理	需要計畫處理	—

(1) 二層構造管之適用損傷型態 (如圖 11)



圖 11 既有管線損傷型態之分類 (一)

(2) 二層構造管設計之適用性判定 (如圖 12)

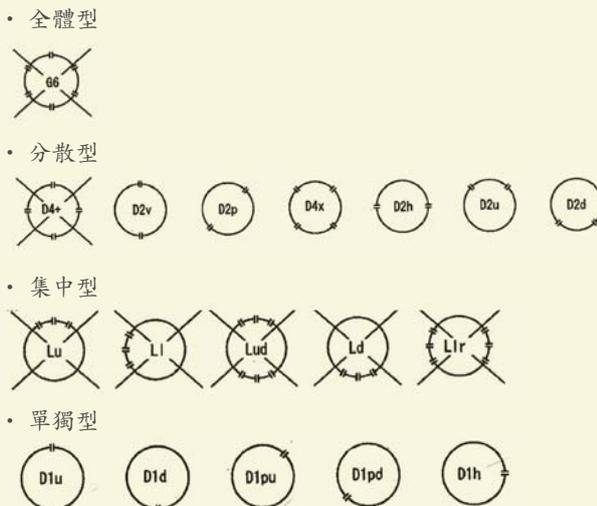


圖 12 既有管損傷型態之分類 (二)

在一支管段中，若無任何不適當損傷型態存在，則建議採用自立管更新。表 5 為管線接縫處位移之改善判定表。

表 5 管線接縫處位移之改善判定表

種別	級別	判定工法	
G 接頭垂直位移	A	原則上選定開挖工法替代佈設	
	B	正坡級	原則上選定管渠更新工法
		逆坡級	<table border="1"> <tr> <td>流下能力</td> <td> 有障礙 → 原則上選定開挖佈設替代 無障礙 → 原則上選定管渠更新工法 </td> </tr> </table>
流下能力	有障礙 → 原則上選定開挖佈設替代 無障礙 → 原則上選定管渠更新工法		

(3) 通水能力之檢討流程



(4) 結構計算流程

小管徑之場合，更新管之結構計算依照圖 13 之流程。

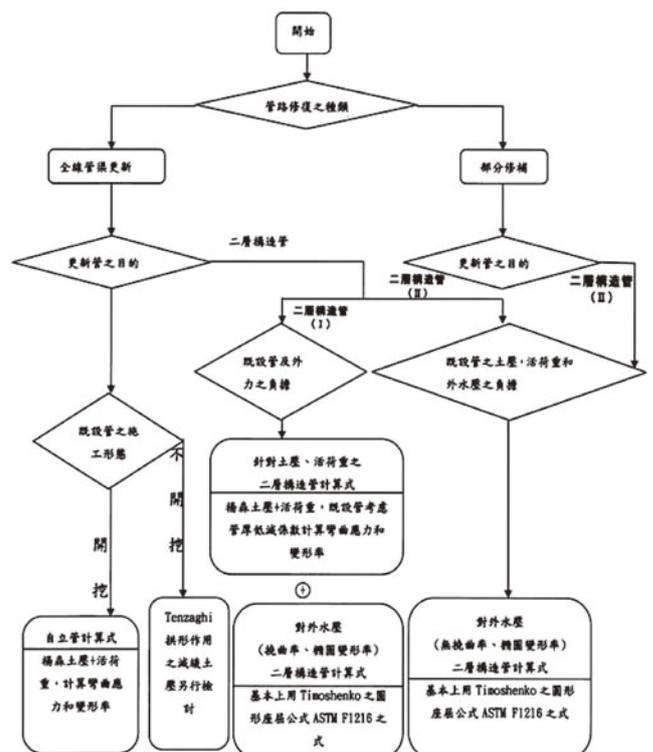


圖 13 更新管線之結構計算流程



圖 14 地下維生管線之未來管理方向 — 強化重要設施供給系統 [3]

地下維生管線之未來管理方向

台灣為颱風與地震頻繁地區除了自然災害外，尚可能面臨類似高雄人為意外災害，有關給水、能源、通訊供給系統，應於平時進行各式各樣防災模擬並儘可能提高最大限度地抵抗災害的系統，以確保災害時包括對災害指揮中樞、醫院及車站能供應包括「給水、能源、通訊」（如下圖 14），以降低二次災害及爭取災區搶救黃金時間；總而言之，地下管線錯綜複雜其功能及維護方式有所不同，本文僅以污水下水道維護管理方式作檢討，尚未包括其他設施及防災討論，未來管理方向應包括平時功能運轉及防災安全供給並配合道路空間資訊系統整合。

參考文獻

1. OKAYAMA CITY ,Urban development bureau , 2013 ,「電線共同溝の整備について」, 日本。
2. 建設省下水道部 , 1995 ,「管路施設の計画的維持管理と財政の効果に関する調査報告書」, 日本。
3. 東京都総務局総合防災部 , 2013 ,「東京都の地域防災計画について」, 日日本。
4. 財（道路管理センター）2013 ,「道路管理システム’ ROADIS における現状と課題」, 日本。



中國土木工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

一個凝聚產官學土木專業知識的團體
一個土木人務必加入的專業學術團體
一個國際土木組織最認同的代表團體
一個最具歷史且正轉型蛻變中的團體



<http://www.ciche.org.tw>
請上網下載入會申請表

電話：(02) 2392-6325
傳真：(02) 2396-4260
e-mail: service@ciche.org.tw

歡迎加入學會

跨孔式地電阻法於深埋管探查之應用

蔡道賜／三合技術工程有限公司總經理

黃富郎／三合技術工程有限公司經理

柯瑞祥／三合技術工程有限公司工程師

摘要

近年來台灣工程業蓬勃發展，到處許多工程基礎、管道和各種隧道，均往地表下發展，由於早期埋設管線尚未有詳細記載的設計圖與資料庫，導致資料欠缺，事隔多年之後，部分工程必須更動既有的管線或可能開挖到鄰近的管線，施工之前都需要管線詳細的資料。大部份管線之調查為使用透地雷達探測，以調查管線的分佈情形及位置等，但是由於雷達波傳遞能力有限，常受到地層電阻率的影響，大幅降低雷達波的穿透深度，使得大部份在台灣地區，使用透地雷達探測比較適合在淺地層的管線調查。幾年前，作者在台灣已經多次使用跨孔式地電阻法探查深埋管線，並於本文中提出兩個實測的例子，證實二維及三維地電阻法，均適用於深埋管線的調查。

前言

管線調查主要目的為得知：(1) 管線的位置及分佈的情形，(2) 管線大小，(3) 管線的健康程度，有無破損或腐蝕等，(4) 有無滲漏或污染情況。管線調查在土木工程的主要用途為得知既有管路的分佈情形，以便後續近接工程規劃、設計及施工。尤其是已經開發許久的市區及工業區，地下管線三度空間分佈非常複雜，事先的調查是非常必要的。由於管線和相鄰的地層材料之物理性質會有程度上的差異，將透過地球物理方面的檢測，以瞭解地層之物理性質的分佈情形，並從資料中找到異常（和周圍地層特異之處），進而判釋地下管線的位置。

地球物理方法於管線探查方法很多，主要有透地雷達、電磁法（Electromagnetic Method）、地電阻法等，一般都應用於地表附近的管線。其中以透地雷達的應用最多，但是電磁波傳遞能力受到介質的電阻率的影響，電阻率越低其衰減越大，通常本島很多地方近地表處的地層含泥量高且潮濕，有些地下水位高，因此地層電阻率均很低，大幅降低探查的深度。因此大部份透地雷達的探查深度均限制在 4 公尺以內，而且反射的雷達波均很微弱，不確定因素很高，最好同時使用多種方法同時施測，以提高準確度，必要時應在適當位置進行試挖，交叉比對解釋，進而提高其可信度。由於有些管線因安全顧慮，使得施工位置不方便開挖，有些管線因施工因素，使得埋設位置太深無法開挖，再加上地表透地雷達常受到地層的電阻率影響，無法探查管線之深度，導致不易獲得管線位置與深度。

本文建議在調查低電阻率地層區域的管線，或探查深埋之管線時，使用二維或三維跨孔式地電阻法（cross hole electrical resistivity tomography），將電極設置到管線目標的附近，以提高探查解析度。地下管線通常是以金屬為材質，使得在量測時造成特異的現象，甚至於無法量測，一般使用二極法可能量測到較高的假電阻率，導致無法量測到正確的電阻率，此為假電阻率響應，但足以得知管線的位置，必竟調查管線的位置才是主要探查目標。

對於埋深管線調查方法必須有所調整，必須將檢測設備下移至探查目標物附近，大部份必須於管線位置設置探查孔，並再進行檢測，以提高探查的精度。

跨孔式地電阻法簡介

跨孔式地電阻影像剖面法，電極排列利用雙極法（pole-pole array）。此種探勘方法其原理主要將直流電藉由插於地表和探測孔內之一對電極（電流極）通入地下，電流流經地層造成人工電場，由地表上和探測孔內之另一對電極（電位極）量測此電場之電位差，此電位差因地層之導電性及兩個探測孔間異常物質之不同而有異常不均之分佈。由通入地下之電流強度、量測得之電位差及電流極間之相對位置，依歐姆定律求出地層之視電阻值及電性地層之構造，進而推估探測孔間異常帶之分布狀況，跨孔式地電阻影像剖面法探測電極設置方式示意圖如圖 1 所示，電極排列方式，可用雙偶極（dipole-dipole）、雙極法（pole-pole）、雙二極法（bipole-bipole）或混合排列（mixed array）等等，通常在低電阻率的測區，建議採用雙極法。

本文所用之儀器為美國 AGI 公司製造的 SuperSting R8 電探儀，在儀器主體量測部份是經由微電腦全自動控制（包含全自動自然電位修正、自動調整輸出電流、訊號加強之數位化累計及施測過程錯誤訊息顯示），能於資料收集過程，適時顯示各項資訊，以確保資料之正確性。其電探儀本身可連接在一智慧型控制網絡上，以多電極自動切換系統運作，同時該儀器是針對二維及三維地電阻測勘設計的，可依所設定的電極變換、電流值、放大器增益、疊加數目等施測條件自動操作儲存於硬碟，具有大幅縮短量測時間，並獲得高品質資料的優點。原則上孔內探測電纜由地下 1 公尺開始佈設，每隔 1 公尺（依現場狀況及探測精度要求而定）佈設一個電極，每個孔內佈設 28 個電極至地下 -28 公尺為止。電阻探測儀有信號疊加及貯存等功能，其規格如下所示：

- a. 輸出電流：1mA ~ 2A
- b. 輸出電壓：可達 400V
- c. 輸出功率：200W
- d. 量測範圍：±10V
- e. 量測解析度：最高可達 30nV

計算各量測點之視電阻為將輸出之電流強度及量得之電壓，以下述公式計算該展距之視電阻。假設 C_1 電極與 P_1 電極分別位於電源極 (x_1, z_1) 和電位極 (x_2, z_2) ，幾何因子 K 如下：

$$K = 4\pi / \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_1'} \right)$$

其中， r_1 為 C_1 和 P_1 間的距離， r_1' 為 C_1 對地表之影像點（image point）和 P_1 間的距離。

$$r_1 = \sqrt{d_x^2 + d_z^2}$$

$$r_1' = \sqrt{d_x^2 + D_z^2}$$

$$d_x = x_1 - x_2 \quad d_z = z_1 - z_2 \quad D_z = z_1 + z_2$$

雙極法：

$$\rho_a = K * V / I$$

$$V = \text{電位 (mV)}$$

$$I = \text{電流 (mA)}$$

計算電性地層構造：由現場收集到之量測資料，二維資料以二維電腦解析軟體（如 EarthImager 2D / Res2DInv）進行逆推，求得兩個探測孔間之電性地層構造，利用電性地層構造上之異常分布狀況檢測地下物體狀況分佈。至於三維資料則以三維電腦解析軟體（如 EarthImager 3D / Res3DInv）進行反算，求得孔間包圍空間之電性地層。

地電阻法主要是探查地層的電阻率分佈，通常地層內之電阻率和地層的材料、含水量、水質、破碎程度，風化程度，顆粒大小、溫度及膠結程度等等有關，但除了有地質構造以外，大致上變化平順。當有管線埋入即有可能造成電阻率的差異，即所謂的異常。異常通常是管線本身或是其相關設施或擾動所造成。因此只有再配合現有的管線資料，或試挖資料，即可判釋管線。在比較複雜的地區，則仍然需要試挖等等資料，更進一步的配合判釋。

而我們所關心的是地層的電阻率分布情形，地層的電阻率與地層水的含量、鹽度及分佈狀態有關，也與組成地層的固體顆粒的導電性有關。一般的地層，其固體顆粒為普通造岩礦物的組合體，導電性很低，可視為絕緣體，所以一般地層的電阻率主要決定於地層中水的含量、鹽度及分佈狀態。一般而言，水的含量愈高，鹽度愈高，水的連通性愈佳，其電阻率愈低。地層的粒度愈細，其可交換離子（exchangeable

ions) 愈多，電阻率愈低。因此可以由地層的電阻率來研判地層的含水程度、粒度及岩性，藉以研判地層形貌及構造，表 1 為各種不同地層材料之地電阻率概值；但相同岩性在不同的區域所顯現的地電阻值差異非常大，故表 1 之數據僅能作一參考依據。

在一般說來，其地電阻影像剖面只能代表地地地下地電阻的相對性，通常相對地電阻高者（一般剖面表示顏色為紅色區域），有可能為孔洞、不透水岩層（一般岩層電阻率均高）或地盤改良固結區；相對低者（一般剖面表示顏色為藍色區域），可能為含水帶、斷層泥或直接為地下水、海水等。但實際情形，還必須配合當地地質鑽探資料和地層狀況加以比對。

表 1 各種不同地層材料之電阻率概值 (Keller and Frisknecht, 1966)

地質材料	電阻率 ρ ($\Omega\cdot m$)
砂岩 Sandstone (in general)	100 ~ 8,000
花崗岩 Granite、片麻岩 Gneiss	7,000 ~ 15,000
輝長岩 Gabbro	10,000 ~ 40,000
石英岩 Quartzite	5,000 ~ 10,000
粗砂 Coarse Sand、礫石 Gravel (乾燥)	20,000 ~ 80,000
砂 Sand (乾燥)	5,000 ~ 20,000
粉砂 Silt (乾燥)	400 ~ 2,000
純水 Fresh Water	10,000
海水 Sea Water	0.2 ~ 1
粗砂 Coarse Sand、礫石 Gravel (飽和)	1,000 ~ 5,000
砂 Sand (飽和)	200 ~ 1,000
粉砂 Silt (飽和)	30 ~ 200
黏土 Clay (飽和)	15 ~ 30

二維跨孔式地電阻探查實例

首先本文提出二維跨孔式地電阻方法的實例，本實例的主要為瞭解某單位天然氣管線位置，依據初步訊息得知天然氣管設置深度可能達地下 10 公尺，因探測目標為深層管線，故考量各種地球物理探測方法之優缺點及探測精度等因素，進行相關現地調查規劃，並依現場之狀態及計畫需求提出地下深層管線探測計畫，於探測計畫內選定施作二維跨孔式地電阻影像剖面探測，藉由探測兩個探查孔間異常電阻率分佈位置，找出地下管線的確切位置與深度，以利於後續工程針對管線位置進行相關規劃處理，避免誤觸管線。

BH-2、BH-3 剖面剖面二維跨孔式地電阻影像剖面探測成果如圖 2。依據圖 2 顯示於地下 5 ~ 8.5 公尺

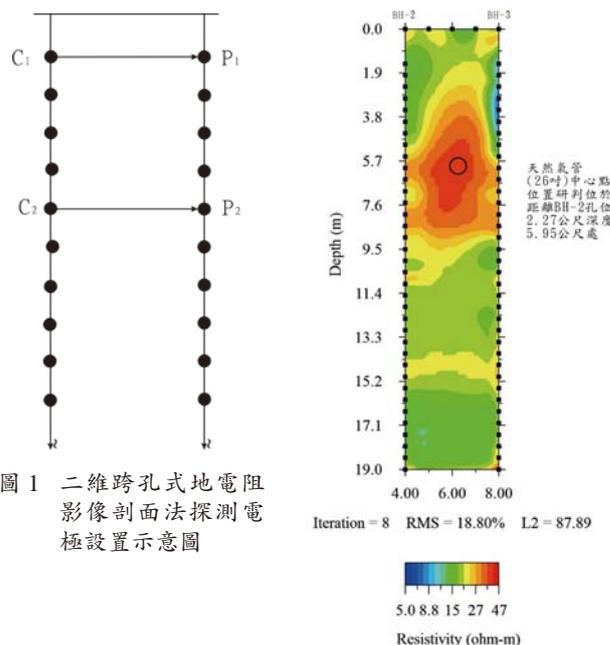


圖 1 二維跨孔式地電阻影像剖面法探測電極設置示意圖

圖 2 BH-2、BH-3 剖面二維跨孔式地電阻影像剖面探測成果

範圍為異常電阻率分佈區，此異常區研判為受到推進坑及中油天然氣管所造成之影響，研判天然氣管（26 吋）位於異常區之中心點，位於 BH-2、BH-3 剖面中間，距離 BH-2 孔位 2.27 公尺處，深度 5.95 公尺。

對地電阻法及感應極化法而言，地下金屬管線常會是探查的雜訊 (Parra, 1984)，但是也供了管線位置、深度，甚至絕緣的狀況 (Ryjov and Shevin, 2001)。由於天然氣管材質為鑄鐵，若絕緣不良，其高導電率為幾乎相等於電極，和地層相去甚遠，將會造成電壓降特異的現象，以致於無法用電探法（尤其是以雙極排列），得到正確的電阻率，反而會呈特高電阻的表徵，經反算，即可得到電阻率的分佈圖，找到高電阻率的異常區，循高電阻率的區域便可找到天然氣管的蹤跡。本文即是以此法推估管線的位置。由於此高電阻率並非真的，實際上是一種雜訊，因此會無法配適很好，但參考已知的資料，可以推估管的位置。

二維跨孔式地電阻影像剖面法為一高解析度探測方法，其有效探測範圍為以 2 個探查孔為一組之剖面上，依據本計畫之探測成果研判天然氣管（26 吋）座落於 BH-2、BH-3 探測範圍內，天然氣管（26 吋）中心點位置位於 BH-2、BH-3 剖面中間，距離 BH-2 孔位 2.27 公尺處，深度 5.95 公尺，因本探測方法屬間接性探查，藉由二維跨孔式地電阻影像剖面法探測成果雖

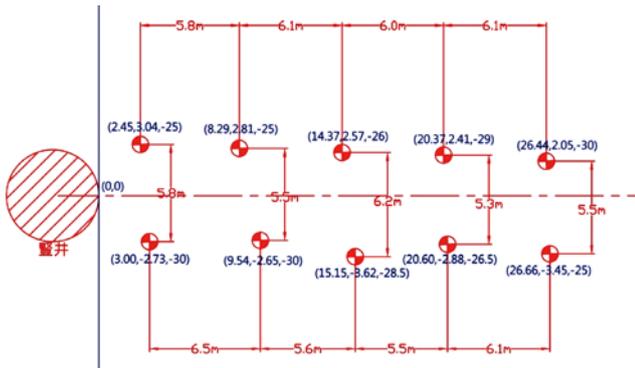


圖 3 三維跨孔地電阻探查佈設圖

已能清楚顯示管線位置，但此法並非如試挖直接性探查，仍有誤差及不確定性存在，故於現場施工時仍需非常小心並保持一定之安全距離，同時依據探測成果顯示天然氣管之位置並未如探測前預測達地下十公尺以上，依據探測成果顯示管線上部邊緣位置約位於地下 5 公尺，建議後續應進行管線試挖，找出管線實際位置，避免施工過程之震動或誤觸管線，造成工安事件及損失。

三維跨孔式地電阻例子

由二維跨孔式地電阻的方式探查是假設和剖面垂直方向沒變化，除非測線剖面和管路正交，否則必有相當的誤差，但是通常地下管道複雜，最好採用三維的方式。

本文中三維地電阻法的例子是施工中受損管路檢測，共鑽設 10 個探查孔如圖 3 所示，探查成果如圖 4 所示，圖中黑點之電極位置。因為測區接近海邊，地層中含鹽量較高，測區整體的電阻率很低，可以清楚看到相對高電阻率的異常體，黃色等值面約略為管路的位置，推測可能是管路受壓變形，以供後續維修的參考。

結論

由實例可以清楚辨識深埋管線的位置，可見跨孔式地電阻法的實用性，值得再推廣此法於深埋管線的探查。其成果解釋，仍需依其管線材質，及現有資料交叉比對，始可得到可靠的資料，另外因為必須先鑽設探查孔，除需要成本之外，鑽孔的風險也不能免，但為了精確成果，仍然建議多加採用。

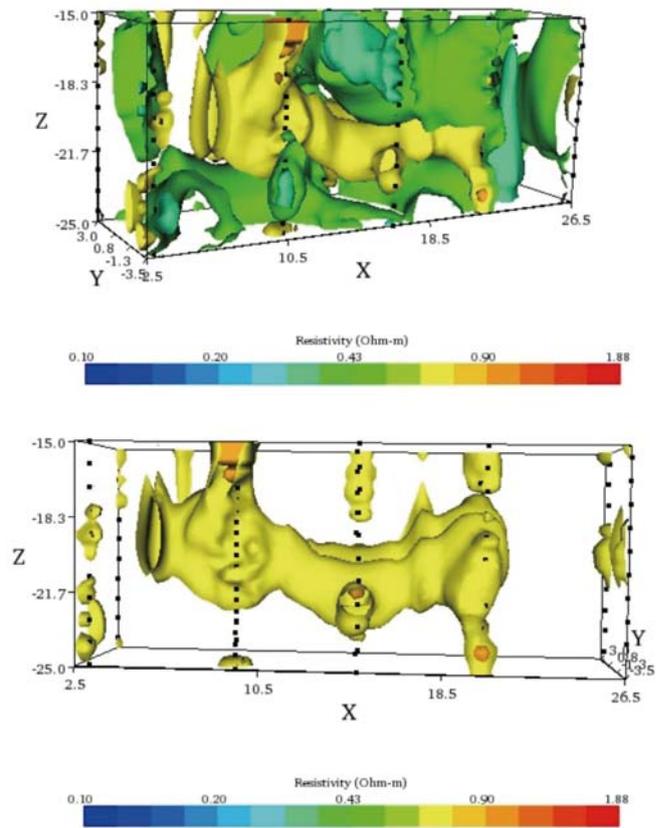


圖 4 跨孔式三維地電阻成果圖

管線探查在淺層可用透地雷達、電磁法，而深層管線可以用跨孔式地電阻法來探查。一般高電阻率的管材可用一般的解釋方式，找出相對的地電阻的異常，而對於金屬材質的管材，導電率特高，造成電壓降降低，而造成高電阻率的假象。反算之後呈現高電阻率的區域，雖然不是真的電阻率，但卻可指出金屬管的位置，實際是相當實用的方式。

參考文獻

1. Keller, G. V. and Frischknecht, F. C. (1966). Electrical methods in geophysical prospecting. Oxford, Pergamon.
2. Parra, J. O. (1984). Effects of pipelines on spectral induced-polarization surveys. Geophysics. Vol. 49, pp. 1979-1972.
3. Ryjov, A. and Shevin, V. (2001). Anomalies from horizontal metal pipes in resistivity and IP field. Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems 2001, SAGEEP. 

應用高強度鋼筋與高強度混凝土於 橋墩耐震設計之可行性研究

劉光晏／國家地震工程研究中心橋梁組副研究員

宋裕祺／國立臺北科技大學土木系教授兼國家地震工程研究中心橋梁組組長

黃世建／國立臺灣大學土木系教授兼國家地震工程研究中心副主任

張國鎮／國立臺灣大學土木系教授兼國家地震工程研究中心主任

本研究採用高強度混凝土與高強度鋼筋材料 (New RC)，進行 6 組單柱式橋墩之反覆載重實驗，檢討斷面、材料與配筋組合，使 New RC 橋墩在承受相同柱軸力下可獲致與一般 RC 橋墩相同之撓曲強度、位移韌性與消能能力。試體規劃包括 RC 標準試體 (BMRC1)、New RC 實心斷面試體 (NEWRC1、NEWRC5) 及 New RC 空心斷面試體 (NEWRCH1、NEWRCH2、NEWRCH3)。製作方式分為 4 組場鑄及 2 組預鑄節塊橋墩，其中 NEWRCH3 包含後置預力。實驗結果顯示，New RC 橋墩因配置 10 cm 間距橫向鋼筋提高良好的圍束效果，且高寬比大及軸力比低條件，結構行為滿足公路橋梁耐震設計規範有關強度與韌性規定，確實達成斷面及材料減量的目標。結合預鑄節塊及後置預力方式施工，更進一步提高施工效率與震後復原能力。此外，本研究以既有簡化模式分析，經比較實驗結果可快速且有效預測 New RC 柱之側推曲線，達到耐震設計與評估之目的。

研究提昇材料強度

鋼筋混凝土是目前應用最普遍的營建材料，隨著材料研發技術的突破，高強度混凝土與高強度鋼筋已逐漸商品化，以滿足各項工程特性的需要。以橋梁工程而言，當材料強度提昇後可有效減少橋墩數量與斷面尺寸、增加跨度、提高橋墩高度與強度，降低橋梁結構對環境的衝擊等優點。根據 ACI363R-10 [1]，混凝土 28 天規定抗壓強度大於或等於 55 MPa 者，定義為高

強度混凝土。日本 New RC 計畫 [2] 定義高強度混凝土之規定抗壓強度從 30 到 120 MPa，高強度鋼筋之規定降伏強度從 400 到 1200 MPa，兩者之組合稱之為 New RC。利用高強度混凝土提高抗壓能力與高強度鋼筋提高拉力強度，得以增加結構的強度與勁度，進而減少梁、柱斷面積以達到經濟性、空間優化方面的改善。為達到斷面縮減的目標，可考慮將原斷面直接縮減或採用空心斷面。一般而言，強震區之橋墩斷面尺寸視高度變化約在 2.5 m 至 4 m 之間，斷面減量後可節省混凝土材料用量，如更換為高強度主筋，將有機會節省鋼筋用量，達到增進施工性的效果。更進一步，如將 New RC 預鑄化並結合自復位預力系統，採用預鑄節塊橋墩方式施工，在新建階段可達成營建自動化目標，在營運使用階段則可達成震後快速復原目標。

橋柱實驗規劃

試體設計

基於前述目的，本研究規劃 6 組單柱式橋墩。試體設計之考量因素包括：(1) 採用 New RC 材料以求斷面縮減與鋼筋減量；(2) 相同軸力條件下，New RC 橋柱須提供與一般 RC 橋柱相同之彎矩強度及變形能力，且為撓曲破壞控制；(3) 為增進施工效率，採用 New RC 預鑄節塊，並檢討與場鑄施工之差異性；(4) 檢討高強度主筋及一般強度箍筋混合使用之可行性。橋墩設計參數如表 1 所示、斷面及配筋如圖 1 所示。

BMRC1 試體為對照組，採用 60 × 60 cm 正方形斷

表 1 試驗規劃與試體參數表

Item	unit	BMRC1	NEWRC1	NEWRC5	NEWRCH1	NEWRCH2	NEWRCH3
section width	cm	60	50	50	60	60	60
section height	cm	60	50	50	60	60	60
column length	cm	360	360	360	360	360	360
cover thickness	cm	4	4	4	4	2	2
f'_c	N/mm ²	36.7	80.9	80.9	80.9	80.9	80.9
f_y	N/mm ²	534.0	736.3	736.3	736.3	736.3	736.3
f_{yh}	N/mm ²	341.0	812.8	812.8	812.8	812.8	341.0
d_b	mm	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
d_{bh}	mm	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
hoop spacing	cm	10	10	10	10	10	10
number of main bar		16	12	12	10	10	4
number of tie in x-dir		3	2	2	2	2	2
number of tie in y-dir		3	2	2	2	2	2
axial load	kN	1335	1335	1335	1335	1335	2600

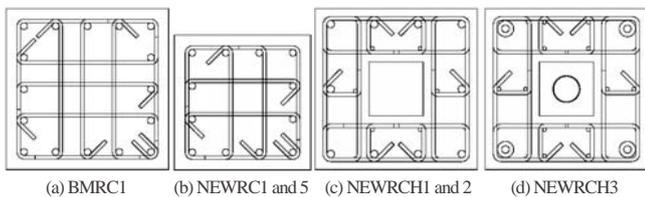


圖 1 橋柱試體斷面示意圖

面、柱高 3.6 m，主筋配置 16-D25（主筋比 2.3%）、橫向鋼筋配置 D13@10 cm（箍筋比 2.4%），承受 $0.1f'_cA_g$ 垂直載重。NEWRC1 係假設承受與 BMRC1 相同之軸力，但採用高強度材料後斷面調整為 50×50 cm，主筋用量減少為 12-D25，尚可提供與 BMRC1 相同之彎矩強度。NEWRC5 與 NEWRC1 相同，惟橫向鋼筋恢復成一般強度鋼筋。BMRC1 及 NEWRC1、5 之鋼筋綁紮作業如圖 2 及圖 3 所示。

NEWRCH1 採用場鑄空心斷面，斷面保持 60×60 cm，中空部份為 20×20 cm。由於材料強度提高，雖有效深度與 BMRC1 相近，但主筋用量減少為 10-D25 仍可提供與 BMRC1 相近之彎矩強度與初始勁度；NEWRCH2 與 NEWRCH1 相同，但柱身段改以 3 塊預鑄節塊堆疊而成，並預埋套管得以貫穿基礎預留之主筋後再填充灌漿；NEWRCH3 亦為預鑄節塊空心斷面，但參考研究 [3] 建議流程，藉由斷面中央處 7 根 15.2 mm 直徑之低鬆弛鋼腱，以無握裹方式提供約 60 kN 之預力，透過預力提供自復位功能，同時將主筋量達到極小化，僅留 4-D25 鋼筋各自配置於斷面角落。NEWRCH1、2、3 之試體製作過程與預力施拉作業，分別如圖 4 至圖 8 所示。



圖 2 BMRC1, NEWRC1,5 柱身鋼筋綁



圖 3 NEWRC1,5 基礎鋼筋綁



圖 4 NEWRCH1 試體製作



圖 5 NEWRCH2, H3 試體製作



圖 6 NEWRCH2 節塊吊放作業



圖 7 NEWRCH3 節塊吊放製作



圖 8 NEWRCH3 施拉預力

試體配置與加載方式

實驗試體配置如圖 9 及圖 10 所示，以位移控制進行反覆載重實驗。首先於柱頂施加垂直向載重，模擬上部結構（大梁與橋面板）之自重，控制柱底總載重（含加載設備及橋墩自重）達 $0.1f'_c A_g$ 。垂直力加載系統由 1 組油壓幫浦、1 根軸力梁及 2 根 69 mm 高強度螺桿組合而成。實驗用軸力根據 BMRC1 材料試驗結果，除 NEWRCH3 試體因設計需要提高至 2600 kN（含預力 600 kN 與外加軸力 2000 kN），其餘均為 1335 kN。位移控制之目標位移由層間位移角（drift ratio）乘以柱高（3.6 m）計算之，如圖 11 所示。BMRC1、NEWRC1、5 之層間位移角依序為 0.5%、0.75%、1% 逐漸增加 1% 直到縱向鋼筋出現斷裂，或剪力強度自最大剪力強度下降超過 20% 時實驗終止；NEWRCH1 至



圖 9 RC 柱實驗配置



圖 10 NEWRC 柱實驗配置

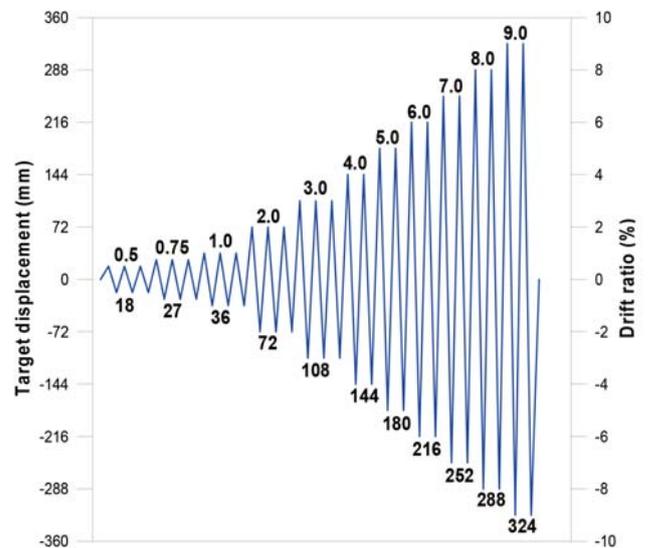


圖 11 水平千斤頂目標位移

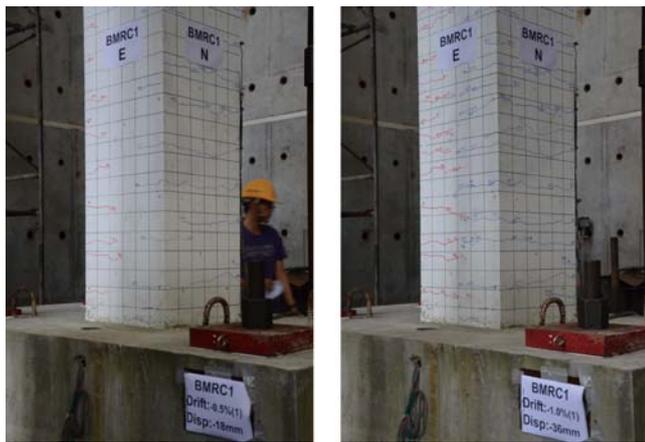
H3 試體則另增加 0.25% 及 1.5%，以便於完整描述初始勁度及側向力達降伏階段後逐漸轉折之過程。每一目標位移之迴圈數，參考 FHWA[4] 建議，層間位移角 3% 之前為 3 圈，自 4% 起至實驗結束則為 2 圈。

實驗結果探討

裂縫發展及損壞紀錄

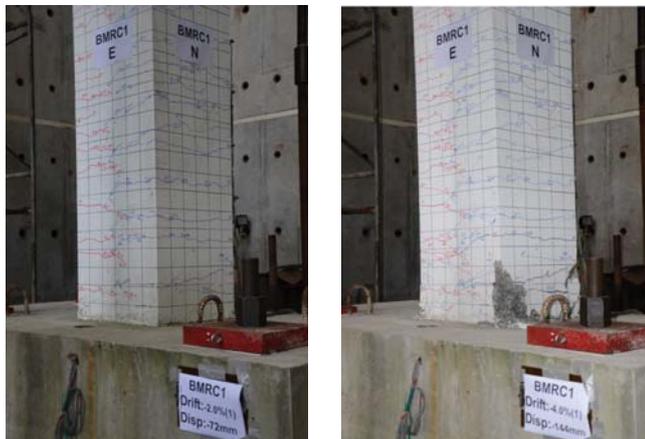
各橋墩試體之裂縫發展及損壞過程，如圖 12 至圖

17 所示，主要包括下列過程：(1) 試體受壓及受拉側出現平行箍筋方向之撓曲裂縫，裂縫間距約 20 cm 並延伸至試體側邊；(2) 撓曲裂縫向兩側延伸並增加數量、間距約與箍筋間距 10 cm 相近；(3) 試體側邊之撓曲裂縫逐漸向試體中心線靠近，並轉為 45 度剪力裂縫；(4) 柱面裂縫寬度持續增加，角隅處保護層混凝土壓碎及掉落；(5) 柱底混凝土保護層壓碎與大面積塊狀掉落；(6) 柱底塑鉸區主筋鋼筋挫屈與斷筋。



(a) 0.5%

(b) 1%



(c) 2%

(d) 4%



(e) 6%

(f) 8%

圖 12 BMRC1 試體裂縫發展與損壞過程



(a) 0.5%

(b) 1%



(c) 2%

(d) 4%



(e) 6%

(f) 8%

圖 13 NEWRC1 試體裂縫發展與損壞過程



圖 14 NEWRC5 試體裂縫發展與損壞過程

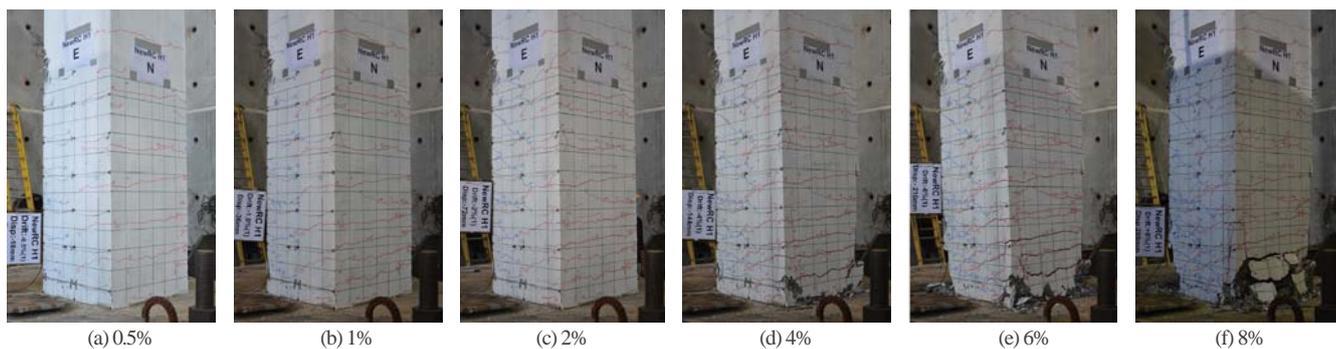


圖 15 NEWRCH1 試體裂縫發展與損壞過程

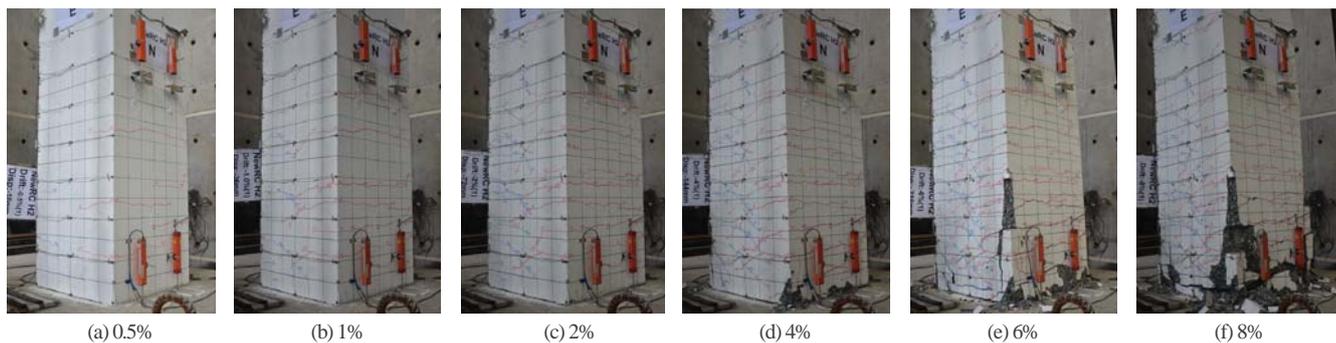


圖 16 NEWRCH2 試體裂縫發展與損壞過程

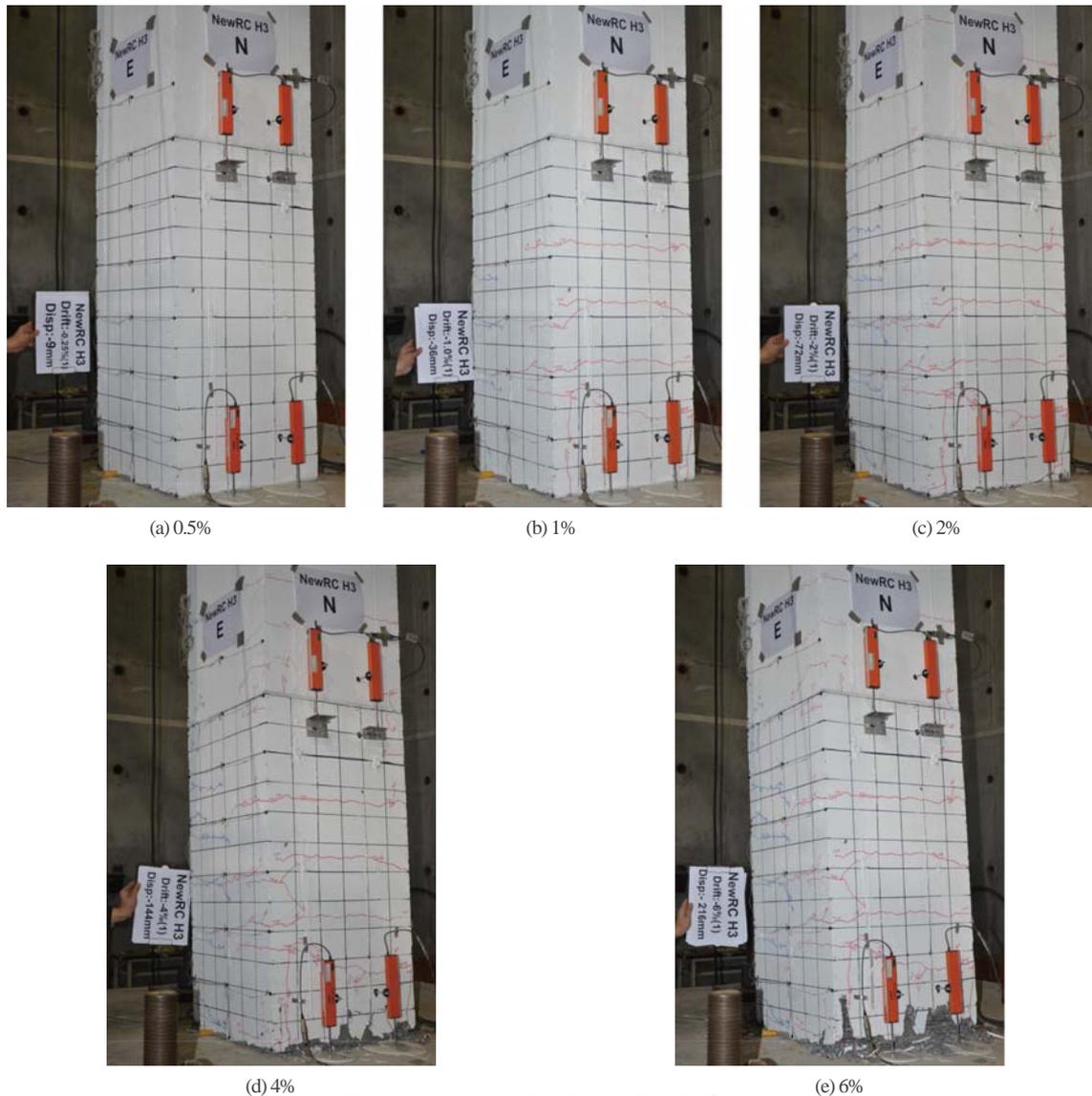


圖 17 NEWRCH3 試體裂縫發展與損壞過程

遲滯迴圈

圖 18 所示為各試體之遲滯迴圈，係以柱頂油壓制動器所量測之水平位移及水平力繪圖，代表橋墩基底剪力與柱頂位移。實驗結果顯示，BMRC1、NEWRC1、NEWRC5、NEWRCH1、NEWRCH2 試體均呈現撓曲破壞，遲滯迴圈為飽滿曲線。相較之下，NEWRCH3 之曲線如同旗幟狀，主要受到預力之自復位特性控制。New RC 橋柱之剪力強度略較 RC 橋柱小，主要受到主筋之超額強度比影響。

位移韌性

由於遲滯迴圈之包絡線趨近於完全彈塑性曲線，參考公路橋梁耐震設計規範 [5]，並以消散能量面積相等

原則進行雙線性化決定各試體之降伏強度 P_y 、降伏位移 Δ_y 、極限位移 Δ_u 及位移韌性 μ 。各試體計算結果如表 2 所示，NEWRCH1、NEWRCH2 之韌性最小（約 4.4），NEWRCH3 之韌性可達 6.8，滿足規範對於單柱式橋墩之結構系統韌性容量 R 必須大於等於 3 之規定，證實高強度材料於高寬比為 1:6 且低軸應力比條件下，仍可具備良好的韌性行為。針對 NEWRCH3，由於其承受高軸力後提高初始勁度，依等面積法則所決定之降伏位移較小，相較之下在相同目標位移下，位移韌性較其他試體高出許多。

此外，由表 3 及圖 19 可獲得位移韌性與層間位移角關係。除 NEWRCH3 之外，當層間位移角在 1.5% 至 6% 區間時，無論 RC 或 New RC 對應之位移韌性約由 1 增加至 4，可作為設計與判斷破壞模式的參考。

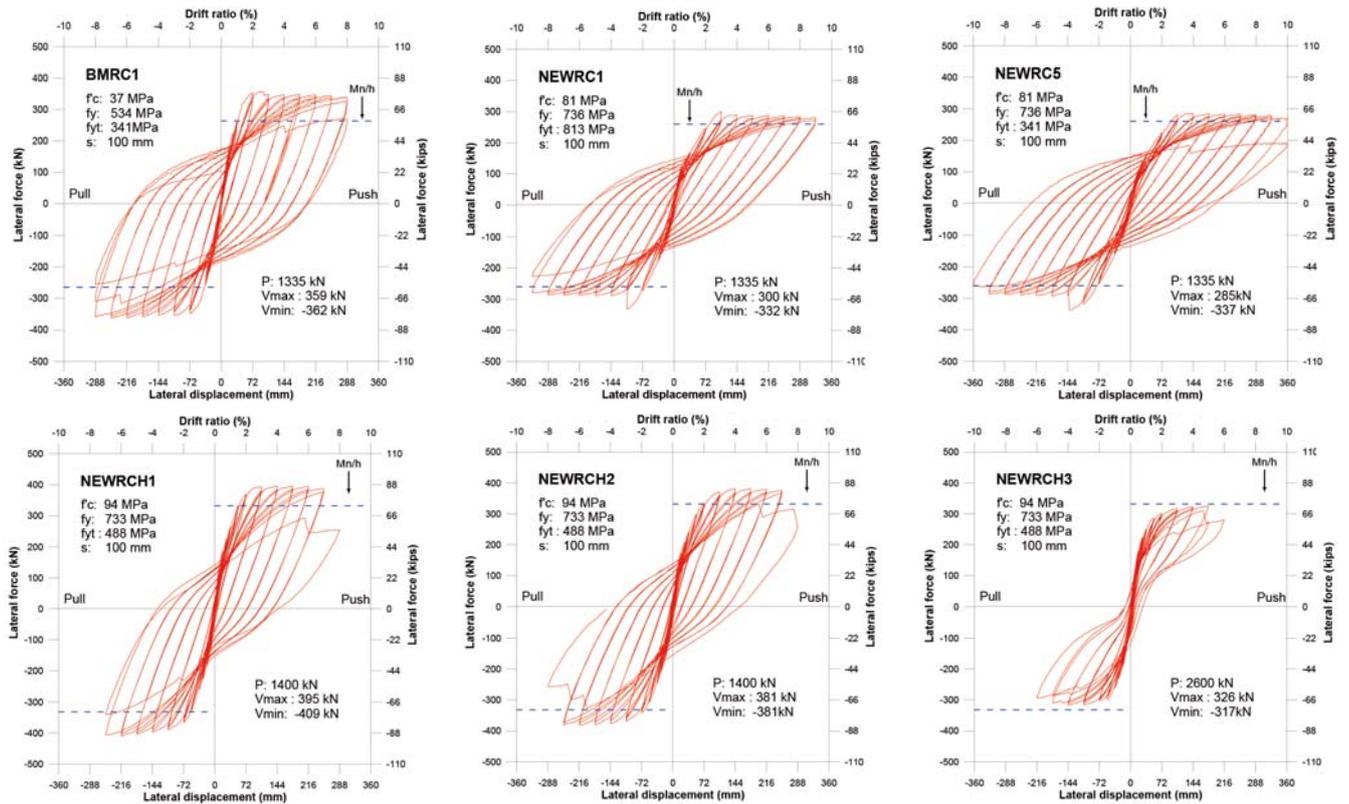


圖 18 橋柱試體之側向力與側向位移關係圖 (遲滯迴圈)

表 2 理想化完全彈塑性模式之結構反應

Specimen	Yielding strength P_y (kN)	Yielding displacement Δ_y (mm)	Ultimate displacement Δ_u (mm)	Displacement ductility μ (Δ_u / Δ_y)
BMRC1	352	49.8	288	5.8
NEWRC1	287	58.9	324	5.5
NEWRC5	280	62.1	360	5.8
NEWRCH1	397	57.0	252	4.4
NEWRCH2	378	57.0	252	4.4
NEWRCH3	306	31.8	216	6.8

表 3 位移韌性與層間位移角關係

Drift	BMRC1	NEWRC1	NEWRC5	NEWRCH1	NEWRCH2	NEWRCH3
0.25	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.75	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.7
3	1.4	1.2	1.2	1.3	1.3	2.3
4	2.2	1.8	1.7	1.9	1.9	3.4
5	2.9	2.4	2.3	2.5	2.5	4.5
6	3.6	3.1	2.9	3.2	3.2	5.7
7	4.3	3.7	3.5	3.8	3.8	6.8
8	5.1	4.3	4.1	4.4	4.4	-
9	5.8	4.9	4.6	-	-	-
10	-	5.5	5.2	-	-	-

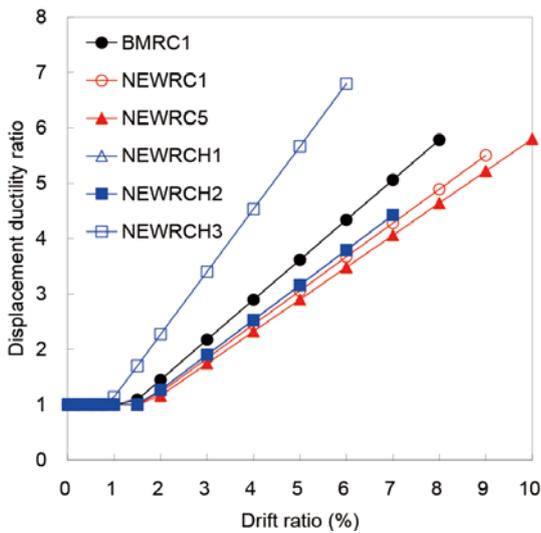


圖 19 位移韌性與層間位移角關係

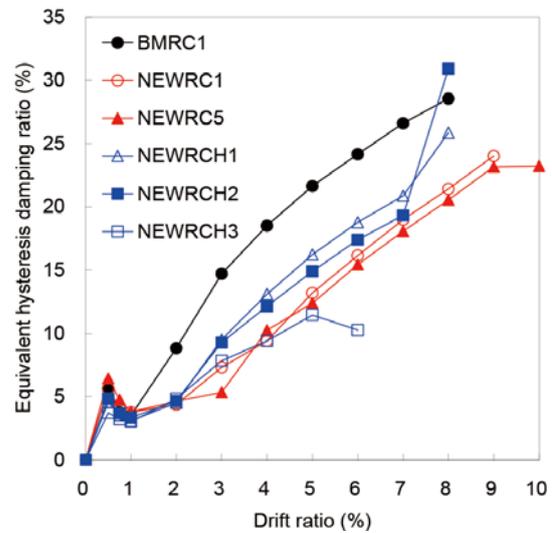


圖 20 等值遲滯阻尼比與層間位移角關係

表 4 等值遲滯阻尼比與層間位移角關係

Drift	BMRC1	NEWRC1	NEWRC5	NEWRCH1	NEWRCH2	NEWRCH3
0.5	5.6	5.6	6.4	4.6	4.8	3.7
0.75	3.8	4.1	4.8	3.5	3.7	3.2
1	3.5	3.8	3.8	3.1	3.3	3.0
2	8.8	4.4	4.6	4.5	4.7	4.8
3	14.7	7.3	5.3	9.5	9.3	7.8
4	18.5	9.4	10.2	13.1	12.1	9.4
5	21.6	13.2	12.4	16.2	14.9	11.4
6	24.2	16.2	15.4	18.8	17.4	10.3
7	26.6	19.0	18.1	20.9	19.3	-
8	28.5	21.4	20.6	25.9	30.9	-
9	-	24.0	23.2	-	-	-
10	-	-	23.2	-	-	-

等值遲滯阻尼比

表 4 及圖 20 所示為各試體之等值遲滯阻尼比與層間位移角關係。等值遲滯阻尼比 [6] 係根據單一迴圈曲線所包圍的面積（即結構所消散的能量），與其最大彈性應變能（迴圈之最大位移與最大強度之乘積的一半），兩者面積相除後再乘以 $1/4\pi$ 。分析結果顯示，RC 橋柱在層間位移角 1% 前等值遲滯阻尼比約為 5%，隨層間位移角逐漸增加，最大值約 25 ~ 30%；New RC 橋柱在層間位移角 2% 前等值遲滯阻尼比約為 5%，隨層間位移角逐漸增加，最大值約 20 ~ 25%。因此，New RC 需要較大的變形量才得以發揮與 RC 相近的消散能量效果。

殘留位移角

表 5 及圖 21 所示為各試體之殘留位移角與層間位移角關係。殘留位移角定義為各迴圈之殘留位移與柱高的比值，用以判斷震後橋柱是否須拆除。根據日本阪神地震經驗，殘留位移角大於 1.75% 時須拆除重建。分析結果顯示，RC 柱、New RC 空心柱及 New RC 實心柱，分別約在層間位移角 4%、4.5% 及 5.5% 時達此標準。代表 RC 柱雖有較大的消能面積，但相對的殘留位移較大；而 New RC 實心柱雖因為斷面縮減緣故使得消能能力較低，但震後使用性可能較 RC 柱高。至於 New RC 中空柱如無自復位功能者則介於兩者之間，當引入預力後當可大幅降低殘留位移，即便層間位移角已達 6%，但殘留位移角僅 0.53%。

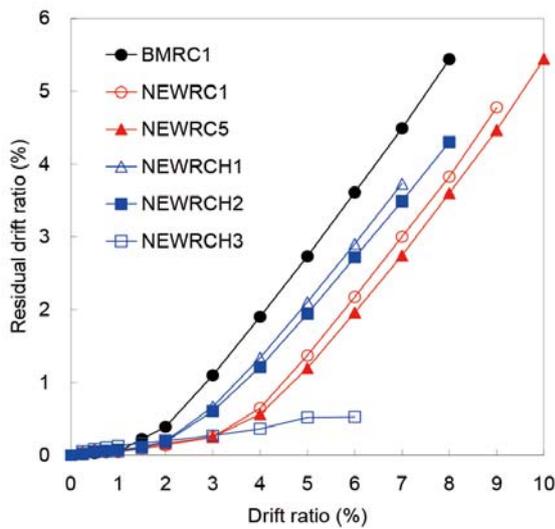


圖 21 殘留位移角與層間位移角關係

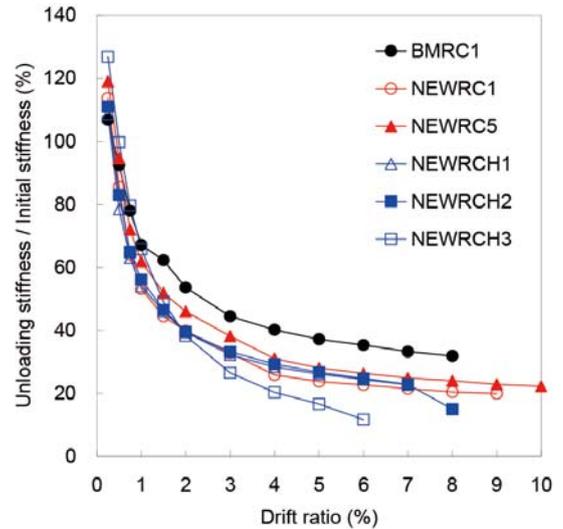


圖 22 回復勁度衰減率與層間位移角關係

表 5 殘留位移角與層間位移角關係

Drift	BMRC1	NEWRC1	NEWRC5	NEWRCH1	NEWRCH2	NEWRCH3
0.25	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.05
0.5	0.03	0.06	0.08	0.05	0.05	0.08
0.75	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.11
1	0.05	0.05	0.07	0.06	0.07	0.13
1.5	0.22	0.09	0.12	0.10	0.12	0.17
2	0.39	0.14	0.16	0.19	0.19	0.20
3	1.10	0.25	0.25	0.67	0.61	0.27
4	1.90	0.65	0.56	1.34	1.21	0.36
5	2.73	1.37	1.20	2.10	1.94	0.52
6	3.61	2.17	1.96	2.90	2.72	0.53
7	4.49	3.00	2.75	3.73	3.49	-
8	5.44	3.82	3.60	-	4.30	-
9	-	4.78	4.47	-	-	-
10	-	-	5.44	-	-	-

回復勁度比

表 6 及圖 22 所示為各試體之回復勁度比與層間位移角關係。回復勁度比定義為各迴圈卸載段勁度與初始勁度之比值。卸載段勁度定義為各迴圈之極值點與殘留位移點間之斜率、初始勁度定義為層間位移角 0.25% 之側向力與側向位移之比值。根據回復勁度比可估計當橋墩產生非線性變形後，由最大位移所對應之層間位移角修正初始勁度之折減比例，作為結構物剩餘耐震能力評估的基本參數。由圖 22 可知，New RC 實心柱與空心柱之衰減幅度相近但較 RC 柱約降低 10%。NEWRCH3 回復勁度比較低之原因，係因卸載段勁度所代表之割線勁度較鄰近殘留位移處之切線勁度小所導致。

迴圈面積與面積比

表 7 及圖 23 所示為各試體之各單一迴圈之面積與層間位移角關係。由圖 23 可知，迴圈面積於層間位移角 2% 後快速增加，RC 柱增加之幅度較 New RC 實心柱及空心柱顯著。由於 New RC 各試體之側向強度與 BMRC1 不一致，即便在相同位移下仍無法將遲滯迴圈之面積與 BMRC1 者作正規化比較。故另以表 8 及圖 24 檢討，代表各層間位移角取單一迴圈的面積，與所有單一迴圈面積之總合的比值，再與層間位移角繪圖。由圖 24 可知，NEWRCH1、NEWRCH2 與 BMRC1 具有相似的趨勢，各層間位移角之面積比非常接近，但 NEWRC1 與 NEWRC5 因具有較大的變形能

表 6 回復勁度比與層間位移角關係

Drift	BMRC1	NEWRC1	NEWRC5	NEWRCH1	NEWRCH2	NEWRCH3
0.25	106.84	113.78	119.04	108.64	111.03	126.87
0.5	92.51	85.64	94.65	78.52	83.08	99.77
0.75	77.96	64.08	72.03	63.09	64.84	79.71
1	67.18	53.26	61.88	54.02	56.17	65.83
1.5	62.32	44.51	51.91	46.09	46.59	49.14
2	53.66	39.89	46.04	39.42	39.64	38.34
3	44.56	32.89	38.25	32.34	33.24	26.59
4	40.23	25.91	31.09	28.48	29.36	20.38
5	37.25	23.84	28.10	26.21	26.79	16.65
6	35.39	22.73	26.40	24.45	24.79	11.73
7	33.30	21.54	24.97	22.79	22.95	-
8	31.93	20.48	24.05	-	15.01	-
9	-	19.96	22.95	-	-	-
10	-	-	22.30	-	-	-

表 7 迴圈面積與層間位移角關係 (單位: kN-m)

Drift	BMRC1	NEWRC1	NEWRC5	NEWRCH1	NEWRCH2	NEWRCH3
0.5	1	1	1	1	1	1
0.75	1	1	1	1	1	1
1	2	1	1	2	2	2
2	14	5	5	8	7	7
3	35	15	10	25	23	17
4	58	25	26	47	42	28
5	85	43	40	72	64	42
6	114	63	59	100	90	39
7	145	86	81	128	115	-
8	174	110	105	119	145	-
9	-	137	130	-	-	-
10	-	-	142	-	-	-

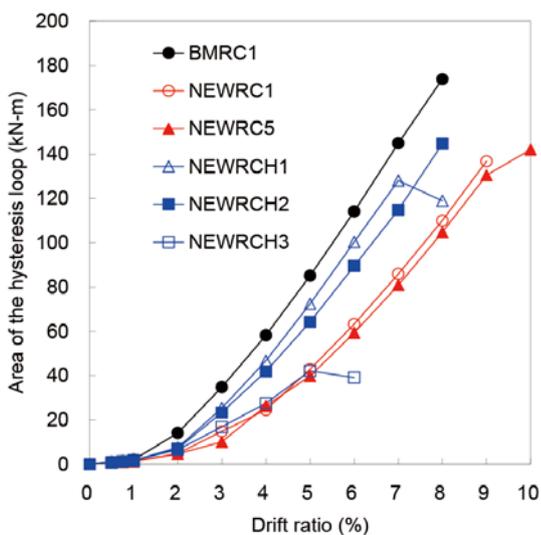


圖 23 迴圈面積與層間位移角關係

力, 在層間位移角 8% 之前均較 BMRC1 低, 超過後仍可提供消能的機會。此外, 當層間位移角超過 2% 後, 各試體隨層間位移角之面積比的增加幅度約略相同,

約為 4 ~ 5%, 呈現穩定成長狀態。惟 NEWRCH3 之增量約達 8.5%, 可見旗幟狀的迴圈形狀在旗桿段的面積增量不大, 主要來自於旗面區的消能貢獻較為顯著。

耐震能力評估

本研究採用 TEASPA V2.0 版 [7] 進行非線性靜力側推分析, 比對各橋柱試體之遲滯迴圈包絡線。由於各試體之破壞模式為撓曲破壞, 計算撓曲強度時假設高強度混凝土可適用 ACI 318-11[8] 之等值矩形應力塊方法, 高強度鋼筋則假設為完全彈塑性模式, 故材料參數僅使用 f'_c 、 f_y 與 f_{yt} , 並未定義材料應力應變曲線。此外, 有關剪力強度開始下降之位移 Δ_s 與軸力喪失之位移 Δ_u , 分別採用手冊所建議之公式予以評估, 如下所示:

$$\frac{\Delta_s}{H} = \frac{3}{100} + 4\rho'' - \frac{1}{40} \frac{v_m}{\sqrt{f'_c}} - \frac{1}{40} \frac{P}{A_g f'_c} \geq \frac{1}{100} \quad (1)$$

表 8 迴圈面積比與層間位移角關係

Drift	BMRC1	NEWRC1	NEWRC5	NEWRCH1	NEWRCH2	NEWRCH3
0.5	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.6
0.75	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.9
1	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	1.3
2	2.3	1.0	0.8	1.5	1.4	4.9
3	5.5	3.1	1.7	5.0	4.8	12.4
4	9.2	5.0	4.4	9.3	8.6	20.3
5	13.5	8.8	6.6	14.4	13.1	31.0
6	18.1	13.0	9.9	19.9	18.3	28.7
7	23.0	17.7	13.4	25.4	23.4	-
8	27.6	22.6	17.4	23.6	29.5	-
9	-	28.1	21.7	-	-	-
10	-	-	23.6	-	-	-

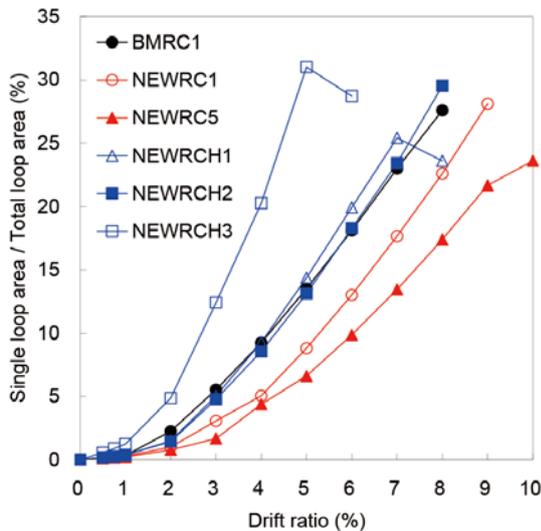


圖 24 迴圈面積比與層間位移角關係

$$\frac{\Delta_a}{H} = \frac{4}{100} \frac{1 + (\tan \theta)^2}{\tan \theta + \rho \frac{s}{A_{st} f_{yt} d_c \tan \theta}} \quad (2)$$

其中， ρ 為橫向鋼筋總面積 A_{st} 與箍筋圍束區 bs 之面積比， b 為柱寬、 s 為箍筋間距； v_m 為最大標稱剪應力 V_m/bd ， V_m 為標稱彎矩強度 M_n 與柱高 H 之比值、 d 為有效深度。 d_c 為核心混凝土由箍筋心到心之距離； θ ($\theta = \tan^{-1}(H/h)$) 為最大裂縫角度； h 為沿剪力方向之柱深， θ 須小於 65 度。

分析結果如圖 25 所示，評估結果已可有效掌握初始勁度與降伏強度，表示等值矩形應力塊之分析方法尚可適用於高強度混凝土。有關剪力強度衰減趨勢， Δ_s 及 Δ_a 之位移預測結果雖較實驗值保守，但已可供作工程使用。檢討其原因係與原迴歸公式所採用的試體樣

本中無高強度材料之關係，故對於高強度材料上仍有進一步修正的空間。由 Δ_s 公式可知，無論 RC 或 New RC 柱，當配置 4-D13@10 cm 之橫向鋼筋時 Δ_s 最大值約為 0.07，故強度均在層間位移角 7% 開始下降，與鋼筋強度無關。由 Δ_a 公式可知橫向鋼筋強度與 Δ_a 呈反向關係，如提高 f_{yt} 可增加 Δ_a ；相反地，當 NEWRC5 之 f_{yt} 由高強度鋼筋恢復成一般強度箍筋時，則 Δ_a 會快速變小。相同現象在 NEWRCH1、NEWRCH2 可再次獲得驗證，亦即當採用一般強度箍筋時， Δ_a 與實驗結果較為相近。

本研究可供規範修訂材質規定

本研究探討橋墩採用高強度混凝土與高強度鋼筋混凝土材料 (New RC) 之耐震性能。設計目標為上部結構載重不變的條件下 (即軸力相同，但軸壓力比非定值)，採用 New RC 材料後必須發揮與一般橋柱相同之強度、韌性與消能行為。經實驗證實 New RC 橋墩可採直接縮減斷面或中空斷面方案，高強度主筋與一般強度箍筋可混合使用，並搭配預鑄節塊與後置預力方式施作。當具備高寬比大、軸壓力比低、且箍筋圍束效果佳條件時呈現撓曲破壞，層間位移角至少達 6%、位移韌性約 4.4 (New RC 空心柱)、5.5 ~ 5.8 (New RC 實心柱)，並提供穩定的消散能量機制，等值遲滯阻尼比約 20%。如採預鑄節塊含預力者，更可有效控制殘留位移角達到震後快速復原之目標。此外，根據既有評估工具所得之側推分析結果可有效掌握初始勁度、降伏強度與剪力衰減行為。整體而言，本研究成

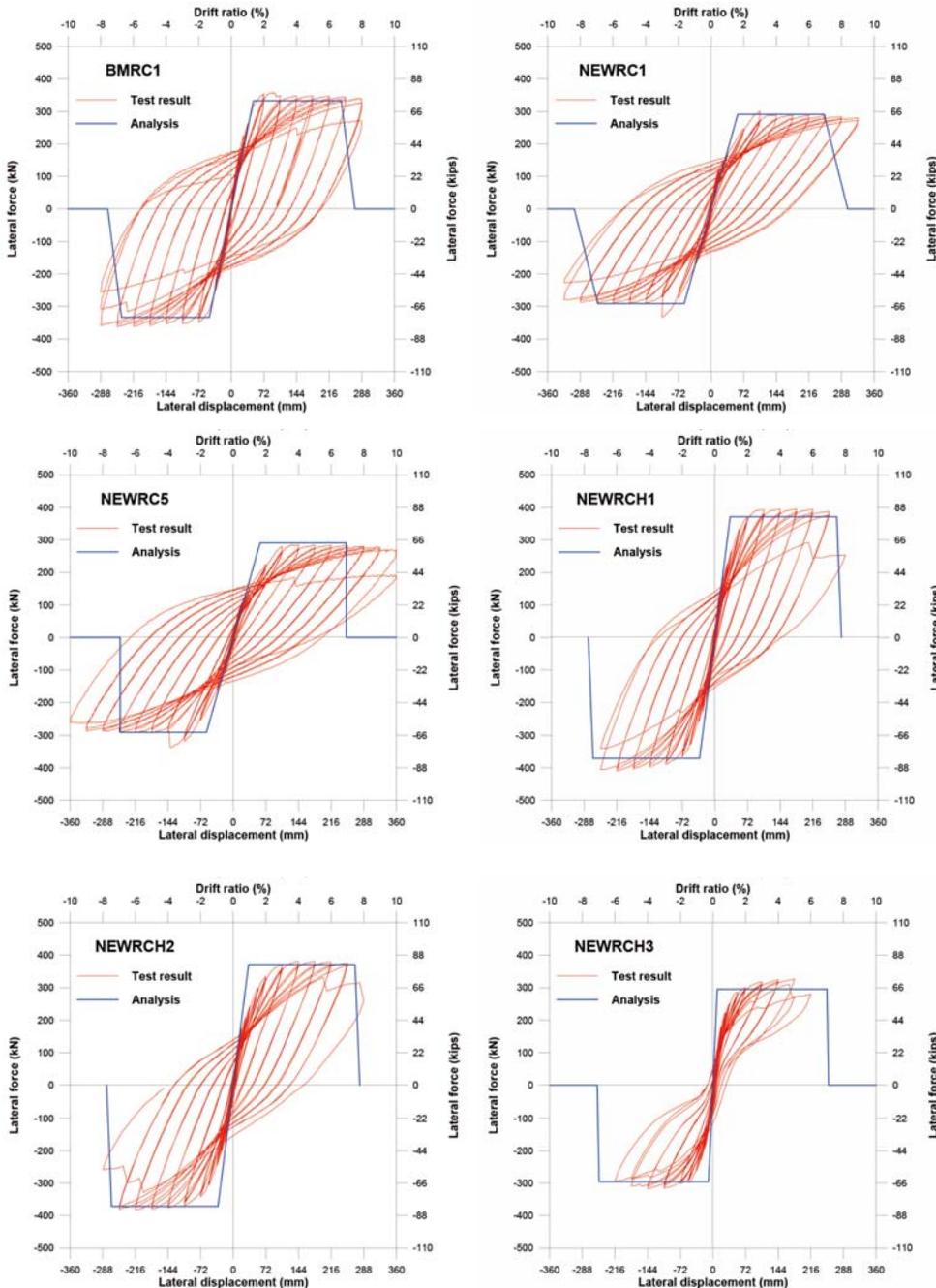


圖 25 側推分析與實驗結果比對

果可提供公路橋梁耐震設計規範修訂鋼筋及混凝土材質規定之參考依據。

參考文獻

1. ACI Committee 363, “363R-10 Report on High-Strength Concrete,” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, pp.2-3 (2010).
2. Shunsuke Sugano. “Application of High Strength

and High Performance Concrete in Seismic Regions”, Invited lecture, 8th International Symposium on Utilization of High-Strength and High-Performance Concrete, Tokyo, Japan (2008).

3. 蔡木森, 「預鑄式節塊混凝土橋墩之耐震行為研究與應用」, 博士論文, 民國 100 年 6 月。
4. Jia-Dzwan Jerry Shen, Wen-Huei P. Yen, and John O’Fallon., “Recommendations for Seismic Performance Testing of Bridge Piers (First Edition).” Federal Highway Administration, Washington, DC. (2004)
5. 交通部, 「公路橋梁耐震設計規範」, 民國 97 年 12 月。
6. Anil K. Chopra, “Dynamics of Structures”, Prentice Hall; 3 edition. (2006)

7. 鍾立來、葉勇凱、簡文郁、蕭輔沛、沈文成、邱聰智、周德光、趙宜峰、楊耀昇、涂耀賢、柴駿甫、黃世建、孫啟祥, 「校舍結構耐震評估與補強技術手冊第二版」, 國家地震工程研究中心, 報告編號: NCREE-09-023, 台北。(2009)

8. ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary (ACI 318R-11). American Concrete Institute, Farmington Hills, MI (2011). 

略述八十年前日月潭 水電工程技術 — 以鹿島組為例

林炳炎／2009年台電營建處檢驗組長退休

2001年虞兆中教授在土木水利工程學會提倡「尋找台灣十大土木史蹟」，他提供獎金，這是「台灣土木史」成為新聞話題的首例。2001年12月7日於國立台北科技大學舉行展覽與頒獎表揚。學會也成立「台灣土木史委員會」。今年，學會也提出「日月潭水電工程」給文資認證委員會，進行認證工作。現在來探討日月潭水電工程之技術與文化資產，深具意義。

2014年7月29日，台電盛大舉行日月潭發電所發電80週年慶活動，鹿島建設株式會社副社長田代民治代表與會，讓台日兩土木界人物在此交流。

八十年前鹿島建設（前身鹿島組）曾參與日月潭水電工程，本文透過現存影像，簡單介紹鹿島組所進行的工程技術樣貌。

工區地圖

工區地圖顯現外車埕到埔里之間的交通網絡：

① 輕便鐵道（台車）是1912年從二水到埔里線開通（紅色點線）；② 集集線是1922年完工，二水到外車埕（其實應包括到門牌潭）；③ 電氣鐵道是1922年完工，從水社到東埔，支線是司馬按到鹿蒿間電氣鐵路，電氣鐵路是台灣第一條電氣化運輸工具；④ 索道有2條：外車埕到水社（紅線條）、東埔到武界；⑤ 轎道從東埔到武界供人行走及轎子走；⑥ 電話線。

作業員生活環境整備

由總督府之中央研究所森下薰技師實地調查，首先提出作業員生活環境之預防策略，包括工事現場茅草竹木之伐採燒毀，工區進行燃燒三天三夜；窗戶設防蚊網；成立賣店、娛樂設施安裝，有日本、朝鮮、

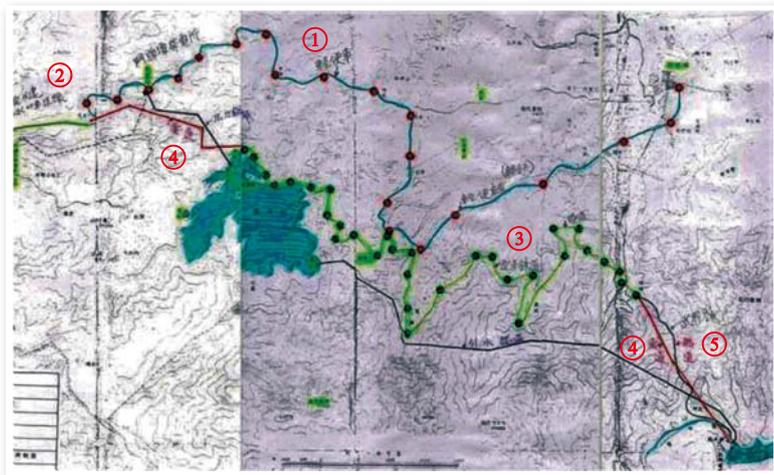


（右起）台大陳清泉教授、鹿島建設副社長田代民治及夫人、鹿島建設台灣分公司總經理出浦昇。（李文彬組長攝）

台灣料理店；設置鹿島神社；成立直營病院兩所安排醫療班。衛生關係由醫學博士河邊國太郎擔任，保安關係是工作安全，酒保關係是有賣酒的「福利社」，計理關係是會計部門。直營病院是一種「修理工廠」，只是其對象是「人」，而且是兩所，還有瘧蚊防遏所。

修理工廠

鹿島組建立了能隨時工作的修理工廠，依照新的技術規範買進馬達65台、抽水機25台、捲揚機46台、鑿岩機130台，新設木材加工工場等。



工區地圖

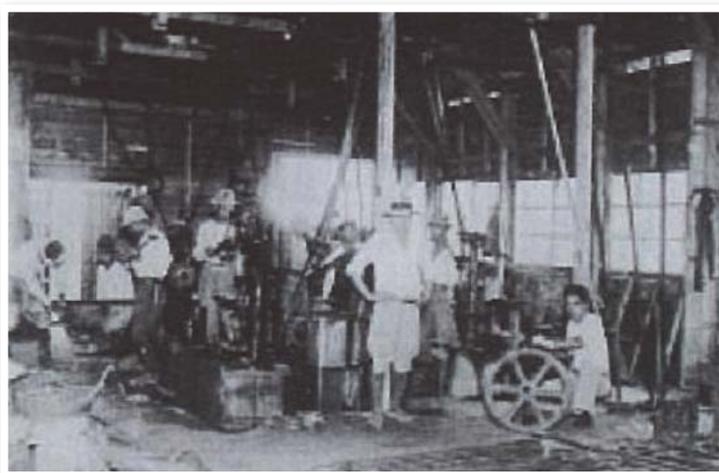


鹿島組武界診所

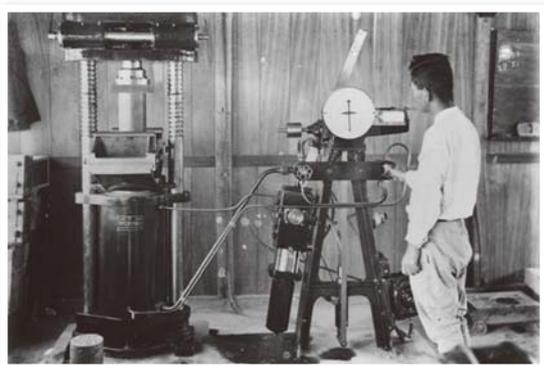


武界ラヤリ防退事務所

作業員生活環境



修理工廠



土木試驗室

土木試驗室

土木試驗室係為了水泥、混凝土、骨材、粘土及其他土木有關調查試驗。試驗室設在司馬按建設所內，係亞鉛片建的平房一棟，占地 40 坪，有粘土試驗室、作業室、養生室等。這是業主為確保工程品質而設立，由業主進行品質管控。

粘土試驗室：6 坪寬，為日月潭貯水池水社及頭社壩用粘土有關試驗。其設備有淘汰分析儀、化學天平、輕重天平、比重儀、粘土用比重瓶、水泥及砂比重儀、白金坩鍋、顯微鏡、馬錶、蒸發皿、瓦斯發生器、粘土收縮試驗儀、試管、標本瓶等。

作業室：20 坪。主要為水泥、混凝土、骨材有關試驗工作。有百噸耐壓試驗機、水泥砂漿電動混合機、二聯式標準電動鐵鎚機、高溫電爐。

養生室：8坪。水槽長 12 尺、寬 3 尺 5 寸、深 2 尺有 2 個，另一為長 10 尺、寬 6 尺。混凝土試體在此養生。

日月潭工事的混凝土配比皆標示 1：2：4，1：2：5，而未標示強度。當我看到寫真上的日本工業合資會社製混凝土壓驗機時，可看到當時的工業日本化精神。這套設備，戰後是由土木處所擁有，陳耀輝就用這做飛灰混凝土實驗。

千卓萬工區的概況

在濁水溪旁的河岸建築密集的事務所及宿舍，相當驚人。濁水溪的砂石是無法用於武界壩，在半山腰依山勢興建碎石工廠，以確保混凝土骨材之品質。

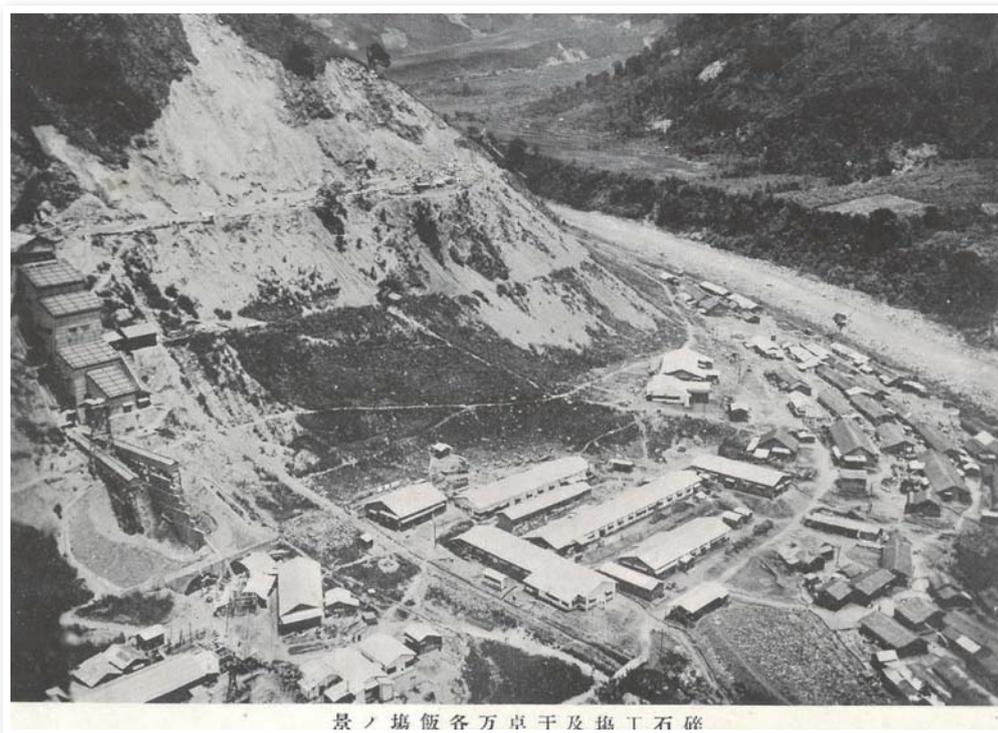
武界碎石工場，位於作業隧道對岸的山麓，武界工地附近找不到一處平坦的地方可供設工場，工場依山而蓋，屋頂有五層，此處電動機總馬力數 290 HP，生產能力一晝夜可壓碎 270 立方公尺，粗骨材 240 立方公尺，細骨材 138 立方公尺。從碎石場上部石山採取原石，從工場最上部投入原石，下有三台碎石機，由一對的 double trumgel 圓筒形篩洗，將砂、粗骨材篩分成 4 種尺寸骨材，並依不同斜槽溜出。其中砂的原石經製砂機

落下，而較大骨材由吊桶升降機吊至碎石機。經製砂機出來有一對 single trumgel 篩洗，砂送至貯存場，較粗者經其下粉碎機，直至完全粉碎為止。在製成所需尺寸的粗骨材、細骨材後經帶式輸送機送至貯存場。貯存場下方即安全索道，骨材經索道送至混凝土拌合場。武界碎石工場所供應武界堰堤、取水口、洪水路、第 1 號隧道、第 2 號隧道等結構物用，混凝土總數量為 156,000 立方公尺。碎石工場於 1932 年元月末試運轉，總工程費 15.6 萬元，是當時日本最大最先進的碎石工場。

碎石工場

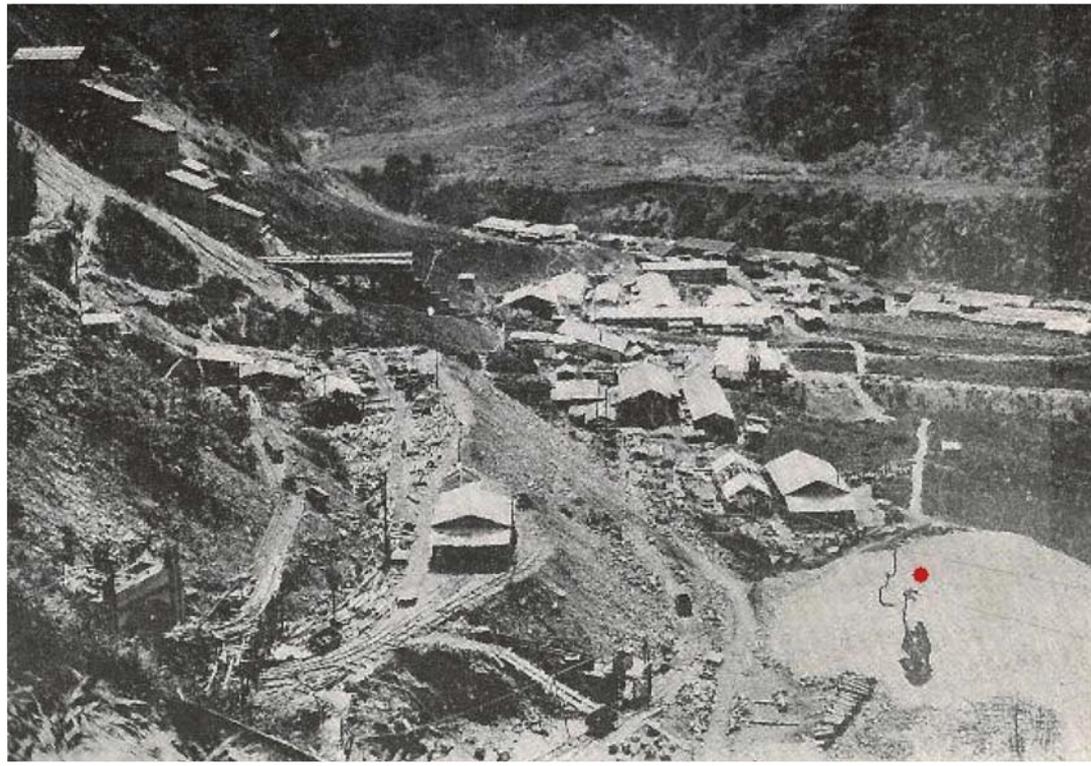
武界進水口挖掘、索道上掛著吊筒（裝運混凝土骨材）、隧道挖出來棄渣就放在未來的水庫。

武界堰堤混凝土總量 105,740 立方公尺，依其使用場合而配比有 1：2：4，1：2.5：5，1：3：6 及 1：3：6 玉石入混凝土（20% 玉石，玉石即塊石），壩頂部 40 尺有鋼筋。混凝土有半數是玉石混凝土，玉石是從掘鑿岩石中良質者或附近河床採集。混凝土會使用水泥，根據當時世界各地的技術資料可知本工程會摻用火山灰，未見對混凝土中之水泥材料加以說明，也不知有無用冰水來拌合？



景ノ場飯各万卓干及掘丁石碎

千卓萬工區



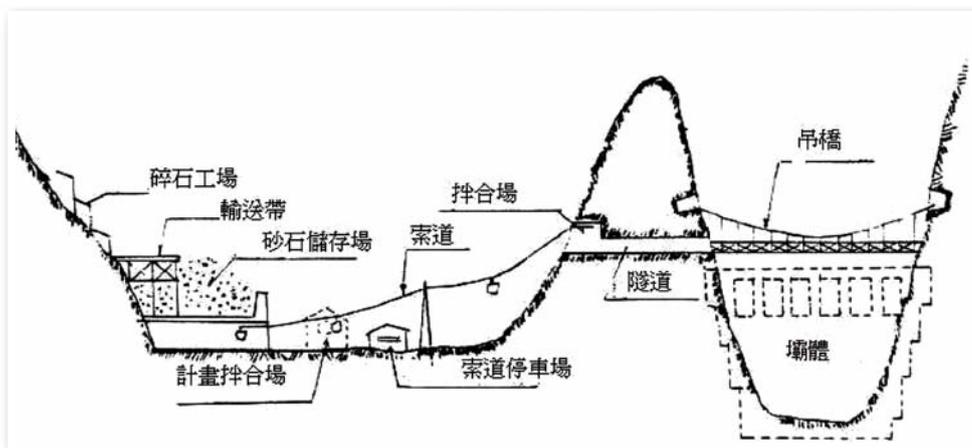
武界碎石場

武界堰堤混凝土生產與澆置

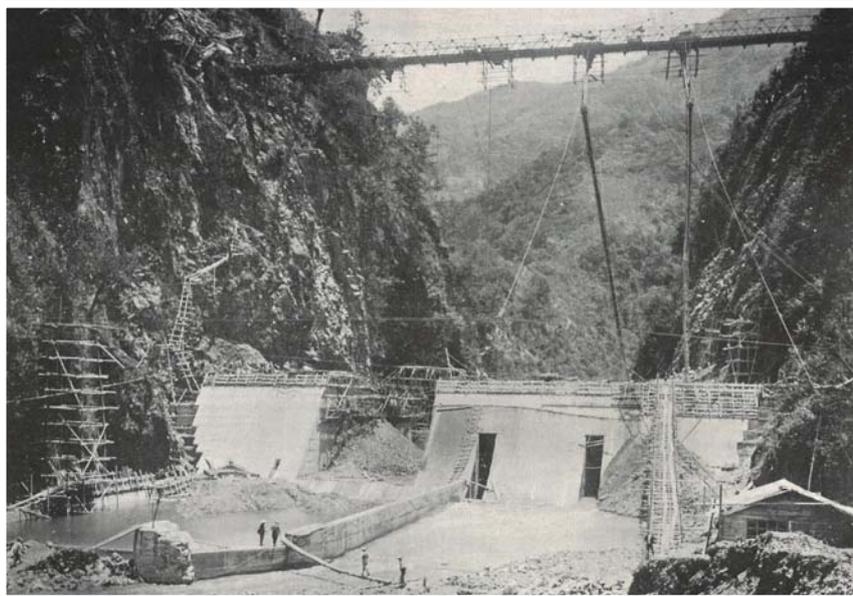
武界堰堤正上方，離河床 200 尺高架設吊橋，吊橋的一端是作業隧道的出口，武界混凝土生產略圖（如下）。將混凝土拌合場設在作業隧道內（原計畫不在此），然後用傾卸車將混凝土運上吊橋，倒入橋下的斜槽來澆置混凝土，1933 年 4 月吊橋完成後，混凝土作業能率增進，一日澆置 360 立方公尺，同年 11 月創下 1 個月澆置 7,990 立方公尺之記錄。本工程將山岩粉碎以製細骨材，惟仍不足應付，將良質山砂洗滌使用。

武界堰堤高 130 尺，上有溢流堰高 30 尺，裝有 6 門溢流閘門，橋上裝有水門。捲揚機有 25 馬力電動機，鋼製閘門一付重約 60 噸，捲揚機可使閘門 1 分鐘開啟 1 尺 5 寸。洪水路安裝同樣大小閘門 5 付，可以應付少有的大洪水 21 萬 6 千個流量。堰堤動用了 30 萬人力的汗水才得以完成當時少有的大壩。

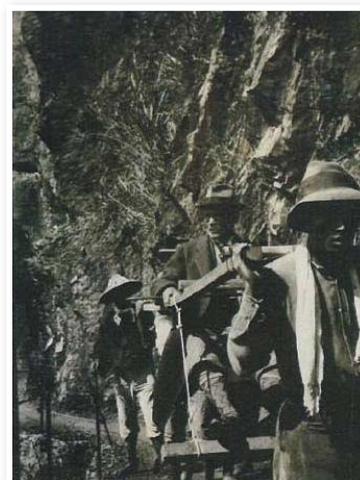
1932 年 8 月下旬，堰堤護岸的基礎開鑿中，有 3 萬個水量的洪水來襲，僅 10 多小時，濁水溪黑色土砂約 9,600 立方公尺，將已開挖部份埋沒，費了半個月以上時間才清理完。



武界混凝土生產略圖



傾卸車將混凝土運上吊橋後倒入橋下的斜槽來澆置混凝土

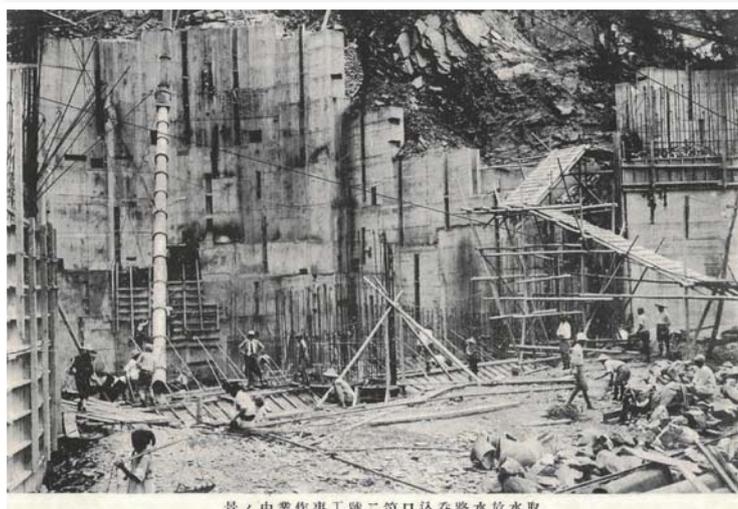


鹿島組取締役永淵清介坐轎赴武界勘查

日月潭水電工事之其他第一

水電工事在科技競爭的年代，經常是使用最新設備，不能在竣工後，變成退流行。而且，台電也勇於使用新工法，以縮短工期。

1. 噴水泥砂漿：鋼管坡度最陡 32 度，平均 39 度 7 分。鋼管安裝後全路面鋪鐵絲網混凝土，坡度陡的岩面，鋪混凝土及噴水泥砂漿（shotcrete）以防表面風化崩落。從這段記錄可見，噴凝土早在 1934 年就在台灣運用。
2. 平壓塔採用建設部長新井榮吉博士考究而成的改良型新井式水室平壓塔。
3. 發電送電工事：當時預計 10 萬 KW 出力，每部機出力 1 萬 KW，共有 10 部機。發電機電壓 11 KV 升壓至 111 KV 再送出。會社創立後，改成單機 2 萬 KW 出力，共 5 部機，有將來增設 1 部機的計畫。當時日本單機最大發電容量 5,000 KW，送電電壓 111 KV。日月潭水力發電電量 4 成送北部，6 成送南部，送電電壓 111 KV（當時日本最高），但台電成立後，送電電壓改為 154 KV（當時美國最高電壓），送電容量是日月潭第一發電所 10 萬 KW 以及第二發電所 4 萬 5 千 KW。



景ノ中業作事工號二第口込存路水放水取
在進水口與排洪口的混凝土澆置



隧道鑽掘由鑿岩機鑽孔、安裝炸藥爆破、出渣等循環進行

八十年發電運轉後之省思

本人退休當年應邀參加「數位人文關懷希望工作隊」（請詳筆者北投埔 blog），我主要的任務是提供萬大與武界兩電氣工事的歷史（其餘都非我所能）。其中有兩個專題：一、曲冰部落的前世今生（紀錄布農族在當地的遷徙與文化變遷）；二、萬大電廠的昨日、今日、明日（了解電廠在當地的影響）都與台灣電力有關。於 1919 創立的台灣電力株式會社就是要興建『日月潭水力電氣工事』，以及 1938 年開始的『萬大霧社發電計畫』。

武界水庫的施工及蓄水需要遷徙住民。同樣的，萬大霧社發電計畫也一樣為了施工以及蓄水得將住民遷徙。當時在那地區能住的地其實不多。

做這樣的工程一定會遇到濁水溪河川沖刷嚴重的問題。大部分人沒有從歷史面去考察濁水溪是怎樣活躍的溪流。這幾年沖刷日益嚴重，主要是 921 地震及人為開闢道路，讓土石更容易流失。

「數位人文關懷希望工作隊」的北一女高一美少女們見到堆積如山的土石，再加上訪問住民，發現住民幾乎快活不下去，同情之心油然而生。學生們日後進入社會，她們的田野調查對她們的認知影響很大。

本人時常帶朋友做「日月潭水力發電歷史建築見學」活動。曾經有一次，在武界壩控制室未更新前，在控制室內看到武界壩內無水正在清理之寫真。日月潭水力發電完工後，台灣都處在「渴電狀態」，何時能停機進行壩內清理的工作？歷史上曾經有過一次。那應該是發電機或變壓器之線圈重繞之時。

濁水溪堆積如山的土石要如何解決？如何能讓日月潭水力發電再創新的八十年？這是在慶祝發電 80 週年後，應該有的技術省思。

參考文獻

1. 台灣電力株式會社《日月潭水力電氣工事誌》（打字稿）1934 年，第 672 頁。
2. 藤崎濟之助《台灣電力株式會社沿革史》（手寫稿）1937 年 3 月，第 1300 頁。
3. 台灣電氣協會《台灣電氣協會會報》『日月潭水力電氣工事施工に就て』第 6 號 1934 年 11 月，第 37 頁。



武界壩



武界進水口及排洪隧道

4. 台灣電氣協會《台灣電氣協會會報》『竣工せる日月潭水力發電工事』第 6 號 1934 年 11 月，第 41 頁。
5. 台灣電氣協會《台灣電氣協會會報》『竣工せる日月潭送電氣線路並に變電所工事』第 6 號 1934 年 11 月，第 64 頁。
6. 小田晶子《鹿島の軌跡》第 8 回，『日月潭』，第 1~7 頁。（鹿島建設總務部本社資料センター）

恭喜！

本學會 103 年文化認證之評選結果：
獲得「國家級土木文化資產」榮譽者有兩處：

日月潭水力發電系統
烏山頭水庫及嘉南大圳灌排系統

103 年 12 月 6 日年會中將予以頒證及表揚。當天下午設有「土木與文化資產論壇」，將發表更多文史資料，歡迎各界踴躍參加！

能源委員會

2014年能源論壇研討會報導

陳怡如／中國土木水利工程學會能源委員會

本學會能源委員會自民國 91 年成立以來每年舉辦一次研討會，討論過能源與土木水利工程各方面的問題。近年深感台灣的國家競爭力有衰退之虞，今年 4 月時政府把即將完工的核四廠一號機封存、二號機停工，恐影響未來供電安全；目前政府已經在推動全國能源會議，故本次以「能源安全」為主題作探討，一本土木水利工程師關心國計民生的傳統，希望為國家能源政策略盡綿薄之力。

本研討會於 9 月 24 日假台電大樓舉行，由徐主任委員永華主持，學會呂理事長良正及倪秘書長惠姝均蒞臨指導，呂理事長並致詞祝賀。本次研討會首先請廖惠珠教授作專題演講，題目為「以能源安全的角度對台灣能源政策的建言」，另有 6 篇專題報告：

1. 台電公司王處長振勇報告「核四封存後的電源供應情形」
2. 中油公司綠能科技研究所康組長文成報告「中油在

生質能及氫能的研究規劃」

3. 中興工程顧問股份有限公司陳 PM 啟明報告「澎湖低碳島後寮再生能源園區」
4. 吉興公司張副總經理道明報告「大林更新計劃」
5. 台電公司潘組長文川報告「供電安全從建廠之設備採購開始」
6. 台電公司徐處長振湖報告「目前發電燃料之市場趨勢及台電公司燃料採購之因應措施」



開幕式中呂良正理事長致詞（依序為能源委員會主委徐永華副總經理、台電公司陳慰慈處長）



廖惠珠教授

廖惠珠教授的講題是「以能源安全的角度對台灣能源政策的建言」，首先她指出台灣能源安全令人憂心，有 98% 的能源倚賴進口，而且來源集中：煤高度倚賴印尼、澳洲，原油高度倚賴中東，LNG 高度倚賴卡達、馬來西亞。她指出進口能源佔總進口值接近 25%，在 1998 年只占 6%；能源進口值和 GDP 比為 13%，也就是我們辛辛苦苦加工出口，有 13% 的錢給了出口能源的國家，1998 年只有 2%。主要原因是 2005 年以來 LNG 進口持續增加、且亞洲之氣價仍高。廖教授提出 4 個建議：

1. 使用所有能源，不要偏廢。
2. 建請參酌加州 decoupling plus，讓電力公司有運作彈性、既可省電又有利潤。
3. 落實再生能源極大化、建設智慧電網及儲能系統。
4. 建設兩岸氣管。

上述的建議涉及更大投資如智慧電網、儲能系統、LNG 第 3 個接收站，而台電及中油的油電價格不能反映成本、長期虧損，已經扭曲能源市場。而建設兩岸氣管涉及政治，更不易執行。

台電公司王處長振勇報告「核四封存後的電源供應情形」，以 10302 電源開發計畫之假設前提核一、二、三廠除役而且無核四為預測條件，估算備用容量率在 114 年為 -0.3%，如果有核四則為 5.7%。核四不運轉到 105 年缺電 2.7 億度，到 112 年北部缺電 312 萬瓩，超過中電北送之容量，北部必須輪流停電。105-115 年核四之替代燃料成本為 193-799 億元；而且 CO2 排放量持續上升。王處長建議：

短期：電價合理化、提高能源效率、更新中的林口、大林、通霄能如期商轉
 中期：核一、二、三廠確認安全無虞後可延役



台電公司王振勇處長



中油公司林惟賢處長

長期：大潭、通霄可增建機組、規劃中的彰工火力計畫可奉准建廠

中油公司林惟賢處長特別撥冗前來，他表示中油為了增加 LNG 之供應，規劃在北部大潭附近觀塘增加天然氣接收站及貯氣設備，以因應國內之需求。中油所進口的 LNG 大部分是為了發電用，如果電力結構改變、用氣量就會跟著改變。政府已核准台電可以自行採購 LNG，但是 LNG 第三接收站還是指示由中油辦理。正是廖教授所指出大家若喜歡風電和太陽能，而又喜歡以燃氣作為後備電源，就會不斷墊高進口能源總值。

台電正在做林口、大林、通霄火力廠更新計畫，吉興公司張副總經理道明報告「大林更新計畫」。大林電廠原有 6 部機組，1-2 號機由燒重油改燒煤，於 1969、1970 年商轉；3-4 號機仍燒重油，將於 2017 年除役，5 號機由燒重油改燃氣，將於 2017 年除役，6 號機是燃氣機組於 1994 年商轉。台電申請更新改建 4 部機，政府核定先建 2 部。吉興公司報告新機組的設備及其效率、輸煤 & 貯煤系統、汙染防治設施等。張副總經理也表示南部的供電在正常情況是剛好滿足台南及高屏地區的需求，並無法南電北送。台南及高屏地區是基礎工業重



吉興公司張道明副總經理



中油公司康文成組長



中興工程陳啟明經理



台電公司潘文川組長

心，需要高品質及穩定供電，而大林 3-5 號機已老舊，希望能早日更新，否則若核三除役則有缺電危機。

離島的電力如果能就地取材、自給自足就能減少台電的政策負擔，國際上已有離島發展再生能源成功之例。中興工程顧問股份有限公司陳專案經理啟明向大家介紹「澎湖低碳島後寮再生能源園區」，澎湖現有尖山燃油機組 153 百萬瓦、中屯 8 部風機 4800 瓩、湖西 8 部風機 7200 瓩。該計劃開發之風機共 24-34 部，總容量 55.2 百萬瓦；太陽能方面公有屋頂裝設 156.1 瓩，並鼓勵民眾架設。中興工程表示台澎海底電纜完工是澎湖再生能源產業開發的必要條件，如此才能和台灣形成整體電網，以補澎湖電力不足的問題。

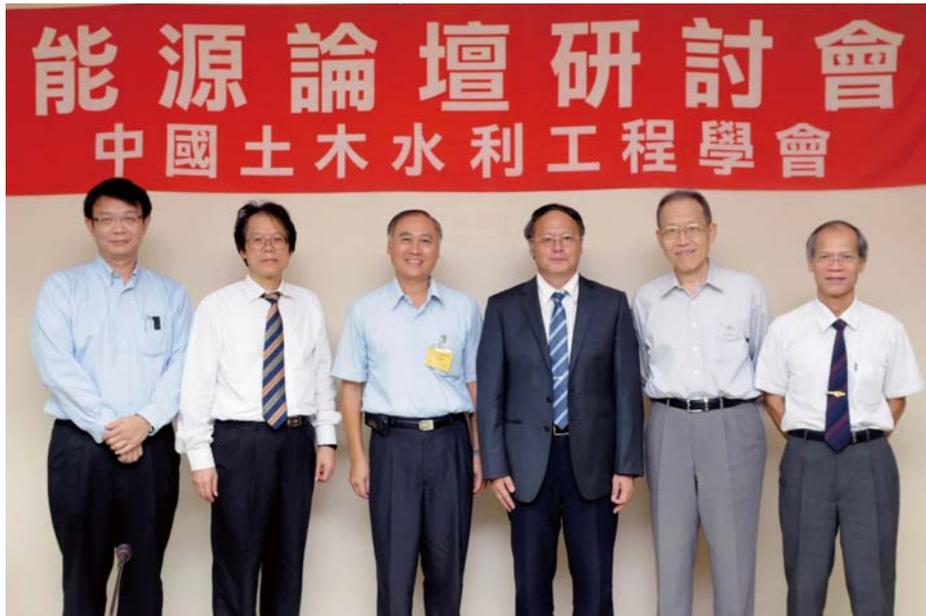
中油公司看到後石油時代來臨，再生能源與生質化學品是開發重點，向來對新能源研發不遺餘力的中油公司，正致力於生質柴油、酒精汽油等生質能源以及燃料電池之研發。中油公司綠能科技研究所康組長文成報告「中油在生質能及氫能的研究規劃」，康組長認為國內在發展生質能源要及早建立法源，將氣、液、固三種型態之生質燃料規範建立與法條修訂；並建議建立生質燃料（國際）認證制度，以鑑別廠商所生產的生質燃料。在日



台電公司徐振湖處長

本已有燃料電池汽車及加氫站，中油也在研究製氫、貯氫及燃料電池，康組長提出原能會核研所整理出來的台灣固態氧他物燃料電池 (SOFC) 產業發展分工圖，並指出目前電價低而氣價高的經營環境不利於國內市場開發。

設備採購影響到電廠的效率及可靠度，台電公司潘組長文川報告「供電安全從建廠之設備採購開始」，把籌建廠之設備採購的各階段敘述得非常詳盡，考慮到規劃、施工、設計、運轉、維修等各方面，可作為工程採購的教材。台電花錢最大的是燃料採購，燃料處要提供各電廠所需的煤、油、氣、核燃料。台電公司徐處長振



感謝主持人及各演講人（左起）中興工程陳啟明經理、台電公司徐振湖處長、中油公司林惟賢處長、台電公司陳慰慈處長、吉興公司張道明副總經理、台電公司潘文川組長

湖報告「目前發電燃料之市場趨勢及台電公司燃料採購之因應措施」，2014 年燃料支出 3073 億元，其中 63% 是 LNG，台電採用定期合約與現貨市場互相搭配，徐處長提出要適時適量採購以降低成本。目前政府已准許台電

自行採購 LNG，因此須積極培訓採購 LNG 之專業能力。

感謝陳處長慰慈主持全天專題報告及討論。本次研討會能順利成功，特別感謝各位報告人、以及本委員會各位委員的支持。🏆

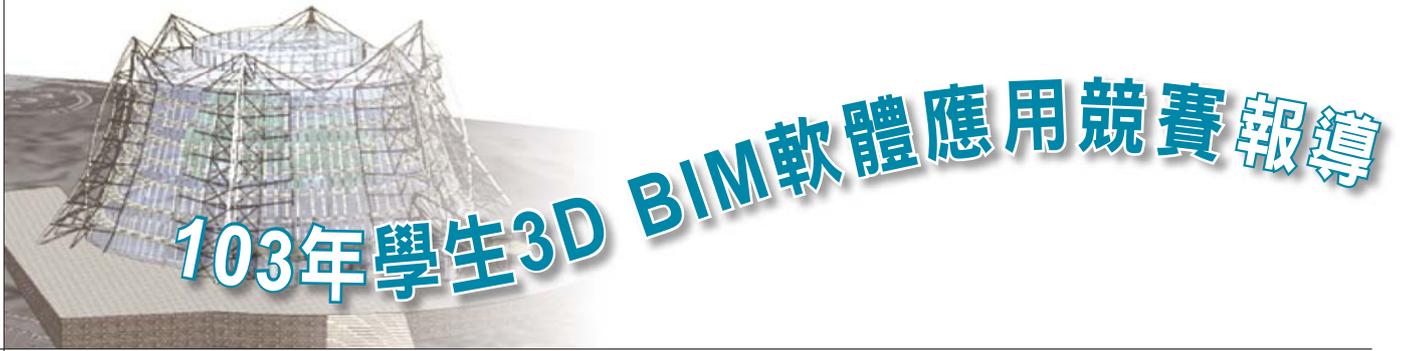


土木水利 雙月刊

向您約稿

本刊出版有關土木水利工程之報導及論文，以知識性、報導性、及聯誼性為主要取向，為一綜合性刊物，內容分工程論著、技術報導、工程講座、特介、工程新知報導及其他各類報導性文章及專欄，歡迎賜稿，來稿請 email: service@ciche.org.tw 或寄台北市 100 仁愛路二段 1 號 4 樓，中國土木水利工程學會編輯出版委員會會刊編輯小組收，刊登後將贈送每位作者一本雜誌，不再另致稿酬；歡迎以英文撰寫之國內外工程報導之文章，相關注意事項如後：

- 工程新知及技術報導，行文宜簡潔。
- 技術研究為工程實務之研究心得，工程講座為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。工程報導為新知介紹及國內外工程之報導。
- 本刊並歡迎對已刊登文章之討論及來函。
- 工程論著及技術研究類文章，由本刊委請專家 1~2 人審查，來文請寄電子檔案，照片解析度需 300dpi 以上。
- 文章應力求精簡，並附圖表照片，所有圖表及照片務求清晰，且應附簡短說明，並均請註明製圖者及攝影者，請勿任意由網站下載圖片，以釐清版權問題。



周頌安／本會資訊委員會副主任委員



開幕式會場



謝尚賢主委致詞



現場抽籤



公佈決賽題目

近年來隨著電腦軟硬體之快速發展，應用 3D BIM 技術於工程設計與施工已經成為一個趨勢，除了國內外工程業者紛紛導入外，不少大學院校也陸續開設 BIM 相關課程，期望能讓學子儘早接觸此一影響深遠的技術與其中所涉及的工具軟體應用。為了鼓勵在校學生熟悉 BIM 相關軟體應用技術，本會自 96 年起舉辦 SketchUp 應用競賽，並陸續於 98 年及 101 年舉辦學

生 3D BIM 應用競賽，均吸引不少學生組隊參加。本次活動延續過去傳統，邀請國內土木營建科系學生組隊參加，盛況更勝當年。競賽活動自 4 月 20 日起開放報名，並於 5 月 28 日舉辦說明會，共計有 16 隊完成報名，15 隊進入決賽，決賽地點商借台大土木研究大樓舉行，於 9 月 5 日進行一整天，總計參加學生人數 57 人。



團隊工作區之一



競賽會場之一



進行競賽成果簡報



進行競賽成果簡報

本次競賽主題為一地上二層、地下一層的變電所設計。競賽前已先將該變電所之平立剖面圖提供各隊建立 BIM 模型，並根據此模型成果來評定是否能進入決賽。決賽當天上午於現場公佈變更設計圖說，並於當日 18 時收件後進行簡報及評分。競賽開始由本會資訊委員會謝尚賢主委進行開幕致詞，隨即抽籤分配場地、公佈題目，競賽團隊分佈在台大土木研究大樓的 4 間教室同時進行。各隊同學必須在當天內於現場完成模型修改，並以口頭簡報方式說明採用 BIM 工具變更設計的過程與心得。

活動持續一整天，窗外的光線由明亮轉為昏暗，各隊成果也陸續成形。傍晚時分本會邀請的業界專家陸續到達會場，隨後即進行評審。在緊湊的簡報中，除原始競賽題目外，各隊無不絞盡腦汁，提出許多超出預期的成果，使得評分作業格外困難。所有隊伍簡報結束時，已是晚上 9 點多，評審委員經過討論、投票計分，在激烈的比分下，選出前三名的隊伍及三名佳作，分別是：

- 第一名：高雄科技大學 - L.W.H 隊
- 第二名：台灣大學 - 默默無名隊
- 第三名：中華大學 - Chung Hua Dream 隊
- 佳作：交通大學 - WellBIM 隊
- 佳作：雲林科技大學 - Abapra 隊
- 佳作：雲林科技大學 - Estupendo 隊

本次學生競賽於 9 月 5 日晚間於現場宣布結果後落幕。

頒獎典禮將於 12 月 6 日本會年會中進行（地點在高雄蓮潭會館），當日下午並將邀請得獎隊伍報告 BIM 參賽過程及競賽心得，希望學校的師生與業界的先進們能夠踴躍到場聆聽，大家一起給得獎同學們鼓勵與指導。

本次競賽除本會自籌經費外，並獲得台北市土木技師公會、台灣世曦工程顧問公司、中華顧問工程公司及台灣歐特克公司等單位慷慨贊助，在此一併致謝。 

103年會員會籍整理工作紀要

秘書處、會員委員會、資訊委員會 提供

自本學會於民國 62 年召開第一屆理監事會迄今，已超過 40 年，累計會員人數達 7 千餘人，堪稱國內規模最大的專業學會。過去會員聯繫多半採書面資料郵寄或電話通知方式，近年來拜資訊科技之賜，透過電子郵件或網站亦能與會員朋友進行互動。有鑒於此，今年初秘書處聯合會員委員會及資訊委員會，進行了全面性的會籍資料整理。

首先，是會員個人資料內容的調整！原本的會員資料庫中並沒有手機號碼、身分證號、訂閱電子會刊等欄位，因此整理會籍之初，先增加了上述需要的資料欄位，同時將籍貫等不再使用的欄位關閉，以確定所要整理會籍資料的內容。

其次，針對所有個人會員（包括長期會員）發出書面資料校正通知。因為考慮個資法及會員回覆的方便性，通知函內容經過仔細的設計。今年 5 月中旬，學會共計寄出 7,195 份調查表，並提供會員使用傳真、郵寄、email 等方式回覆。至 9 月 30 日止，共計收到回覆為 1,036 件，回覆比率約 14.4%。

在本次會籍資料整理前，原先資料庫中 7 千多筆會員資料可分成 2 群，第一群約 2,971 人，屬於有效會員，包括長期會員 1,618 人、常年及初級會員約 1,353 人；第二群約 4,224 人，因欠繳會費歸屬於暫停寄送會刊等服務之會員，經由本次會籍資料整理，共有 75 人回函同意恢復會籍。至

9 月 30 日止，本會有效個人會員為 3,046 人。

會員會籍資料整理是一項持續性的工作。在本次會籍資料整理前，學會如需聯絡所有會員，往往需寄出 7 千多份的郵件，不僅郵資可觀，無效信件的比例更是驚人。經過此次調查、回覆、登錄等過程，除確認有效會員名單外，亦更新會員聯絡地址、電話及 email 等資訊，對未來聯絡會員時除可節省郵資外，亦提升聯絡效率。同時，利用 email 地址，訂閱電子會刊的會員可以即時收到通知並下載會刊。

學會將持續加強對會員的各項服務，包括網站更新、研討會訊息通知、組團參訪、會刊寄送等。如您本人或其他會員有聯絡方式異動時，歡迎您以書面、電話、email 或網站回覆等方式通知本會秘書處，讓您即使更換地址或工作，都能與學會繼續保持聯絡。🇯🇵

感謝

會籍清查整理是件艱鉅的工作，感謝會員委員會主委周頌安經理及曾淑君小姐的全力協助，還有秘書處全體同仁的辛勞。特別感謝陳耀志和陳玫君小姐，近五個月來不斷的整理更新。

還沒有報到的會員請聯絡學會，我們樂意為您服務！

請多利用學會網站



中國土木水利工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

會員們如有需要秘書處服務的地方
請多多利用學會服務信箱
service@ciche.org.tw

竭誠歡迎您的批評與指教！



台北市土木技師公會

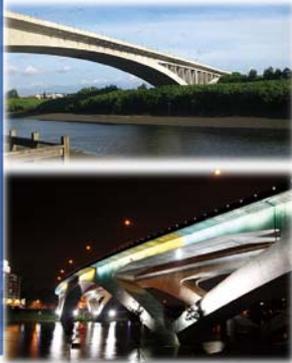
Taipei Professional Civil Engineers Association

開路架橋通舒暢，穿山越水真舒爽

治河理川順流向，穩土固石景色香

鑑定業務

1. 現況鑑定。
2. 安全鑑定。
3. 損害之修復鑑定。
4. 損害之安全及補強鑑定。
5. 未報勘驗之安全鑑定。
6. 地震前七日內澆置混凝土之安全。
7. 地震後建築物損害之修復。
8. 地震後建築物損害之安全及補強。
9. 構造物受火害之安全。
10. 高氯離子混凝土構造物之安全。
11. 臺北市老屋健檢案件。
12. 工程鑑定。
13. 公共工程。



審查業務

1. 特殊結構設計審查。
2. 水土保持計畫書件審查。
3. 施工計畫說明會及高鐵安全評估、高鐵施工計畫審查。
4. 耐震詳細評估。
5. 營造業評鑑。



統一編號：21001770 地址：台北市松山區東興路28號9樓
電話：02-27455168 傳真：02-27458999



本會使命

提高土木工程執業水準
發揚服務精神
協助推動國家建設

促進會員聯繫
保障應有權益
提高執業水準
發揚服務精神
協助推進國家建設



VSL-國際專業結構工程團隊

威勝利國際有限公司(VSL International Limited)1956年成立於瑞士，是國際知名的預力系統及專業結構工程團隊。迄今已有五十八年預力及相關工程豐富經驗，工程實績遍佈全球，在世界各地擁有四十多家分公司，業務範圍廣泛。橋及橋梁工程、建築工程、特殊施工法等各種高難度施工項目。

五十八年來，身為世界級的後拉預力系統領導者，VSL不斷研發並創新工程技術。在世界各地建立豐富且耀眼的工程實績。舉凡杜拜帆船酒店、台北101、馬來西亞雙子星大樓.....等知名建築均為VSL的業績。

台灣威勝利股份有限公司成立於1997年，是威勝利國際有限公司在台灣所設的分公司。服務範疇涵蓋土木及建築兩大領域。已成功完成多項國家重大公共工程建設，例如第二高速公路、台灣高鐵、高雄捷運工程、國道6號高速公路、新北大橋等。國內建築業績有台北101金融大樓、桃園長榮總部大樓、921地震教育園區、礁溪老爺酒店、台中科學園區廠房、台南科學園區廠房，以及最近完成的海納川、日月潭向山遊客中心等。

國際的VSL，在地化用心經營。

深耕台灣十七年-台灣威勝利(VSL Taiwan Limited)



VSL在台灣向來以橋梁施工技術及預力工程聞名，近年更積極拓展建築產品，將後拉預力技術導入建築領域。並研發最新振動控制技術，投入制振產品開發、設計、供料到施工一氣呵成。藉助新的材料科技、結構分析與施工管理，提昇台灣建築結構安全與耐震性。台灣威勝利公司將秉持專業工程師的熱忱，誠懇務實態度，與台灣工程界的先進一同打拼服務。

1. 台北101
2. 長榮總部大樓
3. 中油台中港LNG儲槽
4. 高雄捷運
5. 新北大橋
6. 日月潭向山遊客中心



台灣威勝利股份有限公司
台北市信義區松德路159號16樓之1
TEL: (02) 2759 6819
http://www.vsl.com/



「土木水利」雙月刊 廣告價目表

(費率單位：新台幣元)

刊登地位	金額 (新台幣元)	敬請勾選
封面全頁 彩色	60,000	
內頁中間跨頁 彩色	80,000	
封底全頁 彩色	50,000	
封面裏/封底裏 全頁彩色	40,000	
內頁全頁 彩色 (直式)	30,000	
內頁半頁 彩色 (橫式)	15,000	
內頁1/4頁 彩色 (直式)	8,000	
折扣	3期9折， 4期以上8.5折	

茲附上廣告式樣一則

請按下列地位刊登於貴會出版之「土木水利」雙月刊

此致

中國土木水利工程學會

刊登月份：

○ 41.6 ○ 42.1 ○ 42.2 ○ 42.3 ○ 42.4 ○ 42.5 共 次
(12月) (2月) (4月) (6月) (8月) (10月)

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；
相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣

元整

隨單繳送請查收摺據
請於刊登後檢據洽收

機構名稱：
商號

(請蓋公司印)

負責人：

地址：

廣告聯絡人：

電話：

廣告訂單連絡電話：中國土木水利工程學會 (02) 2392-6325 來秘書

工業區土地加碼優惠

ECFA 黃金十年・開創百世基業

00 66 88

出租優惠方案

第1、2年免租金
第3、4年租金打6折
第5、6年租金打8折
租轉購・已繳租金可抵繳地價

7 6 7

出售優惠方案

利澤工業區 土地售價7折優惠
雲科工業區
彰濱工業區 土地售價6折優惠

彰濱工業區

ECFA 效應・兩岸佈局首選
太陽能光電產業聚落重鎮

雲林科技工業區

綠色生態科技園區成形・產業供應鏈完整

宜蘭利澤工業區

結合綠能・遊憩觀光產業新特區

經濟部工業局

中華工程股份有限公司

台北 02-8787-6176

利澤 03-990-1342

彰濱 0800-471-252

雲科 05-551-1159

<http://www.besland.com.tw>

土木水利 雙月刊

1. 一年六期，新台幣 1,800 元
2. 中國土木水利工程學會會員，免費送雙月刊。
3. 會員另提供電子版雙月刊，可折減會費，詳請洽秘書處。

中國土木水利工程學刊

您的論文發表園地

一年四期

優待年訂戶 —

會員	NTD800.-
非會員及公民營機構	NTD1,800.-
國外個人	USD40.-
國外機關團體	USD100.-
單本零售	NTD500.-

請用郵政劃撥或信用卡傳真訂閱



中國土木水利工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

電話：(02) 2392-6325
傳真：(02) 2396-4260
email：service@ciche.org.tw

◎ 中國土木水利工程學會會員資格如下：

本會會員分為六種：(一) 會員、(二) 初級會員、(三) 團體會員、(四) 國際會員、(五) 會士、(六) 榮譽會員。

- 一、會員：凡大專院校土木水利或相關科系畢業，曾從事土木水利工程相關工作達二年以上；或從事土木水利工程相關工作達六年以上；經會員二人之介紹或非經會員介紹，但能提出相關證明文件者。
- 二、初級會員：凡大專院校土木水利或相關科系畢業或在學學生；或從事土木水利工程相關工作達三年以上；經會員二人之介紹或非經會員介紹，但能提出相關證明文件者。
- 三、團體會員：凡與土木水利工程學術有關之機關團體或部門，經會員二人之介紹或非經會員介紹，但能提出相關證明文件者。
- 四、國際會員：凡大專院校土木水利或相關科系畢業，曾從事土木水利工程相關工作達二年以上；或從事土木水利工程相關工作達六年以上；經會員二人之介紹或非經會員介紹，但能提出相關證明文件者。
- 五、會士：傑出工程師或傑出學者，具有十年以上從事實際負責之重要工作資歷，並對本會有重大貢獻，經依本會會士設置辦法選出者，得為會士。其設置辦法另訂之。
- 六、榮譽會員：凡對土木水利事業或學術有特殊貢獻之傑出人員，得被推舉為榮譽會員。其舉薦辦法另訂之。

* 凡經政府所舉辦之高等考試或乙等特種考試相關科類及格者，均視同大專以上程度。

* 高級職業學校相關科組畢業經前述考試及格，或經政府銓敘，或職位分類審定為土木水利技術人員且服務滿二年以上者，得比照申請為會員。

【入會申請書 請上網下載表格】



98-04-43-04

郵政劃撥儲金存款單

收款帳號	0	0	0	3	0	6	7	8	金額	仟	萬	佰	萬	拾	萬	萬	仟	佰	拾	元
									新台幣											
									(小寫)											

通訊欄 (限與本次存款有關事項)

報名費
 繳納 _____ 研討會
報名費 _____ 元

繳納103年年會，報名費 _____ 元
(會員500元/非會員1000元/學生免費)

繳納會費
 常年會員年費 1,500 元
 初級會員年費 300 元

訂閱土木水利雙月刊，一年六期
 新台幣 1,800 元
自第 _____ 卷第 _____ 期起，_____ 年期雙月刊 _____ 份

訂閱中國土木水利工程學刊，一年四期
 國內·會員 新台幣 800 元
 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800 元
 國外·個人 美金 40 元
 國外·機關團體 美金 100 元
自第 _____ 卷第 _____ 期起 _____ 年期學刊 _____ 份

收款戶名	中國土木水利工程學會		
寄款人	主管：		
姓名			
地	□□□—□□		
址			
電話	經辦局收款戳		

虛線內備供機器印錄用請勿填寫

- ◎ 寄款人請注意背面說明
- ◎ 本收據由電腦印錄請勿填寫

郵政劃撥儲金存款收據

收款帳號戶名	
存款金額	
電腦紀錄	
經辦局收款戳	

中國土木工程學會

信用卡繳納通知書

姓名		款別 注：入會時請先填入會申請書，傳真學會審查，我們會立即通知您，資格符合時請繳費，入會費一人僅需繳交一次	報名費 <input type="checkbox"/> 繳納_____研討會 報名費_____元 <input type="checkbox"/> 繳納103年年會，報名費_____元 (會員500元/非會員1000元/學生免費)
會員證號碼			繳納會費 <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,500元 <input type="checkbox"/> 初級會員年費 300元
身分證號碼			訂閱土木水利雙月刊，一年六期 <input type="checkbox"/> 新台幣 1,800元 自第__卷第__期起，__年期雙月刊__份
卡別 <input type="checkbox"/> VISA <input type="checkbox"/> MASTER CARD <input type="checkbox"/> JCB			訂閱中國土木工程學刊，一年四期 <input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 800元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800元 <input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 40元 <input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 100元 自第__卷第__期起__年期學刊__份
信用卡卡號			白天聯絡電話
信用卡簽名欄最後三碼			通信地址
信用卡有效期限 (月/年)			
信用卡簽名			
繳費金額			

注：僅接受VISA, MASTER CARD, JCB

請傳真回覆：(02) 2396-4260

中國土木工程學會 電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260 email：service@ciche.org.tw 地址：100 台北市仁愛路四段一號四樓

郵政劃撥存款收據

注意事項

- 一、本收據請詳加核對並妥為保管，以便日後查考。
- 二、如欲查詢存款入帳詳情時，請檢附本收據及已填妥之查詢函向各連線郵局辦理。
- 三、本收據各項金額、數字係機器印製，如非機器列印或經塗改或無收款郵局收訖章者無效。

請寄款人注意

- 一、帳號、戶名及寄款人姓名地址各欄請詳細填明，以免誤寄；抵付票據之存款，務請於交換前一天存入。
- 二、每筆存款至少須在新台幣十五元以上，且限填至元位為止。
- 三、倘金額塗改時請更換存款單重新填寫。
- 四、本存款單不得黏貼或附寄任何文件。
- 五、本存款金額業經電腦登帳後，不得申請撤回。
- 六、本存款單備供電腦影像處理，請以正楷工整書寫並請勿摺疊。帳戶如需自印存款單，各欄文字及規格必須與本單完全相符；如有不符，各局應婉請寄款人更換郵局印製之存款單填寫，以利處理。
- 七、本存款單帳號與金額欄請以阿拉伯數字書寫。
- 八、帳戶本人在「付款局」所在直轄市或縣(市)以外之行政區域存款，需由帳戶內扣收手續費。

交易代號：0501、0502現金存款 0503票據存款 2212劃撥票據託收

本聯由儲區處存查 600,000 束 (100 張) 94.1.210 × 110mm (80g/m² 模) 保管五年 (拾大)



103年 中國土木工程學會年會

文明躍境

翻轉土木

讓生活更美好！

民國 103 年 12 月 6、7 日 (六、日)

年會地點：蓮潭國際會館 (高雄市左營區崇德路 801 號)

主辦單位

中國土木工程學會、國立高雄大學土木與環境工程系

協辦單位

高雄市政府經發局、內政部建築研究所

◀ 請填寫註冊表報名 ▶

廣告

台電如同家人

給您24小時關懷服務



台灣電力公司
www.taipower.com.tw