

# 地工技術

## 編者的話

吳文隆

### 主題：河川橋梁基礎問題

「舖橋造路」是做公益行善的代名詞，是土木工程行業亙古至今的職志，也是一種榮耀。土木工程這行與國計民生息息相關，舉凡食、衣、住、行、育、樂各方面，沒有任何一項無土木工程努力建設成果的貢獻痕跡，為了滿足人們生活需求，讓大家生活過得更快樂，更安全，惟有土木工程建設才能達到目標。就以土木工程範疇中之河川橋梁工程而言，因兩邊或兩岸中間有水之阻隔，隔岸遙相對望，無法連繫與交流，必須建造河(海)底隧道或橋梁，而一般都以橋梁方式，將兩邊連結再一起，打破空間之障礙，促進人們的生活上的交流與交通的聯繫。

人類很早就懂得造橋技術，由於受限於早期材料製造技術問題，一般以岩石材料之石拱橋居多，隨著工程材料陸續被開發出來，以及結構分析技術之進步，混凝土、鋼筋、高強度鋼絞線材料陸續開發出來，則出現鋼筋混凝土，進而預力混凝土橋、鋼橋、斜張橋、鋼索吊橋等等，橋梁長度愈來愈長，橋梁跨度愈來愈大，橋梁載重愈來愈重，橋墩基礎愈做愈深，樁徑愈做愈大，所面臨之困難挑戰愈來愈高，就以河川橋梁橋墩基礎型式演繹而言，由最早期採淺基礎座落在岩盤之獨立基礎、深基礎之竹樁、木樁基礎，預鑄鋼筋混凝土RC基樁基礎，預力混凝土PC基樁基礎，沉箱基礎，場鑄反循環鋼筋混凝土RC基樁基礎，場鑄全套管鋼筋混凝土RC基樁、鋼管樁基礎、壁式基樁基礎等。因應設計需求，所以基礎結構型式、基樁材料性質、基樁長度、基樁直徑、施工機具等可說是日新月異，技術突飛猛進，就目前國內河川橋梁橋墩基樁基礎，基樁深度已達100m，基樁直徑已達3.5m。

在地質方面由軟弱而堅硬，從鬆散砂土、軟弱黏土逐漸進展至卵礫石地層、泥岩、頁岩、砂岩、安山岩、大理岩施工，計畫中將於金門跨

海大橋之花崗片麻岩地層進行海上橋墩鋼管樁基礎施工。

在設計規範及經驗方面土壤部分目前相當完整，但國內卵礫石層及岩盤方面有關基樁樁身摩擦力、樁底承载力如何推估，公式一大堆，但缺乏較多的試樁結果及研究，加上經驗不多，其未確定性較高，無法完成掌握其行為與分析，尚待大家努力及研究。

一般建築物基礎構造之設計分析，僅考量地質及地下水影響因素，不須考慮水流河川沖刷問題，河床變異情況(包括刷深、淤積)，所以在基礎設計分析相對較單純，但河川橋梁橋墩基礎設計座落於河川中，則必須探討上述橋墩沖刷深度問題。其考量因素就變得較為複雜且其不確定性更提高。就以國內橋梁橋墩基礎沖刷深度計算公式，有10個以上不同公式，同一座橋梁利用不同公式進行沖刷深度分析結果差異相當大，如何選用合適之公式及分析結果，不僅需靠設計者之學識、經驗外，尚須考量大自然變異情形。因為橋梁橋墩基礎提供橋梁之承载力，若遭破壞橋梁則發生斷橋，造成行駛於橋上的人員重大傷亡事故。

然而橋梁最容易受損的部分，也就是橋墩基礎，而此部分也難由平日或颱風季節加以檢查及維護，若動不動，就採用高標準且保守的封橋作業，交通中斷造成用路人之不便，更容易引起民怨，如何確保橋梁安全及做好維護管理為橋梁主管機關當前的課題。

當大地工程師設計橋梁橋墩基礎，除面對土壤、地質的複雜性、變異性，還須考量水流對河床長期沖刷、河川土石流、洪水沖擊等問題，則其分析設計參數選用，具有相當多的不確定因素，甚難用科學方法或統計學方法客觀而嚴謹來決定，於是如何擷取複雜而不規則之地工及水文參數，考驗著工程師的智慧與經驗。

21世紀今日社會瞬息萬變，人類面對北極振盪、反聖嬰現象，全球暖化、氣候變遷的問題，地球發生許多氣候異常問題，地質外營力作用加劇，豪雨、降雨量屢屢刷新紀錄、颱風頻繁、洪水氾濫、平均溫度上升、冰山融化、海水上升、地下水位變化、山坡地地表沖蝕嚴重、山崩、土石流災害不斷、河川沖刷橋梁基礎掏空等等問題，災害較以前來得嚴重且超乎以往之預測分析及設計規範，尤其2009年88風災重創南臺灣，造成人員重大傷亡及經濟損失。檢視目前設計標準，如何滿足或符合當今環境條件變動是大地工程之挑戰。

為讓大家對臺灣河川橋梁基礎問題，能有通盤性的瞭解與探討，地工技術本期特邀近年來國內大地工程界與「河川橋梁基礎問題」有關之產官學專業文章八篇，以及目前工程界熱門話題之地錨檢測之分析文章一篇，合計九篇，八篇專輯文章均能以橋梁橋墩基礎問題為主，專輯內容豐富，從橋梁基礎型式研選、規劃、設計、施工、維護管理、基礎抗洪能力評估、損壞補強設計、災害調查致災原因分析探討、防沖刷設施研究、封橋機制研究探討等，涵蓋目前橋墩基礎之範圍，為一相當完整之專輯，均收錄於本專輯。

橋梁災害調查方面，前車之鑑，後車之師，大自然颱風洪水、土石流、地震作用，對橋梁基礎產生破壞災害，就是一個全尺寸試驗，是我們一個很好的學習機會，藉由現場調查，分析致災原因探討，提供日後復建工程設計、施工之依據，以避免災害重覆發生，並累積寶貴工程經驗，本專輯有二篇文章，如林呈等人(莫拉克颱風高屏河流域跨河橋梁多重災害探討)，主要介紹莫拉克颱風對旗山溪及荖濃河流域內遭受破壞之跨河橋梁致災原因進行分析探討，並將破壞機制分為洪水沖刷、土石流、浮流木掛淤及堰塞湖潰壩等單一型或複合型致災原因，可提供未來橋梁設計或防災之參考；宋裕祺等人(88風災雙園大橋致災原因探討)，主要探討雙園大橋P2~P4橋墩斷橋之原因，除利用有限元素法分析檢核外，並介紹橋梁耐洪能力評估方法，提供未來橋梁設計及維護管理之參考。

橋梁橋墩基礎規劃設計方面，本專輯計有二篇文章，如陳榮嵩等人(淺談金門大橋深槽區基礎型式研選、分析與設計)，主要介紹即將施工之金門大橋跨海橋墩基礎型式設計考量，考量橋梁上構型式、海象條件、花崗片麻岩地質條件、防蝕處理、防淘刷、防撞、景觀、施工性、工期、經濟等因素，進行綜合性評估分析設計，為國內首創跨海大橋之案例。何泰源等人(臺灣河川橋梁基礎問題與案例介紹)，主要說明臺灣河川橋梁現況所面臨基礎沖刷、施工空間侷限、水中構築、卵礫石及岩層鑽掘困難、深槽區擋土設施不易構築，維護管理不易等問題，並列舉三個橋墩補強改善成功之案例，供工程界參考。

橋梁基礎防沖刷設計方面，一般都以考量橋墩基礎鼎形塊、菱形塊、蛇籠或下游設潛堰等保護措施，但在臺灣河川河床高程逐年下降情形，其成效似乎有待檢討，本專輯有一篇文章，如黃進坤(河川橋梁基礎防沖刷研究案例)，主要以成筐網群具有消能作用，做為橋墩防止沖刷方式，在室內、室外試驗成效良好，並應用實際案例橋墩，經歷2次颱風洪水考驗，顯示可將水流導引至通過兩橋墩間，且橋墩上游流速減緩，防止橋墩沖刷、防止漂流物及撞擊功用。

橋梁維護管理方面，除了橋梁維護結構安全檢測評估及老舊橋梁補強抗(耐)洪能力評估方法，乃至颱風洪水暴漲封橋水位管理焦點問題。本專輯有三篇文章，如王鶴翔等人(橋梁基礎抗洪能力之整合評估方法)，主要以整合各項專業領域，開發橋梁基礎抗洪力量化評估，包括河川一維及二維水理演算、流固耦合模式模擬，橋梁基礎穩定性分析等鏈連式架構，並以雙園大橋斷橋案例加以驗證，發展出以代表水位、代表流速、沖刷深度為量測參數，建構橋梁之安全警戒與臨界狀態圖，提供橋梁管理單位，進行封橋與開放通車之量化依據；如鄧文廣等人(公路橋梁維護管理—以台88線萬大大橋為例)，主要介紹公路橋梁常見異狀及劣化原因探討，目前維護管理機制及檢測評估，並以實例說明橋梁耐震耐洪評估及補強方法建議，供各界參考。如李宗棋等人(跨河橋梁之封橋水位機制探討，以台1線八掌

溪橋與157線蒜頭大橋為例)，主要藉由橋墩基礎結構分析、完整的水理模擬與河床沖刷計算，求出橋墩沖刷深度剩餘量所相對之水位，建立封橋水位機制，並以2個案例做為驗證，效果不錯。惟目前資料較少，案例尚不多，值得大家日後進一步分析與探討。

國內邊坡保護措施有許多工程採用RC格梁地錨護坡、擋土牆/排樁擋土樁加地錨護坡，由於地錨材料之耐久性，長期防銹問題，為大家最近所關心的議題，本專輯亦收錄一篇文章，如鄭世豪等人(聲洩技術應用於地錨損傷判斷之模擬與分析)，主要係利用聲洩監測試驗，研判地錨結構損傷情形，並以簡易數值模式模擬，多元探討設計參數與地錨損傷發展和聲洩特徵之關聯性，提供地錨功能維護與邊坡計測管理預警之參考。

本專輯邀請台灣世曦工程顧問股份有限公司董事長李建中博士，給予贈言，讓本專輯更加光采與加持。

另外地工小百科專欄由潘國樑「談深層滑動」，由定義再剖析其成因及破壞機制並加以調查表徵、研判，並藉用Google Earth的影像，舉出5個實例，深入淺出的講解，以經驗分享大家。

薪傳專欄以「和光同塵，為而不爭」由李崇正教授介紹翁作新教授，其生活簡樸、為人謙虛、嚴謹治學態度，熱心公益、真光不輝，地工界後輩們之楷模。

工程地質研討會專欄介紹臺灣之離島蘭嶼，全島主要由安山岩和集塊岩或凝灰質集塊岩構成，除特殊地質景觀外，好山好水，並保存許多原始風貌，宛如海上樂園，令人流連忘返，相當精彩之報導，讓大家臥遊一番。

本專輯之各篇文章涵蓋河川橋梁基礎問題與研究成果，茲將做幾點簡單的歸納如下：

1. 橋梁基礎最易受損問題：宜因應全球氣候變遷極端氣候，降雨強度增加及河川沖刷嚴重情形，以瞭解災害受損之原因與機制，檢討目前國內相關設計規範、準則、標準的適用情形，是否有修正必要，以確保橋梁之安全。

2. 橋梁基礎設計、施工困難問題：目前國內於卵礫石層、岩層之基樁之樁身摩擦力及樁底承载力研究與經驗較少，無一個合理推估公式，值得大家努力的研究方向；另基樁深度很深，口徑很大，以致施工困難，亦值得施工技術加以提升。

3. 橋梁維護管理問題：除落實例行性之橋梁結構安全檢測、補強修復外，以橋梁抗洪能力評估，建立安全警戒與臨界狀態圖，提升維護管理作為，以達橋梁防災、減災、避災及救災之目標，值得大家努力。