

自來水會刊第 37 卷第 4 期目錄



實務研究

運用大口徑波狀管克服管障實例分析……………沈政南…………… 1

本期專題

新興議題

球狀石墨鑄鐵管摩擦阻力測試水工模型試驗……………
……………何宗浚、張竣超、陳瑞忠、郭育美、許培中、藍炳樟…………… 7
漏水檢測精進作法—以臺北地區為例……………黃裕泰…………… 21
從震災應變與風險管理談耐震新管材之實用經驗……………鄭錦澤、詹士旻、張正忠…………… 29
南化水庫水力排砂操作成效探討……………陳隆璋、賴建龍、林秉學、李丁來…………… 42

一般論述

水源污染與應變處理之水質安全探討—以臺北自來水事業處為例……………張琰竣…………… 55
從FinTech探討臺北自來水事業處行動支付……………周麗娟…………… 63
版梁柱式矩形水池設計之探討……………曾浩雄…………… 74

法規廚窗

自來水事業交付承攬有關原事業單位之責任……………陳信利、汪欽賢…………… 85

業務報導

台水公司資產活化成果淺談……………張筑芬…………… 91

協會與你

歡迎投稿 108年「每期專題」…………… 6
中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法…………… 62

封面照片：自來水公司提供

自來水會刊雜誌稿約

- 一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水會刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與您、會員動態、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地、自來水工作現場、自來水廠(所)的一天等文稿。
- 三、「專門論著」應具有創見或新研究成果，「實務研究」應為實務工作上之研究心得(包括技術與管理)，前述二類文稿請儘量附英文題目及不超過 150 字之中英文摘要，本刊將委請專家審查。「每期專題」由本刊針對特定主題，邀請專家學者負責籌集此方面論文予以並列，期使讀者能對該主題獲致深入瞭解。「專家講座」為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。「一般論述」為一般性之研究心得。「業務報導」為國內自來水事業單位之重大工程或業務介紹。「他山之石」為國外新知或工程報導。「法規櫥窗」係針對國內外影響自來水事業發展重要法規之探討、介紹或說明。「研究快訊」為國內有關自來水發展之研究計畫期初、期中、期末報告摘要。「學術活動」為國內、外有關自來水之研討會或年會資訊。「出版快訊」係國內、外與自來水相關之新書介紹。「感性園地」供會員發抒人生感想及生活心得。「自來水工作現場」供自來水從業人員，針對工作現場發表感想。「自來水廠(所)的一天」為提供自來水基層廠(所)的工作現況，增進社會各界對自來水服務層面的認識。「會員動態」報導各界會員人事異動。「協會與您」則報導本會會務。
- 四、惠稿每篇以三千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限，**本刊對於來稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明**；無法刊出之稿件將儘速通知。
- 五、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。機關出版品：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。
- 六、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。
- 七、惠稿(含圖表)請用電子檔寄至 aael@mail.water.gov.tw，並請註明真實姓名、通訊地址(含電話及電子郵件地址)、服務單位及撰稿人之專長簡介，以利刊登。
- 八、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿 900 元/千字，「業務報導」為 500 元/千字，其餘為 400 元/千字，文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者 400 元/版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 九、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02)25042350 會務組。本刊將納入下期寄贈名單。
- 十、本會刊內容已刊載於本協會全球資訊網站 (www.ctwwa.org.tw) 歡迎各界會員參閱。
- 十一、本刊中之「專門論著」、「實務研究」、「一般論述」、「每期專題」及「專家講座」，業經行政院公共工程委員會 92 年 3 月 26 日工程企字第 09200118440 號函增列為技師執業執照換發辦法第五條第一項第四款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程科」。

自來水會刊雜誌

發行單位：中華民國自來水協會

發行人：胡南澤

會址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

電話：(02)25073832

傳真：(02)25042350

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員

黃志彬

副主任委員

李丁來

委員

駱尚廉、葉宣顯、康世芳、王根樹、林財富、
陳曼莉、范煥英、洪世政、莊東明

自來水會刊編輯部

臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號

總編輯：李丁來

執行主編：林正隆

編審委員

甘其銓、周國鼎、鄭錦澤、陳文祥、黃文鑑、
梁德明

執行編輯：陳品如

電話：(04)22244191 轉 266

行政助理：古蓁苓

印刷：松耀印刷企業有限公司

地址：台中市北區國豐街 129 號

電話：(04)22386769

運用大口徑波狀管克服管障實例分析

文/沈政南

摘要

隨著都市的成長進化，各種民生管線伴隨人們的需求持續增加，由早期的自來水、電力、電信、瓦斯及排水管道，乃至於後續建設的汗水下水道、光纖寬頻、有線電視、大型排水箱涵以及捷運路網等等，使得道路下方有限空間擁擠不堪。加以部分架空管線基於美化市容等要求相繼地下化，使得興築時即埋設於地下的自來水管線，最容易被其他管線所疊覆，大型箱涵管線並切割道路斷面行程阻絕，使得後續汰換改善棘手困難。

在無法順利克服管障情形下，以往經常採用留用舊管或兩端封管方式處理，前者仍殘存不明管，漏水問題未能徹底改善；後者則造成供水瓶頸，同時影響水質安全。此外，因地下障礙物眾多，經常須以彎頭另件閃避，除增加接頭與漏水機率外，施工困難、工率不佳也影響廠商配合施作意願。

北水處近年來除嘗試以數支小口徑（50mm）不銹鋼波狀管取代配水管突破管障外，並測試運用大口徑（75mm 以上）不銹鋼波狀管（以下稱大波管），以兼顧區域水壓及水量需求。本文即介紹大波管實際使用情形，並據以分析優勢特點及建議運用時機。

關鍵字：漏水改善、自來水管線汰換、施工管障

一、大口徑不銹鋼波狀管簡介

大波管是以機具將不銹鋼管身部位，利

用壓力擠壓成形為 U 型或是 Ω 型波狀，可提供柔軟的工作性，在輸水工作壓力下容許無段大角度彎曲（如圖 1），因此可運用於地下障礙物複雜，需於侷限空間穿越的施工地點。目前大波管主要型式如表 1，接頭型式包括法蘭型、K 型承口型及 K 型插口型等 3 種，可配合現場特性使用；管長則可依需求客製化；此外，為施工便捷性，管身採用薄不銹鋼板成形，並於管身外部以不銹鋼織網及防蝕層保護（如圖 2）；法蘭型接頭大波管管重如表 2，可發現口徑 200mm 以下的重量均相當輕，現場搬運方便。

表 1 大口徑不銹鋼波狀管型式

使用壓力 (kg/cm ²)	管接續型式	管口徑(mm)	管長(mm)
7.5 10	法蘭型 K 型承口型 K 型插口型	80(75)、100、 150、200、300	1000~9000



圖 1 大波管外觀（法蘭型接頭）

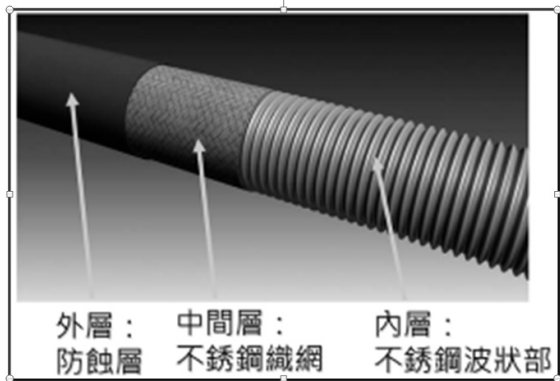


圖 2 大波管分層結構示意圖

表 2 大口徑不鏽鋼波狀管重量表(單位：kg)

長度	1m	2m	3m	4m
75mm	16	21	26	31
100mm	19	26	33	40
150mm	33	45	57	69
200mm	44	62	80	98
300mm	69	90	111	132
350mm	107	139	171	203
400mm	~	190	241	292

大波管使用特性包括具伸縮可撓性、具極佳耐震性能、可減少接頭數量等施工特性，因此亦被廣泛運用於如船舶輸送至碼頭的管線，以及與大型抽水機銜接吸收軸向震動，近年來也運用於自來水管線工程。

北水處針對大波管制訂「75mm 以上自來水用波狀不銹鋼管」採購規範，其口徑為 75 至 300mm、最高使用壓力 7.5kgf/cm²、管長則為 1,000~5,000mm，管接續型式則選用兩端均採用活動式法蘭型(Floating flange)，可旋轉調整角度銜接螺孔，以更彈性配合現場施工銜接需求。

二、大波管使用案例介紹

北水處為測試大波管於臺灣都會區適

用情形，進一步瞭解於現場施工時狀況，故挑選管障密集處進行試用，採用之大波管為配水管主力口徑 100mm 與 200mm，長度為 3m，5 處試辦點之現地及安裝作業情形分述如下：

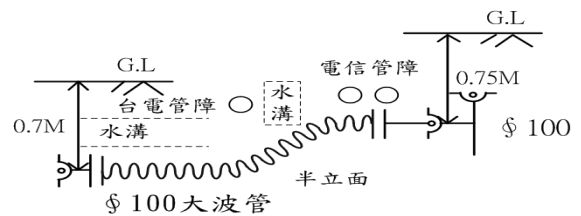
(一)新北市三重區福裕街 80 巷口

1.現場特性：

本地點為路口配水管銜接，遭遇管障包含台電、電信管群及兩條垂直方向排水溝。



2.施工簡圖：



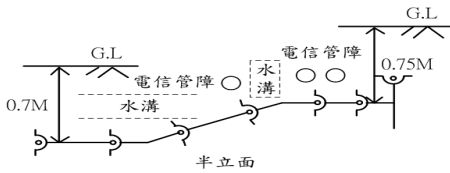
3.施工照片：

因現場空間不足且需多向轉換角度，施工難度頗高，需耗時調整管件；然採用 100mm 大波管，重量僅 33kg，搬運調整相當容易，僅需兩位施工人員於兩端點配合，即可完成管件設置。



4.評估分析：

本案如採傳統 DIP 方式施工，管件接合方式如下圖所示，接頭數量高達 5 處，而採不銹鋼波狀管施工，則接頭數僅需端點 3 處，大幅減少接頭數及漏水機率，且施工時間僅約 30 分鐘，估算可節省工時 2 小時以上。



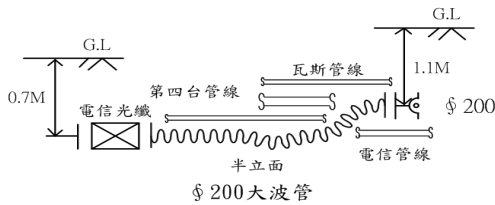
(二)新北市三重區福裕街口

1.現場特性：

本地點為路口配水管銜接，遭遇管障包含台電、中華電信、瓦斯及第四台線路，且兩銜接管線深度高差 30cm。



2.施工簡圖：



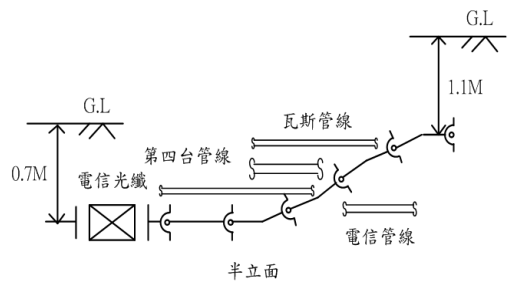
3.施工照片：

現場空間不足且需於其他管線間穿越，施工難度高；然採用 200mm 大波管，重量僅 62kg，只需小型怪手協助調整，兩位施工人員於兩端點配合，即可完成管件設置安放。



4.評估分析：

本案如採傳統 DIP 方式施工，管件接合方式如下圖所示，接頭數量高達 7 處，而採不銹鋼波狀管接頭數僅有端點 3 處，可大幅減少接頭數及漏水機率，且施工時間僅約 50 分鐘，估算可節省工時 2.5 小時以上。

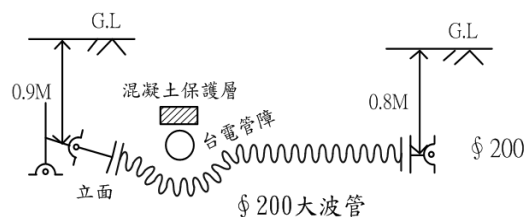


(三)新北市三重區大同南路 117 巷口

1.現場特性：

本地點為路口新舊配水管銜接，管障包含台電管群及其混凝土加勁保護層，與縱向排水溝，且經多段探挖僅該處可供銜接施工，安裝角度及深度均受限。

2.施工簡圖：



3.施工照片：

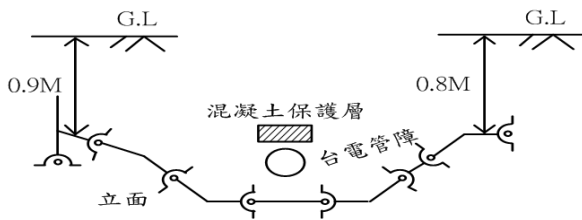
現場空間不足且需於局部降深調整銜

接位置，施工難度高，然採用 200mm 大波管，重量約為 80kg，只需小型怪手協助、兩位施工人員於兩端點配合即可完成管件設置安放。



4.評估分析：

本案如採傳統 DIP 方式施工，管件接合方式如下圖所示，接頭數量高達 6 處，而採不銹鋼波狀管接頭數僅端點 3 處，可大幅減少接頭數及漏水機率，施工時間則僅約 40 分鐘，估算可節省工時達 2.5 小時以上。

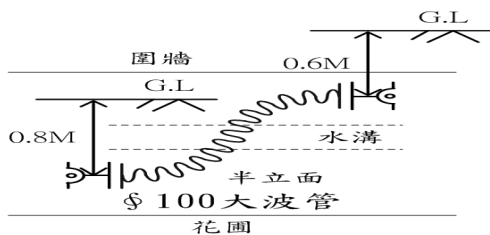


(四) 臺北市士林區延平北路八段 93 巷

1.現場特性：

本地點為新舊配水管銜接，管障為大型加深排水渠及鄰房圍牆、花園等，且需配合土地所有權屬，調整管線埋設位置。

2.施工簡圖：



3.施工照片：

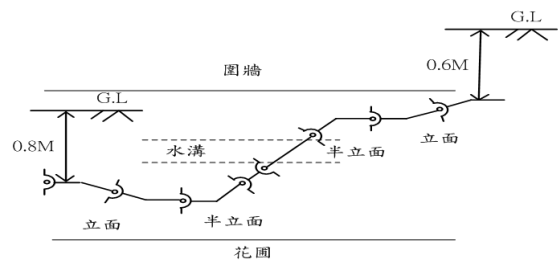
因現場空間嚴重不足且需於局部降深

調整銜接位置，施工難度高，然採用 100mm 大波管重量僅 62kg，無須機械協助，由兩位施工人員於兩端點配合調整，即可完成管件設置安放。



4.評估分析：

本案如採傳統 DIP 方式施工，管件接合方式如下圖所示，接頭數量高達 7 處，且因施工空間極少且撓角多，安裝困難費時，日後漏水機率亦高；而採不銹鋼波狀管接頭數僅端點 3 處，可大幅減少接頭數及漏水機率，施工時間則縮短至約 30 分鐘，估算可節省工時達 3 小時以上。



三、大波管使用整體效益評估

經於不同管障及特殊地形地貌限制的地點實地使用，並訪談施工人員意見後，彙整大波管施工特性與效益分述如下：

(一)大幅提昇施工效率：

經由現場實作，施工時間較採用傳統另件施工至少可縮短一半以上。鑑於目前各路權單位為減輕對施工對民眾的影響，均嚴格管制路證施工時間，承商實際作業時間較以往大幅縮短，而運用大波管可提升施工效

率，使管線汰換工程得以依規劃順利推動。

(二)施工簡易且品質較能確保：

大波管重量較輕，搬運方便，且不需特殊訓練也不需準備特殊施工機具，傳統自來水管施工從業人員即可輕易完成大波管按裝作業；且不需於侷限空間鎖裝螺絲，施工品質較能確保。

(三)適合各種作業空間：

傳統 DIP 施工方式，承商必須準備各種角度彎頭、套筒等另件，以便應付各種障礙物及穿越有限施工空間。惟因傳統剛性材料角度固定，有時無法符合現場各種空間狀況調整，甚至因而放棄汰換。而大波管彎曲角度可無段式調整，適合各種作業空間，且僅需準備端點接合另件，備料簡單不易漏失。

(四)降低漏水機率：

採用傳統工法於穿越障礙物及調整高程時，需使用許多彎頭及另件，成為漏水潛在因子。以本案試辦案例統計，採用大波管施工，接頭數減少至三分之一，大幅降低未來漏水發生機率。

(五)增加耐震能力：

傳統接頭耐震能力不佳，易因地震或車輛震動造成管線漏水，大波管因管體本身具有可撓及伸縮性，為極佳耐震管材，佈設於管線中可提高管網整體耐震能力，避免接頭鬆脫及漏水。

(六)確保供水能量：

相較遭遇管障難以突破而採取兩端封管或多支小波管銜接的方式，運用大波管積極突破管障，可避免壓力損失過大並提供較大輸水能量，有效維持區域供水穩定，並利未來供水調配作業。

四、結論與建議

隨著經濟建設的發展，生活水準的提高，市區道路下方民生管線密布，特別是在路口交會或巷口區域管線分布情形複雜，辦理管線汰換工作常因管線疊覆施工困難，因此，如何克服管線障礙完成管線汰換，改善漏水問題並維持區域供水管網的效能為重要課題。以往施工單位遭遇管線障礙常見處理方式包括：留用老舊管線、兩端封管、縮小配水管口徑、採用多支小波管銜接及採用大波管突破管障等，然而留用老舊管線可能殘存廢棄給水外線，或有潛在漏水未被發現，除影響漏水改善成效，並成為未來漏水熱點，應盡量設法汰換更新；而採兩端封管則易造成供水管網無法連通，除形成供水瓶頸外，於管線末端亦易堆積管垢、增加水質污染風險；如採縮小配水管口徑，除施工仍困難費時外，因管件接頭較多，增加未來漏水發生風險；如採用多支小波管（口徑 50mm）銜接，施工上較為便利快速，惟需注意小波管長度不宜過長，避免壓力損失過大影響區域供水壓力與穩定。

經由現場實地使用及測試評估，運用大波管除施工具有便利快速、施工簡單，可縮短工時；此外，並可減少管線接頭數量、降低漏水機率，以及避免成為供水瓶頸、提供管網良好耐震性，有效提升管網供水品質效能等優點外，最重要的一點為，可運用於都會區與舊市區等道路管障密布區域的自來水管線汰換作業，使管線漏水防治工作得以順利推動。

由於本項材料使用尚未普及，及考量大波管管身柔軟性極佳，如何在長距離的狹小空間範圍妥適運搬及按裝施工等作業規範，尚需經由實作持續加以完備。建議後續

可針對需穿越大型排水箱涵，或穿越占滿道路路寬的散布型管障等各類案例，進行各種長度的大波管施工測試。藉由更多類型的實際施工案例，建立相關使用規範，俾利良好材料有效推廣運用，使自來水管網得以更為健全良好。

參考文獻

- 1.沈政南，「克服管障工法運用」，北水處供水管網改善小組會議簡報，2015。
- 2.沈政南、鄭志斌，「都會區自來水管線汰換克

服管障工法運用」，「第32屆自來水研究發表會」，2015。

- 3.李中彥、陳晟彬，「以數支給水管取代配水管對小區管網壓力影響分析」，自來水會刊第33卷第4期，2014。

作者簡介

沈政南先生

現職：臺北自來水事業處淨水科二級工程師兼場長
專長：自來水管線工程、小區計量、漏水檢測

本刊 108 年「每期專題」

期別	主題	子題	時程
38 卷 第 1 期	工程技術	工程規劃、設計、技術與施工、淨水操作與技術、工法改良、降漏技術等。	2 月
38 卷 第 2 期	營運管理	績效評估、合理水價、用戶服務、教育訓練、人力資源、資訊管理、資產管理、能源管理、安全管理、危機管理、緊急應變等。	5 月
38 卷 第 3 期	水質處理	水質標準、水質安全、水質調查、水質檢驗及水質監測與水質管理、淨水用藥、廢水回收、淨水污泥再利用等。	8 月
38 卷 第 4 期	數位水務	大數據供水管理、智能供水計量、智能供水調度、智能供水管網、智能供水服務等。	11 月

~歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優~

球狀石墨鑄鐵管摩擦阻力測試水工模型試驗

文/何宗浚、張竣超、陳瑞忠、郭育美、許培中、藍炳樟

摘要

管道的阻力特性一般用摩擦阻力係數來描述，而大部分水利工程師採用 C 值摩擦阻力係數概算可能的水頭損失，但一般教科書、文獻中所查得之 C 值僅依據管路材料進行概估，實際之阻力值仍不確定。現階段台灣地區自來水事業採用公共工程施工綱要規範第 02514 章--自來水用延性鑄鐵管件，針對管內壁塗裝可使用”卜特蘭水泥第 II 型、延性鑄鐵管及管件內面用環氧樹脂粉體塗裝”。為了解管路之實際之摩擦阻力係數，本研究採用興南鑄造廠公司所生產之水泥砂漿襯裡管路(以下簡稱水泥砂漿管路)，與新研發之環氧樹脂粉體塗裝管路(以下簡稱環氧樹脂管路)進行試驗，以了解新型環氧樹脂管路實際摩擦阻力係數，以及與水泥砂漿管路之差異性。

由結果可知水泥襯裡之 C 值介於 137.5 ~ 147.0 之間，而環氧樹脂粉體襯裡之 C 值介於 147.5 ~ 149.0 之間，其摩擦阻力較低。水泥砂漿襯裡之 f 值介於 0.0151 ~ 0.0170 之間，環氧樹脂粉體襯裡之 f 值介於 0.0132 ~ 0.0170 之間，隨雷諾數而變化，於 3 m/s 流速下差異百分比最高達到 12.3%。查詢 Moody 圖進行分析可知 300 mm 管徑之水泥襯裡管路之 e 值為 0.03 mm，接近光滑混凝土(e = 0.025 mm)之值，而 310 mm 管徑之環氧樹脂粉體襯裡管路之 e 值為 0.0031 mm，已接近 PVC 等光滑管路(e = 0.0025 mm)之表現。

由分析結果可知兩種管路之 C 值並非為定值，會隨溫度、流速產生變化，但與雷諾數之關聯性又不明顯，以其進行分析將產生較大誤差，於工程上僅適用於現場即時概略估算之用。而 Darcy-Weisbach 公式之 f 值則與雷諾數、相對粗糙度、溫度明確相關。且在 f 值已知的條件下，利用公式亦可快速的計算摩擦損失，亦相當方便。爰此，未來自來水事業機構在進行規劃設計、水理分析時，建議採用 Darcy-Weisbach 公式進行摩擦損失之評估，較為適當與準確。

一、前言

在給排水、消防及中央空調的輸送管路之設計，管路的位置、阻力決定與泵揚程的計算皆相當重要。其中，管道的正確阻力評估最為重要，評估誤差過大將導致輸送流量不足、出口壓力不足等問題，而輸送管路本身應採用摩擦阻力較低之材料，以減少泵送之耗能，降低能源費用的支出，在強調節能減碳的今日更顯得相當重要。

管道的阻力特性一般用摩擦阻力係數來描述，而大部分水利工程師採用 C 值摩擦阻力係數，用來概算可能的水頭損失，但一般教科書、文獻中所查得之 C 值僅依據管路材料進行概估，實際之阻力值仍不確定。而日本部份管路廠商則在規格中即標明其摩擦阻力值，以供管路規劃設計之用，此方式對於使用者而言相當便利，並可提升產品之可靠度與形象。現階段台灣地區自來水事業

採用公共工程施工綱要規範第 02514 章--自來水用延性鑄鐵管件，針對管內壁塗裝可使用”卜特蘭水泥第 II 型、延性鑄鐵管及管件內面用環氧樹脂粉體塗裝”，但環氧樹脂粉體塗裝管件之摩擦水頭損失卻無實際資料可供設計參考。

本研究採用興南鑄造廠公司所生產之水泥砂漿襯裡管路(以下簡稱水泥砂漿管路)，與新研發之環氧樹脂粉體塗裝管路(以下簡稱環氧樹脂管路)進行試驗，以了解新型環氧樹脂管路之實際摩擦阻力係數，以及與水泥砂漿管路之差異性，以供自來水事業規劃設計之參考。

二、研究內容

試驗之管路為興南公司所生產之水泥砂漿管路(DIP with cement lining)與環氧樹脂

管路(DIP Epoxy-Power Coating)，管路內徑分別為 297.8mm、307.2 mm，管路剖面圖如圖 1 所示，實際剖面如圖 2 所示。鑄鐵管之標稱管徑皆相同，由於內部襯裡的厚度不同，故管路之內徑亦不同。

利用管路泵送水流之水工模型試驗，以獲得二種不同襯裡管路之壓力坡降，並計算水頭損失，並利用 Darcy-Weisbach 公式及 Hazen-Williams 公式分別計算摩擦係數 f 之粗糙係數 C 。管內平均流速設定在 0.5 m/s ~ 3.0 m/s 之間，以測試不同雷諾數下之摩擦阻力。兩組管路皆為 12 m 長，管路兩側分別裝設電子式壓力計與透明 PVC 管，以量測管壁處之靜水壓，兩者可相互比對與驗證。電子式壓力計具備量測溫度之功能，可即時量測管內水體之溫度變化，並可以水溫查得水之黏滯係數(表 1)，以利計算試驗之雷諾數。

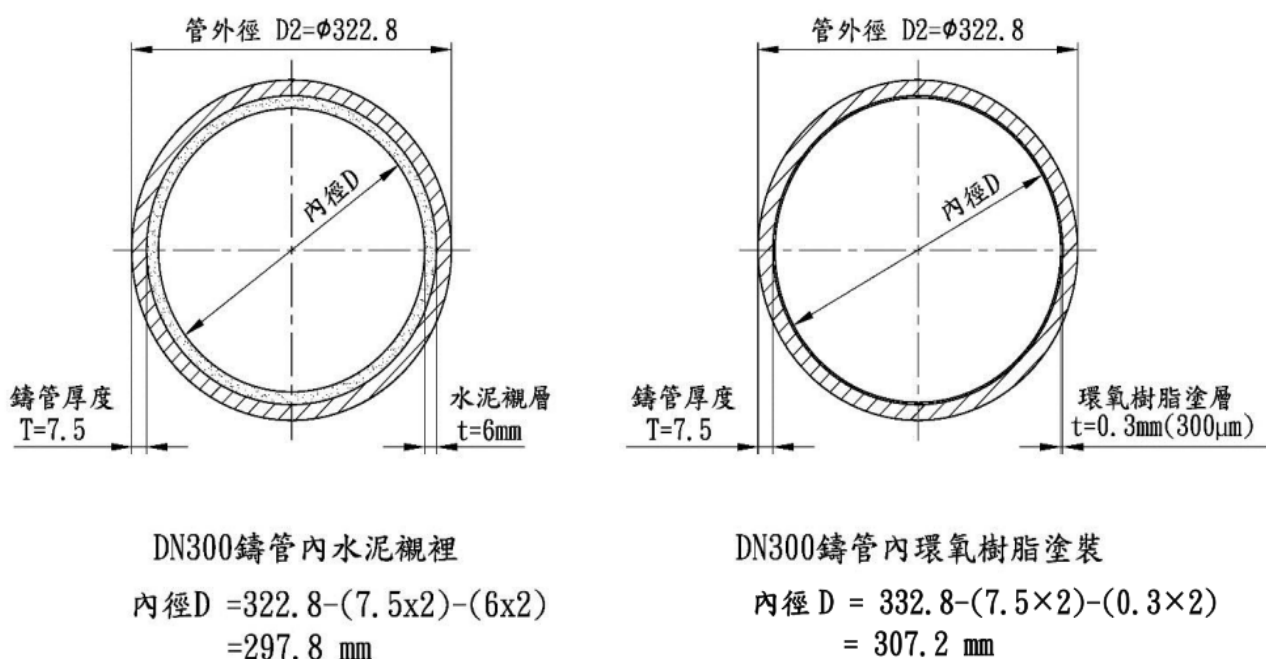
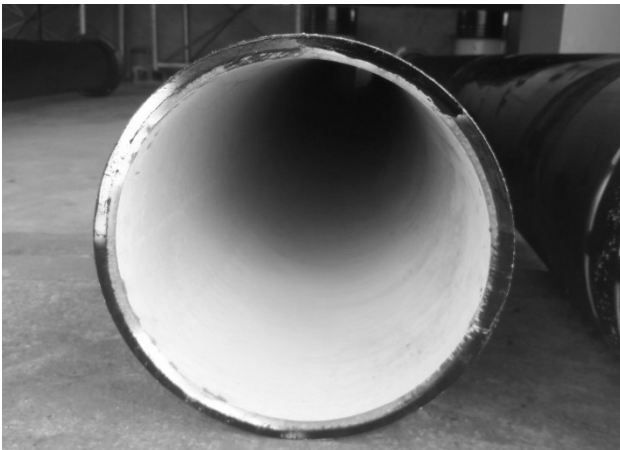
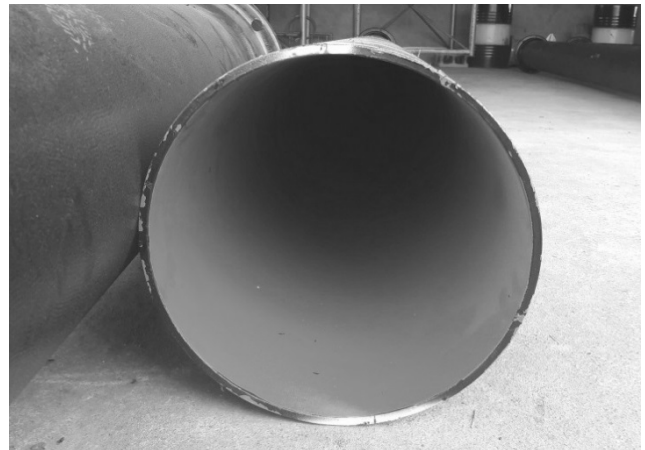


圖 1 不同管路襯裡之內徑尺寸剖面圖



(a)水泥砂漿襯裡



(b)環氧樹脂粉體塗裝襯裡

圖 2 不同管路襯裡之剖面相片

表 1 不同襯裡材質於不同流速下之 C 值與 f 值計算

材質	V (m/s)	D (m)	溫度 (°C)	摩擦損失梯度 (m/m)	C 值	Q (m ³ /s)	Q/C	f 值	動粘滯係數(Pa·s)	Re	Re (20°C)
水泥砂漿襯裡	3.0	0.3	31	0.0231	137.5	0.212	0.001542	0.0151	0.000784	1,147,959	900,000
水泥砂漿襯裡	2.5	0.3	30	0.0161	139.5	0.177	0.001269	0.0152	0.000784	956,633	750,000
水泥砂漿襯裡	2.0	0.3	31	0.0102	142.5	0.141	0.000989	0.0150	0.000784	765,306	600,000
水泥砂漿襯裡	1.5	0.3	30	0.0058	145.0	0.106	0.000731	0.0152	0.000800	562,500	450,000
水泥砂漿襯裡	1.0	0.3	31	0.0027	147.0	0.071	0.000483	0.0159	0.000784	382,653	300,000
水泥砂漿襯裡	0.5	0.3	31	0.00072	146.0	0.035	0.000240	0.0170	0.000784	191,327	150,000
材質	V (m/s)	D (m)	溫度 (°C)	摩擦損失梯度 (m/m)	C 值	Q (m ³ /s)	Q/C	f 值	動粘滯係數(Pa·s)	Re	Re (20°C)
環氧樹脂粉體塗裝	3.0	0.31	32	0.0196	147.5	0.226	0.001535	0.0132	0.000752	1,236,702	930,000
環氧樹脂粉體塗裝	2.5	0.31	33	0.0137	149.0	0.189	0.001268	0.0133	0.000752	1,030,585	775,000
環氧樹脂粉體塗裝	2.0	0.31	32	0.0091	148.5	0.151	0.001014	0.0138	0.000752	824,468	620,000
環氧樹脂粉體塗裝	1.5	0.31	32	0.0053	149.0	0.113	0.000760	0.0143	0.000752	618,351	465,000
環氧樹脂粉體塗裝	1.0	0.31	32	0.0026	149.0	0.076	0.000509	0.0158	0.000752	412,234	310,000
環氧樹脂粉體塗裝	0.5	0.31	32	0.0007	149.0	0.037	0.000251	0.0170	0.000752	206,117	155,000

三、試驗設備

(一)循環管路試驗設備

水泥砂漿管路與環氧樹脂管路各具備 12 m 之測試段，泵送清水水體由 8.0 mX18.0 mX1.0 m 高之暫存池供應，動力來源為 40 馬力之變頻水泵，最大流量為 0.21 CMS。前端入流段與後端回水段管路為內徑 300mm 之 PVC 管，前端架設流量計以量測管內流量。水流經過水泵抽送經過 PVC 管與測試段後

回到暫存池形成循環迴路，暫存池之水位高程維持在水深 80 cm，多餘水體則由側牆溢流，以維持穩定水頭。

壓力量測孔位於管路兩側，一邊裝設電子式壓力計，編號 PA~PE，一邊裝設銅考克開關，以便觀察水柱高，編號 C1~C10。循環試驗管路與壓力計量測點位如圖 3 與圖 4 所示，試驗管路安裝過程如圖 5 所示。

(二)壓力計

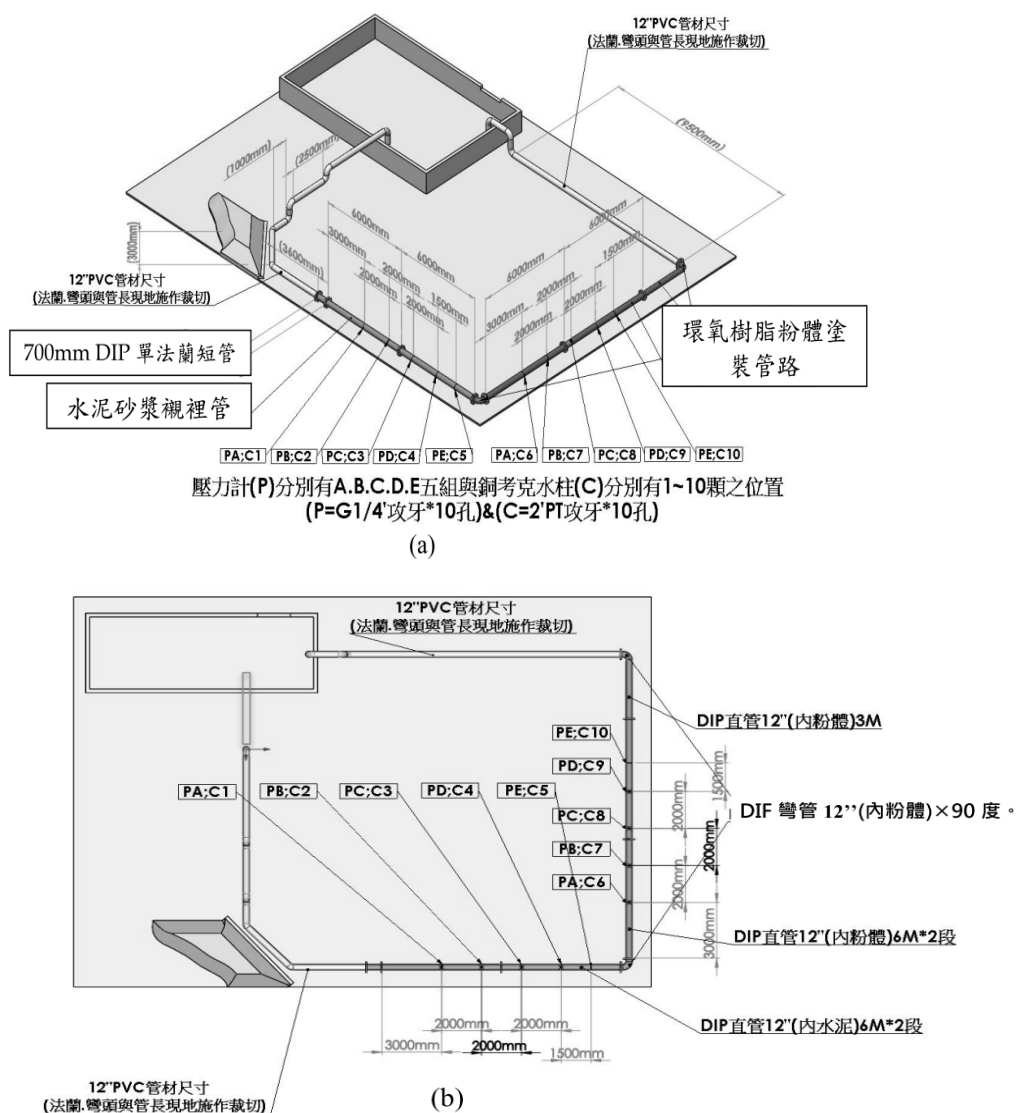


圖 3 試驗管路設備布置圖(a)3D 視圖；(b)平面圖

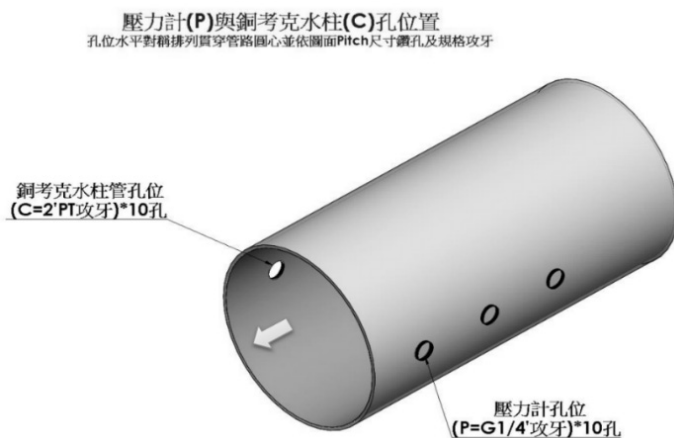


圖 4 管路鑽孔與攻牙方式示意圖



圖 5 試驗管路組裝過程



廠牌: 台灣永大精密科技有限公司
 壓力量測範圍: 0~4 m-H₂O.
 壓力精度: 為壓力量測範圍之 0.05%.
 解析度: 為壓力量測範圍之 0.005%.

圖 6 壓力計之外觀



圖 7 以透明塑膠管量測水頭高度

壓力計乃台灣永大精密科技有限公司所製造，壓力量測範圍為 0~4 m-H₂O，壓力精度為壓力量測範圍之 0.05%，解析度為壓力量測範圍之 0.005%，架設於測試管路之側面中心點，可量測壓力與溫度之時序列，並同時將資料輸出至電腦端以供紀錄。壓力計之外觀如圖 6 所示。壓力水頭部分另以透明塑膠管進行量測，並與電子式壓力計進行比對確認，試驗布置如圖 7 所示。

(三)流量計

流量乃採用喬太科技公司所製造之超音波流量計進行測量，型號 UF721S，量測原理部分乃為超音波訊號透過流動的液體傳送，由上游到下游之間有時間差，且與流速成正比，因此即可分析管內流速。流量計可即時顯示管內流速與流量。流量測量精確度:±0.5~1%，可量測流速範圍：0~64 m/s。

四、試驗流程

本研究之目的在於量測管路之摩擦損失，再利用文獻中之方程式計算摩擦損失係數，摩擦損失之量測方法與流程如下：(1)調整至所需流量、流速(流速設定為：0.5m/s、1.0 m/s、1.5 m/s、2.0 m/s、2.5 m/s、3.0 m/s)。(2)收錄壓力值 3 分鐘~10 分鐘。(3)拍攝透明管水頭高度照片(水泥砂漿、環氧樹脂管路試驗)，作為比對確認之用。(4)開啟壓力收錄資料，觀察何種時間可獲得穩定壓力水頭坡降，收錄時間設為最短可穩定的時間。最後確認 5 分鐘延時之資料即可代表。(5)調整至下一個流速。

由於電子式壓力計僅有 5 部，故先量測水泥砂漿管路，量測完畢後再將設備移至環氧樹脂管路進行量測。

五、試驗結果與討論

本試驗將依常用流體摩擦損失之方程式及 Moody diagram，將試驗所得數據綜合分析討論，常用之公式如下：

(一)Darcy-Weisbach 公式(1850)

$$\frac{h_L}{L} = \frac{f V^2}{D 2g} \quad (1)$$

其中 h_L：摩擦損失水頭(m)、f：摩擦係數、L：管長(m)、V：平均流速(m/s)、D：管徑(m)、g：重力加速度(m/s²)

(二)Hazen-Williams 公式(1902)

$$\frac{h_L}{L} = 10.67 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \frac{1}{D^{4.8655}} \quad (2)$$

Q：流量(m³/s)、L：管線長度(m)、h_L：摩擦損失水頭(m)、D：管徑(m)、C：Hazen-Williams 粗糙係數。

(三)Colebrook - White Equation

將雷諾數 Re (Reynolds number)的觀念導入到 Darcy - Weisbach Equation，並於層流與紊流區域分別採不同的公式計算摩擦損失係數 f。

層流區段採

$$f = 16/Re \quad (3)$$

紊流區段採

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{e}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right] \quad (4)$$

e：管壁的粗糙度 (mm)。

(四)1944 年 Moody 提出了「管壁粗糙度與摩擦損失關係圖」，即 Moody diagram，得以快速而準確的解答 Colebrook - White Equation 中的 f 值。

$$f = 0.0055 \left[1 + \left(2000 \cdot \frac{e}{D} + \frac{10^6}{Re} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad (5)$$

式(5)適用於 $4000 < Re < 1 \times 10^7$, $\frac{e}{D} > 0.01$ 的條件下。其他粗糙度條件下之 f 值則須查詢 Moody 圖(如圖 17 所示)。

經量測不同流速下兩種管路於不同位置之壓力，產生明顯的壓力坡降，水泥砂漿管路之壓力水頭變化如圖 8 所示，環氧樹脂

管路之壓力水頭變化如圖 9 所示。再利用線性回歸以分析壓力損失梯度 hL/L ，如圖中回歸式之斜率。得到 hL/L 後，再代入 Hazen-Williams 與 Darcy-Weisbach 公式進行 C 值與 f 值之計算。

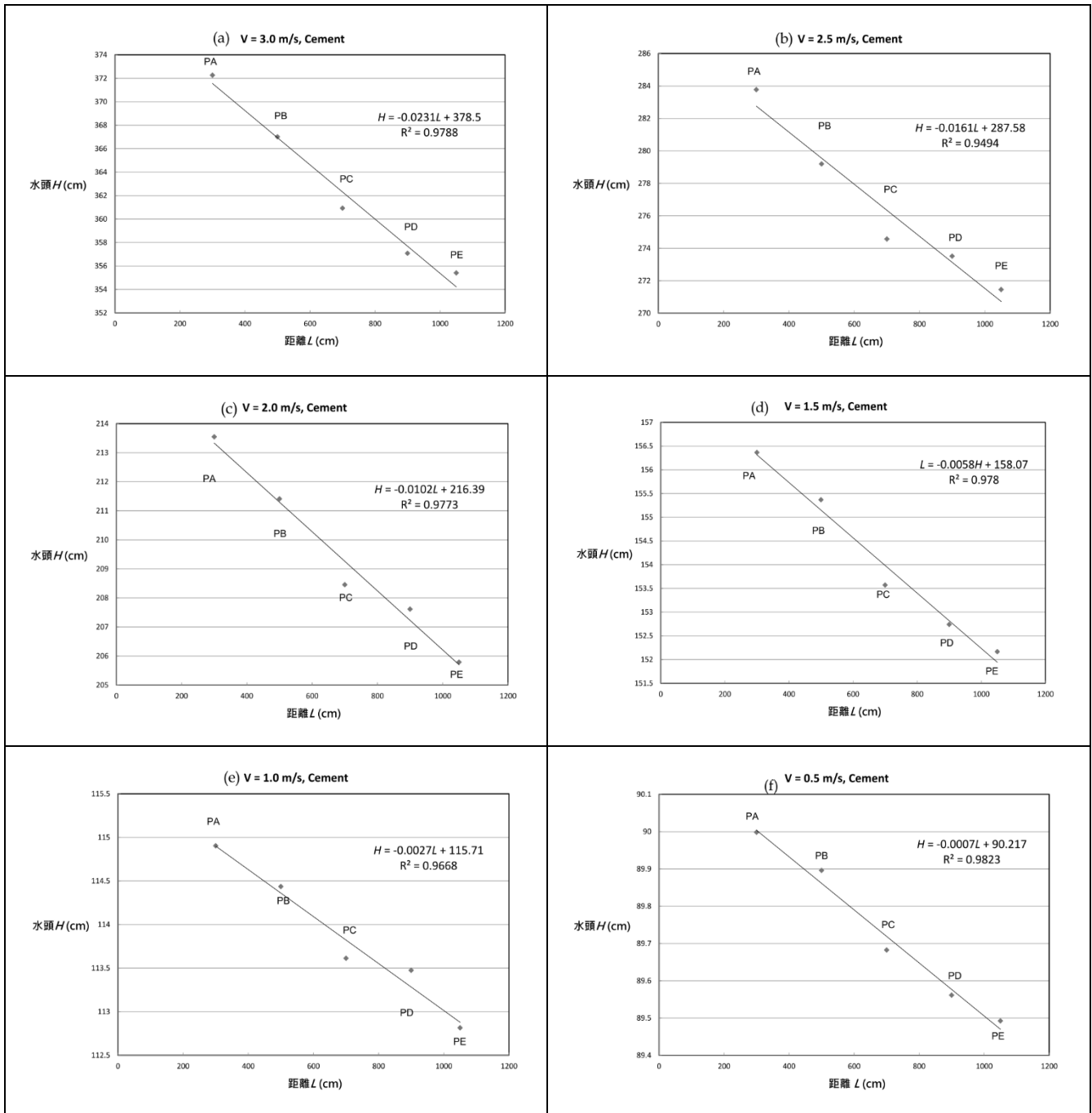


圖 8 不同流速下水泥砂漿襯裡之壓力水頭變化與壓力降線性回歸值

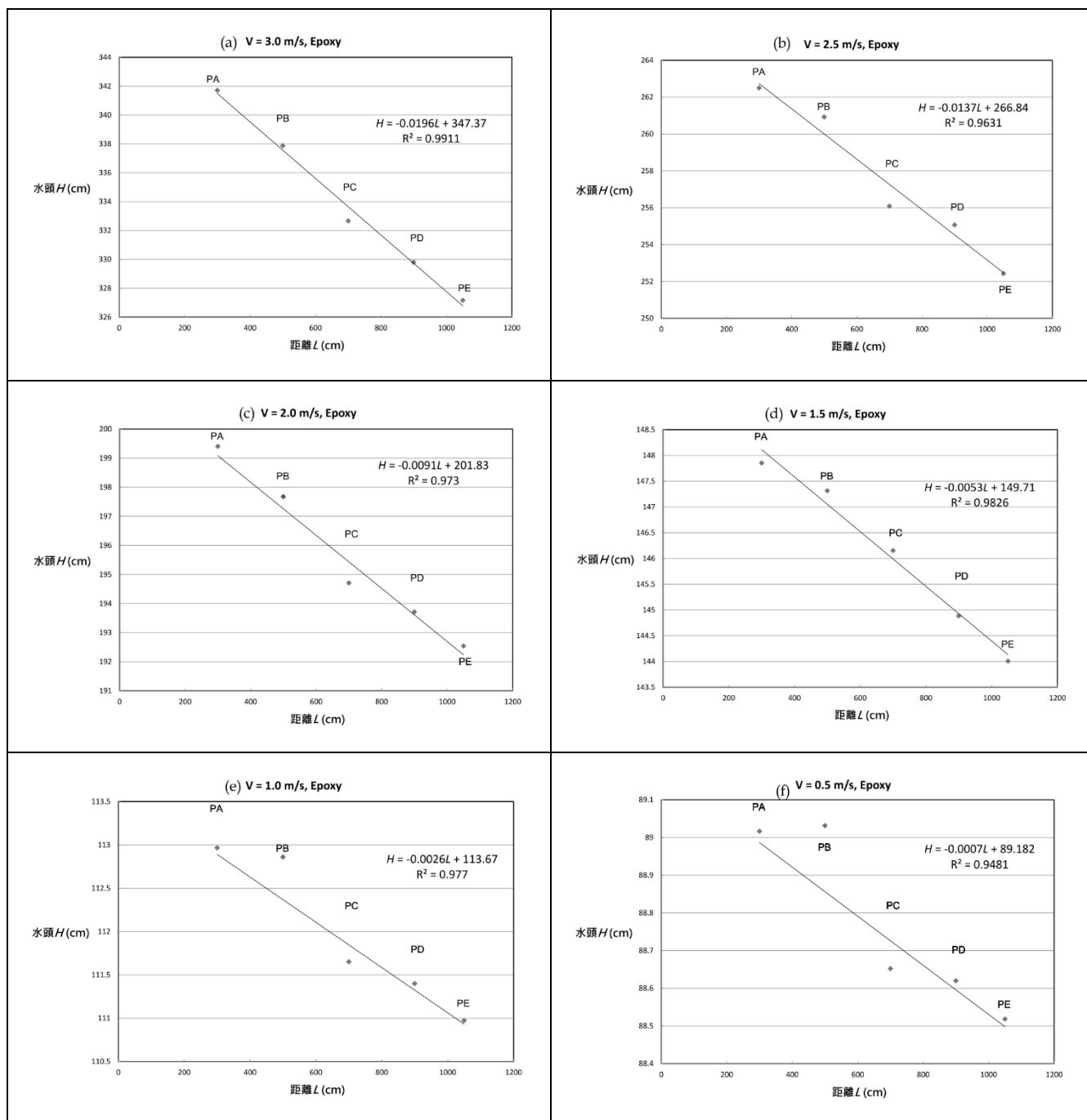


圖 9 不同流速下環氧樹脂粉體塗裝管路之壓力水頭變化與壓力降線性回歸值

環氧樹脂粉體襯裡管路之壓力水頭變化中，水柱壓力於各流速下皆呈現偏高之狀況，如圖 10 所示。在壓力計量測部分，於流速 1.0、0.5 m/s 條件下 PB 處測得之壓力水頭值偏高。觀察透明管水柱 C7 處鑽孔之攻牙，發現攻牙角度偏斜，如圖 11 所示。此角度之

偏斜，致使測點與水流方向並非正交，可能因此導致 C7 處水柱壓力增加。反觀壓力計於 PB 處所測得之結果僅於低流速下偏高，此處之攻牙角度為正交，並無問題，此狀況可能由於管內仍存在部分氣泡通過所產生之干擾，因粉體塗裝管路位於轉彎段之後，

雖已設置發展段，但轉彎段易留存部分難以清除之氣泡區，於高流速時影響不明顯，於低流速時，壓力水頭下降，氣泡可能造成的影響相對較為明顯。爰此，PB 處之壓力值不

列入回歸分析中，計算結果如表 1 與表 2 所示。由表 2 可知於 2 m/s 流速下環氧樹脂粉體塗裝管路之損失僅為水泥砂漿管路之 89.2%。

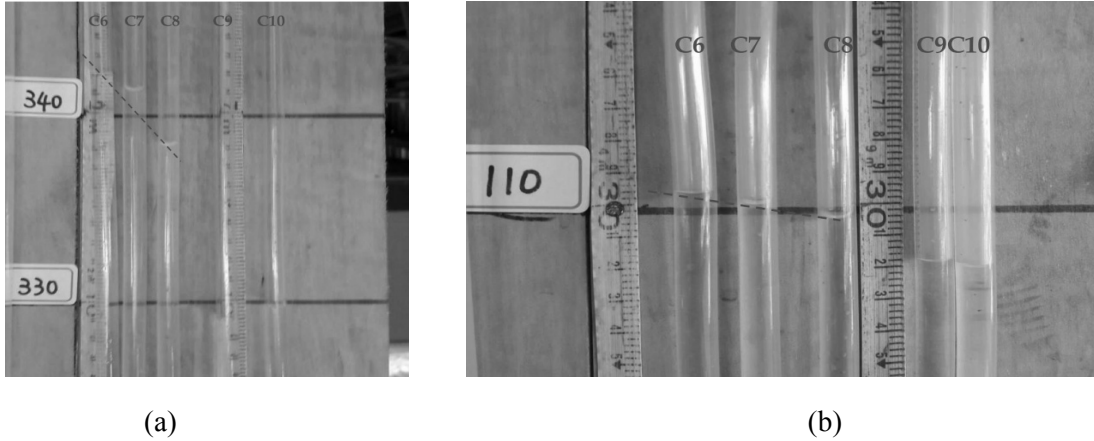
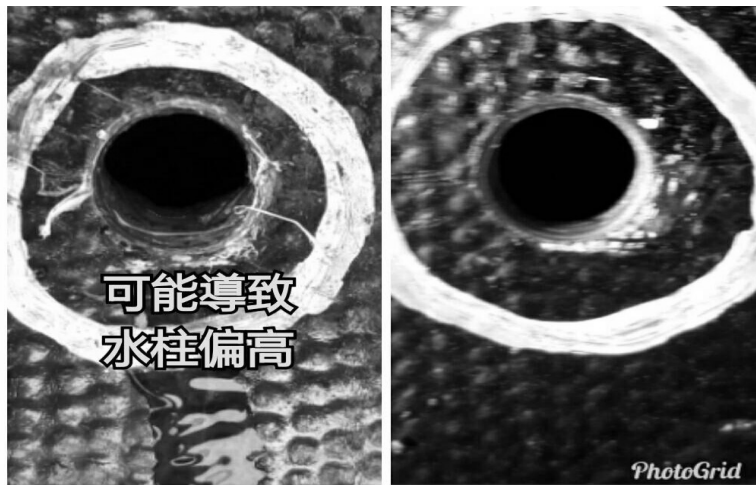


圖 10 環氧樹脂粉體塗裝管路之壓力水柱高(a)流速 3.0 m/s，水柱高應呈線性分布，可見 C7 之壓力水頭偏高；(b)流速 1.0 m/s 下並不明顯



(a)C7 處鑽孔攻牙偏斜 (b)C8 處鑽孔攻牙正確

圖 11 環氧樹脂粉體塗裝管路

表 2 環氧樹脂材質與水泥砂漿襯裡材質之 C 值與 f 值差異百分比

V (m/s)	C 值差異百分比	f 值差異百分比	Epoxy/Cement 管路損失
3	6.8%	12.3%	84.8%
2.5	6.4%	12.1%	85.1%
2	4.0%	7.8%	89.2%
1.5	2.7%	5.6%	91.4%
1	1.3%	0.5%	96.3%
0.5	2.0%	-0.5%	97.2%

另外，須測試第二支壓力計之值去除後對於摩擦損失梯度分析結果之影響，故另以水泥砂漿管路為範例，將第二支壓力計之值去除後，再與 5 支壓力計所得分析之結果(圖 8(a)與(f))進行比較，4 支壓力計所得斜率與 5 支壓力計所得斜率相同(-0.0231 與-0.0007)，因此，以 4 支壓力計所得之結果仍可代表該管路之摩擦損失。因此，於上述環氧樹脂粉體管路試驗中，採 4 支壓力計所分析得之斜率結果仍具代表性。

可見水泥襯裡之 C 值介於 137.5 ~ 147.0 之間，而環氧樹脂粉體襯裡之 C 值介於 147.5~ 149.0 之間，不同流速下之變化如圖 12 所示。對照表 3 文獻中已知的水泥襯裡鑄鐵管之 C 值為 120，試驗值相對較高。兩者之值相當接近 PE 材質管路之 C 值(= 140)。Hazen-Williams equation 之特點在於流速係數 C 值非雷諾數(Reynolds number)之函數，其缺點在於其並不考慮水溫或黏滯度(viscosity)之變化。而 Hazen-Williams equation 之適用水溫介於 4 ~ 25 度。C 之間，而本試驗之水溫為 32 度±1 度。C(亦標示於表 1 中)，試驗溫

度較高時，黏滯係數較低，C 值因此相對較高。因水溫較高，水泥襯裡與環氧樹脂粉體襯裡管路之 C 值也較為接近，差異最高僅達到 6.8%。其值也與流速、雷諾數較無相關，以其作為管路摩擦損失比較之基準較不適合。

分析水泥砂漿襯裡之 f 值介於 0.0151 ~0.0170 之間，環氧樹脂粉體襯裡之 f 值介於 0.0132 ~0.0170 之間，在不同流速、雷諾數下之變化如圖 13、圖 14 所示，兩者於流速 1.5 m/s 時即有 5.6%之差異，隨著流速的增加，差異也加大，於 3m/s 流速下差異百分比最高達到 12.3%。f 值可直接代表各雷諾數下之管路摩擦損失，相較於 C 值更能代表管路內部襯裡材質之差異性。

由於自來水現場從業人員較難以得知管內之流速與流量，但可快速測得管內壓力水頭。爰此，亦繪製出第一支壓力計壓力水頭與 C 值、f 值之關係，如圖 15、圖 16 所示，C 值之變化仍未呈現明顯趨勢，而 f 值隨 H 值之變化與隨雷諾數之變化趨勢相同，

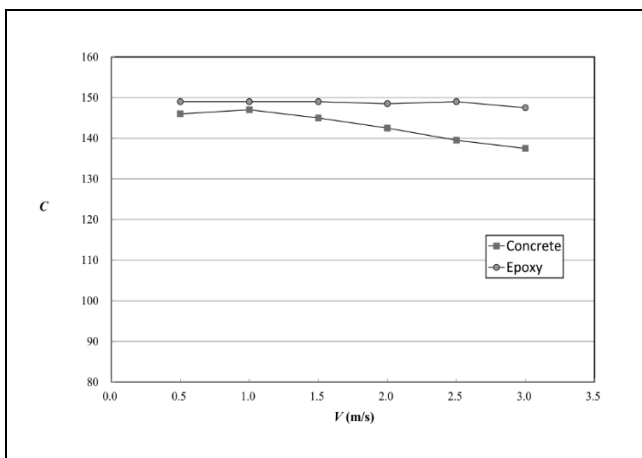


圖 12 兩種襯裡材質管路之 C 值隨流速之變化

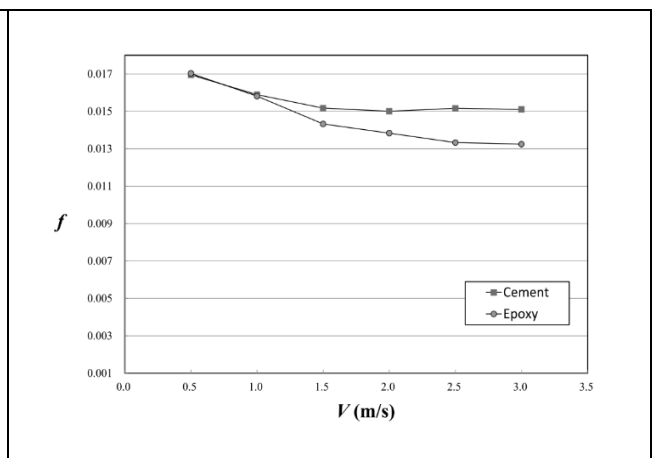


圖 13 兩種襯裡材質管路之 f 值隨流速之變化



表 3 文獻中已知不同材質管路之 C 值

Material	Hazen-Williams Coefficient C	Material	Hazen-Williams Coefficient C
ABS - Acrylonite Butadiene Styrene 丙烯腈丁二烯苯乙烯	130	Concrete lined, steel forms 混凝土襯裡, 鋼鐵形式	140
Aluminum 鋁	130 - 150	Concrete lined, wooden forms 混凝土襯裡, 木造	120
Asbestos Cement 石棉水泥	140	Concrete, old 老舊混凝土	100 - 110
Asphalt Lining 瀝青襯裡	130 - 140	Copper 銅	130 - 140
Brass 黃銅	130 - 140	Corrugated Metal 波紋金屬	60
Brick sewer 磚造下水道	90 - 100	Ductile Iron Pipe (DIP) 球墨鑄鐵管	140
Cast-Iron - new unlined (CIP) 無襯裡鑄鐵	130	Ductile Iron, cement lined 水泥砂漿襯裡球墨鑄鐵管	120
Cast-Iron 10 years old 使用10年鑄鐵管	107 - 113	Fiber Glass Pipe - FRP 玻璃纖維	150
Cast-Iron 20 years old 使用20年鑄鐵管	89 - 100	Galvanized iron 鍍鋅鐵管	120
Cast-Iron 30 years old 使用30年鑄鐵管	75 - 90	Glass 玻璃	130
Cast-Iron 40 years old 使用40年鑄鐵管	64-83	Lead 鉛	130 - 140
Cast-Iron, asphalt coated 瀝青襯裡鑄鐵管	100	Metal Pipes - Very to extremely smooth 非常光滑之金屬管	130 - 140
Cast-Iron, cement lined 水泥砂漿襯裡鑄鐵管	140	Plastic 塑膠	130 - 150
Cast-Iron, bituminous lined 瀝青襯裡鑄鐵管	140	Polyethylene, PE, PEH 聚乙烯	140
Cast-Iron, wrought plain 平面鍛造鑄鐵管	100	Polyvinyl chloride, PVC, CPVC 聚氯乙烯	150
Cement lining 水泥砂漿襯裡	130 - 140	Steel new unlined 新鋼管	140 - 150
Concrete 混凝土	100 - 140	Steel, corrugated 波狀鋼管	60
		Steel, welded and seamless 無縫焊接鋼管	100
		Tin 錫	130
		Vitrified Clay 陶管粘土	110
		Wood Stave 木板	110 - 120

在高壓力水頭下趨於一定值。於雷諾數 8×10^5 下，水泥砂漿襯裡之 f 值約為 0.015，環氧樹脂粉體襯裡之 f 值約為 0.013，查詢 Moody 圖(如圖 17 所示)，所對應之相對糙度 e/D 分別為 1.0×10^{-4} 與 1.0×10^{-5} ，可知差距為 10 倍。 e/D 值乘上管徑 D 即可得到粗糙度 e 。300 mm 管徑之水泥襯裡管路之 e 值為 0.03 mm，接近光滑混凝土($e = 0.025$ mm)之值，而 310 mm 管徑之環氧樹脂粉體襯裡管路之 e 值為 0.0031 mm，已接近 PVC 等光滑管路($e = 0.0025$ mm)之表現。

由於本試驗之水體溫度為 30 ~ 32 度。C，若水溫為 20 度。C 時，因溫度較低，黏滯度亦相對較高，雷諾數因此降低，20 度。C 時之雷諾數如表 1 之末欄所示。雷諾數降

低後，Darcy 公式之 f 值也會產生變化，如圖 18 所示， f 值微幅的提升。Hazen Williams 之 C 值亦會產生改變，變動後之值，可由 f 值先計算水頭損失 hL/L ，再反推 C 值。水泥砂漿管路部分，經推算 $V = 1.5$ m/s 時之 C 值由 145 降至 143，而在 $V = 3.0$ m/s 時，C 值之數值不變，由圖 18 可知雷諾數高於 $8.0E+05$ 後摩擦損失幾乎為定值。而在環氧樹脂粉體管路部分， $V = 1.5$ m/s 時之 C 值由 149 降至 143，差值為 6， $V = 3.0$ m/s 時之 C 值由 147.5 降至 145.5，可見溫度差異造成兩管路 C 值之差值介於 0 ~ 6 之間，差異性並不大。

六、結論與建議

本研究採用興南鑄造廠公司所生產之水泥砂漿襯裡管路(以下簡稱水泥砂漿管路)，

與新研發之環氧樹脂粉體塗裝管路(以下簡稱環氧樹脂管路)進行管路摩擦損失試驗,以了解兩者摩擦阻力係數之差異性,以印證國外管路與文獻中相關摩擦係數之設定值,並作為未來自來水管路布置規劃設計之用。

由結果可知水泥襯裡之 C 值介於 137.5 ~ 147.0 之間,而環氧樹脂粉體襯裡之 C 值介於 147.5 ~ 149.0 之間,其摩擦阻力較低,而 Hazen-Williams equation 之適用水溫介於 4 ~ 25 度。C 之間,而本試驗之水溫為 32 度± 1 度。C。而 C 值亦可能受雷諾數影響而變化,因此所測得之值相對於文獻中之值高。水泥砂漿襯裡之 f 值介於 0.0151 ~ 0.0170 之間,環氧樹脂粉體襯裡之 f 值介於 0.0132 ~ 0.0170 之間,隨雷諾數而變化,於 3 m/s 流速下差異百分比最高達到 12.3%。查詢 Moody 圖進行管路粗糙度之分析,可知 300 mm 管徑之水泥襯裡管路之 e/D 值為 0.0001, 乘上管徑 D 後可知 e = 0.03 mm, 接近光滑混凝土(e = 0.025 mm)之值, 而 310 mm 管徑之環氧樹脂粉體襯裡管路之 e /D 值為 0.00001, 乘上管

徑 D 後可知 e = 0.0031 mm, 已接近 PVC 等光滑管路(e = 0.0025 mm)之表現。

由分析結果可知兩種管路之 C 值並非為定值, 會隨溫度、流速產生變化, 但與雷諾數之關聯性又不明顯, 無法呈現出類似 Moody 圖之相似性曲線, 以其進行分析將產生較大誤差, 於工程上僅適用於現場即時概略估算之用。而 Darcy-Weisbach 公式之 f 值則與雷諾數、相對粗糙度、溫度明確相關。且在 f 值已知的條件下, 利用 $\frac{h_L}{L} = \frac{f V^2}{D 2g}$ 亦可快速的計算摩擦損失, 亦相當方便。即使 f 值未知, 亦可利用 Moody diagram 查詢接近之材質管路粗糙度與雷諾數以獲得之。爰此, 未來自來水事業機構進行規劃設計、水理分析時, 建議採用 Darcy-Weisbach 公式進行摩擦損失之評估, 較為適當與準確。

誌謝

感謝興南鑄造廠(股)份公司提供經費及管材和國立成功大學水工試驗所提供場地得以完成本試驗。

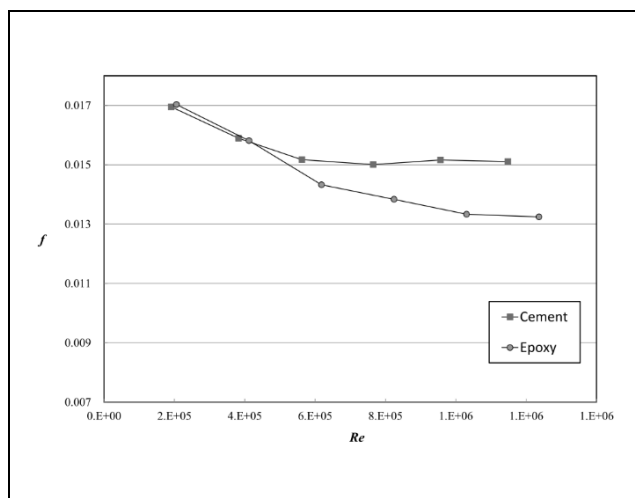


圖 14 兩種襯裡材質管路之 f 值隨雷諾數 $Re = VD/v$ 之變化

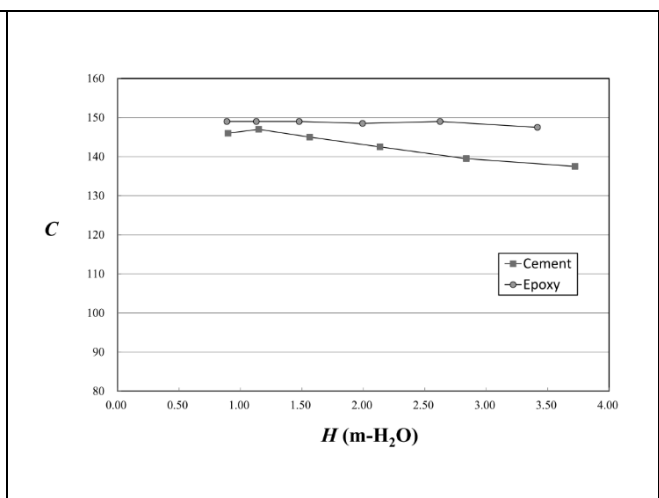


圖 15 兩種襯裡材質管路之 C 值隨壓力水頭 H 之變化

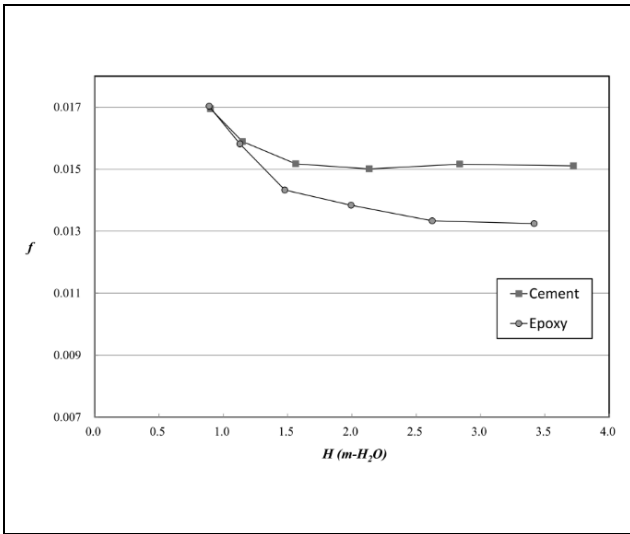


圖 16 兩種襯裡材質管路之 f 值隨壓力水頭 H 之變化

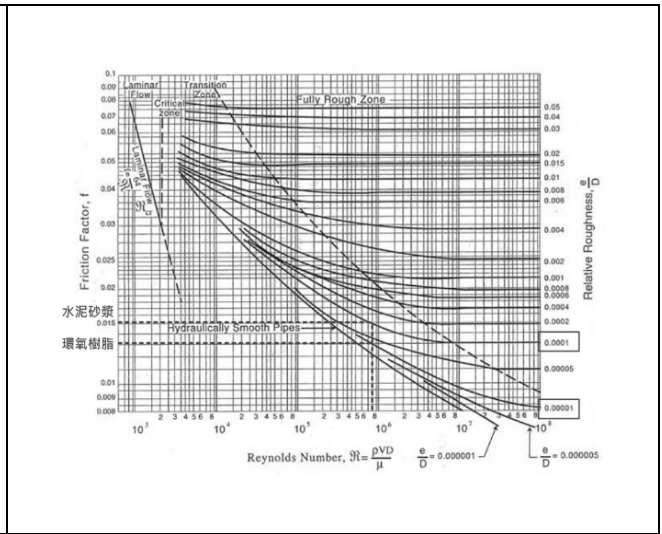


圖 17 直管於清水狀態下之 Moody 圖，可查得水泥砂漿與環氧樹脂管路之 e/D 值分別為 0.0001 與 0.00001

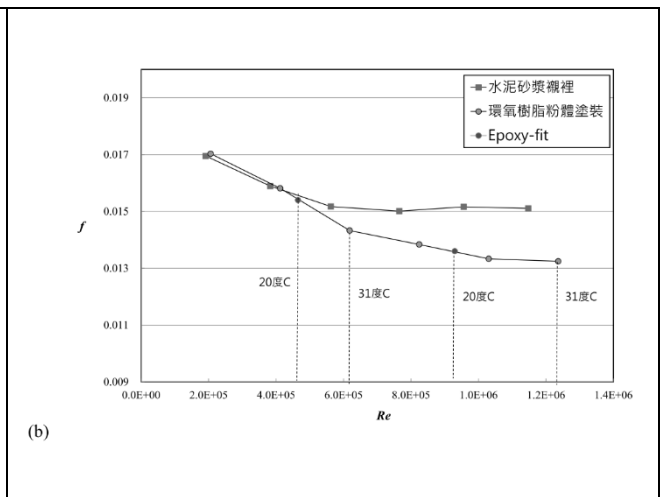
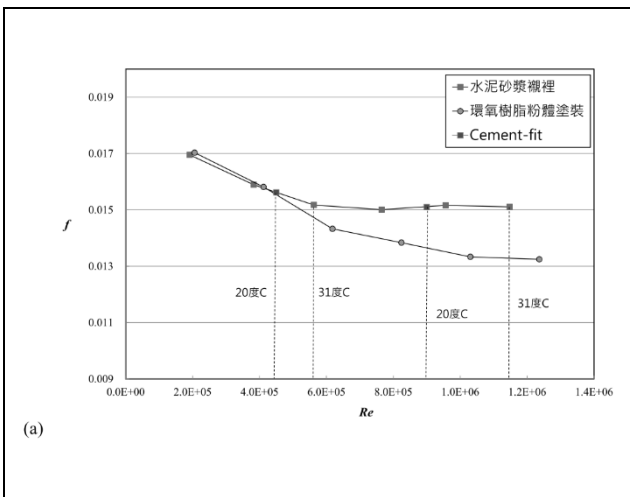


圖 18 溫度對於兩種襯裡材質管路之 f 值之影響(a)水泥砂漿管路;(b)環氧樹脂管路

參考文獻

- 1.American Water Works Association, C116-09 Protective Fusion-Bonded Epoxy Coatings for the Interior and Exterior Surfaces of Ductile-Iron and Gray-Iron Fittings, 2009.
- 2.M. C. Potter and D. C. Wiggert著，吳順治譯，流體力學，東華書局，1995。
- 3.R. H. F. Pao著，黃丕陵譯，流體力學，曉園出版社，1991。

- 4.Henry Liu, Pipeline engineering, CRC Press,Taylor & Francis Group, 2003.
- 5.Brater, E. F.; King, H. W., Lindell, J. E. and Wei, C. Y., Handbook of Hydraulics, 7th Edition, McGraw Hill, New York, p.6.29, 1996.
- 6.Moody, L. F. (1944),"Friction factors for pipe flow",Transactions of the ASME,66(8): 671 - 684.

作者簡介

何宗浚先生

現職：成功大學水工試驗所助理研究員

專長：水工模型試驗、河道水理分析、流場可視化

張竣超先生

現職：台灣自來水公司第七區管理處漏防課課長

專長：分區計量管網、自來水管線工程。

陳瑞忠先生

現職：興南鑄造廠股份有限公司董事長

專長：經營管理

郭育美小姐

現職：興南鑄造廠股份有限公司 研發課課長

專長：設計研發鑄鐵管件

許培中先生

現職：財團法人中華自來水服務社董事長

專長：土木建築、自來水工程、環境工程等規劃設計業務

藍炳樟先生

現職：財團法人中華自來水服務社執行長

專長：自來水工程規劃設計施工及水務處理、環境工程

漏水檢測精進作法—以臺北地區為例

文/黃裕泰

摘要

臺北自來水事業處(以下稱北水處)漏水檢測作業約自民國 84 年起即委託專業公司進行,95 年起北水處為加速漏水改善,執行 20 年管網改善計畫,擴大漏水檢測規模,每年巡檢里程數超過 3000 公里,約為北水處管線總長度之半,每年檢測出的漏水點約 4 千餘件至 5 千件不等,有效改善管網漏水情形。

北水處管網改善搭配 DMA 並由漏水最嚴重區域進行改善,自 92 年起北水處每年汰換管線長度超過 120 公里,隨著管汰有成,傳統以人工聽音沿管線全面巡檢之執行方式,效率越趨下降。為精進執行效率,106 年起改以佈設噪音收集紀錄器(noise logger)方式取代傳統計畫性巡檢,迅速找出漏水點並修復。未來若採固定方式布設可搭配無線回傳,加上小區回傳流量壓力資訊,可逐步建構智慧管網。另外對漏出路面卻挖無漏水點之案件,除電子測漏器外,另嘗試以侵入式漏水檢測(CCTV)及大管相關儀漏水檢測等方式,利用各種檢測技術互相搭配,達到最佳之檢測效果。

一、前言

近年來各自來水事業莫不以降低無計費水量(NRW)為努力方向,臺北地區隨著都市的快速發展,早年將大部份資源投入供水係統擴充,無暇控制漏水,因此漏水率居高不下,在水資源有限的情況下,降低漏水率成為自來水事業首要目標,行政院亦宣示要

在民國 120 年將全臺灣漏水率降至 10%。為改善管網漏水,若小區售水率低於 50%,且區內管線多為老舊管材,最有效的方法係將小區管線全部汰換為新式管材,惟需要投入大量經費及時間;北水處小區計量改善推動已逾 10 年,逐漸邁向更精緻化的作法,107 年起依照漏水潛能及相關權重,排出漏水潛能巷道清冊,將小區與巷道清冊結合,更容易找出小區弱點,進行更有效率的汰換作業。另外水壓管理也是控制漏水的有效方式,目前臺北地區加壓站已普遍採用變頻器,並以最適水壓調控,避免壓力不均勻造成不必要的漏水。

供水管網漏水可分為外顯漏水跟隱藏漏水。隱藏漏水主要靠管線汰換來處理,也是治本的方法;外顯漏水已漏出路面的可由民眾報修來處理,未漏出路面的就必須靠檢測方式來找出漏水點,漏水檢修雖無法治本及壓低漏水率,但可抑制管網體質的惡化,有其重要性。本文即針對臺北地區漏水檢測之變革、精進模式及成效進行探討,另外本文亦介紹試用新的檢測儀器及技術以解決不同漏水檢測需求,尋求漏水最佳解決方案供各界參考。

二、北水處傳統漏水檢測作業

北水處早於民國 70 年左右即成立檢測股,專職管網檢測漏水任務,全盛時期工程人員加上技術人員將近 20 人,其任務即以電子測漏儀及相關儀等設備,利用夜間沿大

街小巷尋找隱藏性漏水。另分處人員發現路面漏水卻挖不到漏水點時，亦委由檢測股人員協助定位漏水點。隨著檢測儀器不斷進步，電子測漏儀及相關儀精度不斷提高，民間亦開始有廠商由日本引進儀器及技術，北水處遂在民國 85 年左右將檢測案委外辦理，借重民間廠商的技術提高漏水檢測效率，委外辦理可節省用人成本，亦不用不斷更新設備，降低經營風險。目前北水處僅保留 2 位技術人員協助用戶內線、機關、學校等漏水檢測，各營業分處亦配有電子測漏器可協助處理緊急案件，大規模計劃性檢測均委外辦理，利用夜間噪音干擾最小時辦理檢測漏作業(圖 1)。



圖 1 夜間委外檢測漏作業照片

民國 95 年北水處擬定 20 年管網改善長期計畫，並訂定 114 年漏水率降至 10% 的目標。管網改善的方式主要透過小區計量(DMA)方式，挑選漏水嚴重區域，優先進行管網改善，落實「弱區先行」可快速改善漏水率。除了管網改善外，北水處同時擴大辦理委外漏水檢測，每年檢測漏水件數超過 4 仟件(除 100 年因得標廠商執行能力不足，無

法達到要求檢測件數，遭北水處罰款)，巡檢里程近 4000 公里，檢測出管線地下總漏水量約 4 萬 CMD，各年度檢測件數如圖 2。

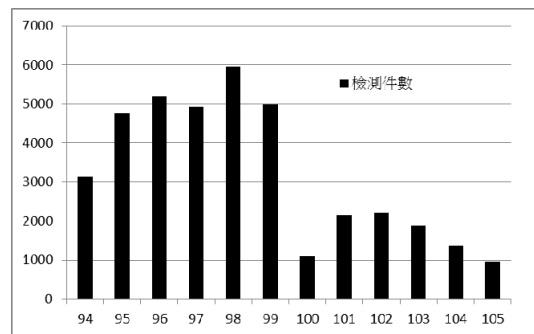


圖 2 各年度檢測漏水件數

由圖 2 可看出 95 年至 99 年每年檢測出漏水超過 4 仟件，甚至到 5、6 仟件，這期間北水處也正如火如荼地進行管網改善，管網改善的成果逐步顯現，100 年起每年檢測件數降至 1 仟至 2 仟餘件，至 105 年甚至低於 1 仟件，往年廠商走 1 公里可以找到 1 至 2 件漏水，至 105 年廠商走超過 3 公里才可能找到 1 件漏水，代表北水處管網改善對漏水改善極具成效，也表示委外檢測效率逐年降低，整體執行方式必須思考如何改變，將人力做有效的運用，避免無謂的消耗，進一步提升漏水改善效能。

三、轉型對策探討

往年北水處係將小區作業與漏水檢測作業分別發包執行，近年來小區劃設作業已趨近尾聲，小區作業重點著重在計量，漏水檢測案也因管汰有成，檢測案件不斷萎縮，以近 3 年來看，小區作業標案及委外檢測標案執行金額，每年每標均未滿 1 千萬，尤其檢測案件逐年大幅下滑，給付廠商的費用跟著降低，如不思索轉型，不但難以留住廠



商，亦將影響整體防漏工作及績效。近年來檢測作業已有部分結合小區作業進行以量計價作業，亦即對於售水率介於 55% 至 85% 之小區以檢測維修方式來提升售水率，並以提升量來計價予檢測廠商，此部分執行亦頗具成效。小區規劃及管線檢測均為漏損控制重要工作，在彼此工作重疊性越來越高情況下，有必要加以整合及轉型。爰此，北水處自 106 年起將小區作業及漏水檢測標案合併，廠商可以將人員及設備做最佳的運用，避免無謂的人力消耗，更有效率執行漏水改善工作。

除將標案合併外，在檢測方法上亦須有所突破，以往檢測案件靠的是檢測人員以電子聽音器大街小巷沿著管線找尋漏水點，且找出的漏水約 95% 集中在 50mm 以下之給水管線，100mm 以上配水管線經由檢測發現之漏水案件僅佔 5%。惟給水管線漏水通常為微量漏水，對漏損改善貢獻較小，反之配水管漏水件數雖少，卻是影響漏水率之關鍵。大管檢測技術國外發展已久，近年因分析技術進步，其準確度大幅提升，主要設備包括噪音紀錄器(noise logger)、多點相關儀、智能球(smart ball)、管中內視鏡等。傳統檢測方式偏向勞力密集作業，自 106 年起不再要求廠商巡檢里程，而是配合小區作業，選擇適合的小區布設噪音收集紀錄器，取代傳統人力檢測，節省人力提高檢測效率，節省下來的人力廠商可運用於其他小區作業，可加速整體漏水改善作業，將人力物力做最大的運用。隨著無線傳輸技術的進步，智能管網已成為自來水業下一步發展方向，藉由佈設傳感器(Sensor)蒐集水壓、水量、水質等即時數據，針對這些數據進行分析研判，提供包括

警報系統、水量需求預測、管網弱點和漏水趨勢等相關資訊。目前新一代的噪音紀錄器已具備數據傳輸功能，藉由後端分析平台，具備即時智能警報功能，搭配本處小區流量計水量及水壓數據，朝智能管網邁進。另外對於傳統檢測儀器無法有效檢測之案件，北水處亦嘗試以管中聽音內視鏡及大管相關儀方式檢測，相關作業執行情形敘述如後。

四、噪音收集紀錄器檢測方式

(一)儀器原理與安裝方式

當液體洩漏時因為壓差使流體在間隙中摩擦，產生較多的高頻聲音，且此漏水音係持續性，於管線中安裝噪音收集紀錄器(noise logger)，於夜間干擾最少時啟動(例如每天凌晨 2 點)，收取一段時間的聲音資料，間隔 1 小時後再啟動一次，若有重複的聲音，其強度很大且頻寬分佈很窄，即判斷為相同音源，若持續性產生則顯示為洩漏。以圖 3 疑似洩漏音頻訊號為例，左邊的圖顯示強度大且頻寬窄，表示疑似洩漏情形，惟其持續性不佳，時有時無斷斷續續，因此判定非漏水；右邊圖顯示強度大、頻寬窄且係持續性產生，判斷為漏水。

噪音收集紀錄器於管線中之安裝方式係以其底部強力磁鐵吸附於管線制水閥、消

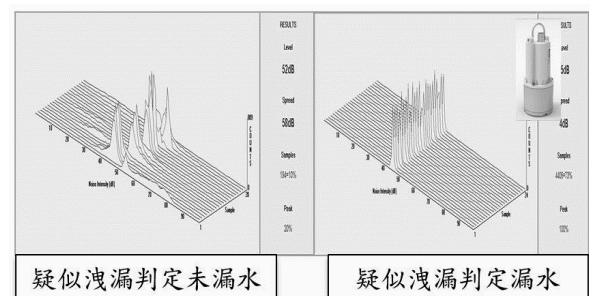


圖 3 噪音收集器洩漏音頻判定方式

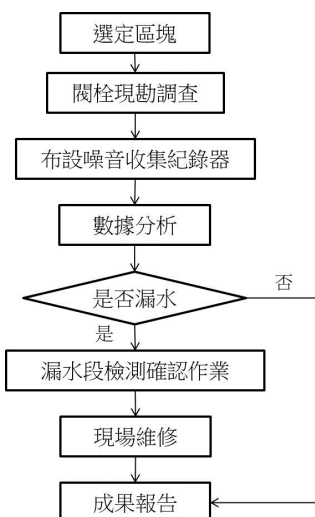


圖 6 噪音收集紀錄器作業流程

(三)檢測案例

案例 1：W06007 小區

W06007 小區(昆明街以東、中華路二段以西、桂林路以南、和平西路三段以北)，此小區施工前售水率約 49%，施工後反降至 38%，經判斷可能原因係部分路段遇障礙物及用戶因素未能全部抽換，現因路證因素無法大規模抽換，擬採用檢修方式改善售水率。依前節作業步驟，管線約每 60 至 80 公尺設置 1 點，巷口制水閘及巷尾地下式消防栓設置 1 點等設置原則，共佈設 37 處噪音收集器(圖 7)。

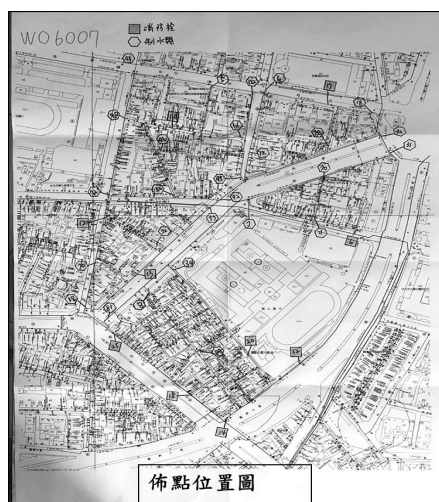


圖 7 W06007 噪音收集紀錄器布點

自佈設日起連續紀錄 7 天，紀錄器資料顯示共 17 點疑似洩漏，經圖 3 之判定原則，分析其音頻訊號後排除 11 點，再經「相關式測漏器」及「電子式漏水探測器」進行漏水點位確認作業，共確認 6 處漏水位置，如圖 8。

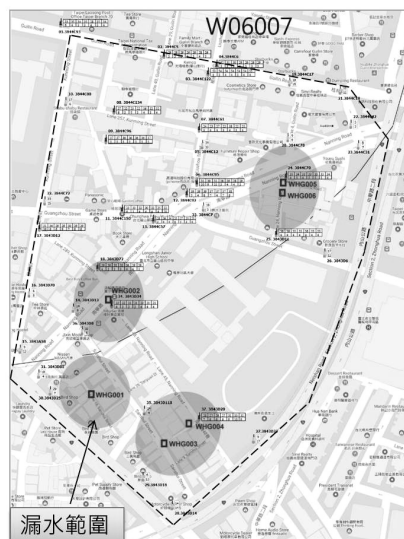


圖 8 W06007 檢測漏水位置

案例 2：中山北路五段(福林路至文林路)

噪音收集紀錄器除可用於小區測漏外，亦可布設於指定路段協助漏水檢測作業。臺北市士林區中山北路五段(福林路至文林路)單號側於 107 年過年前不明原因造成水壓驟降(1.6 降至 0.8)，為避免影響過年期間民眾用水，緊急連絡廠商派員聽音檢測，惟未發現漏水疑似音。經判斷可能漏水範圍過大，因此要求廠商沿管線布設噪音收集紀錄器，如圖 9(1 至 5 點)，惟仍未發現漏水反應。經與分處人員討論後再增加布設 A、B 兩點，結果 B 點有明顯漏水反應，A 點漏水反應較弱。由圖資顯示 A、B 點與 1 至 5 點應為同一管線，惟此處管線埋設年代久遠且有不明管線連接，經噪音收集器佈點分析實際上應非屬同管線，且用戶係接於 A、B 管

線上。經以電子測漏器定位，漏水點位於 B 點上方 5 公尺，分處立即派員修妥恢復正常供水。

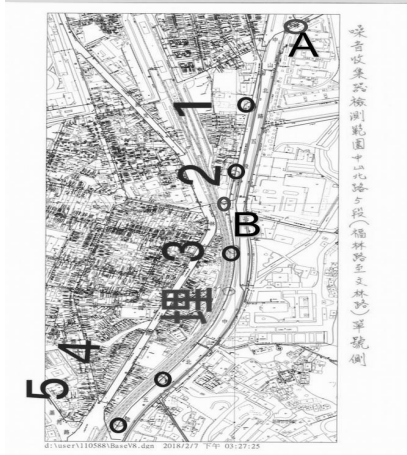


圖 9 中山北路五段布點位置

五、其他特殊檢測案例

(一) CCTV 內視鏡漏水檢測

國際上已有多家公司研發免停水內視鏡漏水檢測工法，除可以內視鏡觀察管內壁狀況，並設置水聽麥克風(hydrophone)直接聽取管內聲音，藉由 CCTV 監測畫面、高音波頻率顯示畫面及耳機傳回來的聲音，綜合判別該管段是否有漏水等異常情形，並可精確定位漏水位置。探頭可由消防栓或排氣閥等位置進入，其優點包括：1.可觀察及偵測管內狀況及漏水位置、2.定位管線位置，找尋不明管線、3.檢測時無須停水、4.適用各種材質管線。

本次使用之檢測儀器為英國 JD7 公司之產品 JD7-Investigator，適用管徑 50mm 至 300mm 之管線，適合水壓 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上。儀器配備包括三感測器探頭(CCTV、水聽器、聲納發波器)、主機、纜線等(圖 10)，鏡頭可依管線做彎曲轉向，檢測有效距離約為 80M，無法檢測支管。



圖 10 檢測主機及各式探頭

本次檢測地點位於臺北市新生南路一段(忠孝東路至濟南路)雙號側人行道，為口徑 $\phi 400\text{mm}$ 之 DIP(2007 年埋設)，該管段 104 年 7 月以次小區直接法測得該管段漏水量為 218CMD。107 年初於新生南路 1 段 92 號前有路漏情形，惟因人行道面磚下方係鋪設鋼筋網，電子測漏儀檢測受到干擾無法精確定位，現場開挖亦未尋獲漏水點。經現場勘查該路段位於人行道且有消防栓可供設備進入，適合以內視鏡檢測漏水。依規定申請啟閉人手孔及必要的交通維持，於 107 年 3 月 20 日現場辦理漏水檢測，由於此檢測工法較特殊，當日亦請北水處各營業分處派員觀摩。在此次檢視過程中，內視鏡前進擾動造成水質混濁，故無法由內視鏡鏡頭清楚看見漏水點，僅能藉由傳輸線送回之聲音確認漏水位置，經檢測於距進入點 34.3 公尺處發現漏水點。維修單位於 3 月 27 日開挖，漏水位置與檢測位置吻合。現場檢測作業情形如圖 11。



圖 11 內視鏡漏水檢測情形



(二)大管相關儀漏水檢測

相關式漏水探知設備發展至今已將近 40 年，並非新型態檢漏儀器，惟隨著科技進步，後端軟體分析解析能力不斷升級，對漏水位置的判斷越趨準確。相關儀檢漏須將探測器與管線接觸，通常係置於制水閥或消防栓處，且兩探測器間距離最好在 100 公尺以內，並避免大彎道，以利主機接收訊號。口徑 500mm 以上大管因無設置消防栓，制水閥或排氣閥等設置距離通常又較遠，因此較少有機會使用相關儀測漏。

關渡線（雙溪口至大度配水池段）口徑 2000mm 輸水幹管於 107 年初發現疑似漏水，水由 3 號工作井冒出，為避免影響後續通水期程，亟需找出管線漏水點位置。因 3 號工作井至室內明管段間之管線係以覆土回填(草皮鋪面)，無法以電子測漏儀檢測，經現場勘查及討論，嘗試以相關儀進行測漏。本次採用之相關儀為英國 HWM 公司產品，相關儀探測器(紅機)探頭夾於 3 號工作井排氣閥上，並將發射器拉至井口，另一探測器(藍機)夾在室內明管段適當位置(室內直管段及垂直段分別放置探測器測試，位置 1 及位置 2)，相關儀主機位置必須能同時接收紅藍探測器的訊號，經測試位於室內螺旋梯入口處可得最佳訊號，儀器配置如圖 12。檢測時先以調查模式進行初判(未輸入管材、管徑、距離等參數)，發現有一明顯波峰，因此判定此管漏水機率大，再將管材、管徑、距離等參數輸入，綜合判斷位置 1 及 2 相關結果，漏水位置距紅機約 5m 位置，並於 107 年 3 月中完成修復。檢測結果如圖 13。

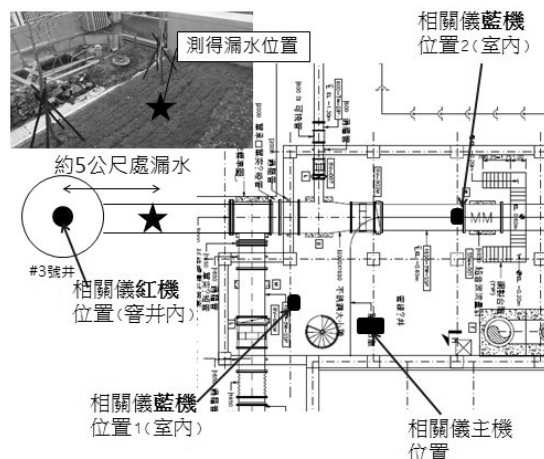


圖 12 相關儀配置及漏水位置

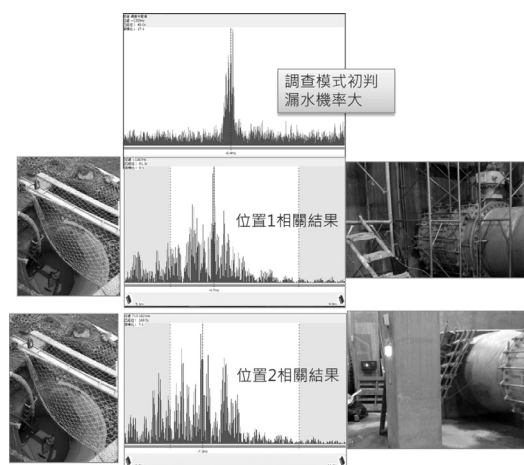


圖 13 相關儀定位結果

六、結語

降低供水管網漏水率是自來水單位責無旁貸之社會責任，漏水檢測是其中重要一環，檢測方式隨著科技進步也持續精進，如何以最有效率方式檢測漏水為自來水事業努力的方向。北水處目前全面採用噪音收集紀錄器(noise logger)搭配小區作業取代傳統巡檢，由面、線、點的步驟確認漏水點位，減少巡檢人力及作業時間。目前採移動式布設噪音收集紀錄器，由人工收集分析音頻訊息，未來可採固定式布設，結合小區流量計及壓力計以無線傳輸方式蒐集監測資料，搭

配分析平台成為智慧管網的一環。

漏水位置精確定位仍須仰賴各項檢測技術，不同技術有其適用條件，選擇最適當的檢測方法及儀器，才能得到最佳的結果，本次試辦內視鏡漏水檢測，順利測出漏水點位，對於傳統電子測漏器無法檢測的管段，提供解決方案。相關儀的使用需要經驗的累積，以往多用於配水管檢測，本次用於口徑 2000mm 的輸水管線亦得到很好的檢測結果，未來將持續運用累積相關經驗，提供最佳漏水檢測解決方案。

參考文獻

1. 中華民國自來水協會，新式漏水檢測及進階水壓管理應用研究，2016。
2. 臺北自來水事業處，104年主動漏水控制委外作業專案指定檢測輸配水管線作業成果報告書，2015。
3. 臺北自來水事業處，106-108年管網防漏控制與小區規劃計量整合作業E08009噪音收集紀錄器成果報告書，2017。
4. 臺北自來水事業處，107年主動漏水控制委外作業專案指定檢測輸配水管線作業成果報告書，2018。
5. 黃裕泰，臺北地區管網防漏控制與管理分析整合模式探討，第33屆自來水研究發表會，2016。

作者簡介

黃裕泰先生

現職：臺北自來水事業處供水科 股長

專長：小區計量、漏水控制

從震災應變與風險管理談耐震新管材之實用經驗

文/鄭錦澤、詹士旻、張正忠

摘要

臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)轄區位於軟弱土層之臺北盆地，因地震盆地震度放大效應，常易造成埋設於地下之自來水管線，遭受直接損壞或二次災害之可能性。另臺灣地區自來水管材長期以來延性鑄鐵管所普遍採用之接頭型式(A、K 型)乃沿襲日本早期研發之柔性接頭，僅能承受中、小規模地震。面對日益頻繁之大規模震度如 921 或 311 等地震，藉由危機應變與管理策略應用探討，以及震災風險評估與管理應用探討，耐震性能顯然須再提升。另近年亦發生高雄、臺南及今年之花蓮地震。希望值此大力推動自來水供水管網改善計畫之際，藉由國際交流與進一步試辦引用，改進提升管材及接頭的耐震性能，運用於相關管線工程等，希能兼顧漏水改善與水資源有效運用外，並有助於提昇應變與風險管理能力。

北水處此次運用新興耐震接頭(NS 型)試辦案，為國內首次較大規模引進 NS 型自來水管線於實際道路下辦理，由於臺灣道路地下管線眾多且複雜，藉由試辦區域的選定評估、採購方案評估與實務探討、再經北水處效益分析與專家會議研討，選定液化潛能較高之小區進行。于施工規劃上，為使本次新引進之材料能發揮最大效益，於施工前並先行探挖或掃描，並依探挖結果進行埋設路徑規劃，最終達成全段汰換的目標。有關管溝寬度部份，因 NS 接頭所需操作空間較

大，在日本專家與在地施工人員共同研討下，最終採用管溝寬度 0.8m(φ 200mm)及 1.0m(φ 300mm)，作為本案之可行管溝寬度，雖會影響施工費用，惟在市容景觀與工率等相對較具優勢。另施工配管時間部份，由於 NS 型管線可撓角度較小，且接合後不易拆解，藉由落實接頭接合檢核管理，以提升成效。

總結以上，由於初期施工人員對於工法、工序及步驟尚屬摸索階段，因此耗費較多時間，然而藉由施工期間檢討溝通與回饋探討，於其熟悉後所需之時間甚至少於傳統 K 型鑄鐵管螺栓機械式接合。然 NS 型直管及管件目前均僅能仰賴進口，因此價格高出傳統鑄鐵管甚多，日後若能在地生產如同波狀不銹鋼管，價格應可大幅降低，加以其優異的耐震性，其實用性應足與 K 型鑄鐵管相競合或優化。短期為降低施作成本，甚至可評估採用 NS 型直管及搭配 K 型另件之複合式本土工法進行進一步的探討。本文希望經由新興實用耐震管材 NS 專業訓練場地及日本專家教育訓練及指導後，國內廠商、施工人員及北水處同仁於施工過程中包含施工機具、方法及現場管理探討優化所獲得的經驗，提供國內後續相關從業與有興趣人員參考運用。

關鍵字：應變與風險管理、耐震接頭(NS 型)、接合檢核管理

一、前言

根據英國政經風險評估業者 Maplecroft

發表的《2011 天然災害風險地圖》(Natural Hazards Risk Atlas 2011)，該報告係根據國際貨幣基金 (IMF)、世界銀行 (World Bank) 與美國中情局 (CIA) 資料，選出 11 項評估標準；報告統計 196 個國家地區，天災對台灣經濟的威脅程度名列全球第 4，是「極度危險」的國家之一，與美、日、中同等級^[1]。此外，2017 年世界銀行研究報告「自然災害熱點：全球風險分析」蒐集 15 至 25 年的災害事件紀錄相關報導^[2]，觀察區域人口及 GDP 暴露在 6 種主要自然災害所承受的風險。風險分為死亡人數和經濟損失，6 種災害包括地震、火山爆發、山崩 (土石流)、洪水、乾旱及颱風 (西半球稱颶風)。台灣是自然災害高風險地區，同時曝露於 3 項以上自然災害之土地面積與面臨災害威脅人口均超過 9 成，研究列出遭受多重天災以致人口面臨較高死亡率威脅的 35 個國家或地區排名中，台灣高居首位。

在各國的重大災害性地震中，除了建築物損壞，不亞於建築物重要性的自來水系統往往被人們忽略。以阪神大地震為例，自來水系統總損失金額相當驚人，約 290 億日圓，其中管線損失金額就佔自來水系統總損失金額一半以上，由此知管線的重要性^[3]。北水處轄區位於軟弱土層之臺北盆地，因地震盆地震度放大效應常易造成埋設於地下之自來水管線遭受直接損壞或二次災害之可能性，北水處自來水管材長期以來延性鑄鐵管所普遍採用之接頭型式 (A、K 型) 乃沿襲日本早期研發之柔性接頭，僅能承受中、小規模地震^[4,5]，面對日益頻繁之大規模震度如 921 或 311 等地震，以及前年與今年陸續發

生之高雄台南與花蓮地震等，耐震性能顯然須再提升。

有鑑於臺灣的地理環境及條件與日本相似，而臺北市又位於軟弱土層之臺北盆地，地震所造成之盆地震度放大效應，更易探討造成埋設其中之自來水管線系統遭受直接損壞，北水處曾委由國家地震工程研究中心自民國 95 年起陸續研究^[6]。另日本各主要自來水經營事業體已逐漸將傳統柔性接頭之延性鑄鐵管材進化至新一代之耐震接頭管材 (S、NS 型)，其中東京都水道局「管路耐震提升 10 年計畫」，更計畫自 100 年起在 10 年內，將大量老舊管線汰換為耐震管材，屆時整體東京都供水管網之耐震管材使用比例將從 100 年的 32% 大幅躍進至 110 年的 54%。

由於耐震接頭 (NS 型) 具有防脫功能，在日本已廣泛使用，其產品及技術並已日趨成熟，耐震性能亦與 GX 型同等級，且專利期已過，是更適合採購引進國內之耐震管材。另隨著新液化潛勢區之公布及山腳斷層可能潛在威脅^[7]，臺北市為首善之都，更應提升自來水管線之耐震能力，然而耐震接頭 (NS 型) 與北水處現行 K 型接頭在設計、施工機具、施工方法及材料等皆截然不同，為使後續能順利引進推廣延性鑄鐵管耐震接頭 (NS 型)，辦理相關教育研習^[8]。另為期降低自來水管線地震災害，且不致發生水土不服，甚而發展出符合國內社會環境的施工方法及機具，辦理耐震管線工程考察^[9]；本文希望藉由震災應變與風險管理探討，並結合耐震管線工程試辦實務，以期自來水從業人員及相關業界人士知識管理參考運用。

二、震災應變與風險管理探討

風險管理在行政機關的應用會如此的遲緩，主要是因為行政機關推動風險管理，並不是毫無困難而可以輕易的水到渠成的，探究主要的原因有以下兩項：(一)行政機關與公營事業不是商業組織，不以營利為主要目的，和風險管理的策略目標—「提高公司的價值」，在應用的時候有本質上的差異。(二)行政機關與公營事業的組織價值和政策目標，在量化的評估和衡量上有時存在實際的困難。然而，在行政院第 2943 次院會院長提示：「行政機關推動整合性風險管理在國內係屬首創……，希望各機關能重視並積極配合辦理，並內化成為機關文化的一部分。自行政院於訂頒「行政機關風險管理推動方案」後，正式在政府行政部門與公營事業亦導入風險管理機制。

「危機管理及處理」如此時髦又重要的課題，身為自來水從業人員，如能做好危機處理與管理，將降低危機之影響程度。概「危機」之文字組合，「危」即代表危險，「機」代表機會，因此「危機」的發生代表一個關鍵時刻，如處理得宜即為轉機，處理不當就是危險。「危機」特質說明如後：1.內外環境突然發生變化，而且該變化已經影響到組織體基本目標的達成。2.各種變化之間具有連動性，即使微小的顧客投書風波都可能造成危機。3.該變化會帶來風險，單充其量祇能事前預估模擬，卻不能完全避免，所以危機的發生是條件機率，當條件具備時，危機爆發的機率就達到警戒值。4.對變化作反應處理之時間非常有限而且緊迫。

(一)危機處理與管理認知與差異性探討

危機的形成，一般而言可分為四類：1.內在的非人為因素所造成的危機，如設備故障、管線受損與事故、職業意外災害。2.內在人為因素所造成的危機，如操做失當、勞資雙方的衝突、內部管理失控、溝通管道閉塞等。3.外在的非人為因素所造成的危機，如颱風、地震、豪大雨、乾旱等。4.外在人為因素所造成的危機，如群眾抗爭等。又危機的形成大致可分為四個階段，即：潛伏期、爆發期、擴散期及解決期，在實務上要將危機發展明顯地切割成數個獨立階段並不容易。一般而言，危機處理著重在爆發期的因應對策，而危機管理則涵蓋四個階段，尤應重視潛伏期的發掘及解決期後之檢討反省。

此外，新聞媒體對於危機一向嗅覺敏銳，因為新聞的定義包含了五個 C：災難 (catastrophes)、危機 (crises)、衝突 (conflict)、犯罪 (crime)、腐化 (corruption)；因此，危機不太可能密而不宣。對於「危機」被關注之程度，經常係以其佔新聞版面的篇幅多寡來衡量，除非受到或可能受到媒體關注，有些意外事故情況雖然相當嚴重，卻不一定受到管理階層視為危機；反之，即使祇是一個小問題，一旦主要媒體以頭條加以報導，就會被當作危機須處理。

(二)危機應變與管理策略應用探討

危機一旦發生，已不是上下推諉及相互指責的時候，而應該團結一心，冷靜應變。謹淺述在危機發生時宜把握的處理原則如下：

1.靈活的通報系統：吾人皆知作戰有賴良好的通信系統，才能運籌帷幄決勝千里；危

機處理亦如同作戰，同樣應有靈活的通報系統，無論是處理天然災害、工安事故或群眾事件時，才能確實掌握事情發展狀況，做出正確妥適的處理方案。

2. 成立危機處理小組：危機發生後，最忌諱群龍無首，如此可能使危機迅速擴散。此時，應立即召集有關人員成立「危機處理小組」，共同瞭解研商事情發生原因及現況，研判危害程度，研採妥善處理方式，必要時得要求最先到達狀況現場者，設立前進指揮所，掌控現況，隨時回報。
3. 分工合作：為能完善的處理重大危機事件，絕非一二人就可竟其功，必須能針對問題，妥適運用人力與分工，排除本位主義，相互支援合作，才不至於顧此失彼或延誤處理時機。
4. 妥適面對媒體：問題發生後，媒體基於民眾有知的權利，常會蜂擁而來，爭相報導，此時單位的發言人即應發揮化妝師的角色，把事件發生原因，處理的經過及如何檢討與善後等，做妥適的說明。但為避免因面對媒體詢問的過程表現不當，影響單位處理誠意及形象，宜注意下列事宜：(1) 勿迴避媒體。(2) 注意肢體語言。(3) 妥備書面資料。(4) 講求溝通談判技巧。(5) 善後與檢討。

北水處緊急應變體制依臺北市各級災害應變中心作業要點：「應於機關內部設緊急應變小組並建立緊急應變機制，並依程序辦理，以處理災害應變中心交付任務，並回報災害應變中心。另北水處「客服中心」及「監控中心」日常 24 小時值勤外，於接獲災情後，依臺北自來水事業處事件緊急通報

流程，在災害發生後適時依狀況發生之影響，以電腦傳輸、傳真、電話與成立群組等方式循通報體系逐級報告，儘速傳達相關成員應變處理。如有需要依處長指示因應災害成立緊急應變小組或於必要時成立分級災害應變中心。該緊急應變小組由處長擔任召集人，並指定成員之一為副召集人，其成員包含相關科室分處主管等以上必要人員外，以及其他與自來水工程相關之專家、技術人員參加，編組成員名冊及緊急電話聯絡，另與臺灣區水管工程同業公會簽訂災害應變緊急處理備忘錄。

如何化危機為轉機，以下謹就危機管理做法簡述如次：(1) 建立危機管理組織：雖說任何危機都有徵兆可循，然危機的爆發卻可能是瞬間、無預警的，所以建立一個「危機管理小組」，針對單位特性及業務性質，深入瞭解易生狀況的癥結，並隨時偵測發掘可能的危機，透過腦力激盪、資訊收集、研採防範措施，防患未然，應是每個單位首應重視的課題。(2) 完成危機應變計畫：此應變計畫應是具體可行的，不應只是少數人閉門造車的產品，宜由員工共同參與制定，使該計畫在危機發生時，基層人員就可以立即執行。(3) 模擬演練：危機管理應模擬狀況，演練時宜有「最糟劇本」，藉以研究出一套最佳的解決方案。(4) 貫徹標準作業程式：使每一位同仁處理職掌內工作時，皆能按既定之標準貫徹執行，就算是一位初接業務者，只要按標準作業操作，相信也能很快進入狀況。(5) 設立發言人制度：單位宜設立發言人制度遇有危機發生，需對外發言時，能迅速提供確實資訊予媒體，並保持良好的互動關

係，以正視聽及爭取處理時效。

(三)台北地區震災風險評估與管理應用探討

自來水系統是都市最重要的維生管線之一，只要功能受損，居民生活及工商業活動會受到極大的影響與損失。臺灣、日本及美國等國同屬環太平洋地震帶，考量大規模地震對公共給水系統的危害甚鉅，北水處前分別針對幾項主要課題進行風險管理評估探討，諸如：1.管線耐震評估：前曾委託國家地震中心研究利用地下管線在不同地表震動及永久位移下的災損率作為評估管線耐震能力及地震後修復人力和時間需求的基礎。2.場站設施耐震評估：北水處雖曾自行辦理評估，為期慎重並符合相關規定，仍於 2010 年辦理 13 處主要場站建物耐震相關評估，並於 2011 年辦理詳細評估，並於 2013 推動後續補強工作。3.維生與風險評估：藉由國外經驗與相關研究經驗回顧、探討合理維生用水量及評析災後水源取得後，以有效規劃及運用大型防災公園內之防災深井及耐震配水池，並探討其聯合運用之可行性與效益，以提供災民必要維生用水量。

雖然在有限的資源下，北水處仍進行推動相關風險管理主要對策，其重點包含 3 部分：1.強化防災設施能力：提高備援及備載能力，以及強化整體供水設施系統。陸續辦理一系列計畫工程，投入 500 億元為 400 萬人建構降低風險之保單，該等工程陸續完成後有效提昇系統風險管理能力。2.強化應變及復舊能力：提昇各場站監控資訊系統（含備援）、準備復舊設備及材料，以及辦理相關年度訓練及應變演練。3.整備維生用水：包含陸續建置維生儲水池、槽、幹管等，以

及防災公園維生水池及雜用水防災深井。

自來水管大多沿道路埋設，管線位於路面下受到車行荷重經年累月之反覆作用下，接頭施工品質好壞立見高下，接合施工不良之接頭處水密性易受影響，造成未來管線可能漏水之主因，故接頭施工為影響管線工程品質最重要之因素。另外，台灣又位處環太平洋地震帶上，目前北水處新設配水管主要使用管種為球狀石墨鑄鐵管（通稱延性鑄鐵管，簡稱 DIP），接頭部分主要係採用柔性接頭（K 型接頭等）。柔性接頭雖可伸縮彎曲吸收地盤變動造成管體之作用力，惟實際上在軟弱地盤時仍無法避免不均勻沉陷所引起的損害。依美日先進國家資料顯示，防脫型 DIP（Restrained joint ductile iron pipelines 或稱耐震接頭 DIP、鎖構造接頭 DIP，以下均簡稱耐震接頭 DIP）可克服柔性接頭 DIP 接頭易鬆脫之主要缺點。如能實際引用耐震管材課題等運用於北水處相關管線工程等，將有助於提昇風險管理能力，並兼顧漏水改善與水資源有效運用，為值得進一步探討的課題。

三、試辦選定評估與施工檢核管理探討

(一)試辦區域的選定評估

北水處 106 年試辦延性鑄鐵管耐震接頭（NS 型）施工案，係事先分析若山腳斷層發生錯動引發地震時，北水處供水轄區除震損外，另須考量發生液化的潛勢分佈，如圖 1，並結合北水處目前已劃設完成之小區計量區後發現，北水處 5 個營業分處中之東區營業分處位處高液化潛勢等小區最多達 133 個小區，而在這些小區內經評估數個優先可行

之小區，再經專家會議方式進一步研討後，擇定初始售水率最低者（E09010 小區）為此次試辦地點。該小區範圍包含龍江路以東、復興北路以西、民族東路以南、民生東路 3 段以北(如圖 2)，初評售水率為 33.08%，位於高液化潛勢區，區域周邊緊臨榮星花園(中山區防災公園)，區內有五常國中、五常國小等 2 座學校。另可進一步結合防災公園、維生取水站，模擬建構震災發生時維生取水管線完整抗震體系。

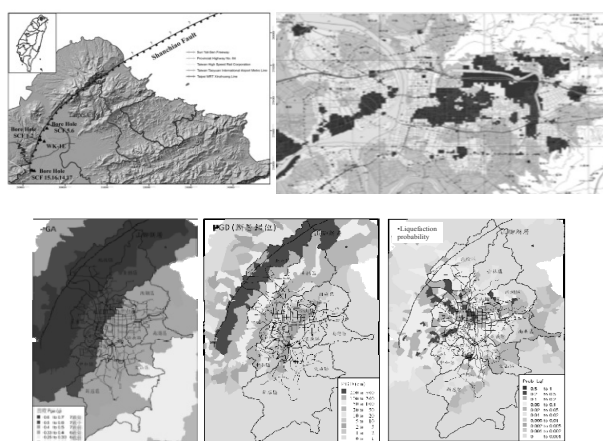


圖 1 山腳斷層發生錯動引發地震時，北水處供水轄區內發生液化的潛勢分佈



圖 2 試辦區域北水處 E09010 小區

(二)採購方案評估與實務探討

觀察採購制度下，五大類常見基本關係人，採購人員、需求/設計/執行與使用單位人員、會計人員、有關單位人員，以及廠商人員等實務運作現況，或許各方所切入之角度不同，欲能整合做好採購生命週期動態管

理確屬不易，機關相關人員於契約初擬時，得視採購之特性，及綜整各方實際需要，考量至少四十個事項擇定後載明於契約。並依採購案件之特性及實際需要，訂定合宜投標廠商之資格、規格及價格等條件。本案經多方考量評估，希望藉由提供規劃設計與協助監造的技術服務採購案，另原希採連工帶料的管線工程方式，其後經多方實務溝通探討，改採結合物料供應的財物採購案，以及管線工程施工採購案等多方進行，以期提升整體採購效能與經驗傳承。

(三)直管接合步驟及要領

NS 型直管接合時雖然沿襲 K 型直管接合概念，惟其重視防脫理念，因此接合步驟及要領差異甚多，為期運用特別說明如后：

- 1.配管製造商商標、口徑、製造年份和管種應位於上方，並將承口溝內之異物及插口管端約 30cm 範圍清理乾淨。
- 2.目視和手觸確認防脫環和定心橡膠圈狀況，並確認所使用之橡膠圈為 NS 型用，所示將橡膠圈放入承口內面。

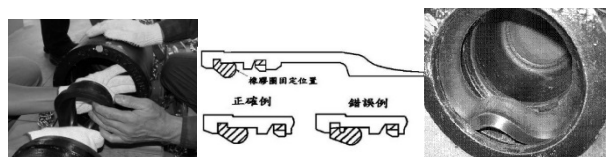


圖 3 裝置橡膠圈

- 3.測量承口端面至橡膠圈最頂端之尺寸，並於橡膠圈內側和插口外面之斜部到白線範圍塗抹「延性管接頭用潤滑劑」，將插口放入承口，並使用輪紋鏈將插口徐徐插入承口內。藉由白線管理正確插入尺寸標準係將插口端面所標示 2 條白線之白線 A 與承口端對齊。

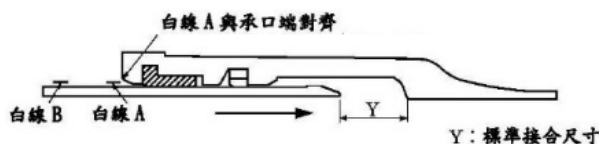


圖 4 接合完成

4.於承口和插口圓周縫隙間插入薄板量規，確認是否有超過伸入量(b)之最大尺寸(c)。若有異常數值時，測量圓周內 8 處所之伸入量，並記入於檢查表中(表 1)。量規伸入量超出最大尺寸時，則進行拆解檢查，另再次接合時，需將橡膠圈換用新品。

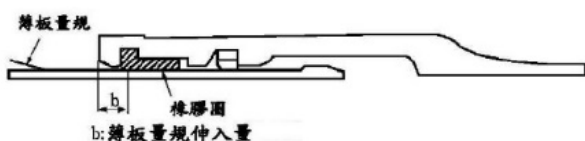


圖 5 確認橡膠圈位置

表 1 NS 型接頭接合檢查表與切管檢查表

NS 型接頭接合檢查表		切管檢查表	
項目	規格	項目	規格
1. 接合位置		1. 切管位置	
2. 接合深度		2. 切管深度	
3. 接合角度		3. 切管角度	
4. 接合直徑		4. 切管直徑	
5. 接合長度		5. 切管長度	
6. 接合直徑差		6. 切管直徑差	
7. 接合直徑差		7. 切管直徑差	
8. 接合直徑差		8. 切管直徑差	
9. 接合直徑差		9. 切管直徑差	
10. 接合直徑差		10. 切管直徑差	

NS 型接頭接合檢查表		切管檢查表	
項目	規格	項目	規格
1. 接合位置		1. 切管位置	
2. 接合深度		2. 切管深度	
3. 接合角度		3. 切管角度	
4. 接合直徑		4. 切管直徑	
5. 接合長度		5. 切管長度	
6. 接合直徑差		6. 切管直徑差	
7. 接合直徑差		7. 切管直徑差	
8. 接合直徑差		8. 切管直徑差	
9. 接合直徑差		9. 切管直徑差	
10. 接合直徑差		10. 切管直徑差	

(四)切管及製作插口步驟及要領

直管接合時由於道路長度或現場環境影響，常須將原完整一整支直管進行裁切，惟 NS 型耐震接頭切管後，尚須製作插口方可進行後續裝接，且由於其工序如不熟悉相對繁複，因此工率必須耗費相當多時間，此與目前北水處常用之 K 型接頭延性鑄鐵管，在施工及材料使用上有很大的差異。為期運用特別說明如后：

1.首先由於切管後裝上插口環或多出 10mm，因此切斷位置必須注意將所需長度扣除 10mm，切溝機沿著保護墊圈切溝完成後，需使用標準量規檢查溝槽深度是否符合規定，如圖 6。

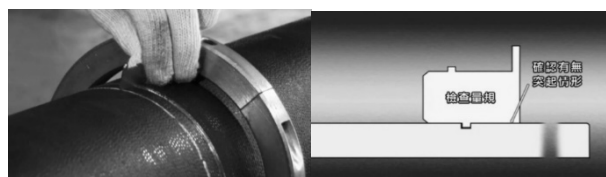


圖 6 切溝完成檢查

2.切管機沿著保護墊圈進行切管，再使用銼刀將切管時之毛邊去除，完成後並使用量規確認端面至溝槽的距離，如圖 7。



圖 7 切管完成檢查

3.在插口及切管後插口端部開口端相對位置標示長度 50mm 記號，並用銼刀作出倒角，如圖 8。





圖 8 銼刀作出倒角

4.最後裝上插口環，裝置前應先確認插口環螺栓孔是否有 O 型環及自攻螺絲上是否有密封橡膠，插口環裝上後自其開口對面端依續鎖上固定用 C 型環，並用 0.5mm 間隙尺確認插口環是否與插口緊密貼合，最後再用電鑽在插口環上進行鑽孔，清除鐵屑後鎖上自攻螺絲，並在插口端上標繪 2 條白線即完成，如圖 9。

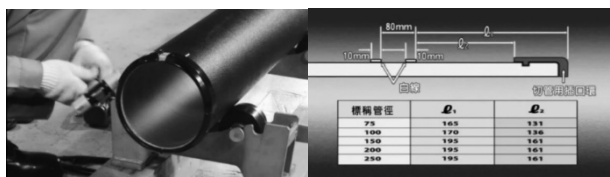


圖 9 安裝插口環

(五)直管承口與管件插口接合

由於 NS 型耐震接頭設計理念，主要考量在於當地震來臨時，自來水配水管線用以抵抗地震力所產生之伸縮量，主要在希望由直管接合處承受，對於直管承口與管件接合處或直管插口與管件承口接合處並不允許伸縮，因此直管承口與管件接合所需配件便多了襯墊筒及襯墊筒定心用橡膠圈，如圖 10。為期運用特別說明如后：

1.將襯墊筒及襯墊筒定心用橡膠圈裝置於直管承口內，並使用 4.5mm 間隙尺規量測確認無法其插入襯墊筒與承口壁之間隙，量測承口端面至襯墊筒之距離，並於管件插口上以白漆標示，然後裝上止水橡膠圈，其餘步驟與直管與直管接合相同，為確認

插入量足夠，接合完成後須確認標示於管件插口上的白線與承口端面一致。

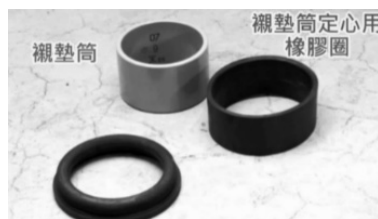


圖 10 $\phi 75\sim 250\text{mm}$ 襯墊筒及襯墊筒定心用橡膠圈

2. $\phi 300\text{mm}\sim \phi 450\text{mm}$ 與 $\phi 75\text{mm}\sim \phi 250\text{mm}$ 直管承口與管件接合在配件上稍有不同，如圖 11，此外在裝入襯墊筒及襯墊筒定心用橡膠圈前須先將防脫環取下，待襯墊筒定心用橡膠圈及襯墊筒裝入承口內部後，再將防脫環重新裝上，其餘接合步驟相同。

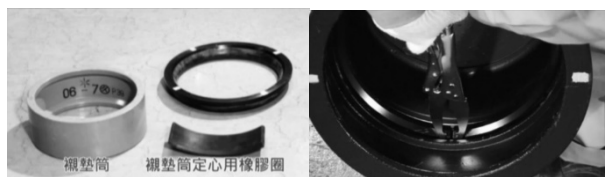


圖 11 $\phi 300\sim 450\text{mm}$ 襯墊筒及襯墊筒定心用橡膠圈

(六)直管插口與管件承口接合

直管插口與管件承口接合及直管承口與管件插口接合，最大差異在於無須使用襯墊筒，另在 300mm~450mm 直管插口與管件承口接合時必須使用止水橡膠圈、背托環及壓圈。為期運用特別說明如后：

1.首先需確認管件承口深度，並在直管承口上以白漆標示，然後在承口內裝上橡膠圈，其後接合工具安裝及操作方式與直管相同，待接合完成後應確認管件承口端面與所標示之白漆應對齊一致，以確保插入深度足夠，並以尺規確認膠圈位置，如圖 12。

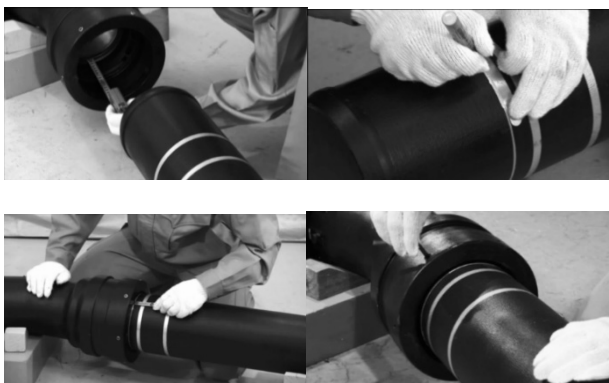


圖 12 $\phi 75\text{mm}\sim\phi 250\text{mm}$ 直管插口與管件承口接合

2.最後使用六角扳手將管件承口端上的固定螺絲鎖緊，以使承口內的防彎曲環緊密貼合直管插口外側。

3. $\phi 300\text{mm}\sim\phi 450\text{mm}$ 直管插口與管件承口接合，除與 $\phi 75\text{mm}\sim\phi 250\text{mm}$ 直管插口與管件承口接合一樣，須先確認另件承口深度並標示於直管插口端外，接合前在直管上必須先裝上止水橡膠圈及背托環，並以擴大器將另件承口內的防脫環撐開裝上擋板，如圖 13。

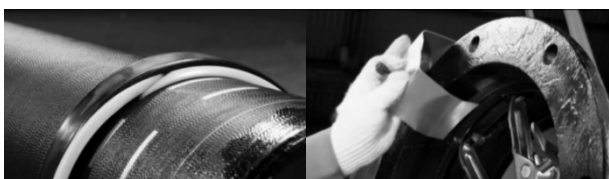


圖 13 $\phi 300\text{mm}\sim\phi 450\text{mm}$ 擴大器將另件承口內的防脫環撐開裝上擋板

4.管件承口與直管插口接合完成時，確認管件承口端面與直管上所標示之白漆對齊一致後，再將止水橡膠圈、背托環裝入承口，並確認壓圈方向正確後以螺栓將壓圈鎖上，並以扭力扳手確認每只螺栓之扭力均達規定值，如圖 14。

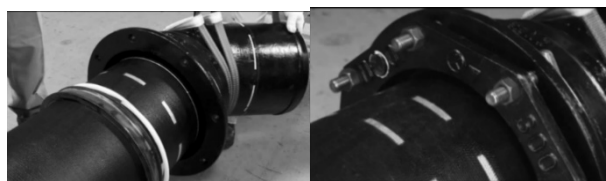


圖 14 $\phi 300\text{mm}\sim\phi 450\text{mm}$ 直管插口與管件承口接合

(七)接頭接合檢核管理

為了達到 NS 管線之水密及耐震性能，施工人員接頭接合檢查確認是相當重要的事，而領班人員也應將接頭接合檢查結果確實記錄於接頭接合檢查表上，NS 型接頭檢查表因不同口徑及管件型式，可分為 NS 型接頭檢查表($\phi 75\sim\phi 250$)、NS 型接頭檢查表($\phi 300\sim\phi 450$)、NS 型套筒檢查表($\phi 75\sim\phi 450$)、NS 型切管檢查表($\phi 75\sim\phi 450$)4 種(表 1)，上述檢查結果均與日後管線之耐震性有很大的關連，因此施工現場應要求廠商確實量測後填寫各項檢查表單，並於每處接頭檢查項目均合格的情況下方能進行下一段施工。

四、耐震管線工程施工實務運用探討

(一)監造人員及廠商教育訓練

由於延性鑄鐵管耐震接頭(NS 型)與延性鑄鐵管(K 型)在施工方法及工率上差異甚大，因此整個施工試辦案是否能順利推展很大的關鍵，在於北水處主辦單位、監造單位、廠商施工人員對於材料、施工方法、施工規範及各項檢查的熟稔程度，此外由於本次試辦所使用之管材除不鏽鋼波狀管國內已可自行生產外，其餘耐震接頭(NS 型)配水管材目前仍須仰賴日本進口，其價格約為延性鑄鐵管(K 型) 3.21~8.62 倍，各口徑直管及管件數量亦有限，因此必須藉由資深有經驗

的專家進行協助，以期效能有效利用。此外，北水處更在 105 年 11 月 7 日辦理「引進延性鑄鐵管耐震接頭(NS 型)勞務案」，於工程開工前辦理北水處主辦、監造及與國內廠商及施工人員相關人員設計及施工實務訓練，經由專業訓練場地及日本專家教育訓練通過後，施工案得標廠商及施工人員方得進行 NS 管線埋設工作。

(二)NS 管線埋設規劃評估

考量本案屬試辦性質，須考量接合位置與施工空間等條件，且須配合都市道路下諸多既有管線及居住型態等現況，以及申挖許可事項與時間限制。為期提升整體成效，北水處以臺北地區主要道路型態綜合評估後，在施工前已先請承商於區域內 10 條巷弄(管線長度約 1,600m)探挖 31 處，並和承商依探挖結果評估，規劃 NS 管線配置路徑及舊管處理方式，其中(1)舊管上方無其他管線覆蓋，且舊管筆直平行於路面無偏折，採同管溝抽換。(2)舊管遭其他管線覆壓或於人行道下方，舊管採就地廢棄，新管依探挖結果採無其他管線埋設之位置為最佳埋設路徑。(3)舊管上方無其他管線覆壓，但該巷弄因有設有多處污水人孔，舊管已配合繞道遷移，然因本工程 NS 彎頭材料供應受限，新管埋設時為減少使用 NS 彎頭，如探挖結果有合適空間，則新管採另闢新管溝施作。期間除透地雷達之運用評估外，因埋設前已先探挖瞭解道路下方管線配置情形，承商與監造單位在討論路徑規劃也較有參考依據，後續其餘主要施作之道路，北水處也請承商先行探挖後，再行規劃評估可行之埋設路徑。

(三)施工期間檢討溝通與回饋探討

日本專家及技術員駐臺期間與北水處及施工廠商人員彼此教學相長，為更加促進臺日間交流經驗，於離臺前就施工期間檢討溝通與回饋探討，主要建議如下：

- 1.管溝寬度優化：日本專家原要求 $\phi 200\text{mm}$ 口徑接頭需進行長 2.0mX 寬 1.4m 範圍的擴挖，惟北水處 $\phi 200\text{mm}$ 口徑標準管溝寬度為 0.6m，且一般並無針對接頭處進行擴挖，因此若針對接頭處進行擴挖，除容易造成塌陷外，尚需額外進行路面切割，亦需耗費相當多時間；另管溝假修復後之路面於全面銑鋪前亦不美觀，經溝通後日方同意全管溝採最小寬度 0.8m 進行挖掘，如此除可符合臺灣施工人員以往施工方式，亦可符合 NS 接頭安裝施工及自主檢查之所需。在後續進行 $\phi 300\text{mm}$ 口徑 NS 管線埋設，原本處 $\phi 300\text{mm}$ 契約標準管溝寬度為 0.7m，有了之前施作 $\phi 200\text{mm}$ 口徑 NS 管線之經驗，監造單位與承商以及派駐現場之日本專家共同研商後，決定 $\phi 300\text{mm}$ 口徑 NS 管線，採全段管溝採寬 1.0m 進行開挖配管，以提升整體施工效能。
- 2.管材暫置與運搬優化：管材搬運時應避免拖拉或滾動管材，應使用尼龍吊帶以吊掛的方式進行搬運；現場管材暫置請使用管台或緩衝材，而非直接放置地面，以保持管體及其粉體內襯的完整性；此外，建議於接頭下方墊 2 公分厚之木板以保持配管的水平支撐性，北水處將考量採用並同步修正施工規範與調整單價。
- 3.施工管理優化：建議領班負責規劃每日的配管順序，並增派指揮人員 1 名，指揮現場施工人員以提高施工效率。領班應於每

日與監工討論當天的配管方式並由監工判斷其配管順序是否可行。另製作「NS 管各口徑管材尺寸表」以方便現場速查，以利現場配管施工。

4. 管材零組件優化: 施工初期接合 NS 套筒時所使用之壓圈為一般壓圈，耐震功能較低。在地震發生時使用一般壓圈的套筒容易左右晃動，導致套筒內前後管的插口會相互碰撞，進而傷及防脫環造成管線脫接之情形。另管末端裝設規格相符臨時性管塞。有關耐震型特殊壓圈及臨時性管塞，已另案探討辦理採購。

(四) 工率分析探討

試辦案經多方努力協調臺北市政府新工處核發區塊路證，道路挖掘許可證時間為 9 時 30 分至 16 時 30 分，每日僅 7 小時(主要幹道更限縮為 6 小時)可供施工開挖、埋管、回填等作業，本工程在開始施工初期，每日埋設直管長僅 15m~25m，在前 18 個工作天中因不可歸責因素導致逾時 3 天(超過下午 4 時 30 分未通報收工)，逾時比例 16.67%，經分析逾時原因大致如下：

1. 對於 NS 管施工步驟尚未完全熟悉，必需一再與日本專家進行確認。
2. NS 管可撓角度較小，遇管障或新舊管連絡時，配管規劃耗時。
3. 日本專家為求精準均反覆量測後規劃配管，安裝後並重複確認。
4. 遭遇管障處接頭安裝施工時間費時，安裝工具使用上有空間限制。
5. 直管切管與插口環處理較為費時。

經以上分析可得知逾時收工之主因，在於對地下管線管障位置不明確，後續透過探

挖結果分析、再研判其他管線單位圖資正確性、管溝寬度優化、增開工作面等措施後，已可有效控制施工逾時問題，在其後 186 個工作天中僅再發生 4 天逾時，且施工人員對於施工程序與手法越趨純熟，在工率上已有大幅度的提升。另逾時比例降至 3.4%，遠低於北市府統計其他管線單位之平均逾時比例 20%。

(五) 舉辦施工觀摩研討

本案為國內首次較大規模引進 NS 型自來水管線於實際道路上進行施工，為利國內各自來水管工程相關單位及北水處同仁瞭解 NS 管材，前後共舉辦了 8 次現場施工觀摩(圖 15)，分別為中華民國自來水協會、台灣自來水公司、臺北市政府研究發展考核委員會、北水處(含工程總隊)各單位同仁，期間日本自來水道協會、管材製造供應商等相關專家亦共同參與，透過實地現場觀摩研討，從 NS 管材外觀到切管示範、NS 直管及管件於管溝內接合，對與會人員有 NS 管線相關程度的瞭解，也提升相關知識管理之功效。



圖 15 施工觀摩

(六)漏水改善成效評估

本次選擇試辦之區域為北水處 E09010 小區，施工前初評售水率為 33.08%，以區域獨立性將該小區再切割為 3 個次小區 (E09010-A、E09010-B、E09010-C)，北水處為測試施工對漏水改善的成效，於 NS 管線埋設完成 E09010-A、E09010-C 次小區後即著手評估該次小區之售水率，透過夜間最小流觀察 E09010-A、及 E09010-C 次小區之漏水改善情形良好，再利用 7 日進水量與平常抄表之平均值計算得到售水率達 96.2%，皆超越預定目標(90%)。

五、結語

從國際趨勢與兵庫減災行動綱領瞭解^[10]，基於自來水為關鍵基礎維生設施，如遭破壞將造成基本服務的中斷，尤其包含耐災能力，除影響民生，亦將擴及經濟發展，乃至於國家長治久安。從台灣 921 大地震，與前年高雄台南及今年花蓮等地震，見證對於自來水設施及民生經濟等之嚴重影響。北水處以往曾構築防災風險管理五層防護網，然居安思危，希望藉由國際交流與進一步試辦引用，改進提升管材及接頭的耐震性能，運用於北水處相關管線工程等，希能兼顧漏水改善與水資源有效運用，並有助於提昇震災風險管理能力。

基於臺灣道路地下管線眾多且複雜，施作空間有限，加以北水處施工時程自 2017 年受限於臺北市道路管線暨資訊中心規定，要求全程攝影及收工時限等需進行通報，且 NS 型管件價格甚高與 NS 型直管相當，綜合以上各種須克服條件，為使本次引進之材料能發揮最大效益，北水處開始施作

前即先於每條道路前、中、後進行探挖，並依探挖結果進行規劃，研擬更佳的埋設路徑，以減少另件的使用，充分發揮直管防脫的耐震效能，並能達成全段汰換及準時收工的目標。

實際施工時管溝寬度部份，傳統柔性接頭 (K 型) 於施工設計時之標準管溝為 0.6m(200mm 口徑)及 0.7m(300mm 口徑)，因耐震接頭(NS 型)係採鉸鏈以推入方式接合，其所需之操作空間較大，在日本專家與在地施工人員共同研討下，最終採用管溝寬度 0.8m(200mm 口徑)及 1.0m(300mm 口徑)，作為本案之標準管溝寬度，而耐震接頭(NS 型)之標準管溝寬度較大，初期雖會影響施工費用的估算，惟施工純熟後工率相對較具彈性。

施工接合所需時間部份，由於 NS 型管線可撓角度較小，遇管障或與 K 型管連絡時，需要較多的時間反覆測量配管規劃，且遭遇管障處接頭安裝施工時間較長，因安裝工具使用上有空間限制，管障需清理出的空間也較大。然後 NS 型直管切管與插口環處理時間也較 K 型直管切管時間長，藉由在地化探討，包含工具改良為有效提升成效，在檢核管理方面，透過檢查表確認各工項順序，正確地進行接合作業，且透過確實填寫檢查表，逐項檢視各個作業內容達到優良的施工品質。

綜合以上實際現場施工埋設所獲取之經驗發現，於施工性上初期由於施工人員對於工法、工序及步驟尚屬磨合階段，因此耗費較多時間，惟一旦熟悉後，其所需之時間甚至少於傳統 K 型鑄鐵管螺栓機械式接合

方式，然 NS 型直管及管件目前仍仰賴進口，因此價格高出傳統 K 型鑄鐵管甚多，日後若能在地生產價格應可大幅降低，加以其優異的耐震性，將有效提昇整體供水系統效能，短期為降低施作成本，甚至可考量採用 NS 型直管及 K 型另件之複合式本土工法進行進一步的評估。

參考文獻

1. 鄭錦澤 (2011), 「臺北自來水事業處自來水設施耐震性及其對策」, 經濟部水利署「國際新興公共給水管理與處理技術」專題演講-「自來水設施耐震調查及其對策」。
2. 蔡致仁, 「世界銀行研究顯示台土地人口曝災世界首位」, 2017年09月17日, 中國時報。
3. 張明禮、鍾立來、吳賴雲, 「地下管線耐震需求及容量之探討」, 國立台灣大學, 2009。
4. 「提升公共給水震損評估與管材耐震測試環境之規劃研究」, 國家實驗研究院國家地震工程研究中心, 經濟部水利署, 2012。
5. 「自來水接續管線受震位移及滲漏之試驗研究案」, 國家實驗研究院國家地震工程研究中心, 臺北自來水事業處, 2012。
6. 「臺北區地下自來水管線地震危害度之研究」, 國家實驗研究院國家地震工程研究中心, 臺北自來水事業處, 2006年12月。
7. 鄭錦澤、曾喜彩、周家榮、劉季宇、黃仲偉, Seismic Assessment of Pipeline Network of Taipei Water Department under M7.1 Sanchiao Fault Scenario Earthquake and the Countermeasures, 第八屆台美日自來水耐震研討會, 102年(2013) 8.21-8.22, 舊金山,
8. 張正忠、李垂勳、林永芳、林進誠、陳國駿「耐震接頭(NS型)延性鑄鐵管教育訓練講習」心得報告
9. 鄭錦澤、陳輝哲、林志成、陳韋嘉、林永芳、林佑鴻、呂紹禎、陳國駿、賴奕誠、陳俊霖, 「研習延性鑄鐵管耐震接頭(NS型)設計、施工及材料等教育訓練」, 2016年12月1日。
10. 「2015-2030仙台減災綱領」, 國家災害防救科技中心編譯, 2015年10月。

作者簡介

鄭錦澤先生

現職：臺北自來水事業處東區營業分處主任

專長：供水調度及管理、淨水處理、技術研發、工程規劃與管理、圖資應用、營運管理、採購稽核。

詹士旻先生

現職：臺北自來水事業處東區營業分處三級工程師

專長：自來水管線工程規劃、設計、監造

張正忠先生

現職：臺北自來水事業處東區營業分處工程二股股長

專長：工程規劃與管理、小區管理及應用、K 型及 NS 型延性鑄鐵管施工教學

南化水庫水力排砂操作成效探討

文/陳隆璋、賴建龍、林秉學、李丁來

一、前言

南化水庫位於台南市南化區，水庫主要為單一供給民生用水之用途，可供應台南、高雄地區每日達 100 萬立方公尺之原水，扮演台灣南部地區水資源供給方面非常重要之角色。

南化水庫為斜倚式分層取水塔構造，如圖 1，進水口共分為 4 個不同高層，分別為 EL131m、EL144m、EL157m、EL170m，計畫流量包含公共用水 10cms、緊急排放 140cms。

因 97 年卡玫基與 98 年莫拉克風災造成

水庫嚴重淤積，根據 106 年水庫淤積測量報告結果，平均淤積面高程約為 150 公尺，為維持有效庫容與取水口安全性，目前已提出短、中、長期之「土砂進出平衡及排砂策略」，如圖 2。希冀藉由各種手段來達到水庫永續經營的總目標，其中水力排砂為重要的一環，在防淤隧道尚未完工前，水庫利用既設取排水工搭配表層緊急取水設施來達成供應濁度較低之原水至淨水場並同時進行水力排砂之操作，本文將以 107 年 8 月 23 日豪雨進行水力排砂來探討其操作成效。

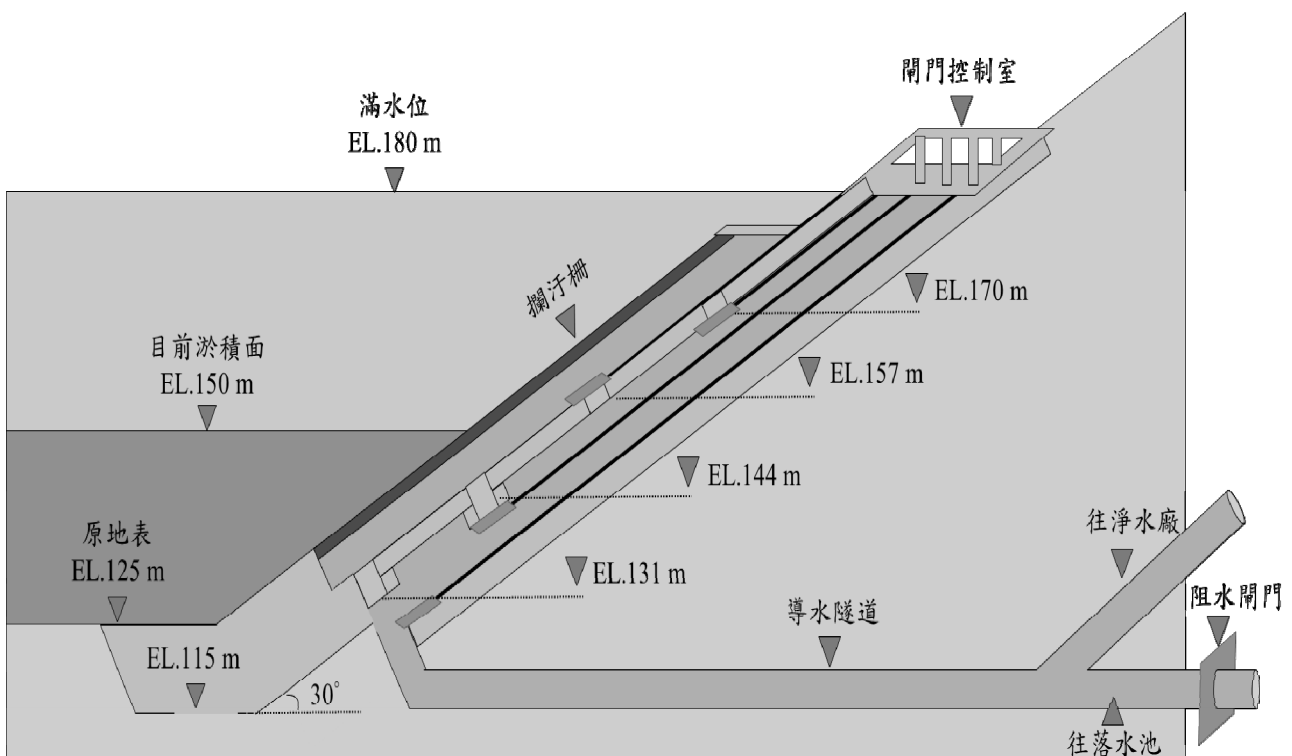


圖 1 南化水庫取排水工示意圖

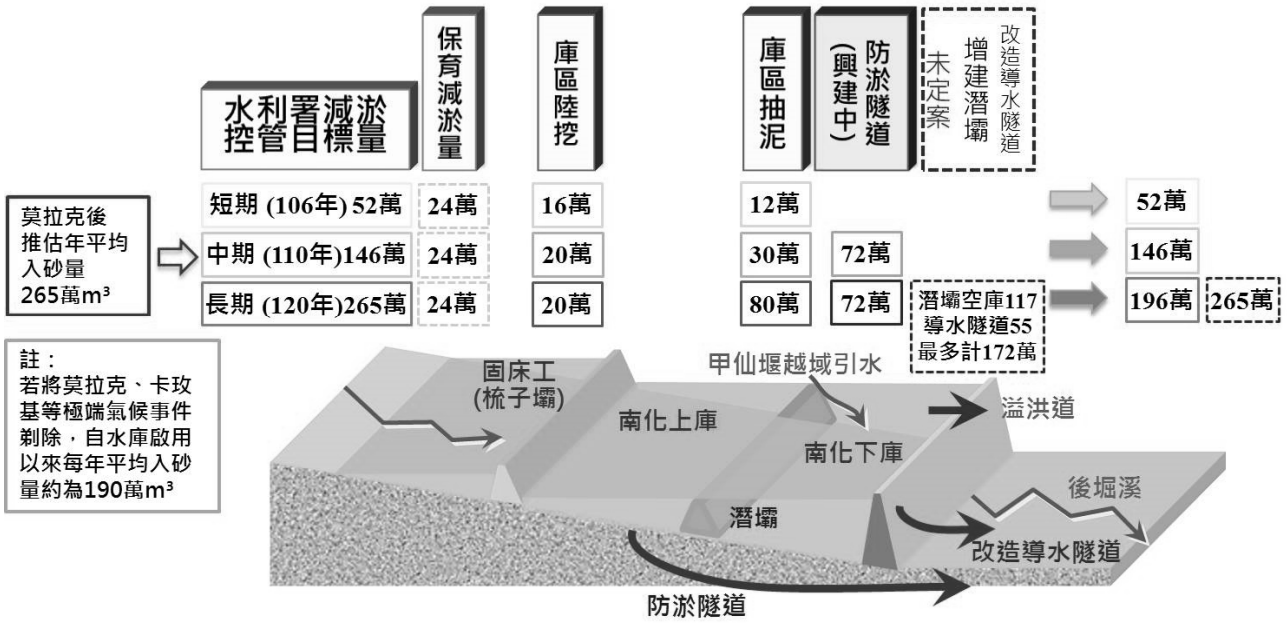


圖 2 南化水庫土砂平衡及排砂策略圖

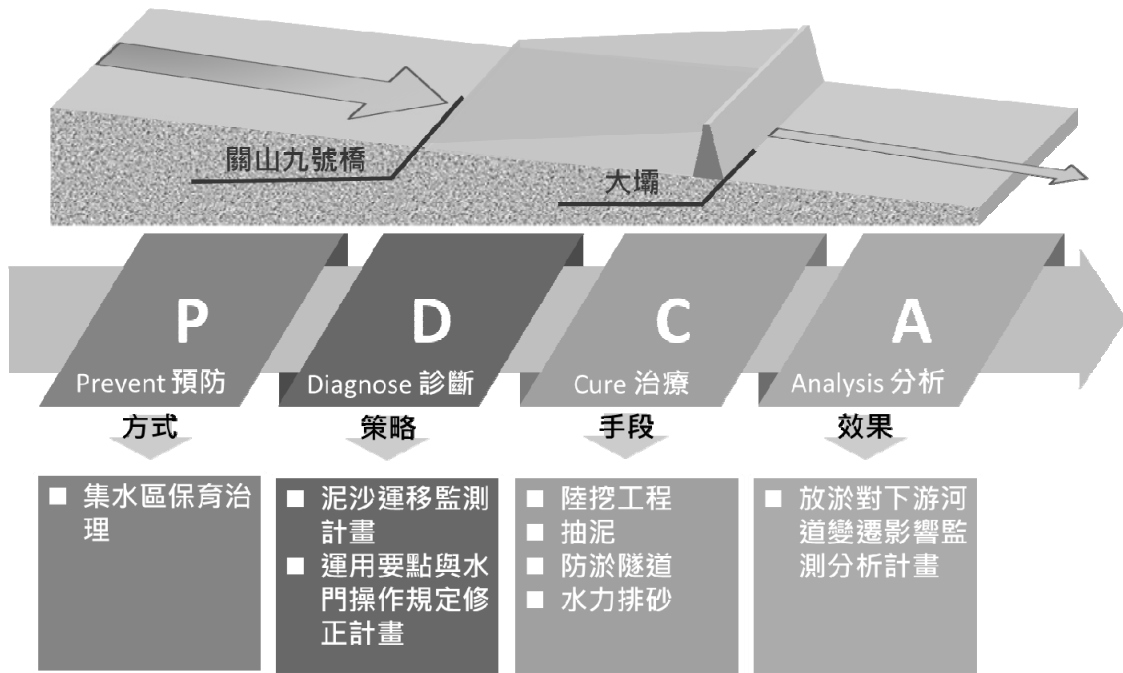


圖 3 南化水庫營運管理策略圖

二、南化水庫泥砂淤積問題及對策

南化水庫淤積問題日益嚴重，民國 97 年 7 月卡玫基颱風襲台，集水區降下超大豪雨，水庫上層濁度高達 59,000NTU，民國 98 年 8 月莫拉克颱風侵襲，挾帶之暴雨亦造成

南化水庫原水濁度飆升 69,000NTU，亦為南化水庫帶來大量淤積，南化水庫庫容自 15,805 萬立方公尺淤積至現有庫容 9,338 萬立方公尺，庫容已減少約 40%。

近年台灣自來水第六區管理處南化暨鏡面水庫管理所(以下簡稱南鏡所)依照水庫

的上、中、下游營管方式導入量身訂製之 P(revent) D(iagnose) C(ure) A(nalysis)，來執行水庫防淤減淤之工作(詳圖 3)。

(一)P(revent)：

由林務局、水保局、南鏡所依各權責範圍施作保育治理工程，預防上游土砂進入庫區。

(二)D(iagnose)：

南鏡所在庫區上游主河道(關山九號橋)開始設置入庫濁水監測系統，監測異重流的運移情況，並且透過正在修訂中的運用要點與水門操作規定計畫，診斷目前水庫的操作策略。

(三)C(ure)：

一旦泥砂進入庫區之後，將由陸挖清淤工程、防淤隧道工程(預計 107 年 11 月 23 日完工)、水中抽泥工程、水力排砂操作各項治療手段防止泥砂淤積。

(四)A(nalysis)：

當庫區泥砂抽泥工程與水力排砂手段還砂於河時，對於下游河道必須執行 1.地形測量、2.河道變遷數值模擬及監測、3.自動水文站設置及監測、4.水質、淤積物、生態調查、5.放淤沖淤成效分析五項重要課題研究。

藉由 PDCA 的管理執行來達成南化水庫土砂平衡的目標。

三、南化水庫「入庫濁水監測系統」

由於入庫泥砂量龐大，難以完全藉由仰賴疏浚清淤方式來削減，利用汛期水力排砂防淤操作，已成為水庫整治計畫中非常重要的一環。水庫防淤功能之關鍵問題係如何配合未來防淤隧道完工後之啟閉操作達到最大的水力排砂效益。因此，觀測全洪程水砂歷線與異重流運移特性，供及時導引排放之重要決策，達到「清濁分治」、「蓄清排濁」及「水庫永續」等目標，實為當前相當重要的研究課題。



圖 4 南化水庫自動化泥砂濃度監測系統現況配置

南化水庫於 101 年度辦理「南化水庫入庫濁水監測系統建置及應用研究(1/2)」與 103 年度辦理「南化水庫入庫濁水監測系統建置及應用研究(2/2)」，分別於上游入庫(關山九號橋站)、庫區(斷面 13、3 測站)及下游河川(鹽水坑溪橋站、玉井大橋站)共建置 5 處自動化泥砂濃度觀測站(詳圖 4)，另於溢洪道設置一處人工觀測站，達到監測水庫上中下游泥砂運移目的。泥砂自動化觀測儀器量測泥砂濃度之精度達到正負 1,000 mg/L，量測範圍為 1,000-300,000ppm 以上；為直接測定泥砂濃度值而非透過濁度換算，並兼具高濃度量測解析度及不受粒徑影響之量測穩定性，以確切掌握颱風期間高濃度含砂量歷線變化。

庫區(斷面 3、13 測站) 自動化泥砂濃度觀測站為浮台型式，具備垂直分層 8 層並可

監測溫度，以監測異重流抵達泥砂濃度歷線並確切掌握泥砂濃度垂直分層變化情形。設備相關細節如圖 5 與圖 6 所示。

以此觀測數據可以了解異重流的運移情況並提供給水庫管理單位做為啟動表層緊急取水並執行排砂作業之重要依據。

四、水力排砂操作流程

平時水庫由分層取水塔供應原水至南化給水廠與南化聯通管(至高雄給水廠)，但如果要執行緊急排放口水力排砂作業時，就必須停止斜倚式取水塔供水，改由表層緊急取水設施來供應原水。相關供水管線如圖 7，啟動水力排砂操作流程如圖 8。當緊急排放口水力排砂作業結束後，則需要關閉緊急排放口與表層取水，恢復至原來斜依式取水塔供水模式，操作流程如圖 9。

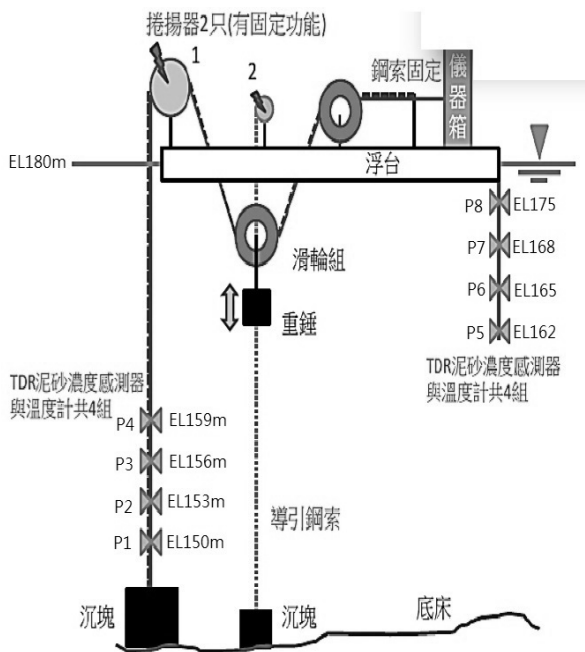


圖 5 斷面 3 庫區浮台設備示意

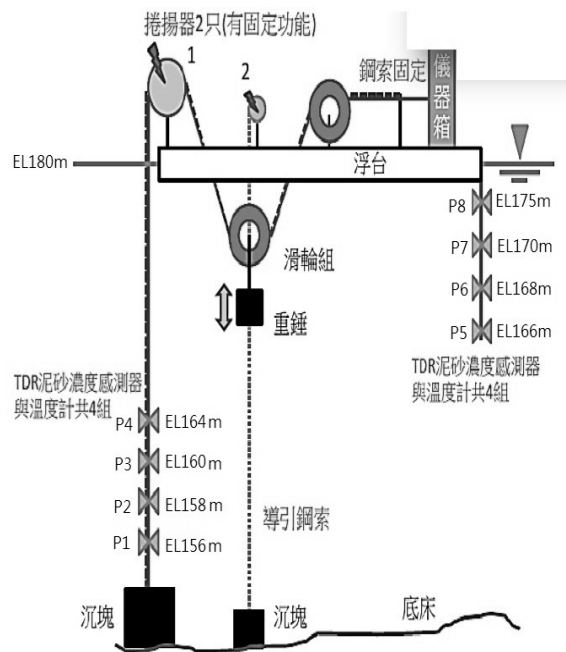


圖 6 斷面 13 庫區浮台設備示意

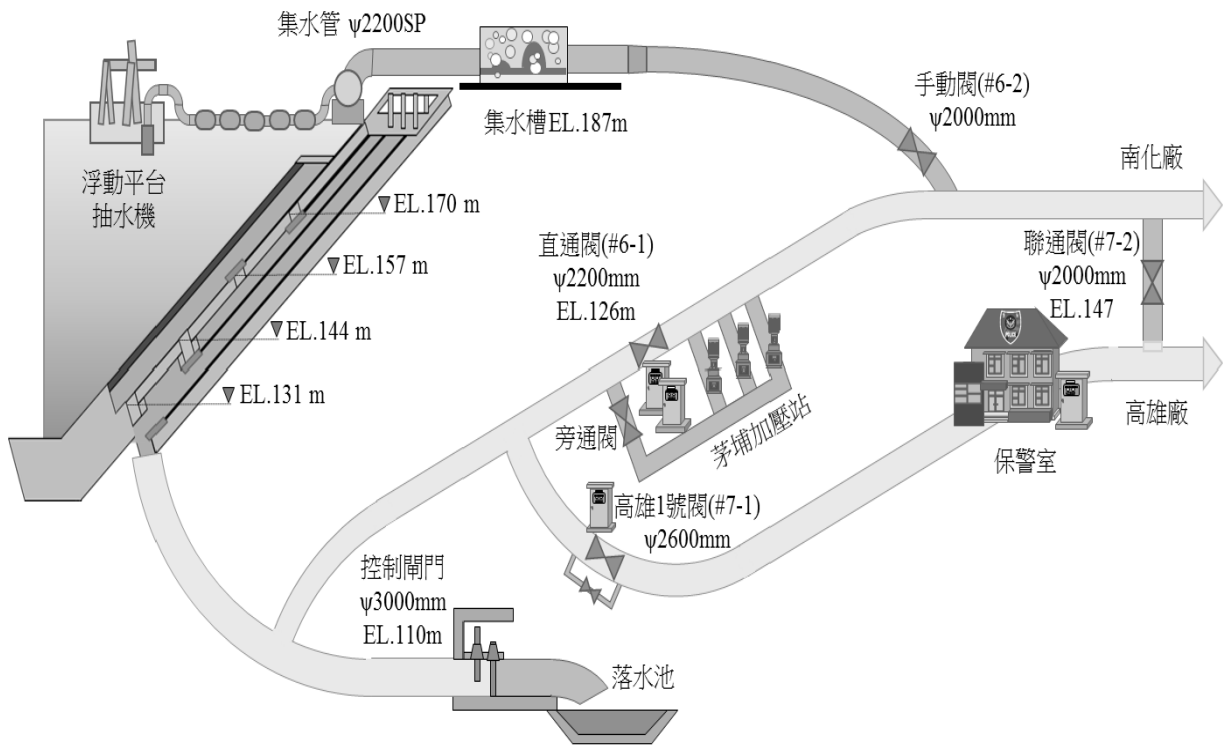


圖 7 南化水庫取排水工與表層緊急取水管線示意

五、水力排砂資料分析與成效探討

(一)107年8月23日豪雨事件歷程說明

熱帶性低氣壓在8月23日下午進入嘉義雲林一帶之後，即呈現近似滯留的情況，除了造成短延時強降雨，雲林以南多處縣市並有廣大範圍的長時間降雨發生。相較於颱風常見造成的劇烈降雨，此次熱帶性低氣壓所造成的降雨事件極為罕見，強降雨範圍廣、頻率高，計有雲林、高雄、嘉義等地方時雨量超過100毫米；嘉義至屏東等地方總雨量自23日累積到24日下午3時，約750至850毫米左右。

南化水庫集水區8月23日至24日之二日雨量共累積599.7毫米，在23日14時開始溢洪，並於23日23時達最高水位181.82m。

8月23日18時由技術服務廠商-國立交通大學防災與水環境研究中心啟動人工觀

測作業，並於24日0時開始進行觀測作業，本次人工觀測作業於25日10時結束。

(二)各人工觀測站濃度資料與流量歷線

取水口最下層的EL151公尺於8月24日2時達到尖峰濃度2,327ppm，EL161公尺於14時達到尖峰濃度1,596ppm，EL171公尺於8月24日13時達到尖峰濃度1,172ppm，緊急排放口於24日18時達到尖峰濃度1萬1,323ppm，溢洪道濃度則在223~894ppm之間，平均濃度為490ppm。本次觀測由各出口的濃度歷線來判斷，應有少量的異重流被推移到壩前，並形成渾水潭，最終由緊急排放口被排出。南化水庫於24日下午2時開始啟動表層取水設施與緊急排放口水力排砂作業，直到下午8時排放口濃度明顯下降才結束。圖10為溢洪道、取水口與緊急排放口濃度觀測值。

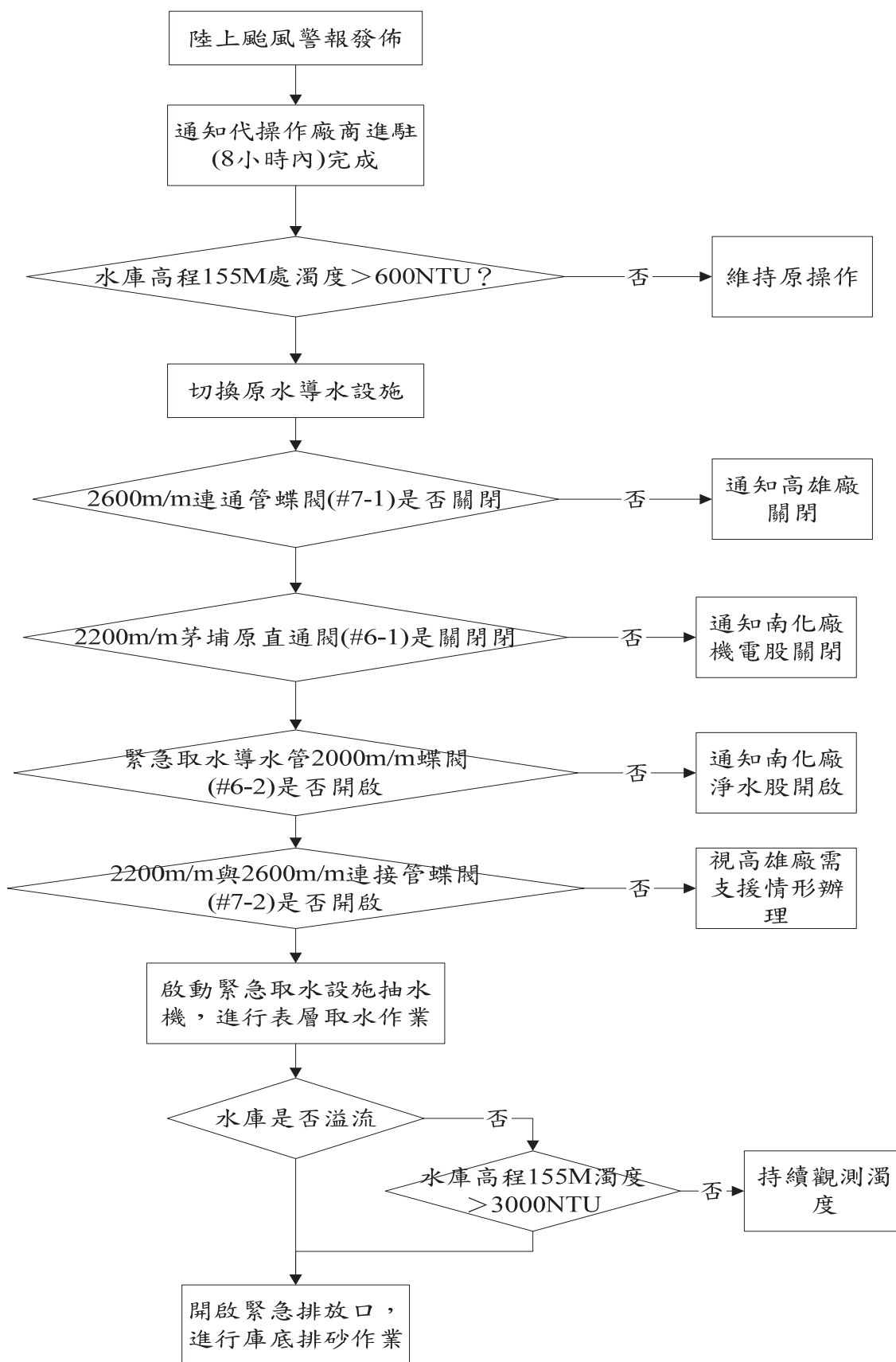


圖 8 緊急取水暨排砂作業啟動標準作業程序

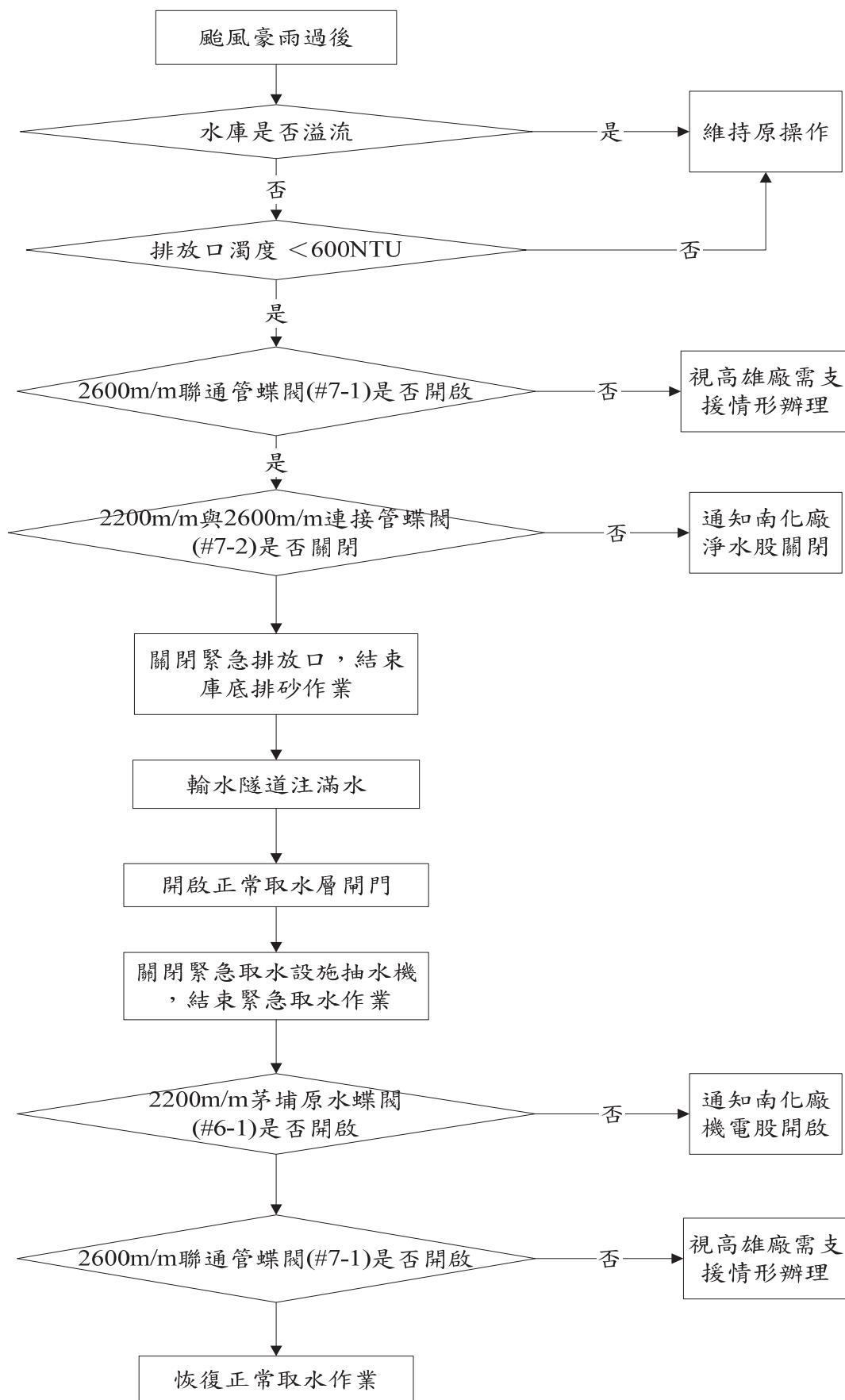


圖 9 緊急取水暨排砂作業關閉標準作業程序

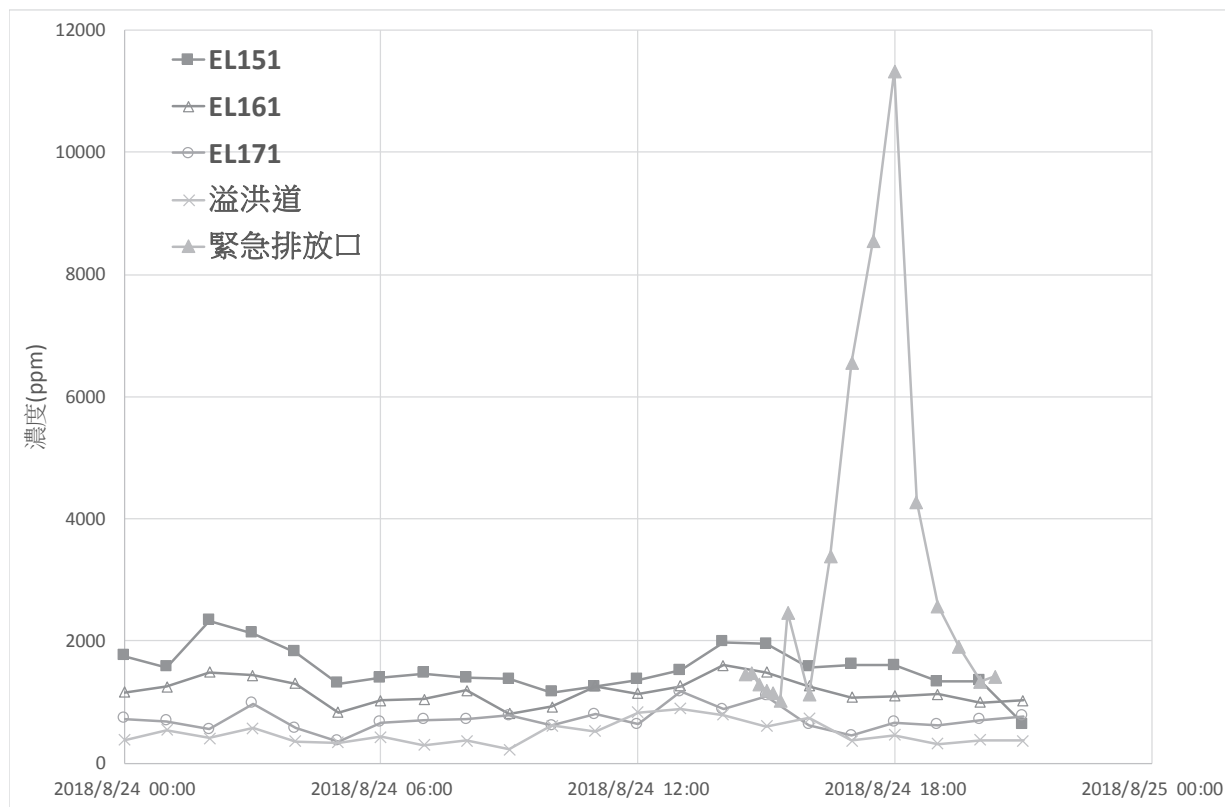


圖 10 為溢洪道、取水口與緊急排放口濃度觀測值

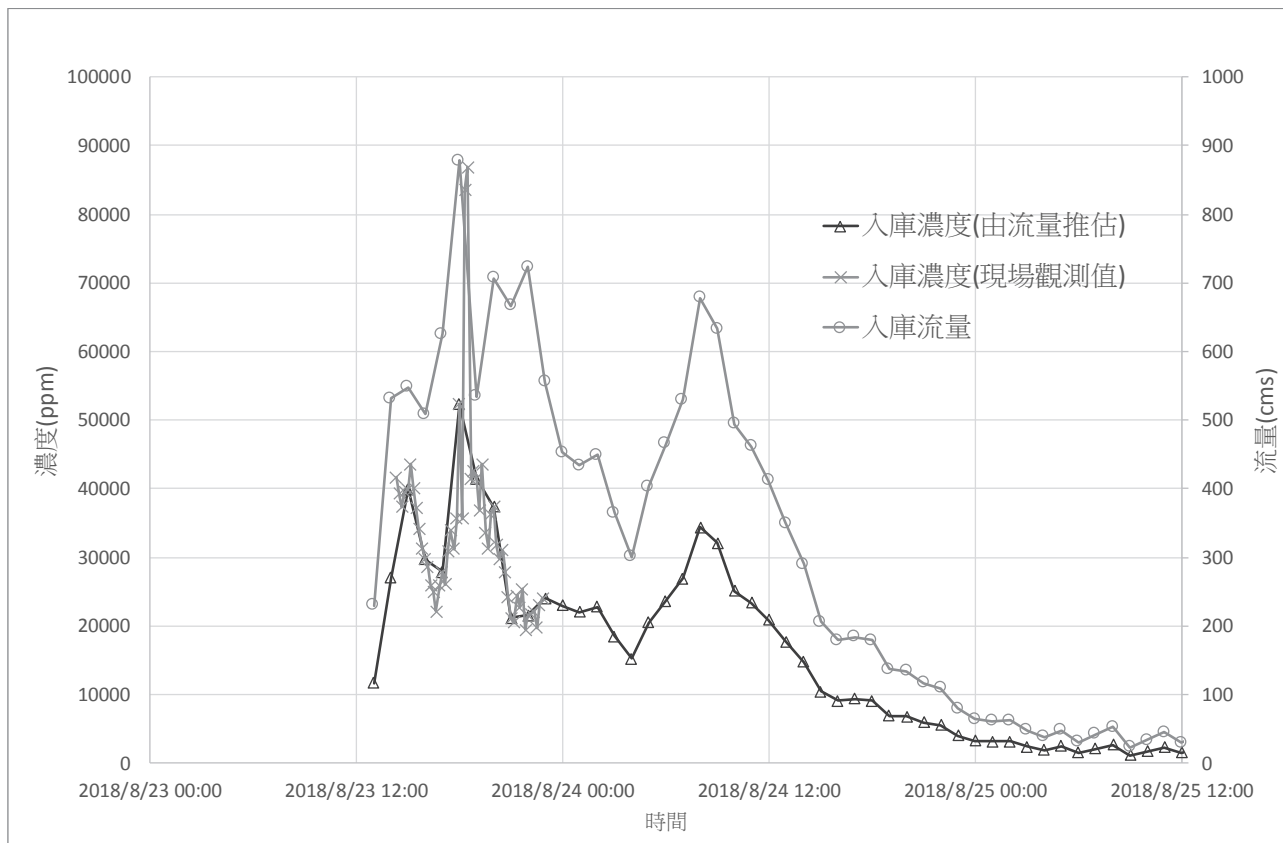


圖 11 關山九號橋濃度與流量紀錄

(三) 自動化含砂濃度觀測資料

1. 關山九號橋站

在 8 月 23 日當日入流量急遽增加，且有兩次的尖峰流量與濃度發生，第一次尖峰入流量發生在 23 日 18 時 0 分為 878.19cms，尖峰濃度發生時間為 18 時 30 分的 8 萬 6,900ppm，第二次尖峰流量為 24 日 8 時的 677.68cms，尖峰濃度發生在 24 日 8 時為 3 萬 4,404ppm。圖 11 為關山九號橋本次豪雨事件自動化觀測資料。

2. 庫區浮台站

圖 12 為此次豪雨斷面 13 號站觀測記錄，最底層的濃度由 23 日 19 時開始明顯上升(異重流抵達)，20 時 50 分異重流厚度達 6 公尺，P03 感測器濃度開始明顯變化，稍後在 21 時 30 分底層尖峰濃度為 3 萬 6,100ppm。圖 13 為此次豪雨斷面 3 號站觀測

記錄，最底層的濃度在 24 日 0 時達尖峰濃度約為 9,300ppm。此次降雨事件在庫區中形成異重流，並通過 H13 號斷面站，影響深度約有 5~6 公尺(P03 感測器尖峰濃度達 1 萬 4,000ppm)，H03 站底部有濃度些微上升至 7,000~9,000ppm，異重流厚度約僅 1~2 公尺。

(四) 入庫砂量與排砂成效探討

本次由關山九號橋觀測資料來進行入庫砂量推算，如圖 14 所示，入庫砂量約為 135 萬 5,449 噸(砂重=入庫含砂濃度 mg/L 與入流量 cms 對時間做積分)。在第一個洪峰期間(由 23 日 13 時至 24 日 04 時)入砂量約有 87 萬 7,995 噸，佔總入庫砂量的 65%左右，第二個洪峰期間(由 24 日 04 時至 24 日 14 時)入砂量約有 42 萬 7,130 噸，佔總入庫砂量的約 31%，退水段期間(24 日 14 時至後)入庫砂量約有 5 萬 324 噸，佔總入砂量的約 4%。

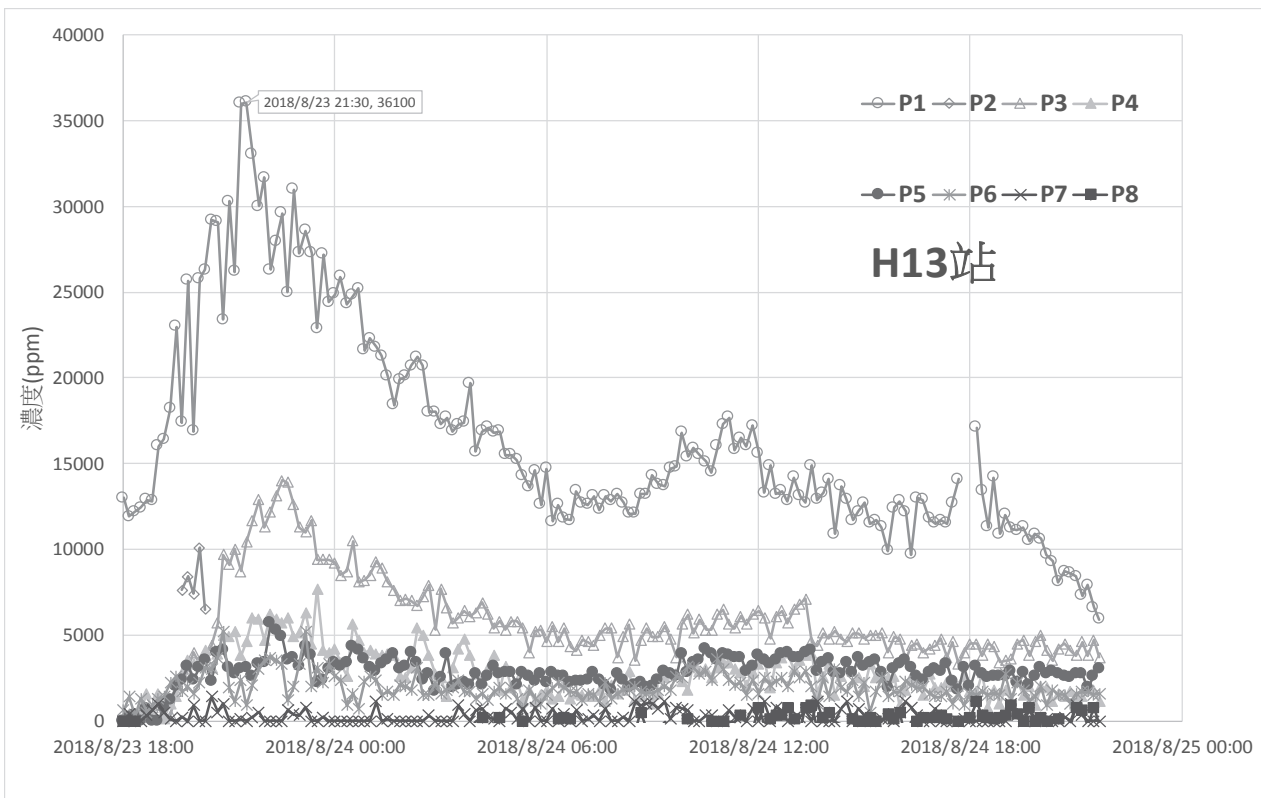


圖 12 斷面 13 號站濃度觀測記錄

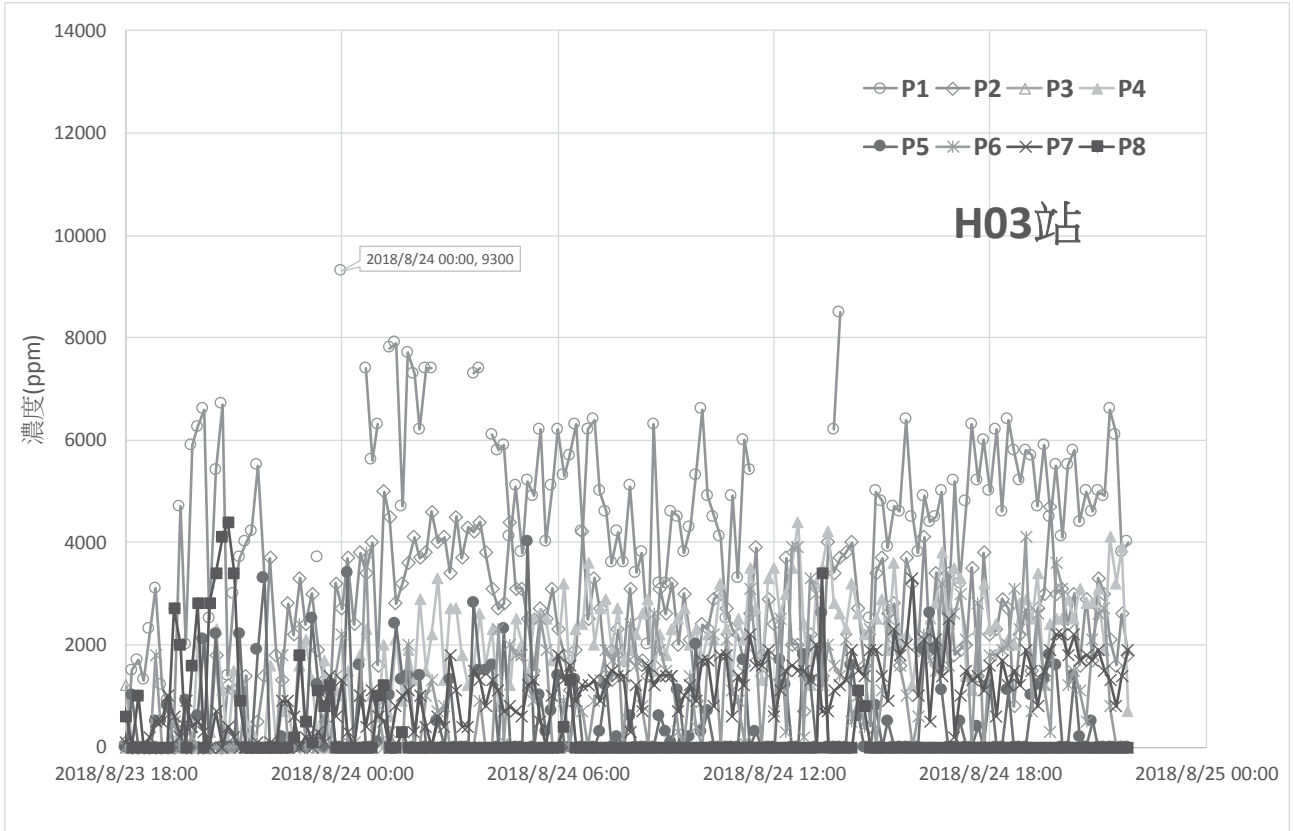


圖 13 斷面 3 號站濃度觀測記錄

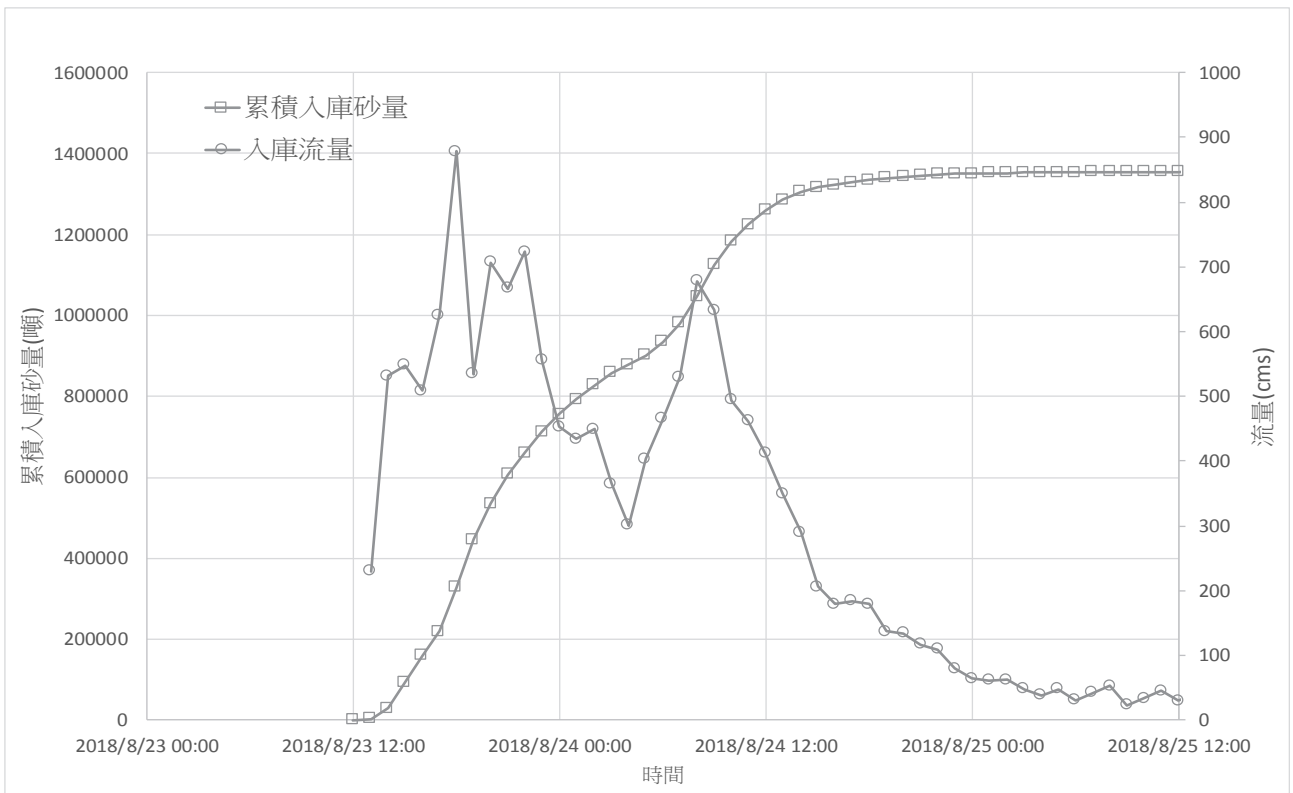


圖 14 關山九號橋累積入庫砂量與流量歷線

在出庫砂量估算上，主要採計溢洪道、緊急排放口及民生取水三處較大流量出口來進行分析，圖 15、圖 16 為溢洪道與緊急排放口兩處，以實際人工量測資料及流量紀錄對時間做積分後所得的排砂重量，溢洪道累積排砂量達 2 萬 5,274 噸，總估算時間為 59 小時，平均濃度約為 490ppm。緊急排放口排砂量為 5,966 噸，總開啟時間為 5 小時 50 分，平均流量為 72.64cms，平均濃度約為

3,911ppm。23 日 13 時至 26 日 0 時因僅開啟 EL170m 取水口，故取用 EL.171m 的抽水馬達觀測值為估算標準，民生取水平均濃度約為 716ppm，平均流量約為 12cms，排砂總量約為 1825 噸。

此次排砂總量共為 3 萬 3,065 噸，與入庫砂量 135 萬 5,449 噸相比，排砂比約為 2.44%。溢洪道、緊急排放口、民生取水各排砂量與耗水量資料整理於表 1。

表 1 各出水口排砂量占總入庫砂量與耗水量統計表

出水口別 排砂與耗水量	溢洪道	緊急排放口	民生取水	合計
(1)排砂量(噸)	25274	5966	1825	33065
(2)占總入庫砂量之排砂比	1.86%	0.44%	0.14%	2.44%
(3)消耗水量(萬立方公尺)	5157.9936	152.544	254.88	5565.4176
平均排砂濃度(ppm) (1)/(3)	490	3911	716	

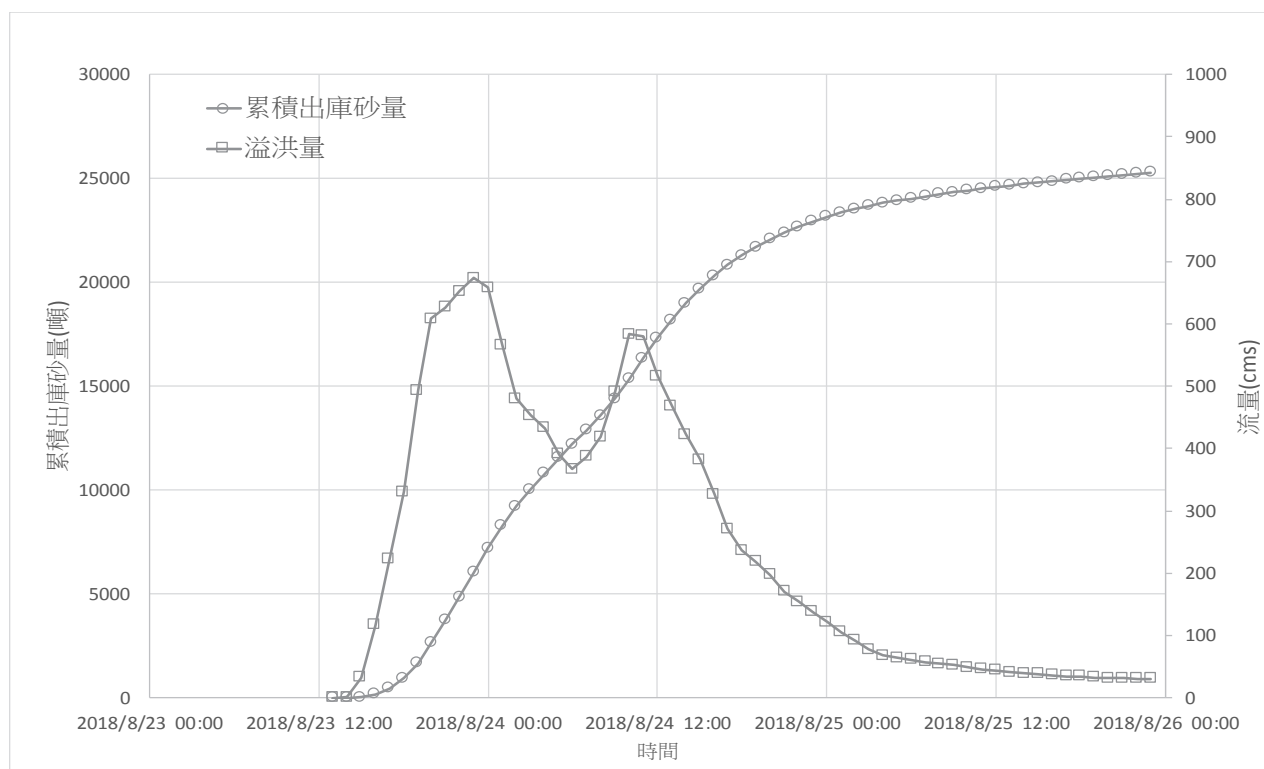


圖 15 溢洪道累積出庫砂量與溢洪量歷線

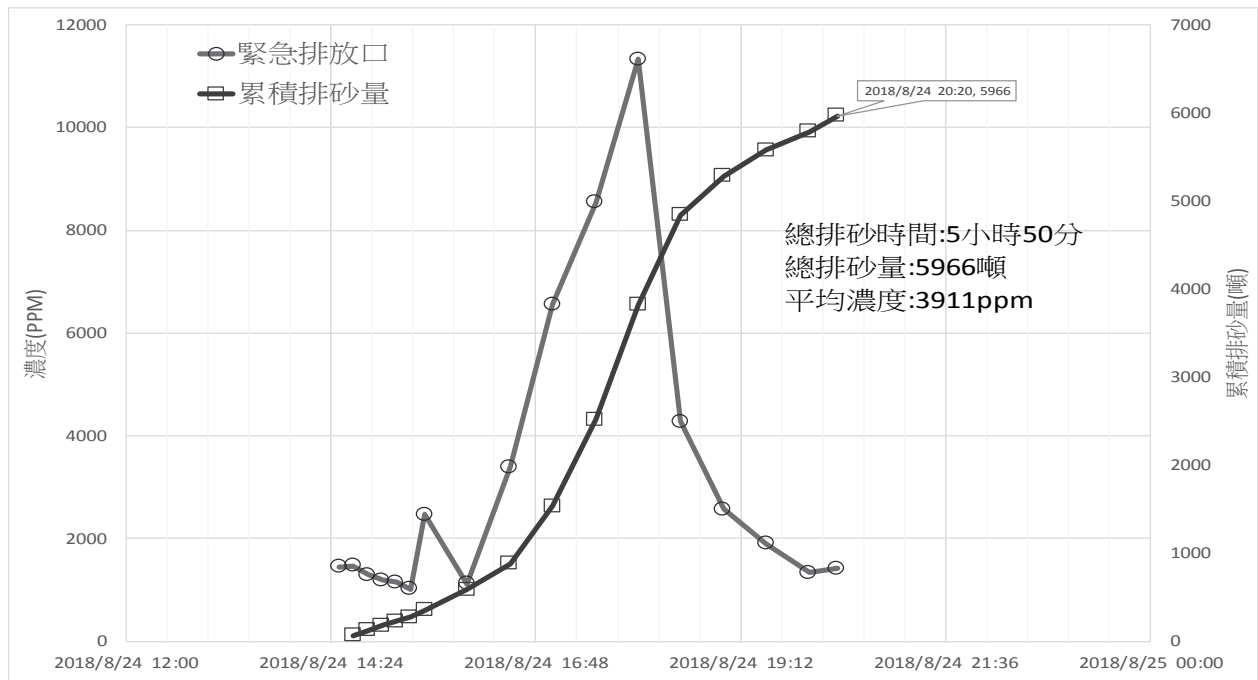


圖 16 緊急排放口累積出庫砂量與濃度歷線

六、結論與建議

(一)結論

1. 本次 0823 豪雨經由圖 9、10、11 觀測資料可發現，當關山九號橋發生第一次尖峰濃度時(23 日 18:30)，經過約 3 個小時(23 日 21:30)即於斷面 13 測站觀測到有第一波異重流高值，再過 5.5 個小時(24 日 0 時)推移至斷面 3，最後再 2 個小時(24 日 02:00)抵達取水口；關山九號橋發生第二次尖峰濃度時(24 日 08:00)，經過約 3 個小時(24 日 11:00)亦於斷面 13 測站觀測到有第二波異重流高值，但後來降雨逐漸趨緩，於斷面 3 較無明顯異重流高值出現。由上述可知，泥砂尖峰濃度從關山九號橋站至斷面 13 站約需 3 小時，此數據可提供後續南化防淤隧道操作之參考，另從斷面 13 至取水口約需再 7.5 小時。
2. 斷面 3 測站與取水口僅距約 500 公尺，但

是泥砂尖峰濃度能從 9300ppm 快速下降至 2327ppm 以下，分析其原因應係「106-107 年南化水庫取水口前庭抽泥」工程於這段範圍浚淤出 30 多萬噸的凹槽空間，迫使部分異重流陷入其中無法再繼續往取水口推進，該凹槽具有囚砂的功能。

3. 本次啟動水力排砂於前 2 小時泥砂濃度有明顯上升趨勢，且最高達到接近 1.2 萬 ppm，後續隨即迅速下降，研判原因有兩點：(1)本次抵達至取水口異重流量並不多，無法維持長時間較高濃度。(2)取水口前的溯源侵蝕所沖刷出來的洩降錐已穩定，無法再有濃度飆升的現象。

(二)建議

經由本次水力排砂過程與後續泥砂運移的監測資料分析，獲得非常多的寶貴經驗，但也有發現部分需要再改進的地方。

1. 應修正啟動表層緊急取水暨水力排砂作業標準作業程序：

因民國 99 年 6 月訂定的時空背景與現在有所差異，當初尚未執行「南化水庫泥砂運移監測計畫」，無法明確得知庫區異重流的運移狀況，目前應以泥砂運移觀測資料搭配下游南化給水廠處理能力，來決定水力排砂作業啟動時機。

2.南化防淤隧道入口與分層取水工前應持續進行抽泥工程：

以抽泥方式分別於防淤隧道入口與分層取水工之上游處，浚渫出一囚砂導流槽，一方面降低淤積高層，另一方面可迫使異重流落入囚砂導流槽，當啟動水力排砂時，能導引異重流排出，增加水力排砂成效。

參考文獻

- 1、台灣自來水股份有限公司第六區管理處，南化水庫入庫濁水監測系統建置及應用研究(1/2)，民國102年12月。
- 2、台灣自來水股份有限公司第六區管理處，南化水庫入庫濁水監測系統建置及應用研究(2/2)，民國105年1月。
- 3、南化水庫整體防洪防淤綱要計畫，第一期實施計畫(106~110年)，民國105年12月。
- 4、台灣自來水股份有限公司第六區管理處，106年度南化水庫淤積測量成果報告書，民國107年1月。
- 5、107-108年度南化水庫泥砂運移監測設施維護保養與全洪程觀測計畫0823豪雨事件報告書，民國107年9月。

作者簡介

陳隆璋先生

現職：台灣自來水公司第六區管理處南化暨鏡面水庫管理所工務股長

專長：水庫營運管理、工程設計與監造

賴建龍先生

現職：台灣自來水公司第六區管理處南化暨鏡面水庫管理所主任

專長：水庫營運管理、工程規劃設計、電機技師

林秉學先生

現職：台灣自來水公司第六區管理處南化暨鏡面水庫管理所營管股長

專長：水庫營運管理、工程設計與監造

李丁來先生

現職：台灣自來水公司第六區管理處處長

專長：自來水工程規設及營運管理、漏水防治管理

水源污染與應變處理之水質安全探討

— 以臺北自來水事業處為例

文/張琰竣

一、水源污染

水源污染主要係指由於人為因素直接或間接地讓污染物質進入水體，造成水源物理、化學或生物特性的改變，以致於影響水源及後續淨水處理或危害民眾健康及生活環境。水源污染包括水源區傾倒有害廢棄物、油污或廢污水等違規排放等，其危害影響範圍可能甚廣，包括無法由水源區取水、暫停淨水場之運轉操作、影響淨水處理效果、供水管網的小範圍甚至大範圍污染、至已有民眾飲用受污染之自來水，飲用水不安全等。

為維護大臺北地區居民飲用水源安全，確保水源水質潔淨，提昇公眾飲用水品質，臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)責無旁貸，將廣續加強水源管理維護工作。以下將針對北水處為例，分別敘述說明水源污染危害發生原因、應變處理控制措施及監控方式等。

二、水源維護現況說明

臺北市水源主要以南勢溪及北勢溪會流之新店河流域為主(約佔北水處總出水量之 97.5%)，北水處取水以南勢溪自然流量為主，當南勢溪自然流量不足以供應北水處取水所需，則要求北勢溪上游翡翠水庫放水補充。

南勢溪為大臺北地區重要水源，上游烏來地區溫泉餐飲業林立，溫泉廢水排放至南

勢溪的問題，為水源水質之一大隱憂，北水處為水源取水用水單位，基於維護水源，2006 年起配合經濟部水利署臺北水源特定區管理局(以下簡稱「臺北水源局」)巡查輔導烏來區溫泉業者，採排放水分流處理。2007 年至 2010 年配合臺北水源局辦理溫泉排放水分流聯合巡查，2011 年起改由新北市政府環境保護局辦理該項業務，北水處配合其不定期追蹤、稽查，2015 年 6 月起恢復辦理烏來區溫泉巡查作業。

目前水源巡查作業由北水處水源維護巡查隊執行水庫蓄水範圍內及其周邊之巡邏，取締水庫區內非法水上活動及違規行為，範圍包括青潭堰、直潭壩及雙溪壩水庫蓄水範圍及陽明山地區等，其中青潭堰、直潭壩水庫蓄水範圍以車輛或機動橡皮艇不定時巡邏，陽明山地區、雙溪壩水庫蓄水範圍則以車輛及徒步沿線不定時巡邏；並負責將違規行為案件通知書及其他通報之污染案件移送主管機關依法處理。

三、水源污染危害發生原因

(一)人為污染源：

1. 水源區傾倒有害廢棄物：北水處水源區水庫蓄水範圍雖受到法令保護及管制相關活動及開發行為，但並未管制車輛進出，廣大的水源區域內可能遭受不明人士傾倒有害廢棄物。
2. 油污等污染水體。

3. 水源區內少數污染源及社區污水違規排放：可能含有糞便、油脂、廚餘、化學藥劑等，其中大量的病菌和有機物是污染物的主要來源(如圖 1)。水源區水源水質於夏季枯水期或颱風暴雨期間之大腸桿菌群檢項均有偏高現象，且伴隨氣溫增加而增加，嚴重甚至超過「飲用水水源水質標準」。



圖 1 家庭排放廢水

4. 工業製造過程中原料、副料成品、中間產品、副產品、其他物料或能量（例如冷卻水）所形成的污染物。
5. 畜牧活動中大量動物排遺物，未經妥善處理即予以排放，同樣也會有大量的病菌和有機物質造成污染。
6. 農業活動中使用的農藥、肥料等物質，經由地表水或地下水的滲透與流動而進入水體，使得水體環境受到污染。部份農藥對於魚類或其他水生生物具有毒性，足以貽害生態環境。
7. 森林之採伐、耕作、土木工程等人為因素所造成水中浮游物與溶解物的增加；及工廠排放的氣體與灰塵因降雨的洗刷而進入地表水體等。

(二) 隨機污染源：新興污染物及不明有機污染物等。

四、應變處理控制措施

(一) 民眾發現後通報。

(二) 即時攝影監視：

於堰壩設置 CCTV 即時攝影監視堰壩水面狀況，並配合值班同仁不定時現場巡查，觀察是否有水色、泡沫、氣味、油漬或上游漂來大量死魚等異常狀況。

(三) 水源管理維護：

水源管理維護方式可分為下列五部分：

1. 陸域巡查

(1) 巡查路線：

- 新店溪主流沿岸。
- 新店溪上游南勢溪、桶後溪。
- 陽明山水源區，包含大坑溪水源。
- 內雙溪及菁礮溪水源區。

(2) 執行頻率：

- 每日不定期巡查。
- 每月配合臺北水源局聯合巡查 2~3 次。
- 每年不定期配合林務局、台電公司、新北市政府環境保護局等單位會勘。

(3) 執行方式：

- 青潭堰、直潭壩水庫蓄水範圍以機動車輛在周邊實施巡查，陽明山地區、雙溪壩水庫蓄水範圍以車輛及徒步沿線不定時巡邏。
- 蓄水範圍周邊如發現搭建釣魚台、傾倒廢棄物、占墾、砍伐等污染水源，現場拍照存證、敘明污染情形後，彙整資料通報處理。
- 填寫水庫蓄水範圍巡查勤務日誌，將巡察所見、突發狀況及處理情形等詳實記載。
- 水源維護巡查隊每月彙整所開立之水源巡查紀錄表、水源安全維護定期報告表、案件勸導通知書等，並針對違規行為中違建物、污染源列管追蹤。

(4) 違規案件處理方式：

- 對現場違規者：首次違規者開立案件勸導書，若為累犯者則開立舉發單。
- 無現場違規者：應現場拍照存證，敘明違規情形，將資料行文移送有關機關辦理。
- 發現之違建物污染源立即拍照，除向臺北水源局及目的事業主管機關舉發外，並列管、建檔、追蹤，俟該案件處理完竣後始解除列管。
- 為落實各項保護水源措施及確保各違規舉報案件能夠徹底執行，除定期參加經濟部水利署召開之「水質水量保護區違反管制事項協調會報」，另為進一步快速協調解決水源區水源污染案件，並定期與臺北水源局、翡翠水庫管理局（以下簡稱「翡管局」）召開「臺北水源特定區管理工作聯繫會報」，期使完全掌控並解決各項可能危害水源水質的因子。

2. 溯溪踏勘巡查

(1) 踏勘路線：

溯溪巡查延續溯新店溪屈尺至青潭堰間支流及大型社區，查察污水排放點，分蘭溪、青潭堰水庫蓄水範圍沿岸、磺窟溪及南北勢溪匯流口至小粗坑發電廠排放口、大坑溪及雙溪水源等 6 段路線。

(2) 執行方式：

溯溪踏勘以徒步方式於河道間巡查，遇有疑似生活污水排放之地點，先以衛星定位器定位及拍照存證後，再目視是否有生物膜及臭味，再以納氏劑檢測 $\text{NH}_3\text{-N}$ （氨氮），若有檢測出 $\text{NH}_3\text{-N}$ ，則採取樣本送北水處實驗室進一步分析檢測 BOD（生化需氧量）、TOC（總有機碳）檢驗確認是否為污染源。

(3) 違規案處理方式：同陸域巡查之違規處理方式。

3. 水域巡查

(1) 執行路線：青潭堰、直潭壩水庫蓄水範圍。

(2) 執行頻率：不定期。

(3) 執行方式：

- 依巡邏計劃表派機動船，執行取締各項違規行為。
- 巡邏時應注意水面浮木、漁網、淺灘、注意航行安全。
- 水域內如有釣魚、游泳及私設船筏浮具時，應即制止或報警處理。
- 水域沿岸如有污染水源、燃燒木材、傾倒廢棄物及釣魚拋棄誘餌，應即制止或報警處理。
- 水域內如發現射、毒、電、炸魚之非法行為，應立即通知轄區派出所會同處理。
- 水域巡邏情形應填寫水庫蓄水範圍巡查勤務日誌，將巡察所見、突發狀況及處理情形等詳實記錄。
- 水源維護巡查隊每月將所開立之案件勸導通知書、水源安全維護定期報告、水源巡查檢點紀錄表彙整後送維護股，並針對違規行為中違建物、污染源列管追蹤。

(4) 違規案處理方式：同陸域巡查之違規處理方式。

4. 烏來溫泉餐飲分流聯合巡查

(1) 烏來溫泉巡查範圍：新北市政府函報之「臺北縣溫泉區管理計畫」之溫泉業者。

(2) 執行頻率：配合新北市政府環境保護局不定期舉行。

(3) 執行方式：

- 北水處 2007 年至 2010 年配合臺北水源局巡查，2011 年起改由新北市政府環境保護局辦理聯合巡查作業，北水處配合不定期追蹤、稽查，2015 年 6 月起恢復巡查作業(如圖 2)。



圖 2 烏來溫泉廢水聯合巡查

- 北水處將曾發生污染地點及重要排放口列為經常巡查之重點。
- (4)違規案處理方式：如發現業者有違規行為，則行文新北市環境保護局列管追蹤並持續輔導業者至改善為止。
- 5.其他不定期之重點巡查
- (1)巡查路線：
- 原水採樣重要地點：
 - a.青潭取水口。
 - b.直潭取水口。
 - c.蘭溪。
 - d.小粗坑。
 - e.屈尺。
 - f.南勢溪。
 - g.北勢溪。
 - h.大坑溪。
 - 疑似偷排放污水之住宅區。
- (2)執行頻率：

- 原水採樣地點：每月採樣 1 次。
- 其他社區污染源：颱風或暴雨期間不定期巡查。

(3)執行方式：

- 採集之原水大腸桿菌樣本送北水處檢驗室檢驗，以掌握水質狀況。
- 於颱風或暴雨期間，不定時抽查大型社區及疑似偷排放污水之社區污水排放口附近水域，以目視及嗅聞方式觀察是否有臭味或生物膜，並採集樣本帶回檢驗室化驗，以維原水水源水質安全。

(4)違規案處理方式：

- 積極與新北市政府環境保護局密切聯繫，當巡查時發現有廢污水或暴雨遇有民眾偷排廢污水時，採立即電話聯繫前往稽查方式執行，以提高水源違規案件處理效率，並將污染情形行文目的事業主管機關卓處，北水處亦列管追蹤至污染源清理後始解除列管，以維水源區水源水質潔淨。
- 為確保各違規舉報案件能夠徹底執行，除定期參加經濟部水利署召開之「水質水量保護區違反管制事項協調會報」，另為進一步快速協調解決水源區水源污染案件，並定期與臺北水源局、翡管局召開「臺北水源特定區管理工作聯繫會報」，期使完全掌控並解決各項可能危害水源水質的因子。

(四)採取保護措施：

- 1.1978 年及 1983 年分別申請劃定為「新店溪青潭自來水水質水量保護區」及「臺北水源特定區」(如圖 3)。

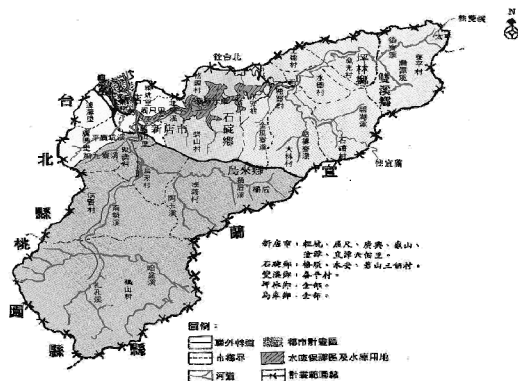


圖 3 水質水量保護區

2. 厲行土地分區使用管制、禁止一切污染源行為。

(五)強化水源巡查效率：

1. 修訂重點巡查區塊(包含新崩塌地)－2017 年合計巡查 767 點次，並聯合相關單位共同查緝。
2. 建立突擊檢查機制，並與新北市環保局合作。

(六)水質連續偵測：

1. 取水口設置原水水質連續偵測器：偵測項目包含濁度、導電度、pH、DO、COD、TOC 及水中油污污染等(如圖 4、5)，24 小時連續監測原水水質變化情形。



圖 4 取水口設置原水水質連續偵測器



圖 5 水中油膜分析儀

2. 定期每月採樣重要檢項送檢驗室檢測：包括有機污染物、重金屬、農藥等，以確保原水水質安全無虞。

(七)生物毒性偵測：

1. 設置原水養魚觀察箱及生物毒性偵測儀(如圖 6)：當水源遭下毒時可立即反應，對於氰化鉀及界面活性劑等毒性物質測試具相當成效。



圖 6 生物毒性偵測儀

2. 必要時採樣送檢驗室進行定量檢測分析：確認毒性物質種類及劑量。
3. 當淨水場無法出水時，取水口值班人員排空、清洗及抽取原水養魚(重新換魚)，密切觀察並回報(每小時)養魚箱及生物毒性偵測儀魚群情況，若魚群游動持續正常情況 3 小時以上，則污染狀況解除。

(八)緊急應變：

當堰壩水面出現大量死魚、水質偵測值顯示異常、生物毒性偵測儀發出警報或大量油污等狀況，立即依北水處重大及緊急事故通報處置作業進行通報，同時啟動緊急應變機制。

1.油污處理：

即刻吊掛攬油索，阻隔油污再進入取水區域，並以吸油棉清理浮油。堰壩值班同仁立即調降取水口閘板，取底層溪水，避免取到已遭污染的表面水。

2.淨水流程管控：

確認污染後，必要採取之措施包括：

- (1)減量取水：減少或中止取用原水，以降低污染源可能造成淨水處理之出水水質超過內控或法規之風險。
- (2)劑量調整：當原水遭受污染時，可能含有大量高濃度有機污染物，需氯量可能大幅增加，造成沉澱池部分微細膠羽沉降性不佳，影響混凝沉澱效果，及過濾水濁度穿透等情形，適時提高消毒劑量及 PAC 加注量，儘可能去除有機污染物。
- (3)緊急排放：如經上述 A，B 二種淨水流程管控處理方式後，仍無法有效去除污染物，顯示淨水場已遭嚴重污染，應即停止淨水操作，關閉所有進、排、出水閘閥，並通報相關單位，且迅速採樣檢驗確認污染物種類，依水質檢驗單位之研判，評估後續淨水處理能力。
- (4)其他：
 - 淨水處理採多重屏障策略，以混凝、沉澱、過濾及加氯消毒等傳統淨水程序，其中過濾單元為淨水場的心臟，固體顆粒去除最後的把關單元，經混凝沉澱的水，再透過

惠勒式濾床由上至下無煙煤、石英砂及礫石三種濾料層共深約 100 公分濾料的過濾處理，已可將大顆粒固體及大部分污染物質完全濾除。

- 因污染源種類繁多，將以實驗測試研究當原水遭受污染(尤其針對新興污染物及不明有機污染物等)，添加具沉降性粒狀活性炭(Granular Activated Carbon, GAC, 其不僅對原水中濁度物質有極強去除效率，對溶解性污染物也有一定去除率，亦可吸附農藥、重金屬、有機污染物及輻射污染物等)之方式，累積數據資料，建立資料庫，作為將來增購設備及操作之參考，以達經濟有效之應變處理。

(九)異常報告：

水源遭受有害廢棄物及於取水口發生嚴重污染事件過後，責任區工程師依規定填報重大事件報告表，經審核並陳報後，專案列管追蹤。

(十)教育訓練及案例分享：

彙集原水水質異常案例，編撰教育訓練講義，並修訂相關 SOP，辦理教育訓練及能力確認對相關 SOP 之熟悉度，提升應變及處理能力。

五、監控方式

監測項目、時點及頻率如表 1。

六、結論

水源保護是確保優良安全水質的第一道屏障，為確保飲用水水源水質，提昇公眾飲用水品質，維護國民健康，行政院環境保護署飲用水管理條例規定在飲用水水源水質保護區或飲用水取水口一定距離內之地區，不得有污染水源水質之行為。

因氣候急遽變遷，全球暖化現象日益嚴重，有利於微生物生長，進而影響水質，且隨著社會進步，人為活動漸向河川流域上游擴張，不當開發活動改變地貌、增加土壤流失率、降低水源涵容能力、並產生廢污水、廢氣及廢棄物等，致水源保護地區遭受污染日益嚴重，因此杜絕水源污染將更形重要。

北水處為水源取水用水單位，權管範圍雖僅水壩蓄水範圍，惟基於保障大臺北地區民眾飲用水安全，並關心及愛護水源，派有

專人巡查新店溪及南北勢溪水源區，且積極協調水源主管機關，加強水源區內污水處理；配合新北市政府環境保護局辦理烏來地區溫泉餐飲業分流聯合巡查作業，督促相關業者將生活污水與溫泉排放水分流處理；另自 2015 年起定期參加由經濟部水利署、臺北水源局、翡管局等單位召開與水源相關之會議，以落實各項保護水源措施及確保各違規舉報案件均能徹底執行。

表 1 監測項目、時點及頻率

監測項目	如何監測	監測時點及頻率	監測地點	監測人員	分析人員
即時攝影監視	設置 CCTV 即時攝影監視堰壩水面狀況，配合值班同仁不定時現場巡查	每日	取水口	值班人員	水質人員 場長
水源巡查報告	彙整相關巡查報告	每月	水源區	水源巡查人員	責任工程師
	彙整「自來水水源水質水量保護區違反管制事項統計表」	每年	水源區	水源巡查人員	責任工程師
水質連續偵測	取水口設置原水水質連續偵測器	每日	取水口	值班人員	水質人員
	定期採樣重要檢項送檢驗室檢測	每月/定期	取水口	水質人員	水質人員
生物毒性偵測	設置原水養魚觀察箱及生物毒性偵測儀	每日	取水口、加藥室	值班人員	水質人員
	採樣送檢驗室進行定量檢測分析	必要時/遭受污染時	取水口	水質人員	水質人員
	當淨水場無法出水時，重新換魚，密切觀察並回報魚群游動情況	每小時	取水口	值班人員	水質人員 場長
緊急應變	油污處理 1.CCTV 監控堰壩水面狀況，至現場觀察，掌握現場實際狀況。 2.監控原水水質。 3.生物毒性偵測儀。 4.持續密切觀察魚群動態。	每日/緊急	取水口	值班人員	水質人員 場長
	淨水流程管控 原水及出水水質偵測	每日/緊急	取水口、淨水場	值班主任、水質人員 值班人員	水質人員 場長
異常報告	異常/不定期	取水口發生嚴重污染事件過後，責任區工程師依規定填報重大事件報告表，經審核並陳報後，專案列管追蹤。異常報告以案例分享不定期辦理教育訓練。			
教育訓練	不定期				

參考文獻

- 1.行政院環境保護署，飲用水水源水質標準，行政院環境保護署，1998年5月。
- 2.行政院環境保護署，飲用水管理條例，行政院環境保護署，2006年1月。

作者簡介

張琰竣 先生

現職：臺北自來水事業處淨水科三級工程師

專長：化學工程、環境工程、淨水處理、自來水工程
設計及施工

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法

中華民國 105 年 8 月 26 日第十八屆第八次理監事聯席會議審議通過

一、目的

為鼓勵本會會員踴躍發表自來水學術研究及應用論文，以提升本會會刊研究水準，特設置本項獎勵辦法。

二、獎勵對象

就本會出版之一年四期「自來水」會刊論文中分「工程技術」、「營運管理」、「水質及其他」等類別，分別評定給獎論文，每類別以 2 篇為原則，每篇頒發獎狀及獎金各一份，獎狀得視作者人數增頒之。

三、獎勵金額

論文獎每篇頒發獎金新臺幣壹萬元整，金額得視本會財務狀況予調整之。

上項論文獎金及評獎作業經費由本會列入年度預算籌措撥充之。

四、評獎辦法

(一)凡自上年度第二期以後至該年度第二期在本會「自來水」會刊登載之「每期專題」、「專門論著」、「實務研究」及「一般論述」論文，由編譯出版委員會於每年六月底前，每類別推薦 3-4 篇候選論文，再將該候選論文送請專家學者審查 (peer-review)，每篇論文審查人以兩人為原則。

(二)本會編譯出版委員會主任委員於每年七月底前召集專家學者 5~7 人組成評獎委員會，就專家審查意見進行複評：

1.評獎委員以無記名投票，每類別論文勾選至多 2 篇推薦文章，每篇以 1 分計算，取累計分數較高之論文，至多 2 篇，為該類給獎論文。

2.同一類別如有多篇文章同分無法選取時，以同分中專家審查總分數高低排序，分數再相同，則由評獎委員以無記名投票方式決定。

(三)選出給獎論文，報經本會理監事會議通過後公佈。

五、頒獎日期

於每年自來水節慶祝大會時頒發。

六、本辦法經由本會理監事會審議通過後實施，修訂時亦同。

從 FinTech 探討臺北自來水事業處行動支付

文/周麗娟

一、結論

11 年前，當史蒂夫·賈伯斯推出第一款 iPhone 時，當時並沒人預料到未來的某一天，它居然成為消費者金融交易的主要平台，這 11 年間，新的金融科技(Fintech)正以蠶食鯨吞的速度改變了你我的日常生活與社會的產經結構，全面性地翻轉全球經濟，形成新的經濟模式。而不斷創新的金融技術應用，帶給民眾更多樣更快捷的金融商品與服務，同時也對許多傳統產業造成衝擊，這樣的衝擊，同樣地，也降臨到公務門，對政府帶來了新的挑戰。這關鍵性的挑戰是，政府機關如何在金融科技(Fintech)快速發展的浪潮中，成為穩健的掌舵手，順風而行。

2009 年，政府為因應科技快速發展，民眾消費模式從傳統貨幣現金轉為電子票證等多用途自動扣款機制，金融監督管理委員會(以下簡稱金管會)特制定「電子票證發行管理條例」，此舉係為臺灣金融體制上首次變革，主要為保護消費者權益及確認發行機關的信用而制定。2015 年，面對網路時代的到來，金管會實施「電子支付機構管理條例」，以健全網路世界的各種電子交易的資安與發展，提供民眾更安全更便利的資金移轉服務。完善法律規範有助於一個國家的金融體制良善發展，為鼓勵金融科技创新，2017 年，立法院三讀通過「金融科技發展與創新實驗條例」草案，隔(2018)年，又新增第 5-2 條(行政院新聞傳播處，2018)，希望能藉由法律面的保障，給予金融科技一個更安全更

創新的環境，一方面鼓勵業者促進金融科技穩健發展，不再局線固有的模式，另一方面保護金融消費者及上下游廠商的權益，避免科技突飛猛進推陳出新，急速改變商業交易行為，造成金融產品過度冒險，引起市場機制的潛在危機。

Fintech，近年來，從一個新興名詞演變為政府與企業爭相投入的領域，作為領頭羊的政府已經從法律的層面上為 Fintech 打造一個強而有力的發展背景。金融科技，這已不單單是金融從業人員或科技業的領域，面對這波全球經濟翻天覆地全面性的改變，身為自來水事業體一份子的我們絕不可缺席。因此，本研究主要目的在於，解析這波的金融服務結合電子科技大成長的浪潮中，對臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)之影響，及相關服務現況和未來發展之探討。期盼能以此研究結果，讓更多自來水從業人員關注此一議題，為自來水服務帶來創新思維，進而提供專案規劃者爾後推動為民服務之參考，以提升自來水整體服務效能，貢獻個人微薄心力。

關鍵字：Fintech、金融科技、行動支付

二、研究背景與動機

2014 年，互聯網衝擊著傳統金融，而大數據、行動支付、區塊鏈和機器人理財顧問等等概念，全面顛覆了金融市場；2016 年第 2 季，資策會調查發現，台灣民眾使用行動裝置的人數已經超越桌上型電腦，根據 2018

年 4 月號數位時代報導指出，2017 年起，平均每年行動網路流量成長率高達 40%，到 2023 年，行動網路流量預計成長八倍，全球 5G 網路將占總流量 20%(曾雲，2018：47)。然而，網路只是一個「交通工具」而已，真正改變你我生活的是智慧型手機，現今，智慧型手機不單只有通訊的功能，取而代之的有娛樂、導航、相機等等多用途。隨著科技突飛猛進，智慧型手機也晉升為各種應用程式的介面，扮演著金融科技的要角。未來，是高網速高流量低延遲的時代，在這樣的趨勢背景下，我們可以預期的是，手機應用層面將更寬更廣。

三、相關研究

(一) FinTech 金融科技

FinTech(Financial Technology, 金融科技)為近年來新發明的新名詞，自 2015 年起，開始受人矚目。從字面上解釋，即是金融與科技的結合，從意義上闡述，便是網路金融革命，學界稱這個時代為「FinTech2.0」。過去，人們辦理提存款作業等相關金融業務，都必須拿的存款簿和印鑑，親自到郵局或銀行辦理。一直到 20 世紀，正式進入了「FinTech1.0」時代，這個時代，值得一題的代表作，為 1977 年臺灣正式引進第一台自動提款機，提供民眾藉由金融卡透過 ATM 查詢餘額和提領現金等功能，讓人們可以不用受限下午 3 點半時間，依舊完成銀行所提供的金融服務。另一個代表作是，20 世紀美國銀行開始發行信用卡，象徵著電子商務時代的來臨，金融業正式走向網路信息革命的世紀。

從《Fintech 2.0：金融結合科技，即將顛覆金融業的遊戲規則!》書中提到成就

「FinTech2.0」時代的到來有三大原因(李儀坤，2016:20-21)：

- 1.金融海嘯：2008 年 9 月雷曼兄弟連動債風暴衝擊著全球經濟，英美政府檢討此次危機主因來自大型銀行獨佔傳統金融市場，有些銀行的規模大到不允許倒閉，所以 2008 風暴一旦發生，就演變成海嘯。故，世界各國政府開始推動金融改革。金融業原本就是具有資訊服務性質的產業，在一個國家的經濟發展扮演著主導的地位，相較於其他產業，資訊化的接受程度較高。為強化傳統金融體制監理，英美政府透過科技提升金融效率，降低成本，對於 IT 產業介入金融服務，積極面對，加上網際網路濫觴于美國，自然而然，Fintech 金融科技也由美國首先研發，並成形與壯大。
- 2.工業時代邁入網路時代：90 年代正是網際網路崛起的時候，資訊科技蓬勃發展，周邊相關硬體成本逐漸下降，經濟全球化為必然趨勢，加上 2007 年 iPhone 手機到來，行動智慧以旋風似的速度改變顧客產品消費和服務的方式，連銀行業也不例外。傳統銀行業的服務已不能滿足網路新世代的需求，為配合金融市場自由化及國際化，金融科技公司利用 IT 技術研究發展新的金融商品和服務模式。
- 3.含著網路線出生的千禧世代：據 Pew Research Center 統計，代表著網路與行動的千禧世代(1980 以後出生，目前約 18-38 歲)，在美國的人口數已超過嬰兒潮世代，約佔 50%職場人口數、62%主管職(吳琬瑜，2018)。研究者稱這群千禧世代是含著「網路線」出生，因為他們從小就接觸 e

化科技產品，熟習網路交易，生活在資訊年代，日常生活中幾乎所有的事情都習慣用電腦和手機處理完成。這群千禧世代的消費者搭上這股科技的浪潮，他們的個人資本額也許不如嬰兒潮世代的人，但消費習慣及價值觀卻深深影響著未來十年全球的經濟。可預期的是，未來市場的消費主力也將來自這群千禧世代含著網路線出生的消費族群。

另導致 Fintech 備受矚目有三大理由：1. 開放原始碼(Open Source)的進步、2. 雲端虛擬化(Cloud Computing)以及 3. 應用程式介面化(Application Programming Interface，簡稱 API 化)。早期，開發一個新的軟體服務，相當耗時費力，而現在有所謂的開放原始碼(Open Source)，也就是所謂的「函式庫」(Library)，寫程式透過組合程式的方法，讓一般人也可以撰寫程式。再加上伺服器硬體設備金額降低，雲端運算服務先進，應用程式介面普及化，各行各業與日新月異的科技結合之下，產業結構配合行銷手法的轉變而跟著改變，一般人的消費習慣從實體商店轉為網路商店，金融業勢必跟著轉型(洪淳澄，2017：29-33)。

中信銀信用金融執行長劉奕成在《Fintech 金融科技聖經》一書中推薦序亦提到「金融科技的本質還是金融服務，只是運用越來越新的科技來提供新的型態的金融服務」。而科學技術長期以來一直是推動資本市場效率的引擎，金融業務原本就是隨著科技發展而改變服務內容的產業。從〈金融科技發展策略白皮書〉指出，金融技術的增長是一個明顯的趨勢，Fintech 已進入金融服

務的許多領域，從消費、借貸、融資募資、及投資等等，於國內應用可分為電子支付、銀行業、證券業、保險業及虛實整合金融服務等層面。

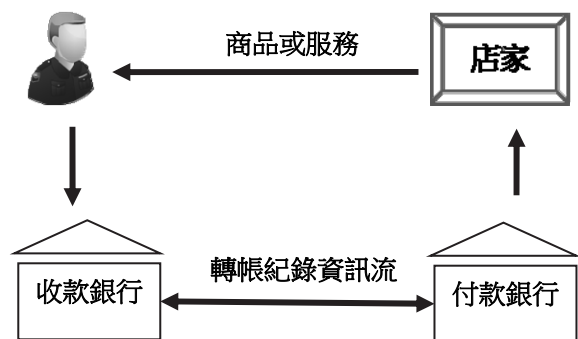
然在中國大陸，Fintech 應用範圍更廣更深，如 B2B 電商金融的阿里巴巴，提供供應鏈融資，解決了中國 70%和 55%中小企業主無法向銀行貸款的問題。更令人咋舌的是，支付寶的母公司「螞蟻金服」，「螞蟻金服」是 2013 年阿里巴巴集團所籌備小微金融服務集團，2014 年正式命名為「螞蟻金服」，2017 年時這家公司的電商金融已經超過銀行，跨越到保險業、第三方支付、網路基金、甚至於證券業。旗下業務，更是橫跨餐飲、超市、KTV 和個人徵信業務，其中，個人徵信業務也就是大陸有名的「芝麻信用」，「芝麻信用」利用透過雲端運算、大數據、AI 等技術分析與評估消費者的信用，換句話而言，透過上述技術替消費者個人的信用打分數(曹磊、錢海利，2016：47-50)。

從 Fintech 各種金融服務發現，以消費付款這塊交易額和使用頻率最高，相對地，也最具商機。據 Gartner 研究機構調查，2016 年全球行動支付交易規模已到 6,170 億美元，Juniper 研究機構更預測到 2019 年，交易額更高達 4.7 萬億美元，PayPal 每秒支付 7,001 美元的付款；星巴克手機支付的美元金額已超過了美國最小 1,000 家銀行合計美元的存款額(Valentine, 2014)。行政院預估 2025 年臺灣行動支付普及率將達 90%，無現金社會即將到來。因此，本研究以北水處行動支付為研究個案，探討其未來發展趨勢。

(二)行動支付類型解析

早於古文明時代，人類的支付交易模式就以各種樣貌呈現，從早期以物易物、貝殼金屬貨幣、進展到紙鈔硬幣，及近期的信用卡(又稱塑膠貨幣)。隨著電子科技突飛猛進，各種電子支付工具如雨後春筍般百花齊放，目前技術分為「遠端支付」和「近端支付」，本節中除第 1 項為「遠端支付」，餘皆為「近端支付」：

1. 網路銀行：早期消費者透過個人電腦瀏覽器，從固網連至各家網路銀行進行金融轉帳服務，也就是收付款的電子資訊交換(EDI, Electronic Data Interchange)，網路銀行類似虛擬 ATM，買賣雙方藉由彼此信賴機制完成交易，此部分技術係為「遠端支付」，如圖 1。



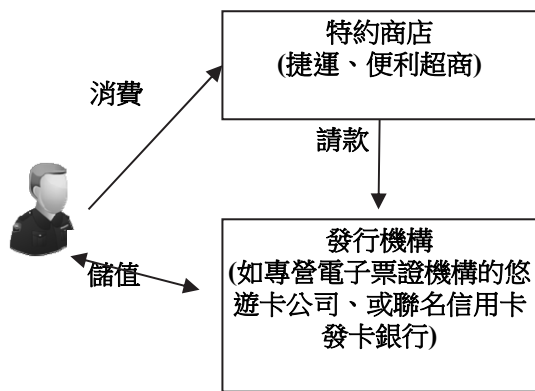
資料來源：研究者繪製

圖 1 網路銀行轉帳金流圖

「遠端支付」行之有年，發展模式也相對成熟，已經從固網時代演進到「遠端的行動支付」，也就是消費者無論透過筆電、個人電腦或手機，只要能連網，無論是進行網路轉帳或繳款，或是刷卡、甚至於在第三方支付電子商務網路進行網購等等金流交易，均屬遠端的行動支付。

2. 電子票證:依據「電子票證發行管理條例」第 3 條第 1 款規定，電子票證係指「以電子、磁力或光學形式儲存金錢價值，並含有資料儲存或計算功能之晶片、卡片、憑證或其他形式之債據，作為多用途支付使用之工具」。其實有點類似早期的電子錢包，將實體現金虛擬化，儲值在晶片卡上，結帳時，透過感應讀卡機感應卡片完成結帳作業。早期電子票證只能作為交通運輸自動扣款，其最重要的轉類點，為 2009 年相關管理條例通過，電子票證允許在小額市場中進行多用途消費，如便利商店 icash 卡、星巴克卡、摩斯卡或義美卡等等各商家儲值卡。

目前電子票證儲值卡片分兩大類：Philip 研發的 Mifare 卡片，如台北的悠遊卡、北京的一卡通、漢城 T-money 等採用此種卡片；另一種是 Sony 研發的 Felica 卡片，如台北的 icash、東京的西瓜卡(Suica)。上述卡片所採用的技術均為 RFID (Radio Frequency Identification, 無線射頻辨識)(王晉元, 2014)。台灣礙於法令關係，電子票證只限儲值和付款，可支付水電費、停車費、醫藥費等，不能進行轉帳等其他功能；而在中國大陸，除了跟台灣一樣可以支付相關費用外，還可以提款和轉帳。當電子票證具有電子錢包功能時，就屬於行動支付的一種，2018 年 7 月 15 日經濟日報指出，截至 5 月底電子票證流通卡數總計 9,987 萬張。平均每個人有 2 至 3 張電子票證，最常為國人使用的莫過於捷運悠遊卡。而這些電子票證金流模式為現金儲值，先付款後消費。而這些儲值卡目前台灣大眾最普遍使用的一種行動支付模式如圖 2。



資料來源：研究者繪製

圖 2 電子票證運作簡易金流圖

2017 年悠遊卡公司在 WCIT 世界資訊科技大會，推出了兩款虛擬悠遊卡：手機悠遊卡和數位悠遊卡。將電子票證與手機結合一體，消費者只要安裝 APP，手機就可以跟實體悠遊卡一樣功能。手機悠遊卡 APP 採用綁定金融卡，無須儲值，所使用的感應技術為藍芽，故只有具有藍芽手機，無論 IOS 或 Android 系統均可以使用，相對地，商家感應器，也必須具備藍芽功能方可完成交易。而數位悠遊卡，則是採用掃描條碼或 QR_code 方式完成支付交易(蘇文彬，2017)。

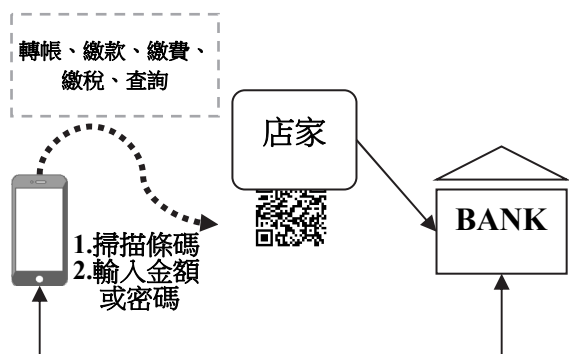
3. 手機信用卡：過去，申辦信用卡既昂貴又複雜，必須在銀行先開立帳戶，更早期時，還必須購買或租賃讀卡器，並支付設置費用，以及每次刷卡手續費。直到後期，市場刷卡量大時，交易費才由特約店家吸收，例如消費者刷卡金額 100 元，其中 2% 為手續費，故特約商店只收到貨款 98 元，該 2% 手續費又分別交由發卡銀行(1.5%)、清算中心(0.05%)及收單機構(0.45%)。當消費者所持有的卡片愈來愈多時，加上指尖經濟萬物皆聯網的時代到來，卡片進展到行動裝置，未來邁向「無卡」社會勢在必

行。基本上，信用卡交易的模式不變，只有介面改變，無論是 Apple Pay、Samsung Pay、Google Pay，只要下載各家銀行提供行動支付的 APP 綁定該銀行的金融卡或信用卡(無論 VISA、Master 或 JCB)，爾後手機便可取代信用卡，讓整個消費過程變得更容易，更便宜，更具移動性。

而其限制條件為手機必需具備有 NFC(Near Field Communication，近距離無線通訊)功能，此種近端支付行動技術係從 RFID 演變而來，感應距離 20 公分內，雖然傳輸距離不如 RFID 和藍芽，但因為設定簡單，保密性與安全性也較高，故目前多應用在電子標籤、行動裝置和虛擬卡片。目前台灣已經超過 17 家銀行提供手機信用卡機制，申請時，手機款式必須為 4G 以上，到電信業者更換為 NFC 專用 Sim 卡，且需重新申請一張虛擬信用卡後再下載銀行業者搭配專屬 APP。消費時，商家也需具有 NFC 感應裝置方可結帳。單筆金額臺幣 3,000 以內，免簽，超過臺幣 3,000 元，為了安全起見，採雙步驟認證，如物理身分認證(如指紋辨識)的手機，及密碼或圖形認證。

4. 智慧錢包/行動錢包：目前電信業者也加入行動錢包戰局如中華電信的 Hami Wallet、遠傳電信的 friDay、台灣大哥大的 Wali 智慧錢包等。然上述電信業者所提供的行動錢包支付，仍需配合 NFC 行動手機，這部分限制行動支付的推廣性。有鑒於此，部分業者將其改良，目前國內外普及性較高行動支付以掃描支付居冠。消費者可以透過自己的行動載具，無論是手機、平板電腦、智能手錶等等，下載 APP，此 APP 藉

由「掃描條碼」功能(QRcode 或一二維條碼)，讓未具 NFC 功能手機的用戶，也可使用 Wallet(如圖 3)。



資料來源：研究者繪製

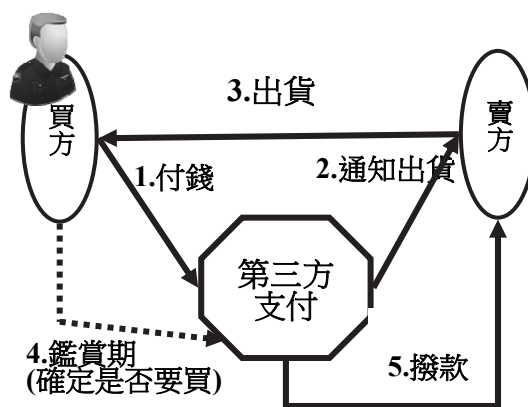
圖 3 行動錢包掃碼簡易金流圖

5.載具支付：跨出手機介面的載具行動支付計有 Apple Watch、Fitbit Pay、Garmin Pay 等等，同時具有信用卡與電子票證付款功能。以滿足消費者出外測量運動時，無須帶錢包，即可進行小額消費或搭乘大眾交通工具。其功能依舊需下載 APP，綁定銀行信用卡。業者為了避免手錶遺失被盜刷，付款時，手錶必須配戴在手上，智能手錶會自動偵測是否與肌膚接觸，換言之，手錶拆下時是無法進行交易，手錶會自動上鎖停止付款功能，唯有重新戴上輸入密碼時，才可完成交易(Cooper, 2014)。這也是業者考量個資安全與防止犯罪的另一道防線。

6.第三方支付：在臺灣，目前各種行動支付的代名詞，可說是五花八門，從各大銀行、電信業者、電子商務、遊戲公司、通訊平台、手機廠商等等，搞得消費者可是霧裡看花眼花撩亂。行動支付業者當中以美國 1998 年 12 月成立的 PayPal 公司為全球最

大，中國大陸則是 2003 年 10 月成立的「支付寶」市占率最為普及(李儀坤, 2016:52-57)。

第三方支付興起的原因，主要為網路購物普遍化、小額自營商上網開店，為避免網路購物糾紛而興起的新興行業。換言之，為避免買方付錢後，收不到貨物，也避免賣方送出貨物後，收不到貨款，其所有交易均交由電子商務業者或具有信用的第三方，擔任買賣雙方的中介角色；買方上網購物後付出款項，交到第三方支付平台，平台確認收到貨款後，通知賣方出貨，等買方收到貨物後，平台此時才將貨款交給賣方，以確保交易過程中安全的保障(如圖 4)，目前已經進階到買方鑑賞期結束後，才會將貨款交給賣方：例如中國大陸的支付寶、微信支付、QQ 錢包和美國的 Paypal，及韓國的 Line Pay 等等均為第三方支付平台的電商代表。



資料來源：研究者改自盧·納特，2017：18

圖 4 第三方支付金流圖

四、案例探討

(一)多元繳費歷程背景

民國前，大臺北地區的自來水收費方式



以「計口」為主，「計量」為輔。從民國 13 年推行全面裝設水表，奠定了正確計量用水的基礎。民國 50 年，採人工集中抄表收費，58 年臺灣正開始基礎建設，政府鼓勵民眾存款業務，北水處開辦郵局或金融機構代繳水費。80 年取消收費員到府現場收費，83 年手抄機取代抄表簿，從此，正式步入水費 e 化年代。後經網際網路起飛，政府鼓勵「少用馬路，多用網路」，正式開啟水費多元繳費的年代，此乃水費行動支付前身。

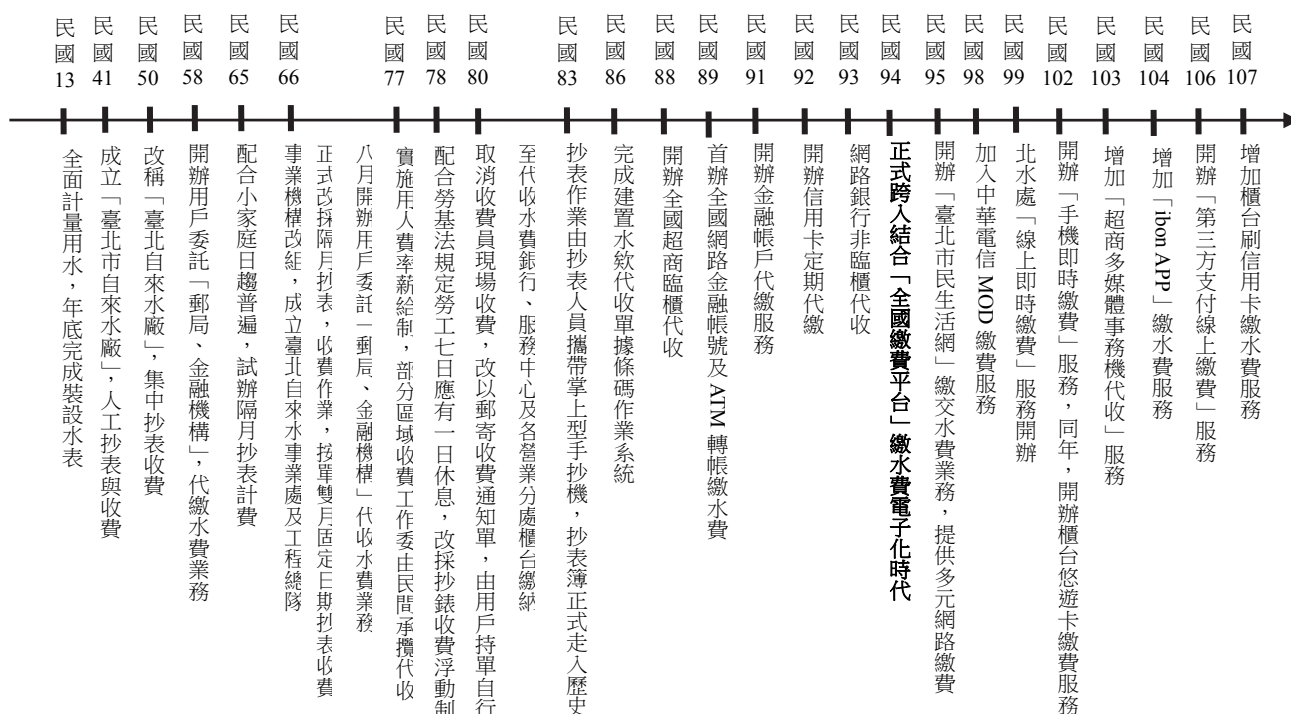
(二)解析多元繳費管道

為提供更親民便利的繳費服務，北水處提供多元管道繳交水費，計有金融機構代繳、銀行超商代收、信用卡、電話語音轉帳、網路、ATM、郵寄、臨櫃、手機 APP、超商

多媒體事務機、MOD 等等各種繳費方式。

本研究統計資料以 2018 年 1-6 月為例，北水處多元繳費前三名分別為：1. 超商代收，含臨櫃及 MMK 繳費件數，2. 金融帳戶，3. 信用卡代繳(詳圖 6)。繳費管道排名完全符合大臺北地區都會型社會結構，因公用事業繳費頻率大多固定，都市型家庭多半雙親工作，需方便的繳費管道，如大街小巷都有的超商，或直接用帳戶扣抵水、電費等公用事業費用。

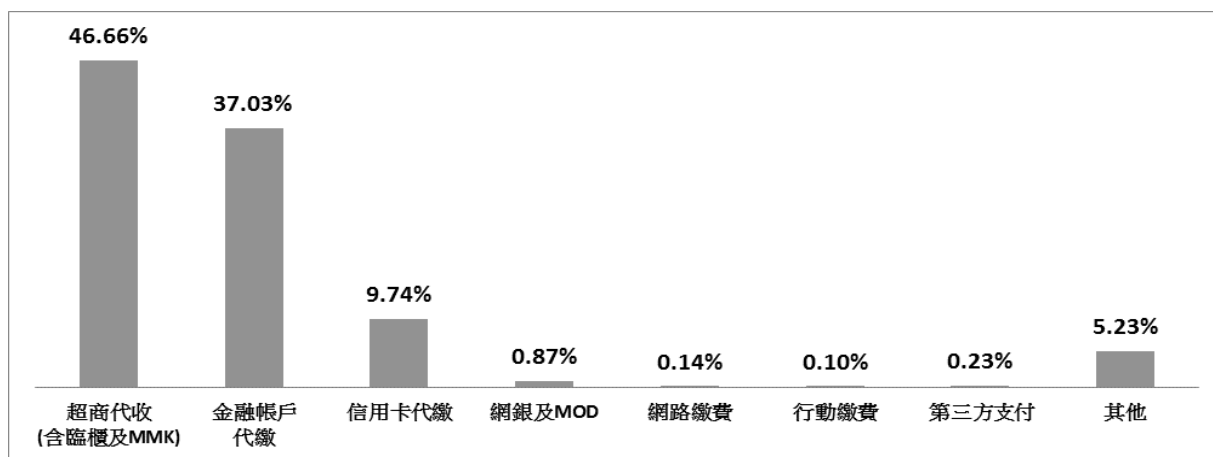
而北水處網路繳費，均由官網直接連到全國繳費網平台繳費，該平台早於 93 年建置完成，提供多項公用事業費用的繳費服務；北水處行動繳費部分，也是透過該處行動 APP，連結至全國繳費網站。鑒於行動網



資料來源：自來水 80 年、北水處資訊室帳務股，研究者自行整理繪製

圖 5 北水處多元繳費歷程圖

超商代收 (含臨櫃及 MMK)	金融帳 戶代繳	信用卡代繳	網銀及 MOD	網路繳費	行動繳費	第三方支付	其他
46.66%	37.03%	9.74%	0.87%	0.14%	0.10%	0.23%	5.23%



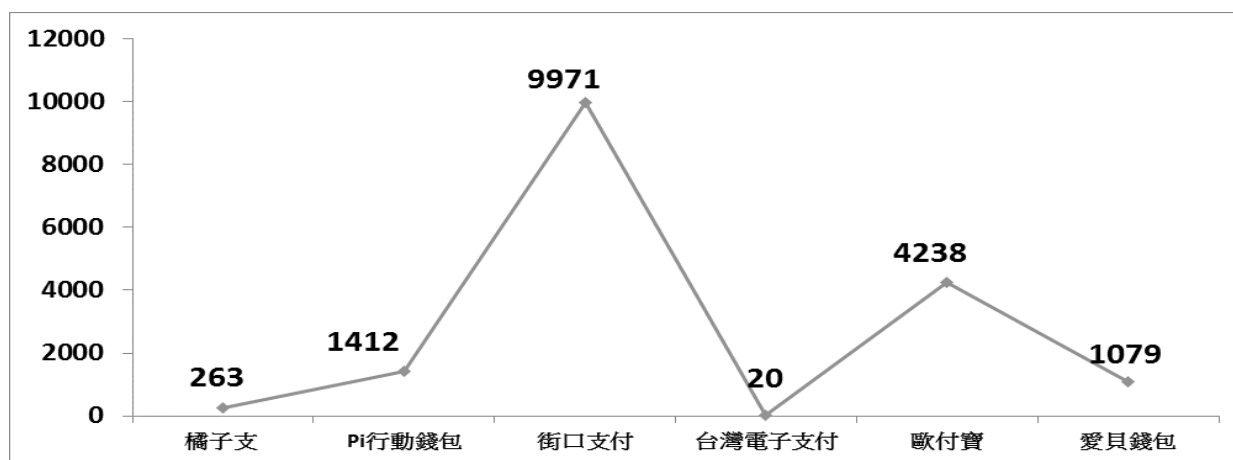
資料來源：北水處資訊室帳務股，研究者自行整理繪製

圖 6 107 年 01~06 月北水處多元繳費統計

	105 年		106 年		107 年 1-6 月	
	總件數百分比	收費件數	總件數百分比	收費件數	總件數百分比	收費件數
網路繳費	0.09%	8,203	0.11%	10,177	0.14%	6,207
行動繳費	0.05%	4,450	0.06%	5,745	0.10%	4,514
第三方支付	-	0	0.09%	8,399	0.23%	10,320

資料來源：北水處資訊室帳務股，研究者自行整理繪製

圖 7 105~107 年北水處行動繳費統計



資料來源：時間 106/06/25~107/06/27，北水處資訊室帳務股，研究者自行整理繪製

圖 8 北水處第三方支付繳費件數統計

路普及，該全國繳費網平台於 103 年也推出 APP 服務。從進一步分析行動繳費近 3 年件數(圖 7)，統計資料發現，105 年到 106 年北水處網路繳費成長 24%，可預期的是，107 年件數勢必大幅成長。

有關第三方支付部分，北水處採用臺北市政府智慧支付平台 Pay.taipei(106 年 6 月 25 日上線)。Pay.taipei 與五大電信業及橘子支、Pi 行動前報、街口支付等 6 家支付業者合作，無論是電腦還是手機 APP，均可透過此平台進行繳費，然目前只先開放 Android 版本。電腦版民眾，輸入帳單水號即可讀取水費，而手機 APP 版民眾，可透過手機掃條碼讀取水單資訊，選擇以儲值現金、金融卡或信用卡繳費均可，從圖 8 發現，目前第三方支付中，民眾選擇街口支付繳水費的件數最高。

從數據得知，同樣是行動支付，第三方支付件數高於行動繳費 APP 件數。研究者分析其主要原因在負責家中基本開銷的責任，漸漸落在喜歡使用手機網路處理一切事務的千禧世代，而另一個原因在於，目前無論政府或各大業者，為能抓住行動支付使用者，紛紛推出各種優惠如現金消費回饋、點數回饋、抵用金、街口幣等等吸引消費者，主要目的在於希望能黏住顧客群。

五、結論

金融制度發展若以中國歷史為背景，第一次金融革命起源於公元前 220 年，秦統一六國，以秦幣統一經濟，人類開始使用金屬礦產如金、銀、銅、鐵，官府鑄造硬幣，統一規格與重量，讓金屬貨幣取代貝殼貨幣，

貝幣正式走入歷史；第二次金融革命始於北宋，鑒於當時金屬貨幣不方便性，及礦產供應量不足，市場開始採用紙幣取代金屬貨幣；第三次金融革命即是 21 世紀的 FinTech，在網際網路年代(曹磊、錢海利，2016:16)，當金融遇上科技，顛覆式的創新，激盪出化學效益，互聯網+金融，加速金融科技的發展。

Fintech 自金融危機之後，發展已超過 10 年；未來幾年，可預期的是，金融技術增長是一個明顯的趨勢，在此趨勢下勢必伴隨著金融服務改革，而且是顛覆性的創新與革命。研究者認為，造成這樣趨勢最重要的原因來自於「用戶端需求的變化」。早期，銀行業「用戶端」的主要客戶多為戰後嬰兒潮的人們(1965 年前出生)，這群客戶成長過程中，並未受到網路科技的深遠影響。相對地，接續戰後嬰兒潮的是「含著網路線出生」的千禧世代，目前全球產業重心，也繞著千禧年世代的需求為發展核心，而這些科技業的技術領導者也正是千禧年世代中的佼佼者，這群佼佼者正利用科技透過技術，尋求及實現更高水平的服務。新的技術迅速改變顧客消費其所有產品和服務的方式，不單是銀行，任何行業也不例外，特別是服務業。

以為民服務角度而論，政府正是最大的服務業。在臺灣，Fintech 法律面金融科技相關條例，政府業帶頭積極制定完妥，而有關服務面部分，無論是發展或技術層面，正即起直追，需靠各方領域通力合作。這是一個被科技塑造的時代，在人類歷史上，從未見

過科技改變人類日常生活中有如此大的影響，我們正站在時代的浪潮上；我們必須從這樣的背景了解所處的環境，進而從顛覆性的創新與革命中，重新思考，如何發展屬於自己的業務型關鍵創新服務：

(一)緊抓核心競爭力：正常的水費收入是保障自來水事業正常營運重要來源，水費上下流處理均為重要關鍵型業務。除了硬體須提升效能外，資源配置亦同步改良。讓上下流每一個關卡均能無縫接軌，為能達到此目標，有必要重新審視系統中每個單元，必要時拆裝重組，讓關鍵性系統能更快速更安全完成水費交易。

(二)加強用戶自主性：目前「水費系統」繳費服務均為「靜態」支付服務，為能將「靜態」支付服務轉為「動態」支付服務，除改善水費系統處理效率外，還需提升網路技術水準。而「靜態」支付服務與「動態」支付服務差別為何？主要差別在於「動態」支付服務，結合大數據或雲端技術，分析客服中心資訊，讓「帳務服務」轉向「客戶服務」。當用戶查詢水單或進行繳費動作時，系統精益求精，推出一些關鍵性建議，供用戶自主管理水量。

(三)結合分析大數據：鑒於千禧世代為全球最主要的消費者，我們需要不斷提升網路使用便捷性，傳統的技術已無法因應這群用戶的需求，透過用戶使用網路行為，利用大數據快速分析龐大的資料

量，以提供決策者更準確的方向。

(四)資訊安全為上策：爾後是一個從抄表到繳費，所有作業完全行動網路化的年代，伴隨著組織和用戶對網路與電腦重度依賴下，資訊安全更需加倍重視與防範。未來的資訊犯罪，已不是單純的金錢上的損失，緊接在旁的是，影響用戶身譽或組織營運管理問題。

參考文獻

- 1.Cooper(2014)。邊走邊付款成真 手表支付來了。2018年8月11日取自TechNews科技新報，網址：<http://technews.tw/2014/09/11/apple-watch-and-apple-pay/>
- 2.王晉元(2014)。電子票證與電子收費系統簡介。2018年8月5日取自國立交通大學開放式課程網站，網址：http://ocw.nctu.edu.tw/course/its031/its_lec10.pdf
- 3.行政院新聞傳播處(2018)。《金融科技發展與創新實驗條例》，2018年7月25日取自行政院網站，網址：<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/aa4a0c9d-14be-4664-ac59-fc74a056d1fd>。
- 4.吳琬瑜(2018)。別把千禧世代當小孩，2018年7月27日取自天下雜誌664期網站，網址：<https://www.cw.com.tw/article/article.action?id=5088926>。
- 5.李儀坤(2016)。Fintech2.0：金融結合科技，即將顛覆金融業的遊戲規則！。臺北:凱信企業集團-凱信企業管理顧問有限公司出版。
- 6.洪淳溦譯(2017)。FinTech跟我有什麼關係？16個核心觀念×40張簡明圖解，輕鬆看懂FinTech，快速了解FinTech怎麼讓生活更便利，Yosuke Tsuji、Money Forward社長暨CEO原著。臺北:城邦文化事業股份有限公司。

- 7.唐祖蔭、陳世杰、劉奕吟譯(2016)。Fintech金融科技聖經。臺北:商業週刊出版部。
- 8.曹磊、錢海利(2016)。FinTech金融科技革命：網路金融新體系，改變你我消費、理財、保險與借貸的未來。臺北:商業周刊出版。
- 9.曾雲(2018)。完全解讀5G大未來。數位時代，287，頁47。
- 10.盧·納特(2017)。行動支付大解構：掌握新消費習慣。臺北：四塊玉文創有限公司。
- 11.蘇文彬(2017)。悠遊卡再進化：手機悠遊卡、數位悠遊卡在WCIT亮相。2018年8月6日取自iThome 網站，網址：<https://www.ithome.com.tw/news/116806>
- 12.Valentine, Lisa (2014).Payments in their sights：How banks can stay relevant in the high-stakes payments game. ABA BANKING JOURNAL(9),24-28.

作者簡介

周麗娟小姐

現職：臺北自來水事業處西區分處抄表股股長

專長：專案管理、用戶服務

版梁柱式矩形水池設計之探討

文/曾浩雄

一、採用矩形水池之原因

鋼筋混凝土水池原則上分為圓形及矩形兩大類。在結構觀點上固然採用圓形水池比同容量之矩形水池較為經濟。但有時因場地配置或功能上之需求，不得不採用矩形或方形水池，例如有數座水池必須連成一組以減少水池間之配管，並避免重複建造池牆，或為節省占地面積之情形下，均宜採用矩形或方形之構造。

二、水池之構成及其必要性

由於池牆底端之力矩與池深之三次方成正比；而水池頂板之端點力矩亦與其寬度之平方成正比。因此一般水池深度都在 5 至 6 公尺以內；而寬度亦均約在 6 公尺以內。若以此原則計算，則單一水池之容量只約為 $6\text{m} \times 6\text{m} \times 6\text{m} = 216\text{m}^3$ 。因此容量大於 216m^3 者勢必合併若干單獨水池形成多池組合式水池，此乃容量大之水池必須採用版梁柱式水池之原因。

多池組合式水池只需外牆並不需內牆（導流牆並非抵抗因水壓產生力矩之構件）。水池之容量可無限擴大，其所形成大面積之頂版由其下方之梁及柱子支撐，形成有版有梁有柱之水池這種水池稱之為版梁柱式水池。

茲以設計一座 $1,600\text{m}^3$ 矩形平頂水池為例，藉以詳細探討其設計要點、步驟及其應注意之事項如下：

三、結構設計法

目前結構設計法有兩種：1.工作應力法(Working Strength Method)，以此法計算者，其結構之安全性是藉由容許應力之限制，將其所使用之鋼筋混凝土之極限強度降低為 $f_c=0.45f_c'$ ，因此其安全係數達 $1/0.45=2.22$ 。2.極限應力法(Ultimate Strength Method)，以此法計算者，其所使用之鋼筋混凝土強度並不打折，而是將計算其應力荷重予以倍數化為基礎。亦及其安全係數係來自加大外力之倍數。以構件承受彎曲力矩為例，工作應力法係以 $M = M_d + M_L$ 計算，而極限應力法則採用 $M_U = 1.4M_d + 1.7M_L$ 。

本文之實例係採用工作應力法計算，因為該法係遵守虎克定律(Hook's Law)，較極限強度法更能求得較為明確的應力分佈情況，進而了解構造物之應變情形，也因此構造物之設計才能確實控制其最大應力處之龜裂於極小。

四、水池各主要構件之尺寸

假設水池各主要構件之尺寸如下：

池高=5.0m，出水高(Free Board)=0.6m，有效水深=4.4m，牆厚=45cm(台水公司規定至少 30cm)，頂版厚=15cm，池內支柱(寬*長)= $0.55\text{m} \times 0.55\text{m}$ ，外柱及角隅柱= $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 。柱與柱之淨跨距=6m，水池以三跨度剛架構成，其每一邊(外牆)之總長= $6\text{m} \times 3 + 0.5\text{m} \times 4 = 20.0\text{m}$ ，池牆埋入地面=1.0m，水池底版厚度=45cm(台水公司規定至少 40cm，而且必須採用筏式底版)。

- 3.水池容量=(6m*3支+0.5*2支)^2*4.4m (水深)
 =1,588.4m²。
 4.池之平面配置詳如圖 1 所示。

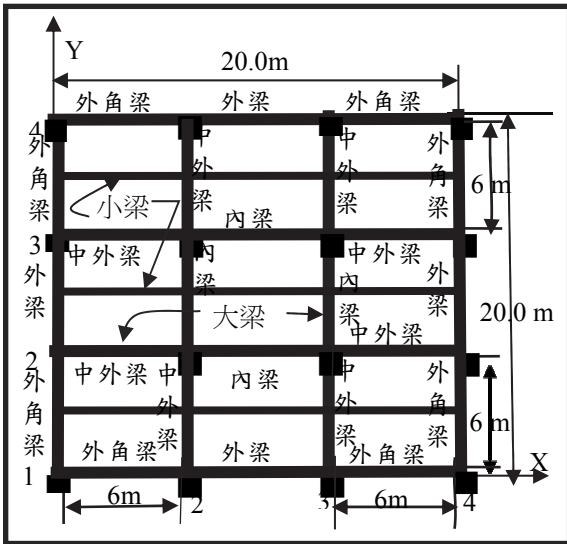


圖 1 矩形水池平面配置圖

五、材料應力

- (一)鋼筋混凝土(RC)之強度=245 kgf/cm²。RC 之密度 $\gamma=2.4 \text{ T/m}^3$ 。無筋混凝土 PC 之 $\gamma=2.3 \text{ T/m}^3$ 。
 (二)長期應力：
 1.混凝土：壓應力=110 kgf/cm²、拉應力=22.5 kgf/cm²、有腰筋剪應力=22.5 kgf/cm²，版、基礎剪應力=9 kgf/cm²。
 2.鋼筋：拉應力 16mm ϕ 以下(含)： $f_y=1400 \text{ kgf/cm}^2$ ， $a=0.0122$ 。K=18.44； $f_y=19\text{mm } \phi$ 以上(含)：1700 kgf/cm²， $a=0.0148$ 。K=18.66。握裹應力=12.36 kgf/cm²。
 (三)本文提及之力學計算公式均依據[結構力學設計手冊]^[1]所列之公式。

六、長期應力

(一)頂版荷重之分配

- 1.頂版之荷重可有兩種分配法：
 (1)由最接近之小梁或大梁承擔(如圖 2 之左)，在小梁上之荷重為梯形，在大梁上之荷重為兩個三角形。
 (2)全部由小梁承擔(如圖 2 之右)，在小梁上為矩形(均佈)荷重，而小梁上之荷重轉為集中荷重由大梁承擔。

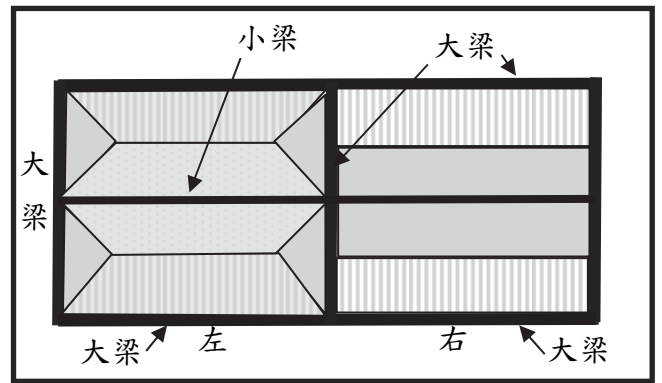


圖 2 頂版荷重之分配圖

- 2.就實際情況而言應採用上述之(1)者；惟在應力計算上較為麻煩，因此一般在計算小梁之應力時，大都採用(2)者。
 3.短期應力可提高原有容許應力之 1/3。
 4.土壤之密度、承載力，摩擦係數及安息角，均依實際地質鑽探結果而定。

(二)頂版之設計

- 1.就圖 2 之右而言，頂版單位面積之總荷重=靜載重($\omega=2.4 \text{ T/m}^3 * 0.15\text{m 厚}$) + 活載重 (0.3T/m^2) = 0.66 T/m^2 。
 2.由池牆及小梁支撐之頂版可分為：(1)兩邊自由端；兩邊固定端、(2)一邊自由端；三邊固定端(3)三邊自由端；一邊固定端及(4)四邊固定端。
 3.本文以四邊均為固定端設計之，其係數如表 1。

表 1 雙向版力矩係數表

短跨度		長跨度 (全部)	
m 值	1.0		0.5
負力矩之 C 值	-0.033	-0.083	-0.033
正力矩之 C 值	0.025	0.062	0.025

4.頂版力矩之計算一般係採用美國規範，先求頂版短邊與長邊(淨跨距)之比值 $\lambda = \ell X / \ell Y = 3m / 6m = 0.5$ ，因不小於 0.5，故得以雙向版計算其力矩。

5.由表 1 可得短邊之正、負力矩係數 C 分別為 0.062 及 -0.083， $M = C * \omega \ell^2$ ，求得短邊之正力矩 $M+ = 0.062 * 0.66 \text{ T/m}^2 * (3m)^2 = 0.368 \text{ T-m/m}$ ；負力矩為： $M- = -0.083 * 0.66 \text{ T/m}^2 * (3m)^2 = -0.493 \text{ T-m/m}$

七、小梁之應力

- 1.小梁負擔荷重之範圍及其長方形面積 $A = (1.5m * 2 \text{ 邊} * 6m = 18m^2)$ (如圖 3)。
- 2.活載重 $= 0.3 \text{ T/m}^2 * 1.5 * 2 = 0.9 \text{ T/m}$ 。
- 3.頂板靜載重 $= 2.4 \text{ T/m}^3 * 0.15m (\text{厚度}) * 1.5 \text{ m} (\text{寬度}) * 2 \text{ 邊} = 1.08 \text{ T/m}$ 。

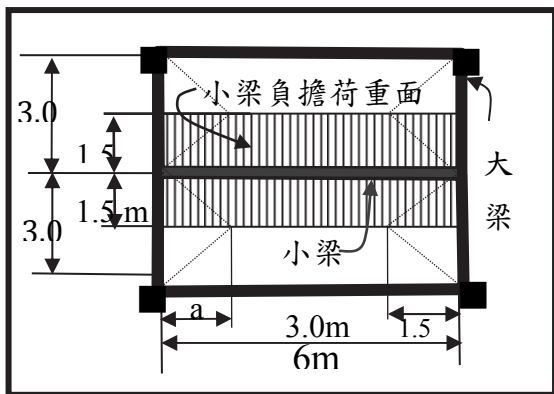


圖 3 小梁承受垂直荷重面積示意圖

4.X、Y 剛架上不同形式之荷重(梯形及三角形)，若故意去掉 Y 向之小梁，其結果會造成 X、Y 剛架上大梁之端點力矩相差非常

大(約 1 比 10.21)。因此正確的設計方法，仍應在 Y 剛架上加設小梁。

八、大梁與柱之應力分析

大梁與柱子結合在一起，其接點所產生力矩之大小，會因兩者剛度之比值而互異。而且其所承受之應力除了垂直荷重外，尚承受因地震所產生之水平力。因此大梁與柱子所承受之應力須以剛架(Rigid Frame)加以分析。

(一)構成剛架梁柱之種類

依梁柱在剛架所占的位置可分為：外梁、外內柱及角隅柱。依方向(縱、橫向)及形狀：T(┌)梁、L 形梁、柱、角隅柱及正方形柱，分別如圖 4 之①、②、③、④及⑤。

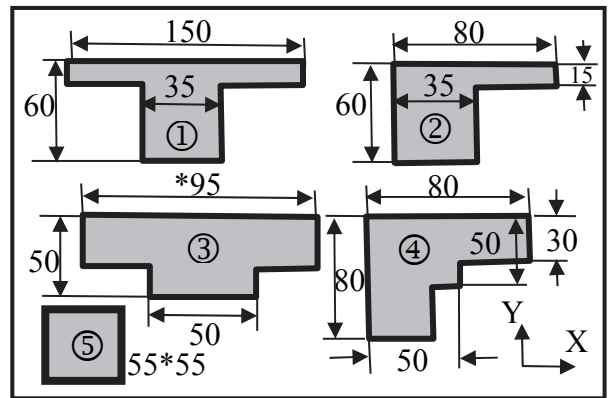


圖 4 梁與柱之斷面示意圖(單位：cm)

(二)梁、柱之原始慣性力矩 I0 值

- 1.矩形之梁柱其 $I_0 = b * D^3 / 12$ (忽略鋼筋之影響)。梁之 $I_0 = 35 * 60^3 \text{ cm}^4 / 12 = 630,000 \text{ cm}^4$ ；內柱之 $I_0 = 55 * 55^3 / 12 = 762,552 \text{ cm}^4$ ；外柱 T、┌ 形及角隅柱之 $I_0 = 50 * 50^3 / 12 = 520833 \text{ cm}^4$ 。
- 2.T 形梁及具有牆壁、柱等各種形狀之外柱，其構件斷面力矩之精確算法，須加計其樓

版或牆壁部分之有效淨寬 B(各先進國家都有其特定之規範)。

3. 設池牆厚度=45cm，本文採用美國 A.C.I. 之規範：(1) $B=16t+b=16*15\text{cm}+45\text{cm}=285\text{cm}$ ；(2) $B=\ell_y$ (兩面版之中心距離) =600cm；(3) $B=\ell_x/4$ (構件之長度) $B=600\text{cm}/4=150\text{cm}$ ，三者中取其最小值 $B=150\text{cm}$ 。(詳如「鋼筋混凝土建築結構實用計算法」[1](以下簡稱書 1)，第二章。

(三)梁、柱之慣性力矩修正值 ϕ_0

1. T 形梁： $B=150\text{cm}$ ， $b_1=B/b=150\text{cm}/35\text{cm}=4.286$ ， $t_1=t/D=15\text{cm}/60\text{cm}=0.25$ 。
2. 可用下列公式求得：
- $$\alpha=1+(b_1-1)*t_1^3=1+(4.286-1)*0.25^3=1.05$$
- $$\beta=1+(b_1-1)*t_1^2=1+(4.286-1)*0.25^2=1.21$$
- $$\gamma=1+(b_1-1)*t_1=1+(4.286-1)*0.25=1.82$$
- $$\phi_0=4\alpha-3*\beta^2/\gamma=4*1.05-3*1.21^2/1.82=1.81$$
3. L 形梁之 $B=3t+b=3*15+35=80\text{cm}$ 。
- $$b_1=B/b=80\text{cm}/30\text{cm}=2.67$$
- $$t_1=t/D=15\text{cm}/60\text{cm}=0.25$$
- $$\alpha=1+(b_1-1)*t_1^3=1+(2.67-1)*0.25^3=1.03$$
- $$\beta=1+(b_1-1)*t_1^2=1+(2.67-1)*0.25^2=1.10$$
- $$\gamma=1+(b_1-1)*t_1=1+(2.67-1)*0.25=1.42$$
- $$\phi_0=4\alpha-3*\beta^2/\gamma=4*1.026-3*1.10^2/1.42=1.55$$
4. 卜形 X 梁之 $B=3*15\text{cm}+50\text{cm}=95\text{cm}$ 。
- $$b_1=B/b=95\text{cm}/50\text{cm}=1.9$$
- $$t_1=t/D=15\text{cm}/50\text{cm}=0.3$$
- $$\alpha=1+(b_1-1)*t_1^3=1+(1.9-1)*0.3^3=1.024$$
- $$\beta=1+(b_1-1)*t_1^2=1+(1.9-1)*0.3^2=1.08$$
- $$\gamma=1+(b_1-1)*t_1=1+(1.9-1)*0.3=1.27$$
- $$\phi_0=4\alpha-3*\beta^2/\gamma=4*1.024-3*1.08^2/1.27=1.34$$
5. 正方形柱之 ϕ_0 值=1。
6. 卜形柱之 $B=150\text{cm}$ ， $b=50\text{cm}$ 。

$$b_1=B/b=3.0$$

$$t_1=t/D=30\text{cm}/50\text{cm}=0.6$$

$$\alpha=1+(b_1-1)*t_1^3=1+(3-1)*0.6^3=1.43$$

$$\beta=1+(b_1-1)*t_1^2=1+(3-1)*0.6^2=1.72$$

$$\gamma=1+(b_1-1)*t_1=1+(3-1)*0.6=2.2$$

$$\phi_0=4\alpha-3*\beta^2/\gamma=4*1.43-3*1.72^2/2.2=1.68$$

7. 卜形柱之 $B=2*30+50=115\text{cm}$ 。
- $$b_1=B/b=115\text{cm}/50\text{cm}=2.3$$
- $$t_1=t/D=30\text{cm}/50\text{cm}=0.6$$
- $$\alpha=1+(b_1-1)*t_1^3=1+(2.3-1)*0.6^3=1.28$$
- $$\beta=1+(b_1-1)*t_1^2=1+(2.3-1)*0.6^2=1.47$$
- $$\gamma=1+(b_1-1)*t_1=1+(2.3-1)*0.6=1.87$$
- $$\phi_0=4\alpha-3*\beta^2/\gamma=4*1.28-3*1.468^2/1.87=1.66$$
8. 角柱 X、Y 向之 $B=50\text{cm}+30\text{cm}=80\text{cm}$ ， $b=50\text{cm}$ ， $b_1=B/b=80/50=1.6$ 。 $t_1=t/D=30\text{cm}/50\text{cm}=0.6$ 。
- $$\alpha=1+(b_1-1)*t_1^3=1+(1.6-1)*0.6^3=1.13$$
- $$\beta=1+(b_1-1)*t_1^2=1+(1.6-1)*0.6^2=1.22$$
- $$\gamma=1+(b_1-1)*t_1=1+(1.6-1)*0.6=1.87$$
- $$\phi_0=4\alpha-3*\beta^2/\gamma=4*1.13-3*1.22^2/1.87=2.13$$

(四)梁與柱之剛比常以一定值作為標準剛度 (K_0)，通常 $K_0=1,000\text{cm}^3$ 。梁、柱之 I 值(單位： cm^4)及剛度(柱之 $K=I/h$ ；梁之 $K=I/\ell$ ，其單位均為 cm^3)。

(五)簡化剛比

1. 進一步將方形內柱之剛比 k 定為 1；則(1)T 形梁之 $\bar{k}=1.9/1.27=1.5$ ；(2)卜形梁 $\bar{k}=1.41/1.27=1.11$ ；L 形梁 $\bar{k}=1.58/1.27=1.24$ 。(3)T 形柱之 $\bar{k}=1.44/1.27=1.13$ 。(4)卜形柱之 $\bar{k}=1.46/1.27=1.15$ ；(5)角偶柱 $\bar{k}=1.85/1.27=1.46$ 。
2. 梁對柱之剛比至少在 1.00 以上；最好使 \bar{k} 在 2.00 左右。梁柱之剛度比整合如表 2。

(六)有效剛比

1.當構件固定端受力後；另一端亦為固定時；若兩端之撓角在同一側者，其有效剛比 $k_e=1$ ，力矩分配後對另一端之到達率 (carry over ratio) $=0.5$ ；若構件之另一端為絞接者其撓角 $=0$ ，其有效剛比 k_e 只為其原有剛比之 0.75 倍，到達率 $=0$ ；若構件兩端之撓角不在同一側者，其有效剛比 $k_e=0.5$ ，到達率 $=-1$ 。

表 2 梁柱剛比整合表

柱別值	ϕ_0 值	$I_0 \times 10^3$	$I \times 10^3$	K 值	k 值	剛比
T 形梁(X 向)	1.81	630	1104	1901	1.90	1.50
┆形梁(Y 向)	1.34	630	844.2	1407	1.41	1.11
L 形梁	1.5	630	945	1575	1.58	1.24
方形柱	1	762.6	762.6	1271	1.27	1.00
T 形柱(X 向)	1.66	520.3	864.6	1441	1.44	1.13
┆形柱(Y 向)	1.686	520.8	878.1	1464	1.46	1.15
角隅柱	2.13	520.8	110.9	1849	1.85	1.46

2.剛架 Y 向梁之 \bar{k} 值整合如圖 5。將圖 5 旋轉 90 度即為 X 向之 \bar{k} 值。

(七)剛架力矩分配分數

- 1.剛架某一接點上各構件之力矩分配分數 (比率) $=$ 該構件之剛比(k)與該點左右梁及柱剛比之總合 $\sum k$ 之比值($k/\sum k$)。
- 2.就圖 5 之 E 點而言，梁 EF 之 $\bar{k}_b=1.50$ 、柱 EA 之 $k_c=1.13$ ，則 E 點之力矩分配比為：梁 EF： $1.50/(1.50+1.13) \doteq 0.57$ ；柱 EA= $1-0.57=0.43$ 。
- 3 同理在 F 點，梁 FE 之 $\bar{k}_b \doteq 1.50$ 、梁 FG 之 $\bar{k} \doteq 1.50$ 、柱 FC 之 $k_c=1.0$ ，則 F 點之力矩分配係數為：柱= $1.0/(1.0+1.50+1.50)=0.25$ ，梁 FE 及 FG 各= $1.50/4=0.375$ 。

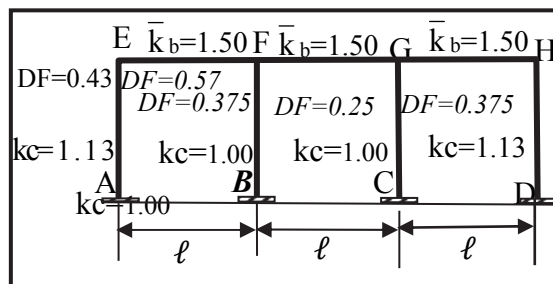


圖 5 Y 外剛架梁柱之分配係數圖

九、剛架之應力分析

(一)因垂直荷重產生之端點力矩

- 1.本例之版梁柱所形成之剛架，其跨度、高度及梁之尺寸均相同(一般稱之為均等剛架)，但其上部頂版之荷重因分配給小梁承擔之面積有所不同，致整個水池在 X 與 Y 向之應力完全不對稱，而且各構件之剛比 (\bar{k} 值)也因其作用力方向之不同而互異。故計算剛架上各構件之應力時，須就 X 向及 Y 向剛架分別加以分析。
- 2.一般平頂矩形水池之設計並不加設外柱，但本文為說明鋼架之計算法，乃刻意加上外柱，以利讀者了解其算法。
- 3.依照自來水設施標準之規定池車過 20m 以上者須加設伸縮縫。本力之水池期邊長 18m，因此不須加設伸縮縫。
- 4.剛架上受垂直荷重而產生之應力，其計算方法有：1.固定力矩分配法(Fix End Moment Distribution Method)、2.二次迴轉法(Two Cycle Method)及 3.圖解法
- 5.本例之剛架各接點力矩之計算採用第 1 法，並詳述其計算步驟如下：為讓讀者了解荷重分佈異於小梁之矩形(均佈)荷重支計算法，特將大梁 X 向承受垂直荷重之範圍畫分為梯形，其面積 $A=(3+6)m \times 1.5m/2 \times 2$ 面= $13.5m^2$ (詳如圖 6)。



6.計算剛架之應力時，依照規範其活荷重可折減為 0.8，即 $0.3T/m^2 \times 0.8 = 0.24 T/m^2$ ，因此剛架所承受之載重 $\omega = (0.36 + 0.24) T/m^2 = 0.56 T/m^2$ 。

7.一般為便於剛架計算起見，樓版之荷重多半以包含小梁、大梁之自重所求得之數值為準。以圖 3 大梁上部承受之靜荷重為例，有陰影部份(面積 A)之樓版，其總荷重 $=W$ ，單位荷重 $\omega = W/A$ ；而大梁自重 $=W'$ ，單位荷重 $\omega' = W'/A$ 。在均等剛架中，各梁之 ω' 可視為略為相等，故各梁所承受總靜荷重可採用 $\omega'' = (\omega + \omega') \times A$ 加以計算。雖然其結果有若干誤差，但在一般剛架之計算上，其誤差甚微，且在容許範圍內。但本文未詳述其計算方法，故仍採用精算法，特就實際各種荷重分別加以計算。

8.凡跨度、荷重及梁、柱之剛比略為相等者稱為均等剛架(相鄰 2 跨度中，長者宜在短者之 1.2 倍以下，活荷重則在靜載重之 2 倍以下)。

9.左右對稱之剛架，其相對應梁、柱之剪斷力大小相同，但其方向就梁而言係相同；對柱而言則係相反。故剛架結構對稱者只計算其一半即可。

(二)剛架之荷重分配

1.X 向剛架之頂版梯形荷重(如圖 6)及 Y 向剛架頂版三角形荷重(如圖 7)。

2.X 向剛架之梯形荷重=頂版活荷重+靜載重 $\omega' = (0.24 + 2.4 \times 0.15) T/m^2 \times 1.5m \times 2 \text{ 邊} = 1.8 T/m$ 。大梁自重 $= 2.4 T/m^3 \times 0.35m \times (0.6 - 0.15)m = 0.378 T/m$ 。

3.Y 向剛架頂版三角形荷重 $\omega'' = 0.56 T/m^2 \times 2 \text{ 邊} \times 1.5m = 1.68 T/m$ 。小梁集中荷重 $= 2.4$

$T/m^3 \times 0.3m \times (0.5 - 0.15)m \times 6m = 1.512 T/m$ 。大梁均佈荷重 $= 2.4 T/m^3 \times 0.35m \times (0.6 - 0.15)m = 0.378 T/m$ 。

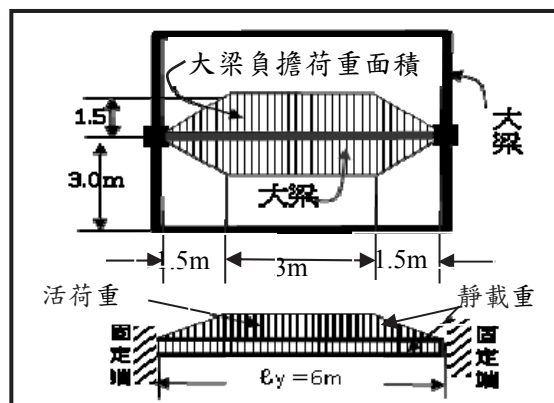


圖 6 X 向剛架荷重示意圖

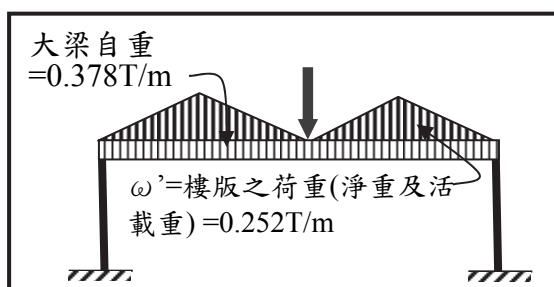


圖 7 Y 向剛架荷重示意圖

(三)剛架之端點力矩

1.X 向剛架其大梁固定端之端點負力矩 $M = -\omega'' \times (\ell^3 - 2 \times a^2 \ell + a^3) / 12 \ell$ - 梁自重(均佈荷重) $\omega \ell^2 / 12 = -1.8 T/m \times (6m^3 - 2 \times 1.5 m^2 \times 6m + 1.5 m^3) / 12 \times 6m - 0.378 \times 6 m^2 / 12 = -5.94 T \cdot m$ 。

2.Y 向剛架之端點因三角荷重暨小梁集中荷重及大梁自重所產生之固定端之端點負力矩， $M = -17/384 \times \omega' \ell^2 - P \ell / 8 - \omega \ell^2 / 12 = -17/384 \times 1.68 T/m \times 6 m^2 - 1.521 T \times 6 m / 8 - 0.252 \times 6 m^2 / 12 = -4.574 m$ 。

(四)剛架之端點分配後之力矩

1.Y 內剛架各構件之力矩依固定力矩分配法

加以分析。表 3 中之 DF、FEM(Fix End Moment)、D1、C1 及 Σ ，分別表示：力矩分配比率；固端力矩、分配得之力矩(須變號)、到達力矩及總計。C 及 D 值應計算到數值甚小時才停止，其結果詳如表 3。

表 3 Y 向剛架之力矩分析表

D.F.	0.43	0.57	0.38	0.25	0.38
F.E.M.		-4.57	-4.57		4.57
D1	1.97	2.61	0.00	0.00	0.00
C1			1.30		1.30
C1		0.65	-0.98	-0.65	-0.98
D2	-0.28	-0.37			
C2			-0.19		-0.19
C2+D2		-0.09	0.14	0.09	0.14
D3	0.04	0.05			
C2		0.07	0.07		0.07
D4+D3	-0.03	-0.04	-0.05	-0.03	-0.05
C3		-0.03	-0.02		-0.02
D5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
$\Sigma =$	1.74	-1.74	-4.28	-0.58	4.87
	0.98			0.00	
	-0.14			-0.33	
	0.02			0.05	
	0.01			0.00	
$\Sigma =$	0.87		$\Sigma =$	-0.28	

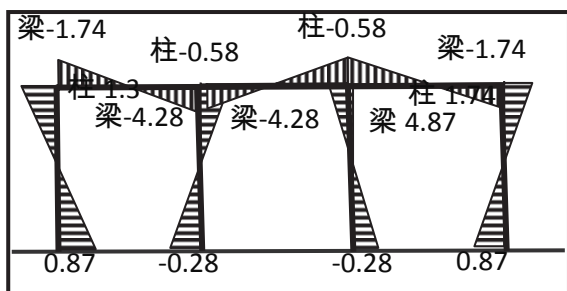


圖 8 Y 向鋼架力矩整合圖

2.Y 向鋼架承受之力矩情形詳如圖 8。

3.X 向剛架之梁兩端，比照上述固定力矩分配法加以分析，可求得柱頭及註腳，以及梁右端及左端之力矩如圖 9。

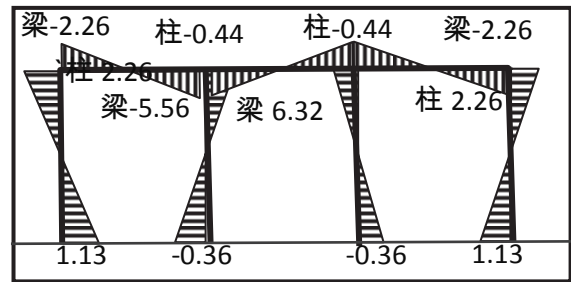


圖 9 X 向鋼架力矩整合圖

(五)因垂直荷重產生之中央點力矩

1.Y 向剛架中央因三角形荷重產生之力矩

$$M_0 = 7/384 * \omega * \ell^2 = 7/384 * 2 * 0.56 \text{ T/m}^2 * (6\text{m})^2 = 0.74 \text{ T-m}$$

2.Y 向剛架中央因大梁自重及小梁集中荷重所產生之力矩

$$M_0 = \omega' \ell^2 / 24 + P * \ell / 8 = 2.4 \text{ T/m}^3 * 0.3\text{m} * (0.50 - 0.15) \text{ m} * (6\text{m})^2 + 7.81 \text{ T} * 6 \text{ m} / 8 = 14.93 \text{ T-m}$$

上述兩者合計 $0.74 \text{ T-m} + 14.93 \text{ T-m} = 15.67 \text{ T-m}$ 。

3.梁中央之力矩 $M_c = (M_0 - (M_{\text{左}} + M_{\text{右}}) / 2)$ ，如圖 10，外梁 $M_c = 15.67 \text{ T-m} - (1.74 + 4.28) \text{ T-m} / 2 = 12.66 \text{ T-m}$ 。

4.內梁 $M_c' = 15.67 \text{ T-m} - (4.87 + 4.87) \text{ T-m} / 2 = 10.8 \text{ T-m}$ 。

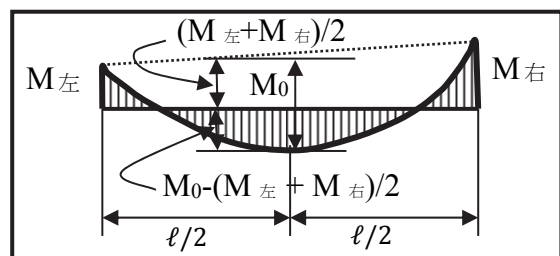


圖 10 梁中央力矩分析圖

(六)因垂直荷重產生梁兩端之剪斷力 Q_0

- 1.樓版之靜重及活載重(不可折減) $=0.66 \text{ T/m}^2 * 6\text{m} * 6\text{m} = 23.76\text{T}$ 。
- 2.小梁自重 $= 2.4\text{T/m}^3 * 0.3 \text{ m} * (0.5-0.15) \text{ m} * 6 \text{ m} = 1.51\text{T}$ 。
- 3.大梁自重 $= 2.4 \text{ T/m}^3 * 0.35\text{m} * (0.6-0.15) \text{ m} * 6 \text{ m} = 2.27 \text{ T}$ 。
- 4.外梁 $Q_0 = (23.76 + 1.51 + 2.27)\text{T} / 2 = 13.77\text{T}$
- 5.內梁 $Q_0 = 23.76\text{T} + (1.51 + 2.27)\text{T} = 27.54\text{T}$

(七)柱因垂直荷重產生之剪斷力 V

- 1.柱之剪斷力 $|V| = |(M_{\text{柱頭}} + M_{\text{柱腳}}) / h|$ 詳如圖 11 (M 係其絕對值)。

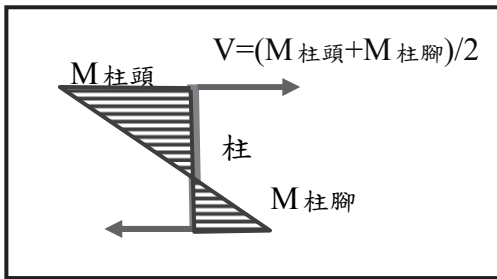


圖 11 柱頭及柱腳剪力分析圖

- (1)外柱剪力 $V = (1.74 + 0.87) \text{ T-m} / 5\text{m} = 0.522\text{T}$ 。
 - (2)內柱之剪力 $= (0.58 + 0.28)\text{T-m} / 5\text{m} = 0.17\text{T}$ 。
- 2.Y 向外剛架之荷重為內剛架之 1/2, 故其力矩亦等於上述之 1/2。
 - 3.X 向剛架之分析因其上部荷重與 Y 向不同, 因此原則上須另行計算, 其方法與上述完全相同, 故不再贅述。

(八)梁 X 向及 Y 向力矩所產生之剪力

- 1.角偶柱之剪力 V 須先按表 3 之計算程序求得, 但其荷重為內剛架之半, 故其剪力 $V = (1.74 + 0.87)\text{T-m} / 2 / 5\text{m} = 0.26\text{T-m}$ 。
- 2.P 外柱 $= (1.74 + 4.28)\text{T} / 6 \text{ m} + (2.26 + 5.56)\text{T-m} / 6\text{m} = 2.31 \text{ T}$ 。

- 3.P 內柱 $= (4.87 + 4.87) \text{ T-m} / 6 \text{ m} + (6.32 + 6.32) \text{ T-m} / 6\text{m} = 3.73 \text{ T}$ 。

(九)柱因長期垂直荷重產之軸向力

- 1.柱因長期垂直荷重產之軸向力=上部頂版之靜載重及活載重+大、小梁之自重+梁之 X 向及 Y 向力矩所產生之剪力之總和。
- 2.頂版之單位荷重 $= 0.3\text{T/m}^2 + 0.24\text{T/m}^3 * 0.15 = 0.66 \text{ T/m}^2$ 。小梁自重 $= (2.4 \text{ T/m}^3 * 0.3 * (0.5-0.15)) * 6 \text{ m} * 1 \text{ 支} = 1.152\text{T}$ 。大梁自重 $= (2.4 \text{ T/m}^3 * 0.35 * (0.6-0.15)) * 6\text{m} * 1 \text{ 支} = 2.268 \text{ T}$ 。內柱之自重 $= 2.4 \text{ T/m}^3 * 0.55 * 0.55 * (5-0.6) \text{ m}^3 = 3.19 \text{ T}$ 。外柱、角偶柱 $= 2.4 \text{ T/m}^3 * 0.5 * 0.5 * (5-0.6) \text{ m} = 2.64 \text{ T}$ 。
- 3.P 內柱 $= 0.66 \text{ T/m}^2 * 6\text{m} * 6\text{m} + 3.19 \text{ T} + (1.152 + 2.268)\text{T} * 2 \text{ 支} = 33.79 \text{ T}$ 。
- 4.P 外柱 $= 0.66 \text{ T/m}^2 * 3\text{m} * 6\text{m} + 2.64 \text{ T} + 2.268 \text{ T} * 1.5 + 1.152 \text{ T} = 19.07 \text{ T}$ 。
- 5.P 角偶柱 $= 0.66 \text{ T/m}^2 * 3\text{m} * 3\text{m} + 2.64\text{T} + 2.268 \text{ T} + 1.152 \text{ T} / 4 = 11.14\text{T}$ 。

十、池牆之應力分析

(一)牆身之應力

- 1.池牆應力之計算, 必須同時考慮池內之水壓力及池外土壓或地下水及土壓之聯合壓力。
- 2.池牆之長度=6m(池牆兩端與柱結合之淨跨距), 高度=5m, 長度/高度=6/5= 1.2<3, 故池牆應以雙向牆設計。
- 3.池牆承受之力矩情形詳如圖 12。
- 4.當水池滿水時(有效水深雖只 4.4 m, 但仍宜以高=5m 計以策安全(因為池內之浮球閥故障或發生地震, 水因濺起作用, 都有

可能上升到池頂)。

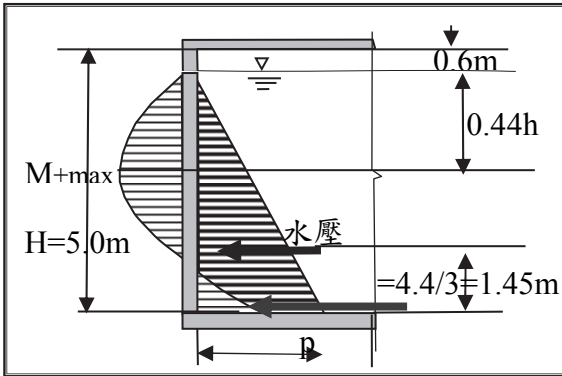


圖 12 牆身受力及其力矩示意圖

5.水池之牆頂與頂版接觸處可設為固定端(Fix End)或絞接(Hinge):但牆腳必然為固定端。

6.若水池之牆頂與頂版接觸處為絞接端,池牆承受水所產生之力矩,可先由水池設計(一)乙書^[2](以下簡稱為書 1)之表 1 可查得,當短邊/池深(b/a)=6m/5m=1.25 時,其垂直向最大負力矩與證力矩之係數分別為 -0.047 及 0.0138,因此 $M_{-max} = -0.047 * (\omega * h) * h^2 = -0.047 * 1T/m^3 * 5m^3 = -5.88 T\text{-m/m}$;而最大正力矩(發生在 $y=0, b/a=1/4$ 之處) $M_{+max} = 0.0138 * \omega * h^3 = 1 T/m^3 * 0.0138 * 5m^3 = 1.73 T\text{-m/m}$ 。正常水時,其最大水深應為 4.4m,惟為顧及池內控制水位之閥類因故失靈,致使水位上升至牆頂,故此時之水深 h 宜採用 5m,較為安全。

7.若水池之牆頂與頂版接觸處為固定端,由於書 1 上並無牆頂與頂版接觸處均為固定時之力矩係數可查。只好依[結構力學設計手冊]^[1]所列之公式 $M_b = -\omega * h^3 / 20 = -1 T/m^3 * 5m * 5m^2 / 20 = -5.0 T\text{-m}$,與頂端絞接時之力矩=5.88 T-m,減少(5-5.88) / 5.88 * 100% = 15%,相差不大尚屬合理,因此牆頂與頂版仍以固定方式較佳。

8.牆底之剪力仍依該手冊所列之公式 $P_b = 7/20 * \omega * h / 20 = 7/20 * (1T/m^3 * 5) * 5 = 8.75 T\text{-m}$ 。

9.水平方向最大負力矩發生在池底,其壓力 $p = 1T\text{-m}^3 * 5m = 5T\text{-m}^2$,由於 $b/a = 6m / 5m = 1.25 < 3$,故可以雙向牆之長邊計算,由表 1,可得其負力矩係數 = -0.033,故 $M = -0.033 * p * l^2 = -0.033 * 5 T\text{-m}^2 * (6m)^2 = -5.94 T\text{-m/m}$ 。

十一、底版之應力分析

(一)底版採用筏式基礎

1.早期水池之底版均採用基腳式基礎詳如圖 13,接縫處容易因故脫離,致使所填充之免漏素因而裂開,池內蓄水由裂縫滲出致發生漏水現象,因此台水公司規定池底必須採用筏式基礎,詳如圖 14。底版受力情形詳如圖 14。

2.本例之底版因柱與柱之間(縱、橫方向)均設有地中梁,且其間距均同為 6m,其長寬比 = 1,故可視為雙向版。

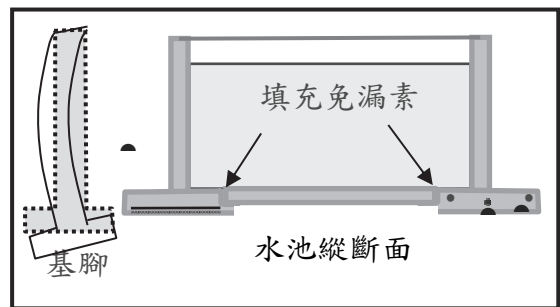


圖 13 基腳式基礎示意圖

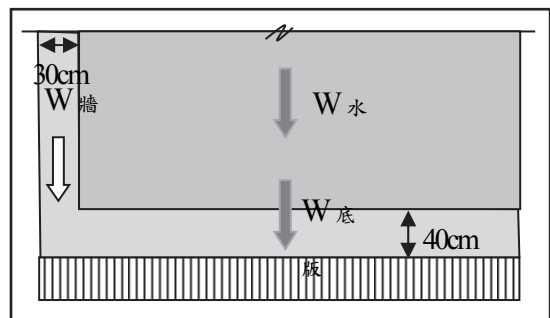


圖 14 底版受力情形示意圖

(二)底版之淨反力

底版淨反力 p' (梁版柱之靜載重及活載重，不計底版重) $\omega = (0.3 \text{ T/m}^2 \cdot 19^2 + 2.4 \text{ T/m}^3 \cdot (0.15 \text{ m} \cdot 19 \text{ m} \cdot 19 \text{ m} + 0.3 \cdot (0.5 - 0.15) \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \cdot 9 \text{ 支} + 0.35 \text{ m} \cdot (0.6 - 0.15) \text{ m} \cdot 6 \text{ m} \cdot 24 \text{ 支} + 0.45 \text{ m} \cdot (20 - 4 \cdot 0.5) \text{ m} \cdot (5 - 0.6) \text{ m} \cdot 2 + 0.5 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m} \cdot (5 - 0.6) \text{ m} + 0.55 \cdot 0.55 \cdot (5 - 0.6) \text{ m} \cdot 4) + (4.4 \cdot 19^2)) / (20 \text{ m} \cdot 20 \text{ m}) = 5.28 \text{ T/m}^2$ 。

(三)底版之力矩

- 1.底版之彎矩 M 係數，由表 1 查得知，當四邊均為連續且長邊與端邊之比值 $m = 6/6 = 1$ 時，可按雙向版計算，其負力矩係數 $= -0.033$ ，正力矩係數 $= 0.025$
2. $M_- = -0.033 \cdot \omega \cdot \ell^2 = -0.033 \cdot 5.28 \cdot 6 \text{ m}^2 = -6.27 \text{ T-m}$ ； $M_+ = 0.025 \cdot \omega \cdot \ell^2 = 0.025 \cdot 5.28 \cdot 6 \text{ m}^2 = 4.75 \text{ T-m}$ 。

十二、短期應力

(一)地震之基本概念

- 1.構造物因地震所產生應力之計算均應依內政部「建築物耐震設計規範及解說」^[3]第二章之規定辦理。
- 2.建築物因地震所承受之水平總橫力 $V = I / 1.4 \alpha_y \cdot (S_a D / F_u) \cdot W$ 。一般建築 $I = 1.0$ ；各級政府機關辦公廳舍之 $I = 1.25$ ，鋼筋混凝土構造物之地震力載重因子 α_y 值取 1， $S_a D / F_u$ 為韌性折減之加速度反應譜係數，其中 SSD 為工址短週期設計水平譜加速度係數，一般地區在 0.2~0.8 之間。式中之 W 為構造物全體載重。故 $V = 1.25 / 1.4 \cdot 1 \cdot 0.25 \cdot W = 0.223W$ ，一般地層均採用 0.23，故本文亦採用 0.23。
- 3.垂直震度之 $S_a D / F_u$ 為水平震度之 1/2，當

地上部分之 $S_a D / F_u$ 水平震度 $= 0.23$ 時，因此地下部分垂直震度約為 0.125，斷層地帶採用 0.35，但水池無論如何不宜建在斷層地帶。地下部分之水平震度可依下列公式加以計算，地下部分之垂直震度亦約為，地下水平震度之 1/2。

- 4.建築物地下各層之設計水平地震力，為該層靜載重乘以該層深度對應之水平震度， $K \geq 0.1 \cdot (1 - H/40) \cdot SSD \cdot I$ 。 H 為自地表面往下計算之深度(H 大於 20 公尺時，以 20m 計)， I 為用途係數。若構件埋於地下 1.5m，則其水平震度， $K \geq 0.1 \cdot (1 - 1.5/40) \cdot 0.6 \cdot 1.25 = 0.0722$ 。

(二)地震對水池產生之應力

1.水池大梁之應力之分析

- (1)版梁柱式矩形水池大梁之應力，須以其與頂版形成之剛架加以分析。
- (2)依照規範之規定，計算地震橫力時，活荷重以 $0.3 \text{ T/m}^2 / 2$ 計，地上構件之水平震度 $= 0.23$ ；地下部分約為 0.07，兩者相差至距，因此構件之重量須分別就地上與地下部分加以計算。

2.地震力橫力之著力點

- (1)地震力橫力之着力點一般均以構件之重心為準。
- (2)若構件設於地下部分深度 $H = 1 \text{ m}$ ，其重心在地下之深度 $H = 0.5 \text{ m}$ ，則 $K \geq 0.1 \cdot (1 - 0.5/40) \cdot 1.0 \cdot 0.6 \cdot 1.25 = 0.0741$ 。
- (3)假設底版底部埋在地下之深度 $H = (1 + 0.45) \text{ m}$ ，其重心在地下之深度 $H = 1.45 \text{ m} / 2 = 0.725 \text{ m}$ ，則， $K \geq 0.1 \cdot (1 - 0.725/40) \cdot 1.0 \cdot 0.6 \cdot 1.25 = 0.0736$ 。本文之池牆埋假設在地下 1 公尺，如圖 15。

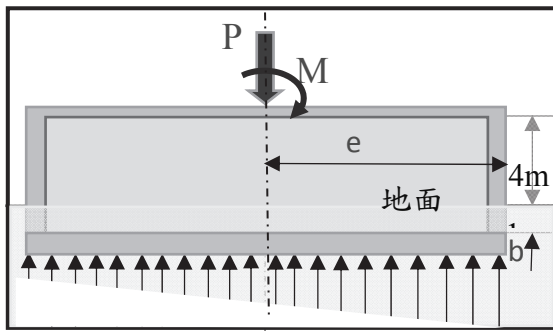


圖 15 水池縱斷面示意圖

3. 地上與地下部分之分界

水池外牆及外柱因位於地下，直接於土壤接觸，發生地震時其所發生之應力必然會受到土壤之牽制，因此應視為地下部分；而池中之構件(如內柱)及蓄水，其所產生之橫力均完全不受土壤之影響，故雖位於地面下，但仍應視為地上部分。

4. 地上與地下部分之重量

(1) 地上部分各構件之重量

- a. 活荷重 = $0.15 \text{ T/m}^2 / 2 * 20\text{m} * 20\text{m} = 60\text{T}$
- b. 頂版 = $2.4 \text{ T/m}^3 * 0.15\text{m} * 19\text{m} * 19\text{m} = 129.96\text{T}$ 。
- c. 池牆 = $2.4 \text{ T/m}^3 * (5 - 0.6) \text{ m} * 0.45 * (20 - 4 * 0.5) \text{ m} * 2 \text{ 排} = 171.07 \text{ T}$ 。
- d. 小梁 = $2.4 \text{ T/m}^3 * 0.3\text{m} * (0.5 - 0.15)\text{m} * 6\text{m} * 9 \text{ 支} = 13.61\text{T}$ 。
- e. 大梁 = $2.4 \text{ T/m}^3 * 0.35\text{m} * (0.6 - 0.15)\text{m} * 6\text{m} * 24 \text{ 支} = 54.43\text{T}$ 。
- f. 外柱及角隅柱 = $2.4 \text{ T/m}^3 * 0.5\text{m} * 0.5\text{m} * 4\text{m} * 12 \text{ 支} = 36\text{T}$ 。
- g. 內柱 = $2.4 \text{ T/m}^3 * (5 - 0.6)\text{m} * 0.55\text{m} * 0.55\text{m} * 4 \text{ 支} = 12.78\text{T}$ 。
- h. 水 = $1 \text{ T/m}^3 * 19\text{m} * 19\text{m} * 4.4\text{m} = 1855.4\text{T}$
- i. 地上部分各構件之總重量 = 2024.73T

2. 地下部分之重量

- a. 池牆 = $2.4 \text{ T/m}^3 * 1\text{m} * 0.45 * (20 + 19)\text{m} * 2 \text{ 排} = 84.24\text{T}$ 。

b. 外柱及角隅柱 = $2.4 \text{ T/m}^3 * 1\text{m} * 0.5\text{m} * 0.5\text{m} * 12 \text{ 支} = 7.2\text{T}$ 。

c. 地下部分各構件之總重量 = 46.08T 。

d. 另外底板重量 = $2.4 \text{ T/m}^3 * 0.4\text{m} * 20\text{m} * 20\text{m} = 432 \text{ T}$ 。

(三) 大梁之應力之應力分析

1. 版梁柱式矩形水池大梁之應力，須以其與頂版形成之剛架加以分析。
2. 因地震所受之總水平力 = $K_{bl} * W$ (水池之梁版柱地上部分之總重 + 活荷重之 0.5) + $\sum K_{bl} * W'$ (水池之牆柱在地下部分之總重)。
3. 本文所建版梁柱式矩形水池設有頂蓋版，故發生地震時所引發之池水之濺起 (Sloshing) 作用，其最高水位仍以桶頂為限，故可不予另行計算。
4. 由於 X 及 Y 構架之梁柱左右對稱，因此無論 X 或 Y 向之剛架因地震所承受之水平力，都會承擔同樣的水平力。故計算各支柱之水平力分擔係數 D_c 時，只須計算 X 或 Y 單向即可。待續

參考文獻

1. 結構力學設計手冊：清田清司、高須治男原著，江新煌、蔡震邦編譯，1978年7月。
2. 鋼筋混凝土計算法與實例：蘇棋福編著，有志出版社印行，1971年4月，第80頁及215頁。
3. 水池設計(一)：陳榮藏，台水公司員工訓練所，1986年。
4. 建築物耐震設計規範及解說：中華民國內政部營建署，中華民國一百年七月一日生效。

作者簡介

曾浩雄先生

現職：尚潔環境工程公司技師

專長：自來水工程規劃、設計及施工

自來水事業交付承攬有關原事業單位之責任

文/陳信利、汪欽賢

一、研究目的

勞工生存權與社會的安定及經濟的發展密切相關，所以近幾年政府為因應產業發展的轉變、安全衛生問題的複雜化與國際安全衛生情勢的發展，不斷的更新修正職業安全衛生相關法令，加上配合職業安全衛生管理系統的演進改版，恪遵法規推動勞工安全衛生工作已是事業經營的基本要求，如何確保勞工安全與健康，進而建立安全舒適的工作環境，是已開發國家的表徵，也是衡量企業有無重視安全衛生的準繩。推動職業安全衛生似乎是全球沛然莫之能禦的趨勢。

沒有任何一家事業單位或是政府機關希望本身單位發生職業災害，除將造成勞工傷害及事業損失外，若經過報章媒體廣泛的報導，對於政府形象、企業經營、發展或產業升級，存有不良且深遠的影響，尤其是水、電、油、糖等國營事業，當肩負政府政策的公共工程發生工安事故，不僅事業單位本身壓力大，連勞動檢查機構也常成為一併檢討的對象；然而國內產業型態變遷快速，對維護勞工職場安全的職業安全衛生法(以下簡稱職安法)於 102 年 7 月 3 日修正公布，並於隔(103)年 7 月 3 日施行後，原先歸屬於特別法的「勞工安全衛生法」，轉變成前瞻性擴大適用範圍至各業之普通法，對國內職業安全衛生的管理樹立了一個里程碑，然而職安法施行迄今幾個寒暑，部分規定在推動上感覺似乎仍有檢討修正之必要，其中自來

水事業在推動承攬管理之必要措施上，以事業單位以其事業交付承攬後轉換為原事業單位之角色確認，與其原事業單位在職業安全衛生法規所應擔負之責任與義務，為首要釐清的重要課題，也是本研究的主要目的。

二、名詞定義與規範

(一)自來水事業單位若以其事業之一部或全部委由他人辦理時，究屬「承攬」或「僱傭」關係？可依勞動部修正之「加強職業安全衛生法第 26 條及第 27 條檢查注意事項」窺知分界。主要以事業單位是否對該工程有無具備統籌規劃、管理及指揮監督權限為判斷，且勞務給付部分若存在有部分從屬性，即可從寬認定為勞動契約，而非歸屬於承攬。值得注意的是不管交付承攬是否為自營作業者，若事業單位本身仍具指揮、監督、統籌規劃之權者，則可能認定非屬承攬關係，而以僱傭關係視之。

(二)事業單位認定

1.行政院主計總處於 105 年 1 月為適應國內社經發展，反映產業結構變遷，行業標準分類配合工業及服務業普查辦理週期，第 10 次修訂行業標準分類，援例以聯合國最新版國際行業標準分類為基準，並參考各產業經濟重要性及調查實務可行性等進行檢討，修訂結果計分為 19 大類、88 中類、247 小類、517 細類。該行業標準分類稱統計單位 (statistical unit) 係指可據以陳示經

濟活動數據之實體，實務上多以「場所」(establishment)或「企業」(enterprise)作為統計單位，「企業單位」範圍大於「場所單位」，通常包括不止一個場所單位，各場所單位所從事之主要經濟活動可能相同，亦可能不同，相同經濟活動歸屬同一類別，不同經濟活動則分別歸屬不同類別。

2.職安法第 2 條對於事業單位的定義指出為職安法適用範圍內僱用勞工從事工作之機構。從維基百科網路資料指出機構是機關依組織法規將其部分權限及職掌劃出，以達成其設立目的之組織；單位：基於組織之業務分工，於機關內部設立之組織。故企業單位本身即為事業單位，若企業單位另設之分支機構，依分層負責授權該分支機構具有獨立聘(僱)用勞工及預算編列審查權力者，亦應歸屬於事業單位層級，如以台灣自來水股份有限公司(以下簡稱台水公司)為例，總機構下設分散於全台各地之 12 個區管理處及 3 個工程處，依分層負責雖然聘(僱)用勞工仍未授權予各所屬一級單位，惟所轄各一級管理單位具有完整之人事、政風及會計等二級幕僚單位，歸屬於事業單位層級應無疑義，惟台水公司總管理處本身外部之工作場所，或各區管理處或工程處底下另設之工作場所(例如給水廠、營運所、服務所、管理所或工務所等)，僅為執行年度預算且無實際聘(僱)用勞工權力者，應以工作場所視之，不以該工作場所名稱為「某某廠」、「某某所」或是「某某站」，而直接作為判斷該場所是否為事業單位的標準。

3.職安法第 1 條開宗明義即要求為防止職業

災害，保障工作者安全及健康，特制定本法。勞工之雇主或工作場所實際指揮監督從事勞動之工作場所代理雇主，為義務之主體；工程施工過程參與之各級承攬人均為獨立之「事業單位」，故各分包廠商雇主或其代理人均應清楚職業安全衛生相關法規的要求，做好本身「事業單位」應盡的責任。

(三)原事業單位之責任

1.勞動部為監督事業單位於交付承攬時，善盡「原事業單位」危害告知及統合安全衛生管理義務，督促各級承攬人，使其勞動場所之安全衛生條件符合有關法令規定，故於 103 年 10 月 20 日重新修正令頒「加強職業安全衛生法第 26 條及第 27 條檢查注意事項」，說明原事業單位實施危害告知及共同作業必要措施之注意事項，大致提供了遵循的方向。

2.事業單位將工作交付承攬是否歸屬將其事業之全部或一部分進行交付承攬採購，而不以「業主」作為認定，常以該事業單位之實際經營內容、經常業務活動及所必要之輔助活動為範圍，且不以登記之營業項目為限；亦即事業單位本身之能力客觀上足以防阻職業災害之發生，係其所熟知之活動，對於作業活動伴隨之危險性亦能預先理解或控制，以為原則認定。

3.由上述說明我們得知僱用勞工從事工作之機構，反復從事一項經濟活動且以一定之場所為業，稱為事業單位。在承攬關係事業單位及承攬關係中屬於以其事業部分交付承攬之事業單位，即稱為「原事業單位」，此係對於受委託之事業單位相對性說

法。譬如台灣自來水公司（以下簡稱台水公司）某區管理處，將某路段之管線汰換交付給承攬商，則台水公司該區管理處在承攬關係時稱為「原事業單位」，受交付之承攬商稱為「承攬人」，若承攬人將部份工作再委由協力廠商辦理，則該協力廠商稱為「第二(再)承攬人」。

4. 職安法第 26 條規定，事業單位以其事業之全部或一部分交付承攬時，應於事前告知該承攬人有關其事業工作環境、危害因素暨職安法及有關安全衛生規定應採取之措施，即是為要求原事業單位於交付承攬時，善盡危害告知及統合安全衛生管理義務，督促各級承攬人，使其勞動場所之安全衛生條件符合有關法令規定，以減少職業災害發生，此為「原事業單位」主要職責之一。

5. 原事業單位與承攬人共同作業時應採取之「必要措施」規定如下：

(1) 協議組織由原事業單位工作場所負責人或其代理人召集設置協議組織，所有承攬人、再承攬人等之現場工作場所負責人均應參與協議組織運作，並指定工作場所負責人，擔任指揮、監督及協調之工作，依據職安法施行細則第 38 條所定事項定期或不定期進行協議。

(2) 原事業單位指定之工作場所負責人應為於該工作場所中代表雇主實際執行管理、指揮或監督勞工從事工作之人，即職業安全衛生統合管理負責人；工作場所負責人或其代理人在每日的安全施工程序協調會中，應經常進行施工程序的連繫及調整，必須每日巡視工作場所，並留有紀

錄可查，且需進行相關承攬事業間之安全衛生教育之指導及協助及其他為防止職業災害之必要事項。

(3) 原事業單位與承攬人共同作業，若各級承攬人勞工有立即發生危險之虞情事未採取必要安全措施、相關作業主管未於作業現場從事監督作業、具有危險性之機械或設備無檢查合格證或操作人員未經認可之訓練或經技能檢定之合格人員者，原事業單位均將被認定違反職安法第 26 條、第 27 條之規定，並依同法第 45 條規定處新台幣 3 萬元以上 15 萬元以下罰鍰，再依同法第 49 條之規定，公布其事業單位及雇主之名稱與姓名。

三、研究發現與心得

(一) 台水公司及其他國(公)營事業將公共工程交付承攬時，對於公共工程施工係依據「政府採購法」辦理招標，並視工程需要指派監造單位內具工程相關學經歷之適當人員，依據「公共工程施工品質管理制度」相關規定負責監造，監造單位及其所派駐現場人員工作重點包含督導施工廠商執行工地安全衛生、交通維持及環境保護等，發現缺失亦應即通知廠商限期改善，並確認其改善成果，並依循三級品管制度，由三級品管之主辦單位做好工程督導及品質管制工作，且為強化承攬安全衛生之管理，於契約施工說明書中均會要求依照職安法所稱「原事業單位」責任，於事前辦理危害告知及召開協議組織會議等，故亦無論定是否有無共同作業以及是否為「原事業單位」，均採取優於法規而採行各項必

要措施，以為防止職業災害之發生，亦作為民(私)營企業之表率。

(二)對於公部門行政單位發生重大職業災害而由勞動檢查單位派員進行職業災害調查時，常依政府組織法設立之各行政部門卻常認定為業主，而公營事業之國營或縣(市)營事業則常為原事業單位，對其工作者工作性質相近而不同組織會有認定迥異的情形，應有檢討的必要，且在執行過程內部若施工單位與職安單位對於法規存在認定差異，再加上勞動檢查機構對於相似案例但曾有認定結果的不同時，容易造成事業單位消極限縮解釋，或不明就裡採取多做多保障的心態作祟之下照本宣科，應付了事，無法有效提升國內安全衛生文化。

(三)對於公營事業如經濟部所轄之台灣電力公司、台灣中油公司、台灣糖業公司及台水公司等國營事業，以及如臺北市政府所管轄之台北自來水事業處，以及以地方政府為主管機關者之金門縣政府自來水廠、金門酒廠、連江縣政府自來水廠等縣營企業，或是交通部公路總局、農業委員會水土保持局及縣市政府工程部門等公機關，將其工作交付承攬時認定為「業主」或「原事業單位」，應予以統一而有一致之認定標準，非以公(私)營或企業規模大小做為判斷，而應以工程作業屬性為依據，以為勞動檢查標準一致而無寬鬆之分。

(四)可以預見工業 4.0 以後國內產業結構變遷更為快速，事業單位本身經營越來越需要諸多其他事業單位協助，所謂「一

日之所需，百工斯為備。」，譬如歸屬第二類事業之運輸、倉儲及通信業中之電信業，其電信經營為其主要業務，伴隨其所熟知之管道施工佈線清潔維護等活動，雖然對於作業活動伴隨之危險性經由經驗傳承亦大多能預先理解，但是交付之承攬人承攬鄰接使用道路施設管道工程，通常需要車輛系營建機械支援、瀝青混凝土拌合行業、道路標線劃設工程行業或其他零星工程行業支援等，已非原事業單位或單一承攬人可以統籌管理及完全熟知所有作業活動，以及所伴隨之危險，故應落實各級承攬人本身之責任，而非在發生工安事故時，由原事業單位或最底層罹災勞工所屬雇主負責而已。

四、檢討與建議

(一)近年來自來水事業為提升自來水的普及供應及降低漏水率，常有將其工程交付承攬，該等工程均多為使用道路作業，非以一定之場所為業，且本身能力客觀上不足以防阻職業災害之發生，其承攬關係一律將自來水事業視為「原事業單位」，不僅無利於保障工作場所作業之工作者，亦容易讓承攬人及中間承攬人有工安事不關己的心態，建議修正「加強職業安全衛生法第 26 條及第 27 條檢查注意事項」，對將承攬工程分包予各級承攬人之第一承攬人為原事業單位，以因應實務需求並降低認定灰色地帶，應更能統合工區安全衛生監督管理事宜。

(二)事業單位將事業之一部分或全部交付承攬，其樣態不一，且承攬人將其工作再

交付予第二、三承攬人亦多有所見，而實務上常將所有危害告知與執行必要措施之責任，全加諸於最上層之原事業單位，忽略中間層之事業單位亦應共負事業單位責任，以及相對於分包協力廠商的原事業單位角色的扮演職責，故建議應研議分級要求工作場所內各級承攬人所應負責的區塊，以整體提升工地安全與衛生。

- (三)以台水公司為例，為分層負責分類管理而於各區管理處或工程處設立所屬二級管理單位之廠所，及其延伸散布全省各地之場站，均因無實質聘(僱)用勞工之職權，應認定非屬獨立之「事業單位」，但基於區管理(工程)處縱向管理及文書承辦等需要，可比照管理辦法有關職業安全衛生管理單位設置的規定事項，將其給水廠、營運所、服務所或工務所等，設置安全衛生管理兼辦人員人力，以形塑企業安全文化。
- (四)事業單位若因管理需要設有總機構及其分支機構甚至向下延伸至三、四級管理單位者，是否將其各工作場所均認定為獨立之「事業單位」，建議應以該分支單位是否具備獨立聘(僱)用勞工權力而予以認定為宜，故該事業單位若交付承攬發生職業災害時，因該事業單位直接對承攬人負有實際督導與統合管理責任，故應以該事業單位為研擬調查報告之對象，據以公布該事業單位及雇主名稱，而非公布其最上層總機構之名稱，以符實際。
- (五)業主或是原事業單位的認定結果，不能

等到事業單位發生重大職業災害，勞動檢查機構派員進行檢查出具重大職業災害調查報告書時才有定論，在法律、行政命令與行政規則上可事前進一步研議認定界線，讓中央主管機關之勞動檢查機構、直轄市主管機關，或是經濟部加工出口區管理處、科技部所屬科學工業園區管理局及其他經中央主管機關授權辦理勞動檢查之機關，作法更為統一，以利事業單位遵循。

- (六)原事業單位認定以「企業」為主體，另依據職安法有關工作場所負責人之指定以「人」為主體，該工作場所負責人或其代理人與工作者的接觸更為直接。目前要求工作場所負責人或其代理人每日應經常進行施工程序的連繫及調整，並留下每日巡視工作場所紀錄，對於劃歸屬於將其事業交付承攬且有共同作業時，原事業單位依工程主管機關之規定或其他法規，不需設置專人常駐工作場所時又該如何因應，值得另闢專章討論。
- (七)對於勞動檢查機構因事業單位違反職安法而開立處分罰鍰，且依職安法第 49 條規定，公布事業單位及雇主名稱，惟未明定公布期程而將成為「永久」公布部分，還等待著職業安全衛生主管機關提案修法。

伍、結論

- (一)為強化直接雇主之責任，對於承攬關係事業單位及承攬關係的認定可再進一步檢討修正，明確劃分交付承攬事業單位、接受承攬事業單位與其第二、三次承攬事業單位之間有關安全衛生的責

任，應有助於國內交付工程承攬之安全衛生業務的推動。

(二)法律規定是政府機關執法的重要依據，也是事業單位納入政策推動的基石。近幾年政府對於職業安全衛生法規及其相關行政命令已多次修正，將國內安全衛生的管理漸次提升到國際水準，除部分條文仍需配合國內實情因應修正外，各事業單位的落實度是目前仍須加油努力的。

參考文獻

- 1.職業安全衛生法(勞動部，102年7月3日修正)
- 2.職業安全衛生法及其施行細則(勞動部，103年6月26日修正)
- 3.職業安全衛生管理辦法(勞動部，105年2月19日修正)
- 4.營造安全衛生設施標準(勞動部，103年6月26日修正)
- 5.勞動檢查法施行細則(勞動部，103年6月26日修正)
- 6.加強職業安全衛生法第26條及第27條檢查注意事項(勞動部，106年9月22日修正)
- 7.勞工保險被保險人因執行職務而致傷病審查準則(勞動部，105年3月21日修正)
- 8.勞動部職業安全衛生署網站 (<http://www.osha.gov.tw/>)

作者簡介

陳信利先生

現職：台灣自來水公司工安環保處工安組組長

專長：安全衛生管理

汪欽賢先生

現職：台灣自來水公司工安環保處處長

專長：自來水工程、安全衛生管理

台水公司資產活化成果淺談

文/張筑芬

一、拋磚—中興一巷宿舍

草悟道是臺中市近幾年觀光熱點，從國立科學博物館前的林蔭大道起，一路向南經過臺灣大道、公益路口，止於公益路大草坪，彙集了各式各樣的街頭藝人表演及露天活動，與大草坪隔著巷道後方，是一排舊式二層樓房屋，共十三間，樓上樓下開設了十幾個文創手作小店，週末假日時時舉辦活動，遊客絡繹不絕。隱隱改造過的走道屋頂，仍舊保留老式的斑駁氣味，氣根蔓延二樓牆肩的老樹生機盎然，頭間房的樓梯上至二樓可接往第二間房，幾間房的二樓合在一起成了長長的平台，雖不甚高，卻讓遊人憑添了登高望遠的開闊之感。這原來是台水公司的「中興一巷員工宿舍」，建物已老舊不堪使用，101 年辦理公開標租，承租廠商依著舊有結構，一點點一步步修葺出了歷史濃鬱的味道，也與社區自然相融，讓不經意走進的人們大為驚喜，又毫不突兀。承租廠商因本案成功營造文創休閒新據點，替巷弄中的老建築帶來新商機，於 102 年榮獲文化部舉辦「文創精品獎」之「創新服務獎」。



二、多元—優質活化

台水公司遵照政府提昇資產運用效能之政策，全力清查因環境變遷、水質變化、供水系統整合或廠所整併形成之閒置及低度利用資產，並積極檢討推動活化。閒置土地活化策略為可供爾後供水擴建利用者採短期出租，業務及經濟上無保留價值者伺機出售，經近十年執行多數已完成出租售，亦有部分供新辦設施再利用。

台水公司另篩選具開發潛力之較大面積低度利用土地，研議推動開發俾營造長期績效。如基地合併地上建物出租，藉由廠商經驗與資金，將原本的破舊眷舍透過創新改造延壽重生，吸引各行業創意人才進駐創業；並不定期舉辦藝文活動，帶動周邊商機與文藝氣息，對社區生活品質營造及年輕人就業機會供給具正面效益。如上述的中興一巷宿舍案，及以下的臺中市太平路宿舍、花蓮市臥松園區及宿舍等優質活化案例。再者，為盡社會企業責任，台水公司亦成功推動了宜蘭深溝淨水場及澄清湖觀光園區經環保署認證為「環境教育場所」，其中深溝案更是經濟部及當地宜蘭縣通過環教場所認證之首例。另桃園楊梅 731 號埤塘因生態豐富，經行政院農業委員會野生動物保育諮詢委員會劃為「高榮野生動物保護區」，均係台水公司積極創造資產多元價值，並兼顧愛水惜水社會教育及自然保育盡心盡力的見證。

三、融合—地方營造

臺中市太平路宿舍，為狹窄巷弄間二排相對的連棟房屋，因近臺中一中商圈，地理位置得天獨厚，102 年出租後，改造為二樓小型商場，樓閣式的小商店隔巷相望又可沿空中步道穿梭往來，在巷弄間自成一方天地。由二樓向下望，一樓錯落置放的陽傘坐椅，能提供的不止是飲食休憩，也是一下午的悠閒心情。



花蓮臥松園區，位於台水公司第九區管理處辦公廳旁，一片朝天的松樹林姿態挺拔，從樹尖望出去的天空帶著東部特有的蔚藍天色，教人神清氣爽；其間有著百年松樹，樹幹往側邊伸出與本體成垂直角度往上生長，猶如巨人手臂橫舉成側臥姿勢，得名「臥松」。102 年連同後方舊日式木造廳舍宿舍出租由承租廠商進行修繕，百年臥松設置圍籬保護、另設棧道供民眾於近處觀賞，餘整地綠美化，園內日式辦公廳整修，保留木造建築原味，作為手工藝品展售及提供輕食；舊宿舍區則修建為民宿對外營運。毗鄰為花蓮縣政府公告指定的歷史建築「松園別館」，及中華電信「松園會館」，以松樹連林成為美崙山上的新景點。以上皆藉由廠商資金投入改造本公司閒置資產，重新發揮產值效能及提升公司形象。



四、紮根—珍惜水資源

宜蘭深溝淨水場及高雄澄清湖觀光園區，分別於 101 及 103 年獲得環保署認證為「環境教育場所」，轄管的台水公司第八區管理處及第七區管理處全心投入，營造了優質的參觀導覽及環境教育模式，數年來申請入園的機關團體人數屢創新高，深溝場更配置了全職環境教育人員，環境教育講師及志工數十人。「向下扎根，從水開始」是台水公司在提供質優量足自來水的目標下，不斷堅持去做的事，體現了企業永續經營的決心。

五、期許—永續經營

台水公司作為自來水供應事業，土地資產遍布全國(臺北市除外)，除了精進供水本業，在營運操作及安全無虞的前提下，亦一直致力於事業多角化發展，以上為台水公司目前在閒置資產活化面向的具體成果，未來仍將與民間持續結合，繼續締造佳績。

作者簡介

張筑芬小姐

現職：台灣自來水公司財務處管理師

專長：土地管理、資產活化、用地取得