河川於淺水流時流速儀涉水量測流量之研究

Measuring Discharge by Using the Velocity Meter to Wade Across the Shallow Flow

樹德科技大學 休閒事業管理系 副教授 國立屛東科技大學 水土保持系 助理教授

楊 翰 宗*

江介倫

Han-Chung Yang

Jie-Lun Chiang

國立台北科技大學 土木工程學系 副教授

陳彥璋

Yen-Chang Chen

摘 要

臺灣河川於枯水時期,水流深度甚淺且水流速度太小。此時,旋杯式流速儀(Price type AA)等較大型的流速儀設備無法浸末於水中,因而無法使用這些設備量測水流 速度。所以此時流量量測通常無法使用傳統方式,如:利用旋杯式流速儀從橋上進 行吊測。故對於淺水流之流量量測需選擇適當儀器進行之,因而本研究於林邊溪流 域,選擇位處屛東縣林邊鄉來義大橋處,以超音波數位流速儀(Acoustic Digital Current Meter, ADC)與數位水流速度儀(Digital water velocity meter, FP111 Global Flow Probe)進行淺水流時期之實驗,以探討兩種不同特性與原理之儀器的適用性。 研究結果顯示兩種儀器只要水深可以浸末其量測探頭的情形下,均可使用之,然而 考量量測時對於流場量測點的干擾性,則以 ADC 干擾較小,因而較 FP111 適合於此 種流量情況下進行量測。

關鍵詞:流速儀,流量量測,超音波數位流速儀,淺水流。

ABSTRACT

During the low water period, the water depth of streams in Taiwan is very shallow and the velocity is too slow. At this time, larger velocity measurement equipments such as Price Type AA current meter cannot be completely submerged in water so that they are unable to be applied to measure the velocity. This study is conducted in Linbian river basin, selecting Laiyi Bridge in Linbian Township as the gauging station. The research uses Acoustic Digital Current Meter (ADC) and Digital water velocity meter (FP111) to measure the discharge during the shallow flow in order to explore the applicability and

^{*}通訊作者,樹德科技大學休閒事業管理系副教授,82445 高雄市燕巢區橫山路 59 號,hcyang@stu.edu.tw

deviation of the two equipments which have different features and principles. The result indicates that both equipments can be applied to measure the discharge on the shallow flow. However, ADC is more applicable than FP111 to measure velocity in shallow flow because the ADC interferes with flow field relatively smaller than FP111.

Keywords: Current meter, Discharge measurement, Acoustic Digital Current Meter, Shallow flow.

一、前 言

臺灣地勢陡峻河川短促,且天然河川之流量 豐枯變化甚大。該些河川流量變化情形之記錄是 相當重要的水文基本資料之一,亦是水資源開 發利用、防災預警及水利工程規劃設計等重要 之依據。過去針對河川流量量測之相關研究較 著重在於豐水期之暴雨洪水議題,如:刁豔芳等 人(2007);方紅遠等人(2009);李建柱與馮平 (2010);張行南與彭順風(2010);閆寶偉等人 (2010),以及劉玉邦與梁川(2011)之研究等。枯水 時期流量量測議題之相關研究則較少被提及,然 而枯水時期之流量記錄可提供河川生態流量監 測及各種取水工程設計之相關應用所需。枯水時 期天然河川之流量甚低,河川水流可能集中於河 道之深槽處,然亦有水流甚淺,而河道水流寬度 甚寬的情形。因而若要以水位流量率定曲線求得 該時期之流量數值,往往造成極大之誤差,亦顯 示此時期之水位流量率定曲線的不適用性。枯水 時期,河川的通水斷面積、流速、流量、水流深 度及河道寬度等,因每條河川特性不同而有所不 同。有些河川的水流深度可能僅為10公分不等, 而河道寬度則有 50 公尺到 80 公尺寬的情形。為 能有效獲得該些枯水時期,而水流甚淺的河川流 量記錄數值,往往需至現場進行量測,然而由於 水深甚淺,對此情況,傳統旋杯式流速儀(Price type AA)等將無法使用,因而瞭解與引進適合之 流速量測儀器,以增加枯水時期之淺水流時之流 量量測記錄與精度則有其必要性。故此,本研究 之目的乃應用可手持涉水之聲波數字流速儀 (Acoustic Digital Current Meter,以下簡稱 ADC) 於枯水期水流較淺時進行現場實際流量之量 測,並與電磁式流速儀(Electromagnetic Velocimeter, FP111)量測之結果進行比較分析,以探討 該聲波速度流速儀於天然河川淺水流時涉水量 測流量之可行性與優缺點。

二、水流流速量測儀器

各種水流流量的推求,需藉由量測水流速度 而獲得。於過去的諸多研究當中,水流流速量測 之儀器與方式亦衆多,且都有其適用的水流條 件。因此為能比較與瞭解各儀器之適用性,本研 究將該些水流流速量測儀器,分別以適用於實驗 室與野外量測的儀器簡述說明之,並就利用該些 儀器進行研究之相關文獻回顧與說明如下。

2.1 實驗室流速量測儀器

實驗室所使用之水流速度量測儀器,大部分 都是為了瞭解其水流流場,因此在儀器的選擇上 大部分都是屬於精密度較高之設備。最早被廣泛 應用於實驗室內進行單點流速量測之方法為皮 託管,此方式約於十八世紀時,應用靜壓與動壓 之壓差值,經 Bernoulli方程式關係之轉換後, 求得量測點的速度值。熱線測速儀(hot-wire anemometer)則是應用流體流過熱線帶走熱量 後,為維持熱線於一恒定的溫度,因此需要改變 加熱的電壓值,而由電壓大小的改變即可推算出 量測點之流體速度,Champagne *et al.* (1967)即使 用此熱線測速儀對紊流流場進行量測實驗。 Steffler *et al.* (1985)利用雷射杜卜勒測速儀(Laser Doppler Anemometer, LDV)對光滑矩形渠流進行 紊流流場之量測,此儀器為利用雷射光經分光

器,形成單頻且極化方向相同的兩道光(共四束 雷射光),交會形成量測體,量測點內有明暗相間 的干涉條紋,當流體懸浮顆粒通過此交會區時, 會散射產生杜卜勒訊號,由此散射光的頻率即可 計算出流體量測點之速度。White and Nepf (2008)亦利用 LDV 於具有植栽的室內實驗渠道 進行水流速度場的量測研究,而該研究成果提出 速度和剪應力的預測模式,可提供具有植栽的渠 道,於洪水、高灘地輸砂及植栽阻滯時間的模擬 運算參考。質點軌跡測速儀(Particle Tracking Velocimeter, PTV)、質點影像測速儀(Particle Image Velocimeter, PIV)與雷射光斑測速儀(Laser Speckle Velocimeter, LSV)為三種光學粒子影像 追蹤系統方法,此三種方法之原理與操作方法均 相似,而其差異在於粒子數目及空間密度的多 寡。PTV 系利用照相機或攝影機將流體中曝露 在光頁面上的外加質點顆粒做長時間曝光,因而 在底片上留下軌跡,因此所得的影像為最直接, 亦即可以直接觀察流體的運動狀況。PIV 與 LSV 的原理相同, 兩者均利用照相機將流體中的質點 顆做快速的兩次重複曝光,這些留在底片上的質 點影像經雷射光照射後,產生干涉條紋,而由條 紋的方向與密度判讀流場的速度。Meinhart et al. (1999)利用 PIV 進行微渠道水流之流場量測研 究,而Bown et al. (2006)則利用 PIV 與 PTV 進行 三維流場速度之量測研究,此外 Xu and Sciver (2007)亦利用 PIV 進行穩定(Steady)流場不同溫度 下的氦(He)之流場的流速剖面量測研究。

2.2 野外流速量測儀器

傳統水平與垂直兩種機械型式的流速儀常 被使用於進行野外流速的量測與相關研究探 討,該兩種機械式流速儀量測原理乃是利用流體 速度與流速儀之轉軸轉動次數成比例而推算求 出量測點之流速,其中水平式流速儀乃是藉由螺 旋槳之轉動得知,而垂直式流速儀則藉由旋杯或 葉片之旋轉而求得。電磁式流速儀系應用電磁誘 導發電之原理製造出電磁導體,在水流中發生電 磁,藉由感應電壓和流體流速成比例關係,經轉 換而推求出流速。電波與雷達波等流速儀的量測

方式則皆爲藉由水表面波對於電波與雷達波的 反射,而測取水表面的流速,進而反推求水流平 均流速,然其易受浪的影響,且觀測範圍會隨距 離而改變,也較難準確測取定點之流速。聲波式 杜卜勒測速儀其種類衆多,如:ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)

ADVP (Acoustic Doppler Velocity Profiler)
ADFM (Acoustic Doppler Flow Meter) \ ADP (Acoustic Doppler Profiler) \ ADV (Acoustic Doppler Velocimeter), 及 ADC (Acoustic Digital Current Meter)等。這些儀器主要原理皆是 利用聲納發射器(Transmitter)發出一固定頻率之 超音波,經由流體中之懸浮顆粒反射其超音波, 再由聲納接收器接收,藉由杜卜勒效應(Doppler Effect)分析其頻率或相位之變化,並經換算而求 得流速。由於被反射回來之聲波,經由不同方向 傳回,所以可同時量得多維度空間的速度值。此 些聲波式測速儀中,以 ADV 與 ADC 為單點式量 測流速,其餘 ADCP、ADVP、ADFM 及 ADP 等 均可同時量測多點流速值,而直接獲得量測的流 速剖面。前述該些野外適用之流速量測儀器的相 關應用研究相當多,如:許盈松等人(2007)進行 旋杯式與旋槳式流速儀觀測特性的分析研究指 出,旋杯式流速儀在流速低於 0.5 m/s 條件下之靈 敏度及器差表現皆較佳,而旋槳式流速儀則在流 速高於 0.5 m/s 條件下有較佳表現。黃宏斌等人 (2005)針對電波流速儀與旋葉式或電磁式流速儀 於渠槽試驗中測出之表面流速,利用所測得之水 流點流速值進行分析,求得電波流速儀觀測清水 流況下筆直河川之修正係數,和平均流速與表面 流速間之回歸關係式。Krans et al. (1994)經由實 驗證明 3D ADV 能運用於海洋波浪之量測,亦能 於 3D 明渠水流進行量測,且誤差均可控制在 1% 以內。Oberg et al. (1994)在密西西比河洪水期, 利用 ADCP 量測 160 場高流量,其最大流量為 31400 m³/s,而由 ADCP 所測得之流量與傳統流 速儀測得之流量,其差距小於1%。Rolland et al. (1997)利用 ADVP 進行明渠紊流流場之量測,結 果顯示此儀器能在不干擾流場的情況下,精準的 量得所需之水流速度與紊流強度,證明此儀器能 於明渠紊流流場中使用。雖說聲波式杜卜勒測速

儀與傳統機械式或電磁式流速儀做比較,其能直接同時量測水深、最小流速可量測至1 cm/s 之流速,而最大可高於5 m/s 以上之流速,且其精確度亦可控制在2%以內等優點。Clark et al. (2009)則於涵洞渠道的糙度模擬研究當中,使用 ADFM進行流速剖面資料的收集以推求所需之流量數値。Gunawan et al. (2010)則於小河流當中進行研究探討 ADP 的適用性情形。

2.3 實驗室與野外流速量測儀器比較

對於野外明渠流況之流速量測方法與實驗 室流量方法在儀器的使用上有很明顯之差異,因 而研究中針對兩者之差異性做以下之比較說明。

- (1)實驗室所使用的儀器對於量測水體而言,均 較適用於清水水流,而野外之水流往往並非 如此。
- (2) 實驗室所使用之雷射光儀器於量測紊流流場時,均需將光源藉由透明之渠道邊壁打入水 體中而測得所需之流場,然在野外並無法有 此量測構造。
- (3) 實驗室所使用的儀器其量測點之量測體積, 均較野外儀器所量測之區域為小。
- (4) 實驗室量測儀器所進行的流場流速量測區域 範圍,亦均較野外量測時為小。
- (5) 實驗室之量測儀器,由於精密度較高,且量 測點之體積小,通常較能獲得細微之水流流 場數值。
- (6)受限於實驗室水槽之限制,實驗室所能量測 之流量通常較野外為小,因而實驗範圍與限 制均較多。

對於該些儀器設備的特性分類與介紹,亦有 其它不同之區分方式,其中楊錦釧(2001)將該些 儀器區分為小與中型流速儀、高速流速儀及電磁 流速儀等。李明靜(2003)則將流速量測儀器區分 為接觸式與非接觸式。因而,對於各流場的量測 在不同場地與流況下,應選用適合之量測方法與 儀器。

三、量測儀器探討

對於野外現場的流速量測而言,適用於淺水

流涉水量測水流流速之儀器,其量測主體之體積 需較小,且具有可攜帶性、可移動性、及便利性 等特點,因此本研究選擇兩種不同型式之流速 儀,分別為超音波數位流速儀與數位水流速度 儀,針對該兩種儀器於淺水流時期流速量測之適 宜性進行比較探討,並藉由現場儀器量測之結果 進行分析比較。以下,首先針對本研究中所使用 的兩種儀器進行介紹與比較探討。

3.1 超音波數位流速儀(Acoustic Digital Current Meter, ADC)

ADC 對於水中流速的量測,其原理乃是藉 由儀器本身發出第一次超音波後,而由水中的懸 浮顆粒將該超音波反射,並由接受器接收反射後 的回波後,透過數位訊號處理器(Digital Signal Processor, DSP)處理反射後的回波圖像。於一段 短時間的間隔後,儀器發出第二次超音波,而第 二次回波圖像亦以相同方式經過處理。根據 DSP 的相位量測結果,利用交叉關係方法(Cross Correlation Method)比對兩個時間差的反射圖 像,去除所有不同的訊號,而保留兩幅相似的圖 像,以用於計算水流速度,並顯示其結果於 LCD 螢幕上。水流流速計算之公式如下所示:

其中 $\Delta f = f_1 - f_3$, 而 $f_3 = f_2 - \frac{u \cos \alpha}{c} f_2$, 再則 $f_2 = f_1 - \frac{u \cos \alpha}{c} f_1$, 而 f_1 為發射超音波的頻 率: f_2 為粒子收到的聲波頻率: α 為超音波束 與管軸線夾角: c 為流體中之聲速。有關式(1)之 詳細推導,可參閱 Yang and Chen (2012)及 Godley (2002)。ADC 的量測點,位於量測探頭前端,大 約 10~15 公分距離處,而圖 1 顯示每取樣體積之 位置。本研究所使用之掌上型 ADC 為 OTT 公司 所生產,其操作介面簡單易懂,且可迅速獲得各 量測點的流速資料。掌上型 ADC 只需簡單操作 掌上型顯示器中的操作鍵,就可測到實驗室級精 度的流速資料。由於 ADC 量測探頭大小的直徑 僅為 4.0 cm,且具有低流速和淺水均可測量的功



圖 1 ADC 取樣位置示意圖(http://www.ott.com,本 研究重繪)

能,其性能較傳統的機械流速儀佳,可測最小流 速為-0.2 m/s,而最大流速則為 2.4 m/s。因此, ADC 是淺水流時期流速量測的有利幫手。儀器配 套包括掌上型顯示器及其操作鍵盤和攜帶型的 ADC 探頭,如圖 2 所示。

3.2 數位水流速度儀(Digital water velocity meter, FP111 Global Flow Probe)

FP111 (如圖 3 所示)的組成包含:一個數字 顯示器、一根可伸縮之掌上型測杆(表面鍍鋁並有 刻尺,最長可伸至 6 ft)及流速感測器(Turbo-Prop Sensor)。量測水流速度時,將流速感測器置入水 中,而水流將帶葉片轉動,以使摩擦很小的軸轉 動,旋葉上置有磁性金屬,因而於轉動時會產生 電子信號(electrical signal),再透過轉換裝置可將 旋葉轉速轉換成水流的速度,並顯示於數字顯示 器上。數字顯示器上有四個按鈕用以變換使用模 式及使儀器歸零,而測得之水流速度値可直接由 顯示幕讀取水流的瞬時速度和平均速度。顯示幕 的電源供應,主要來自於數字顯示器內部的鋰電 池。

3.3 兩種儀器特性比較

對於超音波數位流速儀(ADC)與數位水流速 度儀(FP111)兩種儀器特性之優缺點及適用性比 較結果,列如表1所示,並說明如下:

(1)對於儀器的手持使用上,兩者均屬方便且可 攜帶,唯由於 ADC 的螢幕顯示器大小、測杆



圖 2 超音波數位流速儀(Acoustic Digital Current Meter, ADC)



圖 3 數位水流速度儀(Digital water velocity meter, FP111 Global Flow Probe)

項目	ADC	FP111	
便利性	攜帶方便	攜帶方便	
總重量	5.0 kg	0.9 kg	
量測原理	儀器探頭發出超音波後,透過超音波傳送 原理計算而轉換為流速	旋葉上磁性金屬,因轉動而產生電子信號 (electrical signal)而轉換爲流速	
速度量測範圍	-0.2 m/s - 2.4 m/s	0.1 m/s - 6.1 m/s	
量測顯示器精度	可顯示至 0.01 m	僅能顯示至 0.1 m	
量測精確度	可達±0.25 cm/s	僅爲±3.05 cm/s	
儀器操作温度	-40°至 60°C	-20°至 70°C	
價格	較昂貴	較便宜	
電力來源	鋰電池(lithium battery)	9.6 V 可充電式電池(rechargeable battery)	





圖 4 研究區域位置圖

的重量及儀器的探頭等總重量均較 FP111 重,而於實際量測操作上 ADC 具有上下移動 之支撐杆均較 FP111 便於操作。

- (2)兩種儀器的水流速度量測原理與換算方法不同。
- (3)兩種儀器的速度量測範圍不同,ADC所能測 得之最大速度為 2.4 m/s,而 FP111 則可測至 6.1 m/s。
- (4) ADC 的螢幕顯示器可顯示至 0.01 m,而 FP111 僅能顯示至 0.1 m; ADC 的量測精確度 可達±0.25 cm/s,而 FP111 僅能±3.05 cm/s。
- (5) 適合操作儀器之溫度分別為,ADC 介於-40° 至 60℃,而 FP111 則介於-20°至 70℃。
- (6) ADC 價格高於 FP111 數倍。
- (7) 儀器電力來源 ADC 主要透過螢幕顯示器之



圖 5 現場淺水流時之河川情況

9.6 V 可充電式電池組,而 FP111 則僅透過內 置之鋰電池提供。

四、研究分析

4.1 研究區域概況

林邊溪流域位於屛東縣境內,東經 120 度 28 分至 120 度 40 分,北緯 22 度 20 分至 22 度 30 分之間,河川長約 42.19 公里。流域面積約 336.30 平方公里,發源於中央山脈之南大武山西 南麓,主要支流包含瓦魯斯溪、大後溪、來社溪、 尖刀尾溪、七佳溪、力力溪等,主流流經泰武鄉、 來義鄉、新埤鄉、佳冬鄉、林邊鄉,在林邊鄉和 佳冬鄉交界流入臺灣海峽。本次研究區域選定在 來社溪與林邊溪之交接處,量測位置爲來義鄉來 義大橋處,其相關位置,如圖 4 所示,而其現場 淺水流時之河川情況,則如圖 5 所示。



圖 6 現場量測之情形

4.2 量測情形介紹

為比較兩種儀器對於流量量測的精確度,研 究中於不同時期,選擇水面寬大小不太相同之情 況,進行不同流量大小之量測。研究中,以涉水 方式施測淺水流時期之流量。實驗研究期間,共 進行 11 場次的流量量測,而水面寬變化條件介 於 5 m~20 m 之間。河川流量之量測,通常將河 川斷面劃分為數個子斷面後,再藉由量測各子斷 面的斷面積與平均流速後而求得流量。因此,於 各場次之流量量測,則分別藉由兩位量測人員分 別於左右岸拉設皮卷尺,用以量測水面寬,而各 測線位置點則以1m~2m為主,而將整個量測斷 面分割為數個子斷面。量測過程中,以兩位量測 人員分別手持 ADC 與 FP111, 於各測線位置, 以相同方法及於相同位置,同時進行施測,而現 場量測之情形,如圖6所示。各測線平均流速之 量測以兩點法(0.2 與 0.8 水深處測取其流速,而 垂線平均流速則為其平均值)或 0.6 水深法(水深 甚淺時,利用 0.6 水深處所測取之流速,爲其平 均流速)。

4.3 流速與流量分析

此外,就 11 場次的量測實驗結果亦可獲致 各場次之流速值,茲將兩種儀器所獲致之各流速 値繪圖比較之,詳如圖7所示。圖中橫軸為ADC 所屬之各子斷面平均速度量測值,而縱軸則為 FP111所屬之量測值,而由圖中可知,ADC所量 測獲得之流速值,大致上均較FP111為小。探討



其可能之原因,包含:(1)FP111 所量測獲得流速 值僅能顯示至 0.1 m, 而 ADC 之螢幕顯示器則可 顯示至 0.01 m 公分,因此在同樣情況下,兩種儀 器所量測獲得之結果,FP111 之精確度相對較 ADC 為差,而以 ADC 所測得之流速值代表真實 值的情形下,計算兩儀器之量測誤差百分率 ([(v_{FP111} - v_{ADC})/v_{ADC}]×100%)的平均值達 8.77%; (2)造成兩儀器之差異在於平均流速的量測上, ADC 透過超音波原理量測水中之懸浮顆粒,在不 干擾量測點的流場情形下,可以反應淺水流時之 水流平均流場特性,獲得較接近眞實水流之平均 流速值,而FP111的量測原理則是透過電磁原理 進行量測,其僅能反應水流通過量測管徑內之水 流平均速度值,此時原流場之水流速度已受干 擾,無法有效獲得原流場中之真實水流流速,進 而影響其所量測流場之平均速度值的代表性,該 些結果說明與顯示兩種儀器對於淺水流時期之 橫斷面整體流速分佈量測之適用性與差異性; (3)部分流速極緩或極快時,FP111 所測得之流速 較小於 ADC 所測得之數值,排除儀器誤差與人 爲誤差等系統誤差,探究其原因可能爲實驗環境 因素所造成之環境誤差,而本研究為了瞭解於現 場實際進行量測時兩儀器之實際適用性與差異 性,因此較無法有效控制該研究之實驗環境因素 所造成之流場不穩定變化情形,而這亦是本研究 之限制。

場次	斷面平均流速(m/s)		流量(m ³ /s)		
	ADC	FP111	ADC	FP111	误差百分率
1	0.852	0.900	3.263	3.445	5.58%
2	0.761	0.858	2.628	2.965	12.82%
3	0.883	0.920	2.912	3.037	4.29%
4	0.881	0.974	2.600	2.873	10.50%
5	0.598	0.618	0.604	0.626	3.64%
6	0.485	0.549	0.764	0.865	13.22%
7	0.883	0.924	0.951	0.995	4.63%
8	0.405	0.470	0.203	0.235	15.76%
9	0.402	0.446	0.199	0.221	11.06%
10	0.406	0.451	0.231	0.257	11.26%
11	0.389	0.405	0.217	0.226	4.15%

表 2 ADC 與 FP111 流速儀流量量測結果



圖 8 平均斷面法(Chen, 1998)

研究中各場次的流量計算方式,即是將各場 次所量測獲得之子斷面流量加總,即為該場次之 總流量,而其計算式為:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} q_i = \sum_{i=1}^{n} \overline{v}_i a_i \qquad(2)$$

其中Q為河川斷面流量: q_i 為各子斷面流量: v_i 則為各子斷面平均流速: a_i 為各子斷面斷的面積。各子斷面 q_i 可以下式(3)及式(4)表示之。

 $q_i = \overline{v}_i d_i w_i \tag{3}$

$$q_{i} = \left(\frac{\bar{v}_{i} + \bar{v}_{i-1}}{2}\right) \left(\frac{d_{i} + d_{i-1}}{2}\right) \left(\frac{b_{i} - b_{i-1}}{2}\right) \dots \dots \dots \dots \dots (4)$$



圖 9 ADC 與 FP111 流速儀測得流量之比較

其中 d_i為子斷面水深: b_i為距岸邊距離。流量計 算則是以流速-面積原理之平均斷面法 (Mean-Section Method),配合流速儀所測得之流 速資料推算求得,如圖 8 所示。

各場次的流量計算結果,詳如表 2 所示,而 由表中可知,11 場次的實驗條件中,斷面平均流 速則介於 0.389 m~0.974 m 之間,而流量範圍則 介於 0.199 m³/s~3.445 m³/s 之間。此外,由表中 亦可得知,兩種儀器所測得之流量誤差百分率為 $((Q_{FP111} - Q_{ADC})/Q_{ADC}) \times 100\%$ (以ADC所測得之 流量値代表真實值),而其平均誤差百分率為 8.81%。茲將兩種儀器流量量測結果繪如圖 9

表 3 獨立樣本 T 檢定結果

	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定		
	F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性(雙尾)
假設變異數相等	0.213	0.650	-0.193	20.000	0.849
不假设变异数相等			-0.193	19.895	0.849

所示,橫軸為 ADC 所測得的流量,而縱軸則為 FP111 流速儀所測得的流量。由圖中結果亦可 知,ADC 所獲致之各場次總流量,均較 FP111 所量測獲得之流量為小,顯示此兩種儀器於量測 淺水流時期之流量準確度的差異性。

將兩儀器所獲致之流量量測結果,透過統計 分析之獨立樣本 T 檢定進行探討,用以瞭解 ADC 與 FP111 流速儀對於本研究流量量測結果是否存 有顯著性差異。經計算分析後,其結果如表 3 所 示,而由表 3 之結果可知,ADC 與 FP111 流速 儀所量測之各流量的總平均值分別為:1.325 m³/s 與 1.431 m³/s,標準差則分別為:1.246 m³/s 與 1.340 m³/s;此外其 F 檢定之顯著性為 0.650 > 0.05,故應接受兩母群體變異數相等之虛無假 設,故應讀「假設變異數相等」列之 t 檢定結果。 即 t = -0.193、自由度 = 20,而顯著性(雙尾) = 0.849 \geq 0.05。故無法棄卻虛無假設,即表示 ADC 與 FP111 兩種流速儀對於量測之流量的總平均値 並無顯著性差異。

五、結 論

天然河川流量之量測與記錄,除需於颱風暴 雨時期進行量測外,平時之流量量測與記錄資料 的取得,仍有其重要性與必要性。在臺灣由於地 理環境之關係,非洪汛期之平時流量往往甚小, 致使諸多儀器無法適用於此時涉水之流量量 測。因此,本研究透過實際至現場進行淺水流之 量測,比較兩種適合於此種涉水量測儀器之適用 情形,而結果顯示 ADC 與 FP111 可應用於淺水 流時測量流速之儀器,使用上只要水深可以淹沒 量測儀器探頭(約 5 公分),即可進行平均流速之 量測。然 ADC 較 FP111 更適合應用於此種流況, 以便獲得更爲精確的淺水流之流量。由於 ADC 透過超音波原理量測水中之懸浮顆粒,較不干擾 量測點的流場,因而可以反應真實水流之平均流 速值,而 FP111 的量測原理則是透過電磁原理, 僅能反應水流通過量測管徑內之水流平均速度 值,已具有干擾量測點速度的情形。此外,由於 ADC 精密度較高,通常較能獲得細微之水流平均 流場數值,當水流速度非常微小的時候(即流速為 0.01 m/s 時),ADC 仍可測得此時之流速,此為 ADC 之優越處,然而相對的其價格較爲昂貴。因 此,對於使用上的建議,如果考慮到平均流場與 流量精確度的嚴謹性,則應以 ADC 爲較佳之選 擇,若因經費問題無法取得昂貴之儀器,取而代 之則可以 FP111 進行量測,以獲得所需之平均流 速概況與求得相對應之流量數值。

謝 誌

本研究承蒙亞太儀器公司提供儀器設備之 使用,以及 NSC 100-2625-M-366-001-MY3 和 NSC 100-2625-M-020-002 計畫經費之支持, 謹此 致謝。

參考文獻

- 刁豔芳,王本德,劉冀,基於最大熵原理方 法的洪水預報誤差分佈研究,水利學報, 2007,(5):591-595。
- 方紅遠,王銀堂,胡慶芳,區域洪水資源可 利用量評價分析,水利學報,2009,40(7): 776-781。
- 李建柱,馮平,降雨因素對大清河流域洪水 徑流變化影響分析,水利學報,2010,41(5): 595-607。
- 4. 張行南,彭順風,平原區河段洪水演進類比 系統研究與應用,水利學報,2010,41(7): 803-809。
- 5. 閆寶偉,郭生練,陳璐,劉攀,長江和清江

洪水遭遇風險分析,水利學報,2010,41(5): 553-559。

- 6. 劉玉邦、梁川,基於天氣成因和主成分投影 分析的暴雨洪水分級研究,水利學報,2011, 42(1):98-104。
- 7. 許盈松、蔡俊鋒、周湘俊、賴建信,旋杯式 與旋槳式流速儀觀測特性分析研究,中華水 土保持學報,2007,38(2):185-194。
- 黃宏斌、謝孟荃,電波流速儀與旋葉式流速 儀於清水流之流速觀測研究,中華水土保持 學報,2005,36(1):69-88。
- 9. 楊錦釧,天然河川流量及泥砂觀測技術與儀器本土化建置研究(1/2),臺北:經濟部水資源局研究報告,2001。
- 10. 李明靜,河川表面流速與流量非接觸式量測 方法之發展及應用,台南:成功大學水利與 海洋工程研究所博士論文,2003。
- Champagne, F. H., Sleicher C. A., and Wehrmann O. H., "Turbulence measurements with inclined hot-wires." J. Fluid Mech., 1976, 28, 153-176.
- Steffler, P. M., Rajaratnam, N., and Peterson, A. W. "LDA measurements in open channel." J. Hydr. Engrg., ASCE, 1985, 111(1), 119-130.
- White, B. L. and Nepf, H. M., "A vortex-based model of velocity and shear stress in a partially vegetated shallow channel." Water Resour. Res., 2008, 44, W01412.
- Meinhart, C. D., Wereley S. T., and Santiago, J. G., "PIV measurements of a microchannel flow." Experiments in Fluids, 1999, 27(5), 414-419.
- Bown, M. R., MacInnes, J. M., Allen, R. W. K., and Zimmerman, W. B. J., "Three-dimensional, three-component velocity measurements using stereoscopic micro-PIV and PTV." Measurement Science and Technology, 2006, 17(8).
- Xu, T. and Van Sciver, S. W., "Particle image velocimetry measurements of the velocity profile in He II forced flow." Physics of Fluids, 2007, 19(7).

- Krans, N. C., Lohrmann, A., and Cabrera, R., "New acoustic meter for measuring 3D Laboratory flow." J. Hydr. Engrg., ASCE, 1994, 120(3), 406-412.
- Oberg, K. A. and Mueller, D. S., "Recent applications of acoustic Doppler current profilers." Buffalo, NY, August 1-5, 1994, American Society of Civil Engineers Proceedings from Symposium on Fundamentals and Advancements in Hydraulic Measurements and Experimentation, 341-350.
- Rolland, T. and Lemmin, U., "A two-component acoustic velocity profiler for use in turbulent open-channel flow." J. Hydraulic Research, 1997, 35(4), 545-561.
- Clark, M. M., Admiraal, D. M., and González-Castro, J. A., "Roughness Modeling in a Physical Model of a Corrugated Culvert." 33rd IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment, 2009.
- Gunawan, B., Sterling, M., and Knight, D. W., "Using an acoustic Doppler current profiler in a small river." Water and Environment Journal, 2010, 24(2), 147-158.
- Chen, Y. C., "An Efficient Method of Discharge Measurement." Ph. D. Dissertation, University of Pittsburgh, 1998.
- Yang, H. C. and Chen, Y. C., "Discharge estimation of the Shin-Yuan Canal using indirect method." Paddy Water Environ, DOI10.1007/s10333-011-0309-8, published online: 2012/01/03, 2012.
- Godley, A., "Flow measurement in partially filled closed conduits." Flow Measurement and Instrumentation, 2002, 13, 197-201.

收稿日期:民國 101 年 1 月 16日 修正日期:民國 101 年 3 月 14日 接受日期:民國 101 年 3 月 15日