

## 宜蘭河試驗流域長期水文監測

# Long-term Hydrological Monitoring in Yilan River Experimental Watershed, Taiwan

國家實驗研究院  
台灣颱風洪水研究中心  
副研究員

國家實驗研究院  
台灣颱風洪水研究中心  
副技術員

經濟部水利署  
水利規劃試驗所  
課長

國家實驗研究院  
台灣颱風洪水研究中心  
副主任  
國立聯合大學  
土木與防災工程學系  
教授

**權 順 忠**

**Shun-Chung Tsung**

**李 士 強**

**Shin-chiang Li**

**李 榮 富**

**Jung-Fu Lee**

**柳 文 成\***

**Wen-Chen Liu**

### 摘 要

水文水理模式於防災預警中扮演重要角色，因此模式需要足夠現場資料進行檢定驗證，以確保模式可以合理反應模擬區域內水文現象。台灣流域內水文現象愈趨複雜，因此需更密集資料進行模式檢定驗證。流域內缺少全洪程流量與淹水歷程資料，主因為未建立穩定連續流量觀測程序與自動化淹水水位監測。為提高水文監測密度與提供水文水理模式充足驗證資料，本研究自 2012 年起建置於宜蘭河試驗流域，監測項目包含雨量、河川水位、河川表面流速與淹水水位，至 2015 年為止已有 66 站。宜蘭河試驗流域最大特色為河川表面流速與淹水水位之監測。河川表面流速站主要應用指標流速法，配合聲波都卜勒流速儀現場流量觀測，以推估河川全洪程流量。於易淹區域設置可連續記錄之淹水水位站，以改善現有淹水監測調查不足。宜蘭河試驗流域中即時水情與歷史監測資料可由網站 <http://wraew.ttfri.narl.org.tw> 查詢與下載。目前已經提供 21 場颱風事件水文監測資料。

**關鍵詞：**試驗流域，宜蘭河，流量推估，淹水歷程。

### ABSTRACT

Hydraulic and hydrologic numerical models play important roles for disaster warning and prevention. Sufficient field data is necessary for model validations which help model to present hydrologic phenomena properly. Hydraulic and hydrologic

\*通訊作者，國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心副主任，10093 台北市中正區羅斯福路 1 段 97 號 11 樓，[wcliu@narlabs.org.tw](mailto:wcliu@narlabs.org.tw)

phenomena become more complicated in watersheds in Taiwan as disaster diversification and urbanization, and therefore more field data is needed for models. River discharge during flood and inundation history are short due to lack of stable and continuous monitoring methods. To satisfy validation needs for models, this study establishes the Yilan River Experimental Watershed since 2012 and monitors rainfall, river water level, river surface velocity and inundation water level. Now totally 66 sites have been installed. Unique monitoring terms include river surface velocity and inundation water level. River surface velocity is applied to estimate river discharge using index velocity method combined field discharge measurements by acoustic Doppler current profiler. Continuous recording sensor is also used to monitor water level to record inundation history. The monitoring data of real time and flood events can be shared and downloaded on the website of <http://wraew.tfri.narl.org.tw/>.

**Keywords:** Experimental watershed, Yilan river basin, Discharge estimation, Inundation history.

## 一、前言

台灣面積為 36,000 km<sup>2</sup>，水文監測方面共有中央氣象局雨量站 496 站[5]，水利署雨量站 215 站及台電雨量站 34 站[18]，水利署水位站 141 站[19]；以雨量站而言，總數量雖多但測站分布並不均勻且多位於平地。此外水位站部分，常見支流分歧但無水位站同時監測主流水理變化。以上情況對於水文水理模式而言易造成極大的模擬誤差。對於降雨逕流模式而言，山區降雨因地形高程變化大而變異性大於平地，但山區雨量站少使得各雨量站控制面積大而無法詳細描述降雨差異。對於河道演算模式而言，河道中除上下游邊界外，中間河段水位站數目則決定演算水位驗證的細緻度，充足站數可提供模式進行河道各參數合理調整；此外對於支流分歧河川，若於支流無設置水位站則無法監測支流水理狀況與評估支流匯入前後對主流水理的影響，如此將降低河道演算可信度。

對於河道演算模式，需要入流流量資料做為上游邊界條件，而下游邊界條件則為下游水位資料[4]。目前台灣河川計有水位流量站 103 站[19]，其流量資料為利用水位流量率定曲線進行

推估，而率定曲線為利用現場流量觀測資料進行分析與繪製[16]，但常因觀測人力不足與颱風期間高流量觀測不易，使得觀測資料不足，尤其高流量資料更是缺乏。颱風期間高流量時觀測不易之主因除考慮人員於風雨中作業安全外，其量測方式無法符合需求。現有規範為利用普萊式流速儀進行流速低於 3 m/s 之河川流速量測；當流速大於 3 m/s 時，則採用浮標與手持式雷達測速槍量測表面流速[20]。近年強降雨頻繁加上河川坡度陡，因此單位面積流量大且洪水傳遞快速，而目前觀測方法所需時間長，無法掌握快速流量變化[6, 7]。浮標操作於颱風期間易受風雨影響造成量測不穩定，而手持式雷達測速槍則因使用者作業方式與現場流況差異導致測值差異大，且制式修正參數修正精度不足[17]。以上流量觀測方式對於台灣地區流域特性無法提供穩定測值與完整颱風歷程監測，同時流量觀測資料不足則將大幅影響水位流量率定曲線制訂與水文水理模式模擬結果之可信度。

台灣地區因為短延時強降雨頻繁常造成排水不及而淹水。除低窪地區外，多數淹水狀況則屬局部區域[11]。目前淹水監測方式計有利用水痕尺記錄最高淹水深度、設置淹水深度看板並以

人工記錄及於災中或災後訪查等方式標定淹水範圍與淹水深度。以上方式雖可記錄部分時間點淹水情況，但耗費人力且需暴露於風雨中，且無法掌握完整淹水時序變化。目前淹水潛勢區域劃定為利用數值淹水模式模擬不同降雨情境下淹水情況[21]，但模擬前則需實際淹水監測資料進行模式檢定與驗證。不過現缺乏完整淹水歷程記錄以供檢定驗證，因此將導致淹水模式可信度降低，亦將影響情境模擬結果與淹水潛勢區域範圍及淹水深度正確性。

以上各類水文監測密度與觀測方式若未改善，則將造成水文水理模式無法獲得良好水文監測資料進行模式檢定驗證，進而使水文水理模式無法合理表現流域內水理現象。國際間常為研究特定區域內森林、農業或水文問題，以流域為單位進行密集氣象、水文或其他項目長期監測，依照觀測資料進行分析並提出改善策略，該類流域稱之為「試驗流域」[3]。試驗流域最大特色則為具有密集及長期監測資料。此外試驗流域內依照研究目的選擇觀測項目，並隨著相關研究議題需求調整，配合研究議題發展多元監測技術。因此為使水文水理模式可獲得足夠監測資料進行模式檢定驗證，並使水文水理模式發展符合台灣水文特性。因此本研究選定宜蘭河流域建置試驗流域，針對雨量、河川水位、河川表面流速與淹水水位等項目進行測站評估與建置，並進行長期監測與維運。為改善現有颱風期間高流量與淹水歷程觀測瓶頸，研究中同時說明現場流量觀測方式、全洪程流量推估方法以及淹水水位監測方式。

## 二、試驗流域

宜蘭河流域位於台灣東北方，其地理位置如圖 1 所示。宜蘭河由小礁溪、大礁溪、五十溪及大湖溪所構成，其水系分佈如圖 2 所示。宜蘭河流域發源於宜蘭縣礁溪鄉與新北市烏來區界雪山山脈的大礁溪山和小礁溪山，其發源標高約 1,160 m，並於壯圍鄉匯入蘭陽溪，流域地勢呈現西高東低走向。流域面積為 149.06 km<sup>2</sup>，主流長

度為 17.25 km，涵蓋礁溪、員山、宜蘭及壯圍等鄉市。宜蘭河與各支流之河川特性資料如表 1 所示。流域內土地利用可分為農業區、保護區、河川用地、住宅區、商業區及工業區等，其中都市面積佔流域 12%，非都市土地面積佔 68%，山坡地與森林區域則佔 20% [9]。

宜蘭河流域為整治完善河系，主流河道總長度為 62.25 km，已築有堤防長度 56.33 km [8]。流域內農業灌溉與排水系統多，最大排水系統為美福排水，匯流至宜蘭河並於匯流處設置防潮閘門[10]。流域內設有雨水下水道系統(梅洲地區、宜蘭都市計畫區、縣政中心、壯圍、員山)及抽水站 6 座(梅洲、新南、新生、力行、金六結、文昌及宜東) [21]。此外宜蘭河流域部分區域具有高淹水潛勢，如美福排水下游美福村與新南村 [12-15]，如圖 2 中斜線區域所示。



圖 1 宜蘭河試驗流域位置

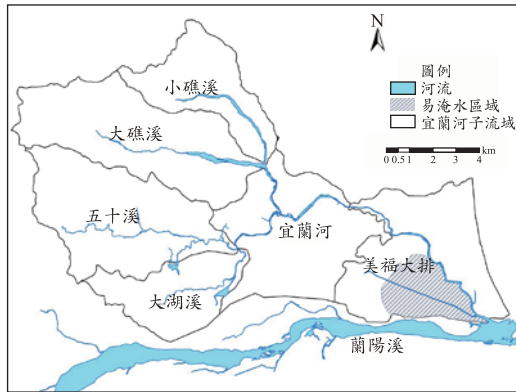


圖 2 宜蘭河試驗流域水系分佈

表 1 宜蘭河與子集水區河川特性表

河流名稱	流域面積 [km <sup>2</sup> ]	主流長度 [km]	河床坡度範圍 [比降]	堤防長度 (左岸/右岸) [km]
宜蘭河	149.06	17.25	1/300~1/2000	15.04 / 14.37
小礁溪	26.57	9.57	1/20~1/300	2.80 / 1.30
大礁溪	28.53	11.97	1/20~1/300	5.54 / 6.50
五十溪	32.60	14.16	1/20~1/300	2.79 / 5.01
大湖溪	13.60	9.30	1/100~1/300	1.43 / 1.55

### 三、水文測站與儀器

2012 年起台灣颱風洪水研究中心(以下簡稱颱洪中心)與水利署水利規劃試驗所(以下簡稱水規所)合作進行宜蘭河試驗流域建置,建置初期以監測傳統水文資料,其中包括雨量與河川水位;此外為改善河川流量推估與記錄淹水歷程,流域內亦設置河川表面流速與淹水水位監測站。宜蘭河試驗流域建置前,測站計有中央氣象局雨量站 5 站(宜蘭站、壯圍站、大礁溪站、再連站、雙連埤站)及水位站 2 站(西門橋站及噶瑪蘭橋站),其中西門橋站建有水位流量率定曲線。以上測站數目少,尤其河川水位監測部分;若用於河道演算模擬則僅能提供上下游邊界資料,兩水位站間並無其他水位資料可供檢核。此外考慮西門橋下游 1.6 km 處引水堰(充館堰)迴水影響,因此西門橋測站推估流量資料正確性則亦有重新檢視之必

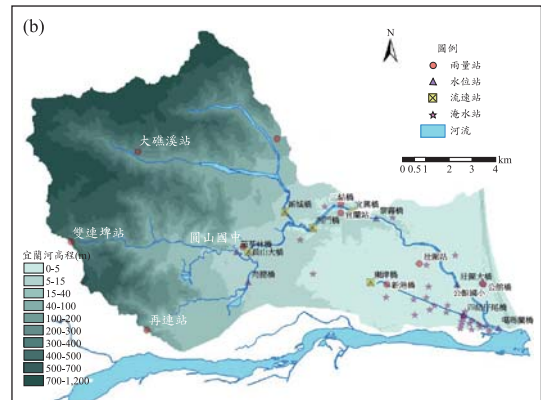
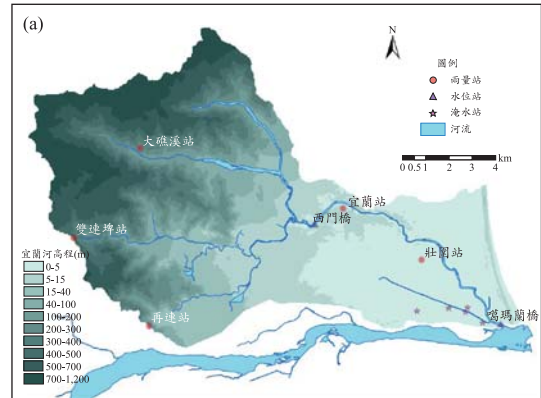


圖 3 宜蘭河試驗流域水文監測站分佈：a 建置前；b 建置後

要。此外,水利署第一河川局(以下簡稱一河局)為監測美福新南地區淹水情況,2011 年於該區域設有 8 站淹水水位監測站(四結田仔橋一站、新南橋站、新南國小站、凱旋中排站、美福防潮閘站、四結田仔橋、東西 31 路站、中南興五號橋站),但後於 2014 年移出 3 站(新南國小站、凱旋中排站、東西 31 路站)。宜蘭河試驗流域建置前之水文測站分佈如圖 3a 所示。

為提高宜蘭河試驗流域內水文監測站密集度,自 2012 年起逐步新建測站。考慮已有測站位置與流域特性後,各類新設測站站址選擇原則說明如下。雨量站: 1)考慮流域地形變化與觀測空缺區域,選擇山區與平地交接區域以及濱海等兩區域; 2)考慮測站分佈均勻性,降低控制面積; 3)考慮儀器保全,盡量選擇學校校園。河川水位站: 1)於河川主流上增設測站以掌握洪水運動變

表 2 宜蘭河試驗流域水文監測站數量

監測項目	測站建置單位					建置後小計	建置前小計 (氣象局及水利署)
	氣象局	水利局	水規所與颱洪中心計畫合作	颱洪中心	宜蘭縣政府		
雨量	5		3		3	11	5
河川水位		2	4	5	3	14	2
河川表面流速			3	2		5	0
淹水水位		5	7	24		36	5

化與提供水位檢核資訊；2)重要支流設置水位站以提供更多洪水運動資訊。河川表面流速站：1)以河川上游邊界為主要考慮，以提供水文水理模式上游邊界流量條件；2)考慮颱洪期間實施現場流量觀測作業可行性。最後，淹水水位站：1)以易淹地區為首要選擇；2)考慮淹水發生位置。除部分淹水水位站外，所有測站皆具有資料即時傳輸設備。

圖 3b 顯示宜蘭河試驗流域中各類測站位置與分佈。表 2 則列出各類測站數量，並區分所屬單位。目前宜蘭河試驗流域內計有測站 66 站，颱洪中心或與水規所合作建置測站數量佔 72.7%。宜蘭河試驗流域內雨量站計有宜蘭站、壯圍站、大礁溪站、再連站、雙連埤站、龍潭國小匏崙分校站、員山國中站及公館國小站等 8 站。各雨量站平均控制面積已於建置前 30 km<sup>2</sup> 降為 18 km<sup>2</sup>，目前最小控制面積為 11 km<sup>2</sup> (公館國小站)。新設之龍潭國小匏崙分校與員山國中站位於山區與平地交接區域，而公館國小站則彌補濱海區域雨量監測空缺。宜蘭縣政府建置測站為公館橋站、新港橋站及二結橋站，其位置分別為壯東第一大排、美福排水及梅洲排水。

河川水位站計有 14 站，新城橋站為監測大礁溪與小礁溪匯流後水位變化，而員山大橋站為監測五十溪與大湖溪匯流後水位變化，西門橋站則監測各支流匯成主流後之水位變化。自西門橋站起下游計設有宜興橋站、黎霧橋站、壯圍大橋站及噶瑪蘭橋站。宜蘭河試驗流域內美福排水於噶瑪蘭橋站上游匯入，因此為掌握美福排水水理狀況，目前分別於美福排水上游及下游段之東津

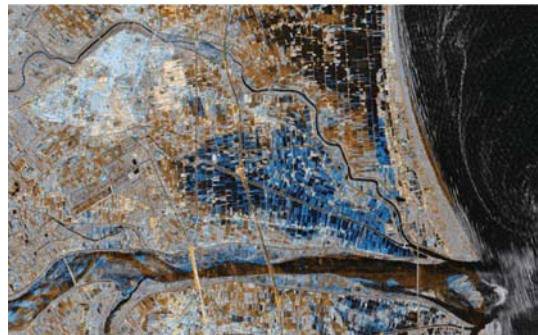


圖 4 蘇拉颱風期間美福排水集水區淹水情況；藍色部分表示水體 (影像來源：TerraSAR-X 雷達影像，2012/8/2 6pm)

橋與四結仔尾橋設置水位站。以宜蘭河主流(自西門橋以下)而言，目前河川水位測站平均間距已經由 7.5 km 縮短至 1.7 km。公館橋站、新港橋站及二結橋站為宜蘭縣政府建置，與雨量計位置相同。

設置河川表面流速站主要目的為進行流量推估並應用於河川洪水演算，因此先期測站設置皆選擇河川上游河段，並搭配河川水位站設置。目前宜蘭河試驗流域內計有河川表面流速站 5 站，做為上游邊界流量推估測站計有員山大橋站、新城橋站及東津橋站(美福排水)，而西門橋站與宜興橋站則規劃為流量檢核站。建置河川表面流速站另一目的為改善現有流量觀測方式及推估颱洪期間全洪程流量，並將流量資料提供水文水理模式使用。

淹水水位站總計有 36 站，測站位置皆位於低窪與易淹水區域，其中包括梅州地區、古結

表 3 宜蘭河試驗流域颱風事件整理

年份	颱風事件名稱	颱風編號	警報時間	監測資料時距
2012/7	蘇拉	201209	7/30-8/3	7/29-8/4
2012/8	0807 豪雨	—	—	8/6-8/9
2012/8	啟德	201213	8/14-8/15	8/12-8/16
2012/8	天秤	201214	8/21-8/28	8/21-8/25
2012/9	杰拉華	201217	9/27-9/28	9/26-9/29
2013/7	蘇力	201307	7/11-7/13	7/10-7/14
2013/7	西馬隆	201308	7/17-7/18	7/16-7/19
2013/8	潭美	201312	8/20-8/22	8/19-8/23
2013/8	康芮	201315	8/27-8/29	8/26-9/1
2013/9	天兔	201319	9/19-9/22	9/18-9/23
2013/10	菲特	201323	10/4-10/7	10/3-10/8
2014/7	麥德姆	201410	7/21-7/23	7/20-7/24
2014/8	0809 豪雨	—	—	8/6-8/14
2014/9	鳳凰	201416	9/19-9/22	9/18-9/26
2015/5	紅霞	201506	5/10-5/11	5/9-5/12
2015/5	梅雨	—	—	5/21-5/27
2015/7	蓮花	201510	7/6-7/9	7/6-7/9
2015/7	昌鴻	201509	7/9-7/11	7/9-7/11
2015/8	蘇迪勒	201513	8/7-8/10	8/7-8/9
2015/9	杜鵑	201521	9/27-9/29	9/27-9/30

村、美福村及新南村等，大部份淹水水位測站則位於美福排水集水區內。依照監測傳輸方式分為即時傳輸(12 站)與自記式(24 站)兩種；自記式則以人工方式下載儀器紀錄資料。此外美福排水兩岸區域為宜蘭河試驗流域內最易淹水區域，圖 4 為蘇拉颱風(2012/7)美福排水集水區內淹水情況，因此為掌握該區域小範圍淹水歷程，研究中則於美福排水右岸宜 18 縣道與蘭陽溪堤防間區域範圍周圍增設自記式淹水水位站 14 站。對民眾而言淹水為最有影響之降雨災害，因此為改善傳統人工方式紀錄淹水、掌握淹水歷程並提供淹水模式驗證資料，宜蘭河試驗流域內建置許多淹水水位站，此監測項目為國際各試驗流域所少有的故為最大特點。

宜蘭河試驗流域內雨量、河川水位、河川表面流速及淹水水位站已於 2012/7 開始進行監測，使用儀器分別為傾斗式雨量計(TK1，日本竹田計器工業株式會社)、雷達波水位計(VEGAPULS61，德國 VEGA 公司)、微波雷達表

面流速儀(RG-30，奧地利 Sommer 公司)及壓力式水深計(PM420W，台灣盛邦科技公司)。雨量站為提供時雨量，水利署所屬河川水位站及淹水水位站與颱風中心建置之自記式淹水水位站監測頻率為 10 min，其他測站監測頻率皆為 1 min。

#### 四、監測資料與分享

宜蘭河試驗流域自 2012/7 開始進行水文監測並彙整監測資料。目前宜蘭河試驗流域內水文監測資料計有雨量、河川水位、河川表面流速及淹水水位。因為水文研究者常針對颱風事件進行分析，因此監測資料彙整方式除以逐月整理外，另整理颱風事件期間之水文監測，資料時間長度皆涵蓋颱風影響宜蘭河試驗流域前後約一日。目前逐月監測資料自 2012/7 至 2015/12 止，而颱風事件監測資料則已經整理 21 場，其中包括蘇拉颱風(2012/7)、蘇力颱風(2013/7)、鳳凰颱風(2014/9)、蘇迪勒颱風(2015/8)及杜鵑颱風(2015/9)等。表 3 為宜蘭河試驗流域颱風事件整理。



圖 5 宜蘭河試驗流域內河川水位變化展示頁面

為使研究者取得監測資料與管理單位掌握即時水情，研究中建置宜蘭河試驗流域水文監測展示與資料庫，其網址為 <http://wraew.ttfri.narl.org.tw/>。目的為銜接與整合自動化水文監測站傳回資料及存放彙整後水文監測資料。套用 Google Maps 地圖資訊標示宜蘭河流域地理位置及各水文監測站，並以彈出式視窗提供即時水文監測資料展示。圖 5 顯示宜蘭河試驗流域內宜興橋站過去 24 小時內河川水位變化。

## 五、河川流量推估

目前水利署河川流量推估方式主要採用水位流量率定曲線，而建立水位流量率定曲線之流量觀測資料則以普萊式流速儀、浮標或手持式雷達測速槍測得流速後計算。以上方式適用於不同流況，普萊式流速儀用於低流速且觀測方式費時，對於小面積集水區較無法掌握快速流量變化；浮標與手持式雷達測速槍則受操作影響而資料穩定性低，加上以上操作皆需人工進行而無法精確掌握完整洪水歷程觀測，且對操作人員安全造成威脅。宜蘭河試驗流域內僅有西門橋建有水位流量率定曲線，然而流量觀測資料多為低流量，因此以外延方式推估較高流量則具有較高不確定性。本研究中為降低人員於颱風期間流量觀測作業危險性、掌握颱風期間完整流量歷線以及提高流量資料正確性，參考美國地質調查所 (USGS) 採用指標流速法 (Index velocity method) [2]，USGS 利用浸沒式自動化流速量測設備紀錄洪水歷程中指標流速，並用以推估洪水歷程流



圖 6 宜蘭河試驗流域內微波雷達表面流速儀：員山大橋

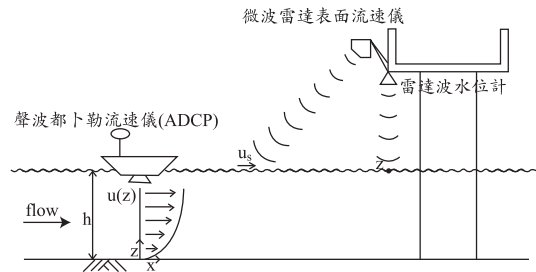


圖 7 宜蘭河試驗流域內用以推估流量之測站佈置

量。此方式可降低人員觀測危險性與掌握完整洪水歷程，但考量台灣河川多泥砂與多漂流物之特性，則改採用微波雷達表面流速儀自動且連續量測河川表面流速，如圖 6 所示。再者，參考日本國際水災害與風險管理中心 (ICHARM) 作法 [1]，為提升流量推估正確性，本研究搭配現場流量觀測作業。因此宜蘭河試驗流域中部分河川水位站搭配微波表面流速儀量測河川表面流速，並利用聲波都卜勒流速儀 (acoustic Doppler current profiler, ADCP) 進行現場流量觀測，觀測作業以颱風期間為主；測站佈置如圖 7 所示。

本研究流量推估程序如圖 8 所示。測得之河川水位高程 (H) 與斷面資料可計算通水斷面積 (A)；利用微波雷達表面流速儀測得河川表面流速 ( $u_s$ )，並利用濾波理論 (LOESS) 以除去離群值與降低雜訊；另以 ADCP 測得流量 ( $Q_{adcp}$ ) 計算平均流速 ( $U_{adcp}$ )，比較相同時間對應之表面流速 ( $u_s$ ) 建立

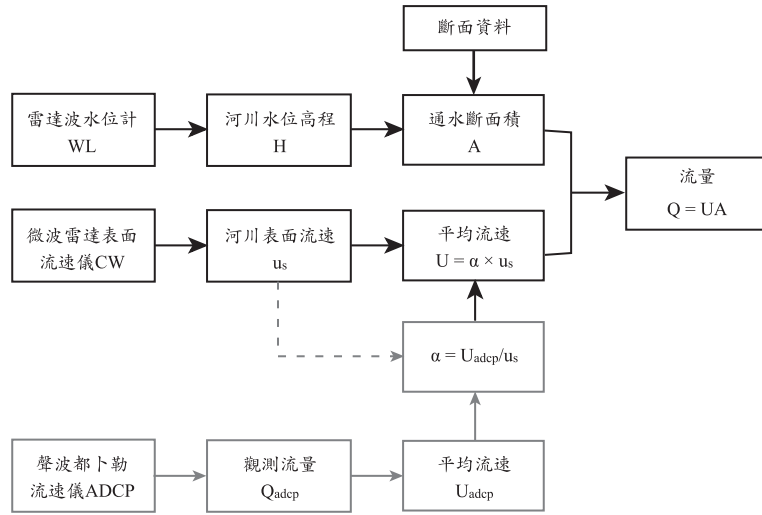


圖 8 宜蘭河試驗流域內颱風期間全洪程流量推估程序

平均-表面流速比值( $\alpha = U_{adcp}/u_s$ )，並將連續測得之  $u_s$  乘上 而求得連續平均流速  $U$ ；最後將平均流速  $U$  乘上通水斷面積  $A$  推估颱風期間全洪程流量( $Q = \alpha \times u_s \times A$ )。為降低河床沖淤改變通水斷面積而導致流量推估誤差，研究中選擇河床穩定河段。目前員山大橋及西門橋附近河床穩定，因此進行颱風期間全洪程流量推估，其颱風事件計有蘇拉颱風(2012/7)、蘇力颱風(2013/7)、麥德姆颱風(2014/7)、鳳凰颱風(2014/9)、蘇迪勒颱風(2015/8)及杜鵑颱風(2015/9)等 6 場。

以員山大橋站為例，2012 年起已進行蘇力颱風(2013/7/13)、薔蜜颱風 (2013/8/21)及蘇迪勒颱風(2015/8/8)等颱風事件現場流量觀測，其觀測流量之範圍為 3.19–60.42  $m^3/s$ 。圖 9 顯示 ADCP 現場流量觀測所得平均流速與對應表面流速關係，其線性迴歸斜率也就是平均-表面流速比值  $\alpha = 0.522$ ；然而 值會隨断面形狀、流量大小與歷線特性而變化，為考慮應用便利性與反應實際流況特性，因此採用現場流量觀測資料進行固定值推估。未來將針對更多現場流量觀測資料建立各測站符合現場流況  $\alpha$  值推估曲線。圖 10 為員山大橋站於蘇迪勒颱風期間之流況與全洪程流量推估結果，並與現場流量觀測結果比較。由結果發現推估流量與觀測流量一致，如此可確保研

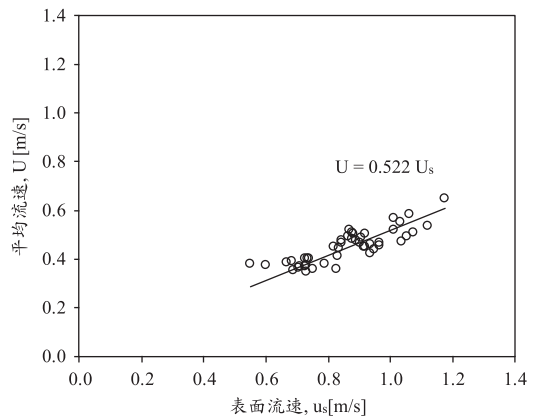


圖 9 宜蘭河員山大橋處觀測之平均流速與表面流速關係

究中所提出流量推估方式具有較高可信度，因此可藉由此方式得知蘇迪勒颱風期間員山大橋站尖峰流量為 126.77  $m^3/s$ ，且發生時間為 2015/8/8 7.24 am；而最高水位為 9.51 m，發生時間為 2015/8/8 7.56 am；尖峰流量發生時間早於最高水位 42 min。利用此方式可獲得颱風期間高流量，並進一步應用於水位流量率定曲線建立。如此可提高觀測流量值及改善流量資料精度，更可避免以低流量資料所建立之水位流量率定曲線於外延應用時所造成之誤差。



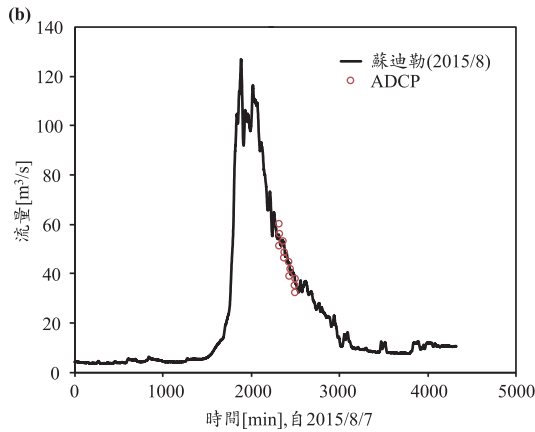


圖 10 宜蘭河員山大橋站於蘇迪勒颱風期間：a 現場流況與觀測作業情況；b 觀測流量與推估流量比較結果



圖 11 淹水紀錄方式：a 水痕尺；b 淹水深度看板

## 六、 淹水歷程監測

目前常用淹水監測方式計有利用水痕尺記錄最高淹水深度(圖 11a)、設置淹水深度看板於災中以人工記錄(圖 11b)及進行災後訪查等方式，並將收集的資料用以劃定淹水範圍與說明淹水深度。然而以上方式無法監視完整淹水歷程且與實際情況差距大，因此研究中採用壓力式水位計監測淹水水位，測站皆設置於易淹區域。測站監測資料取得方式可分為即時傳輸與自記方式，如圖 12 所示。自記方式為颱風事件後由人工方式下載壓力式水位計內資料。目前宜蘭河試驗流域內計有即時傳輸淹水水位監測站 7 站及自記式淹水水位監測站 24 站，如此密集之淹水水位監測為國際間各試驗流域所特有，亦為宜蘭河試驗流域主要特色。



圖 12 淹水水位測站：a 具即時傳輸設備；b 自記式壓力式水位計

以蘇拉颱風(2012/7/29-8/4)為案例說明,流域內最大累積雨量為 558.5 mm (大礁溪站),而最大降雨強度為 64.5 mm/hr (大礁溪站, 2012/8/2 5:00);也因此造成流域內多處淹水,尤其美福排水南岸新南村附近淹水範圍及深度大,該地區淹水情況如圖 13 所示。根據水利署第一河川局「蘇



圖 13 宜蘭河流域於蘇拉颱風期間美福排水旁新南地區淹水情況

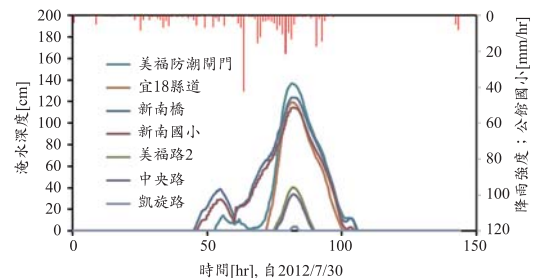


圖 14 宜蘭河流域於蘇拉颱風期間美福排水右岸區域淹水深度歷程

拉颱風宜蘭縣淹水災情調查報告」(2012),美福新南地區淹水範圍為 500 ha,淹水深度為 30-60 cm 而淹水時間約為 12-72 hr。然而災情報告中並無詳細淹水歷程,因此彙整淹水水位監測資料,美福排水右岸區域降雨與淹水深度變化歷程如圖 14 所示。由圖可知道最早發生淹水地點與時間分別為新南橋站及 2012/7/31 21:00,最長淹水時距為 60 hr。最大淹水深度為 137 cm,發生於美福防潮閘門站。除呈現各測站淹水深度監測資料外,亦可依照各站淹水深度變化時間順序說明淹水範圍變化。由淹水深度資料變化可推測美福排水南岸淹水由新南國小附近開始,而下游休閒農業園區則由美福排水匯入宜蘭河區域開始淹水,逐漸向上游傳遞。如此淹水監測方式可大幅提升淹水資訊正確性,亦可分析淹水過程並做為整治參考。然而淹水測站數量無法無限制增加,

因此應用上可將淹水水位監測資料用於淹水模擬檢定與驗證，再利用模擬結果分析局部區域淹水情況。

## 七、結論與建議

為使水文水理分析符合台灣特殊水理現象，並獲得足夠監測資料進行水文水理模式檢定驗證，進而支援模式發展與防災預警應用，本研究選定宜蘭河流域建置試驗流域。現階段針對雨量、河川水位、河川表面流速與淹水水位等項目進行測站評估與建置，並進行長期監測與維運。試驗流域內全洪程流量推估及淹水水位監測為宜蘭河試驗流域主要特色。研究結論歸納如下。

試驗流域之最大特色則為具有密集及長期監測資料。宜蘭河試驗流域內測站數已由建置前 12 站增加至 66 站，本研究建置測站數量佔總量 73.53 %。雨量站平均控制面積已經降低為 18 km<sup>2</sup>，河川水位站平均間距已經縮小為 1.7 km。流域中亦增加 5 處河川表面流速觀測做為上游邊界流量推估與流量檢核用，並於易淹區域增設 31 處淹水水位監測。

為提供宜蘭河試驗流域即時與歷史水情資訊，研究中建置水文監測展示與資料庫，其網址為 <http://wraew.ttfri.narl.org.tw/>。自 2012/7 起至 2015/12 之逐月與 21 場颱風事件水文監測資料可由該網頁中連結下載。

為降低人員於颱風期間流量觀測作業危險性、掌握颱風期間完整流量歷線以及提高流量資料正確性，宜蘭河試驗流域主流與美福排水上游測站以微波雷達自動且連續量測河川表面流速，並搭配聲波都卜勒流速儀(ADCP)於颱風期間現場流量觀測資料，建立河川表面流速與平均流速之關係，用以推估颱風期間全洪程流量。目前已針對員山大橋及西門橋進行颱風期間全洪程流量推估，其推估之颱風事件計有蘇拉颱風(2012/7)、蘇力颱風(2013/7)、麥德姆颱風(2014/7)、鳳凰颱風(2014/9)、蘇迪勒颱風(2015/8)及杜鵑颱風(2015/9)等 6 場。

為改善淹水監測品質、掌握完整淹水歷程及

提供淹水數值模式檢定驗證，研究中於宜蘭河試驗流域內易淹水區域建置淹水水位監測站，並於美福排水兩岸高淹水潛勢地區提高測站密度。目前測得淹水之颱風事件計有蘇拉颱風、蘇力颱風、蘇迪勒颱風及杜鵑颱風等 4 場。

## 謝 誌

本研究感謝水利署、水利規劃試驗所、第一河川局及宜蘭縣政府提供宜蘭河流域水文及地文資料，並協助水文測站設置。

## 參考文獻

1. Atsuhiko Yorozuya, Yoshiki Motonaga and Kazuhiko Fukami, "Establishment of automatic water-discharge measurement system and subjects," 河川流量觀測の新時代, **3**, 15-22, 2012.
2. Levesque, V. A. and Oberg, K. A., "Computation Discharge Using the Index Velocity Method," *Techniques and Method*, **3-A23**, USGS, 2012.
3. Renard, K. G., Nichols, M. H., Woolhiser, D. A. and Osborn, H. B., "A brief background on the U.S. Department of Agriculture Agricultural Research Service Walnut Gulch Experimental Watershed," *Water Resources Research*, **44** (W05S02), 2008.
4. Subramanya, K., "Flow in Open Channels," *McGraw Hill*, 1993.
5. 中央氣象局:「中央氣象局 103 年觀測年報」, 2014。
6. 中興大學:「河川流量新量測技術之研發(1/2)」, 經濟部水利署, 2001。
7. 中興大學:「河川流量新量測技術之研發(2/2)」, 經濟部水利署, 2002。
8. 水利規劃試驗所:「蘭陽溪治理規劃」, 經濟部水利署, 2016。
9. 台灣颱風洪水研究中心:「國家級防災監測及模式測試基地建置(1/3)」, 經濟部水利署水利規劃試驗所, 2012。

10. 宜蘭大學：「宜蘭縣自記式水位監測系統設立與淹水災損地理資訊系統整合規劃」，經濟部水利署第一河川局，2011。
11. 宜蘭大學：「蘭陽河流域淹水範圍監測系統建置計畫」，經濟部水利署第一河川局，2012。
12. 第一河川局：「杜鵑颱風宜蘭縣淹水災情調查報告」，經濟部水利署，2015。
13. 第一河川局：「蘇力颱風宜蘭縣區域排水水系淹水調查及檢討建議」，經濟部水利署，2013。
14. 第一河川局：「蘇拉颱風宜蘭地區淹水調查及檢討建議」經濟部水利署，2012。
15. 第一河川局：「蘇迪勒颱風宜蘭縣淹水災情調查報告」，經濟部水利署，2015。
16. 許盈松、周湘俊、曾鈞敏：「天然河川水位-流量率定曲線分類研究」，中華水土保持學報，37(3)，pp. 209-226，2006。
17. 許盈松、童琮志、周湘俊、張國強、李建君、喻秉輝、黃柏彰：「微波雷達流速儀觀測特性研究」，臺灣水利，54(3)，pp. 82-91，2006。
18. 經濟部水利署：「中華民國一〇三年臺灣水文年報 第一部分—雨量」，2015。
19. 經濟部水利署：「中華民國一〇三年臺灣水文年報 第二部分—河川水位及流量」，2015。
20. 經濟部水利署：「地面水文觀測手冊【觀測作業篇】」，2012。
21. 臺灣大學：「宜蘭縣淹水潛勢圖(第二次更新)」，經濟部水利署水利規劃試驗所，2015。

收稿日期：民國 105 年 5 月 30 日

修正日期：民國 105 年 6 月 20 日

接受日期：民國 105 年 6 月 21 日