

NCDR 108-T06

WASH1D河川水位分析模式建立與驗證

Development and Verification of the WASH1D Model for River Flood Simulations



國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center
for Disaster Reduction

國家災害防救科技中心

中華民國 109 年 01 月

NCDR 108-T06

WASH1D河川水位分析模式建立與驗證

Development and Verification of the WASH1D Model for River Flood Simulations

郭文達、魏曉萍、葉森海、陳偉柏、張志新



國家災害防救科技中心

中華民國 109 年 01 月

中文摘要

本研究之主要目的係應用 WASH1D 模式於五大流域颱風事件下之河川水位模擬驗證，並探討 WASH1D 模式於一維河川水位模擬之表現能力。此外，亦應用 SOBEK 模式，進行與 WASH1D 模式在河川水位模擬表現之差異性分析。經由兩模式在尖峰水位與洪峰抵達時間之模擬結果差異比較，結果發現在五大流域中，以大安溪流域大安溪橋之模擬結果表現差異最大，尖峰水位與洪峰抵達時間之最大差異，分別為 1.23 公尺與-6 小時，差異結果有助於未來多模式洪水預警之重要參考。整體而言，在本年度五大流域河川水位之模擬應用結果顯示，WASH1D 模式在颱風事件河川水位模擬的結果能夠與實測水位資料吻合良好，故未來將持續進行其他流域之河川水位演算模型建置及颱風事件模擬驗證。

關鍵字：颱風事件、尖峰水位、洪峰抵達時間、洪水預警

ABSTRACT

The purpose of this study is to present the WASH1D model for the typhoon-induced river flood simulations in five natural river basins, including Lan-Yang River, Da-An River, Cho-Shui River, Da-Chia River and Kao-Ping River. For comparisons, the SOBEK numerical model is used to evaluate the numerical differences between the SOBEK and WASH1D models. According to the simulated results in five natural rivers, the most differences for peak water levels and time to peak water levels are observed at the Da-An gauging station and found to be respectively 1.23 m and -6 hour. The presented results can provide useful information for multi-model flood warning system. Moreover, on the basis of the quantitative results for peak water level error and error of time to peak water level, the WASH1D model was found to achieve good overall numerical performance in modeling river flood flow. Therefore, further studies could be conducted in the applications of WASH1D model to more natural river basins.

Keywords: typhoon-induced flood events, peak water level, time to peak water level, flood warning.

目 錄

第一章 前言.....	1
第二章 集水區水文模式	3
2.1 WASH1D 模式	3
2.2 SOBEK 模式	5
第三章 模式實例應用之規劃	7
第四章 實例應用-流域河川水位模擬驗證	13
4.1 蘭陽溪流域	13
4.2 大安溪流域	15
4.3 大甲溪流域	18
4.4 濁水溪流域	19
4.5 高屏溪流域	22
4.6 綜合討論	25
第五章 結論.....	27

圖目錄

圖 1 WASH1D 模式於蘭陽溪流流域河川水位模擬演算模型規劃	9
圖 2 WASH1D 模式於大安溪流流域河川水位模擬演算模型規劃	9
圖 3 WASH1D 模式於大甲溪流流域河川水位模擬演算模型規劃	10
圖 4 WASH1D 模式於濁水溪流流域河川水位模擬演算模型規劃	11
圖 5 WASH1D 模式於高屏溪流流域河川水位模擬演算模型規劃	12
圖 6 蘭陽溪流流域颱風事件之各水位測站模擬結果	14
圖 7 大安溪流流域颱風事件之各水位測站模擬結果	17
圖 8 大甲溪流流域颱風事件之各水位測站模擬結果	19
圖 9 濁水溪流流域颱風事件之各水位測站模擬結果	21
圖 10 高屏溪流流域颱風事件之各水位測站模擬結果	24

表 目 錄

表 1 WASH1D 模式於五大流域河川水位模擬驗證之整體規劃	7
表 2 蘭陽河流域河川水位模擬之結果彙整	13
表 3 大安河流域河川水位模擬之結果彙整	16
表 4 大甲河流域河川水位模擬之結果彙整	18
表 5 濁水河流域河川水位模擬之結果彙整	20
表 6 高屏河流域河川水位模擬之結果彙整	23
表 7 五大流域河川水位模擬表現之最大差異結果彙整	25
表 8 五大流域河川水位模擬表現之最大誤差結果彙整	26

第一章 前言

集水區水文水理模式可應用於模擬分析流域河川的水文水理特性，可作為流域河川治理規劃、洪水災害減災、氣候變遷等議題的有效分析工具。隨著計算水力學的進步與普及，物理型模式已十分穩定及廣泛應用，包括：美國陸軍工兵團發展的 HEC-RAS 模式、荷蘭 WL|Delft Hydraulics 所發展的 SOBEK 模式、美國密西西比大學發展的 CCHE 模式、以及葉高次教授發展的 WASH123D 模式(WAterSHed Systems of 1-D Stream-River Network, 2-D Overland Regime, and 3-D Subsurface Media)(Yeh et al., 2011)等。

近年來水文水理模式已被廣泛應用於各種不同研究議題，包括：河川警戒水位研擬(經濟部水利署，2016)、氣候變遷研究(Wei et al., 2016a, 2016b)、流域河川分析(Guo et al., 2015; Chang et al., 2018; Shih and Yeh, 2018)、河川治理規劃等(經濟部水利署，2012；經濟部水利署水利規劃試驗所，2014；Yang et al., 2014; Liu et al., 2016; Aye et al., 2017; Basri et al., 2018; Chao et al., 2018; Maruti et al., 2018; Sahid et al., 2018)。透過文獻中許多良好模擬結果之案例，可得知集水區水文水理模式係相當有效的水文過程模擬工具。然而，過去研究大都是將模式應用於單一流域，對於多個流域之模擬分析或是多模式結果比較，則較少探討。

因此，為能夠充分掌握 WASH123D 模式系統中一維河川水位演算模組(本研究以下簡稱 WASH1D 模式)對於流域河川水位模擬之表現能力，本研究選取台灣五大流域為研究區域，包括：蘭陽溪流域、大安溪流域、大甲溪流域、濁水溪流域以及高屏溪流域，進行實際颱風事件下之河川水位模擬，藉由水位測站模擬結果與實測值之比較，以驗證 WASH1D 模式之表現能力。另外，為能夠瞭解不同模式在河川水位模擬結果之差異性，本研究亦應用經過檢定驗證過的 SOBEK 模式於相同研究流域，藉由 WASH1D 模式與 SOBEK 模式在河川水位模擬結果之比較，找出兩模式間的最大差異，作為未來水災預警多模式系集分析之重要參考。

第二章 集水區水文模式

2.1 WASH1D 模式

為能夠掌握模擬區域內之水理空間特性，WASH123D 模式採用所謂的格網式分佈型水文模式概念，並應用多種不同數值解法，離散求解動力波、運動波及擴散波等三種模式。因此，模式可模擬多種水文物理現象，包括降雨逕流演算、一維河川水理計算、二維淹水模擬以及地下水流模擬。本研究則主要探討 WASH1D 之河川水位模擬應用能力，其所求解的連續與動量方程式如下(Yeh et al., 2011)：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = S_S + S_R - S_E + S_I + S_1 + S_2 + S_P \quad (1a)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial VQ}{\partial x} = & -gA \frac{\partial(Z_0 + h)}{\partial x} - \frac{gAh}{c\rho} \cdot \frac{\partial \Delta \rho}{\partial x} - \frac{\partial F_x}{\partial x} \\ & + (M_S + M_R - M_E + M_I + M_1 + M_2) + \frac{B\tau^s - P\tau^b}{\rho} \end{aligned} \quad (1b)$$

其中， t 為時間； x 代表沿著 x 軸方向的河川長度；

A 為通水斷面；

Q 為流量；

S_S 為人工注入或流出量；

S_R 表示降水量；

S_E 為蒸發散量；

S_I 為入滲量；

S_1 與 S_2 為地表流入河川量；

S_p 為各河段抽水量；

V 表示流速；

g 為重力加速度；

Z_0 表示底床高程；

h 表示水深；

ρ 為水的密度；

$\Delta\rho = \rho - \rho_0$ 表示流體與參考密度 ρ_0 之密度差；

c 為斷面積係數；

F_x 表示由渦流的黏滯性(eddy viscosity)所產生的動量；

M_S 為人工注入或流出量所產生的動量影響；

M_R 為降水所產生的動量影響；

M_E 為蒸發散所產生的動量影響；

M_I 為入滲所產生的動量影響；

M_1 與 M_2 表示地表流入河川量所產生的動量影響；

M_p 為各河段抽水量所產生的動量影響；

B 為斷面頂寬；

τ^s 為地表剪力；

P 為濕周；

τ^b 為底床剪力；

其中， $\tau^b / \rho = \kappa V^2$ ， $\kappa = gn^2 / R^{1/3}$ ，並且 R 為水力半徑；

以及 n 代表曼寧係數。

2.2 SOBEK 模式

SOBEK 模式係具有視窗化操作介面之完整商業套裝軟體，可進行降雨逕流之水文模擬、河川一維水位之水理模擬、以及地表二維淹水模擬，並可處理多種水工構造物之流量估算，包括：橋梁、孔口、堰、涵洞、虹吸工等。SOBEK 模式中之一維河川水理模組，所求解的水流方程包含連續方程與動量方程(經濟部水利署，2016)：

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l \quad (2a)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial(Z_0 + h)}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 RA} - W \frac{\tau_{wi}}{\rho} = q_l \quad (2b)$$

其中， R 為水力半徑；

q_l 代表渠道側入流量；

C 代表 Chezy 係數；

W 為河流寬度；

τ_{wi} 為風剪力。

SOBEK 模式主要係以非線性隱式差分法求解一維方程式之各時段與各斷面的水深與流量，且一維河川水位可與二維漫地流及雨水下水道系統整合銜接。

第三章 模式實例應用之規劃

本研究以台灣五大重要流域(蘭陽溪流域、大安溪流域、大甲溪流域、濁水溪流域以及高屏溪流域)，作為 WASH1D 模式在河川水位模擬能力探討之實例應用區域，整體規劃如表 1 所示。

表 1 WASH1D 模式於五大流域河川水位模擬驗證之整體規劃

流域	入流條件 (實測流量)	實測水位 (水位站)	模擬的事件
蘭陽溪	牛鬥 員山大橋	西門橋 黎霧橋 壯圍大橋 噶瑪蘭橋 蘭陽大橋	2012 年 7 月蘇拉(7/31 13:00 ~ 8/4 08:00) 2014 年 7 月麥德姆(7/22 00:00 ~ 7/25 23:00) 2015 年 9 月杜鵑(9/27 00:00 ~ 10/5 00:00)
大安溪	象鼻	象鼻 雙崎 卓蘭 義里 大安溪橋	2012 年 7 月蘇拉(7/31 13:00 ~ 8/4 08:00) 2013 年 7 月蘇力(7/12 22:00 ~ 7/14 22:00) 2015 年 9 月杜鵑(9/27 00:00 ~ 10/5 00:00)
大甲溪	龍安橋	龍安橋 東勢大橋 后豐大橋 大甲溪橋	2012 年 7 月蘇拉(7/31 13:00 ~ 8/4 08:00) 2013 年 7 月蘇力(7/12 22:00 ~ 7/14 22:00) 2016 年 9 月梅姬(9/27 00:00 ~ 9/30 22:00)
濁水溪	集集攔河堰	名竹大橋 彰雲大橋 溪州大橋 自強大橋 西濱大橋	2013 年 7 月蘇力(7/12 22:00 ~ 7/14 22:00) 2013 年 8 月潭美(8/21 00:00 ~ 8/24 22:00) 2013 年 8 月康芮(8/29 00:00 ~ 8/31 16:00) 2014 年 7 月麥德姆(7/22 00:00 ~ 7/25 23:00)
高屏溪	杉林大橋 里嶺大橋	杉林大橋 旗山橋 里嶺大橋 高屏大橋 萬大大橋	2013 年 8 月潭美(8/21 00:00 ~ 8/24 22:00) 2013 年 8 月康芮(8/29 00:00 ~ 8/31 16:00) 2013 年 9 月天兔(9/20 15:00 ~ 9/25 16:00) 2015 年 8 月蘇迪勒(8/5 00:00 ~ 8/15 00:00)

本研究彙整五大流域河川水位模擬之模擬事件、模式輸入(流量站)以及模式輸出(河川水位站)等資訊。在河川水位演算所需的入流條件中，假若該模擬事件缺乏實測流量資料，本研究則採用災防科技中心所發展的降雨逕流模式之模擬結果，作為入流條件。

圖 1 顯示為 WASH1D 模式在蘭陽溪流域河川水位演算模型建置。蘭陽溪流域發源於南湖大山北麓(海拔 3,536 公尺)，流域面積約 978 平方公里，主流長約 73 公里，河床平均坡降約 1/55。蘭陽溪流域河川水位演算範圍包括蘭陽溪主流與宜蘭河支流，蘭陽溪主流以牛鬥流量站作為上游邊界條件，給定流量歷線；宜蘭河支流則以員山大橋之流量歷線作為上游邊界條件；蘇澳潮位站為蘭陽溪流域河道水位之最下游演算邊界。蘭陽溪流域河川水位模擬驗證之颱風事件，包括 2012 年蘇拉、2014 年麥德姆以及 2015 年杜鵑。模式輸出之水位站有黎霧橋、壯圍大橋、中山橋、蘭陽大橋、以及噶瑪蘭橋。

圖 2 顯示為 WASH1D 模式在大安溪流域河川水位演算模型建置。大安溪流域源自於雪山山脈之大霸尖山，主流流域面積為 758 平方公里，主流長度為 95.76 公里。大安溪流域河川水位演算之上游入流邊界為象鼻流量站，下游出流邊界為台中港潮位站。模擬事件包括 2012 年蘇拉、2013 年蘇力以及 2015 年杜鵑。模式輸出的水位測站包

括有象鼻、雙崎站、卓蘭、義里以及大安溪橋。



圖 1 WASH1D 模式於蘭陽溪流域河川水位模擬演算模型規劃

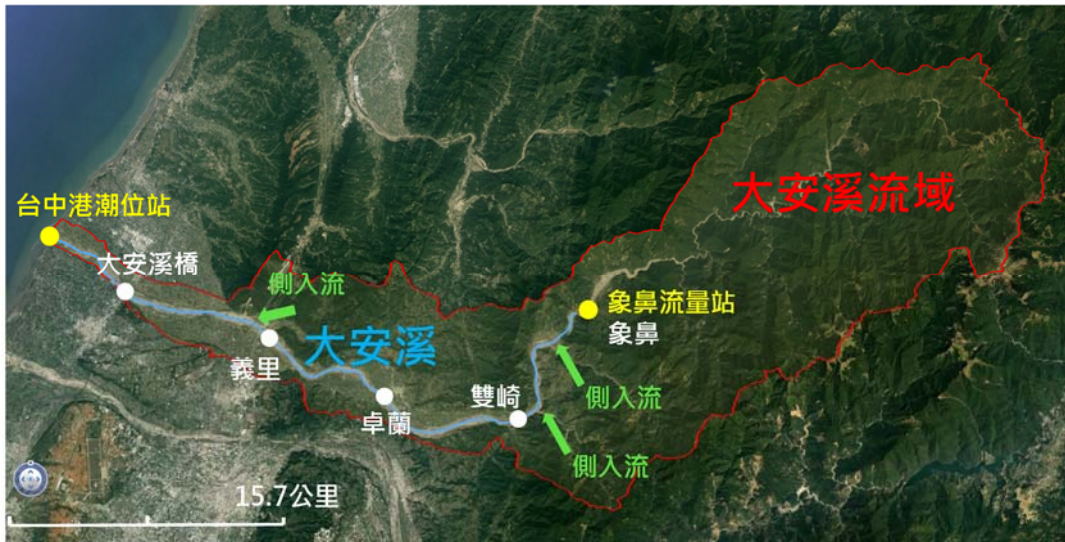


圖 2 WASH1D 模式於大安溪流域河川水位模擬演算模型規劃

圖 3 顯示為 WASH1D 模式在大甲溪流域河川水位演算模型建置。大甲溪流域發源於雪山(標高 3,884 公尺)及南湖大山(標高 3,740 公尺)，流域面積為 1,235.73 平方公里，幹流長度為 124.2 公里。河川水位演算之上游入流邊界為龍安橋流量站，下游出流邊界為台中港潮位站。模擬事件包括 2012 年蘇拉、2013 年蘇力以及 2016 梅姬。模式輸出之水位站有龍安橋、東勢大橋、后豐橋以及大甲溪橋。



圖 3 WASH1D 模式於大甲溪流域河川水位模擬演算模型規劃

圖 4 顯示為 WASH1D 模式在濁水溪流域河川水位演算模型建置。濁水溪流域發源於合歡山主峰與東峰間(海拔 3,220 公尺)，流域面積為 3,156.9 平方公里，全長為 186.6 公里。濁水溪流域河川水位演算之上游入流邊界為集集攔河堰，下游出流邊界為麥寮潮位站。模擬事件包括 2013 年蘇力、2013 年康芮、2013 年潭美以及 2014 年麥

德姆。模式輸出之水位站有名竹大橋、彰雲大橋、溪州大橋、自強大橋、以及西濱大橋。



圖 4 WASH1D 模式於濁水溪流域河川水位模擬演算模型規劃

圖 5 顯示為 WASH1D 模式在高屏溪流域河川水位演算模型建置。高屏溪主流發源地為中央山脈玉山附近，流域面積為 3,257 平方公里，全長為 171 公里。高屏溪流域河川水位演算之上游入流邊界為杉林大橋，下游出流邊界為東港潮位站。模擬事件包括 2013 年康芮、2013 年天兔、2013 年潭美以及 2015 年蘇迪勒。模式可輸出的水站站包括有杉林大橋、旗山橋、里嶺大橋、高屏大橋以及萬大大橋。



圖 5 WASH1D 模式於高屏溪流域河川水位模擬演算模型規劃

第四章 實例應用-流域河川水位模擬驗證

4.1 蘭陽溪流域

圖 6 顯示為 WASH1D 模式在蘭陽溪流域颱風事件下各水位測站之河川水位模擬結果，可得知 WASH1D 模式在尖峰水位及洪峰抵達時間之掌握，大致可獲得良好的模擬表現。

本研究將 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在蘭陽溪流域河川水位模擬之結果，彙整如表 2 所示，其中 $\eta_{p(\text{Measured})}$ 與 $t_{p(\text{Measured})}$ 分別代表尖峰水位及洪峰抵達時間之實測值， $\eta_{p(\text{SOBEK})}$ 與 $t_{p(\text{SOBEK})}$ 分別代表 SOBEK 模式之尖峰水位及洪峰抵達時間模擬結果， $\eta_{p(\text{WASH1D})}$ 與 $t_{p(\text{WASH1D})}$ 分別代表 WASH1D 模式之尖峰水位及洪峰抵達時間模擬結果。

表 2 蘭陽溪流域河川水位模擬之結果彙整

蘭陽溪流域 河川水位模擬表現評估		2012 年蘇拉		2014 年麥德姆	
		噶瑪蘭橋	蘭陽大橋	噶瑪蘭橋	中山橋
尖峰水位 (公尺)	$\eta_{p(\text{SOBEK})} - \eta_{p(\text{Measured})}$	-0.13	-0.36	0.44	0.28
	$\eta_{p(\text{WASH1D})} - \eta_{p(\text{Measured})}$	0.16	0.29	-0.39	0.15
	$\eta_{p(\text{SOBEK})} - \eta_{p(\text{WASH1D})}$	-0.29	-0.65	0.83	0.13
洪峰抵達 時間(小時)	$t_{p(\text{SOBEK})} - t_{p(\text{Measured})}$	0	0	6	3
	$t_{p(\text{WASH1D})} - t_{p(\text{Measured})}$	1	0	0	0
	$t_{p(\text{SOBEK})} - t_{p(\text{WASH1D})}$	-1	0	6	3

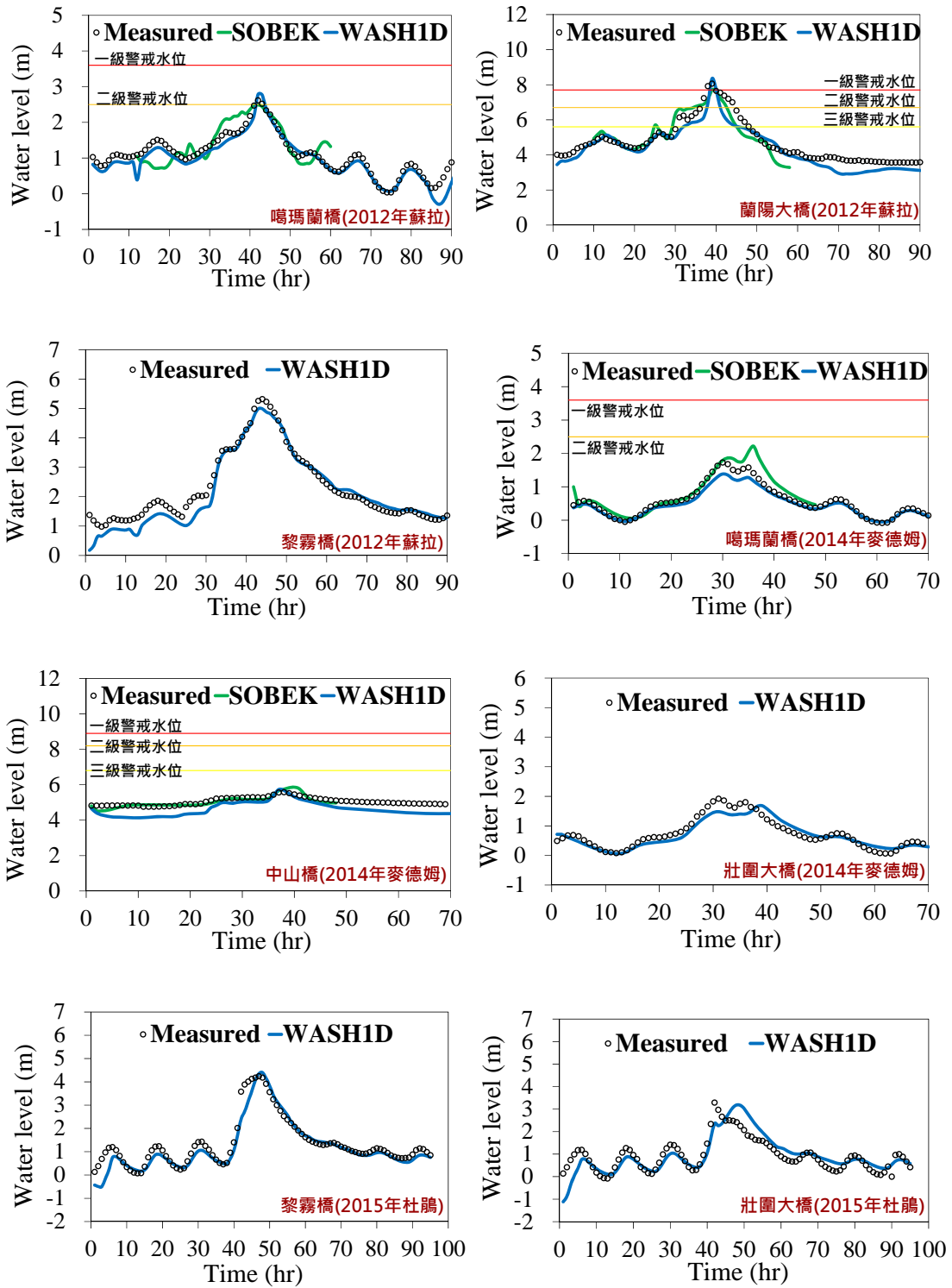


圖 6 蘭陽溪流域颱風事件之各水位測站模擬結果

表 2 結果可知 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在尖峰水位模擬之最大誤差分別為 0.44 公尺與-0.39 公尺，均發生在噶瑪蘭橋(2014 年麥德姆颱風事件)；SOBEK 模式與 WASH1D 模式在洪峰抵達時間模擬之最大誤差則分別為 6 小時(噶瑪蘭橋於 2014 年麥德姆颱風)及 1 小時(噶瑪蘭橋於 2012 年蘇拉颱風)。此外，表 2 亦顯示 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在尖峰水位與洪峰抵達時間模擬表現之最大差異都是發生在噶瑪蘭橋(2014 年麥德姆颱風)，分別為 0.83 公尺與 6 小時。

4.2 大安河流域

圖 7 顯示為 WASH1D 模式在大安河流域颱風事件下各水位測站之河川水位模擬結果，可看出隨著水位逐漸上漲，SOBEK 模式與 WASH1D 模式在大安溪橋水位模擬結果之差異變大；整體而言，除了卓蘭與義里於 2012 年蘇拉颱風事件之尖峰水位誤差是超過 1 公尺之外，其他模擬案例之尖峰水位模擬結果均大致上接近實測值。

表 3 代表 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在大安河流域河川水位模擬之結果，可知 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在尖峰水位模擬之最大誤差分別為 0.77 公尺與-0.46 公尺，均發生在大安溪橋(2013 年蘇力颱風事件)；在洪峰抵達時間之模擬誤差方面，SOBEK 模式與

WASH1D 模式在 2013 年蘇力颱風事件下大安溪橋之誤差，分別為 2 小時及 5 小時。

表 3 大安溪流域河川水位模擬之結果彙整

大安溪流域 河川水位模擬表現評估		2013 年蘇力	2012 年蘇拉
		大安溪橋	大安溪橋
尖峰水位 (公尺)	$\eta_p(\text{SOBEK}) - \eta_p(\text{Measured})$	0.77	0.62
	$\eta_p(\text{WASH1D}) - \eta_p(\text{Measured})$	-0.46	0.10
	$\eta_p(\text{SOBEK}) - \eta_p(\text{WASH1D})$	1.23	0.52
洪峰抵達 時間(小時)	$t_p(\text{SOBEK}) - t_p(\text{Measured})$	2	-2
	$t_p(\text{WASH1D}) - t_p(\text{Measured})$	5	4
	$t_p(\text{SOBEK}) - t_p(\text{WASH1D})$	-3	-6

此外，表 3 亦顯示 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在尖峰水位與洪峰抵達時間模擬表現之最大差異是分別為 1.23 公尺(大安溪橋於 2013 年蘇力颱風)與-6 小時(大安溪橋於 2012 年蘇拉颱風)。

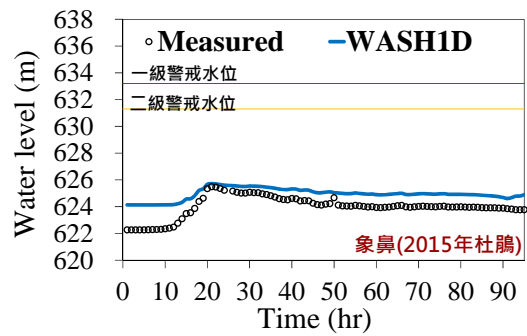
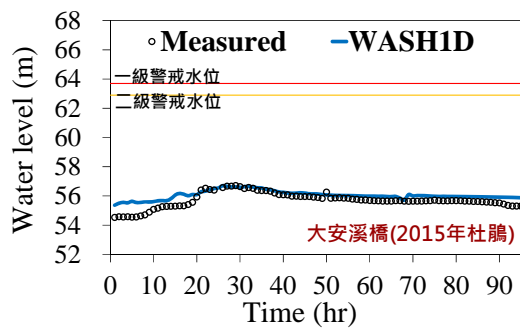
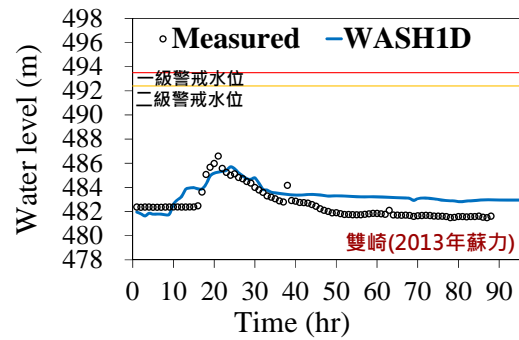
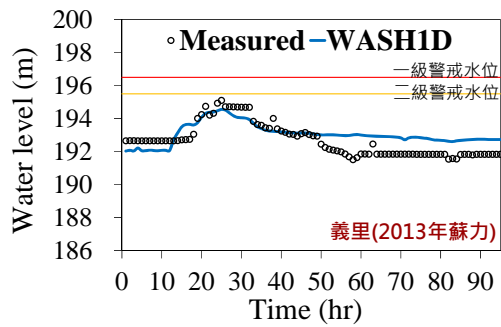
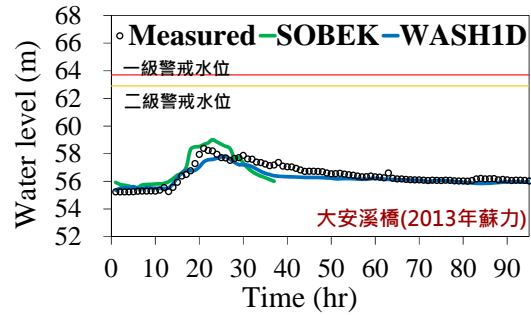
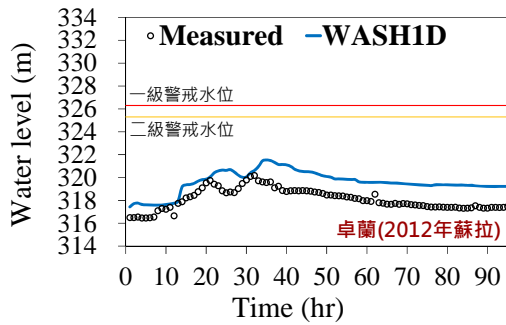
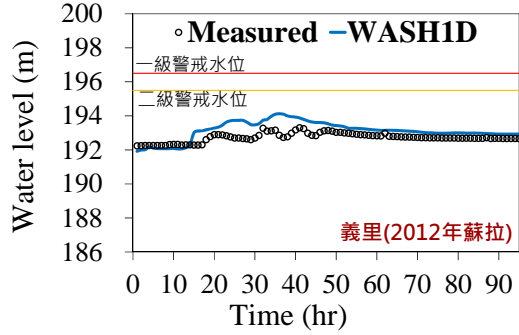
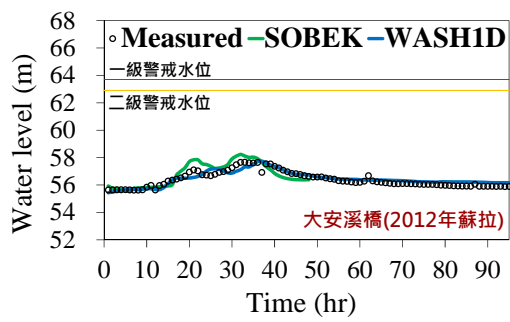


圖 7 大安溪流域颱風事件之各水位測站模擬結果

4.3 大甲溪流域

圖 8 顯示為 WASH1D 模式在大甲溪流域颱風事件下各水位測站之河川水位模擬結果，經由實測颱風水位模擬驗證，顯示 WASH1D 模式之模擬結果可符合現況水位變化。茲將 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在大甲溪流域河川水位模擬之結果，彙整如表 4 所示，結果可知 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在尖峰水位模擬之最大誤差均發生在東勢大橋(2013 年蘇力颱風事件)，分別為 0.46 公尺及 0.76 公尺；SOBEK 模式與 WASH1D 模式在東勢大橋於 2013 年蘇力事件下之洪峰抵達時間模擬誤差則分別為 1 小時及 2 小時。此外，表 4 亦顯示 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在尖峰水位與洪峰抵達時間模擬表現之最大差異，分別為 0.9 公尺(東勢大橋於 2012 年蘇拉颱風)與-1 小時(東勢大橋於 2013 年蘇力颱風)。

表 4 大甲溪流域河川水位模擬之結果彙整

大甲溪流域 河川水位模擬表現評估		2012 年蘇拉		2013 年蘇力
		東勢大橋	大甲溪橋	東勢大橋
尖峰水位 (公尺)	$\eta_p(\text{SOBEK}) - \eta_p(\text{Measured})$	0.42	0.23	0.46
	$\eta_p(\text{WASH1D}) - \eta_p(\text{Measured})$	-0.48	-0.48	0.76
	$\eta_p(\text{SOBEK}) - \eta_p(\text{WASH1D})$	0.90	0.71	-0.27
洪峰抵達 時間(小時)	$t_p(\text{SOBEK}) - t_p(\text{Measured})$	0	1	1
	$t_p(\text{WASH1D}) - t_p(\text{Measured})$	0	1	2
	$t_p(\text{SOBEK}) - t_p(\text{WASH1D})$	0	0	-1

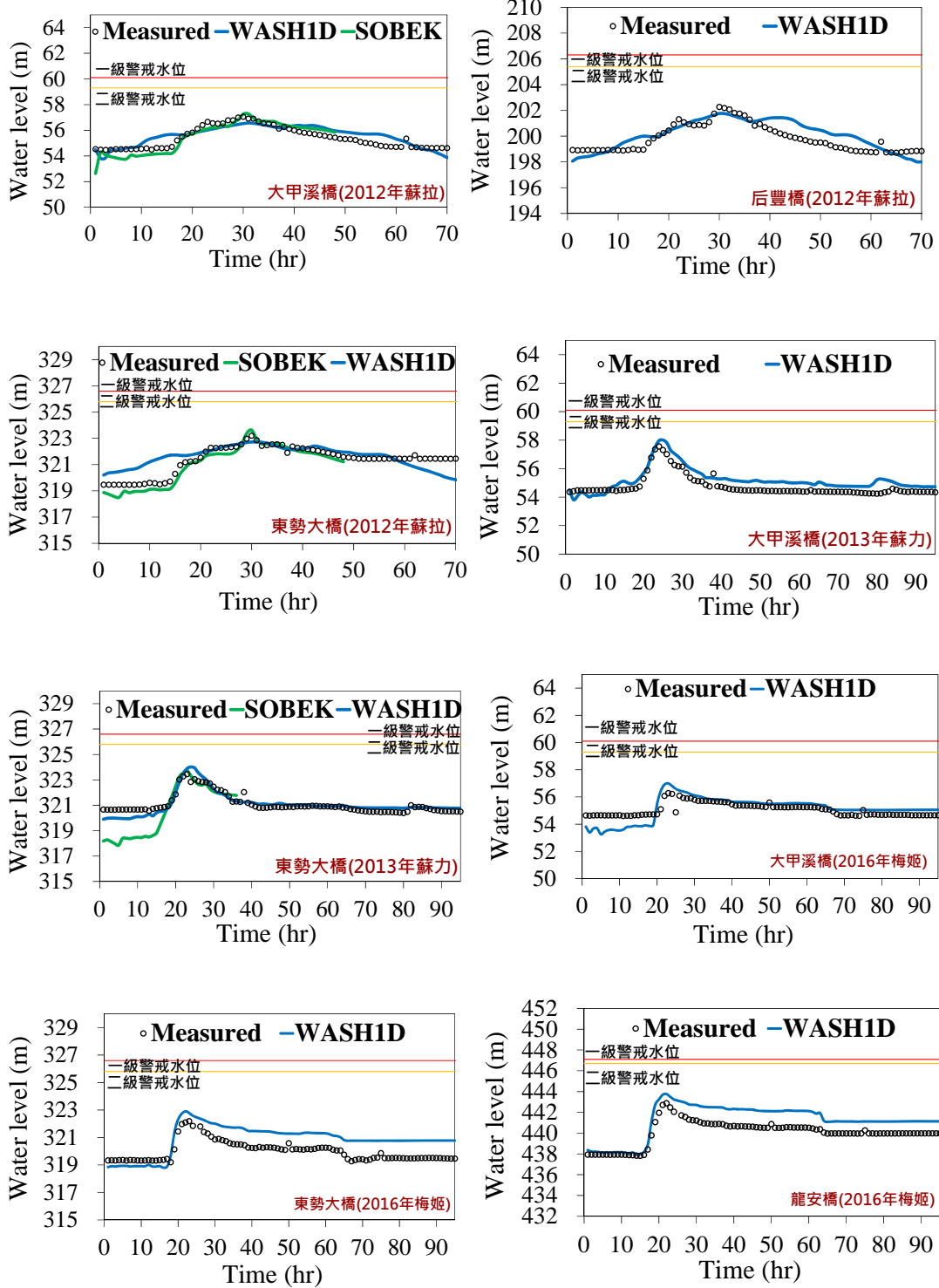


圖 8 大甲溪流域颱風事件之各水位測站模擬結果

4.4 濁水溪流域

圖 9 代表 WASH1D 模式在濁水溪流域颱風事件下各水位測站之河川水位模擬結果，可看出除了自強大橋於 2013 年蘇力颱風事件之模擬表現較差之外，其他水位測站於颱風事件下之水位模擬結果均接近實測值。

表 5 彙整 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在濁水溪流域河川水位模擬之結果，可知 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在尖峰水位模擬之最大誤差分別為 2.15 公尺與 2.74 公尺，均發生在自強大橋(2013 年蘇力颱風事件)。

表 5 濁水溪流域河川水位模擬之結果彙整

濁水溪流域 河川水位模擬表現評估		2013 年康芮			2013 年蘇力		
		彰雲 大橋	自強 大橋	西濱 大橋	彰雲 大橋	自強 大橋	西濱 大橋
尖峰 水位 (公尺)	$\eta_p(\text{SOBEK}) - \eta_p(\text{Measured})$	-0.37	0.53	0.35	-0.23	2.15	-0.19
	$\eta_p(\text{WASH1D}) - \eta_p(\text{Measured})$	-0.26	1.27	-0.07	0.37	2.74	-0.12
	$\eta_p(\text{SOBEK}) - \eta_p(\text{WASH1D})$	-0.11	-0.74	0.42	-0.60	-0.59	-0.07
洪峰 抵達 時間 (小時)	$t_p(\text{SOBEK}) - t_p(\text{Measured})$	1	1	1	0	1	1
	$t_p(\text{WASH1D}) - t_p(\text{Measured})$	-1	-1	0	0	1	1
	$t_p(\text{SOBEK}) - t_p(\text{WASH1D})$	2	2	1	0	0	0

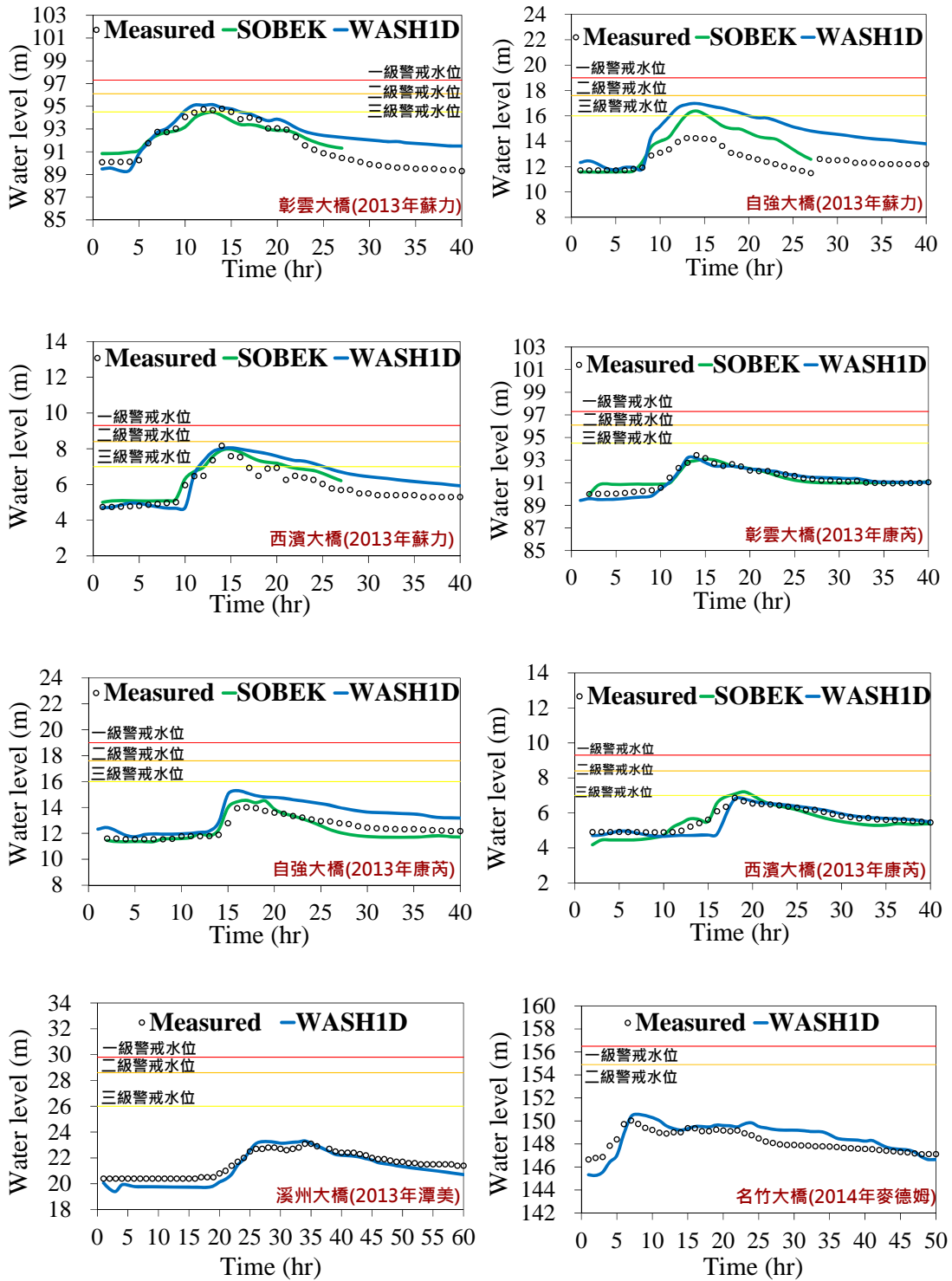


圖 9 濁水溪流域颱風事件之各水位測站模擬結果

本研究在自強大橋共有四場颱風(2013 年蘇力、2013 年康芮、2013 年潭美以及 2014 年麥德姆)模擬案例，其中僅以 2013 年蘇力颱風事件之誤差是超過 2 公尺，目前初步研判造成誤差原因可能為 2013 年蘇力颱風在自強大橋附近河段造成較為劇烈之河床沖淤變化，導致通水斷面之改變，會進一步影響河川水位演算結果；在洪峰抵達時間之模擬誤差方面，SOBEK 模式與 WASH1D 模式在濁水溪流域之表現良好，誤差均小於正或負 1 小時。

此外，表 5 亦顯示 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在尖峰水位與洪峰抵達時間模擬表現之最大差異分別為-0.74 公尺(自強大橋於 2013 年康芮颱風)及 2 小時(2013 年康芮颱風事件在自強大橋與彰雲大橋)。

4.5 高屏溪流域

圖 10 顯示 WASH1D 模式在高屏溪流域颱風事件下各水位測站之河川水位模擬結果，可看出 WASH1D 模式亦可正確模擬具有雙峰型之河川水位變化(2015 年杜鵑颱風事件在高屏大橋與里嶺大橋)。

表 6 彙整 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在高屏溪流域河川水位模擬之結果，可知 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在尖峰水位模擬之最大誤差，分別為 1.26 公尺(萬大大橋於 2013 年康芮颱風)與 0.87

公尺(萬大大橋於 2013 年天兔颱風)；SOBEK 模式與 WASH1D 模式在洪峰抵達時間模擬誤差均不超過正或負 2 小時。

表 6 高屏溪流域河川水位模擬之結果彙整

高屏溪流域 河川水位模擬表現評估		2013 年康芮		2013 年天兔	
		萬大大橋	里嶺大橋	萬大大橋	里嶺大橋
尖峰 水位 (公尺)	$\eta_p(\text{SOBEK}) - \eta_p(\text{Measured})$	1.26	0.95	0.68	0.05
	$\eta_p(\text{WASH1D}) - \eta_p(\text{Measured})$	0.72	0.65	0.87	0.16
	$\eta_p(\text{SOBEK}) - \eta_p(\text{WASH1D})$	0.54	0.30	-0.19	-0.11
洪峰 抵達 時間 (小時)	$t_p(\text{SOBEK}) - t_p(\text{Measured})$	1	0	-2	-2
	$t_p(\text{WASH1D}) - t_p(\text{Measured})$	2	0	2	1
	$t_p(\text{SOBEK}) - t_p(\text{WASH1D})$	-1	0	-4	-3

此外，表 6 亦顯示 SOBEK 模式與 WASH1D 模式在尖峰水位與洪峰抵達時間模擬表現之最大差異，分別為 0.54 公尺(萬大大橋於 2013 年康芮颱風)與-4 小時(萬大大橋於 2013 年天兔颱風)。

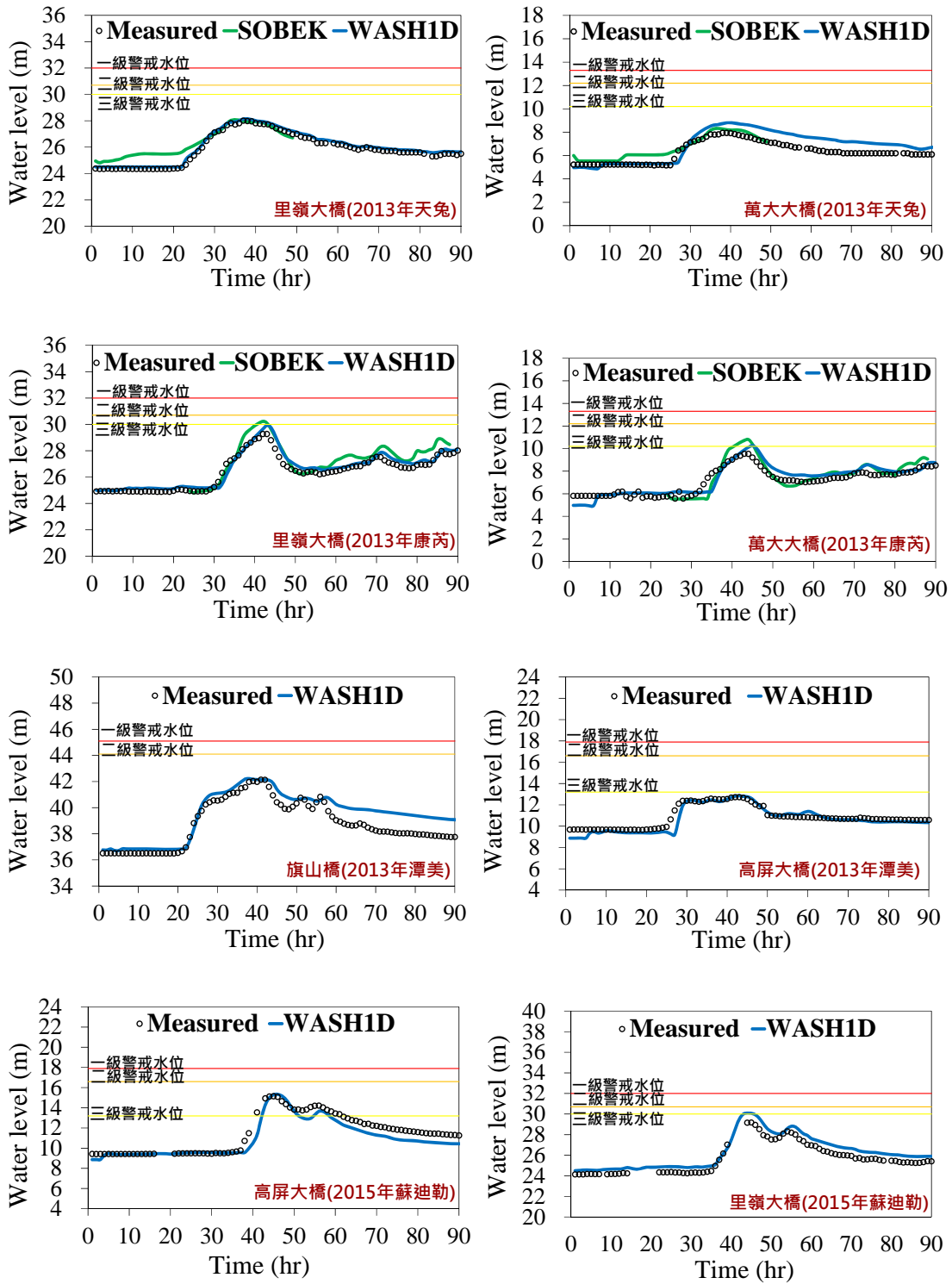


圖 10 高屏溪流域颱風事件之各水位測站模擬結果

4.6 綜合討論

經由上述五大流域河川水位之模擬結果，可得知兩模式在不同流域河川水位模擬表現上，確實存在顯著的差異性。表 7 彙整出兩模式在五大流域河川水位模擬表現之最大差異，結果得知兩模式在五大流域中之大安溪流域大安溪橋存在最大差異：(1) SOBEK 尖峰水位模擬結果比 WASH1D 高 1.23 公尺、(2) SOBEK 洪峰抵達時間模擬結果比 WASH1D 快 6 小時。

表 7 五大流域河川水位模擬表現之最大差異結果彙整

流域	水位站	尖峰水位差異(公尺) $\eta_p(\text{SOBEK}) - \eta_p(\text{WASH1D})$	洪峰抵達時間差異(小時) $t_p(\text{SOBEK}) - t_p(\text{WASH1D})$
蘭陽溪	噶瑪蘭橋	0.83	6
大安溪	大安溪橋	1.23	-6
大甲溪	東勢大橋	0.90	-1
濁水溪	自強大橋	-0.74	2
高屏溪	萬大大橋	0.54	-4

另一方面，表 8 彙整出兩模式在五大流域河川水位模擬表現之最大誤差。結果得知兩模式之尖峰水位最大誤差均發生在濁水溪自強大橋，但 WASH1D 模式在其餘流域之尖峰水位最大誤差都可小於正或負 1 公尺。在洪峰抵達時間誤差方面，SOBEK 模式與 WASH1D 模式之洪峰抵達時間最大誤差分別是發生在蘭陽溪噶瑪蘭橋之 6 小時

及大安溪大安溪橋之 5 小時，兩模式在其餘流域之洪峰抵達時間最大誤差則均可小於正或負 2 小時。

表 8 五大流域河川水位模擬表現之最大誤差結果彙整

流域	水位站	尖峰水位誤差(公尺)		洪峰抵達時間誤差(小時)	
		$\eta_p(\text{SOBEK}) - \eta_p(\text{Measured})$	$\eta_p(\text{WASH1D}) - \eta_p(\text{Measured})$	$t_p(\text{SOBEK}) - t_p(\text{Measured})$	$t_p(\text{WASH1D}) - t_p(\text{Measured})$
蘭陽溪	噶瑪蘭橋	0.44	-0.39	6	1
大安溪	大安溪橋	0.77	-0.46	-2	5
大甲溪	東勢大橋	0.46	0.76	1	2
濁水溪	自強大橋	2.15	2.74	1	-1
高屏溪	萬大大橋	1.26	0.87	-2	2

第五章 結論

為持續精進淹水災害模式水理演算技術，本研究應用 WASH1D 模式，已完成蘭陽溪流域、高屏溪流域、濁水溪流域、大安溪流域以及大甲溪流域之河川水位演算模型建置。經由水位模擬結果與實測值之比較，發現五大流域中除了濁水溪自強大橋產生最大尖峰水位誤差之外，其餘流域之尖峰水位最大誤差都可小於正或負 1 公尺；在洪峰抵達時間誤差方面，除了大安溪大安溪橋產生最大洪峰抵達時間誤差之外，其餘流域之洪峰抵達時間最大誤差則可控制在小於正或負 2 小時。整體而言，本研究結果顯示 WASH1D 模式可獲得良好的河川水位模擬表現，包括尖峰水位及洪峰抵達時間之掌握。

此外，本研究亦應用 SOBEK 模式，探討與 WASH1D 模式在河川水位模擬表現之差異性；經由五大流域各代表性水位測站之比較，發現其中以大安溪橋之模擬結果表現差異最大，尖峰水位與洪峰抵達時間之模擬結果最大差異，分別為 1.23 公尺與-6 小時，差異結果可作為未來水災預警系集分析之重要基礎。

參考文獻

Aye, T. H., Zin, W. W., and Maung, U. T. (2017). Development of flood inundation map for Bago River Basin. *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field*, 3(1), 1.

- Basri, H., Sidek, L. M., Shih, D. S., Lloyd, H. C., Azad, W. H., and Abdul Razad, A. Z. (2018). One dimensional shallow water equation streamflow modeling using WASH123D model. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.35), 880-884.
- Chang, C. H., Chung, M. K., Yang, S. Y., Hsu, C. T., and Wu, S. J. A case study for the application of an operational two-dimensional real-time flooding forecasting system and smart water level gauges on roads in Tainan City, Taiwan. *Water*, 10, 574.
- Chao, Y. C., Chen, C. W., Li, H. C, and Chen, Y. M. (2018). Riverbed migrations in Western Taiwan under climate change. *Water*, 10, 1631.
- Guo, W. D., Hong, J. H., Chen, C. H., Wu, M. C., Ho, J. H., and Chang, Y. C. (2015). A real-time warning system for scour-induced bridge failure. *International Workshop on Typhoon and Flood*.
- Liu, P. C., Shih, D. S., Chou, C. Y., Chen, C. H., Wang, Y. C. (2016). Development of a parallel computing watershed model for flood forecasts. *Procedia Engineering*, 154, 1043-1049.
- Maruti, S. F., Amerudin, S. W., Kadir, H. W., and Yusof, Z. M. (2018). A hydrodynamic modelling of proposed dams in reducing flood hazard in Kelantan Catchment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 140, 012043.
- Sahid, Nurrohman, A. W., and Hadi, M. P. (2018). An investigation of Digital Elevation Model (DEM) structure influence on flood modelling. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 148, 012001.
- Shih, D. S., and Yeh, G. T. (2018). Studying inertia effects in open channel flow using Saint-Venant equations. *Water*, 10, 1652.
- Wei, H. P., Li, H. C., Yeh, K. C., Liou, J. J., Chen, Y. M., and Lin, H. J. (2016a). Using

structural measures to reduce flood losses in a future extreme weather event. *Terrestrial, Atmospheric & Oceanic Sciences*, 27(5), 757-767.

Wei, H. P., Yeh, K. C., Liou, J. J., Chen, Y. M., and Cheng, C. T. (2016b). Estimating the risk of river flow under climate change in the Tsengwen River basin. *Water*, 8(3), 81.

Yang, T. H., Wang, Y. C., Tsung, S. C., and Guo, W. D. (2014). Applying micro-genetic algorithm in one-dimensional unsteady hydraulic model for parameter optimization. *Journal of Hydroinformatics*, 16(4), 772-783.

Yeh, G. T., Shih, D. S., and Cheng, J. R. (2011). An integrated media, integrated processes watershed model. *Computers & Fluids*, 45, 2-13.

經濟部水利署(2012)。全國海岸海岸溢淹潛勢圖資製作之研究(2/2)。成果報告。
經濟部水利署水利規劃試驗所(2014)。國家級防災監測及模式測試基地建置。總報告。

經濟部水利署(2016)。系集水理模式庫建置與警戒水位訂定研究(2/2)。成果報告。

WASH1D 河川水位分析模式建立與驗證

發行人：陳宏宇

出版機關：國家災害防救科技中心

地址：新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

電話：02-8195-8600

報告完成日期：中華民國 108 年 12 月

出版年月：中華民國 109 年 01 月

版 次：第一版

非賣品

地址：23143新北市新店區北新路三段200號9樓

電話：++886-2-8195-8600

傳真：++886-2-8912-7766

網址：<http://www.ncdr.nat.gov.tw>