

結合 HEC-RAS 模式與 GIS 模擬洪災之研究 -以筏子溪為例

吳輝龍⁽¹⁾ 謝平城⁽²⁾ 陳文福⁽³⁾ 陳瑞宗⁽⁴⁾

摘要

由於桃芝颱風於民國九十年七月底攔腰侵襲台灣，帶來罕見的豪雨，致使位於台中市與烏日鄉交界處之平地河川筏子溪的溪水暴漲，造成下游兩岸淹水，並導致財產的損失。陳文福等(2003)以 HEC-RAS 定量流模式模擬桃芝颱風豪雨導致筏子溪水患之研究；在真實情況中，河川之流量會隨時間變化，故在本文中以「變量流」模式對筏子溪淹水現象加以探討分析，希望能以此方式模擬出更佳之效果；所需之邊界條件是以台中、大肚、水湳三個水文站於桃芝颱風時的降雨資料與筏子溪單位歷線等資料，求出當時下游段之洪峰流量以及逕流歷線。再由筏子溪之斷面測量資料，對筏子溪下游段(集泉橋至筏子溪橋間)與烏溪匯流口附近，運用 HEC-RAS 水理模式，以一維變量流之觀念模擬出桃芝颱風來襲時之水位，其溢流體積係利用側溢流堰之觀念加以推估。再結合 HEC-RAS 模式與 GIS，並利用 GIS 龐大的資料庫與其快速的運算能力，將原先 HEC-RAS 只能單純地實施一維展示水位之功能，轉換為二維，即可以知道洪水在洪氾平原內洪水的分佈情況與水位，並劃定出淹水範圍與淹水深度，本研究之結果可供防洪工程決策之參考。

(**關鍵詞**：洪峰流量、一維變量流、地理資訊系統)

Combining HEC-RAS Model with GIS on Flood Simulation for Far-Tzu Creek

H.L. Wu

Director-General, Soil and Water Conservation Bureau,
Council of Agriculture, Nantou, Taiwan.

Ping-Cheng Hsieh, Wen-Fu Chen, Jui-Tsung Chen

Assistant Professor, Professor and Graduate Student respectively,

Department Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

ABSTRACT

(1)行政院農委會水土保持局局長

(2)國立中興大學水土保持學系助理教授

(3)國立中興大學水土保持學系教授兼系主任

(4)國立中興大學水土保持學系碩士班研究生

In July 2001, typhoon Toraji entered central Taiwan and traveled from east coast to west coast. This typhoon brought exceptionally high rainfalls and caused serious flooding in the downstream of Far-tzu creek near Taichung and lots of properties were lost. Chen (2003) used steady flow modulus of HEC-RAS model to simulate the inundation of downstream Far-tzu Creek due to typhoon Toraji flood. In this study unsteady flow modulus is applied to obtain better results. The boundary conditions are the recorded rainfalls of Taichung, Dah-Du and Shui-Nan stations and the unit hydrograph of this creek. The downstream cross section data are then inputted to simulate the water surface profile of Far-tzu creek by one-dimensional unsteady flow. With the model, we can judge whether it will overflow or not during typhoon Toraji, and the overflow volume was further estimated by the concept of lateral weir. Finally, by combining HEC-RAS model with GIS and taking advantage of the good data base and calculation ability, the view can be transferred from one dimension to two-dimension display. Furthermore the inundation range and the water surface can be defined.

(Keywords : peak discharge, one-dimensional unsteady flow, GIS)

前言

台灣地區由於地理位置之關係，平均年降雨量多達 2,500 公厘，可謂非常豐沛，但因降雨在時空上之分佈極不平均，以致降雨後所形成的地表逕流直接流向海洋。加上近數十年來台灣經濟成長及都市發展均甚迅速，溪流沿岸之土地利用變遷甚為劇烈且天然災害不斷，甚有影響其河相、河川水理、河岸景觀乃至危及安全之勢，導致地勢比較低窪地區遇雨常易發生水患。淹水多因暴雨期間地面排水不良以致積水不退，或因河流水位高漲，宣洩不及而溢堤所致。為避免淹水所造成之損失而採行之措施包括：改善或規劃排水，或建立預警系統等，而這些工作在在都需先有淹水資料的建立，於規劃時才能有所依據。

此外，由於近年來地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 發展迅速，能讓使用者以數位化型式搜集空間資料，經由電腦處理後能讓使用者以更有效率的方式來展示這些資料。GIS 係將各類地理資料儲存於電腦中，利用電腦來管理及套疊分析各種圖層，大大提昇地理資訊判釋的準

確度與方便性。因此若能將淹水資料與 GIS，利用 GIS 強大之資料處理及運算能力，將模式運算後得到之結果與現地之地形資料結合，可以使相關人員能判斷出堤防高度是否足夠、防護措施是否周全。

試區簡介與研究內容

一、試區簡介

本研究選定筏子溪集水區為試區，筏子溪為烏溪支流之一，其位置如圖 1 所示，位於台中盆地西側。起源於台中縣大雅鄉橫山排水，流經台中縣、市，由烏日鄉注入烏溪，屬於平地河川。集水區範圍北以大甲溪為界，西鄰大肚山臺地，東接麻園頭溪，由北而南，匯集各平地逕流、農田排水及東麓大肚山區各山溝及野溪之水，主流全長 21.25 公里，集水區面積 135.2 平方公里，可分為大肚山臺地及台中盆地兩大區域，高臺面積約占全集水區之 1/3。上游段河床平均坡降約 1/130，下游段河床平均坡降約 1/170，全河段河床平均坡降約 1/160。

二、研究內容

1. 集水區劃定

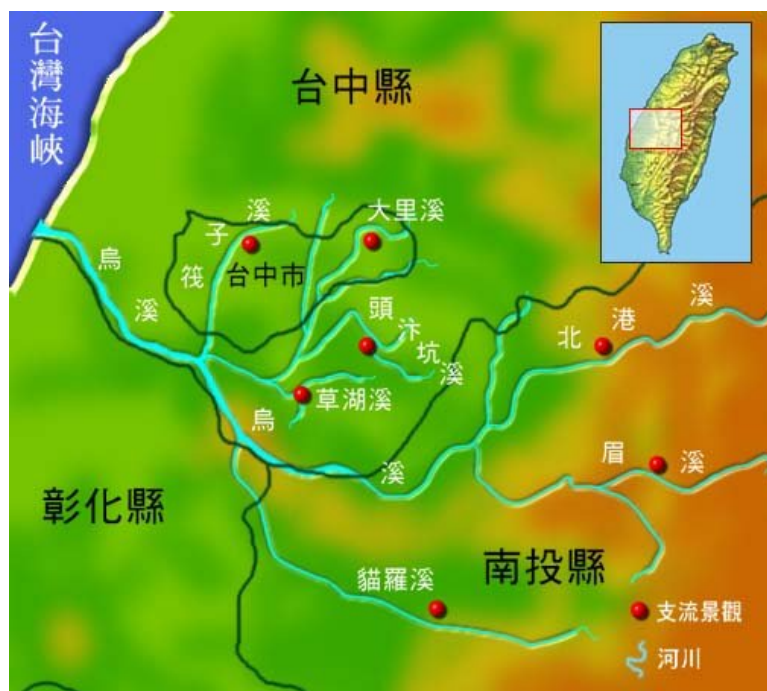


圖 1. 筏子溪位置圖 (摘自水利署網站)
Figure 1. Location of Far-tzu creek.

採用 Wingrid 軟體，以集水區為單元，配合 DEM 資料，對本研究試區作集水區自動劃定；由於以往集水區邊界之劃定皆是由專業人員依地形圖之等高線劃定，其結果常繫於個人主觀判定，無法依循客觀之標準以獲得大家的共識，不僅缺乏一致性及可重複性，且處理過程相當繁瑣費時，因此本研究採用較客觀，且較省時之方式，配合 DEM 資料推求研究試區之集水區範圍。

2. 資料蒐集與整理

(1) 地文資料

筏子溪集水區的像片基本圖 (比例尺為 1/5,000)，一共 12 張；掃描後利用 AutoCAD 軟體將所有圖檔一一套疊結合，並數化出集水區內的等高線、河系，以及土地利用現況，再利用此圖檔將集水區劃分成若干集水分區，共可分為 15 個集水分區。由於集水區面

積達 135.2 平方公里，為了配合合理化公式應用上之限制，以及增進水理分析時之準確性，故將整個集水區再加以細分成數個集水分區，如圖 2 所示。

由圖中可知，整個筏子溪集水區共劃分成 15 個集水分區，而在這 15 個集水分區中之第 4、6、9、11 等四個集水分區之地形較複雜，大多為山地及丘陵地，故將其子集水區再加以細分。

(2) 堤防及斷面資料

將經濟部水利署第三河川局所測之河道斷面數據檔，以斷面資料(X、Y 座標及 Z 高程數值)輸入，套用於 HEC-RAS 之空間資訊(地形)資料(Geometric Data)模組分析地表幾何資料產生橫斷面圖，如圖 3 所示。

此外，參閱水利署筏子溪規劃報告內所

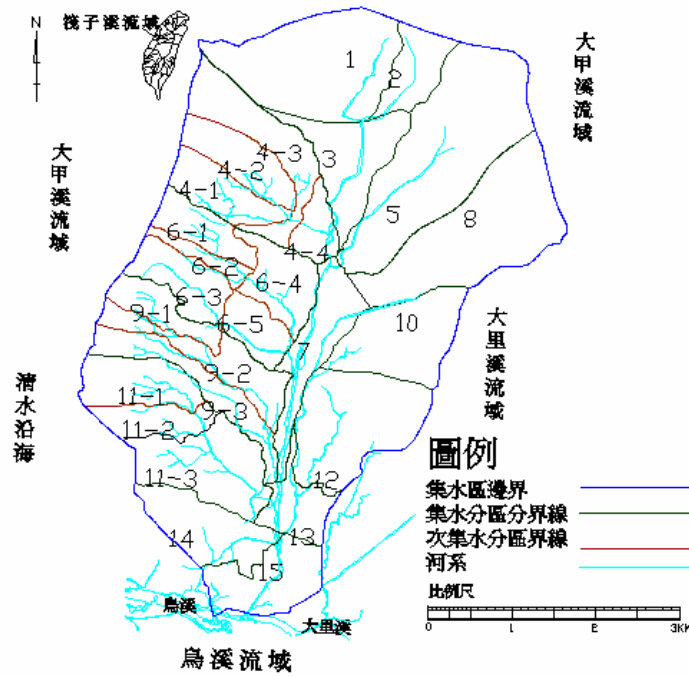


圖 2. 集水分區示意圖

Figure 2. Division of sub-watersheds.

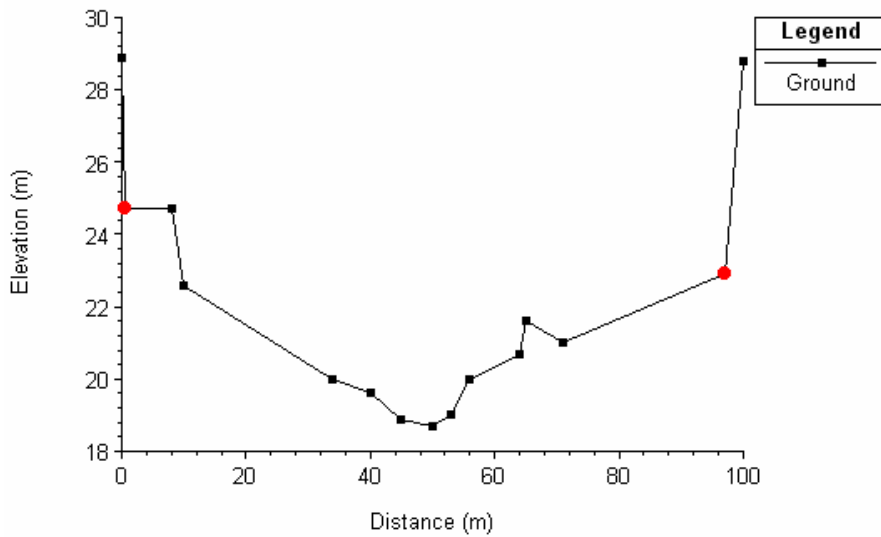


圖 3. HEC-RAS 產生之河道斷面圖(以 1 號斷面例釋)

Figure 3. Cross section generated by HEC-RAS(cross section 1).

述之堤防高程與各測量斷面在 Q_{200} 、 Q_{100} 及 Q_{50} 時之流量與水位。將 HEC-RAS 所計算之水位與堤防高度比較，依此來判定堤防高度是否足夠；並以各斷面之流量與水位來驗證模式，將 HEC-RAS 所計算出之水位與規劃報告書中之數據加以比較，若其水位差別不大，則表示所選用模式參數應用在模擬洪水水位上應屬可行。

(3) 筏子溪單位歷線

參閱水利署筏子溪治理規劃報告 (1988) 可得筏子溪出口、港尾排水合流前及內新莊排水合流前等三處之單位歷線，依報告書中所述，三處之單位歷線是採用無因次曲線法推演各控制站之單位流量過程線，以烏溪大肚橋與柑子林兩站之實測洪峰流量推導出之烏溪集水區平均無因次曲線及烏溪流域物理特性及稽延時間相關式：

$$T_{Lag} : 0.377(L * L_{ca} / S^{1/2})^{0.257} \dots\dots(1)$$

T_{Lag} ：稽延時間 (小時)

L ：控制站沿主流至最遠分水嶺之長度 (公里)

L_{ca} ：控制站沿主流至流域重心位置 (公里)

S ：控制站以上主流平均坡降

推導出筏子溪集水區各控制站之稽延時間後，取降雨延時時間 t_r 為 1 小時，單位超滲雨量為 10 mm，代入烏溪流域平均無因次曲線，求得各控制站之單位歷線。將各集水分區之降雨資料配合筏子溪集水區之單位歷線後，即可求出所需筏子溪集水區之流量歷線，可將其套入 HEC-RAS 變量流中作為邊界條件。其稽延時間計算成果與單位歷線推算之結果如表 1 及表 2 所示。

3. 數值地形資料產生

以國立中央大學太空及遙測中心所提

供(農林航測所製作)之台灣地區 40m*40m 數值地形高程模型，建立本研究試區-筏子溪集水區之數值地形高程模型，如圖 4 所示，之後再將此地形高程模型與溢流體積結合，以劃定出淹水範圍。

研究方法

本研究蒐集台中、大肚、水湳三個水文站於桃芝颱風時的降雨資料，推求出當時下游段之洪峰流量，並由筏子溪之斷面測量資料，對筏子溪下游段(集泉橋至筏子溪橋間)與烏溪匯流口附近，運用 HEC-RAS 模式，模擬出桃芝颱風來襲時之水位，據以判斷是否有溢流現象產生，進一步推求其溢流之體積，並結合地理資訊系統在資料處理上之方便性與準確性來進行淹水模式之模擬；冀能有助於筏子溪整治時斷面之改善，俾使下游兩岸免再遭受水患之苦，本研究之流程如圖 5 所示。

(一)地文與水文資料推估

1. 集水區面積推估

以 Wingrid 軟體自動劃定集水區，其方式是以集水區為單元，配合 DEM 資料，對試區作自動劃定出集水區之流程；以往集水區邊界之劃定是依地形圖之等高線劃定，較不客觀且處理過程相當繁瑣費時，因此本研究以此較客觀且省時之方式，配合 DEM 資料推求本研究試區之集水區範圍，所推求之面積約 135 平方公里。

2. 圖形數化

將圖片掃描成圖檔後，首先利用 AutoCAD 軟體將所有圖檔一一套疊結合後，數化出包括筏子溪集水區內的等高線、河系的圖檔，之後再將整個集水區劃分成 15 個集水區，並依據像片基本圖上之土地利用現況推估各集水分區之逕流係數 C 值，其參考值是用水土保持局 (1992) 所提供的台灣

表 1. 筏子溪各控制站物理特性與稽延時間

Table 1. Physical character and time lag of each control stations in Far-tzu creek.

站名	A (km ²)	L (km)	L _{ca} (km)	S	L*L _{ca} /S ^{1/2}	T _{lag} (hr)
港尾排水合流前	50.8	12.5	6.55	0.01138	767.37	2.08
內新莊排水合流前	94.2	16.25	8.78	0.00852	1,545.71	2.49
筏子溪出口	132.6	21.25	12.18	0.00635	3,332.70	3.03

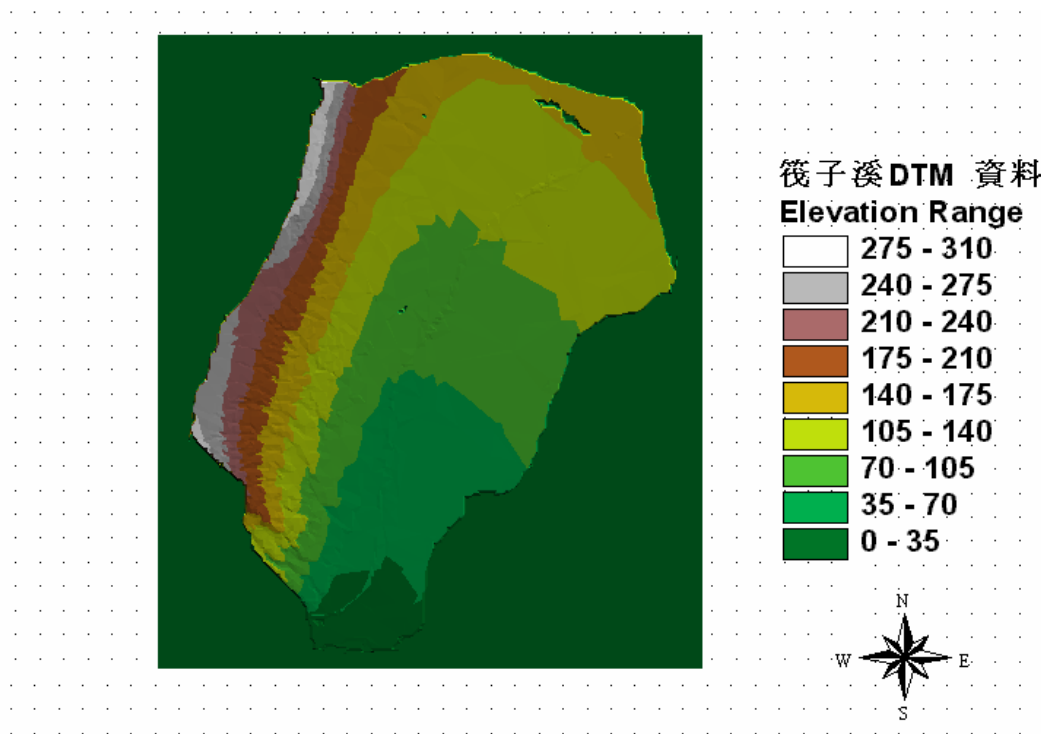


圖 4. 筏子溪集水區之數值地形模型

Figure 4. Digital terrain model of Far-tzu creek watershed.

表 2. 筏子溪集水區各控制站單位歷線
 Table 2. Unit hydrograph at each control station in Far-tzu creek.

單位 : cms

時間(hr)	筏子溪		
	港尾排水 合流前	內新莊排水合流前	筏子溪出口
0	0	0	0
1	20	23	21
2	47	79	82
3	30	58	89
4	18	38	62
5	11	24	39
6	6	15	27
7	4	9	17
8	2	5.5	11
9	1	3.5	7
10	0.6	3	5
11	0.3	1.5	4
12		0.8	2
13		0.5	1.5
14			1
15			0.5

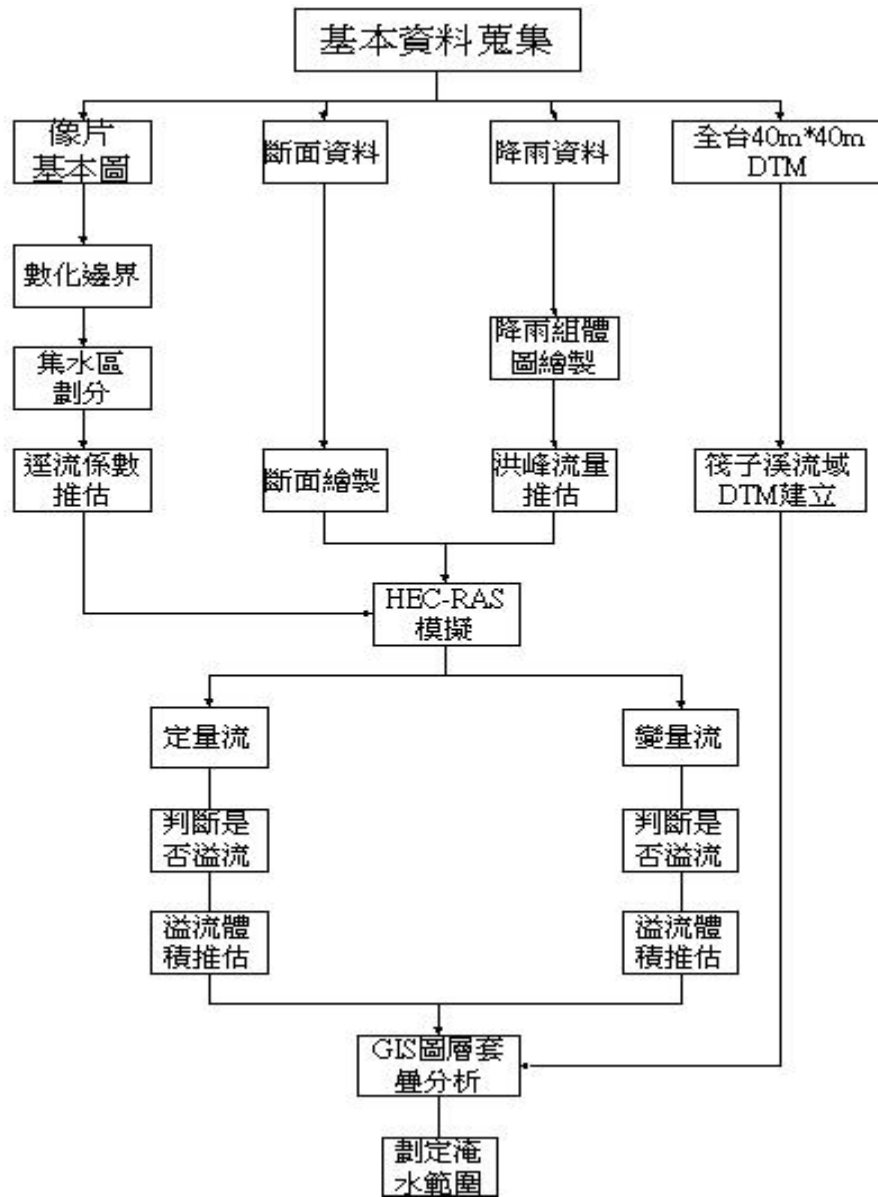


圖 5. 研究工作流程圖

Figure 5. Flow chart of study work.

表 3. 逕流係數 C 值之選擇參考表
Table 3. Consult of runoff coefficient.

流域特性說明	逕流係數 C 值
商業區	0.7~0.95
住宅區	0.6~0.75
工業區	0.5~0.90
道路	0.7~0.95
山嶺區	0.7~0.80
丘陵或森林地	0.5~0.75
平坦耕地	0.45~0.6
未開發地區	0.1~0.30

地區逕流係數參考值，如表 3 所示。

3. 斷面繪製建檔

將筏子溪的河道斷面資料(X、Y 座標)輸入，套用於 HEC-RAS 之地形資料模組分析地表幾何資料，輸入斷面 X、Y 座標，並輸入上、下游相鄰兩段面之間距，曼寧係數，收縮、擴張係數，以及決定其兩岸河灘地後即可產生橫斷面圖，如圖 3 所示。

4. CN 值推估

利用一集水區某次大暴雨之自然降水及超滲降雨紀錄，累積超滲降雨及累積雨量之關係可繪成一序列相關之曲線，如圖 6 所示，(王如意、易任，1992)。此方法乃美國土壤保持局首創，設 D 為土壤實際滯留量，S' 為潛在最大滯留量，P_e 為實際超滲降雨量，P 為總降雨量，則可得：

$$D/S' = P_e/P \dots \dots \dots (2)$$

其中參數 S' 仍不包含初期扣除量；初期扣除量是指當降雨至地面時，經地表凹蓄、滯留及枯枝落葉等截流作用以及入滲於土

壤，皆為逕流到達河川之前，初期發生之程式。當降雨量扣除初期扣除量後即產生超滲降雨，之後便於地表形成逕流。

$$P = P_e + I_a + F \dots \dots \dots (3)$$

式中

P：降雨量(mm)，P_e：實際超滲降雨量(mm)，I_a：初期扣除總量，F：累積入滲量(mm)。

豪雨來臨時，若其暴雨總量非常大，降雨量 P 可設為極大值，即實際超滲降雨量 P_e 與降雨量 P 的比值可設為相等，同樣地，累積入滲量 F 與土壤水分最大涵蓄量 S 之比例亦相近。

$$F/S = P_e/P \dots \dots \dots (4)$$

上式中之降雨量改以有效降雨量來代替，即以 P-I_a 代替 P，使實際超滲降雨量與有效降雨量之比值更為接近。P-I_a 代替 P，整理後可得。

$$P_e = (P-I_a)^2 / ((P-I_a)+S) \dots \dots \dots (5)$$

而 I_a 與 S 之間的關係式是由美國 NEH-4(SCS, 1972)，I_a=0.2S 決定；而 S 之決定，可由逕流曲線指數(CN)來計算，其關係式為。

$$S = (25400/CN) - 254 \dots \dots \dots (6)$$

影響逕流曲線指數 CN 之決定，其因素大致有：土地類別、土地利用方式、水文狀況(覆蓋密度)、臨前土壤水分乾濕情形與水土保持處理等，其土壤分類表及在不同土壤覆蓋、臨前水文條件下 CN 值對照表見表 4、5 所示。

5. 筏子溪逕流歷線之推估

本研究中所用分析逕流量的方式為單位歷線法，其方式如下所述；單位歷線之來源為水利署筏子溪治理規劃報告(1988)內所推

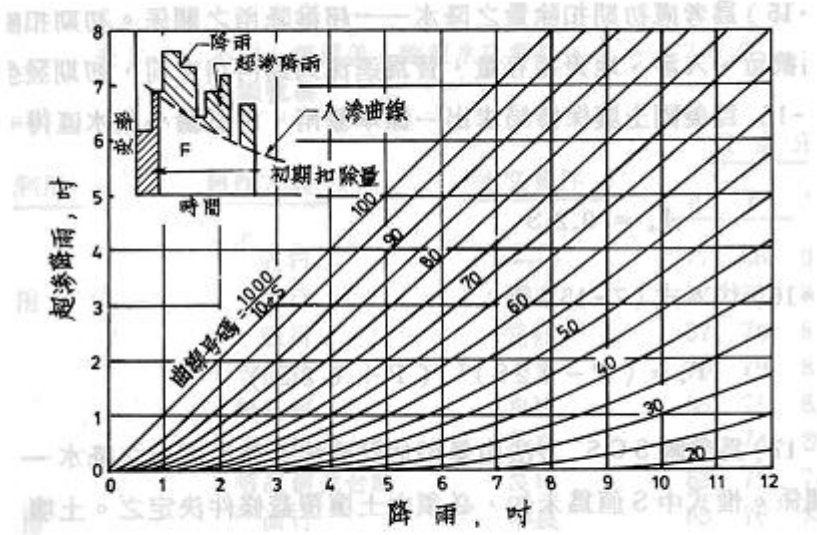


圖 6. 累積超滲降雨與累積雨量關係圖

Figure 6. The relation between accumulation infiltration rainfall and accumulation rainfall.

表 4. 土壤分類表

Table 4. Soil classification chart.

種類	最小入滲率 (in/hr)	土壤情況
A	0.3~0.45	深層砂土、深層黃土、集合沈泥
B	0.15~0.3	淺層黃土、沙質壤土
C	0.05~0.15	黏質壤土、淺層壤土、低有機值含量壤土
D	0~0.15	潮濕層膨脹之土壤、高塑性黏土、鹹土

表 5. CN 值對照表
 Table 5. Curve number chart.

土地使用狀況	土壤類群			
	A	B	C	D
已開墾之土地 ：沒有水土保持處理 ：有水土保持處理	72	81	88	91
	62	71	78	81
草原或牧場 (Pasture or Rrange Land) ：情況惡劣 ：情況良好	68	79	86	89
	39	61	74	80
天然牧場 (Meadow) ：情況良好	30	58	71	78
林地 (Wood or Forest Land) ：稀疏森林、覆蓋不良、沒有覆蓋物 ：覆蓋良好2	45	66	77	83
	25	55	70	77
開放之空間、草地、公園、高爾夫球場、墓地等 情況良好 ：有75%或更多之草覆蓋 情況尚可 ：有50%到75%之草覆蓋	39	61	74	80
	49	69	79	84
商業區(85%之不透水率)	89	92	94	95
工業區(72%之不透水率)	81	88	91	93
住宅區3 土地之平均尺寸 平均之不透水率4 (%)				
等於或少於 1/8 英畝 65	77	85	90	92
1/4 英畝 38	61	75	83	87
1/3 英畝 30	57	72	81	86
1/2 英畝 25	54	70	80	85
1 英畝 20	51	68	79	84
有鋪面之停車場、屋頂、汽車道等，	98	98	98	98
街道與道路				
排水管設有鋪面，	98	98	98	98
礫石	76	85	89	91
鬆土	72	82	87	89

估之值。

將降雨量扣除入滲量後，即可得到超滲降雨量，將筏子溪之單位歷線乘上超滲降雨量後，即可得到直接逕流歷線。而入滲量之決定乃是利用 CN 值來計算，考慮試區之土壤質地、土地利用現況與臨前水分條件等因素後定出 CN 值。依此方法只須降雨量 P 與土壤水分最大涵蓄量 S 即可計算某次暴雨逕流量，本方法為美國水土保持局現用之 SCS 逕流推估法，而影響 CN 值的因素大致將土壤分類、土壤質地與土地利用資料。

(二) 水理分析

本文採用美國陸軍工程師團水文工程中心研發之 HEC-RAS 模式，且採用變量流模組來進行水理分析。在變量流模擬方面，假定筏子溪集水區的流況為亞臨界流，所需輸入的有：(1)河道斷面資料，(2)上、下游邊界條件與初始條件。

(1) 河道斷面資料：

是由基本地形及水文資料中推求而得。

(2) 上、下游邊界條件與初始條件：

邊界條件之選擇有流量歷線、水位變化、率定曲線及水位坡降線等等，而初始條件則是輸入初始流量(基流量)；在本研究中的邊界條件上游選定流量歷線，是由逕流歷線的部分推估而得，結果如圖 7 所示；下游則是選定正常水深之水位坡降，基流量則是參考水利署筏子溪低水治理規劃報告書中所述後輸入 250 cms。

以變量流方式推估可得各斷面隨著時間之水位變化情形，可得到，水面寬 (Top Width)、通水面積 (Flow Area)、能量線水頭高 (Energy Grade Slope)、水深及福祿數 (Froude Number) 等水理參數。

(三) 溢流體積推估

引用許銘熙、顏清連、賴進松等(1986)，側溢流堰觀念對溢流體積加以推估，並將溢

流發生處之形狀予以簡化，假定其形狀為矩形，其圖形如圖 8 所示。

當堤防潰決或是發生溢流現象時，河道中有部分流量由決口處溢出，而使河道流況改變。其單位長度流量公式如下所示：

$$q_0 = 2/3 \times Cd \sqrt{2g} (H - H_w)^{3/2} \dots\dots\dots(7)$$

$$C_d = C * (1 + 0.259 \times (H - H_w)^2 / Q_j) \dots\dots\dots(8)$$

$$C = 0.6 * ((Q_j - Q_{j+1}) / Q_j)^{0.167} \dots\dots\dots(9)$$

式中， H_w ：決口處平均高程

H ：決口處河道平均水位

Q_j 、 Q_{j+1} ：表決口處上、下游河道流量

q_0 ：單位長度流量

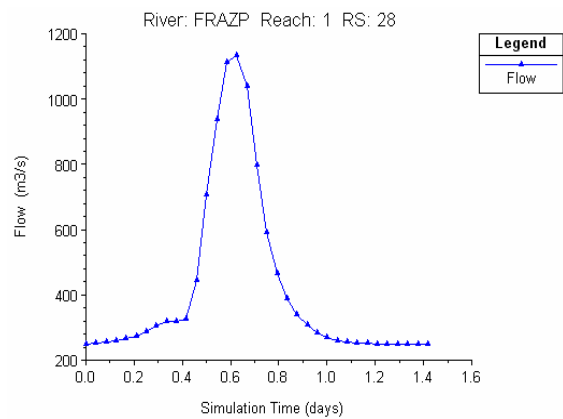


圖 7. 流量歷線圖

Figure 7. Hydrograph of discharge.

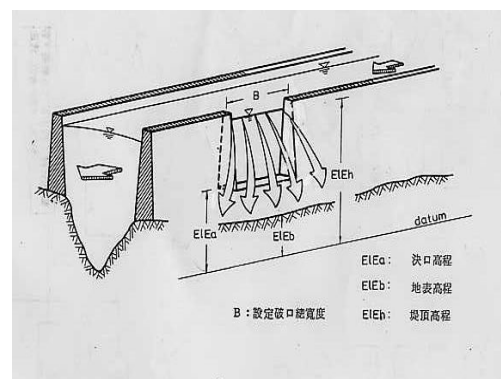


圖 8. 側堰示意圖

Figure 8. Lateral weir chart.

(四) 結合 GIS

將 HEC-RAS 模式所計算之結果與 GIS 相結合，可將原先 HEC-RAS 只能單純地實施一維展示水位之現象，經過 GIS 強大的資料庫系統與運算功能，將其轉換為二維的形式來做展示，亦即可獲悉筏子溪可能發生溢流之河段。

另外，亦可結合數值地形模型資料，將先前所計算出之淹水體積，依據數值地形模型內河岸兩側之地形起伏作為依據，將水灌入，即可概略定出筏子溪下游段(出口口至筏子溪橋間)可能淹水範圍與淹水之高度。

結果與討論

1. 逕流係數與集水區面積

利用像片基本圖上各地區之土地利用現況推估各集水分區之逕流係數 C 值，逕流係數 C 值之選擇是用水土保持局 (1992) 所提供的台灣地區逕流係數參考值。集水區範圍之劃定是以 Wingrid 此軟體，考慮 DEM 資料後，經初步計算流向、建立新流向、累積流量計算、計算累積流量差值、流出點計算、子集水區計算、流域計算及水系網粹取等步驟後所劃定出，其面積經計算約為 135.2 平方公里。

2. 逕流歷線推估

在本研究中採用單位歷線法來推估逕流歷線；其單位歷線是參閱水利署筏子溪治理規劃報告 (1988) 內之資料。將超滲降雨量乘上單位歷線，即可得到逕流歷線，推求出之逕流歷線是作為 HEC-RAS 變量流分析時所需之邊界條件。而超滲降雨量之推估是採用美國水土保持局現用之 SCS 逕流推估法；首先必須先推估出 CN 值，而 CN 值是依據該流域內土壤屬性、土壤深度與土地利用等資料來決定，本研究是以地理資訊系統內之資

料庫系統查詢筏子溪集水區內土壤分類、屬性與土地利用現況，可發現該流域之土壤屬性大部分為紅壤土，少部分為崩積土與石質土，土壤深度大約分佈在 50-89 cm，並將臨前降雨因素考慮在內；決定出 CN 值，其值為 90，再利用 CN 值計算出土壤水分最大涵蓄量 S，超滲降雨量 P_e ；之後再將超滲降雨量乘上單位歷線即可得逕流歷線。此方法只須降雨量 P 與土壤水分最大涵蓄量 S 即可計算某次暴雨逕流量。其結果見表 6。

表 6. 逕流歷線表
Table 6. Flow hydrograph chart.

時間 (hr)	逕流量(cms)
1	250.00
2	250.96
3	254.25
4	259.14
5	264.94
6	273.18
7	286.12
8	304.55
9	317.25
10	315.53
11	325.80
12	444.58
13	705.79
14	939.05
15	1114.15
16	1131.94
17	1040.43
18	796.64
19	592.20
20	467.04
21	387.53
22	339.78
23	306.73
24	284.31

3. 變量流模擬之結果

以單位歷線所推估出之逕流歷線作為變量流之上游邊界條件，下游邊界條件則是正常水位坡降線，初始條件基流量則是參照水利署筏子溪低水治理規劃報告中(1988)所述，給定 250cms，以此模式對筏子溪於桃芝颱風時來襲時斷面之水位進行模擬，推求出水位隨時間變化情形，如圖 9 所示，將水位資料與堤防資料加以比對判斷是否溢流並推估溢流體積，結果如表 7 所示。

4. 溢流體積之推估

是以側流堰觀念推估此區塊內之溢流體積，將堤防高度不足或是未設堤防處視為該模式中之缺口處，並將缺口處之形狀予以簡化，假定為矩形，以符合該模式之需求；首先以 HEC-RAS 所計算出之水位判斷此區塊內是否有溢流現象，如有溢流現象發生，則將未施設堤防處或是堤防高度不足，以致產生溢流現象處視為缺口處，其缺口寬度在此假設為相鄰兩斷面之距離，而決口高程則是將其定在發生溢流處之堤防最高點或是地表最高處；所推估之溢流體積約為 457,518.74 m³。

5. GIS 之應用

以 Arc View3.2 之外掛模組 GEO-RAS 將 HEC-RAS 與 GIS 兩者加以結合；此一模組可將 HEC-RAS 內之地形資料(Geometric Data)與變量流模組所模擬出來之結果，包括斷面位置、河道寬度、深度與兩岸河灘地以及各斷面所計算出之水位等資料與 DTM 相結合。將 HEC-RAS 所計算出之結果包括水位、河道範圍以及斷面等資料載入至 Arc View 中，便可將原先 HEC-RAS 所模擬出一維水位情形與 DTM 資料相結合，轉換為二維的觀點展示出水位在河道中分佈情形其結果如圖 10 所示。

淹水範圍部分，如圖 11 所示；而淹水深

度之劃定是利用該淹水範圍內之 DTM 資料，將先前計算出之溢流體積灌入，考慮地表起伏、凹陷等因素後，以 GIS 計算出此一體積於該範圍內之淹水體積所能達到之高度。

將之前所計算之下游段(筏子溪出口至筏子溪橋)溢流體積，灌入此區域內，經過計算；在此區域內地表高程 28.18m 以下部分有可能會淹水，範圍約 231,997.43m²。事後詢問當地人在桃芝颱風來襲時現地淹水深度並將其加上地表高程，可得淹水高度約 28.2m，此方式頗能合乎真實情況。

結論

本研究利用 HEC-RAS 變量流模組計算筏子溪於桃芝颱風來襲時斷面之水位，並結合 GIS，可將原先 HEC-RAS 只能單純地實施一維展示水位之現象，經過 GIS 強大的資料庫系統與運算功能，將其轉換為二維形式來展示，即可知道洪水在洪氾平原內洪水與水位的分佈情況，更可將其轉換為 3D 景象之展示，期能作為日後相關防洪工程設計時之依據。所得結論如下：

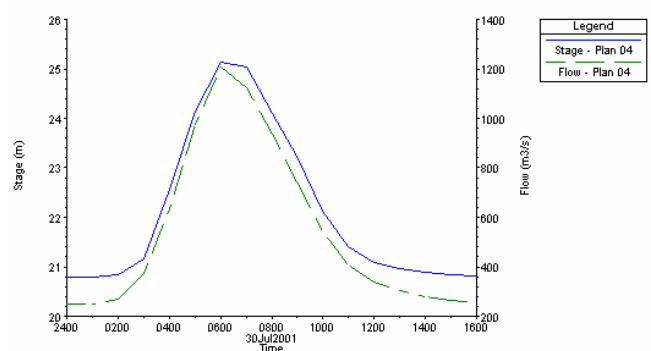


圖 9 變量流模組推估水位隨時間變化之情形
Figure 9. Variation of water surface by unsteady modulus.

表 7. 變量流模組模擬斷面水位表

Table 7. Simulation of water surface at each cross section by unsteady flow modulus.

斷面	洪水位		
	Q ₁₀₀ 計畫 水位(m)	Q ₂₀₀ 計畫 水位(m)	桃芝颱風 模擬水位 (m)
0	26.07	27.08	23.54
集泉橋 1	26.27	27.20	24.73
鐵路橋 2	26.86	27.63	26.11
3	28.29	28.65	28.15
4	30.53	30.61	30.18
5	32.53	32.83	32.61
6	33.86	34.14	34.34
7	35.90	36.08	35.98
8	39.38	39.57	38.93
9	42.41	42.64	42.18
10	44.08	44.26	43.86
11	46.53	46.74	46.53
12	48.67	48.90	49.35
筏子溪橋 13	51.19	51.44	51.31

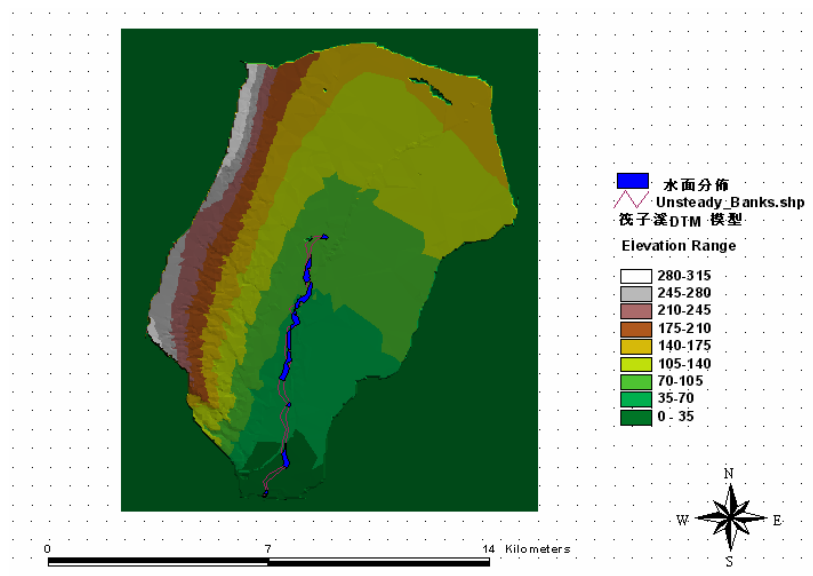


圖 10. 變量流模式模擬桃芝颱風時筏子溪溢流河段

Figure 10. Simulation of the surcharging reach of Far-tzu creek by unsteady modulus under Toraji typhoon event.

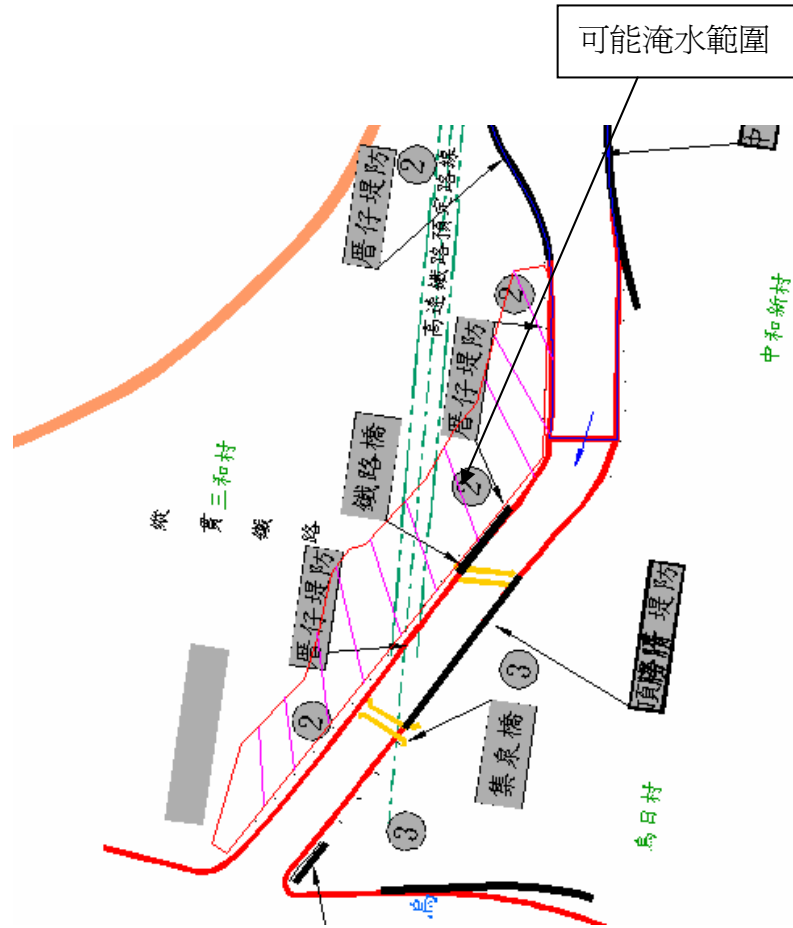


圖 11. 桃芝颱風下筏子溪畔可能淹水範圍

Figure 11. Probable flooding area of Far-tzu creek under Toraji typhoon event.

1. 本研究以 DTM 為素材並利用 Wingrid 套裝軟體自動劃定筏子溪集水區之邊界，因集水區之面積為 135.2km^2 ，已超出合理化 $1,000\text{ha}$ 之面積限制，故再將其劃分為 15 個集水分區，並就附近之水湍、台中、大肚三個雨量站之資料，以徐昇氏法推估各子集水區之尖峰降雨強度 I_p ，再依像片基本圖上土地使用之狀況推估逕流係數 C 值，完成了合理化公式對洪峰逕流量 Q_p 之估算，在無流量觀測資料可用之條件下不失為是一種合理有效之做法。
2. 變量流模式模擬：由前水利局所推估出筏子溪各控制站之單位歷線來推估筏子溪上游段(港尾排水合流前)之逕流歷線，作為變量流模式以模擬桃芝颱風來襲時筏子溪各斷面水位所需之上游邊界條件，即可模擬出各斷面之水位隨時間變化之情形，其結果經現場洪痕作比對發現變量流部分較定量流所得結果合理。
3. 淹水範圍與深度推估方面，在此區域內地表高程 28.4m 以下部分有可能會淹

水，範圍約 262,545.46m²；經現場訪查後發現，該地區在桃芝來襲時淹水高度約達 28.2m，因此模擬之結果以變量流部分較為準確。

4. 以 HEC-RAS 中變量流模式模擬桃芝颱風來襲時筏子溪下游段(自筏子溪與烏溪交會口至筏子溪橋間)之斷面水位，並將所得結果結合 GIS 進行二維之展示，經與現地情況做比較後發現頗為符合，應能作為日後相關防洪工程設計時之參考。

參考文獻

1. 台灣省水利局 (1995) 「筏子溪低水治理規劃報告」。
2. 經濟部水利處水利規劃試驗所 (2000) 「低水治理模型試驗報告(三)-筏子溪水工模型試驗」。
3. 顏清連、許銘熙等 (1986) 「淡水河系洪水演算模式(四)堤防潰決洪流模式之建立」 國科會防災科技研究報告，75-19 號。
4. 台灣省水利局 (1991) 「烏溪水系治理基本計畫」。
5. 台灣省水利局 (1988) 「筏子溪治理規劃報告」。
6. 易任 (1996) 「渠道水力學」 國立編譯館。
7. 王如意、易任 (1992) 「應用水文學」 國立編譯館。
8. 陳文福等 (2003) 「以 HEC-RAS 定量流模式模擬桃芝颱風豪雨導致筏子溪水患之研究」。
9. Cunge, J. A. (1980) "Two-Dimension Modeling of Flood Plain" Chap.17 of Unsteady Flow in Open Channel, K. Mahmood and V. Yevjevich, eds., Water Resources.
10. Chu, H. L and M. G. Mostafa (1979) "Symposium on Unsteady Flow in Open channels."
11. Jeffrey Star John Estes (1990) "Geographic Information System" PRENTICE HALL, Englewood Cliffs, N.J.07632.
12. Cunge, J.A., F.M , Holly, Jr. A. Verway (1980) "Practical Aspect of Computation River System" Pitman Publishing Limited, London.
13. Soil Conservation Service(1972) "National Engineering Handbook."

92 年 09 月 17 日 收稿

92 年 10 月 11 日 修改

92 年 11 月 28 日 接受

