

高屏溪流域不同流量時河川斷面潤周之探討

孫偉明 黃孟偉 鄭凱文

指導老師：江介倫 助理教授

摘要

台灣地理位置位處於亞熱帶，屬於多雨地區，降雨在空間與時間上分佈不均，加上地勢陡峻、河川流短、地質薄弱，每逢颱風、季節風或梅雨季節，經常氾濫成災。因此本研究將以高屏溪流域歷年來颱風及暴雨資料，建立 HEC-RAS 模式，並進行洪水頻率分析。以 HEC-RAS 水理分析模組推估河段各斷面水位，並探討高屏溪在不同流量時河川斷面潤周之關係。本研究所得之結論如下：

1. 由年最大時流量之不同重現期距潤周變化圖得知，隘寮溪潤周介於 750-800m，高屏溪潤周介於 750-2200m，因此隘寮溪潤周線無高屏溪潤周線起伏明顯。
2. 由年最小時流量之不同重現期距潤周變化圖，得知高屏 32 斷面受到河道斷面因素影響，所以潤周線呈現起伏較小。
3. 日流量不同超越機率潤周變化圖，高屏溪三斷面在超越機率 90% 流量後幾無起伏，原因為全日流量平均水位為穩定狀，並無如時流量般的瞬時暴雨，所以潤周線呈穩定狀態。

關鍵字：潤周，頻率分析，超越機率

Key word：wet perimeter 、frequency analysis 、exceedence probability

壹、前言

台灣位於副熱帶季風帶，地處颱風路徑之要衝，降雨強度特大，年降雨量甚高，年平均雨量達 2510mm。雖然雨量豐沛，約為世界平均值之 3.4 倍，但在時間及空間上之分佈卻不均勻，大約有 78%集中在 4-10 月。每年 5、6 月間有異常梅雨，6-10 月間則常有颱風侵襲，帶來豪雨與強風；而台灣地質鬆軟、平原較少、山高坡陡，河短流急，不能容納大量雨水，故一遇颱風豪雨常引發山洪爆發、河川水位暴漲及溢淹河岸等情形，致使平原或低窪地區氾濫成災，對國家公共建設、交通設施、水利工程、經濟活動及民眾生命財產均造成嚴重損失，而災害規模有隨經濟發展而日益增加之趨勢。

由過去經驗得知，淹水多因暴雨期間地面排水不良以致積水不退，或因為何流水位高漲，宣洩不及而溢堤所致。因此若能於集水區坡地開發或河川野溪整治時，對可能淹沒影響、氾濫成災或水工構造物通水斷面不足的區域事先予以檢討，相信定能提供土地管理機關與工程規劃單位研判較明確的合理土地利用策略之參考。

本研究係藉由美國兵工團研發之軟體 HEC-RAS，對高屏流域進行豐水期及枯水期之水位及潤周模擬，以利於後續河川整治及生態棲息地規劃參考。

有鑒於流量影響河川及其週遭甚大，於是我們可藉 HEC-RAS 程式建立一套預測河川水位及潤周的系統，以利相關單位參考。

貳、前人研究

過去野溪治理與規劃時常受到水文、地文及土地取得之難易程度等因素影響，一般水理演算皆以曼寧公式為主要之計算公式，無法考量河溪水流之斷面變異特徵，使得演算結果僅適於平直渠道。近年來國內外工程單位經常使用美國工兵團一維水理模式 HEC-RAS 進行河道水理計算，無論是簡易河道或複雜河道、自然渠道、人工渠道、定量流或是變量流演算等情況，皆可快速演算其水理狀況，因此近年來頗受相關單位而應用於野溪治理規劃之工作上。

洪夢祺等(2001)以東港溪為案例，針對東港河流域牛角溪與萬安溪河流點下游至河口區域，使用 HEC-RAS 模式，並配合 1/5000 相片基本圖延伸大斷面測量資料，計算洪水河道水位，並依據地形地貌判斷洪水可能影響之區域，進而劃設 2 年與 50 年之洪氾區，劃設所得洪氾區位置與規劃報告中支可能淹水區域相近，並探討結論物與邊界條件之影響。

陳瑞宗(2002)將 HEC-RAS 模式結合 GIS 對筏子溪下游段，利用桃芝颱風的降雨資料，進行地區性淹水模式分析，推估暴雨發生時集水區下游地區之淹水範圍、深度，並與原先筏子溪的河川規劃設計資料作比較。

謝平誠(2002)利用 HEC-RAS 模式進行山坡地野溪治理整治之水理分析，其結果顯示在某些河段，以該模式進行水位和流速之推估時，將會造成流速過大之不合理現象，因此有必要加以審慎評估該模式應用於山坡地水理分析之適用性。

丁振章等人(2003)由水工模型試驗水理模擬(物模)與 HEC-RAS 水理演算(數模)於各頻率年求得的洪水位兩者間之趨勢相近，物模與數模所求得的洪水位差別較大者在於河道蜿蜒變化處，主要係水工模型可正確模擬出計畫河道三維水理變化，但 HEC-RAS

模式則屬於一維水理模式，其省略了河道在蜿蜒變化處之水理影響。此外物模在加入糙度前於數模間之平均水位高成差約為 1.44m，物模加入粗糙度後進行模擬率定，與數模之平均水位高成則降至 0.01m，物模與數模兩者間之率定非常準確。

陳晉琪等人(2004)以 50 年重現齊聚之降雨條件，推估集水區內幾個重要斷面點上之降雨強度與洪峰流量，並配合現地河道斷面之實測資料，利用 HEC-RAS 模式進行核到一維水理演算，以推估各河道斷面之水面高程及流速。

陳文福等(2004)以南雲大橋流量站與桶頭流量站於敏督利颱風來襲所致 72 水災時之流量資料，推球出研究試區範圍(雲南大橋至鋸於大橋段)之出、入洪峰流量，並將結果套入建被廣泛應用之 HEC-RAS 水文模式中，以模擬各河道斷面水位作為溢流判斷之依據，均能獲得合理結果為一可行方法。

李光敦(2004)應用 HEC-RAS 河道演算模式推求河道溢流量，可以模擬發生淹水事件水位上升之情形。

陳伸安(2006)台灣雨量分配不均，豐水期及枯水期流量變化甚大，河床容易產生變動，間接影響生物棲息地的改變。

楊錦釧(2001)臺灣省水利局「高屏溪治理規劃報告」採用曼寧係數 0.028~0.038(深槽與左右洪水平原均同值)

張楨驩(2001)利用流量超越機率取線法得知，超越機率 90% 為生態基流量標準。而台灣地區常以超越機率 95% 為生態基流量標準。

Stalnaker and Amette(1976)指出潤周長度是判斷生態表現相當重要的水理因素。

參、研究材料與流程

本研究係以高屏流域為主，選定 4 個斷面分上中下游，利用 HEC-RAS 來探討不同流量時，河川斷面水位及潤周變化，並與歷年水位資料比較，以提供河道治理參考。

一、研究區域概敘

二、

高屏溪位於台灣南部，舊名下淡水溪，發源於中央山脈玉山附近，流經高雄、屏東二縣，於林園鄉及新園鄉注入台灣海峽，主流全長 171 km，流域面積 3257 km²，為台灣流域面積最大、次長之河川，上游除幹流荖濃溪外，主要支流包括旗山溪、隘寮溪及荖濃溪分流濁口溪，旗山溪分流荖濃溪、口隘溪等如圖 1 所示，雨量集中於 5～10 月間，佔全年 90%，季節性豐枯明顯。年平均徑流量約 84.5×10⁹ m³，其中豐水期約 76.9×10⁹ m³ 約佔總逕流量之 91%，枯水期則約 7.6×10⁹ m³。

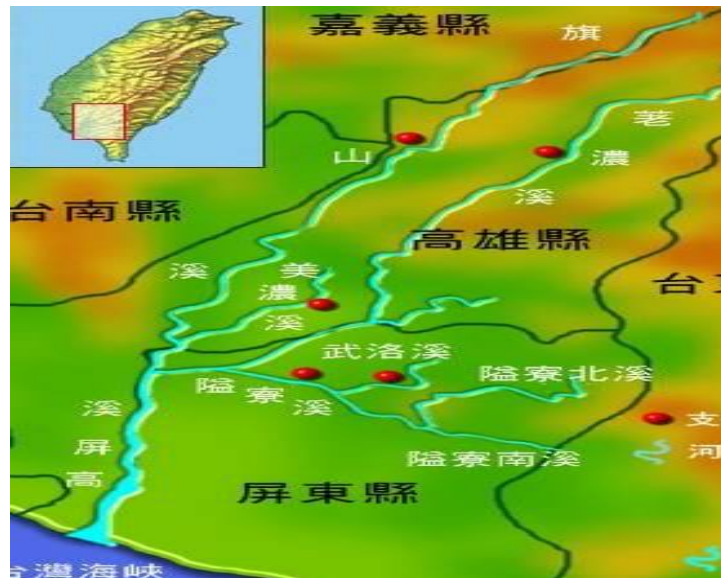


圖 1 高屏河流域

高屏溪與世界其他重要河川相較，其河川短促，流域面積小，但降雨量大，且坡度陡峭，集水區地質脆弱，故流量特大，輸砂量大(530t/km²/年)，分述如下。

高屏河流域地形高度落差大，大致由東北向西南遞減，高差近 4000m。其標高在 1,000m 以上者，佔流域面積 47.45%，在 1,000m 至 100m 之間者，佔流域面積 32.38%，最低為高雄、屏東平原，標高在 100m 以下，佔流域面積 20.17%。其河床坡度平均約 1/150，上游段 1/15、中游段 1/100、下游段 1/1000。

二、HEC-RAS

HEC-RAS 為美國陸軍工兵署－水文研究中心所展的一套河川分析系統(多功能環境下交談式之一維河川模擬系統)，可於 WINDOWS 的作業平臺上，進行亞臨界流、臨界流及混合流之河川網路的穩態流水面計算。

三、研究斷面選定

本研究選定高屏河流域上、中及下游各一斷面，來進行分析及探討，主要斷面為隘寮溪 30 號斷面(三地門)，高屏溪 69 號斷面(里領大橋)，高屏溪 50 號斷面(舊鐵橋)，高屏溪 32 號斷面(萬大大橋)，如圖 2 所視為本研究所選定斷面之位置圖。

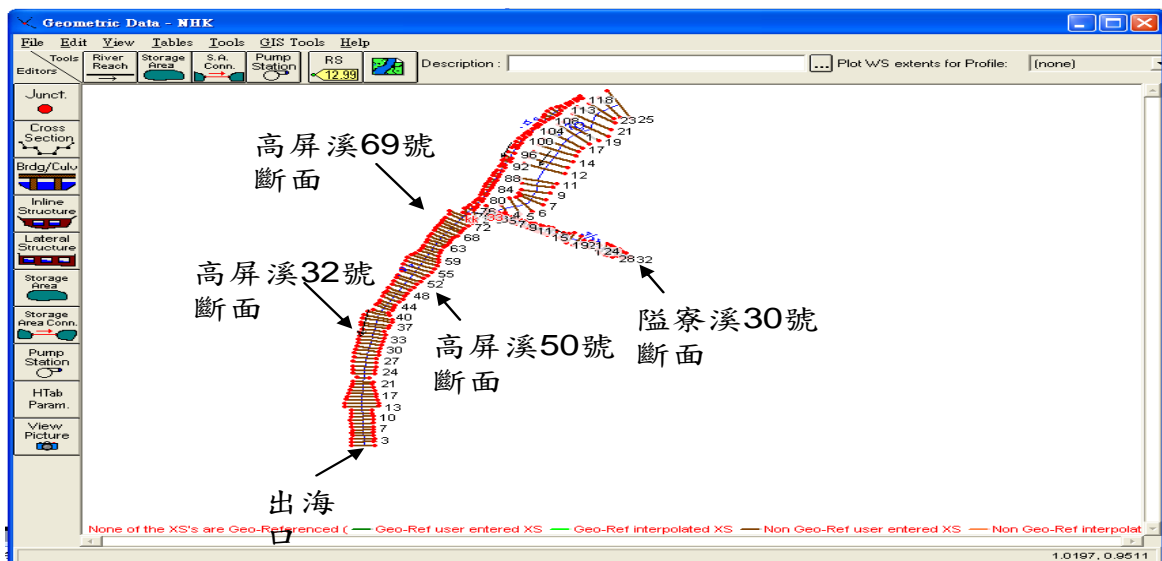


圖 2 研究斷面示意圖

四、研究流程

本研究係利用 HEC-RAS 來探討不同流量時，河川斷面水位及潤周變化，蒐集高屏河流域四斷面為研究對象，實地地形資料，應用 HEC-RAS 分析整理，並與歷年水位資料比較，提供河道治理採用數據之參考。

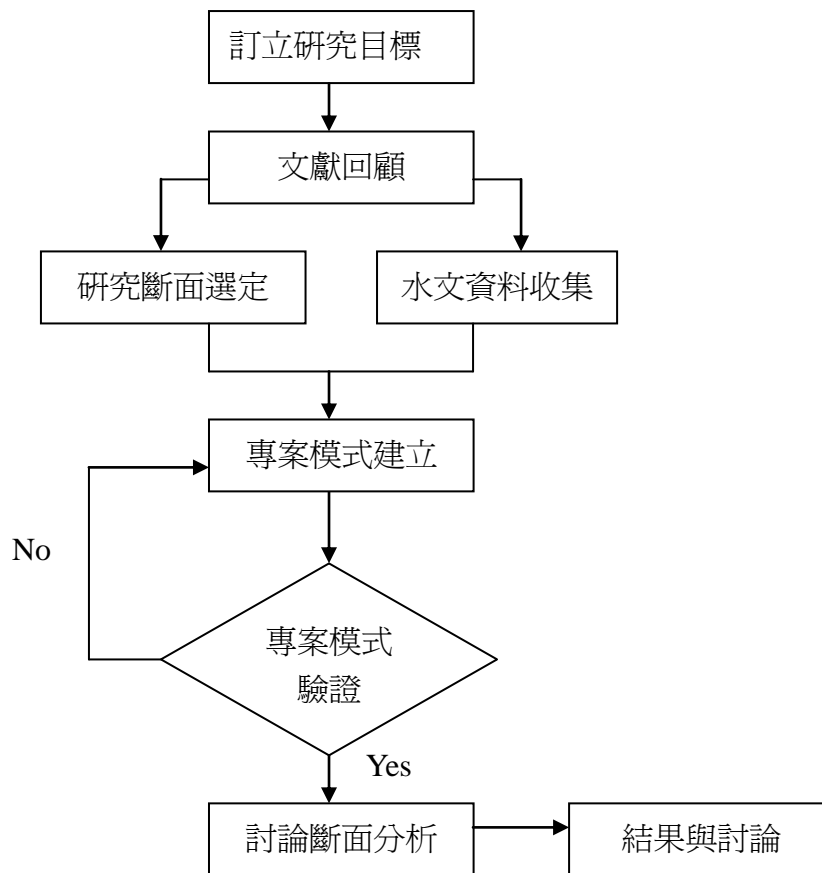


圖 3 研究流程圖

肆、研究方法

(1) 專案建立

利用於水利屬取得之斷面資料，來進行高屏河流域斷面圖之建立，並輸入各項水文參數如曼寧係數、流量等，來進行高屏流域之水理分析。

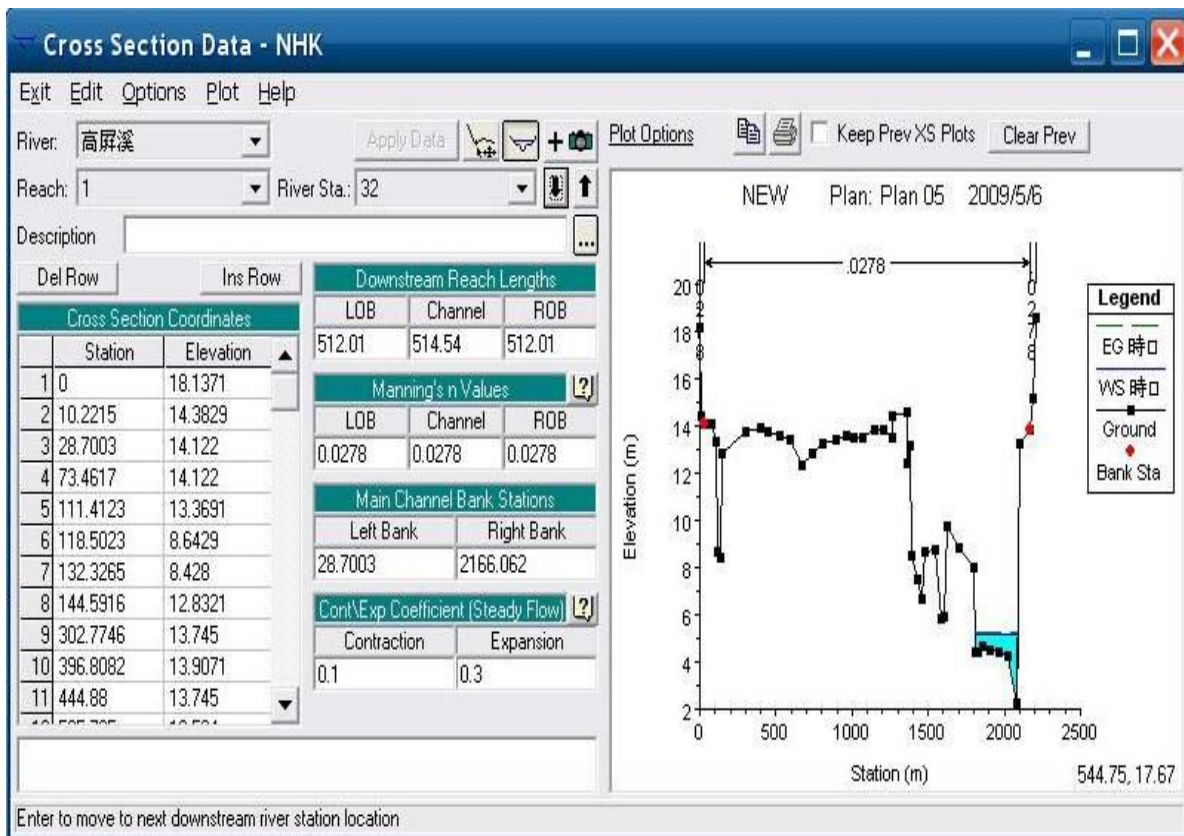


圖 4 斷面輸入資料表

(2) 模式修正

利用歷年颱風之流量資料，來進行曼寧係數之修正，並將各個颱風所得之曼寧係數進行平均如表 1-2，將平均之曼寧係數帶回所用之颱風進行誤差率(公式 1-1)之計算如表 3-4。再使用另外 5 場颱風進行驗證並計算其誤差率如表 5-8，使所建立之專案模式適用於高屏流域。

表 1.高屏溪曼寧值

斷面	海棠	泰利	艾維尼	寶發	桑美	珊珊	平均
75-63	0.089	0.050	0.035	0.035	0.040	0.040	0.048
62-52	0.084	0.045	0.030	0.030	0.035	0.035	0.043
51-42	0.079	0.040	0.025	0.025	0.030	0.030	0.038
41-33	0.074	0.035	0.020	0.020	0.025	0.025	0.033
32-22	0.069	0.028	0.015	0.015	0.020	0.020	0.027
21-12	0.064	0.020	0.010	0.010	0.015	0.015	0.022
11-1	0.059	0.015	0.005	0.005	0.010	0.010	0.017

表 2.隘寮溪寧值

斷面	泰利	龍王	珍珠	艾維尼	凱米	平均
32-22	0.4	0.5	0.7	0.7	0.95	0.65
21-11	0.35	0.45	0.65	0.65	0.9	0.6
10-1	0.3	0.4	0.6	0.6	0.85	0.55

誤差率計算

利用誤差率來檢核平均之曼寧係數是否適用於本研究建立之專案模式，公式如下

$$\text{Inaccuracy (\%)} = \frac{\text{Sim} - \text{Obs}}{\text{Sim}} \times 100\% \dots\dots\dots(1-1)$$

式中：

Inaccuracy：誤差率%

Sim：模擬值

Obs：觀測值

各斷面之誤差率(帶回修正之颱風)

表 3.高屏 32

颱風名稱	誤差率(%)
海棠	20.52
泰利	1.44
艾維尼	4.80
寶發	5.35
桑美	5.36
珊珊	5.10

表 4.隘寮溪 30

颱風名稱	誤差率(%)
泰利	1.72
龍王	1.68
珍珠	1.22
艾維尼	1.19
凱米	0.72

各斷面之誤差(其他 5 場颱風)

表 5.高屏溪 69

颱風名稱	誤差率(%)
梧提	4.94
聖帕	5.23
偉帕	2.73
科羅莎	3.80
米塔	6.14

表 6.高屏溪 50

颱風名稱	誤差率(%)
梧提	16.30
聖帕	10.04
偉帕	15.51
科羅莎	22.41
米塔	8.56

表 7.高屏溪 32

颱風名稱	誤差率(%)
梧提	43.61
聖帕	22.82
偉帕	15.55
科羅莎	23.59
米塔	8.50

表 8.隘寮溪 30

颱風名稱	誤差率(%)
梧提	0.99
聖帕	0.84
偉帕	1.22
科羅莎	0.82
米塔	2.32

由上列表得知，誤差率為上游至下游逐漸變大趨勢。

(3) 頻率分析

本研究使用頻率因子法(公式 1-2)及偉伯法(公式 1-3)，來進行頻率年及超越機率之流量計算如表 9~表 11。

$$Q_T = \bar{Q} + sK_T \dots\dots\dots(1-2)$$

式中：

Q_T ：流量重現期距

\bar{Q} ：樣本資料平均值

S ：樣本資料標準差

K_T ：頻率因子

$$Wi(\%) = \frac{i}{N+1} \dots\dots\dots(1-3)$$

式中：

Wi(%)：發生機率

i：資料順位

N：資料總數

表 9.最大時流量頻率分析之上游 5 站

頻率分析	九區堂	六龜	三地門	阿其巴	楠峰橋
Q2	7309.588	1969.004	2302.239	1969.004	679.4176
Q5	10716.81	4249.787	2840.644	4249.787	1178.37
Q10	12978.01	5763.422	3356.079	5763.422	1509.498
Q20	15142.73	7212.481	3482.87	7212.481	1826.499
Q25	15675.23	7568.934	3651.926	7568.934	1904.478
Q30	16385.23	8044.205	3860.488	8044.205	2008.45
Q40	17261.15	8630.545	4023.112	8630.545	2136.719
Q50	17944.14	9087.734	4154.498	9087.734	2236.736
Q60	18495.94	9457.102	4265.67	9457.102	2317.54
Q70	18962.84	9769.645	4362.142	9769.645	2385.913
Q80	19368.00	10040.86	4447.588	10040.86	2445.245
Q90	19726.86	10281.08	4523.847	10281.08	2497.796
Q100	20047.13	10495.47	4815.099	10495.47	2544.696
Q150	21270.33	11314.27	5020.906	11314.27	2723.822
Q200	22134.68	11892.87	1490.958	11892.87	2850.396

表 9 最大時流量之各頻率分析，為模式輸入之流量，各站皆以重現期距 2 年至重現期距 200 年整。

表 10.最小時流量頻率分析之上游 5 站

頻率分析	九區堂	六龜	三地門	阿其巴	楠峰橋
Q2	8.880759	0.435816	1.032176	2.60318	1.585186
Q5	16.10814	1.715332	1.977641	4.081193	2.462781
Q10	20.90456	2.564479	2.605096	5.062072	3.045195
Q20	25.49636	3.377399	3.205782	6.001104	3.602761
Q25	26.62589	3.577368	3.353545	6.232096	3.739917
Q30	28.13194	3.843994	3.550561	6.540085	3.92279
Q40	29.98994	4.17293	3.79362	6.92005	4.148401
Q50	31.43869	4.429413	3.983141	7.216322	4.324318
Q60	32.60915	4.636628	4.136257	7.455683	4.466443
Q70	33.59954	4.811963	4.265817	7.658219	4.586702
Q80	34.45896	4.964114	4.378245	7.833974	4.691059
Q90	35.22017	5.098876	4.477824	7.989642	4.78349
Q100	35.89953	5.219148	4.566695	8.128572	4.865982
Q150	38.49418	5.678498	4.906121	8.659184	5.181042
Q200	40.32763	6.003087	5.145967	9.034127	5.403671

表 10 最小時流量之各頻率分析，為模式輸入之流量，各站皆以重現期距 2 年至重現期距 200 年整。

表 11.日流量

超越機率	九區堂	三地門	阿其巴橋	六龜	楠峰橋
100%	9789.00	15.50	119.06	28.72	79.45
90%	17831.00	44.52	267.97	101.12	108.72
80%	23701.00	268.38	360.40	173.70	148.29
70%	28600.00	438.50	480.36	491.00	242.85
60%	33480.00	903.77	680.19	824.16	399.10
50%	41020.00	1717.00	814.38	1551.95	571.20
40%	53410.00	3384.00	1026.31	2436.70	842.36
30%	70090.00	4797.00	1337.25	4245.00	1320.58
20%	113600.00	8948.00	2328.54	7738.52	2266.75
10%	373400.00	65732.00	33000.00	59462.00	27748.00

表 11 全日流量之超越機率，為模式輸入之流量，各站皆以超越機率 10% 至超越機率 100% 整。

(4) 水位及潤周模擬將頻率分析計算所得之結果，代入專案模式中進行模擬。

圖 5 為程式帶入流量所模擬出來之模擬水位。(以高屏溪 50 號斷面為例)

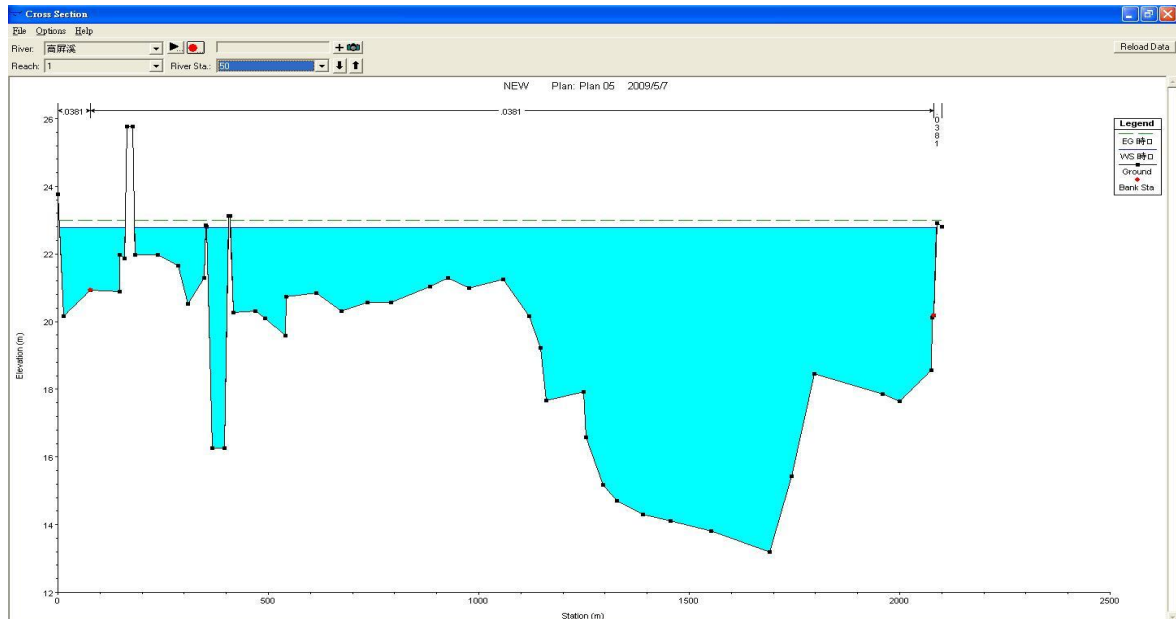


圖 5 模擬水位圖(高屏 50 斷面)

(5) 圖 6 為橫斷面屬性資料表，包含水位、流速、潤周等水文資料。

Cross Section Output					
File Type Options Help					
River: 高屏溪		Profile: 時流量			
Reach: 1		RS: 50		Plan: Plan 05	
Plan: Plan 05 高屏溪 1 RS: 50 Profile: 時流量					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	19.68	Wt. n-Val.		0.038	
Vel Head (m)	0.11	Reach Len. (m)	550.63	421.93	395.55
W.S. Elev (m)	19.57	Flow Area (m ²)		3484.36	
Crit W.S. (m)		Area (m ²)		3484.36	
E.G. Slope (m/m)	0.000564	Flow (m ³ /s)		5049.98	
Q Total (m ³ /s)	5049.98	Top Width (m)		980.86	
Top Width (m)	980.86	Avg. Vel. (m/s)		1.45	
Vel Total (m/s)	1.45	Hydr. Depth (m)		3.55	
Max Chl Dpth (m)	6.37	Conv. [m ³ /s]		212548.8	
Conv. Total (m ³ /s)	212548.8	Wetted Per. (m)		983.40	
Length Wtd. (m)	421.79	Shear (N/m ²)		19.61	
Min Ch El (m)	13.20	Stream Power (N/m s)		28.43	
Alpha	1.00	Cum Volume [1000 m ³]	133.23	67588.98	163.02
Frctn Loss (m)	0.30	Cum SA (1000 m ²)	110.72	24681.74	51.54
C & E Loss (m)	0.00				
Errors, Warnings and Notes					
Warning: Divided flow computed for this cross-section.					
Wetted perimeter of main channel.					

圖 6 橫斷面屬性資料表

伍、結果與討論

1. 由年最大時流量之不同重現期距潤周變化圖(圖 7)，得知隘寮溪潤周介於 750-800m，高屏溪潤周介於 750-2200m，因此隘寮潤周線無高屏溪起伏明顯。

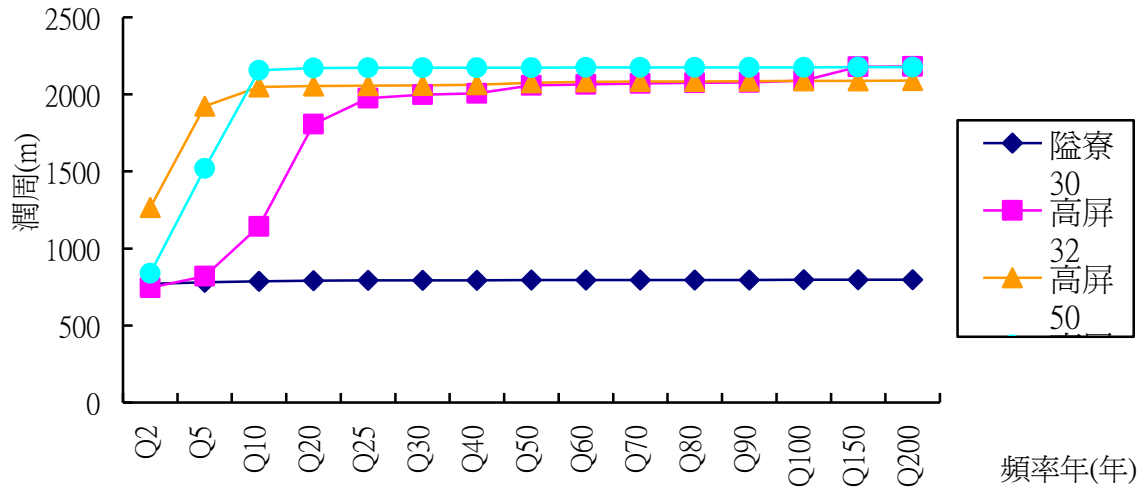


圖 7 最大時流量不同重現期各潤周之變化

2. 由年最大時流量不同重現期上游至下游潤周變化圖(圖 8)，得知最上游隘寮溪至高屏溪出海口潤周呈現逐漸變大的趨勢。

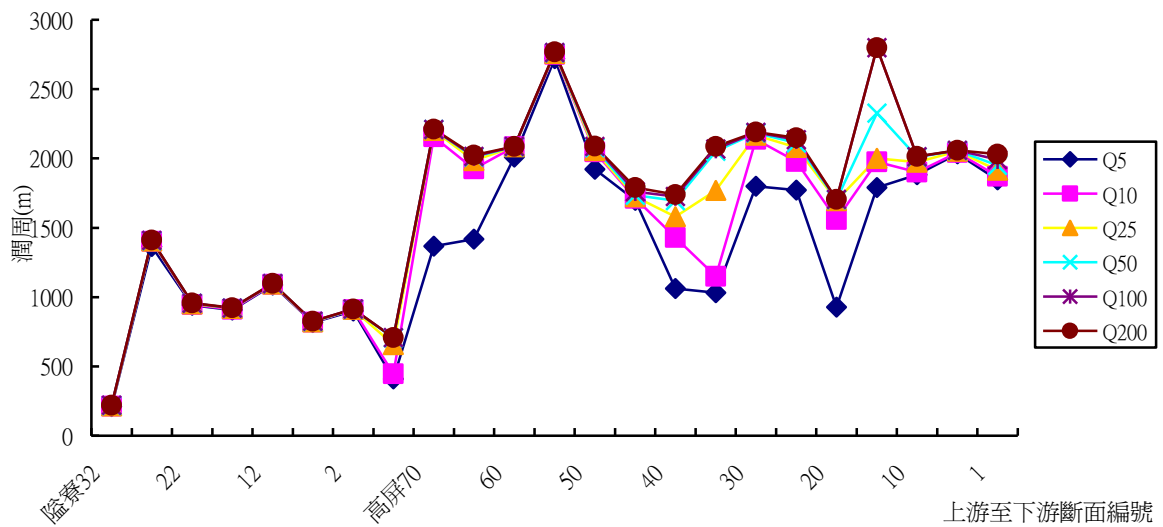


圖 8 最大時流量不同重現期上游至下游潤周變化圖

3. 由年最小時流量之不同重現期距潤周變化圖(圖 9)，得知高屏 32 斷面受到河道斷面因素影響，所以潤周線呈現起伏較小。

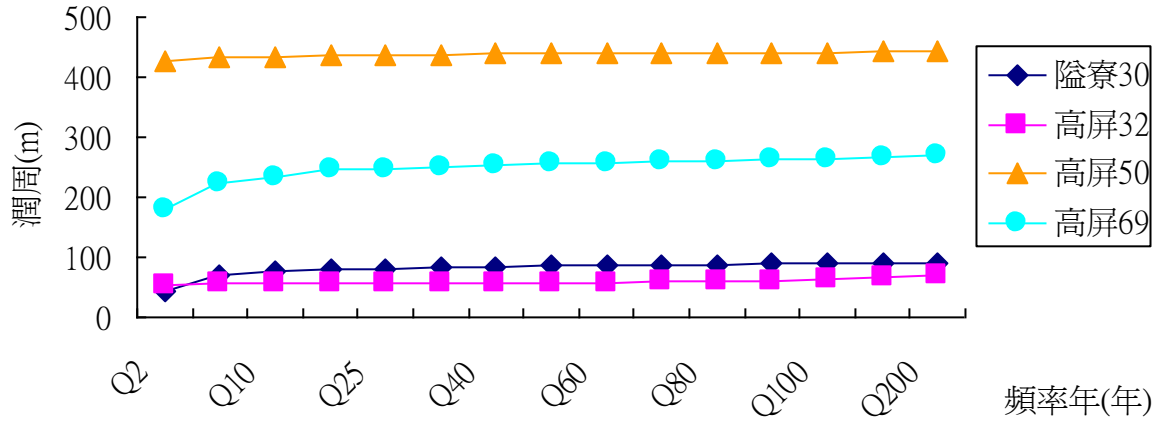


圖 9 最小時流量不同重現期各潤周之變化

4. 由最小時流量不同重現期上游至下游潤周變化圖(圖 10)，得知最上游隘寮溪至高屏溪出海口潤周變化為逐漸變大。

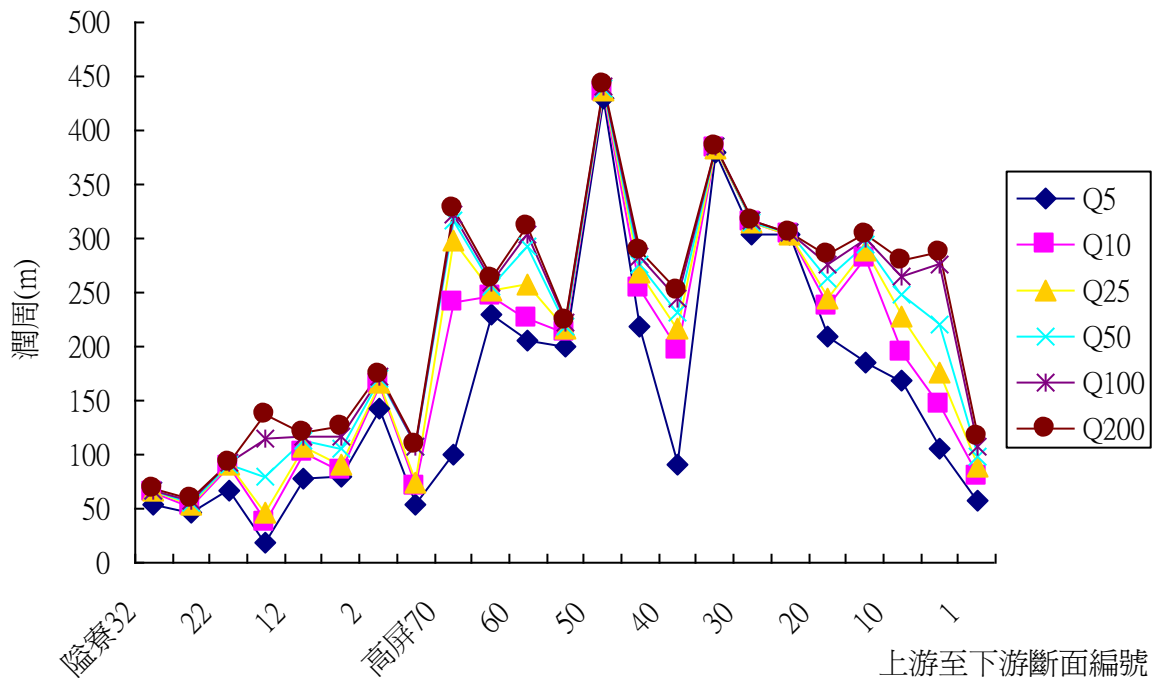


圖 10. 最小時流量不同重現期上游至下游潤周變化圖

5. 日流量不同超越機率潤周變化圖(圖 11)，高屏溪三斷面在超越機率 90% 流量後幾無起伏，原因為全日流量平均水位為穩定狀，並無如時流量般的瞬時暴雨，所以潤周線呈穩定狀態。

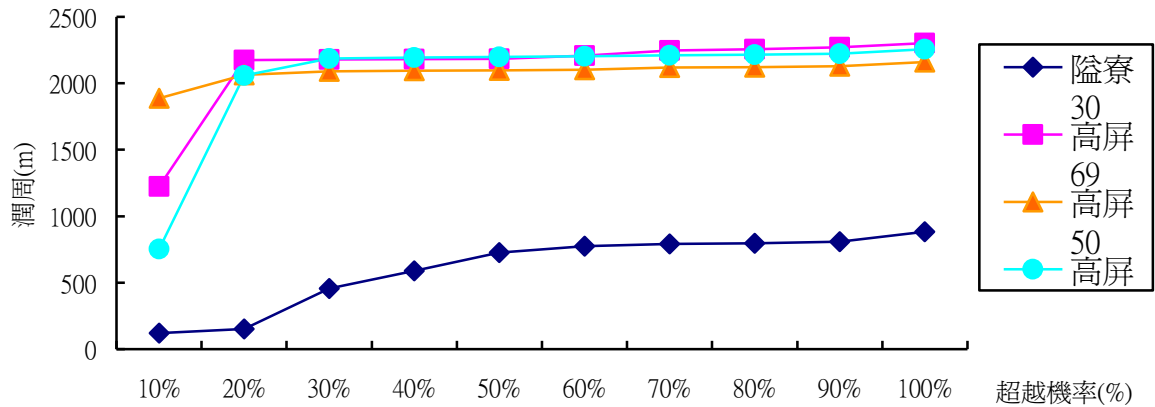


圖 11 日流量不同超越機率潤周變化圖

6. 日流量不同超越機率潤周變化圖(圖 12)，上游至下游出海口潤周變化逐漸變大。

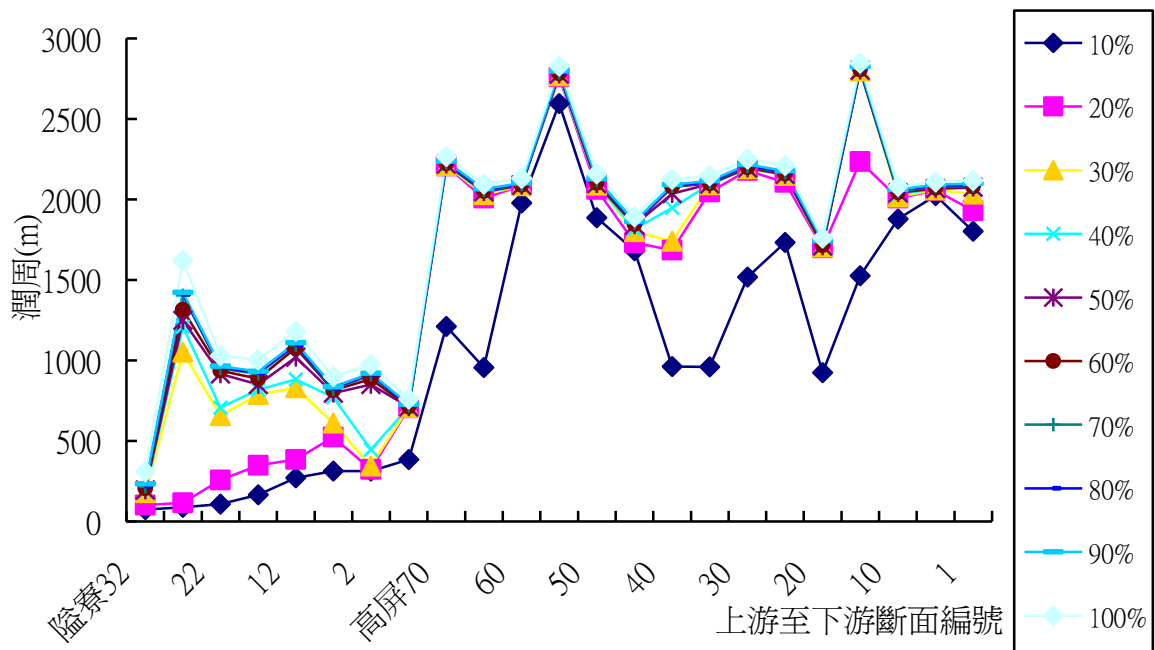


圖 12. 各超越機率上游至下游潤周變化

陸、結論與建議

一、結論

由本研究所得結果可以看出，超越機率 90%時斷面潤周並無太大變化，此結果與前人研究所述，利用流量超越機率曲線法得知，超越機率 90%為生態基流量標準之理論相符合。

本研究應用之程式其上游邊界資料為各流量資料，下游邊界資料為出海口水位高。

頻率分析所採用的計算方式為頻率因子法及偉伯法，其中頻率因子法用於最大及最小時流量分析；偉伯法用於日流量的超越機率計算。

由超越機率 10%指數迴歸圖(圖 13)，得知上游至下游潤周變化為逐漸變大之趨勢。

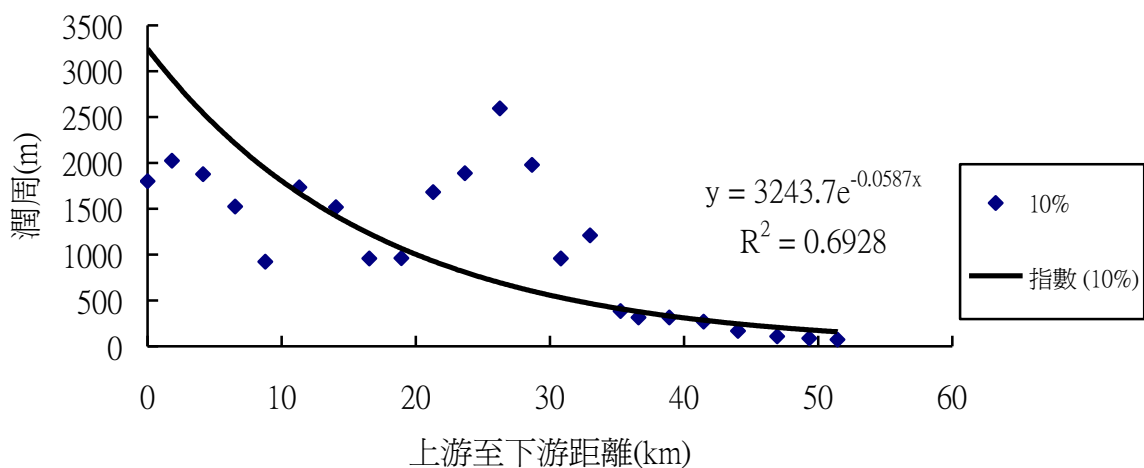


圖 13.超越機率 10%之指數迴歸

由超越機率 20%指數迴歸圖(圖 14)，得知上游至下游潤周變化為逐漸變大之趨勢。

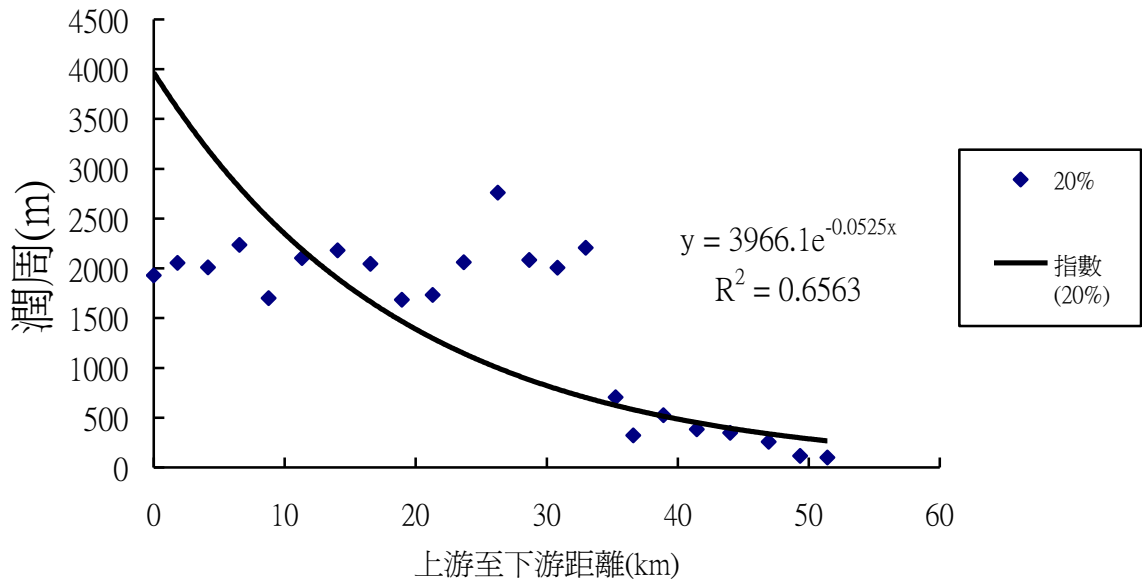


圖 14.超越機率 20%之指數迴歸

以超越機率 10%指數迴歸圖(圖 13)及超越機率 20%指數迴歸圖(圖 14)，比較所得之結果為 10%準確率達 0.69，優於 20%。所以當超越機率流量越大時，準確率越高。

二、建議

1. 進程式模擬時，更新河道斷面資料，則模擬結果便能更加精確。
2. 曼寧係數設定時，如斷面遇水工構造物，需另外設定。

柒、參考文獻

1. 丁振章、林永峻、李鴻源、賴進松、黃杰立(2003)野溪水理演算模式之建立與驗證-以台北縣雙溪鄉丁子蘭坑溪為例。第十四屆水利工程研討會論文集，211 頁。
2. 水土保持技術規範(2000)行政院農委會，20 頁。
3. 王瑋斯(2002)高屏流域雨型之探討。國立屏東科技大學土木工程系碩士論文，19 頁。
4. 行政院農業委員會水土保持局(2003)野溪水理演算模式之建立與驗證-技術研討及教育訓練課程教材，129 頁。
5. 易任、王如意(1992)應用水文學。國立編譯館，224 頁。
6. 洪夢祺、楊錦釧、梁文盛、楊舒雲(2001)東港溪洪氾區劃設案例研究。第十二屆水利工程研討會論文集，56 頁。
7. 陳文福、王俊哲、蔡喬文(2004)以 HEC-RAS 模擬敏督利颱風所致清水溪洪流特性之研究。農業工程研討會論文集，1025 頁。
8. 陳明杰、陳信雄(1988)台灣地區最大機率雨量分析之最適機率分佈研究。中華水土保持學報，19(2)：49-62。
9. 陳晉琪、王旭彬、謝正倫、林崑龍(2004)荖溪集水區之調查與整體規劃。全國災害危機處理學術研討會論文集，105 頁。
10. 陳瑞宗(2002)結合 HEC-RAS 模式與 GIS 模擬洪災之研究-以筏子溪為例。國立中興大學水土保持學碩士論文，28 頁。
11. 曾明性(1999)水理分析方法於野溪治理規劃之探討。中華水土保持學報，30(1)：77-85。
12. 黃勝頂(2002)河川近自然工法之設計及其高水分析。私立中原大學土木工程學系碩士論文，23 頁。
13. 歐信宏(2001)HEC-HMS 與 GIS-濁水溪為例。國立成功大學水利及海洋工程系碩

士論文，11 頁。

14. 鄭皆達、林維侃、蘇瑞榮(1994)應用 GIS 及 HEC-1 水文模式探討台灣中部上游集水區逕流之關係。中華水土保持學報，25(3)：146-150。
15. 謝平誠(2002)HEC-RAS 模式應用於山坡地水理分析合適性之探討。中華水土保持學報，34(4)：279-292。

作者基本資料

孫偉明

出生年月日：1986.03.22

地址：623 嘉義縣溪口鄉游西村 7 耗號

電話：0958-907677

學歷：

國立屏東科技大學水土保持系工學學士(94.09-98.06)

國立嘉義高級職業工業學校建築科(90.09-93.06)

黃孟偉

出生年月日：1986.11.17

地址：401 台中市東區復興路 5 段 151 號 4 樓之 2

電話：0930-750767

學歷：

國立屏東科技大學水土保持系工學學士(94.09-98.06)

國立台中高級農業職業學校土木科(91.09-94.06)

鄭凱文

出生年月日：1987.01.30

地址：830 高雄縣鳳山市文育街 83 號 4 樓

電話：0911-002935

學歷：

國立屏東科技大學水土保持系工學學士(94.09-98.06)

國立高雄海青商工土木科(91.09-94.06)