

野溪之河床沖淤分析－以花蓮南清水溪為例

Scour-and-Fill Analysis on Wild Creek - Nanchingshui Creek in Hualien as an Example

國立台灣大學生物環境系統
工程學系教授兼水工試驗所
特約研究員

黃 宏 斌*
Hung-Pin Huang

國立台灣大學
生物環境系統工程學系
學生

呂 冠 德
Guan-De Liu

國立台灣大學
生物環境系統工程學系
碩士

謝 孟 荃
Meng-Chyung Shieh

摘 要

野溪沖淤變化對野溪整治工程成敗有極大之影響，如能夠準確模擬野溪之沖淤變化情形，則可提供野溪規劃設計時之參考評估依據，本研究希冀能發展出合適台灣上游野溪河床沖淤分析方法。

本研究以南清水溪為例，選用較適合台灣水文條件之蕭克立胥(1962)、何黃氏(1992)及謝孟荃(2005)輸砂模式，分析三者輸砂模式模擬河床沖淤變化情形之差異性，並採用南清水溪河道實際測量資料做為驗證。

由研究結果可知各輸砂模式所演算得到之河床高程和沖淤總量與實際測量值間，並無顯著差異。而且，各輸砂模式所模擬之沖淤變化與實際河床沖淤變化情形，大致上亦呈現一致之趨勢。

關鍵詞：野溪，沖淤分析，輸砂模式。

ABSTRACT

There is a great relationship between the scour-and-fill of wild creek and its disaster preventing treatments. To simulate the variation of scour-and-fill of the wild creek more accurately will provide the powerful reference basis for designing and programming engineering. The purpose of this study is to develop a suitable scour-and-fill analysis model on wild creek in Taiwan.

In this study, three bed-load transport models of Schklitsch (1962), Ho-Huang (1992) and Shieh (2005) are selected to analyze the scour-and-fill of Nanchingshui creek in Hualien. The field surveying data will be used to compare the results computed by models.

*通訊作者，台灣大學生物環境系統工程學系教授，106 台北市大安區羅斯福路 4 段 1 號，benhuang@niu.edu.tw

The results showed that the river-bed elevations and total sediment volume which are calculated by three bed-load transport models respectively have no significant difference with the field survey data. And, the simulated variation of riverbed on creek has the same tendency with the filed surveying data.

Keywords: Creek, Scour-and-fill analysis, Bed-load transport model.

一、前言

台灣地區由於其特殊之地理位置，野溪多源短流急且坡度陡峻，加上颱風暴雨之侵襲頻繁，洪水挾帶大量崩塌之土砂流入河道，常對下游地區造成相當嚴重之威脅，因此野溪整治工作在台灣更顯重要。在進行野溪整治時，野溪沖淤變化情形對整治工程之成敗有極大之影響，如果能準確模擬野溪沖淤變化，則可提供工程設計人員於規劃時之參考。

本研究以花蓮南清水溪為例，選用較適合台灣水文條件之蕭克立胥(1962)、何黃氏(1992)及謝孟荃(2005)輸砂模式進行野溪河床沖淤模擬，採用民國 94 年 10 月於花蓮南清水溪河道實際測量資料做為驗證，分析比較其所模擬出之河床沖淤變化情形差異性，希冀能發展出合適台灣上游野溪河床沖淤分析方法，未來工程設計人員於規劃設計工程構造物時，即能準確掌握日後野溪沖淤變化情形。

二、文獻回顧

過去曾有許多學者針對溪流河床高程、河道輸砂量進行研究，茲列舉與本研究較為相關之文獻說明如下：

2.1 河床高程模擬研究

(1) 廖清標(1984)

利用準變量流模式模擬河床高程，先解出水流之水力特性，再代入輸砂公式計算出輸砂量，最後由沉滓連續方程式演算底床沖淤變量。

該研究採用顯性有限差分法從事沉滓連續方程式之數值模擬，並利用水工模型試驗數據作為數值模擬之驗證，以確定模式之可行性。接著

再以模式模擬濁水溪之底床沖淤情形，以驗證梅彼慕氏及蕭克立胥輸砂公式是否適合濁水溪之底床沖淤現象。更進而推估濁水溪經束縮主深槽後之底床變化情形，亦證明濁水溪下游段經主深槽束縮後，確可達到降低底床高程之目的。

(2) 陳俊榮(2000)

利用梅彼慕氏、蕭克立胥、何智武和何黃氏等輸砂公式進行花蓮壽豐溪河床之高程模擬，配合比對壽豐溪之河道實測資料，討論各公式所模擬之河床沖淤變化情形及土砂流出量等之差異。得到各公式於同一流況下模擬時，河道沖刷區高程以何黃氏公式模擬結果與實測資料無顯著差異；而河道淤積區高程則有各模式與實測資料大致均符合之結果。

另外，該研究亦模擬河道輸砂量之變化情形，其中河道沖刷區輸砂量以何智武模式模擬結果與實測值最為相近；河道淤積區輸砂量則有各模式與實測資料無顯著差異之結果。

在不同流況模擬比較河床高程或輸砂量上，各公式模擬結果無論是在河道沖刷或淤積區上，均與實測資料之高程、輸砂量相近。

2.2 輸砂量模式研究

本研究選用蕭克立胥(1962)、何黃氏(1992)及謝孟荃(2005)輸砂模式進行野溪河床沖淤模擬。選用蕭克立胥(1962)及何黃氏(1992)輸砂模式之原因在於民國 89 年版水土保持技術規範第 71 條規定計算河床載運移量之推估方法採用蕭克立胥(1962)及何黃氏(1992)公式，故此二公式較多人使用，亦較具代表性。不過，蕭克立胥(1962)及何黃氏(1992)公式當時之試驗材料為單一粒徑，而現地河床質大多為混合粒徑，故再選用謝孟荃(2005)之混合粒徑輸砂模式進行分析比較，

期能得出一較為精確之結果。因此，針對上述三種輸砂量模式說明如下：

(1) 蕭克立胥(1950)

蕭克立胥發現天然河川經常僅有水深較深之主槽才有泥砂運移，認為以剪應力做為泥砂顆粒起動之標準並不合適，因為天然河川之床底平均剪應力分佈並不均勻，他建議應採用單寬流量為參數來描述泥砂運動。因此，蕭克立胥收集其他學者所從事之渠槽試驗數據資料，當粒徑大於或等於 0.006 公尺，單寬流量輸砂模式可如下表示：

$$q_s = \frac{2500}{\gamma_s} S^{3/2} (q - q_c)$$

$$q_c = 0.26(\rho_s / \rho - 1)^{5/3} D^{3/2} S^{-7/6}$$

q_s 為單寬輸砂量(cms/m)

q 為單寬流量(cms/m)

q_c 為臨界起動流量(cms/m)

ρ_s 為泥砂密度

ρ 為水流密度

S 為河床坡度

D 為代表粒徑(mm)

(2) 何黃氏公式(1992)

黃宏斌以何智武於 1983 年所完成之試驗資料為基礎，重新分析探討輸砂模式，求得簡化型式之起動流量與沉澱運移模式。由於該輸砂公式為一簡化型式，使用上比較方便、簡單，因而被水土保持技術規範列為台灣野溪之輸砂量推估模式，其輸砂量模式為：

$$q_s = 0.4383 \cdot S^{1.41} \cdot (q - q_c)$$

$$q_c = 1.259 \times 10^{-7} \cdot D_g^{1.56} \cdot S^{-1}$$

$$D_g = \frac{D}{\left[\frac{v^2}{(\rho_s / \rho - 1)g} \right]^{1/3}}$$

D_g 為無因次沉澱粒徑參數

D 為沉澱粒徑(m)

(3) 謝孟荃(2005)

以混合粒徑進行輸砂量試驗，並觀察試驗過

程中泥砂運移現象，發現混合粒徑渠床對於不同水流作用會產生不同程度之分選或遮蔽效應，並進一步將其所從事之渠槽試驗數據配合國內外渠槽資料重新迴歸分析討論，推得一考慮單寬流量、坡度及粒徑分佈因子之臨界流量與沉澱運移模式：

$$\frac{q_s}{q - q_c} = 3.174 \cdot S^{2.134} \cdot D_g^{-0.248} \cdot (h/D)^{0.513} \cdot \sigma^{1.335}$$

$$\frac{q_c}{\sqrt{(\rho_s / \rho - 1)gD^3}} = 1.349 \cdot S^{-0.807} \cdot D_g^{-0.182} \cdot \sigma^{0.116}$$

h 為水深

σ 為粒徑分佈因子

三、研究區域概況

3.1 溪流現況

南清水溪集水區涵蓋花蓮縣光復鄉大興村和萬榮鄉馬遠村，為花蓮溪支流，若以錦豐橋為集水點，集水區面積為 1,392.75ha，主流發源於集水區西方海拔高度為 1,970m 之無名山峰，平均縱向坡降 29.57%，行政區域範圍如圖 1；集水區基本資料如表 1。

3.2 地質、土壤分佈

南清水溪集水區大部份屬大南澳片岩，僅在東邊有少部分之地區屬臺地堆積，如圖 2。而土壤分佈情形則為上游地區目前尚未有調查資料；中游地區為暗色崩積土，土壤無構造或弱度發育，結構鬆脆；下游地區則為沖積土，土壤亦多無構造或只弱度發育之細小的鈍角塊構造，結構趨於疏鬆易碎，如圖 3 所示。

3.3 泥砂調查

本研究於南清水溪上游南、北溪、主流 1 號梳子壩下游 500m 及錦豐橋下游 200m 各進行一處河床質採樣坑粒徑調查；表面粒徑調查則由錦豐橋下游 500 公尺處開始，往上游每隔 500 公尺調查一處，其調查位置如圖 4 所示，粒徑調查採樣照片如圖 5。河床質粒徑調查分析結果如表 2，粒徑分佈曲線如圖 6 所示。除了梳子壩下游處之

表 1 南清水溪集水區基本資料表

集水區名稱	南清水溪集水區
集水區面積(ha)A	1,392.75
集水區周長(km)P	15.57
主流長度(km)L	6.11
集水區最高點高程(m)H ₁	1,970
集水區最低點高程(m)H ₂	163
集水區最大高差之水平距離(km)D	5.60
溪流平均坡度(%)S	29.57
集水區平均寬度(km) W=A/ L	2.28
集水區形狀係數 F=W/ L	0.373
集水區起伏量比 $R_r=(H_1-H_2)/D$	0.323

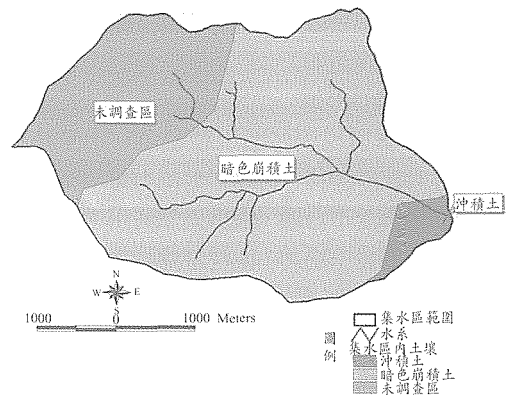


圖 3 南清水溪集水區土壤分佈圖



圖 1 南清水溪集水區行政區域範圍圖

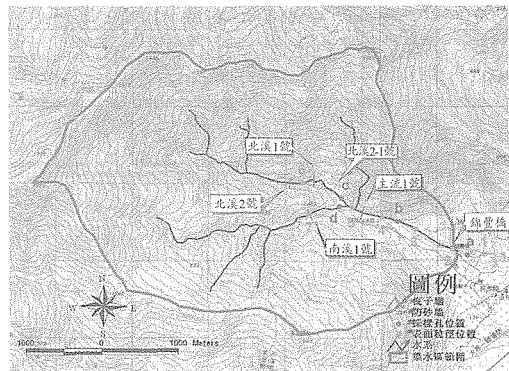


圖 4 南清水溪集水區河床質與表面粒徑調查位置圖

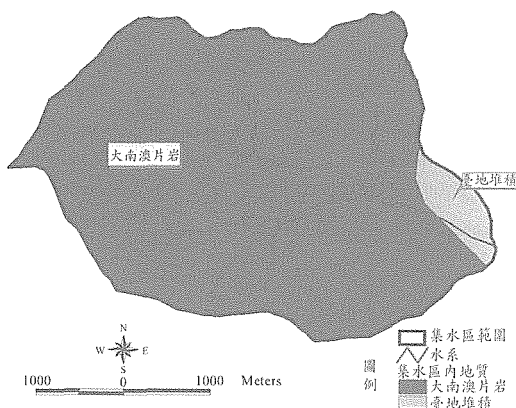


圖 2 南清水溪集水區地質分佈圖

粒徑偏細外，其餘採樣點之粒徑分布均很相似，此一現象乃梳子壩下游處為一河床寬廣、坡度較緩、流速較慢之區域，因此細粒泥砂較易沉積下

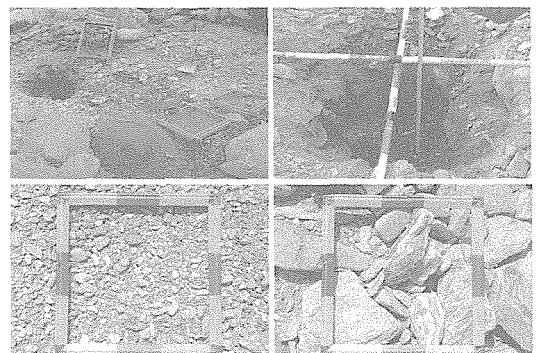


圖 5 南清水溪集水區河床質與表面粒徑調查照片

來；其餘採樣點因為坡度較陡、流速較快，細粒泥砂較易被水流帶走，因此粒徑分布普遍較粗。河床表面粒徑調查分析結果如表 3，粒徑分佈曲線圖如圖 7。由圖中之曲線趨勢知，越上游之河床表面粒徑越大，符合上游挾砂力較下游大之趨勢。

表 2 南清水溪集水區河床質粒徑分析表

單位：mm

採樣點 (編號)	粒 徑						最大粒徑	平均粒徑
	D ₂₀	D ₃₅	D ₅₀	D ₆₅	D ₇₅	D ₉₀	D _{max}	D _m
錦豐橋下游(a)(0k+500)	5	17	37	53	56	74	121	38
主流 1 號梳子壩下游(b)(1k+500)	1	4	14	28	40	55	99	22
北溪(c)(N-0k+250)	5	20	51	60	65	104	129	46
南溪(d)(S-0k+250)	6	20	39	56	65	99	113	43

表 3 南清水溪集水區表面粒徑分析表

採樣點 (編號)	代表粒徑(cm)						最大粒徑(cm)	平均粒徑(cm)	河寬 (m)	點數
	D ₂₀	D ₃₅	D ₅₀	D ₆₅	D ₇₅	D ₉₀	D _{max}	D _m		
錦豐橋下游 (0k+250)	2.1	17.1	19.5	21.2	24.8	9.4	47.0	20.6	77.4	76
錦豐橋(0k+750)	19.3	25.0	28.0	33.9	41.5	46.4	58.0	30.5	75.6	74
錦豐橋上游 (1k+250)	27.8	35.8	50.4	54.8	57.2	62.0	65.0	45.1	73.8	73
錦豐橋上游(1k+750)	37.7	60.7	71.8	91.4	93.6	107.1	123.1	70.7	142.6	141
梳子壩上游會流口 (2k+225)	47.5	82.2	125.5	128.1	132.0	157.7	174.8	102.9	108.3	82
北溪河道突縮處 (N:0k+700)	93.3	103.7	132.1	139.8	141.5	185.6	242.5	126.8	25.4	25
南溪梳子壩(S:0k+550)	121.9	133.1	141.0	165.6	179.5	192.9	201.9	146.4	36.9	26

表 4 太安雨量站資料表

	東經北緯	海拔(m)	測站位置	設站年月	所屬機關	資料類型
太安雨量站(CIT95)	121° 22'11"	1050	花蓮縣萬榮鄉	1996.01	中央氣象局	降雨量
	23° 40'01"					

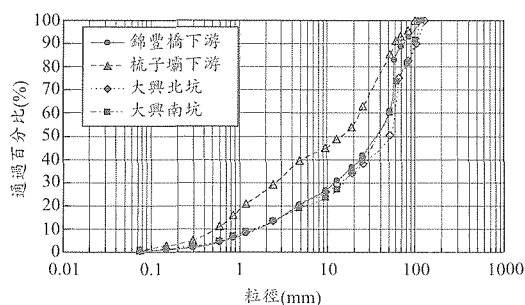


圖 6 南清水溪集水區河床質粒徑分佈曲線圖

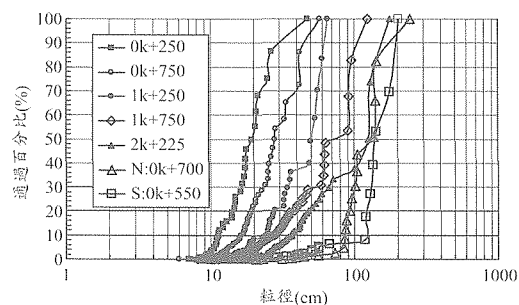


圖 7 南清水溪集水區表面粒徑分佈曲線圖

3.4 氣象及水文資料

為瞭解區內氣象狀況，本研究蒐集集水區附近氣象站或雨量站之資料，如圖 8 所示，集水區附近氣象站有光復氣象站、太安雨量站、水利處馬太安雨量站，水利處大坪雨量站及台灣糖業公司花蓮糖廠大富雨量站等。由於太安雨量測站距

離集水區最近且其海拔高程也與本集水區相當，故水文資料主要蒐集太安雨量站之資料為主，其基本資料如表 4。由氣象資料統計得知太安雨量站年平均雨量為 5,311.4mm，表 5 為其歷年降雨資料(西元 1996~2005)，而其歷年最大一日、月、年降雨量如表 6。

表 5 太安雨量站歷年逐月降雨量(mm)

年	月 份												合 計
	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	
1996	258	342.5	208	336.5	360	171	646	367.5	424	494.5	1188	201.5	4997.5
1997	347.5	294.5	298.5	190.5	360	434.5	409	475.5	396.5	373	117.5	438	4135
1998	289	391	223	267	852	432.5	118.5	354	507	2227.5	420.5	419	6501
1999	270.5	313	282.5	303.5	419	1003	403	679	672.5	479	385.5	319.5	5530
2000	333.5	556.5	279	367.5	352	448.5	369	1043	198.5	1334	457	430	6168.5
2001	305	424.5	340	522	1242.5	915	1494	304	1577.5	119.5	270	302	7816
2002	241.5	245	228.5	225.5	236	440	398.5	310.5	429.5	455	304.5	341	3855.5
2003	170.5	288	273	391	216.5	508	75	625	899.5	372	543.5	281.5	4643.5
2004	364	272	272	145.5	302.5	387	441	140	416.5	229	102	1084	4155.5
2005	328	336	339.5	247	—	—	—	—	—	—	—	—	—
平均	290.75	346.3	274.4	299.6	482.3	526.6	483.8	477.6	613.5	675.9	420.9	424.1	5311.4

—：表示資料尚未公布

表 6 太安雨量站之歷年一日、月、年最大降雨量

	歷年一日最大降雨(mm)	歷年月最大降雨(mm)	歷年年最大降雨(mm)	年平均雨量(mm)
太安雨量站	708.0	2,227.5	7,816.0	5,311.4

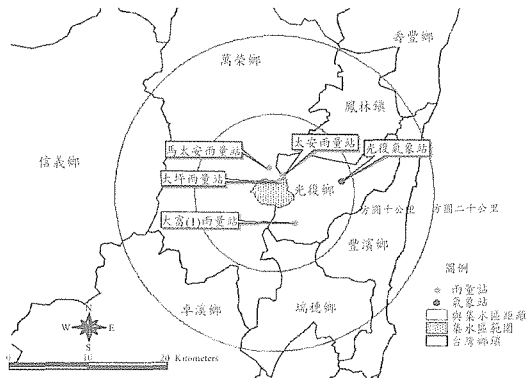


圖 8 南清水溪氣候及雨量站分佈圖

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{\partial q_B}{\partial x} = 0$$

由於謝孟荃(2005)之輸砂模式，需考慮水深因子參數，故本研究利用 HEC-RAS 演算各斷面之水深資料，再代入謝孟荃(2005)之輸砂模式求得各斷面之輸砂量，並將沉滓連續方程式所得之沖淤高程變化，代回 HEC-RAS 重新演算水位，並重複至所有需模擬颱風之流量結束為止。

最後依據颱風發生順序，累計各場颱風之模擬高程結果，進而探討河道沖淤變化情形，並比較各輸砂模式之演算結果。

四、研究方法

本研究之河道沖淤模擬主要以曾經造成南清水溪集水區災害之颱風事件為對象，蒐集南清水溪集水區歷年颱風水文資料(如單位歷線、颱風降雨組體圖等相關資料)，再求得各場颱風暴雨之流量歷線後，依據流量面積法推估各河段之流量歷線。將所得之水文及地文資料代入蕭克立胥(1962)、何黃氏(1992)及謝孟荃(2005)等輸砂公式，演算後求得各斷面之輸砂量，配合沉滓連續方程式，換算出各斷面之沖淤深度：

4.1 河道斷面分析

河道斷面分析主要為比較南清水溪河道縱斷面之「現地高程」與「原有高程」差異性。「現地高程」為民國 94 年 10 月於花蓮南清水溪河道實際測量結果；「原有高程」採用工程完工後之計畫縱斷面高程，其資料來源為該工程預算書，若在無工程構造物之河段，「原有高程」則以 1/5,000 像片基本圖為主。將所蒐集之工程預算書資料及實際測量結果比較整理如下表 7。

表 7 河床斷面分析表：里程 0k+000~2k+225(主流部分)

斷面編號	里 程	原地形高程 (m)	現地測量結果 (m)
1	0k+000	147.219	149.178
2	0k+264.99	151.841	149.178
3	0k+265	151.841	150.378
4	0k+499.99	157.306	150.378
5	0k+500	157.306	155.81
6	0k+713.99	162.282	155.81
7	0k+714	162.282	162.66
8	0k+949.99	171.767	162.66
9	0k+950	171.767	173.521
10	1k+211	181.472	173.521
11	1k+200	181.472	180.925
12	1k+447.219	191.077	180.925
13	1k+447.22	191.077	191.369
14	1k+577.77	197.153	191.369
15	1k+577.774	197.153	198.271
16	1k+950	218.722	198.271
17	1k+950	218.722	219.617
18	2k+071.43	225.43	219.617
19	2k+071.432	225.43	225.43
20	2k+225	243.43	225.43

4.2 雨量、流量分析

本研究區域位於花蓮溪流域中、上游，因集水區內並無設置流量站，故單位歷線則選取鄰近之光復流量站單位歷線，光復流量站單位歷線基本資料如表 8 所示，單位歷線圖則如圖 9。

根據中央氣象局網站所公布之歷年颱風資料顯示，曾經為花蓮縣光復鄉大興村南清水溪帶來暴雨之颱風依發生時間順序分別為桃芝、利奇馬、杜鵑、敏督利及南瑪都颱風，本研究收集歷次對南清水溪集水區造成災害之颱風資料，太安雨量站各颱風之降雨組體圖分別如圖 10~14 所示。

4.4 演算步驟

在沖淤模擬分析上，由於本研究僅針對下游河段進行模擬，故需給定上游之邊界條件，本研究假設在模擬段上游為固床，且上游泥砂來源為充分；另外，在計算至河道斷面有橫向構造物

表 8 光復流量站單位歷線基本資料

光復流量站(集水面積=136.36km ²)			
小時 t(hr)	流量 Q(cms)	小時 t(hr)	流量 Q(cms)
0	0	9	10
1	17	10	8
2	55	11	5
3	79	12	3
4	77	13	2
5	52	14	1
6	35	15	0.5
7	23	16	0
8	15	17	0

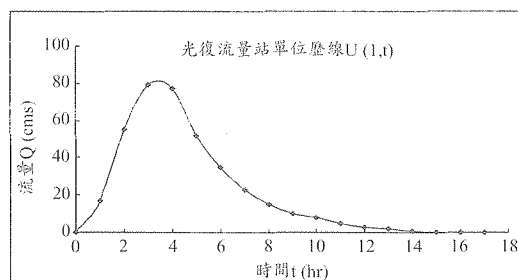


圖 9 光復流量站單位歷線圖

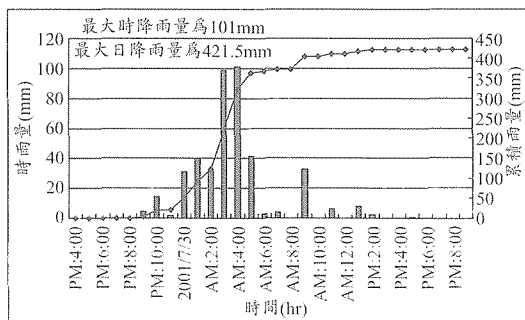


圖 10 桃芝颱風降雨組體圖(太安雨量站)

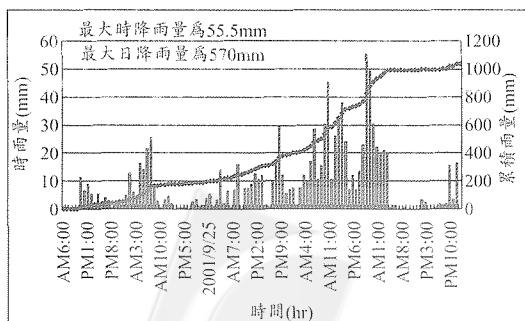


圖 11 利奇馬颱風降雨組體圖(太安雨量站)

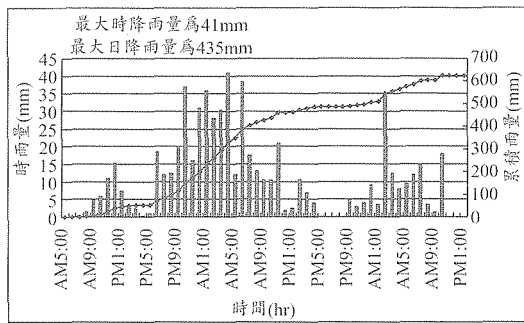


圖 12 杜鵑颱風降雨組體圖(太安雨量站)

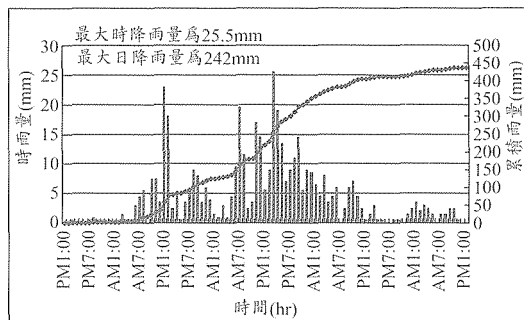


圖 13 敏督利颱風降雨組體圖(太安雨量站)

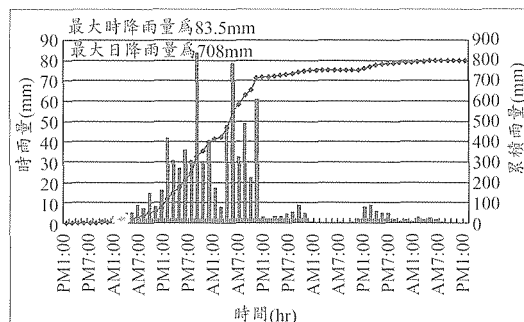


圖 14 南瑪都颱風降雨組體圖(太安雨量站)

時，由於壩體本身會有攔蓄土砂之功能，故此河段即不以輸砂連續方程式進行計算，而是在某一河段遇防砂壩時，上游斷面之來砂量會持續淤積至淤砂坡度後再全部流出，在未淤滿前則假設此一河段不會有輸砂量流出。若某一河段遇梳子壩時，本研究假設上游斷面之來砂量會以 20% 之比例流出，80% 之比例淤積至淤砂坡度後再全部流出。因此，河道沖淤模擬演算步驟如下：

1. 統計歷年各場颱風暴雨之水文資料，再依據流量面積法推估其流量歷線。

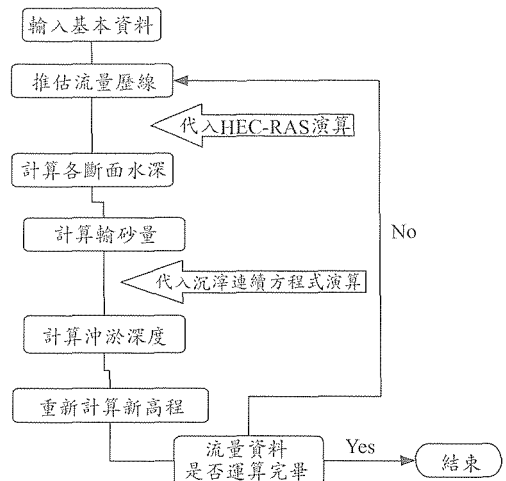


圖 15 河道沖淤模擬演算流程圖

2. 將流量歷線之流量值代入 HEC-RAS 中演算，以求得各斷面之水深資料。
 3. 輸入基本資料，代入各輸砂公式演算，求得各斷面之輸砂量。
 4. 配合沉率連續方程式，換算出各斷面之沖淤深度。
 5. 將所得到之沖淤深度，當作下一時段演算所用之新高程，並代回 HEC-RAS 中重新演算出新水位。
 6. 重複 2~5 步驟，直至完成每場颱風之每一時段模擬計算為止。
 7. 最後，依據各場颱風發生順序，累計各場颱風之模擬高程結果。
- 演算流程圖下如圖 15 所示。

五、結果與討論

將各場颱風之流量歷線資料依據以流量面積法換算得集水區流量歷線後，利用蕭克立胥(1962)、何黃氏(1992)及謝孟荃(2005)三種輸砂模式，演算各斷面輸砂量，再配合沉淤連續方程式換算求得各斷面沖淤變化情形如表 9，各模式演算所得之模擬高程結果與 94 年測量高程比較情形如圖 16~18 所示。

另外，再針對各斷面進行分析，採用平均斷面積法計算河道內之淤積量及冲刷量。計算時，分別求得各剖面位置之淤積、冲刷面積，再乘上

表 9 南清水溪各斷面沖淤變化演算結果表

	90 年 測量高程 (m)	90 年 計畫高程 (m)	94 年 實測高程 (m)	謝孟荃 (m)	何黃氏 (m)	蕭克立胥 (m)	謝孟荃 沖淤高差 (m)	何黃氏 沖淤高差 (m)	蕭克立胥 沖淤高差 (m)	94 年測量與 90 年測量高差 (m)	94 年測量與 90 年計畫高差 (m)	河寬 (m)	備註
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(D)-(A)	(E)-(A)	(F)-(A)	(C)-(A)	(C)-(B)		
2475	254.804	250.515	254.317	260.952	256.079	261.502	6.148	1.275	6.698	-0.487	3.802	55	
2371	243.43	244.045	248.686	249.578	244.705	250.128	6.148	1.275	6.698	5.256	4.641	105	
2071	228.263	225.43	225.43	228.263	228.263	228.263	0	0	0	-2.833	0	117	梳子壩
1950	219.564	218.722	219.617	219.564	219.564	219.564	0	0	0	0.053	0.895	153	
1577	196.969	197.153	198.242	196.969	196.969	196.969	0	0	0	1.273	1.089	119	
1447	190.582	191.077	191.36	190.582	190.582	190.582	0	0	0	0.778	0.283	71	
1200	180.179	181.472	180.925	179.132	179.334	179.381	-1.046	-0.844	-0.797	0.746	-0.547	64	
950	170.833	171.767	173.521	171.448	171.504	171.559	0.615	0.671	0.726	2.688	1.754	68	
714	167.052	162.282	162.660	166.956	166.865	166.875	-0.095	-0.186	-0.176	-4.392	0.378	86	
500	157.266	157.382	155.810	157.380	157.311	157.293	0.114	0.0455	0.027	-1.456	-1.572	92	
265	153.074	151.835	152.178	153.350	153.337	153.292	0.276	0.263	0.218	-0.896	0.343	75	
0	148.238	147.219	149.178	147.578	147.560	147.662	-0.659	-0.677	-0.575	0.940	1.959	73	

表 10 南清水溪淤積及沖刷量計算結果表

里程	實際測量值		謝孟荃(2005)		何黃氏(1992)		蕭克立胥(1962)	
	淤積量(m³)	沖刷量(m³)	淤積量(m³)	沖刷量(m³)	淤積量(m³)	沖刷量(m³)	淤積量(m³)	沖刷量(m³)
2475	0	-4,051.84	51,152.355	0	10,610.89	0	55,731.49	0
2371	175,024.8	0	204,732.38	0	42,469.08	0	223,059.93	0
2071	0	-46,277.055	0	0	0	0	0	0
1950	2,688.584	0	0	0	0	0	0	0
1577	19,610.565	0	0	0	0	0	0	0
1447	18,640.102	0	0	0	0	0	0	0
1200	13,894.25	0	0	-19,484.759	0	-15,737.812	0	-14,848.982
950	50,432.256	0	11,555.557	0	12,598.93	0	13,630.483	0
714	0	-83,650.032	0	-1,812.326	0	-3,555.232	0	-3,368.051
500	0	-28,570.36	2,239.407	0	893.582	0	543.734	0
265	0	-17,570.56	5,431.68	0	5,165.039	0	4279.01	0
0	6,607.35	0	6,607.35	0	6,607.35	0	6,607.35	0
總和(m³)	286,898	-180,120	281,719	-21,297	78,345	-19,293	303,852	-18,217
沖淤總量 (m³)	106,778		260,422		59,052		285,635	

註：沖刷體積以負值表示；淤積體積以正值表示。

兩斷面之間距即可求得各斷面間之淤積量及沖刷量，最後再加總即可得本研究區域內之總淤積量及沖刷量，根據各輸砂模式模擬值及實測資料所求得之淤積沖刷量如表 10，各模式演算所得之淤積及沖刷結果與實測資料比較情形如圖 19 所示。

針對模擬結果與實際沖淤變化比較，分別就各斷面為淘刷或淤積之情形進行探討如下：

1. 在 2k+371 及 0k+950 等斷面，河道實測值與各輸砂模式所模擬結果均呈現淤積之情形。
2. 在 0k+714 斷面，實際測量值為淘刷，各輸砂模式所模擬結果亦顯示為淘刷。
3. 在 2k+475、0k+500 及 0k+265 斷面，現地測量結果顯示為淘刷，但謝孟荃(2005)、何黃氏(1992)及蕭克立胥(1962)三者之輸砂模

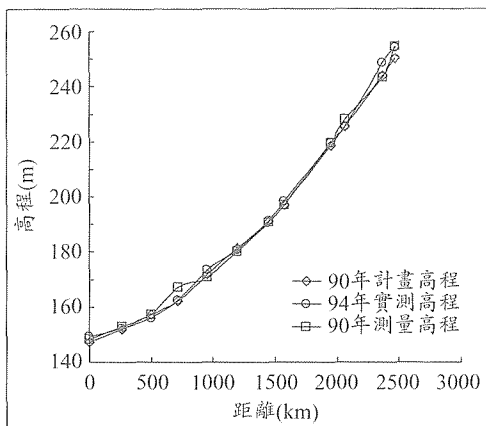


圖 16 河床高程變化對照圖

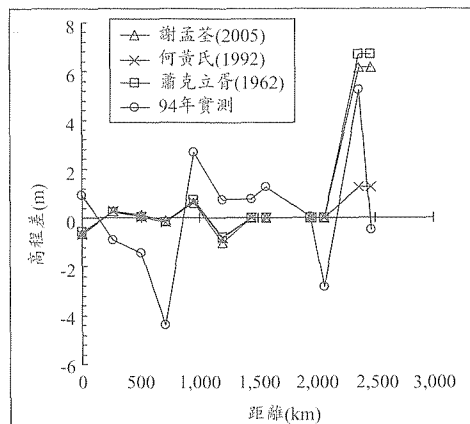


圖 18 各輸砂模式與實測值高程差比較對照圖

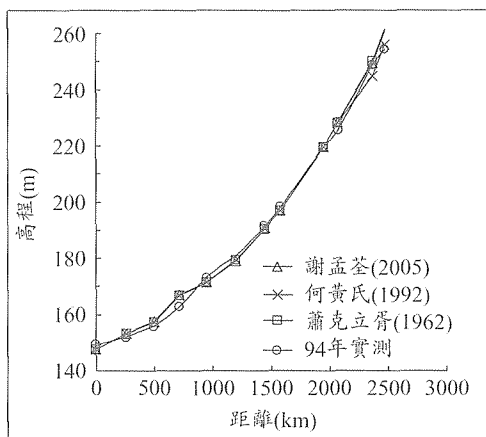


圖 17 各輸砂模式模擬之河床高程對照圖

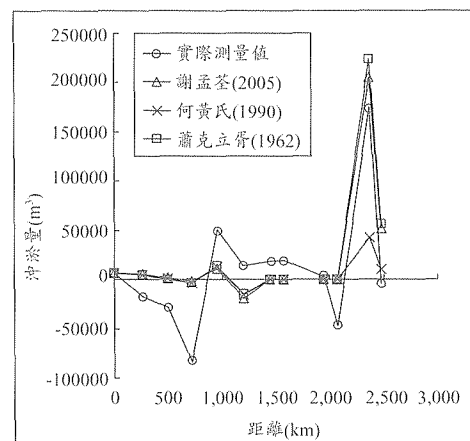


圖 19 各輸砂模式與實測值計算沖淤量比較對照圖

式皆模擬出淤積現象，模式估計結果與實測資料間呈現相反之趨勢。

4. 在 0k+000、1k+200 斷面之實際測量值為淤積，但根據謝孟荃(2005)、何黃氏(1992)及蕭克立胥(1962)三者輸砂模式之運算結果皆為淘刷，模式估計結果與實測資料間呈現相反之趨勢。
5. 在 1k+447、1k+577 及 1k+950 等斷面，由於粒徑較大，故所需之起動流量較大，使得利用模式所演算之沖淤高差並無變化，若觀察 94 年與 90 年測量高程之變化，會發現這些河段皆略微淤積，淤積高度在 1.3m 以下，推測上述河段可能是護甲層提早形成，模式演算之細顆粒泥砂淘刷無法

完全進行之故。

6. 2k+071 斷面為梳子壩所在位置，由模式演算該斷面並未有淤積，94 年測量之結果亦未有淤積情形發生，顯見本研究使用之 0.8 囚砂率，應用在此一河段中尚屬可行。
7. 由圖 17 各輸砂模式演算所得之河床高程，可以看出所模式求得之沖淤變化與實際沖淤變化大致相同，並無顯著差異。不過，若以各輸砂模式所模擬之沖淤變化斷面與實際河床沖淤變化情形相比較，所得之結果較差，顯現輸砂模式模擬之沖淤情形可大致顯現全河段之沖淤變化情形，但若尺度縮小至 200m 左右，即細看每一斷面之沖淤變化，則模擬之結果並不佳，此與

模式未考慮混合粒徑之護甲層形成之時機有關。

8. 比較各輸砂模式模擬結果與實際測量資料發現，在南清水溪以何黃氏(1992)輸砂模式模擬之準確度較高，較接近真實河道之沖淤變化狀況。就整體比較結果而言，以何黃氏(1992)及謝孟荃(2005)兩者之輸砂模式，較適用於分析南清水溪之沖淤變化情形；而蕭克立胥(1962)輸砂模式則較不理想。
9. 根據縱斷面分析之結果，可求得南清水溪實際沖淤總量為 106,778 立方公尺，比較各輸砂模式模擬結果得知，謝孟荃(2005)及蕭克立胥(1962)之演算結果皆為高估，且較實際沖淤量高出許多；而何黃氏(1992)輸砂模式之計算結果，則較接近實際沖淤總量。
10. 根據南清水溪 94 年之斷面測量資料可知，以一維之水理及輸砂模式所求出之總淤積量及沖刷量，大致上在全河段均可以得到不錯之結果；而且，與 90 年計畫高程比較，亦呈現一致之趨勢，可以瞭解所設計之工程結構物確實發揮了原本規劃之功效，為一成功之整治工程規劃。

六、結 論

本研究採用花蓮南清水溪 94 年之河道測量資料作為基準，藉以分析蕭克立胥(1962)、何黃氏(1992)及謝孟荃(2005)三種輸砂模式模擬河床沖淤變化之差異。經過分析討論之後，得到以下結論：

1. 以全河段而言，各輸砂模式所演算得到之河床高程與實際測量值間並無顯著差異，各輸砂模式所模擬之沖淤變化與實際河床沖淤變化情形，大致呈現一致趨勢。另外，利用輸砂模式模擬河段之沖淤情形，以大尺度河段(數公里)之準確度較佳。
2. 以南清水溪進行 90 年至 94 年間之沖淤分析時，何黃氏輸砂模式模擬結果會較蕭克立胥模式及謝孟荃模式所模擬者接近實際河道之沖淤變化狀況。

3. 根據南清水溪 94 年之斷面測量資料與 90 年計畫高程比較結果，呈現一致之趨勢，可以瞭解所設計之工程結構物確實發揮了原本規劃之功效，為一成功之整治工程規劃。另外，模擬野溪河床在興建工程構造物前後之沖淤變化，可提供野溪規劃設計時之參考依據。

參考文獻

1. 吳益裕(1999)，「陡坡渠道混合沉滓運移機制之研究」，國立中興大學土木工程學研究所博士論文。
2. 李偉哲(2002)，「湍流渠槽之輸砂量模式研究」，國立台灣大學生物環境系統工程研究所碩士論文。
3. 李鴻基(1975)，「大甲溪上游輸砂量估算之研究」，國立台灣大學農業工程學研究所碩士論文。
4. 何智武(1974)，「台灣中部地區河川流力沖蝕與輸砂估算數學模式之初步研究」，中華水土保持學報，5(2):127~139。
5. 何智武(1975)，「大甲溪輸砂量估算之數學模式研究」，中華水土保持學報，6(2):89~114。
6. 何智武(1976)，「大甲溪輸砂量之估算研究(一)大甲溪上游段河床質泥砂量之測定及估算之研究」，中華水土保持學報，7(1): 70~140。
7. 何智武(1983)，「湍流渠槽沉滓運移特性之研究」，國立台灣大學土木工程學研究所博士論文。
8. 何智武、黃宏斌(1983)，「台灣上游湍流河道之輸砂模式研究」，中華水土保持學報，14(2):95~106。
9. 何春蓀(1975)，「台灣地質概論」，中華民國經濟部出版。
10. 徐江、王兆印(2003)，「山區河流階梯-深潭的發育及其穩定河床的作用」，泥沙研究，No.5。
11. 陳俊榮(2000)，「壽豐溪之河床沖淤變化研究」，國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文。

12. 陳鳴雄(1976),「大甲溪上游雪山溪及七家灣溪推移質之估算」,國立中興大學水土保持學研究所碩士論文。
13. 黃宏斌(1992),「陡坡水槽之輸砂量模式研究」,台灣水利,41(4)pp.44-51。
14. 黃宏斌(1993),「上游泥砂來源與河道沖淤之關係探討」,八十二年度農業工程研討會, pp.217-231。
15. 覃嘉忠(1981),「蘭陽溪上游圓山溪推移質之估算」,國立中興大學水土保持學研究所碩士論文。
16. 廖清標(1984),「洪水與沉滓演算模式之研究與應用」,國立台灣大學土木工程研究所碩士論文。
17. 錢寧、張仁、周志德(1987),「河床演變學」,科學出版社。
18. 錢寧、萬兆惠(1991),「泥沙運動力學」,科學出版社, pp.184~296。
19. 謝孟荃(2005),「混合粒徑輸砂量估算之研究」,國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文。
20. 蘇志強(1995),「混合礫石渠槽輸砂率研究」,國立中興大學土木工程學研究所碩士論文。
21. Chang, H. H. (1977), "Minimum Stream Power and River channel Patterns." Journal of Hydrology, Vol.41, pp. 303-327.
22. Lopez, Jose L. & Marco A. Falcon (1999), "Calculation of Bed Changes in Mountain Streams." Journal of the Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 125, No.HY3.
22. Shvidchenko, A. B. & Z. D. Kopalani (1998), "Hydraulic Modeling of Bed Load Transport In Gravel-Bed Laba River." Journal of the Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 124, No. HY8.
23. Simons, D. B. and F. Sentürk (1977), "Sediment Transport Technology." Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado 80522, USA.
24. Smart, G. M. (1984), "Sediment Transport Formula for Steep Channels." Journal of the Hydraulic Engineering, ASCE, 110(3), 267-276.

收稿日期：民國 94 年 11 月 11 日

接受日期：民國 95 年 3 月 7 日