

## 野溪河道沖淤特性研究-以台中縣霧峰鄉乾溪為例

游繁結<sup>(1)</sup> 翁緯明<sup>(2)</sup> 吳仁明<sup>(3)</sup>

### 摘要

野溪治理係針對溪水洪枯差異大之溪流，因天然因素或人為開發之影響，致使河岸、溪床發生沖刷、崩塌、土石淤積及亂流之不穩定河道，所實施之治理工程。而工程之規劃設計則須倚賴現地調查之資料與室內實驗之模擬，故本研究透過室內實驗與現地觀測，研究野溪沖淤特性，以期能提供有關單位，實施經濟有效之治理措施，防範災害。

室內實驗利用變量流模擬河川的輸砂情形。用定量流試驗與之比較，發現回淤量及沖刷量有隨著流量增大而變大的趨勢，且沖刷量大於回淤量；變量流之回淤量小於定量流之估算量。  
(**關鍵詞**：野溪治理、洪枯差異、野溪、回淤)

## Characterizing Scouring and Deposition of a Creek -A Case Study of the Gan River in WuFeng Township

*Fan-Chieh Yu<sup>(1)</sup>, Wei-Ming Wong<sup>(2)</sup>, Jen -Ming Wu<sup>(3)</sup>*

Professor and Graduate Students respectively, Department of Soil and Water Conservation,  
National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

### ABSTRACT

Characterizing a creek's scouring and deposition is a crucial first step prior to initiating an engineering project to ensure an effective creek management. However, characterizing a typical creek in such way in Taiwan comes with great challenges due to its unique geophysical make-ups, torrential rainfalls during the annual rain season and possibly some questionable cultivations or developments along or upstream of the creek. Effective creek management needs to rely on analyses using not only the data collected from the creek and its environment but also the data collected from modeling and simulation in a lab. This study is to examine the scour and back-fill characteristics of simulated torrential streams in a lab. As part of the lab simulation, steady and unsteady flows were used to simulate the conditions of the sediment delivery in the creek. The lab simulation results showed that the greater back fill and the scouring was a result of greater flow and when the amount of scouring is more than that of back-fill. The lab simulation also revealed that the amount of back-fill of unsteady flows was less than the estimated amount based on steady flows.

(**Keywords** : torrent control , variations of flood/dry season , torrential stream , back-fill)

---

(1)國立中興大學水土保持學系教授

(2)國立中興大學水土保持學系碩士班研究生

(3)國立中興大學水土保持學系博士班研究生

## 前言

野溪在洪流時的輸砂狀態，由於觀測不易，因此只能在洪水退水後由溪床沖淤現象推估野溪的泥砂生產狀況，但由於在洪流輸砂過程中，沖刷和回淤是伴隨而生的，待其於洪流退水後所見到的床面形態已是回淤後的結果，不能表示實際刷深量，因此有可能在洪流期間，溪床淘刷已達河川構造物之基腳，但在洪水退水後，又將其基腳回淤，以致未能掌握溪床之沖淤的實際狀況，而導致構造物設計失敗之情形。

另一方面，野溪之泥砂運動為變量流流況下之輸砂狀態，即流量歷線尖峰時刻因流量增強，泥砂輸送總量迅速增加，並造成明顯局部沖刷效應；而流量降低時，則因為水流強度減小，床面則有逐漸回淤填平之現象。因此，定量流況所探討之泥砂運動常忽略了變量流的效應。基於上述原因，本研究擬以進行現地觀測及室內渠槽試驗，探討變量流及定量流之泥砂運動，以探討溪流沖淤之特性，期以提供作為進行野溪治理之參考。

## 試驗方法與材料

本計畫以現地觀測與室內渠槽試驗進行研究，利用現地所觀測的結果，配合渠槽試

驗的分析，進而探討暴雨泥砂輸送與退水回淤之關係。

## 一、現地調查

### (一)調查地點環境概況

本計畫以草湖溪集水區範圍內之乾溪為觀測對象，以草湖溪集水區而言，其面積 77.89 平方公里，行政區域屬於台中縣霧峰鄉、太平市及大里市，集水區範圍如圖 1 所示。集水區東側與南投縣國姓鄉相鄰，西邊為霧峰平原地區，南邊隔烏溪與草屯相望，北邊鄰大里市、太平市，地勢上東高西低，以霧峰鄉中正路為界，東側為山陵地帶有九九峰等尖峰，崗巒起伏，海拔約在 100 公尺至 600 公尺之間，山地面積 64.06 平方公里，佔集水區總面積之 82.24%；西側為烏溪與其支流出高山後所形成之沖積平原，因有良好的灌溉渠道系統，而盡成水田，海拔約在 40 公尺至 100 公尺之間，平原面積 13.83 平方公里，佔集水區總面積 17.76%。集水區南北寬約 7.3 公里，東西長約 14 公里，略呈東南向西北之走向。本集水區內除草湖溪本流外，另有若干支流，由北至南分別為草湖溪本流、北溝溪、乾溪。



圖1. 草湖溪集水區之範圍及樁點埋設位置圖

Figure 1. The range of Caohu catchment and the location of the stake.



(二)試驗條件

- 1.在渠槽上游端長度 1m 範圍設定為定床，嵌附#8 篩粒徑之沙石固定床，用來增加紊流；渠槽下游端為動床，試驗區長度 4m，寬 30cm，堆沙高 15cm。
- 2.分別以 0.0005、0.0007、0.002、0.0024、0.0032、0.0038、0.0040、0.0048cms 之流量進行不同流量之沖淤試驗。
- 3.使用之試驗沙為通過#30(0.59mm)篩，而停留在#50(0.30mm)篩網上之均勻粒徑。
- 4.渠槽坡度設定為 4%。

(三)試驗步驟

1.定量流試驗

- (1)將均勻砂鋪在動床段，其厚度為 15cm 並與定床高度等高。
- (2)另分別在 100cm、150cm、200cm、250cm、300cm 等處夾以白沙，以作為沖淤判斷之用。再緩緩注入清水將其砂床潤溼至飽和。
- (3)試驗控制坡度為 4%。
- (4)試驗控制流量分別在 0.0005、0.0007、0.002、0.0024、0.0032、0.0038、0.0040、0.0048cms 等八種不同流量狀態下之流動。
- (5)於泥砂完全起動後，每 30 秒記錄水深、流

速及盛接泥砂一次，歷時 5 分鐘。並利用白砂鋪設高度記錄動床區上游端起向下游分別在 100cm、150cm、200cm、250cm 和 300cm 處之橫斷面沖淤高程變化。

- (6)將盛接之泥砂烘乾、稱重，以求得單寬輸砂量。
- (7)變流量，重複步驟(a)~(e)，進行三重複。
- (8)變量流試驗
- (9)同定量流試驗 a~c 之步驟。
- (10)依模擬洪峰流量歷線之各時段流量控制流量，其模擬歷線之洪峰流量分別為 0.004、0.0048cms 之等腰三角形流量歷線(如圖 4、圖 5)。
- (11)於試驗斷面架設 V8 攝影機，觀測全程實驗過程，並分別於各階段流量區間記錄動床區上游端起向下游 100cm、150cm、200cm、250cm 和 300cm 等鋪設白砂處之橫斷面沖淤高程變化，同時用自製接砂器盛接每 30 秒之流下之泥砂，歷時 9 分鐘。
  - a. 將盛接之泥砂烘乾、稱重，以求得單寬輸砂量。
  - b. 改變洪峰流量歷線之試驗，重複步驟(a)~(d)，進行三次重複。

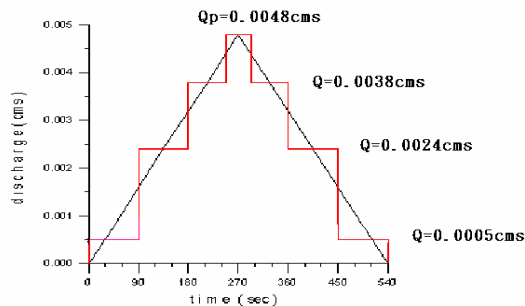


圖 4. 模擬洪峰流量之等腰三角形歷線  
Figure 4. Simulating peak flow by a triangular unit hydrograph.

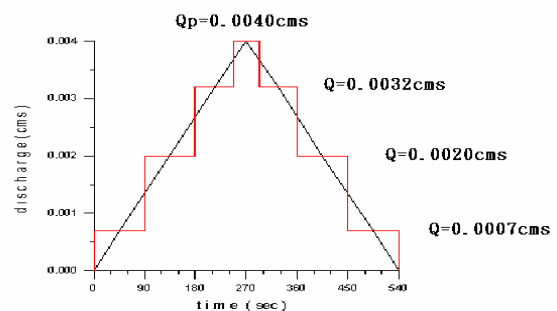


圖 5. 模擬洪峰流量之等腰三角形歷線  
Figure 5. Simulating peak flow by a triangular unit hydrograph.

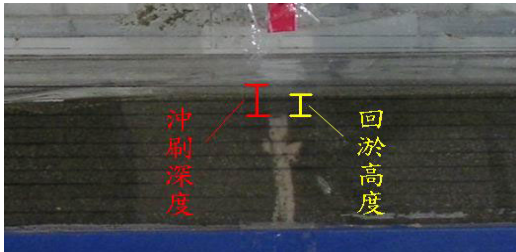
(四)、沖刷及回淤量估算方法

根據 DuBoys(1879)最早建立底床輸砂

量之分析，假設床質是以分層移動方式輸送，並引入水流剪力之觀念。推移質厚度是

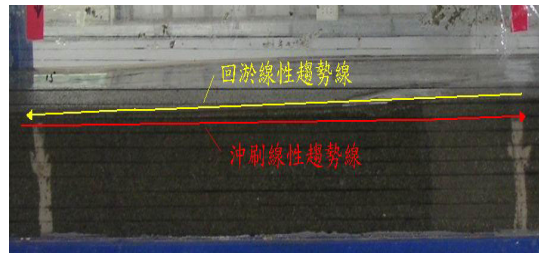
因拖曳力作用而使泥砂作滑動層移，此厚度又分為數小層，而每一層的泥砂運動呈線性遞減。以此概念出發，假設平直之渠道其回淤及沖刷也呈現線性關係，故本試驗利用白

砂的高度變化，來觀測沖淤的高度(相片 1、相片 2 所示)，於渠道每 50cm 處埋設與動床等高之白砂，再以線性變化的假設繪出回淤和沖刷之範圍，進而推算出回淤量和沖刷量。



相片 1. 沖淤高程示意圖

Photo 1. Elevations of scouring and back-fill.



相片 2. 沖淤線性趨勢線示意

Photo 2. A chart of the tendency to scouring and back-fill.

## 結果與討論

### 一、現地調查

#### (一)峰南橋上游處

峰南橋位於坑谷橋上游，相距約 1.7 公里，距上游源頭約 2.7km。該段河道淤積情形(如相片 3、相片 4)以卵石、巨礫為主，某甚至淤積高度將近 3m，已經幾乎與護岸同高。堆積礫石的礫徑也較坑谷橋上游處大，現地調查之粒徑  $D_m=20\text{cm}$ ，最大粒徑有的甚至超過 1m，淤積高度由 10cm 到 2m 不等，某些地點甚至已經淤積致與護岸同高。

#### (二)坑谷橋上游處

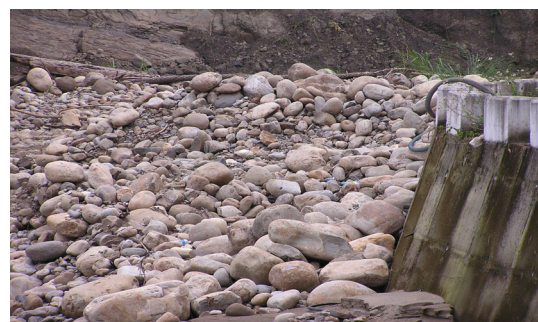
坑谷橋距上游源頭約 4.6km，平時無太多

流量。七月之敏督莉颱風與八月之艾莉颱風，帶來豐沛之水量，造成大量礫石沙土淤積，原本埋樁處被堆積的礫石掩埋，而無法判斷沖刷時的深度，但由於大量的淤積，使得沖刷量與淤積量相比，可能幾乎不成比例。因此以暴雨前後的斷面作比較，以研究暴雨所帶來土石之淤積情形。暴雨前，此處主要河道原本位於河床右岸 10m 處，寬約 5~6m(如相片 5)。颱風過後，河道變為兩條，一條離右岸約 1m 處，寬約 3~4m；另一條離右岸約 15m 處，寬約 3m(如相片 6)。原河道於暴雨後被大量土石堆積，形成一沙洲區。



相片 3. 暴雨前峰南橋上游處之河道

Photo 3. The stream at Feng-Nan bridge before storm.



相片 4. 暴雨後峰南橋上游處之河道

Photo 4. The stream at Feng-Nan bridge after storm.



相片5. 暴雨前坑谷橋上游處之河道  
 Photo 5. The stream at Keng-gu bridge before storm.

相片6. 暴雨後坑谷橋上游處之河道  
 Photo 6. The stream at Keng-gu bridge after storm.

## 二、雨量資料分析

1. 鄰近霧峰集水區之雨量站計有農試所、草湖、霧峰 1、霧峰 2、霧峰 3、番子寮、及萬

斗等六站；本試驗以霧峰農業試驗所雨量站作為水文分析之資料來源。雨量資料如表 1 所示。

表 1. 2004年現地觀測主要雨量資料  
 Table 1. Rainfall data of field investigations in 2004.

日期	時間(時)	雨量(mm)	日期	時間(時)	雨量(mm)	日期	時間(時)	雨量(mm)			
7月2日	3	0.5	7月4日	7	20.5	7月23日	16	0.5			
	6	0.5		8	137		17	14			
	8	5.5		9	15		7月6日	5	2.5		
	9	11.5		12	4.5		6	0.5			
	10	9		13	0.5		7月23日	20	7		
	11	36.5		14	4.5		7月27日	15	6		
	12	7.5		15	4		16	23			
	13	7.5		16	3		17	10			
	14	19.5		17	0.5		18	3.5			
	15	18.5		21	0.5		19	1.5			
	16	14		22	1		20	2.5			
	17	15.5		3	4		21	1			
	18	9.5		5	3		22	0.5			
	19	1.5		6	0.5		7月28日	13	0.5		
	20	0.5		7	0.5		14	6			
	21	0.5		14	6.5		20	28.5			
	22	12.5		15	24		21	5			
	23	24.5		16	26.5		22	3.5			
	24	3.5		17	1		23	0.5			
	7月3日	1		27	22		0.5	8月5日	18	0.5	
		2		26.5	7月5日		4	45.5	19	0.5	
		3		31.5			7	8.5	8月14日	16	7
		4		0.5			11	0.5	17	52	
		5		1			13	6	8月19日	20	27.5
6		1.5	14	2		21	32				

2.七月的敏督莉颱風與八月的艾莉颱風過境，土砂落淤河道之量是近年來僅見，經調查發現，某些河段土石淤積高度甚至高於護岸，為了解此情形為洪水量超大或者結構物設計頻率不足，將觀察期間之雨量進行分析：

(1)集水區面積

利用GPS(衛星定位系統)座標和DTM(數值地型模式)資料來計算分析，以求得各測點(峰南橋上游處、坑谷橋上游處)之集水區面積，其結果如表 2:

表 2. 各測點上游集水區面積  
Table 2. The area of the catchment at each observation point.

地點	峰南橋上游處	坑谷橋上游處
集水區面積(km <sup>2</sup> )	2.3728	6.3344

(2)降雨強度

降雨強度本計劃採用 Horner 公式來分析，由於本計劃所屬的霧峰站並無 Horner 公式可資利用，又霧峰站約在台中站與草屯站之中間

位置，所以我們採用中央氣象局台中測站 Horner 公式分析(表 3)，及水利局草屯站 Horner 公式分析(表 4)，再取平均值來表示。

表 3. 台中站 Horner 公式分析  
Table 3. Horner analysis at Taichung station.

重現期(年)	降雨強度公式 $t_c$ ：集流時間
2	$I = 1063.3/(t_c + 17)^{0.67429}$
5	$I = 1165.1/(t_c + 20)^{0.63096}$
10	$I = 1226.3/(t_c + 23)^{0.60598}$
25	$I = 1298.3/(t_c + 28)^{0.57733}$
50	$I = 1422.4/(t_c + 35)^{0.56563}$

表 4. 草屯站 Horner 公式分析  
Table 4. Horner analysis at Caotun station

重現期(年)	降雨強度公式 $t_c$ ：集流時間
2	$I = 2528.9/(t_c + 36)^{0.82063}$
5	$I = 3652.4/(t_c + 49)^{0.81029}$
10	$I = 3785.6/(t_c + 57)^{0.77824}$
25	$I = 3512.1/(t_c + 67)^{0.72468}$
50	$I = 3434.7/(t_c + 80)^{0.69189}$

(3)集流時間

依水土保持技術規範第二十七條之規定，採用 Rziha 公式計算集流時間：

$$t_c = \frac{L}{72S^{0.6}}$$

其中：

- $t_c$ ：集流時間(hr)
- L：主流長度(km)
- S：流域平均坡度

計算得結果如表 5:

表 5. 各測點之集流時間  
 Table 5. Time of concentration at each observation point.

	峰南橋上游	坑谷橋上游
主流長度(km)	3.49	5.1
平均坡度	0.0985	0.0345
集流時間(分)	11.7	31.9

(4)頻率年之降雨強度:計算結果如表 6 所示。

表 6. 各頻率年之降雨強度  
 Table 6. The rainfall intensity in each recurrence interval.

地 點		峰南橋上游處	坑谷橋上游處
項目			
	主流長度(km)	3.49	5.1
	平均坡度	0.0985	0.0345
	集流時間(分)	11.7	31.9
降 雨 強 度 (mm/hr)	2 年頻率	108.3052	78.27985
	5 年頻率	131.3613	100.1559
	10 年頻率	141.8657	111.7237
	25 年頻率	151.7294	124.0211
	50 年頻率	156.2234	131.6486

而由觀測期間測得最大降雨強度 137mm/hr(7 月 3 號 8 時)來看,以坑谷橋上游處而言,已經超過 50 年頻率之降雨強度,而由中央氣象局最新的宣布豪雨特報分級,除了原有的「大雨」、「豪雨」外,另增列「特大豪雨」、「超大豪雨」。特大豪雨為 24 小時內累積雨量達到 200 毫米以上、超大豪雨為累積雨量達到 350 毫米以上。觀測期間之最大日雨量已達「特大豪雨」之標準(7 月 3 號日雨量為 279mm),峰南橋上游處亦出現類似土石流發生之情形。

另由降雨直方圖(圖 6~16)與河床斷面沖

淤情形(如表 7)之對照可以發現一定性之性質,即降雨強度大,連續降雨時間長,則河道通常呈現沖刷之狀態,如 2004/7/1~2004/7/7 之間,連續降雨最高達 17 hrs,降雨強度最高達 137 mm/hr,峰南橋上游處與坑谷橋上游處皆呈現沖刷之情形。而 2004/7/21~2004/8/與 2004/8/14~2004/8/22 之連續降雨最高分別為 8 hrs、4 hrs,降雨強度最高分別為 28.5 mm/hr、52 mm/hr,連續降雨時間與降與強度皆較第一次觀測時小,河道亦呈現淤積之狀態。由此推測,流量越大,則沖刷量有大於回淤量之趨勢。

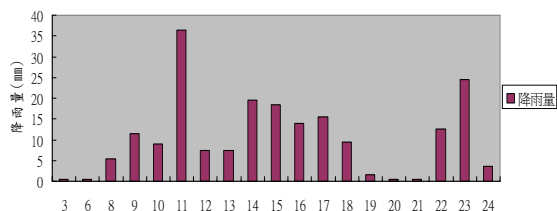


圖 6. 2004/7/2 降雨直方圖

Figure 6. Rainfall hyetograph at 2004/7/2.

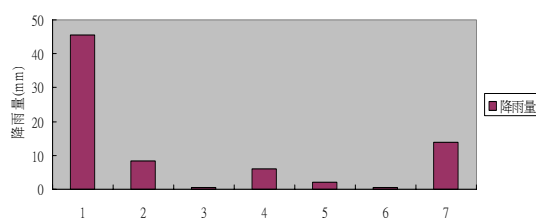


圖 11. 2004/7/27 降雨直方圖

Figure 11. Rainfall hyetograph at 2004/7/27.



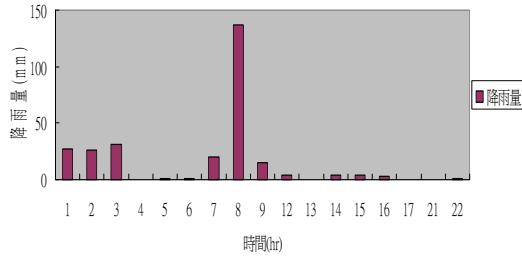


圖 7. 2004/7/3降雨直方圖

Figure 7. Rainfall hyetograph at 2004/7/3.

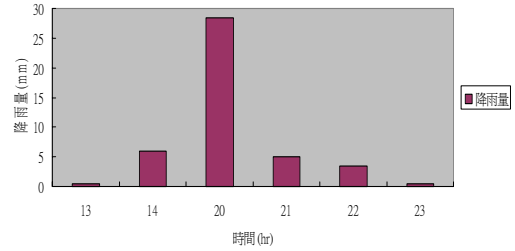


圖 12. 2004/7/28降雨直方圖

Figure 12. Rainfall hyetograph at 2004/7/28

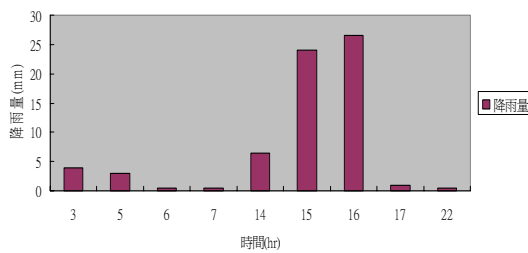


圖 8. 2004/7/4降雨直方圖

Figure 8. Rainfall hyetograph at 2004/7/4

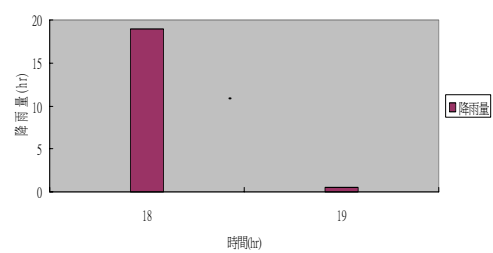


圖 14. 2004/8/5降雨直方圖

Figure 14. Rainfall hyetograph at 2004/8/5

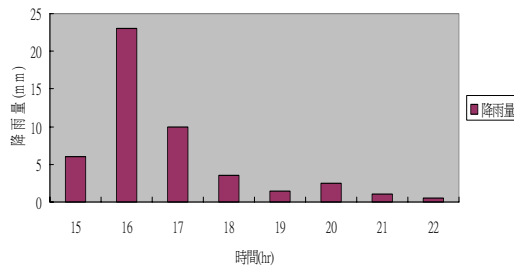


圖 9. 2004/7/5降雨直方圖

Figure 9. Rainfall hyetograph at 2004/7/5.

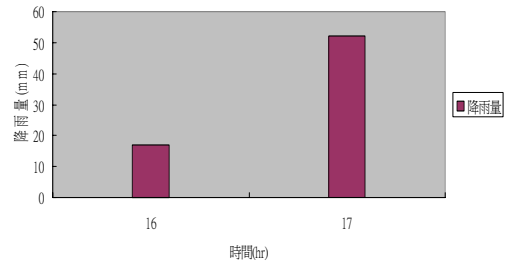


圖 15. 2004/8/14降雨直方圖

Figure 15. Rainfall hyetograph at 2004/8/14

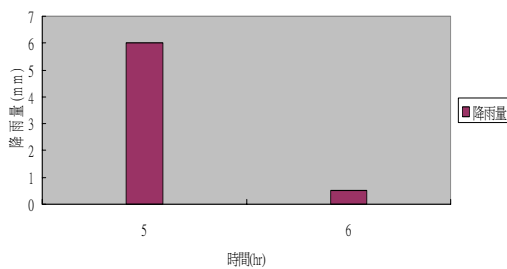


圖 10. 2004/7/23降雨直方圖

Figure 10. Rainfall hyetograph at 2004/7/23.

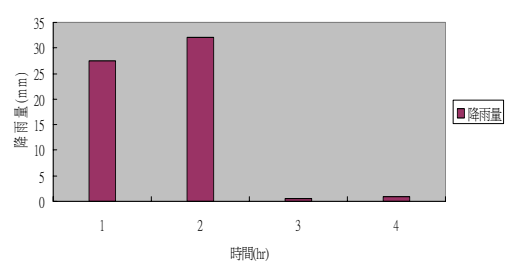


圖 16. 2004/8/19降雨直方圖

Figure 16. Rainfall hyetograph at 2004/8/19.

表 7. 降雨強度、降雨延時與沖淤量之關係

Table 7. Relationship between rainfall intensity and scouring.

觀測日期	最大降雨強度	最長延時時間	河道沖淤型態	最大沖淤變化量
7.1~7.7	137 mm/hr	17 hrs	沖刷	-30 cm
7.21~8.5	28.5 mm/hr	8 hrs	淤積	32 cm
8.14~8.22	52 mm/hr	4 hrs	淤積	50 cm

### 三、暴雨前後河道斷面的變化

茲將 7 月 1 日~7 月 7 日、7 月 21 日~8 月 5 日、8 月 14 日~8 月 21 日期間，分別觀測峰南橋上游處及坑古橋上游處，三場暴雨前後之河床橫斷面高程變化（如圖 17~圖 22）。第一場暴雨造成斷面沖刷，第二場及第三場暴雨卻形成淤積，推測其原因為洪水從上游挾帶之土石再往下游運移之過程中，當流量達到泥沙運動之條件，則往下游運動；而當流量變小，則土石開始堆積，而呈階段性之運移特性。所以第一場暴雨，土石尚未到達所

觀測之測站，而第二場及第三場暴雨，土石繼續往下游運移，而堆積於兩觀測站之河床面上。另由現地調查可以發現，粒徑大之土石，多淤積於上游觀測點之峰南橋上游處，而粒徑較小之砂石則多堆積於下游觀測點之坑古橋上游處，此乃因大粒徑之土石，需要較大之流量才能使之起動，而較小粒徑之土石，在較小流量下仍然可以使之運移，所以小粒徑土石移動距離較大粒徑土石為大。此現象即為自然之水力篩分作用(Sorting)。

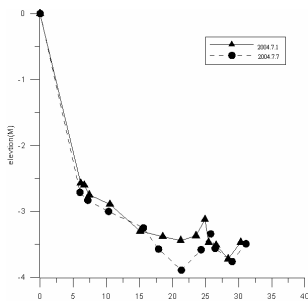


圖 17. 峰南橋 2004/7/1、7/7 河床斷面

Figure 17. Streamway cross-section at 2004/7/1、7/7.

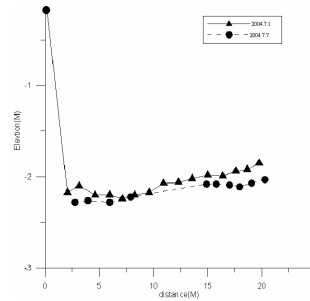


圖 18. 坑谷橋 2004/7/1、7/7 日河床斷面

Figure 18. Streamway cross-section at 2004/7/1、7/7.

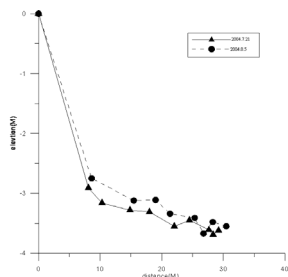


圖 19. 峰南橋 2004/7/21、8/5 河床斷面

Figure 19. Streamway cross-section at 2004/7/21、8/5.

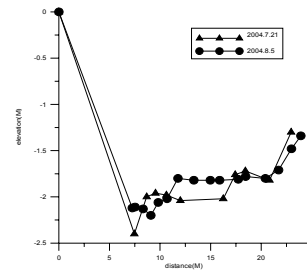


圖 20. 坑谷橋 2004/7/21、8/5 河床斷面

Figure 20. Streamway cross-section at 2004/7/21、8/5.

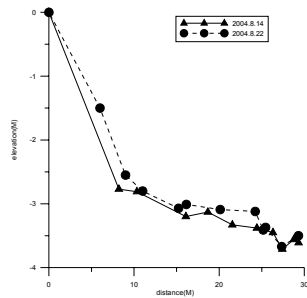


圖21. 峰南橋2004/8/14、8/22河床斷面

Figure21. Streamway cross-section at 2004/8/14、8/22

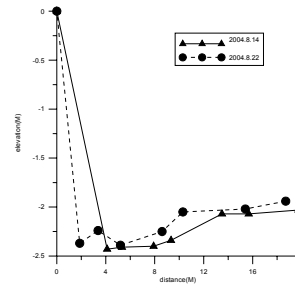


圖22. 坑谷橋2004/8/14、8/22河床斷面

Figure21. Streamway cross-section at 2004/8/14、8/22

#### 四、渠槽試驗結果

本研究主要探討不同流況下泥砂運動之沖淤情況，於是首先分析流況較不複雜之定量流試驗，再藉由定量流試驗所得之結果和變量流試驗之結果作比較，進一步利用定量流試驗結果來解釋變量流試驗所產生之現象，以及探討其各水文量間之差異性。最後比較這兩種不同流況下其沖淤情形，利用已得知之變量流流況特性，來分析其和定量流流況沖淤量之差異性，進而量化其沖淤範圍。

渠槽試驗中動床全長 4m，由於試驗採不平衡輸砂，則設計從動床起始端算起至距離 50cm 處，為主要提供砂源區，而距離 350cm 至距離 400cm 處，此範圍之動床可能遭受下游檔板回淤的影響，故不列入計算範圍，即主要試驗動床為距離起始端 50~350cm 此間距範圍。

##### (一) 定量流之沖淤探討

利用每間隔 50cm 處理設的白砂高度，來觀測試驗前後之沖刷深度和回淤高度，進而根據所得之沖刷和回淤高程，繪出其現性趨勢線(如圖 23)，估算沖刷量和回淤量。所估算之結果得知回淤量及沖刷量有隨著流量增大而變大的趨勢，且沖刷量大於回淤量。

依據泥砂運動理論，水流中之泥砂顆粒

於不停連續交換過程下，逐漸往下游移動，而推移質與懸移質對挾砂水流影響性則隨泥砂顆粒大小與水流強弱而定。對相同河床泥砂組成(均勻砂)來說，當水流流速較弱時，泥砂以滑動、滾動或跳躍等形式在床面附近運動；當流速增加時，水流紊動能量使一部份泥砂隨著紊動渦流而離開床面成為懸移質，隨著流速增加懸移質濃度增高，此時懸移質對流態影響重要性可能大於推移質運動之能量，然而另一方面紊動渦流也削弱水流能量，床面泥砂運動隨同水流推移力成長而加厚，至流速超出某一限度後，高濃度之懸移質相互碰撞損失能量，懸移能力不再成長，成長發展之床面層推移質則取帶了原懸移質對流態影響之關鍵地位。

依據上述理論探討沖刷量和回淤量的比值跟流量及輸砂量的變化(如圖 24、25)，得知沖淤量比( $q_c/q_d$ )將隨著流量及輸砂量的變大有增大的趨勢，表示於較高流量時，其挾砂過程中沖刷所佔輸砂的比例也愈大，相對之下回淤比例則愈小。推測其原因為：當較低流量時，其水流流速較弱，泥砂多以推移質形式在床面附近運動；而當流量增加時，因其水流紊動能量使一部份泥砂隨著紊動渦流而離開床面成為懸移質，即此時泥砂多以

懸浮質運動。由於受床面阻力之影響，使得較近床面之推移質運動者，泥砂易遇阻而落淤，故使得較低流量之沖淤量比較高流量為小，另一方面由於隨著水流流速增加而懸移質濃度增高，因此高流量之輸砂將帶起底床

更多之泥砂成為懸浮質，即同樣對底床的沖刷是持續進行，但回淤卻因懸浮質運動使得泥砂被帶往更下游處，而相對地減少。若流量無法即時變小，則泥砂落淤所佔輸砂之比例將隨流量增大而減少。

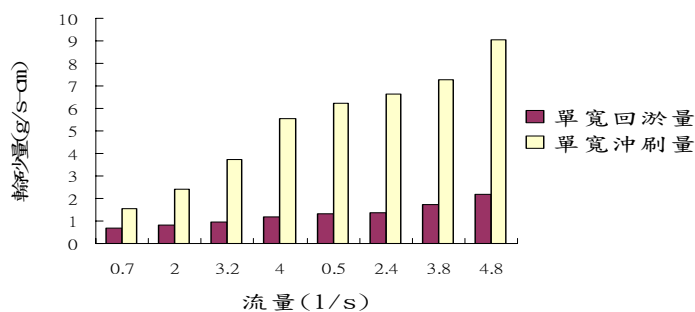


圖 23. 定量流流況之沖淤試驗結果圖  
 Figure 23. The result of scouring and back-fill at steady flow conditions.

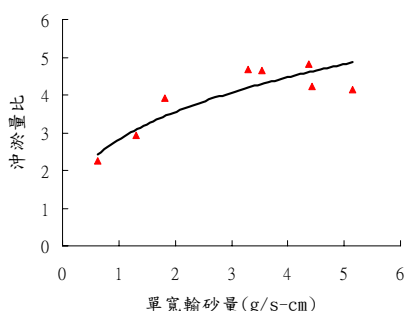


圖 24. 定量流流況之沖淤試驗結果圖  
 Figure 24. The result of scouring and back-fill at steady flow conditions.

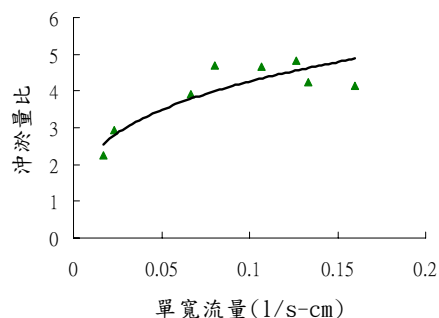


圖 25. 定量流之單寬流量與沖淤量比之關係圖  
 Figure 25. Relation graph of the ratio of unit steady flow to scouring and back-fill.

(二) 變量流沖淤量之估算值與實測值比較分析 變量流沖淤量之估算值是依據定量流試驗所求得之流量對應沖刷量和回淤量之指數迴歸關係式 (如圖 26、27 所示)，再利用所設計之變量流流量歷線來計算的。其定量流試驗所求得之流量對應沖刷量和回淤量之指數迴歸關係式分別為：

$$q_d = 3.7202q^{0.4256} \quad R^2 = 0.8577$$

$$q_e = 30.824q^{0.7148} \quad R^2 = 0.9698$$

式中  $q_d$  為單寬回淤量(g/s-cm)， $q_e$  為單寬沖刷量(g/s-cm)， $q$  為單寬流量(g/s-cm)。

將估算之結果和試驗所實測得之沖刷量和回淤量做比較分析，並進一步求出實測值和估算值之比。若將變量流歷線視為階段性變化之定量流組合 (Miloradov and Muskatirovic, 1971)，則於天然河道中所量測之流量，可視為某一特徵定量流流量。因此可藉由本試驗之沖淤量實測值和估算值之比來推估變量流流況下之沖淤量值。

本研究中，令變量流試驗中洪峰流量 0.0041cms 之試驗編號為 Q1，洪峰流量 0.0048cms 編號為 Q2，將所求得之估算值和實測值結果以圖 28、29 所示，由圖中得知實測之沖刷量值大於估算值，推測其原因為：定量流試驗對於沖刷量的計算，將忽略變量流昇水段之效應而低估其沖刷量所產生之結果。試驗顯示其沖刷量實測值與估算值之比約為 1.06；而另一方面，實測之回淤量值則小於估算值，推測其原因為：變量流於昇水時期，因流量漸增之效應，使得泥砂以懸浮

質運動愈趨明顯，加上於退水時期，因前次較大流量所產生較強水流慣性作用之影響，使得泥砂被帶往更下游處，造成於試驗動床之泥砂落淤比例減少，故於變量流流況下實測之回淤量值小於定量流所估算之量值；其回淤量實測值與估算值之比約為 0.69~0.77 之間。上述現象同時也說明暴雨前後洪峰所帶來之變量流效應，其河道淘刷深度較一般常流水所代表之定量流效應刷得深，故一般常見河川結構物於暴雨過後，其基腳有明顯淘刷現象。

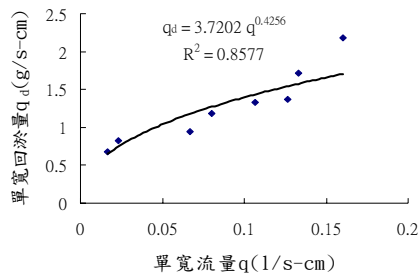


圖26. 定量流之單寬流量與單寬回淤量關係圖  
Figure 26. Relationship graph of unit steady flow and unit back-fill.

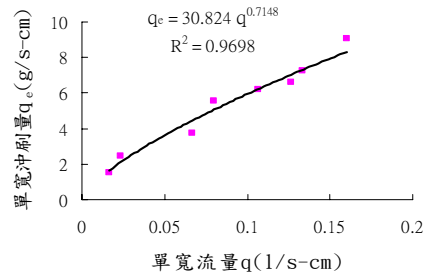


圖27. 定量流之單寬流量與單寬沖刷量關係圖  
Figure 27. Relationship graph of unit steady flow and unit scouring.

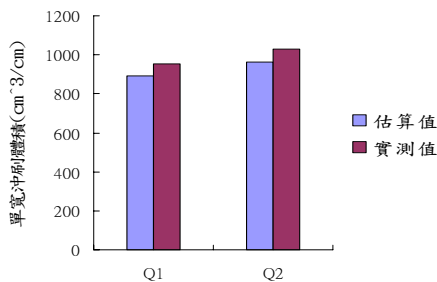


圖 28. 變量流單寬沖刷量之估算值與實測值比  
Figure28. Ratio of estimation value to reality value of unit scouring at unsteady flow conditions.

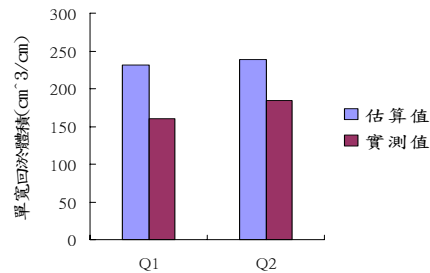


圖 29. 變量流單寬回淤量之估算值與實測值比  
Figure29. Ratio of estimation value to reality value of unit back-fill at unsteady flow conditions.

### 結論與建議

(1)此次觀測適逢敏督力與艾莉颱風，最大雨量已超過該試區依 50 年頻率之雨量設計之結構物。以至於上游之土石大量沖落於河

道中，若不清除，再遇豪雨則土石將會被帶往下游，造成下游居民與相關設施之危害，應加以注意。

(2)而一般野溪皆屬變量流之型態，所以每場

洪水過後，實際的沖刷情形，比估計的情形還要嚴重，對於橋樑等重要設施之規劃設計，應在合理範圍加大沖刷量之估計，以確保構造物之安全。

- (3)由室內之渠槽實驗得知，定量流之沖刷量與回淤量隨著流量增加而增大；而變量流沖刷量之實測值大於估計值，回淤量之實測值小於估計值。

### 參考文獻

1. Bagnold,R.A(1962)"Auto-Suspension of Transported Sediment", Turbidity Currents,Proc.,Royal Soc. London,Ser. A,Vol.265,No.1322.,pp.314-319.
2. Duboys,M.P.(1879),Le rhone et les riviers a lit affouillable,Annales de Ponts et Chaussées,ser.5,18,pp.141-195.
3. Miloradov M.and Muskatirovic,D.(1971), Calculation of River Bed Deformation in Unsteady Flow,Proc.IAHR,3,C-22, 175-185.
4. Graf,W.H.and Suszka,L.(1985)."Unsteady Flowand its Effect on Sediment Transport",Proc.,21st IAHR Congress,pp.540-544.
5. Subramanya,K. (1998) "Flow in Open Channel",2<sup>nd</sup> Ed ,Tata McGraw-Hill Publishers ,pp.34-39, 107-118.
6. 王兆印、黃金池（1998）河道沖刷和清水水流河床沖刷率，第一期，P1-11。
7. 吳建民（1991）泥沙運移學，中國土木水利工程學會，P186-215。
8. 李鴻源、林穎典（2000）三維泥沙顆粒連續躍移行爲之研究，第十一屆水利工程研討會，P37-42。
9. 李光敦(1991) “變量流特性對彎道床形與床質粒徑級配影響之研究”，國立台灣大學土木工程學研究所博士論文。
- 10.陳俊榮、黃宏斌（2000）壽豐溪之河床沖淤變化研究，第十一屆水利工程研討會，P31-36。
- 11.錢寧、萬兆惠（1991）泥沙運動力學，科學出版社，P346-380。
- 12.盧昭堯、吳益裕、蘇志強（2000）台灣中部地區上游河道沉滓運移之研究，第二屆海峽兩岸山地災害與環境保育學術研討會，P9-18。

---

93 年 07 月 18 日 收稿

93 年 08 月 19 日 修改

93 年 08 月 30 日 接受