

河流的侵蝕、搬運與沉積作用

國中組地球科學科第二名

屏東縣立萬丹國民中學

作者：沈昱廷、葉春德

指導教師：劉世增

一、研究動機

有一次老師帶學長們去看河流地形，我們跟著去遊山玩水，因討論砂石的粗細排列而去觀察沉積剖面，發現天然的排列非常規則、完美，非人工能比，同時也發現一些問題，於是在老師的指導下做了一連串的探究。

二、研究目的

- (一)研究河流的侵蝕作用。
- (二)研究河流的搬運作用。
- (三)研究河流的沉積作用。

三、研究設備

鋤頭、直尺、指南針、傾斜儀、照相機、天平、篩網、搖篩機、燒杯、烘箱、個人電腦、古水流程式、微軟 Excel。

四、研究過程

(一)野外觀察

利用假日觀察高美大橋北方 2 公里到萬大大橋南方 6 公里，長約 43 公里的部分河床沖積層（圖 1），研究河流的侵蝕、搬運與沉積作用。

(二)實驗室分析

將砂的樣品以攝氏 60 度烘乾後，借用中山大學海研所的設備分析砂的粗細。

(三)數據處理

用個人電腦處理疊瓦構造數據及砂的分析數據，分別繪出流向玫瑰圖及算出淘選度。標準偏差的計算公式為：

$$\sigma = \left[\frac{\sum f(m_{\phi} - \bar{X})^2}{100} \right]^{1/2}$$

其中 \bar{X} 為顆粒大小平均值，代表顆粒度：

$$\bar{X} = \frac{\sum fm \phi}{100}$$

f：某一級篩網篩得的沉積物重量百分比。

$m \phi$ ：取得 f 之篩網網目與相鄰較粗網目的中間值。

而 ϕ 為篩網網目大小：

$$\phi = -\log_2^d$$

d：顆粒的直徑，單位為公釐。

五、結果與討論

(一) 侵蝕作用

1. 向下侵蝕

(1) 疑問：河流上游的向下侵蝕作用可以形成 V 型谷，中、下游有沒有向下侵蝕作用？

觀察結果：都有。在中、下游的沖積層中常見侵蝕面，尤其是礫、砂層底下。所以礫、砂沉積之前常先侵蝕。

(2) 疑問：向下侵蝕作用和那些因素有關？

觀察結果：和流速、流量、渦流及河底推移的礫、砂多寡有關。向下侵蝕在洪水時特別顯著，那時河水流速快，流量大，渦流強；另外，河床礫石的滾、跳、滑等運動可以對河床進行磨蝕作用。同一地，在主河道，向下侵蝕的速率較快。里港大橋北段較豐沛的流水造成的河床比南段的深約 3 公尺。

(3) 疑問：一次洪水期，可向下侵蝕多深？每次洪水時都會先侵蝕嗎？

觀察結果：在高屏大橋南方有深 0.8 公尺的新生成河道，蛇籠下方有深 1.5 公尺的新形成凹坑，都是一次洪水期造成的。但不是每次洪水在同一地點都會產生如此深的侵蝕。有些地方雖被洪水淹沒，卻未產生侵蝕。如高美大橋北方 1.5 公里處的河床，可看到前一年最後沉積的泥層之上直接覆蓋了後一年的沉積物，之間無侵蝕產生。

2. 側向侵蝕

(1) 疑問：側向侵蝕作用在何地最快？

觀察結果：一般而言，河道彎曲的外側切割情形較顯著。河流出了山谷，進入開闊平原形成的瓣狀河地區，能看到很多新鮮的侵蝕崖面，所以有瓣狀河的地方，側向侵蝕最為劇烈。

(2)疑 問：一次洪水期，可側向侵蝕多寬？

觀察結果：在高屏大橋下觀察到一次洪水期，河岸加寬 28 公尺。不過這和蛇籠的興建完成有關，非純屬自然狀況；很多地方未見明顯的側向侵蝕。

(二)搬運作用

1. 懸移方式

(1)疑 問：砂是以懸移的方式還是推移的方式移動？

觀察結果：視流速而定。清澈平靜的河水觀察不到懸浮的砂。流速愈快，渦流愈強，擾動愈劇烈，砂愈能呈現懸浮狀態。上、中游沖積層中砂的百分比很小，礫石縫隙鮮少砂的充填，表示這一段河水中的砂常呈懸浮狀態。一旦砂的運動方式變成滾、跳、滑時，沉積作用隨時可以產生。

(2)疑 問：一次洪水期，能把砂、泥搬運多遠？

觀察結果：視流水情況而定。泥常可被搬到海洋，因為在沖積層中，泥所佔的百分比很小，但有時搬沒多遠就停了，例如高屏大橋底下出露紅土層，在紅土層的凹地即能發現紅土形成的泥裂。砂被搬運的距離較泥的短，因為砂常未出海即沉積。八十四年六月的洪水，高屏大橋附近側向侵蝕下來的砂，很多停在下流方向約 100 公尺處，而且向下侵蝕紅土礫石層的碎屑也大量停留在該層下流方向的不遠處。

2. 推移方式

(1)疑 問：一次洪水期，能把礫石搬多遠？洪水時，河床上每顆礫石都在滾嗎？

實驗結果：預估將有洪水發生前，把河床礫石塗色、標記號。八十四年六月荻安娜颱風引發的洪水淹沒實驗區，流速未知；水深經洪峰時的觀察及洪水遺跡，用連通管原理測得為 2.6 公尺。結果 44 顆礫石中，14 顆有移動（圖 2）；其中，四顆綠色標記的是因支流側向侵蝕實驗區而沿斜坡滾滑，其餘移動 0.3 ~ 4.2 公尺。在主河道看到數噸重的消波塊被洪水搬動。

(2)疑 問：砂岩質礫石在搬運過程中粒徑變小，主要是磨蝕作用還是

碎裂？

觀察結果：搬運實驗的 W5 礫石內含數層薄砂岩，移動不到 2 公尺就裂開了（圖 2），但大部份礫石完好如初，而且河床上很少看到裂面新鮮的礫石。因此砂岩質礫石在搬運過程中粒徑變小，主要是磨蝕作用，不是碎裂。

(三)沉積作用

1. 礫的沉積

(1)疑 問：河流的搬運力和坡度的關係如何？

測量結果：兩者是正相關。最大礫石平均粒徑可以代表搬運力，B1 是研究區域最上游的樣品。將粒徑及標高分別與距離作圖（圖 3），可以看到搬運力與坡度的變化有一致性。

(2)疑 問：乾河床礫石的疊瓦構造能不能充分反映有水時的流向？

測量結果：反映情形尚佳。有疊瓦構造的礫石，其最大軸面應朝上游傾斜。在幾條流向明確的乾河床上量取扁平礫石的傾斜、走向，然後將數據輸入電腦處理，並作出流向玫瑰圖（圖 4 的 C1、C2、C3），發現甚能指示實際水流方向。

(3)疑 問：辮狀河地區的流向玫瑰圖有什麼特性？

分析結果：各地點的流向變化範圍不大，且主要流向明顯（圖 4）；全區的主要流向範圍小。

(4)疑 問：一次洪水期，可以沉積多厚的礫石？

觀察結果：在萬大大橋北方 2 公里處，有一槽狀構造的礫石層，槽內礫石間均夾泥，為一次洪水期造成，最厚處達 2 公尺。

(5)疑 問：上、下游的礫石，沉積情形有何不同？

觀察結果：上游的礫石層以巨、中礫為主，含砂少；下游以小、細礫為主，含砂多（表 1）。

2. 砂的沉積

(1)疑 問：一次洪水期，可以沉積多厚的砂？

觀察結果：上游的較薄，下游的較厚。在高美大橋北方 1.5 公里處觀察到 9 公分厚的一次沉積。高屏大橋南方 50 公尺河道東邊有砂 18 公分厚；橋南 200 公尺河道西邊有砂 40 公分厚。萬大大橋北方 2.2 公里處有一洪水期形成的槽狀構造，槽高約 2.5 公尺。以上都是局部性的沉積厚度。

(2)疑 問：河流的砂，有沒有愈下游愈細或愈下游淘選度愈好的現象？

分析結果：沒有愈下游愈細或淘選度愈好的現象（圖 5、6，表 2）。交錯層的砂，淘選度變化大（表 3 的 A1、A10、A16），平行層的淘選度較佳（表 3 的 A11、A17、A19）。

(3)疑 問：與正常流量時相比，洪水時沉積的砂比較粗，淘選度比較差嗎？

分析結果：未必。同是洪水期的沉積，高屏大橋南方 50 公尺，河道東邊，洪水迴流的地方沉積的砂，顆粒較小，淘選度佳（表 3 的 A8）；而橋南 200 公尺，河道西邊（A13）及橋南 100 公尺，河道西岸（A12）的砂，顆粒較粗，淘選度較差。

(4)疑 問：上、下游的砂，沉積情形有何不同？

觀察結果：上游砂層薄，連續性不佳；下游砂層厚，能側向延伸較長距離。上游砂層內沉積構造較小，沉積時水較淺；下游的較大，沉積時水較深。

3. 泥的沉積

(1)疑 問：泥在小凹地的沉積是水平的還是與凹面平行？

觀察結果：是上述兩者的綜合。每一次的沉積像一個凹凸透鏡體（圖 7），愈凹陷的地方堆得愈厚，最後將小凹地填平。

(2)疑 問：上游有泥的沉積嗎？如有，和下游的有何不同？

觀察結果：上游也會有泥的沉積。懸浮的泥，只要在流速極緩或靜止的水中，都會沈積。乾河床的泥裂及礫石表面的泥可為證明。但沖積層中很少看到泥層，因為泥常最後沉積，下一次洪水時卻最先被侵蝕搬走。下游較常見泥的沉積，而且較厚。

(3)疑 問：一次洪水期，可以沉積多厚的泥？

觀察結果：在高美大橋下發現一處小窪地的泥裂有 8 公分厚，泥塊之下為極細砂組成的波痕，泥塊內部沉積的連續性良好，為一次沉積造成。萬大大橋北方 2.2 公里處有一洪水之後沉積的水平黏土層，有 20 公分厚。

六、結論

(一)河流的上、中、下游都有侵蝕作用。在上游，侵蝕、搬運的物質比沉積的多，所以形成山谷；在中、下游，侵蝕、搬運、沉積這三種作用可以不斷

的在同一地點重複發生。

- (二)流速快、流量大、渦流強時，侵蝕與搬運作用顯著。礫石在河床的滾、跳、滑等運動有助於侵蝕作用的進行。
- (三)侵蝕作用可在河床形成平滑曲面，也可以形成不規則的面。洪水氾濫的地方，一次洪水期，可以只有沉積，而無侵蝕。
- (四)側向侵蝕主要發生在彎曲河道的外側；辮狀河出現的河段，側向侵蝕最顯著。
- (五)砂在上、中游常被河水以懸移的方式搬運，在下游則以推移的方式為主。
- (六)在下游可以看到洪水時被短距離搬運的泥粒、砂、礫。大部分的礫石在流速不夠快的洪水中可以保持靜止不動，但洪水當道的地方，縱使大如消波塊亦難保不動。
- (七)流速減弱，搬運力會大減，因此上、中游堆積大量礫石，下游很少。
- (八)砂岩質礫石在搬運過程中粒徑變小，主要是磨蝕作用，不是碎裂。
- (九)扁平礫石能有效反映沉積當時的水流方向。辮狀河地區的水流方向變化範圍不大。
- (十)以高屏溪為例，一次沉積的最大厚度，泥可達一、二十公分，砂為數公尺，礫有一、二公尺。
- (十一)上、中游沖積層的礫石以厚層巨、中礫為主，下游則常見中、小礫散落在細礫與砂之中。上、中游砂少，層薄，側向延伸差；下游砂多，層厚，側向延伸佳。上、中游泥極少，下游有局部性泥的沉積。
- (十二)上、下游的砂無明顯粗細的差別，也沒有淘選優劣的差別。一般而言，淘選不佳；平行層的常較佳。
- (十三)洪水時沉積的砂，在主河道處較粗，淘選較差；氾濫的地方，可以出現較細，淘選較佳的沉積。
- (十四)上游的砂，沉積構造較小，下游的較大；反映沉積時上游水淺，下游水深。沖積層中，上、下層顆粒度變化大，表示河流環境的搬運力變化大。
- (十五)泥常在凹地沉積；沉積時，每一層呈現向下彎曲的凹凸透鏡體，愈低窪的地方愈厚，最後將窪地填平。
- (十六)泥常在靜水狀態沉積，所以泥層內鮮少交錯層等沉積構造。

七、參考資料

- (一)國民中學地球科學課本第四章及第八章。
- (二)王鑫，地形學，聯經出版事業公司，77年12月初版，P143～179。
- (三)何春蓀，普通地質學，五南圖書出版社，70年3月初版，P183～215。

- (四)陳文福，古水流方向分析的電腦處理程式，地質，第十三卷第二期，82年12月，P155 ~ 159。
- (五)陳民本、謝英宗，墾丁國家公園地區海域及海濱石灰質砂之調查研究，墾管處，74年12月，P30 ~ 45。
- (六)楊月卿等，高屏溪沉積構造及沉積機制研究，教育部補助中小學科學教育研究計畫（第三年成果報告），84年6月，PP84。
- (七)中山科學大辭典，第六冊，台灣商務印書館，75年7月四版，P452 ~ 517。
- (八)牛頓科學研習百科（地球），牛頓出版社，74年7月初版，P102 ~ 107。

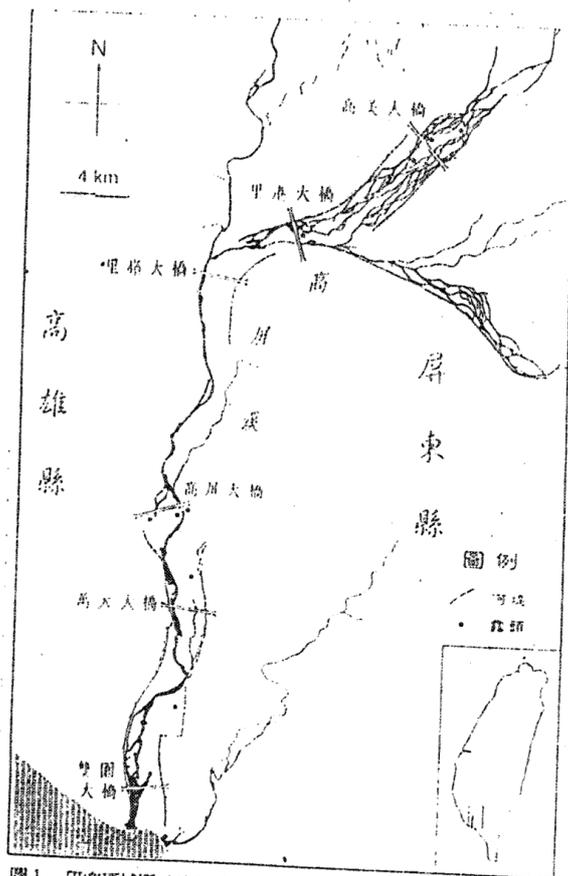


圖1 研究區域圖（仿照楊月卿等，84年6月）

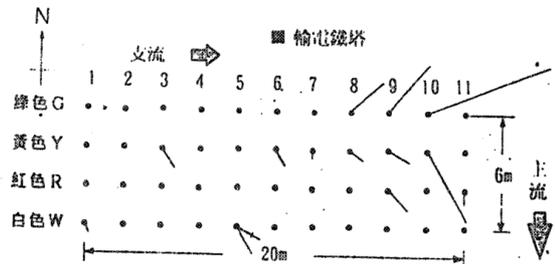


圖2 礫石的排列及被洪水搬運的情況圖

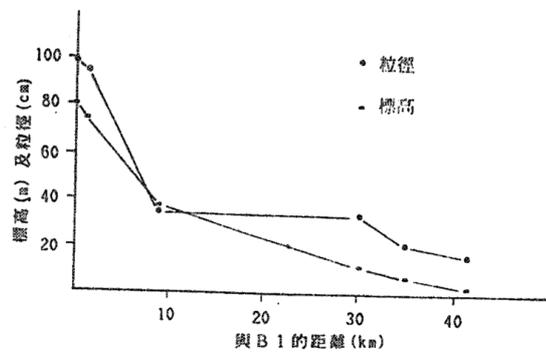


圖3 搬運力與坡度關係圖

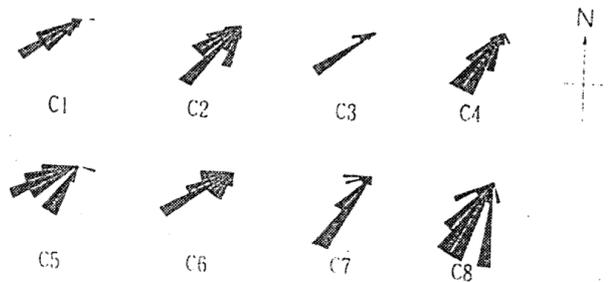


圖4 流向玫瑰圖

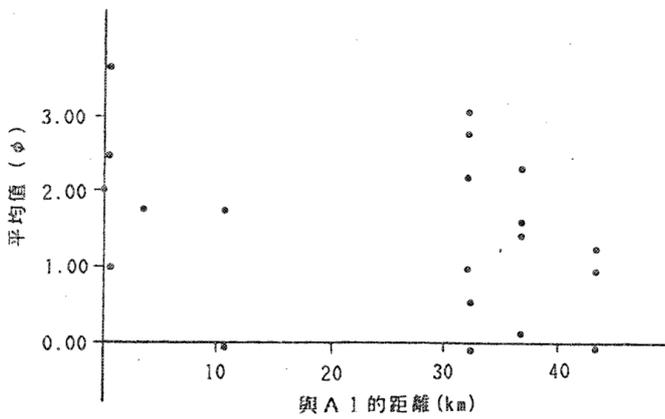


圖 5 砂的顆粒度和距離的關係圖

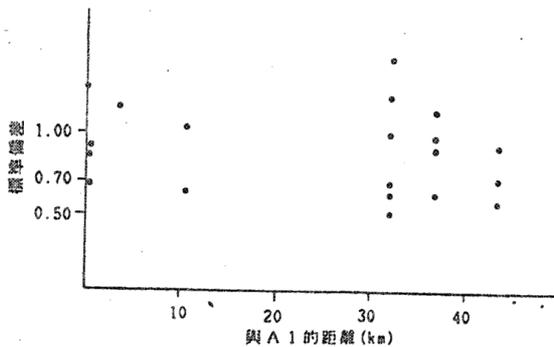


圖 6 砂的淘選度和距離的關係圖

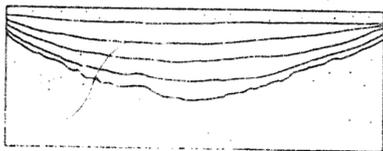


圖 7 小門地的地形示意圖

表 1 沉積物的顆粒大小分級表

礫	巨礫	-8 φ	256mm
	中礫	-6 φ	64mm
	小礫	-2 φ	4mm
	細礫	-1 φ	2mm
砂		+4 φ	1/16mm
泥	粉砂	+4 φ	1/16mm
	黏土	+8 φ	1/256mm

表 2 顆粒度及淘選度分級表

平均值 (φ)		顆粒度
-1.00	~-0.01	極粗砂
0.00	~0.99	粗砂
1.00	~1.99	中砂
2.00	~2.99	細砂
3.00	~3.99	極細砂
標準偏差		淘選度
小於 0.35	~	優良
0.35	~0.50	良好
0.50	~0.70	中
0.70	~1.00	次良
1.00	~2.00	劣
大於 2.00	~	極劣

表 3 砂的顆粒度與淘選度

編號	平均値	顆粒度	標準偏差	淘選度
高美北 A1	2.07	細砂	1.29	劣淘選
高美北 A2	2.48	細砂	0.85	中淘選
高美北 A3	3.66	極細砂	0.67	次良淘選
高美北 A4	1.02	中砂	0.92	中淘選
高美南 A5	1.78	中砂	1.17	劣淘選
高里港 A6	-0.02	極粗砂	1.03	劣淘選
高里港 A7	1.79	中砂	0.65	次良淘選
高屏南 A8	2.20	細砂	0.70	次良淘選
高屏南 A9	3.02	極細砂	0.50	良淘選
高屏南 A10	0.95	粗砂	1.00	中淘選
高屏南 A11	2.71	細砂	0.62	次良淘選
高屏南 A12	0.50	粗砂	1.24	劣淘選
高屏南 A13	-0.14	極粗砂	1.48	劣淘選
高萬天北 A14	0.12	粗砂	1.14	劣淘選
高萬天北 A15	2.28	細砂	0.97	中淘選
高萬天北 A16	1.42	中砂	0.62	次良淘選
高萬天北 A17	1.63	中砂	0.90	中淘選
高萬天南 A18	-0.06	極粗砂	0.92	中淘選
高萬天南 A19	0.91	粗砂	0.72	中淘選
高萬天南 A20	1.23	中砂	0.58	次良淘選

評語

選定當地主要河川—高屏溪重要河段，作實地觀測，研討河流之侵蝕、搬運、沉積作用。動機、目的、設備與器材、研究過程及方法，均簡要報告；攝影、圖表等亦相當清晰，充分表現學生合作老師指導的佳例。