

# 模擬河流侵蝕、搬運、沈積的探討

國中組地球科學科第二名

基隆市立中正國民中學

作者：余君萍、施翰燊

張嘉如、吳哲良

指導教師：陳世家、蔡秀芬

## 一、研究動機

- (一)由於琳恩颱風過境帶來連日的豪雨，使本校部分師生成了受災戶，而大台北地區對基隆河截直計劃也因未實施而遭受詬病，到底截直計劃的可行性如何？引發我們對河流探討的興趣。
- (二)操場在連日的雨水沖刷，形成許多類似河流般的小水道，道上的土石沙泥成層狀的沈積，仿佛經河流侵蝕、搬運、沈積的現象，於是我們便著手模擬這些現象，並加以探討。

## 二、研究目的

- (一)自製一簡單流水台。
- (二)探討影響水流流速的因素。
  - 1.水位高低。 2.坡度大小。 3.流量多寡。
  - 4.河道粗糙程度。 5.河道彎曲程度。
- (三)探討流量與坡度對搬運量的關係。
- (四)觀察、分析在不同河道彎曲程度，其侵蝕、搬運、沈積的情形。
- (五)實地觀察基隆河的侵蝕、搬運、沈積的情形。

## 三、研究設備器材

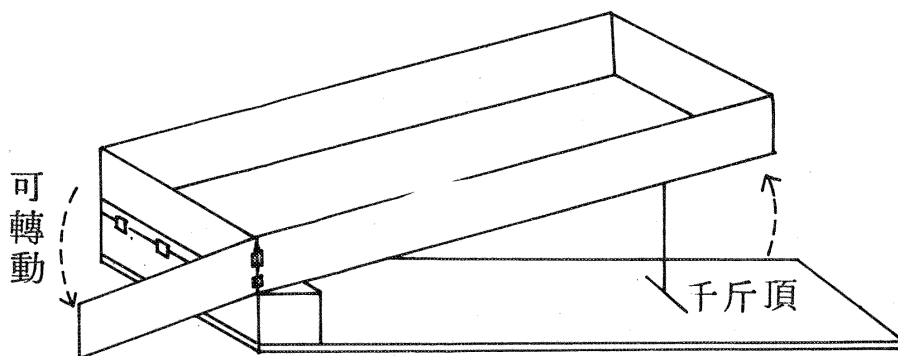
茶桶、量筒、泥土、砂礫、碼錶、木板、塑膠布、水源（自來水

)、直尺、塑膠凹槽板、傾斜儀、螺絲釘、水管、木塊、木板、布尺膠帶、千斤頂、有色顏料、大水桶、後扣、彈簧秤。

#### 四、研究過程及方法

(一)自製一簡單流水台：

裝置如圖(一)



圖一 自製簡單流水台裝置

(二)水流流速因素的探討：

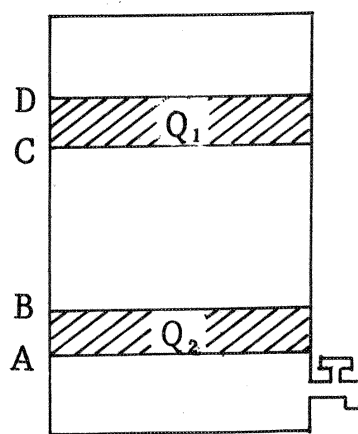
1. 水位高低：

(1) 水位與出口流量的關係：

ㄅ 測量水位由 A 加至 B 所須水量  $Q$ ，並標示 A 和 B 位置如圖(二) A。

ㄆ 加相同的水量  $Q$ ，使水位由 C 至 D，並標示 C 和 D 位置。

ㄏ 打開茶桶開關，測量水位由 D 降至 C 所需時間；繼續流水至 B，測量水位由 B 降至 A 所需時間；記錄表(一) A 中。



圖二 A 茶桶裝置

(2) 不同水位，同流量與下滑流速的關係：

ㄅ 裝置如圖(二) B，使水位在 D，打開開關，在水流上滴有

色顏料以碼錶測量由E流至F所需時間，並測量E F距離。

々重覆上述々，水位改由B測量之，將上述結果記錄於表(一)B中。

(3)水位與流速的關係：

々固定水桶水位於20公分，如圖(三)在S處截一出水口，打開開關，接至圖(二)B，如(2)中々步驟測水流由E至F所需時間，記錄於表(一)C中。

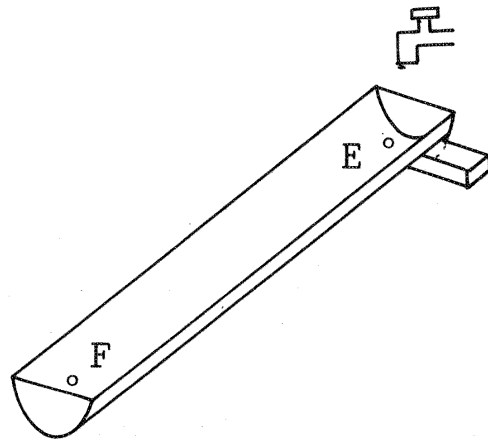
々改以5公分的水位，即在R處截一出水口，同上述々測量並記錄。

□計算平均流速於表(一)C中。

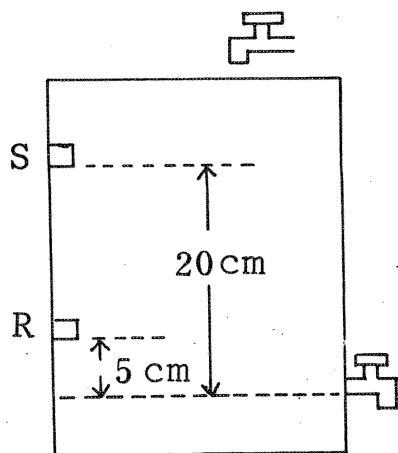
2.坡度大小：

(1)將塑膠凹槽板距一端8公分處標示為G，在G下以厚板墊高4公分，如圖(四)所示。

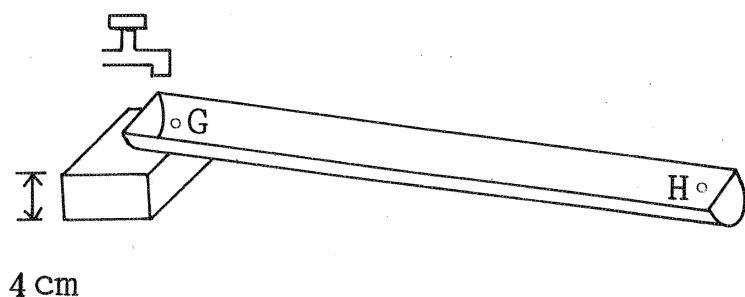
(2)以水管接至水源——自來水龍頭，固定出水量為20  $\frac{\text{毫升}}{\text{秒}}$



圖二 B 流水槽裝置



圖三 水桶裝置



圖四 流水槽裝置

，即以量筒測 10 秒裝滿 200 毫升爲止。

(3)以碼錶測量有色顏料沿(2)中水流由G流至H所需時間，並測量GH距離，記錄於表(二)中。

(4)同上改變墊物高度爲2、8、12、20、40公分，重覆之。

### 3. 流量多寡：

同上述2.中(1)(2)(3)步驟，依次改變流量爲0、40、80毫升/秒，將結果記錄於表(三)中。

### 4. 河道粗細程度：

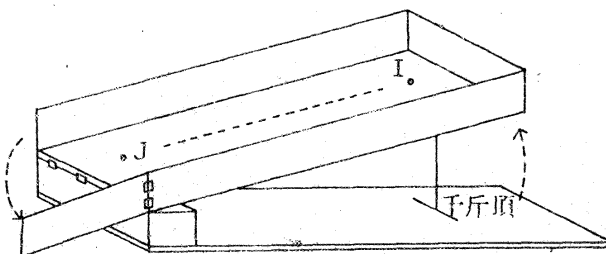
(1)裝置如圖(四)，坡度固定墊高10公分，流量固定20毫升/秒，在河道中置放細沙，同2.中(3)步驟，測量記錄於表(四)中。

(2)同上作法，依次放置泥土及砂礫，重覆之。

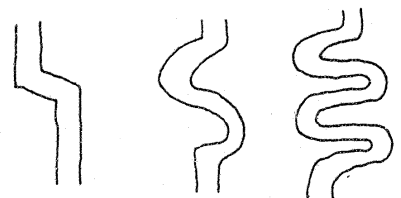
### 5. 河道彎曲程度：

(1)如圖(五)裝置，將泥土砂礫混合壓實於流水台內，坡度固定爲 $8^{\circ}$ ，流量固定20毫升/秒，再將壓實的砂土勾出一條直水道，打開開關，測量在I處滴有色顏料沿水道流至J時所需時間，並測量IJ距離，記錄於表(五)中。

(2)同上將小水道依次勾成不同曲線，即彎折、曲、多曲水道，如圖(六)所示，以布尺測量彎曲的IJ距離，並如(1)求水流由I至J所需時間，記錄於表(五)中。



圖五 流水台裝置



圖六 不同彎曲的小水道

### (三)搬運量與流量和坡度的探討：

1. 流量大小與搬運量的關係：

(1) 如圖(五)裝置，內放海沙和水，填平後移動轉板，流水台下置一大桶，並以千斤頂固定流水台坡度為 10 度。

(2) 調節流量為 20 毫升 / 秒，由 I 流下，測量 2 分鐘流水搬運至大桶中的海沙量，記錄於表(六)中。

(3) 改變流量為 10、30、40 毫升 / 秒，同上述(1)(2)步驟，重覆之。

2. 坡度與搬運量的關係：

將上述 1. 之坡度改為 5、15、20 度，重覆之，並記錄於表(七)中。

(四) 觀察分析模擬河流侵蝕、搬運、沈積的情形：

1. 裝置如圖(五)，將泥土砂礫置入並壓實，勾出直水道，固定流量 20 毫升 / 秒，改變坡度依次為 3、18、24 度，觀察侵蝕、搬運、沈積的情形，記錄於表(八)中。

2. 同上述 1. 改變流量為 60 毫升 / 秒，重覆之。

3. 同上述 1. 2. 步驟改變勾出的水道依次為彎折、曲、多曲，如圖(六)所示，重覆之。記錄於表(九)、表(十)、表(十一)中。

(五) 實地觀察基隆河上、中、下游的侵蝕、搬運、沈積的情形。

## 五、實驗結果

表(一) A 水位與出口流量的關係

	水位高度	水 量 $Q$	時 間	出口平均流量
B → A	2 ~ 4 cm	2000ml	23.62 sec	84.67 ml / sec
D → C	18. ~ 20. cm	2000ml	11.72 sec	170.65 ml / sec

表(→)B 不同水位，同水量下滑流速的關係

	水位高度	坡 度	E F 距離	時 間	下滑流速
B → A	2 ~ 4 cm	6°	140 cm	2.00 sec	70.00 <sup>cm</sup> /sec
D → C	18 ~ 20 cm	6°	140 cm	1.60 sec	87.50 <sup>cm</sup> /sec

表(→)C 水位與流速的關係

水 位	坡 度	槽底物質	E F 距離	所 需 時 間 ( 秒 )				流 速 ( cm / sec )
				1	2	3	平均值	
5 cm	14°	無	140 cm	1.40	1.44	1.41	1.42	98.59
20 cm	14°	無	140 cm	1.28	1.34	1.28	1.30	107.69

表(→) 坡度與流速的關係

	坡 度 ( 畫線處墊 物高度 )	流 量 ( ml / sec )	水槽底 物 質	G H 距離 ( cm )	所 需 時 間 ( sec )	流 速 ( cm / sec )
試驗 1	2 cm	20	無	140	5.20	26.92
試驗 2	4 cm	20	無	140	3.41	41.06
試驗 3	8 cm	20	無	140	2.52	55.56
試驗 4	12 cm	20	無	140	2.11	66.35
試驗 5	20 cm	20	無	140	1.75	80.88
試驗 6	40 cm	20	無	140	1.22	114.75

表(三) 流量與流速的關係

	流 量 ( $\frac{ml}{sec}$ )	坡 度 ( 畫線處 墊物高度)	水槽底 物 質	G H 距 離 ( $cm$ )	所 需 時 間 ( $sec$ )	流 速 ( $\frac{cm}{sec}$ )
試驗 1	10	4 $cm$	無	140	3.90	35.90
試驗 2	20	4 $cm$	無	140	3.31	42.30
試驗 3	40	4 $cm$	無	140	2.68	52.24
試驗 4	80	4 $cm$	無	140	2.09	66.99

表(四) 摩擦力與流速的關係

	水槽底 物 質	流 量 ( $\frac{ml}{sec}$ )	坡 度 ( 畫線處 墊物高度)	G H 距 離 ( $cm$ )	所 需 時 間 ( $sec$ )	流 速 ( $\frac{cm}{sec}$ )
試驗 1	細 砂	20	10 $cm$	140	3.58	39.1
試驗 2	泥 土	20	10 $cm$	140	3.65	38.36
試驗 3	砂 礫	20	10 $cm$	140	6.88	20.35

表(五) 河道形狀與流速關係

	I J 距離 ( cm )	水 槽 底 物 質	流 量 ( ml / sec )	坡 度 ( 傾 斜 角 )	所需時間 ( sec )	流 速 ( cm / sec )
 直水道	88	泥 土	20	8°	2.95	29.83
 彎曲水道	92	砂 泥	20	8°	3.16	29.11
 曲水道	95	砂 泥	20	8°	3.37	28.19
 多曲水道	112	砂 泥	20	8°	5.09	22.00

表(六) 流量與搬運量的關係

流 量 ml / sec	坡 度	時 間 ( 分 )	搬 運 量 ( 克 重 )			
			1	2	3	平均 值
10	10°	2	50	40	60	50
20	10°	2	740	690	700	710
30	10°	2	4160	4070	4230	4350
40	10°	2	5310	5260	5380	5320





表(七) 坡度與搬運量的關係

坡 度	流 量 ml/sec	時 間 ( 分 )	搬 運 量 ( 克 重 )			
			1	2	3	平 均 值
5°	20	2	40	30	40	40
10°	20	2	690	700	730	710
15°	20	2	4360	4300	4310	4320
20°	20	2	7010	7240	7130	7130




表(八) 直流的侵蝕、搬運、沈積模擬觀察

水 道 形 狀	水槽底 物 質	坡度 (度)	流 量 ( ml / sec )	觀 察 情 形
	直泥 土	3	20	水量少、流速慢、往下直流、侵蝕力強。
	流砂 礫		60	水量多、流速快、順河道直流，向下侵蝕力強。
	直泥 土	18	20	向兩側侵蝕，直流而下，中間段有向下侵蝕
	流砂 礫		60	向兩側侵蝕使河道漸寬，搬運礫石泥沙 往下直流，搬運量增加。
	直泥 土	24	20	流速因坡度變大，而加大向下侵蝕力強。
	流砂 礫		60	水量大、坡度大、侵蝕力大，往下搬運 泥土懸浮，砂礫滾動，直向底部衝。




表(九) 彎曲水流的侵蝕、搬運、沈積模擬觀察

水道 形狀	水槽底 物質	坡 度 (度)	流 量 ( $\frac{ml}{sec}$ )	觀 察 情 形
	泥 土 折 砂 礫	3	20	折彎處由快變緩，彎折後有沈積情形。
			60	水量大，折彎處易造成氾濫。
	泥 土 折 砂 礫	18	20	第一折處向俯衝的一側侵蝕力強。 第二折處較易堆積於水道內側。
			60	流量大、流速變快、折彎處易造成氾濫。
	泥 土 折 砂 礫	24	20	折彎處被侵蝕變寬。
			60	流量大，且速度快，折彎處易造成氾濫， 侵蝕力強。

表(十) 曲流的侵蝕、搬運、沉積模擬觀察

水道 形狀	水槽底 物質	坡 度 (度)	流 量 ( $\frac{ml}{sec}$ )	觀 察 情 形
	泥 土 砂 礫	3	20	水流較緩，有向兩側侵蝕的現象。
			60	彎曲處因流量大，水易溢出流水道。
	泥 土 砂 礫	18	20	彎曲處河道變寬，向兩側侵蝕現象顯著。
			60	彎曲處，流量大，搬運泥沙多，易造成 水溢出曲流。
	泥 土 砂 礫	24	20	彎曲處，因坡度大，有向兩側侵蝕現象。
			60	流量大，彎曲處，易造成氾濫。

表(土) 多曲水流的侵蝕、搬運、沈積模擬觀察

水道 形狀	水槽底 物質	坡 度 (度)	流 量 ( $\frac{\text{ml}}{\text{sec}}$ )	觀 察 情 形
 多 曲	泥 土 砂 礫	3	20	水流速較慢，彎曲處造成向兩側侵蝕。
			60	水流較強，將泥沙往下搬運在緩處堆積。
 多 曲	泥 土 砂 礫	18	20	侵蝕力強，中游處有向下侵蝕現象，下游出口處有三角洲的沈積。
			60	冲出水道進入另一水道慢慢將原水道入口阻塞形成彎湖般。
 多 曲	泥 土 砂 礫	24	20	水流較急些，在緩處有類似沙洲的沉積現象。
			60	易冲出彎曲水道造成氾濫，有如水災般淹沒。

## 六、討 論

- (一)本實驗自製的簡單流水台，可設定所欲實驗的傾斜角，替代在流水台下墊物的不便。
- (二)由表(一)A知水量及出口管徑固定時，出口的平均流量隨著水位高度而異，18～20公分水位高之出口平均流速約為2～4公分的兩倍；由表(一)B知出口平均流量增加兩倍時其下滑流速僅增1.25倍；由表(一)C知水位增四倍時其流速僅加1.09倍，即水位與流速成正相關非一直線關係。
- (三)由表(二)及表(三)知流速與坡度及流量均成正相關，但非一直線的關係，流量增8倍或坡度增5倍其流速約增2倍。
- (四)由表(四)知水槽底不放物質流速快，其中以砂礫水流流速較慢，

- 即受砂礫凹凸不平所阻擋流水摩擦力較大的原因。
- (五)由表(五)知直流的流速較快，而多曲流流速較慢，因彎曲常伴隨向凹岸侵蝕受阻及凸岸沈積物拉引，阻礙了流速之故。
  - (六)由表(六)及表(七)知搬運量與流量及坡度成正相關，流量增4倍或坡度增2至3倍其搬運量約增100倍，可見上游陡峭搬運量強。
  - (七)在表(六)表(七)均以海砂替代搬運的物質，避免泥濘以便秤搬運量。
  - (八)由表(八)知直水道流速快，向下及兩側侵蝕力強且明顯。
  - (九)由表(九)知彎折水道在第一折處凹岸侵蝕力強，第二折處轉緩，易堆積於折處內側，水量較大時第一折處凹岸易造成氾濫。
  - (十)由表(十)知曲流水道凹岸處被侵蝕變寬，凸岸水緩沈積屬洪氾平原，若水量驟增時有緩和流速之功用。
  - (十一)由表(十一)知多曲河道河流若切通隔離陸地，使原曲流處淤塞成牛軋湖，淤塞處形成沙洲；河道下游開濶處河水轉緩，易形成扇形沈積的沖積扇。
  - (十二)搬運量隨流速而異，上游流速大搬運量大，為巨石與礫石拋形，下游流速小搬運力弱，為沙土及沼澤地形。

## 七、結 論

- (一)水流流速大其侵蝕、搬運效果顯著，而影響流速的因素有水位、坡度、流量、水道中的物質、水道的形狀等。
- (二)水位高、水流量大，在洪水期河流流速較平常為快，故雨天季節最好不要到河流沿岸或低窪區，以免危險。
- (三)坡度大，流速大，一般而言，上游坡度大，而支流較主流陡峭，上游多瀑布，支流的水湍急，搬運力及侵蝕力較強。
- (四)水道中不置放物質其摩擦力變小，流速變快；而水道形狀以直水道流速快；因此若將河道截直，如基隆河的截直計劃，將面臨流速加快的問題，一旦遭遇豪雨更助長水位及流量，很可能造成堤岸崩潰與河水氾濫的嚴重後果，不可不慎重處理。

(五)由本實驗模擬河流侵蝕作用：向下、向源及向兩側侵蝕。搬運方式：滾動或跳動、懸浮與溶解。沈積作用：凸岸沈積、冲積扇、沙洲、牛軛湖等現象。

## 八、參考資料

- (一)地質淺說——陳培源、陳讚煌編譯。
- (二)牛頓科學研習百科（地球）——牛頓出版社。
- (三)光復科學圖鑑 16.地球、17.化石岩石——光復書局。
- (四)普通地質學——何春蓀編著。

## 評 語

- (一)配合地方發生的實際問題，作實地考察並設計實驗作研究工作，頗具意義。
- (二)實驗設計雖然簡單，但相當完整。
- (三)實驗所得數據及圖表，簡明可表。
- (四)結論清楚，成果亦具更進一層研究之參考價值。
- (五)除所列參考文獻外，地形學和水文學的文獻也宜參考。