

# 第一章、洪水及淹水區位之探討

## 第一節、洪水來源、洪水量及排洪能力之估算

### 一、洪水的形成

#### (一) 洪水形成的機制與時間性

##### 1. 基流(base flow)

係指地下水(groundwater)滲流(seepage)到河川的水量，雨水變成地下水，地下水在地下流動，滲流到河川裡大約需要數百年到數十萬年，故這種水流基本上是不受乾旱影響的。這種形式的水流佔洪水的水量比例，往往不到洪峰發生瞬間，河川洪峰流量(peak flow)的1‰，但地下水不分晝夜持續滲流，所累積的水量相當可觀，若一秒鐘滲出水為 $5\text{m}^3$ ，一天有86,400秒，則一天將滲出 $432,000\text{m}^3$ ，若以臺北都會區每人之日平均用水量約 $0.5\text{m}^3$ 計算，可供給近80萬人的用水量，是長久不雨時河水的主要來源。

##### 2. 地中流(subsurface flow)

地中流位於地下水之上（如圖1-1所示的潛移土坡段），在坡面上無法看見，只有流到河床時才滲出成為河水。在雨勢不大佔時，坡地上的水流以地中流為主。地中流由上坡（如圖1-1之殘積土坡）入滲進入土壤層，到河床滲出，所流動的路徑不若基流來得長，且坡地的地勢通常較為陡急，故從入滲到出滲所花費的時間遠較基流為短，約僅需數月到數十天，但在降雨時，受雨水壓縮土壤中空氣的推擠影響，地中流會大量且迅速出滲到河川。以全年而言，佔河川逕流量的比例可達70-80%，是重要的水資源；但在洪峰發生瞬間，其佔河川洪峰流量(peak flow)的比例降低為15-30%。

##### 3. 飽和漫地流(saturated overland flow)

飽和漫地流是地面逕流(surface flow)的一種，通常發生於下坡段及凹坡地形，地中流順著山坡地滲流，將水流堆積到坡腳位置，造成土壤含水飽和（即土壤的孔隙塞滿水），而出滲成為地面水流在坡面上流動。一般而言，愈接近河道的坡腳位置，飽和漫地流愈先發生，從外觀看起來好像是河道（河川有水的範圍）（向源、向側）在擴張。

飽和漫地流是坡腳土壤水堆積所造成，從降雨開始到發生飽和漫地流的時間及其水量，受雨勢、先前降雨（影響土壤潮濕程度及地中流到達的時間）坡面的集水面積、土壤潮濕程度、地形位置（坡腳）坡度等因素的影響。故連續降雨之後的豪雨容易誘發飽和漫地流，而雨勢較大才會以飽和漫地流形式出現（否則將以地中流形式出現）。受上述降雨形態、坡地地形、土壤特性等因素綜合影響，使得飽和漫地流的發生與否、水量及其匯流到河道的時間，均較難以預測，但若發生，則開始降雨到發生飽和漫地流的時間通常約數小時到數天（集水區面積愈小，時間愈短）。在洪峰發生瞬間，飽和漫地流佔河川洪峰流量的比例可達70%以上（此時地中逕流已經匯併到飽和漫地流中），是瞬間洪峰流量的最大來源。

其次，由於飽和漫地流挾帶強大的能量在坡面上沖刷，其發生往往伴隨產生坡面崩塌，崩塌物質堆積到「凹坡坡腳」及「谷口」往往伴隨發生土石流。

##### 4. 超滲漫地流(rainfall excess overland flow)

超滲漫地流又稱何頓面漫地流(Hortonian overland flow)，是地面逕流的一種。超滲漫地流的發生必須有「超滲雨量(過剩雨量)」(rainfall excess)」，所謂「超滲雨量」是指雨水經植被截留及蒸散、土壤表面吸收、入滲、地面蒸發等所剩餘的水量。這些條件與雨勢大小及地表植被保護的種類及覆蓋度有極密切關聯，通常在密林地、密草地植被的坡地，除非雨勢過大，否則是不容易發生超滲漫地流的；相對地，在缺乏植被的裸露地(如惡地地形)，則極易發生超滲漫地流。超滲雨量最初在凹坡地或坡腳位置形成片流(或稱層流)(sheet flow)；片流增加匯聚到紋溝(rill)，形成紋溝流(rilling)；紋溝流增加，匯聚到雨溝(gully)，形成雨溝流(gullying)；雨溝的水匯聚到河、湖形成河、湖水源。

開始降雨到發生超滲漫地流的時間通常相當短(僅約數分鐘到數小時)，雨勢愈大或地表植被保護情況愈差(如裸露地)，則發生時間愈短。在洪峰發生瞬間，超滲漫地流佔河川洪峰流量的比例，由0%-70%均可能，端視整個集水區的植被種類及覆蓋度(通常與集水區的開發程度成反比關係)。故所謂「水土保持」，就防洪及水資源使用的角度而言：在豪雨事件發生時，增加基流及地中流的比例，以減少及延緩飽和漫地流、超滲漫地流的發生。細水長流除了可減緩及延後立即性的洪峰流量，也可以增加乾季的河川流量(由基流及地中流所提供)。

超滲漫地流快得讓人防備不及，且如同飽和漫地流一般，漫地流挾帶強大的能量在坡面上沖刷，其發生往往伴隨產生坡面崩塌，崩塌物質堆積到「凹坡」坡腳及「谷口」往往伴隨發生土石流，是最可怕的一種地面逕流。

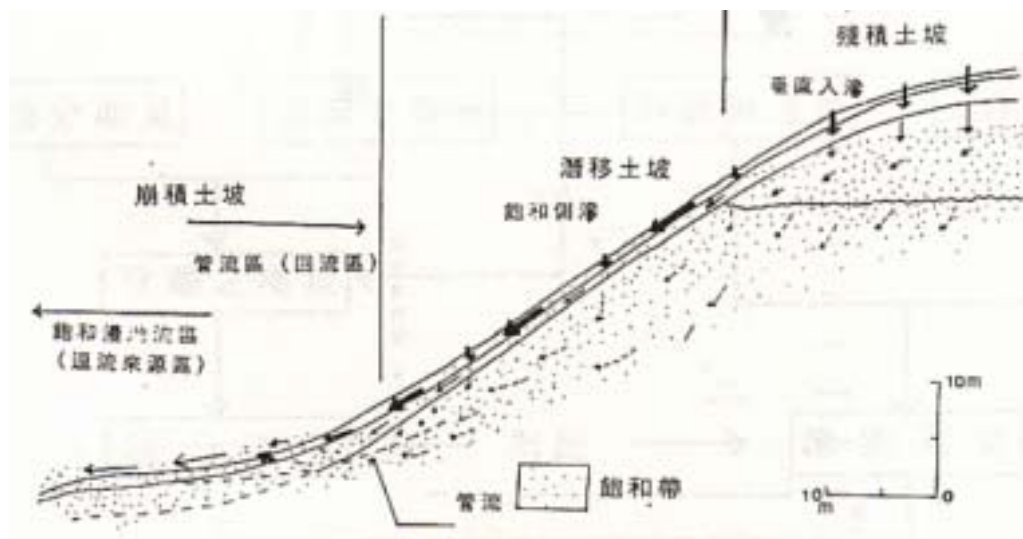


圖1-1、坡段逕流模式

### 5.直接落到河床的逕流

單位時間內落到河床的逕流量可以： $[(\text{單位時間的降雨量}) - (\text{微量的蒸發散量(通常可忽略)})] \times [\text{河道(或行水區)寬度}] \times [\text{降雨影響河道(或行水區)的長度}]$ 計算(註1-1)。在洪峰發生瞬間，其對河川逕流量的貢獻不難推估，通常佔不到河川洪峰流量(peak flow)的1%。

### (二)河川下游平原區內水氾濫與外水氾濫的差異

許多都會區位於河川下游之洪水平原(如臺北盆地)，人造的高聳的堤防沿著主要河川兩岸綿延修築，河川被分割成「主河道」及「區域排水溝」兩類水系。主河道兩岸堤防所圍的範圍稱為「行水區」，又稱「堤外地」；堤防保護區內人住的地方稱為「堤內地」。於是都市地區的排水被分割為：(堤)

(註 1-1)所謂「行水區」在《水利法施行細則》(民國 79 年 3 月 16 日修正公布)的第一百四十二條中定義如下：  
1.已築有堤防者，為兩堤之間之土地；2.未築有堤防者，為尋常洪水位達到地區之土地。

內水及（堤）外水兩種。內水為堤防保護區內的排水溝之水；外水為行水區之水。

### 1.內水氾濫

由於區域排水溝之集水面積遠小於主河道，故豪雨發生時內水之流量遠小於外水，但由於洪泛期間由於外水水位通常高於內水水位，必須將堤外地與堤內地連接的閘門封閉，隔絕外水倒灌入堤內地，此時內水若要排匯進入行水區，必須藉由「抽水站」以人工抽水的方式處理。內水之氾濫主要有三種情況：

- (1)由於排水受阻，包括排水溝阻塞或者排水無法順利排入行水區而回堵積水，排水溝無法容納積水而往兩側陸地漫流。
- (2)雨勢過大，超過區域排水溝的防洪設計標準，排水溝無法容納積水而往兩側陸地漫流。
- (3)抽水站之抽水機運作失常，回堵積水。

### 2.外水氾濫

外水之來源為山洪爆發之水匯流到洪水平原主河道行水區中，洪水發生時雖為滾滾洪流，水量大得驚人，但為堤防所阻，基本上不會影響堤內地的安全。但若不幸發生外水之氾濫，其嚴重性不是內水氾濫所能比擬的。外水氾濫主要有兩種情況：

- (1)潰堤或堤防破洞，洪水從缺口處灌入堤內地，2004年三重淹水就是臺北捷運施工不當所造成的，這種情況被視為「人禍」；
- (2)行水區的洪水量超過防洪設計標準，造成洪水越堤，這種情況被視為「天災」。

## 二、發生淹水的基本條件

### 1.淹水的條件

淹水的三大條件為：(1)過多的降雨量；(2)地勢相對低窪；(3)（淹水地區）下游有水流受阻的瓶頸。臺北盆地為容易淹水之典型區域。

### 2.洪峰流量之估算與防洪設施

- (1)河川流域各河系水流瓶頸處能通過的最大流量 = (河床橫剖面積)×(最大流速，通常<3m/sec)，與合理式(rational formula)或其他模式所計算的洪峰流量比較，即可知到底是否會淹水。
- (2)排水設施規畫多以多年觀測所得的降雨 - 逕流對應的回歸關係，以洪峰發生頻率（「洪峰頻率」）區域內人文發展狀況與經費條件來斟酌排水設施的防洪能力。

### 3.臺灣地區洪水發生之再現期或重現期（頻率）之推估

再現期或重現期（頻率）表示平均多少年會發生一次，係利用歷年之洪峰流量實測數據。

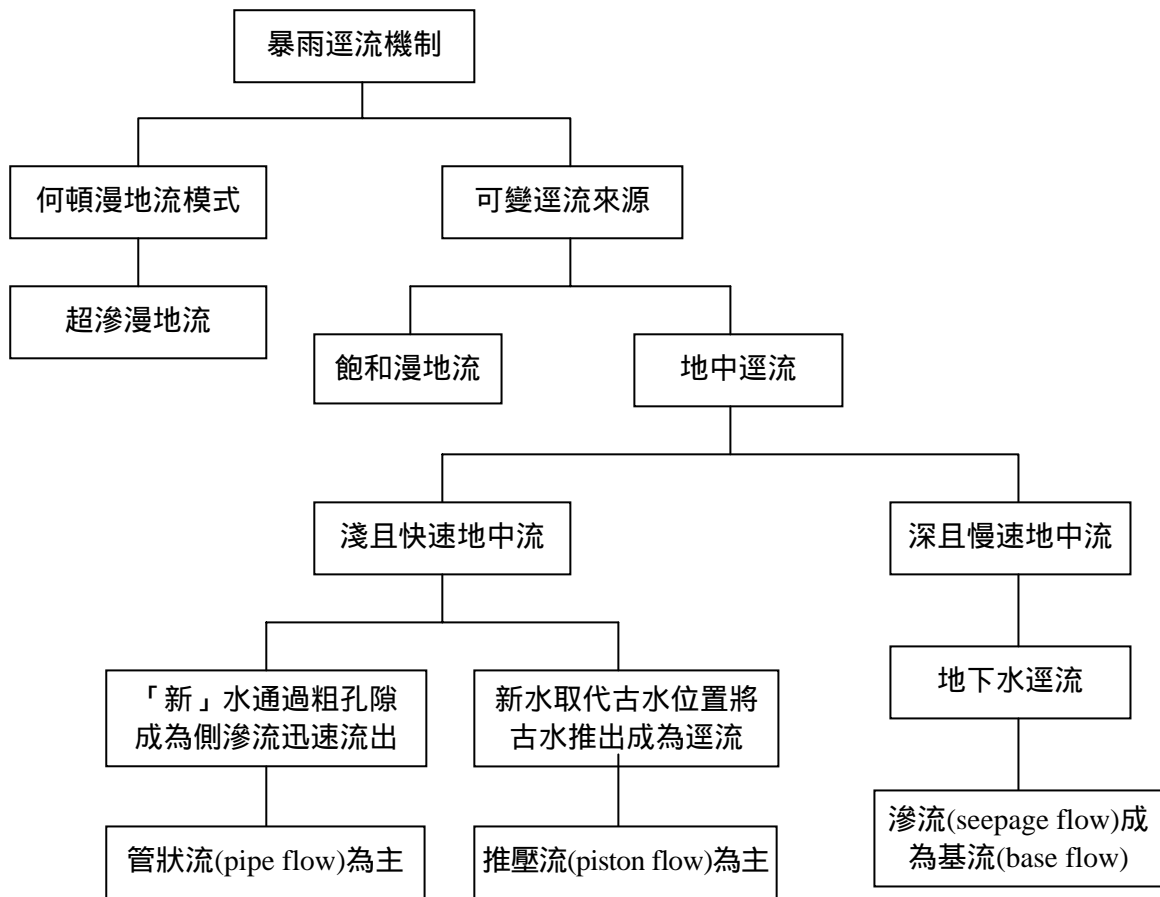


圖1-2、坡地暴雨逕流模式

### 三、以合理式概估特定暴雨事件之洪峰流量

#### 1.合理式(Rational formula)

用以估算雨後下水道或河川之洪峰流量(peak flow)，一般使用於集水面積小於100km<sup>2</sup>較適合，且以用於下水道之排水設計最適當。

$$Q_p = (1/3.6) \times CIA \dots \dots \dots (1)$$

$$= 0.2778CIA$$

Q<sub>p</sub>：洪峰流量(m<sup>3</sup>/sec)

C：逕流係數(無因次)：以查表決定。

I：集流時間內的最大平均降水強度(mm/hr)。

又集流時間係指「流域的最上端雨水流至控制點之時之間(min)」。

A：流域面積(km<sup>2</sup>)

#### 2.流域形狀與流量歷線的關係

如以流域形狀對應洪峰流量

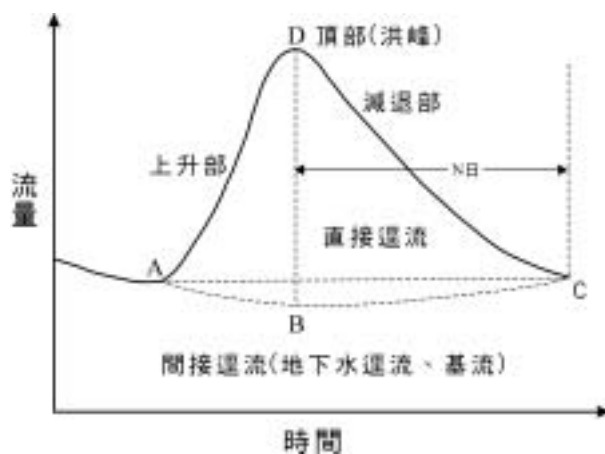


圖1-3、下游大型集水區之水歷線

以實驗模擬，各種流域形狀如：半圓形、正方形、正三角形、短矩形、菱形、倒正三角形等比較，則洪峰流量：半圓形 > 正方形 > 正三角形 > 短矩形 > 菱形 = > 倒三角形 > 長矩形；漲水到洪峰的時間的

情況類似。可見類似流域面積的河川中，流路相對短的河川，漲水較快，洪峰流量較大，所造成的災害亦較大。這些從上述公式變數間的關係，可得到印證。

#### 四、都市地區河川或排水溝集水區瞬間排洪能力的估算

1.以曼寧式(Manning formula)或經驗數值計算平均流速

$$\text{曼寧式：} V_m = (1/n) \times (A/p)^{2/3} S^{1/2} = (1/n) \times (R)^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{若水面寬度遠大於水深} H \text{時，} R \cong H \Rightarrow V_m \cong (1/n) H^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(3)$$

A：水流橫剖面面積 (m<sup>2</sup>)                      p：潤邊 (m)                      R：水力半徑 (m)  
n：粗糙係數 (無單位)                      H：逕深 (m)  
S：底床坡度 (%)                      V<sub>m</sub>：平均流速(m/sec)。

2.求河流或排水溝之最大排洪能力

$$Q = A \times V_m \times C \dots\dots\dots(4)$$

$$Q = A \times (1/n)(R)^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(5)$$

Q：排洪能力 (m<sup>3</sup>/sec)                      A：河床橫剖面面積 (m<sup>2</sup>)

V<sub>m</sub>：可用曼寧式計算，也可直接以經驗數據 (基隆河及淡水河等大河流以3.5 2.1m/sec估算。  
下水道中管內之平均流速，在平坦地取0.9 1.0m/sec；坡降較大處以1.15 1.26m/sec；支線  
取0.6 0.9m/sec估算。

C：空氣及河床摩擦之修正係數 (一般為0.85)

$$\text{矩形水渠之橫剖面面積}(A) \cong \text{橋墩寬度}(W) \times \text{橋面至河床的高度}(D) \dots\dots\dots(6)$$

W：公尺，橋墩需大致與水流方向垂直，如有斜角則必須以三角函數轉換                      D：公尺

3.對比洪峰流量及河川瞬間最大排水能力

若：(洪峰流量) > (河川瞬間最大排水能力)，則該地河川可能洪水越堤會淹水  
若：(洪峰流量) < (河川瞬間最大排水能力)，則該地可能不會淹水

#### 五、解決淹水的方法

1.增加河床橫剖面積

- (1)加高堤防：加高堤防的同時，必須配合堤內的排水溝出口(outlet)，設置「抽水站」。
- (2)疏洪道分洪：如臺北的二重疏洪道、中國湖北省的荊江分洪。
- (3)拓寬水流瓶頸：如基隆河下游 (南港至大直段) 的河道截彎取直。

2.減低洪峰流量與 (堤內地) 洪峰流速

- (1)維持大面積入滲容量大的土地利用：如水田、公園綠地、森林等，增加坡地植被覆蓋面積以增加入滲量。
- (2)水庫蓄洪：水庫可發揮蓄存河川上游洪水的功能，但庫水超過容量限度時，洩洪反而將提高洪峰流量，萬一不得已必須洩洪時則在時間上應該避開降雨的尖峰時段。
- (3)疏洪道分洪並削弱洪峰流量的能量。
- (4)河川上游設立導引水流的截水溝、排水溝與削能的跌水等；下游地區設置「洪水緩衝區」或「滯洪池」削能，並緩和洪峰流量。

### 3.提高河道或排水溝之洪峰流速迅速排洪

(1)河道截彎取直：河道截彎取直將提高水面坡度，按曼寧式的原理是有提高洪峰流速的效果；河道截彎取直水流由蛇行變為直行，並縮短流程，具有提高洪峰流速的效果。

(2)減低河道粗糙係數：如用水泥排水溝、河道截彎取直、河川行水區禁植高莖作物及禁建地上物。

### 4.降低整體流域內的逕流係數（提高粗糙係數）

一場降雨事件後，流出的總直接逕流量為時間與流量的對應關係，將直接逕流量流出的延時加長，具有緩和洪峰流量的效果。故森林面積愈大流域內的逕流係數將隨之降低，最直接的方法是則是保留河川中、上游大面積的林地。最忌的是大規模清除坡地上的植被。

## 第二節、容易淹水區位之探討

### 一、曲流地形的河岸邊

河川轉彎的型態稱為曲流或河曲(meander)，曲流兩邊形成共軛的「基蝕坡」與「滑走坡」地形。滑走坡又稱「堆積坡」或「凸岸」，基蝕坡又稱「攻擊坡」或「凹岸」。平時，和深水槽線大致沿河心而行；洪泛期間，河水流線受慣性作用影響，使水流向基蝕坡攻擊，往往因潰堤而招致洪泛。故一般而言，居住在基蝕坡比在滑走坡面易於在洪泛期間發生危險，滑走坡部位，也可能因曲流切斷而發生危害。此外，曲流通常也是相對低窪之處。故整體而言，曲流所在區位較不適於居家安全，尤其是小河的曲流通常缺乏堅固的堤防、護岸，以及整流的丁壩等工事保護及缺乏警覺性，其危害程度反較大河的為烈。

圖 3-4(a)虛線部份表示或因人為的截彎取直，或因洪泛招致曲流切斷，使河流改道，原有的河床如(1)、(2)、(3)等河段，成為牛軛湖或乾拓成為河岸新生地，在(1)、(2)、(3)上蓋房子比較有土壤液化導致地基沈陷或淹水的危險（因地勢較為低窪，且多為軟弱的泥質地層）。

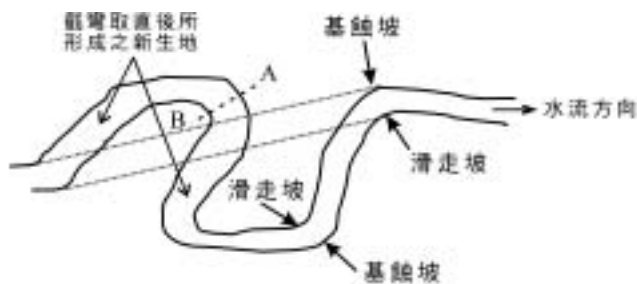


圖 1-4(a)、曲流示意圖



圖 1-4(b)、曲流橫剖面圖

### 二、舊河道

臺灣許多平原上的溪流原普遍存在網流及分流，這些網流及分流往往因為築堤的關係，使得「行水區」寬度大幅縮減，原有舊河道變成河岸新生地，河岸新生地具有地勢低窪及地質軟弱的雙重特性。

### 三、後背濕地

後背濕地是平原上河成地形中相對低溼的自然區位，後背濕地的初步判釋，可從地名的命名切入，如新竹市的湳雅是最典型的例子，「湳雅」的閩南語字義為「低濕的沼澤地」，作者推測其自然區位應當是「後背濕地」（湳雅北側更靠頭前溪邊的舊社，則應是屬於舊河道擺動的範圍，原為道卡斯族竹塹社的居所，相對地勢更低，社民因不堪洪災困擾，於乾隆 14 年集體遷居到今日之竹北市新社）。後背濕地進一步的確認，必須到現場實地勘查，配合學理，以確定其大致的範圍。

#### 四、扇狀地（沖積扇及落石堆）之扇面

沖積扇(alluvial fan)及落石堆(Talus)（兩者的複合體亦稱「沖積堆」）形成的自然區位均為山地陡落平坦地的谷口的區位，水流在出谷口之前，河道受到山脈夾持，正所謂「萬聲不許一溪奔，攔得溪聲日夜喧」，一旦「到得前頭山腳盡」，即成「堂堂溪水出前村」的氣勢。此時河水已不再受到約束，河水攤平，水流與河床之摩擦力大增，水流速度因而大減，水所攜帶之物質流大量沈積，堆積物堆積成扇狀地，河道分岔交織，網流發達，造成地面水流流路不穩定，洪泛時河水改道竄流，形成嚴重災害。

其次，從物理的法則可以證明，沖積扇、落石堆及沖積堆的橫剖面形狀均為凸剖面，此種凸剖面也是流路不穩定，洪泛時河水改道竄流的原因。故居家應避開谷口及沖積扇、落石堆或沖積堆扇面區位。

#### 五、河口及三角洲地帶

河口及三角洲地帶通常是低溼區，臺灣西海岸普遍存在這類的自然區位。如曾文溪下游三角洲在歷史上曾數度改道，其河道擺動的範圍，大約為將軍溪至鹽水溪間，在歷史洪氾紀錄上曾是哀鴻遍野。

如果因沙嘴或沙丘堵住或半堵河口，形成所謂的潮曲流(tidal meander)地形。潮曲流在洪水來臨時阻礙水流，使水流無法即時宣洩，將重創河流兩岸聚落，花東海岸就有許多河口有這類的小地形。

#### 六、古潟湖區的乾拓地

所謂「乾拓地」是指沿海潮埔地經排水而陸化後的土地。（如圖 3-9），如臺灣西部沿海地帶的海埔地大半屬於這種區位，這種小地形地勢低溼，可想而知，若是該地區發生地層下陷作用，致使海拔降低到零公尺以下，則積水不退往往成為常態，遑論豪雨期間。

#### 七、海岸平直的沿海地帶

海灣具有暫儲河川洪水的功能，平直的海岸會減少沿海地區緩衝洪水的效應，增加海水倒灌的危險性。臺灣西部海岸雖是平直，但局部的小海灣，對於減低洪水災害，具有一定的功能，是不能任意填平開發的。

#### 八、水流瓶頸處上游部

水流瓶頸即是行水區縮減的部位，當洪水受阻使水位高於堤防時，洪水回灌堤內地，則水災將一發不可收拾，如臺北市基隆河中山橋東側（包括松山機場），以及政治大學以北的景美溪兩側聚落，均是位於這種自然區位上。

#### 九、易產生土壤液化及地層下陷作用的地區

液化現象最容易發生於：(1)軟弱地層，如未固結之細砂、粉砂或泥岩質地層；(2)地下水位高之處，通常位於河床附近或海岸地帶，這兩種地質在自然區位上通常是一致的。包括以下的地形區位：臨海沙丘背後之海成後背濕地、沙洲間的窪地（古潟湖）、湖沼與前述之海埔地、谷口為沙洲封閉的小谷底、河成後背濕地、舊河道、三角洲等。921大地震時，彰化沿海、員林、南投市一帶的土壤液化及地層下陷現象與軟弱地質脫離不了關係，對應到地形上，不外仍是舊河道、及沿海的三角洲堆積物。

## 十、灌溉水圳改為排水溝的段落

「圳行高處，水就低下」水圳是人工開鑿的渠道，為便於灌溉，其設計通常是位於平原的較高處；排水溝為利於匯集水流，一般多築於地勢低窪處，並儘量利用原有的天然水系整理而成。都市地區的水圳因都市化的結果，灌溉功能萎縮，都市規畫者便宜行事將水圳改為排水溝，因排水斷面過小，水滿過水溝之後，向水溝兩側地區漫流，往往引發淹水問題，臺北縣中和與土城間的大安圳淹水問題，就常常引起兩市首長口水戰。新竹市區的隆恩圳也是每逢大雨必淹水。錯將馮京作馬涼的結果，往往使得原本相對地勢較高適合居住的地區帶來不必要的困擾（按：水圳並非不可以改成排水溝，而是如何改的問題，加寬且浚深，或在洪汎發生時，從進水口攔截進水是解決的辦法）。

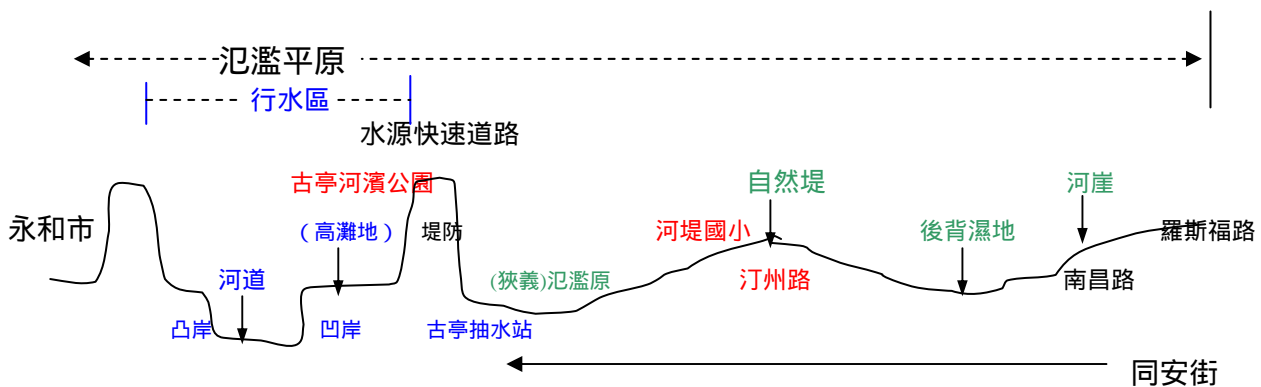


圖 1-5、新店溪右岸（汀州路段）河成地形橫剖面示意圖



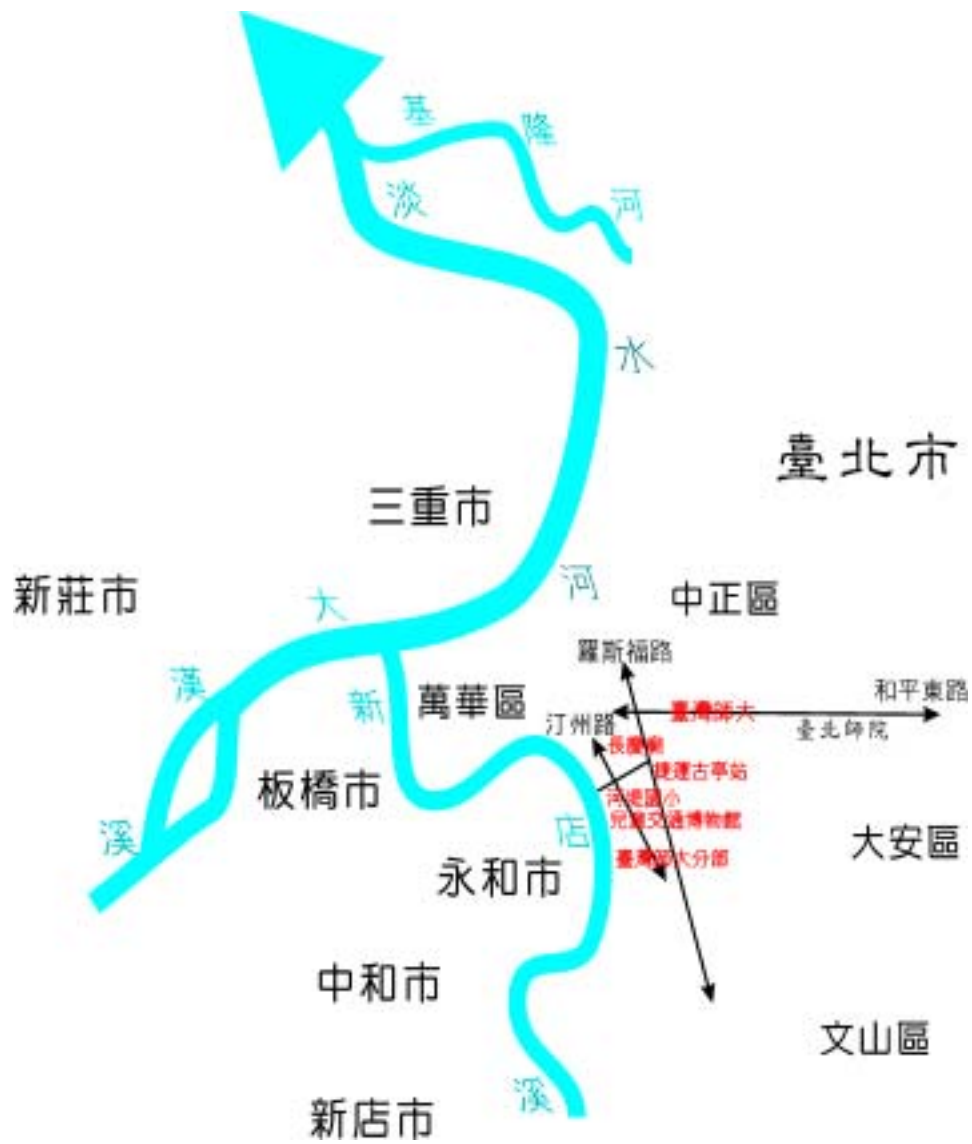


圖 1-6、新店溪古亭河濱公園段相關位置示意圖

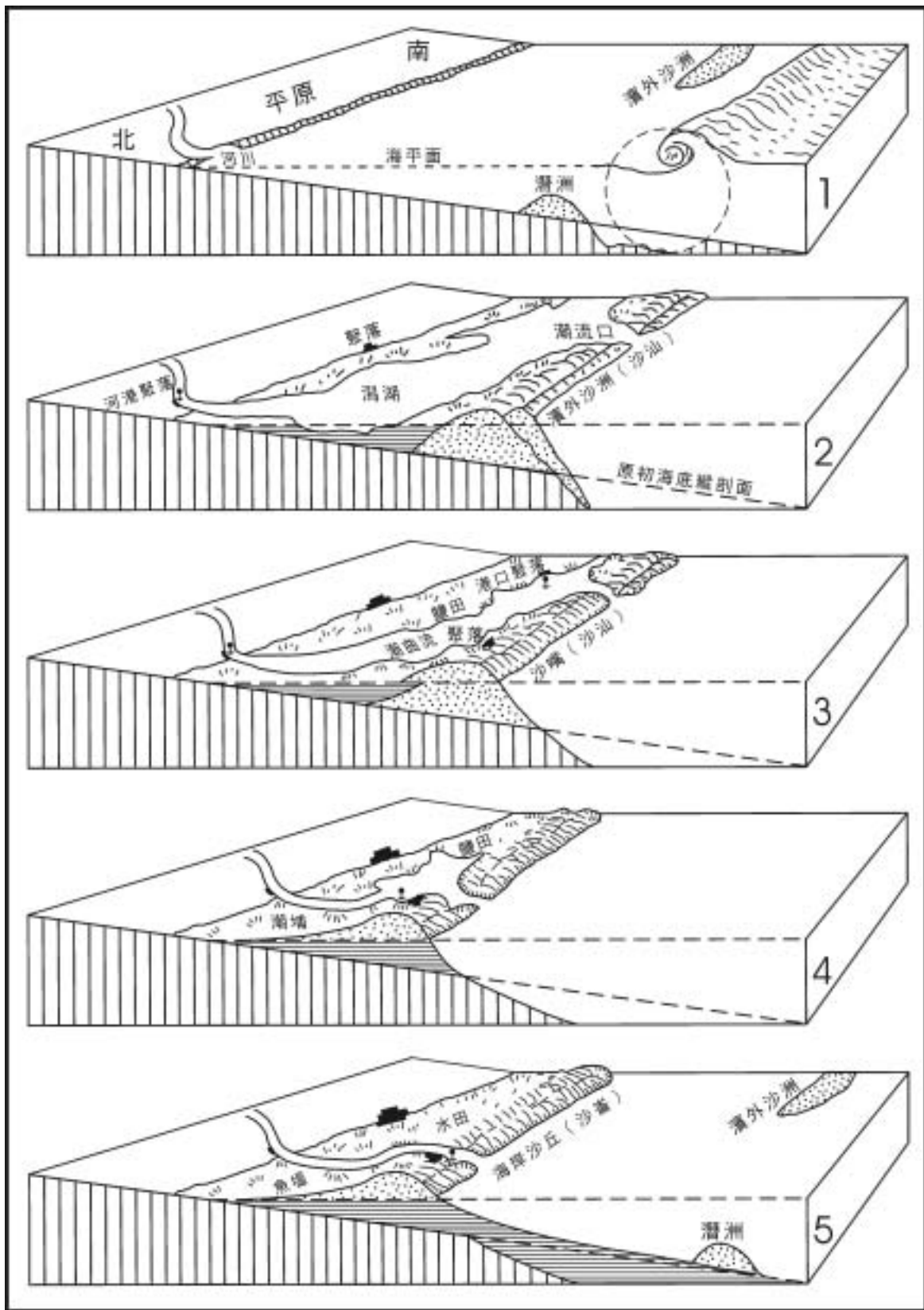


圖 1-7、臺灣西部沿海地形演變與聚落發展模式