

## 集流時間之探討

林允斌

高雄市水利技師公會  
理事

林尚儀

高雄市水利技師公會  
前理事長

蔡慧萍

水利技師

### 摘要

工程規劃設計參數集流時間的設定，直接影響設計工程的量體及經費，但集水區規劃治理報告中，一般皆僅採用粗略的經驗公式推求集流時間，而歷次的檢討報告中，也鮮少即時更新集水區集流時間。本文首先探討集流時間對集水區系統分析的重要性，透過集水區不同集流時間的設定，瞭解集流時間變化對集水區洪峰流量所產生的影響，同時利用最新的案例，說明近年來短延時暴雨導致都會區經常性淹水，並非僅歸因於氣候變遷之影響，集水區集流時間長期未更新，恐已導致排水設計容量不敷需求，最後，探討出流管制利用比流量，設計滯洪設施容量之相關規定，建議修正洪水演算集流時間之設定方式，同時建議應設置儀器直接或間接推求重要集水區之集流時間，並於雨水下水道檢討報告中，建議增列分析雨水下水道幹線集水區集流時間。

### 一、集流時間資料之重要性

集水區之水理分析，需要上下游的系統性考慮，其中關鍵參數為集流時間，必須儘可能在設施規劃之初，求得準確的集水區集流時間。

為達成此一要求，通常必須於集水區由上至下，設置一系列的控制點，並推求各控制點的集流時間，該集流時間定義為降雨由控制點上游集水區最遠處，流至該控制點之時間。

於都市集水區小於 5 平方公里，一般集水區小於 25 平方公里限制下，若採用合理化公式[1, Chapter 4]，利用簡化 SCS 單位歷線或是三角單位歷線的分析方法，控制點上游集水區觀測降雨量，與控制點觀測流量之關係，可透過單位歷線來表示，即利用集水區觀測降雨量與單位歷線摺合積分，可推求集水區系統中控制點的流量，而該兩種單位歷線的主要參數為地表利用現況及集流時間二項參數。

由於近年內政部國土測繪中心，以每兩年更新頻率，重繪國土利用資料，因此地表利用現況參數已較以往更能準確計算。

如果集水區中控制點設有自記流量計，則可利用流量觀測資料，驗證單位歷線參數設定是否合宜，藉以確定控制點集流時間。

前述工作，為「水文分析圖表範例及作業參考手冊」規定章節內容中(第三章第 3 節)之重要之工作項目[2]，集流時間之檢討確認，關係規劃治理報告的實用性，例如：治理方案檢討、施工中防汛設計、開發基地出流管制設施規劃等工作，關係管理單位、施工單位及末端資料使用者。

## 二、集水區不同集流時間之現象

若以 SCS 單位歷線[3]來說明集流時間對集水區之影響，

$$T_P = \frac{t_r}{2} + T_{lag}$$

$$T_{lag} = 0.6T_c$$

$$Q_P = \frac{0.208AR_e}{T_P}$$

其中， $t_r$ 為計算時距(小時)； $T_c$ 為集流時間(小時)； $R_e$ 為有效降雨(公厘)，主要受土地利用現況影響； $A$ 為集水區面積(平方公里)； $Q_P$ 為洪峰流量(cms)。

設定集流時間分別為 1、1.5、2、3、4 小時，計算集水區面積 1 平方公里，1 公分有效降雨， $t_r$ 為 1/6 小時所產生之單位歷線(詳圖 1)。

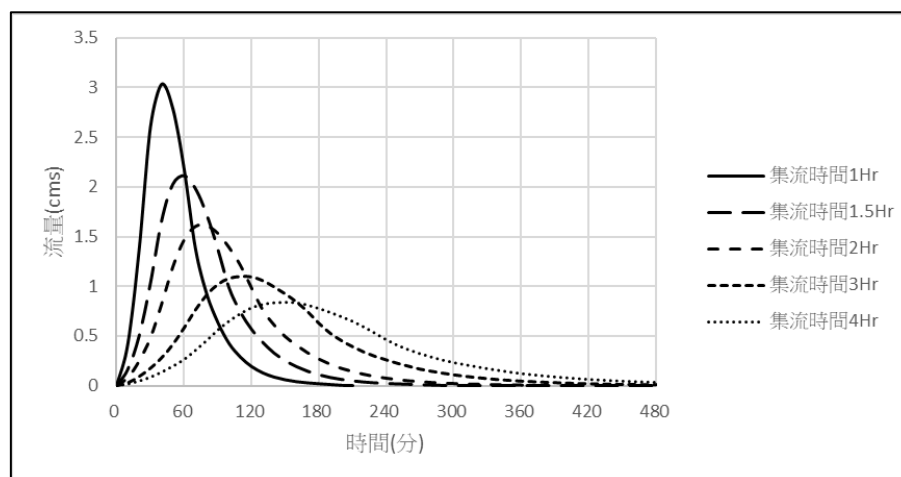


圖 1 不同集流時間單位歷線圖

結果顯示，集流時間越小，單位歷線流量峰值越大，簡單估計，集流時間若縮短為原先之 1/2，則單位歷線流量峰值約為原先流量峰值之 1.9 倍，影響不可謂不大。

集水區逕流，經由 10 年重現期 24 小時設計降雨與單位歷線摺合積分，假設 1 公分降雨量，不考慮入滲損失，降雨歷線中央峰值 7.85%，推求集水區流量歷線 (詳圖 2)。

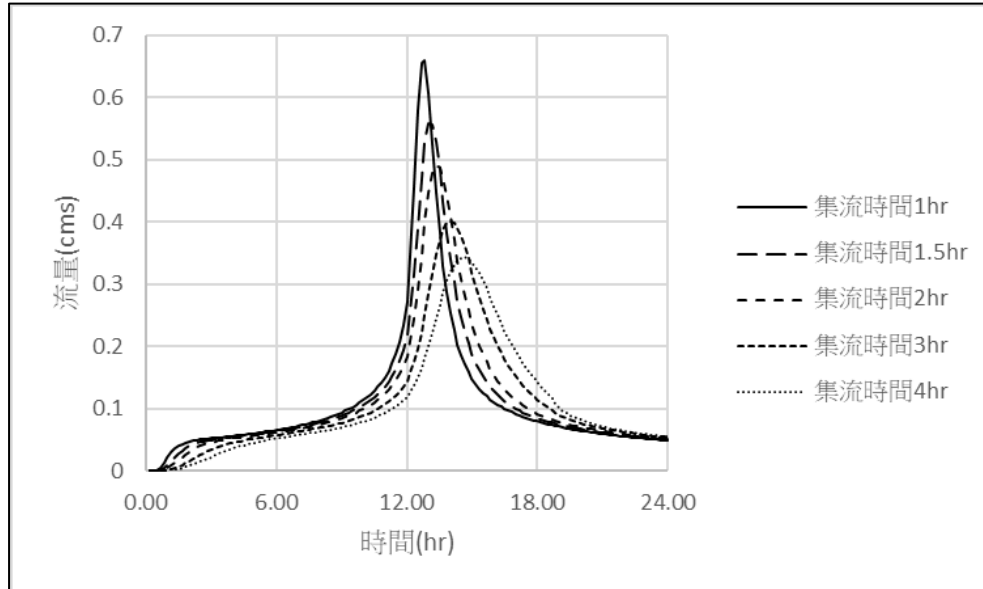


圖 2 不同集流時間流量歷線圖

結果顯示，集流時間若縮短為原先之 $1/2$ ，則洪峰流量約為原先洪峰流量值之 1.4 倍，雖說由於單位歷線線型寬矮窄高之影響，經由降雨量與單位歷線摺合積分後，不同集流時間的洪峰流量差異較單位歷線差異值小，但集流時間縮短表示集水區洪峰流量增大，代表現行設計之渠道通洪容量或將不敷需求。

由於集水區水理分析需系統性考量整體集水區，集流時間不僅止影響集水區推估洪峰流量之大小，物理上，於多渠道匯流系統中，小至道路側溝大至集水區水系，集流時間代表集水區中不同集水分區個別推估的洪峰流量，是否能線性疊加，作為最終整體集水區的代表洪峰流量，此部分在第四章中，將利用出流管制現行規定作為範例，探討出流管制規定是否須作部分修正，以合理解決開發區滯洪體積體積計算量體過大問題。

### 三、集流時間應適時檢討之原因

集流時間經驗公式龐雜[4]，國內一般規劃報告多利用美國加州公路局公式、Rziha 公式及周文德公式推估[5]，主要之參數均為集水區最上游至出口距離，及集水區最上游至出口高差或坡度。

近年來，區域排水上游集水區都會化，地形地貌變更，及雨水下水道系統逐次開闢，渠道箱涵化等因素，加以原先使用推估公式適用性問題，於都會化集水

區之集流時間，合理假設應有大幅度變動。

由於氣候變遷產生的短延時暴雨，其降雨強度往往超過水利設施原先設計標準，淹水原因往往歸責於降雨強度提高，但藉由相關事件(案例 A)分析結果顯示，規劃設計主要參考之集流時間，未因應都會區發展適時檢討亦可能為主因之一。

案例 A 為區域排水上游集水區完全都會化之案例，案例 A 於降雨事件 B 中，降雨強度分析結果，參照 65 年原先雨水下水道設計標準，達到 10 年重現期短延時降雨標準，但若依據 106 年水利署「台灣地區雨量測站降雨強度-延時 Horner 公式參數分析」報告中最新參數分析，僅達 5 年重現期短延時降雨標準，該部分差異或可歸類為氣候變遷之影響。

但依據最新降雨參數設計之河道，近年完成整治後，於降雨事件 B 中，5 年重現期短延時降雨觀測水位卻幾達 25 年重現期長延時降雨設計水位，由於降雨事件 B 當時下游無潮汐影響，主要差異推估為集流時間之變化，92 年報告中集流時間約 4 小時，研究結果推估集流時間約縮短為 1.8 小時。

#### 四、出流管制之集流時間

出流管制規定相關分析之計算時距 $t_r$ 統一為 10 分鐘，依據 95 年水利署報告 [3]，設計雨型依集流時間 $T_c$ 選擇兩型之時間計算間距 $t_r$ ，

$$6\text{hr} < T_c, t_r = 1.0\text{hr}$$

$$3\text{hr} < T_c \leq 6\text{hr}, t_r = 0.8\text{hr}$$

$$1\text{hr} < T_c \leq 3\text{hr}, t_r = 0.4\text{hr}$$

$$T_c \leq 1\text{hr}, t_r = 0.15\text{hr}$$

集流時間若小於等於 1 小時， $t_r$ 約為 10 分鐘，若集流時間大於 1 小時， $t_r$ 仍採用 10 分鐘計算時距，依據相關案例分析，則計算結果之逕流量將略大採用標準 $t_r$ 之分析結果，屬於保守設計考量，對分析結果影響不致過大。

對分析結果影響較大者為集流時間之設定，依規定，出流管制計畫(規劃)書設計降雨量，需採用規劃治理報告中之總降雨量，設計雨型亦採用臨近相關測站參數資料，計算結果，小面積基地開發後之地表逕流量，換算單位面積比流量，與規劃治理報告中集水區控制點之比流量相比較，明顯高出甚多，主要原因除地表利用變更外，主要為集流時間之差異(集水區集流時間大，開發基地集流時間小)，導致單位歷線計算差異所造成，若依據出流管制技術手冊 4.8 節，採用集水區比流量計算基地開發後出流管制量，推求開發基地滯洪池容量，設計容量將明顯過

大。

以極端配置來說明，若集水區面積較開發基地大甚多[6，一般而言，面積比超過 100:1，系統分析上，就需考量主支流不同重現期分析，本文章主要描述集流時間，相關主支流洪峰流量 Coincidental Occurrence 說明省略，詳參考文獻 1 之 8.3.4 節、參考文獻 6 之 7.1.5 節、參考文獻 7 之 BN8.3.4 節]，或集水區呈現長條型，集流時間超過 4 小時，假設開發基地位於集水區最下游處，物理上，集水區洪峰流量可能產生於集水區中游，亦即開發基地所產生之洪峰逕流，在集水區洪峰流量尚未到達開發基地前，即已排出集水區，若開發基地所產生之洪峰逕流小於渠道之通洪能力，則甚者開發基地無需設置滯洪池。

區域排水規畫，推求控制點集流時間後，洪水演算之基本假設，為控制點上游各個土地利用基地，其洪峰流量推求之集流時間設定，統一訂定為控制點集流時間，各個土地利用之洪峰流量數值和，則為控制點之代表洪峰流量。

因此，若以開發基地於集水區中所在位置整體考量，出流管制集流時間設定，不宜採用實際開發基地計算之集流時間，需考慮開發基地所在集水區位置及集水區集流時間二項因素，若簡化設計方式，建議可將集水區區分為上游及下游，若開發基地位於集水區上游，則採用較嚴格標準，以集水區集流時間之 $1/2$ ，作為基地開發前計算洪峰流量之集流時間，若開發基地位於集水區下游，則採用較寬鬆標準，以集水區集流時間，作為基地開發前計算洪峰流量之集流時間。

開發前及開發後之集流時間變更之影響，以前述標準，將基地開發前集流時間，減去基地開發前後集流時間之差，作為基地開發後計算洪峰流量之集流時間。

因應集流時間之設定，導致滯洪池設計容量較小，衍生問題為長期以後如何因應集水區集流時間變更之影響，依據前述第二章內容，假設集水區集流時間未來可能縮短為現今之 $1/2$ ，則開發基地洪峰流量約為出流管制設施設計洪峰流量值之 1.4 倍，可配合修改現有滯洪池之安全係數，或可由現今規定之 1.2 調高為 1.4。

## 五、 結論與建議

出流管制相關規定之實施，與水土保持相關規定最大差異，在於出流管制需搭配基地周圍排水系統，進行洪水演算，非屬獨立系統，亦非僅採用出口管制方式，洪水演算集流時間之設定方式是否宜修訂，以符合系統性檢核之精神，尚待討論，但對於集水區現況集流時間之推求及修正，卻極為迫切。

集水區治理或大型水利工程經費常約數億至數十億，規劃設計重要之參數集

流時間，若僅採用經驗公式推估殊不合理，建議改善方式

- (一) 重要集水區出口或控制點，建議設置自計流量站，可透過降雨資料及流量資料，直接推估集流時間，若僅設置自計水位站，則須透過河道水理模式，間接推估集流時間。
- (二) 針對影響集水區集流時間最鉅之都會區雨水下水道系統，內政部近年來積極推動雨水下水道普查，檢討報告多規定採複合型都市排水系統模式進行檢討，該模式可準確反映都會區中，街區之地表坡降及水力參數，透過降雨資料及模擬流量資料，可直接推估集流時間，惟相關報告針對雨水下水道系統之集流時間，皆未著墨，建議報告章節應加入雨水下水道幹線集水分區之集流時間相關分析。

### 參考文獻

1. IPWEA, 2013, Queensland Urban Drainage Manual (Third Edition).
2. 經濟部水利署，2010，水文分析圖表範例及作業參考手冊。
3. 經濟部水利署，2019，出流管制技術手冊。
4. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2006，河川治理及環境營造規劃參考手冊。
5. 內政部營建署，2010，雨水下水道系統規劃原則檢討。
6. U.S. Department of Transportation, 2013, Hydraulic Engineering Circular No. 22 - Urban Drainage Design Manual (Third Edition).
7. IPWEA, 2016, Queensland Urban Drainage Manual Background Notes.

### 謝誌

本文內容感謝高雄市政府水利局經費，文中內容如有謬誤請不吝指正，亦期望拋磚引玉，歡迎討論，來信請寄 [rexlin6116@gmail.com](mailto:rexlin6116@gmail.com)