

滯洪池洪水歷線演算模式之建立與驗證 — 以矩形孔口式出流口為例

洪耀明^[1] 陳正炎^[2] 呂鴻廷^[3]

摘 要 本研究建立滯洪池數值演算模式，並以試驗驗證數值模式。試驗配置採長頸渠道及斜坡以模擬滯洪池入口、寬廣渠道模擬滯洪池及矩形孔口模擬滯洪池出口，並分成定量與變量流試驗，定量流試驗搭配流量公式可求得滯洪池入口及出口之水位與流量關係，變量流試驗則模擬出短延時之近似三角形入流歷線。數值模式以水文連續方程式及 Runge-Kutta 數值方法為基礎，模式輸入之入流歷線採用變量流試驗所量測之入流歷線，而出出口流量公式則採用定量流試驗所推得之孔口流量公式。試驗結果顯示定量流試驗下之長頸渠道入口及孔口式出口流量係數公式與試驗值誤差大多在 5% 以內，變量流試驗之出流歷線與數值計算結果吻合，顯示所建立之數值模式適用於滯洪池水力計算，值得加以推廣應用。

關鍵詞：滯洪池、連續方程式、短延時暴雨。

The Establishment and Verification of Runoff Hydrograph Routing Model for Detention Pond — A Case Study with Rectangular Slots as the Outflow Device

Yao-Ming Hong^[1] Jen-Yan Chen^[2] Hong-Ting Leu^[3]

ABSTRACT This study establishes a numerical model of detention pond, and verifies the model using a series of experiments. The experiment uses a long-throat channel and a slope to simulate the entrance of detention pond, a wide channel as the detention pond, and a rectangular slot as the exit of detention pond. The experiments can be divided into the steady flow and the unsteady flow. Combining the steady flow experiment and the discharge equation can establish the relationship between the water level of entrance/exit of detention pond and the discharge. The unsteady flow experiment develops a hydrograph similar to the triangular hydrograph of short duration time. The numerical model is based on the hydrologic continuity equation and the Runge-Kutta numerical method. The inflow hydrograph of unsteady flow is used to be the inflow hydrograph of numerical model. The discharge equation of rectangular slot developing by the steady flow experiment is used in the numerical model. The steady flow experiment outlines that most of the

-
- [1] 明道管理學院資訊工程學系助理教授(通訊作者)
Assistant Professor, Department of Computer Science and Information Engineering, MingDao University, ChangHua 523, Taiwan, R. O. C.(Corresponding Author)
E-mail: blueway@mdu.edu.tw
- [2] 國立中興大學土木工程學系教授
Professor, Department of Civil Engineering, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan, R. O. C.
- [3] 國立中興大學土木工程學系博士生
Doctoral Student, Department of Civil Engineering, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan, R. O. C.

discharge coefficient differences of long-throat channel and the rectangular slot, between the equation and the data, are smaller than 5%. The outflow hydrograph of unsteady flow developing by numerical model has a good match with the experimental hydrograph. It informs that the numerical model can be used in the hydrological routing of detention pond.

Key Words: detention pond, continuity equation, short duration rainfall.

一、前言

台灣地區地狹人稠，免不了要進行各項土地開發，加上近來氣候變遷，洪泛頻仍，而滯洪池具有延後洪峰到達時間及降低洪峰流量之功效，為避免因開發造成下游水土環境災害，行政院農委會制定的水土保持技術規範(2005)，明確規定開發區內需設置滯洪設施，以暫時遲滯三角形歷線型態之暴雨，並於洪峰過後很快的排出，以降低因開發所帶來的洪峰流量。

而滯洪池設計時主要考慮的問題是入流口、出流口形式之設計，及滯洪池大小，因此設計主要問題是如何合理的估算滯洪池容積、最高水深與出流口開口大小。世界各先進國家自 1950 年代起，有關滯洪池之相關研究就陸續推出，這些理論在解析過程中，基於入流歷線、滯洪容積、出流歷線及水理演算之各種假設條件，本研究將滯洪容積演算模式分為兩種。其一是具有考慮最大逕流量或降雨延時等概念，但以簡單幾何形狀去描述滯洪池之入、出流歷線，本研究稱之為概念性模式，例如 Abt & Grigg (1978) 假設入流歷線為三角形、出流歷線為梯形，Donahue & McCuen (1981) 假設入流歷線型態及出流歷線均採用梯形。

其二是以連續方程式為控制方程式，採用數學解析或數值計算方法求得滯洪容積，可稱之為水理演算模式。美國水土保持局 (Soil conservation Service, 1986) 技術手冊 TR-55，將美國地區分成四種 24 小時降雨型態，並經由滯洪演算與簡化過程，依降雨型態分成兩種無因次滯洪容積與無因次最大出流量比值之關係圖，使用者可以經由計算尖峰入流量、尖峰出流量之比值，換算推得最大滯洪容積。Akan (1989) 另採用美國水土保持局(1972) 之標準無因次單位歷線為入流歷線，發展可以適用兩種迴歸週期以上之滯洪池設計方法，並以圖解法說明求算過程。Akan (1990) 則採用三角形為入流歷線形狀及連續方程式，以時間差分法求解單出口之滯洪容積，並建立有條件限制之圖解法。Akan (1994) 認為滯洪設施除了要降低洪峰流量外，洪水排放量之體積控制與降低

下游渠道沖刷亦為一併考量之重點，因此提出容許容量的概念，計算滯洪容積時需以 Shoklitsch 公式計算下游河床載之起動流量。而美國水土保持局之無因次單位歷線，有兩種簡化之模擬方式，例如以加瑪 (Gamma) 歷線公式模擬滯洪池入流歷線隨時間之變化量 i 如下

$$i = i_p \left(\frac{t}{t_p} \right)^P \exp \left[-P \left(\frac{t}{t_p} - 1 \right) \right] \dots \dots \dots (1)$$

式中 i_p 為尖峰入流量， t 為時間， t_p 為入流歷線洪峰到達時間， P 為參數，隨集水區不同而不同，Horn (1987) 計算推得 $P = 3.5$ ，並以此為依據採用滯洪容積 S 與水深 h 之關係為

$$s = a_0 h^{b_0} \dots \dots \dots (2a)$$

上式中 a_0 、 b_0 為參數，與滯洪池形狀有關，本文稱此模擬為二參數法 (a_0 、 b_0)，較適用於推算滯洪池邊壁為垂直的情況。Kessler & Diskin (1991) 採用相同的方法，綜合 Gray (1961) 及 SCS (1972) 之研究成果，推得大部份的 P 值應介於 2 至 5，並令流量 $o = k_1 h^n$ ， k_1 及 n 為參數，與滯洪池出口有關，一般矩形孔口之 $n=0.5$ ，將流量代入(2a)式，可推得滯洪容積 S 與出口流量 o 之關係為

$$s = a_0 k_1^{-\frac{b_0}{n}} o^{\frac{b_0}{n}} = a_0 c_0^{-\phi} o^\phi \dots \dots \dots (2b)$$

式中 $c_0 = k_1$ 及 $\phi = \frac{b_0}{n}$ 參數與滯洪池出口形式有關，令相對滯洪容積 $S_p^* = \frac{S}{v_f}$ ，相對最大洪峰出流

量 $O_p = \frac{O_p}{i_p}$ ，推得特殊條件下之相對滯洪容積計算式為

$$S_p^* = 0.932 - 0.792 O_p \left(\phi = \frac{2}{3}, 0.2 \leq O_p \leq 0.9 \right) \dots (3a)$$

$$S_p^* = 0.872 - 0.861 O_p \left(\phi = 2, 0.2 \leq O_p \leq 0.9 \right) \dots (3b)$$