

# 平地水筒模式應用於排水系統診斷之分析研究

## Study on Field Drainage System Diagnosis with Diffusive Tank Model

國立中興大學土木工程學系副教授

陳榮松  
Rong-Song Chen

國立中興大學土木工程學系碩士

謝天元  
Tian-Yuan Shieh

### 摘 要

本研究之主要目的是利用平地水筒模式，進行田區排水渠道網流況之數值模擬，並針對以合理式法推估容量之排水系統做一校驗及診斷工作。研究中選定西螺蔬菜專業區為試驗對象，並利用試區內量得之實測水文及地文資料進行模式參數之率定。模擬後所得之模式主要參數堰寬  $B$  值為  $0.75$  (m/ha)；越流係數  $\mu$  值為  $2.0$ 。並將率定所得之參數代入模式中，針對試驗區之排水系統進行排水能力診斷檢討。結果發現，在 10 年頻率 1 日暴雨之設計標準下，區域內蔬菜種植區皆不會淹水，水稻田區會淹水約 45-80cm，延時約 18-21 小時。

**關鍵詞：**逕流分析，排水診斷，平地水筒模式。

### ABSTRACT

The purpose of this study is to simulate rainfall-runoff process of drainage system in paddy field, and diagnose the drainage capacity estimated by rational formula with Diffusive Tank Model. The study chose the Hsilo vegetable area as the experimental site and calibrated the model parameters by observed hydrologic data and characters of catchment. The results of simulations show that the parameters of vegetable area are  $B=0.75$ (m/ha)、 $\mu=2.0$ . Then, the study evaluated the drainage capacity of study area with the Diffusive Tank Model based on the calibrated parameters. The results show that, under the 10 years return period, vegetable-planting area will not be flooded, while the paddy fields will be flooded about 45-80 cm with 18-21 hours.

**Keywords:** Runoff analysis, Drainage diagnose, Diffusive tank model.

## 一、前言

目前在農地排水系統規劃時，多以合理式法推估排水系統之容量，但因為其無法評估水田在降雨時所具有之調蓄洪水的特性及低平地區之迴水效應，故無法確定所設計之斷面是否能夠容納設計最高洪水位，且亦無法對現有排水系統提供排水能力診斷之功能。有鑑於此，本研究嘗試以平地水筒模式，進行田區排水渠道網流況之數值模擬，並針對以合理式法推估容量之排水系統做一校驗及診斷工作。

有關平地水筒模式於低平地區之逕流分析應用上，國外方面，角屋及早瀨[HAYASE and KADOYA, 1993]曾先後對平地水筒模式進行理論上之基礎研究，以及對日本京都之巨椋地區與新瀉平原之西浦原地區等具有複雜排水系統之廣域水田地區，進行逕流分析，結果顯示該模式之模擬效果良好。而國內方面，陳[陳, 1995]利用變量流模式及平地水筒模式分別針對低平地區進行逕流分析，結果顯示平地水筒模式具有較簡單、所需資料少、計算時間短等優點，且兩模式所模擬的結果非常相近。唯至目前為止國內外研究中，平地水筒模式之參數(單位面積之田區缺口寬)均利用經驗值來決定。因此本研究在平地水筒模式應用上將透過田區調查，以田區實際缺口寬為依據來客觀訂定模式的參數。

另外在試驗區的選定方面，由於蔬菜種植區之產值比水稻田區高，且蔬菜不耐水淹，一旦種植區發生淹水時，其損失將非常慘重。因此蔬菜專業區之排水問題頗受政府重視，並於民國 82 年針對西螺蔬菜專業區進行排水系統改善工程。因而本研究即以本蔬菜專業區為研究對象，針對排水系統之排水能力現況進行診斷與檢討。

## 二、排水分析模式

一般常用之地表逕流分析中，皆以 De Saint-Venant 之一維變量流方程式為基礎，大體上可分為運動波模式(Kinematic Wave Model)、擴散波模式(Diffusive Wave Model)、慣性波模式

(Inertial Wave Model)及動力波模式(Dynamic Wave Model)四種。其中運動波模式適用於一般丘陵地或者山坡地，其特性為地表水流不受下游條件所左右。而擴散波模式，最大特點為地表水流需考慮下游條件之影響，適用於模擬一般的低平地區之逕流分析。本研究所使用之平地水筒模式，即是由 De Saint-Venant 一維變量流方程式中，省略流體局部慣性力與對流慣性力之擴散波模式。

本研究所模擬的流域對象主要為一般的低平地區，若以變量流模式來進行該區之逕流分析時，雖具有較為準確的特點，但亦有所需的資料多，計算時間長等缺點。且由於低平地區之水位對時間的變化極為緩慢，故可將繁雜的變量流式簡化成擴散波模式來計算。

### (一) 平地水筒模式之理論與基本概念

一般低平地區之特徵為坡度相當平緩，且對水流具有良好的貯留效果。而平地水筒模式基本上是參照原有的排水系統，由多個具有貯留效果的田區及與之相互連接的水路網系統所構成，模式中分別以田區水筒及河道水筒作為流域模式構成的主要元素。

在作法上，是將流域中水路的部分適當的分割成數個區間，每個區間視為一個貯水池，稱為河道水筒；而同一水路之田區部分，也適當的分割成數個區間，每個區間也視為一個貯水池，稱為田區水筒。其中田區水筒是以假想之堰流方式和河道水筒相連接；而河道水筒間的流況因為是一般的明渠流，因此以曼寧公式連接，進而架構成整個流域。

平地水筒模式中之渠流方程式基本上是由變量流方程式作適當的簡化而來，在考慮到低平地區之坡度較為平緩，水位隨時間的變化非常緩慢，因此將變量流方程式中時間的變化項 $\frac{\partial}{\partial t}$ 加以忽略，另外因為在低平地區，對流慣性力之值遠小於表面力與體力，為簡化計算流程及縮短計算時間，亦將此項加以忽略，則原來的變量流方程式可化簡成如(1)式所示。

$$\frac{\partial H}{\partial X} + S_f = 0 \dots\dots\dots(1)$$

其中 H：水位；X：沿 X 軸方向之距離；S<sub>f</sub>：摩擦坡降。

而模式中無論計算何種流況時，均需滿足連續方程式(2)式。

$$\frac{dV_j}{dt} = \sum QI_j - \sum QO_j \dots\dots\dots(2)$$

式中 V<sub>j</sub>：渠道 j 之貯蓄量；QI<sub>j</sub>：渠道 j 之流入量；QO<sub>j</sub>：渠道 j 之流出量。

### (二) 河道水筒間之流況

由(2)式及圖 1 河道水筒連接示意圖所示，河道水筒 j 連續方程式之差分式可表示成如(3)式所示：

$$\frac{W_j^{n+1} + W_j^n}{2} \frac{H_j^{n+1} - H_j^n}{\Delta t} = \frac{\sum_i (QI_{ji}^{n+1} + QI_{ji}^n) - \sum_i (QO_{ji}^{n+1} + QO_{ji}^n)}{2} \dots\dots\dots(3)$$

其中，n，n+1：時點；H<sub>j</sub>、W<sub>j</sub>：河道水筒 j 的水位及水表面積；QI<sub>j</sub>、QO<sub>j</sub>：河道水筒 j 的流入量及河道水筒 j 的流出量，以下游方向為正；Δt：時間間隔；r：時點 n，n+1 之間的有效降雨。

圖 1 中之 QI<sub>j1</sub> + QI<sub>j2</sub> + QI<sub>j3</sub> = QI<sub>j</sub>，

而 QO<sub>j1</sub> + QO<sub>j2</sub> = QO<sub>j</sub>。

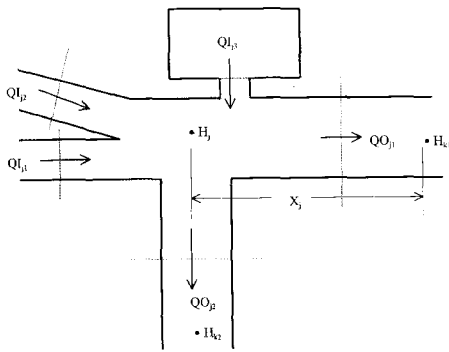


圖 1 河道連接示意圖

河道水筒 j、k 間的流量計算，可依照水面坡降 F 與河床坡降 s 之間的關係變化，以曼寧公式加以計算之。

$$\text{當 } (F \neq s) \quad QO_j = \frac{A_j R_j^{2/3}}{N_j \sqrt{X_j}} \frac{H_j - H_k}{\sqrt{|H_j - H_k|}} = G_j \frac{F_j}{\sqrt{|F_j|}} \quad (4)$$

$$\text{其中，} G_j = \frac{A_j R_j^{2/3}}{N_j}, F_j = \frac{H_j - H_k}{X_j}$$

$$\text{當 } (F = s) \quad QO_j = \frac{A_j R_j^{2/3}}{N_j} \sqrt{s_j} = G_j \sqrt{s_j} \dots\dots\dots(5)$$

其中，A<sub>j</sub>、R<sub>j</sub>為河道水筒 j 之斷面積和水力半徑；H<sub>j</sub>、H<sub>k</sub>為河道水筒 j、k 之水位；X<sub>j</sub>、N<sub>j</sub>為河道水筒 j、k 間之距離和曼寧糙度係數；S<sub>j</sub>為河道水筒 j、k 間之河床坡度。上式中 G 為水深 h 之函數，實用上可利用常數 α、β 以下式來表示之。

$$G = \alpha h^\beta \dots\dots\dots(6)$$

### (三) 田區和河道水筒間之流況

由於田區水筒的部分，依其種植作物的種類及排水特性的不同，可分為水田水筒及旱田水筒，在假設田區之水表面積一定，有效降雨為唯一輸入的條件之下，水田水筒的部分如圖 2 水田流出示意圖所示，可由(2)式之連續方程式寫成差分式如下：

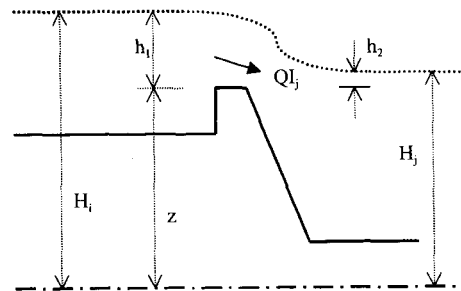


圖 2 水田水筒流出示意圖

$$W_i \frac{H_i^{n+1} - H_i^n}{\Delta t} = W_i r - \frac{Q_i^{n+1} + Q_i^n}{2} \dots\dots(7)$$

其中， $W_i$ ：水田水筒  $i$  之水表面積； $r$ ：時點  $n, n+1$  之間的有效降雨； $\Delta t$ ：時間間隔； $H_i$ ， $Q_i$ ：水田水筒  $i$  的水位及水田水筒  $i$  的流出量(=河道水筒  $j$  的流入量)。

利用堰流公式計算水田水筒  $i$  流至河道水筒  $j$  之流出量。

$$\text{潛流：} \left( \frac{h_2}{h_1} \geq \frac{2}{3} \right) Q_{ij} = C_2 B h_2 \frac{H_i - H_j}{\sqrt{|H_i - H_j|}} \dots\dots(8)$$

$$\text{自由流：} \left( \frac{h_2}{h_1} < \frac{2}{3} \right) Q_{ij} = C_1 B h_1^{3/2} \frac{H_i - H_j}{|H_i - H_j|} \dots\dots(9)$$

$$\begin{aligned} h_1 &= H_H - z, H_H = \max(H_i, H_j) \\ h_2 &= H_L - z, H_L = \min(H_i, H_j) \end{aligned} \dots\dots(10)$$

其中， $B$ ：表示堰寬； $H_j$ ：相連接河道水筒  $j$  之水位； $C_1, C_2$ ：流量係數，以  $m\text{-sec}$  為單位時， $C_1 = \mu \sqrt{2g}$ 、 $C_2 = \frac{3\sqrt{3}}{2} C_1$  (其中  $\mu$ ：越流係數、 $g$ ：重力加速度)； $h$ ：超過堰高之水深； $z$ ：堰高。

旱田水筒部分與水田水筒不同的是，旱田無水田的缺口高而直接以堰流的方式流至河道水筒。其餘連續式的差分式及流到河道水筒之堰流計算均和水田水筒相同。僅以堰流公式中之堰寬及越流係數來區分水田水筒及早田水筒的不同。

### 三、試驗區概述與模式建立

#### (一) 試驗區概述

研究中蔬菜專業區試驗區是位於雲林縣西螺鎮蔬菜專業區之漢光隊耕作區內，流域之排水系統主要由西螺區小排線三及小排線三之一所組成，兩條小排線於下游 26 號河道水筒處(西

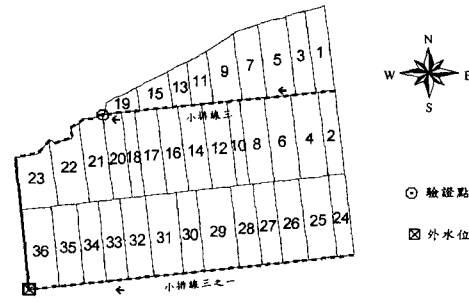


圖 3 雲林縣西螺鎮蔬菜專業區流域圖

螺大排) 匯合流出，詳如圖 3 所示。全區面積約 18 公頃，其中河道水筒編號 1 至 13，即西螺區小排線三區域全部種植蔬菜，而河道水筒編號 14 至 26，即西螺區小排線三之一區域只有田區水筒編號 28、31、33 等三塊田種植蔬菜外，其餘田區種植水稻。其流域模式圖如圖 4 所示。

#### (二) 模擬之初始值與邊界條件

模式計算時，需先假設一初始水位或流量，因此首先設定各田區水筒之水位為缺口標高(水田：田面高加上缺口高；旱田：田面高)加初期淹水深，也就是說田區水筒一開始即呈溢流狀態。接著再以自由流的方式計算出各田區水筒之流出量。其次再算出河道水筒間流量枝的流量，並以河道之流量與水位關係式反求河道水筒之水深。最後將河道水筒之水深加上所屬之高程，即可求得各河道水筒之水位。如此則各個田區及河道水筒之初始水位及流量即可以全部求出。另外由於低平地區域之流況，容易受下游外水位的影響。為了要準確模擬出該流域之逕流特性，故將外水位值視為已知，並以實測之水位值代入模式中。研究中是以西螺蔬菜專業區流域圖(圖 3)中，河道水筒編號 27 之水文站所測之之水位，作為該試驗區模式之下游邊界點之輸入資料。

#### (三) 試驗區實測水文資料

本試驗區之自記雨量計設置於西螺蔬菜專業區流域模式圖中，河道水筒編號 27 之處。截至民國 87 年 4 月為止，本試驗區測得 1 場可供

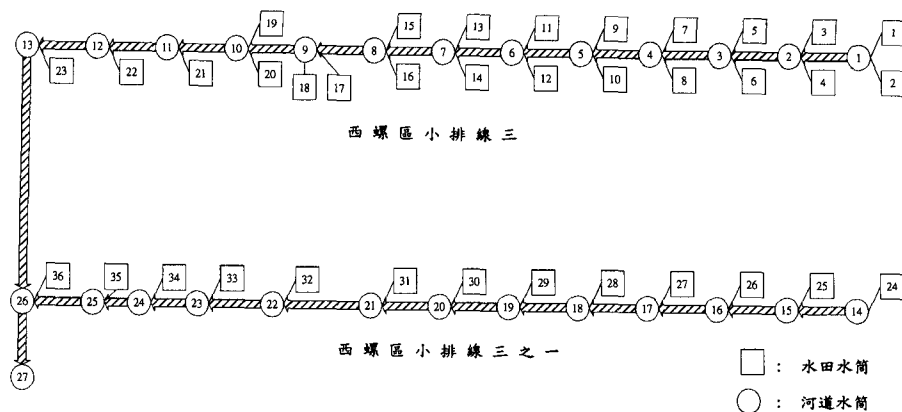


圖 4 雲林縣西螺鎮蔬菜專業區流域模式圖

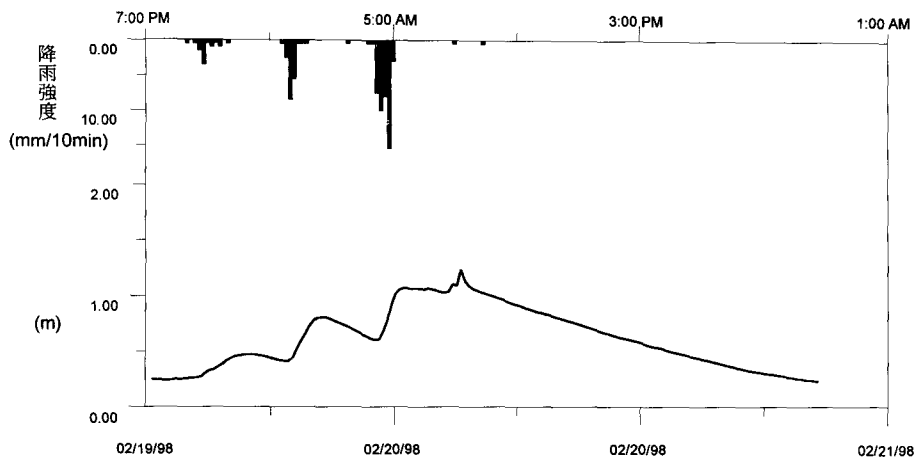


圖 5 西螺試驗區下游邊界點(河道水筒編號 27 位置)水位及降雨變化圖

表 1 土性與垂直滲透量關係表[林昭榮,1992]

土 性	滲透量 (mm/day)
砂 土	6~3
壤 土	3~2
粉質壤土	2~1

模擬使用之降雨資料，即 98/02/19 19:00—02/20 22:00 (總降雨量為 74.5mm)，每隔 10 分鐘取 1 筆資料，總計有 163 筆降雨及水位資料。其降雨歷線與外水位歷線如圖 5 所示。

此外，因本試驗區之土性為黏壤土，故以表 1 來推估田區平均入滲量。本試驗區之平均入

滲量係採用壤土之最大滲透量 3 (mm/day)，將降雨量扣除平均入滲量，即為模式之有效降雨輸入值。

#### 四、模擬結果分析與檢討

##### (一) 參數率定

平地水筒模式中之參數主要有三個，分別為計算河道水筒間流況時之曼寧係數  $n$  值，及利用堰流公式計算田區水筒流出量時，所需的越流係數  $\mu$  值及堰寬  $B$  值。其中河道水筒間之曼寧  $n$  值，可依現場實際水路狀況，利用前人所建立之曼寧  $n$  值簡易估算表求得，或者利用流速儀量測

流速，再配合水深及渠道斷面依曼寧公式計算之。本研究係採用前者方式推估求得。另外在  $B$  與  $\mu$  值方面，由於田區水筒的流出計算，是以概念性的堰流流況視之，不同於實際的寬頂堰或者是銳形堰，故在計算其流量時，無法直接利用既有的堰流公式中之越流係數  $\mu$  及堰寬  $B$  值。本研究採用之方法是，以現場調查之田區實際平均缺口寬代入模式中，進行  $\mu$  值之率定工作。本田區之實際平均缺口寬  $B=0.75(\text{m/ha})$ ，而參數率定係以西螺蔬菜專業區流域模式圖中之河道水筒編號 10 為驗證點，將現場實測之降雨資料及實際平均缺口寬度輸入模式中，進行參數率定，計算所得之水位與現場實測水位比較結果如圖 6 所示，率定得之參數  $\mu$  值約等於 2.0。

## (二) 排水系統設計基準分析

### 1. 模擬方案與條件

本研究以上述率定所得之參數，代入模式中，針對試驗區之排水系統，進行分析研究。模式中需輸入兩個邊界資料，即降雨與外水位資料。在降雨設計方面，目前台中及嘉義地區已經有利用二次多項式機率分佈法推估出之 1 日降雨之設計雨型[台灣省水利局,1995]，因為西螺地區尚未找到相關資料，再加上台中與嘉義之設計雨型型態非常相似，而西螺之地理位置介於兩者之間，因此本研究將台中與嘉義之設計雨型平均，當作西螺試驗區之設計雨型。降雨量方面，本試

驗區排水系統是以 10 年頻率 1 日最大降雨量 232.4mm 為設計標準[雲林農田水利會, 1993]，將此設計值代入設計雨型，其結果如表 2 所示，此即為本模式之降雨輸入值。

表 2 西螺試驗區設計降雨歷線

時間 (hr)	設 計 雨 型			
	台中(%)	嘉義(%)	西螺(%)	西螺降雨量(mm)
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.400	0.200	0.465
5	0.670	1.170	0.920	2.138
6	1.770	2.210	1.990	4.625
7	3.180	3.510	3.345	7.774
8	4.920	5.080	5.000	11.620
9	6.970	6.910	6.940	16.129
10	9.350	9.010	9.180	21.334
11	12.040	11.380	11.710	27.214
12	15.060	14.010	14.535	33.779
13	13.510	12.660	13.085	30.410
14	10.650	10.160	10.405	24.181
15	8.120	7.930	8.025	18.650
16	5.900	5.960	5.930	13.781
17	4.010	4.260	4.135	9.610
18	2.430	2.820	2.625	6.101
19	1.180	1.660	1.420	3.300
20	0.240	0.750	0.495	1.150
21	0.000	0.120	0.060	0.139
22	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.000	0.000	0.000

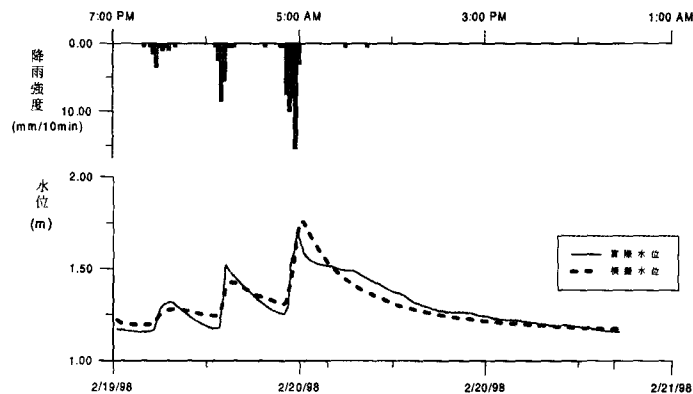


圖 6 河道水筒編號 10 位置之實測水位與模擬水位比較圖

另外在外水位方面，由於模式之外水位觀測點河道水筒編號 27 位於西螺大排幹線上，水位常受迴水影響而壅高。因無實測頻率年外水位歷線可資利用，故本研究共計假設兩種外水位歷線進行模擬。第一種方案是屬於一般狀況，即降雨事件前為連續晴天之狀況，外水位由平常觀測到之常水位 0.3m 開始，隨著降雨強度增大而上昇，當降雨強度達尖峰時，水位上升至 1.5m，此水位約等於排水渠道（渠高為 1.9m）之 0.8 倍水深，其後一直保持此種水位到模擬結束為止。本案之設計降雨歷線與水位歷線如圖 7 所示。第二種方案是屬於對田區較危險之狀況，即有前置降雨事件發生的狀況，此方案假設模擬一開始，外水位即受到迴水影響，壅高達 1.5m，且持續保持此種水位到模擬結束為止。本案之設計降雨歷線與外水位歷線如圖 8 所示。

## 2. 模擬結果

### (1) 第一種方案（設計雨型、外水位由 0.3m 漸變至 1.5m）

將降雨及外水位資料輸入模式中進行模擬，其部分結果如圖 9~圖 10 所示。由圖 9 中之各河道水筒水深歷線趨勢可知，西螺試區小排線三區域內河道水筒編號 1 至 4 之水深皆未超出渠道邊牆高(編號 5 至 12 之結果與編號 1 至 4 相似)，其中較靠近下游之第 12 號河道水筒水深最高達到 0.70m，距離渠道邊牆頂高 0.9m 尚有 0.20m 左右，因此本區域(全部種植蔬菜)不會發生淹水。另外，由圖 10 之水深歷線可知，西螺試區小排線三之一最上游之第 14 號河道水筒水深於模擬開始後約 8.3 小時開始超出渠道邊牆頂高(0.8m)，之後水位持續上昇，在 14 小時時達到最高點，水深約 1.25m，此後水位略微下降到 1.12m 並保持此種水位直到模擬結束。總計水位超高延時約(24 小時-8.3 小時)=15.7 小時，最大超出水深約 0.45m(編號 18 至 25 之結果與編號 14 至 17 相似)。由前述結果可知，大部份河道水筒水位在第 2 至第 12 小時之間，會隨著降雨強度增強及外水位不斷上昇的影響而急遽上昇，並且在第 14 小時左右水位壅高即已達到最高點。

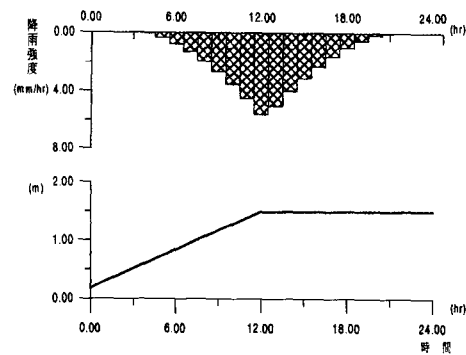


圖 7 西螺試驗區設計雨型與外水位  
(水位由 0.3m 漸變至 1.5m)

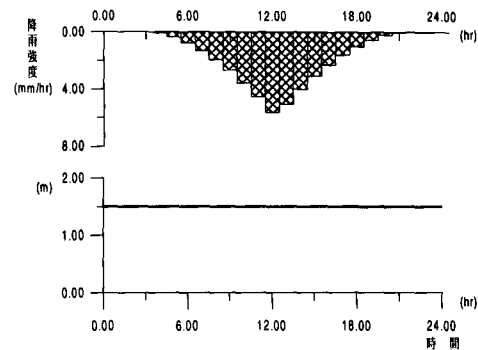


圖 8 西螺試驗區設計雨型與外水位  
(水位固定為 1.5m)

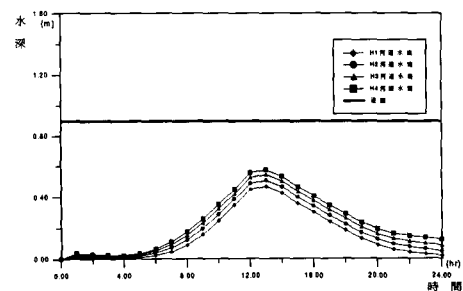


圖 9 外水位由 0.3m 漸變至 1.5m 模擬結果  
(河道水筒 1~4 之水深歷線)

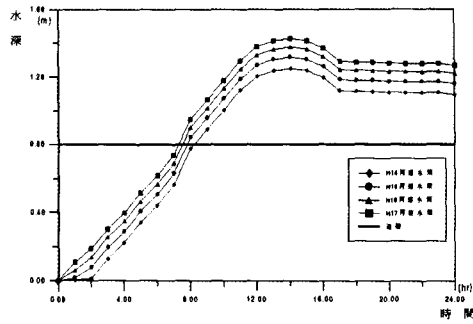


圖 10 外水位由 0.3m 漸變至 1.5m 模擬結果  
(河道水筒 14~17 之水深歷線)

(2) 第二種方案 (設計雨型、外水位固定為 1.5m)

將降雨及外水位資料輸入模式中進行模擬，其部分結果如圖 11~圖 12 所示。由各河道水筒水深歷線趨勢可知，西螺試區小排線三區域內河道水筒編號 1 至 12 之水深皆未超出渠道邊牆高，其中較靠近下游之第 12 號河道水筒水深最高達到 0.70m，距離渠道邊牆頂高 0.9m 尚有 0.20m 左右，因此本區域(全部種植蔬菜)不會發生淹水。另外由圖 14 之水深歷線可知，西螺試區小排線三之一最上游之第 14 號河道水筒水位於模擬開始後約 6 小時開始超出渠道邊牆頂高 (0.8m)，在第 6 至 7 小時之間水位急遽上昇，在第 7 小時時水深約達 1.10m，之後水位慢慢上昇，約在 14 小時時達到最高點，水深約 1.25m，此後水位開始略微下降到 1.12m 並保持此種水位直到模擬結束。總計水位超高延時約(24 小時-6 小時)=18 小時，最大超出水深約 0.45m(編號 18 至 25 之結果與編號 14 至 17 相似)。由前述結果可知，由於降雨強度增強與居高不下的外水位影響，大部份河道水筒水位在第 1 至第 7 小時之間會急遽上昇，而且在第 7 小時左右水位壅高即已達到相當深之程度。

(三) 討論

1. 參數率定

由圖 6 之現場實測水位歷線與模擬水位歷線比較圖中，可知其趨勢大致吻合，惟模擬之水

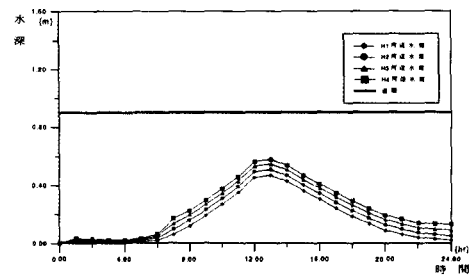


圖 11 外水位固定 1.5m 模擬結果  
(河道水筒 1~4 之水深歷線)

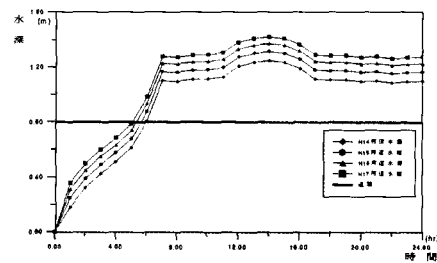


圖 12 外水位固定 1.5m 模擬結果  
(河道水筒 14~17 之水深歷線)

位歷線，在剛開始的時候比實測值略高，之後又下降至比實測值略低。究其原因，可能是模式在開始進行模擬時，田區之初始狀態是假設為滿水，故模擬之水位會比實測水位高；另外一個原因可能是田區之入滲量是以平均入滲量從降雨量中扣除，在剛下雨時，土壤之入滲率較高，而模式中之入滲量相對的扣除較少，因此造成模擬水位較實測值高，之後隨著土壤入滲率趨近於最終入滲率，模擬水位漸漸接近於實測值。另外從圖 6 中可明顯看出現場水位歷線變化非常急遽，究其原因可能是試驗區面積較小及排水渠道斷面較小，排水反應較快所致。整體而言，模擬之水位趨勢還算良好。當然若要達到客觀實用，僅由一場降雨資料來率定模式參數是不夠的，今後將繼續收集現場水文觀測資料加以率定分析，以增加參數之可信度。

2. 排水系統設計標準診斷

由前述兩種假設方案之模擬結果可清楚看出，不管外水位從 0.3m 開始上昇至 1.5m，或者



一開始即壅高 1.5m，在西螺小排線三區域之河道水筒編號 1 至 12 之水位皆未超過渠道邊牆高，亦即田區不會淹水。兩種方案結果之差別，只在於第二方案（外水位固定為 1.5m）中，在 6 至 12 小時之間，第 9 至第 12 號河道水筒之水位歷線變化比第一方案較大而已。另外在西螺小排線三之一區域之河道水筒編號 14 至 25 之水位，於尖峰降雨到達之前，皆已超過渠道邊牆高。第一方案（外水位由 0.3m 漸變至 1.5m）中之水位歷線於第 2 小時開始急遽上昇，約於第 6 至 9 小時之間，水位開始超出渠道邊牆高，約於 14 小時達到最高水位；而在第二方案中，水位歷線約於第 1 小時即開始急遽上昇，約於第 4 至 6 小時之間開始超出渠道邊牆高，約在第 14 小時左右，水位達到最高。由上述模擬之結果可知，西螺小排線三區域在 10 年頻率最大降雨量、兩種假設外水位之條件下，田區皆不會淹水。而在相同假設條件下，西螺小排線三之一區域之田區皆會淹水，淹水延時約達 18 至 21 小時。檢討其淹水原因可歸納如下：(1)西螺小排線三區域位處上游，地勢較高，而且菜農有進行客土填高田區，故較不會淹水。而西螺小排線三之一區域，位處較下游，地勢較低，且區內除 3 塊田區種植蔬菜有填高田區外，其餘皆種植水稻未填高田區，故在大雨時發生淹水，是可以理解的。(2)西螺小排線三區域之排水渠道寬度較寬為 1.3m，而西螺小排線三之一之排水渠道寬度僅 0.9m，相較之下可知，小排線三之一區域之輸水容量比小排線三區域小甚多，故小排線三之一區域較容易淹水，是合理的。

綜合上述對排水系統之診斷分析結果可知，本試驗區之排水設計依經驗採用 10 年頻率 1 日降雨量 6 小時排除之標準，並以合理化公式計算排水量方法設計排水系統之渠道斷面，在蔬菜種植區可達到排洪的設計要求，惟在水田種植區會有淹水情形出現。因本試驗區的淹水狀況受西螺大排水位高的影響甚大，故在考慮水稻對淹水高度及淹水延時之忍受能力下，實應配合下游排水河川(西螺大排)進行整體的修繕才能徹底解決本試驗區的排水問題。

## 五、結論

由上述之數值模擬結果，本研究得到以下幾點結論：

- (1)以現有之實測水文資料，率定出本試驗區之平地水筒模式參數，堰寬  $B=0.75$  (m/ha)、堰之越流係數  $\mu = 2.0$ 。
- (2)在 10 年頻率 1 日最大降雨強度、外水位由 0.3m 漸增至 1.5m 假設條件下，西螺小排線三蔬菜種植區之排水系統符合設計要求，西螺小排線三之一水稻種植區有淹水情形，靠近下游第 25 號河道水筒淹水延時約達 18 小時，最高淹水深度約 0.8m，需視水稻耐淹程度，考慮改善。
- (3)在 10 年頻率 1 日最大降雨強度、外水位固定為 1.5m 假設條件下，西螺小排線三蔬菜種植區之排水系統符合設計要求，西螺小排線三之一水稻種植區有淹水情形，靠近下游第 25 號河道水筒淹水延時約達 21 小時，最高淹水深度約 0.8m，需視水稻耐淹程度，考慮改善。
- (4)平地水筒模式對於排水系統之設計或現有排水系統之診斷上，是一種頗值得推廣使用之工具，建議今後在進行農地排水規劃設計時，可考慮以合理化公式計算排水系統斷面，再以平地水筒模式進行校驗；或者先利用平地水筒模式試算，由模式計算所得之水深再加上適當安全出水高度，即可得到排水渠道之設計斷面。再配合以合理化公式計算之結果校驗，以確保排水系統工程設計，能達到安全且經濟之目標。

## 六、謝誌

本研究承行政院農業委員會之經費補助（計畫編號：87 科技-1.7-林-01（4））暨王技正桑村先生之熱心支持，方得順利完成，另外研究期間承蒙宜蘭農田水利會及雲林農田水利會人員多方之協助，在此一併致謝。研究期間復蒙成功大學 蔡教授長泰、游教授保杉、中央大學 吳教授瑞賢等學者之不吝指正，並提出諸多寶貴經

驗及意見，使得本研究工作得以更臻完善，在此謹致謝忱。

### 七、參考文獻

1. 台灣省水利局,「水稻田對調蓄洪水功能評估分級(一)」,民國84年1月。
2. 林昭榮,「水田土壤滲透性的改良問題」,農田水利第三十八卷第九期,第29頁~32頁,民國81年。
3. 陳榮松,「河川及排水系統洪水模擬水理分析之研究」,行政院農委會84科技-2.12-林-13(5),農業綜合調整方案試驗研究報告,台北市,民國84年6月。
4. 雲林農田水利會,「雲林縣西螺鎮蔬菜專業區排水系統改善規畫報告」,民國82年4月。
5. HAYASE Y., KADOYA M.,「Diffusive Tank Model for Flood Analysis and its Fundamental Characteristics — Runoff analysis by the diffusive tank model in low-lying drainage basin ( I ) —」,Trans. JSIDRE, no.165, pp.75-84, (1993)
6. HAYASE Y., KADOYA M.,「Study on the Applicability of the Diffusive Tank Model — Runoff analysis by the diffusive tank model in low-lying drainage basin ( II ) —」,Trans. JSIDRE, no.165, pp.85-91, (1993)
7. HAYASE Y.,「Flood Runoff Analysis by the Diffusive Tank Model in Wide Low Land Areas with Complicated Drainage Channel Networks — Runoff analysis by the diffusive tank model in low-lying drainage basin (III) —」,Trans. JSIDRE, no.165, pp.93-99, (1993)

收稿日期：民國87年9月1日

修正日期：民國87年9月24日

接受日期：民國87年10月7日