

# 雨型與入滲對運動波漫地流之影響分析研究

研究生：盧綉真

指導教授：楊錦釗

蔡東霖

國立交通大學土木工程學系

## 摘要

本研究利用一維運動波理論及 Green-Ampt 入滲理論，探討雨型與入滲對漫地流之影響。研究中，考慮入滲作用下，首先分析降雨時間分佈分別為均勻型、後退型、前進型及中央型對漫地流之影響，再進一步將四種雨型應用於降雨空間分佈，分析移動暴雨產生之時空變化降雨對漫地流之影響。結果顯示，雨型與入滲影響運動波漫地流甚鉅。不同雨型所產生之最大流量，以後退型為最大，中央型次之，均勻型最小。最大流量之發生時間，則以前進型最早，後退型最晚。此外，入滲作用不但會減少最大流量，亦可能改變逕流歷線型態。

**關鍵詞：**運動波漫地流、Green-Ampt 入滲理論、雨型

# The influences of rainfall patterns and infiltration on kinematic wave overland flow

Student :Hsiu-Chen Lu

Advisors : Jinn-Chuang Yang  
Tung-Lin Tsai

Institute of Civil Engineering  
National Chiao Tung University

## ABSTRACT

In this study, based on one-dimensional kinematic wave overland flow theory and Green-Ampt infiltration theory, the effects of rainfall patterns and infiltration on overland flow are examined. First, four hypothetical rainfall patterns, including uniform, delayed, advanced, and intermediate rainfall patterns, in temporal distribution are used to conduct this examination. The moving storm with different rainfall patterns in spatial distribution is then applied to further investigations. The results show that the overland flow is significantly related to the rainfall patterns and infiltration. The delayed rainfall pattern produces larger peak discharge with the latest occurrence than the other three ones. The peak discharge of the uniform rainfall pattern is largely underestimated as compared with the other three rainfall patterns. For the advanced rainfall pattern, the time to peak discharge is shorter than those of the others. In addition, the infiltration could not only decrease the discharge but also affect the runoff pattern of overland flow.

***Keywords: kinematic wave overland flow ; Green-Ampt infiltration theory ; rainfall patterns***

## 誌謝

承蒙恩師楊錦釗教授與蔡東霖博士對學生悉心指導，使本論文得以完成，在此致上由衷的感謝，並且感謝口試委員許銘熙教授與曾明性教授悉心給予指正與建議，使本論文更臻完善，特此致謝，此外，亦感謝系上葉克家教授、張良正教授在課堂上的啟發與教誨，使學生受益匪淺。

感謝在就學期間研究室學長姊學業上之指導與生活上之照顧，同窗好友秋蓉、秀容、文鴻、俊傑、定宇、士偉等在課業上互相切磋與討論，還有學弟妹們給予的鼓勵與協助，以及所有關心我的朋友，僅以這份成果與大家分享，在此由衷地感激並祝福你們。

最後，僅將本文獻給我親愛的家人，感謝你們一路上的支持與鼓勵，讓我擁有堅定的信念完成碩士學位，感激之情永銘於心。

# 目錄

摘要 .....	i
Abstract .....	ii
誌謝 .....	iii
目錄 .....	iv
表目錄 .....	vi
圖目錄 .....	vii
符號說明 .....	x
第一章 緒論 .....	1
1.1 研究動機與目的 .....	1
1.2 文獻回顧 .....	1
1.3 研究方法與步驟 .....	3
1.4 章節介紹 .....	4
第二章 理論基礎 .....	5
2.1 運動波控制方程式 .....	5
2.2 Green-Ampt 入滲計算 .....	6
第三章 數值計算程式之建立與驗證 .....	11
3.1 程式之建立 .....	11
3.1.1 運動波程式之建立 .....	11
3.1.2 Green-Ampt 入滲程式之建立 .....	12
3.1.3 計算流程 .....	14
3.2 程式之驗證 .....	14
3.2.1 運動波之驗證 .....	14
3.2.2 入滲之驗證 .....	15
第四章 雨型與入滲對漫地流之影響 .....	16
4.1 時變降雨 .....	16
4.2 時空變化降雨(移動暴雨) .....	18
4.2.1 總降雨量不同情況 .....	19

4.2.2 總降雨量相同情況 .....	20
第五章 結論與建議 .....	23
5.1 結論 .....	23
5.2 建議 .....	25
參考文獻.....	26



## 表目錄

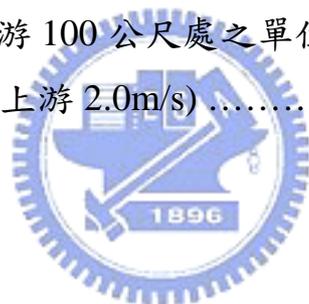
表 2.1 Green-Ampt 入滲參數 .....	30
表 3.1 曼寧粗糙係數 .....	31
表 3.2 降雨強度表 .....	32
表 4.1 下游 100 公尺處之最大單位寬度流量及發生時間 .....	33
表 4.2 下游 400 公尺處之最大單位寬度流量及發生時間 .....	34
表 4.3 時變降雨之累積入滲深度表 .....	35
表 4.4 最大單位寬度流量及發生時間 (總降雨量不同且暴雨往下游移動) .....	36
表 4.5 最大單位寬度流量及發生時間 (總降雨量不同且暴雨往上游移動) .....	37
表 4.6 最大單位寬度流量及發生時間 (總降雨量相同且暴雨往下游移動) .....	38
表 4.7 最大單位寬度流量及發生時間 (總降雨量相同且暴雨往上游移動) .....	39

## 圖目錄

圖 1.1 雨型分佈圖 .....	40
圖 1.2 研究步驟流程圖 .....	41
圖 2.1 Green-Ampt 入滲理論示意圖 .....	42
圖 2.2 降雨入滲關係圖 .....	42
圖 2.3 降雨變化示意圖 .....	43
圖 2.4 積水情況示意圖 .....	44
圖 3.1 Preissmann Scheme 示意圖 .....	45
圖 3.2 起始條件及邊界條件示意圖 .....	45
圖 3.3 Green-Ampt 入滲計算流程圖 .....	46
圖 3.4 程式計算流程圖 .....	47
圖 3.5 下游 500m 處之水深歷線圖(降雨延時為 1500s) .....	48
圖 3.6 下游 500m 處之水深歷線圖(降雨延時為 300s) .....	48
圖 3.7 下游 500m 處之單位流量歷線圖(降雨延時為 1500s) .....	49
圖 3.8 下游 500m 處之單位流量歷線圖(降雨延時為 300s) .....	49
圖 3.9 降雨、入滲及超滲降雨模擬結果 .....	50
圖 4.1 坡地下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (降雨延時為 0.5 小時) .....	51
圖 4.2 坡地下游 400 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (降雨延時為 0.5 小時) .....	52
圖 4.3 坡地下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (降雨延時為 1.0 小時) .....	53
圖 4.4 坡地下游 400 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (降雨延時為 1.0 小時) .....	54
圖 4.5 坡地下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (降雨延時為 1.5 小時) .....	55
圖 4.6 坡地下游 400 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (降雨延時為 1.5 小時) .....	56

圖 4.7 降雨延時 0.5h 之累積入滲深度圖 .....	57
圖 4.8 降雨延時 1.0h 之累積入滲深度圖 .....	58
圖 4.9 降雨延時 2.0h 之累積入滲深度圖 .....	59
圖 4.10 降雨延時 0.5h 之降雨強度與入滲能力圖 .....	60
圖 4.11 降雨延時 0.5h 之降雨強度與入滲能力圖 .....	61
圖 4.12 降雨延時 1.0h 之降雨強度與入滲能力圖 .....	62
圖 4.13 降雨延時 1.0h 之降雨強度與入滲能力圖 .....	63
圖 4.14 降雨延時 2.0h 之降雨強度與入滲能力圖 .....	64
圖 4.15 降雨延時 2.0h 之降雨強度與入滲能力圖 .....	65
圖 4.16 移動暴雨之雨型示意圖 .....	66
圖 4.17 不同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往下游 0.5m/s) .....	67
圖 4.18 不同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往上游 0.5m/s) .....	68
圖 4.19 不同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往下游 1.0m/s) .....	69
圖 4.20 不同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往上游 1.0m/s) .....	70
圖 4.21 不同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往下游 1.5m/s) .....	71
圖 4.22 不同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往上游 1.5m/s) .....	72
圖 4.23 不同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往下游 2.0m/s) .....	73
圖 4.24 不同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往上游 2.0m/s) .....	74
圖 4.25 相同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往下游 0.3m/s) .....	75

圖 4.26 相同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往上游 0.3m/s) .....	76
圖 4.27 相同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往下游 0.5m/s) .....	77
圖 4.28 相同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往上游 0.5m/s) .....	78
圖 4.29 相同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往下游 1.0m/s) .....	79
圖 4.30 相同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往上游 1.0m/s) .....	80
圖 4.31 相同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往下游 2.0m/s) .....	81
圖 4.32 相同總降雨量下游 100 公尺處之單位寬度流量歷線圖 (暴雨移動速度往上游 2.0m/s) .....	82



## 符號說明

$D$  : 降雨延時(rainfall duration)

$f$  : 入滲率(infiltration rate)

$f^*$  : 入滲能力(infiltration capacity)

$F$  : 累積入滲深度(cumulative infiltration depth)

$h$  : 水深(water depth)

$h_0$  : 積水深

$h_2$  : 濕鋒處之水頭

$i$  : 降雨強度(rainfall intensity)

$i_e$  : 超滲降雨量(rate of excess rainfall)

$K$  : 水力傳導係數(hydraulic conductivity)

$L$  : 坡面長度

$L_d$  : 地表下深度

$L_s$  : 暴雨長度

$m$ 、 $\alpha$  : 運動波漫地流之係數

$n$  : 曼寧摩擦係數(Manning's roughness coefficient)

$S_0$  : 地表坡度(slope)

$S_f$  : 摩擦坡度(friction slope)



$t_p$  : 積水時間(ponding time)

$q$  : 單位寬度流量(discharge per unit width)

$V_s$  : 暴雨移動速度

$\theta_i$  : 土壤入滲前的含水量

$\eta$  : 土壤孔隙率(effective porosity)

$\psi$  : 濕鋒處之吸力水頭(suction head)

$A$ 、 $B$  : Green-Ampt 入滲代數通式中的係數

$a$ 、 $b$  : 空間及時間加權因子

$I$ 、 $N$  : 網格空間及時間座標

$M$  : 疊代次數

$MT$  : 演算累積入滲量的總時間

$NM$  : 一場降雨事件被等分割成的個數

$NX$ 、 $NT$  : 為網格空間及時間座標終點

$z$  : 表示向上為正之垂直方向座標

