# การประเมินความเสี่ยงของดินถล่มโดยใช้ตัวแปรความชื้นของดิน

นายพงษ์ศักดิ์ มาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# EVALUATION OF LANDSLIDE RISK USING SOIL MOISTURE PARAMETER

Mr.Pongsak Malai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

501368

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การประเมินความเสี่ยงของดินถล่มโดยใช้ตัวแปรความชื้นของดิน |
| โดย | นายพงษ์ศักดิ์ มาลัย |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมโยธา |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวี ธนะเจริญกิจ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สยาม ยิ้มศิริ)

พงษ์ศักดิ์ มาลัย : การประเมินความเสี่ยงของดินถล่มโดยใช้ตัวแปรความชื้นของดิน (EVALUATION OF LANDSLIDE RISK USING SOIL MOISTURE PARAMETER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 129 หน้า.

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเกณฑ์การเตือนภัยดินถล่มในเชิงประสบการณ์ โดยอาศัยพื้นฐานของความสามารถในการอุ้มน้ำของชั้นดินชั้นบน โดยใช้ดินที่รวบรวมจาก บ้านน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเคยเกิดเหตุการณ์ดินถล่มขนาดใหญ่เมื่อเร็ว ๆ นี้การทดสอบในห้องปฏิบัติการมีการควบคุมองค์ประกอบของการสูญเสียปริมาณน้ำภายใต้สภาวะของการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ซึ่งค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น (k) นำมาจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความชื้นในดินอันเนื่องมาจากฝนตก (API) ของพื้นที่

จากศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่ทดสอบในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิและช่วงระยะเวลาของการเติมน้ำพบว่าอัตราการลดลงของค่าปริมาณความชื้นมีค่าเปลี่ยนแปลงตามระดับอุณหภูมิ กล่าวคือที่ระดับอุณหภูมิสูง ๆ มีผลทำให้เกิดการสูญเสียของปริมาณน้ำและค่า k มีค่าสูงขึ้น ซึ่งผลที่ตามมาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นจะถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมค่า API ให้เปลี่ยนแปลงตามสภาพของช่วงฤดูกาลคือ k เท่ากับ 0.70 ในช่วงฤดูร้อนและ 0.90 ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว

จากการนำเสนอเกณฑ์เชิงประสบการณ์ด้านพื้นฐานของการเพิ่มขึ้นจากการเก็บสะสมของค่า API ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการสะสมของค่า API ส่วนมากเกิดขึ้นในช่วงวันที่ 240 ถึง 270 วัน ค่าความลาดชันจากการสะสมของค่า API ได้มาจากเส้นความลาดชันของค่า API สูงสุดของปี (ซึ่งปกติเกิดขึ้นที่ 250 วันหรือวันต่อ ๆ มา) โดยค่าความลาดชันดังกล่าวจากการสะสมของค่า API ที่ 240 ถึง 270 วัน สามารถใช้เป็นเครื่องชี้บอกได้สำหรับการทำนายค่า API ที่จุดสูงสุดของปี

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต พงษ์ศักดิ์ มาลัย

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2550

## 4970449621: MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: WATER CONTENT / RECESSION CONSTANT / ANTECEDENT PRECIPITATION INDEX

PONGSAK MALAI : EVALUATION OF LANDSLIDE RISK USING SOIL MOISTURE PARAMETER. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SUPOT TEACHAVORASINSKUN, Ph.D., 129 pp.

This research aims to propose an empirical criteria to warn landslide susceptibility based on the water carrying capacity of top soil. The used soil had been collected from Namkor, Lumsak, Phetchabun where large scale landslide occurred a few years ago. A series of laboratory tests had been conducted to obtain its water losing potential under various circumstances. The water recession constant (k) obtained from laboratory tests was then applied in calculation of the Antecedent Precipitation Index (API) of the area.

The parameters being studied in the laboratory tests were temperature and water recharging period. It was found that temperature moderately affected the value of water recession constant. Namely high temperature caused large amount of losing water and higher value of k. As a consequence, the water recession constant adopted in compulsion of API varies according to the season; i-e k=0.7 in summer and 0.9 in rainy and winter.

An empirical criteria based on the increment of accumulate API was proposed. It was found that the stiffest ingredient of accumulated API occurs mostly during 240-270 days. The slope of the accumulated API formed a liner correlation to the yearly peak API (which usually occurs at 250 days or later). The refer slope of the accumulated API at 240-270 days can be a good indicator for prediction peak API of the year.

Department Civil Engineering Student's signature Pongsak M.

Field of study Civil Engineering Advisor's signature Supot T.

Academic year 2007

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ต้องขอแสดงความขอบคุณ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำชี้แนะวิธีการทดสอบและทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตลอดจนได้ปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาสละเวลาและให้คำแนะนำรวมทั้งให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

นายรณนภา พจนา นายธนกร ชมภูรัตน์ สำหรับคำชี้แนะแนวทางพร้อมอุปกรณ์ในการทำงานและข้อมูลต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยอีกมากมาย

คุณยุทธกาล คุณกฤษฎา คุณอ้อด เจ้าหน้าที่และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน

บิดา-มารดา และครอบครัว สำหรับแรงกาย แรงใจ และทุนทรัพย์ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

รวมทั้งผู้ที่มีอุปการะคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย..... 3

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 แนวคิดและทฤษฎี..... 4

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของบ้านน้ำก้อ..... 4

2.1.2 สภาพภูมิประเทศ..... 6

2.1.3 สภาพภูมิอากาศ..... 6

2.1.4 สภาพธรณีวิทยาทั่วไป..... 7

2.1.5 สภาพดินทั่วไป..... 10

2.1.6 แหล่งน้ำธรรมชาติ..... 13

2.1.7 สาเหตุที่เกิดแผ่นดินถล่ม..... 15

2.1.8 ลักษณะของแผ่นดินถล่มโดยทั่วไป..... 19

2.1.9 ลักษณะของแผ่นดินถล่มในภาคเหนือ..... 20

2.2 ข้อมูลและวิธีการในการวิเคราะห์ค่าความชื้นของดินอันเนื่องมาจากฝน (API)..... 20

2.2.1 ข้อมูลที่นำมาใช้..... 21

2.2.2 วิธีการวิเคราะห์และพิจารณาเกณฑ์ต่าง ๆ..... 22

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 25

บทที่ หน้า

3. วิธีดำเนินการวิจัย..... 29
3.1 ขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติของดินที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ..... 29
3.1.1 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินตัวอย่าง..... 29
3.1.2 การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น ของดินภายหลังการเติมน้ำ..... 32
3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยในภาคสนาม..... 34
3.2.1 สถานที่เก็บตัวอย่างทดสอบ..... 34
3.2.2 วิธีการหาค่าดัชนีความชื้นของดินอันเนื่องมาจากฝน (API)..... 34
3.3 แผนผังขั้นตอนการศึกษาวิจัย..... 40
4. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล..... 41
4.1 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ..... 41
4.1.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมเบื้องต้น..... 41
4.1.2 ผลการทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง (Direct shear test)..... 44
4.1.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดิน ภายหลังการเติมน้ำ..... 46
4.2 ผลการศึกษาการเมินค่าความเสี่ยงภัยดินถล่มโดยใช้ ค่าดัชนีความชื้นอันเนื่องมาจากฝน (API)..... 69
4.2.1 การสอบเทียบแบบจำลอง..... 70
4.2.2 การตรวจพิสูจน์แบบจำลอง..... 72
4.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความชื้นในดินอันเนื่องมาจากฝน กับค่าความลาดชันของกราฟ..... 89
4.2.4 ระบบเตือนภัยดินถล่มที่แนะนำสำหรับอำเภอหล่มสัก..... 93
5. สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ..... 95
5.1 สรุปตัวอย่างทดสอบ..... 95
5.2 สรุปผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นในชั้นดิน (k)..... 95
5.3 สรุปผลการทดสอบหาค่าดัชนีความชื้นของดินอันเนื่องมาจากฝน (API)..... 97
5.4 ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติม..... 98
รายการอ้างอิง..... 99
ภาคผนวก..... 101

บทที่ หน้า

ภาคผนวก ก..... 102
ภาคผนวก ข..... 114
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 129

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | กระบวนการต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดแผ่นดินถล่ม..... | 16 |
| 3.1 | การทดสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลา..... | 33 |
| 4.1 | ตารางแสดงค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมเบื้องต้นของตัวอย่างทดสอบ..... | 41 |
| 4.2 | แสดงค่าผลการทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง (Direct shear test) ที่สภาพความชื้นต่าง ๆ ในห้องทดสอบ..... | 44 |
| 4.3 | แสดงการทดสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลา ภายหลังการเติมน้ำที่ช่วงระยะเวลาการเติมน้ำต่าง ๆ..... | 47 |
| 4.4 | แสดงผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นในชั้นดิน ที่ทุก ๆ ช่วงระยะเวลา 15 วัน..... | 65 |
| 4.5 | แสดงผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นในชั้นดิน ที่ทุก ๆ ช่วงระยะเวลา 30 วัน..... | 66 |
| 4.6 | แสดงผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นในชั้นดิน ที่ทุก ๆ ช่วงระยะเวลา 60 วัน..... | 67 |
| 4.7 | แสดงผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นในชั้นดิน ที่ระยะเวลาทดสอบ 180 วัน..... | 68 |
| 4.8 | แสดงค่าอัตราส่วนลดของพื้นที่รับน้ำฝนที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ..... | 72 |
| 4.9 | แสดงค่าปริมาณ API สูงสุดของปีกับค่าความลาดชันของ กราฟปริมาณ API สะสม..... | 90 |
| 4.10 | แสดงเกณฑ์เตือนภัยที่ระดับค่า API ต่าง ๆ..... | 93 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | แสดงแผนที่ภูมิประเทศบริเวณลุ่มน้ำน้ำก้อ | 4 |
| 2-2 | แสดงแผนที่จังหวัดเพชรบูรณ์ | 5 |
| 2-3 | แสดงแนวร่องความกดอากาศและทางเดินพายุที่ผ่านประเทศไทย | 7 |
| 2-4 | แสดงแผนที่หน่วยหิน จ. เพชรบูรณ์ | 9 |
| 2-5 | แสดงลักษณะดินบริเวณน้ำก้อ | 12 |
| 2-6 | แสดงพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มในประเทศไทย | 14 |
| 2-7 | พื้นฐานการสร้างแบบจำลองค่าดัชนีความชื้นในดิน (API) | 23 |
| 2-8 | แบบจำลองค่าดัชนีความชื้นในดิน API ในขณะที่ไม่มีฝนตก | 24 |
| 2-9 | แบบจำลองค่าดัชนีความชื้นในดิน API ในขณะที่มีฝนตก | 24 |
| 2-10 | การประยุกต์ใช้อัตราส่วนลดของน้ำท่าแทนค่า k ในแบบจำลอง API | 26 |
| 3-1 | แสดงการติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินภายหลังการเติมน้ำ | 33 |
| 3-2 | แสดงการติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์เครื่องวัดน้ำฝนธรรมดา (Standard Rain Gage) | 35 |
| 3-3 | แสดงการติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์เครื่องวัดน้ำฝนแบบลูกลอยหรือแบบไซฟ่อน (Float Type Rain Gage) | 35 |
| 3-4 | แสดงการติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์เครื่องวัดน้ำฝนแบบถ้วยกระดก (Tipping Bucket) | 36 |
| 3-5 | แสดงการหาค่า Soil Water Content | 37 |
| 3-6 | แสดงการหาค่า Normalized Soil Water Content เพื่อหาค่า k | 38 |
| 3-7 | ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ | 40 |
| 4-1 | แสดงผลการทดสอบการหาขนาดคละของเม็ดดิน | 42 |
| 4-2 | แผนภูมิดรรชนีความเหนียว | 43 |
| 4-3 | แสดงผลของเส้นโค้งการบดอัดดิน | 44 |
| 4-4 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า c และ ø กับค่าความอิ่มตัวด้วยน้ำ | 45 |
| 4-5 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress กับ Normal stress | 45 |
| 4-6 | การเปรียบเทียบการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นในชั้นดินตัวอย่างที่ 1 และ 6 | 48 |

ภาพที่ หน้า

4-7 การ Normalized ผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 1 และ 6..... 49
4-8 การเปรียบเทียบการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 2 และ 7..... 50
4-9 การ Normalized ผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 2 และ 7..... 51
4-10 การเปรียบเทียบการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 3 และ 8..... 52
4-11 การ Normalized ผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 3 และ 8..... 53
4-12 การเปรียบเทียบการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 4 และ 9..... 54
4-13 การ Normalized ผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 4 และ 9..... 55
4-14 การเปรียบเทียบการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 5 และ 10..... 56
4-15 การ Normalized ผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 5 และ 10..... 57
4-16 การเปรียบเทียบการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 11 และ 12..... 59
4-17 การ Normalized ผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 11 และ 12..... 60
4-18 การเปรียบเทียบการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 13 และ 14..... 62
4-19 การ Normalized ผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้น ในชั้นดินตัวอย่างที่ 13 และ 14..... 63
4-20 แสดงแผนที่แบ่งพื้นที่รับน้ำฝนของสถานีตรวจวัดน้ำฝนต่าง ๆ เพื่อให้ ครอบคลุมจุดเกิดแผ่นดินถล่ม..... 71

ภาพที่ หน้า

4-21 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2538..... 74
4-22 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2539..... 74
4-23 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2542..... 75
4-24 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2543..... 75
4-25 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2545..... 76
4-26 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2546..... 76
4-27 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2549..... 77
4-28 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน สทอ.หล่มสัก
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 254..... 79
4-29 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน สทอ.หล่มสัก
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2549..... 79
4-30 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านน้ำก้อ
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2539..... 81
4-31 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านน้ำก้อ
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2544..... 81
4-32 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านน้ำก้อ
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2545..... 82
4-33 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านน้ำก้อ
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2546..... 82
4-34 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านน้ำก้อ
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2549..... 83

ภาพที่ หน้า

4-35 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2546..... 85
4-36 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2543..... 85
4-37 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2544..... 86
4-38 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2545..... 86
4-39 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2546..... 87
4-40 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2547..... 87
4-41 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2549..... 88
4-42 แสดงผลการหาค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง
จากแบบจำลองของค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2550..... 88
4-43 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า API ที่จุดสูงสุดของปีกับค่าความลาดชัน..... 92
4-44 แสดงผังการเตือนภัยดินถล่มที่เสนอแนะสำหรับอำเภอหล่มสัก..... 94
ก-1 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝนชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2538..... 103
ก-2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2539..... 103
ก-3 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2542..... 104
ก-4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2543..... 104
ก-5 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10
จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2545..... 105

ภาพที่ หน้า

ก-6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10 จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2546..... 105
ก-7 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10 จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2549..... 106
ก-8 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน สทอ.หล่มสัก จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2544..... 106
ก-9 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน สทอ.หล่มสัก จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2549..... 107
ก-10 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านน้ำก้อ จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2539..... 107
ก-11 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านน้ำก้อ จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2544..... 108
ก-12 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านน้ำก้อ จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2545..... 108
ก-13 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านน้ำก้อ จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2546..... 109
ก-14 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านน้ำก้อ จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2549..... 109
ก-15 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2542..... 110
ก-16 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2543..... 110
ก-17 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2544..... 111
ก-18 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2545..... 111
ก-19 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2546..... 112

ภาพที่ หน้า

ก-20 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2547..... 112
ก-21 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2549..... 113
ก-22 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า API ของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ร.ร.บ้านดงขวาง จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยากับค่าที่คำนวณได้ ปี พ.ศ. 2550..... 113
ข-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า API สะสมกับระยะเวลาในรอบปีของ สถานีตรวจวัดน้ำฝน ชลประทานที่ 10..... 115
ข-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า API สะสมกับระยะเวลาในรอบปีของ สถานีตรวจวัดน้ำฝน สทอ.หล่มสัก..... 120
ข-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า API สะสมกับระยะเวลาในรอบปีของ สถานีตรวจวัดน้ำฝน รร.บ้านน้ำก้อ..... 123
ข-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า API สะสมกับระยะเวลาในรอบปีของ สถานีตรวจวัดน้ำฝน รร.บ้านดงขวาง..... 126