บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติของดินที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

ทดสอบคุณสมบัติของดินทางกายภาพและคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมเบื้องต้น ตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นดินบริเวณบ้านน้ำก้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยจะนำตัวอย่างดินไปอบแห้งที่อุณหภูมิ ±110 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างดินไปทดสอบเพื่อศึกษาสมบัติของดินทางด้านกายภาพตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) ได้แก่

3.1.1 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินตัวอย่าง

1. การทดสอบหาค่าความชื้นในมวลดิน (Natural Moisture Content) ASTM D 1156-90
   - ตู้อบไฟฟ้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส
   - เครื่องชั่ง อ่านละเอียด 0.01 กรัม สำหรับตัวอย่างไม่เกิน 100 กรัม อ่านละเอียด 0.1 กรัม สำหรับชั่งตัวอย่าง 100 – 1000 กรัม และอ่านละเอียด 1 กรัม สำหรับตัวอย่างที่หนักกว่า 1000 กรัม
   - กระป๋องใส่ตัวอย่างดิน เป็นภาชนะรูปทรงกระบอก
2. การทดสอบหาค่าพิกัดเหลว (Liquid Limit) ASTM D 4318-93
   - เครื่องเคาะดิน (Liquid Limit Device) ประกอบด้วยกระทะทองเหลือง ฐานแบบยางแข็งหรือแบบไมกาต้า พร้อมด้วยลูกเบี้ยวและมือหมุนเคาะกระทะ
   - มีดปาดร่องดิน (Grooving Tool) แบบคาสซาแกรนด์ (Cassagrande) หรือแบบโค้ง (ASTM) มีแท่งวัด (Gauge) ระยะ 10 มิลลิเมตร ที่ปลายด้าม
   - ถ้วยผสมดิน
   - มีดปาดดิน (Spatula) ขนาด 10 เซนติเมตร
3. การทดสอบหาพิกัดพลาสติก (Plastic Limit) ASTM D 4318-05
   - แผ่นกระจกขนาด 30 ซม. x 30 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร (3/8 นิ้ว)
   - เพลาโลหะขนาด 3.2 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว) ไว้เปรียบเทียบขนาดเส้นดินที่ปั้น
4. การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil) ASTM D 854-92

- ขวดแก้วฟลาซก้นแบน ขนาดบรรจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- เตาบุนเส็น หรือเตาเผาร้อน (Hot Plate)
- สามขา และแผ่นตะแกรงแอสเบสโตส (Asbestos Gauze) ใช้กับเตาบุนเส็น
- ปรอท 0-100 องศาเซลเซียส อ่านละเอียด 0.5-1.0 องศาเซลเซียส
- หลอดแก้ว (หรือพลาสติก) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร ยาว 30 เซนติเมตร แท่งแก้วคน
- กรวย (Funnel) ขนาดปากประมาณ 10 เซนติเมตร แบบรูกว้าง

5. การทดสอบหาขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อน (Sieve Analysis) ASTM D 422
   - กล่องแบ่งตัวอย่างดิน
   - ถาดใส่ตัวอย่าง
   - ชุดตะแกรงร่อนตามมาตรฐาน ASTM
   - เครื่องเขย่าตะแกรง
   - เครื่องชั่ง ขนาด 2 กิโลกรัม อ่านละเอียด 0.1 กรัม
6. การทดสอบหาขนาดเม็ดดินด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) ASTM D 422
   - ไฮโดรมิเตอร์ ชนิดอ่านค่าความถ่วงจำเพาะจาก 0.995 ถึง 1.030
   - เครื่องปั่นดิน
   - ผงเคมี ใช้ Hexa-Metaphosphate
   - กระบอกไฮโดรมิเตอร์ หรือ กระบอกตวง 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร 2 ใบ
   - เทอร์โมมิเตอร์ 0-50 องศาเซลเซียส อ่านละเอียด 0.1-0.5 องศาเซลเซียส
   - นาฬิกาจับเวลา
   - น้ำกลั่น
7. การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Permeability Test) ASTM D 4511
   - แผงเครื่องมือทดลองการซึมผ่าน
   - กระบอกทดสอบการซึมผ่าน (Permeability Cell)
   - กระบอกตวง 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
   - นาฬิกาจับเวลา
   - ปรอทวัดอุณหภูมิ
   - เครื่องมือเตรียมตัวอย่าง ภาชนะ ค้อนยาง เหล็กกระทุ้ง
   - ท่อยางเบ็ดเตล็ด

- แคล้มบีบสายยาง
- กรวย
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- ตู้อบ

8. การทดสอบการบดอัด (Compaction Test) ASTM D 1557

- แบบหล่อดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 4.586 นิ้ว พร้อมด้วยปลอก (Collar) ขนาดเดียวกัน และแผ่นฐาน (Base Plate) มีเสายึดแบบหล่อดินและปลอก
- ค้อนบดอัด ขนาด 5.5 ปอนด์ ระยะตก 12 นิ้ว และ ขนาด 10 ปอนด์ ระยะตก 18 นิ้ว
- เครื่องดันตัวอย่างดิน สามารถดันดินตัวอย่างบดอัดออกจากแบบหล่อดิน ขนาด 4 นิ้ว
- มีดปาดเส้นตรง ขนาด 30 เซนติเมตร
- ขวดบีบน้ำ ขนาดความจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- กระบอกตวง ขนาด 250-1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- มือตักดิน
- เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 20 กิโลกรัม อ่านละเอียด 1 กรัม
- ตะแกรงขนาด 20 กิโลกรัม อ่านละเอียด 1 กรัม
- ตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และขนาดเบอร์ 4

9. การทดลองแรงเฉือนแบบโดยตรง (Direct Shear Test) ASTM D 3080

- เครื่องกดทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง (Direct Shear Testing Machine) มีแรงดันมากพอสำหรับตัวอย่างที่จะทดสอบ มีอัตราการกระทำแรงเฉือนพอเหมาะเป็นแบบฉุดกำลังด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า
- กล่องตัวอย่าง (Shear Box) และอุปกรณ์
- วงแหวนวัดแรง (Proving Ring) ขนาดพอเหมาะกับกำลังของตัวอย่างที่จะทดสอบ
- มาตรหน้าปัด (Dial Gauge) วัดการเคลื่อนตัว (2 ตัว) อ่านละเอียด 0.01 มิลลิเมตร หรือ 0.001 นิ้ว ช่วงชัก 25 มิลลิเมตร หรือ 1 นิ้ว
- แผ่นน้ำหนัก
- เวอร์เนียร์
- เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.1.2 ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินภายหลังการเติมน้ำ

เนื่องจากปริมาณความชื้นในดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดดินถล่ม ดังนั้นในการศึกษาส่วนนี้จึงพิจารณาถึงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินซึ่งจะแสดงถึงความสามารถในการดูดซึมน้ำและการป้องกันการสูญเสียน้ำของเม็ดดินภายหลังการเติมน้ำ ภายใต้สภาวะที่ควบคุมและระยะเวลาที่ใช้ศึกษาเป็นหลัก

วิธีการทดสอบหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินภายหลังการเติมน้ำจำนวนตัวอย่างที่ทำการทดสอบ 14 ตัวอย่าง

การทดสอบกระทำโดยนำดินไปบดอัดลงในกระบะรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 0.6 x 0.6 x 0.6 เมตร ให้มีความหนาของชั้นดินประมาณ 30 เซนติเมตร โดยควบคุมให้ได้ความหนาแน่นของดินที่บดอัดในแต่ละการทดสอบประมาณ 1.6 ตันต่อลูกบาศก์เมตร หลังจากนั้นจึงเตรียมเติมน้ำลงบนผิวหน้าของตัวอย่างดินที่บดอัดในกระบะ ภายหลังการเติมน้ำเสร็จสิ้นแล้ว จะติดตั้งโคมไฟขนาด 500 วัตต์ ให้อยู่สูงเหนือกระบะแต่ละใบประมาณ 50 เซนติเมตร เปิดไฟฉายกระบะที่ 6 ถึง 10 และ 12 และ 14 วันละ 8 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ 180 วัน โดยควบคุมให้เหมือนกันทุกกระบะ เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการระเหยของน้ำในเม็ดดิน ใช้แทนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้เนื่องจากอาจเกิดฝนตกระหว่างที่ทำการทดลอง

การศึกษาหาค่าปริมาณความชื้นของดินที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบจะศึกษาโดยการเจาะเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระบะตลอดความลึก เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าปริมาณความชื้นที่คงอยู่ในดินภายหลังการเติมน้ำ

หลังจากนั้นทำการเจาะเก็บดินตัวอย่างจากกล่องตัวอย่างเมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด โดยใช้กระบอกบางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 60เซนติเมตร เก็บตัวอย่างที่ความลึก 5 10 15 20 25 และ 30 เซนติเมตร

ทำการปิดหลุมเจาะจากกล่องตัวอย่างด้วยพาราฟินและนำดินจากกระบอกบางไปหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟรอยด์แล้วเคลือบด้วยพาราฟิน แล้วนำตัวอย่างดินที่ได้ไปทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลาภายหลังการเติมน้ำ

ตารางที่ 3.1 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลา

กล่องตัวอย่างดิน	เติมน้ำในวันที่, (วัน)
1	1 90
2	1 60 120
3	1 45 90 135
4	1 30 60 90 120 150
5	1 15 30 45 60 75 90 105 120 135 150 165
6*	1 90
7*	1 60 120
8*	1 45 90 135
9*	1 30 60 90 120 150
10*	1 15 30 45 60 75 90 105 120 135 150 165
11	1
12*	1
13*	เติมน้ำทิ้งไว้ 1 อาทิตย์
14*	เติมน้ำทิ้งไว้ 2 อาทิตย์

หมายเหตุ * มีการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ตัวอย่างโดยทำการเปิดไฟฉายในกระบะวันละ 8 ชั่วโมง เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการระเหยของน้ำในเม็ดดิน ใช้แทนพลังงานแสงอาทิตย์

ภาพที่ 3-1 แสดงการติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินภายหลังการเติมน้ำ

3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยในภาคสนาม

การศึกษาวิจัยในภาคสนามมีวัตถุประสงค์ คือ การหาค่าปริมาณความชื้นในดินที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดแผ่นดินถล่ม โดยการใช้แบบจำลอง (API) ค่าดัชนีความชื้นในดินอันเนื่องมาจากฝนมาประเมินสถานการณ์การเกิดดินถล่ม

3.2.1 สถานที่เก็บตัวอย่างทดสอบ

ในการทดลองภาคสนามเพื่อหาปริมาณความชื้นในดิน ผู้ศึกษาได้เลือกใช้พื้นที่ในการศึกษาที่ ตำบลบ้านน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของอำเภอหล่มสัก มีพื้นที่รับน้ำฝนทั้งหมดประมาณ 70 ตารางกิโลเมตร

3.2.2 วิธีการหาค่าดัชนีความชื้นของดินอันเนื่องมาจากฝน (Antecedent Precipitation Index หรือ API)

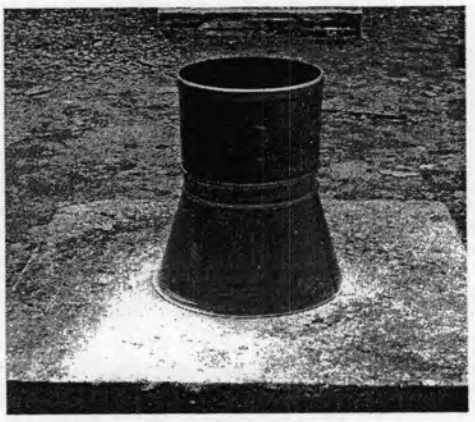
พงษ์ศักดิ์ และ วารินท์ (2548) ได้อธิบายว่า API เป็นค่าดัชนีที่ใช้ชี้วัดปริมาณความชื้นที่มีอยู่ก่อนใต้ดินโดยเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการสะสมของน้ำฝนที่ตกลงมา น้ำในดินที่ระเหยกลับขึ้นไปในอากาศ และน้ำในดินที่ระบายให้กับลำธารทั้งทางผิวและใต้ผิวดิน จากพฤติกรรมดังกล่าวสามารถนำมาจำลองแบบให้เป็นสมการที่ใช้ค่าดัชนีความชื้นที่มีอยู่ในดิน (API_t) ได้ จากข้อมูลดัชนีความชื้นในที่มีอยู่ก่อนในดินของวันก่อนหน้า (API_{t-1}) ปริมาณน้ำฝน (R_t) และอัตราส่วนลดของปริมาณน้ำในดินของวันก่อนหน้า (k)

สำหรับการหาค่า API รายวัน สามารถดำเนินการได้ด้วยการนำค่าน้ำฝนที่ตกลงมาเป็นครั้งแรกในรอบปีกำหนดให้เป็นค่า API แรกเริ่ม แล้วจึงนำค่าน้ำฝนที่ตกติดตามลงมา และค่า k มาประเมินค่า API รายวัน

การใช้ API Model มีรายละเอียดของการดำเนินงาน มีขั้นตอนแสดงดังต่อไปนี้

1. เก็บวัดข้อมูลน้ำฝนรายวัน ด้วยเครื่องวัดน้ำฝนแบบมาตรฐาน โดยแบ่งตามประเภทของเครื่องวัดน้ำฝนทางอุตุนิยมวิทยา ได้ดังนี้

1.1 เครื่องวัดน้ำฝนธรรมดา (Standard Rain Gage) ตัวเครื่องทำด้วยโลหะไม่เป็นสนิม มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 8 นิ้ว สูง 145 มิลลิเมตร อ่านค่าโดยการตวงวัดน้ำฝนลงในหลอดแก้วตวงที่เป็นมาตรฐานใช้กับเครื่องวัดน้ำฝนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว สามารถอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร

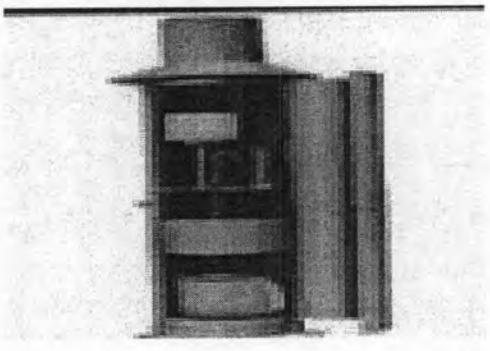


ภาพที่ 3-2 แสดงการติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์เครื่องวัดน้ำฝนธรรมดา (Standard Rain Gage)

การติดตั้งต้องติดตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้งภายในคอกอุตุนิยมวิทยา และติดตั้งให้อยู่ในแนวระนาบไม่เอนเอียง

1.2 เครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง (Recording Rain Gage)

1.3 เครื่องวัดน้ำฝนแบบลูกลอย หรือแบบไซฟ่อน (Float Type Rain Gage) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกความสูงประมาณ 1.20 เมตร มีหลอดแก้วคอห่านหรือท่อไซฟ่อน (Syphon) เมื่อรองรับปริมาณน้ำฝนได้ 10 มิลลิเมตร แล้วจะปล่อยน้ำออกทางหลอดแก้วคอห่าน

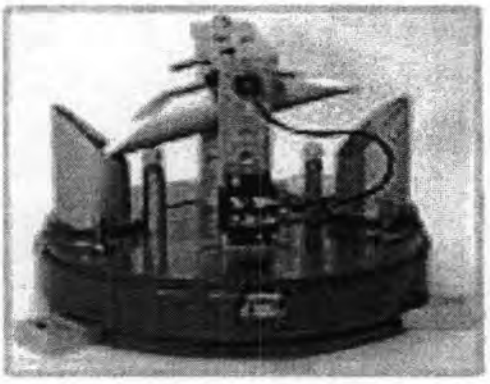


ภาพที่ 3-3 แสดงการติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์เครื่องวัดน้ำฝนแบบลูกลอยหรือแบบไซฟ่อน (Float Type Rain Gage)

การติดตั้งต้องติดตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้งภายในคอกอุตุนิยมวิทยา และติดตั้งให้อยู่ในแนวระนาบไม่เอนเอียง

1.4 เครื่องวัดน้ำฝนแบบถ้วยกระดก (Tipping Bucket) ใช้หลักการของแกนกระเดื่องโดยมีถ้วยสำหรับรองรับน้ำฝน 2 อัน ที่สามารถรองรับน้ำฝนได้ 0.2 – 0.5 มิลลิเมตร กระดกสลับไปมา

+2479378?



ภาพที่ 3-4 แสดงการติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์เครื่องวัดน้ำฝนแบบถ้วยกระดก (Tipping Bucket)

การติดตั้งต้องติดตั้งอยู่ในพื้นที่โล่งแจ้ง ภายในคอกอุตุนิยมวิทยา และติดตั้งให้อยู่ในแนวระนาบไม่เอนเอียง

เกณฑ์การติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน

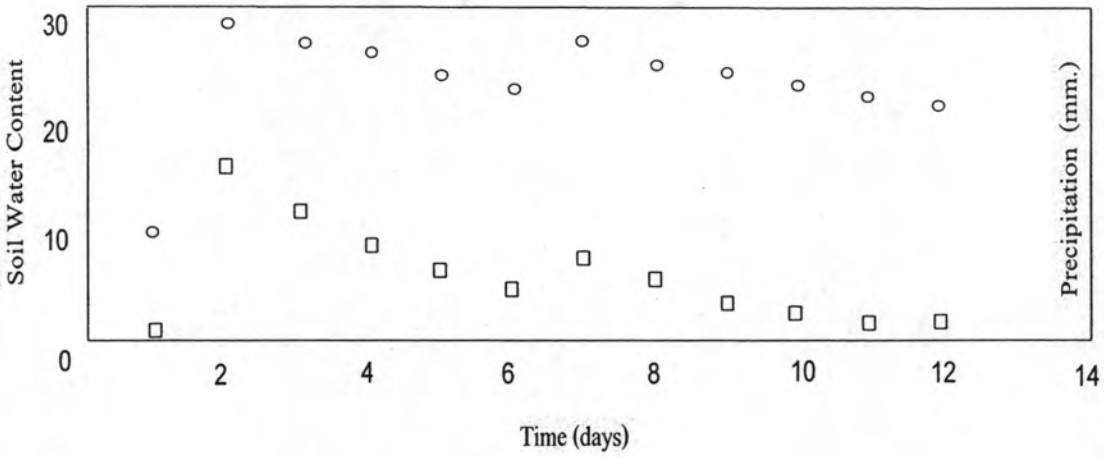
ก. องค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก ค.ศ.1962 กำหนดให้ติดตั้งเครื่องวัดฝนไว้บนพื้นดินที่มีระดับเรียบและสูงจากพื้นดิน ประมาณไม่เกิน 1 เมตร นับจากปากถังวัดฝน

ข. ห้ามไม่ให้ติดตั้งบนพื้นดินที่เป็นที่ลาดชัน หรือพื้นที่ยกขึ้นมาอยู่ระดับสูงบนกำแพง หรือบนหลังคาอาคาร และต้องไม่ติดตั้งในที่ ๆ ลาดชันมาก ๆ ทางด้านที่มีลมพัดอยู่เป็นประจำ (ในบางประเทศที่มีตึกหนาแน่นมักจะติดตั้งไว้บนอาคารดาดฟ้าซึ่งจะทำให้ผิดจากการตรวจวัดบนพื้นดิน 5-10 เปอร์เซ็นต์)

ค. ระยะห่างของเครื่องต้องอยู่ห่างจากสิ่งกีดขวางแวดล้อม 4 เท่าของความสูงของสิ่งกีดขวางนั้น ๆ

ง. ฐานรองรับเครื่องจะต้องติดแน่นกับพื้นดิน เพื่อป้องกันเวลามีลมแรง และพื้นดินต้องเป็นหญ้าที่ตัดสั้น หรืออาจติดตั้งไว้บนพื้นราบแข็ง ๆ แต่อาจผิดพลาดเนื่องจากการกระเซ็นของฝน

2. หาค่า Recession Constant (k)



ภาพที่ 3-5 แสดงการหาค่า Soil Water Content (http://www.arizona.edu)

โดยปริมาณความชื้นที่ดินเก็บสะสมไว้ก่อนหน้า

$$SWC_t = SWC_{t-1} \times k \tag{3.1}$$

การทำนายหาค่า SWC หลังจากผ่านไปเป็นเวลา 2 วัน

$$SWC_t = SWC_{t-2} \times k \times k \tag{3.2}$$

ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในธรรมชาติ

$$SWC_t = SWC_{t=0} \times k' \tag{3.3}$$

หรือ

$$API_t = API_{t=0} \times k' \tag{3.4}$$

นำค่า Soil Water Content มาเขียนเป็นกราฟ Logarithmic และแปลงเป็นเส้นตรงเพื่อนำสมการมาหาค่า Recession Constant (k)

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$SWC_t = SWC_{t=0} \times k^t$$

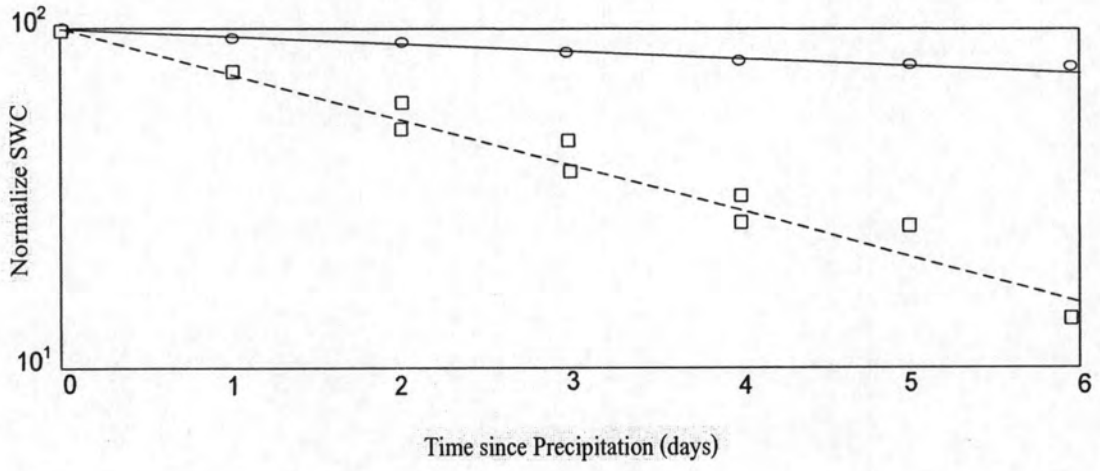
$$SWC = b \times k^t$$

$$\log 10(SWC) = \log 10(b \times k^t)$$

$$\log 10(SWC) = \log 10(b) + [\log 10(k) \times t]$$

$$\log 10(SWC) = \log 10(\text{zero intercept}) + [\log 10(\text{recession constant}) \times time]$$

$$y = b + (m \times x)$$



ภาพที่ 3-6 แสดงการหาค่า Normalized Soil Water Content เพื่อหาค่า k (http://www.arizona.edu)

จากภาพที่ 3-6 ค่า Recession Constant (k) สามารถหาได้จากความชันของความสัมพันธ์ระหว่างค่า Normalize กับ Time since Precipitation ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$\log_{10} k = -\frac{\Delta y}{\Delta x};\ k = 10^{-\frac{\Delta y}{\Delta x}} \tag{3.5}$$

ค่า Recession Factor คือค่าที่ถูกปรับแก้ให้ถูกต้องตามมาตรฐานจะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ สภาพภูมิศาสตร์และสภาพภูมิอากาศนั้น ๆ ด้วยค่า API อาจจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นบริเวณใกล้ผิวดิน

3. เป็นขั้นตอนของการหาค่า API รายวัน ด้วยการบันทึกข้อมูลน้ำฝนรายวัน และค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาเป็นครั้งแรกในรอบปีกำหนดให้เป็นค่า API แรกเริ่ม แล้วจึงนำค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกติดตามลงมา และค่า k มาประเมินค่า API รายวัน โดยใช้สมการที่ 2.1 และสมการที่ 2.2

กรณี ที่ไม่มีฝนตก

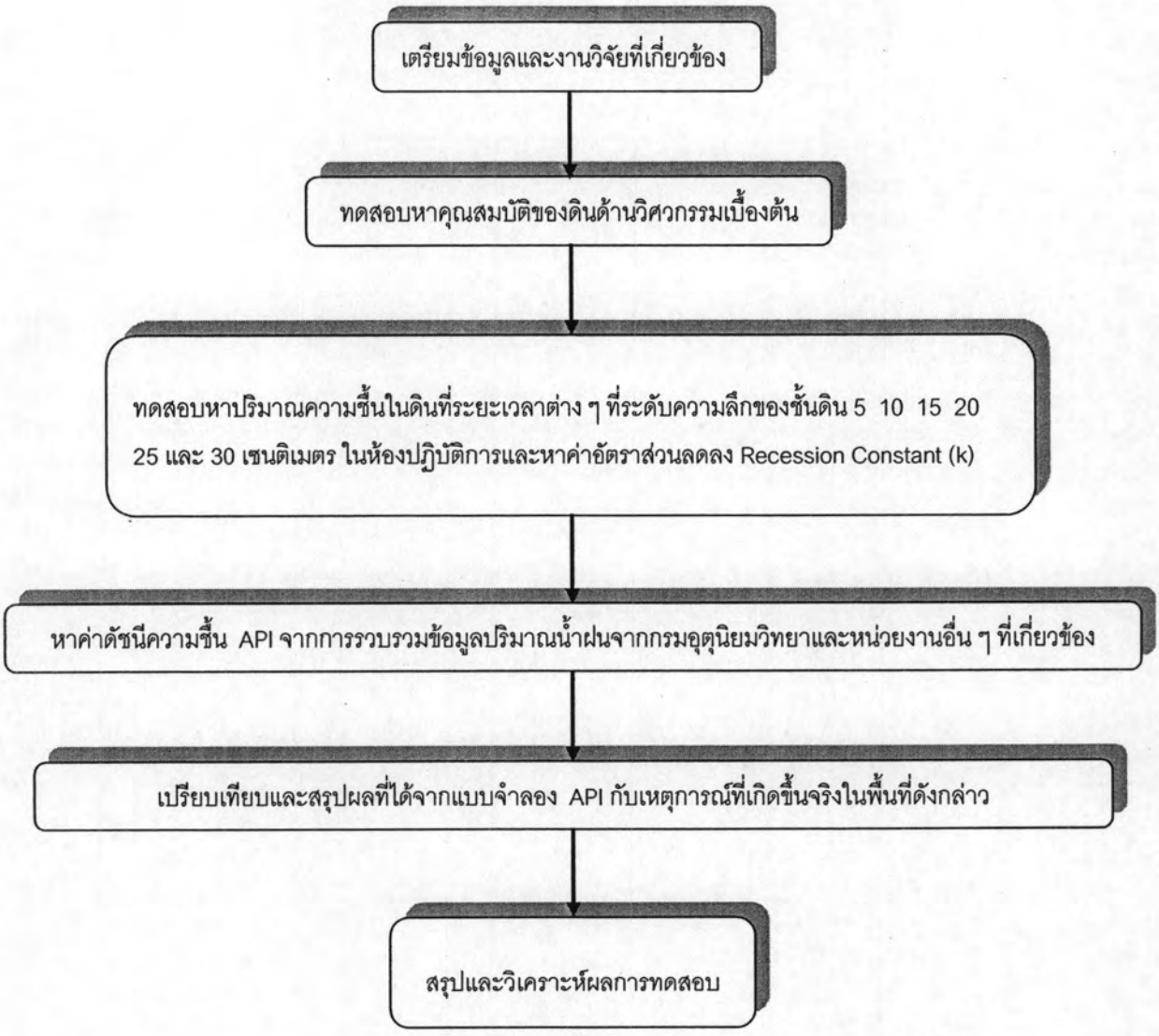
$$API_t = API_{t-1} \times k$$

กรณี ที่มีฝนตกลงมา

$$API_t = [API_{t-1} \times k] + R_t$$

แสดงผลออกมาในรูปของค่า API รายวัน ตลอดจนการแสดงผลออกมาในรูปของเส้นกราฟ API รายวันค่า API ร ายวันที่เกิดขึ้น จะสามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการเตือนภัยการเกิดอุทกภัยและแผ่นดินถล่มได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อฝนตกเป็นจำนวนมากภายใต้สภาวะที่ API มีค่าสูง

3.3 แผนผังขั้นตอนการศึกษาวิจัย



ภาพที่ 3-7 ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ