บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของดินที่ถล่มเนื่องจากฝนตกหนัก หาพฤติกรรมการลดลงของอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นในชั้นดิน ที่ลดลงตามช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มเกิดเหตุการณ์ฝนตกหนัก จนเข้าสู่สภาวะปกติเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ศึกษาถึงอัตราการลดลงของปริมาณความชื้นในชั้นดินที่เป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณความชื้นในชั้นดินที่คงเหลืออยู่ในชั้นดินนั้น ๆ ว่ามีผลต่อกำลังรับแรงเฉือนของดินในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่ม การทดสอบกระทำในห้องปฏิบัติการมีการควบคุมค่าความหนาแน่นของตัวอย่างดินเท่ากับ 1.6 ตันต่อลูกบาศก์เมตร และอุณหภูมิในห้องทดสอบ โดยมีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดินโดยการเติมน้ำให้กับดินในกระบะทดสอบตามระยะเวลาที่ต่างกันซึ่งจำลองลักษณะการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินโดยให้สอดคล้องกับสภาวะทางธรรมชาติ

5.1 สรุปตัวอย่างทดสอบ

โดยตัวอย่างดินที่ทดสอบจะถูกเก็บแบบสภาพถูกรบกวน (Disturbed Sample) ในสนามและนำไปบดอัดในกระบะทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยควบคุมค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.6 ตันต่อลูกบาศก์เมตร แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางด้านกำลังของดินโดยจากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน โดยตรงได้ผลการทดสอบคือ แรงยึดเหนี่ยวภายในของดิน (c) อยู่ในช่วง 0.07 ถึง 1.35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.67 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่ามุมของแรงเสียดทานภายใน (ø) อยู่ในช่วง 7.67 ถึง 67.03 องศา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.59 องศา เมื่อค่าความอิ่มตัวด้วยน้ำของดินอยู่ในช่วง 0.32 ถึง 0.98 และตัวอย่างดินที่ทดสอบจัดเป็นดินประเภท ML เป็นดินทรายร่วนที่มีความเหนียวเล็กน้อย โดยดินลักษณะนี้ที่สภาพความชื้นน้อย ๆ ดินจะมีความแข็งแรงมากแต่เมื่อมีความชื้นสูงขึ้นจนถึงระดับที่เปลี่ยนสภาวะเป็นของเหลวกำลังของดินจะลดลง

5.2 สรุปผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นในชั้นดิน (k)

การทดสอบหาปริมาณความชื้นในชั้นดินสามารถนำผลการทดสอบมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ในการประมาณค่าอัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นในชั้นดิน

โดยผลการทดสอบที่ใช้ตัวอย่างดินที่จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นผลมาจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และมีการควบคุมตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบคือค่าความหนาแน่นของดิน อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบและช่วงความถี่ของระยะเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำในตัวอย่างดิน เพื่อหาค่าคงที่อัตราส่วนลดของปริมาณความชื้นในดิน (k) และเปรียบเทียบความสอดคล้องของค่า API กับเหตุการณ์ดินถล่มที่เกิดขึ้นจริง งานวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปตัวแปร (ขอบเขตของการวิจัย) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนลด Recession Constant ของปริมาณความชื้นในชั้นดินกับค่าของเวลาได้ดังนี้

5.2.1 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงที่ระดับความลึกของชั้นดิน

การทดสอบตัวอย่างหาค่า Water content ที่ระดับความลึกต่าง ๆ เทียบกับระยะเวลาในการทดสอบมีระยะเวลาในการเติมน้ำที่ต่างกันและตัวอย่างดินที่ 1 ถึง 5 และ 11 ไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ แต่กระบะดินตัวอย่างที่ 6 ถึง 10 12 13 และ 14 มีการเพิ่มอุณหภูมิโดยการเปิดไฟ อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เกิดการระเหยของน้ำจากผิวดินมากขึ้น โดยค่า Water content จะลดลงในบริเวณผิวหน้าดินมากที่สุด และการลดความชื้นให้กับดินทำให้น้ำซึมผ่านผิวดินและไหลซึมลงสู่ดินชั้นล่างได้น้อยลง น้ำจะถูกดูดซับไว้ในดินและบางส่วนจะถูกใช้ในกระบวนการระเหยของน้ำผิวดิน และที่ระดับความลึกของดินชั้นใกล้ผิวดิน ระดับความลึก 5 เซนติเมตร ค่า Water content จะมีค่าน้อยกว่าที่ระดับความลึก 10 15 20 25 และ 30 เซนติเมตรตามลำดับ เพราะว่าปริมาณน้ำจากผิวดินบริเวณนี้เกิดกระบวนการระเหย การกลั่นตัวของไอน้ำและการไหลซึมของน้ำที่มีปริมาณที่สูงกว่าบริเวณของดินที่มีระดับความลึก 10 15 20 25 และ 30 เซนติเมตร ตามลำดับ และจะมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้นและเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำที่เติมซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มปริมาณน้ำในดิน เม็ดดินที่มีความชื้นเดิมน้อยมากอัตราการซึมลงดินจะสูงมากแต่เมื่อดินอิ่มตัวแล้วอัตราการซึมก็จะลดลง โดยน้ำที่ไหลซึมลงดินนี้จะไปเพิ่มระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำในชั้นดิน

5.2.2 ผลการทดสอบพฤติกรรมของช่วงความถี่ของระยะเวลาการเติมน้ำในตัวอย่างดิน

จากการทดสอบพบว่าช่วงความถี่ของการเติมน้ำในตัวอย่างดินมีผลต่อค่าอัตราส่วนลด Recession Constant ซึ่งค่าความชันของกราฟจะมีค่าแปรผกผันกับค่า k นั่นคือกราฟที่มีค่าความชันของกราฟมากแล้วค่า k ที่ได้จะมีค่าน้อย เมื่อช่วงความถี่จากการเติมน้ำน้อยคืออยู่ในช่วงแคบ ๆ จะได้ค่า k อยู่ในช่วง 0.70 ถึง 0.80 และกราฟที่มีค่าความชันของกราฟน้อยแล้วค่า k ที่ได้จะมีค่ามาก เมื่อช่วงความถี่จากการเติมน้ำมากคืออยู่ในช่วงกว้าง ๆ จะได้ค่า k อยู่ในช่วง 0.82 ถึง 0.88 นั่นเป็นเพราะว่าในช่วงที่มีความถี่ในการเติมน้ำบ่อยๆดินจะมีการอุ้มน้ำไว้ในดินมากขึ้นจนเกิดการระบายและระเหยไม่ทันเมื่อเวลาผ่านไปในช่วงเวลาแคบ ๆ จะมีความชุ่มน้ำมากอัตราการซึมได้ของน้ำในดินจะมีค่าน้อยดังนั้นความชันของกราฟจึงต่ำ ซึ่งต่างกับช่วงที่มี

ความถี่ในการเติมน้ำกว้าง ๆ ค่าอัตราการซึมได้ของน้ำในดินจะมีค่ามากดังนั้นความชันของกราฟจึงสูงซึ่งค่า k จะมีค่าน้อย

5.2.3 ผลการทดสอบพฤติกรรมของอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณความชื้นในตัวอย่างดิน

จากการทดสอบพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการลดลงของค่าอัตราส่วนลด Recession Constant ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวมีผลต่อการระเหยของน้ำในชั้นดิน ค่าอุณหภูมิที่สูงมีผลทำให้ค่า k มีค่าต่ำกว่าค่า k ของตัวอย่างดินที่ไม่ได้มีการเพิ่มอุณหภูมิ (ไม่มีการเปิดไฟ) ให้กับตัวอย่างดิน โดยการทดสอบจากตัวอย่างดินที่ 1 ถึง 5 และ 11 เป็นตัวอย่างที่ปิดไฟจะมีค่า k มากกว่ากระบะดินที่ 6 ถึง 10 และ 12 ถึง 14 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ทดสอบแบบเปิดไฟเพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิ ซึ่งค่าอุณหภูมิของตัวอย่างดินที่ไม่ได้เปิดไฟมีอุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของตัวอย่างดินที่มีการเปิดไฟมีอุณหภูมิเฉลี่ย 40 องศาเซลเซียส

จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการได้ค่า k ที่สามารถนำไปใช้งานได้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.70 ถึง 0.88 ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ค่า k เท่ากับ 0.70 เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับดินในสภาพช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนและ 0.90 สำหรับดินในสภาพช่วงฤดูฝนเพื่อใช้วิเคราะห์หาค่า API เพื่อนำไปประเมินการเตือนภัยพิบัติดินถล่มล่วงหน้าอย่างคร่าวๆ ซึ่งค่าที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้เป็นแค่แนวทางจากการทดสอบเท่านั้นซึ่งได้ค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ ถ้าจะนำไปใช้จริงต้องคำนึงถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมรอบข้างต่าง ๆ ด้วย ซึ่งค่า k นี้เป็นแค่การทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่านั้น

5.3 สรุปผลการทดสอบหาค่าดัชนีความชื้นของดินอันเนื่องมาจากฝน (API)

การทดสอบหาค่า API ทำการศึกษาผลของปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดดินถล่ม

5.3.1 ช่วงที่ค่าความลาดชันของกราฟ API สะสมต่อปีมีค่าปริมาณสูงสุดอยู่ในช่วงวันที่ 240 ถึง 270 วัน เป็นช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนของปี โดยในช่วงนี้ของปีจะมีค่าความลาดชันสูงจึงมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มสูง โดยค่าความลาดชันดังกล่าวสามารถใช้เป็นเครื่องชี้บอกได้สำหรับการทำนายค่า API ที่จุดสูงสุดของปี

5.3.2 เกณฑ์ค่า API ที่จุดวิกฤตที่แนะนำในพื้นที่ดังกล่าวไม่ควรเกิน 150 มิลลิเมตรและค่าความลาดชันของปริมาณ API สะสมตลอดทั้งปีไม่ควรเกิน 80 มิลลิเมตรต่อวัน เพื่อใช้ในการเตือนภัยต่อไป

5.3.3 ระบบเตือนภัยเหตุการณ์ดินถล่มล่วงหน้าระหว่างการเกิดฝนตกหนัก สามารถใช้งานโดยวิธีค่าดัชนีความชื้นของดินอันเนื่องจากฝนสามารถนำไปใช้ติดตามและประเมิน

สถานการณ์ดินถล่มได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทราบระยะเวลาและปริมาณฝนตกในช่วงพายุฝนได้อย่างแม่นยำ มีการใช้งานง่าย แต่ไม่สามารถบอกระยะเวลา ขนาดของดินถล่มและขอบเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบได้อย่างชัดเจน

5.3.4 แบบจำลองสามารถทำนายเหตุการณ์ดินถล่มในพื้นที่ของอำเภอหล่มสักในอดีตได้ใกล้เคียง ซึ่งค่า API ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับเหตุการณ์ดินถล่มที่เกิดขึ้นจริง แต่อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากมีการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ไม่ถูกต้อง และถ้ามีแบบจำลองที่สามารถทำนายปริมาณฝนได้อย่างแม่นยำจะสามารถทำนายเหตุการณ์ดินถล่มได้ถูกต้องขึ้นในระยะเวลาประมาณ 24 ชั่วโมงล่วงหน้า

5.4 ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติม

5.4.1 ศึกษาถึงปัจจัยผันแปรภายนอก และปัจจัยคงที่ภายในที่ประกอบไปด้วยลักษณะภูมิประเทศ

5.4.2 ศึกษาความสามารถในการดูดซับน้ำของดิน และชนิดของพืชคลุมดิน

5.4.3 ศึกษาความลาดชันของลาดเขาที่มีผลต่อการสไลด์ของหน้าดิน

5.4.4 ควรมีการติดตั้งสถานีวัดน้ำฝนเพิ่มเติมเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้สอบเทียบแบบจำลองโดยเฉพาะสถานีที่อยู่ด้านบนของภูเขา