



การบริหารจัดการภัยดินถล่มโดยวิธีทางธรณีวิศวกรรมในพื้นที่เทศบาลเมืองป่าตอง

LANDSLIDE HAZARD MANAGEMENT IN PATONG MUNICIPALITY USING GEOTECHNICAL ENGINEERING METHOD

สุทธิศักดิ์ สรลัมภ์ (SUTTISAK SORALUMP)¹

ดำรงค์ ปิ่งสุวรรณ (DAMRONG PUNGSUWAN)²

มนัญญา จันทสร (MANANYA CHANTASORN)³

ณัฐวุธ อินมลา (NUTTAWUTH INMALA)⁴

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (fengsus@ku.ac.th) ^{2,3}นักวิจัย (p_damrong2000@yahoo.com) (ch_mananya@yahoo.com),

ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

⁴นิสิตปริญญาโท, สาขาวิศวกรรมปฐพี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ : ดินถล่มเป็นภัยพิบัติธรรมชาติที่มีผลกระทบต่อประเทศไทยเป็นอย่างมากในช่วงเวลาที่ผ่านมา โดยภัยพิบัติจากดินถล่มได้ทำให้ประเทศชาติสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจเป็นจำนวนเงินโดยเฉลี่ยกว่า 100 ล้านบาทต่อปี และมักจะเกิดมีดินถล่มขนาดใหญ่ทุก 3-5 ปี จังหวัดภูเก็ตเป็นจังหวัดที่มีศักยภาพในการถูกกระตุ้นให้เกิดดินถล่มได้จากกิจกรรมการก่อสร้างและการพัฒนาเมืองโดยเฉพาะเทศบาลเมืองป่าตอง จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาและสร้างเครื่องมือในการบริหารความเสี่ยงจากภัยดินถล่มได้แก่การจัดทำแผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม แผนที่เสี่ยงภัยจากดินถล่ม และแผนที่ดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินวิกฤติ เพื่อการเตรียมความพร้อมเฝ้าระวังในพื้นที่เทศบาลเมืองป่าตอง จากการศึกษาพบว่าการเตือนภัยด้วยค่าดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินเหมาะสมมากกว่าการเตือนภัยด้วยการใช้ปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน โดยค่าดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินวิกฤติของบริเวณชุมชนกะหลิมและชุมชนนาในเท่ากับ 265 มม. และ 290 มม. ตามลำดับ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์แผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มและแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มพบว่า โอกาสเกิดดินถล่มเกิดจากกิจกรรมการก่อสร้างของมนุษย์และลักษณะธรณีสัณฐานเป็นหลัก

ABSTRACT : Landslide is one of natural hazard that affected Thailand. The direct economic lost due to landslide is calculated to be average 100 million Baht per year and the return period of large area landslide is once in every 3-5 years. Phuket is one of the provinces that has high potential affected by the landslide from construction and development, Patong city in particular. Therefore, it is necessary to perform detail landslide management to reduce the risk from landslide. This study provided landslide susceptibility map, landslide risk map, and critical antecedent precipitation index map (API critical map). The critical API use to satisfy landslide warning more than 3-days cumulative rainfall. The critical API of Kalim village and Nanai village are 265 mm, 290 mm, respectively. Furthermore, it appears that causes of landslide in the study area are mainly from human activities and geomorphology.

KEYWORDS : Landslide, Landslide Susceptibility Map, Landslide Risk Map, Landslide Mitigation, Antecedent Precipitation Index

1. บทนำ

ดินถล่มเป็นภัยธรรมชาติอย่างหนึ่งที่มีผลกระทบต่อประเทศไทยอย่างมาก ความสูญเสียจากภัยดินถล่มประมาณโดยเฉลี่ยกว่าปีละ 100 ล้านบาทและการเกิดดินถล่มขนาดใหญ่มักเกิดขึ้นในรอบทุกๆ 3-5 ปี [1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ศึกษาและพัฒนาจัดทำแผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มโดยนำวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินทางวิศวกรรมปฐพี (Geotechnical Engineering) ร่วมกับวิธีดัชนีปัจจัยร่วม (Weighting Factor) เพื่อจัดทำแผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่เหมาะสมต่อพื้นที่มาตรฐานขนาดใหญ่ (> 1:15,000) และกำหนดเกณฑ์การเตือนภัยด้วยดัชนีปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่

จากการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม 6 จังหวัดภาคใต้โดยกรมทรัพยากรธรณี [2] พบว่าจังหวัดภูเก็ตมีเหตุการณ์การเกิดดินถล่มมาก เนื่องจากเกาะภูเก็ตประกอบด้วยชุดหินแกรนิตและหินโคลน ซึ่งหินทั้งสองชนิดมีศักยภาพในการเกิดดินถล่มสูง ยิ่งไปกว่านั้นจังหวัดภูเก็ตยังเป็นศูนย์กลางการลงทุนและการท่องเที่ยว หากเกิดดินถล่มขึ้นโดยไม่มีการป้องกันและลดผลกระทบย่อมกระทบต่อภาพลักษณ์และนำมาซึ่งความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินได้

2. พื้นที่ศึกษา

เทศบาลเมืองป่าตองอยู่ในเขต อ.กระบุรี จ.ภูเก็ต มีพื้นที่ประมาณ 16 ตารางกิโลเมตร อยู่ด้านฝั่งตะวันตกของเกาะภูเก็ต อ่าวป่าตองล้อมรอบด้วยภูเขาสูงด้านตะวันออกของเทศบาลเมืองป่าตอง ประชากรส่วนใหญ่ประกอบด้วยนักท่องเที่ยวและชุมชนมุสลิมอาศัยในพื้นที่ราบซึ่งมีพื้นที่จำกัด ภายหลังจากเหตุการณ์ธรณีพิบัติภัยหรือซึนามิ การพัฒนาพื้นที่มีแนวโน้มการก่อสร้างในพื้นที่สูงขึ้นไปบนเขา การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นการกระตุ้นให้เกิดดินถล่มในพื้นที่ [3] ดังแสดงในรูปที่ 1

ข้อมูลการเกิดดินถล่มรวบรวมโดยป้องกันภัยเทศบาลเมืองป่าตองแสดงใน ตารางที่ 1 จะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่าหลายเหตุการณ์นั้นเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านการพัฒนาพื้นที่ที่ขาดความระมัดระวัง โดยมีฝนเป็นปัจจัยกระตุ้น



รูปที่ 1 เหตุการณ์ดินถล่มริมถนนนาใน วันที่ 25 ต.ค. 2550

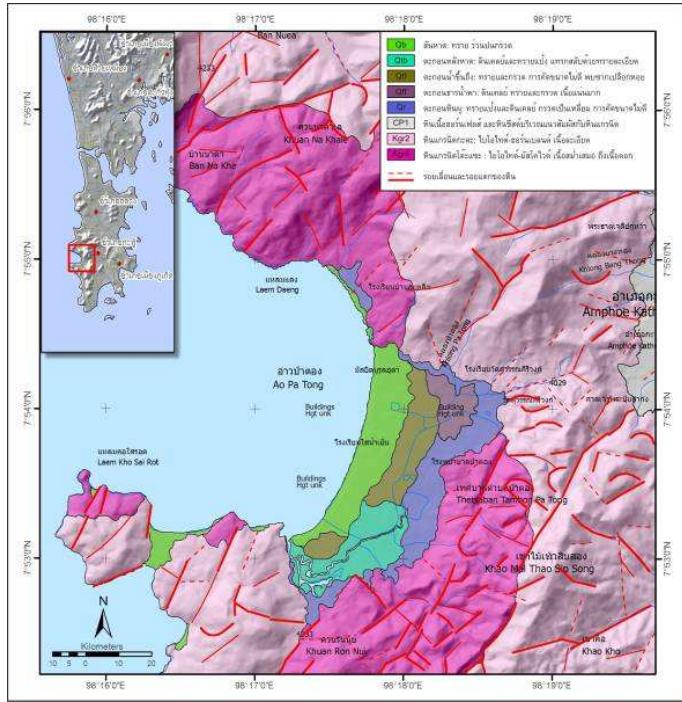
ตารางที่ 1 รวบรวมเหตุการณ์เกิดดินถล่มในพื้นที่เทศบาลเมืองป่าตอง จ.ภูเก็ต โดยข้อมูลดังกล่าวได้จากป้องกันภัยเทศบาลเมืองป่าตอง

ลำดับ	วันที่เกิดดินถล่ม	พื้นที่เกิดดินถล่ม	ปัจจัยกระตุ้นให้เกิดการถล่ม
1	19 ตุลาคม 2544	หลายจุดในต.ป่าตอง	ฝนตกหนัก
2	21 ตุลาคม 2546	อ.ห้าสิบปี	ชุดลาดดินสร้างบ้านเรือน และฝนตกหนัก
3	14 ตุลาคม 2547	ชุมชนนาใน	กีดขวางทางน้ำ และฝนตกหนัก
4	14 ตุลาคม 2547	ชุมชนกะหลิม	ระบบระบายน้ำไม่เพียงพอ และฝนตกหนัก
5	25 ตุลาคม 2550	อ.นาใน	การตัดลาดดินโดยไม่ได้ป้องกันและมีฝนตกหนัก
6	15 กรกฎาคม 2551	อ.ห้าสิบปี	ขาดความระมัดระวังของผู้คุมงานก่อสร้าง
7	5 กันยายน 2551	อ.ห้าสิบปี	การระบายน้ำออกจากมวลดินไม่เพียงพอ
8	19 กันยายน 2552	อ.กะบุรี-ป่าตอง	ฝนตกหนัก

3. ลักษณะทางธรณีวิทยา

ลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ ต.ป่าตองประกอบด้วยหินแกรนิต ยุคครีเตเชียสและตะกอนที่ราบลุ่มชายหาดยุคควอเทอร์นารี หินแกรนิตในบริเวณต.ป่าตองมีลักษณะการผุพังสูง มีแนวแตกและความหนาแน่นในเนื้อหินค่อนข้างสูง ซึ่งพบแนวแตกอย่างน้อย 3 แนวขึ้นไป ทำให้มีการแตกเป็นก้อนขนาดประมาณ 20x30x50 เซนติเมตร และในบริเวณพื้นที่ถนนนาในพบหินแกรนิต มีลักษณะการเรียงตัวของแร่เป็นแถบ และพบการแทรกตัวของแร่เพกมาไทต์ตามแนวแตกหลายแนว มีความหนาตั้งแต่ 12-20 เซนติเมตร [2] พบมีแนวรอยเลื่อนตัดผ่านหินแกรนิตในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ พบตั้งแต่ถนนนาใน ถนน 50 ปี ผ่านไปจนถึงภูเขาควนรนนุ้ยด้วย โดยรอยเลื่อนที่พบเป็นแบบรอยเลื่อนเหลื่อมซ้ายในแนวราบ (Left lateral strike-slip fault) และระนาบของรอยแตกที่พบมีแนวเอียงตามความลาดชันในทิศตะวันตก เอียงลงไปทางหาดป่า

ตอประมาณ 55 องศา กรมทรัพยากรธรณีได้แปลผลรอยแตก รอยแยกของหินจากภาพถ่ายทางอากาศดังรูปที่ 2

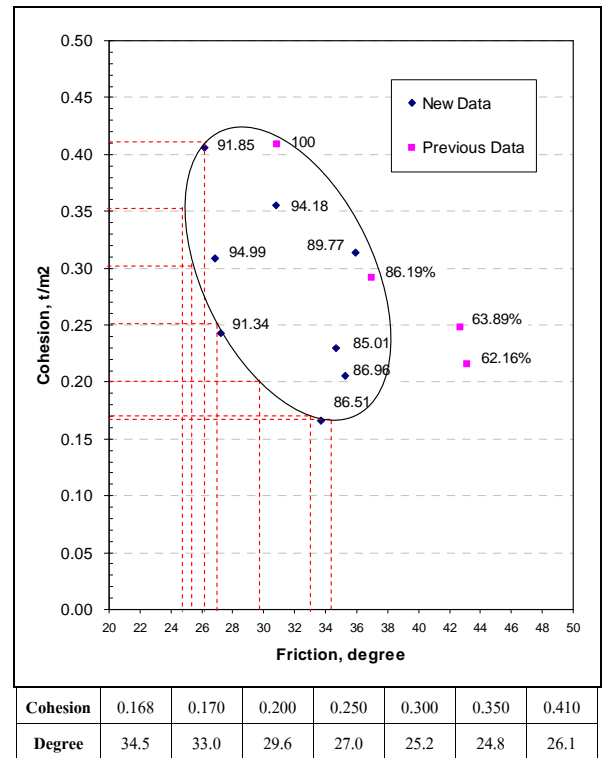


รูปที่ 2 ลักษณะทางธรณีวิทยา ต.ป่าตอง (กรมทรัพยากรธรณี)

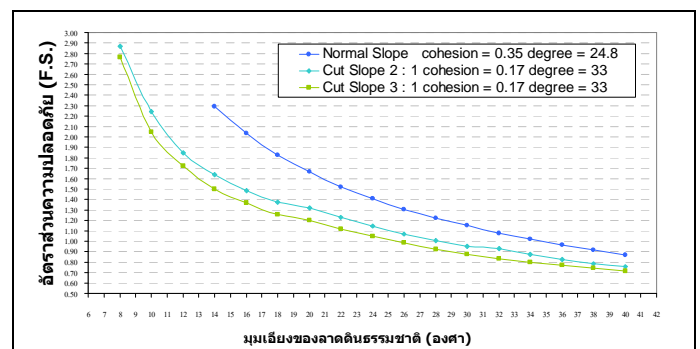
4. เสถียรภาพของลาดดิน

การศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่เกิดดินถล่มใน ต.ป่าตอง เพื่อนำมาทดสอบการรับแรงเฉือนของดินโดยวิธี Multi-Stage Direct Shear Test [4] เพื่อหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบระบายน้ำ โดยการทดสอบตัวอย่างคงสภาพ 1 ตัวอย่าง ซึ่งเหมาะสมกับการทดสอบดินที่ผู้พังอยู่กั้นที่เนื่องจากมีความแปรปรวนกับตำแหน่งสูง รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบ Direct Shear จำนวน 12 ตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเชื่อมั่นของดิน (Cohesion, c') และค่ามุมเสียดทานภายในของดิน (Friction angle, ϕ') มีการกระจายตัวและมีค่าสัมพันธ์กับร้อยละความอึดตัว ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำค่ามาใช้วิเคราะห์ได้จึงได้จำกัดขอบเขตการกระจายตัวเฉพาะตัวอย่างที่มีร้อยละความอึดตัวใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปดังกล่าว แล้วจึงใช้คู่ของค่า c' , ϕ' ที่อยู่ในส่วนของเส้นวงรีฝั่งซ้ายนำมาคำนวณหาค่ากำลังรับแรงเฉือน (Shear - Strength) ที่ทำให้ค่าต่ำที่สุด ผลการวิเคราะห์ได้ค่า $c' = 0.35 \text{ t/m}^2$ และ $\phi' = 24.8$ องศา จากนั้นจึงใช้ค่าดังกล่าวไปวิเคราะห์หาเสถียรภาพของลาดดินโดยเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของลาดดินตั้งแต่ 14 - 40 องศา โดยมีลักษณะของลาดชันในแบบจำลองเป็นไปตามลักษณะของลาดชันในพื้นที่ ต.ป่าตอง ทั้งนี้ได้จำแนกกรณี

การวิเคราะห์ห่ออกเป็น 3 กรณีได้แก่ กรณีลาดชันเป็นตะพักเพื่อจำลองลักษณะหน้าตัดของลาดชันบริเวณถนน 50 ปี กรณีลาดชันเดี่ยวและกรณีลาดชันที่มีการตัดถนน ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความปลอดภัยกับมุมของลาดเอียงธรรมชาติผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจะได้นำไปรวมกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ ต.ป่าตองปัจจัยอื่นๆ เพื่อจัดทำแผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มโดยวิธีดัชนีปัจจัยร่วมต่อไป ทั้งนี้จากรูปดังกล่าวจะเห็นได้ว่าค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากเมื่อมีการตัดลาดชันธรรมชาติเพื่อการก่อสร้างถนนโดยความชันของงานตัดที่วิเคราะห์สอดคล้องกับการตัดในพื้นที่คือ 2:1 และ 3:1 (ดัง:รภาพ)



รูปที่ 3 ขอบเขตของค่า c' , ϕ' แสดงตามความอึดตัวของดิน



รูปที่ 4 เสถียรภาพของลาดดินในสภาพธรรมชาติและจากการตัดถนน

5. แผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

การประเมินโอกาสเกิดดินถล่มในพื้นที่ ด.ป่าตอง ดำเนินการโดยใช้วิธีดัชนีปัจจัยร่วม โดยปัจจัยที่ใช้ในการประเมินโอกาสเกิดดินถล่ม พิจารณาจากสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่เป็นเกณฑ์ โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนความปลอดภัยจากการเลื่อนไถลกับมุมของลาดชันวิเคราะห์จากข้อมูลกำลังรับแรงเฉือนของดินในพื้นที่ ดังที่ได้กล่าวมา ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินโอกาสเกิดดินถล่มประกอบด้วย 8 ปัจจัย คือ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความปลอดภัยกับมุมของลาดเอียง
2. ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการวางตัวของโครงสร้างชั้นหินและมุมของลาดเอียง (มีอิทธิพลน้อย)
3. รอยแตกหลักของพื้นดิน
4. ประเภทของหิน (ละเว้นเนื่องจากมีเพียงชนิดเดียว)
5. ระยะจากไหล่ทางถนน
6. ระดับความสูงของพื้นที่
7. การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
8. การระบายน้ำบริเวณผิวดิน

หลังจากรวบรวมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ต้นแบบแล้ว สรุปได้ว่ามี 6 ปัจจัยที่สำคัญ โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางตัวของระนาบรอยแตกหรือความไม่ต่อเนื่องของหิน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับสถิติการพิบัติ สำหรับปัจจัยที่พิจารณาเพิ่มเติมจากการศึกษาทั่วไปคือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรบกวนจากการตัดถนน ซึ่งจะทำให้เสถียรภาพของลาดชันลดลงและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระดับความสูงของพื้นที่ซึ่งเกี่ยวข้องกับประกาศเขตควบคุมสิ่งแวดล้อมในจังหวัดภูเก็ตที่กำหนดระดับการอนุญาตการใช้พื้นที่ตามระดับความสูงของพื้นที่ ซึ่งจะสัมพันธ์กับการรบกวนหน้าดินและการเปลี่ยนแปลงลาดชันซึ่งจะนำไปสู่การขาดเสถียรภาพของลาดดิน ตารางที่ 2 แสดงค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อดินถล่มในพื้นที่ต้นแบบเพื่อใช้สำหรับประเมินโอกาสเกิดดินถล่ม โดยการพิจารณาค่าถ่วงน้ำหนักจากตารางเมทริกโดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการประเมินดังแสดงในตารางที่ 3

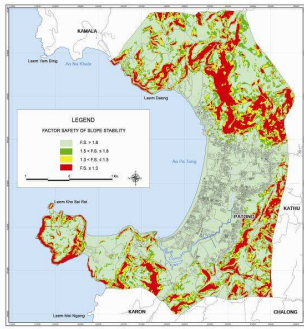
ตารางที่ 2 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อดินถล่มใน ด.ป่าตอง

ปัจจัย	ค่าน้ำหนัก	ค่าระดับความสำคัญ	
	ของปัจจัย	รายละเอียด	ค่าระดับ (1-5)
1. Factor safety and slope angle relationship	1.875	A. $F.S. \leq 1.3$ (≥ 26)	5
		B. $1.3 < F.S. \leq 1.5$ ($22 \leq \text{slope} < 26$ degree)	3.66
		C. $1.5 < F.S. \leq 1.8$ ($18 \leq \text{slope} < 22$ degree)	2.33
		D. $F.S. > 1.8$ (< 18 degree)	1
2. Lineament zone	1.625	A. Area inside lineament zone	5
		B. Area outside lineament zone	1
3. Distance from road	1	A. Area inside road zone	5
		B. Area outside road zone	1
4. Elevation	1	A. > 80 m	1
		B. 40-80 m	3
		C. 0-40 m (Not include slope $< 10^\circ$)	5
5. Surface drainage	1	A. Area inside surface drainage zone	5
		B. Area outside surface drainage zone	1
6. Land use and land cover	1	A. Agriculture area	5
		B. Urban and built-up area	3.66
		C. Other deforestation	2.33
		D. Forest area	1

ตารางที่ 3 การให้น้ำหนักของปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

ปัจจัย	1	2	3	4	5	6	คะแนนรวม	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1		3	3	3	3	3	15	1.875
2	1		3	3	3	3	13	1.625
3	1	1		2	2	2	8	1
4	1	1	2		2	2	8	1
5	1	1	2	2		2	8	1
6	1	1	2	2	2		8	1

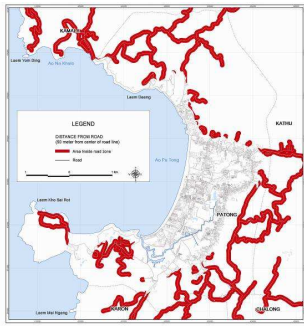
แผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มได้ดำเนินการโดยการรวมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ ด.ป่าตองนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม GIS ตามพื้นที่กริดขนาด 5x5 ตารางเมตร โดยแต่ละกริดจะถูกกำหนดค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยดังแสดงในรูปที่ 5ก. ถึง 5ค. โดยผลรวมของคะแนนระดับโอกาสเกิดดินถล่มจะถูกคำนวณเก็บไว้ในแต่ละช่องกริด ระดับพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มกำหนดจากระดับคะแนนดังแสดงในตารางที่ 4 รูปที่ 6 แสดงแผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงพบว่ามีความสอดคล้องกันไม่น้อยกว่า-



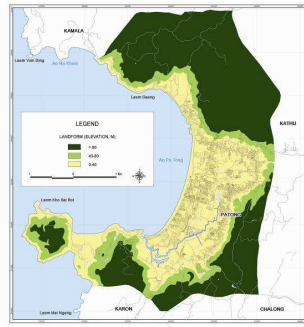
(ก)



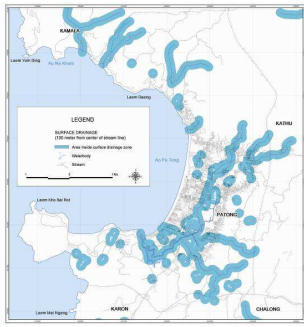
(ข)



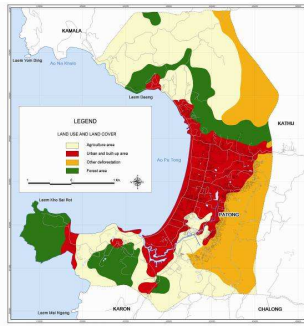
(ค)



(ง)

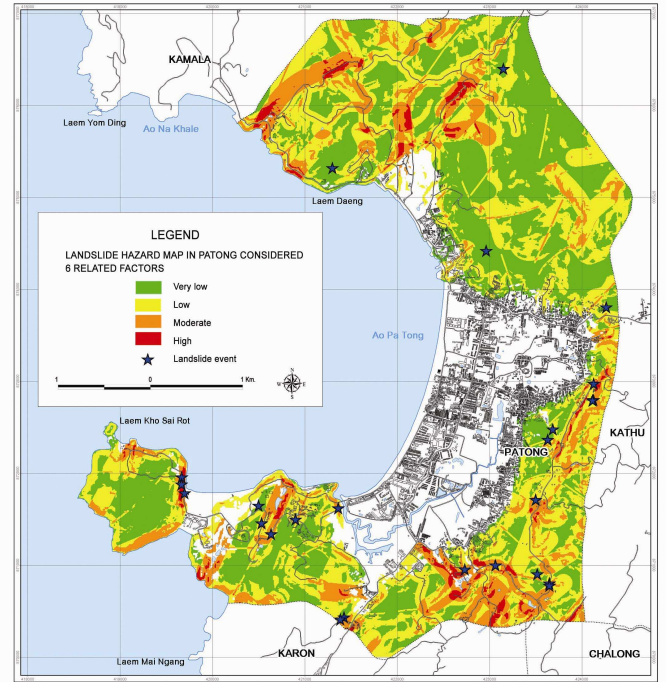


(จ)



(ฉ)

คะแนน	ระดับโอกาสเกิดดินถล่ม	จำนวนพิกเซล	พื้นที่ (ม ²)	%
31.6-37.5	สูงมาก	408	10,200.00	0.07
25.6-31.5	สูง	13,054	326,218.36	2.27
19.6-25.5	ปานกลาง	102,359	2,555,706.73	17.76
13.6-19.5	ต่ำ	237,269	5,904,230.18	41.03
0-13.5	ต่ำมาก	224,914	5,594,591.66	38.88
	รวมทั้งหมด	578,004	14,390,946.93	100



รูปที่ 6 แผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มโดยวิธีดัชนีปัจจัยร่วมจาก 6 ปัจจัย

รูปที่ 5 ข้อมูลปัจจัยที่พิจารณาในรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
 ก.อัตราส่วนความลาดชันของเสถียรภาพลาดดิน ข.รอยแตกหลักของ
 พื้นดิน ค.อิทธิพลจากระยะใกล้ทาง ง.ระดับความสูงของพื้นที่ จ.การ
 ระบายน้ำผิวดิน ฉ.การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
 ร้อยละ 78.2 ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าเหตุการณ์ดินถล่มในพื้นที่ ต.ป่า
 ตองถูกควบคุมโดยความลาดชันและ lineaments zone แผนที่ที่
 วิเคราะห์ได้ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการกำหนดความ
 ระมัดระวังในการเข้าไปดำเนินการในพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดิน
 ถล่มระดับต่างๆกัน ในพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดสูงมากจำเป็นต้อง
 อาศัยความรู้จากทั้งนักธรณีวิทยาและวิศวกร ดังแสดงใน
 ข้อเสนอแนะตามตารางที่ 5

ตารางที่ 4 การจำแนกระดับโอกาสเกิดดินถล่ม

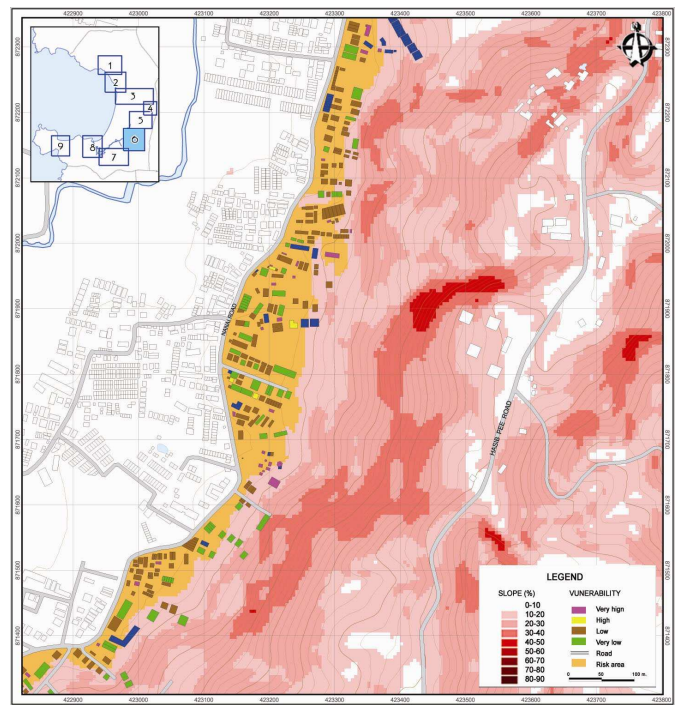
ตารางที่ 5 ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติในแต่ละระดับความเสี่ยงภัยดินถล่ม

ข้อควรปฏิบัติ	พื้นที่เสี่ยงอันตรายจากผลกระทบดินถล่ม			
	ระดับสูง	ระดับปานกลาง	ระดับต่ำ	ระดับต่ำมาก
ออกแบบและควบคุมโดยวิศวกร	✓	✓		
ประเมินโอกาสเกิดดินถล่มโดยนักธรณีวิทยา	✓			
จัดให้มีสิ่งปกคลุมดิน	✓	✓		
จัดให้มีระบบการระบายน้ำออกจากพื้นที่	✓	✓		
ควบคุมความชันการตัดลาดดิน	✓	✓	✓	✓

6. แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

แผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มนั้นบ่งบอกถึงพื้นที่ที่มีโอกาสเป็นต้นกำเนิดของดินถล่มแต่ไม่ได้ระบุถึงผลกระทบที่จะตามมาหากเกิดการถล่มเนื่องจากไม่ได้วิเคราะห์การไหลตัวของมวลดินถล่ม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ความเสี่ยงของอาคารที่อยู่ใกล้พื้นที่ดินถล่ม การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มดำเนินการตามหลักการที่ว่าความเสี่ยงเป็นผลคูณระหว่างโอกาสเกิดดินถล่มกับความสูญเสีย การศึกษานี้ได้ประมาณความสูญเสียจากสิ่งปลูกสร้างโดยอาศัยแผนที่ภูมิศาสตร์สารสนเทศจัดทำโดยเทศบาลเมืองป่าตอง ระดับความเสี่ยงของอาคารถูกจำแนกตามพื้นที่ผลกระทบบริเวณด้านล่างของลาดชันเบื้องต้นจะประมาณพื้นที่ผลกระทบต่อดินถล่มจากระยะทางการไหลหรือเคลื่อนตัวของมวลดินที่เกิดการพิบัติโดยอาศัยข้อเสนอแนะจาก Finlay et al. [5] ได้เสนอว่าระยะทางรับผลกระทบดินถล่มบริเวณตีนลาดชันจะประมาณเท่ากับความสูงของลาดชัน

ความสูญเสียของอาคารคือความรุนแรงคูณด้วยจำนวนคนที่ได้รับผลกระทบ ซึ่งอาคารถูกแบ่งระดับความรุนแรงได้ดังนี้คือ บ้านไม้ 1 ชั้น อาคารค.ส.ล. 1 ชั้น บ้านไม้มากกว่า 1 ชั้น และอาคารค.ส.ล.มากกว่า 1 ชั้น จำแนกเป็นระดับความรุนแรงสูงปานกลาง ต่ำ และต่ำมากตามลำดับ ส่วนจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบประมาณจากแผนที่ภูมิ โดยแบ่งเป็นจำนวนผู้รับผลกระทบสำหรับอาคารพาณิชย์หรืออาคารสำนักงานอยู่ในเกณฑ์ต่ำ และอาคารที่พักอาศัยอยู่ในเกณฑ์สูง รูปที่ 7 แสดงแผนที่เสี่ยงภัยของอาคารจากการวิเคราะห์ข้างต้น



รูปที่ 7 แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (ส่วนขยาย)

7. แผนที่ดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินวิกฤติ

การจัดการภัยดินถล่มจะไม่สมบูรณ์หากขาดเกณฑ์การเตือนภัย ปริมาณฝนที่จะกระตุ้นการพิบัติโดยจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวกับฝนที่เป็นตัวกระตุ้นดินถล่มได้แก่ปริมาณความชื้นสะสมในดินและอัตราการตกของฝนในปัจจุบัน ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ค่า API (Antecedent Precipitation Index) ที่กรมทรัพยากรน้ำใช้ในการเตือนภัย ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินหรือค่า API เป็นค่าที่ชี้ถึงความชุ่มชื้นของดิน ณ เวลาใด ๆ โดยเป็นค่าที่ตรวจวัดได้โดยเครื่องวัดน้ำฝน หากค่า API มีค่าสูงขึ้นเมื่อความชุ่มชื้นของมวลดินเพิ่มขึ้นจนถึงจุดวิกฤติ (Critical API) ลาดชันจะเกิดการพิบัติ [6] การจัดทำแผนที่ดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินวิกฤติดำเนินการโดยการวิเคราะห์หาค่า Critical API หรือหาความชุ่มชื้นและความหนาของดินที่ทำให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดิน (F.S) เท่ากับ 1.0 โดยนำค่า c', ϕ' จากการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้อาวิเคราะห์หาเสถียรภาพของลาดดินโดยสมการการพิบัติแบบลาดอนันต์ โดยใช้ค่าความเขื่อมแน่นของดิน (c') = 0.35 ksc. ค่ามุมของแรงเสียดทานดิน (ϕ') = 24.8° ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน (γ_d) = 1.41 t/m^3 ค่าถ่วงน้ำหนักของดิน (G_s) = 2.65 ค่าช่องว่างในดิน (e) = 0.89 ค่าร้อยละความชื้นของดิน (S_r) = 93% และค่าความพรุนของดิน (n) = 0.471 ตามสมการที่ 1 พร้อมทั้งหาค่าความหนาวิกฤติตามสมการ

ที่ 2 ได้ผลดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9 ซึ่งแผนที่ดัชนีความชุ่มชื้นวิกฤติแสดงในรูปที่ 10 เมื่อนำตำแหน่งที่เคยเกิดดินถล่มในพื้นที่มาซ้อนทับในแผนที่ดัชนีความชุ่มชื้นวิกฤติเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการวิเคราะห์พบว่าตำแหน่งที่เคยเกิดดินถล่มส่วนใหญ่ตรงตามตำแหน่งที่มีค่า API critical น้อย บางจุดที่อยู่นอกบริเวณที่วิเคราะห์เป็นผลเนื่องมาจากการตัดลาดดิน

$$F.S. = [1 - r_u (1 + \tan^2 \beta)] \frac{\tan \phi'}{\tan \beta} - \frac{1}{\sin \beta \cos \beta} \frac{c'}{\gamma H_{cr}} \quad (1)$$

เมื่อ F.S. = อัตราส่วนความปลอดภัยของเสถียรภาพของลาดดินอนันต์

r_u = ค่าอัตราส่วนแรงดันในมวลดิน

β = ค่ามุมความลาดชันของชั้นดิน

γ = ค่าหน่วยน้ำหนักรวมของดิน

H_{cr} = ค่าความหนาวิกฤติ (เมตร)

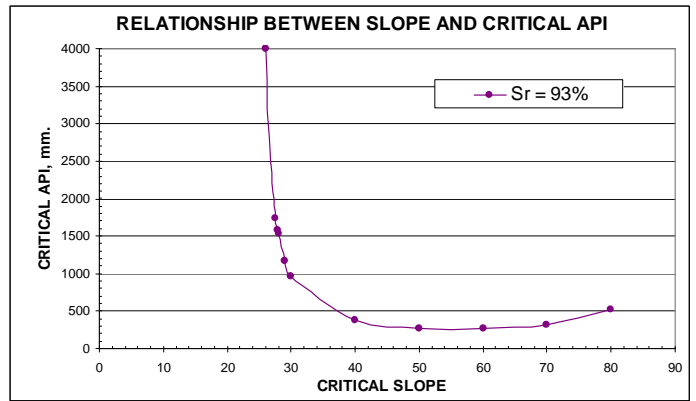
$$API_{cr} = n \cdot S_{r,cr} \cdot T_{cr} \quad (2)$$

เมื่อ API_{cr} = ค่าดัชนีความชุ่มชื้นวิกฤติ (มม.)

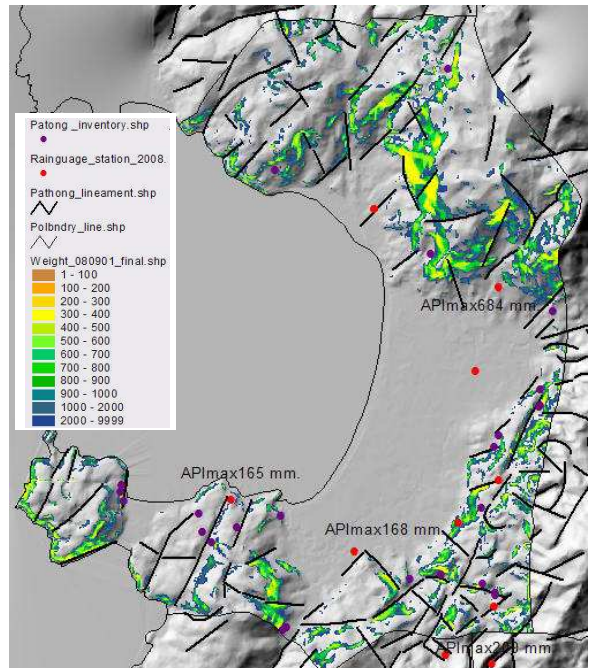
n = ค่าความพรุนของดิน

$S_{r,cr}$ = ค่าร้อยละของความชื้นในดินที่จุดวิกฤติ

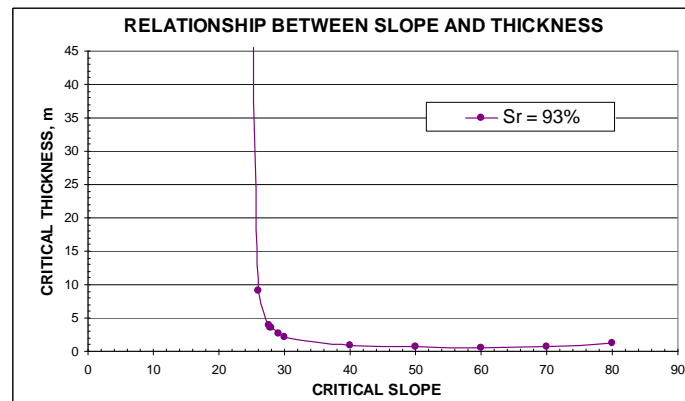
T_{cr} = ค่าความหนาวิกฤติ (เมตร)



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความชุ่มชื้นวิกฤติกับมุมลาดชัน



รูปที่ 10 แผนที่ดัชนีความชุ่มชื้นวิกฤติ



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาวิกฤติกับมุมลาดชัน

8. เกณฑ์ในการเตือนภัยดินถล่มด้วยปริมาณน้ำฝน

การใช้ดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินวิกฤติเป็นเกณฑ์ในการเตือนภัยดินถล่มเนื่องจากฝนตกหนักจำเป็นต้องมีการติดตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่เสี่ยง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าปริมาณความชุ่มชื้นในมวลดินที่ผ่านมา (API_{t-1}) (สมการที่ 3)[7] พร้อมเผื่อปริมาณน้ำฝนที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาต่อไปว่าจะถึงค่าดัชนีความชุ่มชื้นวิกฤติของพื้นที่เสี่ยงหรือไม่ จากการวัดปริมาณน้ำฝนโดยกระจายทั่วทั้ง ต.ป่าตอง พบว่ามีปริมาณการตกของฝนไม่เท่ากัน โดยพื้นที่ปะทะเขาด้านเหนือของ ต.ป่าตอง มีปริมาณการตกของฝนมากกว่าบริเวณอื่น รูปที่ 11 แสดงตำแหน่งสถานีวัดปริมาณน้ำฝน จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่บันทึกได้นำมา

พล็อตกราฟการเตือนภัยด้วยปริมาณน้ำฝนสะสมที่ผ่านมา 3 วัน ดังแสดงในรูปที่ 12 เปรียบเทียบกับกราฟการเตือนภัยด้วยดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินวิกฤติ ดังแสดงในรูปที่ 13 โดยใช้เกณฑ์ค่า API_{cr} ต่ำสุดเท่ากับ 265 มม. เป็นเกณฑ์ (จากการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 7) เมื่อใช้เหตุการณ์ที่เคยเกิดดินถล่มในพื้นที่ในอดีตมาพิจารณาประกอบ พบว่าการเตือนภัยด้วยปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วันของปีพ.ศ.2547 ไม่เหมาะสม เนื่องจากวันที่ 14 ต.ค. 2547 มีค่าปริมาณน้ำฝนสะสมล่วงหน้า 3 วันเป็นปริมาณ 3.55 มม. วันต่อมา มีฝนตกเป็นปริมาณ 127.25 มม. เกิดดินถล่มน้ำท่วมใน - ต.ป่าตอง การใช้กราฟการเตือนภัยด้วยปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน จึงไม่มีการเตือนภัยล่วงหน้า แต่หากใช้กราฟการเตือนภัยด้วยดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินวิกฤติซึ่งพิจารณาปริมาณน้ำที่สะสมในมวลดินตลอดทั้งปีจึงทำให้มีช่วงเวลาที่ใช้เตือนภัยก่อนที่จะมีปริมาณน้ำฝนตกลงมาทำให้ดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินถึงปริมาณวิกฤติ แต่ทั้งนี้จากรูปที่ 13 ดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินของเหตุการณ์เกิดดินถล่มยังอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่า K ต่อไป นอกจากนี้เหตุการณ์น้ำท่วมวันที่ 19 ก.ย. 2552 (รูปที่ 14 และรูปที่ 15) จากข้อมูลน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติดังรูปที่ 16 ที่มีค่าปริมาณน้ำฝนสะสมล่วงหน้า 3 วันเป็นปริมาณ 45 มม. วันต่อมา มีฝนตกเป็นปริมาณ 110.2 มม. ยังแสดงถึงความจำเป็นที่ต้องทำการปรับแก้หรือให้ช่วงการเตือนภัยก่อนวิกฤติเพื่อความปลอดภัยในการเตือนภัย ดังแสดงผลในรูปแบบกราฟในรูปที่ 17 ที่กำหนดระดับความเสี่ยงของดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินที่เวลา t-1 เป็นสามช่วง คือ ช่วงที่ 1. $API < 90$ มม. เป็นระดับโอกาสของความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ดินถล่มต่ำ ให้ทำการเฝ้าระวังต่อไป ช่วงที่ 2. $API < 90 - 190$ มม. เป็นระดับโอกาสของความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ดินถล่มปานกลาง ให้ทำการเตรียมความพร้อมที่จะมีการอพยพหรือมาตรการเตือนภัยดินถล่มและน้ำท่วมในพื้นที่ ช่วงที่ 3. $API > 190$ มม. เป็นระดับโอกาสของความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ดินถล่มสูง ให้มีการอพยพและหน่วยงานราชการเตรียมให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติดินถล่ม หรือจัดเตรียมชุดระบายน้ำในกรณีที่เกิดน้ำท่วม จัดเตรียมเครื่องจักรขนาดใหญ่เพื่อเปิดทางสัญจรที่สำคัญในกรณีที่มีดินถล่มปิดทับถนน เกณฑ์การเตือนภัยจะมีความน่าเชื่อถือหรือมีความถูกต้องเพียงใดจำเป็นต้องนำข้อมูลในพื้นที่มาปรับปรุงเกณฑ์ เพื่อนำไปใช้ในการบริหารและจัดการภัยพิบัติจากดินถล่มต่อไป

$$API_t = (K_t \times API_{t-1}) + P_t \quad (3)$$

เมื่อ API_t = ค่า API ณ เวลาใดๆ (t) (มม.)

API_{t-1} = ค่า API ของเวลาก่อนหน้า (t-1) (มม.)

P_t = ค่าปริมาณน้ำฝน ณ เวลาใดๆ (t) (มม.)

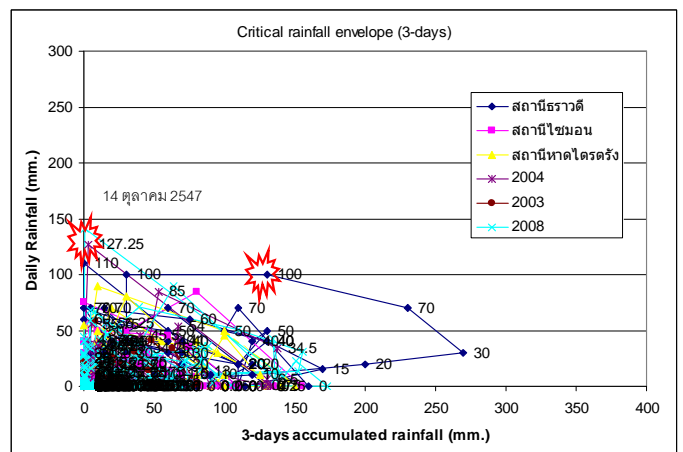
K = ค่าคงที่คูณลด ณ เวลาใดๆ

(การศึกษานี้ใช้ค่าเท่ากับ 0.88)



1. สถานีธรวาดิ	4. สถานีเทศบาล (ป้องกันภัย)	7. สถานีหาดโคตรตรง
2. สถานีชุมพล	5. สถานีบ้านกะหลิม	8. สถานีบ้านไร่ร่วมเย็น
3. สถานีไข่มอนคาบเร	6. สถานีรร.กรีนมาท์เทนท์	9. สถานีโรงแรมบ้านสวน

รูปที่ 11 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน (ภาพจำลองภูมิประเทศ: GISTHAI)



รูปที่ 12 กราฟการเตือนภัยด้วยปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน

ถล่ม ในกรณีของการศึกษานี้ ความลาดชันและแนวรอยเลื่อนเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดดินถล่มในพื้นที่ ซึ่งข้อเสนอแนะในการบริหารความเสี่ยงภัยดินถล่มในพื้นที่โอกาสเกิดดินถล่มสูงคือ ควรออกแบบและควบคุมโดยวิศวกร มีการประเมินโอกาสเกิดดินถล่มเพิ่มเติมโดยนักธรณีวิทยา ควบคุมความชันในการตัดลาดดิน และจัดให้มีสิ่งปกคลุมดิน ระบบระบายน้ำออกจากพื้นที่หลังการพัฒนาพื้นที่

2. ข้อมูลการพิบัติในอดีตและสาเหตุการพิบัติรวมถึงข้อมูลน้ำฝนขณะพิบัติมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์เพื่อจัดการภัยดินถล่มและการเฝ้าระวังภัยในพื้นที่ที่เคยเกิดเหตุการณ์ดินถล่ม
3. การใช้ค่า API_t ในการเตือนภัยมีความเหมาะสมกว่าการใช้ปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน อย่างไรก็ตาม การกำหนดค่า API_{cr} ควรกำหนดช่วงที่เหมาะสมในการเตือนภัยก่อนถึงค่า API_{cr} ซึ่งค่าดัชนีความชุ่มชื้นในมวลดินวิกฤติของบริเวณชุมชนกะหลิม และชุมชนนาในเท่ากับ 265 มม. และ 290 มม. ตามลำดับ
4. การจัดการภัยดินถล่มจะสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพหากเข้าใจพฤติกรรมทางปฐพีกลศาสตร์และธรณีวิทยาาร่วมกัน
5. การบริหารจัดการภัยดินถล่มจำเป็นต้องบริหารพื้นที่และเวลาอย่างเหมาะสม อันได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยและเวลาสำคัญในการเตือนภัย ตามลำดับ

10. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบคุณ ศูนย์เตรียมความพร้อมป้องกันภัยพิบัติแห่งเอเชีย (ADPC) ในการสนับสนุนงบประมาณในโครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่มในเทศบาลเมืองป่าตอง

11. บรรณานุกรม

- [1] Asian Disaster Preparedness Center (ADPC), 2007. **Landslide Mitigation Demonstration Project for Patong City**. Final Report. Bangkok.

- [2] กรมทรัพยากรธรณี, 2549. **โครงการศึกษาหาแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากภัยดินถล่ม 6 จังหวัด**. รายงานฉบับสุดท้าย, กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ.
- [3] Pungsuwan, D., 2006, **Evaluation of Landslide Sensitive Area for Slope Development in Phuket**. M.S. Thesis, Kasatsart University, Bangkok.
- [4] สุทธิศักดิ์ ศรีสัมพันธ์ วรวัชร ต่อวิวัฒน์และวารกร ไม้เรียง, 2550. **การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินเพื่อสนับสนุนการเตือนภัยดินถล่มจากฝนตกหนัก**. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12, พิษณุโลก.
- [5] Finlay, P.J., Mostyn, G.R., Fell, R., 1999. **Landslide risk assessment: prediction of travel distance**. Can. Geotech. J. 36, 556–562.
- [6] สุทธิศักดิ์ ศรีสัมพันธ์ บรรพต กุลสุวรรณ และวรวัชร ต่อวิวัฒน์, 2550. **การวิเคราะห์ค่า API วิกฤติเพื่อใช้ในการเตือนภัยดินถล่มจากฝนตกหนัก**. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12, พิษณุโลก.
- [7] วรวัชร ต่อวิวัฒน์, 2552, **แบบจำลอง API วิกฤติเพื่อการเตือนภัยดินถล่มสำหรับดินที่เกิดจากการสลายของหิน ณ ที่ตั้งในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.