

สารบัญ

หัวข้อเรื่อง	หน้า
1. คำนำ	1
2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
3. งานที่ได้มีการดำเนินการไปแล้ว	2
4. กรณีดินถล่มและน้ำหลากที่ อ.หล่มสัก และ อ.วังชัน	3
ก. กรณีของวังชัน	4
ข. กรณีของ อ.หล่มสัก	6
5. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินถล่ม	13
ก. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการและบริหารจัดการ	13
ข. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	14
6. งานวิจัยที่ต้องดำเนินการในระยะต่อไปเพื่อการแก้ไขที่ยั่งยืน	15
7. สรุป	22
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ความเสียหายของพื้นที่ประสบภัยอย่างรุนแรงของตำบลน้ำก้อ – น้ำซุน	9
2 หน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้อง	14
3 หน่วยงานที่ดำเนินการวิจัย	15

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 พื้นที่ลุ่มน้ำสรอยและลุ่มแม่น้ำพุง อ.วังชัน จ.แพร่	5
2 สภาพความเสียหายของบ้านโองัง ต.แม่สรอย	6
3 ลักษณะรอยลาดเขาถล่มของลาดเขาทางด้านทิศใต้ของลุ่มน้ำสรอย	6
4 พื้นที่ลุ่มน้ำก้อและลุ่มน้ำซุน	7
5 รูปลักษณะหุบเขาน้ำก้อ (แอ่งรับน้ำลุ่มน้ำก้อ)	11
6 เริ่มเดินทางสำรวจพื้นที่บริเวณบ้านตาดฟ้า และลำน้ำแสนสุระ	11

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
7	ลักษณะการเกิดพิบัติลาดดินบริเวณลำน้ำแสนสระ ลำน้ำสาขาลุ่มน้ำก้อ
8	ขณะทำการเก็บตัวอย่างดินและทดสอบกำลังของดินในสนาม
9	ขณะกำลังเก็บตัวอย่างดิน
10	หลักการในการศึกษาพื้นที่ต้นน้ำแบบองค์รวม
11	ความเกี่ยวข้องของดินถล่มกับการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ต้นน้ำ
12	ขบวนการศึกษาและการแก้ไขปัญหาดินถล่มโดยยั่งยืน
13	ขั้นตอนในการประเมินความเสี่ยงของดินถล่มโดยวิธีทางวิศวกรรม

1. คำนำ

รายงานฉบับนี้ เป็นการศึกษาสถานภาพของการวิจัยทางด้านแผ่นดินถล่ม เพื่อนำไปพิจารณาเป็นพื้นฐานในการจัดทำข้อเสนอโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาแผ่นดินถล่มและการแก้ไขที่ยั่งยืน” ซึ่งจะดำเนินการนำเสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ในโอกาสต่อไป การศึกษาที่นำมารายงานนี้ได้ประมวลมาจากแหล่งข้อมูลดังต่อไปนี้

1. บทความและเอกสารอ้างอิง
2. รายงานวิจัยและการศึกษา
3. ข้อมูลจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น กรณี อ.วังชัน และ อ.หล่มสัก
4. การเข้าสำรวจพื้นที่ของนักวิจัย
5. การประชุมของหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์แผ่นดินถล่ม

การศึกษาค้างนี้ได้รับทุนประมวลงค์ความรู้เกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนา จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย เป็นจำนวนเงิน 55,000 บาท ในระยะเวลาดำเนินการ 2 เดือน (1 มกราคม 2545 - 28 กุมภาพันธ์ 2545)

2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ดินถล่มที่เกิดขึ้นพร้อมกับอุทกภัยจะเกิดขึ้นได้จากสาเหตุสองกลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มแรกเป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมได้เช่น ฝนตกหนัก การผุพังตามธรรมชาติของหินความลาดชันของภูมิประเทศ เป็นต้น ส่วนกลุ่มที่สองเป็นปัจจัยที่มนุษย์ทำให้เกิดขึ้นเอง เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกและปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น หากปัจจัยดังกล่าวเกิดขึ้นในช่วงเวลาวิกฤตเมื่อฝนตกหนักจนดินชุ่มน้ำและสูญเสียกำลังจนไม่สามารถคงตัวอยู่ได้ก็จะถล่มลงมาจากไหล่เขาพร้อมกับน้ำที่หลาก โดยผสมกันเป็นน้ำโคลนที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำปกติจึงมีพลังงานในการทำลายล้างสิ่งกีดขวางสูงกว่าน้ำมาก เหตุการณ์เช่นนี้ได้เคยเกิดขึ้นในอดีต ทั้งในยุคก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งแสดงได้จากหลักฐานทางธรณีวิทยา แต่ในช่วง 10 กว่าปีที่แล้วมานับว่าเกิดขึ้นบ่อยครั้งมาก ตั้งแต่กรณีที่ อ.พิบูล จ.นครศรีธรรมราช ใน พ.ศ. 2531 กรณีที่เขาคิชฌกูฏ จ. จันทบุรี เมื่อ พ.ศ. 2542 กรณีที่ อ.วังชัน จ. แพร่ เมื่อเดือน พฤษภาคม 2544 และกรณีที่บ้านน้ำก้อ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ เมื่อ 10-11 สิงหาคม 2544

สำหรับในต่างประเทศการพังถล่มของดินทำให้เกิดความเสียหายมาก จากข้อมูลของ Landslide hazard team report (2000) ได้ประเมินว่า ทั่วโลกแล้วแผ่นดินถล่มจะทำให้คนเสียชีวิต 1,000 คน และทรัพย์สินสูญเสียชีวิตประมาณ 4,000 ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี และหลายประเทศมีการรวบรวม

รวมข้อมูลไว้อย่างมีระบบ ตัวอย่างเช่นในสหรัฐอเมริกา ซึ่งสามารถประเมินค่าความเสียหายได้ปีละมากกว่า 1000 ล้านเหรียญสหรัฐ ในประเทศอิตาลี ปีละประมาณ 1140 ล้านเหรียญสหรัฐ การถล่มของดินนับเป็นพิบัติภัยที่ทั่วไปถือได้ว่ามีสิ่งบอกเหตุที่ทำให้การคาดการณ์ได้ล่วงหน้ามากกว่าแผ่นดินไหวหรือไฟไหม้ ดังนั้นถ้ามีมาตรการในการป้องกันและแก้ไขที่ถูกต้องจะลดความเสียหายได้มากถึงร้อยละ 90 ของที่เคยเกิดขึ้น

3. งานที่ได้มีการดำเนินการไปแล้ว

ในช่วงปี พ.ศ.2541 ถึง พ.ศ.2543 ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการวิจัยในโครงการ “ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน” ภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (วรากร และคณะ 2543) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อรวบรวมข้อมูล ความรู้ และกรณีศึกษาของการพิบัติ จากเอกสารของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลของการเคลื่อนพังให้เป็นระบบ ซึ่งสามารถนำไปประมวลเป็นฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน ต่อไป

2. เพื่อสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งจะถูกพัฒนาต่อไปเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีชื่อว่า KU-EXslope และมีลักษณะพิเศษในการให้ความรู้เฉพาะสาขาวิศวกรรมปฐพี ที่มีความเข้าใจในรูปแบบการเคลื่อนพังของลาดดิน และระดับไม่เสถียรภาพของลาดดิน ตลอดจนยังให้ข้อเสนอแนะในการตัดสินใจเลือกช่วงค่าความแข็งแรงของดินที่ถูกจำแนกตามระบบ Unified Soil Classification System (USCS) การบอกลักษณะของดินเหนียวกรุงเทพฯ (Bangkok Clay) และสภาพความชื้นของแผ่นดินไหวของแต่ละพื้นที่ในประเทศไทย เพื่อให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน

3. เพื่อทดสอบระบบผู้เชี่ยวชาญ KU-EXslope กับฐานข้อมูล ซึ่งเป็นกรณีศึกษาที่พบในประเทศไทย

4. พัฒนาโปรแกรมการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน (KUslope) โดยมีพื้นฐานจากการพิบัติในลักษณะส่วนโค้งของวงกลม ซึ่งสามารถสนับสนุนการวินิจฉัยโดยระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน” ได้

ผลการวิจัยในช่วงดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังนี้

สร้างโปรแกรมผู้เชี่ยวชาญ “KU-EXslope” พัฒนามาจากฐานความรู้ สองส่วนคือ KB1 เป็นขบวนการวินิจฉัยรูปแบบการเคลื่อนพังและสภาพความมั่นคงของลาดดินและ KB2 เป็นส่วนให้คำแนะนำการเลือกใช้ความแข็งแรงของชั้นดินและความชื้นของแผ่นดินไหวที่จะใช้วิเคราะห์ ส่วนความรู้นี้ได้มาจากการคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ข้อมูลการสำรวจกรณีพิบัติในสนามกว่า 100 แห่ง

เอกสารและบันทึกของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เอกสารอ้างอิงทางวิชาการ รายงานการสำรวจชั้นดิน แผนที่จัดจำแนกเขตแผ่นดินไหว แผนที่เขตการปกครอง และการวิเคราะห์ความมั่นคงด้วยโปรแกรมกว่า 800 หน้าตัด ลักษณะของชั้นดินที่พิจารณามี 3 ลักษณะได้แก่ ชั้นดินสมำเสมอเนื้อเดียว ชั้นดินที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นตามความลึก และชั้นดินที่มีหลายชั้น

การวิจัยสามารถจัดสร้างกฎจากฐานความรู้ได้ทั้งหมด 1196 กฎ โดยสามารถครอบคลุมรูปแบบการพิบัติส่วนใหญ่ที่ตรวจพบและให้คำแนะนำถึงระดับความมั่นคงของลาดดินได้ตั้งแต่ ระดับไม่มั่นคง เมื่อค่า FS. น้อยกว่า 1.0 ระดับที่ต้องมีการวิเคราะห์ยืนยันอย่างละเอียดด้วยโปรแกรม "KUslope" เมื่อค่า FS. อยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 2.5 และระดับที่มั่นคงเมื่อค่า FS. มากกว่า 2.5 ส่วนการแนะนำความแข็งแรงของชั้นดินในส่วนของดินกรุงเทพฯ เป็นค่า S_u สอดคล้องตามสมการของ SHANSEP และสำหรับดินทั่วไปๆ ที่สามารถจัดจำแนกด้วยระบบ USCS สามารถแนะนำช่วงของค่าพารามิเตอร์ของความแข็งแรง c และ ϕ

ผลของการประเมินความสามารถของระบบผู้เชี่ยวชาญโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลการพิบัติในสนามที่เกิดขึ้นใหม่ เช่น ริมตลิ่งแม่น้ำบางปะกง แนวคลองชลประทาน พบว่ามีถูกต้องสอดคล้องกัน ทั้งรูปแบบของการพิบัติ ระบบการตัดสินใจเลือกคำตอบและคำอธิบายประกอบ ส่วนการอบรมและนำเสนอต่อผู้ใช้ได้รับการตอบเสนอที่ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งการอบรมเชิงปฏิบัติการของการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน ผลของการเกิดระบบผู้เชี่ยวชาญนี้คาดว่าจะเป็นการยกระดับมาตรฐานของการออกแบบลาดดิน เกิดการตรวจสอบและวินิจฉัยการพิบัติที่จะเกิดให้มีความถูกต้องขึ้นเป็นผลไปสู่การลดโอกาสของการเกิดการพิบัติและสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน และนำไปสู่การพัฒนางานวิจัยในขั้นต่อไป เช่นการจัดแบ่งเขตพื้นที่ความเสี่ยงภัยจากดินถล่ม และการสำรวจพื้นที่การพิบัติด้วยระบบภาพถ่ายดาวเทียม

แต่อย่างไรก็ตามในระหว่างการวิจัยดังกล่าว คณะผู้วิจัยก็ได้พบประเด็นปัญหาของการพิบัติและแนวทางในการวิจัยที่ควรดำเนินการต่อเนื่อง เช่น การพิบัติของไหลเขาที่เกิดจากฝนตกชุก เป็นลักษณะโคลนไหล (Debris flow) ที่เกิดขึ้นพร้อมกับน้ำหลาก การพิบัติที่เกิดขึ้นในพื้นที่ป่าลึกหรือภูเขาสูง ซึ่งมีข้อจำกัดในการเข้าไปเก็บข้อมูล หรือประเมินสาเหตุ จำเป็นต้องใช้เทคนิคของการถ่ายภาพอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาช่วย การนำเอาเทคนิคของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เข้ามาร่วมในการเก็บข้อมูลและประเมินความเสี่ยงต่อการพังถล่มของลาดดิน เป็นต้น

4. กรณีดินถล่มและน้ำหลากที่ อ.หล่มสัก และ อ.วังชิ้น

ในช่วงปี พ.ศ. 2544 มีเหตุการณ์น้ำหลากและดินถล่มจากพื้นที่ภูเขาที่เป็นอันตรายร้ายแรงถึงกับมีราษฎรเสียชีวิตจำนวนมากอยู่ 2 กรณีคือ

กรณีแรกที่ อ.วังชัน จ.แพร่ เมื่อวันที่ 3-4 พฤษภาคม 2544 และกรณีที่ 2 ที่ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นกรณีศึกษาที่จะต้องนำมาศึกษาวิจัยโดยละเอียด ทางด้านวิศวกรรมและสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาข้อสรุปและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นแล้วนำไปสู่การแก้ไขที่ยั่งยืนต่อไป

ก. กรณีของวังชัน

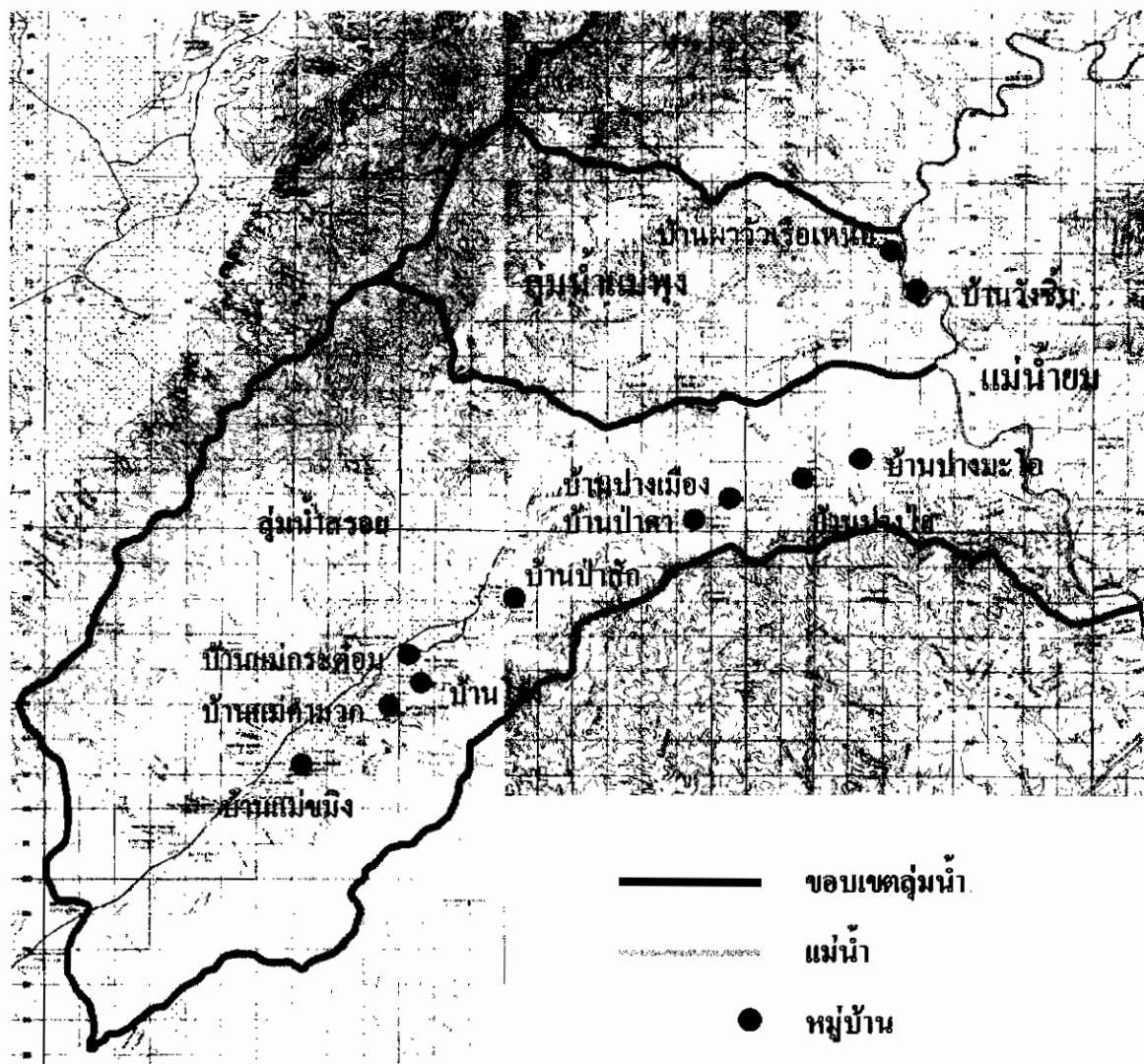
พื้นที่ที่เกิดน้ำหลากและแผ่นดินถล่มอยู่ทางทิศตะวันตกของ อ.วังชัน จ.แพร่ ในบริเวณลุ่มน้ำแม่สรวยและแม่พุง ซึ่งเป็นสาขาของแม่น้ำยม ดังแสดงในรูปที่ 1

เมื่อวันที่ 3-4 พฤษภาคม 2544 ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูฝน ได้มีฝนตกหนักบริเวณอำเภอวังชัน และอำเภอใกล้เคียง ซึ่งได้รับอิทธิพลจากร่องความกดอากาศต่ำ ทำให้มีฝนตกหนักในคืนวันที่ 3 ต่อเนื่องถึงวันที่ 4 เป็นปริมาณเฉลี่ย ด้านฝั่งซ้ายของลำน้ำแม่สรวยประมาณ 200 มิลลิเมตร และฝั่งขวามากกว่า 300 มิลลิเมตร ทำให้เกิดอุทกภัยและภูเขาถล่ม มีราษฎรเสียชีวิต 38 คน สูญหาย 3 คน บ้านเรือน สาธารณูปโภคและพื้นที่การเกษตรเสียหายจำนวนมาก เป็นมูลค่าประมาณ 210 ล้านบาท

สภาพความเสียหายส่วนมากเกิดจากกระแสน้ำในแม่น้ำสรวยและสาขาลันตลิ่ง และด้วยความเร็วสูงจะไหลลัดแนวคดโค้งของทางน้ำเข้าท่วมบ้านเรือนและพัดพาไปกับกระแสน้ำ ถึงแม้ว่าในช่วงคืนวันเกิดเหตุ จะมีฝนตกลงมาอย่างหนักและมีสถานีวัดน้ำฝนอยู่ที่อำเภอวังชัน แต่ก็ไม่มีมาตรการเตือนภัย จนถึงกลางดึกของวันที่ 3 พฤษภาคม 2544 น้ำป่าก็ไหลล้นตลิ่งลำน้ำสูงประมาณ 2-3 เมตร พร้อมต้นไม้และกิ่งไม้ เข้าปะทะบ้านเรือนราษฎรจนเกิดความสูญเสียดังกล่าว ดังตัวอย่างของบ้านโง้ง ซึ่งเกือบทั้งหมดบ้านถูกน้ำพัดเสียหายมากและเสียชีวิตถึง 16 คน ดังในรูปที่ 2

สำหรับแผ่นดินถล่มที่เกิดขึ้นจะปรากฏมากบริเวณต้นน้ำแม่สรวย โดยเฉพาะทางด้านลาดเขาด้านใต้หรือฝั่งขวาของลำน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งในบริเวณนี้เป็นดินที่ผุสลายจากหน่วยหิน Tr7 (กรมทรัพยากรธรณี, 2544) ที่มีแนวแตกและรอยเลื่อนในเนื้อหินมาก ประกอบกับปริมาณน้ำฝนที่มากกว่า 300 มิลลิเมตรในช่วงเวลาดังกล่าว ส่วนลาดเขาด้านทิศเหนือ มีลักษณะทางธรณีวิทยาที่ตึกกว่าและความเข้มของน้ำฝนน้อยกว่า จึงมีการถล่มน้อยกว่ามาก ดังนั้น กรณีศึกษานี้ จึงมีสภาพปัจจัยจากธรรมชาติที่แตกต่างกันชัดเจนในลุ่มน้ำเดียวกัน สำหรับสภาพของป่าไม้ในสองบริเวณนี้ไม่แตกต่างกันมากนัก ดินและหินที่เกิดจากการถล่มมีปริมาณไม่มากนักทำให้เกิดการตกตะกอนในส่วนบนของลุ่มน้ำและผลต่อหมู่บ้านข้างล่างน้อยมาก คงมีแต่ต้นไม้และกิ่งไม้ที่ถูกพัดพาไปกับน้ำเท่านั้นที่เข้าปะทะกับบ้านและทำความเสียหายอย่างมาก

พื้นที่รับน้ำ อ.วังชิ้น จ.แพร่



รูปที่ 1 พื้นที่ลุ่มแม่น้ำสรอยและลุ่มแม่น้ำพุง อ. วังชิ้น จ. แพร่



รูปที่ 2 สภาพความเสียหายของบ้านไธ้ง ต.แม่สรอย

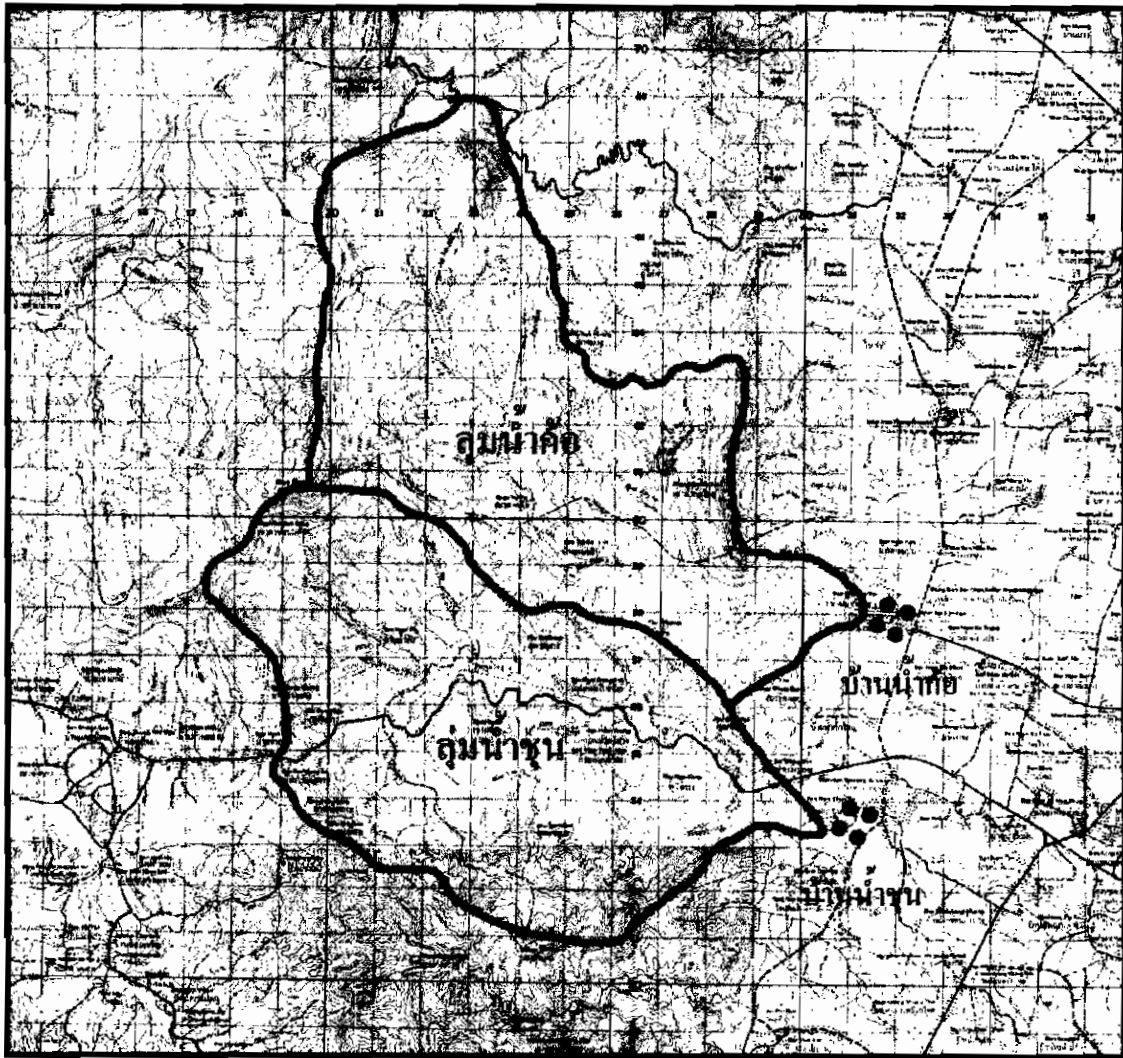


รูปที่ 3 ลักษณะรอยลาดเขาถล่มของลาดเขาทางด้านทิศใต้ของลุ่มน้ำสรอย

ข. กรณีของ อ.หล่มสัก

พื้นที่ที่เกิดภัยพิบัติเป็นบริเวณ บ้านน้ำก้อและน้ำซุน ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของอำเภอหล่มสัก จ. เพชรบูรณ์ บ้านเรือนราษฎรส่วนหนึ่งปลูกสร้างบนดินตะกอนรูปพัด (Alluvial fan) บริเวณที่ราบเชิงเขาที่ลำน้ำไหลลงจากเขาสูงทางด้านทิศตะวันตก ซึ่งต่อเชื่อมกับเขาค้อ เขาขาด และภูหินร่องกล้า ดังแสดงในรูปที่ 4

พื้นที่รับน้ำ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์



รูปที่ 4 พื้นที่ลุ่มน้ำค้อและลุ่มน้ำขุน

1. สภาพพื้นที่ของลุ่มน้ำค้อใหญ่ ลุ่มน้ำค้อใหญ่อยู่ตอนบนของลุ่มน้ำขุนใหญ่ มีสภาพพื้นที่เป็นภูเขาสูงชันมาก โดยมีความลาดเอียงจากด้านตะวันตก ด้านเหนือและด้านตะวันออกลงมาทางตอนกลางของพื้นที่ อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 240-1,746 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีจุดสูงสุดของลุ่มน้ำอยู่ทางด้านตะวันตกและตะวันตกเฉียงเหนือบริเวณเขาขาดและเขาตัวโค้งซึ่งเป็นต้นน้ำของห้วยแสนสระห้วยสี่เสียด ห้วยตีนตกบ้านแม้ว ห้วยท่ากกยาง โดยไหลลงห้วยน้ำเจือก

ห้วยแสนสระจะไหลบรรจบกับห้วยน้ำเงือกลงห้วยก้อใหญ่ ทางด้านทิศตะวันออกของลุ่มน้ำเป็นภูกม
ม่วง ภูโปดและเขาน้ำก้อใหญ่จะเป็นแหล่งต้นน้ำของน้ำก้อยและห้วยชาติซึ่งมีร่องรอยของน้ำฝน
และการพิบัติน้อยกว่าทิศตะวันตก ซึ่งจะไหลไปบรรจบกับห้วยน้ำก้อใหญ่แล้วไหลลงสู่พื้นที่ทำการ
เกษตรและที่อยู่อาศัยของบ้านน้ำก้อใหญ่ บ้านน้ำก้อโปร่ง บ้านน้ำก้อโคก บ้านร่องเชือก บ้านน้ำก้อ
ไทย และบ้านน้ำก้อเศษ ก่อนที่ลำน้ำก้อจะไหลลงสู่แม่น้ำป่าสัก

2. สภาพพื้นที่ของลุ่มน้ำขุนใหญ่ ลุ่มน้ำขุนใหญ่มีสภาพพื้นที่เป็นภูเขาสูงชันมาก โดยมี
ความลาดเอียงจากด้านตะวันตก ด้านเหนือและด้านใต้ลงมาทางตอนกลางของพื้นที่คล้ายคลึงกับพื้นที่
ลุ่มน้ำก้อย ซึ่งเป็นพื้นที่ต่อเนื่องกัน อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 240 – 1,509 เมตร และเขาผา
ซ้อนแก้วอยู่สูงประมาณ 1,320 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นแหล่งต้นน้ำของห้วยสระแห้ง
และห้วยน้ำรินไหลลงสู่ห้วยน้ำขุนใหญ่ เขาหินตกอยู่ทางด้านใต้ของพื้นที่ที่มีความสูงประมาณ 642
เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นต้นน้ำของห้วยน้ำชำ ไหลลงสู่ห้วยน้ำขุนน้อยและไหลไป
บรรจบกับห้วยน้ำขุนใหญ่ไหลลงสู่พื้นที่ทำการเกษตรและที่อยู่อาศัยของบ้านน้ำขุนใหญ่ บ้านกกไธ
บ้านโสกเตือและบ้านน้ำอ้อม

3. พื้นที่ชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรม บ้านน้ำก้อใหญ่และบ้านน้ำขุนใหญ่ มีสภาพพื้นที่
ค่อนข้างราบเรียบถึงเป็นลูกคลื่นลอนชัน ที่ลาดเอียงจากด้านตะวันตกไปทางด้านตะวันออกของพื้นที่
ในพื้นที่ราบลุ่มที่ใช้ปลูกข้าวจะอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 140 – 170 เมตร มีลำ
ห้วยเล็กๆที่แยกมาจากห้วยน้ำก้อใหญ่และห้วยน้ำขุนใหญ่ กระจายกระจายและไหลลงสู่ห้วยน้ำพุง
ได้แก่ ห้วยน้ำคำน้อย ห้วยเมืองใหญ่ ส่วนในพื้นที่ที่ใช้เพาะปลูกพืชไร่ พืชไร่ผสม ข้าวโพด ไม้ผล ไม้
พุ่มและไม้ผลผสมจะอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 180- 240 เมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, ธ.ค. 2544)

พื้นที่ในลุ่มน้ำก้อยและลุ่มน้ำขุนมีขนาด 70 และ 68 ตร.กม. ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ใน
ความดูแลรับผิดชอบของกรมประมงสงเคราะห์ เพื่อจัดตั้งเป็นนิคมสร้างตนเองสงเคราะห์ชาวเขา
การใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีตได้มีราษฎรชาวเขาและชาวไทยพื้นราบ ได้เข้าไปบุกรุกครอบครองทำ
ประโยชน์ โดยมีการตัดไม้ จนมีสภาพเป็นทุ่งหญ้าและป่าผลัดใบเสื่อมโทรม ราษฎรได้ใช้พื้นที่บาง
ส่วนไปปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ฝรั่ง มะละกอ เป็นต้น ส่วนพื้นที่ราบเชิงเขาห้วยน้ำก้อ-น้ำขุน
บริเวณโดยรอบหมู่บ้าน จะเป็นพื้นที่ทำนาข้าว ไร่ยาสูบ ไร่กระเทียม และพืชไร่อื่นๆ

ลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นหินหน่วยห้วยหินลาด มีลักษณะเป็นหินกรวดมน หินดินดาน หิน
โคลน มีหินภูเขาแก้วภูเขาไฟแทรกสลับบางส่วน และดินเป็นกลุ่มที่ค่อนข้างละเอียดถึงละเอียดมาก
มีเนื้อดินร่วนปนดินเหนียว ดินเหนียวปนทรายแป้ง มีการระบายน้ำที่ดี ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระดับความ
สูง +360.00 ถึง +1000.00 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

จากอิทธิพลของพายุโซนร้อนนุซารี ทำให้ช่วงตึกของวันที่ 10 สิงหาคม 2544 มีฝนตกหนัก บริเวณลุ่มน้ำสาขาของน้ำก้อและน้ำซุน ได้แก่ ห้วยแสนสระ ห้วยสีเสียด ห้วยท่ากยาง ห้วยบ้านแม้ว เป็นพื้นที่ประมาณ 60% ของลุ่มน้ำก้อและคาบเกี่ยวไปถึงลุ่มน้ำซุน โดยไม่ทราบปริมาณน้ำฝน เนื่องจากไม่มีสถานีวัดน้ำฝนภายในพื้นที่ จนถึงเวลาประมาณ 3.00 น. น้ำป่าพร้อมโคลนและต้นไม้จึงไหลเข้าท่วมบ้านน้ำก้อและน้ำซุนทำความเสียหายอย่างรุนแรง เนื่องจากอยู่ในช่วงตึกและไม่มี การเตือนภัยให้ราษฎรทราบก่อน ทั้งปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ราบบริเวณหมู่บ้านมีไม่มากนัก

ความเสียหายที่เกิดขึ้นอาจแบ่งได้เป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นความเสียหายที่มีต่อพื้นที่ชุมชนน้ำก้อและการเกษตรในที่ราบข้างเคียง ส่วนที่สองเป็นความเสียหายที่มีต่อพื้นที่ลุ่มน้ำที่เกิดแผ่นดินถล่มและการกัดเซาะเปลี่ยนแปลงลำน้ำ

ก. ความเสียหายของชุมชนและพื้นที่การเกษตร ของหมู่บ้านน้ำก้อและน้ำซุนเป็นหมู่บ้านใหญ่และได้มีการขยายพื้นที่พักอาศัยลงไปใกล้ลำน้ำและอยู่ในบริเวณที่น้ำเคยท่วมถึง ทำให้กีดขวางลำน้ำ ทั้งยังมีฝายและสะพานซึ่งเศษไม้และซุงจะติดอยู่กีดขวางทางน้ำขณะน้ำหลากจึงทำให้น้ำป่าเข้าท่วมบ้านเรือนที่อยู่บนตลิ่ง ประกอบกับเหตุการณ์เกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 3.00 น. ขณะที่ราษฎรหลับพักผ่อน จึงไม่มีการเตือนเพื่ออพยพหนีภัย ความสูญเสียจึงเกิดขึ้นสูงทั้ง ชีวิต ทรัพย์สิน และบ้านเรือน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเสียหายของพื้นที่ประสบภัยอย่างรุนแรงของตำบลน้ำก้อ – น้ำซุน

ตำบล	หมู่บ้าน	ครัวเรือน	ประชากร	เสียชีวิต	สูญหาย	บ้านเรือนเสียหายทั้งหลัง	บ้านเรือนเสียหายบางส่วน
น้ำก้อ	11	991	4,709	123	6	188	411
น้ำซุน	9	138	2,459	8	-	19	104
รวม	20	1,372	7,168	131	6	207	515

สำหรับพื้นที่เกษตรที่เสียหายทั้งพืชไร่ ปศุสัตว์ และประมง ได้ปรากฏเป็นรายละเอียดในรายงานของสำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์ (ส.ค. 2544)

อาคารชลประทานที่เสียหายประกอบด้วยฝายราษฎรจำนวน 2 แห่ง ฝายของกรมชลประทาน 2 แห่ง

รวมความเสียหายอย่างไม่เป็นทางการ ประมาณ 65 ล้านบาท

ข. ความเสียหายของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำของทั้ง น้ำก้อและน้ำซุน มีลักษณะแผ่นดินถล่มหลายร้อยจุด มีการเปลี่ยนแปลงทางน้ำและกระทบต่อจำนวนสัตว์น้ำและสัตว์บกที่เคยมีอยู่ใน

บริเวณต้นน้ำซึ่งควรมีการประเมินในรายละเอียดต่อไปจึงยังไม่สามารถทราบมูลค่าความเสียหายได้ สำหรับพื้นที่เหล่านี้จำเป็นต้องมีการฟื้นฟูสภาพให้ลาดดินมีความมั่นคง และปลูกป่าถาวรต่อไป

การสำรวจเพื่อหาข้อมูลเบื้องต้นทางด้านวิศวกรรมบริเวณที่เกิดดินถล่มในลุ่มน้ำก้อ โดย คณะนักวิจัยของศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ ดำเนินการ 3 ครั้ง คือ

ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 29-30 สิงหาคม 2544

โดยการเดินเท้าจากบ้านน้ำก้อยย้อนขึ้นไปตามลำน้ำก้อ ผ่านน้ำตกตาดฟ้า ที่ตั้งของบ้าน ตาดฟ้าในอดีต ไปจนถึงทางแยกลำน้ำแสนสระจากน้ำก้อใหญ่ เพื่อสำรวจลักษณะการไหลของน้ำ และโคลนตามลำดับ ลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่ ลักษณะทางภูมิประเทศของลุ่มน้ำพื้นที่ดินถล่ม การตกตะกอนตามลุ่มน้ำ และลักษณะธรณีวิทยาเบื้องต้น

ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 26-28 ตุลาคม 2544

โดยการเดินเท้าเข้าจากถนนสายพิษณุโลก-หล่มสัก กม.ที่ 112 ผ่านน้ำขุนข้ามสันเขาภู กระบองเข้าสู่บ้านตาดฟ้า ได้มีการเดินสำรวจลักษณะการพิบัติในลำน้ำแสนสระ สำรวจภูมิประเทศ ด้วยกล้องสำรวจในบริเวณพื้นที่ดินถล่มที่เป็นกรณีศึกษา 2 แห่ง เก็บตัวอย่างดิน ทดสอบความแข็งแรงของดินในสนาม ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย ในระหว่างนี้ได้มีการ บันทึกภาพถ่ายทางวิชาการเพื่อเผยแพร่ทางโทรทัศน์ด้วย

ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 11-14 มกราคม 2545

โดยการเดินเท้าและแทคเตอร์การเกษตร โดยใช้เส้นทางเช่นเดียวกับครั้งที่ 2 ได้มีการสำรวจภูมิประเทศเพิ่มเติม การสำรวจหน้าตัดของชั้นดิน การตอกทดลองเพื่อหาค่าความแข็งแรง การทดสอบค่าความชื้นน้ำ การเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติม

นอกจากการเข้าสำรวจทางด้านวิศวกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำแล้วยังได้มีโอกาสในการพูดคุยสอบถามถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ความรู้สึกของชาวบ้าน ทศนคติต่อการแก้ไขและจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำ ความช่วยเหลือที่ต้องการ และเรื่องอื่นๆที่เกี่ยวข้อง จากกำนัน ผู้ใหญ่บ้าน ตำรวจประจำหมู่บ้าน และชาวบ้านที่เป็นผู้นำทาง

รูปลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำ ความเสียหายที่เกิดที่หมู่บ้าน การเข้าพื้นที่การสำรวจและเก็บ
ตัวอย่างแสดงไว้ในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 9



รูปที่ 5 รูปลักษณะหุบเขาน้ำก้อ (แอ่งรับน้ำลุ่มน้ำก้อ)



รูปที่ 6 เริ่มเดินทางสำรวจพื้นที่บริเวณบ้านตาดฟ้า และลำน้ำแสนสุระ



รูปที่ 7 ลักษณะการเกิดพิบัติลาดดินบริเวณ ลำน้ำแสนสระ ลำน้ำสาขาลุ่มน้ำก้อ



รูปที่ 8 ขณะทำการเก็บตัวอย่างดินและทดสอบกำลังของดินในสนาม



รูปที่ 9 ขณะกำลังเก็บตัวอย่างดิน

5. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินถล่ม

ก. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการและบริหารจัดการ

ภัยพิบัติที่เกิดจากน้ำหลากและแผ่นดินถล่มมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งของรัฐและเอกชนเข้ามาเกี่ยวข้องหลายแห่ง แต่ขาดหน่วยงานบริหารจัดการและประสานที่ชัดเจนดังนั้นจึงมีการดำเนินงานในลักษณะที่บางงานมีการซ้ำซ้อนกันบ้าง เช่น การทำแผนที่เสี่ยงภัยซึ่งมีอย่างน้อย 4 หน่วยงานดำเนินการอยู่ภายใต้พื้นฐานและข้อมูลที่แตกต่างกันจึงได้ผลออกมาไม่ตรงกัน ในขณะงานในบางลักษณะงานก็ขาดการดำเนินการ เช่น ระบบการเตือนภัย การป้องกันตนเองจากภัยพิบัติ เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละหน่วยงานต่างมีกรอบภาระหน้าที่และงานประจำของตัวเองอยู่แล้ว ต่อเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้นจึงจะระดมกำลังเข้ามาช่วยเหลือเป็นครั้งคราวจึงทำให้ไม่สามารถที่จะดำเนินการให้เกิดความต่อเนื่องในระยะยาวได้ ในเรื่องนี้ควรได้มีการวิเคราะห์ลักษณะงาน ภาระหน้าที่และขอบเขตความรับผิดชอบและเสนอรูปแบบของการจัดองค์กรหรือหน่วยงานที่เหมาะสมในการประสานงานหรือบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำหลากและแผ่นดินถล่มให้เกิดประสิทธิภาพอย่างถาวร ดังเช่น FEMA (Federal Emergency Management Agency) ของสหรัฐอเมริกา หรือ RED CROSS ของประเทศฟิลิปปินส์ เป็นต้น

หน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการป้องกันภัยน้ำหลากและแผ่นดินถล่มอาจมีดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้อง

หน่วยงาน	สังกัด	ขอบเขตของงานที่เกี่ยวข้อง
- กรมพัฒนาที่ดิน	กระทรวงเกษตรฯ	การกักเซาะและพังทลายของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน การสำรวจดินทางการเกษตร
- กรมชลประทาน	กระทรวงเกษตรฯ	แหล่งน้ำ อุทกวิทยา การป้องกันอุทกภัย การชลประทาน การระบายน้ำ
- กรมป่าไม้	กระทรวงเกษตรฯ	ป่าไม้และการรักษาต้นน้ำลำธาร
- สำนักงานปฎิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม	กระทรวงเกษตรฯ	การจัดสรรพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมเพื่อการเกษตร
- กรมทางหลวงแผ่นดิน	กระทรวงคมนาคม	การก่อสร้างทางหลวงและการพิบัติของลาดดินคันทางและไหล่เขา
- สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม	กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	ควบคุมและวางแผนสิ่งแวดล้อม
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน	กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	แหล่งน้ำและอุทกวิทยา
- กรมอุตุนิยมวิทยา	กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	อุตุนิยมวิทยา การวัดแผ่นดินไหว และอุทกวิทยา
- กรมทรัพยากรธรณี	กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	ธรณีวิทยา ธรณีสัณฐาน การเคลื่อนตัวของมวลดินและหิน
- กรมการผังเมือง	กระทรวงมหาดไทย	การวางผังเมืองและหมู่บ้าน
- กรมการปกครอง	กระทรวงมหาดไทย	ปกครองท้องถิ่นและการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน
- กรมประชาสัมพันธ์	กระทรวงมหาดไทย	สงเคราะห์และบรรเทาทุกข์
- สนง. ตำรวจแห่งชาติ	สำนักนายกรัฐมนตรี	กู้ภัย บรรเทาทุกข์
- กองทัพบก	กระทรวงกลาโหม	บรรเทาทุกข์และฟื้นฟูสภาพหมู่บ้าน
- สภากาชาดไทย		บรรเทาทุกข์และสาธารณสุข
- มหาวิทยาลัยและสถาบัน การศึกษาต่างๆ	ทบวงมหาวิทยาลัยและกระทรวงศึกษาธิการ	งานวิจัยและให้ความรู้ต่อสาธารณะ
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ	องค์การมหาชน	ข้อมูลทางภาพถ่ายดาวเทียมและการแปลผล
- องค์กรอิสระอื่นๆ		บรรเทาทุกข์

ข. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การวิจัยทางด้านแผ่นดินถล่มถือเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญที่จะนำไปสู่การการบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงภัยให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนในอนาคต ในปัจจุบันถือได้ว่าการวิจัยทางด้านนี้น้อยกว่าหลายประเทศเมื่อเทียบกับต่างประเทศที่มีลักษณะความเสี่ยงภัย ระดับเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศที่ใกล้เคียงกัน เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และเนปาล เป็นต้น และอยู่ใน

ระดับต่ำกว่าประเทศที่มีภัยพิบัติด้านนี้ค่อนข้างมาก เช่น ฮังการี ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี ฝรั่งเศส และแคนาดา เป็นต้น

การวิจัยทางด้านแผ่นดินถล่มอาจแบ่งได้เป็นสองลักษณะคือการวิจัยพื้นฐานเชิงประยุกต์ ดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยเป็นส่วนใหญ่ และการวิจัยประยุกต์ใช้งานซึ่งอยู่ในหน่วยงานราชการในระดับกรม หน่วยงานวิจัยต่างๆที่ดำเนินการอยู่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 หน่วยงานที่ดำเนินการวิจัย

หน่วยงาน	สังกัด	ลักษณะงานวิจัยที่ดำเนินการ
- กรมพัฒนาที่ดิน	กระทรวงเกษตรฯ	ปัจจัยทางดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัย
- กรมทางหลวงแผ่นดิน	กระทรวงคมนาคม	การสำรวจและออกแบบเพื่อป้องกันการพิบัติของลาดดิน
- กรมทรัพยากรธรณี	กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	ปัจจัยทางธรณีวิทยา ธรณีสัณฐาน และปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อการพิบัติของลาดดินและหิน
- กรมอุตุนิยมวิทยา	กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	ปริมาณน้ำฝนและภูมิประเทศที่มีผลต่อการพิบัติ
- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การประยุกต์ใช้ ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดิน
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเพื่อการวิเคราะห์ความมั่นคง ระบบผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดิน
-Asian Disaster Preparedness Center	Asian Institute of Technology	ประสานงานและรวบรวมกรณีศึกษาจากต่างประเทศ เผยแพร่ความรู้

จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่ดำเนินการในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการพิบัติของลาดดินยังมิได้มีการประสานงานงานและร่วมมือกันโดยมีแผนการวิจัยรวมที่จะใช้ผลต่อเนื่องหรือส่งเสริมเกื้อกูลกันเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเนื่องจากยังไม่มีหน่วยงานประสานงานวิจัยที่ชัดเจน

6. งานวิจัยที่ต้องดำเนินการในระยะต่อไปเพื่อการแก้ไขที่ยั่งยืน

การพิบัติของลาดดินเกิดขึ้นได้ทั้งในบริเวณพื้นที่ราบ เช่น ที่ราบลุ่มน้ำที่มีชั้นดินอ่อนเมื่อมีการถมดินหรือขุดดินทำให้เกิดความต่างระดับ ริมฝั่งแม่น้ำเมื่อมีการกัดเซาะหรือเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้นลงมากขึ้น เป็นต้น และพื้นที่สูงชันบริเวณไหล่เขาในพื้นที่ต้นน้ำที่มีฝนตกหนักและมีการเปลี่ยนแปลงสภาพป่า หรือมีการก่อสร้างที่ไปกระทบกระเทือนสภาพแวดล้อม เช่น ดัดถนน สร้างสิ่ง

ก่อสร้าง เป็นต้น การวิจัยเพื่อแก้ปัญหาในแต่ละเรื่องต้องมีการจำกัดขอบเขตให้ถูกต้องเพื่อให้ได้ผลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ชัดเจน

สำหรับการพิบัติของลาดดินบนภูเขาหรือพื้นที่ต้นน้ำมีแนวโน้มที่สูงขึ้นและจะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆทั้งนี้เป็นผลมาจากปัจจัยที่มนุษย์สร้างขึ้นซึ่งได้แก่ การบุกรุกเข้าสร้างบ้านเรือนขวางทางน้ำ การตัดไม้และเปลี่ยนแปลงสภาพลุ่มน้ำ การสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่ไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ทั้งนี้มีผลมาจากสิ่งต่อไปนี้

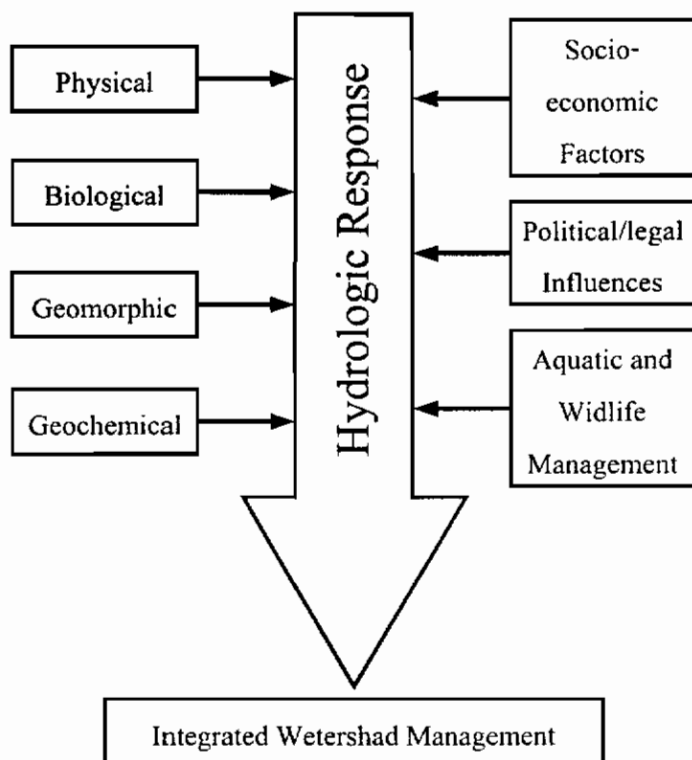
1. จำนวนประชากรของประเทศเพิ่มขึ้นจึงต้องที่ดินทำกินและที่พักอาศัยเพิ่มขึ้น
2. ขาดการจัดการลุ่มน้ำให้คงสภาพป่าและลดสภาพการชะล้างพังทลาย
3. การไม่มีระบบจัดสรรพื้นที่การใช้ประโยชน์ให้ถูกต้องและมีความเป็นธรรม
4. มีความรู้พื้นฐานในการคาดการณ์และเตือนภัยล่วงหน้าน้อย
5. ราษฎรไม่ทราบถึงความสำคัญในการคงสภาพแวดล้อมที่ดี และอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากดินถล่มหากสภาวะแวดล้อมเสียไปรวมทั้งวิธีป้องกันตนเองเมื่อเกิดภัยพิบัติ
6. ขาดการบริหารและจัดการพื้นที่เสี่ยงภัยอย่างเป็นระบบ

Hamilton R. (1997) ได้เสนอแนะไว้ว่าการวิจัยที่เป็นความสำคัญลำดับต้นๆของดินถล่ม ได้แก่

- ก. ทำความเข้าใจถึงพฤติกรรมของดินถล่ม (Understanding of landslides)
- ข. หาวิธีประเมินอันตรายจากดินถล่ม (Assessing landslide hazards)
- ค. ประยุกต์ใช้การประเมินอันตรายจากดินถล่มไปในพื้นที่ที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว
- ง. ปรับปรุงระบบการตรวจวัดและเตือนภัยให้รวดเร็วและทันต่อเหตุการณ์
- จ. หาวิธีป้องกันเพื่อลดความสูญเสียจากดินถล่ม
- ฉ. พัฒนาระบบการประกันภัยและป้องกันความเสี่ยงจากดินถล่ม

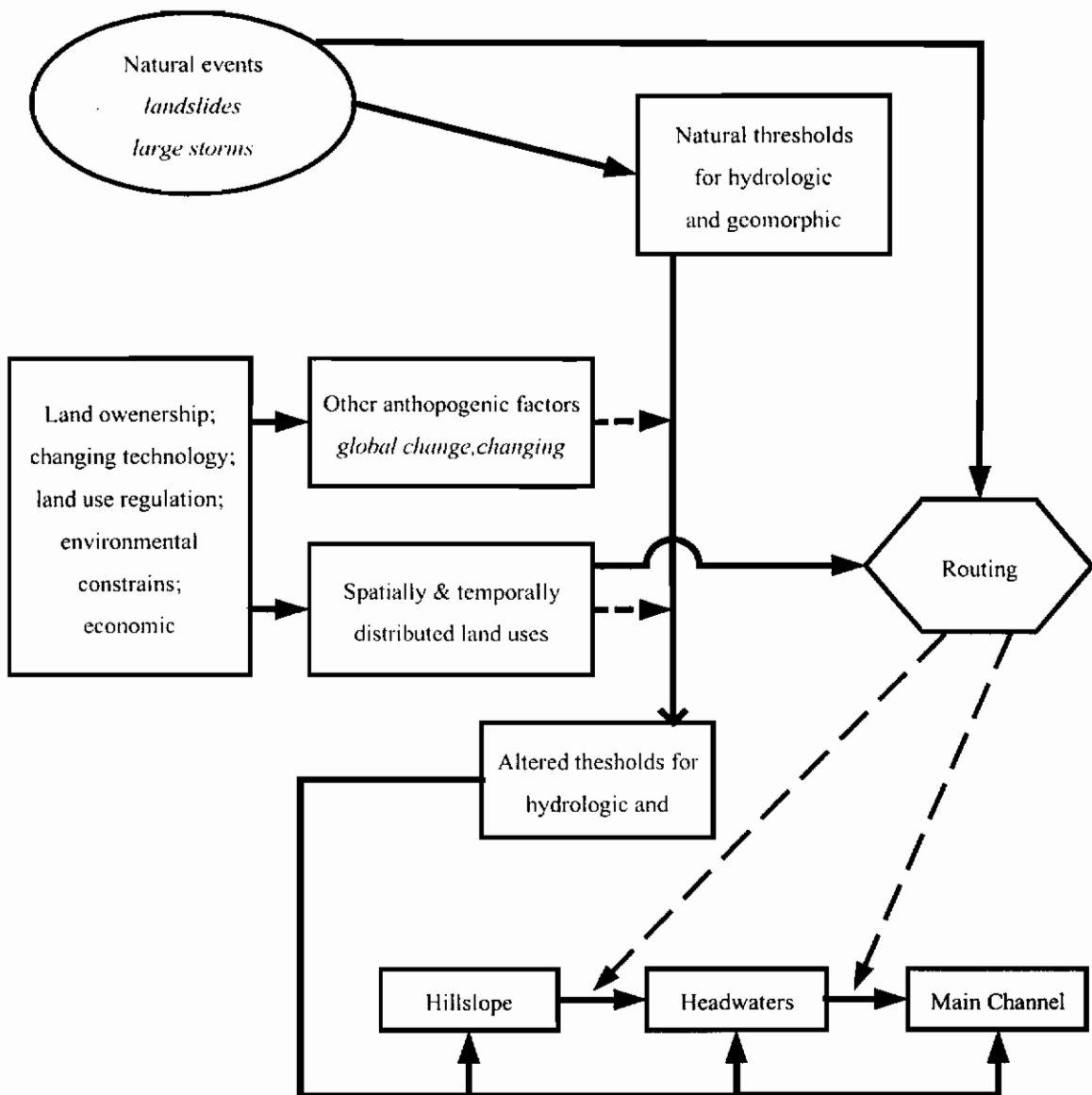
และเมื่อมีผลจากการวิจัยดังกล่าวแล้วจะต้องมีการถ่ายทอดไปยัง นักธรณีวิทยา วิศวกร นักอนุรักษ์ดิน นักป่าไม้ ข้าราชการฝ่ายต่างๆ และราษฎรที่เกี่ยวข้อง ให้มีการปฏิบัติที่เกิดผล

สำหรับแนวคิดของนักอนุรักษ์ต้นน้ำ Sidle, R.C. (2000) ได้เสนอแนะไว้ว่าในการศึกษาพื้นที่ต้นน้ำนั้นจะต้องมองผลกระทบต่างๆให้ครอบคลุมเพื่อการจัดการที่ยั่งยืน ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 หลักการในศึกษาพื้นที่ต้นน้ำแบบองค์รวม

ในขณะที่ความไม่มั่นคงของลาดเขาในบริเวณต้นน้ำที่มีผลมาจากฝนตกหนัก นอกจากจะมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน สภาพแวดล้อม และสภาพเศรษฐกิจของสังคมที่เปลี่ยนไปแล้ว เมื่อเกิดการพิบัติขึ้นยังส่งผลสืบเนื่องไปถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพป่า ต้นน้ำ ลำน้ำสาขา ลำน้ำหลักอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ความเกี่ยวข้องของดินถล่มกับการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ต้นน้ำ (Sidle, 2000)

ในปัจจุบันการประเมินความเสี่ยงจากแผ่นดินถล่มเนื่องจากฝนตกหนักมักจะต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) โดยการนำเอาปัจจัยที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาร่วมกัน อาจทำได้ 4 วิธีเรียงลำดับจากง่ายรวดเร็วแต่มีข้อผิดพลาดสูงไปสู่วิธีที่ทำยากใช้เวลานานแต่มีความถูกต้องและใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางกว่าคือ

ก. วิธีทางธรณีสัณฐาน (Geomorphological Method) : โดยการวิเคราะห์จากรูปร่างลักษณะของภูมิประเทศ รูปแบบของลำน้ำ เป็นต้น เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยต่างๆจนครบถ้วน ดังนั้นผลที่ได้จึงไม่ถูกต้องนักและจะใช้ได้เฉพาะพื้นที่จำกัดซึ่งปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องไม่แตกต่างกัน

ข. วิธีดัชนีปัจจัยร่วม (Weighted Factor Method) : ทำได้โดยการนำเอาปัจจัยที่คิดว่าเกี่ยวข้องกับทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและจากมนุษย์ มาพิจารณาจัดเป็นระดับอิทธิพลที่ปัจจัยนั้นๆมีต่อการเกิดการถล่มเป็นระดับคะแนน ขณะเดียวกันก็จะให้น้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยด้วย เมื่อพิจารณาสภาพพื้นที่ใดๆแล้วให้คะแนนคุณด้วยน้ำหนักก็จะได้คะแนนรวมที่นำไปจำแนกระดับความเสี่ยงได้ วิธีนี้ต้องมีการสอบเทียบกับเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นจริงและสามารถใช้ได้กับพื้นที่มีสภาพแวดล้อมไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับวิธีนี้หน่วยงานหลายแห่งในประเทศกำลังดำเนินการอยู่ เช่น กรมพัฒนาที่ดิน กรมทรัพยากรธรณี สำนักงานสิ่งแวดล้อมฯ เป็นต้น

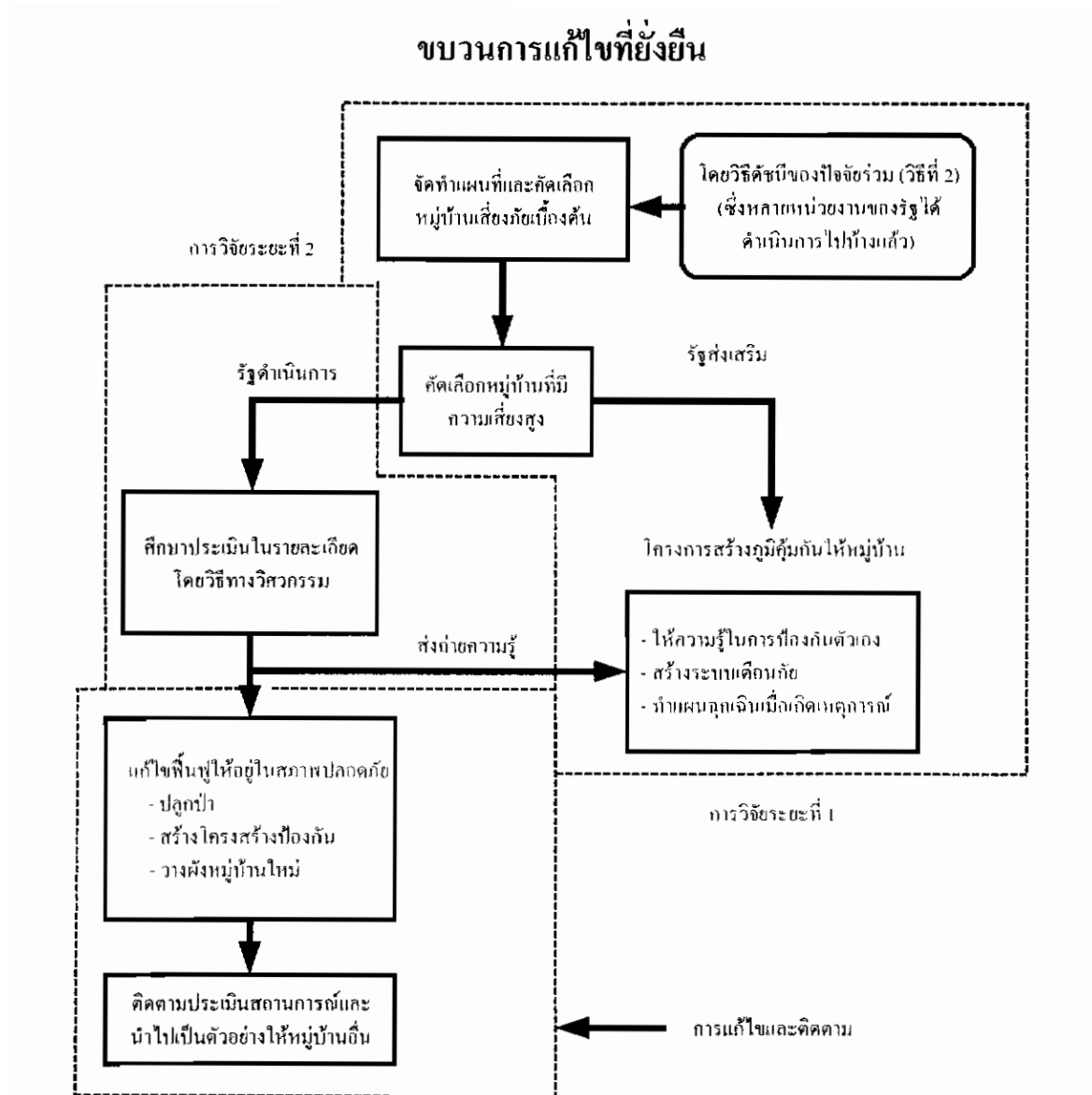
ค. วิธีทางวิศวกรรมปฐพี (Geotechnical Engineering Method): โดยการคำนวณอัตราส่วนปลอดภัย (Factor of Safety) จากสมการทางกลศาสตร์ที่ได้มาจากความชันของผิวดิน การเรียงตัวของชั้นดิน คุณสมบัติความแข็งแรงของมวลดิน ความชื้นและความดันน้ำในมวลดิน เป็นต้น เนื่องจากวิธีนี้มาจากพื้นฐานกลศาสตร์จึงสามารถอธิบายพฤติกรรมการพิบัติได้ชัดเจนแต่ในขณะเดียวกันก็ต้องการข้อมูลที่ครบถ้วนจากการสำรวจและทดสอบในแต่ละกรณี

ง. วิธีวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis Method): ส่วนมากจะดำเนินการต่อจากข้อ ค. โดยการประยุกต์สถิติของโอกาสที่จะเกิดและผลเสียหายที่เกิดขึ้น และนำไปสู่ระดับการแก้ไขที่เหมาะสมสอดคล้องกับระดับความเสี่ยงที่สังคมยอมรับได้

เมื่อพิจารณาสถานการณ์ของดินถล่มเนื่องจากฝนบนพื้นที่ภูเขาที่เกิดขึ้นในประเทศไทยที่เพิ่มขึ้นทุกๆปี จึงมีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาลำดับความต้องการผลของงานวิจัยและการแก้ไขให้สอดคล้องกับความต้องการของสังคมโดยแผนภูมิที่เสนอในรูปที่ 12 คือ

1. การวิจัยระยะสั้น: ที่จะสามารถคัดเลือกหมู่บ้านที่เสี่ยงภัยเบื้องต้นซึ่งสามารถทำได้โดยวิธีที่ ข. แล้วดำเนินการประชุมหรืออบรม ให้ความรู้ในเรื่องแผ่นดินถล่ม/น้ำหลาก การป้องกันตนเองเมื่อเกิดเหตุการณ์ การทำแผนฉุกเฉิน การสร้างระบบเตือนภัยของหมู่บ้าน เป็นต้น เพื่อให้ชุมชนสามารถช่วยเหลือตนเองได้ระดับหนึ่ง

2. การวิจัยระยะกลาง: การศึกษาทางด้านวิศวกรรมของพื้นที่เสี่ยงภัยโดยเฉพาะพื้นที่ที่เคยเกิดการพิบัติแล้ว เพื่อศึกษารูปแบบการพิบัติ ลักษณะทางธรณีวิทยา พฤติกรรมการเคลื่อนตัวของดินหรือหิน การตกตะกอนตามลำน้ำ สำรวจและทดสอบคุณสมบัติดิน ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงฝนตก วิธีการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดินที่เหมาะสมในกรณีต่างๆ

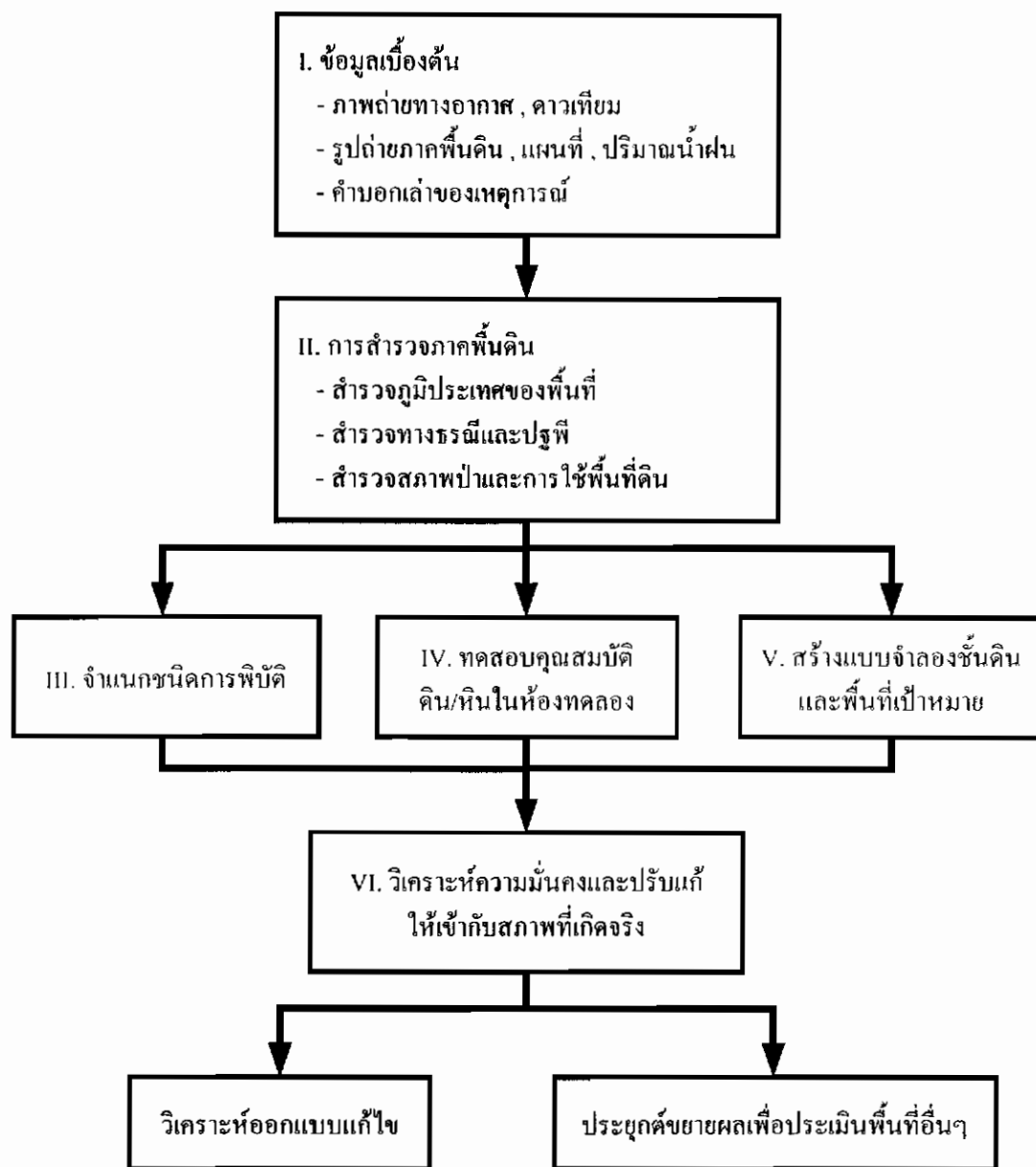


รูปที่ 12 ขบวนการศึกษาและการแก้ไขปัญหาดินถล่มโดยยั่งยืน

การวิจัยในระยะนี้ต้องการปัจจัยด้านทุนวิจัย จำนวนนักวิจัย เวลา เครื่องมือทดสอบที่เหมาะสม ซึ่งจะสามารถชี้ชัดได้ก็ต่อเมื่อมีผลจากการวิจัยในระยะที่ 1 เป็นแนวทางส่วนหนึ่งก่อน

ขั้นตอนการวิจัยในระยะที่ 2 แสดงรายละเอียดไว้ในรูปที่ 13 แต่อย่างไรก็ตามการวิจัยในระยะนี้ก็สามารถจะทำความเข้าใจไปพร้อมกับระยะที่ 1 และ เมื่อมีผลงานวิจัยออกมาบางส่วนก็จะนำไปเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและนำหนักความสำคัญในของการวิจัยระยะที่ 1 นอกจากนั้นก็ยังสามารถถ่ายทอดไปสู่การอบรมและให้ความรู้แก่ชุมชนในหมู่บ้านที่เสี่ยงภัยได้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

ขั้นตอนในการประเมินโดยวิธีทางวิศวกรรม



รูปที่ 13 ขั้นตอนในการประเมินความเสี่ยงของดินถล่มโดยวิธีทางวิศวกรรม

3. การวิเคราะห์ระยะยาว: เป็นการวิเคราะห์ความเสี่ยง(Risk Analysis) ต่อการเกิดดินถล่มในเชิงสถิติของความเสี่ยงจะเป็น การประเมินมูลค่าความเสียหาย การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ หา ระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ สร้างมาตรการในการลดความเสี่ยง โดยใช้ระบบผังเมือง ใหักฎหมาย หรือสร้างสำนึกของชุมชน

7. สรุป

ผ่นดินถล่มเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มนุษย์มีส่วนกระตุ้นทำให้เกิดขึ้น และมีผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของราษฎรที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยง ในประเทศไทยเหตุการณ์ฝนตกหนัก ดินถล่มและน้ำหลาก เป็นสิ่งที่เกิดควบคู่กันและมีแนวโน้มที่จะมีความรุนแรงเพิ่มขึ้น ในขณะที่การวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมของการเกิดและการแก้ไขอย่างถาวร ยังมีได้มีการดำเนินการอย่างเป็นระบบ ประกอบกับมีหน่วยงานและกลุ่มนักวิจัยที่ดำเนินการวิจัยอยู่หลายแห่งซึ่งวิจัยภายใต้ขอบเขตหน้าที่อันจำกัดของหน่วยงาน จึงไม่มีการประสานงานกันเท่าที่ควร

กรณีพิบัติที่ อ.วังชัน และอ.หล่มสัก ซึ่งมีความเสียหายค่อนข้างมาก ทำให้รัฐบาลและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ตระหนักถึงความสำคัญที่จะต้องมีการศึกษาเรื่องน้ำหลากและดินถล่มอย่างจริงจัง และมีความเห็นในเบื้องต้นว่าควรมีหน่วยงานประสานเพื่อให้นักศึกษาวิจัยและการประยุกต์ผลสู่ชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นโครงข่ายงานวิจัยที่มีการสนับสนุนซึ่งกันและกัน

แนวทางการวิจัย สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว โดยในระยะสั้นนั้นหลายหน่วยงานมีองค์ความรู้อยู่แล้ว เช่น การทำแผนที่เสี่ยงภัย แต่ต้องมีการตรวจสอบให้ถูกต้องและปรับนำเสนอให้เป็นชุดเดียว เพื่อนำไปให้ความรู้และสร้างระบบเตือนภัยให้หมู่บ้านที่มีความเสี่ยงสูง ในระยะกลางนั้นต้องมีการศึกษาลงในรายละเอียดของแต่ละด้าน เช่น ทางวิศวกรรม เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานและการจำลองแบบหรือการทำนายการเกิดที่ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งส่วนมากจะต้องเป็นองค์ความรู้ที่ต้องสร้างขึ้นใหม่ ล้วนในระยะยาวนั้น เป็นการวิจัยเชิงนโยบาย เช่น การวิเคราะห์ความเสี่ยง เพื่อการนำไปวางแผนในระยะยาวสำหรับผู้บริหารจัดการพื้นที่เสี่ยงภัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2544. การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 37 น.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2544. ปัญหาภัยพิบัติอุทกภัย ที่อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 35 น.

กรมพัฒนาที่ดิน. http://www.ddd.go.th/ofsweb/service/map_soil_01/menu_map_01.html. 2/3/45.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2544 . ศึกษาและสำรวจสภาพภูมิศาสตร์พื้นที่ประสบอุทกภัยบริเวณตำบลน้ำก้อและตำบลน้ำซุน อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่างวันที่ 14-17 สิงหาคม พ.ศ. 2544, กรุงเทพฯ. 30 น.

กองธรณีวิทยา. 2544. ธรณีพิบัติภัย กรณีน้ำท่วมและภูเขาพังทลายในเขต อ.วังชิ้น จ.แพร่. 1-8 น. จุลสารธรณีวิทยา ปีที่ 3 ฉบับ.2. กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ.

กองธรณีวิทยา. 2544. ธรณีพิบัติภัย กรณีน้ำท่วมและภูเขาพังทลายในเขต อ.วังชิ้น จ.แพร่. กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ. 4 น.

กองธรณีวิทยา. 2544. รายงานการศึกษาปัจจัยพื้นฐานเบื้องต้นที่ทำให้เกิดแผ่นดินถล่มที่ตำบลน้ำก้อ-ตำบลน้ำซุน อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ. 27 น.

กองธรณีวิทยา. 2544. ปัจจัยที่ก่อให้เกิดภัยพิบัติ การประเมินภัยพิบัติและดัชนีชี้วัดการแจ้งเตือนภัยสำหรับดินถล่ม. กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ. 16 น.

กองประสานการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2544. การศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย และภัยธรรมชาติ. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. 26 น.

กองสำรวจและจำแนกดิน. 2538. การวินิจฉัยคุณภาพของดินปฐพีกลศาสตร์ตามกลุ่มชุดดินในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ ฉ.380. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 113 น.

กิตติพงศ์ เศรษฐสุนทร. 2526. ความมั่นคงของลาดเขื่อนโดยประยุกต์วิธี Bishop ใช้กับคอมพิวเตอร์. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 178 น.

คูสิต มานะจุติ. 2521. การอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง. เอกสารเผยแพร่โครงการเกษตรที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ทิพย์เนตรการพิมพ์, เชียงใหม่. 24 น.

ธวัช แทนทำนุ และคณะ. 2544. การศึกษาและสำรวจพื้นที่ประสบอุทกภัยบริเวณ อ.วังชิ้น จ.แพร่ และ อ.เถิน จ.ลำปาง. กรมอุตุนิยมวิทยา. กรุงเทพฯ. 30 น.

บุญเทพ นานะกรังสรรค์. 2538. Foundation Engineering and Tunnelling, บริษัท ดวงกมลสยามสแควร์ จำกัด. 329-354 น.

บุญชัย เชิญเกียรติประดับ. 2544. คู่มือน้ำหลากและการเลื่อนไหลของแผ่นดิน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 31 น.

ฝ่ายพิจารณาโครงการส่วนวิศวกรรม สำนักชลประทานที่ 3. 2544. รายงานการพิจารณาโครงการเบื้องต้นแนวทาง แกะไขและบรรเทาอุทกภัยบริเวณบ้านน้ำก้อและบ้านน้ำซุน บ้านน้ำก้อ ตำบลน้ำก้อ และบ้านน้ำซุน ตำบลน้ำซุน อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 41 น.

มณเฑียร กังคศิเทียม. 2537. กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์. 371 น.

วรารกร ไม้เรียง และคณะ. 2543. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ. 260 น.

วรกร ไม้เรียง. 2542. วิศวกรรมเขื่อนดิน. ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและโครงการซ่อมแซมและปรับปรุง
เขื่อนมูลบน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 280 น.

สง่า ตั้งชวล. 2541. เสถียรภาพของการขุดเจาะ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 228 น.
สำนักเลขาธิการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน. 2544. ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย กรณีดินถล่มและน้ำป่าไหล
หลาก. กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย, กรุงเทพฯ. 29 น.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2544. บทสรุปแผนการแก้ไขปัญหาการ
เกิดอุทกภัยฉับพลันในพื้นที่เสี่ยงภัย. กรุงเทพฯ. 21 น.

สำนักงานป่าไม้เขตพิษณุโลก และสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8. 2544. สรุปผลการประชุมเชิงปฏิบัติการ
เรื่องมาตรการและแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาการเกิดอุทกภัยที่จังหวัดเพชรบูรณ์,
กรุงเทพฯ. 27 น.

โสภณ ทองเปลว. 2515. วิชาธรณีวิทยาพื้นฐาน. น. 126 - 147. ใน กองสำรวจที่ดิน (รวบรวม). คำ
บรรยาย วิชาธรณีวิทยา, ธรณีพื้นฐาน, การกำเนิดและจำแนกชนิดดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

A Geological Society Engineering Group Working Party. 1997. Tropical residual soils. The
Geological Society Revised Report, London. 184 p.

Abramson, L.W., et al. 1996. Slope stability and stabilization methods. John Wiley & Sons Inc,
New York. 629 p.

Al-Homoud, A.S. and Tahtamoni, W.W. 2000. SARETL : an expert system for probabilistic
displacement-based dynamic 3-D slope stability analysis and remediation of earthquake
triggered landslides. Environmental Geology 39 : 849-874.

Anagnostopoulos, A.G. and B.P. Papadopoulos. 1980. Stability analysis of slopes in anisotropic soils.

Paper presented at the 6th Danube-European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Bulgariis. 10 p.

Asian Technical Committee on Geotechnology for Natural Hazards in ISSMFE. 1997. Manual for Zonation on Areas Susceptible to Rain-Induced Slope Failure. The Japanese Geotechnical Society. Tousei Insatsu Co.,Ltd, Tokyo. 81 p.

Barker,D.H.. 1994. Vegetation and slopes. Thomas Telford Services Ltd., London. 295 p.

Barnes, G. 1999. A commentary on the use of the pore pressure ratio r_u in slope stability analysis. 3 p.

Bishop, A.W. 1955. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Geotechnique 5 No. 1: 7 – 17.

Brabb,E.E. Proposal for worldwide landslide hazard maps. Seventh Int. conference and field workshop on landslides: 15-27.

Brand, E.W.. 1984. Landslides in Southeast Asia:A State-of-the-Art Report. Proc. 4th Int. Symp. On Landslides, Toronto Vol 1 :17-106.

Chowdhury, R.N. and G.J.W. King. 1970. Analysis of slopes for earthquakes and the influence of anisotropy. Paper presented at the 4th Symposium on Earthquake Engineering. Meerut. India. 9 p.

Costa Nunes, A.J.da.1983. Multi-Stage direct shear tests in situ on schist for slope stability studies. Proc. of Int. Soc. for Rock Mech. Vol. 1. Melbourne, Rotterdam. A.A.Balkema. 689 p.

Crosta, G.B. 2001. Failure and flow development of a complex slide:the 1993 Sesa landslide.
Engineering Geology 59. Elsevier Science B.V.: 173-199.

D.G.Fredlund and H. Rahardjo. 1993. Unsaturated Soils Geotech. Spec. Pub. No.39 American Soc. of Civil Engineers. Proc. of sessions sponsored by the Subcomm. on Unsaturated Soils (Comm. on Soil Properties) and the Comm. on Shallow Foundations of the Geotech. Engineering Division of the American Soc. of Civil Engineers in conjunction with the ASCE Convention in Dallas, Texas, October 24-28, 1993 / edited by Sanda L. Houston and Warren K. Wray. 224 p.

D.G.Fredlund and H. Rahardjo. Soil Mechanics for Unsaturated Soils. John Wiley & Son,INC., New York . 515 p.

Debris flow studies. [Www.civil.ualberta.ca/geot/research/stress.htm](http://www.civil.ualberta.ca/geot/research/stress.htm). 10/30/44.

E N BROMHEAD. 1985. The Stability of Slopes, SURREY UNIVERSITY PRESS, published by USA: Chapman and Hall, New York. 373 p.

E.W.Brand. 1984. Landslides in Southeast Asia: A State-of-the-Art Report. Proc. 4th Int. Symp. on Landslides vol. 1, Toronto : 17-106

Earth Observation for landslide hazard assessment. [Http://disaster.ceos.org/landslide.htm](http://disaster.ceos.org/landslide.htm). 12/10/44.

Enoki,M. , A.A. Kokubu and Y Ikeda. 1999. Infiltration of rainwater and slope failure, pp. 27-35. In James S. Griffiths, Martin R. Stokes and Robert G. Thomas(ed.). Int. Conference and Field Trip on Landslides (9th : 1999 : Bristol, England) Landslides : Proc. the Ninth Int. Conference and Field Trip on Landslides . Bristol, United Kingdom.
A.A.Balkema,Rotterdam.

- Eric Leroi. 1997. Landslide risk mapping: Problem, limitations and developments. Landslide Risk Assessment, Cruden and Fell (ed). A.A.Balkema, Rotterdam: 239-250.
- Fredlund, D.G. and J. Krahn. 1977. Comparison of slope stability methods of analysis. Geotechnique 14 : 429-439.
- Fredlund, M.D. and M.U. Hosain. 1993. Computing and geotechnical engineering in the 1990's and beyond. Geotechnical News : 41-43.
- Fukuoka, M. 1979. Causes of landslides-Earthquakes, Rains, and Pore water pressures, pp. 221-224. Proc. of the sixth asian regional conference on Soil Mech. and Foundation Engineering Vol. 1. Toppan Printing Co., Singapore
- G.E. Blight. 1997. Mechanics of Residual Soils. A.A.Balkema, Rotterdam. Brookfield. 237 p.
- Garry R. Mostyn and Robin Fell. 1997. Quantitative and semi-quantitative estimation of the probability of landsliding. Landslide Risk Assessment, Cruden and Fell (ed). A.A.Balkema, Rotterdam: 297-315.
- Geotechnical Control Office. 1999. Guide to Slope Maintenance. Government Publications Centre, Hong Kong. 91 p.
- Geotechnical Control Office. 2000. Geotechnical Manual for Slopes. Government Publications Centre, Hong Kong. 300 p.
- Geotechnical Control Office. 2000. Guide to Retaining Wall Design. Government Publications Centre, Hong Kong. 258 p.

Hamilton, R. 1997. Report on Early Warning Capabilities for Geological Hazards. IDNDR , Geneva : A18-A35.

Head,K.H. 1986. Manual of Soil Laboratory Testing. Vol 2. Pentech press Ltd., London. 413 p.

Huang H. Yang. 1982. Stability Analysis of Earth Slopes, University of Kentucky, published by Van Nostrand Reinhold Company, New York, Cincinnati, Toronto, London, Melbourne. 305 p.

IUGS Working Group on Landslides,Committee on Risk Assessment. 1997. Landslide Risk Assessment, Cruden and Fell (ed). A.A.Balkema, Rotterdam:3-12.

Joseph E. Bowles 1973. Analytical and Computer Methods in Foundation Engineering. published by McGRAW-HILL BOOK COMPANY, New York, 509 p.

K.S.Li , J.N.Kay and K.K.S.Ho. 1997. Slope Engineering in Hong Kong. Proc. of the Annu. seminar on Slope Engineering in Hong Kong .A.A.Balkema, Rotterdam, Brookfield. 342 p.

Kawamura,K. 1985. Methodology for landslide prediction,pp. 1155-1162. Proc. 11th Int. conference on soil Mech. And foundation Engineering Vol. 2, San Francisco.

Landslide Hazard Team Report. [Http://disaster.ceos.org/landslide.htm](http://disaster.ceos.org/landslide.htm). 12/10/44.

Landslide. [Http://colorharmony.massey.ac.nz/geohazards/introduction.html](http://colorharmony.massey.ac.nz/geohazards/introduction.html). 3/23/44.

Landslides in Japan. [Www.cc.tuat.ac.th/~sabo/lj/index.htm](http://www.cc.tuat.ac.th/~sabo/lj/index.htm). 1/8/41.

Landslip warning. [Www.hko.gov.hk/wservice/warning/landslip.htm](http://www.hko.gov.hk/wservice/warning/landslip.htm). 12/11/44.

- Leroueil, S. 2001. Natural slopes and cuts : movement and failure mechanisms. *Geotechnique* 51 No.3. : 197-243.
- Leshchinsky, D. and S. Chowdhury. 1993. Variational and traditional rigorous slope stability analyses: comparison of safety factors. *Journal of the Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Eng.*, Vol. 33, No. 3: 139-145.
- Lo, K.Y. 1965. Stability of slopes in anisotropic soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division* Paper No. SM4: 85-106.
- Lumb, P. 1964. Multi-stage triaxial tests on undisturbed soils. *Civil Engineering and Public Works Review*, Vol. 59 : 591-595
- Malone, A.W. 1997. Managing slope safety in a high density city prone to landslips. *Proc. of the Hong Kong Engineers. Engineering for Public Safety Conference HKIE*: 1-13.
- Maria Chiara Turrini and Paola Visintainer. Proposal of a method to define areas of landslide hazard and application to an area of the Dolomites, Italy. *Engineering Geology* 59. Elsevier Science B.V.: 255-265.
- Marvin Wieland. 1989. Effects of Floods of November 18-23, 1988 in Southern Thailand on Highway Bridges and Large Dams, Bangkok . 181 p.
- Mihalic, S. 1998. Scales of landslide hazard and risk mapping. *Geotechnical Hazards*, Maric. Lisac and Szavits-Nossan (ed). A.A. Balkema, Rotterdam: 847-854.
- Morlier, P. and P. Tenier. 1982. Influence of concentrated loads on slope stability. *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 19. pp. 396-400.

- Onodera, T., R. Yoshinaka and H. Kazama. 1974. Slope Failures caused by heavy rainfall in Japan, pp.11.1-11.10. Grafica Editora Hamberg Ltd. Rua Apeninos, Sao Paulo, Brazil.
- Rahardjo, H., D.G. Toll and E.C. Leong. Unsaturated soils for Asia. Proc. Of the Asian Conference UNSAT-ASIA 2000. A.A. Balkema, Rotterdam. 872 p.
- Ray A. Jimeno. 2000. Guide for Preparedness. The Philippine National Red Cross, Manila. 73 p.
- Raymond W. Southworth. 1965. Digital Computer and Numerical Method, published by McGRAW-HILL BOOK COMPANY, New York, 508 p.
- Ria Mia. Liquefaction : Earthquake Komiks. 1997. Department of Science and Technology PHIVOLCS, Diliman Quezon. 12 p.
- Ria Mia. Preparing for Earthquake : Earthquake Komiks. 1997. Department of Science and Technology PHIVOLCS, Diliman Quezon. 14 p.
- Ria Mia. Tsunami : Earthquake Komiks. 1997. Department of Science and Technology PHIVOLCS, Diliman Quezon. 14 p.
- Robin Fell and Des Hartford. 1997. Landslide risk management. Landslide Risk Assessment, Cruden and Fell (ed). A.A. Balkema, Rotterdam: 51-109.
- Ronald A. Siegal. 1975. Final Report Computer analysis of general slope stability problems, Joint Highway Research Project Engineering Experiment Station, Purdue University, West Lafayette, Indiana. 103 p.
- Roy C. Sidle. 2000. Watershed Challenges for the 21st Century : A Global Perspective for Mountainous Terrain. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-13 : 45-56.

Sakai,T and Miyauchi,S. 1998. The relation between soil moisture by pF and shear strength on decomposed granite soil and landslide soil in fractured zone, pp. 423-430. In Eiji Yanagisawa, Nobuchika Moroto and Toshiyuki Mitachi (ed.). Int. Symp. on Problematic Soils (1998 : Sendai-shi, Miyagi-ken, Japan) Problematic soils Vol. 1 : Proc. of the Int. Symp. on Problematic Soils, IS-Tohoku '98, Sendai, Japan, 28-30 October . A.A. Balkema, Netherlands.