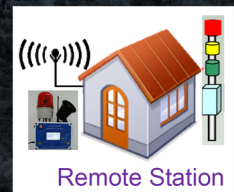


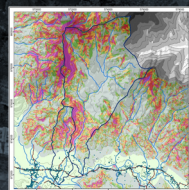
คู่มือ

ประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร
การขุดดินและการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide)
และบริเวณลาดเชิงเขา

- คู่มือระบบการเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม
- คู่มือการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม



กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย
พ.ศ. 2562





คู่มือประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร
การขุดดินและการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide)
และบริเวณลาดเชิงเขา

1. คู่มือระบบเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม
2. คู่มือการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย
พ.ศ. 2562

กรมโยธาธิการและผังเมือง

คู่มือประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การขุดดินและการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา / กรมโยธาธิการและผังเมือง. - กรุงเทพฯ : หจก. ฟรี-วัน, 2562.

1. คู่มือระบบเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม
2. คู่มือการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

ISBN 978-974-458-645-2

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2562

โดย สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถ.พระราม 6 แขวงพญาไท

เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

โทร. 0-2299-4321 โทรสาร 0-2299-4321

คณะผู้จัดทำโครงการจัดทำร่างข้อบังคับและหลักเกณฑ์ตามกฎหมายว่าด้วย
การควบคุมอาคาร และกฎหมายว่าด้วยการขุดดินและถมดิน
ในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา

• ผู้จัดการโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์

ผู้เชี่ยวชาญด้านดินถล่ม

• รองผู้จัดการโครงการวิจัย

นายรัฐธรรม อิศโรฬาร

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมปฐพี

• ผู้ทรงคุณวุฒิ

นายมนูญ อารยะศิริ

ดร.ยงยุทธ แท้ศิริ

ดร.ธเนศ วีระศิริ

ดร.สมบุญ โฆษิตานนท์

• คณะผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.วรการ ไม้เรียง

ผู้เชี่ยวชาญด้านป้องกันดินถล่ม

รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิวัตร บุญญะฐี

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมฐานราก

ดร.สุสิทธิ์ ฉายประกายแก้ว

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมปฐพี

ดร.สุริยน เปรมปราโมทย์

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมปฐพี

ดร.จักรพันธ์ เทือกตะ

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมโครงสร้าง

นายสุรัชย์ พรภักทรกุล

ผู้เชี่ยวชาญด้านกฎหมายควบคุมอาคารและกฎหมายขุดดินถมดิน

คณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติงานของที่ปรึกษา
โครงการจัดทำร่างข้อบังคับและหลักเกณฑ์ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร
และกฎหมายว่าด้วยการขุดดินและถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide)
และบริเวณลาดเชิงเขา

● ที่ปรึกษาคณะกรรมการ

นายเสถียร เจริญเหรียญ วิศวกรใหญ่

● ประธานกรรมการ

นายสินธุ์ บุญสิทธิ์ ผู้อำนวยการสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

● คณะกรรมการ

นายอนวัช บุรพาชน วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ

นางสาวสุรีย์ ประเสริฐสุด วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

นายพรชัย สังข์ศรี วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

นายสมโชค เล่งวงศ์ วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

● กรรมการและเลขานุการ

นายธนิศ ใจสะอาด วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

● กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นายวิโชคติ กันภัย วิศวกรโยธาชำนาญการ

นายนำพล ฉิมมงคล นายช่างโยธาปฏิบัติงาน

นางสาวสุชาสนี อาทิตย์เที่ยง วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

คำนำ

เหตุภัยพิบัติดินถล่มในประเทศไทยเกิดขึ้นในหลายพื้นที่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสร้างความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นตามสภาพการแปรปรวนของภูมิอากาศในปัจจุบัน ซึ่งปัจจัยความเสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติดังกล่าวที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง ได้แก่ การก่อสร้างอาคารและการขุดดินหรือถมดินบริเวณลาดเชิงเขาที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้นการควบคุมการก่อสร้างอาคารและการขุดดินหรือถมดินในบริเวณลาดเชิงเขาให้มีความปลอดภัยจึงเป็นมาตรการที่สำคัญในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติดินถล่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรมโยธาธิการและผังเมืองโดยสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างอาคารในประเทศไทย ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้มอบหมายให้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นที่ปรึกษาโครงการนี้ เพื่อดำเนินการศึกษาและรวบรวมข้อมูลสำหรับจัดทำคู่มือประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การขุดดินและการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา ซึ่งประกอบด้วยคู่มือระบบการเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มและคู่มือการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม โดยคู่มือนี้จะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้มีแนวทางการก่อสร้างอาคาร การขุดดินและถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม และบริเวณลาดเชิงเขาเป็นไปอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ

กรมโยธาธิการและผังเมืองหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือดังกล่าวนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และทำให้ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มมีความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินเพิ่มมากยิ่งขึ้น



(นายมนทล สุดประเสริฐ)

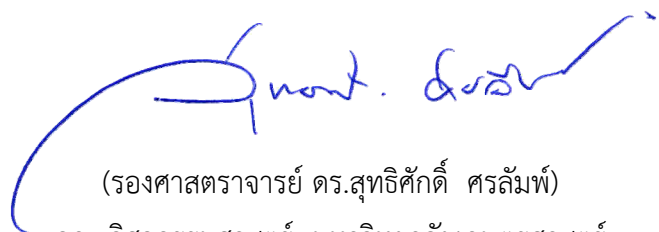
อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

บทนำ

กรมโยธาธิการและผังเมืองเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการกำหนดมาตรการกำกับดูแลความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินที่เกี่ยวกับการก่อสร้างอาคาร และการขุดดินและถมดินได้จัดทำร่างข้อบังคับสำหรับควบคุมการก่อสร้างอาคาร และการขุดดินหรือถมดินบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา รวมถึงมาตรฐานและคู่มือที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัย เนื่องจากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มต้องคำนึงถึงพื้นที่ภายใต้สิทธิของประชาชนซึ่งอาจมีความอ่อนไหวต่อความรู้สึกของประชาชนในพื้นที่ รวมถึงการติดตั้งเครื่องมือระบบเตือนภัยต้องมิงงบประมาณในการดำเนินการจึงยังไม่เหมาะสมในการจัดทำเป็นมาตรฐานที่ปรึกษาจึงเห็นควรให้จัดทำเป็นคู่มือเพื่อเป็นข้อเสนอแนะสำหรับผู้สนใจและเกี่ยวข้องใช้เป็นตัวอย่างในการดำเนินการต่อไป คู่มือที่จัดทำประกอบด้วย

1. คู่มือระบบเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม
2. คู่มือการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

ในฐานะผู้จัดการโครงการวิจัยจัดทำร่างข้อบังคับและหลักเกณฑ์ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร และกฎหมายว่าด้วยการขุดดินและถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา ขอขอบคุณคณะผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ช่วยกันดำเนินงานและขอขอบคุณกรรมการทุกท่านที่เสียสละในการดำเนินงานให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี



(รองศาสตราจารย์ ดร.สุทธิตศักดิ์ ศรีลัมพ์)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้จัดการโครงการวิจัย

สารบัญ

หน้า

คู่มือระบบเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

(Warning System in Landslide Manual)

1. บทนำ	1
2. การจัดการพิบัติภัยดินถล่ม	3
3. ประเภทเครื่องมือเตือนภัยดินถล่ม	5
4. การคัดเลือกพื้นที่ติดตั้งเครื่องมือเตือนภัยดินถล่ม	9
5. การติดตั้งและเกณฑ์การเตือนภัย	10
6. การจัดตั้งเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนธรณีพิบัติภัย	26
7. เอกสารอ้างอิง	31

คู่มือการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

(Landslide Susceptibility Mapping Manual)

1. บทนำ	32
2. ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับดินถล่ม	35
3. แบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม	42
4. การจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม	46
5. ตัวอย่างลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ด้วยโปรแกรม ArcGIS	53
6. เอกสารอ้างอิง	61

คู่มือ

ระบบเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Warning System in Landslide Manual)

บทที่ 1

บทนำ

กรมโยธาธิการและผังเมืองได้จัดทำคู่มือระบบเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (warning system in landslide manual) เพื่อให้ผู้ที่สนใจเกี่ยวข้องกับระบบการเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม สามารถนำคู่มือนี้ไปประยุกต์ใช้เตือนภัยในพื้นที่จริงได้อย่างสะดวกและถูกต้องตามหลักวิชาการ

1.1 ขอบข่าย

1.1.1 คู่มือการเตือนภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มบางส่วนได้นำเนื้อหาจากกรมทรัพยากรธรณี และกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถติดต่อสอบถามหน่วยงานดังกล่าวได้

1.1.2 พื้นที่ต้นแบบในการติดตั้งระบบเตือนภัยดินถล่มในหลายๆพื้นที่มีสาเหตุหรือต้นกำเนิดพิบัติภัย และข้อจำกัดในการเลือกพื้นที่สำหรับการดำเนินติดตั้งระบบเตือนภัยที่แตกต่างกัน ซึ่งเกณฑ์การคัดเลือกพิจารณาพื้นที่ที่ติดตั้งจึงมีความสัมพันธ์ต่ออุปกรณ์ติดตั้งเฝ้าระวังแจ้งเตือนภัยแต่ละประเภทที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเกิดพิบัติภัยในพื้นที่นั้น ๆ

1.2 นิยาม

“**ดินถล่ม**” หมายถึง เหตุการณ์ที่ดิน หิน หรือดินปนหิน มีการเคลื่อนตัวลงมาตามแนวลาดเอียงหรือตามแรงโน้มถ่วงของโลก

“**ดินโคลนถล่ม (debris flow)**” หมายถึง เหตุการณ์ที่ดินถล่มลงมารวมกับเศษซากมวลพิบัติ โดยมีน้ำในปริมาณมาก แล้วไหลลงสู่ที่ต่ำด้วยความเร็วสูงและมีพลังในการพัดพาต้นไม้และหิน กรวดทรายตามลงมาด้วย

1.3 สัญลักษณ์

a	=	ค่าคงที่
b_1	=	ค่าสัมประสิทธิ์เชิงถดถอยของค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน
b_2	=	ค่าสัมประสิทธิ์เชิงถดถอยของค่าปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน
B	=	ค่าประมาณ จาก a , b_1 และ b_2 ได้จากโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลการถดถอยโลจิสติกส์เชิงสถิติ
df	=	degree of freedom
$\text{Exp}(B)$	=	อัตราส่วนระหว่างโอกาสที่จะเกิดกับโอกาสที่จะไม่เกิดเหตุการณ์ (odds ratio)
p	=	ค่าความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์
$p \text{ value}$	=	เป็นตัวตัดสินความมีนัยสำคัญของการทดสอบ
$S.E.$	=	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์ (Standard Error)
$Wald$	=	ค่าสถิติ Wald หมายถึงตัวสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบสมมติฐานหลักที่ว่าค่าสัมประสิทธิ์แต่ละตัวจากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์มีค่าเป็นศูนย์หรือไม่
x_1	=	ค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน
x_2	=	ค่าปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน

บทที่ 2

การจัดการพิบัติภัยดินถล่ม

การจัดการพิบัติภัยดินถล่มต้องมีหน่วยงานเข้ามาดูแลรับผิดชอบอย่างเป็นระบบครบวงจร เพื่อให้การดำเนินการจัดการต่าง ๆ สามารถช่วยลดปริมาณความเสียหายที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.1 การจัดการพิบัติภัยดินถล่ม

ดินถล่มเป็นสาธารณภัยประเภทหนึ่งที่มีวัฏจักรการเกิดและขบวนการการจัดการภัยคล้ายกับภัยประเภทอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2-1 ซึ่งเป็นขบวนการต่อเนื่องมิใช่การดำเนินการเฉพาะเมื่อเกิดภัย และภายหลังการช่วยเหลือฟื้นฟูเสร็จสิ้นลงแล้วเท่านั้น แต่ยังมีขบวนการที่ต้องดำเนินการในช่วงปกติเมื่อไม่มีภัย และช่วงก่อนเกิดภัยเพื่อลดผลกระทบของภัยให้น้อยที่สุดด้วย หากมีการจัดการให้มีการปฏิบัติได้ครบถ้วน จะสามารถลดความเสี่ยงและการสูญเสียเนื่องจากดินถล่มลงได้มาก

การเกิดดินถล่มและขบวนการฟื้นฟูที่เกี่ยวข้องจะมีช่วงเวลาที่สั้นและเฉียบพลันกว่ากรณีของ น้ำท่วมและน้ำแล้ง ดังแสดงในตารางที่ 2-1 ดังนั้นการดำเนินการจัดการภัยดินถล่ม เช่น การเตือนภัย การอพยพ การช่วยเหลือกู้ภัย จะต้องนำเอาปัจจัยด้านเวลาเข้ามาพิจารณาด้วย

วัฏจักร การเกิดและการจัดการภัยธรรมชาติ



รูปที่ 2-1 วัฏจักรการเกิดและการจัดการภัยธรรมชาติ

ที่มา : The Philippine National Red Cross (1999)

ตารางที่ 2-1 ช่วงเวลาเหตุการณ์ต่างๆ เปรียบเทียบระหว่าง ภัยน้ำท่วม น้ำแล้ง ดินถล่ม

ช่วงเหตุการณ์	ระยะเวลาในการเกิด		
	น้ำท่วม	น้ำแล้ง	ดินถล่ม
1. ช่วงเกิดภัย	2 - 3 วัน ถึง 1- 2 เดือน	1 - 3 เดือน	20 นาที - 2 ชม.
2. ช่วงช่วยเหลือและฟื้นฟู	1 - 3 เดือน	1 - 3 เดือน	1 - 15 วัน
3. ช่วงเหตุการณ์กลับสู่สภาวะปกติ	6 - 10 เดือน	6 - 10 เดือน	8 - 11 เดือน
4. ช่วงก่อนเกิดภัย	5 - 10 วัน	15 - 20 วัน	1 - 5 วัน

ที่มา: วรากรและคณะ (2546)

2.2 เกณฑ์กำหนดระดับความรุนแรง

เกณฑ์การกำหนดความรุนแรงของภัยพิบัติที่เกี่ยวข้องกับดินถล่มในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 4 ระดับ

โดยมีองค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณา 3 องค์ประกอบ คือ พื้นที่ที่เกิดดินถล่ม จำนวนผู้เสียชีวิต และพื้นที่ปกครอง โดยระดับความรุนแรงจะพิจารณาได้จากองค์ประกอบที่เกิดขึ้น 2 ใน 3 เกณฑ์การจัดระดับความรุนแรงของภัยจากแผ่นดินถล่ม แสดงได้ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 เกณฑ์การจัดระดับความรุนแรงของภัยจากดินถล่ม

ระดับความรุนแรง	ลักษณะทั่วไป	พื้นที่ที่เกิดดินถล่ม (ตารางกิโลเมตร)	จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)	พื้นที่ปกครอง (อำเภอ-จังหวัด)
1	ความรุนแรงน้อยมาก มีจำนวนรอยถล่มน้อยกว่า 5 แห่ง	5 >	ไม่มีผู้เสียชีวิต	1 อำเภอ
2	ความรุนแรงน้อย มีจำนวนรอยถล่ม 5-50 แห่ง	5 - 30	1 - 5	1 อำเภอ
3	ความรุนแรงปานกลาง มีจำนวนรอยถล่ม 50-500 แห่ง	30 - 100	5 - 35	> 1 อำเภอ
4	ความรุนแรงมาก มีจำนวนรอยถล่ม มากกว่า 500 แห่ง	> 100	> 35	> 1 จังหวัด

ที่มา : วรากรและคณะ (2546)

บทที่ 3

ประเภทเครื่องมือเตือนภัยดินถล่ม

3.1 เครื่องมือเตือนภัยดินถล่มทางตรง (direct warning)

เครื่องมือเตือนภัยดินถล่มทางตรง (direct warning) เป็นการเตือนภัยโดยทันทีเมื่อเกิดภัยดินถล่ม ต้องทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดในสนามบริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม ซึ่งจะสามารถใช้เฝ้าระวังและเตือนภัยได้เฉพาะพื้นที่ที่มีการติดตั้งเครื่องมือ

ข้อดี คือ มีความถูกต้องแม่นยำสูง เนื่องจากตรวจวัดปัจจัยที่ทำให้เกิดการพิบัติของลาดดินโดยตรง

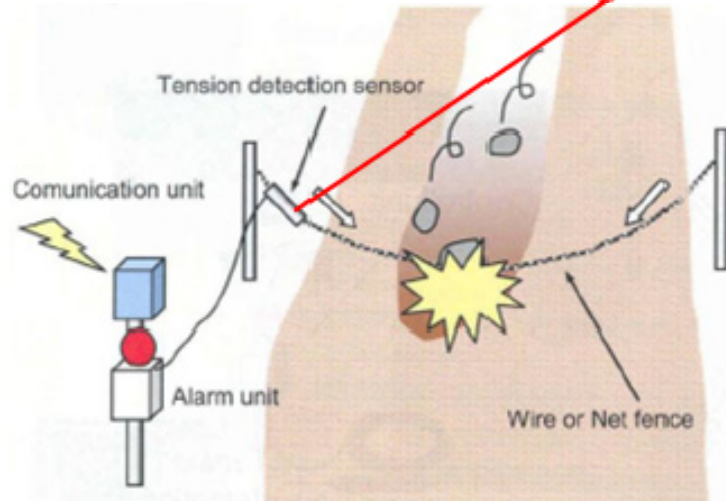
ข้อจำกัด คือ เป็นการเตือนภัยเฉพาะจุดและจำเป็นต้องมีการดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือให้ใช้งานได้ปกติ

3.1.1 เครื่องมือตรวจวัดการไหลของดินถล่ม (debris flow sensor)

การตรวจวัดดินโคลนถล่ม (debris flow) แบบเส้นลวด เป็นการติดตั้งเส้นลวดสลิ้ง (stainless steel cable) ขวางลำน้ำที่คาดว่าจะมีดินโคลนถล่มไหลผ่าน โดยยึดปลายทั้งสองด้านกับต้นไม้ใหญ่ หรือสมอที่จัดทำขึ้นขวางลำน้ำ ติดอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลด้วยเทคนิคทางกล (mechanism technical) ในการยึดสลักไว้ เมื่อมีแรงดึงในเส้นลวดสลิ้งเกินพิกัดทำให้สลักหลุดออกเพื่อเป็นการแจ้งการตรวจวัดที่ส่งสัญญาณไปยังเครื่องเตือนภัย ดังรูปที่ 3-1 แต่อาจจะมีการออกแบบรูปร่างภายนอกเป็นทรงกระบอก ทำด้วยวัสดุสแตนเลส (stainless) เพื่อป้องกันการเกิดสนิมและเลือกใช้สวิทช์หน้าสัมผัสประเภท reed switch (รูปที่ 3-2) เป็นกลไกการเปิดวงจรอิเล็กทรอนิกส์เชื่อมต่อกับกล่องรับสัญญาณ (encoder box) และส่งไปยังกล่องประมวลผลหลัก (master station) ในพื้นที่ชุมชนที่ห่างออกไป ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ เพื่อกระจายสัญญาณต่อไปยังประชาชนในพื้นที่ (house hold box) แจ้งเตือนภัยชุมชนการออกแบบให้กลไกทางกลศาสตร์สามารถรับแรงดึงของเส้นลวดสลิ้งได้ไม่เกิน 30 กิโลกรัม แต่อาจพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถเพิ่มหรือลดแรงดึงของเส้นลวดตามความเหมาะสมได้ ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลของดินถล่มที่ได้มีการพัฒนาขึ้นแสดงไว้ดังรูปที่ 3-3

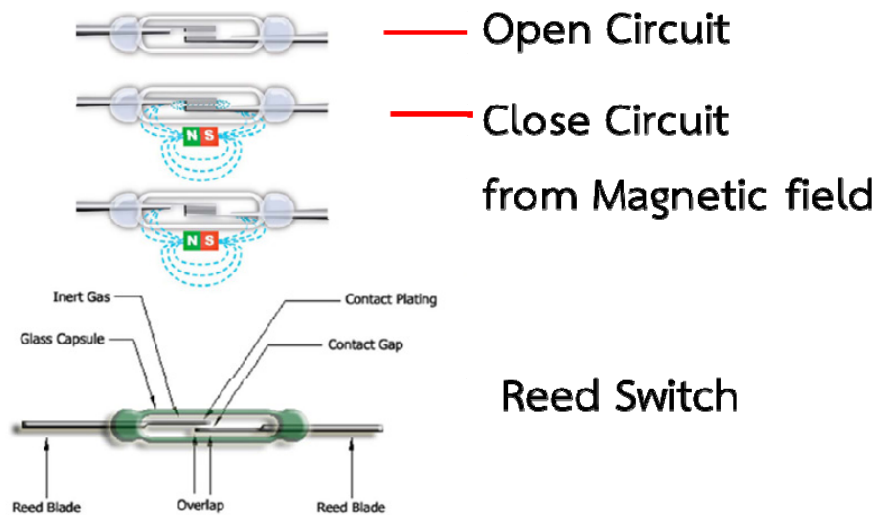


Tension detection sensor



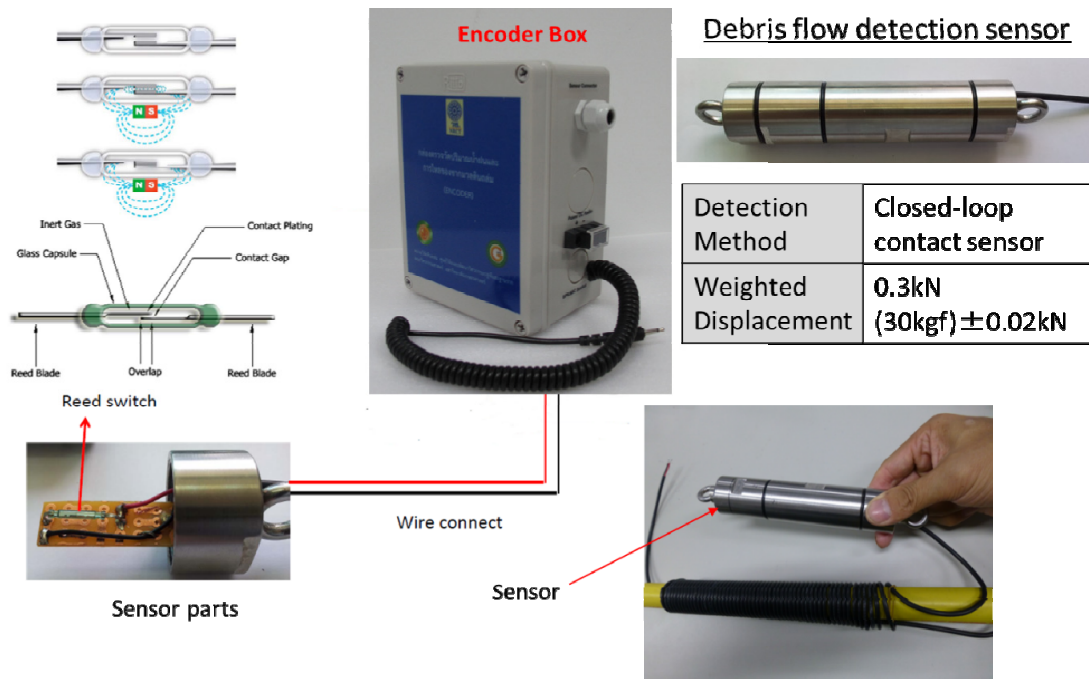
รูปที่ 3-1 หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลของดินถล่ม debris flow sensor

ที่มา : OYO Corporation (2012)



รูปที่ 3-2 หลักการทำงานของสวิตช์หน้าสัมผัสประเภท reed switch

ที่มา : <http://www.siam-automation.com/article/10/reed-switch> (2555)



รูปที่ 3-3 อุปกรณ์ตรวจวัดการไหลดินถล่ม debris flow detector sensor

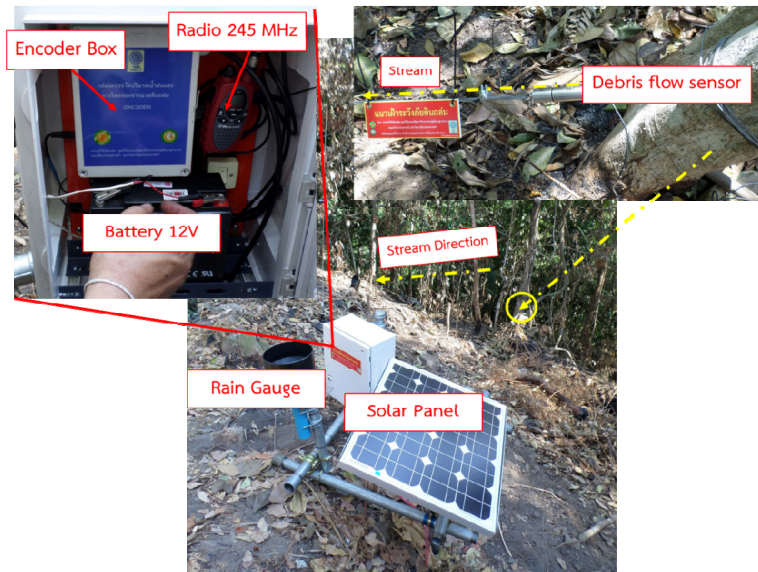
ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)

3.2 เครื่องมือเตือนภัยดินถล่มทางอ้อม (indirect warning)

เป็นการเตือนภัยจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ถูกประมวลผลเปรียบเทียบกับเกณฑ์น้ำฝนสะสมวิกฤติในแต่ละพื้นที่เพื่อการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยดินถล่ม โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะตามพื้นที่ติดตั้งดังนี้

3.2.1 สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน (rain gauge) กรณีติดตั้งบนพื้นที่ต้นน้ำ

ประกอบด้วยอุปกรณ์วัดน้ำฝนแบบคานกระดก (tipping bucket rain gauge) กล่องรับสัญญาณ (encoder box) และแหล่งพลังงาน (solar cell) โดยกล่องรับสัญญาณ (encoder box) จะทำหน้าที่เชื่อมต่อและตรวจวัดปริมาณน้ำฝนจากมาตรวัดน้ำฝน (rain gauge) จากนั้นจะส่งข้อมูลน้ำฝนมายังกล่องแปลรหัสสัญญาณ (decoder box) ที่เชื่อมต่อกับสถานีแม่ข่าย (master station) ในชุมชนที่ห่างออกไป เพื่อนำข้อมูลมาประมวลผลสำหรับการเตือนภัยจากเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ แล้วส่งสัญญาณแจ้งระดับการเตือนภัยไปยังกล่องรับสัญญาณประชาชนในพื้นที่ (household warning box) กระจายอยู่รอบ ๆ รัศมี 500 เมตร นอกจากนั้นยังมีกล่องทวนสัญญาณ (repeater box) กรณีกลุ่มลูกบ้านกระจายตัวมากกว่ารัศมีการส่ง ซึ่งสามารถขยายพื้นที่ออกได้อีก 500 เมตรต่อการทวนสัญญาณ 1 ตำแหน่งอีกด้วย ดังรูปที่ 3-4

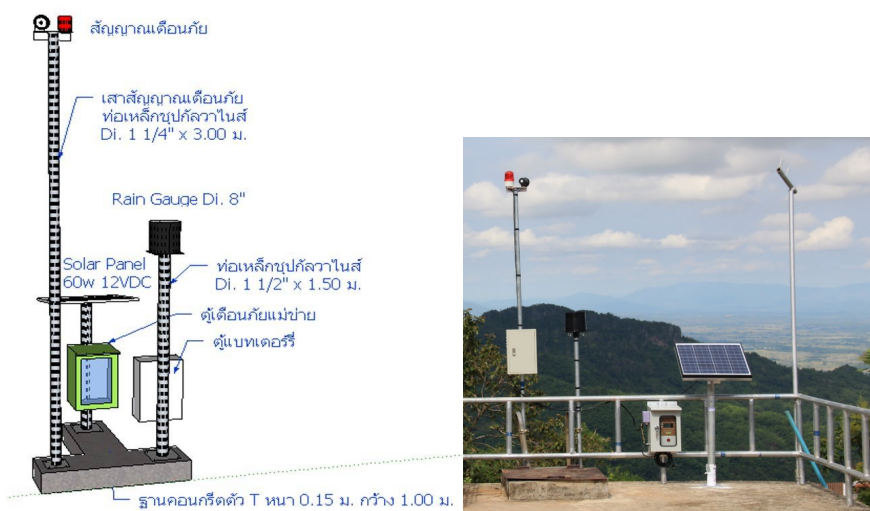


รูปที่ 3-4 สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนพื้นที่ต้นน้ำ

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)

3.2.2 สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน (rain gauge) กรณีติดตั้ง ณ ตำแหน่งหมู่บ้านเสี่ยงภัย

ในบางกรณีถิ่นฐานที่ตั้งชุมชนหรือหมู่บ้านอยู่บนพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม พื้นที่ต้นน้ำหรือต้นกำเนิดของการเกิดดินถล่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนชาวไทยภูเขาในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ดังนั้นการติดตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนจึงอยู่ในพื้นที่ต้นน้ำและชุมชนในทีเดียวกัน ทำให้อุปกรณ์ติดตั้งแตกต่างจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน สถานีแม่ข่าย (master station) ต้องออกแบบให้สามารถรับข้อมูลโดยตรงจากอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝน (rain gauge) ได้เอง กรณีติดตั้งบนพื้นที่ต้นน้ำ ได้แก่ พื้นที่เขาพนม จังหวัดกระบี่ พื้นที่ดอยช้าง จังหวัดเชียงราย เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนเฝ้าระวังและเตือนภัยดินถล่มในหมู่บ้านพื้นที่ต้นน้ำ

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2560)

บทที่ 4

การคัดเลือกพื้นที่ติดตั้งเครื่องมือเตือนภัยดินถล่ม

4.1 การคัดเลือกพื้นที่ติดตั้งเครื่องมือเตือนภัยดินถล่ม

4.1 คัดเลือกพื้นที่เสี่ยงภัยต่อดินถล่ม จากผลการศึกษาและแผนที่หน่วยงานต่างๆ เช่น แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่ม โดยกรมทรัพยากรธรณี แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มน้ำป่าไหลหลากโดยกรมพัฒนาที่ดิน แผนที่หมู่บ้านเสี่ยงภัย จากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เป็นต้น

4.2 คัดเลือกจากหมู่บ้านที่เคยเกิดเหตุการณ์อุทกภัยดินถล่มในอดีต

4.3 พื้นที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำฝนตัวแทนควรพิจารณาตามลักษณะของพื้นที่รับน้ำย่อย โดยตำแหน่งที่ทำการติดตั้ง ต้องเป็นพื้นที่เปิดโล่งไม่มีสิ่งบดบังถึงรับน้ำฝน กำหนดให้ทำมุม 45 องศา จากปากกระบอกวัดน้ำฝน และมีความสูงจากพื้นดินอย่างน้อย 60 เซนติเมตร

4.4 คัดเลือกจุดติดตั้งที่เหมาะสมสำหรับการเฝ้าสังเกตและดูแลรักษาเครื่องมือได้สะดวก พื้นที่ไม่ควรเข้าถึงยากจนเกินไป อาจมีผลต่อประสิทธิภาพการบำรุงรักษา

4.5 ต้องมีการสำรวจช่วงความถี่ของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ให้บริการในบริเวณนั้นด้วยการส่งข้อมูลจำเป็นอย่างมากที่ควรจะเป็นระบบแบบอัตโนมัติ

4.2 การคัดเลือกพื้นที่ติดตั้งเครื่องมือเตือนภัยดินถล่มทางตรง

ในที่นี้จะพิจารณาการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดดินโคลนถล่ม (debris flow detector sensor) เท่านั้น

พื้นที่ต้นน้ำโดยส่วนมากมักเป็นจุดกำเนิดของดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ดังนั้นพื้นที่นี้จำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เฝ้าระวังเพื่อตรวจวัดและส่งสัญญาณเตือนภัยกลับมายังพื้นที่ชุมชน ต้องทำการสำรวจบริเวณพื้นที่ต้นกำเนิดซึ่งมีลักษณะเป็นร่องน้ำที่มีความเสี่ยงและผลกระทบกับชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน เมื่อเกิดเหตุการณ์

หลักการพิจารณาเลือกตำแหน่งติดตั้งขึ้นอยู่กับทิศทางการวางตัวของร่องน้ำและขนาดของร่องน้ำ เนื่องจากตำแหน่งดังกล่าวเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้นจะมีการไหลของน้ำและตะกอนลงมายังบริเวณพื้นที่ชุมชนโดยตรง มีหลักพิจารณา 2 ข้อดังนี้

(1) พิจารณาคัดเลือกลำน้ำสายหลักหรือลำน้ำที่มีอิทธิพลต่อพื้นที่ท้ายน้ำสูงสุด หรือมีโอกาสเกิดดินถล่มสูงสุดจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือการประเมินพื้นที่อย่างละเอียดโดยผู้เชี่ยวชาญ

(2) พิจารณาระยะทางจากตำแหน่งติดตั้งมายังหมู่บ้านเพียงพอกับระยะเวลาของการอพยพได้อย่างปลอดภัย ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและลักษณะธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่

บทที่ 5

การติดตั้งและเกณฑ์การเตือนภัย

5.1 การติดตั้งและเกณฑ์การเตือนภัย

โดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลของดินถล่มด้วยเครื่องประมวลผลแม่ข่าย (master station) ดังรูปที่ 5-1 ที่สามารถกระจายการเตือนภัยไปสู่กล่องรับสัญญาณ (remote station) ดังรูปที่ 5-2 ติดตั้งไว้ภายในบ้านเรือนแต่ละหลัง เรียกว่า “กล่องเตือนภัยประจำบ้าน” จากการระเบิดของสัญญาณวิทยุคลื่นสั้นช่วงความถี่ 433 mhz (radio burst) คุณลักษณะของเครื่องประมวลผลส่งสัญญาณแม่ข่าย (master station) และเครื่องรับสัญญาณลูกข่าย (remote station) ดังนี้

ก. คุณลักษณะเฉพาะเครื่องแม่ข่าย (master station)

- (1) ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 12VDC ร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์
- (2) รับสัญญาณข้อมูลและประมวลผลตามเงื่อนไขอย่างน้อย 3 ช่องทาง
 - rainfall data (ประมวลผลน้ำฝนสะสม)
 - debris flow sensor (ตรวจสอบสถานะ sensor)
- (3) มีจอ LCD แสดงผล และแถบระดับการแจ้งเตือนภัย
- (4) ระยะส่งอย่างน้อย 500 เมตร
- (5) สามารถต่อสัญญาณไฟและเสียงเตือนภัยได้
- (6) มีฟังก์ชันทดสอบระบบ
- (7) สามารถบันทึกข้อมูลไว้ได้อย่างน้อย 1 ปี

ข. คุณลักษณะเฉพาะเครื่องลูกข่าย (Remote Station)

- (1) ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 12VDC ร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์
- (2) รับสัญญาณข้อมูลสถานการณ์เตือนภัยจากเครื่องประมวลผลแม่ข่าย (master station)
- (3) ระยะรับ-ส่งอย่างน้อย 500 เมตร
- (4) สามารถต่อสัญญาณไฟและเสียงเตือนภัยได้
- (5) มีหลอด LED แสดงสถานการณ์เชื่อมต่อกับเครื่องประมวลผลแม่ข่าย (master station)

ระบบส่งสัญญาณข้อมูลการตรวจวัดระยะไกล โดยอาศัยคลื่นวิทยุช่วงความถี่ 245 MHz (คลื่นวิทยุประชาชน) ระหว่างตำแหน่งตรวจวัดในพื้นที่ต้นน้ำซึ่งเป็นต้นกำเนิดการเกิดดินถล่มกับพื้นที่ชุมชนท้ายน้ำด้านล่างที่จะได้รับผลกระทบ ระบบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจวัดในพื้นที่ต้นน้ำ ได้แก่ อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำฝน (rain gauge) และอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลของซากดินถล่ม (debris flow sensor) เรียกว่า “กล่องรับสัญญาณ” (encoder box) ดังรูปที่ 5-3 โดยจะส่งสัญญาณ

ที่ตรวจวัดได้มายังส่วนที่สอง คือ กล่องถอดรหัสสัญญาณ (decoder box) ดังรูปที่ 5-4 ที่ติดตั้งและเชื่อมต่อกับเครื่องประมวลผลแม่ข่ายในชุมชนด้วยสัญญาณวิทยุคลื่นสั้น อีกทั้งในกรณีพื้นที่ต้นน้ำห่างจากชุมชนมากกว่า 3 กิโลเมตร ยังสามารถขยายระยะการส่งข้อมูลด้วยสถานีถ่ายทอดสัญญาณ (repeater station) ได้ ดังนั้นจึงเป็นการแก้ปัญหาของการสื่อสารในพื้นที่ที่ไม่มีสัญญาณโทรศัพท์ได้หรือกรณีที่มีสภาพอากาศฝนตกหนัก การสื่อสารด้วยระบบสัญญาณโทรศัพท์ขัดข้องไม่สามารถใช้งานได้



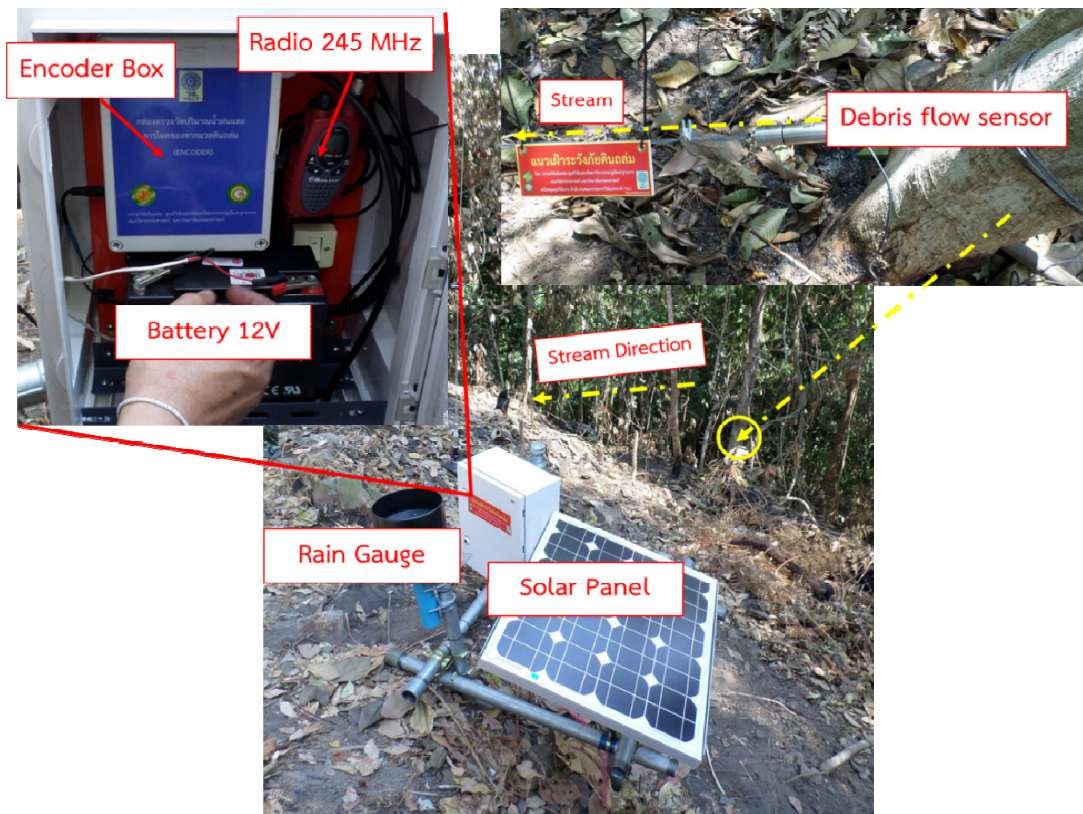
รูปที่ 5-1 เครื่องแม่ข่าย (master station)

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)



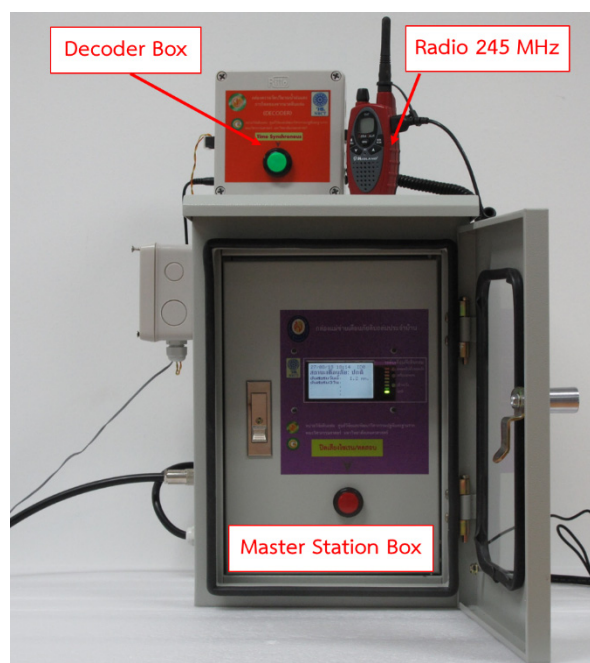
รูปที่ 5-2 เครื่องลูกข่าย (remote station)

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)



รูปที่ 5-3 สถานีต้นน้ำรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลและปริมาณน้ำฝน

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)



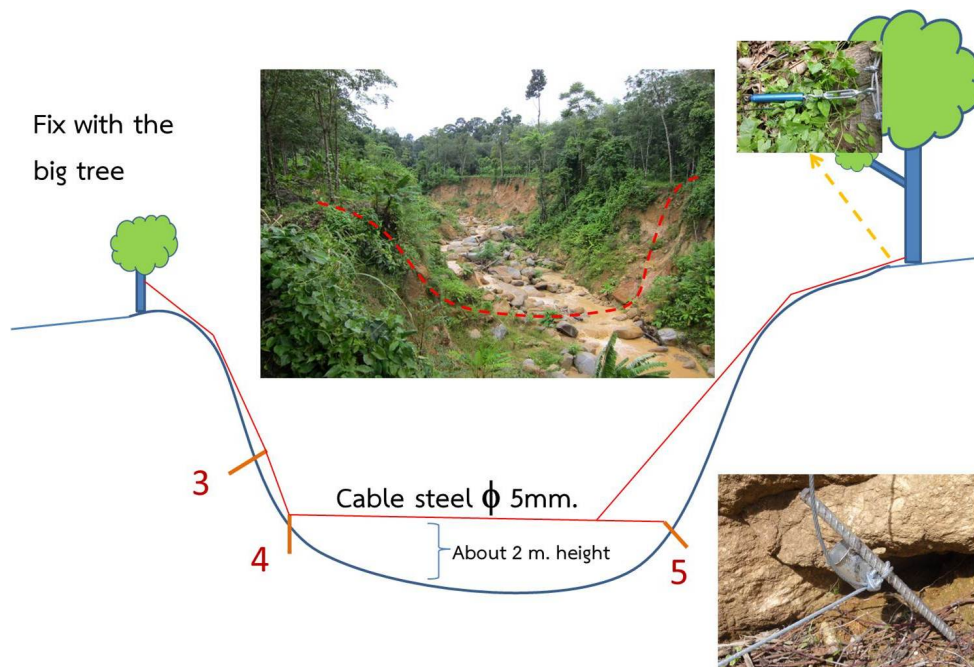
รูปที่ 5-4 กล่องถอดรหัสสัญญาณ (decoder box) ที่เชื่อมต่อกับเครื่องประมวลผลแม่ข่าย

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)

5.2 การติดตั้งระบบเตือนภัยชุมชน

การติดตั้งระบบเตือนภัยชุมชนสามารถติดตั้งระบบตรวจวัดปัจจัยการเกิดดินถล่ม ได้แก่ การตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและการตรวจวัดการไหลดินโคลนถล่มได้ทั้งในพื้นที่ต้นน้ำที่ห่างออกไปจากเขตชุมชนโดยอาศัยการส่งข้อมูลผ่านสัญญาณวิทยุจากกล่องรับ-ส่งสัญญาณระยะไกล (encoder and decoder box) หรือกรณีชุมชนอยู่บนต้นน้ำในจุดเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของชุมชนเองจากการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนโดยตรงด้วยกล่องแม่ข่าย (master station) ได้

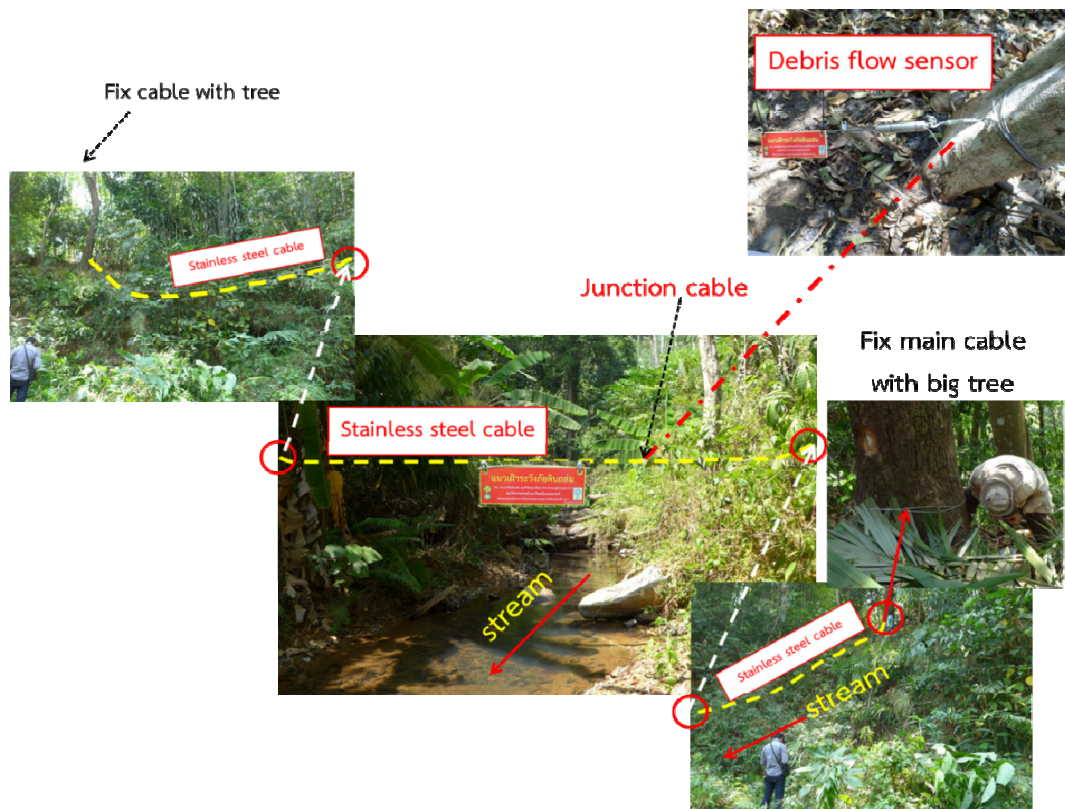
การติดตั้งสถานีตรวจวัดบริเวณต้นน้ำ ชุดสถานีที่ติดตั้งนั้นประกอบไปด้วยชุดเครื่องมือตรวจวัดและเครื่องมือส่งสัญญาณ เครื่องมือตรวจวัดประกอบด้วย เครื่องมือตรวจวัดการไหล (debris flow sensor) เครื่องมือวัดน้ำฝน (automatic rain gauge) พร้อมทั้งอุปกรณ์การให้พลังงาน (solar cell) ขั้นตอนในการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดการไหล (debris flow sensor) นั้น เริ่มจากการใช้สายเคเบิลที่มีความสามารถรับแรงดึงได้มากกว่า 30 กิโลกรัมและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 มิลลิเมตร นำมาคล้องผ่านร่องน้ำโดยทำการยึดสายเคเบิลไว้กับต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่และมีความมั่นคงบริเวณขอบด้านบนของร่องน้ำที่จะทำการติดตั้ง จากนั้นทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดการไหล โดยจะนำสายเคเบิลอีกเส้นที่ยึดติดกับเครื่องมือไว้คล้องติดกับสายเส้นที่พาดผ่านร่องน้ำในลักษณะรูปตัว Y ดังรูปที่ 5-5 แสดงตัวอย่างในการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดการไหล และรูปที่ 5-6 แสดงขั้นตอนและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก



3, 4 and 5 main cable fix with pin.

รูปที่ 5-5 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดการไหล (debris flow sensor)

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)



รูปที่ 5-6 ตัวอย่างขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดการไหล (debris flow sensor) ในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)

ภายหลังจากการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดการไหล จะทำการติดตั้งสถานีตรวจวัดต้นน้ำ ประกอบไปด้วยกล่องรับสัญญาณ (encoder box) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลน้ำฝนจากเครื่องมือตรวจวัดน้ำฝนอัตโนมัติ และสถานะการตรวจวัดการไหลของซากดินถล่มที่ได้ติดตั้งไว้มายังกล่องแปลรหัสสัญญาณ (decoder box) ที่เชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย (master station) ในชุมชน เพื่อนำมาประมวลผลสำหรับการเตือนภัยด้วยเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้และส่งสัญญาณเตือนภัยไปยังกล่องรับสัญญาณลูกบ้าน (household warning box) รูปที่ 5-7 แสดงสถานีตรวจวัดบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ

บางกรณีระยะทางจากสถานีตรวจวัดบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ มีระยะทางที่ห่างไกลมาก รวมถึงสภาวะแวดล้อมขณะเกิดฝนตกหนัก การเชื่อมต่อรับส่งข้อมูลอาจถูกลดทอนระยะทางลงได้ ดังนั้นควรออกแบบกล่องทวนสัญญาณ (encoder repeater box) เพิ่มระหว่างกลางสถานีต้นน้ำไปยังกล่องแปลรหัสสัญญาณ (decoder box) ที่เชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายประมวลผล (master station) โดยกล่องทวนสัญญาณดังกล่าวมีคุณลักษณะเดียวกับกล่องรับสัญญาณ (encoder box) ซึ่งสามารถกำหนดโหมดการทำงาน (function mode) ให้เป็นกล่องทวนสัญญาณได้ ดังรูปที่ 5-8

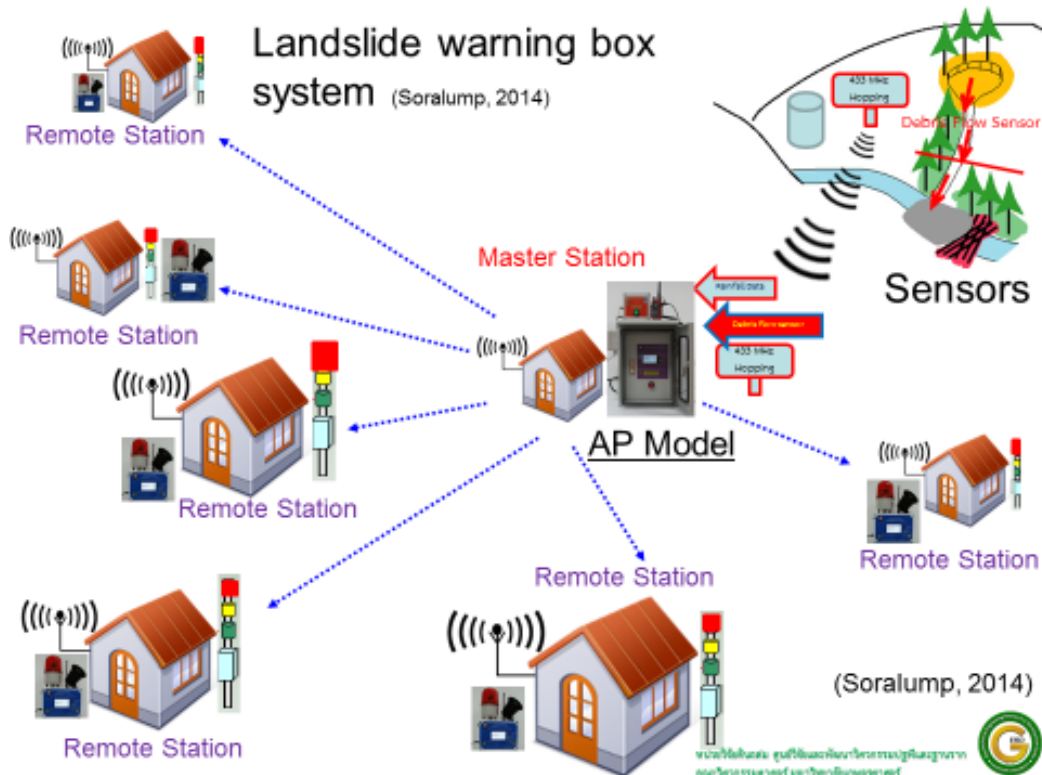


รูปที่ 5-7 สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและกล่องรับสัญญาณ (encoder box) บริเวณพื้นที่ต้นน้ำ
 ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)



รูปที่ 5-8 สถานีส่งสัญญาณบริเวณฝายชลประทานห้วยน้ำแก้ว (repeater station)
 ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)

การติดตั้งสถานีแม่ข่าย (master station) พร้อมกับกล่องเตือนภัยดินถล่มประจำบ้าน (house hold warning box) โดยพิจารณาติดตั้งสถานีแม่ข่ายให้อยู่บริเวณตำแหน่งที่ครอบคลุมศูนย์กลางชุมชน เนื่องจากมีรัศมีการส่งโดยประมาณ 500 เมตร สถานีแม่ข่ายจำเป็นต้องมีการติดตั้งเสาอากาศ 2 ย่านความถี่แยกกัน กล่าวคือ ย่านความถี่ 245 MHz ใช้สำหรับรับ-ส่งสัญญาณข้อมูลจากพื้นที่ต้นน้ำ จำนวน 1 ต้น และย่านความถี่ 433 MHz อีก 1 ต้นสำหรับกระจายสัญญาณแจ้งระดับการเตือนภัยไปยังกล่องเตือนภัยประจำบ้านที่ติดตั้งไว้ในบ้านสมาชิกแต่ละหลังรอบสถานีแม่ข่าย ลักษณะการทำงานของระบบเตือนภัยชุมชน แสดงไว้ดังรูปที่ 5-9



รูปที่ 5-9 ระบบเตือนภัยดินถล่มระดับชุมชน

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)

5.3 การเตือนภัยและแนวทางการจัดการภัยดินถล่ม

5.3.1 การสร้างเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนเชิงสถิติจากข้อมูลน้ำฝนในสภาวะเหตุการณ์ดินถล่ม

มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

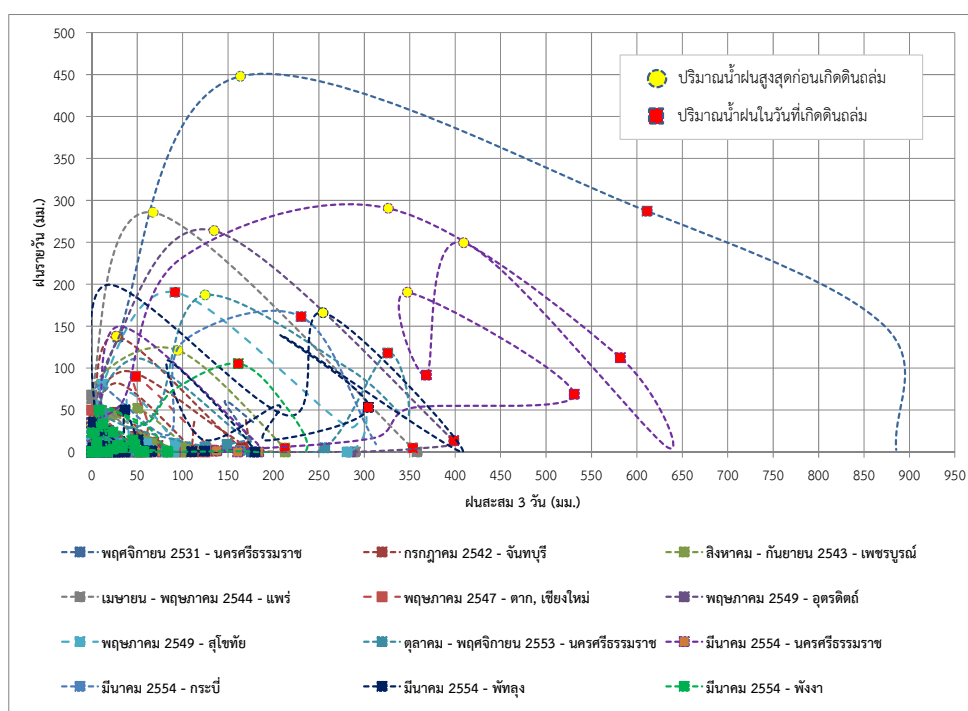
- 1) รวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

(ก) ข้อมูลดินถล่มในอดีต ซึ่งมีข้อมูล วัน เดือน ปี ที่เกิดเหตุการณ์ และสถานที่เกิด

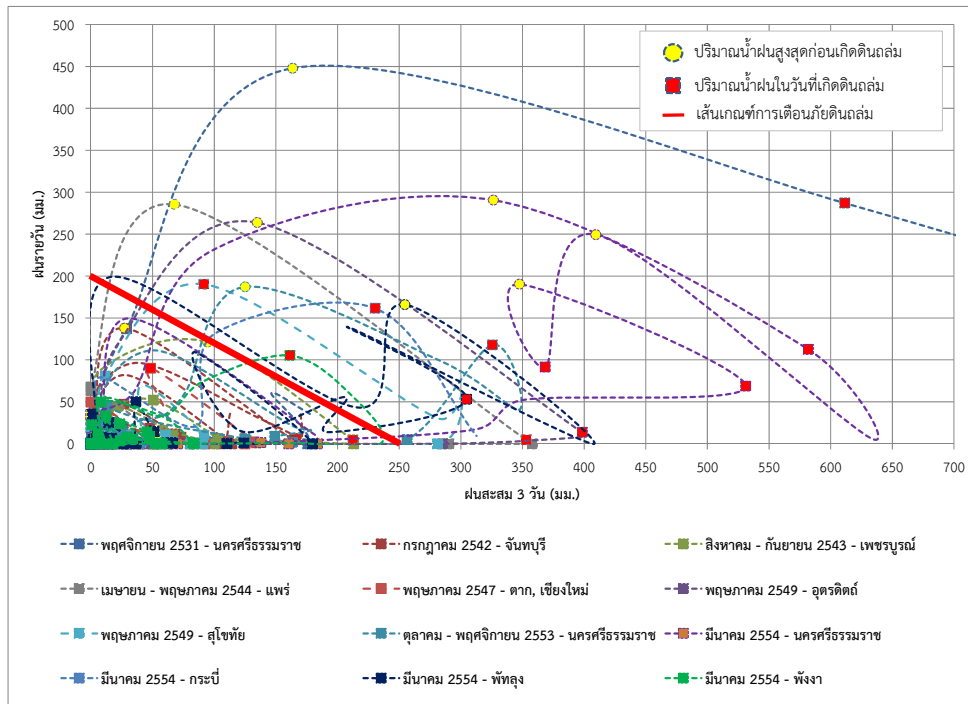
(ข) ข้อมูลน้ำฝนในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ดินถล่ม ได้จากการย้อนไปเก็บรวบรวมข้อมูลน้ำฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยเก็บข้อมูลสถานที่ที่อยู่ใกล้เหตุการณ์ดินถล่มมากที่สุดตามวันและเวลาที่เกิดเหตุการณ์

2) นำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างฝนสะสม 3 วันกับฝนรายวัน ในช่วงที่เกิดดินถล่มในตำแหน่งต่างๆ เพื่อสร้างเกณฑ์น้ำฝนเชิงสถิติขึ้นมา รูปที่ 5-10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนรายวันกับค่าปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน ในช่วงที่เกิดดินถล่มเหตุการณ์สำคัญ

3) พิจารณาค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงพายุฝนที่ทำให้เกิดดินถล่ม เพื่อลากเส้นเกณฑ์การเตือนภัยดินถล่มโดยประมาณ ดังรูปที่ 5-11



รูปที่ 5-10 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างฝนสะสม 3 วันกับฝนรายวัน ในช่วงที่เกิดดินถล่ม
ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2557)



รูปที่ 5-11 ตัวอย่างการประเมินเส้นเกณฑ์การเตือนภัยดินถล่มโดยประมาณ

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2557)

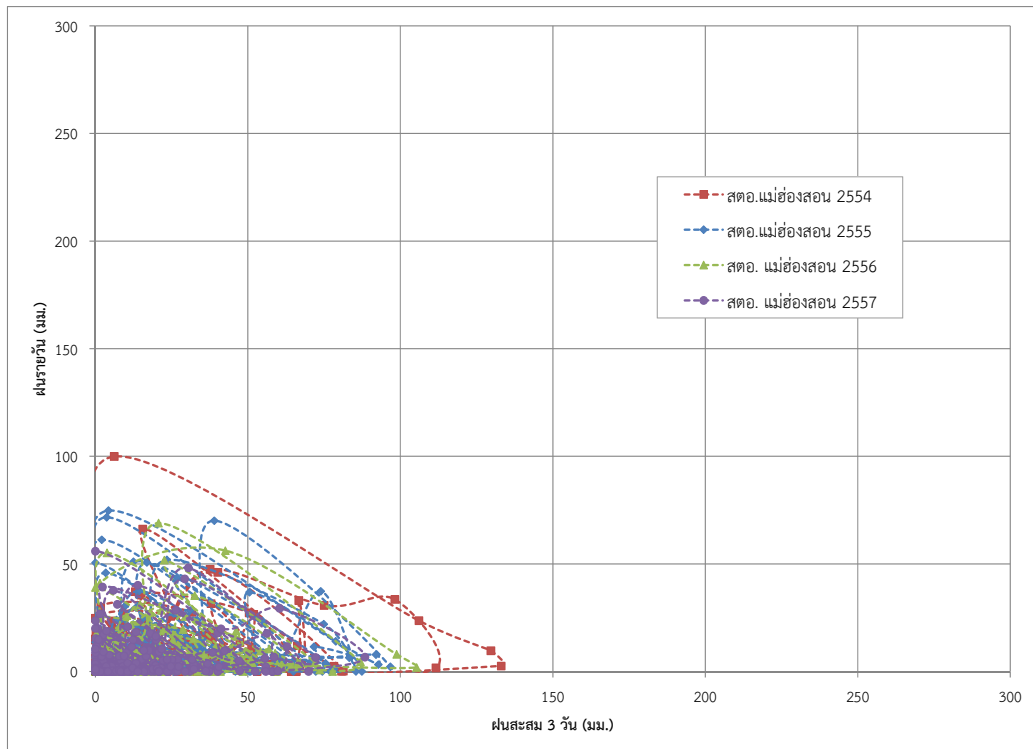
5.3.2 การสร้างเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนเชิงสถิติจากข้อมูลน้ำฝนในสภาวะปกติ

การสร้างเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนเชิงสถิติจากข้อมูลน้ำฝนในสภาวะปกติ (ไม่เคยมีเหตุการณ์ดินถล่ม) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

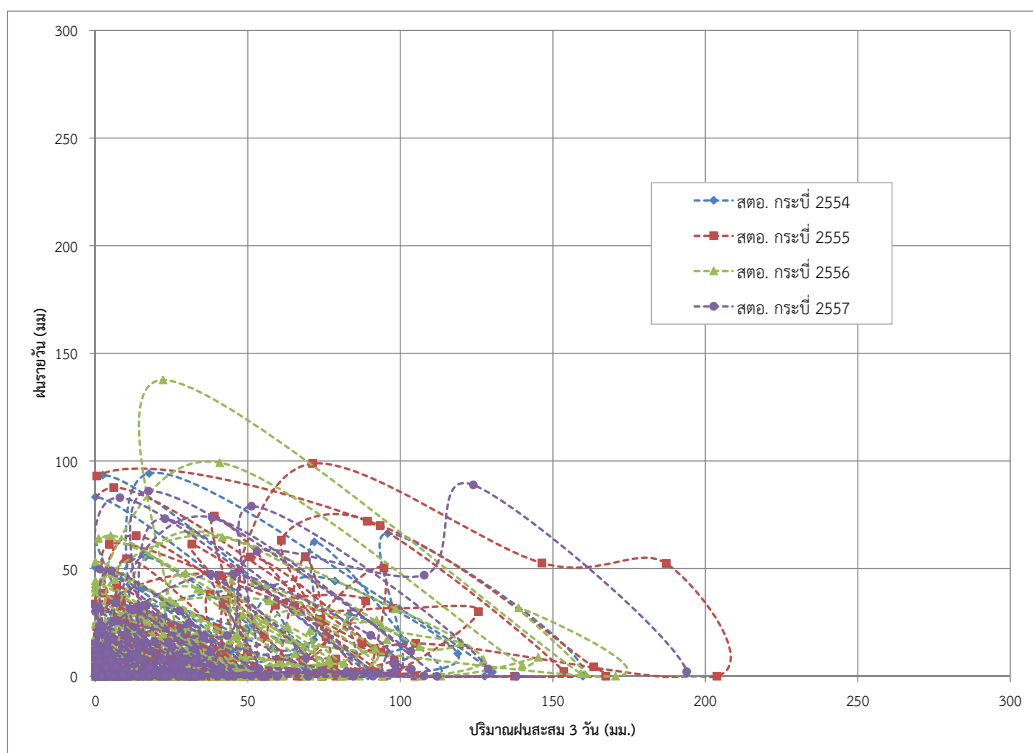
1) รวบรวมข้อมูลน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ตัวอย่างข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2557

2) นำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างฝนสะสม 3 วันกับฝนรายวัน ในแต่ละสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยแยกพื้นที่ภาคเหนือกับภาคใต้ เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่แตกต่างกัน ดังตัวอย่างในรูปที่ 5-12

3) ลากเส้นเกณฑ์การเตือนภัยดินถล่มโดยประมาณ โดยเส้นที่ลากนี้จะอยู่เหนือข้อมูลน้ำฝนในช่วงที่ไม่มีเหตุการณ์ดินถล่ม ดังรูปที่ 5-13



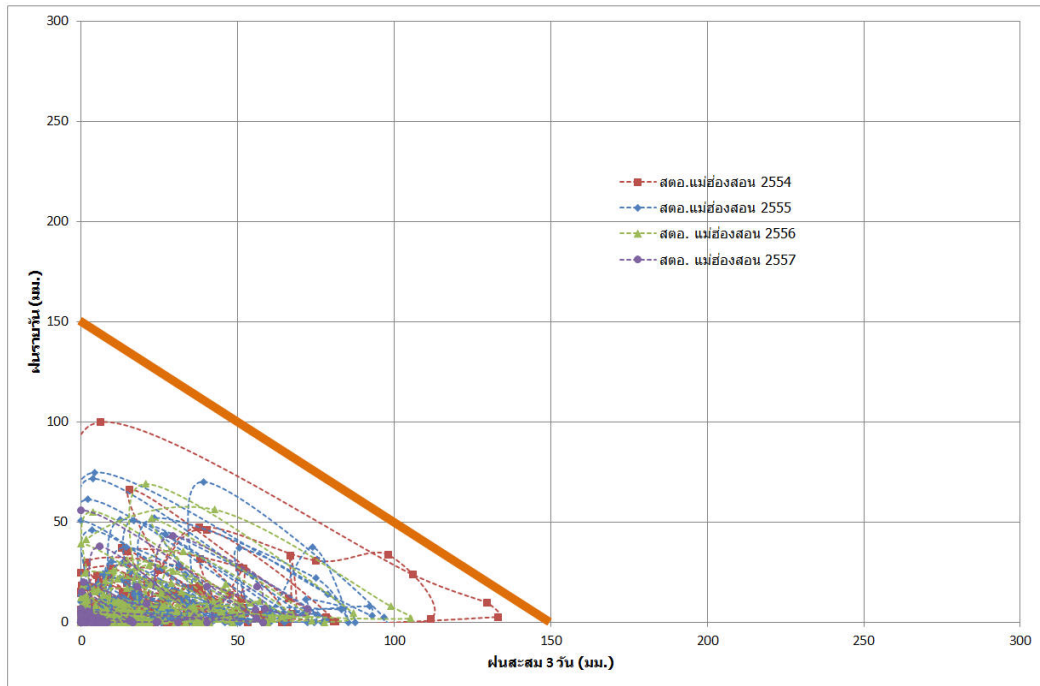
ก) ภาคเหนือ



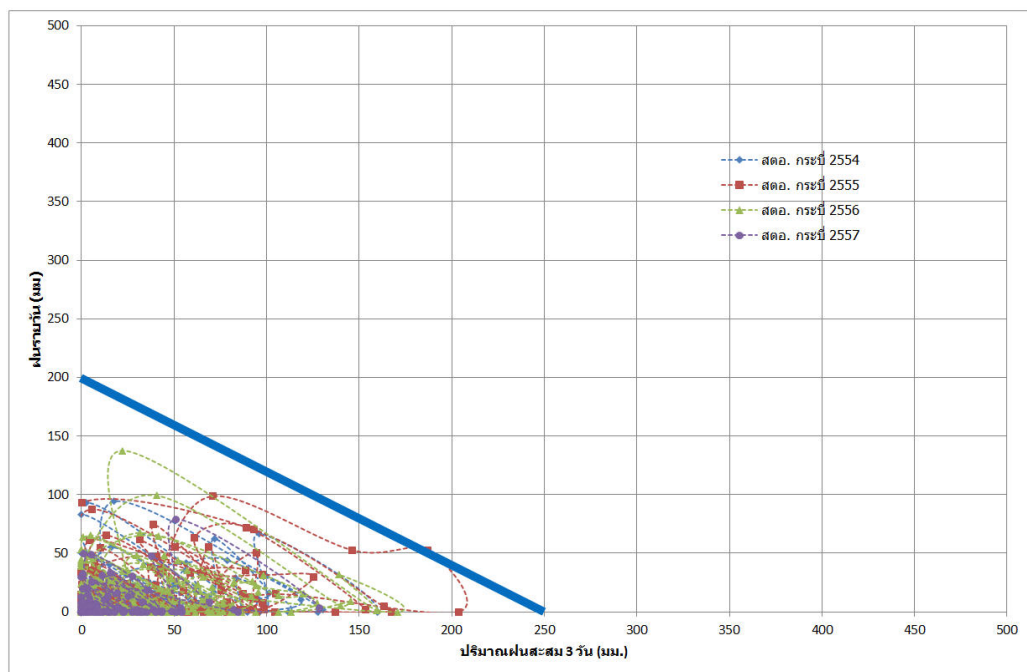
ข) ภาคใต้

รูปที่ 5-12 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างฝนสะสม 3 วันกับฝนรายวัน

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2557)



ก) ภาคเหนือ



ข) ภาคใต้

รูปที่ 5-13 ตัวอย่างการประเมินเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนเชิงสถิติจากข้อมูลน้ำฝนในสภาวะปกติ
สำหรับเตือนภัยดินถล่ม

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2557)

5.3.3 การสร้างเกณฑ์เตือนภัยจากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์ (logistic regression)

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์ (logistic regression) เป็นการวิเคราะห์ที่มีเป้าหมายเพื่อทำนายโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ โดยอาศัยสมการโลจิสติกส์ ที่สร้างขึ้นจากชุดตัวแปรอิสระ สำหรับการวิเคราะห์โลจิสติกส์แบบทวิ (binary logistic) ตัวแปรตาม (y) มี 2 ค่า คือ ไม่เกิดเหตุการณ์ (y = 0) หรือเกิดเหตุการณ์ (y = 1) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรต้น (x) ไม่อยู่ในรูปเชิงเส้น ทั้งนี้เพราะตัวแปรตามมี 2 ค่า คือ 0 กับ 1 รูปแบบสมการการถดถอยโลจิสติกส์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงในสมการที่ 5-1 ถึง 5-5 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ตัวแปรการถดถอยโลจิสติกส์การเตือนภัยดินถล่มของแต่ละพื้นที่แสดงดังตารางที่ 5-1 ถึง 5-3

$$\text{logit}(y) = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + e \quad \dots(5-1)$$

$$\text{logit}(y) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad \dots(5-2)$$

$$\text{logit}(y) = \text{logit}(y) \quad \dots(5-3)$$

$$a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + e = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) \quad \dots(5-4)$$

$$x_1 = \frac{1}{b_1} \left[\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) - (b_2x_2) + a \right] \quad \dots(5-5)$$

เมื่อ x_1 = ค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน

x_2 = ค่าปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน

p = ค่าความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์,

a = ค่าคงที่

b_1 = ค่าสัมประสิทธิ์เชิงถดถอยของค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน

b_2 = ค่าสัมประสิทธิ์เชิงถดถอยของค่าปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน

a , b_1 และ b_2 ได้จากโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลการถดถอยโลจิสติกส์เชิงสถิติ

จากผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์ของแต่ละพื้นที่การเตือนภัยที่ได้ เมื่อนำมาแทนค่าในสมการที่ 5-5 เพื่อหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดดินถล่มตามระดับความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน และค่าปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วันก่อนหน้า แล้วพล็อตค่าปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ในช่วงเวลาต่าง ๆ จะได้ผลดังรูปที่ 5-14 ถึงรูปที่ 5-16

ตารางที่ 5-1 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ตัวแปรการถดถอยโลจิสติกส์ของพื้นที่ภาคเหนือ

Variables	B	S.E.	Wald	df	p-value	Exp(B)	Hosmer and Lemeshow Test
Daily Rainfall (mm)	0.059	0.015	14.556	1	0.000	1.061	0.995
3Days – Acc. Rainfall (mm)	0.026	0.007	15.585	1	0.000	1.026	
Constant	-9.334	1.801	26.874	1	0.000	0.000	

ที่มา : ชีร์ไนย์ (2561)

ตารางที่ 5-2 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ตัวแปรการถดถอยโลจิสติกส์ของพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันออก

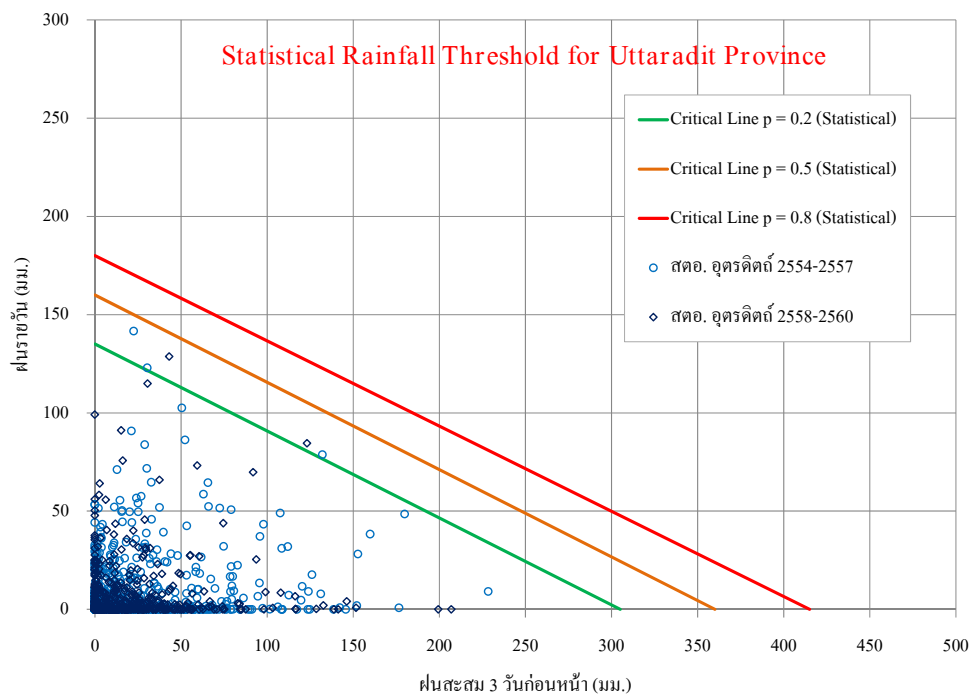
Variables	B	S.E.	Wald	df	p-value	Exp(B)	Hosmer and Lemeshow Test
Daily Rainfall (mm)	0.012	0.004	9.420	1	0.002	1.012	0.490
3Days – Acc. Rainfall (mm)	0.008	0.002	14.095	1	0.000	1.008	
Constant	-4.358	0.622	49.130	1	0.000	0.013	

ที่มา : ชีร์ไนย์ (2561)

ตารางที่ 5-3 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ตัวแปรการถดถอยโลจิสติกส์ของพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันตก

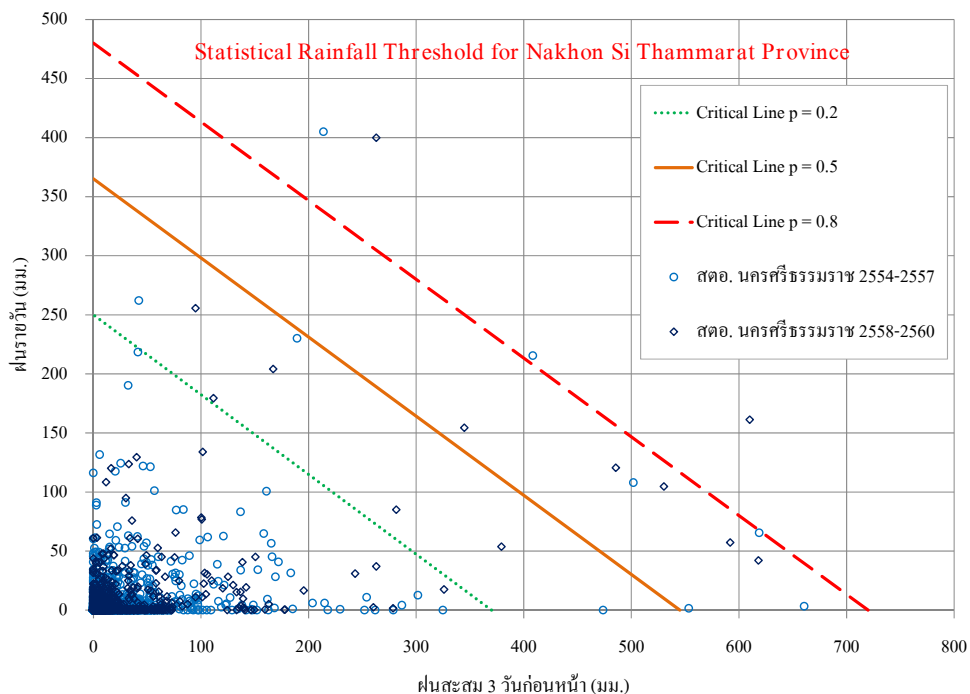
Variables	B	S.E.	Wald	df	p-value	Exp(B)	Hosmer and Lemeshow Test
Daily Rainfall (mm)	0.040	0.015	7.355	1	0.007	1.041	0.527
3Days – Acc. Rainfall (mm)	0.013	0.012	1.074	1	0.030	1.013	
Constant	-6.762	1.471	21.144	1	0.000	0.001	

ที่มา : ชีร์ไนย์ (2561)



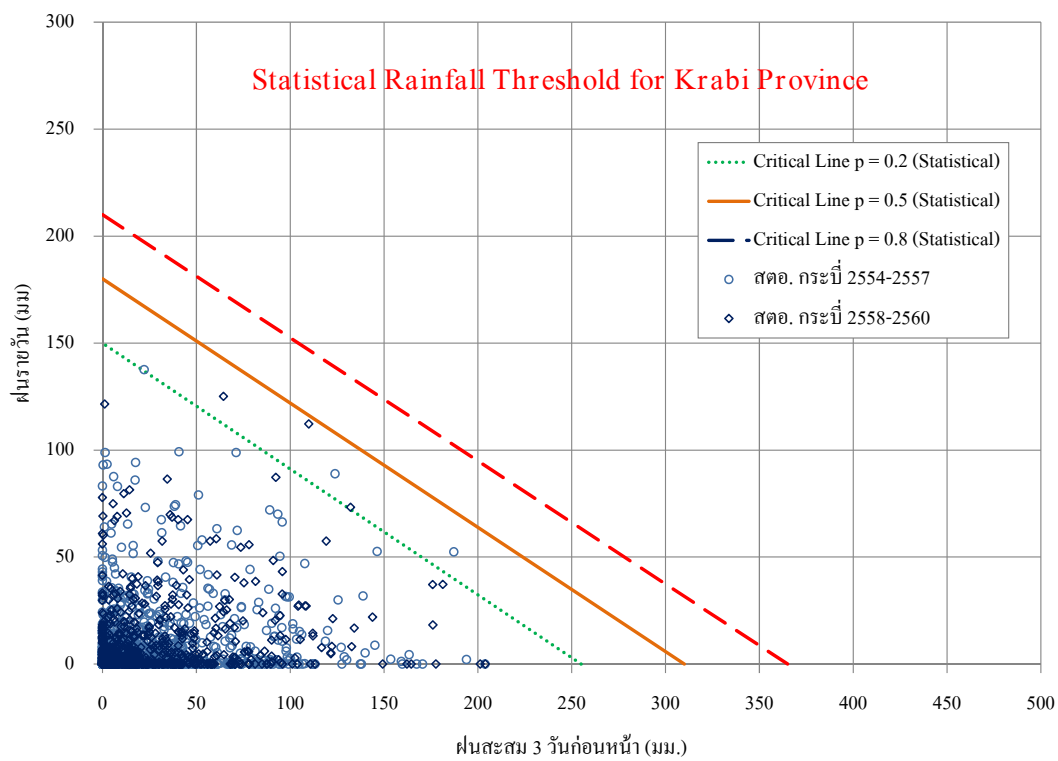
รูปที่ 5-14 ตัวอย่างการสร้างเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนวิกฤติเชิงสถิติของพื้นที่ภาคเหนือ (ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดอุดรดิตถ์ (พ.ศ. 2554 – 2560)

ที่มา : จีรไนย์ (2561)



รูปที่ 5-15 ตัวอย่างการสร้างเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนวิกฤติเชิงสถิติของพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครศรีธรรมราช (พ.ศ. 2554 – 2560)

ที่มา : จีรไนย์ (2561)



รูปที่ 5-16 ตัวอย่างการสร้างเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนวิกฤติเชิงสถิติของพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันตก (ข้อมูลน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดกระบี่ (พ.ศ. 2554 – 2560)

ที่มา : ชีร์ไนย์ (2561)

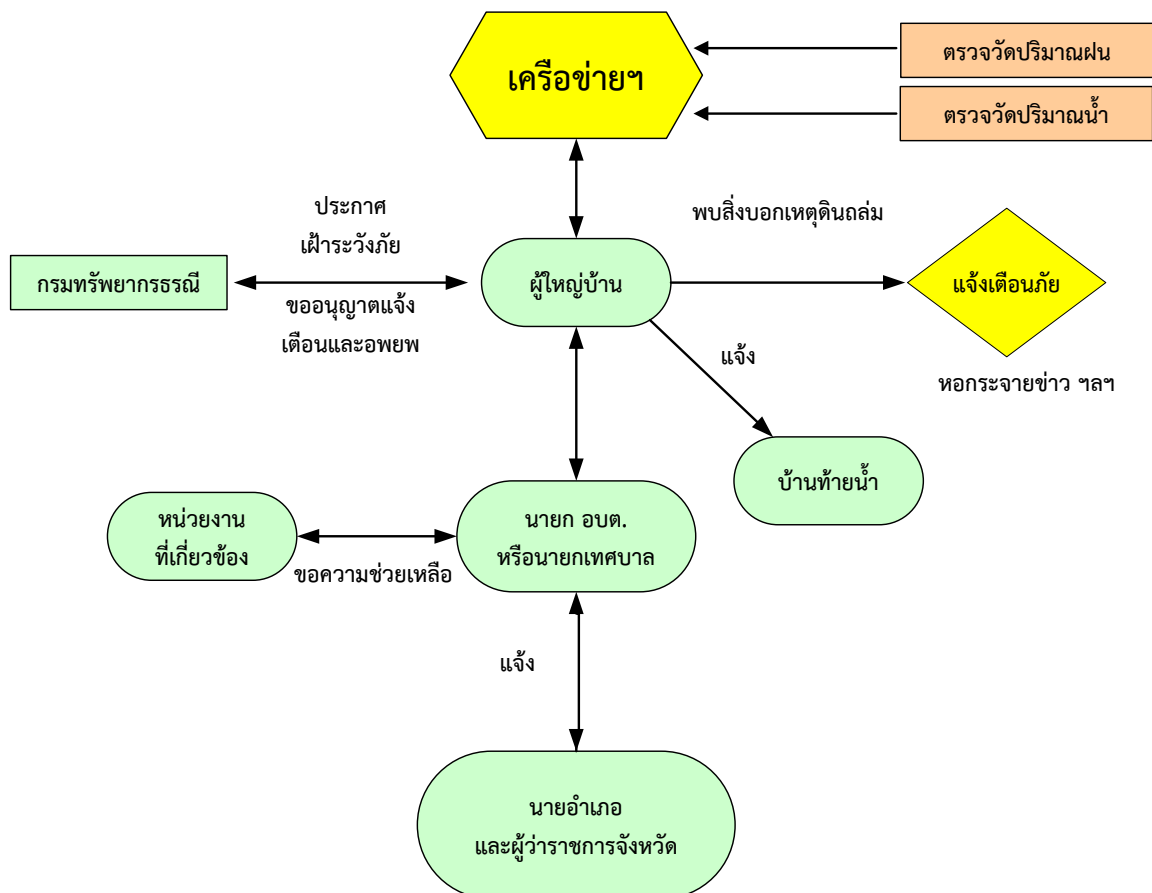
บทที่ 6

การจัดตั้งเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนธรณีพิบัติภัย

6.1 การจัดตั้งเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนธรณีพิบัติภัย

อุปกรณ์ตรวจวัดหรือสถานีตรวจวัดเพื่อการเตือนภัยอาจจะไม่สามารถติดตั้งไว้ได้ในทุกหมู่บ้านเสี่ยงภัย อันเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านงบประมาณ การจัดตั้งเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนธรณีพิบัติภัยของชุมชนจึงนับว่ามีความสำคัญไม่น้อย เมื่อเกิดเหตุการณ์ภัยธรรมชาติขึ้นจึงจะสามารถช่วยเหลือตนเองได้ก่อน แผนเผชิญเหตุนอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อชุมชนเอง ยังเป็นเครื่องมืออีกประเภทที่สามารถทำให้การเข้าถึงและช่วยเหลือในพื้นที่เสี่ยงภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย

กรมทรัพยากรธรณีได้จัดตั้งเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนธรณีพิบัติภัย โดยเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนในพื้นที่ประสบภัย ให้มีการเฝ้าระวังและตัดสินใจแจ้งเตือนด้วยตนเอง ทั้งนี้เนื่องจากเครือข่ายเฝ้าระวังฯ ย่อมมีความรู้ความเข้าใจในสภาพพื้นที่ของตนเองได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะทำให้การแจ้งเตือนภัยมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น รูปแบบขั้นตอนการเฝ้าระวังฯ ของชุมชน แสดงดังรูป 6-1



รูปที่ 6-1 ผังแสดงขั้นตอนการเฝ้าระวังภัยดินถล่มโดยเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนธรณีพิบัติของชุมชน

6.2 ขั้นตอนการปฏิบัติเพื่อเตรียมพร้อมรับสถานการณ์เมื่อเกิดดินถล่มและดินโคลนถล่ม

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ได้เผยแพร่ขั้นตอนการปฏิบัติเพื่อเตรียมพร้อมรับสถานการณ์เมื่อเกิดดินถล่มและดินโคลนถล่ม รายละเอียดดังนี้

6.2.1 การเตรียมความพร้อมรับมือดินถล่ม

- **สำรวจสภาพความเสี่ยงภัยของพื้นที่** หากมีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มและเคยเกิดดินโคลนถล่มหรือน้ำท่วมฉับพลันบ่อยครั้ง ให้เตรียมตัวรับมือและหมั่นสังเกตสัญญาณผิดปกติทางธรรมชาติ

- **จัดเวรยามเฝ้าระวังสถานการณ์** ติดตามข้อมูลพยากรณ์อากาศ ประกาศเตือนภัย ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน และสังเกตความผิดปกติทางธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งก่อสร้างบนพื้นดิน ซึ่งเป็นสัญญาณเตือนในช่วงก่อนเกิดดินถล่ม จะได้แจ้งเตือนคนในชุมชนอพยพหนีภัยได้ทันเวลาที่

- **เข้าร่วมการฝึกซ้อมอพยพหนีภัย** พร้อมศึกษาเส้นทางหนีภัยไปยังพื้นที่ปลอดภัย ซึ่งอยู่ห่างจากแนวการไหลของดิน หากเกิดดินถล่มจะได้อพยพหนีได้อย่างปลอดภัย

- **สังเกตเหตุก่อนเกิดดินถล่ม** มีฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องวัดปริมาณน้ำฝนได้มากกว่า 100 มิลลิเมตร น้ำในแม่น้ำมีสีขุ่นขึ้นและระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว มีต้นไม้ขนาดเล็กไหลปนมากับน้ำ มีเสียงดังผิดปกติบริเวณภูเขา ให้สันนิษฐานว่าอาจเกิดน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มขึ้นได้ ให้เตรียมอพยพไปยังพื้นที่ปลอดภัยในทันที

6.2.2 การปฏิบัติตนเมื่อเกิดดินถล่ม

- **การอพยพหนีภัยดินถล่ม**ให้อพยพไปตามเส้นทางที่พ้นจากแนวการไหลของดินถล่ม ขึ้นที่สูง หรือสถานที่ปลอดภัย หลีกเลียงเส้นทางที่มีแนวการไหลของดิน และเส้นทางที่กระแสน้ำไหลเชี่ยว หากจำเป็นต้องใช้เส้นทางดังกล่าว ให้ใช้เชือกผูกลำตัวแล้วยึดติดไว้กับต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้างที่มั่นคงแข็งแรง เพื่อป้องกันกระแสน้ำที่ไหลเชี่ยวพัดจมน้ำ ห้ามว่ายน้ำหนีโดยเด็ดขาด เพราะอาจกระแทกกับซากต้นไม้หรือหินที่ไหลมาตามน้ำจนจมน้ำเสียชีวิตได้

- **อพยพไปตามเส้นทางที่ปลอดภัย** พ้นจากแนวการไหลของดินถล่มโดยขึ้นที่สูง หรือไปยังสถานที่ปลอดภัย ซึ่งควรอยู่ห่างจากบริเวณพื้นที่เสี่ยงดินถล่มอย่างน้อย 2-6 กิโลเมตร

- **อยู่ห่างจากลำน้ำให้มากที่สุด** เนื่องจากน้ำจะพัดพาหิน หินและต้นไม้มาตามลำน้ำ ก่อให้เกิดอันตรายได้

- หลีกเลี่ยงเส้นทางที่เป็นแนวการไหลของดิน หรือมีกระแสน้ำไหลเชี่ยว หากจำเป็นให้ใช้เชือกผูกลำตัว พร้อมยึดเชือกไว้กับต้นไม้ หรือสิ่งปลูกสร้างที่มั่นคงแข็งแรง เพื่อป้องกันกระแสน้ำที่ไหลเชี่ยวพัดจมน้ำ

- กรณีพลัดตกน้ำ ให้หาต้นไม้ใหญ่ยึดเกาะและป็นให้พ้นน้ำ ห้ามว่ายน้ำหนีโดยเด็ดขาด เพราะอาจกระแทกกับซากต้นไม้หรือหินที่ไหลมาตามน้ำทำให้จมน้ำเสียชีวิต

6.2.3 การปฏิบัติตนหลังเกิดดินถล่ม

- ห้ามเข้าไปใกล้และกลับเข้าไปในบ้านเรือนที่ได้รับความเสียหายจากดินถล่ม หรือบริเวณที่มีป้ายเตือนอันตราย เพราะอาจเกิดดินถล่มลงมาซ้ำ ก่อให้เกิดอันตราย

- จัดทำทางเบี่ยงของดินและน้ำ เพื่อไม่ให้น้ำไหลลงมาสมทบมวลดิน เพราะอาจเกิดดินถล่มลงซ้ำได้

6.3 ขั้นตอนการปฏิบัติในการบรรเทาภัยที่เกิดจากดินถล่มและดินโคลนถล่ม

6.3.1 ขั้นตอนการปฏิบัติก่อนการเกิดดินถล่มหรือดินโคลนถล่ม

(1) จัดทำแผนป้องกันและบรรเทาอุทกภัยรวมทั้งประสานและฝึกซ้อมแผนการบรรเทาอุทกภัยกับพนักงานหรือหน่วยงานภายนอกที่เกี่ยวข้อง

(2) การติดตามข้อมูลข่าวสารอย่างต่อเนื่องของกรมอุตุนิยมวิทยาหรือทางราชการจากวิทยุโทรทัศน์

(3) เชื้อเพลิงค่าเตือนอย่างเคร่งครัด

(4) เตรียมสำรองอาหาร น้ำดื่มสะอาด เครื่องเวชภัณฑ์ ไว้ให้พอจะมีอาหารรับประทานเมื่อเกิดดินถล่มเป็นเวลาหลายวัน

(5) สำรวจ รวบรวมข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยในพื้นที่รับผิดชอบ ตลอดจนปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันรวมทั้งสำรวจพื้นที่ปลอดภัยเพื่อรองรับการอพยพ

(6) ประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ความรู้ในการป้องกันภัยเพื่อเตรียมรับสถานการณ์

(7) กำหนดบทบาทและความรับผิดชอบของหน่วยงานต่าง ๆ ให้ชัดเจน ไม่ซ้ำซ้อนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดเหตุการณ์ในพื้นที่รับผิดชอบ

6.3.2 ขั้นตอนการปฏิบัติขณะเกิดดินถล่มหรือดินโคลนถล่ม

(1) ตัดสะพานไฟและปิดแก๊สหยุดดื่มให้เรียบร้อย

(2) ไม่ควรขับขียานพาหนะฝ่าไปในขณะเกิดน้ำหลากหรือขณะดินถล่ม

(3) ติดตามเหตุการณ์และคำเตือนเกี่ยวกับลักษณะอากาศจากทางราชการอย่างใกล้ชิด

(4) แจ้งเตือนภัยให้ประชาชนอพยพหรือขนย้ายทรัพย์สินไปไว้ที่ปลอดภัย

(5) ตั้งศูนย์อำนวยการป้องกันและบรรเทาภัยตามแผนที่กำหนดไว้ เช่น ด้านเครื่องอุปโภคบริโภค น้ำดื่มที่จำเป็นต่อการดำรงชีพโดยเร่งด่วน

(6) อพยพประชาชนออกจากพื้นที่ประสบภัย ดูแลที่พักชั่วคราว อาหาร น้ำอุปโภคบริโภค เครื่องนุ่งห่มที่เห็นว่าเหมาะสมกับสถานการณ์รวมทั้งจัดระบบรักษาความปลอดภัยในบริเวณพื้นที่อพยพ

(7) จัดหน่วยบรรเทาทุกข์ การรักษาพยาบาล รวมทั้งจัดหาเวชภัณฑ์ยารักษาโรคที่จำเป็น เพื่อดูแลสุขภาพอนามัยผู้ประสบภัย

(9) รายงานสถานการณ์ความเสียหายให้อธิบดีของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องรับทราบ

(10) เมื่อจวนตัวให้คำนึงถึงความปลอดภัยของชีวิตมากกว่าทรัพย์สิน

6.3.3 ขั้นตอนการปฏิบัติหลังเกิดดินถล่มหรือดินโคลนถล่ม

(1) การฟื้นฟูสภาพแวดล้อมชีวิตความเป็นอยู่

- ให้การช่วยเหลือแก่ประชาชนผู้ประสบภัย เพื่อบรรเทาความเดือดร้อน
- สำรวจความเสียหายและความต้องการด้านต่าง ๆ ของผู้ประสบภัย
- ทำความสะอาดโคลนตมหรือสิ่งปรักหักพังซ่อมแซมสิ่งชำรุดเสียหายให้กลับคืน

สู่สภาพปกติ

- ซ่อมแซมสิ่งสาธารณประโยชน์และระบบสาธารณูปโภคให้กลับคืนสู่สภาพปกติ

โดยเร็วที่สุด

- ทำความสะอาด ทำลายซากสัตว์ที่ล้มตาย พร้อมทั้งจัดการเก็บฝังเพื่อป้องกันโรคระบาด

(2) การฟื้นฟูทางด้านร่างกายและจิตใจของประชาชนผู้ประสบภัย

- จัดให้มีบริการรักษาพยาบาลประชาชนผู้บาดเจ็บ ผู้ป่วย เพื่อรักษาชีวิต

ผู้ได้รับอันตรายในระยะแรก

6.4 ข้อควรคำนึงถึง

1. แนวคิดระบบการเตือนภัยเพื่อป้องกันและแจ้งเตือนภัยดินถล่มในพื้นที่ชุมชนเสี่ยงภัย เรียกว่า ระบบเตือนภัยชุมชน สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของสภาพภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยารวมถึงแนวคิดของประชาชนในพื้นที่ ทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้ความปลอดภัยของชีวิต

2. การคัดเลือกพิจารณาพื้นที่ที่ติดตั้งมีความสัมพันธ์ต่ออุปกรณ์ติดตั้งเฝ้าระวังแจ้งเตือนภัยแต่ละประเภทที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเกิดพิบัติภัยในพื้นที่นั้นๆ ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

1. ชีรโนย์ น้อยมาก, 2561. เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนวิกฤติสำหรับเตือนภัยดินถล่มในประเทศไทย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
2. วรากร ไม้เรียง และคณะ, 2546. การพัฒนาแผนหลักการจัดการภัยธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, มิถุนายน 2546.
3. สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ และคณะ, 2557. งานศึกษาพัฒนาแบบจำลองพลวัต การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสำหรับการเฝ้าระวังแจ้งเตือนภัยดินถล่ม, รายงานฉบับสมบูรณ์, เลขที่สัญญา 29/2557, กรมทรัพยากรธรณี.
4. สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ และคณะ, 2558. การศึกษาพฤติกรรมการเกิดน้ำท่วม-ดินถล่ม ในพื้นที่ต้นแบบเพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับกำหนดเกณฑ์ และวิธีการในการเตือนภัย ระยะที่ 3, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) ประจำปีงบประมาณ 2555.
5. สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ และคณะ, 2560. การรับมือภัยพิบัติดินถล่มในพื้นที่โครงการพัฒนาดอยตุงฯ, รายงานฉบับสมบูรณ์, เลขที่สัญญา BNK95, สนับสนุนจากสถานทูตออสเตรเลีย.
6. OYO Corporation, 2012.
7. Ministry of Land, Infrastructure and Transport Infrastructure Development Institute – Japan, 2004. Development of warning and evacuation system against sediment disasters. Guidelines for construction technology transfer.
8. SWCB., 2012. Debris Flow disaster prevention information. <http://246eng.swcb.gov.tw/>
9. The Philippine National Red Cross, 1999. Disaster Management Service. <http://www.redcross.org.ph/>
10. <http://www.siam-automation.com/article/10/reed-switch>, 2555.

คู่มือ

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

(Landslide Susceptibility Mapping Manual)

บทที่ 1

บทนำ

กรมโยธาธิการและผังเมืองได้จัดทำคู่มือการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (landslide susceptibility mapping manual) เพื่อให้ผู้ที่มีความสนใจและมีส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวที่แสดงไว้ในคู่มือนี้ไปประยุกต์ใช้ทำการประเมินและจัดทำพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในแต่ละพื้นที่ได้ ซึ่งมีขอบข่ายและคำนิยามของคู่มือดังนี้

1.1 ขอบข่าย

1.1.1 ผู้ที่จะดำเนินการสร้างแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มตามรายละเอียดในคู่มือนี้ ควรเป็นผู้มีความรู้พื้นฐานหรือสามารถใช้งานโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

1.1.2 แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มที่แสดงในคู่มือนี้ เป็นแผนที่แสดงระดับผลการประเมินความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเชิงพื้นที่ในสถานะจำลอง ซึ่งได้จากการประยุกต์แบบจำลองคณิตศาสตร์ตามหลักทางธรณีวิศวกรรม วิเคราะห์และแสดงผลการประเมินในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในสถานะความชื้น (degree of saturation) ที่แตกต่างกันของมวลดิน ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากฝนตก โดยจะไม่ครอบคลุมถึงผลการประเมินพื้นที่ที่อาจจะได้รับผลกระทบจากการถล่มหรือไหลหลากลงมาจากพื้นที่อื่น ทั้งจากดินถล่มหรือน้ำป่าไหลหลาก

1.1.3 การประเมินความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเชิงพื้นที่ในสถานะจำลองเพื่อใช้จัดทำแผนที่ของคู่มือนี้เป็นการประเมินในลาดดินธรรมชาติ (natural soil slope) คุณสมบัติของดินทางด้านธรณีวิศวกรรมต่าง ๆ ที่ใช้วิเคราะห์ในแบบจำลอง ได้จากการวิเคราะห์ตัวแทนของตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างและทดสอบจากลาดดินธรรมชาติทั่วทั้งประเทศ ไม่เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่เฉพาะจุดหรือพื้นที่ที่ไม่ใช่ลาดดินธรรมชาติ เช่น พื้นที่ดินถม หรือพื้นที่ที่มีการปรับเปลี่ยนลาดดินธรรมชาติไปแล้ว รวมถึงพื้นที่ที่มีลาดเอียงเป็นมวลหินแข็ง เป็นต้น

1.1.4 แบบจำลองคณิตศาสตร์ตามหลักทางธรณีวิศวกรรมในคู่มือนี้ ไม่ได้มีการคำนวณหรือวิเคราะห์ทางด้านแผ่นดินไหว

1.1.5 การประเมินความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มไม่จำเป็นต้องยึดถือตามขั้นตอนในคู่มือนี้ทั้งหมด สามารถปรับปรุงหรือเพิ่มเติมปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ หากมีเหตุผลหรือข้อบ่งชี้ตามหลักวิชาการว่าการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมดังกล่าวมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น แต่ทั้งนี้จะต้องกระทำโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นสำคัญ

1.2 นิยาม

“ดินถล่ม” (landslide) หมายความว่า เหตุการณ์ที่ดิน หิน หรือดินปนหิน มีการเคลื่อนตัวลงมาตามแนวลาดเอียง หรือตามแรงโน้มถ่วงของโลก

“ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม” (landslide susceptibility) หมายถึง ความอ่อนไหวหรือศักยภาพต่อการเกิดดินถล่มของพื้นที่ลาดเอียง

“ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม” (landslide susceptibility classification) หมายถึง ช่วงค่าการจำแนกค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของพื้นที่ลาดเอียง

“พื้นที่ลาดชัน” หมายถึง พื้นดินที่มีความชันมากกว่า 1:5 (ดิ่ง : ราบ) หรือร้อยละ 20

“ความชัน” หมายถึง ค่าตัวเลขซึ่งกำหนดเป็นสัดส่วนระหว่างระยะแนวตั้งต่อระยะแนวราบ หรือร้อยละของระยะแนวตั้งต่อระยะแนวราบ หรือองศาของความลาดเอียงซึ่งวัดจากแนวราบ

“ลุ่มน้ำ” (watershed, basin, catchment) หมายถึง พื้นที่รับน้ำตามธรรมชาติ จากฝนที่ตกลงในพื้นที่นั้นแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำ ไปรวมตัวกันเป็นลำน้ำสายเล็กและไหลรวมตัวกันลงสู่ลำน้ำสายใหญ่ขึ้นไปจนในที่สุดไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่จุดหนึ่งของลำน้ำ

“ดินไม่อิ่มตัว” (unsaturated soil) หมายถึง ดินที่ภายในโพรงหรือช่องว่างไม่มีหรือมีของเหลว (โดยทั่วไปคือ น้ำ) บรรจุอยู่บางส่วนไม่เต็มช่องว่างทั้งหมด

“ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์” (geographic information system, GIS) หมายถึง กระบวนการของการใช้คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (hardware) ซอฟต์แวร์ (software) ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (geographic data) และการออกแบบ (personnel design) ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูล ให้แสดงผลในรูปของข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้ในทางภูมิศาสตร์

“จุด” (point) หมายถึง ตำแหน่งพิกัดที่ไม่มีขนาดและทิศทาง โดยจุดไม่มีมิติ จุดจะบันทึกบนแผนที่เป็นค่าพิกัด x, y 1 คู่ จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของตำแหน่งใด ๆ เช่น ที่ตั้งของโรงเรียน เป็นต้น

“ไลน์” (line) หมายถึง เส้นที่มีระยะและทิศทาง ระหว่างจุดเริ่มต้นไปยังจุดแนวทาง (vector) และจุดสิ้นสุด เส้นใช้แทนวัตถุที่มี 1 มิติ ถูกบันทึกเป็นกลุ่มค่าพิกัด x, y 1 ชุด ประกอบไปด้วยลักษณะของเส้นตรง เส้นหักมุม และเส้นโค้ง เช่น ถนน ทางด่วน คลอง เป็นต้น

“โพลีไลน์” (polyline) หมายถึง กลุ่มข้อมูลเส้นหลาย ๆ เส้น ที่มีมากกว่า 1 เส้นขึ้นไป

“โพลีกอน” (polygon) หมายถึง ข้อมูลที่มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้น จุดแนวทาง (vector) และจุดสิ้นสุด ใช้แทนวัตถุที่มี 2 มิติ ถูกบันทึกเป็นกลุ่มค่าพิกัด x, y ของเส้นโค้งที่ลากมาบรรจบกันเป็นขอบเขตของพื้นที่นั้น ๆ ที่ประกอบกันเป็นรูปหลายเหลี่ยม มีขนาดพื้นที่ (area) และเส้นรอบรูป (perimeter) เช่น ขอบเขตการปกครอง ขอบเขตหมู่บ้าน

“แรสเตอร์” (raster) หมายถึง ข้อมูลที่มีลักษณะตารางสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ (grid cell or pixel) เท่ากัน และต่อเนื่องกันซึ่งสามารถอ้างอิงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้ ขนาดของตารางกริดหรือความละเอียด (resolution) ในการเก็บข้อมูลจะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับการจัดแบ่งจำนวนแถว (row) และจำนวนคอลัมน์ (column) ตัวอย่างข้อมูลที่จัดเก็บโดยใช้ตารางกริด เช่น ภาพดาวเทียม หรือแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (digital elevation model: dem) เป็นต้น

“แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข” (digital elevation model, DEM) หมายถึง ข้อมูลพื้นผิวที่มีโครงสร้างแบบแรสเตอร์มีลักษณะเป็นกริดเซลล์ขนาดเท่ากันเรียงต่อเนื่องกันครอบคลุมทั้งพื้นที่ค่าประจำกริดเซลล์ คือ ค่า Z ดังนั้นค่า Z ในพื้นที่จึงมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอโดยพื้นที่ที่มีความแตกต่างของค่า Z มาก ๆ จุดจะอยู่ใกล้กัน แต่สำหรับพื้นที่ที่มีค่า Z ไม่แตกต่างกันนักจุดจะอยู่ห่างกัน

1.3 สัญลักษณ์

v	=	ความเร็วของการไหล (L/T)
K	=	ความสามารถในการซึมผ่านของดิน (hydraulic conductivity, L/T)
H	=	แรงดันน้ำ (L)
Z	=	ระยะการไหล (L)
i	=	ความชันทางชลศาสตร์ (hydraulic gradient)
$\Delta\theta$	=	ปริมาณน้ำในดินที่เพิ่มขึ้น ($\theta_i - \theta$)
H_0	=	แรงดึงน้ำในดินที่อยู่ด้านล่างของ wetting front (L)
H_f	=	แรงดึงน้ำในดินที่ผิวดิน (L)
L_f	=	ความลึกของ wetting front (L)
θ	=	ปริมาตรความชื้นใด ๆ
θ_r	=	ปริมาตรความชื้นต่ำสุด
θ_s	=	ปริมาตรความชื้นเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ
$K(h)$	=	ความสามารถในการซึมผ่านที่แรงดึงน้ำใด ๆ
K_s	=	ความสามารถในการซึมผ่านเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

บทที่ 2

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับดินถล่ม

2.1 ประเภทดินถล่ม

ประเภทของดินถล่มโดยทั่วไปตามลักษณะของการเคลื่อนตัว แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ การร่วงหล่น (fall) การล้มคว่ำ (topple) การเลื่อนไถล (slide) การแผ่ขยาย (spread) และการไหล (flow) สำหรับสาเหตุและปัจจัยกระตุ้นให้เกิดดินถล่มนั้นอาจมาจากทั้งกระบวนการตามธรรมชาติและปัจจัยจากการกระทำของมนุษย์

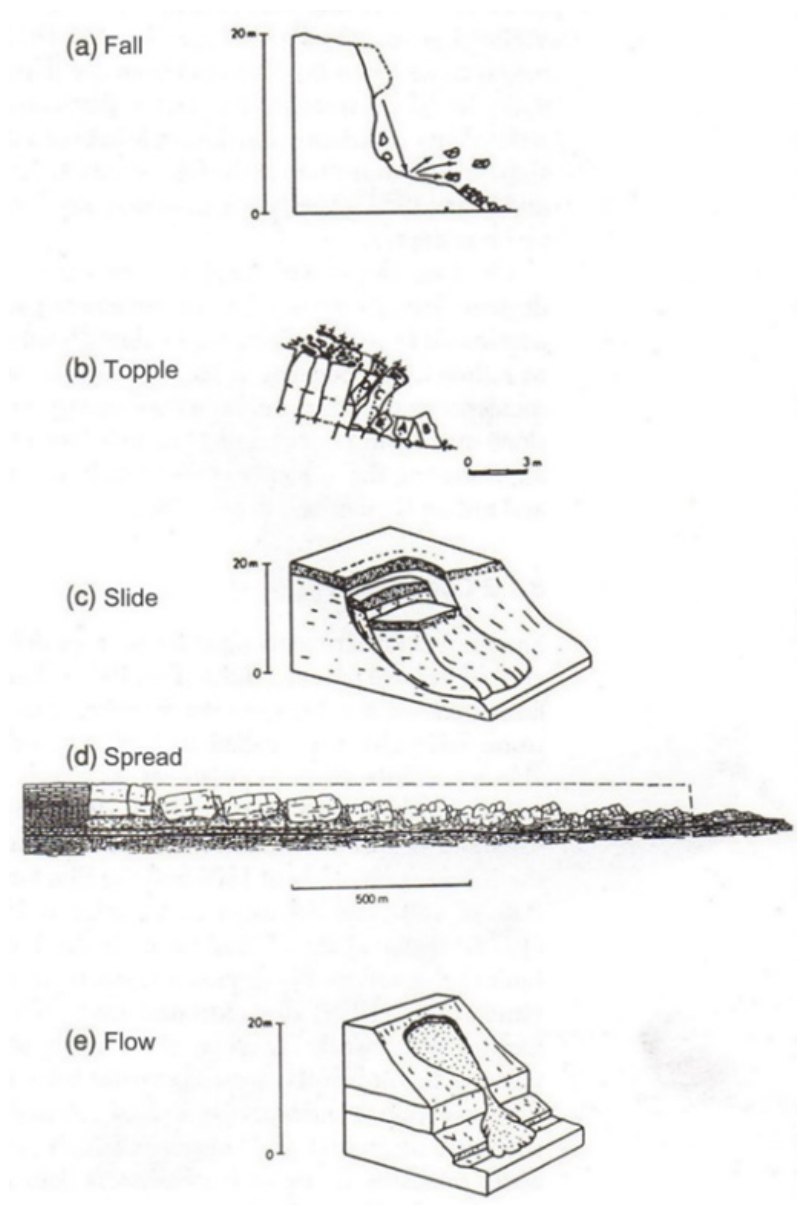
1) การร่วงหล่น (fall) เป็นการพิบัติในลักษณะที่ขึ้นส่วนของมวลดินหรือหิน แตกออกจากชิ้นส่วนหลัก แล้วร่วงหล่นอย่างอิสระหรือกลิ้งลงมาตามแนวลาดที่มีความชันสูง หรือร่วงหล่นลงมาจากจุดยอด เช่น หน้าผา เป็นต้น มีอัตราการเคลื่อนตัวเร็วมาก (1 เมตร/วินาที ถึงมากกว่า 100 เมตร/วินาที) โดยชิ้นส่วนที่ร่วงหล่นอาจเป็นก้อนเดี่ยวๆ หรือเป็นกลุ่มของมวลวัสดุได้ ดังรูปที่ 2-1 (a)

2) การล้มคว่ำแบบกลิ้งไปข้างหน้า (topple) หรือการล้มคะมำ เป็นการพิบัติที่เกิดการเคลื่อนตัวไปข้างหน้าของมวลวัสดุ เช่น หินหรือดิน ที่เกิดการเอียงตัว โดยที่มวลวัสดุนั้นยังไม่เกิดการพังทลายก่อนเกิด การล้มคะมำ เมื่อมวลวัสดุล้มคะมำลงแล้วจะหมุนตัวลงสู่ที่ลาดอย่างรวดเร็ว การล้มคะมำนี้จะเกิดขึ้นเนื่องจากมวลวัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่าตัวอยู่เหนือมวลวัสดุที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าเมื่อมวลวัสดุเกิดการผุกร่อนตามระยะเวลา มวลวัสดุชั้นล่างจะเกิดการผุกร่อนมากกว่ามวลวัสดุชั้นบนจึงทำให้เกิดการล้มคะมำขึ้น ดังรูปที่ 2-1 (b)

3) แบบเลื่อนไถล (slides) เป็นการพิบัติที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของมวลวัสดุ เช่น หินหรือมวลดิน ผ่านแนวระนาบที่มีความแข็งแรงน้อยที่สุด (รับแรงเฉือนได้น้อยที่สุด) อัตราเคลื่อนตัวอยู่ในช่วง 0.06 เมตร/ปี ถึง 0.3 เมตร/นาทิต โดยชนิดของการเลื่อนไถลแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบ rotational slides แนวของการพิบัติจะมีลักษณะเป็นส่วนโค้งของวงกลม (circular arc) และแบบ translational slides แนวของการพิบัติไม่เป็นส่วนโค้งของวงกลม (noncircular arc) ดังรูปที่ 2-1 (c)

4) แบบเคลื่อนตัวแผ่ขยาย (spreads) มีลักษณะของการเคลื่อนตัวเป็นการขยายตัวด้านข้างของมวลวัสดุ การเคลื่อนที่แบบนี้มักพบในดินประเภท sensitive silt and clay ที่มีการเคลื่อนตัวที่เกิดขึ้นทันทีทันใด ด้วยอัตราการเคลื่อนที่ระหว่าง 3×10^{-5} เมตร/วินาที แต่ถ้าพบในชั้นหิน อัตราการเคลื่อนที่จะน้อยกว่า 3×10^{-9} เมตร/วินาที ดังรูปที่ 2-1 (d)

5) แบบไหล (flows) มักพบในวัสดุที่ไม่มีการยุบอัดตัว เช่น ก้อนหิน กรวด ทราย และเม็ดดิน โดยจะไหลลงตามแนวลาดเอียงของเชิงเขาเป็นผิวนานกับผิวน้ำของลาดที่มีความชันสูงโดยมีอัตราการเคลื่อนตัว 0.3 เมตร/นาที่ ถึงมากกว่า 3 เมตร/นาที่ ดังรูปที่ 2-1 (e)



รูปที่ 2-1 ประเภทของดินถล่มตามลักษณะการเคลื่อนตัว

ที่มา : Varnes, 1978

2.2 กลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย

คุณสมบัติของดินที่ผุสลายมาจากหินและผุพังอยู่กับที่ (residual soil) ในแต่ละชุดตามลักษณะธรณีวิทยาของประเทศไทย (มาตราส่วน 1: 250,000) ซึ่งกรมทรัพยากรธรณีร่วมกับศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2559) ได้ทำการศึกษา โดยนำคุณสมบัติที่ได้มาทำการจัดกลุ่มที่มีความหมายทางวิศวกรรม ที่เรียกว่า “กลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (geologic group of landslide susceptibility)” ซึ่งสามารถจำแนกได้ทั้งหมด 9 กลุ่ม ดังตารางที่ 2-1 กลุ่มที่ 7, 8 และ 9 ไม่ถูกนำมาพิจารณาทางด้านดินถล่มในแบบจำลอง เนื่องจากมีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในสภาวะธรรมชาติอยู่ในระดับต่ำ

2.3 ตัวอย่างแผนที่ดินถล่ม

2.3.1 ประเภทของแผนที่

แผนที่ที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม (landslide mapping) มีหลายประเภทและแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการจัดทำและการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งสามารถจำแนกและอธิบายเกี่ยวกับประเภทของแผนที่ที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม ได้ดังนี้

1. รูปที่ 2-2 (A) landslide inventory map เป็นแผนที่แสดงถึงตำแหน่งและรูปร่างของร่องรอยดินถล่ม (landslide scars) โดยอาจเป็นร่องรอยที่เกิดจากเหตุการณ์ดินถล่ม เพียงเหตุการณ์เดียวหรือหลายเหตุการณ์ร่วมกันก็ได้

2. รูปที่ 2-2 (B) landslide susceptibility map เป็นแผนที่แสดงค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่สามารถเกิดขึ้นได้ในอนาคต โดยทั่วไปมักแสดงในลักษณะโทนสีที่มีค่าระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ตั้งแต่ค่าต่ำไปหาค่าสูง

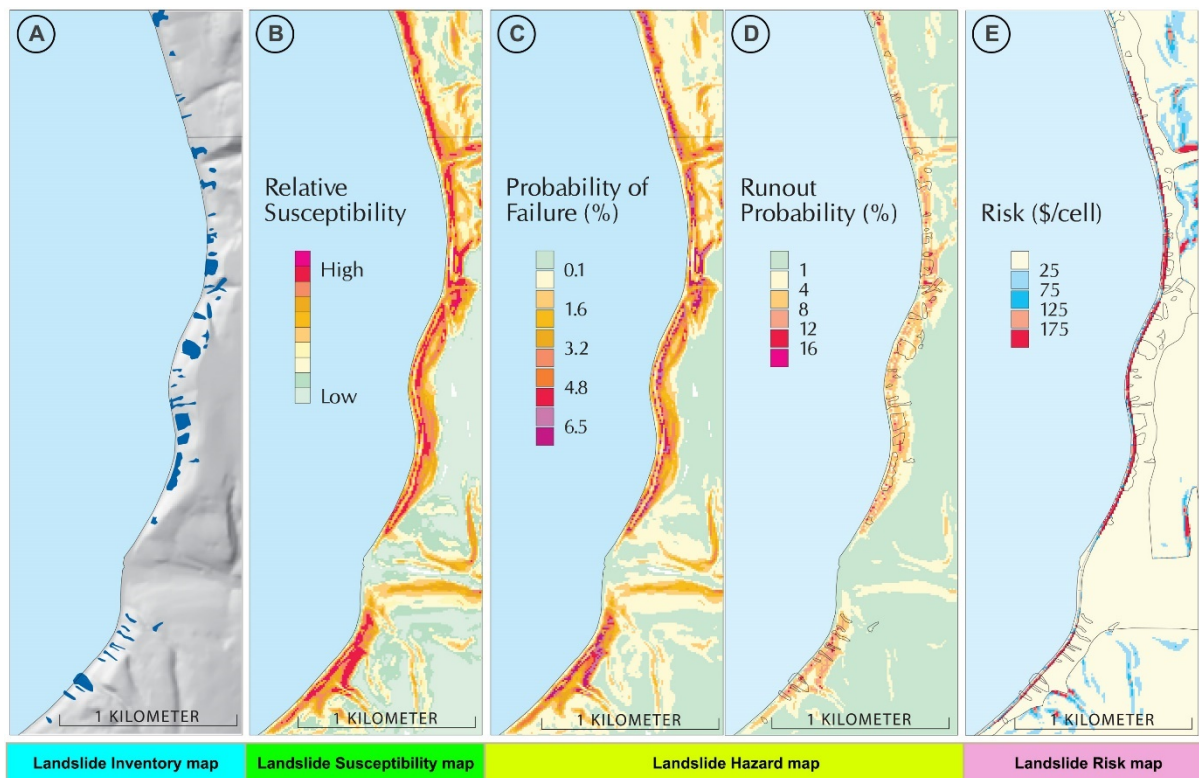
3. รูปที่ 2-2 (C และ D) landslide hazard map เป็นแผนที่แสดงระดับโอกาสเกิดดินถล่มหรือบ่งบอกความถี่ของการเกิดดินถล่ม และนอกจากนั้นยังสามารถบ่งบอกถึงโอกาสของการถล่มจากพื้นที่หนึ่งลงไปหาพื้นที่หนึ่ง

4. รูปที่ 2-2 (E) เป็นแผนที่แสดงความเสี่ยงหรือระดับผลกระทบที่อาจได้รับจากดินถล่ม เป็นการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างข้อมูลที่ได้จาก landslide hazard map กับข้อมูลผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ทั้งหมด ทั้งจากผลกระทบต่อชีวิตและผลกระทบต่อทรัพย์สิน

ตารางที่ 2-1 กลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

กลุ่มที่	กลุ่มหิน	ตัวอย่าง	ลำดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม
1	กลุ่มหินแกรนิต (granite rock)	หินแกรนิตยุคคาร์บอนิเฟอรัสและยุคเพอร์มี-ไตรแอสสิก (carboniferous and permotriassic granite rocks) หินแกรนิตยุคไตรแอสสิก (triassic granite rock) และหินแกรนิตยุคครีเทเชียส (cretaceous granite rock)	1
2	กลุ่มหินอัคนีพุและหินอัคนีแทรกซอนสีเข้ม (extrusive and mafic igneous rocks)	หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินบะซอลต์ หินทัฟฟ์ และหินไฟร็อกซีไนต์ หินเพอริโดไทต์ หินเซอร์เพนทีไนต์ และหินฮอร์นเบลนไดต์ เป็นต้น	6
3	กลุ่มหินตะกอนเม็ดหยาบ	หินทรายและหินทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ (predominantly sandstone and siltstone)	4
4	กลุ่มหินตะกอนเม็ดละเอียด	หินดินดานและหินโคลนเป็นส่วนใหญ่ (predominantly shale and mudstone)	3
5	กลุ่มหินตะกอนหลายชนิดแทรกสลับชั้นกัน (interbedded sedimentary rocks)	-	2
6	กลุ่มหินแปร (metamorphic rock)	หินไนส์ หินชีสต์ หินควอร์ตไซต์ หินฟิลไลต์ หินอ่อน และหินชนวน	5
7	กลุ่มหินคาร์บอเนต (carbonate rock)	หินปูน หินโดโลไมต์ และหินตะกอนเนื้อปูนผสม	8
8	กลุ่มตะกอนยุคควอเทอร์นารี (quaternary deposits)	ตะกอนเศษหินเชิงเขา ตะกอนผุอยู่กับที่ ตะกอนธารน้ำพา ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ที่ลุ่มราบน้ำขึ้นถึงที่ลุ่มขึ้นและ ที่ลุ่มน้ำขังป่าชายเลนและชะวากทะเล	7
9	กลุ่มหินตะกอนบนที่ราบสูงโคราช (sedimentary rock on khorat plateau)	หินทราย หินทรายแป้ง และหินโคลนของกลุ่มหินโคราช	9

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2554), ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก (2559)



Copied and modified from the National Landslide Hazards Mitigation Strategy-A Framework for Loss Reduction by Elliott C. Spiker and Paula L. Gori (USGS, 2003)

รูปที่ 2-2 ตัวอย่างประเภทแผนที่ที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม

ที่มา : Elliott C. et al. (2003)

2.3.2 มาตรฐานของแผนที่

มาตรฐาน (scale) มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะเป็นตัวกำหนดถึงความเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์และการบริหารจัดการพื้นที่ มาตรฐานของแผนที่กับการนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับดินถล่มดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 มาตรฐานแผนที่ที่เกี่ยวข้องกับดินถล่มและการนำไปประยุกต์ใช้

Scale description	Indicative range of scales	Examples of Zoning application	Typical Area of zoning
Small	<1:100,000	Landslide inventory and susceptibility to inform policy makers and the general public	>10,000 square kilometers
Medium	1:100,000 to 1:25,000	Landslide inventory and susceptibility zoning for regional and local development; or very large scale engineering projects. Preliminary level hazard mapping for local areas	1,000 to 10,000 square kilometers
Large	1:25,000 to 1:5,000	Landslide inventory, susceptibility and hazard zoning for local areas. Preliminary level risk zoning for local areas. And advanced stages of planning for large engineering structures, roads and railways	10 to 1,000 square kilometers
Detailed	>1:5,000	Intermediate and advanced level hazard and risk zoning for local and site specific areas and for the design phase of large engineering structures, roads and railways	Several hectares to 10 square kilometers

ที่มา : Safaei M. et al., 2011

2.4 วิธีการวิเคราะห์พื้นที่ดินถล่ม

วิธีการวิเคราะห์โดยทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับดินถล่มมีหลายวิธี (Edwin L. Harp, 2008) แต่ในที่นี้จะอธิบายไว้ 4 วิธี ดังนี้

2.4.1 geomorphic analysis

วิธีนี้จัดเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (qualitative analysis) โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศหรือลักษณะพื้นฐานต่างๆ ซึ่งอาจได้จากการสำรวจและวิเคราะห์ในสนามหรือได้จากการแปลความหมายจากภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม จากนั้นทำการประเมินความอ่อนไหวของการเกิดดินถล่มโดยอาศัยประสบการณ์ ข้อมูลเหตุการณ์ในอดีต หรือรูปแบบทางด้านลักษณะภูมิประเทศที่ไม่มีความมั่นคง

2.4.2 weighted parameter analysis

วิธีนี้จัดเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ทำการวิเคราะห์จากค่าน้ำหนักปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม ปัจจัยและค่าหน่วยน้ำหนักในแต่ละปัจจัยจะถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญแล้วนำผลวิเคราะห์ที่ได้มาจัดทำแผนที่ วิธีนี้สามารถนำโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อจัดทำแผนที่ได้

2.4.3 statistical analysis

วิธีนี้จัดเป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (quantitative analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ สามารถทำการวิเคราะห์ตัวแปรเดียวหรือสองตัวแปรเพื่อเปรียบเทียบในแต่ละพารามิเตอร์ หรือวิเคราะห์หลายตัวแปรเพื่ออธิบายตัวเลขที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของดินถล่มหรือความหนาแน่นได้ อย่างไรก็ตามวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติมักต้องการข้อมูลจำนวนมาก รวมถึงรายละเอียดต่าง ๆ ทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ดินถล่ม

2.4.4 geotechnical model

วิธีนี้จัดเป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เป็นการนำวิธีวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินทางวิศวกรรมในหนึ่งพื้นที่ ซึ่งมีการคำนวณผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety, F.S.) ไปประยุกต์ใช้เชิงพื้นที่ โดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพและทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ผล ค่า F.S. เป็นสัดส่วนระหว่าง “แรงต้านทาน” กับ “แรงกระทำ” กรณีที่มีค่าน้อยกว่า 1 (แรงต้านทานมีค่าน้อยกว่าแรงกระทำ) แสดงว่าลาดดินไม่มั่นคงหรือเกิดการพิบัติ กรณีที่มีค่ามากกว่า 1 (แรงต้านทานมีค่ามากกว่าแรงกระทำ) แสดงว่าลาดดินมีความมั่นคงหรือไม่พิบัติ

บทที่ 3

แบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

แบบจำลองการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ตามหลักธรณีวิศวกรรม (geotechnical model) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกัน 2 วิธี คือ การวิเคราะห์การไหลซึมของน้ำในมวลดินและการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในสภาวะความชื้นที่เปลี่ยนไปเนื่องจากฝนตก (สุทธิศักดิ์และคณะ, 2558)

3.1 การไหลซึมของน้ำผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

พฤติกรรมการพิบัติของลาดดินธรรมชาติจะเกิดขึ้น เมื่อลาดดินมีการลดลงของกำลังรับแรงเฉือนอันเนื่องมาจากการเพิ่มของความชื้นในมวลดิน ซึ่งปัจจัยนี้จะเกิดขึ้นเมื่อน้ำฝนไหลซึมลงสู่ดินชั้นล่างทำให้ต้องมีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านการไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน การวิเคราะห์ต้องใช้ความรู้ในด้านกลศาสตร์ของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (unsaturated soil mechanics) เนื่องจากในลาดดินธรรมชาติส่วนใหญ่มักจะอยู่ในสถานะไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ แบบจำลองของ Green and Ampt (GA_model) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายสำหรับวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในมวลดินเนื่องจากฝนตก แสดงดังรูปที่ 3-1 ในแบบจำลองพิจารณาให้การไหลซึม (Infiltration) ในชั้นดินที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอ (homogeneous) เกิดขึ้นทันทีเมื่อเกิดฝนตก โดยมีอัตราการไหลซึม (hydraulic conductivity, K) เท่ากับความเข้มข้นน้ำฝน แต่ไม่เกินอัตราการไหลซึมที่ดินอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity, K_s) ปริมาณน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้นตามความลึก

จากรูป (ก) กำหนดให้ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นที่เวลา t_0 เท่ากับ θ_i ตลอดทั้งความลึกของชั้นดินที่พิจารณา โดยที่ θ_r เป็นความชื้นต่ำสุดของดิน (ข) เมื่อเกิดฝนตกที่อัตราคงที่ความชื้นจะเพิ่มขึ้นทันที (ค และ ง) เมื่อเวลาผ่านไปความชื้นในมวลดินที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าคงที่และขยายขอบเขตลงสู่ชั้นดินด้านล่างโดยขอบเขตของชั้นดินที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นเรียกว่า Wetting Front

การเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินดังกล่าว สามารถเขียนเป็นรูปได้ดังรูปที่ 3-2 และพิจารณาให้การไหลของน้ำผ่านมวลดินเป็นไปตามกฎของ Darcy (Darcy's law) ดังสมการที่ 3-1

$$v = K \frac{\partial H}{\partial z} \dots\dots\dots (3-1)$$

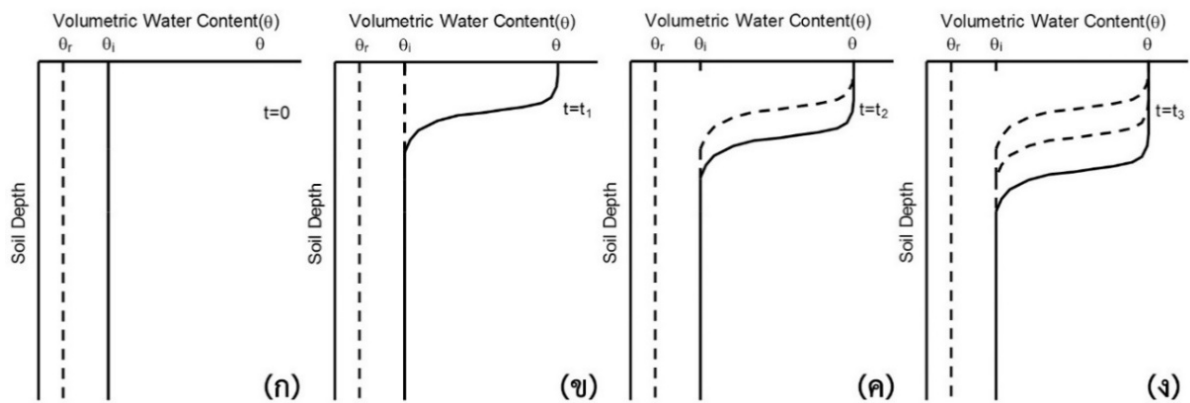
เมื่อ v = ความเร็วของการไหล (L/T)

K = ความสามารถในการซึมผ่านของดิน (hydraulic conductivity, L/T)

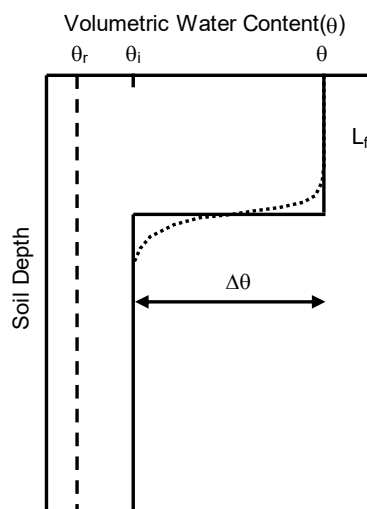
H = แร่งดันน้ำ (L)

z = ระยะการไหล (L)

$\frac{\partial H}{\partial z}$ = ความชันทางชลศาสตร์ (Hydraulic Gradient)



รูปที่ 3-1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินจากการตกของฝน ตามแบบจำลองของ Green and Ampt

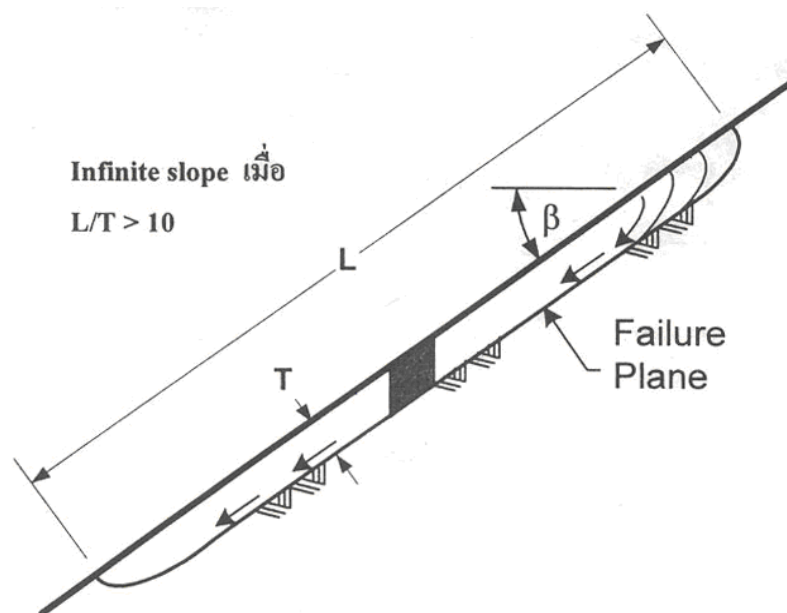


รูปที่ 3-2 แบบจำลองการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินของ GA_model

ที่มา : Green and Ampt (1911) อ้างโดย Hillel, (1998)

3.2 แบบจำลองการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน

การวิเคราะห์เสถียรภาพ (slope stability analysis) ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การวิเคราะห์มีหลายวิธี และในแต่ละวิธีต่างมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันตามสมมติฐานและรูปแบบในการนำไปใช้งานที่ต่างกันสำหรับวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินพื้นที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มนี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์ ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่ว ๆ ไป คือ วิธีวิเคราะห์แบบลาดอนันต์ (infinite slope analysis) การวิเคราะห์วิธีนี้เป็นวิธีการวิเคราะห์ในกรณีที่รูปร่างของผิวเคลื่อนพังมีลักษณะเป็นแผ่นบางขนานกับผิวลาดดิน ความหนาของชั้นดินที่เคลื่อนน้อยกว่า 1 ใน 10 ของความยาวของมวลดินที่เคลื่อนพัง แสดงดังรูปที่ 3-3 วิธีนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ในกรณีของดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นหรือมีความเชื่อมแน่นน้อย (non-cohesive soil)



รูปที่ 3-3 ลักษณะการวิเคราะห์ด้วยวิธี infinite slope

ที่มา : วรากร (2545)

จากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินแบบเฉือนตรง (direct shear test) เมื่อระดับความชื้นในดินเปลี่ยนไป ซึ่งรายละเอียดแสดงในมาตรฐานประกอบการวิเคราะห์ความมั่นคงในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มจะได้ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดิน เพื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราส่วนความปลอดภัยต่อไป

3.3 ผลลัพธ์จากแบบจำลอง

เมื่อจำลองสภาวะฝนตกลงมาในพื้นที่ มีการไหลซึมของน้ำฝนลงสู่มวลดินด้านล่างจนทำให้ความชื้นของดินในแต่ละระดับความลึกของดินเปลี่ยนแปลงไป จากนั้นทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน ผลลัพธ์ที่จะได้จากแบบจำลอง คือ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety, F.S.) เกณฑ์การจำแนกระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากช่วงค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดินธรรมชาติสำหรับการจัดทำแผนที่เพื่อการเตือนภัยดินถล่มไว้ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การจำแนกระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากช่วงค่าอัตราส่วนความปลอดภัย
สำหรับการจัดทำแผนที่เพื่อการเตือนภัยดินถล่ม

ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (landslide susceptibility classification)	อัตราส่วนความปลอดภัยของลาดดินธรรมชาติ (Factor of Safety, F.S.)
ระดับความอ่อนไหวสูงมาก very high	$F.S. \leq 1.10$
ระดับความอ่อนไหวสูง high	$1.10 < F.S. \leq 1.30$
ระดับความอ่อนไหวปานกลาง moderate	$1.30 < F.S. \leq 1.50$
ระดับความอ่อนไหวต่ำ low	$1.50 < F.S. \leq 1.80$
ระดับความอ่อนไหวต่ำมาก very low	$F.S. > 1.80$

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)

บทที่ 4

การจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

การจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (landslide susceptibility map) เป็นการนำค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (F.S.) ในกรณีภาวะสมมติที่ได้จากการคำนวณในแบบจำลองการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ตามหลักธรณีวิศวกรรม (geotechnical model) มาพิจารณาและแสดงผลเชิงพื้นที่ในระบบ grid base การประมวลผลและการแสดงผลดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system; GIS) ซึ่งมีอยู่หลายโปรแกรมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ เช่น ArcGIS, QGIS และ Mapinfo เป็นต้น โดยที่นิยมใช้ในปัจจุบันและถูกนำมาประยุกต์ใช้ในปัจจุบัน คือ โปรแกรม ArcGIS

4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมีจำนวนมาก และมีขั้นตอนที่ค่อนข้างซับซ้อน เพื่อให้สะดวกสำหรับผู้ดำเนินการจัดทำแผนที่ ข้อมูลในส่วนนี้ได้มีการวิเคราะห์และคำนวณค่าอัตราส่วนความปลอดภัยในสถานะจำลองต่าง ๆ ไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว นอกเหนือจากค่าอัตราส่วนความปลอดภัยในสถานะจำลอง (ข้อมูลที่จำเป็นต้องจัดหาและจัดเตรียมแสดงดังตารางที่ 4-1) บางข้อมูลอาจต้องจัดซื้อหรือจัดหาจากหน่วยงานทางราชการที่มีข้อมูล บางข้อมูลอาจได้จากการรังวัดสำรวจในพื้นที่ของหน่วยงาน หรือบางข้อมูลจำเป็นต้องวิเคราะห์และประมวลผลเพิ่มเติมโดยอธิบายพอสังเขปได้ดังนี้

4.1.1 ขอบเขตพื้นที่

การกำหนดขอบเขตพื้นที่ (boundary) เพื่อใช้ในการจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ผู้ดำเนินการควรกำหนดให้มีความสอดคล้องกับการแสดงผลเชิงพื้นที่ในระบบ grid base ซึ่งมีหลักกว้าง ๆ ในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ดังนี้

4.1.1.1 รูปร่าง (shape) ของขอบเขตพื้นที่ ควรมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ไฟล์ polygon)

4.1.1.2 ขนาด (size) ของขอบเขตพื้นที่ ควรให้มีขนาดที่ครอบคลุมและสอดคล้องกับรูปร่างของพื้นที่รับน้ำ (basin) ในพื้นที่

4.1.2 กริด (grid)

การแบ่งขอบเขตพื้นที่ออกเป็นกริด (grid) ขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งกริด (grid) จะต้องมีการร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเล็กอยู่ภายในขอบเขตพื้นที่ (ไฟล์ polygon หรือ raster)

4.1.3 ความลาดชัน

โดยทั่วไปข้อมูลความลาดชันจะแฝงตัวอยู่ในรูปแบบของแผนที่ภูมิประเทศ (topographic map) หรือแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (digital elevation model, DEM) ซึ่งจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์และประมวลผลออกมาให้อยู่ในรูปแบบโครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ (triangulated irregular network, TIN) แผนที่ภูมิประเทศและ DEM ได้มาจากการแผนที่ทหาร และกรมพัฒนาที่ดิน เป็นต้น ควรมีความละเอียดมากกว่าหรือเท่ากับมาตราส่วน 1: 50,000 เมื่อได้ข้อมูลความลาดชันมาแล้ว ควรจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ raster (แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4-1) สำหรับแผนที่ภูมิประเทศที่ได้จากการรังวัด สามารถนำมาใช้พิจารณาได้หากมาตราส่วนของแผนที่มีความเหมาะสมตามที่ได้กล่าวไว้

4.1.4 ข้อมูลกลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

ผู้ดำเนินการสามารถจัดหาและจัดเตรียมแผนที่ธรณีวิทยา (geologic map) ที่มีความละเอียดมากกว่าหรือเท่ากับมาตราส่วน 1: 250,000 ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบแผนที่กระดาษ มาจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ polygon มาเพื่อใช้ในการจำแนกและจัดทำแผนที่กลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม การพิจารณาข้อมูลจากแผนที่กลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทยอย่างระมัดระวัง หลังจากการจำแนกกลุ่มเสร็จสิ้นควรจัดข้อมูลที่ได้อให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ polygon หรือ raster

4.1.5 ข้อมูลค่าอัตราส่วนความปลอดภัยในสภาวะสมมติ

สำหรับข้อมูลนี้ ผู้ดำเนินการไม่จำเป็นต้องดำเนินการวิเคราะห์และคำนวณค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดเอียง (F.S.) ด้วยตนเอง เนื่องจากค่าดังกล่าวได้ถูกจัดเตรียมไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ดังตารางที่ 4-2 เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณในแบบจำลอง ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยระดับต่าง ๆ ในแต่ละสภาวะความอิ่มตัวด้วยน้ำของมวลดิน ได้แก่ ค่าความอิ่มตัวด้วยน้ำของมวลดิน ร้อยละ 60 ร้อยละ 80 และร้อยละ 90 ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยในสภาวะสมมตินี้จะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตาม 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ค่าความลาดชันและกลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

ข้อมูล	แหล่งข้อมูล	ขนาด/มาตราส่วน (แนวน้ำ)	รูปแบบไฟล์ (สำหรับการนำเข้าข้อมูล)
ข้อมูล จำเป็น	ขอบเขตพื้นที่	ผู้ดำเนินการจัดทำแผนที่	ไม่ครบเกิน 5,000 ตารางกิโลเมตร/ขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ที่ใช้
	กрит	ผู้ดำเนินการจัดทำแผนที่	ไม่ครบเกิน 20x20 ตารางเมตร/ขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ที่ใช้
	ความลาดชัน	กรมแผนที่ทหาร, กรมพัฒนาที่ดิน (วิเคราะห์จากแผนที่ภูมิประเทศ หรือ DEM)	มาตราส่วนของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ควรมีความละเอียดมากกว่าหรือเท่ากับ 1: 50,000
	กลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม	รูปที่ 4-5 และตารางที่ 4-2	มาตราส่วนของแผนที่ธรณีวิทยาที่จะนำมาใช้จำแนกกลุ่ม ควรมีความละเอียดมากกว่าหรือเท่ากับ 1: 250,000
	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย	ตารางที่ 4-2	ควรใช้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยในสภาวะจำลองค่าความล้มด้วยน้ำของมวลดิน 95%
ข้อมูล ประกอบ อื่น ๆ	เขตการปกครอง	หน่วยงานราชการ/การสำรวจ	ยึดถือตามแผนที่ภูมิประเทศ/ตามความเหมาะสม
	ทางน้ำ/ลำคลอง	หน่วยงานราชการ/การสำรวจ	ยึดถือตามแผนที่ภูมิประเทศ/ตามความเหมาะสม
	เส้นทางคมนาคม/ถนน	หน่วยงานราชการ/การสำรวจ	ยึดถือตามแผนที่ภูมิประเทศ/ตามความเหมาะสม
	ตำแหน่งบ้านเรือน/ประชากร	หน่วยงานราชการ/การสำรวจ	ยึดถือตามแผนที่ภูมิประเทศ/ตามความเหมาะสม
	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	หน่วยงานราชการ/การสำรวจ	ยึดถือตามแผนที่ภูมิประเทศ/ตามความเหมาะสม
	ตำแหน่งหน่วยงานราชการ/สถานที่สำคัญ	หน่วยงานราชการ/การสำรวจ	ยึดถือตามแผนที่ภูมิประเทศ/ตามความเหมาะสม
	ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ	หน่วยงานราชการ/การสำรวจ	ยึดถือตามแผนที่ภูมิประเทศ/ตามความเหมาะสม
	สถานีวัดปริมาณน้ำฝน	หน่วยงานราชการ/การสำรวจ	ยึดถือตามแผนที่ภูมิประเทศ/ตามความเหมาะสม
	เส้นชั้นความสูง	หน่วยงานราชการ/การสำรวจ	ยึดถือตามแผนที่ภูมิประเทศ/ตามความเหมาะสม
	อื่น ๆ	หน่วยงานราชการ/การสำรวจ	ยึดถือตามแผนที่ภูมิประเทศ/ตามความเหมาะสม

4.2 การพิจารณาค่าอัตราส่วนความปลอดภัยในการจัดทำแผนที่เตือนภัย

ปริมาณความชื้นภายในดินจะมีผลต่อค่าอัตราส่วนความปลอดภัยโดยตรง ดังนั้นพื้นที่ในแผนที่เตือนภัยบริเวณใดที่มีความชื้นสูงจะมีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง สำหรับการจัดทำแผนที่เพื่อใช้ในการเตือนภัย (warning) ให้ใช้ค่าสมมติที่ร้อยละ 95 ของความชื้นอิ่มตัว (%Sr) คำนวณค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเพื่อจัดทำแผนที่

4.3 ขั้นตอนการจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

ขั้นตอนการจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเป็นขั้นตอนและที่มีกระบวนการในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS สามารถแสดงขั้นตอนดังรูปที่ 4-2 ตัวอย่างขั้นตอนการทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มแสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 5

4.4 แนวทางการกำหนดโซนพื้นที่ที่อาจจะได้รับผลกระทบจากพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

การกำหนดโซน (zoning) พื้นที่ที่อาจจะได้รับผลกระทบจากพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเป็นแนวทางเบื้องต้น สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารและจัดการพื้นที่ตามระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่มีความแตกต่างกัน เพื่อช่วยลดผลกระทบและความสูญเสียจากการเกิดดินถล่มในกรณีฉุกเฉิน แบ่งออกเป็น 3 โซน ได้แก่ โซนพื้นที่ที่อาจจะได้รับผลกระทบจากพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มระดับสูง (high susceptibility zone) ระดับปานกลาง (medium susceptibility zone) และระดับต่ำ (low susceptibility zone)

4.5 ข้อควรคำนึงถึง

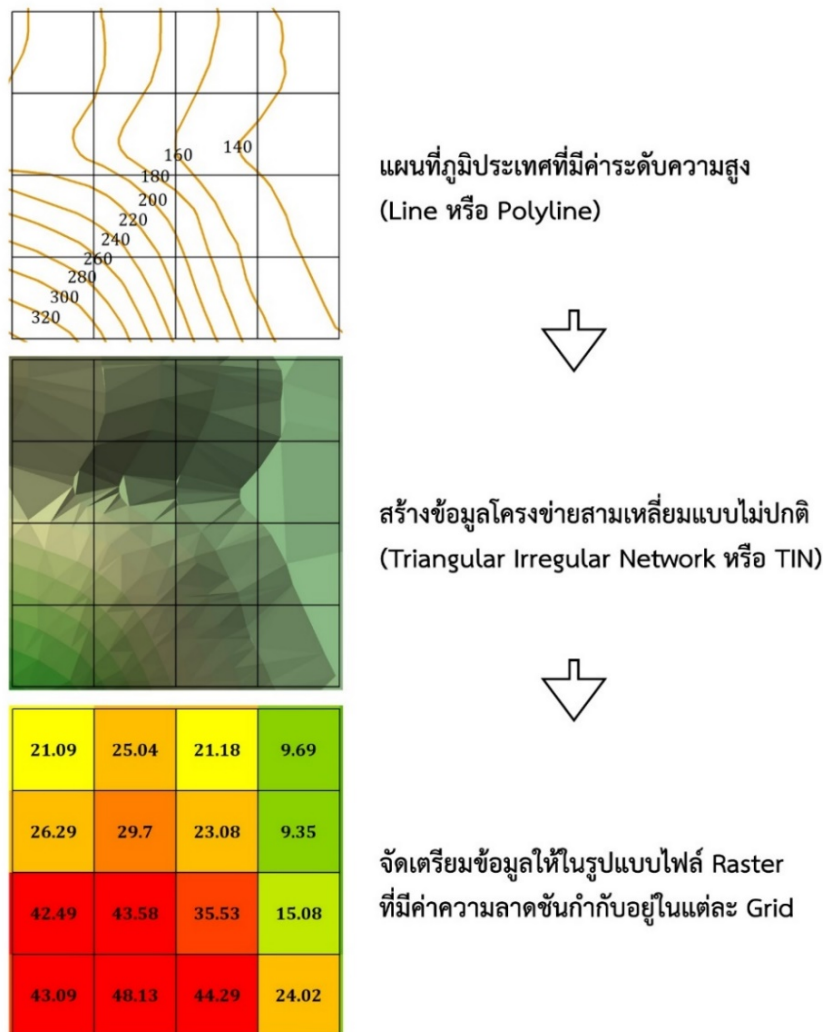
4.5.1 ผู้ที่จะดำเนินการสร้างแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ควรเป็นผู้มีความรู้พื้นฐานหรือสามารถใช้งานโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

4.5.2 แผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (landslide susceptibility map) เป็นแผนที่แสดงระดับผลการประเมินความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเชิงพื้นที่ในสถานะจำลอง (ไม่ได้พิจารณาการเกิด debris flow) ในสถานะความชื้น (degree of saturation) ที่แตกต่างกันของมวลดิน ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากฝนตก โดยจะไม่ครอบคลุมถึงผลการประเมินพื้นที่ที่อาจจะได้รับผลกระทบจากการถล่มหรือไหลหลากลงมาจากพื้นที่อื่นทั้งจากดินถล่มหรือน้ำป่าไหลหลาก

4.5.3 การประเมินความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเชิงพื้นที่ในสภาวะจำลองเพื่อใช้จัดทำแผนที่เป็นการประเมินในลาดดินธรรมชาติ (natural soil slope) ไม่เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่เฉพาะจุดหรือพื้นที่ที่ไม่ใช่ลาดดินธรรมชาติ เช่น พื้นที่ดินถม หรือพื้นที่ที่มีการปรับเปลี่ยนลาดดินธรรมชาติไปแล้ว รวมถึงพื้นที่ที่มีลาดเอียงเป็นมวลหินแข็ง เป็นต้น

4.5.4 แบบจำลองคณิตศาสตร์ตามหลักทางธรณีวิศวกรรมนี้ ไม่ได้มีการคำนวณหรือวิเคราะห์ทางด้านแผ่นดินไหว

4.5.5 การประเมินความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มไม่จำเป็นต้องยึดถือตามขั้นตอนในนี้ทั้งหมดสามารถปรับปรุงหรือเพิ่มเติมปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ หากมีเหตุผลหรือข้อบ่งชี้ตามหลักวิชาการว่าการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมดังกล่าวมีความถูกต้องมากขึ้น แต่ทั้งนี้จะต้องกระทำโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นสำคัญ

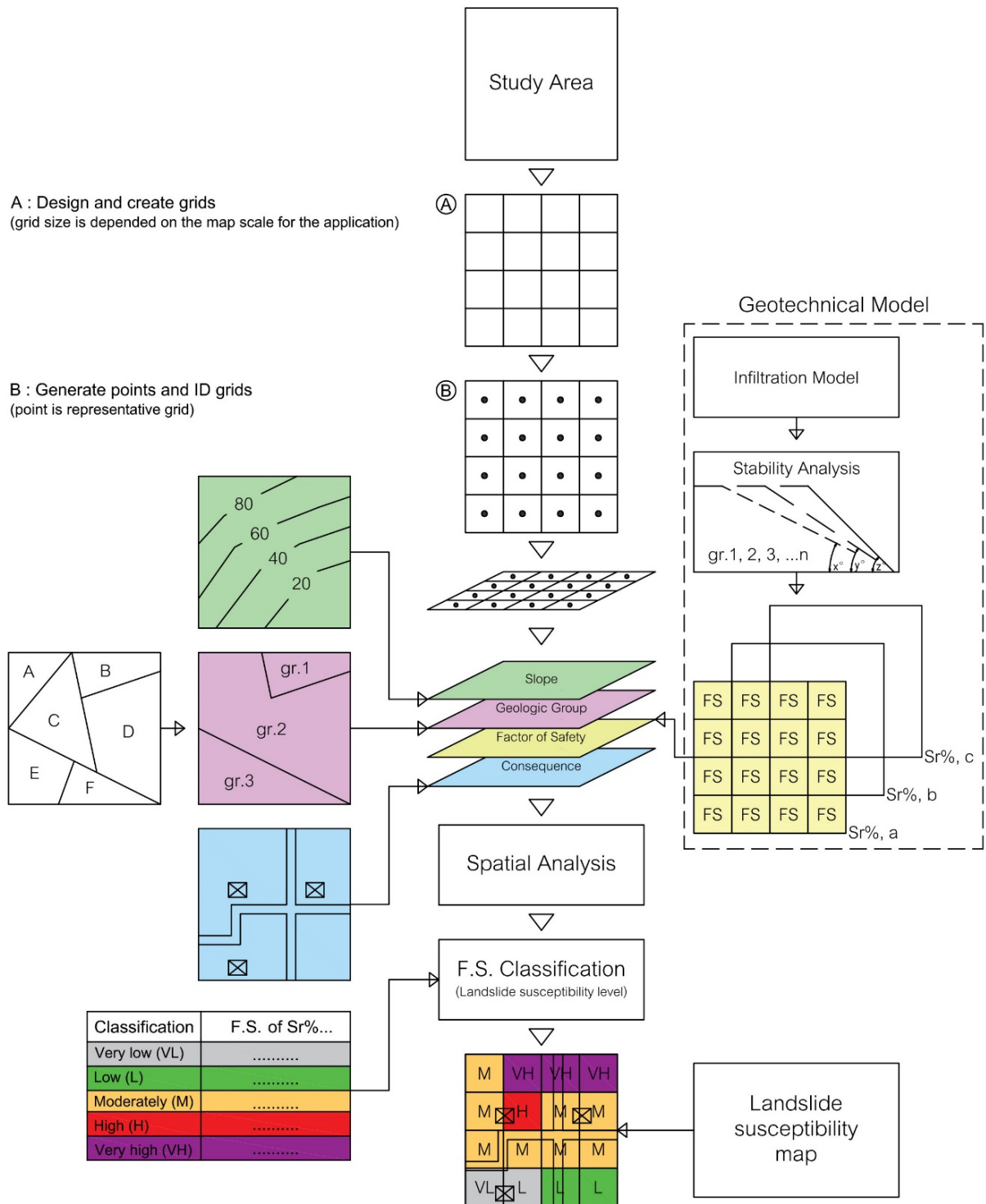


รูปที่ 4-1 ตัวอย่างการจัดเตรียมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศให้เป็นข้อมูลความลาดชัน

ตารางที่ 4-2 ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของแต่ละกลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม โดยอาศัยค่าอัตราส่วนความปลอดภัยในกรณีสภาวะสมมติความชื้น (%Sr) ต่าง ๆ

%Sr	geologic group	landslide susceptibility classification assigned by natural soil slope				
		very low (F.S.>1.8)	low (1.5<F.S.≤1.8)	moderately (1.3<F.S.≤1.5)	high (1.1<F.S.≤1.3)	very high (F.S.≤1.1)
60	G1	Slope<41.02	41.02≥Slope<48.9	48.98≥Slope≤55.55	55.55≥Slope≤63.27	Slope≥63.27
	G2	Slope<59.08	59.08≥Slope<69.2	69.29≥Slope≤77.20	77.20≥Slope≤86.08	Slope≥86.08
	G3	Slope<32.86	32.86≥Slope<39.7	39.79≥Slope≤45.94	45.94≥Slope≤53.59	Slope≥53.59
	G4	Slope<48.01	48.01≥Slope<56.7	56.79≥Slope≤63.79	63.79≥Slope≤71.82	Slope≥71.82
	G5	Slope<59.54	59.54≥Slope<69.6	69.65≥Slope≤77.45	77.45≥Slope≤86.18	Slope≥86.18
	G6	Slope<46.03	46.03≥Slope<54.8	54.82≥Slope≤61.93	61.93≥Slope≤70.15	Slope≥70.15
	G7	NA	NA	NA	NA	NA
	G8	NA	NA	NA	NA	NA
	G9	NA	NA	NA	NA	NA
80	G1	Slope<26.39	26.39≥Slope<31.2	31.24≥Slope<35.82	35.82≥Slope<41.82	Slope≥41.82
	G2	Slope<34.13	34.13≥Slope<41.4	41.44≥Slope<47.88	47.88≥Slope<55.83	Slope≥55.83
	G3	Slope<25.53	25.53≥Slope<30.2	30.29≥Slope<35.05	35.05≥Slope<41.52	Slope≥41.52
	G4	Slope<29.34	29.34≥Slope<35.0	35.08≥Slope<40.33	40.33≥Slope<46.99	Slope≥46.99
	G5	Slope<27.88	27.88≥Slope<33.3	33.31≥Slope<38.42	38.42≥Slope<45.06	Slope≥45.06
	G6	Slope<27.11	27.11≥Slope<32.1	32.17≥Slope<36.91	36.91≥Slope<43.06	Slope≥43.06
	G7	NA	NA	NA	NA	NA
	G8	NA	NA	NA	NA	NA
	G9	NA	NA	NA	NA	NA
95	G1	Slope<22.91	22.91≥Slope<26.6	26.65>Slope<30.36	30.36≥Slope<35.48	Slope≥35.48
	G2	Slope<23.29	23.29≥Slope<27.1	27.11>Slope<31.15	31.15>Slope<36.92	Slope≥36.92
	G3	Slope<23.85	23.85≥Slope<27.8	27.88>Slope<31.91	31.91>Slope<37.44	Slope≥37.44
	G4	Slope<22.64	22.64≥Slope<26.2	26.25>Slope<29.93	29.93>Slope<5.12	Slope≥35.12
	G5	Slope<22.18	22.18≥Slope<25.6	25.69>Slope<29.17	29.17>Slope<4.00	Slope≥34.00
	G6	Slope<23.93	23.93≥Slope<27.9	27.99>Slope<31.92	31.92>Slope<7.24	Slope≥37.24
	G7	NA	NA	NA	NA	NA
	G8	NA	NA	NA	NA	NA
	G9	NA	NA	NA	NA	NA

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2558)



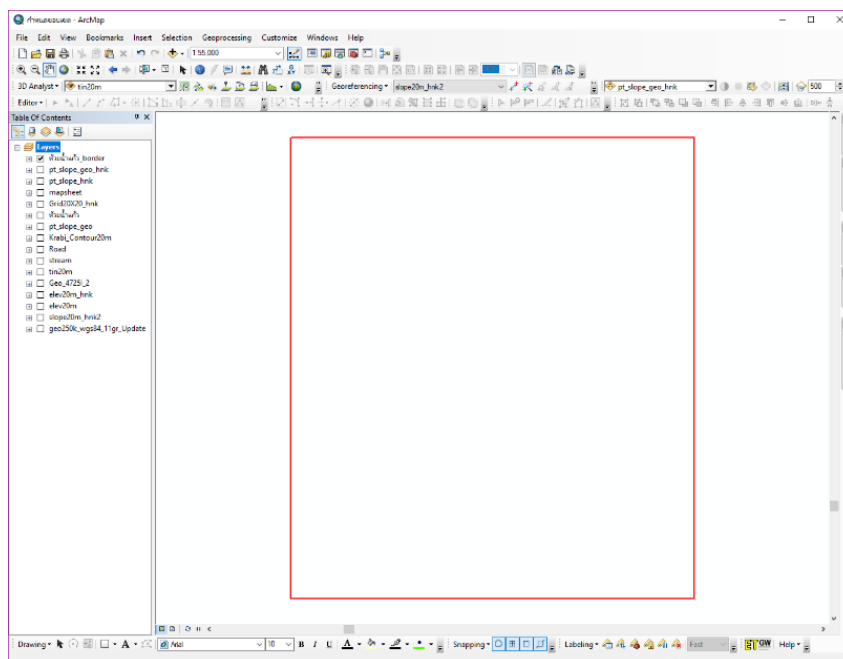
รูปที่ 4-2 ขั้นตอนการจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

บทที่ 5

ตัวอย่างลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ด้วยโปรแกรม ArcGIS

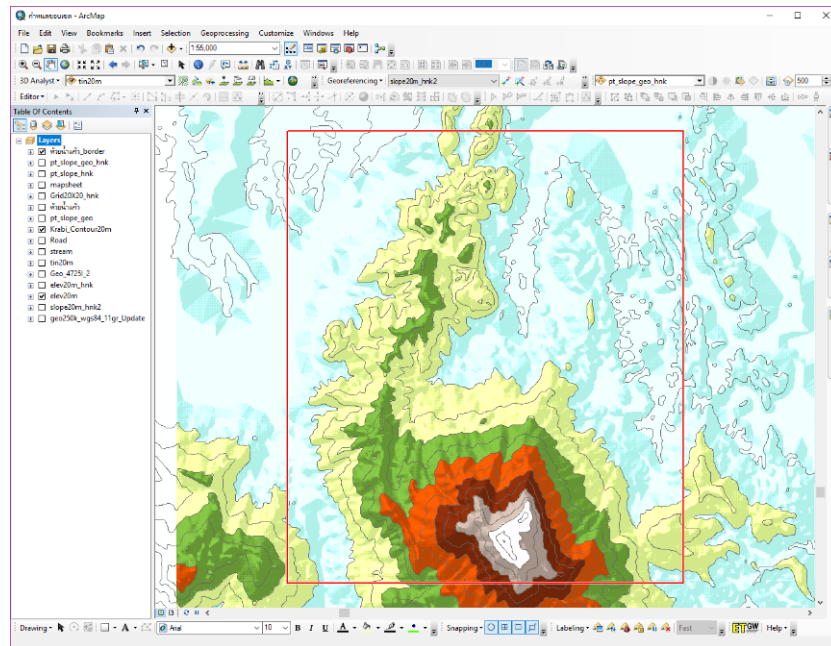
ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์และประมวลผลที่สำคัญ (ในโปรแกรม ArcGIS) มีดังนี้ (ก-ง)

(ก) กำหนดขอบเขต boundary พื้นที่ที่เราจะจัดสร้างแผนที่ ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ polygon แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 5-1



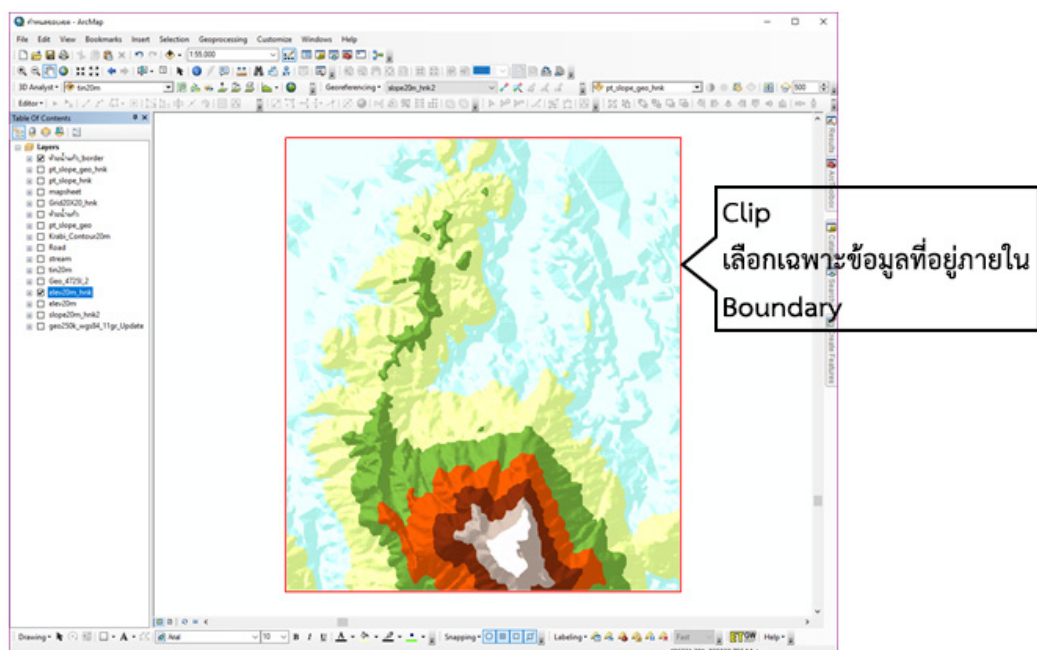
รูปที่ 5-1 ตัวอย่างการสร้าง boundary เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่

(ข) นำเข้าข้อมูลภูมิประเทศ โดยสามารถนำเข้าข้อมูลได้ทั้งแผนที่ภูมิประเทศ-รูปแบบไฟล์เส้นชั้นความสูง (contour) หรือ DEM-ไฟล์ raster (ตัวอย่างดังรูปที่ 5-2) กรณีนำเข้าข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศที่อยู่ในรูปแบบไฟล์เส้น contour ให้สร้างโครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอในรูปแบบสามมิติ (TIN) จากนั้นให้แปลงไฟล์ TIN ที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ raster

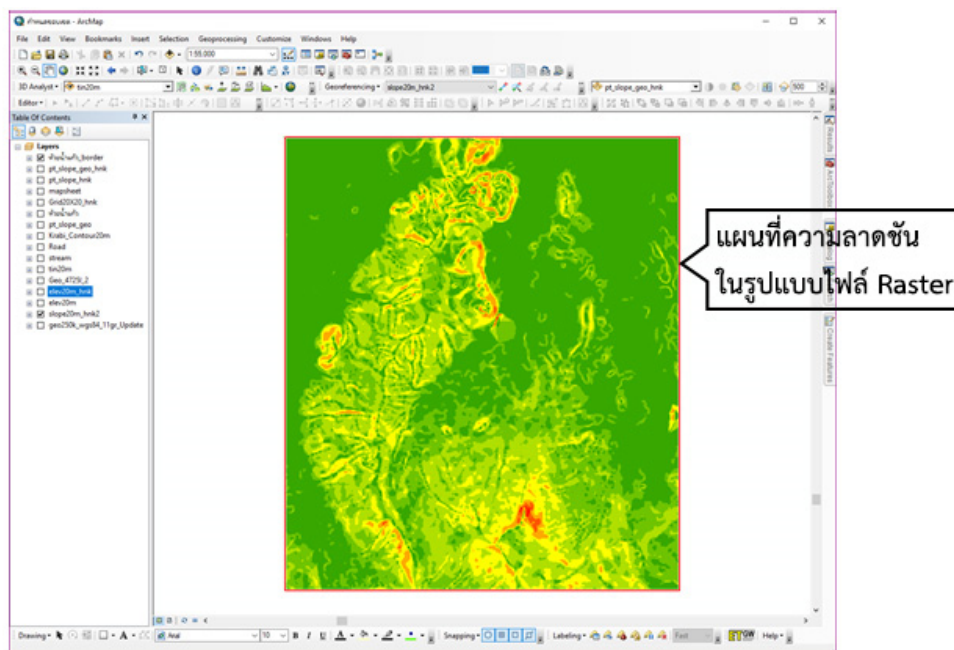


รูปที่ 5-2 ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลภูมิประเทศ

(ค) ใช้ boundary ไฟล์ polygon ครอบและเลือกเฉพาะข้อมูลภูมิประเทศที่อยู่ภายใน boundary โดยใช้คำสั่ง clip แล้วสร้างแผนที่ความลาดชัน (slope map) โดยให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ raster แสดงตัวอย่าง ดังรูปที่ 5-3 ในขั้นตอนนี้ นอกจากจะได้แผนที่ความลาดชัน ยังถือเป็นขั้นตอนการสร้าง grid ไปพร้อมกัน เนื่องจากกระบวนการสร้างแผนที่ความลาดชันให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ raster นั้น ผู้ดำเนินการจำเป็นต้องระบุขนาดของ grid size จึงจะสามารถสร้างแผนที่ความลาดชันที่เป็นไฟล์ raster ได้



รูปที่ 5-3 ตัวอย่างการครอบและเลือกเฉพาะข้อมูลภูมิประเทศที่อยู่ภายใน boundary

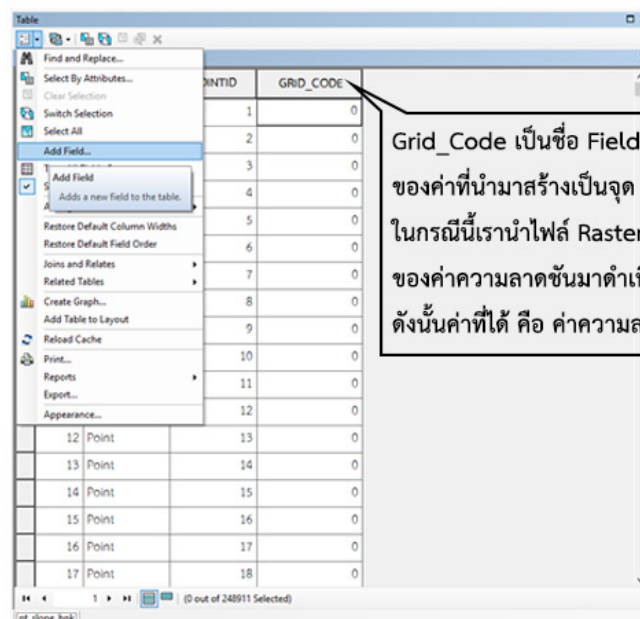
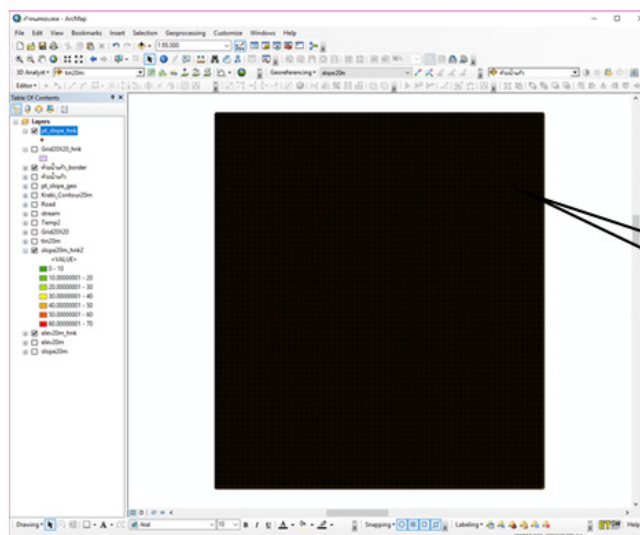
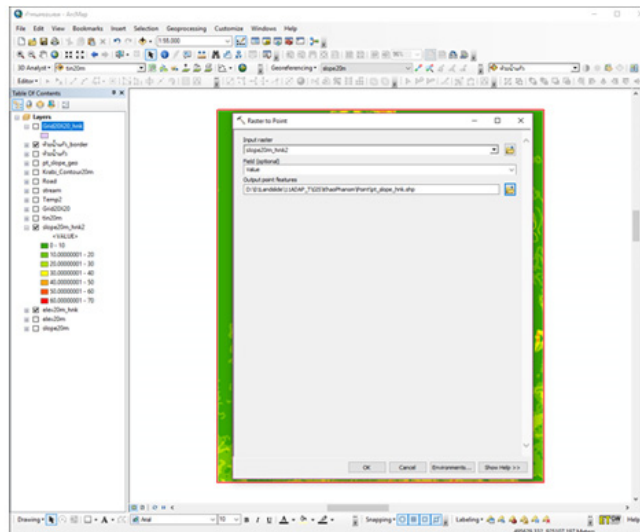


รูปที่ 5-3 (ต่อ) ตัวอย่างการครอบและเลือกเฉพาะข้อมูลภูมิประเทศที่อยู่ภายใน boundary

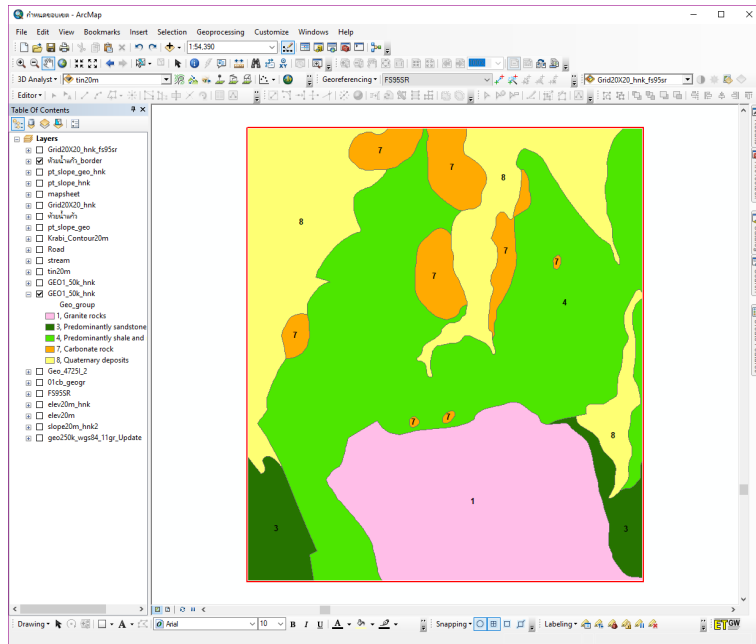
(ง) นำข้อมูลแผนที่ความลาดชันไฟล์ raster ที่ได้มา สร้างจุด (point) เพื่อใช้เป็นตัวแทนจุดกึ่งกลางของ grid โดยใช้คำสั่ง raster to point แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 5-4

(จ) จากนั้นนำ points ต่าง ๆ ที่ได้มาสร้างรหัสเฉพาะตัว (ID points) และควรตรวจสอบให้แน่ใจด้วยว่า Points ต้องไม่มี ID point ที่ซ้ำกัน

(ฉ) นำเข้าข้อมูลแผนที่กลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มไฟล์ polygon แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 5-5



รูปที่ 5-4 ตัวอย่างการสร้างจุด (point) เพื่อใช้เป็นตัวแทนจุดกึ่งกลางของ grid



รูปที่ 5-5 ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลแผนที่กลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

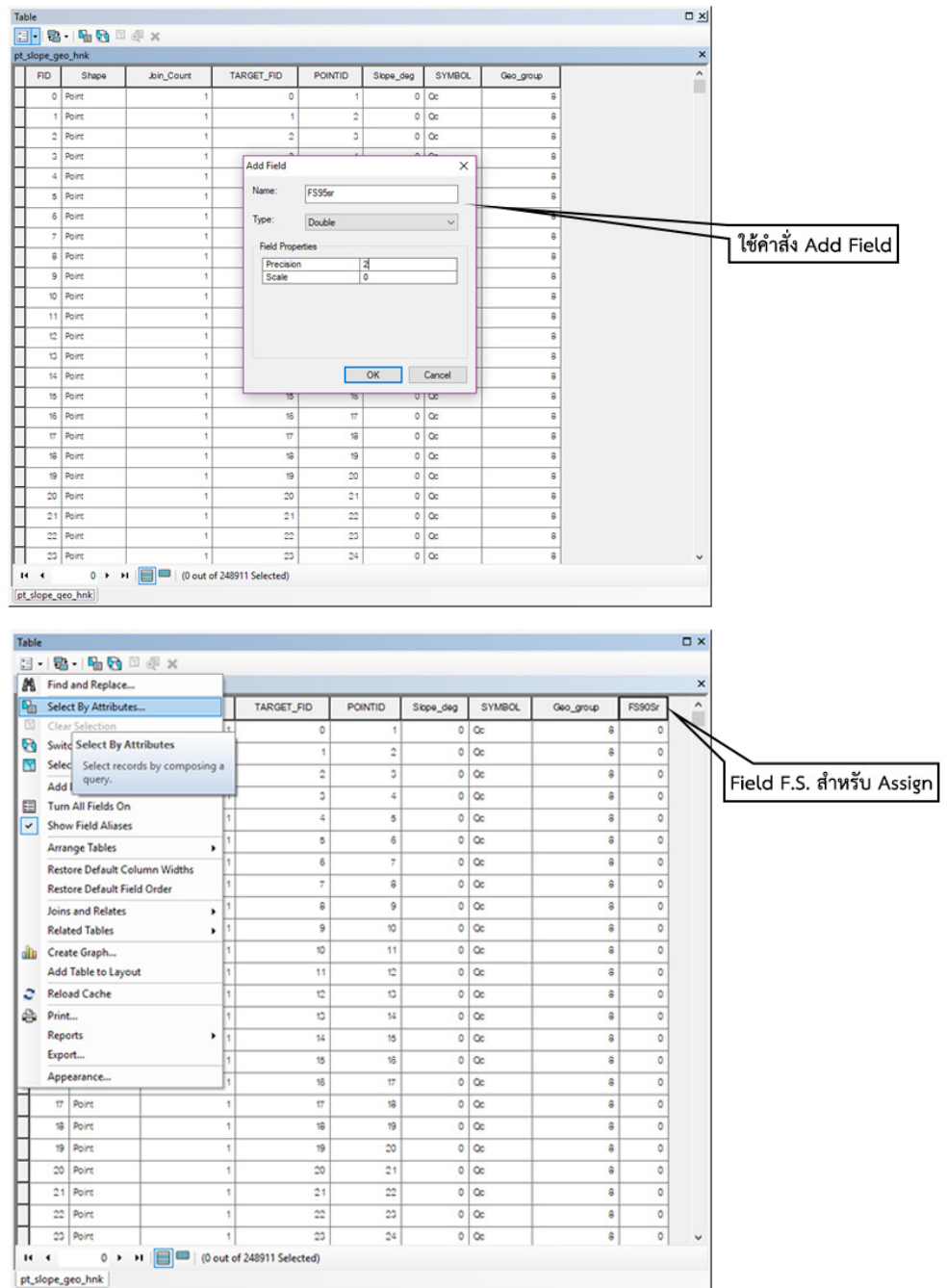
(ข) นำ points ที่มีค่า ID points แล้ว ไปเก็บข้อมูลกลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ไฟล์ polygon โดยใช้คำสั่ง spatial join

(ข) points ต่าง ๆ ที่ได้มาจะมีค่า ID point, ค่าความลาดชัน และกลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 5-6 พอมาถึงขั้นตอนนี้ points ต่าง ๆ ที่เป็นตัวแทนของ grids จะมีค่าข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ เพียงพอต่อการนำไปจำแนกระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

Table								
pt_slope_geo_hnk								
	FID	Shape	Join Count	TARGET_FID	POINTID	Slope_deg	SYMBOL	Geo_group
	0	Point	1	0	1	0	Oc	8
	1	Point	1	1	2	0	Oc	8
	2	Point	1	2	3	0	Oc	8
	3	Point	1	3	4	0	Oc	8
	4	Point	1	4	5	0	Oc	8

รูปที่ 5-6 ตัวอย่างข้อมูลจุด (points) ที่มีค่า ID point, ค่าความลาดชัน และกลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

(ณ) สร้าง field (คอลัมน์) F.S. เพื่อใช้ทำการ assign หรือการใส่ค่าระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ให้กับ points โดยใช้ข้อมูลค่าอัตราส่วนความปลอดภัยในกรณีสภาวะสมมติความชื้น 95 %Sr และพิจารณาจากกลุ่มทางธรณีวิทยาที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มและช่วงค่าความลาดชันร่วมกัน แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 5-7



รูปที่ 5-7 ตัวอย่างการสร้าง field (คอลัมน์) F.S. เพื่อใช้ทำการ assign ค่าระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มให้กับ points

สร้างเงื่อนไขในการกรองข้อมูล เพื่อให้มีความรวดเร็วในการ Assign หรือการใส่ค่าระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของ Points

Points มีค่าระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกำกับ

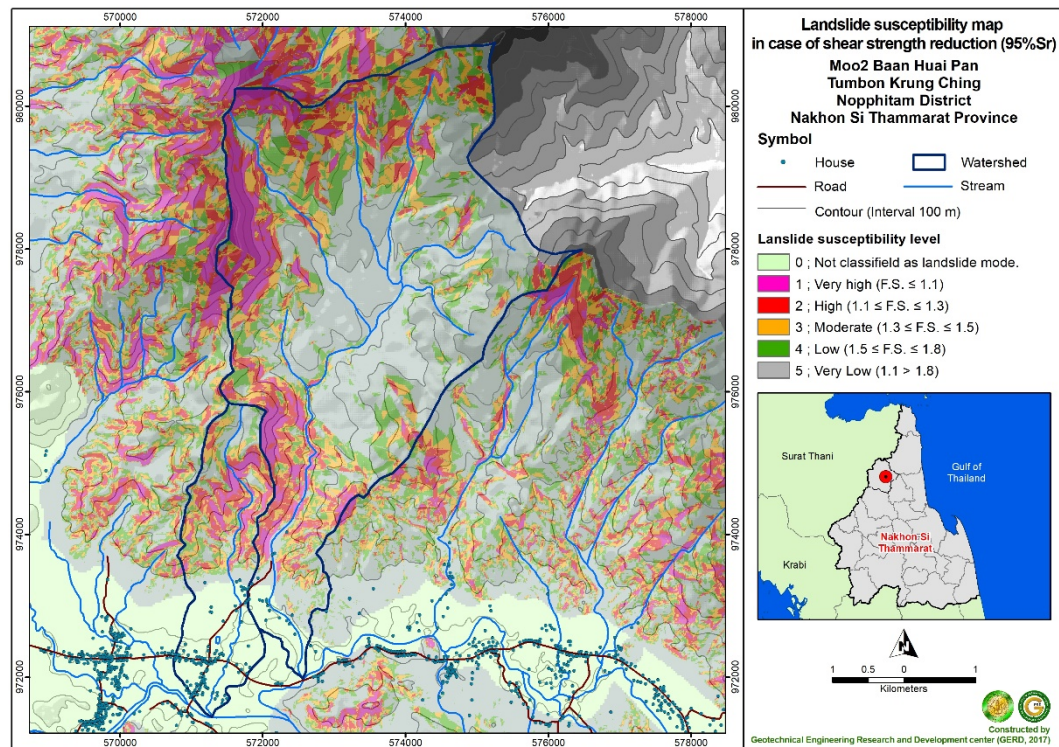
FID	Shape	Join_Count	TARGET_FID	POINTID	Slope_deg	SYMBOL	Geo_group	FS99sr
0	Point	1	0	1	0	0c	8	0
1	Point	1	1	2	0	0c	8	0
2	Point	1	2	3	0	0c	8	0
3	Point							
4	Point							
5	Point							
6	Point							
7	Point							
8	Point							
9	Point							
10	Point							
11	Point							
12	Point							
13	Point							
14	Point							
15	Point							
16	Point							
17	Point							
18	Point							
19	Point							
20	Point							
21	Point							
22	Point							
23	Point							

SELECT * FROM pt_slope_geo_hnk WHERE:
 ("Geo_group" = 1 AND "Slope_deg" < 22.52) OR ("Geo_group" = 2 AND "Slope_deg" < 23.23) OR ("Geo_group" = 3 AND "Slope_deg" < 23.88) OR ("Geo_group" = 4 AND "Slope_deg" < 22.64) OR ("Geo_group" = 5 AND "Slope_deg" < 22.18) OR ("Geo_group" = 6 AND "Slope_deg" < 23.93)

รูปที่ 5-7 (ต่อ) ตัวอย่างการสร้าง field (คอลัมน์) F.S. เพื่อใช้ทำการ assign ค่าระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มให้กับ points

(ญ) ทำการแปลง points ที่ได้หลังจากการ assign ค่าระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม แล้ว (คอลัมน์ F.S.) ให้กลับไปอยู่ในรูปแบบไฟล์ raster เพื่อใช้แสดงผลในเชิงพื้นที่

(ฎ) ขั้นตอนสุดท้าย จัดองค์ประกอบและรูปแบบของแผนที่ให้มีความเหมาะสม ดังตัวอย่างในรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-8 ตัวอย่างแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ด้วยโปรแกรม ArcGIS

เอกสารอ้างอิง

1. กรมทรัพยากรธรณี, แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1: 250,000 (ดิจิทัลไฟล์).
2. กรมทรัพยากรธรณี, 2550. ธรณีวิทยาประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง), กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ, หน้า 164-165.
3. วรากร ไหมเรียง และคณะ, 2545. การพัฒนาแผนหลักการจัดการภัยธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินถล่ม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ.
4. ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 2559. ฐานข้อมูลดินถล่มในประเทศไทย, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.
5. สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ และคณะ, 2554. โครงการศึกษาวิจัยภายใต้ความร่วมมือองค์การความร่วมมือด้านอวกาศแห่งเอเชียแปซิฟิก, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.
6. สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ และคณะ, 2558. การศึกษาพฤติกรรมการเกิดน้ำท่วม-ดินถล่ม ในพื้นที่ต้นแบบเพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับกำหนดเกณฑ์และวิธีการในการเตือนภัย (ระยะที่ 3), สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช).
7. Edwin L. Harp, 2008. Landslide Hazards to Pipelines—Regional Hazard Mapping, U.S. Geological Survey, Virginia.
8. Elliott C. Spiker and Paula Gori., 2003. National landslide hazards mitigation strategy: a framework for loss reduction (Circular; 1244), U.S. Geological Survey, Virginia.
9. Safaei, M., Omar, H., Huat, B. K., Yousof, Z. B., and Ghiasi, V., 2011. Deterministic Rainfall Induced Landslide Approaches, Advantage and Limitation. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 16, 1619-1650.
10. Varnes, D.j., 1978. Slope Movement Types and Processes. In Special Report 247: Landslides Investigation and Mitigation (A. Keith Tuner and Robert L. Schuster), TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 53.



สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถนนพระราม 6 แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 0-2299-4321 โทรสาร 0-2299-4321

