

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภัยพิบัติทางธรรมชาติ

1. ความหมาย

ภัยพิบัติทางธรรมชาติ หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเองจากธรรมชาติ ที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิต ร่างกาย จิตใจ ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม เป็นภัยที่เกิดกับคนหมู่มากที่เกิดขึ้นได้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ อาจเกิดขึ้นอย่างฉับพลัน หรือค่อยๆ เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ร้ายแรงในต่างประเทศ เช่น การเกิดพายุเฮอริเคนแคทรีนา ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 2005 และการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.6 ริกเตอร์ ที่ประเทศปากีสถาน (Wasay & Shafqat, 2010) เป็นต้น สำหรับภัยพิบัติทางธรรมชาติในประเทศไทยมีหลายรูปแบบเกิดขึ้นได้ทั่วทุกภาคของประเทศ ภัยพิบัติทางธรรมชาติ ที่สร้างความเสียหายอย่างมากคือ วาตภัย อุทกภัย อัคคีภัย และแผ่นดินไหว (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2554) ดังเช่น การเกิดอุทกภัยฉับพลันจากฝนตกหนักส่งผลให้เกิดโคลนถล่ม ตามมาในภาคเหนือ ที่จังหวัดอุตรดิตถ์ในปี พ.ศ. 2549 สำหรับภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดในภาคใต้ มีหลายชนิด เช่น อุทกภัย คลื่นพายุซัดฝั่ง และแผ่นดินถล่ม เป็นต้น ซึ่งภัยพิบัติทางธรรมชาติทางภาคใต้ที่มีความรุนแรงมาก คือ การเกิดธรณีพิบัติภัยคลื่นสึนามิใน 6 จังหวัดชายฝั่งอันดามัน ได้แก่ จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ตกระบี่ ตรัง และสตูล (ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ, 2548) ภายหลังจากการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ ทำให้สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง เกิดผลกระทบต่อผู้ประสบภัยหลายประการ เช่น ผลกระทบด้านจิตใจ ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ และผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย เป็นต้น

2. สาเหตุและประเภทของภัยพิบัติทางธรรมชาติ

สาเหตุของภัยพิบัติทางธรรมชาติ อาจเกิดจากธรรมชาติ หรือมนุษย์เป็นผู้กระทำก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิต ร่างกาย หรือความเสียหายแก่ทรัพย์สินของผู้ประสบภัย หรือของรัฐลักษณะของภัยพิบัติทางธรรมชาติ ประกอบด้วยลักษณะต่างๆ ดังนี้ คือ โดยแบ่งประเภทของภัยพิบัติทางธรรมชาติ ออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นตามฤดูกาล หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และลักษณะภูมิประเทศ เช่น วาตภัย และอุทกภัย เป็นต้น 2) ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของผิวโลก เช่น แผ่นดินถล่ม แผ่นดินไหว และคลื่นทะเลที่เกิดจากแผ่นดินไหว (seismic sea wave) เป็นต้น และ 3) ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดจากเชื้อโรค เช่น การระบาดของโรค (epidermic) เช่น อหิวาตกโรค เป็นต้น (Ardizzone, 2012)

3. ผลกระทบจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ

เบรนนี (Braine, 2006) ได้รายงานแนวโน้มของการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติตั้งแต่ปีค.ศ. 1975-2004 พบว่ามีจำนวนครั้งของการเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะปี ค.ศ. 2005 ได้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติขึ้นหลายชนิด เช่น ธรณีพิบัติภัยคลื่นสึนามิ แผ่นดินไหว พายุเฮอริเคน และพายุไต้ฝุ่น เป็นต้น ภัยพิบัติดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อผู้ประสบภัยด้านร่างกาย และจิตใจ ดังมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลกระทบต่อผู้ประสบภัยด้านร่างกาย เหตุการณ์ธรณีพิบัติภัยคลื่นสึนามิ ผู้ประสบภัย

ได้รับบาดเจ็บจากการถูกระแทกกับวัตถุ เช่น ต้นไม้ รถยนต์ และซากสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น ทำให้ผู้ประสบภัยมีบาดแผลตามร่างกาย ซึ่งการดูแลผู้ประสบภัยในสถานการณ์ฉุกเฉินและมีเวลาจำกัดต้องรีบให้การช่วยเหลือเพื่อช่วยชีวิต อาจทำให้ดูแลบาดแผลไม่ถูกวิธี ส่งผลให้บาดแผลมีการติดเชื้อตามมาภายหลังการรักษาเบื้องต้น รายงานจากศูนย์การแพทย์จอห์น ฮ็อบกินส์ พบมีผู้ป่วยชาย 1 ราย ได้รับบาดเจ็บมีบาดแผลติดเชื้อจากกรณีพิบัติภัยคลื่นสึนามิที่ประเทศศรีลังกา ต่อมาถูกส่งมารักษาต่อที่โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในประเทศออสเตรเลีย แพทย์ให้การวินิจฉัยว่าบาดแผลติดเชื้อราชนิด *Mucormycosis* ซึ่งจัดเป็นโรคติดเชื้อฉวยโอกาส เป็นสาเหตุสำคัญของการติดเชื้อภายหลังการได้รับบาดเจ็บที่ผิวหนัง หากรักษาไม่ทันจะมีอัตราการตายสูงถึงร้อยละ 38-80 ของจำนวนผู้ติดเชื้อทั้งหมด (Brown, 2005) เชื้อราชนิดนี้พบได้ทั่วโลกในธรรมชาติตามกองไม้ ใบหญ้าที่ผุพัง ดิน ฟันละออง และน้ำและรายงานจากโรงพยาบาลในประเทศอินโดนีเซีย ผู้ประสบภัยจากภัยพิบัติทางธรรมชาติได้รับการวินิจฉัยว่าบาดแผลติดเชื้อบาดทะยัก ทำให้เสียชีวิตถึงร้อยละ 50 ของจำนวนผู้ติดเชื้อบาดทะยักทั้งหมด (Doyle, 2011) นอกจากนี้นายเบิร์กโฮเดเรีย ซูโดมาลลีอา (*Burkholderia pseudomallei*) ได้รับรายงานว่ามีนักท่องเที่ยวชาวฟินแลนด์ จำนวน 2 ใน 3 มีผู้ติดเชื้อที่บาดแผล เมื่อมีการผ่าตัดเพื่อตกแต่งบาดแผล โดยเชื้อมักอยู่ในดินและน้ำในภูมิภาคแบบร้อนชื้น ซึ่งทำให้ผู้ได้รับเชื้อมีโอกาสเสียชีวิต โดยเฉพาะในประเทศไทยมีการรายงานถึงผู้ติดเชื้อนี้ถึงร้อยละ 10.18 โดยเชื้อนี้ได้แก่ *Proteus* spp., *Klebsiella* spp., *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter* spp. *Escherichia coli* และ *Aeromonas hydrophilia* (Bhatiasevi, 2005) นอกจากนี้ยังพบว่า จากรายงานจากโรงพยาบาลภูเก็ต ในประเทศไทยมีการพบเชื้อที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค ซึ่งอาศัยอยู่ในบริเวณชุ่มน้ำ ทRAY และ โคลนต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อ คือ เชื้อสแตปฟีโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus* [*S. aureus*]) เชื้อเอสเชอริเชีย โคลิ (*Escherichia coli*) (เนาวรัตน์ เจริญคำและ นิภาพรรณ กังสกุล, 2554) รวมถึง หากแผลที่เกิดขึ้นมีการติดเชื้อแบคทีเรียชนิดไม่พึ่งออกซิเจน (anaerobic bacteria) คือ *Clostridium perfringens* ทำให้เกิดเนื้อตาย (gangrene) ต้องรักษาโดยการตัดขา ผู้ประสบภัยต้องเป็นผู้ทุพพลภาพจากการสูญเสียอวัยวะได้

3. 2 ในประเทศเยอรมัน พบว่าหลังเกิดอุทกภัยในปี ค.ศ. 2002 ทำให้มีผลต่อผู้ประสบภัยให้เกิดภาวะซึมเศร้า มีอาการทางจิตทั่วไป และมีความวิตกกังวล คิดเป็นร้อยละ 45, 39 และ 27 ตามลำดับ ผลกระทบต่อผู้ประสบภัยด้านจิตใจ การศึกษาของแคทเธอริน, แอนนี่, คลอเดีย, แดเนียล, และเจอเกน (Kathleen, 2010) สำหรับภัยพิบัติทางธรรมชาติแผ่นดินไหวที่ประเทศปากีสถาน พบว่าภายหลังเกิดเหตุ 3 เดือน ผู้ประสบภัยได้รับผลกระทบด้านจิตใจสามลำดับแรก ได้แก่ นอนไม่หลับ วิตกกังวล และฝันร้าย คิดเป็นร้อยละ 45, 39 และ 29 ตามลำดับ (Roy, 2011) การศึกษาของ จลี เจริญสรรพ (2552) พบผลกระทบด้านจิตใจที่เกิดกับผู้ประสบกรณีพิบัติภัยคลื่นสึนามิใน 6 จังหวัดทางภาคใต้ ในระยะ 1 เดือน หลังเกิดเหตุ เช่น เหม่อลอย ร้องไห้ พูดคนเดียว ไม่สนใจที่จะดูแลบาดแผลตามร่างกาย ท้อแท้ สิ้นหวัง เป็นต้น นอกจากนี้ผู้ประสบภัยยังต้องพบกับความสูญเสีย ได้แก่ บุคคลอันเป็นที่รัก ที่อยู่อาศัย และทรัพย์สิน เหล่านี้ล้วนเป็นผลกระทบด้านจิตใจที่มีสาเหตุมาจากภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เคยเกิดขึ้นมาแล้ว

แผ่นดินถล่ม

แผ่นดินถล่ม (landslide) เป็นการเคลื่อนที่ของมวลที่พบมากที่สุด อย่างไรก็ตามก็ยังเป็นการยากที่จะให้คำจำกัดความที่ชัดเจนเพื่อแยกชัดออกจากการเคลื่อนที่ของมวลชนิดอื่น แต่อาจกล่าวได้ว่าแผ่นดิน

ถล่มเป็นการเคลื่อนที่จากด้านบนลงมาอย่างรวดเร็วตามแนวลาดชันของวัสดุบนแนวทางลาดชัน ซึ่งในบางครั้งก็จะรวมเอาปรากฏการณ์การตกและลื่นไถลเข้าไว้ด้วยกัน เพราะการถล่มที่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นบนลาดชันที่มีผิวหน้าที่เรียบ แต่ในการถล่มตามธรรมชาติจะเกิดบริเวณที่มีลาดชันสูง และถล่มลงมาหยุดบริเวณที่มีลาดชันน้อยกว่า (Cardinali, et al, 2012)

อย่างไรก็ตามได้มีผู้ให้ความหมายสำหรับแผ่นดินถล่มไว้หลายคน อาทิเช่น แผ่นดินถล่มเป็นการแยกหลุดหรือเคลื่อนที่ลงของวัตถุต่างๆ บนโลก ตามแนวแรงดึงดูดของโลก โดยปราศจากการพัฒนาของน้ำหรือลำน้ำ

1. ประเภทของแผ่นดินถล่ม

แผ่นดินถล่มสามารถแบ่งตามลักษณะของการถล่ม ดังนี้

1.1 การตก (fall) ลักษณะของการถล่มแบบนี้ จะเป็นลักษณะของวัตถุที่หลุดออกมาจากที่ที่มีความลาดชันสูงหรือหน้าผา และตกลงมาอย่างอิสระเป็นก้อนหรือมวลขนาดใหญ่

1.2 การล้มหรือคว่ำของมวล (topples) เป็นลักษณะของการถล่มที่มวลล้มคว่ำ หรือม้วนไปข้างหน้าทั้งหน่วย

1.3 การไถล (slides) เป็นลักษณะที่มวลมีการเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือพื้นผิวหลายๆ รูปแบบเช่นบนผิวโค้งหรือราบเรียบ

1.4 การไหล (flows) เป็นลักษณะของการเคลื่อนที่ของมวลลงตามแนวลาดชัน โดยมีน้ำเป็นตัวช่วยในการเคลื่อนที่ โดยน้ำอาจจะเป็นส่วนหนึ่งของมวลหรือแยกจากกันก็ได้

อย่างไรก็ตาม การจะเกิดแผ่นดินถล่มขึ้นได้นั้น จะต้องมียปัจจัยที่เอื้อต่อการเกิดในหลายประการด้วยกันเช่น สภาพลาดชันของพื้นที่ ลักษณะทางธรณีวิทยาและปฐพีวิทยา การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

2. ปัจจัยและองค์ประกอบของการเกิดภัยพิบัติแผ่นดินถล่ม

การศึกษาภัยพิบัติแผ่นดินถล่ม พบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยพิบัติแผ่นดินถล่มประกอบด้วย (Kimura, 2013)

2.1 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นปัจจัยต่อการเกิดภัยพิบัติแผ่นดินถล่ม ได้แก่ ความลาดชัน (slope) ความยาวของความลาดชัน (slope length) ทิศด้านลาด (aspect) ลักษณะแผ่นดิน (landform) และระดับความสูงของพื้นที่ (elevation) ลักษณะภูมิประเทศเหล่านี้ต่างมีอิทธิพลต่อความรุนแรงของการเกิดแผ่นดินถล่มทั้งสิ้น โดยเฉพาะความลาดชันของพื้นที่นั้น นับว่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแผ่นดินถล่มสูงมาก เมื่อฝนตกหนัก และหากชั้นหินดานของพื้นที่เป็นหินแกรนิต ที่น้ำซึมผ่านได้ยาก จะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าเหนือผิวดินในปริมาณและความเร็วสูงมาก โดยมีอัตราการไหลสูงสุด ไม่ต่ำกว่า 400 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จึงมีความสามารถในการเกิดชะล้างพังทลายสูงมาก ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แผ่นดินถล่มได้ง่ายขึ้น

2.2 ลักษณะทางธรณีวิทยาและปฐพีวิทยา

ลักษณะของดินและหินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพล อย่างมากต่อเสถียรภาพในความลาดชันของพื้นที่ จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของดิน พบว่า มีแรงที่ต้านการพังทลายของดินอยู่สองแรงคือ แรงเชื่อมแน่น (effective cohesion) และแรงเสียดทานภายในดิน (internal friction) ดินเหนียวจะมีแรงเชื่อมแน่นสูงมาก แต่มีแรงเสียดทานภายในดินน้อย ส่วนดินทรายมีแรงเชื่อมแน่นค่อนข้างน้อย แต่มีแรงเสียดทานภายในดินมาก ดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินแกรนิตส่วนใหญ่ จะ

เป็นดินเหนียวปนทราย คือมีช่องว่างขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก เพราะมีปริมาณทรายมากกว่าปริมาณดินเหนียว ดินจึงมีแรงเชื่อมค่อนข้างน้อยแต่มีแรงเสียดทานภายในค่อนข้างมาก ซึ่งโดยปกติแล้วในสภาพที่ดินแห้งสนิท จะไม่มีแรงเชื่อมแน่นเกิดขึ้นเลย มีเพียงเล็กน้อยขณะที่ดินเปียกเท่านั้น และแรงเสียดทานระหว่างดินกับหิน จะมีค่ามากกว่าระหว่างดินกับดิน

พื้นที่ซึ่งประกอบด้วยหินแกรนิตมักมีชั้นดินตื้นอยู่บนชั้นหินที่ผุและชั้นหินที่ยังแข็งอยู่ จึงมีแรงยึดเกาะระหว่างชั้นดินกับชั้นหินน้อย เมื่อดินอึดตัว จึงมักเกิดแผ่นดินถล่มตามแนวต่อของชั้นดิน และชั้นหินได้ง่าย แผ่นดินถล่มส่วนใหญ่ จึงมักเกิดในบริเวณที่เป็นดินร่วนปนทราย (sandy clay lime) ประกอบด้วยอนุภาคทราย ร้อยละ 50 ถึง 60 อนุภาคทรายแป้ง ร้อยละ 10 ถึง 25 และอนุภาคดินเหนียว ร้อยละ 20 ถึง 25 มีอัตราการซึมของน้ำและความพรุนค่อนข้างสูง โดยมีค่าสภาพนำการไหลของน้ำ ขณะที่ดินอึดตัว (saturate hydraulic conductivity) ประมาณ 28 ถึง 87 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และมีความหนาแน่นรวมของดินระหว่าง 1.2 ถึง 1.4 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อฝนตกหนักติดต่อกัน

2.3 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Faris and wang, 2013)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในรูปแบบต่างๆ มีผลโดยตรงต่อสิ่งปกคลุมพื้นดิน เช่น ป่าไม้ ทุ่งหญ้า สวนยางพารา สวนผลไม้ และสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น สิ่งปกคลุมพื้นดินเหล่านี้ จะช่วยลดแรงปะทะของเม็ดฝนก่อนตกลงถึงผิวดิน ทำให้เกิดการพังทลายของดินน้อยลง โดยเฉพาะไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ในป่าไม้นั้น มีระบบรากที่ลึกขนานไปจนถึงชั้นหิน ซึ่งระบบรากหลากหลายชนิดและหลายระดับความลึกของต้นไม้ในป่านั้นทำให้ดินแรงต้านแรงเฉื่อยมากขึ้นประมาณ 5 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น หากสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีพืชปกคลุมดินน้อย หรือมีการตัดไม้ทำลายป่ามาก และหากพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงด้วยแล้ว ก็จะทำให้เกิดแผ่นดินถล่มได้ง่ายขึ้น

ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่นั้น อาจจะมีอิทธิพลทั้งในทางลบ และทางบวกต่อการเกิดแผ่นดินถล่ม กล่าวคือ ต้นไม้เพิ่มแรงกระทำจากแรงลมและน้ำหนักของมันเองแก่ดิน แต่ในขณะเดียวกัน ระบบรากของต้นไม้ก็ทำให้แรงต้านทานและแรงยึดเหนี่ยวของดินเพิ่มขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตาม อัตราการเกิดแผ่นดินในพื้นที่ซึ่งคลุมด้วยป่าไม้ มักสูงกว่าพื้นที่ที่คลุมด้วยหญ้า

2.4 ลักษณะภูมิอากาศ

ภูมิอากาศ เป็นปัจจัยที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำฝน นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด กล่าวคือ หากฝนตกเป็นเวลาติดต่อกันเกิด 3 วัน จะทำให้สมดุลของเสถียรภาพการยึดเกาะตัวของอนุภาคดินเริ่มลดลง โดยมีการหลุดออกของความชื้นหน้าของแผ่นดิน โดยการกัดเซาะหรือการชะล้างดินโดยการไหลบ่าของน้ำผิวดิน แม้จะมีต้นไม้ช่วยพยุงหน้าดินอยู่ แต่ทำได้เพียงการชะลอความเร็วและแรงของน้ำผิวดินที่ไหลผ่านเท่านั้น โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความลาดชันจะพบว่าเกิดปัญหาการชะล้างพังทลายหน้าดินสูงกว่าพื้นที่บริเวณอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากมีการสะสมพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์ของน้ำสูงในพื้นที่ลาดชันทำให้ส่งผลต่อการทำลายแรงยึดเกาะของชั้นดินได้สูงและนำไปสู่การเกิดภัยพิบัติดินถล่มตามมาได้ โดยการศึกษาของ Kropp ในปี ค.ศ. 2013 พบว่า พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนตกลงมาในพื้นที่สูงกว่า 260 มิลลิเมตร ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง มักมีโอกาสดังกล่าวการสะสมน้ำฝนในเม็ดดินสูงอย่างมีนัยสำคัญในการเกิดภัยพิบัติดินถล่มได้สูง (Kropp, 2013)

แนวคิดเกี่ยวกับการกร่อนดิน

การกร่อนของดินเป็นกระบวนการที่เกิดจากพลังงานของเม็ดฝนตกลงมากระทบพื้นผิวดิน ซึ่งมีพลังงานสะสมจากความเร็วและแรงของเม็ดฝนที่กระทำต่อพื้นผิวดินทำให้เม็ดดินถูกกระแทกแยกออกมาจากพื้นแผ่นดินได้ และถูกพัดพาไปโดยตัวน้ำผิวดินที่ไหลไปตามแนวลาดของพื้นที่นั้นๆ ซึ่งขณะที่น้ำดังกล่าวไหลไปทิศทางใดก็จะกัดเซาะผิวดินไปด้วยไม่ว่าจะไปที่ไหนก็ตามหลุดออกมาด้วย ซึ่งหากมีการกัดเซาะไม่มาก เรียกว่า ร่องริ้ว หรือ ริ้ว (Rill) ซึ่งปรากฏในรูปลักษณะร่องน้ำเล็กๆ แต่หากมีการกัดเซาะที่มากหรือขนาดใหญ่เราจะเรียกว่า ร่องทางน้ำ ร่องธาร (Gully) ซึ่งส่วนใหญ่มักเกิดเป็นประจำหรือซ้ำๆ ที่เมื่อมีฝนตกลงมา ซึ่งเรามักพบในทางน้ำธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการเกิดปรากฏการณ์กัดกร่อนของดินนี้มาเป็นปัญหาและอุปสรรคในภาคการเกษตรกรรม เนื่องจากหน้าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ที่มีแร่ธาตุต่างๆ ที่สำคัญในการช่วยพืชเติบโตก็จะถูกชะล้างออกไปกลับหน้าดินนั้นด้วย ร่วมกับปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์กัดกร่อนดิน ก็คือ ปริมาณดินที่ถูกพัดพามาด้วยจะถูกทับถมกันในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเมื่อเวลาผ่านไป จะเพิ่มสูงขึ้นและหนาแน่นขึ้นทำให้น้ำไม่สามารถไหลผ่านไปได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการระบายน้ำในภาพรวม เกิดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่เหนือตะกอนทับถม

ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ทำให้เกิดการกัดกร่อนนี้ มีปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีความสำคัญในการทำให้เกิดการกัดกร่อนชะล้างพังทลายของดิน คือกิจกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และส่งผลกระทบต่ออย่างชัดเจนในปัจจุบัน ทำให้เกิดการเร่งการกัดเซาะของดินไป อาทิ เช่น การใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรในการปรับหน้าดินเพื่อเตรียมการเพาะปลูกในฤดูถัดไป การจุดไฟเผาป่าในพื้นที่เพื่อปรับหน้าดิน การใช้สารเคมีที่ทำให้ดินขาดสภาพสมดุลในการยึดเกาะกันของเม็ดดิน เป็นต้น

ตัวเร่งการวัดปรากฏการณ์ชะล้างพังทลายของดิน

ตัวเร่งการเกิดปรากฏการณ์การชะล้างพังทลายของดิน คือ ปรากฏการณ์ที่ดินมีการกัดกร่อนของผิวดินที่มีอัตราสูงกว่าธรรมชาติ ซึ่งมักเกิดจากกิจกรรมหรือปัจจัยสนับสนุนให้เกิด 2 ประเภทๆ ใหญ่ คือ ตัวเร่งที่เป็นธรรมชาติเอง และตัวเร่งที่มีเป็นมนุษย์ ซึ่งทั้ง 2 ประเภทนี้มีส่วนช่วยเร่งการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งเป็นปรากฏการณ์โดยปกติให้มีความเร็วและรุนแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งหากเป็นโดยธรรมชาติ ตัวที่เร่งให้เกิดการกัดกร่อนดินเพิ่มขึ้นอาจเกิดจากลมที่รุนแรงและน้ำทำให้หน้าดินมีการกัดกร่อนดินมากขึ้น หรือแม้กระทั่งน้ำฝนที่ตกหนักและบ่อยมากขึ้นรวมถึงเกิดฝนตกนอกฤดูกาลมากขึ้น ฯลฯ ขณะที่ตัวเร่งที่เกิดจากมนุษย์ก็มีส่วนทำให้เกิดการกัดกร่อนของดินมากขึ้น เช่น การใช้ที่ดินที่ผิดประเภทหรือไม่เหมาะสม กิจกรรมการเกษตรกรรมที่ผิดหลักทางวิชาการ หรือกิจกรรมอื่นๆ ที่ผิดกฎหมาย เป็นต้น

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายโดยน้ำ

1. น้ำหรือฝน (precipitation) หมายถึง ของแข็งหรือของเหลว ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งตกลงมาจากยังพื้นผิวโลก ซึ่งอาจเป็นน้ำฝน น้ำค้าง หมอก หิมะ ลูกเห็บ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกัดกร่อนในประเทศไทย มักเกิดจากน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะทำให้เกิดการกัดกร่อนมากขึ้นน้อยเพียงใด อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย อาทิ ความหนักเบาของการตกของฝน จำนวนและปริมาณที่ตกในแต่ละครั้ง การสะสมของน้ำต้นทุนในพื้นที่ซึ่งจะนำมาซึ่งการเอ่อล้นเมื่อมีฝนตกติดต่อกันหลายวัน ลักษณะปรากฏการณ์ ลานินญา เอลนินโญ เป็นต้น ส่วนประเทศอื่นๆ ในแถบอบอุ่นจะมีปัญหาการตกของ

หิมะและการสะสมกันเป็นน้ำแข็ง เมื่อน้ำแข็งทับถมกันมากขึ้นจะทำให้หิมะมีการเคลื่อนที่ด้วยแรงทับถม เกิดการครูดกับพื้นดินที่มีการเคลื่อนของน้ำแข็งชั้นล่างนำดินออกไปด้วยการเคลื่อนที่ของหิมะนั้น

2. สภาพภูมิประเทศ (topography) เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความรุนแรงมากน้อยแตกต่างกัน เนื่องจากเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการเคลื่อนที่ของน้ำ ซึ่งหากพื้นที่สูงชันน้ำที่ไหลก็จะมียัตราการไหลบ่าแรงและเร็ว หากพื้นที่มีความลาดชันก็จะมี การไหลบ่าและไม่รุนแรง ซึ่งพิจารณาได้จาก ความยาวของลาดเทหรือรูปร่างต่างๆ ของลาดเทประกอบกับทิศทางของลาดเทด้วยซึ่งแต่ละที่จะมีความแตกต่างกัน

3. สมบัติของดิน (soil properties) ปัจจัยของสมบัติดินจะเป็นปัจจัยหนึ่งในการพิจารณาการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดี โดยที่สมบัติดินแต่ละที่มีความแตกต่างกัน โดยตัวน้ำเองเองสามารถนำมาวิเคราะห์ในภาพรวมถึงจะสามารถประเมินผลความรุนแรงได้อย่างชัดเจน ซึ่งแต่ละปัจจัยต่างๆ ของสมบัติดินได้แก่

3.1 ความต้านทานของดินในการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะในแต่ละพื้นที่ โดยพิจารณาองค์ประกอบย่อยในแต่ละพื้นที่ เช่น ร้อยละของอินทรีย์วัตถุต่างๆ รวมถึงสภาพดินว่าเป็นชนิดใด (ดินเหนียว ดินร่วน ดินทราย) สมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุ รูปร่างและขนาดของเม็ดดิน ปริมาณความชุ่มชื้นของดินและความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ฯลฯ

3.2 ความต้านทานต่อการพัดพาของน้ำ โดยปัจจัยนี้จะพิจารณาตัวของดิน และขนาดของอนุภาคของดิน โครงสร้างของดินและองค์ประกอบในตัวดิน ฯลฯ

3.3 ความต้านทานต่อการไหลบ่าของน้ำ ซึ่งพิจารณาได้จากสภาพของเนื้อดิน (texture soil) ในแต่ละพื้นที่ ขนาดอนุภาคของเม็ดดินต่อปริมาณดินต่อช่องอากาศระหว่างเม็ดดินต่อเม็ดดิน ปริมาณชื้นในดินและสภาพดินในพื้นที่ สภาพอินทรีย์วัตถุปกคลุมเหนือชั้นดิน เป็นต้น

3.4 สิ่งปกคลุมบนดิน (soil cover) ซึ่งอาจมีผลดังนี้

3.4.1 สิ่งปกคลุมผิวดิน (soil cover) การที่ผิวดินมีสิ่งปกคลุมซึ่งอาจเป็นพืช หินหรือเศษซากใบไม้ รวมถึงอินทรีย์วัตถุต่างๆ ปกคลุมบนผิวดิน ย่อมเป็นปราการป้องกันการกระแทกของเม็ดฝน รวมถึงชะลอการชะล้างพังทลายที่เกิดจากการไหลของน้ำผิวดินที่ไหลผ่านภายในพื้นที่นั้นๆ

3.4.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) การจัดกิจกรรมการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และสมบัติดินย่อมสร้างเสถียรภาพให้กับหน้าดินและลดการหลุดของเม็ดดินจากหน้าดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการลดการบุกรุกพื้นที่ที่มีความสูงชันที่มีความเสี่ยงในการเกิดการชะล้าง เพื่อปรับมาใช้ทำพื้นที่เกษตรกรรมก็จะช่วยลดปัญหาดินพังทลายได้เป็นอย่างดี

3.4.3 การจัดการดิน (soil management) ซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นเหมาะสมในการลดปัญหาการชะล้างพังทลาย หากมีวิธีการเขตกรรมที่เหมาะสมตามหลักการอนุรักษ์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการชะล้างพังทลายของดินได้เป็นอย่างดี เช่น การปรับสภาพดินโดยการไถพรวนหรือการปลูกพืชที่ช่วยชะลอการพังทลายของดิน ระบบพื้นที่เกษตรกรรม การปลูกพืชชรากรยาวเพื่อยึดรากกับดินและบำรุงดิน ปรับสภาพและทิศทาง การปลูกพืชที่มีความลาดชันให้ลดความแรงและเร็วของน้ำที่ไหลบ่าไปยังบริเวณพื้นที่ดังกล่าว

การชะล้างพังทลายของดินกับการเกษตร

ปัญหาที่ก่อให้เกิดผลกระทบจากการชะล้างพังทลาย มักจะทำให้เกิดการสูญเสียเกิดขึ้นกับพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในการเกิดการชะล้างพังทลาย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

1. การสูญเสียดิน

การสูญเสียดิน เป็นลักษณะการสูญเสียในเชิงปริมาณและคุณภาพในการส่งเสริมการเติบโตของพืช ซึ่งมักมีความหมายเดียวกันกับค่าการเสื่อมโทรมของดิน (soil degradation) ซึ่งหากดินลดความสามารถในการส่งเสริมการเติบโตของพืชลงแสดงให้เห็นว่า ดินเดิมมีการเปลี่ยนแปลง โดยสูญเสียธาตุอาหารและเนื้อดินไป ซึ่งอาจเกิดจากการกระทำโดยธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ ซึ่งเป็นตัวเร่งทำให้เกิดการสูญเสียดินไป ซึ่งปรากฏการณ์สูญเสียดินนี้อาจเกิดแบบชั่วคราวหรือถาวรเลยก็ได้ ซึ่งเกิดจากการบริหารจัดการเพื่อลดการสูญเสียในพื้นที่นั้น โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีน้ำหลากมากและถี่สูงจะทำให้เกิดการสูญเสียดินได้สูงเช่นกัน โดยเฉพาะกิจกรรมการเกษตรกรรมที่ผิดหลักวิธีการที่ถูกต้อง

2. การสูญเสียประสิทธิภาพการผลิต

การชะล้างพังทลายของดิน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในส่วนของการสูญเสียดินนั้นจะทำให้สูญเสียความสามารถในการส่งเสริมการเติบโตของพืชทางการเกษตรลง เพราะจะทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุ ซึ่งเป็นอาหารของพืชนั้นสูญเสียไปบางส่วนและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเนื้อดินที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากน้ำพัดพาไปด้วย ทำให้พื้นที่เดิมที่มีความสามารถในการปลูกพืชลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาผลผลิตต่างพื้นที่ปลูก ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเร่งของมนุษย์ โดยการไถพรวนเพื่อปรับพื้นที่ก่อนปลูกพืชทำให้เกิดการร่อนดินและร่องน้ำขนาดต่างๆ เกิดขึ้น เมื่อฝนตกลงมาในช่วงต้นฤดูเพาะปลูก ก็จะทำให้เกิดน้ำพัดพาและธาตุอาหารที่ถูกไถพรวนขึ้นมาจากดินด้านล่างไปด้วยนั่นเอง ซึ่งปรากฏการณ์จะเด่นชัดมากในพื้นที่ที่มีความลาดชัน เนื่องจากน้ำจะพัดพาดินและแร่ธาตุอาหารไปด้วยอย่างชัดเจนและปริมาณมาก

3. การสูญเสียธาตุอาหารในดิน

ธาตุอาหารในดิน (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) มีสาเหตุจากการสูญเสียหลายประการในสภาพแวดล้อม โดยส่วนใหญ่เกิดจากลมและน้ำ โดยเฉพาะน้ำเป็นการสำคัญที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากแหล่งหนึ่งไปยังแหล่งอื่นๆ โดยการพัดพาไปตามร่องน้ำต่างๆ บนพื้นที่ที่มันไหลผ่าน ซึ่งการสูญเสียแร่ธาตุในพื้นที่หนึ่งไปจะถูกแทนที่ด้วยแร่ธาตุอาหารจากแหล่งอาหารอื่นๆ แต่จะเท่าเดิมหรือไม่นั้นไม่สามารถบอกได้อย่างแน่นอน โดยสภาพของแร่ธาตุอาหารที่ไหลไปนั้นเป็นสภาพสารละลายหรือแขวนลอยไปกับน้ำที่ไหลไปในพื้นที่ต่างๆ

3.1 การสูญเสียธาตุไนโตรเจน

ไนโตรเจนในธรรมชาติจะอยู่ในรูปแบบ แอมโมเนียอิสระและไนเตรท ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดี จึงสามารถที่จะถูกดึงให้ไปกับน้ำฝนที่ไหลบ่าไปยังพื้นที่เบื้องล่างตามร่องดินต่างๆ ได้ดี ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียธาตุไนโตรเจนในพื้นที่ได้ แม้ว่าจะมีการปลูกพืชที่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้ เช่น ถั่วเหลือง และปอเทือง แต่ก็สูญเสียและไม่เพียงพอต่อพื้นที่เพาะปลูกจึงควรเสริมธาตุไนโตรเจนอยู่อย่างสม่ำเสมอในรูปแบบต่างๆ เนื่องจากสมบัติของธาตุไนโตรเจนนั้นสามารถแปลงรูปของมันเป็นอย่างอื่นได้ค่อนข้างง่ายนั่นเอง

3.2 การสูญเสียธาตุฟอสฟอรัส

แม้ว่าธาตุฟอสฟอรัสจะมีอยู่ในพื้นที่ต่างๆ ค่อนข้างสูง โดยถูกยึดไว้ด้วยอนุภาคดินเหนียวที่มีประจุบวก หากแต่บางพื้นที่ที่มีปริมาณการกักตรึงดินสูง ก็จะทำให้ฟอสฟอรัสซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืชสูญเสียไปได้เช่นกัน โดยฟอสฟอรัสร้อยละ 60 จะถูกพัดพาไปกับน้ำในรูปแบบอินทรีย์วัตถุ ซึ่งควรใส่ปุ๋ยและบำรุงธาตุอาหารเข้าไปในพื้นที่ แต่หากฝนตกในพื้นที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะทำให้สูญเสียธาตุฟอสฟอรัสได้

ถึง ร้อยละ 22 ของจำนวนปุ๋ยที่ใส่ลงไปบำรุงดิน โดยมักจะเกิดการชะล้างปุ๋ยฟอสฟอรัสสูงในช่วงต้นฤดูการเพาะปลูกและค่อยๆ ลดลง

3.3 การสูญเสียธาตุโพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีอยู่อย่างมากมายในพื้นที่เพาะปลูก หากแต่มีเพียงบางส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ถึงแม้ว่าจะมีมากมายแต่การสูญเสียธาตุโพแทสเซียมที่มีความสามารถที่ใช้ประโยชน์ได้ก็มีอยู่ทั่วไปในพื้นที่เพาะปลูก โดยส่วนโพแทสเซียมที่ใช้ได้หรือมีประโยชน์จะมีไม่ถึงร้อยละ 80 โดยประมาณและจำเป็นจะต้องมีการบำรุงดินให้มีธาตุอาหารชนิดนี้อยู่อย่างเพียงพอ เนื่องจากโพแทสเซียมสูญเสียจากการพัดพาทางน้ำได้อย่างมากมายในช่วงฤดูหลากทำให้พื้นที่นั้นๆ อาจขาดธาตุอาหารชนิดโพแทสเซียม

โดยเมื่อพิจารณาถึงการสูญเสียแร่ธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิด ที่ได้กล่าวมาแล้ว พบว่า เมื่อเรียงลำดับความง่ายในการสูญเสียไปจากหน้าดินเมื่อมีน้ำฝนไหลผ่าน พบว่า ไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่มีการสูญเสียจากพื้นที่การเกษตรกรรมง่ายที่สุด โดยเป็นลักษณะการสูญเสียโดยการซึมซาบลงไปในดินและไหลไปพร้อมกับน้ำ ร่องลงมา ได้แก่ โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส กำมะถัน คลอรีน และฟอสฟอรัส ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุที่ไนโตรเจนมีการสูญเสียธาตุอาหารง่ายที่สุด ด้วยไนโตรเจนจะถูกดูดซับโดยเม็ดดินด้วยสมบัติสารประกอบที่สามารถละลายได้ดี และจะซึมซาบได้ล่างของชั้นดินด้วยแรงและยึดไว้ในเม็ดดินด้วยปรากฏการณ์ที่เรียกว่า soil colloidal ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะละลายได้ง่ายเหมือนกัน ไนเตรทขณะที่ไนโตรเจนจะไม่ถูกซึมซาบไว้ในเม็ดดินง่ายเหมือนกับไนเตรท ขณะที่ฟอสฟอรัสจะตรงกันข้ามกับไนโตรเจนที่มีการดูดซับในดินได้ง่ายที่สุด โดยการซึมซาบได้ง่ายและมีปริมาณมากที่สุดในดินที่มีลักษณะเป็นทราย ขณะที่ธาตุโพแทสเซียมเองจะถูกซึมซาบ เมื่อสารละลายโพแทสเซียมอมตัวไปในดินหรือในความหมายคือ เกลือในสารละลายมีความเข้มข้นมาก ซึ่งโพแทสเซียมนี้จะมีการสูญเสียที่มีปริมาณทั้งทางด้านคุณภาพดินและมูลค่าของธาตุอาหารทำให้พืชที่ต้องการใช้ธาตุอาหารดังกล่าวไม่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการสูญเสียโดยการซึมซาบนี้มักเกิดจากพื้นที่มีดินค่อนข้างหยาบ เช่น ดินทรายจัดหรือดินร่วนทราย เนื่องจากน้ำสามารถนำธาตุอาหารลงสู่ชั้นดินที่ต่ำกว่าได้ง่ายกว่าพื้นที่มีลักษณะเป็นดินเหนียว

บทบาทของพืชต่อการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน

ปัจจัยช่วยลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของหน้าดินจากน้ำฝนที่มีพลังงานจลน์ค่อนข้างสูงเมื่อกระทบกับผิวหน้าดินได้โดยการลดแรงกระแทกโดยใช้พืชพรรณและสิ่งปกคลุมดินต่างๆ จะช่วยลดความรุนแรงของแรงกระแทกหน้าดินของเม็ดดินและช่วยชะลอการไหลของน้ำไหลบ่าไปในที่ต่างๆ ได้ (Agapiou and Hadjimitsis, 2011) ซึ่งอาจขึ้นกับตัวแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล การบริหารจัดการพืชและป่าไม้ อัตราการเติบโตของพืชพรรณและสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะกายภาพ หากพื้นที่นั้นๆ ร่วมกับสภาพทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่นั้นๆ (Pappu, et. al., 2010)

Stagakis, et. al (2010) ปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินหาการสูญเสียดินจากพื้นที่ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) ส่วนของเรือนยอด 2) พืชพรรณที่อยู่ด้านล่างปกคลุม และ 3) สิ่งปกคลุมรวมไปถึงสิ่งทับถมในพื้นที่นั้น เพื่อใช้ประโยชน์จากการใช้ที่ดินหรือวิธีการเพาะปลูก ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะถูกกำหนดเป็นค่าปัจจัยในการประเมินการสูญเสีย ที่เรียกว่า ค่าดัชนีการจัดการพืชคลุมดิน (C, Crop management factor) และเมื่อ Hadjimitsis, et. al. (2010) ได้อธิบายเพิ่มเติมถึงนิยามว่าเป็นค่าของอัตราส่วนระหว่างปริมาณดินที่มีการสูญเสียจากพื้นที่ที่มีการปกคลุมของพืชพรรณและสิ่งปกคลุมนั้นๆ กับ

ปริมาณดินที่สูญเสียจากพื้นที่ที่ปราศจากพืชหรือสิ่งปกคลุมอื่นๆ รวมถึงการไถพรวนดินเป็นแนวยาวตามความลาดชันในพื้นที่ที่มีการประเมินความชันและยาวตามแนวลาดของพื้นที่เดียวกันในพื้นที่ป่าและที่ Wu, et. al. (2010) ได้อธิบายการประเมินค่านี้โดยใช้ลักษณะความแตกต่างของปัจจัยทั้ง 3 อย่างได้แก่ สภาพการปกคลุมเรือนยอด การปกคลุมโดยการทับถมของซากต่างๆ และลักษณะพืชพรรณชั้นล่าง โดยอธิบายเป็นร้อยละของปัจจัยทั้ง 3 อย่าง เช่นการปกคลุมของการทับถมซากพืชอยู่ระหว่างร้อยละ 90-100 และไม่รวบรวนไม้พื้นล่าง มีร้อยละของการปกคลุมเรือนยอดอยู่ร้อยละ 100 – 75 แสดงว่า C มีค่าประมาณ 0.001 และหากมีโอกาสถูกทำลายโดยสัตว์แทะหรือกัดไฟป่า (ค่าจะถูกเปลี่ยนแปลงไปอยู่ระหว่าง 0.003 – 0.011 ขณะที่หากมีร้อยละของการปกคลุมเรือนยอดอยู่ระหว่างร้อยละ 40 – 20 การทับถมของพืชอยู่ระหว่าง ร้อยละ 40-70 รวมทั้งไม่มีการรบกวนของไม้ล่าง จะให้ค่า C อยู่ระหว่าง 0.003 – 0.009 ซึ่งหากมีการรบกวนโดยสัตว์แทะและไฟป่า ค่า C จะถูกเปลี่ยนไปเป็น 0.020 – 0.090 เป็นต้น ซึ่งสรุปได้ว่า ค่า C นั้น หากมีค่าสูงแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มว่าดินจะมีโอกาสสูญเสียดินไปในอัตราที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับค่า C ที่มีค่าอยู่ในระดับต่ำกว่า

Verhoeven and Doneus (2011) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียดินและดินในพื้นที่บริเวณดอยปุย ว่ามีผลโดยตรงต่อความหนาแน่นของเรือนยอด การสูญเสียดินและน้ำเพิ่มขึ้นหรือไม่ โดยผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า หากความหนาแน่นของเรือนยอดต่ำกว่าร้อยละ 70 จะทำให้มีอัตราการสูญเสียดินและน้ำ เพิ่มขึ้นหรือไม่ ในทางกลับกันหากมีความหนาแน่นของเรือนยอดมากกว่าร้อยละ 70 จะมีอัตราการสูญเสียดินและน้ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเท่าไรนัก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ว่าหากมีการเปลี่ยนแปลงไม้พื้นล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 เซนติเมตร จะทำให้มีการสูญเสียดินและน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งหากจะให้ไม้พื้นล่างกลับมาเหมือนเดิมจะใช้เวลาในการฟื้นฟูเป็นเวลาราว 3 ปี ซึ่งจะทำให้การสูญเสียดินและน้ำลดลง (Hejeman and smrz, 2010) นอกจากนี้ไม้พื้นล่างเองมีคุณสมบัติในการกักน้ำไปมาได้พื้นดินทำให้หน้าที่เหมือนตาข่ายรองรับดินและน้ำเอาไว้ รวมถึงการทับถมของซากพืชซึ่งช่วยชะลอการไหลซึมซาบของน้ำในดินทำให้โอกาสการสูญเสียดินและน้ำลดลงและทำหน้าที่ลดแรงไหลบ่าของน้ำผิวดินได้อีกด้วย จึงเป็นเหตุผลที่หากมีพืชพรรณด้านล่างช่วยชะลอการสูญเสียดินและน้ำไปในตัว (Agapion and Hadjimits, 2011) ขณะที่ผลการศึกษาของ Gojda and Hejeman ซึ่งได้ศึกษาในปี ค.ศ. 2012 ของวันที่ฝนตกในพื้นที่ป่าดิบเขามีสภาพพลังงานจลน์ของน้ำฝนมากกว่าในพื้นที่โล่งแจ้ง ซึ่งการที่มีเรือนยอดช่วยรองรับพลังงานของเม็ดฝนลงไปก่อนจะตกปะทะผิวดิน ซึ่งช่วยลดแรงลงได้ถึง 3 เท่า โดยน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ป่าดิบชื้นนั้นจะถูกทรงพุ่มของต้นไม้รองรับพลังงานจลน์เอาไว้ ก่อนจะตกลงมาสู่พื้นดินและหากพื้นดินมีพืชพรรณด้านล่างจะช่วยลดแรงกระแทกลงไปอีกทำให้โอกาสที่เม็ดฝนจะกระแทกกับเม็ดดินโดยตรงเป็นไปได้ยาก อีกทั้งสิ่งปกคลุมและการทับถมกันจะช่วยเป็นเกราะกำบังให้ผิวดินอีกประการหนึ่งได้

สุนทร รัชฎาวงษ์ และคณะ (2526) นคร สืบเสน และไชยสิทธิ์ อเนกสัมพันธ์ (2534) และวรารกร สุจริต และนิมิต พุกงาม (2551) ได้อธิบายเกี่ยวกับการศึกษาผลของการทำระบบเกษตรเชิงเดี่ยวมีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินและน้ำมากกว่าการปลูกพืชแบบผสมผสาน โดยที่การปลูกแบบพืชเชิงเดี่ยวนั้นจะทำให้ขาดตามความหลากหลายของพืชปกคลุมดิน ซึ่งเป็นตัวช่วยชะลอการพังทลายของดินได้ โดยปัจจัยที่จะทำให้เกิดการชะล้างพังทลายมากหรือน้อยนั้น อาจเกิดจากชนิดของพืชปกคลุมดินเป็นหลักเป็นหลัก ซึ่งส่งผลต่อการจัดการชะล้างพังทลายของดินเป็นสำคัญ

จุไรรัตน์ คุรุโครต (2542) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชะล้างพังทลายของหน้าดินในการเกษตร คือ กระบวนการที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ โดยเฉพาะกระบวนการแผ้วถาง เมื่อเตรียมการเพาะปลูกพืช ซึ่งส่งผลต่อการชะล้างพังทลายของดินเป็นอย่างมากเกิดภาวะกัดเซาะหน้าดินจากอุปกรณ์

การเกษตรและเร่งให้การหลุดของดิน บริเวณต่างๆ เมื่อเกิดฝนตกและน้ำไหลบ่าจะพาหน้าดินหลุดไปด้วย โดยเฉพาะบริเวณที่มีความลาดชันจะทำให้โอกาสการชะล้างพังทลายสูงกว่าบริเวณที่มีความลาดชันต่ำกว่า ซึ่งผลการศึกษานี้ไปในทิศทางเดียวกัน ขณะที่ สมยศ กิจคำในปี พ.ศ. 2521 ซึ่งอธิบายตามความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยความยาวของพีชลาดชัน และความยาวของความลาด และความชันสูงชันจะส่งผลต่อปริมาณการสูญเสียหน้าดินในพื้นที่นั้นได้ ซึ่งอาจเกิดจากความรุนแรงและความเร็วของน้ำที่ไหลตามความชันและความยาวของพื้นที่ที่มีพลังงานจลน์สูง

Setis (1997) ได้ทำการจำลองภาวะการกัดเซาะของน้ำในพื้นที่ประเทศเวเนซุเอล่า เพื่ออธิบายว่า พื้นที่สูงและลาดชันมีผลต่อปริมาณการกัดเซาะของน้ำได้อย่างไร ซึ่งผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่า ความรุนแรงและโอกาสที่พื้นที่สูงจะสูญเสียหน้าดินได้สูงกว่าพื้นที่ต่ำกว่า เนื่องจากการทำลายของน้ำโดยการกัดเซาะ รวมถึงการทดลองในแปลงสาธิตเมื่อมีการปลูกพืชในพื้นที่สูง ซึ่งเป็นปัจจัยสนับสนุนการกัดเซาะของน้ำในพื้นที่สูงได้เป็นอย่างดี โดยเป็นตัวเร่งให้เกิดการกัดเซาะสูงชัน

Misra and Teixeira (2001) ได้อธิบายผลการศึกษาที่ว่า การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินของเวลาที่ผ่านไปเป็นการบ่งบอกถึงการกัดเซาะของดิน โดยในระยะสั้นและระยะยาวของการสึกกร่อน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงน้ำแสดงได้ว่าดินมีความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินในพื้นที่ที่ละน้อย แต่จะช้าเร็วขึ้นอยู่กับโครงสร้างดินและความทนทานของดินในพื้นที่

Hartanto และคณะ (2003) ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินจากแปลงทดลองน้ำและดิน จำนวน 10 แปลงในพื้นที่ลาดชัน ซึ่งผลแสดงให้เห็นว่าน้ำที่มีการไหลบ่าผ่านหน้าดิน มีผลโดยตรงต่อการกัดกร่อนดิน โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมบนพื้นที่สูง เมื่อน้ำไหลผ่านจะทำให้เกิดการกัดกร่อนในปริมาณสูงมากกว่าพื้นที่ลาดชันต่างๆ และพื้นที่ราบในประเทศอินโดนีเซีย

Andreas และคณะ (2008) ได้ศึกษาความลาดชัน 25-50 องศาต่อการชะล้างพังทลายของดิน โดยกิจกรรมทำไร่เลื่อนลอยในเมือง ซาราวัก ซึ่งอธิบายตัวแปรในการศึกษาต่างๆ โดยการศึกษาไอโซโทปของคาร์บอนในดินและทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับการชะล้างพังทลาย ผลของการศึกษาพบว่า เมื่อน้ำดินมีร้อยละของคาร์บอนมากกว่าร้อยละ 50 เมื่ออยู่ในสภาพไม่มีการรบกวน แต่หากมีกิจกรรมการเกษตรกรรม ปริมาณคาร์บอนในดินจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 15 เท่านั้น

การวิเคราะห์ความมั่นคงลาดดิน

สาเหตุของการทำให้เกิดการเคลื่อนพังหรือความไม่มั่นคงในลาดดินหรือหิน อาจเกิดจากปัจจัยต่อไปนี้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างประกอบกันกล่าวคือ

- 1) แรงดึงดูดของโลกหรือความต่างระดับของมวลดินหรือหิน
- 2) แรงกระทำจากภายนอกมวลดิน เช่น น้ำหนักบรรทุกหรือแผ่นดินไหว
- 3) การสูญเสียกำลังของดินหรือหิน เนื่องจากแรงดันน้ำ การบวมตัว การอิมตัวการไหลซึมของน้ำ

4) การกร่อนตามธรรมชาติหรือการกัดเซาะโดยเฉพาะที่ส่วนล่างของลาดดิน ดังนั้นในการวิเคราะห์และแก้ไข เราจึงต้องทราบสาเหตุที่แท้จริง เพื่อการแก้ปัญหาได้ตรงจุด ประหยัดและปลอดภัย

โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดิน จะใช้วิธีการพิจารณา “สมดุลย์จำกัดของมวลดิน” (Limit Equilibrium) คือ ขั้นตอนแรก จะต้องมีการสมมุติรูปลักษณะของผิวเคลื่อนที่ที่น่าจะเกิดขึ้น สำหรับในกรณีที่จะทำการออกแบบ แต่ถ้าเป็นการวิเคราะห์เพื่อการแก้ไขลาดดินที่พังแล้วก็อาจทราบ

ลักษณะการพังได้แน่นอนโดยการทำการศึกษาในสนามเพื่อหาตำแหน่งที่แท้จริงได้ เมื่อพิจารณาแรงกระทำที่ทำให้เกิดการเคลื่อนตัว เปรียบเทียบกับแรงต้านทานที่เกิดจากกำลังของดินแล้ว จะสามารถคำนวณหา "อัตราส่วนปลอดภัย" (Factor of Safety, F.S.) ได้ คำนิยามของอัตราส่วนปลอดภัย หรือดัชนีความปลอดภัย คือ อัตราส่วนของกำลังรับน้ำหนักของดินบนผิวเคลื่อน ต่อหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ผิวเดียวกัน ซึ่งสามารถเขียนเป็น

สมการได้ง่ายๆ ดังนี้

$$F.S. = \frac{\text{shear strength } (\tau)}{\text{Shear Stress } (s)} \quad (1)$$

เมื่อ τ = กำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของมวลดินหรือหินบนผิวเคลื่อนซึ่งตามทฤษฎีของ Mohr - Coulomb แล้วจะมีค่า $c + \sigma \tan \phi$
 s = หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจริงซึ่งเพียงพอทำให้มวลนั้นสมดุล

และสำหรับการพิบัติในลักษณะจำเพาะ เช่น ผิวเคลื่อนเป็นส่วนโค้งของวงกลม อัตราส่วนปลอดภัย

อาจหมายถึง อัตราส่วนของโมเมนต์รอบจุดศูนย์กลาง ก็ได้เช่น

$$F.S. = \frac{\text{โมเมนต์ที่เกิดจากกำลังรับแรงเฉือนของดินต้านทานการพิบัติ}}{\text{โมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักมวลดินที่จะทำให้พิบัติ}} \quad (2)$$

$$= \frac{M_R}{M_D}$$

การวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดินอาจทำได้หลายวิธี ในที่นี้จะกล่าวรายละเอียดเฉพาะวิธีที่ใช้เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ ซึ่งนิยมใช้กันโดยทั่วไป คือ

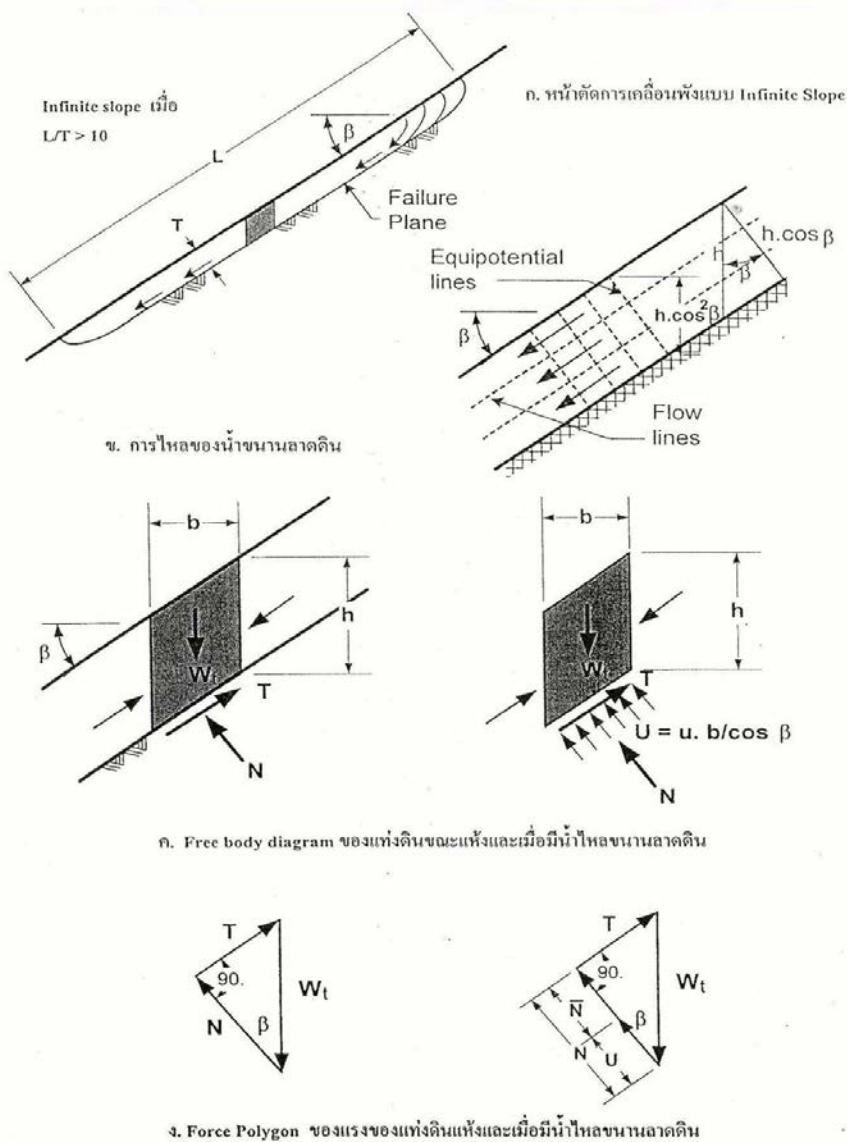
1. วิธีวิเคราะห์ลาดอนันต์ (Infinite Slope)

เมื่อมีการเคลื่อนที่ของแผ่นดินตามแนวลาดลงไปยังพื้นที่ต่ำกว่า เช่น การทิ้งหินบนลาดเขื่อน การตกตะกอนของชั้นทรายริมฝั่ง หรือ การกองวัสดุใน Stockpile ดังแสดงในภาพที่ 2.4 เมื่อความหนาของแผ่นดินต่ำกว่า 0.1 ของตามยาว ในกรณีเช่นนี้ผิวเคลื่อนจะถือว่าวางตัวขนานกับผิวลาดดิน และอาจเป็นดินแห้ง หรือผิวที่จมอยู่ใต้น้ำ หรือมีการไหลของน้ำขนานกับผิวลาดก็ได้ โดยแต่ละกรณีสามารถเขียน Free body และ Force diagrams ดังแสดงไว้ในภาพดังกล่าวเมื่อพิจารณาสมดุลของแรงที่ขนานกับผิวเคลื่อนเปรียบเทียบกับระหว่าง แรงต้านทาน (Strength) และแรงฉุดลง (Stress) จะสามารถหาอัตราส่วนปลอดภัยได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{สำหรับดินทรายเมื่อ} & \quad \tau = \sigma \tan \phi \quad \text{และ} \quad \bar{\tau} = (\bar{\sigma} - u) \tan \phi \\ \text{บนลาดดินแห้ง} & \quad F.S. = \frac{\tan \phi}{\tan \beta} \end{aligned} \quad (3)$$

บนลาดดินจมน้ำ $F.S. = \frac{\tan \bar{\phi}}{\tan \beta}$ (4)

บนลาดดินที่มีน้ำไหลขนานกับผิวลาด $F.S. = \frac{\gamma_b}{\gamma_{sat}} \bullet \frac{\tan \bar{\phi}}{\tan \beta}$ (5)



ภาพที่ 2.1 รูปร่างของผิวเคลื่อนพังเป็นมวลดินในลักษณะเป็นแผ่นบาง
ที่มา: (Behard, F. et.at, 2011)

สำหรับดินเหนียว เมื่อ $\tau = c + \sigma \tan \phi$ และ $\bar{\tau} = \bar{c} + (\bar{\sigma} - u) \tan \bar{\phi}$

บนลาดดินแห้ง $F.S. = \frac{\bar{c}}{\gamma \cdot h \sin \beta \cdot \cos \beta} + \frac{\tan \bar{\phi}}{\tan \beta}$ (6)

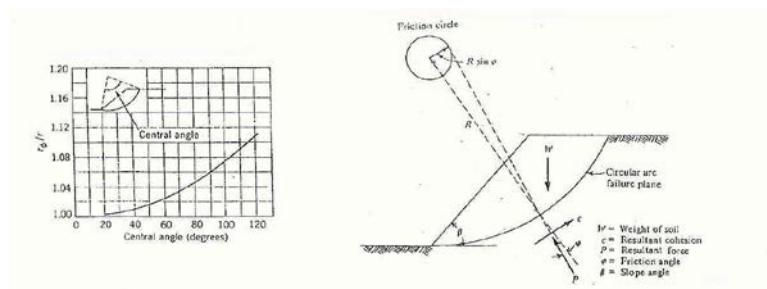
$$\text{บนลาดดินจมน้ำ } F.S. = \frac{\bar{c}}{\gamma_b \cdot h \sin \beta \cdot \cos \beta} + \frac{\tan \bar{\phi}}{\tan \beta} \quad (7)$$

บนลาดดินที่มีน้ำไหลขนานกับผิวลาด

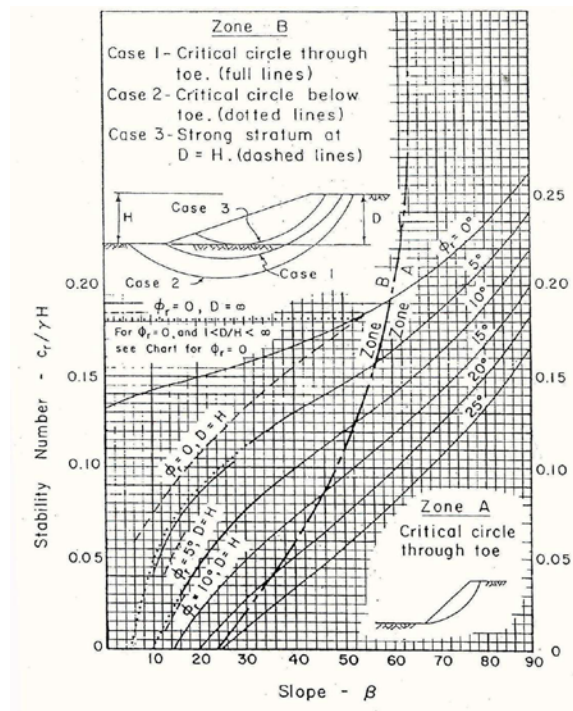
$$F.S. = \frac{\bar{c}}{\gamma_b \cdot h \sin \beta \cdot \cos \beta} + \frac{\gamma_b \tan \bar{\phi}}{\gamma_{sat} \tan \beta} \quad (8)$$

2. Taylor Method

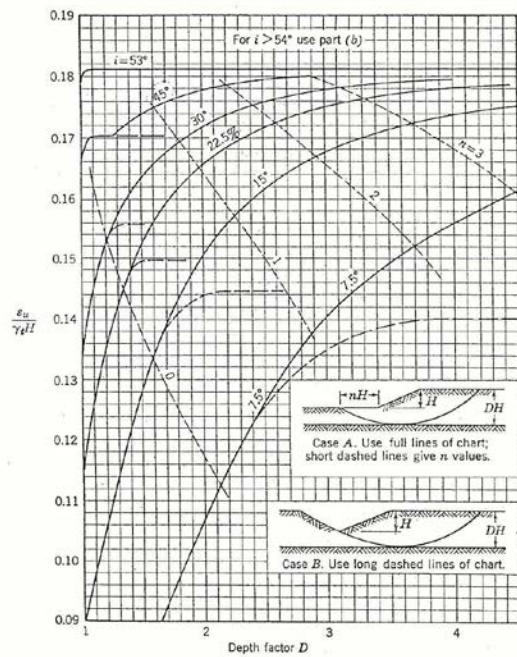
วิธีการนี้ใช้กรณีแผ่นดินมีการขยับตัวเป็นลักษณะเส้นโค้งเป็นวงกลม ดังแสดงในภาพที่ 2.5 โดย ณ จุดใดๆ แรงลัพธ์ระหว่างแรงตั้งฉากผิวเคลื่อนและแรงผัด (P) จะกระทำมุม ϕ กับแนวตั้งฉาก ดังนั้นจึงสัมผัสวงกลมเล็กๆ ที่จุดศูนย์กลางของวงกลมที่ตัดผิวเคลื่อน ซึ่งเรียกว่า "Friction circle" การวิเคราะห์โดยวิธีนี้เป็นการเขียนแนวแรงที่เกิดขึ้น (Force polygon) แต่มีข้อจำกัดที่จะใช้ได้เฉพาะลาดดินที่มีเนื้อดินและหน้าตัดรูปแบบเดียวกัน (Homogeneous simple slope) Taylor ได้สร้างเป็น Stability Chart ไว้เพื่อให้สะดวกในการวิเคราะห์ ดังแสดงในภาพที่ 2.6 สำหรับกรณีทั่วไป และภาพที่ 2.7 สำหรับดินเหนียวที่ความลึกของผิวเคลื่อนพังอยู่ลึกกว่าระดับตีนของลาด (Toe)



ภาพที่ 2.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Taylor
ที่มา: Ying, L.. et.at (2012)



ภาพที่ 2.3 Stability chart สำหรับการวิเคราะห์ลาดดินเนื้อเดียวด้วยวิธีของ Taylor
ที่มา: Ying, L. et.al (2012)



ภาพที่ 2.4 Stability chart สำหรับดินกรณี $\phi = 0$ ด้วยวิธีของ Taylor
ที่มา: Ying, L. et.al (2012)

3. วิธีโมเมนต์

แรงเคลื่อนที่ของแผ่นดินเป็นลักษณะเส้นโค้งในชั้นดินที่มีความละเอียดในการก่อสร้าง (Untrained Strength Analysis ,Su) วิธีนี้สามารถคำนวณได้ง่ายแต่จะค่า F.S. ที่น้อยกว่าวิธีมาตรฐานอื่นๆ โดยการพิจารณาสมมูลย์ของโมเมนต์รอบจุดศูนย์กลางของวงกลมที่แสดงในภาพที่ 2.5

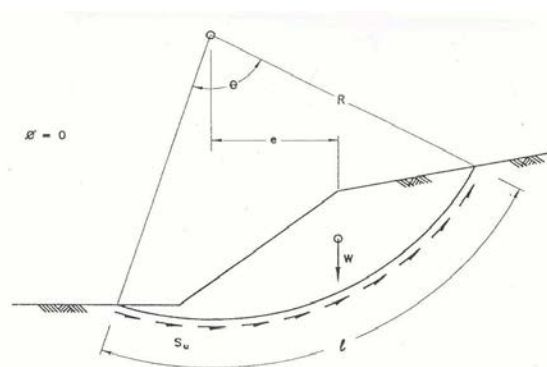
$$F.S. = \frac{\text{Resisting Moment } (M_R)}{\text{Driving Moment } (M_D)} \quad (9)$$

$$\text{เมื่อ } M_R = Su \cdot l \cdot R \quad (10)$$

$$M_D = W \cdot e \quad (11)$$

$$l = \frac{\theta}{360} (2\pi R) \quad (12)$$

$$\text{ดังนั้น } F.S. = \frac{Su \cdot l \cdot R}{W \cdot e} \quad (13)$$

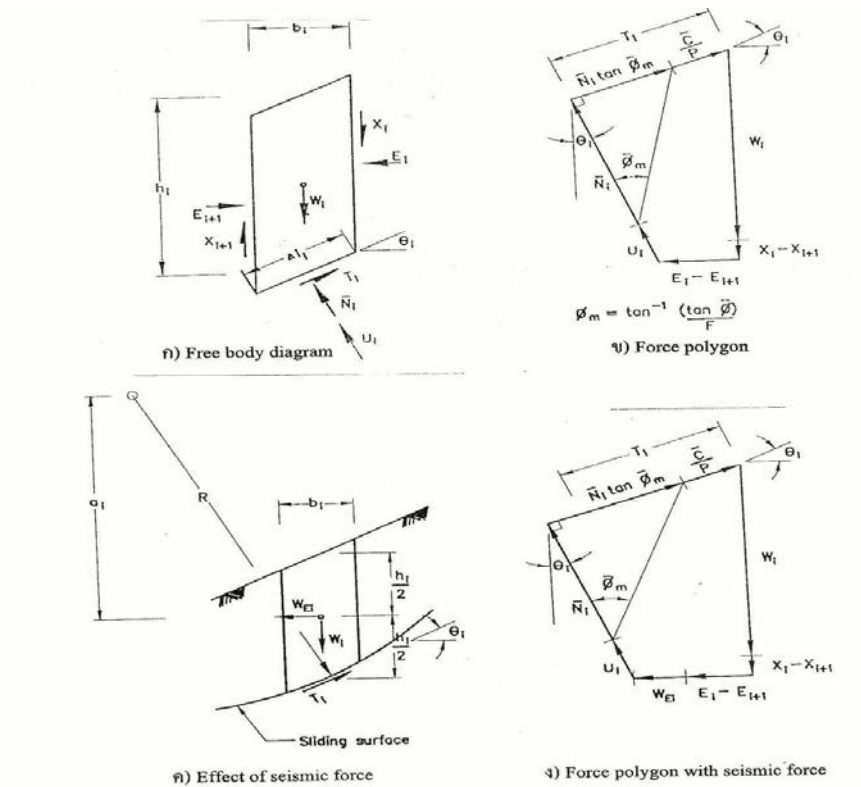


ภาพที่ 2.5 การวิเคราะห์ความมั่นคงด้วยวิธีโมเมนต์
ที่มา: Ying, L. et.al (2012)

สำหรับกรณีที่ดินมีหลายชั้น การคำนวณน้ำหนักดิน (W) และ แรงต้านที่ผิวเคลื่อน (Su.l) จะต้องแบ่งย่อยออกเป็นส่วนเล็กตามผิวเคลื่อนที่ตัดผ่านชั้นดินต่างๆ ให้สอดคล้องกัน

4. วิธี Simplified Bishop

ในการศึกษานี้ได้ใช้วิธี Simplified Bishop ในการวิเคราะห์ความมั่นคง โดยมีการจำแนกชั้นส่วนของดินออกเป็นชั้นเล็กชั้นน้อย โดยพิจารณาถึงปัจจัยในด้านแรงและลักษณะความสมมูลย์ของแรง โดยสามารถหาค่าความสมมูลย์ของโมเมนต์ของแรงในดินแต่ละแห่ง แทนที่การคิดเฉพาะแรงของมวลดิน โดยรวมเพียงอย่างเดียว โดยพิจารณาปัจจัยจากแรงทางด้านแท่งดินในแต่ละด้าน เป็นวิธีการคิด ของ Paul, L. W., et.al. (2012) ซึ่งทำให้ค่าอัตราส่วนปลอดภัยที่คำนวณได้น่าเชื่อถือและถูกต้องมากขึ้น วิธีนี้ ภายหลังมีการปรับให้ง่ายขึ้น



ภาพที่ 2.6 หลักการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธี Simplified Bishop Method
ที่มา: Paul, L.W., et.al. (2012)

จากภาพที่ 2.6 แสดงถึงแรงที่กระทำบนแท่งดินที่ตัดแบ่งแท่งหนึ่ง โดยแรงกระทำด้านข้างของแท่งดินประกอบด้วย

แรงดันในแนวราบ $E_i - E_{i+1} = \Delta E$

แรงเฉือนในแนวตั้ง $X_i - X_{i+1} = \Delta X$

น้ำหนักรวมของแท่งดิน = W_i

แรงดันน้ำที่ตั้งฉากกับผิวเคลื่อน = U_i

แรงประสิทธิผลที่กระทำตั้งฉากกับผิวเคลื่อน = \bar{N}_i

การสมดุลการเคลื่อนที่ของแท่งดินต่อการต้านทานของแท่งดิน = T_i

ความเหนียวและมุมเสียดทานภายใน = c_i และ ϕ_i

มุมเอียงของเส้นสัมผัสผิวเคลื่อน ณ จุดที่น้ำหนักดินตัดผ่าน = θ_i

ปัจจัยความปลอดภัย (Factor of Safety) = F

ดังนั้น

$$T_i = \frac{\overline{c_i \cdot \Delta l_i}}{F} + \frac{\overline{N_i \cdot \tan \phi}}{F} \quad (14)$$

จาก Force polygon ในภาพที่ 9 เมื่อแท่งดินอยู่ในสมดุล แรงรวมในแนวตั้งจะเท่ากับ ศูนย์ ($\sum F_v = 0$)

$$\sum F_v = (\overline{N_i + U_i}) \cos \theta_i + T_i \sin \theta_i - W_i - (X_i - X_{i+1}) = 0 \quad (15)$$

สำหรับวิธี Simplified Bishop Method จะถือว่าผลรวมของแรงเฉือนในแนวตั้ง ด้านข้างของแท่งดิน $\Delta X = (X_i - X_{i+1}) = 0$ ดังนั้นสมการที่ (21) จะเขียนในเทอมของ T_i ได้ดังนี้

$$T_i = \frac{W_i - (\overline{N_i + U_i}) \cos \theta_i}{\sin \theta_i} \quad (16)$$

เมื่อนำด้านขวาของสมการที่ 15 มาเท่ากับด้านขวาของสมการ ที่ 16 และแทนค่า $W_i = \gamma \cdot b_i \cdot h_i$ และ $U_i = \frac{\gamma_w b_i h_{wi}}{\cos \theta_i}$ ลงไปจะได้

$$\overline{N_i} = \frac{b_i (\gamma \cdot h_i - \gamma_w h_{wi}) - (c_i h_i \tan \theta_i) / F}{\cos \theta_i + \sin \theta_i \cdot \tan \phi_i / F} \quad (17)$$

เมื่อพิจารณาสมดุลของโมเมนต์ รอบจุดศูนย์กลางของ sliding circle ($\sum M = 0$) ของแท่งดินทั้งหมดในมวลดินที่เคลื่อนพังจะได้

$$\sum_{i=1}^n W_i \cdot R \sin \theta_i = \sum_{i=1}^n T_i \cdot R \quad (18)$$

เมื่อ T_i เท่ากับสมการที่ 16 ดังนั้น

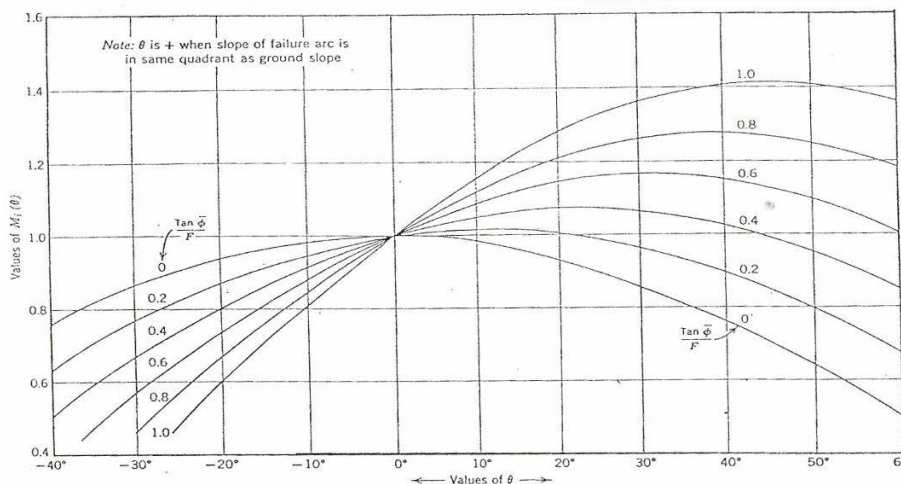
$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (\overline{C_i \cdot \Delta l_i} + \overline{N_i \tan \phi_i})}{\sum_{i=1}^n (W_i \sin \theta_i)} \quad (19)$$

และแทนค่า $\overline{N_i}$ จากสมการที่ 18 ลงในสมการที่ 17 จะได้

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [\overline{C_i b_i} + b_i (\gamma_i^b - \gamma_w h_{wi}) \cdot \tan \phi_i]}{\sum_{i=1}^n \gamma \cdot b_i \cdot h_i \cdot \sin \theta_i} \cdot M_\theta \quad (20)$$

เมื่อ M_θ เป็นเทอมย่อ ของ $M_\theta = \cos \theta_i + (\sin \theta_i \cdot \tan \phi)$

ในสมการ (20) เห็นได้ว่า ปัจจัยความปลอดภัยปรากฏขึ้นทั้งสองข้างของสมการ จึงต้องแก้สมการโดยวิธี Iterative โดยการสมมติค่า F แล้วแทนค่าซ้ำจนได้ค่า F ที่ไม่เปลี่ยนแปลงสำหรับการคำนวณด้วยมือ ค่า $M\theta$ อ่านค่าได้สะดวกจากกราฟที่แสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ค่าของ $M\theta$ จากสมการที่ (20)

ที่มา: (Agapion, et.al 2011)

สำหรับในกรณีที่มีแรงจากแผ่นดินไหวเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งเป็นแรงในแนวราบที่เป็นสัดส่วนกับน้ำหนักดิน กระทำที่จุดศูนย์กลาง (Centroid) ของมวลดิน แล้วทำให้รูปหลายเหลี่ยมของแรงเปลี่ยนแปลงไป โดยวิธีการของ Simplified Bishop Method แรงด้านข้าง WE_i จะไม่ส่งผลทำให้ Normal force เปลี่ยนแปลง (Untrained Condition) แต่จะมีผลทำให้ Sliding Moment เพิ่มขึ้นเท่ากับ

$$\Delta M = WE_i \cdot a_i = K_s \gamma b_i h_i a_i \quad (21)$$

ดังนั้นสมการที่ (27) จึงเปลี่ยนแปลงไปเป็น

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{C_i b_i + b_i (\gamma \cdot h_i - \gamma_w h_w) \cdot \tan \phi_i}{M_\theta} \right]}{\sum_{i=1}^n \left[\gamma \cdot h_i b_i \sin \theta_i + \frac{K_s}{R} \cdot \gamma \cdot h_i b_i a_i \right]}$$

เมื่อ K_s = สัมประสิทธิ์ของแรงสั่นสะเทือนเนื่องจากแผ่นดินไหว

R = รัศมีของ Sliding Circle

a_i = moment arm หรือระยะในแนวตั้งจากจุดศูนย์กลางถึงจุดศูนย์กลางแห่งดิน

เกณฑ์การแบ่งระดับความเสี่ยงภัย

การแบ่งพื้นที่เสี่ยงภัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ 1) แบ่งโดยใช้ค่าปัจจัยความปลอดภัย (FS.) ดังตารางที่ 1 แบ่งโดยจำนวนรอยถล่มดังตารางที่ 2 แบ่งโดยปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การแบ่งระดับความเสี่ยงภัยแผ่นดินถล่ม (Quantitative Hazard Rating of Landslides)

Stability Criterion	Hazard rating
$F > 1.5$	Stable slope
$1.25 > F < 1.5$	Low Hazard
$1.00 > F < 1.25$	Medium Hazard
$0 > F < 1.00$	High Hazard

ที่มา: Pappu, S., et.al. (1999)

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การแบ่งระดับความเสี่ยงภัยแผ่นดินถล่มจำแนกตามรอยถล่ม

ระดับความรุนแรง	ลักษณะทั่วไป	พื้นที่ที่เกิด (ตร. กม.)	จำนวนเสียชีวิต (คน)	พื้นที่ปกครอง
1-L	-ความรุนแรงระดับน้อยมาก -มีรอยถล่มน้อยกว่า 5 แห่ง	-น้อยกว่า 5	-	- 1 อำเภอ
1	-ความรุนแรงระดับน้อย -มีรอยถล่มน้อยกว่า 5-50 แห่ง	- อยู่ในช่วง 5-30	อยู่ในช่วง 1-5	- 1 อำเภอ
2	-ความรุนแรงระดับปานกลาง -มีรอยถล่มน้อยกว่า 5-50 แห่ง	- อยู่ในช่วง 30-100	อยู่ในช่วง 5-35	- มากกว่า 1 อำเภอ
3	-ความรุนแรงระดับมาก -มีรอยถล่มน้อยกว่า 5-50 แห่ง	- อยู่ในช่วงมากกว่า 100	อยู่ในช่วงมากกว่า 35	-มากกว่า 1 จังหวัด

ที่มา: บุญชัย เชิญประดับ และ วรากร ไม้เรียง (2545)

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การแบ่งระดับความเสี่ยงภัยแผ่นดินถล่มจำแนกตามปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่

ระดับความรุนแรง	ลักษณะทั่วไป	พื้นที่ที่เกิด (ตร.กม.)	จำนวนเสียชีวิต (คน)	พื้นที่ปกครอง
พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่ม 1	-ดินมีโอกาสถล่มเมื่อมีปริมาณน้ำฝน 100 mm/ day -หน้าดินขาดรากไม้ ยึดเหนี่ยวความลาดเอียงน้อยกว่า 30 องศา	-	-	-
พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่ม 2	-ดินมีโอกาสถล่มเมื่อมีปริมาณน้ำฝน 200 mm/ day -หน้าดินขาดรากไม้ ยึดเหนี่ยวความลาดเอียงน้อยกว่า 30 องศา	-	-	-
พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่ม 3	-ดินมีโอกาสถล่มเมื่อมีปริมาณน้ำฝน 300 mm/ day -หน้าดินขาดรากไม้ ยึดเหนี่ยวความลาดเอียงน้อยกว่า 30 องศา	-	-	-

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี, 2545

ความแข็งแรงของดินและหินที่จะใช้ในการวิเคราะห์ความมั่นคง

การเลือกใช้คุณสมบัติความแข็งแรงของชั้นดิน และหิน ในการวิเคราะห์ความมั่นคงเป็นสิ่งสับสนและมักก่อให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์อยู่เสมอ เนื่องจากวัสดุทางธรณี (ดินและหิน) มีหลักการระบุความแข็งแรงและลักษณะการวิเคราะห์สามารถจัดแบ่งได้ 2 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์โดยงานของหน่วยแรง (Total stress analysis) และการวิเคราะห์ด้วยประสิทธิผลของการวัดหน่วยแรง (Effective stress analysis) ทั้งนี้เกิดจากดินที่มีความชื้นภายในดินสูง ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงมวลดินด้วยหน่วยแรงที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เนื่องจากดินหรือหินมักจะมีน้ำหรืออากาศอยู่ในมวลดิน ดังนั้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงขึ้นในมวลดินก็อาจจะทำให้การเพิ่มหรือลดแรงดันน้ำในมวลดินเกิดขึ้นได้ ซึ่งมีผลต่อกำลังของมวลดินตามสมการของ Mohr - Coulomb ด้วย

$$\tau = C + (\sigma - u) \tan \phi \quad (22)$$

เมื่อ τ = ความแข็งแรงหรือกำลังรับแรงเฉือนของดินประสิทธิผล

c = ความเหนียว หรือแรงยึดเกาะของมวลดินประสิทธิผล

σ = หน่วยแรงรวมที่กระทำตั้งฉากกับผิวเคลื่อน

u = ความดันน้ำ ณ จุดที่กำลังพิจารณา

ϕ = มุมเสียดทานภายในประสิทธิผล

ดังนั้นจำเป็นต้องทำความเข้าใจระหว่างหลักการของหน่วยแรงประสิทธิผลและหน่วยแรงรวมเสียก่อนทางปฐพีกลศาสตร์ ถ้าการเปลี่ยนแปลงหน่วยแรงในลักษณะมวลของเม็ดดิน ที่เกิดขึ้นแล้วมีแรงดันของน้ำระหว่างเม็ดดิน (pore pressure, u) ทำให้ไม่สามารถประเมินค่าหรือทำนายความดันของน้ำได้อย่างแม่นยำ ซึ่งสามารถแยกหน่วยของแรงให้เกิดความดันน้ำระหว่างเม็ดดินคงเหลือเฉพาะหน่วยแรงที่ผ่านไปยังเม็ดดินเท่านั้น ซึ่งเราเรียกว่า ประสิทธิผลของหน่วยแรง (effective stress, σ) เนื่องด้วยมีแรงน้ำมีแรงดันในมวลดินไม่ก่อให้เกิดแรงใดๆ เนื่องด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมุมของน้ำเป็นศูนย์ เพราะฉะนั้นจึงมีการสร้างประสิทธิผลของหน่วยแรงเท่านั้นที่ทำให้เกิดพลังหรือหน่วยต้านแรงได้ ซึ่งในทางปฏิบัติบ่อยครั้งซึ่งทำได้ยากที่จะคำนวณหรือทำนายค่าความดันของน้ำ (u) ให้แม่นยำ ซึ่งบางครั้งอาจไม่สามารถความดันของน้ำในเม็ดดิน ซึ่งสามารถรวมเข้ากันเป็นกำลังของแรงดันน้ำได้โดย เรียกว่า หน่วยแรงรวม (Total stress, σ) โดยจะต้องคำนวณการวิเคราะห์มวลของดินที่มีน้ำแทรกอยู่ในดิน โดยพิจารณาอัตราการบรรทุกน้ำหนักและสภาพอื่นๆ ให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันกับสภาพจริง โดยคาดว่าแรงดันน้ำที่จะต้องเกิดขึ้นในตัวอย่างดินโดยพิจารณาค่ากำลังทดสอบใกล้เคียงกับสภาพเกิดขึ้นในพื้นที่จริง โดยไปประสิทธิผลของหน่วยแรงไปโดยทันที

1. สภาวะต่างๆ ของความแข็งแรงของดิน

การเลือกใช้ค่าความแข็งแรงของดินในการวิเคราะห์ความมั่นคง จึงมีความสำคัญอย่างมากที่จะต้องทราบปัจจัย ดังต่อไปนี้คือ ช่วงเวลาการบรรทุกน้ำหนัก หรือเกิดการเพิ่มหน่วยแรงในมวลดิน ความ

อิมตัว และสภาพความดันน้ำสำหรับดินเหนียวอิมตัว (อยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดิน) และสภาพการบรรทุกน้ำหนัก เกิดขึ้นรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบการระบายน้ำออกจากมวลดิน เราอาจถือว่าแรงภายนอกทำให้เกิดความดันน้ำทั้งหมด และให้ถือว่ามุมเสียดทานภายในเป็นศูนย์ได้ ซึ่งเรียกว่า " $\phi = 0$ condition" และเป็นกรณีพิเศษที่ความแข็งแรงของมวลดิน = S_u หรือ "Untrained Shear Strength" การวิเคราะห์ที่ใช้ข้อมูลดินในลักษณะนี้จะเรียกว่า "Su-Analysis" ดังนั้นค่าความแข็งแรงของมวลดินที่ใช้ในการวิเคราะห์ความมั่นคง โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือคือ

1) " S_u " หรือ untrained shear strength สำหรับกรณีดินเหนียวอิมตัวและมีการก่อสร้างโดยเร็ว ($\phi = 0$)

2) " c_u, ϕ_u " หรือ total strength สำหรับดินชั้นไม่อิมตัว และไม่ทราบความดันน้ำชัดเจน เช่น ดินบดอัดในขณะก่อสร้างเขื่อน หรือคันดิน

3) " $\bar{c}, \bar{\phi}$ " หรือ effective strength สำหรับดินอิมตัว และสามารถทราบความดันน้ำชัดเจน เช่น ก่อสร้างเสร็จนานแล้วกำลังใช้งาน และมีความดันน้ำเข้าสู่สภาพสมดุลหรือมีน้ำไหลผ่านคงที่

2. การจำลองลักษณะรากพืชเพื่อการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน

แนวทางปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดินด้วยวิธีทางชีวภาพโดยการเสริมกำลังด้วยรากพืช เป็นวิธีที่ใช้เทคโนโลยีพื้นฐานในการก่อสร้าง ราคาต่ำก่อสร้างถูก และยังเป็น การปรับปรุงสภาพแวดล้อมอีกด้วย บทความนี้เป็น การนำเสนอวิธีการจำลองลักษณะของรากพืช เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินเป็นหลัก โดยแบ่งออกเป็น การจำลองลักษณะการแผ่ขยายของรากพืช และการจำลองการกระจายตำแหน่งของรากพืชบนลาดดิน

การจำลองลักษณะการแผ่ขยายของรากพืช จำลองโดยการแทนที่ดินประสานกับรากพืชด้วยทรงกระบอกที่มีความหนาค่าหนึ่งวางเรียงซ้อนกัน โดยเปลี่ยนแปลงค่ารัศมีให้มีค่าใกล้เคียงกับการแผ่ขยายของรากพืชจริง ส่วนการจำลองการกระจายตำแหน่งของรากพืช จำลองโดยแบ่งพื้นที่เป้าหมายออกเป็นช่องๆ พร้อมกับหาค่ากำลังเฉลี่ยในแต่ละช่อง แล้วนำไปวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดการพิบัติมากที่สุด เพื่อจำลองลักษณะชั้นดินและวิเคราะห์เสถียรภาพต่อไป การแผ่ขยายของรากพืชในดินมีส่วนช่วยทำให้กำลังของดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากการประสาน (Root Reinforcement) การยึดเกาะ (Root Anchorage) ระหว่างรากพืชกับดิน นอกจากนั้นผลจากการดูดน้ำของพืชยังช่วยลดแรงดันน้ำภายในดินอีกด้วย ดังนั้นในการประเมินความปลอดภัยของลาดดินทั้งในสภาพป่าธรรมชาติและลาดดินที่ก่อสร้างหรือตัดแปลงแก้ไขโดยมนุษย์จึงควรคำนึงถึงการเสริมกำลังของรากพืชด้วย เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของการประเมินนั้นๆ รูปแบบการแผ่ขยายของรากพืชที่แตกต่างกันย่อมมีผลต่อการเสริมกำลังของดินที่แตกต่างกันด้วยโดยการจำลองนี้เป็นการเลียนแบบลักษณะการแผ่ขยายของรากพืช โดยมีสมมติฐาน คือ

- 1) รากพืชประสานกับดินอย่างสม่ำเสมอ ทุกความลึก
- 2) รัศมีการแผ่ขยายของรากเป็นวงกลมออกจากศูนย์กลางลำต้น
- 3) การเปลี่ยนแปลงกำลังของดินที่เสริมด้วยรากพืชจะมีผลกับค่า Cohesion เท่านั้น
- 4) ลักษณะการพิบัติของลาดดินหลังการจำลองรากพืช จะเป็นแบบ Shallow – Seated Instability และ Deep – Seated Instability ไม่คำนึงถึง Surface Erosion

ระบบรากพืชแบบต่างๆ

Wang (1994) ระบบของรากพืชแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ Tap Root System และ Fibrous System ดังภาพที่ 2.8 โดย Tap Root System จะเป็นระบบรากที่พบในไม้ยืนต้นทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ รากแก้ว (Tap roots) ซึ่งเป็นศูนย์กลางที่ก่อให้เกิดการประสานของดินชั้นล่าง (ศูนย์วิจัยป่าไม้ ร่วมกับสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2537) รากแขนง (Lateral roots) เป็นรากที่แผ่ออกจากศูนย์กลางลำต้น ก่อให้เกิดการประสานของดินชั้นบนโดยปกติรากแขนงจะมีมากที่สุดที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตรจากผิวดิน รากฝอย (Sinker roots) เป็นส่วนของรากที่แผ่ขยายจากรากแก้ว หรือ รากแขนง Gray and Sotir (1996) แบ่งรูปแบบหรือลักษณะการแผ่ขยายของรากพืชออกเป็น 3 แบบ คือ Taproot , Heart root และ Plate root ดังภาพที่ 2.8 นอกจากนี้ก็ยังพบว่าลักษณะของรากที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก



Tab Root System

Taproot

ภาพที่ 2.8 ระบบรากพืชแบบ Tap Root System and Fibrous System (Wang 1994) และรูปแบบการแผ่ขยายของรากพืช
ที่มา: (Stagekis, et.al. 2011)

1. ทฤษฎีรูปแบบการจำลองรากพืชเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับดิน

ทฤษฎีรูปแบบการจำลองรากพืชเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับดิน โดยสามารถจำลองรากพืชให้มีความยืดหยุ่นเพื่อวิเคราะห์แรงเฉือนของรากในระยะของชั้นดินในลักษณะแนวตั้งกับพื้นดินกับกระบวนการเกิดแรงเฉือน ดังรูปที่ 2.9 กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่เพิ่มขึ้นด้วยราก หาได้จากสมการที่ 23, 24 และ 25

$$SR = S + \Delta SR \quad (23)$$

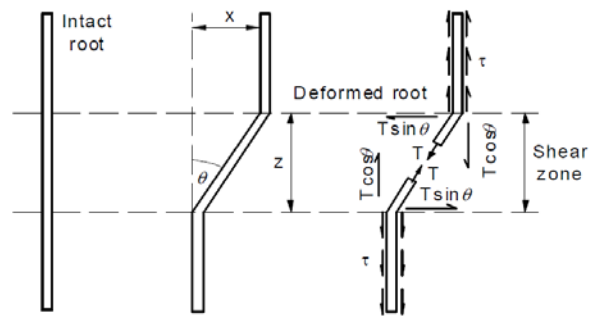
$$t_R = T_R \left(\frac{A_R}{A} \right) \quad (24)$$

$$\Delta S_R = t_R (\sin \theta + \cos \theta \tan \phi) \quad (25)$$

เมื่อ SR = กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่มีการเสริมด้วยราก

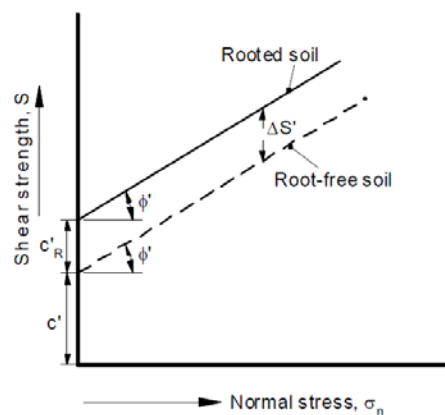
S = กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่ไม่มีการเสริมด้วยราก

- ΔS_R = กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่เพิ่มขึ้นด้วยการเสริมราก
 t_R = กำลังรับแรงดึงเฉลี่ยของรากต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่
 T_R = กำลังรับแรงดึงของราก
 A_R = พื้นที่หน้าตัดของรากที่อยู่ในพื้นที่หน้าตัดดิน
 A = พื้นที่หน้าตัดของดิน
 θ = มุมของแรงเฉือนที่บิดไปของราก หรือเท่ากับ $\tan^{-1}(x/z)$



ภาพที่ 2.9 รูปแบบการจำลองรากพืชเพื่อเสริมกำลังให้แก่ดินในแนวระนาบ
 ที่มา: Wu, et. al. (2010)

การเปลี่ยนแปลงของกำลังดินโดยรากพืชที่เสริมกำลังให้กับดินจะแปรผันกับปัจจัย 6 อย่างคือ ความหนาแน่น, กำลังรับแรงดึง, Tensile Modulus, อัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง, ความขรุขระของพื้นผิว และการวางตัวของรากพืช โดยทั่วไปค่ากำลังของดินที่มีการเสริมด้วยรากพืชสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.10 ซึ่ง C'_R เป็นค่าแรงยึดเหนี่ยวที่เพิ่มขึ้น และโดยทั่วไป ϕ มีค่าเท่ากับดินที่ไม่มีการเสริมด้วยรากพืช



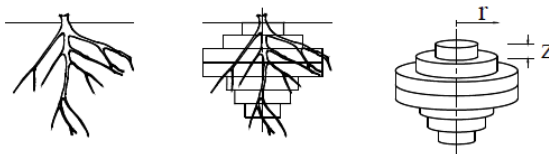
ภาพที่ 2.10 กำลังของดินที่มีการเสริมด้วยรากพืช
 ที่มา: (Verhoeven, G., 2011)

2. การจำลองลักษณะการแผ่ขยายของรากพืช

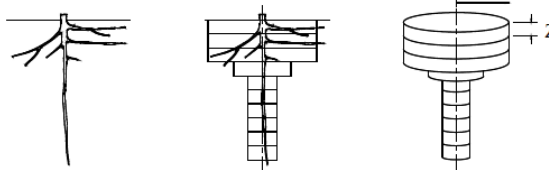
รูปแบบรากพืชในการแผ่ขยายในทิศทางต่างๆ ซึ่งการจำลองทำ โดยแทนดินที่ประสานกับรากพืช ด้วยทรงกระบอกที่มีความหนา z และรัศมี r วางเรียงซ้อนกันจากบนลงล่าง ค่ารัศมีจะเปลี่ยนแปลงตามความลึกเพื่อให้การจำลองใกล้เคียงกับลักษณะการแผ่ขยายจริงของรากพืช ดังภาพที่ 2.11



(ก) รากส่วนใหญ่แผ่ขยายในแนวระดับ



(จ) รากส่วนใหญ่แผ่ขยายในแนวเฉียง



(ค) รากแผ่ขยายในแนวราบและมีรากแก้ว

ภาพที่ 2.11 การใช้ทรงกระบอกจำลองการแผ่ขยายของรากพืชโดยทั่วไป

ที่มา: (Hejeman, M., et.al. (2010)

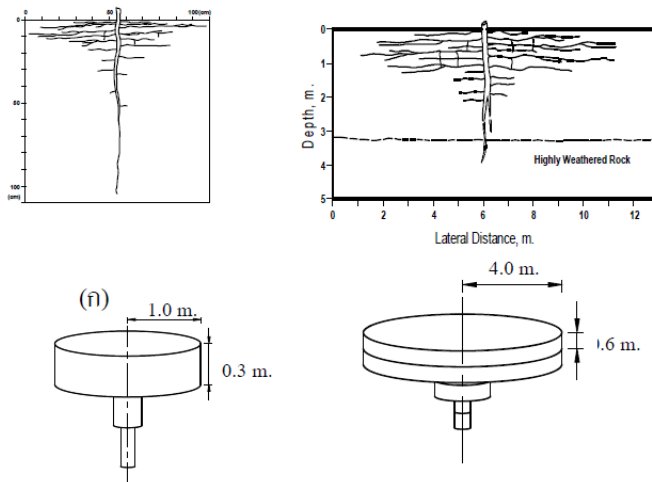
เมื่อ

r = รัศมีการแผ่ขยายของรากพืชจากศูนย์กลางลำต้น มีค่าเปลี่ยนแปลงตามความลึก

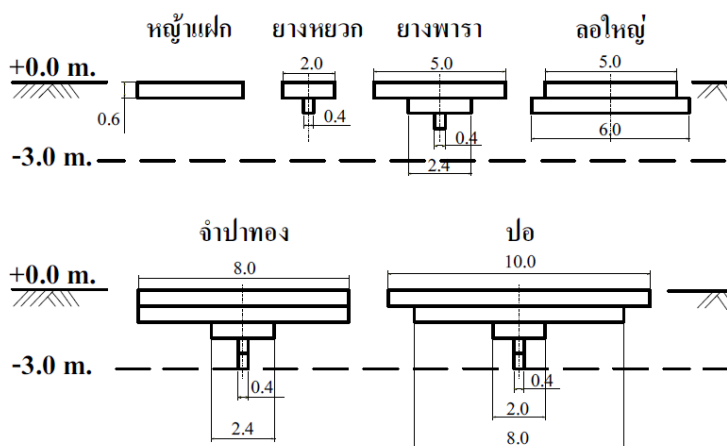
z = ความหนาของดินที่ประสานกับรากพืชในช่วงการแผ่ขยายของรากพืชที่มีรัศมีใกล้เคียงกัน จำลองโดยแท่งทรงกระบอก มีค่าอยู่ในช่วง 0.3 ถึง 1.0 เมตร ขึ้นอยู่กับลักษณะชั้นดินและชนิดของพืช

3. ตัวอย่างการจำลองรากพืช

การศึกษาหาชนิดของต้นไม้ที่เหมาะสมกับเสถียรภาพความลาดของพื้นที่ภูเขา โดยตัวอย่างการแผ่ขยายของรากพืช แสดงดังภาพที่ 2.12 ซึ่งเป็นรากของ ต้นยาง หยวก (*Dipterocarpus alatus*) และต้นจำปาทอง (*Languid kurzii*) สำหรับการจำลองรากพืชโดยใช้แท่งทรงกระบอกของพืชชนิดอื่น แสดงดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 รากต้นยางหยวก, ต้นจำปาทองและการจำลองโดยใช้แท่งทรงกระบอก
ที่มา: Nilaweera (1994)



ภาพที่ 2.13 รากต้นยางหยวก, ต้นจำปาทอง, ยางพารา, ล่อใหญ่, หญ้าแฝก และปอและการจำลองโดยใช้แท่งทรงกระบอก
ที่มา: Nilaweera (1994)

ในสภาพแวดล้อมของป่าจะมีการกระจายของพรรณไม้ในหลากหลายรูปแบบไม่สามารถกำหนดได้อย่างชัดเจนรวมถึงมีการซับซ้อน ดังนั้นการวิเคราะห์รูปแบบและลักษณะของการพิบัติที่เกิดขึ้นกับลาดดิน ดังนั้นการวิเคราะห์การพิบัติของลาดดินจึงต้องหาแนวทางการกระจายตำแหน่งของรากพืชที่เป็นตัวแทนการพิบัติ (แนวที่มีโอกาสให้ค่าอัตราส่วนปลอดภัยต่ำสุด) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ที่ถูกต้องสำหรับขั้นตอนการจำลองการกระจายตำแหน่งของรากพืชทำได้ดังนี้

1) กำหนดขนาดพื้นที่เป้าหมาย (กว้าง x ยาว) ดังภาพที่ 1) พื้นที่นั้นจะมีความหลากหลายของพรรณพืชรวมถึง การกระจายตัวของพรรณพืชนั้น รวมไปถึงลักษณะของชั้นดินและความชื้นในพื้นที่

2) แบ่งดินออกเป็นชั้นๆ ให้ความหนาแต่ละชั้นเท่ากับ z (หนาเท่ากับความหนาของแท่งทรงกระบอก) พร้อมทั้งระบุตำแหน่ง รัศมีการแผ่ขยายของรากพืช และกำลังของดินประสานรากพืช ในแต่ละชั้นของความลึกบนพื้นที่เป้าหมาย

3) แบ่งพื้นที่เป้าหมายออกเป็นช่อง (Grid) ตามแนวตั้งและแนวนอน โดยความกว้างของช่องควรมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 5.0 เมตร เนื่องจากขนาดที่เล็กกว่า 1.0 เมตร การเก็บข้อมูลในสนามจะทำได้ยาก แต่ถ้าขนาดใหญ่กว่า 5.0 เมตร ผลที่ได้จากการจำลองจะขาดความแม่นยำ ทั้งนี้ขนาดช่องอาจปรับเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ที่ศึกษา ชนิด และการกระจายตำแหน่งของพืชพันธุ์ สำหรับการหาค่า c_{avg} ของแต่ละช่องโดยสมการที่ 26

$$C_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{A_T}$$

เมื่อ C_{avg} = Cohesion เฉลี่ยของดินแต่ละช่อง

C_i = Cohesion ของดินหรือดินประสานรากพืช

A_i = พื้นที่ในขอบเขตของรากพืชหรือดินเดิม

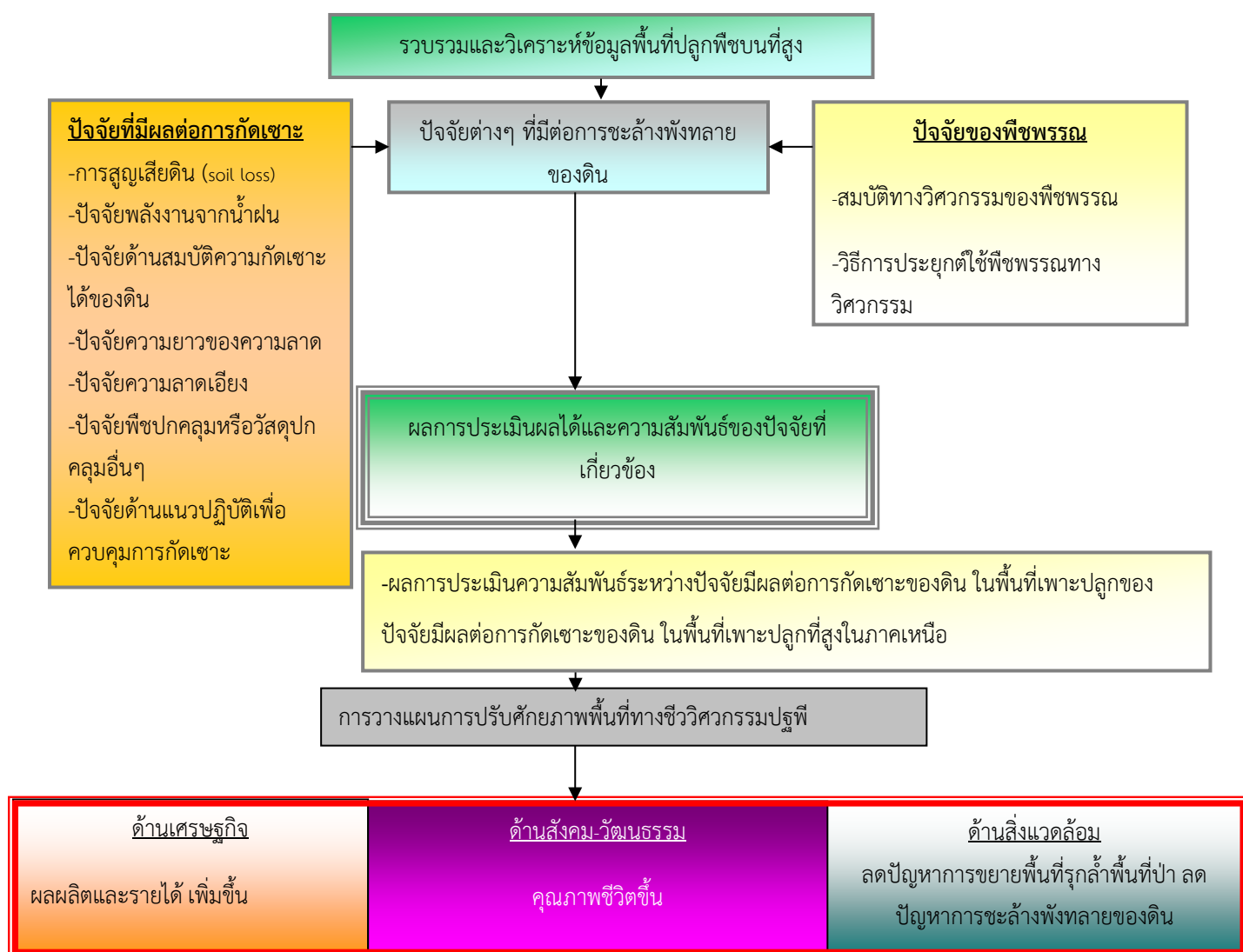
A_T = พื้นที่ของช่องสี่เหลี่ยมใดๆ

ซึ่งจากการรวบรวมทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น สามารถนำไปสู่ความคิดรวบยอดในการศึกษาครั้งนี้ว่า พื้นที่ของประเทศไทยในภาคเหนืออันมีส่วนใหญ่มีพื้นที่สูงชันและมีการทำกิจกรรมการเกษตร โดยเฉพาะการปลูกพืชอายุสั้น รากตื้น อาทิ ข้าวโพดและถั่วเหลืองทำให้เกิดปัญหาเวลาเข้าสู่ฤดูฝน ซึ่งน้ำฝนจะทำให้เกิดดินเกิดการชะล้างพังทลายและดินถล่มในพื้นที่ดังกล่าวได้ โดยมีปัจจัยส่งเสริมหลายๆ ปัจจัยที่ อาทิ เสถียรภาพลาดดินต่ำ ความสูงชันเกิน 10 องศา การยึดเกาะของเนื้อดิน พืชพรรณที่ปลูกในพื้นที่ เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายและดินถล่มทั้งสิ้น การแก้ปัญหาต้องอาศัยหลักการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดิน เพื่อหาอัตราความปลอดภัย (Safety Factor) ในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดดินในครั้งนี้จะใช้เทคนิค Simplified Bishop ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความแม่นยำและสามารถปรับแต่งค่าให้ถูกต้องได้ง่าย ซึ่ง Pual, L. W. ได้นำเสนอในปี ค.ศ. 2012 และศึกษาร่วมกับการศึกษารูปแบบการใช้ที่ดินและลักษณะของรากพืช รูปแบบการแผ่ขยายของพืชพรรณที่ใช้ทดลองทั้ง กระจดิน และหญ้าแฝก เพื่อนำข้อมูลในภาคสนามมาช่วยพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพลาดดินกับพืชพรรณทดลองที่จะนำมาใช้ช่วยสร้างเสถียรภาพลาดดินในพื้นที่บนเกษตรพื้นที่สูงในพื้นที่อื่นๆ ได้

สมมติฐานการวิจัย

การศึกษาความสัมพันธ์และปัจจัยปัจจัยที่มีผลต่อการกัดเซาะของดิน ในพื้นที่เพาะปลูกที่สูงในภาคเหนือ โดยการนำข้อมูลพืชพรรณที่ได้ในพื้นที่มาวิเคราะห์ทางวิศวกรรม เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนเพื่อศักยภาพให้กับพื้นที่ปลูกพืชบนที่สูง ซึ่งจะทำให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้นโดยใช้พื้นที่ขนาดเท่าเดิม ทำให้เกิดรายได้และคุณภาพชีวิตของเกษตรกรผู้ปลูกพืชบนที่สูงดีขึ้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2.14 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เลิศ เอื้อทวีพล (2538) ได้ศึกษาความเสี่ยงของการเกิดแผ่นดินถล่มในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ระยะไกล โดยพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ ความชัน รูปแบบการใช้ที่ดินในพื้นที่ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ดินและหินในพื้นที่ เพื่อนำเข้าข้อมูลมาวิเคราะห์โดยสมการถดถอยเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการเกิดแผ่นดินถล่ม

สรารุช นาแรมงาม (2539) ได้ศึกษาปัจจัยค่าความชันร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชถึงความเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ จำนวน 238.44 ตารางกิโลเมตร ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า พื้นที่จำนวน 14.75 ตารางกิโลเมตรมีโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินถล่มร้อยละ 6.19 ซึ่งปัจจัยที่น่าพิจารณาคือ ความชันของพื้นที่ที่มีความชันสูงกว่า 35 องศาและมีรูปแบบการใช้ประโยชน์ โดยพืชเชิงเดี่ยว โดยเฉพาะยางพาราที่นิยมปลูก รุกกล้าบนพื้นที่สูงชัน

หทัยทิพย์ ทศนภักดี (2544) ทำการประเมินความสามารถในการเกิดแผ่นดินถล่มบริเวณที่มีสิ่งก่อสร้างจำพวก โรงแรม รีสอร์ทในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต ซึ่งจะทำให้บริเวณดังกล่าวนี้มีความเสี่ยงสูงในการเกิดแผ่นดินถล่ม

นงลักษณ์ ไทโรเจียมอารีย์ (2546) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินถล่มในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงในพื้นที่ลุ่มน้ำก้อ อำเภอลำลูกเกด จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยจากการศึกษา พบว่า เมื่อมีระดับน้ำในดินสูงมากขึ้นจะส่งผลโดยตรงต่อกำลังรับแรงเฉือนของดิน ด้วยเหตุผลที่ว่าระดับน้ำในดินจะทำให้แรงตึงผิวของอากาศในดินลดลง ทำให้แรงยึดเหนี่ยวของดินลดลงไปด้วย รวมไปถึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำจะทำให้แรงเสียดทานระหว่างเม็ดดินระหว่างชั้นดินมีค่าลดลงไปด้วย

สุเทพ จันทร์เขียว (2546) ได้ทำการศึกษาศักยภาพของความเสี่ยงการเกิดภัยพิบัติแผ่นดินถล่มของสิ่งก่อสร้างต่างๆ อาทิเช่น ชุมชน รีสอร์ท ฯลฯ ว่ามีผลต่อการเกิดแผ่นดินถล่มน้อยอย่างไร โดยพิจารณาปัจจัยร่วมระหว่าง เช่น แบบสารสนเทศและแบบจำลองประสาทเทียม โดยป้อนข้อมูลลงไปเป็นรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะภูมิประเทศ สัมฐานของพื้นที่ ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ปัจจัยทางอุทกวิทยา โดยพบว่า มีโอกาสเสี่ยงสูงที่จะเกิดแผ่นดินถล่ม จากการจัดตั้งชุมชน รีสอร์ทและสิ่งก่อสร้างต่างพื้นที่นั้น

กอบกิจ ไกรนารา (2549) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล ดำเนินการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดอุทกภัย บริเวณลุ่มน้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี โดยการกำหนดค่าน้ำหนักและความสามารถของปัจจัยแต่ละปัจจัย และระดับปัจจัยต่างๆ คือ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดพืชปกคลุมดิน ปริมาณน้ำ ฝนเฉลี่ยรายปี ความสูงจากระดับน้ำทะเล สภาพหน้าที่ในการดำเนินงานและด้านการประสานงานระหว่างองค์กร และแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงาน คือ ภาควิชาชุมชนควรมีการรวมกลุ่มและการจัดการองค์กรชุมชน เป็นหัวใจของกระบวนการจัดการความเสี่ยงจากภัยพิบัติโดยมีชุมชนเป็นฐาน ตั้งแต่ช่วงต้นของการฟื้นฟูชุมชน ส่วนภาครัฐและองค์กรพัฒนาเอกชนควรประสานการดำเนินงานร่วมกัน โดยด้านการมีส่วนร่วมนั้น องค์กรพัฒนาเอกชนสามารถช่วยทำงานเชิงลึกวางรากฐานการจัดการตนเองให้กับชุมชนได้ ส่วนภาครัฐควรสนับสนุนการสานต่อการดำเนินงานระยะยาวควบคู่ไปกับการให้ความรู้และสร้างความเข้าใจในสิทธิหน้าที่ในการดำเนินงานที่ถูกต้องแก่ชุมชน