

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงาน
โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
(สำนักงาน กปร.)

แนวทางการป้องกันและแก้ไข
ปัญหาดินถล่ม
ตามแนวพระราชดำริ

หญ้าแฝก

มาตรการทางวิศวกรรม

ฟื้นฟูป่าต้นน้ำ

ระบบเตือนภัย



สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงาน
โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.)

เอกสารวิชาการ

แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ

พ.ศ. 2569

พระราชดำริ

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ โรงพยาบาลศิริราช
เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม พุทธศักราช 2554

ด้วยพระราชหฤทัยห่วงใยในพสกนิกรที่ต้องเผชิญภัยพิบัติทางธรรมชาติ โดยเฉพาะปัญหาดินโคลนถล่มซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินอย่างใหญ่หลวง พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานพระบรมราชวโรกาสให้คณะบุคคลเข้าเฝ้าทูลละอองธุลีพระบาท ณ โรงพยาบาลศิริราช ในโอกาสดังกล่าว ทรงมีพระราชดำรัสแสดงความห่วงใยเกี่ยวกับปัญหาดินถล่มที่ส่งผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สิน และทรัพยากรธรรมชาติในหลายพื้นที่ของประเทศไทย

ทรงมีพระราชดำรัสตอนหนึ่งว่า ควรใช้ความระมัดระวังในการดำเนินงาน เพราะแม้กระทั่งหญ้าแฝกซึ่งตามหลักจะป้องกันดินพังทลาย ก็อาจจะเป็นตัวการให้ดินถล่มได้ เพราะรากเจาะลึกทำให้ดินแตกแยก และนำน้ำลงไปอาจจะเป็นเหตุให้ดินพังทลายเสียเอง ตลอดจนการปลูกต้นไม้โตเร็วซึ่งส่วนมากไม่มีรากแก้ว ก็จะไม่ยึดดินไว้ได้ ฉะนั้น ควรศึกษาอย่างรอบคอบว่าโครงสร้างดินลักษณะใด ควรจะดำเนินการอย่างไร ปลูกพืชชนิดไหน จะได้แก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพได้

นอกจากนี้ ทรงกังวลต่อการใช้พื้นที่เพาะปลูกในปัจจุบันที่ขยายขึ้นไปบนพื้นที่ลาดชันและรุกล้ำเข้าไปในป่า โดยเมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้น จึงมีความต้องการพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มเติม แต่ที่ดินในพื้นที่ราบมีเจ้าของหมดหากเข้าไปเพาะปลูกใช้ประโยชน์ก็เป็นการบุกรุกผิดกฎหมาย ยิ่งขับไล่ ก็ยิ่งรุกขึ้นไปบนเขา เข้าไปในป่ามากขึ้น จึงเห็นพื้นที่ปลูกยาง ปลูกปาล์ม ปลูกไม้โตเร็วต่างๆ เพิ่มขึ้นมากทั้งภาคอีสาน ภาคเหนือ พื้นที่ดินถล่มก็เพิ่มขึ้นตามมา ดินถล่มสร้างความเสียหายอย่างมาก กว่าจะฟื้นหน้าดินมาใช้เพาะปลูกอีกก็ใช้เวลาหลายปี

ทรงมีพระราชดำรัสว่าหากจะแก้ไขปัญหาเหล่านี้ที่ต้นเหตุ คือ การปรับที่ดินทำกินที่อยู่อาศัยอย่างเหมาะสม ถูกต้อง วิจัยทดลองให้ได้คำตอบว่าจะปลูกพืชอย่างไร ให้มีรากแก้วลึก สลับกับแฝกหรือพืชอื่นที่เหมาะสมตามสภาพ...และหากพื้นที่ชันมากจะต้องเสริมโครงสร้างเข้าไปอย่างไร หากจะสร้างถนนในพื้นที่เสี่ยงภัยเหล่านี้จะต้องสร้างอย่างไรไม่ให้น้ำกัดเซาะแล้วพังทลายเป็นอันตรายกับคน เหล่านี้ล้วนแต่เป็นปัญหาโจทย์ ควรส่งเสริมหรือทำวิจัยให้ได้แนวทางการจัดการปัญหาให้ได้ แล้วเผยแพร่ให้เป็นประโยชน์

จากพระราชดำรัสในครั้งนั้น สะท้อนให้เห็นถึงพระปรีชาสามารถในการวิเคราะห์ถึงต้นตอของปัญหาดินถล่ม เอกสารฉบับนี้จึงได้รวบรวมและเรียบเรียงแนวพระราชดำริดังกล่าว เพื่อเป็นองค์ความรู้และแนวทางปฏิบัติสำหรับการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและประชาชนทั่วไปได้น้อมนำไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดสืบไป

คำนิยม

ภัยพิบัติดินถล่มนับเป็นหนึ่งในปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีความซับซ้อนเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระบบนิเวศในพื้นที่ต้นน้ำ และวิถีชีวิตของประชาชนในพื้นที่ลาดชัน การแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงไม่อาจอาศัยมาตรการทางวิศวกรรมหรือเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว หากแต่ต้องอาศัยความเข้าใจในธรรมชาติ การฟื้นฟูสมดุลของระบบนิเวศ และการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่

แนวพระราชดำริด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ เป็นหลักคิดสำคัญที่สะท้อนให้เห็นถึงพระราชวิสัยทัศน์อันลึกซึ้งในการแก้ไขปัญหาดินถล่มอย่างเป็นระบบ เริ่มตั้งแต่การฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำ การใช้พืชคลุมดินและหญ้าแฝก การจัดการลุ่มน้ำ ไปจนถึงการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนให้สามารถอยู่ร่วมกับธรรมชาติได้อย่างเกื้อกูลและยั่งยืน และมีพระราชกระแสรับสั่งให้ทำการศึกษาเรื่องนี้อย่างจริงจัง

เอกสารวิชาการ “แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ” ฉบับนี้ เป็นการรวบรวม สังเคราะห์ และถ่ายทอดองค์ความรู้จากการศึกษาวิจัยและประสบการณ์เชิงปฏิบัติในพื้นที่จริง โดยผ่านกระบวนการกลั่นกรองทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิหลากหลายสาขา จึงถือเป็นแหล่งข้อมูลที่มีความถูกต้อง เชื่อถือได้ และมีคุณค่าในเชิงวิชาการ ซึ่งต้องขอขอบคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และสถาบันการศึกษาที่ร่วมมือกันทำงานจนสามารถสรุปผลออกมาได้

เอกสารฉบับนี้มิได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเพียงข้อสรุปของการดำเนินงานที่ผ่านมา หากแต่มีบทบาทสำคัญในฐานะ “องค์ความรู้ตั้งต้น” สำหรับการศึกษา วิจัย และการต่อยอดแนวทางการจัดการปัญหาดินถล่มในบริบทพื้นที่อื่นต่อไป อันจะนำไปสู่การพัฒนาองค์ความรู้และการแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน ตามแนวพระราชดำริสืบไป

ดร.สุเมธ ตันติเวชกุล

กรรมการและที่ปรึกษาพิเศษอาวุโสมูลนิธิชัยพัฒนา

คำนิยม

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) ให้ความสำคัญอย่างยิ่งต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยน้อมนำแนวพระราชดำริมาศึกษา วิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ในการพัฒนาอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างการใช้ประโยชน์และการรักษาทรัพยากร อันนำไปสู่ความมั่นคงและความยั่งยืนของประเทศ

จากสถานการณ์ภัยพิบัติดินโคลนถล่มที่เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงรายและ จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อปี 2567 ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นวงกว้าง ดร.สุเมธ ตันติเวชกุล กรรมการและที่ปรึกษาพิเศษอาวุโสมูลนิธิชัยพัฒนา และอดีตเลขาธิการ กปร. ได้ตระหนักและมีความห่วงใยต่อสถานการณ์ดังกล่าว จึงได้ขอให้สำนักงาน กปร. ดำเนินการรวบรวม ศึกษา และสังเคราะห์ข้อมูลพระราชดำริ รวมถึงองค์ความรู้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ และสามารถเผยแพร่ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และสาธารณชนได้นำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

เอกสารวิชาการ “แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ” ฉบับนี้ เป็นผลจากความร่วมมือระหว่างสำนักงาน กปร. และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเป็นการบูรณาการองค์ความรู้ทั้งในเชิงวิชาการและประสบการณ์เชิงปฏิบัติ ครอบคลุมมิติด้านวิศวกรรม สิ่งแวดล้อม ภูมิสังคม และการใช้หญ้าแฝกพืชมหัศจรรย์มาปรับใช้อย่างเหมาะสม ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในพื้นที่เสี่ยงภัย และเป็นประโยชน์ต่อการวางแผน กำหนดนโยบาย และการพัฒนาในพื้นที่เสี่ยงภัยต่อไป

ในโอกาสนี้ สำนักงาน กปร. ขอขอบคุณ ดร.สุเมธ ตันติเวชกุล ดร.ส่งเกียรติ ทานสัมฤทธิ์ อดีตผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะกรรมการและคณะอนุกรรมการโครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตลอดจนคณะทำงานจัดทำเอกสารวิชาการทุกท่านที่ได้ร่วมกันขับเคลื่อนและสนับสนุนผลงานทางวิชาการในทุกขบวนการ จนทำให้การจัดทำเอกสารวิชาการฯ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สำนักงาน กปร. หวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารวิชาการฯ ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการ และประชาชน ในการนำไปใช้เป็นแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่ม อันจะนำไปสู่การเสริมสร้างความมั่นคงด้านทรัพยากรธรรมชาติ และความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนอย่างยั่งยืนสืบไป

นางสุพร ตรีนรินทร์

เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

คำนำ

โครงการจัดทำเอกสารวิชาการ “แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ” ดำเนินการภายใต้สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและเรียบเรียงข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับภัยดินถล่มให้เป็นระบบ พร้อมเชื่อมโยงสู่แนวคิดการจัดการและการแก้ไขปัญหาที่สอดคล้องกับแนวพระราชดำริ เพื่อใช้เป็นเอกสารประกอบการศึกษา อ้างอิง และการนำไปประยุกต์ใช้ในระดับพื้นที่

เอกสารฉบับนี้ครอบคลุมเนื้อหาตั้งแต่ ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดินถล่ม และ แนวพระราชดำริกับการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยเริ่มจาก พื้นฐานทางวิชาการเกี่ยวกับดินถล่ม ปัจจัยและกลไกการเกิดดินถล่ม หลักการและแนวทางป้องกันแก้ไขเชิงวิศวกรรม รวมถึง แนวทางตามแนวพระราชดำริ เช่น การใช้หญ้าแฝก การฟื้นฟูป่าไม้และการใช้พืชพรรณ การบริหารจัดการลุ่มน้ำ และการปรับปรุงพื้นที่ด้วยวิธีทางกล อีกทั้งยังรวบรวมประเด็นด้าน งานวิจัย เทคโนโลยีประเมินความเสี่ยง การเฝ้าระวัง และการมีส่วนร่วมของชุมชน ก่อนสรุปเป็นข้อเสนอเชิงภาพรวมเพื่อการขยายผลและความยั่งยืน

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารวิชาการฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อทั้งนักวิชาการ นักปฏิบัติ ตลอดจนชุมชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ผู้ที่ได้รับผลกระทบจากภัยดินถล่มหรือปัญหาที่เกี่ยวข้อง รวมถึงนิสิต นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป โดยผู้อ่านสามารถนำองค์ความรู้ เทคนิค แนวทางการแก้ไข และวิธีการป้องกันที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในสาเหตุของปัญหาภัยดินถล่ม และเพิ่มความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินอย่างยั่งยืนต่อไป

คณะผู้จัดทำ

เอกสารวิชาการ แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ

ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์

ดร.สุเมธ ตันติเวชกุล กรรมการและที่ปรึกษาพิเศษอาวุโสมูลนิธิชัยพัฒนา

นางสุพร ตรีนรินทร์ เลขาธิการคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

คณะที่ปรึกษา

นางศศิพร ปาณิกบุตร	รองเลขาธิการคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
นางศิริลักษณ์ ทัสนารมย์	ที่ปรึกษาด้านการประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
นางสาวศรีนิตย์ บุญทอง	ที่ปรึกษาสำนักงาน กปร.
ดร.พิทยากร ลิ่มทอง	ที่ปรึกษากรมพัฒนาที่ดิน
นางสาวธัญทิตตา นาครทรรพ	ผู้อำนวยการกองกิจกรรมพิเศษและวิเทศสัมพันธ์
รศ.ดร.อภินิติ โชติสังกาศ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายลลิต สวัสดิมงคล	กรมทางหลวง
ดร.อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์	กรมทางหลวง
นางสาวกมลาภา วัฒนประพัฒน์	กรมพัฒนาที่ดิน

คณะผู้จัดทำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศ.ดร.สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง	ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
รศ.ดร.อุ่นเรือน เล็กน้อย	สถาบันวิจัยสังคม
นายวีรเดช ธนพลังกร	ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
นางสาวกมลรัตน์ งามเจริญ	ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
นางสาวฐิติพร คล้ายนิล	ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สำนักงาน กปร.

นางสาวณัฐดา ศุภสินธุ์	ผู้อำนวยการกลุ่มประเมินผล กองติดตามประเมินผล
นายวีรพงษ์ กำแพงทอง	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนปฏิบัติการ กองติดตามประเมินผล
นางสาวประทีป ศรีคำ	เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน กองติดตามประเมินผล

พิสูจน์อักษร

นางสาวนลินธร วิมลประดิษฐ์

บทสรุปผู้บริหาร

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงมีพระราชดำริให้การจัดการปัญหาทรัพยากรดิน น้ำ และพื้นที่ต้นน้ำเป็นไปอย่างสอดคล้องกับธรรมชาติของแต่ละพื้นที่ โดยเน้นความเหมาะสมของชนิดพืช การยึดเหนี่ยวดินด้วยระบบราก และการฟื้นฟูพื้นที่ให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืน แนวคิดดังกล่าวเป็นฐานสำคัญของเอกสารวิชาการแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริเล่มนี้ ซึ่งมุ่งรวบรวมองค์ความรู้เชิงวิชาการและแนวทางเชิงปฏิบัติสำหรับการลดความเสี่ยงดินถล่มในประเทศไทย ให้สามารถนำไปเป็นตัวอย่างเพื่อประยุกต์ใช้ได้ในแต่ละพื้นที่ อีกทั้งยังนำโครงการในอดีตที่ทรงพระราชทานแนวพระราชดำริให้มีการศึกษา ทดลอง และพัฒนาระบบป้องกันภัยพิบัติอย่างเป็นรูปธรรม “โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มในพื้นที่สูงชันตามแนวพระราชดำริ” ดำเนินการโดย มูลนิธิชัยพัฒนา เมื่อปี พ.ศ. 2559 จำนวน 12 โครงการย่อย ซึ่งเป็นการศึกษาวิจัย ป้องกันปัญหาดินถล่มของพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์และสุราษฎร์ธานี ให้สามารถนำไปเป็นตัวอย่างเพื่อประยุกต์ใช้ได้ในแต่ละพื้นที่

ในกรอบแนวคิดนี้ เอกสารวิชาการฉบับนี้เน้นการแก้ปัญหาเชิงระบบต้องผสานด้านระบบนิเวศเข้ากับเทคนิคทางวิศวกรรมอย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการใช้พืชพรรณเพื่อยึดหน้าดินและชะลอน้ำ การฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำและแนวกันชนริมลำห้วย ตลอดจนการประยุกต์แนวทางชีววิศวกรรมปฐพีควบคู่กับวัสดุท้องถิ่น ซึ่งไม่เพียงลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังเอื้อต่อการจ้างงานและการมีส่วนร่วมของคนในพื้นที่ และสำคัญที่สุดคือชุมชนสามารถดูแลต่อได้ในระยะยาวให้สอดคล้องกับภูมิสังคมและเกิดความยั่งยืนตามแนวพระราชดำริ

ในยุคปัจจุบันนี้ สถานการณ์ภัยพิบัติดินถล่มในประเทศไทยจัดเป็นประเด็นที่มีความสำคัญเร่งด่วนในระดับนโยบาย เนื่องจากผลกระทบที่เกิดขึ้นส่งผลโดยตรงต่อความมั่นคงในชีวิต ทรัพย์สิน และโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้ที่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงชันและมีสภาพธรณีวิทยาที่เปราะบาง ปรากฏการณ์ดินถล่มไม่ได้เป็นเพียงอุบัติภัยทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นแต่เป็นผลจากปัจจัยทางกายภาพและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาด้วย จากการศึกษาพัฒนาการของภัยพิบัติดินถล่มในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 จนถึงปัจจุบัน สามารถจำแนกวิวัฒนาการของปัญหาออกเป็น 4 ยุคสำคัญ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยกระตุ้นและรูปแบบของผลกระทบที่ทวีความซับซ้อนขึ้นตามลำดับ

ยุคของภัยพิบัติดินถล่ม	ช่วงปี พ.ศ.	ลักษณะเด่นและปัจจัยกระตุ้นหลัก	ตัวอย่างเหตุการณ์สำคัญ
ยุคแห่งการตื่นรู้และผลกระทบจากการตัดไม้	2531 - 2540	การสูญเสียพื้นที่ป่าดิบชื้นและการทำสัมปทานไม้ทำให้หน้าดินขาดการยึดเกาะ	บ้านกะทูน จ.นครศรีธรรมราช (2531)
ยุคการขยายตัวภาคเกษตรกรรมบนพื้นที่สูง	2541 - 2550	การทำเกษตรเชิงเดี่ยวที่ขาดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ภูเขา	บ้านน้ำก้อ จ.เพชรบูรณ์ (2544), จ.อุตรดิตถ์ (2549)
ยุคความแปรปรวนของภูมิอากาศในวงกว้าง	2551 - 2560	ฝนตกหนักผิดฤดูกาลและการสะสมของน้ำในดินในระดับวิกฤต	ดินถล่มภาคใต้ (2554), บ้านห้วยขาบ จ.น่าน (2561)
ยุคภัยพิบัติพื้นที่เมืองและกิจกรรมมนุษย์	2561 - ปัจจุบัน	การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการตัดถนนและการก่อสร้างบนไหล่เขา	เขานาคเกิด จ.ภูเก็ต (2567), เหมืองแม่เมาะ จ.ลำปาง (2568)

การวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ตามแผนที่กรมทรัพยากรธรณี ชี้ให้เห็นว่า พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มกระจายตัวครอบคลุม 54 จังหวัด โดยมีพื้นที่รวมกว่า 142,067 ตารางกิโลเมตร โดยในระดับความอ่อนไหวระดับสูงมาก นั้นครอบคลุมพื้นที่ถึงร้อยละ 11 ของพื้นที่เสี่ยงทั้งหมด ซึ่งมักมีความสัมพันธ์กับบริเวณแนวรอยเลื่อนทางธรณีวิทยาและพื้นที่ที่มีความลาดชัน ข้อมูลเหล่านี้บ่งชี้ว่ามาตรการป้องกันในอนาคตไม่อาจอาศัยเพียงวิธีการทางวิศวกรรมโครงสร้างเพียงอย่างเดียว แต่ต้องบูรณาการความเข้าใจในมิติของธรรมชาติและสังคมเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ

1. พระราชดำรัสกับการพัฒนาที่ยั่งยืน

ท่ามกลางวิกฤตการณ์ดินถล่มที่สร้างความเสียหายอย่างรุนแรง พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ได้พระราชทานพระราชดำริสำคัญเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการดำเนินงานป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มในปัจจุบัน พระองค์ทรงชี้ให้เห็นถึง “ต้นตอของปัญหา” โดยทรงวิเคราะห์ว่าการปลูกพืชเศรษฐกิจที่โตเร็วแต่มีระบบรากไม่ลึกพอ ในพื้นที่ลาดชันหรือบนภูเขา เป็นปัจจัยเร่งที่ทำให้หน้าดินพังทลายได้ง่ายเมื่อเกิดฝนตกหนัก

แนวพระราชดำริเน้นย้ำถึงความสำคัญของการเลือกชนิดพืช ให้สอดคล้องกับสภาพภูมิสังคม แนวคิดเรื่องการใช้หญ้าแฝกเป็นเครื่องมือทางชีววิศวกรรม โดยทรงเปรียบระบบรากหญ้าแฝกว่าเป็นกำแพงธรรมชาติใต้ดินที่จะช่วยรักษาสมดุลของระบบนิเวศต้นน้ำได้อย่างยั่งยืน

ใจความหลักของแนวพระราชดำริคือการสร้างความสมดุลระหว่างการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ ผ่านหลักการ “ป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง” ซึ่งเป็นการผสมผสานไม้ใช้สอย ไม้กินได้ และไม้เศรษฐกิจ เพื่อให้ประโยชน์แก่ราษฎรได้พออยู่ พอกิน พอใช้ และสามารถอยู่ร่วมกับป่า มีส่วนร่วมในการรักษาต้นน้ำ โดยประโยชน์ที่สี่ซึ่งสำคัญที่สุดคือระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่จะช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำผิวดิน เพิ่มความชุ่มชื้น และลดโอกาสการเกิดดินถล่มแบบฉับพลัน

2. พื้นฐานทางวิชาการและกลไกการเกิดดินถล่ม

การจัดการดินถล่มในเชิงลึกจำเป็นต้องอาศัยหลักการทางวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ เพื่ออธิบายสภาวะความไม่มั่นคงของลาดดิน โดยพื้นฐานแล้ว กลไกการพังทลายเกิดขึ้นเมื่อแรงขับเคลื่อนมีค่ามากกว่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน ตามแนวระนาบวิบัติ ในเชิงคณิตศาสตร์ เสถียรภาพของลาดดินจะถูกประเมินผ่านค่าสัดส่วนความปลอดภัย

ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมกำลังรับแรงเฉือนของดินคือ ความเค้นประสิทธิผล ซึ่งถูกลดทอนด้วยแรงดันน้ำในโพรงดิน เมื่อเกิดฝนตกหนัก น้ำจะซึมลงสู่ชั้นดินอย่างรวดเร็ว ทำให้ความเค้นประสิทธิผลลดลง ส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนของดินลดลงจนเกิดการเลื่อนไถล นอกจากนั้นการกัดเซาะผิวหน้าดินที่ขาดการควบคุมยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เร่งให้เกิดดินถล่มขนาดใหญ่ตามมาได้

การจำแนกรูปแบบการเคลื่อนตัวของมวลดิน สามารถจำแนกออกเป็น 5 ประเภทหลัก ตามลักษณะทางกายภาพและการเสียรูปภายใน ได้แก่ การร่วง/หล่น (fall) พัง (topple) เลื่อนไถล (slide) แยกตัว (spread) และการไหล (flow) ในบริบทของประเทศไทย ข้อมูลจากกรมทรัพยากรธรณีระบุว่าดินถล่มส่วนใหญ่เป็น ดินถล่มระดับตื้น และการไหลของเศษซาก ซึ่งมักมีความลึกของระนาบวิบัติในช่วง 1-3 เมตรเหนือชั้นหินพื้นฐาน

การสำรวจและประเมินทางวิศวกรรมเพื่อการจัดการความเสี่ยง

แนวทางดำเนินการควรเริ่มจากการสำรวจพื้นที่อย่างละเอียด เพื่อทำความเข้าใจสภาพทางภูมิศาสตร์ สภาพธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา โดยแบ่งเป็น 2 กระบวนการหลัก

การสำรวจภูมิประเทศด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและคัดกรองพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวเบื้องต้นในระดับลุ่มน้ำ การใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) เพื่อสร้างใช้สร้างแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข ความละเอียดสูง เพื่อวิเคราะห์ความชันและร่องน้ำ เช่นการใช้เทคโนโลยี LiDAR เทคโนโลยีการสำรวจด้วยเลเซอร์ที่สามารถทะลุเรือนยอดไม้เพื่อหาลักษณะผิวพื้นดินจริงในพื้นที่ต้นไม้หนาแน่น

การสำรวจทางวิศวกรรมปฐพี การสำรวจแบบไม่ทำลาย เช่น การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินแบบ 2 มิติ เพื่อระบุแนวทางน้ำซึมและขอบเขตชั้นหินพื้นฐาน ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงในการกระตุ้นการถล่มระหว่างสำรวจ และการสำรวจแบบทำลาย เช่น การเจาะสำรวจ และการตอกหยั่งมาตรฐาน เพื่อเก็บตัวอย่างดินไปทดสอบหากำลังรับแรงเฉือนในห้องปฏิบัติการ

มาตรการป้องกันเชิงวิศวกรรม

เมื่อระบุพื้นที่เสี่ยงวิกฤตได้แล้ว การนำมาตรการทางวิศวกรรมมาใช้ต้องพิจารณาความเหมาะสมกับภูมิประเทศและงบประมาณ โดยสามารถใช้มาตรการ ดังนี้ การเสริมความมั่นคงของลาด การปรับรูปทรงลาด การลดความสูงของหน้าตัดดิน และการทำขั้นบันได เพื่อลดแรงขับที่ทำให้เกิดการถล่ม การเสริมแรงด้วยวัสดุทางธรณี การใช้ตะปูดิน คอนกรีตพ่น เพื่อปิดผิวชั้นดินที่เปราะบางไว้กับมวลดินภายในกำแพงกันดินเสริมแรง การใช้บล็อกคอนกรีตหรือแผงผนังร่วมกับแผ่นตะแกรง Geogrid การใช้กล่องหินเกเบี้ยน (gabion) เพื่อสร้างโครงสร้างที่ทนทานต่อการเคลื่อนตัว

ระบบระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพ

ปัจจัยสำคัญของการป้องกันดินถล่มคือ การจัดการน้ำ ทั้งในส่วนน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน เพื่อไม่ให้เกิดแรงดันน้ำในโพรงดินสะสมสูงเกินไป การระบายน้ำผิวดินโดยการสร้างคูรับน้ำขอบเขาและทางระบายน้ำบุคอนกรีตเพื่อผันน้ำออกจากลาดชัน การระบายน้ำใต้ดินโดยการใช้ท่อระบายน้ำแนวราบเจาะเข้าไปในชั้นดินเพื่อระบายน้ำที่สะสมลึกอยู่ภายในออกมา

3. หญ้าแฝกและชีววิศวกรรมปฐพี ตามแนวพระราชดำริ

หญ้าแฝกคือเครื่องมือทางชีววิศวกรรมที่สำคัญตามแนวพระราชดำริในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในทางวิชาการ หญ้าแฝกไม่ได้เป็นเพียงพืชคลุมดิน แต่มีบทบาทสำคัญในมิติทางกลศาสตร์และอุทกวิทยาที่โดดเด่น

บทบาทเชิงกลศาสตร์

รากหญ้าแฝกมีลักษณะเป็นรากฝอยที่หยั่งลึกในแนวดิ่งได้ถึง 3 เมตร และสานกันแน่นเปรียบเสมือนตะปูดินธรรมชาติ งานวิจัยยืนยันว่าดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝกมีค่าแรงยึดเหนี่ยวเชิงปรากฏเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้ค่าสัดส่วนความปลอดภัย ของลาดดินในระดับตื้นสูงขึ้น

บทบาทเชิงอุทกวิทยา

แถวหญ้าแฝกที่ปลูกตามแนวระดับช่วยชะลอความเร็วของน้ำไหลบ่า ทำให้น้ำมีเวลาซึมลงสู่ดินได้มากขึ้น ขณะเดียวกันก็ดักตะกอนดินไม่ให้ไหลลงสู่พื้นที่ตอนล่าง อย่างไรก็ตาม มีข้อควรระวังในเชิงวิชาการว่า ในพื้นที่ลาดชันสูงกว่า 60 องศา ระบบรากอาจทำหน้าที่เป็นช่องทางนำน้ำลงสู่ดินส่วนลึก ซึ่งหากระบายน้ำไม่ทันอาจเพิ่มแรงดันน้ำในโพรงดินจนลดเสถียรภาพได้ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาใช้หญ้าแฝกบูรณาการร่วมกับระบบระบายน้ำและพืชพรรณอื่น ๆ ร่วมด้วย

เทคนิคการปลูกและบำรุงรักษาเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด

การปลูกเป็นแถวขวางแนวลาดชัน ใช้ระยะระหว่างต้น 5 - 10 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างแถวไม่เกิน 2 เมตรตามแนวดิ่ง การเลือกสายพันธุ์ เลือกหญ้าแฝกลุ่ม สำหรับพื้นที่ชื้นแฉะและต้องการรากหยั่งลึก และ หญ้าแฝกดอน สำหรับพื้นที่แห้งแล้งหรือดินลูกรัง การตัดใบควรตัดใบหญ้าทุก 3-4 เดือน เพื่อกระตุ้นการแตกกอและการเจริญเติบโตของระบบราก

4. การบูรณาการวิจัย 12 โครงการย่อย สู่การปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม

มูลนิธิชัยพัฒนาได้ดำเนิน “โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มบนที่สูงชันตามแนวพระราชดำริ” เพื่อสร้างฐานข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์รองรับแนวทางปฏิบัติสรุปสาระสำคัญของโครงการย่อยที่ส่งผลกระทบต่อนโยบายมี ดังนี้

การประเมินความเสี่ยงเชิงพื้นที่และเทคโนโลยีวิเคราะห์

โครงการย่อยด้านภูมิสารสนเทศพบว่าประเภทการใช้ที่ดินมีความสัมพันธ์กับความเสี่ยง โดยเฉพาะในจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่พบว่าพื้นที่สวนยางพาราบนที่สูงชันมีอัตราการเกิดดินถล่มมากที่สุด ขณะที่จังหวัดอุตรดิตถ์พบการเกิดดินถล่มซ้ำในบริเวณเดิมสูงมาก บ่งชี้ว่าชุมชนควรต้องมีมาตรการเฝ้าระวังที่เฉพาะเจาะจงรายหมู่บ้านและต้องพิจารณาถึงความเสี่ยงในการเข้าไปทำการเกษตรในพื้นที่ดินถล่มเดิม

งานวิจัยเกี่ยวกับเกณฑ์น้ำฝนวิกฤตและการเตือนภัย ผลการศึกษานำไปสู่การกำหนดเกณฑ์สีแจ้งเตือนภัยที่เป็นมาตรฐานสำหรับชุมชนเสี่ยงภัยของแต่ละพื้นที่

ระดับการแจ้งเตือน	ปริมาณฝน (มม./24 ชม.)	การปฏิบัติของชุมชน
สีฟ้า (ปกติ)	0 - 50	เฝ้าติดตามข่าวสารปกติ
สีเขียว (เฝ้าระวัง)	50 - 100	เตรียมความพร้อมอุปกรณ์และสังเกตสีน้ำ
สีเหลือง (เตรียมอพยพ)	100 - 150	เตรียมเคลื่อนย้ายกลุ่มเปราะบางไปจุดปลอดภัย
สีแดง (อพยพหนีภัย)	150 - 200	อพยพทันทีตามเส้นทางที่กำหนด

ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและโลหะหนัก

งานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมพบประเด็นสำคัญที่มักถูกมองข้าม คือการปนเปื้อนของสารหนูในแหล่งน้ำธรรมชาติภายหลังดินถล่ม โดยเฉพาะในพื้นที่หินแกรนิตของจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่ตรวจพบการสะสมของสารหนูในตะกอนดินสูงกว่าปกติ ดินถล่มทำให้ตะกอนเพิ่มขึ้นและคุณภาพน้ำในลำธารเสื่อมลง จนน้ำอาจไม่เหมาะต่อการบริโภคโดยตรงเนื่องจากเสี่ยงปนเปื้อนโลหะหนัก จึงควรพิจารณาเรื่องของสุขอนามัยและความปลอดภัยในห่วงโซ่อาหารของชุมชนด้วย

นวัตกรรมและการจัดการภัยพิบัติโดยชุมชน

นวัตกรรมที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของโครงการวิจัยคือการเปลี่ยนชาวบ้านให้เป็นนักวิจัยและผู้เฝ้าระวังผ่านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เรียบง่ายและยั่งยืน

อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนตัวอย่างง่าย

เพื่อทดแทนการใช้เครื่องมือราคาสูงจากต่างประเทศ คณะวิจัยได้พัฒนา ตัวตรวจจับการเคลื่อนตัวของดินแบบหรีดรีเลย์ ซึ่งทำจากวัสดุในท้องถิ่น เช่น ท่อพีวีซีและสวิตช์แม่เหล็ก อุปกรณ์นี้มีความทนทานต่อสภาพอากาศสูงและสามารถส่งสัญญาณเตือนภัยผ่านระบบวิทยุหรือโครงข่ายไร้สายไปยังศูนย์เตือนภัยในหมู่บ้านได้ทันทีเมื่อดินเริ่มมีการเสียรูป

แผนที่เสี่ยงภัยระดับชุมชน

การสร้างแผนที่ความละเอียดสูงระดับมาตราส่วน 1 : 4,000 ช่วยให้คนในชุมชนระบุร่องน้ำพุ่ง และพื้นที่รับตะกอนได้อย่างชัดเจน สิ่งนี้ทำให้การซ้อมแผนอพยพมีความแม่นยำ และช่วยในการตัดสินใจเลือกพื้นที่สำหรับก่อสร้างบ้านเรือนหรือโครงสร้างสาธารณะในอนาคตได้อย่างปลอดภัย

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

การประเมินในพื้นที่บ้านหน้าถ้ำ จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่ามาตรการเสริมเสถียรภาพลาดถนนด้วย กระสอบมีปีกร่วมกับหญ้าแฝก ให้ผลตอบแทนทางการเงินที่คุ้มค่า แม้จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเบื้องต้น แต่สามารถลดค่าซ่อมบำรุงถนนและป้องกันความสูญเสียทางเศรษฐกิจจากการที่หมู่บ้านถูกตัดขาดได้เป็นมูลค่ามหาศาล

กลไกการจ่ายค่าตอบแทนการให้บริการของระบบนิเวศ (Payment for Ecosystem Services - PES) สู่ความยั่งยืน

แนวคิด PES เสนอให้ผู้ที่ได้รับประโยชน์จากระบบนิเวศต้นน้ำ เช่น ผู้ใช้น้ำปลายน้ำหรือภาคอุตสาหกรรม มีส่วนร่วมในการจ่ายค่าตอบแทนให้แก่ชุมชนต้นน้ำที่ทำหน้าที่ดูแลรักษาป่าและป้องกันดินถล่ม สิ่งนี้จะเปลี่ยนทัศนคติของราษฎรจากการบุกรุกป่าเพื่อทำเกษตรเชิงเดี่ยว มาเป็นการอนุรักษ์พื้นที่ลาดชันเพื่อเป็นแหล่งรายได้ที่ยั่งยืนจากบริการของระบบนิเวศ

5. บทสรุปและความยั่งยืน

เอกสารวิชาการฉบับนี้รวบรวมและสังเคราะห์องค์ความรู้จากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการป้องกันแก้ไขปัญหาดินถล่มบนที่สูงชันตามแนวพระราชดำริ ภายใต้การขับเคลื่อนของ สำนักงาน กปร. และ มูลนิธิชัยพัฒนา โดยถ่ายทอดพระราชดำริให้เป็นแนวทฤษฎีความรู้และตัวอย่างการปฏิบัติที่นำไปใช้ได้จริงในระดับพื้นที่ โดยแก่นของความสำเร็จนั้นไม่อาจวัดได้จากขนาดโครงสร้างหรือจำนวนกิจกรรม แต่เกิดจากการทำให้ชุมชนเป็นศูนย์กลางของการจัดการความเสี่ยง ผ่านการสร้างความเป็นเจ้าของ การผสานองค์ความรู้วิศวกรรมสมัยใหม่เข้ากับการใช้พืชพรรณและภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเป็นพื้นที่ต้นแบบ ศูนย์เรียนรู้เพื่อขยายผลไปยังพื้นที่อื่น

ผลการดำเนินงานในพื้นที่ต้นแบบสะท้อนความสำเร็จที่เชื่อมโยงกันเป็นระบบ 4 มิติ คือ

(1) การใช้หญ้าแฝกร่วมกับวิธีเชิงกลและพืชท้องถิ่นสามารถลดความเสี่ยงและแก้ปัญหาดินถล่มได้อย่างเป็นรูปธรรม สร้างความเชื่อมั่นและจุดประกายการประยุกต์ใช้ในชุมชน

(2) กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ตั้งแต่ร่วมรับรู้ปัญหา ร่วมพิจารณาทางเลือก จนถึงร่วมตัดสินใจ ทำให้เกิดความเป็นเจ้าของและการดูแลรักษาต่อเนื่อง

(3) การพัฒนาศักยภาพบุคลากรผ่านการอบรม ดูงาน และให้คำปรึกษา จนเกิดผู้นำการเปลี่ยนแปลงที่เป็นกลไกขยายแนวคิดและวิธีปฏิบัติใหม่ภายในชุมชน

(4) การขยายผลโดยธรรมชาติเมื่อชุมชนเห็นผลลัพธ์จริงพร้อมกับมีผู้นำที่เข้มแข็งในพื้นที่ดำเนินการ จึงสามารถพัฒนาเป็นศูนย์การเรียนรู้ที่มีชีวิต รองรับการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนข้างเคียง เยาวชน และหน่วยงานภายนอก

เพื่อขยายผลสู่การปฏิบัติในวงกว้าง เสนอให้ภาครัฐปรับกรอบทำงานจากบนลงล่างสู่การสนับสนุนล่างขึ้นบน ผ่านกลไกที่ให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการเสนอและกำหนดแนวทาง พร้อมจัดระบบสนับสนุนผู้นำการเปลี่ยนแปลง และผลักดันการจัดตั้งศูนย์เรียนรู้โดยชุมชนร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภาควิชาการ มหาวิทยาลัย และองค์กรพัฒนาเอกชนต่าง ๆ สามารถถอดบทเรียนกระบวนการมีส่วนร่วมเป็นคู่มือปฏิบัติ ส่วนภาคเอกชนสามารถยกระดับกิจกรรมความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กร จากการช่วยเหลือแบบเฉพาะหน้า ไปสู่การร่วมแก้ปัญหาเชิงระบบที่ยั่งยืนโดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน

ท่ามกลางความเสี่ยงที่รุนแรงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แนวทางตามพระราชดำริชี้ให้เห็นการจัดการภัยพิบัติแบบองค์รวมที่ยึดธรรมชาติเป็นฐาน (เช่น ชีววิศวกรรมปฐพีและหญ้าแฝก ร่วมกับพืชท้องถิ่นและวิธีเชิงกล) และเสริมด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยความสำเร็จสูงสุดจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อความรู้ถูกถ่ายทอดเป็นรูปแบบที่ชุมชนเข้าใจและทำได้จริง โดยสรุปแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริที่แท้จริงคือการพัฒนาที่ตั้งอยู่บนการบูรณาการ คน-ความรู้-ธรรมชาติ-เทคโนโลยี เพื่อให้ประชาชนอยู่ร่วมกับธรรมชาติได้อย่างปลอดภัยและยั่งยืน

สารบัญ

พระราชดำริ ..... ค
คำนิยม ..... จ
คำนำ ..... ฌ
คณะผู้จัดทำ ..... ญ
บทสรุปผู้บริหาร ..... ฎ
สารบัญ ..... ธ
สารบัญรูป ..... บ
สารบัญตาราง ..... ฟ
คำจำกัดความและนิยามศัพท์ ..... ภ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดินถล่ม 2

1.2 สถานการณ์และพื้นที่เสี่ยงภัยในประเทศไทย 12

1.3 ประมวลพระราชดำริการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดินถล่ม 19

บทที่ 2 พื้นฐานทางวิชาการและวิธีการป้องกันภัยพิบัติดินถล่ม 30

2.1 กลไกการเกิดดินถล่ม 32

2.2 ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดดินถล่ม 36

2.3 การสำรวจและประเมินทางวิศวกรรม 44

2.4 ลักษณะพื้นที่เสี่ยงภัย หลักการแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม....52

2.5 การป้องกันและแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม 57

2.6 มาตรฐานทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการความเสี่ยงดินถล่ม 72

บทที่ 3 แนวทางการป้องกันและลดความเสี่ยงจากดินถล่ม 89

3.1 แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมสำหรับดินถล่ม 91

3.2 หญ้าแฝก เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ 94

3.3 การฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้และการประยุกต์ใช้พืชพรรณ 109

3.4 การบริหารจัดการน้ำ 112

3.5 การประยุกต์ใช้วิธีทางกลเพื่อป้องกันดินถล่ม 113

3.6 ชีววิศวกรรม (bioengineering) 129

3.7 เครื่องมือระวังภัยดินถล่ม 133

บทที่ 4 โครงการวิจัยและประยุกต์ใช้การป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ 142

4.1 เทคโนโลยีการวิเคราะห์เพื่อการประเมินความเสี่ยง 144

4.2 การประยุกต์ใช้ชีววิศวกรรมและนวัตกรรมเพื่อการแก้ปัญหาที่ยั่งยืน 166

4.3 เทคโนโลยีการเฝ้าระวังและการมีส่วนร่วมของชุมชน 176

4.4 การประเมินผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์และการขยายผลสู่การปฏิบัติในวงกว้าง 183

4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชีววิศวกรรมของหญ้าแฝก 192

บทที่ 5 บทสรุป 209

5.1 การสร้างความยั่งยืนผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง 211

5.2 แนวทางการประยุกต์ใช้ 213

บรรณานุกรม 215

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1 สำรวจพื้นที่ภายหลังเกิดเหตุการณ์ดินถล่มบ้านห้วยขาบ....3
รูปที่ 1-2 พื้นที่ปลอดภัยที่ทางหน่วยงานรัฐจัดสรร บริเวณบ้านสว้าเหนือ....4
รูปที่ 1-3 ความเสียหายจากโคลนถล่ม บ้านกะทูน อำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช[1,2] 6
รูปที่ 1-4 ความเสียหายจากน้ำป่า ดิน โคลนถล่ม บ้านน้ำก้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ [3] 8
รูปที่ 1-5 ความเสียหายจากน้ำป่า ดินถล่ม จังหวัดภูเก็ต[4] 10
รูปที่ 1-6 ดินถล่มบริเวณที่ทิ้งดินเหมืองแม่เมาะ[5] 11
รูปที่ 1-7 ตัวอย่างแผนที่ปริมาณน้ำฝนจากคลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ สสน.[6] 14
รูปที่ 1-8 แผนที่พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่ม[9] 16
รูปที่ 2-1 ลักษณะการเคลื่อนตัวแบบต่าง ๆ จำแนกตาม Varnes, 1978....33
รูปที่ 2-2 การจำแนกทางธรณีวิทยาที่สำคัญทั้ง 8 กลุ่ม[17] 39
รูปที่ 2-3 ตัวอย่างเครื่องมือตรวจวัดน้ำฝนบริเวณบ้านปางสา จังหวัดน่าน....43
รูปที่ 2-4 ตัวอย่างการสำรวจบริเวณบ้านห้วยขาบ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน....46
รูปที่ 2-5 ตัวอย่างการสำรวจบริเวณโรงเรียนบ้านบ่อหลวง....46
รูปที่ 2-6 ตัวอย่างแบบจำลองจากการสำรวจบริเวณบ้านห้วยขาบ
อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน....47
รูปที่ 2-7 ตัวอย่างแบบจำลอง DEM บริเวณตำแหน่งดินถล่มบ้านห้วยขาบ
อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน[22] 48
รูปที่ 2-8 ตัวอย่างการใช้เครื่องมือเพื่อตรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน....49
รูปที่ 2-9 ตัวอย่างผลวิเคราะห์ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของดิน[22] 50
รูปที่ 2-10 ตัวอย่างการใช้ผลความเร็วคลื่นเฉือนเพื่อประมาณโครงสร้างชั้นดิน[22] 50
รูปที่ 2-11 แผนที่พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มระดับจังหวัด (จังหวัดน่าน)[22] 53
รูปที่ 2-12 การตัดปรับความลาดชัน (slope cutting)....58
รูปที่ 2-13 ตัวอย่างการทำขั้นบันไดเชิงลาด (benching of slope)....58
รูปที่ 2-14 สมอยึด (rock bolting) และ คอนกรีตพ่น (shotcrete)....59
รูปที่ 2-15 ตัวอย่างการใช้ตะปูดินเสริมเสถียรภาพของคันทาง....59
รูปที่ 2-16 ตัวอย่างการป้องกันลาดด้วยคอนกรีตพ่น (shotcrete)....60
รูปที่ 2-17 รั้วกั้นหิน (catch fence) และ ตาข่ายยึดดิน (rockfall net)....61
รูปที่ 2-18 ตัวอย่างโครงสร้างรั้วกันหิน (catch fence)....62
รูปที่ 2-19 ตัวอย่างการป้องกันการพังทลายของหน้าลาดด้วยคอนกรีตพ่น (shotcrete)
ร่วมกับตะแกรงเหล็กยึดด้วย anchors และท่อระบายน้ำ (weep holes)....62

รูปที่ 2-20 โครงสร้างคลุมถนน (shelters).....63
รูปที่ 2-21 ตัวอย่างโครงสร้างคลุมถนนกันหินถล่ม (rock shed).....64
รูปที่ 2-22 การใช้วิธีชีววิศวกรรม (bioengineering).....64
รูปที่ 2-23 ตัวอย่างการปลูกพืชบนผิวลาดด้วยถุงดิน (soil bag).....65
รูปที่ 2-24 ระบบระบายน้ำหลังลาด (subsurface drains).....65
รูปที่ 2-25 โครงสร้างป้องกันเส้นทางคมนาคม บริเวณข้ามแม่น้ำ.....66
รูปที่ 2-26 ตัวอย่างการป้องกันตลิ่งและพื้นที่ริมฝั่งน้ำด้วยกล่องหินเกเบี้ยน (gabion).....67
รูปที่ 2-27 ตัวอย่างการป้องกันการกัดเซาะเชิงลาดด้วย reno mattress.....68
รูปที่ 2-28 ตัวอย่างคูระบายน้ำบริเวณเชิงลาด (toe ditch).....69
รูปที่ 2-29 ตัวอย่างคูรับน้ำเหนือเชิงลาด (interceptor ditch).....69
รูปที่ 2-30 ตัวอย่างรางระบายน้ำบนลาด (drain chute).....70
รูปที่ 2-31 การปรับพื้นที่เพื่อก่อสร้างอาคารบนลาดเชิงเขา.....74
รูปที่ 2-32 ตำแหน่งของอาคารบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา.....76
รูปที่ 2-33 ตัวอย่างโครงสร้างเพื่อป้องกันผลกระทบจากดินถล่ม.....78
รูปที่ 2-34 การคำนวณหาค่าเสถียรภาพความลาดเอียงโดยวิธีสมดุลจำกัด.....80
รูปที่ 2-35 การใช้น้ำหนักยันบริเวณฐานพื้นที่ลาดเอียง.....83
รูปที่ 2-36 แนวทางการป้องกันการพังทลายของลาด.....84
รูปที่ 2-37 ระยะเว้นเมื่อมีการถมดินและขุดดินบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา.....86
รูปที่ 3-1 อินโฟกราฟิกสรุปการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่ม.....93
รูปที่ 3-2 การปลูกหญ้าแฝกตามแนวระดับบนพื้นที่ลาดชัน.....100
รูปที่ 3-3 การปลูกหญ้าแฝกรอบคลองและแหล่งน้ำ.....101
รูปที่ 3-4 การปลูกหญ้าแฝกบริเวณเชิงลาดถนน.....102
รูปที่ 3-5 ตัวอย่างการวางแนวและเตรียมร่องปลูกหญ้าแฝก.....103
รูปที่ 3-6 ตัวอย่างการปลูกกล้าหญ้าแฝกให้ชิดติดกันในแถว.....104
รูปที่ 3-7 แปลงขยายพันธุ์หญ้าแฝก และกล้าหญ้าแฝกแบบเปลือยรากสำหรับขนย้ายไปปลูก.....105
รูปที่ 3-8 การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของเสถียรภาพลาดดิน
(ก) ผลของการขุดดินที่ส่วนหัวและส่วนปลายของลาดดิน
(ข) ผลของการเพิ่มน้ำหนักกดทับที่ส่วนหัวหรือส่วนปลายของลาดดิน
(ค) ผลของการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำต่อเสถียรภาพของลาดดิน.....116

รูปที่ 3-9 ตัวอย่างมาตรการวิธีทางกลการอนุรักษ์ดินและน้ำ.....118
รูปที่ 3-10 การป้องกันเสถียรภาพเชิงลาดตลิ่งน้ำด้วยกล่องหินเกเบี้ยน.....120
รูปที่ 3-11 การใช้กระสอบแบบมีปีกร่วมกับพืชท้องถิ่น
และเสาเข็มสกรูเพื่อเสริมเสถียรภาพลาดดิน.....122
รูปที่ 3-12 ตัวอย่างการใช้กระสอบแบบมีปีกร่วมกับมาตรการชีววิศวกรรมเพื่อป้องกันการกัดเซาะ
และเสริมเสถียรภาพลาดดิน ทล. 4029 ตอนกะทู้-ป่าตอง กม.0+125 จังหวัดภูเก็ต.....123
รูปที่ 3-13 การเสริมเสถียรภาพลาดถนนด้านหลังผาโดยใช้กระสอบแบบมีปีก เสาเข็มสกรู และตะปูดิน
บริเวณบ้านปากเหมือง ถนน กจ.3091 อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี.....123
รูปที่ 3-14 กระบวนการเกิดแรงดึงในระบบตะปูดิน (soil nailing).....125
รูปที่ 3-15 ลาดดินเสริมแรงด้วยตาข่ายสังเคราะห์และปิดผิวหน้ากระสอบดิน
(reinforced soil slope with geogrid reinforcement and soil bag facing).....126
รูปที่ 3-16 งานก่อสร้างกำแพงกันดินเสริมแรง (MSE wall).....128
รูปที่ 3-17 ตัวอย่างเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนแบบใช้แสง (Optical rain gauge sensor).....135
รูปที่ 3-18 การติดตั้งเครื่องมือวัดความลาดเอียงที่ผิวดิน (surface tilt meter).....137
รูปที่ 3-19 อุปกรณ์เตือนภัยดินโคลนถล่ม โดยวิธีตรวจวัดคลื่นอคูสติก.....138
รูปที่ 3-20 ผังขั้นตอนการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยดินถล่มโดยเครือข่ายเฝ้าระวังระดับชุมชน.....141
รูปที่ 4-1 แผนภูมิสรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ.....145
รูปที่ 4-2 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดเกิดดินถล่มซ้อนทับบนข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน
จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....146
รูปที่ 4-3 การวิเคราะห์พื้นที่เกิดดินถล่มซ้ำเปรียบเทียบระหว่างปี 2549 และ 2554
จังหวัดอุตรดิตถ์.....148
รูปที่ 4-4 ภาพร่องรอยดินถล่มปี 2549 และความเสียหายจังหวัดสุราษฎร์ธานี.....149
รูปที่ 4-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมและการเกิดเหตุการณ์ดินถล่ม
(ก) อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ (ข) อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....151
รูปที่ 4-6 ภาพตัดขวางทางธรณีไฟฟ้า บริเวณเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....153
รูปที่ 4-7 สภาพทางธรณีวิทยาใต้ผิวดิน บริเวณที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการพังถล่ม
(น้ำตกแม่มูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์).....154
รูปที่ 4-8 การดำเนินการวิจัยในภาพรวม (โครงการย่อยที่ 7).....156
รูปที่ 4-9 ความชื้นของมวลดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่พร่อง - แม่พูล จากน้ำฝนคงที่ก่อนฝนตกหนัก.....157
รูปที่ 4-10 ความชื้นของมวลดินในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองครามจากน้ำฝนคงที่ก่อนฝนตกหนัก.....158

รูปที่ 4-11 การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำแม่พร่อง - แม่พูล ในปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2559).....160
รูปที่ 4-12 ขอบเขตน้ำฝนวิกฤต พื้นที่ลุ่มน้ำแม่พร่อง - แม่พูล.....161
รูปที่ 4-13 ขอบเขตน้ำฝนวิกฤต พื้นที่ลุ่มน้ำคลองคราม.....161
รูปที่ 4-14 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ
ที่ได้รับผลกระทบ.....163
รูปที่ 4-15 การวิเคราะห์ปัญหาและรากเหง้าของปัญหาคุณภาพน้ำและดินตะกอนในลุ่มน้ำ.....164
รูปที่ 4-16 ขั้นตอนการศึกษาพฤติกรรมเชิงกลของรากหญ้าแฝก.....166
รูปที่ 4-17 ผลการจำลองพฤติกรรมการเสริมแรงของรากหญ้าแฝกบนลาดดิน
ด้วยแบบจำลองหมุนเหวี่ยง.....167
รูปที่ 4-18 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของลาดดิน
ก) ในมุมมองของปฐพีกลศาสตร์
ข) ที่เชื่อมโยงกับโครงสร้างระดับมหภาคของรากในดิน และ
ค) ความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกับโครงสร้างในระดับจุลภาค.....168
รูปที่ 4-19 ลักษณะของไม้ปักชำที่ปลูกในห้องปฏิบัติการก่อนนำไปเฉือน
ด้วยเครื่องเฉือนตรงขนาดใหญ่.....169
รูปที่ 4-20 การทดสอบแรงเสียดทานระหว่างกระสอบมีปีก.....170
รูปที่ 4-21 แปลงทดลองชีววิศวกรรมปฐพี สะพานช้างมูบ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์.....171
รูปที่ 4-22 แผนที่การเกิดดินถล่ม บ้านหน้าถ้ำ ปี พ.ศ. 2554.....173
รูปที่ 4-23 การศึกษาระบบรากไม้ด้วยวิธีด้วยวิธีการคำนวณดัชนีความสามารถในการยึดดิน.....174
รูปที่ 4-24 การสำรวจการถือครองและทำประโยชน์ในที่ดินของรัฐ.....174
รูปที่ 4-25 การปรับปรุงพื้นที่โครงการฯ บ้านหน้าถ้ำ ในปี พ.ศ. 2558.....175
รูปที่ 4-26 หน้าข้อมูลของโทรมาตร
(ก) บ้านผามูบ จังหวัดอุตรดิตถ์ (ข) บ้านหน้าถ้ำ จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....177
รูปที่ 4-27 ตัวตรวจจับการเคลื่อนตัวของน้ำและดิน (แบบที่ 1).....178
รูปที่ 4-28 ตัวตรวจจับการเคลื่อนตัวของน้ำและดิน (แบบที่ 2).....179
รูปที่ 4-29 พื้นที่เป้าหมาย : บ้านผามูบ ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์.....180
รูปที่ 4-30 แบบจำลองในการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยพิบัติน้ำท่วมประเภทน้ำล้นตลิ่ง.....181
รูปที่ 4-31 แผนที่เสี่ยงภัยพิบัติน้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลาก โคลนถล่ม
แสดงทับซ้อนกัน บ้านผามูบ.....182
รูปที่ 4-32 สัดส่วนของมูลค่ารวมของการบริการของระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำของ
ตำบลแม่พูล.....184

รูปที่ 4-33 สัดส่วนของมูลค่ารวมของการบริการของระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูล ไม่นับรวมมูลค่าการบริการของระบบนิเวศด้านการเกื้อหนุน.....184
รูปที่ 4-34 มูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสมของมาตรการป้องกันดินถล่ม.....185
รูปที่ 4-35 ผังแสดงองค์ประกอบสำคัญในการดำเนินตามกลไก PES เพื่อการจัดการทรัพยากร/อนุรักษ์ระบบนิเวศ แหล่งต้นน้ำ ตำบลแม่พูล.....186
รูปที่ 4-36 มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบนิเวศแบบต่าง ๆ.....187
รูปที่ 4-37 พื้นที่อนุรักษ์แนวลำน้ำตำแหน่งฝายดักตะกอนแทรกในพื้นที่เกษตรกรรม.....188
รูปที่ 4-38 มูลค่าทางการเงินของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงรูปแบบระบบนิเวศ.....189
รูปที่ 4-39 มูลค่าของระบบนิเวศรวมของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงรูปแบบระบบนิเวศ.....190
รูปที่ 4-40 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย Root biomechanical properties of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis for soil reinforcement and slope stabilisation[81].....194
รูปที่ 4-41 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย Root system architecture of two vetiver species for root reinforcement modelling ของ Phan และ Likitlersuang (2024)[83].....197
รูปที่ 4-42 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย Influence of growth media on the biomechanical properties of the fibrous roots of two contrasting vetiver grass species ของ Likitlersuang และคณะ (2022)[75].....199
รูปที่ 4-43 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย Reinforcement losses in soil stabilisation due to decomposing roots of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis[87].....201
รูปที่ 4-44 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย Modelling root decomposition effects on root reinforcement and slope stability[89].....204
รูปที่ 4-45 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย Promoting use of vetiver grass for landslide protection: A pathway to achieve Sustainable Development Goals in Thailand[91].....207

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1-1 สัดส่วนพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในประเทศไทยจำแนกตามระดับความเสี่ยง[8] 15

ตารางที่ 2-1 ลักษณะที่บ่งชี้ถึงดินถล่มและพื้นที่มีโอกาสเกิดดินถล่มสูง[16] 36

ตารางที่ 2-2 เกณฑ์การพิจารณาปริมาณฝนในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ในเขตร้อนย่านมรสุม)[20] 41

ตารางที่ 2-3 เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนจากเครือข่ายเฝ้าระวังเพื่อแจ้งเตือนภัยดินถล่ม (กรมทรัพยากรธรณี)[22] 42

ตารางที่ 3-1 ลักษณะของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน (สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน, 2550) 96

ตารางที่ 3-2 สายพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมกับภาคต่าง ๆ 97

ตารางที่ 3-3 สายพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมกับชนิดของดิน 98

ตารางที่ 3-4 อิทธิพลด้านลบและด้านบวกของต้นไม้ต่อเสถียรภาพของลาด 111

คำจำกัดความและนิยามศัพท์

1) ศัพท์ด้านภัยพิบัติ ความเสี่ยง และการจัดการ

- ความเสี่ยง (risk) — โอกาสและระดับความรุนแรงของความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากภัยพิบัติ อันเป็นผลจากภัยคุกคามร่วมกับการรับสัมผัสและความเปราะบาง
- ภัยคุกคาม (hazard) — เหตุการณ์หรือกระบวนการทางธรรมชาติ หรือมนุษย์ที่มีศักยภาพก่อความเสียหาย เช่น ดินถล่ม น้ำป่าไหลหลาก ไฟป่า เป็นต้น
- ความเปราะบาง (vulnerability) — ความอ่อนแอของคน ชุมชน ระบบต่อภัยคุกคาม ทำให้เกิดความสูญเสียง่ายหรือฟื้นตัวช้า
- ศักยภาพ ขีดความสามารถ (capacity) — ความสามารถของบุคคล ชุมชน องค์กร ในการป้องกัน รับมือ และฟื้นตัวจากภัย
- ความยืดหยุ่น (resilience) — ความสามารถของระบบในการรองรับเหตุรบกวน ฟื้นตัว และปรับตัวได้โดยยังคงหน้าที่สำคัญไว้
- การประเมินความเสี่ยง (risk assessment) — การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากข้อมูลภัยคุกคาม การรับสัมผัส และความเปราะบางเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ
- มาตรการเชิงโครงสร้าง (structural measures) — มาตรการก่อสร้าง วิศวกรรม เช่น ระบายน้ำ กำแพงกันดิน กล่องเกเบี้ยน

2) ศัพท์ด้านการเฝ้าระวังและการเตือนภัย

- ระบบเฝ้าระวัง (monitoring system) — ระบบเก็บข้อมูลต่อเนื่องเพื่อจับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม
- ฝนสะสม (cumulative rainfall) — ปริมาณฝนสะสมในช่วงเวลา เช่น 3–7 วัน สะท้อนความอิ่มน้ำของดิน
- ระดับเตือนภัย (warning level) — การแบ่งระดับความเสี่ยง (เช่น สีเขียว–เหลือง–ส้ม–แดง) พร้อมคำสั่งปฏิบัติ
- การอพยพ (evacuation) — การเคลื่อนย้ายคนออกจากพื้นที่เสี่ยงไปยังจุดปลอดภัยตามแผน

3) ศัพท์ด้านดินถล่มและธรณีพิบัติภัย

- ดินถล่ม (landslide) — การเคลื่อนตัวของมวลดิน หินลงตามลาดชันด้วยแรงโน้มถ่วง โดยมีน้ำและสภาพชั้นดินเป็นปัจจัยร่วม
- ความไวต่อการเกิดดินถล่ม (susceptibility) — ความโน้มเอียงเชิงพื้นที่ต่อการเกิดดินถล่ม โดยไม่ระบุเวลา (เมื่อเทียบกันระหว่างพื้นที่)

• แผนที่ความเสี่ยง ความไว (hazard susceptibility map) — แผนที่แสดงพื้นที่ที่มีแนวโน้มอันตรายต่อการเกิดดินถล่ม

• ฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม (landslide inventory) — รายการตำแหน่งและรายละเอียดเหตุการณ์ดินถล่มในอดีตเพื่อใช้วิเคราะห์และตรวจสอบแบบจำลอง

• แนวเลื่อนตัว ผิวเลื่อน (slip surface) — ระนาบ ผิวที่มวลดินเคลื่อนตัวผ่าน

• ดินถล่มแบบหมุน (rotational slide) — การเลื่อนตัวตามผิวโค้ง

• ดินถล่มแบบเลื่อนตามระนาบ (translational slide) — การเลื่อนตัวตามผิวเลื่อนค่อนข้างราบหรือเป็นระนาบ

• การไหลของเศษหินดิน (debris flow) — การไหลแบบกึ่งของเหลวของดิน เศษหิน และน้ำ มักเกิดในร่องน้ำลาดชันและเคลื่อนที่เร็ว

• น้ำป่าไหลหลาก (flash flood) — น้ำหลากรวดเร็วหลังฝนหนัก มักพัดพาตะกอนและเศษวัสดุ

• หินร่วง หินถล่ม (rockfall) — ก้อนหินหลุดร่วงจากหน้าผา ลาดชัน เคลื่อนที่รวดเร็ว

• การคืบตัว (creep) — การเคลื่อนตัวช้ามากของดินบนลาดชันในระยะยาว

• การกัดเซาะ (erosion) — การกัดเซาะหรือชะล้างดินออกจากพื้นที่โดยน้ำหรือแรงอื่น

• การกัดเซาะตีนลาด (toe erosion) — การกัดเซาะบริเวณฐานลาดชัน ทำให้เสถียรภาพลดลง

• ร่องน้ำกัดเซาะ (gully erosion) — ร่องการกัดเซาะบนลาดชันจากการไหลรวมของน้ำบนผิวลาด ทำให้ลาดชันอ่อนตัว

• สัญญาณเตือนทางกายภาพ (ground signs) — รอยร้าว น้ำซึมผิดปกติ ดินโป่ง ต้นไม้เสาเอียง รางน้ำล้น ฯลฯ

4) ศัพท์ด้านวิศวกรรมปฐพีและเสถียรภาพลาดชัน

• ลาดชัน (slope) — พื้นผิวเอียงของภูมิประเทศหรือดินถม ดินตัด

• ตีนลาด (toe) — บริเวณด้านล่างของลาดชัน

• เสถียรภาพลาดชัน (slope stability) — ความสามารถของลาดชันในการคงสภาพไม่ให้ลื่นไถล

• ค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัย (factor of safety: FS) — อัตราส่วนความปลอดภัย โดยคำนวณจากความต้านทานต่อแรงพยายามให้เกิดการขับเคลื่อน โดยทั่วไปหากค่ามากกว่า 1 ถือว่ามีเสถียรภาพ โดยขึ้นกับเกณฑ์การยอมรับของงานออกแบบทางวิศวกรรม

• ความเค้นเฉือน (shear stress) — แรงต่อหน่วยพื้นที่ที่พยายามทำให้ชั้นดินเลื่อนผ่านกัน

• กำลังรับแรงเฉือน (shear strength) — ความสามารถของดิน หินในการต้านทานแรงเฉือน

• ความยึดเหนี่ยว (cohesion: c) — พารามิเตอร์กำลังรับแรงเฉือนส่วนที่สัมพันธ์กับแรงยึดเกาะของอนุภาคดิน



• มุมเสียดทานภายใน (friction angle: ϕ) — พารามิเตอร์กำลังรับแรงเฉือนส่วนที่สัมพันธ์กับแรงเสียดทานภายในของดิน

• ความเค้นรวม ความเค้นมีผล (total stress) — ความเค้นในดินที่เกิดจากน้ำหนักกดทับทั้งหมดของดิน

• ความเค้นประสิทธิผล (effective stress) — ความเค้นในดิน โดยความเค้นมีผลคือส่วนที่รับโดยโครงสร้างเม็ดดินและควบคุมกำลังเฉือนที่คำนวณจากความเค้นรวม ลบด้วยแรงดันน้ำโพรง

• แรงดันน้ำโพรง (pore water pressure: u) — ความดันของน้ำในช่องว่างดิน

• การซึมผ่าน (infiltration) — น้ำผิวดินซึมลงสู่ดิน

• การไหลบ่าหน้าดิน (surface runoff) — น้ำที่ไหลบนผิวดินเมื่อดินรับน้ำไม่ทัน

• ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของน้ำ (permeability: k) — ความสามารถของดินให้น้ำไหลผ่าน

• การระบายน้ำใต้ดิน (subsurface drainage) — การระบายน้ำภายในมวลดินเพื่อลดแรงดันน้ำและระดับน้ำใต้ดิน

• ท่อระบายน้ำ รางระบายน้ำ (culvert drainage ditch) — โครงสร้างระบายน้ำบนหรือข้างทางเพื่อควบคุมน้ำไหลรวม

• กำแพงกันดิน (retaining wall) — โครงสร้างต้านดินเพื่อเพิ่มเสถียรภาพ

• กล่องหินเกเบี้ยน (gabion) — ตะแกรงลวดบรรจุหิน ใช้เป็นกำแพงเตี้ย ป้องกันการกัดเซาะและเพิ่มน้ำหนัก

• การปรับรูปตัด ทำขั้นบันได (regrading benching) — การปรับความชันและทำขั้นเพื่อลดแรงขับเคลื่อนและการจัดการน้ำ

• ตาข่ายสังเคราะห์ (geogrid) — วัสดุสังเคราะห์ลักษณะเป็นโครงตาข่าย ใช้เสริมกำลังดินเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและเสถียรภาพของชั้นดินในงานวิศวกรรมธรณีและงานโครงสร้างดินเสริมแรง

5) ศัพท์ด้านชีววิศวกรรมและแนวพระราชดำริ

• ชีววิศวกรรมปฐพี (soil bioengineering) — การใช้พืชพรรณและวัสดุธรรมชาติร่วมกับหลักวิศวกรรมเพื่อเพิ่มเสถียรภาพ ลดการกัดเซาะ และฟื้นฟูพื้นที่

• หญ้าแฝก (vetiver grass) — พืชรากลึกที่ใช้สร้างแนวตามแนวระดับเพื่อลดการไหลบ่าดักตะกอน และลดการพังทลายหน้าดิน

• พืชคลุมดิน (ground cover) — พืชที่ปกคลุมผิวดินเพื่อลดแรงกระแทกเม็ดฝนและลดการชะล้าง

• การอนุรักษ์ดินและน้ำ (soil and water conservation) — แนวทางลดการสูญเสียดินและรักษาความชุ่มชื้น การไหลของน้ำให้เหมาะสม

• ฝายชะลอน้ำ (check dam) — โครงสร้างขนาดเล็กเพื่อชะลอความเร็วกระแสน้ำและดักตะกอนในร่องน้ำ

• การบริหารจัดการลุ่มน้ำ (watershed management) — การจัดการดิน น้ำ และการใช้พื้นที่ทั้งลุ่มน้ำเพื่อลดปัญหาน้ำไหลรวมและตะกอน

• แนวพระราชดำริ (royal initiative) — หลักคิดและแนวทางพัฒนาที่พระราชทานเพื่อแก้ปัญหา โดยเน้นความเหมาะสมกับภูมิสังคมและความยั่งยืน

• ภูมิสังคม (geo-social context) — ลักษณะร่วมของภูมิประเทศ ทรัพยากร วิถีชีวิต เศรษฐกิจสังคม ที่กำหนดวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม

6) ศัพท์ด้านแผนที่ ข้อมูล และเทคโนโลยี

• ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) — ระบบจัดการ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่

• แบบจำลองระดับความสูง (Digital Elevation Model: DEM) — ข้อมูลความสูงพื้นผิว ใช้คำนวณความลาดชันและทางน้ำไหลรวม

• ความลาดชัน (slope gradient) — ค่าความชันของพื้นที่ (องศาหรือเปอร์เซ็นต์) เป็นปัจจัยสำคัญต่อดินถล่ม

• พื้นที่รับน้ำ ลุ่มรับน้ำ (catchment) — พื้นที่ที่น้ำฝนไหลรวมลงสู่จุดหนึ่ง

• การสำรวจระยะไกล (remote sensing) — การใช้ภาพดาวเทียม อากาศยานเพื่อวิเคราะห์สภาพพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

• ผลกระทบ (impact) — ผลระยะยาว เช่น ลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน

• พื้นที่ต้นแบบ (pilot site) — พื้นที่ทดลอง สาธิตเพื่อพัฒนาแนวทางก่อนขยายผล

• การขยายผล (scaling up) — การนำแนวทางที่ได้ผลไปใช้ในพื้นที่อื่นอย่างเป็นระบบ



บทที่ 1

บทนำ



1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดินถล่ม

ดินถล่มเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในพื้นที่ภูเขาและพื้นที่สูงชันของประเทศไทย โดยเฉพาะในบริเวณภาคเหนือและภาคใต้ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง สภาพธรณีวิทยาที่มีความเปราะบาง และได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำในช่วงฤดูฝนที่เกิดฝนตกหนักอย่างต่อเนื่อง เอื้อให้พื้นที่ดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติดินถล่ม ส่งผลให้มวลดินเสียเสถียรภาพและเกิดการเคลื่อนตัวตามอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงโลก อย่างไรก็ตาม ปัญหาดินถล่มในประเทศไทยไม่ได้จำกัดอยู่เพียงเหตุการณ์ขนาดใหญ่ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างฉับพลันเท่านั้น หากยังรวมถึงกระบวนการชะล้างพังทลายของหน้าดินและการเลื่อนไถลของดินในระดับตื้นที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะยาว ซึ่งมักไม่ปรากฏเป็นภัยพิบัติรุนแรงในทันที แต่จะส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศอย่างมีนัยสำคัญ

ตัวอย่างเหตุการณ์ภัยดินถล่มครั้งรุนแรง ที่มีการคร่าชีวิตประชาชนในพื้นที่ไป คือเหตุการณ์ดินถล่มเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2561 ที่บ้านห้วยขาบ หมู่ที่ 7 ตำบลบ่อเกลือเหนือ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน (รูปที่ 1-1) ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่อยู่ในหุบเขา โดยมีบ้านเรือนที่ถูกดินถล่มทับ 6 หลังคาเรือน และถนนบริเวณทางเข้าหมู่บ้านเสียหาย ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตทั้งหมด 8 ราย และชาวบ้านผู้อยู่อาศัยในบริเวณดังกล่าวทั้งหมดจำนวน 60 ครัวเรือน ต้องอพยพโยกย้ายไปอยู่ยังพื้นที่ปลอดภัยที่ทางหน่วยงานรัฐจัดสรรให้ (รูปที่ 1-2)

การเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและน้ำ ส่งผลให้หน้าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ถูกชะล้างออกไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความสามารถในการรองรับการใช้ประโยชน์ที่ดินลดลง ขณะเดียวกันยังสร้างความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐานในชุมชน เช่น ถนน ระบบน้ำ ระบบไฟฟ้า และสิ่งปลูกสร้างขนาดเล็ก เป็นต้น รวมถึงก่อให้เกิดการสะสมของตะกอนดินในลำน้ำและแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งนำไปสู่ปัญหาการตื้นเขินของแหล่งน้ำและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในพื้นที่ปลายน้ำ ปัญหาเหล่านี้มีความเชื่อมโยงโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการขยายพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เกษตรกรรมขึ้นไปบนพื้นที่ลาดชันโดยขาดความตระหนักรู้ และมาตรการการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม



รูปที่ 1-1 สำรวจพื้นที่ภายหลังเกิดเหตุการณ์ดินถล่มบ้านห้วยขาบ
อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน ประมาณ 1 ปีหลังเกิดเหตุ
ที่มา : ถ่ายโดยคณะผู้จัดทำ เมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2562



รูปที่ 1-2 พื้นที่ปลอดภัยที่ทางหน่วยงานรัฐจัดสรร บริเวณบ้านสว้าเหนือ
ที่มา : ถ่ายโดยคณะผู้จัดทำ เมื่อวันที่ 4 มิถุนายน 2562

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยได้ประสบเหตุการณ์ดินถล่มที่สำคัญหลายครั้ง ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิต ทรัพย์สิน และโครงสร้างพื้นฐานอย่างรุนแรง เช่น เหตุการณ์ดินถล่มในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์เมื่อปี พ.ศ. 2549 ถือเป็นหนึ่งในเหตุการณ์ดินถล่มครั้งใหญ่ ที่สร้างความตระหนักรู้ในระดับประเทศ โดยมวลดินและหินจากพื้นที่ลาดชันได้เลื่อนไถลลงสู่พื้นที่ชุมชน ทำลายบ้านเรือนและเส้นทางคมนาคม เหตุการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความเปราะบางของชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณเชิงเขาและพื้นที่ลาดชัน ที่ขาดมาตรการป้องกันที่เหมาะสม นอกจากนี้ เหตุการณ์ดินถล่มยังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในพื้นที่ภูเขาสูงภาคเหนือ เช่น จังหวัดน่าน เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน อุตรดิตถ์และตาก เป็นต้น โดยมักเกิดในพื้นที่ต้นน้ำที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรบนพื้นที่สูง ชุมชนที่อาศัยอยู่ตามเชิงเขาหรือมีการตัดถนนผ่านพื้นที่ลาดชัน ดินถล่มในพื้นที่เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นการเลื่อนไถลของดินระดับตื้นถึงระดับปานกลาง ซึ่งแม้บางกรณีจะไม่ก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างรุนแรงในทันที แต่ได้ส่งผลกระทบสะสมต่อทรัพยากรดิน เสถียรภาพของความลาดชัน และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มขนาดใหญ่ในอนาคต ในพื้นที่ภาคใต้ เหตุการณ์ดินถล่มในจังหวัดภูเก็ต พังงา และนครศรีธรรมราช สะท้อนให้เห็นถึงความเสี่ยงของพื้นที่ภูเขาที่มีการพัฒนาเมืองและโครงสร้างพื้นฐานอย่างหนาแน่น การก่อสร้างถนนและสิ่งปลูกสร้างบนไหล่เขาโดยไม่สอดคล้องกับสภาพธรณีวิทยาและภูมิประเทศ เมื่อประกอบกับปริมาณน้ำฝนสูง ทำให้เสถียรภาพของความลาดชันลดลงและเกิดดินถล่มในหลายพื้นที่ทั้งในเขตชุมชนและพื้นที่เศรษฐกิจสำคัญของประเทศ

ปัจจัยกระตุ้นสำคัญของการเกิดดินถล่มในประเทศไทยคือ ปริมาณน้ำฝนที่ตกหนักและต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน อย่างไรก็ตาม ศักยภาพในการเกิดดินถล่มของแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับระดับความเปราะบางทางกายภาพซึ่งเป็นผลจากปัจจัยเชิงซ้อนหลายประการ ได้แก่ สภาพธรณีวิทยา (ชนิดของหิน ระดับการผุพัง และโครงสร้างทางธรณีวิทยา) สภาพภูมิประเทศโดยเฉพาะความลาดชันของพื้นที่ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพแวดล้อมอันเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ การขยายพื้นที่เกษตรกรรมเชิงเดี่ยวบนพื้นที่สูง การตัดไม้ทำลายป่า และการก่อสร้างที่ไม่เหมาะสม ล้วนเป็นปัจจัยเร่งที่ทำให้เสถียรภาพของความลาดชันลดลงและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มอย่างมีนัยสำคัญ

การตระหนักถึงปัญหาดินถล่มในมิติของความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและน้ำที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ช่วยให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการพื้นที่อย่างยั่งยืนและการป้องกันปัญหาตั้งแต่ต้นเหตุ แทนที่จะมุ่งเน้นการแก้ไขเฉพาะเมื่อเกิดภัยพิบัติรุนแรงแล้ว การฟื้นฟูและเสริมสร้างเสถียรภาพของพื้นที่ลาดชันด้วยแนวทางที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จึงไม่เพียงแต่ช่วยลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติเท่านั้น หากยังเป็นการอนุรักษ์และฟื้นฟูฐานทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญอันเป็นรากฐานของการพัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชนและการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

1.1.1 เหตุการณ์ดินถล่มสำคัญในประเทศไทย

จากเหตุการณ์ดินถล่มที่เกิดขึ้นในประเทศไทยในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา สะท้อนให้เห็นว่าลักษณะและรูปแบบของภัยพิบัติดินถล่มมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามบริบทการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม จากเดิมที่ดินถล่มมักถูกมองว่าเป็นภัยธรรมชาติซึ่งเกิดจากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาเป็นหลัก ได้พัฒนาไปสู่ลักษณะของ ภัยพิบัติแบบผสม ซึ่งเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การขยายตัวของพื้นที่เมืองและโครงสร้างพื้นฐาน ตลอดจนความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ (climate change) เช่น ปรากฏระเบิดฝน (rain bomb) ฝนตกหนักมากในพื้นที่จำกัดและเวลาสั้น ๆ ทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันรุนแรง

ปรากฏการณ์ดินถล่มในประเทศไทยส่วนใหญ่มักปรากฏในรูปแบบของการเลื่อนไถลของมวลดินและวัสดุผุพัง หรือโคลนไหล (debris flow) ซึ่งมีกลไกการเกิดสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณน้ำฝนสะสม ที่ทำให้แรงดันน้ำโพรงในช่องว่างของดิน (pore water pressure) เพิ่มสูงขึ้นจนเกินกว่าความสามารถในการต้านทานแรงเฉือนของมวลดิน ส่งผลให้ความลาดชันสูญเสียเสถียรภาพและเกิดการพังทลายลง ในช่วงเวลาระหว่าง พ.ศ. 2531 - 2568 สามารถจำแนกพัฒนาการของภัยพิบัติดินถล่มในประเทศไทยออกเป็นช่วงเวลา (ยุค) ตามลักษณะเด่นของปัจจัยกระตุ้นและรูปแบบของผลกระทบได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1-3 ความเสียหายจากโคลนถล่ม บ้านกะทูน อำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช[1,2]

[1] MGR Online (2561) แผ่นดินสตูล : จุดกำเนิดลมหายใจโลก [ตอนที่ 3] เจาะเวลาหาอดีตจับผิดการพัฒนาจาก “นครศรีฯ” ถึง “สตูล” โศกนาฏกรรมดินถล่ม อ.พิปูน “ภัยพิบัติ” หรือ “อาชญากรรม” สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2569 จาก https://mgronline.com/south/detail/9610000041536 (สืบค้นเมื่อวันที่ 31 มกราคม 2569)

[2] Post Today (2568) 27 ปี โคลนถล่มกะทูน จากความวิปโยคคืนสู่ความสมบูรณ์ สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2569 จาก https://www.posttoday.com/politics/400980 (สืบค้นเมื่อวันที่ 31 มกราคม 2569)

(1) ยุคแห่งการตื่นรู้และผลกระทบจากการตัดไม้ทำลายป่า (พ.ศ. 2531 - 2540)

เหตุการณ์ดินถล่มบริเวณบ้านกะทูน อำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2531 ถือเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญในประวัติศาสตร์การจัดการภัยพิบัติของประเทศไทย เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดจากฝนตกหนักต่อเนื่องบนเทือกเขาหลวง ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่จากป่าดิบชื้นเป็นสวนยางพารา ซึ่งมีระบบรากตื้นและไม่สามารถยึดเกาะหน้าดินได้ดี ส่งผลให้ชั้นดินผุพังสูญเสียเสถียรภาพและเกิดการเลื่อนไถลของมวลดินและวัสดุผุพังในปริมาณมาก

ดินถล่มครั้งนี้ก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างรุนแรง โดยมีผู้เสียชีวิตและสูญหายมากกว่า 200 ราย และมูลค่าความเสียหายมากกว่า 1,000 ล้านบาท เหตุการณ์ดังกล่าวนำไปสู่การตระหนักรู้ในระดับประเทศ และเป็นแรงผลักดันสำคัญให้เกิดการออกมาตรการเชิงนโยบายด้านทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะการยกเลิกสัมปทานทำไม้และการปิดป่าทั่วประเทศเพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศต้นน้ำ

(2) ยุคของการขยายตัวภาคเกษตรกรรมบนพื้นที่สูง (พ.ศ. 2541 - 2550)

ในช่วงทศวรรษถัดมา การขยายพื้นที่เกษตรกรรมเชิงเดี่ยวเข้าสู่พื้นที่ลาดชันและพื้นที่ภูเขาได้กลายเป็นปัจจัยเร่งสำคัญของการเกิดดินถล่ม กรณีศึกษาที่สำคัญ ได้แก่ เหตุการณ์ดินถล่มบริเวณบ้านน้ำก้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อปี พ.ศ. 2544 (รูปที่ 1-4) ซึ่งเกิดในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศแบบ “คอขวด” และมีพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ เมื่อประกอบกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ทำให้การไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสะสมของน้ำในดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดดินถล่มรุนแรงและมีผู้เสียชีวิตถึง 136 ราย

อีกกรณีหนึ่งคือเหตุการณ์ดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ เมื่อปี พ.ศ. 2549 ซึ่งมีสาเหตุสำคัญจากการทำสวนผลไม้บนพื้นที่ภูเขาสูงในอำเภอลับแลและท่าปลา ทำให้หน้าดินเปิดโล่งและสูญเสียความสามารถในการยึดเกาะ เมื่อเกิดฝนตกหนักสะสม มวลดินผุพังจึงเลื่อนไถลลงสู่พื้นที่ชุมชน ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตมากกว่า 75 ราย เหตุการณ์นี้สะท้อนถึงความเสี่ยงจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับศักยภาพของพื้นที่ลาดชัน



รูปที่ 1-4 ความเสียหายจากน้ำป่า ดิน โคลนถล่ม บ้านน้ำก้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ [3]

[3] Nation TV (2565) ย้อนรอยโศกนาฏกรรม น้ำป่า ดิน โคลนถล่ม “บ้านน้ำก้อ” กวาด 136 ชีวิตจมซากปรักหักพัง สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2569 จาก https://www.nationtv.tv/columnist/378561374 (สืบค้นเมื่อวันที่ 31 มกราคม 2569)

(3) ยุคความแปรปรวนของภูมิอากาศและภัยพิบัติในวงกว้าง (พ.ศ. 2551- 2560)

ช่วงเวลานี้เป็นยุคที่ผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ (climate variability) เริ่มปรากฏชัดเจน เหตุการณ์ดินถล่มในหลายพื้นที่มีความรุนแรงและเกิดขึ้นนอกฤดูกาลปกติ ตัวอย่างเช่น เหตุการณ์ดินถล่มในพื้นที่ภาคใต้เมื่อปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเกิดจากฝนตกหนักผิดฤดูกาล ส่งผลให้เกิดดินถล่มในหลายจังหวัดพร้อมกัน สร้างความเสียหายอย่างกว้างขวางทั้งในมิติทางกายภาพและสังคม

อีกกรณีศึกษาที่สำคัญคือเหตุการณ์ดินถล่มบริเวณบ้านห้วยขาบในอำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน เมื่อปี พ.ศ. 2561 ดังแสดงในรูปที่ 1-1 ซึ่งมีผู้เสียชีวิต 8 ราย เหตุการณ์ดังกล่าวสะท้อนถึงความเสี่ยงจากลักษณะทางธรณีวิทยาเฉพาะถิ่น โดยพื้นที่ดังกล่าวประกอบด้วยหินตะกอนและชั้นหินเกลือในสภาพภูเขาสูงชัน ซึ่งมีแนวโน้มต่อการสูญเสียเสถียรภาพเมื่อมีการสะสมของน้ำในดิน

4) ยุคภัยพิบัติในพื้นที่เมืองและอิทธิพลจากกิจกรรมมนุษย์ (พ.ศ. 2561 - 2568)

ในช่วงปีหลัง รูปแบบของดินถล่มมีความซับซ้อนมากขึ้นและมีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะในพื้นที่เมืองและพื้นที่เศรษฐกิจ กรณีดินถล่มในเขตเขานาคเกิด จังหวัดภูเก็ต เมื่อปี พ.ศ. 2567 (รูปที่ 1-5) เป็นตัวอย่างของดินถล่มในพื้นที่เมืองที่มีสาเหตุหลักจากการปรับสภาพพื้นที่ลาดชันและการก่อสร้างโดยขาดระบบระบายน้ำที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตประชาชน และสะท้อนถึงความจำเป็นในการบังคับใช้กฎหมายผังเมืองและการควบคุมอาคารอย่างเข้มงวด



รูปที่ 1-5 ความเสียหายจากน้ำป่า ดินถล่ม จังหวัดภูเก็ต[4]

[4] Pattaya Mail (2567) Mountain peak temple suspected for disastrous landslides killing 13, injuring 19 in Phuket สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2569 จาก https://www.pattayamail.com/thailandnews/mountain-peak-temple-suspected-for-disastrous-landslides-killing-13-injuring-19-in-phuket-470104 (สืบค้นเมื่อวันที่ 31 มกราคม 2569)

นอกจากนี้ ยังปรากฏเหตุการณ์ดินถล่มที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่อุตสาหกรรม เช่น เหตุดินถล่มบริเวณพื้นที่ทิ้งดินของเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เมื่อปี พ.ศ. 2568 (รูปที่ 1-6) ซึ่งแม้จะไม่ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิต แต่สะท้อนถึงความเสี่ยงจากการจัดการกองดินและวัสดุผุพังในพื้นที่อุตสาหกรรมภายใต้สภาวะฝนตกหนักสะสม



รูปที่ 1-6 ดินถล่มบริเวณที่ทิ้งดินเหมืองแม่เมาะ[5]

จากการพิจารณาเหตุการณ์ดินถล่มในแต่ละยุค จะเห็นได้ว่าภัยพิบัติดินถล่มในประเทศไทยมีพัฒนาการจากภัยธรรมชาติที่เกิดจากปัจจัยทางธรรมชาติเป็นหลัก ไปสู่ภัยพิบัติที่มีความเชื่อมโยงอย่างซับซ้อนกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน การพัฒนาเชิงพื้นที่ และกิจกรรมของมนุษย์ การทำความเข้าใจพัฒนาการดังกล่าวจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการกำหนดแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มอย่างเป็นระบบและยั่งยืนในระยะยาว

[5] กฟผ. แม่เมาะ (2568) แถลงการณ์ ฉบับที่ 2 เรื่อง ดินสไลด์บริเวณที่ทิ้งดินเหมืองแม่เมาะ สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2569 จาก https://www.facebook.com/share/p/14URuzfuvSZ/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 31 มกราคม 2569)

1.2 สถานการณ์และพื้นที่เสี่ยงภัยในประเทศไทย

ภัยดินถล่มเป็นหนึ่งในสาธารณภัยทางธรรมชาติที่มีความสำคัญในระดับประเทศและเป็นประเด็นที่ภาครัฐให้ความสำคัญอย่างต่อเนื่อง การจัดการและการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มจึงเป็นมาตรการสำคัญของการวางแผนป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เพื่อให้สามารถกำหนดมาตรการเฝ้าระวังเตือนภัย ลดความเสี่ยง และเตรียมความพร้อมรับมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ หน่วยงานภาครัฐที่รับผิดชอบด้านธรณีพิบัติภัยมีหลายภาคส่วน โดยแต่ละหน่วยงานมีบทบาทในการจัดการความเสี่ยงดินถล่มดังนี้

1. กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (ปภ.) กระทรวงมหาดไทย มีบทบาทในการจัดทำแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติในเชิงนโยบายและมีหน่วยงานระดับปฏิบัติการทั้งในระดับจังหวัด เป็นหน่วยงานกลางในการประสานการปฏิบัติร่วมกับภาคส่วนต่าง ๆ ในการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยดินถล่ม

2. กรมทรัพยากรธรณี เป็นหน่วยงานภายใต้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่มีภารกิจในการสำรวจ วิเคราะห์ และจัดทำข้อมูลธรณีวิทยาและธรณีพิบัติภัย รวมถึงการจัดทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในระดับประเทศ (landslide susceptibility map) เพื่อสนับสนุนการวางแผนเชิงพื้นที่และการแจ้งเตือนภัยล่วงหน้า

3. กรมอุตุนิยมวิทยา สังกัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งมีหน้าที่เฝ้าระวังและเตือนภัยจากการตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศ อีกทั้งมีช่องทางการสื่อสารข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา การประกาศเตือนภัยต่าง ๆ น้ำท่วม น้ำป่าไหลหลาก เส้นทางพายุ ให้แก่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้

4. กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีบทบาทในการเฝ้าระวังปัญหาด้านน้ำ มีสถานีตรวจวัดและแจ้งเตือนภัยล่วงหน้า ทั้งตรวจวัดน้ำฝน ความชื้นในดินและอุณหภูมิ รวมถึงมีสถานีตรวจวัดระดับน้ำในลำน้ำติดตั้งบริเวณสะพาน และเว็บไซต์เตือนภัย https://ews.dwr.go.th

5. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีภารกิจด้านการพัฒนาทรัพยากรดิน การอนุรักษ์ดินและน้ำ และมีบทบาทในการดูแลการใช้ประโยชน์ที่ดิน สนับสนุนมาตรการลดการชะล้างพังทลายในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีความลาดชัน ทั้งในเชิงป้องกัน และการฟื้นฟู และพัฒนามาตรการจัดการความเสี่ยงด้านพื้นที่ให้สอดคล้องกับบริบททางสังคมเศรษฐกิจของแต่ละชุมชน

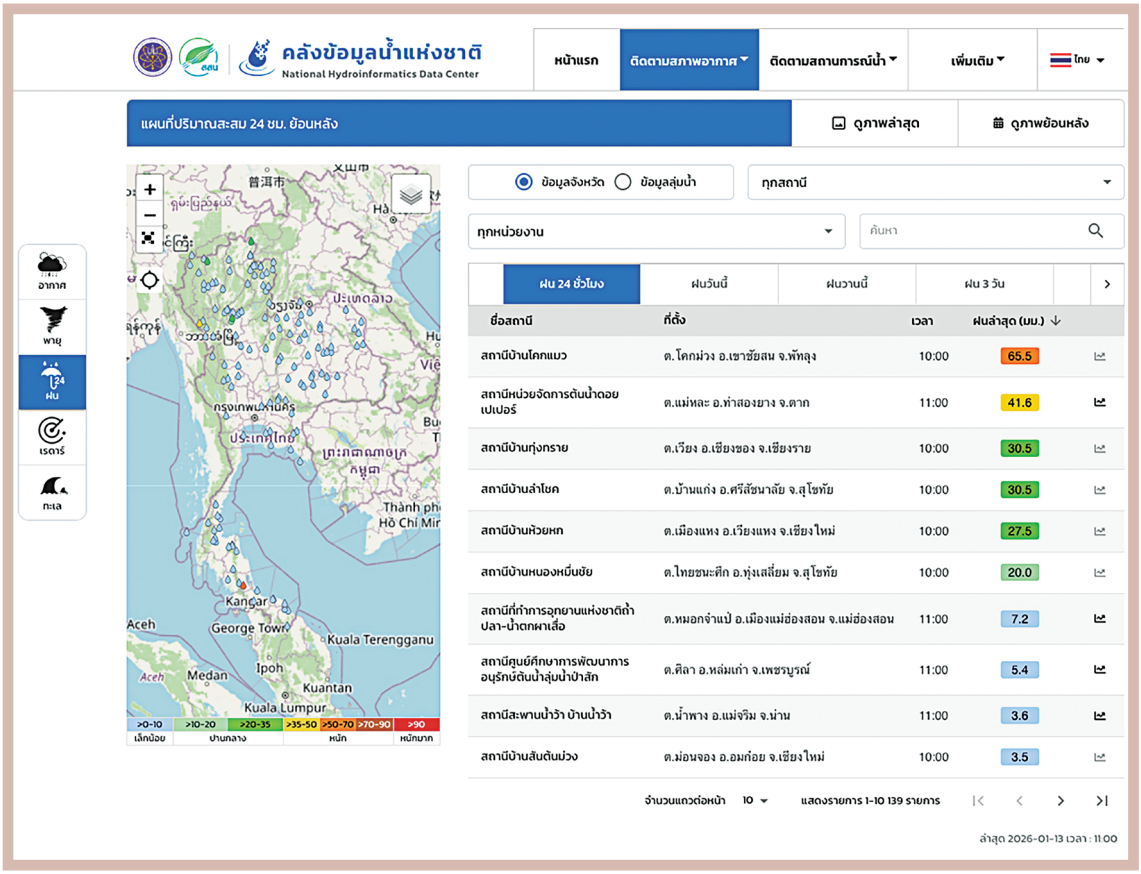
6. กรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท ภายใต้กระทรวงคมนาคม มีบทบาทสำคัญในการดำเนินการสำรวจ ประเมิน วิเคราะห์ ตรวจสอบ และจัดทำฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติตามแนวเส้นทางคมนาคมทางบกอย่างเป็นระบบ พร้อมกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาเชิงวิศวกรรม บริเวณจุดทางขาด และจัดทำแผนเส้นทางสำรอง เพื่อรักษาประสิทธิภาพของโครงข่ายคมนาคมของประเทศ ให้สามารถคงประสิทธิภาพได้ ในสถานการณ์ภัยพิบัติธรรมชาติต่าง ๆ

7. องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย มีบทบาทในการเฝ้าระวัง แจ้งเตือน และดำเนินมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มในระดับพื้นที่ รวมทั้งการดูแลบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานและระบบระบายน้ำ ตลอดจนการฟื้นฟูพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ และการประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อบริหารจัดการความเสี่ยงภัยพิบัติอย่างมีประสิทธิภาพในระดับชุมชน

8. กรมป่าไม้ ภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีภารกิจหลักในการบริหารจัดการพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติและส่งเสริมการจัดการป่าชุมชน นอกเขตพื้นที่อนุรักษ์ มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนผ่านการจัดการจากรูปแบบรัฐกำกับดูแลสู่การมีส่วนร่วมของชุมชน โดยสนับสนุนให้ราษฎรบนพื้นที่สูงทำการเกษตรเชิงอนุรักษ์ตามแนวพระราชดำริ ป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง ควบคู่ไปกับการส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝกและพืชเบิกนำเพื่อยึดเกาะหน้าดินและลดการชะล้างพังทลาย ซึ่งนอกจากจะช่วยฟื้นฟูระบบนิเวศป่าต้นน้ำแล้ว ยังช่วยให้ชุมชนมีรายได้ สามารถพึ่งพาตนเอง และอยู่ร่วมกับป่าได้อย่างถูกต้องตามกฎหมายและยั่งยืน

9. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีภารกิจหลักในการดูแลพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่กว่าครึ่งเป็นภูเขาสูงชันและเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารและมีบทบาทในการปกป้องพื้นที่ต้นน้ำไม่ให้ถูกแผ้วถาง และฟื้นฟูระบบนิเวศผ่านการจัดทำฝายชะลอน้ำและปลูกป่าเสริม นอกจากนี้ ภายใต้ พ.ร.บ.อุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2562 กรมฯ ยังมีกระบวนการจัดระเบียบพื้นที่และส่งเสริมให้ชุมชนดั้งเดิมที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ป่า ทำการเกษตรแบบเกื้อกูลธรรมชาติ เพื่อแก้ปัญหาการรุก ลดความเสี่ยงดินถล่มที่ต้นเหตุ และทำให้คนสามารถอยู่ร่วมกับป่าได้อย่างสมดุล

นอกจากนั้นยังมีหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (GISTDA) ศึกษาวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมและจัดทำแผนที่ให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศแก่หน่วยงานรัฐและประชาชน สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) (สสน.) ที่ดำเนินวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี นวัตกรรม ด้านสารสนเทศทรัพยากรน้ำ และการเพิ่มประสิทธิภาพคลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ (THAIWATER) ส่งเสริมให้ภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชนนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการป้องกันภัยดินถล่มต่อไป (รูปที่ 1-7)



รูปที่ 1-7 ตัวอย่างแผนที่ปริมาณน้ำฝนจากคลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ สสน.[6]

1.2.1 สถิติและการกระจายตัวของพื้นที่เสี่ยงภัย

ฐานข้อมูลแผนที่พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มประเทศไทยของกรมทรัพยากรธรณี[7] รูปที่ 1-8 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในประเทศไทยมีการกระจายตัวอย่างกว้างขวางตลอดแนวภูเขาและพื้นที่ลาดชัน โดยเฉพาะในภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ ครอบคลุม 54 จังหวัด 463 อำเภอ 1,984 ตำบล รวมพื้นที่เสี่ยงภัยกว่า 142,067 ตารางกิโลเมตร ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

[6] คลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ (2569) แผนที่ปริมาณสะสม 24 ชม. ย้อนหลัง สืบค้นเมื่อ 13 มกราคม 2569 จาก https://www.thaiwater.net/weather/rainfall (สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มกราคม 2569)

[7] กรมทรัพยากรธรณี (2567) บัญชีแผนที่พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มประเทศไทย ปี 2568 กองธรณีวิทยาและสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี

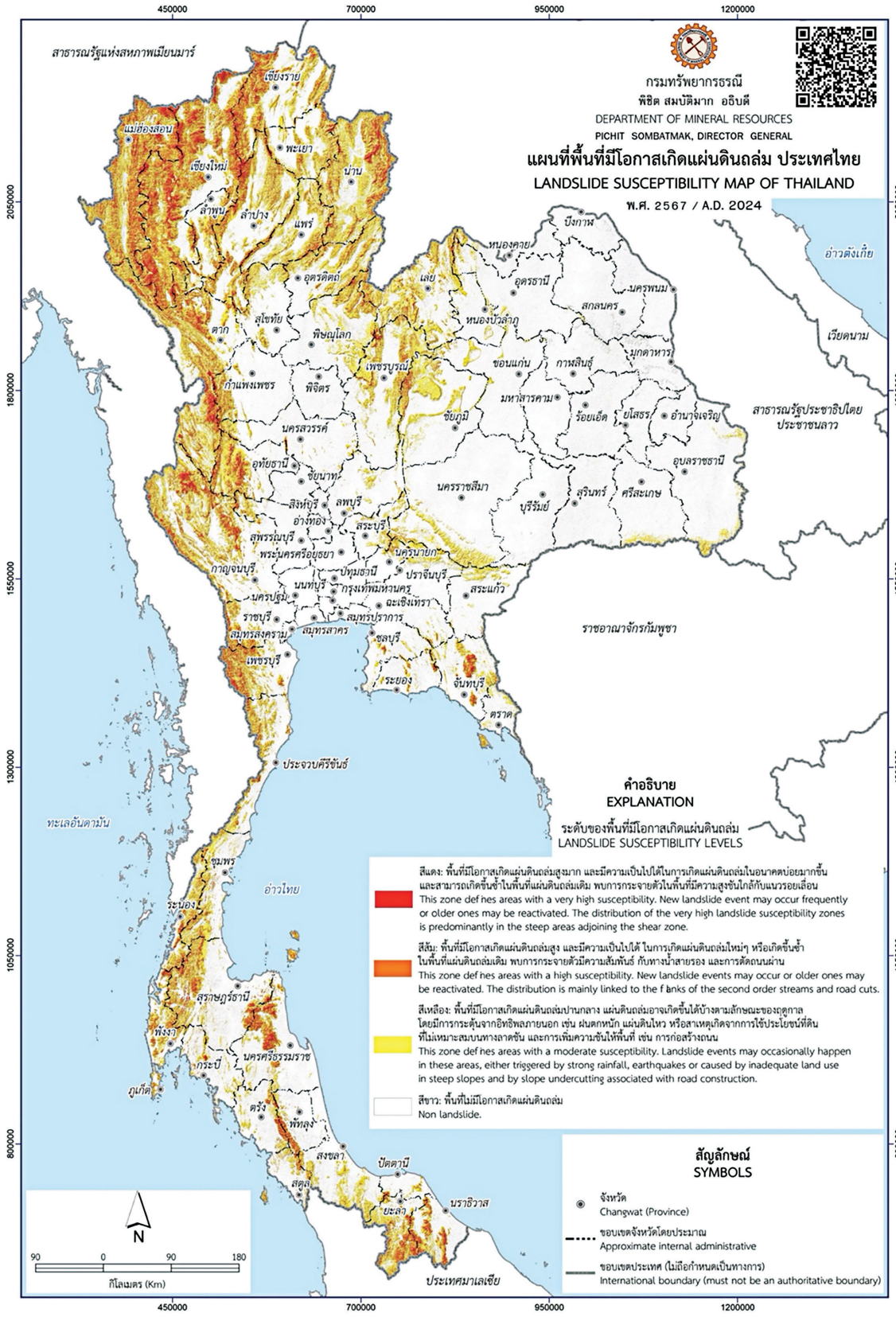
องค์ประกอบการวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (landslide susceptibility) ของกรมทรัพยากรธรณี (รูปที่ 1-8) แบ่งระดับความเสี่ยงไว้เป็นหลายระดับ ตั้งแต่ระดับต่ำ ไปจนถึงระดับสูงมาก โดยคำนึงถึงปัจจัย เช่น ความลาดชันของพื้นที่ โครงสร้างธรณีวิทยา การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปัจจัยภูมิอุตุนิยมวิทยา เช่น ปริมาณน้ำฝนสะสมในพื้นที่

ตารางที่ 1-1 สัดส่วนพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในประเทศไทยจำแนกตามระดับความเสี่ยง [8]

ระดับของพื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่ม (landslide susceptibility level)	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
ระดับสูงมาก (very high)	15,588.20	11
ระดับสูง (high)	43,904.77	31
ระดับกลาง (moderate)	82,574.33	58

นอกจากนี้กรมทรัพยากรธรณี ยังได้จัดทำรายงานแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชน (community landslide hazard report) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัดในประเทศไทย โดยให้รายละเอียดตำบลที่มีระดับความเสี่ยงแตกต่างกัน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการวางแผนระดับท้องถิ่นและการจัดทำมาตรการเตือนภัยเชิงพื้นที่

[8] กรมทรัพยากรธรณี (2567) บัญชีแผนที่พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มประเทศไทย ปี 2568 กองธรณีวิทยาและสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี



รูปที่ 1-8 แผนที่พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่ม[9]

[9] กรมทรัพยากรธรณี (2567) บัญชีแผนที่พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มประเทศไทย ปี 2568 กองธรณีวิทยาและสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี

1.2.2 การจำแนกพื้นที่เสี่ยงและมาตรการเตือนภัย

การจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มเป็นกลไกสำคัญในการบริหารจัดการความเสี่ยงและการสื่อสารภัยพิบัติไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและประชาชนในพื้นที่อย่างเป็นระบบ การกำหนดระดับความเสี่ยงเชิงพื้นที่ช่วยให้สามารถวางแผนมาตรการป้องกัน การเฝ้าระวัง และการตอบโต้สถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม[7] โดยอาศัยข้อมูลความอ่อนไหวต่อการเกิดแผ่นดินถล่มร่วมกับปัจจัยกระตุ้นที่สำคัญ เช่น ปริมาณน้ำฝนสะสม สภาพธรณีวิทยา ความลาดชันของพื้นที่ และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1) พื้นที่มีโอกาสเกิดดินถล่มปานกลาง

เป็นพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มเป็นครั้งคราว โดยมักเกิดภายใต้เงื่อนไขของฤดูกาลหรือเมื่อมีปัจจัยกระตุ้นจากภายนอก เช่น ฝนตกหนักต่อเนื่อง แผ่นดินไหว หรือการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสมบนพื้นที่ลาดชัน ในพื้นที่กลุ่มนี้ แนวทางการจัดการมุ่งเน้นการเฝ้าระวังสถานการณ์เป็นหลัก โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน การติดตามข้อมูลพยากรณ์อากาศและปริมาณน้ำฝนสะสมอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการสร้างความตระหนักรู้ให้ประชาชนสามารถสังเกตสัญญาณบ่งชี้เบื้องต้นของดินถล่ม ตัวอย่างเช่น รอยร้าวของดินหรือการเปลี่ยนแปลงของการไหลของน้ำ นอกจากนี้ ควรมีการควบคุมกิจกรรมที่อาจเพิ่มความเสี่ยง เช่น การตัดไหล่เขา การขุดดิน หรือการก่อสร้างบนพื้นที่ลาดชัน เป็นต้น เพื่อป้องกันไม่ให้เสถียรภาพของความลาดชันลดลงโดยไม่จำเป็น

2) พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มสูง

เป็นพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้สูงในการเกิดดินถล่มใหม่ หรือการเกิดซ้ำของแผ่นดินถล่มเดิม พื้นที่ในกลุ่มนี้มักมีความสัมพันธ์กับบริเวณไหล่เขาตามแนวลำน้ำสายรอง และพื้นที่ที่มีการตัดถนนผ่านลาดชัน ซึ่งส่งผลให้ฐานลาดชันถูกตัดทอนและเสถียรภาพของมวลดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การจัดการพื้นที่ระดับสูงจึงต้องเน้นการเฝ้าระวังเชิงรุกมากขึ้น โดยควรมีการติดตามปริมาณน้ำฝนสะสมและสภาพความชื้นในดินอย่างใกล้ชิด พร้อมทั้งจัดทำแผนเผชิญเหตุและแผนอพยพระดับชุมชนเพื่อรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน เมื่อเงื่อนไขความเสี่ยงเพิ่มสูงขึ้น จำเป็นต้องมีการแจ้งเตือนประชาชนล่วงหน้าและเตรียมความพร้อมในการเคลื่อนย้าย รวมถึงการควบคุมหรือจำกัดการใช้ประโยชน์ที่ดินและกิจกรรมก่อสร้างในพื้นที่เสี่ยงควบคู่ไปกับการดำเนินมาตรการเสริมความมั่นคงของลาดชันในระยะกลางถึงระยะยาว

3) พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มสูงมาก

เป็นพื้นที่มีโอกาสเกิดดินถล่มสูงมาก และมีแนวโน้มความเป็นไปได้ในการเกิดเหตุการณ์ซ้ำบ่อยครั้ง โดยเฉพาะในบริเวณที่มีความลาดชันสูงและมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เปราะบาง ตัวอย่างเช่นในบริเวณแนวรอยเลื่อน ซึ่งทำให้มวลดินและหินมีความอ่อนแอเป็นพิเศษต่อการสูญเสียเสถียรภาพ การจัดการพื้นที่ระดับสูงมากจำเป็นต้องใช้มาตรการที่เข้มข้นและรัดกุม โดยต้องมีการเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงฤดูฝน พร้อมทั้งกำหนดระดับการแจ้งเตือนภัยที่ชัดเจนและเตรียมความพร้อมในการอพยพทันทีเมื่อสัญญาณความเสี่ยงเพิ่มสูงขึ้น ในหลายกรณีอาจต้องพิจารณามาตรการระยะยาว เช่น การจำกัดหรือห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เสี่ยงสูงมาก การปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ที่ดิน การย้ายถิ่นฐานในพื้นที่เฉพาะจุด หรือการใช้การวิเคราะห์และโครงสร้างทางวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างเสถียรภาพของลาดชัน เพื่อลดความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สินอย่างยั่งยืน

ทั้งนี้ การจำแนกพื้นที่เสี่ยงและมาตรการเตือนภัยดินถล่มไม่ใช่กรอบที่กำหนดตายตัว แต่ต้องทบทวนและปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอ โดยอาศัยข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มล่าสุด ข้อมูลภูมิสารสนเทศ การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงเทคโนโลยีและวิธีการประเมินที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การบริหารจัดการความเสี่ยงดินถล่มสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง และสามารถใช้สนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและการดำเนินงานในระดับพื้นที่ได้ โดยหน่วยงานภาครัฐจะมีหน้าที่ในการจัดทำและเผยแพร่ข้อมูลพื้นที่เสี่ยง สถานการณ์ และประกาศการแจ้งเตือนผ่านช่องทางต่าง ๆ โดยมีการปรับปรุงตามข้อมูลล่าสุดที่เกี่ยวข้องเป็นระยะ

1.3 ประมวลพระราชดำริการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดินถล่ม

พระราชดำรัสของ พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร

วันที่ 22 และ 29 มิถุนายน 2534

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตรได้พระราชทานพระราชดำริแก่ นายสุเมธ ตันติเวชกุล เลขาธิการ กปร. ณ สวนจิตรลดา และ ณ วังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สรุปดังนี้

1. ให้ศึกษาทดลองการปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการพังทลายของดินในพื้นที่ของศูนย์ศึกษาการพัฒนาฯ และพื้นที่อื่น ๆ ที่เหมาะสมอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายอันเนื่องมาจากพระราชดำริและศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

2. การดำเนินการศึกษาทดลองการปลูกหญ้าแฝกให้พิจารณาลักษณะของภูมิประเทศซึ่งแบ่งได้ 2 ลักษณะของพื้นที่ ดังนี้

2.1 การปลูกหญ้าแฝกบนพื้นที่ภูเขาให้ปลูกหญ้าแฝกตามแนวขวางของความลาดชัน และในร่องน้ำของภูเขาเพื่อป้องกันการพังทลายของหน้าดินและช่วยเก็บความชื้นในดินไว้ด้วย

2.2 การปลูกหญ้าแฝกบนพื้นที่ราบให้ดำเนินการในลักษณะ ดังนี้

- ปลูกโดยรอบแปลง
- ปลูกในแปลง แปลงละ 1 หรือ 2 แนว
- สำหรับแปลงพืชไร่ให้ปลูกตามร่องสลับกับพืชไร่

3. ผลของการศึกษาทดลอง ควรเก็บข้อมูลทั้งทางด้านการเจริญเติบโตของลำต้นและรากความสามารถในการอนุรักษ์ความสมบูรณ์ของดินและการเก็บความชื้นในดินและเรื่องพันธุ์หญ้าต่าง ๆ ด้วย

วันที่ 7 กรกฎาคม 2534

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร และสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ เสด็จทอดพระเนตรโครงการพระราชดำริสวนหาดทรายใหญ่ อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และมีพระราชกระแสว่า

"...ขอให้ปลูกหญ้าแฝกไว้ด้วย เพราะหญ้าแฝกมีประโยชน์มากในการช่วยยึดดินไม่ให้พังทลายช่วยรักษาหน้าดิน โดยเฉพาะที่โครงการฯ นี้มีที่ลาดชันหลายแห่ง นอกจากนี้หญ้าแฝกยังช่วยกักเก็บอินทรียวัตถุไว้ในดิน ใบอ่อนของหญ้าแฝกยังเป็นอาหารสัตว์ได้อีกด้วย..."

วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2535

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง และสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีได้เสด็จพระราชดำเนินทรงตรวจเยี่ยมการดำเนินงานของโครงการหลวง ณ ที่ทำการที่ตำบลห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ พระองค์ได้เสด็จฯ ไปเยี่ยมชมแปลงรวบรวมพันธุ์หญ้าแฝก ซึ่งได้เก็บรวบรวมพันธุ์พื้นเมืองจากท้องถิ่นต่าง ๆ ในประเทศ รวมทั้งของต่างประเทศด้วยและยังได้เยี่ยมชมการทดลองปลูกหญ้าแฝกขวางร่องน้ำ เพื่อลดความแรงของน้ำและสะสมอินทรียวัตถุบริเวณหน้าแถวหญ้าแฝก

หลังจากนั้นทั้งสามพระองค์ได้เสด็จฯ ไปทอดพระเนตรแปลงขยายพันธุ์หญ้าแฝก ณ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 จังหวัดเชียงใหม่ พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร มีพระราชดำริ ดังนี้

1. หญ้าแฝกเป็นพืชที่มีระบบรากลึกแผ่กระจายลงไปในดินตรง ๆ เป็นแผงเหมือนกำแพงช่วยกรองตะกอนดินและรักษาหน้าดินได้ดีจึงควรนำมาศึกษาและทดลองปลูก

2. การปลูกหญ้าแฝกควรปลูกเป็นแถวเดี่ยว ระยะระหว่างต้นห่างกัน 10-15 ซม. ทำให้ไม่เปลืองพื้นที่การดูแลรักษาง่ายควรทำการทดลองปลูกในร่องน้ำและบนพื้นที่ลาดชันให้มากเพื่อช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน

3. การปลูกหญ้าแฝกเป็นแนวความคิดใหม่ควรปลูกโดยไม่ต้องหวังผลอะไรมากนัก แต่ผลที่ได้จะดีมากและการปลูกไม่จำเป็นต้องไปปลูกในที่ของเกษตรกร ขอให้ปลูกกันในสถานีพัฒนาที่ดินเพื่อเป็นแบบอย่างเพื่อคัดพันธุ์หาพันธุ์ที่ดีที่ไม่ขยายพันธุ์โดยออกดอก ต้องดูว่าปลูกแล้วมีพันธุ์ไหนที่ทนแล้งในหน้าแล้งยังเขียวอยู่ก็ใช้ได้โดยขอให้ปลูกก่อนฤดูฝนจะทำให้เกษตรกรในพื้นที่ข้างเคียงเห็น

วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2535

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตรและสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีได้ เสด็จพระราชดำเนินทรงตรวจเยี่ยมการดำเนินงานของศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีนายสุเมธ ตันติเวชกุล เลขาธิการ กปร. นายปราโมทย์ ไม้กลัด ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ ให้คำปรึกษาการจัดสรรน้ำและปรับปรุงบำรุงรักษา กรมชลประทาน และนายพิมลศักดิ์ สุวรรณทัต ผู้ช่วยเลขาธิการ กปร. เข้าเฝ้ารับเสด็จฯ ถวายงาน

ในการนี้พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตรและสมเด็จพระกนิษฐธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีได้ทรงปลูกหญ้าแฝกในแปลงทดลองของศูนย์ฯ และได้พระราชทานพระราชดำริ โดยสรุปดังนี้

1. ให้ดำเนินการปลูกหญ้าแฝก ซึ่งจะช่วยทั้งการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยรากของหญ้าแฝกจะอุ้มน้ำไว้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความชุ่มชื้นในดินอันจะสามารถปลูกพืชอื่น ๆ เช่น ข้าวโพดหรือต้นไม้ยืนต้นอื่น ๆ ในบริเวณที่ปลูกหญ้าแฝกได้ และคุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งของหญ้าแฝกก็คือ หญ้าแฝกจะเป็นตัวกักเก็บไนโตรเจน และกำจัดสิ่งเป็นพิษหรือสารเคมีอื่น ๆ ไม่ให้ไหลลงไปยังแม่น้ำลำคลอง โดยกักให้ไหลลงไปใต้ดินแทน

2. ให้ดำเนินการศึกษาและคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ไปพร้อม ๆ กันเพื่อที่จะได้นำไปส่งเสริมและขยายพันธุ์ในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป โดยเฉพาะตามไหล่เขาที่จะมีการพังทลายของดินมาก เช่น ที่โครงการเขาชะงุ้มและที่วัดญาณสังวราราม ก็ควรจะปลูกเช่นกัน และทรงแนะนำวิธีการปลูกว่าสมควรปลูกหญ้าแฝกก่อนหน้าฝนประมาณ 3 เดือน เพื่อที่จะให้ต้นหญ้าแฝกแข็งแรงพอที่จะทนต่อความแรงของน้ำในหน้าฝนได้และยังทรงให้ศึกษาทดลองการปลูกหญ้าแฝกในร่องน้ำในลักษณะที่เป็น check dam ด้วย ตลอดจนที่สูงชันตามริมถนนที่เห็นดินเปลือยอยู่ให้นำหญ้าแฝกไปปลูกเพื่อป้องกันดินพังทลายด้วย

วันที่ 19 มีนาคม 2535

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตรและสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวงได้เสด็จพระราชดำเนินไปเยี่ยมชมศูนย์พัฒนาการเกษตรที่สูงปางตอน ตำบลหมอกจำแป่ อำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในการนี้พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตรได้พระราชทานพระราชดำริในส่วนของการปลูกหญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ให้พิจารณาปลูกก่อนหน้าฝนสัก 3 เดือน ในกรณีที่พื้นที่มีน้ำพอที่จะมารดต้นหญ้าแฝก เพราะว่าจะทำให้หญ้าแฝกแข็งแรงเมื่อถึงหน้าฝนจะทนต่อความแรงของน้ำในหน้าฝนได้

วันที่ 25 กรกฎาคม 2540

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร เสด็จพระราชดำเนิน พร้อมด้วยสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีไปพระราชทานปริญญาบัตรแก่ผู้สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ณ อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และพระราชทานพระบรมราโชวาทในส่วนที่เกี่ยวข้องกับหญ้าแฝก ขออัญเชิญมาไว้ ณ ที่นี้

"...สิ่งที่ดีมีประโยชน์นั้นจะต้องใช้ให้ถูกต้องตามหลักวิชาและเหมาะสมกับสภาพการณ์ทั่วไปด้วย จึงจะได้ผลที่พึงประสงค์อย่างเช่น การปลูกหญ้าแฝกจะต้องปลูกให้ชิดติดกันเป็นแผงและวางแนวให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศ เป็นต้นว่า บนพื้นที่สูงจะต้องปลูกตามแนวขวางของความลาดชันและร่องน้ำ บนพื้นที่ราบจะต้องปลูกรอบแปลง หรือปลูกตามร่องสลับกับพืชไร่ ในพื้นที่เก็บกักน้ำจะต้องปลูกเป็นแนวเหนือแหล่งน้ำ หญ้าแฝกที่ปลูกโดยหลักวิธีดังนี้จะช่วยป้องกันการพังทลายของหน้าดินรักษาความชุ่มชื้นในดินเก็บกักตะกอนดินและสารพิษต่าง ๆ ไม่ให้ไหลลงแหล่งน้ำ ซึ่งจะอำนวยผลเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่การอนุรักษ์ดินและน้ำตลอดจนการฟื้นฟูดินและป่าไม้ให้สมบูรณ์ขึ้น บัณฑิตผู้จะออกไปเริ่มต้นชีวิตการงานต่อไป จึงควรจะได้ศึกษาพิจารณาเรื่องความถูกต้องเหมาะสมที่กล่าวนี้ให้ทราบชัด..."

วันที่ 16 พฤศจิกายน 2545

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ได้มีพระราชดำริ ณ โครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติ ของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สรุปดังนี้

1. ควรปลูกหญ้าแฝกก่อนหรือพร้อมกับปลูกป่าโดยเฉพาะที่ลาดชัน โดยต้องปลูกให้ถูกวิธี คือขวางแนวลาดชันเพราะในแผนที่ ปตท. แสดงการปลูกป่าจะเป็นแนวลงมาเหมือนที่ชาวเขาปลูกกะหล่ำ โดยให้สังเกตที่ลำห้วยด้านล่างภูเขาจะเห็นดินลงไปกองอยู่เต็ม

2. ควรปลูกหญ้าแฝกเป็นแนวกันไฟป่าของแปลงปลูกป่า เพราะการปลูกป่าของหน่วยงานต้องมีเจ้าหน้าที่หน่วยดับไฟ ต้องใช้รถจักรยานยนต์เพื่อตรวจป่า ขอให้ใช้วิธีปลูกหญ้าแฝกเป็นแนว เพราะหญ้าแฝกนั้นต่างกับหญ้าคาซึ่งหน้าแล้งจะแห้งติดไฟง่าย แต่หญ้าแฝกหน้าแล้งจะเขียว เพราะมีรากลึกดูดความชื้นตลอดเวลาจะเป็นแนวกันไฟโดยธรรมชาติ

วันที่ 22 พฤศจิกายน 2545

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ได้มีพระราชดำริกับนายอำพล เสนาณรงค์ องคมนตรีและคณะกรรมการบริหารสภาวิจัยแห่งชาติและคณะวิจัย ณ ศาลาเริง วังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สรุปดังนี้

หญ้าแฝกเป็นพืชอเนกประสงค์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแพร่หลาย นอกจากคุณประโยชน์หลักของหญ้าแฝกที่ใช้ปลูกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน และช่วยฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดินแล้ว รากของหญ้าแฝกที่แผ่หยั่งลึกลงไปในดินยังช่วยดูดซับสารพิษที่ปนเปื้อนมากับน้ำที่ไหลผ่าน อีกทั้งคุณสมบัติพิเศษของกอและใบหญ้าแฝกที่ปลูกล้อมรอบพื้นที่เกษตรยังมีส่วนช่วยในการป้องกันปลวกและหนูไม่ให้เข้ามาทำความเสียหายให้กับพืชและผลิตผลในพื้นที่นั้น ๆ รวมทั้งใช้ป้องกันงูได้อีกด้วย

ปลวกมีหลายชนิดบางชนิดก็ทำลายบ้านเรือน แต่หลายชนิดก็มีประโยชน์ทำให้ดินดีและปลวกที่กินหญ้าแฝกยังไม่ตายทันทีเพียงแต่ทำให้ปวดท้องเท่านั้น

การปลูกแฝกเพื่อเป็นแนวกันไฟ เป็นประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่งของหญ้าแฝกที่จะช่วยลดความเสียหายจากไฟป่า ไม่ว่าจะเป็นในป่าปลูกหรือป่าธรรมชาติ

ควรปลูกแฝกก่อนหรือร่วมกับแปลงปลูกไม้ยืนต้น โดยเฉพาะบนภูเขาจะช่วยป้องกันการชะล้างดินและป้องกันไฟป่าได้เพราะแฝกทนไฟ ใบจะสดตลอดปีและรากที่หยั่งลึกลงในดินจะช่วยดูดความชื้นไว้ดังนั้น การปลูกแฝกเพื่อเป็นแนวกันไฟจะช่วยป้องกันไฟป่าในฤดูแล้งได้

การปลูกยูคาลิปตัสและสนบนภูเขา มักเกิดไฟไหม้ทุกปีควรพิจารณาปลูกแฝกร่วม

การนำใบหญ้าแฝกมาอัดเป็นแผ่นและนำไปใช้ประโยชน์ทดแทนไม้จริงจะช่วยลดการนำเข้าไม้ รวมทั้งลดการตัดไม้ทำลายป่าลงได้แต่เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตแผ่นแฝกอัดใช้กาวซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศมีราคาแพงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาใช้กาวซึ่งผลิตขึ้นภายในประเทศที่มีคุณภาพดีและราคาถูกเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายของประเทศ

การนำรากหญ้าแฝกมาสกัดน้ำมันหอมระเหย ถึงแม้ว่ามีราคาแพงควรมีการศึกษาพัฒนาเกี่ยวกับการปลูกแฝกเพื่อผลิตโดยเฉพาะ ไม่ควรมีการขุดกอแฝกเพื่อนำรากมาใช้ในการนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหย

สำหรับใบแฝกที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบนั้น ควรมีการศึกษาด้วยว่าหากมีการส่งเสริมและดำเนินการในระดับอุตสาหกรรม แล้วจะมีวัตถุดิบเพียงพอหรือไม่ โดยปกติหญ้าแฝกจะมีใบมากและมีการเจริญเติบโตได้เร็วควรมีการศึกษาให้มีการนำใบไปใช้อย่างเหมาะสมไม่ให้เกิดผลกระทบกับวัตถุประสงค์หลักคือการใช้หญ้าแฝกเพื่อป้องกันการชะล้างและการพังทลายของดิน ดังนั้น หากจะใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นควรพิจารณาเตรียมพื้นที่เพื่อการปลูกโดยเฉพาะ และควรวิจัยการนำวัตถุดิบอื่นที่เหมาะสมมาเป็นส่วนผสมในการทำแผ่นไม้อัดด้วย

วันที่ 31 สิงหาคม 2552

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ได้พระราชทานพระราชดำริกับนายอำพล เสนาณรงค์ องคมนตรี และคณะผู้ปฏิบัติงานโครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ณ พระตำหนักเปี่ยมสุข วังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีใจความสำคัญดังนี้ หญ้าแฝกนี้ได้ศึกษามาเป็นเวลาถึงสิบเจ็ดปีอย่างที่ท่านองคมนตรีได้กล่าวเมื่อตะกี้ซึ่งก็นับว่าเป็นเวลาช้านาน แต่เป็นเวลาที่เป็นประโยชน์มากและได้ผลอย่างยิ่ง เป็นสิ่งที่น่ามหัศจรรย์ที่หญ้าชนิดเดียวได้รับการศึกษานานถึงขนาดสิบเจ็ดปี แต่ต้องเข้าใจว่าหญ้าแฝกมีหลายชนิด และถ้าไม่ได้ศึกษาก็ไม่ได้ประโยชน์ขึ้นมาอย่างที่ได้เกิดขึ้น

สิบเจ็ดปีนี้เกิดประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะว่าเวลาทดลองต่าง ๆ ได้ปรากฏว่าหญ้าแฝกหรือหญ้าที่คล้าย ๆ หญ้าแฝกได้ทำประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ซึ่งน่ามหัศจรรย์ที่หญ้าเพียงบางชนิดได้ประโยชน์ในที่ต่าง ๆ หญ้าแฝกบางชนิดได้เกิดประโยชน์ในที่ลักษณะเป็นที่ราบ บางแห่งก็ได้ประโยชน์ในที่ต่างกัน เช่น บนภูเขาดินลึกก็มีดินตื้นก็มีเรื่องดินลึกนั้นได้ ปรากฏว่ารากได้หยั่งลึกลงไปถึงห้าหกเมตร แล้วก็ลงไปได้ซึ่งแต่ก่อนนี้ไม่ได้นึกว่าหญ้าจะลงไปลึก ข้อสำคัญ หญ้านี้ได้หยั่งลงไปห้าหกเมตร และไม่ได้แผ่ออกไปข้าง ๆ แสดงว่าไม่ไปรังควานรากของพืชที่เป็นประโยชน์

อันนี้ตอนต้น ได้ไปเฝ้าสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีซึ่งท่านเวลานั้นทรงไม่สบาย ทำให้ท่านมีความเรียกว่าเซ็งในชีวิตก็ได้ไปเฝ้าที่วังสระปทุม ซึ่งเวลานั้นบอกได้ว่าท่านใช้คำว่าเซ็งน่ะไม่เกินความหมายของสภาพของท่าน ได้ไปกราบบังคมทูลว่า เดี๋ยวนี้ขอแรงท่านทำประโยชน์กับพืชอย่างหนึ่งซึ่งจะได้ประโยชน์ทั่วทั้งประเทศ ท่านรู้สึกว่าเกิดครึกครื้นขึ้นมา ท่านบอกว่ามีหรือนึกว่าทำหมดแล้วศึกษาอะไร ๆ หมดแล้ว เลยบอก เปล่านี่เป็นสิ่งที่ยังไม่ได้ศึกษาหรือศึกษาน้อย น้อยมาก ก็เลยเล่าให้ท่านฟังเรื่องความมหัศจรรย์ของหญ้าแฝก ซึ่งเป็นหญ้าธรรมดา แต่ว่ามีคุณสมบัติที่จะช่วยให้พืชในที่ต่าง ๆ มีประโยชน์ขึ้นมาอย่างมหัศจรรย์ คือว่าไม่ได้นึกเลยว่า จะใช้หญ้าธรรมดานี้มาทำให้การเพาะปลูกดีขึ้น

ท่านก็บอกว่าจะไปทำที่ไหน ก็กราบบังคมทูลว่า ทำในที่ที่เคยทรงปฏิบัติก็คือในที่ภูเขาส่วนหนึ่งที่ภูเขานั้นก็คือที่ที่โปรดมากที่ดอยตุง ซึ่งถ้าไม่ได้ใช้หญ้าแฝกนี้จะทำให้ที่แถวนั้นไม่เจริญ แล้วเจริญอย่างไรก็ทำให้ที่ที่ตามปรกติเราเห็นไม่หญ้าก็พืชต่าง ๆ ขึ้นไม่เป็นปรกติหมายความว่าหญ้าไปคลุม ไปปกคลุมที่ทำให้ที่นั้นไม่บริบูรณ์ แต่ว่าหญ้าแฝกนี้ถ้าทดลองหญ้าแฝก ที่เป็นประโยชน์จากหญ้าแฝกหลายชนิดจะทำให้ดีที่แถวนั้นเจริญดีขึ้นโดยทำให้ที่เหล่านั้นมีความบริบูรณ์ขึ้น ด้วยการเลือกหญ้าที่เหมาะสมและปลูกในทางที่เหมาะสมที่ถูกต้อง จะทำให้ที่เหล่านั้นสามารถทำประโยชน์ได้เราก็ทูลท่านว่า จะทำให้ที่เหล่านั้นมีความเจริญ จะใช้ประโยชน์ของที่นั้นได้ดีมาก แล้วเล่าให้ท่านฟังว่า จะทำให้ที่เหล่านั้นมีความอุดมสมบูรณ์โดยเลือกที่ แล้วเลือกหญ้าที่เหมาะสม จะทำให้ที่เหล่านั้นเจริญงอกงามอย่างมหัศจรรย์แล้วเล่าให้ท่านฟังว่ามีวิธีปลูกอย่างไร และวิธีเลือกหญ้าแฝกชนิดต่าง ๆ

ท่านก็ตื่นเต้น แต่ท่านบอกว่า จะไปทำอะไรได้ก็ทูลว่าถ้าทรงพร้อม ท่านไปเดี๋ยวนี้ก็ได้ ท่านก็ตื่นเต้น เลยเรียกคนของท่านบอกว่า เอ้าตกลง เดี๋ยวนี้แข็งแรงพอแล้ว จะไปได้ความจริงท่านก็เพิ่งเริ่มแข็งแรง แต่ท่านครึกครื้นมาก ท่านบอกไปเดี๋ยวนี้เลย ลงท้ายหญ้าแฝกเป็นหญ้ามหัศจรรย์ที่ทำให้ท่านแข็งแรงทันที คนที่จะทำก็เกิดความดีใจ ในที่สุดเสด็จไปภายในไม่กี่วัน เสด็จไปดอยตุง แล้วก็ขอให้คนนำหญ้าชนิดต่าง ๆ มา เลยทูลว่าให้ไปปลูกหญ้าชนิดต่าง ๆ ในที่ต่าง ๆ เพื่อทดลอง บอกได้ว่าท่านครึกครื้นมาก รู้สึกท่านดีใจมากที่มีงานที่จะทำ เพราะเวลานั้นท่านกำลังเดือดร้อนในจิตใจ เพราะว่าหมอบอกว่าไม่ได้ เสด็จไปไม่ได้ท่านก็บอกว่าทำไมจะไม่ได้แล้วในที่สุดท่านก็ไป แล้วก็ไปเป็นคนภูเขา เสด็จไปได้อย่างประหลาด หมายความว่าท่านออกไปทันทีออกเดินน่ะแล้วก็ออกไปปลูกหญ้าภายในไม่กี่วัน หญ้านั่นน่ะก็เจริญงอกงามออกมา ซึ่งก็เป็นสิ่งที่ประหลาด

หญ้าบางชนิดก็หยั่งลงไปลึก อย่างที่บอกตะกี้ว่าสี่ห้าเมตร บางชนิดก็ถึงหกเมตร ในระหว่างที่หญ้าบางชนิดก็ลงไปเพียงสามเมตร แล้วก็ลงไปหกเมตรนี้เท่ากับไปปกคลุมที่ ทำให้ที่เหล่านั้นสามารถที่จะป้องกันดินที่ปรกติจะทลายลงมา ดินที่ได้รับการปกป้องของหญ้าแฝกก็แข็งแรง ทำให้สามารถที่จะทำตามที่ต้องการ เป็นต้น ตามที่ต้องการคือให้บริเวณนั้นไม่มีการพังทลายลงมา เช่น ข้างถนน ทำให้ถนนได้รับการปกป้องไม่ให้ดินทลายลงมา ภายในไม่กี่วันก็จับดินข้างถนนได้อย่างแน่นแฟ้น ซึ่งก็เป็นเป้าหมายอย่างหนึ่ง ที่จะให้ปลูกสิ่งที่ป้องกันไม่ให้ทลายลงมา แล้วปรากฏว่าดินข้างถนนก็ไม่ทลาย อย่างเช่นทางที่ขึ้นไปดอยตุงก็เป็นดินที่ปลอดภัย และทำให้ถนนนั้น ๆ แข็งแรง ซึ่งเป็นผลที่มหัศจรรย์เป็นผลของการปลูกหญ้าแฝก นอกจากนั้น ก็ทำให้การปลูกต้นไม้ข้างถนนสามารถปลูกได้อย่างปลอดภัย ซึ่งก็เป็นผลแรกที่ได้นอกจากนั้น ก็ได้ป้องกันที่ที่มันทลายลงมาแล้วทำให้เสียหายต่อการเพาะปลูก

ฉะนั้น เรียกได้ว่าภายในไม่กี่วัน ผู้ที่รับหน้าที่ไปถวายคำแนะนำก็ดีใจได้ที่เห็นว่าการเพาะปลูกหญ้าแฝกในทางที่ถูกต้อง ได้เกิดบรรลุผลขึ้นมา ข้อสำคัญจะต้องศึกษาว่าใช้หญ้าแฝกชนิดใดที่จะขึ้นได้บริเวณใดที่จะขึ้นได้ดีและไม่ทำให้เสียหายต่อดิน เพราะว่าบางแห่งจะขึ้นได้อย่างดีต้องมีความกว้างของดินที่ได้ช่วยซึ่งก็แปลกที่บางแห่งจะต้องปลูกให้ห่าง ห่างกันเป็นแนวเมตรเดียวก็มีแล้วแต่ความชันของดิน ภายในไม่กี่วัน ท่านได้ส่งแบบแล้วก็ขนาดของการปลูก เวลานั้นเราก็ไปเชียงใหม่แล้วก็เห็นว่าเป็นบริเวณที่ห่างกันไม่กี่เมตร บางแห่งก็ห่างกันหลายเมตรสำหรับปลูกหญ้าแฝก ฉะนั้น ก็ได้ผลภายในไม่กี่เดือน ได้ผลของการปลูกพืช ซึ่งก็ยาก ตอนนั้นยากที่จะได้ผลขึ้นมาได้ในระยะเวลาอันสั้นอย่างนั้น ทำให้ที่ดินเหล่านั้นเป็นประโยชน์ เราก็เห็นได้ว่าดินที่ได้รับการป้องกันจากพืชง่าย ๆ อย่างเดียว ทำให้ดินเหล่านั้นมีประโยชน์ขึ้นมา การทดลองและผลของการเพาะปลูก โดยมากก็จะได้ผลภายในหลายเดือน แต่นี่ภายในไม่กี่เดือน ได้ประโยชน์ของการปลูกและทดลอง

ฉะนั้น เรื่องที่ได้ทดลองหญ้าแฝกนั้นได้ประโยชน์อย่างยิ่ง แล้วผู้ที่ได้ทำก็เกิดตื่นเต้นเหมือนกัน แม้จะรู้ว่าหญ้าแฝกนี่จะเป็นประโยชน์แต่ไม่นึกว่าจะได้ประโยชน์มากมายอย่างนี้ภายในไม่กี่เดือน ได้ทำให้ที่ดินกว้างขวางได้เกิดประโยชน์ขึ้นมา ฉะนั้นก็เป็นสิ่งที่ทำให้เจ้าหน้าที่ทั้งหลายได้ให้ความตื่นเต้นและดีใจที่ได้ทำ ผู้ที่ทำนั้นก็เป็นผู้ที่มีความรู้ทางการพัฒนาดิน แต่ไม่ใช่อย่างนั้นเท่านั้น เป็นผู้ที่สามารถจะปลูกพืชอย่างหนึ่ง และทดลองพืชอย่างหนึ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต่อไปสำคัญคือจะต้องดูว่าหญ้าแฝกที่มีในเมืองไทยมีหลายชนิด ทั้งบนภูเขา ทั้งบนที่ราบ ทั้งใกล้ทะเลก็มีก็หมายความว่ามีที่ต้องศึกษามากมาย และภายในสิบเจ็ดปีที่ได้ทำการทดสอบนี้ก็ปรากฏผลว่าได้ประโยชน์อย่างยิ่ง ทั้งหญ้าแฝกชนิดต่าง ๆ จากของเมืองไทยนี้เองที่ให้ประโยชน์และทั้งหญ้าแฝกที่ได้มาจากประเทศอื่น ๆ ทำให้เป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกหลายแห่ง ซึ่งก็เป็นอย่างที่ว่ากันตั้งแต่ต้น ว่าเป็นสิ่งที่มหัศจรรย์ผู้ที่ได้ศึกษานี้มีทั้งผู้ใหญ่ ทั้งผู้เชี่ยวชาญ ทั้งผู้น้อยก็ได้ทำประโยชน์ต่อเกษตรกรรมในประเทศและนอกประเทศด้วยฉะนั้นก็ต้องให้ทราบว่าที่ทำได้ที่ได้ศึกษานี้มีประโยชน์ทั่วประเทศและทั่วภูมิภาคของโลก ฉะนั้น ที่ท่านได้ไปช่วยกันทำเป็นประโยชน์จริง ๆ ถึงต้องขอขอบใจที่ท่านทั้งหลายได้ทำประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเกษตรและการเพาะปลูก โดยเฉพาะในเมืองไทยก็ได้ช่วยให้ประเทศมีความเจริญขึ้นอย่างมากอย่างแปลกประหลาด ฉะนั้น ต้องขอบใจท่านที่ได้ช่วยกันทำ มีหลายคนไม่เชื่อว่าหญ้าธรรมดานี้อย่างเดียวจะช่วยประเทศให้รอดพ้นจากอันตรายหลายอย่าง คนบางคนก็บอกว่าหญ้านี่มันเป็นวัชพืช แต่คนที่ได้ศึกษาออกมายืนยันว่าหญ้าแฝกนี่ไม่ใช่วัชพืช แต่เป็นหญ้ามหัศจรรย์เป็นหญ้าที่ช่วยประเทศชาติฉะนั้นที่ท่านได้ทำมาเป็นเวลาแรมปีเป็นประโยชน์อย่างยิ่งและเป็นสิ่งที่ช่วยประเทศชาติให้รอดพ้นจากอันตรายหลายอย่างก็ต้องขอบใจท่าน ที่ได้ตั้งใจทำงาน แม้จะเป็นงานที่เหน็ดเหนื่อยเพราะต้องไปทุกแห่งแล้วต้องไปหาหญ้ามา หญ้านี่มีนานาชนิดนะ แล้วก็ต้องหาวิธีที่จะปลูกให้ดีที่สุด ได้ไปเห็นบางแห่ง เจ้าหน้าที่ได้ตั้งใจปลูกให้ดีที่สุดให้ได้มากที่สุด แล้วได้ผลจริง ๆ

ฉะนั้น ก็ต้องบอกท่าน งานท่านเป็นงานที่ยากอย่างหนึ่ง แต่ในที่สุดก็เป็นงานที่ได้ประโยชน์อย่างยิ่ง และได้เกิดประโยชน์อย่างมากเหน็ดเหนื่อยที่ในการทำต้องไปทุกแห่งและจะต้องพยายามต่อสู้เพื่อดูว่าที่ไหนเหมาะสมในการทำการเพาะปลูกหญ้าแฝก และทำการศึกษาให้ดีที่สุด แต่ในที่สุดก็ได้ผลในการทำงานนี้ได้ประโยชน์ขึ้นมาอย่างยิ่ง น่าตื่นเต้น อย่างเช่นที่สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีท่านมีความตื่นเต้นในการปลูกหญ้าแฝก ปลูกหญ้านี่น่ะ หญ้าธรรมดา ปลูกหญ้าเพื่อช่วยการเกษตรกรรมสร้างความเจริญแก่การเกษตรและการศึกษาของการสร้างแม้จะสร้างถนน สร้างไร่นา ให้ได้ผลดีที่สุดก็ต้องขอบใจท่านที่ได้ช่วยกันทำ ต้องบอกว่าด้วยความเหน็ดเหนื่อย แล้ววันนี้ท่านก็ได้ประโยชน์ตอนนี้ได้ผลดีและยังมีผลต่อไปอีกมากมาย ก็ต้องขอบใจท่านทั้งหลายที่มีความเพียรอย่างนี้

วันที่ 25 กรกฎาคม 2554

พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ได้พระราชทานพระราชดำริกับนายสุเมธ ตันติเวชกุล เลขาธิการมูลนิธิชัยพัฒนา (ประธานกรรมการกิตติมศักดิ์ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร) และคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กทช.) พร้อมด้วยเจ้าหน้าที่และผู้ที่เกี่ยวข้อง ณ ห้องประชุมสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ ชั้น 14 อาคารเฉลิมพระเกียรติโรงพยาบาลศิริราช มีใจความสำคัญดังนี้

สถานการณ์ดินถล่มที่มีเพิ่มขึ้นอย่างมากทั้งภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคใต้รับสั่งว่า แต่เดิมเคยมีดินถล่มครั้งใหญ่ที่ตำบลกระทูน อำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2531 เนื่องจากมีพายุดีเปรสชั่นเข้าก่อนหน้านั้น 3–4 วัน ครั้นถึงวันที่ 22 มีฝนตกใหญ่บริเวณพื้นที่เชิงเขาที่ชาวบ้านทำสวนยางพารา ดินอุ้มน้ำไว้ไม่ไหวก็พังทลายทำความเสียหายทั้งพื้นที่เชิงเขาและบริเวณชายเขาด้านล่างที่ดินถล่มไปทับถม

รับสั่งว่า ในกรณีทั่ว ๆ ไปให้ใช้ความระมัดระวังในการดำเนินงาน เพราะแม้กระทั่งหญ้าแฝกซึ่งตามหลักจะป้องกันดินพังทลายก็อาจจะเป็นตัวการให้ดินถล่มได้เพราะรากเจาะลึกทำให้ดินแตกแยกและนำน้ำลงไปอาจจะเป็นเหตุให้ดินพังทลายเสียเอง ตลอดจนการปลูกต้นไม้มักจะใช้ต้นไม้โตเร็ว ซึ่งส่วนมากไม่มีรากแก้ว ก็จะไม่ยึดดินไว้ได้ ฉะนั้น ควรศึกษาอย่างรอบคอบว่าโครงสร้างดินลักษณะใดควรจะดำเนินการอย่างไร ปลูกพืชชนิดไหน จะได้แก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพได้หรือแม้กระทั่งการทดลองใช้กระสอบพลาสติกแบบมีปีกก็ต้องระมัดระวัง ศึกษาสภาพพื้นที่ให้ดี เพราะอาจจะเหมาะสมกับบางพื้นที่เท่านั้น ไม่สามารถใช้แบบเดียวกันได้ทั้งหมด

ทรงกังวลเรื่องการใช้พื้นที่เพาะปลูกในปัจจุบันที่รุกขึ้นไปบนเขา เข้าไปในป่า รับสั่งว่า เมื่อเสด็จนิวัติประเทศไทย ครั้งทรงพระเยาว์นั้น ประเทศไทยมีประชากร 18 ล้านคน ขณะนี้มีเกือบ 70 ล้านคนแล้ว จึงมีความต้องการพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มเติม แต่ที่ดินในพื้นที่ราบก็มีเจ้าของหมด หากเข้าไปเพาะปลูกใช้ประโยชน์ก็เป็นการบุกรุก ผิดกฎหมาย ยิ่งขับไล่ ก็ยิ่งรุกขึ้นไปบนเขาเข้าในป่ามากขึ้น จึงเห็นพื้นที่ปลูกยาง ปลูกปาล์ม ปลูกไม้โตเร็วต่าง ๆ เพิ่มขึ้นมาก ทั้งภาคอีสาน ภาคเหนือ พื้นที่ดินถล่มก็เพิ่มขึ้นตามมา ดินถล่มสร้างความเสียหายอย่างมาก กว่าจะฟื้นหน้าดินมาใช้เพาะปลูกอีกก็ใช้เวลาหลายปีเมื่อเปิดพื้นที่ใหม่ขึ้นไปบนเขาก็สร้างถนน ถนนที่สร้างผิดไปขวางทางน้ำก่อความเสียหายทั้งน้ำท่วมและดินถล่ม เห็นทั้งที่จังหวัดระยอง จังหวัดจันทบุรี จังหวัดชุมพร ภาคเหนือ และที่เพิ่งเกิดเมื่อเดือนมีนาคมนี้ ที่อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่ อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช เห็นภาพสะพานพัง ถนนเสียหาย ต้องใช้สะพานเชือกกัน การจัดการที่อยู่อาศัยที่ทำมาหากินจะต้องใช้เวลาแก้ไขอีกนาน ระหว่างนี้ก็ต้องหาวิธีการที่เหมาะสมให้อยู่ได้ไม่ให้เกิดเสียหายอันตรายให้ชาวบ้านป้องกันตนเองได้จัดการปัญหาดินถล่มจากการบุกรุกนี้ได้อย่างถาวร

มีพระราชดำรัสถึงประสบการณ์ปัญหาน้ำท่วมที่เกิดจากการสร้างถนนและวิธีการที่ทรงแก้ไขปัญหาน้ำท่วมว่า เมื่อก่อสร้างถนนสี่ช่องทางหน้าวังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เสร็จใหม่ ๆ มีฝนตกหนักน้ำไหลตามแนวถนนมาท่วม บริเวณหน้าวังไกลกังวลฝั่งตะวันตกเพราะเป็นพื้นที่ต่ำ เกาะกลางถนนขวางน้ำไว้ไม่ให้ไหลจึงรับสั่งให้ทุบเกาะกลางถนนให้น้ำไหลผ่านวังไกลกังวลไปลงทะเล แก้ปัญหาน้ำท่วมได้ต่อมาวางท่อระบายน้ำ แต่น้ำก็ยังท่วม และขังอยู่บริเวณสถานีจ่ายกระแสไฟฟ้า เจ้าหน้าที่นำกระสอบมากั้นรอบสถานีแล้วสูบออก น้ำไหลวนอยู่อย่างนั้น ต้องรับสั่งให้หยุดสูบ แล้วทำทางระบายน้ำลงทะเล จะเห็นได้ว่าการสูบน้ำไม่ใช่ทางแก้ไขเสมอไป การจัดการน้ำไปเก็บหรือระบายให้ถูกต้องจะดีกว่า

มีพระราชดำริว่าหากจะแก้ปัญหาเหล่านี้ที่ต้นเหตุคือ การปรับที่ดินทำกิน ที่อยู่อาศัยอย่างเหมาะสม ถูกต้อง ก็จะต้องใช้เวลา 10-20 ปีไม่ทันกับความเสียหายที่รุนแรงและขยายตัวไปทั่วทุกภาค จึงจำเป็นต้องศึกษา วิจัย ทดลองให้ได้คำตอบว่าจะปลูกพืชอย่างไร ให้มีรากแก้วลึก สลับกับแฝก หรือพืชอื่นที่เหมาะสมตามสภาพ เช่น ที่ร่มไม่มีแดดก็อาจใช้ต้นไคร้นุ่น จัดการร่องน้ำไม่ให้น้ำมากัดเซาะ เพราะหากน้ำซึมลงไปได้ทั้งดิน ถนน สะพาน ก็ทลายลง การกระทำอย่างนี้จะเหมาะสมกับความลาดเอียงอย่างไร ต้องปรับความลาดเอียงช่วยหรือไม่และหากพื้นที่ชันมากจะต้องเสริมโครงสร้างเข้าไปอย่างไร หากจะสร้างถนนในพื้นที่เสี่ยงภัยเหล่านี้จะต้องสร้างอย่างไรไม่ให้น้ำกัดเซาะแล้วพังทลายเป็นอันตรายกับคน เหล่านี้ล้วนแต่เป็นปัญหาโจทย์คือ มูลนิธิน้ำควรสนับสนุนส่งเสริมหรือทำวิจัยให้ได้แนวทางการจัดการปัญหาให้ได้แล้วเผยแพร่ให้เป็นประโยชน์ ถึงแม้คนเหล่านี้จะทำผิดละเมิดกฎหมาย และหากจะแก้ปัญหาเหล่านี้ทั้งประเทศเงินเท่าไรก็ไม่พอ จึงต้องทำตัวอย่างให้ชัดเจนแล้วค่อยขยายผลให้ชุมชนอื่นทำ

พระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

สืบเนื่องจากพระปฐมบรมราชโองการของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่ได้พระราชทานเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2562 ความว่า “เราจะสืบสาน รักษา และต่อยอด และครองแผ่นดินโดยธรรมเพื่อประโยชน์สุขแห่งอาณาราษฎรตลอดไป” นั้น เมื่อวันที่ 31 กรกฎาคม 2560 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงเล็งเห็นประโยชน์ของหญ้าแฝกและได้มีพระราชกระแสรับสั่งแก่สำนักงาน กปร. เพื่อสืบสานแนวพระราชดำริเรื่องหญ้าแฝกของพระบรมชนกนาถ ความว่า

“...เนื่องในกรณีพายุโซนร้อนเซินกา เคลื่อนตัวผ่านพื้นที่จังหวัดสกลนคร ทำให้ฝนตกและมีปริมาณน้ำฝนสะสมเป็นจำนวนมาก เป็นผลให้อ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นชำรุด หากปรับปรุงแล้วเสร็จ ควรปลูกหญ้าแฝกรอบขอบอ่างเก็บน้ำดังกล่าว และให้ดำเนินการปลูกหญ้าแฝกบริเวณขอบอ่างเก็บน้ำ ฝาย หรือพื้นที่อื่น ๆ ที่มีความเหมาะสม เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ และป้องกันการพังทลายของดินต่อไป...”[10]

[10] สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2565. รายงานการประเมินผลโครงการปรับปรุงอ่างเก็บน้ำห้วยทรายขมิ้นอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. หน้า 6.



บทที่ 2

พื้นฐานทางวิชาการ และวิธีการป้องกันภัยพิบัติดินถล่ม



ดินถล่ม (landslide) เป็นปรากฏการณ์ทางธรณีพิบัติภัย ที่มวลดินเกิดการเลื่อน เคลื่อน ถล่ม พังทลาย หรือหล่นลงมาตามที่ลาดเอียงจากอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจัดเป็นกระบวนการทางธรณีสัณฐานที่มีความสลับซับซ้อนและเป็นผลจากความเกี่ยวโยงระหว่างปัจจัยหลากหลายด้าน ทั้งปัจจัยภายในซึ่งเป็นคุณสมบัติของพื้นที่เอง และปัจจัยภายนอกที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการวิบัติ โดยตัวกระตุ้นที่พบได้บ่อย คือปริมาณน้ำฝนที่ตกหนักอย่างต่อเนื่องทำให้ปริมาณน้ำในมวลดินเปลี่ยนแปลงไปซึ่งส่งผลต่อระดับของชั้นน้ำใต้ดิน ทำให้ชั้นดินหรือชั้นหินอาจเสียสมดุลจนถึงการขาดเสถียรภาพของลาดดิน นอกจากนี้ปรากฏการณ์ดินถล่มสามารถเกิดขึ้นได้จากการกระทำของมนุษย์ เช่น การตัดถนน ตีนเขาถูกทำให้ขาดและการปรับเปลี่ยนลักษณะภูมิประเทศเพื่อใช้ประโยชน์ในพื้นที่ส่งผลให้เสถียรภาพของลาดลดลงจนนำไปสู่การวิบัติ ดังนั้น การทำความเข้าใจองค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่ควบคุมเสถียรภาพ กลไกการวิบัติ และรูปแบบการเคลื่อนตัวของมวลดิน จึงเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการประเมินความเสี่ยงตลอดจนการกำหนดแนวทางป้องกันและลดผลกระทบจากดินถล่ม

2.1 กลไกการเกิดดินถล่ม

ดินถล่มสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามประเภทของวัสดุและลักษณะการเคลื่อนที่ โดยประเภทของวัสดุจะแบ่งเป็น หินหรือดิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบธรรมชาติของเปลือกโลก และเศษซากขนาดใหญ่ (debris) เช่น เศษไม้ ต้นไม้ หรือซากสิ่งก่อสร้าง และจำแนกตามลักษณะการเคลื่อนตัวของมวลได้แก่ ร่วง หล่น (fall) พัง (topple) เลื่อนไถล (slide) แยกตัว (spread) และการไหล (flow)[11] แสดงดังรูปที่ 2-1

• ร่วง หล่น (fall) เกิดจากมวลวัสดุหลุดจากหน้าผาหรือบริเวณที่มีความชันสูงมาก เคลื่อนที่โดยการตกอิสระ การกระเด้ง หรือการกลิ้งลงลาด ปัจจัยกระตุ้นที่พบบ่อย ได้แก่ การผุพังทางกายภาพ น้ำซึมในรอยแตก และแรงสั่นสะเทือน เช่น แผ่นดินไหว (Pradhan et al., 2019)[12]

• พัง (topple) หรือการพลิกคว่ำ เกิดจากมวลหินหรือดินหมุนพลิกไปข้างหน้ารอบจุดหมุน มักสัมพันธ์กับโครงสร้างธรณีวิทยา (joint bedding) และการผุพัง ซึ่งทำให้ความสามารถในการพยุงตัวลดลง

• เลื่อนไถล (slide) มวลวัสดุเคลื่อนตัวตามระนาบเฉือน อาจเป็นเลื่อนไถลแบบวงวิบัติ (Rotational slide) หรือ เลื่อนไถลแนวระนาบ (Translational slide) ซึ่งการทำความเข้าใจระนาบเฉือนและชั้นดิน หรือหินผุที่เกี่ยวข้องเป็นปัจจัยสำคัญของการเลือกมาตรการเสริมแรงและระบายน้ำ (Cruden & Varnes, 1996)[13]

• แยกตัว (spread) เป็นการเคลื่อนที่ของมวลที่สัมพันธ์กับการสูญเสียความแข็งแรงอย่างฉับพลันของชั้นรองรับ ทำให้ชั้นบนแตกแยกและแผ่กระจายออกไป ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเหลวตัวหรือการอ่อนกำลังของชั้นฐาน

• การไหล (flow) เกิดจากมวลวัสดุเคลื่อนที่แบบไหลคล้ายของไหล โดยมีการเสียรูปภายในสูง พฤติกรรมขึ้นกับปริมาณน้ำ ระดับความอิ่มตัว และมักสัมพันธ์กับฝนหนักต่อเนื่องหรือการอิ่มน้ำของดิน โดยสามารถจำแนกย่อยเป็น debris flow, mudflow และ avalanche flow ตามชนิดวัสดุและสัดส่วนของน้ำ[14]

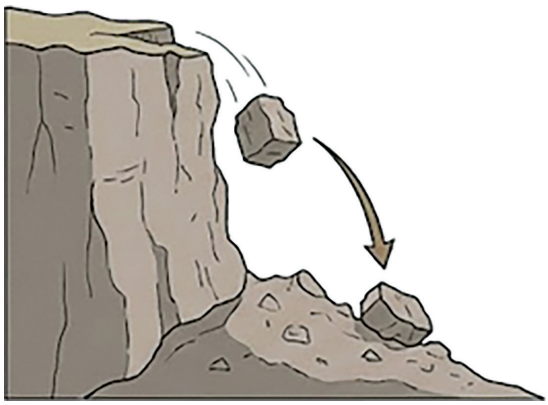
---

[11] Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. *Special report, 176*(11), e33.

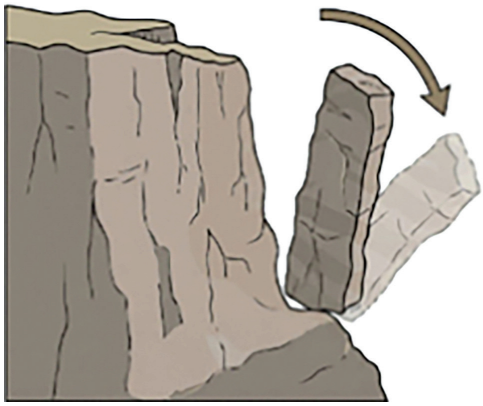
[12] Pradhan, S. P., Vishal, V., & Singh, T. N. (Eds.). (2019). *Landslides: Theory, Practice and Modelling.* Springer.

[13] Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). *Landslide types and processes.* In A. K. Turner & R. L. Schuster (Eds.), *Landslides: Investigation and Mitigation* (TRB Special Report 247).

[14] Pradhan, S. P., Vishal, V., & Singh, T. N. (Eds.). (2019). *Landslides: Theory, Practice and Modelling.* Springer.

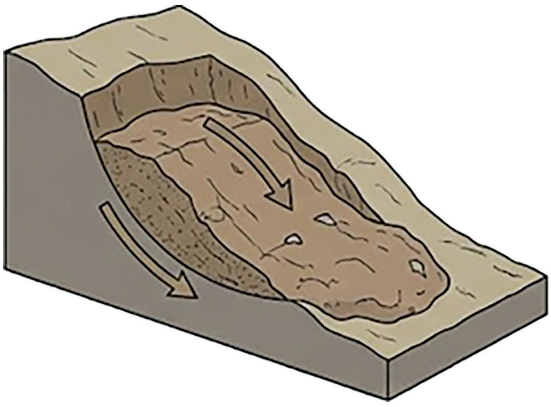


ร่วง หล่น (fall)

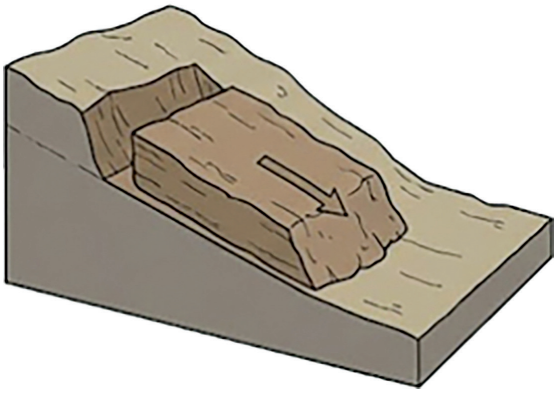


พัง (topple)

เลื่อนไถล (slide)



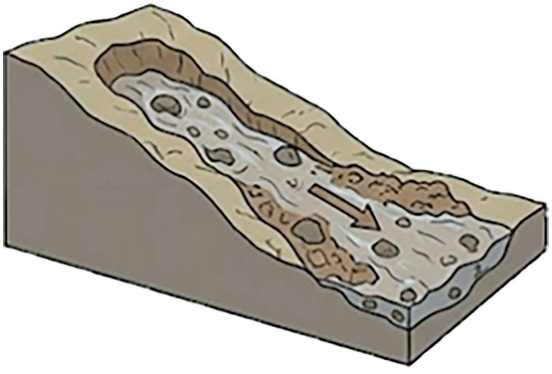
เลื่อนไถลแบบวงวิบัติ (rotational slide)



เลื่อนไถลแนวระนาบ (translational slide)



แยกตัว (spread)



การไหล (flow)

รูปที่ 2-1 ลักษณะการเคลื่อนตัวแบบต่าง ๆ จำแนกตาม Varnes, 1978
ที่มา : ดัดแปลงจาก Highland & Bobrowsky, 2008[15]

[15] Highland, L. M., and Bobrowsky, P. (2008). *The landslide handbook: A guide to understanding landslides* (U.S. Geological Survey Circular 1325)

2.1.1 หลักการทางวิศวกรรมปฐพีและกลไกการเกิดดินถล่ม

โดยพื้นฐานแล้วกลไกการเกิดดินถล่ม เกิดจากการที่ลาดดินหรือมวลหิน สูญเสียเสถียรภาพ จนเกิดการเคลื่อนตัวลงตามความลาดชันภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วง โดยอธิบายได้จากสมดุลระหว่าง แรงที่พยายามทำให้มวลดินเลื่อนตัวลงลาด กับ กำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน หินตามระนาบวิบัติ เมื่อแรงที่ทำให้เกิดการเลื่อนมีค่ามากกว่ากำลังต้านทาน ลาดจะเกิดการวิบัติและเกิดการเคลื่อนตัวของมวลดินตามมา

ในเชิงวิศวกรรมปฐพีกลศาสตร์ กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินขึ้นกับพารามิเตอร์สำคัญ ได้แก่ แรงยึดเหนี่ยว (cohesion, c) และ มุมเสียดทานภายใน (friction angle, ϕ) รวมถึงสภาวะความเค้นที่กระทำต่อมวลดิน โดยเฉพาะความเค้นประสิทธิผล ซึ่งเป็นตัวกำหนดความแข็งแรงของดินที่ใช้ต้านทานการเลื่อน ปัจจัยที่ลดทอนความเค้นประสิทธิผลอย่างสำคัญคือ แรงดันน้ำในโพรงดิน (pore water pressure) เมื่อแรงดันน้ำในโพรงดินเพิ่มขึ้น ความเค้นประสิทธิผลจะลดลง ส่งผลให้กำลังต้านทานแรงเฉือนลดลง และทำให้เสถียรภาพของลาดลดลงจนเกิดการวิบัติได้

ฝนตกหนักหรือฝนตกต่อเนื่องเป็นตัวกระตุ้นที่พบได้บ่อย เนื่องจากน้ำฝนซึมลงสู่ชั้นดิน ทำให้ปริมาณน้ำในมวลดินเพิ่ม ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้น หรือเกิดการสะสมของน้ำในชั้นดินบางช่วงที่ระบายน้ำได้จำกัด ส่งผลให้แรงดันน้ำในโพรงดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้เมื่อน้ำเพิ่มขึ้น น้ำหนักของมวลดินย่อมเพิ่มขึ้น ทำให้แรงที่พยายามให้มวลดินเลื่อนตัวลงลาดเพิ่มขึ้น จึงเป็นสาเหตุที่ดินถล่มจำนวนมากเกิดขึ้นภายหลังช่วงฝนตกหนักหรือมีฝนสะสมต่อเนื่อง

นอกจากอิทธิพลของน้ำแล้ว การเปลี่ยนแปลงรูปตัดของลาดและสภาพแวดล้อมของลาดมีผลต่อเสถียรภาพอย่างมีนัยสำคัญ เช่น การกัดเซาะตีนลาด โดยลำน้ำหรือการไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งทำให้ฐานรองรับของลาดลดลงและเพิ่มโอกาสการวิบัติ รวมถึง การเพิ่มน้ำหนักบนลาด จากการถมดินหรือสิ่งปลูกสร้างที่เพิ่มแรงที่ทำให้เกิดการเสียเสถียรภาพ อีกทั้งปัจจัยด้านธรณีวิทยา เช่น แนวชั้นหินเอียงตามลาด รอยแตก รอยเลื่อน หรือชั้นดินอ่อนแทรกสลับ สามารถกำหนดตำแหน่งของระนาบวิบัติและทำให้เกิดการเลื่อนตามแนวอ่อนกำลังได้ง่าย

แรงกระตุ้นแบบฉับพลัน เช่น แผ่นดินไหว หรือแรงสั่นสะเทือน สามารถเพิ่มแรงเฉือนที่กระทำในมวลดินและเร่งให้เกิดการวิบัติได้รวดเร็ว หลังการวิบัติ รูปแบบการเคลื่อนตัวอาจเป็นการเลื่อนตัวเป็นมวล (slide) หรือหากมีน้ำมากและวัสดุผสมปนกัน การเคลื่อนตัวอาจพัฒนาไปเป็นการไหลของมวลดิน เช่น ดินโคลนถล่ม หรือ การไหลของเศษซาก (debris flow) โดยเฉพาะในพื้นที่ที่วัสดุไหลรวมตัวตามร่องน้ำ

โดยสรุป กลไกการเกิดดินถล่มเป็นผลจาก กำลังต้านทานแรงเฉือนลดลง ส่งผลให้ลาดเสียเสถียรภาพ โดยมีฝน น้ำใต้ดิน และแรงดันน้ำในโพรงดินเป็นตัวควบคุมสำคัญร่วมกับความชัน ลักษณะชั้นดิน การกัดเซาะ และกิจกรรมมนุษย์ ความเข้าใจกลไกดังกล่าวเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพ การจำแนกพื้นที่เสี่ยง และการจัดทำมาตรการบริหารจัดการความเสี่ยงในระดับพื้นที่

ปรากฏการณ์บนผิวดินที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การกัดเซาะและการชะล้างพังทลาย (erosion) ซึ่งมักเป็นกระบวนการนำไปสู่ดินถล่ม เมื่อพื้นที่ขาดพืชพรรณปกคลุม เม็ดฝนจะกระแทกเม็ดดินให้แตกกระจาย จากนั้นน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินจะพัดพาตะกอนดินออกไป การกัดเซาะที่ต่อเนื่องจะทำให้เกิดเป็นร่องน้ำ ซึ่งจะบั่นทอนเสถียรภาพของความลาดชันโดยรวมและอาจนำไปสู่การเลื่อนไถลในระดับที่ลึกขึ้นได้

ท้ายที่สุด การใช้ประโยชน์ที่ดินและพืชพรรณ เป็นปัจจัยที่มนุษย์มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเชิงเดี่ยว เช่น ยางพารา หรือข้าวโพด มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับการเพิ่มความเสี่ยงดินถล่ม เนื่องจากเป็นการลดพืชพรรณที่หลากหลายซึ่งมีระบบรากที่ช่วยยึดเหนี่ยวและเสริมกำลังรับแรงเฉือนของดิน

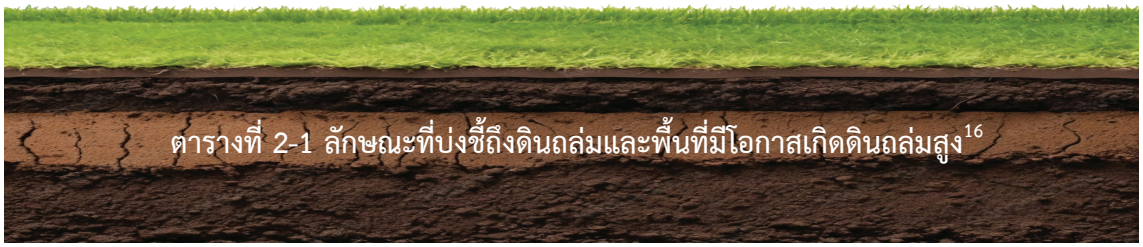
เมื่อปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลให้แรงขับเคลื่อนมากกว่าแรงต้านทาน จะเกิดการวิบัติของมวลดินในรูปแบบต่าง ๆ ที่สำคัญได้แก่ การร่วงหล่น (falls) การเลื่อนไถล (slides) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ตามระนาบที่ชัดเจน และ การไหล (flows) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของมวลดินที่มีน้ำปะปนอยู่มากจนมีลักษณะคล้ายของไหล เช่น การไหลของเศษซาก (debris flow)

2.1.2 ลักษณะเฉพาะของดินถล่มในประเทศไทย

จากผลการรวบรวมข้อมูลของกรมทรัพยากรธรณี พบว่าดินถล่มในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นดินถล่มระดับตื้น (shallow) และเกิดการไหลของเศษซาก (debris flow) โดยมักเกิดในพื้นที่ภูเขาหินแกรนิตหรือดินดานที่มีชั้นดินผุหนา ปริมาณน้ำฝนสูง และจากผลของโครงสร้างชั้นหินทำให้เกิดระนาบเลื่อนใกล้พื้นผิว กล่าวคือน้ำฝนจะซึมเข้าสะสมใกล้ชั้นหินฐานความลึกประมาณ 1 - 3 เมตร หลังจากนั้นเมื่อหน้าดินอิ่มตัวก็จะเกิดการเลื่อนถล่มได้ง่าย อีกทั้งยังมักเกิดขึ้นพร้อมกันหรือเกิดตามมาหลังจากเกิดน้ำป่าไหลหลาก นอกจากนั้นงานวิจัยพบว่าในพื้นที่ภาคเหนือ ยังมีกรณีดินถล่มระดับลึก (deep-seated landslides) ลักษณะการเลื่อนไถลแบบวงวิบัติ (rotational) ซึ่งมักสอดคล้องกับโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ซับซ้อน เช่น รอยเลื่อนพลัง หรือชั้นดินเหนียวที่มีคุณสมบัติบวมตัวเมื่อรับน้ำ การจำแนกประเภทของดินถล่มในพื้นที่ต่าง ๆ จึงสำคัญต่อการออกแบบมาตรการในการรับมืออย่างเหมาะสม เช่น การเลือกพันธุ์พืชที่มีรากหยั่งลึกหรือโครงสร้างทางวิศวกรรมที่เจาะลงถึงใต้ระนาบเลื่อน เป็นต้น

2.2 ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดดินถล่ม

ลักษณะภูมิประเทศหลักของไทยประกอบด้วย พื้นที่ภูเขาสูง ที่ราบลุ่มตอนกลาง และที่ราบสูง ซึ่งภูมิประเทศที่เป็นภูเขา มีความลาดชันสูง หุบเขา หน้าผา ร่องเขาด้านได้รับแรงลมและน้ำฝน พื้นที่แหล่งน้ำที่มีเส้นทางการไหลคดเคี้ยว มีโอกาสที่จะเกิดการกัดเซาะและดินถล่มมากกว่าบริเวณอื่น ๆ



ตารางที่ 2-1 ลักษณะที่บ่งชี้ถึงดินถล่มและพื้นที่มีโอกาสเกิดดินถล่มสูง[16]

ลักษณะ	ความสำคัญ
ภูมิประเทศแบบลอนคลื่น (hummocky topography)	พบได้ทั่วไปในพื้นที่ดินถล่มเก่าและดินถล่มที่ยังเคลื่อนตัวแบบก้าวหน้า (progressive slide) มวลดินถล่มมักจะถูกกัดเซาะแบบร่องลึก (gullying)
มีการเปลี่ยนแปลงความชันของลาดอย่างชัดเจน (abrupt change in slope)	ทั้งรอยดินถล่มเก่า หรืออาจเกิดจากลักษณะของชั้นหิน (ชั้นหินที่อ่อนกว่า มักจะมีความชันน้อยกว่าชั้นหินที่แข็งแรงกว่า เช่น กรณีของหินดินดานวางตัวสลับกับหินทราย) ซึ่งอาจไม่ใช่ดินถล่ม
รอยแตกหรือรอยแยกตัว (scarps and crack)	ลักษณะที่บ่งชี้อย่างชัดเจนว่าเป็นดินถล่มที่กำลังเคลื่อนตัวอยู่ หรือเพิ่งจะเคลื่อนตัวเมื่อไม่นาน สามารถคาดเดาอายุของการเคลื่อนตัวได้จากปริมาณของพืชปกคลุม ความกว้างของรอยแยกที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา สามารถนำไปประมาณค่าอัตราการเคลื่อนตัวของดินถล่มได้
ภูมิประเทศแบบขั้นบันได (graben “stair step” topography)	เป็นสิ่งบ่งชี้ถึงดินถล่มแบบก้าวหน้า (progressive failure) แบบซับซ้อน (complex slide) หรือเป็นดินถล่มที่มีวงการพิบัติแบบโค้งหลายวง

[16] Highland, L. M., and Bobrowsky, P. (2008). *The landslide handbook: A guide to understanding landslides* (U.S. Geological Survey Circular 1325).

ลักษณะ	ความสำคัญ
ลักษณะพื้นดินเป็นลอนหรือเป็นตุ้ม (lobate slope forms)	บ่งชี้ถึงลาดดินที่เคยมีดินไหล (earthflow) มาในอดีต
บ่อน้ำ (hillside ponds)	เกิดจากน้ำขังบนพื้นที่แบบขั้นบันได ซึ่งเป็นตัวการทำให้น้ำไหลซึมเข้าไปในลาดมากขึ้นและยิ่งส่งผลให้ลาดขาดเสถียรภาพมากยิ่งขึ้นไป
ตาน้ำ (hillside seeps)	พบทั่วไปบริเวณดินถล่มหรือบริเวณที่มีโอกาสเกิดดินถล่มสูง จะสังเกตพบพืชจำพวกชอบที่ชื้นแฉะในบริเวณตาน้ำ
พืชพรรณมีความไม่กลมกลืนกัน (incongruent vegetation)	บริเวณที่พึ่งเกิดดินถล่มมักจะพบพืชพรรณที่แตกต่างหรืออายุน้อยกว่าพืชที่พบบริเวณใกล้เคียง
ต้นไม้เอียงไปมา (jackstrawed drunken trees)	ต้นไม้เอียงมักเป็นลักษณะที่ชี้ว่าบริเวณดังกล่าวเคยมีดินถล่มในช่วงที่ผ่านมา อาจคาดเดาอายุของดินถล่มได้จากระยะของต้นไม้ที่อยู่ในแนวตรง
ระนาบรอยต่อและรอยแตกของชั้นหิน (bedding planes joints)	ระนาบรอยต่อหรือรอยแตกของหินมักเป็นระนาบมีโอกาสเกิดดินถล่มแบบเลื่อนไถล (translation slide)

การเกิดดินถล่มโดยปกติแล้วไม่ได้เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยฉับพลัน หากเป็นผลของกระบวนการสะสมความไม่มั่นคงของลาดดินมาเป็นระยะ ก่อนถูกกระตุ้นให้เกิดการวิบัติในช่วงเวลาวิกฤต โดยเฉพาะเมื่อมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องจากฝนตกหนักต่อเนื่อง น้ำไหลบ่าหน้าดิน หรือการซึมของน้ำลงสู่ชั้นดิน การทำความเข้าใจปัจจัยที่เกี่ยวข้องจึงเป็นฐานสำคัญของการประเมินพื้นที่เสี่ยงและการเลือกมาตรการป้องกันและแก้ไขที่เหมาะสม

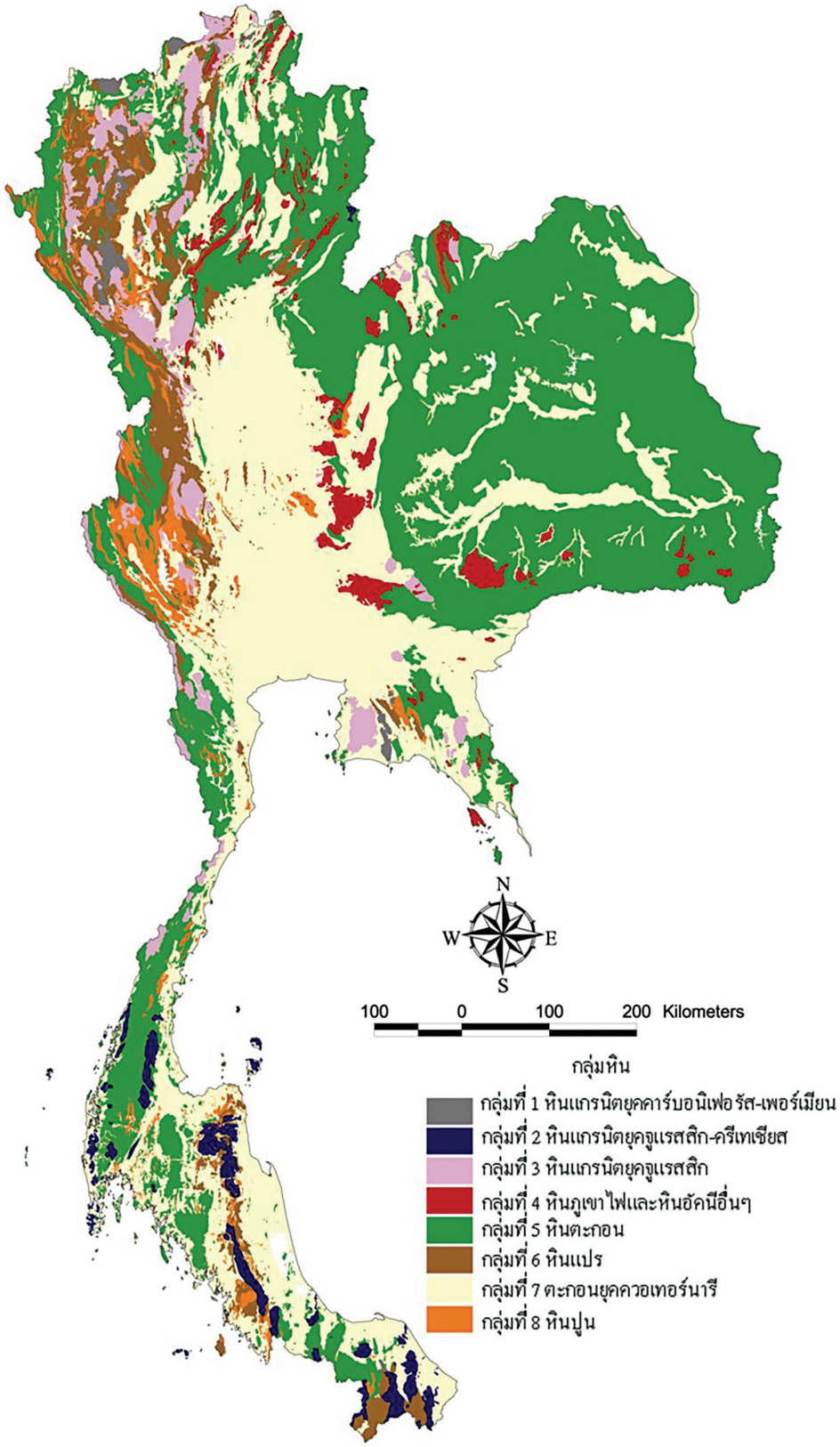
อย่างไรก็ดี ดินถล่มไม่ใช่ปรากฏการณ์ที่มีสาเหตุเดียว แต่เกิดจากการซ้อนทับของหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยพื้นฐานของพื้นที่ เช่น ภูมิประเทศและธรณีวิทยา ปัจจัยกระตุ้นจากฝนและสภาพอากาศ และปัจจัยจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำและสภาพผิวดิน ดังนั้น หัวข้อถัดไปจึงจัดปัจจัยสำคัญออกเป็น 4 มิติ ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยา ปริมาณน้ำฝนและสภาพอากาศ และการใช้ประโยชน์พื้นที่และสภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อให้การพิจารณาพื้นที่เสี่ยงเป็นระบบและสามารถนำไปใช้ได้จริง

2.2.1 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศหลักของไทยประกอบด้วย พื้นที่ภูเขาสูง ที่ราบลุ่มตอนกลาง และที่ราบสูง ซึ่งภูมิประเทศที่เป็นภูเขา มีความลาดชันสูง หุบเขา หน้าผา ร่องเขาด้านได้รับแรงลมและน้ำฝน พื้นที่แหล่งน้ำที่มีเส้นทางการไหลคดเคี้ยว มีโอกาสที่จะเกิดการกัดเซาะและดินถล่มมากกว่าบริเวณอื่น ๆ

2.2.2 ลักษณะทางธรณีวิทยา

ลักษณะทางธรณีวิทยาที่มีผลต่อการเกิดดินถล่มนั้น ขึ้นกับชนิดของหิน ดิน และโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่นชนิดหิน หินต่างชนิดกันจะมีอัตราการผุพังต่างกันให้ดินต่างชนิดกัน และความหนาแตกต่างกัน เช่น หินแกรนิต หินภูเขาไฟ มีอัตราการผุพังสูง เมื่อผุพังแล้วจะให้ชั้นดินทรายร่วนหรือดินทรายปนดินเหนียวและให้ชั้นดินหนา จึงมีโอกาสเกิดดินถล่มสูง หินดินดาน-หินโคลน เมื่อผุพังจะให้ชั้นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายและให้ชั้นดินที่มีความหนาน้อยกว่าหินแกรนิต โอกาสเกิดดินถล่มจึงลดลง โครงสร้างทางธรณีวิทยา มีผลต่อการผุพังของหิน โดยหินที่มีรอยแตกมากและอยู่ในเขตรอยเลื่อนโดยเฉพาะรอยเลื่อนมีพลัง จะมีอัตราการผุพังสูง เนื่องจากมีช่องว่างให้น้ำและอากาศผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยาทางเคมีได้ง่าย ชั้นหินจึงผุพังรวดเร็วกว่าบริเวณอื่น รวมทั้งชั้นหินที่ถูกกระทำจนเกิดการวางตัวในแนวดิ่งจะส่งผลให้เกิดการผุพังได้เร็วขึ้น ชั้นหินที่ถูกแทรกดันด้วยหินอัคนี หรือบริเวณที่มีน้ำพุร้อนและแหล่งแร่จากสายแร่น้ำร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเนื้อหินจะทำให้ชั้นหินมีอัตราการผุพังสูงยิ่งขึ้น



รูปที่ 2-2 การจำแนกทางธรณีวิทยาที่สำคัญทั้ง 8 กลุ่ม[17]

[17] สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์, วรวัชร์ ตอวิวัฒน์, & วรากร ไม้เรียง. (2550). การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินเพื่อสนับสนุนการเตือนภัยดินถล่มจากฝนตกหนัก. Paper presented at the การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12, โรงแรมอมรินทร์ลากูน จ.พิษณุโลก.

2.2.3 ปริมาณน้ำฝน

เมื่อเกิดฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานานหลายวัน หรือฝนตกหนัก จนทำให้ชั้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ เติมเต็มช่องว่างระหว่างดินจนแรงดันน้ำในดินสูงขึ้น ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินลดลง ส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนลดลง น้ำฝนที่ไม่สามารถไหลซึมลงสู่ชั้นดินได้จะเกิดการไหลบนผิวดินและพัดพาหน้าดินไหลพร้อมกัน ทำให้ลาดดินเริ่มมีการเคลื่อนตัว และเกิดดินถล่ม จากงานวิจัยในอดีต (อภินิติ โชติสังกาศ, 2556)[18] มีวิธีเชิงประจักษ์อย่างง่าย เพื่อใช้ทำนายโอกาสเกิดดินถล่มจากข้อมูลน้ำฝน โดยกำหนดขอบเขตของน้ำฝนที่ทำให้เกิดดินถล่ม โดยแบ่งได้เป็นสองระดับ โดยระดับที่ 1 คืออาจมีดินถล่มเฉพาะจุดที่เสี่ยงมาก ๆ เช่นบริเวณที่ตัดเขาให้มีความชันมาก หรือมีการกัดเซาะรุนแรงอยู่แล้ว โดยดินอาจถล่มเมื่อน้ำฝน 1 วัน บวกกับน้ำฝนสะสม 3 วัน มากกว่า 150 มิลลิเมตร และระดับที่ 2 คืออาจมีดินถล่มหลายจุดเป็นบริเวณกว้างและน้ำป่าไหลหลาก เกิดเมื่อน้ำฝน 1 วันบวกกับน้ำฝนสะสม 3 วัน แล้วมีค่ามากกว่า 300 มิลลิเมตร

การตรวจวัดปริมาณน้ำฝนในปัจจุบันสามารถประดิษฐ์ใช้งานได้เองในชุมชนโดยใช้กระบอกวัดน้ำฝนหรือภาชนะทรงกระบอกง่าย ๆ เพื่อใช้ในการเฝ้าระวังภัยดินถล่ม แสดงดังรูปที่ 2-3 นอกจากนั้น (สุพจน์ เจริญสุข, 2550)[19] สถานีวิจัยต้นน้ำน่านยังได้ศึกษาเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่สามารถวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีราคาถูก เพื่อใช้ในกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ในการเตรียมความพร้อมรับภัยพิบัติทางด้านน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม อีกทั้งกรมอุตุนิยมวิทยาได้ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดน้ำฝนในพื้นที่ทั่วประเทศพร้อมระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติ โดยวัดปริมาณฝนรายวัน (daily rainfall) คิดเป็นความสูงของน้ำฝนที่ตกสะสมลงบนพื้นดินและสามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดฝน มีหน่วยในการวัดเป็นมิลลิเมตร ในช่วงเวลาตั้งแต่ 07.00 น. จนถึง เวลา 07.00 น. ของวันถัดไป รวมเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง สามารถจำแนกเกณฑ์การตรวจวัดฝน ดังนี้

---

[18] อภินิติ โชติสังกาศ. (2556). *ชีววิศวกรรมปฐพี เพื่อควบคุมการชะล้างพังทลายของลาดและดินถล่ม*: หจก. พรีวัน.

[19] สุพจน์ เจริญสุข. (2550). *เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนอย่างง่าย ส่วนวิจัยต้นน้ำ* สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ:

ตารางที่ 2-2 เกณฑ์การพิจารณาปริมาณฝนในระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ในเขตร้อนย่านมรสุม)[20]

ฝนวัดจำนวนไม่ได้ (trace)	มีปริมาณฝนไม่ถึง 0.1 มิลลิเมตร
ฝนเล็กน้อย (light rain)	มีปริมาณฝนตั้งแต่ 0.1 มิลลิเมตร จนถึง 10 มิลลิเมตร
ฝนปานกลาง (moderate rain)	มีปริมาณฝนมากกว่า 10 มิลลิเมตร จนถึง 35 มิลลิเมตร
ฝนหนัก (heavy rain)	มีปริมาณฝนมากกว่า 35 มิลลิเมตร จนถึง 90 มิลลิเมตร
ฝนหนักมาก (very heavy rain)	มีปริมาณฝนมากกว่า 90 มิลลิเมตรขึ้นไป

นอกจากนี้สำหรับการเฝ้าระวังการเกิดดินถล่ม กรมทรัพยากรธรณี ในสังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณน้ำฝนโดยใช้กระบอกวัดน้ำฝน และใช้การอ่านมาตรวัดเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเฝ้าระวังน้ำป่าไหลหลาก ตัวอย่างดังรูปที่ 2-3 และดินโคลนถล่มในพื้นที่เสี่ยงต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย ซึ่งใช้เกณฑ์การเฝ้าระวังช่วงต่าง ๆ ดังนี้ตารางที่ 2-3

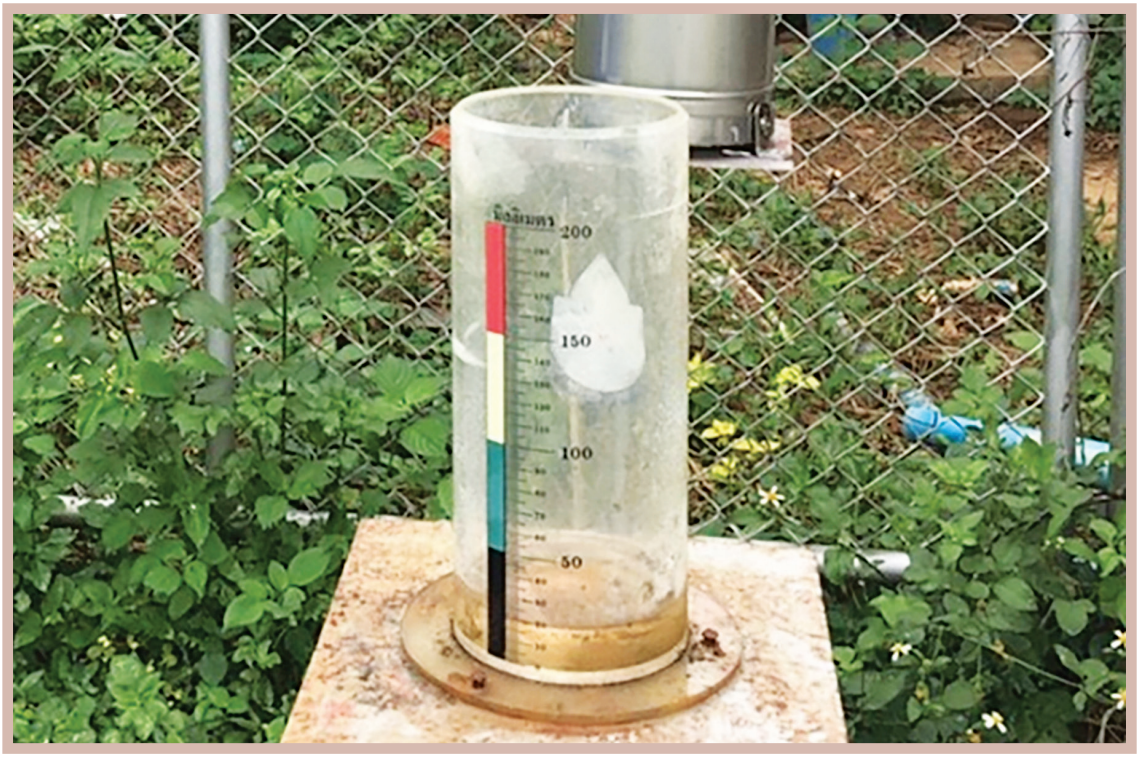
[20] กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). *ภูมิอากาศของประเทศไทย (หัวข้อ: เกณฑ์การพิจารณาปริมาณฝนในระยะเวลา 24 ชั่วโมง).* สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2568, จาก https://www.tmd.go.th/info/

ตารางที่ 2-3 เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนจากเครือข่ายเฝ้าระวังเพื่อแจ้งเตือนภัยดินถล่ม (กรมทรัพยากรธรณี)[21]

ปริมาณฝนระหว่าง	150 – 200 มิลลิเมตร	สีแดง	อพยพหนีภัย
ปริมาณฝนระหว่าง	100 - 150 มิลลิเมตร	สีเหลือง	แจ้งเตือน เตรียมพร้อมหนีภัย
ปริมาณฝนระหว่าง	50 - 100 มิลลิเมตร	สีเขียว	
	90 มิลลิเมตร		แจ้งเตือนเฝ้าระวังน้ำป่าไหลหลาก
	60 มิลลิเมตร		แจ้งเตือนเบื้องต้น
ปริมาณฝนระหว่าง	0 - 50 มิลลิเมตร	สีฟ้า	สถานการณ์ปกติ

[21] กรมทรัพยากรธรณี. (2560, 5–10 มิถุนายน). แผนการเฝ้าระวังแจ้งเตือนภัยดินถล่มในพื้นที่เสี่ยงภัยจังหวัดอุตรดิตถ์ (โครงการซักซ้อมแผนการเฝ้าระวังแจ้งเตือนภัยดินถล่ม)





รูปที่ 2-3 ตัวอย่างเครื่องมือตรวจวัดน้ำฝนบริเวณบ้านปางสา จังหวัดน่าน
ที่มา : ถ่ายโดยคณะผู้จัดทำ เมื่อวันที่ 4 มิถุนายน 2562

2.2.4 การใช้ประโยชน์พื้นที่และสภาพสิ่งแวดล้อม

สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีส่วนทำให้เกิดโอกาสดินถล่มมากขึ้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น เส้นทางคมนาคม การสร้างที่อยู่อาศัย ทำเกษตรกรรม เนื่องจากปัจจุบันมีความต้องการในการใช้ประโยชน์ที่ดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดความต้องการเข้าไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ลาดชัน ซึ่งอาจมีการปรับลาดดินอย่างไม่ปลอดภัย การแผ้วถางพืชพรรณเพื่อทำเกษตรกรรมในพื้นที่สูง ที่ลาดเชิงเขา หรือทำไร่เลื่อนลอย การตัดลาดดินบริเวณไหล่เขาเพื่อสร้างที่อยู่อาศัย หรือปลูกสร้างสิ่งก่อสร้างขวางทางระบายน้ำ รวมถึงการทำลายพืชพรรณต้นไม้ที่มีระบบรากช่วยยึดเหนี่ยวชั้นดิน ลดการกัดเซาะ ล้วนเป็นปัจจัยที่เพิ่มโอกาสการเกิดดินถล่มทั้งสิ้น

2.3 การสำรวจและประเมินทางวิศวกรรม

การสำรวจพื้นที่ทางวิศวกรรม (site investigation) นั้นเป็นกระบวนการหนึ่งในทางวิศวกรรมเพื่อเข้าใจลักษณะทางภูมิศาสตร์และธรณีวิทยาของพื้นที่ เพื่อนำมาประกอบการประเมินเสถียรภาพของลาดด้วยการระบุสภาพธรณีวิทยา–ธรณีสัณฐานและแนวโน้มกลไกการเคลื่อนตัว (เช่น เลื่อนไถลตื้น เลื่อนไถลลึก เศษซากไหล หรือหินร่วง) ทำความเข้าใจชั้นดิน ชั้นหินและคุณสมบัติทางวิศวกรรมเกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของลาดดิน (เช่น ความหนาชั้นดิน คุณสมบัติรับแรงเฉือน ความลึกของชั้นหิน) รวมถึงการประเมินการระบายน้ำ ที่เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเกิดดินถล่ม เช่น การซึมผ่าน การไหลบ่าหน้าดิน ตาน้ำ จุดน้ำซึม และระดับน้ำใต้ดินในฤดูฝน โดยจะสามารถนำข้อมูลการสำรวจดังกล่าวไปจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อกำหนดเขตเสี่ยง จุดวิกฤต และลำดับความเร่งด่วนของการแก้ไข และเป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับการออกแบบมาตรการเฝ้าระวัง การเตือนภัย จัดการการใช้ที่ดิน และมาตรการเชิงโครงสร้าง โดยสามารถแบ่งเป็นสองหมวดหมู่หลักได้แก่การสำรวจภูมิประเทศและการสำรวจคุณสมบัติของชั้นดินทางวิศวกรรมปฐพี

2.3.1 การสำรวจภูมิประเทศ

การสำรวจภูมิประเทศและความลาดชันเป็นขั้นตอนพื้นฐานในการกำหนดลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ และทำความเข้าใจปัญหาการเกิดดินถล่มในพื้นที่ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการประเมินความเสี่ยงดินถล่ม ทั้งด้านความชัน รูปแบบลาด ร่องน้ำ ระบบการระบายน้ำ และตำแหน่งพื้นที่วิกฤต ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจยังเป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการจัดทำแผนที่เสี่ยงภัย การกำหนดเส้นทางอพยพ และการวางแผนมาตรการป้องกันหรือปรับปรุงพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในระดับพื้นที่ มีวิธีการประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) สำรวจภาคพื้นดิน (ground survey)

การสำรวจด้วยการเดินในพื้นที่สนาม (visual inspection) ร่วมกับการสำรวจภาคสนามโดยใช้เครื่องมือสำรวจ เช่น กล้องระดับ หรือ total station เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการประเมินโอกาสเกิดดินถล่มหรือจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยแบบเฉพาะตำแหน่ง ตัวอย่างพื้นที่เฉพาะตำแหน่งดังรูปที่ 2-4 เนื่องจากอาจจะเป็นพื้นที่ในชุมชนขนาดไม่ใหญ่มาก หรือพื้นที่เสี่ยงเดิมที่เคยเกิดเหตุ มีร่องรอยดินถล่ม เป็นการสำรวจโดยการเดินตรวจพื้นที่เพื่อบันทึกลักษณะภูมิประเทศและสัญญาณบ่งชี้ความไม่เสถียรของลาด (รูปที่ 2-5) เช่น รอยแยก รอยเลื่อนตัว ร่องน้ำ กัดเซาะตีนลาด พื้นที่สะสมตะกอน ร่องรอยการไหลของเศษซาก รวมถึงการตรวจสอบสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและการระบายน้ำ อาจใช้ GPS มือถือ แอปแผนที่ เครื่องวัดความชันหรือเข็มทิศธรณีวิทยาเพื่อบันทึกตำแหน่งและทิศทางประกอบ เข้าใจสภาพพื้นที่จริง ที่ข้อมูลเชิงภาพอาจไม่ชัด ช่วยยืนยัน ปรับแก้ผลวิเคราะห์จาก DEM อาจจะมีข้อจำกัดขึ้นกับประสบการณ์ผู้สำรวจ และอาจเข้าถึงพื้นที่เสี่ยงได้ยาก

2) สำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (drone or UAV)

การบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) เป็นวิธีที่ช่วยให้เห็นภาพรวมของพื้นที่ลาดชันและรูปแบบการพังทลายในมุมกว้าง พร้อมทั้งสามารถนำภาพถ่ายไปประมวลผลเพื่อสร้างข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ แบบจำลองสามมิติและแบบจำลองระดับความสูงของภูมิประเทศ (รูปที่ 2-6) ซึ่งสามารถนำไปใช้ต่อยอดในการสร้างภาพตัดสำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาด รวมถึงการวัดระยะทาง พื้นที่และประมาณปริมาณงานสำหรับการปรับปรุงเสถียรภาพได้ หลักการบินสำรวจเพื่อการสร้างแบบจำลองภูมิประเทศโดยทั่วไปประกอบด้วย (1) การกำหนดพื้นที่และเส้นทางบินให้ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายและวางแผนให้ภาพถ่ายมีส่วนซ้อนทับกันเพียงพอ (2) การกำหนดจุดบินขึ้น-ลงที่ปลอดภัยและหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง (3) การกำหนดระดับความสูงในการบินให้เหมาะสมกับความละเอียดที่ต้องการ โดยคำนึงถึงความเสี่ยงจากเรือนยอดไม้หรือกิ่งไม้ และ (4) การเลือกสภาพแสงที่เหมาะสมเพื่อลดเงาและเพิ่มคุณภาพของภาพถ่าย ทั้งนี้ การถ่ายภาพหลายระดับความสูงและหลายมุมมองสามารถช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ของแบบจำลองได้ ในกรณีที่ต้องการความแม่นยำเชิงพิกัดสูง มักใช้ RTK และ หรือการกำหนด จุดควบคุมภาคพื้น (GCP) เพื่อปรับเทียบแบบจำลองให้มีความแม่นยำระดับสูงขึ้น

ข้อจำกัดสำคัญของการใช้ UAV คือบริเวณที่มีต้นไม้ พืชพรรณปกคลุมหนาแน่น เพราะทำให้ได้ข้อมูลผิวบนของยอดต้นไม้มากกว่าระดับพื้นดินจริง กรณีป่าทึบอาจจะต้องพิจารณาเทคโนโลยีอื่นนำมาใช้ร่วมด้วย เช่น เซ็นเซอร์ชนิด LiDAR หรือเครื่องมือ 3D Laser Scanner ซึ่งจะสามารถเก็บข้อมูลพื้นดินได้ดีกว่า



รูปที่ 2-4 ตัวอย่างการสำรวจบริเวณบ้านห้วยขาบ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน
ที่มา : ถ่ายโดยคณะผู้จัดทำ เมื่อวันที่ 4 มิถุนายน 2562



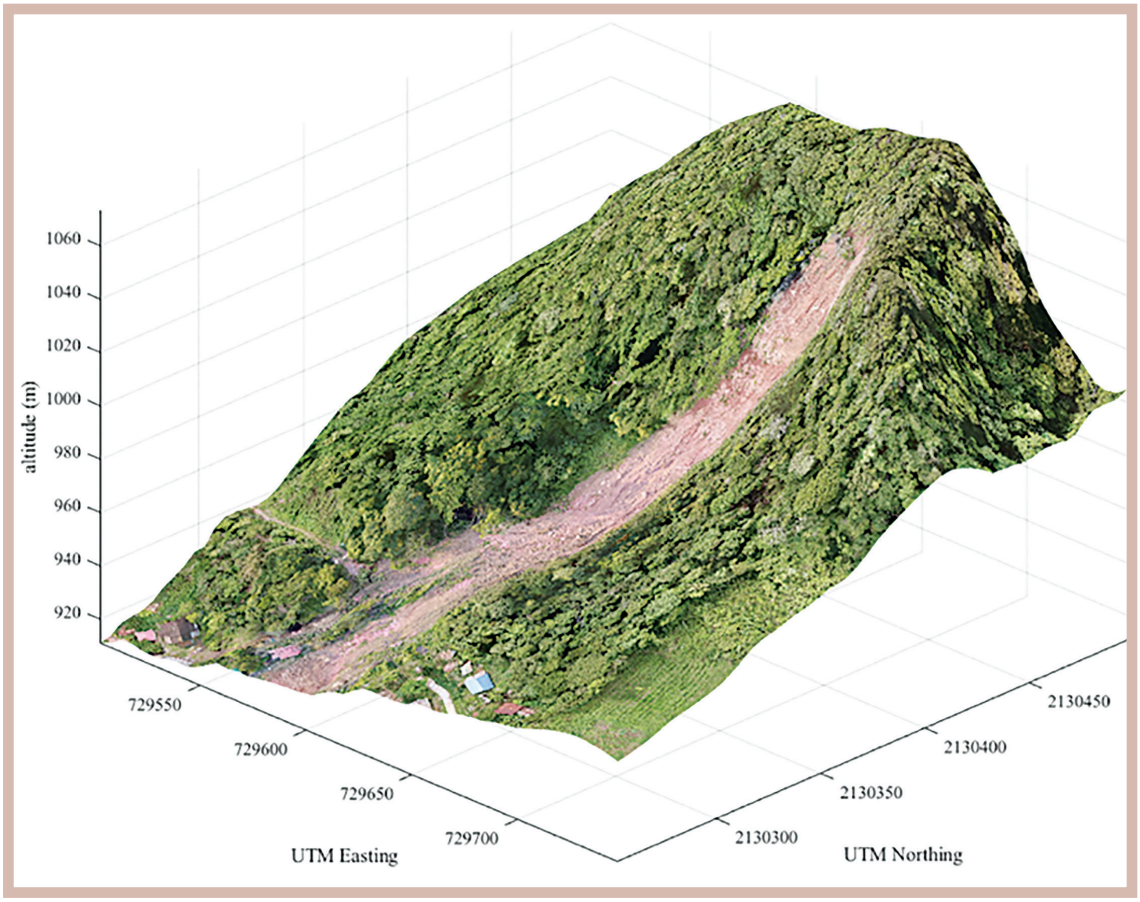
รูปที่ 2-5 ตัวอย่างการสำรวจบริเวณโรงเรียนบ้านบ่อหลวง
สาขาห้วยโป่ง อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน
ที่มา : ถ่ายโดยคณะผู้จัดทำ เมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2567



รูปที่ 2-6 ตัวอย่างแบบจำลองจากการสำรวจบริเวณบ้านห้วยขาบ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน
ที่มา : คณะผู้จัดทำ เมื่อวันที่ 4 มิถุนายน 2562

3) การใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมและแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM)

การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับแบบจำลองความสูงเชิงเลข (รูปที่ 2-7) เป็นแนวทางสำรวจและวิเคราะห์ภูมิประเทศในระดับพื้นที่กว้างเพื่อสนับสนุนการประเมินความเสี่ยงดินถล่ม โดยภาพถ่ายดาวเทียม ใช้ตรวจสอบสภาพพื้นที่และการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดิน สิ่งปกคลุมดิน เช่น การเปิดหน้าดิน การตัดถนน หรือการลดลงของพืชพรรณ ขณะที่ DEM ใช้คำนวณตัวแปรภูมิประเทศที่เกี่ยวข้องโดยตรง เช่น ความชัน ทิศทางลาด แนวร่องน้ำ และลักษณะการระบายน้ำตามธรรมชาติ ข้อมูลทั้งสองประเภทสามารถใช้เป็นฐานสำหรับคัดกรองพื้นที่เสี่ยงเบื้องต้นและจัดทำแผนที่ความอ่อนไหว ความเสี่ยงดินถล่ม โดยมีข้อได้เปรียบด้านการครอบคลุมพื้นที่กว้างและการติดตามการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม ภาพถ่ายดาวเทียมอาจถูกจำกัดด้วยเมฆหรือหมอกในบางช่วงเวลา และผลการตีความควรมีการตรวจสอบภาคสนามเพื่อยืนยันและกำหนดพื้นที่เป้าหมายสำหรับการสำรวจความละเอียดสูงในขั้นตอนถัดไป โดยมีตัวอย่างโครงการวิจัยในบทที่ 4 ที่ ดร.สุรชัย รัตนเสริมพงศ์ จากหน่วยงาน สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศฯ ได้เคยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม เพื่อวางแผนป้องกันดินถล่มบนพื้นที่สูงชัน โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม



รูปที่ 2-7 ตัวอย่างแบบจำลอง DEM บริเวณตำแหน่งดินถล่มบ้านห้วยขาบ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน[22]

2.3.2 การสำรวจทางวิศวกรรมปฐพี

การสำรวจชั้นดินนั้นโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มหลัก ได้แก่ การทดสอบแบบทำลาย และการทดสอบแบบไม่ทำลาย สำหรับการสำรวจทางวิศวกรรมปฐพี โดยทั่วไปจะใช้วิธีการเจาะสำรวจ หรือการขุดเปิด และเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ โดยคุณสมบัติที่สำคัญที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาด เพื่อประเมินโอกาสในการเกิดดินถล่ม คือ ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินและความสามารถในการไหลซึมผ่านของชั้นวัสดุ โดยวิธีการทดสอบแบบทำลายในสนาม ที่ได้รับความนิยมคือการตอกหยั่งด้วยวิธีการตอกทดสอบแบบมาตรฐาน (Standard Penetration Test, SPT)

[22] Komolvilas, V., Tanapalungkorn, W., Latcharote, P. et al. Failure analysis on a heavy rainfall-induced landslide in Huay Khab Mountain in Northern Thailand. J. Mt. Sci. 18, 2580–2596 (2021). https://doi.org/10.1007/s11629-021-6720-8

ทั้งนี้ การสำรวจทางวิศวกรรมปฐพีมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบ การวางตัวของชั้นดินตามความลึก คุณสมบัติทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของลาด เช่น กำลังรับเฉือนของดิน รวมถึง สภาพของระดับน้ำใต้ดินและความสามารถในการซึมผ่านของดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดดินถล่ม ข้อมูลจากการสำรวจจะถูกนำไปใช้กำหนดแบบจำลองชั้นดินสำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดและหาแนวทางแก้ไข ทั้งนี้ วิธีการสำรวจมักเลือกให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ความละเอียดและความแม่นยำที่ต้องการ นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงข้อจำกัดด้านการเข้าถึงพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยสามารถแบ่งเป็นกลุ่มการทดสอบหลัก ๆ ได้ ดังนี้

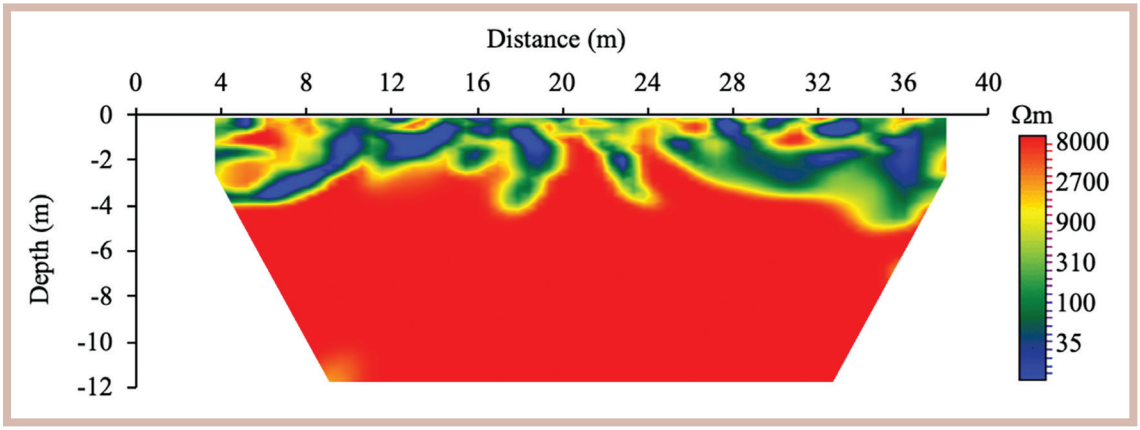
1) การสำรวจแบบไม่ทำลาย (non-destructive geophysical survey)

เป็นการสำรวจโดยอาศัยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของวัสดุใต้ผิวดิน จึงไม่มีการรบกวนชั้นดินโดยตรง และลดโอกาสกระทบต่อเสถียรภาพของลาดในบริเวณที่มีความเสี่ยงสูง เหมาะสำหรับการสำรวจพื้นที่ที่เข้าถึงยาก หรือพื้นที่ที่มีข้อจำกัดในการเปิดหน้าดิน หรือขุดเจาะ เช่น ลาดชันใกล้แนววิบัติ หรือบริเวณที่มีโครงสร้างป้องกันเดิมอยู่ วิธีนี้ยังให้ข้อมูลแบบต่อเนื่องเชิงพื้นที่ ช่วยให้เห็นภาพรวมการเปลี่ยนแปลงชั้นดินและหินและบริเวณที่มีความชื้นสูงได้ดี ตัวอย่างวิธีที่มีการเลือกใช้บ่อย ได้แก่

• การสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้า (electrical resistivity) (รูปที่ 2-8) เพื่อระบุโซนชื้น แนวทางน้ำซึม และขอบเขตชั้นวัสดุ (รูปที่ 2-9) ซึ่งในบทที่ 4 นั้น มีตัวอย่างโครงการที่คณะวิจัยของ ผศ.ดีเซลล์ สวนบุรี ดำเนินการประยุกต์เทคโนโลยีการวิเคราะห์เพื่อการประเมินความเสี่ยงโดยวิธีนี้อยู่ด้วย



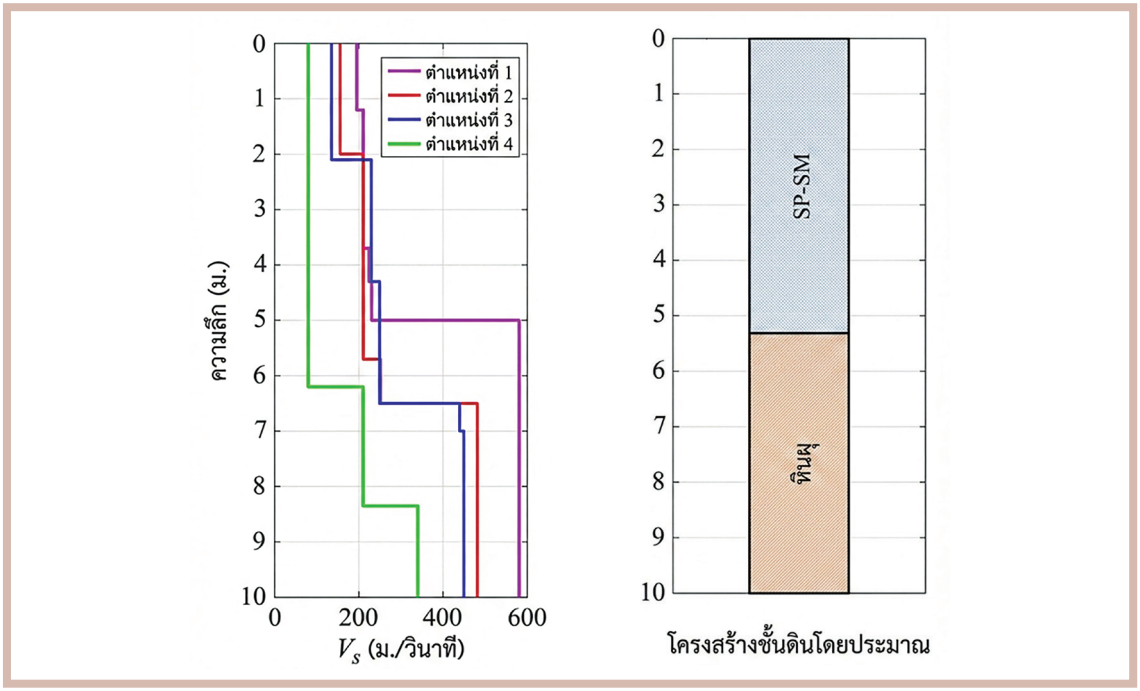
รูปที่ 2-8 ตัวอย่างการใช้เครื่องมือเพื่อตรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน
ที่มา : คณะผู้จัดทำ เมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2562



รูปที่ 2-9 ตัวอย่างผลวิเคราะห์ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของดิน[22]

• การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนหรือการใช้คลื่นผิวสำรวจลักษณะของชั้นดิน เช่น Spectrum Analysis of Surface Waves (SASW) Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) หรือ Microtremor ใช้หลักการตรวจวัดการกระจายตัวของคลื่นในตัวกลาง เพื่อประเมินโครงสร้างชั้นดินและสมบัติเชิงพลวัตของดิน (dynamic properties) ผ่านค่าความเร็วคลื่นเฉือนของชั้นดิน (shear wave velocity, Vs)

การสำรวจด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ มีข้อดีด้านพื้นที่และการขนย้ายอุปกรณ์ โดยทั่วไปอุปกรณ์สามารถจัดชุดให้เหมาะกับพื้นที่ลาดชันได้ และใช้เวลาในสนามน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการเจาะสำรวจที่ต้องมีการขนเครื่องมือหนักที่ใช้ในการสำรวจ เข้าไปในพื้นที่ภูเขาลาดชัน แต่คุณภาพผลการทดสอบนั้นจะขึ้นกับการออกแบบแนวสำรวจ สภาพพื้นผิว และการตีความข้อมูล ซึ่งมักต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและอาจมีข้อมูลยืนยันจากการเจาะตัวอย่างดินในตำแหน่งสำคัญ



รูปที่ 2-10 ตัวอย่างการใช้ผลความเร็วคลื่นเฉือนเพื่อประมาณโครงสร้างชั้นดิน[22]

2) การสำรวจแบบทำลาย (destructive intrusive investigation)

การสำรวจข้อมูลทางปฐพีส่วนใหญ่ที่ได้รับความนิยมตามปกติมักเป็นการสำรวจที่รบกวนชั้นดินโดยตรง เช่น การเจาะหรือการตอกหยั่ง เพื่อให้ได้ข้อมูลยืนยันเชิงวิศวกรรมและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณได้ชัดเจน เหมาะสำหรับการยืนยันลำดับชั้นดิน ระดับน้ำใต้ดิน และการเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ ได้แก่

• การเจาะสำรวจและบันทึกหลุมเจาะ (boring log) รวมถึงการเจาะแบบโรตารี่เพื่อเก็บตัวอย่างดิน หรือ หิน (rock coring) เพื่อนำตัวอย่างไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ

• การตอกหยั่งตอกด้วยวิธีการตอกทดสอบแบบมาตรฐาน (SPT) เพื่อประเมินความแข็งแรงของดิน

• การตอกหยั่งแบบพกพา ด้วยเครื่องมือ Kunzelstab Penetration Test (KPT) หรือ Dynamic Cone Penetrometer (DCP) ซึ่งเหมาะกับพื้นที่เข้าถึงยากและการตรวจสอบงานดินถล่มระดับตื้น

ซึ่งวิธีการสำรวจประเภทนี้จะได้ข้อมูลชั้นดินจริงและค่าพารามิเตอร์ที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบได้โดยตรง ไม่ต้องอาศัยการตีความที่ซับซ้อนเท่าวิธีทางธรณีฟิสิกส์ แต่จะมีข้อจำกัดด้านพื้นที่และการขนย้ายอุปกรณ์ เนื่องจากการเจาะสำรวจมักต้องใช้พื้นที่ตั้งเครื่องและการเข้าถึงด้วยยานพาหนะหรือการขนย้ายอุปกรณ์จำนวนมาก ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญในการทดสอบบนพื้นที่ลาดชัน ที่อยู่บริเวณชนบทห่างไกล หรือเข้าถึงได้ยาก นอกจากนี้การรบกวนหน้าดิน การสั่นสะเทือนจากการทำงาน และการเปิดหน้าดินอาจเพิ่มความเสี่ยงเฉพาะหน้าในบางบริเวณ จึงต้องคัดเลือกตำแหน่งและวิธีดำเนินการให้เหมาะสม

นอกจากนั้นการเก็บตัวอย่างดินและการทดสอบในห้องปฏิบัติการเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ สามารถดำเนินการได้ทั้งจากหลุมเจาะและจากการเก็บตัวอย่างตื้น โดยในหลายกรณีอาจใช้ การขุดเปิดหน้าดิน (test pit sampling) เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน เช่น ความชื้น ความหนาแน่น การกระจายขนาดเม็ด และขีดจำกัดแอตเทอร์เบิร์ก เป็นต้น รวมถึงการทดสอบกำลังเฉือน เช่น direct shear หรือ triaxial เพื่อกำหนดพารามิเตอร์ ที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาด

โดยสรุปการสำรวจแบบไม่ทำลายเหมาะสำหรับการสำรวจภาพรวมและลดการรบกวนพื้นที่ โดยเฉพาะบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเสียเสถียรภาพ ขณะที่การสำรวจแบบทำลายให้ข้อมูลยืนยันและพารามิเตอร์เชิงวิศวกรรมที่ใช้คำนวณได้โดยตรง การออกแบบแผนสำรวจให้ใช้ทั้งสองกลุ่มร่วมกันอย่างเป็นระบบจะช่วยให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุม น่าเชื่อถือ และเหมาะสมต่อการวิเคราะห์

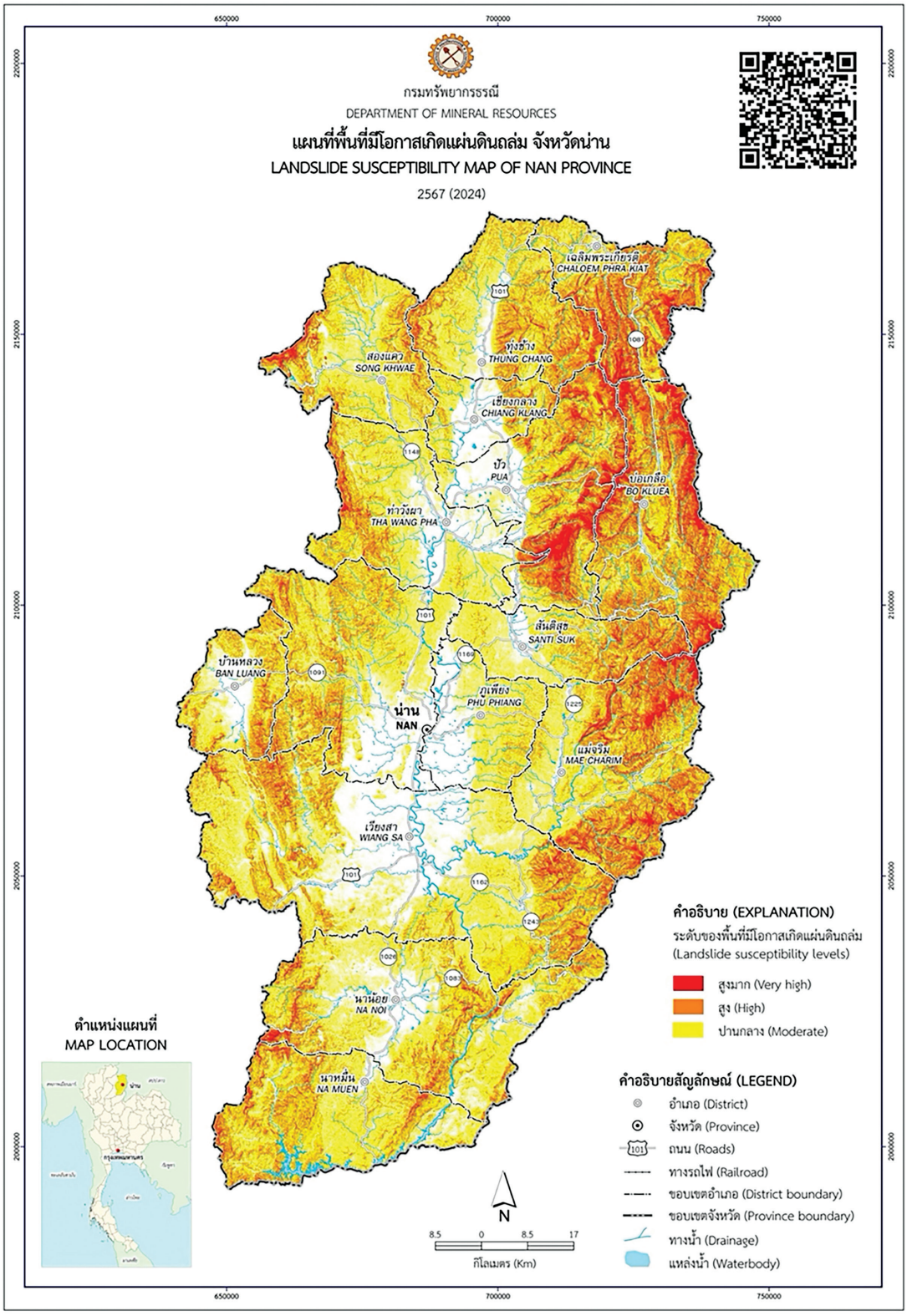
2.4 ลักษณะพื้นที่เสี่ยงภัย หลักการแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม

การจัดการความเสี่ยงภัยดินถล่มจำเป็นต้องดำเนินการแบบหลายระดับ โดยเชื่อมโยงบทบาทของหน่วยงานระดับรัฐกับการปฏิบัติการในระดับพื้นที่และระดับชุมชนอย่างเป็นระบบ เนื่องจากข้อมูลและเครื่องมือบางประเภทต้องอาศัยขีดความสามารถระดับประเทศ ขณะที่การเฝ้าระวังและการลดความเสี่ยงต้องอาศัยความรู้ในพื้นที่จริงและการลงมือทำอย่างต่อเนื่องในระดับท้องถิ่น หากขาดระดับใดระดับหนึ่ง การป้องกันมักกลายเป็นงานเฉพาะกิจหลังเกิดเหตุและยากต่อความยั่งยืน

ในระดับรัฐ หน่วยงานส่วนกลางมีบทบาทหลักในการจัดทำฐานข้อมูลและกรอบมาตรฐานเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ อาทิ การจัดทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงและฐานข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่ม การพัฒนาระบบเฝ้าระวังและข้อมูลฝน สภาพอากาศ การกำหนดแนวทางหรือมาตรฐานการประเมินความเสี่ยงและการออกแบบมาตรการป้องกันในจุดวิกฤต ตลอดจนการประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดการบูรณาการด้านธรณีวิทยา น้ำป่าไม้ โครงสร้างพื้นฐาน และการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย นอกจากนี้ ระดับรัฐยังมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนงบประมาณ การพัฒนาศักยภาพบุคลากร และการกำหนดกรอบการประกาศ กำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยในระดับจังหวัดหรือประเทศ เพื่อให้หน่วยงานท้องถิ่นสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางปฏิบัติร่วมกันได้ (ตัวอย่างแผนที่เสี่ยงภัยระดับจังหวัดที่จัดทำขึ้นโดยกรมทรัพยากรธรณีรูปที่ 2-11)

ในระดับชุมชนและท้องถิ่น บทบาทสำคัญในการเฝ้าระวังและการลดความเสี่ยงเชิงปฏิบัติซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจภูมิประเทศจริง จุดไหลรวมของน้ำ พฤติกรรมของลำห้วย และประวัติพื้นที่ที่คนในชุมชนรับรู้ได้โดยตรง งานในระดับนี้ครอบคลุมตั้งแต่การตรวจและบำรุงรักษาระบบระบายน้ำและจุดเสี่ยงอุดตัน การสำรวจสัญญาณเตือนภัยและการบันทึกข้อมูลภาคสนามอย่างสม่ำเสมอ การกำหนดจุดปลอดภัยและเส้นทางอพยพ การซักซ้อมแผนเผชิญเหตุ การสื่อสารเตือนภัยให้เข้าใจง่ายและทันเวลา รวมถึงการร่วมมือกับหน่วยงานภาครัฐในการรายงานข้อมูลและขอการสนับสนุนเมื่อพบความเสี่ยงเพิ่มสูงขึ้น จุดแข็งของบทบาทระดับชุมชนคือความต่อเนื่องและความรวดเร็วในการสังเกตความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ ซึ่งเป็นส่วนเติมเต็มที่ระบบระดับประเทศอาจไม่สามารถทำแทนได้ทั้งหมด

ด้วยเหตุนี้ เนื้อหาต่อไปจึงเป็นการสรุปข้อสังเกตเบื้องต้นในระดับชุมชน ที่สามารถดำเนินการได้จากการสำรวจและสังเกตภาคสนามโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือซับซ้อน เพื่อใช้เป็นการคัดกรองพื้นที่เสี่ยงลำดับต้นและระบุจุดที่ควรเฝ้าระวังเป็นพิเศษ ทั้งนี้ ข้อสังเกตดังกล่าวมิได้ใช้แทนการประเมินเชิงวิศวกรรมโดยละเอียด หากแต่เป็นฐานข้อมูลภาคสนามที่ช่วยให้ชุมชนและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถจัดลำดับความสำคัญ ประสานขอการสนับสนุน และกำหนดมาตรการป้องกันที่เหมาะสมได้รวดเร็วยิ่งขึ้นก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการประเมินเชิงลึกต่อไป



รูปที่ 2-11 แผนที่พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มระดับจังหวัด (จ.น่าน)
ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี, 2567[23]

[23] กรมทรัพยากรธรณี (2567) บัญชีแผนที่พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มประเทศไทย ปี 2568 กองธรณีวิทยาและสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี

2.4.1 ลักษณะที่ตั้งของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มที่พึงระวัง

การประเมินความเสี่ยงภัยดินถล่มในระดับชุมชน (กรมทรัพยากรธรณี, 2567)[24] จากการสังเกตลักษณะที่ตั้งและภูมิประเทศเนื่องจากตำแหน่งตั้งถิ่นฐานที่อยู่อาศัยมักมีสัมพันธ์โดยตรงกับเส้นทางการไหลของน้ำ การรวมตัวของตะกอน และความเป็นไปได้ของการเคลื่อนตัวของมวลดินจากพื้นที่สูงชัน การระบุพื้นที่ที่ควรเฝ้าระวังจึงสามารถทำได้จากลักษณะภูมิประเทศที่สังเกตได้ในภาคสนาม โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีรูปแบบทางธรณีสัณฐาน และหลักฐานเชิงกายภาพที่บ่งชี้ว่าเคยมีการไหลของดินโคลนหรือเศษซากผ่านมาก่อน

(1) หมู่บ้านตั้งอยู่ในหุบเขาแคบรูปตัววี ติดภูเขา และอยู่ใกล้ทางน้ำไหล

หุบเขาแคบรูปตัววีมักเกิดในพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันสูงและมีร่องน้ำตัดลึก เมื่อเกิดฝนตกหนัก น้ำจะไหลรวมตัวอย่างรวดเร็วและมีพลังการไหลสูงกว่าพื้นที่ลุ่มกว้าง ความแคบของหุบเขาส่งผลให้กระแสน้ำและตะกอนพุ่งผ่านช่องเขาไปยังบริเวณชุมชนได้ในเวลาอันสั้น หากหมู่บ้านตั้งชิดตีนเขาหรือชิดร่องน้ำมาก โอกาสได้รับผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลาก เศษซากไหล (debris flow) หรือดินโคลนถล่มจะสูงขึ้น

สิ่งที่ควรสังเกตเพิ่มเติม ได้แก่ ลักษณะทางน้ำที่คดเคี้ยวแคบ มีการกัดเซาะตลิ่งรุนแรง รอยครูดตามแนวลาดเขา หรือร่องน้ำเล็ก ๆ หลายเส้นที่ไหลรวมกันก่อนผ่านหมู่บ้าน สิ่งเหล่านี้เป็นสัญญาณว่าพื้นที่มีโครงสร้างการไหลที่รวมพลัง ได้ง่าย และควรจัดให้เป็นพื้นที่เฝ้าระวังลำดับต้น

(2) หมู่บ้านตั้งอยู่บริเวณหน้าหุบเขาบนตะกอนน้ำพารูปพัด หรือที่ราบเชิงเขาซึ่งเป็นสบห้วย

พื้นที่หน้าหุบเขาหรือที่ราบเชิงเขาบางแห่งประกอบด้วยตะกอนน้ำพารูปพัด (alluvial fan) ซึ่งเกิดจากการที่น้ำพาตะกอนจากภูเขาลงมาทับถมเมื่อความลาดชันลดลง ตะกอนรูปพัดจึงเป็นหลักฐานเชิงพื้นที่ว่า “บริเวณนี้เคยเป็นทางผ่านและจุดทับถมของน้ำและเศษซาก” ในอดีต กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ แม้พื้นที่จะดูราบและเหมาะแก่การตั้งถิ่นฐาน แต่ตามธรรมชาติแล้วเป็นพื้นที่รับตะกอนและรับแรงปะทะจากการไหลหลาก

หากหมู่บ้านตั้งอยู่บนสบห้วยหรือบริเวณที่ลำห้วยหลายสายไหลมาบรรจบกัน ความเสี่ยงยิ่งเพิ่มขึ้น เพราะจุดบรรจบเป็นบริเวณที่เกิดการรวมตัวของปริมาณน้ำและตะกอน มีโอกาสเกิดการอุดตันชั่วคราวและการพังทลายแบบฉับพลันเมื่อตันแล้วแตก (plug-and-burst) ซึ่งก่อให้เกิดคลื่นน้ำและตะกอนพุ่งเข้าสู่พื้นที่ชุมชนได้อย่างรวดเร็ว

---

[24] กรมทรัพยากรธรณี. (2567). *คู่มือลดผลกระทบธรณีพิบัติภัย:แผ่นดินถล่ม 2567* [คู่มือ]. กรมทรัพยากรธรณี

(3) มีร่องรอยหรือรอยดินแยกบนภูเขาเหนือหมู่บ้าน

รอยดินแยก รอยแตกร้าวบนผิวดิน หรือแนวร้าวตามสันเขาและลาดเขาเหนือหมู่บ้าน เป็นสัญญาณสำคัญของ การเสียรูป และอาจบ่งชี้การเคลื่อนตัวช้า ๆ ของมวลดิน (creep) หรือการเตรียมตัวก่อนเกิดการไถล (incipient slide) ในหลายกรณี รอยแตกดังกล่าวจะขยายตัวชัดเจนหลังฝนตกหนักต่อเนื่อง เนื่องจากน้ำซึมลงรอยแตกเพิ่มแรงดันน้ำในดินและลดกำลังรับแรงเฉือนของชั้นดิน

แนวทางที่เหมาะสมคือการกำหนดจุดตรวจเฝ้าระวังรอยแตกแบบง่าย เช่น การบันทึกตำแหน่งและขนาดรอยแตกเป็นระยะ การใช้หมุด หลักอ้างอิงเพื่อติดตามการเปิดกว้างของรอยแตก และการกำหนดเกณฑ์แจ้งเตือนเมื่อพบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในช่วงที่มีฝนสะสมสูงหรือฝนตกต่อเนื่องหลายวัน

(4) หมู่บ้านที่ถูกน้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วมบ่อย

ประวัติการเกิดน้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วมซ้ำซากสะท้อนว่าระบบทางน้ำและการระบายน้ำของลุ่มน้ำย่อยเหนือหมู่บ้านมีความเสี่ยงทางภูมิศาสตร์และมีแนวโน้มรวมตัวสูง ซึ่งเป็นปัจจัยเดียวกันกับที่ก่อให้เกิดดินโคลนถล่มและเศษซากไหลในหลายพื้นที่ กล่าวคือ เมื่อมีน้ำหลากบ่อย แสดงว่าพื้นที่รับน้ำมีการไหลบ่าหน้าดินสูง มีการพาตะกอนมาก หรือมีคอขวดในทางน้ำ ทำให้การไหลเกิดการหน่วงและปลดปล่อยเป็นช่วง ๆ

การพบกองหิน ทราย กรวด ตลอดจนซากไม้จำนวนมากตามลำน้ำหรือบริเวณใกล้หมู่บ้าน เป็นหลักฐานชัดเจนว่า ลำห้วยเป็นจุดเสี่ยงที่เกิดการไหลพาเศษซากและตะกอนขนาดใหญ่ลงมาได้ ซึ่งเป็นลักษณะของการไหลหลากที่มีพลังสูง หรือเหตุการณ์เศษซากไหลในอดีต วัสดุเหล่านี้ยังเป็นตัวเร่งความรุนแรงเมื่อเกิดเหตุใหม่ เพราะสามารถไปอุดตันช่วงคอขวดของลำห้วย ท่อลอด หรือสะพาน ทำให้น้ำเอ่อล้นออกนอกลำน้ำและพุ่งเข้าสู่ชุมชนในรูปแบบที่คาดเดายาก

ในเชิงการบริหารจัดการ ชุมชนและท้องถิ่นควรให้ความสำคัญกับการตรวจจุดเสี่ยงอุดตัน เช่น หน้าสะพาน ปากท่อ และช่วงลำห้วยแคบ รวมถึงมีแผนกำจัดสิ่งกีดขวางอย่างเหมาะสมก่อนฤดูฝน ทั้งนี้ต้องดำเนินการโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อระบบนิเวศลำน้ำและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

พื้นที่ที่ท่วมบ่อยยังมักมีปัญหาการกัดเซาะตลิ่ง การทรุดตัวของคันดินหรือถนน และการไหลย้อนของน้ำเข้าสู่ชุมชน ซึ่งล้วนเพิ่มความเปราะบางของโครงสร้างพื้นฐานและเพิ่มโอกาสเกิดความเสียหายรุนแรงหากเกิดเหตุการณ์สุดขั้วในอนาคต ดังนั้นความถี่ของน้ำท่วม น้ำหลาก จึงเป็นตัวชี้วัดเชิงปฏิบัติที่ควรบันทึกไว้ในระบบเฝ้าระวังของหมู่บ้าน

(5) หมู่บ้านที่เคยเกิดดินถล่ม หรือมีหลักฐานทางธรณีวิทยาบ่งชี้ว่าเคยเกิดดินถล่มในอดีต

ประวัติการเกิดเหตุซ้ำเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักสูงที่สุด เพราะดินถล่มมักเกิดซ้ำในพื้นที่ที่มี “เงื่อนไขเชิงพื้นที่เดิม” เช่น ความลาดชันสูง โครงสร้างชั้นดินอ่อน แนวรอยเลื่อน แนวแตก ความหนาของชั้นดินผุ และเส้นทางน้ำที่รวมตัวในตำแหน่งเดิม แม้เวลาจะผ่านไปและพื้นที่จะมีพืชพรรณปกคลุมมากขึ้น แต่หากกลไกหลักยังคงอยู่ ความเสี่ยงก็ยังไม่หมดไป

หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พึงพิจารณา ได้แก่ รอยไถลเดิมที่ยังเห็นเป็นแผลเป็นบนลาดเขา (scar) พื้นที่ตะกอนทับถมที่มีขอบเขตชัดเจน ลักษณะผิวดินเป็นคลื่นหรือเป็นขั้นบันไดเล็ก ๆ จากการเคลื่อนตัวช้า รวมถึงคำบอกเล่าของชาวบ้านที่สอดคล้องกันหลายแหล่ง การรวบรวมประวัติภัยพิบัติชุมชน จึงเป็นข้อมูลที่ควรถูกรวบอย่างเป็นระบบ และควรถูกบันทึกเป็นแผนที่ชุมชนเพื่อใช้กำหนดเขตเฝ้าระวัง จุดปลอดภัย และเส้นทางอพยพ

ลักษณะพื้นที่ดังกล่าวเป็นตัวบ่งชี้เชิงภูมิประเทศและหลักฐานภาคสนามที่ช่วยคัดกรองพื้นที่เสี่ยงเบื้องต้นอย่างง่าย อย่างไรก็ตามการจัดระดับความเสี่ยงเพื่อใช้ตัดสินใจเชิงนโยบายควรพิจารณาร่วมกับข้อมูลอื่น เช่น ความลาดชันและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระบบระบายน้ำจริงในพื้นที่ ชนิดดิน หินพื้นฐาน รวมถึงข้อมูลฝนสะสมและเหตุการณ์ฝนหนักที่ผ่านมา ประกอบร่วมด้วย

2.5 การป้องกันและแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม

ข้อแนะนำทางวิศวกรรมเพื่อเป็นแนวทางป้องกันและลดความเสียหายจากภัยพิบัติโคลนดินถล่มซึ่งมักเกิดขึ้นในพื้นที่ภูเขาซึ่งมีความลาดชันหรือหุบเขา จำเป็นต้องอาศัยมาตรการทางวิศวกรรมที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศ ธรณีวิทยา และสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกหนักต่อเนื่องยาวนาน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนตัวของดิน หิน และตะกอนดิน ส่งผลกระทบก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐาน ขัดขวางเส้นทางคมนาคม เป็นอันตรายต่อความปลอดภัยของชีวิต รวมถึงทรัพย์สินของภาคประชาชน และภาครัฐ อ้างอิงแนวคิดและกรอบการดำเนินงานจากกรมทางหลวง และ Road Geohazard Risk Management Handbook ของธนาคารโลก การลดความเสี่ยงที่เหมาะสมกับงานถนนในพื้นที่ลาดชัน (ธนาคารโลก, 2019)[25] นำมาสรุปและประยุกต์ใช้กับพื้นที่เสี่ยงภัย โดยทางวิศวกรรมอาศัยการออกแบบโครงสร้าง และวัสดุที่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและธรณีวิทยาของพื้นที่ เพื่อให้พื้นที่มีความมั่นคง ปลอดภัย และสามารถฟื้นตัวได้รวดเร็วหลังเกิดภัยพิบัติ สามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

2.5.1 การเสริมความมั่นคงของลาด (Slope Stabilization)

ลาดเขาที่มีความชันหรือมีการกระทำของแรงน้ำใต้ดินมักเผชิญกับปัญหาความเสี่ยงต่อการเกิดการเคลื่อนตัวของดินและหิน เช่น ดินถล่ม (slide) และหินหล่น (rockfall) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างพื้นฐาน เส้นทางคมนาคม และความปลอดภัยของประชาชน จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบและดำเนินมาตรการเสริมความมั่นคงของลาดอย่างเหมาะสม การตัดแต่งหรือกำจัดหินหรือดินที่ไม่มั่นคงด้วยวิธีทางวิศวกรรม มักนิยมใช้มาตรการหลายรูปแบบร่วมกัน ตามแนวทางของกรมทางหลวง และ The Federal Highway Administration (FHWA) ซึ่งมีการแนะนำว่าการเสริมเสถียรภาพของลาดควรพิจารณาการเปลี่ยนรูปทรงลาด การจัดการระบบระบายน้ำ และการเสริมแรงด้วยโครงสร้างหรือวัสดุเสริมแรงควบคู่กัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติทางธรณี โดยแนวทางสำคัญประกอบด้วย

[25] ธนาคารโลก [The World Bank]. (2019). Road geohazard risk management handbook. The World Bank. สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2568, จาก https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/road-geohazard-risk-management-handbook.pdf

• การปรับรูปทรงลาด (regrading) โดยลดความชันของลาดเขาให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของดินและภาระบรรทุก เพื่อลดแรงเฉือนและแรงขับที่อาจก่อให้เกิดการเคลื่อนตัว ซึ่งใช้กระบวนการตัดปรับความลาดชัน (slope cutting) ด้วยการขุดดินหรือหินออกเพื่อปรับแก้รูปทรงเรขาคณิตของลาดเขาให้มีความลาดชันลดลงและมีเสถียรภาพมากขึ้นดังรูปที่ 2-12 และตัวอย่างจากรมทางหลวงรูปที่ 2-13



รูปที่ 2-12 การตัดปรับความลาดชัน (slope cutting)
และการสกัดส่วนที่ไม่มั่นคง (trimming scaling)
ที่มา : ดัดแปลงจาก Road Geohazard Risk Management Handbook[26]



รูปที่ 2-13 ตัวอย่างการทำขั้นบันไดเชิงลาด (benching of slope)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[27]

---

[26] ธนาคารโลก [The World Bank]. (2019). Road geohazard risk management handbook. The World Bank. สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2568, จาก https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/road-geohazard-risk-management-handbook.pdf

[27] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกันแก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง*. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.

• การติดตั้งตาข่ายลวดร่วมกับสมอยึด (wire mesh with rock bolts /soil nails) เพื่อยึดหน้าดินและหินที่มีแนวโน้มที่จะหลุดร่วงหรือเคลื่อนที่ลงมาด้านล่างรูปที่ 2-14 โดยตาข่ายลวดจะช่วยกระจายแรงกระแทกของเศษหิน ขณะที่สมอยึดจะช่วยตรึงวัสดุเหล่านั้นไว้อยู่กับที่ ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงต่อการพังทลาย ตัวอย่างตะปูดินของกรมทางหลวงดังรูปที่ 2-15



รูปที่ 2-14 สมอยึด (rock bolting) และ คอนกรีตพ่น (shotcrete)
ที่มา : ดัดแปลงจาก Road Geohazard Risk Management Handbook[28]



รูปที่ 2-15 ตัวอย่างการใช้ตะปูดินเสริมเสถียรภาพของคันทาง
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[29]

---

[28] ธนาคารโลก [The World Bank]. (2019). Road geohazard risk management handbook. The World Bank. สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2568, จาก https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/road-geohazard-risk-management-handbook.pdf

[29] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกันแก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง*. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.



รูปที่ 2-16 ตัวอย่างการป้องกันลาดด้วยคอนกรีตพ่น (shotcrete)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[30]

[30] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกันแก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง*. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.



รูปที่ 2-17 รั้วกั้นหิน (catch fence) และ ตาข่ายยึดดิน (rockfall net)
ที่มา : ดัดแปลงจาก Road Geohazard Risk Management Handbook[31]

• ระบบระบายน้ำใต้ลาด (subsurface drains) มีจุดประสงค์เพื่อระบายและลดแรงดันน้ำใต้ผิวดิน เช่น การเจาะท่อระบายน้ำแนวนอน (horizontal drains) ซึ่งสามารถลดความชื้นในตัวดินและลดแรงดันที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ดินสูญเสียเสถียรภาพ

• การใช้วัสดุเสริมแรงร่วมกับดิน (soil reinforcement) เช่น วัสดุสังเคราะห์ทางธรณี (geosynthetics) ได้แก่ วัสดุตะแกรงสังเคราะห์ทางธรณี (geogrid) และ ผ้าใยสังเคราะห์ทางธรณี (geotextile) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการต้านทานแรงเฉือนซึ่งทำให้ลาดรับแรงเฉือนได้ดีขึ้น และส่งผลต่อการเสริมเสถียรภาพของลาดดิน

• การเสริมความมั่นคงและมาตรการป้องกัน (reinforcement and protection measures) เช่น การติดตั้งสมอยึดหิน (rock bolting) คอนกรีตพ่น (shotcrete) รูปที่ 2-16 โครงคานคอนกรีตแบบตาข่าย (grid beam) และกำแพงค้ำยัน (buttress wall) เพื่อเพิ่มแรงต้านและป้องกันผนังดินพัง นอกจากนั้นยังมีวิธีการสำหรับป้องกันพื้นที่สัญจรทางถนนจากการกระแทกของหิน เช่น รั้วกั้นหิน (catch fence) รูปที่ 2-18 คันดักหิน (berm) รั้วลวดตาข่าย (rockfall net) รูปที่ 2-19 และ โครงสร้างครอบถนน (shelter) เพื่อป้องกันอันตรายต่อผู้ใช้ทางดังรูปที่ 2-20 และตัวอย่างรูปที่ 2-21

• การใช้วิธีชีววิศวกรรม (bioengineering) เช่น การปลูกพืชคลุมดินหรือพืชชนิดรากลึก เช่น หญ้าแฝก หรือพืชพันธุ์ที่มีระบบรากแข็งแรง ร่วมกับเทคนิควัสดุเสริม เพื่อช่วยลดการชะล้างหน้าดินและเพิ่มการยึดเกาะของดินดังรูปที่ 2-22 และตัวอย่างรูปที่ 2-23

---

[31] ธนาคารโลก [The World Bank]. (2019). Road geohazard risk management handbook. The World Bank. สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2568, จาก https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/road-geohazard-risk-management-handbook.pdf

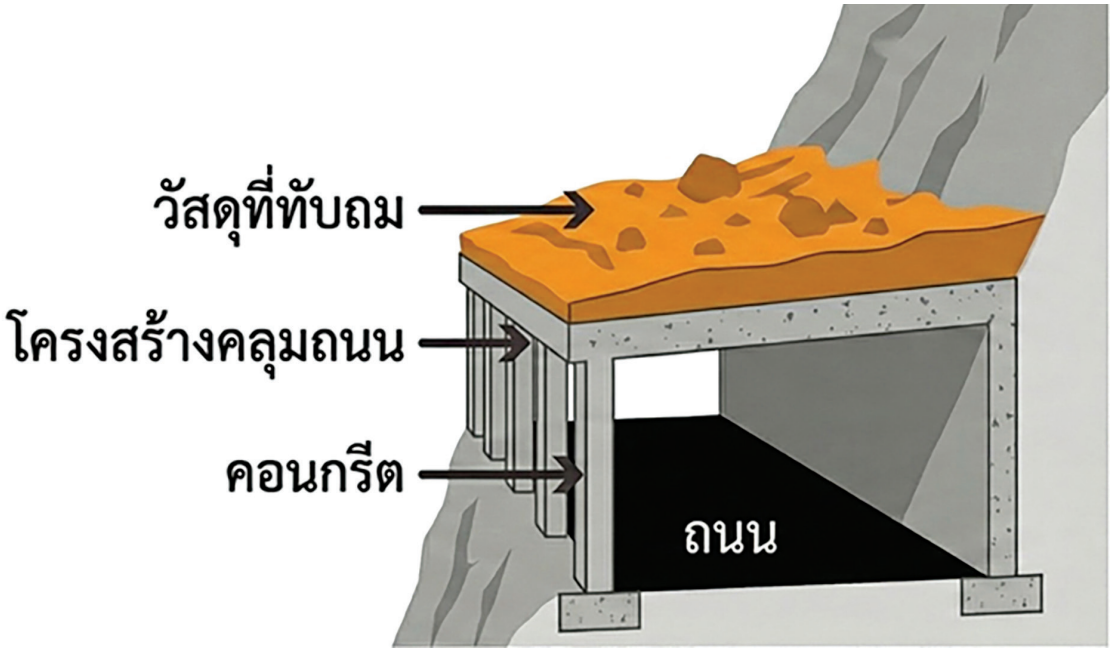


รูปที่ 2-18 ตัวอย่างโครงสร้างรั้วกันหิน (catch fence)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[32]



รูปที่ 2-19 ตัวอย่างการป้องกันการพังทลายของหน้าลาดด้วยคอนกรีตพ่น (shotcrete)
ร่วมกับตะแกรงเหล็กยึดด้วย anchors และท่อระบายน้ำ (weep holes)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[33]

[32, 33] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกันแก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง*. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.

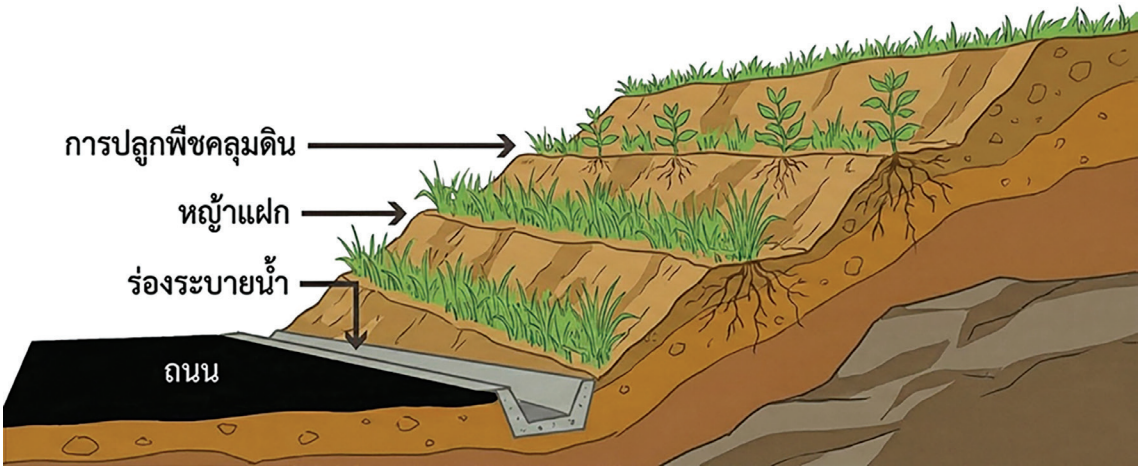


รูปที่ 2-20 โครงสร้างคลุมถนน (shelters)
ที่มา : ดัดแปลงจาก Road Geohazard Risk Management Handbook[34]

[34] ธนาคารโลก [The World Bank]. (2019). Road geohazard risk management handbook. The World Bank. สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2568, จาก https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/road-geohazard-risk-management-handbook.pdf



รูปที่ 2-21 ตัวอย่างโครงสร้างคลุมถนนกันหินถล่ม (rock shed)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[35]



รูปที่ 2-22 การใช้วิธีชีววิศวกรรม (bioengineering)
ที่มา : ดัดแปลงจาก Road Geohazard Risk Management Handbook[36]

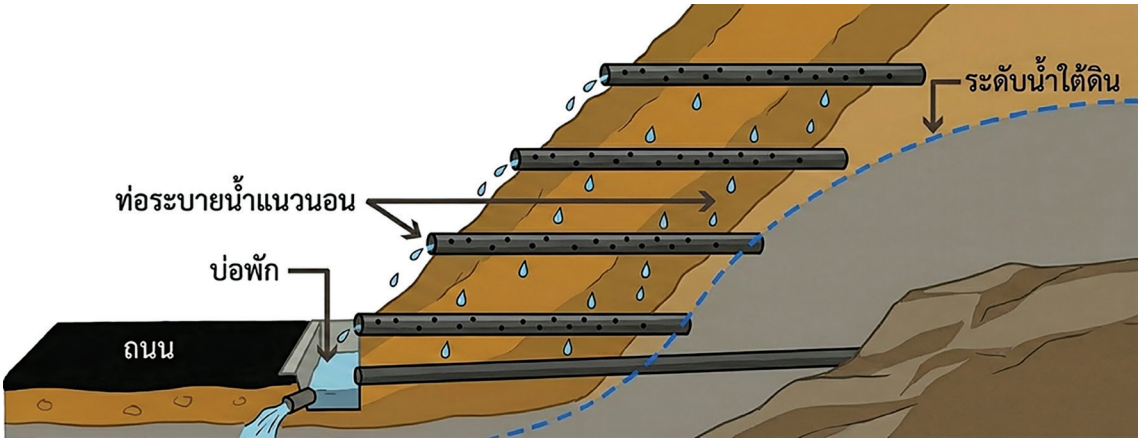
---

[35] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกันแก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง*. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.

[36] ธนาคารโลก [The World Bank]. (2019). Road geohazard risk management handbook. The World Bank. สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2568, จาก https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/road-geohazard-risk-management-handbook.pdf



รูปที่ 2-23 ตัวอย่างการปลูกพืชบนผิวลาดด้วยถุงดิน (soil bag)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[37]

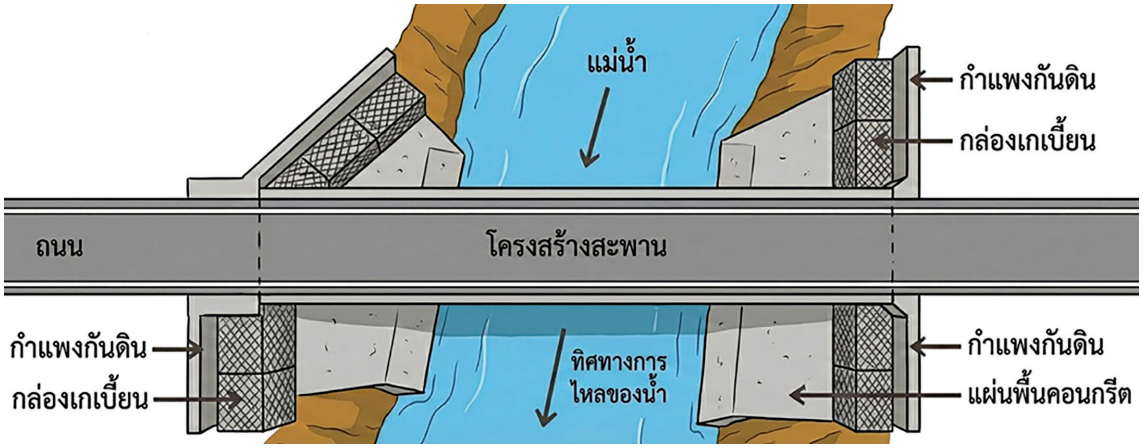


รูปที่ 2-24 ระบบระบายน้ำหลังลาด (subsurface drains)
ที่มา : ดัดแปลงจาก Road Geohazard Risk Management Handbook[38]

---

[37] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกันแก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง*. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.

[38] ธนาคารโลก [The World Bank]. (2019). Road geohazard risk management handbook. The World Bank. สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2568, จาก https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/road-geohazard-risk-management-handbook.pdf



รูปที่ 2-25 โครงสร้างป้องกันเส้นทางคมนาคม บริเวณข้ามแม่น้ำ
ที่มา : ดัดแปลงจาก Road Geohazard Risk Management Handbook[39]

2.5.2 การป้องกันตลิ่งและพื้นที่ริมฝั่งน้ำ

สำหรับบริเวณพื้นที่ที่อยู่ใกล้ลำน้ำหรือแม่น้ำ การป้องกันตลิ่งคือโครงสร้างที่จะช่วยลดการกัดเซาะ การพังทลายของผิวดิน การออกแบบต้องคำนึงถึงแรงน้ำ กระแสน้ำ ความเร็ว ตะกอน และการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในฤดูฝน ในทางปฏิบัติ มีแนวทางดังนี้

• วัสดุป้องกันผิวตลิ่ง (riprap, gabion, reno mattress) วางหินบนตลิ่งเพื่อรับแรงกระแทกของน้ำ ป้องกันไม่ให้ผิวน้ำกัดเซาะหน้าดินโดยตรง ตัวอย่างดังรูปที่ 2-26 และรูปที่ 2-27

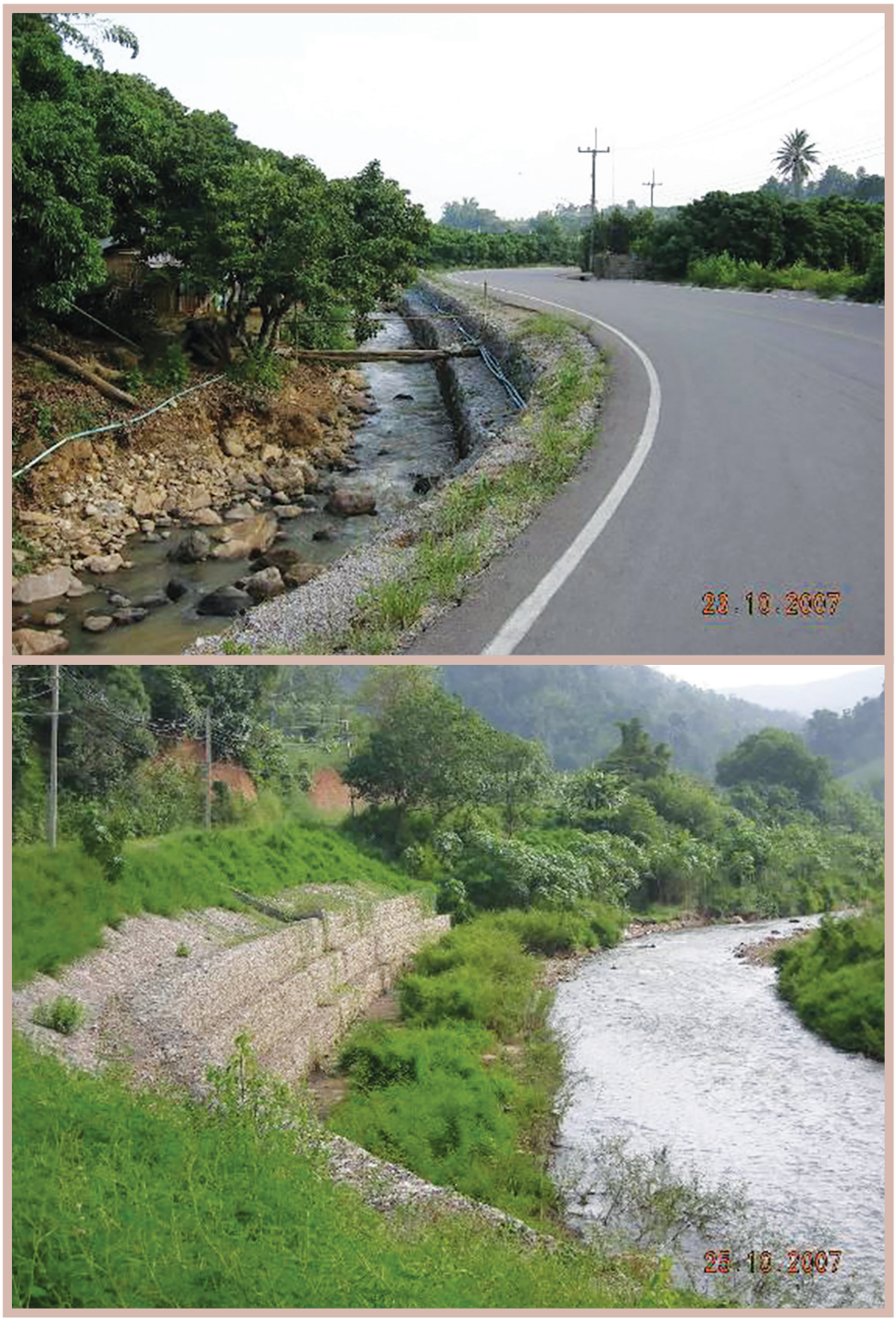
• ผนังค้ำยัน (retaining walls) กล่องหินเกเบี้ยน (gabion walls) การสร้างโครงสร้างที่สามารถรับแรงดันดินจากด้านหลัง และลดการทรุดตัวของหน้าดิน

• ฝายเบี่ยงน้ำ กำแพงแนวทางน้ำ (guide walls, spur, groin) ออกแบบให้กระแสน้ำถูกเบี่ยงออกจากตลิ่ง ชะลอความเร็ว และลดผลกระทบของน้ำต่อเชิงลาด

• บ่อดักตะกอน – ฝายดักตะกอน (sediment basin - check dams) ตั้งอยู่ก่อนทางเดินน้ำเข้าใกล้สู่บริเวณโครงสร้างถนน เพื่อดักจับตะกอน ลดปริมาณโคลนและเศษวัสดุที่ไหลเข้ามา

• ระบบชีววิศวกรรมริมตลิ่ง ปลูกพืชริมน้ำที่รากลึก เช่น พุ่มไม้พื้นเมือง ร่วมกับวัสดุรากเทียม (revetment with vegetation) เพื่อเสริมการยึดเหนี่ยวหน้าดิน

[39] ธนาคารโลก [The World Bank]. (2019). Road geohazard risk management handbook. The World Bank. สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2568, จาก https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/road-geohazard-risk-management-handbook.pdf



รูปที่ 2-26 ตัวอย่างการป้องกันตลิ่งและพื้นที่ริมฝั่งน้ำด้วยกล่องหินเกเบี้ยน (gabion)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[40]

[40] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกันแก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง*. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.



รูปที่ 2-27 ตัวอย่างการป้องกันการกัดเซาะเชิงลาดด้วย reno mattress ของกรมทางหลวง
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[41]

2.5.3 ระบบระบายน้ำและการจัดการน้ำ (Drainage and Water Management)

ระบบระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยควบคุมการไหลของน้ำฝน ป้องกันน้ำขัง และลดแรงดันในชั้นดินซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดดินถล่ม หากออกแบบระบายได้ไม่ดี น้ำอาจซึมเข้าสู่ชั้นดิน ทำให้ดินอิ่มน้ำ มีแรงดันภายในสูงและทำให้ลาดขาดเสถียรภาพ ในแนวทางปฏิบัติมักประกอบด้วย

[41] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกันแก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง*. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.



รูปที่ 2-28 ตัวอย่างคูระบายน้ำบริเวณเชิงลาด (toe ditch)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[42]



รูปที่ 2-29 ตัวอย่างคูรับน้ำเหนือเชิงลาด (interceptor ditch)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[43]

[42,43] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกันแก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง*. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.

• ระบายน้ำตามแนวยาว (longitudinal drainage) รางน้ำหรือคูน้ำขนานกับแนวถนนรับน้ำฝนและนำออกไปยังพื้นที่ที่ปลอดภัย ดังรูปที่ 2-28 และ รูปที่ 2-29

• ระบบระบายน้ำขวาง (transverse drainage) ท่อระบาย ทางลอด (culverts) ท่อที่วางเฉียงหรือขวางถนน (cross drains) เพื่อให้ทางน้ำไหลตัดผ่านถนนได้โดยไม่สะสม

• ชั้นกันซึม (impermeable liners) ใช้วัสดุปิดชั้นดิน เพื่อป้องกันน้ำฝนซึมผ่านเข้าสู่ชั้นล่าง ลดการเปียกชื้นในดิน

• บำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เช่นการตรวจสอบขุดลอก ล้างตะกอน สิ่งอุดตัน การตรวจดูความเสียหายของท่อ เพื่อคงสภาพระบบระบายน้ำให้สามารถใช้งานได้อยู่เสมอ

• การออกแบบเผื่อเหตุการณ์รุนแรงคำนวณตามความเข้มฝนสูงสุดและเผื่ออัตราการไหลในช่วงฝนหนัก



รูปที่ 2-30 ตัวอย่างรางระบายน้ำบนลาด (drain chute)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[44]

[44] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกันแก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง*. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.

2.5.4 การรับมือโคลนถล่ม และน้ำป่าไหลหลาก

ในพื้นที่ที่มีร่องน้ำไหลหรือภูมิประเทศลาดชัน โอกาสเกิดโคลนถล่มหรือน้ำป่าไหลหลากสูง อาจมีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบให้สามารถรับมือแรงดันน้ำและตะกอนจำนวนมากในช่วงฝนหนัก

- ฝายดักตะกอน (check dams) บริเวณลำห้วยหรือร่องน้ำก่อนถึงเส้นทางชุมชน หรือพื้นที่เสี่ยง เพื่อชะลอความเร็ว (พลังงาน) ของน้ำ และให้ตะกอนตกก่อนถึงโครงสร้างถนน
- พื้นที่หน่วงน้ำ - บ่อเก็บตะกอน (retention basins – sediment basins) ใช้เก็บน้ำและตะกอนในช่วงฝนหนัก เพื่อลดปริมาณน้ำและตะกอนที่จะไหลเข้าสู่ทางหลวง
- ทางเบี่ยงน้ำ (diversion channels) เบี่ยงทางน้ำให้ผ่านเส้นทางที่อื่นที่ไม่เข้าใกล้กับโครงสร้างเครือข่ายคมนาคม
- ช่องทางระบายโคลน (debris flow outlets) ท่อหรือทางออกใต้ถนนขนาดใหญ่ เพื่อให้โคลนไหลลาดผ่านโดยไม่ก่อแรงดันทำลายโครงสร้าง
- ชีววิศวกรรมควบคุมตะกอน ปลูกพืชยึดเกาะในเขตแอ่งรับน้ำหรือลดน้ำไหล เช่น หญ้าแฝก ร่องราก เพื่อชะลอการไหลของน้ำและตะกอน

2.6 มาตรฐานทางวิศวกรรม ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการความเสี่ยงดินถล่ม

2.6.1 ภาพรวมมาตรฐานด้านการก่อสร้างและงานดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

การกำหนดมาตรฐานด้านการก่อสร้าง การขุดดิน และการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม เป็นกลไกสำคัญในการบริหารจัดการความเสี่ยงเชิงป้องกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อควบคุมกิจกรรมของมนุษย์ที่อาจส่งผลต่อเสถียรภาพของลาดเชิงเขาและความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สิน มาตรฐานที่กรมโยธาธิการและผังเมืองถูกจัดทำขึ้นในปี พ.ศ. 2562 เพื่อเป็นการบูรณาการองค์ความรู้ทางวิศวกรรมปฐพี วิศวกรรมโครงสร้าง และประสบการณ์จากเหตุการณ์ดินถล่มในอดีต เพื่อใช้เป็นแนวทางอ้างอิงสำหรับการปฏิบัติงานในภาคสนามและการบังคับใช้ตามกฎหมาย

1. ที่มาและวัตถุประสงค์ของชุดมาตรฐาน มยผ. 1915–1918

ชุดมาตรฐานประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ถูกจัดทำขึ้นภายใต้บริบทที่ประเทศไทยประสบปัญหาดินถล่มและโคลนถล่มอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่ภูเขาและลาดเชิงเขา ซึ่งมีการขยายตัวของชุมชนและกิจกรรมการก่อสร้างเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มาตรฐานดังกล่าวมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำหนดหลักเกณฑ์ขั้นต่ำที่จำเป็นต่อการก่อสร้างอาคารและการดำเนินงาน ให้เป็นไปตามหลักวิชาการและลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้น

มาตรฐานทั้งสี่ฉบับประกอบด้วย มยผ. 1915-62 ว่าด้วยมาตรฐานการก่อสร้างบริเวณลาดเชิงเขา มยผ. 1916-62 ว่าด้วยมาตรฐานประกอบการวิเคราะห์ความมั่นคงในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม มยผ. 1917-62 ว่าด้วยมาตรฐานการป้องกันการพังทลายสำหรับลาดเชิงเขา และ มยผ. 1918-62 ว่าด้วยมาตรฐานการถมดินและการบดอัด โดยแต่ละฉบับมีบทบาทเฉพาะด้านและถูกออกแบบให้สามารถเชื่อมโยงมาตรฐานแต่ละฉบับเข้าด้วยกัน

2. โครงสร้างและขอบเขตของมาตรฐานแต่ละฉบับ

มาตรฐานการก่อสร้างบริเวณลาดเชิงเขา (มยผ. 1915-62) มุ่งเน้นการควบคุมตำแหน่งลักษณะ และรูปแบบการก่อสร้างอาคารในพื้นที่ลาดชัน โดยกำหนดนิยามเกี่ยวกับลาดเชิงเขา ยอดลาด และตีนลาดอย่างชัดเจน พร้อมทั้งระบุแนวทางการเลือกพื้นที่ก่อสร้าง การปรับพื้นที่ การเลือกประเภทฐานราก และมาตรการป้องกันความเสียหายจากดินถล่มและโคลนถล่ม มาตรฐานฉบับนี้ทำหน้าที่ในการลดความเสี่ยง เน้นการหลีกเลี่ยงพื้นที่อันตรายและการออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ

มาตรฐานประกอบการวิเคราะห์ความมั่นคงในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (มยผ. 1916-62) เป็นมาตรฐานเชิงวิเคราะห์ที่กำหนดหลักการคำนวณเสถียรภาพของลาดโดยใช้วิธีสมดุลจำกัดเป็นหลัก พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ใช้วิธีวิเคราะห์อื่น ๆ ตามความเหมาะสม มาตรฐานฉบับนี้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับนิยามทางวิศวกรรม ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ และตัวอย่างการคำนวณเสถียรภาพ เพื่อให้การประเมินความมั่นคงของลาดเป็นไปอย่างเป็นระบบและตรวจสอบได้

มาตรฐานการป้องกันการพังทลายสำหรับลาดเชิงเขา (มยผ. 1917-62) เป็นมาตรการเชิงโครงสร้างและไม่ใช่โครงสร้าง เพื่อป้องกันหรือบรรเทาการพังทลายของลาดในกรณีต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการพังทลายของลาดดิน ดินถล่ม หรือโคลนถล่ม มาตรฐานฉบับนี้รวบรวมแนวทางการเลือกใช้วิธีป้องกันที่เหมาะสมกับลักษณะปัญหา เช่น การใช้กำแพงกันดิน การเสริมความมั่นคงด้วยโครงสร้างยึดเหนี่ยว และการจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

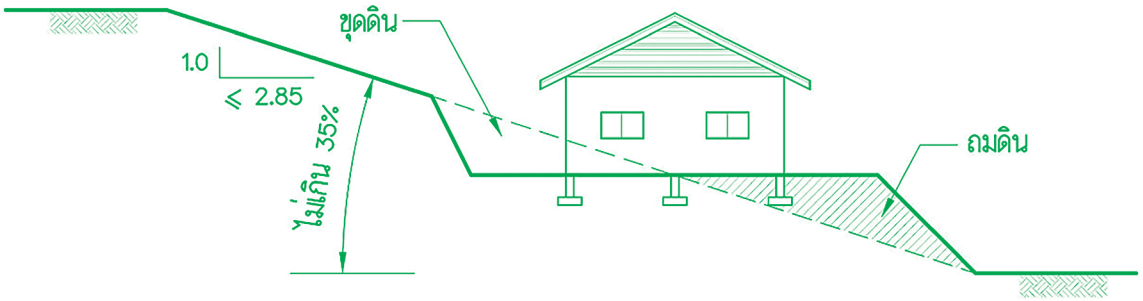
สำหรับมาตรฐานการถมดินและการบดอัด (มยผ. 1918-62) มีขอบเขตครอบคลุมงานถมดินทั้งในพื้นที่ทั่วไปและพื้นที่เสี่ยงภัย โดยกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ ขั้นตอนการถมและบดอัด เกณฑ์การทรุดตัวที่ยอมรับได้ และวิธีการตรวจสอบคุณภาพงานถมดิน มาตรฐานฉบับนี้มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการทรุดตัวและการพังทลายของดินถม ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่อาจกระตุ้นให้เกิดดินถล่มในภายหลัง

3. ภาพรวมของการใช้มาตรฐานในพื้นที่เสี่ยงภัย

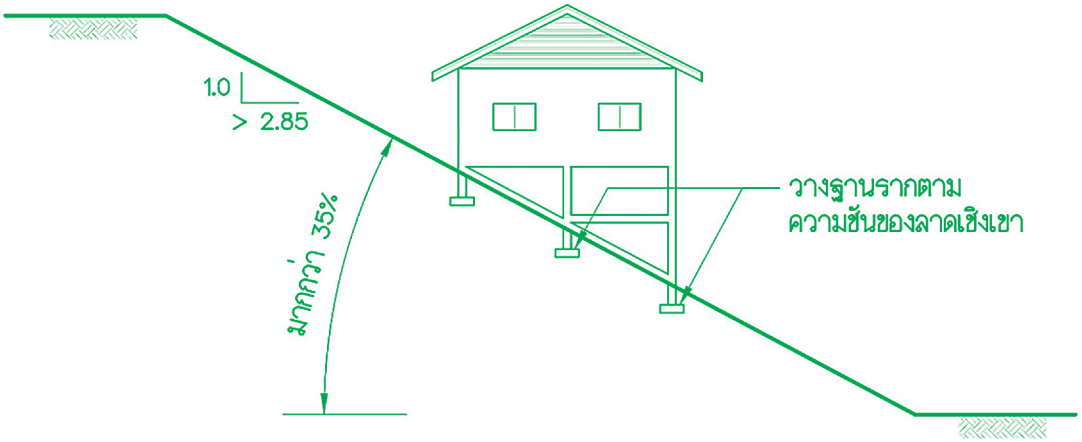
มาตรฐานทั้งสี่ฉบับทำหน้าที่เป็นกลไกในการลดความเสี่ยงจากดินถล่ม ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผน การออกแบบ การก่อสร้าง ไปจนถึงการควบคุมคุณภาพงานดินและโครงสร้าง การมีมาตรฐานที่ชัดเจน จะช่วยลดความคลุมเครือในการตัดสินใจ และเพิ่มระดับความปลอดภัยของการพัฒนาในพื้นที่ลาดเชิงเขา ซึ่งสะท้อนแนวทางการจัดการภัยพิบัติในเชิงป้องกัน (preventive approach) ซึ่งมุ่งลดโอกาสการเกิดดินถล่มและลดความรุนแรงของผลกระทบ มากกว่าการแก้ไขปัญหาภายหลังเกิดเหตุ มาตรฐานจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่เชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิศวกรรมเข้ากับการบริหารจัดการความเสี่ยงในระดับพื้นที่และระดับนโยบาย

2.6.2 มาตรฐานการก่อสร้างบริเวณลาดเชิงเขา (มยผ. 1915-62)

มาตรฐานการก่อสร้างบริเวณลาดเชิงเขา กรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ. 1915-62) เป็นมาตรฐานหลักที่มุ่งควบคุมการพัฒนาและการก่อสร้างอาคารในพื้นที่ที่มีความลาดชันหรืออยู่ใกล้บริเวณลาดเชิงเขา (รูปที่ 2 31) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สินจากภัยพิบัติดินถล่มและโคลนถล่ม มาตรฐานฉบับนี้ให้ความสำคัญกับการกำหนดตำแหน่งอาคาร การปรับสภาพพื้นที่ การเลือกใช้ฐานราก และมาตรการเชิงโครงสร้างและไม่ใช่โครงสร้าง เพื่อให้การก่อสร้างสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศและพฤติกรรมทางธรณีวิศวกรรมของพื้นที่ลาดชัน



(ก) กรณีลาดเชิงเขาที่มีความชันไม่เกิน 1:2.85 (ร้อยละ 35)



(ข) ลาดเชิงเขาที่มีความชันมากกว่า 1:2.85 (ร้อยละ 35)

รูปที่ 2-31 การปรับพื้นที่เพื่อก่อสร้างอาคารบนลาดเชิงเขา
ที่มา : มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (2562)[45]

[45] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2562) มาตรฐานประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การขุดดินและการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา. สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. 121 หน้า.

1. ขอบเขตการบังคับใช้และหลักการพื้นฐานของมาตรฐาน

มยผ. 1915-62 กำหนดขอบเขตการบังคับใช้กับงานก่อสร้างอาคารและสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น บ้านพักอาศัย โรงเรือน อาคารคลังสินค้า และกำแพงกันดิน เป็นต้น โดยไม่ครอบคลุมถึงโครงสร้างเฉพาะทางบางประเภท เช่น อาคารสูง สะพาน หรือโครงสร้างทางชลประทาน ทั้งนี้มาตรฐานได้กำหนดให้ใช้เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำที่จำเป็นต่อการก่อสร้าง เพื่อให้อาคารมีความปลอดภัยหรือสามารถลดความรุนแรงจากดินถล่มที่อาจเกิดขึ้นได้

หลักการสำคัญของมาตรฐาน คือ การยอมรับว่าสภาพลาดเชิงเขาเป็นระบบที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลง และกิจกรรมการก่อสร้างสามารถส่งผลต่อเสถียรภาพของลาดได้โดยตรง มาตรฐานจึงเน้นแนวคิดในการหลีกเลี่ยงพื้นที่เสี่ยงเป็นลำดับแรก หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ต้องใช้มาตรการออกแบบและก่อสร้างที่เหมาะสมเพื่อลดระดับความเสี่ยงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2. การจำแนกลักษณะพื้นที่ลาดเชิงเขาและตำแหน่งอาคาร

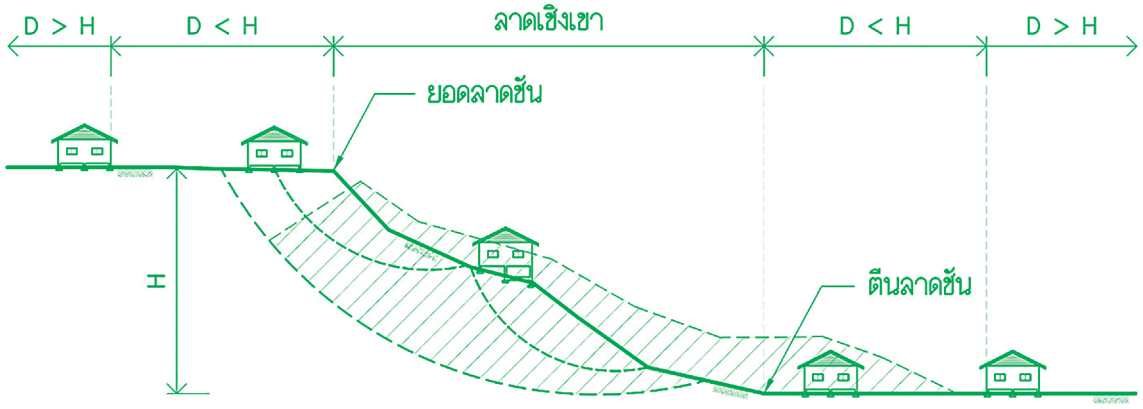
มาตรฐานได้กำหนดนิยามของพื้นที่ลาดเชิงเขาโดยถือว่าพื้นที่ที่มีความชันมากกว่าอัตราส่วน 1:5 (ดิ่งต่อราบ) หรือมากกว่าร้อยละ 20 จัดเป็นพื้นที่ลาดเชิงเขา พร้อมทั้งจำแนกตำแหน่งพื้นที่ออกเป็นยอดลาด ตีนลาด และบริเวณลาดเชิงเขา เพื่อใช้ในการประเมินระดับความเสี่ยงจากดินถล่ม

การวิเคราะห์ลักษณะความเสียหายที่อาจเกิดกับอาคารในตำแหน่งต่าง ๆ เป็นประเด็นสำคัญที่สะท้อนแนวคิดเชิงป้องกันของมาตรฐาน โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างระยะในแนวราบจากอาคารถึงยอดลาดหรือตีนลาด (D) เทียบกับความสูงของลาดเชิงเขา (H) ผลการจำแนกดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอาคารที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งซึ่งมีระยะ D น้อยกว่าความสูง H มีแนวโน้มได้รับความเสียหายจากดินถล่มหรือโคลนถล่มในระดับสูง ตั้งแต่การทรุดตัวของดิน ฐานรากเสียหาย ไปจนถึงการพิบัติของอาคารทั้งหลัง แนวคิดนี้ถูกนำมาใช้เป็นฐานในการกำหนดระยะเว้นและข้อจำกัดการใช้ประโยชน์พื้นที่ (รูปที่ 2-32)

3. หลักเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่และการกำหนดระยะเว้น

มาตรฐานให้ความสำคัญกับการคัดเลือกพื้นที่ก่อสร้างอาคารเป็นลำดับแรก โดยแนะนำให้หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่อยู่ในแนวทางไหลของโคลนถล่ม หรือพื้นที่ที่มีประวัติการเกิดดินถล่มในอดีต รวมถึงพื้นที่ใกล้ลำน้ำหรือร่องน้ำธรรมชาติที่อาจทำหน้าที่เป็นทางระบายน้ำและทางไหลของมวลดิน

ในกรณีที่จำเป็นต้องก่อสร้างในพื้นที่ลาดเชิงเขา มาตรฐานได้กำหนดระยะเว้นขั้นต่ำจากยอดลาดหรือตีนลาด โดยพิจารณาจากความสูงของลาดเชิงเขา หากลาดมีความสูงไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดต้องมีระยะเว้นมากกว่าความสูงของลาด ในขณะที่ลาดที่มีความสูงมากต้องกำหนดระยะเว้นขั้นต่ำเป็นระยะคงที่ แนวทางดังกล่าวสะท้อนการนำหลักวิศวกรรมเชิงประสบการณ์มาประยุกต์ใช้ เพื่อจำกัดตำแหน่งอาคารให้อยู่ในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่ำกว่า



รูปที่ 2-32 ตำแหน่งของอาคารบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา
ที่มา : มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (2562)[46]

พื้นที่ที่มีระยะเว้นน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มาตรฐานอนุญาตให้ใช้ประโยชน์ในลักษณะที่ไม่มีคนอยู่อาศัยถาวร เช่น พื้นที่เก็บของ อาคารชั่วคราว หรือพื้นที่กิจกรรมกลางแจ้ง ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงด้านชีวิต แม้ความเสี่ยงด้านทรัพย์สินจะยังคงอยู่

4. แนวทางการปรับพื้นที่และการจัดการงานขุด - ถมดิน

การปรับพื้นที่เพื่อก่อสร้างบนลาดเชิงเขาเป็นอีกประเด็นที่มาตรฐานให้ความสำคัญ โดยกำหนดแนวทางแตกต่างกันตามระดับความชันของพื้นที่ ในกรณีที่ลาดมีความชันไม่สูงมาก สามารถปรับพื้นที่ด้วยการขุดหรือถมดินได้ แต่ต้องดำเนินการอย่างระมัดระวังและปฏิบัติตามมาตรฐานการถมดินและการบดอัดที่เกี่ยวข้อง

ในทางตรงกันข้าม หากลาดมีความชันสูง มาตรฐานแนะนำให้หลีกเลี่ยงการปรับพื้นที่โดยการขุดหรือถมดิน และควรออกแบบฐานรากและโครงสร้างอาคารให้สอดคล้องกับแนวลาดตามธรรมชาติ แนวคิดนี้มีเป้าหมายเพื่อลดการรบกวนสมดุลของลาด ซึ่งอาจนำไปสู่การสูญเสียเสถียรภาพในระยะยาว

5. หลักการเลือกใช้ฐานรากและองค์ประกอบโครงสร้าง

มาตรฐานได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ฐานรากสำหรับพื้นที่ลาดเชิงเขา โดยพิจารณาปัจจัยหลายด้านร่วมกัน ได้แก่ ความหนาชั้นดินหรือหิน น้ำหนักที่กระทำต่อฐานราก และความชันของลาดเชิงเขา การพิจารณาดังกล่าวนำไปสู่การตัดสินใจเลือกใช้ฐานรากแผ่หรือฐานรากเสาเข็มให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

---

[46] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2562) มาตรฐานประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การขุดดินและการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา. สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. 121 หน้า.

ในกรณีที่ใช้ฐานรากแผ่บนหินพืด มาตรฐานกำหนดให้ต้องมีการยึดฐานรากเข้ากับชั้นหินด้วยเหล็กเดือย เพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานการเลื่อนไถล การพลิกคว่ำ และการถอน โดยกำหนดค่าอัตราส่วนความปลอดภัยขั้นต่ำสำหรับรูปแบบการวิบัติต่าง ๆ อย่างชัดเจน ข้อกำหนดดังกล่าวสะท้อนการนำหลักการวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงโครงสร้างมาใช้ควบคู่กับการพิจารณาสภาพธรณีวิศวกรรม

นอกจากนี้ มาตรฐานยังให้ความสำคัญกับสัดส่วนและรายละเอียดของเสาตอม่อ คานรัดฐานราก และองค์อาคารอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานแรงด้านข้างและแรงจากการเคลื่อนตัวของดิน โดยกำหนดให้มีระบบคานรัดและการเสริมเหล็กที่เหมาะสมตามขนาดและลักษณะอาคาร

6. มาตรการป้องกันความเสียหายและการจัดการน้ำ

การป้องกันความเสียหายของอาคารที่ก่อสร้างในพื้นที่ลาดเชิงเขา ไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะโครงสร้างฐานรากเท่านั้น แต่มาตรฐานยังเน้นการจัดการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินอย่างเหมาะสม โดยกำหนดให้ต้องมีระบบระบายน้ำที่เพียงพอ รวมถึงการป้องกันการกัดเซาะใต้ฐานรากและบริเวณผิวดิน

การใช้กำแพงกันดินเป็นอีกหนึ่งมาตรการที่มาตรฐานกำหนดแนวทางไว้อย่างชัดเจน โดยจำแนกการใช้กำแพงกันดินเดี่ยวหรือกำแพงกันดินแบบขั้นตามความสูงของดินที่ต้องมีการป้องกัน ซึ่งจะช่วยลดแรงดันดินที่กระทำต่อโครงสร้าง และลดโอกาสการพังทลายของลาดในบริเวณใกล้อาคาร

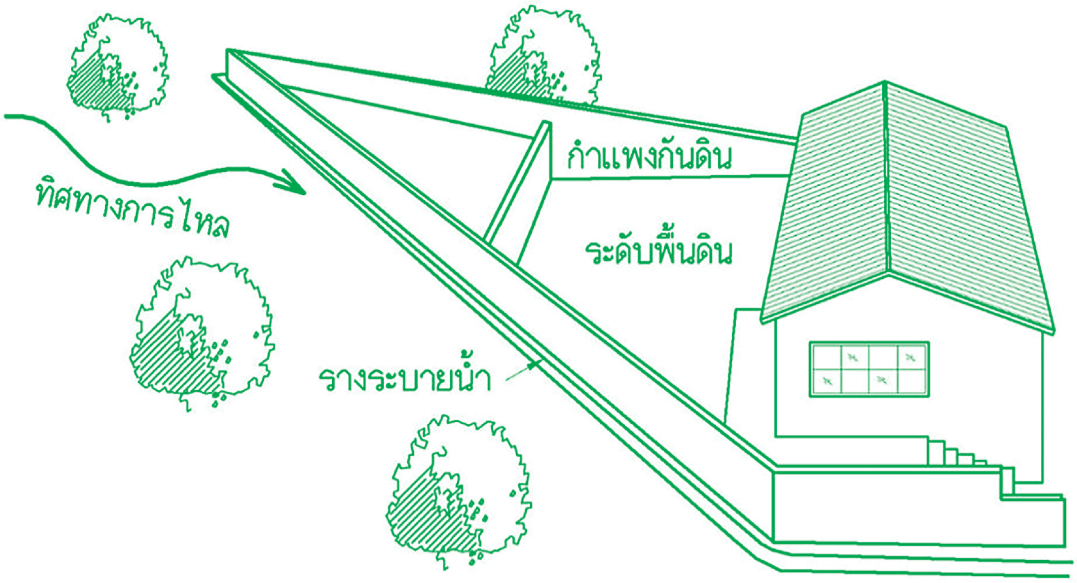
7. แนวทางเฉพาะในการลดผลกระทบจากโคลนถล่ม

ในกรณีที่พื้นที่ก่อสร้างมีความเสี่ยงต่อการไหลของดินโคลนถล่ม มาตรฐานได้กำหนดแนวทางเฉพาะเพื่อบรรเทาผลกระทบ เช่น การยกระดับอาคารให้สูงกว่าระดับโคลนถล่ม การออกแบบอาคารแบบมีชั้นใต้ถุน และการใช้โครงสร้างหรือสิ่งกีดขวางเพื่อเบี่ยงทิศทางการไหลของมวลดิน แนวทางเหล่านี้เป็นการแสดงให้เห็นว่าความเสี่ยงไม่สามารถถูกกำจัดได้ทั้งหมด แต่สามารถบริหารจัดการเพื่อลดความรุนแรงของผลกระทบให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (รูปที่ 2- 33)

โดยภาพรวม มยผ. 1915-62 แสดงให้เห็นถึงแนวคิดการควบคุมการก่อสร้างในพื้นที่ลาดเชิงเขาอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การเลือกพื้นที่ การออกแบบ ไปจนถึงการก่อสร้างและการจัดการน้ำ มาตรฐานฉบับนี้จึงเป็นฐานสำคัญในการลดความเสี่ยงจากดินถล่ม และทำหน้าที่เชื่อมโยงมาตรฐานด้านการวิเคราะห์เสถียรภาพและการป้องกันการพังทลายจะกล่าวถึงถัดไป



(ก) ตัวอย่างบ้านแบบมีชั้นใต้ถุน



(ข) โครงสร้างเบี่ยงทิศทางการไหลดินโคลนถล่ม

รูปที่ 2-33 ตัวอย่างโครงสร้างเพื่อป้องกันผลกระทบจากดินถล่ม
ที่มา : มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (2562)[47]

[47] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2562) มาตรฐานประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การขุดดินและการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา. สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. 121 หน้า.

2.6.3 มาตรฐานประกอบการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาด (มยผ. 1916-62)

มาตรฐานประกอบการวิเคราะห์ความมั่นคงในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (มยผ. 1916-62) เป็นมาตรฐานเชิงวิเคราะห์ที่มีบทบาทสำคัญในการประเมินความปลอดภัยของพื้นที่ลาดเชิงเขาที่มีการก่อสร้างอาคาร การขุดดิน หรือการถมดิน โดยมุ่งเน้นการประเมินเสถียรภาพของลาดดินและลาดหินอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจทางวิศวกรรมและการควบคุมตามกฎหมาย มาตรฐานฉบับนี้ทำหน้าที่สนับสนุนมาตรฐานด้านการก่อสร้างและการป้องกันการพังทลาย โดยให้กรอบวิธีการคำนวณที่ตรวจสอบได้และสอดคล้องกับหลักวิชาการสากล

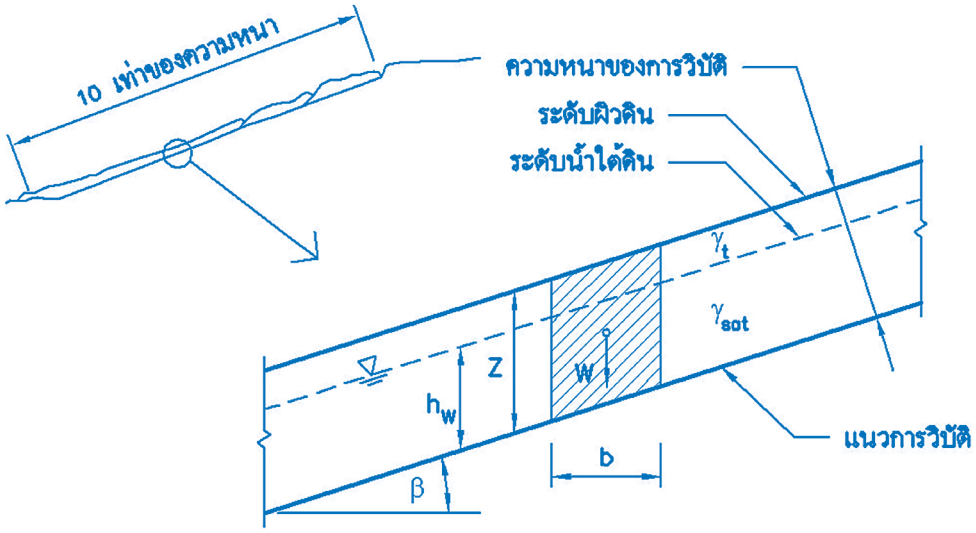
1. วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาด

มยผ. 1916-62 ถูกจัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการคำนวณค่าเสถียรภาพความมั่นคงของลาดเอียงในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มและบริเวณลาดเชิงเขา โดยครอบคลุมกรณีที่มีการก่อสร้างอาคาร งานขุดดิน และงานถมดิน ทั้งในลักษณะชั่วคราวและถาวร มาตรฐานกำหนดให้มีการวิเคราะห์โดยใช้วิธีสมดุลจำกัดเป็นหลัก เนื่องจากเป็นวิธีที่เข้าใจง่าย ใช้กันอย่างแพร่หลาย และเหมาะสมกับการประเมินเสถียรภาพในเชิงวิศวกรรมภาคสนาม ขอบเขตของมาตรฐานรวมถึงการวิเคราะห์ลาดดินธรรมชาติและลาดที่ได้รับการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ลาดจากการขุดดินเพื่องานก่อสร้าง หรือลาดดินถมที่เกิดจากการปรับระดับพื้นที่

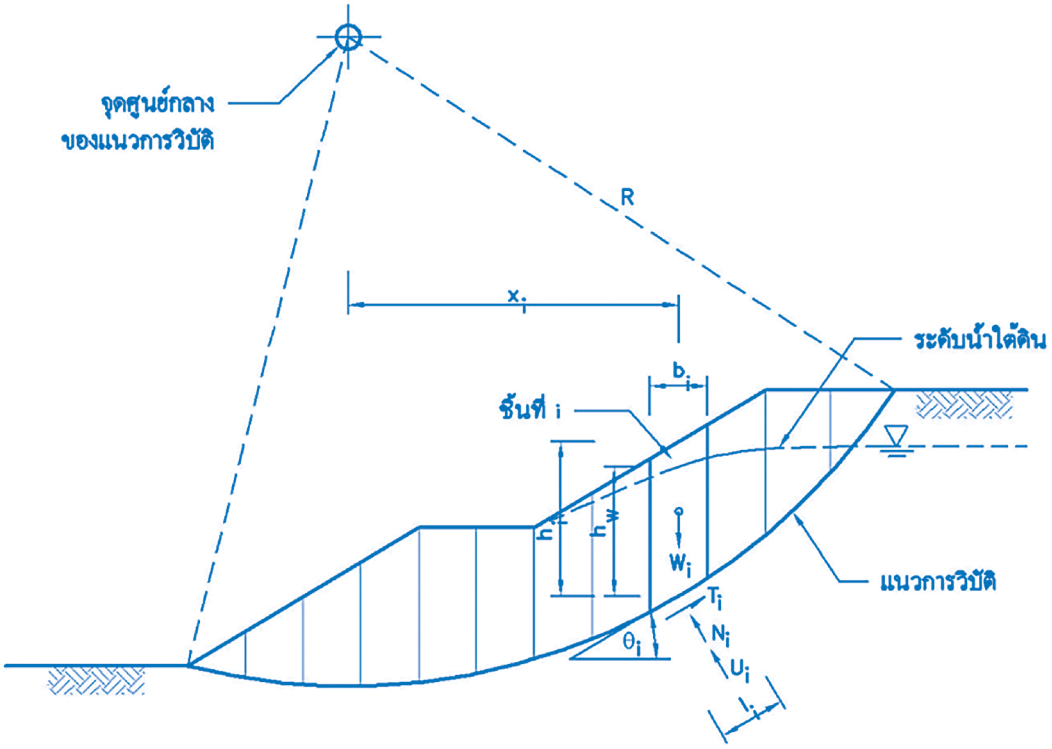
2. หลักการพื้นฐานของวิธีสมดุลจำกัด

การวิเคราะห์เสถียรภาพตามมาตรฐานอาศัยหลักการสมดุลระหว่างแรงต้านทานและแรงขับที่กระทำต่อมวลดิน โดยพิจารณาว่าลาดจะอยู่ในสภาวะมั่นคงเมื่อแรงต้านทานมีค่ามากกว่าแรงที่ก่อให้เกิดการเลื่อนไถล มาตรฐานได้กำหนดนิยามของอัตราส่วนความปลอดภัย โดยนิยามว่าเป็นอัตราส่วนระหว่างแรงหรือโมเมนต์ต้านทานการวิบัติ ต่อแรงหรือโมเมนต์ที่กระทำในสภาวะออกแบบ

ในการประยุกต์ใช้วิธีสมดุลจำกัด มาตรฐานได้ให้ความสำคัญกับการกำหนดรูปแบบการวิบัติที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เช่น การเลื่อนไถลแบบหมุนหรือการเลื่อนไถลแบบระนาบ (รูปที่ 2-34) โดยพิจารณาจากลักษณะชั้นดิน ความต่อเนื่องของชั้นอ่อน และรูปทรงของลาด ซึ่งช่วยให้การวิเคราะห์สะท้อนพฤติกรรมจริงของมวลดินมากขึ้น และลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากการสมมติรูปแบบการวิบัติที่ไม่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่



(ก) การเลื่อนไถลแบบระนาบ



(ข) การเลื่อนไถลแบบหมุน

รูปที่ 2-34 การคำนวณหาค่าเสถียรภาพความลาดเอียงโดยวิธีสมดุลจำกัด
ที่มา : มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (2562)[48]

[48] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2562) มาตรฐานประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การขุดดินและการถมดิน ในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา. สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. 121 หน้า.

3. พารามิเตอร์ทางปฐพีวิศวกรรมในการวิเคราะห์

มาตรฐานได้ระบุพารามิเตอร์ทางปฐพีวิศวกรรมที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์เสถียรภาพอย่างเป็นระบบ ได้แก่ แรงยึดเหนี่ยวของดิน มุมเสียดทานภายใน น้ำหนักของมวลดิน และระดับน้ำใต้ดิน โดยพารามิเตอร์เหล่านี้อาจพิจารณาในรูปของหน่วยแรงรวม หรือหน่วยแรงประสิทธิผล ขึ้นอยู่กับสภาพการระบายน้ำและลักษณะของดิน

ทั้งนี้ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต้องอาศัยข้อมูลจากการสำรวจชั้นดิน ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และผลการทดสอบภาคสนาม หากไม่มีข้อมูลเฉพาะพื้นที่สามารถใช้ค่าประมาณตามหลักวิศวกรรม แต่ต้องมีความระมัดระวังเนื่องจากความไม่แน่นอนของข้อมูลเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้การประเมินเสถียรภาพคลาดเคลื่อนจากสภาพจริง

ระดับน้ำใต้ดินเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญเป็นพิเศษ เนื่องจากน้ำมีผลโดยตรงต่อแรงดันภายในดินและลดแรงต้านทานการเลื่อนไถล จึงต้องพิจารณาสภาพน้ำใต้ดินในกรณีที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ช่วงฝนตกหนักหรือสภาวะที่ดินอิ่มน้ำ เพื่อให้การวิเคราะห์สะท้อนสถานการณ์ที่มีความเสี่ยงสูงสุด

4. เกณฑ์ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยและการตีความผลการวิเคราะห์

ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเป็นตัวชี้วัดหลักในการตัดสินความมั่นคงของลาด โดยกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำที่เหมาะสมกับลักษณะงานและระดับความเสี่ยง ซึ่งจะต้องกำหนดตามความสำคัญของโครงสร้าง ลักษณะการใช้งาน และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นหากลาดเกิดการวิบัติ

การตีความผลการวิเคราะห์ไม่ควรพิจารณาเพียงอัตราส่วนความปลอดภัยเท่านั้น แต่ต้องพิจารณาร่วมกับสมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น รูปแบบการวิบัติที่เลือกใช้ และค่าพารามิเตอร์ที่นำมาคำนวณ มาตรฐานจึงเน้นให้การวิเคราะห์เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการตัดสินใจเชิงวิศวกรรม

5. วิธีการวิเคราะห์เพิ่มเติมและความยืดหยุ่นของมาตรฐาน

แม้ว่ามาตรฐานจะกำหนดให้วิธีสมดุลจำกัดเป็นวิธีหลัก แต่ได้เปิดโอกาสให้ใช้วิธีวิเคราะห์อื่น ๆ เพิ่มเติมตามความเหมาะสม เช่น วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข หรือวิธีที่พัฒนาเพิ่มเติมจากสมดุลจำกัด เพื่อรองรับกรณีที่สภาพพื้นที่มีความซับซ้อน จึงมีความยืดหยุ่นเพียงพอสำหรับการประยุกต์ใช้ในโครงการที่มีลักษณะเฉพาะหรือมีความเสี่ยงสูง ดังนั้นมาตรฐานจึงเป็นกรอบขั้นต่ำของการออกแบบ ซึ่งสามารถเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมและรัดกุมกว่าได้ หากมีข้อมูลและความเชี่ยวชาญเพียงพอ ทั้งนี้เพื่อให้ผลการประเมินมีความน่าเชื่อถือและสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริงมากที่สุด

6. บทบาทของการวิเคราะห์ความมั่นคงต่อการควบคุมการก่อสร้าง

การวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดตาม มยผ. 1916-62 เป็นเครื่องมือสำคัญที่เชื่อมโยงการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับการควบคุมการก่อสร้างในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ผลการวิเคราะห์ถูกนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกตำแหน่งอาคาร การกำหนดรูปแบบฐานราก และการเลือกมาตรการป้องกันการพังทลายเพิ่มเติม

ในบริบทของการบริหารจัดการความเสี่ยง มาตรฐานฉบับนี้ช่วยเปลี่ยนการตัดสินใจจากการอาศัยประสบการณ์เพียงอย่างเดียว ไปสู่การตัดสินใจบนพื้นฐานของการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่ตรวจสอบได้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการจัดการภัยพิบัติในเชิงป้องกัน และเป็นรากฐานสำคัญสำหรับมาตรฐานด้านการป้องกันการพังทลายสำหรับลาดเชิงเขา

2.6.4 มาตรฐานการป้องกันการพังทลายสำหรับลาดเชิงเขา (มยผ. 1917-62)

มาตรฐานการป้องกันการพังทลายสำหรับลาดเชิงเขา (มยผ. 1917-62) เป็นมาตรฐานที่มุ่งเน้นการกำหนดแนวทางและวิธีการในการป้องกันหรือบรรเทาการพังทลายของลาดในรูปแบบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ลาดเชิงเขาและพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม มาตรฐานฉบับนี้มีบทบาทเชิงเสริมต่อมาตรฐานด้านการก่อสร้างและการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาด โดยทำหน้าที่แปลงผลการประเมินเชิงวิเคราะห์ไปสู่มาตรการเชิงกายภาพที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงในภาคสนาม

1. แนวคิดพื้นฐานและขอบเขตของมาตรฐานการป้องกันการพังทลาย

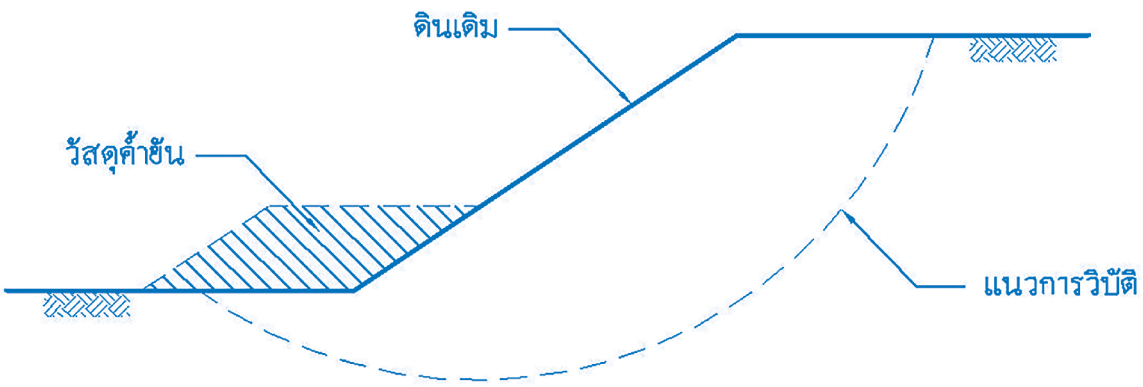
เนื่องจากการพังทลายของลาดเชิงเขามีหลายรูปแบบ และแต่ละรูปแบบต้องการมาตรการป้องกันที่แตกต่างกัน จึงมีการกำหนดขอบเขตการพิจารณาครอบคลุมทั้งกรณีการพังทลายของลาดดินหรือหิน (slope failure) การเกิดดินถล่ม (landslide) และการไหลของดินโคลนถล่ม (debris flow) โดยมีเป้าหมายเพื่อลดโอกาสการเกิดพิบัติ หรือลดความรุนแรงของผลกระทบให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

แนวคิดสำคัญ คือ การเลือกใช้มาตรการป้องกันให้สอดคล้องกับกลไกการพังทลายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น และสภาพทางธรณีวิศวกรรมของพื้นที่ ไม่ใช่การใช้โครงสร้างป้องกันแบบเดียวกับทุกพื้นที่ มาตรฐานจึงเน้นการวิเคราะห์สาเหตุของการพังทลายเป็นลำดับแรก ก่อนกำหนดแนวทางการป้องกันที่เหมาะสม

2. การป้องกันการพังทลายกรณีลาดพิบัติ (slope failure)

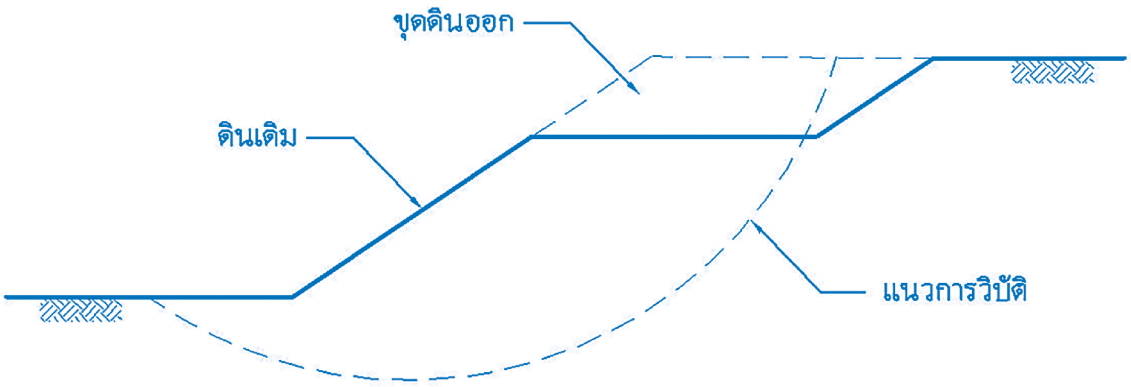
ในกรณีของการพังทลายของลาดดินหรือหินที่เกิดจากการสูญเสียเสถียรภาพเฉพาะจุด มาตรฐานได้เสนอแนวทางการป้องกันที่ใช้การเพิ่มแรงต้านทาน (รูปที่ 2-35) หรือปรับลดแรงขับ (รูปที่ 2 36) ที่กระทำต่อมวลดิน วิธีการที่ใช้ได้แก่ การปรับรูปทรงของลาดให้มีความชันลดลง การตัดยอดลาดหรือเสริมตีนลาด และการจัดการน้ำผิวดินเพื่อลดการกัดเซาะและการอิ่มน้ำของดิน ดังรูปที่ 2-36

มาตรฐานยังให้ความสำคัญกับการใช้โครงสร้างเสริมความมั่นคง เช่น กำแพงกันดิน ระบบยึดเหนี่ยวลาด และโครงสร้างรับแรงเฉือน โดยการเลือกใช้ต้องพิจารณาจากความสูงของลาด ลักษณะชั้นดิน และพื้นที่ใช้สอยโดยรอบ เพื่อเพิ่มค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของลาดให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามผลการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม

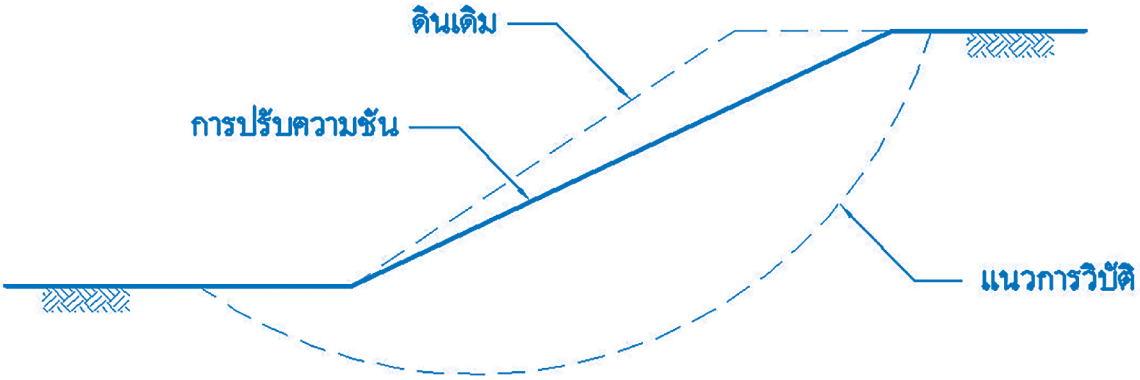


รูปที่ 2-35 การใช้น้ำหนักยันบริเวณฐานพื้นที่ลาดเอียง
ที่มา : มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (2562)[49]

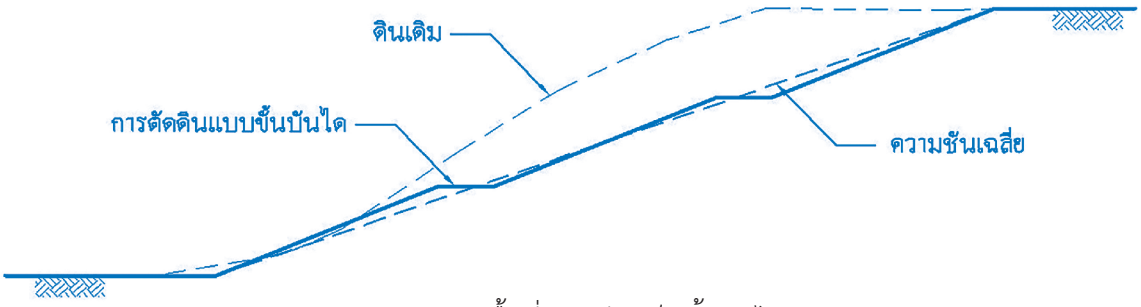
[49] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2562) มาตรฐานประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การขุดดินและการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา. สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. 121 หน้า.



(ก) การปรับความชันของพื้นที่ลาดเอียง



(ข) การปรับความชันของพื้นที่ลาดเอียง



(ค) การตัดพื้นที่ลาดเอียงเป็นขั้นบันได

รูปที่ 2-36 แนวทางการป้องกันการพังทลายของลาด การลดน้ำหนักบริเวณพื้นที่ลาดเอียง
ที่มา : มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (2562)[50]

[50] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2562) มาตรฐานประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การขุดดินและการถมดิน ในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา. สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. 121 หน้า.

3. การป้องกันการพังทลายกรณีดินถล่ม (landslide)

สำหรับกรณีดินถล่มซึ่งมักเกี่ยวข้องกับการเลื่อนไถลของมวลดินในวงกว้าง ได้กำหนดแนวทางการป้องกันที่ครอบคลุมทั้งมาตรการเชิงโครงสร้างและไม่ใช่โครงสร้าง ได้แก่ การใช้กำแพงกันดินแบบต่าง ๆ การเสริมกำลังลาดด้วยโครงสร้างยึดเหนี่ยว เช่น สลักยึดหินหรือสมอ เพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานการเลื่อนไถลของชั้นดินหรือหิน ในส่วนของมาตรการที่ไม่ใช่โครงสร้าง เช่น การจัดการระบบระบายน้ำ การควบคุมการใช้ประโยชน์พื้นที่ และการจำกัดกิจกรรมที่เพิ่มน้ำหนักหรือรบกวนลาด ก็ถูกระบุให้เป็นส่วนหนึ่งของการป้องกันดินถล่ม สะท้อนแนวคิดว่าการป้องกันดินถล่มไม่สามารถพึ่งพาโครงสร้างเพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยการบริหารจัดการพื้นที่ร่วมด้วย

4. การป้องกันการพังทลายกรณีดินโคลนถล่ม (debris flow)

ดินโคลนถล่มเป็นภัยที่มีพลังการทำลายสูงและเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว มาตรฐานจึงเน้นแนวทางการป้องกันที่มุ่งลดผลกระทบมากกว่าการหยุดยั้งโดยตรง ได้แก่ การใช้โครงสร้างดักตะกอนหรือฝายชะลอน้ำเพื่อลดพลังงานของการไหล การจัดทำโครงสร้างเบี่ยงทิศทางการไหล และการกำหนดเขตพื้นที่ปลอดภัยสำหรับการก่อสร้าง

นอกจากนี้ การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยและการเฝ้าระวังจึงเป็นส่วนสำคัญ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนและการตัดสินใจเชิงพื้นที่ เนื่องจากดินโคลนถล่มไม่สามารถป้องกันได้ทั้งหมดด้วยโครงสร้าง แต่สามารถลดความสูญเสียได้ด้วยการวางแผนและการจัดการความเสี่ยงที่เหมาะสม

5. หลักเกณฑ์การเลือกใช้มาตรการป้องกันและการออกแบบ

การเลือกใช้มาตรการป้องกันการพังทลายจะต้องพิจารณาจากหลายปัจจัยร่วมกัน ได้แก่ ลักษณะและกลไกของการพังทลาย ความสูงและความชันของลาด สภาพชั้นดินหรือหิน และผลกระทบต่อพื้นที่โดยรอบ ดังนั้น การเลือกใช้มาตรการใดมาตรการหนึ่งโดยไม่พิจารณาบริบทของพื้นที่ อาจไม่เพียงพอหรือก่อให้เกิดผลกระทบด้านลบในระยะยาว

ในด้านการออกแบบโครงสร้างป้องกัน มีการยกตัวอย่างการออกแบบองค์ประกอบบางประเภท เช่น การออกแบบสลักยึดหิน เพื่อเสริมความมั่นคงของลาดหิน โดยเน้นให้การออกแบบสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความมั่นคง และมีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่เหมาะสม แนวทางดังกล่าวสะท้อนการเชื่อมโยงระหว่างมาตรฐานการวิเคราะห์ (มยผ. 1916-62) กับมาตรฐานการป้องกันการพังทลายอย่างเป็นระบบ

6. บทบาทของมาตรฐานต่อการลดความเสี่ยงเชิงพื้นที่

โดยภาพรวมมยผ. 1917-62 ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสำคัญในการแปลงการประเมินความเสี่ยงจากดินถล่มไปสู่การดำเนินการเชิงกายภาพที่สามารถลดความเสี่ยง ซึ่งช่วยให้การป้องกันการพังทลายของลาดเชิงเขาเป็นไปอย่างมีทิศทาง ไม่ใช่การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า แต่เป็นการจัดการความเสี่ยงเชิงระบบที่เชื่อมโยงการวิเคราะห์ การออกแบบ และการควบคุมการใช้ประโยชน์พื้นที่เข้าด้วยกัน เป็นการจัดการภัยพิบัติในเชิงป้องกันและเชิงบูรณาการ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาอย่างยั่งยืนในพื้นที่ลาดเชิงเขา

2.6.5 มาตรฐานการถมดินและการบดอัด (มยผ. 1918-62)

มาตรฐานการถมดินและการบดอัด เป็นมาตรฐานที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการควบคุมความปลอดภัยของงานก่อสร้างในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มและบริเวณลาดเชิงเขา เนื่องจากงานถมดินและการบดอัดเป็นกิจกรรมที่สามารถเปลี่ยนแปลงสภาพความเค้น สมบัติเชิงกล และพฤติกรรมการรับน้ำหนักของดินได้โดยตรง หากดำเนินการโดยขาดหลักเกณฑ์ที่เหมาะสม อาจนำไปสู่การทรุดตัวเกินเกณฑ์ การสูญเสียเสถียรภาพของลาด และกระตุ้นให้เกิดดินถล่มในระยะต่อมา มาตรฐานนี้จึงทำหน้าที่เป็นกรอบกำกับเชิงวิศวกรรมที่เชื่อมโยงงานถมดินเข้ากับการบริหารจัดการความเสี่ยงด้านดินถล่มอย่างเป็นระบบ

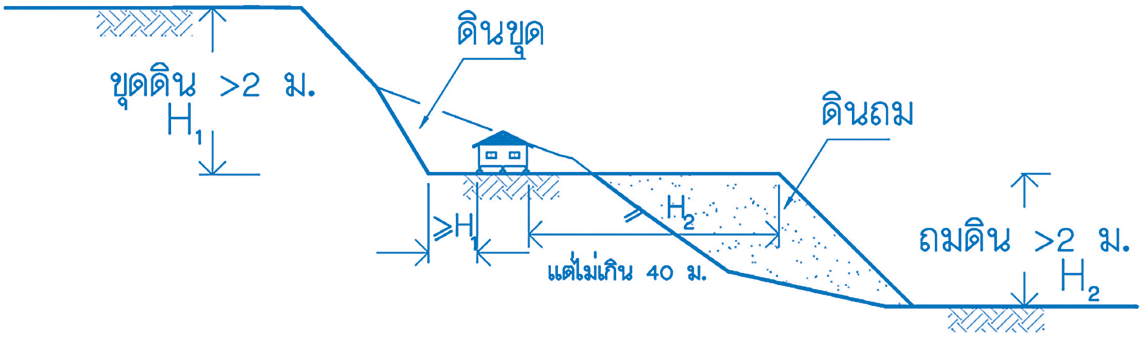
1. วัตถุประสงค์และขอบเขตของมาตรฐานการถมดินและการบดอัด

มยผ. 1918-62 จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดหลักเกณฑ์และขั้นตอนในการถมดินและการบดอัดให้มีคุณภาพและความปลอดภัย เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งานของพื้นที่ โดยครอบคลุมทั้งงานถมดินแบบชั่วคราวและถาวร มาตรฐานนี้ใช้บังคับกับงานถมดินทั่วไป รวมถึงงานถมดินในพื้นที่ลาดเชิงเขาและพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพดินมากกว่าพื้นที่ราบ

ขอบเขตของมาตรฐานครอบคลุมถึงการเลือกวัสดุถมดิน การควบคุมคุณภาพ การตรวจสอบการบดอัด และการประเมินการทรุดตัวที่ยอมรับได้ โดยมีเป้าหมายเพื่อป้องกันการเกิดพิบัติจากดินถมที่มีคุณภาพต่ำหรือไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

2. หลักการพื้นฐานของงานถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัย

เนื่องจากงานถมดินเป็นการเพิ่มน้ำหนักและเปลี่ยนแปลงสภาพความเค้นในชั้นดินเดิม ซึ่งอาจส่งผลต่อเสถียรภาพของลาดเชิงเขาโดยรวม ดังนั้น งานถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มต้องดำเนินการภายใต้หลักการควบคุมอย่างเข้มงวดกว่าพื้นที่ทั่วไป (รูปที่ 2-37) โดยต้องคำนึงถึงทั้งความสามารถในการรับน้ำหนักของดินฐานราก การระบายน้ำ และการทรุดตัวในระยะสั้นและระยะยาว และการถมดินจะต้องไม่กีดขวางทางน้ำธรรมชาติหรือระบบระบายน้ำเดิม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเส้นทางน้ำอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการกัดเซาะและการอิ่มน้ำของดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดการพังทลายและดินถล่ม



รูปที่ 2-37 ระยะเว้นเมื่อมีการถมดินและขุดดินบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา
ที่มา : มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (2562)[51]

[51] กรมโยธาธิการและผังเมือง (2562) มาตรฐานประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การขุดดินและการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา. สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. 121 หน้า.

3. วัสดุถมดินและคุณสมบัติที่เหมาะสม

การเลือกวัสดุถมดินเป็นประเด็นสำคัญที่มาตรฐานให้ความสำคัญอย่างยิ่ง วัสดุถมดินต้องมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น มีความแข็งแรงเพียงพอ สามารถบดอัดได้ดี และมีการระบายน้ำที่เหมาะสม ซึ่งมีแนวทางในการเลือกใช้วัสดุถมดิน โดยหลีกเลี่ยงวัสดุที่มีอินทรียวัตถุสูง หรือวัสดุที่มีความแปรปรวนของขนาดเม็ดดินอย่างรุนแรง ซึ่งอาจทำให้การบดอัดไม่สม่ำเสมอ

ในบริบทของพื้นที่ลาดเชิงเขา วัสดุถมดินที่มีการระบายน้ำไม่ดีหรือมีความไวต่อน้ำ อาจเพิ่มแรงดันน้ำภายในและลดแรงต้านทานการเลื่อนไถลของลาด มาตรฐานจึงเน้นให้การเลือกวัสดุถมดินต้องพิจารณาควบคู่กับระบบระบายน้ำและมาตรการป้องกันการพังทลายอื่น ๆ

4. ขั้นตอนการถมดินและการบดอัด

มาตรฐานกำหนดขั้นตอนการถมดินและการบดอัดอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ การปรับสภาพดินเดิม การถมดินเป็นชั้น ๆ และการบดอัดให้ได้ความแน่นตามเกณฑ์ที่กำหนด การถมดินเป็นชั้นบางมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การบดอัดมีประสิทธิภาพและลดความเสี่ยงของการทรุดตัวไม่สม่ำเสมอ

การควบคุมความชื้นของดินในระหว่างการบดอัดเป็นอีกประเด็นที่มีความสำคัญ เนื่องจากความชื้นที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ดินไม่สามารถบดอัดได้ตามประสิทธิภาพที่ต้องการ ส่งผลให้ความแข็งแรงและความมั่นคงของดินถมลดลง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการทรุดตัวหรือการพังทลายในภายหลัง

5. เกณฑ์การทรุดตัวที่ยอมรับได้และการประเมินผล

ค่าเกณฑ์ของการทรุดตัวที่ยอมรับได้สำหรับงานถมดินตามวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกัน เช่น งานถมดินเพื่อรองรับอาคาร ถนน หรือพื้นที่ใช้งานทั่วไป แนวทางดังกล่าวจะช่วยให้สามารถประเมินได้ว่าการทรุดตัวที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่ปลอดภัยหรือไม่

ซึ่งการทรุดตัวไม่ได้จำกัดเฉพาะการทรุดตัวในระยะสั้นหลังจากการถมดินเท่านั้น แต่ต้องคำนึงถึงการทรุดตัวในระยะยาวจากการยุบตัวของดินหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำใต้ดิน มาตรฐานนี้จึงเน้นให้มีการติดตามและประเมินผลอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มที่การเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของสภาพดินอาจส่งผลกระทบในวงกว้าง

6. การปรับปรุงคุณภาพดินถมและมาตรการเสริมความปลอดภัย

ในกรณีที่ดินถมมีคุณสมบัติไม่เหมาะสม หรือพื้นที่มีความเสี่ยงสูง จะมีแนวทางการปรับปรุงคุณภาพดินถม เช่น การเปลี่ยนวัสดุถมบางส่วน การปรับปรุงดินด้วยวิธีทางวิศวกรรม หรือการเสริมมาตรการป้องกันการพังทลาย แนวทางเหล่านี้มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความมั่นคงของดินถมและลดความเสี่ยงต่อการทรุดตัวหรือการพังทลาย ทั้งนี้ การปรับปรุงคุณภาพดินถมต้องดำเนินการควบคู่กับการออกแบบและการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดโดยรวม เพื่อให้มั่นใจว่ามาตรการที่เลือกใช้ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่อระบบลาดเชิงเขาในระยะยาว

7. การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพงานถมดิน

มาตรฐานให้ความสำคัญกับการตรวจสอบการบดอัดและการควบคุมคุณภาพงานถมดินอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้มีการทดสอบและตรวจสอบความแน่นของดินถมตามขั้นตอนที่เหมาะสม การตรวจสอบดังกล่าวเป็นกลไกสำคัญในการประกันว่างานถมดินเป็นไปตามข้อกำหนดและมีคุณภาพเพียงพอสำหรับการใช้งาน ในบริบทของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม การควบคุมคุณภาพงานถมดินเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการความเสี่ยงเชิงระบบ มาตรฐานจึงทำหน้าที่เชื่อมโยงการปฏิบัติงานภาคสนามเข้ากับเป้าหมายด้านความปลอดภัยของพื้นที่โดยรวม

โดยภาพรวม มยผ. 1918-62 แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของงานถมดินและการบดอัดในฐานะปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดเชิงเขา มาตรฐานฉบับนี้จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สนับสนุนมาตรฐานด้านการก่อสร้าง การวิเคราะห์ความมั่นคง และการป้องกันการพังทลายให้ทำงานร่วมกันในกระบวนการลดความเสี่ยงจากดินถล่มในพื้นที่ลาดเชิงเขา



บทที่ 3

แนวทางการป้องกัน
และลดความเสี่ยงจากดินถล่ม



แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ มีลักษณะโดดเด่นคือ การมองปัญหาอย่างเป็นองค์รวมและมุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ โดยใช้ธรรมชาติเป็นเครื่องมือหลักในการฟื้นฟูความสมดุลของระบบนิเวศ ปรัชญานี้ให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างความแข็งแรงของแผ่นดินจากภายในด้วยวิธีการที่เรียบง่าย ประหยัด และยั่งยืน ที่ชุมชนสามารถนำไปปฏิบัติและดูแลรักษาได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการทางธรรมชาติมาแก้ไขปัญหา แตกต่างจากแนวทางวิศวกรรมแบบดั้งเดิมที่มุ่งเน้นการสร้างโครงสร้างเพื่อควบคุมปัญหาเป็นหลัก

3.1 แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมสำหรับดินถล่ม

การป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มและการพังทลายของลาดดินสามารถดำเนินการได้หลายแนวทาง ตั้งแต่มาตรการเชิงป้องกันที่เน้นการจัดการดินและน้ำ ไปจนถึงมาตรการเชิงโครงสร้างในจุดวิกฤต อย่างไรก็ตามสำหรับขั้นตอนวิธีการนั้นไม่มีวิธีใดที่เหมาะสมกับทุกพื้นที่ เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ ธรณีวิทยา ระบบทางน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และศักยภาพการดูแลรักษาของชุมชนมีความแตกต่างกัน การเลือกวิธีการควรพิจารณาอย่างรอบด้านเพื่อให้ได้แนวทางที่เหมาะกับพื้นที่ ทำได้จริง ดูแลต่อได้ เหมาะสมกับงบประมาณและคุ้มค่าในระยะยาว และอาจยังมีข้อจำกัดบางประการที่ในระดับชุมชนจะได้แก้ปัญหาได้ในระยะสั้น ส่วนระยะยาวก็จะเป็นหน้าที่ของหน่วยงานต่าง ๆ เกี่ยวข้องในภาครัฐเป็นดูแลแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมต่อไป

1) ความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมและสภาพพื้นที่

มาตรการที่ดีต้องตอบโจทย์กลไกปัญหาที่แท้จริงของพื้นที่ เช่น หากปัญหาหลักเกิดจากน้ำไหลรวมและการกัดเซาะหน้าดิน ควรเริ่มจากการจัดการน้ำบนลาดชันและลดการชะล้างพังทลาย (เช่น การทำร่องระบายน้ำอย่างเหมาะสม การปรับสภาพทางน้ำตามธรรมชาติ การใช้พืชพรรณและวิศวกรรมชีวภาพเพื่อยึดหน้าดิน) แต่หากพื้นที่มีสัญญาณการเคลื่อนตัวของมวลดินชัดเจน หรือมีความเสี่ยงกระทบต่อบ้านเรือนและโครงสร้างสำคัญ อาจจำเป็นต้องใช้มาตรการเชิงโครงสร้างเฉพาะจุดร่วมด้วย เช่น โครงสร้างป้องกันตีนลาด ระบบระบายน้ำใต้ดินในบางกรณี หรือการเสริมความมั่นคงบริเวณที่มีความเสี่ยงสูง

การพิจารณาความเหมาะสมทางวิศวกรรมควรครอบคลุมข้อจำกัดด้านภูมิประเทศและธรณีวิทยาในพื้นที่จริง เช่น ความลาดชันและความยาวลาด ลักษณะชั้นดินผุ การมีตาน้ำหรือจุดน้ำซึม แนวรอยแตก ร่องน้ำที่พาน้ำไหลรวม รวมถึงความเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ทั้งนี้ควรระมัดระวังเป็นพิเศษในพื้นที่ที่มี “ทางน้ำพุ่งลงชุมชน” หรือมีประวัติดินถล่มซ้ำ เพราะเป็นสัญญาณว่าพื้นที่มีเงื่อนไขเชิงกลไกที่ยังคงอยู่และต้องการการจัดการแบบบูรณาการมากกว่าการแก้เฉพาะหน้า

2) ความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์และการดูแลรักษาได้จริง

ในบริบทชุมชน ความคุ้มค่าไม่ได้หมายถึงต้นทุนก่อสร้างต่ำที่สุดเพียงอย่างเดียว ควรคำนึงถึงต้นทุนรวมตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งรวมค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ความถี่ในการซ่อมแซม และความสามารถของชุมชนหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการดูแลต่อเนื่อง มาตรการที่ซับซ้อนเกินไปหรือพึ่งพาเครื่องมือเฉพาะทางมาก มักเสี่ยงต่อการเสื่อมประสิทธิภาพเมื่อขาดการบำรุงรักษา จึงควรให้ความสำคัญกับแนวทางที่ทำได้จริงในพื้นที่ ใช้วัสดุหาได้ในท้องถิ่น และมีขั้นตอนดูแลที่ชัดเจน เช่น การกำจัดสิ่งอุดตันในร่องระบายน้ำ การบำรุงรักษาจุดรับน้ำ การดูแลพืชพรรณให้เจริญเติบโตและได้ประโยชน์ตามหน้าที่

ในหลายกรณี แนวทางแบบผสมผสานมักให้ผลที่เหมาะสมกว่า เช่น การใช้มาตรการเชิงธรรมชาติและวิศวกรรมชีวภาพเป็นฐาน เพื่อลดการชะล้างพังทลายและจัดการน้ำในพื้นที่กว้าง แล้วเสริมด้วยโครงสร้างเฉพาะจุดในตำแหน่งวิกฤตใกล้บ้านเรือนหรือโครงสร้างสำคัญ วิธีคิดเช่นนี้ช่วยลดภาระงบประมาณในระยะยาว และลดความเสี่ยงการพังซ้ำจากการแก้ปัญหาไม่ครบระบบ

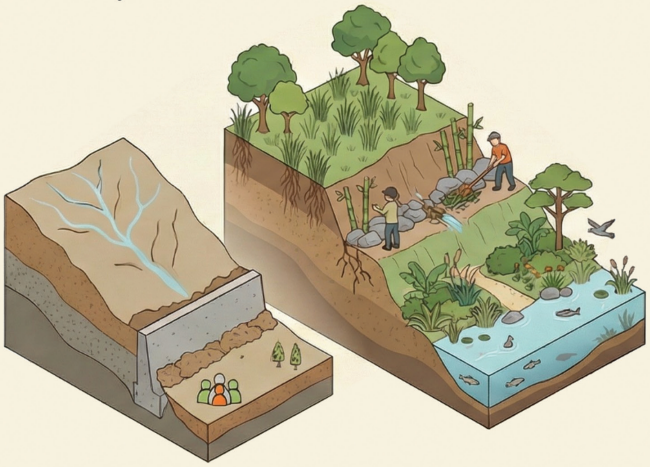
3) ผลกระทบต่อสังคม วิถีชีวิต และสิ่งแวดล้อมของชุมชน

มาตรการป้องกันดินถล่มที่ดีควรคำนึงถึงผลกระทบต่อชุมชนในวงกว้าง ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางน้ำที่อาจกระทบพื้นที่เพาะปลูก การรบกวนพื้นที่สาธารณะและเส้นทางสัญจรในหมู่บ้าน ผลกระทบต่อระบบนิเวศลำห้วย รวมถึงความยอมรับและการมีส่วนร่วมของประชาชน เพราะมาตรการจำนวนมาก ต้องพึ่งการดูแลต่อเนื่อง หากชุมชนไม่เข้าใจ ไม่เห็นประโยชน์ หรือไม่สามารถร่วมดูแลได้ ประสิทธิผลของมาตรการจะลดลงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

โดยทั่วไป แนวทางที่มักช่วยลดผลกระทบและเพิ่มความยั่งยืน คือการประยุกต์ มาตรการเชิงระบบนิเวศ ร่วมกับเทคนิคทางวิศวกรรมอย่างเหมาะสม เช่น การใช้พืชพรรณเพื่อยึดหน้าดินและชะลอน้ำ การฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำและแนวกันชนริมลำห้วย ตลอดจนการใช้แนวทางชีววิศวกรรมปฐพี (soil bioengineering) ควบคู่กับการใช้วัสดุท้องถิ่น ซึ่งนอกจากช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังเอื้อต่อการจ้างงานและการมีส่วนร่วมของคนในพื้นที่ อีกทั้งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการดินและน้ำตามแนวพระราชดำริที่เน้นความเหมาะสมกับภูมิสังคม ความพอประมาณ และการดูแลต่อได้ในระยะยาวเพื่อความยั่งยืน โดยสรุปดังรูปที่ 3-1

แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มอย่างยั่งยืน

สรุปแนวทางการจัดการดินถล่ม โดยเน้นการเลือกมาตรการที่ตอบโจทย์กลไกปัญหา
ในพื้นที่จริงผสมผสานงานวิศวกรรมโครงสร้างเข้ากับชีววิศวกรรม เพื่อให้ได้วิธีที่คุ้มค่า
ชุมชนสามารถดูแลรักษาได้เอง และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด



ความเหมาะสมทางวิศวกรรมและสภาพพื้นที่

วิเคราะห์กลไกปัญหาให้ตรงจุด
จัดการน้ำบนลาดชันเพื่อลดการกัดเซาะ
หรือใช้โครงสร้างป้องกันตีนลาดในจุดที่มีความเสี่ยงสูง

พิจารณาข้อจำกัดทางกายภาพ
ตรวจสอบสภาพลาดชัน ลักษณะขั้นหินผุ
และทิศทางของ 'ทางน้ำพุ่งลงชุมชน' อย่างละเอียด

แนวทางแบบผสมผสาน (Hybrid)
ใช้พืชพรรณยึดหน้าดินร่วมกับการเสริมโครงสร้างแข็ง
ในตำแหน่งวิกฤต

ความยั่งยืนและการมีส่วนร่วมของชุมชน

เน้นการดูแลรักษาได้จริง
เลือกมาตรการที่ใช้วัสดุท้องถิ่น ซึ่งชุมชน
สามารถดูแลรักษาและซ่อมแซมเองได้ง่าย

ประยุกต์ใช้ชีววิศวกรรมปฐพี
ใช้พืชพรรณฟื้นฟูแนวตลิ่งริมลำห้วย
เพื่อรักษาความสมดุลของระบบนิเวศและวิถีชีวิต

การยอมรับของคนในพื้นที่
มาตรการจะประสบความสำเร็จหากชุมชนเข้าใจ
เห็นประโยชน์ และมีส่วนร่วมในการดูแลรักษา

เปรียบเทียบจุดเด่นของมาตรการ

ประเภทมาตรการ	ลักษณะการใช้งาน
เชิงป้องกัน/ธรรมชาติ	การจัดการน้ำ ปลูกพืชพรรณ
เชิงโครงสร้าง	กำแพงกันดิน ระบบระบายน้ำใต้ดิน
แบบผสมผสาน	ชีววิศวกรรม + โครงสร้าง

ความเหมาะสมในระดับชุมชน
สอดคล้องกับบริบทของท้องถิ่น และ ดูแลรักษาได้ง่าย
ประยุกต์ใช้วิศวกรรมโครงสร้างและระบบระบายน้ำ
ใช้พืชพรรณเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่และดูแลระบบระบายน้ำใต้ดิน

ความเหมาะสมในระดับชุมชน
สูง (ใช้วัสดุท้องถิ่น, ดูแลรักษาง่าย)
เฉพาะจุดวิกฤต (ต้นทุนสูง, ต้องการผู้เชี่ยวชาญ)
ดีที่สุด (คุ้มค่าระยะยาว, ลดภาระงบประมาณ)

รูปที่ 3-1 อินโฟกราฟิกสรุปการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่ม

3.2 หญ้าแฝก เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ

หญ้าแฝก (vetiver grass) ถือเป็นเทคโนโลยีชีวภาพที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งตามแนวพระราชดำริในการอนุรักษ์ดินและน้ำ พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงศึกษาและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกอย่างจริงจัง จนเป็นที่ยอมรับในระดับสากล หญ้าแฝกที่นำมาใช้ในประเทศไทยจำแนกได้ 2 ชนิดหลัก คือ หญ้าแฝกลุ่ม ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มชื้น และหญ้าแฝกดอน ซึ่งทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่า

คุณลักษณะเด่นของหญ้าแฝกที่ทำให้มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันดินถล่มคือ ระบบราก ซึ่งมีลักษณะเป็นรากฝอยที่สานกันแน่น หยั่งลึกลงไปในดินในแนวดิ่งได้ถึง 3 เมตรหรือมากกว่านั้น รากที่หนาแน่นและแข็งแรงนี้ทำหน้าที่เปรียบเสมือนตะปูดิน ตามธรรมชาติหลายล้านตัวที่ช่วยยึดตรึงเม็ดดินไว้ด้วยกันอย่างเหนียวแน่น เมื่อนำหญ้าแฝกมาปลูกเป็นแถวตามแนวขวางความลาดชัน แนวรากที่สานต่อกันจะทำหน้าที่เป็น กำแพงธรรมชาติที่มีชีวิต (living wall) ใต้ผิวดิน ซึ่งมีบทบาทสำคัญทั้งในเชิงกลและเชิงอุทกวิทยา

บทบาทเชิงกล (mechanical role) การทดลองในห้องปฏิบัติการยืนยันว่า ดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝกมีกำลังรับแรงเฉือนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายความว่าดินมีความสามารถในการต้านทานการเลื่อนไถลได้

บทบาทเชิงอุทกวิทยา (hydrological role) กอหญ้าแฝกที่เจริญเติบโตหนาแน่นบนผิวดินจะทำหน้าที่เป็นแนวชะลอความเร็วของน้ำที่ไหลบ่ามาตามความลาดชัน ทำให้น้ำมีเวลาซึมลงสู่ดินได้มากขึ้น ขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่ดักตะกอนดินที่ถูกพัดพามา ไม่ให้ไหลลงสู่พื้นที่เบื้องล่าง เมื่อเวลาผ่านไป ตะกอนดินที่สะสมอยู่หน้าแนวหญ้าแฝกจะค่อย ๆ กลายเป็นขั้นบันไดดินตามธรรมชาติ ช่วยลดความลาดชันของพื้นที่โดยรวม นอกจากนี้ ระบบรากของหญ้าแฝกยังมีส่วนช่วยรักษาความชุ่มชื้นในดิน ดังพระราชดำรัสที่ว่า “รากหญ้าแฝกจะอุ้มน้ำไว้ซึ่งจะช่วยให้เกิดความชุ่มชื้นในดิน”

3.2.1 หญ้าแฝกและสายพันธุ์ของหญ้าแฝก

หญ้าแฝก (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chrysopogon zizanioides* หรือชื่อวิทยาศาสตร์เดิม *Ventiveria zizanioides*) จัดเป็นพืชตระกูลหญ้า ลักษณะขึ้นเป็นกอหนาแน่น สามารถพบได้ตามธรรมชาติทั่วทุกภาคของประเทศ สามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิดโดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละสายพันธุ์ เจริญเติบโตด้วยการแตกกอ เป็นพืชที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านชีววิศวกรรมเพื่อป้องกันดินถล่มอย่างแพร่หลาย เนื่องจากคุณสมบัติสองประการ คือ (1) เติบโตในแนวดิ่งและมีลำต้นแข็งแรง สามารถปลูกเป็นแถวชิดกันจนเกิดแนวรั้ว ในเวลาภายใน 3-4 เดือน จึงช่วยชะลอความเร็วของน้ำไหลบ่า (runoff) และดักกรองตะกอนไว้ด้านหลังแนวหญ้าแฝกอย่างมีประสิทธิภาพ จึงช่วยลดการกัดเซาะที่ผิวดิน (surface erosion) และ (2) ระบบรากฝอยหนาแน่นยาวและลึก สามารถแทงหยั่งลงไปทางดิ่งได้ลึกมาก ระบบรากฝอยที่แผ่กระจายเป็นวงกว้าง เจริญเติบโตในแนวดิ่ง หญ้าแฝกที่พบในประเทศไทย จำแนกออกเป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ หญ้าแฝกลุ่ม และหญ้าแฝกดอน ดังตารางที่ 3-1

หญ้าแฝกลุ่ม (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chrysopogon zizanioides*) มีใบและรากยาว เนื้อใบค่อนข้างเนียน มีไขเคลือบมากทำให้มักเจริญเติบโตได้ดีในที่มีความชื้นสูงและในบริเวณน้ำขัง ลักษณะใบชี้ตรง เมื่อยาวเต็มที่จะหักพับเป็นมุมแหลม การขยายพันธุ์ด้วยหน่อมีอัตราการรอดสูง ไม่ชอบที่ร่มรำไร เจริญเติบโตและขยายกอได้อย่างรวดเร็ว แต่ต้องมีการตัดใบจึงจะมีอายุยืนยาว

หญ้าแฝกดอน (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chrysopogon nemoralis*) พบทั่วไปในที่ค่อนข้างแห้งแล้งสามารถขึ้นได้ในที่แดดจัดและที่ร่มรำไร กอจะเตี้ยกว่าหญ้าแฝกลุ่ม ใบหยาบมีไขเคลือบน้อย ทำให้ดูกร้าน เมื่อใบยาวเต็มที่จะโค้งลงคล้ายตะไคร้ หลังปลูกเมื่อตั้งตัวได้แล้วต้องการการดูแลน้อยกว่าหญ้าแฝกลุ่ม (สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน, 2550)



ตารางที่ 3-1 ลักษณะของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน
(สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน, 2550)

	หญ้าแฝกลุ่ม *(Chrysopogon zizanioides)*	หญ้าแฝกดอน *(Chrysopogon nemoralis)*
กอ	กอมีพุ่มใบยาว ตั้งตรงสูง กอสูง 150 - 200 เซนติเมตร	กอมีใบยาวแผ่โค้งลง คล้ายตะไคร้ กอสูง 100 - 150 เซนติเมตร
ใบ	ใบยาว 45 - 100 เซนติเมตร กว้าง 0.6 - 1.2 เซนติเมตร สีเขียวเข้ม หลังใบโค้ง ท้องใบอ่อน สีขาว ใบเนียน มีไขเคลือบมาก จึงดูนุ่มมัน	ใบยาว 35 - 80 เซนติเมตร กว้าง 0.4 - 0.8 เซนติเมตร สีเขียวเข้ม หลังใบเป็นเส้นแข็ง สามเหลี่ยม ใบหยาบ สาก คาย กร้าน ไม่เหลือบมัน
ลำต้น	มีการแตกตะเกียงและแตกแขนง ลำต้น	ไม่มีการแตกตะเกียงและแตกแขนง ลำต้น
ดอก	ช่อดอกสูง 150 - 250 เซนติเมตร	ช่อดอกสูง 100 - 150 เซนติเมตร
ราก	รากหยั่งลึก 100 - 300 เซนติเมตร	รากหยั่งลึก 80 - 100 เซนติเมตร

3.2.2 พันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และเนื้อดิน

กรมพัฒนาที่ดิน[52] ได้ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และคัดเลือกพันธุ์หญ้าแฝกที่มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ สามารถเจริญเติบโตเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น และได้แนะนำและรณรงค์ส่งเสริมการนำไปใช้ประโยชน์ จำนวน 10 พันธุ์ ดังนี้

หญ้าแฝกลุ่ม จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ ศรีลังกา กำแพงเพชร 2 สุราษฎร์ธานี สงขลา 3

หญ้าแฝกดอน จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ นครสวรรค์ กำแพงเพชร 1 ร้อยเอ็ด เลย ราชบุรี และประจวบคีรีขันธ์

หญ้าแฝกที่ได้จากการคัดเลือก จำนวน 10 พันธุ์ มีการนำไปทดลองขยายพันธุ์ในเนื้อดินและภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ ได้ข้อสรุปพันธุ์ที่เหมาะสม ดังตารางที่ 3-1 และตารางที่ 3-2



ตารางที่ 3-2 สายพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมกับภาคต่าง ๆ

ภาคเหนือ	หญ้าแฝกลุ่ม	**พันธ์ :** ศรีลังกา
	หญ้าแฝกดอน	**พันธ์ :** นครสวรรค์ และกำแพงเพชร 1
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	หญ้าแฝกลุ่ม	**พันธ์ :** สงขลา 3
	หญ้าแฝกดอน	**พันธ์ :** ร้อยเอ็ด
ภาคกลางและภาคตะวันออก	หญ้าแฝกลุ่ม	**พันธ์ :** กำแพงเพชร 2 สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3
	หญ้าแฝกดอน	**พันธ์ :** กำแพงเพชร 1 ราชบุรี และประจวบคีรีขันธ์
ภาคใต้	หญ้าแฝกลุ่ม	**พันธ์ :** สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3
	หญ้าแฝกดอน	(ไม่แนะนำ)

[52] กรมพัฒนาที่ดิน. 2567. หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 128 หน้า



ตารางที่ 3-3 สายพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมกับชนิดของดิน

พื้นที่ดินทราย	หญ้าแฝกลุ่ม	**พันธ์ :** กำแพงเพชร 2 และสงขลา 3
	หญ้าแฝกดอน	**พันธ์ :** นครสวรรค์ กำแพงเพชร 1 ร้อยเอ็ด และราชบุรี
พื้นที่ดินร่วน-เหนียว	หญ้าแฝกลุ่ม	**พันธ์ :** สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3
	หญ้าแฝกดอน	**พันธ์ :** เลย นครสวรรค์ กำแพงเพชร 1 ราชบุรี และประจวบคีรีขันธ์
พื้นที่ดินลูกรัง	หญ้าแฝกลุ่ม	**พันธ์ :** ศรีลังกา กำแพงเพชร 2 สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3
	หญ้าแฝกดอน	**พันธ์ :** เลย และประจวบคีรีขันธ์

การคัดเลือกพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมจะทำให้หญ้าแฝก ที่นำไปปลูกมีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้เร็ว เช่น มีความทนทานต่อความแห้งแล้ง กอมีขนาดใหญ่ แตกกออย่างหนาแน่น กรณีที่ในพื้นที่ปลูกดินมีความอุดมสมบูรณ์ มีการจัดการที่ดี มีแหล่งน้ำเพียงพอ การนำหญ้าแฝกไปปลูกจะประสบความสำเร็จได้ง่าย แต่ในกรณีที่พื้นที่มีสภาพแห้งแล้ง อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การนำหญ้าแฝกไปปลูกจะต้องมีการดูแลเอาใจใส่เป็นพิเศษ ควรปลูกหญ้าแฝกในช่วงต้นฤดูฝนซึ่งดินมีปริมาณความชื้นเหมาะสมและต่อเนื่อง จนหญ้าแฝกตั้งตัวได้และแตกหน่อใหม่ จากนั้นหญ้าแฝกจะเจริญเติบโตและกอเบียดกันแน่น ทำหน้าที่ในการอนุรักษ์ดินและน้ำได้เป็นอย่างดี

3.2.3 การปลูกและการดูแลรักษาหญ้าแฝก

หญ้าแฝก เป็นพืชในวงศ์หญ้าที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แตกเป็นกอแน่น ตั้งตรงมีระบบรากฝอยที่ยาว แข็งแรงและยึดสานกันแน่น รากหญ้าแฝกจะหยั่งลึกลงไปในดินในแนวดิ่งได้ถึงประมาณ 3 เมตร และในแนวนอนกว้างประมาณ 0.5 เมตร จึงไม่รบกวนรากของพืชอื่นที่ปลูกอยู่ข้างเคียง รากหญ้าแฝกเปรียบเสมือนกำแพงใต้ดิน ซึ่งจะทำหน้าที่เกาะยึดดิน สงวนน้ำในดิน กรองและดูดซับธาตุอาหารพืชและสารเคมี ลดมลพิษให้กับสภาพแวดล้อม ส่วนลำต้นหญ้าแฝกเมื่อปลูกชิดติดกันเป็นแถวตามแนวระดับในพื้นที่ลาดชันและเชิงลาดถนน จะทำหน้าที่เสมือนแนวรั้วช่วยในการเก็บกักตะกอนดินกรองเศษซากพืชและปล่อยให้น้ำส่วนหนึ่งไหลผ่านไปได้ ซึ่งจะช่วยลดการชะล้างพังทลายของดินและการไหลบ่าของน้ำผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ การปลูกหญ้าแฝกรอบโคนต้นไม้ผลและไม้ยืนต้นในพื้นที่ราบ ดินเสื่อมโทรมและแห้งแล้งเพื่อการอนุรักษ์น้ำในดินซึ่งได้จากน้ำฝน โดยการตัดใบหญ้าแฝกคลุมดินบริเวณรอบโคนต้น ก็เป็นอีกวัตถุประสงค์หนึ่งในการนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ การปลูกหญ้าแฝกโดยรอบอ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำ สระน้ำ คลองส่งน้ำ และเขื่อนคันคูน้ำ จะช่วยลดการตื้นเขินของแหล่งน้ำและช่วยลดสารพิษจากพื้นที่รับน้ำไม่ให้ลงไปในแหล่งน้ำต่าง ๆ ดังกล่าว

อนึ่ง การนำหญ้าแฝกไปปลูกในพื้นที่เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น จำเป็นต้องมีมาตรการจัดการและดูแลรักษาหญ้าแฝกที่ปลูกไปแล้วบ้างตามสมควร เพื่อให้การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกได้ผลอย่างเต็มที่ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งจะได้นำมากล่าวโดยสังเขป

1. พื้นที่ที่จะปลูกหญ้าแฝก

การปลูกหญ้าแฝกมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน อนุรักษ์ความชื้นในดิน ปรับปรุงพื้นที่ดินที่เสื่อมโทรม ในการปลูกหญ้าแฝกหากมีวัตถุประสงค์เพื่อขยายพันธุ์ควรเลือกพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ มีน้ำดี ได้รับแสงแดดเต็มที่ หญ้าแฝกจึงจะมีการเจริญเติบโตได้ดีและมีการแตกกอเร็ว การปลูกหญ้าแฝกตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ดังกล่าว อาจแบ่งออกตามลักษณะพื้นที่ที่นำหญ้าแฝกไปปลูก ดังนี้

1) พื้นที่ลาดชัน สภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันที่ไม่ใช่เป็นป่าต้นน้ำ เป็นที่ซึ่งมีการทำการเกษตรหรือมีการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อการเกษตร เช่น พื้นที่เกษตรที่สูงและไร่เลื่อนลอย ควรนำหญ้าแฝกไปปลูกตามแนวระดับขวางแนวลาดชันของพื้นที่ หรือปลูกเป็นรูปครึ่งวงกลมแหงนรับความลาดเทของพื้นที่รอบต้นไม้แบบฮวงซุ้ย เพื่อลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน หญ้าแฝกจะทำหน้าที่นี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีการจัดการแนวแถวหญ้าแฝก ให้มีจำนวนแนวแถวที่เหมาะสมตามความลาดชันของพื้นที่และพื้นที่ปลูก และปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวเดี่ยวให้ต้นชิดติดกัน รูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 การปลูกหญ้าแฝกตามแนวระดับบนพื้นที่ลาดชัน

2) **พื้นที่ราบ** การปลูกหญ้าแฝกในสภาพพื้นที่ราบโดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์เพื่อการตัดใบหญ้าแฝกคลุมดิน ทั้งนี้ เพื่อสงวนความชื้นในดินและ/หรือการอนุรักษ์น้ำในดินที่ได้จากน้ำฝนตลอดจนฟื้นฟูดินที่เสื่อมโทรม โดยการเพิ่มอินทรียวัตถุ และหมุนเวียนธาตุอาหารที่มีในดินชั้นล่างขึ้นมาสู่ดินชั้นบนเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูก หรือเพื่อการขยายพันธุ์ เป็นต้น ซึ่งอาจปลูกตามรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งหรือหลายรูปแบบร่วมกันก็ได้ เช่น ปลูกเป็นแถวรูปครึ่งวงกลมและวงกลม

3) **พื้นที่วิกฤต** การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ที่ง่ายต่อการชะล้างพังทลาย เช่น ขอบบ่อน้ำหรือสระน้ำที่ขุดใหม่ เชิงลาดถนน รอยต่อของผิวน้ำกับแนวป่าที่อยู่เหนือเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ แนวร่องน้ำข้างถนนพื้นที่ภูเขา และพื้นที่ที่ถูกน้ำกัดเซาะเป็นร่องลึก

การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่วิกฤตเหล่านี้ จะต้องปลูกต้นหญ้าแฝกให้ชิดติดกัน ต้องมีการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก โดยการใส่ปุ๋ยและควรตัดแต่งให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตด้านข้างหรือแตกกอหนาแน่นอยู่เสมอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแนวแถวหญ้าแฝกในการกักเก็บตะกอนดินที่ถูกพัดพามากับน้ำที่ไหลบ่า ป้องกันเชิงลาดทางชำรุด และป้องกันการกัดเซาะดินของน้ำฝนบริเวณขอบบ่อหรือสระน้ำ อนึ่ง ในพื้นที่ที่ถูกน้ำกัดเซาะเป็นร่องลึกควรปลูกหญ้าแฝกเป็นรูปตัววีคว่ำแล้วปลูกต่อเป็นแนวยาวไปตามเส้นชั้นความสูงในลักษณะก้างปลา โดยมีระยะห่างระหว่างแถวตามแนวดิ่ง 1 เมตร เพื่อชะลอการกัดเซาะร่องน้ำและกระจายน้ำให้ไหลลึกซึมลงไปในดินหน้าแนวหญ้าแฝก หรือปลูกเป็นแนวตรงขวางร่องน้ำเพื่อช่วยในการเก็บกักตะกอนดินไว้ในร่องน้ำ จนในที่สุดร่องน้ำก็จะมีดินตะกอนทับถมจนเต็ม พื้นที่วิกฤตดังกล่าวนี้จะเน้นการสร้างแนวแถวหญ้าแฝกให้มี

ความแข็งแรงเพียงพอที่จะต้านแรงปะทะของน้ำได้ โดยการเพิ่มจำนวนแถวหญ้าแฝกให้มากขึ้นและมีมาตรการในการเร่งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกให้ทันฤดูน้ำหลากโดยการปลูกให้เร็วขึ้น การใช้ปุ๋ยและการตัดแต่งหญ้าแฝก พันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมเพื่อการปลูกขวางร่องน้ำ คือ หญ้าแฝกลุ่ม เช่น พันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 กำแพงเพชร 2 และสุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกพันธุ์และแหล่งพันธุ์ดังกล่าวเหล่านี้จะมีลักษณะลำต้นแข็งสูงตั้งตรง และจะแตกตาและรากที่ข้อของลำต้นได้เสมอ เมื่อมีตะกอนดินมาทับถมซึ่งจะรับแรงปะทะจากน้ำที่ไหลบ่าได้ดี

2. การปลูกหญ้าแฝกรอบบริเวณแหล่งน้ำ

การนำหญ้าแฝกไปปลูกรอบบริเวณแหล่งน้ำ จะช่วยเก็บกักตะกอนดินป้องกันการตื้นเขินของแหล่งน้ำ นอกจากนั้น หญ้าแฝกยังช่วยดูดซับสารเคมีก่อนที่จะไหลลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้น้ำในแหล่งน้ำมีคุณภาพดีเหมาะสมแก่การอุปโภคบริโภคและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การปลูกหญ้าแฝกอาจจำแนกตามชนิดของแหล่งน้ำได้ดังนี้

1) อ่างเก็บน้ำ ควรวางแนวปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวระดับรอบอ่างจำนวน 3 แถว คือ ที่ระดับเก็บกักน้ำ (แถวที่ 1) ที่ระดับสูงขึ้นมาตามแนวดิ่งจากแถวที่ 1 เป็นระยะ 20 เซนติเมตร และที่ระดับต่ำกว่าแถวที่ 1 ตามแนว ดิ่ง 20 เซนติเมตร (เพราะน้ำมักจะไม่ถึงระดับเก็บกัก)

2) บ่อน้ำ สระน้ำ ควรวางแนวปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวระดับจำนวน 2 แถว คือ ที่ระดับห่างจากริมขอบบ่อประมาณ 50 เซนติเมตรและที่ระดับทางน้ำเข้าบ่อคลองส่งน้ำ

3) คลองระบายน้ำ ให้ปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวระดับขนานไปตามคลองส่งน้ำหรือคลองระบายน้ำ ห่างจากริมคลองส่งน้ำหรือคลองระบายน้ำ 50 เซนติเมตร ตัวอย่างดังรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 การปลูกหญ้าแฝกรอบคลองและแหล่งน้ำ

3. การปลูกหญ้าแฝกตามเชิงลาดถนน

การปลูกหญ้าแฝกบริเวณเชิงลาดถนนเป็นวิธีป้องกันความเสียหายของเชิงลาดถนน และเป็นการลดการกัดเซาะของน้ำฝนได้ดี รวมทั้งรากหญ้าแฝกจะช่วยยึดดินบริเวณเชิงลาดถนนไม่ให้เกิดการพังทลาย การวางแนวปลูกหญ้าแฝกบริเวณด้านข้างตามความยาวของเชิงลาดถนน ควรให้แถวหญ้าแฝกอยู่ต่ำกว่าระดับถนนประมาณ 100 เซนติเมตร เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากแนวหญ้าแฝกบังสายตาของผู้ใช้รถใช้ถนน (รูปที่ 3-4)



รูปที่ 3-4 การปลูกหญ้าแฝกบริเวณเชิงลาดถนน

4. การเตรียมพื้นที่และการวางแนวปลูกหญ้าแฝก

ควรมีการเตรียมพื้นที่และวางแนวปลูกให้สอดคล้องกับลักษณะของพื้นที่ เช่น การปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวเดี่ยวตามแนวระดับขวางความลาดชันของพื้นที่ จำเป็นที่จะต้องมีการวางแนวระดับการปลูกที่ถูกต้องโดยใช้เครื่องมือช่วยในการวางแนว หรือใช้เครื่องมือที่ทำขึ้นมาใช้เองเพื่อช่วยในการวางแนว ซึ่งมีค่าใช้จ่ายน้อยมากหรือไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเลยในกรณีที่มีวัสดุอยู่แล้ว เครื่องมือดังกล่าว คือ การนำไม้มาทำเป็นรูปสามเหลี่ยม หรือที่เรียกกันว่า ไม้เอ (A Frame) ซึ่งนิยมใช้สำหรับวางแนวปลูกยางพาราตามแนวระดับขวางความลาดชันในแถบภาคใต้ เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่ใช้วางแนวปลูกหญ้าแฝกแบบง่าย ๆ ที่ขอแนะนำในที่นี้คือ การใช้สายยางหาระดับน้ำแบบช่างไม้ ซึ่งมีเพียงสายยางใสขนาด 2 หุนยาว 13 เมตร 1 เส้น ไม้ระแนงความยาวท่อนละ 2.50 เมตร จำนวน 2 ท่อน ทำเครื่องหมายไว้ที่ไม้ระแนงบอกระดับความสูงเป็นเซนติเมตร เพื่อใช้ในการอ่านค่า นำปลายสายยางแต่ละด้านไปทาบและยึดติดไว้กับไม้ระแนงที่เตรียมไว้โดยให้ปลายสายยางเสมอปลายไม้ระแนงแล้วกรอกน้ำลงไปในสายยางจนกระทั่งเมื่อวางไม้ระแนงทั้งสองในแนวตั้ง บนพื้นที่เรียบ ระดับน้ำในสายยางทั้งสองด้านอ่านค่าได้ 100 เซนติเมตร ก็จะสามารถใช้เครื่องมือแบบง่ายๆ นี้ไปหาระยะห่างระหว่างแถวหญ้าแฝกและวางแถวหญ้าแฝกตามแนวระดับขวางความลาดชันของพื้นที่ได้ตามต้องการ

การจัดทำระยะห่างระหว่างแถวหญ้าแฝกที่ปลูกตามแนวระดับขวางความลาดชันของพื้นที่ (รูปที่ 3-5) ให้ใช้ระยะห่างตามแนวดิ่ง 1.50 เมตร ทำได้โดยใช้สายยางหาระดับดังกล่าวไปตั้งที่จุดสูงสุดหรือจุดต่ำสุดของพื้นที่ก็ได้ หากเริ่มจากจุดสูงสุดของพื้นที่ ให้ถือหลักที่ 1 ตั้งอยู่ที่จุดสูงสุด (จุดที่ 1) และถือหลักที่ 2 เดินลงไปจนกระทั่งเมื่อตั้งหลักไม้ระแนงลงกับพื้นแล้วจะอ่านค่าความสูงของระดับน้ำได้ 150 เซนติเมตร แสดงว่าจุดที่ หลักที่ 2 ตั้งอยู่ (จุดที่ 2) จะอยู่ต่ำกว่าจุดที่ 1 เท่ากับ 50 เซนติเมตร ซึ่งยังไม่ได้จุดที่ต้องการให้ย้ายหลักจากจุดที่ 1 ลงไปตั้งที่จุดที่ 2 แล้วย้ายหลักจากจุดที่ 2 ต่ำลงไปอีกจนกระทั่งถึงจุดที่สามารถอ่านระดับน้ำได้ 200 เซนติเมตร ซึ่งแสดงว่าจุดที่ 3 นี้ จะต่ำกว่าจุดที่ 2 เท่ากับ 100 เซนติเมตร ดังนั้นเมื่อรวมความแตกต่างระหว่างจุดแรกและจุดที่ 3 ก็จะได้เท่ากับ 150 เซนติเมตร หรือ 1.50 เมตร ตามที่ต้องการให้ปักหลักไว้เป็นจุดที่จะวางแนวปลูกหญ้าแฝกแนวที่ 1 จากนั้นก็หาจุดวางแนวที่อยู่ต่ำลงมาตามวิธีเดียวกันก็จะได้จุดที่ 2, 3, 4 เรื่อยไปจนได้จุดตลอดทั่วทั้งพื้นที่



รูปที่ 3-5 ตัวอย่างการวางแนวและเตรียมร่องปลูกหญ้าแฝก

เมื่อได้จุดที่เป็นระยะห่างระหว่างแถวหญ้าแฝกแล้ว ขั้นต่อไปเป็นการวางแนวระดับขวางความลาดชันของพื้นที่โดยใช้เครื่องมือชุดเดิม แต่เพื่อความสะดวกในการอ่านระดับ แนะนำให้กรอกน้ำลงไปในสายยางให้อ่านค่าความสูงของน้ำที่ปลายทั้งสองข้างได้ 150 เซนติเมตร (ซึ่งเป็นระดับที่ใกล้เคียงกับระดับสายตาของคนทั่วไป) วิธีการคือให้ตั้งหลักที่ 1 อยู่ที่จุดหลักแนวแรกที่ทำไว้ในขั้นต้น (จุดที่ 1) แล้วเลื่อนหลักที่ 2 ไปในทิศทางที่ขวางความลาดชัน จนสุดความยาวของสายยาง (13 เซนติเมตร) แล้วปักหลักสั้น ๆ ไว้ที่จุดที่ระดับน้ำอยู่ที่ 150 เซนติเมตร จากนั้นย้ายหลักที่ 1 ไปยังหลักที่ 2

ส่วนหลักที่ 2 นั้นจะถูกเคลื่อนย้ายขวางความลาดชันต่อไปถึงจุดที่อ่านค่าระดับน้ำ 150 เซนติเมตร แล้วปักหลักไว้ ให้ทำเช่นนี้ขวางความลาดชันไปจนตลอดพื้นที่ ก็จะได้แนวปลูกหญ้าแฝกแถวแรก ซึ่งแต่ละหลักจะอยู่แนวระดับความสูงขวางความลาดชันของพื้นที่เท่ากัน สำหรับแถวต่อ ๆ ไปก็ให้ใช้วิธีเดียวกันจนครบทุกแถว ดังรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 ตัวอย่างการปลูกกล้าหญ้าแฝกให้ชิดติดกันในแถว

ภายหลังจากการวางแนวปลูกหญ้าแฝกเสร็จแล้ว ควรมีการปรับแนวปลูกโดยการเลื่อนจุดปักหลักขึ้นหรือลงเล็กน้อยให้แนวปลูกเป็นแนวโค้งต่อเนื่องไม่หักมุมภายในแถวไปตามพื้นที่เพื่อสะดวกในการไถเตรียมดินและการปลูกพืช ตลอดจนลดแรงปะทะของน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งตามปกติตรงจุดที่หักมุมต่าง ๆ จะเป็นจุดอ่อนที่ง่ายต่อการชะล้างกัดเซาะเป็นร่องน้ำ แต่จุดแรกหัวแนวปลูกหญ้าแฝกและจุดสุดท้ายหลักหางแนวปลูกหญ้าแฝกให้อยู่ที่เดิม

5. การเตรียมดินตามแนวปลูกรั้วหญ้าแฝก

เมื่อได้มีการปรับแนวที่จะปลูกหญ้าแฝกขวางความลาดชันของพื้นที่เรียบร้อยแล้ว ก็ใช้รถไถเดินตามหรือใช้วัวหรือควายลากไถตามแนวที่วางไว้ก็ได้ โดยให้ลึกประมาณ 10 เซนติเมตร พร้อมทั้งย่อยดินให้ละเอียดก้อนเล็กลงพร้อมที่จะปลูกต่อไป แม้ว่าหญ้าแฝกจะเป็นพืชที่สามารถขึ้นได้ดีแม้แต่ดินเลวหรือดินที่ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่ถ้าได้มีการปรับปรุงดินตามแนวปลูก โดยก่อนปลูกคลุกดินด้วยปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก แล้วโรยบาง ๆ ด้วยปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (หรือใช้ปุ๋ย 1 กิโลกรัมต่อความยาวร่องปลูก 4 - 6 เมตร) จะช่วยให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วและสม่ำเสมอขึ้น

6. การเตรียมกล้าหญ้าแฝก

กล้าหญ้าแฝกที่เตรียมไว้จากการขยายพันธุ์เพื่อการปลูกลงพื้นที่ ปกติจะใช้กล้าที่ชำอยู่ในถุงพลาสติกขนาดเล็ก (5 x 15 เซนติเมตร) ที่มีอายุประมาณ 45 วัน โดยปลูกถุงชิดติดกันใน

ช่องปลูกที่เตรียมไว้ ก่อนปลูกให้ดึงถุงออกแล้วกลบดินให้แน่นหรือใช้หญ้าแฝกที่ปลูกลงดินเอาไว้เพื่อการขยายพันธุ์ การเตรียมหญ้าแฝกที่ จะนำไปปลูกมีวิธี คือ ขุดหญ้าแฝกทั้งกอขึ้นมาตัดรากให้เหลือความยาว 10 เซนติเมตร และตัดส่วนต้นให้เหลือยาว 20 เซนติเมตร ทำการแยกหน่อแล้วมัดรวมเช่นเดียวกับการถอนกล้าข้าวแล้วนำไปแช่น้ำให้น้ำท่วมรากอยู่ประมาณ 5 - 7 วัน จนสังเกตเห็นรากที่แตกออกมาใหม่ จากนั้นจึงนำไปปลูกได้ ตัวอย่างรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 แปลงขยายพันธุ์หญ้าแฝก และกล้าหญ้าแฝกแบบเปลือยรากสำหรับขนย้ายไปปลูก

7. การปลูกแนวรั้วหญ้าแฝก

เมื่อเตรียมดินใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีเสร็จแล้ว นำกล้าหญ้าแฝกที่มีอายุประมาณ 45 วัน ออกจากถุงไปวางเรียงให้ชิดติดกันในร่อง ปลูกตลอดแนวทั้งพื้นที่ที่เตรียมไว้ซึ่งจะได้ระยะปลูกระหว่างต้นประมาณ 5 เซนติเมตร แต่ถ้าใช้กล้าหญ้าแฝกแบบเปลือยราก ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ให้ปลูกหลุมละ 2 - 3 หน่อ โดยใช้ระยะห่างไม่เกิน 5 เซนติเมตร การปลูกหญ้าแฝกโดยใช้กล้าที่เพาะชำในถุงพลาสติกในสภาพพื้นที่อับฝน จะมีการเจริญเติบโตและตั้งตัวได้รวดเร็วกว่าการปลูกด้วยกล้าเปลือยราก เนื่องจากระบบรากได้พัฒนาอยู่ในถุงไประยะหนึ่งแล้วแต่ในสภาพพื้นที่ที่สูงชันมาก การนำกล้าหญ้าแฝกที่เพาะชำในถุงพลาสติกขึ้นไปปลูกจะกระทำได้ค่อนข้างลำบาก ล่าช้า และเปลืองแรงงานค่อนข้างมาก จึงนิยมใช้กล้าหญ้าแฝกชนิดเปลือยรากนำไปปลูกซึ่งขนขึ้นไปปลูกได้ครั้งละมาก ๆ เบาแรงและประหยัดค่าใช้จ่าย

ฤดูกาลปลูกที่เหมาะสม คือ ในช่วงต้นฤดูฝน และควรปลูกในขณะที่ดินมีความชุ่มชื้น แต่สำหรับพื้นที่ที่สามารถให้น้ำได้ก็ควรปลูกก่อนฤดูฝน ทั้งนี้ก็เพื่อให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตซึ่งเมื่อถึงฤดูฝน รั้วหญ้าแฝกที่ปลูกไว้ก็พร้อมที่จะกรองตะกอนดินและซับน้ำฝนที่ไหลบ่า เอาไว้ทำหน้าที่ป้องกันการชะล้างพังทลายได้ตั้งแต่ฤดูฝนแรก โดยทั่วไปหญ้าแฝกจะตั้งตัวและแตกกอชิดติดกันเป็นแนวรั้วหญ้าแฝกที่ดี จะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 3 เดือน

8. การดูแลรักษาหญ้าแฝก

การปลูกหญ้าแฝกเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ จำเป็นต้องมีการดูแลรักษาบ้างพอสมควร เช่น การปลูกซ่อมต้นที่ตาย เมื่อต้นหญ้าแฝกตั้งตัวได้แล้ว (ใช้เวลาประมาณ 3 เดือนหลังปลูก) ควรตัดใบหญ้าแฝกไม่ให้ย่างปล้อง และออกดอก อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นให้หญ้าแฝกแตกหน่อ ทำให้กอชิดติดกันเป็นแนวรั้วที่แน่นหนาเร็วขึ้น ใบหญ้าแฝกที่ตัดออก ถ้าไม่นำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นก็ควรนำไปคลุมดินเพื่อสงวนความชื้นไว้ในดิน

1) การปลูกซ่อมหญ้าแฝก ภายหลังจากการปลูกหญ้าแฝกในเดือนแรกควรมีการตรวจแนวหญ้าแฝกอย่างสม่ำเสมอ ถ้าพบว่ามีต้นตายควรปลูกซ่อมทันที การปลูกซ่อมกล้าหญ้าแฝกที่ตายไปจะช่วยให้ต้นหญ้าแฝกชิดติดกัน ไม่มีช่องว่างภายในแถว อันเป็นการลดประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการดักเศษซากพืชและกักเก็บตะกอนดินที่ถูกน้ำพัดพามา ยิ่งไปกว่านั้นหากไม่มีการปลูกซ่อมแล้วช่องว่างภายในแถวหญ้าแฝกนี้จะเป็นจุดอ่อนที่จะไปช่วยเร่งความเร็วของน้ำฝนที่ตกหนักและซึมซาบลงดินบริเวณ โคนกอหญ้าแฝกไม่ทันจะเอ่อล้นไหลผ่าน ทำให้มีการกัดเซาะดินบริเวณดังกล่าวเกิดเป็นร่องลึก (gully) ขึ้นได้ การปลูกซ่อมหญ้าแฝกจึงเป็นการทำให้กอหญ้าแฝกชิดกันเป็นกำแพงแน่น ทำหน้าที่กรองตะกอนดินได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2) การตัดใบหญ้าแฝก การปลูกหญ้าแฝกเพื่อให้มีการเจริญเติบโตได้ดีและรวดเร็ว จำเป็นต้องมีการดูแลรักษาพอสมควร เมื่อสังเกตว่าต้นหญ้าแฝกตั้งตัวได้ดีแล้ว โดยเฉพาะเมื่อหญ้าแฝกที่ปลูกมีอายุประมาณ 3 เดือน ให้ตัดยอดหรือใบหญ้าแฝกครั้งแรกโดยตัดใบลงให้เหลือความสูงจากผิวดิน 30 เซนติเมตร เพื่อเร่งให้หญ้าแฝกแตกหน่อประสานกันเร็วยิ่งขึ้นและช่วยให้หญ้าแฝกแตกกอชิดติดกันเร็วขึ้น ใบหญ้าแฝกที่ตัดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น นำไปคลุมดินหรือโคนต้นไม้ผล เพื่อช่วยลดการระเหยน้ำ รักษาความชุ่มชื้นให้กับดิน หรืออาจนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ ก็ได้ ควรมีการตัดใบหญ้าแฝกเป็นประจำทุก 1 - 2 เดือน ไม่ควรปล่อยให้หญ้าแฝกย่างปล้อง ออกดอก ซึ่งจะช่วยให้หญ้าแฝกมีการแตกกอเพิ่มขึ้นทำให้แนวรั้วหญ้าแฝกสานชิดติดกันเร็วขึ้น

9. บทสรุปการปลูกและการดูแลรักษาหญ้าแฝกที่ดีและถูกต้อง

มีข้อสรุปที่พึงปฏิบัติ 11 ประการ ดังนี้

1. เมื่อปลูกไปแล้วหากพบว่าหญ้าแฝกบางส่วนตาย ให้ทำการปลูกซ่อมโดยเร็วเมื่อสภาพดินฟ้าอากาศอำนวย คือ มีน้ำ มีฝน หรือดินมีความชื้น

2. ควรตัดใบหญ้าแฝกที่ปลูกไปแล้วอย่างน้อย 60 วันต่อครั้งในช่วงหน้าฝน หรือเมื่อเห็นว่าหญ้าแฝกกำลังจะย่างปล้องออกดอกในหน้าแล้งให้ตัดเท่าที่มีความจำเป็น

3. การตัดใบหญ้าแฝกที่ปลูกในพื้นที่ลาดชันซึ่งปลูกเป็นแถวขวางความลาดชันของพื้นที่ให้นำใบหญ้าแฝกที่ตัดแล้วไปวางไว้เหนือโคนแถวหญ้าแฝก ในพื้นที่ราบหรือพื้นที่ที่มีความลาดเทน้อยแต่หลายทิศทาง ซึ่งปลูกหญ้าแฝกแบบเป็นแถวหรือปลูกเป็นรูปวงกลมรอบโคนต้นไม้ผลและไม้ยืนต้น ให้นำใบหญ้าแฝกที่ตัดได้ไปเกลี่ยคลุมดินระหว่างแถวหญ้าแฝกหรือนำไปคลุมโคนต้นไม้ผลและไม้ยืนต้น

4. หลังจากปลูกหญ้าแฝกไปแล้ว 3 - 4 ปี จะมีต้นตายแซมภายในแถวเพราะตัดหญ้าแฝกน้อยครั้งไปหรือปล่อยให้หญ้าแฝกย่างปล้องออกดอกก่อนทำการตัดแต่งให้ตัดหญ้าแฝกชิดดินในช่วงหน้าแล้ง เมื่อถึงหน้าฝนต่อมาหญ้าแฝกจะแทงหน่องอกออกมาใหม่ตามแถวและแนวปลูกเดิมเหมือนกับปลูกใหม่

5. ในการปลูกหญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ควรปลูกหญ้าแฝกระยะถี่ต้นชิดติดกัน (กล้าแฝกเปลือยราก) หรือห่างกันไม่เกิน 5 เซนติเมตร (กล้าแฝกถุง) หากหญ้าแฝกในแถวช่วงใดช่วงหนึ่งได้รับความเสียหายหรือตาย ให้ทำการปลูกซ่อมโดยเร็วเพื่อทำให้ระบบของการอนุรักษ์ดังกล่าวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. การปลูกหญ้าแฝกในดินที่เสื่อมโทรม ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ควรใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักรองก้นหลุม เมื่อหญ้าแฝกเริ่มตั้งตัวได้แล้วควรใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเร่งให้หญ้าแฝกเจริญเติบโตและแตกกอได้เร็วขึ้นและดีขึ้น โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โรยเป็นแถวตามแนวหญ้าแฝกที่ปลูก หากเป็นที่ลาดชันให้โรยเหนือแถวหญ้าแฝก

7. การปลูกหญ้าแฝกเป็นแถว ครึ่งวงกลม หรือวงกลม ควรห่างจากพืชหลัก โดยเฉพาะไม้ผลและไม้ยืนต้นไม่น้อยกว่า 1.5 - 2 เมตร

8. ไม่ควรปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ป่าสมบูรณ์ หรือพื้นที่ที่ไม้ผลและไม้ยืนต้นเจริญเติบโตคลุมพื้นที่แล้ว

9. หากมีวัชพืชประเภทเถาเลื้อยขึ้นพันปกคลุมหญ้าแฝก ให้รีบกำจัดเพราะจะทำให้หญ้าแฝกไม่เจริญเติบโตตามปกติและจะตายไปในที่สุดเพราะขาดแสง

10. การปลูกหญ้าแฝกเพื่อการขยายพันธุ์ ควรปลูกในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์หรือต้องมีการใส่ปุ๋ย (สูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่) และควรมีการตัดแต่งใบหญ้าแฝกอย่างสม่ำเสมอป้องกันไม่ให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตทางรากมากเกินไป

11. ไม่ควรนำหญ้าแฝกที่สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดมาปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เกษตรเพราะอาจกลายเป็นวัชพืชได้ภายหลัง

3.2.4 บทบาทของหญ้าแฝกต่อการควบคุมการกัดเซาะ

ปัจจัยที่ทำให้มีการนำหญ้าแฝกมาใช้งานในการควบคุมการกัดเซาะอย่างแพร่หลายคือ ลักษณะเด่นของหญ้าแฝก ได้แก่ ระบบรากที่หยั่งลึก ลักษณะต้นเป็นกอหนาแน่นสามารถปลูกเป็นแนวกำแพงที่มีชีวิต และการที่หญ้าแฝกแพร่พันธุ์ด้วยเมล็ดได้ยากจึงไม่เป็นวัชพืช ชุมชนสามารถนำไปปลูกได้ง่ายจึงมีความคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ บทบาทของหญ้าแฝกต่อการควบคุมกัดเซาะสำหรับน้ำที่ไหลผ่านผิวดิน (runoff) หากมีความเร็วสูงจะง่ายต่อการกัดเซาะและชะล้างเอาหน้าดินออกไปในลักษณะการกัดเซาะแบบผิวดิน แต่หากปลูกหญ้าแฝกในลักษณะเรียงตัวขวางตัดกับแนวของลาดดินโดยมีระยะห่าง 5 เซนติเมตรระหว่างต้น หญ้าแฝกจะมีคุณลักษณะเป็นกำแพงที่จะลดความเร็วของน้ำไหลผ่านผิวดิน และดินที่ถูกกัดเซาะจะไปติดตามกำแพงหญ้าแฝกเหล่านั้นไม่ให้ถูกน้ำชะล้างไปหมด ซึ่งสามารถสรุปบทบาทของหญ้าแฝกที่มีต่อการป้องกันการกัดเซาะได้ ดังนี้

Interception of rainfall	ใบและลำต้นช่วยในการดูดซับพลังงานน้ำฝนที่ตกกระทบต่อหน้าดิน
Reinforcement	รากช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวในดิน ยึดอนุภาคดินไว้ด้วยกัน
Retardation	ลำต้นทำหน้าที่เป็นเสมือนกำแพงลดความเร็วน้ำไหลผิวดิน
Infiltration	รากช่วยในการชอนไช เพิ่มรูพรุนในดิน เพิ่มอัตราการซึมผ่าน ลดน้ำไหลผิวดินลง

การดูแลหญ้าแฝกหลังการปลูก

ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเริ่มปลูกแฝกคือช่วงต้นของฤดูฝน หรือก่อนฤดูฝนเล็กน้อย เพื่อให้มีน้ำฝนช่วยในการเจริญเติบโต และลำต้นแฝกควรจะตั้งตัวได้ก่อนจะเจอพายุหรือฝนตกหนัก ซึ่งจะสามารถพัดพากล้าแฝกที่รากยังไม่หยั่งลึกแข็งแรงตายไปได้ ในการปลูกหญ้าแฝกนั้น ช่วงแรกเริ่มปลูกเป็นช่วงเวลาที่หญ้าแฝกมีโอกาสตายสูงที่สุดจึงจำเป็นต้องมีการคอยหมั่นดูแลบำรุงรักษา และเพื่อให้มีประสิทธิภาพของหญ้าแฝกอย่างต่อเนื่องจึงควรดูแลรักษาอย่างต่อเนื่อง ดังนี้

- ตัดใบหญ้าทุก ๆ 3 - 4 เดือน ให้แฝกมีการแตกกอเพิ่มขึ้น กำจัดช่อดอก
- กำจัดวัชพืชที่อยู่รอบข้าง
- ให้น้ำ 15 วันต่อครั้งในฤดูแล้ง ในต้นฤดูฝนให้ใส่ปุ๋ยหมักตามแถวหญ้าแฝกก็จะเป็นการช่วยให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตดีขึ้น ในพื้นที่มีขนาดใหญ่ หรือพื้นที่สูงที่รดน้ำยาก อาจจัดทำระบบรดน้ำ หรือระบบน้ำหยดซึ่งสามารถผสมปุ๋ยหรือฮอร์โมนกระตุ้นรากไปพร้อมกับน้ำได้
- ดูแลระวังโรคและแมลงศัตรูพืช เช่น อาการใบไหม้ หรือปลายใบแห้ง และแมลงจำพวกเพลี้ยแป้ง

การนำหญ้าแฝกไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ

- นำหญ้าแฝกไปใช้ในบริเวณลาดดินตัดเหนือคันทาง และลาดดินถมคันทาง
- ปลูกหญ้าแฝกบริเวณลาดคอสะพาน เพื่อลดการกัดเซาะ
- การปลูกหญ้าแฝกบริเวณขอบรางระบายน้ำคอนกรีต
- การปลูกหญ้าแฝกบริเวณพื้นที่ลาดติดไหล่ทาง
- การปลูกหญ้าแฝกกับโครงสร้างอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการกัดเซาะ เช่น กำแพงกระชุหิน กำแพงกันดิน

3.3 การฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้ และการประยุกต์ใช้พืชพรรณ

แนวพระราชดำริไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการใช้พืชเชิงเดี่ยว แต่ส่งเสริมการใช้พืชพรรณที่หลากหลายเพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศให้กลับคืนสู่ความสมดุล ซึ่งจะนำมาซึ่งเสถียรภาพของพื้นที่ในระยะยาว หลักการสำคัญคือ **“ป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง”** ซึ่งเป็นแนวคิดในการผสมผสานการอนุรักษ์ดิน น้ำ และการฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้ ควบคู่กับความต้องการด้านเศรษฐกิจ ดังพระราชดำรัสความตอนหนึ่งว่า:

“...การปลูกป่าถ้าจะให้ราษฎรมีประโยชน์ให้เขาอยู่ได้ ให้ใช้วิธีปลูกไม้สามอย่าง แต่มีประโยชน์สี่อย่าง คือ ไม้ใช้สอย ไม้กิน ไม้เศรษฐกิจ โดยปลูกรองรับการชลประทาน ปลูกรับซับน้ำและปลูกอุดช่วงไหล่ตามร่องห้วย โดยรับน้ำฝนอย่างเดียวประโยชน์ที่สี่คือ ได้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ...”

เรือนยอดที่ปกคลุมหลายระดับและระบบรากที่สลับซับซ้อนของพืชหลากหลายชนิดจะช่วยดูดซับแรงปะทะของเม็ดฝน เพิ่มการซึมของน้ำลงสู่ดิน และยึดเหนี่ยวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหลากหลายโครงการได้นำหลักการนี้ไปประยุกต์ใช้ โดยออกแบบพื้นที่ลาดชันเป็นขั้นบันไดและปลูกพืชไล่ระดับตั้งแต่ผักสวนครัว ไม้ดอก ไม้ผล ไปจนถึงไม้ป่า ซึ่งเป็นตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมของการสร้างเสถียรภาพและประโยชน์ใช้สอยไปพร้อมกัน

นอกจากการปลูกป่าแล้ว การใช้พืชท้องถิ่นและพืชเบิกนำ (Pioneer plants) ซึ่งเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินที่เสื่อมโทรม ควบคู่กับการใช้เทคนิค ไม้ปักชำลึก (Live stake) ซึ่งเป็นวิธีการปลูกพืชที่ง่ายและรวดเร็ว โดยใช้กิ่งของพันธุ์ไม้ที่สามารถแตกรากได้ง่าย เช่น ไคร้นุ่น ไคร้น้ำ ทองหลาง มาปักลงในดินให้ลึก (0.5 - 1 เมตร) เพื่อให้รากเจริญเติบโตในระดับลึกตั้งแต่แรกเริ่ม เป็นการเสริมกำลังให้แก่ดินในระดับที่รากหญ้าแฝกอาจยังหยั่งลงไปไม่ถึงในระยะแรก

นอกจากหญ้าแฝกแล้ว การส่งเสริมปลูกพืชประเภทอื่นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในชุมชน นอกจากจะสามารถช่วยปกคลุมผิวดินชะลอการไหลของน้ำ เพิ่มเสถียรภาพในดิน ยังเป็นประโยชน์ต่อชาวบ้าน ส่งผลในระยะยาว เนื่องจากแฝกนั้นถึงแม้จะมีประโยชน์ในการปกคลุมดิน เติบโตเร็ว

ลดการกัดเซาะและเพิ่มเสถียรภาพได้ดี แต่ก็เป็นพืชที่ต้องมีการดูแลสม่ำเสมอ จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นพืชเบิกนำ ในบริเวณที่ห่างไกลชุมชน ที่ไม่สามารถดูแลได้อย่างทั่วถึง เมื่อต้นไม้อื่น ๆ ขึ้นปกคลุม หญ้าแฝกก็จะตายลงในที่สุด การปลูกต้นไม้ท้องถิ่นหรือต้นไม้ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย นอกจากจะมีประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำแล้ว ยังช่วยชุมชนในด้านเศรษฐกิจด้วย ดังพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช เกี่ยวกับป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง เมื่อวันที่ 7 มกราคม 2523 ณ โรงแรมรินคำ จังหวัดเชียงใหม่

"...การปลูกป่าถ้าจะให้ราษฎรมีประโยชน์ให้เขาอยู่ได้ ให้ใช้วิธีปลูกไม้สามอย่าง แต่มีประโยชน์สี่อย่าง คือ ไม้ใช้สอย ไม้กิน ไม้เศรษฐกิจ โดยปลูกรองรับการชลประทาน ปลูกรับซับน้ำและปลูกอุดช่วงไหล่ตามร่องห้วย โดยรับน้ำฝนอย่างเดียวประโยชน์ที่สี่คือ ได้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ..."

หลักการปลูกป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง เป็นแนวคิดการผสมผสานการอนุรักษ์ ดิน น้ำ และการฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้ ควบคู่กับความต้องการด้านเศรษฐกิจ ด้วยการจำแนกป่า 3 อย่าง ดังนี้

1. ป่าไม้ใช้สอย คือ ไม้โตเร็ว สำหรับใช้ในครัวเรือน เช่น สะเดา ไม้ไผ่
2. ป่าไม้กินได้ คือ ไม้ผล เช่น มะม่วง และผักกินใบต่าง ๆ
3. ป่าไม้เศรษฐกิจ คือ ไม้ที่ปลูกไว้ขาย หรือไม้เศรษฐกิจ เช่น ไม้สัก

ส่วนประโยชน์ 4 อย่าง จำแนกประโยชน์แต่ละอย่าง ดังนี้

1. ป่าไม้ใช้สอย นำมาสร้างบ้าน ทำเล้าเป็ด เล้าไก่ ด้ามจอบเสียม ทำหัตถกรรม หรือกระทั่งใช้เป็นเชื้อเพลิง (ฟืน) ในการหุงต้ม
2. ป่าไม้กินได้ นำมาเป็นอาหาร ทั้งพืชกินใบ กินผล กินหัว และเป็นยาสมุนไพร
3. ป่าไม้เศรษฐกิจ เป็นแหล่งรายได้ของครัวเรือน เป็นพืชที่สามารถนำมาจำหน่ายได้ ซึ่งควรปลูกพืชหลากหลายชนิดเพื่อลดความเสี่ยงเรื่องราคาตกต่ำและไม่แน่นอน
4. ประโยชน์ในการช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ การปลูกพืชที่หลากหลายอย่างเป็นระบบจะช่วยสร้างสมดุลของระบบนิเวศในสวน ช่วยปกป้องผิวดินให้ชุ่มชื้น ดูดซับน้ำฝน และค่อย ๆ ปลดปล่อยความชื้นสู่สวนเกษตรกรรม

3.3.1 บทบาทของพืชและเสถียรภาพของลาด

อิทธิพลของพืชพรรณ ต้นไม้ ต่อเสถียรภาพของลาดนั้น นอกจากช่วยในการเสริมแรงในมวลดินด้วยรากพืช รวมถึงค้ำยัน และรากช่วยดูดน้ำ ลดแรงดันน้ำในช่องว่างของดิน ยังอาจส่งผลในด้านลบที่ควรระมัดระวังด้วย ดังตารางที่ 3-2 แต่หากในแง่บทบาทของการป้องกันการชะล้างพังทลายหรือการถูกพัดพาของอนุภาคดินไปจากผิวลาดโดยน้ำผิวดิน การปลูกพืชส่งผลอิทธิพลในแง่บวกด้วยการช่วยลดแรงกระแทกของเม็ดฝน ลดความเร็วน้ำไหลบ่าและการกรองตะกอนดินได้เป็นอย่างดี



ตารางที่ 3-4 อิทธิพลด้านลบและด้านบวกของต้นไม้ต่อเสถียรภาพของลาด

	อิทธิพลด้านบวก	อิทธิพลด้านลบ
กลไกทางอุทกศาสตร์	ใบไม้ช่วยรับน้ำฝน ลดการไหลซึมลงสู่ดิน	รากพืชและลำต้นเพิ่มความขรุขระของพื้นดินและเพิ่มความซึมน้ำ ทำให้น้ำซึมสู่ดินได้มากขึ้น
	รากพืชช่วยดูดน้ำออกจากดิน และคายระเหยสู่อากาศ ช่วยลดค่าแรงดันน้ำในโพรงดิน	เมื่อความชื้นในดินลดลง (จากรากไม้ดูดน้ำไปใช้) อาจเกิดรอยแยก ทำให้น้ำไหลซึมสู่ดินได้มากขึ้น
กลไกทางกลศาสตร์	รากพืชช่วยเสริมแรงในดิน (เพิ่มกำลังเฉือน)	ต้นไม้ใหญ่ ถูกลมพัด ส่งผ่านแรงพลวัตลงสู่ลาด
	รากพืชเป็นเสมือนสมอยึดหน้าดินไว้กับดินดานเบื้องล่าง ในลักษณะการค้ำยัน	
	น้ำหนักจากต้นไม้กดทับลาดดิน เพิ่มหน่วยน้ำหนักในแนวตั้งฉากและน้ำหนักในทิศทางลาดลงเขา (ซึ่งเป็นได้ทั้งอิทธิพลด้านบวกและด้านลบ โดยขึ้นอยู่กับตำแหน่งของต้นไม้และลักษณะของลาด)	
	รากพืชที่ผิวดินยึดหน้าดินไว้ ช่วยเพิ่มความขรุขระของผิวลาด ลดการชะล้างในระดับตื้น	

3.4 การบริหารจัดการน้ำ

นอกจากการจัดการพื้นที่บนความลาดชันแล้ว แนวพระราชดำริยังให้ความสำคัญอย่างยิ่งกับการบริหารจัดการน้ำทั้งระบบ ตั้งแต่บนยอดเขาลงสู่ที่ราบลุ่ม โดยมีหลักการสำคัญคือการชะลอน้ำให้ไหลช้าลง กระจายตัวมากขึ้น ซึมลงดินได้มากขึ้น และไหลออกจากพื้นที่เสี่ยงตามแนวทางที่ควบคุมได้และเพิ่มโอกาสในการเก็บกักความชุ่มชื้นไว้ในระบบนิเวศให้ได้นาน

แนวพระราชดำริด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ[53] ได้เสนอให้ใช้โครงสร้างขนาดเล็กที่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่และวัสดุท้องถิ่น โดยหนึ่งในเครื่องมือสำคัญคือ ฝายต้นน้ำลำธาร หรือ Check dam ซึ่งเป็นสิ่งก่อสร้างขวางร่องน้ำ ลำห้วยขนาดเล็กบริเวณต้นน้ำหรือพื้นที่ลาดชัน เพื่อชะลอความเร็วของน้ำและกักตะกอน[2] ฝายประเภทนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อกักเก็บน้ำปริมาณมาก แต่ทำหน้าที่สำคัญหลายประการ ได้แก่

(1) ชะลอความเร็วของกระแสน้ำ เพื่อลดพลังงานในการกัดเซาะตลิ่งและท้องน้ำ

(2) ดักตะกอน ลดการพัดพาวัสดุไหลลงไปทับถมในพื้นที่ท้ายน้ำ

(3) เพิ่มความชุ่มชื้นในพื้นที่โดยรอบ เพราะน้ำที่ถูกชะลอไว้มีเวลาซึมลงสู่ดินใต้ท้องน้ำและตลิ่ง ช่วยเพิ่มความชื้นในดินและสนับสนุนการฟื้นตัวของระบบนิเวศต้นน้ำ

ฝายชะลอความชุ่มชื้น หรือ “ฝาย” คือโครงสร้างอย่างง่ายที่สร้างขวางทางน้ำในลำห้วยบนภูเขา โดยใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น ไม้ไผ่ ก้อนหิน หรือกระสอบทราย เป็นต้น ฝายเหล่านี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อกักเก็บน้ำปริมาณมาก แต่ทำหน้าที่สำคัญหลายประการ ได้แก่ การชะลอความเร็วของกระแสน้ำ การลดพลังงานของน้ำในการกัดเซาะตลิ่งและท้องน้ำดักตะกอน การช่วยกรองตะกอนดินทรายที่ถูกพัดพามากับน้ำ ไม่ให้ไหลลงไปทับถมในพื้นที่ท้ายน้ำเพิ่มความชุ่มชื้น นอกจากนั้น น้ำที่ถูกชะลอไว้หน้าฝายจะมีเวลาซึมลงสู่ดินใต้ท้องน้ำและตลิ่ง ช่วยเพิ่มระดับน้ำใต้ดินและ “คืนความชุ่มชื้นให้ผืนดิน” โดยรอบ ทำให้ระบบนิเวศป่าต้นน้ำมีความอุดมสมบูรณ์และแข็งแรง

การสร้างฝายชะลอความชุ่มชื้นเป็นทอด ๆ ตลอดลำห้วย จะทำงานสอดประสานกับการปลูกป่า 3 อย่าง และการปลูกหญ้าแฝกบนพื้นที่ลาดชัน กลายเป็นระบบป้องกันดินถล่มแบบบูรณาการที่จัดการทั้ง “ดิน น้ำ และป่าไม้” ไปพร้อมกัน ซึ่งเป็นการสร้างเสถียรภาพให้แก่ลุ่มน้ำทั้งระบบอย่างยั่งยืน

ในทางวิชาการ ปัจจัยด้านน้ำเป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลต่อการชะล้าง กัดเซาะ และการพังทลายของลาดดิน จึงจำเป็นต้องจัดการทั้ง น้ำผิวดิน และ น้ำใต้ดิน ควบคู่กัน ดังนี้

---

[53] สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) “ฝายต้นน้ำลำธาร” ฐานความรู้ (Knowledge) สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2569 จาก km.rdpb.go.th/Knowledge/View/21

(1) น้ำผิวดิน การจัดการน้ำผิวดินมีวัตถุประสงค์เพื่อดักน้ำผิวดินที่ไหลมาจากที่สูงลงมาตามความลาดเอียง และระบายออกจากพื้นที่ในทิศทางที่ต้องการ ทางระบายน้ำนั้นต้องสามารถรองรับปริมาณน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ และมีความชันที่เหมาะสมที่ทำให้น้ำไหลบ่ามีปริมาณน้อยลง เลี่ยงการไหลผ่านบริเวณที่เกิดการกัดเซาะและการพังทลายของดิน ตัวอย่างมาตรการ เช่น คูรับน้ำขอบเขา คันชะลอความเร็วน้ำ ทางระบายน้ำบุวัสดุ บ่อดักตะกอน และฝายชะลอความชุ่มชื้นดังที่กล่าวข้างต้น

(2) น้ำใต้ดิน การไหลซึมและการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำใต้ดินมักเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ลาดดินเคลื่อนตัว โดยน้ำใต้ดินอาจไหลออกมาจากชั้นดินอุ้มน้ำหรือชั้นทรายแทรกตัวตามชั้นดินบนลาด หรือเกิดจากน้ำฝนซึมลงไปจนถึงชั้นทึบน้ำแล้วไหลออกตามหน้าลาด ทำให้เกิดการเซาะและพัดพาดินออกมาพร้อมน้ำจนเกิดโพรงและความอ่อนตัวเฉพาะจุด แนวทางจัดการน้ำใต้ดินจึงแบ่งได้เป็น (ก) การระบายน้ำใต้ดินเพื่อลดแรงดันน้ำในโพรงดิน และ (ข) การลดการซึมผ่านของน้ำฝนลงสู่ชั้นดินลึก

การลดระดับน้ำใต้ดินที่ไม่ลึกมาก สามารถใช้ร่องระบายน้ำใต้ดิน โดยขุดร่องตัดขวางแนวลาดในความลึกพอประมาณ แล้วถมกลับด้วยวัสดุระบายน้ำได้ดี เช่น กรวดสะอาด หรือเพิ่มท่อเจาะพรุนห่อด้วยวัสดุ จีโอเทกซ์ไทล์ (geotextile) เพื่อลดการอุดตัน จากนั้นกลบทับ ทำผิวด้านบนให้ลดการซึมของน้ำฝนลงสู่ชั้นลึก ส่วนกรณีน้ำใต้ดินระดับลึก สามารถใช้ท่อระบายน้ำแนวราบ (horizontal drains) โดยติดตั้งท่อทำมุมเอียงเล็กน้อยเพื่อให้น้ำไหลออกได้ตามแรงโน้มถ่วง ซึ่งช่วยลดแรงดันน้ำในโพรงดิน เพิ่มกำลังเฉือน และเพิ่มเสถียรภาพของลาด

3.5 การประยุกต์ใช้วิธีทางกลเพื่อป้องกันดินถล่ม

การประยุกต์วิธีทางกล เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของลาดดินและลดโอกาสการเกิดดินถล่ม ซึ่งสามารถใช้ปรับปรุงและป้องกันพื้นที่ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดการกัดเซาะไปจนถึงดินถล่มนั้นมีด้วยกันหลายวิธี ตั้งแต่วิธีอย่างง่ายที่สามารถใช้แรงคนในการก่อสร้างและใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น เหมาะสมกับพื้นที่มีความเสี่ยงต่ำ ขนาดเล็ก อยู่ห่างไกล รวมถึงมีงบประมาณในการก่อสร้างจำกัด ไปจนถึงวิธีก่อสร้างที่มีขั้นตอนค่อนข้างซับซ้อนต้องใช้เครื่องจักรและใช้งบประมาณที่สูงขึ้น รวมถึงใช้ระยะเวลาดำเนินงานมาก ทั้งนี้การเลือกใช้วิธีการใดต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง ควรศึกษาสาเหตุและความเหมาะสมทางวิศวกรรมประกอบด้วยเสมอ

หลักการสำคัญของการใช้วิธีทางกลให้ได้ผล คือต้องแก้ให้ตรงสาเหตุหลักของความไม่เสถียรของลาดดินก่อน กล่าวคือ

(1) ต้องระบุให้ได้ว่าปัจจัยควบคุมที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ลาดดินไม่มั่นคงคืออะไร เช่น น้ำและแรงดันน้ำในดิน การกัดเซาะที่เชิงลาด ความชันที่มากเกินไป ความอ่อนตัวของชั้นดินผุ หรือแรงกระทำจากกิจกรรมมนุษย์

(2) เลือกเทคนิคที่เหมาะสม และการประยุกต์ใช้เพื่อให้ลดอิทธิพลของปัจจัยนั้นลง วิธีการลดความเสี่ยงหรือแนวทางแก้ไขควรต้องออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพของลาดดินเฉพาะพื้นที่ ตัวอย่าง เช่น การติดตั้งท่อระบายน้ำในลาดดินที่แทบไม่มีน้ำใต้ดิน ย่อมไม่เกิดประโยชน์ อาจทำให้ความเสี่ยงคงอยู่หรือย้ายตำแหน่งไปเกิดที่ส่วนอื่นของลาด[54]

สำหรับสถานการณ์ที่มีความเสี่ยงสูง ซึ่งดินถล่มอาจเป็นอันตรายต่อชีวิต หรือก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและโครงสร้างพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญ ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านดินถล่ม เช่น วิศวกรธรณีเทคนิคหรือวิศวกรโยธา ก่อนเริ่มดำเนินมาตรการใด ๆ และควรมีผู้เชี่ยวชาญร่วมกำกับในช่วงดำเนินงานและหลังดำเนินงานเท่าที่สามารถทำได้ เพื่อให้มาตรการที่เลือกใช้ปลอดภัย เหมาะสม และคุ้มค่ากับสภาพพื้นที่จริง

3.5.1 การขุดและการปรับลดความชัน

การขุดและการปรับลดความชันเป็นมาตรการทางกลที่ใช้กันทั่วไปเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของลาดดิน โดยอาศัยหลักการสำคัญคือการลดแรงขับ (driving force) และปรับรูปทรงลาดให้เหมาะสมเพื่อลดโอกาสการเกิดการเคลื่อนตัวของมวลดิน (รูปที่ 3-8) ปัจจัยสำคัญของวิธีนี้คือตำแหน่งที่ทำการขุดบนลาดดินส่งผลต่อเสถียรภาพต่างกัน การขุดที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพได้ แต่การขุดในตำแหน่งหรือขนาดที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ลาดดินอ่อนตัวลงและกระตุ้นให้การพังทลายรุนแรงขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่มีความเสี่ยงสูงควรปรึกษาวิศวกรธรณีเทคนิคหรือผู้เชี่ยวชาญก่อนดำเนินการทุกครั้ง แนวทางการขุดและปรับรูปทรงลาดที่ใช้บ่อยสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) การนำดินออกจากบริเวณส่วนบนของมวลดินถล่ม เป็นการลดน้ำหนักเพื่อให้มวลดินเบาลงและแรงขับของมวลดินบริเวณส่วนบนของลาด ส่งผลให้แรงที่พยายามดันมวลดินให้เลื่อนตามระนาบวิบัติลดลง จึงช่วยเพิ่มเสถียรภาพได้ วิธีนี้มักเหมาะกับกรณีมีแนวโน้มเกิดดินถล่มแบบหมุน (rotational landslide) เพราะการลดน้ำหนักส่วนบนจะลดโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการหมุนและการเลื่อนตัวได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดี วิธีนี้มักไม่ได้ผล กับการวิบัติแบบเลื่อนตามระนาบ (translational failure) บนลาดยาวที่มีลักษณะสม่ำเสมอหรือเป็นระนาบ และไม่เหมาะกับดินถล่มแบบไหล (flow) ซึ่งถูกควบคุมด้วยระดับความอิ่มน้ำและพฤติกรรมการไหลของมวลดินมากกว่า

---

[54] Highland, L.M., and Bobrowsky, P., 2008, *The landslide handbook—A guide to understanding landslides:* U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p

(2) การลดความสูงของลาด (reducing the height of the slope) การลดความสูงของหน้าตัดขุด (cut bank) ช่วยลดแรงขับบนระนาบวิบัติได้โดยลดน้ำหนักของมวลดินที่กดทับอยู่เหนือระนาบนั้น ในประเทศไทย การลดความสูงของลาดนิยมใช้ในงานตัดไหล่ทางบนภูเขา โดยปรับรูปตัดให้ลาดเตี้ยลงและลดความชันร่วมกับการทำขั้นบันได และระบบระบายน้ำ เพื่อควบคุมผลกระทบจากฝนมรสุมและการกัดเซาะ ทั้งนี้ มาตรการลดความสูงเพียงอย่างเดียวมักให้ผลจำกัด การประยุกต์ใช้หลายวิธีตามความเหมาะสมจะส่งผลที่ครอบคลุมกว่า

(3) การถมกลับด้วยวัสดุน้ำหนักเบา (backfilling with lightweight material) คือการขุดดินส่วนบนออกและแทนที่ด้วยวัสดุถมกลับที่มีน้ำหนักเบา เช่นในต่างประเทศมีการใช้เศษไม้ (woodchips) หรือเศษซากจากการตัดไม้ จากนั้นปิดทับด้วยชั้นวัสดุหยาบบาง ๆ (เช่น มวลรวมหยาบ หินคลุก) เพื่อให้เป็นชั้นฐานรองรับการจราจร แนวทางนี้มีเป้าหมายเพื่อลดน้ำหนักมวลดินบนลาดและลดแรงขับ ในประเทศไทยวิธีการนี้ไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก การใช้วัสดุถมเบา เช่น Expanded Polystyrene Geofoam มีการประยุกต์วิจัยและทดลองใช้ในงานทาง[55] คอสะพานบนดินอ่อนเพื่อแก้ปัญหาการทรุดตัวและทรุดตัวต่างระดับ[56] ซึ่งไม่ใช่กรณีดินถล่มโดยตรง อย่างไรก็ตาม แนวคิดหลักคือการลดน้ำหนักบรรทุกและลดการเสียรูปของชั้นดินฐานราก ซึ่งเป็นหลักการเดียวกับการใช้วัสดุถมเบาในงานปรับเสถียรภาพลาดดินในบางกรณี

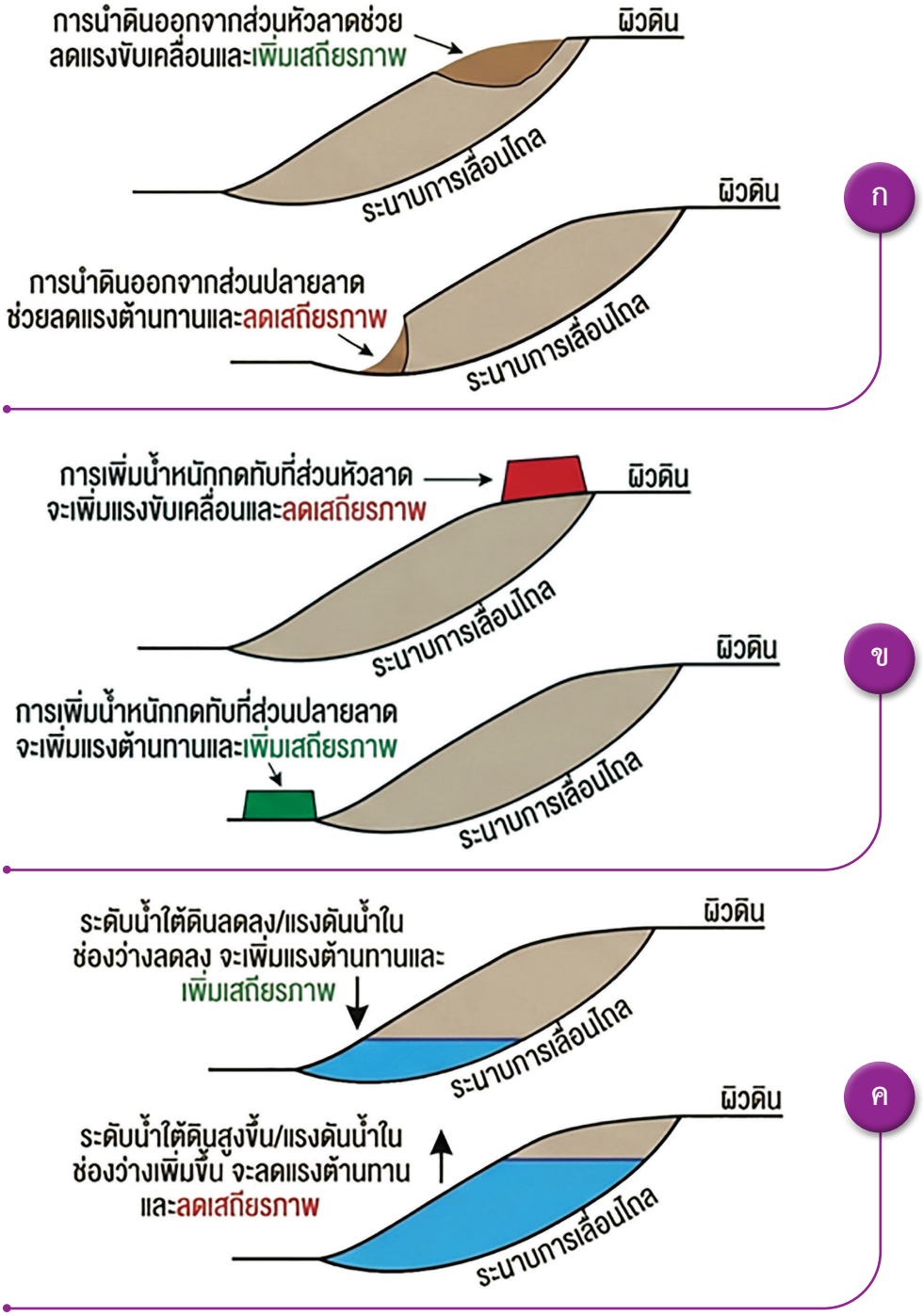
(4) การทำขั้นบันไดบนลาด (benches) คือการตัดหน้าดินลึกหรือหน้าผาหินให้เป็นช่วง ๆ คล้ายขั้นบันได เพื่อช่วยลดแรงขับของมวลดิน หิน วิธีนี้มีประสิทธิภาพในการลดการพังทลายแบบตื้น (shallow failures) แต่โดยทั่วไป ไม่ได้มีประสิทธิภาพสูง ในการเพิ่มเสถียรภาพโดยรวมของลาดดิน จึงมักใช้ร่วมกับมาตรการอื่น Benches ยังมีประโยชน์ด้านการปฏิบัติงาน เช่น ใช้เป็นพื้นที่สำหรับติดตั้งท่อระบายน้ำหรือโครงสร้างอื่น ใช้ช่วยควบคุมการระบายน้ำผิวดิน และอาจช่วยรองรับ และเพิ่มพื้นที่วางโครงสร้างป้องกันใต้หน้าผาที่เสี่ยงดินหล่น

(5) การปรับลดมุมความชันและการปรับรูปทรงลาดแบบอื่น (flattening or reducing slope angle) การทำให้ลาดชันน้อยลง หรือปรับรูปทรงลาดให้เหมาะสม เป็นวิธีพื้นฐานที่ช่วยลดน้ำหนักของมวลดินที่กดทับอยู่และลดแรงขับโดยรวม อีกทั้งยังช่วยลดโอกาสที่ลำน้ำ แม่น้ำจะกัดเซาะฐานลาด (undercutting) และลดผลกระทบจากน้ำหนักบรรทุกของการก่อสร้าง (construction loading) ที่อาจทำให้ลาดไม่มั่นคง วิธีนี้มักต้องใช้พื้นที่และปริมาณงานขุดมาก จึงควรพิจารณาข้อจำกัดด้านเขตทาง สิ่งปลูกสร้าง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย

---

[55] กฤษณะ เพ็ญสมบูรณ์, พลเทพ เลิศวรวนิช, สุกนต์ธี พูลชัย, และ หฤทัสถ์ พ่อบาล. (2565). การใช้วัสดุ Expanded Polystyrene Geofoam (EPS) เพื่อลดการทรุดตัวของคันทาง และคอสะพานในประเทศไทย. *การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27,* GTE58-1.

[56] Malai, Attapole, et al. “Bridge approach settlement mitigation using expanded polystyrene foam as light backfill: Case study and 3D simulation.” *Transportation Geotechnics* 35 (2022): 100794.



รูปที่ 3-8 การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของเสถียรภาพลาดดิน
(ก) ผลของการขุดดินที่ส่วนหัวและส่วนปลายของลาดดิน
(ข) ผลของการเพิ่มน้ำหนักกดทับที่ส่วนหัวหรือส่วนปลายของลาดดิน
(ค) ผลของการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำต่อเสถียรภาพของลาดดิน
ที่มา : ดัดแปลงจาก Rex Baum, U.S. Geological Survey[57]

[57] Highland, L. M., and Bobrowsky, P. (2008). The landslide handbook-A guide to understanding landslides (No. 1325). US Geological Survey.

ในบางกรณี การขุดเอามวลดินถล่มออกทั้งหมดอาจเป็นวิธีที่ได้ผลและคุ้มค่า โดยเฉพาะดินถล่มขนาดเล็ก หรือการวิบัติแบบหมุนขนาดเล็ก (small rotational failures) อย่างไรก็ตาม สำหรับพื้นที่ดินถล่มขนาดใหญ่ การขุดขนาดใหญ่เพื่อเอามวลดินออก มักไม่แนะนำ ด้วยเหตุผลสำคัญ ได้แก่ การขุดอาจ ไม่ทำให้การเคลื่อนตัวหยุด โดยเฉพาะกรณีการวิบัติแบบระนาบขนาดใหญ่ (large planar failures) และอาจทำให้พื้นที่ดินถล่ม “ขยายตัว” การขุดอาจกระตุ้นให้เกิดดินถล่มที่ใหญ่กว่าเดิม เนื่องจากไปลดแรงพยุงหรือแรงต้านบริเวณเชิงลาด (toe) ทำให้มวลดินส่วนบนสูญเสียการรองรับ การขุดอาจ ทำให้พื้นที่ด้านบนลาดไม่มั่นคงมากขึ้น จากการตัดฐาน กัดเข้าใต้ลาด (undercutting) ซึ่งทำให้ลาดอ่อนแอลงและเกิดการพังทลายต่อเนื่อง และถ้าเป็นบริเวณที่ดินมีความหนา โดยเฉพาะดินเหนียวอ่อน บางพื้นที่อาจมีระนาบวิกฤต ได้มากกว่าระดับเดียว (ตื้นกับลึก) ถ้าขุดถึงระนาบตื้น อาจไปกระตุ้นให้ระนาบลึกอาจเกิดเคลื่อนตัวฉับพลันได้ ดังนั้นงานขุดใหญ่ในดินเหนียวลึกควรทำการวิเคราะห์เสถียรภาพจากข้อมูลกำลังดินก่อน

สำหรับพื้นที่เกษตรกรรม การประยุกต์ใช้วิธีทางกลเพื่อควบคุมการกัดเซาะในพื้นที่มีความชันไม่มาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ทิศทางการไหล ชะลอความเร็วในการไหลของน้ำ ที่แนะนำไว้โดยกรมพัฒนาที่ดิน (2544)[58] ตามมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ การยกร่อง ยกแปลง ทำร่องน้ำตามแนวระดับ ขั้นบันไดด้วยดิน หรือทำขั้นกำแพงหินคูรับน้ำ ไปจนถึงโครงสร้างทางระบายน้ำ ด้วยหิน อิฐ หรือคอนกรีต สำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ลาดคันดิน บริเวณภูเขาที่มีความชันมาก นอกจากการควบคุมการกัดเซาะแล้ว ยังต้องปรับปรุงพื้นที่เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของลาด และเสริมความสามารถในการรับกำลังที่ฐานที่อาจก่อให้เกิดดินถล่มหรือเคลื่อนตัวได้ ดังตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3-9

[58] *กรมพัฒนาที่ดิน. (2544). มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ* สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2561.จาก:http: www.ldd.go.th Lddwebsite web_ord Technical pdf P_Technical06043_1



การยกร่องตามแนวระดับ



การสร้างคันดิน



ขั้นบันไดดิน



ขั้นบันไดดินสำหรับไม้ผล



คูรับน้ำขอบเขา



คันชะลอความเร็วน้ำที่สร้างด้วยหิน

รูปที่ 3-9 ตัวอย่างมาตรการวิธีทางกลการอนุรักษ์ดินและน้ำ
ที่มา : ดัดแปลงจาก กรมพัฒนาที่ดิน (2544)[59]

[59] *กรมพัฒนาที่ดิน. (2544). มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ* สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2561.จาก:http: www.ldd.go.th Lddwebsite web_ord Technical pdf P_Technical06043_1

3.5.2 การใช้โครงสร้างทางกล

โครงสร้างกันดิน (retaining structure) เป็นวิธีการทางวิศวกรรมที่ออกแบบเพื่อต้านแรงดันด้านข้างของมวลดิน และแรงกระทำร่วมอื่น ๆ เช่น แรงบรรทุกจร (surcharge) และแรงดันน้ำ เพื่อคงสภาพระดับดินต่างระดับให้มีความมั่นคงและปลอดภัยต่อการใช้งาน ในทางวิศวกรรมการพิจารณาเสถียรภาพของโครงสร้างกันดินควรพิจารณาเสถียรภาพในมิติต่าง ๆ ได้แก่ การไถล (sliding) และการพลิกคว่ำ (overturning) รวมถึงการประเมินกำลังรับน้ำหนักของฐานราก (bearing capacity) สำหรับการลดความเสี่ยงดินถล่ม โครงสร้างกันดินมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมการเคลื่อนตัวของมวลดินและการเพิ่มแรงพยุงบริเวณตีนลาด (toe support) โดยเฉพาะในพื้นที่ลาดชัน ลาดดินตัด ลาดดินถม หรือพื้นที่ข้างทางที่มีข้อจำกัดด้านหน้าตัด ซึ่งลาดไม่สามารถคงตัวได้ด้วยตนเองและมีแนวโน้มเกิดการเลื่อนไถลหรือพังทลาย

มาตรการเชิงโครงสร้างที่ใช้บ่อยในภาคสนาม ได้แก่ การเพิ่มน้ำหนักที่ฐาน การทำค้ำยันตีนลาด (buttressing) โดยการถมหรือวางวัสดุที่มีน้ำหนัก เช่น ดิน หิน เศษวัสดุก่อสร้าง รวมถึงวัสดุสำเร็จรูปที่หาได้ง่าย เช่น กล่องหินเกเบี้ยน (gabion) หรือกระสอบบรรจุดิน เพื่อเพิ่มแรงต้านทานการวิบัติของลาด โดยหลักการเพิ่มแรงกดทับและแรงต้านที่ตีนลาด ซึ่งช่วยลดโอกาสการเคลื่อนตัว โดยเฉพาะกรณีที่ตีนลาดถูกกัดเซาะหรือสูญเสียแรงพยุงจากการตัดไหล่ทาง

อย่างไรก็ตาม การใช้โครงสร้างกันดินก็มีข้อพึงระวังเกี่ยวกับแรงดินน้ำที่อยู่ภายในลาด จึงต้องมีการพิจารณาระบบระบายน้ำด้านหลังโครงสร้างร่วมด้วย เนื่องจากแรงดันน้ำด้านหลังผนังและการไหลซึมเป็นปัจจัยที่สามารถเพิ่มแรงกระทำต่อโครงสร้างอย่างมีนัยสำคัญและเพิ่มความเสี่ยงทำให้การวิบัติเกิดขึ้นได้เร็ว ดังนั้น การออกแบบจึงควรกำหนด ระบบระบายน้ำด้านหลังโครงสร้าง พร้อมชั้นกรองและช่องทางระบายที่เหมาะสม เพื่อลดแรงดันน้ำและเพิ่มเสถียรภาพโดยรวมของลาด สำหรับโครงสร้างกันดินที่มีการประยุกต์ใช้ในชุมชน มักเลือกใช้โครงสร้างที่ก่อสร้างได้รวดเร็วและทนต่อการทรุดตัวหรือการเคลื่อนตัวเล็กน้อยได้ดี โดยตัวอย่างที่พบใช้บ่อย ได้แก่

(1) กำแพงกันดิน (retaining wall) เป็นการออกแบบก่อสร้างเพื่อรับน้ำหนักกระทำจากแรงดันดินบริเวณด้านหลังกำแพง โดยกำแพงดินทั่วไปนั้นมักจะสำหรับพื้นที่ลาดชันมากกว่ามุมที่ดินสามารถคงสภาพอยู่ได้ตามธรรมชาติ หรือบริเวณพื้นที่จำกัดซึ่งไม่สามารถปรับลาดตามความชันที่เหมาะสมได้ เช่น บริเวณถนนติดเชิงเขา หรือที่อยู่อาศัยที่มีขอบเขตจำกัดติดกับภูเขาลาดชันสูง อีกทั้งสามารถนำวิธีทางพืชมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยเพิ่มเสถียรภาพได้อีกด้วย

(2) กล่องหินเกเบี้ยน (gabion wall) นับเป็นโครงสร้าง gravity wall ประเภทหนึ่ง ประกอบไปด้วยกล่องลวดตาข่ายสำหรับใส่หิน ทำหน้าที่ป้องกันการกัดเซาะบริเวณตีนเขาหรือบริเวณริมน้ำ และยังใช้ป้องกันการพังทลายของลาดดินได้เช่นกัน ในการใช้งานทั่วไปจะนำกล่องเกเบี้ยนมาเรียงซ้อนกันเพื่อให้มีน้ำหนักมากพอที่จะต้านการเคลื่อนตัวของลาดดินได้ ในขณะที่ก้อนหินที่บรรจุอยู่ภายในกล่องนั้นยังทำหน้าที่ระบายน้ำ และป้องกันการกัดเซาะที่อาจเกิดขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้ข้อดีข้อเสียและรูปแบบ

การใช้งานของ กล่องเกเบี้ยนสามารถสรุปได้พอสังเขปดังต่อไปนี้ข้อดี โครงสร้างตาข่ายมีความยืดหยุ่น จึงสามารถนำไปติดตั้งในสถานที่ต่าง ๆ ได้โดยไม่แตกหักเมื่อเทียบกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก มีคุณสมบัติช่วยในการระบายน้ำและกรองอนุภาคดินที่ถูกพัดพาบริเวณตีนลาดได้ สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับพืชต่าง ๆ ได้โดยการวางเรียงพืชผ่านช่องว่างกล่องเข้าไปยังดินเดิมด้านหลัง โดยในระยะยาวเมื่อตาข่ายเสื่อมสภาพไปตามเวลา รากพืชและกิ่งก้านก็จะเข้ามาแทนที่จะช่วยให้กำแพงยึดเกาะกันเป็นอันหนึ่งอันเดียว และยังช่วยระบายน้ำออกจากลาดดินโดยการคายระเหยของพืช แต่มีข้อต้องระวังความเสียหายและการเสื่อมสภาพของกล่องลวด โดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่มีกระแสน้ำไหลเร็ว ความสูงของการก่อสร้างค่อนข้างจำกัด อย่างไรก็ตามมีการนำกล่องเกเบี้ยนไปประยุกต์ใช้คู่กับวัสดุเสริมกำลังส่งผลให้สามารถก่อสร้างได้สูงขึ้นได้ การบำรุงรักษาทำได้ค่อนข้างยาก หากกล่องตาข่ายด้านล่างชำรุดหรือวัสดุด้านล่างเกิดการเสื่อมสภาพ จำเป็นจะต้องเคลื่อนย้ายกล่องด้านบนออก ตัวอย่างรูปถ่ายสภาพปัจจุบัน (ปี 2568) ของโครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริกรมทางหลวง กิจกรรมระบบวิธีป้องกันการกัดเซาะและเสริมเสถียรภาพเชิงลาดตลิ่งน้ำโดยการปลูกหญ้าแฝกร่วมกับกำแพงกล่องลวดตาข่ายบรรจุหิน อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ดังรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-10 การป้องกันเสถียรภาพเชิงลาดตลิ่งน้ำด้วยกล่องหินเกเบี้ยน
ที่มา : ถ่ายโดยคณะผู้จัดทำ วันที่ 25 กันยายน 2568 อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์

นอกจากวิธีที่กล่าวมาข้างต้นแล้วยังมีวิธีการและวัสดุชนิดอื่น ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ได้อีกหลากหลายวิธี ดังนี้

การใช้ยางรถยนต์เก่าบรรจุดิน หิน และยึดด้วยเสาเข็มไม้หรือคอนกรีต เป็นเทคนิคการป้องกันการกัดเซาะที่คิดค้นขึ้นเพื่อนำมาใช้ที่ ตำบลย่านรี อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี โดยแนวคิดของ ร.ต. สุรชัย บุญคง ประธานเครือข่ายคนรักษ์แฝก เป็นแนวคิดวิธีการป้องกันการกัดเซาะที่ถูกเริ่มใช้ครั้งแรกที่บริเวณริมตลิ่งคลองพระปรง โดยใช้ยางรถยนต์เก่าซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นวางเรียงเป็นแนวตามโค้งน้ำริมตลิ่งที่ถูกกัดเซาะ ตอกยึดด้วยเสาไม้หรือคอนกรีต และเพิ่มน้ำหนักด้วยการอัดดินหรือหินลงไปที่ล้อยางรถยนต์เพื่อต้านการลอยตัว โดยโครงสร้างนี้จะช่วยป้องกันลดการกัดเซาะจากกระแสน้ำที่ไหลมาตามลำคลอง

กระสอบพลาสติกแบบมีปีก ผลิตจากเม็ดพลาสติกโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene; HDPE) และโพลิโพรพิลีน (Polypropylene; PP) นำมาถักทอแบบไขว้และเย็บแบบเข็มคู่เพื่อให้กระสอบมีความเหนียว แข็งแรง ทนทาน ใส่สารป้องกันแสงอัลตราไวโอเลตเพื่อให้ทนต่อแสงแดด ส่วนปีกของกระสอบทั้งสามด้าน ถูกออกแบบเพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกระสอบเมื่อวางซ้อนทับกัน ทำให้ชั้นกระสอบเลื่อนหลุดออกจากกันได้ยาก ส่วนใหญ่จะถูกใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงบริเวณด้านหน้าของลาดดินหรือที่ฐาน มีอายุการใช้งานยาวนานกว่ากระสอบที่ใช้ในงานทั่วไป โดยมีอายุการใช้งานประมาณ 15 ปี สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหลายรูปแบบ เช่น เสริมเสถียรภาพของลาดชันฝายชะลอน้ำ ป้องกันการกัดเซาะตลิ่ง และเสริมน้ำหนักวัสดุค้ำยันที่ฐาน

นอกจากนี้ ในหลายพื้นที่ได้มีการประยุกต์ใช้กระสอบแบบมีปีกร่วมกับเทคนิคทางวิศวกรรมอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเสริมเสถียรภาพลาดดินและควบคุมการกัดเซาะ เช่น การใช้ร่วมกับพืชท้องถิ่น เสาเข็มสกรู (screw piles) ระบบ capillary barrier และมาตรการชีววิศวกรรมอื่น ๆ ตัวอย่างการใช้งานจริง เช่น โครงการเสริมเสถียรภาพลาดดินโดยใช้กระสอบแบบมีปีกร่วมกับพืชท้องถิ่นและเสาเข็มสกรู บริเวณทางหลวงชนบทสาย กจ.4088 กม. 16+700 อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีการติดตามพฤติกรรมของลาดดินจากการตรวจวัดภาคสนามและการวิเคราะห์เชิงตัวเลข พบว่ามาตรการดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพของลาดดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Jotisankasa et al., 2025) ดังแสดงในรูปที่ 3-11

นอกจากนี้ ยังมีตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่น เช่น ลาดดินทางหลวงหมายเลข 4029 ตอนกะทู้–ป่าตอง จังหวัดภูเก็ต และพื้นที่บ้านปากเหมือง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีการใช้กระสอบแบบมีปีกร่วมกับมาตรการทางวิศวกรรมอื่น ๆ เพื่อเพิ่มเสถียรภาพลาดดินและลดการกัดเซาะ ดังแสดงในรูปที่ 3-12 และรูปที่ 3-13







รูปที่ 3-11 การใช้กระสอบแบบมีปีกร่วมกับพืชท้องถิ่นและเสาเข็มสกรูเพื่อเสริมเสถียรภาพลาดดิน
ที่มา : Jotisankasa et al. (2025)[60] บริเวณทางหลวงชนบทสาย กจ.4088 กม.16+700
อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

[60] Jotisankasa, A., Tanyacharoen, K., Chaiprakaikeow, S., Praphatsorn, W., Pramusandi, S., Shrestha, A., & Nishimura, S. (2025). Performance of screw piles in bio-stabilized slope based on field monitoring and finite element modelling. Soils and Foundations, 65(3), 101626. https://doi.org/10.1016/j.sandf.2025.101626





รูปที่ 3-12 ตัวอย่างการใช้กระสอบแบบมีปีกร่วมกับมาตรการชีววิศวกรรมเพื่อป้องกันการกัดเซาะและเสริมเสถียรภาพลาดดิน ทล. 4029 ตอนกะทู้ - ป่าตอง กม.0+125 จังหวัดภูเก็ต
ที่มา : อภินิติ (2569) เอกสารการบรรยายการ โครงการฝึกอบรม “ครูหญ้าแฝก” รุ่นที่ 3[61]





รูปที่ 3-13 การเสริมเสถียรภาพลาดถนนด้านหลังผาโดยใช้กระสอบแบบมีปีก เสาเข็มสกรู และตะปูดิน บริเวณบ้านปากเหมือง ถนน กจ.3091 อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี
ที่มา : ประกิต ไชยศรี และคณะ (2565)[62]

---

[61] เอกสารการบรรยายโครงการฝึกอบรม “ครูหญ้าแฝก” รุ่นที่ 3 จัดโดยสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) โดย รองศาสตราจารย์ ดร.อภินิติ โชติสังกาศ

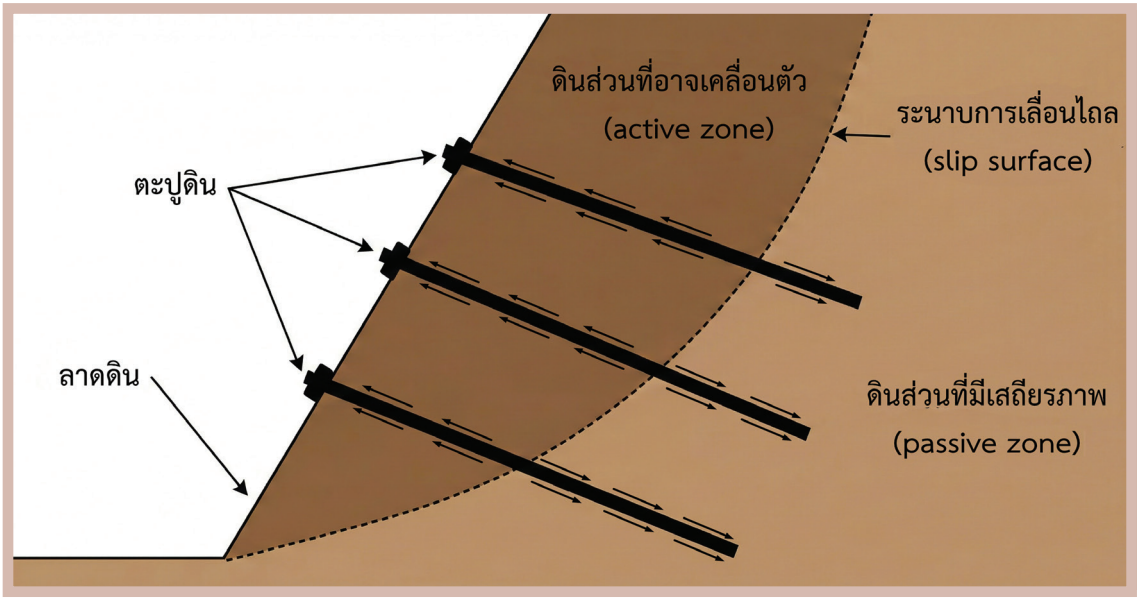
[62] ประกิต ไชยศรี และคณะ (2565). การเสริมเสถียรภาพและป้องกันการกัดเซาะของลาดถนนด้านหลังผาโดยใช้กระสอบแบบมีปีก เสาเข็มเหล็กสกรู และตะปูดิน ที่บ้านปากเหมือง ถนน กจ.3091 อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27

(3) การยึดด้วยตะปูดินและพ่นคอนกรีต การยึดด้วยตะปูดิน (soil nailing) ร่วมกับการพ่นคอนกรีต (shotcrete) เป็นมาตรการเสริมเสถียรภาพลาดและผนังดินตัดที่อาศัยแนวคิดเสริมแรงจากภายใน โดยติดตั้งแท่งเหล็ก (nails) เข้าไปในมวลดินตามระยะและความยาวที่ออกแบบ เพื่อให้มวลดินกับตะปูดินทำงานร่วมกันเป็นมวลดินเสริมแรง (reinforced soil mass) ช่วยเพิ่มกำลังต้านทานการเลื่อนไถลและลดการเคลื่อนตัวของผิวลาด จากนั้นจึงใช้ผิวหน้า (facing) เพื่อยึดหัวตะปูดิน กระจายแรง และป้องกันการผุกร่อน การร่อนหลุดของผิวลาด บางครั้งใช้ร่วมกับตาข่ายกันร่วง หรือคอนกรีตพ่น (shotcrete) เป็นผิวหน้าป้องกันการร่วงหล่นและกัดเซาะ

แนวทางของ FHWA อธิบายว่าตะปูดินมักเหมาะกับงานลาดดินตัดหรือผนังขุดแบบเกือบตั้ง ที่ต้องการควบคุมการเคลื่อนตัวและลดความเสี่ยงการพังทลายระหว่างก่อสร้าง โดยมีข้อมูลออกแบบที่จำเป็น เช่น พารามิเตอร์กำลังเฉือนของดิน ระดับน้ำใต้ดิน รูปแบบการพังทลายที่คาดหมาย ตลอดจนข้อกำหนดด้านการป้องกันการกัดกร่อนของตะปูดินสำหรับงาน[63] ในเชิงระบบ การทำงานของตะปูดินจะเชื่อมโยงกับผิวหน้าอย่างชัดเจน เพราะผิวหน้าเป็นองค์ประกอบที่ช่วยควบคุมการร่อนหลุดของผิว และทำหน้าที่เป็นจุดถ่ายแรงจากหัวตะปูดินสู่ผิวลาด การเลือกชนิดและความหนาของ shotcrete จึงควรสัมพันธ์กับสภาพดิน ความชัน ความเสี่ยงการกัดเซาะ และเงื่อนไขการใช้งาน (ชั่วคราว ถาวร)

ในด้านความเหมาะสมของโครงสร้างตะปูดินและคอนกรีตพ่น จัดเป็นงานที่ต้องใช้การออกแบบเฉพาะพื้นที่ เครื่องมือและผู้รับเหมาที่มีความชำนาญ รวมถึงการตรวจสอบคุณภาพระหว่างก่อสร้าง (เช่น การควบคุมขั้นตอนเจาะ–อัดเกร้าท์–ติดตั้งหัวตะปู และการตรวจคุณภาพคอนกรีตพ่น) จึงมักเหมาะกับงานโครงการขนาดใหญ่หรือพื้นที่วิกฤต มากกว่างานระดับชุมชนทั่วไปที่ต้องการระบบซ่อมบำรุงง่ายและพึ่งพาทรัพยากรท้องถิ่นได้

[63] Federal Highway Administration. (1993). *Soil Nailing Field Inspectors Manual—Soil Nail Walls (FHWA-SA-93-068).* FHWA.



รูปที่ 3-14 กระบวนการเกิดแรงดึงในระบบตะปูดิน (soil nailing)
ที่มา : ดัดแปลงจาก FHWA (2015)

(4) ลาดดินเสริมแรง (reinforced soil slope, RSS)[64] เป็นมาตรการทางวิศวกรรมปฐพีที่เพิ่มเสถียรภาพของลาดคันทางโดยการจัดวางวัสดุเสริมแรงรับแรงดึง (เช่น ตาข่ายสังเคราะห์) เป็นชั้น ๆ ภายในมวลดินถม เพื่อให้เกิดกลไกการถ่ายแรงระหว่างดินกับวัสดุเสริมแรงผ่านแรงเสียดทานและการยึดเกาะ ส่งผลให้มวลดินมีความต้านทานต่อการเลื่อนไถลเพิ่มขึ้น สามารถออกแบบให้ลาดชันหรือมีความสูงมากกว่าลาดดินถมทั่วไปได้ภายใต้ระดับความปลอดภัยที่กำหนด เหมาะกับกรณีที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่เขตทาง งานคันทางบนไหล่เขา หรือจุดที่ลาดคันทางมีปัญหาการพังทลายซ้ำ เนื่องจากสามารถควบคุมรูปทรงลาดได้ดี ใช้วัสดุถมในพื้นที่ร่วมกับวัสดุเสริมแรง และสามารถออกแบบผิวลาดให้รองรับการปรับภูมิทัศน์หรือการปลูกพืชคลุมลาดได้

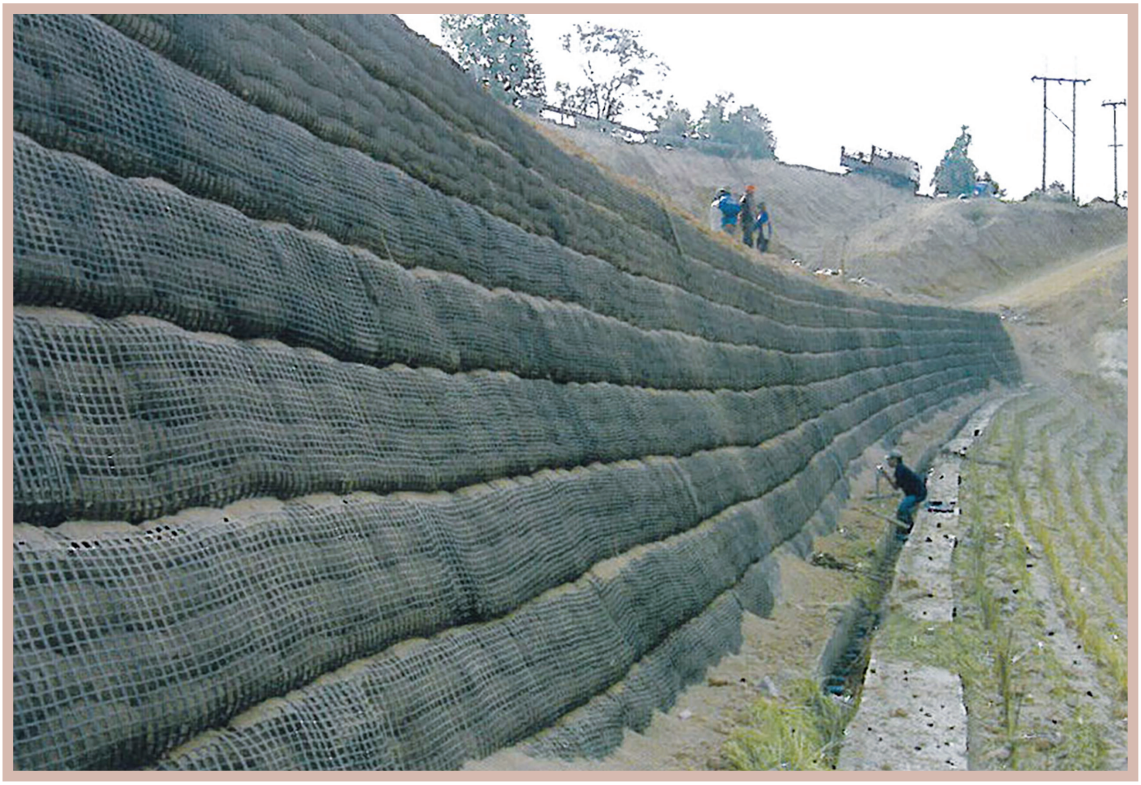
ในเชิงการออกแบบ ต้องพิจารณาเสถียรภาพอย่างเป็นระบบโดยครอบคลุมอย่างน้อย 3 ระดับ ได้แก่ (1) เสถียรภาพภายใน (internal stability) เพื่อให้มั่นใจว่าวัสดุเสริมแรงมีกำลังรับแรงและระยะวางชั้นเพียงพอต่อแรงที่ต้องรับในโซนวิกฤต รวมทั้งตรวจสอบความเสี่ยงการดึงหลุด (pullout) (2) เสถียรภาพโดยรวม (overall stability) เพื่อป้องกันการวิบัติของมวลดินทั้งก้อน เช่น การเลื่อนไถลแบบวงกลมหรือการวิบัติที่ครอบคลุมผ่านฐานราก ซึ่งมักเป็นตัวกำหนดความยาววัสดุเสริมแรงให้เพียงพอ และ (3) เสถียรภาพภายนอก (external stability) โดยพิจารณามวลดินเสริมแรงเสมือนเป็นโครงสร้างหนึ่งชิ้น และตรวจสอบอย่างน้อยกรณีไถลตรง กำลังรับน้ำหนักฐานราก และการวิบัติที่เกี่ยวข้องกับชั้นดินรองรับ (มนตรี เดชาสกุลสม และคณะ 2554)

---

[64] มนตรี เดชาสกุลสม,.อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ และ จิรโรจน์ ศุกลรัตน์ (2554). *วิธีการออกแบบลาดคันทางเสริมแรงโดยใช้แผนภูมิ: กรณีศึกษา คันทางทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 11 พิษณุโลก–อุตรดิตถ์ กม. 12 ด้านขวาทาง* (รายงานฉบับที่ วพ. 298; Report No. RD. 298). สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง, กรมทางหลวง.

ตัวแปรสำคัญที่ควบคุมผลการออกแบบ ได้แก่ ความสูงลาด และ มุมลาด คุณสมบัติดินในเชิงกำลังและน้ำหนักจำเพาะ สภาวะแรงดันน้ำในโพรงดิน รวมทั้งแรงกระทำด้านบนลาด (surcharge) นอกจากนี้ พารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ระหว่างดินกับวัสดุเสริมแรง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการประเมินความยาวยึดเกาะและความสามารถในการถ่ายแรงของระบบ

ดังนั้น การออกแบบลาดดินเสริมแรง RSS ที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาข้อมูลชั้นดิน สภาวะน้ำ และภาระกระทำอย่างครบถ้วน พร้อมตรวจสอบเสถียรภาพทั้งระดับภายใน ระดับโดยรวม และระดับภายนอก เพื่อให้ได้รูปแบบและรายละเอียดการเสริมแรงที่ปลอดภัย คุ้มค่า และสอดคล้องกับบริบทพื้นที่ ตัวอย่างรูปที่ 3-15



รูปที่ 3-15 ลาดดินเสริมแรงด้วยตาข่ายสังเคราะห์และปิดผิวหน้ากระสอบดิน
(reinforced soil slope with geogrid reinforcement and soil bag facing)
ที่มา : อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ เอกสารประกอบการบรรยาย[65]

[65] อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). *เอกสารประกอบการบรรยาย: การออกแบบปรับปรุงเสถียรภาพของเชิงลาดในงานทาง.* สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.

(5) กำแพงกันดินเสริมแรง (mechanical stabilized earth wall, MSE wall) เป็นโครงสร้างกันดินที่มีลักษณะเป็นมวลดินเสริมแรง (reinforced soil mass) โดยใช้วัสดุเสริมแรงรับแรงดึง เช่น แผ่นใยสังเคราะห์ (geosynthetic) หรือแถบเหล็ก (metal strip) วางเป็นชั้น ๆ ภายในดินถมด้านหลังผนัง แล้วเชื่อมต่อหรือยึดกับผิวหน้า[66]

องค์ประกอบหลัก ของกำแพงกันดินเสริมแรงประกอบด้วย (1) มวลดินถมเสริมแรง (reinforced backfill zone) ดินถมคัดเกรดที่บดอัดได้แน่นและมีคุณสมบัติเหมาะสม (2) วัสดุเสริมแรง (reinforcement/inclusion) ถ่ายแรงผ่านแรงเสียดทาน/แรงยึดเกาะระหว่างดินกับวัสดุเสริม (3) ผิวหน้า แผงผนัง (facing) ซึ่งอาจเป็นแผงคอนกรีตสำเร็จ บล็อกกำแพงแบบ segmental (SRW) หรือระบบผิวหน้าอื่น และ (4) ระบบระบายน้ำและชั้นกรอง (drainage and filter) เพื่อควบคุมแรงดันน้ำหลังโครงสร้าง

หลักการวิเคราะห์และการออกแบบ ควรพิจารณาเสถียรภาพอย่างเป็นระบบโดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. เสถียรภาพภายใน (internal stability) ตรวจสอบความเพียงพอของวัสดุเสริมแรงต่อการรับแรงดึง รวมถึงความเสี่ยงการดึงหลุด (pullout) และความเหมาะสมของระยะวางชั้น ความยาวฝังยึด และรายละเอียดการเชื่อมต่อกับหน้ากำแพง เพื่อให้กลไกการถ่ายแรงทำงานได้ตามสมมติฐานการออกแบบ

2. เสถียรภาพภายนอก (external stability) พิจารณาโครงสร้างทั้งก้อนเสมือนเป็นหน่วยเดียว โดยตรวจสอบการไถล การพลิกคว่ำ และกำลังรับน้ำหนักของฐานราก รวมถึงเสถียรภาพโดยรวมของพื้นที่และชั้นดินรองรับในกรณีที่มีความเสี่ยง

ข้อกำหนดด้านวัสดุและความทนทาน เป็นประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อใช้วัสดุเสริมแรงชนิดโลหะหรือโพลิเมอร์ ควรควบคุมคุณสมบัติดินถมและสภาพแวดล้อมที่อาจเร่งการกัดกร่อน/เสื่อมสภาพ เช่น ความเป็นกรด–ด่าง สารคลอไรด์ ซัลเฟต และอินทรียวัตถุ รวมทั้งต้องจัดการระบบระบายน้ำให้มีประสิทธิภาพเพื่อลดความเสี่ยงในระยะยาว

สรุปเชิงวิศวกรรม กำแพงกันดินเสริมแรงเป็นทางเลือกที่เหมาะสำหรับงานทางและงานโครงสร้างที่ต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้างและความยืดหยุ่นต่อการทรุดตัวบางส่วน อย่างไรก็ดี ความสำเร็จของโครงสร้างขึ้นกับการควบคุมคุณภาพดินถม การบดอัด การติดตั้งวัสดุเสริมแรง และการระบายน้ำอย่างเข้มงวด เพื่อให้พฤติกรรมของระบบสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบและมีความปลอดภัยตลอดอายุการใช้งาน

---

[66] สำนักก่อสร้างทางที่ 1 กรมทางหลวง. (2555). คู่มือเทคนิคการก่อสร้างกำแพงกันดินเสริมกำลัง MSE WALL



รูปที่ 3-16 งานก่อสร้างกำแพงกันดินเสริมแรง (MSE wall)
ที่มา : สำนักงานก่อสร้างทางที่ 1[67]

สำหรับ บริบทชุมชนและหมู่บ้าน กำแพงกันดินเสริมแรงมักเหมาะในกรณีที่ต้องการความสูงปานกลาง มีพื้นที่ทำงานพอสมควร และต้องการวิธีที่ยืดหยุ่นต่อการทรุดตัว โดยเฉพาะรูปแบบที่ใช้บล็อกกำแพงสำเร็จ (segmental retaining wall: SRW) ร่วมกับตาข่ายสังเคราะห์ ซึ่งมีคู่มือแนวปฏิบัติด้านวัสดุถม การบดอัด การวางชั้นเสริมแรง และการระบายน้ำค่อนข้างชัดเจน อย่างไรก็ตามมักขึ้นกับ คุณภาพงานดิน มากกว่าตัวบล็อกหรือแผงผนัง ได้แก่ การคัดเลือกดินถมที่เหมาะสม การควบคุมความชื้นและการบดอัดเป็นชั้น ๆ การรักษาระยะ ความยาวตาข่ายสังเคราะห์ตามแบบ และการดูแลระบบระบายน้ำไม่ให้อุดตัน[68]

---

[67] สำนักก่อสร้างทางที่ 1 กรมทางหลวง. (2555). คู่มือเทคนิคการก่อสร้างกำแพงกันดินเสริมกำลัง MSE WALL

[68] Federal Highway Administration. (2009). *Design and construction of mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes—Volume I (FHWA-NHI-10-024)*. U.S. Department of Transportation.

ในด้านการก่อสร้างและการตรวจรับงาน ประเด็นที่ควรเน้นเชิงวิชาการเพื่อให้ใช้ได้จริง ได้แก่ (1) การแบ่งชั้นถมและระดับการบดอัดที่สอดคล้องกับข้อกำหนด (2) การควบคุมแนวและความตึงของ geogrid ไม่ให้ย่นหรือบิด (3) การห้ามนำวัสดุถมที่มีดินละเอียดมากหรือไวต่อน้ำนำมาใช้เสริมแรงโดยไม่ประเมินผล (4) การจัดการน้ำผิวดินและทางระบายออกตั้งแต่เริ่มก่อสร้าง เพราะน้ำสามารถลดคุณภาพงานถมและทำให้ผนังเสียรูปได้ตั้งแต่ระยะต้น

สรุปแล้ว กำแพงกันดินเสริมแรงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าเมื่อออกแบบและควบคุมงานดินอย่างถูกต้อง โดยเฉพาะการจัดการน้ำและคุณภาพการถม-บดอัด แต่อาจไม่เหมาะสมหากพื้นที่มีน้ำใต้ดินสูง น้ำไหลผ่านผนังโดยตรง หรือชุมชนไม่สามารถดูแลระบบระบายน้ำได้ต่อเนื่อง เพราะปัจจัยเหล่านี้เป็นตัวเร่งความเสียหายระยะยาวอย่างมีนัยสำคัญ

3.6 ชีววิศวกรรม (bioengineering)

การประยุกต์ใช้พืชพรรณต่าง ๆ ในงานชีววิศวกรรม มีการริเริ่มนำมาใช้เมื่อนานมาแล้ว โดยมีหลักฐานการใช้กิ่งไม้ไผ่และต้นหลิวผูกเป็นกล่องหินเกเบี้ยน (gabion) เพื่อซ่อมแซมคันดินในประเทศจีนกว่า 2,000 ปีมาแล้ว และในช่วงก่อนสงครามโลกครั้งที่สอง ประเทศในทวีปยุโรปก็เริ่มนำเทคนิคทางชีววิศวกรรมปฐพี (soil bioengineering) มาใช้กันอย่างแพร่หลาย สำหรับประเทศริมฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกซึ่งเป็นพื้นที่ฝนตกชุกและมีการกัดเซาะรุนแรง พบว่ามีการนำหญ้าแฝกมาประยุกต์ใช้เพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ ในช่วงทศวรรษที่ 50 ในหมู่เกาะฟิจิ และได้มีการส่งเสริมการใช้หญ้าแฝกอย่างแพร่หลายในระดับนานาชาติมากขึ้น

ในประเทศไทย พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงริเริ่มและสนับสนุนการประยุกต์ใช้หญ้าแฝกเพื่อป้องกันการพังทลายของหน้าดิน การอนุรักษ์ดิน น้ำ และสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 โดยทรงตระหนักถึงศักยภาพของแฝกที่มีระบบรากลึกและแผ่กระจายลงในดิน รวมไปถึงลักษณะพุ่มที่เรียงตัวเป็นแนวเสมือนกำแพงที่มีชีวิต ภายหลังจึงได้มีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้นำหญ้าแฝกไปใช้งานจริงในโครงการต่าง ๆ เพื่อควบคุมการกัดเซาะและเสริมเสถียรภาพดิน เนื่องจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ปลูกง่าย รากของหญ้าฝากมีความสามารถในการห่อหุ้มดิน โดยจะทำการชอนไชลงในดินทำหน้าที่เป็นเกราะกำบังเพื่อรักษาเสถียรภาพของผิวดิน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการป้องกันผิวหน้าของดินและความเร็วการไหลบ่าของน้ำและการถูกกัดเซาะจากน้ำฝนด้วย

(1) กลไกที่ทำให้พืชช่วยงานเสถียรภาพลาดดินได้

1. การเสริมกำลังด้วยราก รากทำหน้าที่คล้ายเส้นใยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวเชิงปรากฏ ลดการเลื่อนตัวของดินตื้น ๆ โดยเฉพาะดินผิวหน้าที่มีแนวโน้มไหลพังทลาย

2. การควบคุมการกัดเซาะผิวหน้า (erosion control) พืชคลุมดินลดแรงกระแทกของเม็ดฝน ลดการกระเด็นของดิน และเพิ่มแรงเสียดทานที่ผิว

3. การจัดการน้ำในดิน พืชช่วยชะลอการไหลบ่า เพิ่มการซึม และการคายน้ำมีส่วนลดความชื้นส่วนเกินในชั้นดินตื้น (ผลเชิงปฏิบัติมักเด่นในฤดูฝน-แล้งสลับ)

4. การฟื้นฟูดินและระบบนิเวศ เพิ่มอินทรียวัตถุ โครงสร้างดิน และการกลับคืนของพืชพรรณอื่น ๆ ช่วยให้ระบบนิเวศฟื้นตัวและมีความยั่งยืนในระยะยาว โดยให้ผลที่รอบด้านกว่าการพึ่งพาวิธีการทางวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว

(2) กลุ่มพืชที่ใช้บ่อยและแนวคิดการเลือกชนิดพืช

พืชเบิกนำ (พืชทนสภาพเสื่อมโทรม) เหมาะสำหรับพื้นที่เปิดหน้าดิน ดินขาดธาตุอาหาร หรือพื้นที่ถูกรบกวน (แผ้วถาง/ไฟไหม้/งานตัดไหล่ทาง) จุดแข็งคือโตเร็ว ปิดผิวดินไว ลดการกัดเซาะช่วงเริ่มต้น และพาอินทรียวัตถุกลับสู่ดิน ก่อนจะค่อย ๆ ถูกแทนที่ด้วยพืชชนิดอื่นตามลำดับการฟื้นฟู

ตัวอย่างที่พบใช้ในไทย

- หญ้าแฝก มีประโยชน์ในด้านการควบคุมการกัดเซาะและเสริมความมั่นคงของดินตื้น ๆ เมื่อปลูกเป็นแนวตามเส้นชั้นความสูง

- หญ้าไม้กวาด ทนสภาพดินไม่ดี พบได้ทั่วไป ระบบรากไม่ลึกเท่าแฝก แต่ช่วยปิดผิวดินและฟื้นฟูพื้นที่ได้ดี (อภินิติ โชติสังกาศ, 2556)[69]

- ไม้โตเร็ว ไม้ท้องถิ่น สามารถจากคู่มือพรรณไม้ของหน่วยงานรัฐ (เช่น คู่มือเลือกชนิดพรรณไม้เพื่อปลูกป่าป้องกันอุทกภัยของกรมอุทยานฯ) เพื่อให้สอดคล้องกับภูมินิเวศ ลดความเสี่ยงชนิดพันธุ์ต่างถิ่น

การคัดเลือกชนิดพืชสำหรับงานชีววิศวกรรมควรเริ่มจากการประเมินความเหมาะสมของพืชต่อสภาพแวดล้อมของพื้นที่จริง ได้แก่ ความต้องการน้ำ แสง และชนิดดิน ตลอดจนความทนทานต่อความแปรปรวนตามฤดูกาล เช่น ช่วงฝนตกชุกหรือช่วงแล้งยาว หากเลือกพืชที่ไม่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ พืชจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เกิดพื้นที่โล่งซ้ำ และทำให้การชะล้างหน้าดินกลับมารุนแรงได้อีก

---

[69] อภินิติ โชติสังกาศ. (2556). *ชีววิศวกรรมปฐพี เพื่อควบคุมการชะล้างพังทลายของลาดและดินถล่ม*: หจก. พรีวัน.

ถัดมา ควรพิจารณารูปแบบระบบรากอย่างเป็นระบบ เพราะรากเป็นกลไกหลักที่ช่วยยึดเกาะหน้าดินและเพิ่มความมั่นคงของชั้นดินตื้น พืชที่มีรากแผ่กระจายเหมาะสม จะช่วยเพิ่มแรงต้านทานต่อการพังทลาย ในขณะเดียวกัน ความเร็วในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะในพื้นที่ลาดชันหรือพื้นที่เปลือยใหม่ที่เสี่ยงต่อการชะล้างสูง พืชที่งอกและปกคลุมพื้นที่ได้รวดเร็วจะช่วยลดแรงกระแทกของเม็ดฝน ลดการไหลบ่าหน้าดิน และลดโอกาสเกิดการกัดเซาะได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น

นอกจากคุณสมบัติด้านการเจริญเติบโตและระบบรากแล้ว ต้องประเมินความเสี่ยงที่พืชอาจรุกรานหรือกลายเป็นวัชพืช ซึ่งอาจสร้างผลกระทบต่อระบบนิเวศท้องถิ่นและเพิ่มภาระการจัดการในระยะยาว ดังนั้นการเลือกชนิดพืชควรสอดคล้องกับภูมินิเวศและใช้พันธุ์ท้องถิ่น เพื่อลดความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมและเพิ่มโอกาสอยู่รอดอย่างยั่งยืน สุดท้าย การเลือกพืชต้องตั้งอยู่บนความเป็นจริงของการดำเนินงาน ได้แก่ ความพร้อมของกล้า เมล็ด หรือวัสดุปลูกในท้องถิ่น ความสะดวกในการขนส่งและปลูกในพื้นที่จริง รวมถึงความสามารถในการบำรุงรักษาหลังปลูก เช่น การให้น้ำในช่วงเริ่มต้น การซ่อมแซมจุดหลุดลอก และการควบคุมการรบกวนจากสัตว์หรือวัชพืช หากพืชมีข้อกำหนดการดูแลสูงเกินกำลังของหน่วยงานผู้รับผิดชอบ ผลงานมักเสื่อมสภาพเร็วและไม่ให้ประสิทธิผลตามที่ออกแบบไว้

(3) เทคนิคชีววิศวกรรมที่ใช้ในงานลาดดินและงานฟื้นฟู

1. การปลูกเป็นแนวกันพังทลาย เช่น แนวหญ้าแฝก/พืชเป็นแนวตามเส้นชั้นความสูง ลดการไหลบ่า ดักตะกอน และค่อย ๆ สร้างระเบียงดินขนาดเล็กตามธรรมชาติ

2. พืชคลุมดินและวัสดุคลุมดิน ปิดผิวดินเร็ว ลดการกระแทกของฝน เหมาะกับไหล่ทาง พื้นที่ปรับเกรด ไถ ใหม่

3. โครงสร้างชีววิศวกรรมแบบใช้กิ่งปักชำ มัดกิ่งชั้นแปรง (เช่น live staking, fascines, brush layering) เพื่อให้เกิดรากและลำต้นเป็นโครงเสริมกำลังตามเวลา เหมาะกับคันดินและตลิ่งระดับตื้น

4. ระบบผสมกับวัสดุเสริมแรง (Vegetated geogrid/Coir log/Brush mattress) ใช้วัสดุเส้นใยธรรมชาติหรือวัสดุเสริมแรงร่วมกับพืช เพิ่มความต้านทานในช่วงพืชยังตั้งตัวไม่เต็มที่

5. งานฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม เลือกชนิดพืชตามเป้าหมายพื้นที่ (ป่าต้นน้ำ ป่าเบญจพรรณ ฯลฯ) โดยวางแผนเป็นระยะ ปิดผิวดินเร็ว ด้วยพืชเติบโตเร็วรากเจริญเติบโตได้ดีในช่วยแรก แล้วจึงเสริมเพิ่มไม้พุ่ม และเพิ่มไม้ยืนต้นท้องถิ่น

การประยุกต์ใช้เทคนิคไฮโดรซีดดิ้ง (hydroseeding) ร่วมกับวิธีทางวิศวกรรม สำหรับพื้นที่ลาดชัน เป็นเทคนิคการฉีดพ่นส่วนผสม เมล็ดพืช น้ำ ปุ๋ย วัสดุคลุมดิน สารช่วยยึดเกาะ ลงบนพื้นที่ผิดดินเปลือยหรือพื้นที่ลาดชัน เพื่อเร่งการปิดผิวดิน ลดการชะล้าง และสร้างสภาพแวดล้อมให้เมล็ดงอก โดยเหมาะอย่างยิ่งกับไหล่ทางลาดชัน พื้นที่ตัดใหม่ และพื้นที่ที่การขนย้ายแรงงานเข้าไปปลูกทำได้ยาก

ข้อดีเชิงปฏิบัติเทคนิคไฮโดรซีดดิ้ง ทำงานได้รวดเร็ว ครอบคลุมพื้นที่กว้าง และควบคุมความสม่ำเสมอของการหว่านเมล็ดได้ดี ลดการกัดเซาะระยะเริ่มต้น ปรับสูตรให้เหมาะกับเป้าหมายได้ เช่น เน้นพืชคลุมดินระยะสั้นร่วมกับไม้พุ่ม/ไม้ยืนต้นท้องถิ่น

ข้อจำกัด/ข้อควรระวัง ต้องเลือกชนิดเมล็ดให้สอดคล้องกับภูมิประเทศ-ภูมิอากาศ และหลีกเลี่ยงชนิดรุกราน จำเป็นต้องมี “แผนดูแลระยะตั้งตัว” อย่างน้อย 1-3 เดือนแรก (รดน้ำ/ป้องกันการรบกวน/ซ่อมจุดหลุดลอก) ประสิทธิภาพลดลงในพื้นที่แห้งแล้งมากหรือไม่มีแหล่งน้ำสนับสนุน และในพื้นที่ที่น้ำไหลบ่ารุนแรงมากควรเสริมมาตรการชะลอน้ำ/ร่องระบายน้ำก่อน แนวทางใช้งานที่เหมาะสม: ให้ถือไฮโดรซีดดิ้งเป็นวิธีปิดผิวดินแบบเร่งด่วน แล้วค่อยต่อยอดด้วยการปลูกเสริมชนิดพืชท้องถิ่นที่มีอายุยืนกว่า หรือเพื่อให้ผลยั่งยืน

เพื่อให้การนำเทคนิคชีววิศวกรรมไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีโอกาสสำเร็จผลสูง ควรมีการพิจารณาขั้นตอนเบื้องดังนี้

1. สำรวจสภาพพื้นที่ ความชัน ความยาวลาด ชนิดดิน การระบายน้ำ แหล่งน้ำสนับสนุน ร่องน้ำจุดรวมการไหลบ่า และชนิดการพังทลายของพื้นที่

2. กำหนดเป้าหมายและระดับความเสี่ยง เน้นลดกัดเซาะผิวหน้า หรือเสริมเสถียรภาพดินตื้น หรือฟื้นฟูระบบนิเวศ (หรือพิจารณาทั้งหมดร่วมกัน)

3. เลือกแนวทางการป้องกันแก้ไขแบบผสม เช่น การใช้พืช งานระบายน้ำผิวดิน (ราง/คู/ร่อง) วัสดุคลุมดิน โครงสร้างจำเป็นตามพื้นที่เสี่ยง (เช่น กำแพงกันดิน/เกเบี้ยน) ในจุดวิกฤต

4. กำหนดชนิดพืช ระยะปลูก วิธีเตรียมดิน ปรับปรุงดิน (อินทรียวัตถุ/ปุ๋ย) ฤดูกาลที่เหมาะสม และเกณฑ์การรับงาน (เปอร์เซ็นต์การปกคลุม/อัตราการรอดของพืช)

5. บำรุงรักษาและติดตามผล นั้นก็ขึ้นอยู่กับฤดูกาลในการเริ่มดำเนินการด้วย เน้นช่วงฤดูฝนแรก หรือในช่วงฤดูมรสุมที่มีฝนรุนแรงก็อาจทำให้พืชพรรณที่อ่อนแอเสียหายได้ รวมถึงการตรวจการหลุดลอก ซ่อมแซมจุดน้ำไหลรวม ควบคุมวัชพืช สัตว์รบกวน และประเมินการกัดเซาะหลังฝนหนัก

ชีววิศวกรรมเป็นเทคนิคแนวทางที่ให้ผลทั้งด้านวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม เหมาะอย่างยิ่งสำหรับปัญหาการกัดเซาะและความไม่มั่นคงของลาดที่มีความเสี่ยงดินถล่มระดับตื้นรวมถึงงานฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการนำไปประยุกต์ใช้นั้นขึ้นอยู่กับการเลือกชนิดพืชให้เหมาะกับพื้นที่ และการบริหารจัดการน้ำ หากละเลยงานระบายน้ำหรือการดูแลพืชในระยะต้น พืชอาจจะไม่สามารถทำหน้าที่เสริมเสถียรภาพได้ตามที่ตั้งเป้าไว้

3.7 เครื่องมือระวังภัยดินถล่ม

ระบบเฝ้าระวังดินถล่มด้วยการใช้เครื่องมือตรวจวัดทางวิศวกรรมเป็นองค์ประกอบสำคัญในการทำความเข้าใจพฤติกรรมของลาดดินที่มีความไม่มั่นคง ช่วยในการสนับสนุนการบริหารจัดการความเสี่ยงต่อชีวิต ทรัพย์สิน และโครงสร้างพื้นฐาน โดยเฉพาะในบริบทประเทศไทยที่พื้นที่ลาดชันจำนวนมากอยู่ใกล้ชุมชน เส้นทางคมนาคม และพื้นที่ต้นน้ำ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากฝนฤดูมรสุมและฝนตกหนักแบบฉับพลันได้ การเฝ้าระวังด้วยเครื่องมือตรวจวัด ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจภาคสนามเป็นรอบ การอ่านค่าตามช่วงเวลา หรือการส่งข้อมูลอัตโนมัติ ช่วยให้ตรวจจับเหตุการณ์ผิดปกติและความไม่มั่นคงก่อนการวิบัติได้ทันเวลา เช่น แนวโน้มฝนสะสมสูงผิดปกติ การเพิ่มขึ้นของความชื้นดินและแรงดันน้ำโพรง ระดับน้ำใต้ดิน ตลอดจนการเพิ่มอัตราการเคลื่อนตัวหรือการเร่งตัวของการเสียรูปของมวลดิน ซึ่งสัมพันธ์กับการลดลงของความเค้นมีผลและกำลังรับแรงเฉือนของดิน อันเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เสถียรภาพของลาดลดลงและพัฒนาไปสู่การพังทลาย[70]

ในเชิงปฐพีกลศาสตร์ สัญญาณที่ใช้เฝ้าระวังมักสะท้อนกระบวนการสำคัญ 3 มิติที่สัมพันธ์กัน ได้แก่ (1) ตัวกระตุ้น (trigger) เช่น ฝนและการไหลบ่าหน้าดิน (2) สภาวะภายในมวลดิน (state) เช่น ความชื้นดิน แรงดันน้ำโพรง และระดับน้ำใต้ดิน และ (3) การตอบสนองเชิงกล (response) เช่น การเสียรูป ความเอียง และการเคลื่อนตัวของลาดดิน การติดตามตัวแปรทั้งสามมิติตามกลไกการวิบัติของพื้นที่ช่วยให้ตีความพฤติกรรมของลาดได้ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างฝนรายชั่วโมง–ฝนสะสมกับการเพิ่มขึ้นของความชื้น แรงดันน้ำโพรง และรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเคลื่อนตัว (รวมถึงการเร่งตัวในบางกรณี) ซึ่งมีประโยชน์ต่อการประเมินแนวโน้มความเสี่ยงภัยและการสื่อสารสถานการณ์กับผู้เกี่ยวข้อง[71]

ตัวอย่างเชิงภาพรวมในกรณีลาดดินข้างทางในฤดูฝน การเฝ้าระวังมักเริ่มจากข้อมูลฝน (เครื่องวัดน้ำฝนรายเวลา) เพื่อประเมินความรุนแรงและฝนสะสม จากนั้นติดตามสภาวะน้ำในมวลดิน (เช่น ความชื้นดิน แรงดันน้ำโพรง หรือระดับน้ำใต้ดิน) เพื่อประเมินการตอบสนองภายในมวลดิน และจึงติดตามการตอบสนองเชิงกล (เช่น tilt meter, crack meter/extensometer, GNSS และ inclinometer) เพื่อยืนยันการเสียรูปและการเคลื่อนตัวของลาดดิน

---

[70] United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023). *Words into Action guidelines: Multi-hazard early warning systems* (Public review version). UNDRR.

[71] Pecoraro, G., Calvello, M., & Piciullo, L. (2019). Monitoring strategies for local landslide early warning systems. *Landslides,* 16(2), 213–231. https://doi.org/10.1007/s10346-018-1068-z

โดยสามารถอธิบายเครื่องมือการเฝ้าระวังในสามระดับ ตามลำดับเวลาและระดับความใกล้ชิดต่อเหตุการณ์ ได้แก่ (1) การคาดการณ์และเตือนภัยล่วงหน้า (forecast-based warning) (2) การติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ด้วยการตรวจติดตามสภาวะและการตอบสนองของลาด (response monitoring) และ (3) การตรวจจับขณะเกิดเหตุ (event detection/event mode) ซึ่งสำคัญมากสำหรับเหตุการณ์ที่เกิดเร็ว เช่น ดินโคลนถล่มหรือเศษหินดินไหลในร่องน้ำ

(1) ระดับคาดการณ์และเตือนภัยล่วงหน้า โดยใช้ข้อมูลฝนที่ตรวจวัดได้จริงร่วมกับข้อมูลพยากรณ์ฝนและ/หรือแบบจำลองเชิงสถิติจากข้อมูลย้อนหลัง เพื่อติดตามสถานการณ์ฝน ว่ามีค่าเข้าใกล้ระดับน้ำฝนวิกฤตหรือไม่ แม้ยังไม่พบสัญญาณการเคลื่อนตัวในขณะนั้น เครื่องมือและข้อมูลที่ใช้มักประกอบด้วยเครื่องวัดน้ำฝนรายเวลา (เน้นความละเอียดเพื่อจับฝนหนักระยะสั้น) เรดาร์ฝน ผลพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข และเกณฑ์ฝน (rainfall thresholds) เช่น ความเข้มฝน–ระยะเวลา (I–D) หรือฝนสะสมล่วงหน้า (antecedent rainfall) เพื่อชี้เป้าความเสี่ยง และจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่/ช่วงเวลาก่อนเข้าสู่การติดตามเชิงลึกระดับพื้นที่[3]

(2) ระดับสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ ในกระบวนการเดินถล่มนั้นอาจจะไม่ได้เกิดเหตุทันทีทันใด อาจจะเกิดการสะสมพลังมาก่อน และกระบวนการระบายน้ำได้ทันกับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาหรือไม่ และลาดดินกำลังตอบสนองหรือยัง ระดับนี้จึงเน้นการตรวจติดตามตัวแปรด้านสภาวะและการตอบสนองร่วมกัน ได้แก่ ความชื้นดิน แรงดันน้ำโพรง และระดับน้ำใต้ดิน (กลุ่ม state) ควบคู่กับความเอียงผิวดิน การยืดตัว/รอยแยก การเคลื่อนตัวผิวดิน (เช่น GNSS) และการเคลื่อนตัวใต้ผิวดิน (in-place inclinometer) (กลุ่ม response) การสะสมพลังงานก่อนที่จะเกิดการเคลื่อนตัว โดยให้ความสำคัญกับแนวโน้ม และ อัตราการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะการเร่งตัวซึ่งมักมีนัยสำคัญก่อนการวิบัติ การติดตามหลายตัวแปรร่วมกันช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นในการตีความและลดการเตือนผิดพลาด[2]

(3) ระดับตรวจจับขณะเกิดเหตุ ตรวจจับและยืนยันเหตุให้ทันที เพื่อสนับสนุนการสั่งการฉุกเฉิน เหมาะกับเหตุการณ์ที่เกิดเร็ว เช่น debris flow ในร่องน้ำ เครื่องมือที่ใช้จึงเป็นเซนเซอร์เหตุการณ์ที่ตรวจจับสัญญาณโดยตรง เช่น เซนเซอร์สั่นสะเทือน สายตรวจจับ/สายกระแทก (tripwire/impact wire) เซนเซอร์ระดับน้ำหรือการไหลในร่องน้ำ และอาจใช้กล้องเป็นข้อมูลประกอบเพื่อยืนยันสถานการณ์

ในทางปฏิบัติ ระบบอาจบันทึกที่ความถี่ต่ำในภาวะปกติเพื่อประหยัดพลังงานและเพิ่มเสถียรภาพ แต่เมื่อสัญญาณเข้าเงื่อนไขที่กำหนดจึงสลับเป็นการบันทึกถี่สูงและส่งสัญญาณเตือนทันที อย่างไรก็ดี แนวทางนี้มีต้นทุนสูงและต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบระบบ เพื่อให้เตือนภัยได้รวดเร็วและแม่นยำ รวมถึงสามารถนำข้อมูลไปใช้ประเมินความรุนแรงของเหตุการณ์และพัฒนาเกณฑ์เตือนภัยในอนาคตได้

อย่างไรก็ดี ระบบเฝ้าระวังดินถล่มโดยทั่วไปมีต้นทุนการติดตั้งและบำรุงรักษา และต้องอาศัยความเชี่ยวชาญในการเลือกชนิดเครื่องมือ การกำหนดตำแหน่งติดตั้ง การปรับเทียบ และการตีความผลการตรวจวัด ดังนั้นประสิทธิภาพของการใช้เครื่องมือเฝ้าระวังจึงขึ้นกับการออกแบบระบบ ตั้งแต่การกำหนดวัตถุประสงค์การเฝ้าระวัง การเลือกตัวแปรและเครื่องมือ การจัดการคุณภาพข้อมูล ไปจนถึงการเชื่อมโยงเข้ากับระบบแจ้งเตือนภัยและแผนตอบสนองที่ทำได้จริง

3.7.1 เครื่องมือตรวจวัดและเทคโนโลยี

โดยทั่วไป เครื่องมือระวังภัยดินถล่มสามารถจัดกลุ่มตามบทบาทของข้อมูลได้เป็นสามส่วนที่ต้องทำงานร่วมกัน ได้แก่ ส่วนข้อมูลฝนและน้ำผิวดิน ส่วนข้อมูลอุทกธรณีภายในมวลดิน และส่วนข้อมูลการเสียรูป/การเคลื่อนตัวของลาด ในกลุ่มข้อมูลฝน

1) อุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝน

เครื่องวัดน้ำฝนเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับติดตามปริมาณน้ำฝนและปริมาณฝนสะสม ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นหลักของดินถล่ม การเลือกใช้ควรให้ความสำคัญกับความละเอียดแม่นยำของอุปกรณ์ ความสะดวกในการตรวจวัดและบำรุงรักษา และตำแหน่งติดตั้ง ให้แทนสภาพฝนจริงของพื้นที่ลาดบริเวณโดยรอบ

เครื่องวัดน้ำฝนพบได้ทั้งแบบอ่านค่าเอง (manual) และแบบอัตโนมัติ (automatic) ขณะที่บางพื้นที่อาจใช้เซนเซอร์แบบออปติคัล (optical) ซึ่งตรวจวัดจากการรบกวน การกระเจิงของแสง มักติดตั้งร่วมกับสถานีตรวจวัดอากาศ (weather station) และยังสามารถส่งข้อมูลไปยังระบบเฝ้าระวัง



รูปที่ 3-17 ตัวอย่างเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝนแบบใช้แสง (Optical rain gauge sensor)
ที่มา : Hydreon Corporation[72] สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2568

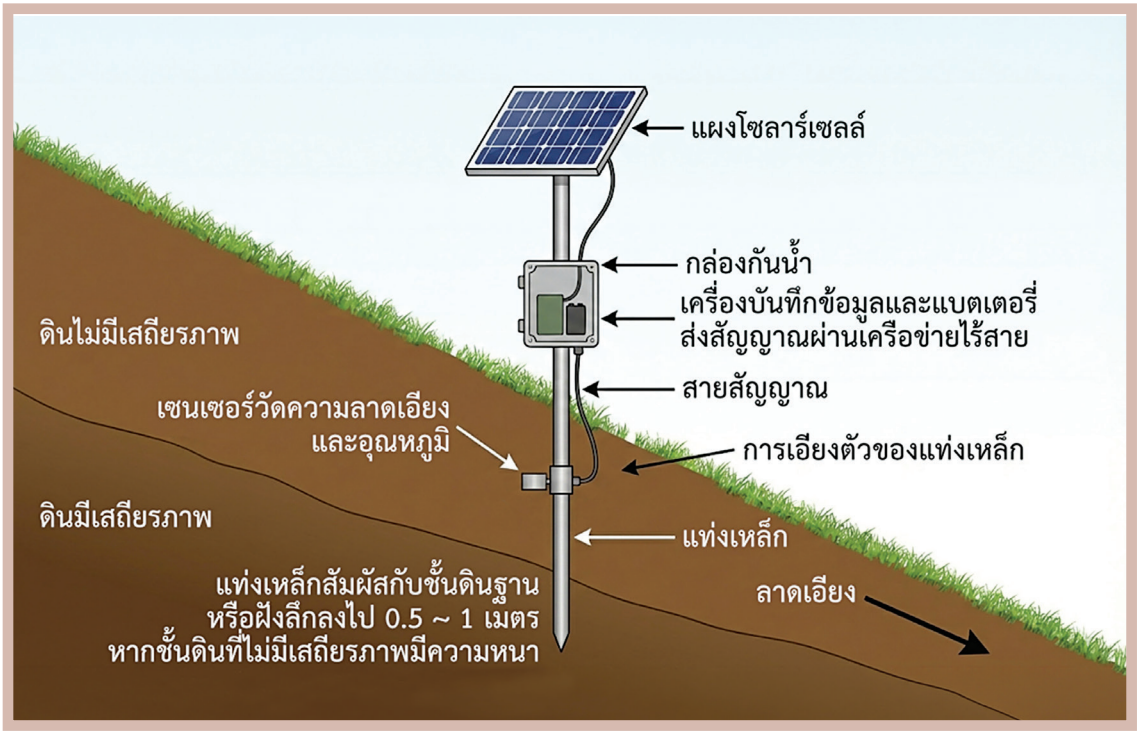
[72] Hydreon Corporation. (n.d.). *Rain Gauge Model RG-15 (Optical Rain Gauge).* สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2568, จาก https://rainsensors.com/products/rg-15

2) เซนเซอร์ความชื้นดิน (soil moisture sensor) ใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นในชั้นดิน ซึ่งสะท้อนกระบวนการซึมผ่านและระดับการอิ่มน้ำของมวลดิน โดยข้อแนะนำควรติดตั้งอย่างน้อย 2 ระดับความลึก เพื่อเปรียบเทียบความชื้นบริเวณผิวดิน/ใกล้ผิวดินกับความชื้นในชั้นลึกที่ได้รับอิทธิพลจากการไหลซึมของน้ำเข้าสู่มวลดิน เซนเซอร์ส่วนใหญ่เป็นการวัด ทางอ้อม จากตัวแปรทางไฟฟ้า (เช่น ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก) แล้วแปลงเป็นค่าความชื้นเชิงปริมาตร (Volumetric Water Content; VWC) ข้อดีคือมีต้นทุนต่ำกว่าการวัดแรงดันน้ำโพรงโดยตรง ทำให้สามารถกระจายติดตั้งได้จำนวนมาก และเหมาะใช้เป็นตัวชี้วัดเพื่อการแจ้งเตือนเมื่อดินมีแนวโน้มเข้าใกล้สภาวะอิ่มตัว อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำและการแปลผลขึ้นกับชนิดดินและการปรับเทียบเฉพาะพื้นที่ รวมถึงตำแหน่งและความลึกในการติดตั้ง จึงจำเป็นต้องออกแบบจุดติดตั้งและวิธีตีความข้อมูลให้เหมาะสมกับสภาพชั้นดินของพื้นที่

3) เครื่องวัดแรงดันน้ำใต้ดินหรือแรงดันน้ำโพรง (piezometer) เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการเฝ้าระวังดินถล่ม เนื่องจากใช้ตรวจวัดค่าแรงดันน้ำโพรง (pore-water pressure; u) ได้โดยตรง ซึ่งเป็นหนึ่งในพารามิเตอร์ที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดอย่างชัดเจน โดยแรงดันน้ำโพรงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับหน่วยแรงประสิทธิผล (effective stress; $\sigma' = \sigma - u$) เมื่อค่า u เพิ่มขึ้น หน่วยแรงประสิทธิผลจะลดลง ส่งผลให้กำลังเฉือนของดินลดลงและเสถียรภาพของลาดลดลงตามไปด้วย

เมื่อเทียบกับเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน piezometer มีต้นทุนและความซับซ้อนในการติดตั้งสูงกว่า แต่มีข้อได้เปรียบที่สำคัญคือเป็นการวัดค่าตรงของแรงดันน้ำโพรง ขณะที่ค่าความชื้นเป็นตัวชี้วัดทางอ้อมและต้องอาศัยการปรับเทียบตามชนิดดินและสภาพพื้นที่ ทำให้การเปรียบเทียบข้ามพื้นที่ทำได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถทราบลักษณะการซึมน้ำของดินในแต่ละพื้นที่ได้ครบถ้วน การใช้ piezometer จึงช่วยลดความไม่แน่นอนด้วยข้อมูลภาคสนาม และควรใช้ร่วมกับข้อมูลฝนและข้อมูลการเคลื่อนตัวเพื่อกำหนดเกณฑ์เตือนภัยที่มีเหตุผลทางวิศวกรรม

4) เครื่องมือตรวจวัดความเอียงที่ผิวดิน (surface tilt meter) เครื่องมือกลุ่มนี้ใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงมุมเอียงและการเสียรูปของลาดดินอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมักเป็นสัญญาณนำของการเคลื่อนตัวแบบค่อยเป็นค่อยไป (creep) หรือการเร่งตัวก่อนวิบัติ โดย เครื่องวัดความเอียงที่ผิวดิน (surface tilt meter) ใช้วัดการเปลี่ยนมุมเอียงที่ผิวดินเพื่อเฝ้าระวังแนวโน้มการเคลื่อนตัวแบบเรียลไทม์ ขณะที่เครื่องวัดการเคลื่อนตัวใต้ผิวดิน (inclinometer) เช่น อินคลิโนมิเตอร์แบบติดตั้งถาวร (in-place inclinometer) หรือ ระบบวัดการเอียงตามแนวลึก ใช้วัดการเอียง/การโก่งตัวตามความลึก ทำให้สามารถระบุระดับความลึกที่เกิดการเฉือนหรือแนวระนาบเลื่อน (slip surface) ได้ชัดเจน และช่วยอธิบายพฤติกรรมการเคลื่อนตัวเชิงความลึกของลาดดินอย่างเป็นระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3-18 ซึ่งแสดงแนวคิดการเฝ้าระวังทั้งการเสียรูป (deformation) และการไหลซึมของน้ำ (water seepage) ที่สัมพันธ์กับกระบวนการวิบัติของลาดภายใต้ฝนตกหนัก

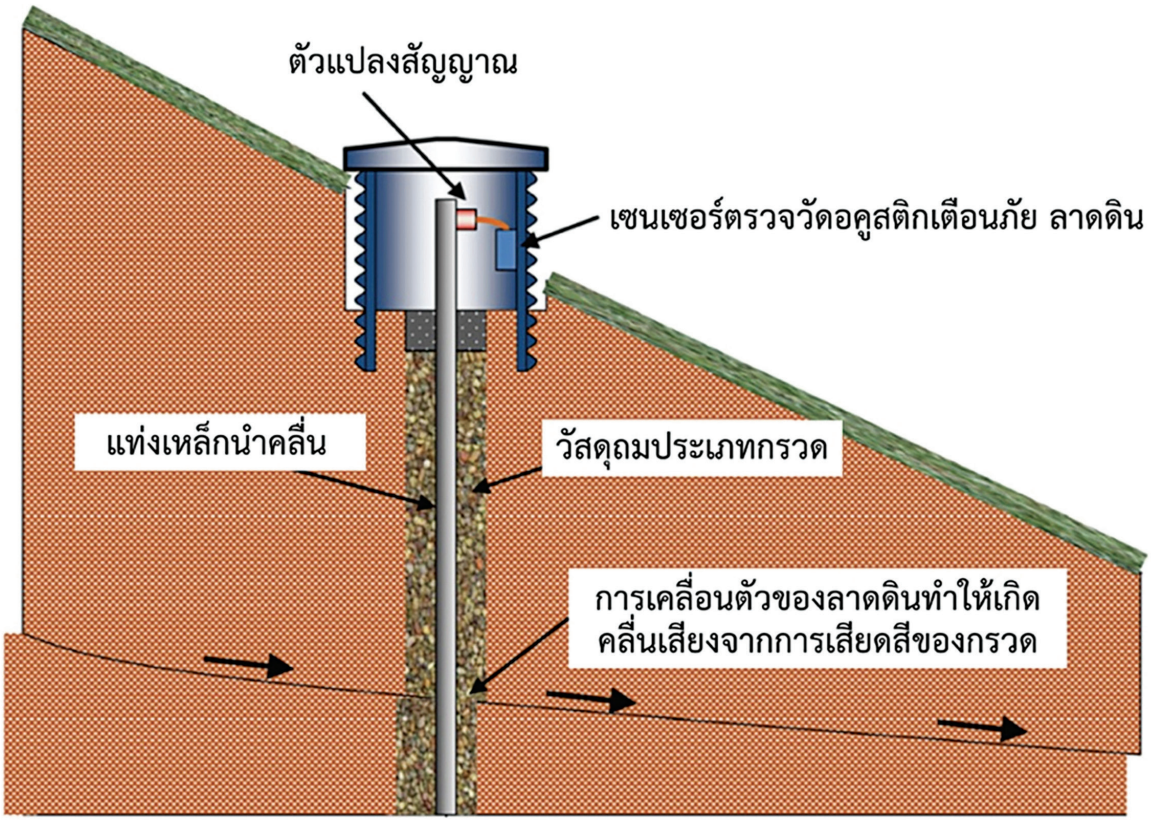


รูปที่ 3-18 การติดตั้งเครื่องมือวัดความลาดเอียงที่ผิวดิน (surface tilt meter)
ที่มา : ดัดแปลงจาก Uchimura และคณะ (2013)[73]

5) ระบบตรวจวัดคลื่นอคูสติกเพื่อเตือนภัยดินถล่ม (Acoustic Emission: AE; Slope ALARMS) ระบบตรวจวัดคลื่นอคูสติก (acoustic emission; AE) ใช้เฝ้าระวังดินถล่มโดยเสียงความถี่สูง ที่เกิดจากการเสียดสีและการเคลื่อนที่ของวัสดุในมวลดินเมื่อเริ่มเสียรูปหรือเริ่มเกิดการเฉือน แนวคิดของระบบ Slope ALARMS คือการเจาะหลุมแล้วติดตั้ง แท่งเหล็กนำคลื่น (steel waveguide) ลงไป จากนั้น กลบกลับด้วยกรวด (gravel backfill) รอบ ๆ แท่งเหล็ก และติดตั้ง หัวตรวจจับ/ทรานสดิวเซอร์ (transducer) หรือเซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือนที่ส่วนบนของแท่งเหล็ก (รูปที่ 3-19)

เมื่อดินเริ่มเคลื่อนตัว กรวดในหลุมจะเกิดการกระทบและเสียดสีกัน ทำให้เกิดสัญญาณคลื่นอคูสติก แล้วส่งผ่านขึ้นมาตามแท่งเหล็กไปยังหัวตรวจจับ ระบบจะนับและประมวลผล จำนวนครั้งหรืออัตราการเกิดสัญญาณ (เช่น count rate หรือ event rate) เพื่อใช้บอกระดับความรุนแรงของการเคลื่อนตัว หากตรวจพบว่าอัตราการเกิดสัญญาณเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง มักตีความได้ว่ามวลดินกำลังเคลื่อนตัวมากขึ้นหรือเริ่มเร่งตัว ซึ่งสามารถนำไปตั้งเกณฑ์แจ้งเตือนได้

[73] Uchimura, T., Gizachew, G., Wang, L., Nishie, S., & Seko, I. (2013). *Deformation and water seepage observed in a natural slope during failure process by artificial heavy rainfall* (Figure 1). ใน *Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ICSMGE 2013), Paris 2013* (หน้า 2273–2276)



รูปที่ 3-19 อุปกรณ์เตือนภัยดินโคลนถล่ม โดยวิธีตรวจวัดคลื่นอคูสติก
ที่มา : ดัดแปลงจาก Dixon และคณะ (2018)[74]

ในบางกรณี การเฝ้าระวังจากระยะไกลด้วยเทคโนโลยีสำรวจ เช่น ภาพถ่ายดาวเทียมแบบอินเตอร์เฟอโรมิทรี (InSAR) เรดาร์ภาคพื้น (ground-based radar/GB-InSAR) หรือการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV photogrammetry) สามารถใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ระดับกว้างและช่วยคัดกรองพื้นที่เสี่ยงได้ดี แต่โดยหลักควรถูกใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนและบูรณาการร่วมกับข้อมูลจากเซนเซอร์ภาคสนาม โดยเฉพาะเมื่อจำเป็นต้องใช้การเตือนภัยเชิงปฏิบัติการในระดับชุมชนหรือโครงสร้างพื้นฐานเฉพาะจุด

[74] Dixon, N., Smith, A., Flint, J. A., Khanna, R., Clark, B., & Andjelkovic, M. (2018). *An acoustic emission landslide early warning system for communities in low-income and middle-income countries. Landslides.* https://doi.org/10.1007/s10346-018-0977-1

3.7.2 ระบบโทรมาตร (telemetering)

เพื่อให้เครื่องมือตรวจวัดที่กล่าวมาก่อนหน้า เช่น เครื่องวัดน้ำฝน เซนเซอร์ความชื้นดิน พีโซมิเตอร์ และเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวหรือความเอียง สามารถเฝ้าระวังได้อย่างต่อเนื่องและทันเหตุการณ์ จึงมักเชื่อมต่อเข้ากับระบบโทรมาตร (telemetering) ซึ่งหมายถึงระบบตรวจวัดและส่งข้อมูลจากสถานีภาคสนามไปยังศูนย์รับข้อมูลจากระยะไกลแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ โดยทั่วไปประกอบด้วยชุดเซนเซอร์ตรวจวัด หน่วยบันทึกข้อมูลและประมวลผลเบื้องต้น (data logger) แหล่งจ่ายไฟและระบบสำรอง เช่น โซลาร์เซลล์ร่วมกับแบตเตอรี่ และระบบสื่อสารข้อมูล เช่น เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (GPRS/4G/5G) วิทยุสื่อสาร หรือเครือข่ายไร้สายระยะไกลพลังงานต่ำ (LoRa/LoRaWAN) เพื่อส่งข้อมูลแบบใกล้เวลาจริงไปยังศูนย์ข้อมูลหรือแพลตฟอร์มกลาง จุดเด่นของระบบโทรมาตรคือทำให้ข้อมูลมีความต่อเนื่องและทันเหตุการณ์ เหมาะสำหรับช่วงฝนหนักที่เข้าพื้นที่ได้ยากและมีความเสี่ยงสูง ช่วยให้หน่วยงานติดตามแนวโน้มและเชื่อมต่อสู่การแจ้งเตือนได้รวดเร็วขึ้น เช่น ระบบเตือนภัยล่วงหน้าน้ำหลาก–ดินถล่มของกรมทรัพยากรน้ำที่แสดงค่าฝน ระดับน้ำ และความชื้นดินจากสถานีภาคสนาม[75]

อย่างไรก็ตาม ความน่าเชื่อถือของระบบโทรมาตรขึ้นกับคุณภาพข้อมูลและความต่อเนื่องของสัญญาณ จึงควรกำหนดกระบวนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล เช่น ค่าฝนผิดปกติจากการอุดตันหรือการกระแทก การจัดการข้อมูลขาดหาย และการติดตามสถานะการทำงานของระบบแยกจากเกณฑ์เตือนภัย เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนระหว่างเหตุภัยกับความขัดข้องของระบบ ทั้งนี้ประเทศไทยมีการใช้งานสถานีโทรมาตรเพื่อการแจ้งเตือนภัยในระดับหน่วยงานรัฐ และมีการเผยแพร่ชุดข้อมูลสถานีโทรมาตรเพื่อการแจ้งเตือนภัยที่ครอบคลุมภัยหลายประเภท รวมถึงดินถล่มด้วย[76]

3.7.3 แผนการจัดการภัยดินถล่มระดับชุมชน

แผนการจัดการภัยพิบัติดินถล่มให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจถึงความเสี่ยง โดยเน้นกระบวนการเตรียมความพร้อมและการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น ซึ่งสามารถจำแนกแนวทางปฏิบัติออกเป็น 3 ระยะสำคัญ ดังนี้

1) การเตรียมความพร้อม

ชุมชนในพื้นที่ลาดชันและที่ราบเชิงเขาจำเป็นต้องมีการประเมินความเสี่ยงอย่างเป็นระบบ การดำเนินการไม่ได้จำกัดเพียงการรอรับความช่วยเหลือ แต่ต้องเริ่มจากการสร้าง “แผนที่เสี่ยงภัยฉบับชุมชน” (community risk map) ซึ่งระบุจุดเสี่ยงดินถล่ม ดินไหล และหินร่วง รวมถึงเส้นทางระบายน้ำและพื้นที่ต้นน้ำลำธาร

---

[75] กรมทรัพยากรน้ำ. (ม.ป.ป.). ระบบเตือนภัยล่วงหน้าน้ำหลาก–ดินถล่ม (Early Warning System). สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2568, จาก https://ews.dwr.go.th/ews/

[76] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (ม.ป.ป.). ข้อมูลสถานีตรวจวัดโทรมาตรเพื่อการแจ้งเตือนภัย (ชุดข้อมูลเปิด). สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2568, จาก https://catalog.disaster.go.th/dataset/dpm-gd023

นอกจากนี้ การวางแผนต้องครอบคลุมทุกมิติ ได้แก่ แผนการเฝ้าระวัง แผนการอพยพ แผนการช่วยเหลือฉุกเฉิน และแผนฟื้นฟูเยียวยา โดยหัวใจสำคัญคือการพัฒนาศักยภาพของคนในชุมชนให้มีความตระหนักรู้ (awareness) ผ่านการฝึกอบรมเพื่อให้เข้าใจสภาพธรณีวิทยาและสัญญาณเตือนภัยธรรมชาติ

2) การสร้างกลไกเฝ้าระวังและระบบเตือนภัยล่วงหน้า (early warning system protocol)

เพื่อลดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน กลไกการเฝ้าระวังต้องทำงานประสานกันเป็นเครือข่าย โดยกรมทรัพยากรธรณีได้วางแนวทางให้ชุมชนเข้ามามีบทบาทหลักในฐานะเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนธรณีพิบัติภัย” ซึ่งมีขั้นตอนปฏิบัติที่ชัดเจน ดังนี้

การกำหนดจุดเฝ้าระวัง (monitoring points) ติดตั้งจุดสังเกตการณ์ในพื้นที่ต้นน้ำที่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและสีของน้ำได้อย่างชัดเจน

การติดตามสถานการณ์ (surveillance) จัดเวรยามอาสาสมัครตรวจวัดปริมาณน้ำฝนโดยเฉพาะในช่วงที่มีพายุหรือฝนตกหนักติดต่อกัน

ระบบการสื่อสาร (chain of command) เมื่อพบสัญญาณเตือนภัย (เช่น น้ำขุ่นข้น, เสียงดังจากภูเขา) ต้องแจ้งข่าวตามลำดับขั้น ตั้งแต่ผู้ใหญ่บ้าน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ไปจนถึงระดับอำเภอและจังหวัด เพื่อเปิดสัญญาณเตือนภัยผ่านหอกระจายข่าวหรือไซเรน ให้ประชาชนอพยพไปยังจุดปลอดภัยทันที

3) การซักซ้อมและการบูรณาการความร่วมมือ (simulation and integration)

แผนงานที่ดีจะไร้ความหมายหากขาดการปฏิบัติจริง ดังนั้น การซักซ้อมแผนเผชิญเหตุจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ประชาชนเกิดความคุ้นเคยกับขั้นตอนการอพยพ การซักซ้อมควรจำลองสถานการณ์เสมือนจริง ครอบคลุมทั้งช่วงก่อนเกิดเหตุ ขณะเกิดเหตุ และหลังเกิดเหตุ

การดำเนินการในระยะนี้ต้องอาศัยการบูรณาการร่วมกับหน่วยงานภายนอก เช่น กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย หน่วยแพทย์ฉุกเฉิน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อทดสอบระบบการประสานงานและการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และนำข้อบกพร่องมาถอดบทเรียน (After Action Review) เพื่อปรับปรุงแผนให้ทันสมัยอยู่เสมอ

ความสำเร็จของการบรรเทาผลกระทบขึ้นอยู่กับความตื่นตัวของประชาชน ติดตามตรวจสอบพื้นที่ปลูกสร้างแหล่งที่อยู่อาศัยของตนว่าอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยหรือไม่ มีส่วนร่วมในการซักซ้อมแผนการอพยพ ในการติดตามข้อมูลพยากรณ์อากาศและสังเกตสิ่งบอกเหตุทางธรรมชาติ ควบคู่ไปกับบทบาทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับดินถล่มประสานกับหน่วยงานที่เชี่ยวชาญ สนับสนุนงบประมาณ อุปกรณ์สื่อสาร และการส่งเสริมมาตรการระยะยาว เช่น การปลูกป่าทดแทนเพื่อยึดหน้าดิน ซึ่งจะเป็นเกราะป้องกันภัยที่ยั่งยืนที่สุดข้อพึงปฏิบัติขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น



รูปที่ 3-20 ผังขั้นตอนการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนภัยดินถล่มโดยเครือข่ายเฝ้าระวังระดับชุมชน
ที่มา : ดัดแปลงจาก แนวทางการจัดตั้งเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนธรณีพิบัติภัย
โดย กรมทรัพยากรธรณี



บทที่ 4

โครงการวิจัยและประยุกต์ใช้ การป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่ม ตามแนวพระราชดำริ



การนำแนวพระราชดำริมาประยุกต์ใช้ในการจัดการปัญหาดินถล่มจำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้เชิงบูรณาการทั้งด้านวิศวกรรม ธรณีวิทยา สิ่งแวดล้อม และสังคมศาสตร์ เพื่อให้เกิดผลอย่างยั่งยืนและเหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงเล็งเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินบนพื้นที่สูง การจัดการทรัพยากรน้ำ และความมั่นคงของชุมชน จึงทรงพระราชทานแนวพระราชดำริให้มีการศึกษา ทดลอง และพัฒนาระบบป้องกันภัยพิบัติอย่างเป็นรูปธรรม หนึ่งในโครงการสำคัญที่สืบสานแนวพระราชดำริดังกล่าวคือ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มในพื้นที่สูงชันตามแนวพระราชดำริ ดำเนินการโดย มูลนิธิชัยพัฒนา ในปี พ.ศ. 2559 ประกอบด้วย 12 โครงการย่อย ซึ่งจัดทำโดยนักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งหน่วยงานมหาวิทยาลัยและหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งมีจุดเริ่มต้นจากพระราชดำริที่พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร พระราชทานแก่ ดร.สุเมธ ตันติเวชกุล เลขาธิการมูลนิธิชัยพัฒนา เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 พระองค์ทรงมีพระราชประสงค์ให้มีการศึกษาและวิจัยอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้คำตอบเชิงวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมว่าควร “ปลูกพืชอย่างไร” และ “ออกแบบโครงสร้างป้องกันอย่างไร” จึงจะสามารถลดความเสี่ยงจากดินถล่มได้อย่างยั่งยืน เป้าหมายคือต้นแบบพื้นที่ที่สามารถป้องกันดินถล่มได้และเป็นแหล่งเรียนรู้ให้ชุมชนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ ขยายผล และพึ่งพาตนเองได้ในระยะยาว เพื่อให้เห็นแนวทางและองค์ประกอบของการดำเนินงานในเชิงประยุกต์ เอกสารฉบับนี้ได้ประมวลโครงการทั้ง 12 โครงการดังกล่าว และจัดกลุ่มตามลักษณะการดำเนินงานออกเป็น 4 กลุ่มแนวทางหลักได้แก่ 1) ด้านเทคโนโลยีการวิเคราะห์เพื่อการประเมินความเสี่ยง 2) การประยุกต์ใช้วิศวกรรมชีวภาพและนวัตกรรมเพื่อการแก้ปัญหาที่ยั่งยืน 3) เทคโนโลยีการเฝ้าระวังและการมีส่วนร่วมของชุมชน และ 4) การประเมินผลกระทบและการขยายผลสู่การปฏิบัติในวงกว้าง

4.1 เทคโนโลยีการวิเคราะห์เพื่อการประเมินความเสี่ยง

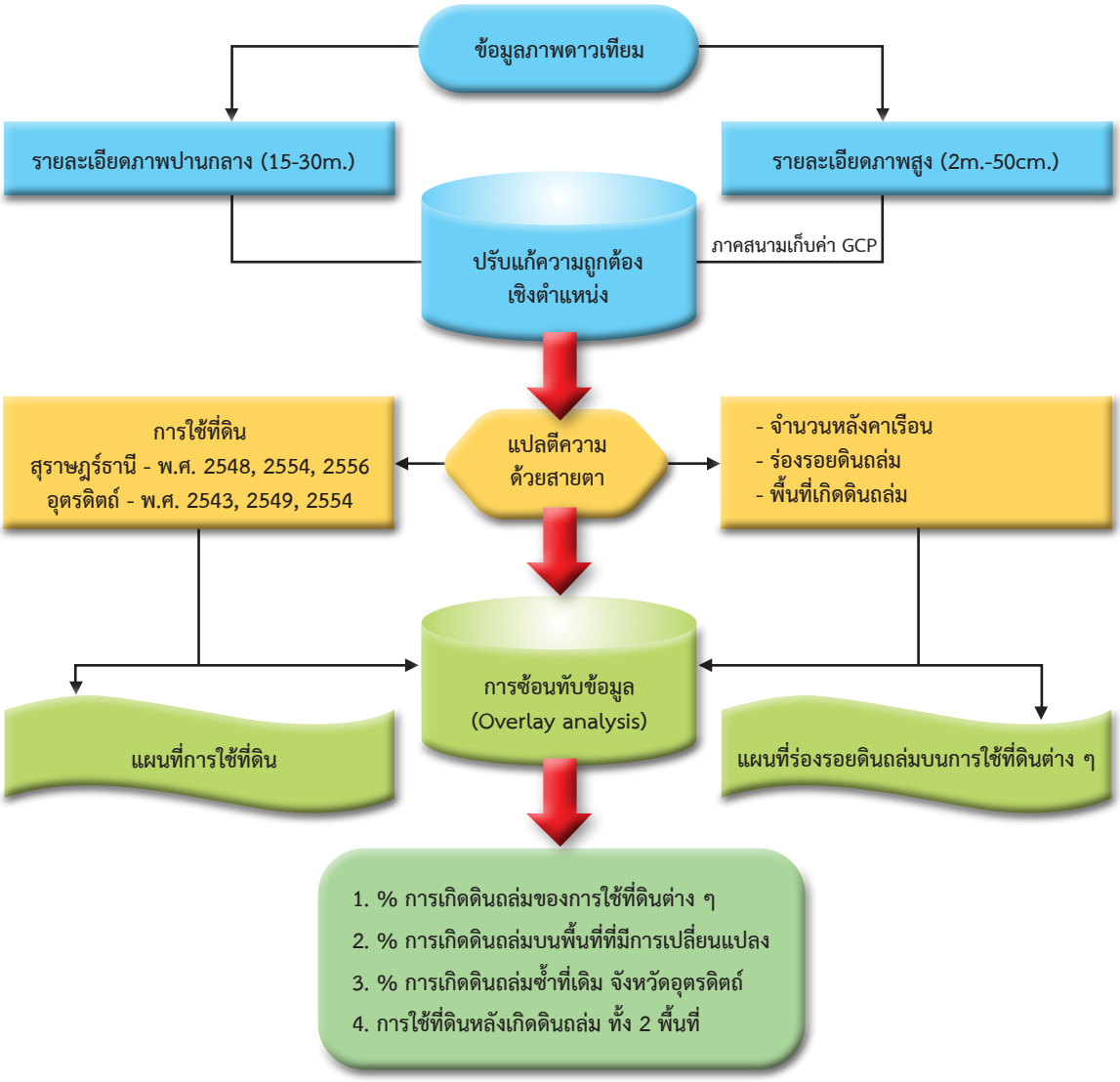
การประเมินความเสี่ยงดินถล่มบนพื้นที่สูงชันจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีการวิเคราะห์ที่สามารถบูรณาการข้อมูลหลายมิติในระดับพื้นที่และตามช่วงเวลา เนื่องจากการเกิดดินถล่มเป็นผลร่วมของปัจจัยด้านภูมิประเทศ ธรณีวิทยา ชั้นดินและสมบัติทางวิศวกรรม สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตลอดจนปัจจัยกระตุ้นสำคัญคือปริมาณน้ำฝนและสภาพน้ำในดิน ดังที่ได้กล่าวมาในบทก่อนหน้า ดังนั้น ข้อมูลเชิงสังเกตจากภาคสนามเพียงอย่างเดียวมักไม่เพียงพอสำหรับการอธิบายความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และการคาดการณ์ภายใต้สถานการณ์กระตุ้นที่แตกต่างกัน การนำเครื่องมือและเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้จะเป็นประโยชน์อย่างมาก เช่น เครื่องมือด้านรีโมตเซนซิงและภูมิสารสนเทศมาใช้จัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และติดตามการเปลี่ยนแปลง รวมทั้งใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อกำหนดเกณฑ์การเฝ้าระวังและการสำรวจธรณีฟิสิกส์เพื่อทำความเข้าใจโครงสร้างใต้ผิวดินที่เกี่ยวข้องกับการไหลซึมและแนวระนาบการวิบัติ

ในทางวิศวกรรม การวิเคราะห์ความเสี่ยงที่มีความน่าเชื่อถือควรเชื่อมโยงข้อมูลดังกล่าวไปสู่การประเมินความมั่นคงของลาดดินและการจัดการพื้นที่เสี่ยง โดยแปลผลให้อยู่ในรูปแบบที่สนับสนุนการวางแผนจัดการพื้นที่ต้นน้ำ การเฝ้าระวังแจ้งเตือน และการกำหนดมาตรการลดความเสี่ยงในระดับชุมชน บทนี้จึงนำเสนอชุดตัวอย่างการศึกษาที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสำคัญ ได้แก่ ภาพถ่ายดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปริมาณน้ำฝนกับการเกิดดินถล่ม การสำรวจธรณีฟิสิกส์ และแบบจำลองทางวิศวกรรมปฐพี เพื่อแสดงแนวทางการประเมินความเสี่ยงที่สามารถปรับใช้และขยายผลในพื้นที่ที่มีบริบทใกล้เคียงได้

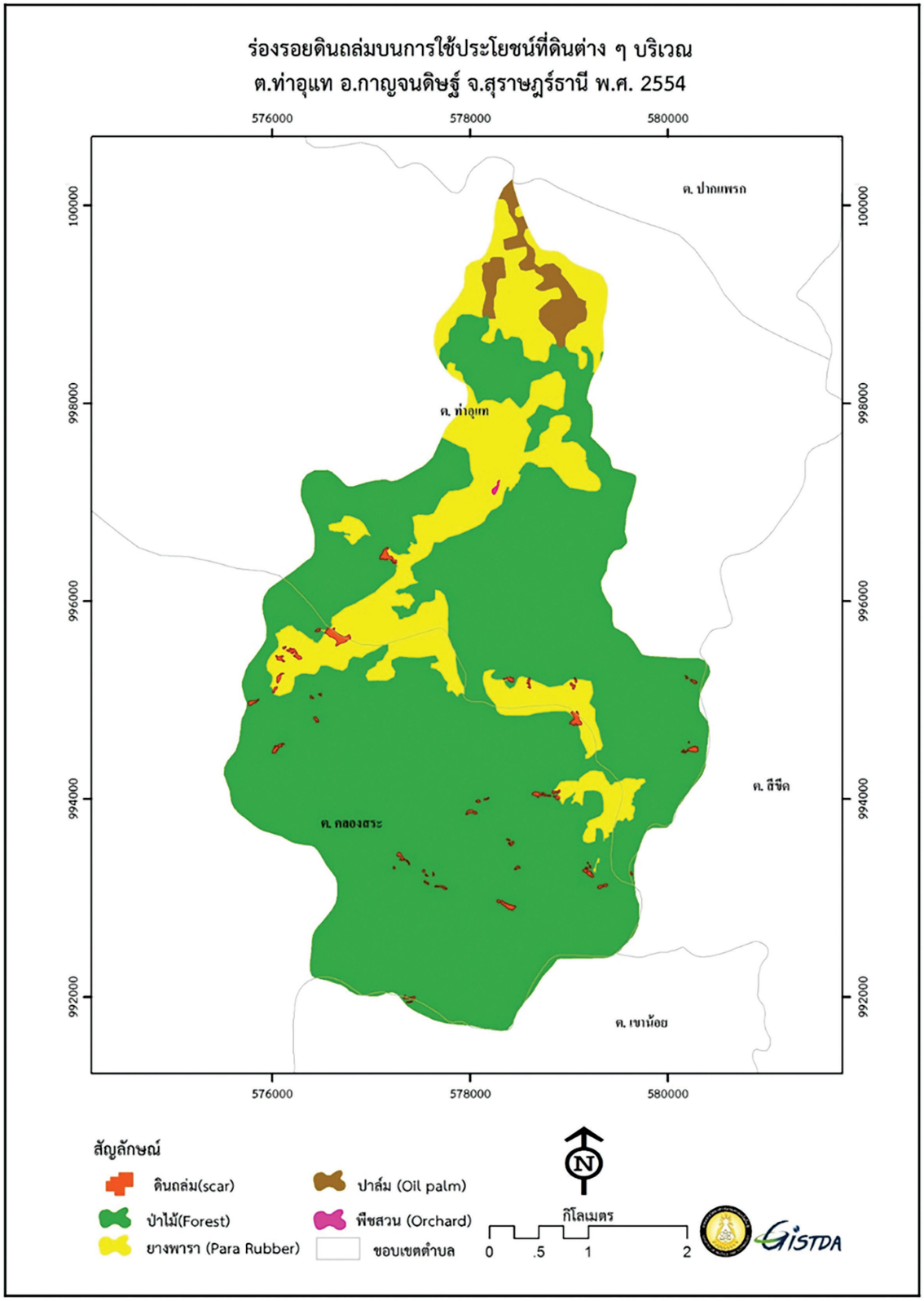
4.1.1 การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมและภูมิสารสนเทศ เพื่อจำแนกปัจจัยเสี่ยงเชิงพื้นที่

ตัวอย่างสำหรับการนำเทคโนโลยีการวิเคราะห์เพื่อการประเมินความเสี่ยงในด้านภูมิศาสตร์ “โครงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อวางแผนการป้องกันดินโคลนถล่มบนที่สูงชัน” ดำเนินการโดย ดร.สุรชัย รัตนเสริมพงศ์ และคณะ จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA แนวคิดหลักของการศึกษานี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยแปรผันที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับเสถียรภาพของลาดดิน การวางแผนลดความเสี่ยงอย่างเป็นระบบจึงจำเป็นต้องมองเห็นภาพการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่ออธิบายทิศทางการใช้ที่ดินและผลกระทบที่ตามมา การประเมินเช่นนี้ต้องอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ครอบคลุมและตรวจสอบย้อนกลับได้ ซึ่งเทคโนโลยีดาวเทียมสามารถตอบโจทย์ได้ทั้งในแง่ของขนาดพื้นที่และความละเอียดของข้อมูลที่เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ

ในการดำเนินงาน คณะผู้วิจัยได้บูรณาการเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (GIS) ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมหลายดวง เช่น ดาวเทียม LANDSAT 5 สำหรับข้อมูลย้อนหลัง และดาวเทียม THAICHOTE, QuickBird หรือ GeoEye-1 สำหรับข้อมูลปี 2559 (ขณะดำเนินโครงการ) ที่มีความละเอียดสูงกว่า เพื่อจัดทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินหลายช่วงเวลาในพื้นที่ต้นแบบจังหวัดสุราษฎร์ธานีและอุตรดิตถ์ จากนั้นจึงใช้เทคนิคการซ้อนทับชั้นข้อมูล (overlay analysis) นำร่องรอยดินถล่มที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละช่วงปีมาวิเคราะห์ร่วมกับประเภทการใช้ที่ดิน เพื่อหาค่าความสัมพันธ์เชิงสถิติและอัตราส่วนความเสี่ยงในแต่ละประเภทการปกคลุมดิน ดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 แผนภูมิสรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ



รูปที่ 4-2 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดเกิดดินถล่มซ้อนทับบนข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ผลการศึกษาในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีและอุตรดิตถ์ พบข้อมูลที่น่าสนใจดังนี้

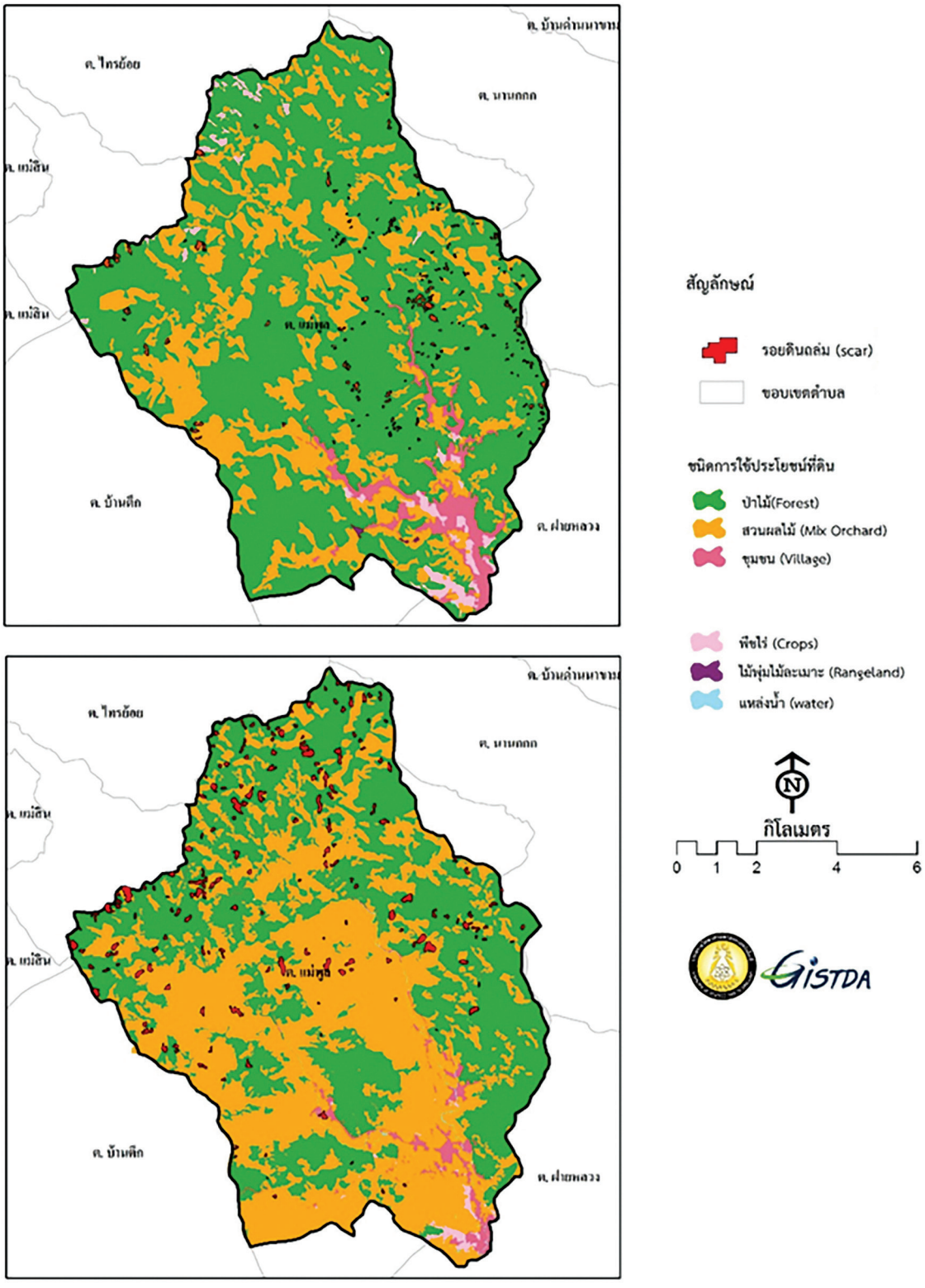
- พื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ครอบคลุม ต.ท่าอุแท และ ต.คลองสระ) : จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายรายละเอียดสูงในช่วงปี พ.ศ. 2548 - 2556 พบการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่สำคัญ คือพื้นที่ป่าไม้ลดลง 460 ไร่ ในขณะที่พื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 429 ไร่ เมื่อแปลตีความภาพปี พ.ศ. 2554 พบร่องรอยดินถล่มกระจายตัว 65 แห่ง ครอบคลุมพื้นที่เสียหาย 65 ไร่ ผลการวิเคราะห์เชิงลึกพบว่า พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนสภาพจากป่าไม้ไปเป็นสวนยางพาราบนที่สูงชัน มีอัตราการเกิดดินถล่มร้อยละ 2.94 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทั้งหมด และเมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่าพื้นที่ปลูกยางพารามีอัตราการเกิดดินถล่มมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 1.32 ของพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด

- พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ (ครอบคลุมพื้นที่บ้านผามูบ ต.แม่พูล อ.ลับแล) : พบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่อย่างต่อเนื่องในช่วงปี พ.ศ. 2543 - 2554 โดยพื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญถึง 26,524 ไร่ ขณะที่พื้นที่สวนผลไม้เพิ่มขึ้นถึง 27,853 ไร่ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่พบร่องรอยดินถล่มในปี พ.ศ. 2549 จำนวน 204 แห่ง และปี พ.ศ. 2554 จำนวน 171 แห่ง ผลการวิเคราะห์ พบการเกิดดินถล่มซ้ำบริเวณเดิมสูงถึงร้อยละ 32 ของพื้นที่ที่เคยเกิดเหตุทั้งหมด โดยเฉพาะในพื้นที่สวนผลไม้ที่มีอัตราการเกิดซ้ำสูงถึงร้อยละ 23 สะท้อนถึงพฤติกรรมการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ที่เกิดดินถล่มเพื่อทำการเกษตรต่อ ซึ่งอาจนำไปสู่การสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นในระยะยาว

งานวิจัยด้านภูมิสารสนเทศในโครงการย่อยนี้ แสดงให้เห็นประโยชน์ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและ GIS ในการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินกับร่องรอยดินถล่ม โดยผลการตีความภาพได้ให้หลักฐานเชิงตัวเลขที่ใช้สื่อสารกับสาธารณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างดังกล่าวเป็นแนวทางนำร่องเชิงพื้นที่ เพื่อแนะนำการใช้ที่ดินและมาตรการป้องกัน กล่าวคือเมื่อชี้ได้ว่าพื้นที่ประเภทใดมีความสัมพันธ์กับการเกิดดินถล่ม หรือมีแนวโน้มเกิดซ้ำ การวางแผนจึงสามารถกำหนดลำดับความสำคัญของการฟื้นฟูพื้นที่ การควบคุมการระบายน้ำบนลาดชัน หรือการกำหนดเขตเฝ้าระวัง (specific watch zones) ได้อย่างเฉพาะเจาะจง ทั้งยังช่วยอธิบายต่อประชาชนว่าทำไมพื้นที่ที่เคยเกิดเหตุดินถล่มถึงมีความเสี่ยงที่จะนำมาใช้พื้นที่ทำกินต่อ จึงต้องมีข้อจำกัดหรือมาตรการเสริมเพื่อความปลอดภัยอย่างยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผลการวิจัยในช่วงปี พ.ศ. 2559 จะให้ข้อมูลที่ชัดเจนและเป็นระบบแล้ว แต่ด้วยวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีอวกาศในปัจจุบัน ทำให้เรามีข้อมูลจากดาวเทียมรุ่นใหม่ที่มีรายละเอียดสูงยิ่งขึ้นในระดับเซนติเมตร เช่น ดาวเทียมตระกูล Pleiades Neo[77] หรือเทคโนโลยี LIDAR[78] ที่สามารถมองผ่านทรงพุ่มไม้เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างความชันของดินได้แม่นยำกว่าเดิม ข้อมูลที่ทันสมัยเหล่านี้สามารถนำมาผสานร่วมกับฐานข้อมูลวิจัยเดิมเพื่อยกระดับระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยล่วงหน้าให้มีความละเอียดและเท่าทันต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงขึ้นในปัจจุบันได้ดียิ่งขึ้น

ร่องรอยดินถล่มบนการใช้ประโยชน์ที่ดินต่าง ๆ
บริเวณ ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ พ.ศ. 2549 (บน) และ พ.ศ. 2554 (ล่าง)



รูปที่ 4-3 การวิเคราะห์พื้นที่เกิดดินถล่มซ้ำเปรียบเทียบระหว่างปี 2549 และ 2554 จังหวัดอุตรดิตถ์

4.1.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพธรณีวิทยาและปริมาณน้ำฝนต่อการเกิดดินถล่ม

นอกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแล้ว ปัจจัยพื้นฐานทางกายภาพที่มิอาจมองข้ามได้คือ ลักษณะทางธรณีวิทยาและพฤติกรรมของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ “โครงการการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพธรณีวิทยาและปริมาณน้ำฝนที่จะส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม” ดำเนินการโดย ดร.สมบุญ โฆษิตานนท์ และคณะ จากกรมทรัพยากรธรณี มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยควบคุมทางธรรมชาติและกำหนดเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนวิกฤต สำหรับการเฝ้าระวังภัยในพื้นที่ต้นแบบอย่างเป็นระบบ

ปัจจัยควบคุมเชิงธรณีวิทยาและกายภาพ จากการศึกษาวิจัยพบว่าดินถล่มในประเทศไทยไม่ได้เกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงลำพัง แต่เป็นผลรวมขององค์ประกอบหลักสำคัญ ดังนี้ :

สภาพธรณีวิทยา (geology) ชนิดของหินส่งผลต่ออัตราการผุพังและลักษณะความหนาของชั้นดินที่ต่างกัน รวมถึงโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น รอยเลื่อน (faults) และรอยแตก (joints) ซึ่งเป็นช่องทางให้น้ำไหลซึมลงสู่ใต้ดินได้ง่าย

สภาพภูมิประเทศ (topography) พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงกว่า 30 องศา หรือมีลักษณะเป็นร่องเขารับน้ำ (channel) มักเป็นจุดรวมของมวลน้ำและเศษดิน

ปัจจัยกระตุ้นจากปริมาณน้ำฝน (rainfall) เมื่อฝนตกหนักต่อเนื่อง น้ำจะเข้าไปเติมเต็มช่องว่างระหว่างเม็ดดินจนอิ่มตัว (saturated) ทำให้แรงยึดเหนี่ยวลดลงและน้ำหนักของมวลดินเพิ่มขึ้นจนเกิดการวิบัติ



(ก) ร่องรอยดินถล่ม จ.อุตรดิตถ์



(ข) อุปกรณ์ตรวจวัดน้ำฝน

รูปที่ 4-4 ภาพร่องรอยดินถล่ม 2549 และความเสียหายจังหวัดสุราษฎร์ธานี
ที่มา : โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการป้องกันแก้ไขปัญหาดินถล่มฯ (มูลนิธิชัยพัฒนา)

---

[77] Casagli, N., Tofani, V., & Guzzetti, F. (2023). Landslide detection and mapping with very high resolution satellite imagery: From Pléiades to Pléiades Neo. *Remote Sensing,* 15(4), 1025.

[78] Jaboyedoff, M., Abellán, A., & Derron, M. H. (2024). Micro-scale slope stability analysis using LiDAR and high-resolution satellite constellations. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* 208, 45-62.

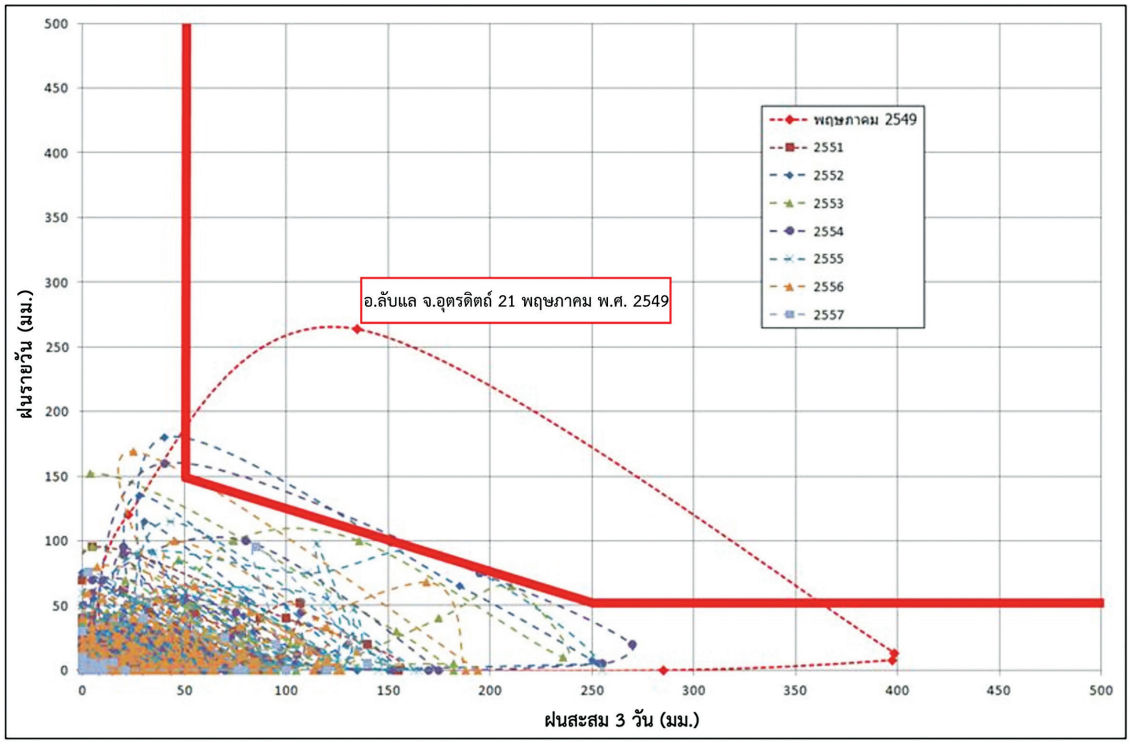
ผลการวิเคราะห์ระดับปริมาณน้ำฝนวิกฤตสำหรับการเตือนภัย คณะผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าด้วยสายตาและระบบอัตโนมัติในพื้นที่ศึกษา เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสถิติฝนกับการเกิดเหตุจริง ข้อมูลที่ค้นพบช่วยให้สามารถกำหนดเกณฑ์การเฝ้าระวังที่เหมาะสมกับบริบทธรณีวิทยาที่แตกต่างกัน ดังนี้ :

พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ (ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล) : พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มหินตะกอนที่มีรอยแตกสลับซับซ้อน ผลการวิเคราะห์กำหนดเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนเฝ้าระวัง เมื่อฝนตกหนักเกิน 80 มิลลิเมตรต่อวัน และเกณฑ์อพยพ เมื่อปริมาณน้ำฝนใน 24 ชั่วโมง มากกว่า 140 มิลลิเมตร หรือมีปริมาณน้ำฝนสะสม 3 วัน มากกว่า 250 มิลลิเมตร

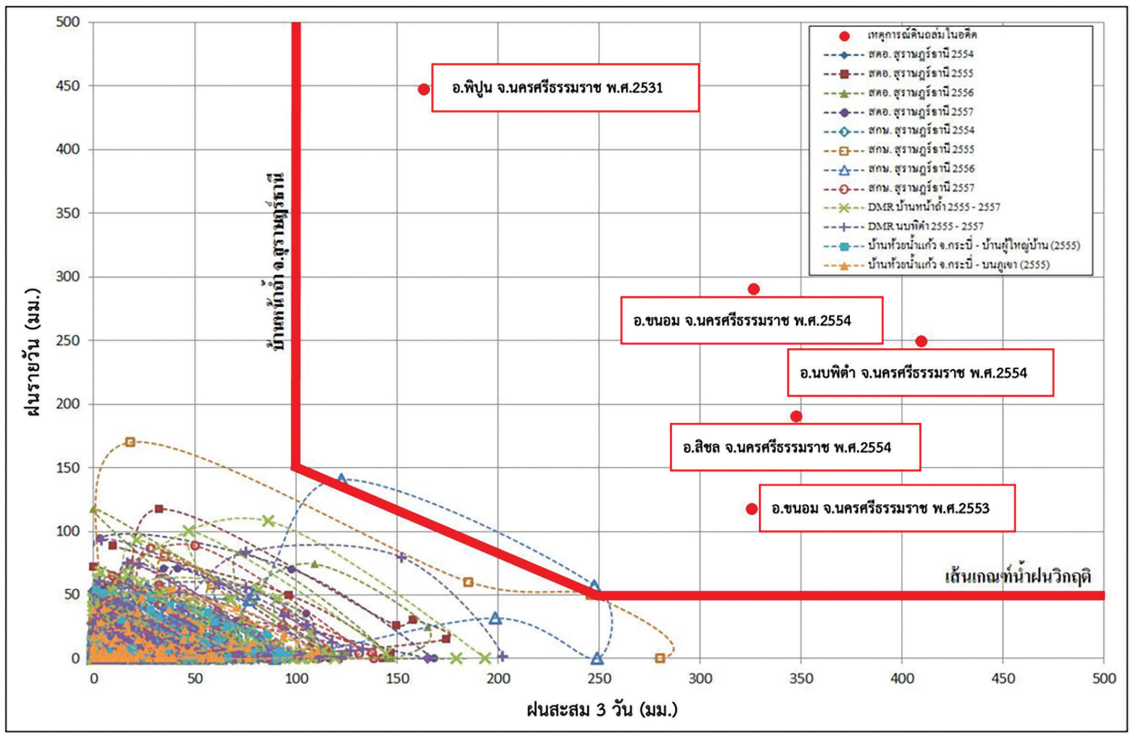
พื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์) : พื้นที่ประกอบด้วยหินแกรนิตเนื้อดอกที่ผุพังเป็นชั้นดินหนาและร่วนซุย เกณฑ์การเฝ้าระวังถูกกำหนดไว้ที่ 100 มิลลิเมตรต่อวัน และเกณฑ์อพยพเมื่อฝนสะสม 24 ชั่วโมง มากกว่า 150 มิลลิเมตร เนื่องจากลักษณะการไหลซึมของน้ำในดินแกรนิตมีความแตกต่างจากพื้นที่หินตะกอน

นอกจากนั้นการสร้างเครือข่ายเฝ้าระวังและถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนเป็นหลักสำคัญของโครงการวิจัยนี้เช่นกัน ด้วยการเปลี่ยนข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ให้กลายเป็นแนวปฏิบัติของชุมชน คณะผู้วิจัยได้ส่งเสริมการสร้างเครือข่ายอาสาสมัครเฝ้าระวังภัยแจ้งเตือนภัยดินถล่ม โดยฝึกอบรมให้ชาวบ้านสามารถวัดปริมาณน้ำฝนและสังเกตสิ่งบอกเหตุตามธรรมชาติ เช่น สีของน้ำในลำห้วยที่เปลี่ยนเป็นสีโคลน หรือเสียงเคลื่อนที่ของดินและหิน การมีเกณฑ์ตัวเลขที่ชัดเจนช่วยให้คนในชุมชนสามารถตัดสินใจอพยพได้อย่างทันท่วงที ลดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเทคโนโลยีการติดตามปริมาณน้ำฝนได้ก้าวหน้าไปสู่ระบบการตรวจวัดแบบโครงข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (wireless sensor network) และการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดิน (soil moisture) และปริมาณฝนสะสมแบบเรียลไทม์ (real-time monitoring) ข้อมูลที่ทันสมัยเหล่านี้เมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลชั้นดินทางธรณีวิทยาจะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการเตือนภัยให้สูงขึ้น สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้พฤติกรรมฝนมีความรุนแรงและคาดการณ์ได้ยากขึ้นในปัจจุบัน



(ก)



(ข)

รูปที่ 4-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมและการเกิดเหตุการณ์ดินถล่ม
(ก) อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ (ข) อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

4.1.3 การประยุกต์เทคนิคทางธรณีฟิสิกส์เพื่อสำรวจโครงสร้างใต้ผิวดิน

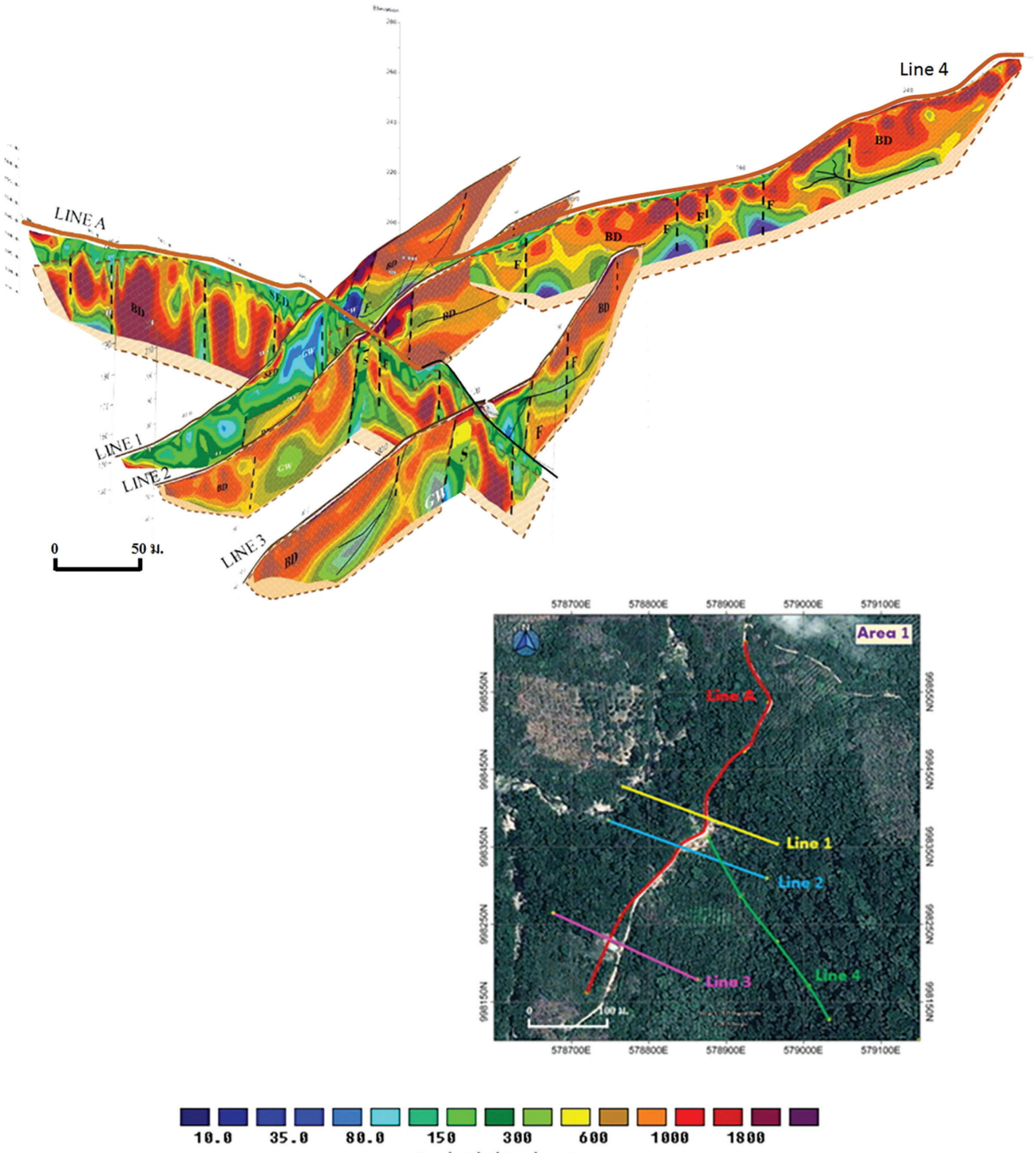
ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดชัน ข้อมูลลักษณะโครงสร้างทางกายภาพภายในชั้นดินและระดับน้ำใต้ดินถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ไม่สามารถตรวจวัดได้จากการสำรวจสภาพผิวดินเพียงอย่างเดียว “โครงการการศึกษาหาสภาพทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินบริเวณพื้นที่สูงชัน เพื่อการจัดการป้องกันดินโคลนถล่มอย่างมีประสิทธิผล ด้วยการประยุกต์เทคนิคทางธรณีฟิสิกส์” ดำเนินการโดย ผศ.ดีเซลล์ สวนบุรี จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงได้นำวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์มาใช้เพื่อทดแทนและเสริมประสิทธิภาพการสำรวจแบบดั้งเดิม

ข้อจำกัดเชิงเทคนิคของการสำรวจด้วยการขุดเจาะ (boring log) ในพื้นที่เป้าหมายมีข้อจำกัดที่สำคัญหลายประการ ประการแรกคือสภาพภูมิประเทศที่มีความลาดชันสูงและเป็นป่าทึบ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการขนย้ายเครื่องจักรหนักเข้าสู่ตำแหน่งพิกัดที่ต้องการ ประการต่อมาคือความเสี่ยงด้านเสถียรภาพ เนื่องจากกระบวนการขุดเจาะหรือการปรับพื้นที่เพื่อตั้งแท่นเจาะในบริเวณที่ดินมีความอ่อนไหวสูง อาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างชั้นดินเดิมและกระตุ้นให้เกิดการเสียสมดุลมวลดิน นอกจากนี้การเจาะสำรวจยังให้ข้อมูลเฉพาะจุด ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการอธิบายความแปรปรวนของชั้นธรณีวิทยาใต้ดินในวงกว้าง การใช้เทคนิคทางธรณีฟิสิกส์จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมเนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ทำลายหน้าดิน (non-destructive testing) และให้ข้อมูลหน้าตัดใต้ดินที่ต่อเนื่อง (continuous profile)

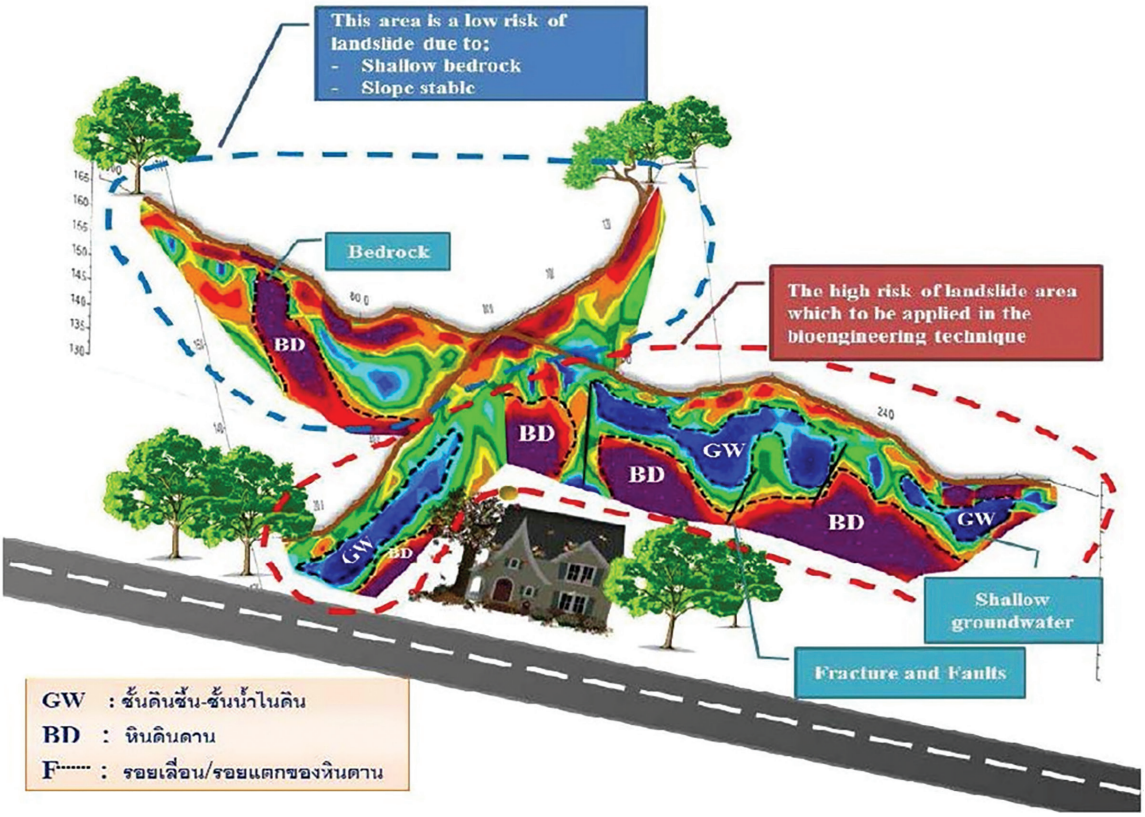
เทคนิคการสำรวจและกระบวนการทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อให้ได้รับแบบจำลองโครงสร้างใต้ดินที่มีความละเอียดสูง คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ 2 เทคนิคหลักที่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ ได้แก่ 1) การสำรวจวัดค่าสภาพต้านทางไฟฟ้าเชิง 2 มิติ เป็นกระบวนการปล่อยกระแสไฟฟ้าลงสู่ใต้ดินเพื่อวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าที่แตกต่างกันของชั้นดินและหิน ข้อมูลที่ได้ใช้ในการจำแนกความหนาของชั้นดินผุ (residual soil) และหินพื้นฐาน (bedrock) รวมถึงการระบุตำแหน่งที่มีการสะสมของน้ำใต้ดินปริมาณสูง 2) การสำรวจวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห ใช้หลักการวัดความเร็วของคลื่นเสียงที่เดินทางผ่านชั้นวัสดุใต้ดิน เพื่อวิเคราะห์ความลึกของชั้นหินและขอบเขตของแนวระนาบที่มีโอกาสเกิดการเคลื่อนตัว

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างใต้ดินรายพื้นที่ การประมวลผลหน้าตัดทางธรณีฟิสิกส์ให้รายละเอียดเชิงลึกที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการออกแบบมาตรการป้องกันทางวิศวกรรม ดังนี้

พื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์) : ตรวจพบชั้นดินผุที่เกิดจากหินแกรนิตมีความหนาถึง 15 - 20 เมตร ซึ่งมีโครงสร้างความพรุนสูง ข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ชี้ให้เห็นว่าชั้นดินลักษณะนี้เอื้อต่อการไหลซึมของน้ำในแนวดิ่ง ส่งผลให้ระดับน้ำใต้ดินมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเกิดแรงดันน้ำส่วนเกิน (pore water pressure) อันเป็นสาเหตุหลักของการพังทลาย



รูปที่ 4-6 ภาพตัดขวางทางธรณีไฟฟ้า บริเวณเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม
จังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 4-7 สภาพทางธรณีวิทยาใต้ผิวดิน บริเวณที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการพังถล่ม (น้ำตกแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์)

พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ (ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล) : ผลการสำรวจระบุชั้นดินผุหนาประมาณ 5 - 10 เมตร วางตัวอยู่บนฐานหินทรายและหินดินดานที่มีรอยแตกซับซ้อน โดยเฉพาะบริเวณหุบเขาตรวจพบโซนที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ ซึ่งบ่งชี้ถึงการเก็บกักน้ำใต้ดินในปริมาณสูงที่ส่งผลโดยตรงต่อการลดเสถียรภาพของมวลดิน

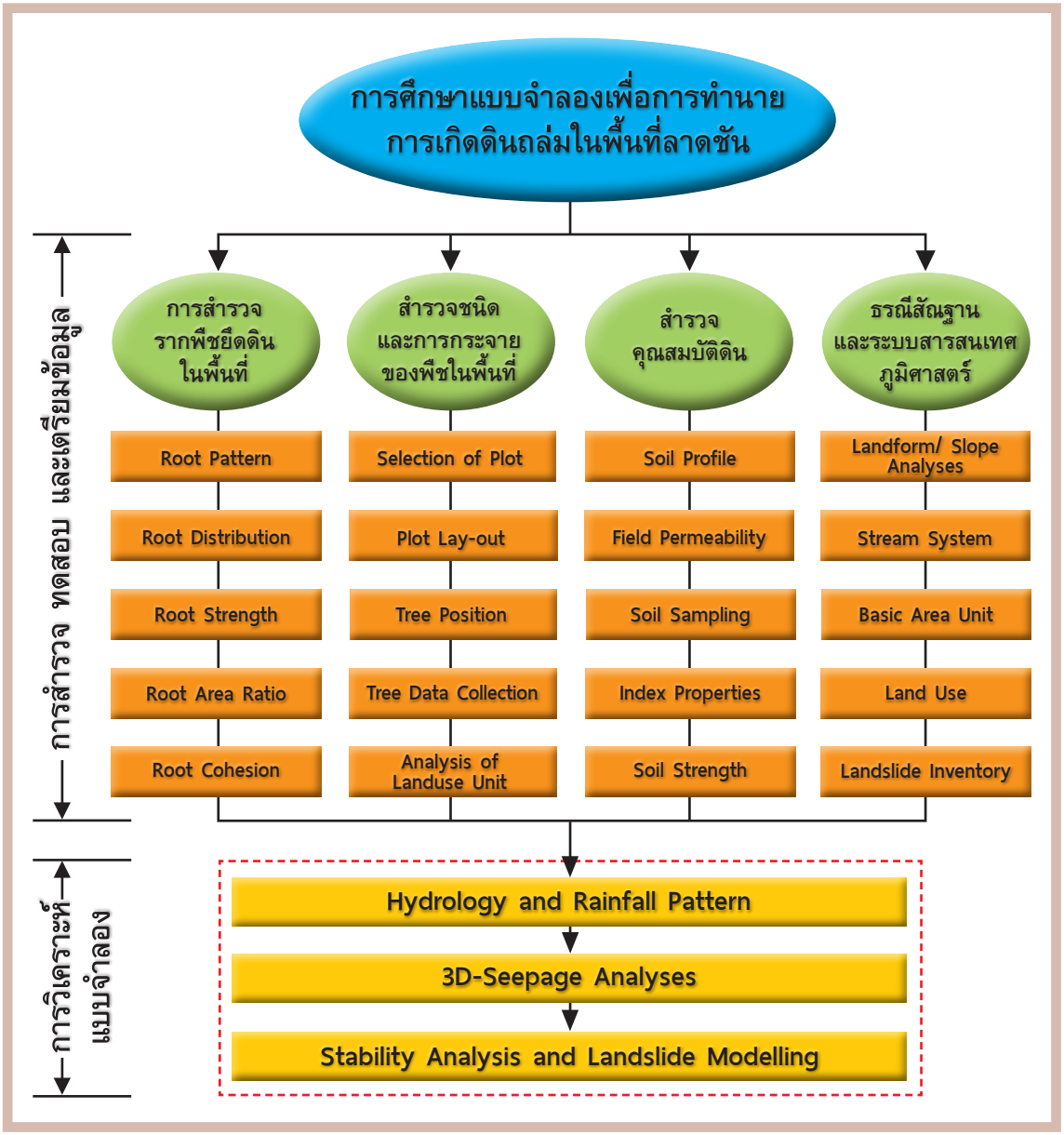
ผลการศึกษาที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีธรณีฟิสิกส์ ได้แก่ การสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบสองมิติ และการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห สามารถชี้บ่งสภาพทางกายภาพใต้ผิวดินซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดภัยพิบัติได้อย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้สนับสนุนการช่วยเหลือและการจัดการความเสี่ยงในพื้นที่ชุมชน เช่น การสนับสนุนการปรับปรุงเสถียรภาพฐานรากของถนนปากทางเข้าชุมชนบ้านหน้าถ้ำ ซึ่งประเมินว่ามีความเสี่ยงสูงมาก โดยพื้นที่สำรวจชี้ว่ามีชั้นตะกอนเศษหินหนามากกว่า 20 เมตรและมีน้ำแทรกสะสมในระดับสูง อีกทั้งยังใช้เป็นข้อมูลประกอบการคัดเลือกตำแหน่งติดตั้งระบบเตือนภัยบริเวณภูเขาสูงด้านตะวันตกของชุมชนบ้านผามูบ จังหวัดอุตรดิตถ์ ผลการสำรวจช่วยระบุตำแหน่งที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติสูงได้ชัดเจน ส่งผลให้การวางระบบเตือนภัยมีความเหมาะสมยิ่งขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพในการเตือนภัยโดยรวม

การบูรณาการร่วมกับวิธีทางธรณีฟิสิกส์อื่นในปัจจุบัน นอกเหนือจากเทคนิคการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า และการวัดค่าคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเหแล้ว ในปัจจุบันยังมีการประยุกต์ใช้วิธีทางธรณีฟิสิกส์อื่น ๆ มาสนับสนุนการวิเคราะห์ดินถล่มอย่างแพร่หลาย เช่น การสำรวจด้วยเรดาร์ทะลุพื้นดิน (ground penetrating radar - GPR) เพื่อตรวจหาโพรงหรือรอยแยกในระดับตื้นที่มีความละเอียดสูง และการวิเคราะห์คลื่นพื้นผิว (multichannel analysis of surface waves - MASW) เพื่อหาค่าความเร็วคลื่นเฉือน (s-wave) ซึ่งสามารถนำไปคำนวณค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของดินเพื่อประเมินความแข็งแรงของชั้นดินได้แม่นยำยิ่งขึ้น การเลือกใช้วิธีการสำรวจแบบผสมผสาน (integrated geophysics) จะช่วยลดความไม่แน่นอนในการแปลความหมายข้อมูลใต้ดินและเพิ่มความเชื่อมั่นในการออกแบบมาตรการป้องกันภัยพิบัติให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

4.1.4 การศึกษาแบบจำลองทางวิศวกรรมปฐพีเพื่อการทำนายการเกิดดินถล่ม

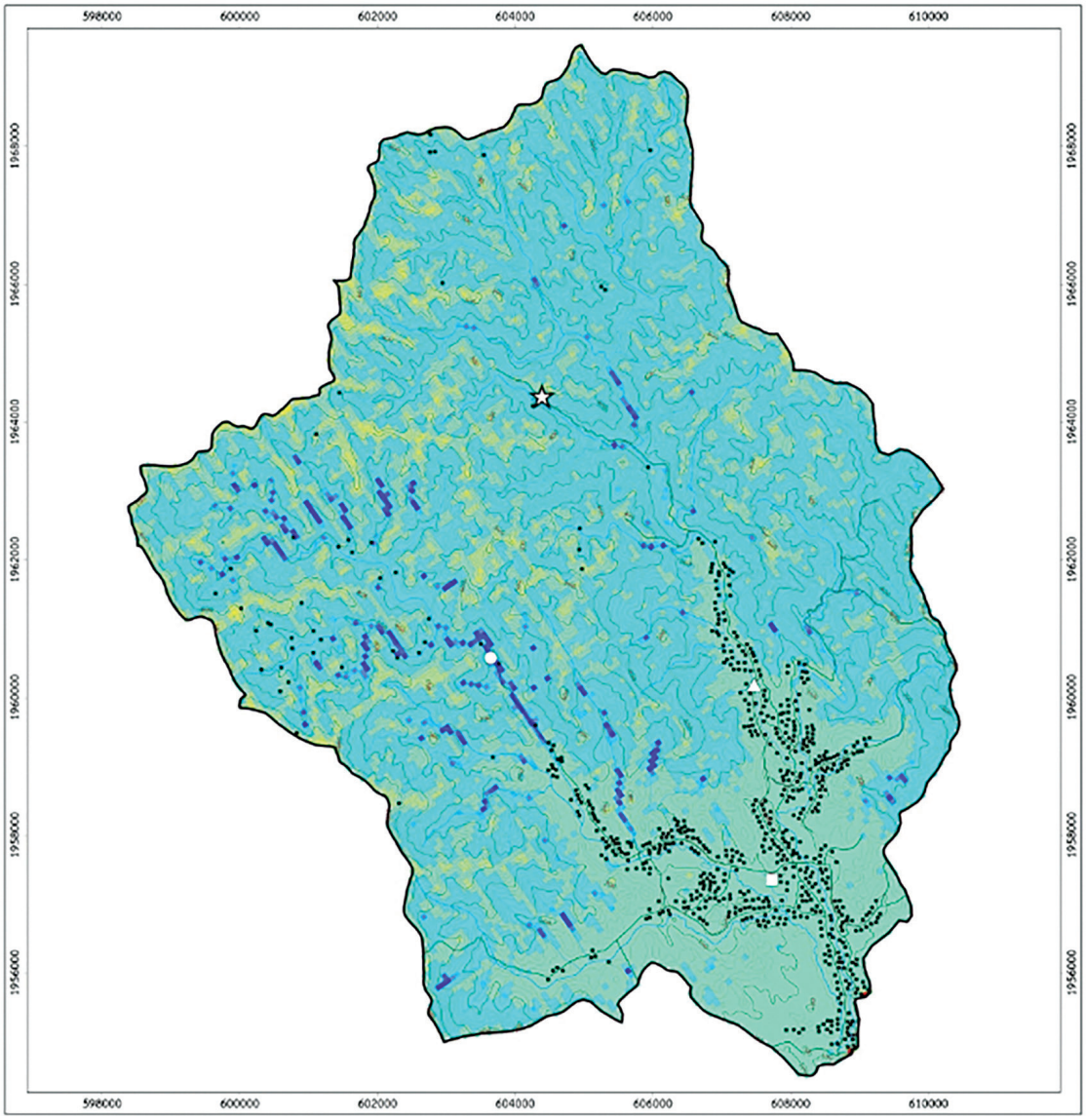
การประเมินเสถียรภาพของลาดชันในระดับพื้นที่จำเป็นต้องอาศัยการประมวลผลข้อมูลทางกายภาพร่วมกับหลักการทางกลศาสตร์ปฐพี “โครงการการศึกษาแบบจำลองทางวิศวกรรมปฐพีเพื่อการทำนายการเกิดดินถล่มในพื้นที่ลาดชัน” (โครงการย่อยที่ 7) ดำเนินการโดย รศ. ดร.วรากร ไม้เรียง และคณะจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มุ่งพัฒนาแบบจำลองทางวิศวกรรมปฐพีเพื่อทำนายโอกาสเกิดดินถล่มในพื้นที่ลาดชัน โดยดำเนินงานแบบบูรณาการตั้งแต่การสำรวจภาคสนามและการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับดินและพืชพรรณ การเตรียมข้อมูลภูมิประเทศและการใช้ประโยชน์ที่ดินบนฐานภูมิสารสนเทศ ไปจนถึงการจำลองกระบวนการไหลซึมของน้ำในดินและการประเมินเสถียรภาพลาดดินในภาพรวม (รูปที่ 4-8) งานศึกษาพื้นที่เป้าหมาย 2 ลุ่มน้ำที่เคยมีเหตุการณ์ดินถล่มเกิดขึ้น ได้แก่ ลุ่มน้ำแม่พร่อง-แม่พูล ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ และลุ่มน้ำคลองคราม ตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อให้ผลที่ได้สามารถเทียบเคียงความแตกต่างเชิงภูมิประเทศ การใช้ที่ดิน ลักษณะฝน และสะท้อนความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในบริบทพื้นที่ไทยได้อย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งใช้ข้อมูลร่องรอยดินถล่มในอดีตประกอบการอธิบายฐานเหตุการณ์ของพื้นที่ศึกษาดังตัวอย่างงานวิจัยก่อนหน้านี้

กระบวนการวิเคราะห์และมาตรการทางวิศวกรรมปฐพี แบบจำลองในโครงการวิจัยนี้ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้หลักการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของลาดชัน (FS) โดยคำนึงถึงตัวแปรสำคัญ คุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดิน : การทดสอบเพื่อหาค่าแรงยึดเหนี่ยว (cohesion) และมุมเสียดทานภายใน (internal friction angle) ของดินในพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์หลักในการคำนวณเสถียรภาพแบบจำลองการไหลซึม (seepage modelling) : การวิเคราะห์พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของน้ำในชั้นดินเมื่อมีฝนตกหนัก ซึ่งส่งผลให้แรงดันน้ำโพรง (pore water pressure) เพิ่มสูงขึ้นจนลดแรงต้านทานการตัดของดิน (shear strength) การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดชัน (slope stability analysis) : การคำนวณเปรียบเทียบระหว่างแรงต้านทานและแรงขับเคลื่อนที่เกิดจากน้ำหนักดินและแรงดันน้ำ เพื่อระบุระดับความเสี่ยงในรูปแบบของพื้นที่ที่อาจเกิดการถล่ม (landslide prone area)



รูปที่ 4-8 การดำเนินการวิจัยในภาพรวม (โครงการย่อยที่ 7)

ด้านวิธีการจำลอง โครงการใช้โปรแกรม GETFLOWS เพื่อจำลองการไหลซึมของน้ำในดินแบบสามมิติ แล้วนำผลความชื้นในดินไปคำนวณเสถียรภาพลาดดินด้วยแนวคิดลาดอนันต์ (infinite slope) บนฐาน GIS และเพิ่มตัวแปรสำคัญคือกำลังรากพืชยึดดิน เพื่อให้แบบจำลองสะท้อนผลของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันได้จริง การประเมินความชื้นตั้งต้นก่อนฝนหนักพบรูปแบบร่วมที่ชัดเจน คือ บริเวณใกล้ลำน้ำมีความชื้นสูงกว่าและมีแนวโน้มลดลงเมื่อห่างออกไป ในลุ่มน้ำแม่พร่อง - แม่พูล พื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 0.75 - 0.80 และค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำเท่ากับ 0.753 ขณะที่ค่าเฉลี่ยในพื้นที่เคยเกิดดินถล่มเท่ากับ 0.761 (ดังรูปที่ 4-9) ส่วนลุ่มน้ำคลองครามมีการสรุปการกระจายความชื้นตั้งต้นในลักษณะเดียวกัน (ดังรูปที่ 4-10)



แผนที่แสดง
ระดับความชื้นในมวลดิน
ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่พร่อง-แม่พูล

0 0.5 1 2 3
Kilometers

สัญลักษณ์

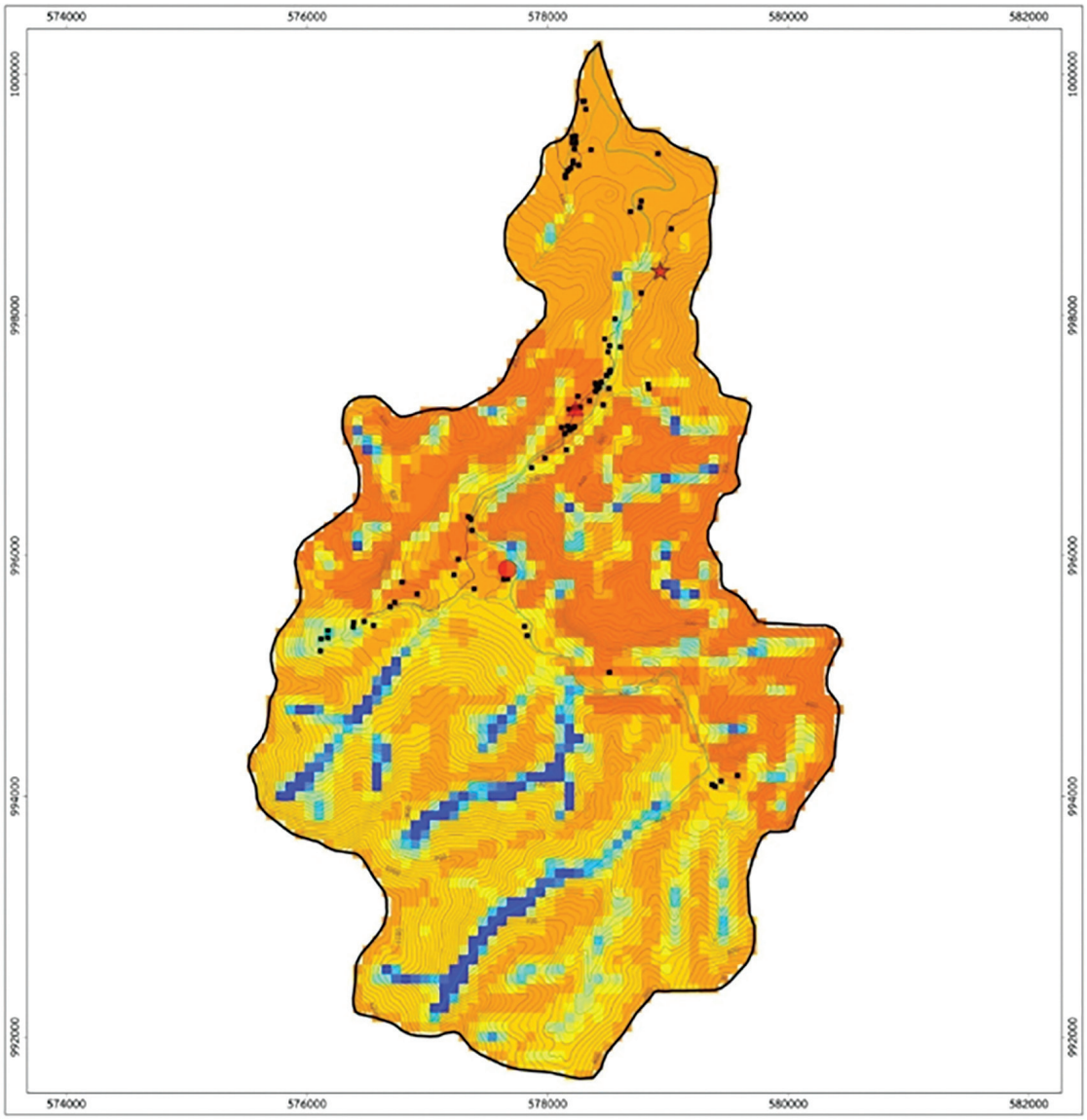
- ทางน้ำ
- ถนน
- ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ
- ที่อยู่อาศัย
- เส้นชั้นความสูง (ช่วงต่าง 20 ม.)
- จุดชมวิวบ้านผามูบ
- น้ำตกแม่พูล
- วัดศรีอุทุมพรคณารักษ์
- เทศบาลตำบลหัวดง

ระดับความชื้นในมวลดิน

0 - 0.10	0.65 - 0.70
0.10 - 0.20	0.70 - 0.75
0.20 - 0.30	0.75 - 0.80
0.30 - 0.40	0.80 - 0.85
0.40 - 0.50	0.85 - 0.90
0.50 - 0.55	0.90 - 0.95
0.55 - 0.60	0.95 - 1.00
0.60 - 0.65	

แหล่งที่มาของข้อมูล :
1. จากการวิเคราะห์การไหลซึมของน้ำในมวลดินด้วยโปรแกรม GETFLOWS

รูปที่ 4-9 ความชื้นของมวลดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่พร่อง - แม่พูล จากน้ำฝนคงที่ก่อนฝนตกหนัก

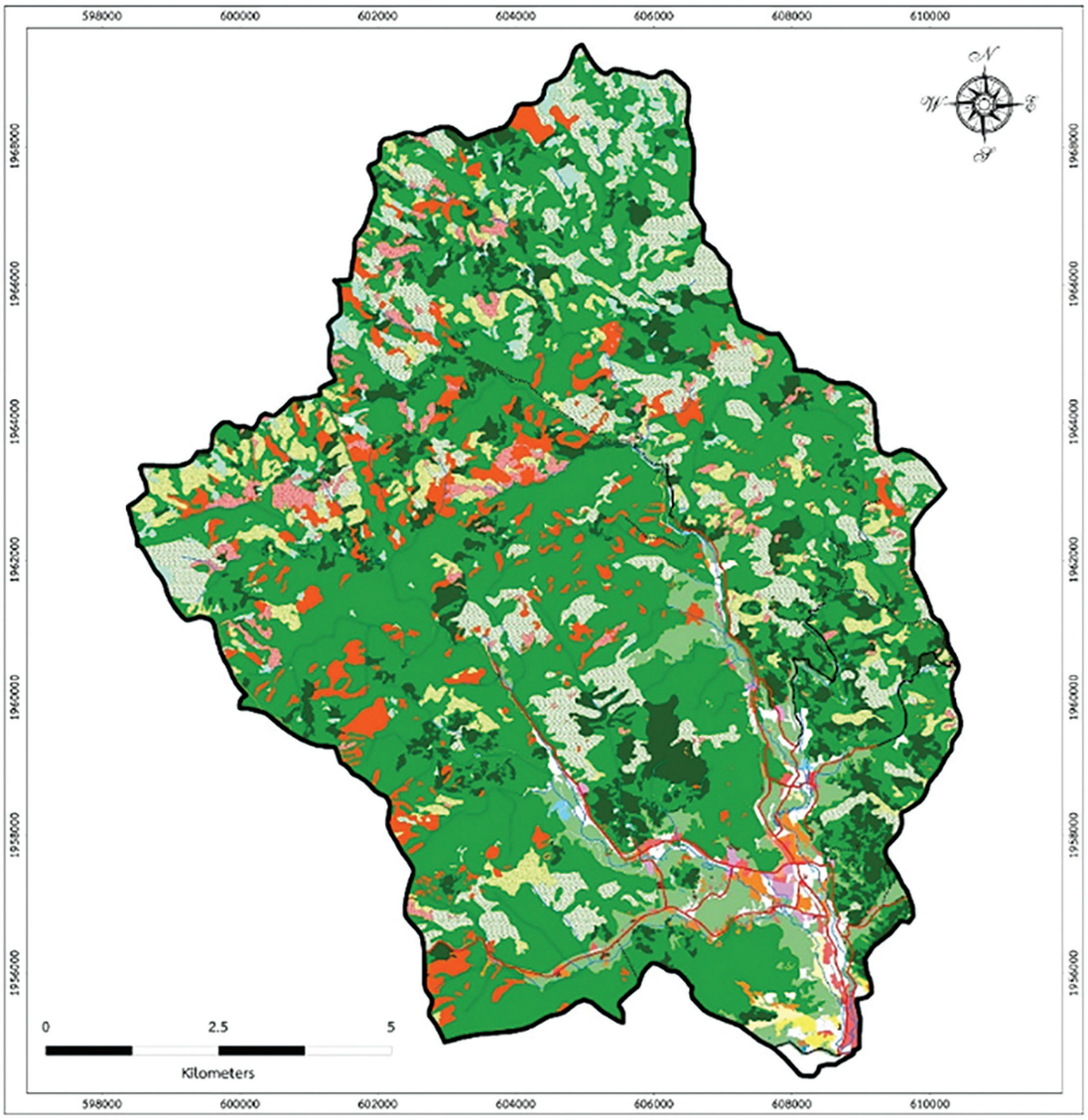


รูปที่ 4-10 ความชื้นของมวลดินในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองครามจากน้ำฝนคงที่ก่อนฝนตกหนัก

ผลการจำลองภายใต้เงื่อนไขฝนตกหนักแสดงให้เห็นว่ารูปแบบฝน และความต่อเนื่อง (หลายวัน) เป็นตัวกำกับระดับความชื้นในดินอย่างมีนัยสำคัญ โดยลุ่มน้ำแม่พร่อง - แม่พูล ในกรณีรูปแบบฝนที่ 4 (รูปแบบฝนเป็นลักษณะการกระจายปริมาณฝนตามเวลา และใช้กราฟฝนสะสมกับเวลาเพื่อแสดงความต่อเนื่องของฝนในแต่ละรูปแบบ ก่อนนำไปจำลองความชื้นในดินและประเมินเสถียรภาพลาดดิน) เมื่อมีฝนตกต่อเนื่อง 5 - 7 วัน (รอบปีการเกิดซ้ำ 25 - 100 ปี) ให้ค่าความชื้นเฉลี่ยทั้งพื้นที่สูงสุดราวร้อยละ 86.52 - 87.64 ขณะที่ลุ่มน้ำคลองครามมีค่าความชื้นเฉลี่ยสูงกว่าชัดเจน โดยรูปแบบฝนที่ 4 - 6 (รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี) เมื่อฝนตก 6 - 7 วันให้ความชื้นเฉลี่ยสูงสุดราวร้อยละ 90 - 91 เมื่อวิเคราะห์ควบคู่กับผลความชื้นเข้ากับการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดิน พบว่าโอกาสเกิดการพิบัติของลาดดินในลุ่มน้ำแม่พร่อง - แม่พูลอยู่ในช่วงร้อยละ 14.98 - 23.03 ขณะที่ลุ่มน้ำคลองครามอยู่ในช่วงร้อยละ 2.56 - 7.85 โดยแนวโน้มโดยรวมคือฝนสะสมก่อนหน้าที่สูงขึ้นทำให้โอกาสเกิดการพิบัติเพิ่มขึ้นตาม

อีกประเด็นสำคัญของโครงการคือการชี้บทบาทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ต่อความเสี่ยงดินถล่มผ่านการจำลองฉากทัศน์ โดยลุ่มน้ำแม่พร่อง - แม่พูล หากปรับพื้นที่ที่สูงกว่า 400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางให้เป็นป่าเบญจพรรณ จะลดโอกาสเกิดดินถล่มในกรณีฝนหนักจากร้อยละ 20.72 เหลือ 1.50 แต่หากเปลี่ยนเป็นพืชเชิงเดี่ยว เช่น ทุเรียนหรือลองกองทั้งพื้นที่ โอกาสเกิดดินถล่มเพิ่มเป็นร้อยละ 33.16 (ดังรูปที่ 4-11) ในทางกลับกัน ลุ่มน้ำคลองครามมีข้อสรุปว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จำลองไม่แตกต่างจากสภาพปัจจุบันมากนัก เนื่องจากมีพื้นที่ป่าปริมาณสูงและพื้นที่เกษตรส่วนใหญ่อยู่ในความลาดชันต่ำ

เพื่อยกระดับผลลัพธ์สู่การใช้งานเชิงปฏิบัติ โครงการย่อยที่ 7 ได้สังเคราะห์เกณฑ์เตือนภัยดินถล่มของทั้งสองพื้นที่ จากความสัมพันธ์ระหว่างฝนรายวันกับฝนสะสมก่อนหน้า 3 วัน (accumulated rainfall) และแบ่งสถานะเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ปลอดภัย (safe) เฝ้าระวัง (alert) เตือนภัย (alarm) และหนีภัย (action) โดยเกณฑ์เชิงสมการที่รายงานไว้สำหรับลุ่มน้ำแม่พร่อง–แม่พูล ดังรูปที่ 4-12 ส่วนลุ่มน้ำคลองครามคือรูปที่ 4-13 ซึ่งสามารถใช้เป็นกรอบการเฝ้าระวังรายพื้นที่และการสื่อสารการเตือนภัยให้หน่วยงานและชุมชนเข้าใจตรงกันได้



แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่พูล

สัญลักษณ์

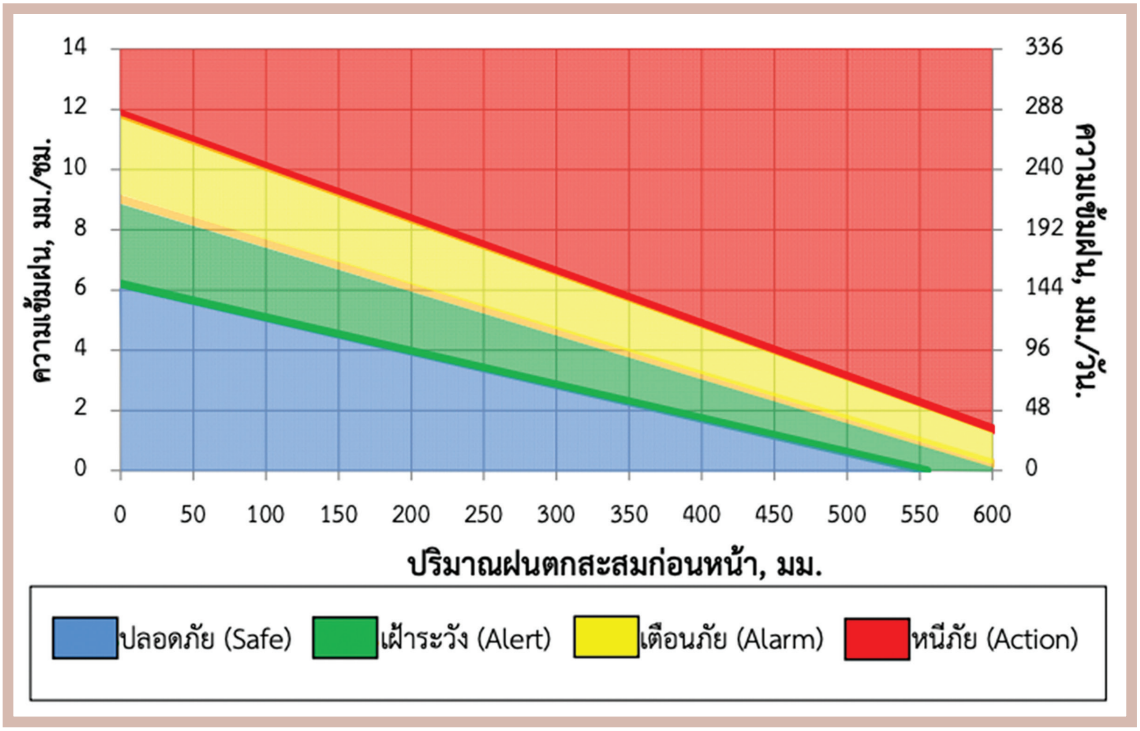
- ทางน้ำ
- ถนน
- ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ
- เส้นชั้นความสูง (ช่วงต่าง 20 เมตร)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

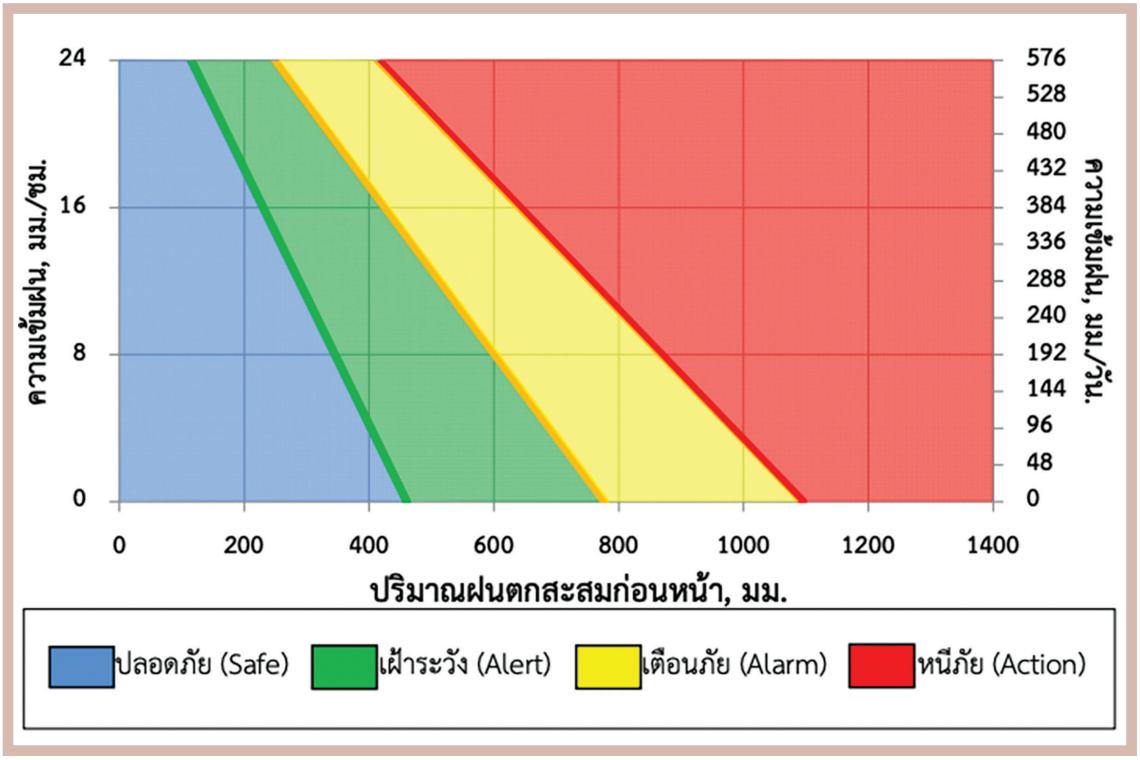
- ตัวเมืองและย่านการค้า
- ถนน
- นาดำ/นาหอม/พืชไร่ผสม
- นาร้าง
- นาหว่าน
- บึง หนองน้ำธรรมชาติ ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ
- ป่าถูกแผ้วถาง
- ป่าเบญจพรรณ-ไม่
- ป่าเบญจพรรณบนภูเขาสูงชันที่เคยเกิดดินถล่ม
- ป่าเบญจพรรณบนภูเขาสูงชันที่ไม่เคยเกิดดินถล่ม
- พื้นที่ลุ่ม
- พื้นที่เปิดโล่ง
- วัด สถานที่ราชการ และสถาบันต่างๆ
- สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ
- สระน้ำในสวน/ไร่นา
- สวนผลไม้บนภูเขาสูงชันที่เคยเกิดดินถล่ม
- สวนผลไม้บนภูเขาสูงชันที่ไม่เกิดดินถล่ม
- สวนไม้ผสมบนพื้นราบที่ได้รับความเสียหายจากดินถล่ม
- สวนไม้ผสมบนพื้นราบที่ไม่ได้รับความเสียหายจากดินถล่ม
- หมู่บ้านบนพื้นที่ราบ-ไม้ผลผสม
- หมู่บ้านบนพื้นที่ราบ
- แม่น้ำ ลำคลอง
- โรงงานอุตสาหกรรม
- ไม่บนภูเขาสูงชันที่ไม่เกิดดินถล่ม

แหล่งที่มาของข้อมูล :
1. สำรวจโดย พิศนุ บุตรอ่ำ, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, 2559

รูปที่ 4-11 การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำแม่พร่อง - แม่พูล ในปีปัจจุบัน (พ.ศ. 2559)



รูปที่ 4-12 ขอบเขตน้ำฝนวิกฤต พื้นที่ลุ่มน้ำแม่พร่อง - แม่พูล



รูปที่ 4-13 ขอบเขตน้ำฝนวิกฤต พื้นที่ลุ่มน้ำคลองคราม

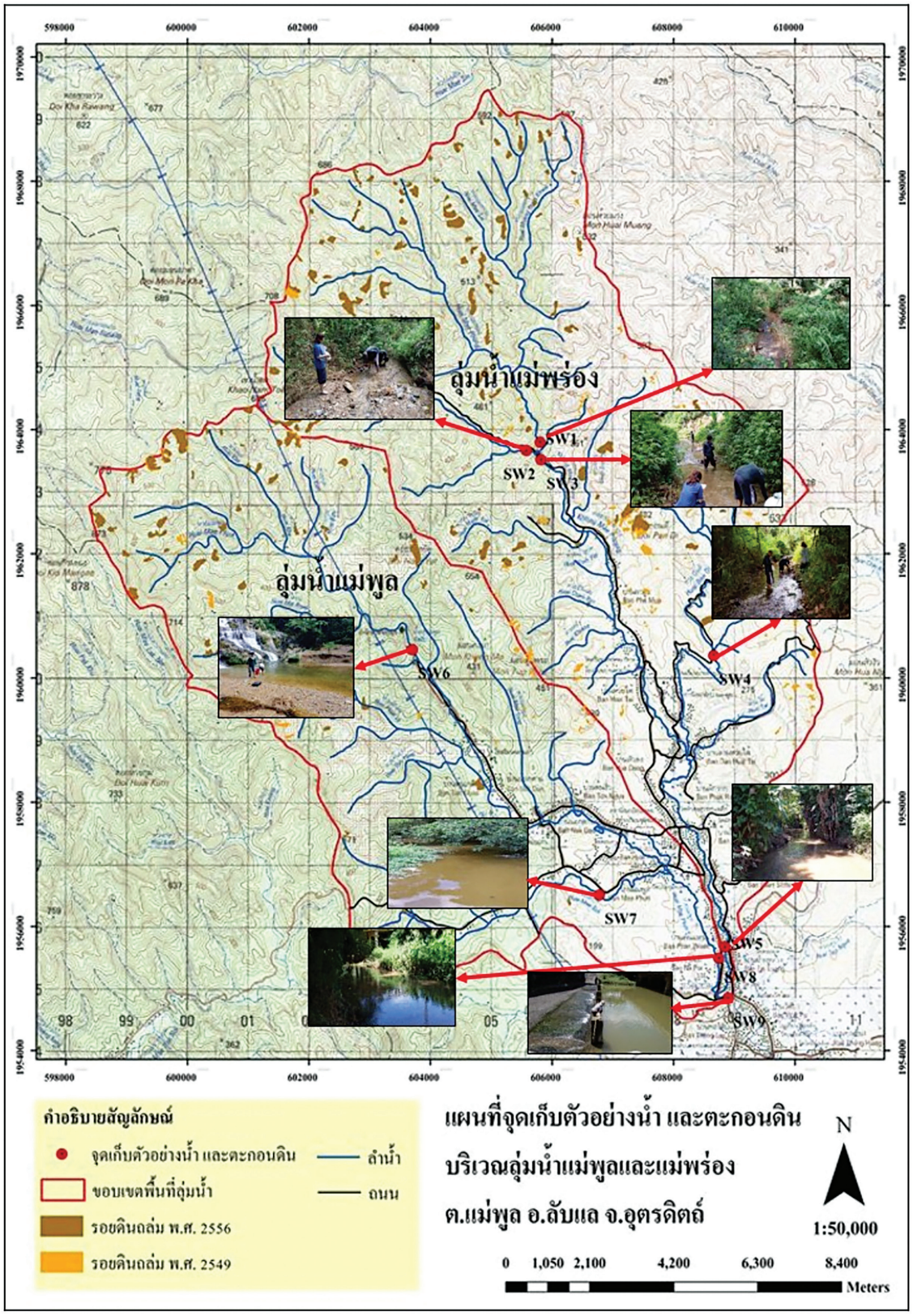
สำหรับการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมมาจำลองสถานการณ์และวิเคราะห์ความมั่นคงและประเมินค่าโอกาสเกิดการพิบัติของลาดดินโดยรวมของพื้นที่ศึกษา จะเห็นได้ว่าต้องมีการใช้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์มาก และถ้าข้อมูลต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงไปมากขอบเขตน้ำฝนวิกฤตก็อาจจะมีเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน เพื่อกำหนดขอบเขตน้ำฝนวิกฤต การปรับปรุงเกณฑ์การเตือนภัยให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ปัจจุบันจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้สัญญาณเตือนภัยมีความถูกต้องและสัมพันธ์กับปัจจัยกระตุ้นโดยตรง ด้วยเหตุนี้ การติดตั้งระบบตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่ตกจริงในพื้นที่ศึกษา จึงเป็นกลไกสำคัญที่จะช่วยยืนยันความถูกต้องของข้อมูลและยกระดับประสิทธิภาพของระบบเตือนภัย

นอกเหนือจากการสำรวจทางกายภาพที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในปัจจุบันยังมีการประยุกต์ใช้วิธีทางวิศวกรรมอื่น ๆ มาสนับสนุนการวิเคราะห์ความมั่นคงของลาดชัน เช่น การสำรวจด้วยเครื่องมือวัดทางปฐพีวิทยา (geotechnical instrumentation) เช่น inclinometer เพื่อวัดการเคลื่อนที่ของดินในระดับลึก และ piezometer เพื่อติดตามแรงดันน้ำในโพรงดินแบบเรียลไทม์ การบูรณาการข้อมูลจากระบบเซ็นเซอร์เหล่านี้ร่วมกับแบบจำลองทางวิศวกรรมปฐพีที่ทันสมัย จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์และเพิ่มความเชื่อมั่นในการบริหารจัดการความปลอดภัยในพื้นที่สูงชันได้อย่างยั่งยืน

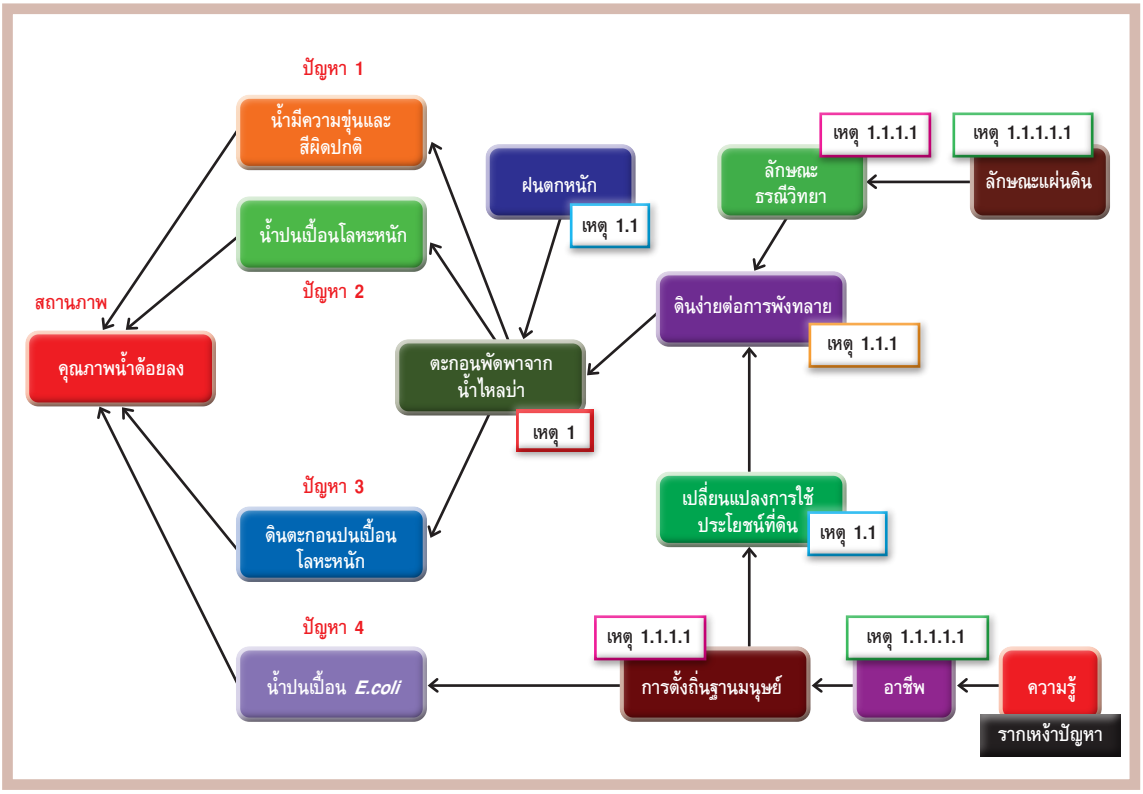
4.1.5 การประเมินผลกระทบของดินถล่มต่อคุณภาพน้ำและระบบนิเวศลุ่มน้ำ

ความเสียหายจากปรากฏการณ์ดินถล่มไม่ได้จำกัดเพียงการทำลายโครงสร้างพื้นฐานและพื้นที่เกษตรกรรมเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อเนื่องทางชีวเคมีต่อทรัพยากรน้ำซึ่งเป็นแหล่งอุปโภคบริโภคของชุมชนท้าวน้ำ “โครงการอิทธิพลของพิบัติภัยดินถล่มและโคลนไหลที่มีต่อคุณภาพน้ำผิวดินของพื้นที่ลุ่มน้ำ” ดำเนินการโดย ผศ. ดร.อรอนงค์ ผิวนิล และคณะ จากคณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มุ่งเน้นการศึกษาสถานะการปนเปื้อนของโลหะหนักและคุณภาพน้ำหลังการเกิดภัยพิบัติ เพื่อประเมินความปลอดภัยในการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำธรรมชาติ

กระบวนการวิจัยและดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินบนพื้นที่สูง (upland soil) ดินตะกอนในลำน้ำ (sediment) และน้ำผิวดิน (stream water) ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่พูล - แม่พร่อง จังหวัดอุตรดิตถ์ (ดังรูปที่ 4-14) และลุ่มน้ำคลองคราม จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีการวิเคราะห์ตัวอย่างตามมาตรฐานเพื่อประเมินค่าตัวแปรสำคัญ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพและจุลชีววิทยา : ตรวจวัดความขุ่น (turbidity) ของแข็งแขวนลอย (ss) และการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria) ซึ่งสะท้อนถึงผลกระทบจากตะกอนดินและการตกค้างจากกิจกรรมชุมชน ลักษณะทางเคมีและโลหะหนัก: มุ่งเน้นการตรวจวิเคราะห์ธาตุอาหารและโลหะหนักที่เป็นอันตราย เช่น สารหนู (arsenic - as), แมงกานีส (MN), แมกนีเซียม (MG) และแคลเซียม (CA) เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดเกิดดินถล่มและการแพร่กระจายของมลพิษ ที่มีแนวทางการวิเคราะห์ปัญหาดังรูปที่ 4-15



รูปที่ 4-14 แผนที่แสดงตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ได้รับผลกระทบ



รูปที่ 4-15 การวิเคราะห์ปัญหาและรากเหง้าของปัญหาคุณภาพน้ำและดินตะกอนในลุ่มน้ำ

ผลการศึกษาในภาพรวมรายงานว่า คุณภาพน้ำผิวดินส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตาม มีตัวชี้วัดบางรายการที่สูงกว่ามาตรฐาน ได้แก่ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย และสี และตรวจพบแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม รวมถึง E. coli และฟีคอลโคลิฟอร์มในทุกสถานี ซึ่งเชื่อมโยงกับกิจกรรมของชุมชนตามแนวลำน้ำทั้งสองฝั่ง ประเด็นสำคัญเชิงสิ่งแวดล้อมที่สำคัญคือมีการตรวจพบสารหนูในดินน้ำผิวดิน และดินตะกอน โดยพบเด่นชัดบริเวณที่มีรอยดินถล่ม และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบสิ่งแวดล้อมที่สะท้อนกลไกการพาและการสะสม กล่าวคือ ดินพื้นที่สูงและดินตะกอนสัมพันธ์กับสัดส่วนทรายแป้ง (silt) สารหนู แมกนีเซียม และทองแดง ขณะที่ดินตะกอนและน้ำในลำธารสัมพันธ์กับค่า pH แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีส

ผลการวิเคราะห์สถานะการปนเปื้อนรายพื้นที่ ข้อมูลสถิติจากการศึกษาพบลักษณะมลพิษที่สัมพันธ์กับสภาพธรณีวิทยาพื้นฐานในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

- พื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี : ตรวจพบการปนเปื้อนของสารหนูในปริมาณสูงมาก โดยเฉพาะในดินบนพื้นที่สูงที่มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 87.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งส่งผลให้สัดส่วนการปนเปื้อนระหว่าง ดิน : ดินตะกอน : น้ำผิวดิน มีค่าสูงถึง 30,250 : 6,200 : 1 สะท้อนถึงการชะละลายธาตุจากหินแกรนิตและหินปูนลงสู่แหล่งน้ำในปริมาณมหาศาลเมื่อเกิดดินถล่ม

- พื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ แม้ปริมาณสารหนูในดินจะน้อยกว่า (ค่าเฉลี่ย 0.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่ตรวจพบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างตะกอนดินที่ไหลบ่าจากร่องรอยดินถล่มกับค่าความขุ่นและสารแขวนลอยในลำน้ำที่เกินมาตรฐาน ซึ่งส่งผลต่อการผลิตน้ำประปาภูเขาของชุมชนอย่างมีนัยสำคัญ

ในส่วนสาเหตุของปัญหา สรุปเป็นลำดับเหตุหลายชั้น ตั้งแต่เหตุใกล้ตัว เช่น ตะกอนถูกพัดจากน้ำไหลบ่าและการพังทลายของดินร่วมกับปริมาณฝนมาก ไปจนถึงเหตุเชิงระบบ เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะดิน ลักษณะทางธรณีวิทยา/ลักษณะแผ่นดิน และการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ รวมถึงรากเหง้า ในมิติความรู้ความเข้าใจของประชาชนต่อการเกิดดินถล่ม อีกส่วนหนึ่งของสาเหตุด้านชีวภาพ งานวิจัยชี้ว่าการปนเปื้อนจุลินทรีย์ (เช่น โคลิฟอร์ม/ฟีคอลโคลิฟอร์ม) เกิดจากการปล่อยน้ำเสียหรือสิ่งปฏิกูลลงแหล่งน้ำ และการชะจุลินทรีย์จากมูลสัตว์ในพื้นที่เมื่อมีฝนตก รวมทั้งเงื่อนไขการตั้งบ้านเรือนตามแนวลำน้ำและระบบสุขาภิบาลที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งทำให้น้ำเสียปนลงแหล่งน้ำได้ง่ายและมีผลต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรค

สำหรับแนวทางแก้ไข ในเชิงการจัดการน้ำประปาผิวดิน งานวิจัยเสนอให้จัดการปัญหาความขุ่นด้วยระบบตกตะกอนโดยใช้สารเคมีช่วยตกตะกอน เช่น สารส้ม (Alum) หรือ PAC และอาจเติมโพลิเมอร์เพื่อช่วยให้ตะกอนรวมตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น จากนั้นฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนโดยต้องควบคุมปริมาณการใช้ และสามารถแยกคลอรีนออกจากน้ำดื่มด้วยการกรองผงถ่านกัมมันต์หรือพักรอให้คลอรีนระเหยพร้อมผ่านถังกรองทราย โดยระบุว่าน้ำที่ได้จะสะอาดและปลอดเชื้อ

ในด้านการปนเปื้อนโลหะหนัก งานวิจัยระบุแนวทางจัดการเหล็กและแมงกานีสในน้ำด้วยการเติมอากาศแล้วทิ้งให้ตกตะกอน หรือกรองด้วยสารกรองซีโอไลต์ซึ่งมีคุณสมบัติดูดซับไอออนของเหล็กและแมงกานีส และยังช่วยลดกลิ่นบางชนิดในน้ำ ขณะเดียวกัน และเสนอให้เห็นความสำคัญกับการลดการพังทลายของดินในพื้นที่ต้นน้ำเพื่อแก้สาเหตุของตะกอน โดยเสนอการป้องกันตั้งแต่การตกกระทบของน้ำฝน การไหลบ่าหน้าดิน และการชะล้างผิวดิน พร้อมแนวทางเชิงปฏิบัติ เช่น การปลูกพืชคลุมดิน ไม้พุ่ม ไม้ยืนต้น และพืชรากลึกอย่างหญ้าแฝก เพื่อยึดหน้าดินและลดการสูญเสียดิน

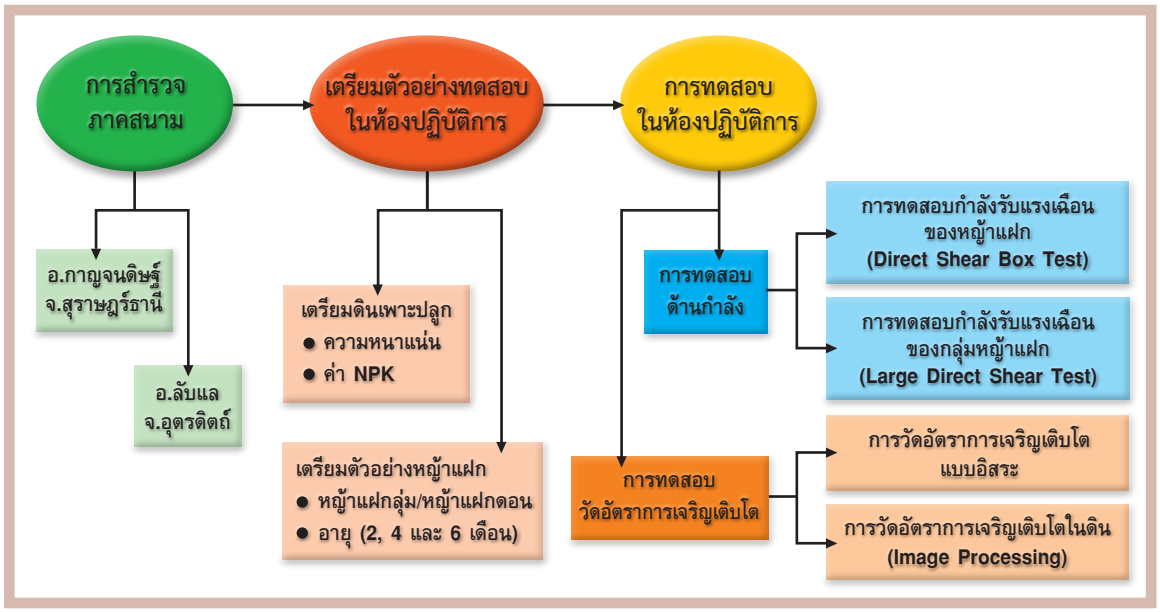
ในเชิงบริหารจัดการและแนวทางการเฝ้าระวัง สาระสำคัญจากงานวิจัยนี้คือ น้ำผิวดินในลุ่มน้ำที่เกิดดินถล่มนั้นมีคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการบริโภคโดยตรง เนื่องจากการปนเปื้อนของโลหะหนักที่มาจากแหล่งกำเนิด ที่อาจถูกกระตุ้นด้วยกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน ดังนั้นมาตรการป้องกันดินถล่มจึงไม่ได้มีเป้าหมายเพียงเพื่อรักษาพื้นที่ทำกิน แต่ยังเป็นการปกป้องต้นทุนทางทรัพยากรน้ำและสุขอนามัยของชุมชน

สำหรับการดำเนินงานในปัจจุบัน นอกจากการเก็บตัวอย่างแบบดั้งเดิมแล้ว ยังสามารถนำเทคโนโลยี สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำอัตโนมัติ มาใช้ร่วมกับระบบเซ็นเซอร์วัดความขุ่นแบบเรียลไทม์ เพื่อแจ้งเตือนชุมชนเมื่อมีตะกอนดินไหลบ่าลงสู่ลำน้ำในปริมาณวิกฤต การบูรณาการข้อมูลเหล่านี้ร่วมกับเกณฑ์ปริมาณน้ำฝน จะช่วยให้การบริหารจัดการลุ่มน้ำบนพื้นที่สูงมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยครอบคลุมในทุกมิติ

4.2 การประยุกต์ใช้ชีววิศวกรรม และนวัตกรรมเพื่อการแก้ปัญหาที่ยั่งยืน

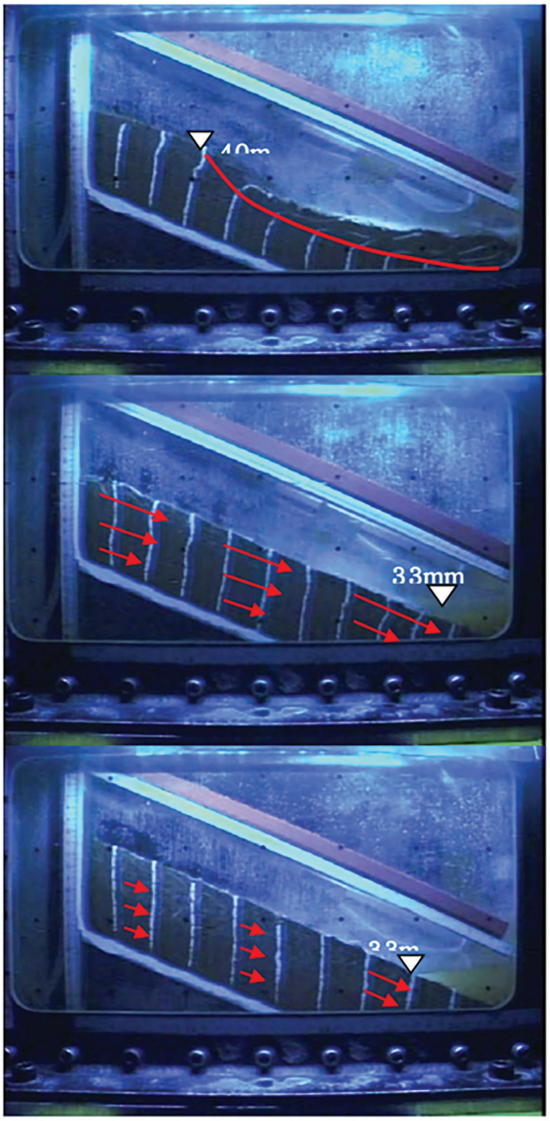
เพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมในการประยุกต์ใช้พืชเพื่อเสริมเสถียรภาพของลาดดินตามแนวพระราชดำริ โครงการศึกษาวิจัยย่อยที่ 4 “การประยุกต์ใช้หลักการชีววิศวกรรมสำหรับเสถียรภาพของลาดดินที่เสริมแรงด้วยระบบพืช” ดำเนินการโดย ศ.ดร.สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง และคณะ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นตัวอย่างโครงการที่ได้ดำเนินการขึ้นเพื่อศึกษาและพิสูจน์กลไกเชิงกลของรากพืช โดยเฉพาะหญ้าแฝก ในการเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนและเสริมความมั่นคงให้กับมวลดินอย่างเป็นระบบ โครงการนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์เชิงปริมาณในห้องปฏิบัติการและแบบจำลองเพื่อสร้างความเข้าใจพื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพืชท้องถิ่นและสื่อสารสู่ชุมชนต่อไป

การศึกษาวิจัยได้ดำเนินไปอย่างครอบคลุมผ่านกระบวนการที่หลากหลาย ได้แก่ 1) การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (laboratory investigation) ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝก การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของผิวสัมผัสรากด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) , และการวัดอัตราการเจริญเติบโตของรากด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์และการวิเคราะห์ภาพถ่าย (image processing) 2) การสร้างแบบจำลองเชิงกายภาพ (physical modelling) โดยใช้เครื่องจำลองหมุนเหวี่ยง (geotechnical centrifuge) เพื่อจำลองสถานการณ์ฝนตกที่ก่อให้เกิดการวิบัติของลาดดินในแบบจำลองย่อส่วน และ 3) การสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลข (Numerical Modelling) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (SLOPE/W) ในการวิเคราะห์ค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัย (FS) เพื่อเปรียบเทียบค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัยของลาดดินกรณีมีและไม่มีการเสริมแรงด้วยรากพืช



รูปที่ 4-16 ขั้นตอนการศึกษาพฤติกรรมเชิงกลของรากหญ้าแฝก

ผลการศึกษาจากห้องปฏิบัติการยืนยันอย่างมีนัยสำคัญว่า รากหญ้าแฝกช่วยเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มค่า ความเชื่อมแน่นเชิงปรากฏ ได้ประมาณ 7 - 12 กิโลปาสคาล (kPa) ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ในระดับจุลภาคที่พบว่ารากหญ้าแฝกมีรากฝอยละเอียดจำนวนมาก ช่วยในการยึดเกาะและพันรัดเม็ดดิน ขณะที่ผลการศึกษาเชิงพฤติกรรมลาดดินและเชิงเสถียรภาพด้วยแบบจำลองหมุนเหวี่ยงได้แสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของรากหญ้าแฝกในการชะลอการวิบัติของลาดดิน ระบบรากช่วยยึดเกาะชั้นดินตื้น และมีแนวโน้มช่วยชะลอการซึมผ่าน การไหลซึมของน้ำลงสู่ชั้นดิน จึงช่วยลดการเปลี่ยนรูปและชะลอการวิบัติของลาดดินภายใต้สภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำฝน การไหลซึมนี้ชี้ชัดว่ารากหญ้าแฝกทำหน้าที่ทั้งเสริมความแข็งแรงเชิงกลและช่วยชะลอการซึมผ่านของน้ำลงสู่ชั้นดิน



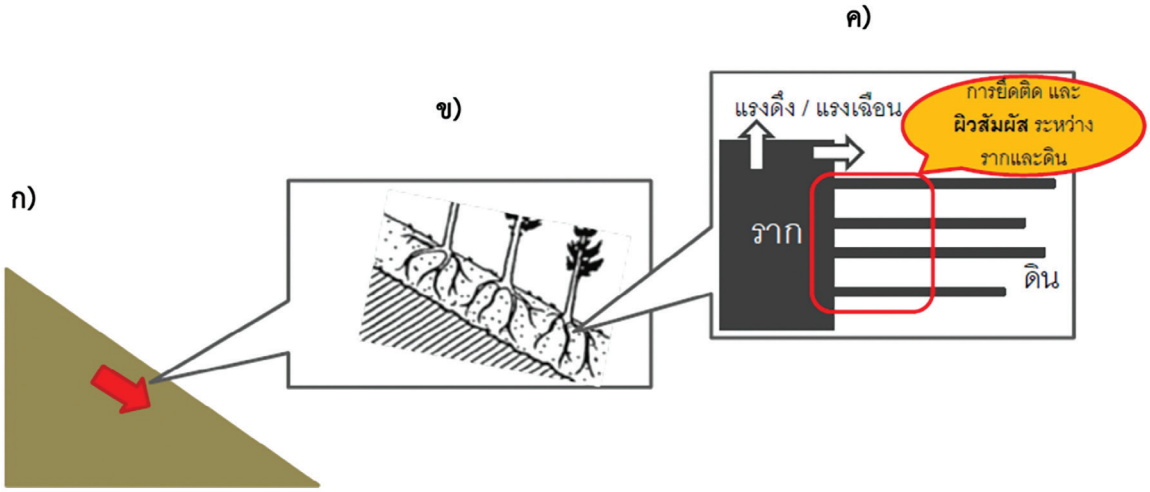
ก) แบบจำลองลาดดินกรณีไม่มีการเสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝก เมื่อจำลองสถานการณ์ฝนตกด้วยความเข้ม 20 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ลาดดินเกิดการวิบัติที่เวลา 18 ชั่วโมง และขอบเขตการวิบัติจะกินพื้นที่เกือบถึงบริเวณด้านบนของลาดดิน

ข) แบบจำลองลาดดินกรณีมีการเสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝกหนาประมาณ 50 เซนติเมตร เมื่อจำลองสถานการณ์ฝนตกด้วยความเข้ม 20 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ลาดดินเริ่มเกิดการวิบัติที่เวลา 35 ชั่วโมง ลักษณะการวิบัติเป็นแบบการเลื่อนไถล

ค) แบบจำลองลาดดินกรณีมีการเสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝกหนาประมาณ 100 เซนติเมตร เมื่อจำลองสถานการณ์ฝนตกด้วยความเข้ม 20 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ลาดดินเริ่มเกิดการวิบัติที่เวลา 40 ชั่วโมง ลักษณะการวิบัติเป็นแบบการเลื่อนไถลและระยะทางการเลื่อนไถลจะลดน้อยลงกว่ากรณี ข)

รูปที่ 4-17 ผลการจำลองพฤติกรรมการเสริมแรงของรากหญ้าแฝกบนลาดดินด้วยแบบจำลองหมุนเหวี่ยง

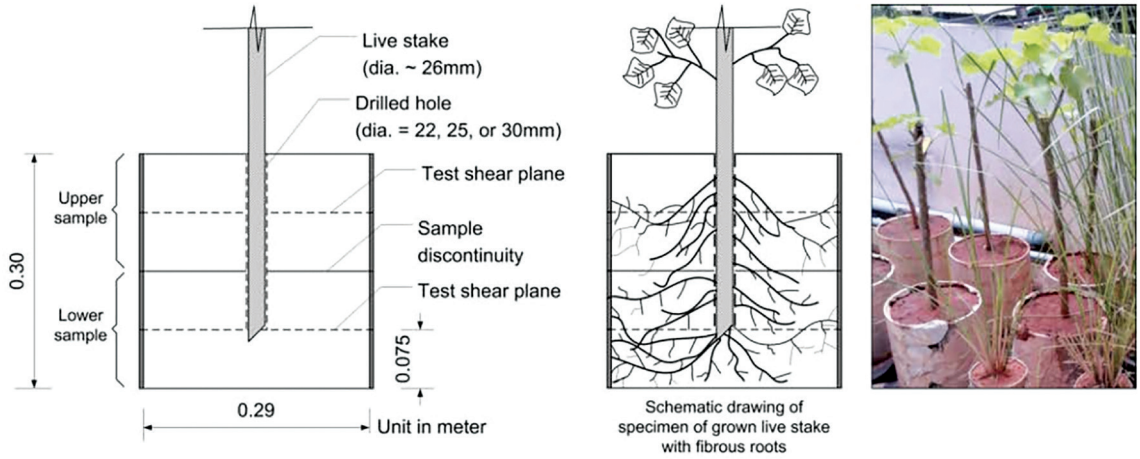
อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลขพบว่าค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัย (FS) เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ให้ข้อสรุปว่า การวิเคราะห์ดังกล่าวมุ่งเน้นไปที่ระนาบการวิบัติในระดับลึก ซึ่งเป็นระดับที่รากหญ้าแฝกที่ยาวประมาณ 1 เมตรหยั่งลงไปไม่ถึง ดังนั้น จากผลการวิจัยทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่า การปลูกหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการวิบัติในระดับตื้นและการชะล้างพังทลายของหน้าดิน แต่สำหรับพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการวิบัติในระดับลึก ควรมีการประยุกต์ใช้มาตรการทางวิศวกรรมเชิงกลควบคู่กันไปด้วยเพื่อให้เกิดเสถียรภาพอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 4-18 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของลาดดิน
ก) ในมุมมองของปฐพีกลศาสตร์ ข) ที่เชื่อมโยงกับโครงสร้างระดับมหภาคของรากในดิน และ ค) ความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกับโครงสร้างในระดับจุลภาค

นอกเหนือจากการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลพื้นฐานของรากหญ้าแฝก โครงการศึกษาวิจัยย่อยที่ 5 : “การประยุกต์ใช้วิธีวิศวกรรมชีวภาพเพื่อป้องกันแก้ไขปัญหาดินถล่มระดับตื้น” ดำเนินการโดย รองศาตราจารย์ ดร.อภินิติ โชติสังกาศ และคณะ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ขยายขอบเขตองค์ความรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้เทคนิคทางชีววิศวกรรมในรูปแบบที่หลากหลายยิ่งขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคต่าง ๆ อาทิ การใช้ไม้ปักชำลึก (live stake), การศึกษาผลกระทบของรากพืชต่อคุณสมบัติด้านอุทกวิทยาของดิน, การทดสอบคุณสมบัติของโครงสร้างทางวิศวกรรมแบบประยุกต์ และการสำรวจแหล่งน้ำใต้ดินด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง

การศึกษาเทคนิคไม้ปักชำลึก (live stake) ซึ่งเป็นการนำท่อนพันธุ์ของพืชที่เจริญเติบโตได้ง่ายมาปักลงในดินให้ลึกประมาณ 0.5 - 1 เมตร พบว่าเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงในการสร้างระบบรากในระดับลึกได้อย่างรวดเร็วตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของการปลูก จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่ากำลังรับเฉือนที่เพิ่มขึ้นจากไม้ปักชำและรากฝอยที่แตกออกมานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในดินเป็นอย่างมาก โดยกำลังเสริมแรงในสภาวะดินอิ่มตัวด้วยน้ำอาจมีค่า ลดลงถึง 3 - 4 เท่า เมื่อเทียบกับสภาวะดินไม่อิ่มตัว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปลูกพืชเพื่อเสริมเสถียรภาพของลาดดินจะต้องดำเนินการควบคู่กับการจัดการระบบระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพ



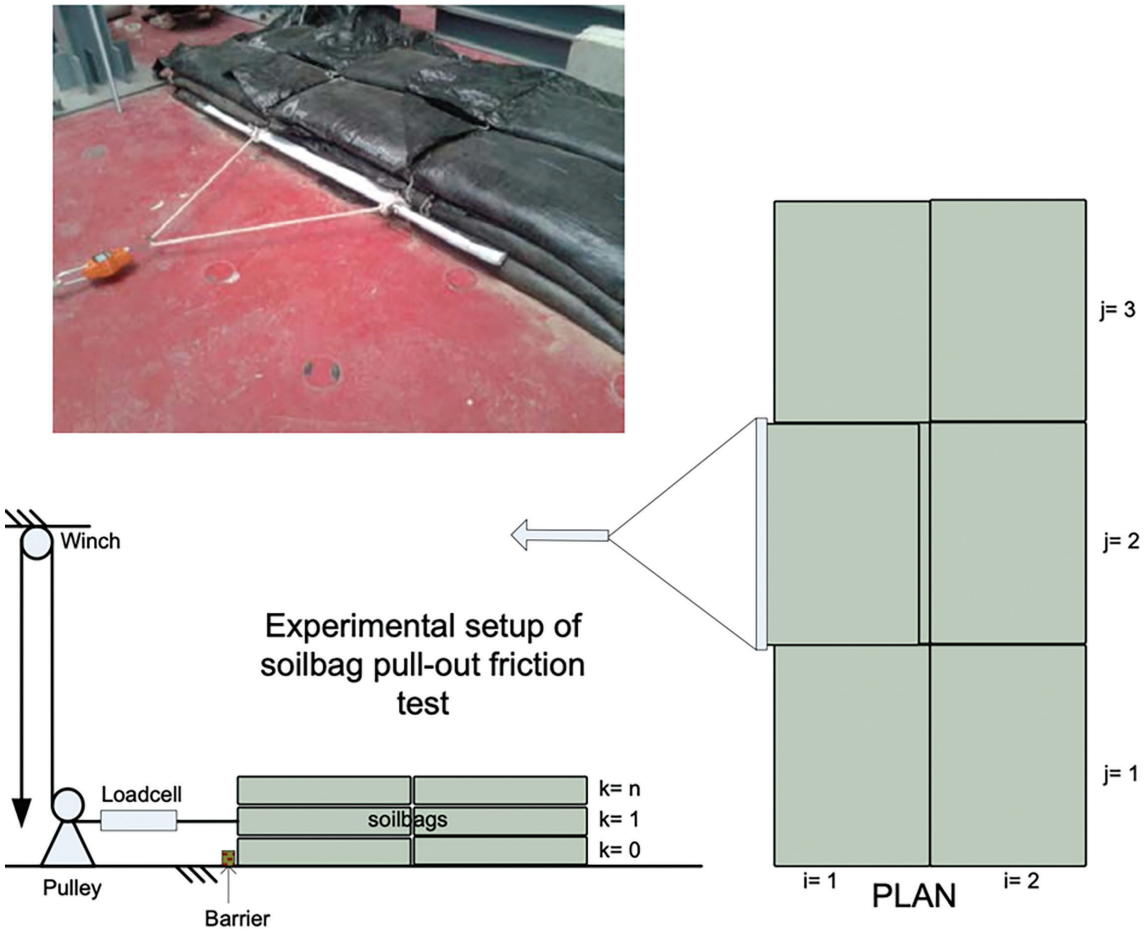
รูปที่ 4-19 ลักษณะของไม้ปักชำที่ปลูกในห้องปฏิบัติการก่อนนำไปเฉือนด้วยเครื่องเฉือนตรงขนาดใหญ่[79]

สำหรับ หญ้าแฝก โครงการนี้ได้ศึกษาในมิติที่ซับซ้อนขึ้นโดยเน้นผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านการซึมผ่านของน้ำ (permeability) ของดิน ผลการศึกษาพบว่าอิทธิพลของรากแฝกมีความเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของดินและปริมาณราก ในระยะแรก รากแฝกอาจทำให้ดินเหนียวและดินทรายแป้งมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำสูงขึ้นจากการหดตัวของดิน แต่เมื่อปริมาณรากหนาแน่นขึ้น (มากกว่า 1% โดยปริมาตร) จะเข้าไปแทนที่ช่องว่างและทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำลดลง อย่างไรก็ตาม ในระยะยาว (>1 ปี) การย่อยสลายของรากเก่าอาจทำให้เกิดโพรงและเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำได้อีกครั้ง ที่สำคัญ คือ ผลการจำลองเชิงคณิตศาสตร์พบว่า ในกรณีของ ลาดชันสูงมากกว่า 60 องศา หากรากพืชทำให้ชั้นหินผุมีค่าการซึมน้ำสูงขึ้น 2 เท่า อาจส่งผลลบโดยการนำพาน้ำลงไปสร้างแรงดันน้ำในที่ลึก และอาจทำให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยลดลง 10% เนื่องจากน้ำฝนที่ไหลซึมผ่านโซนรากพืช ทำให้แรงดันน้ำสูงขึ้น ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับคำแนะนำของหลายหน่วยงานที่ไม่ให้ใช้หญ้าแฝกเพียงอย่างเดียวบนพื้นที่ลาดชันสูงมาก แต่สำหรับลาดทั่วไปความชันประมาณ 26 องศา รากพืชช่วยเสริมเสถียรภาพได้ดี

นอกจากนี้ โครงการยังได้ประเมินคุณสมบัติทางวิศวกรรมของกระสอบมีปีก และพบว่ามีคุณสมบัติดีกว่ากระสอบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่ามุมเสียดทานระหว่างกระสอบสูงกว่าของ กระสอบธรรมดา และมีความทนทานต่อการเจาะทะลุและการเสื่อมสภาพสูงกว่ามาก โดยยังคงความแข็งแรงแม้ผ่านการใช้งานภาคสนามยาวนาน ในขณะที่กระสอบธรรมดาเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว

---

[79] Jotisankasa, A. and Taworn, D., 2016. Direct Shear Testing of Clayey Sand Reinforced with LiveStake. Geotechnical Testing Journal, ASTM, Vol. 39, No.4, July 2016, Accepted forpublication on 3 March 2016



รูปที่ 4-20 การทดสอบแรงเสียดทานระหว่างกระสอบมีปีก

ในเชิงการประยุกต์ใช้ในพื้นที่จริง โครงการการก่อสร้างแปลงทดลองชีววิศวกรรมปฐพี เพื่อป้องกันการกัดเซาะ เสริมเสถียรภาพตลิ่งบริเวณสะพานช้างมูบ (ลำห้วยแม่พร่อง) ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยกระบวนการคัดเลือกพื้นที่และการดำเนินงานเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนและหน่วยงานในพื้นที่ตั้งแต่การเลือกพื้นที่ ร่วมออกแบบ ไปจนถึงการร่วมก่อสร้าง ซึ่งทำให้มาตรการชีววิศวกรรมงานภาคสนามที่ทำได้จริง และสะท้อนบริบทการขยายผลในระดับพื้นที่ได้ชัดเจน

แปลงทดลองดังกล่าวออกแบบเป็น 4 รูปแบบ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความเหมาะสมของโครงสร้างร่วมกับพืช ได้แก่ (1) กล่องเกเบียนร่วมกับกระสอบแบบมีปีก (2) กระสอบจีโอเทกซ์ไทล์ขนาดใหญ่ร่วมกับกระสอบมีปีก (3) กระสอบมีปีก และ (4) ผ้าห่มดินร่วมกับหมอนกันดิน โดยทั้งสี่รูปแบบมีความยาวประมาณ 10 เมตร และความสูงลาดจากฐานประมาณ 5 เมตร และทำการปลูกร่วมกับไม้ปักชำลึกจากพืชหลายชนิด (เช่น ทองหลาง สนุ่น อินทนิลน้ำ ไคร้น้ำ เฟื่องฟ้า) รวมทั้งหญ้าแฝกและหญ้ารูซี่ เพื่อทดสอบการตั้งตัวของพืชและการพัฒนาระบบรากภายใต้โครงสร้างที่แตกต่างกันในด้านระบบติดตามประเมินผล มีการติดตั้งบ่อสังเกตการณ์ระดับน้ำใต้ดิน หมุดสำรวจการเคลื่อนตัวและท่อสังเกตราก เพื่อประเมินพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของลาดและการเติบโตของรากในสนามอย่างเป็นระบบ



31 มกราคม พ.ศ. 2558



28 พฤษภาคม พ.ศ. 2558



18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559

รูปที่ 4-21 แปลงทดลองชีววิศวกรรมปฐพี สะพานช้างมูบ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ผลการติดตามในแปลงทดลองสะท้อนทั้งประเด็นทางชีวภาพและพฤติกรรมทางวิศวกรรมของลาด กล่าวคือ ในส่วนการตั้งตัวของไม้ปักชำ รายงานระบุว่าเนื่องจากปัญหาภัยแล้งและการเตรียมท่อนไม้ปักชำล่วงหน้านานเกินไป ทำให้อัตรารอดของไม้ปักชำอยู่ที่ประมาณร้อยละ 30 - 40 ขณะเดียวกันการประเมินผลเชิงวิศวกรรมของแปลงทดลองใช้การสำรวจด้วยกล้อง Total station ในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อวัดการทรุดตัวและการเคลื่อนตัวด้านข้าง โดยรายงานผลว่าแปลงที่ 1 และ 2 มีการทรุดตัวน้อยที่สุดประมาณ 10 - 15 มิลลิเมตร ส่วนแปลงที่ 3 และ 4 ทรุดตัวประมาณ 20 มิลลิเมตร ซึ่งตีความว่าเป็น

การยุบตัวของดินถมในช่วงแรกของการศึกษามากกว่าจะเป็นความล้มเหลวของโครงสร้าง พร้อมกันนี้มีการติดตามปริมาณราก ด้วยวิธี Minirhizotron ผ่านท่อสังเกตรากในช่วงความลึก 0 - 2 เมตร และสรุปผลในรูปของอัตราส่วนรากด้านข้าง (root area ratio) เพื่อเชื่อมโยงการพัฒนารากกับพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของลาดในแปลงทดลอง นอกจากนี้ รายงานยังบันทึก ความเสี่ยงด้านการดูแลรักษาว่าเคยเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้บริเวณแปลง 4 (ผ้าห่มดิน) บางส่วน ทำให้ผ้าห่มดินเสียหายเกือบทั้งหมดและอุปกรณ์วัดพฤติกรรมลาดเสียหาย ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวางมาตรการบริหารความเสี่ยงและบำรุงรักษาเมื่อขยายผลสู่พื้นที่อื่น

อีกทั้งยังมีแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำใต้ดินในลาดดิน โดยเพิ่มความแม่นยำในการหาตำแหน่งการไหลของน้ำใต้ดิน ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทดลองเทคนิคการฟังเสียงน้ำใต้ดิน (Groundwater Aeration Sound) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยประเทศญี่ปุ่น สามารถใช้ประเมินตำแหน่งน้ำใต้ดินในลาดได้รวดเร็ว ทำการทดสอบใช้ในพื้นที่ศึกษาทั้งที่ อำเภอลับแล และ อำเภอกาญจนดิษฐ์ พบว่าสามารถใช้ประเมินระบุตำแหน่งที่มีการไหลของน้ำใต้ดินได้ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการออกแบบและติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินให้ตรงจุดและมีประสิทธิภาพสูงสุด

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการแก้ปัญหาดินถล่มบนที่สูงชันตามแนวพระราชดำริ (มูลนิธิชัยพัฒนา) กรณีบ้านหน้าถ้ำ ตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (โครงการย่อยที่ 9) โดย ดร.ส่งเกียรติ ทานสัมฤทธิ์ และคณะ จากมูลนิธิพลังที่ยั่งยืน ภายหลังเหตุการณ์ภัยพิบัติดินโคลนถล่มรุนแรงในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งมีสาเหตุจากปริมาณฝนที่ตกหนักกว่าปกติ แผนที่การเกิดดินถล่มดังรูปที่ 4-22 โครงการได้เริ่มต้นกระบวนการแก้ไขปัญหาโดยยึดหลักการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นแกนกลาง เพื่อสร้างองค์ความรู้และแนวทางที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่อย่างแท้จริง

พื้นที่ศึกษามีลักษณะสำคัญที่สะท้อนปัญหาเชิงระบบของพื้นที่สูงชันในประเทศไทย ได้แก่ การตั้งถิ่นฐานและเกษตรกรรมบนพื้นที่ลาดชัน การตัดถนนเลียบไหล่เขา และการเปลี่ยนพื้นที่ป่าบางส่วนเป็นพืชเชิงเดี่ยว ซึ่งเพิ่มปริมาณน้ำไหลบ่ารวมตัวจนทำให้ดินอิ่มตัวและเกิดดินโคลนถล่มได้ง่าย กรณีศึกษาบ้านหน้าถ้ำถูกจัดเป็นแผนการดำเนินงาน 3 แผนงาน ครอบคลุมทั้งการทำความเข้าใจกลไกการถล่มเชิงกายภาพ การจัดการข้อมูลที่ดินเพื่อการกำกับดูแล และการสาธิตมาตรการวิศวกรรม ชีววิศวกรรม เพื่อเพิ่มเสถียรภาพลาดชันและความปลอดภัยของโครงสร้างพื้นฐานสำคัญของชุมชน

แผนงานที่ 1 เป็นการศึกษาวิจัยเชิงพื้นที่เพื่อทำความเข้าใจลักษณะหลังเหตุการณ์ถล่ม ทั้งการจำแนกสัณฐานผิวหน้าดินและสมบัติดิน ตลอดจนการสำรวจพรรณพืชและบทบาทของระบบราก ผลการศึกษาพบดินที่มารวมกองมีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าโซนที่ถล่มไปแล้ว และมีคุณสมบัติซึมซับน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากกว่า โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ทรายเพิ่มขึ้นเล็กน้อยภายหลังการถล่ม และความลาดชันพื้นที่ลดลง นอกจากนี้มีการใช้ข้อมูลพรรณพืชเป็นหลักฐานเชิงเวลาของการเกิดเหตุในอดีต โดยพบไม้เบิกนำและไม้ป่าดิบเดิมปะปนกัน รวมถึงรายงานลักษณะไม้ขนาดใหญ่ที่ใช้คำนวณอายุได้ราว 200 ปี ซึ่งตีความได้ว่าพื้นที่ดังกล่าวอาจเคยเกิดดินถล่มมาแล้วในช่วงเวลาประมาณดังกล่าว

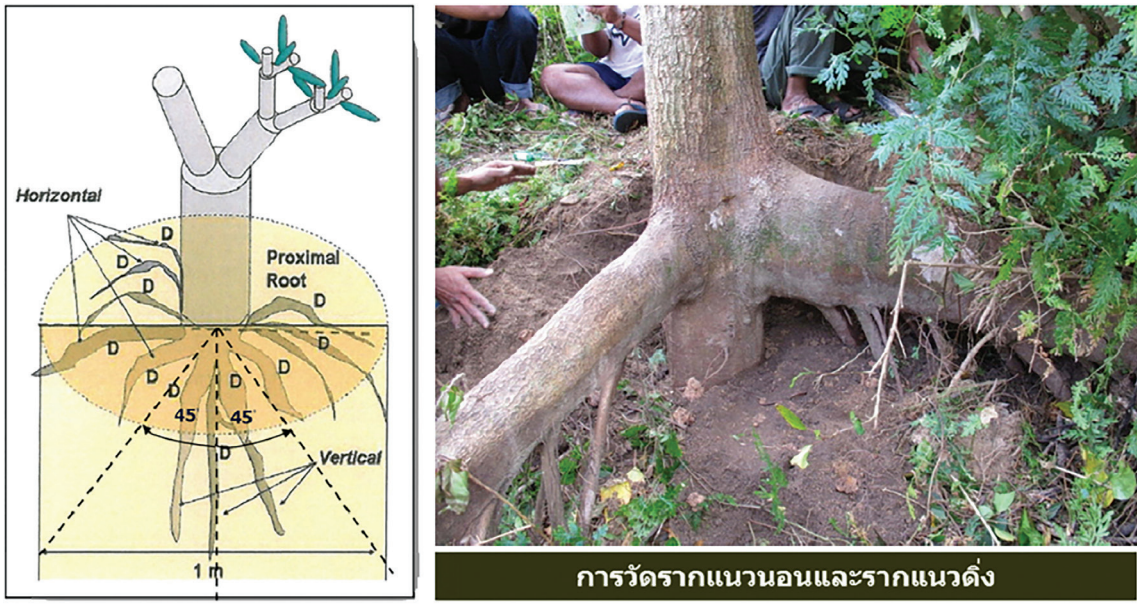


รูปที่ 4-22 แผนที่การเกิดดินถล่ม บ้านหน้าถ้ำ ปี พ.ศ. 2554

ในด้านรากพรรณไม้กับเสถียรภาพลาดชัน แผนงานที่ 1 สำรวจความสามารถในการยึดเกาะดินของระบบรากไม้รวม 18 ชนิด และรายงานชนิดพืชที่มีค่าดัชนีความสามารถของรากในการยึดเกาะดินสูงในแนวดิ่ง (ลักษณะคล้ายรากเสาเข็ม) และสูงในแนวนอน โดยชี้ว่าต้นเนียงและต้นลักสุกมีดัชนีเด่นในเชิงยึดเกาะ อีกทั้งยังระบุชนิดไม้ประจำถิ่นภาคใต้ที่มีศักยภาพระดับปานกลางทั้งแนวดิ่งและแนวนอนรวม 7 ชนิด (เช่น เหรียง จำปาดะ ตะโก ลอ ยางพารา กาแฟโรบัสต้า และลำพูป่า) ซึ่งสามารถนำไปใช้ปลูกในพื้นที่ลาดชันเพื่อช่วยยึดดินและสนับสนุนเสถียรภาพพื้นที่ได้

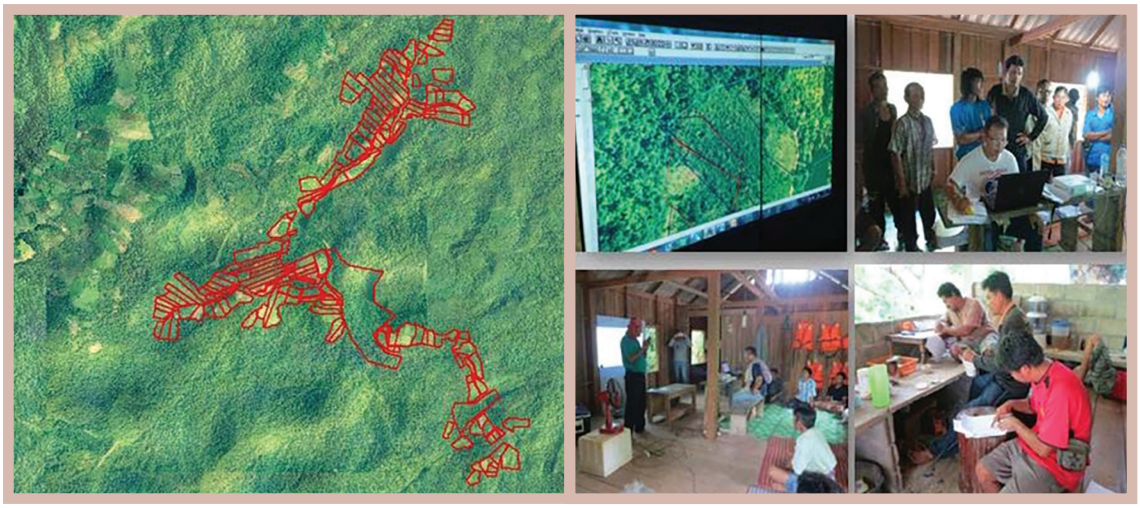
แผนงานที่ 2 ดำเนินการสำรวจและจัดทำแผนที่การถือครองและการทำประโยชน์ในที่ดินของรัฐในพื้นที่บ้านหน้าถ้ำ โดยประยุกต์ใช้ระบบ GPS (global positioning system) เพื่อกำหนดขอบเขตการถือครองให้ชัดเจน ตรวจสอบได้ทั้งเอกสารและไฟล์ดิจิทัล และสามารถนำเข้าระบบ GIS (geographic information system) เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ทันสมัยและตรวจสอบได้ต่อเนื่อง ผลลัพธ์ช่วยสนับสนุนการกำกับดูแลพื้นที่อนุรักษ์ ลดความเสี่ยงการบุกรุกทำลายป่าและการซื้อขายที่ดินโดยมิชอบ รวมถึงทำให้ชุมชนเรียนรู้การใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลขอบเขตพื้นที่และจัดการพื้นที่ทำกินได้เป็นระบบ

ในการสำรวจครั้งนี้เก็บข้อมูลการถือครองและทำประโยชน์ในที่ดินของรัฐจำนวน 217 แปลง มีราษฎรมาแสดงตนจำนวน 201 แปลง โดยผู้แสดงตนเป็นราษฎรในพื้นที่บ้านหน้าถ้ำ 117 ราย และอยู่นอกพื้นที่บ้านหน้าถ้ำ 80 ราย พื้นที่ถือครองและทำประโยชน์รวมทั้งสิ้น 1,852 ไร่



รูปที่ 4-23 การศึกษาระบบรากไม้ด้วยวิธีการคำนวณดัชนีความสามารถในการยึดดิน

แผนงานที่ 3 การใช้กระสอบมีปีกในการป้องกันดินถล่มร่วมกับหญ้าแฝก วิธีทางกลและพืชอื่น เป็นการประยุกต์ใช้วิธีทางวิศวกรรมผสมผสานกับพืชพรรณ โดยเลือกจุดเสี่ยงสำคัญที่กระทบการดำรงชีวิตของชุมชนคือถนนเข้า-ออกชุมชนช่วงควนพ่อตา ซึ่งเป็นเส้นทางหลักเพียงเส้นทางเดียว ซึ่งบริเวณพื้นที่ด้านบนเป็นเขาสูงชันที่เปลี่ยนสภาพการใช้ที่ดินจนกลายเป็นพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ ทำให้น้ำฝนไหลบ่ารวมตัวลงมาตามลาดชันข้ามถนนและไหลลงใต้ถนน จนดินอิ่มตัวและเกิดการไหลเป็นโคลน ส่งผลให้เกิดการกัดเซาะต่อเนื่องเป็นร่องลึกและโพรงใต้ถนน แนวทางแก้ไขประกอบด้วย (1) ใช้กระสอบมีปีกทำขั้นบันไดปิดร่องลึกในบริเวณเสียหายมาก (2) ทำขั้นบันไดเพื่อลดความชันและลดความเร็วของน้ำในบริเวณเสียหายปานกลางถึงเล็กน้อย พร้อมจัดระบบระบายน้ำโดยปรับขั้นบันได



รูปที่ 4-24 การสำรวจการถือครองและทำประโยชน์ในที่ดินของรัฐ

ให้เอียงซ้าย - ขวาเพื่อผันน้ำออกในแต่ละช่วง และ (3) ปลูกหญ้าแฝกจำนวน 70,000 ต้นให้ระบบรากช่วยยึดผิวดินลดการกัดเซาะ รวมถึงนำองค์ความรู้จากการวัดรากพืชพรรณและการจัดประเภทของรากไม้ ไปใช้เลือกพันธุ์ไม้ปลูกเสริมร่วมกับวิธีวิศวกรรม ผลเชิงวิศวกรรมระบุว่าอัตราส่วนความปลอดภัยของไหล่ถนนเพิ่มจาก 1.1 เป็น 1.42 และมีการประเมินความคุ้มค่าการลงทุนเสริมความแข็งแรงของถนน (ลงทุน 564,000 บาท ดูแล 10 ปี) โดยสรุปว่าเงินลงทุน 1 บาทให้ผลตอบแทน5 บาท อีกทั้งมีการประเมินผลลัพธ์ทางสังคมจากการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วม 21 คน ซึ่งสะท้อนทั้งความมั่นใจ/ความสะดวกในการสัญจร การได้รับความรู้ทักษะด้านหญ้าแฝก - วิธีวิศวกรรม - ระบบระบายน้ำ - วิธีพืช และการรับรู้ปัจจัยสำคัญของดินถล่ม



รูปที่ 4-25 การปรับปรุงพื้นที่โครงการฯ บ้านหน้าถ้ำ ในปี พ.ศ. 2558
ที่มา : โครงการประยุกต์ใช้หญ้าแฝกร่วมกับวิธีกลและพืชอื่นเพื่อป้องกันภัยดินถล่ม (ปตท.)

ในมิติกระบวนการมีส่วนร่วมและการเสริมศักยภาพชุมชน พบว่าความสำเร็จของโครงการเกิดจากการทำงานเป็นลำดับขั้น ได้แก่ (1) การสื่อสารและรับฟังความต้องการ (inform and consult) (2) การมีส่วนร่วมผ่านการอบรมภาคทฤษฎี - ปฏิบัติและการทำงานร่วมกับนักวิชาการ (involvement) และ (3) การปฏิบัติร่วมกันจนเกิดการเสริมพลัง (collaboration and empowerment) ผ่านโครงสร้างการบริหารจัดการในรูปคณะกรรมการ โดยนายกองค์การบริหารส่วนตำบลเป็นประธาน และมีทีมวิจัยชุมชน 24 คนเป็นกลไกหลัก

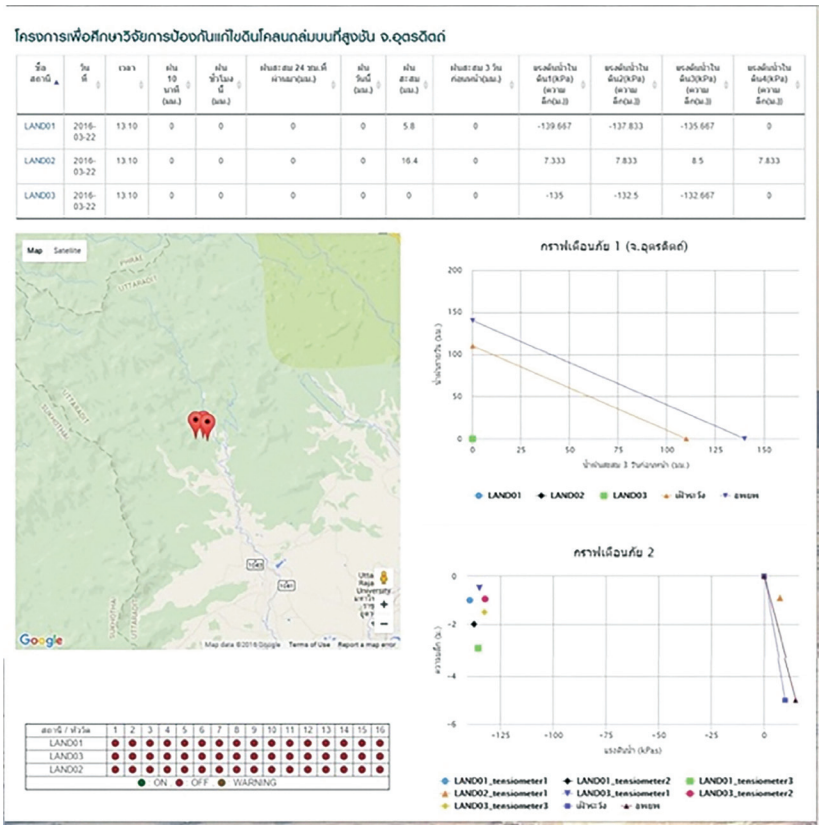
ในภาพรวม กรณีศึกษาบ้านหน้าถ้ำมีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นพื้นที่ต้นแบบ เนื่องจากสะท้อนการจัดการความเสี่ยงแบบครบวงจร ตั้งแต่การทำความเข้าใจสาเหตุเชิงระบบ (เช่น ปริมาณน้ำฝนและการไหลบ่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน) การปกป้องโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคมที่เป็นพื้นที่หลักของชุมชน ไปจนถึงการออกแบบมาตรการเชิงวิศวกรรมแบบผสมผสานควบคู่กับการยกระดับศักยภาพชุมชนให้สามารถดูแลรักษาและต่อยอดได้จริง บทเรียนเชิงนโยบายที่สำคัญคือ การกำหนดจุดดำเนินงานควรเริ่มจากปัญหาวิกฤตของชุมชนที่กระทบชีวิตประจำวันโดยตรง และการทำให้กลไกชุมชนเข้มแข็งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยสนับสนุนความต่อเนื่องและความยั่งยืนของการดำเนินงานในระยะยาว

4.3 เทคโนโลยีการเฝ้าระวังและการมีส่วนร่วมของชุมชน

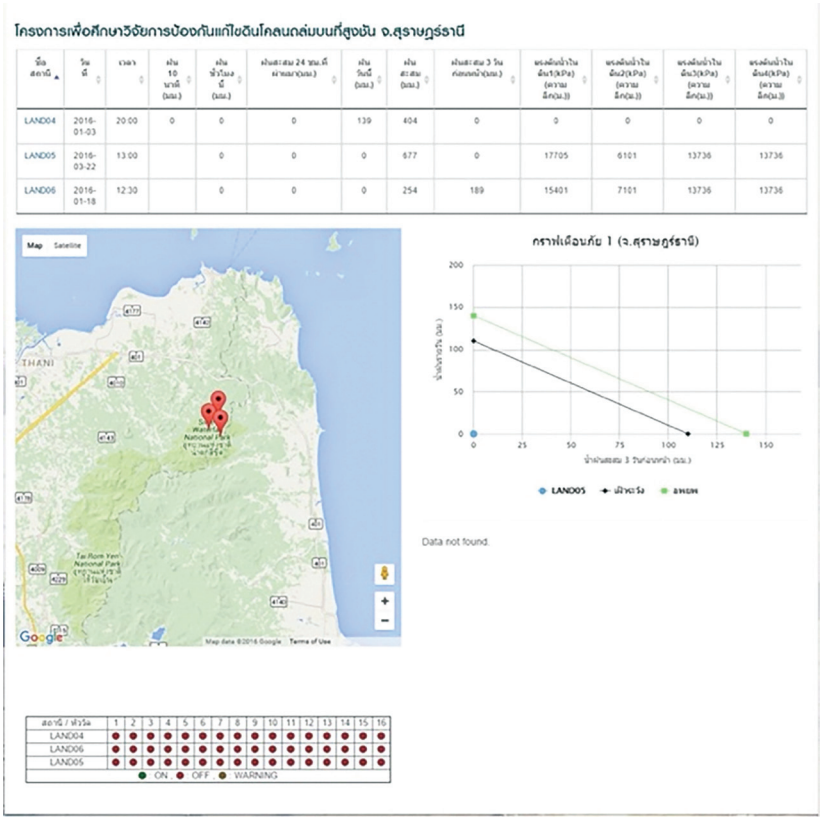
นอกจากการป้องกันและแก้ไขแล้ว การเตรียมพร้อมรับมือจึงเป็นสิ่งสำคัญ โครงการได้พัฒนาระบบเฝ้าระวังและเตือนภัยโดยเล็งถึงการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นสำคัญ เพื่อสร้างความยั่งยืนในการเฝ้าระวัง “โครงการการประยุกต์ระบบเฝ้าระวังภัยดินถล่ม โดยปัจจัยสภาพอากาศ แรงดันน้ำใต้ดิน และการเคลื่อนตัวของดิน โดยเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชน” (โครงการย่อยที่ 6) โดยคณะวิจัยของนาวาเอก อนุสรณ์ ยังคุ้มญาติ จากสำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหาร กองทัพเรือ ได้พัฒนาและติดตั้งสถานีตรวจวัดอัตโนมัติที่สามารถวัดข้อมูลสำคัญได้ครบถ้วน ทั้งปริมาณน้ำฝน แรงดันน้ำในดิน และการเคลื่อนตัวของดิน พร้อมระบบส่งสัญญาณทางไกล โดยมีนวัตกรรมที่โดดเด่นและสอดคล้องกับแนวพระราชดำริอย่างยิ่งคือ เครื่องตรวจจับการเคลื่อนตัวของดินและน้ำป่าอย่างง่าย ซึ่งมีต้นทุนต่ำ ชุมชนสามารถเรียนรู้หลักการและสร้างขึ้นเองได้จากวัสดุที่หาได้ไม่ยาก เช่น ท่อพีวีซีและสวิตช์แม่เหล็ก การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้ชาวบ้าน เยาวชน และนักเรียนในพื้นที่สามารถสร้าง ติดตั้ง และดูแลรักษาอุปกรณ์ได้เอง ถือเป็นการสร้างเครือข่ายเฝ้าระวังที่ยั่งยืนโดยชุมชน และส่งเสริมการพึ่งพาตนเองได้อย่างเป็นรูปธรรม

โครงการนี้มุ่งพัฒนาระบบเฝ้าระวัง เตือนภัยดินถล่มที่ชุมชนใช้ได้จริง โดยวางกรอบคิดให้สอดคล้องกับแนวพระราชดำริที่เน้นการแก้ปัญหาเชิงระบบและยั่งยืน กล่าวคือ ระยะสั้นเสริมความปลอดภัยด้วยเทคโนโลยีเตือนภัยที่เหมาะสม ขณะที่ระยะยาวต้องเดินคู่กับการจัดการที่ดิน ที่อยู่อาศัย และการฟื้นฟูป่าเพื่อแก้เหตุปัจจัยต้นตอของดินถล่มไปพร้อมกัน งานวิจัยจึงออกแบบให้มีทั้งวิธีอย่างง่ายที่ชุมชนทำเองได้ (เช่น บันทึกฝนรายวันและฝนสะสม) และเทคโนโลยีขั้นสูง ที่วัดพฤติกรรมลาดดินโดยตรง (แรงดันน้ำในช่องว่างดินและการเคลื่อนตัวของลาดดิน) พร้อมเชื่อมโยงเกณฑ์เตือนภัยระหว่างสองแนวทาง เพื่อให้ใช้ตัดสินใจได้เป็นขั้นตอน

การดำเนินงานภาคสนามเลือกพื้นที่ศึกษา 2 แห่ง ได้แก่ บ้านหน้าถ้ำ อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และบ้านผามูบ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ แต่ละพื้นที่ติดตั้งสถานีโทรมาตรและเครื่องมือเฝ้าระวังพื้นที่ละ 3 สถานี เพื่อครอบคลุมตีนเขา–กึ่งกลางเขา–ยอดเขา และให้ครอบคลุมทั้งลุ่มน้ำย่อย ข้อมูลจากเครื่องมือถูกส่งผ่านระบบ GPRS ไปยังเครื่องแม่ข่ายของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตร (สสนก.) และถูกจัดทำให้แสดงผลบนเว็บไซต์เป็นข้อมูลเตือนภัยที่ผู้ปฏิบัติการและชุมชนเข้าถึงได้ตัวอย่างดังรูปที่ 4-26



(ก)

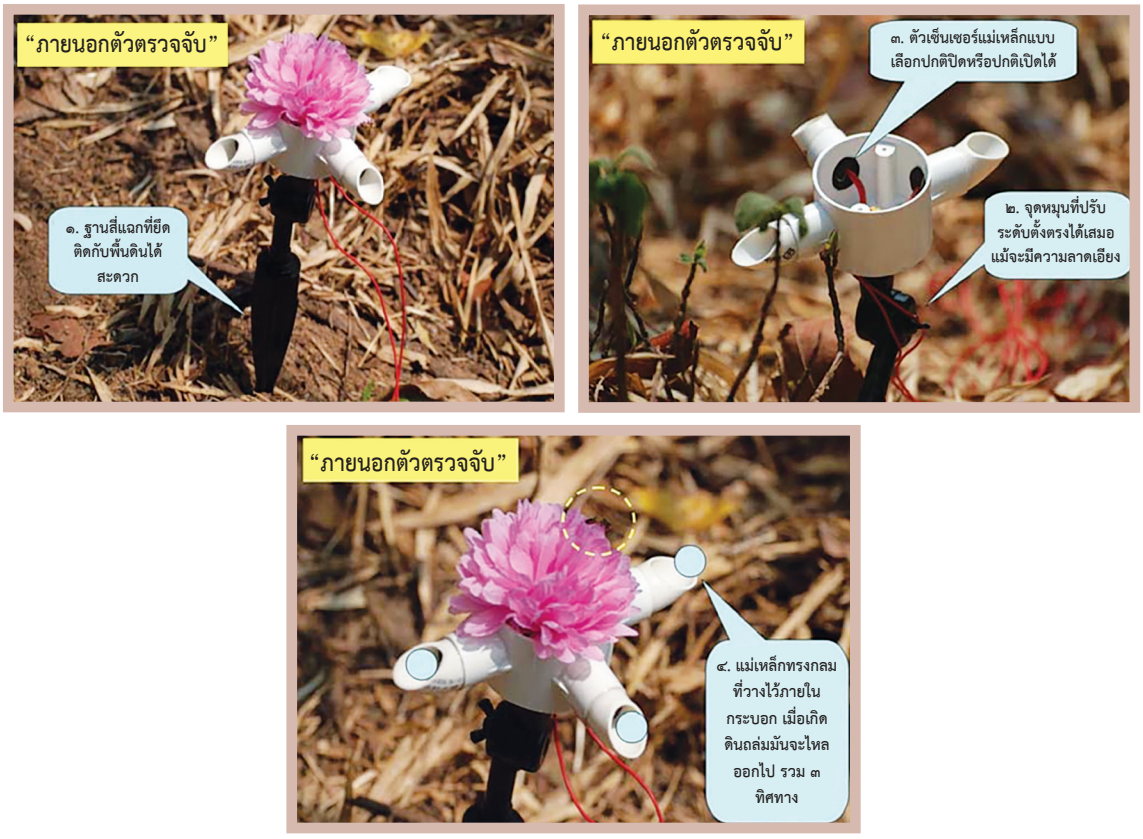


(ข)

รูปที่ 4-26 หน้าข้อมูลของโทรมาตร (ก) บ้านผามูบ จังหวัดอุตรดิตถ์
(ข) บ้านหน้าถ้ำ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ด้านข้อมูลที่ใช้ตัดสินใจ ระบบแสดงผลออกแบบให้เป็น 3 ชุดข้อมูลหลัก ได้แก่ (1) กราฟฝนรายวันและฝนสะสม 3 วัน (2) กราฟแรงดันน้ำวิกฤติเทียบความลึก (ลึกถึง 3 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับระนาบการพิบัติของดินถล่มในพื้นที่) และ (3) ตารางสถานะตัวจับดินถล่ม เพื่อให้ผู้ใช้เห็นทั้งตัวกระตุ้น (ฝน) ตัวแปรสภาพเสถียรภาพในมวลดิน (แรงดันน้ำ) และสัญญาณการเคลื่อนตัว (ตัวจับ) ในจอเดียว อย่างไรก็ดี รายงานระบุข้อจำกัดสำคัญว่า ณ ช่วงติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่อยู่ในภาวะภัยแล้ง ทำให้ค่าฝนและแรงดันน้ำยังไม่เข้าสู่ช่วงวิกฤติ จึงอาจยังไม่สามารถทดสอบความแม่นยำของเกณฑ์เตือนภัยได้ครบถ้วน และต้องติดตามผลเพิ่มเติม รวมถึงทดสอบความทนทาน การบำรุงรักษาเมื่อเกิดน้ำป่าไหลหลากหรือดินโคลนถล่มจริง

เพื่อให้เกิดการใช้งานได้จริงในระดับชุมชน งานวิจัยยังพัฒนาตัวตรวจจับการเคลื่อนตัวแบบเทคโนโลยีอย่างง่าย โดยใช้หลักการสวิตช์แม่เหล็ก (reed switch) ที่เน้นความทนทานต่อความร้อน ความชื้น ฝน ดูแลรักษาต่ำ ใช้สายไฟเป็นหลัก ใช้พลังงานต่ำมาก และมีระยะตรวจจับครอบคลุมได้ไกล (ไม่น้อยกว่า 2 กิโลเมตรจากจุดตรวจจับ) ทำให้ขยายพื้นที่เฝ้าระวังได้ง่ายและต้นทุนต่ำ พร้อมทั้งออกแบบการมีส่วนร่วมโดยถ่ายทอดองค์ความรู้และพัฒนาเครื่องมือร่วมกับภาคการศึกษา ชุมชน และมีการมอบชุดเตือนภัยแบบอย่างง่ายให้แกนนำท้องถิ่น ชาวบ้านในพื้นที่เสี่ยงรวม 8 ชุด รวมถึงชุดสาธิตและระบบส่งข้อมูลขึ้นเว็บไซต์ 1 ระบบให้หน่วยงานในพื้นที่ใช้ต่อยอด ตัวอย่างอุปกรณ์ตัวตรวจที่ทำมาจากพลาสติกเพื่อให้มีการกันการกระแทกระหว่างหรีดรีเลย์กับแม่เหล็กและป้องกันการกัดแทะของสัตว์ได้ในระดับหนึ่ง เน้นการสร้างง่าย ราคาถูก สามารถหาซื้อวัสดุที่ใช้ทำในท้องถิ่นได้ง่ายดังรูปที่ 4-27 และ รูปที่ 4-28



รูปที่ 4-27 ตัวตรวจจับการเคลื่อนตัวของน้ำและดิน (แบบที่ 1)



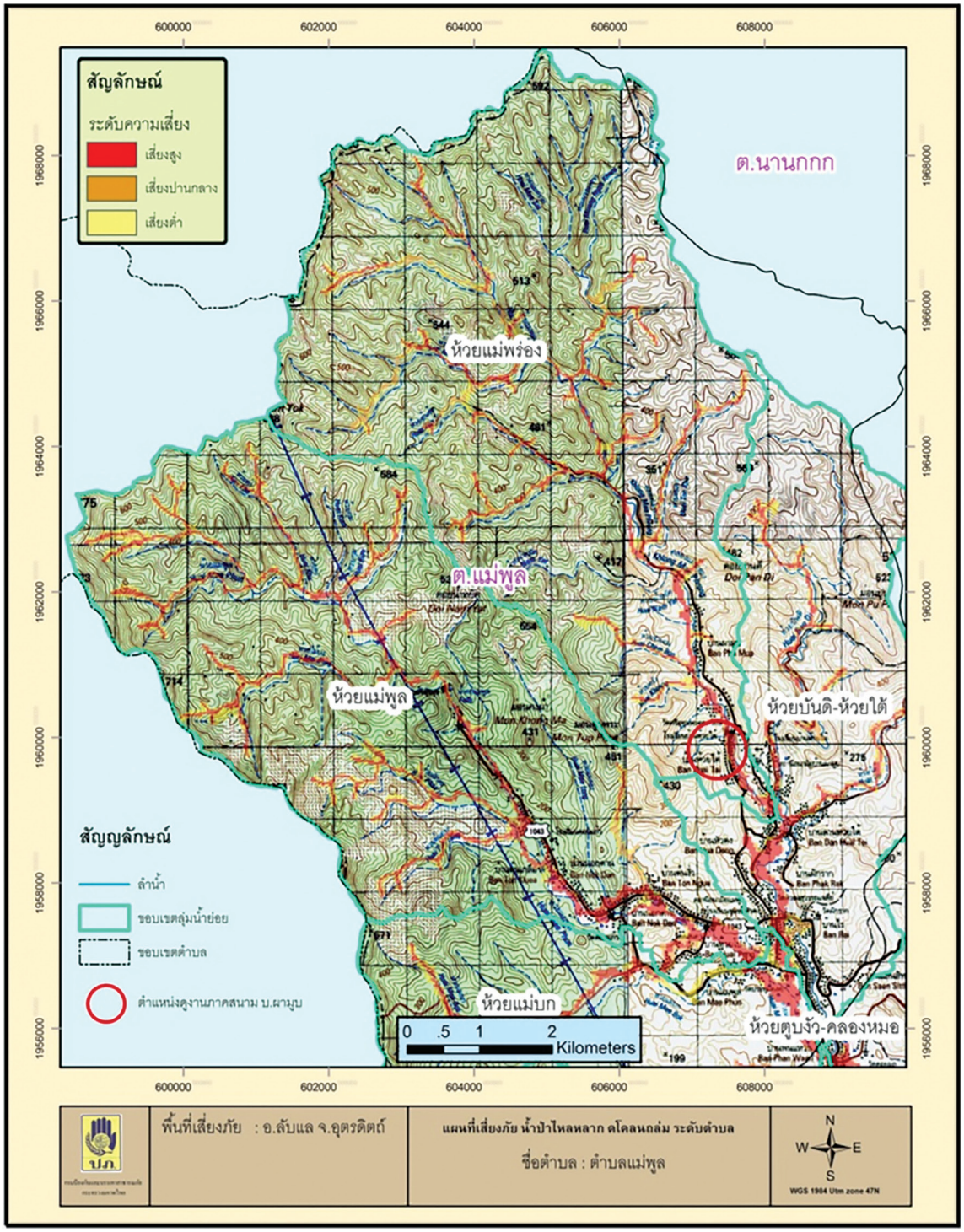
รูปที่ 4-28 ตัวตรวจจับการเคลื่อนตัวของน้ำและดิน (แบบที่ 2)

อย่างไรก็ดี รายงานระบุข้อจำกัดเชิงหลักฐานที่สำคัญต่อการตีความผลลัพธ์ คือช่วงติดตั้งอุปกรณ์พื้นที่ศึกษาอยู่ในภาวะภัยแล้ง ทำให้ปริมาณฝนและแรงดันน้ำในดินยังไม่เข้าสู่ช่วงวิกฤติ จึงยังไม่สามารถทดสอบความแม่นยำของเกณฑ์เตือนภัยในรูปแบบต่าง ๆ ได้ครบถ้วน และจำเป็นต้องติดตามผลต่อเนื่องหลายฤดูฝนเพื่อยืนยันความแม่นยำ รวมถึงทดสอบความทนทานของอุปกรณ์และแผนบำรุงรักษาเมื่อเกิดเหตุการณ์จริง ในเชิงข้อเสนอเพื่อการขยายผล งานวิจัยชี้ให้เห็นว่า หากต้องการให้ระบบเตือนภัยทำงานได้อย่างยั่งยืน ต้องกำหนดเงื่อนไขการดำเนินงานควบคู่ ได้แก่ การจัดทำขั้นตอนปฏิบัติเมื่อมีสัญญาณเตือน การกำหนดผู้รับผิดชอบดูแลอุปกรณ์และคุณภาพข้อมูล และการสื่อสารระดับเตือนภัยให้ชุมชนเข้าใจตรงกัน เพื่อให้การตรวจวัดนำไปสู่การปฏิบัติได้จริงในภาวะเสี่ยง

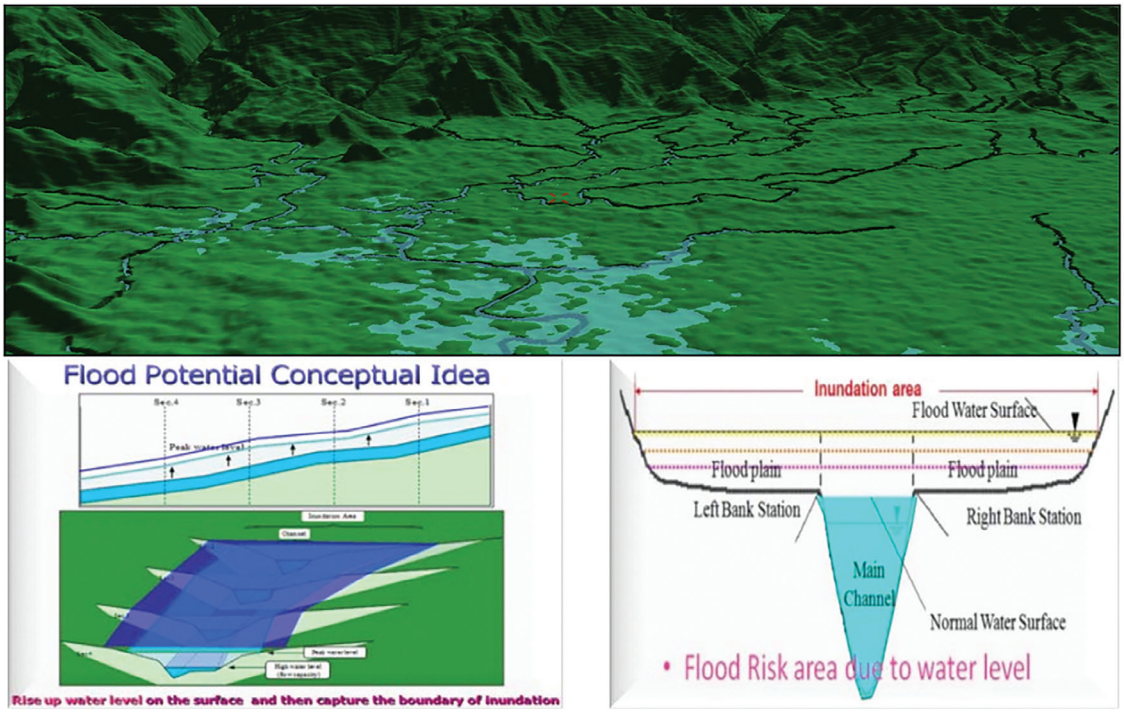
อีกหนึ่งโครงการตัวอย่าง “โครงการประยุกต์ใช้แผนที่เสี่ยงภัยเพื่อกำหนดมาตรการป้องกันและลดผลกระทบจากน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม” โครงการย่อยที่ 10 โดยนายไพฑูรย์ นาคแท้ และคณะ จากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ที่มุ่งพัฒนาแผนที่เสี่ยงภัยที่ใช้กำหนดมาตรการได้จริงสำหรับการป้องกันและลดผลกระทบจากอุทกภัย น้ำป่าไหลหลาก และดินโคลนถล่ม โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นฐานการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เพื่อให้หน่วยงานปฏิบัติการสามารถใช้แผนที่เป็นเครื่องมือสั่งการทั้งในงานเตรียมพร้อมและงานลดความเสี่ยงเชิงพื้นที่ได้อย่างเป็นระบบ

พื้นที่นำร่องของโครงการคือ บ้านผามูบ ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่เป้าหมายสำหรับการจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยมาตราส่วน 1 : 4,000 โดยโครงการกำหนดขอบเขตการสร้างแบบจำลองภูมิประเทศด้วยข้อมูล DEM ความละเอียดกริด 5×5 เมตร และควบคุมความถูกต้องของค่าระดับไม่เกิน 0.50 เมตร เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานระดับตำบลและระดับชุมชน

ในเชิงวิธีวิทยาโครงการใช้การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (spatial analysis) บนข้อมูลราสเตอร์ โดยประยุกต์เทคนิค path distance analysis (บนชุดเครื่องมือ spatial analysis tools ของ GIS) เพื่อจำลองจุดเริ่มต้น - จุดปลายของการเคลื่อนตัวจากพื้นที่ลาดชันที่มีโอกาสเกิดดินถล่มไปยังพื้นที่ราบเชิงเขาที่เป็นชุมชนเสี่ยงภัย และพิจารณาปัจจัยภูมิประเทศผ่าน DEM ร่วมกับเงื่อนไขที่ส่งผลต่อการเคลื่อนตัว จากนั้นจึงต่อยอดไปสู่แบบจำลองการวิเคราะห์และกระบวนการจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับภารกิจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในทางปฏิบัติ



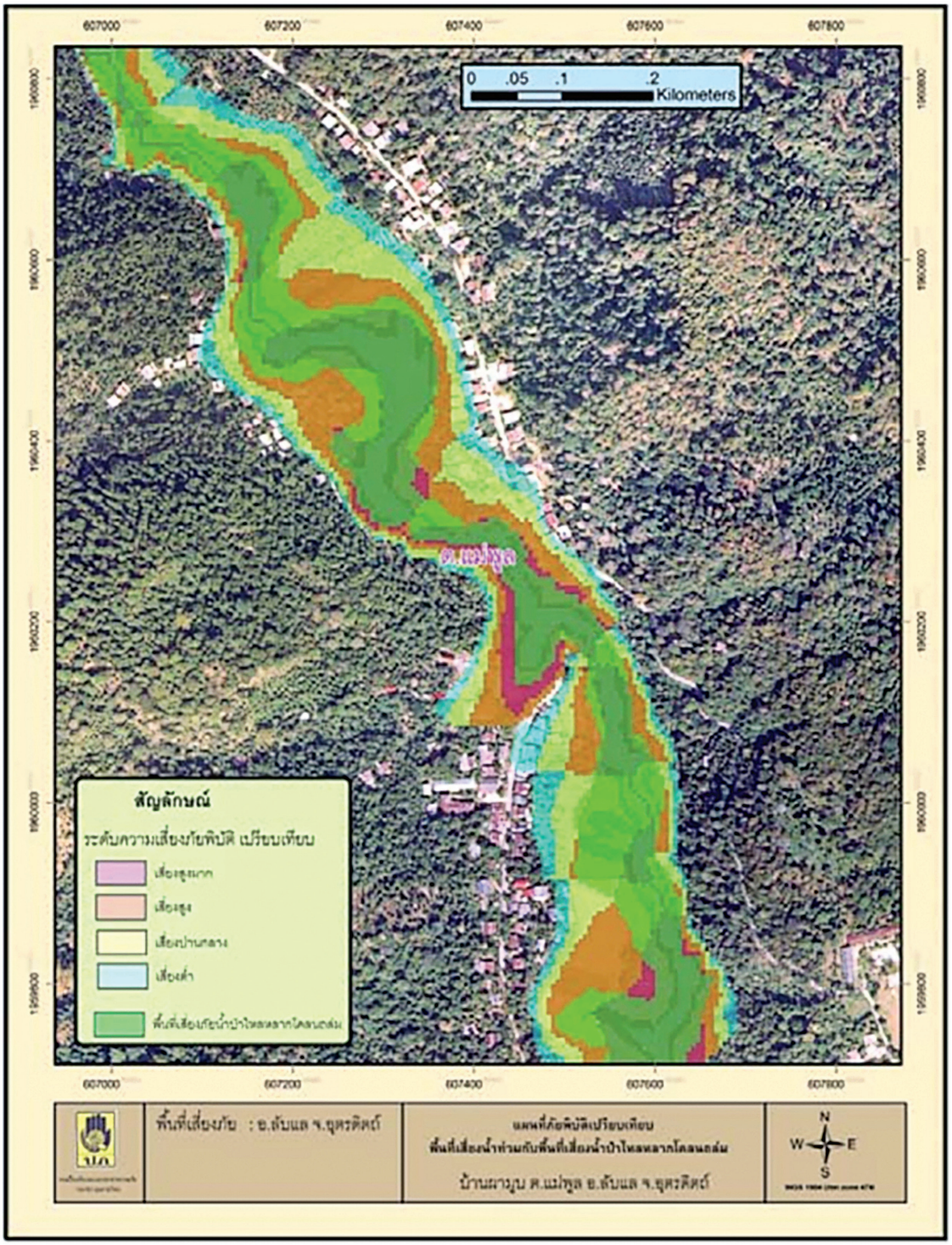
รูปที่ 4-29 พื้นที่เป้าหมาย : บ้านผามูบ ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์



รูปที่ 4-30 แบบจำลองในการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยพิบัติน้ำท่วมประเภทน้ำล้นตลิ่ง

ผลผลิตหลักของโครงการคือชุดแผนที่เสี่ยงภัย ที่มีความละเอียดเพียงพอสำหรับการตัดสินใจระดับพื้นที่ โดยจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยพิบัติน้ำท่วมของบ้านผามูบจากการวิเคราะห์บน DEM ด้วยระบบ GIS และจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยของน้ำป่าไหลหลากและโคลนถล่ม รวมถึงแผนที่ที่แสดงการทับซ้อนของความเสี่ยงหลายประเภทเพื่อใช้กำหนดมาตรการและจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่เสี่ยง

โครงการนี้ถือเป็นกรณีศึกษาหลักแผนที่เสี่ยงภัยระดับ 1 : 4,000 ช่วยยกระดับจากการรับรู้ความเสี่ยงแบบทั่วไปไปสู่การกำหนดมาตรการเชิงพื้นที่ที่ตรวจสอบได้ เช่น การกำหนดเขตเฝ้าระวัง การจัดทำเส้นทางอพยพและจุดปลอดภัย การจัดลำดับจุดเสี่ยงที่ต้องปรับปรุงระบบระบายน้ำ/ทางน้ำ และการสื่อสารความเสี่ยงด้วยหลักฐานเชิงแผนที่ที่อ่านตรงกันทั้งหน่วยงานและชุมชน ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดผลยั่งยืนในระดับนโยบาย แผนที่ต้องถูกทบทวนและปรับปรุงเป็นระยะ (ตามการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศ การใช้ที่ดิน และข้อมูลเหตุการณ์) และควรเชื่อมผลลัพธ์ของแผนที่เข้ากับการเตือนภัย การตอบโต้เหตุ



รูปที่ 4-31 แผนที่เสี่ยงภัยพิบัติน้ำท่วมและน้ำป่าไหลหลาก โคลนถล่ม แสดงทับซ้อนกัน บ้านผามูบ

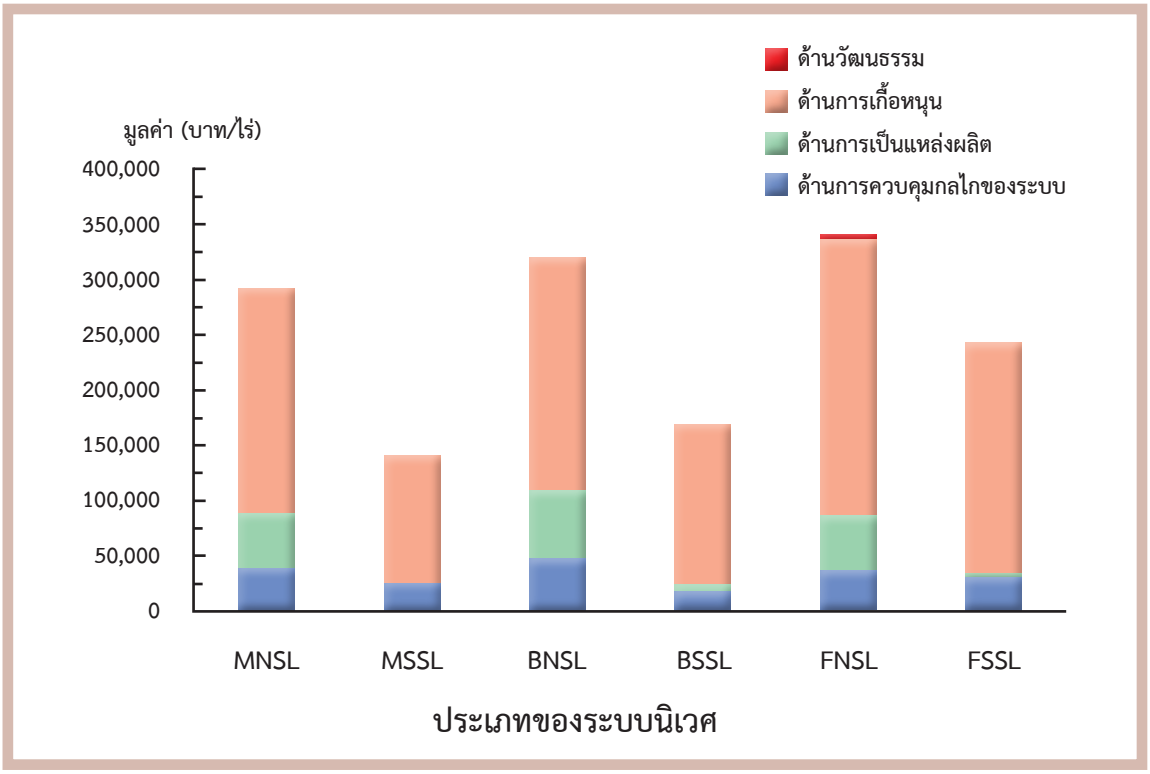
4.4 การประเมินผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์และการขยายผลสู่การปฏิบัติในวงกว้าง

หากต้องการให้แนวทางการป้องกันดินถล่มตามแนวพระราชดำริถูกนำไปใช้ในวงกว้าง ผลกระทบและความคุ้มค่าก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ ต้องตอบคำถามเชิงนโยบายให้ได้คือทำแล้วคุ้มค่าเพียงใด และท้องถิ่นสามารถทำต่อได้หรือไม่ การประเมินผลกระทบจึงไม่ควรจำกัดอยู่ที่ความสำเร็จทางเทคนิค แต่ควรรวมมิติทางเศรษฐศาสตร์ สังคม และบริการของระบบนิเวศ

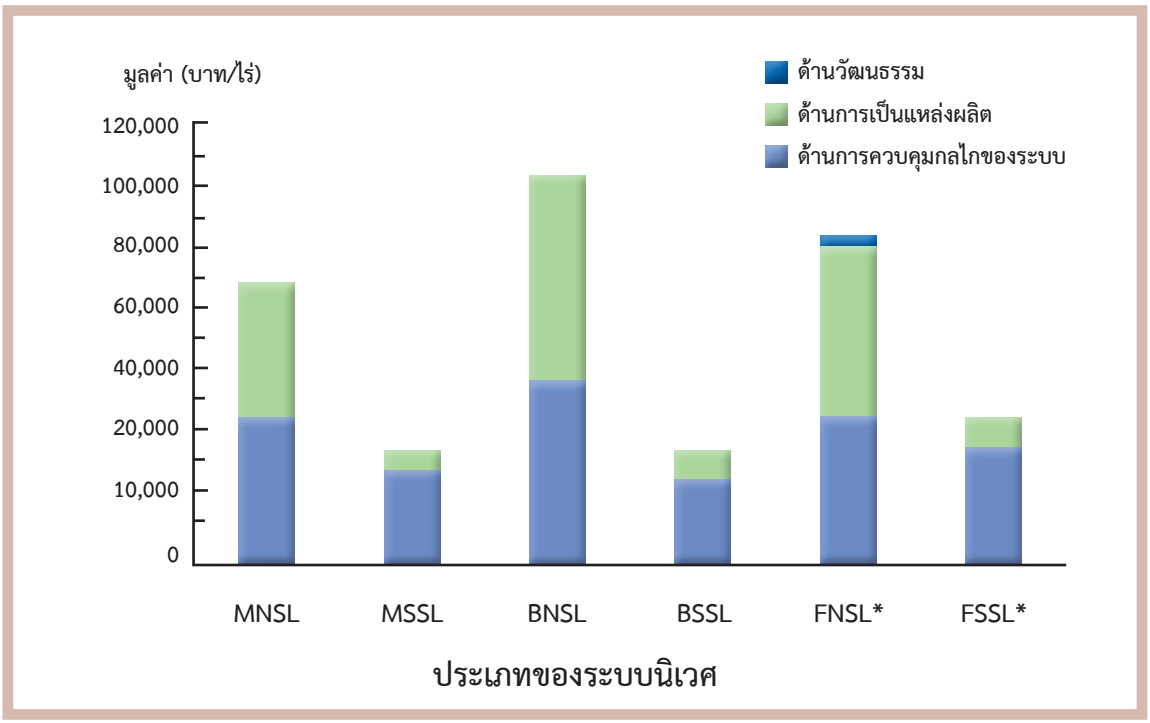
เพื่อให้เห็นภาพความสำเร็จอย่างรอบด้าน โครงการยังได้ทำการศึกษาผลกระทบในมิติอื่น ๆ และประเมินความคุ้มค่า ตัวอย่าง “โครงการการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของวิธีเพิ่มเสถียรภาพของลาดดินสำหรับการป้องกันดินถล่มบริเวณพื้นที่ตำบลแม่พูล : นัยสู่การจ่ายค่าตอบแทนการให้บริการของระบบนิเวศ” โดย รศ.ดร.จรัณธร บุญญานุภาพ และคณะ จากมหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นตัวอย่างงานศึกษาและแปลงสภาพผลกระทบให้เป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ และเพื่อนำไปสู่แนวทางการพัฒนาข้อตกลงการจ่ายค่าตอบแทนการให้บริการของระบบนิเวศ (PES) โดยตั้งต้นจากผลกระทบของเหตุการณ์ดินถล่มปี 2549 ที่ทำให้บทบาทระบบนิเวศและผลตอบแทนต่อชุมชนในตำบลแม่พูลลดลงและกลายเป็นข้อจำกัดการพัฒนาในพื้นที่ ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินมูลค่าความสูญเสียของการบริการของระบบนิเวศจากดินถล่ม และประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของวิธีเพิ่มเสถียรภาพลาดดินเพื่อป้องกันดินถล่ม เพื่อนำไปสู่แนวทางพัฒนาข้อตกลง PES สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรต้นน้ำ

เชิงวิธีการ งานใช้กรอบประเมินที่เชื่อมธรรมชาติ ความเสี่ยง เศรษฐกิจ การจัดการเข้าด้วยกัน โดยจำแนกระบบนิเวศสำคัญในแหล่งต้นน้ำตำบลแม่พูลและพิจารณาสถานการณ์เกิดดินถล่ม/ไม่เกิดดินถล่มเพื่อสะท้อนผลกระทบต่อมูลค่าบริการระบบนิเวศ จากนั้นจึงวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของมาตรการเพิ่มเสถียรภาพลาดดินเพื่อป้องกันดินถล่ม 4 ทางเลือก (MC1, ML1, MC2, ML2) และใช้ตัวชี้วัดอย่างมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าและเงื่อนไขที่ทำให้การลงทุนคุ้มทั้งเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม วิธีคิดลักษณะนี้ทำให้ข้อเสนอเชิงนโยบายตั้งอยู่บนหลักฐาน (evidence-based) และสามารถอธิบายความจำเป็นของการลงทุนเชิงป้องกันได้เป็นรูปธรรม

ผลการประเมินชี้ว่าในบรรดาระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำภายใต้สถานการณ์ดินถล่มป่าเบญจพรรณผสมไผ่ ให้มูลค่าการบริการของระบบนิเวศสูงสุด (108,383.45 บาท/ไร่) และยังพบค่ามูลค่าของระบบนิเวศอื่น ๆ ในระดับใกล้เคียงซึ่งสะท้อนว่าต้นน้ำเป็นทุนธรรมชาติที่มีมูลค่าสูง และเมื่อเกิดดินถล่มจะทำให้ผลประโยชน์จากบริการระบบนิเวศที่ชุมชนพึ่งพาลดลงอย่างมีนัย โดยมีสัดส่วนมูลค่ารวมของการบริการของระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำตำบลแม่พูล และความแตกต่างระหว่างระบบนิเวศแต่ละประเภทรูปที่ 4-32 และ รูปที่ 4-33 แบบไม่นับรวมด้านการเกื้อหนุน

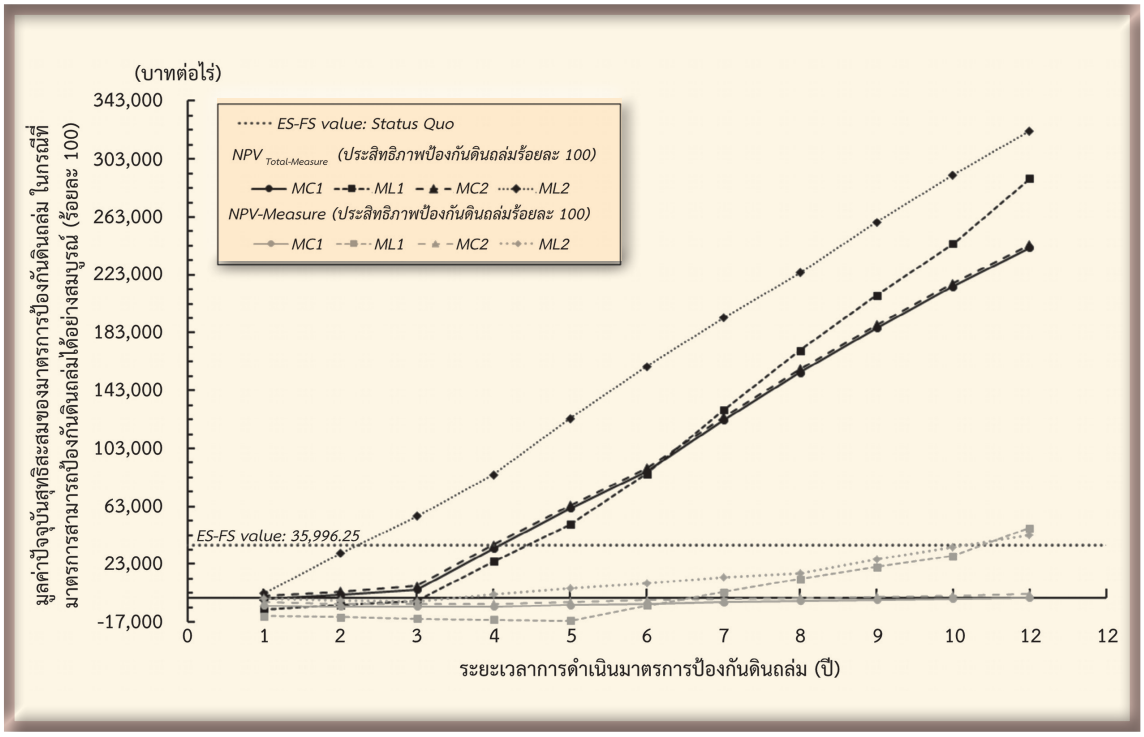


รูปที่ 4-32 สัดส่วนของมูลค่ารวมของการบริการของระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูล



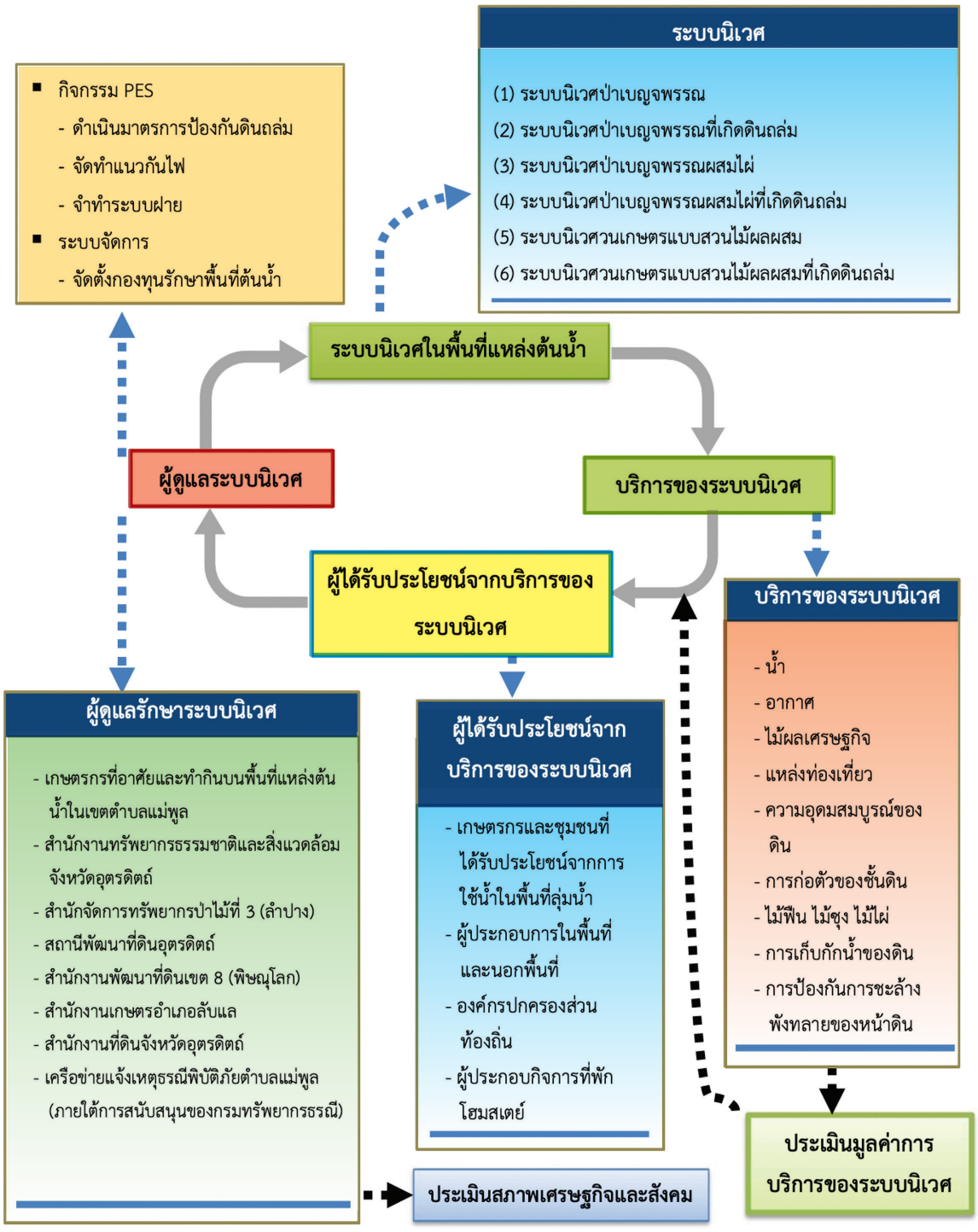
รูปที่ 4-33 สัดส่วนของมูลค่ารวมของการบริการของระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูล ไม่นับรวมมูลค่าการบริการของระบบนิเวศด้านการเกื้อหนุน

ด้านการประเมินความคุ้มค่ามาตรการเพิ่มเสถียรภาพลาดดิน งานวิจัยวิเคราะห์มาตรการ 4 ทางเลือก (MC1, ML1, MC2, ML2) ภายใต้กรอบเวลา 11 ปี และใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นตัวชี้วัด โดยรายงานระบุว่าในกรณีที่สมมติให้มาตรการป้องกันดินถล่มได้อย่างสมบูรณ์ มาตรการ ML2 (สวนไม้ผลบนที่ลาดชันที่เน้นการปลูกลองกอง) ให้ค่า NPV สูงสุดประมาณ 322,394.93 บาท/ไร่ รองลงมาคือ ML1 ที่ 289,603.54 บาท/ไร่ ดังรูปที่ 4-34



รูปที่ 4-34 มูลค่าปัจจุบันสุทธิสะสมของมาตรการป้องกันดินถล่ม (กรณีมาตรการป้องกันได้สมบูรณ์)

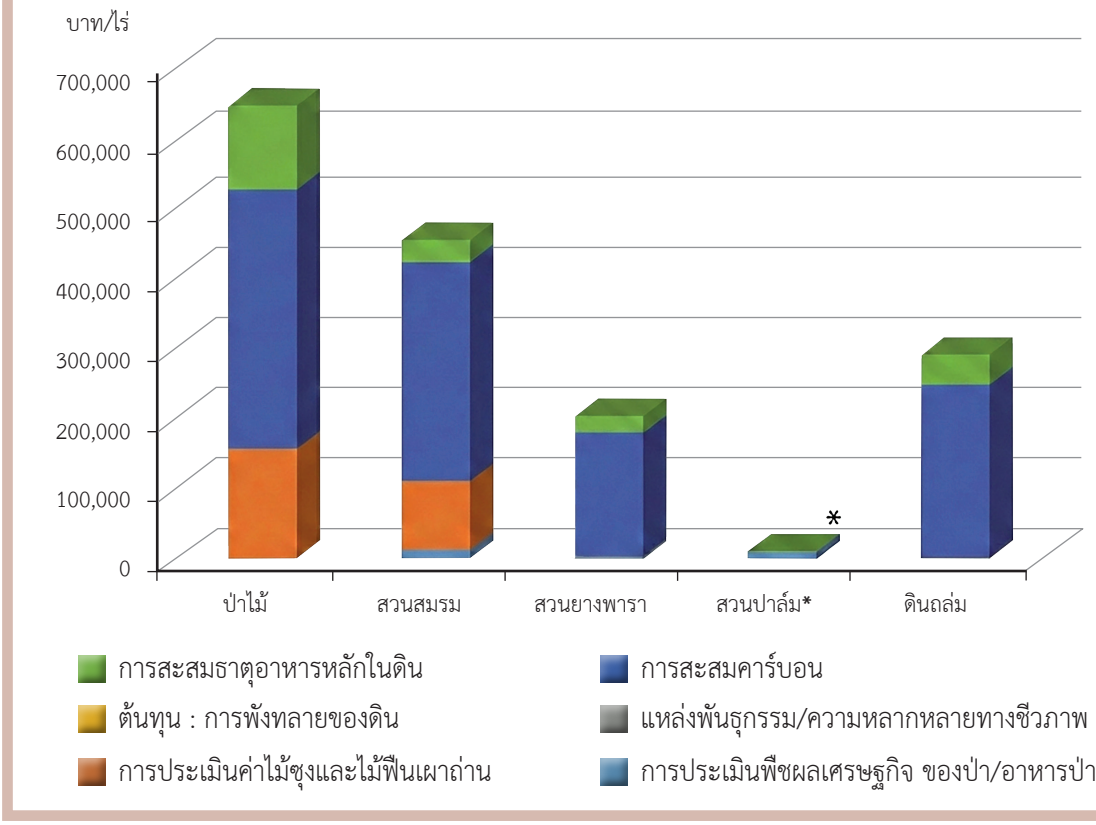
ในส่วนที่เชื่อมไปสู่กลไก PES ดังผังแสดงองค์ประกอบรูปที่ 4-35 ซึ่งผู้ดูแลรักษาระบบนิเวศควรได้รับค่าชดเชยหรือผลตอบแทน ขณะที่ผู้ได้รับประโยชน์จากระบบนิเวศเป็นผู้จ่าย และรูปแบบผลตอบแทนอาจเป็นเงิน การลดหย่อนค่าธรรมเนียม/ภาษี ความมั่นคงในการถือครองที่ดิน หรือการถ่ายทอดเทคโนโลยี นอกจากนี้ยังมีเงื่อนไขเชิงสถาบันของการขับเคลื่อน PES ว่าควรผลักดันการจัดการแหล่งต้นน้ำแบบมีส่วนร่วม (co-management) และให้ความสำคัญกับประเด็นสิทธิชุมชนท้องถิ่นเพื่อความชอบธรรมและความยั่งยืนของการจัดการทรัพยากรในระยะยาว



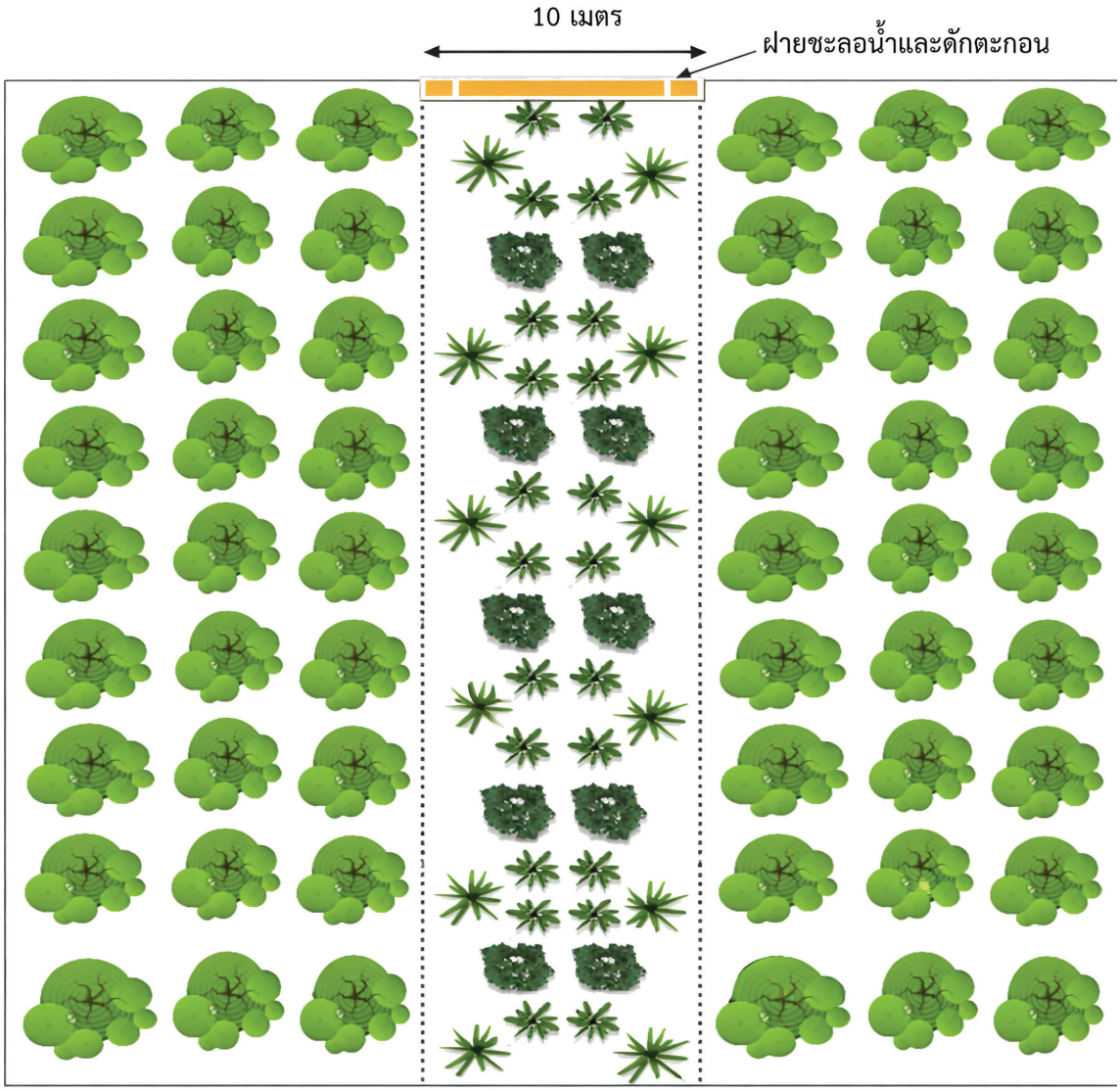
รูปที่ 4-35 ผังแสดงองค์ประกอบสำคัญในการดำเนินตามกลไก PES
เพื่อการจัดการทรัพยากร/อนุรักษ์ระบบนิเวศ แหล่งต้นน้ำ ตำบลแม่พูล

ในส่วนของตัวอย่างในพื้นที่บ้านหน้าถ้ำ “โครงการการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของวิธีเพิ่มเสถียรภาพของลาดดินสำหรับการป้องกันดินถล่มบริเวณพื้นที่บ้านหน้าถ้ำ : นัยสู่การจ่ายค่าตอบแทนการให้บริการของระบบนิเวศ” (โครงการย่อยที่ 12) โดย ดร.จินตนีย์ รู้ซื่อ และคณะ โครงการนี้เป็นตัวอย่างครื่องมือประเมินผลกระทบเพื่อเลือกมาตรการที่คุ้มค่าและขยายผลได้ โดยประเมินทั้ง (1) มูลค่าทางสิ่งแวดล้อมและบริการของระบบนิเวศ เปรียบเทียบพื้นที่ ได้รับและไม่ได้รับผลกระทบจากดินถล่ม (2) ต้นทุน ผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมของวิธีเพิ่มเสถียรภาพลาดดินเพื่อป้องกันดินถล่ม และ (3) แนวทางกลไกที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่บ้านหน้าถ้ำ ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี โดยกำหนดกรอบการประเมินจากบริการขั้นพื้นฐานของระบบนิเวศ 4 มิติ ได้แก่ บริการด้านการเป็นแหล่งผลิต การควบคุมกลไกของระบบ วัฒนธรรม และการเกื้อหนุน ซึ่งทำให้ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายและจัดลำดับความสำคัญของมาตรการได้อย่างเป็นระบบ

ผลการประเมินชี้ว่าพื้นที่ป่าไม้ให้มูลค่าผลตอบแทนของบริการระบบนิเวศสูงที่สุด ขณะที่ในกลุ่มพื้นที่เกษตรกรรม สวนสมรม (สวนไม้ผล พืชผสมหลายชนิดในแปลงเดียว) ให้ผลตอบแทนของระบบนิเวศสูงที่สุด ซึ่งมีนัยสำคัญต่อการขยายผลว่า หากต้องการลดความเสี่ยงดินถล่มควบคู่การพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก ควรยกระดับมาตรการจากการทำเกษตรเชิงเดี่ยวไปสู่ระบบเกษตรแบบผสมผสานและฟื้นฟูพื้นที่ป่าเป็นฐานความมั่นคงของระบบนิเวศในระดับลุ่มน้ำ โดยสามารถสรุปผลการประเมินความแตกต่างเชิงมูลค่าของแต่ละระบบนิเวศดังรูปที่ 4-36



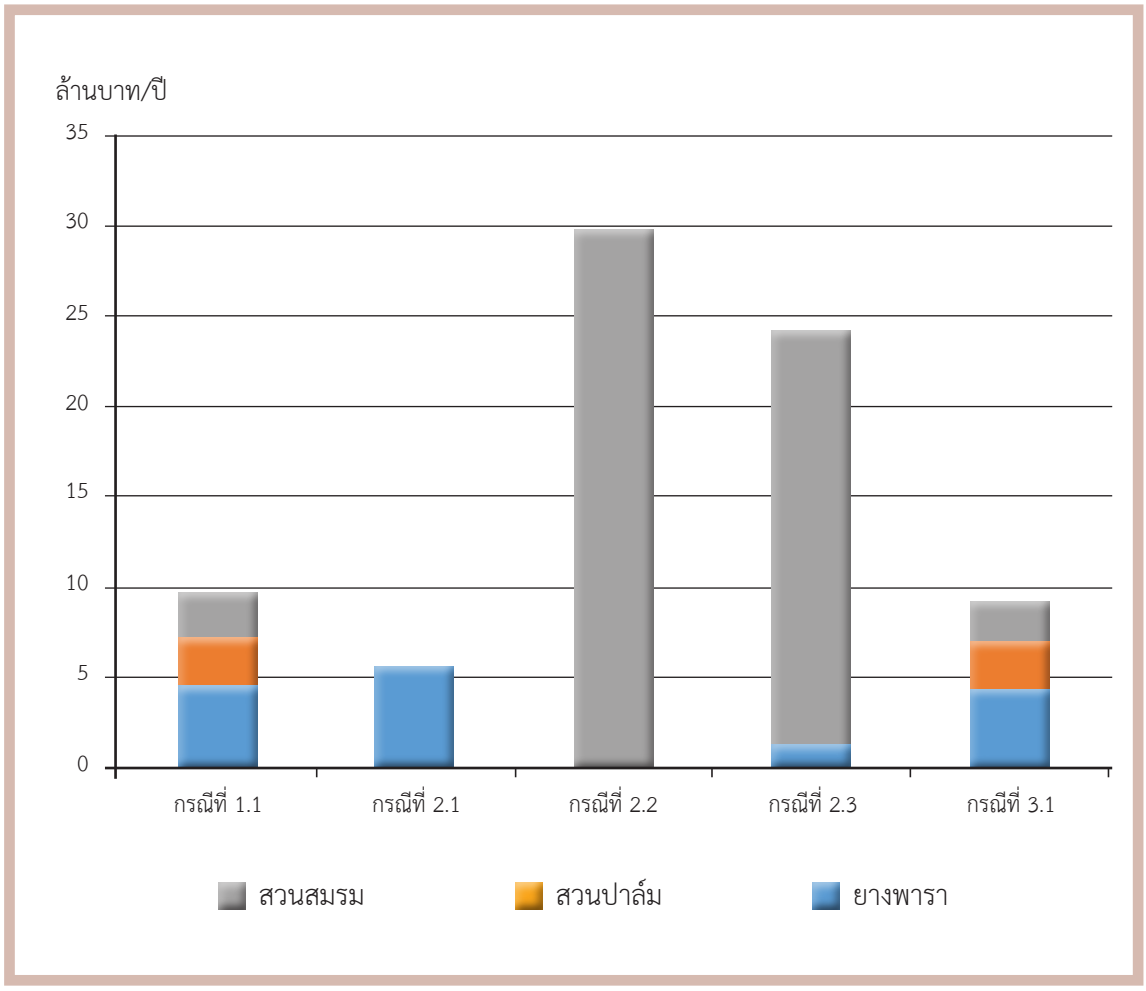
รูปที่ 4-36 มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบนิเวศแบบต่าง ๆ



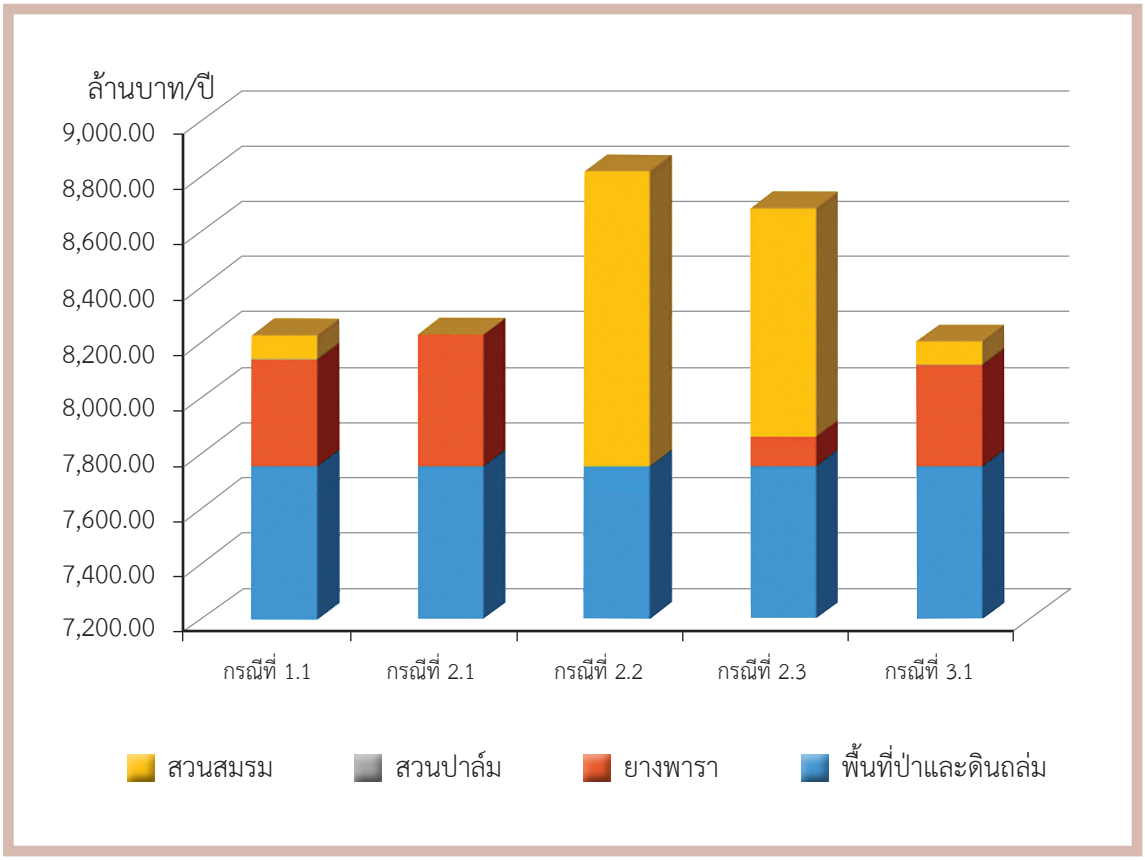
รูปที่ 4-37 พื้นที่อนุรักษ์แนวลำน้ำตำแหน่งฝายดักตะกอนแทรกในพื้นที่เกษตรกรรม

ในด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการป้องกันดินถล่ม งานวิจัยพบว่า หากพิจารณาผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี การปรับพื้นที่เกษตรเดิมให้เป็นสวนสมรมทั้งหมดให้ผลตอบแทนทางการเงินสูงที่สุด ขณะที่เมื่อจำลองมาตรการเชิงป้องกัน เช่น การทำแนวอนุรักษ์ลำน้ำและการทำฝายดักตะกอนในพื้นที่เกษตร จะทำให้ผลตอบแทนทางการเงินต่อไร่ลดลงเพราะต้องกันพื้นที่บางส่วนไว้ทำแนวป้องกัน แต่ผลตอบแทนสุทธิยังเป็นบวก (NPV เป็นบวก) สะท้อนว่ามาตรการลดความเสี่ยงสามารถออกแบบให้คุ้มค่าและอยู่ร่วมกับวิถีการผลิตได้ หากกำหนดสัดส่วนพื้นที่แนวกันชน โครงสร้างชะลอน้ำให้เหมาะสม ตัวอย่างการจัดสรรพื้นที่แนวกันชนและโครงสร้างชะลอน้ำในพื้นที่ผลิตรูปที่ 4-37

เมื่อขยายจากระดับแปลง มาตรการรายจุดสู่การตัดสินใจในระดับลุ่มน้ำ งานวิจัยใช้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงรูปแบบระบบนิเวศ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ 2 มิติที่แตกต่างกันแต่จำเป็นต้องพิจารณาร่วมกัน ได้แก่ (1) มูลค่าทางการเงิน คือผลตอบแทนที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน (เช่น รายได้จากกิจกรรมเกษตรกรรม) และ (2) มูลค่าของระบบนิเวศรวม หรือมูลค่าการให้บริการของระบบนิเวศในภาพรวม ซึ่งครอบคลุมบริการด้านการเป็นแหล่งผลิต การควบคุมกลไกของระบบ วัฒนธรรม และการเกื้อหนุน แนวคิดนี้ช่วยให้ไม่ยึดเฉพาะรายได้ระยะสั้น แต่เห็นผลประโยชน์เชิงระบบที่เชื่อมโยงกับการลดความเสี่ยงดินถล่มในระยะยาว ดังรูปที่ 4-38 และ รูปที่ 4-39 ตามลำดับ



รูปที่ 4-38 มูลค่าทางการเงินของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงรูปแบบระบบนิเวศ



รูปที่ 4-39 มูลค่าของระบบนิเวศรวมของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงรูปแบบระบบนิเวศ

แบบจำลองกำหนดกรณีศึกษา เพื่อทดสอบการปรับรูปแบบการใช้ที่ดิน โดยมีกรณีฐานเป็นสภาพเดิม (เช่น กรณี 1.1) แล้วเปรียบเทียบกับกรณีที่ปรับพืช รูปแบบการเพาะปลูก (กลุ่มกรณีที่ 2) ตัวอย่างเช่น กรณี 2.1 จำลองการคงพื้นที่ป่าเดิมและปรับพื้นที่เกษตรกรรมเป็นยางพารา ขณะที่กรณี 2.2 และ 2.3 เน้นการปรับพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสวนสมรมทั้งหมด หรือปรับเฉพาะพื้นที่ที่ต่ำกว่าแนวระดับความสูงที่กำหนด โดยคงพื้นที่ป่าเดิม ผลที่ได้ชี้ว่า กรณี 2.2 (ปรับพื้นที่เกษตรกรรมเดิมเป็นสวนสมรมทั้งหมด) ให้ผลตอบแทนทางการเงินสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีฐาน และกรณี 2.3 ก็ทำให้มูลค่าทางการเงินของลุ่มน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับไม่ปรับรูปแบบการเพาะปลูก

ในมุมมูลค่าระบบนิเวศรวม งานวิจัยชี้ว่าพื้นที่ป่าให้มูลค่าบริการระบบนิเวศสูงที่สุด และในพื้นที่เกษตรกรรม สวนสมรมให้มูลค่าสูงเด่นเมื่อเทียบกับรูปแบบเกษตรอื่น ซึ่งเป็นผลประโยชน์รวมของระบบ ไม่ใช่รายได้ของเกษตรกรเพียงอย่างเดียว และเป็นเหตุผลสนับสนุนเชิงประจักษ์ว่าการออกแบบการใช้ที่ดินให้สอดคล้องกับระบบนิเวศสามารถเพิ่ม คงมูลค่าเชิงระบบได้ในระดับพื้นที่กว้าง

อย่างไรก็ตาม แบบจำลองยังทดสอบกรณีที่เสริมมาตรการอนุรักษ์ในพื้นที่เกษตร (กลุ่มกรณีที่ 3) พื้นที่ป่าและการใช้ประโยชน์ที่ดินเกษตรกรรมปัจจุบันคงเดิมแต่มีพื้นที่อนุรักษ์ที่ตามแนวลำน้ำธรรมชาติแทรกในพื้นที่เกษตรกรรม (กรณี 3.1) ซึ่งเป็นกรณีที่ทำให้ทั้งผลตอบแทนทางการเงินและผลตอบแทนระบบนิเวศลดลง เพราะต้องกันพื้นที่เกษตรเดิมไปทำแนวอนุรักษ์ลำน้ำ (ประมาณ 0.17 ตร.กม. หรือร้อยละ 1.79 ของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองคราม) นัยเชิงนโยบายจึงชัดเจนว่า หากต้องการให้มาตรการเชิงระบบ (เช่น แนวอนุรักษ์ลำน้ำ ฝายดักตะกอน) เกิดขึ้นจริงและต่อเนื่อง จำเป็นต้องออกแบบกลไกแรงจูงใจให้ผู้ปฏิบัติในพื้นที่ เพราะงานวิจัยพบว่ามาตรการลักษณะนี้ทำให้ผลตอบแทนต่อไร่ลดลงจากการใช้พื้นที่บางส่วนเพื่อการป้องกัน แม้การจัดทำพื้นที่อนุรักษ์ลำน้ำจะทำให้มูลค่าทางเศรษฐกิจของผลผลิตที่ได้รับลดลง แต่ในการศึกษาครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดซึ่งทำให้ไม่สามารถประเมินผลกระทบทางบวกอื่น ๆ ที่เกิดจากการจัดทำแนวอนุรักษ์ลำน้ำ ได้แก่ ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชและสัตว์ ความชุ่มชื้นในดินที่เพิ่มขึ้น แร่ธาตุในดินที่เพิ่มขึ้น รวมถึงผลตอบแทนจากการจำหน่ายพืชผลที่เกิดขึ้นในพื้นที่แนวอนุรักษ์ลำน้ำ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นผลกระทบที่น่าจะทำให้ผลตอบแทนของระบบนิเวศสูงขึ้น

4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชีววิศวกรรมของหญ้าแฝก

หัวข้อนี้สรุปงานวิจัยซึ่งถือเป็นหลักฐานวิชาการเกี่ยวกับหญ้าแฝกในงานป้องกันดินถล่ม ในด้านที่เกี่ยวข้องกับชีววิศวกรรมปฐพี โดยเรียงลำดับจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ คุณสมบัติของรากพืชมีชีวิต ไปสู่การเสื่อมสภาพหลังพืชตายและผลกระทบต่อแรงเสริมกำลังของดิน จากนั้นเชื่อมต่อสู่การจำลองเสถียรภาพลาดดินในระดับโครงสร้าง และปิดท้ายด้วยประเด็นที่มีผลต่อการใช้จริงในวงกว้างเงื่อนไขด้านสังคม–เศรษฐศาสตร์ที่ทำให้การใช้หญ้าแฝกขยายผลได้อย่างยั่งยืน

4.5.1 ชีวกลศาสตร์ของรากหญ้าแฝก

งานวิจัยของ Phan และคณะ (2021) เรื่อง Root biomechanical properties of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis for soil reinforcement and slope stabilisation[80] ตีพิมพ์ในวารสาร Land Degradation and Development มุ่งตอบโจทย์เชิงวิศวกรรมในการเลือกสายพันธุ์หญ้าแฝก เพื่อเสริมกำลังดินและเพิ่มเสถียรภาพลาดชัน (soil reinforcement and slope stabilisation) โดยที่ผ่านมา งานวิจัยทั่วโลกมักใช้ หญ้าแฝกลุ่ม (Chrysopogon zizanioides) เป็นหลัก ขณะที่ หญ้าแฝกดอน (Chrysopogon nemoralis) ซึ่งพบในพื้นที่ภูเขาแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีงานศึกษาค่อนข้างจำกัด งานนี้จึงเปรียบเทียบศักยภาพของทั้งสองชนิดในบริบทพื้นที่ภูเขา ผ่านการประเมินทั้ง ลักษณะระบบราก (root morphology) สมบัติเชิงกลของราก และผลต่อกำลังเฉือนของดิน เมื่อรากทำงานร่วมกับมวลดิน โดยสามารถแสดงด้วยอินโฟกราฟิกในรูปที่ 4-40

ในขั้นตอนการวิจัย ผู้วิจัยใช้ไรโซบ๊อกซ์ (rhizobox) เพื่อสังเกตโครงสร้างและทิศทางการเจริญของราก จากนั้นทดสอบ แรงดึงแกนเดียว (uniaxial tensile test) เพื่อวัด กำลังรับแรงดึง (tensile strength) และ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's modulus) รวมถึงทดสอบแรงเฉือนทางตรง (direct shear test) กับดินที่เสริมกำลังด้วยราก เพื่อประเมินการเพิ่มขึ้นของแรงยึดเหนี่ยว (cohesion) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่นำไปใช้ในงานประเมินเสถียรภาพลาดดินได้โดยตรง

ผลการทดสอบเชิงกลของรากพบว่า กำลังรับแรงดึงของรากทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอยู่ราว 41–47 MPa สะท้อนว่า หากพิจารณาเฉพาะ ความแข็งแรงก่อนขาด (strength at failure) รากของทั้งสองชนิดมีศักยภาพในการรับแรงดึงจากการเคลื่อนตัวของดินในระดับใกล้เคียงกัน

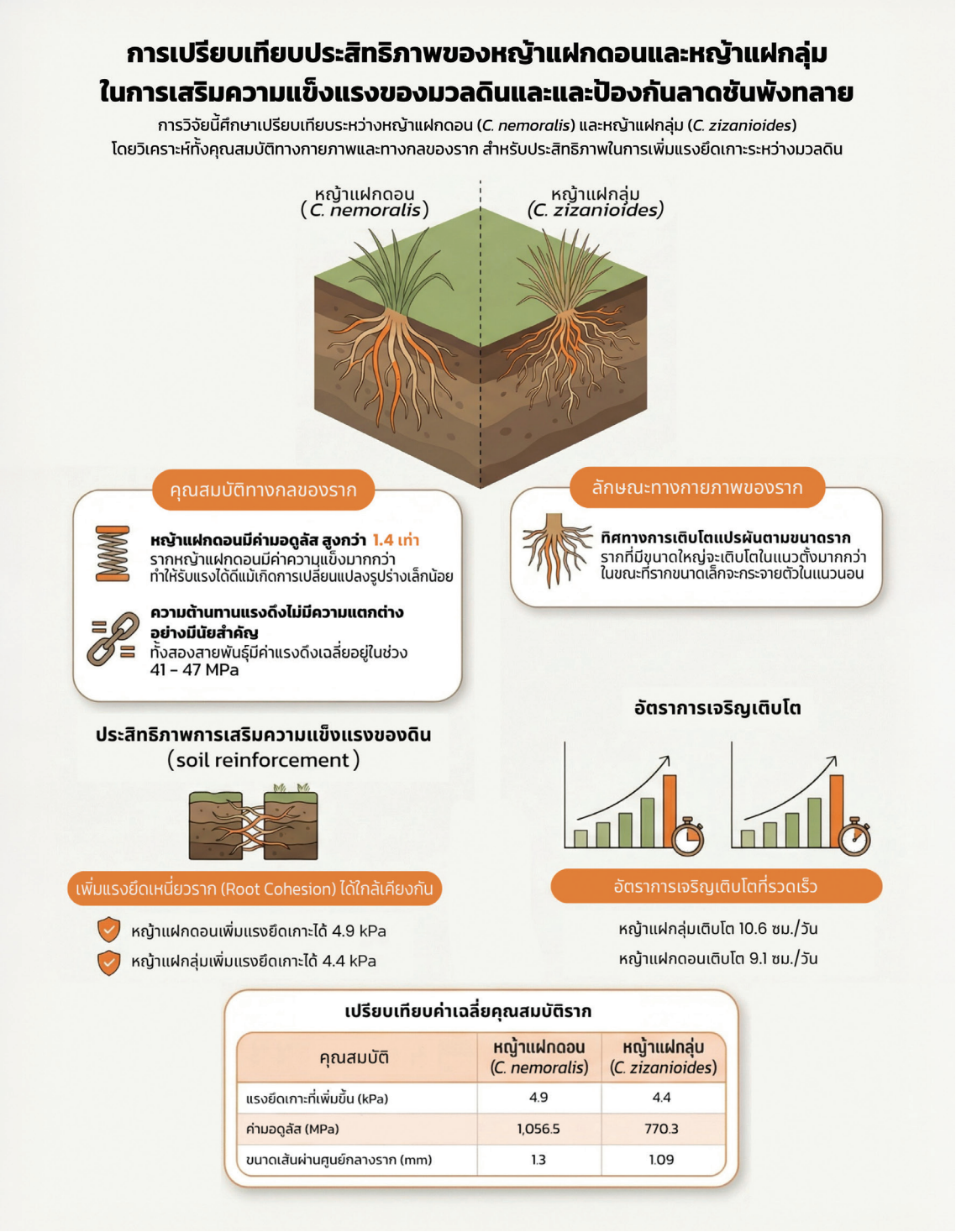
[80] Phan, T. N., Likitlersuang, S., Kamchoom, V., & Leung, A. K. (2021). Root biomechanical properties of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis for soil reinforcement and slope stabilisation. *Land Degradation & Development,* 32(16), 4624-4636.

อย่างไรก็ตาม ประเด็นที่ทำให้ หญ้าแฝกดอน มีนัยเชิงวิศวกรรมเด่นกว่า คือ ความแข็งของราก (stiffness) ที่สะท้อนจากค่าโมดูลัสยืดหยุ่นซึ่งสูงกว่า หญ้าแฝกลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญ (ประมาณ 1.4 เท่า) และยังพบว่าโดยเฉลี่ย รากมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า ความหมายเชิงกลศาสตร์คือ รากที่แข็งจะสามารถเริ่มเกิดแรงต้านได้ตั้งแต่ดินเสียรูปเพียงเล็กน้อย จึงมีแนวโน้มช่วยต้านการเลื่อนของดินได้เร็วกว่าในระยะต้น

นอกจากนี้ งานวิจัยยังอธิบายพฤติกรรมระบบรากในมิติความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดราก–สมบัติเชิงกล–ทิศทางการวางตัว โดยรายงานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางรากกับกำลังรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มแบบยกำลังเชิงลบ (negative power-law) กล่าวคือรากใหญ่ขึ้นมีค่าแรงต่อหน่วยพื้นที่ลดลง ขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรากกับ ทิศทางการวางตัว (root orientation) มีรูปแบบเป็นระบบ ซึ่งมีนัยต่อการทำงานร่วมกันของรากทั้งแนวดิ่ง (ยึดตรึง) และแนวราบ (ยึดหน้าดิน) ในการต้านทานการเลื่อนของดิน

เมื่อพิจารณาในระดับดินจากผลการทดสอบแรงเฉือนทางตรง พบว่าทั้งสองชนิดช่วยเพิ่มค่าแรงยึดเหนี่ยวของดินได้ โดย หญ้าแฝกดอน เพิ่มขึ้นราว 4.9 kPa และ หญ้าแฝกลุ่ม เพิ่มขึ้นราว 4.4 kPa ซึ่งใกล้เคียงกัน แต่หญ้าแฝกดอนมีแนวโน้มสูงกว่าเล็กน้อย

โดยสรุป งานวิจัยชี้ว่า หญ้าแฝกดอน เป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสูงกว่าและอาจเหมาะสมกว่าในบริบทพื้นที่ภูเขา เนื่องจากรากมีขนาดใหญ่และมีความแข็งเกร็งสูง จึงสามารถเพิ่มแรงต้านได้เร็ว และช่วยเพิ่มเสถียรภาพลาดดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 4-40 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย
Root biomechanical properties of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis for soil reinforcement and slope stabilisation[81]

[81] Phan, T. N., Likitlersuang, S., Kamchoom, V., & Leung, A. K. (2021). Root biomechanical properties of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis for soil reinforcement and slope stabilisation. *Land Degradation & Development, 32*(16), 4624-4636.

ในส่วนของลักษณะการเจริญเติบโตของรากหญ้าแฝก จากงานวิจัย Root system architecture of two vetiver species for root reinforcement modelling ของ Phan และ Likitlersuang (2024)[82] ได้ทำการศึกษาลักษณะของ ระบบรากหญ้าแฝก สองชนิด คือหญ้าแฝกดอน (Chrysopogon nemoralis) และหญ้าแฝกลุ่ม (Chrysopogon zizanioides) เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับคำนวณกำลังเสริมดินจากรากในงานป้องกันดินถล่มและการพังทลายของลาดดิน แนวคิดหลักของงานคือ รูปร่าง การกระจายตัว และทิศทางของราก ซึ่งมีผลต่อกำลังเสริมจากรากไม่แพ้ค่ากำลังรับแรงดึงของราก และข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต่อแบบจำลองทางกล โดยสามารถแสดงด้วยอินโฟกราฟิกในรูปที่ 4-41

ในด้านการทดลอง ผู้วิจัยใช้กล่องไรโซบ๊อกซ์ (rhizobox) เป็นกล่องอะคริลิกโปร่งใสลึกประมาณ 1 เมตร ตั้งเอียง 45 องศา บรรจุเถ้าแกลบอัดแน่นเลียนแบบดินร่วน เพื่อบังคับให้ระบบรากเจริญแนบไปตามผนังกล่อง ทำให้ง่ายต่อการถ่ายภาพและวัดผล หญ้าแฝกดอนและหญ้าแฝกลุ่มถูกปลูกในกล่องนี้เป็นเวลา 77 วัน ช่วงสี่สัปดาห์แรกมีการให้น้ำและธาตุอาหารอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นลดการให้น้ำเพื่อจำลองสภาพค่อนข้างแห้ง เมื่อครบกำหนดจึงถ่ายภาพระบบราก แปลงภาพเป็นระดับเทา แบ่งตามความลึกเป็นช่วง ๆ และใช้โปรแกรมประมวลผลภาพวัดอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดรากต่อพื้นที่ดิน เส้นผ่านศูนย์กลางราก มุมราก และจำนวนรากในแต่ละระดับความลึก

ผลการศึกษาพบว่าหญ้าแฝกทั้งสองชนิดมีระบบรากแบบเส้นใย รากส่วนใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร แต่มีลักษณะเด่นต่างกัน หญ้าแฝกดอนมีรากที่หนาและกินพื้นที่มากกว่า ส่วนหญ้าแฝกลุ่มมีรากจำนวนมากแต่ขนาดเล็กกว่า ทำให้ค่าอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดรากต่อพื้นที่ดินและเส้นผ่านศูนย์กลางรากเฉลี่ยของหญ้าแฝกดอนสูงกว่าหญ้าแฝกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ เมื่อมองในเชิงกำลังเสริมดินจากราก หญ้าแฝกดอนจึงมีศักยภาพในการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวเชิงกลมากกว่าในแง่พื้นที่รวมของรากที่ตัดผ่านระนาบเฉือน

[82] Phan, T. N., & Likitlersuang, S. (2024). Root system architecture of two vetiver species for root reinforcement modelling. Modeling Earth Systems and Environment, 10(1), 233-241.

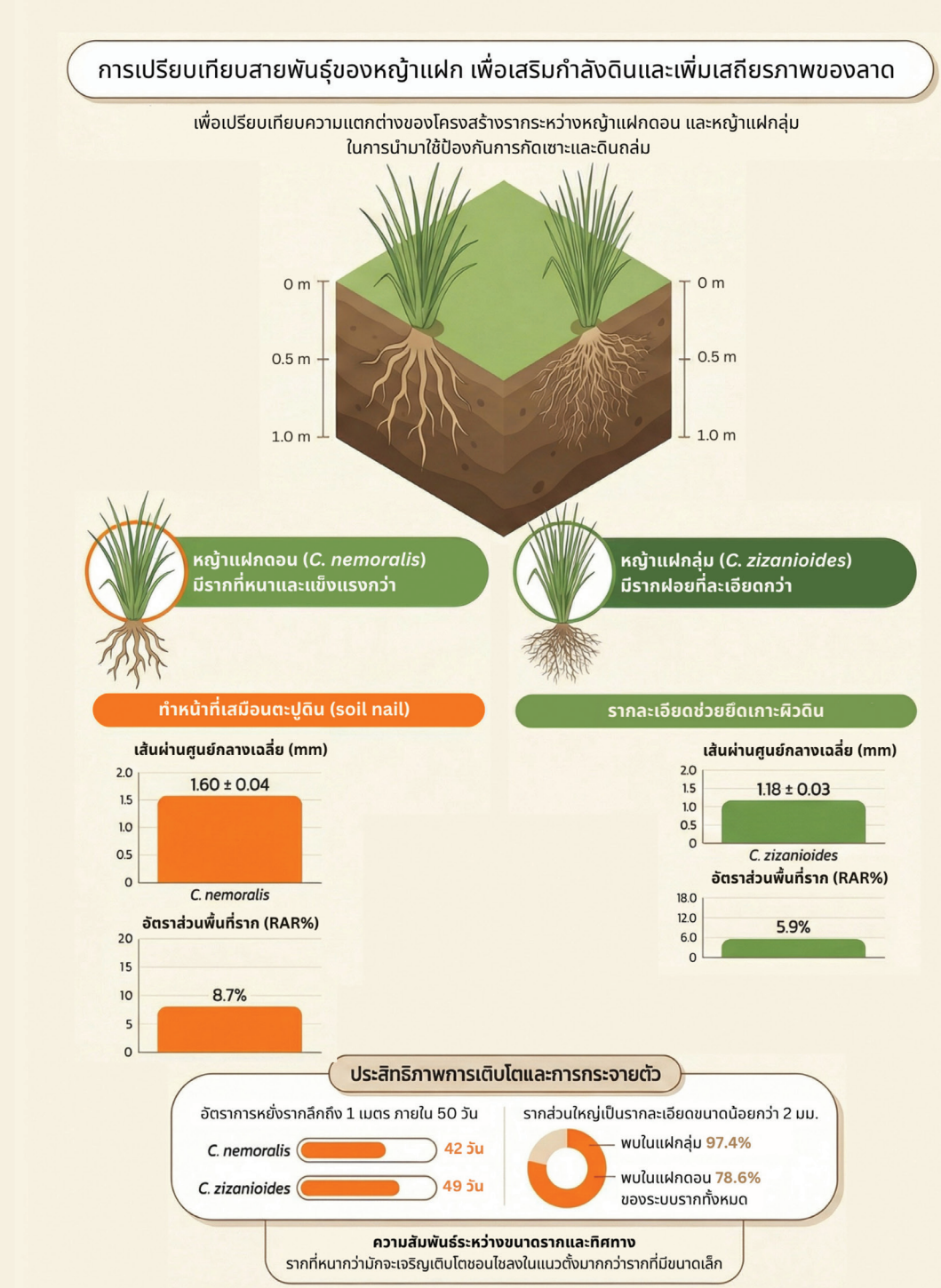
ด้านทิศทางของราก งานวิจัยพบความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางรากกับมุมรากที่ชัดเจนในทั้งสองชนิด รากฝอย(เส้นเล็ก) มีแนวโน้มเติบโตเกือบขนานผิวดิน ขณะที่รากเส้นใหญ่จะมีมุมชันขึ้นและแทงลึกลงไปในมวลดิน โดยความสัมพันธ์นี้อธิบายด้วยสมการเชิงเส้นที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูง แสดงให้เห็นว่าขนาดรากสามารถใช้บ่งชี้แนวโน้มทิศทางรากได้ในระดับหนึ่ง ในเชิงวิศวกรรม หญ้าแฝกลุ่มที่มีรากเส้นเล็กจำนวนมากแผ่ในแนวนอน ทำหน้าที่ยึดเกาะดิน ช่วยลดการชะล้างใกล้ผิวดิน ส่วนหญ้าแฝกดอนที่มีรากเส้นใหญ่จำนวนมากแทงลึกทำหน้าที่คล้ายตะปูดิน เพิ่มความต้านทานแรงเฉือนในมวลดิน

เมื่อดูการกระจายตัวตามความลึก ระบบรากของทั้งหญ้าแฝกดอนและหญ้าแฝกลุ่มกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอในช่วงความลึก 1 เมตร แต่รายละเอียดแตกต่างกัน หญ้าแฝกดอนแสดงแนวโน้มว่า ค่าอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดรากต่อพื้นที่ดินเพิ่มขึ้นตามความลึก สัมพันธ์กับการเพิ่มของจำนวนรากขนาดใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตรในชั้นลึก ชั้นดินตอนบนจะพบรากขนาดกลาง 1–2 มิลลิเมตรมาก ขณะที่ชั้นลึกจะมีสัดส่วนรากเส้นเล็กเพิ่มขึ้น งานวิจัยเน้นว่า การประเมินกำลังเสริมจากรากไม่ควรพิจารณาเพียงค่าอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดรากต่อพื้นที่ดินรวมเท่านั้น แต่ควรพิจารณาจำนวนรากในแต่ละช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง ร่วมด้วย เพราะแต่ละช่วงขนาดมีบทบาททางกลต่างกัน

ในด้านระยะเวลาในการเติบโต งานวิจัยพบว่าทั้งหญ้าแฝกดอนและหญ้าแฝกลุ่มมีอัตราการเติบโตรากสูงมากในช่วงสี่สัปดาห์แรก อยู่ในช่วงประมาณ 3–7 มิลลิเมตรต่อวัน ก่อนจะลดลงและคงตัวอยู่ราว 1–2 มิลลิเมตรต่อวันเมื่อรากตั้งตัวและลดการให้น้ำและปุ๋ย ทั้งสองชนิดสามารถแทงรากลงลึกถึง 1 เมตรได้ภายในเวลาประมาณ 42 วันสำหรับหญ้าแฝกดอน และ 49 วันสำหรับหญ้าแฝกลุ่ม สะท้อนศักยภาพของหญ้าแฝกทั้งสองชนิดในการใช้เสริมความมั่นคงลาดดินได้อย่างรวดเร็วหลังปลูก

เพื่อเชื่อมโยงสู่การประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรม ผู้วิจัยตีความคุณสมบัติของหญ้าแฝกดอนและหญ้าแฝกลุ่มว่ามีบทบาทต่างกันแต่เสริมกัน หญ้าแฝกลุ่ม หมาะกับงานลดการกัดเซาะผิวดินและป้องกันการชะล้างหน้าดิน เนื่องจากมีรากเส้นเล็กจำนวนมากแผ่ในแนวนอน ส่วนหญ้าแฝกดอน เหมาะกับงานเพิ่มความมั่นคงเชิงเฉือนของมวลดิน เนื่องจากมีรากเส้นใหญ่หนาแน่น แทงลึกลงไปในมวลดินคล้ายตะปูดิน

จากผลดังกล่าว งานวิจัยเสนอให้พิจารณาใช้หญ้าแฝกดอนเป็น ทางเลือกเพิ่มเติม ควบคู่กับหญ้าแฝกลุ่มในงานชีววิศวกรรมลาดดิน โดยเฉพาะในพื้นที่ดอนและสภาพแห้งที่เหมาะกับการเจริญของหญ้าแฝกดอน นอกจากนี้ งานยังชี้ว่าข้อมูลเชิงปริมาณด้านมุมรากและการกระจายตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางรากที่ได้ ถือเป็นข้อมูลใหม่ที่มีไม่มากในงานวิจัยก่อนหน้า และจะช่วยให้การพัฒนาแบบจำลองกำลังเสริมจากรากมีความแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 4-41 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย
Root system architecture of two vetiver species for root reinforcement modelling ของ Phan และ Likitlersuang (2024)[83]

[83] Phan, T. N., & Likitlersuang, S. (2024). Root system architecture of two vetiver species for root reinforcement modelling. *Modeling Earth Systems and Environment, 10*(1), 233-241.

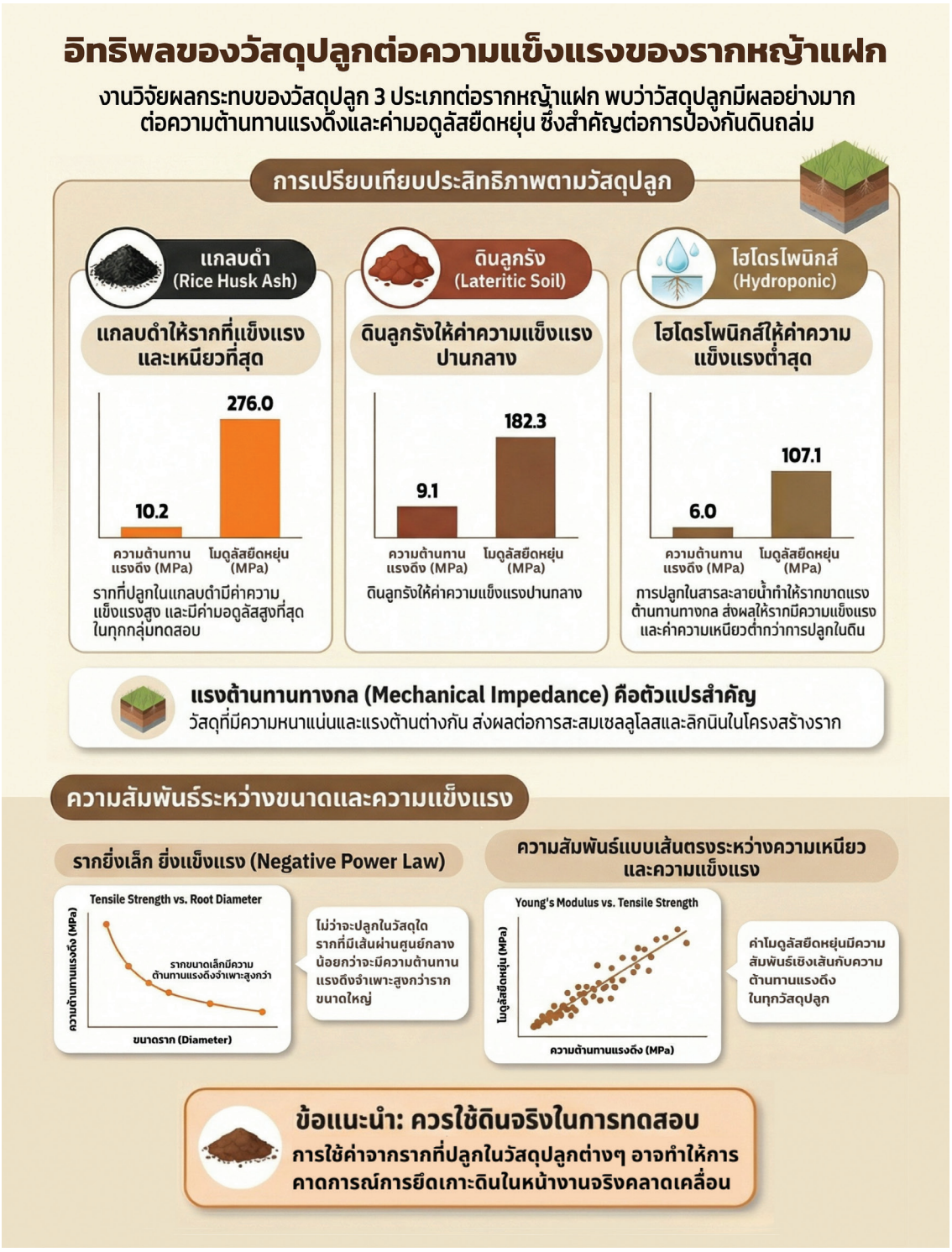
อีกส่วนนึงที่สำคัญที่มีประโยชน์ต่อการพิจารณาการนำหญ้าแฝกไปประยุกต์ใช้คือด้านวัสดุปลูกและสภาพแวดล้อม งานวิจัย Influence of growth media on the biomechanical properties of the fibrous roots of two contrasting vetiver grass species ของ Likitlersuang และคณะ (2022)[84] ศึกษาว่าวัสดุปลูกหรือสภาพแวดล้อมที่ใช้ปลูกมีผลต่อสมบัติเชิงกลของรากหญ้าแฝกดอน (Chrysopogon nemoralis) และหญ้าแฝกลุ่ม (Chrysopogon zizanioides) อย่างไร โดยเฉพาะค่ากำลังรับแรงดึง (tensile strength) และโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's modulus) ของราก ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้คำนวณกำลังเสริมดินจากรากในงานชีววิศวกรรมลาดดิน โดยสามารถแสดงด้วยอินโฟกราฟิกในรูปที่ 4-42

โดยทำการทดลองปลูกหญ้าแฝกทั้งสองชนิดในวัสดุปลูก 3 แบบที่ต่างกัน ได้แก่ ระบบน้ำปลูก (hydroponic) เถ้าแกลบ (rice husk ash) และดินลูกรัง (lateritic soil) โดยปลูกในกระบะพลาสติกกลางแจ้งเป็นเวลา 7 สัปดาห์ สภาพอากาศ ระดับความชื้น และช่วงเวลามีแดดถูกปล่อยให้เป็นธรรมชาติตามสภาพแวดล้อมในประเทศไทย จากนั้นตัดส่วนรากมาทดสอบดึงจนขาดด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงในห้องปฏิบัติการ เลือกเฉพาะรากที่ไม่เสียหาย ค่อนข้างตรง และมีเส้นผ่านศูนย์กลางสม่ำเสมอ เพื่อคำนวณแรงดึงสูงสุดต่อพื้นที่หน้าตัดเป็นค่ากำลังรับแรงดึงของราก และคำนวณความชันของส่วนเชิงเส้นในกราฟเค้น–เครียดเป็นโมดูลัสยืดหยุ่นของราก

ผลการทดลองชี้ชัดว่าชนิดของวัสดุปลูกมีผลต่อความแข็งแรงและความแข็ง (stiffness) ของรากอย่างมีนัยสำคัญ รากที่ปลูกในเถ้าแกลบให้ค่ากำลังรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด รองลงมาคือรากที่ปลูกในดินลูกรัง ส่วนรากที่ปลูกในน้ำปลูก (hydroponic) มีค่าต่ำที่สุด โดยตัวเลขตัวอย่างเช่น รากหญ้าแฝกดอนที่ปลูกในเถ้าแกลบมีค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยประมาณ 10.2 MPa และมอดูลัสราว 276 MPa ขณะที่ในน้ำปลูกมีเพียงประมาณ 6 MPa และ 107 MPa ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแม้จะเป็นรากชนิดเดียวกัน สมบัติเชิงกลสามารถเปลี่ยนไปอย่างมากตามวัสดุปลูก

งานวิจัยยังพบรูปแบบสำคัญคือ ทั้งในหญ้าแฝกดอนและหญ้าแฝกลุ่มรากเส้นเล็กหรือรากฝอยมักจะแข็งแรงและแข็งกว่ารากเส้นใหญ่ เมื่อเทียบในแง่หน่วยพื้นที่หน้าตัด โดยความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางรากกับกำลังรับแรงดึง และกับโมดูลัส สามารถอธิบายได้ด้วยสมการเลขยกกำลังเชิงลบ (negative power law) กล่าวง่าย ๆ คือ เมื่อรากโตและมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น ค่ากำลังรับแรงดึงต่อพื้นที่หน้าตัดและความแข็งจะลดลง

[84] Likitlersuang, S., Phan, T. N., Boldrin, D., & Leung, A. K. (2022). Influence of growth media on the biomechanical properties of the fibrous roots of two contrasting vetiver grass species. *Ecological Engineering, 178,* 106574.



รูปที่ 4-42 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย
Influence of growth media on the biomechanical properties of the fibrous roots of two contrasting vetiver grass species
ของ Likitlersuang และคณะ (2022)[85]

[85] Likitlersuang, S., Phan, T. N., Boldrin, D., & Leung, A. K. (2022). Influence of growth media on the biomechanical properties of the fibrous roots of two contrasting vetiver grass species. *Ecological Engineering, 178,* 106574.

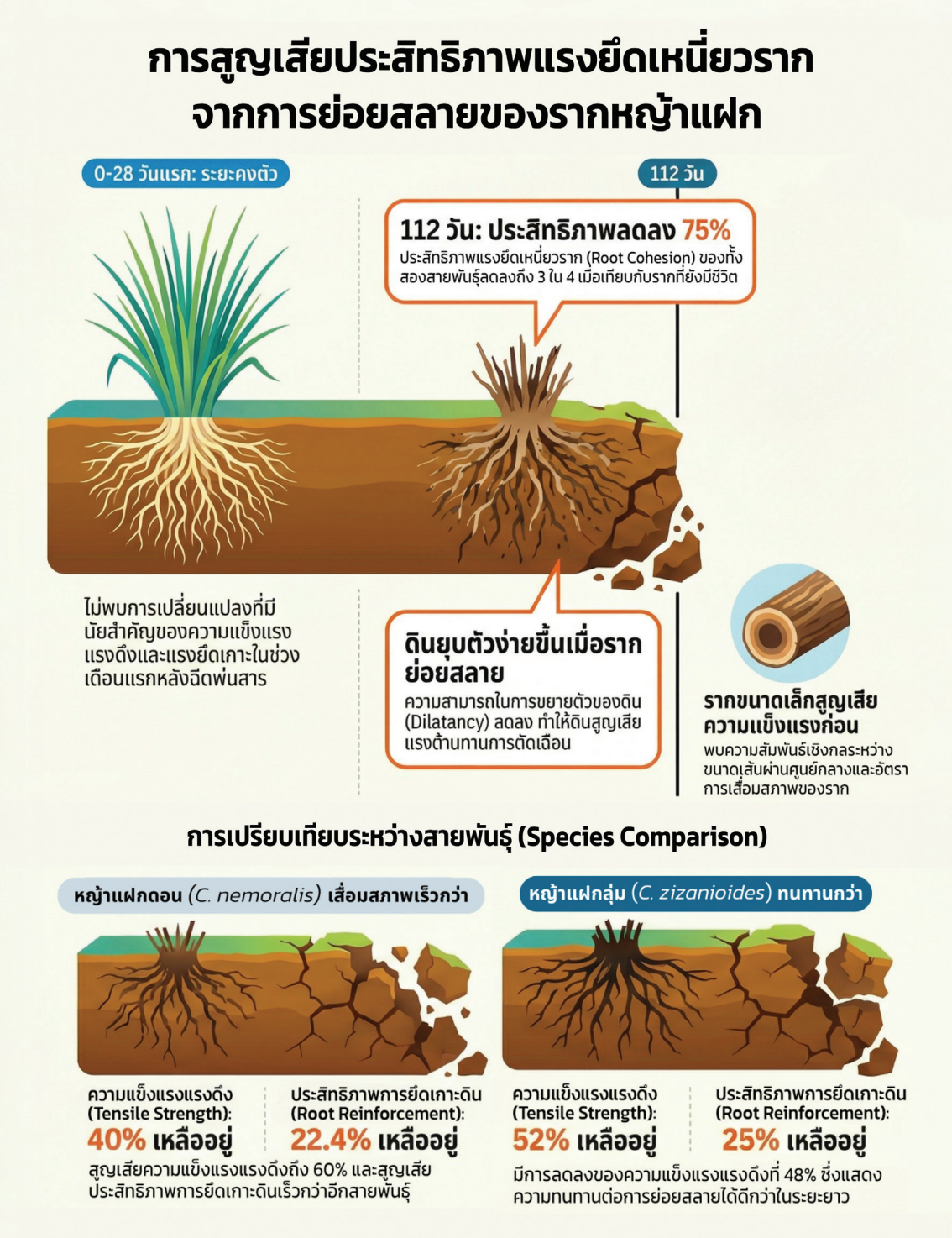
ประเด็นสำคัญอีกข้อหนึ่งคือ แม้วัสดุปลูกทุกชนิดจะให้รูปแบบรากเล็กแข็งแรงกว่ารากใหญ่ คล้ายกัน แต่ค่าพารามิเตอร์ในสมการ (เช่น ค่าสเกลและรูปร่างของกราฟ) เปลี่ยนไปตามวัสดุปลูก แสดงว่าตัววัสดุปลูกไม่ได้เพียงแค่ทำให้รากใหญ่หรือเล็กต่างกัน แต่ยังเปลี่ยนโครงสร้างภายในและองค์ประกอบเนื้อเยื่อของราก (เช่น เซลลูโลส ลิกนิน ความชื้น ฯลฯ) ซึ่งมีผลต่อสมบัติเชิงกลของรากโดยตรง

ผู้วิจัยอธิบายว่า ความแตกต่างนี้เกี่ยวข้องกับทั้งแรงต้านเชิงกลของวัสดุปลูก และ รูปแบบการให้ธาตุอาหาร ระบบน้ำปลูกมีแรงต้านทางกลต่ำและธาตุอาหารอยู่ในรูปไอออนที่รากดูดได้ง่าย ทำให้รากไม่จำเป็นต้องหนา แข็ง หรือปรับเนื้อเยื่อมาก ส่วนเถ้าแกลบและดินลูกรังมีแรงต้านมากกว่าและรูปแบบธาตุอาหารต่างกัน ทำให้รากต้องเสริมสร้างโครงสร้างภายในมากขึ้น ส่งผลให้รากแข็งแรงและแข็งขึ้น โดยเฉพาะในเถ้าแกลบที่ให้ค่ากำลังรับแรงดึงและโมดูลัสสูงที่สุด

ในเชิงประยุกต์ งานวิจัยเตือนอย่างชัดเจนว่า การใช้ค่ากำลังรับแรงดึงและมอดูลัสของราก ที่ได้จากการปลูกในระบบน้ำปลูก หรือวัสดุปลูกเทียมอื่น ๆ ไปใช้ประมาณค่ากำลังเสริมดินของลาดเขาจริง อาจทำให้ประเมินผิดจากความเป็นจริงได้มาก เพราะค่าที่ได้อาจไม่แทนค่าสมบัติเชิงกลของรากในดินธรรมชาติ ผู้วิจัยจึงแนะนำว่า หากจะใช้ข้อมูลสมบัติเชิงกลของรากในการออกแบบหรือวิเคราะห์ความมั่นคงลาดดิน ควรปลูกและทดสอบรากในดินที่มีคุณสมบัติคล้ายกับดินภาคสนามจริงให้มากที่สุด ทั้งด้านโครงสร้างกายภาพ ความหนาแน่น และรูปแบบธาตุอาหาร และต้องพิจารณาอย่างระมัดระวังเมื่อนำค่าที่วัดได้ในห้องทดลองไปใช้กับสถานการณ์จริงบนลาดดินธรรมชาติ

นอกจากนั้นเมื่อทราบคุณสมบัติต่างๆของรากพืชจากงานวิจัยที่ผ่านมาแล้ว ประเด็นถัดไปที่หลีกเลี่ยงไม่ได้เมื่อนำไปปฏิบัติงานจริงคือเมื่อหญ้าแฝกที่ถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงพื้นที่ได้ตายลง ตัวอย่างงานวิจัยในหัวข้อ Reinforcement losses in soil stabilisation due to decomposing roots of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis ของ Phan และคณะ (2023)[86] ที่ได้ทำการศึกษาถึงประเด็นดังกล่าว เนื่องด้วยสภาพจริง แนวหญ้าแฝกมักอยู่ใกล้พื้นที่เกษตรกรรมหรือพื้นที่ที่มีการจัดการวัชพืชด้วยสารเคมี เมื่อมีการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชอย่าง Propanil ไม่ว่าตั้งใจหรือปนเปื้อนจากพื้นที่ข้างเคียง โดยสามารถแสดงด้วยอินโฟกราฟิกในรูปที่ 4-43

[86] Phan, T. N., Leung, A. K., Kamchoom, V., & Likitlersuang, S. (2023). Reinforcement losses in soil stabilisation due to decomposing roots of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis. *Land Degradation & Development, 34*(4), 1080-1096.



รูปที่ 4-43 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย
Reinforcement losses in soil stabilisation due to decomposing roots of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis[87]

[87] Phan, T. N., Leung, A. K., Kamchoom, V., & Likitlersuang, S. (2023). Reinforcement losses in soil stabilisation due to decomposing roots of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis. *Land Degradation & Development, 34*(4), 1080-1096.

ผู้วิจัยเลือกหญ้าแฝก 2 ชนิดที่ ได้แก่ หญ้าแฝกดอน (Chrysopogon nemoralis) และหญ้าแฝกลุ่ม (Chrysopogon zizanioides) แล้วทำให้รากเกิดการย่อยสลายโดยการพ่น propanil จากนั้นติดตามผลในช่วงเวลา 7, 28, 56 และ 112 วัน หลังพ่น (เพื่อแทนระดับการย่อยสลายที่เพิ่มขึ้นตามเวลา) แล้วทดสอบ 2 ส่วนหลัก คือ

1. สมบัติเชิงกลของราก ด้วยการทดสอบแรงดึง (tensile test)

2. ผลต่อกำลังเฉือนของดินที่มีราก ด้วยการทดสอบแรงเฉือนทางตรง

ผลที่ได้พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป รากอ่อนกำลังลง โดยเฉพาะที่ช่วง 112 วัน สมบัติเชิงกลของรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ กำลังรับแรงดึง (tensile strength) โมดูลัสยืดหยุ่นแบบซีแคนซ์ (secant modulus) และความเครียดที่รากขาด (breakage strain) ลดลงในทั้งสองชนิดหญ้าแฝก นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์แบบกำลัง (power law) ระหว่างขนาดราก กับกำลังรับแรงดึง/โมดูลัส ซึ่งสะท้อนว่ารากขนาดต่างกันให้กำลังไม่เท่ากัน และเมื่อรากย่อยสลายมากขึ้นกราฟทั้งชุดจะเลื่อนลงหมายถึงรากทุกช่วงขนาดอ่อนแรงลงพร้อมกัน

ในมุมคุณบัติในการช่วยเสริมแรงในลาดดิน งานวิจัยรายงานว่ากำลังเสริมแรงจากรากลดลงตามระยะเวลาการย่อยสลาย โดยเห็นได้จากการลดลงของแรงยึดเหนี่ยวราก (root cohesion/root reinforcement, Cr) และการลดลงของค่าไดเลชั่น (maximum dilatancy) ของดินเสริมราก ซึ่งสัมพันธ์กับกำลังเฉือนสูงสุดและพฤติกรรมการเสียรูปของดินระหว่างการเฉือน โดยรวมแล้ว หญ้าแฝกดอน มีแนวโน้มสูญเสียสมบัติและกำลังเสริมแรงเร็วกว่าและมากกว่าหญ้าแฝกลุ่ม

โดยสรุปจากผลการวิจัยนี้รากพืชเป็นวัสดุเสริมแรงที่เสื่อมสภาพได้ตามเวลา ดังนั้นการประเมินเสถียรภาพลาด การออกแบบมาตรการชีววิศวกรรมควรคำนึงถึงช่วงหลังพืชตาย และควรระมัดระวังการใช้สารกำจัดวัชพืช เพราะกำลังเสริมแรงอาจลดลงต่อเนื่อง ไม่ใช่ค่าคงที่ และชนิดหญ้าแฝกที่เลือกใช้มีผลต่ออัตราการเสื่อมของกำลังเสริมแรงด้วย

นอกจากนั้นงานวิจัยอีกชิ้นหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องและสืบเนื่องกับผลกระทบจากความเสียหายและตายลงของหญ้าแฝก งานวิจัย Modelling root decomposition effects on root reinforcement and slope stability ของ Phan และคณะ[88] (ตีพิมพ์ใน Computers and Geotechnics ปี 2025) ทำหน้าที่ต่อยอดจากผลทดลองเชิงกลของรากที่เกิดการย่อยสลาย สู่ข้อมูลเชิงวิศวกรรมที่จะนำมาใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน โดยชี้ว่าความเสถียรของลาดดินไม่ได้ขึ้นอยู่กับการปลูกพืชเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับการจัดการช่วงเวลาหลังพืชตาย เพราะเมื่อพืชตาย ระบบรากจะค่อย ๆ สูญเสียคุณสมบัติทางกล ทำให้แรงเสริมกำลังของดินลดลงต่อเนื่อง และเกิดช่วงเวลาวิกฤตที่ความเสี่ยงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ งานนี้จึงตอบคำถามเชิงปฏิบัติว่า เมื่อหญ้าแฝกตายจากความแห้งแล้ง ไฟป่า หรือการใช้สารกำจัดวัชพืช ความปลอดภัยของลาดดินจะลดลงเร็วเพียงใด และหากจำเป็นต้องกำจัดพืชจริง ควรจัดลำดับการกำจัดอย่างไรเพื่อไม่เร่งให้เกิดการวิบัติของลาดดิน โดยสามารถแสดงด้วยอินโฟกราฟิกในรูปที่ 4-44

งานวิจัยเชื่อมข้อมูลทดลองจริงกับแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลหลังการทำให้พืชตายด้วยสารกำจัดวัชพืช และติดตามสภาพรากที่ 0, 7, 28, 56 และ 112 วัน เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกลของรากตามเวลา แล้วนำไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแปลงการเสื่อมสภาพของรากให้เป็นค่ากำลังเสริมของรากที่เปลี่ยนตามเวลา ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินผ่านซอฟต์แวร์วิเคราะห์เสถียรภาพ โดยทำการทดสอบในหลายระดับความลาดชัน และหลายรูปแบบของการทำให้พืชตายเป็นโซนเพื่อประเมินช่วงเวลาที่ความเสี่ยงเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงระบุรูปแบบการจัดการที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์เชิงชีวกลศาสตร์ (biomechanical analysis) แสดงให้เห็นว่า ภายหลังการเริ่มตายของพืช (plant mortality) สมบัติเชิงกลของราก ได้แก่ กำลังรับแรงดึง (tensile strength, Tr) และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นแบบซีแคนซ์ (secant modulus, Es) ลดลงอย่างรวดเร็วในระยะแรก และยังคงลดลงอย่างต่อเนื่องตามเวลา ขณะเดียวกัน ความแปรปรวนของความแข็งแรงของรากที่เสื่อมสภาพสูงกว่ารากสดอย่างชัดเจน ส่งผลให้ระบบรากมีพฤติกรรมการสูญเสียกำลังแบบทยอยทีละส่วน (progressive loss) มากกว่าการสูญเสียพร้อมกันทั้งหมด

พฤติกรรมดังกล่าวมีนัยสำคัญต่อการประเมินเสถียรภาพลาดดิน (slope stability) เนื่องจากวิธีคำนวณแบบอย่างง่ายที่สมมติให้รากทุกเส้นทำงานพร้อม อาจนำไปสู่การประเมินแรงเสริมจากราก (root reinforcement) สูงเกินจริง ซึ่งอาจทำให้การประเมินความปลอดภัยของลาดดินคลาดเคลื่อนได้

[88] Phan, T. N., Leung, A. K., Nguyen, T. S., Kamchoom, V., & Likitlersuang, S. (2025). Modelling root decomposition effects on root reinforcement and slope stability. *Computers and Geotechnics, 179,* 107024.



รูปที่ 4-44 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย
Modelling root decomposition effects on root reinforcement and slope stability[89]

[89] Phan, T. N., Leung, A. K., Nguyen, T. S., Kamchoom, V., & Likitlersuang, S. (2025). Modelling root decomposition effects on root reinforcement and slope stability. *Computers and Geotechnics, 179,* 107024.

โดยผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของระบบรากในการเพิ่มค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัย (Factor of Safety; FS) ขึ้นอยู่โดยตรงกับความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างความลึกของระนาบวิบัติ (failure surface) และเขตรากที่มีผลเชิงกล (mechanically effective root zone) ส่งผลให้ในบางมุมลาดอิทธิพลของรากปรากฏเด่นชัด ขณะที่ในบางกรณีผลเสริมกำลังลดลงตามข้อจำกัดเชิงกลศาสตร์

ประเด็นสำคัญประการที่สองคือ อิทธิพลของตำแหน่งการกำจัดพืชบนลาดดิน (vegetation removal pattern) ซึ่งผลการวิเคราะห์ชี้ชัดว่าบริเวณตีนลาด (slope toe) เป็นโซนวิกฤตต่อเสถียรภาพของลาด หากเริ่มกำจัดพืชจากตีนลาดขึ้นไป ค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัยจะลดลงอย่างรวดเร็วและมีความเสี่ยงต่อการวิบัติก่อนรูปแบบอื่น ในทางตรงกันข้าม การเริ่มกำจัดจากด้านบนลงมาโดยคงพืชบริเวณตีนลาดไว้ให้นานที่สุด จะทำให้อัตราการเพิ่มของความเสี่ยงเกิดขึ้นช้ากว่าอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ การกำจัดพืชแบบเป็นหย่อมหรือแบ่งโซน (zonal or patch removal) แสดงศักยภาพในการช่วยชะลอการลดลงของเสถียรภาพได้ดีกว่าการกำจัดแบบต่อเนื่องทั้งผืน อย่างไรก็ตาม ควรให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษในบริเวณช่วงกลางลาด ซึ่งมักมีความสัมพันธ์โดยตรงกับตำแหน่งของระนาบวิบัติ

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า ทั้งตำแหน่งของระบบรากและรูปแบบการจัดการพืชบนลาดดินเป็นปัจจัยกำหนดสำคัญต่อเสถียรภาพลาดดิน และควรถูกนำมาพิจารณาอย่างเป็นระบบในการวางแผนจัดการพืชพรรณเพื่อการลดความเสี่ยงดินถล่มอย่างมีประสิทธิภาพ

4.5.2 หญ้าแฝกกับชุมชนและความยั่งยืน

บทความวิจัยของ Leknoi และคณะ (2025) ในหัวข้อเรื่อง Promoting use of vetiver grass for landslide protection: A pathway to achieve Sustainable Development Goals in Thailand[90] ในวารสาร Environmental Development ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมจากหลักฐานเชิงวิศวกรรมในระดับรากและแบบจำลอง ไปสู่คำถามที่สำคัญกว่าในระดับประเทศและระดับชุมชน คือทำอย่างไรให้การใช้หญ้าแฝกเพื่อป้องกันดินถล่มเกิดผลจริงและขยายผลอย่างยั่งยืนได้ งานวิจัยนี้ไม่ได้เพิ่มความรู้ด้านกลศาสตร์ของดินโดยตรง แต่เพิ่มความรู้ด้านกลไกความสำเร็จของการนำนวัตกรรมธรรมชาติไปใช้ในระบบสังคม โดยใช้กรอบคิดทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงเพื่ออธิบายลำดับเหตุผลตั้งแต่ทรัพยากรและเงื่อนไขตั้งต้นในพื้นที่ ไปจนถึงกิจกรรมที่ทำได้จริง ผลลัพธ์ระยะสั้นที่จับต้องได้ และผลลัพธ์ระยะยาวที่สะท้อนความยั่งยืน สิ่งที่งานนี้ยืนยันคือ ต่อให้เรามีตัวเลขความแข็งแรงของรากหรือผลวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินที่ดีเพียงใด หากการดำเนินการไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดของพื้นที่ แรงจูงใจของชุมชน และข้อจำกัดด้านงบประมาณ การใช้หญ้าแฝกก็อาจไม่เกิดผล หรือเกิดผลเฉพาะจุดแต่ขยายผลไม่ได้ โดยสามารถแสดงด้วยอินโฟกราฟิกในรูปที่ 4-45

ประเด็นแรกที่งานนี้ทำให้ชัดคือความคุ้มค่าเชิงวิศวกรรมในบริบทชุมชนเสี่ยงภัย การจัดการดินถล่มในพื้นที่ห่างไกลมักชนกับข้อเท็จจริงเรื่องงบประมาณ การเข้าถึงเครื่องจักร และข้อจำกัดการก่อสร้าง งานวิจัยนี้เปรียบเทียบต้นทุนให้เห็นภาพว่าการใช้หญ้าแฝกแบบผสมผสานกับวัสดุท้องถิ่นมีต้นทุนระดับประมาณหนึ่งแสนห้าหมื่นบาท ขณะที่โครงสร้างวิศวกรรมแข็งอย่างกำแพงกันดินคอนกรีตหรือโครงสร้างถาวรมีต้นทุนสูงกว่ามากในช่วงตั้งแต่สองแสนกว่าบาทไปถึงระดับหลักล้านบาท ความต่างระดับนี้เป็นตัวชี้ขาดต่อการตัดสินใจของชุมชนและหน่วยงานในพื้นที่ เพราะไม่ได้เป็นแค่เรื่องงบประมาณ แต่เป็นเรื่องความเป็นไปได้ในการทำจริง เมื่อมีงบประมาณไม่เพียงพอหรือเครื่องจักรเข้าพื้นที่ไม่ได้ วิธีที่ต้นทุนต่ำกว่าและยืดหยุ่นกว่า คือทางเลือกเดียวที่ทำให้เกิดการลดความเสี่ยงได้ทันเวลา ดังนั้นหญ้าแฝกในกรอบของงานนี้จึงถูกมองเป็นมาตรการที่ทำให้การป้องกันดินถล่มเข้าถึงได้ ไม่ใช่เพียงมาตรการวิศวกรรมเชิงโครงสร้าง

[90] Leknoi, U., Yiengthaisong, A., & Likitlersuang, S. (2025). Promoting use of vetiver grass for landslide protection: A pathway to achieve Sustainable Development Goals in Thailand. *Environmental Development, 54,* 101155



รูปที่ 4-45 อินโฟกราฟิกสรุปงานวิจัย
Promoting use of vetiver grass for landslide protection:
A pathway to achieve Sustainable Development Goals in Thailand[91]

[91] Leknoi, U., Yiengthaisong, A., & Likitlersuang, S. (2025). Promoting use of vetiver grass for landslide protection: A pathway to achieve Sustainable Development Goals in Thailand. *Environmental Development, 54,* 101155

ประเด็นที่สองคือบทบาทของนวัตกรรมชุมชนและการปรับใช้ให้เข้ากับบริบทพื้นที่ งานนี้ชี้ว่าความสำเร็จไม่ได้มาจากการปลูกหญ้าแฝกอย่างโดดเดี่ยว แต่มาจากการผสมผสานหญ้าแฝกเข้ากับวัสดุและเทคนิคที่คนในพื้นที่มีอยู่แล้ว เพื่อแก้ข้อจำกัดเฉพาะหน้าให้ผ่านไปได้ในโลกจริง ตัวอย่างนวัตกรรมอย่างกระสอบมีปีกในพื้นที่บ้านหน้าถ้ำ หรือการใช้ยางรถยนต์เก่าร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันตลิ่งพัง สะท้อนแนวคิดเดียวกัน คือการใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นเป็นโครงสร้างช่วยเสริมความแข็งแรง ลดแรงกระทำหรือเพิ่มความมั่นคงเบื้องต้น แล้วให้หญ้าแฝกและพืชพรรณทำหน้าที่เสริมความมั่นคงเมื่อรากพัฒนาเต็มที่ วิธีคิดแบบนี้มีคุณค่าต่อการจัดการดินถล่ม เพราะช่วยลดช่องว่างระหว่างช่วงเริ่มต้นที่ยังไม่มีระบบรากที่แข็งแรง กับช่วงที่ระบบรากเริ่มเสริมความแข็งแรงพื้นที่กลับคืนสู่สมดุลทางธรรมชาติ และยังทำให้มาตรการสามารถทำได้ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านกฎหมายหรือการก่อสร้างโครงสร้างถาวร

ประเด็นที่สามคือการทำให้การใช้หญ้าแฝกมีความหมายในกรอบการพัฒนาที่ยั่งยืน งานนี้สรุปความเชื่อมโยงกับการขับเคลื่อนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ของสหประชาชาติถึง 5 ประการ :

• SDG 1 & 2 (ขจัดความยากจนและหิวโหย) : หญ้าแฝกช่วยรักษาหน้าดินและความอุดมสมบูรณ์ ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้น อีกทั้งใบแฝกยังนำมาแปรรูปเป็นงานหัตถกรรมสร้างรายได้เสริม

• SDG 11 & 13 (เมืองปลอดภัยและรับมือโลกร้อน) : ช่วยสร้างภูมิคุ้มกัน (resilience) ให้กับชุมชนเปราะบางที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

• SDG 15 (ระบบนิเวศบนบก) : หญ้าแฝกทำหน้าที่เป็นพืชเบิกนำ (pioneer plant) ในการฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรม ช่วยกักเก็บความชื้นให้พืชยืนต้นชนิดอื่นเจริญเติบโตตามมาได้

หญ้าแฝกในงานป้องกันดินถล่มไม่ได้เป็นเพียงพืชคลุมดินหรือเครื่องมือทางกลศาสตร์เท่านั้น แต่เป็นมาตรการเชิงระบบที่ต้องเดินได้ทั้งสามส่วนพร้อมกัน คือหลักฐานวิชาการที่วิจัยถึงคุณสมบัติเสริมกำลังของราก แนวทางการจัดการและแบบผสมผสานที่ทำได้จริงในพื้นที่ และกรอบสังคมเศรษฐกิจที่ทำให้ชุมชนยอมรับ ดูแลต่อเนื่อง และขยายผลได้ ความสำเร็จของหญ้าแฝกไม่ได้เกิดจากคุณสมบัติของรากอย่างเดียว แต่เกิดจากการที่วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ถูกแปลเป็นรูปแบบการทำงานที่เข้ากับข้อจำกัดพื้นที่ และถูกฝังอยู่ในเป้าหมายการพัฒนาของชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม ผลลัพธ์คือการจัดการดินถล่มที่ด้วยความยั่งยืนในระยะยาวผ่านต้นทุนที่เข้าถึงได้ นวัตกรรมท้องถิ่นที่เกิดจริง และประโยชน์ร่วมหลายมิติที่ชุมชนรับรู้ได้ด้วยตนเอง



บทที่ 5

บทสรุป



เอกสารวิชาการฉบับนี้ได้รวบรวมและสังเคราะห์องค์ความรู้จากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการป้องกันแก้ไขปัญหาดินถล่มบนที่สูงชันตามแนวพระราชดำริ ซึ่งเป็นการถ่ายทอดพระราชดำริให้กลายเป็นแนวปฏิบัติที่จับต้องได้ บทสรุปนี้จะทำการกลั่นกรองผลสำเร็จที่สำคัญ โดยเฉพาะในมิติของการสร้างความเข้มแข็งให้แก่ชุมชน และนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เพื่อให้องค์ความรู้เหล่านี้ถูกขับเคลื่อนไปสู่การปฏิบัติในวงกว้างได้อย่างเป็นรูปธรรม

5.1 การสร้างความยั่งยืนผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง

ความสำเร็จของโครงการฯ ไม่ได้วัดผลจากเพียงโครงสร้างทางกายภาพที่สร้างขึ้น แต่ประเมินจากความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับคนและชุมชน ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาที่ยั่งยืนตามแนวพระราชดำริ ผลการดำเนินงานได้พิสูจน์ให้เห็นถึงความสำเร็จในมิติต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ ดังนี้

1. ประสิทธิผลเชิงรูปธรรมและจุดเริ่มต้นของความเปลี่ยนแปลง

ผลการประยุกต์ใช้หญ้าแฝกร่วมกับวิธีทางกลและพืชท้องถิ่น สามารถแก้ปัญหาและป้องกันการเกิดดินถล่มในพื้นที่โครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ สร้างความเชื่อมั่นและกลายเป็นจุดเริ่มต้นของแนวคิดการใช้หญ้าแฝกเพื่อแก้ปัญหาดินถล่ม ในชุมชนหลายแห่ง โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกลที่หน่วยงานภาครัฐอาจยังมีข้อจำกัดในการเข้าถึงโครงการได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการผสานองค์ความรู้ทางวิศวกรรมสมัยใหม่เข้ากับภูมิปัญญาท้องถิ่นได้อย่างสมดุลและมีประสิทธิภาพ

2. กระบวนการมีส่วนร่วมและการสร้างความเป็นเจ้าของ

ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่นำไปสู่ความสำเร็จคือ กระบวนการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างแท้จริง โครงการนี้แตกต่างจากโครงการพัฒนาแบบบนลงล่าง (top-down) โดยทั่วไป เพราะเริ่มต้นจากการเปิดโอกาสให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การร่วมรับรู้และวิเคราะห์สภาพปัญหา (identify problem), การร่วมแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหา (exploring alternatives) ไปจนถึงการร่วมตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุด (selecting appropriate solution) สำหรับบริบทของตนเอง กระบวนการที่มอบอำนาจการตัดสินใจให้แก่ชุมชนนี้ ทำให้สมาชิกเกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกัน และนำไปสู่การดูแลรักษาพื้นที่ดำเนินการให้เกิดประโยชน์อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

3. การพัฒนาศักยภาพชุมชนและการสร้างผู้นำการเปลี่ยนแปลง

โครงการฯ ให้ความเคารพต่อทุนทางสังคมและทรัพยากรมนุษย์ของชุมชนอย่างยิ่ง โดยใช้กระบวนการพัฒนาศักยภาพที่หลากหลาย ทั้งการศึกษาดูงาน, การจัดการอบรม, การสอนแนะ (coaching) และการให้คำปรึกษาหารือ (counseling) เพื่อพัฒนาทั้งองค์ความรู้ (knowledge), ทักษะ (skill) และทัศนคติ (attitude) ให้กับประชาชน ยิ่งไปกว่านั้น โครงการยังประสบความสำเร็จในการค้นหาและทำงานร่วมกับ ผู้นำการเปลี่ยนแปลง (change agents) ที่เข้มแข็งของชุมชน ทั้งผู้นำที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ ซึ่งบุคคลเหล่านี้ได้กลายเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยขับเคลื่อนและแพร่กระจายแนวคิด องค์ความรู้และวิถีปฏิบัติใหม่ ๆ ภายในชุมชนได้อย่างรวดเร็ว

4. การขยายผลและกำเนิดศูนย์การเรียนรู้ที่มีชีวิต

เมื่อชุมชนเกิดความเชื่อมั่นจากผลลัพธ์ที่จับต้องได้ และมีผู้นำที่เข้มแข็ง จึงเกิดการขยายผลของแนวคิดและวิธีการจากภายในชุมชนเอง สมาชิกนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้ในที่ดินของตนเอง และบอกเล่าส่งต่อไปยังชุมชนข้างเคียง พื้นที่ดำเนินการของโครงการซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในที่สาธารณะ ได้กลายสภาพเป็นศูนย์การเรียนรู้ต้นแบบที่มีชีวิต โดยอัตโนมัติ เป็นแหล่งศึกษาดูงานสำหรับผู้ที่สนใจทั้งเยาวชนในพื้นที่ หน่วยงานภายนอก และชุมชนอื่น ๆ ที่ต้องการนำรูปแบบความสำเร็จไปปรับใช้

5.2 แนวทางการประยุกต์ใช้

เพื่อให้องค์ความรู้และบทเรียนความสำเร็จจากโครงการนี้เกิดประโยชน์สูงสุดและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นรูปธรรม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ตามบทบาทของแต่ละภาคส่วนได้ดังนี้

หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและการจัดการภัยพิบัติ ควรปรับเปลี่ยนแนวทางการดำเนินโครงการจากการวางแผนแบบบนลงล่าง (top-down) มาสู่การสนับสนุนและส่งเสริมกระบวนการวางแผนแบบล่างขึ้นบน (bottom-up) โดยจัดทำกลไกที่เอื้อให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการนำเสนอโครงการ ตัดสินใจ และร่วมดำเนินการ เพื่อให้โครงการตอบสนองต่อความต้องการของพื้นที่อย่างแท้จริง

สร้างกลไกสนับสนุนผู้นำการเปลี่ยนแปลงในท้องถิ่น จัดทำนโยบายและจัดสรรงบประมาณเพื่อการค้นหา, พัฒนาศักยภาพ, และสนับสนุนการทำงานของ ผู้นำการเปลี่ยนแปลง (change agents) ในท้องถิ่น ให้เป็นฟันเฟืองสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาและเป็นตัวกลางเชื่อมโยงระหว่างภาครัฐและชุมชน

ผลักดันให้เกิดศูนย์การเรียนรู้ชุมชนโดยการสนับสนุนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) และชุมชนที่มีความเข้มแข็ง จัดตั้ง ศูนย์การเรียนรู้ด้านการจัดการภัยพิบัติโดยชุมชน โดยนำบทเรียนความสำเร็จจากโครงการต่าง ๆ ในอดีตไปเป็นต้นแบบในการบริหารจัดการและถ่ายทอดความรู้

5.2.1 แนวทางการประยุกต์ใช้สำหรับนักพัฒนา องค์กร และสถาบันการศึกษา

การถอดบทเรียนกระบวนการทำงานสู่คู่มือปฏิบัติ นักพัฒนาและองค์กรพัฒนาเอกชนควรถอดบทเรียน กระบวนการสร้างการมีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกับชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างความยั่งยืน บูรณาการองค์ความรู้สู่ระบบการศึกษา สถาบันการศึกษา โดยเฉพาะสาขาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุมชน สังคมศาสตร์ และการจัดการภัยพิบัติ เพื่อสร้างบุคลากรรุ่นใหม่ที่มีความเข้าใจในกระบวนการทำงานกับชุมชน และส่งเสริมให้เรียนรู้จากศูนย์การเรียนรู้ชุมชนที่เกิดขึ้นจริง

5.2.2 แนวทางการประยุกต์ใช้สำหรับภาคเอกชน (การพัฒนาความรับผิดชอบต่อสังคม)

ภาคเอกชนที่ต้องการทำโครงการเพื่อสังคม สามารถนำรูปแบบการดำเนินงานของโครงการนี้ไปเป็นต้นแบบในการยกระดับกิจกรรม CSR ของตนเอง จากการให้ความช่วยเหลือแบบตามเหตุการณ์ ไปสู่การสร้างโครงการที่แก้ปัญหาของชุมชนอย่างแท้จริงโดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมเป็นเครื่องมือ ซึ่งไม่เพียงแต่จะสร้างผลกระทบเชิงบวกที่ยั่งยืนต่อสังคม แต่ยังช่วยสร้างความสัมพันธ์ที่เข้มแข็งและความไว้วางใจระหว่างองค์กรและชุมชนในระยะยาวอีกด้วย

ท่ามกลางวิกฤตการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงและซับซ้อนในปัจจุบัน ภัยพิบัติดินถล่มได้กลายเป็นหนึ่งในความท้าทายสำคัญที่คุกคามทั้งชีวิต ทรัพย์สิน และความมั่นคงทั่วโลก สำหรับประเทศไทย ปัญหานี้ไม่ได้เพียงแต่สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจมหาศาล แต่ยังสะท้อนถึงความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศป่าต้นน้ำและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ขาดความสมดุล อย่างไรก็ตาม ภายใต้แนวพระราชดำริในการสืบสาน รักษาและต่อยอดของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้เสนอเป็นแนวทางการบริหารจัดการภัยพิบัติที่ยั่งยืน โดยเป็นการผสานพลังระหว่างเทคโนโลยีขั้นสูง ภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยมีหัวใจสำคัญคือการมีส่วนร่วมของชุมชน

การประยุกต์ใช้ชีววิศวกรรมปฐพี (soil bioengineering) กับการใช้หญ้าแฝกตามแนวพระราชดำริ ยังรวมถึงการใช้พืชท้องถิ่นที่มีรากแก้วลึก เช่น ต้นเนียง และต้นลักสุก ปลูกสลับชั้นเพื่อสร้างเสถียรภาพในหลายระดับความลึก วิธีทางกลผสมผสานนวัตกรรมเช่น กระสอบมีปีก (flapped soil bags) และตารางไม้ไผ่ ถูกนำมาใช้พยุงหน้าดินในระยะเริ่มต้น เพื่อรอให้รากพืชเจริญเติบโตจนแข็งแรงพอที่จะทำหน้าที่แทนโครงสร้างทางวิศวกรรมที่เสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา

การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการเฝ้าระวังคาดการณ์และป้องกันภัย เช่น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และข้อมูลจากดาวเทียม ช่วยให้สามารถระบุพื้นที่เปราะบางและติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิประเทศได้แม่นยำขึ้น ร่วมกับการสำรวจโครงสร้างใต้ดินด้วยเทคนิคทางธรณีฟิสิกส์ อาจจะเหมาะสมกับหน่วยงานภาครัฐหรือองค์กรที่มีทรัพยากรเหมาะสม อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีเหล่านี้จะเกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุดเมื่อถูกส่งต่อให้ชุมชนในรูปแบบที่ เข้าใจง่ายและทำได้จริงเช่น การพัฒนาตัวตรวจจับการเคลื่อนตัวของดินราคาถูกจากสวิตช์แม่เหล็ก (reed switch) และการฝึกอาสาสมัครนักวิจัยชุมชน ให้สามารถบันทึกข้อมูลน้ำฝนและวิเคราะห์สัญญาณเตือนภัยได้ด้วยตนเอง การรับรู้และสังเกตเหตุเสี่ยงภัย

ความยั่งยืนผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมและผลตอบแทนทางนิเวศ ความสำเร็จที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต้นแบบ พิสูจน์ให้เห็นว่า การมีส่วนร่วมคือกุญแจสำคัญที่ทำให้โครงการเติบโตอย่างมั่นคงผ่านกระบวนการตาม “ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลง” (theory of change) ที่มุ่งปรับเปลี่ยนทัศนคติของคนในพื้นที่ให้เปลี่ยนจากผู้รับการช่วยเหลือมาเป็นเจ้าของปัญหาร่วมกัน

โดยสรุป การจัดการภัยพิบัติดินถล่มตามแนวพระราชดำริคือการบูรณาการองค์รวมที่สอดรับกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ของสหประชาชาติ โดยมุ่งหวังว่าเมื่อศาสตร์แห่งชีววิศวกรรมผสานเข้ากับเทคโนโลยีและการมีส่วนร่วมของมนุษย์ พื้นที่สูงชันที่เคยเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติจะกลับคืนสู่สภาพที่สมดุล เป็นรากฐานที่มั่นคงให้มนุษย์และธรรมชาติ สามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างเกื้อกูลและยั่งยืนในท้ายที่สุด



บรรณานุกรม



กฟผ. แม่เมาะ (2568) แถลงการณ์ ฉบับที่ 2 เรื่อง ดินสไลด์บริเวณที่ทิ้งดินเหมืองแม่เมาะ สืบค้นเมื่อ 31 มกราคม 2569, จาก https://www.facebook.com/share/p/14URuzfuvSZ/

กรมทรัพยากรธรณี (2567) บัญชีแผนที่พื้นที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มประเทศไทย ปี 2568 กองธรณีวิทยาและสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี

กรมทรัพยากรธรณี. (2560, 5–10 มิถุนายน). แผนการเฝ้าระวังแจ้งเตือนภัยดินถล่มในพื้นที่เสี่ยงภัยจังหวัดอุตรดิตถ์ (โครงการซักซ้อมแผนการเฝ้าระวังแจ้งเตือนภัยดินถล่ม)

กรมทรัพยากรธรณี. (2567). คู่มือลดผลกระทบธรณีพิบัติภัย:แผ่นดินถล่ม 2567 [คู่มือ]. กรมทรัพยากรธรณี

กรมทรัพยากรน้ำ. (ม.ป.ป.). ระบบเตือนภัยล่วงหน้าน้ำหลาก–ดินถล่ม (early warning system). สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2568, จาก https://ews.dwr.go.th/ews/

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (ม.ป.ป.). ข้อมูลสถานีตรวจวัดโทรมาตรเพื่อการแจ้งเตือนภัย (ชุดข้อมูลเปิด). สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2568, จากhttps://catalog.disaster.go.th/dataset/dpm-gd023

กรมพัฒนาที่ดิน. (2544). มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2561, จาก http://www.ldd.go.th Lddwebsite web_ord Technical pdf P_Technical06043_1

กรมโยธาธิการและผังเมือง (2562) มาตรฐานประกอบการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร การขุดดินและการถมดินในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (Landslide) และบริเวณลาดเชิงเขา. สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. 121 หน้า

กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). ภูมิอากาศของประเทศไทย (หัวข้อ: เกณฑ์การพิจารณาปริมาณฝนในระยะเวลา 24 ชั่วโมง). สืบค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2568,), จาก https://www.tmd.go.th/info/

กฤษณะ เพ็ญสมบูรณ์, พลเทพ เลิศวรวนิช, สุกนต์ธี พูลชัย, และ หฤทัสถ์ พ่อบาล. (2565). การใช้วัสดุ expanded polystyrene geofoam (EPS) เพื่อลดการทรุดตัวของคันทาง และคอสะพานในประเทศไทย. การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27, GTE58-1.

คลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ (2569) แผนที่ปริมาณสะสม 24 ชม. ย้อนหลัง สืบค้นเมื่อ 13 มกราคม 2569, จาก https://www.thaiwater.net/weather/rainfall

ธนาคารโลก [The World Bank]. (2019). Road geohazard risk management handbook. The World Bank. สืบค้นเมื่อ 28 ตุลาคม 2568, จาก https://www.gfdrr.org/sites/default/files/publication/road-geohazard-risk-management-handbook.pdf

มนตรี เดชาสกุลสม, อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์, และ จิรโรจน์ ศุกลรัตน์. (2554). *วิธีการออกแบบลาดคันทางเสริมแรงโดยใช้แผนภูมิ: กรณีศึกษา คันทางทดสอบ ทางหลวงหมายเลข 11 พิษณุโลก–อุตรดิตถ์ กม. 12ด้านขวาทาง* (รายงานฉบับที่ วพ. 298; Report No. RD. 298). สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง, กรมทางหลวง.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) “ฝายต้นน้ำลำธาร” ฐานความรู้ (knowledge) สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2569, จาก https://km.rdpb.go.th/Knowledge/View/21

สำนักก่อสร้างทางที่ 1 กรมทางหลวง. (2555.). คู่มือเทคนิคการก่อสร้างกำแพงกันดินเสริมกำลัง MSE WALL

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์, วรวัชร์ ตอวิวัฒน์, และ วรากร ไม้เรียง. (2550). การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินเพื่อสนับสนุนการเตือนภัยดินถล่มจากฝนตกหนัก. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12, โรงแรมอมรินทร์ลากูน จ.พิษณุโลก

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์. (2566). การประเมินและการจัดการดินถล่มในพื้นที่ภูเขา (Assessment and management of landslide in mountainous). กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้ง

สุพจน์ เจริญสุข. (2550). เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนอย่างง่าย ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ:

อภินิติ โชติสังกาศ. (2556). ชีววิศวกรรมปฐพี เพื่อควบคุมการชะล้างพังทลายของลาดและดินถล่ม: หจก. พรีวัน.

อภินิติ โชติสังกาศ, สิริศาสตร์ ยังแสนภู, เจษฎา โสภารัตน์, นรินทร์ หรรษชัยนันท์, ฉัตรชัย รัตนอารีกุล, ไกรโรจน์ มหรรณพกุล และมนันยา จันทศร. (2556). การศึกษาแนวทางการลดความเสี่ยงภัยพิบัติดินโคลนถล่มในพื้นที่บ้านหน้าถ้ำ ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี โดยวิธีทางวิศวกรรมผสมผสานวิธีทางชีวภาพ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภินิติ โชติสังกาศ, กิตติพงศ์ กิตติวัฒน์โสภณ, ดนัยณัฐ ถาวร, อธิจิต สุขปัญญา, นรินทร์ หรรษชัยนันท์ (2561) รายงานการศึกษาและแก้ปัญหาการกัดเซาะริมชายฝั่งและคลองบริเวณ สถานีวิจัยสิทธิพรฯ จังหวัดชุมพร ด้วยวิธีวิศวกรรม หญ้าแฝกและพืชท้องถิ่น-การศึกษาเชิงวิศวกรรม เสนอต่อ คณะกรรมการสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

อุ่นเรือน เล็กน้อย. (2561). บทเรียนโมเดลการส่งเสริมการใช้หญ้าแฝกของประเทศไทยเพื่อแก้ปัญหาและป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน และกรณีศึกษาจาก 3 พื้นที่. สถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการบรรยาย: การออกแบบปรับปรุงเสถียรภาพของเชิงลาดในงานทาง. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.

อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์. (ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการบรรยาย: แนวทางการเลือกวิธีการปรับปรุง ป้องกัน แก้ไขปัญหาเชิงลาดในงานทาง. สมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย.

Casagli, N., Tofani, V., and Guzzetti, F. (2023). Landslide detection and mapping with very high resolution satellite imagery: From Pléiades to Pléiades Neo. Remote Sensing, 15(4), 1025.

Cruden, D. M., and Varnes, D. J. (1996). Landslide types and processes. In A. K. Turner and R. L. Schuster (Eds.), Landslides: Investigation and Mitigation (TRB Special Report 247).

Dixon, N., Smith, A., Flint, J. A., Khanna, R., Clark, B., and Andjelkovic, M. (2018). An acoustic emission landslide early warning system for communities in low-income and middle-income countries. Landslides. https://doi.org/10.1007/s10346-018-0977-1

Federal Highway Administration. (1993). Soil Nailing Field Inspectors Manual—Soil Nail Walls (FHWA-SA-93-068). FHWA.

Federal Highway Administration. (2009). Design and construction of mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes—Volume I (FHWA-NHI-10-024). U.S. Department of Transportation.

Highland, L. M., and Bobrowsky, P. (2008). The landslide handbook: A guide to understanding landslides (U.S. Geological Survey Circular 1325).

Hydreon Corporation. (n.d.). Rain Gauge Model RG-15 (Optical Rain Gauge). สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2568, จาก https://rainsensors.com/products/rg-15

Jaboyedoff, M., Abellán, A., and Derron, M. H. (2024). Micro-scale slope stability analysis using LiDAR and high-resolution satellite constellations. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 208, 45–62.

Jotisankasa, A., and Taworn, D. (2016). Direct Shear Testing of Clayey Sand Reinforced with LiveStake. Geotechnical Testing Journal (ASTM), 39(4).

Jotisankasa, A., Tanyacharoen, K., Chaiprakaikeow, S., Praphatsorn, W., Pramusandi, S., Shrestha, A., & Nishimura, S. (2025). Performance of screw piles in bio-stabilized slope based on field monitoring and finite element modelling. Soils and Foundations, 65(3), https://doi.org/10.1016/j.sandf.2025.101626

Komolvilas, V., Tanapalungkorn, W., Latcharote, P., et al. (2021). Failure analysis on a heavy rainfall-induced landslide in Huay Khab Mountain in Northern Thailand. Journal of Mountain Science, 18, 2580–2596. https://doi.org/10.1007/s11629-021-6720-8

Leknoi, U., Yiengthaisong, A., & Likitlersuang, S. (2025). Promoting use of vetiver grass for landslide protection: A pathway to achieve Sustainable Development Goals in Thailand. Environmental Development, 54, 101155.

Likitlersuang, S., Phan, T. N., Boldrin, D., & Leung, A. K. (2022). Influence of growth media on the biomechanical properties of the fibrous roots of two contrasting vetiver grass species. Ecological Engineering, 178, 106574.

Malai, A., Youwai, S., Watcharasawe, K., & Jongpradist, P. (2022). Bridge approach settlement mitigation using expanded polystyrene foam as light backfill: Case study and 3D simulation. Transportation Geotechnics, 35, 100794.

Phan, T. N., Leung, A. K., Kamchoom, V., & Likitlersuang, S. (2023). Reinforcement losses in soil stabilisation due to decomposing roots of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis. Land Degradation & Development, 34(4), 1080-1096.

Phan, T. N., Leung, A. K., Nguyen, T. S., Kamchoom, V., & Likitlersuang, S. (2025). Modelling root decomposition effects on root reinforcement and slope stability. Computers and Geotechnics, 179, 107024.

Phan, T. N., Likitlersuang, S., Kamchoom, V., & Leung, A. K. (2021). Root biomechanical properties of Chrysopogon zizanioides and Chrysopogon nemoralis for soil rein forcement and slope stabilisation. Land Degradation & Development, 32(16), 4624-4636.

Phan, T. N., & Likitlersuang, S. (2024). Root system architecture of two vetiver species for root reinforcement modelling. Modeling Earth Systems and Environment, 10(1), 233-241.

Pecoraro, G., Calvello, M., and Piciullo, L. (2019). Monitoring strategies for local landslide early warning systems. Landslides, 16(2), 213–231. https://doi.org/10.1007/s10346-018-1068-z

Pradhan, S. P., Vishal, V., and Singh, T. N. (Eds.). (2019). Landslides: Theory, Practice and Modelling. Springer.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023). Words into Action guidelines: Multi-hazard early warning systems (Public review version). UNDRR.

Uchimura, T., Gizachew, G., Wang, L., Nishie, S., and Seko, I. (2013). Deformation and water seepage observed in a natural slope during failure process by artificial heavy rainfall (Figure 1). In Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ICSMGE 2013) (pp. 2273–2276).





คำสั่งสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
ที่ ๗๑ / ๒๕๖๘
เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดทำเอกสารวิชาการ "แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่ม ตามแนวพระราชดำริ"

.....

ด้วย สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) ได้ดำเนินการจัดทำเอกสารวิชาการ "แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ" ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๘ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมแนวพระราชดำริ องค์ความรู้ ผลการศึกษาวิจัยและการนำผลการศึกษาวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ เพื่อเผยแพร่ความรู้และนวัตกรรมด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม ต่อไป

ดังนั้น เพื่อให้การจัดทำเอกสารวิชาการ "แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ" มีความครบถ้วนสมบูรณ์ ตรงตามหลักวิชาการ ประมวลผลองค์ความรู้ไปสู่การปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม จึงแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำเอกสารวิชาการ "แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ" โดยมีองค์ประกอบและอำนาจหน้าที่ ดังนี้

๑. คณะที่ปรึกษา

๑) นายสุเมธ ตันติเวชกุล — ที่ปรึกษา
เลขาธิการมูลนิธิชัยพัฒนา

๒) นางสุพร ตรีนรินทร์ — ที่ปรึกษา
เลขาธิการ กปร.

อำนาจหน้าที่

ให้คำปรึกษา มอบนโยบาย แนวทางในการจัดทำเอกสารวิชาการ "แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ" ให้มีความครบถ้วน สมบูรณ์ เป็นไปตามวัตถุประสงค์และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

๒. คณะทำงาน

๑) นางศศิพร ปาณิกบุตร — ประธานคณะทำงาน
รองเลขาธิการ กปร.

๒) นางศิริลักษณ์ ทัสนารมย์ — รองประธานคณะทำงาน
ที่ปรึกษาด้านการประสานงานโครงการฯ

๓) นางสาวศรีนิตย์ บุญทอง — คณะทำงาน
ที่ปรึกษาสำนักงาน กปร.

/๔) ดร.พิทยากร...

๔) ดร.พิทยากร ลิ่มทอง ที่ปรึกษากรมพัฒนาที่ดิน — คณะทำงาน
๕) ศ. ดร.สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย — คณะทำงาน
๖) รศ. ดร.อภินิติ โชติสังกาศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ — คณะทำงาน
๗) นายลลิต สวัสดิมงคล กรมทางหลวง — คณะทำงาน
๘) ดร.อัคคพัฒน์ สว่างสุรีย์ กรมทางหลวง — คณะทำงาน
๙) นางสาวกมลาภา วัฒนประพัฒน์ กรมพัฒนาที่ดิน — คณะทำงาน
๑๐) ผู้อำนวยการกองกิจกรรมพิเศษและวิเทศสัมพันธ์ — คณะทำงาน
๑๑) ผู้อำนวยการกองติดตามประเมินผล — คณะทำงาน
๑๒) ผู้อำนวยการกลุ่มประเมินผล — คณะทำงานและเลขานุการ
๑๓) เจ้าหน้าที่กลุ่มประเมินผล — คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

อำนาจหน้าที่

๑. รวบรวมข้อมูล แนวพระราชดำริ และผลงานทางวิชาการจากหน่วยงานและสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มแนวพระราชดำริ

๒. จัดหาผู้เชี่ยวชาญ/ผู้ทรงคุณวุฒิ เฉพาะด้าน ร่วมดำเนินการศึกษา รวบรวม เรียบเรียงข้อมูลและองค์ความรู้และจัดทำเนื้อหาสาระ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์เป็นปัจจุบัน และเป็นไปตามวัตถุประสงค์

๓. จัดทำเอกสารวิชาการ “แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ” ให้มีความครบถ้วนถูกต้องตามหลักวิชาการและสามารถนำไปใช้ในการอ้างอิง เผยแพร่ประชาสัมพันธ์สู่สาธารณชน

๔. จัดทำคำสั่งเพิ่มเติม ตามความเหมาะสม เพื่อให้การจัดทำเอกสารวิชาการ “แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มตามแนวพระราชดำริ” มีความครบถ้วนความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

๕. ปฏิบัติงานอื่นใด ตามที่คณะที่ปรึกษาและสำนักงาน กปร. มอบหมาย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒๗ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๘

(นางสุพร ตรีนรินทร์)
เลขาธิการคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

พิมพ์ที่ : **บริษัท ธนอรุณการพิมพ์ จำกัด**
457/6-7 ถนนพระสุเมรุ แขวงบวรนิเวศ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200
โทร. 0-2282-6033-4 โทรสาร 0-2280-2187-8
E-mail: thanaaroon19@gmail.com



สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงาน
โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
(สำนักงาน กปร.)
ปี 2569