รายงานฉบับที่ วพ. 226 สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
REPORT NO. RD 226 BUREAU OF ROAD RESEARCH AND DEVELOPMENT

การศึกษาทดลองประสิทธิภาพในการป้องกันการชะล้างและการพังทลายของหญ้าแฝกจากโมเดลจำลอง

โดย

ดร.มนตรี เดชาสกุลสม
ดร.ปัญญา ชูพานิช
ดร.อรรถสิทธิ์ สวัสดิ์พานิช
ดร.พลเทพ เลิศวรวนิช

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
DEPARTMENT OF HIGHWAYS, MINISTRY OF TRANSPORT
RATCHATHEWI, BANGKOK 10400, THAILAND

การศึกษาทดลองประสิทธิภาพในการป้องกันการชะล้างและการพังทลาย ของหญ้าแฝกจากโมเดลจำลอง

โดย

ดร.มนตรี เดชาสกุลสม

ดร.ปัญญา ชูพานิช

ดร.อรรถสิทธิ์ สวัสดิ์พานิช

ดร.พลเทพ เลิศวรวนิช

รายงานฉบับที่ วพ. 226

สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง

กรมทางหลวง

เมษายน 2549

ISSN 0125-8044

รายงานนี้เป็นแนวความคิดของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนผูกพันแต่อย่างใด

คำนำ

ปัญหาการชะล้างพังทลายของเชิงลาด นับว่าเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญต่อกรมทางหลวง สังเกตว่าเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนแล้ว จะพบถึงปัญหาดินถล่มลงมาปิดกั้นเส้นทางจราจร ทำให้ผู้ใช้เส้นทางสัญจรต้องเสียเวลาในการเดินทางและอาจเกิดอันตรายกับผู้ใช้เส้นทางสัญจรได้ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการพังทลายของเชิงลาดนั้นก็คือน้ำ สามารถแบ่งออกได้เป็น น้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน หากผิวดินไม่มีสิ่งปกคลุมหรือสิ่งยึดเหนี่ยวระหว่างมวลดินด้วยแล้ว น้ำผิวดินจะก่อให้เกิดการกัดเซาะ ชะล้างของหน้าดินและการพังทลายในที่สุด

กรมทางหลวงได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการวิจัยในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวกับเชิงลาดที่ไม่มีปัญหารุนแรงมากนัก ในการนี้จึงได้น้อมนำแนวพระราชดำริขององค์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่ได้ทรงตระหนักถึงปัญหาการชะล้างของหน้าดิน โดยได้ทรงมีพระราชดำริในการนำหญ้าแฝกมาใช้เพื่อป้องกันการชะล้างดังกล่าว

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาการป้องกันการชะล้างพังทลายของหญ้าแฝกจากโมเดลจำลองในห้องปฏิบัติการที่ 30, 45 และ 60 องศา ตามลำดับ และได้ทำการทดลอง Test Section การปลูกหญ้าแฝกที่ อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นพื้นที่ ที่มีฝนตกชุกและเกิดปัญหามาก เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน

กรมทางหลวงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวิศวกรและผู้ที่สนใจได้ทราบ และเข้าใจถึงการนำหญ้าแฝกมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันการชะล้างพังทลายของเชิงลาดอย่างยั่งยืนต่อไป

(นายชัยสวัสดิ์ กิตติพรไพบูลย์)
อธิบดีกรมทางหลวง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง นายบัญชา ฟูตระกูล ที่ปรึกษาของโครงการนี้ที่ให้คำแนะนำ และสนับสนุนโครงการวิจัยนี้ตลอดมา สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ(สำนักงาน กปร.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณส่วนหนึ่งในการจัดทำโมเดลทดลองปรับระดับความลาดชันในห้องปฏิบัติการ และนายสุรพล สงวนแก้ว ผู้อำนวยการธรณีวิศวกรรมสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับหญ้าแฝก การปลูกหญ้าแฝกให้มีประสิทธิภาพในงานทาง โดยเฉพาะลาดดินตัด ดร.พิชิต จำนงพิพัฒน์กุล วิศวกรวิชาชีพ 9 วช. ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในเขียนรายงานครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ แขวงการทางแม่ฮ่องสอน หมวดการทางปาย เป็นอันมากที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของหญ้าแฝก ในการป้องกันและลดการกัดเซาะของหน้าดินภาคสนาม

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

การศึกษาทดลองประสิทธิภาพในการป้องกันการชะล้างและพังทลายของหญ้าแฝกจากโมเดลจำลองโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อที่จะแก้ไขลดปัญหาเกี่ยวกับ การชะล้าง การกัดเซาะ และการพังทลายของลาดดิน การทดลองจะหาปริมาณการสูญเสียของหน้าดิน เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองในแบบจำลอง กับผลที่ได้จากโปรแกรม RUSLE พบว่าการเกิดการชะล้างและพังทลายของเชิงลาดในโมเดลจำลองที่ไม่มีการปลูกหญ้าแฝกที่ความลาดชัน 30, 45 องศา จะมีค่าการชะล้างของหน้าดินประมาณ 27, 54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และแต่หากทำการปลูกหญ้าค่าการชะล้างมีค่าน้อยมากไม่สามารถวัดได้ และผลการศึกษาการทดลองในสนาม พบว่าการชะล้างพังทลายของหน้าดินลดลงเมื่อทำการปลูกหญ้าแฝก โดยที่หากทำการทดลองบนพื้นที่ลาดชัน 45 องศา ซึ่งไม่มีหญ้าแฝกปกคลุมจะมีค่าการชะล้างของหน้าดินประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อมีการปลูกหญ้ามีค่าการชะล้างของหน้าดินประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ และหากใช้สมการ RUSLE ในการคำนวณทำนายปริมาณตะกอนที่ความลาดชัน 30, 45 องศา มีค่าเท่ากับ 0.427, 0.603 Ton/Year ส่วนการทดลองในโมเดลจำลองมีค่าการตกตะกอน 0.4, 0.833 Ton/Year ตามลำดับ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **5**

2.1 ดินถล่ม 5

2.2 การปลูกพืชคลุมดินเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายและเสริมเสถียรภาพเชิงลาด 8

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย **35**

3.1 การทดสอบหาการชะล้างพังทลายโดยใช้โมเดลจำลอง 35

3.2 การทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายในสนาม 46

3.3 การคำนวณหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้สมการ RUSLE 51

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย **57**

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น และคุณสมบัติทางวิศวกรรม 57

4.2 ผลการทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้โมเดลจำลอง 60

4.3 ผลการทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายในสนาม 62

4.4 การคำนวณหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้สมการ RUSLE 68

บทที่ 5 ผลกระทบของการชะล้างพังทลายของเชิงลาดต่อการจราจร **71**

5.1 การวิเคราะห์ความล่าช้าของการเดินทาง 71

บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ **77**

6.1 สรุปผลการทดสอบ 77

6.2 ปัญหาและอุปสรรค 77

6.3 การแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะ 78

เอกสารอ้างอิง **79**

บทที่ 1
บทนำ

1.1. บทนำ

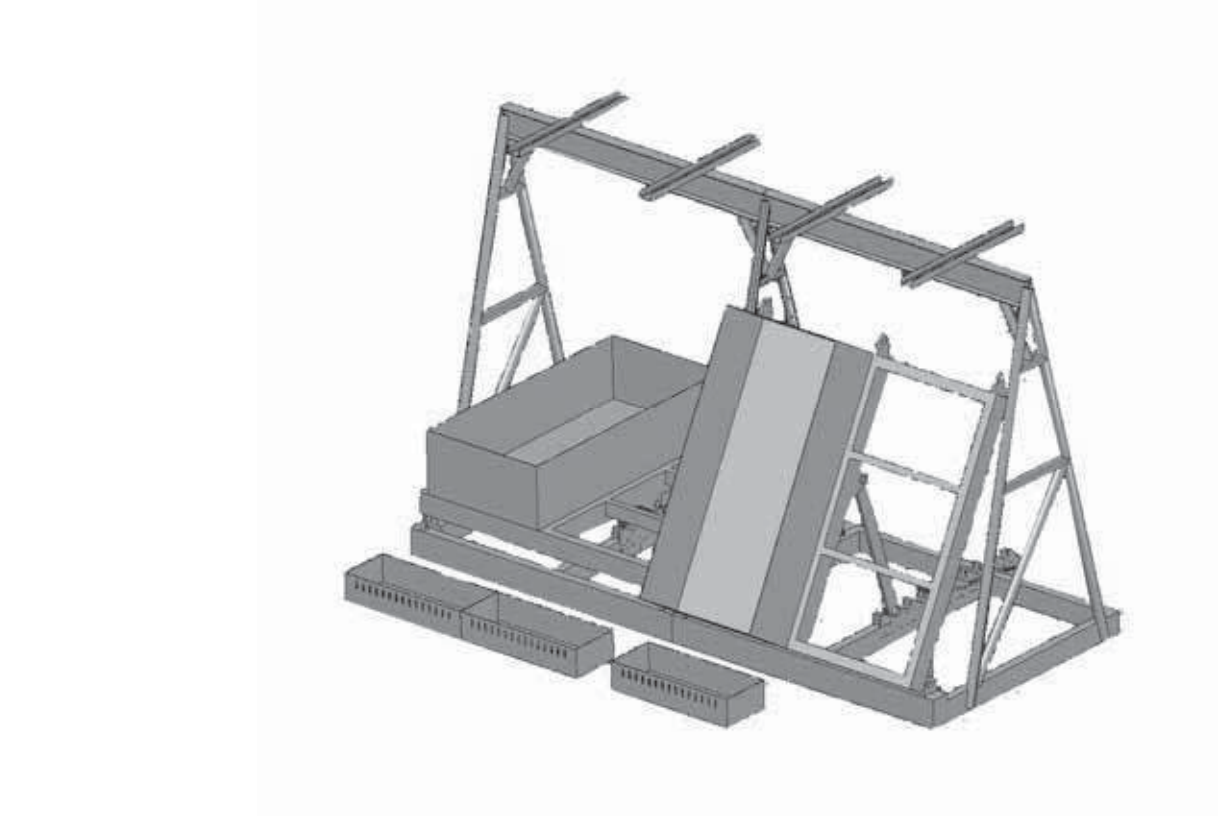
สภาพความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินที่ส่วนใหญ่เกิดจากการที่ผิวหน้าดินถูกกัดเซาะจาก ฝนที่ตก ลงมา และน้ำที่ไหลบ่าหน้าดินเป็นจำนวนมากทำให้มีการสูญเสียดินที่อุดมสมบูรณ์ไป บางครั้งยังเกิดปัญหาดินพังทลาย ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อพื้นที่ทำการเกษตรส่งผลให้พื้นที่ซึ่งเดิมเคยให้ผลผลิตทางเกษตรกรรมสูงกลับให้ผลผลิตลดลง แม้ว่าจะเป็นพื้นที่ที่ได้รับปริมาณน้ำฝนเพียงพอ แต่เนื่องจากการไหลบ่าของน้ำฝนจำนวนมาก ทำให้พื้นดินไม่สามารถเก็บกักน้ำฝนได้อย่างเต็มที่

ในส่วนของทางหลวงก็มีปัญหาการชะล้าง (Erosion) และการเคลื่อนตัวของเชิงลาดจนเกิดการพังทลาย (Landslide) ซึ่งเกิดจากสาเหตุสำคัญ คือ น้ำ ส่วนสภาพของดิน เป็นสาเหตุรองลงมา น้ำที่กระทำต่อดินต่อเชิงลาดของถนนทั้งน้ำผิวดินอันเกิดจากน้ำฝน , น้ำท่า (Surface water) และน้ำใต้ดิน (Ground water) ปริมาณและความเร็วของการไหลของน้ำมีผลทำให้เกิดการชะล้างของพื้นที่ผิวดินที่น้ำไหล่ผ่านความเร็วน้อย, และปริมาณไม่มากนักจะไม่เกิดผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลาย บริเวณใดที่น้ำมีความเร็วสูง , เชิงลาดชัน , ปริมาณน้ำมาก และดินมีสภาพง่ายต่อการกัดเซาะ (Highly erosive soil) หรือดินบางประเภทจะอ่อนตัวเมื่อชุ่มน้ำ การชะล้างจะรุนแรงและเกิดการพังทลายในที่สุด , บางแห่งบางพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นภูเขา , เชิงเขา , หากมีฝนตกรุนแรงติดต่อกันเป็นเวลานาน ประกอบกับป่าไม้ได้ถูกโค่นทำลายโดยฝีมือมนุษย์แล้วจะเกิดการกัดเซาะพังทลายอย่างรุนแรง เช่น ถนนที่มีลักษณะการถมสูง (High fill) และลักษณะตัดลึก (Deep cut) หากมิได้มีการออกแบบระบบระบายน้ำผิวดินที่ดีพอ ไม่มีระบบควบคุมน้ำที่มีประสิทธิภาพ เช่น รางระบายน้ำ ,ท่อระบายน้ำ ,คันดักน้ำ รวบรวมน้ำ รวมทั้งจุดปล่อยน้ำ (Drain chute) และระบบระบายน้ำ (Drainage system) ที่เหมาะสม การก่อสร้างไม่ถูกต้องสมบูรณ์ตามแบบผู้ควบคุมงานไม่ให้ความสำคัญของการก่อสร้างระบบระบายน้ำ, ขาดประสบการณ์ ขาดการเอาใจใส่ ต่อการป้องกันการกัดเซาะของน้ำ เมื่อใดที่มีฝนตกหนัก จะเกิดการกัดเซาะ เริ่มการชะล้างน้อย ๆ ก่อนจนถึงการชะล้างอย่างรุนแรง จนท้ายที่สุดความเสียหายกินลึกเข้ามาถึงตัวคันทาง, ผิวจราจร และการเกิดการพังทลาย (Slide) ในที่สุดเหตุการณ์ การชะล้างและการพังทลายของคันทางดังกล่าวนี้ มีผลกระทบโดยตรงการเดินทางสัญจรของยวดยานที่จะเป็นตองผ่านบริเวณดังกล่าวทั้งในแง่ของ ความล่าช้าในการเดินทางที่อาจจะเกิดขึ้นเพราะสภาพถนนไม่เอื้ออำนวยต่อการเดินทาง และในแง่ของความปลอดภัยของผู้ใช้ทางเมื่อเดินทางผ่านจุดที่มีการชะล้างพังทลายของเชิงลาดและคันทาง นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลของน้ำใต้ดินซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางเสถียรภาพหรือกล่าวได้ว่าระดับน้ำใต้ดินมีผลมากต่อเสถียรภาพของคันทาง

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงตระหนักถึงศักยภาพของหญ้าแฝก ซึ่งเป็นพืชที่จะช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของดินและอนุรักษ์ความชุ่มชื้นไว้ในดินได้ จึงได้มีพระราชดำริให้ดำเนินการศึกษา

ทดลองเกี่ยวกับหญ้าแฝกเป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริโดยพบว่าหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีระบบรากลึกแผ่กระจายลงไปในดินตรง เป็นแผงเหมือนกำแพงช่วยกันและกรองตะกอนดินและรักษาหน้าดินได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงได้แนวทางในการวิจัยหญ้าแฝกในเชิงวิศวกรรมโดยได้ศึกษาตามแนวทางของ Wu (1) คาดคะเนกำลังต้านทางแรงเฉือนของดินที่เพิ่มขึ้นด้วยรากมีค่าเท่ากับผลต่างของกำลังต้านทางแรงเฉือนของดินที่เสริมกำลังด้วยรากกับกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่ไม่การเสริมกำลังด้วยราก และยังพบว่ารากของต้นไม้สามารถช่วยทำให้กำลังต้านทางแรงเฉือนของดินเพิ่มขึ้นในงานป้องกันการพังทลายของลาดดิน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาจำลองพฤติภาพการชะล้างของหน้าดินเสริมรากหญ้าแฝก โดยทำการสร้างโมเดลขึ้นมาดังแสดงในรูปที่ 1.1 แล้วทำการนำกล้าหญ้าแฝกมาปลูกในดินที่ทำการเตรียมไว้ในโมเดล ต่อจากนั้นทำการวัดการเจริญเติบโตของรากหญ้าแฝกที่อายุของการปลูกต่างๆ กัน การรับแรงดึง ศึกษาการชะล้างจากภาพถ่ายและอัตราการตกตะกอนของดินที่เสริมกำลังด้วยรากหญ้าแฝก และไม่ได้เสริมกำลังด้วยรากหญ้าแฝก โดยทำการแปรเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความหนาแน่นของดิน ความเร็วของกระแสน้ำ ความลาดชันของคันทาง แล้วยังทำเป็นแปลงทดลองในสนาม เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบแก้ไขป้องกันการชะล้างและพังทลายของเชิงลาดดินต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ยังศึกษาผลกระทบต่อสภาพการเดินทางและความปลอดภัยในการสัญจรด้วย



รูปที่ 1.1 โมเดลจำลองการทดสอบการชะล้างพังทลายของเชิงลาด

1.2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการลดการกัดเซาะ ชะล้าง ผิวหน้าเชิงลาด

2. เพื่อศึกษาทดลองและเปรียบเทียบการชะล้างพังทลายของเชิงลาดที่ปลูกและไม่ปลูกหญ้าแฝกจากโมเดลจำลองและในสนาม

3. เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรม RUSLE ในการคำนวณค่าการชะล้าง ตกตะกอนของผิวหน้าเชิงลาด

3. เพื่อศึกษาผลกระทบของการชะล้างพังทลายของเชิงลาดต่อสภาพการเดินทางสัญจร

4. เพื่อเป็นส่งเสริมและสนับสนุนงานวิจัยโดยพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวให้เป็นที่แพร่หลายมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การทดสอบในเบื้องต้นจะทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านกายภาพ และทางด้านวิศวกรรมของดินในห้องปฏิบัติการ และได้แบ่งการทดสอบเพื่อหาการชะล้างพังทลายของเชิงลาดออกได้เป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้ คือ

1.3.1. ทดสอบในโมเดลจำลอง (Model) ที่สามารถจำลองสภาพของเชิงลาดแบบปลูกหญ้าแฝก และไม่ปลูกหญ้าแฝก ตามองศาความชัน 3 ระดับคือ 30, 45 และ 60 องศา

1.3.2. การทดสอบในสนามพื้นที่เขตทางหลวงโดยทำการปลูกหญ้าแฝกบนเชิงลาดทาง ที่ทางหลวงหมายเลข 1095 กม. 85+650LT อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน ที่ความลาดชัน 45 องศา

1.3.3. ทำนายผลการชะล้างพังทลายของเชิงลาดโดยใช้โปรแกรม RUSLE

โดยจะทำการเก็บข้อมูลและมาทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบผลการชะล้างพังทลายของเชิงลาดที่ได้จากการทดสอบและการทำนาย

1.3.4 . เพื่อศึกษาผลกระทบของการล่าช้าในการเกินทางอันเนื่องมาจากการชะล้างพังทลาย และความล่าช้าที่ลดลงอันเนื่องมาจากการปลูกหญ้าแฝก

1.4. ประโยชน์ที่จะได้รับ

เพื่อใช้เป็นแนวทางในการลดปัญหาการชะล้างและพังทลายของลาดดินในงานทางหลวงโดยเฉพาะทางหลวงที่ผ่านภูเขา นอกจากนี้ยังจะลดการกัดเซาะของหน้าดินในบริเวณที่มีฝนตกหนักถึงหนักมาก

หน่วยงานที่คาดว่าจะได้รับประโยชน์จากงานวิจัยนี้ กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท หน่วยงานเอกชนและ/หรือหน่วยงานท้องถิ่นที่มีภารกิจเกี่ยวข้อง รวมทั้งประชาชนผู้ใช้ทางทั่วไป

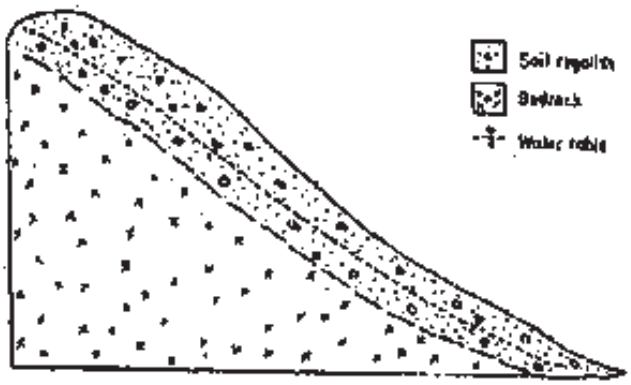
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

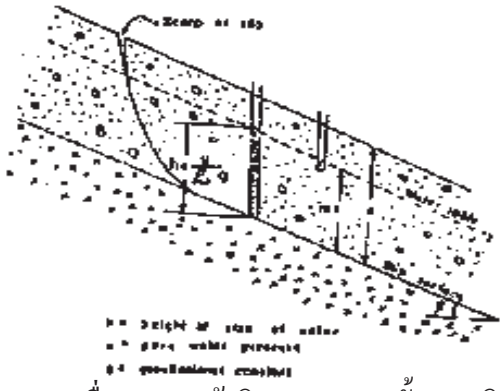
2.1 ดินถล่ม

ดินถล่ม หรือโคลนถล่ม เป็นภัยพิบัติทางธรณีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ที่รุนแรง และเกิดแบบฉับพลัน ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในขณะที่หรือภายหลังจากที่มีพายุฝนตกหนักรุนแรงติดต่อกันเป็นวัน หรือทั้งวันทั้งคืนโดยเฉพาะพื้นที่ที่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงชัน หุบเขา หน้าผา ที่ลาดเชิงภูเขา ที่ราบติดภูเขา และแพรกห้วยที่มีความลาดเอียงสูง โดยชั้นดินหนาที่เกิดจากชั้นหินที่ผุง่ายและเป็นพื้นที่ที่ป่าไม้ต้นน้ำลำห้วยถูกทำลาย ทำให้ชั้นดินขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว เมื่อฝนตกหนักติดต่อกัน ชั้นดินอุ้มน้ำที่หนักเกินตัวก็จะเริ่มปริแยก และเคลื่อนตัวหรือถล่มลงมา

2.1.1 การเกิดดินถล่ม



รูปที่ 2.1 ลาดเขาที่ปกคลุมด้วยดิน และมีชั้นน้ำบาดาลซึ่งมักจะขนานกับลาดเขา



รูปที่ 2.2 การเลื่อนของหน้าดินบนเขา บนชั้นของหินแข็ง

2.1.2 ลำดับเหตุการณ์ของการเกิดแผ่นดินถล่ม

2.1.2.1. เมื่อฝนตกหนักน้ำซึมลงไปในดินอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ดินอิ่มน้ำ แรงยึดเกาะระหว่างมวลดินจะลดลง

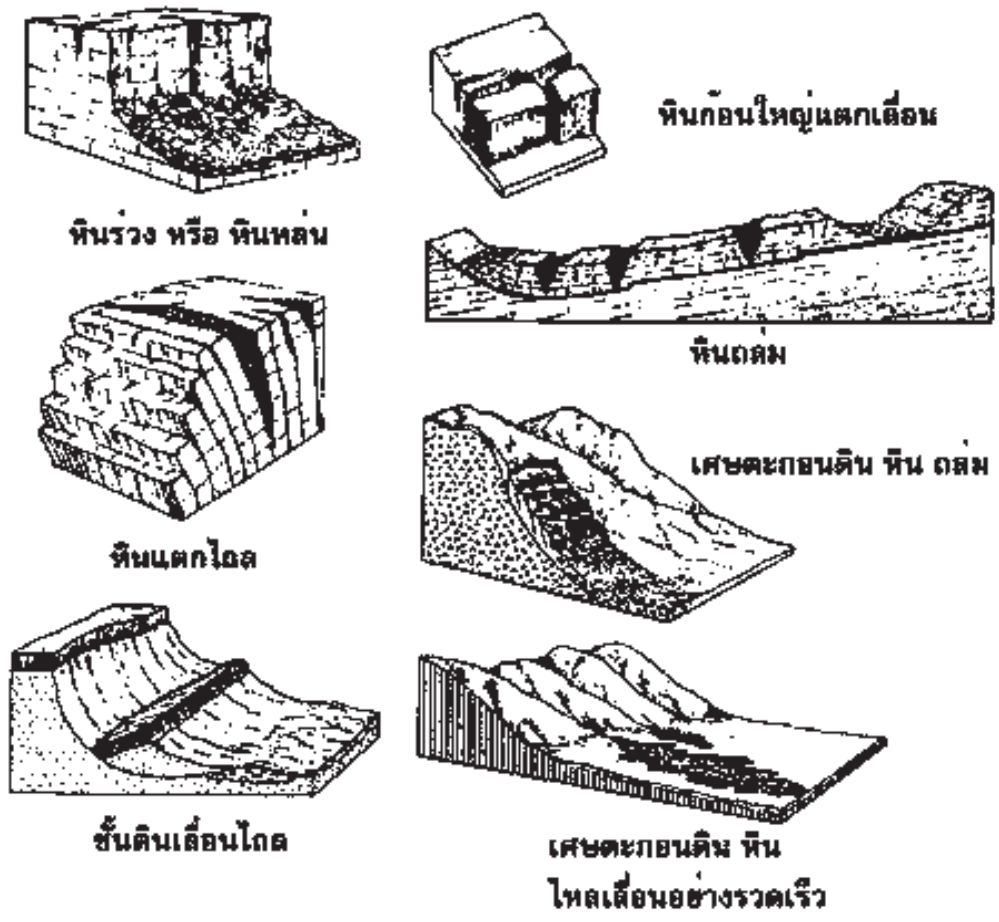
2.1.2.2. ระดับน้ำใต้ผิวดินสูงขึ้นจะทำให้แรงต้านทานการเลื่อนไหลของดินลดลง

2.1.2.3. เมื่อน้ำใต้ผิวดินมีระดับสูงก็จะไหลภายในช่องว่างของดินลงตามความชันของลาดเขา เมื่อมีการเปลี่ยนความชันก็จะเกิดเป็นน้ำผุดและเป็นจุดแรกที่มีการเลื่อนไหลของดิน

2.1.2.4. เมื่อเกิดดินเลื่อนไหลแล้วก็จะเกิดต่อเนื่องขึ้นไปตามลาดเขา

2.1.3 ชนิดของดินถล่ม

ดินถล่มสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ประเภทที่เป็นหิน และประเภทที่เป็นดิน ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ชนิดของดินถล่ม

2.1.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม

2.1.4.1. สภาพทางธรณีวิทยาประเภทของหินและดิน ได้แก่พื้นที่เป็นหินเนื้อแน่นแต่ผุง่าย หรือชั้นดินหนาบนภูเขา

2.1.4.2. สภาพทางภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงชัน ที่ลาดเชิงเขา หุบเขาและหน้าผา

2.1.4.3.สภาพทางภูมิอากาศ เช่น บริเวณที่มีฝนตกหนักตลอดทั้งวันทั้งคืน (มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน) ทำให้ชั้นดินเริ่มอิ่มตัวด้วยน้ำอย่างเต็มที่ น้ำที่อยู่ในดินเริ่มไหลในระหว่างรอยสัมผัสของชั้นดิน และชั้นหิน จึงเป็นเหตุให้เกิดดินถล่ม

นอกจากนี้แล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกคือ การบุกรุกนำพื้นที่มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรเป็นผลให้ป่าไม้ถูกทำลาย

2.1.5 ลักษณะพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม

ลักษณะของพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม มักเป็นพื้นที่ที่อยู่ตามลาดเชิงเขาหรือบริเวณที่ลุ่มที่อยู่ติดกับภูเขาสูงที่มีการพังทลายของดินสูง หรือสภาพที่เป็นพื้นที่ต้นน้ำมีการทำลายป่าไม้สูง นอกจากนั้นในบางพื้นที่ที่เสี่ยงจะเป็นภูเขา หรือหน้าผาที่เป็นหินผุพังง่าย ซึ่งมักจะก่อให้เกิดเป็นชั้นดินหนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่หินรองรับชั้นดินนั้นมีความลาดชันสูง และเป็นชั้นหินที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้สะดวก ลักษณะดังกล่าวทั้งหมดพบได้ทั่วไปในประเทศไทย ขณะนี้กรมทรัพยากรธรณีกำลังทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลสำรวจเก็บข้อมูลทางธรณีวิทยาและสภาพแวดล้อมของพื้นที่เบื้องต้น และรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่น พบว่าใน ๕๑ จังหวัดทั่วประเทศซึ่งมีลักษณะพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มที่อยู่บริเวณลาดเชิงเขาและที่ลุ่มใกล้ภูเขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งหมู่บ้านที่ตั้งอยู่ในบริเวณดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มมาก เนื่องจากเมื่อมีพายุฝนตกหนักต่อเนื่องจะทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก และดินถล่มตามมาได้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ดังนั้นประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว จึงควรให้ความสนใจ และระมัดระวังเป็นพิเศษ ในขณะที่มีพายุฝนเข้าทำให้มีฝนตกหนักในพื้นที่ต้นน้ำบนภูเขาสูง

ลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้านเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มมีข้อสังเกตสภาพทั่วไปดังนี้

- อยู่ติดภูเขาและใกล้ลำห้วย
- มีร่องรอยดินไหลหรือดินเลื่อนบนภูเขา
- มีรอยแยกของพื้นดินบนภูเขา
- อยู่บนเนินหน้าหุบเขาและเคยมีโคลนถล่ม
- ถูกน้ำป่าไหลหลากและท่วมบ่อย
- มีกองหิน เนินทรายปนโคลนและต้นไม้ในห้วยหรือใกล้หมู่บ้าน
- พื้นห้วยจะมีก้อนหินขนาดเล็ก ขนาดใหญ่ปนกันอยู่ตลอดท้องน้ำ

2.1.6 ข้อสังเกตหรือสิ่งบอกเหตุ

- มีฝนตกหนักถึงหนักมาก (มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน)
- ระดับน้ำในห้วยสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
- สีของน้ำเปลี่ยนเป็นสีดินภูเขา
- มีเสียงดังอู้ อื้ออึง ผิดปกติ ดังมาจากภูเขาและลำห้วย
- น้ำท่วมบ้าน และเพิ่มระดับอย่างรวดเร็ว

2.2 การปลูกพืชคลุมดินเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายและเสริมเสถียรภาพเชิงลาด

การปลูกพืชคลุมดินเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลาย (Erosion control) ตลอดจนการเสริมเสถียรภาพเชิงลาด (Slope stabilization) มีการใช้งานมาเป็นเวลานาน และได้นำวิธีดั้งเดิมนี้กลับมาประยุกต์ใช้ในลักษณะที่เป็นระบบอีกครั้งในราวปี พ.ศ. 2473 ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ความนิยมในวิธีการเช่นนี้มีมากขึ้น และการให้ความสำคัญในเรื่องสิ่งแวดล้อม อีกทั้งความรู้ และข้อมูลของวิธีการนี้สามารถค้นหาเพื่อนำมาใช้อ้างอิงในการออกแบบได้อย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับ

ก่อนปี พ.ศ. 2523 หญ้าแฝกเป็นพืชที่ไม่มีผู้คนรู้จักมากนัก ต่อมาได้มีการส่งเสริมสนับสนุนโดยเครือข่ายหญ้าแฝกนานาชาติ (The Vetiver Network) ที่ริเริ่มโดย Mr.Dick Grimshaw แห่งธนาคารโลก (World Bank) เพื่อวัตถุประสงค์ในด้านการอนุรักษ์ดิน และน้ำในภาคการเกษตร เมื่อคำนึงถึงความสำเร็จในภาคการเกษตรนี้ วิศวกรจึงได้หันมาศึกษาคุณสมบัติของหญ้าแฝกเมื่อเทียบกับพืชอื่น ๆ ขณะนี้หญ้าแฝกได้เป็นทางเลือกใหม่ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการชะล้างพังทลายและเสถียรภาพ (Stability) อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่สามารถใช้หญ้าแฝกลำพังแต่อย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับวิธีการทางวิศวกรรมอื่น ๆ ด้วยก็ได้ การศึกษานี้จะได้นำไปสู่ความเข้าใจคุณสมบัติในการเสริมเสถียรภาพเชิงลาด (Slope stabilization) ต่อไป

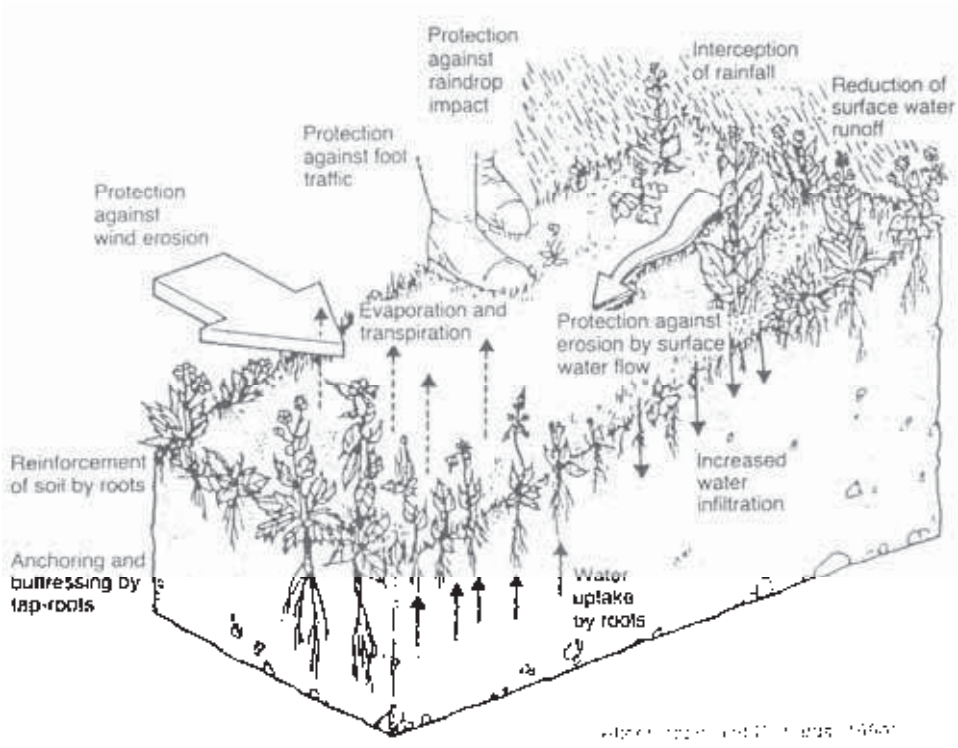
2.2.1 นิยามของปัญหาการชะล้างพังทลายและเสถียรภาพเชิงลาด

การชะล้างพังทลาย โดยเฉพาะที่เกิดจากฝนและการตกตะกอน (Sedimentation) เป็นปัญหาที่วิกฤติในโลกทุกวันนี้ ปัญหาของการชะล้างพังทลาย มีทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม และทางด้านเศรษฐกิจ ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เห็นทันตาคือภูมิทัศน์ที่ไม่สวยงาม ตลอดจนปัญหาระยะยาวที่มีต่อพืช และสัตว์น้ำ ส่วนปัญหาทางด้านเศรษฐกิจก็คือปัญหาการทำให้ปริมาณความจุของบริเวณเก็บกักน้ำน้อยลง ปริมาณการไหลของลำน้ำลดลง ทำให้มีความจำเป็นต้องขุดลอกหรือดำเนินมาตรการอื่น ๆ

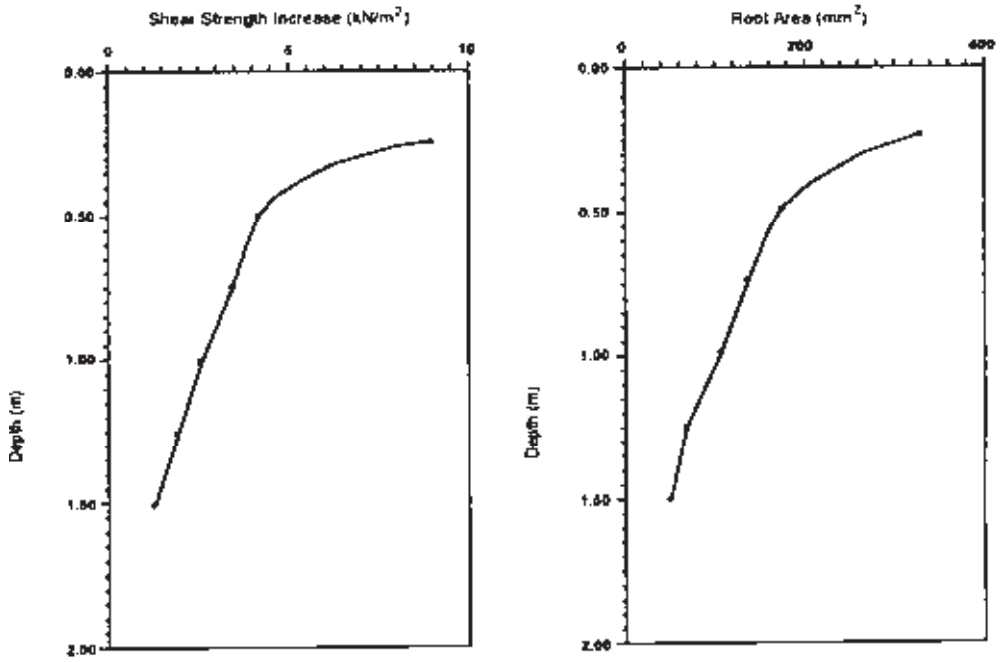
ปัญหาเสถียรภาพของเชิงลาดมีสาเหตุหลายประการ เช่น สภาพทางภูมิประเทศ ได้แก่ ลักษณะทางธรณีวิทยา รูปทรงทางเรขาคณิต (ความลาดชัน) สภาวะภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ทำให้เกิดน้ำใต้ดินหรือน้ำผิวดินที่ไหลแทรกซึมลงไปตามรอยแยก นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกำลังของดิน (Soil strength) และการขาดมาตรการปกป้องในระยะยาว ทำให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลายชนิดหยั่งลึก (Deep-Seated slide failure) หรือการเลื่อนไหลเฉพาะจุด (Localized slip failure) ก่อนที่จะเกิดการวิบัติอย่างรุนแรง (Major catastrophic failure) ปัญหาของเสถียรภาพที่หยั่งลึกหรือวิกฤติ (Deep-Seated or Serious stability

problems) จำเป็นต้องใช้วิธีการทางวิศวกรรมแก้ไขให้ถูกต้อง เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ามีความปลอดภัยเพียงพอ (นั่นคือมีองค์ประกอบความปลอดภัยหรือ Factor of safety ที่เหมาะสม) โดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตมนุษย์ การคำนวณสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่หลากหลาย แม้ว่าจะมีการวิเคราะห์คำนวณเสถียรภาพของเชิงลาดอย่างดีแล้วก็ตาม แต่ทว่าปัญหาการชะล้างพังทลายยังคงสามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ค่า c ค่า ϕ และค่า Pore Water Pressure, u แปรเปลี่ยนไปตามลักษณะคุณสมบัติของดิน ลักษณะทางธรณีวิทยา แรงดันน้ำใต้ดิน เป็นต้น

การแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุดคือแบบชีววิศวกรรม (Bio-Engineering) หรือนิเวศวิศวกรรม Eco-Engineering) นั่นคือการใช้พืชคลุมดิน ซึ่งไม่เพียงแต่จะแก้ปัญหาได้เท่านั้น แต่ยังสามารถเอื้ออำนวยให้เกิดผลลัพธ์ที่สวยงาม และผสมผสานกับสิ่งแวดล้อม (Environment friendly) ได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และในรูปที่ 2.5 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ปลูกหญ้าแฝกเทียบกับความลึกและเส้นผ่านศูนย์กลางของรากหญ้าแฝก



รูปที่ 2.4 ภาพแสดงบทบาททางวิศวกรรมของการปลูกพืชคลุมดินบนเชิงลาด



รูปที่ 2.5 การชอนไชของรากหญ้าแฝก เพิ่มแรงเฉือนของดิน (ที่มา : มนตรีและคณะ, 2544)

2.2.2. อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศ และลักษณะทางธรณีวิทยาของประเทศริมฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิก

ประเทศที่ตั้งอยู่ริมมหาสมุทรแปซิฟิก โดยเฉพาะในเอเชียตะวันออกจะได้รับอิทธิพลของลมมรสุม นั่นหมายถึงฤดูฝนตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม และฤดูแล้งตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางการเคลื่อนที่ของลม ซึ่งเคลื่อนเข้าสู่หรือออกจากฝั่งของพื้นทวีป อันเกิดจากการหมุนตัวในแนวเอียงของโลก อย่างไรก็ตามลมเย็นจากภาคเหนือของทวีป ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม จะพัดผ่านท้องทะเล อันเป็นสาเหตุให้มีการหอบเอาไอน้ำจนเกิดเป็นเมฆ ซึ่งในที่สุดก็ตกเป็นฝนในแถบศูนย์สูตร (ปริมาณน้ำฝน 2,000 – 4,500 มิลลิเมตรต่อปี) ฝนซึ่งมีมาก และตกอย่างหนักหน่วง จะทำให้เกิดปัญหาการชะล้างพังทลาย ตั้งแต่ผิวหน้าก่อนจนหยั่งลึก หรือท้ายสุด เกิดการพังทลายของเชิงลาดหากฝนตกติดต่อกันหลาย ๆ วัน นอกจากนี้ เนื่องจากมีการถูกกัดกร่อน (Weathering) ในระดับสูง ผนวกกับคุณสมบัติดินเดิมของประเทศในแถบเอเชียซึ่งอยู่ในเขตร้อน จึงเป็นพื้นที่ซึ่งมีการชะล้างพังทลายสูงที่สุดแห่งหนึ่งของโลก

2.2.3. การใช้พืชคลุมดินเพื่อเสริมเสถียรภาพและลดการชะล้างพังทลายของเชิงลาด

นับตั้งแต่ในอดีต มีบันทึกในประวัติศาสตร์ว่ามนุษย์ได้ใช้พืชคลุมดินสำหรับเสริมเสถียรภาพเชิงลาด อาทิ เช่น มีการใช้ต้นอ้อ (Reed) เพื่อเสริมกำลังของดินที่บริเวณกำแพงเมืองจีน หรือหอคอยรูปทรงปิรามิด (Ziggurat) ที่พบ ณ.กรุงแบกแดด ในสมัยราชวงศ์มิง วิศวกรชาวจีนผู้หนึ่ง ใช้ต้นหลิว (Willow) เพื่อเสริมเขื่อนกันน้ำท่วมริมแม่น้ำ หรือชาวเหมืองแร่ดีบุกในมาเลเซียมักจะใช้ข้อต้นหญ้าผสมไปกับเศษตะกรันแร่ เวลาต้องการสร้างคันดินทิ้งเศษแร่เหล่านั้น

ระหว่างปี พ.ศ. 2473 เนื่องจากเกิดภาวะเศรษฐกิจถดถอยในทวีปยุโรป กลุ่มประเทศประกอบด้วยประเทศออสเตรีย เยอรมนี และสวิตเซอร์แลนด์ ได้รื้อฟื้นวิธีการปลูกพืชคลุมดินเพื่อเพิ่มเสถียรภาพขึ้นมาอีก

วิธีการนี้ได้แพร่ไปสู่ประเทศสหรัฐอเมริกา และแคนาดาในระหว่างปี พ.ศ. 2513 ถึง 2523 ถึงแม้ว่าความรู้และประสบการณ์ในการใช้พืชคลุมดินเพื่อควบคุมการชะล้างพังทลาย และเสริมเสถียรภาพเชิงลาดของผู้บุกเบิกในทวีปยุโรป และอเมริกา สามารถประยุกต์ใช้ได้กับสภาวะอากาศเฉพาะในเขตเหล่านั้น ซึ่งไม่ค่อยจะรุนแรงนัก ต่างจากเขตมรสุม ซึ่งมีฤดูฝนที่หนักหน่วงและยาวนาน โดยเฉพาะประเทศใกล้เขตศูนย์สูตร เช่น ภาคใต้ของประเทศไทย มาเลเซียและอินโดนีเซีย ที่ได้รับฝนหนักมาก สภาวะอากาศเช่นนี้ สามารถทำให้เชิงลาดที่ออกแบบและก่อสร้างมาอย่างดี ยังมีการเลื่อนไหลเฉพาะจุดได้ในบางที่

เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยหลายท่าน ศึกษาถึงปัจจัยที่ทำให้พืชคลุมดินได้มีส่วนช่วยเสริมเสถียรภาพเชิงลาด อันประกอบด้วยกลไกทางด้านอุทกศาสตร์ (ชลศาสตร์) และด้านกลศาสตร์ ปัจจัยทางด้านอุทกศาสตร์ ประกอบด้วยการคายน้ำของพืช (ซึ่งก่อให้เกิดการลดแรงดันน้ำในดิน) รวมทั้งการซึมของน้ำ และความซึมผ่าน (Permeability) ปัจจัยทางด้านกลศาสตร์ ประกอบด้วย น้ำหนักบรรทุกกด (Surcharge) ที่มีต่อพืชคลุมดิน ปริมาณน้ำฝน อัตราส่วนเชิงลาด ตลอดจนแรงต้านทานของลม และการเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนของดินด้วยรากหญ้า

กล่าวโดยสังเขป ผลลัพธ์ก็คือ:

(ก) เกิดการลดแรงดันน้ำในโพรง (Pore Water Pressure) โดยพืชคลุมดิน

(ข) เกิดการเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนของดิน (Soil Shear Strength) การที่มีรากอยู่ในดินเดิม จะทำให้มีการเพิ่ม Apparent cohesion (c_r) ในหลักการเดียวกันกับดินเสริมกำลัง (Soil reinforcement)

ในปลายปี พ.ศ. 2540 ได้มีนักวิทยาศาสตร์สาขาปฐพีวิทยาที่สำนักบริการวิจัยทางการเกษตร ของกระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา ได้ค้นพบโปรตีนชนิดพิเศษชนิดหนึ่ง ซึ่งอาจจะทำหน้าที่เป็นกาวชนิดพิเศษ ที่ช่วยให้ดินยึดติดกันได้ดี โปรตีนนี้มีชื่อว่า โกลมาลิน (Glomalin) จากรากศัพท์ *Glomales* เป็นชื่อทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเชื้อราที่อาศัยอยู่บริเวณรากหญ้า ซึ่งปลดปล่อยโปรตีนนี้ออกมาผ่านทางสายใยคล้ายเส้นผม

2.2.4 การใช้หญ้าแฝกในทางวิศวกรรมเพื่อควบคุมการชะล้างพังทลายและเสริมเสถียรภาพเชิงลาด

ถึงแม้ว่าเชิงลาดจะได้รับการออกแบบโดยทางธรณีเทคนิคมาอย่างดีแล้วโดยมีองค์ประกอบความปลอดภัย (Factor of Safety) ที่เหมาะสม การป้องกันผิวหน้าเชิงลาด (Slope protection) ก็ยังมีความจำเป็นเพื่อให้มีเสถียรภาพระยะยาว (Long term stability) โดยเฉพาะในบริเวณที่มีฝนตกชุก และมวลดินประกอบด้วยวัสดุที่สามารถกัดกร่อนได้ง่าย (Highly erodible materials) วิธีการดังกล่าวได้แก่

(1) วิธีที่ทำกันมาแต่ดั้งเดิม เช่น วิธีพ่นฉีดน้ำปูน เรียกว่า Ferrocement shotcrete หรือ Gunite โดยการใช้วิธีเรียงหินยาแนว (Mortared riprap หรือ Stone pitching) หรือโดยปูตาข่ายโครงเหล็ก (Wire mattress) ซึ่งมีราคาแพงและไม่สวยงาม

(2) วิธีการใช้พืชปกคลุม ซึ่งมักจะมีราคาย่อมเยา ดูสวยงามกว่า และยังผสมผสานเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ชีววิศวกร (Bio-Engineer) หรือ ภูมิสถาปนิก (Landscape architect) มักนิยมการปลูกหญ้า (โดยวิธีการปลูก หรือปะหญ้าเป็นผืน หรือวิธีปล่อยเมล็ดหญ้าไปกับสายน้ำ (Hydroseeding) หรือจะมีต้นไม้ พุ่มไม้สมทบด้วยก็ได้) วิธีการนี้ใช้ได้ผลดีถ้าสภาวะอากาศหรือลักษณะภูมิประเทศ และสภาพดินไม่เลวร้ายนัก อย่างไรก็ตาม ในบริเวณที่มีฝนตกชุก และลักษณะดินเป็นประเภทดินทราย ซึ่งกัดกร่อนได้ง่าย เพียงแค่หญ้าทั่วไปอย่างเดียวคงไม่สามารถต้านทานต่อการไหลเลื่อน (Slip) ของพื้นผิวหน้าดินได้ สำหรับภูมิประเทศที่มีเชิงลาดชันมากกว่า 45 องศา ต้นไม้หรือพุ่มไม้จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนั้นต้นไม้จะโตช้า กว่าจะตั้งตัวได้อาจต้องใช้เวลา 1–3 ปี ก่อนที่จะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในสถานการณ์เช่นนี้หญ้าแฝกจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เพราะหญ้าแฝกสามารถเติบโตได้อย่างรวดเร็วแม้บนเชิงลาดซึ่งสูงชัน หรือในดินทรายที่สามารถจะกัดกร่อนได้ง่าย และสามารถเจริญเติบโตเพื่อใช้งานได้ในเวลาเพียง 4–5 เดือน หญ้าแฝกสามารถขึ้นได้ในดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง หรือมีความเค็มสูง นอกจากนี้ยังสามารถจะอยู่ได้ในสภาพแล้งหรือมีน้ำขัง

2.2.5 หญ้าแฝก

หญ้าแฝกเป็นพืชที่ใช้ในการเสริมเสถียรภาพเชิงลาด และควบคุมการชะล้างพังทลายในหลายศตวรรษที่ผ่านมา ในประเทศอินเดีย ซึ่งเป็นถิ่นกำเนิดของหญ้าแฝก ได้มีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากราก นอกจากนี้เกษตรกรชาวอินเดียยังใช้หญ้าแฝกเป็นตัวยึดดิน หญ้าแฝกสามารถทำให้คันเขื่อนแข็งแรง และใช้กั้นเขตแปลงที่ดินของไร่นา หญ้าแฝกช่วยทำให้ตลิ่งของแม่น้ำ และขอบสระแข็งแรง ไม่มีการกัดเซาะดินให้ทลายลงไปในน้ำ ภูมิปัญญาพื้นบ้านอันนี้ ชาวอินเดียได้นำติดตัวไปเมื่ออพยพไปอยู่ต่างประเทศ เช่น กรุงกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย มีหลักฐานบ่งชัดว่ามีการปลูกหญ้าแฝก เมื่อ ปี พ.ศ. 2451 เพื่อเพิ่มเสถียรภาพเชิงลาดชันมิให้เกิดการพังทลายลงมา

ภายหลังจากที่ Mr. Dick Grimshaw และ Mr. John Greenfield ซึ่งเคยทำงานให้แก่ธนาคารโลกได้รื้อฟื้นหญ้าแฝกขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง ในประเทศอินเดีย และหมู่เกาะฟิจิ ได้มีการส่งเสริม และสนับสนุนการใช้หญ้าแฝกอย่างรวดเร็วและจริงจัง ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2523 เป็นต้นมา การประยุกต์ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นในภาคการเกษตร โดยเฉพาะด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ เมื่อได้มีการสถาปนาเครือข่ายหญ้าแฝกนานาชาติ (The vetiver network) และได้มีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารโดยการตีพิมพ์เอกสาร และโดยการจัดสัมมนาต่าง ๆ **วิศวกรจึงได้**เริ่มตระหนักว่าหญ้าแฝกมีคุณประโยชน์ในการเสริมเสถียรภาพเชิงลาด และการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินพื้นที่เพาะปลูกที่มีความลาดชัน

คุณสมบัติเด่นอื่น ๆ ของหญ้าแฝก ได้มีการบรรยายไว้ในหนังสือเรื่อง “หญ้าแฝก – แนวสีเขียวบางเพื่อกันการชะล้างพังทลาย (Vetiver – A thin green line against erosion)” ซึ่งตีพิมพ์โดยสภาวิจัยแห่งชาติ (สหรัฐอเมริกา) และเอกสารทางวิชาการโดย Truong and Baker กล่าวอย่างย่อ ๆ หญ้าแฝกเป็นหญ้าที่แข็งแรง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี สามารถที่จะเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และจะอยู่รอดได้แทบทุกแห่งหน ในประเทศริมฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิก แต่กระนั้นก็ดีหญ้าแฝกก็มิได้เป็นวัชพืชแต่อย่างใด มีคุณสมบัติเด่น

สองประการที่ทำให้หญ้าแฝกเป็นหญ้าที่เป็นเลิศ เพื่อใช้ในงานควบคุมการชะล้างพังทลาย ตลอดจนการเสริมเสถียรภาพเชิงลาด:

1) หญ้าแฝกเติบโตในแนวดิ่งมีลำต้นที่มีความแข็งสามารถจะทำให้เกิดแถวรั้ว (Hedge) ในเวลาอันรวดเร็ว ภายใน 3 – 4 เดือน ทำให้สามารถชะลอความเร็วของน้ำฝนที่ไหลบ่า (Runoff) และเป็นตัวกรอง (Filter) สำหรับกันดินทับถมอย่างได้ผล แถวรั้วของแฝกสามารถจะปรับตัวให้เข้ากับปริมาณหรือความสูงของดินที่ถูกดักไว้ โดยการแตกหน่อจากข้อของต้นที่ระดับเหนือขึ้นไป

2) หญ้าแฝกมีระบบรากที่หนาแน่น สามารถแทงหยั่งลงไปในทางดิ่งได้ถึง 2 – 3 เมตร ต่อปีขึ้นกับสภาพของดิน ดังนั้นพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวซึ่งทรงพระราชทานไว้เมื่อไม่กี่ปีมานี้ว่า “หญ้าแฝกคือกำแพงที่มีชีวิต” จึงเป็นพระราชดำรัสที่ทรงยกอุทาหรณ์ได้เด่นชัดมากจากมุมมองทางด้านวิศวกรรม จะเห็นว่าเหนือดินนั้น กำแพงส่วนบน (หรือแนวแฝก) จะควบคุมการชะล้างพังทลายส่วนกำแพงด้านล่างใต้ดิน (หรือราก) จะเสริมกำลังแก่ดินเป็นการเพิ่มเสถียรภาพเชิงลาดได้ในเวลาเดียวกัน

2.2.5.1 ลักษณะของหญ้าแฝก

หญ้าแฝกจัดเป็นหญ้าเขตร้อนที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติกระจัดกระจายทั่วไปในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งในประเทศไทยจะพบหญ้าแฝกขึ้นอยู่ตามธรรมชาติในพื้นทั่วไปจากที่ลุ่มจนถึงที่ดอน สามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกชนิด มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vetiveria Zizanioides* เป็นพืชตระกูลหญ้าขึ้นเป็นกอหนาแน่น เจริญเติบโตโดยการแตกกออย่างรวดเร็ว เส้นผ่านศูนย์กลางกอประมาณ 30 เซนติเมตร ความสูงจากยอดประมาณ 0.5 ถึง 1.5 เมตร ลักษณะใบแคบความกว้างประมาณ 8 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 75 เซนติเมตร ความสูงจากยอดประมาณ 75 เซนติเมตร ค่อนข้างแข็ง หากนำมาปลูกติดต่อกันเป็นแนวยาวขวางแนวลาดเทของพื้นที่ กอซึ่งอยู่เหนือดินจะแตกกอติดต่อกันเหมือนแนวรั้วต้นไม้ สามารถลดความเร็วของน้ำผิวดิน กรองเศษพืช ตะกอน ซึ่งถูกน้ำชะล้างพัดพามาตกทับถมติดอยู่กับแนวกอหญ้าเกิดเป็นคันดินตามธรรมชาติได้ หญ้าแฝกเป็นพืชที่มีระบบรากลึกเจริญเติบโตแนวดิ่งมากกว่าออกทางด้านข้างและมีจำนวนรากมากจึงเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี รากจะประสานติดต่อกันแน่นหนาเสมือนม่านแผ่ขยายกว้างเพียง 50 เซนติเมตร โดยรอบกอเท่านั้น ไม่เป็นอุปสรรคต่อพืชที่ปลูกข้างเคียง จัดเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ดินมีความชื้นและรักษาหน้าดิน เพื่อใช้สำหรับปลูกพืชที่ง่ายในการปฏิบัติ และเกษตรกรสามารถดำเนินการได้เอง และมีค่าใช้จ่ายน้อยมาก ซึ่งจะเป็นการนำไปสู่การพัฒนาระบบเกษตรกรรมในเขตพื้นที่การเกษตรน้ำฝนให้มีความมั่นคง และยั่งยืน สามารถนำวิธีการนี้ไปใช้ในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและอนุรักษ์สภาพแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากร ธรรมชาติ เช่น พื้นที่สองข้างของทางคลองชลประทานอ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำ ป่าไม้ ป้องกัน ขอบตลิ่ง คอสะพาน ไหล่ถนน

รูปที่ 2.6 ลักษณะของหญ้าแฝก

หญ้าแฝกมีอยู่ประมาณ 12 ชนิด สำหรับในประเทศไทยนักพฤกษศาสตร์ได้ตรวจสอบพบว่ามีอยู่เพียง 2 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ หญ้าแฝกลุ่ม และหญ้าแฝกดอน ในธรรมชาติพบว่าหญ้าแฝกทั้งสองชนิดมีการกระจายทั่วไป ไม่พบการแพร่ระบาดเป็นวัชพืช ซึ่งจะแตกต่างจากหญ้าคา จะไม่พบหญ้าแฝกในพื้นที่ทำการเกษตรแต่จะพบหญ้าแฝกในบริเวณพื้นที่ป่าธรรมชาติ โดยจะพบมากในพื้นที่กลางแจ้ง โดยเฉพาะบริเวณใกล้แอ่งน้ำ หนองน้ำแหล่งน้ำที่มีความชุ่มชื้นสูง และในป่าเต็งรัง เช่น ที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ กำแพงเพชร นครสวรรค์ เลย ร้อยเอ็ด ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี สงขลา เป็นต้น ซึ่งหญ้าแฝกพื้นเมืองเป็นพันธุ์พืชคุ้มครองตามกฎหมาย นอกจากนี้ประเพณี และค่านิยมของคนไทยยังมีความสัมพันธ์กับหญ้าแฝก ดังเห็นได้จากการตั้งชื่อหมู่บ้านว่า บ้านแฝก บ้านป่าแฝก เป็นต้น และมีการนำใบหญ้าแฝกมาทำตับแฝกมุงหลังคา นำรากหญ้าแฝกมาเป็นยาสมุนไพรรักษาโรค

2.2.5.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น (Culm)

หญ้าแฝกเป็นหญ้าที่ขึ้นเป็นกอมีลักษณะเป็นพุ่มใบบางตั้งตรงขึ้นสูง มีการขึ้นอยู่เป็นกลุ่มใหญ่หรือกระจายกันอยู่ไม่ไกลมากนัก ลักษณะของกอแฝกมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โคนกอเบียดกันแน่นเป็นลักษณะเฉพาะอันหนึ่งที่แตกต่างจากหญ้าอื่น ๆ ค่อนข้างชัดเจน ส่วนโคนของลำต้นจะแบนเกิดจากส่วนของโคนใบที่จัดเรียงพับซ้อนกัน ลำต้นแท้จะมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบใบบริเวณคอดิน

รูปที่ 2.7 ลำต้นหญ้าแฝก

การเจริญเติบโต และการแตกกอของหญ้าแฝก จะมีการแตกหน่อใหม่ทดแทนต้นเก่าอยู่เสมอโดยจะแตกหน่อออกทางด้านข้างรอบกอดิน ทำให้กอมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ โดยปกติแล้วหญ้าแฝกมีลำต้นสั้น ข้อและปล้องไม่ชัดเจน การแตกตะเกียงและการยกลำต้นขึ้นเตี้ย ๆ เหนือพื้นดิน ไม่พบมากในสภาพธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ แต่เป็นลักษณะที่พบได้ทั่วไปในหญ้าแฝกที่ได้จัดปลูกในถุง ในแปลงต้นแก่มาก หรือปลูกในพื้นที่วิกฤติ

นอกจากนี้ ลำต้นของหญ้าแฝกจะมีลักษณะทางกายวิภาคเหมือนกับหญ้าธรรมดา แต่ทางด้านสัณฐานวิทยาแล้วจะมีความแตกต่างจากหญ้าอื่น ตรงที่ข้อค่อนข้างจะเป่งบวม มีปล้องยาว และบางครั้งยังปกคลุมไปด้วยใบที่ไม่คลี่ออกมา ยกเว้นแต่ส่วนยอด รากเป็นระบบรากฝอย และมีลักษณะพิเศษคือ ในส่วนที่เป็นผิว (Cortex) มีเซลประเภทถุงลม (Aerenchyma) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ามันแตกต่างจากหญ้าอื่นโดยทั่วไป โดยปกติหญ้าแฝกเป็นพืชชอบน้ำ (Hydrophyte) แต่เนื่องจากมีระบบรากซึ่งหยั่งลึกและแน่นหนา จึงเติบโตได้ดีและสามารถมีชีวิตในลักษณะของพืชชอบแล้ง (Xerophyte) ได้ด้วย ด้วยเหตุนี้จึงกล่าวได้ว่าหญ้าแฝกมีคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ของตนเอง

ใบ(Leaf)

ใบของหญ้าแฝกจะแตกออกจากโคนกอ มีลักษณะแคบยาวขอบใบขนาน ปลายสอบแหลม และเส้นกลางใบมีหนามละเอียด (Spinulose) หนามบนใบที่ส่วนโคน และกลางใบมีน้อย แต่มีมากที่บริเวณปลายใบ ลักษณะหนามชี้ขึ้นไปทางปลายใบ กระจังหรือเยื่อกันน้ำฝนที่โคนใบ (Ligules) จะลดรูปมีลักษณะเป็นเพียงส่วนโค้งของขนสั้นละเอียด บางครั้งสังเกตได้ไม่ชัดเจน

รูปที่ 2.8 ใบหญ้าแฝก

ราก (Roots)

หญ้าส่วนใหญ่จะมีรากที่เป็นลักษณะระบบรากฝอย (Fibrous Roots) แตกออกมาจากส่วนของลำต้นที่อยู่ใต้ดิน และกระจายออกแผ่กว้าง เพื่อยึดพื้นดินตามแนวนอน มีระบบรากในแนวดิ่ง ขัดกันรากลึกประมาณ 2-3 เมตร แต่ระบบรากของหญ้าแฝกจะแตกต่างจากรากหญ้าส่วนใหญ่ทั่วไป คือมีรากที่สานกันแน่นหยั่งลึกแนวดิ่งลงในดิน ไม่แผ่ขนาน มีรากแกน รากแขนง โดยเฉพาะมีรากฝอยแนวดิ่งจำนวนมาก

รูปที่ 2.9 รากหญ้าแฝก

ช่อดอก(Inflorescence) / ดอก (Spikelets)

หญ้าแฝกมีช่อดอกตั้ง ลักษณะเป็นรวงมีก้านช่อดอกยาวกลม ก้านช่อดอก และรวงสูงประมาณ 100-150 ซม. ในต้นที่สมบูรณ์จะสูงจากพื้นดินเกินกว่า 200 ซม. โดยเฉพาะส่วนดอกหรือรวงสูงประมาณ 20-40 ซม. แผ่กว้างเต็มที่ 10-15 ซม. ช่อดอกของหญ้าแฝกหอมส่วนใหญ่มีลักษณะปกติประจำแต่ละชนิดพันธุ์ ดอกหญ้าแฝกจะเรียงตัวอยู่ด้วยกันเป็นคู่ ๆ มีลักษณะคล้ายคลึง และขนาดใกล้เคียงกัน แต่ละคู่ประกอบด้วยดอกชนิดที่ไม่มีก้าน และดอกชนิดมีก้าน ช่อย่อยมักจะจัดเรียงเป็น 3 ดอกอยู่ด้วยกัน ดอกไม่มีก้านจะอยู่ด้านกลาง ส่วนดอกที่มีก้านจะชูอยู่ด้านบน ดอกหญ้าแฝกมีลักษณะคล้ายกระสวย ขอบขนานรูปไข่ ปลายสอบลง ขนาดของดอกกว้าง 1.5-2.5 มม .ยาว 2.5-3.5 มม. ผิวบนด้านหลังดอกจะขรุขระและมีหนามแหลมขนาดเล็ก โดยเฉพาะที่บริเวณขอบจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อส่องดูด้วยแว่นขยาย ด้านล่างจะมีผิวเรียบ

รูปที่ 2.10 ช่อดอกและดอกหญ้าแฝก

เมล็ดและต้นกล้า(Seed and Seedling)

ดอกหญ้าแฝกเมื่อได้รับการผสมเกสรแล้ว ดอกที่ไม่มีก้านดอกซึ่งเป็นดอกสมบูรณ์ก็จะติดเมล็ด เมล็ดมีสีน้ำตาลอ่อน เป็นรูปเรียวสวยผิวเรียบหัวท้ายมน มีเนื้อในลักษณะคล้ายแป้งเหนียว เมื่อถูกลมแรง

โดนแดดจัด หรือสภาพอากาศวิกฤติ เนื้อแป้งเปลี่ยนเป็นของแข็งรัดตัวทำให้ไม่สามารถขยายตัวได้ เนื่องจากเมล็ดหญ้าแฝกมีความสามารถในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงระยะเวลาจำกัดเพียงช่วงสั้น ๆ และบางสายพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศไม่มีเมล็ด จึงทำให้หญ้าแฝกไม่สามารถจะแพร่กระจายได้

รูปที่ 2.11 เมล็ดและต้นกล้าหญ้าแฝก

2.2.5.3 สายพันธุ์ของหญ้าแฝก

ในปัจจุบันกรมพัฒนาที่ดินได้คัดเลือกหญ้าแฝก เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งมีสายพันธุ์หลัก ๆ อยู่ 2 สายพันธุ์ ได้แก่สายพันธุ์หญ้าแฝกดอน และสายพันธุ์หญ้าแฝกลุ่ม โดยได้ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 สายพันธุ์ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ก. ประเภทหญ้าแฝกดอน

1) สายพันธุ์เลย (V6) เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่ ที่เป็นดินร่วนเหนียว การแตกกอแน่น ลักษณะกอตั้งตรงใบสีเขียว กาบใบสีชมพู ดอกสีม่วง

2) สายพันธุ์นครสวรรค์ (V7) เจริญเติบโตในสภาพพื้นที่เป็นดินทรายถึงดินร่วนเหนียวลักษณะการแตกกอแน่นแต่กางออกเป็นทรงพุ่งเตี้ย ใบสีเขียวเข้ม กาบใบมีสีเขียวอมเทา ดอกสีม่วง

3) สายพันธุ์กำแพงเพชร1 (V8) เจริญเติบโตในสภาพพื้นที่เป็นดินทรายถึงดินร่วนเหนียว แตกกอแน่น ลักษณะกอตั้งตรง ใบสีเขียวนวล กาบใบสีฟ้านวล ดอกสีม่วง

4) สายพันธุ์ร้อยเอ็ด (V13) เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินทราย แตกกอแน่น หน่อมีขนาดเล็ก ตั้งตรง ใบสีเขียว ดอกสีน้ำตาล

5) สายพันธุ์ราชบุรี (V20) เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินทรายถึงดินร่วนเหนียว แตกกอแน่น ตั้งตรง ใบสีเขียวอ่อน กาบใบออกสีเขียวเข้ม

6) สายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ (V22) เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินร่วนเหนียว และลูกรัง แตกกอแน่น หน่อใหญ่ ตั้งตรง ใบหนาสีเขียวเข้ม ร่องโคนใบขาว กาบใบออกสีขาวนวล ดอกสีม่วง

ข. ประเภทหญ้าแฝกลุ่ม

1) สายพันธุ์ศรีลังกา (V4) เจริญเติบโตในสภาพพื้นที่เป็นดินลูกรัง อากาศหนาวเย็น มีร่มเงาแตกกอค่อนข้างหลวม หน่อกลม ยืดปล้องเร็ว โคนกอเล็ก ใบแก่ค่อนข้างเล็ก ท้องใบสีขาวดอกมี สีม่วง

2) สายพันธุ์กำแพงเพชร2 (V9) เจริญเติบโตดีในสภาพพื้นที่เป็นดินทรายถึงดินลูกรังแตกกอ ค่อนข้างหลวม หน่อกลมค่อนข้างเล็ก ยืดปล้องเร็ว ทรงพุ่มกางใบสีเขียวเข้ม ท้องใบสีขาวดอกสีม่วงแดง ต้นโตปล้องไม่ตรง ให้น้ำหนักสดสูง

3) สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี (V23) เจริญเติบโตในสภาพพื้นที่เป็นดินร่วนเหนียว และดินลูกรัง แตกกอหลวม หน่อกลมอวบ ยืดปล้องเร็ว ทรงพุ่ม กางมาก ใบสีเขียวอ่อน ท้องใบขาว ดอกสีม่วงแดง

4) สายพันธุ์สงขลา 3 (V28) เจริญเติบโตในสภาพพื้นที่เป็นดินร่วนเหนียว และดินลูกรัง แตกกอหลวม หน่อกลมอวบยืดปล้องเร็ว ใบสีเขียวอ่อน ท้องใบสีขาว ดอกสีม่วงแดง

ค. พันธุ์หญ้าแฝกที่นำมาจากต่างประเทศ

สำหรับการนำสายพันธุ์หญ้าแฝกมาจากต่างประเทศ พบว่าได้มีการนำสายพันธุ์หญ้าแฝกกลุ่มมาจากต่างประเทศเข้ามาหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์อินโดนีเซีย พันธุ์ศรีลังกา พันธุ์อินเดีย(เขาค้อ) พันธุ์อินเดีย(พระราชทาน) พันธุ์มอนโต พันธุ์ไทปิง พันธุ์ญี่ปุ่น พันธุ์บราซิล พันธุ์กัวเตมาลา และพันธุ์ฟิจิ เป็นต้น ซึ่งสายพันธุ์หญ้าแฝกจากต่างประเทศที่นำมาทดลองปลูกในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน และหน่วยงานในพื้นที่นำมาใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดิน และน้ำอย่างแพร่หลายคือ พันธุ์อินเดีย(พระราชทาน) และพันธุ์มอนโต

2.4.5.4 การขยายพันธุ์หญ้าแฝก

การขยายพันธุ์หญ้าแฝก เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ และจำเป็นในการเพิ่มปริมาณให้มากตามความต้องการ หญ้าแฝกมีการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติด้วย เมล็ด หน่อ และแขนง เนื่องจากการเพาะเมล็ดมีอัตราการงอกต่ำ ส่วนแขนงต้องใช้เวลานาน การขยายพันธุ์หญ้าแฝกจึงนิยมใช้หน่อ เพราะว่าทำได้สะดวกและรวดเร็ว การขยายพันธุ์โดยใช้หน่อทำได้ 3 วิธี ดังนี้

1. โดยการปลูกลงดิน

การขยายพันธุ์หญ้าแฝกด้วยวิธีการปลูกลงดินจะเหมาะสมกับพื้นที่ที่มีการชลประทาน และระบายน้ำได้ดี สามารถปลูกเป็นแปลงยกร่องแถวคู่กว้าง 1 เมตร หรือปลูกเป็นแปลงขนาดใหญ่โดยไม่ยกร่อง การเตรียมต้นพันธุ์จะต้องนำมาตัดใบให้เหลือความยาว 20 เซนติเมตร และตัดรากให้เหลือ 5 เซนติเมตรแยกหน่อ และมัดรวมนำไปแช่น้ำไว้ที่ระดับน้ำสูง 5 เซนติเมตร เป็นเวลา 4 วัน รากจะแตกออกมาใหม่ จึงนำไปปลูก ระยะระหว่างต้น 50 เซนติเมตร และระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ในพื้นที่ 1 ไร่ จะใช้หน่อพันธุ์ทั้งสิ้นประมาณ 3,200 หน่อ หลังจากปลูกต้องให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ เมื่อหญ้าแฝกอายุได้ 1 เดือน ใส่ปุ๋ยสูตร 15–15–15 ต้นละ 1 ช้อนชา เมื่อหญ้าแฝกอายุ 4–5 เดือน จะได้หน่อหญ้าแฝกใหม่ 40–50 หน่อต่อกอ สามารถนำไปขยายพันธุ์ปลูกได้โดยมีหน่อใหม่ประมาณ 120,000–150,000 หน่อ ต่อไร่

ถิ่นกำเนิด - ตอนกลางของทวีปเอเชีย สันนิษฐานว่าอยู่ในประเทศอินเดีย - มีการนำไปปลูกขยายพันธุ์ทั่วไป	**ถิ่นกำเนิด** -เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ประเทศไทย ลาว เขมร และเวียดนาม -กระจายพันธุ์อยู่ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติไม่มีการนำไปปลูกขยายพันธุ์
ลักษณะกอ - มีพุ่มใบยาวตั้งตรงขึ้นสูง - สูงประมาณ 150-200 ซม. - มีการแตกตะเกียงและแตกแขนงลำต้นได้	**ลักษณะกอ** -เป็นพุ่ม ใบยาวปลายจะแผ่โค้งลงคล้ายตะไคร้ ไม่ตั้งมากเหมือนหญ้าแฝกหอม - สูงประมาณ 150-200 ซม. - ปกติไม่มีการแตกตะเกียง และแขนงลำต้น
ใบ - ยาว 75-150 ซม. กว้าง 0.6-1.2 ซม. - ใบสีเขียวเข้ม หลังใบโค้ง ท้องใบออกสีขาวมีรอยกั้นขวางเนื้อใบส่องกับแดดเห็นชัดเจน - เนื้อใบค่อนข้างเนียน มีไขเคลือบมากทำให้ดู นุ่มมัน	**ใบ** -ยาว 60-120 ซม. กว้าง 0.4-0.8 ซม. -ใบสีเขียวซีดหลังใบพับเป็นสันแข็งสามเหลี่ยม ท้องใบสีเดียวกับด้านหลังใบแต่ซีด กว่าแผ่นใบเมื่อส่องกับแดดไม่เห็นรอยกั้นในเนื้อใบ - เนื้อใบหยาบ สากคาย มีไขเคลือบน้อยทำให้ดูกร้าน ไม่เหลือบมัน
ช่อดอกและดอก - ช่อดอกสูง 100-150 ซม. - ส่วนใหญ่มีสีอมม่วง - ดอกย่อยไม่มีระยางค์แข็ง	**ช่อดอกและดอก** - สูง 75-120 ซม. - มีได้หลายสีตั้งแต่สีขาวครีม สีม่วง - ดอกมีระยางค์แข็ง
เมล็ด - ขนาดโตกว่าหญ้าแฝกดอนเล็กน้อย สีไม่แตกต่างกัน	**เมล็ด** - ขนาดเล็กกว่าหญ้าแฝกหอม
ราก - มีความหอม น้ำมันหอมระเหยอยู่เฉลี่ย 1.4-1.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง - โดยทั่วไปรากจะหยั่งลึกได้ประมาณตั้งแต่ 100-300 ซม.	**ราก** - ไม่มีความหอม - รากสั้นกว่า โดยทั่วไปจะหลั่งลึกประมาณ 80-100 ซม.

หญ้าแฝกชนิดเปลือยราก โดยทำการนำหน่อจากแปลงขยายพันธุ์ ตัดใบให้เหลือความยาว 20 เซนติเมตร ตัดรากเหลือความยาว 5 เซนติเมตร นำไปแช่น้ำไว้ที่ระดับน้ำสูง 5 เซนติเมตร เป็นเวลา 4 วัน ในกรณีที่ใช้น้ำที่เติมฮอร์โมนเร่งราก ใช้เวลาแช่เพียง 1 วัน จึงนำกล้าหญ้าแฝกมัดรวมกันให้เป็นมัดแล้วหุ้มรากด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์รดน้ำให้ชุ่ม แล้วใช้พลาสติกใสคลุม เป็นเวลา 3-5 วัน หญ้าแฝกจะแตกหน่อ และราก พร้อมที่จะนำไปปลูกในพื้นที่ได้ หน่อพันธุ์ชนิดนี้เรียกว่า หญ้าแฝกเปลือยราก เหมาะสมกับการเตรียมพันธุ์ที่มีเวลาน้อย และประหยัดการขนส่ง การปลูกหญ้าชนิดนี้มักปลูกกลางฤดูฝน จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูง

2. การปลูกในถุงพลาสติก

การขยายพันธุ์โดยการปลูกในถุงพลาสติกเป็นวิธีการที่สะดวก ประหยัด และดูแลรักษาง่ายสามารถนับจำนวน และคำนวณได้ตามปริมาณที่ต้องการได้ค่อนข้างแน่นอน ถุงพลาสติกที่ใช้จะเป็นสีดำชนิดพับข้างขนาดยาว 6 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสำหรับการเคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่เป้าหมาย และสำหรับการปลูกลงดิน เพื่อประโยชน์ด้านอนุรักษ์ดิน และน้ำ ซึ่งทำให้กล้าหญ้าแฝกตั้งตัวได้เร็ว และปริมาณการรอดตายสูง สำหรับการใช้ถุงขนาดใหญ่ จะเหมาะกับการนำไปขยายพันธุ์ต่ออีกครั้งมากกว่า การนำไปใช้ปลูกลงดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ใช้หน่ออายุ 3 เดือนขึ้นไป เป็นหน่อที่สมบูรณ์ ยังไม่ตั้งท้อง ตัดใบให้เหลือความยาว 20 เซนติเมตร และรากเหลือ 5 เซนติเมตร นำไปแช่น้ำสูง 5 เซนติเมตร เป็นเวลา 4 วัน นำต้นกล้ามัดรวมกันให้เป็นมัด แล้วหุ้มด้วยหนังสือพิมพ์ที่โคน รดน้ำให้ชุ่มแล้วคลุมด้วยพลาสติกใสภายใต้ร่มเงาหรือแสงรำไรเป็นเวลา 3 – 5 วัน หญ้าแฝกจะแตกหน่อ และราก จึงนำไปปลูกลงถุง วัสดุปลูกหรือดินที่บรรจุลงถุงต้องมีการระบายน้ำดี เช่นทราย และขี้เถ้าแกลบ สัดส่วน 2 : 1 ควรปักชำหญ้าแฝกลงในถุงขณะที่วัสดุปลูกที่มีความชุ่มชื้นดีหลังปลูกเสร็จนำไปไว้ในที่ร่มมีความเข้มของแสง 70 เปอร์เซ็นต์ รดน้ำให้ความชุ่มชื้นสม่ำเสมอ หลังปลูกลงถุง 1 เดือน จึงนำออกไปไว้ในที่กลางแจ้ง ต้นกล้าจะมีความแข็งแรงและตั้งตัวได้ดีเมื่ออายุ 2 เดือน จึงสามารถนำต้นกล้าดังกล่าวไปใช้ปลูกในพื้นที่ต่อไป

3. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

การขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารวุ้นวิทยาศาสตร์เป็นวิธีที่ปราณีต ค่าใช้จ่ายสูง แต่ได้ต้นที่มีขนาดสม่ำเสมอ และสามารถขยายพันธุ์ได้จำนวนมากในเวลาสั้น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าแฝกทำได้โดยการคัดเลือกหน่อหญ้าแฝกจากกอหญ้าแฝกที่มีการเจริญเติบโตแข็งแรง ไม่เป็นโรค ทำการตัดแฝกและหน่อออกเป็นหน่อเดียว นำมาล้างน้ำสะอาดโดยให้น้ำไหลถ่ายเทได้สะดวก ลอกกาบใบด้านนอกออก ตัดแต่งใบ และโคนหน่อให้สะอาด นำเข้าตู้ปลอดเชื้อ ฟอกเชื้อ คัดเลือกหน่อหญ้าแฝกซึ่งมีการเจริญเติบโตแข็งแรงปราศจากโรค เพื่อทำการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิว แล้วจึงทำการตัดแต่งชิ้นส่วนให้มีตายอดหรือตาข้างที่ติดอยู่ให้ได้ขนาดยาว 1.5 – 2.5 เซนติเมตร นำมาเพาะเลี้ยงในอาหารวุ้นวิทยาศาสตร์ ซึ่งเตรียมขึ้นให้มีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ไวตามิน น้ำตาลครบถ้วน ซึ่งตายอดจะเจริญยืดยาวออกมาก่อน หลังจากนั้นตาข้างจึงงอกขึ้นมา นำหญ้าแฝกจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาย้ายเปลี่ยนสูตรอาหารใหม่ เพื่อเพิ่มการเจริญของเนื้อเยื่อ และการแตกยอดมากขึ้น ยอดใหม่ที่เกิดขึ้นหลังจาก

เปลี่ยนสูตรอาหาร จะมีขนาดเล็กลง อัตราการแตกหน่อสูง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะยังไม่มีราก เมื่อได้ปริมาณยอดตามต้องการ ก็จะทำให้เกิดรากในอาหารเพื่อยึดราก ยอดหญ้าแฝกจะยืดยาวขึ้นมา และแทงรากออกมาภายใน 2 – 4 สัปดาห์ เมื่อชักนำรากเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ก็ทำการปลูกในกระบะพลาสติกที่ใส่ทราย และเถ้าแกลบเก่าอัตรา 1:1 รดน้ำให้ชุ่มชื้นพอเหมาะ วางไว้ในเรือนเพาะชำภายใต้สภาพความเข้มของแสง 50 เปอร์เซ็นต์ คอยดูแลรักษาให้มีความชุ่มชื้นอยู่เสมอ หลังจากย้ายออกมาปลูก 2 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่ออายุครบ 4 สัปดาห์สามารถย้ายกล้าหญ้าแฝกไปยังแหล่งปลูก หรือย้ายไปปลูกในถุงพลาสติกต่อไป แล้วเพาะเลี้ยงอีก 4 สัปดาห์ ก็สามารถนำลงไปปลูกในพื้นที่ได้

2.2.5.5 การปลูกหญ้าแฝก

1. พื้นที่ที่จะปลูกหญ้าแฝก การปลูกหญ้าแฝกมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน อนุรักษ์ความชื้นในดิน ปรับปรุงพื้นที่ที่ดินเสื่อมโทรม ฯลฯ ในการปลูกหญ้าแฝกหากมีวัตถุประสงค์เพื่อขยายพันธุ์ ควรเลือกพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ มีน้ำดี ได้รับแสงแดดเต็มที่ หญ้าแฝกจึงจะมีการเจริญเติบโตได้ดี และมีการแตกกอเร็ว การปลูกหญ้าแฝกตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ดังกล่าว อาจแบ่งออกตามลักษณะพื้นที่ที่นำหญ้าแฝกไปปลูก ดังนี้

พื้นที่ลาดชัน สภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันที่ไม่ใช่เป็นป่าต้นน้ำเป็นที่ซึ่งมีการทำการเกษตรหรือมีการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อการเกษตร เช่น พื้นที่เกษตรที่สูง และไร่เลื่อยลอย เป็นต้น ควรนำหญ้าแฝกไปปลูกตามแนวระดับขวางแนวลาดชันของพื้นที่ หรือปลูกเป็นรูปครึ่งวงกลมแหงนรับความลาดเทของพื้นที่รอบต้นไม้แบบฮวงจุ้ย เพื่อลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดิน หญ้าแฝกจะทำหน้าที่นี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีการจัดการแนวแถวหญ้าแฝกให้มีจำนวนแนวแถวที่เหมาะสมตามความลาดชันของพื้นที่และพื้นที่ปลูก และปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวเดี่ยวให้ต้นชิดติดกัน

รูปที่ 2.12 การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ลาดชัน

พื้นที่ราบ การปลูกหญ้าแฝกในสภาพพื้นที่ราบโดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์เพื่อการตัดใบหญ้าแฝกคลุมดินและ/หรือการอนุรักษ์น้ำในดินที่ได้จากน้ำฝนตลอดจนฟื้นฟูดินที่เสื่อมโทรมโดยการเพิ่มอินทรียวัตถุ และหมุนเวียนธาตุอาหารที่มีในดินชั้นล่างขึ้นมาสู่ดินชั้นบนเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูก หรือ

เพื่อการขยายพันธุ์ เป็นต้น ซึ่งอาจปลูกตามรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งหรือหลายรูปแบบร่วมกันก็ได้ เช่น ปลูกเป็นแถว รูปครึ่งวงกลมและวงกลม เป็นต้น

รูปที่ 2.13 การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ราบ

พื้นที่วิกฤติต่าง ๆ การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ที่ง่ายต่อการชะล้างพังทลาย ได้แก่ ขอบบ่อน้ำ หรือสระน้ำที่ขุดใหม่ เชิงลาดถนน รอยต่อของผิวน้ำกับแนวป่าที่อยู่เหนือเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ แนวร่องน้ำข้างถนน พื้นที่ภูเขา และพื้นที่ที่ถูกน้ำกัดเซาะเป็นร่องลึก เป็นต้น การปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่วิกฤติเหล่านี้จะต้องปลูกต้นหญ้าแฝกให้ชิดติดกัน ต้องมีการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกโดยการใส่ปุ๋ย และควรตัดแต่งให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตด้านข้างหรือแตกกอหนาแน่นอยู่เสมอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแนวแถวหญ้าแฝกในการกักเก็บตะกอนดินที่ถูกพัดพามากับน้ำที่ไหลบ่า ป้องกันไหล่ทางชำรุด และป้องกันการกัดเซาะดินของน้ำฝนบริเวณขอบบ่อหรือสระน้ำ เป็นต้น อนึ่งในพื้นที่ที่ถูกน้ำกัดเซาะเป็นร่องลึก ควรปลูกหญ้าแฝกเป็นรูปตัววีคว่ำแล้วปลูกต่อเป็นแนวยาวไปตามเส้นชั้นความสูงในลักษณะก้างปลา โดยมีระยะห่างระหว่างแถวตามแนวดิ่ง 1.0 เมตร เพื่อชะลอการกัดเซาะร่องน้ำและกระจายน้ำให้ไหลลึกซึมลงไปในดินหน้าแนวหญ้าแฝก หรือปลูกเป็นแนวตรงขวางร่องน้ำเพื่อช่วยในการเก็บกักตะกอนดินไว้ในร่องน้ำ จนในที่สุดร่องน้ำก็จะมีดินตะกอนทับถมจนเต็ม พื้นที่วิกฤติดังกล่าวนี้จะเน้นการสร้างแนวแถวหญ้าแฝกให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะต้านแรงปะทะของน้ำได้ โดยการเพิ่มจำนวนแถวหญ้าแฝกให้มากขึ้นและมีมาตรการในการเร่งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกให้ทันฤดูน้ำหลากโดยการปลูกให้เร็วขึ้น การใช้ปุ๋ยและการตัดแต่งหญ้าแฝก สายพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมเพื่อการปลูกขวางร่องน้ำได้แก่ สายพันธุ์หญ้าแฝกลุ่ม เช่น สายพันธุ์ศรีลังกา สงขลา 3 กำแพงเพชร 2 และสุราษฎร์ธานี เป็นต้น หญ้าแฝกสายพันธุ์ดังกล่าวเหล่านี้จะมีลักษณะลำต้นแข็งสูงตั้งตรง และรากที่ข้อของลำต้นได้เสมอเมื่อมีตะกอนดินมาทับถม ซึ่งจะรับแรงปะทะจากน้ำที่ไหลบ่าได้ดี การนำหญ้าแฝกไปปลูกรอบบริเวณแหล่งน้ำจะช่วยเก็บกักตะกอนดินป้องกันการ ตื้นเขินของแหล่งน้ำนอกจากนั้นหญ้าแฝกยังช่วยดูดซับสารเคมีก่อนที่จะไหลลงสู่แหล่งน้ำทำให้น้ำในแหล่งน้ำมีคุณภาพดีเหมาะสมแก่การอุปโภคบริโภคและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การปลูกหญ้าแฝกอาจจำแนกตามชนิดของแหล่งน้ำได้ดังนี้

อ่างเก็บน้ำ ควรวางแนวปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวระดับรอบอ่างจำนวน 3 แถว ได้แก่ ที่ระดับเก็บกักน้ำ (แถวที่1) ที่ระดับสูงขึ้นมาตามแนวดิ่งจากแถวที่ 1 20 เซนติเมตร และที่ระดับต่ำกว่าแถวที่ 1 ตามแนวดิ่ง 20 เซนติเมตร (เพราะน้ำมักจะไม่ถึงระดับเก็บกัก)

รูปที่ 2.14 การปลูกหญ้าแฝกบริเวณอ่างเก็บน้ำ

บ่อน้ำ สระน้ำ ควรวางแนวปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวระดับจำนวน 2 แถว คือ ที่ระดับห่างจากริมขอบบ่อประมาณ 50 เซนติเมตร และที่ระดับทางน้ำเข้าบ่อ

รูปที่ 2.15 การปลูกหญ้าแฝกบริเวณบ่อน้ำ

คลองส่งน้ำ คลองระบายน้ำ ให้ปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวระดับขนานไปตามคลองส่งน้ำหรือคลองระบายน้ำ ห่างจากริมคลองส่งน้ำหรือคลองระบายน้ำ 50 เซนติเมตร

รูปที่ 2.16 การปลูกหญ้าแฝกบริเวณคลองส่งน้ำ และคลองระบายน้ำ

เชิงลาดถนน การปลูกหญ้าแฝกบริเวณเชิงลาดถนน เป็นวิธีป้องกันความเสียหายของเชิงลาดถนน และเป็นการลดการกัดเซาะของน้ำฝนได้ดี รวมทั้งรากหญ้าแฝกจะช่วยยึดดินบริเวณเชิงลาดถนนไม่ให้เกิดการพังทลาย การวางแนวปลูกหญ้าแฝกบริเวณด้านข้างตามความยาวของเชิงลาดถนนควรให้แถวหญ้าแฝกอยู่ต่ำกว่าไหล่ถนนประมาณ 100-150 เซนติเมตร เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากแนวหญ้าแฝกบังสายตาของผู้ใช้รถใช้ถนน

รูปที่ 2.17 การปลูกหญ้าแฝกบริเวณไหล่ถนน

2. การเตรียมพื้นที่ และการวางแนวปลูกหญ้าแฝก พื้นที่จะปลูกหญ้าแฝกควรมีการเตรียมพื้นที่ และวางแนวปลูกให้สอดคล้องกับลักษณะของพื้นที่ เช่น การปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวเดี่ยวตามแนวระดับขวางความลาดชันของพื้นที่ จำเป็นที่จะต้องมีการวางแนวทางที่ถูกต้องโดยใช้เครื่องมือช่วยในการวางแนว หรือใช้เครื่องมือที่ทำขึ้นมาใช้เอง ซึ่งมีค่าใช้จ่ายน้อยมากหรือไม่ต้องเสียค่าใช่จ่ายเลยในกรณีที่มีวัสดุอยู่แล้ว เครื่องมือดังกล่าว ได้แก่ การนำไม้มาทำเป็นรูปสามเหลี่ยม หรือที่เรียกกันว่าไม้เอ (A Frame) ซึ่งนิยมใช้สำหรับวางแนวปลูกยางพาราตามแนวระดับขวางความลาดชันในแถบภาคใต้ เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่ใช้วางแนวปลูกหญ้าแฝกแบบง่าย ๆ ที่ขอแนะนำในที่นี้คือ การใช้สายยางหาระดับแบบช่างไม้ ซึ่งมีเพียงสายยางใส ขนาด 2 หุน ยาว 13 เมตร 1 เส้น ไม้ระแนงความยาวท่อนละ 2.50 เมตร จำนวน 2 ท่อน ทำเครื่องหมายไว้ที่ไม้ระแนงบอกระดับความสูงเป็นเซนติเมตรเพื่อใช้ในการอ่านค่า นำปลายสายยางแต่ละด้านไปทาบและยึดติดไว้กับไม้ระแนงที่เตรียมไว้ โดยให้ปลายสายยางเสมอปลายไม้ระแนง แล้วกรอกน้ำลงไปในสายยางจนกระทั่งเมื่อวางไม้ระแนงทั้งสองในแนวตั้งบนพื้นที่เรียบระดับน้ำในสายยางทั้งสองด้านอ่านค่าได้ 100 เซนติเมตร (1.0 เมตร) ก็จะสามารถใช้เครื่องมือแบบง่าย ๆ นี้ไปหาระยะห่างระหว่างแถวหญ้าแฝก และวางแถวหญ้าแฝกตามแนวระดับขวางความลาดชันของพื้นที่ได้ตามต้องการ

การจัดทำระยะห่างระหว่างแถวหญ้าแฝกที่ปลูกตามแนวระดับขวางความลาดชันของพื้นที่ ให้ใช้ระยะห่างตามแนวดิ่ง 1.50 เมตร ทำได้โดยใช้สายยางหาระดับดังกล่าวไปตั้งที่จุดสูงสุดหรือจุดต่ำสุดของพื้นที่ก็ได้หากเริ่มจากจุดสูงสุดของพื้นที่ ให้ถือหลักที่ 1 ตั้งอยู่ที่จุดสูงสุด (จุดที่ 1 และถือหลักที่ 2 เดินลงไป

จนกระทั่งเมื่อตั้งหลักไม้ระแนงลงกับพื้นแล้วจะอ่านค่าความสูงของระดับน้ำได้ 150 เซนติเมตร แสดงว่าจุดที่หลักที่ 2 ตั้งอยู่ (จุดที่ 2) จะอยู่ต่ำกว่าจุดที่ 1 เท่ากับ 50 เซนติเมตร ซึ่งยังไม่ได้จุดที่ต้องการให้ย้ายหลักจากจุดที่ 1 ลงไปตั้งที่จุดที่ 2 แล้วย้ายหลักจากจุดที่ 2 ต่ำลงไปอีกจนกระทั่งถึงจุดที่สามารถอ่านระดับน้ำได้ 200 เซนติเมตร ซึ่งแสดงว่าจุดที่ 3 นี้จะต่ำกว่าจุดที่ 2 เท่ากับ 100 เซนติเมตร ดังนั้นเมื่อรวมความแตกต่างระหว่างจุดแรกและจุดที่ 3 ก็จะได้เท่ากับ 150 เซนติเมตร หรือ 1.50 เมตร ตามที่ต้องการ ให้ปักหลักไว้เป็นจุดที่จะวางแนวปลูกหญ้าแฝกแนวที่ 1 จากนั้นก็หาจุดวางแนวที่อยู่ต่ำลงมาตามวิธีเดียวกันก็จะได้จุดที่ 2 3 และ 4 เรื่อยไปจนได้จุดตลอดทั่วทั้งพื้นที่เมื่อได้จุดที่เป็นระยะห่างระหว่างแถวหญ้าแฝกแล้ว ขั้นต่อไปเป็นการวางแนวระดับขวางความลาดชันของพื้นที่โดยใช้เครื่องมือชุดเดิม แต่เพื่อความสะดวกในการอ่านระดับ แนะนำให้กรอกน้ำลงไปในสายยางให้อ่านค่าความสูงของน้ำที่ปลายทั้งสองข้างได้ 150 เซนติเมตร (ซึ่งเป็นระดับที่ใกล้เคียงกับระดับสายตาของคนทั่วไป) วิธีการคือให้ ตั้งหลักที่ 1 อยู่ที่จุดหลักแนวแรกที่ทำไว้ในขั้นต้น (จุดที่ 1) แล้วเลื่อนหลักที่ 2 ไปในทิศทางที่ขวางความลาดชัน จนสุดความยาวของสายยาง (13 เมตร) แล้วปักหลักสั้น ๆ ไว้ที่จุดที่ระดับน้ำอยู่ที่ 150 เซนติเมตร จากนั้นย้ายหลักที่ 1 ไปยังหลักที่ 2 ส่วนหลักที่ 2 นั้นจะถูกเคลื่อนย้ายขวางความลาดชันต่อไปถึงจุดที่อ่านค่าระดับน้ำ 150 เซนติเมตร แล้วปักหลักไว้ ให้ทำเช่นนี้ขวางความลาดชันไปจนตลอดพื้นที่ ก็จะได้แนวปลูกหญ้าแฝกแถวแรกซึ่งแต่ละหลักจะอยู่แนวระดับความสูงขวางความลาดชันของพื้นที่เท่ากัน สำหรับแถวต่อ ๆ ไปก็ให้ใช้วิธีเดียวกันจนครบทุกแถวภายหลังจากการวางแนวปลูกหญ้าแฝกเสร็จแล้วควรมีการปรับแนวปลูกโดยการเลื่อนจุดปักหลักขึ้นหรือลงเล็กน้อยให้แนวปลูกเป็นแนวโค้งต่อเนื่องไม่หักมุมภายในแถวไปตามพื้นที่ เพื่อสะดวกในการไถเตรียมดินและการปลูกพืช ตลอดจนลดแรงปะทะของน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งตามปกติตรงจุดที่หักมุมต่าง ๆ จะเป็นจุดอ่อนที่ง่ายต่อการชะล้างกัดเซาะเป็นร่องน้ำ แต่จุดแรกหัวแนวปลูกหญ้าแฝก และจุดสุดท้ายหลักหางแนวปลูกหญ้าแฝกให้อยู่ที่เดิม

3. การเตรียมดินตามแนวปลูกรั้วหญ้าแฝก เมื่อได้มีการปรับแนวที่จะปลูกหญ้าแฝกขวางความลาดชันของพื้นที่เรียบร้อยแล้ว ก็ใช้รถไถเดินตามหรือใช้วัวหรือควายลากไถตามแนวที่วางไว้ก็ได้ โดยให้ลึกประมาณ 10 เซนติเมตร พร้อมทั้งย่อยดินให้ละเอียดก้อนเล็กลงพร้อมที่จะปลูกต่อไป แม้ว่าหญ้าแฝกจะเป็นพืชที่สามารถขึ้นได้ดีแม้แต่ดินเลว หรือดินที่ความอุดมสมบูรณ์ต่ำแต่ถ้าได้มีการปรับปรุงดินตามแนวปลูกโดยก่อนปลูกคลุกดินด้วยปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก แล้วโรยบาง ๆ ด้วยปุ๋ยสูตร 15-15-15 หรือ 16-16-16 ในอัตรา 60 กรัม/ความยาวร่อง (ความยาวร่องปลูก 4-6 เมตร) จะช่วยให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วและสม่ำเสมอขึ้น

4. การเตรียมกล้าหญ้าแฝก กล้าหญ้าแฝกที่เตรียมไว้จากการขยายพันธุ์เพื่อการปลูกลงพื้นที่ปกติจะใช้กล้าที่ชำอยู่ในถุงพลาสติกขนาดเล็ก (2 X 6 นิ้ว) ที่มีอายุประมาณ 45 วัน ก่อนปลูกให้ดึงถุงออกแล้วกลบดินให้แน่นหรือใช้หญ้าแฝกที่ปลูกลงดินเอาไว้เพื่อการขยายพันธุ์ การเตรียมหญ้าแฝกที่จะนำไปปลูกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดินมีวิธี คือ ขุดหญ้าแฝกทั้งกอขึ้นมาตัดรากให้เหลือความยาว 10 เซนติเมตร

และตัดส่วนต้นให้เหลือยาว 20 เซนติเมตร ทำการแยกหน่อแล้วมัดรวมเช่นเดียวกับการถอนกล้าข้าว นำไปแช่น้ำให้น้ำท่วมรากอยู่ประมาณ 5-7 วัน จนสังเกตเห็นรากที่แตกออกมาใหม่ จากนั้นจึงนำไปปลูกได้

5. การปลูกแนวรั้วหญ้าแฝก เมื่อเตรียมดินใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีเสร็จแล้วนำกล้าหญ้าแฝกที่มีอายุประมาณ 45 วัน ออกจากถุงไปวางเรียงให้ชิดกันในร่องปลูกตลอดแนวทั้งพื้นที่ที่เตรียมไว้ ซึ่งจะได้ระยะปลูกระหว่างต้นประมาณ 5 เซนติเมตร แต่ถ้าใช้กล้าหญ้าแฝกแบบเปลือยรากดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นให้ปลูกหลุมละ 2-3 หน่อ โดยใช้ระยะห่างไม่เกิน 5 เซนติเมตร การปลูกหญ้าแฝกโดยใช้กล้าที่เพาะชำในถุงพลาสติก ในสภาพพื้นที่อันฝนจะมีการเจริญเติบโต และตั้งตัวได้รวดเร็วกว่าการปลูกด้วยกล้าเปลือยราก เนื่องจากระบบรากได้พัฒนาอยู่ในถุงไประยะหนึ่งแล้ว แต่ในสภาพพื้นที่ ๆ สูงชันมาก การนำกล้าหญ้าแฝกที่เพาะชำถุงพลาสติกขึ้นไปปลูกจะกระทำได้ค่อนข้างลำบาก ล่าช้า และเปลืองแรงงานค่อนข้างมาก จึงนิยมใช้กล้าหญ้าแฝกชนิดเปลือยรากนำไปปลูก ซึ่งขึ้นไปปลูกได้ครั้งละมาก ๆ เบาแรงและประหยัดค่าใช้จ่าย ฤดูกาลปลูกที่เหมาะสมได้แก่ในช่วงต้นฤดูฝน และควรปลูกในขณะที่ดินมีความชุ่มชื้น แต่สำหรับพื้นที่ที่สามารถให้น้ำได้ก็ควรปลูกก่อนฤดูฝน ทั้งนี้ก็เพื่อให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโต ซึ่งเมื่อถึงฤดูฝนรั้วหญ้าแฝกที่ปลูกไว้ก็พร้อมที่จะกรองตะกอนดิน และซับน้ำฝนที่ไหลบ่าเอาไว้ทำหน้าที่ป้องกันการชะล้างพังทลายได้ตั้งแต่ฤดูฝนแรกโดยทั่วไปหญ้าแฝกจะตั้งตัวและแตกกอชิดติดกันเป็นแนวรั้วหญ้าแฝกที่ดีจะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 3 เดือน

2.2.5.6 การดูแลรักษาหญ้าแฝก

การปลูกหญ้าแฝกเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ จำเป็นต้องมีการดูแลรักษาบ้างพอสมควร เช่น การปลูกซ่อมต้นที่ตาย เมื่อต้นหญ้าแฝกตั้งตัวได้แล้วควรมีการตัดใบหญ้าแฝกไม่ให้ย่างปล้องออกดอก เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อช่วยให้หญ้าแฝกแตกกอชิดติดกันเป็นแนวรั้วที่แน่นหนาเร็วขึ้นและใช้ใบหญ้าแฝกคลุมดินสงวนความชื้น

การปลูกซ่อมหญ้าแฝก ภายหลังจากการปลูกหญ้าแฝกในเดือนแรก ควรมีการตรวจแนวหญ้าแฝกอย่างสม่ำเสมอ ถ้าพบว่ามีต้นตายควรปลูกซ่อมทันที การปลูกซ่อมกล้าหญ้าแฝกที่ตายไปจะช่วยให้ต้นหญ้าแฝกชิดติดกัน ไม่มีช่องว่างภายในแถว อันเป็นการลดประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการดักเศษซากพืช และกักเก็บตะกอนดินที่ถูน้ำพัดพามายิ่งไปกว่านั้น หากไม่มีการปลูกซ่อมแล้วช่องว่างภายในแถวหญ้าแฝกนี้จะเป็นจุดอ่อนทีจะไปช่วยเร่งความเร็วของน้ำฝนที่ตกหนักและซึมลงดินบริเวณโคนกอหญ้าแฝกไม่ทันจะเอ่อล้นไหลผ่าน ทำให้มีการกัดเซาะดินบริเวณดังกล่าวเกิดเป็นร่องลึก (Gully) ขึ้นได้การปลูกซ่อมหญ้าแฝกจึงเป็นการทำให้กอหญ้าแฝกชิดกันเป็นกำแพงแน่นทำหน้าที่กรองตะกอนดินได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การตัดแต่งแนวหญ้าแฝก การปลูกหญ้าแฝกเพื่อให้มีการเจริญเติบโตได้ดีและรวดเร็ว จำเป็นต้องมีการดูแลรักษาพอสมควรเมื่อสังเกตว่าต้นหญ้าแฝกตั้งตัวได้ดีแล้ว โดยเฉพาะเมื่อหญ้าแฝกที่ปลูกมีอายุประมาณ 3 เดือน ให้ตัดยอดหรือใบหญ้าแฝกครั้งแรกโดยตัดใบลงให้เหลือความสูงจากผิวดิน 30 เซนติเมตร เพื่อเร่งให้หญ้าแฝกแตกหน่อประสานกันเร็วยิ่งขึ้นและช่วยให้หญ้าแฝกแตกกอชิดติดกันเร็วขึ้น ใบหญ้าแฝกที่ตัดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น นำไปคลุมดินหรือโคนต้นไม้ผล เพื่อช่วยลดการระเหยน้ำ รักษา

ความชุ่มชื้นให้กับดิน หรืออาจนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ ก็ได้ ควรมีการตัดใบหญ้าแฝกเป็นประจำทุก 1-2 เดือน ไม่ควรปล่อยให้หญ้าแฝกย่างปล้องออกดอก ซึ่งจะช่วยให้หญ้าแฝกมีการแตกกอเพิ่มขึ้นทำให้แนวรั้วหญ้าแฝกสานชิดติดกันเร็วขึ้น

2.2.5.7 ความเหมาะสมของกลุ่มหญ้าแฝกต่อการปลูกในภาคต่างๆ

จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลทางด้านความเหมาะสมของกลุ่มสายพันธุ์แฝกต่อการปลูกในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย สามารถสรุปได้ดังนี้ (ที่มา:สุรพล,ลลิต และคณะ)

ภาคเหนือตอนบน

คลอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ น่าน พะเยา แพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน ตาก สายพันธุ์แฝกที่เหมาะสม ได้แก่ สายพันธุ์ศรีลังกา(ลุ่ม) และพระราชทาน(ลุ่ม)

ภาคเหนือตอนล่าง

คลอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดกำแพงเพชร นครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก เพชรบูรณ์ สุโขทัย อุตรดิตถ์ อุทัยธานีสายพันธุ์แฝกที่เหมาะสม ได้แก่สายพันธุ์ กำแพงเพชร2(ลุ่ม) พระราชทาน(ลุ่ม) นครสวรรค์ (ดอน) และกำแพงเพชร 1 (ดอน)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

คลอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น มุกดาหาร เลย สกลนคร หนองคาย หนองบัวลำภู อุดรธานีสายพันธุ์แฝกที่เหมาะสม ได้แก่ สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี(ลุ่ม) พระราชทาน(ลุ่ม) ร้อยเอ็ด (ดอน) และประจวบคีรีขันธ์ (ดอน)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

คลอบคลุมพื้นที่ในจังหวัดชัยภูมิ นครพนม นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม ยโสธร ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ สุรินทร์ อุบลราชธานี และอำนาจเจริญ สายพันธุ์แฝกที่เหมาะสม ได้แก 'สายพันธุ์สงขลา 3 (ลุ่ม) ราชบุรี (ดอน) และประจวบคีรีขันธ์ (ดอน)

ภาคกลางและภาคตะวันออก

คลอบคลุมพื้นที่ใน จังหวัดกรุงเทพฯ นครปฐม นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร กาญจนบุรีชัยนาท นครนายก ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ราชบุรี สระบุรี สมุทรสงคราม สิงห์บุรี อยุธยา อ่างทอง จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ตราด ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว สายพันธุ์แฝกที่เหมาะสม ได้แก สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี (ลุ่ม) สงขลา 3 (ลุ่ม) พระราชทาน (ลุ่ม) ราชบุรี (ดอน) และประจวบคีรีขันธ์ (ดอน)

ภาคใต้

คลอบคลุมพื้นที่ใน จังหวัดชุมพร ตรัง นครศรีธรรมราช นราธิวาส ปัตตานี ภูเก็ต ระนอง สงขลา สตูล และสุราษฎร์ธานี สายพันธุ์แฝกที่เหมาะสม ได้แก่ สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี (ลุ่ม) สงขลา 3 (ลุ่ม) และพระราชทาน (ลุ่ม) ดังนั้นกลุ่มพันธุ์แฝกที่ควรพิจารณาในการขยายพันธุ์ และส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝกในขณะนี้ ได้แก่ สายพันธุ์แฝกลุ่ม : สุราษฎร์ธานี พระราชทาน สงขลา 3 ศรีลังกา กำแพงเพชร 2 สายพันธุ์แฝกดอน : ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ นครสวรรค์ กำแพงเพชร 1 ร้อยเอ็ด

2.2.5.8 สรุปการปลูกและการดูแลรักษาหญ้าแฝก

การปลูก และการดูแลรักษาหญ้าแฝกที่ดี และถูกต้องมีข้อสรุปที่พึงปฏิบัติ 10 ประการ ดังนี้

1. เมื่อปลูกไปแล้วหากพบว่าหญ้าแฝกบางส่วนตาย ให้ทำการปลูกซ่อมโดยเร็วเมื่อสภาพดินฟ้าอากาศอำนวย คือ มีน้ำ มีฝน หรือดิน มีความชื้น

2. ควรตัดใบหญ้าแฝกที่ปลูกไปแล้วอย่างน้อย 60 วันต่อครั้งในช่วงหน้าฝน หรือเมื่อเห็นว่าหญ้าแฝกกำลังจะย่างปล้องออกดอกในหน้าแล้งให้ตัดเท่าที่มีความจำเป็น

3. การตัดใบหญ้าแฝกที่ปลูกในพื้นที่ลาดชัน ซึ่งปลูกเป็นแถวขวางความลาดชันของพื้นที่ราบหรือพื้นที่ที่มีความลาดเทน้อยแต่หลายทิศทาง ซึ่งปลูกหญ้าแฝกแบบเป็นแถวหรือปลูกเป็นรูปกลมรอบโคนต้นไม้ผล และไม้ยืนต้น ให้นำใบหญ้าแฝกที่ตัดได้ไปเกลี่ยคลุมดินระหว่างแถวหญ้าแฝกหรือนำไปคลุมโคนต้นไม้ผล และไม้ยืนต้น

4. หลังจากปลูกหญ้าแฝกไปแล้ว 3-4 ปี จะมีต้นตายแซมภายในแถวเพราะตัดหญ้าแฝกน้อยครั้งไปหรือปล่อยให้หญ้าแฝกย่างปล้องออกดอกก่อนทำการตัดแต่ง ให้ตัดหญ้าแฝกชิดดินในช่วงหน้าแล้ง เมื่อถึงหน้าฝนหญ้าแฝกจะแทงหน่องอกออกมาใหม่ตามแถว และแนวปลูกเดิมเหมือนกับปลูกใหม่

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

6. การปลูกหญ้าแฝกในดินที่เสื่อมโทรม ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ควรใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักรองก้นหลุม เมื่อหญ้าแฝกเริ่มตั้งตัวได้แล้วควรใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเร่งให้หญ้าแฝกเจริญเติบโตและแตกกอได้เร็วขึ้นและดีขึ้น โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือ 16-16-16 ในอัตรา 60 กรัม/ความยาวร่อง โรยเป็นแถวตามแนวหญ้าแฝกที่ปลูก หากเป็นที่ลาดชันให้โรยเหนือแถวหญ้าแฝก

7. การปลูกหญ้าแฝกเป็นแถว ครึ่งวงกลม หรือวงกลม ควรห่างจากหลังพืช โดยเฉพาะไม้ผลและไม้ยืนต้นไม่น้อยกว่า 1.5 - 2.0 เมตร

8. ไม่ควรปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ป่าสมบูรณ์ หรือพื้นที่เป็นไม้ผล และไม้ยืนต้นเจริญเติบโตเต็มพื้นที่แล้ว

9. หากมีวัชพืชประเภทเถาเลื้อยขึ้นพันปกคลุมหญ้าแฝกให้รีบกำจัดเพราะจะทำให้หญ้าแฝกไม่เจริญเติบโตตามปกติและจะตายไปในที่สุดเพราะขาดแสง

10. การปลูกหญ้าแฝกเพื่อการขยายพันธุ์ ควรปลูกในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ หรือต้องมีการใส่ปุ๋ย สูตร 15 – 15 – 15 หรือ 16-16-16 ในอัตรา 60 กรัม/ความยาวร่อง และควรมีการตัดแต่งใบหญ้าแฝก อย่างสม่ำเสมอ ป้องกันไม่ให้หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตทางรากมากเกินไป เพราะจะเป็นการยากในการขุด และรากหญ้าแฝกจะได้รับการกระทบกระเทือนมากเมื่อย้ายกล้าไปปลูก

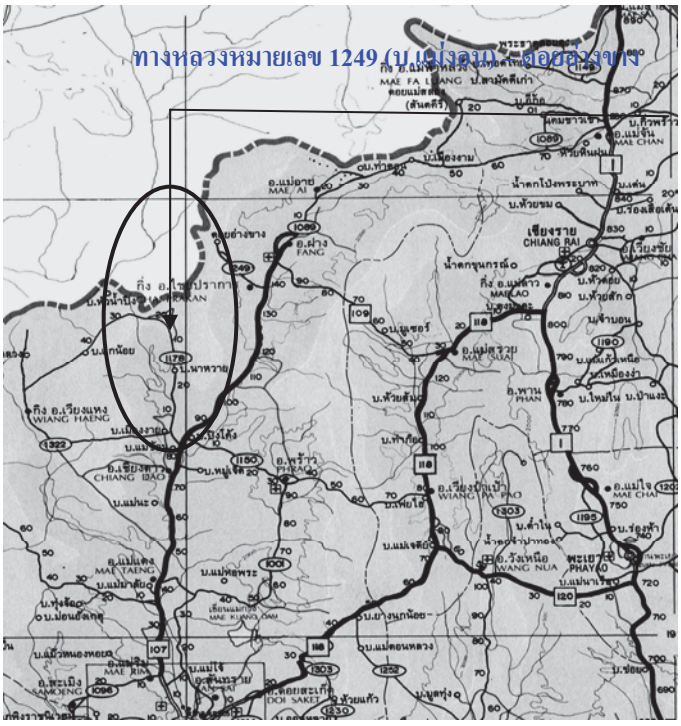
2.2.6 การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบวิธีหญ้าแฝก และการนำไปใช้ในงานทาง

ในแต่ละปีกรมทางหลวงดำเนินการปลูกหญ้าแฝกสนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ประมาณ 2.5-4 ล้านกล้า โดยการนำเทคนิควิธีการปลูกหญ้าแฝกมาใช้ในงานทางเพื่อลดหรือป้องกันผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม การป้องกันแก้ไขความเสียหายเชิงลาดจากการชะล้างพังทลายของดินในสายทางพื้นที่ภูเขา ตั้งแต่ปี 2536 เป็นต้นมา และมีโครงการกิจกรรมด้านหญ้าแฝกเป็นจำนวนมาก อาทิ เช่น โครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) เป็นแกนกลางและในการประสานงานดำเนินการมี 35 หน่วยงานร่วมเป็นคณะกรรมการฯ และมีกรมทางหลวงร่วมอยู่ด้วย โครงการนี้ได้ดำเนินการตั้งแต่ปี 2536-ปัจจุบัน ซึ่งขณะนี้อยู่ในแผนแม่บทการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกฉบับที่ 3 (ปี พ.ศ. 2546-2549) โดยมีแผนงานการส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝกประมาณปีละ 2.5-3.5 ล้านกล้า ประกอบด้วยโครงการปลูกหญ้าแฝกงานด้านบำรุงทาง กิจกรรมการปลูกหญ้าแฝกสำนักทางหลวงประกอบด้วยสำนักทางหลวงที่ 1,2,4,6,9,13,14 และ 15 โครงการปลูกหญ้าแฝกงานก่อสร้างสายทางกิจกรรมการปลูกหญ้าแฝก โครงการก่อสร้างศูนย์สร้างทางประกอบด้วยศูนย์สร้างทางสงขลา, ขอนแก่น, ลำปางและตาก นอกจากนี้ยังมีโครงการปลูกหญ้าแฝกตามมูลนิธิโครงการหลวง ซึ่งมีท่านอธิบดีกรมทางหลวงร่วมเป็นคณะทำงาน ดำเนินการปลูกหญ้าแฝก เป็นจำนวน 6 แสนกล้า และโครงการปลูกหญ้าแฝกเฉลิมพระเกียรติประจำปี 2549-2550 โดยมีแผนงานการปลูกหญ้าแฝกโดยสำนักทางหลวงและศูนย์สร้างทางในปีต่าง ๆ ดังนี้ ปี 2549 ประมาณ 2,800,000 กล้า ปี 2550 ประมาณ 4,500,000 กล้า

การปลูกหญ้าแฝกในงานทางมีความแตกต่างจากการปลูกในพื้นที่เกษตรกรรม ทั้งในความลาดชันของพื้นที่ และปริมาณแร่ธาตุอาหารที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโตของพืช ยิ่งกว่านั้นในบางพื้นที่ หญ้าแฝกไม่เจริญเติบโตหรือตายไม่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ปลูกหลังการปลูก 1-2 ปี โดยจะถูกวัชพืชที่เป็นหญ้าท้องถิ่นซึ่งเจริญเติบโตได้ดีกว่าปกคลุม ทำให้มีความจำเป็นต้องทำการดูแลรักษากำจัดวัชพืช ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีความจำเป็นต้องทำการปรับปรุงดินโดยการรองก้นหลุมปลูกด้วยปุ๋ยมูลไก่หนาประมาณ 2 เซนติเมตร (0.6 กิโลกรัม) หรือใช้ปุ๋ยคอกประมาณ 2 กิโลกรัมผสมปุ๋ยเคมี สูตร 15:15:15 หรือ 16:16:16 ประมาณ 60 กรัมต่อความยาวแถวร่องปลูก 1 เมตร กล้าแฝกที่ปลูกเป็นกล้าที่เพาะชำในถุงเพาะชำที่มีอายุประมาณ 45-60 วัน ช่วงระยะเวลาการปลูกที่เหมาะสมเป็นต้นฤดูฝน ประมาณเดือนพฤษภาคมสำหรับภาคใต้เดือนพฤศจิกายน สำหรับพื้นที่ฝั่งทะเลตะวันออก และมีนาคมสำหรับฝั่งทะเลอันดามัน รูปแบบการปลูกหญ้าแฝกปลูกระยะห่างระหว่างแถวประมาณ 1 เมตร ระยะห่างระหว่างกอในแถว 10 เซนติเมตร กรณีปลูกในพื้นที่วิกฤต ลดระยะห่างระหว่างแถวลงเป็น 0.5 เมตร ต้องมีการบำรุงรักษาหลังการปลูก 1-2 ปี หญ้าแฝกสามารถแตกกอชิดติดกันภายในเวลาประมาณ 1 ปี พืชถั่วมีความเหมาะสมที่ปลูกร่วมกับหญ้าแฝก และมีประสิทธิภาพสามารถ ปิดกั้นวัชพืชได้โดยปกคลุมพื้นที่ประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลาประมาณ 4 เดือน และ 80-90 เปอร์เซ็นต์ภายใน 1 ปี ทำให้ลดค่าใช้จ่ายความจำเป็นในการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ย รูปแบบการปลูกถั่วที่เหมาะสม คือ 10 x 10 เซนติเมตร และ 25 x 25 เซนติเมตร(ที่มา : สุรพล 2548)

2.2.6.1 การปลูกหญ้าแฝกในลาดดินถมและดินตัด

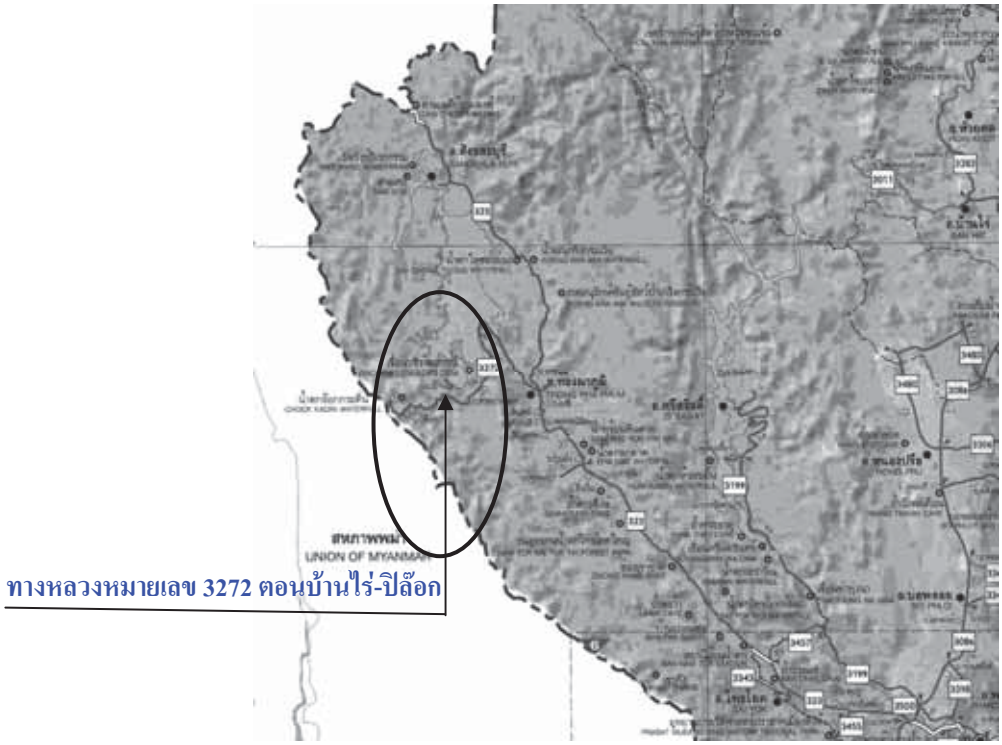
กรมทางหลวงได้ดำเนินการปลูกหญ้าแฝกในลาดดินถมเป็นส่วนใหญ่ดังจะเห็นได้จากภาพประกอบดังรูปที่ 2.18-2.19 ดำเนินการที่ทางหลวงหมายเลข 1249 ตอน แยกทางหลวงหมายเลข 107 (บ.แม่งอน) – ดอยอ่างขาง



รูปที่ 2.18แสดงแผนที่จุดที่เกิดความเสียหาย ทางหลวงหมายเลข 1249 (ที่มา : มนตรีและคณะ, 2544)

รูปที่ 2.19 รูปแสดงหญ้าแฝกและ Stepped Drain Chute(ที่มา : มนตรีและคณะ, 2544)

ถึงแม้ว่าจะประสบปัญหาอุปสรรคในการปลูกหญ้าแฝกบนลาดดินตัดในบางพื้นที่ แต่ก็ยังสามารถนำไปใช้ได้ดีดังภาพประกอบที่ 2.20-2.22 ช่วงกิโลเมตรที่ 20+200LT สาย 3272 ตอน บ้านไร่-ปิล๊อก อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี แขวงการทางกาญจนบุรี



รูปที่ 2.20 แสดงแผนที่จุดที่การปลูกหญ้าแฝกทางหลวงหมายเลข 3272 (ที่มา : สุรพล และลลิต, 2548)

ก. แสดงสภาพก่อนการบำรุงรักษา

ข. แสดงขณะทำการบำรุงรักษา และกำจัดวัชพืช

รูปที่ 2.21 แสดงการบำรุงรักษา ตัดใบ กำจัดวัชพืชบนลาดดินตัดทางหลวงหมายเลข 3272 (ที่มา : สุรพล และ ลลิต, 2548)

ก. แสดงการตรวจวัดความสูงของใบหญ้าแฝก

ข. การเก็บข้อมูลหญ้าแฝก

รูปที่ 2.22 การตรวจวัดและเก็บข้อมูลหญ้าแฝกทางหลวงหมายเลข 3272 (ที่มา : สุรพลและ ลลิต, 2548)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้จะแบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย การทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้โมเดลจำลอง การทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายในสนาม และการคำนวณหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้สมการ RUSLE (Revise Universal Soil Loss Equation โดยแต่ละส่วนจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การทดสอบหาการชะล้างพังทลายโดยใช้โมเดลจำลอง

ก่อนที่จะอธิบายให้ทราบถึงการทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้โมเดลจำลอง ใคร่ขอกล่าวถึงรูปแบบโมเดลจำลอง วัสดุที่ใช้ในการทดสอบต่าง ๆ รวมถึงอุปกรณ์ เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

โมเดลจำลอง

ลักษณะของโมเดลจำลองจะแสดงดังรูปที่ 3.1 โดยมีความกว้าง ยาว และสูง 100 200 และ 45 ซม. ตามลำดับ และสามารถปรับระดับได้ 4 ระดับ คือ 0 30 45 และ 60 องศา

รูปที่ 3.1 แสดงโมเดลจำลองที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

ดิน ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวน (Disturbed Sample) จากทางหลวงหมายเลข 1095 กม. 85+650 อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน

หญ้าแฝก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- Nuclear Density Gauge

รูปที่ 3.2 Nuclear Density Gauge

- Rain Gauge ใช้อุปกรณ์ RAIN-O-MATIC โดยมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.3

1. Funnel with grille
2. Screw for whole measurement unit
3. Print plate with on/off switch
4. Magnet
5. Bracket fitting
6. Self-emptying measuring “spoon”

7. Adjustment screw

8. Horseshoe contact

9. Screw

10. Lead

11. Base

12. Adjustment diagram

13. LCD-Counter

14. Battery compartment

15. Plastic stand

16. Lead

17. Plastic holder

รูปที่ 3.3 เครื่องมือ Rain Gauge

3.1.1 การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น และคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน

- การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น (Basic Properties) ซึ่งได้แก่

1. การทดสอบหาขนาดของเม็ดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง (Sieve Analysis)
2. Atterberg Limit ซึ่งได้แก่การหาค่า
   - พิกัดความเหลว (Liquid Limit, LL)
   - พิกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL)
   - ดัชนีพลาสติก (Plasticity Index, PI)

รูปที่ 3.4 ชุดตะแกรงร่อนขนาดต่างๆทดสอบหาขนาดของเม็ดวัสดุ

รูปที่ 3.5 เครื่องมือทดสอบ Atterberg Limit

- การทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม (Engineering Properties) ได้ทำการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction) โดยทำการทดสอบทั้งหมด 3 ชุด เพื่อหาค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด และค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม ซึ่งแบบที่ใช้ในการทดสอบจะใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 นิ้ว มีเครื่องมือการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.6

2. การทดสอบเพื่อหาค่า CBR (รูปที่ 3.7) เพื่อหาความสามารถในการรับน้ำหนักของตัวอย่างดินบดอัด โดยค่าที่ได้จะเป็นค่าเปรียบเทียบกำลังของดินบดอัด กับค่าหน่วยแรงมาตรฐานที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างหินคลุก ที่กำหนดโดย California Division of Highways ซึ่งแบบที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 6 นิ้ว สูง 7 นิ้ว เมื่อใช้แผ่นเหล็กรอง (Spacer Disc) สูง 2.416 นิ้ว วางรองขณะบดอัดตัวอย่าง จะทำให้ตัวอย่างดินที่บดอัดแล้วมีความสูง 4.584 นิ้ว เท่ากับความสูงแบบบดอัดดิน ซึ่งทำให้สามารถเปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่บดอัดกับการทดลองการบดอัดได้ (วิธีการบดอัดใช้แบบสูงกว่ามาตรฐานเหมือนการทดสอบการบดอัด)

3. การทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง (Direct Shear Test) เพื่อหาค่าคงตัวของแรงเฉือน มีเครื่องมือทดสอบจะแสดงในรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.6 เครื่องมือการทดสอบการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test)

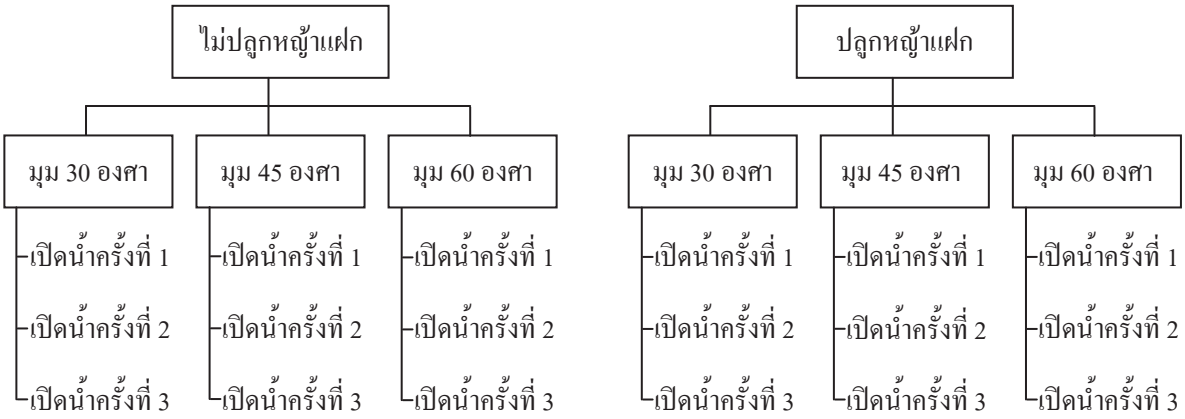
รูปที่ 3.7 เครื่องมือการทดสอบหาค่า CBR

รูปที่ 3.8 เครื่องมือการทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง (Direct Shear Test)

3.1.2 การทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้โมเดลจำลอง

ในการทดสอบจะทำการทดสอบเปรียบเทียบการชะล้างพังทลายของดินที่มีการปลูกหญ้าแฝก และไม่มีการปลูกหญ้าแฝก ที่มุมลาดเอียง 30 45 และ 60 องศา แต่ละองศาความลาดเอียงจะทำ

การทดสอบ 2 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างจะทำการเปิดน้ำ 3 ครั้ง เพื่อเป็นการจำลองปริมาณน้ำฝนที่ตกตลอดทั้งปี โดยมีแผนผังการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผนผังการทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้โมเดลจำลอง

รูปที่ 3.10 โมเดลจำลองการชะล้างพังทลายของดินที่มีการปลูกหญ้าแฝก และไม่มีการปลูกหญ้าแฝก

โดยการทดลองจะมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

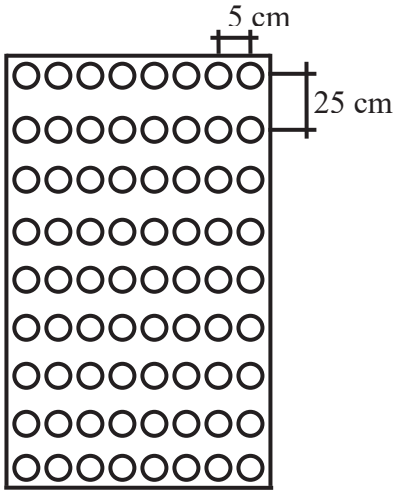
ขั้นตอนที่ 1 นำดินใส่ในโมเดลจำลอง โดยดินที่นำมาใส่เป็นดินจาก จ.แม่ฮ่องสอน ในบริเวณที่ทำ Test Section เพื่อให้สภาพดินเหมือนในสภาพมากที่สุด ก่อนที่จะนำดินใส่ให้นำดินที่ได้มาทำการผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันเสียก่อน จากนั้นนำดินมาใส่ในกระบะโมเดลจำลองที่ละชั้น ชั้นละ 15 ซม. ทำการพรมน้ำแล้วทำการบดอัดที่ความแน่นประมาณ 60% ของความหนาแน่นแห้งสูงสุด จากนั้นทำการวัดความหนาแน่นของดินด้วยเครื่อง Nuclear Density Gauge

รูปที่ 3.11 การเตรียมดินใส่ลงในโมเดลจำลอง

รูปที่ 3.12 การตรวจสอบความหนาแน่นโดยใช้เครื่องมือ Nuclear Density

ขั้นตอนที่ 2 (ถ้ากระบะที่ไม่มีการปลูกหญ้าแฝกให้ไปเริ่มขั้นตอนที่ 3 เลย) ทำการปลูกหญ้าแฝกโดยปลูกให้มีระยะห่างระหว่างแถว 25 ซม. โดยมีทั้งหมด 9 แถว และในแถวเดียวกันให้เว้นระยะห่างระหว่างต้น 5 ซม. ทำการขุดปลูกและกลบดินที่บริเวณโคนต้นให้แน่น ปลูกไว้เป็นเวลา 3 เดือน โดยต้องดูแลหญ้าแฝกโดยการใส่ปุ๋ยทุกเดือนและทำการกำจัดวัชพืชออก เพื่อไม่ให้แย่งสารอาหารของหญ้าแฝก

รูปที่ 3.13 การปลูกหญ้าแฝก



รูปที่ 3.14 รูปแบบแปลนการปลูกหญ้าแฝก

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อทำการปลูกหญ้าแฝกครบอายุ 3 เดือนแล้ว (กระบะที่ไม่ได้ปลูกหญ้าแฝกให้เริ่มทำที่ขั้นตอนนี้เหมือนกัน โดยที่ไม่ต้องรอระยะเวลา 3 เดือน) จากนั้นทำการปรับระดับองศาความชันของโมเดลที่จะทำการทดลองเมื่อปรับจนได้ระดับแล้วให้ทำการล็อคให้แน่น แล้วทำการติดตั้ง Rain Gauge ในบริเวณกึ่งกลางของกระบะทดลอง

รูปที่ 3.15 ปรับระดับโมเดล และทำการติดตั้ง Rain Gauge

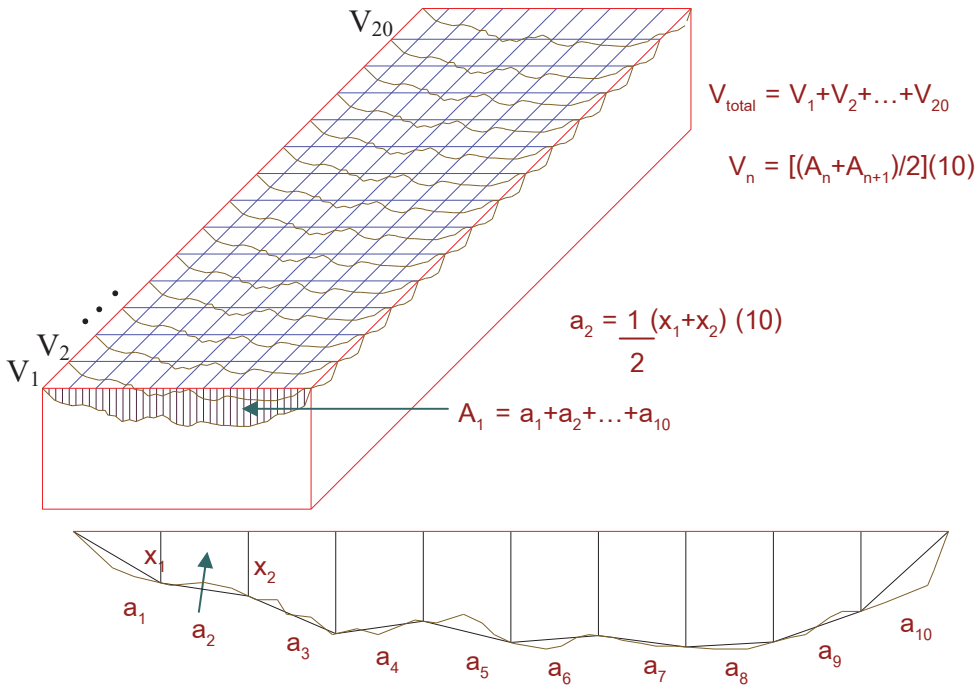
ขั้นตอนที่ 4 ทำการเปิดน้ำเป็นเวลา 30 นาที ก่อนเปิดน้ำให้ทำการปรับฝักบัวจำลองสภาพการเกิดฝน ให้ตรงกับกระบะทดลอง แล้วทำการเปิดน้ำโดยต้องควบคุมแรงดันของน้ำให้สม่ำเสมอตลอดการทดลองและเท่ากันตลอดทุกครั้งการทดลองด้วย ให้ถ่ายภาพก่อนการเปิดน้ำ,หลังการเปิดน้ำและในระห่างที่ทำการเปิดน้ำด้วยโดยที่ถ่ายภาพการพังทลายของดินที่เกิดขึ้นทุกครั้งด้วย

รูปที่ 3.16 ทำการเปิดน้ำเป็นเวลา 30 นาที

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจวัดปริมาตรดินที่ถูกชะล้าง นำโมเดลจำลองลงมาสู่แนวราบ ทำการวัดโดยแบ่งกระบะโมเดลจำลองออกเป็นตารางกริด ระยะห่างกันทั้งแนวราบและแนวดิ่ง 10 ซม. โดยใช้เส้นเอ็นและตลับเมตรทำการขึงที่ขอบกระบะใช้ไม้บรรทัดวัดระดับ ให้วัดจากผิวหน้าดินที่ถูกการชะล้างไปจนถึงระดับเส้นเอ็นที่ขอบกระบะ วัดทุกช่วงนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยและคำนวณผลการชะล้างต่างๆที่เกิดขึ้น

รูปที่ 3.17 ตรวจวัดปริมาตรดินที่ถูกชะล้าง

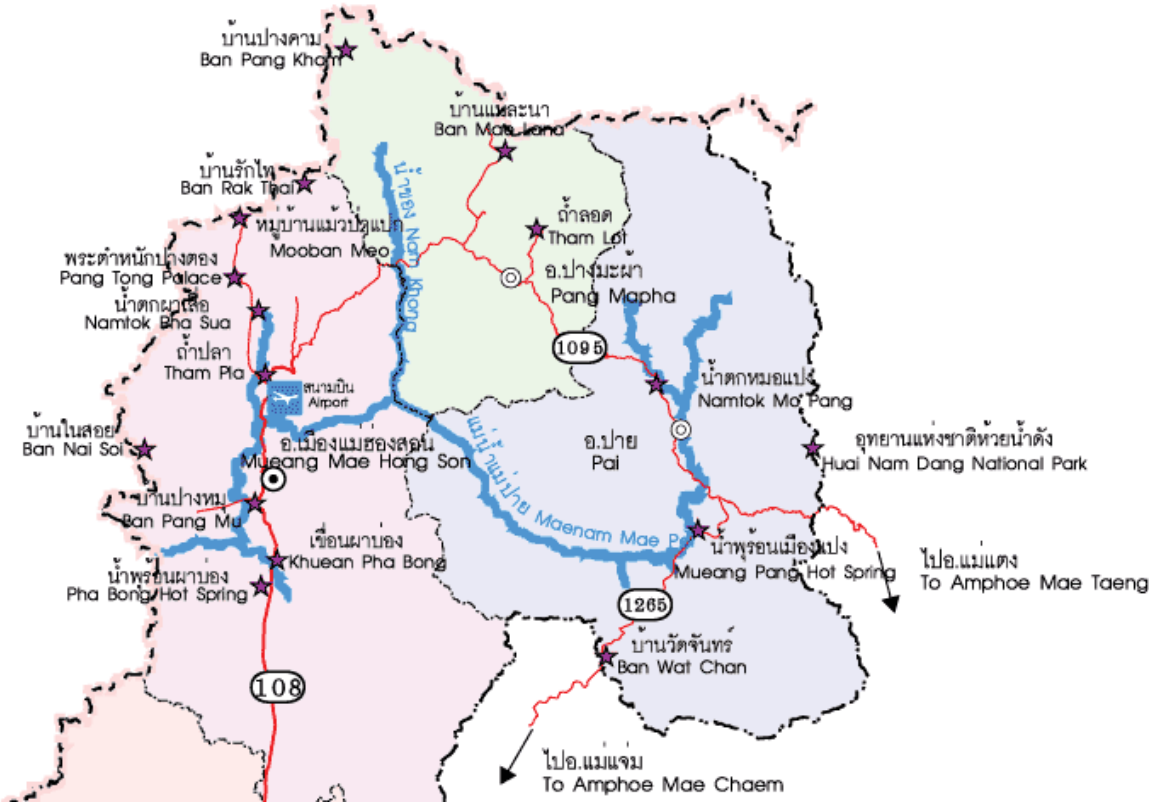
ขั้นตอนที่ 6 เปิดน้ำต่อจากการทดลองครั้งแรกเพื่อดูการชะล้างต่อจากครั้งที่ 1 ทำการทดลองเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 4 และ 5 จนครบ 3 ครั้ง และครบทุกการทดลอง



รูปที่ 3.18 สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการชะล้างพังทลาย

3.2 การทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายในสนาม

ในการทดสอบในสนามจะทำการปลูกหญ้าแฝกบนเชิงลาดจริงที่ทางหลวงหมายเลข 1095 กม. 85+650 อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน ดังแสดงในรูปที่ 3.19 ลักษณะการทดสอบในสนามจะคล้ายคลึงกับการทดสอบจากโมเดลจำลอง แต่จะแตกต่างกันที่อุปกรณ์จำลองน้ำฝนในสนามจะติดตั้งเข้ากับรถน้ำ และความลาดเอียงที่ใช้ในการทดสอบจะใช้ความลาดเอียงตามธรรมชาติจากการวัดจะมีมุมลาดเอียงประมาณ 45 องศาวิธีการทดสอบจะทำการเปรียบเทียบระหว่างแปลงทดลองเชิงลาดที่มีการปลูกหญ้าแฝก กับ แปลงทดลองเชิงลาดที่ไม่มีหญ้าแฝก โดยจำนวนแปลงทดลองที่มีการปลูกหญ้าแฝกมี 3 แปลง และ แปลงทดลองที่ไม่มีการปลูกหญ้าแฝกมี 3 แปลง ค่าที่ทำการวัดเปรียบเทียบได้แก่ ความหนาแน่น (Density) ความชื้นในดิน (Moisture Content) และ ปริมาณการกัดเซาะ (Surface Erosion) การทดสอบทำโดยปล่อยน้ำทั้งหมด 3 รอบๆ ละ 30 นาที โดยทำการวัดปริมาณการกัดเซาะหลังจากทำการปล่อยน้ำทุกรอบ



รูปที่ 3.19 จุดที่การทดลอบการชะล้างพังทลายจากการปลูกหญ้าแฝกในสนาม
(ทางหลวงหมายเลข 1095 กม. 85+650 อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน)

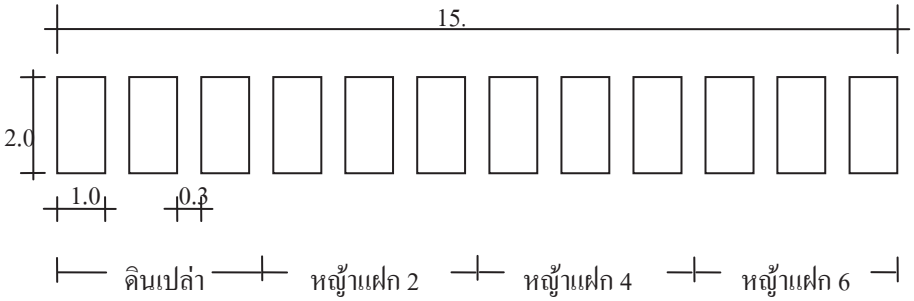
วิธีการทดลองในสนามครั้งนี้แบ่งเป็นสองส่วนคือ พื้นที่แปลงหญ้าแฝกในสนาม และการปล่อยน้ำฝนจำลอง

ในส่วนแรกพื้นที่แปลงทดลองหญ้าแฝก การเตรียมพื้นที่จากการตรวจวัดด้วยเทปอย่างคร่าว ๆ พื้นที่ที่จะทำการทดลองมีค่ามุมลาดเอียงประมาณ 45 องศา และมีระยะพื้นที่ใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 10 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.20 และ 3.21

รูปที่ 3.20 แสดงการวัดระยะพื้นที่ใช้งานในการทดลองในสนาม

รูปที่ 3.21 แสดงวิธีการวัดมุมลาดเอียงของพื้นที่ที่จะทำการทดลองอย่างคร่าว ๆ

ในส่วนของการทดลองนั้นจะทำการเตรียมแปลงหญ้าแฝกทั้งหมด 12 แปลง โดยแบ่งเป็น แปลงดินเปล่า แปลงหญ้าแฝกอายุ 2 เดือน แปลงหญ้าแฝกอายุ 4 เดือน และแปลงหญ้าแฝกอายุ 6 เดือน แปลงแต่ละประเภทข้างต้นจะทำอย่างละ 3 แปลง ดังรูปที่ 3.22 และ 3.23

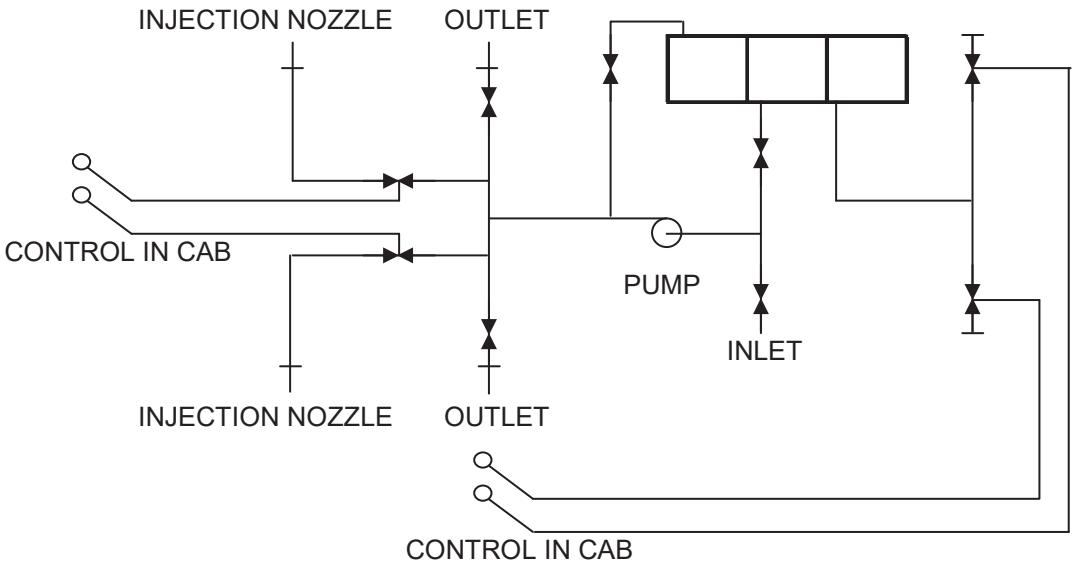


หมายเหตุ มิติเป็นเมตร

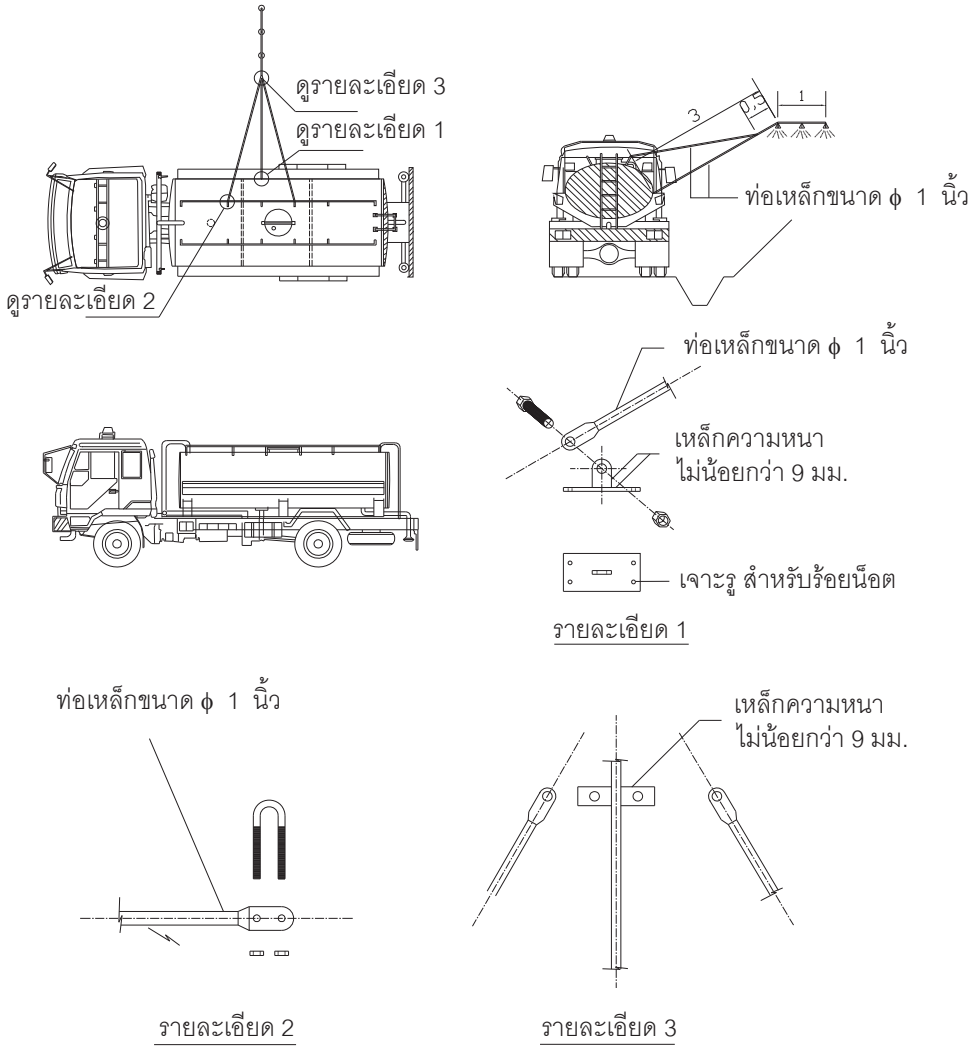
รูปที่ 3.22 แสดงการวางตำแหน่งแปลงหญ้าแฝกในการทดลองในสนาม

รูปที่ 3.23 การปลูกหญ้าแฝกในสนาม

ในส่วนที่สองการปล่อยน้ำฝนจำลองจะใช้รถบรรทุกน้ำในการทดลอง เพื่อที่จะทำให้ใกล้เคียงกับการทดลองในโมเดลจำลองนั้น จะทำการติดตั้งเฟรมเข้ากับตัวรถ เพื่อเป็นโครงสำหรับยึดฝักบัวที่จะทำหน้าที่ในการปล่อยน้ำให้ใกล้เคียงกับน้ำฝน และจะทำการต่อท่อน้ำจากตัวรถเข้ากับท่อน้ำที่ผ่านไปยังฝักบัว โดยจะทำการติดตั้งมาตรวัดแรงดันน้ำเพื่อใช้ในการควบคุมแรงดันให้ใกล้เคียงกับการทดลองในโมเดลจำลอง แบบและรายละเอียดตามแบบการติดตั้งเครื่องมือสำหรับการทดสอบ การชะล้างพังทลายของเชิงลาดเนื่องจาก น้ำฝนในสนาม ดังรูปที่ 3.24 ถึง 3.26



รูปที่ 3.24 แสดงแผนผังของระบบน้ำของรถบรรทุกน้ำ



รูปที่ 3.25 แสดงรายละเอียดต่างๆ ของรถบรรทุกน้ำ

รูปที่ 3.26 รถบรรทุกน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์จำลองน้ำฝน

3.3 การคำนวณหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้สมการ RUSLE

โมเดล RUSLE

RUSLE คือกลุ่มของสมการทางคณิตศาสตร์ซึ่งใช้ประมาณค่าเฉลี่ยของปริมาณการชะล้างของดินรายปี และการตกตะกอน ที่เป็นผลมาจากการกัดเซาะ สมการนี้หามาจากทฤษฎีของกระบวนการกัดเซาะ มากกว่า 10000 plot-years ของข้อมูลจากปริมาณน้ำฝนตามธรรมชาติในแต่ละปี และ Numerous rainfall-simulation plots RUSLE เป็นสมการที่ได้ยอมรับว่าทำการตรวจสอบและตรวจเอกสารเป็นอย่างดี RUSLE ได้พัฒนาโดยกลุ่มของนักวิทยาศาสตร์และนักอนุรักษ์ธรณีวิทยาซึ่งมีประสบการณ์ทางด้านกระบวนการกัดเซาะ (Soil and Water Conservation Society, 1993)

RUSLE ยังคงไว้ซึ่งโครงสร้างของสมการดั้งเดิม Universal Soil Loss Equation (USLE, Wischmeier and Smith, 1978)

$$A = R\,K\,LS\,C\,P$$

โดยที่ A = ค่าเฉลี่ยของปริมาณการกัดเซาะของดินรายปี หน่วย ตันต่อเอเคอร์ต่อปี

R = ความสามารถในการกัดเซาะของน้ำฝน และน้ำผิวดิน

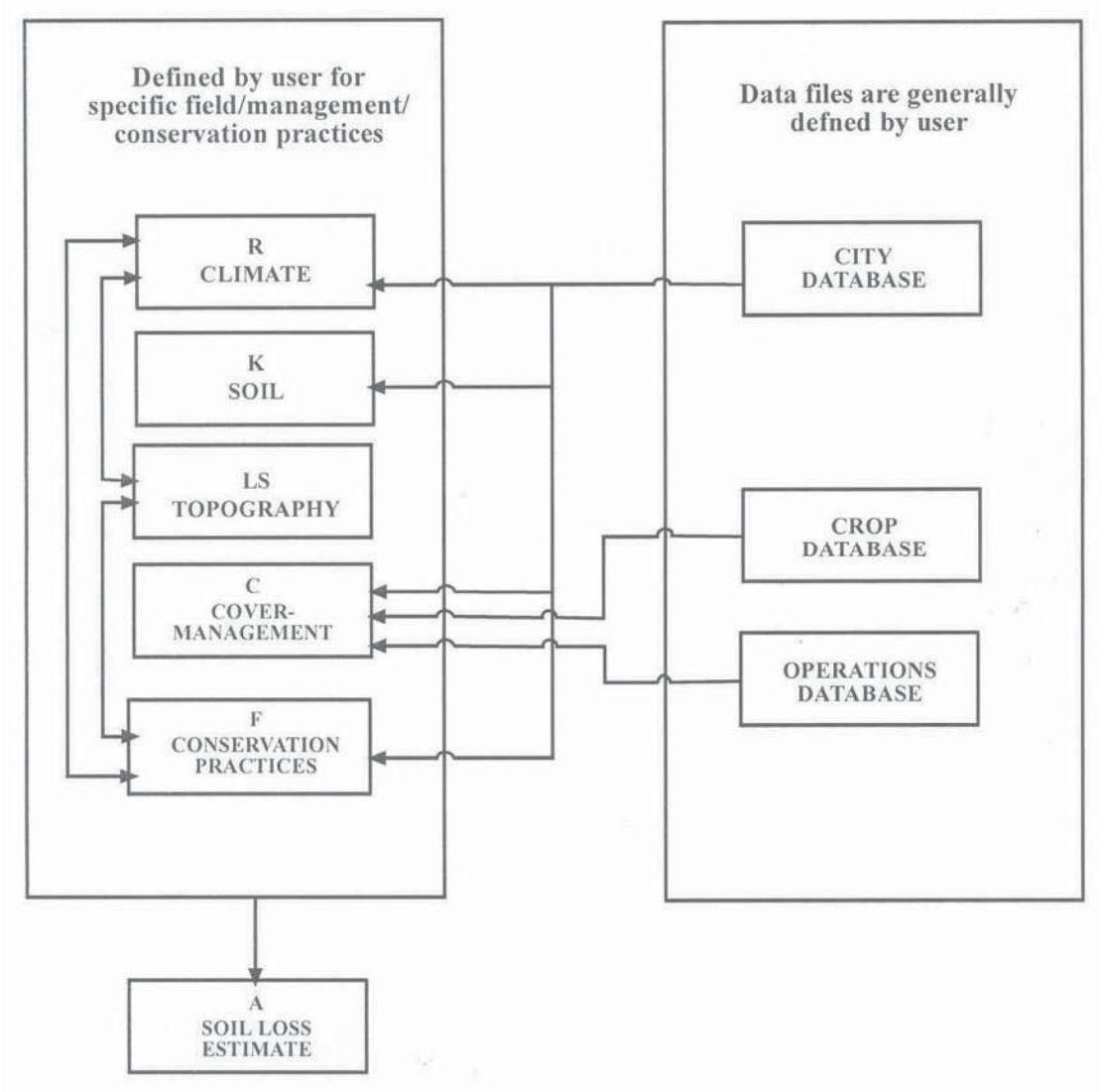
K = ความทนทานต่อการกัดเซาะของดิน

LS = ความยาวของลาดเชิงเขา และความชัน

C = การจัดการสิ่งปกคลุมดิน

P = การกระทำต่าง ๆ เพิ่มเติม

ค่า R แสดงถึงความสามารถในการกัดเซาะของน้ำฝน และน้ำผิวดินในแต่ละพื้นที่ ค่า R จะเพิ่มเมื่อปริมาณ และความหนาแน่นของน้ำฝนเพิ่มขึ้น เพื่อความสะดวกของผู้ใช้ ฐานข้อมูลค่า R ของแต่ละเมืองจะเก็บไว้ในตัวโปรแกรม โปรแกรมพื้นฐานจะประกอบด้วยไฟล์สำหรับเมืองใหญ่ต่าง ๆ ทั่วทั้งประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ไฟล์พื้นที่เฉพาะอื่น ๆ จะหาได้จากสถานที่ทำการของกระทรวงเกษตร USDA ศูนย์อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ NRCS และศูนย์อนุรักษ์ดิน SCS แต่ละรัฐของสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 3.27 แสดงระบบการทำงานโดยทั่วไปของโปรแกรม RUSLE

ค่า K แสดงถึงความทนทานต่อการกัดกร่อนภายในของดิน หรือวัสดุหน้าดินในแต่ละพื้นที่ภายใต้สภาพการทดสอบมาตรฐาน ค่า K ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของเม็ดดิน ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน โครงสร้าง และความสามารถในการซึมผ่านของดิน หรือวัสดุหน้าดิน สำหรับดินที่ไม่ถูกรบกวน ค่า K จะหาได้จากข้อมูลที่หน่วยงาน NRCS ได้หาเอาไว้ ส่วนดินที่ถูกรบกวนสมการที่เก็บ

ไว้ในตัวโปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าความทนทานต่อการกัดกร่อนที่เหมาะสมให้ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางค่า K สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการชะล้างพังทลาย

Depositional Unit Family Textural Class and Representative Series	Horizon[1]	Texture[2]	Class	Construction Site K Values
1. Glacial Till (cont'd)				
Coosawattee	A	sil	High	
	B1	sicl	High	.43
	C	gsil	Medium	
Nunda	Ap	ch sil	High	
	B2	ch sil	High	
	IIB2t	gcl	Medium	.49
	IIC	gl	Medium	
FINE	A	sil	Medium	
Honeoye	B	sic	High	
	C	sh sic	Medium	.43
	R		Shale bedrock 20—40" below surface	
Ransom	A	sicl	High	
	B1	c	Medium	.43
	C	c	High	
Churchville	A	sil	High	
	B1	sic	Medium	.49
	IIC	gl	Medium	
COARSE LOAMY, NO PAN				
Chenango	A	fsl	Low	
	B	fsl	High	.43
	C	gfsl	Medium	
Nellis	A	l	Medium	
	B	l	High	.43
	C	gl	Medium	
Pittsfield	A	l	Medium	
	B	gfsl	Low	.43
	C	gfsl	High	
COARSE LOAMY, SAND or SANDY SKELETAL	A	fsl	Medium	
Canton	B	fsl	Very High	.64
	IIC	vgfs	Low	
COARSE SILTY w/PAN	A	sil	High	
Canaseraga	B	sil	Very High	.49
	IIBx & C	ch	High	

ค่า LS แสดงถึงผลกระทบจากสภาพภูมิประเทศ ความยาวของลาดเชิงเขา และความลาดชันต่ออัตราปริมาณการกัดเซาะในแต่ละพื้นที่ ค่า LS จะเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวของลาดเชิงเขา และความลาดชันเพิ่มขึ้น ภายใต้สมมุติฐานว่าปริมาณน้ำผิวดินสะสม และความเร่งในทิศทางไหลลงจากเนินเขา สมมุติฐานนี้ปกติจะใช้ได้สำหรับพื้นที่ที่เกิด overland flow แต่อาจจะไม่ถูกต้องสำหรับพื้นที่ที่เป็นป่า และพื้นที่ที่มีหญ้าขึ้นหนาแน่น ในการหาค่า LS จะสามารถหาได้จากตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางค่า LS สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการชะล้างพังทลาย

Values for topographic factor, LS, for high ratio of rill to interrill erosion.[1]

Slope [%]	Horizontal slope length (ft)																
	<3	6	9	12	15	25	50	75	100	150	200	250	300	400	500	800	1000
0.2	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
0.5	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13
1.0	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.24	0.26	0.27
2.0	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15	0.21	0.25	0.28	0.33	0.37	0.40	0.43	0.48	0.55	0.63	0.69
3.0	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.21	0.30	0.36	0.41	0.48	0.57	0.64	0.69	0.80	0.99	1.16	1.23
4.0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.26	0.38	0.47	0.55	0.69	0.79	0.86	0.96	1.14	1.42	1.68	1.86
5.0	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.31	0.46	0.58	0.68	0.86	1.02	1.16	1.28	1.51	1.91	2.15	2.56
6.0	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.36	0.54	0.69	0.82	1.05	1.25	1.43	1.58	1.90	2.43	2.89	3.30
8.0	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.45	0.70	0.91	1.10	1.43	1.72	1.99	2.24	2.70	3.52	4.34	4.91
10.0	0.35	0.37	0.38	0.38	0.40	0.57	0.91	1.20	1.46	1.92	2.34	2.72	3.09	3.76	4.88	6.03	7.02
12.0	0.35	0.41	0.48	0.47	0.48	0.71	1.15	1.54	1.88	2.51	3.07	3.60	4.09	5.01	6.67	8.17	9.57
14.0	0.35	0.45	0.51	0.56	0.58	0.85	1.40	1.87	2.31	3.09	3.81	4.46	5.11	6.36	8.48	10.49	12.23
16.0	0.39	0.49	0.56	0.62	0.67	0.98	1.64	2.21	2.73	3.68	4.55	5.37	6.18	7.68	10.26	12.69	14.86
20.0	0.41	0.55	0.67	0.78	0.84	1.24	2.10	2.86	3.57	4.88	6.04	7.16	8.23	10.24	13.64	17.35	20.67
25.0	0.45	0.64	0.80	0.93	1.04	1.56	2.67	3.67	4.59	6.30	7.88	9.38	10.81	13.53	18.57	23.24	27.88
30.0	0.48	0.72	0.91	1.08	1.24	1.88	3.23	4.44	5.58	7.70	9.67	11.55	13.35	16.77	23.14	29.67	34.71
40.0	0.53	0.85	1.13	1.37	1.58	2.41	4.24	5.89	7.44	10.36	13.07	15.67	18.17	22.95	31.89	40.29	48.29
50.0	0.58	0.97	1.31	1.62	1.91	2.91	5.16	7.20	9.13	12.75	16.16	19.42	22.57	28.59	39.85	50.63	60.84
60.0	0.63	1.07	1.47	1.84	2.19	3.36	5.97	8.37	10.63	14.89	18.92	22.79	26.51	33.67	47.16	59.53	72.18

[1]Such as for freshly prepared construction and other highly disturbed soil conditions with little or no cover (not applicable to thawing soil)

ค่า C แสดงถึงผลของวัสดุคลุมผิวหน้าดิน และความหยาบ พรรณพืชต่าง ๆ ที่อยู่บนดิน และขนาดของการถูกรบกวนของดินที่มีผลต่ออัตราการกัดเซาะของดินในแต่ละพื้นที่ ค่า C จะลดลงเมื่อวัสดุคลุมผิวหน้าดิน และพรรณพืชต่าง ๆ ที่อยู่บนดินเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยในการป้องกันดินจากน้ำฝน และน้ำผิวดิน สภาพทางชีววิทยาที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรม RUSLE สำหรับผู้ใช้แต่ละคนอาจจะไม่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามค่าที่สำคัญปกติจะสามารถได้จากคำแนะนำของที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญที่สถานที่ทำการของ NRCS ในแต่ละพื้นที่ โปรแกรม RUSLE จะใช้วิธี sub-factor เพื่อคำนวณค่า C sub-factors จะมีอิทธิพลกับค่า C เปลี่ยนแปลงตามเวลา ผลลัพธ์ในการเปลี่ยนในการป้องกันดิน เพื่อความสะดวกของผู้ใช้ไฟล์ฐานข้อมูลของพืชพรรณจะอยู่ในตัวโปรแกรมซึ่งจะแยกชนิดหลัก ๆ ของพืชพรรณต่าง ๆ เอาไว้ ในบางกรณีพืชที่ใช้ในการฟื้นฟูสภาพดินอาจจะมีอยู่ในไฟล์นี้ด้วย หรือในกรณีอื่น ๆ อาจจะสามารถกรอกข้อมูลตามความเหมาะสมโดยตัวผู้ใช้เอง

RUSLE ปกติแล้วจะประกอบด้วย ไฟล์ฐานข้อมูลการจัดการ ซึ่งจะจำแนกลักษณะของกิจกรรมต่าง ๆ ของดินที่ได้รับการรบกวนที่มีผลต่ออัตราการกัดเซาะของดิน การจัดการนี้ขึ้นอยู่กับความหยาบ ความสามารถในการแทรกซึม การกระจายตัวของพืช และคุณสมบัติการไหลของน้ำฝนที่ผิวหน้า การจัดจากปกติจะเป็นการปลูกโดยทั่วไปซึ่งอาจใช้ในการพัฒนาของเมล็ดพืชในพื้นที่ที่ได้รับการฟื้นฟูสภาพ ไฟล์จะประกอบด้วยกิจกรรมเฉพาะในการควบคุมการกัดเซาะ และการรบกวน-การฟื้นฟูสภาพพื้นที่ ประสิทธิภาพของการจัดการพืชคลุมดิน sub-factors จะแปรเปลี่ยนตามสภาพในแต่ละพื้นที่ การใช้ค่า C จะเลือกใช้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่า C สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการชะล้างพังทลาย

			Percentage of surface covered by residue in contact with the soil					
	Percent Cover[1]	Plant Type	0%	20	40	60	80	95+
C factor for grass, grasslike plants, or decaying compacted plant litter	0	Grass	0.45	0.20	0.10	0.042	0.013	0.0003
C factor for broadleaf herbaceous plants (including most weeds with little lateral root networks), or un-decayed residues	0	Weeds	0.45	0.24	0.15	0.091	0.043	0.011
Tall weeds or short brush with average drop height[2] of=20 inches	25	Grass	0.36	0.17	0.09	0.038	0.013	0.003
		Weeds	0.36	0.20	0.13	0.083	0.041	0.011
	50	Grass	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
		Weeds	0.26	0.16	0.11	0.076	0.039	0.011
	75	Grass	0.17	0.12	0.09	0.068	0.038	0.011
		Weeds	0.17	0.12	0.09	0.068	0.038	0.011
Mechanically prepared sites, with no live vegetation and no topsoil, and no litter mixed in.	0	None	0.94	0.44	0.30	0.20	0.10	Not given

[1] Percent cover is the portion of the total area surface that would be hidden from view by canopy if looking straight downward.
[2] Drop height is the average fall height of water drops falling from the canopy to the ground.

ดังนั้นผู้ใช้ต้องระมัดระวังในการคำนวณค่า C โดยใช้สมการ RUSLE มากกว่าการเลือกค่าจะตารางทั่วไป

ค่า P แสดงถึงผลกระทบของการกระทำต่าง ๆ เพิ่มเติม เช่น การทำโครงข่าย buffer strips of close-growing vegetation และ การทำขั้นบันไดบนดินในแต่ละพื้นที่ ค่า P จะลดลงเมื่อได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ข้างต้น เพราะมันจะลดปริมาตรน้ำผิวดิน และความเร็ว และการตกตะกอนทับถมบนผิวลาดเชิงเขา ประสิทธิภาพของการควบคุมการกัดเซาะจะแปรเปลี่ยนไปตามแต่ละสภาพของพื้นที่ ยกตัวอย่างเช่นการทำโครงข่ายจะมีประสิทธิภาพมากในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสูง สำหรับค่า P ที่ใช้ในการคำนวณจะแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ค่า P สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการชะล้างพังทลาย

Surface Condition		P Factor
Bare Soil Loose		1.0
Freshly disked or rough irregular surface		0.9
Compact smooth by equipment up and down hill		1.3
Compact smooth by equipment across slope		1.2
Contoured Furrows:		
Slope (%)	**Maximum Downslope Length (ft)**	**P Factor**
1-2	350	0.6
3-5	250	0.5
6-8	200	0.5
9-12	125	0.6
13-16	75	0.7
17-20	60	0.8
>20	50	0.8

Source: USDA-NRCS; HDI, 1987; Wischmeier and Smith, 1978

ดังนั้นผู้ใช้ต้องระมัดระวังในการคำนวณค่า P โดยใช้สมการ RUSLE มากกว่าการเลือกค่าจะตารางทั่วไป

จากรูปที่ 3.21 ปัจจัยในโปรแกรม RUSLE จะมีความสัมพันธ์กันมากภายในตัวโปรแกรม ยกตัวอย่างเช่น ลักษณะภูมิอากาศของในแต่ละพื้นที่จะเก็บไว้ในไฟล์ฐานข้อมูลของแต่ละเมือง ส่วนของไฟล์จะใช้ในการคำนวณความสามารถในการทนการกัดกร่อน (K) cover management (C) และ support practices (P)

ผู้ใช้ต้องฝึกใช้ให้มั่นใจว่าข้อมูลทุกอย่างที่ใส่เข้าไปในโปรแกรมจะถูกต้องเพราะว่า ค่าต่าง ๆ จะมีผลต่อส่วนต่าง ๆ ในอีกหลายส่วนของการประมาณค่าปริมาณการกัดเซาะของดิน

RUSLE เป็นเครื่องมือในการประมาณอัตราของปริมาณการกัดเซาะโดยใช้พื้นฐานของสภาพสิ่งแวดล้อมของในแต่ละพื้นที่ และเป็นแนวทางในการเลือก และออกแบบการตกตะกอน และระบบควบคุมการกัดเซาะสำหรับในแต่ละพื้นที่ RUSLE จะไม่คำนวณเมื่อปริมาณการกัดเซาะมากเกินในพื้นที่ หรือเมือระบบควบคุมการกัดเซาะเสียหาย ผู้ใช้โปรแกรม RUSLE ต้องทำการตัดสินใจบนพื้นฐานของหลักการสำคัญ จากการประมาณปริมาณการกัดเซาะ และปริมาณการทับถมซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญ

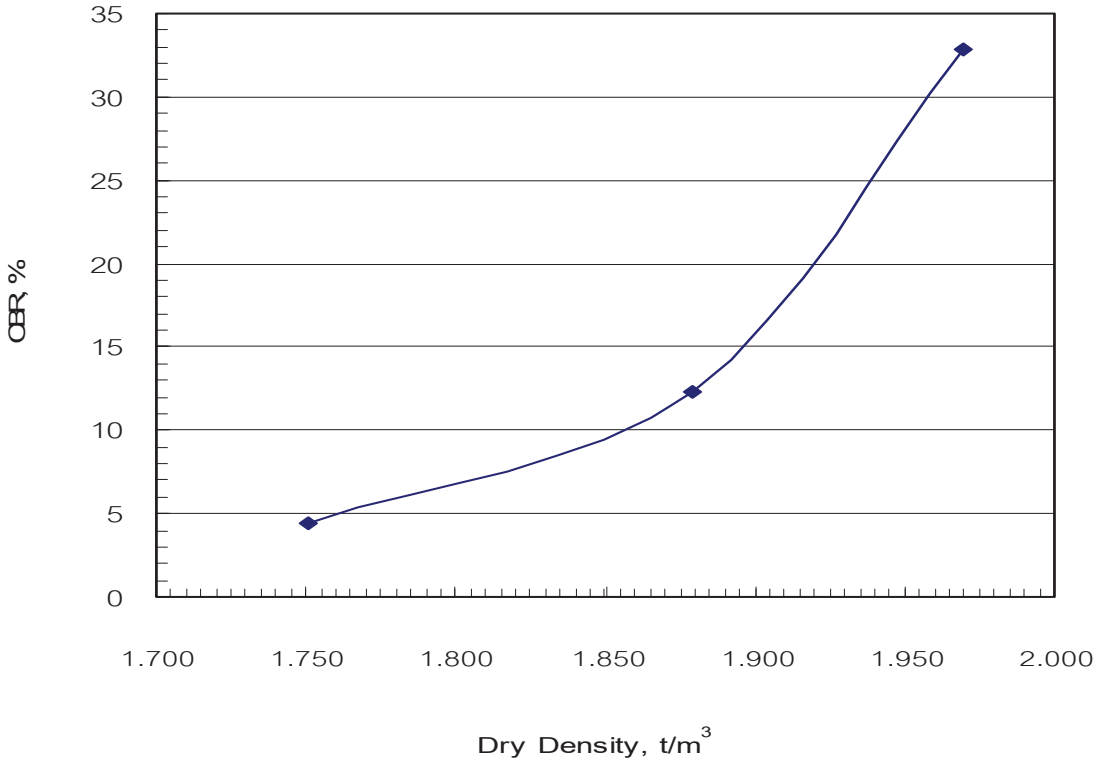
บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น และคุณสมบัติทางวิศวกรรม

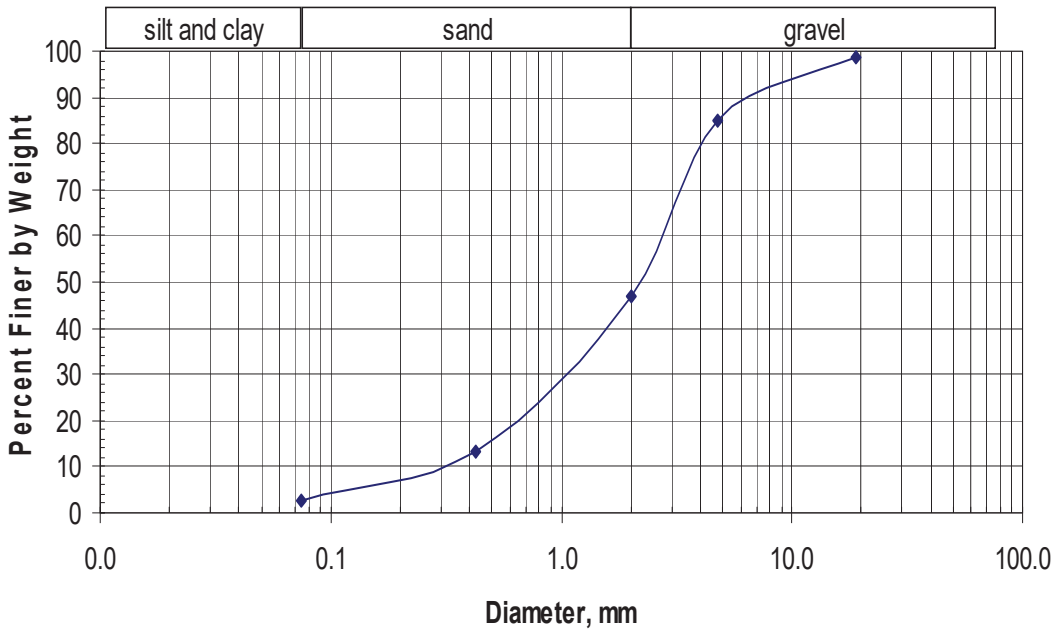
ดินที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างแบบรบกวน (Disturbed Sample) จากทางหลวงหมายเลข 1095 กม. 85+650 อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน จากการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น และคุณสมบัติทางวิศวกรรมได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 และกราฟแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นทางวิศวกรรม ในรูปที่ 4.1 ถึง 4.4

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการศึกษา

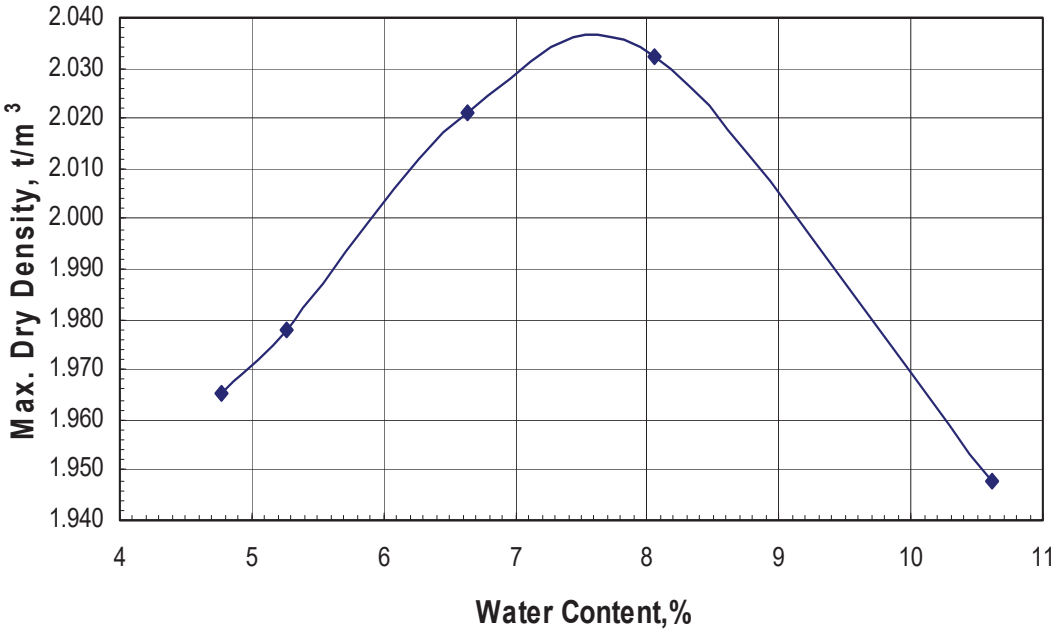
คุณสมบัติ	ผลการทดสอบ
Basic Properties	
Natural Water Content (%)	4.83
Atterberg Limits	
Liquid Limit, LL (%)	32.60
Plastic Limit, PL (%)	27.27
Plasticity Index, PI (%)	5.33
Sieve Analysis	
% Finer No. 4	85.07
% Finer No. 10	46.99
% Finer No. 40	13.09
% Finer No. 200	2.53
Soil Classification	SW (Sand well graded)
Engineering Properties	
Modified Compaction	
Max. Dry Density (t/m^3)	2.036
Optimum Moisture Content (%)	7.6
CBR (%)	22
Direct Shear	
Angle of internal friction (degree)	48
Cohesion (t/m^2)	0.52



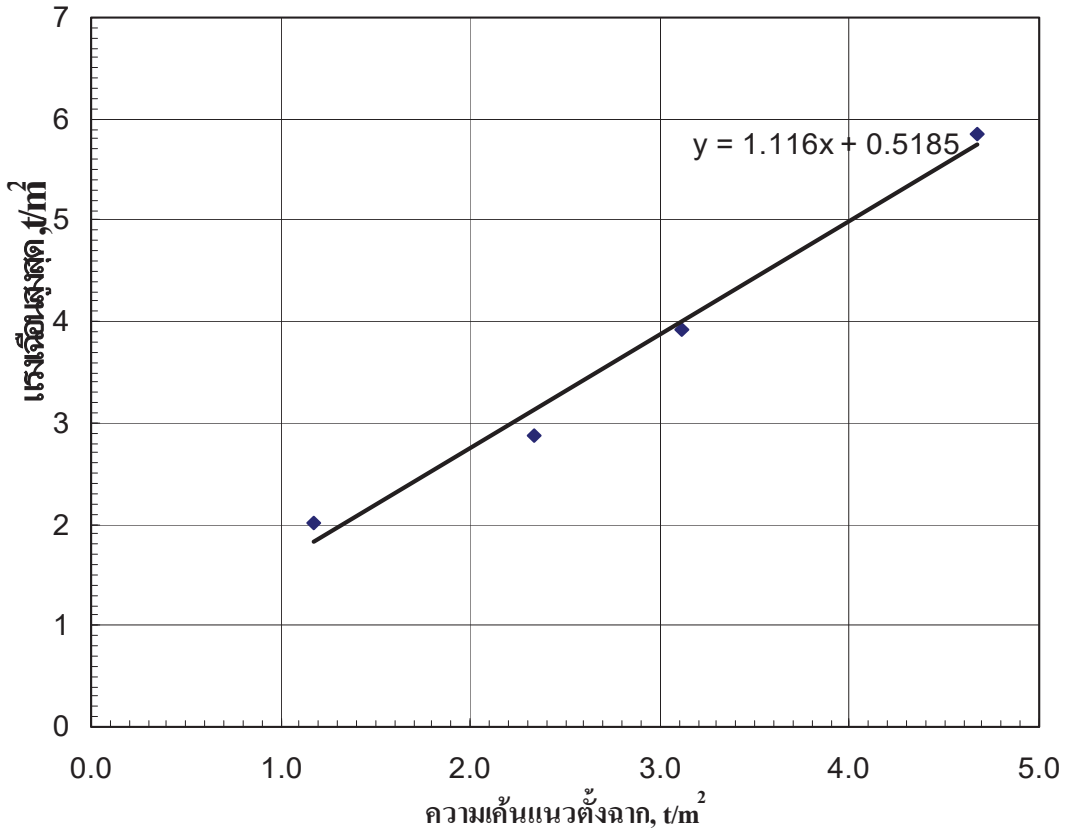
รูปที่ 4.1 แสดงกราฟค่ากำลังของดินบดอัดโดยวิธีแคลิฟอร์เนีย แบริ่ง เรโช (CBR.)



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟแสดงส่วนคละของขนาดเม็ดดิน



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Dry Density กับ Water Content



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Normal Stress กับ Shear Stress

4.2 ผลการทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้โมเดลจำลอง

ในการทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้โมเดลจำลองได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ไม่ปลูกหญ้าแฝก และปลูกหญ้าแฝก

4.2.1 ไม่ปลูกหญ้าแฝก

การทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายแบบไม่ปลูกหญ้าแฝกจะทดสอบที่มุมลาดเอียง 30 45 และ 60 องศา มุมลาดเอียงละ 2 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างจะทำการเปิดน้ำ 3 ครั้ง ผลการทดสอบในแต่ละมุมลาดเอียงแสดงดังตารางที่ 4.2 ถึง 4.4 และในรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบแบบไม่ปลูกหญ้าแฝกที่มุมลาดเอียง 30 องศา

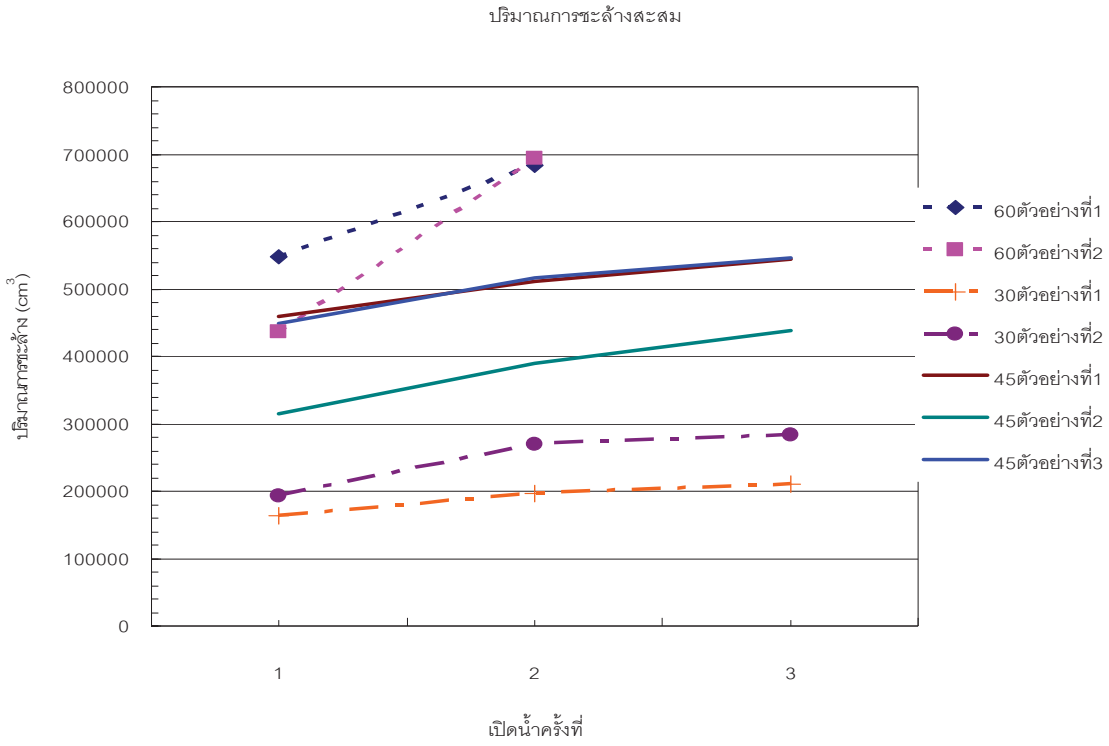
เปิดน้ำ	ปริมาตรดินที่ถูกชะล้างสะสม (cm^3)		ปริมาตรดินที่ถูกชะล้างในแต่ละครั้ง (cm^3)		% ปริมาตรดินที่กัดเซาะ
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	
เปิดน้ำครั้งที่ 1	163437.50	192687.50	163437.50	192687.50	19.78
เปิดน้ำครั้งที่ 2	196035.00	269184.00	32597.50	76496.50	25.85
เปิดน้ำครั้งที่ 3	209597.50	282752.50	13562.50	13568.50	27.35

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบแบบไม่ปลูกหญ้าแฝกที่มุมลาดเอียง 45 องศา

เปิดน้ำ	ปริมาตรดินที่ถูกชะล้างสะสม (cm^3)		ปริมาตรดินที่ถูกชะล้างในแต่ละครั้ง(cm^3)		% ปริมาตรดินที่กัดเซาะ
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	
เปิดน้ำครั้งที่ 1	458905.00	313982.50	458905.00	313982.50	42.94
เปิดน้ำครั้งที่ 2	510472.50	388800.00	51567.50	74817.50	49.96
เปิดน้ำครั้งที่ 3	544325.00	437462.50	33852.50	48662.50	54.54

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบแบบไม่ปลูกหญ้าแฝกที่มุมลาดเอียง 60 องศา

เปิดน้ำ	ปริมาตรดินที่ถูกชะล้างสะสม (cm^3)		ปริมาตรดินที่ถูกชะล้างในแต่ละครั้ง(cm^3)		% ปริมาตรดินที่กัดเซาะ
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	
เปิดน้ำครั้งที่ 1	547142.50	436786.00	547142.50	436786.00	60.79
เปิดน้ำครั้งที่ 2	684050.00	693595.00	136907.50	256809.00	76.01
เปิดน้ำครั้งที่ 3					



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้โมเดลจำลองแบบไม่ปลูกหญ้าแฝก

4.2.2 ปลูกหญ้าแฝก

การทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายของเชิงลาด แบบปลูกหญ้าแฝกทดสอบที่มุมลาดเอียง 30 45 และ 60 องศา มุมลาดเอียงละ 2 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างจะทำการเปิดน้ำ 3 ครั้ง ผลการทดสอบในแต่ละมุมลาดเอียง ปริมาตรดินที่ถูกชะล้างในแต่ละครั้งมีการสูญเสียของหน้าดินน้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ถึง 4.8

รูปที่ 4.6 แสดงผลการทดลอบโดยใช้โมเดลจำลองที่มุม 30 องศา

รูปที่ 4.7 แสดงผลการทดลอบโดยใช้โมเดลจำลองที่มุม 45 องศา

รูปที่ 4.8 แสดงผลการทดลอบโดยใช้โมเดลจำลองที่มุม 60 องศา

4.3 ผลการทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายในสนาม

ในการทดสอบหาปริมาณการชะล้างพังทลายในสนามได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ไม่ปลูกหญ้าแฝก และปลูกหญ้าแฝก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5 กับ 4.6

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบในสนามกรณีไม่ปลูกหญ้าแฝก

รอบการปล่อยน้ำ	กรณีไม่ปลูกหญ้าแฝก						
	ตัวอย่างที่ 1	% การชะล้าง	ตัวอย่างที่ 2	% การชะล้าง	ตัวอย่างที่ 3	% การชะล้าง	% การชะล้างเฉลี่ย
1	57,370.0	6.37	46,027.5	5.11	42,775.0	4.75	5.14
2	69,007.5	7.67	64,350.0	7.15	65,217.5	7.25	7.36
3	81,635.0	9.07	65,392.5	7.27	73,092.5	8.12	8.15

*เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบในสนามกรณีปลูกหญ้าแฝก

รอบการปล่อยน้ำ	กรณีปลูกหญ้าแฝก						
	ตัวอย่าง ที่ 1	% การชะล้าง	ตัวอย่าง ที่ 2	% การชะล้าง	ตัวอย่าง ที่ 3	% การชะล้าง	% การชะล้างเฉลี่ย
1	15,650.0	1.74	8,915.0	0.99	4,232.5	0.47	1.07
2	15,070.0	1.67	17,277.5	1.92	28,360.0	3.15	2.25
3	20,210.0	2.25	17,290.0	1.92	34,415.0	3.82	2.66

*เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 1 ลงภายในแปลงทดลองที่ไม่ได้ปลูกหญ้า ซึ่งมีความลาดชันอยู่ที่ 45 องศา พบว่าในตัวอย่างที่ 1 ค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 57,370.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 6.37 % เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 2 พบว่ามีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 69,007.5 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 7.67 % และเมื่อปล่อยน้ำรอบที่ 3 มีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมาเท่ากับ 81,635.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 9.07 %

ในตัวอย่างที่ 2 เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 1 ค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 46,027.5 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 5.11 % เมื่อทำการปล่อยน้ำในรอบที่ 2 พบว่ามีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 64,350.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 7.15 % และเมื่อปล่อยน้ำรอบที่ 3 มีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมาเท่ากับ 17,290.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 7.27 %

ในตัวอย่างที่ 3 เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 1 ค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 42,775.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 4.75 % เมื่อทำการปล่อยน้ำในรอบที่ 2 พบว่ามีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 65,217.5 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 7.36 % และเมื่อปล่อยน้ำรอบที่ 3 มีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมาเท่ากับ 73,092.5 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 8.12 %

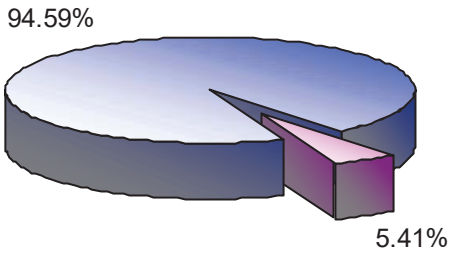
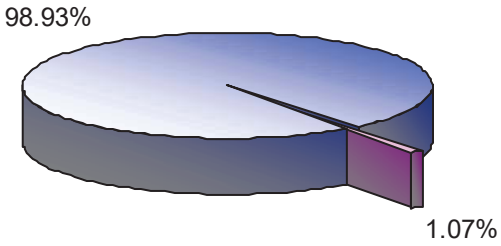
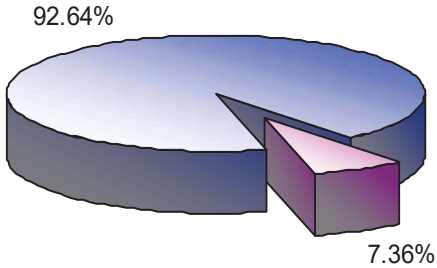
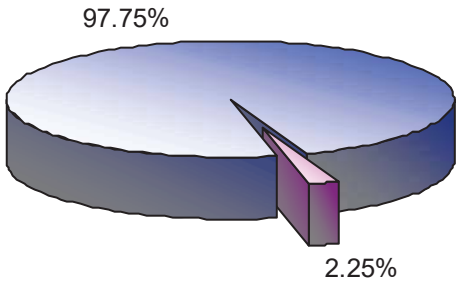
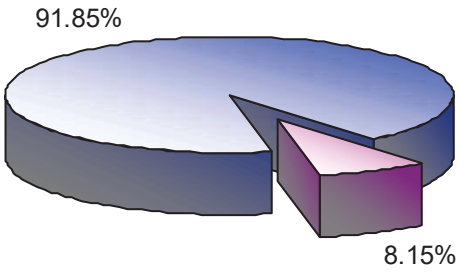
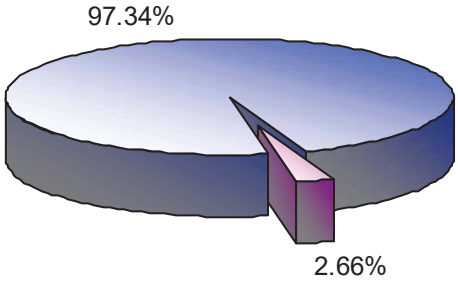
จากข้อมูลที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วจะเห็นได้ว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ของการชะล้าง ของตัวอย่างทดลองทั้ง 3 ตัวอย่างนี้ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ใกล้เคียงกัน เมื่อนำตัวอย่างทดลองทั้ง 3 มาทำการเฉลี่ย พบว่า เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 1 มีค่าเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 5.14 % เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 2 มีค่าเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 7.36 % เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 3 มีค่าเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 8.15 %

แต่เมื่อทำการปลูกหญ้าแฝกขึ้นในแปลงทดลองที่มีความลาดชันเช่นเดียวกันกับแปลงทดลองที่ไม่มีการปลูกหญ้าแฝก พบว่าค่าการชะล้างของดินตะกอนที่ไหลออกมามีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งผลการทดลองได้ดังนี้ คือ ในตัวอย่างที่ 1 เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 1 ค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 15,650.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 1.74 % เมื่อทำการปล่อยน้ำในรอบที่ 2 ค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 15,070.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 1.67 % และเมื่อปล่อยน้ำรอบที่ 3 มีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมาเท่ากับ 20,210.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 2.25 %

ในตัวอย่างที่ 2 เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 1 ค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 8,915.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 0.99 % เมื่อทำการปล่อยน้ำในรอบที่ 2 พบว่ามีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 17,277.5 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 1.92 % และเมื่อปล่อยน้ำรอบที่ 3 มีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมาเท่ากับ 17,290.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 1.92 %

ในตัวอย่างที่ 3 เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 1 ค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 4,232.5 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 0.47 % เมื่อทำการปล่อยน้ำในรอบที่ 2 พบว่ามีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมา 28,360.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 3.15 % และเมื่อปล่อยน้ำรอบที่ 3 มีค่าการชะล้างมีดินตะกอนไหลออกมาเท่ากับ 34,415.0 ลบ.ซม. หรือเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 3.82 %

นำค่าเปอร์เซ็นต์การชะล้างทั้ง 3 ตัวอย่างมาเฉลี่ยเช่นเดียวกันพบว่า เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 1 มีค่าเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 1.07 % เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 2 มีค่าเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 2.25 % เมื่อทำการปล่อยน้ำรอบที่ 3 มีค่าเปอร์เซ็นต์การชะล้างเท่ากับ 2.66 % และเมื่อมาทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยสะสมการชะล้างในสนามที่มุมลาดเอียง 45 องศาในเชิงรูปภาพกราฟิกดังใน รูปที่ 4.9

<table>
<tr><th colspan="2">เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยสะสมการชะล้างในสนามที่มุมลาดเอียง 45 องศา</th></tr>
<tr><th colspan="2">รอบการปล่อยน้ำครั้งที่ 1</th></tr>
<tr><td>แบบไม่ปลูกหญ้าแฝก</td><td>แบบปลูกหญ้าแฝก</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><th colspan="2">รอบการปล่อยน้ำครั้งที่ 2</th></tr>
<tr><td>แบบไม่ปลูกหญ้าแฝก</td><td>แบบปลูกหญ้าแฝก</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><th colspan="2">รอบการปล่อยน้ำครั้งที่ 3</th></tr>
<tr><td>แบบไม่ปลูกหญ้าแฝก</td><td>แบบปลูกหญ้าแฝก</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
</table>

รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การชะล้างในสนาม แบบไม่ปลูกหญ้าแฝก กับ แบบปลูกหญ้าแฝก

จะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยสะสมการชะล้างในสนามที่มุมลาดเอียง 45 องศา ในรอบการปล่อยน้ำในครั้งที่ 1 เมื่อไม่ปลูกหญ้าแฝกจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยตะกอนสะสม 5.41 แต่เมื่อทำการปลูกหญ้าแฝกค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยตะกอนสะสมจะลดลงเป็น 1.07 ในรอบการปล่อยน้ำในครั้งที่ 2 เมื่อไม่ปลูกหญ้าแฝกจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยตะกอนสะสม 7.36 แต่เมื่อทำการปลูกหญ้าแฝกค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยตะกอนสะสมจะลดลงเป็น 2.25 ในรอบการปล่อยน้ำในครั้งที่ 3 เมื่อไม่ปลูกหญ้าแฝกจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยตะกอนสะสม 8.15 แต่เมื่อทำการปลูกหญ้าแฝกค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยตะกอนสะสมจะลดลงเป็น 2.66 จากการพิจารณาปริมาณการกัดเซาะสะสมที่ได้จากทดลองพบว่าแปลงทดสอบที่ไม่มีการปลูกหญ้า มีปริมาณการกัดเซาะสะสมมากกว่าแปลงที่มีการปลูกหญ้าประมาณ 2-3 เท่า ซึ่งหญ้าแฝกที่ปกคลุมผิวดินมีส่วนช่วยชะลอความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลสะสมมาจากด้านบน อีกทั้งหญ้าแฝกที่ปกคลุมผิวดินช่วยลดแรงกระแทกอันเนื่องจากน้ำฝนที่ตกลงมาในแนวดิ่งอีกด้วย จากการพิจารณาค่าการกัดเซาะอย่างละเอียดพบว่าในแปลงทดสอบที่มีหญ้าแฝกแปลงที่ 1 มีการสะสมของดิน แทนที่จะเป็นการชะล้างของดินในรอบการปล่อยน้ำที่ 2 เนื่องจากผลของหญ้าแฝกที่กักดินที่ถูกชะล้างมาจากด้านบนเอาไว้จึงเกิดการสะสมขึ้น โดยรูปที่ 4.10 ถึง 4.12 แสดงขั้นตอนต่าง ๆ ในการทดสอบ

รูปที่ 4.10 แสดงการทดลอบในแปลงที่ปลูกหญ้าแฝกในทางหลวงหมายเลข 1095 กม. 85+650 จ. แม่ฮ่องสอน ที่อายุ 10 เดือน

รูปที่ 4.11 แสดงการทดลอบในสนามในแปลงที่ไม่ได้ปลูกหญ้าแฝกและการวัดปริมาณการชะล้าง

รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบหลังการทดลองระหว่างแปลงที่ไม่ปลูกหญ้าแฝกกับปลูกหญ้าแฝก

4.4 การคำนวณหาปริมาณการชะล้างพังทลายโดยใช้สมการ RUSLE

<u>กรณีความลาดชันที่ 30 องศา</u>

จากสมการ **RUSLE**

$$A = R K LS C P$$

โดยที่ A = ค่าเฉลี่ยของปริมาณการกัดเซาะของดินรายปี หน่วย ตันต่อเอเคอร์ต่อปี

R (ปริมาณน้ำฝน) = 1000 mm.

K (ความทนทานต่อการกัดเซาะของดิน) = 0.64 เนื่องจากเป็นดินชนิด Coarse Loamy Sand

LS (ความยาวของลาดเชิงเขา และความชัน เนื่องจาก 45 องศา เทียบเท่า 100% และมีค่า LS = 1.59 ดังนั้น 30 องศา จึงเทียบเท่า 66.67% และมีค่า LS = 1.35) = 1.35

C (การจัดการสิ่งปกคลุมดิน) เนื่องจากไม่มีสิ่งปกคลุม ค่า C = 1

P (การกระทำต่าง ๆ เพิ่มเติม เช่นจำนวนชั้นของความลาดเอียง ในที่นี้มีเพียง 1 ชั้น จึงมีค่าเท่ากับ 1) = 1

$$A = (1000) \times (0.64) \times (1.35) \times (1) \times (1)$$

$$= 864 \text{ Ton/Acres/Year}$$

เนื่องจาก กะบะมีขนาด 2 m. x 1m. = 2 m^2 (1 m^2 = 0.000247 Acres) ดังนั้นมีค่า A = 864 x 2 x 0.000247 = 0.427 Ton/Year

<u>กรณีความลาดชันที่ 45 องศา</u>

จากสมการ **RUSLE**

$$A = R K LS C P$$

โดยที่ A =ค่าเฉลี่ยของปริมาณการกัดเซาะของดินรายปี หน่วย ตันต่อเอเคอร์ต่อปี

R (ปริมาณน้ำฝน) = 1200 mm.

K (ความทนทานต่อการกัดเซาะของดิน) = 0.64 เนื่องจากเป็นดินชนิด Coarse Loamy Sand

LS (ความยาวของลาดเชิงเขา และความชัน เนื่องจาก 45 องศา เทียบเท่า 100% และมีค่า LS = 1.59 ดังนั้น 30 องศา จึงเทียบเท่า 66.67% และมีค่า LS = 1.35) = 1.59

C (การจัดการสิ่งปกคลุมดิน) เนื่องจากไม่มีสิ่งปกคลุม ค่า C = 1

P (การกระทำต่าง ๆ เพิ่มเติม เช่นจำนวนชั้นของความลาดเอียง ในที่นี้มีเพียง 1 ชั้น จึงมีค่าเท่ากับ 1) = 1

$$A = (1200) \times (0.64) \times (1.59) \times (1) \times (1)$$

= 1221.12Ton/Acres/Year

เนื่องจาก กะบะมีขนาด 2 m. x 1m. = 2 m^2 (1 m^2 = 0.000247 Acres) ดังนั้นมีค่า A = 1221.12 x 2 x 0.000247 = 0.603 Ton/Year

เปรียบเทียบจากการทดลอง

ที่ 30 องศา : A = (240,000 / 900,000) x 1.5 = 0.400 Ton/Year

จากสมการได้ A = 0.427 Ton/Year มีค่าความคลาดเคลื่อน 7%

ที่ 45 องศา : A = (500,000 / 900,000) x 1.5 = 0.833 Ton/Year

จากสมการได้ A = 0.603 Ton/Year มีค่าความคลาดเคลื่อน 27.6%

จากการใช้สมการ RUSLE ในการทำนายปริมาณตะกอนที่ถูกกัดเซาะในโมเดลจำลอง พบว่าที่ความลาดชัน 30 องศา มีค่าการตกตะกอน 0.427 Ton/Year และผลที่ได้จากการทดลองในโมเดลจำลองมีค่าเท่ากับ 0.4 เมื่อทำการเปลี่ยนความลาดชันขึ้นไปเป็น 45 องศา มีค่าการตกตะกอน 0.603 Ton/Year ค่าการตกตะกอนที่ได้จากการทดลองในโมเดลจำลองมีค่า 0.833 Ton/Year เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเท่ากับ 7 และ 27.6 ตามลำดับ

บทที่ 5

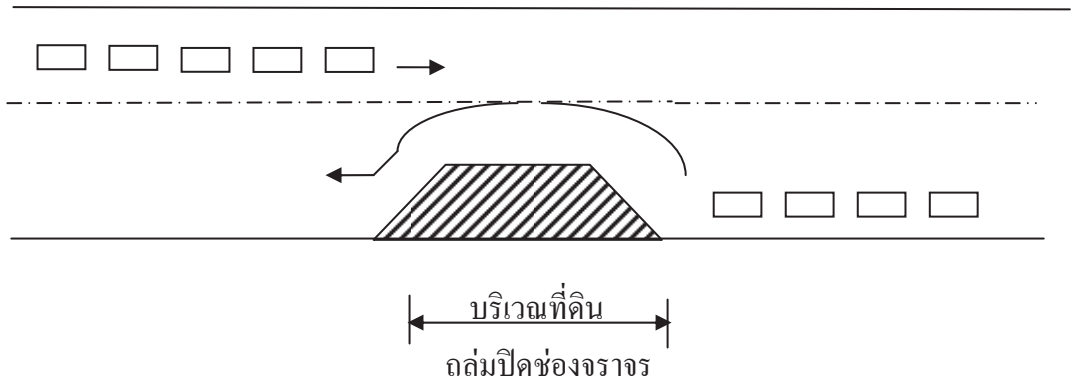
ผลกระทบของการชะล้างพังทลายของเชิงลาดต่อการจราจร

ผลกระทบของการชะล้างพังทลายของเชิงลาดต่อการจราจร ดินถล่มและการชะล้างพังทลายของเชิงลาดบริเวณทางหลวง แผ่นดินมีผลกระทบโดยตรงต่อการเดินทางสัญจรของผู้ใช้ถนน ในบริเวณดังกล่าวอย่างมาก เมื่อมีเหตุการณ์ชะล้างพังทลายเกิดขึ้นนั้นหมายความว่ามีดินหรือหินบางส่วนในบริเวณดังกล่าวไหลหรือเคลื่อนตัวลงมาอยู่บนถนนหรือช่องทางจราจร ก่อให้เกิดความล่าช้าในการเดินทาง เพราะช่องทางจราจรบางส่วนไม่สามารถใช้เดินรถได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางหลวงแผ่นดินชนิดสองช่องทางจราจร หรือในบางกรณีการเดินทางสัญจรในบริเวณที่เกิดดินถล่มไม่สามารถกระทำได้เลย เพราะคันทางพังทลาย ซึ่งอันตรายเกินกว่าจะอนุญาตเปิดการจราจรให้ใช้งานได้ตามปกติ ดังนั้นการปลูกหญ้าแฝกบริเวณเชิงลาด ซึ่งมีส่วนอย่างมากในการรักษาเสถียรภาพทางคันทาง และป้องกันการพังทลายชะล้างของเชิงลาด จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและผลกระทบของความล่าช้าในการเดินทางสัญจร

ในบทนี้ผลกระทบของการชะล้างพังทลายของเชิงลาดต่อการจราจรจะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้แนวทางของทฤษฎีการเข้าแถวรอ (Queueing Theory) เพื่อพิจารณาหาความล่าช้าที่เกิดขึ้นในการเดินทางสัญจรผ่านบริเวณที่มีการชะล้างพังทลายของเชิงลาด

5.1 การวิเคราะห์ความล่าช้าของการเดินทาง

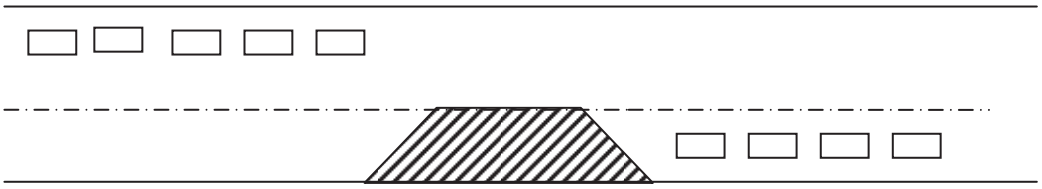
ในการเดินทางผ่านบริเวณที่มีการชะล้างพังทลายของเชิงลาด ในที่นี้จะถือว่าดินที่ถล่มลงมากองบนถนนนั้นปิดช่องทางจราจรหนึ่งช่องทางของทางหลวงชนิดสองจราจรดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงการพังทลายของเชิงลาดปิดช่องทางจราจร

จากรูปที่ 5.1 จะเห็นว่า จากเดิมที่จราจรในแต่ละทิศทางมีช่องทางจราจรเป็นของตัวเอง แต่เมื่อมีดินถล่มจะเกิดสภาพคอขวด (Bottleneek) ในบริเวณดังกล่าว ดังนั้นจราจรในแต่ละทิศทางต้องใช้ช่องทางจราจรที่ยังเหลืออยู่ อีกหนึ่งช่องทางร่วมกัน โดยต้องผลัดกันใช้จนกว่าจะมีการซ่อมแซมถนนหรือขนย้ายกองดินดังกล่าวออกไป

ในการวิเคราะห์หาค่าความล่าช้าในการเดินทาง (Delay) ผ่านจุดคอขวดนั้น สามารถคำนวณได้จากทฤษฎีการเข้าแถวรอ เพราะในที่นี้จะถือว่า รถยนต์ในทิศทางที่มาถึงจุดคอขวดก่อนจะได้สิทธิในการเดินทางผ่านจุดคอขวดก่อน ส่วนรถยนต์ที่มาในอีกทิศทางหนึ่งต้องรอจนกว่า รถยนต์ที่เข้าแถวรอผ่านจุดคอขวดจากทิศทางที่ได้สิทธิใช้ทางจะผ่านจนหมด จากนั้นจะสามารถเดินทางผ่านจุดคอขวดได้



L

Tanner (1965) ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาค่าความล่าช้าในการเดินทางผ่านจุดคอขวดไว้ดังนี้คือ

$$\overline{W_1} = \frac{e^{\alpha_1 q_2}\left(q_2 + q_1 e^{\alpha_2 (q_1+q_2)}\right)}{q_2 e^{\alpha_1 q_2}\left(e^{(\alpha_1+\alpha_2)q_1} - e^{\alpha_2 q_1} + 1\right) + q_1 e^{\alpha_2 q_1}\left(e^{(\alpha_1+\alpha_2)q_2} - e^{\alpha_1 q_2} + 1\right)} \cdot \frac{e^{\alpha_2 q_2} - \alpha_2 q_2 - 1}{q_2} \qquad (5.1)$$

$$\overline{W_2} = \frac{e^{\alpha_2 q_1}\left(q_1 + q_2 e^{\alpha_1 (q_1+q_2)}\right)}{q_1 e^{\alpha_2 q_1}\left(e^{(\alpha_1+\alpha_2)q_2} - e^{\alpha_1 q_2} + 1\right) + q_2 e^{\alpha_1 q_2}\left(e^{(\alpha_1+\alpha_2)q_1} - e^{\alpha_2 q_1} + 1\right)} \cdot \frac{e^{\alpha_1 q_1} - \alpha_1 q_1 - 1}{q_1} \qquad (5.2)$$

$$\alpha_1 = \frac{L}{v_1}$$

$$\alpha_2 = \frac{L}{v_2}$$

<u>โดยที่</u>

$\overline{W_1}$ = ค่าเฉลี่ยความล่าช้าในการเดินทางผ่านจุดคอขวดของจราจรในทิศทางที่ 1 มี หน่วยเป็น วินาที / คัน

$\overline{W_2}$ = ค่าเฉลี่ยความล่าช้าในการเดินทางผ่านจุดคอขวดของจราจรในทิศทางที่ 2 มีหน่วยเป็น วินาที/คัน

q_1 = ปริมาณจราจรในทิศทาง 1 มีหน่วยเป็น คัน / วินาที

q_2 = ปริมาณจราจรในทิศทาง 2 มีหน่วยเป็น คัน / วินาที

α_1 = เวลาในการเดินทางผ่านจุดขวดโดยเฉลี่ยของรถยนต์แต่ละคันที่มาจากทิศทาง 1 มีหน่วยเป็น วินาที

α_2 = เวลาในการเดินทางผ่านจุดคอขวดโดยเฉลี่ยของรถยนต์แต่ละคันที่มาจากทิศทาง 2 มีหน่วยเป็น วินาที

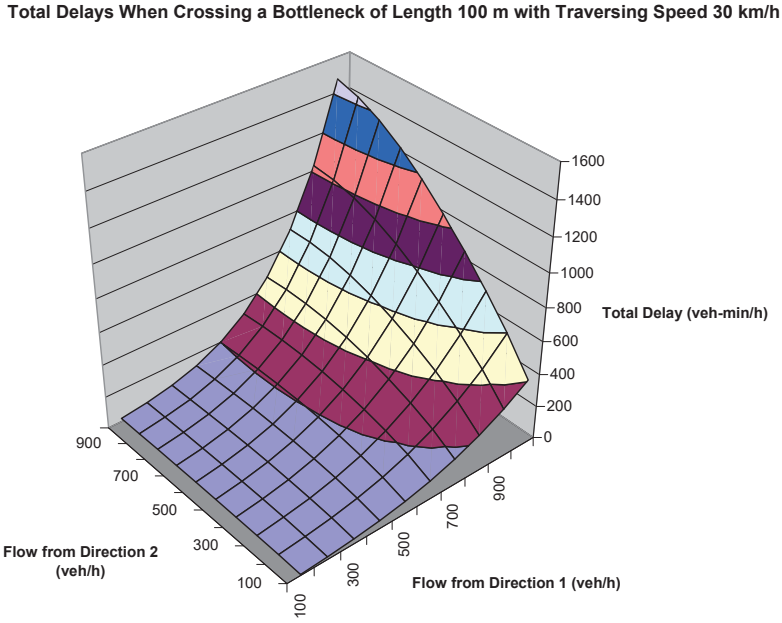
L = ความยาวของช่วงดินถล่ม เป็นจุดคอขวดมีหน่วยเป็นเมตร

υ_1 = ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางผ่านจุดคอขวดของจราจรในทิศทาง 1 มีหน่วยเป็น เมตร / วินาที

υ_2 = ความเร็วเฉลี่ย ในการเดินทางผ่านจุดคอขวดของจราจรในทิศทาง 2 มีหน่วยเป็น เมตร / วินาที

ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาสภาพการชะล้างพังทลายทำให้เกิดจุดคอขวดเป็นความยาว 100 เมตร กินพื้นที่ 1 ช่องทางจราจรโดยความเร็วของจราจรในแต่ละทิศทางเมื่อเคลื่อนที่ผ่านบริเวณจุดคอขวดคือ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวและการประยุกต์ใช้สมการ 5.1 และ 5.2 ความล่าช้าในการเดินทางเฉลี่ยผ่านจุดคอขวด สามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งมีหลายกรณีซึ่งอยู่กับ ปริมาณจราจรที่เดินทางมาในแต่ละทิศทาง

ตารางที่ 5.1 : ความล่าช้าเมื่อเกิดทางผ่านจุดคอขวดที่มีความยาว 100 เมตร ด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรชั่วโมง



Total Delay (veh-min/h)		Flow From Direction 2 (veh/h)									
		100	**200**	**300**	**400**	**500**	**600**	**700**	**800**	**900**	**1000**
Flow from Direction 1 (veh/h)	**100**	7	12	16	19	21	22	22	22	21	20
	200	17	28	36	42	45	47	47	46	44	42
	300	31	51	64	73	79	82	82	81	78	74
	400	51	81	102	116	126	132	134	133	129	124
	500	78	122	153	176	193	204	209	210	206	199
	600	115	177	222	257	284	304	316	320	318	310
	700	164	249	312	365	407	440	463	476	479	473
	800	227	340	429	505	570	624	664	691	705	704
	900	307	455	577	685	782	865	933	983	1016	1029
	1000	406	598	763	914	1053	1177	1285	1372	1436	1474

จากตารางที่ 5.1 ความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากการเดินทางผ่านจุดคอขวด เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณจราจรเพิ่มขึ้น ดังนั้นสามารถป้องกันการชะล้าง พังทลายหรือดินถล่มได้ ย่อมหมายความว่าการเดินทางสัญจรจะมีประสิทธิภาพสูงเพราะความล่าช้าในการเดินทาง จะลดลงรวมลงไปด้วย

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า การปลูกหญ้าแฝกสามารถลดอัตรา การชะล้างพังทลายของดินถล่มได้ประมาณครั้งหนึ่งจากของกรณีที่ไม่ปลูกหญ้าแฝก ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่าความล่าช้า ในตารางที่ 5.1 ที่มี สมมติฐานว่า ดินถล่มจะปกคลุมพื้นที่หนึ่งช่องจราจร เป็นความยาว 100 เมตร เมื่อทำการปลูกหญ้าแฝก ดินถล่มจะปกคลุมพื้นที่ลดลงเป็นครึ่งหนึ่งหรือคิดเป็นความยาว 50 เมตร

ตารางที่ 5.2 : อัตราการลดลงของความล่าช้า ในการเดินทางอันเป็นผลมาจากการป้องกันดินถล่มด้วยการปลูกหญ้าแฝก

ปริมาณจราจร (คันต่อชม.) (q1)	ปริมาณจราจร (คันต่อชม.) (q2)	ความล่าช้าเมื่อปลูกหญ้าแฝก (นาที-คัน/ชม.)	ความล่าช้าเมื่อไม่ปลูกหญ้าแฝก (นาที-คัน/ชม.)	ความล่าช้าที่ลดลง (นาที-คัน/ชม.)	ความล่าช้าที่ลดลง (%)
100	100	2	7	5	75
200	200	7	28	21	75
300	300	16	64	48	75
400	400	28	116	88	76
500	500	44	193	149	77
600	600	64	304	240	79
700	700	88	463	376	81
800	800	116	691	575	83
900	900	151	1016	865	85
1000	1000	193	1474	1282	87

จากตารางที่ 5.2 ทำให้ทราบว่าการปลูกหญ้าแฝก ซึ่งช่วยลดอัตราการชะล้างพังทลายของเชิงลาดได้ประมาณครึ่งหนึ่ง สามารถลดความล่าช้าในการเดินทางที่จำเป็นต้องผ่านจุดคอขวด อันเกิดจากดินถล่มปกคลุมช่องทางจราจรได้ประมาณ 75 – 85%

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การปลูกหญ้าแฝกมีส่วนอย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางขนส่ง ของผู้ใช้ทางหลวงตามที่แสดงไว้ข้างต้น นอกจากนี้ยังช่วยอำนวยความปลอดภัยต่อผู้ใช้ทางเพราะโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุจากดินถล่มก็ลดลงไปครึ่งหนึ่งด้วย

บทที่ 6
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดสอบ

จากผลการศึกษาในโมเดลจำลองพบว่าหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดการชะล้างและพังทลายของเชิงลาดโดยที่หากไม่ทำการปลูกหญ้าที่ความลาดชัน 30 องศา จะมีค่าการชะล้างของหน้าดินประมาณ 27 % แต่หากทำการปลูกหญ้าค่าการชะล้างมีค่าน้อยมาก ไม่สามารถวัดได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ในทำนองเดียวกันหากไม่ทำการปลูกหญ้าที่ความลาดชัน 45 องศา จะมีค่าการชะล้างของหน้าดินประมาณ 54 % แต่หากทำการปลูกหญ้าค่าการชะล้างมีค่าน้อยเช่นเดียวกัน กับที่ความลาดชัน 30 องศา ไม่สามารถวัดได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และผลการศึกษาการทดลองในสนามพบว่าการชะล้างพังทลายของหน้าดินลดลงเมื่อทำการปลูกหญ้าแฝก โดยที่หากทำการทดลองบนพื้นที่ลาดชัน 45 องศา ซึ่งไม่มีหญ้าแฝกปกคลุมจะมีค่าการชะล้างของหน้าดินประมาณ 8 % แต่เมื่อมีการปลูกหญ้ามีค่าการชะล้างของหน้าดินประมาณ 4 % และหากใช้สมการ RUSLE ในการคำนวณทำนายปริมาณตะกอนที่ถูกกัดเซาะในโมเดลจำลองพบว่าที่ความลาดชัน 30 องศา มีค่าการตกตะกอน 0.427 Ton/Year และจากการทดลองในโมเดลจำลองมีค่าการตกตะกอน 0.4 Ton/Year จะเห็นได้ว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง 7% ปริมาณตะกอนที่ถูกกัดเซาะในโมเดลจำลองพบว่าที่ความลาดชัน 45 องศา มีค่าการตกตะกอน 0.603 Ton/Year และจากการทดลองในโมเดลจำลองมีค่าการตกตะกอน 0.833 Ton/Year ค่าความคลาดเคลื่อนจะสูงขึ้นเป็น 27.6% ทั้งนี้เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ R (ปริมาณน้ำฝน) K (คุณสมบัติของดิน) ที่เป็นปัจจัยหลักให้ผลการทำนายปริมาณตะกอนมีความถูกต้องแม่นยำ อย่างไรก็ดีผลการศึกษาในโมเดลจำลองและการทดลองภาคสนามสรุปได้ว่า หญ้าแฝกมีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการลดการเกิดการชะล้างและพังทลายของเชิงลาด นอกจากนี้การปลูกหญ้าแฝกยังมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธ์ภาพในการเดินทางขนส่งบนทางหลวง อีกด้วย

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

6.2.1 ขณะทำการทดสอบลมค่อนข้างแรงทำให้น้ำที่ปล่อยมาจากเครื่องทดสอบไม่ได้ตกลงบนแปลงทดสอบทั้งหมด

6.2.2 ไม่สามารถควบคุมความดัน (Pressure) ของน้ำที่ปล่อยออกมาได้ เนื่องจากรถน้ำที่ใช้ไม่มีระบบควบคุมความดัน

6.2.3 น้ำที่นำมาใช้ไม่สะอาด ทำให้บางครั้งมีสิ่งกีดขวางอุดตันหัว Nozzle

6.2.4 ขณะดำเนินการมีฝนตกทำให้ไม่สามารถทำงานได้ทุกวัน

6.3 การแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะ

6.3.1 จัดซื้อเครื่องปั้มน้ำที่มีการควบคุมแรงดันได้

6.3.2 จัดทำที่กรองน้ำกำจัดตะกอนก่อนสูบน้ำมาใช้

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

การสัมมนาเรื่องเทคนิควิธีการแก้ไขป้องกันการชะล้างพังทลายและการเคลื่อนตัวของเชิงลาด กรมทางหลวง: กระทรวงคมนาคม, 2544, 141 หน้า

กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ คู่มือการดำเนินงานเกี่ยวกับหญ้าแฝก กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2537, 95 หน้า

กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ความรู้เรื่องหญ้าแฝก. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2541, 115 หน้า

ดิถี แห่งเชาวนิช “ Vetiver Grass for Slope Stabilization and Erosion Control ” in Pacific Rim Vetiver Network Technical Bulletin, No. 1998/2, 1998. pp. 4-16

ธนาคารโลก หญ้าแฝก (Vetiver Grass) แนวรั้วเพื่อป้องกันการพังทลาย แปลโดย สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2540, 63 หน้า

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (สำนักงาน กปร.) “หญ้าแฝกคืออะไร” สาระน่ารู้เรื่องหญ้าแฝก กรุงเทพมหานคร : รุ่งเพชรการพิมพ์, 2541, 13 หน้า

เอกวิชญ์ วีระพันธ์ “ สาเหตุการชะล้างพังทลายและการประยุกต์แบบมาตรฐาน ” การสัมมนาเรื่องเทคนิควิธีการแก้ไขป้องกันการชะล้างพังทลายและการเคลื่อนตัวของเชิงลาด กรมทางหลวง: กระทรวงคมนาคม, 2544, หน้า 1 - 20

ดร.ยงยุทธ แต้ศิริและปรนิก จิตต์อารีกุล “ ปัญหาน้ำใต้ดินในลาดคันทางและลาดธรรมชาติ ” การสัมมนาเรื่องเทคนิควิธีการแก้ไขป้องกันการชะล้างพังทลายและการเคลื่อนตัวของเชิงลาด กรมทางหลวง: กระทรวงคมนาคม, 2544, หน้า 39 – 57

นายวราธร แก้วแสง “คุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินเหนียวเสริมรากหญ้าแฝกดอน กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ สำหรับงานป้องกันลาดดิน” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2543

สุรพล สงวนแก้วและ ลลิต สวัสดิมงคล “การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบวิธีหญ้าแฝก (Vetiver System)ในงานทาง เพื่อความยั่งยืน และลดการบำรุงรักษา” การประชุมสัมมนาการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องจากพระราชดำริ ครั้งที่5, 28-29 พฤศจิกายน 2548, สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์, กรุงเทพ

สุรพล สงวนแก้ว “การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบวิธีหญ้าแฝก (Vetiver System)ในงานทาง เพื่อความยั่งยืน และลดการบำรุงรักษา” วารสารทางหลวง ปีที่42 ฉบับที่6 พฤศจิกายน 2548

มนตรี และกฤษฎา “การประยุกต์ใช้หญ้าแฝกในการแก้ไขปัญหาการชะล้างพังทลายของผิวหน้าเชิงลาด” รายงาน วพ.ฉบับที่ 210, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง:กรมทางหลวง, 2546

ภาษาต่างประเทศ

Gray D.H. and Sotir R.B., Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stability : a practical guide for erosion control. New York : John Wiley & Sons, Inc., 1995.

Gray D.H., “Role of Woody Vegetation in Reinforcing Soils and Stability Slope.” Symposium on Soils Reinforcing and Stabilizing Techniques. Sydney, Australia, 1978, pp. 253 - 306.

Greenway D.R., “Vegetation and Slope Stability, Slope Stability, in Geotechnical Engineering and Geomorphology”, Edited by Anderson, M.G. and Richards, K.S., New York, John Wiley & Sons, 1987, pp. 187-230.

Schiechtl H.M., Bioengineering for Land Reclamation and Conservation, Edmonton, University of Alberta Press, 1980, 404 p.

Wu T.H., “Slope Stabilization.” In Slope stabilization and erosion control ; A bioengineering approach. Edited by R.P.C. Morgan and R.J. Rickson. London : E & FN Spon, 1995, 221 – 264.