

ลักษณะการกระจายตัวและระยะห่างของรากต้นมะขามป้อม ที่มีผลต่อกำลังรับแรงเฉือนบนลาดเชิงเขา

Distribution and Spacing Characteristics of Indian Gooseberry Root that Affect Shear Strength on Earth Slope

สุรัชย์ อำนวยพรเลิศ^{1*}
Surachai Amnuaypornlert¹



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวและระยะห่างของรากต้นมะขามป้อมที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดเชิงเขา โดยทำการทดสอบแรงดึงรากต้นมะขามป้อมประสานดินจำนวน 2 ต้น ซึ่งเลือกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 7.5 เซนติเมตรขึ้นไป เพื่อหาค่ากำลังรับแรงดึงสูงสุดของรากต้นมะขามป้อม และทำการเก็บตัวอย่างดินแบบคงสภาพบริเวณภายในพุ่มต้นไม้เพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพของดินและนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ คือค่า c , ϕ , γ และค่า C_R ที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนความปลอดภัยด้วยโปรแกรม KUslope 2.1 โดยกำหนดระยะปลูกสมมุติ คือ 2.0x2.0, 3.0x3.0, 4.0x4.0 เมตร และความลาดเอียงสมมุติที่ 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 องศา เพื่อหาค่าอัตราส่วนความปลอดภัย จากการศึกษพบว่าค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของดินจะเพิ่มขึ้นเมื่อเสริมรากต้นมะขามป้อมบนลาดเอียง

คำสำคัญ: คุณสมบัติทางกายภาพของดิน, อัตราส่วนความปลอดภัย, รากต้นมะขามป้อม, โปรแกรม KUslope 2.1, เสถียรภาพของลาดเชิงเขา



Abstract

This research aims to study of the distribution and spacing of the root malacca, affecting the stability of slopes. Which has been shown to extract root malacca 2 Choose the malacca with a diameter ranging from 7.5 cm to pull up roots to determine the tensile strength of the root malacca. And samples were taken in order to bring the properties of soil parameters is the c , ϕ , γ and C_R extract obtained from the roots. Used to determine the ratio of security with KUslope 2, 1 spacing defined by the 2x2, 3x3, 4x4 meters and analyze the hypothetical slope at 25, 30, 35, 40, 45, 50 degrees to find the right ratio. Added safety of the system to define. The

¹ อาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย 99 หมู่ที่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

โทรศัพท์ 094-6407557 โทรสาร 053-723976 E-mail: aretomrit@gmail.com

safety of the soil will increase. When added to the soil shear strength increased with increasing plant roots.

Keywords: Shear Strength, Indian Gooseberry Root, Soil Properties, Slope Stability and KUslope 2.1



ความสำคัญของปัญหา

ภัยพิบัติทางธรรมชาติ เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งส่งผลให้เกิดอันตรายและสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ภัยพิบัติทางธรรมชาติในโลกสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ ภัยจากน้ำลมฟ้าอากาศ ภัยจากธรณีพิบัติและภัยพิบัติทางชีวภาพ ซึ่งในภัยพิบัติทั้ง 3 ประเภทนี้ ภัยที่เกิดจากธรณีวิทยาก่อให้เกิดอันตรายและเกิดความเสียหายค่อนข้างมาก เนื่องจากเกิดขึ้นโดยฉับพลันและรุนแรงซึ่งการพังทลายของลาดดินเป็นภัยพิบัติทางธรณีวิทยา จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องนักวิจัยมุ่งศึกษาในเรื่องการรักษาเสถียรภาพของดินลาดดินโดยผสมผสานรากพืชปัจจุบันนักวิจัยได้มีการศึกษาพืชคลุมดินซึ่งมีการหยั่งในระดับตื้นและการศึกษาไม้ยืนต้นซึ่งมีการหยั่งรากในระดับลึก โดยมีการทดสอบคุณสมบัติของดิน และนำข้อมูลมาวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินด้วยโปรแกรม KUslope 2.1

ดังนั้นการศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวและระยะห่างของรากต้นมะขามป้อมที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดเชิงเขา โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดินบริเวณต้นมะขามป้อมเพื่อนำมาวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดเชิงเขานำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนความปลอดภัยของการพังทลายของดินไม่มีน้ำที่มีราก และไม่มีรากด้วยโปรแกรม KUslope 2.1



วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดินบริเวณต้นมะขามป้อม
2. เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวของรากต้นมะขามป้อมและทดสอบแรงดึงดินประสานราก
3. เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินโดยใช้โปรแกรม KUslope 2.1



ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 กำลังของดิน (Soil Strength)

กำลังของดิน หมายถึงความสามารถในการต้านทานแรงกำลังเฉือนของดิน (Shearing Resistance) ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ

1) มุมเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน (Internal Friction Angle)

2) หน่วยแรงยึดเหนี่ยวของมวลดิน (Cohesion) สำหรับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่น เช่น กรวด ทราย ค่ากำลังต้านทานของแรงเฉือนของดินจะขึ้นอยู่กับมุมเสียดทานภายในของดินเป็นส่วนใหญ่

ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำในมวลดิน ขนาดของเม็ดดินและความหนาแน่นของดินค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดิน สามารถหาได้จากสมการของ มอร์คูลอมบี ซึ่งแสดงในสมการที่ (1) ดังนี้

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

โดยที่

- τ = หน่วยแรงเฉือนที่จุดพังทลาย
 c = แรงยึดเหนี่ยว
 σ = หน่วยแรงกดตั้งฉากทั้งหมดบนระนาบแรงเฉือน
 ϕ = มุมเสียดทานภายในของดิน

1.2 ระบบรากต้นไม้แบบต่างๆ

เมื่อจำแนกตามแหล่งกำเนิดสามารถจำแนกออกได้ เป็น 3 ชนิด คือ

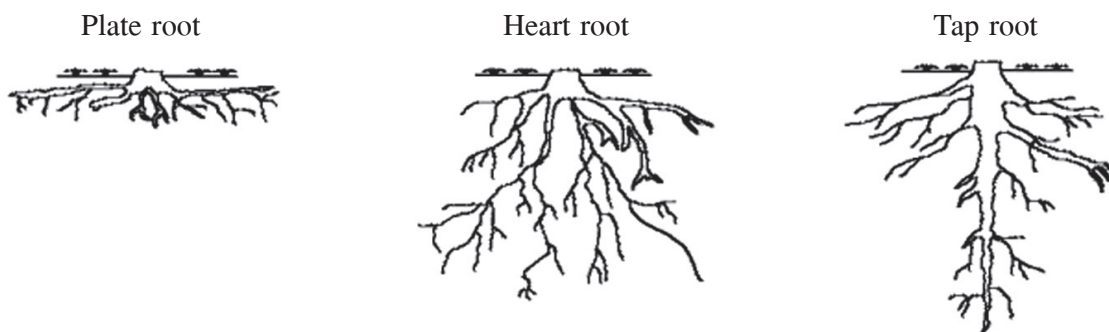
1) Primary root เป็นรากที่มีกำเนิดและเจริญเติบโตมา จาก Radical รากชนิดนี้ส่วนโคนมีขนาดโตจะเรียวเล็กลงเรื่อยๆจนถึงปลายซึ่งเรียกว่า รากแก้ว (tap root)

2) Secondary root เป็นรากที่มีการเกิดและเจริญเติบโต ออกมาจาก primary root เป็นรากที่เรียกกันทั่วไปว่า รากแขนง (lateral root) และแขนงต่างๆที่แยกออกไปเป็นทอดๆ นั้นต่างมีการกำเนิดมาจากเนื้อเยื่อ pericycle ในรากเดิมทั้งสิ้น

3) Adventitious root รากพิเศษ หรือ รากวิสามัญ.เป็นรากที่ไม่ได้มีการกำเนิดมาจาก Radical.และไม่เป็นแขนงของ.Primary.root จำแนกเป็นชนิดย่อยๆตามรูปร่างและหน้าที่ ของราก

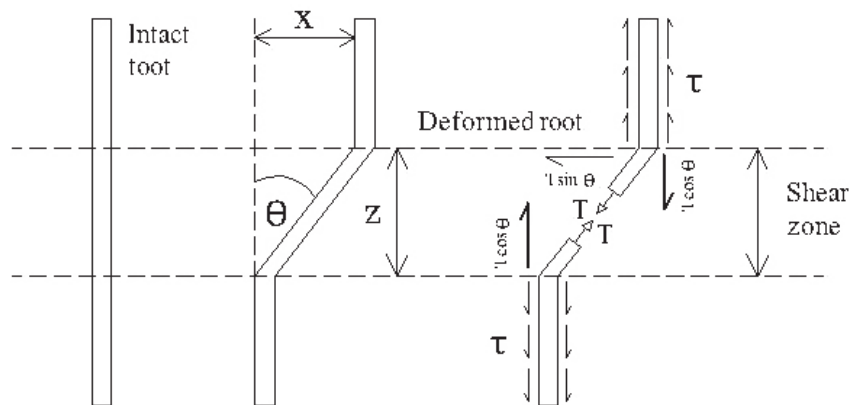
1.3 ทฤษฎีรูปแบบการเสริมกำลังของดินด้วยรากพืช

รูปแบบหรือลักษณะการแผ่ขยายของรากพืชออกเป็น 3 แบบ คือ Plate root, Heart root และ Tap root ดังแสดงใน รูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะการแผ่ขยายของราก [11]

ซึ่งจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รากสามารถรับแรงดึงอย่างสม่ำเสมอ และอยู่ในแนวตั้งกับระนาบการเกิดแรงเฉือน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการจำลองรูปแบบการเสริมกำลังของดินด้วยรากพืชในแนวตั้งฉาก [12]

ดังนั้นกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่เพิ่มขึ้นด้วยรากสามารถหาได้จากสมการ (2), (3) และ (4)

$$C_{SR} = C + C_R \quad (2)$$

$$t_R = T_R + \left(\frac{A_R}{A}\right) \quad (3)$$

$$C_R = t_R (\sin \theta_1 + \cos \theta_1 \tan \phi) \quad (4)$$

โดยที่

- C_{SR} = กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่มีการเสริมด้วยราก
- C = กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่ไม่มีการเสริมด้วยราก
- C_R = กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่เพิ่มขึ้นด้วยการเสริมรากพืช
- t_R = กำลังรับแรงดึงเฉลี่ยของรากต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่
- T_R = กำลังรับแรงดึงของราก
- A_R = พื้นที่หน้าตัดของรากที่อยู่ในพื้นที่หน้าตัดดิน
- A = พื้นที่หน้าตัดของดิน
- θ_1 = มุมของแรงเฉือนที่บิดไปของราก หรือเท่ากับ $\tan^{-1}(x / z)$

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาเปรียบเทียบโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในงานวิศวกรรมปฐพีและธรณีเทคนิคเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณที่ถูกต้องและรวดเร็วกว่าการคำนวณด้วยมือ โดยศึกษาเปรียบเทียบ ข้อดีและข้อเสียของโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพที่นิยมใช้กันในปัจจุบันรวมถึงรูปแบบการติดต่อกับผู้ใช้ ความแม่นยำในการคำนวณ (โดยเปรียบเทียบกับวิธีของ Morgenstern and Price), ความเร็วในการคำนวณ, ประสิทธิภาพของการแสดงผล, ราคา และความสามารถพิเศษอื่นๆ โดยโปรแกรมที่นำมาใช้ศึกษา คือ Slope/W, SB slope, X stable, KUSlope 2.1 จุดประสงค์หลักของการศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับวิศวกรในการพิจารณาถึงความสามารถขอบเขต ข้อจำกัดของแต่ละโปรแกรมโดยสามารถเลือกใช้โปรแกรมได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการ และยังนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาให้เป็นส่วนเชื่อมต่อกับระบบผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน จากการศึกษาพบว่าโปรแกรม KUSlope 2.1 สามารถ

ติดต่อกับผู้ใช้ ความแม่นยำในการคำนวณและเหมาะสมกับความต้องการและนำไปใช้ประโยชน์สำหรับวิศวกร [3] และได้มีการศึกษาเปรียบเทียบการเสริมกำลังของดินโดยใช้รากพืชชนิดต่างๆ ในประเทศไทยมุ่งเน้นการใช้รากหญ้าแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์เป็นวัสดุเสริมแรงในระดับผิวดินโดยกำหนดระยะในการปลูกระหว่างแถวห่างกัน 10.0x10.0 เซนติเมตรในท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.0 เซนติเมตร เพื่อหาความสามารถต้านทานกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงของรากหญ้าแฝกประสานดินที่ประดิษฐ์ขึ้นทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการโดยพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยของอายุการปลูก พบว่า กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินเสริมด้วยรากหญ้าแฝกมีแนวโน้มสูงขึ้นและขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลักษณะการกระจายตัวของรากทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการ [10],[4],[5] และได้มีการศึกษาการกระจายตัวของรากต้นประดู่ป่าที่มีผลต่อการพังทลายของลาดดิน กรณีศึกษาบริเวณ อาคารเรียนและปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา จากผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของรากต้นประดู่ป่า ที่มีผลต่อการพังทลายของดิน ดินที่นำมาใช้ในการทดสอบมีสมบัติทางวิศวกรรมโดยวิธี Unified Soil Classification แบ่งดินได้ 2 ประเภท ที่ระดับ 0.00-3.00 เมตร เป็นประเภท CH เป็นดินเหนียว มีค่าพลาสติกจำกัดสูง และระดับที่ 3.00-4.00 เมตรเป็นดินประเภท CL เป็นดินเหนียวมีค่าพลาสติกต่ำ การกระจายตัวของรากความลึกสูงสุดอยู่ที่ 1.6 เมตร ระยะการกระจายตัวของรากมากที่สุด 26.55 เซนติเมตร จากการทดสอบการรับแรงเฉือนตรงในห้องปฏิบัติการ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม KUslope เพื่อเปรียบเทียบระหว่างดินที่มีรากและไม่มีราก จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม KUslope พบว่า การป้องกันการพังทลายของดินโดยใช้รากต้นประดู่ป่า ค่า F.S. เท่ากับ 5.85 และดินที่ไม่มีรากค่า F.S. เท่ากับ 4.62 จะเห็นได้ว่ารากต้นประดู่ป่าช่วยป้องกันการพังทลายของดิน [2] และมีการศึกษารูปแบบและตำแหน่งรากของต้นสักที่มีผลต่อการพังทลายของดิน บริเวณอาคารเรียนและปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา โดยทำการสำรวจพื้นที่เพื่อหาความชัน และทำการเจาะสำรวจดินเพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานของดินเพื่อนำข้อมูลสำหรับวิเคราะห์และกำหนดการจัดเรียงตัวของต้นไม้ในพื้นที่ ขนาด 30 x 30 เมตรโดยกำหนดมุมลาดเอียงตามสภาพพื้นที่จริงและกำหนดค่าสมมุติเพื่อนำมาเปรียบเทียบคือมุม 25, 35 และ 45 องศาตามลำดับ โดยนำข้อมูลที่ได้ทำการทดสอบเพื่อเป็นแนวทางการกำหนดรูปแบบการจัดเรียงตำแหน่งของรากต้นสักแบบสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมและทำการทดสอบแรงดึงรากต้นสักนำมาวิเคราะห์ในโปรแกรม KUslope 2.1 จากการทดสอบคุณสมบัติของดินทางกายภาพ และคุณสมบัติด้านกำลังโดยการเก็บตัวอย่างดินจากหลุมทดสอบโดยใช้กระบอกลูกถ้วยตัวอย่างบริเวณบน กลาง และล่างของ ลาดดินที่มีความลึก 4.00 เมตร จะได้ค่า c เท่ากับ 2.76 ถึง 22.24 ตันต่อตารางเมตร, ϕ เท่ากับ 2.49 ถึง 46.10 องศา, γ เท่ากับ 1.79 ถึง 1.96 ตันต่อลูกบาศก์เมตร และเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน เท่ากับ 19.07 ถึง 44.45 เปอร์เซ็นต์ และค่าทดสอบแรงดึงรากต้นสัก เท่ากับ 9.28 ตันต่อตารางเมตร [6] และ ในขณะเดียวกันได้มีการศึกษาปริมาณความหนาแน่นของรากต้นมะค่าโมงที่มีผลต่อหน่วยแรงเฉือนของดินจากการศึกษาปริมาณความหนาแน่นของรากต้นมะค่าโมงที่มีผลต่อหน่วยแรงเฉือนของดิน ได้ทำการสำรวจพื้นที่ในจังหวัดเชียงรายบริเวณบ้านดอยเขาควาย และเก็บตัวอย่างดินและข้อมูลเกี่ยวกับรากโดยใช้เครื่องมือวัดระยะหาความหนาแน่นของรากเพื่อจะได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาปริมาณความหนาแน่นของราก จากการทดสอบคุณสมบัติของดินทางกายภาพ และคุณสมบัติด้านกำลังโดยการเก็บตัวอย่างดินจากหลุมทดสอบโดยใช้กระบอกลูกถ้วยตัวอย่าง ในการเก็บตัวอย่างจะเก็บด้านบน กลางและล่าง ของ Slope มีค่า c เท่ากับ 3.886 ตัน/ตรม. ϕ เท่ากับ 31.216 องศา γ เท่ากับ 1.78 แรง/พื้นที่หน้าตัด นำค่าคุณสมบัติของดินมาวิเคราะห์ในโปรแกรม KU Slop ที่มุม 20, 40, 60 องศา โดยทดสอบแบบไม่มีรากที่มุม 40 องศาจะได้ค่า F.S. เท่ากับ 3.972 และเมื่อนำตัวอย่างรากต้นมะค่าโมงทั้งสองต้นมาทดสอบในความลาดที่ 40 องศาจะเห็นได้ว่าค่า F.S. ของต้นแรกจะได้เท่ากับ 3.837 และต้นที่สองได้เท่ากับ 3.843 จะเห็นได้ว่าค่าที่ไม่เสริมรากกับค่าที่เสริมรากมีค่า F.S. ที่ไม่ต่างกันมากนัก

แสดงว่าถ้าเกิดการพังทลายของดินนั้นต้องต่ำกว่าระดับของรากที่นำมาทดสอบดังนั้นจึงไม่มีผลต่อการรับแรงเฉือนของดินที่มีการเสริมราก [8] และศึกษาการกระจายตัวของรากต้นมะค่าที่มีผลต่อเสถียรภาพลาดดินจากการสำรวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างดิน ผลการทดสอบสมบัติทางวิศวกรรมเบื้องต้น พบว่า ดินที่อยู่ในระดับ 0.00 ถึง 2.50 เมตรเป็นดินตะกอนมีค่าพลาสติกต่ำดินที่อยู่ในระดับ 2.50 ถึง 4.00 เมตร เป็นดินตะกอนมีค่าพลาสติกสูงและมีค่า Liquid Limit สูงสุดเท่ากับ 50 เปอร์เซนต์ ต่ำสุดเท่ากับ 41 เปอร์เซนต์ มีค่า Plastic index สูงสุดเท่ากับ 18 เปอร์เซนต์ ต่ำสุดเท่ากับ 4 เปอร์เซนต์ ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินในระดับ 0.00 ถึง 4.00 เมตร มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.72 ตันต่อตารางเมตร และค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 22.12 ตันต่อตารางเมตร ขนาดทรงพุ่มต้นมะค่าเท่ากับ 3.10 เมตรขนาดความลึกของรากเท่ากับ 2.40 เมตรจากผลวิเคราะห์แบบมีรากมีค่าอัตราส่วนปลอดภัยในลาด 40 องศา ระยะการปลูก 2.00x2.00 เมตรเท่ากับ 1.454 แบบไม่มีการเสริมรากเท่ากับ 1.281 สามารถสรุปได้ว่าความลาดที่มีการเสริมด้วยรากต้นมะค่ามีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยมากกว่าความลาดที่ไม่มีการเสริมราก [1] และศึกษาการกระจายตัวของรากต้นเต็งที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดดินกรณีศึกษาพื้นที่ป่าไม้บริเวณอาคารเรียนและอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธาเขตพื้นที่เชียงราย จากการเก็บตัวอย่างดิน แบ่งดินได้เป็น 2 ชนิด คือดินที่ระดับ 0.00 ถึง 3.00 เมตรเป็นดินประเภท CL คือ เป็นดินเหนียวมีค่าพลาสติกสูง และดินที่ระดับ 3.00 ถึง 4.00 เมตร เป็นดินประเภท ML-CL คือ ดินเหนียวมีค่าพลาสติกต่ำ การกระจายตัวของรากอยู่ที่ยี่ 2.30 เมตร ระยะพุ่มของรากที่มากที่สุด 3.35 เมตร และจากการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม KUslope 2.1 ได้ค่าที่ดีที่สุด คือ ระยะที่ 7.0 เมตร ได้ค่า F.S. เท่ากับ 1.799 พบว่าระยะห่างการปลูกน้อยอัตราส่วนความปลอดภัยสูง และนำมาวิเคราะห์ที่ความลาดชัน 45 องศา นำค่ามาเปรียบเทียบกับดินที่มีรากไม้เต็ง จะมีค่า F.S. เท่ากับ 1.791 ซึ่งมีค่าน้อยพบว่าความลาดชันทุกระยะการปลูก อัตราส่วนความปลอดภัยจะมีค่ามากกว่า ความลาดชันที่ไม่มีการปลูกต้นไม้ [7]



วิธีการวิจัยและเตรียมวัสดุอุปกรณ์

1. วัสดุอุปกรณ์-เครื่องมือ

1) วัสดุที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ ต้นมะขามป้อมที่ขนาดตั้งแต่ 7.5 เซนติเมตรขึ้นไป [8] .จำนวน 2. ต้นและเครื่องมือประดิษฐ์ทดสอบแรงดึงรากโดยตรงเพื่อหาค่ากำลังรับแรงดึงของราก บริเวณอาคารวิทยบริการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงรายและชุดเครื่องมือเก็บตัวอย่างดินโดยวิธีการตอกทะลวง เพื่อนำตัวอย่างดินมาทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินที่ความลึกสูงสุด 4.00 เมตร ในบริเวณของพุ่มต้นไม้

2 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของดิน

1) การทดสอบเพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity) การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินเพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของดินว่ามีสารใดประกอบอยู่บ้างและสามารถนำไปคำนวณหาค่าหน่วยน้ำหนักของดินที่จะใช้การลดหรือเพิ่มน้ำในตัวอย่างดินในการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3 (ก)



(ก)



(ข)



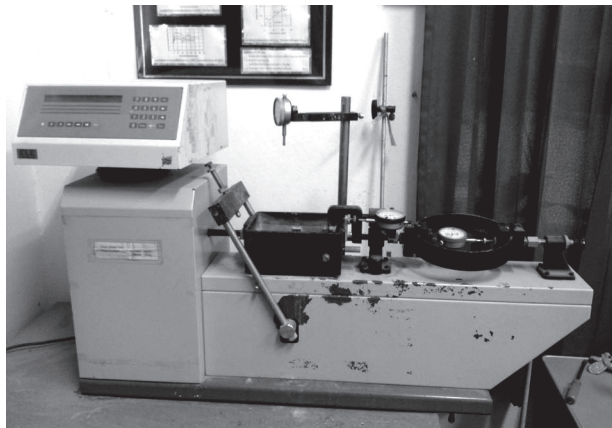
(ค)

รูปที่ 3 ชุดเครื่องมือสำหรับการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน และการทดสอบการหาขนาดของเม็ดดินโดยใช้ตะแกรงและการทดสอบหาค่าอัตราเบอร์กิลิมิต (Atterberg's Limits)

2) การทดสอบขนาดเม็ดดินโดยใช้ตะแกรงการทดสอบการหาขนาดของเม็ดดิน โดยใช้ตะแกรงเพื่อหาขนาดคละของเม็ดดินว่าดินนั้นมีขนาดคละกันในลักษณะใดและสามารถนำค่าที่ได้ไปจำแนกประเภทของเม็ดดินได้ว่าดินนั้นอยู่ในกลุ่มใด ดังแสดงในรูปที่ 3(ค)

3) การทดสอบหาค่าอัตราเบอร์กิลิมิต (Atterberg's Limits) การทดสอบหาค่าอัตราเบอร์กิลิมิต ซึ่งได้แก่ การหาค่า.พิกัดความเหลว (Liquid Limit, LL) พิกัดพลาสติก (Plastic Limit, PL).ดัชนีพลาสติก (Plasticity Index, PI) เพื่อใช้ค่าดังกล่าวจำแนกประเภทของดิน ดังแสดงในรูปที่ 3(ข)

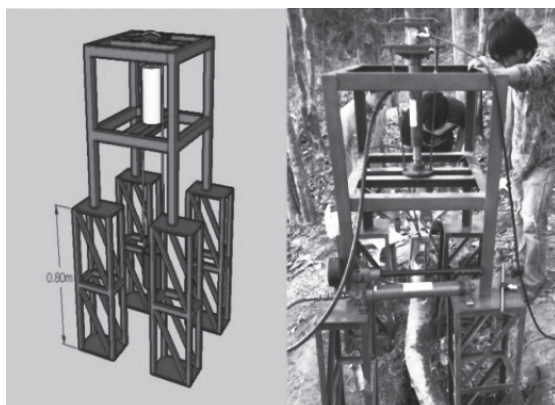
4) การทดสอบการรับแรงเฉือนตรงของดิน (Direct Shear Test) การทดสอบแรงเฉือนตรง (Direct Shear Test) เป็นการทดสอบของดินในยุคแรกๆ ได้มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงขนาดและกำหนดการทดสอบมาตรฐาน ลักษณะของการทดสอบการรับแรงเฉือนตรงจะทำการทดสอบในระดับค่าความอิ่มตัวของน้ำ (Degree of Saturation) ที่แตกต่างกันคือสภาพความชื้นตั้งแต่ 0 เปอร์เซ็นต์ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นธรรมชาติ ดังแสดงในรูปที่ 4



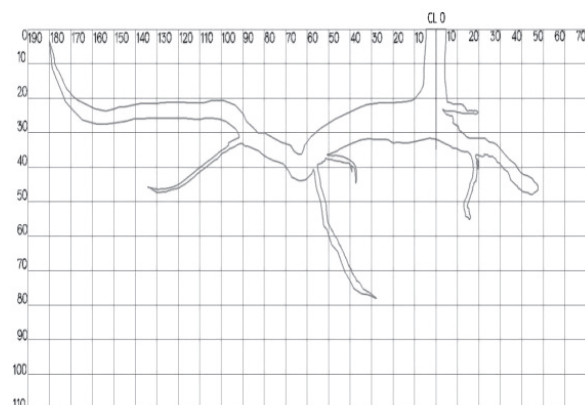
รูปที่ 4 เครื่องทดสอบแรงเหวี่ยงตรง

2.2 ทำการทดสอบดึงรากต้นมะขามป้อม

1) ทำการทดสอบดึงรากต้นมะขามป้อมเพื่อหาค่ารับแรงดึงของต้นมะขามป้อม และศึกษาการกระจายตัวของรากต้นมะขามป้อม ดังแสดงในรูปที่ 5(ก) เพื่อที่จะนำไปสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของรากต้นมะขามป้อมในโปรแกรม AutoCAD ดังแสดงในรูปที่ 5(ข) จากนั้นทำการจัดเรียงลักษณะรากเพื่อสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับโปรแกรม KUslope 2.1 ดังแสดงในรูปที่ 6(ก) และ 6(ข)

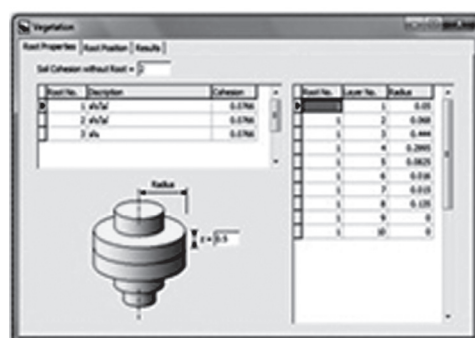
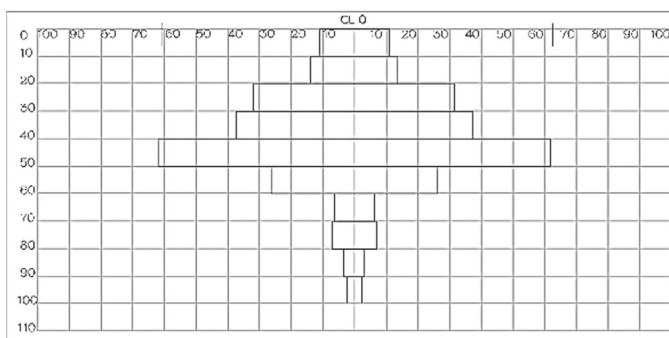


(ก)



(ข)

รูปที่ 5 การทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องดึงโดยตรงและแบบจำลองการกระจายตัวของรากต้นมะขามป้อม



รูปที่ 6 ลักษณะแบบจำลองการกระจายตัวของรากต้นมะขามป้อมอย่างง่ายและการจัดเรียงเพื่อให้สอดคล้องกับโปรแกรม KUslope 2.1

2.3 การจำลองและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม KUslope 2.1

1) นำข้อมูลค่าสมบัติต่างๆ ของดิน ที่ได้จากการทดสอบทั้งหมดป้อนใส่ลงโปรแกรม KUslope 2.1 เพื่อจะนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีต้นมะขามป้อม และพื้นที่ไม่มีต้นมะขามป้อมมีต้นมะขามป้อม เพื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนความปลอดภัย

2) หาค่า C_{avg} สำหรับแต่ละช่องโดยสมการที่ (5)

$$C_{avg} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i A_i}{A_T} \quad (5)$$

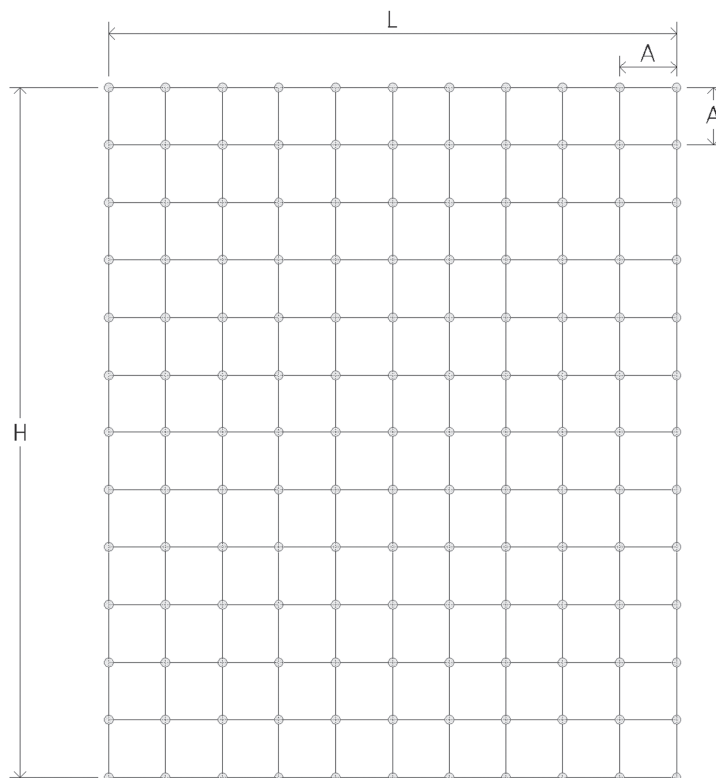
โดยที่ C_{avg} = หน่วยแรงที่ยึดเหนี่ยวเฉลี่ยของดินแต่ละช่อง

C_i = หน่วยแรงยึดเหนี่ยวของดินหรือดินประสานรากต้นมะขามป้อมแต่ละจุด

A_i = พื้นที่ในขอบเขตของรากต้นมะขามป้อมหรือดินเดิมแต่ละช่อง

A_T = พื้นที่ในช่องสี่เหลี่ยมใดๆ แต่ละช่อง

3) ลักษณะการจำลองรูปแบบการกระจายตำแหน่งของรากต้นมะขามป้อม จำลองการกระจายตัว 3 รูปแบบ คือ ที่ระยะ 2x2, 3x3, 4x4 เมตร และแทนรูปแบบทั้ง 3 นี้เป็น AxA ดังแสดงในรูปที่ 7 ด้วย กำหนดความชันสมมุติเท่ากับ 30, 35, 40 องศา



รูปแบบที่ 1 AxA=2x2 เมตร

LxH=40x50 เมตร

รูปแบบที่ 2 AxA=3x3 เมตร

LxH=39x48 เมตร

รูปแบบที่ 3 AxA=4x4 เมตร

LxH=40x48 เมตร

รูปที่ 7 รูปแบบการกระจายตัวที่ระยะ AxA เมตร



ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน
 - 1.1 ดินหลุมที่ 1 เป็นดินประเภท CL ที่มีลักษณะความเหนียวต่ำปนกรวดและทราย
 - 1.2 ดินหลุมที่ 2 เป็นดินประเภท CL, MH, ML ที่มีลักษณะความเหนียวต่ำปนกรวดและทราย
2. ตารางสรุปค่าอัตราส่วนความปลอดภัย

ตารางที่ 1 ตารางสรุปค่าความปลอดภัยที่ระยะการปลูก 2.0x2.0 เมตร

ความลาดชัน	NRNW	RNW_Rec
25	2.659	3.790
30	2.186	3.122
35	1.848	2.653
40	1.587	2.289
45	1.390	2.005
50	1.233	1.780

จากการศึกษาการกระจายตัวของรากต้นมะขามป้อมที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดดินกรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย พื้นที่ป่าลาดเชิงเขาบริเวณอาคารวิทยบริการ โดยมีการทำการทดสอบคุณสมบัติของดินทางวิศวกรรม.โดยทำการจำแนกวิธีการ Unified.Soil.Classification.สามารถจำแนกดินออกได้เป็น 3 ชนิด คือ ตัวอย่างดินหลุมที่ 1 ที่ความลึก 0.0-3.1 เมตร เป็นดินประเภท CL เป็นดินเหนียวที่มีค่าพลาสติกลิมิตสูง ตะกอนทราย อนินทรีย์ที่มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง ดินเหนียวปนกรวด

ตารางที่ 2 ตารางสรุปค่าความปลอดภัยที่ระยะการปลูก 3.0x3.0 เมตร

ความลาดชัน	NRNW	RNW_Rec
25	2.659	3.792
30	2.186	3.122
35	1.848	1.848
40	1.587	2.287
45	1.390	2.008
50	1.233	1.780

ตารางที่ 3 ตารางสรุปค่าความปลอดภัยที่ระยะการปลูก 4.0x4.0 เมตร

ความลาดชัน	NRNW	RNW_Rec
25	2.659	3.782
30	2.186	3.012
35	1.848	1.848
40	1.587	2.289
45	1.390	2.008
50	1.233	1.780

และดินเหนียวปนทราย ตัวอย่างดินหลุมที่ 2 ที่ความลึก 0.0-1.0 เมตร กับที่ความลึก 2.0-3.0 เมตร เป็นดินประเภท CL ที่ความลึก 1.0-2.0 เมตร ที่ความลึก 1.0-2.0 เมตร และที่ความลึก 3.0-4.0 เมตร เป็นดินประเภท MH-ML เป็นดินเหนียว มีค่าพลาสติกต่ำ เป็นดินตะกอนทรายอนินทรีย์และทรายละเอียดมาก หินฝุ่น ทรายละเอียดปนดินเหนียวที่มีความเหนียวเล็กน้อย จากการทดสอบแรงเฉือนของดินทุกตัวอย่าง จะได้ค่า C (ความเชื่อมแน่นระหว่างมวลดิน) ต่ำสุดเท่ากับ 1.32 ตันต่อตารางเมตร และสูงสุดเท่ากับ 7.46 ตันต่อตารางเมตร และได้ค่า ϕ (มุมเสียดทานภายใน) ต่ำสุดเท่ากับ 21.86 องศา และสูงสุดเท่ากับ 38.26 องศา จากการศึกษารูปแบบจำลองของรากต้นมะขามป้อม การกระจายตัวของรากเฉลี่ยออกจากโคนต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.45 เมตร และรากยังตามแนวดิ่งลึกเท่ากับ 1.0 เมตร ได้ค่า C_R (กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่เพิ่มขึ้นด้วยการเสริมราก) จากการวิเคราะห์เท่ากับ 0.0766 t/m^2 นำค่าสมบัติของดินมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม KUslope 2.1 เพื่อเปรียบเทียบระหว่างดินที่ไม่มีรากต้นมะขามป้อมกับดินที่เสริมด้วยรากต้นมะขามป้อม เมื่อนำค่าสมบัติทางวิศวกรรมของดินที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม KUslope 2.1 โดยการวิเคราะห์การปลูกแบบสี่เหลี่ยมเข้าด้วยกัน ที่ความลาดชัน 30, 35 และ 40 องศา ค่า F.S. เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่เสริมรากที่ความลาดชัน 30 องศา พบว่า ค่า F.S. เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 43.27 ความลาดชัน 35 องศา พบว่า ค่า F.S. เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 43.56 และที่ความลาดชัน 40 องศา พบว่า ค่า F.S. เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 44.23 ดังนั้นรากต้นมะขามป้อมสามารถเพิ่มอัตราส่วนความปลอดภัยในการเกิดภัยธรณีพิบัติเพิ่มมากขึ้นกว่าดินที่ไม่มีต้นมะขามป้อมคิดเป็นร้อยละ 43.68 และมีการวิเคราะห์แบบมีระดับน้ำที่ความลึกตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงระดับ 4.0 เมตร แบบไม่มีการเสริมรากต้นมะขามป้อมเปรียบเทียบกับแบบมีระดับน้ำที่ความลึกตั้งแต่ผิวดินจนถึงระดับที่ความลึก 4.0 เมตร แบบมีการเสริมรากต้นมะขามป้อม พบว่าที่ความชัน 30 องศาและมีระดับน้ำอยู่ที่ผิวดิน ค่า F.S. เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 73 ความลาดชันที่ 30 องศาและมีระดับน้ำที่ความลึก 1.0 เมตร ค่า F.S. เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 60.95 ความชัน 30 องศาและมีระดับน้ำที่ความลึก 2.0 เมตร ค่า F.S. เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 47.63 ความลาดชัน 30 องศาและมีระดับน้ำที่ความลึก 3.0 เมตร ค่า F.S. เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 47.71 และความลาดชัน 30 องศาและมีระดับน้ำที่ความลึก 4.0 เมตร ค่า F.S. เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 41.87 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม KUslope 2.1 พบว่า เมื่อมีความลาดชันเพิ่มขึ้น ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยจะลดลงและเมื่อมีการเสริมด้วยรากต้นมะขามป้อมพบว่าค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 43.82



สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการกระจายตัวของรากต้นมะขามป้อมที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดดิน โดยทำการทดสอบคุณสมบัติของดินสามารถจำแนกดินแสดงให้ว่าตัวอย่างดินความลึกที่ระดับ 0.0–4.0 เมตร เป็นดินดินเหนียวที่มีค่าพลาสติกลิมิตสูง มีตะกอนทรายและอนินทรีย์ที่มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง และมีกรวดปนทราย และเมื่อมีระดับลึกมากขึ้น พบว่าจะเป็นดินเหนียวที่มีค่าพลาสติกต่ำ เป็นดินตะกอนทรายอนินทรีย์และทรายละเอียดมาก หินฝุ่น ทรายละเอียดปนดินเหนียวที่และจากการศึกษาแรงเฉือนของดินทุกตัวอย่างมีความเชื่อมั่นระหว่างมวลดินอยู่ระหว่าง 1.32–7.46 ตันต่อตารางเมตรและค่ามุมเสียดทานภายในอยู่ระหว่าง 21.86–38.26 องศา และจากการศึกษาแบบจำลองการกระจายตัวของรากต้นมะขามป้อมลักษณะการแผ่ออกจากโคนต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.45 เมตร และหยั่งตามแนวตั้งลึกเท่ากับ 1.0 เมตร ได้ค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่เพิ่มขึ้นด้วยการเสริมรากเท่ากับ 0.0766 t/m^2 และเมื่อพิจารณาลักษณะการวางรากแบบสี่เหลี่ยมที่ความลาดชัน 30, 35 และ 40 องศา พบว่าเมื่อความลาดชันสูงขึ้นและมีการเสริมรากในมวลดิน ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยจะเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่างคิดเป็นร้อยละ 43.27 ถึง 44.23 แสดงให้เห็นว่ารากต้นมะขามป้อมสามารถเพิ่มอัตราส่วนความปลอดภัยในการเกิดภัยพิบัติเพิ่มมากขึ้นกว่าดินที่ไม่มีต้นมะขามป้อมคิดเป็นร้อยละ 43.68 และในการวิเคราะห์ผลของระดับน้ำที่ความลึกตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงระดับ 4.0 เมตร กรณีที่ไม่มีการเสริมรากต้นมะขามป้อมเปรียบเทียบกับกรณีที่มีการเสริมรากต้นมะขามป้อม ด้วยโปรแกรม KUSlope 2.1 พบว่าเมื่อความชันเดียวกันและระดับน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยลดลง และเมื่อมีการพิจารณาเสริมกำลังด้วยรากต้นมะขามป้อมประสานมวลดิน พบว่าค่าอัตราส่วนความปลอดภัยจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น



เอกสารอ้างอิง

- กนกศักดิ์ ทรายทา และคณะ. (2554). “ศึกษาการกระจายตัวของรากต้นมะขามป้อมที่มีผลต่อเสถียรภาพลาดดินบริเวณดอยแม่สลองบริเวณโรงแรมเซ็นทรัลฮิลล์” ปรินูญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย.
- เกียรติพงษ์ กว้างปาละ และคณะ. (2552). “การศึกษาการกระจายตัวของรากต้นประดู่ป่าที่มีผลต่อการพังทลายของลาดดินอาคารเรียนและปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา” ปรินูญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมโยธา และสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย.
- ชูเลิศ จิตเจริญ. (2543). “ศึกษาเปรียบเทียบโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน ในงานก่อสร้างทางวิศวกรรมปฐพีและธรณีโดยทั่วไปวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพ” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชัยชนะ อนุศิลป์ และคณะ. (2546). “ศึกษาการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินที่เสริมด้วยรากกระถินเทพาและหญ้าแฝก” วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ.
- ดิกรัตน์ กวาทอง และคณะ. (2551). “การศึกษาการใช้หญ้าแฝกเพื่อเสริมเสถียรภาพเชิงลาดดินและการควบคุมการชะล้างพังทลายของคณะวิศวกรรมโยธา” ปรินูญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย.

- มรรควัฒน์ กระจง และคณะ. (2552). “การศึกษาการกระจายตัวของรากต้นสักที่มีผลต่อการพังทลายของลาดดินบริเวณ อาคารเรียนและปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา” ปรินญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย.
- ราตรี วิวัฒน์จิตชัย และคณะ. (2554). “ศึกษาการกระจายตัวของรากต้นเต็งที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดดิน” ปรินญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
- รัชชานนท์ อริยะมั่ง และคณะ. (2552). “การศึกษาปริมาณความหนาแน่นของรากต้นมะค่าโมงที่มีผลต่อหน่วยแรงเฉือนของดิน อาคารเรียนและปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา” ปรินญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย.
- รัฐธรรม อีสโรพาร. (2547). “การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินด้วยวิธี *Generalized Limit Equilibrium*” วิทยานิพนธ์ปรินญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิชัย สังวรปทานสกุล และคณะ. (2543). “การศึกษาการเปรียบเทียบการวิจัยการเสริมกำลังของดินโดยใช้ราก” ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Stokes, A. & Mattheck, C. (1996). “Variation of wood strength in roots of forest trees”. *Journal of Experimental Botany*. 47, 693–699.
- Abe, K., Ziemer, R. R., (1991b). “Effect of tree roots on a shear zone: modeling reinforced shear strength,” *Can. J. For. Res.* 21, 1012–1019.