

การศึกษาอิทธิพลการตอกเสาเข็มไม้เสริมแรงต่อเสถียรภาพของลาดดิน ด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

INFLUENCE OF THE WOOD PILE REINFORCED. THE STABILITY OF THE SOIL SLOPE WITH PHYSICAL SIMULATION

พรพิพัฒน์ โสธนะ¹ กิตติธรา มัวตหริด²

^{1,2} วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันงานชลประทานประสบปัญหาการพังทลายของดินในหลายโครงการ โดยเฉพาะบริเวณริมตลิ่งของ แม่น้ำ และคลอง ต่างๆ แม้จะมีการทำการออกแบบและสร้างเขื่อนป้องกันบริเวณริมตลิ่งแล้วก็ตาม

ทางคณะผู้จัดทำจึงศึกษาอิทธิพลของการตอกเสาเข็มไม้เสริมแรงต่อเสถียรภาพของลาดดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพสำหรับลาดดินที่ไม่มีความเชื่อมั่นแน่นเพื่อหาความสามารถในการต้านทานน้ำหนักรรทุกโดยศึกษาทั้งหมด 3 กรณีแบ่งออกเป็น กรณีลาดดินปกติ กรณีลาดดินที่มีการเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 2 แถว และ 4 แถว ตามลำดับ จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์หาค่า Minimum Factor of Safety และแนวเคลื่อนพัง โดยใช้โปรแกรม KUslope ซึ่งจากการศึกษาทั้งหมดทำให้ทราบว่า เสาเข็มไม้มีส่วนช่วยในการเพิ่มเสถียรภาพ ของลาดดินได้ โดยลาดดินสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น และแนวเคลื่อนพังจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

คำสำคัญ: โปรแกรม KUslope , Minimum Factor of Safety , ลาดดิน , เสาเข็มไม้ , เสถียรภาพ

บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ไม่เพียงแต่มนุษย์จะใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค น้ำยังเป็นปัจจัยหลักในการประกอบอาชีพหลายๆ อาชีพของมนุษย์อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งถือได้ว่าน้ำเป็นหัวใจสำคัญของอาชีพนี้ แต่เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมบางแห่งขาดแคลนน้ำที่จะใช้ในการเพาะปลูก จึงได้มีการริเริ่มขุดคลองชลประทานเกิดขึ้น ซึ่งเริ่มขึ้นในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว โดยคลองชลประทานแห่งแรกชื่อว่า คลองรังสิต หรือ ชื่อเต็มคือรังสิตประยูรศักดิ์ ริเริ่มขึ้นเพื่อพัฒนาเกษตรกรรมโดยที่มีข้าวเป็นผลผลิตหลัก คลองชลประทานจึงเปรียบเสมือนเส้นเลือดใหญ่ ที่หล่อเลี้ยงชีวิตของเกษตรกร และประชาชนทั่วไป ดังนั้นเพื่อให้

การส่งน้ำ ผ่านคลองชลประทานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ควรมีการศึกษาเสถียรภาพของคันคลองชลประทาน และแนวทางการปรับปรุงซ่อมแซมคันคลองชลประทาน

เนื่องจากปัจจุบันปัญหาการพังทลายของลาดดินมีผลกระทบต่อดำรงชีวิตของผู้คนมากขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณริมตลิ่งของ แม่น้ำ และคลองต่างๆ แม้จะมีการทำการออกแบบและสร้างเขื่อนป้องกันบริเวณริมตลิ่งแล้วก็ตาม ดังตัวอย่างเช่นบริเวณถนนเลียบริมคลองชลประทาน 26 ซึ่งเป็นเส้นทางเข้าโรงพักวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้ทรุดตัวเป็นทางยาวกว่า 200 เมตร บางช่วงเกือบ 1 เมตร ส่งผลให้มีปัญหาต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ จึงนำไปสู่แนวทางการศึกษาหาแนวทางปรับปรุงลาดดินให้มีเสถียรภาพสูงขึ้น โดยการตอกเสาเข็มไม้เสริมแรงในลาดดิน

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ในการวิจัย การศึกษาอิทธิพลของการตอกเสาเข็มไม้เสริมแรงต่อเสถียรภาพของลาดดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพ มีดังนี้

- เพื่อศึกษาหาความมั่นคงที่เปลี่ยนไปของลาดดินที่มีการเสริมแรงด้านทานการทรุดตัวพังทลายด้วยเสาเข็มไม้
- เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาออกแบบและก่อสร้าง เสาเข็มเสริมแรง เพื่อเพิ่มความมั่นคงของลาดดินในงานชลประทาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในการวิจัยเรื่อง การศึกษาอิทธิพลของการตอกเสาเข็มไม้เสริมแรงต่อเสถียรภาพของลาดดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

- ทราบถึงผลของความมั่นคงของลาดดินหลังจากมีการปรับปรุงโดยการใช้เสาเข็มเสริมแรง
- สามารถนำผลการวิจัยนี้ไปเป็นแนวทางในการพิจารณาปรับปรุงคันคลองชลประทานที่เกิดการทรุดตัวพังทลาย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

◆ วิธีการดำเนินการวิจัยของวัตถุประสงค์ที่ 1 (เพื่อศึกษาหาความมั่นคงที่เปลี่ยนไปของลาดดินที่มีการเสริมแรงด้านทานการทรุดตัวพังทลายด้วยเสาเข็มไม้)

1. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ก. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องงานวิจัยจากการตรวจเอกสาร

ข. ศึกษาการใช้โปรแกรม KUslope version2.0

ค. ศึกษาข้อมูลที่ใช้ประกอบการปรับปรุงลาดดินโดยใช้เสาเข็มเสริมแรง บริเวณริมตลิ่งของคลองชลประทาน เพื่อไปใช้ในการนำไปวิเคราะห์ ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ ได้แก่

1) ลักษณะของลาดดิน

2) คุณสมบัติของดิน

3) คุณสมบัติของเสาเข็ม ไม้เสริมแรง

4) น้ำหนักบรรทุกบนคันคลอง

โดยข้อมูลต่างๆ ได้มาจากการ เก็บข้อมูลใน

สนาม

ง. สร้างแบบจำลองทางกายภาพ

จ. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล

ไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม KUslope version2.0

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาสรุปหา

อัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ของลาดดิน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2

ส่วนได้แก่

ก. เครื่องมือที่ใช้ในการทำแบบจำลองทางกายภาพ

1) ไม้อัด

2) แผ่นอะคริลิกใส หนา 5 มม.

3) ตะปูดอกไม้

4) สว่าน

5) ไขควง

6) ทรายที่ใช้ในงานก่อสร้าง

7) สีสเปรย์

8) ไม้แบบ

9) แท่งไม้ทรงกระบอก เส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 0.5 cm

10) ไม้บรรทัด

ข. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหา

ค่า Minimum factor of safety

1) คอมพิวเตอร์ (Computer)

2) เครื่องพิมพ์ (Printer)

3) โปรแกรม KUslope version2.0

4) โปรแกรม Microsoft office

3. วิธีการดำเนินการ ในการศึกษาแนวทาง

ซ่อมแซมและป้องกันการทรุดตัวของลาดดิน

โดยการตอกเสาเข็มเสริมแรง จะทำการสร้างแบบจำลองทางกายภาพโดยใช้ทรายที่ไม่มีความเชื่อมแน่น โดยแบ่งแบบจำลองในการศึกษาออกเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

ก. ลาดดินปกติ

ข. ลาดดินที่เสริมแรงด้วยเข็มไม้จำนวน 2

แถว

ค. ลาดดินที่เสริมแรงด้วยเข็มไม้จำนวน 4

แถว

เมื่อสร้างแบบจำลองทางกายภาพเรียบร้อยแล้วจะมีการทดลองหาจุดพังทลายและสภาพพังทลายของทั้ง 3 กรณี โดยทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทุกลงกดลงไปบนคันคลอง จากนั้นจะนำข้อมูลต่างๆ ไปสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโปรแกรม KUslope version 2.0 แล้วแสดงผลออกมาในรูปแบบของตาราง กราฟ และแผนภูมิต่างๆ

4. ขั้นตอนการทำแบบจำลอง สร้างแบบจำลองทางกายภาพ โดยการใช้ทรายที่ไม่มีความเชื่อมแน่น มาทำการก่อให้มีลักษณะเหมือนลาดดินบริเวณริมตลิ่งของคลองชลประทาน

ก. สร้างฐานเพื่อรองรับทราย เพื่อที่จะก่อให้มีลักษณะเหมือนคันคลองโดยจะมีลักษณะดังภาพที่ 3.1 - 2

ข. นำทรายมาเทลงไปในฐานเพื่อก่อให้มีลักษณะเหมือนคันคลองดังภาพที่ 3.1 - 3

ค. นำน้ำหนักมากดทับลงไปบนคันคลองเพื่อทำการทดลองดังภาพที่ 3.1 - 4 เพื่อหาค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่คันคลองจะสามารถรับน้ำหนักได้

แบบจำลองทางกายภาพนี้มีมาตราส่วนที่ใช้ในแบบจำลองคือ 1:25 โดยที่ 1 เมตร ของลาดดินจริงจะมีค่าเท่ากับ 4 cm ของแบบจำลองทางกายภาพ เส้นกริดแต่ละช่องมี ขนาด 2 x 2 ตร.ซม.



ภาพที่ 3.1 - 3 แสดงลักษณะด้านของของแบบจำลอง



ภาพที่ 3.1 - 5 แสดงลักษณะการวางน้ำหนักบรรทุกลงบนคันคลอง

5. ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วย โปรแกรม KUslope

การวิเคราะห์ด้วย โปรแกรม KUslope จะทำการวิเคราะห์โดยใช้ ทฤษฎีการพังแบบไม่เป็นส่วนโค้งวงกลม โดยนำแนวการพังทลายในแบบจำลอง มาพล็อตในโปรแกรม KUslope แล้วทำการวิเคราะห์หาค่า

Minimum factor of safety

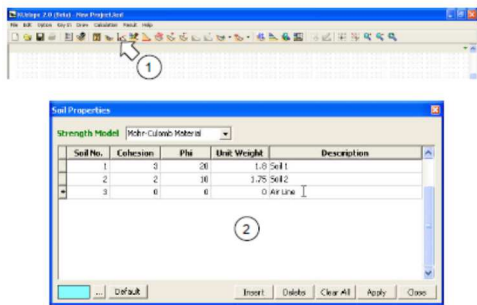
ก. ศึกษาคู่มือการใช้โปรแกรม KUslope

ข. ใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของชั้นดินที่จะใช้ในการวิเคราะห์ดังภาพที่ 3.1 - 6

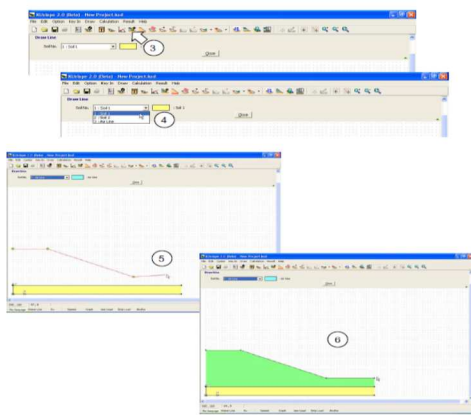
ค. วาดรูปร่างของชั้นดินที่จะใช้ในการวิเคราะห์ดังภาพที่ 3.1 - 7

ง. พล็อตลักษณะการพังทลายลงในชั้นดิน

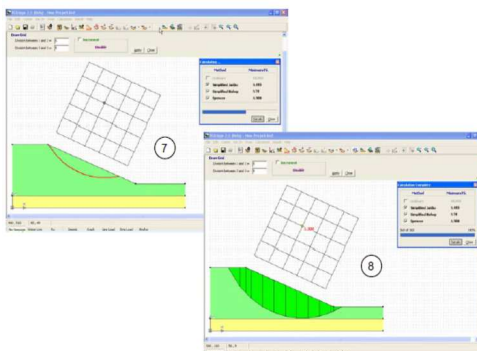
จ. เริ่มต้นทำการวิเคราะห์หาค่า Minimum factor of safetyดังภาพที่ 3.1 - 8



ภาพที่ 3.1 - 6 ตัวอย่างการใส่ค่าพารามิเตอร์ของชั้นดิน



ภาพที่ 3.1 - 7 ตัวอย่างการวาดรูปร่างของชั้นดิน



ภาพที่ 3.1 - 8 ตัวอย่างการวิเคราะห์หาค่า Minimum factor of safety

♦ วิธีการดำเนินการวิจัยของวัตถุประสงค์ที่ 2 (เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาออกแบบและก่อสร้าง เสาค้ำเสริมแรง เพื่อเพิ่มความมั่นคงของลาดดิน)

1. จากการทดลองด้วยแบบจำลองทางกายภาพ และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม KUSlope version 2.0 เพื่อหาค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุก เพื่อคุณลักษณะการพังของลาดดิน และหาค่า Minimum Factor of Safety แล้วจึงนำผลที่ได้มาหาความเหมาะสมในการ การปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดิน โดยใช้เสาเข็มไม้เสริมแรง โดยแสดงผลความสัมพันธ์ ของเสาเข็มเสริมแรงกับอัตราส่วนความปลอดภัยในรูปแบบตาราง ซึ่งเป็นแนวทางในการพิจารณาออกแบบ ปรับปรุงและซ่อมแซมคลองชลประทานต่อไป

ผลและการวิจารณ์

1. ผลการทดลองด้วยแบบจำลองทางกายภาพ เป็นการจำลองลักษณะของลาดดินบริเวณริมตลิ่งของคลองชลประทาน เพื่อหาค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุก และลักษณะการพังของลาดดินของลาดดินในกรณี ทั้ง 3 ได้แก่

ก. กรณีลาดดินปกติ

ข. กรณีเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 2 แถว

ค. กรณีเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 4 แถว

เพื่อทำการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักบรรทุก และลักษณะการพังของลาดดิน ทั้ง 3 กรณี เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม KUSlope

2. ผลการทดลองด้วยโปรแกรม KUSlope เป็นการนำลักษณะการพังของลาดดินทั้งสามกรณีมาวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม KUSlope เพื่อหาค่า Factor of Safety ของทั้งสาม กรณีมาเปรียบเทียบกัน โดยจะใช้ทฤษฎีการพังแบบไม่เป็นส่วนของวงกลมในการวิเคราะห์ เนื่องจากการพังทลายของลาดดินในแบบจำลอง มีการพังทลายแบบไม่เป็นส่วนของวงกลม

3. ผลการทดลองด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

ก. กรณีลาดดินปกติ

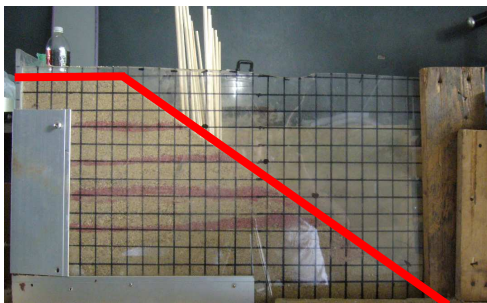


ภาพที่ 4.1 - 1 ลาดดินปกติก่อนมีน้ำหนักบรรทุก

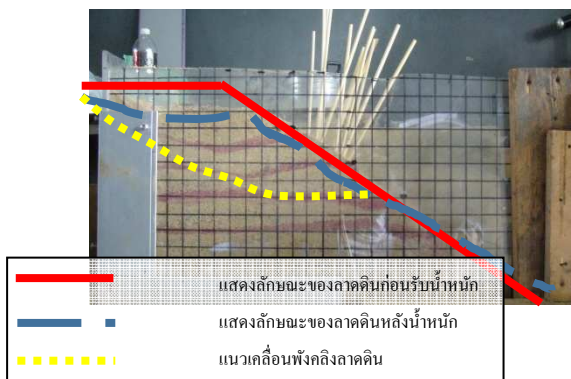


ภาพที่ 4.1 - 2 ลาดดินปกติหลังมีน้ำหนักบรรทุก

ข. กรณีเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 2 แถว



ภาพที่ 4.1 - 3 ลาดดินเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 2 แถว ก่อนมีน้ำหนักบรรทุก

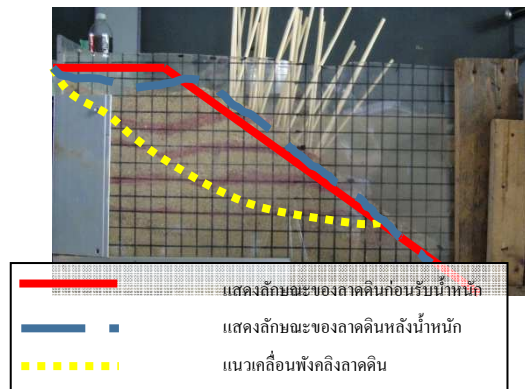


ภาพที่ 4.1 - 4 ลาดดินเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 2 แถว หลังมีน้ำหนักบรรทุก

ค. กรณีเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 4 แถว



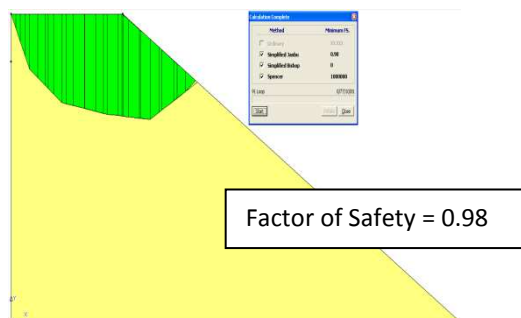
ภาพที่ 4.1 - 5 ลาดดินเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 4 แถว ก่อนมีน้ำหนักบรรทุก



ภาพที่ 4.1 - 6 ลาดดินเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 4 แถว หลังมีน้ำหนักบรรทุก

4. ผลการทดลองด้วยโปรแกรม KUslope

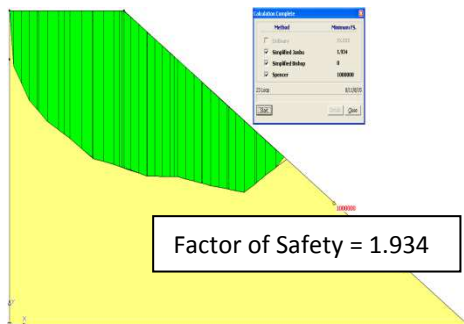
ก. กรณีลาดดินปกติ



ภาพที่ 4.1 - 7 ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม KUslope กรณีลาดดินปกติ

ข. กรณีเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้จำนวน 2

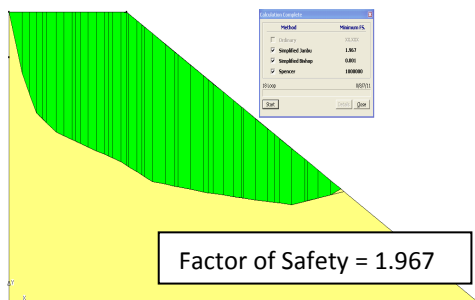
แถว



ภาพที่ 4.1 - 8 ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม KUSlope กรณีลาดดินเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 2 แถว

ค. กรณีเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้จำนวน 4

แถว



ภาพที่ 4.1 - 9 ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม KUSlope กรณีเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ 4 แถว

จากการทดลองการศึกษาอิทธิพลของการตอกเสาเข็มไม้เสริมแรงต่อเสถียรภาพของลาดดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพ ผลการศึกษาที่ได้มีลักษณะแตกต่างกันออกไปไม่ว่าจะเป็นลักษณะการพังทลายของชั้นดิน กำลังรับน้ำหนักบรรทุกบนคันคลอง และค่า Minimum of factor safety และจากการทดลองยังสามารถนำข้อมูลมาสรุปหาว่าการปักเสาเข็มจำนวนเท่าใด เพื่อความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการศึกษาพบว่า การเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้มีส่วนช่วยให้ลาดดินมีความมั่นคงมากขึ้น กว่าลาดดินปกติที่ไม่มีการเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ แต่อัตราการเพิ่มขึ้นของความมั่นคงของ

ลาดดิน ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนแถวของเสาเข็มไม้

สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองด้วยแบบจำลองทางกายภาพของลาดดิน เพื่อศึกษาอิทธิพลของเสาเข็มไม้ต่อเสถียรภาพของลาดดิน สรุปได้ดังนี้

สรุปผลที่ได้ จากการศึกษอิทธิพลของการตอกเสาเข็มไม้เสริมแรงต่อเสถียรภาพของลาดดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพ จากแบบจำลองทำให้ทราบว่า การปักเสาเข็มไม้ลงไปในลาดดิน มีส่วนช่วยให้ด้านทานน้ำหนักบรรทุกได้ โดยที่การปักเสาเข็มไม้ 4 แถว ด้านทานน้ำหนักบรรทุกได้มากกว่าการปักเสาเข็มไม้ 2 แถว ตามลำดับ และนอกจากนี้เสาเข็มไม้ยังส่งผลทำให้แนวเคลื่อนพังของลาดดินเปลี่ยนไป ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 5.1 อีกด้วย ซึ่งเมื่อแนวเคลื่อนพังมีการเปลี่ยนแปลง จึงส่งผลให้ ค่า Minimum Factor of Safety โดยที่การเพิ่มขึ้นของค่า Minimum Factor of Safety นั้น ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มจำนวนของเสาเข็มไม้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 - 2 ทำให้ในการเสริมแรงด้วยเสาเข็มไม้ จะมีความเหมาะสม ของจำนวนแถวอยู่ที่จำนวนหนึ่งเท่านั้น ถ้าเสริมมากเกินไปจนจุดที่เหมาะสม จะเป็นการสิ้นเปลือง

ดังนั้นการปักเสาเข็มไม้เสริมแรงจึงสามารถเป็นแนวทางหนึ่ง ในการปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดินบริเวณริมตลิ่งของคลองชลประทานเพื่อลดปัญหาการทรุดตัวบริเวณริมตลิ่ง แต่ต้องพิจารณาถึงจำนวนแถวของเข็มไม้ให้เหมาะสมเพื่อความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

ปัญหาและข้อเสนอแนะในการวิจัย

เนื่องจาก จากการศึกษอิทธิพลของการตอกเสาเข็มไม้เสริมแรงต่อเสถียรภาพของลาดดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพ ศึกษาจากแบบจำลองที่ทำจากทราย เพียงอย่างเดียว ด้วยข้อจำกัดของการทำแบบจำลอง และเวลาในการทดลองแต่ในชีวิตจริงนั้นลาดดินของ

คลองชลประทานประกอบไปด้วยดินหลายชนิด ควรมีการทดลองด้วยดินหลายชนิดเพื่อความถูกต้องและแม่นยำ

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาอิทธิพลของการตอกเสาเข็มไม้เสริมแรงต่อเสถียรภาพของลาดดินด้วยแบบจำลองทางกายภาพ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ชาญชัย ศรีสุธรรม ประธานกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้การสนับสนุนและติดตามการทำงานมาโดยตลอด อาจารย์วิโรจน์ พิทักษ์ทรายทอง อาจารย์จ้าวรรณ วงศ์เจริญสถิตย์ กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการสนับสนุน ซึ่งมีสำนักวิจัยและพัฒนา ประจำกรมชลประทานปากเกร็ด เป็นสำนักงานที่ช่วยในเรื่องการทดลอง และขอขอบคุณวิทยาลัยการชลประทานที่ให้โอกาส จัดทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้และ เพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือจนลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ประโยชน์ทั้งหมด และคุณความดีทั้งหลายอันพึงจะได้รับจากโครงการวิศวกรรมเล่มนี้ทางคณะผู้จัดทำขอมอบแด่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ความสามารถต่างๆ แก่คณะผู้จัดทำจนประสบความสำเร็จในการศึกษา

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ชินวัฒน์ มุกตพันธุ์. 2545 **ปฐพีกลศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 8.

หน่วยสารบรรณ, งานบริหารและธุรการ,
คณวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทวีศักดิ์ ระมิงวงศ์ และชาญ ดันติสุกฤต. 2522.

ธรณีวิทยาสำหรับวิศวกร. มิตรนราการพิมพ์.
กรุงเทพฯ

นงลักษณ์ ไทรเจียมอารีย์. 2546. **คุณสมบัติดินทางด้าน**

วิศวกรรมเพื่อการวิเคราะห์เสถียรภาพของ
ลาดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำก้อ ต.น้ำก้อ อ.หล่มสัก จ.
เพชรบูรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุญรอด คุปดีทัฬหี. 2532 **การศึกษาความเหมาะสมของ**
การทดสอบกำลังของดินตัวเชื่อม
ห้วยปะทาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปราโมทย์ เฉชะอำไพ. 2537. **ไฟไนท์เอลิเมนต์ในงาน**
วิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

วิบูลย์ บุญยชโรกล. ม.ป.ป. **หลักการชลประทาน**.
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะ
วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์. 2540. **วิศวกรรมปฐพี**. วิศวกรรม
สถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์,
กรุงเทพฯ

วราร ไม้เรียง. 2542. **วิศวกรรมเขื่อนดิน**. ภาควิชา
วิศวกรรมโยธาและโครงการซ่อมแซมและ
ปรับปรุงเขื่อนมูลบน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรารุช วุฒินิชย์. 2539. **อุทกวิทยาประยุกต์**. ภาควิชา
วิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วินัย ศรีอำพร. 2539. **วิศวกรรมน้ำใต้ดิน**. ภาควิชา
วิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ชื่อเรื่อง การศึกษาอิทธิพลการตอกเสาเข็มไม้เสริมแรง ต่อเสถียรภาพของลาดดินด้วยแบบจำลองทาง กายภาพ INFLUENCE OF THE WOOD PILEREINFORCED. THE STABIRITY OF THE SOIL SLOPE WITH PHYSICAL SIMULATION	نامผู้วิจัย นายกิตติธรา ม่วงคหรีด นายพรพิพัฒน์ ไสธนะ อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ชาญชัย ศรีสุธรรม วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
---	--