

การทดลองเชิงพลศาสตร์เพื่อหาแรงลัพธ์ของใบมีดจอบหมุน

Dynamics Determination of Resultant Forces Acting on a Rotary Blade

สุรินทร์ พงศ์กุศลสมิทธิ์, ธนิญฐา ตุมราศวิน, วรพงษ์ สุรัชย์กุลวัฒนา, สมโภช ชีวะหิตานนท์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 Email: surin1950@hotmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาชุดทดลองและอุปกรณ์การวัด เพื่อให้สามารถวัดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด คือ ชนิดตัวแอล ตัวซี และแบบผสม การทดลองแบ่งเป็น 3 กรณีด้วยกัน คือ วัดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแต่ละชนิดแบบเต็มใบ วัดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแต่ละชนิดที่ส่วนตรงและส่วนปลายของใบมีด และวัดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแต่ละชนิดเมื่อมีใบมีดข้างเคียง ในการทดลองจะใช้ Extended Octagonal Ring (EOR) ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดแรงต้านทานที่กระทำต่อใบมีด รวมถึงนำ Encoder มาใช้เพื่อให้สามารถระบุองศาการพรวนของแรงต้านทานที่กระทำได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง จะใช้คอมพิวเตอร์ร่วมกับโปรแกรม LabView เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นสัญญาณ Analog และมีจำนวนมาก นอกจากนั้นโปรแกรม LabView ยังสามารถแปลงข้อมูลจากผลการทดลองที่เป็นข้อมูลเลขฐานสอง (Binary file) ไปเป็นข้อมูลที่สามารถเปิดอ่านได้จากโปรแกรมทั่วไป (Spreadsheet) และยังสามารถนำโปรแกรม CATIA V5 มาใช้จำลองสภาพของใบมีดจอบหมุนขณะพรวนเพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการเกิดของแรงต้านทาน ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดต่างๆ ในแต่ละองศาของการพรวน โดยข้อมูลที่ได้นำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการออกแบบ และปรับปรุงใบมีดจอบหมุน ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานต่อไป

คำสำคัญ

ใบมีดจอบหมุน รถไถเดินตาม เครื่องพรวนจอบหมุน EOR

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องพรวนจอบหมุน (Rotary Tiller) เป็นเครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในการเตรียมดิน ทำงานโดยอาศัยกำลังจากเครื่องยนต์ ส่งผ่านเพลลาอำนาจกำลัง (P.T.O. Power take-off) ของรถแทรกเตอร์ หรือรถไถเดินตาม เพื่อหมุนขับเพลลาใบมีด (Rotary shaft) ที่มีการจัดเรียงใบมีดติดอยู่ กำลังเครื่องยนต์ประมาณ 85-90 % ใช้ในการขับเพลลาใบมีดขณะพรวนดิน ซึ่งเกิดจากแรงต้านทานดิน

เนื่องจากแรงต้านทานดินที่กระทำต่อใบมีด มีผลโดยตรงต่อกำลังเครื่องยนต์ที่ต้องการ ดังนั้นการเลือกใช้ใบมีดที่มีแรงต้านทานดินต่ำ จะเป็นการลดการใช้กำลังเครื่องยนต์และปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

1.2 ขอบเขตของโครงการ

- สร้างชุดทดลองสำหรับหาแรงต้านทาน ที่กระทำบนใบมีดจอบหมุนที่สภาวะการทำงานต่างๆ
- ทดลองหาแรงต้านทาน ที่กระทำบนใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล ตัวซี และแบบผสม เมื่อพรวนด้วยใบมีดใบ

เดียว ที่ความเร็วรอบหมุนเพลลาใบมีด 120 รอบต่อนาที ที่ระยะการตัด 3, 6 และ 9 เซนติเมตร

- ทดลองหาแรงต้านทาน ที่กระทำกับใบมีดชนิดต่างๆ ที่มีการตัดส่วนปลายของใบมีด เพื่อเปรียบเทียบกับแรงต้านทานที่ไม่มีการตัดส่วนปลายใบมีด ที่สภาวะการทำงานเดียวกัน

- ทดลองหาแรงต้านทาน ที่กระทำกับใบมีดใบเดียวที่มีใบข้างเคียง ที่ความเร็วรอบหมุนเพลลาใบมีด 35 รอบต่อ นาที ที่ระยะการตัด 6 เซนติเมตร ในรูปแบบการจัดเรียงใบมีดแบบต่างๆ

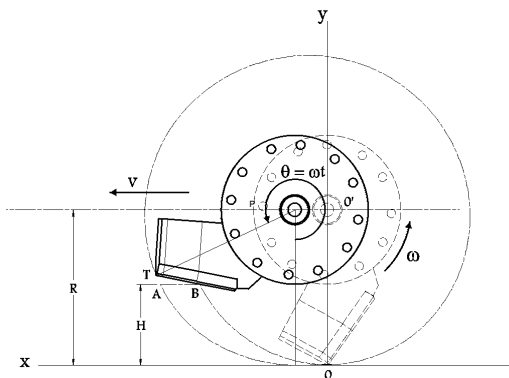
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนี้ คือได้ ข้อมูลที่เกี่ยวกับการศึกษา และทดสอบหาแรงต้านทาน ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนสำหรับโรงงานผู้ผลิต เพื่อใช้ในการออกแบบ ปรับปรุง ใบมีดจอบหมุนให้เหมาะสมต่อไป พร้อมทั้งสามารถประยุกต์ใช้ชุดทดลองนี้เป็นชุดทดสอบสมรรถนะการทำงานของใบมีดต้นแบบต่อไป

2. ทฤษฎี

2.1 การเคลื่อนที่ของใบมีดจอบหมุน (Motion of rotary blades)

เมื่อเครื่องพรวนจอบหมุนทำงาน เพลลาใบมีดจะ หมุนตัดดินพร้อมกับเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทำให้ใบมีดที่ ติดอยู่บนเพลลาใบมีดเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง (Locus curve) ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นโค้งโทรคอยด์ (Trochoid curve)



รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของใบมีด

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้

R คือ รัศมีของใบมีด (เมตร)

V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของ เพลลาใบมีด (เมตรต่อวินาที)

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของเพลลาใบมีด (เรเดียนต่อวินาที)

t คือ เวลา (วินาที)

$\omega t = \theta$ คือ ค่ามุมที่ใบมีดหมุนไปในช่วงเวลา t

โดยทั่วไปความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีด สามารถหาได้จากสมการ

$$\omega = \frac{n\pi}{30} \quad (1)$$

เมื่อ n คือ ความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีด (รอบต่อ นาที)

2.2 ระยะตัดดิน (Tillage pitch, P)

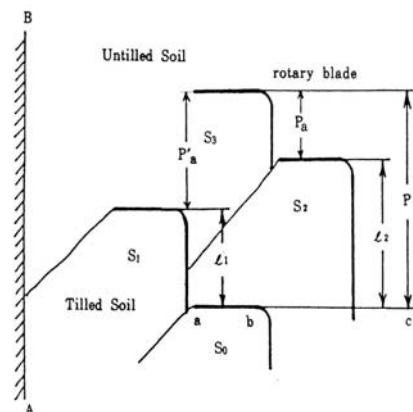
ระยะตัดดิน คือระยะห่างที่ใบมีดหมุนตัดดิน สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P = \frac{60V}{Zn} \quad (2)$$

เมื่อ Z คือ จำนวนใบมีดบนหนึ่งระนาบของเพลลาใบมีด

2.3 ระยะตัดดินของใบมีด

การจัดเรียงใบมีดที่แตกต่างกันจะก่อให้เกิดระยะตัดดินที่แตกต่างกันด้วย



รูปที่ 2 ระยะตัดดิน เมื่อตัดใบมีดระนาบละ 1 ใบ

โดย P คือ ระยะตัดดิน

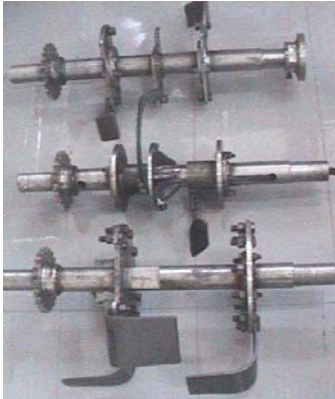
Pa คือ ระยะตัดดินจริง

P'a คือ ระยะตัดดินข้างเคียง

3. อุปกรณ์การทดลอง

3.1 ชุดอุปกรณ์จำลองสภาวะการทำงาน

3.1.1 เผลาใบมีดและใบมีดชนิดต่าง ๆ เนื่องจากใบมีดแต่ละชนิดจะมีลักษณะการยึดจับที่แตกต่างกันในชุดการทดลองนี้จึง มีเผลาใบมีด 3 แบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการยึดจับใบมีดแต่ละชนิดดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชุดเผลาใบมีดทั้ง 3 ชนิด

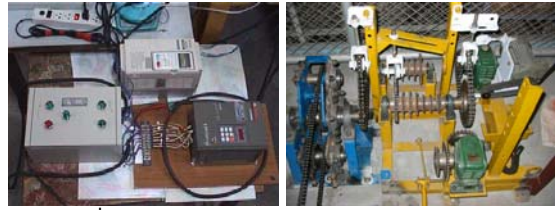
3.1.2 กระบะและราง กระบะสามารถเคลื่อนที่ไปกลับในราง โดยให้กระบะเคลื่อนที่เข้าหาใบมีดที่หมุนอยู่กับที่เปรียบเสมือนการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ขณะพรวนดินดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กระบะและรางในการทดลอง

3.2 ชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน

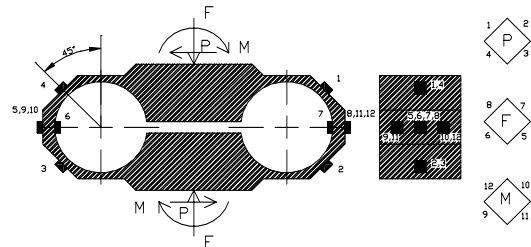
3.2.1 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วกระบะและความเร็วรอบหมุนเผลาใบมีด ประกอบด้วย Inverter และชุดเฟืองโซ่ ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนทิศทางและความเร็วของกระบะ และยังสามารปรับความเร็วการหมุนของเผลาใบมีดได้ตามต้องการดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กล่องควบคุม Inverter และชุดเฟืองทด

3.3 ชุดอุปกรณ์วัดสัญญาณ

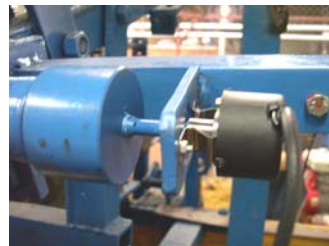
3.3.1 EOR เป็นเครื่องมือวัดที่มีการติดสเตรนเกจตามตำแหน่งต่างๆ โดยสัญญาณจะเกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำกับใบมีดซึ่งจะส่งผลให้ EOR เกิดการเสียรูปดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 EOR และการติดสเตรนเกจตามตำแหน่งต่างๆ

3.3.2 Strain Amplifier เป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่ส่งมาจากสเตรนเกจ 100 เท่า ทำให้สามารถเห็นลักษณะสัญญาณได้ชัดเจน

3.3.3 อุปกรณ์วัดตำแหน่งการหมุนของเผลาใบมีด ช่วยทำให้สามารถกำหนดจุดเริ่มต้น การหมุนของเผลาใบมีดได้อย่างถูกต้อง และสามารถรู้ถึงจุดเริ่มต้นการหมุนของเผลาใบมีดในรอบการหมุนอื่นๆ ได้อีกด้วยดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 Rotary Encoder และการติดตั้ง

3.4 ชุดอุปกรณ์รับสัญญาณ

3.4.1 Data Acquisition Card (DAQ Card) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ Analog ที่ได้จากชุดอุปกรณ์วัดสัญญาณเป็นสัญญาณ Digital เพื่อนำไปบันทึกเป็นข้อมูลในคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ลักษณะของ DAQ Card

4. การสอบเทียบ

4.1 การสอบเทียบสถิต เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงต่างๆ ที่เกิดขึ้นบน EOR ซึ่งผลจากการสอบเทียบนั้นจะอยู่ในรูปเมตริกซ์

$$\begin{bmatrix} V_F \\ V_P \\ V_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{FF} & C_{FP} & C_{FM} \\ C_{PF} & S_{PP} & C_{PM} \\ C_{MF} & C_{MP} & S_{MM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F \\ P \\ M \end{bmatrix}$$

โดยความสัมพันธ์ที่มีผลของความไวข้ามน้อยที่สุดจะเป็นดังนี้

$$\begin{pmatrix} F \\ P \\ M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 462579 & 17260.6 & 39718 \\ 19279 & 456000 & -8966 \\ -1905 & 245.739 & 30225 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_F \\ V_P \\ V_M \end{pmatrix}$$

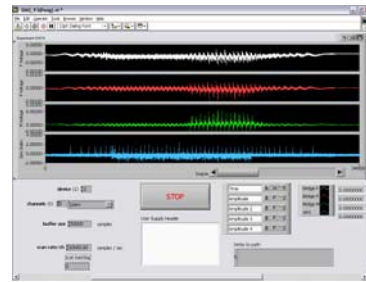
โดยที่ V_F , V_P และ V_M มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ (mV)

4.2 การหาค่าความต่างศักย์ทางจลน์อย่างอิสระ เพื่อหาแรงและโมเมนต์ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหมุนของใบมีด โดยให้เพล่าใบมีดหมุนตัดอากาศระยะหนึ่ง ก่อนที่ใบมีดจะหมุนตัดทราย แล้วนำสัญญาณที่เกิดขึ้นไปหักออกจากสัญญาณขณะที่ใบมีดหมุนตัดทราย

5. โปรแกรมวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 โปรแกรม LabView

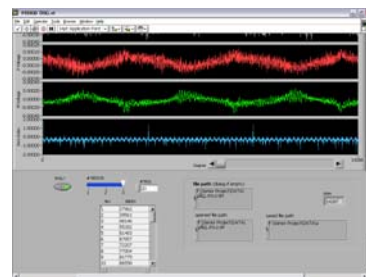
5.1.1 โปรแกรมบันทึกข้อมูล จะบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็น Binary File ซึ่งสามารถบันทึกได้อย่างรวดเร็วดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 หน้าแสดงผลที่ได้จากโปรแกรม

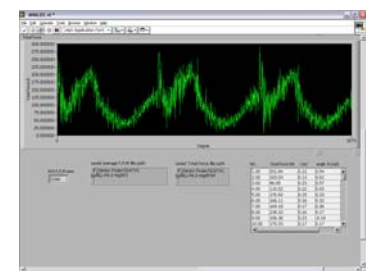
5.1.2 โปรแกรมแปลงข้อมูลจาก Binary File เป็น Spreadsheet ข้อมูลประเภท Binary File มีข้อดีในการจัดเก็บที่รวดเร็ว แต่ไม่สะดวกที่จะแสดงหรือนำไปใช้จึงต้องมีโปรแกรมแปลงข้อมูลจาก Binary File ไปเป็น Spreadsheet ที่สะดวกในการวิเคราะห์ผล

5.1.3 โปรแกรมเลือกช่วงข้อมูล โปรแกรมนี้จะช่วยเลือกช่วงข้อมูลที่สนใจมาทำการวิเคราะห์ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 โปรแกรมเลือกช่วงข้อมูล

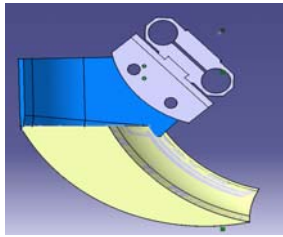
5.1.4 โปรแกรมแปลงค่าความต่างศักย์เป็นแรงและโมเมนต์ ข้อมูลที่ได้จาก EOR นั้นจะเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า โปรแกรมนี้จะทำการเปลี่ยนจากค่าสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นแรงที่กระทำบนใบมีดดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 โปรแกรมแปลงค่าความต่างศักย์เป็นแรงและโมเมนต์

5.2 โปรแกรม Catia V5

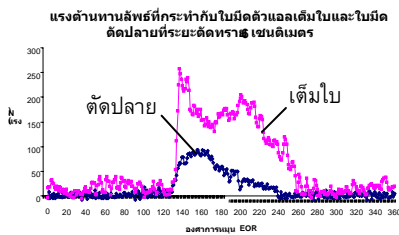
การใช้สายตาสังเกตการทำงานของใบมีดขณะทำการพรนทรายอยู่นั้นกระทำได้ยาก จึงใช้โปรแกรม Catia ในการจำลองสภาพการพรนทรายเพื่อช่วยวิเคราะห์การทำงานของใบมีดตั้งรูปที่ 12



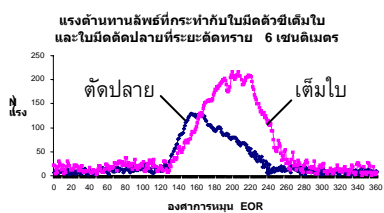
รูปที่ 12 โปรแกรมจำลองสภาพการทำงานของใบมีด

6. ผลการทดลอง

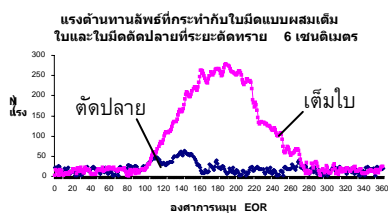
6.1 ผลการทดลองพรนทรายด้วยใบมีดเต็มใบและใบมีดที่ตัดส่วนปลายใบ



รูปที่ 13 กราฟแรงต้านทานลัพท์บนใบมีดตัวแอล



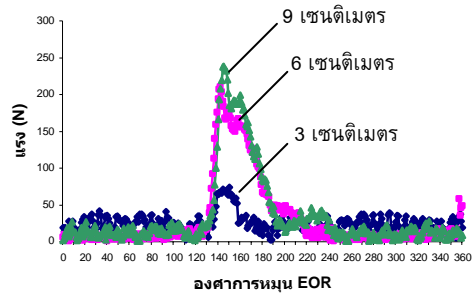
รูปที่ 14 กราฟแรงต้านทานลัพท์บนใบมีดตัวซี



รูปที่ 15 กราฟแรงต้านทานลัพท์บนใบมีดแบบผสม

6.2 ผลการทดลองพรนทรายด้วยใบมีดที่มีใบมีดข้างเคียง

แรงลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลแบบมีการจัดเรียงใบมีด ที่ระยะตัดทราย 3 ขนาด



รูปที่ 16 กราฟแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำบนใบมีดตัวแอลที่มีใบมีดข้างเคียง

7. อภิปรายผลการทดลอง

7.1 อภิปรายผลการทดลองจากใบมีดเต็มใบและใบมีดที่ตัดส่วนปลายใบ จากรูปที่ 13, 14 , 15 และการวิเคราะห์ร่วมกับ โปรแกรมจำลองการพรนทรายของใบมีดพบว่า ผลต่างของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดเต็มใบและใบมีดส่วนตรง จะเป็นแรงต้านทานที่กระทำกับส่วนตัดปลายของใบมีด ซึ่งทำหน้าที่ตัดและเหวี่ยงก้อนทราย สำหรับใบมีดตัวแอล ขอบคมของปลายใบมีดเป็นเส้นตรงและมีความยาวมาก เมื่อขอบคมกระทบกับทรายพร้อมกัน แรงต้านทานที่เกิดขึ้นจึงมีค่ามากและมีลักษณะเป็นแรงกระแทก ส่วนใบมีดตัวซีและใบมีดแบบผสม แรงต้านทานจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดหลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลง โดยแรงที่กระทำกับส่วนปลายของใบมีดตัวซี คิดเป็นประมาณ 50% ของแรงต้านทานทั้งหมด ส่วนใบมีดแบบผสม แรงต้านทานเกือบทั้งหมดจะกระทำที่ปลายใบมีด เนื่องจากมุมการตัดปลายใบมีดกว้าง และไม่สัมพันธ์กับความโค้งของขอบคม

7.2 อภิปรายผลการทดลองจากการพรนด้วยใบมีดที่มีใบมีดข้างเคียง จากรูปที่ 16 ลักษณะของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดมีขนาดลดลง เนื่องจากการพรนของใบมีดข้างเคียง จะทำให้ทรายเกิดการแตกตัว

ทำให้ความแน่นของทรายลดลง และขนาดของก้อน ทรายที่ถูกพรวนเล็กลง ดังนั้นแรงต้านทานที่กระทำกับ ไบมีตจึงลดลงด้วย ซึ่งรูปแบบการจัดเรียงของไบมีตจะ ส่งผลโดยตรงต่อขนาด และการเปลี่ยนแปลงของแรง ต้านทานลัพท์ที่กระทำกับเพล่าไบมีต

8. สรุปผลโครงการ

จากโครงการทดลองเชิงพลศาสตร์เพื่อหาแรงลัพท์ ของไบมีตจอบหมุนได้ผลดังนี้

1. ชุดทดลองที่สร้างและพัฒนาขึ้นนี้สามารถวัดขนาด ทิศทางและแนวของแรงต้านทานลัพท์ ที่กระทำบนไบมีต จอบหมุนชนิดต่างๆ โดยสามารถปรับเปลี่ยนความเร็ว การหมุนของเพล่าไบมีต ความเร็วการเคลื่อนที่ของ กระบะ และรูปแบบการจัดเรียงไบมีต เพื่อจำลองสภาวะ การทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน ได้หลากหลาย รูปแบบ

2. การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ร่วมกับ โปรแกรมจัดเก็บ ข้อมูล คัดเลือกช่วงข้อมูล และแปลงค่าความต่างศักย์ ทางไฟฟ้าเป็นแรงและโมเมนต์ ที่เขียนขึ้นด้วยโปรแกรม ภาษา LabView ทำให้สามารถบันทึกและวิเคราะห์ ข้อมูลจำนวนมากได้โดยมีความถูกต้องแม่นยำสูง

3. การใช้ภาพถ่ายวีดีโอร่วมกับ โปรแกรมจำลอง สภาพการทำงานของไบมีตจอบหมุน ทำให้ทราบถึง พื้นที่ ปริมาตรและลักษณะของก้อนทรายที่ถูกพรวน และลักษณะการทำงานของไบมีต ที่องศาการหมุนพรวน ต่างๆ ซึ่งสัมพันธ์กับแรงต้านทานที่เกิดขึ้น

จากผลสรุปโครงการ ทำให้ได้ข้อมูลในการ ออกแบบ พัฒนาปรับปรุงรูปร่างของไบมีตจอบหมุนชนิด ใหม่ให้เหมาะสมกับการพรวนดินในไร่ และนาได้ดียิ่งขึ้น และชุดทดลองที่สร้างขึ้น สามารถปรับปรุงเพื่อใช้ ทดสอบไบมีตชนิดอื่นๆ หรือไบมีตชนิดใหม่ได้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้ สามารถจัดทำเป็นรูปเล่มได้ โดยได้รับความร่วมมือและ ความช่วยเหลืออย่างดี จากบุคคลหลายท่าน ซึ่งทาง คณะผู้จัดทำขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

-ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ให้คำปรึกษาและคอย ตรวจสอบการทำงานในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด

-ทุนอุดหนุนวิจัยจาก สำนักงานกองทุน สนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการโครงการ อุตสาหกรรมสนับสนุนสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 ที่สนับสนุนการศึกษา ให้คณะผู้จัดทำมีโอกาส ศึกษาจนถึง ณ วันนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารอ้างอิง

1. ชรินทร์ สิงขรวัฒน์ และ ชัยรัตน์ นฤพนธ์ จิรกุล: การศึกษาแรงที่กระทำต่อไบมีตพรวนจอบ หมุนในกระเบทราย **Studying the Forces Acting on the Rotary Blade in the Sand Bin**, โครงการ วิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2544
2. สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, ไพศาล มานิตย์โชติ พิสิฐ และคณะ; การศึกษาแรงต้านทานที่กระทำกับ ไบมีตพรวนจอบหมุนในกระเบทราย **Study of Resistance Forces acting on the Rotary Blade in the Same Bin**, การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย, พ.ศ. 2545
3. ศ.ดร.สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ: วิศวกรรมรถไถ เดินตาม, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2539.
4. Jeffrey Travis: **LabView for Everyone**, Prentice hall, 2002.
5. Jun Sakai: **Designing Process and Theories of Rotary Blades for Better Rotary Tillage (Part 1)**, Agricultural Research Quarterly (JARQ) Vol.12 No.2, 1978.
6. R.J. Godwin: **An Extended Octagonal Ring Transducer for Use in Tillage Studies**, J. Agric. Eng Res., p.347-352, 1975.