

เทคนิคการวัดแรงกระทำที่ใบมีดจอบหมุน

Technological Measuring Forces Acting on a Rotary Blade

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์ สราวุธ เหล่าพงศ์สวัสดิ์ กฤดา พิธิษฐไพบุลย์ และ วาทัณญ์ สันตินิยม
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

Surin PHONGSUPASAMIT, Saravut LAOPHONGSSAWAT

Krida PISITPAIBOON and Watanyoo SANTINIYOM

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Phayathai Rd., Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand

Tel: 0-2218-6428, 0-2218-6593, E-mail: surin1950@hotmail.com

บทคัดย่อ

การออกแบบรูปร่างและการจัดเรียงใบมีดจอบหมุนที่เหมาะสม จำเป็นต้องทราบขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของแรงกระทำที่ใบมีดจอบหมุน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางแรงขณะพรวนอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น การวัดแรงดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือเฉพาะที่มีอัตราการเก็บตัวอย่างข้อมูลสูงและแม่นยำเพียงพอ เทคนิคการวัดนี้ใช้อุปกรณ์วัดแรง Extended Octagonal Ring (EOR) ร่วมกับ Personal Computer Based Data Acquisition System (PC Based DAQ System) โดยบน EOR จะติดตั้งเซนเซอร์จำนวน 12 ตัวซึ่งต่อเป็นวงจรแบบ Full Bridge 3 วงจร สำหรับวัดแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M ที่เกิดจากแรงต้านทานบนระนาบที่ตั้งฉากกับเพลลาใบมีด สัญญาณความต่างศักย์จากวงจรบริดจ์บน EOR จะถูกส่งผ่าน Slip Ring มายังชุดอุปกรณ์ขยายสัญญาณ ซึ่งขยายสัญญาณ 100 เท่า สัญญาณจะถูกส่งไปยัง Analog to Digital Card ภายในคอมพิวเตอร์ จากนั้นโปรแกรม LabVIEW จะแสดงผล และบันทึกสัญญาณจากทั้ง 3 วงจร โปรแกรมจะทำการกรองสัญญาณที่บันทึกไว้และประมวลผลโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัญญาณความต่างศักย์จากทั้ง 3 วงจรกับแรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีด ซึ่งได้จากการสอบเทียบ ผลจากการทดลองจะทราบ ขนาด ทิศทาง รวมถึงตำแหน่งของแรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนหนึ่งใบที่ตำแหน่งการพรวนพรวนต่างๆ จากการทดลองวัดแรงกระทำที่ใบมีด ขณะพรวนในกระบะทรายที่ระดับความลึก 12 เซนติเมตร ระยะการตัด 3 เซนติเมตร ความเร็วรอบหมุน 50 รอบต่อนาที พบว่าสามารถวัดแรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนได้ดี โดยสามารถวัดความเปลี่ยนแปลงของแรงขนาด 1 นิวตันได้ และขนาดของสัญญาณรบกวนเล็กน้อยมากเมื่อเทียบกับขนาดของสัญญาณที่เกิดจากการพรวน

Abstract

The direct measuring method of resistance forces and moment acting on the C-shaped blade is studied. This system is consisted of Extended Octagonal Ring (EOR) and Personal Computer Based Data Acquisition (PC Based DAQ System). When the rotary blade which is installed on the EOR tills sand in the bin, signals from three full bridge circuits are occurred and sent to two slip rings locating at the both ends of the rotary shaft. These signals are amplified 100 times and low pass filtered by a signal conditioning hardware which is connected to Analog to Digital Card (A/D Card) in the PC. Two programs are written by the LabVIEW, one is applied to display and memorize the signals in binary file form, another is applied to convert binary file to spreadsheet file for computation of resultant forces. This technique can be performed to determine amplitude and direction of resultant forces at each rotational degree of the blade. Those forces can be accurately measured 1 Newton force.

1. บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ใบมีดจอบหมุนเป็นอุปกรณ์ที่ติดอยู่บนเพลลาใบมีดของเครื่องพรวนจอบหมุนหรือติดบนกระบะกวดตัดดินของรถไถพรวนดิน ทำงานโดยอาศัยกำลังของเครื่องยนต์ ซึ่งกำลังของเครื่องยนต์ประมาณ 85 ถึง 90 เพอร์เซ็นต์ จะถูกใช้ในการขับเพลลาใบมีดขณะพรวนดินซึ่งเกิดจากแรงต้านทานดิน แรงดังกล่าวนี้เป็นแรงแบบพลศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางอยู่ตลอดเวลาโดยขึ้นอยู่กับรูปร่างของใบมีด การจัดเรียงใบมีดและสภาวะการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน ซึ่งขนาด ทิศทาง และการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานนี้มีผล

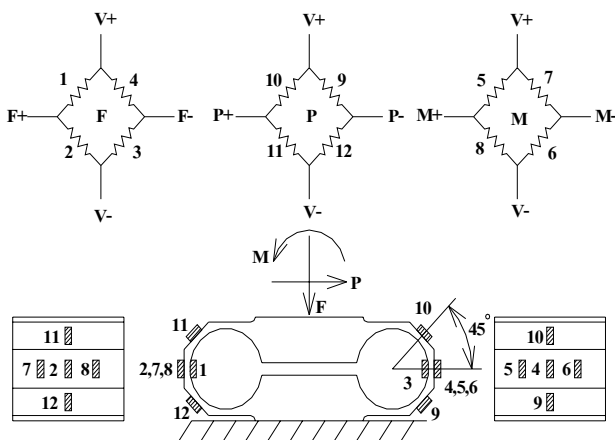
โดยตรงต่อกำลังเครื่องยนต์ที่ต้องการรวมถึงเสถียรภาพการทำงาน โดยรวมรถไถพรวนติดเครื่องพรวนจอบหมุน ดังนั้นการออกแบบรูปร่าง และการจัดเรียงใบมีดที่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องทราบขนาด ทิศทางและการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ซึ่งต้องอาศัยเครื่องมือเฉพาะที่สามารถวัดแรง และโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนโดยตรงและมีอัตราการเก็บ ข้อมูลสูงและแม่นยำเพียงพอที่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่า สัญญาณความต่างศักย์ต่างๆ ได้

2. ทฤษฎี

2.1 Extended Octagonal Ring Transducer (EOR)

2.1.1 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์

การติดตั้งเซนเซอร์ที่ EOR จะติดตั้งตำแหน่งที่เกิดการโก่งเสียรูปจากแรงและโมเมนต์ที่มากที่สุดเพื่อให้อุปกรณ์วัดแรงมีความไวสูง



รูปที่ 1 การติดตั้งเซนเซอร์ที่ตำแหน่งต่างๆ บน EOR

- วงจรสำหรับวัดแรง F จะติดตั้งเซนเซอร์ที่ตำแหน่ง 1,2,3,4 โดยติดตั้งมุม $\theta = \pm 90^\circ$
- วงจรสำหรับวัดแรง P จะติดตั้งเซนเซอร์ที่ตำแหน่ง 9,10,11,12 โดยติดตั้งมุม $\theta = \pm 45^\circ, \pm 135^\circ$
- วงจรสำหรับวัดโมเมนต์ M จะติดตั้งเซนเซอร์ที่ตำแหน่ง 5,6,7,8 โดยติดตั้งมุม $\theta = \pm 90^\circ$

2.1.2 การใช้ EOR วัดแรงที่กระทำกับใบมีด

การใช้ EOR วัดแรงที่กระทำกับใบมีด เนื่องจาก EOR สามารถวัดแรง 2 แรงที่ตั้งฉากกัน คือ แรงกด F และ แรงเฉือน P และยัง สามารถวัดโมเมนต์ M ที่เกิดขึ้นบนบรรณาบของแรงคู่กันนั้นได้ ดังนั้น หากเราทราบค่าของแรงกด F และ แรงเฉือน P แล้ว จะทำให้สามารถ คำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ F_t ซึ่งเป็นผลรวมของแรง ปฏิบัติการทั้งหมดจากการตัดทรายที่กระทำกับใบมีดจากสมการ

$$F_t = \sqrt{F^2 + P^2} \quad (1)$$

และหาทิศทางจากสมการ

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{F}{P}\right) \quad (2)$$

แรงลัพธ์ F_t จะก่อให้เกิดโมเมนต์รอบจุดกึ่งกลางของ EOR เท่ากับโมเมนต์ M ที่วัดได้ ดังนั้น เราสามารถหาแนวแรงลัพธ์ได้จาก ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$M = F_t l_t \quad (3)$$

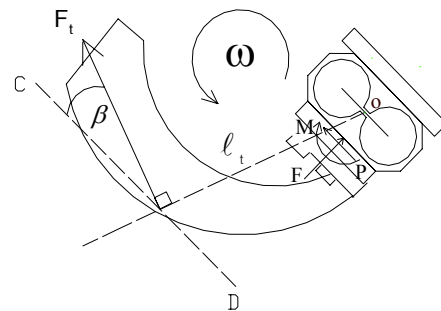
โดย M คือ โมเมนต์ที่วัดได้

l_t คือ ระยะห่างระหว่างแนวแรงลัพธ์ และ ตำแหน่งจุด กึ่งกลางของ EOR

β คือ มุมระหว่างแนวแรง P กับ แนวแรงลัพธ์

cd คือ เส้นที่ขนานกับแนวแรง P

เมื่อทราบแนวแรงลัพธ์แล้วเราจะต่อเส้นแนวแรงลัพธ์ไปตัดกับ ใบมีด โดยจุดตัดของเส้นแนวแรงลัพธ์กับใบมีดจะเป็นบริเวณที่แรงลัพธ์ กระทำกับใบมีดดังรูปที่ 2

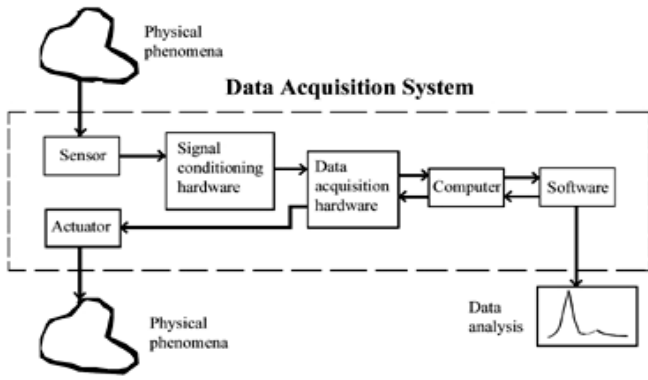


รูปที่ 2 การหาตำแหน่งแรงลัพธ์ ที่กระทำกับใบมีด

2.2 ระบบการเก็บข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์ (PC Based DAQ System)

ระบบการเก็บข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์ มีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. Data acquisition hardware เป็นส่วนสำคัญที่สุดของระบบ ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital หรือ เปลี่ยนสัญญาณจาก Digital เป็น Analog
2. Sensors, Transducer ทำหน้าที่เปลี่ยนปรากฏการณ์ทาง กายภาพเป็นสัญญาณซึ่งสามารถตรวจวัดได้ ซึ่งจะถูกส่งไปยัง Acquisition hardware
3. Signal conditioning hardware บางครั้งสัญญาณจาก Transducer ไม่เข้ากันกับ Acquisition hardware จึงต้องมีการ ปรับปรุงสัญญาณ เช่นการขยายสัญญาณ หรือการกรอง สัญญาณ เป็นต้น
4. คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่ประมวลผลสร้างสัญญาณนาฬิกาของ ระบบและเป็นหน่วยความจำในการเก็บข้อมูล
5. Software ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับ อุปกรณ์ต่างๆ



รูปที่ 3 ระบบ Data Acquisition System

3. ชุดอุปกรณ์การทดลอง

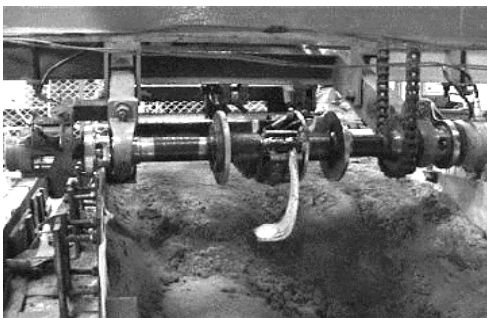
ชุดอุปกรณ์การทดลองดังแสดงในรูปที่ 4 สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่



รูปที่ 4 ชุดอุปกรณ์ทดลอง

3.1 ชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน

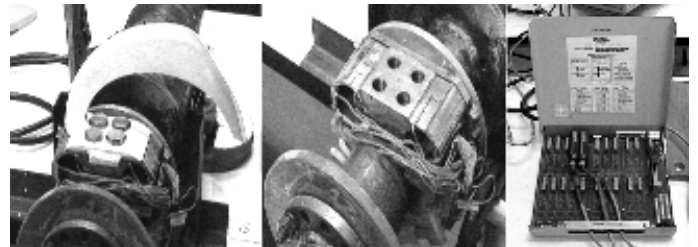
ชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุนนี้ออกแบบให้เพลลาไบริดจ์หมุนอยู่กับที่โดยกระบอกทดลองบรรจุทรายละเอียดเคลื่อนที่แทนการเคลื่อนที่ของเครื่องพรวนจอบหมุน โดยเพลลาไบริดจ์สามารถปรับความเร็วการหมุนและกระบอกทดลองสามารถปรับความเร็วการเคลื่อนที่ได้ โดยใช้อินเวอร์เตอร์ ร่วมกับแมกเนติกสวิตช์ และบนเพลลาไบริดจ์สามารถติดไบริดจ์ข้างเคียงและปรับลักษณะการจัดเรียงไบริดจ์ได้ ซึ่งสามารถกำหนดรอยการตัดทรายแบบต่างๆ ทำให้สามารถจำลองสภาพการพรวนได้หลายรูปแบบ



รูปที่ 5 ชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน

3.2 ชุดอุปกรณ์วัดและปรับปรุงสัญญาณ

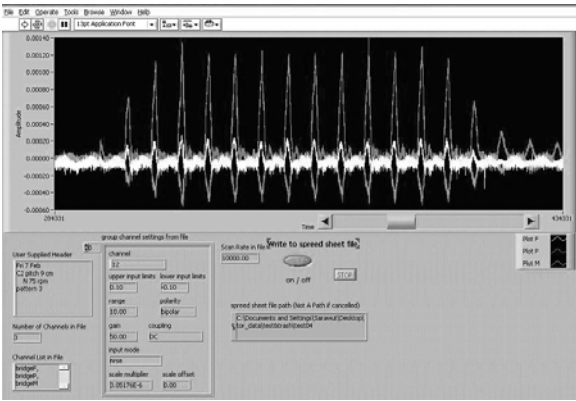
ไบริดจ์ที่ต้องการวัดจะติดตั้งอยู่บน EOR ซึ่งติดตั้งบนเพลลาไบริดจ์ โดยบน EOR จะมีติดสเตรนเกจ จำนวน 12 ตัวซึ่งต่อเป็นวงจรแบบ Full Bridge 3 วงจร สำหรับวัดแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M ที่เกิดจากแรงต้านทานบนระนาบที่ตั้งฉากกับเพลลาไบริดจ์ สายสัญญาณจากสเตรนเกจจะถูกร้อยผ่านรูเพลลาไบริดจ์ไปยัง Slip Ring ที่ปลายทั้งสองข้างของเพลลาไบริดจ์ เพื่อป้องกันสายสัญญาณพันรอบเพลลาไบริดจ์ สายสัญญาณที่ผ่าน Slip Ring ข้างหนึ่งจะเป็นสายสัญญาณจากวงจรบริดจ์สำหรับวัดแรง F และ P ส่วนอีกข้างหนึ่งจะเป็นสายสัญญาณจากวงจรบริดจ์สำหรับวัดโมเมนต์ M และสายไฟกระแสกระตุ้นวงจรบริดจ์ จากนั้นสายสัญญาณจาก Slip Ring จะเชื่อมต่อไปยัง Bridge Box เพื่อแยกสายสัญญาณไปยังอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณซึ่งทำหน้าที่ ขยายสัญญาณ 100 เท่า กรองสัญญาณความถี่ต่ำ และจ่ายกระแสไฟสำหรับกระตุ้นวงจรบริดจ์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ Data Acquisition Card ภายในคอมพิวเตอร์



รูปที่ 6 ชุดอุปกรณ์วัดและปรับปรุงสัญญาณ

3.3 ชุดอุปกรณ์แสดงผล บันทึกลงและประมวลผลสัญญาณ

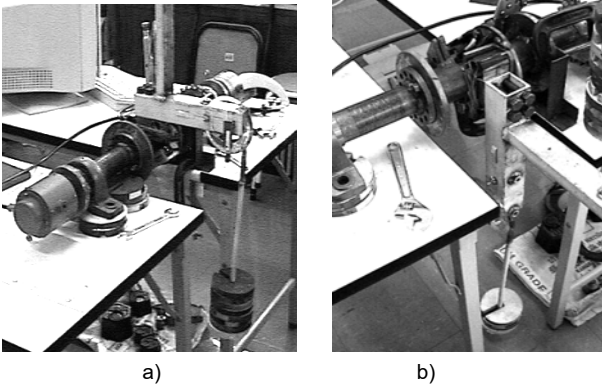
การแสดงผล การบันทึกและการประมวลผลสัญญาณจะใช้คอมพิวเตอร์ร่วมกับ Software โดยสัญญาณจากอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณจะเป็นสัญญาณความต่างศักย์แบบ Analog และถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณแบบ Digital โดยอาศัย Data Acquisition Card ภายในคอมพิวเตอร์ สัญญาณที่ได้รับมานี้จะถูกแสดงผลและบันทึก โดยโปรแกรม LabVIEW ซึ่งโปรแกรมสามารถแสดงกราฟสัญญาณที่วัดได้จากวงจรบริดจ์ทั้ง 3 พร้อมกัน พร้อมทั้งบันทึกค่าสัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้น และสามารถปรับอัตราการเก็บตัวอย่างข้อมูลให้เหมาะสมกับความเร็วยรอบหมุนของเพลลาไบริดจ์ได้ สัญญาณที่บันทึกไว้จะอยู่ในรูปสัญญาณความต่างศักย์โดยจัดเก็บในรูปแบบของ Binary File ซึ่งไม่สามารถอ่านค่าด้วยโปรแกรมทั่วไปได้ จึงต้องสร้างโปรแกรมสำหรับเปลี่ยน Binary File เป็น Spreadsheet File เพื่อสามารถนำข้อมูลไปคำนวณด้วยโปรแกรม EXCEL หรือ MATLAB ได้ การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลจะอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างแรงหรือโมเมนต์ที่กระทำ กับสัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากการสอบเทียบแบบสถิต



รูปที่ 7 โปรแกรมสำหรับเก็บค่าและบันทึกสัญญาณ

4. การสอบเทียบ

การสอบเทียบทำได้โดยการประกอบอุปกรณ์วัด EOR เข้ากับแท่นยึดแล้วทำการสอบเทียบแรงต่างๆ ดังรูปที่ 8 เพื่อสร้างสมการถดถอยหาความสัมพันธ์ระหว่าง แรง หรือโมเมนต์ ที่กระทำกับสัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 8 การสอบเทียบแบบสถิตสำหรับ a) การสอบเทียบแรง F
b) การสอบเทียบแรง P

ผลจากการสอบเทียบแบบสถิตพบว่า เกิดความไวข้ามขึ้นระหว่างวงจรบริดจ์ ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ต่างๆ ได้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างแรง F กับความต่างศักย์วงจรบริดจ์ต่างๆ ดังสมการ

$$F = 478789 V_F - 10772 V_P + 41089 V_M \quad (4)$$

2. ความสัมพันธ์ระหว่างแรง P กับความต่างศักย์วงจรบริดจ์ต่างๆ ดังสมการ

$$P = 10889 V_F - 435559 V_P + 10798 V_M \quad (5)$$

3. ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ M กับความต่างศักย์วงจรบริดจ์ต่างๆ ดังสมการ

$$M = 15007 V_F - 204673 V_P + 3003030 V_M \quad (6)$$

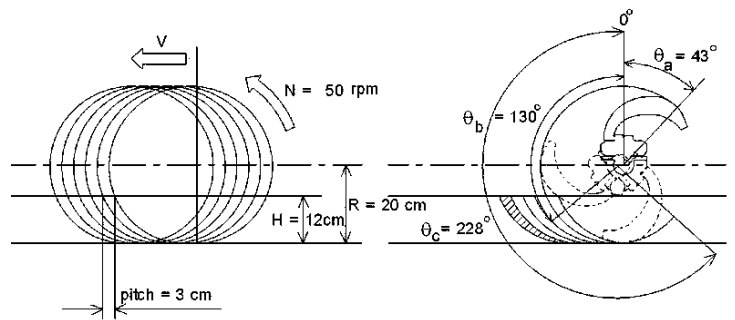
โดย V_F , V_P และ V_M มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

5. การทดลองพรวนทราย

การทดลองพรวนทรายเลือกใช้ใบมีดพรวนจอบหมุนแบบตัวซี ความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีด 50 รอบต่อนาที ระยะการตัดทราย 3 เซนติเมตร ระดับความลึกในการพรวน 12 เซนติเมตรซึ่งเป็นสภาวะการทำงานของรถไถพรวนดิน การทดลองทำการพรวนด้วยใบมีดใบเดียวและพรวนโดยติดใบมีดข้างเคียงทั้งสองข้าง การจัดเรียงใบมีดแต่ละใบทำมุมระหว่างกัน 120 องศา

ขั้นตอนการทดลอง

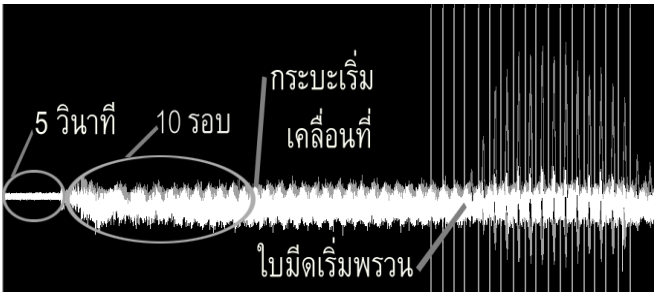
1. เตรียมกระบะทรายโดยการอัดทรายให้มีความแน่นใกล้เคียงกับดินภายในประเทศ โดยมีความแน่นเฉลี่ย ประมาณ 28 kgf/cm^2 ที่ระดับความลึก 12 เซนติเมตร
2. ประกอบ EOR เข้ากับเพลลาใบมีดพร้อมติดใบมีดในรูปแบบที่ต้องการ
3. ต่อสายสัญญาณต่างๆ ให้เรียบร้อย และเปิดโปรแกรมสำหรับแสดงและบันทึกสัญญาณ
4. ตั้งตำแหน่ง 0 องศา ดังแสดงในรูปที่ 9 และทำการปรับค่าสัญญาณจากทุกวงจรถบรีดจ์ให้เป็นศูนย์
5. หลังจากเริ่มบันทึกสัญญาณประมาณ 5 วินาที เพื่อเก็บสัญญาณรบกวนต่างๆ จึงเริ่มให้เพลลาใบมีดหมุน
6. หลังจากเพลลาใบมีดหมุนได้ประมาณ 10 รอบ เพื่อเก็บสัญญาณการหมุนอิสระของเพลลาใบมีดจึงเริ่มให้กระบะทรายเคลื่อนที่
7. เมื่อเพลลาใบมีดหมุนมายังตำแหน่ง 0 องศาอีกครั้ง ให้กดสัญญาณทริก ซึ่งเป็นการระบุตำแหน่งของเพลลาใบมีด เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล
8. เมื่อกระบะทดลองเคลื่อนที่ถึงระยะที่กำหนดกระบะจะหยุด จากนั้นทำให้เพลลาใบมีดหยุดหมุน และเตรียมการทดลองครั้งต่อไป



รูปที่ 9 ตำแหน่ง 0 องศา และองศาการพรวนต่างๆ ของใบมีด

6. ผลการทดลอง

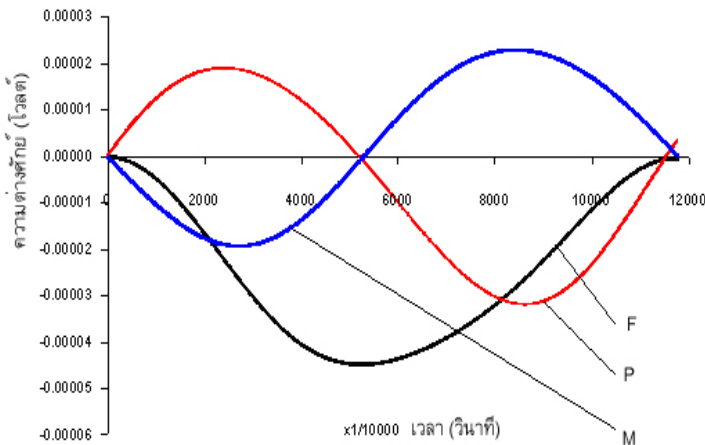
โปรแกรม LabVIEW ที่เขียนขึ้นสามารถแสดงผลพร้อมบันทึกค่าสัญญาณและเรียกดูสัญญาณที่บันทึกไว้ได้เพื่อตรวจสอบความครบถ้วนของการรับสัญญาณซึ่งกราฟจากการทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ตัวอย่างสัญญาณที่ได้จากการทดลองพรวนด้วยใบมีดใบเดียว ที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที ระยะการตัดทราย 3 เซนติเมตร

6.1 สัญญาณความต่างศักย์จากการหมุนอิสระ

การหาสัญญาณความต่างศักย์ของแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น เนื่องจากการหมุนของใบมีด สามารถกระทำได้โดยการเก็บสัญญาณ ขณะที่เพลลาใบมีดหมุนตัดอากาศในช่วงก่อนที่ใบมีดจะเริ่มหมุนตัดทราย สัญญาณที่ได้จะนำมากรองเพื่อตัดสัญญาณรบกวนออกและนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปลบออกจากสัญญาณขณะที่ใบมีดหมุนพรวนทราย จะได้เฉพาะสัญญาณที่เกิดจากแรงต้านทานกระทำที่ใบมีดจอบหมุน

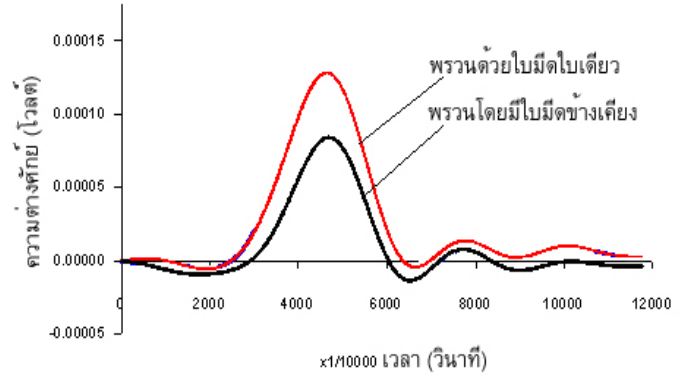


รูปที่ 11 สัญญาณความต่างศักย์จากการหมุนอย่างอิสระที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที

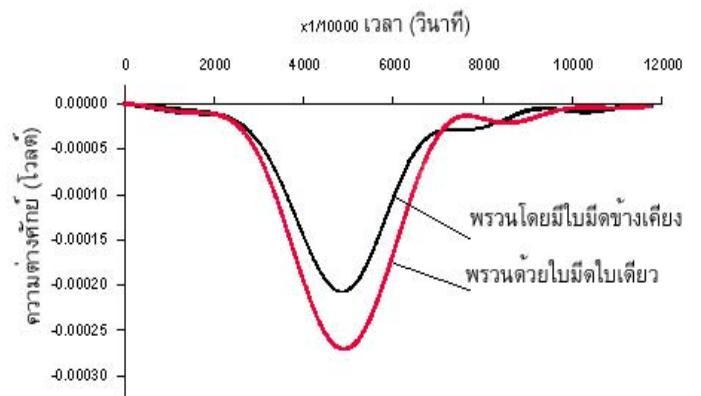
6.2 ผลการทดลองวัดแรงต้านทานกระทำที่ใบมีดจอบหมุน

ขณะพรวนด้วยใบมีดใบเดียว

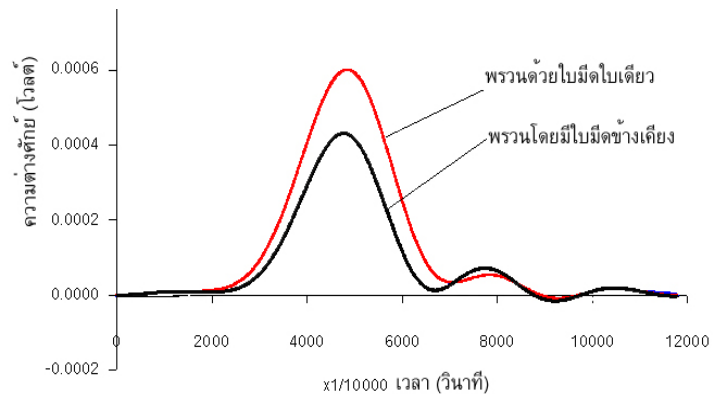
สัญญาณความต่างศักย์จากวงจรบริดจ์ทั้ง 3 วงจรที่ถูกบันทึกไว้จะ ถูกนำมากรองสัญญาณรบกวนออกหลังจากนั้นจะเลือกช่วงข้อมูลที่มี ขนาดสัญญาณใกล้เคียงกันเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำสัญญาณ จากการหมุนอิสระมาหักออก นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟแสดง ความสัมพันธ์ของสัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวงจร ดัง แสดงในรูปที่ 12 ถึง 14



รูปที่ 12 สัญญาณความต่างศักย์จากการพรวนด้วยใบมีดใบเดียว และพรวนโดยมีใบมีดข้างเคียง จากวงจรวัดแรง F

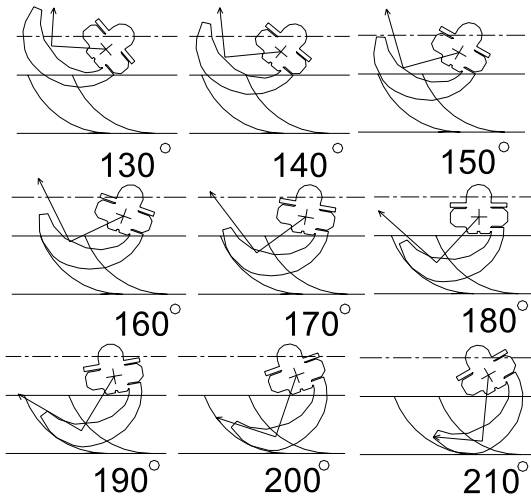


รูปที่ 13 สัญญาณความต่างศักย์จากการพรวนด้วยใบมีดใบเดียว และพรวนโดยมีใบมีดข้างเคียง จากวงจรวัดแรง P

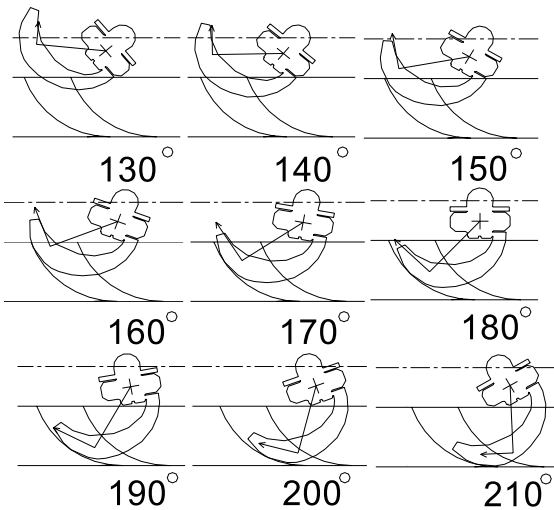


รูปที่ 14 สัญญาณความต่างศักย์จากการพรวนด้วยใบมีดใบเดียว และพรวนโดยมีใบมีดข้างเคียง จากวงจรวัดโมเมนต์ M

สัญญาณความต่างศักย์จากวงจรบริดจ์ทั้ง 3 วงจรจะนำมาคำนวณ เพื่อหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์จากสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการสอบเทียบ (สมการที่ 4 ถึง 6) และสมการความสัมพันธ์ของแรงและโมเมนต์ (สมการที่ 1 ถึง 3) ซึ่งสามารถหาแรงต้านทานกระทำที่ใบมีดจอบหมุนที่องค์การหมุนต่างๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 15 และ 16



รูปที่ 15 ขนาดและทิศทางของแรงต้านทานลัฟท์ที่องค์การหมุนต่างๆ จากการพรวนด้วยไ้มมีดใบเดี่ยว ที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร



รูปที่ 16 ขนาดและทิศทางของแรงต้านทานลัฟท์ที่องค์การหมุนต่างๆ จากการพรวนโดยมีไ้มมีดข้างเคียง ที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

7. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

1. การวัดแรงต้านทานด้วยเทคนิคนี้สามารถวัดแรงกระทำที่ไ้มมีด 1 ใบโดยตรง ที่องค์การหมุนต่างๆ
2. การวัดแรงต้านทานด้วยวิธีนี้ สามารถวัดแรงและโมเมนต์ที่กระทำกับไ้มมีดจอบหมุนได้แม่นยำ โดยสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของแรงขนาด 1 นิวตันได้
3. ขนาดของสัญญาณรบกวนมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับสัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากการพรวน
4. การใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูล ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้มาก มีความละเอียดและมีความแม่นยำสูง นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลได้ทันทีเพื่อเป็นการตรวจสอบความครบถ้วนของการรับสัญญาณ

5. ชุดอุปกรณ์ทดลองนี้สามารถจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุนได้หลายรูปแบบ เช่น ความเร็วการเคลื่อนที่ ความเร็วรอบหมุนเพล่าไ้มมีดตลอดจนการปรับเปลี่ยนชนิดและรูปแบบการจัดเรียงไ้มมีดจอบหมุน
6. แรงต้านทานลัฟท์จากการพรวนโดยมีไ้มมีดข้างเคียงมีขนาดน้อยกว่าการพรวนด้วยไ้มมีดใบเดี่ยว เนื่องจากไ้มมีดข้างเคียงช่วยทำให้ทรายเกิดการแยกตัว
7. แรงต้านทานที่กระทำกับไ้มมีดโดยตรงนี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบไ้มมีดจอบหมุนได้ และสามารถนำไปคำนวณหาแรงต้านทานรวมของเครื่องพรวน ซึ่งมีผลต่อเสถียรภาพการทำงานของรถไถเดินตาม

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก โครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2545 ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณศูนย์เครื่องจักรกลเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ยืม Slip Ring สำหรับใช้ในการทดลอง

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Jun SAKAI. Engineering Characteristics of Rotary Tillage Resistances of Japanese Rotary Tillers with Tractors. The 8th Conference of the International Soil Tillage Research Organization (ISTRO), Germany, 1979.

[2] Tateshi FUJIURA, Noboru KAWAMURA, Phu SI GIA. Automatic Control of Rotary Tilling Tractor (part 2) Tilling Reaction force Detector and Investigation of Control System. Published in Journal of the Society of Agricultural Machinery , Japan. Vol. 42, No.2, p.203, 1980.

[3] T.C. Thakur, R.J. Godwin. Design of Extended Octagonal Ring Dynamometer for Rotary Tillage Studies. Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America. Vol.19, No.3, 1988.

[4] สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, วิศวกรรมรถไถเดินตาม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539

[5] ไพศาล มานิตย์โชติพิสิฐ, การศึกษาแรงที่กระทำกับไ้มมีดพรวนจอบหมุนที่พรวนในกระบะทราย วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2545

[6] สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, ไพศาล มานิตย์โชติพิสิฐ, สราวุธ เหล่าพงศ์สวัสดิ์, การหาขนาดและทิศทางของแรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำกับไ้มมีดจอบหมุน, วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, ปีที่9 ฉบับที่2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2545

[7] สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์ และคณะ, การศึกษาแรงต้านทานที่กระทำกับไ้มมีดพรวนจอบหมุนในกระบะทราย, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 16 , ปี 2545