

การออกแบบและสร้างใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่สำหรับเตรียมดินในไร่และนา



นายทวี ศรีทองกุล

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-4304-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN AND CONSTRUCTION OF NEW ROTARY BLADE FOR TILLING SOIL
IN UPLAND AND LOWLAND FARMING



Mr. Kavee Srithongkul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-17-4304-1

กวี ศรีทองกุล : การออกแบบและสร้างใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่สำหรับเตรียมดินในไร่และนา. (DESIGN AND CONSTRUCTION OF NEW ROTARY BLADE FOR TILLING SOIL IN UPLAND AND LOWLAND FARMING). อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร.สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, 102 หน้า. ISBN 974-17-4304-1

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่สำหรับเตรียมดินในไร่และนา ใบมีดจอบหมุนมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ ใบมีดส่วนตรง ใบมีดส่วนปลาย และ ด้ามใบมีด โดยแนวคิดในการออกแบบคือ ออกแบบส่วนตรงของใบมีดให้มีลักษณะตรง เพื่อลดความซับซ้อนในขั้นตอนการขึ้นรูป ส่วนปลายใบมีดออกแบบให้มีมุมเฉือน (Slice angle) ทำให้ขอบคมของใบมีดเฉือนตัดดิน เพื่อลดแรงกระแทกขณะใบมีดพรวนดิน และมีผิวตัก (Scoop surface) ทำให้ไม่เกิดการเสียดสีระหว่างดินกับผิวด้านนอกใบมีด เพื่อลดแรงต้านทานจากดินที่กระทำต่อใบมีด ความลึกสูงสุดการพรวน 15 เซนติเมตร และผิวดินชั้นล่างหลังการพรวนเรียบ การวิจัยนี้จะออกแบบให้มีมุมเฉือนของใบมีดมีค่าต่างๆ กัน 4 ค่าคือ 10, 15, 20 และ 25 องศา ใบมีดแต่ละใบสลับกันยึดกับชุดอุปกรณ์วัดแรง EOR (Extend Octagonal Ring) แล้วนำมาพรวนดินที่เตรียมไว้ในกระบะทดลอง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบ ขนาดของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำต่อใบมีดระหว่างใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปกับใบมีดต้นแบบ และความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำต่อใบมีดที่มีค่ามุมเฉือนต่างๆ กับองศาการหมุนเพลลาใบมีด

จากการทดลองพบว่า ความลึกการพรวนดินคือ 15 เซนติเมตร และชั้นดินหลังการพรวนเรียบทุกการทดลอง ซึ่งเป็นไปตามแนวทางของการออกแบบ โดยแรงต้านทานลัพท์ขณะพรวนดินของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป มีลักษณะเป็นแรงกระแทกทุกระยะตัดดิน สำหรับใบมีดต้นแบบ ที่ระยะตัดดิน 4 เซนติเมตร มุมเฉือนที่เพิ่มขึ้นจาก 10 ถึง 20 องศา สามารถลดขนาดของแรงต้านทานลัพท์ได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมุมเฉือนเกินกว่า 20 องศา ไม่สามารถลดแรงได้อีก แต่ที่ระยะตัดดิน 6 และ 8 เซนติเมตร ซึ่งเป็นช่วงใช้งานจริง ค่ามุมเฉือนที่เพิ่มจาก 10 ถึง 25 องศา สามารถลดแรงต้านทานลัพท์ได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงสรุปได้ว่าใบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีค่ามุมเฉือน 10 องศา น่าจะมีความเหมาะสมที่สุด

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิสิต..... กวี ศรีทองกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ

4570210521 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: ROTARY BLADE / SLICE ANGLE / SCOOP SURFACE

KAVEE SRITHONGKUL : DESIGN AND CONSTRUCTION OF NEW ROTARY
BLADE FOR TILLING SOIL IN UPLAND AND LOWLAND FARMING.

THESIS ADVISOR : PROF. SURIN PHONGSUPASAMIT, D.Agr. 102 pp.

ISBN 974-17-4304-1

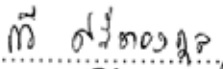
The objective of this thesis is to design and construction rotary blade for reducing soil impacted-resistance forces. There are three important portions of a rotary blade, namely lengthwise, tip and holding blade. This paper presents the design concept of rotary blades. The lengthwise blade portion is straight in order to simplify the production process. The blade tip, designed for cutting and throwing soil, contains slice angle to avoid every portion of the cutting edge from impacting the soil surface at the same time. It also contains scoop surface to avoid the abrasion of blade's outer surface from the soil, hence reducing the soil resistance. In experiments, slice angles of 10° , 15° , 20° and 25° are employed in order to determine the relationship between the impacting forces with slice angle and the rotational angle of rotary shaft. Four prototype blades with different slice angles are then tested on the testing set EOR (Extend Octagonal Ring), composing of a moving soil bin and a stationary rotating rotary shaft.


The experiment's results showed that every design of the blade gives satisfying flat tilled-soil bed and tillage depth of 15 cm. At tillage pitch of 4 cm, the increasing of slice angle from 10° to 25° results in a significantly decreasing reaction force. The maximum reaction force for the blade decreases 25 percent when the angle is increased from 10° to 20° . However, a slice angle above 20° can no longer reduce the reaction force. Whereas for the pitches of 6 and 8 cm, the practical value of actual soil tillage pitch, the increasing of slice angle from 10° to 25° can slightly decrease the reaction force. From this experiment, it can be concluded in view of that the designed blade with the slice angle of 10° is the most appropriate.

Department Mechanical Engineering

Field of study Mechanical Engineering

Academic year 2005

Student's signature..... 

Advisor's signature..... 

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ในด้านต่างๆ ด้วยดีมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สถาพร สุปรีชากร ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณิณี มณีรัตน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย กรรมการ ที่ได้ให้ความรู้และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิจัย โดยงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สัญญาเลขที่ MRG475E022

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ รศ.ดร.ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ ผศ.ดร.วิทยา วัฒนสุโกประสิทธิ์ ผศ.ดร.ไพโรจน์ สิงหนัดกิจ ดร.ชนันต์ รัตนสุมาวงศ์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รศ.ดร.ธัญญา นิยมภา อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน คุณอัคคพล เสนาณรงค์ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร คุณวิเชษฐ ศรีชลเพชร ฝ่ายเครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ คุณดรฤณี ชัยโรจน์ หัวหน้าส่วนวิจัยกายภาพดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน และบริษัท สยามมิตรมอเตอร์ส์แมนูแฟคเจอร์ริงจำกัด ที่กรุณาให้ยืมเครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณสุบิน ชันตี ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล นายเอกฤ ธรรมกรบัญญัติ นายไพศาล มานิตยไชติพิสิฐ นายสรารุช เหล่าพงศ์สวัสดิ์ นิสิตปริญญาโทวิศวกรรมเครื่องกล นายวทัตญญ สันตินิยม นายกฤดา พิเศษฐ์ไพบุณย์ นายธาริน วณิชยางกูรานนท์ นายสิริวุฒิ หาสจิตโต นายสุเมธ จันทรแจ่มรัมย์ นางสาวขวัญตรี แสงประชานารักษ์ นายวรทรรศน์ นิรมิตมงคล นางสาวธัญญา ตุมราศวิน นายวรพงษ์ สุรชัยวัฒนา นายสมโภช ชิวहितานนท์ นายสรรพททธิ์ เพื่อนอัยกา นายชวิน จิตพิพัฒน์พงศ์ นายปฐวี ธานีโต นายกิตติพล อาชาวราทร นางสาวนัจฉรา สัตยารักษ์ นายปิติกัทร อุษณกรกุล นายพงศกร สุขลอย นายคะเน ทีปกาทินารมภ์ นายเกรียงไกร เส็งสาย นายพิฑูรย์ เรชาวศิน นิสิตปริญญาตรีวิศวกรรมเครื่องกล และนางสาววิภาพร เพ็ชรรอด ที่คอยช่วยเหลือตลอดเวลาทำการวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและน้องชาย ที่คอยให้กำลังใจและให้ความสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยเสมอมา ประโยชน์และคุณค่าอันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูตราบัวแต่บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	3
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.5 ปรัชญาหรือบรรณกรรม.....	4
1.6 บทสรุป.....	7
บทที่ 2 ลักษณะทางกายภาพและการทำงานของใบมีดจอบหมุน	
2.1 ลักษณะทางกายภาพของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป.....	8
2.2 ลักษณะทางกายภาพของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น.....	11
2.3 การทำงานของใบมีดจอบหมุน.....	14
2.4 การจัดเรียงใบมีดจอบหมุนบนเพลลาใบมีด.....	17
2.5 บทสรุป.....	20
บทที่ 3 การออกแบบใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่	
3.1 แนวคิดในการกำหนดคุณสมบัติรูปร่างของใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่.....	21
3.2 การออกแบบใบมีดจอบหมุนต้นแบบ.....	22
3.3 เครื่องมือตรวจสอบมุมและขนาดใบมีดต้นแบบ.....	27
3.4 บทสรุป.....	28

บทที่ 4 อุปกรณ์การทดลอง	
4.1 ชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน.....	28
4.2 ชุดอุปกรณ์วัดและปรับปรุงสัญญาณ.....	34
4.3 ชุดอุปกรณ์รับและบันทึกสัญญาณ.....	37
4.4 บทสรุป.....	43
บทที่ 5 วิธีการทดลอง	
5.1 การสอบเทียบอุปกรณ์วัดแรง EOR.....	44
5.2 การทดลองพรวนดิน.....	48
5.3 เงื่อนไขในการทดลอง.....	50
5.4 บทสรุป.....	51
บทที่ 6 ผลการทดลอง	
6.1 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์วัดแรง EOR.....	52
6.2 ผลการทดลองพรวนดิน.....	59
6.3 บทสรุป.....	69
บทที่ 7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	
7.1 แรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป และใบมีดจอบหมุนต้นแบบ.....	70
7.2 การเปรียบเทียบแรงต้านทานลัฟท์ที่เกิดขึ้นบนใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป กับใบมีดจอบหมุนต้นแบบ.....	77
7.3 การตรวจพินิจ.....	82
7.4 บทสรุป.....	84
บทที่ 8 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
8.1 สรุปผลการทดลอง.....	85
8.2 ข้อเสนอแนะ.....	87

รายการอ้างอิง.....	89
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่ใช้ในการทดลอง.....	93
ภาคผนวก ข รายงานผลการทดสอบทางเคมีและทางกล ของใบไม้ดจอบหมุนแบบยุโรป.....	96
ภาคผนวก ค หลักพลศาสตร์ของรถไถเดินตาม.....	101
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	102



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป..... 11
ตารางที่ 8.1	ตัวอย่างสรุปผลเปรียบเทียบข้อมูลจำเพาะใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป กับใบมีดต้นแบบมุมเฉือน 10 องศา ที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร..... 86
ตารางที่ ก.1	คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่ใช้ในการทดลอง..... 94
ตารางที่ ก.2	คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ใช้ในการทดลอง..... 95
ตารางที่ ข.1	ค่าองค์ประกอบทางเคมีของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปเปรียบเทียบกับ มาตรฐานของเหล็ก SUP9A..... 97



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	ใบมีดพรวนดินจอบหมุนชนิดต่างๆ.....	2
รูปที่ 1.2	รัศมีตัดของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป.....	6
รูปที่ 2.1	ลักษณะรูปร่างของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปจากการเขียนแบบ.....	8
รูปที่ 2.2	ส่วนประกอบของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป.....	9
รูปที่ 2.3	ลักษณะด้ามใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป.....	9
รูปที่ 2.4	ขนาดใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปและจะตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	10
รูปที่ 2.5	ส่วนประกอบของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น.....	12
รูปที่ 2.6	ลักษณะด้ามใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น.....	12
รูปที่ 2.7	ลักษณะของไส้ด้ามใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น.....	13
รูปที่ 2.8	แนวการพรวนดินของใบมีดจอบหมุน.....	14
รูปที่ 2.9	ระยะตัดดินของใบมีดจอบหมุน.....	16
รูปที่ 2.10	การเคลื่อนที่ของก้อนดินในลักษณะเหวี่ยงไปด้านหลัง.....	17
รูปที่ 2.11	การจัดเรียงใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปลักษณะบิดเป็นเกลียวม้วนตามกัน..	18
รูปที่ 2.12	การจัดเรียงใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปบนเพลลาใบมีด.....	18
รูปที่ 2.13	รอยการตัดดินของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป.....	19
รูปที่ 2.14	รอยการตัดดินของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น.....	20
รูปที่ 3.1	ขนาดและตำแหน่งรูยึดใบมีด จากแบบของบริษัทสามมิตรฯ.....	22
รูปที่ 3.2	การออกแบบด้ามและส่วนตรงของใบมีด.....	23
รูปที่ 3.3 ก)	ส่วนปลายใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป.....	23
รูปที่ 3.3 ข)	ส่วนปลายใบมีดแบบมีมุมเฉือน.....	23
รูปที่ 3.4	การออกแบบมุมเฉือนของใบมีด.....	24
รูปที่ 3.5 ก)	ผิวตัดของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป.....	25
รูปที่ 3.5 ข)	ผิวตัดของใบมีดต้นแบบ.....	25
รูปที่ 3.6	ลักษณะผิวตัดของใบมีดต้นแบบ.....	25
รูปที่ 3.7	มุมขอบคมของใบมีด.....	26
รูปที่ 3.8	ลักษณะรูปร่างใบมีดต้นแบบเต็มใบ.....	26
รูปที่ 3.9	เครื่องมือตรวจสอบขนาดของมุมเฉือน (Slice angle).....	27

รูปที่ 3.10	เครื่องมือตรวจสอบขนาดของผิวตัด (Scoop surface).....	27
รูปที่ 4.1	ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ใช้ในวิชานิพนธ์.....	29
รูปที่ 4.2	ชุดเพลลาโบมีดที่ใช้ในการทดลอง.....	30
รูปที่ 4.3	สายสัญญาณร้อยผ่านรูเจาะที่ปลายเพลลาโบมีด.....	30
รูปที่ 4.4	กระบะดินที่ใช้ในการทดลอง.....	31
รูปที่ 4.5	ชุดเฟืองโซ่และเฟืองทดรอบ.....	32
รูปที่ 4.6	ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบะดิน.....	32
รูปที่ 4.7	ชุดเฟืองทดรอบและอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ควบคุมความเร็วรอบเพลลาโบมีด.....	33
รูปที่ 4.8	กลไกปรับระดับความลึกในการพรวน.....	33
รูปที่ 4.9	การต่อสายสัญญาณจากวงจรมอเตอร์เข้า Slip Ring.....	35
รูปที่ 4.10	Strain Amplifier Modules SCC-SG04.....	35
รูปที่ 4.11	กล่องรวมสัญญาณ SC 2345.....	36
รูปที่ 4.12	ลักษณะของ Rotary Encoder.....	36
รูปที่ 4.13	การติดตั้ง Rotary Encoder.....	37
รูปที่ 4.14	ลักษณะของ DAQ Card.....	37
รูปที่ 4.15	Front Panel ของโปรแกรมรับ แสดงผล และบันทึกสัญญาณ.....	39
รูปที่ 4.16	Diagram ของโปรแกรมรับ แสดงผล และบันทึกสัญญาณ.....	39
รูปที่ 4.17	โปรแกรมสำหรับแปลง Binary File เป็น Spreadsheet File.....	40
รูปที่ 4.18	โปรแกรมสำหรับเลือกช่วงข้อมูลจากการทดลอง.....	41
รูปที่ 4.19	โปรแกรมแปลงข้อมูลจากการทดลองเป็นขนาดของแรงและโมเมนต์.....	42
รูปที่ 4.20	การใช้แบบจำลองช่วยในการวิเคราะห์.....	43
รูปที่ 5.1	การประกอบ EOR เข้ากับชุดสอบเทียบที่สร้างขึ้น.....	45
รูปที่ 5.2	การปรับค่าสัญญาณความต่างศักย์ให้เป็นศูนย์.....	45
รูปที่ 5.3	รูปแบบต่างๆ ของการใส่ภาระให้กับชุดอุปกรณ์สอบเทียบ.....	46
รูปที่ 5.4	การใส่ตุ้มน้ำหนักบนถาดรองรับ.....	46
รูปที่ 5.5	การใช้เครื่องมืออัดดิน.....	48
รูปที่ 5.6	การวัดค่าความแน่นดิน.....	49
รูปที่ 5.7	องศาการหมุนของเพลลาโบมีดและทิศทางของแรงบน EOR.....	50
รูปที่ 6.1	ทิศของแรงและโมเมนต์.....	52
รูปที่ 6.2	การสอบเทียบกับแรงกด F.....	53

รูปที่ 6.3	การสอบเทียบกับแรงเฉือน P.....	53
รูปที่ 6.4	การสอบเทียบกับโมเมนต์ M.....	53
รูปที่ 6.5	สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะแรงกด F.....	54
รูปที่ 6.6	สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะแรงเฉือน P.....	55
รูปที่ 6.7	สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะโมเมนต์ M.....	56
รูปที่ 6.8	แรงกด F ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 4 เซนติเมตร.....	60
รูปที่ 6.9	แรงกด F ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร.....	61
รูปที่ 6.10	แรงกด F ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 8 เซนติเมตร.....	62
รูปที่ 6.11	แรงเฉือน P ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 4 เซนติเมตร.....	63
รูปที่ 6.12	แรงเฉือน P ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร.....	64
รูปที่ 6.13	แรงเฉือน P ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 8 เซนติเมตร.....	65
รูปที่ 6.14	โมเมนต์ M ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 4 เซนติเมตร.....	66
รูปที่ 6.15	โมเมนต์ M ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร.....	67
รูปที่ 6.16	โมเมนต์ M ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 8 เซนติเมตร.....	68
รูปที่ 7.1	แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป.....	71
รูปที่ 7.2	แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบมุมเฉือน 10 องศา...	72
รูปที่ 7.3	แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบมุมเฉือน 15 องศา...	73
รูปที่ 7.4	แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบมุมเฉือน 20 องศา...	74
รูปที่ 7.5	แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบมุมเฉือน 25 องศา...	75
รูปที่ 7.6	แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน ที่ระยะตัดดิน 4 เซนติเมตร.....	78
รูปที่ 7.7	แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน ที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร.....	79
รูปที่ 7.8	แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน ที่ระยะตัดดิน 8 เซนติเมตร.....	80
รูปที่ 7.9	การวัดความกว้างและความลึกการพรวนดิน.....	82
รูปที่ 7.10	ใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปหลังการพรวนดิน.....	83

		หน้า
รูปที่ 7.11	ใบมีดต้นแบบหลังการพรนดิน.....	84
รูปที่ ๗.1	Optical emission spectrometer; Spectrolab M7.....	96
รูปที่ ๗.2	Optical emission spectrometer; Spectrolab M7 เพิ่มเติม.....	97
รูปที่ ๗.3	เครื่องวัดความแข็ง Rockwell Hardness Tester; Wilson 500 model B 534-T.....	98
รูปที่ ๗.4	Micro spec.....	99
รูปที่ ๗.5	มอไนเตอร์ของ Micro spec.....	99
รูปที่ ๗.6	ความลึกของการชุบแข็งจุดที่ 1.....	100
รูปที่ ๗.7	ความลึกของการชุบแข็งจุดที่ 2.....	100
รูปที่ ค.1	แรงภายนอกที่กระทำกับรถไถเดินตามติดเครื่องพรนจอบหมุน.....	101

บทที่ 1

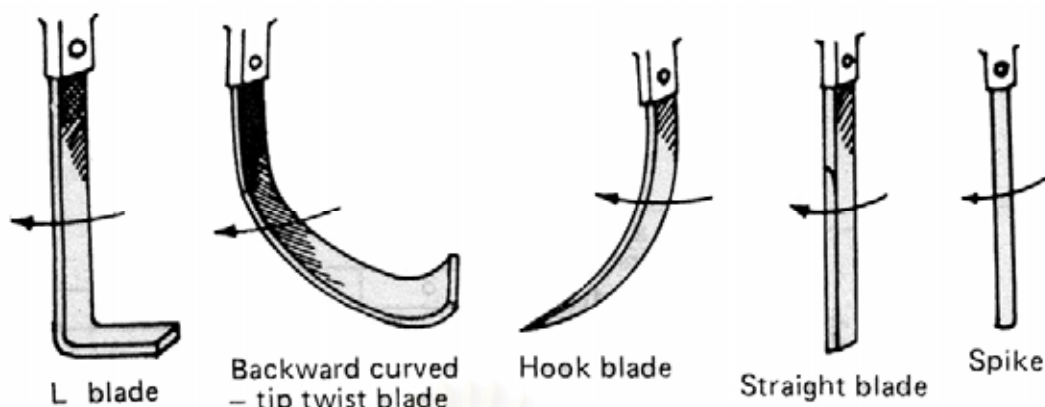
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์

รถไถเดินตามชนิดติดเครื่องพรวนจอบหมุน (Rotary tiller) เป็นเครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในการเตรียมดิน ทำงานโดยการถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ผ่านเพลลาอำนาจกำลัง (P.T.O., Power Take Off) เพื่อหมุนขับเคลื่อนเพลลาไบริดจอบหมุนที่มีใบมีดจำนวนหลายใบจัดเรียงตัวกันอยู่ เพลลาไบริดจอบหมุนและเคลื่อนที่ในแนวราบ ทำให้ใบมีดหมุนตัดดินเพื่อย่อยให้แตกเป็นก้อนเล็กๆ แล้วทำการกลับหน้าดินเพื่อคลุมเคล้าเศษวัชพืชให้ผสมกับดิน โดยแรงต้านทานดินที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนจะขึ้นอยู่กับ ลักษณะรูปร่างของใบมีด การจัดเรียงใบมีด ระยะตัดดิน ความลึกของการพรวนดิน ความเร็วในการเคลื่อนที่และความเร็วรอบหมุนของเพลลาไบริด รวมถึงคุณสมบัติของดินและความหนาแน่นวัชพืชที่ปกคลุมดิน ซึ่งแรงต้านทานดังกล่าวนี้ มีผลโดยตรงต่อกำลังเครื่องยนต์และเสถียรภาพการทำงานของรถแทรกเตอร์และรถไถเดินตาม

ใบมีดพรวนดินที่ใช้กับเครื่องพรวนจอบหมุนสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด ตามลักษณะของรูปร่างที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.1

- 1) ใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปหรือแบบตัวแอล (L blade)
- 2) ใบมีดโค้งปลายตัด (Backward curved tip twist blade)
- 3) ใบมีดตะขอ (Hook blade)
- 4) ใบมีดตรง (Straight blade)
- 5) ใบมีดเด็ดยแหลม (Spike)



รูปที่ 1.1 ไบมีดพรวนดินจอบหมุนชนิดต่างๆ (สรวาฐ, 2546)

ไบมีดสองชนิดแรกนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากก้อนดินที่ถูกตัดจะถูกส่วนดัดปลายไบมีดเหวี่ยงมาทางด้านหลังเครื่องพรวนจอบหมุนกระทบกับฝาครอบ ทำให้ก้อนดินแตกย่อยลงอีก จึงได้ขนาดก้อนดินเหมาะสำหรับการเพาะปลูก ส่วนไบมีดชนิดที่เหลือเหมาะสำหรับใช้กระแทกพื้นดินแข็ง โดยเฉพาะไบมีดตะขอใช้กระแทกพื้นดินแข็งได้ต้นไม้ผลก่อนใส่ปุ๋ยรอบโคนต้น

1.1.1 ไบมีดจอบหมุนแบบยุโรป (European Blade)

ไบมีดจอบหมุนแบบยุโรป หรือเรียกกันทั่วไปว่าไบมีดแบบตัวแอล เนื่องจากมีรูปร่างคล้ายตัวอักษรแอล (L) ในภาษาอังกฤษ ไบมีดชนิดนี้ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย Mr. A.C. Howard ประเทศเนเธอร์แลนด์ ในปี ค.ศ.1922 ต่อมาได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบยุโรป ส่วนใหญ่ใช้ติดกับเครื่องพรวนจอบหมุนขนาดใหญ่ที่พ่วงกับรถแทรกเตอร์ เพื่อใช้ในการพรวนดินสำหรับเพาะปลูกพืชไร่ ซึ่งสภาพดินไร่มีลักษณะแข็ง และแน่น ระดับความลึกในการพรวนจะลึกกว่าการพรวนสำหรับการทำนา ด้วยเหตุนี้ ไบมีดจอบหมุนแบบยุโรปจึงมีลักษณะใหญ่และแข็งแรง ปัจจุบันไบมีดชนิดนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในยุโรปและประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับเกษตรกรในประเทศไทย ก็นิยมใช้กับเครื่องพรวนจอบหมุนที่ติดกับรถแทรกเตอร์และรถไถเดินตาม เพื่อการพรวนดินในไร่และนา

1.1.2 ใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น (Japanese Blade)

ใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น หรือเรียกกันทั่วไปว่า ใบมีดแบบตัวซี (C) ใบมีดชนิดนี้ ถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1940 โดย Mr. Kumaichi Honda และ Mr. Rinsaku Satoh (ได้จดสิทธิบัตรหมายเลข Shou-15-15990 ประเทศญี่ปุ่น) สำหรับใช้งานในนาข้าว โครงสร้างของใบมีดมีการเปลี่ยนแปลงความหนาจากโคนใบมีดจนถึงปลายใบ ใบมีดมีทั้งส่วนที่งอและส่วนที่โค้ง ทำให้ต้องใช้กระบวนการผลิตหลายขั้นตอน ทั้งการตีขึ้นรูปและการรีดหรือการอัดขึ้นรูป ใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นจะไม่มีปัญหาจากการถูกเกี่ยวพันด้วยซากพืช เศษวัชพืช หรือฟางข้าว ถ้าส่วนโค้งของขอบคมตัดถูกออกแบบอย่างเหมาะสม

วิทยานิพนธ์นี้ มุ่งเน้นการทดลองหาลักษณะและขนาดของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปขณะพรวนดินที่ท้องศาการหมุนต่างๆ แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุง ออกแบบลักษณะรูปร่าง และสร้างใบมีดพรวนดินชนิดใหม่ ที่แตกต่างจากใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป โดยเน้นการลดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีด

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบลักษณะรูปร่างของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป
2. ศึกษาลักษณะและขนาดของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป ในกรณีทดลองพรวนในกระบะดิน
3. ออกแบบใบมีดชนิดใหม่ จากการวิเคราะห์ลักษณะและขนาดของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป
4. ศึกษาลักษณะและขนาดของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดชนิดใหม่ ในกรณีทดลองพรวนในกระบะดิน

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ทดลองหาแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป โดยให้ใบมีดหมุนพรวนตัดดินในกระบะทดลอง พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองคือ ความเร็วรอบหมุนของเพลาใบมีด 300 รอบต่อนาที ความลึกการพรวนดิน 15 เซนติเมตร และระยะตัดดิน 4, 6 และ 8 เซนติเมตร ตามลำดับ
2. วิเคราะห์ลักษณะรูปร่างของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปที่มีผลต่อแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีด และประสิทธิภาพในการพรวนดิน
3. ออกแบบลักษณะรูปร่างใบมีดชนิดใหม่ สร้างใบมีดต้นแบบ แล้วนำมาทดลองหาแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีด เพื่อเปรียบเทียบกับแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ก่อให้เกิดความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการออกแบบลักษณะรูปร่าง ของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป
2. ได้ใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่ที่สามารถลดแรงต้านทานลัพท์ มีรูปร่างแตกต่างจากใบมีดต่างประเทศ เป็นการสร้างนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีการออกแบบ
3. องค์ความรู้และผลจากการศึกษานี้ เอกชนกลุ่มเครื่องจักรกลเกษตรสามารถนำไปผลิต ปรับปรุง และพัฒนาใบมีดพรวนดินจอบหมุนเชิงพาณิชย์ได้

1.5 ปรัชญ์นวัตรกรรม

Gupta และ Visvanathan (1993) ศึกษาเรื่องการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายความต้องการกำลังของเครื่องพรวนจอบหมุน ทำการทดลองโดยใช้ใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปพรวนทรายที่ชุ่มน้ำจนกลายเป็นโคลนที่ความชื้น 72.4 % พบว่า กำลังที่เครื่องพรวนจอบหมุนต้องการประกอบด้วย

- 0.34 - 0.59 % ใช้ในการตัดย่อยดิน
- 30.5 - 72.4 % ใช้ในการเหวี่ยงและพลิกก้อนดิน
- 0.96 - 2.45 % ใช้ในการเอาชนะแรงเสียดทานระหว่างก้อนดินกับโลหะ
- 0.62 - 0.99 % ใช้ในการเอาชนะแรงเสียดทานที่ทำให้ดินเกิดการไถลตัวแยกออกจากกัน
- 23.1 - 64.6 % สำหรับเป็นค่ากำลังสำรอง

Hendrick และ Gill (1971A, 1971B, 1971C, 1974) ศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์ 3 ตัว ที่ใช้ในการออกแบบใบมีดจอบหมุน คือ

1. ทิศทางการหมุน
2. ความลึกการพรวน
3. อัตราส่วนระหว่าง ความเร็วรอบหมุนเพลลาใบมีด (n) กับ ความเร็วการเคลื่อนที่ในแนวราบ (v) ของเพลลาใบมีด $\left(\frac{n}{v} = \lambda\right)$ ถือว่าเป็นค่าคงที่

พบว่า การหมุนของเพลลาใบมีดเพื่อตัดดิน ในลักษณะมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของรถไถ (Forward rotation) ใช้กำลังจากเครื่องยนต์น้อยกว่าการหมุนของเพลลาใบมีดในลักษณะสวนทางกับการเคลื่อนที่ของรถไถ (Reverse rotation) ความลึกการพรวนดินมีค่าเพิ่มขึ้นกำลังที่ต้องการจากเครื่องยนต์ก็มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างรัศมีการหมุนเพลลาใบมีดกับความลึกการพรวนคือ 1.1 ถึง 1.4 และถ้า λ มีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้กำลังที่ต้องการจากเครื่องยนต์มีค่าลดลง

Beeny และ Khoo (1970) ศึกษาเกี่ยวกับรูปร่างสามมิติของตัวใบมีดจอบหมุนที่มีผลต่อแรงฉัฟท์ที่มากกระทำซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ผลจากความยาวในแนวตั้ง (ความลึกของการพรวน)
2. ผลจากความยาวในแนวนอน (ความกว้างของการพรวน)
3. ความกว้างของใบมีด
4. ความโค้งของแนวรอยการตัดของใบมีด
5. มุมหลบ (Clearance angle)
6. มุมกวาดด้านหลัง (Sweep back angle)

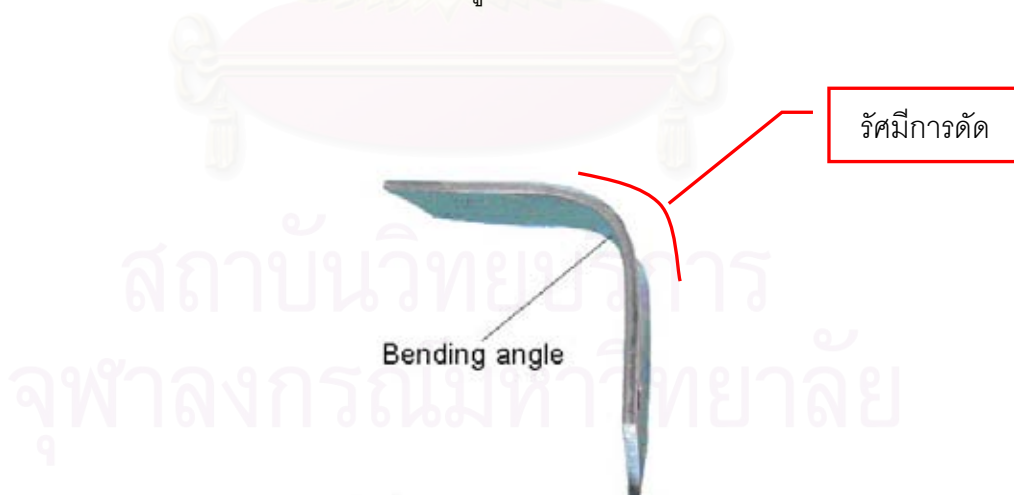
7. ความหนาและความคมของใบมีด
8. ความโค้งระหว่างความยาวในแนวตั้งและความยาวในแนวนอน

โดยใบมีดจอบหมุนที่ดีควรมีคุณภาพดังต่อไปนี้

1. ต้องถ่ายทอตกำลังมากที่สุดจากเพลใบมีดลงสู่ดินได้
2. ต้องมีส่วนช่วยขับเคลื่อนตัวรถ
3. ต้องได้รอยไถที่ดีที่สุดสำหรับการปลูกข้าว
4. ต้องมีอายุการใช้งานได้นาน
5. ต้องสามารถตัดแล้วฝังเศษวัชพืชลงในดินได้ดี
6. ต้องสามารถป้องกันการฟันของเศษวัชพืชบนเพลจอบหมุนได้

ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะสองประการของการออกแบบใบมีดจอบหมุนที่ควรพิจารณา คือ

1. การเปลี่ยนแปลงของส่วนโค้งระหว่างส่วนตรง กับส่วนปลายของใบมีด เรียกว่า รัศมีการัด ดังแสดงในรูปที่ 1.2 มีผลกระทบต่อความต้องการกำลังจากเครื่องยนต์มากกว่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพดิน พื้นที่ผิวโลหะหรือปริมาตรดินที่ถูกตัด โดยใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปที่มีรัศมีการัดน้อย จะใช้กำลังขับเคลื่อนเพลใบมีดสูง เนื่องจากใบมีดมีพื้นที่สัมผัสดินมาก



รูปที่ 1.2 รัศมีการัดของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

2. ไบมีดจอบหมุนแบบยุโรปต้องการกำลังจากเครื่องยนต์มาก แต่ก็มีส่วนทำให้เกิดแรงผลักดัน ช่วยในการเคลื่อนที่ของตัวรถไปข้างหน้ามากขึ้น รวมทั้งการพัฒนาการออกแบบไบมีด โดยรวมเอาข้อดีของไบมีดจอบหมุนแบบยุโรปและไบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นเข้าด้วยกัน ก็จะทำให้เกิดคุณค่าเพื่อใช้ในการทำนาได้ด้วยเช่นกัน

Thakur (1988) และ Godwin (1975) ศึกษาอุปกรณ์สำหรับวัดแรงที่กระทำกับไบมีดจอบหมุนขณะพรวนดิน พบว่า EOR (Extend Octagonal Ring) เป็นอุปกรณ์วัดแรงที่เหมาะสมกับการวัดแรงที่กระทำกับไบมีดจอบหมุนขณะพรวนดิน เนื่องจากสามารถวัดแรงและโมเมนต์ที่กระทำกับไบมีดได้ สามารถยึดติดบนเพลลาไบมีดและติดไบมีดได้ง่าย ค่าที่วัดได้มีความเป็นเชิงเส้นสูง มีความไวข้ามต่ำ และไม่มีฮิสเตอร์รีซิส

ไพศาล มานิตยโชติพิสิฐ (2545) ศึกษาแรงต้านทานที่กระทำกับไบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น สำหรับรถไถพรวนดินขนาดเล็ก โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไบมีดขณะพรวนในกระบะทราย โดยใช้อุปกรณ์วัดแรง EOR

สรารุท เหล่าพงศ์สวัสดิ์ (2546) ศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำกับไบมีดจอบหมุน 3 ชนิด คือ ไบมีดจอบหมุนแบบยุโรป ไบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น และไบมีดจอบหมุนแบบเอเชีย ที่พรวนในกระบะทรายทดลอง โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง คือ ระยะเวลาตัดดิน เมื่อความลึกในการพรวนและความเร็วรอบหมุนเพลลาไบมีดมีค่าคงที่

1.6 บทสรุป

ในบทนี้กล่าวถึงการนำไบมีดพรวนดินจอบหมุนไปติดรถไถเดินตาม สำหรับใช้ในการเตรียมดินเพื่อการเพาะปลูก ไบมีดพรวนดินมีอยู่หลายแบบ ที่นิยมใช้ คือไบมีดจอบหมุนแบบยุโรป และแบบญี่ปุ่น วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ออกแบบและสร้างไบมีดชนิดใหม่ ที่แตกต่างจากไบมีดจอบหมุนแบบยุโรป โดยเน้นการลดแรงต้านทานที่กระทำกับไบมีด จากการวิเคราะห์ลักษณะและขนาดของแรงต้านทานที่กระทำกับไบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

บทที่ 2

ลักษณะทางกายภาพและการทำงานของใบมีดจอบหมุ่น

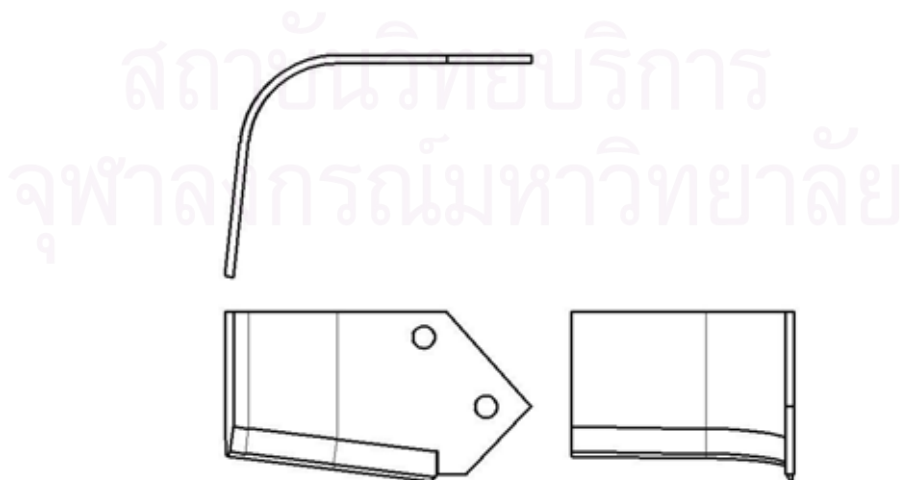
การเตรียมดินด้วยเครื่องพรวนจอบหมุ่น จะได้ขนาดก้อนดินเล็กและใหญ่ตามความเหมาะสมของชนิดเมล็ดและต้นกล้าพืชที่เกษตรกรต้องการปลูก ดังนั้นใบมีดจอบหมุ่นจึงเหมาะสมกับการใช้ในการเตรียมดิน สำหรับการเกษตรแบบ ไร่ นา และสวนผสม ซึ่งปลูกพืชหลากหลายชนิด

ใบมีดที่นำมาใช้กับเครื่องพรวนจอบหมุ่น มีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกันหลายแบบ การใช้งานใบมีดจะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่เกษตรกรรมที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับใบมีดแต่ละแบบ โดยใบมีดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่

1. ใบมีดจอบหมุ่นแบบยุโรป (European blades)
2. ใบมีดจอบหมุ่นแบบญี่ปุ่น (Japanese blades)

2.1 ลักษณะทางกายภาพของใบมีดจอบหมุ่นแบบยุโรป

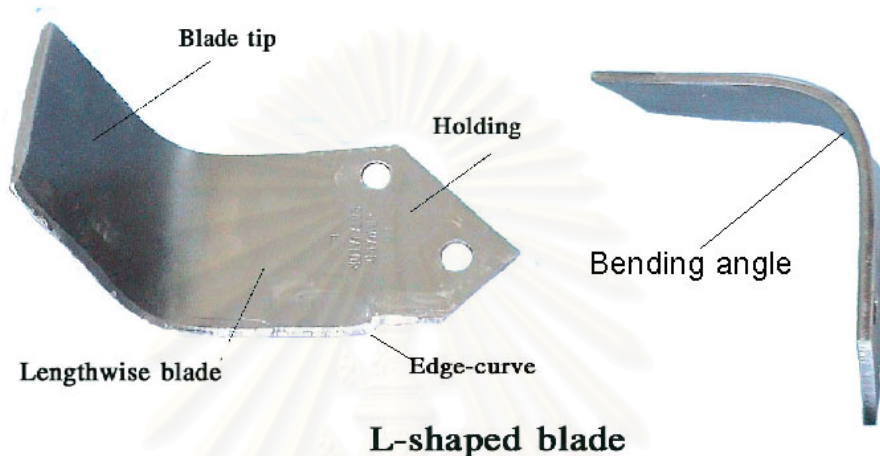
ใบมีดจอบหมุ่นแบบยุโรป เป็นใบมีดขนาดใหญ่ที่มีความแข็งแรง ทนทานต่อการสึกหรอ เหมาะสำหรับพรวนดินแข็ง หรือพรวนดินเพื่อการทำไร่ นิยมใช้มากทางทวีปยุโรป และประเทศสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะรูปร่างของใบมีดจอบหมุ่นแบบยุโรปจากการเขียนแบบ

ส่วนประกอบของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ตามลักษณะรูปร่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.2 คือ

1. ด้ามใบมีด (Holding portion)
2. ใบมีดส่วนตรง (Lengthwise blade portion)
3. ใบมีดส่วนดัด หรือปลายใบมีด (Blade tip portion)



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

2.1.1 ด้ามใบมีด (Holding portion)

ด้ามใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปมีรูเจาะ 2 รู ดังแสดงในรูปที่ 2.3 หน้าแปลน (Flange) ของเพลลาใบมีดก็มีรูเจาะ 2 รู ขนาดเดียวกัน เพื่อให้สลักเกลียวและแป้นเกลียวสามารถขันยึดใบมีดให้ติดกับหน้าแปลน

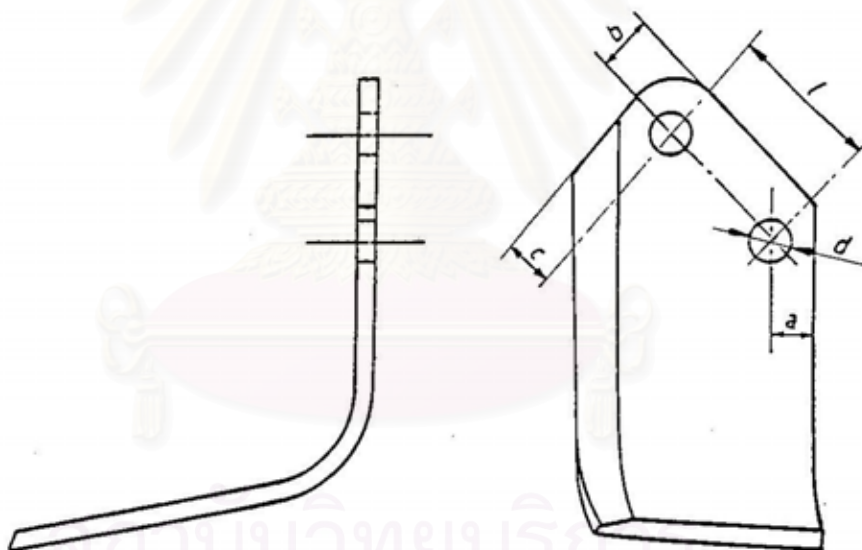


รูปที่ 2.3 ลักษณะด้ามใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

ข้อดีของการยึดโบริมมีดรูปแบบนี้คือ ผลิตได้ง่ายเพียงเจาะรูบนโบริมมีดและหน้าแปลนเพลลาโบริมมีดสำหรับขันสลักเกลียว ก็สามารถยึดโบริมมีดกับหน้าแปลนได้

ข้อเสียของการยึดโบริมมีดรูปแบบนี้คือ ต้องใช้สลักเกลียวและแป้นเกลียวสองชุดต่อโบริมมีดหนึ่งใบ และต้องยึดแป้นเกลียวให้อยู่กับที่ก่อนแล้วจึงขันสลักเกลียว ทำให้การถอดหรือติดโบริมมีดมีความยุ่งยาก นอกจากนั้นสลักเกลียวจะรับแรงเฉือนที่เกิดจากแรงต้านทานทั้งหมด จึงต้องเลือกใช้สลักเกลียวที่มีขนาดใหญ่เพียงพอและทำจากวัสดุคุณภาพสูง

ในการเจาะรูยึดด้ามโบริมมีดจอบหมุนแบบยุโรปนั้น จะใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เลขที่ 1323-2539 เป็นหลัก เพื่อให้ได้รูเจาะที่มีมาตรฐาน และสามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม โดยขนาดโบริมมีดจอบหมุนแบบยุโรปและรูเจาะตามมาตรฐานที่กำหนด แสดงในรูปที่ 2.4 และตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.4 ขนาดโบริมมีดจอบหมุนแบบยุโรปและรูเจาะตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

แบบ ใบมีด	a	b	c	d		l	
	สูงสุด (มม.)	สูงสุด (มม.)	สูงสุด (มม.)	เกณฑ์ที่ กำหนด (มม.)	เกณฑ์ ความคลาด เคลื่อน	เกณฑ์ที่ กำหนด (มม.)	เกณฑ์ ความคลาด เคลื่อน
แบบที่ 1	15	15	15	13	+0.18 0	45	±0.2
แบบที่ 2	15	15	15	13.5		57	
แบบที่ 3	20	20	18	17		55	

2.1.2 ใบมีดส่วนตรง (Lengthwise blade portion)

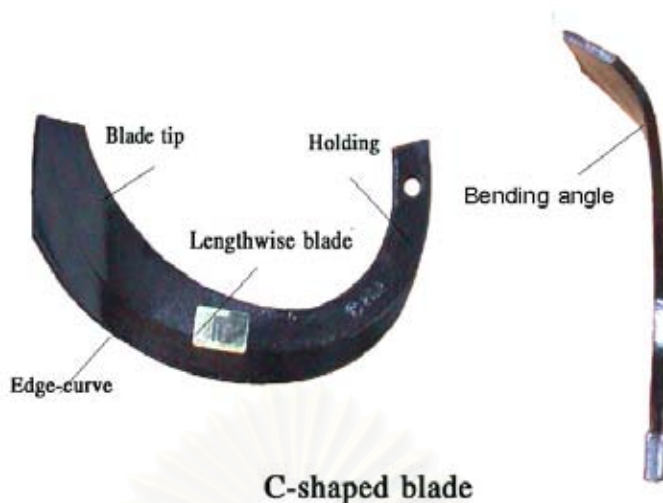
ส่วนตรงของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป มีลักษณะใหญ่ หนา เรียบเป็นระนาบ ความแข็งแรงสูง ขอบตัดดินมีลักษณะตรง และเป็นชนิดขอบคมด้านเดียว

2.1.3 ใบมีดส่วนตัด หรือ ปลายใบมีด (Tip blade portion)

ส่วนตัดของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป มีรูปร่างไม่ซับซ้อนประกอบด้วยมุมจำนวนไม่มาก แกนการตัดปลายใบมีดจะอยู่ในแนวตั้ง โดยรัศมีตัดมีค่าประมาณ 3 เซนติเมตร มุมตัดมีค่าประมาณ 95 องศา ปลายใบมีดเรียบเป็นระนาบและยาว ทำให้มีความกว้างของการตัดดินและใช้ในการเหวี่ยงก้อนดินได้มาก

2.2 ลักษณะทางกายภาพของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น

ใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นเป็นใบมีดที่มีรูปร่างซับซ้อน แต่ละส่วนของใบมีดมีความหนาไม่เท่ากัน บริเวณด้ามใบมีดมีความหนามากที่สุดแล้วค่อยๆ ลดลงจนถึงปลายใบมีด ทำให้ปลายใบมีดมีความแข็งแรงน้อย ไม่เหมาะที่จะใช้พรวนดินแข็ง แต่จะใช้พรวนได้ดีในดินอ่อน ดินโคลน หรือในนาข้าว และเนื่องจากขอบคมของใบมีดมีลักษณะโค้ง ทำให้สามารถลดปัญหาการติดพันของเศษวัชพืชและฟางข้าวบนใบมีด



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น

ส่วนประกอบของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ตามลักษณะรูปร่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.5 คือ

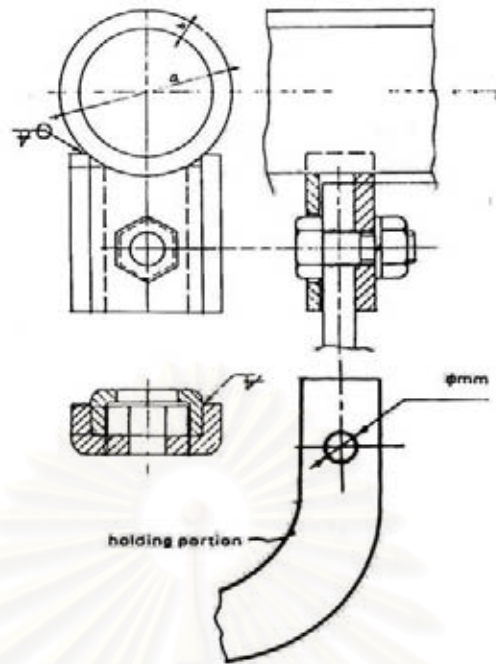
1. ด้ามใบมีด (Holding portion)
2. ใบมีดส่วนตรง (Lengthwise blade portion)
3. ใบมีดส่วนดัด หรือปลายใบมีด (Blade tip portion)

2.2.1 ด้ามใบมีด (Holding portion)

ด้ามของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม มีรูเจาะ 1 รู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร บนเพลลาใบมีดจะมีช่อง (Socket) ซึ่งผลิตตามมาตรฐาน JIS B9210 เชื่อมติดอยู่ไว้สำหรับใส่ด้ามใบมีด ภายในของมีรูเจาะ และมีแป้นเกลียวเชื่อมติดอยู่ สำหรับขันสลักเกลียวเพื่อยึดใบมีด ดังแสดงในรูปที่ 2.6 และ 2.7



รูปที่ 2.6 ลักษณะด้ามใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น



รูปที่ 2.7 ลักษณะของไส้ด้ามใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น (Sakai, 1980)

ข้อดีของการยึดใบมีดรูปแบบนี้คือ ใช้สลักเกลียวเพียงตัวเดียวต่อใบมีดหนึ่งใบ ไม่ต้องจับยึดแป้นเกลียวให้อยู่กับที่ เนื่องจากแป้นเกลียวถูกฝังติดอยู่กับช่อง ทำให้สะดวกในการเปลี่ยนใบมีด มีพื้นที่ตลอดความหนาของด้ามใบมีดที่อยู่ในช่องสำหรับรับแรงและโมเมนต์จากการตัดดินที่กระทำกับด้ามใบมีด ทำให้ความเค้นที่เกิดขึ้นบริเวณด้ามใบมีดมีค่าน้อย

2.2.2 ใบมีดส่วนตรง (Lengthwise blade portion)

ขอบตัดดินของส่วนตรงของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น มีลักษณะโค้งเป็นรูปตัวซี ความโค้งของขอบตัดดินขึ้นอยู่กับขนาดของมุมขอบโค้งที่ใช้ในการออกแบบ ถ้ามุมขอบโค้งมีขนาดใหญ่จะสามารถลดปัญหาการติดพันของเศษวัชพืชและฟางข้าวได้ดี แต่จะเกิดแรงต้านทานการพรวนดินมีค่าเพิ่มขึ้น ความกว้างของส่วนตรงของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นจะมีค่าน้อยกว่าใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป ซึ่งเป็นการลดพื้นที่แรงเสียดทานของใบมีด ขอบคมตัดของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นเป็นชนิดขอบคมสองด้าน

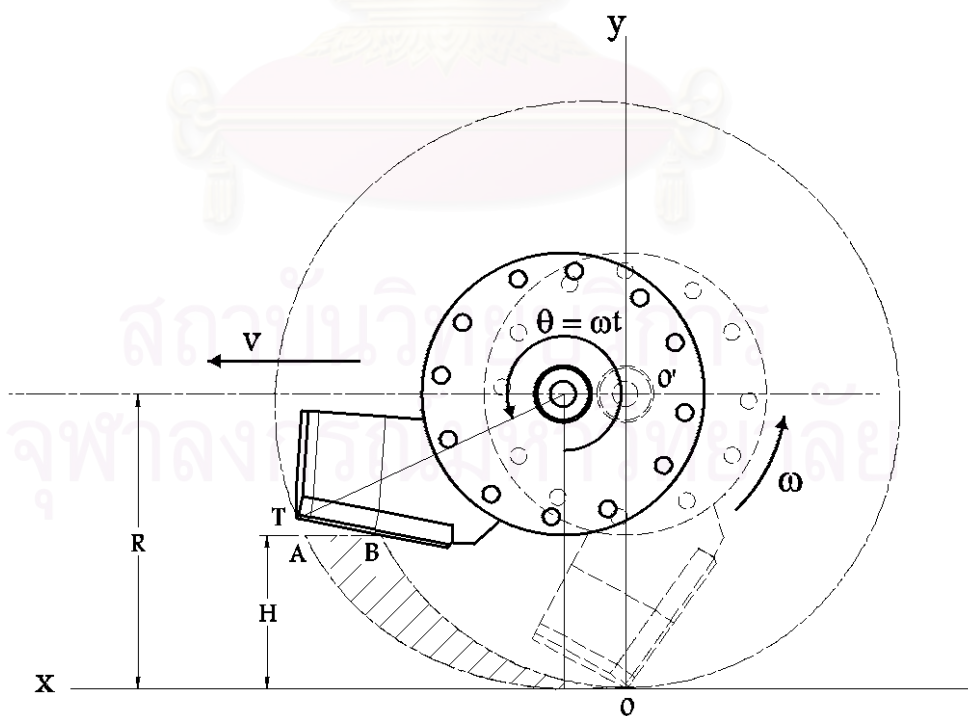
2.2.3 ใบมีดส่วนตัด หรือ ปลายใบมีด (Tip blade portion)

ส่วนตัดของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นมีลักษณะเป็นผิวโค้ง ประกอบด้วยมุมต่างๆ หลายมุม ผิวโค้งและมุมต่างๆ เหล่านี้ จะส่งผลต่อแรงต้านทานการพรวนดิน การเหวี่ยงดิน และลักษณะของดินที่ไม่ถูกพรวน การตัดปลายของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นจะตัดตามแนวของเส้นโค้งโทรคอยด์ที่ตำแหน่งปลายสุดของใบมีดส่วนตรง โดยรัศมีตัดมีค่าประมาณ 5 เซนติเมตร และมุมตัดปลายมีค่าประมาณ 130 องศา

2.3 การทำงานของใบมีดจอบหมุน

2.3.1 การเคลื่อนที่ของใบมีด

การเคลื่อนที่ของใบมีดจอบหมุนในขณะพรวนดิน มีลักษณะเป็นการหมุนพร้อมกับเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทำให้เกิดทางเดินของใบมีดในลักษณะเป็นเส้นโค้งที่เรียกว่า เส้นโค้งโทรคอยด์ (Trochoid curve) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง รัศมีใบมีด ความเร็วในการเคลื่อนที่และความเร็วรอบของเพลลาใบมีด แสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แนวการพรวนดินของใบมีดจอบหมุน

ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของปลายไบบีมิด (จุด T) ที่เวลา t ใดๆ ตามแนวแกน X และ Y สามารถแสดงได้ดังสมการ (2.1) และ (2.2)

$$X=vt-R\sin(\omega t) \quad (2.1)$$

$$Y=R-R\cos(\omega t) \quad (2.2)$$

โดย	R	คือ รัศมีของไบบีมิด (เมตร)
	v	คือ ความเร็วแนวระดับของเพลลาไบบีมิด (เมตรต่อวินาที)
	ω	คือ ความเร็วเชิงมุมของเพลลาไบบีมิด (เรเดียนต่อวินาที)
	t	คือ เวลา (วินาที)

ความเร็วเชิงมุมของเพลลาไบบีมิด สามารถหาได้จากสมการ (2.3)

$$\omega = \frac{n\pi}{30} \quad (2.3)$$

โดย	n	คือ ความเร็วรอบหมุนของเพลลาไบบีมิด (รอบต่อนาที)
-----	---	---

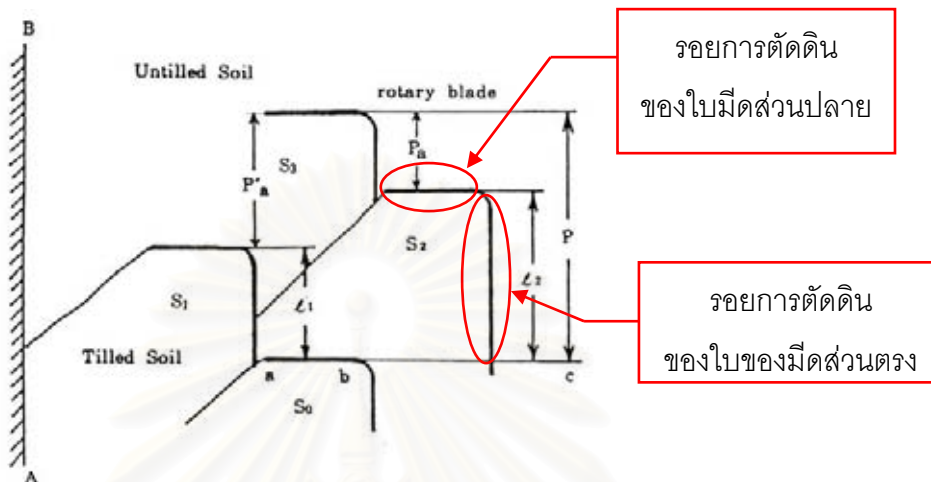
2.3.2 ระยะตัดดิน (Tillage pitch, P)

ระยะตัดดิน คือระยะห่างการหมุนตัดดินของไบบีมิดที่อยู่บนหน้าแปลนเดียวกัน และหันปลายไบบีมิดทิศทางเดียวกัน (ระยะ AB ในรูปที่ 2.8) ระยะตัดดินขึ้นอยู่กับจำนวนไบบีมิดบนหน้าแปลนของเพลลาไบบีมิด ความเร็วการเคลื่อนที่ และความเร็วรอบหมุนของเครื่องพรวนจอบหมุน การพรวนดินสำหรับการทำไร่ ซึ่งดินมีความแน่นมาก แรงต้านการพรวนดินสูง ระยะตัดดินควรมีค่าน้อย ส่วนการพรวนดินอ่อนหรือดินนา ซึ่งดินมีความแน่นน้อยสามารถใช้ระยะตัดดินที่มีค่ามากได้ ระยะตัดดินสามารถคำนวณได้จากสมการ (2.4)

$$P = \frac{60v}{Zn} \quad (2.4)$$

เมื่อ	Z	คือ จำนวนไบบีมิดที่อยู่บนหน้าแปลนเดียวกัน
-------	---	---

เนื่องจากบนเพลลาไวมีดจะมีหน้าแปลนสำหรับตัดไวมีดหลายหน้าแปลน ดังนั้นเมื่อเพลลาไวมีดหมุนตัดดิน จะเกิดรอยตัดดินของไวมีดจากหน้าแปลนข้างเคียงด้วย ก่อให้เกิดระยะตัดดิน 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ระยะตัดดินของไวมีดจอบหมุน (สราวุธ, 2546)

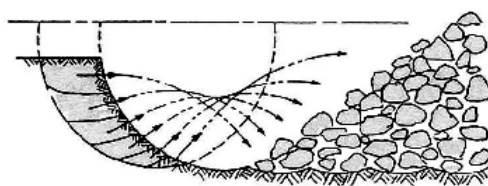
- โดย P คือ ระยะตัดดิน
- P_a คือ ระยะตัดดินจริง
- $P'a$ คือ ระยะตัดดินข้างเคียง

2.3.3 การทำงานของไวมีดส่วนตรง

ไวมีดส่วนตรงทำหน้าที่ตัดก้อนดินเพื่อให้แตกออกเป็นก้อนย่อยๆ

2.3.4 การทำงานของไวมีดส่วนปลาย

เมื่อไวมีดหมุนพรวนดินในแต่ละรอบ หลังจากไวมีดส่วนตรงทำหน้าที่ตัดก้อนดินเป็นก้อนย่อยๆ แล้ว ปลายไวมีดจะทำหน้าที่เหวี่ยงก้อนดินไปทางด้านหลัง ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การเคลื่อนที่ของก้อนดินในลักษณะเหวี่ยงไปด้านหลัง (Sakai, 1999)

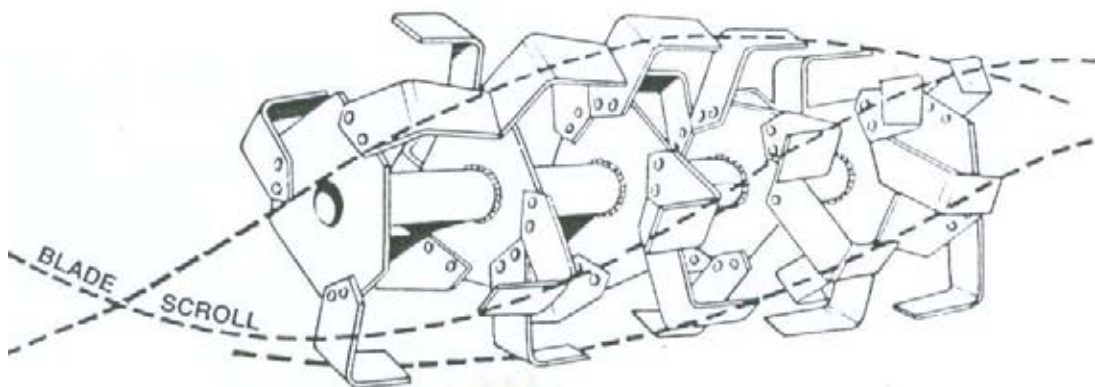
2.4 การจัดเรียงไบริตจอบหมุนบนเพลาไบริต

การจัดเรียงไบริตจอบหมุนแบบยุโรปบนเพลาไบริตมีเพียงแบบเดียว ซึ่งแตกต่างจากการจัดเรียงไบริตจอบหมุนแบบญี่ปุ่นที่มีอยู่หลายแบบ จำนวนไบริตที่นำมาติดบนเพลาไบริตขึ้นอยู่กับจำนวนหน้าแปลน จำนวนไบริตที่ติดยึดบนหน้าแปลน และความยาวของเพลาไบริต การจัดเรียงไบริตบนเพลาไบริตควรคำนึงถึง

1. ขนาดก้อนดินที่สม่ำเสมอหลังการพรวน
2. ความราบเรียบของผิวดินหลังการพรวน
3. สมดุลทางพลศาสตร์ของเพลาไบริตที่เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
4. การสั่นในแนวขวางของเพลาไบริตขณะพรวนดิน
5. การเปลี่ยนแปลงของแรงบิดในแนวตั้งขณะไบริตพรวนดิน
6. กำลังเฉลี่ยที่ต้องการ
7. การเปลี่ยนแปลงของแรงบิดด้านขวาและซ้ายของเพลาไบริตในแนวตั้งขณะไบริตพรวนดิน

2.4.1 การจัดเรียงไบริตจอบหมุนแบบยุโรปบนเพลาไบริต

ไบริตจอบหมุนแบบยุโรป นิยมยึดติดไบริตบนแต่ละหน้าแปลนจำนวน 3 คู่ หน้าสลับกันไปคนละด้าน ลักษณะบิดเป็นเกลียวม้วนตามกัน (Spiral curve) เพื่อลดแรงที่กระทำกับเพลาไบริต ดังแสดงในรูปที่ 2.11 และ 2.12



รูปที่ 2.11 การจัดเรียงใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

ลักษณะบิดเป็นเกลียวม้วนตามกัน (สราวุธ, 2546)

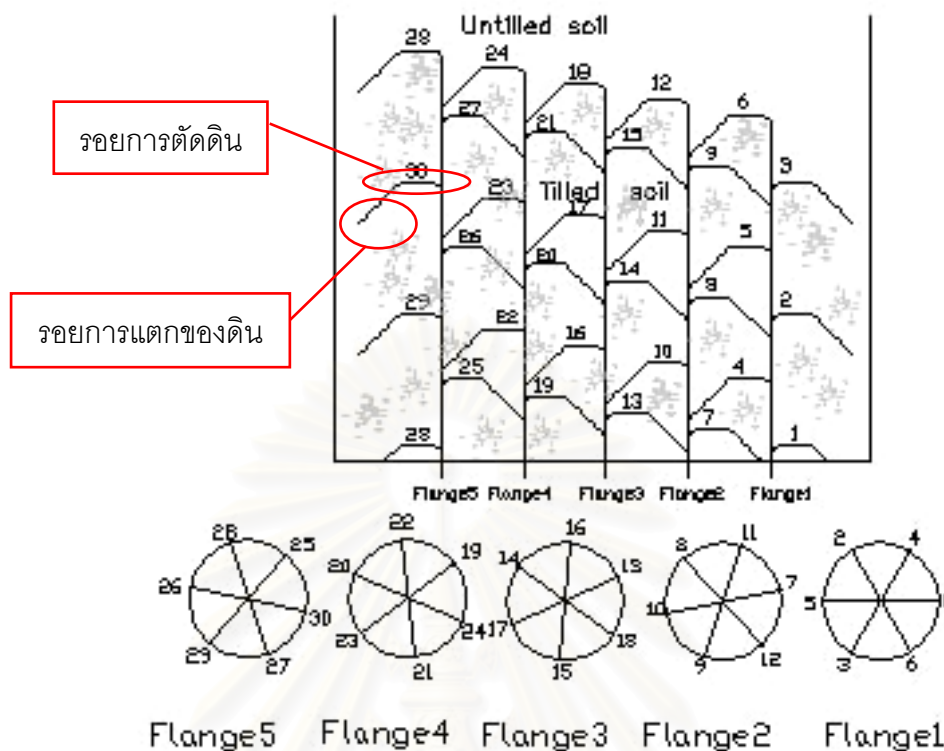
รูปที่ 2.11 แสดงการติดใบมีดหน้าแปลนละ 3 คู่ โดยหันหน้าสลับกันไปเรื่อยๆ แต่ที่ปลายเพลลาทั้ง 2 ข้างนั้นแต่ละหน้าแปลนติดใบมีดเพียง 3 ใบ และหันปลายใบมีดเข้าด้านใน โดยหน้าแปลนจะยึดอยู่ที่ปลายของเพลลาทั้ง 2 ข้าง



Flange5 Flange4 Flange3 Flange2 Flange1

รูปที่ 2.12 การจัดเรียงใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปบนเพลลาใบมีด

สำหรับรูปที่ 2.12 ทุกหน้าแปลนติดใบมีด 3 คู่ และมีการติดใบมีดหันหน้าสลับกัน หน้าแปลนปลายเพลลาใบมีดติดใบมีด 3 คู่ ซึ่งต่างกับรูปที่ 2.11 การจัดเรียงใบมีดในลักษณะนี้มีจำนวนใบมีดรวมทั้งสิ้น 30 ใบ โดยจัดเรียงใบมีดหมายเลข 1, 2, 3, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 25, 26 และ 27 หันปลายใบมีดไปทางด้านขวา ส่วนใบมีดที่เหลือหันไปทางด้านซ้าย จึงก่อให้เกิดรอยการตัดดินที่มีลักษณะดังรูปที่ 2.13

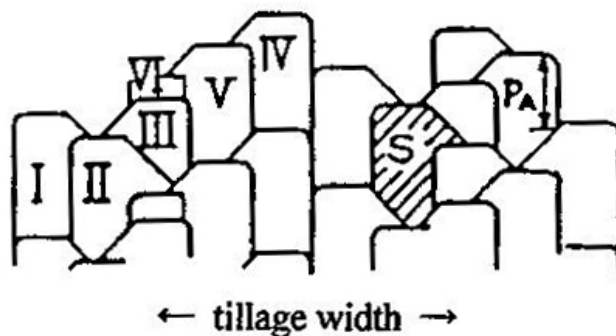


รูปที่ 2.13 รอยการตัดดินของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป (สรวาฐ, 2546)

จากรูปที่ 2.13 แสดงรอยการตัดดิน จะเห็นได้ว่าในการพรวนดินนั้นจะก่อให้เกิด รอยการตัดดินและรอยการแตกของดิน โดยรอยการแตกของดินนั้นจะต่อมาจากรอยการ ตัดดิน ซึ่งลักษณะรอยการแตกของดินจะแตกเป็นมุม 45 องศา

2.4.2 การจัดเรียงใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นบนเพลลาใบมีด

สำหรับใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น ในแต่ละหน้าแปลน จะติดใบมีดเพียง 1 ใบ โดยใส่อยู่ในช่องที่เชื่อมติดอยู่บนเพลลา การจัดเรียงของใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่นสามารถ ก่อให้เกิดระยะตัดดินและรอยการตัดดินที่แตกต่างกัน 6 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 รอยการตัดดินของไถมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น (Sakai, 1999)

2.5 บทสรุป

ไถมีดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยมีอยู่ 2 แบบ คือ ไถมีดจอบหมุนแบบยุโรป และแบบญี่ปุ่น ไถมีดจอบหมุนแบบยุโรป มีความแข็งแรง ทนทานต่อการสึกหรอ เหมาะสำหรับพรวนดินแข็ง เพื่อการทำไร่ ไถมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น ไถมีดแต่ละส่วนมีความหนาไม่เท่ากัน ด้ามไถมีดมีความหนามากกว่าปลายไถมีด ทำให้ปลายไถมีดมีความแข็งแรงน้อย ใช้พรวนได้ดีในดินอ่อน ดินโคลน หรือในนาข้าว ขอบคมของไถมีดมีลักษณะโค้ง จึงสามารถลดปัญหาการติดพันของเศษวัชพืชและฟางข้าวบนไถมีด ส่วนประกอบของไถมีดจอบหมุนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ตามลักษณะรูปร่าง คือ ด้ามไถมีด (Holding portion) ไถมีดส่วนตรง (Lengthwise blade portion) และปลายไถมีด (Blade tip portion) ด้ามไถมีดแบบยุโรปและแบบญี่ปุ่น เป็นส่วนยึดไถมีดกับเพล้าไถมีดซึ่งกำกับโดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ไถมีดส่วนตรงและปลายไถมีดมีขอบคมตัดดิน เพื่อใช้ในการพรวนดิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การออกแบบไบริดจอบนหินชนิดใหม่

การออกแบบไบริดจอบนหินชนิดใหม่ จะพิจารณาลักษณะเด่นของไบริดจอบนหินแบบยุโรปและแบบญี่ปุ่น มาพัฒนาต่อยอด เพื่อให้แรงต้านลัพธ์ในการพรวนน้อย เกิดแรงกระแทก (Impact force) น้อยกว่าไบริดจอบนหินแบบยุโรปที่ใช้กันอยู่ทั่วไป และเหมาะสมกับสภาพพื้นดินสำหรับเกษตรกรในประเทศไทย

3.1 แนวคิดในการกำหนดคุณสมบัติรูปร่างของไบริดจอบนหินชนิดใหม่

จากงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทในหัวข้อ “การศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำกับไบริดจอบนหิน 3 ชนิด” โดย นายสรวิช เหล่าพงศ์สวัสดิ์ (สรวิช, 2546) พบว่า ลักษณะรูปร่างไบริดจอบนหินแบบยุโรปมีผลต่อแรงต้านทานการพรวนดินและประสิทธิภาพการพรวน ซึ่งสามารถนำมาสรุปเป็นประเด็นหลักสำหรับการออกแบบไบริดจอบนหินพรวนดินจอบนหิน เพื่อสร้างแนวคิดในการกำหนดคุณสมบัติด้านรูปร่างของไบริดจอบนหินชนิดใหม่ ให้สามารถใช้งานสำหรับเตรียมดินได้ทั้งในไร่และนา ดังนี้

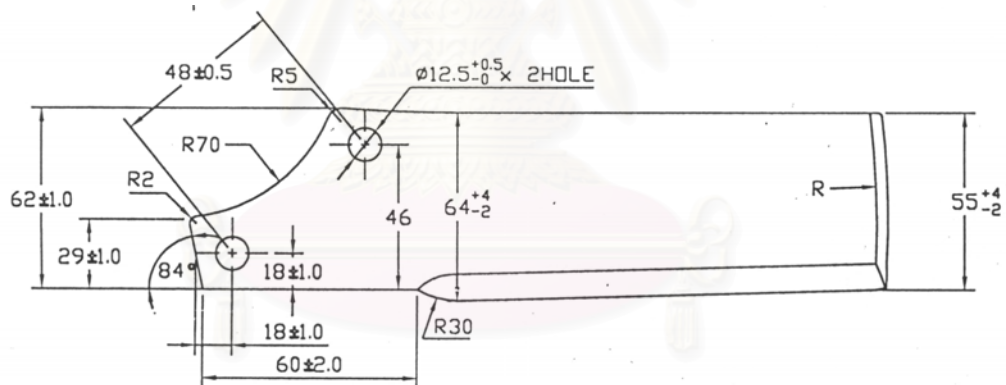
1. ไบริดจอบนหินชนิดใหม่ควรมีโครงสร้างที่แข็งแรง ทนทานต่อการสึกหรอ เพราะพื้นที่การเพาะปลูกพืชไร่ในประเทศไทยเป็นดินแข็งและแน่น
2. ไบริดจอบนหินชนิดใหม่ควรผลิตได้ง่าย และสามารถนำไปประกอบใช้งานได้กับเครื่องพรวนจอบนหินที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป
3. ขณะไบริดจอบนหินพรวนดิน ขอบคมไบริดจอบนหินที่สัมผัสกับดินควรมีลักษณะที่ทำให้การพรวนเป็นการเฉือนตัดดินเพื่อลดแรงกระแทก ซึ่งแรงกระแทกอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นส่วนในระบบส่งกำลังได้
4. ไบริดจอบนหินชนิดใหม่ควรมีมุมตัดปลายไบริดจอบนหินที่เหมาะสม เพื่อให้ผิวดินชั้นล่างหลังการพรวนเรียบได้แนวระดับ

5. ส่วนปลายใบมีดควรมีมุมผิวตัดแบบโค้งที่เหมาะสม เพื่อให้ใบมีดมีความสามารถในการเหวี่ยงก้อนดินที่ถูกตัด และสามารถหลีกเลี่ยงการเสียดสีระหว่างผิวด้านนอกของใบมีดกับดินที่ยังไม่ถูกพรวน
6. ความลึกการพรวนควรมีค่าประมาณ 15 เซนติเมตร

3.2 การออกแบบใบมีดจอบหมุนต้นแบบ

3.2.1 ด้ามใบมีดและรูยึด

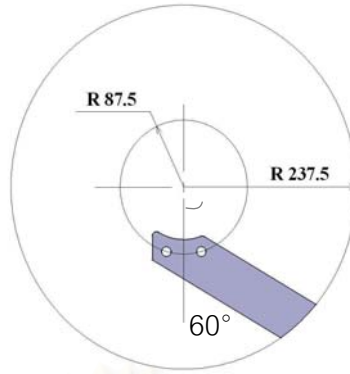
เพื่อให้ใบมีดที่ออกแบบสำหรับผลิตเป็นใบมีดต้นแบบ สามารถนำไปติดบนหน้าแปลนเพลลาใบมีดที่ใช้กับเครื่องพรวนจอบหมุนของ บริษัทสามมิตรมอเตอร์สแมคชูแฟคเจอร์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ให้ความร่วมมือในการผลิตใบมีดต้นแบบ ดังนั้นขนาดและตำแหน่งของรูยึด จึงกำหนดตามแบบของบริษัทสามมิตรฯ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขนาดและตำแหน่งรูยึดใบมีด จากแบบของบริษัทสามมิตรฯ

3.2.2 ใบมีดส่วนตรง

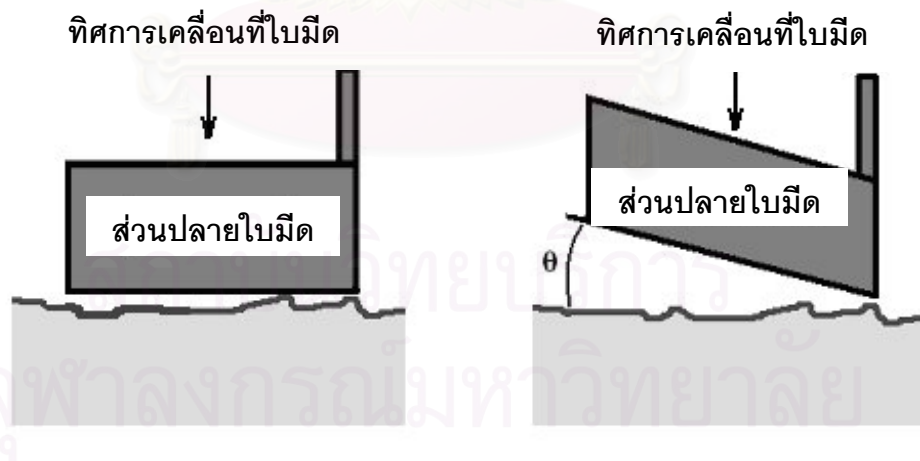
ลักษณะของใบมีดส่วนตรง ดังแสดงในรูปที่ 3.2 มีลักษณะคล้ายกับส่วนตรงของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป มุมระหว่างเส้นรัศมีกับขอบตัดดินมีค่า 60 องศา และจากข้อกำหนดความลึกการพรวนดิน 150 มิลลิเมตร ดังนั้นรัศมีการหมุนของใบมีดก็คือ ระยะจากจุดศูนย์กลางเพลลาใบมีดถึงจุดศูนย์กลางรูยึด บวกกับความลึกการพรวนดิน (87.50+150.0 มิลลิเมตร) มีค่าเท่ากับ 237.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.2 การออกแบบใบด้ามและส่วนตรงของใบมีด

3.2.3 มุมเฉือน (Slice Angle)

การทดลองหาแรงต้านทานลัพธ์จากงานวิจัยก่อนหน้าพบว่า แรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปขณะพรวนดินนั้น มีลักษณะเป็นแรงกระแทก เนื่องจากบริเวณขอบคมตัดดินของใบมีดส่วนปลาย กระแทกกับดินพร้อมกันตลอดทั้งแนว ดังแสดงในรูปที่ 3.3.ก) ดังนั้น จึงออกแบบใบมีดต้นแบบให้มีมุมเฉือน (θ) เพื่อให้ขอบคมของใบมีดส่วนปลายค่อยๆ เฉือนตัดดิน ทำให้สามารถลดแรงกระแทกได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.3.ข)

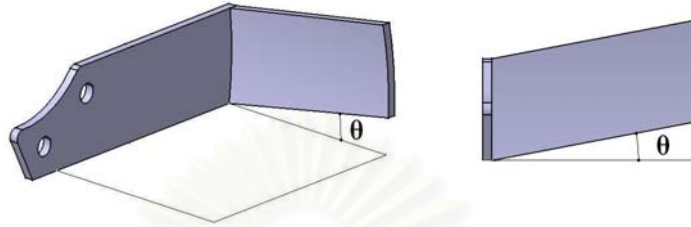


ก)

ข)

รูปที่ 3.3. ส่วนปลายใบมีด ก) แบบยุโรป ข) แบบมีมุมเฉือน

งานวิจัยนี้ออกแบบมุมเฉือน ให้มีค่าต่างๆ กัน 4 ค่า 10, 15, 20 และ 25 องศา แล้วนำมาทดสอบพรวนดินกับชุดอุปกรณ์ทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษา ลักษณะของแรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำต่อใบมีดขณะพรวนดิน มุมเฉือน (θ) ของใบมีด แสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การออกแบบมุมเฉือนของใบมีด

3.2.4 ผิวตัก (Scoop Surface)

ผิวตักของส่วนปลายใบมีดทำหน้าที่เหวี่ยงก้อนดินที่ถูกตัด โดยความสามารถในการเหวี่ยงดินขึ้นอยู่กับมุมผิวตัก (β_1) (มุมระหว่างเส้นสัมผัสผิวตัก กับเส้นรัศมีเพลลาใบมีด) ใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปมีผิวตักเป็นระนาบ ดังแสดงในรูปที่ 3.5.ก) ค่ามุมผิวตัก จะเพิ่มขึ้นจากบริเวณขอบคมของใบมีดไปยังด้านหลังของส่วนปลายใบมีด ทำให้ความสามารถในการเหวี่ยงดินไม่สม่ำเสมอ สำหรับใบมีดต้นแบบจะออกแบบมุมผิวตักให้มีขนาดคงที่ ทำให้ผิวตักมีลักษณะโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.5.ข) ความสามารถในการเหวี่ยงดินจึงสม่ำเสมอทั่วทั้งผิวตัก ส่งผลให้การสีกหรือของส่วนปลายใบมีดสม่ำเสมอ นอกจากนั้นการออกแบบส่วนโค้งของผิวตักให้เหมาะสม ยังสามารถหลีกเลี่ยงการผลัดดินที่ผิวตักด้านนอกของใบมีดด้วย สำหรับผิวตักโค้งที่เหมาะสม จะมีมุมผิวตักดังสมการที่ (3.1) (Sineokov, 1978)

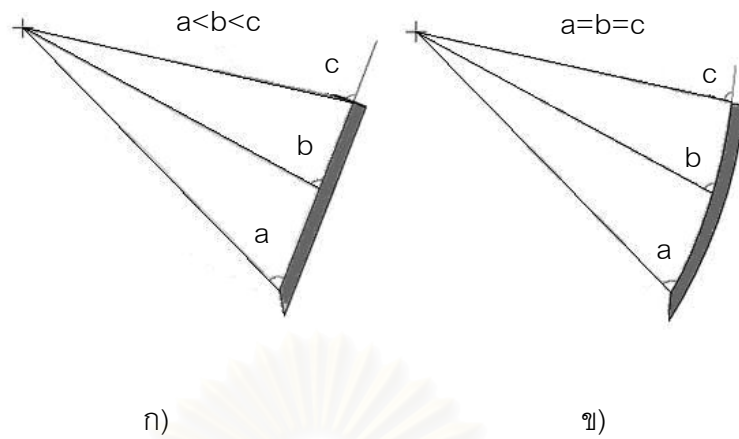
$$\beta_1 \leq \cos^{-1} \left\{ \frac{30v}{R} \sqrt{\frac{H(2R-H)}{(30V)-60n\pi v(R-H)-(Rn\pi)}} \right\} \quad (3.1)$$

โดย v คือ ความเร็วของรถไถ (เซนติเมตรต่อวินาที)

H คือ ความลึกการพรวนดิน (เซนติเมตร)

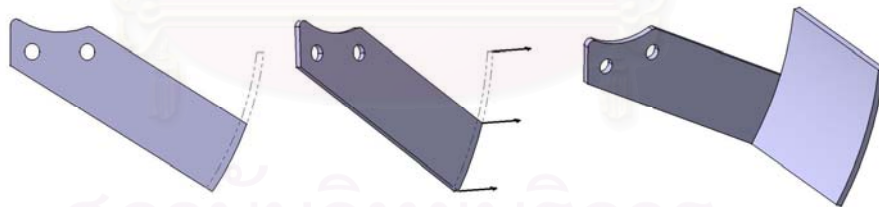
R คือ รัศมีการหมุนของใบมีด (เซนติเมตร)

n คือ ความเร็วรอบเพลลาจอบหมุน (รอบต่อนาที)



รูปที่ 3.5. ผีวตัดของใบมีด ก) แบบยุโรป ข) ต้นแบบ

จากสมการที่ (3.1) ค่ามุมผีวตัด (β_1) ที่เหมาะสมควรมีค่าน้อยกว่าสมการทางด้านขวาประมาณ 0 ถึง 15 องศา จากความเร็วรอบหมุนเพลลาใบมีด และความเร็วรถไถเดินตามเมื่อติดเครื่องพรวนจอบหมุนในช่วงการใช้งาน มีค่าประมาณ 150 - 400 รอบต่อนาที และ 30 - 140 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ดังนั้นจากการคำนวณตามสมการที่ (3.1) ในช่วงการใช้งานของใบมีด พบว่า ค่ามุมผีวตัดที่สอดคล้องกับสมการคือ 70 องศา ($a = b = c = 70$ องศา) สำหรับการสร้างผีวตัดจากการเขียนแบบ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ลักษณะผีวตัดของใบมีดต้นแบบ

3.2.5 ความกว้างใบมีดส่วนปลาย

กำหนดให้ส่วนปลายของใบมีด ที่ติดอยู่แต่ละหน้าแปลนของเพลลาใบมีด เหลื่อมกันประมาณ 10 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแนวสันดินขึ้นระหว่างช่องว่างของส่วนปลายใบมีด ดังนั้น จึงออกแบบแบบส่วนปลายใบมีดให้มีความกว้างเท่ากับ 140 มิลลิเมตร

3.2.6 รัศมีตัดของใบมีด

กำหนดรัศมีตัดของใบมีดต้นแบบเท่ากับ 30 มิลลิเมตร เหมือนกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

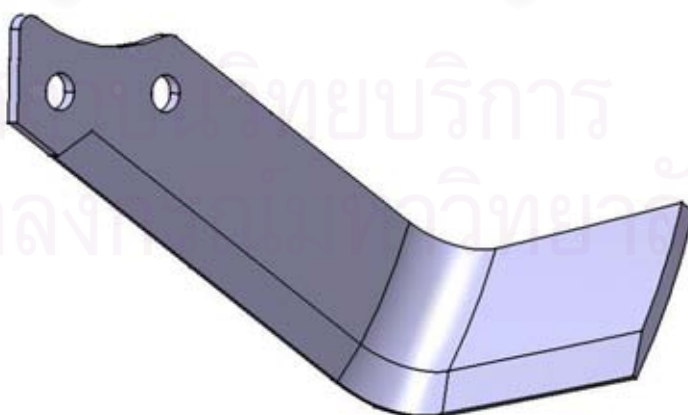
3.2.7 ขอบคมตัดของใบมีด

ออกแบบขอบคมตัดของใบมีดต้นแบบเป็นขอบคมด้านเดียว โดยอยู่ด้านในของใบมีด เพราะมีแนวโน้มทำให้แรงต้านทานและแรงเสียดทานในการพรวนดินมีค่าน้อย โดยค่ามุมขอบคมของใบมีดมีค่าเท่ากับ 15 องศา ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กับใบมีดจอบหมุนทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 มุมขอบคมของใบมีด

จากการออกแบบตามขั้นตอนด้วยข้อมูลจำเพาะที่ได้กล่าวมา สามารถเขียนแบบและผลิตใบมีดต้นแบบ ซึ่งมีลักษณะรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ลักษณะรูปร่างใบมีดต้นแบบเต็มใบ

3.3 เครื่องมือตรวจสอบมุมและขนาดใบมีดต้นแบบ

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องมือตรวจสอบมุมและขนาดใบมีดที่ได้ออกแบบ เพื่อให้ทางโรงงานของบริษัทสามมิตรฯ ใช้ในการตรวจสอบขนาดใบมีดที่ทำการผลิตสำหรับนำมาทดสอบ โดยขนาดและตำแหน่งของรูยึดใบมีดมีขนาดเท่ากับแบบใบมีดของทางโรงงาน เครื่องมือตรวจสอบมุมและขนาดใบมีดต้นแบบที่สร้างขึ้นสนใจเฉพาะบางส่วนของใบมีดต้นแบบที่ได้ทำการออกแบบใหม่ให้มีความแตกต่างจากใบมีดพรวนดินจอบหมุนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งได้แก่ ส่วนของมุมเฉือน (Slice angle) และผิวตัก (Scoop surface) ดังแสดงในรูปที่ 3.9 และ 3.10 ตามลำดับ



รูปที่ 3.9 เครื่องมือตรวจสอบขนาดของมุมเฉือน (Slice angle)



รูปที่ 3.10 เครื่องมือตรวจสอบขนาดของผิวตัก (Scoop surface)

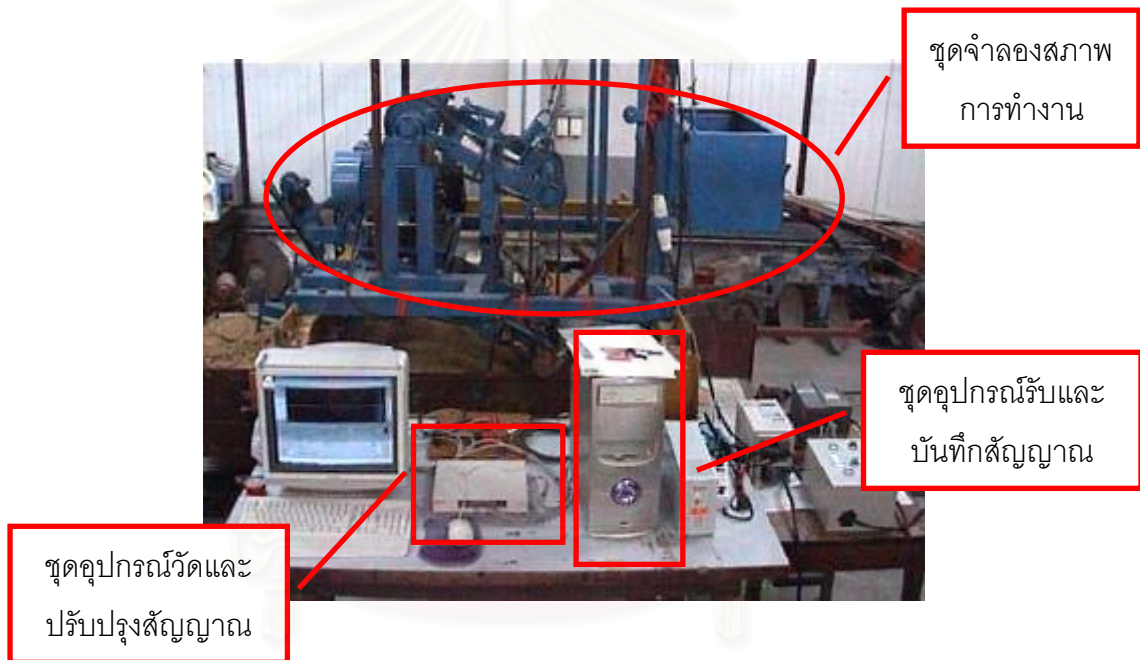
3.4 บทสรุป

การออกแบบใบมีดจอบหมุ่นชนิดใหม่ จะนำประเด็นหลักจากการศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมุ่น 3 ชนิด (สรวาฐ, 2546) และทฤษฎีการออกแบบใบมีดจอบหมุ่น เพื่อสร้างแนวคิดในการกำหนดคุณสมบัติด้านรูปร่างของใบมีดชนิดใหม่ ให้สามารถใช้งานสำหรับเตรียมดินได้ทั้งในไร่และนา โดยด้ามใบมีดและรูยึดกำหนดตามแบบของบริษัทสามมิตรฯ ใบมีดส่วนตรง มีลักษณะคล้ายกับส่วนตรงของใบมีดจอบหมุ่นแบบยุโรป มุมระหว่างเส้นรัศมีกับขอบตัดดินมีค่า 60 องศา งานวิจัยนี้ออกแบบมุมเฉือน ให้มีค่าต่างๆ แล้วนำมาทดสอบพรวนดินกับชุดอุปกรณ์ทดสอบ เพื่อศึกษาลักษณะของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำต่อใบมีดขณะพรวนดิน ผิวดักของส่วนปลายใบมีดทำหน้าที่เหวี่ยงก้อนดินที่ถูกตัด ค่ามุมผิวดักที่ใช้ในการออกแบบใบมีด คือ 70 องศา รัศมีตัดของใบมีดต้นแบบเท่ากับ 30 มิลลิเมตร ออกแบบขอบคมตัดเป็นขอบคมด้านเดียว โดยค่ามุมขอบคมของใบมีดเท่ากับ 15 องศา จากข้อมูลจำเพาะที่ได้กล่าวมาจะสามารถสร้างใบมีดจอบหมุ่นต้นแบบ แล้วนำมาทดสอบพรวนดิน เพื่อหาแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดได้ต่อไป

บทที่ 4

อุปกรณ์การทดลอง

การทดลองเพื่อหาแรงต้านทานลัพธ์ของดินที่กระทำกับไอบีมีดจอบหมุน ขณะไอบีมีดหมุน พรวนดิน ที่ระยะตัดดินค่าต่างๆ ครั้งละ 1 ไอบี ต้องอาศัยชุดอุปกรณ์การทดลองเฉพาะทาง ที่สร้างและพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ชุดอุปกรณ์จำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน ชุดอุปกรณ์วัดและปรับปรุงสัญญาณ และชุดอุปกรณ์รับและบันทึกสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ชุดอุปกรณ์การทดลองที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

4.1 ชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน

การทดลองจะทำภายในห้องปฏิบัติการ พารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองสามารถควบคุมได้ง่ายกว่าการทดลองในสนามจริง จึงได้สร้างชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะให้เพล่าไอบีมีดหมุนอยู่กับที่ กระบะดินเคลื่อนที่แทนการเคลื่อนที่ของเครื่องพรวนจอบหมุน ชุดจำลองสภาพการทำงานนี้ออกแบบให้สามารถควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบะดิน ความเร็วรอบหมุนของเพล่าไอบีมีด และระดับความลึกในการพรวน ทำให้

สามารถจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุนได้หลากหลายรูปแบบ โดยชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

4.1.1 ชุดเพลลาไวมืด

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาแรงที่กระทำกับไวมืดจอบหมุนขณะไวมืดหมุนพรวนดิน ที่ระยะตัดดินค่าต่างๆ ครึ่งละ 1 ไบ ไวมืดแต่ละไวมืดมีรูปแบบการจับยึดบนเพลลาไวมืดเหมือนกัน ดังนั้นเพื่อให้การติดไวมืดได้ตามรูปแบบการใช้งานจริง ชุดเพลลาไวมืดที่ใช้ในการทดลองจึงออกแบบให้มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ชุดเพลลาไวมืดที่ใช้ในการทดลอง

การประกอบ Slip Ring เข้ากับปลายเพลลาไวมืดทั้ง 2 ข้าง ต้องทำป่าวไว้รับหน้าแปลนของ Slip Ring การต่อสายสัญญาณจาก EOR ไปยัง Slip Ring นั้น จะร้อยผ่านรูที่เจาะไว้ที่กึ่งกลางของแกนเพลลาบริเวณปลายเพลลาไวมืดทั้ง 2 ข้าง ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 สายสัญญาณร้อยผ่านรูเจาะที่ปลายเพลลาไวมืด

4.1.2 ชุดกระบะทดลอง

กระบะทดลองสำหรับบรรจุดินขนาด 1.2 เมตร x 3.0 เมตร x 0.3 เมตร เคลื่อนที่ไปและกลับบนราง ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ดินในกระบะทดลองสามารถควบคุมและปรับความแน่นในแต่ละการทดลองได้ กระบะที่สร้างขึ้นสามารถเปิดผนังด้านข้างหลังจากการเตรียมดิน เพื่อให้สามารถบันทึกภาพขณะที่ไบมีดหมุนตัดดินได้



รูปที่ 4.4 กระบะดินที่ใช้ในการทดลอง

4.1.3 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมของชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบะ

กระบะดินเคลื่อนที่โดยอาศัยกำลังจากมอเตอร์ผ่านชุดเฟืองทดรอบ และชุดเฟืองโซ่ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ความเร็วในการเคลื่อนที่ที่สามารถควบคุมได้จากการปรับความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ส่งผลให้ได้ค่าระยะตัดดินของไบมีดตามต้องการ สำหรับทิศทางและระยะการเคลื่อนที่ของกระบะดิน สามารถกำหนดได้จากชุดควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งทำงานร่วมกับอินเวอร์เตอร์และลิมิตสวิตช์ (Limit switch)



รูปที่ 4.5 ชุดเฟืองโซ่และเฟืองทดรอบ



รูปที่ 4.6 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบะดิน

2. ชุดควบคุมความเร็วรอบหมุนเพลลาใบมีด

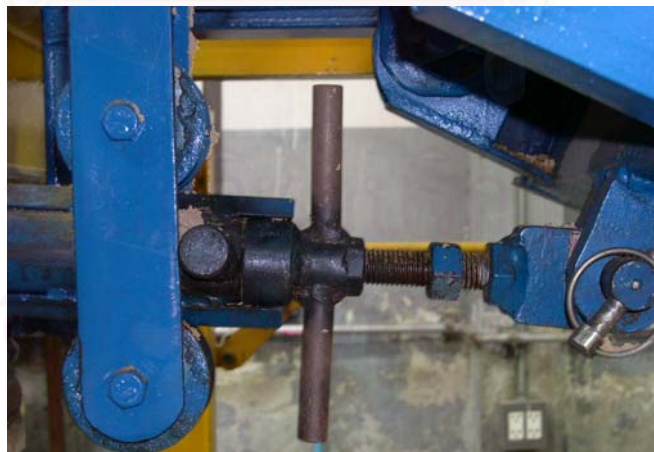
เพลลาใบมีดหมุนได้โดยอาศัยกำลังจากมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า ผ่านชุดเฟืองทดรอบและชุดเฟืองโซ่ การควบคุมความเร็วและทิศทางการหมุนเพลลาใบมีดทำได้โดยการปรับความถี่ที่จ่ายให้มอเตอร์โดยใช้อินเวอร์เตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ชุดเฟืองทดรอบและอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ควบคุมความเร็วรอบเพลามาบิด

3. ชุดปรับระดับความลึกของการพรวน

ชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุนที่สร้างขึ้น สามารถปรับระดับความลึกของการพรวนเพื่อให้สามารถทดลองได้ในหลากหลายรูปแบบ การปรับระยะความสูงใช้กลไกแบบ Four bars linkage และใช้แท่งเกลียวกับแป้นเกลียว ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กลไกปรับระดับความลึกในการพรวน

4.2 ชุดอุปกรณ์วัดและปรับปรุงสัญญาณ

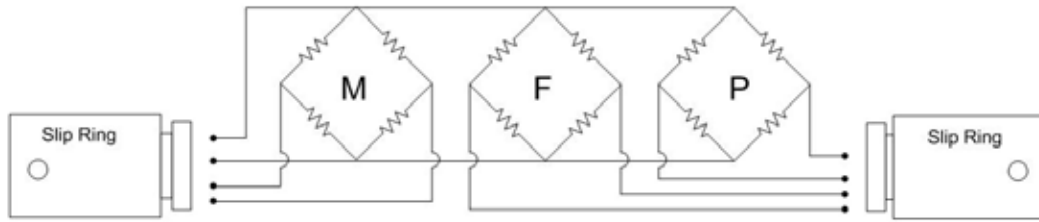
ชุดอุปกรณ์วัดและปรับปรุงสัญญาณประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. ชุดอุปกรณ์วัดแรง EOR

ชุดอุปกรณ์วัดแรง EOR ประกอบด้วย EOR ซึ่งติดตั้งบนเกจที่ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งต่อเป็นวงจรแบบเต็มบริดจ์ 3 วงจร และแทนสำหรับประกอบ EOR เข้ากับเพลลาไบริดจ์พร้อมด้วยชิ้นส่วนสำหรับยึดไบริดจ์เข้ากับ EOR สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์บน EOR เมื่อมีแรงหรือโมเมนต์มากระทำ จะมีขนาดของสัญญาณเล็กมาก หน่วยเป็นไมโครโวลต์ ซึ่งจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณก่อนที่จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์

2. อุปกรณ์ส่งผ่านสัญญาณ

ขณะทำการทดลอง EOR จะหมุนไปพร้อมกับเพลลาไบริดจ์ ดังนั้นจึงต้องใช้ Slip Ring เป็นอุปกรณ์ช่วยส่งผ่านสัญญาณเพื่อป้องกันการพันของสายสัญญาณรอบเพลลาไบริดจ์ Slip Ring ที่ใช้เป็นแบบ 4 ช่องสัญญาณ จำนวน 2 ตัว โดยติดอยู่ที่ปลายเพลลาไบริดจ์รอบหมุนทั้ง 2 ข้าง เนื่องจาก Slip Ring ที่ใช้เป็นแบบ 4 ช่องสัญญาณ 2 ตัว ดังนั้นสามารถรองรับสัญญาณได้ทั้งหมด 8 ช่องสัญญาณ แต่วงจรบริดจ์แต่ละวงจรจะมีสายสัญญาณ 4 เส้น จึงมีจำนวนสายสัญญาณทั้งหมด 12 เส้น ซึ่งเป็นสายสัญญาณไฟฟ้ากระตุ้นวงจรบริดจ์ 6 เส้น และเป็นสายสัญญาณความต่างศักย์ที่ได้จากการวัดอีกวงจรละ 2 เส้น รวมเป็น 6 เส้น แต่ Slip Ring รองรับได้เพียง 8 ช่องสัญญาณ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนการต่อสายสัญญาณโดยการรวมสายที่เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระตุ้นวงจรบริดจ์ของทั้ง 3 วงจรเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การต่อสายสัญญาณจากวงจรวัดจี้เข้า Slip Ring

3. อุปกรณ์ขยายสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณความต่างศักย์ที่ออกจากวงจรวัดจี้มีขนาดเล็กมาก จึงต้องทำการขยายสัญญาณ โดยใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณ Strain Amplifier Modules รุ่น SCC-SG04 ของ National Instruments ดังแสดงในรูปที่ 4.10 จำนวน 2 Modules ซึ่งแต่ละ Module จะรองรับวงจรวัดจี้แบบเต็มบริดจ์ (Full Bridge) ได้ 2 วงจร โดยจะจ่ายสัญญาณความต่างศักย์ขนาด 2.5 โวลต์ เพื่อกระตุ้นวงจรวัดจี้และขยายสัญญาณขึ้น 100 เท่า พร้อมทั้งกรองสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 1.6 กิโลเฮิรตซ์ ออก โดย Modules ทั้งสอง จะบรรจุอยู่ในกล่องรวมสัญญาณ SCC 2345 ดังแสดงในรูปที่ 4.11 ซึ่งทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณที่เชื่อมต่อกับ Data Acquisition Card (DAQ Card) ภายในคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.10 Strain Amplifier Modules SCC-SG04



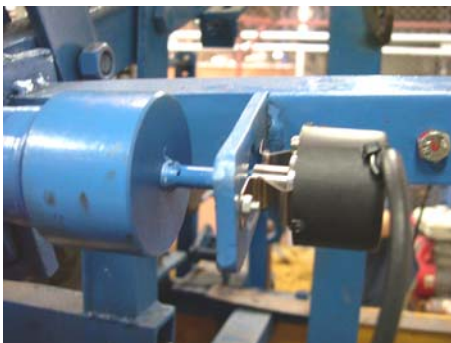
รูปที่ 4.11 กล่องรวมสัญญาณ SC 2345

4. อุปกรณ์วัดตำแหน่งการหมุนของเพลลาไบมีด

การระบุตำแหน่งองศาการหมุนของเพลลาไบมีดขณะทดลอง จะใช้สัญญาณพัลส์ จากช่อง Zero Index ของ Rotary Encoder โดยสัญญาณพัลส์จะเกิดขึ้นเมื่อเพลลาไบมีด หมุนมายังตำแหน่งศูนย์องศาของ EOR ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แกนในแนวขนของ EOR ขนานกับแนวระดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.12 การติดตั้ง Rotary Encoder จะติดที่ปลายของ เพลลาขับเพลลาไบมีด ซึ่งมีอัตราทดรอบกับเพลลาไบมีดเท่ากับหนึ่ง โดยสายสัญญาณจาก ช่อง Zero Index ของ Rotary Encoder จะต่อไปยังกล่องรวมสัญญาณ เพื่อส่งไปยัง DAQ Card พร้อมกับสัญญาณความต่างศักย์จากวงจรบริดจ์ต่างๆ



รูปที่ 4.12 ลักษณะของ Rotary Encoder



รูปที่ 4.13 การติดตั้ง Rotary Encoder

4.3 ชุดอุปกรณ์รับและบันทึกสัญญาณ

สัญญาณความต่างศักย์จากวงจรถอดรหัสหลังจากถูกขยายและกรองสัญญาณรบกวนพร้อม กับสัญญาณ Zero Index จะถูกรวบรวมในกล่องรวมสัญญาณก่อนส่งไปยังชุดรับสัญญาณ เพื่อ แสดงผลและบันทึกสัญญาณภายในคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย

4.3.1 Data Acquisition Card (DAQ Card)

ทำหน้าที่รับสัญญาณ Analog จากกล่องรวมสัญญาณแล้วทำการแปลงเป็น สัญญาณ Digital โดย DAQ Card ที่ใช้เป็นรุ่น NI PCI-6013 สามารถรับสัญญาณได้ 16 ช่องสัญญาณ มีอัตราการเก็บข้อมูลสูงสุด 200,000 ตัวอย่างต่อวินาที (200 kS/sec) มีความละเอียดในการแปลงสัญญาณ 16 บิต ลักษณะของ DAQ Card ดังแสดงในรูปที่ 4.14



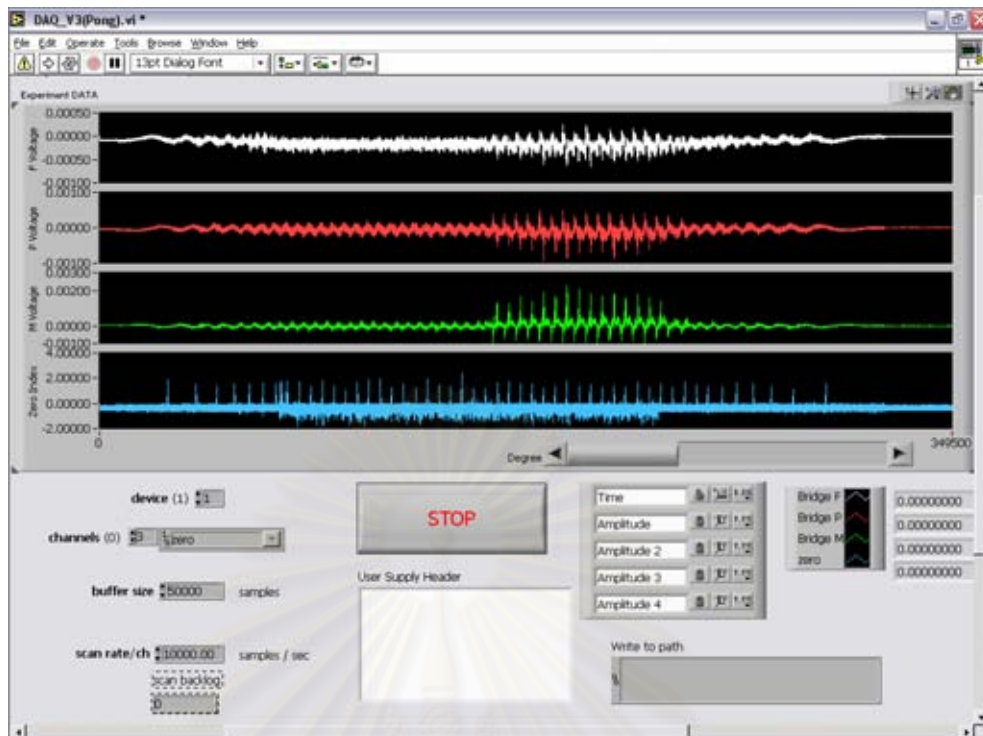
รูปที่ 4.14 ลักษณะของ DAQ Card

4.3.2 คอมพิวเตอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์

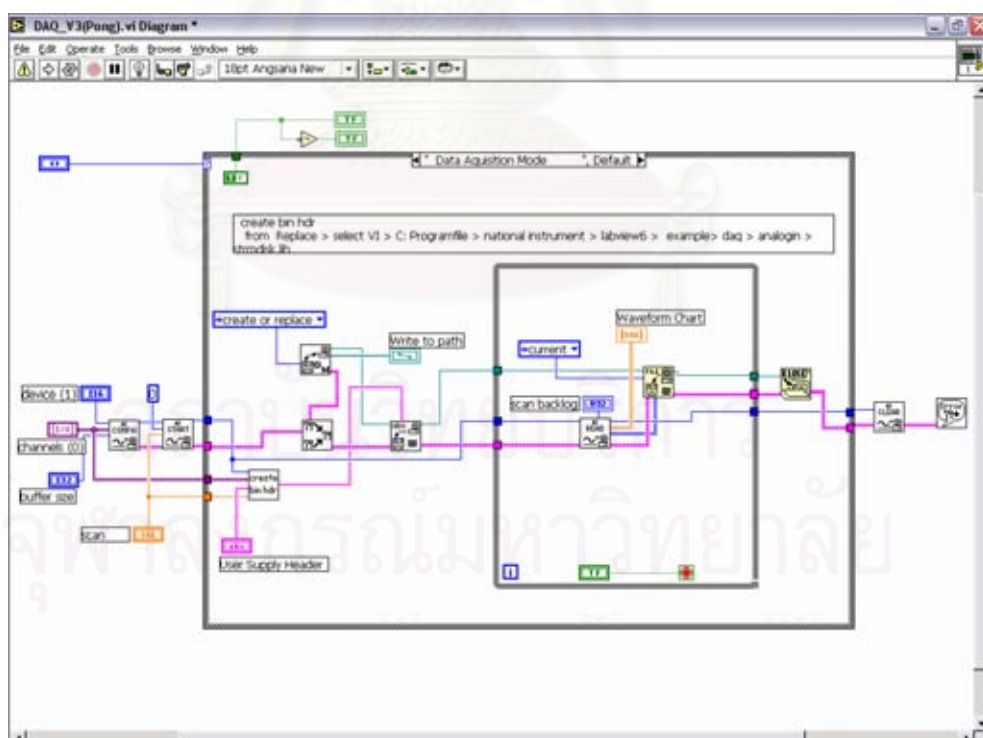
คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองควรมีข้อมูลจำเพาะ (Specification) ของเครื่องสูง โดยในการทดลองใช้ Intel Pentium4 2.66 GHz เนื่องจากต้องช่วยในการแปลงข้อมูลจาก Analog เป็น Digital พร้อมกับต้องรับข้อมูล แสดงผล และเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณมากในเวลาเดียวกัน การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์จะอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลาง โดยโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบและการวิเคราะห์ประมวลผล ประกอบด้วย

4.3.2.1 โปรแกรมสำหรับรับ แสดงผล และบันทึกข้อมูล

โปรแกรมนี้อสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม LabVIEW ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับภาษา C หรือ JAVA แต่การเขียนคำสั่งจะใช้ Diagram รูปภาพแทนการเขียนประโยคคำสั่ง และโปรแกรมนี้อเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่สนับสนุนการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ของ National Instruments (NI) จึงทำให้สามารถสร้างโปรแกรมเพื่อการรับข้อมูลจากอุปกรณ์วัดของ NI ได้ง่าย โปรแกรมสำหรับรับข้อมูลที่สร้างขึ้นนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการรับสัญญาณและการแปลงสัญญาณของ DAQ Card และทำหน้าที่รับสัญญาณที่แปลงเป็น Digital แล้วมาแสดงผลในรูปแบบของกราฟแบบ Real Time พร้อมทั้งบันทึกค่าสัญญาณที่ได้รับลงบนหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของ Binary File สาเหตุที่เลือกใ้การเก็บข้อมูลแบบ Binary File เนื่องจากการเก็บรูปแบบนี้สามารถเก็บบันทึกได้อย่างรวดเร็ว มีขนาดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลน้อย และเนื่องจากการรับข้อมูลของคอมพิวเตอร์ก็อยู่ในรูปแบบนี้ จึงไม่ต้องเสียเวลา และไม่ลดประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ในการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบอื่น ขณะกำลังรับข้อมูลที่เกิดขึ้นขณะทดลอง โดยโปรแกรมที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลและแสดงผล มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.15 และ 4.16



รูปที่ 4.15 Front Panel ของโปรแกรมรับ แสดงผล และบันทึกสัญญาณ



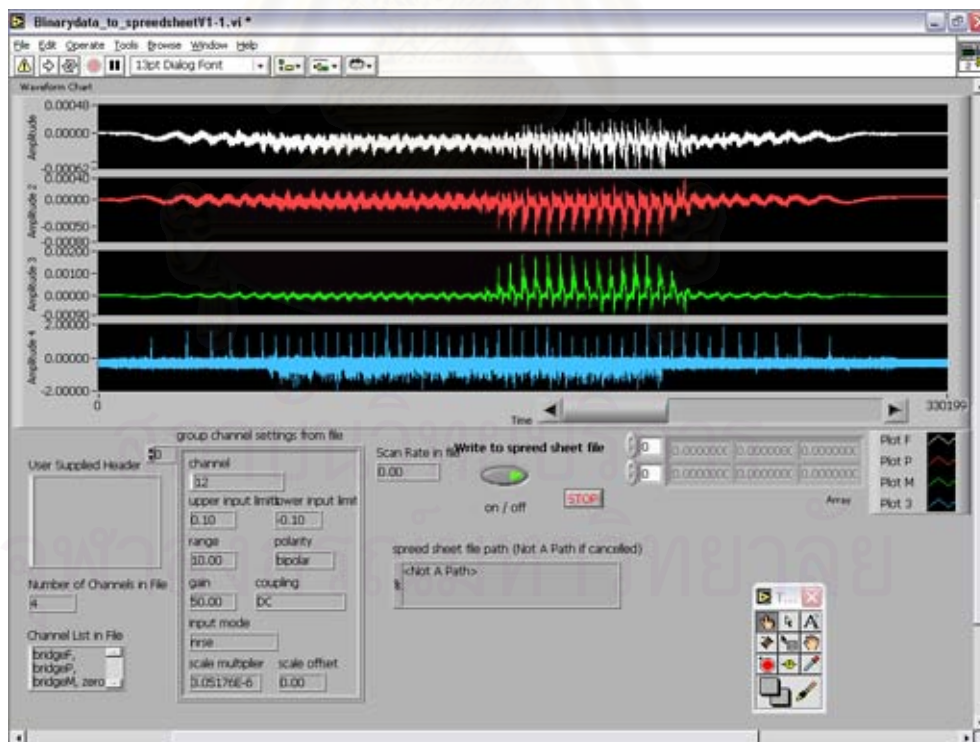
รูปที่ 4.16 Diagram ของโปรแกรมรับ แสดงผล และบันทึกสัญญาณ

4.3.2.2 โปรแกรมสำหรับประมวลผลและวิเคราะห์สัญญาณ

การวัดค่าสัญญาณขณะทดลอง จะได้ค่าของสัญญาณที่บันทึกอยู่ในรูปแบบของ Binary File หลังจากนั้นเราจะนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์หาขนาด ทิศทาง แนวนองและการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีด โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์และจัดการข้อมูล ซึ่งโปรแกรมที่ใช้สามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. โปรแกรมสำหรับแปลงข้อมูลในรูปแบบ Binary File เป็น Spreadsheet File

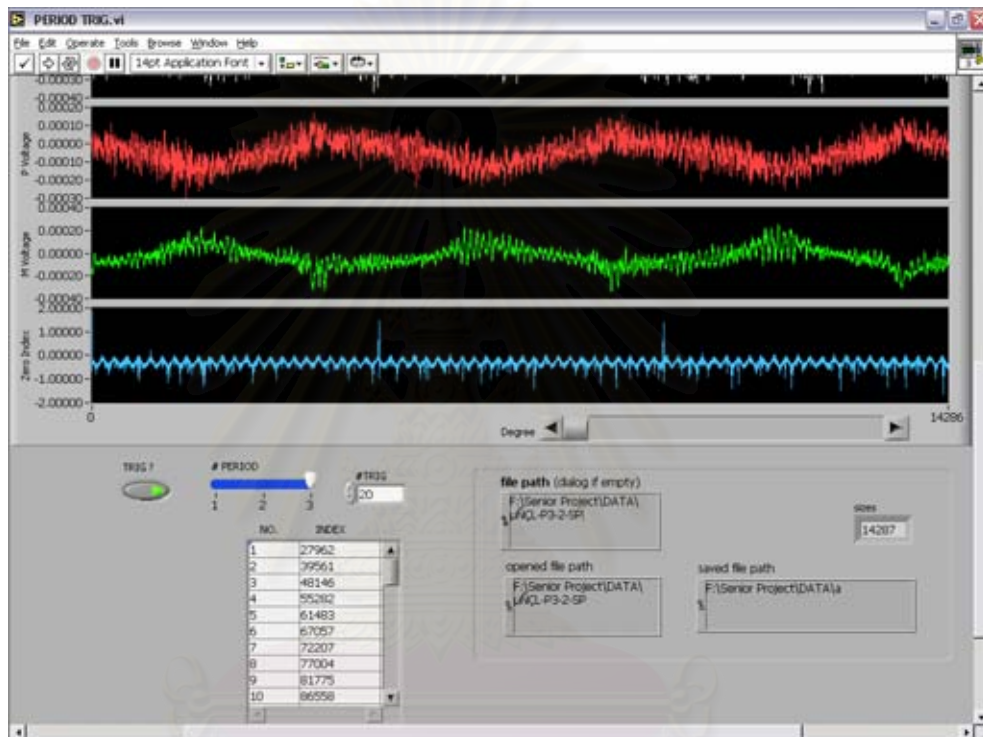
ถึงแม้ว่าโปรแกรม LabVIEW สามารถทำงานกับข้อมูลในรูปแบบ Binary File ได้ แต่เพื่อให้สามารถนำผลการทดลองไปใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่นๆ เช่น Excel, MatLab ข้อมูลที่ใช้จำเป็นต้องอยู่ในรูปแบบ Spreadsheet File จึงได้สร้างโปรแกรมสำหรับแปลงข้อมูลในรูปแบบ Binary File เป็น Spreadsheet File ขึ้นโดยใช้โปรแกรม LabVIEW ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 โปรแกรมสำหรับแปลง Binary File เป็น Spreadsheet File

2. โปรแกรมสำหรับเลือกช่วงข้อมูลจากการทดลอง

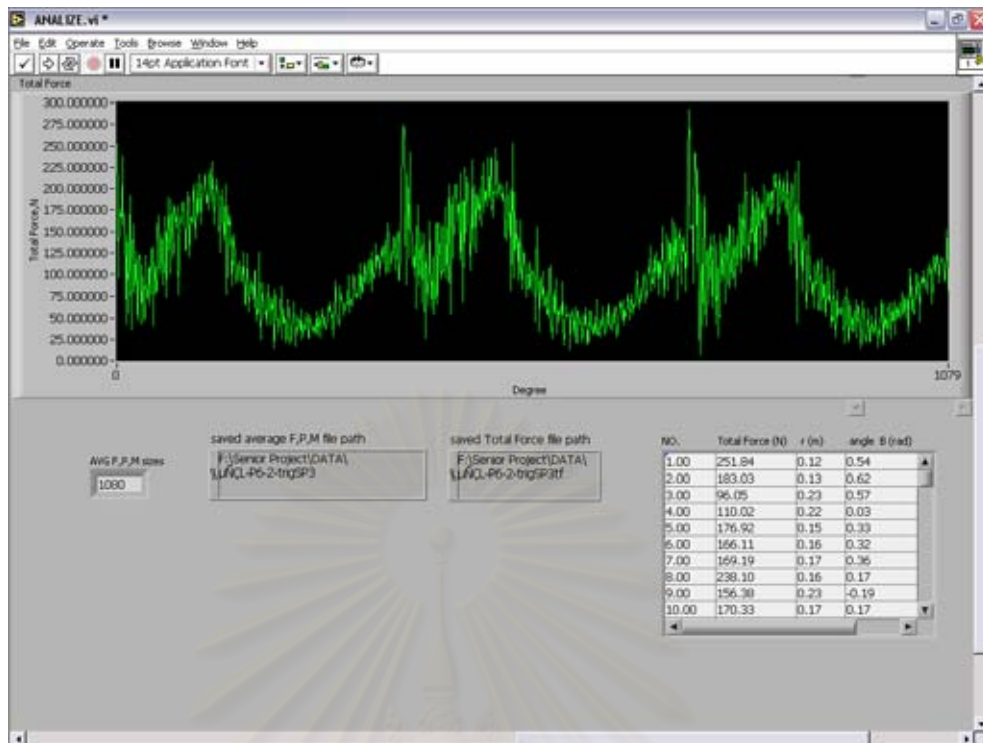
สัญญาณที่ได้จากการทดลองแต่ละครั้งจะมีเป็นจำนวนมาก และมีลักษณะเป็นคาบ (Period) ตามรอบการหมุนของเพล่าไบมีด จึงต้องมีการเลือกช่วงสัญญาณที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในช่วง Steady State มาเป็นตัวแทนของข้อมูล โดยการสร้างโปรแกรมตัดช่วงข้อมูลที่ต้องการเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 โปรแกรมสำหรับเลือกช่วงข้อมูลจากการทดลอง

3. โปรแกรมแปลงค่าสัญญาณความต่างศักย์จากการทดลองเป็นขนาดของแรงและโมเมนต์

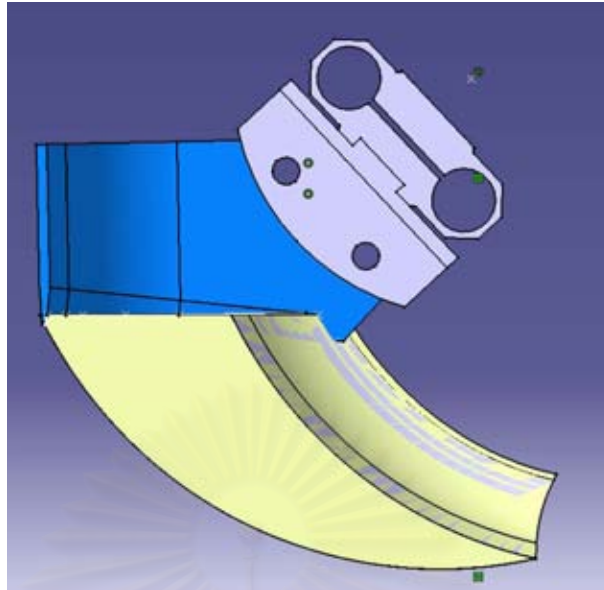
เป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นสำหรับใช้แปลงค่าสัญญาณความต่างศักย์ จากการทดลองเป็นขนาดของแรงและโมเมนต์ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณความต่างศักย์จากวงจรบริดจ์ต่างๆ กับแรงและโมเมนต์ที่กระทำจากการสอบเทียบ และเมื่อทราบขนาดของแรงและโมเมนต์ต่างๆ ที่มากระทำแล้วจะสามารถคำนวณหาขนาด และทิศทางของแรงลัพธ์ที่ตำแหน่งการหมุนต่างๆ ได้โดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 โปรแกรมแปลงข้อมูลจากการทดลองเป็นขนาดของแรงและโมเมนต์

4. โปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์การพรวนของใบมีด

เนื่องจากขณะทดลองใบมีดจะหมุนตัดดินอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ถึงแม้ว่าจะมีการบันทึกภาพขณะใบมีดหมุนพรวนดิน แต่ยังไม่สามารถพิจารณาการพรวนของใบมีดได้อย่างชัดเจน จึงได้ใช้โปรแกรม CATIA V5 ซึ่งเป็นโปรแกรม CAD ที่สามารถแสดงผลเป็นสามมิติได้ นำมาจำลองการทำงานของเพลลาใบมีดขณะหมุนพรวนดิน จากแบบจำลองการทำงานนี้จะสามารถพิจารณาการตัดดินของใบมีดว่า ที่ตำแหน่งต่างๆ ของการหมุนนั้น ส่วนใดของใบมีดที่สัมผัสกับดิน ซึ่งจะนำมาพิจารณาร่วมกับขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.20 นอกจากนั้น โปรแกรม CATIA ยังสามารถวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นบนใบมีดได้อีกด้วย



รูปที่ 4.20 การใช้แบบจำลองช่วยในการวิเคราะห์

4.4 บทสรุป

ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมี 3 ส่วนหลัก ได้แก่ 1 ชุดอุปกรณ์จำลองสภาพการทำงาน ของเครื่องพรวนจอบหมุน 2 ชุดอุปกรณ์วัดและปรับปรุงสัญญาณ และ 3 ชุดอุปกรณ์รับและบันทึก สัญญาณ 1 ชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุนที่สร้างขึ้นจะให้เพลลาใบมีดหมุน อยู่กับที่ กระบะดินเคลื่อนที่แทนการเคลื่อนที่ของเครื่องพรวนจอบหมุน สามารถควบคุมความเร็ว การเคลื่อนที่ของกระบะดิน ความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีด และระดับความลึกในการพรวน ทำ ให้สามารถจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุนได้หลากหลายรูปแบบ 2 ชุดอุปกรณ์ วัดและปรับปรุงสัญญาณประกอบด้วย อุปกรณ์วัดแรง EOR อุปกรณ์ส่งผ่านสัญญาณ Slip ring อุปกรณ์ขยายสัญญาณ Strain amplifier และอุปกรณ์ระบุตำแหน่งการหมุนเพลลาใบมีด Encoder 3 ชุดอุปกรณ์รับและบันทึกสัญญาณ ประกอบด้วย DAQ Card ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณ Analog จาก EOR แล้วแปลงเป็นสัญญาณ Digital ก่อนเข้าคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป LabView สำหรับรับ แสดงผล และบันทึกข้อมูล ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MatLab, Catia สำหรับประมวลผล วิเคราะห์สัญญาณ และลักษณะทางกายภาพของดินขณะถูกพรวน

บทที่ 5

วิธีการทดลอง

วิทยานิพนธ์นี้แบ่งการทดลองออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการทดลองสอบเทียบอุปกรณ์วัดแรง EOR เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ บนอุปกรณ์วัดแรง EOR กับแรงและโมเมนต์ที่มากระทำ ส่วนที่สองเป็นการทดลองเกี่ยวกับแรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนขณะพรวนดิน ซึ่งมีสองกรณี คือ กรณีการทดลองพรวนดินด้วยใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป กับกรณีการทดลองพรวนดินด้วยใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่ ที่ได้ทำการออกแบบให้มุมเฉือนของใบมีดมีค่าต่างๆ กัน 4 ค่าคือ 10, 15, 20 และ 25 องศา การทดลองทั้งสองกรณีกำหนดพารามิเตอร์ในการทดลองให้มีค่าใกล้เคียงกัน เพื่อสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดที่มีค่ามุมเฉือนต่างๆ กับองศาการหมุนเพล่าใบมีด และสามารถเปรียบเทียบขนาดแรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปกับใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่

5.1 การสอบเทียบอุปกรณ์วัดแรง EOR

จากคุณสมบัติของอุปกรณ์วัดแรง EOR ที่เป็นอุปกรณ์เฉพาะทางที่ได้ทำการสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในกลุ่มงานวิทยานิพนธ์นี้ (ไพศาล, 2545) ซึ่งอาจจะเกิดความไวข้าม (Cross Sensitivity) เนื่องมาจากการติด Strain gauge ของวงจรบริดจ์ บนอุปกรณ์วัดแรง EOR ที่ตำแหน่งต่างๆ ไม่ตรงกับตำแหน่งของ Strain node ทำให้การวัดแรงที่เกิดขึ้นพร้อมกัน ค่าของแรงหนึ่งที่วัดได้อาจจะมีผลเนื่องจากแรงอื่นร่วมด้วย การวัดแรงแต่ละแรงที่เกิดขึ้นจึงไม่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นเพื่อให้สามารถวิเคราะห์แรงและโมเมนต์ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น การหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ บนอุปกรณ์วัดแรง EOR กับแรงและโมเมนต์ที่มากระทำ จึงต้องพิจารณาผลที่เกิดจากความไวข้ามของอุปกรณ์วัดแรง EOR ด้วย โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวจะอยู่ในรูปแบบของระบบสมการแบบเชิงเส้น

5.1.1 วิธีการสอบเทียบ EOR

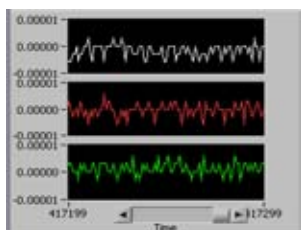
การทดลองสอบเทียบอุปกรณ์วัดแรง EOR เป็นการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ที่ตำแหน่งต่างๆ บนอุปกรณ์วัดแรง EOR กับแรงและโมเมนต์ที่มากระทำ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ประกอบชุดอุปกรณ์สอบเทียบเข้ากับอุปกรณ์วัดแรง EOR แล้วนำไปยึดติดกับแท่นสำหรับยึดอุปกรณ์สอบเทียบ ดังแสดงในรูปที่ 5.1



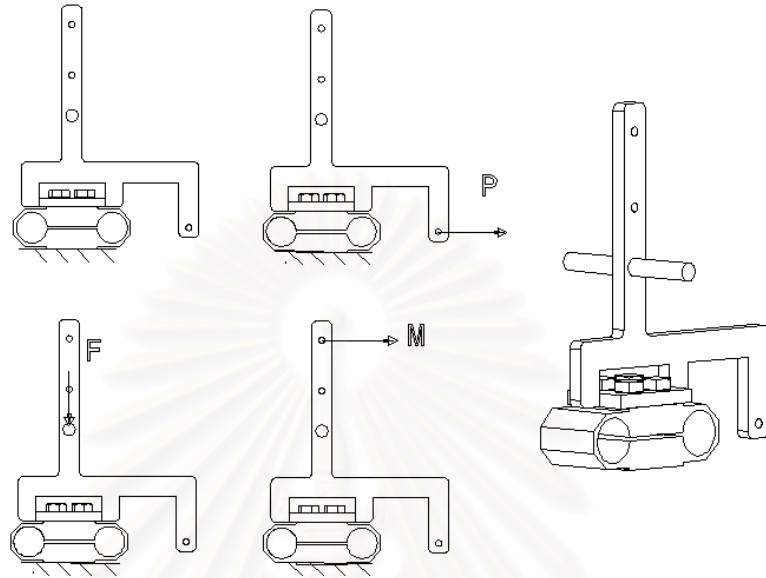
รูปที่ 5.1 การประกอบ EOR เข้ากับชุดสอบเทียบที่สร้างขึ้น

2. ต่อสายสัญญาณจากวงจรบริดจ์ที่อยู่บน EOR ไปยัง Strain amplifier ที่บรรจุอยู่ในกล่องรวมสัญญาณ
3. ต่อสายสัญญาณจากกล่องรวมสัญญาณไปยัง DAQ card ภายในคอมพิวเตอร์
4. เปิดโปรแกรมสำหรับบันทึกค่าสัญญาณความต่างศักย์ พร้อมทั้งปรับค่าสัญญาณจากวงจรบริดจ์ทั้ง 3 ให้เป็นศูนย์ (Adjust null) ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 การปรับค่าสัญญาณความต่างศักย์ให้เป็นศูนย์

5. ใส่ภาระให้กับชุดอุปกรณ์สอบเทียบตามลักษณะที่ได้กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 5.3 การใส่ภาระจะใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานร่วมกับบรอกและลวดสลิง



รูปที่ 5.3 รูปแบบต่างๆ ของการใส่ภาระให้กับชุดอุปกรณ์สอบเทียบ

6. ใส่ภาระตามรูปแบบที่ต้องการ โดยการใส่ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานลงบนถาดรองรับ พร้อมทั้งปรับให้ชุดตุ้มน้ำหนักอยู่นิ่ง ก่อนกดปุ่มบันทึกสัญญาณ เพื่อให้ค่าที่วัดมีความถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 การใส่ตุ้มน้ำหนักบนถาดรองรับ

7. กดปุ่มบันทึกค่าความต่างศักย์จากโปรแกรม ซึ่งจะบันทึกค่าสัญญาณจากแต่ละวงจรรีดิค 1,000 ค่า เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย
8. ปรับเปลี่ยนขนาดของภาระด้วยการเปลี่ยนน้ำหนักรวมของตุ้มน้ำหนัก ซึ่งการปรับเปลี่ยนภาระนี้จะปรับเปลี่ยนแบบสุ่ม เพื่อลดผลของการเกิด ฮิสเตอริซิส (Hysteresis) ช่วงน้ำหนักที่ใช้คือ ตั้งแต่ 0 ถึง 40 kg โดยปรับเปลี่ยนครั้งละ 2 kg
9. ทำการบันทึกค่าทุกครั้งที่ปรับเปลี่ยนภาระจนครบทุกน้ำหนักที่กำหนด
10. นำข้อมูลที่บันทึกไว้มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์
11. ปรับเปลี่ยนรูปแบบการใส่ภาระ แล้วทำการทดลองเช่นเดิม
12. นำกราฟความสัมพันธ์ที่ได้จากทุกการทดลองมาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาระบบสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรรีดิคต่างๆ บน EOR กับแรงและโมเมนต์ที่มากระทำ

5.1.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากการสอบเทียบ

ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรรีดิคต่างๆ บน EOR กับแรงและโมเมนต์ที่มากระทำสามารถเขียนอยู่ในรูปแบบระบบสมการแบบเชิงเส้นได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} V_F \\ V_P \\ V_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{FF} & C_{FP} & C_{FM} \\ C_{PF} & S_{PP} & C_{PM} \\ C_{MF} & C_{MP} & S_{MM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F \\ P \\ M \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_F \\ R_P \\ R_M \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

- โดย
- V_F คือ ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรรีดิคสำหรับวัดแรงกด F
 - V_P คือ ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรรีดิคสำหรับวัดแรงเฉือน P
 - V_M คือ ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรรีดิคสำหรับวัดโมเมนต์ M
 - F คือ ขนาดของแรงกด F มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
 - P คือ ขนาดของแรงกดเฉือน P มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
 - M คือ ขนาดของโมเมนต์ M มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร (N.m)
 - S_{FF} คือ Sensitivity หลัก เมื่อมีแรงกด F กระทำก่อให้เกิด V_F ขึ้น
 - S_{PP} คือ Sensitivity หลัก เมื่อมีแรงเฉือน P กระทำก่อให้เกิด V_P ขึ้น

S_{MM}	คือ Sensitivity หลัก เมื่อมีโมเมนต์ M กระทำก่อให้เกิด V_M ขึ้น
C_{FP}	คือ Cross Sensitivity เป็นผลของแรงเฉือน P ต่อ V_F ที่เกิดขึ้น
C_{FM}	คือ Cross Sensitivity เป็นผลของโมเมนต์ M ต่อ V_F ที่เกิดขึ้น
C_{PF}	คือ Cross Sensitivity เป็นผลของแรงกด F ต่อ V_P ที่เกิดขึ้น
C_{PM}	คือ Cross Sensitivity เป็นผลของโมเมนต์ M ต่อ V_P ที่เกิดขึ้น
C_{MF}	คือ Cross Sensitivity เป็นผลของแรงกด F ต่อ V_M ที่เกิดขึ้น
C_{MP}	คือ Cross Sensitivity เป็นผลของแรงเฉือน P ต่อ V_M ที่เกิดขึ้น

V_F , V_P และ V_M มีหน่วยเป็น โวลต์

5.2 การทดลองพรวนดิน

ขั้นตอนในการทดลองเพื่อวัดแรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนขณะพรวนดิน แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

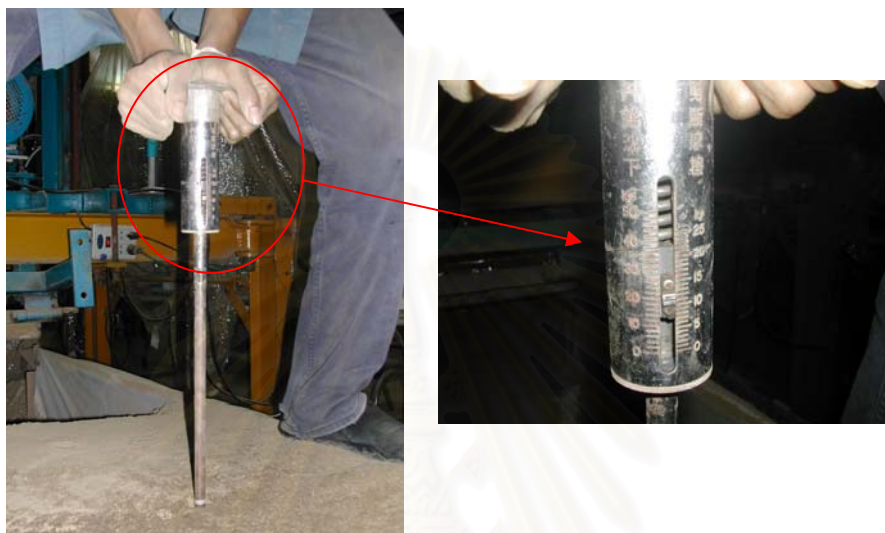
5.2.1 ขั้นตอนการเตรียมดิน

1. ทำการพรวนดินทั้งกระบะเพื่อให้ดินแตกตัว โดยคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง แสดงในภาคผนวก ก.
2. ใช้เครื่องมืออัดดินทุบอัดดินให้แน่นและสม่ำเสมอทั่วกันทั้งกระบะ ดังแสดงในรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 การใช้เครื่องมืออัดดิน

3. เกี่ยหน้าดินให้เรียบ ทำการวัดค่าความแน่นดินด้วยเครื่องวัดความแน่นดิน (Cone penetrometer) พร้อมทั้งบันทึกค่าที่วัดได้ โดยวัดค่าความแน่นดิน 3 จุดตามแนวการพรวน แต่ละจุดทำการวัดค่าความแน่นดินที่ความลึก 7.5 และ 15 เซนติเมตร โดยกำหนดความแน่นดินในแต่ละความลึกคือ 10 และ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 การวัดค่าความแน่นดิน

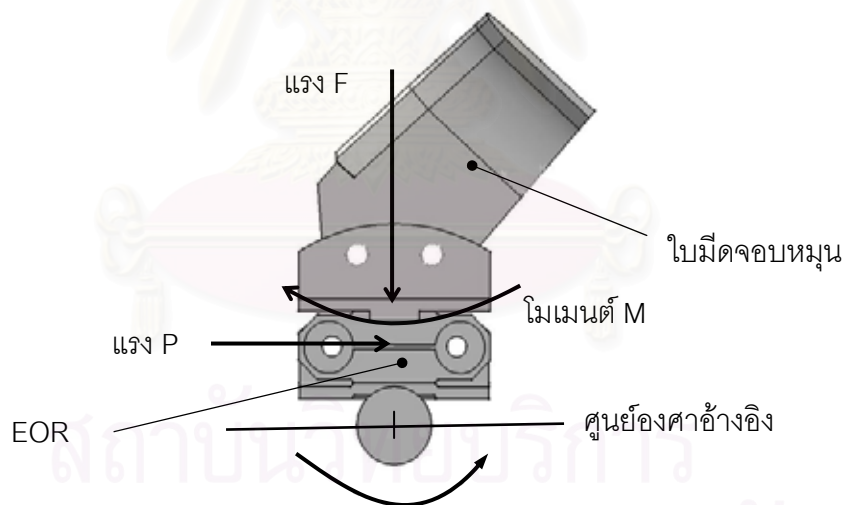
5.2.2 การทดลองวัดแรงต้านทานลัฟท์

1. ประกอบชุด EOR เข้ากับเพลลาโบมีด พร้อมกับยึดโบมีดทดสอบที่ทำการพ่นสีบนโบมีด เพื่อสังเกตรอยการสึกหรอของโบมีดหลังการทดลองพรวนดิน เข้ากับ EOR ด้วยสลักเกลียว
2. ทำการเตรียมดิน โดยใช้ที่อัดดินอัดดินให้แน่น แล้ววัดความแน่นของดินด้วยเครื่องวัดความแน่นดิน (Cone penetrometer) ปรับให้ได้ตามที่กำหนด
3. ต่อสายสัญญาณจากสเตรนเกจที่ติดบน EOR เข้ากับเครื่อง Strain amplifier ทั้ง 2 เครื่อง
4. ต่อสายสัญญาณจาก Strain amplifier เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์
5. เปิดและปรับค่า Strain amplifier โดยปรับให้เป็นศูนย์ทั้ง 2 เครื่อง
6. ปรับชุดควบคุมความเร็วรอบหมุนของเพลลาโบมีด และกระบะดินให้ได้ความเร็วตามต้องการ

7. เมื่อกระบะเคลื่อนที่ได้ระยะหนึ่งจึงเริ่มบันทึกสัญญาณจาก Strain amplifier โดยใช้คอมพิวเตอร์ที่ทำงานร่วมกับโปรแกรม Lab view
8. เมื่อพรวนได้ระยะประมาณ 2 เมตร จะหยุดเพลลาไบมีดและกระบะดิน
9. เลื่อนกระบะดินกลับสู่จุดเริ่มต้น ทำการเตรียมกระบะดิน เพื่อทดลองครั้งต่อไป โดยพยายามให้ความแน่นของดินในการทดลองแต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกัน
10. ทดลองซ้ำหรือปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

5.3 เงื่อนไขในการทดลอง

กำหนดความเร็วรอบเพลลาไบมีด 300 รอบต่ออนาที ที่ระยะตัดดิน 4 6 และ 8 เซนติเมตร ตามลำดับ ควบคุมค่าความแน่นดินให้มีค่า 10 และ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ความลึก 7.5 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ องศาการหมุนอ้างอิงของเพลลาไบมีด และทิศทางของแรงและโมเมนต์ที่กระทำกับชุดอุปกรณ์วัดแรง EOR ดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 องศาการหมุนของเพลลาไบมีดและทิศทางของแรงบน EOR

5.4 บทสรุป

การทดลองออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการทดลองสอบเทียบอุปกรณ์วัดแรง EOR เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ บนอุปกรณ์วัดแรง EOR กับแรงและโมเมนต์ที่มากระทำ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวจะอยู่ในรูปแบบของระบบสมการแบบเชิงเส้น ส่วนที่สองเป็นการทดลองเพื่อหาแรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนขณะพรวนดิน ซึ่งมีสองกรณี คือ กรณีการทดลองพรวนดินด้วยใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป กับกรณีการทดลองพรวนดินด้วยใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่ ที่ได้ทำการออกแบบให้มุมเฉือนของใบมีดมีค่าต่างๆ กัน 4 ค่าคือ 10, 15, 20 และ 25 องศา โดยเงื่อนไขในการทดลองคือ ความเร็วรอบเพลลาใบมีด 300 รอบต่อนาที ที่ระยะตัดดิน 4 6 และ 8 เซนติเมตร ตามลำดับ ควบคุมค่าความแน่นดินให้มีค่า 10 และ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ความลึก 7.5 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ



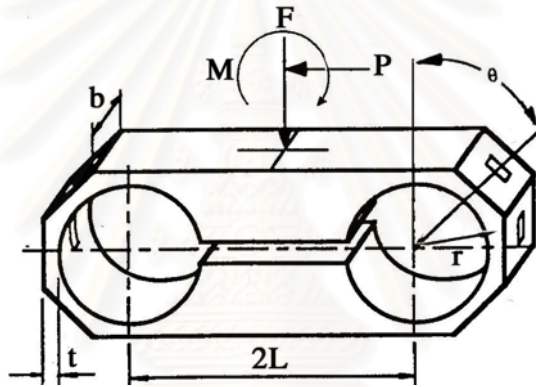
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

ผลการทดลอง

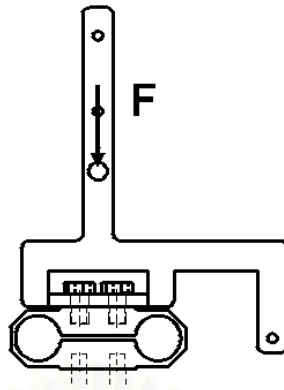
6.1 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์วัดแรง EOR

การสอบเทียบเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ ที่ติดบน EOR กับแรงหรือโมเมนต์ที่กระทำ จากการสอบเทียบพบว่า เมื่อมีแรงกด F แรงเฉือน P และ โมเมนต์ M มากระทำ จะได้ค่าความต่างศักย์เป็นบวกตามทิศทางดังแสดงในรูปที่ 6.1

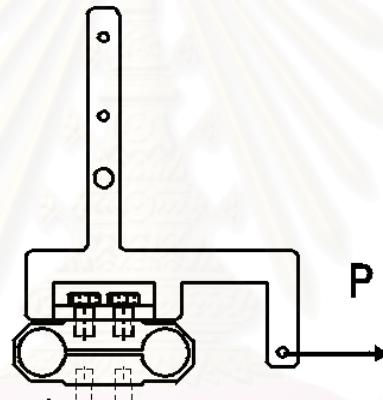


รูปที่ 6.1 ทิศของแรงและโมเมนต์ (ไพศาล, 2545)

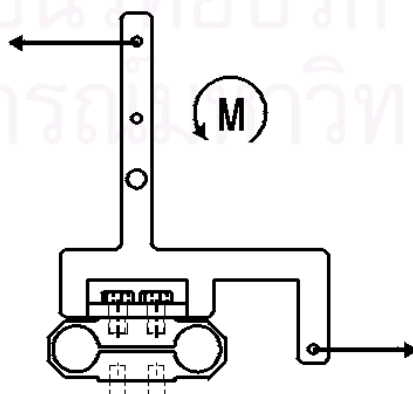
ลักษณะการสอบเทียบกับแรงในทิศทางตั้งฉากกับ EOR (เฉพาะแรงกด F เท่านั้น) ลักษณะการสอบเทียบกับแรงในทิศทางขนานกับ EOR (เฉพาะแรงเฉือน P เท่านั้น) และลักษณะการสอบเทียบโดยการใส่ภาระเฉพาะโมเมนต์ M สามารถแสดงในรูปที่ 6.2, 6.3 และ 6.4 ตามลำดับ โดยสัญญาณความต่างศักย์จากวงจรบริดจ์ต่างๆ สามารถแสดงในรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น กับการให้ภาระเมื่อใส่เฉพาะแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M ดังแสดงในรูปที่ 6.5, 6.6 และ 6.7 ตามลำดับ



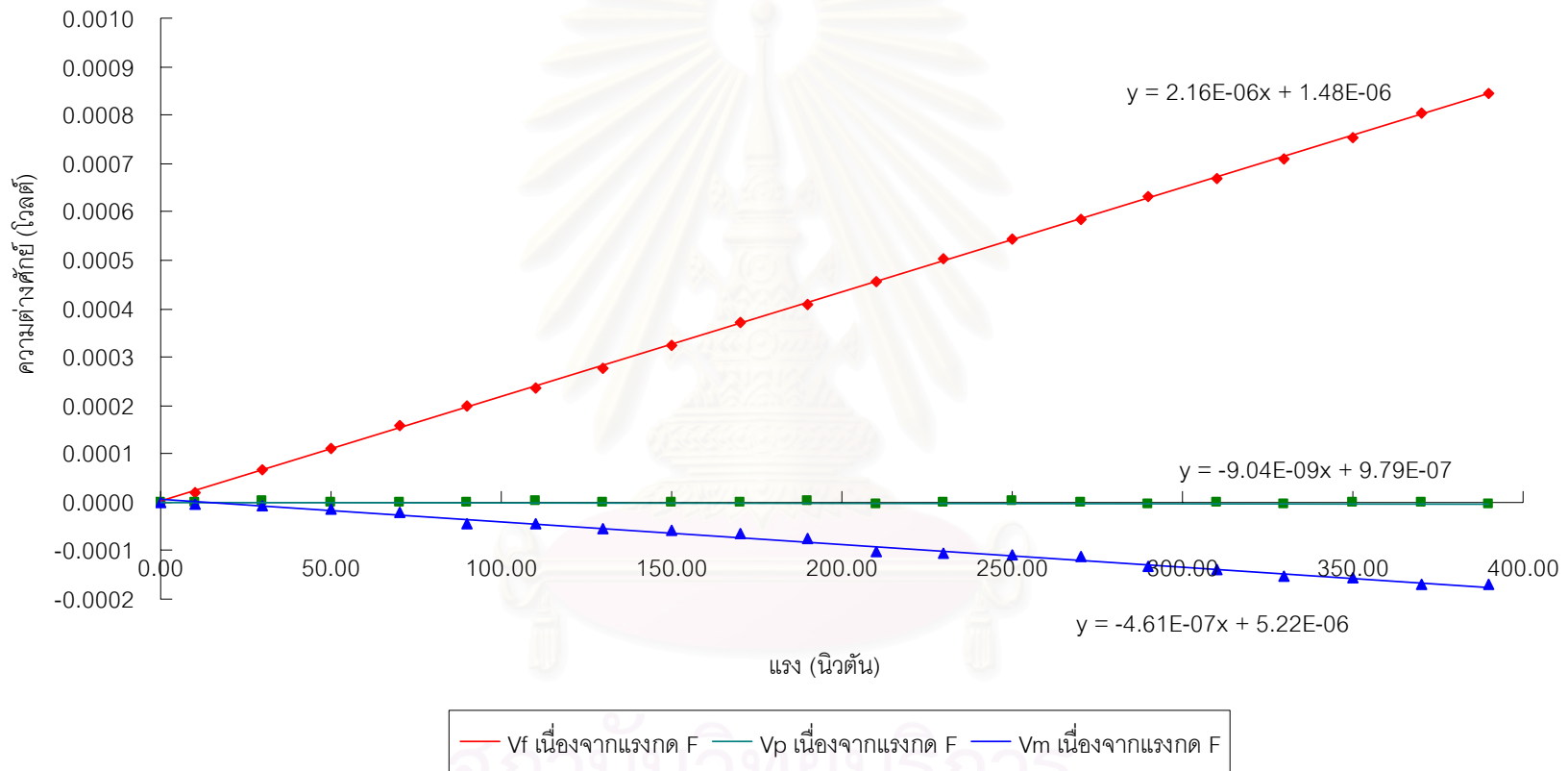
รูปที่ 6.2 การสอบเทียบกับแรงกด F



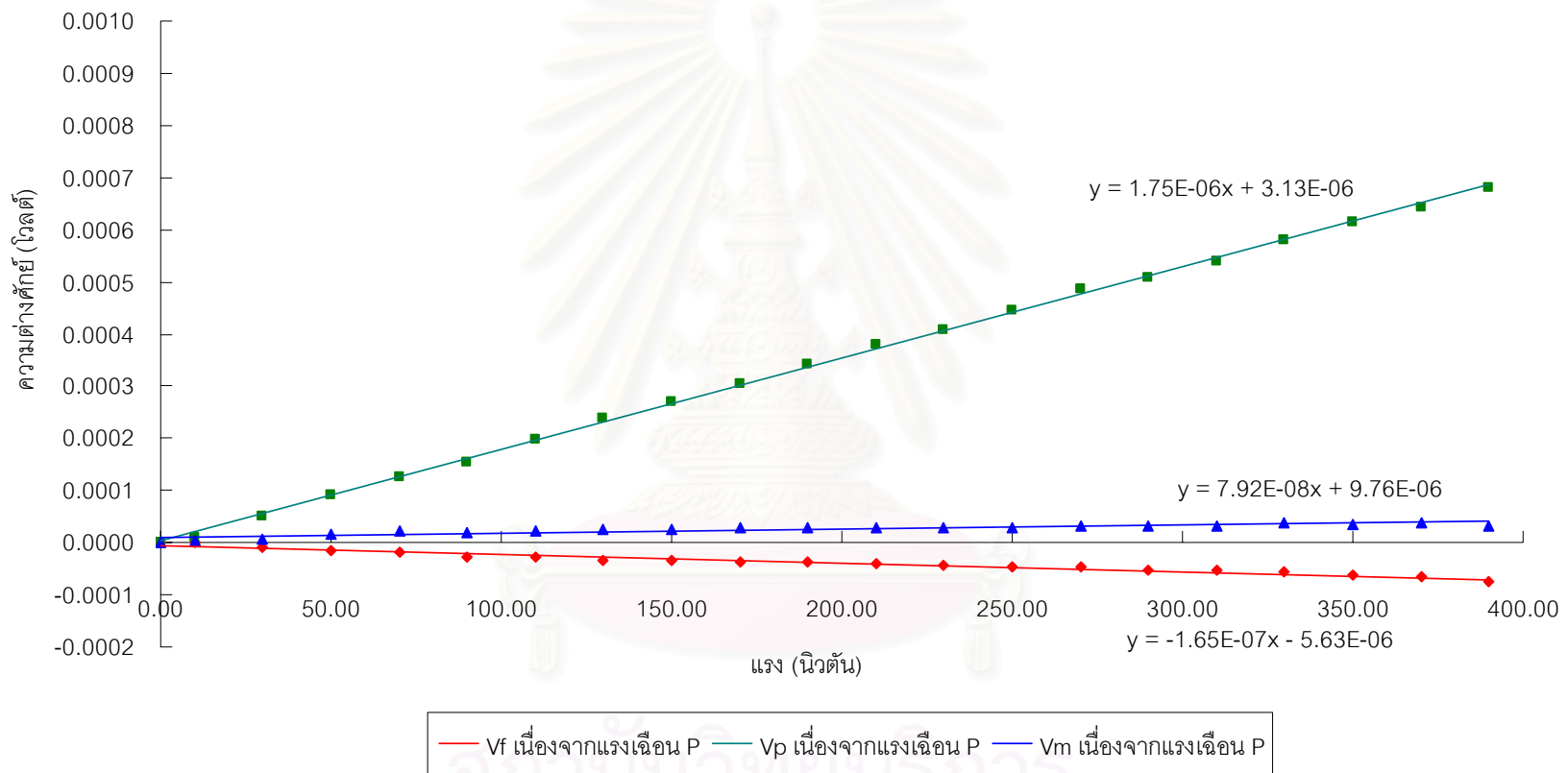
รูปที่ 6.3 การสอบเทียบกับแรงเฉือน P



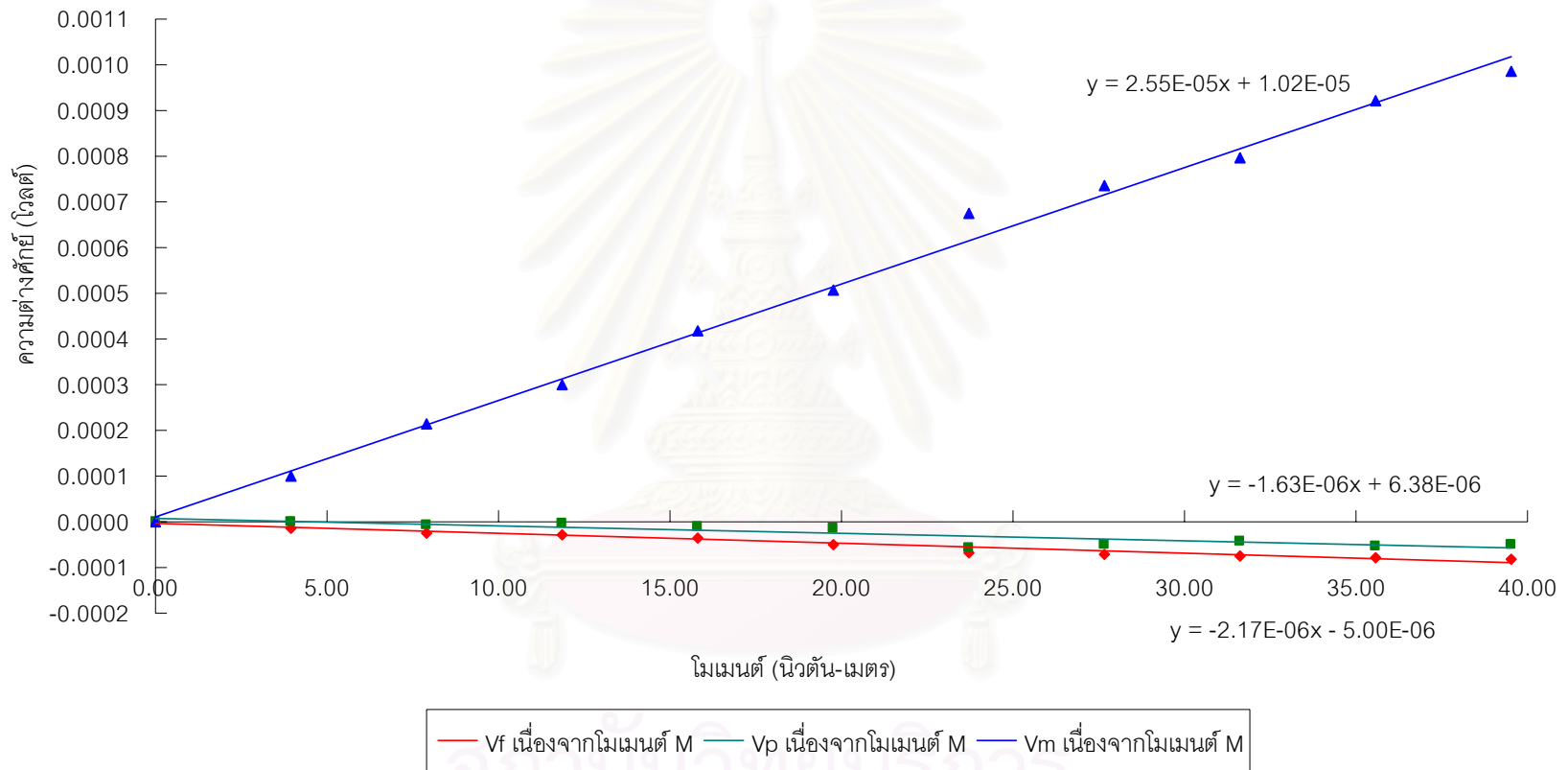
รูปที่ 6.4 การสอบเทียบกับโมเมนต์ M



รูปที่ 6.5 สัมพันธภาพความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะแรงกด F



รูปที่ 6.6 สัมพันธภาพความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรรีดิจิตต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะแรงเฉือน P



รูปที่ 6.7 สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรวัดจัดต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะโมเมนต์ M

ผลการสอบเทียบแบบสถิติจากแผนภูมิที่แสดงในรูปที่ 6.5, 6.6 และ 6.7 จะได้สมการความสัมพันธ์ทั้งหมดดังนี้

1. เมื่อมีแรงกด F มากกระทำเพียงอย่างเดียว

$$V_F = 2.16 \times 10^{-6} F + 1.48 \times 10^{-6}$$

$$V_P = -9.04 \times 10^{-9} F + 9.79 \times 10^{-7}$$

$$V_M = -4.61 \times 10^{-7} F + 5.22 \times 10^{-6}$$

2. เมื่อมีแรงเฉือน P มากกระทำเพียงอย่างเดียว

$$V_F = -1.65 \times 10^{-7} P - 5.63 \times 10^{-6}$$

$$V_P = 1.75 \times 10^{-6} P + 3.13 \times 10^{-6}$$

$$V_M = 7.92 \times 10^{-8} P + 9.76 \times 10^{-6}$$

3. เมื่อมีโมเมนต์ M มากกระทำเพียงอย่างเดียว

$$V_F = -2.17 \times 10^{-6} M - 5.00 \times 10^{-6}$$

$$V_P = -1.63 \times 10^{-6} M + 6.38 \times 10^{-6}$$

$$V_M = 2.55 \times 10^{-5} M + 1.02 \times 10^{-5}$$

ทำการวิเคราะห์สัมพัทธ์ความสัมพันธ์ทั้งหมด เพื่อหาความไวหลัก (Sensitivity) และความไวข้าม (Cross sensitivity) ของอุปกรณ์วัดแรง EOR ซึ่งสามารถแสดงได้ดังระบบสมการ (6.1)

$$\begin{bmatrix} V_F \\ V_P \\ V_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{FF} & C_{FP} & C_{FM} \\ C_{PF} & S_{PP} & C_{PM} \\ C_{MF} & C_{MP} & S_{MM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F \\ P \\ M \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_F \\ R_P \\ R_M \end{bmatrix} \quad (6.1)$$

$$\text{โดยที่ } S_{FF} = 2.16 \times 10^{-6}$$

$$C_{FP} = -1.65 \times 10^{-7}$$

$$C_{FM} = -2.17 \times 10^{-6}$$

$$C_{PF} = -9.04 \times 10^{-9}$$

$$S_{PP} = 1.75 \times 10^{-6}$$

$$C_{PM} = -1.63 \times 10^{-6}$$

$$C_{MF} = -4.61 \times 10^{-7}$$

$$C_{MP} = 7.92 \times 10^{-8}$$

$$S_{MM} = 2.55 \times 10^{-5}$$

$$R_F = -9.15 \times 10^{-6}$$

$$R_P = 1.05 \times 10^{-5}$$

$$R_M = 2.52 \times 10^{-5}$$

จัดรูปสมการ (6.1) ซึ่งเป็นสมการเมตริกซ์ให้อยู่ในรูปแบบสมการ (6.2)

$$\begin{bmatrix} F \\ P \\ M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{FF} & C_{FP} & C_{FM} \\ C_{PF} & S_{PP} & C_{PM} \\ C_{MF} & C_{MP} & S_{MM} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} V_F - R_F \\ V_P - R_P \\ V_M - R_M \end{bmatrix} \quad (6.2)$$

จะได้สมการเมตริกซ์เพื่อเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากการทดลอง ไปเป็น
ค่าแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M คือ

$$\begin{bmatrix} F \\ P \\ M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 472300 & 42589 & 42914 \\ 10363 & 570715 & 37363 \\ 8506 & -1003 & 39875 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_F + 9.15 \times 10^{-6} \\ V_P - 1.05 \times 10^{-5} \\ V_M - 2.52 \times 10^{-5} \end{bmatrix}$$

เพราะฉะนั้นจะได้ว่า

$$F = 472300V_F + 42589V_P + 42914V_M + 2.79 \quad (6.3)$$

$$P = 10363V_F + 570715V_P + 37363V_M - 6.84 \quad (6.4)$$

$$M = 8506V_F - 1003V_P + 39875V_M - 0.92 \quad (6.5)$$

6.2 ผลการทดลองพรวนดิน

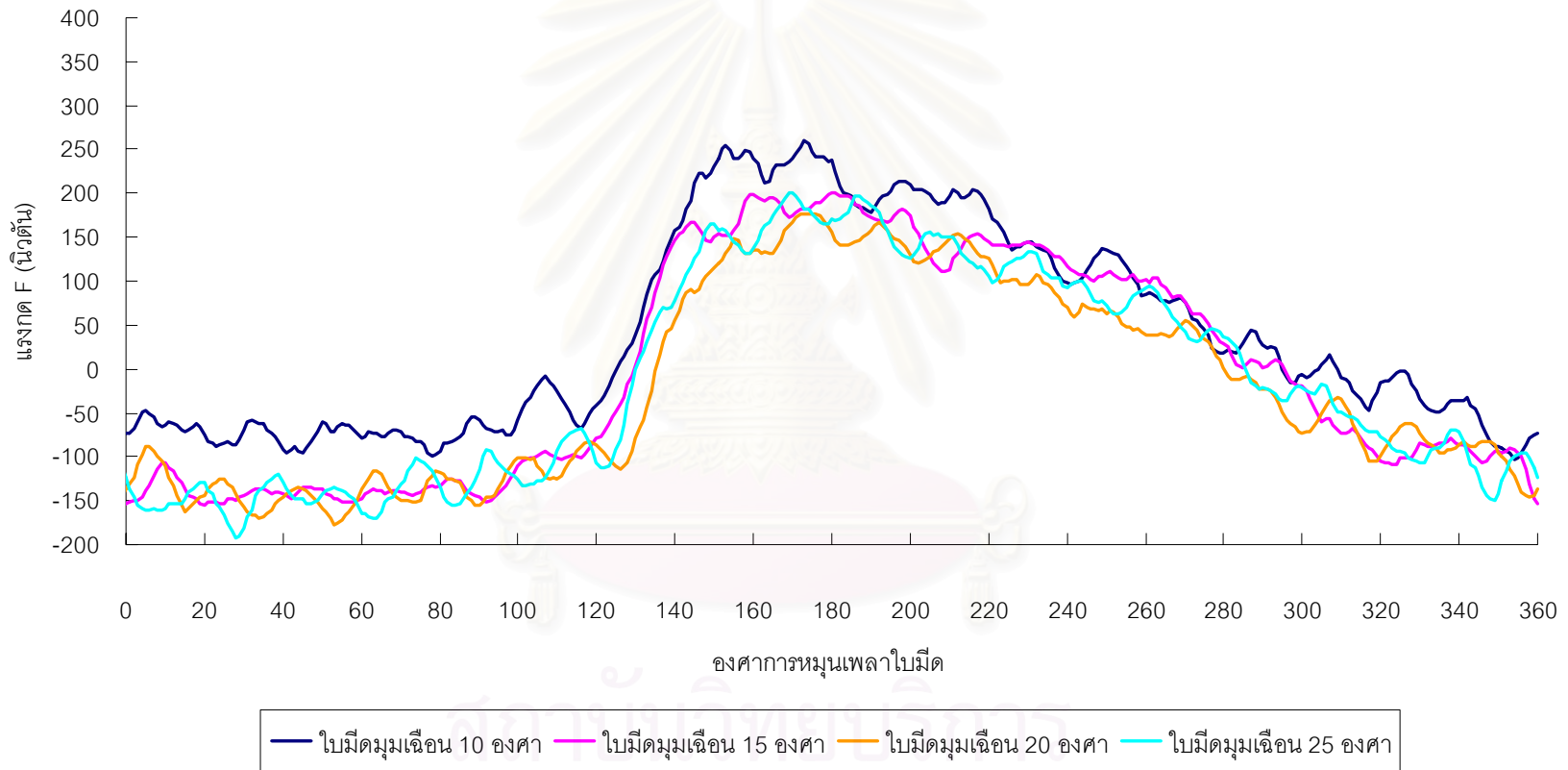
ผลจากการทดลองพรวนดินจะถูกบันทึกในรูปแบบของ Binary file ซึ่งสัญญาณที่ได้จากการทดลองแต่ละครั้งมีลักษณะเป็นคาบ และนำมาหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่เกิดขึ้นที่ทุกองศาการหมุนของเพลลาไวมีด จากนั้นจะแปลงข้อมูลสัญญาณความต่างศักย์ เป็นแรงและโมเมนต์ที่มากระทำ โดยแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M ที่กระทำกับไวมีดพรวนดินจอบหมุน เกิดขึ้นเนื่องมาจากแรงกระทำใน 2 ลักษณะ คือ

1. แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักของไวมีด
2. แรงต้านทานการพรวนดินเนื่องจากไวมีดหมุนตัดดินในกระบะทดลอง

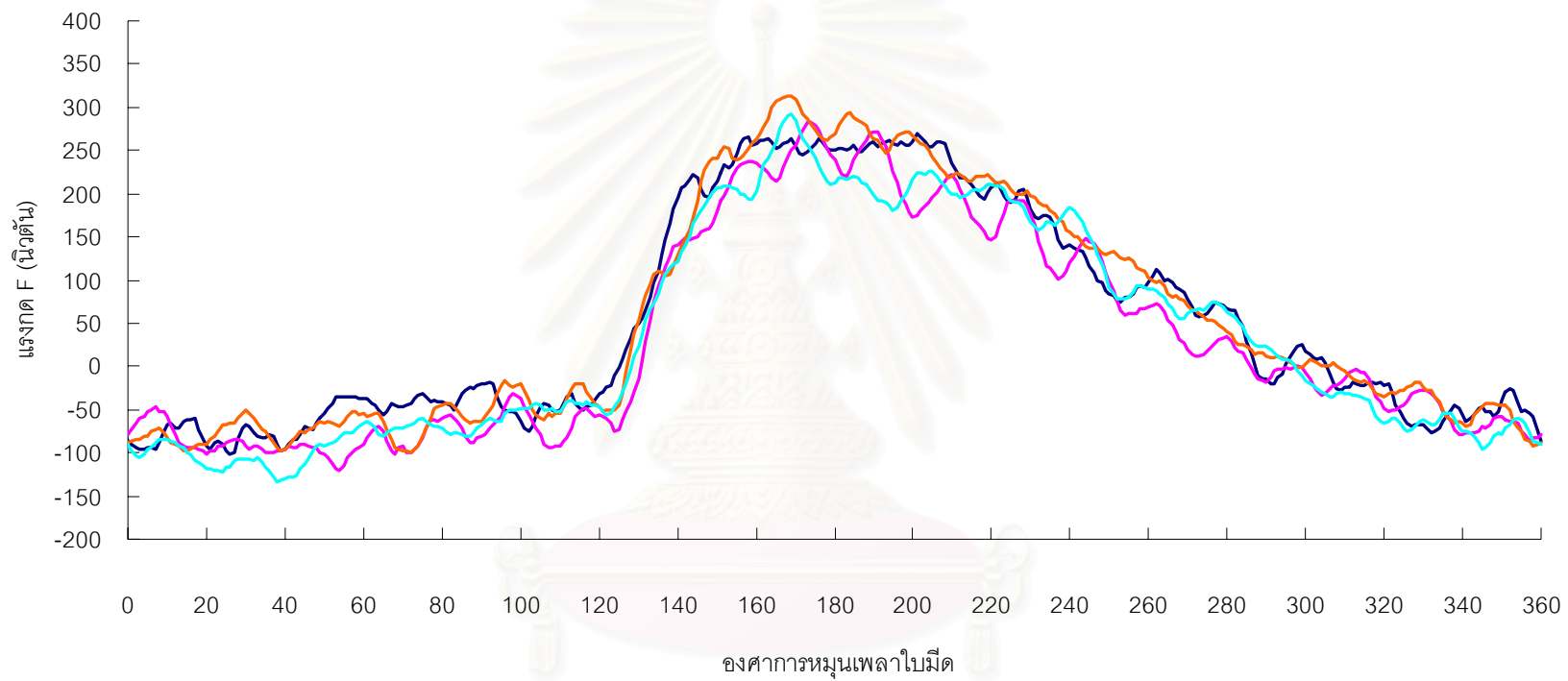
ดังนั้น สามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์เนื่องจากผลของแรงและโมเมนต์ที่กระทำกับไวมีดจอบหมุนพรวนดินในกระบะทดลอง ได้ดังนี้

1. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกด F กับองศาการหมุนเพลลาไวมีด ที่ระยะตัดดินต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 6.11, 6.12 และ 6.13 ตามลำดับ
2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงเฉือน P กับองศาการหมุนเพลลาไวมีด ที่ระยะตัดดินต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 6.14, 6.15 และ 6.16 ตามลำดับ
3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง โมเมนต์ M กับองศาการหมุนเพลลาไวมีด ที่ระยะตัดดินต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 6.17, 6.18 และ 6.19 ตามลำดับ

1. แรงกด F ที่กระทำกับใบมีด ที่ระยะตัดดิน 4, 6 และ 8 เซนติเมตร

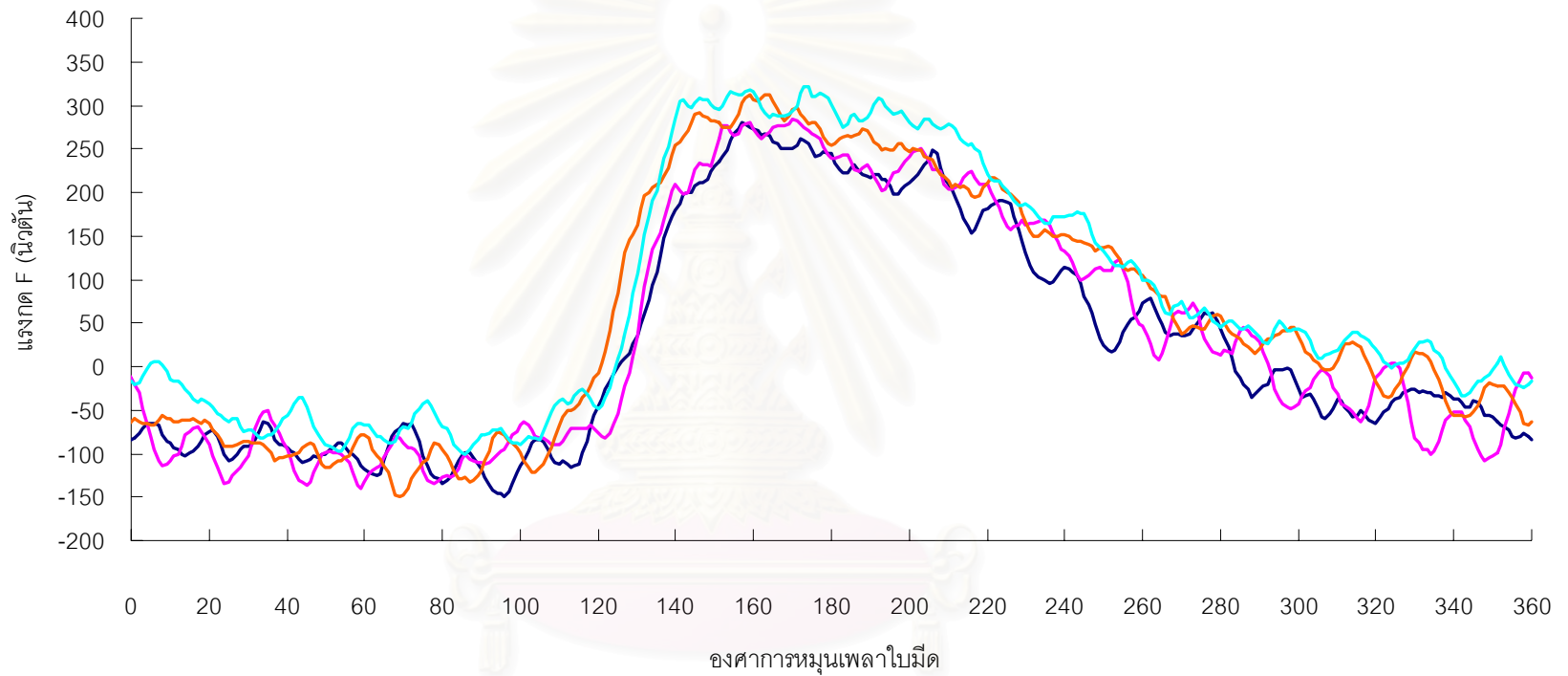


รูปที่ 6.8 แรงกด F ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 4 เซนติเมตร



— ไ้ม้ดมมมมมมมมมม 10 องศา — ไ้ม้ดมมมมมมมมมม 15 องศา — ไ้ม้ดมมมมมมมมมม 20 องศา — ไ้ม้ดมมมมมมมมมม 25 องศา

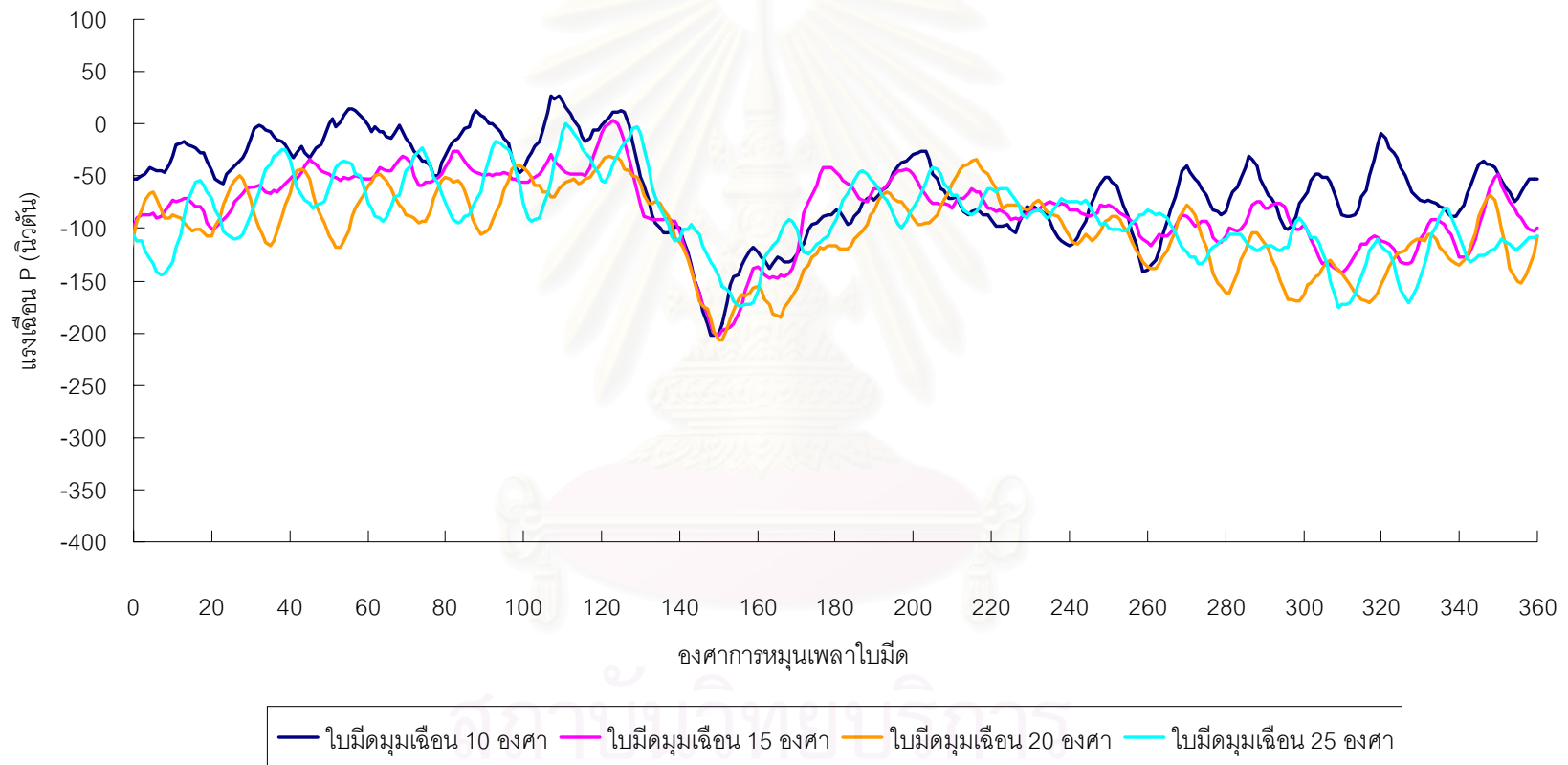
รูปที่ 6.9 แรงกด F ที่กระทำกับไ้ม้ด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร



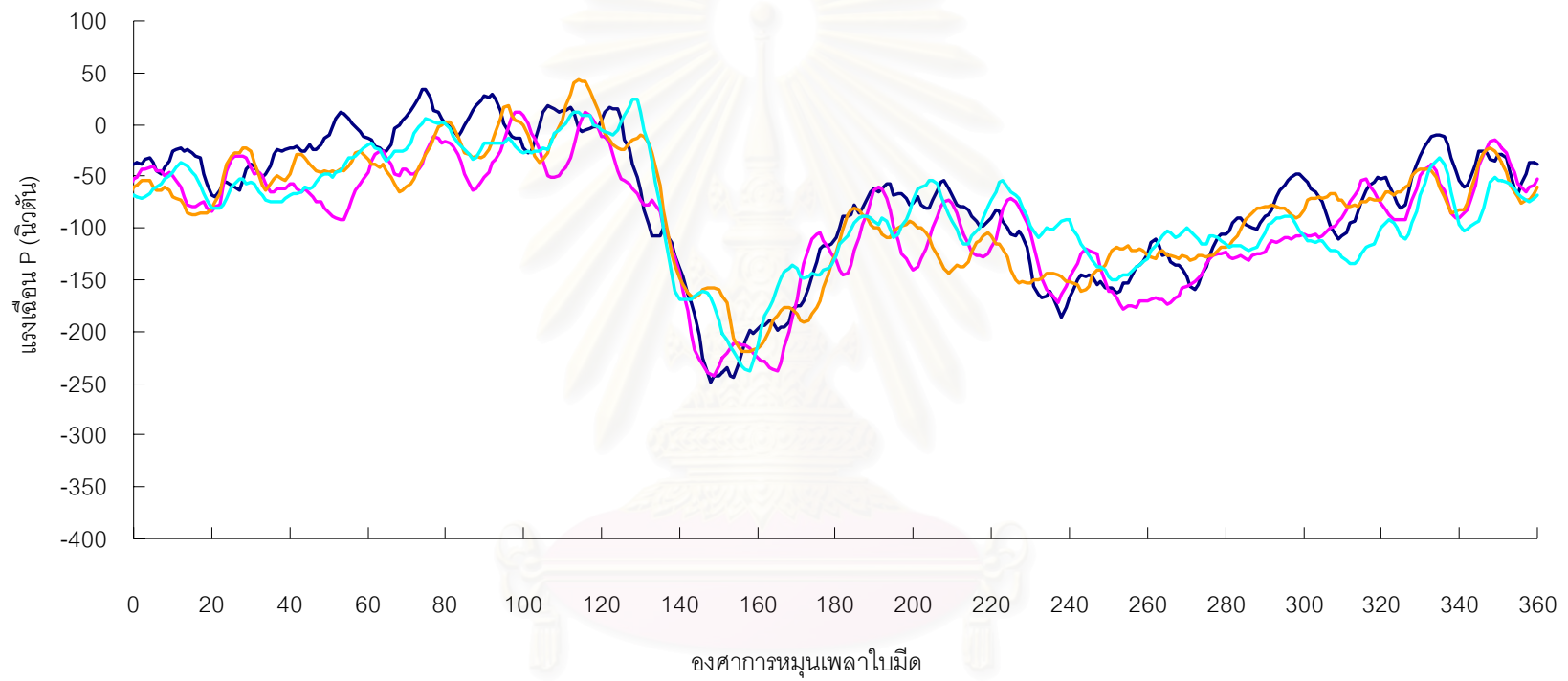
— ใบมีดมุมเฉือน 10 องศา
 — ใบมีดมุมเฉือน 15 องศา
 — ใบมีดมุมเฉือน 20 องศา
 — ใบมีดมุมเฉือน 25 องศา

รูปที่ 6.10 แรงกด F ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 8 เซนติเมตร

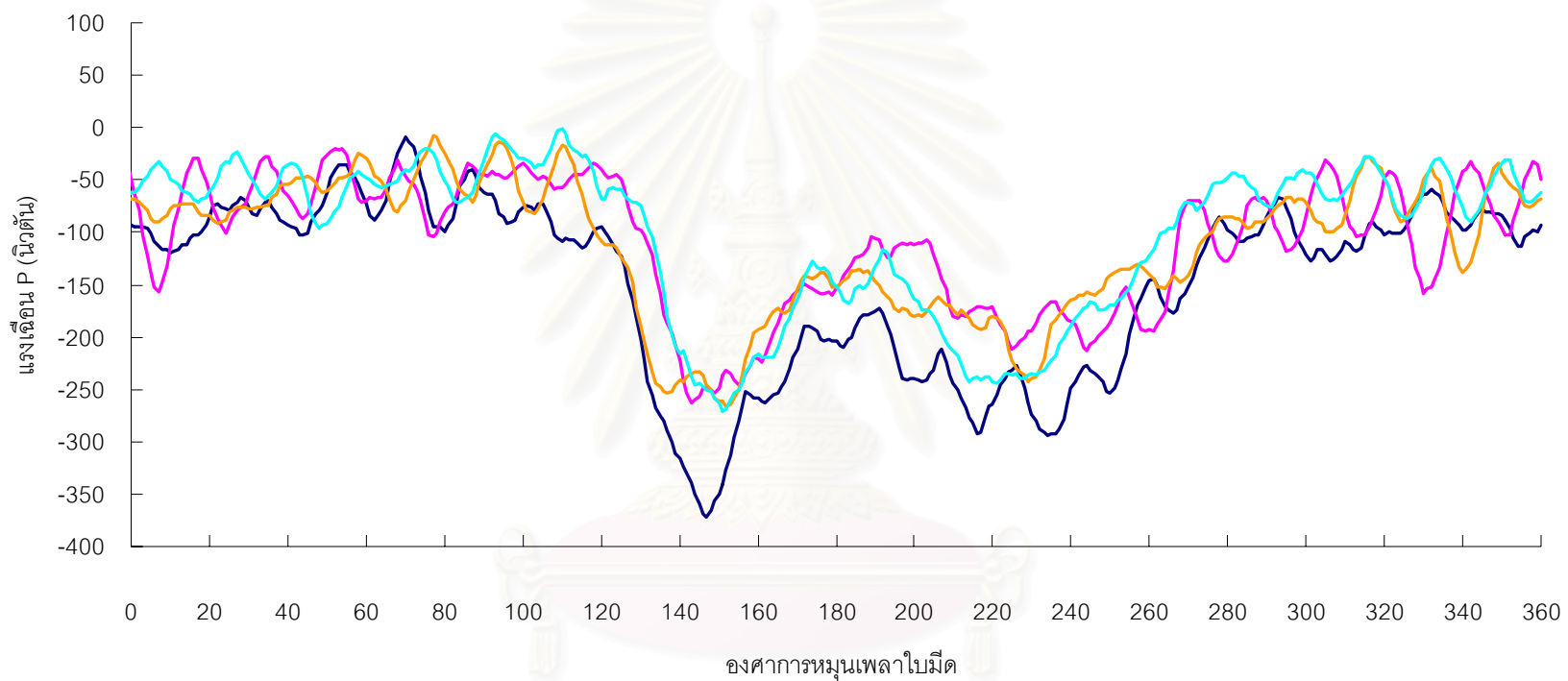
2. แรงเฉือน P ที่กระทำกับใบมีด ที่ระยะตัดดิน 4, 6 และ 8 เซนติเมตร



รูปที่ 6.11 แรงเฉือน P ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 4 เซนติเมตร



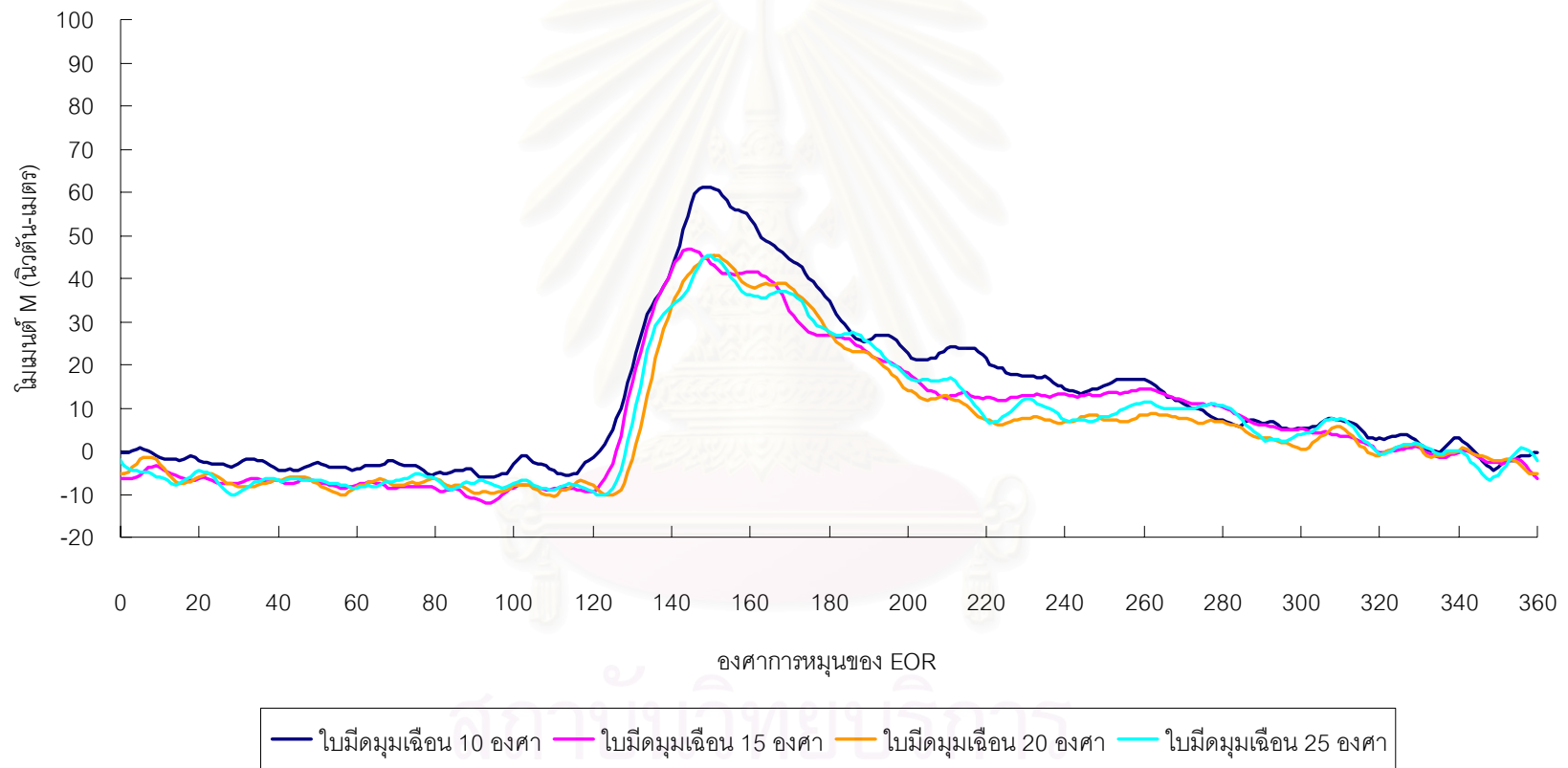
รูปที่ 6.12 แรงคลื่น P ที่กระทำกับไวมืด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร



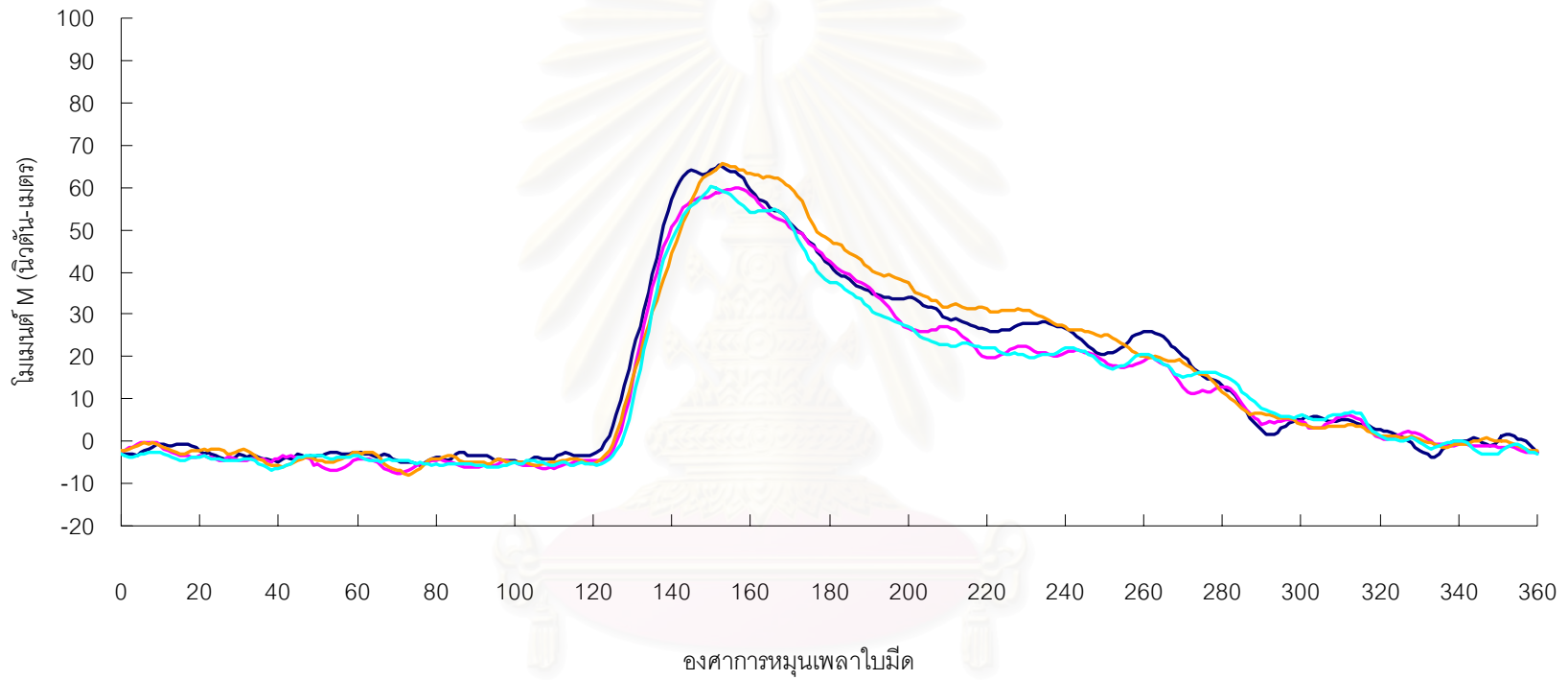
— ไบมีดมุมเฉือน 10 องศา — ไบมีดมุมเฉือน 15 องศา — ไบมีดมุมเฉือน 20 องศา — ไบมีดมุมเฉือน 25 องศา

รูปที่ 6.13 แรงเฉือน P ที่กระทำกับไบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 8 เซนติเมตร

3. โมเมนต์ M ที่กระทำกับใบมีด ที่ระยะตัดดิน 4, 6 และ 8 เซนติเมตร

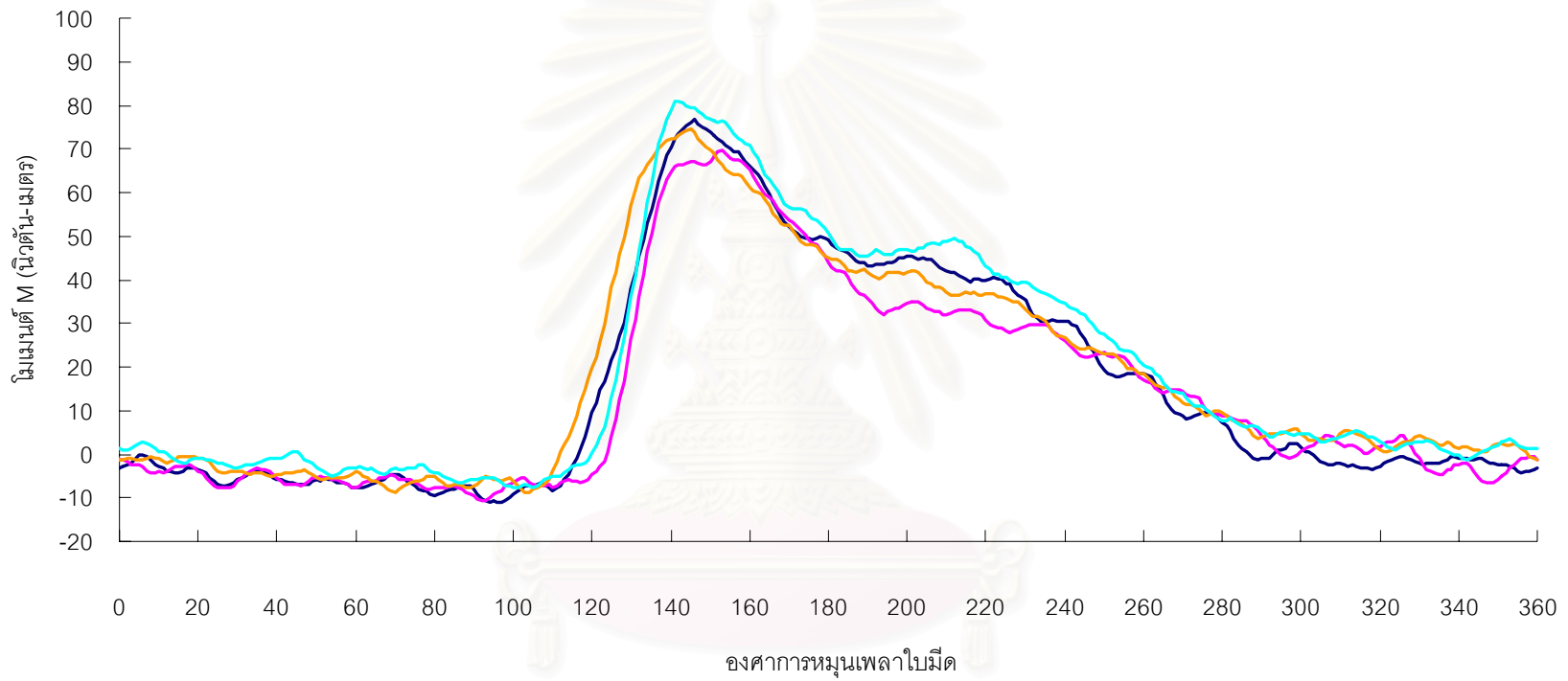


รูปที่ 6.14 โมเมนต์ M ที่กระทำกับใบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 4 เซนติเมตร



— ไวมืดมุมเดือน 10 องศา — ไวมืดมุมเดือน 15 องศา — ไวมืดมุมเดือน 20 องศา — ไวมืดมุมเดือน 25 องศา

รูปที่ 6.15 โมเมนต์ M ที่กระทำกับไวมืด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร



— ไบมีดมุมเดือน 10 องศา
 — ไบมีดมุมเดือน 15 องศา
 — ไบมีดมุมเดือน 20 องศา
 — ไบมีดมุมเดือน 25 องศา

รูปที่ 6.16 โมเมนต์ M ที่กระทำกับไบมีด เมื่อทดลองที่ระยะตัดดิน 8 เซนติเมตร

6.3 บทสรุป

ผลการทดลองมี 2 ส่วน คือ 1 ผลการทดลองสอบเทียบ และ 2 ผลการทดลองพรวนดิน การสอบเทียบคือการหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรวัดจึต่างๆ ที่ติดบน EOR เมื่อใส่ภาระในรูปแบบแรงหรือโมเมนต์ โดยอุปกรณ์วัดแรง EOR อาจเกิดความไวข้าม (Cross Sensitivity) เนื่องมาจากการติด Strain gauge ของวงจรวัดจึ บนอุปกรณ์วัดแรง EOR ที่ตำแหน่งต่างๆ ไม่ตรงกับตำแหน่งของ Strain node ทำให้การวัดแรงที่เกิดขึ้นพร้อมกัน ค่าของแรงหนึ่งที่วัดได้อาจจะมีผลเนื่องจากแรงอื่นร่วมด้วย ดังนั้นการวัดแรงแต่ละแรงที่เกิดขึ้นจึงไม่เป็นอิสระต่อกัน จึงต้องพิจารณาผลที่เกิดจากความไวข้ามของอุปกรณ์วัดแรง EOR ด้วย ผลการทดลองพรวนดิน สามารถแสดงได้ในรูปกราฟความสัมพันธ์เนื่องจากผลของแรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนพรวนดินในกระบะทดลอง โดยแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M ที่กระทำกับใบมีดพรวนดินจอบหมุน เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกระทำใน 2 ลักษณะ คือ

1. แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักของใบมีด
2. แรงต้านทานการพรวนดินเนื่องจากใบมีดหมุนตัดดินในกระบะทดลอง

บทที่ 7

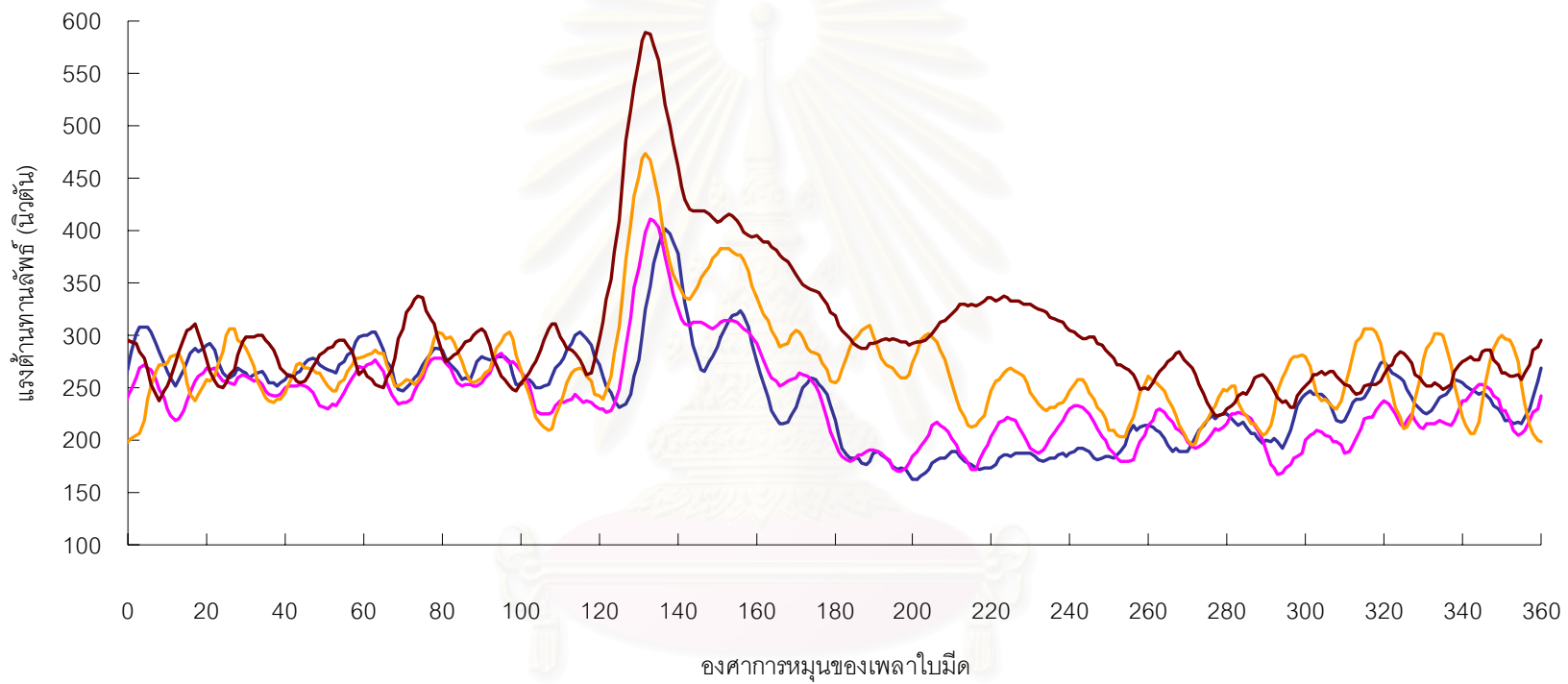
การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองพรวนดินด้วยไวมีดจอบหมุนแบบยุโรป และไวมีดจอบหมุนต้นแบบที่ ออกแบบให้มีมุมเฉือนค่าต่างๆ คือ 10, 15, 20 และ 25 องศา ทำการทดลองพรวนดินที่ระยะตัด ดินค่าต่างๆ โดยไวมีดหมุนพรวนตัดดินที่ความเร็วรอบเพลลาไวมีด 300 รอบต่อนาที คงที่ในทุกการ ทดลอง ระดับความลึกการพรวน 15 เซนติเมตร

ผลการทดลองที่ได้จากบทที่ 6 ซึ่งแสดงขนาดของแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M ที่ กระทำกับไวมีดจอบหมุนในแต่ละกรณีการทดสอบ สามารถนำมาคำนวณหาขนาดของแรง ต้านทานลัพธ์ที่กระทำกับไวมีดจอบหมุน ผลการคำนวณแสดงในรูปแบบกราฟความสัมพันธ์ของ แรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำกับไวมีดจอบหมุนแบบต่างๆ กับองศาการหมุนเพลลาไวมีด จากนั้นจะ วิเคราะห์ผลการตรวจพินิจลักษณะของดินและความสึกหรอของไวมีดหลังการพรวน

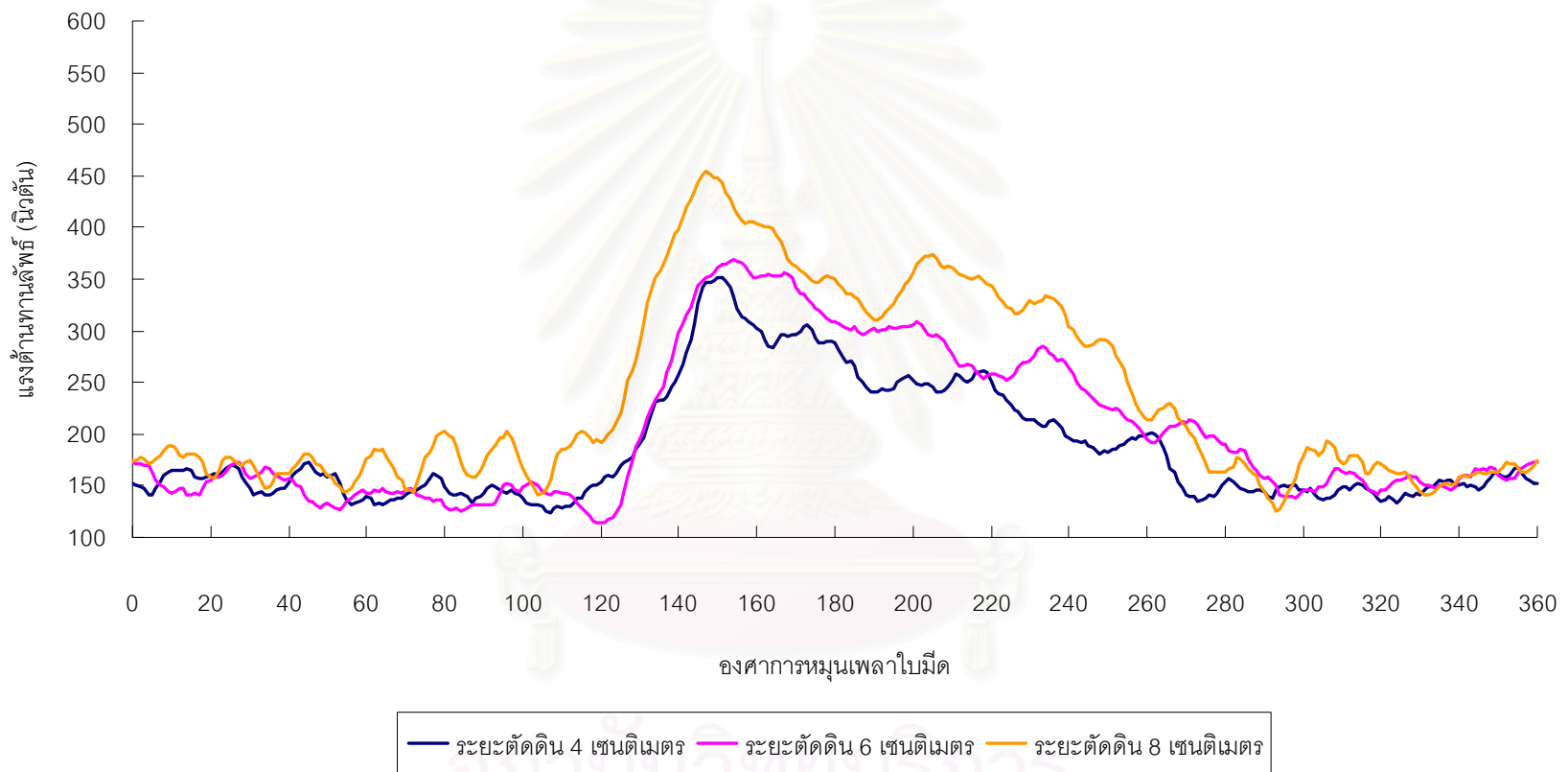
7.1 แรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำกับไวมีดจอบหมุนแบบยุโรปและไวมีดจอบหมุนต้นแบบ

การวิเคราะห์ลักษณะของแรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำกับไวมีดจอบหมุนแบบยุโรป และ ไวมีดจอบหมุนต้นแบบ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างของไวมีดกับลักษณะการ เปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานลัพธ์ รวมทั้งเปรียบเทียบแรงต้านทานลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการทดลอง พรวนดินด้วยไวมีดจอบหมุนแบบยุโรปและไวมีดจอบหมุนต้นแบบ ที่ระยะตัดดินค่าต่างๆ ดัง แสดงในรูปที่ 7.1 ถึง 7.5

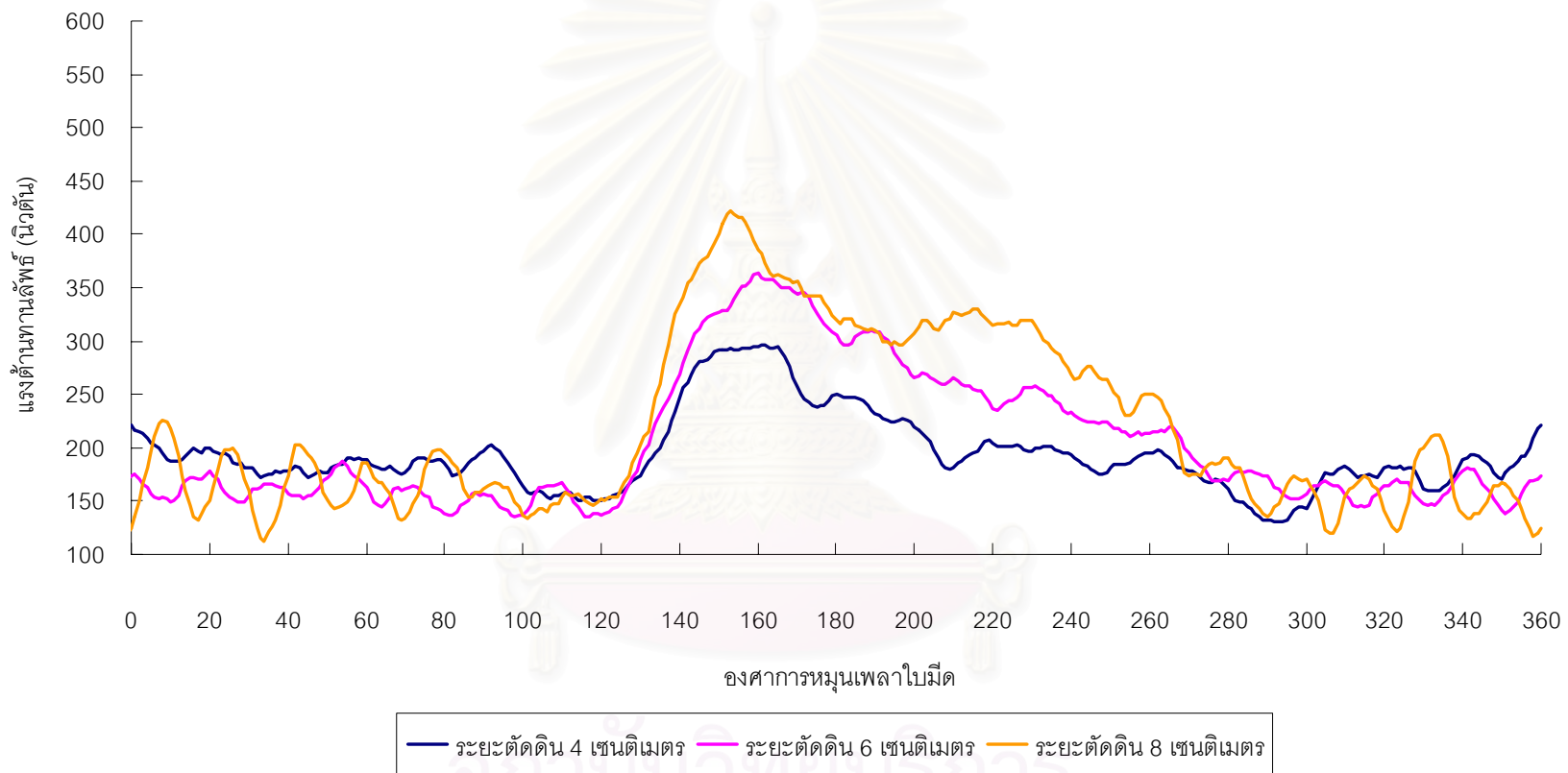


— ระยะตัดคืน 3 เซนติเมตร — ระยะตัดคืน 4 เซนติเมตร — ระยะตัดคืน 5 เซนติเมตร — ระยะตัดคืน 6 เซนติเมตร

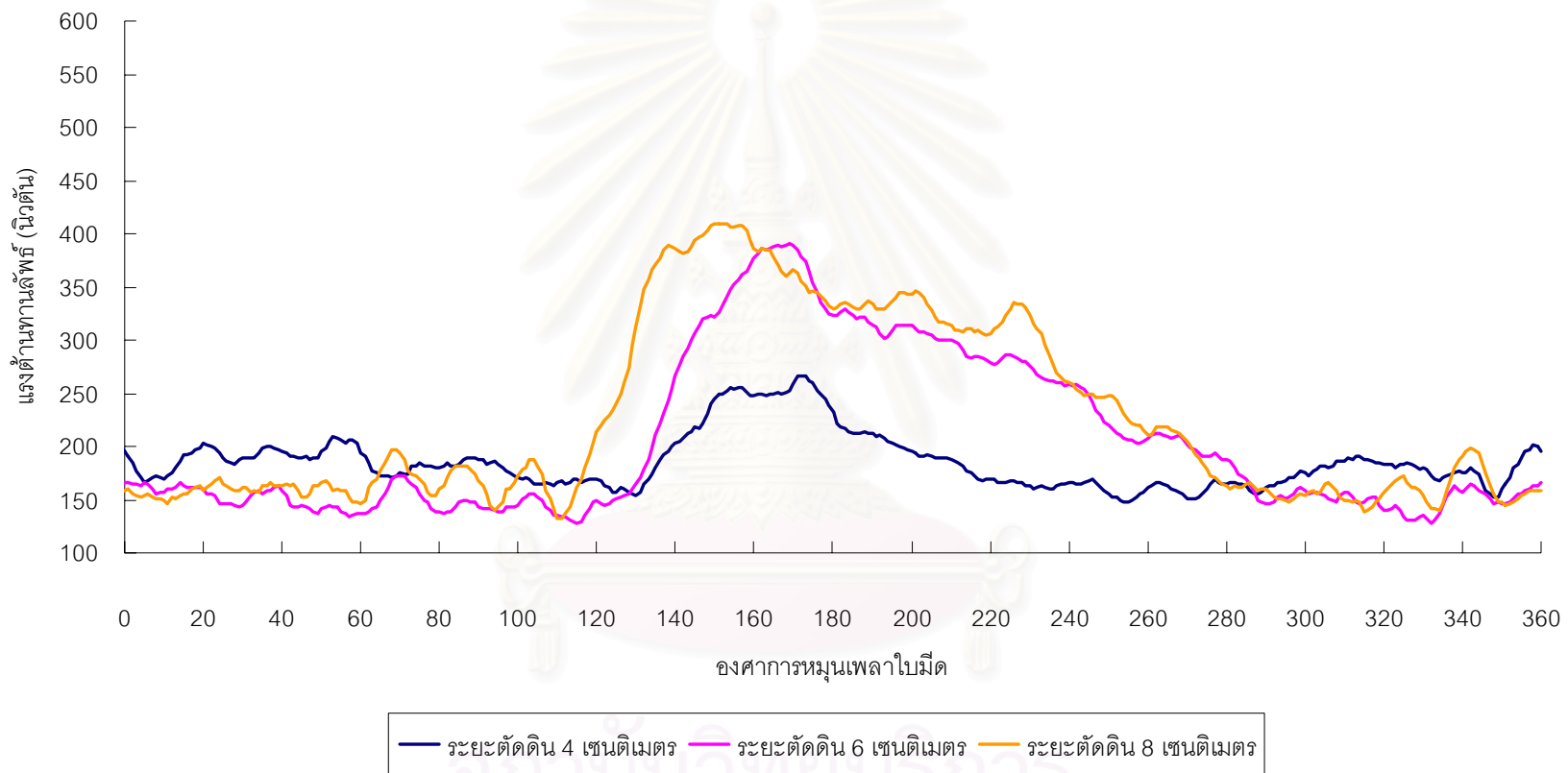
รูปที่ 7.1 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป



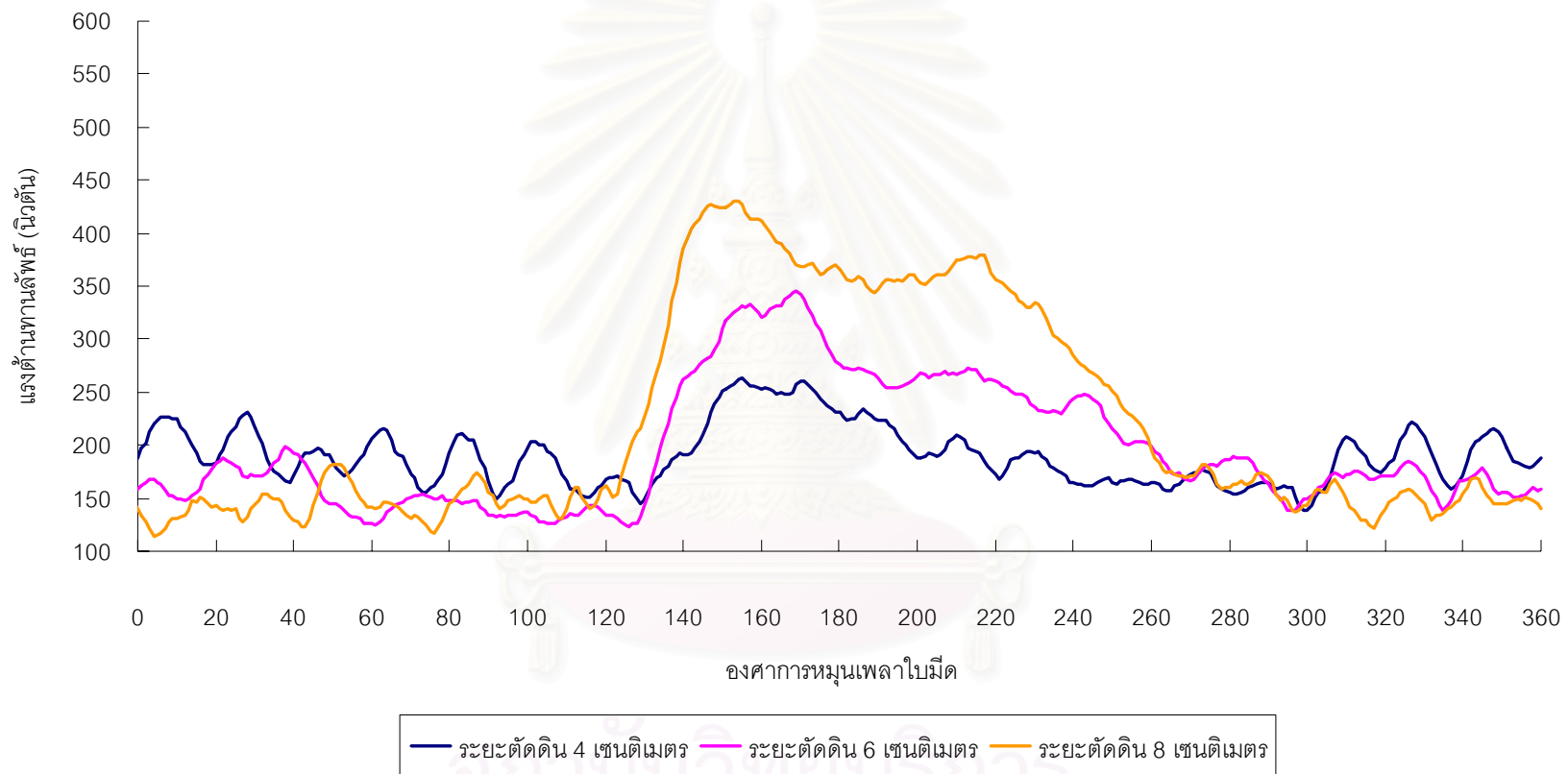
รูปที่ 7.2 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบมุมเฉือน 10 องศา



รูปที่ 7.3 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบมุมเฉือน 15 องศา



รูปที่ 7.4 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบจอบหมุนมีดต้นแบบมุมเฉือน 20 องศา



รูปที่ 7.5 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบมุมเฉือน 25 องศา

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบต่างๆ ขณะพรวนดินในกระบะทดลอง กับองศาการหมุนเพลลาใบมีด ที่ระยะตัดดินค่าต่างๆ พบว่า

1. แรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนทุกแบบมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะตัดดินมีค่ามากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนระยะตัดดิน ทำให้ปริมาตรของก้อนดินที่ถูกตัดมีขนาดต่างกัน ระยะตัดดินที่มีค่ามาก ทำให้ก้อนดินที่ถูกตัดมีปริมาตรมาก แรงต้านทานลัทธิที่ใบมีดใช้ในการตัดและเหวี่ยงก้อนดินจึงมีค่ามากด้วย โดยแรงที่กระทำต่อใบมีดก่อนการตัดดิน ในช่วง 0 – 120 องศาการหมุนเพลลาใบมีด เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เนื่องจากน้ำหนักของใบมีด เพราะแรงในแนวตั้งฉากกับ EOR (แรง F) ที่วัดได้มีค่ามากกว่าแรงในแนวขนานกับ EOR (แรง P) ประมาณ 3 เท่า

2. ขณะใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปพรวนดิน ลักษณะของแรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว สาเหตุเกิดจากการกระแทกกระหว่างแนวคมส่วนปลายใบมีดตลอดทั้งแนวกับดิน ทำให้ผิวดินชั้นบนเกิดการแตกตัวอย่างทันทีทันใด ความแน่นดินของผิวดินชั้นบนลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้แรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน เมื่อใบมีดหมุนพรวนดินลึกมากขึ้น ความแน่นดินมีค่าสูงขึ้น แต่ความหนาของก้อนดินมีค่าลดลง ดังนั้น

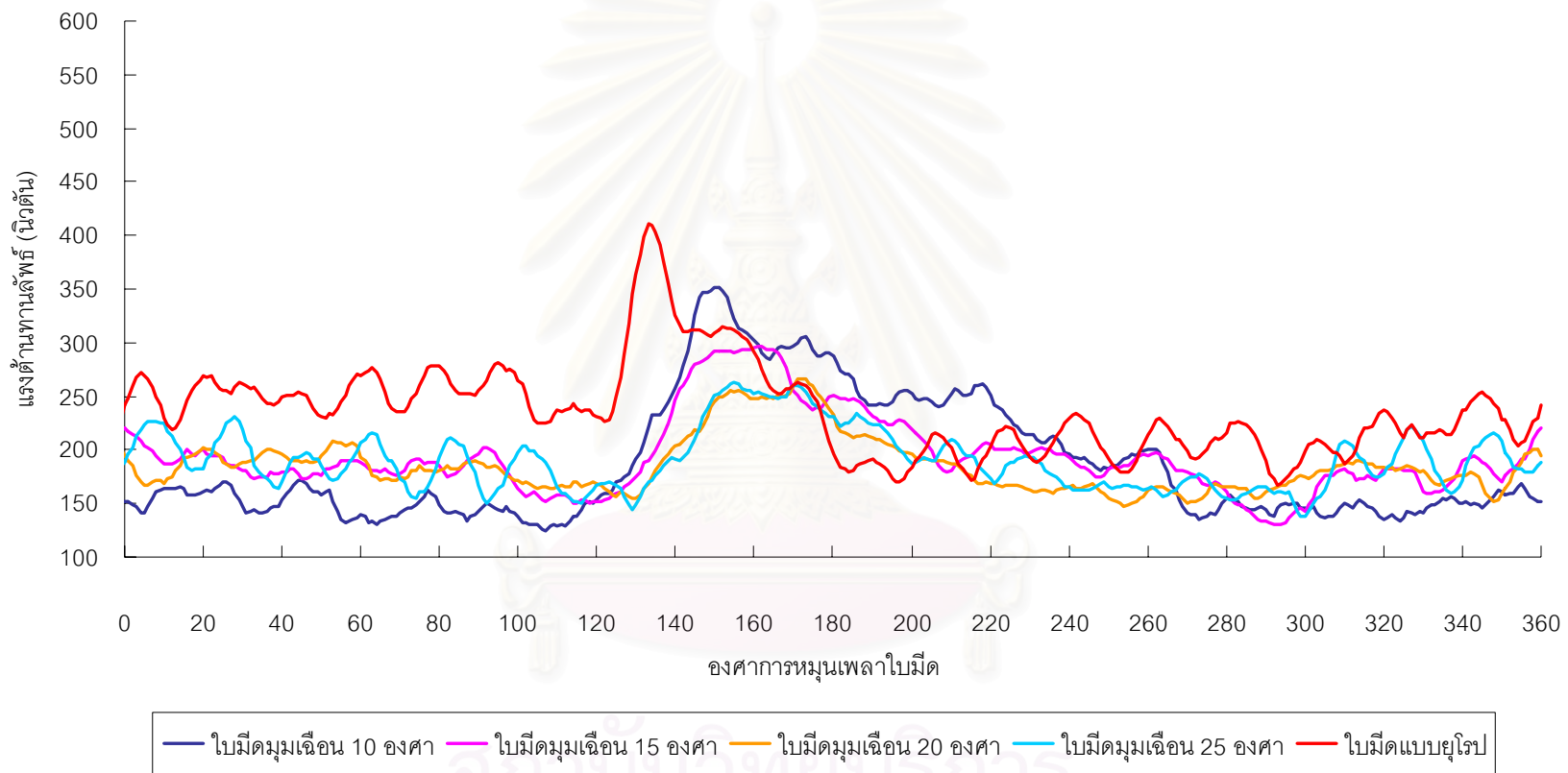
ที่ระยะตัดดิน 3, 4 และ 5 เซนติเมตร หลังเกิดแรงเนื่องจากการกระแทกกระหว่างแนวคมส่วนปลายใบมีดกับดิน การพรวนดินลึกมากขึ้น แต่ระยะตัดดินที่มีค่าน้อย ปริมาตรของก้อนดินมีขนาดเล็ก และใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปมีมุมผิวดักที่ไม่เหมาะสม ทำให้ใบมีดไม่มีความสามารถในการอ้อมและเหวี่ยงก้อนดินที่ถูกพรวน แรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดจึงมีค่าน้อย

สำหรับที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร (ระยะตัดดิน 8 เซนติเมตร ไม่สามารถทดลองได้) หลังเกิดแรงเนื่องจากการกระแทกกระหว่างแนวคมส่วนปลายใบมีดกับดิน การพรวนดินลึกมากขึ้น ระยะตัดดินที่มีค่ามาก ปริมาตรของก้อนดินจึงมีขนาดใหญ่ขึ้น ใบมีดจึงต้องออกแรงเหวี่ยงก้อนดินบางส่วนที่ถูกพรวน จึงมีแรงต้านทานลัทธิสูงในช่วงที่สองเกิดขึ้นด้วย โดยแรงต้านทานลัทธิสูงสุดของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปมีค่าประมาณ 580 นิวตัน ทิศทางของแรงชี้ขึ้น ทำมุม 90 องศา กับแนวระดับ

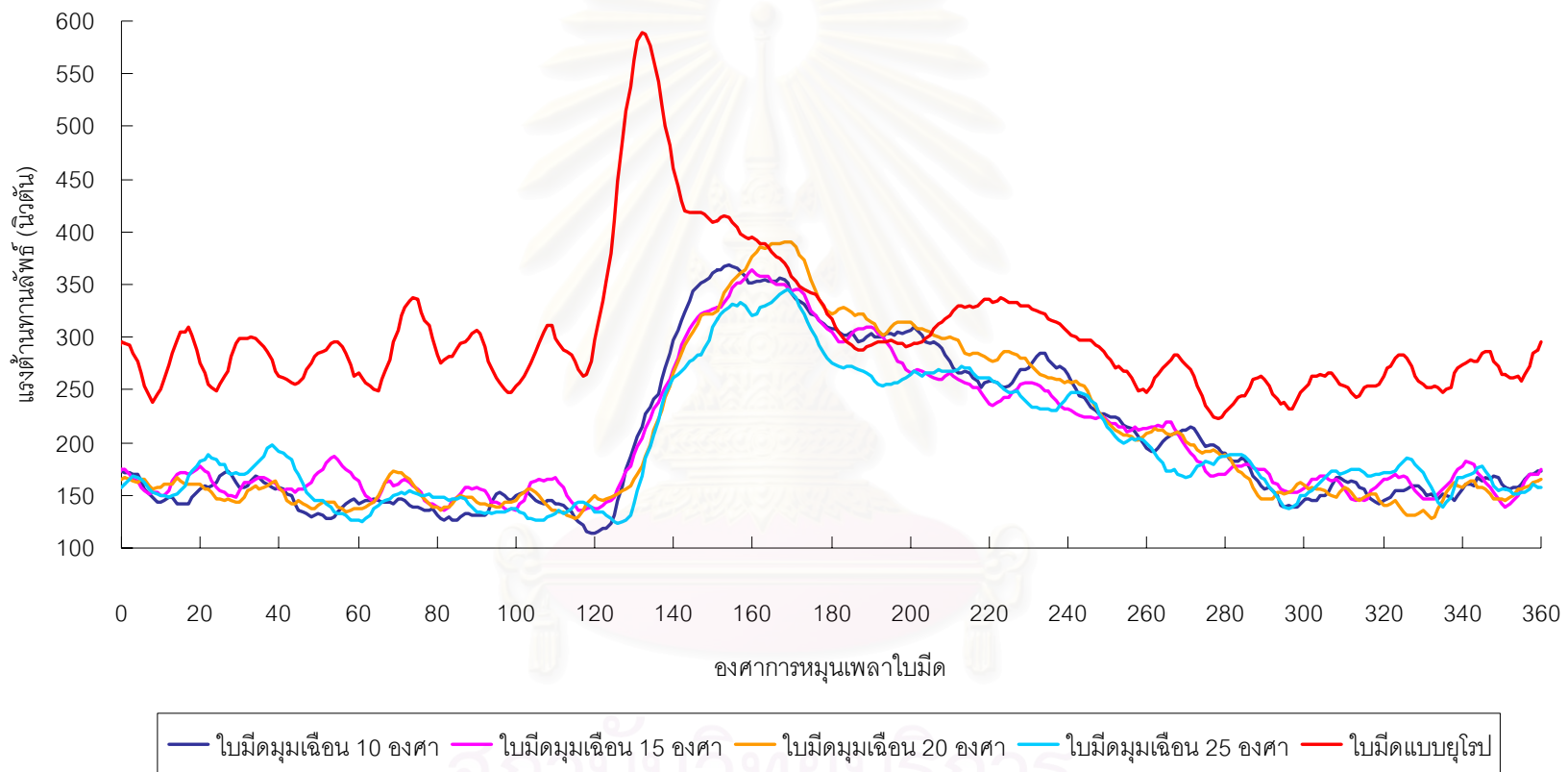
3. ไบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีมุมเฉือน 10, 15, 20 และ 25 องศา ทุกระยะตัดดิน ลักษณะของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไบมีด มีอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลง น้อยกว่าไบมีดจอบหมุนแบบยุโรป เนื่องจากไบมีดจอบหมุนต้นแบบมีมุมเฉือน ลักษณะของการกระทบกัน ระหว่างขอบคมตัดของส่วนปลายไบมีดกับผิวดินชั้นบน เป็นการหมุนตัดดินที่ละจุด หรือเรียกว่าการเฉือนตัดดินของแนวคมส่วนปลายไบมีด ทำให้ผิวดินชั้นบนค่อยๆ แตกตัวตามแนวขอบคมของส่วนปลายไบมีด แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไบมีดจึงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงจุดสูงสุด เมื่อไบมีดหมุนพรวนดินลึกมากขึ้น ความแน่นดินมีค่าสูงขึ้น แต่ความหนาของก้อนดินมีค่าลดลง และเนื่องจากไบมีดจอบหมุนต้นแบบถูกออกแบบให้มีมุมผิวดักที่เหมาะสม ไบมีดจอบหมุนต้นแบบจึงมีส่วนโค้งผิวดักที่เหมาะสม ความสามารถในการเหวี่ยงดินที่ถูกพรวนจึงมีความสม่ำเสมอ ทำให้แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไบมีดจึงมีค่าค่อยๆ ลดลง

7.2 การเปรียบเทียบแรงต้านทานลัพท์ที่เกิดขึ้นบนไบมีดจอบหมุนแบบยุโรป กับไบมีดจอบหมุนต้นแบบ

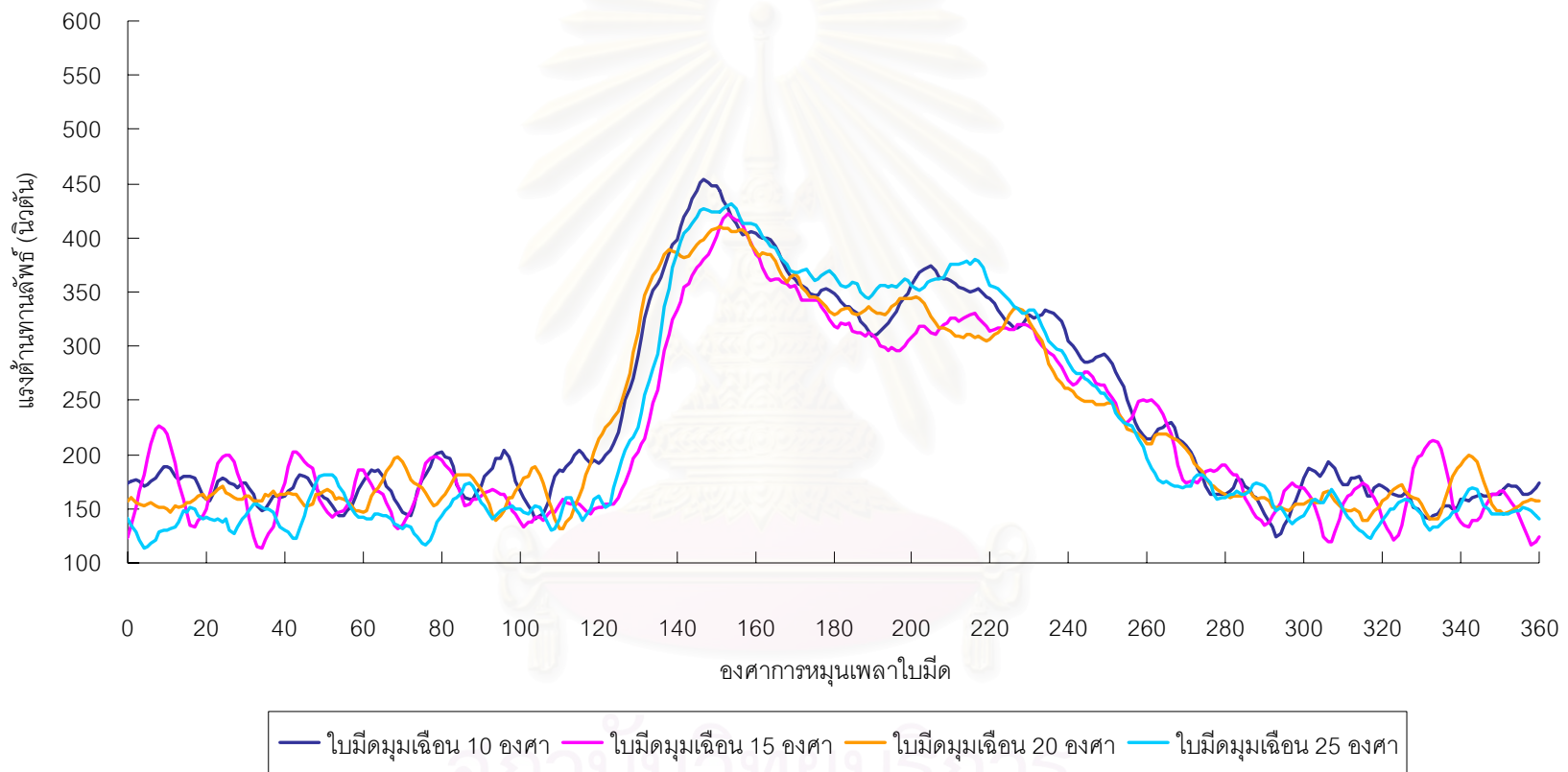
การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของแรงต้านทานลัพท์ ที่กระทำกับไบมีดจอบหมุนแบบยุโรปและไบมีดจอบหมุนต้นแบบ ที่ระยะตัดดินค่าต่างๆ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างของไบมีดกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานลัพท์ ดังแสดงในรูปที่ 7.6 ถึง 7.8



รูปที่ 7.6 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน ที่ระยะตัดดิน 4 เซนติเมตร



รูปที่ 7.7 แรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน ที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร



รูปที่ 7.8 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน ที่ระยะตัดดิน 8 เซนติเมตร

จากกราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแรงต้านทานลัฟท์ ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบต่างๆ ขณะพรวนดินในกระบะทดลอง กับองศาการหมุนเพลลาใบมีด ที่ระยะตัดดินค่าต่างๆ พบว่า

1. แรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบในทุกระยะตัดดิน เนื่องมาจากใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปซึ่งเป็นใบมีดขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมากกว่าใบมีดจอบหมุนต้นแบบ ทำให้มีค่าของแรงสู่ศูนย์กลางมากกว่า โดยแรงสู่ศูนย์กลางเป็นส่วนหนึ่งของแรงต้านทานลัฟท์ ในกรณีนี้ไม่คิดแรงสู่ศูนย์กลาง แรงต้านทานที่เกิดจากการพรวนดินของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปมีค่าใกล้เคียงกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบ สำหรับเส้นกราฟของใบมีดจอบหมุนต้นแบบในแต่ละระยะตัดดิน มีลักษณะเกาะกลุ่มกัน และเมื่อพิจารณาจากระยะตัดดินที่มีค่ามากขึ้น ค่ามุมเฉือนที่เพิ่มขึ้นแทบจะไม่มีผลต่อแรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำต่อใบมีด เนื่องจากมุมเฉือนช่วยลดการเกิดแรงกระแทก แต่ไม่ช่วยลดแรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำกับใบมีด
2. การทดลองที่ระยะตัดดิน 4 เซนติเมตร พบว่า แรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำกับใบมีดต้นแบบมีค่าลดลง ตามค่ามุมเฉือนที่เพิ่มขึ้น คือ 10, 15, 20 และ 25 องศาตามลำดับ
3. การทดลองที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร พบว่า แรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำกับใบมีดต้นแบบทั้งสิ้นแทบจะไม่แตกต่างกัน โดยแรงต้านทานลัฟท์สูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 300 - 350 นิวตัน ทิศทางของแรงชี้ไปข้างหน้าทำมุม 77 องศา กับแนวระดับ
4. การทดลองที่ระยะตัดดิน 8 เซนติเมตร (เฉพาะใบมีดต้นแบบ) พบว่า แรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำกับใบมีดทั้งสิ้นมีค่าไม่ต่างกันเป็นนัยสำคัญ แรงต้านทานลัฟท์ที่มีค่าสูงเกิดขึ้น 2 ช่วง ช่วงแรกเมื่อใบมีดเริ่มตัดดินลึก 5 เซนติเมตร ขนาดแรงต้านทานลัฟท์มีค่าประมาณ 450 นิวตัน ทิศทางชี้ไปข้างหน้า ทำมุม 77 องศา กับแนวระดับ ช่วงที่สองเมื่อใบมีดพรวนดินลึก 12 เซนติเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่ใบมีดเหวี่ยงก่อนดินที่ถูกตัด ขนาดของแรงต้านทานลัฟท์มีค่าประมาณ 320 นิวตัน ทิศทางชี้ไปข้างหน้า ทำมุม 21 องศา กับแนวระดับ โดยแรงต้านทานลัฟท์สูงช่วง

หลังนี้มีส่วนช่วยในการผลักดันรถแทรกเตอร์ ที่ติดเครื่องพรวนจอบหมุนไปข้างหน้า จนทำให้บางครั้งค่าความลึกของล้ออาจจะมีค่าเป็นลบได้

7.3 การตรวจพินิจ

การสังเกตผลการทดลองหลังจากไถมีดหมุนพรวนดิน โดยการวัดทั้งความกว้างและความลึกของการพรวนดิน และการสังเกตสีที่พื้นไถบนไถมีดหลังการพรวนดิน ว่ามีความแตกต่างจากสีที่พื้นไถก่อนการพรวนดินอย่างไร ดังแสดงในรูปที่ 7.9, 7.10 และ 7.11 ตามลำดับ



รูปที่ 7.9 การวัดความกว้างและความลึกการพรวนดิน

จากรูปที่ 7.9 ผลการทดลองทั้งไถมีดจอบหมุนแบบยุโรปและไถมีดต้นแบบ ความกว้างและความลึกของการพรวนคือ 14 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับ และผิวดินชั้นล่างหลังการพรวนได้แนวระดับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ของการเตรียมดินเพื่อเกษตรกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.10 ไบโม่ติดจอบหมุนแบบยุโรปหลังการพรวนดิน

ผลการตรวจพินิจ ไบโม่ติดจอบหมุนแบบยุโรปหลังการพรวนดิน ดังรูปที่ 7.10 พบว่า สีที่พื้นไว้ที่ผิวไบโม่ติดด้านนอกและด้านในบางส่วนหลุดหายไป แสดงว่าไบโม่ติดเกิดการดันดินข้างหน้าที่ยังไม่ถูกพรวน และผิวไบโม่ติดด้านในของส่วนปลายไบโม่ติดเสียดสีกับดินบางบริเวณ แสดงว่าการสึกหรอของไบโม่ติดเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณที่ไบโม่ติดเสียดสีกับดินเท่านั้น



รูปที่ 7.11 ไบโม่ติดต้นแบบหลังการพรวนดิน

สำหรับผลการตรวจพินิจ ไบโม่ติดต้นแบบหลังการพรวนดิน ดังรูปที่ 7.11 พบว่า สีที่พื้นไว้ที่ผิวไบโม่ติดด้านนอกไม่หลุดหายไป แสดงว่าผิวไบโม่ติดต้นแบบด้านนอกไม่ได้เสียดสีกับดิน เนื่องจากไบโม่ติดไม่เกิดการดันดินที่ยังไม่ถูกพรวน ทำให้แรงต้านทานอันเกิดจากผิวไบโม่ติดด้านนอกมีค่าน้อย ส่วนผิวด้านในของส่วนปลายไบโม่ติดเสียดสีกับดินสม่ำเสมอทั่วทั้งผิว ทำให้การสึกหรอของไบโม่ติดกระจายทั่วทั้งไบโม่ ทำให้อายุการใช้งานไบโม่ติดยาวขึ้น ซึ่งเป็นไปตามแนวทางของการออกแบบ

7.4 บทสรุป

จากผลการทดลองในบทที่ 6 ซึ่งแสดงขนาดของแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนในแต่ละกรณีการทดสอบ สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองเป็น 3 รูปแบบ

- 1 การวิเคราะห์แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปและใบมีดจอบหมุนต้นแบบ พบว่า แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนทุกแบบมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะตัดดินมีค่ามากขึ้น ขณะใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปพรวนดิน ลักษณะของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดเป็นแรงกระแทก แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดต้นแบบ มีอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลง น้อยกว่าใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป
- 2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบแรงต้านทานลัพท์ที่เกิดขึ้นบนใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบ พบว่า แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบในทุกระยะตัดดิน เนื่องมาจากใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป มีน้ำหนักมากกว่าใบมีดจอบหมุนต้นแบบ ทำให้มีค่าของแรงศูนย์กลางมากกว่า โดยแรงศูนย์กลางเป็นส่วนหนึ่งของแรงต้านทานลัพท์ การทดลองหาแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดต้นแบบ ที่ระยะตัดดินมีค่ามากขึ้น แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดทั้งสี่มีค่าไม่ต่างกันเป็นนัยสำคัญ
- 3 การตรวจพินิจคือ การสังเกตผลการทดลองหลังจากใบมีดหมุนพรวนดิน พบว่า ทั้งใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปและใบมีดต้นแบบ ความกว้างและความลึกของการพรวน และผิวดินชั้นล่างหลังการพรวน เป็นไปตามเกณฑ์ของการเตรียมดินเพื่อเกษตรกรรม สีที่พ่นไว้ที่ผิวด้านนอกและด้านในของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปบางส่วนหลุดหายไป แสดงว่าใบมีดเกิดการดันดินข้างหน้าที่ยังไม่ถูกพรวน สีที่พ่นไว้ที่ผิวใบมีดต้นแบบด้านนอกไม่หลุดหายไป แสดงว่าผิวใบมีดด้านนอกไม่ได้เสียดสีกับดิน เนื่องจากใบมีดไม่เกิดการดันดินที่ยังไม่ถูกพรวน ทำให้แรงต้านทานอันเกิดจากผิวใบมีดด้านนอกมีค่าน้อย ส่วนผิวด้านในส่วนใหญ่เสียดสีกับดินสม่ำเสมอทั่วทั้งผิว ทำให้การสึกหรอของใบมีดกระจายทั่วทั้งใบ ส่งผลทำให้อายุการใช้งานใบมีดยาวขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบลักษณะรูปร่างของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป ทำการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะและขนาดของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป ในกรณีทดลองพรวนในกระบะดิน จากนั้นจะวิเคราะห์ลักษณะและขนาดของแรงต้านทานลัพท์ ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป เพื่อออกแบบและสร้างใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่สำหรับการเตรียมดินเพื่อเกษตรกรรมในประเทศ โดยสามารถใช้ได้ทั้งการทำไร่และการทำนา งานวิจัยนี้สนใจพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบใบมีดจอบหมุน 2 ตัว คือ มุมเฉือน และผิวตัด เนื่องจากมุมเฉือนสามารถลดแรงกระแทกจากการกระทบกันระหว่างขอบคมตัดดินของส่วนปลายใบมีดกับดิน ขณะใบมีดหมุนพรวนดิน เพราะแรงกระแทกระหว่างใบมีดกับดิน จะถูกส่งกลับไปยังระบบส่งกำลัง ซึ่งอาจสร้างความเสียหายให้กับชิ้นส่วนในระบบส่งกำลังของเครื่องยนต์ได้ สำหรับผิวตัดเป็นส่วนที่ช่วยในการเหวี่ยงก้อนดินที่ถูกพรวน ไปกระทบกับฝาปิดด้านหลังเครื่องพรวนจอบหมุน เพื่อให้ก้อนดินแตกออกเป็นก้อนย่อยๆ การออกแบบมุมผิวตัดที่เหมาะสมยังสามารถทำให้ใบมีดไม่เกิดการผลัดดินที่ยังไม่ถูกพรวน ส่งผลให้ช่วยลดแรงต้านทานลัพท์ระหว่างใบมีดกับดิน ในการวิจัยทำการออกแบบใบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีมุมเฉือนค่าต่างๆ 4 ค่า คือ 10, 15, 20 และ 25 องศา จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง สามารถนำมาสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อระยะตัดดินมีค่ามากขึ้น แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะตัดดินที่มีค่ามาก ก้อนดินที่ถูกตัดจะมีปริมาณมาก แรงต้านทานลัพท์ที่ใบมีดใช้ในการตัดและเหวี่ยงก้อนดินจึงมีค่ามากด้วย ดังนั้น กรณีต้องการพรวนดินแข็งหรือดินไร่ ควรกำหนดระยะตัดดินน้อย และกรณีการพรวนดินอ่อนหรือดินนา สามารถกำหนดระยะตัดดินให้มากขึ้นได้
2. อัตราการเพิ่มขึ้นและลดลง ของแรงต้านทานลัพท์ของใบมีดต้นแบบมีค่าน้อยกว่าใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป แสดงว่า ผลการออกแบบใบมีดต้นแบบเพื่อลดการเกิดแรงกระแทกและแรงต้านทาน โดยการเพิ่มมุมเฉือนและส่วนโค้งผิวตัดสามารถลด

แรงกระแทกและแรงต้านทานลัทธิระหว่างใบมีดกับดินได้ตามการวิเคราะห์เชิง
รูปร่าง

3. จากผลการทดลองเส้นกราฟของใบมีดจอบหมุนต้นแบบในแต่ละระยะตัดดิน มี
ลักษณะเกาะกลุ่มกัน และเมื่อพิจารณาจากระยะตัดดินที่มีค่ามากขึ้น ค่ามุม
เฉือนที่เพิ่มขึ้นแทบจะไม่มีผลต่อแรงต้านทานลัทธิที่กระทำต่อใบมีด เนื่องจากมุม
เฉือนช่วยลดการเกิดแรงกระแทกเท่านั้น ดังนั้นในงานวิทยานิพนธ์นี้ใบมีดจอบ
หมุนต้นแบบที่มีค่ามุมเฉือน 10 องศา น่าจะมีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้
งาน เพราะขั้นตอนในการผลิตไม่ยุ่งยาก และสิ้นเปลืองวัสดุน้อย

สรุปข้อมูลจำเพาะเพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและการใช้งานของใบมีดจอบ
หมุนแบบยุโรปกับใบมีดต้นแบบมุมเฉือน 10 องศา แสดงในตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ตัวอย่างสรุปผลเปรียบเทียบข้อมูลจำเพาะใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป
กับใบมีดต้นแบบมุมเฉือน 10 องศา ที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร

ชนิดใบมีด	ใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป	ใบมีดต้นแบบมุมเฉือน 10 องศา
ลักษณะทั่วไป	ใบมีดขนาดใหญ่ กว้าง 90 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร	ใบมีดขนาดกลาง กว้าง 60 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร
ด้ามใบมีด	มี 2 รู เพื่อยึดใบมีดกับหน้าแปลนใบมีด	เหมือนใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป
ใบมีดส่วนตรง	เรียบเป็นระนาบ ขอบคมใบมีดมีลักษณะตรง	เหมือนใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป
ส่วนปลายใบมีด	เรียบเป็นระนาบ ไม่มีมุมเฉือนและมุมตัก ขอบคมใบมีดส่วนปลายตัดดินพร้อมกันทั้งแนว ความยาวส่วนปลายใบมีด 140 มิลลิเมตร	มีมุมเฉือนเพื่อให้ใบมีดเฉือนตัดดิน มีมุมตัก 70 องศา เพื่อป้องกันการเสียดสีระหว่างผิวใบมีดด้านนอกกับดินที่ยังไม่ถูกพรวน ความยาวส่วนปลายใบมีด 140 มิลลิเมตร
มุมตัด	95 องศา	90 องศา

ตารางที่ 8.1 ตัวอย่างสรุปผลเปรียบเทียบข้อมูลจำเพาะใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป
กับใบมีดต้นแบบมูมเฉือน 10 องศา ที่ระยะตัดดิน 6 เซนติเมตร (ต่อ)

ชนิดใบมีด	ใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป	ใบมีดต้นแบบมูมเฉือน 10 องศา
รัศมีตัด	30 มิลลิเมตร	30 มิลลิเมตร
รัศมีการหมุนใบมีด	230 มิลลิเมตร	237.5 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	1023 กรัม	411 กรัม
ชั้นดินหลังการพรวน	เรียบเป็นระนาบ	เรียบเป็นระนาบ
ความลึกหลังการพรวน	15 เซนติเมตร	15 เซนติเมตร
ความกว้างหลังการพรวน	14 เซนติเมตร	14 เซนติเมตร
แรงหนีศูนย์กลาง	180.73 นิวตัน	64.90 นิวตัน
แรงต้านทานลัพท์ที่สูงที่สุด (พิจารณาที่ระยะตัดดิน 6 ซม)	600 นิวตัน	350 นิวตัน
ลักษณะแรงต้านทานลัพท์ขณะใบมีดพรวนดิน	แรงกระแทก	แรงค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนสูงสุดจากนั้นค่อยๆ ลดลง

8.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัย การออกแบบและพัฒนาใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่สำหรับเตรียมดินในไร่และนา เป็นการวิจัยที่พัฒนาต่อยอดมาจากการวิจัย การหาแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด คือ ใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป ใบมีดจอบหมุนแบบญี่ปุ่น และใบมีดจอบหมุนแบบเอเชีย (สรารุช, 2546) ซึ่งจะได้ข้อมูลพื้นฐานของใบมีดในแต่ละแบบสำหรับใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยการออกแบบและพัฒนาใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่ ได้ออกแบบใบมีด โดยนำเอาข้อเด่นของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปและแบบญี่ปุ่น และจากการศึกษาทฤษฎีการออกแบบใบมีดแบบต่างๆ มาเป็นแนวทางในการออกแบบใบมีดชนิดใหม่ โดยสนใจพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ มุมเฉือน

และผิวดัก จากการทดลองจะทราบแรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนต้นแบบที่มีมุมเฉือนค่าต่างๆ รวมทั้งลักษณะทางกายภาพของใบมีดและดินหลังการพรวน ซึ่งจะสามารถนำไปเป็นฐานข้อมูลเพื่อที่จะใช้ในการวิจัยการออกแบบและพัฒนาใบมีดต่อไปได้ ดังนี้

1. การออกแบบใบมีดชนิดใหม่ควรให้ขอบคมตัดดินเป็นลักษณะโค้ง เพราะขอบคมโค้งจะสามารถลดการพันของเศษวัชพืชบนเพลลาใบมีดได้ดี
2. การทดสอบควรทำในสนามจริง เพื่อให้ทราบแรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดอย่างถูกต้อง และจะได้ทราบลักษณะทางกายภาพที่เกิดกับใบมีดและดินอย่างแท้จริง
3. ควรเพิ่มความละเอียดของอุปกรณ์ ที่ใช้ระบุตำแหน่งองศาการหมุนเพลลาใบมีด เพราะทำให้สามารถวิเคราะห์แรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนได้แม่นยำยิ่งขึ้น
4. การใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์มาช่วยในการวิเคราะห์ ความเค้น ความเครียดของใบมีดจอบหมุน จะมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับช่วยตัดสินใจในการออกแบบและการทดลอง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ไพศาล มานิตยโชติพิสิฐ. การศึกษาระงะทำบนใบมีดจอบหมุนที่พรวนในกระบะทราย.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

สรารุณ เหล่าพงศ์สวัสดิ์. การศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ. วิศวกรรมรถไถเดินตาม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2539.

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, ไพศาล มานิตยโชติพิสิฐ, สรารุณ เหล่าพงศ์สวัสดิ์, กวี ศรีทองกุล, ธาวัน
วนิชยางกูรานนท์, สิริวิวุฒิ หาสจิตโต, สุเมธ จันทร์แจ่มรัศมี. แรงลัพท์กระทำที่ใบมีดจอบ
หมุนจากการจัดเรียงใบมีดแบบต่างๆ. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 17, 15-17 ตุลาคม 2546. ปราจีนบุรี.

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, สรารุณ เหล่าพงศ์สวัสดิ์, กวี ศรีทองกุล, ธนิญฐา ตุมราศวิน, วรพงษ์ สุรชัย
วัฒนา, สมโภช ชิวหิตานนท์. การวิจัยและพัฒนาใบมีดจอบหมุนสำหรับพื้นที่เกษตรกรรม
ในประเทศ ตอนที่ 1 การหาคูณลักษณะและวัดแรงต้านทานพลศาสตร์ที่กระทำกับใบมีด
จอบหมุน. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18, 18-20
ตุลาคม 2547. ขอนแก่น.

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, กวี ศรีทองกุล, สรรพฤทธิ์ เผื่อนอัยกา, ชวิน จิตพิพัฒน์พงศ์, กิติพล อาชาว
ราทร, ปฐวี ธานีโต. การวิจัยและพัฒนาใบมีดจอบหมุนสำหรับพื้นที่เกษตรกรรมในประเทศ
ตอนที่ 2 การออกแบบและสร้างใบมีดจอบหมุนต้นแบบเพื่อลดแรงกระแทก. การประชุม
วิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19, 19-21 ตุลาคม 2548. ภูเก็ต.

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, Jun Sakai. หลักการทำนาแบบครอบครัวในเอเชียและวิศวกรรมรถไถพรวน
ดินจอบหมุน. แปลและเรียบเรียงจาก Two Wheel Tractors in "Agricultural Engineers'
Handbook", 13 พฤษภาคม 2542.

ภาษาอังกฤษ

- Beeny, J.M. and Khoo D.C.P., Preliminary Investigations into the Performance of Different Shaped Blades for the Rotary Tillage of Wet Rice Soil. Journal of Agricultural Engineering Research, 15,1 (1970): 27-33.
- Cook, N.H. and Rabinowicz, E., Physical Measurement and Analysis. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1963.
- Fujiura, T., Kawamura, N. and Si Gia, P., Automatic Control of Rotary Tilling Tractor (Part 2) Tilling Reaction Force Detector and Investigation of Control System. Research Report in Agricultural Machinery. 9 (1979): 1-14.
- Godwin, R. J., An Extended Octagonal Ring Transducer for Use in Tillage Studies. J. Agric. Engag. Res. 20 (1975): 347-352.
- Gu, Y., Kushwaha, R. L. and Zoerb, G. C., Cross-Sensitivity Analysis of Extended Octagonal Ring Transducer. American Society of Agricultural Engineers. 36 (1993): 1967-1972
- Gupta, C. P. and Visvanathan, R., Power Requirement of a Rotary Tiller in Saturated Soil, Transactions of the ASAE, 4,36 (1993): 1009-1012.
- Hendrick, J. G. and Gill, W. R., Rotary-Tiller Design Parameters Part I – Direction of Rotation. Transactions of the ASAE. (1971A): 669-674.
- Hendrick, J. G. and Gill, W. R., Rotary-Tiller Design Parameters Part II – Depth of Tillage. Transactions of the ASAE. (1971B): 675-678.
- Hendrick, J. G. and Gill, W. R., Rotary-Tiller Design Parameters Part III – Ratio of Peripheral and Forward Velocities. Transactions of the ASAE. (1971C): 679-683.
- Hendrick, J. G. and Gill, W. R., Rotary-Tiller Design Parameters Part IV – Blade Clearance Angle. Transactions of the ASAE. (1974): 4-7.
- Hoag, D. L. and Yoerger, R. R., Design Load Rings for Measurement. Transactions of the ASAE. (1974): 251-253, 261.
- Hoag, D. L. and Yoerger, R. R., Analysis and Design of Load Rings. Transactions of the ASAE. (1975): 995-1000.
- Sakai, J., Theoretical Approach to the Hand Tractor of Rotary Tillage (2). JARQ 9,1 (1975): 40-47.

- Sakai, J. and Shibata, Y., Studies on the Design Engineering of Rotary Blades for the Rotary Tillage of Tractors (Part2). The Bullentin of the Faculty of Agriculture, Mie University. (December, 1975): 211-223.
- Sakai, J. and Shibata, Y., Studies on the Design Engineering of Rotary Blades for the Rotary Tillage of Tractors (Part 3).The Bullentin of the Faculty of Agriculture, Mie University. (March, 1976): 145-155.
- Sakai, J., Some Design Know-hows of Edge-curve Angle of Rotary Blades for Paddy Rice Cultivation. AMA (Spring 1977): 49-57.
- Sakai, J., Designing Process and Theories of Rotary Blades for Better Rotary Tillage (Part 1). JARQ 12,2 (1978): 85-93.
- Sakai, J., Designing Process and Theories of Rotary Blades for Better Rotary Tillage (Part 2). JARQ 12,4 (1978): 197-204.
- Sakai, J. and Hai, L. V., Production Technology of Japanese Rotary Blades for Rotary Tillage. AMA. (Summer, 1980): 17-23.
- Sakai, J., Two-Wheel Tractor Engineering for Asian Wet Land Farming (English-Japanese Version). ISBN 4-88028-054-2: Shin-norinsha, 1999.
- Sakurai, H., Design-Theories and Production Technology of Japanese Rotary Tillage Blades. JICA, 1993.
- Shaw, M. C., Metal Cutting Principles. Cambridge, Massachusetts: M. I. T., 1968.
- Sineokov, G. N., Design of Soil Tilling Machines. New Delhi: Indian National Scientific Documentation Centre, 1978.
- Srithongkul, K. and Phongsupasamit, S., Design and Producing Prototype Rotary Blade for Tilling Soil in Thai Farmland. Proceedings of the 9th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27th International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity and Renewable Energy Sources in Agriculture. (Sep, 2005): 25-29, Izmir, TURKEY.
- Thakur, T. C., Design of Extended Octagonal Ring Dynamometer for Rotary Tillage Studies. AMA 3,19 (1988): 23-28.
- Travis, J., LabVIEW for Everyone. Second Edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, (2002).



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใบมีดจะหมุนตัดดินที่อยู่ในกระบะ โดยดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินจากพื้นที่เกษตรกรรมที่ใช้ในการทำไร่อ้อย ซึ่งได้มาจาก หมู่ 9 ต.เบิกไพร อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี เนื้อที่ 4 ไร่ ทำไร่อ้อยมาแล้ว 4 รุ่น ผลผลิตประมาณ 35 ตันต่อปี ในการทดลองนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างดิน 3 จุด ในบริเวณพื้นที่ประมาณ 4 ตารางเมตร จำนวน 6 ตัวอย่าง คือ ดินถุง 3 ตัวอย่าง (ถ.1 ถ.2 และ ถ.3) ดิน Core 3 ตัวอย่าง (อ.1 core อ.2 core และ อ.3 core) เพื่อนำส่งไปตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่ส่วนวิจัยกายภาพดิน สำนักวิทยาศาสตร์ เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน โดยคุณสมบัติทางกายภาพของดินและคุณสมบัติทางเคมีของดินที่ใช้ในการทดลอง แสดงในตารางที่ ก.1 และ ก.2 ตามลำดับ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่ใช้ในการทดลอง

Run No.	Lab No.	Sender Code	Depth (cm)	Particle Size Analysis			Texture	Density g.cm ⁻³		Porosity	Field Water content
				S %	Si %	C %		bulk	particle		
1	47014493	ถ.1	0-10	20.5	49.2	30.3	CL		2.63	0.49	
2	47014494	ถ.2	0-10	23.7	43.4	32.9	CL		2.52	0.47	
3	47014495	ถ.2	0-10	24.5	40.6	34.9	CL		2.41	0.46	
4	47014496	ข.1 core	0-10					1.34			22.48
5	47014497	ข.2 core	0-10					1.34			22.38
6	47014498	ข.3 core	0-10					1.31			18.53

ตารางที่ ก.2 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ใช้ในการทดลอง

Run No.	Lab No.	Sender Code	Depth (cm)	pH _{H2O}	LR kg/rai	OM %	Extractable (mg/kg)	
							P Bray 2	K
1	47014493	ถ.1	0-10	6.5	0	2.66	112	539
2	47014494	ถ.2	0-10	7.2	0	1.89	86	495
3	47014495	ถ.2	0-10	6.9	0	2.38	110	561

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การทดสอบทางเคมีและทางกลของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

ข.1 การทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

ใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปซึ่งใช้โลหะชนิด เหล็ก SUP9A เป็นวัตถุดิบในการผลิต นำไปทดสอบเพื่อหาค่าองค์ประกอบทางเคมี ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อวันที่ 23 กันยายน 2547 ใบมีดที่ใช้ในการทดสอบเป็นใบมีดด้านขวา (R) ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ Optical emission spectrometer; Spectrolab M7 ดังแสดงในรูปที่ ข.1 และ ข.2 ใช้วิธีวิเคราะห์ชนิด ASTM E415-99a ส่วนค่าองค์ประกอบทางเคมีของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปเปรียบเทียบกับมาตรฐานของเหล็ก SUP9A แสดงในตารางที่ ข.1



รูปที่ ข.1 Optical emission spectrometer; Spectrolab M7



รูปที่ ข.2 Optical emission spectrometer; Spectrolab M7 เพิ่มเติม

ตารางที่ ข.1 ค่าองค์ประกอบทางเคมีของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปเปรียบเทียบกับมาตรฐานของเหล็ก SUP9A

ธาตุ	มาตรฐานของเหล็ก SUP9A (%โดยน้ำหนัก)	องค์ประกอบทางเคมีของใบมีด แบบยุโรป (%โดยน้ำหนัก)
C	0.56 - 0.64	0.594
Si	0.15 - 0.35	0.300
Mn	0.70 - 1.00	0.786
P	ไม่เกิน 0.035	0.010
Si	ไม่เกิน 0.035	0.009
Cu	ไม่เกิน 0.030	0.757
Cr	0.70 - 1.00	0.002
Mo	ไม่กำหนด	0.036
Ni	ไม่กำหนด	0.092
V	ไม่กำหนด	0.006

ข.2 การทดสอบความแข็งของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

นำชิ้นส่วนใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป ที่ทำการสุ่มเลือกจากสายการผลิตของ บริษัท สามมิตร มอเตอร์ส แมนูแฟคเจอร์ จำกัด โดยค่ามาตรฐานที่โรงงานได้กำหนดไว้คือ HRC 41.8 - 44.5 ส่งไปวัดความแข็ง ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2547 โดยนำใบมีดไปทดสอบจำนวน 2 ใบ คือใบมีดจอบหมุนแบบยุโรปด้านขวา (R) 1 ใบ และ ใบมีดด้านซ้าย (L) 1 ใบ ในกระบวนการทดสอบ เครื่องมือทดสอบไม่สามารถวัดความแข็งตลอดทั้งใบมีดได้ เพราะความไม่เหมาะสมเนื่องจากรูปทรงของใบมีด จึงได้ทำการตัดใบมีดบางส่วนเพื่อทำการวัดความแข็ง โดยการทดสอบชิ้นส่วนใบมีด ชิ้นส่วนละ 5 ตำแหน่ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าความแข็งของชิ้นส่วนใบมีดนั้น โดยเครื่องมือ Rockwell Hardness Tester; Wilson 500 model B 534-T ดังแสดงในรูปที่ 6.4 ใช้วิธีวิเคราะห์ชนิด ASTM E-18 ซึ่งได้ค่าความแข็งดังนี้

ใบซ้าย(L) HRC 40.22+1.54

ใบขวา(R) HRC 38.86+0.58



รูปที่ ข.3 เครื่องวัดความแข็ง Rockwell Hardness Tester; Wilson 500 model B 534-T

ข.3 การทดสอบความลึกการชุบแข็งของใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป

ใบมีดจอบหมุนแบบยุโรป ด้านขวา (R) นำไปตรวจสอบความลึกการชุบแข็ง ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2547 การตรวจสอบวัดความลึกการชุบแข็ง โดยตัดใบมีดออกเป็นชิ้นเล็กๆ ทำการหล่อเรซิน ใช้เครื่องมือ Micro spec ดังแสดงในรูปที่ ข.4 และ ข.5 ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับส่องดูและถ่ายภาพความลึกการชุบแข็งของใบมีด ค่าที่ได้เป็นค่าจากผิวหน้าใบมีดด้านเดียวกันจำนวน 2 จุด โดยค่าความลึกการชุบแข็งเฉลี่ย 0.02 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ ข.6 และ ข.7

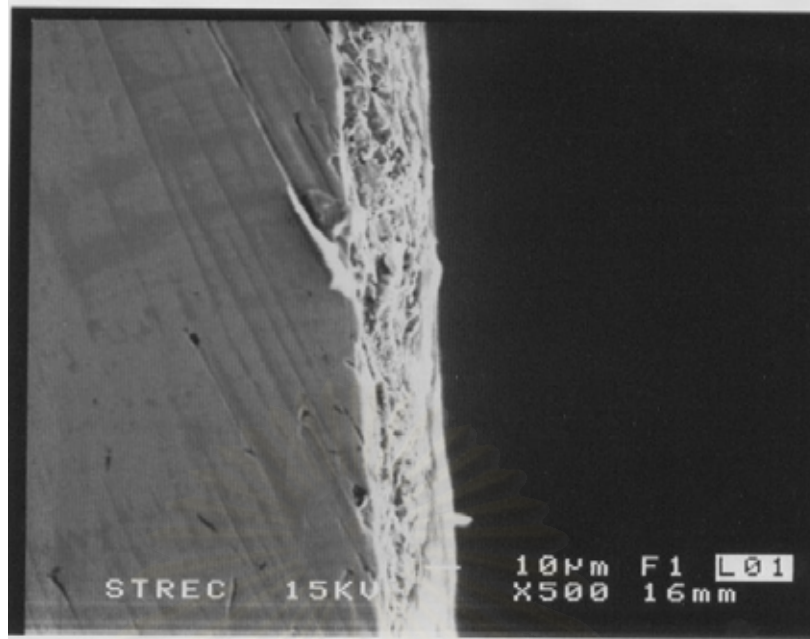


รูปที่ ข.4 Micro spec

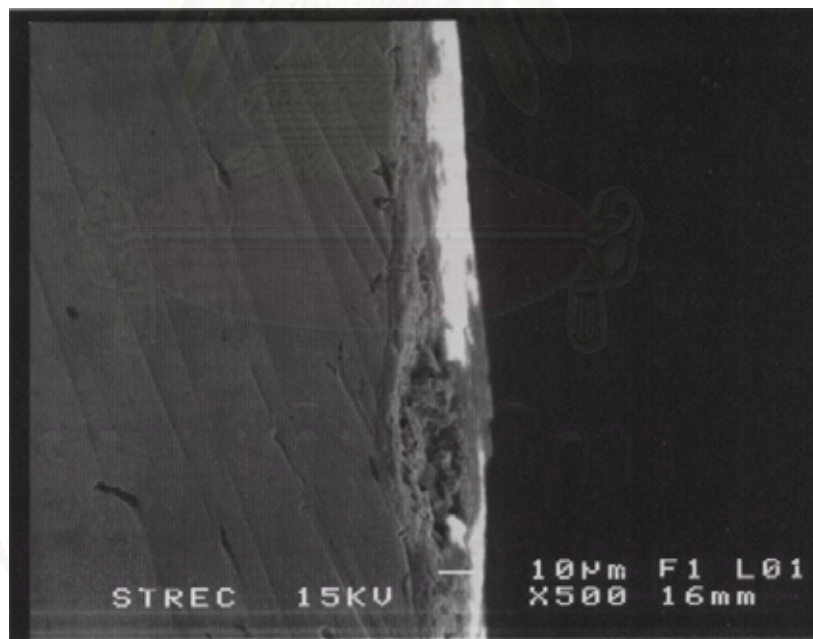


รูปที่ ข.5 มอนิเตอร์ของ Micro spec

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.6 ความลึกของการรูดแข็งจุดที่ 1

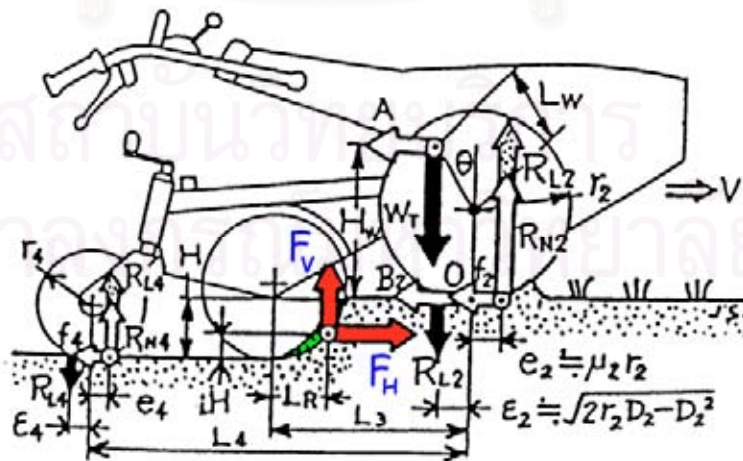


รูปที่ ข.7 ความลึกของการรูดแข็งจุดที่ 2

ภาคผนวก ค

หลักการพลศาสตร์ของรถไถเดินตาม

การวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ของรถแทรกเตอร์ หรือรถไถเดินตามติดเครื่องพรวนจอบหมุน จำเป็นต้องทราบแรงภายนอกที่มากกระทำทั้งหมด เพื่อสามารถวิเคราะห์เสถียรภาพการทำงานโดยรวมได้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ ค.1 แรงภายนอกที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องทดสอบเพื่อหาขนาดและทิศทางของแรง ก็คือ แรงที่กระทำต่อเครื่องพรวนจอบหมุน แสดงด้วยแรงสีแดง แรงดังกล่าวเป็นแรงต้านทานที่เกิดจากการพรวนดินของใบมีด เมื่อแตกแรงต้านทานดินนี้เป็นแรงในแนวตั้ง F_V และแรงในแนวระดับ F_H พบว่า แรง F_V มีทิศทางขึ้น ซึ่งจะเป็นแรงยกเครื่องพรวนจอบหมุนขึ้น ส่วนแรง F_H จะมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของเครื่องพรวนจอบหมุน เป็นแรงที่ช่วยผลักดันให้รถแทรกเตอร์หรือรถไถเดินตามติดเครื่องพรวนจอบหมุนให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การลื่นของล้ออาจมีค่าเป็นลบ (โดยปกติถ้าติดอุปกรณ์ไถเปอร์เซ็นต์การลื่นของล้อจะมีค่าเป็นบวก) ลักษณะของแรงต้านทานดินที่ช่วยผลักดันเครื่องพรวนจอบหมุนให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้านี้จะก่อให้เกิดการส่งผ่านกำลังในลักษณะที่เรียกว่า “ระบบการส่งกำลังวงจรมิด” (Closed-loop Power Flow System) ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ไม่ถูกถ่ายทอดไปที่เพลาล้อมาก ดังนั้น กำลังของเครื่องยนต์ส่วนใหญ่จึงถูกถ่ายทอดมายังเพลานำหน่วยกำลังที่ใช้ขับเพลานำมีดจอบหมุน เพื่อเอาชนะแรงต้านทานจากการพรวนดิน



รูปที่ ค.1 แรงภายนอกที่กระทำกับรถไถเดินตามติดเครื่องพรวนจอบหมุน (Sakai, 1999)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกวี ศรีทองกุล เกิดเมื่อวันที่ 24 มกราคม 2513 ที่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จ การศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จากภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2545



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย