

การศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมูน 3 ชนิด



นายสรารุณ เหล่าพงศ์สวัสดิ์

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

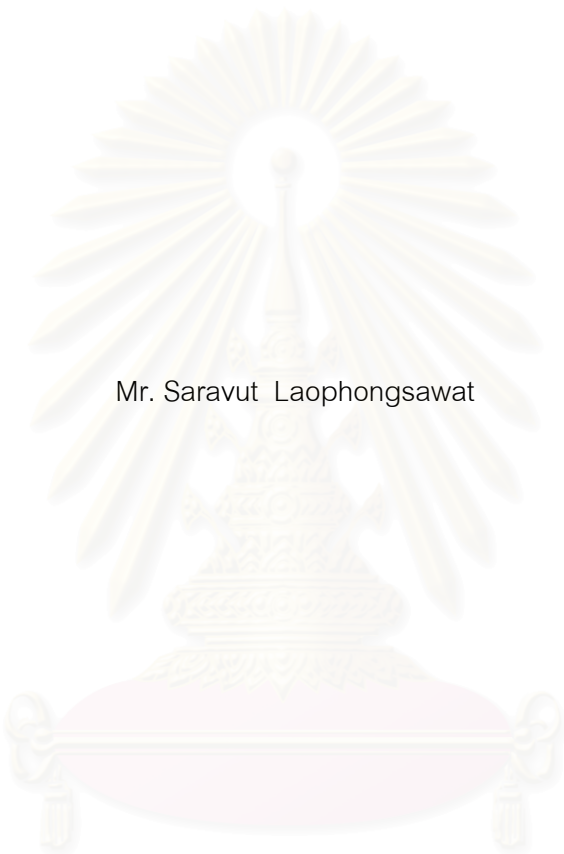
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4323-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARATIVE STUDY OF RESISTANCE FORCES ACTING ON THREE TYPES OF ROTARY BLADES



Mr. Saravut Laophongsawat

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-4323-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด
โดย	นายสรายุทธ เหล่าพงศ์สวัสดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฉัตรชัย หงษ์อุเทน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ชินเทพ เพ็ญชาติ)

สราวุธ เหล่าพงศ์สวัสดิ์ : การศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด (COMPARATIVE STUDY OF RESISTANCE FORCES ACTING ON THREE TYPES OF ROTARY BLADES)

อ. ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ พงศ์สุภสมิทธิ, จำนวนหน้า 183 หน้า.

ISBN 974-17-4323-8.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดอุปกรณ์สำหรับทดลองวัดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนที่นิยมใช้กับเครื่องพรวนจอบหมุนภายในประเทศจำนวน 3 ชนิด คือ ใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล ใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี และใบมีดจอบหมุนแบบผสม โดยอาศัยเทคนิคการวัดแรงต้านทานที่กระทำกับตัวใบมีดโดยตรง เพื่อมุ่งเน้นการหาขนาด ทิศทาง และแนวของแรงต้านทานที่กระทำต่อใบมีดจอบหมุนแต่ละชนิด เนื่องจากแรงต้านทานดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขณะที่ใบมีดหมุนพรวนดิน ดังนั้น การวัดแรงต้านทานต้องอาศัยอุปกรณ์เฉพาะที่มีอัตราการเก็บตัวอย่างข้อมูลสูง จึงใช้อุปกรณ์วัดแรง Extended Octagonal Ring ที่ติดสเตรนเกจจำนวน 12 ตัว ต่อเป็นวงจรแบบ Full Bridge 3 วงจร สำหรับวัดแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M ที่เกิดจากแรงต้านทานบนระนาบที่ตั้งฉากกับเพล่าใบมีด ร่วมกับ Personal Computer Based Data Acquisition System โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ร่วมกับโปรแกรมตัดค่าสัญญาณและโปรแกรมเปลี่ยนค่าความต่างศักย์เป็นแรงที่ได้เขียนขึ้นเพิ่มเติม สำหรับแสดงผล บนทีก และประมวลผล เพื่อวิเคราะห์แรงต้านทานที่เกิดขึ้นดังกล่าว

ผลจากการทดลองจะได้ทราบ ขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของแรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแต่ละชนิดจำนวนหนึ่งใบที่มุมมองการพรวนต่างๆ และทราบถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานตลอดการพรวน ตลอดจนการเกิดแรงต้านทานในทิศทางที่ยกเครื่องพรวนจอบหมุนและทิศทางแรงต้านทานที่ดันเครื่องพรวนจอบหมุนไปข้างหน้าเนื่องจากลักษณะรูปร่างและการจัดเรียงใบมีด รวมทั้งทราบถึงสัดส่วนของแรงที่กระทำกับส่วนตัดปลายของใบมีดที่ทำหน้าที่ตัดและเหวี่ยงก้อนทราย และส่วนตรงของใบมีดที่ทำหน้าที่ตัดทราย นอกจากนั้นสามารถคำนวณขนาดพื้นที่และปริมาตรของการตัดทรายได้ด้วย ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ออกแบบ พัฒนาปรับปรุงรูปร่างของใบมีดจอบหมุนให้เหมาะสมกับการพรวนดินในไร่และนา ได้ดียิ่งขึ้น

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล.....

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา ..2546.....

4370545621 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: ROTARY BLADES / FORCE MEASUREMENT / EXTENDED OCTAGONAL RING

SARAVUT LAOPHONGSAWAT : COMPARATIVE STUDY OF RESISTANCE FORCES
ACTING ON THREE TYPES OF ROTARY BLADES.

THESIS ADVISOR : PROF. SURIN PHONGSUPASAMIT, D.Agr. 183 pp.

ISBN 974-17-4323-8.

This study is conducted on the technological measuring method of resistance forces acting upon 3 types of rotary blades. There are L-shaped, C-shaped and mixed type blades which are used for cultivating soil in upland farming, lowland paddy field and both of them, respectively. The objective of this study is to determine magnitude, direction and lines of application of resultant forces acting on cutting edge of the rotary blade. The characteristics of these forces are changing all the time, therefore they should be measured by some special experimental devices. These devices are designed and fabricated which consist of rotary shaft unit and sand bin unit. An Extended Octagonal Ring is installed on the rotary shaft and it is used for measuring compression forces F , shearing forces P and moment M of the testing blade. Experimental data is analyzed by the Personal Computer Based Data Acquisition system which is operated with the LabVIEW program. Moreover, two additional developed programs are created for the propose of selecting the testing period of signals and calculating the resultant forces.

Experimental results of this study can be clearly explained the relationship between the different shape of three rotary blades and the phenomena of resultant forces in each degree of rotation. This relation can be effective applied as necessary data to design the optimum shape of rotary blade to suit field conditions in Thailand. Moreover, the characteristics of resultant forces, is due to installing aside blades, are useful for further studying of rotary blade arrangement on the rotary shaft.

DepartmentMechanical Engineering.....

Student's signature.....

Field of studyMechanical Engineering.....

Advisor's signature

Academic year ...2003.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ในด้านต่างๆ ด้วยดีมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฉัตรชัย หงษ์อุเทน และ อาจารย์ ชินเทพ เพ็ญชาติ กรรมการ ที่ได้ให้ความรู้และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ ดร.จิรพงศ์ กสิวิทย์อำนวย อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล รศ.ดร.ธัญญา นิยมมาภา อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคุณอัศพล เสนาณรงค์ กองเกษตรวิศวกรรม และคุณเจริญเพชรมณี บริษัท National Instrument ที่กรุณาให้ยืมอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณสุบิน ชันดี และคุณโกวิท โกพล ห้องปฏิบัติการเครื่องกล นายไพศาล มานิตย์โชติพิสิฐ นายเอกอุ ธรรมกรบัญญัติ นายกวี ศรีทองกุล นายยอดยิ่ง หมวกงาม นิสิตปริญญาโทวิศวกรรมเครื่องกล นายชนินทร สิงขรวุฒินันท์ นายชัยรัตน์ นฤพนธ์จิรกุล นายกฤดา พิสิษฐ์ไพบูลย์ นายสุเมธ จันทรแจ่มรัศมี นายวาทัญญู สันตินิยม นายธาริน วณิชยางกูรานนท์ นายสิริวุฒิ หาสจิตโต นางสาวขวัญตรี แสงประชาธนาวัชร นางสาวธัญญา ตุมวาศวิน นายวรพงษ์ สุรชัยกุลวัฒนา นายวรทรรศน์ นิรมิตมงคล นายสมโภช ชีวะหิตานนท์ นายกิตติศักดิ์ ชวลิตวงศ์ นายคะเน ที่ปกาทินารมภ์ นิสิตปริญญาตรีวิศวกรรมเครื่องกล และนางสาวจิตติมา ธกสิทธิ์เวทย์ ที่คอยช่วยเหลือตลอดเวลาทำการวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่คอยให้กำลังใจและให้ความสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยเสมอมา ประโยชน์และคุณค่าอันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูตานุชาแต่บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ถ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	3
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิทยานิพนธ์	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์	5
1.6 บริทัศน์วรรณกรรม	6
บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวกับไบมิติจอบหมูน	8
2.1 สมการเคลื่อนที่ของไบมิติจอบหมูน	8
2.2 ระยะเวลาตัดดิน	10
2.3 ชนิดของไบมิติจอบหมูน.....	11
2.4 รูปแบบการจัดเรียงไบมิติบนเพลลาไบมิติ	19
2.5 หน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ ของไบมิติ	22
2.6 การออกแบบไบมิติจอบหมูนให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงาน	29
บทที่ 3 เทคนิคการวัดและการวิเคราะห์แรงต้านทานที่กระทำกับไบมิติจอบหมูน	30
3.1 ที่มาและวิธีการวัดในอดีต	30
3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์วัดต่างๆ	31
3.3 ระบบการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์	42

	หน้า
บทที่ 4 อุปกรณ์การทดลอง.....	48
4.1 ชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน	48
4.2 ชุดอุปกรณ์วัดและปรับปรุงสัญญาณ.....	52
4.3 ชุดรับ แสดงผล บันทึกและประมวลผลสัญญาณ	55
บทที่ 5 วิธีการทดลอง.....	61
5.1 การสอบเทียบ	61
5.2 การทดลองพรวนทราย	65
บทที่ 6 ผลการทดลอง.....	76
6.1 ผลการสอบเทียบ.....	76
6.2 ผลการทดลองพรวนทราย	85
บทที่ 7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	103
7.1 แรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล.....	103
7.2 แรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี	112
7.3 แรงต้านทานลัทธิที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม.....	120
7.4 รอยการเสียดสีบนใบมีดทดสอบ	125
7.5 ลักษณะของก้อนทรายและรอยการตัดทราย	126
บทที่ 8 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง.....	129
8.1 สรุปผลการทดลอง	130
8.2 อภิปรายผลการทดลอง	134
8.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในอนาคต	136
รายการอ้างอิง	137
ภาคผนวก	140
ภาคผนวก ก ค่าความแน่นทรายในการทดลอง.....	141
ภาคผนวก ข โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองและวิเคราะห์.....	153
ภาคผนวก ค ตำแหน่งที่ใบมีดเริ่มตัดทรายและสิ้นสุดการตัดทราย	158
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	163

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 8.1	แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิดที่ระยะการตัดทราย 3 ขนาด 130
ตารางที่ 8.2	การเปรียบเทียบลักษณะรูปร่างและแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด 132
ตารางที่ ก.1	การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร 142
ตารางที่ ก.2	การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร 142
ตารางที่ ก.3	การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร 142
ตารางที่ ก.4	การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด 143
ตารางที่ ก.5	การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด 143
ตารางที่ ก.6	การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด 143
ตารางที่ ก.7	การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร ตัดใบมีดข้างเคียง 144
ตารางที่ ก.8	การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร ตัดใบมีดข้างเคียง 144
ตารางที่ ก.9	การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร ตัดใบมีดข้างเคียง 144
ตารางที่ ก.10	การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร 145
ตารางที่ ก.11	การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร 145
ตารางที่ ก.12	การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร 145
ตารางที่ ก.13	การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด 146
ตาราง ก.14	การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด 146
ตารางที่ ก.15	การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด 146

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	ลักษณะการเคลื่อนที่ของใบมีดจอบหมุน	8
รูปที่ 2.2	ระยะตัดดินต่างๆ	11
รูปที่ 2.3	ลักษณะของใบมีดชนิดตัวแอล	12
รูปที่ 2.4	ลักษณะของด้ามใบมีดชนิดตัวแอล	14
รูปที่ 2.5	เพลลาใบมีดและหน้าแปลนสำหรับติดใบมีดชนิดตัวแอล	14
รูปที่ 2.6	ลักษณะการติดใบมีดชนิดตัวแอลบนเพลลาใบมีด	14
รูปที่ 2.7	ลักษณะของใบมีดชนิดตัวซี	15
รูปที่ 2.8	ลักษณะของช่องสำหรับใส่ด้ามใบมีด	16
รูปที่ 2.9	ลักษณะของด้ามใบมีดชนิดตัวซี	16
รูปที่ 2.10	ลักษณะของใบมีดแบบผสม	17
รูปที่ 2.11	ลักษณะของด้ามใบมีดและหน้าแปลนสำหรับติดใบมีดแบบผสม	18
รูปที่ 2.12	ลักษณะการติดใบมีดแบบผสมบนหน้าแปลน	18
รูปที่ 2.13	การติดใบมีดในลักษณะเป็นเกลียวม้วนตามกัน	19
รูปที่ 2.14	การจัดเรียงใบมีดชนิดตัวแอลบนเพลลาใบมีด	19
รูปที่ 2.15	รอยการตัดดินของใบมีดชนิดตัวแอล	20
รูปที่ 2.16	รอยการตัดดินของใบมีดชนิดตัวซี	20
รูปที่ 2.17	การจัดเรียงใบมีดแบบผสมบนเพลลาใบมีด	21
รูปที่ 2.18	รอยการตัดดินของใบมีดแบบผสม	21
รูปที่ 2.19	ลักษณะของขอบตัดดินตรงและโค้ง	22
รูปที่ 2.20	การเคลื่อนที่ของเศษวัชพืชและฟางข้าว	23
รูปที่ 2.21	ลักษณะก้อนดินที่ถูกตัดโดยใบมีด	23
รูปที่ 2.22	การเคลื่อนที่ของก้อนดินหลังจากถูกตัด	23
รูปที่ 2.23	ส่วนประกอบต่างๆ ของปลายใบมีด	24
รูปที่ 2.24	รูปร่างหน้าตัดของใบมีด	26
รูปที่ 2.25	หน้าตัดของส่วนตรงของใบมีด	27
รูปที่ 2.26	หน้าตัดของส่วนดัดของใบมีด	27
รูปที่ 2.27	ความหนาและมุมคายของหน้าตัดของใบมีด	28
รูปที่ 3.1	ลักษณะของ EOR	31
รูปที่ 3.2	ลักษณะของ ECR	32

สารบัญภาพ (ต่อ)

ฎ

		หน้า
รูปที่ 3.3	ขณะทำการวัดจะมีแรงกดที่ตำแหน่ง A บน EOR.....	33
รูปที่ 3.4	การสอดแผ่นบางที่ด้านบนและด้านล่างของ EOR	33
รูปที่ 3.5	ลักษณะของ EOR ที่ปรับปรุงแล้ว	33
รูปที่ 3.6	ลักษณะของสเตรนเกจ	36
รูปที่ 3.7	การต่อวงจรแบบเต็มบริดจ์.....	37
รูปที่ 3.8	ลักษณะการเสียรูปของ ECR จากแรงและโมเมนต์	38
รูปที่ 3.9	การติดสเตรนเกจที่ตำแหน่งต่างๆ บน EOR	39
รูปที่ 3.10	การติด EOR บนเพลลาไทมิดและการติดไทมิด	39
รูปที่ 3.11	การหาตำแหน่งแรงลัพท์ที่กระทำกับไทมิด	40
รูปที่ 3.12	ลักษณะของ Rotary Encoder.....	41
รูปที่ 3.13	ลักษณะสัญญาณจาก Rotary Encoder.....	41
รูปที่ 3.14	ลักษณะของ Slip Ring และการใช้งาน	42
รูปที่ 3.15	ระบบการเก็บข้อมูล Data Acquisition System	43
รูปที่ 3.16	ตัวอย่างการแปลงคลื่นรูปไซน์ ความถี่ 1 Hz โดยมี Resolution 3 bit	44
รูปที่ 4.1	ชุดอุปกรณ์ทดลองที่ใช้ในวิทยานิพนธ์	48
รูปที่ 4.2	ชุดเพลลาไทมิดทดลอง 3 ชนิด	49
รูปที่ 4.3	การร้อยสายสัญญาณผ่านรูเจาะที่ปลายเพลลาไทมิด	49
รูปที่ 4.4	กระบวนทรายที่ใช้ในการทดลอง	50
รูปที่ 4.5	ชุดเฟืองโซ่และเฟืองทดรอบ	51
รูปที่ 4.6	ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบวนทราย	51
รูปที่ 4.7	ชุดเฟืองทดรอบและอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ควบคุม	51
รูปที่ 4.8	กลไกในการปรับระดับความลึกในการพรวน	52
รูปที่ 4.9	การต่อสายสัญญาณจากวงจรถัดเข้า Slip Ring	53
รูปที่ 4.10	Strain Amplifier Modules SCC-SG04	54
รูปที่ 4.11	กล่องรวมสัญญาณ SC 2345	54
รูปที่ 4.12	ลักษณะของ Rotary Encoder	55
รูปที่ 4.13	การติดตั้ง Rotary Encoder	55
รูปที่ 4.14	ลักษณะของ DAQ Card	56
รูปที่ 4.15	Front Panel ของโปรแกรมรับ แสดงผล และบันทึกสัญญาณ	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ฐ
๘

หน้า

รูปที่ 4.16	Diagram ของโปรแกรมรับ แสดงผล และบันทึกสัญญาณ	57
รูปที่ 4.17	โปรแกรมสำหรับแปลง Binary File เป็น Spreadsheet File	58
รูปที่ 4.18	โปรแกรมสำหรับเลือกช่วงข้อมูลจากการทดลอง	59
รูปที่ 4.19	โปรแกรมแปลงข้อมูลจากการทดลองเป็นขนาดของแรง และโมเมนต์	60
รูปที่ 4.20	การใช้แบบจำลองช่วยในการวิเคราะห์	60
รูปที่ 5.1	ชุดอุปกรณ์สอบเทียบที่สร้างขึ้น	62
รูปที่ 5.2	การประกอบ EOR เข้ากับชุดสอบเทียบที่สร้างขึ้น	62
รูปที่ 5.3	รูปแบบต่างๆ ของการใส่ภาระให้กับชุดอุปกรณ์สอบเทียบ	63
รูปที่ 5.4	การปรับค่าสัญญาณความต่างศักย์ให้เป็นศูนย์	63
รูปที่ 5.5	การใส่ตุ้มน้ำหนักบนถาดรองรับ	64
รูปที่ 5.6	การติดไบมิดเพิ่ม เพื่อให้สภาวะการพรวนของไบมิดเต็มไปกับไบมิดที่ ตัดส่วนปลายออกมีลักษณะเหมือนกัน	66
รูปที่ 5.7	ไบมิดเต็มไบและไบมิดที่ตัดส่วนปลายออก	67
รูปที่ 5.8	การติดไบมิดชนิดตัวแอลแบบม้วนตามกัน	68
รูปที่ 5.9	รอยการตัดทรายที่แตกต่างกัน 6 แบบ	68
รูปที่ 5.10	การจัดเรียงไบมิดรูปแบบต่างๆ ของไบมิดชนิดตัวซี	69
รูปที่ 5.11	การติดไบมิดข้างเคียง สำหรับไบมิดแบบผสม	69
รูปที่ 5.12	เครื่องอัดทราย	70
รูปที่ 5.13	Cone Penetrometer	71
รูปที่ 5.14	ปุ่มบนไบมิดสำหรับสร้างรอยการเคลื่อนที่	72
รูปที่ 5.15	รอยการตัดทรายที่เกิดขึ้น	72
รูปที่ 5.16	การวัดระดับความลึกในการพรวน	73
รูปที่ 5.17	การพ่นสีที่ไบมิดทดสอบ	74
รูปที่ 5.18	มุมมองการพรวนต่างๆ ของไบมิด	74
รูปที่ 6.1	การใส่ภาระเฉพาะแรงกด F	76
รูปที่ 6.2	สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะแรงกด F ..	77
รูปที่ 6.3	การใส่ภาระเฉพาะแรงเฉือน P	77
รูปที่ 6.4	สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะแรงเฉือน P..	78
รูปที่ 6.5	การใส่ภาระเฉพาะโมเมนต์ M	79

รูปที่ 6.6	สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรรีดิจ์ต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะโมเมนต์ M...79	
รูปที่ 6.7	การใส่ภาระที่ประกอบด้วย แรงกด F และโมเมนต์ M 80	80
รูปที่ 6.8	สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรรีดิจ์ต่างๆ เมื่อใส่ภาระ ที่ประกอบด้วยแรงกด F และโมเมนต์ M 80	80
รูปที่ 6.9	สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรรีดิจ์ต่างๆ เมื่อใส่ภาระ ที่ประกอบด้วยแรงกด F และโมเมนต์ M 81	81
รูปที่ 6.10	การใส่ภาระที่ประกอบด้วย แรงเฉือน P และโมเมนต์ M 82	82
รูปที่ 6.11	สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรรีดิจ์ต่างๆ เมื่อใส่ภาระ ที่ประกอบด้วย แรงเฉือน P และโมเมนต์ M 82	82
รูปที่ 6.12	สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรรีดิจ์ต่างๆ เมื่อใส่ภาระ ที่ประกอบด้วย แรงเฉือน P และโมเมนต์ M..... 83	83
รูปที่ 6.13	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น จากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ ที่ระยะตัดทราง 3 เซนติเมตร 85	85
รูปที่ 6.14	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น จากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ ที่ระยะตัดทราง 6 เซนติเมตร 86	86
รูปที่ 6.15	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น จากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ ที่ระยะตัดทราง 9 เซนติเมตร 86	86
รูปที่ 6.16	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบ ที่ระยะตัดทราง 3 เซนติเมตร..... 87	87
รูปที่ 6.17	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบ ที่ระยะตัดทราง 6 เซนติเมตร 87	87
รูปที่ 6.18	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบ ที่ระยะตัดทราง 9 เซนติเมตร 88	88
รูปที่ 6.19	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสมเต็มใบ ที่ระยะตัดทราง 3 เซนติเมตร..... 88	88
รูปที่ 6.20	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสมเต็มใบ ที่ระยะตัดทราง 6 เซนติเมตร..... 89	89
รูปที่ 6.21	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสมเต็มใบ ที่ระยะตัดทราง 9 เซนติเมตร.....89	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ผ

หน้า

รูปที่ 6.22	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวแอลตัดปลาย ที่ระยะตัดทวาย 3 เซนติเมตร	90
รูปที่ 6.23	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวแอลตัดปลาย ที่ระยะตัดทวาย 6 เซนติเมตร	90
รูปที่ 6.24	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวแอลตัดปลาย ที่ระยะตัดทวาย 9 เซนติเมตร	91
รูปที่ 6.25	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวซีตัดปลาย ที่ระยะตัดทวาย 3 เซนติเมตร	91
รูปที่ 6.26	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวซีตัดปลาย ที่ระยะตัดทวาย 6 เซนติเมตร	92
รูปที่ 6.27	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวซีตัดปลาย ที่ระยะตัดทวาย 9 เซนติเมตร	92
รูปที่ 6.28	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดแบบผสมตัดปลาย ที่ระยะตัดทวาย 3 เซนติเมตร	93
รูปที่ 6.29	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดแบบผสมตัดปลาย ที่ระยะตัดทวาย 6 เซนติเมตร	93
รูปที่ 6.30	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดแบบผสมตัดปลาย ที่ระยะตัดทวาย 9 เซนติเมตร	94
รูปที่ 6.31	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวแอล แบบมี การจัดเรียงไวมีดที่ระยะตัดทวาย 3 เซนติเมตร	94
รูปที่ 6.32	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวแอล แบบมี การจัดเรียงไวมีดที่ระยะตัดทวาย 6 เซนติเมตร	95
รูปที่ 6.33	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวแอล แบบมี การจัดเรียงไวมีดที่ระยะตัดทวาย 9 เซนติเมตร	95
รูปที่ 6.34	รอยการตัดทวายที่เกิดจากการจัดเรียงไวมีดชนิดตัวซี ในรูปแบบต่างๆ	96
รูปที่ 6.35	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวซี โดยการจัดเรียงไวมีดแบบที่ 1	97
รูปที่ 6.36	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวซี โดยการจัดเรียงไวมีดแบบที่ 2	97

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ณ

หน้า

รูปที่ 6.37	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซี โดยการจัดเรียงใบมีดแบบที่ 3.....	98
รูปที่ 6.38	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซี โดยการจัดเรียงใบมีดแบบที่ 4	98
รูปที่ 6.39	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซี โดยการจัดเรียงใบมีดแบบที่ 5	99
รูปที่ 6.40	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซี โดยการจัดเรียงใบมีดแบบที่	99
รูปที่ 6.41	รอยการตัดทลายที่เกิดจากการจัดเรียงใบมีดชนิดตัวซี ในรูปแบบต่างๆ	100
รูปที่ 6.42	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสม โดยการจัดเรียงใบมีด แบบที่ 1	100
รูปที่ 6.43	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสม โดยการจัดเรียงใบมีด แบบที่ 2	101
รูปที่ 6.44	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสม โดยการจัดเรียงใบมีด แบบที่ 3	101
รูปที่ 6.45	แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสม โดยการจัดเรียงใบมีด แบบที่ 4	102
รูปที่ 7.1	กราฟแสดงแรงต้านทานลัพธ์จากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ ที่ระยะตัดทลาย 3 ขนาด	104
รูปที่ 7.2	ตำแหน่งที่เกิดแรงลัพธ์สูงสุดจากการสัมผัสทลายพร้อมกัน	105
รูปที่ 7.3	ขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของแรงต้านทานลัพธ์สูงสุด ที่กระทำกับใบมีด ชนิดตัวแอล	106
รูปที่ 7.4	แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบและใบมีด ส่วนตรงที่ระยะตัดทลาย 3 เซนติเมตร	107
รูปที่ 7.5	แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบและใบมีด ส่วนตรงที่ระยะตัดทลาย 6 เซนติเมตร.....	108
รูปที่ 7.6	แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบและใบมีด ส่วนตรงที่ระยะตัดทลาย 9 เซนติเมตร	109

รูปที่ 7.7	แรงต้านทานลัพท์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวแอล โดยมีการจัดเรียงไวมีดที่ระยะการตัดทราย 3 ขนาด	111
รูปที่ 7.8	กราฟแสดงแรงต้านทานลัพท์จากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวซีเต็มไวมีด ที่ระยะการตัดทราย 3 ขนาด.....	113
รูปที่ 7.9	ขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของแรงต้านทานลัพท์สูงสุด ที่กระทำกับไวมีด ชนิดตัวซี	114
รูปที่ 7.10	แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับไวมีดชนิดตัวซีเต็มไวมีดและไวมีดส่วนตรง ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร	115
รูปที่ 7.11	แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับไวมีดชนิดตัวซีเต็มไวมีดและไวมีดส่วนตรง ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร	116
รูปที่ 7.12	แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับไวมีดชนิดตัวซีเต็มไวมีดและไวมีดส่วนตรง ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร	117
รูปที่ 7.13	แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไวมีดชนิดตัวซี จากการจัดเรียงไวมีด 6 รูปแบบ	119
รูปที่ 7.14	กราฟแสดงแรงต้านทานลัพท์จากการพรวนด้วยไวมีดแบบผสมเต็มไวมีด ที่ระยะการตัดทรายต่างๆ	120
รูปที่ 7.15	ขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของแรงต้านทานลัพท์สูงสุด ที่กระทำกับไวมีด แบบผสม	122
รูปที่ 7.16	แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับไวมีดแบบผสมเต็มไวมีดและไวมีดส่วนตรง ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร	123
รูปที่ 7.17	แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไวมีดจอบหมุนแบบผสม จากการจัดเรียง ไวมีด 4 รูปแบบ	124
รูปที่ 7.18	รอยการเสียดสีที่เกิดจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวแอล	125
รูปที่ 7.19	รอยการเสียดสีที่เกิดจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวซี	126
รูปที่ 7.20	รอยการเสียดสีที่เกิดจากการพรวนด้วยไวมีดแบบผสม	126
รูปที่ 7.21	ลักษณะของก้อนทรายและรอยการตัดทรายที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีด 3 ชนิด	127
รูปที่ 8.1	แรงภายนอกที่กระทำกับรถไถเดินตามติดเครื่องพรวนจอบหมุน	128

	หน้า
รูปที่ 8.2	ลักษณะรูปร่างของใบมีดจอบหมุนทั้ง 3 ชนิด 129
รูปที่ ข.1	แสดงสัญญาณพัลส์จาก Rotary Encoder และ แวง F,P และโมเมนต์ M 153
รูปที่ ข.2	แสดงสัญญาณแวง F,P และโมเมนต์ M ที่ตัดคาบแล้ว 154
รูปที่ ข.3	แสดงการเขียนโปรแกรมตัดคาบข้อมูล 154
รูปที่ ข.4	แสดงการเขียนโปรแกรมคำนวณแวงและโมเมนต์ 155
รูปที่ ข.5	แสดงผลการคำนวณขนาด มุมและตำแหน่งของแวงด้านทานล์พ์..... 155
รูปที่ ข.6	แสดงการจำลองการตัดทรายของใบมีดจอบหมุนโดยใช้โปรแกรม CATIA V5..... 156
รูปที่ ข.7	แสดงการสร้างปริมาตรก่อนทรายที่ถูกพรวนใน 1 รอบการหมุน 156
รูปที่ ข.8	แสดงตัวอย่างการหาตำแหน่งที่ใบมีดเริ่มตัดโดนทรายจนกระทั่งปลายใบมีดเคลื่อน ออกจากก่อนทราย ในการจำลองการพรวนที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร 157
รูปที่ ค.1	แสดงตำแหน่งใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร..... 158
รูปที่ ค.2	แสดงตำแหน่งใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร..... 158
รูปที่ ค.3	แสดงตำแหน่งใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร..... 159
รูปที่ ค.4	แสดงตำแหน่งใบมีดชนิดตัวซี ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร 159
รูปที่ ค.5	แสดงตำแหน่งใบมีดชนิดตัวซี ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร..... 159
รูปที่ ค.6	แสดงตำแหน่งใบมีดชนิดตัวซี ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร..... 160
รูปที่ ค.7	แสดงตำแหน่งใบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร..... 161
รูปที่ ค.8	แสดงตำแหน่งใบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร..... 161
รูปที่ ค.9	แสดงตำแหน่งใบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร 161

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

เครื่องพรวนจอบหมุน (Rotary Tiller) เป็นอุปกรณ์การเกษตรที่ใช้ในการพรวนดิน โดยใช้ติดกับรถแทรกเตอร์ 4 ล้อ หรือรถไถเดินตาม เครื่องพรวนจอบหมุนทำงานโดยอาศัยกำลังจากเครื่องยนต์ถ่ายทอดผ่านเพลลาอำนาจกำลัง (P.T.O Power Take-off) ของรถแทรกเตอร์ หรือรถไถเดินตาม หมุนขับเพลลาใบมีดจอบหมุน (Rotary Shaft) ที่มีใบมีดจำนวนมากจัดเรียงติดอยู่ เมื่อเพลลาใบมีดหมุนพร้อมทั้งเคลื่อนที่ ใบมีดแต่ละใบจะตัดดินให้แตกแยกเป็นก้อนเล็กๆ และคลุกเคล้าวัชพืชให้ผสมกับดิน กำลังเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์หรือรถไถเดินตามส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการขับเพลลาใบมีดขณะพรวนดิน ซึ่งเกิดจากแรงต้านทานดิน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ประมาณ 85-90% ของกำลังเครื่องยนต์ทั้งหมด โดยขนาดของแรงต้านทานดินรวมขึ้นอยู่กับ ลักษณะรูปร่างของใบมีด (Blade Shape) ระยะตัดดิน (Bite Length) การจัดเรียงใบมีด ความเร็วในการเคลื่อนที่ และความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีด ความกว้างและความลึกของการพรวนดิน รวมถึงคุณสมบัติของดิน และ ความหนาแน่นวัชพืชที่ปกคลุมดิน

เนื่องจากเครื่องพรวนจอบหมุนเป็นอุปกรณ์ที่สามารถย่อยและพลิกกลับหน้าดินได้ในขั้นตอนเดียวซึ่งสะดวกและรวดเร็วกว่าการเตรียมดินด้วยอุปกรณ์การเกษตรชนิดอื่นๆ ดังนั้นเครื่องพรวนจอบหมุนจึงเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับความนิยมอย่างมาก สำหรับในประเทศไทยมีการใช้เครื่องพรวนจอบหมุนกันอย่างแพร่หลาย โดยมีการใช้เตรียมดินสำหรับ การทำไร่ การทำนา และการทำสวน โดยลักษณะใบมีดที่นิยมใช้กับเครื่องพรวนจอบหมุนภายในประเทศมีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่

1.1.1 ใบมีดชนิดตัวแอล (L-Shaped Blade)

ใบมีดชนิดนี้ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นในยุโรป ครั้งแรกโดยบริษัท Howard Rotavator ในประเทศฮอลแลนด์ จึงเรียกกันทั่วไปว่า ใบมีดชนิดยุโรป เหมาะสำหรับพรวนดินเพื่อการเพาะปลูกพืชไร่ ซึ่งสภาพดินมีลักษณะ แข็ง แน่น ด้วยเหตุนี้ใบมีดชนิดตัวแอลจึงมีลักษณะหนาและใหญ่

1.1.2 ใบมีดชนิดตัวซี (C-Shaped Blade)

ใบมีดชนิดนี้ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ในปี ค.ศ.1940 โดย Mr. Kumaichi Honda และ Mr. Rinsaku Satoh มีชื่อเรียกในภาษาญี่ปุ่นว่า Nataba ใบมีดชนิดนี้มีลักษณะโค้งและปลายตัด ซึ่งสามารถลดการติดพันของวัชพืชและฟางข้าวขณะพรวนดินในนา ได้ดีกว่าใบมีดชนิดตัวแอล

1.1.3 ใบมีดชนิดผสม (Mixed Blade)

ใบมีดชนิดนี้ได้มีผู้คิดค้นและผลิตขึ้นในประเทศไทยซึ่งมีความแข็งแรงเหมือนใบมีดตัวแอล แต่มีส่วนโค้งและปลายตัดเหมือนใบมีดตัวซี ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพดิน และการใช้งานในประเทศไทย

ใบมีดทั้ง 3 ชนิดนี้ มีการใช้กับเครื่องพรวนจอบหมุนภายในประเทศ ทั้งการทำไร่และการทำนา โดยใบมีดชนิดตัวซีนั้นจำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง อีกทั้งใบมีดจอบหมุนมีการสึกหรอเร็วและการเปลี่ยนใบมีดแต่ละครั้งต้องเปลี่ยนทั้งหมด ดังนั้น การเปลี่ยนใบมีดแต่ละครั้งจึงเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงสำหรับเกษตรกร และเนื่องจากราคาที่สูงและใบมีดแต่ละชนิดมีการจับยึดบนเพลลาใบมีดที่แตกต่างกัน ดังนั้นเกษตรกรจึงเลือกใช้ใบมีดเพียงชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น โดยใช้เตรียมดินทั้งในไร่และในนา ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องพรวนลดลงและยังส่งผลให้ใบมีดสึกหรอเร็วขึ้นด้วย จากสาเหตุดังกล่าวนี้เองจึงมีผู้คิดและผลิตใบมีดจอบหมุนแบบผสมขึ้นภายในประเทศ โดยรวมข้อดีของใบมีดชนิดตัวแอลและใบมีดชนิดตัวซีเพื่อให้สามารถใช้พรวนดินได้ทั้งดินไร่และดินนา แต่ผู้ผลิตยังขาดความรู้พื้นฐานทางวิชาการที่ใช้ออกแบบและพัฒนาใบมีดจอบหมุนให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่การเกษตรภายในประเทศ

วิทยานิพนธ์นี้จึงทำการศึกษาทดลองหาแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดต่างๆ โดยการวัดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดโดยตรง ซึ่งแรงดังกล่าวนี้เป็นแรงแบบพลศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางการตลอดเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของใบมีด และสภาวะการทำงานของเครื่องพรวน โดยแรงต้านทานนี้ส่งผลโดยตรงต่อกำลังเครื่องยนต์ที่ต้องการและเสถียรภาพการทำงานโดยรวมของรถไถเดินตามหรือรถแทรกเตอร์ที่ติดพวงจอบหมุน การทำวิทยานิพนธ์นี้เน้นการหาขนาดและการเปลี่ยนแปลงของแรงที่เกิดขึ้นกับใบมีดส่วนต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะทางที่สามารถวัดแรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนได้โดยตรง มีอัตราการเก็บข้อมูลที่สูงและแม่นยำเพียงพอที่สามารถบันทึกการเปลี่ยนแปลงของค่า

สัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ ผลที่ได้จากวิทยานิพนธ์นี้สามารถนำไปใช้พัฒนาปรับปรุงรูปร่างของ ไบมีดให้ดียิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. สร้างชุดทดลองเพื่อจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุนซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนและควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุนได้หลายรูปแบบ และชุดทดลองสำหรับการเก็บและบันทึกสัญญาณข้อมูลแรงต้านทานที่กระทำบนไบมีดจอบหมุนที่เกิดขึ้นทุกๆ 1 องศาการหมุนของเพลลาไบมีดขณะไบมีดหมุนพรวน
2. ศึกษาขนาด ทิศทางและการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่เกิดขึ้นโดยตรงบนไบมีดเต็มใบแต่ละชนิด ที่ระยะการตัดทรายต่างๆ
3. ศึกษาขนาด ทิศทางและการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่กระทำกับแต่ละส่วนของไบมีดแต่ละชนิด
4. ศึกษาแรงต้านทานที่เกิดขึ้นที่ไบมีดจอบหมุนหนึ่งใบ ระหว่างการพรวนด้วยไบมีดใบเดี่ยวและการพรวนโดยติดไบมีดข้างเคียงรูปแบบต่างๆ
5. สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาปรับปรุงรูปร่างของไบมีดจอบหมุนได้

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาการหาขนาด ทิศทาง แนวแรงลัพธ์และการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่กระทำกับไบมีดจอบหมุนชนิดต่างๆ ที่แต่ละองศาของการพรวนหมุนในกระบะทราย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. หาขนาด ทิศทางและการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่กระทำกับไบมีดจอบหมุนแต่ละชนิดเต็มใบ ที่ระยะการตัดทราย 3 , 6 และ 9 เซนติเมตร
2. หาขนาด ทิศทางและการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่กระทำกับไบมีดจอบหมุนแต่ละชนิดเฉพาะไบมีดส่วนตรง โดยตัดส่วนปลายของไบมีดทดลองที่ระยะการตัดทราย 3 , 6 และ 9 เซนติเมตร

3. หาขนาด ทิศทางและการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีด จอบหมุนแต่ละชนิด โดยบนเพลลาใบมีดจะจัดเรียงใบมีดข้างเคียงในรูปแบบต่างๆ ตามการใช้งานจริง โดยทดลองที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร

แต่ละการทดลองจะใช้ความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีด 120 รอบต่อนาที และระดับความลึกในการพรวนเท่ากับ 12 เซนติเมตร โดยที่ระดับความลึกนี้มีความแน่นของทราย ประมาณ 18.2 kgf/cm^2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิทยานิพนธ์

การดำเนินงานวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1.4.1 ขั้นตอนเตรียมการทดลอง

1. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการเตรียมดินและการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน
2. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับรูปร่างและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบใบมีด จอบหมุนที่ผลต่อแรงต้านทานในการพรวน
3. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์วัดแรง Extended Octagonal Ring (EOR) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดแรงที่กระทำใบมีดจอบหมุน
4. ศึกษาวิธีแสดงผล เก็บบันทึกและประมวลผลข้อมูลร่วมกับคอมพิวเตอร์และวิธีการใช้งานอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ
5. วางแผนการทดลองสำหรับการวัดค่าสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาแรงต้านทานกระทำที่ใบมีด
6. สร้างและพัฒนาชุดจำลองสภาพการทำงาน of เครื่องพรวนจอบหมุนและชุดอุปกรณ์วัดต่างๆ
7. สร้างโปรแกรมสำหรับรับสัญญาณความต่างศักย์เพื่อแสดงผล และโปรแกรมสำหรับการประมวลผลและวิเคราะห์แรงต้านทานที่เกิดขึ้น
8. เปรียบเทียบอุปกรณ์วัดแรง EOR และทดสอบระบบการบันทึกข้อมูล

1.4.2 ขั้นตอนทดลองเพื่อเก็บข้อมูลแรงต้านทานที่เกิดขึ้น

1. ทำการทดสอบระบบการทำงาน of ชุดจำลองสภาพการทำงาน of เครื่องพรวนจอบหมุน

2. ประกอบชุดอุปกรณ์วัดเข้ากับชุดจำลองสภาพการทำงาน และต่อสายสัญญาณต่างๆ ไปยังระบบเก็บข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งทดลองวัดสัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้น
3. ทำการทดลองในกรณีต่างๆ ที่กำหนดไว้ โดยในแต่ละการทดลองจะต้องเตรียมทราयीให้มีความแน่นของชั้นทราयीในแต่ละการทดลองให้ใกล้เคียงกัน
4. นำสัญญาณความต่างศักย์ที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาแรงและโมเมนต์ ที่องศาการหมุนต่างๆ โดยใช้ความสัมพันธ์จากการสอบเทียบ

1.4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลที่เกิดขึ้น รวมทั้งข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์

1. ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ทดสอบหาแรงต้านทานที่กระทำกับ ไบมีดจอบหมุนโดยตรงที่องศาการหมุนพรวนต่างๆ ได้ ซึ่งสามารถนำไบมีดจอบหมุนที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปหรือไบมีดที่ออกแบบขึ้นใหม่มาทดสอบประสิทธิภาพได้
2. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างขนาด ทิศทางและการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับไบมีดจอบหมุนแต่ละชนิด กับลักษณะรูปร่างของไบมีด ซึ่งแรงต้านทานลัพท์ประกอบด้วยแรงในทิศทางที่ยกเครื่องพรวนจอบหมุน และแรงต้านทานในทิศทางที่ดันเครื่องพรวนจอบหมุนไปข้างหน้า
3. ทราบถึงลักษณะและสัดส่วนของแรงที่กระทำกับส่วนตรงและส่วนดัดปลายของไบมีดจอบหมุนแต่ละชนิด
4. ทราบถึงความแตกต่างของแรงต้านทานที่เกิดขึ้นเมื่อเปลี่ยนระยะตัดทราयी และผลจากการจัดเรียงไบมีด ในรูปแบบต่างๆ
5. สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพิจารณาออกแบบปรับปรุงไบมีดจอบหมุนชนิดใหม่ และข้อมูลบางส่วนสามารถนำไปใช้ในการจัดรูปแบบการติดไบมีดและการเลือกใช้ระยะการตัดดินที่เหมาะสมกับไบมีดแต่ละชนิดได้
6. สามารถนำระบบการเก็บข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้เพื่อให้ผลการทดลองมีความถูกต้องแม่นยำและสะดวกในการประมวลผลข้อมูลมากยิ่งขึ้น

1.6 ปรัชญ์วรรณกรรม

Hendrick, J. G. และ Gill, W. R. (1971, 1974) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในการออกแบบใบมีดจอบหมุน 4 ตัว คือ ทิศทางหมุน ความลึกในการพรวน อัตราส่วนระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่กับความเร็วมุมของเพลาจอบหมุน และความสัมพันธ์ของมุมคมตัดกับการเคลื่อนที่ของใบมีด

Hoag, D. L. และ Yoerger, R. R. (1974, 1975) วิเคราะห์และออกแบบ EOR สำหรับวัดแรงกด แรงเฉือน และโมเมนต์ที่มากกระทำ โดยใช้สเตรนเกจต่อเป็นวงจรบริดจ์ติดบน EOR ตรงตำแหน่งที่สามารถวัดแรงกดอิสระกับแรงเฉือน โดยการวิเคราะห์ตามหลักของกลศาสตร์วัสดุ

Godwin, R. J. (1975) ประยุกต์ใช้ EOR ในการวัดแรงที่เกิดขึ้นในการทดลองใด ทำให้พบปัญหาเกี่ยวกับรูปร่างของ EOR ที่ต้องมีการปรับปรุงเพื่อการวัดที่ถูกต้อง โดยผลลัพธ์ที่ได้จาก EOR มีลักษณะเป็นเชิงเส้นกับแรงกระทำ อิสระกับตำแหน่งของแรงกระทำซึ่งเหมาะสำหรับใช้วัดแรงในการศึกษาแรงต้านทานในการไถที่มีลักษณะของแรงเป็นสองมิติ

Sakai, J. และ Shibata, (1975) เสนอทฤษฎีมุม Cutting-in β สัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถไถ ความเร็วรอบหมุนของเพลาใบมีด รัศมีของใบมีด และความลึกในการพรวน นำไปใช้ในการออกแบบโมเดลทางคณิตศาสตร์ของความโค้งของใบมีดส่วนตรง

Sakai, J. (1975) วิเคราะห์หลักการที่สำคัญ 3 อย่างสำหรับการออกแบบใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี คือ มุมโค้ง β_1 มุมขอบโค้ง α และภาพหน้าตัดของใบมีด โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของใบมีด ลักษณะรูปร่างของใบมีดที่สัมพันธ์กับประสิทธิภาพการพรวน และลักษณะของแรงต้านทานของใบมีด

Sakai, J. และ Shibata, Y. (1976) เสนอว่าคมตัดของใบมีดแบบสองคมจะก่อให้เกิดแรงต้านทานกับดินบริเวณที่ไม่ได้ถูกพรวน และเมื่อใบมีดสึกหรอจะยังทำให้เกิดแรงต้านทานมากขึ้น

Sakai, J. (1977) พบว่าขอบตัดดินโค้งของใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซีสามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการเส้นโค้งเวียนก้นหอย (Spiral) โดยค่ามุมขอบโค้งมีการเปลี่ยนแปลง

คงที่ คือ $1/18$ เริ่มต้นจาก 67.5° ที่ด้ามมีด จนถึงมุม 57.5° ที่ปลายใบมีดส่วนตรง จะไม่มีวัชพืชหรือฟางข้าวพันที่ใบมีดขณะพรวนดิน

Sakai, J. (1978) เสนอกระบวนการการออกแบบใบมีดจอบหมุนพร้อมกับทฤษฎีการออกแบบใบมีดอย่างย่อสำหรับแต่ละส่วนของใบมีด โดยแสดงเป็นแผนผังการออกแบบสำหรับการวางแผนออกแบบใบมีด

Fujiura, T., Kawamura, N. และ Si Gia, P. (1979) เสนอแนวคิดในการหาตำแหน่งของแรงต้านทานที่เกิดขึ้นบนใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซีจากการวัดแรงต้านทานด้วย EOR

Sakai, J. และ Hai, L. V. (1980) แสดงกระบวนการผลิตใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซีซึ่งสัมพันธ์กับการออกแบบใบมีดจอบหมุน

Thakur, T. C. (1988) นำ EOR มาประยุกต์ใช้วัดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล

Gu, Y., Kushwaha, R. L. และ Zoerb, G. C. (1993) ได้เสนอโมเดลของ EOR เกี่ยวกับเรื่อง cross sensitivity ว่าความต่างศักย์ที่อ่านได้จากวงจรที่วัดแรงในแนวตั้งเป็นผลรวมของค่าคงที่ แรงในแนวตั้งและแรงในแนวนอน เช่นเดียวกับความต่างศักย์ที่อ่านได้จากวงจรที่วัดแรงในแนวนอน โดยหาได้จากสมการถดถอยเชิงเส้น และผลของการติดอุปกรณ์และวิธีการติดบน EOR จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน

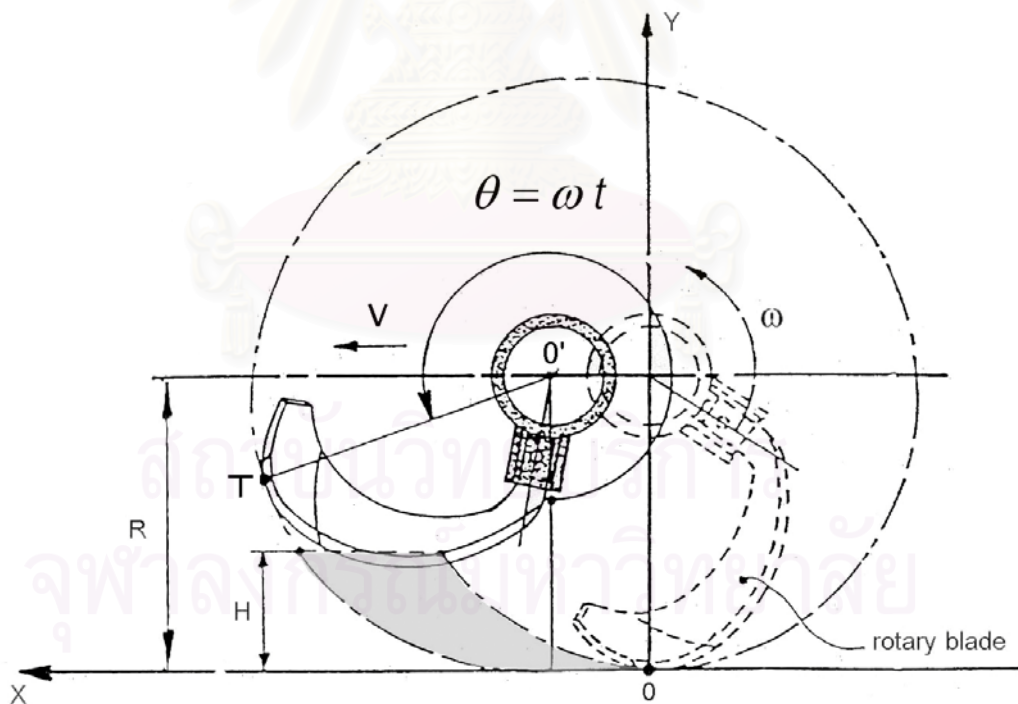
ไพศาล มานิตย์โชติพิสิฐ (2003) ศึกษาแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี สำหรับรถไถพรวนดินขนาดเล็ก โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานจากการเปลี่ยนระยะการตัดทรายและการเปลี่ยนความเร็วรอบหมุนของเพลาใบมีด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวกับใบมีดจอบหมุน

2.1 สมการเคลื่อนที่ของใบมีดจอบหมุน Equations for Motion of Rotary Blades (Cutting Trajectory)

เมื่อเครื่องพรวนจอบหมุนทำงาน เพลาใบมีดจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อมกับหมุน ตัดดินในลักษณะตัดจากด้านบนลงด้านล่าง (Down cut) ทำให้ใบมีดจอบหมุนซึ่งติดอยู่ที่เพลา ใบมีดจะเกิดการเคลื่อนที่ในสองทิศทางคือ เคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็ว V และหมุนพรวนดิน ด้วยความเร็วเชิงมุม ω ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง (Locus curve) การเคลื่อนที่ของใบมีด สามารถวิเคราะห์ได้จากการสร้างพิกัดฉาก XY โดยให้จุดกำเนิด (Origin) อยู่ที่ตำแหน่ง O แกน X และแกน Y มีทิศดังรูปที่ 2.1 แกนของเพลาใบมีดอยู่ที่ตำแหน่ง O' ซึ่งอยู่เหนือแกน X เป็นระยะ เท่ากับรัศมีของปลายใบมีด R ซึ่งเท่ากับความยาวของเส้น $O'T$ โดยจุด T เป็นจุดที่ตำแหน่ง ปลายใบมีด



รูปที่ 2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของใบมีดจอบหมุน

ตำแหน่งของจุด T ที่เวลา t ใดๆ หาจากสมการ

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

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

โดย R คือ รัศมีของใบมีด (เมตร)

v คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของเพลลาใบมีด (เมตรต่อวินาที)

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของเพลลาใบมีด (เรเดียนต่อวินาที)

t คือ เวลา (วินาที)

$\theta = \omega t$ คือ ค่ามุมที่ใบมีดหมุนไปในช่วงเวลา t

ส่วนพื้นที่แรเงา คือ ลักษณะภาพด้านข้างของดินที่ถูกตัดในแต่ละรอบการพรวน
ที่ระดับความลึกการพรวน H

และจะได้ว่า

$$\frac{dy}{dx} = \frac{R\omega \sin \omega t}{v - R\omega \cos \omega t} \quad (2.3)$$

เมื่อ $\frac{dy}{dx}$ เป็นค่าแสดงความลาดเอียงของเส้นตรงที่สัมผัสกับจุดบนแนวเส้นโค้ง

สำหรับแนวเส้นโค้งของปลายใบมีด หรือแนวทางเดินของจุด T จะมีลักษณะที่เรียกว่า เส้นโค้งโทรคอยด์ (Trochoid curve) โดยทั่วไปความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีด มักแสดงในหน่วยของ รอบต่อนาที (rpm) โดยความเร็วเชิงมุมของเพลลาใบมีดสามารถหาจากสมการ

$$\omega = \frac{n\pi}{30} \quad (2.4)$$

โดย n คือ ความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีด (รอบต่อนาที) โดยทั่วไปความเร็วรอบหมุนของเพลลาใบมีดจะอยู่ระหว่าง 50 – 300 รอบต่อนาที ขึ้นอยู่กับขนาดของรถไถและความเร็วในการเคลื่อนที่ขณะพรวนของรถไถ

2.2 ระยะตัดดิน (Tillage pitch, P)

ระยะตัดดินหรือ Bite length คือระยะห่างที่ไถมีดหมุนตัดดินในแต่ละรอบการหมุนพรวนระยะตัดดิน ขึ้นอยู่กับจำนวนไถมีดบนแต่ละระนาบที่ตั้งฉากกับเพลลาไถมีด ความเร็ว การเคลื่อนที่และความเร็วรอบหมุนของเครื่องพรวนจอบหมุน สำหรับการพรวนดินสำหรับการทำไร่ ซึ่งดินมีความแข็งและแน่นมาก แรงต้านการพรวนดินสูง ระยะตัดดินควรมีค่าน้อย ส่วนการพรวนดินอ่อนหรือไถนา ซึ่งดินมีความแน่นน้อยสามารถใช้ระยะตัดดินที่มีค่ามากได้ ระยะตัดดินสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P = \frac{60v}{zn} \quad \text{หรือสมการ} \quad P = \frac{60}{z\xi} \quad (2.5)$$

เมื่อ z คือ จำนวนไถมีดบนหนึ่งระนาบของเพลลาไถมีด
 ξ คือ อัตราส่วนระหว่าง ความเร็วรอบหมุนต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของเพลลาไถมีด

$$\xi = \frac{n}{v} \quad (2.6)$$

โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของเพลลาไถมีดจะมีค่าประมาณ 0.2 – 0.3 เมตรต่อวินาที สำหรับพรวนดินแข็ง และ 0.5 - 0.7 เมตรต่อวินาทีสำหรับพรวนดินอ่อน

2.2.1 ระยะตัดดินของไถมีดแต่ละชนิด

ระยะตัดดินของไถมีดแต่ละชนิด สามารถหาได้จากสมการ (2.5)

โดยไถมีดแต่ละแบบจะติดไถมีดจำนวนต่างกัน ดังนี้

เพลลาไถมีดชนิดตัวแอล ในแต่ละข้างของระนาบจะมีไถมีด 3 ไถ แทนค่า Z เท่า

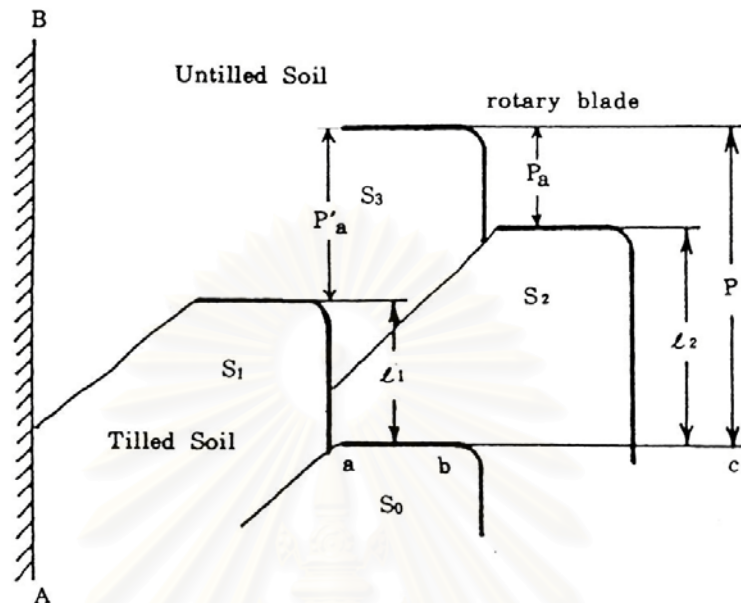
กับ 3

เพลลาไถมีดชนิดตัวซี ในแต่ละระนาบจะมีไถมีด 1 ไถ แทนค่า Z เท่ากับ 1

เพลลาไถมีดแบบผสม ในแต่ละระนาบจะมีไถมีด 2 ไถ แทนค่า Z เท่ากับ 2

เนื่องจากบนเพลลาไถมีดจะมีระนาบสำหรับติดไถมีดหลายระนาบ ดังนั้น เมื่อเพลลาไถมีดหมุนตัดดินจะเกิดรอยตัดดินของไถมีดจากระนาบข้างเคียงด้วย ก่อให้เกิดระยะตัดดิน 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และกำหนดให้การแตกตัวของก้อนดินที่บริเวณปลายไถมีดเป็นแนว

มุมประมาณ 45° อนึ่งการมีรอยตัดดินที่เกิดจากใบมีดข้างเคียงจะทำให้แรงต้านทานดินที่กระทำต่อใบมีดแต่ละใบลดลงด้วย



รูปที่ 2.2 ระยะเวลาตัดดินต่างๆ

- โดย P คือ ระยะเวลาตัดดิน
 P_a คือ ระยะเวลาตัดดินจริง
 $P'a$ คือ ระยะเวลาตัดดินข้างเคียง

2.3 ชนิดของใบมีดจอบหมุน

การใช้งานเครื่องพรวนจอบหมุนในประเทศไทยมีการใช้เพื่อเตรียมดินทั้งสำหรับการทำไร่และการทำนา ซึ่งการเตรียมดินเพื่อเพาะปลูกพืชไร่และการเตรียมดินสำหรับนาข้าว มีความแตกต่างกันมากเนื่องจากลักษณะการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันซึ่งอธิบายโดยสังเขปได้ดังนี้

การเตรียมดินเพื่อเพาะปลูกพืชไร่

พืชไร่เป็นพืชที่รากหยั่งในแนวดิ่ง สามารถลงไปรับน้ำและแร่ธาตุในดินชั้นล่าง ซึ่งมีความลึกจากผิวดินประมาณ 20 เซนติเมตร แต่เนื่องจากระหว่างดินชั้นบนและดินชั้นล่างจะเป็นชั้นดินดาน (Hard Pan) ซึ่งมีลักษณะแข็งและแน่น น้ำและรากพืชแทรกผ่านได้ยาก ดังนั้น การเตรียมดินสำหรับเพาะปลูกพืชไร่ซึ่งไม่ทนต่อน้ำท่วมขัง จึงจำเป็นต้องพรวนให้ลึก เพื่อทำลายชั้นดินดานที่เป็นอุปสรรคต่อการหยั่งรากของพืชไร่

การเตรียมดินสำหรับทำนา

การเตรียมดินสำหรับปลูกข้าวจะมีการทำคันนาเพื่อกักขังน้ำ เนื่องจากข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า รากจะแผ่อกในแนวระดับและต้องการน้ำหล่อเลี้ยงตลอดช่วงการเติบโต โดยอาศัยชั้นดินดานซึ่งมีลักษณะแน่นสำหรับช่วยในการกักเก็บน้ำและสารอาหารไม่ให้ไหลลงสู่ดินชั้นล่าง ดังนั้น การเตรียมดินจึงต้องระวังไม่ให้ปลายไบมีดจอบหมุนไปทำลายชั้นดินดาน และยังคงต้องให้ดินหลังการพรวนมีลักษณะเรียบเพื่อให้ข้าวสามารถแผ่รากได้สะดวก ซึ่งระดับความลึกในการพรวนจะอยู่ประมาณ 12 - 15 เซนติเมตรและหลังจากการพรวนจะทำการตีเทือกเพื่อปรับผิวดินให้เรียบพร้อมกับอุดรอยรั่วต่างๆ ของชั้นดินดาน เพื่อให้สามารถกักเก็บน้ำและสารอาหารได้ดี

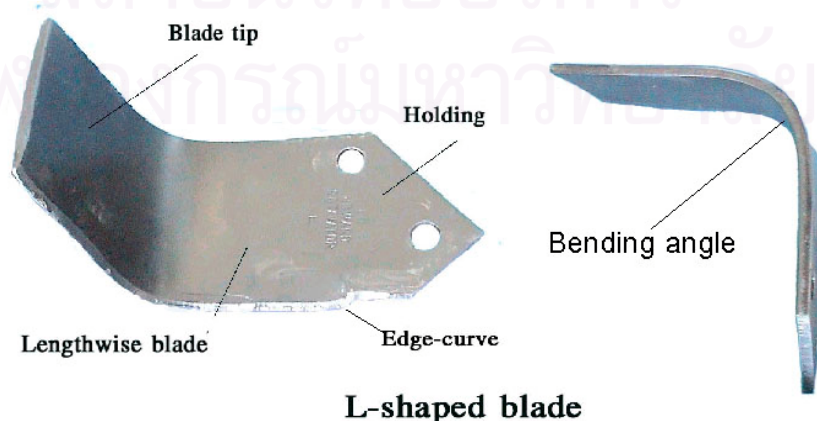
ไบมีดจอบหมุนที่ใช้งานกับเครื่องพรวนจอบหมุนมีหลายชนิด ซึ่งลักษณะรูปร่างของไบมีดขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่เกษตรกรรมและวัตถุประสงค์ในการใช้งาน สำหรับไบมีดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยมีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่

1. ไบมีดชนิดตัวแอล (L-Shaped Blade)
2. ไบมีดชนิดตัวซี (C-Shaped Blade) และ
3. ไบมีดแบบผสม (Mixed Blade)

โดยไบมีดแต่ละชนิดมีลักษณะรูปร่างต่างๆ ดังนี้

2.3.1 ไบมีดชนิดตัวแอล

ไบมีดชนิดตัวแอล เป็นไบมีดที่มีขนาดใหญ่ มีความแข็งแรง ทนทานต่อการสึกหรอ เหมาะสำหรับพรวนดินแข็ง หรือพรวนดินเพื่อการทำไร่ นิยมใช้มากทางทวีปยุโรป และประเทศสหรัฐอเมริกา ไบมีดชนิดตัวแอลสามารถแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



L-shaped blade

รูปที่ 2.3 ลักษณะของไบมีดชนิดตัวแอล

2.3.1.1 ส่วนตรงของใบมีดชนิดตัวแอล

ส่วนตรงของใบมีดชนิดตัวแอล มีลักษณะใหญ่ หนา มีความแข็งแรงสูง ขอบตัดดินมีลักษณะตรง โดยขอบตัดดินเป็นชนิดขอบคมคู่

2.3.1.2 ส่วนดัดของใบมีดชนิดตัวแอล

ส่วนดัดของใบมีดชนิดตัวแอล มีรูปร่างไม่ซับซ้อนประกอบด้วยมุมจำนวนไม่มาก แกนการดัดปลายใบมีดจะอยู่ในแนวโค้ง รัศมีการดัด (Bending radius) น้อยเมื่อเทียบกับใบมีดชนิดตัวซี (ประมาณ 3 เซนติเมตร) มุมมดัด (Bending angle) ประมาณ 95° ปลายใบมีดจะเรียบเป็นระนาบ ใบมีดชนิดนี้มีความกว้างของการตัดดินมากกว่าใบมีดชนิดอื่น เนื่องจากมีความยาวของปลายใบมีดมาก และมีมุมดัดเกือบตั้งฉากกับใบมีดส่วนตรง

2.3.1.3 ด้ามใบมีดและการจับยึดใบมีด

ลักษณะของด้ามใบมีดชนิดตัวแอลจะมีรูเจาะ 2 รู ตามมาตรฐานมอก. 1323-2539 และที่หน้าแปลนบนเพลลาใบมีด จะมีรูเจาะเพื่อใช้สลักเกลียวและแป้นเกลียว ชันยึดใบมีดให้ติดกับหน้าแปลน ดังแสดงในรูปที่ 2.4, 2.5 และ 2.6

2.3.1.3.1 ข้อดีของการยึดใบมีดรูปแบบนี้ คือ

สามารถผลิตได้ง่ายเพียงเจาะรูบนใบมีดและหน้าแปลนสำหรับขันสลักเกลียวก็สามารถยึดใบมีดกับหน้าแปลนได้

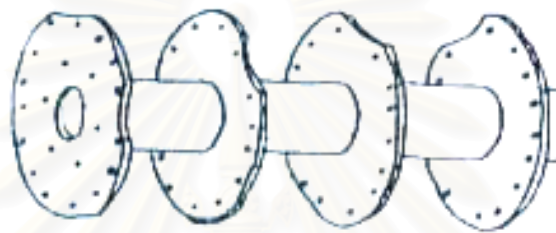
2.3.1.3.2 ข้อเสียของการยึดใบมีดรูปแบบนี้ คือ

ก. การที่ต้องใช้สลักเกลียวและแป้นเกลียว 2 ชุด ต่อหนึ่งใบมีด และต้องยึดแป้นเกลียวให้อยู่กับที่ก่อนแล้วจึงขันสลักเกลียว ทำให้การถอดหรือติดใบมีดมีความยุ่งยาก

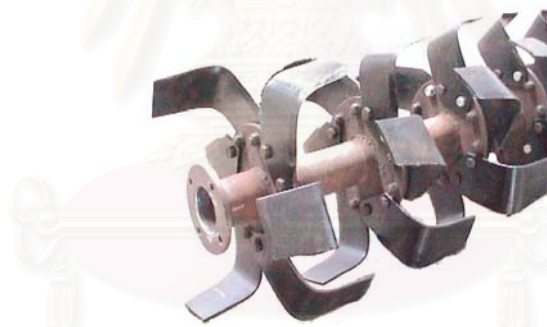
ข. เนื่องจากแรงและโมเมนต์จากการตัดดินจะถูกส่งไปยังด้ามใบมีดโดยมีลักษณะเป็นแรงเฉือนกระทำกับรูเจาะที่ด้ามใบมีดและสลักเกลียว ซึ่งมีพื้นที่รับแรงน้อย จึงก่อให้เกิด ความเค้น (Stress) ที่ด้ามใบมีดสูง ทำให้เกิดความเสียหายได้ง่าย



รูปที่ 2.4 ลักษณะของด้ามไถมีดชนิดตัวแอล



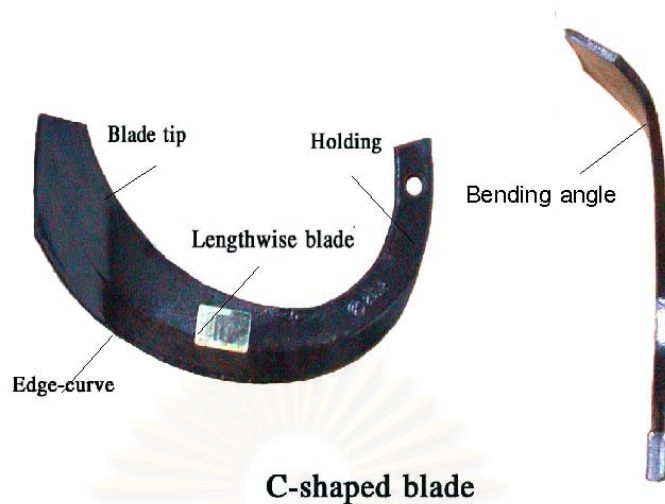
รูปที่ 2.5 เพล้าไถมีดและหน้าแปลนสำหรับติดไถมีดชนิดตัวแอล



รูปที่ 2.6 ลักษณะการติดไถมีดชนิดตัวแอลบนเพล้าไถมีด

2.3.2 ไถมีดชนิดตัวซี

ไถมีดชนิดตัวซีหรือไถมีดชนิดญี่ปุ่นเป็นไถมีดที่มีรูปร่างซับซ้อน ความหนาในแต่ละส่วนของไถมีดไม่เท่ากัน คือจะหนาที่สุดบริเวณด้ามไถมีดแล้วจะค่อยๆ ลดความหนาลง ทำให้ปลายไถมีดซึ่งมีความหนาน้อย จึงมีความแข็งแรงน้อย ไม่เหมาะที่จะใช้พรวนดินแข็ง แต่จะใช้พรวนได้ดีในดินอ่อน ดินโคลน หรือในนาข้าว และเนื่องจากขอบคมของไถมีดมีลักษณะโค้ง จึงสามารถลดปัญหาการติดพันของเศษวัชพืชและฟางข้าวบนไถมีดได้ ไถมีดชนิดตัวซี สามารถแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



C-shaped blade

รูปที่ 2.7 ลักษณะของใบมีดชนิดตัวซี

2.3.2.1 ส่วนตรงของใบมีดชนิดตัวซี

ส่วนตรงของใบมีดชนิดตัวซี ขอบตัดดินจะมีลักษณะโค้งเป็นรูปตัวซี ความโค้งของขอบตัดดินขึ้นอยู่กับขนาดของมุมขอบโค้งที่ใช้ในการออกแบบ ซึ่งถ้ามุมขอบโค้งมีขนาดใหญ่จะลดปัญหาการติดพันของเศษวัชพืชและฟางข้าวได้ดี แต่จะเกิดแรงต้านทานการตัดดินเพิ่มขึ้น ความกว้างของส่วนตรงของใบมีดชนิดตัวซีจะมีความกว้างน้อยกว่าใบมีดชนิดตัวแอล ซึ่งเป็นการลดพื้นที่แรงเสียดทานของใบมีด โดยทั่วไปในท้องตลาด ใบมีดชนิดตัวซีจะเป็นใบมีดที่มีขอบคมสองด้าน

2.3.2.2 ส่วนดัดของใบมีดชนิดตัวซี

ส่วนดัดของใบมีดชนิดตัวซี มีลักษณะเป็นผิวโค้ง มีความซับซ้อนเนื่องจากประกอบด้วยมุมต่างๆ หลายมุม ผิวโค้งและมุมต่างๆ เหล่านี้ จะส่งผลต่อแรงต้านทานการตัดดิน การเหวี่ยงดินและลักษณะของดินที่ไม่ ถูกตัด การดัดปลายของใบมีดชนิดตัวซีจะดัดตามแนวของเส้นโค้งโทรคอยด์ที่ตำแหน่งปลายสุดของใบมีดส่วนตรง โดยมีรัศมีการดัดประมาณ 5 เซนติเมตร และมีมุมดัดปลายประมาณ 130°

2.3.2.3 ด้ามใบมีดและการจับยึดกับเพลลาใบมีด

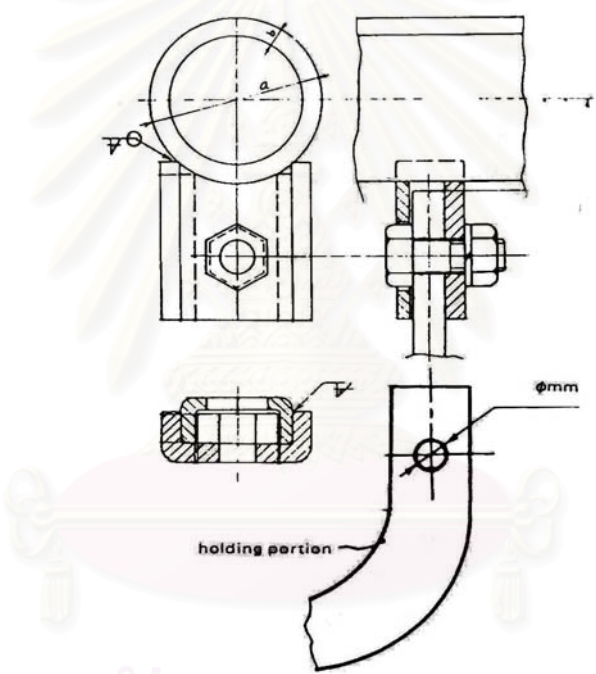
ด้ามของใบมีดรูปตัวซีจะมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม มีรูเจาะ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร 1 รู ส่วนบนเพลลาใบมีดจะมีช่อง (Socket) ซึ่งถูกผลิตตาม

มาตรฐาน JIS B9210 เชื่อมติดอยู่ไว้สำหรับใส่ด้ามใบมีด ภายในช่องจะมีรูเจาะ และมีแป้นเกลียว
เชื่อมติดอยู่ สำหรับขันสลักเกลียวเพื่อยึดใบมีด ดังรูปที่ 2.8 และ 2.9

2.3.2.3.1 ข้อดีของการยึดใบมีดรูปแบบนี้คือ

ก. ใช้สลักเกลียวเพียงตัวเดียวต่อใบมีดหนึ่งใบ และไม่ต้อง
จับยึดแป้นเกลียวให้อยู่กับที่ เนื่องจากแป้นเกลียวถูกฝังติดอยู่กับช่อง ทำให้สะดวกในการเปลี่ยน
ใบมีด

ข. มีพื้นที่สำหรับรับแรงและโมเมนต์จากการตัดดินที่
กระทำกับด้ามใบมีดมาก คือ พื้นที่ตลอดความหนาของด้ามใบมีดที่อยู่ในช่อง ทำให้เกิดความเค้น
ที่ด้ามใบมีดน้อย



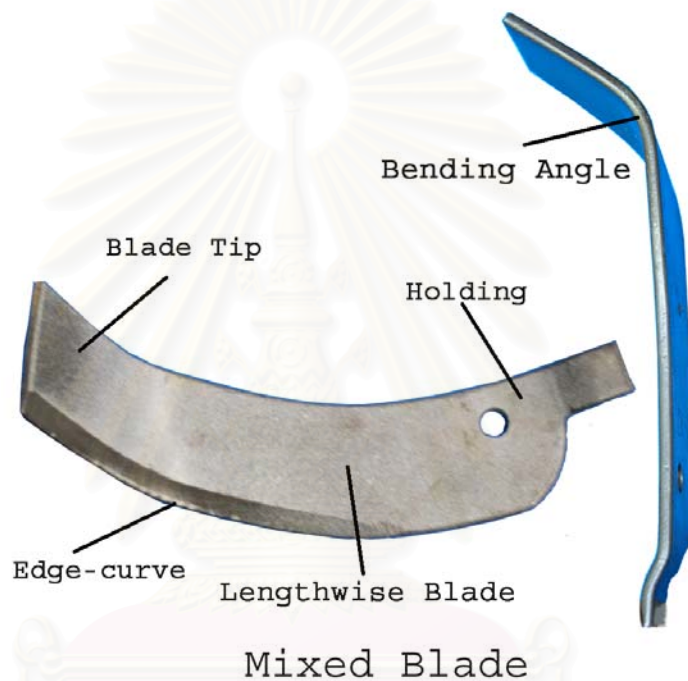
รูปที่ 2.8 ลักษณะของช่องสำหรับใส่ด้ามใบมีด



รูปที่ 2.9 ลักษณะของด้ามใบมีดชนิดตัวซี

2.3.3 ใบมีดแบบผสม

ใบมีดแบบผสมเป็นใบมีดที่ถูกคิดค้นและผลิตในประเทศไทย โดยรวมจุดเด่นของใบมีดทั้งสองชนิดเข้าไว้ด้วยกัน จึงเป็นใบมีดที่มีความแข็งแรง และมีขอบตัดดินมีลักษณะโค้งสามารถพรวนดินแข็ง เช่น ดินสำหรับทำไร่ และดินอ่อนหรือดินที่มีความหนาแน่นของวัชพืชสูง เช่น ดินสำหรับทำนา แต่อย่างไรก็ตามการผสมจุดเด่นของใบมีดทั้งสองนั้น ยังขาดความรู้ทางวิชาการที่นำมาใช้ออกแบบใบมีดให้เหมาะสม ใบมีดแบบผสม มีลักษณะ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ลักษณะของใบมีดแบบผสม

2.3.3.1 ส่วนตรงของใบมีดแบบผสม

ส่วนตรงของใบมีดแบบผสม มีลักษณะใหญ่ และหนาเท่ากันตลอดคล้ายใบมีดชนิดตัวแอล แต่ขอบตัดดินจะมีลักษณะโค้งเหมือนใบมีดชนิดตัวซี ใบมีดชนิดนี้จะมีขอบคมด้านเดียว โดยขอบคมจะอยู่ด้านเดียวกับดินที่ถูกตัดแล้ว

2.3.3.2 ส่วนดัดของใบมีดแบบผสม

ส่วนดัดของใบมีดแบบผสมจะมีลักษณะการดัดปลายคล้ายใบมีดชนิดตัวแอลแต่แนวการดัดจะดัดตามแนวเส้นโทรคอยด์และมุมการดัดน้อยกว่าใบมีดชนิดตัวแอล

2.3.3.3 ด้ามใบมีดและการยึดกับเพลาด้ามใบมีด

การยึดใบมีดแบบผสมนี้เป็นการยึดรูปแบบใหม่ ด้ามของใบมีดแบบผสม จะมีการพับบริเวณส่วนปลายด้าม สำหรับใส่ในช่องสี่เหลี่ยมบนหน้าแปลน และมีรูเจาะสำหรับยึด ใบมีดกับหน้าแปลนด้วยสลักเกลียวและแป้นเกลียว ส่วนหน้าแปลนจะถูกเชื่อมติดบนเพลาด้าม ใบมีดและหน้าแปลนสำหรับติดใบมีด มีลักษณะ ดังรูปที่ 2.11 และ 2.12

2.3.3.3.1 ข้อดีของการยึดใบมีดรูปแบบใหม่นี้คือ

- ก. ใช้สลักเกลียวและแป้นเกลียวเพียงชุดเดียวในการยึด ใบมีดหนึ่งใบ ทำให้การเปลี่ยนใบมีดทำได้สะดวก
- ข. มีพื้นที่สำหรับรับแรงและโมเมนต์จากการตัดดินที่ กระทำกับด้ามใบมีดมาก คือ พื้นที่ตลอดความหนาของปลายด้ามใบมีดที่ใส่ในช่องบนหน้าแปลน ทำให้เกิดความเค้นที่ด้ามใบมีดน้อย



รูปที่ 2.11 ลักษณะของด้ามใบมีดและหน้าแปลนสำหรับติดใบมีดแบบผสม



รูปที่ 2.12 ลักษณะการติดใบมีดแบบผสมบนหน้าแปลน

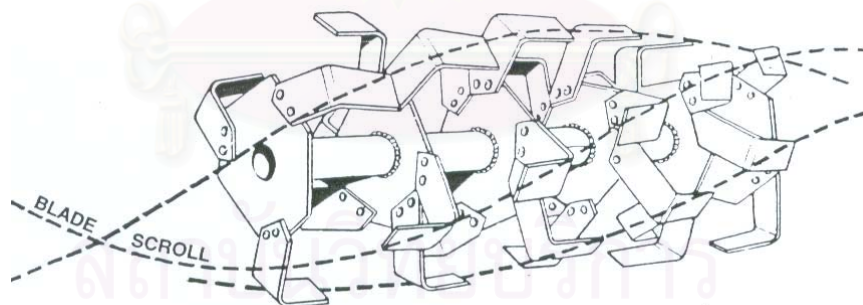
2.4 รูปแบบการจัดเรียงใบมีดบนเพลลาใบมีด

รูปแบบการจัดเรียงใบมีดบนเพลลาใบมีดที่แตกต่างกันจะทำให้ระยะตัดดินและลำดับการตัดดินของใบมีดแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อแรงต้านทานการพรวน ลักษณะโมเมนต์จากแรงต้านทานการพรวน และผิวดินหลังการพรวน ซึ่งรูปแบบการจัดเรียงนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของใบมีด จำนวนใบมีดบนหน้าแปลนในแต่ละระนาบบนเพลลาใบมีดและจำนวนใบมีดทั้งหมดบนเพลลาใบมีด

การจัดเรียงใบมีดสามารถจัดได้หลายรูปแบบ แต่การเลือกใช้รูปแบบใดควรคำนึงถึง

1. ความกว้างของการตัดดินของใบมีด และแนวการแตกของดิน
2. ขนาดของก้อนดินที่สม่ำเสมอจากการพรวน
3. ความสม่ำเสมอของผิวดินหลังการพรวน
4. ความสมดุลทางพลศาสตร์ของเพลลาใบมีด
5. การเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ที่กระทำกับเพลลาใบมีดขณะพรวนดิน
6. กำลังเฉลี่ยที่ต้องการ ที่คำนวณจากโมเมนต์รวมจากการพรวนดิน

สำหรับใบมีดชนิดตัวแอล บนแต่ละหน้าแปลนจะติดใบมีด 3 คู่ การติดใบมีดจะติดในลักษณะเป็นเกลียวม้วนตามกัน (Spiral Curve) เพื่อลดแรงที่กระทำกับเพลลาใบมีด ดังแสดงในรูปที่ 2.13 และ 2.14

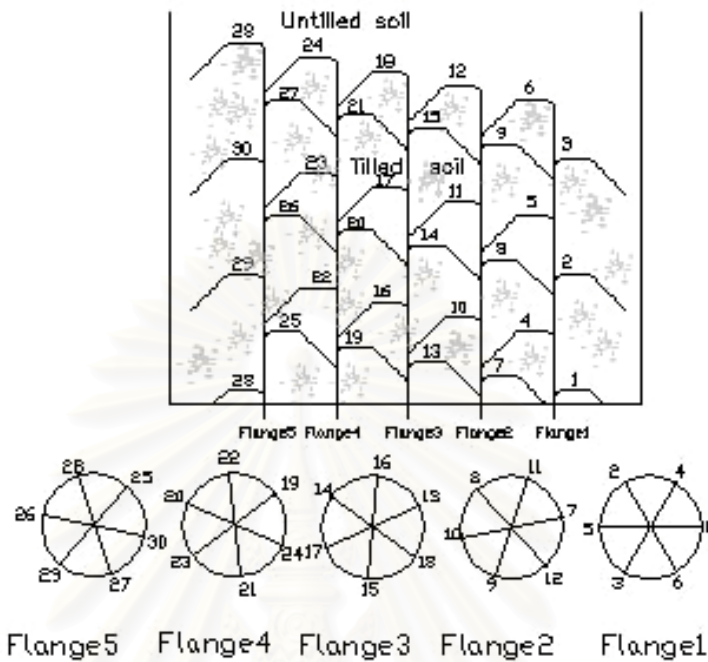


รูปที่ 2.13 การติดใบมีดในลักษณะเป็นเกลียวม้วนตามกัน



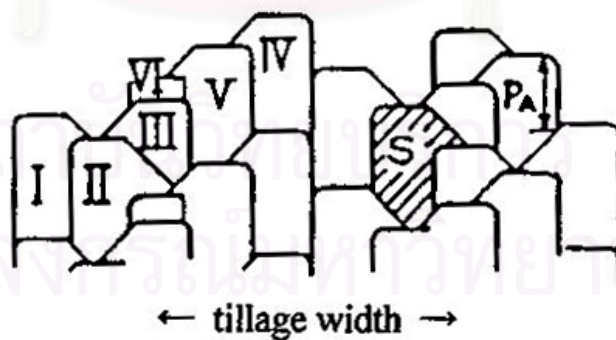
รูปที่ 2.14 การจัดเรียงใบมีดชนิดตัวแอลบนเพลลาใบมีด

การจัดเรียงไถมีดลักษณะนี้ จะก่อให้เกิดรอยตัดดิน ที่มีลักษณะดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 รอยการตัดดินของไถมีดชนิดตัวแอล

สำหรับไถมีดชนิดตัวซี แต่ละระนาบจะมีไถมีด 1 ไถ โดยใส่อยู่ในช่อง ที่เชื่อมติด อยู่บนเพลลา การจัดเรียงของไถมีดชนิดตัวซีสามารถก่อให้เกิดระยะตัดดินและรอยการตัดที่ แตกต่างได้ 6 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.16



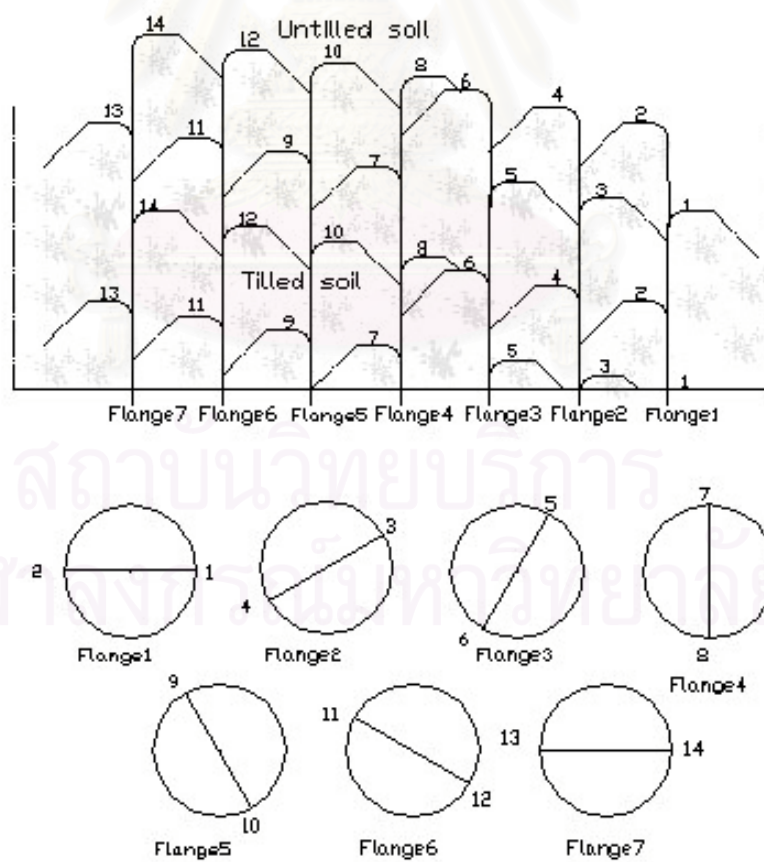
รูปที่ 2.16 รอยการตัดดินของไถมีดชนิดตัวซี

สำหรับไถมีดแบบผสม จะมีไถมีด 2 ไถ บนแต่ละหน้าแปลน โดยมีการจัดเรียงไถ มีดลักษณะเดียวกับการจัดเรียงไถมีดชนิดตัวแอล ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การจัดเรียงใบมีดแบบผสมบนเพลลาใบมีด

การจัดเรียงใบมีดลักษณะนี้จะก่อให้เกิดรอยตัดดิน ที่มีลักษณะดังรูปที่ 2.18

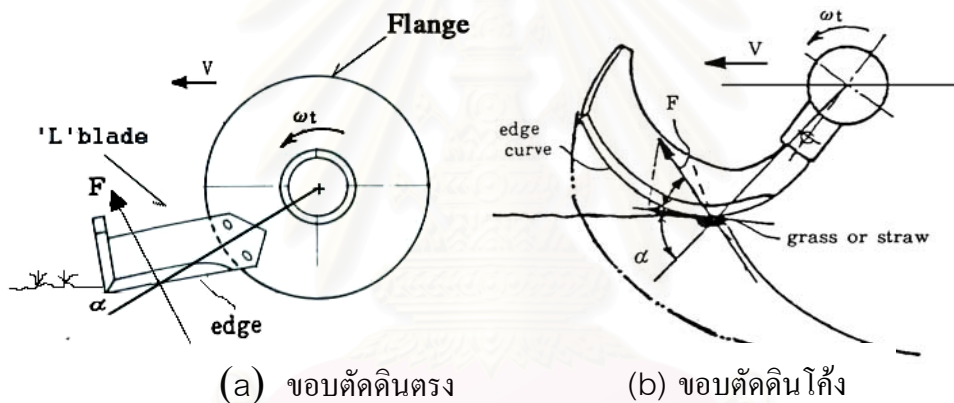


รูปที่ 2.18 รอยการตัดดินของใบมีดแบบผสม

2.5 หน้าทีของส่วนประกอบต่างๆ ของใบมีด

2.5.1 ใบมีดส่วนตรง

ใบมีดส่วนตรง ทำหน้าที่ ตัด ย่อยดินและเศษวัชพืช ใบมีดที่ขอบตัดดิน (Edge-curve) มีลักษณะตรง สามารถย่อยดินและเศษวัชพืชในการพรวนดินแข็งได้ดี แต่สำหรับการพรวนดินอ่อน ดินโคลน หรือ ดินที่มีวัชพืชหรือฟางข้าวมาก ใบมีดลักษณะนี้จะไม่สามารถตัดเศษวัชพืชหรือฟางข้าวให้ขาดได้ทั้งหมด เศษวัชพืชเหล่านั้นจะไปเกี่ยวพันกับขอบตัดดิน และสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้แรงต้านทานดินที่กระทำกับใบมีดเพิ่มขึ้น จึงมีการออกแบบขอบตัดดิน ให้มีลักษณะโค้งเพื่อลดปัญหาการเกี่ยวพันของเศษวัชพืชและฟางข้าว ลักษณะของขอบตัดดินตรง และขอบตัดดินโค้ง แสดงในรูปที่ 2.19



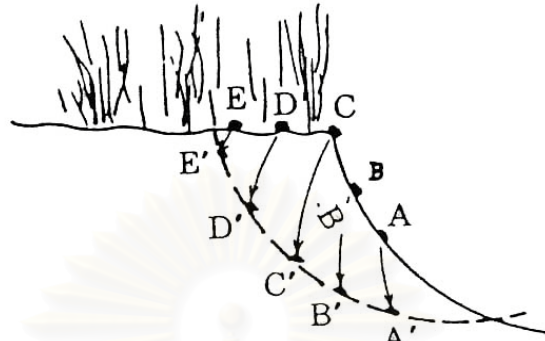
รูปที่ 2.19 ลักษณะของขอบตัดดินตรงและโค้ง

2.5.1.1 มุมขอบโค้ง , α (Edge-curve angle)

มุมขอบโค้งเป็นมุมระหว่างเส้นรัศมีกับเส้นสัมผัสขอบตัดดินของใบมีด มุมขอบโค้งเป็นตัวกำหนดรูปร่างของขอบตัดดินของใบมีด ซึ่งมีผลต่อการพันของเศษวัชพืชหรือฟางข้าวบนใบมีด นอกจากนั้นมุมขอบโค้งยังส่งผลถึงขนาดและทิศทางของแรงต้านทานการตัดดิน

สำหรับใบมีดที่มีขอบตัดดินโค้ง เมื่อใบมีดหมุนตัดดิน เศษวัชพืชและฟางข้าวที่ติดกับใบมีดจะถูกผลักให้ไกลไปตามขอบตัดดินของใบมีด ด้วยแรงปฏิกิริยาจากการหมุนตัดดิน (F) ในแนวของเส้นสัมผัสขอบโค้ง เศษวัชพืชและฟางข้าวที่ไม่ถูกตัดขาดที่ตำแหน่ง A, B, C, D และ E ดังแสดงในรูปที่ 2.20 จะถูกทำให้เคลื่อนที่ลงตามเส้นโค้งโดยการลื่นไถลไปกับขอบตัดดินโค้ง ไปยังตำแหน่ง A', B', C', D', E' ตามลำดับ เศษวัชพืชและฟางข้าวจะถูกเหวี่ยงไปข้างหลัง

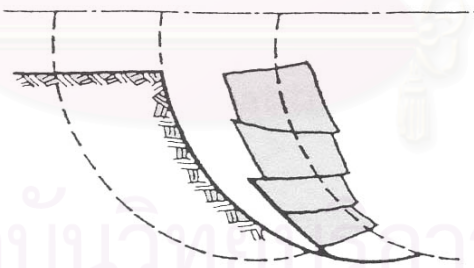
พร้อมกับก้อนดินและถูกฝังในดิน ซึ่งถ้ามุมขอบโค้งมีขนาดใหญ่จะมีแรงผลักมาก เศษวัชพืชและฟางข้าวจะไถลหลุดจากไวมัดได้ง่าย ทำให้ไม่เกิดการติดพันของเศษวัชพืชและฟางข้าวบนไวมัด



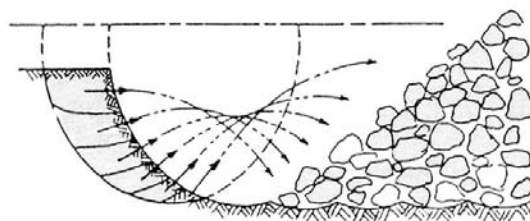
รูปที่ 2.20 การเคลื่อนที่ของเศษวัชพืชและฟางข้าว

2.5.2 ไวมัดส่วนตัด หรือปลายไวมัด

ไวมัดส่วนตัดหรือปลายไวมัด ทำหน้าที่ ตัด เหวียง และพลิกดิน เมื่อไวมัดหมุนตัดดิน ดินจะถูกตัดเป็นก้อนๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.21 แล้วปลายไวมัดจะเหวียงดินและเศษวัชพืชไปด้านหลังในลักษณะพลิกหน้าดิน เพื่อให้เศษวัชพืชถูกฝังในดินซึ่งจะกลายเป็นปุ๋ยต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.21 ลักษณะก้อนดินที่ถูกตัดโดยไวมัด

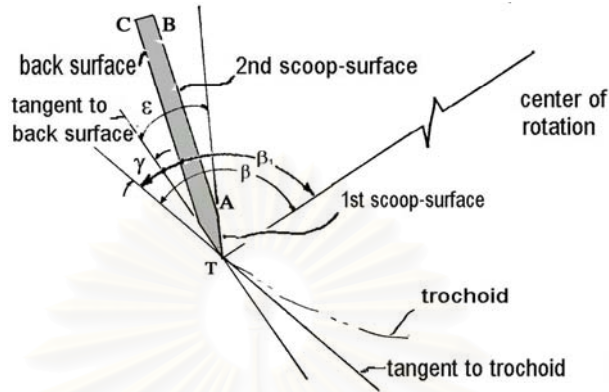


รูปที่ 2.22 การเคลื่อนที่ของก้อนดินหลังจากถูกตัด

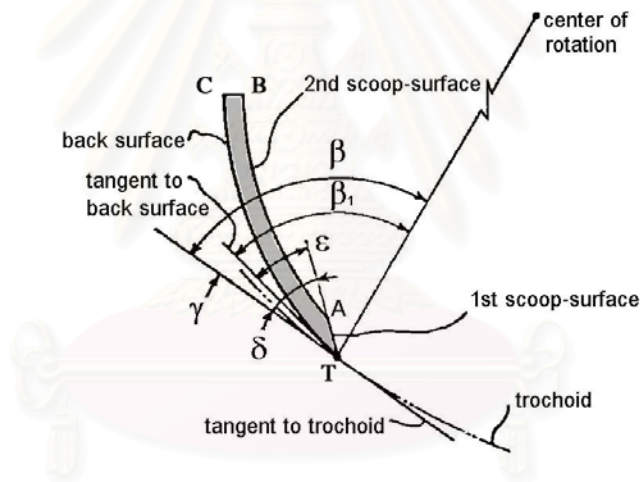
2.5.2.1 ส่วนประกอบของปลายใบมีด

ปลายใบมีด ประกอบด้วยส่วนต่างๆ และมุมต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.23

ดังนี้



(a) ส่วนประกอบของปลายใบมีดตัวแอล



(b) ส่วนประกอบของปลายใบมีดตัวซี

รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบต่างๆ ของปลายใบมีด

2.5.2.1.1 ผิวโค้งที่หนึ่ง (First Scoop Surface) คือ เส้น \overline{TA}

ส่งผลต่อแรงต้านทานในการตัดดิน

2.5.2.1.2 ผิวโค้งที่สอง (Second Scoop Surface) คือ เส้น \overline{AB}

ส่งผลต่อการเหวี่ยงและการพลิกดิน

2.5.2.1.3 ผิวโค้งหลัง (Back Scoop Surface) คือ เส้น \overline{TC} โดย

ทั่วไปเส้น \overline{TC} จะขนานกับเส้น \overline{AB} เนื่องจากใบมีดมีความหนาเท่ากันตลอดหน้าตัดของปลายใบมีด

2.5.2.1.5 มุมคมของใบมีด , ϵ (Blade Sharpening Angle หรือ Lip Angle) คือ มุมระหว่างผิวโค้งที่หนึ่งกับผิวโค้งที่สอง หรือมุมระหว่างเส้น \overline{TA} กับเส้น \overline{TC} โดยถ้ามุมคมของปลายใบมีดเล็ก แรงต้านทานการตัดดินจะต่ำ แต่ขอบคมของใบมีดจะสึกหรอเร็ว

2.5.2.1.6 มุมช่องห่าง , γ (Clearance Angle or Relief Angle) คือ มุมระหว่างเส้นสัมผัสเส้นโค้งโทรคอยด์ กับเส้นสัมผัสผิวโค้งหลังที่ตำแหน่งปลายของใบมีด (ที่จุด T) มุมช่องห่างจะป้องกันการกดทับระหว่างผิวโค้งหลังของใบมีดกับดินที่ยังไม่ถูกตัด สำหรับใบมีดที่มีค่ามุม γ น้อย (ประมาณ $5^\circ - 20^\circ$) จะเกิดแรงต้านทานการตัดดินต่ำ โดยค่ามุม γ จะเปลี่ยนไปตามมุมที่เพลลาใบมีดหมุน

2.5.2.1.7 มุมตัด , δ (Cutting angle) เป็นมุมรวมของ มุมคมของใบมีดกับมุมช่องห่าง ซึ่งเขียนในรูปสมการ คือ

$$\delta = \epsilon + \gamma \quad (2.7)$$

โดยมุมตัดที่มีขนาดใหญ่ จะเกิดแรงต้านทานการตัดดินสูง

2.5.2.1.8 มุมโค้ง , β_1 (Scoop Angle) คือ มุมระหว่างเส้นในแนวรัศมีกับเส้นสัมผัสผิวโค้งหลังที่จุด T โดยขนาดมุม β_1 ที่มีขนาดเล็กจะมีความต้านทานการตัดดินมาก แต่สามารถเหวี่ยงก้อนดินได้ดี โดยทั่วไปการเลือกใช้ใบมีดที่มีค่ามุมโค้งเท่าใดนั้น จะเลือกตามสภาพการใช้งาน ดังนี้

ใบมีดที่มีมุม β_1 อยู่ระหว่าง $40^\circ - 55^\circ$ เหมาะสำหรับใช้พรวนดินอ่อน เช่น ดินโคลน

ใบมีดที่มีมุม β_1 อยู่ระหว่าง $55^\circ - 75^\circ$ เหมาะสำหรับใช้พรวนดินทั่วไป เช่น ดินปนทราย ดินปนดินเหนียว

ใบมีดที่มีมุม β_1 อยู่ระหว่าง $75^\circ - 85^\circ$ เหมาะสำหรับใช้พรวนดินแข็ง

2.5.2.1.9 มุม β (Cutting-in Angle) คือ มุมระหว่างเส้นในแนวรัศมีกับเส้นสัมผัสเส้นโค้งโทรคอยด์ ที่ตำแหน่งปลายใบมีด ค่ามุม β สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\beta = \beta_1 + \gamma \quad \text{หรือ} \quad \gamma = \beta - \beta_1 \quad (2.8)$$

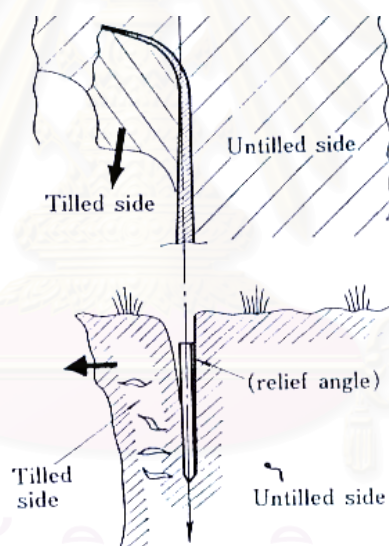
ในกรณีที่มุม β มีค่าน้อยกว่ามุม β_1 มุม γ จะมีค่าเป็นลบ ผิวโค้งหลังของใบมีดจะกดทับดินที่ยังไม่ถูกตัด ทำให้เกิดแรงต้านทานการตัดดินสูง

2.5.3 ด้ามใบมีด

ด้ามใบมีด เป็นส่วนที่ต่อจากใบมีดส่วนตรงจนถึงบริเวณที่ยึดกับเพลลาใบมีด ซึ่งการยึดใบมีดอาจยึดใบมีดบนหน้าแปลนหรือใส่ในซอง (Socket) ที่ติดอยู่บนเพลลาใบมีด โดยใบมีดแต่ละแบบจะมีลักษณะของด้ามใบมีดและวิธียึดใบมีดที่แตกต่างกัน ด้ามใบมีดต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ เนื่องจากด้ามใบมีดเป็นส่วนที่ต้องรับแรงและโมเมนต์จากแรงต้านทานการตัดดินทั้งหมดที่กระทำกับใบมีด

2.5.4 รูปร่างของหน้าตัดของใบมีด (Shape of Section of Blades)

รูปร่างของหน้าตัดของใบมีด แสดงดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 รูปร่างหน้าตัดของใบมีด

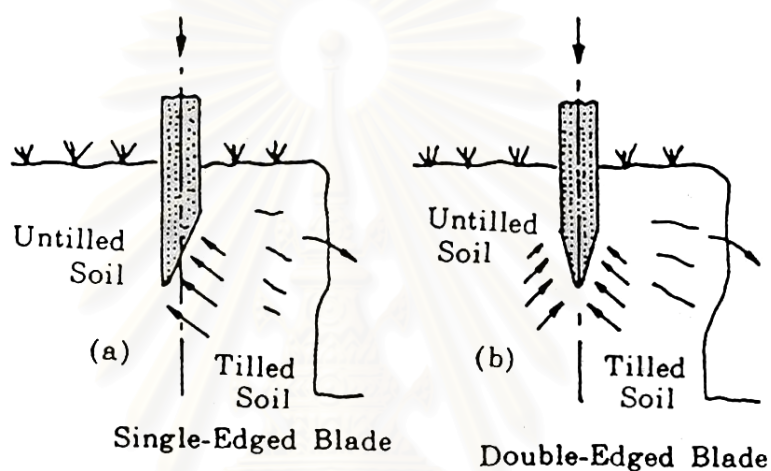
เมื่อใบมีดหมุนตัดดิน จะเกิดแรงเสียดทานขึ้นระหว่างใบมีดกับดิน โดยแรงเสียดทานระหว่างใบมีดกับดินด้านที่ถูกตัดแล้ว (Tilled Soil) จะมีค่าน้อย เนื่องจากดินที่ถูกตัดแล้วจะสามารถเคลื่อนที่ตามแรงที่กระทำได้ ดังนั้น แรงต้านทานการตัดดินเกือบทั้งหมดจะเกิดจากแรงเสียดทานระหว่างใบมีดกับดินที่ยังไม่ถูกตัด (Untilled Soil) ซึ่งขนาดของแรงเสียดทานนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดิน รูปร่างของหน้าตัด และพื้นที่สัมผัสระหว่างใบมีดกับดิน องค์ประกอบของหน้าตัดของใบมีด ที่มีผลต่อแรงเสียดทาน ได้แก่

2.5.4.1 ขอบคมของไถมีด

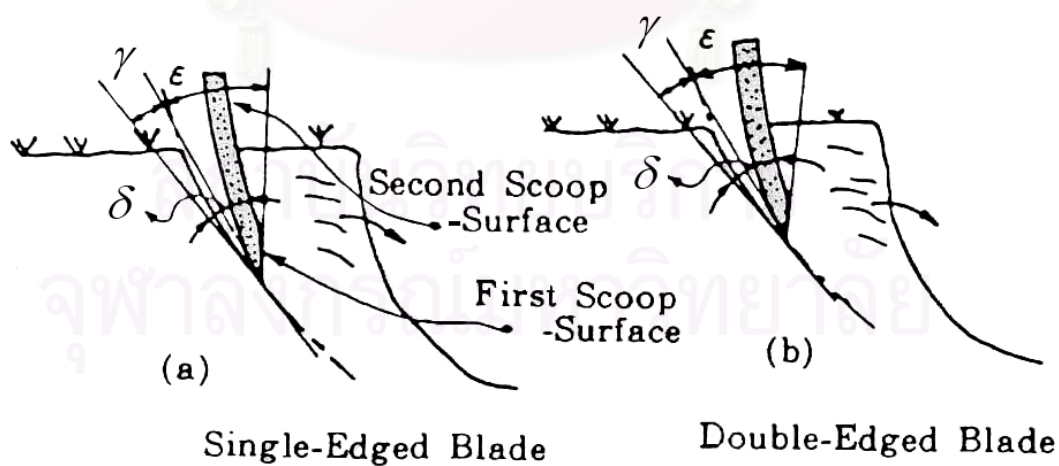
ขอบคมของไถมีดที่นิยมใช้ มี 2 ลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.25 และ 2.26 คือ

2.5.4.1.1 ขอบคมด้านเดียว (Single-edged) หรือขอบคมเดี่ยว โดยขอบคมนั้นอยู่ด้านเดียวกับดินที่ถูกตัดแล้ว

2.5.4.1.2 ขอบคมสองด้าน (Double-edged) หรือขอบคมคู่ คือ ไถมีดจะมีขอบคมทั้งสองด้าน



รูปที่ 2.25 หน้าตัดของส่วนตรงของไถมีด



รูปที่ 2.26 หน้าตัดของส่วนคดของไถมีด

2.5.4.2 การตัดดินของไบริมีดที่มีขอบคมเดี่ยวและขอบคมคู่

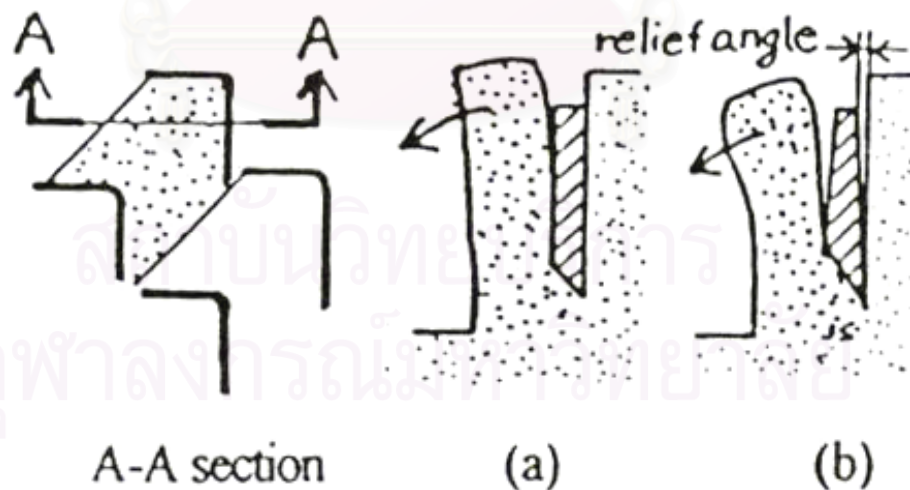
การตัดดินของไบริมีดขอบคมเดี่ยวและขอบคมคู่ สามารถแยกพิจารณาได้เป็น 2 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.25 และ 2.26 คือ

2.5.4.2.1 หน้าตัดของไบริมีดส่วนตรง แรงเสียดทานจะเกิดมากบริเวณพื้นที่สัมผัสระหว่างไบริมีดส่วนตรงกับดินที่ยังไม่ถูกพรวน โดยแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับไบริมีดที่มีขอบคมเดี่ยวจะต่ำกว่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับไบริมีดที่มีขอบคมคู่

2.5.4.2.2 หน้าตัดของปลายไบริมีด แม้ว่ามุมคม ϵ ของขอบคมของไบริมีดทั้งสองชนิดมีค่าเดียวกันแต่จะพบว่า มุมตัด δ ของไบริมีดที่มีขอบคมเดี่ยว จะมีขนาดน้อยกว่าไบริมีดที่มีขอบคมคู่ ทำให้ ไบริมีดที่มีขอบคมเดี่ยวมีแรงต้านทานดินต่ำกว่า และมีโอกาสเกิดการกดทับดินที่ ผิวโค้งหลังน้อยกว่า

2.5.4.3 ความหนาและมุมคาย (Relief Angle) ของหน้าตัดของไบริมีด

ความหนาและมุมคายของหน้าตัดของไบริมีด จะมีผลต่อแรงเสียดทานระหว่างไบริมีดกับดิน โดยถ้าไบริมีดมีความหนามาก แรงเสียดทานจะสูง แต่ไบริมีดจะมีความแข็งแรงทนทาน ในขณะที่หน้าตัดของไบริมีดที่มีมุมคาย จะสามารถลดแรงเสียดทานได้ เนื่องจากการมีมุมคายจะลดพื้นที่สัมผัสระหว่างไบริมีดกับดิน ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 ความหนาและมุมคายของหน้าตัดของไบริมีด

2.6 การออกแบบใบมีดจอบหมุนให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงาน

จากเนื้อหาที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการออกแบบใบมีดที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ โดยจะต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการพรวนเป็นสำคัญ ซึ่งประกอบด้วย

1. แรงต้านทานการพรวนต่ำ ซึ่งเป็นการลดกำลังงานที่ต้องการใช้
2. สามารถเตรียมดินได้ปริมาณมาก
3. ผิดดินหลังการพรวนต้องเรียบสม่ำเสมอซึ่งจะไม่ต้องเสียเวลาในการปรับผิวดิน
4. ผิดดินด้านล่างหลังการพรวนต้องเรียบ เพื่อให้รากพืชเจริญเติบโตได้สะดวก
5. ขนาดก้อนดินหลังการพรวนต้องเหมาะสมกับการปลูกพืชชนิดนั้นๆ
6. ขณะพรวนดิน การเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนทั้งในแนวตั้งและแนวนอนระดับต้องต่ำ
7. การสึกหรอของใบมีดจากการพรวนต่ำ

บทที่ 3

เทคนิคการวัดและการวิเคราะห์แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน

3.1 ที่มาและวิธีการวัดในอดีต

เครื่องพรวนจอบหมุนเป็นเครื่องจักรกลการเกษตรที่สามารถเตรียมดินได้อย่างรวดเร็วและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ดังนั้น จึงมีผู้สนใจที่จะพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุนจำนวนมาก ใบมีดจอบหมุนซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน จึงได้รับความสนใจในการพัฒนาใบมีดจอบหมุนให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่เกษตรกรรมนั้นๆ การพัฒนาใบมีดจอบหมุนนั้นจำเป็นต้องมีการวัดค่าต่างๆ ซึ่งบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการพรวนของใบมีด โดยแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนนั้นเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญตัวหนึ่ง เนื่องจากแรงต้านทานจากการพรวนนี้ส่งผลโดยตรงกำลังเครื่องยนต์และเสถียรภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน ดังนั้น จึงมีผู้ทำการวัดแรงต้านทานดังกล่าวด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้

3.1.1 การวัดแรงบิดรวมบนเพล่าใบมีด

การวัดแรงบิดรวมบนเพล่าใบมีดจะเป็นการวัดแรงบิดที่เกิดขึ้นขณะที่เพล่าใบมีดจอบหมุนที่มีการติดใบมีดหลายๆ ใบหมุนพรวนดิน โดยติด Torque Transducer ไว้ที่เพล่าใบมีด สัญญาณที่วัดได้จะเป็นสัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากแรงต้านทานรวมที่กระทำกับใบมีดทั้งหมดที่สัมผัสดินในขณะนั้นๆ ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาแรงบิดรวมที่เกิดขึ้นและคำนวณหา กำลังของเครื่องยนต์ที่ต้องการได้

3.1.2 การหาขนาดและทิศทางของแรงต้านทานโดยใช้วิธีการกราฟฟิค

การหาขนาดและทิศทางของแรงต้านทานโดยใช้วิธีการกราฟฟิค จะใช้ร่วมกับวิธีการวัดแรงบิดรวมบนเพล่าใบมีด และการวัดแรงผลักและแรงยกที่กระทำกับเครื่องพรวนจอบหมุน เมื่อทราบขนาดของแรงบิดบนเพล่าใบมีด แรงผลัก และแรงยกแล้ว จะทำการคำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์รวมที่กระทำกับเพล่าใบมีด โดยการแยกแรงที่วัดได้ออกเป็นแรงย่อยๆ ซึ่งเกิดจากใบมีดแต่ละใบในการหมุน 1 รอบ เมื่อแตกแรงออกใบทิศทางต่างๆ แล้วนำมาวิเคราะห์จะสามารถคำนวณหาขนาดและตำแหน่งของแรงลัพธ์รวมซึ่งเกิดจากใบมีดทั้งหมดบนเพล่าใบมีด

การหาขนาดของแรงต้านทานด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้นจะสามารถหาได้เพียงแรงต้านทานรวมที่เกิดขึ้นจากใบมีดทั้งหมดบนเพลลาใบมีด ยังไม่สามารถหาขนาด ทิศทางและการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่เกิดขึ้นกับใบมีดเพียง 1 ใบได้โดยตรง ดังนั้น จึงมีผู้พัฒนาวิธีการวัดโดยนำอุปกรณ์ที่สามารถวัดแรง 2 แรงที่ตั้งฉากกันและโมเมนต์ที่เกิดจากแรงทั้งสองนั้น มาประยุกต์ เพื่อให้สามารถวัดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 1 ใบได้โดยตรง

3.1.3 การวัดแรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนโดยตรง

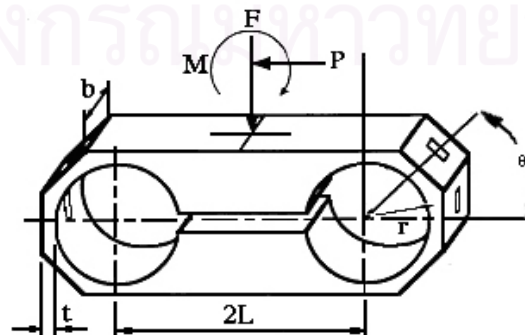
วิทยานิพนธ์นี้จะศึกษาแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนด้วยวิธีการวัดแรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนโดยตรง โดยใช้อุปกรณ์วัดแรง EOR ซึ่งสามารถวัดแรง 2 แรงที่ตั้งฉากกันและโมเมนต์ที่เกิดจากแรงทั้งสองนั้นได้พร้อมกัน เพื่อวัดแรงต้านทานที่เกิดขึ้นขณะใบมีดหมุนพรวนดิน โดยการนำ EOR มาติดบนเพลลาใบมีดหลังจากนั้นจึงนำใบมีดที่ต้องการวัดแรงมาติดบน EOR โดยติดในรูปแบบที่ใช้ในการทำงานจริง จากการวัดด้วยวิธีนี้ร่วมกับอุปกรณ์ระบุตำแหน่งการหมุนของเพลลาใบมีด จะสามารถหา ขนาด ทิศทาง และการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน ที่องศาการพรวนต่างๆ ได้ นอกจากนี้วิธีนี้ยังสามารถศึกษาถึงผลของรูปร่างของใบมีด โดยเฉพาะขอบคมตัดดิน และรูปแบบการจัดเรียงใบมีดต่อแรงต้านทานที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบใบมีดและรูปแบบการจัดเรียงใบมีดที่เหมาะสมได้

3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์วัดต่างๆ

3.2.1 Extended Octagonal Ring Transducer (EOR)

3.2.1.1 ลักษณะของ EOR

EOR เป็นอุปกรณ์ที่สามารถวัดแรงได้ 2 แรง ซึ่งตั้งฉากกัน (แรงกด F และแรงเฉือน P ที่กระทำกับ EOR) และวัดโมเมนต์ที่กระทำบนระนาบของแรงทั้งสองได้ รูปร่างของ EOR มีลักษณะเป็นกล่อง โดยทั่วไปมักทำจากเหล็กหรืออลูมิเนียม ดังแสดงในรูปที่ 3.1

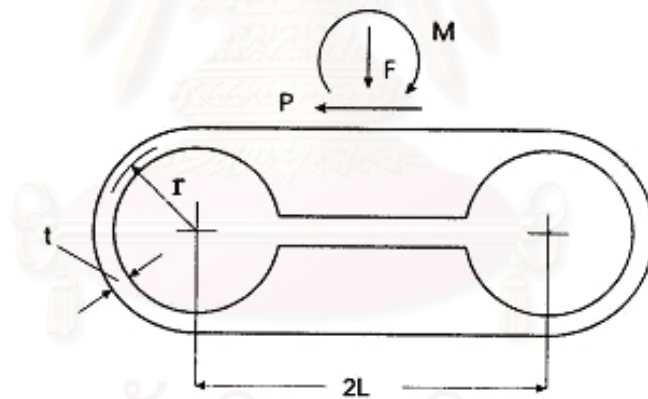


รูปที่ 3.1 ลักษณะของ EOR

โดย	F	คือ แรงกดตั้งฉากกับ EOR
	P	คือ แรงเฉือนขนานกับ EOR
	M	คือ โมเมนต์ที่กระทำบนระนาบเดียวกับ แรง F และแรง P
	r	คือ รัศมีของกึ่งกลางความหนาของวงแหวน
	t	คือ ความหนาของวงแหวน
	b	คือ ความหนาของ EOR
	2L	คือ ระยะห่างระหว่าง จุดศูนย์กลางของวงแหวนทั้งสอง
	θ	คือ ตำแหน่งเชิงมุมของการติด สเตรนเกจ (Strain gauge)

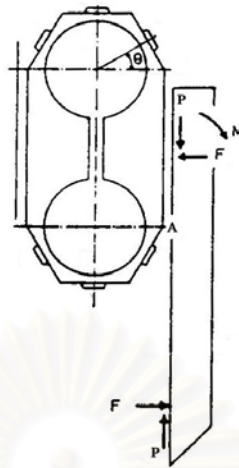
3.2.1.2 ความเป็นมาและการพัฒนาของ EOR

EOE เป็นอุปกรณ์วัดที่พัฒนามาจาก Extended Circular Ring (ECR) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.2 การใช้งาน และหลักการทำงานของ EOR จะเหมือนกับ ECR แต่ EOR มีความแข็งแรงสูงและยังสามารถผลิตได้ง่าย จึงได้รับความนิยมมากกว่า ECR

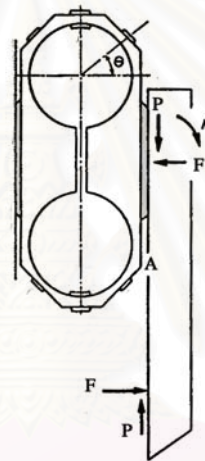


รูปที่ 3.2 ลักษณะของ ECR

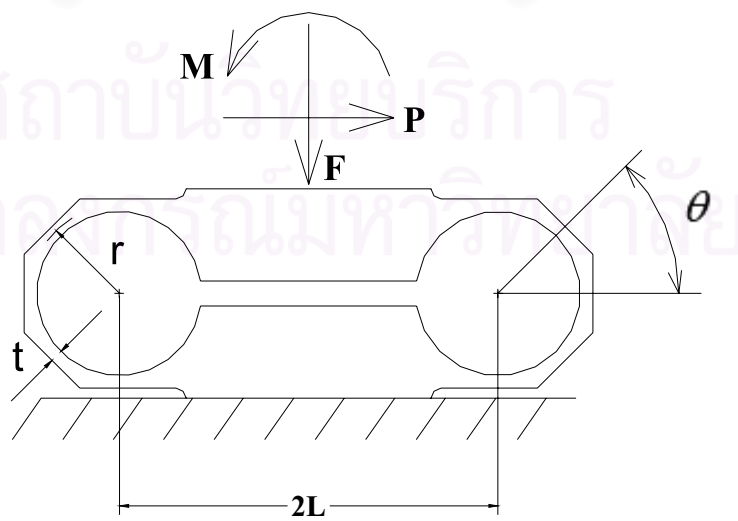
ในอดีต EOR มีลักษณะดังรูปที่ 3.1 ได้พบว่าในการวัดแรงที่กระทำตั้งฉากกับ EOR (แรงกด F) มีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากมีแรงมากกระทำที่ตำแหน่ง A ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหานี้จึงมีการสอดแผ่นซึ่งมีความยาวน้อยกว่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวงกลมทั้งสอง ไว้ด้านบนและด้านล่างของ EOR ดังรูปที่ 3.4 ต่อมาจึงรวมส่วนที่เพิ่มเข้ามาให้เป็นชิ้นส่วนเดียวกันกับ EOR ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.3 ขณะทำการวัดจะมีแรงกดที่ตำแหน่ง A บน EOR



รูปที่ 3.4 การสอดแผ่นบางที่ด้านบนและด้านล่างของ EOR



รูปที่ 3.5 ลักษณะของ EOR ที่ปรับปรุงแล้ว

3.2.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการโก่งเสี้ยวรูป (Deflection)

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการโก่งเสี้ยวรูปของ ECR และ EOR สามารถวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีของ คาสติเกลียโน (Castigliano's Theorem) ซึ่งกล่าวไว้ว่า “ เมื่อมีแรงภายนอกกระทำบนชิ้นส่วนใดๆ จะเกิดการเสี้ยวรูปขึ้น โดยถ้าการเสี้ยวรูปนั้นไม่เกินขอบเขตยืดหยุ่นแล้ว การเสี้ยวรูปในทิศทางที่แรงกระทำจะเท่ากับ อนุพันธ์ของพลังงานความเครียดรวม (Total Strain Energy) เทียบกับแรงที่มากระทำในทิศทางนั้นๆ ” ทฤษฎีนี้ยังสามารถใช้กับกรณีที่มีโมเมนต์ที่มากระทำได้ โดยเปลี่ยนจากแรงที่กระทำเป็นโมเมนต์ และเปลี่ยนจากการโก่งเสี้ยวรูปเป็นการบิดหมุน ซึ่งพลังงานความเครียด (Strain Energy) ที่เกิดขึ้นจากการดัด (Bending) จะมากกว่าพลังงานความเครียดที่เกิดจากสาเหตุอื่นมาก จึงสามารถละทิ้งพลังงานความเครียดที่เกิดจากสาเหตุอื่นๆ ได้ โดยพลังงานความเครียดจากการดัดสามารถหาได้จากสมการ

$$U = \frac{1}{2} \int \frac{M_x^2}{EI} dx \quad (3.1)$$

- U คือ พลังงานความเครียด
 M_x คือ โมเมนต์ดัดที่กระทำกับคานตรง
 x คือ ตำแหน่งบนคานตรง
 E คือ ค่าโมดูลัสของยังส์
 I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนนิวทรัล (Neutral Axis)

สำหรับการพิจารณาพลังงานความเครียดบนคานโค้งหรือวงแหวนจะใช้พิกัดเชิงขั้วโดย

$$U = \frac{1}{2} \int \frac{M_\theta^2 r}{EI} d\theta \quad (3.2)$$

- M_θ คือ โมเมนต์ดัดที่กระทำกับวงแหวน
 r คือ ระยะตามแกนรัศมี
 θ คือ ตำแหน่งเชิงมุมบนวงแหวน

สมการ (3.2) จะมีความคลาดเคลื่อนน้อย ก็ต่อเมื่อ วงแหวนของ ECR เป็นวงแหวนบางหรือ อัตราส่วน $\frac{r}{t} > 2$

เราสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการโก่งเสี้ยวรูป โดยการแบ่ง ECR เป็นส่วนคานตรงและวงแหวน โดยใช้เงื่อนไขที่ว่า คานตรงของ ECR มีความหนามาก จะเกิดการเสี้ยวรูปน้อยมากเมื่อเทียบกับส่วนที่เป็นวงแหวน จึงถือว่าไม่เกิดการโก่งเสี้ยวรูปที่คานตรง แล้วใช้ทฤษฎีของ คาสติเกลียโน ร่วมกับสมการสมดุลแรงและสมดุลโมเมนต์ จะสามารถหาความสัมพันธ์ของโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างๆ กับแรงและโมเมนต์ที่มากระทำได้ ตามสมการ

$$M_{\theta} = \frac{Fr}{2} \left(\frac{2}{\pi} - \sin \theta \right) + \frac{Pr}{2} \cos \theta + \frac{M \left[\left(2 + \frac{r\pi}{2L} \right) - \left(\frac{2r}{L} + \pi \right) \sin \theta \right]}{\left(8 + \frac{r\pi}{L} + \frac{2L\pi}{r} \right)} \quad (3.3a)$$

เมื่อ $0 \leq \theta \leq \pi$ และ

$$M_{\theta} = \frac{Fr}{2} \left(\frac{2}{\pi} + \sin \theta \right) - \frac{Pr}{2} \cos \theta - \frac{M \left[\left(2 + \frac{r\pi}{2L} \right) + \left(\frac{2r}{L} + \pi \right) \sin \theta \right]}{\left(8 + \frac{r\pi}{L} + \frac{2L\pi}{r} \right)} \quad (3.3b)$$

เมื่อ $\pi \leq \theta \leq 2\pi$

3.2.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดกับความเค้น (Stress) และ ความเครียด (Strain)

เนื่องจากพลังงานความเครียดจะเกิดจากโมเมนต์ดัดเป็นหลัก ดังนั้น การโก่งเสียรูปที่เกิดขึ้นจะเกิดจากโมเมนต์ดัดเป็นหลักเช่นกัน เมื่อส่วนวงแหวนของ EOR มีโมเมนต์ดัดมากกระทำ บริเวณวงแหวนจะเกิดความเค้นดัดขึ้น โดยความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความเค้นดัดที่เกิดขึ้นเป็นตามสมการ

$$\sigma = \frac{M_{\theta} c}{I} \quad (3.4)$$

โดย σ คือ ความเค้นดัดที่เกิดขึ้นในวงแหวน (N/m^2)

M_{θ} คือ โมเมนต์ดัดที่กระทำกับวงแหวน ($\text{N}\cdot\text{m}$)

c คือ ระยะห่างจากนิวทรอล (m)

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนนิวทรอล (m^4)

และจากความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดในช่วงยืดหยุ่น

(Elastic) ตามกฎของฮุก (Hook's law)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3.5)$$

โดย ε คือ ความเครียด

สำหรับกรณีนี้ การติดสเตรนเกจจะติดที่ผิวของวงแหวนซึ่งมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด $t \times b$ ดังนั้น จะได้

$$c = 0.5t \quad \text{และ} \quad I = \frac{1}{12}bt^3$$

โดย t คือ ความหนาของ วงแหวน ณ ตำแหน่งที่ติดสเตรนเกจ
 b คือ ความกว้างของวงแหวน ณ ตำแหน่งที่ติดสเตรนเกจ

เมื่อแทนค่า c , I และ σ ในสมการ (3.4) จะได้

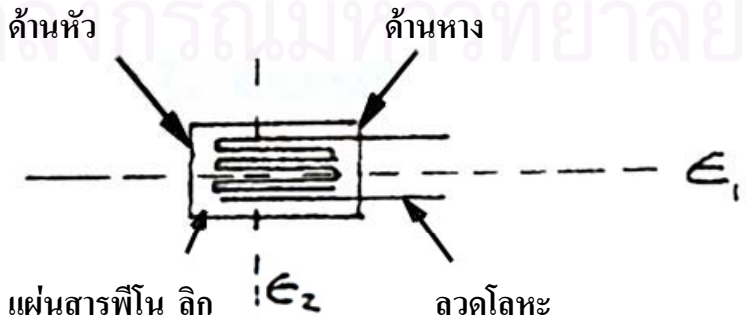
$$\varepsilon = \frac{6M_\theta}{bt^2E} \tag{3.6}$$

3.2.1.5 การใช้ EOR วัดแรงและโมเมนต์

การใช้ EOR วัดแรงและโมเมนต์ จะติด สเตรนเกจ จำนวน 12 ตัว ซึ่งต่อเป็นวงจรแบบเต็มบริดจ์ (Full Bridge Circuit) เพื่อวัดความเครียดที่เกิดขึ้น แล้วใช้สมการความสัมพันธ์คำนวณหาแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น

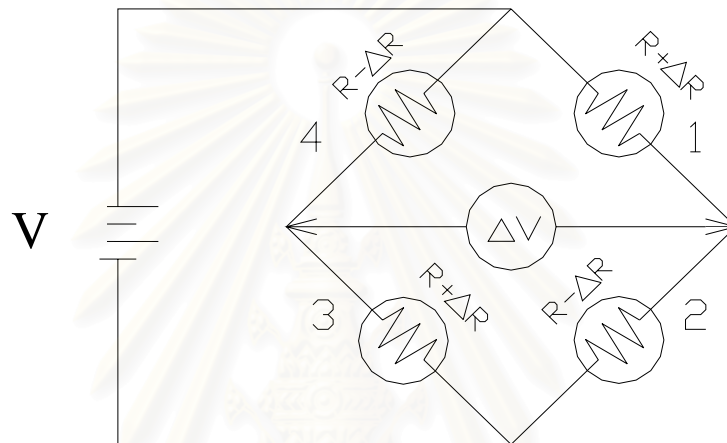
3.2.1.5.1 สเตรนเกจและวงจรบริดจ์

สเตรนเกจเป็นอุปกรณ์วัดความเครียด โดยอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อโลหะมีการเปลี่ยนรูปร่างหรือเกิดความเครียดขึ้น “ความต้านทานไฟฟ้าของโลหะจะเปลี่ยนแปลงตามไป” สเตรนเกจประกอบด้วยลวดโลหะ หรือแผ่นโลหะ หรือแผ่นที่ทำจากสารตัวนำ วางติดอยู่บนกระดาษหรือสารฟีนอลิก (Phenolic) เมื่อต้องการวัดความเครียดที่จุดใดบนชิ้นส่วนของโครงสร้างก็นำสเตรนเกจมาทาภาวสำหรับติดสเตรนเกจแล้วนำไปติดที่จุดนั้น โดยพยายามให้แกนของสเตรนเกจอยู่ในทิศทางของความเครียดหลัก (Principle Strain) ซึ่งเป็นทิศทางที่เกิดความเครียดสูงสุด สเตรนเกจมีลักษณะดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ลักษณะของสเตรนเกจ

การนำสเตรนเกจมาวัดแรงหรือโมเมนต์ จะนำสเตรนเกจมาต่อเป็นวงจรแบบบริดจ์ เพื่อวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (ΔV) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่างของสเตรนเกจขณะที่มีแรงหรือโมเมนต์มากระทำ สำหรับการหาความเครียดหรือการเสียรูปของ EOR จะใช้วงจรบริดจ์แบบเต็มบริดจ์ (Full Bridge) ซึ่งใช้สเตรนเกจ 4 ตัว ต่อการวัดแรงหนึ่งแรงหรือหนึ่งโมเมนต์ เนื่องจากการต่อวงจรแบบนี้มีความไว (Sensibility) สูง และมีเสถียรภาพ (Stability) ในการวัด ลักษณะการต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 3.7



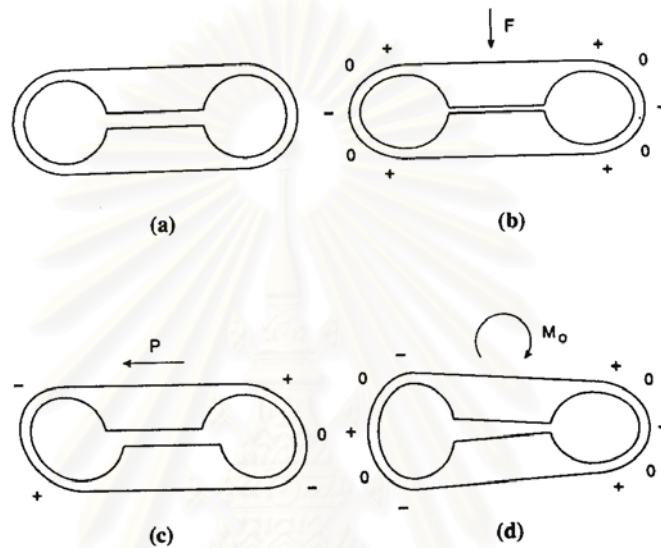
รูปที่ 3.7 การต่อวงจรแบบเต็มบริดจ์

- โดย
- $\text{R}+\Delta\text{R}$ = สเตรนเกจที่ติดในส่วนที่มีความเครียดเป็นบวก (ยืด)
 - $\text{R}-\Delta\text{R}$ = สเตรนเกจที่ติดในส่วนที่มีความเครียดเป็นลบ (หด)
 - V = แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจรบริดจ์
 - ΔV = ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงหรือโมเมนต์เกิดขึ้น

3.2.1.5.2 ตำแหน่งการติดสเตรนเกจ

สำหรับตำแหน่งการติดสเตรนเกจเพื่อที่จะสามารถวัดแรงใดแรงหนึ่งได้อย่างอิสระนั้น ต้องติดสเตรนเกจที่ตำแหน่ง Strain Node คือ ตำแหน่งซึ่งความเครียดที่เกิดขึ้นบริเวณนั้นจากแรงหรือโมเมนต์ที่ต้องการวัดเท่านั้น ไม่มีผลจากแรงอื่นๆ และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น กับแรงและโมเมนต์ที่มากระทำกับ ECR ตามสมการที่ (3.3) จะพบว่า ที่มุม $\theta = 0^\circ, 180^\circ$ แรงเฉือน P จะไม่มีผลต่อโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนวงแหวน และที่

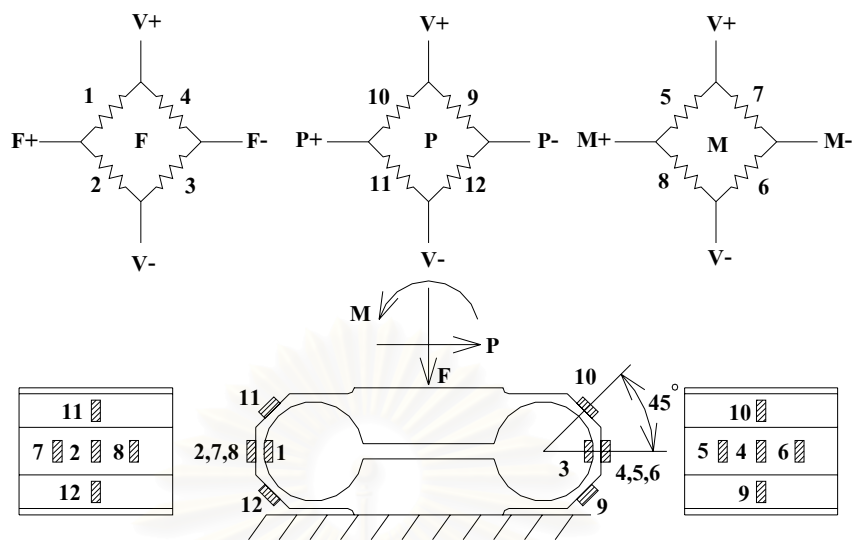
มุม $\theta = \pm 39.5^\circ, \pm 140.46^\circ$ แรง F ก็ไม่มีผลต่อโมเมนต์ดัดเช่นกัน ดังนั้น ถ้าต้องการวัดแรง F ได้อย่างอิสระจะต้องติดสเตรนเกจที่ตำแหน่งมุม $\theta = 0^\circ, 180^\circ$ และ ถ้าต้องการวัดแรง P ได้อย่างอิสระ จะต้องติดสเตรนเกจที่ตำแหน่งมุม $\theta = \pm 39.5^\circ, \pm 140.46^\circ$ ส่วนการวัดโมเมนต์ M จะต้องติดสเตรนเกจที่ตำแหน่งซึ่งเกิดการโก่งตัวมากที่สุด ซึ่งก็คือ ตำแหน่งที่ $\theta = 0^\circ, 180^\circ$ ซึ่งการเสียรูปของ ECR จากแรงและโมเมนต์ที่มากระทำ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ลักษณะการเสียรูปของ ECR จากแรงและโมเมนต์

- โดย 0 หมายถึง ตำแหน่งที่ไม่เกิดการยืดหรือหดตัว
 + หมายถึง ตำแหน่งที่ความเครียดเป็น บวก (เกิดการยืดตัว)
 - หมายถึง ตำแหน่งที่ความเครียดเป็น ลบ (เกิดการหดตัว)

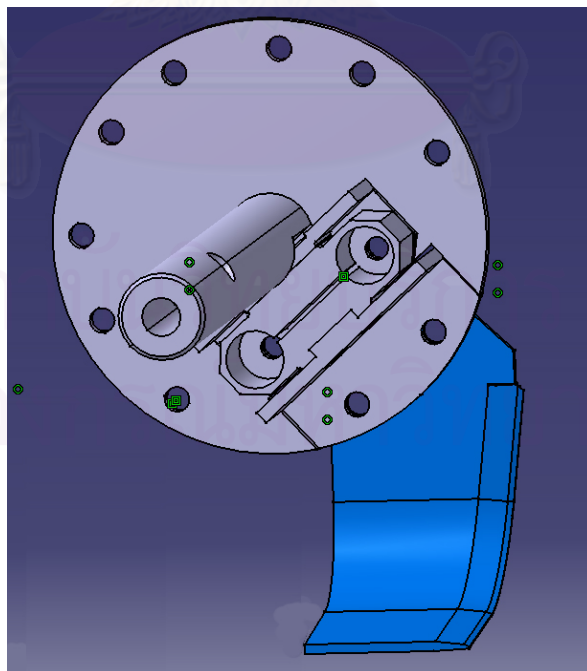
เนื่องจาก EOR มีรูปร่างซับซ้อนกว่า ECR ทำให้ไม่สามารถหาผลเฉลยแม่นยำตรงของความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนวงแหวนกับ แรงและโมเมนต์ที่กระทำได้ ดังนั้น ในทางปฏิบัติจะหาความสัมพันธ์โดยใช้วิธี Photoelastic ซึ่งตำแหน่ง Strain node จะขึ้นกับมิติของ EOR แต่ในการทดลองจะติดสเตรนเกจ สำหรับวัดแรง P ที่มุม $\theta = \pm 45^\circ, \pm 135^\circ$ แทน เนื่องจากความสะดวกในการติดสเตรนเกจ และการขึ้นรูป EOR การติดสเตรนเกจที่ตำแหน่งนี้ ก่อให้เกิดความไวข้ามที่ไม่สูงมากนัก ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ของความไวข้าม กับแรงและโมเมนต์ที่กระทำ จากการหาสมการถดถอยในการสอบเทียบ การติดสเตรนเกจจะติดที่ตำแหน่งต่างๆ บน EOR ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การติดสเตรนเกจที่ตำแหน่งต่างๆ บน EOR

3.2.1.6 การติดตั้ง EOR บนเพลลาไวมืด

การติดตั้ง EOR บนเพลลาไวมืด อาจจะติดตั้ง EOR บนเพลลาไวมืดหรืออาจติดบนหน้าแปลนที่เชื่อมติดบนเพลลาไวมืด โดยให้รัศมีของเพลลาไวมืด ตั้งฉากกับเส้นที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางในแนวนอนของ EOR และติดไวมืดบน EOR ในลักษณะตามที่ใช้งานจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และ 3.11



รูปที่ 3.10 การติด EOR บนเพลลาไวมืดและการติดไวมืด

3.2.1.7 การใช้ EOR วัดแรงที่กระทำกับใบมีด

การใช้ EOR วัดแรงที่กระทำกับใบมีด เนื่องจาก EOR สามารถวัดแรง 2 แรงที่ตั้งฉากกัน คือ แรงกด F และ แรงเฉือน P และยังสามารถวัดโมเมนต์ M ที่เกิดขึ้นบนระนาบของแรงคู่นั้นได้ ดังนั้น หากเราทราบค่าของแรงกด F และ แรงเฉือน P แล้ว ก็จะทำให้สามารถคำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ F_t ซึ่งเป็นผลรวมของแรงต้านทานทั้งหมดจากการพรวนที่กระทำกับใบมีดทดสอบ ณ เวลาใดๆ ได้ จากสมการ

$$F_t = \sqrt{F^2 + P^2} \quad (3.7)$$

และหาทิศทางจากสมการ

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{F}{P}\right) \quad (3.8)$$

แรงลัพธ์ F_t จะก่อให้เกิดโมเมนต์รอบจุดกึ่งกลางของ EOR เท่ากับโมเมนต์ M ที่วัดได้ ดังนั้น เราสามารถหาแนวแรงลัพธ์ได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

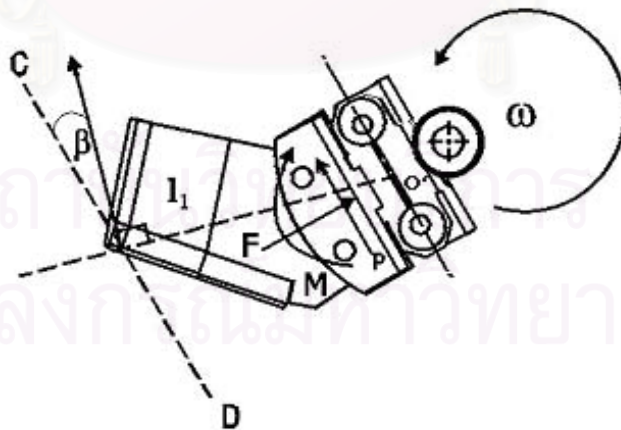
$$M = F_t L_t \quad (3.9)$$

โดย M คือ โมเมนต์ที่วัดได้

L_t คือ ระยะห่างระหว่างแนวแรงลัพธ์ และ ตำแหน่งจุดกึ่งกลางของ EOR

β คือ มุมระหว่างแนวแรง P กับ แนวแรงลัพธ์

เมื่อทราบแนวแรงลัพธ์แล้ว เราจะต่อเส้นแนวแรงลัพธ์ไปตัดกับใบมีด โดยจุดตัดของเส้นแนวแรงลัพธ์กับใบมีด จะเป็นบริเวณที่แรงลัพธ์กระทำกับใบมีด ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การหาตำแหน่งแรงลัพธ์ที่กระทำกับใบมีด

โดย \overline{CD} คือ เส้นที่ขนานกับแนวแรง P

O' คือ ตำแหน่งกึ่งกลางของ EOR

3.2.2 อุปกรณ์วัดตำแหน่งการหมุนของเพลาใบมีด

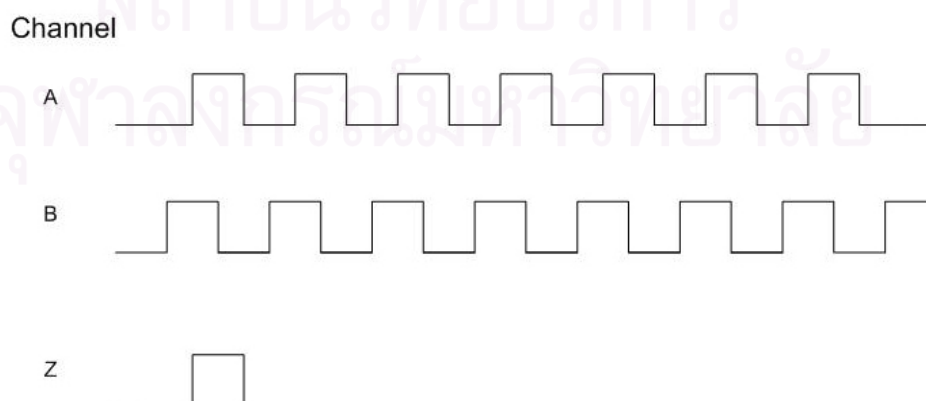
ขณะทำการทดลองสัญญาณจากวงจรมอดูเลชัน EOR จะเกิดขึ้นตลอดเวลา การที่จะทราบว่าสัญญาณความต่างศักย์ที่ได้รับเกิดขึ้นขณะที่ใบมีดอยู่ตำแหน่งใดนั้น จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้ Rotary Encoder ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดโดยใช้ Optical Sensor ภายในซึ่งสามารถจ่ายสัญญาณความต่างศักย์ที่มีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ตามจำนวนที่ระบุต่อการหมุนของเพลาของ Rotary Encoder 1 รอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 โดยสัญญาณจาก Rotary Encoder จะมี 3 ช่องสัญญาณ ได้แก่

1. ช่องสัญญาณ A จ่ายสัญญาณพัลส์แบบต่อเนื่อง (Pulse Train) โดยจ่ายสัญญาณพัลส์ตามจำนวนที่ระบุ
2. ช่องสัญญาณ B จ่ายสัญญาณพัลส์แบบต่อเนื่อง โดยจ่ายสัญญาณพัลส์ตามจำนวนที่ระบุ แต่เฟสของสัญญาณจะต่างจากช่องสัญญาณ A
3. ช่องสัญญาณ Z หรือ Zero Index จะจ่ายสัญญาณพัลส์เพียง 1 สัญญาณต่อการหมุน 1 รอบ

การจ่ายสัญญาณจาก Rotary Encoder สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 ลักษณะของ Rotary Encoder



รูปที่ 3.13 ลักษณะสัญญาณจาก Rotary Encoder

3.2.3 อุปกรณ์ส่งผ่านสัญญาณ

การวัดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนโดยตรงจำเป็นต้องติดอุปกรณ์วัดบนเพลลาใบมีด ซึ่งขณะพรวนเพลลาใบมีดจะหมุนอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น เพื่อป้องกันสายสัญญาณจากวงจรบริดจ์พันรอบเพลลาใบมีด จึงต้องใช้ Slip Ring เป็นตัวกลางในการส่งผ่านสัญญาณจากเพลลาใบมีดไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณ ลักษณะของ Slip Ring แสดงดังรูปที่ 3.14



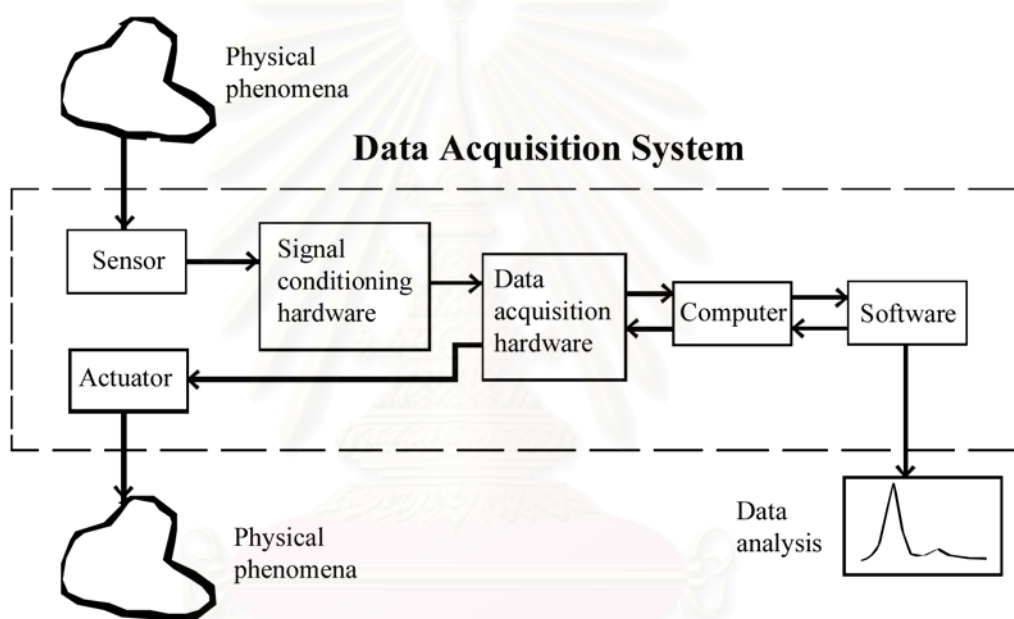
รูปที่ 3.14 ลักษณะของ Slip Ring และการทำงาน

3.3 ระบบการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ PC Based Data Acquisition System (PC Based DAQ System)

การเก็บข้อมูลจากการวัดแรงต้านทานที่มีลักษณะเป็นแรงแบบพลศาสตร์นั้น จำเป็นต้องอาศัยระบบการวัดที่มีอัตราการเก็บข้อมูลสูงเพื่อสามารถบันทึกการเปลี่ยนแปลงของแรงดังกล่าวที่เกิดขึ้นได้ จึงมีการนำระบบการเก็บข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นระบบที่มีอัตราการเก็บข้อมูลสูงและสามารถประมวลผลสัญญาณได้อย่างรวดเร็ว ระบบของการเก็บข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์ (ดังแสดงในรูปที่ 3.15) มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. Data Acquisition Hardware ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของระบบ ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital
2. อุปกรณ์ตรวจวัด (Transducers) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับ Sensor ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานขาเข้า เป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่ง เช่น สเตรนเกจ เป็น Sensor ที่ต่อเป็นวงจรบริดจ์ติดอยู่บน EOR ซึ่งเป็น Traducer ที่เปลี่ยนพลังงานความเครียด (Strain Energy) เป็นสัญญาณความต่างศักย์ทางไฟฟ้า

3. Signal Conditioning Hardware บ่อยครั้งที่สัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจวัด (Transducers) ไม่สอดคล้องกับ Acquisition Hardware ดังนั้น จึงต้องมีการปรับปรุงสัญญาณ เช่น การขยายขนาดสัญญาณ (Amplify) หรือการกรองสัญญาณ (Filter) ความถี่ที่ไม่ต้องการทิ้งไป
4. คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่ประมวลผล สร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับระบบ และเป็นหน่วยความจำในการเก็บข้อมูล
5. Software เป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับ hardware เช่น การแสดงผลสัญญาณ หรือปรับค่า Sampling Rate เป็นต้น



รูปที่ 3.15 ระบบการเก็บข้อมูล Data Acquisition System

3.3.1 Data Acquisition Hardware (DAQ Hardware)

เป็นอุปกรณ์สำหรับรับข้อมูล ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณ หรือเปลี่ยนสัญญาณจาก Analog เป็น Digital (A/D) หรือเปลี่ยนจาก สัญญาณ Digital เป็น Analog (D/A) ซึ่งอาจจะติดตั้งอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือเป็นอุปกรณ์ภายนอกก็ได้ โดยทั่วไป DAQ hardware จะมีส่วนประกอบดังนี้

3.3.1.1 Analog Input Subsystem

ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์ตรวจวัดที่เป็นสัญญาณแบบ Analog ให้เป็น บิต (Bit) ที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าได้ โดยปกติความละเอียดในการแปลงสัญญาณสำหรับการวัดสัญญาณแบบพลศาสตร์จะประมาณ 12 หรือ 16บิต

3.3.1.2 Analog Output Subsystem

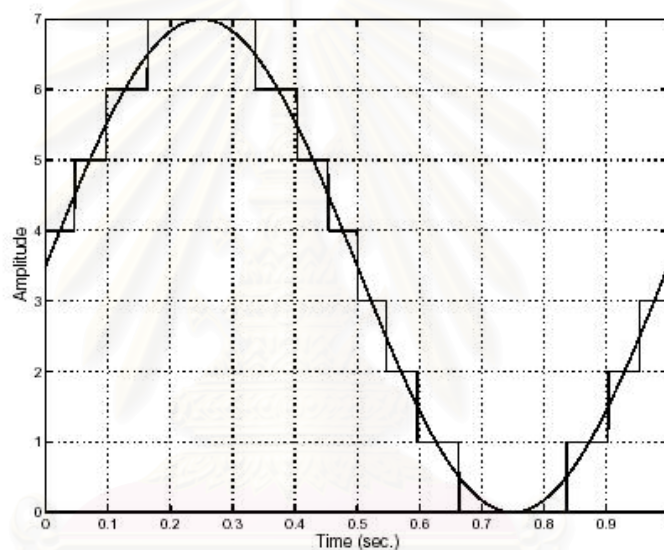
ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่เป็นแบบ Digital ที่ถูกเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ ให้กลายเป็นสัญญาณแบบ Analog

3.3.1.3 Digital Input / Output Subsystem

ทำหน้าที่รับและส่งค่าสัญญาณแบบ Digital ที่เข้ามาหรือออกจาก Hardware

3.3.1.4 Counter / Timer Subsystem

ทำหน้าที่สร้างสัญญาณสำหรับการนับเวลาในช่วงของกาวัด



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างการแปลงคลื่นรูปไซน์ ความถี่ 1 Hz โดยมี Resolution 3 bit

3.3.2 Sensors

3.3.2.1 ชนิดของ Sensors

อุปกรณ์ที่ใช้ทำหน้าที่เปลี่ยนปรากฏการณ์ทางกายภาพที่ต้องการวัด ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งจะถูกส่งไปยัง DAQ hardware สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

3.3.2.1.1 Digital Sensors

เป็นอุปกรณ์วัดที่ให้สัญญาณขาออกอยู่ในรูปแบบ Digital มีค่าของขนาดเมื่อเทียบกับเวลาเป็นแบบ discrete ต้องทำงานร่วมกับ Digital receiver

3.3.2.1.2 Analog Sensors

อุปกรณ์วัดชนิดนี้สัญญาณขาออกเป็นสัญญาณที่มีความต่อเนื่องและสัดส่วนกับสัญญาณขาเข้า มักใช้ในการวัดอุณหภูมิ ความดัน ความเร่ง ฯลฯ

3.3.2.2 การเลือกใช้งาน Sensors

การเลือกใช้งาน Sensors ต้องเลือกให้สอดคล้องกับคุณสมบัติของสัญญาณที่ต้องการวัด โดยคุณสมบัติที่สำคัญที่ควรพิจารณา มีดังนี้

3.3.2.2.1 Sensors Output

สัญญาณขาออกของ Sensors โดยมากจะเป็นค่าความต่างศักย์ แต่มีบางชนิดที่ให้สัญญาณขาออกเป็นกระแส สัญญาณทั้ง 2 แบบต่างกันดังนี้

ก. Current Signals: มักใช้ถ่ายทอดสัญญาณในสถานะที่มีคลื่นรบกวนจำนวนมาก เนื่องจากคลื่นรบกวนจะมีผลน้อยมาก จึงมีความเที่ยงตรงแม่นยำสูง แต่อย่างไรก็ตาม ก่อนเข้าสู่ DAQ Hardware สัญญาณกระแสจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณความต่างศักย์ โดยใช้ Current-Sensing Resistor ซึ่งมีราคาแพง

ข. Voltage Signals: สัญญาณขาออกจะเป็นสัญญาณความต่างศักย์ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุด มีข้อที่ควรพิจารณาในการเลือกใช้ 4 ประการ คือ

1. Amplitude ถ้าขนาดของสัญญาณน้อยกว่าระดับ มิลลิโวลต์ (mV) จะต้องมีการขยายสัญญาณ และถ้าขนาดของสัญญาณมากเกินไปขอบเขตของ hardware จะต้องลดลงด้วยเครือข่ายตัวต้านทาน
2. Frequency เป็นการพิจารณาค่าความถี่สูงสุดของสัญญาณที่ต้องการวัด เพื่อใช้เลือกความถี่ในการเก็บข้อมูล (Sampling Rate) อย่างไรก็ตาม ความถี่ที่สูงกว่าความถี่ของสัญญาณที่ต้องการวัดนั้น จะปรากฏในรูปของสัญญาณรบกวน (Noise) ซึ่งจะต้องกรองสัญญาณที่ความถี่เหล่านั้นออกไป หนึ่งสำหรับสัญญาณที่มีเปลี่ยนแปลงเร็วมากๆ การเลือกใช้ความถี่ในการเก็บข้อมูลควรมากกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณที่ต้องการวัด ประมาณ 10 – 20 เท่า
3. Duration มีผลต่อขนาดของ memory และพื้นที่การเก็บข้อมูลภายใน คอมพิวเตอร์
4. Sensor Bandwidth คือช่วงกว้างของความถี่ของสัญญาณที่ Sensors สามารถตอบสนองได้ การเลือกใช้ต้องเลือก Sensors ที่สามารถรับได้ทุกความถี่ที่เกิดขึ้นในสัญญาณ

3.3.3 Signal Conditioning Hardware

Signal Conditioning Hardware เป็นอุปกรณ์สำหรับปรับปรุงสัญญาณที่ได้จากการวัด การเลือกใช้จะพิจารณาจากลักษณะของสัญญาณที่วัดได้ว่ามีลักษณะอย่างไร เพื่อที่จะเลือกรูปแบบการปรับสัญญาณได้ถูกต้อง รูปแบบการปรับปรุงสัญญาณ มีดังนี้

3.3.3.1 Amplification

การปรับปรุงสัญญาณส่วนใหญ่ จะเป็นการขยายขนาดของสัญญาณ เนื่องจากบางครั้งขนาดของสัญญาณที่วัดได้มีขนาดเล็กมาก จึงต้องขยายขนาดของสัญญาณ เพื่อให้สามารถตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณได้ และยังเป็นการเพิ่มความละเอียดในการวัด (Resolution) แต่บางครั้งสัญญาณรบกวนหรือสัญญาณที่ไม่ต้องการจะถูกขยายขนาดไปด้วย ดังนั้น การขยายสัญญาณจึงมักใช้ร่วมกับการกรองสัญญาณ

3.3.3.2 Attenuation

การลดขนาดของสัญญาณ บางครั้งสัญญาณที่ออกจาก Sensors มีขนาดที่ใหญ่เกินกว่าที่ DAQ Hardware จะรองรับได้ จึงจำเป็นต้องมีการลดขนาดของสัญญาณลง โดยมักใช้เครือข่ายความต้านทานเป็นวงจรสำหรับลดขนาดของสัญญาณลง

3.3.3.3 Filtering

การกรองสัญญาณหรือกำจัดสัญญาณรบกวนหรือสัญญาณที่ไม่ต้องการออกจากสัญญาณที่ต้องการวัด โดยทั่วไปการกรองสัญญาณมักใช้ช่วงความถี่เป็นเกณฑ์โดยจะเลือกช่วงความถี่ที่ได้ให้สอดคล้องกับความถี่ของสัญญาณที่ต้องการวัด

3.3.3.4 Electrical Isolation

การแยกสัญญาณทางไฟฟ้าใช้เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ เนื่องจากระบบที่ต้องวัดอาจประกอบด้วยค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง (Dangerous Voltage หรือ Voltage Spikes) ซึ่งอาจทำความเสียหายแก่เครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์รับสัญญาณอื่นๆ และการใช้งานอีกอย่างหนึ่งคือ ใช้เพื่อให้ค่าที่อ่านได้ไม่มีผลจากความต่างศักย์ของ Ground หรือ Common-mode Voltages ซึ่งรู้จักในชื่อของ Ground Loop ซึ่งทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง

3.3.3.5 Multiplexing

การเลือกช่องสัญญาณ เป็นเทคนิคที่ใช้กันโดยทั่วไปในกรณีที่ต้องการวัดสัญญาณจากหลายช่องสัญญาณโดยใช้อุปกรณ์เพียงชุดเดียว สามารถกระทำได้โดยการสลับการเก็บข้อมูลในแต่ละช่องสัญญาณไปที่ละช่องสัญญาณ ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการเก็บข้อมูล (Sampling Rate) ของแต่ละช่องสัญญาณจะผกผันแปรผันกับจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด

3.3.3.6 Excitation Source

การจ่ายสัญญาณไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นวงจร สำหรับทรานสดิวเซอร์บางชนิด เช่น สเตรนเกจที่ต่อเป็นวงจรวัดจลน์ จำเป็นต้องมีการปรับความต่างศักย์เพื่อกระตุ้นวงจรก่อนเสมอ เพื่อก่อให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นเมื่อสเตรนเกจเกิดการเสียรูป

3.3.3.7 Linearization

การปรับสัญญาณให้เป็นเชิงเส้น เนื่องจากทรานสดิวเซอร์บางชนิดให้ผลตอบสนองไม่เป็นเชิงเส้น เช่น เทอร์มิสเตอร์ ดังนั้น จึงต้องมีการปรับสัญญาณให้เป็นเชิงเส้น

3.3.4 คอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาสำหรับระบบการรับข้อมูลซึ่งความเร็วของ Processor ภายในคอมพิวเตอร์ จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการจัดการข้อมูลที่ส่งมายังคอมพิวเตอร์ และยังเป็นทีเก็บข้อมูลที่รับจากการวัดสัญญาณ

3.3.5 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software)

การที่ผู้ใช้จะสามารถติดต่อสื่อสารกับระบบการจัดการข้อมูลที่ส่งมายังคอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องอาศัย Software เป็นตัวกลางในการติดต่อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. Driver Software เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ DAQ Hardware ภายในคอมพิวเตอร์
2. Application Software เป็นโปรแกรมสำหรับแสดงข้อมูลหรือสัญญาณที่วัดได้ พร้อมทั้งเก็บบันทึกลงบนหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์

บทที่ 4 อุปกรณ์การทดลอง

ชุดอุปกรณ์การทดลองต่างๆ เป็นอุปกรณ์เฉพาะทางที่สร้างและ
พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์นี้ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่



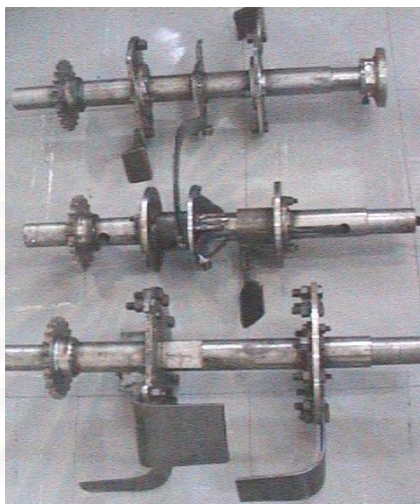
รูปที่ 4.1 ชุดอุปกรณ์ทดลองที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

4.1 ชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน

เนื่องจากการทดลองภายในสถานที่ที่สามารถทำการทดลอง และควบคุม
พารามิเตอร์ต่างๆ ได้ง่ายกว่าการทดลองในสนามจริง จึงได้สร้างชุดจำลองการทำงานของเครื่อง
พรวนจอบหมุนขึ้น โดยชุดการทดลองที่สร้างขึ้นจะให้เพลลาไบมิตหมุนอยู่กับที่และให้กระบะทราย
เคลื่อนที่แทนการเคลื่อนที่ของเครื่องพรวนจอบหมุน การสร้างชุดจำลองสภาพการทำงานนี้ได้
ออกแบบให้สามารถปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบะทราย ความเร็วรอบหมุนของเพลลา
ไบมิต ระดับความลึกในการพรวน และชนิดของไบมิตที่ใช้ทดลอง รวมถึงสามารถปรับเปลี่ยน
รูปแบบการจัดเรียงของไบมิตแต่ละชนิดได้ ทำให้สามารถจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวน
จอบหมุนได้อย่างหลากหลาย ชุดจำลองสภาพการทำงานสามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

4.1.1 ชุดเพลลาไวมัด

เนื่องจากวิทยานิพนธ์นี้ศึกษาแรงที่กระทำกับไวมัดจอบหมุน 3 ชนิด และไวมัดแต่ละชนิดมีรูปแบบการจับยึดบนเพลลาไวมัดแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้การติดไวมัด เป็นไปตามรูปแบบการใช้งานจริง จึงจำเป็นต้องสร้างชุดเพลลาไวมัดขึ้นทั้งหมด 3 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ชุดเพลลาไวมัดทดลอง 3 ชนิด

สำหรับการทดสอบไวมัดแต่ละแบบ วิธีการยึด EOR บนเพลลาไวมัดจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับขนาดและระยะต่างๆ ของ ไวมัด หน้าแปลนและเพลลาไวมัด บนเพลลาไวมัดแต่ละชนิดจะมีหน้าแปลนหรือช่องสำหรับการยึดจับไวมัดข้างเคียงทั้งด้านซ้ายและขวา โดยออกแบบให้สามารถปรับมุมองศาในการติดไวมัดข้างเคียงโดยปรับได้ครั้งละ 15 องศาเพื่อให้สามารถปรับรูปแบบการจัดเรียงไวมัดได้หลายรูปแบบ

ก่อนการทดลองจะประกอบ Slip Ring เข้ากับปลายเพลลาไวมัดทั้ง 2 ข้าง จึงมีการทำป่าไว้รับหน้าแปลนของ Slip Ring ซึ่งการต่อสายสัญญาณจาก EOR ไปยัง Slip ring นั้น จะร้อยสายสัญญาณผ่านรูที่เจาะไว้ที่แกนเพลลาบริเวณปลายเพลลาไวมัดทั้ง 2 ข้าง ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การร้อยสายสัญญาณผ่านรูเจาะที่ปลายเพลลาไวมัด

4.1.2 ชุดกระบะทดลอง

กระบะทดลองที่สร้างขึ้นมีขนาด 1.2 เมตร x 3 เมตร x 0.3 เมตร เคลื่อนที่บนราง โดยการส่งกำลังจากมอเตอร์ผ่านชุดเฟืองทดรอบ และชุดเฟืองโซ่ ภายในกระบะบรรจุทรายชนิดละเอียดแทนการใช้ดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.4 เนื่องจากทรายละเอียดมีความหนาแน่นสม่ำเสมอ สามารถควบคุมและปรับความแน่นในแต่ละการทดลองได้ใกล้เคียงกันได้ง่ายกว่าดิน จึงสามารถควบคุมความแน่นของชั้นทรายในแต่ละการทดลองได้ และด้วยสาเหตุนี้การศึกษาในต่างประเทศเกี่ยวกับการหาแรงต้านทานของอุปกรณ์ที่ทำงานในดิน จึงมักใช้ทรายละเอียดแทนดิน



รูปที่ 4.4 กระบะทรายที่ใช้ในการทดลอง

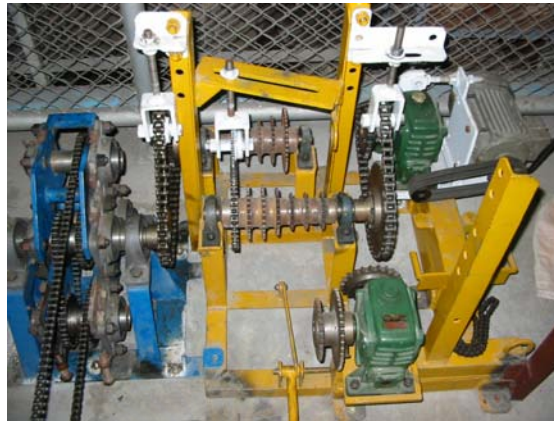
กระบะที่สร้างขึ้นนี้สามารถเปิดผนังด้านข้างหลังจากเตรียมทรายแล้วได้ เพื่อให้สามารถบันทึกภาพขณะที่ไบบีมัดหมุนตัดทรายได้

4.1.3 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมของชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

4.1.3.1 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบะทราย

กระบะทรายซึ่งเคลื่อนที่โดยอาศัยกำลังจากมอเตอร์ผ่านชุดเฟืองทดรอบ และชุดเฟืองโซ่ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 สามารถควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ได้จากการปรับชุดเฟืองทดรอบและอาศัยการปรับความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์ช่วยด้วย เพื่อจะได้ความเร็วการเคลื่อนที่ของกระบะทรายตามต้องการ จะได้ค่าระยะตัดทรายของไบบีมัดตามที่กำหนด และสามารถกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่และขอบเขตการเคลื่อนที่ได้จากกล่องควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งทำงานร่วมกับอินเวอร์เตอร์และลิมิตสวิตช์ (Limit Switch)



รูปที่ 4.5 ชุดเฟืองโซ่และเฟืองทดรอบ



รูปที่ 4.6 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบะทราย

4.1.3.2 ชุดควบคุมความเร็วรอบหมุนของเพลาใบมีด

เพลาใบมีดหมุนโดยอาศัยกำลังจากมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า ผ่านชุดเฟืองทดรอบและชุดเฟืองโซ่ การควบคุมความเร็วการหมุนของเพลาใบมีดให้ได้ตามที่กำหนดทำได้โดยการปรับความถี่ที่จ่ายให้มอเตอร์โดยใช้อินเวอร์เตอร์ ซึ่งเพลาใบมีดจะถูกปรับให้หมุนทิศทางเดียวโดยการกำหนดทิศทางการหมุนจากอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 4.7 ชุดเฟืองทดรอบและอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ควบคุม

4.1.3.3 ชุดปรับระดับความลึกในการพรวน

ชุดจำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุนที่สร้างขึ้นนี้

สามารถปรับระดับความลึกของการพรวนได้ เนื่องจากความยาวของรัศมีของเพลายับมีดแต่ละแบบมีขนาดไม่เท่ากัน และความลึกในการพรวนของใบมีดแต่ละแบบอาจไม่เท่ากัน ดังนั้น จึงต้องมีชุดปรับระดับความลึกในการพรวนโดยการปรับระยะความสูงของเพลายับมีดจากพื้นกระบะ การปรับความสูงนี้จะใช้กลไกแบบ Four Bars Linkage และใช้แท่งเกลียวกับแป้นเกลียวเป็นอุปกรณ์ในการปรับระยะ ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กลไกในการปรับระดับความลึกในการพรวน

4.2 ชุดอุปกรณ์วัดและปรับปรุงสัญญาณ

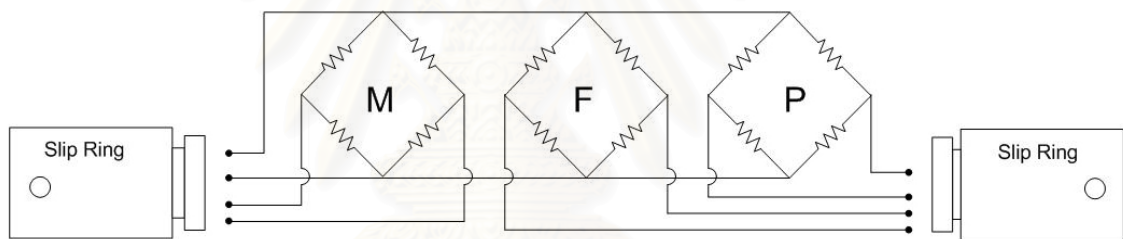
ชุดอุปกรณ์วัดและปรับปรุงสัญญาณจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

4.2.1 ชุด EOR

ชุด EOR ประกอบด้วย EOR ซึ่งติดตั้งบนเกจที่ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งต่อเป็นวงจรแบบเต็มบริดจ์ 3 วงจร และแทนสำหรับประกอบ EOR เข้ากับเพลายับมีดพร้อมด้วยชิ้นส่วนสำหรับยึดใบมีดเข้ากับ EOR สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์บน EOR เมื่อมีแรงหรือโมเมนต์มากระทำ จะมีขนาดของสัญญาณเล็กมากเป็นไมโครโวลต์ ซึ่งจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณก่อนที่จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์

4.2.2 อุปกรณ์ส่งผ่านสัญญาณ

ขณะทำการทดลอง EOR จะหมุนไปพร้อมกับเพลลาใบมีด ดังนั้นจึงต้องใช้ Slip Ring เป็นอุปกรณ์ช่วยส่งผ่านสัญญาณเพื่อป้องกันการพันของสายสัญญาณรอบเพลลาใบมีด Slip Ring ที่ใช้เป็นแบบ 4 ช่องสัญญาณ จำนวน 2 ตัว โดยติดอยู่ที่ปลายเพลลาใบมีดจอบหมุนทั้ง 2 ข้าง เนื่องจาก Slip Ring ที่ใช้เป็นแบบ 4 ช่องสัญญาณ 2 ตัว ดังนั้นสามารถรองรับสัญญาณได้ทั้งหมด 8 ช่องสัญญาณ แต่วงจรบริดจ์แต่ละวงจรมีสายสัญญาณ 4 เส้น จึงมีจำนวนสายสัญญาณทั้งหมด 12 เส้น ซึ่งเป็นสายสัญญาณไฟฟ้ากระตุ้นวงจรบริดจ์ 6 เส้น และเป็นสายสัญญาณความต่างศักย์ที่ได้จากการวัดอีกรวม 2 เส้น รวมเป็น 6 เส้น แต่ Slip Ring รองรับได้เพียง 8 ช่องสัญญาณ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนการต่อสายสัญญาณโดยการรวมสายที่เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระตุ้นวงจรบริดจ์ของทั้ง 3 วงจรเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การต่อสายสัญญาณจากวงจรบริดจ์เข้า Slip Ring

4.2.3 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณความต่างศักย์ที่ออกจากวงจรบริดจ์มีขนาดเล็กมาก จึงต้องทำการขยายสัญญาณ โดยใช้ Strain Amplifier Modules รุ่น SCC-SG04 ของ National Instruments ดังแสดงในรูปที่ 4.10 จำนวน 2 Modules ซึ่งแต่ละ Module จะรองรับวงจรบริดจ์แบบเต็มบริดจ์ได้ 2 วงจร โดยจะจ่ายสัญญาณความต่างศักย์ขนาด 2.5 โวลต์ เพื่อกระตุ้นวงจรบริดจ์และขยายสัญญาณขึ้น 100 เท่า พร้อมทั้งกรองสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่า 1.6 กิโลเฮิรตซ์ ออก โดย Modules ทั้ง 2 จะบรรจุอยู่ในกล่องรวมสัญญาณ SCC 2345 ดังแสดงในรูปที่ 4.11 ซึ่งทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณที่เชื่อมต่อกับ Data Acquisition Card (DAQ Card) ภายในคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.10 Strain Amplifier Modules SCC-SG04



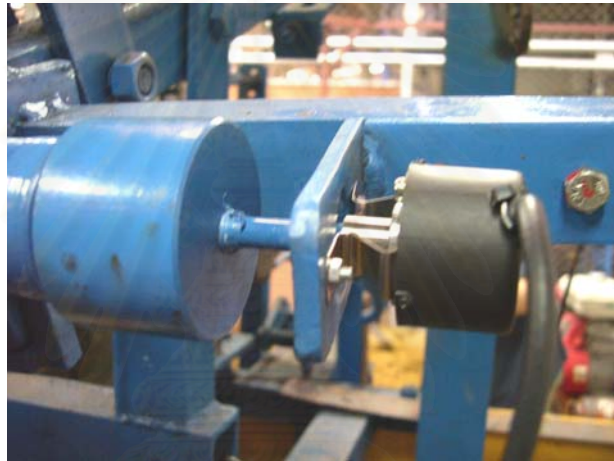
รูปที่ 4.11 กล่องรวมสัญญาณ SC 2345

4.2.3 อุปกรณ์วัดตำแหน่งการหมุนของเพลาใบมีด

การระบุตำแหน่งการหมุนของเพลาใบมีดขณะทดลองจะใช้สัญญาณพัลส์จากช่อง Zero Index ของ Rotary Encoder โดยการปรับให้สัญญาณพัลส์เกิดขึ้นเมื่อเพลาใบมีดหมุนมายังตำแหน่ง 0° ของ EOR ซึ่งเป็นตำแหน่งที่แกนในแนวอนของ EOR ขนานกับแนวระดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.12 การติดตั้ง Rotary Encoder จะติดที่ปลายของเพลาขับเพลาใบมีดซึ่งมีอัตราทดรอบกับเพลาใบมีดเท่ากับ 1 โดยสายสัญญาณจากช่อง Zero Index ของ Rotary Encoder จะต่อไปยังกล่องรวมสัญญาณ เพื่อส่งไปยัง DAQ Card พร้อมกับสัญญาณความต่างศักย์จากวงจรบริดจ์ต่างๆ



รูปที่ 4.12 ลักษณะของ Rotary Encoder



รูปที่ 4.13 การติดตั้ง Rotary Encoder

4.3 ชุดรับ แสดงผล บันทึกลงและประมวลผลสัญญาณ

สัญญาณความต่างศักย์จากวงจรมอดูเลชันหลังจากถูกขยายและกรองสัญญาณรบกวนออกพร้อมกับสัญญาณ Zero Index จะถูกรวบรวมไว้ในกล่องรวมสัญญาณก่อนส่งไปยังชุดรับสัญญาณเพื่อแสดงผลและบันทึกสัญญาณภายในคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย

4.3.1 Data Acquisition Card (DAQ Card)

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



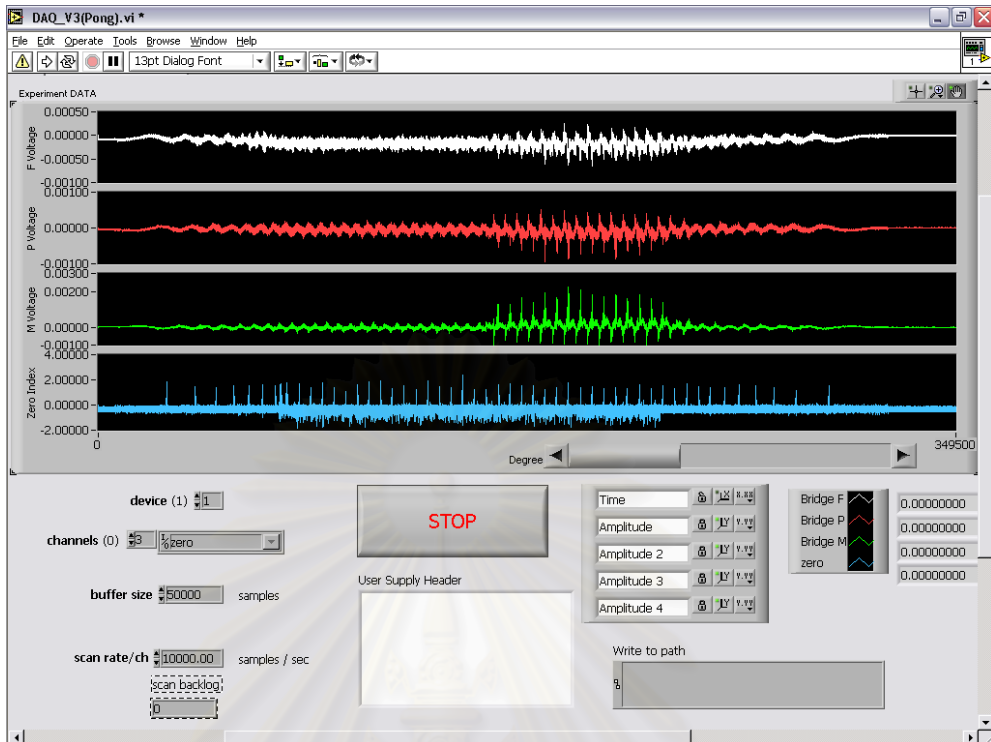
รูปที่ 4.14 ลักษณะของ DAQ Card

4.3.2 คอมพิวเตอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์

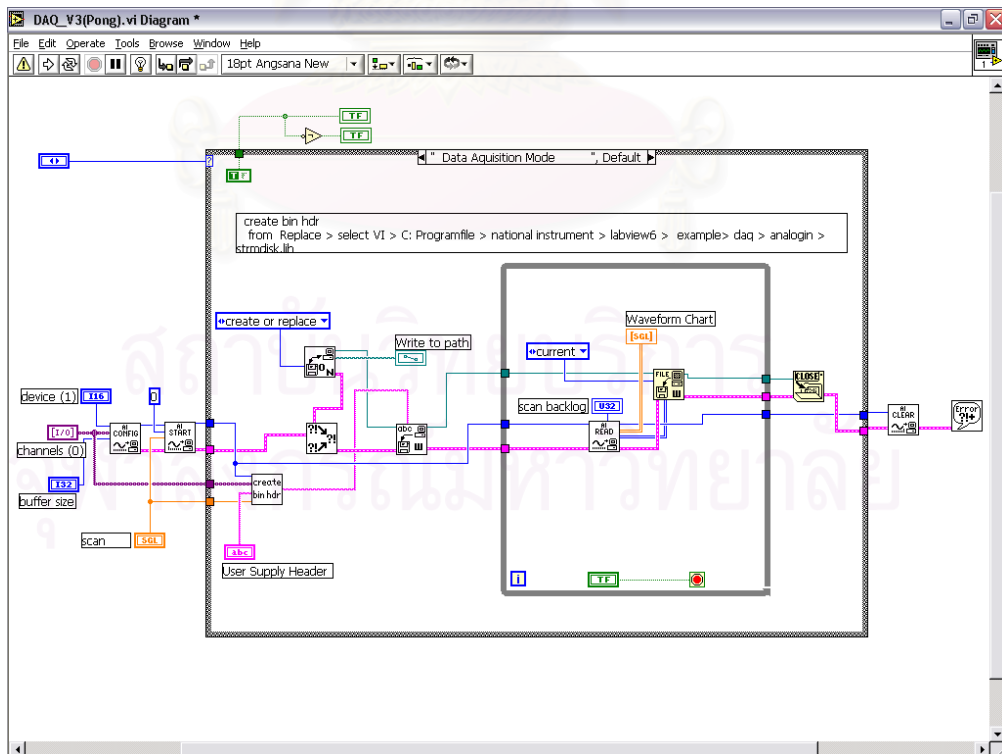
คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองควรมีข้อมูลจำเพาะ (Specification) ของเครื่องสูง โดยในการทดลองใช้ Intel Pentium4 2.66 GHz เนื่องจากต้องช่วยในการแปลงข้อมูลจาก Analog เป็น Digital พร้อมทั้งต้องรับข้อมูล แสดงผล และเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณมากในเวลาเดียวกัน การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์จะอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลาง 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 เนื่องจากการเก็บรูปแบบนี้สามารถเก็บบันทึกได้อย่างรวดเร็วและมีขนาดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลน้อย และเนื่องจากการรับข้อมูลของคอมพิวเตอร์ก็อยู่ในรูปแบบนี้ จึงไม่ต้องเสียเวลาและประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ในการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบอื่นขณะที่กำลังรับข้อมูลที่เกิดขึ้นขณะทดลอง โปรแกรมที่ใช้ในการแสดงผล บันทึกข้อมูลมีลักษณะดังรูปที่ 4.15 และ 4.16



รูปที่ 4.15 Front Panel ของโปรแกรมรับ แสดงผล และบันทึกสัญญาณ



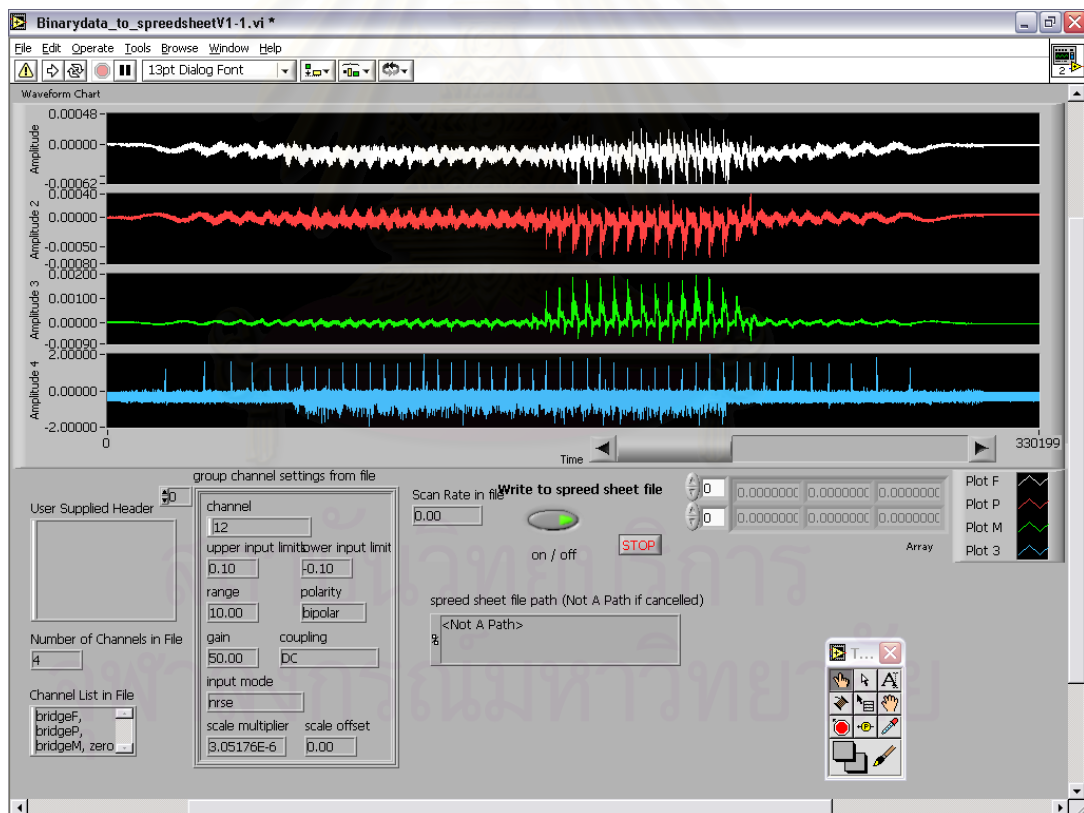
รูปที่ 4.16 Diagram ของโปรแกรมรับ แสดงผล และบันทึกสัญญาณ

4.3.2.2 โปรแกรมสำหรับประมวลผลและวิเคราะห์สัญญาณ

การวัดค่าสัญญาณขณะทดลอง จะได้ค่าของสัญญาณที่บันทึกอยู่ในรูปแบบของ Binary File หลังจากนั้นเราจะนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์หา ขนาด ทิศทาง แนวนองและการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีด โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์และจัดการข้อมูล โปรแกรมที่ใช้สามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่

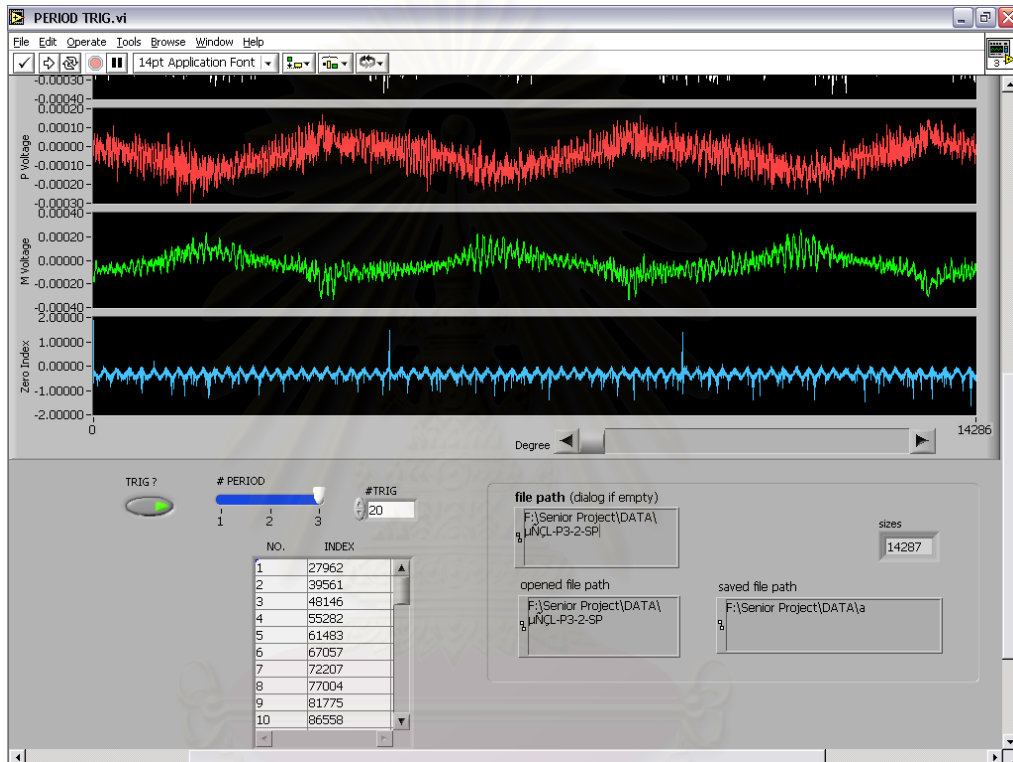
4.3.2.2.1 โปรแกรมสำหรับแปลงข้อมูลในรูปแบบ Binary File เป็น Spreadsheet File

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



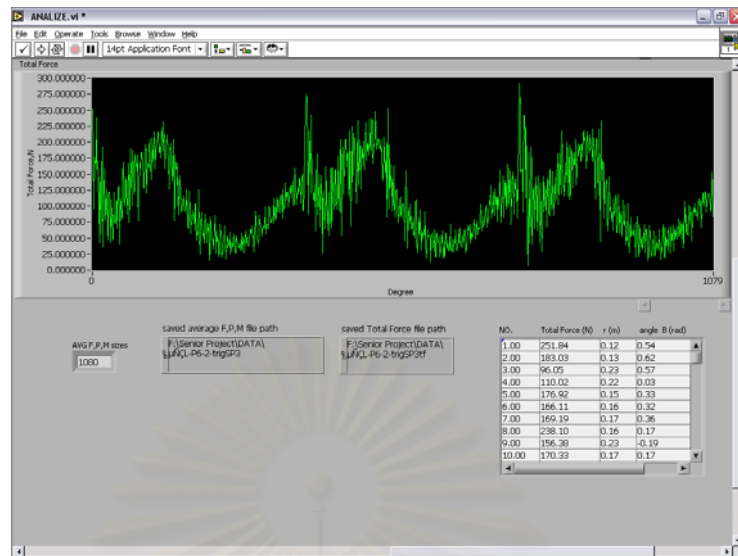
รูปที่ 4.17 โปรแกรมสำหรับแปลง Binary File เป็น Spreadsheet File

4.3.2.2.2 โปรแกรมสำหรับเลือกช่วงข้อมูลจากการทดลอง สัญญาณที่ได้จากการทดลองแต่ละครั้งจะมีเป็นจำนวนมากและมีลักษณะเป็นคาบ (Period) ตามรอบการหมุนของเพลานาไมด์ จึงต้องมีการเลือกช่วงสัญญาณที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในช่วง Steady State มาเป็นตัวแทนของข้อมูล โดยการสร้างโปรแกรมตัดช่วงข้อมูลที่ต้องการเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ต่อไป ตัวอย่างของโปรแกรมแสดงในรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 โปรแกรมสำหรับเลือกช่วงข้อมูลจากการทดลอง

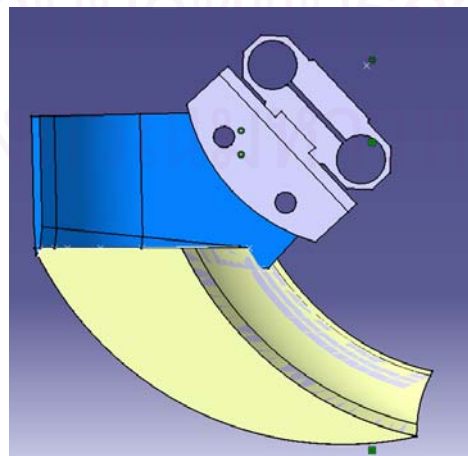
4.3.2.2.3 โปรแกรมแปลงค่าสัญญาณความต่างศักย์จากการทดลองเป็นขนาดของแรง และโมเมนต์ เป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นสำหรับใช้แปลงค่าสัญญาณความต่างศักย์จากการทดลองเป็นขนาดของแรง และโมเมนต์ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณความต่างศักย์จากวงจรบริดจ์ต่างๆ กับแรงและโมเมนต์ที่กระทำจากการสอบเทียบ และเมื่อทราบขนาดของแรงและโมเมนต์ต่างๆ ที่มากระทำแล้วจะสามารถคำนวณหาขนาด และทิศทางของแรงลัพธ์ที่ตำแหน่งการหมุนต่างๆ ได้โดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 โปรแกรมแปลงข้อมูลจากการทดลองเป็นขนาดของแรง และโมเมนต์

4.3.2.2.4 โปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์การพรวนของใบมีด

เนื่องจากขณะทดลองใบมีดจะหมุนตัดทรายอย่างรวดเร็วถึงแม้ว่าจะมีการบันทึกภาพขณะใบมีดหมุนพรวนแต่ยังไม่สามารถพิจารณาการพรวนของใบมีดได้อย่างชัดเจน ดังนั้น จึงได้ใช้โปรแกรม CATIA V5 ซึ่งเป็นโปรแกรม CAD ที่สามารถแสดงผลเป็นสามมิติได้นำมาจำลองการทำงานของเพล่าใบมีดขณะหมุนพรวนดิน จากแบบจำลองการทำงานนี้จะสามารถพิจารณาการตัดทรายของใบมีด ว่าที่ตำแหน่งต่างๆ ของการหมุนนั้น ส่วนใดของใบมีดที่สัมผัสกับทราย ซึ่งจะนำมาพิจารณาร่วมกับขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ที่เกิดขึ้น นอกจากนั้นโปรแกรม CATIA ยังสามารถวิเคราะห์ ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นบนใบมีดได้ ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 การใช้แบบจำลองช่วยในการวิเคราะห์

บทที่ 5

วิธีการทดลอง

การศึกษาแรงต้านทานที่กระทำกับโม่มีดจอบหมุน 3 ชนิด จะกระทำโดยการทดลองวัดแรงต้านทานที่เกิดขึ้นขณะที่โม่มีดพรวนทราย ซึ่งการทดลองจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

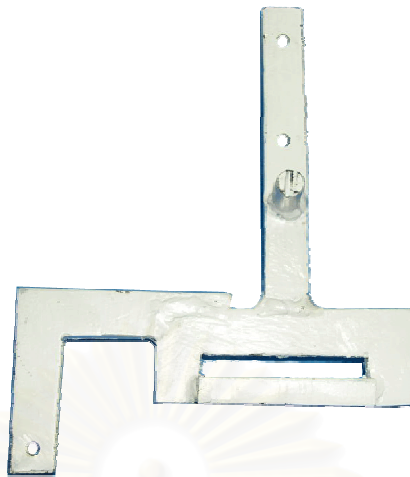
5.1 การสอบเทียบ

5.2 การทดลองพรวนทราย

โดยในแต่ละส่วนมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

5.1 การสอบเทียบ

ก่อนทำการทดลองวัดแรงต้านทานที่กระทำกับโม่มีดจอบหมุน ต้องทำการสอบเทียบอุปกรณ์วัด EOR เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรบริดจ์ต่างๆ บน EOR กับแรงและโมเมนต์ที่มากระทำ ซึ่งจากการวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า การติตสเตรนเกจที่ตำแหน่ง 0° , 180° สำหรับการวัดแรงกด F การติตสเตรนเกจที่มุม $\pm 45^\circ$, $\pm 135^\circ$ สำหรับวัดแรงเฉือน P และการติตสเตรนเกจที่มุม 0° , 180° สำหรับวัดโมเมนต์ M เกิดความไวข้าม (Cross Sensitivity) ขึ้น เช่น เมื่อใส่ภาระให้ EOR เฉพาะแรงกด F พบว่านอกจากจะเกิดความต่างศักย์ขึ้นที่วงจรสำหรับวัดแรงกด F แล้ว ยังเกิดความต่างศักย์ขึ้นที่วงจรสำหรับวัดแรงเฉือน P และโมเมนต์ M อีกด้วย ดังนั้น เพื่อสามารถวิเคราะห์แรงและโมเมนต์ได้ดี จึงจำเป็นต้องหาความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยพิจารณาถึงผลของความไวข้ามด้วย จึงได้หาความสัมพันธ์ในรูปแบบของระบบสมการ ซึ่งทำได้โดยการสร้างชุดอุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบที่สามารถใส่ภาระในลักษณะที่ก่อให้เกิดเฉพาะแรงกด F หรือ แรงเฉือน P หรือโมเมนต์ M กับ EOR ซึ่งจะสามารถหาความไวหลักที่เกิดขึ้นได้ และยังสามารถใส่ภาระให้เกิดแรงและโมเมนต์ได้พร้อมกัน เพื่อที่จะสามารถพิจารณาผลของความไวข้ามที่เกิดขึ้นได้ ชุดอุปกรณ์สอบเทียบแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ชุดอุปกรณ์สอบเทียบที่สร้างขึ้น

5.1.1 วิธีการสอบเทียบ

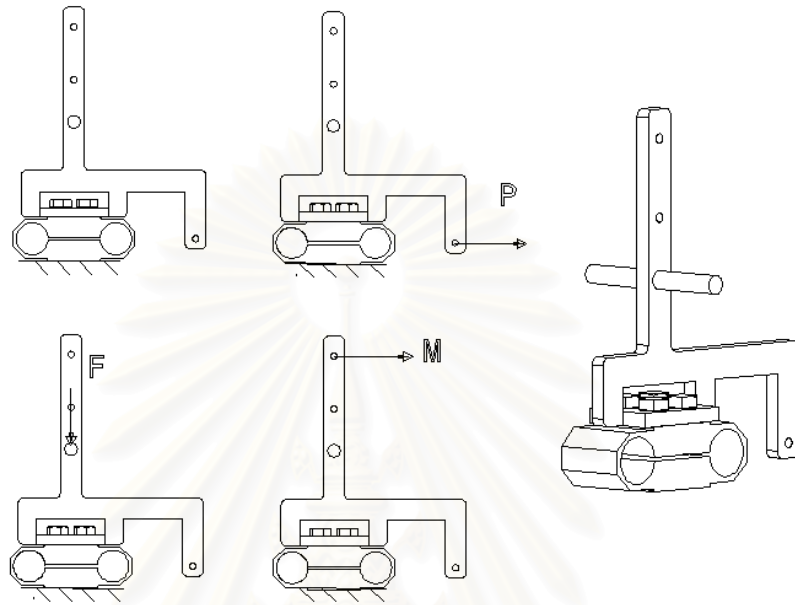
การสอบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรบริดจ์ต่าง ๆ บน EOR กับแรงหรือโมเมนต์ที่มากระทำ มีขั้นตอน ดังนี้

1. ประกอบชุด EOR เข้ากับแท่นอุปกรณ์สำหรับสอบเทียบ พร้อมทั้งประกอบชุดอุปกรณ์สอบเทียบที่สร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5.2 โดยต้องกำหนดทิศทางการใส่ภาระให้สอดคล้องกับเครื่องหมายของสัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น และทำเครื่องหมายแสดงทิศทางไว้บน EOR



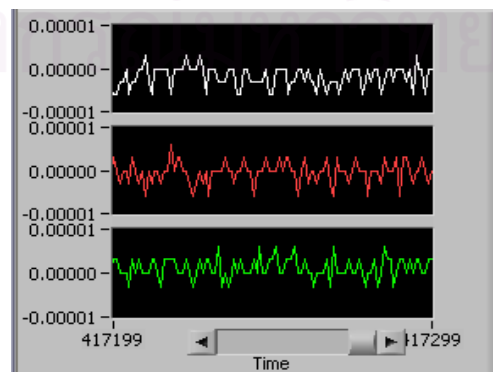
รูปที่ 5.2 การประกอบ EOR เข้ากับชุดสอบเทียบที่สร้างขึ้น

2. เตรียมใส่ภาระให้กับชุดอุปกรณ์สอบเทียบตามลักษณะที่ได้กำหนดไว้ การใส่ภาระสามารถแสดงได้ในรูปที่ 5.3 การใส่ภาระจะใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานร่วมกับบล็อกและลวดสลิง



รูปที่ 5.3 รูปแบบต่างๆ ของการใส่ภาระให้กับชุดอุปกรณ์สอบเทียบ

3. ต่อสายสัญญาณจากวงจรบริดจ์ที่ติดอยู่บน EOR ไปยัง Strain Amplifier ที่บรรจุอยู่ในกล่องรวมสัญญาณ
4. ต่อสายสัญญาณจากกล่องรวมสัญญาณไปยัง DAQ Card ภายในคอมพิวเตอร์
5. เปิดโปรแกรมสำหรับบันทึกค่าสัญญาณความต่างศักย์ พร้อมทั้งปรับค่าสัญญาณจากวงจรบริดจ์ทั้ง 3 ให้เป็น 0 (Adjust Null) ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 การปรับค่าสัญญาณความต่างศักย์ให้เป็นศูนย์

6. เริ่มต้นใส่ภาระตามรูปแบบที่ต้องการ โดยการใส่ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานลงบนถาดรองรับ พร้อมทั้งปรับให้ชุดตุ้มน้ำหนักอยู่นิ่ง ก่อนกดปุ่มบันทึกสัญญาณ เพื่อให้ค่าที่วัดมีความถูกต้อง (ดังแสดงในรูปที่ 5.5)



รูปที่ 5.5 การใส่ตุ้มน้ำหนักบนถาดรองรับ

7. กดปุ่มบันทึกค่าความต่างศักย์จากโปรแกรม ซึ่งจะบันทึกค่าสัญญาณจากแต่ละวงจรวัดได้ 1,000 ค่า เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย
8. ปรับเปลี่ยนขนาดของภาระด้วยการเปลี่ยนน้ำหนักรวมของตุ้มน้ำหนัก ซึ่งการปรับเปลี่ยนภาระนี้จะปรับเปลี่ยนแบบสุ่ม เพื่อลดผลของการเกิดฮิสเทอริซิส (Hysteresis) ช่วงน้ำหนักที่ใช้คือ 0-40 kg โดยในช่วง 0 ถึง 10 kg จะปรับครั้งละ 1 kg ช่วง 10 ถึง 20 kg ปรับครั้งละ 2 kg และพอถึง 40 kg จะปรับครั้งละ 5 kg
9. ทำการบันทึกค่าทุกครั้งที่ปรับเปลี่ยนภาระจนครบทุกน้ำหนักที่กำหนด
10. นำข้อมูลที่บันทึกไว้มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำมาสร้างเป็นกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์
11. ปรับเปลี่ยนรูปแบบการใส่ภาระ แล้วทำการทดลองเช่นเดิม
12. นำกราฟความสัมพันธ์ที่ได้จากทุกการทดลองมาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาระบบสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรวัดต่างๆ บน EOR กับแรงและโมเมนต์ที่มากระทำ

5.1.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากการสอบเทียบ

ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรบริดจ์ต่างๆ บน EOR กับแรงและโมเมนต์ที่สามารถเขียนอยู่ในรูประบบสมการแบบเมทริกซ์ได้ดังนี้

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

โดย	V_F	คือ ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรบริดจ์สำหรับวัดแรงกด F
	V_P	คือ ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรบริดจ์สำหรับวัดแรงเฉือน P
	V_M	คือ ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรบริดจ์สำหรับวัดโมเมนต์ M
	F	คือ ขนาดของแรงกด F มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
	P	คือ ขนาดของแรงกดเฉือน P มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
	M	คือ ขนาดของโมเมนต์ M มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร (Nxm)
	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 การทดลองพรวนทราย

การทดลองวัดแรงต้านทานกับไบบีมัดจอบหมุน 3 ชนิด จะกระทำใน 3 กรณีคือ

1. การทดลองพรวนด้วยไบบีมัดเต็มใบ ที่ระยะตัดทราย 3 , 6 และ 9 เซนติเมตร
2. การทดลองพรวนด้วยไบบีมัดตัดปลาย ที่ระยะตัดทราย 3 , 6 และ 9 เซนติเมตร

3. การทดลองพรวนด้วยไวมีดเต็มใบ โดยติดไวมีดข้างเคียง

โดยในแต่ละกรณีจะพรวนที่ระดับความลึกในการพรวน 12 เซนติเมตร ความเร็วเพล่าไวมีด 120 รอบต่อนาที

5.2.1 การพรวนด้วยไวมีดเต็มใบ

ไวมีดเต็มใบแต่ละชนิดจะถูกสลับกันติดบนชุด EOR โดยการติดไวมีด จะติดตามลักษณะการใช้งานจริง และเนื่องจากการทดลอง ต้องการเปรียบเทียบกับแรงต้านทานที่กระทำกับไวมีดเต็มใบและแรงต้านทานที่กระทำเฉพาะส่วนตรงของไวมีด ดังนั้น การติดไวมีดบนเพล่า จึงเพิ่มไวมีดแบบเต็มใบบนระนาบของไวมีดทดสอบอีก 1 ใบ เพื่อสร้างให้ลักษณะการพรวนของไวมีดเต็มใบและไวมีดตัดปลายมีลักษณะเหมือนกัน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5.6 โดยแต่ละการทดลองจะปรับให้ระยะการตัดทรายของไวมีดทดสอบแต่ละรอบเท่ากับระยะการตัดทรายที่กำหนด



รูปที่ 5.6 การติดไวมีดเพิ่ม เพื่อให้สภาวะการพรวนของไวมีดเต็มใบกับไวมีดที่ตัดส่วนปลายออก มีลักษณะเหมือนกัน

5.2.2 การพรวนด้วยไวมีดตัดปลาย

เพื่อต้องการศึกษาถึงแรงต้านทานที่กระทำกับแต่ละส่วนของไวมีด จึงแบ่งไวมีดออกเป็น 2 ส่วน คือ ไวมีดส่วนตรง และส่วนปลายไวมีด โดยในการทดลองจะใช้สมมติฐานที่ว่า

“ผลรวมทางเวกเตอร์แรงที่กระทำกับใบมีดเต็มใบ = ผลรวมทางเวกเตอร์ของแรงที่กระทำกับใบมีดส่วนตรง + แรงที่กระทำกับส่วนปลายของใบมีด” ดังนั้น จึงทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบแรงต้านทานที่เกิดขึ้น โดยการทดลองพรวนด้วยใบมีดเต็มใบ และทดลองพรวนโดยใบมีดที่ตัดส่วนปลายใบมีดออกให้เหลือเฉพาะส่วนตรงของใบมีด ดังรูปที่ 5.7 โดยควบคุมสภาวะการพรวนให้เหมือนกันทั้ง 2 ชุดการทดลอง ด้วยการติดใบมีดทดสอบในลักษณะเดียวกัน และพรวนที่ระยะตัดทราย 3 , 6 และ 9 เซนติเมตร หลังจากนั้นจึงนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกันโดยพิจารณาถึงขนาดและทิศทางของแรงต้านทานลัพท์ที่เกิดขึ้น



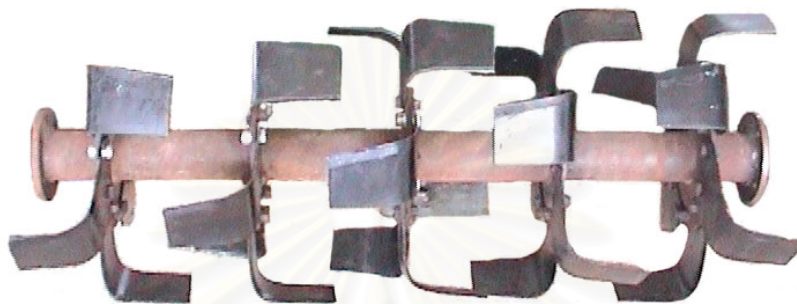
รูปที่ 5.7 ใบมีดเต็มใบและใบมีดที่ตัดส่วนปลายออก

5.2.3 การพรวนใบมีดเต็มใบโดยติดใบมีดข้างเคียง

ในการใช้งานเครื่องพรวนจอบหมุน บนเพลลาใบมีดจะติดใบมีดจำนวนหลายใบซึ่งมีการจัดเรียงเป็นรูปแบบต่างๆ โดยจำนวนใบมีดและรูปแบบการจัดเรียงใบมีดขึ้นอยู่กับชนิดของใบมีด ลักษณะการจับยึดใบมีด จำนวนใบมีดต่อหนึ่งระนาบ และความกว้างในการพรวนของเครื่องพรวน การทดลองโดยการติดใบมีดข้างเคียงนี้ต้องการศึกษาถึงผลจากการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดเรียงใบมีด ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนขนาดของกอนทรายที่ถูกตัด เนื่องจากการกำหนดให้เกิดการแตกตัวของทรายจากการพรวนเป็นมุม 45° ที่บริเวณปลายใบมีด และลำดับการตัดทรายของใบมีดบนเพลลาใบมีด เพื่อนำมาใช้ออกแบบการจัดเรียงใบมีดบนเพลลาใบมีดที่เหมาะสม โดยใบมีดแต่ละแบบมีการทดลองจัดเรียงใบมีดดังนี้

5.2.3.1 ไบมีดชนิดชนิดตัวแอล

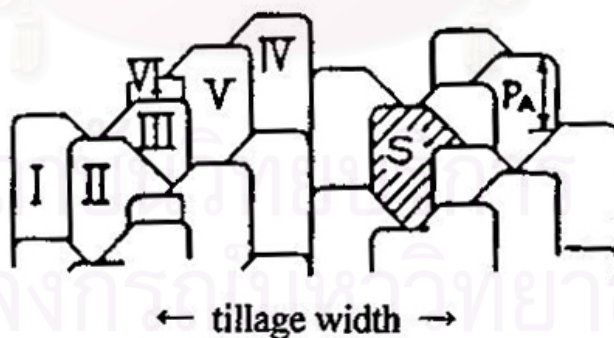
การจัดเรียงไบมีดชนิดชนิดตัวแอลบนเพลลาไบมีด แต่ละระนาบจะติดไบมีด 3 ใบ ซึ่งการจัดเรียงของไบมีดชนิดนี้มักจัดเรียงแบบเป็นเกลียวม้วนตามกัน เพื่อลดแรงกระทำกับไบมีด การทดลองจะจัดเรียงไบมีดแบบม้วนตามกันโดยทดลองที่ระยะตัดทราย 3 , 6 และ 9 เซนติเมตร



รูปที่ 5.8 การติดไบมีดชนิดชนิดตัวแอลแบบม้วนตามกัน

5.2.3.2 ไบมีดชนิดตัวซี

บนแต่ละระนาบของเพลลาไบมีดจะติดไบมีดชนิดตัวซีเพียงใบเดียว ซึ่งการจัดเรียงไบมีดชนิดนี้ไม่มีรูปแบบตายตัว ขึ้นอยู่กับรูปร่างของไบมีด จำนวนไบมีดบนเพลลา และความกว้างในการพรวนของเพลลาไบมีด โดยการจัดเรียงไบมีดแบบชนิดตัวซีนั้นจะสามารถก่อให้เกิดรอยการตัดทรายที่แตกต่างกัน 6 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 5.9...



รูปที่ 5.9 รอยการตัดทรายที่แตกต่างกัน 6 แบบ

การทดลองจะปรับเปลี่ยนการจัดเรียงไบมีดในลักษณะที่จะก่อให้เกิดรอยการตัดทรายในลักษณะที่ 4 , 5 และ 6 เท่านั้น เนื่องจากรอยการตัดทรายแบบที่ 1 และ 6 คล้ายคลึงกัน ส่วนรอยการตัดแบบที่ 2 และ 3 ไม่สามารถทำการทดลองได้ เนื่องจากข้อจำกัดของ

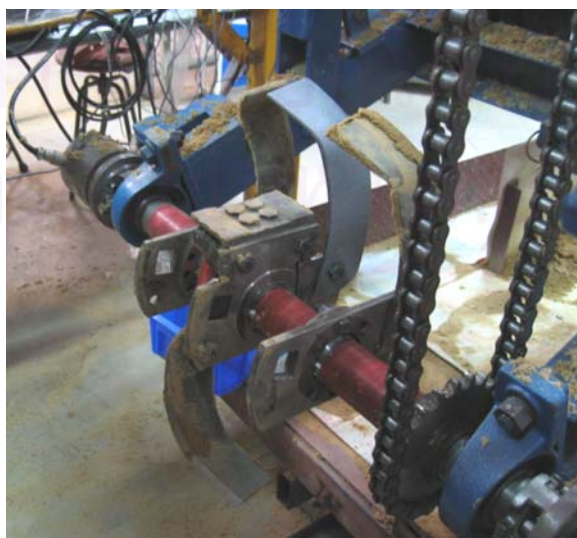
เพลลาใบมีดทดสอบ การทดลองจะทำที่ระยะการตัดทราย 6 เซนติเมตร โดยการปรับเปลี่ยนใบมีดข้างเคียงด้านซ้ายและด้านขวาจะปรับมุมดังนี้



รูปที่ 5.10 การจัดเรียงใบมีดรูปแบบต่างๆ ของใบมีดชนิดตัวซี

5.2.3.3 ใบมีดแบบผสม

เนื่องจากใบมีดแบบผสมเป็นใบมีดที่ถูกคิดค้นขึ้นใหม่ จึงยังไม่มีการจัดรูปแบบใบมีดที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับความกว้างในการพรวนของเพลลาใบมีด การพิจารณาการติดใบมีดจึงใช้การพิจารณาจากกำหนดให้เกิดการแตกตัวของทรายจากการพรวนเป็นมุม 45° ที่บริเวณปลายใบมีด ว่าส่งผลกระทบต่อใบมีดทดสอบอย่างไร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการนำมาจัดเรียงใบมีดที่เหมาะสม โดยบนหน้าแปลนของเพลลาใบมีดชนิดนี้จะติดใบมีดหน้าแปลนละ 2 ใบ การทดลองจะทำที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร โดยปรับใบมีดข้างเคียงครั้งละ 90°



รูปที่ 5.11 การติดใบมีดข้างเคียง สำหรับใบมีดแบบผสม

5.2.4 ขั้นตอนการทดลองพรุนทราย

การทดลองพรุนทรายจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่

1. ขั้นตอนการเตรียมทราย
2. ขั้นตอนการปรับตั้งระยะต่างๆ
3. ขั้นตอนการทดลองพรุนทรายจริง

ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

5.2.4.1 ขั้นตอนการเตรียมทราย

ก่อนการทดลองพรุนทรายเพื่อวัดแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีด จะต้องทำการเตรียมทรายในกระบอกทดลองให้ชั้นทรายมีความแน่นใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ ให้ใกล้เคียงกันในแต่ละการทดลอง ซึ่งวิธีการเตรียมทรายมี ดังนี้

1. ทำการย่อยทรายให้ร่วนโดยใช้จอบมือและช้อนปลูก โดยย่อยทรายให้ลึกประมาณ 20 cm
2. ทำการกองทรายให้สูงกว่าระดับที่ต้องการเล็กน้อย จากนั้นทำการอัดทรายด้วยมือก่อน 1 รอบ
3. อัดทรายด้วยเครื่องอัดทราย ดังแสดงในรูปที่ 5.12 โดยนำเครื่องวัดทรายวางลงในกระบอก ติดเครื่องยนต์เพื่อให้เครื่องอัดทรายทำงาน จากนั้นลากเครื่องอัดทรายเดินหน้าและถอยหลังเพื่ออัดทรายที่เตรียมไว้ ประมาณ 10 รอบ



รูปที่ 5.12 เครื่องอัดทราย

4. ทำการปาดผิวทรายให้เรียบและได้ระดับความสูงที่กำหนด ด้วยอุปกรณ์ปาดทรายที่ติดกับชุดทดลอง
5. ทำการวัดความแน่นของทราย โดยใช้ Cone Penetrometer ดังแสดงในรูปที่ 5.13 โดยวัดความแน่นของชั้นทราย จำนวน 3 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่ง วัดที่ระดับความลึก 5 ,10 และ 15 เซนติเมตร จากผิวทราย โดยความแน่นของชั้นทรายที่ต้องการคือ 0.7 , 1.4 และ 2.45 kgf/cm² ตามลำดับ



รูปที่ 5.13 Cone Penetrometer

6. ถ้าความแน่นของชั้นทรายที่วัดได้น้อยกว่าที่กำหนดให้อัดทรายเพิ่มแล้ววัดความแน่นทรายอีกครั้งหนึ่ง และถ้าความแน่นของชั้นทรายมากเกินไป จะต้องพรุนทรายแล้วจึงทำการอัดใหม่

5.2.4.2 ขั้นตอนการปรับตั้งค่าต่างๆ

ขั้นตอนนี้กระทำเพื่อหาค่าต่างๆ ที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ทดลองต่างๆ เช่น อัตราการไหลของชุดเฟือง จำนวนความถี่ที่ตั้งที่อินเวอร์เตอร์สำหรับชุดควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่ของกระบะทราย และความเร็วรอบหมุนของเพลาใบมีด ที่ก่อให้เกิดระยะการตัดทรายตามที่กำหนดเพื่อใช้สำหรับการทดลองจริง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ประกอบเพลาใบมีดที่ต้องการทดสอบเข้ากับแท่นยึดเพลาใบมีด
2. ประกอบชุด EOR เข้ากับเพลาใบมีดพร้อมกับยึดใบมีดซึ่งได้ทำปุมสำหรับสร้างรอยการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 5.14 เข้ากับ EOR



รูปที่ 5.14 ปุ่มบนใบมีดสำหรับสร้างรอยการเคลื่อนที่

3. ปรับชุดเฟืองทดรอบและปรับความถี่การจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์ที่อินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมความเร็วการเคลื่อนที่ของกระบะทราย และความเร็วรอบหมุนของเพล่าใบมีด ตามค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี เพื่อให้เกิดระยะตัดทรายตามที่กำหนด
4. ทำการเตรียมทรายในกระบะทรายตามขั้นตอนการเตรียมทราย
5. ทดลองพรวนทรายโดยยังไม่ต้องวัดสัญญาณ
6. วัดระยะการตัดทรายจากรอยการตัดทราย ดังรูปที่ 5.15 และวัดระดับความลึกการพรวน ดังรูปที่ 5.16 เพื่อตรวจสอบว่าตรงกับค่าที่กำหนดหรือไม่ ถ้าความลึกไม่ตรงตามที่กำหนดให้ปรับแก้มอเตอร์และแป้นเกียร์ที่ชุดกลไกควบคุมความลึกในการพรวน และถ้าระยะการตัดทรายไม่ตรงตามที่กำหนดให้นำค่าระยะที่เกิดขึ้นจริงมาคำนวณหาค่าที่ควรจะเป็นเพื่อปรับค่าต่างๆ ในการทดลองซ้ำ



รูปที่ 5.15 รอยการตัดทรายที่เกิดขึ้น



รูปที่ 5.16 การวัดระดับความลึกในการพรวน

7. เมื่อทำการปรับค่าต่างๆ ที่แก้ไขแล้วจึงทำการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ค่าระยะต่างๆ ตรงตามที่กำหนด แล้วบันทึกค่าการปรับตั้งชุดทดลองที่ถูกต้องไว้
8. ทำการทดลองใหม่เพื่อหาค่าที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ทดลองสำหรับระยะตัดทรายอื่นๆ

เนื่องจากไวมีดแต่ละชนิดมีรัศมีของปลายไวมีดต่างกัน ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนชนิดของไวมีดและเพลลาไวมีด จึงต้องทำการทดลองใหม่เพื่อปรับระยะความลึกในการพรวนให้ได้ตามที่กำหนด

5.2.4.3 ขั้นตอนการทดลองวัดสัญญาณจากการพรวนทราย

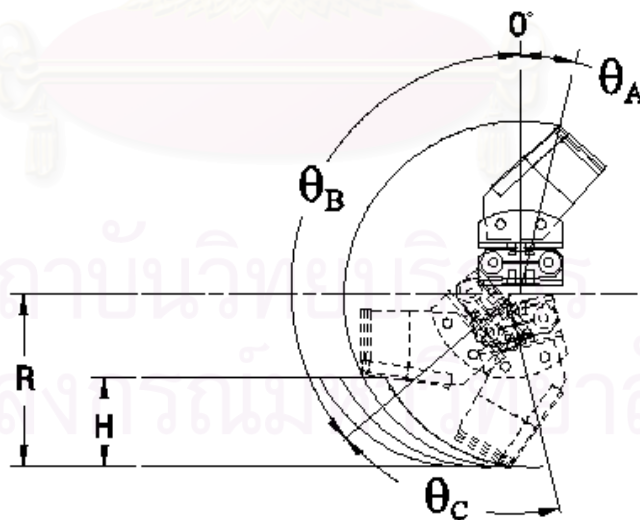
เมื่อปรับตั้งค่าต่างๆ ที่อุปกรณ์ควบคุมได้ตามที่กำหนดแล้วจึงเริ่มทำการทดลองเพื่อวัดสัญญาณแรงต้านทานที่เกิดขึ้นขณะพรวนทราย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ประกอบเพลลาไวมีดที่ต้องการทดสอบเข้ากับแท่นยึดเพลลาไวมีด
2. ประกอบชุด EOR เข้ากับเพลลาไวมีดพร้อมกับยึดไวมีดทดสอบ ซึ่งได้ทำการพันสีขาวเพื่อสังเกตรอยการสึกหรอของไวมีด ดังรูปที่ 5.17 เข้ากับ EOR ด้วยสลักเกลียว



รูปที่ 5.17 การฟันซี่ที่ใบมีดทดสอบ

3. ปรับตั้งตำแหน่งศูนย์กลางของ EOR โดยมีมุมองศาการพรวนต่างๆ ของใบมีด ดังแสดงในรูปที่ 5.18 กำหนดให้ θ_A เป็นมุมระหว่างปลายใบมีดกับตำแหน่งศูนย์กลางของ EOR, θ_B เป็นมุมการหมุนของ EOR จากตำแหน่งศูนย์กลางถึงตำแหน่งที่ใบมีดเริ่มตัดทราง และ θ_C เป็นมุมการหมุนของ EOR จากตำแหน่งใบมีดเริ่มตัดทรางถึงตำแหน่งที่ใบมีดตัดทรางที่ความลึกการพรวน 12 เซนติเมตร



รูปที่ 5.18 มุมองศาการพรวนต่างๆ ของใบมีด

4. ปรับเพลลาของ Rotary Encoder ให้เกิดสัญญาณ Zero Index ตรงตำแหน่งศูนย์กลางของ EOR

5. ปรับชุดเฟืองทดรอบและความถี่ของ อินเวอร์เตอร์ เพื่อปรับความเร็วการเคลื่อนที่ของกระบะทราย และความเร็วรอบหมุนของเพล่าใบมีด ให้สอดคล้องกับระยะตัดทรายที่ต้องการทดลองตามค่าที่ได้บันทึกไว้จากการทดลองปรับตั้งค่าระยะต่างๆ
6. ประกอบ Slip Ring เข้ากับปลายเพล่าใบมีดทั้ง 2 ด้าน พร้อมต่อสายสัญญาณต่างๆ ให้เรียบร้อย
7. เปิดคอมพิวเตอร์และเปิดโปรแกรมสำหรับรับข้อมูล แสดงผลและบันทึกสัญญาณ
8. ทำการปรับค่าสัญญาณจากวงจรมอเตอร์ต่างๆ ให้เป็นศูนย์ และตรวจสอบสัญญาณ Zero Index ว่าเกิดขึ้นตรงตำแหน่งที่กำหนดหรือไม่ ถ้าไม่ตรงให้ปรับที่เพล่าของ Rotary Encoder
9. เริ่มทำการทดลองโดยการกดปุ่มเพื่อเริ่มบันทึกสัญญาณ
10. หลังจากเริ่มบันทึกสัญญาณประมาณ 5 วินาที เพื่อบันทึกสัญญาณรอบกวนต่างๆ จึงเริ่มให้เพล่าใบมีดหมุนประมาณ 10 รอบ เพื่อบันทึกสัญญาณการหมุนอิสระของเพล่าใบมีด จากนั้นจึงเริ่มให้กระบะทรายเคลื่อนที่
11. เมื่อกระบะทรายเคลื่อนที่ถึงระยะที่กำหนด กระบะจะหยุด จากนั้นทำให้เพล่าใบมีดหยุดหมุน และเตรียมการทดลองครั้งต่อไป พร้อมตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล

บทที่ 6 ผลการทดลอง

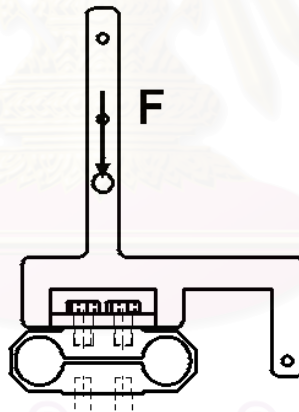
6.1 ผลการสอบเทียบ

การสอบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรถับรัดจ์ต่างๆ กับแรงหรือโมเมนต์ที่กระทำ ได้สอบเทียบในหลายกรณี ได้แก่

6.1.1 การสอบเทียบโดยใส่ภาระเฉพาะ แรงหรือโมเมนต์ อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

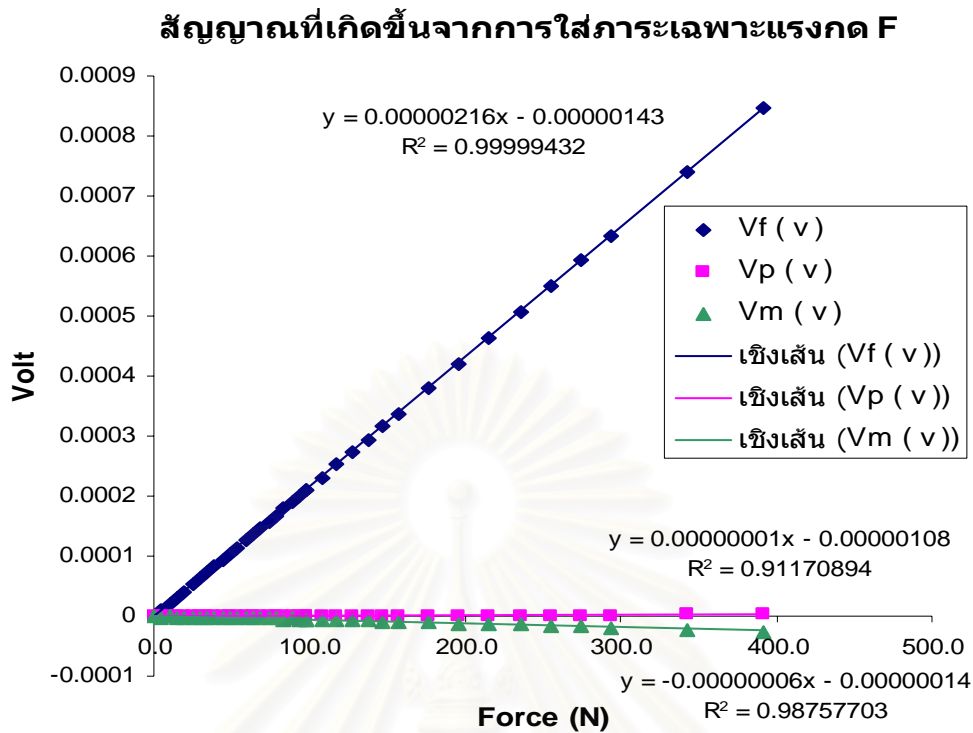
การสอบเทียบโดยใส่ภาระเฉพาะ แรงหรือโมเมนต์ อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น โดยจะทดลองใน 3 กรณี คือ

6.1.1.1 การสอบเทียบโดยการใส่ภาระเฉพาะแรงกด F ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 การใส่ภาระเฉพาะแรงกด F

จะเกิดสัญญาณความต่างศักย์ ดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากวงจรบริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะแรงกด F

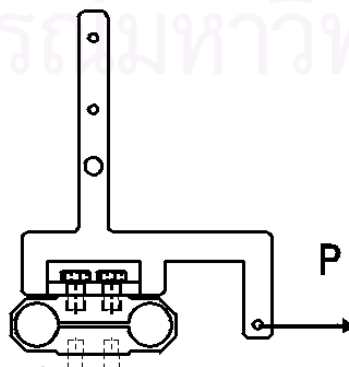
ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

$$V_F = 0.00000216 F - 0.00000143 \quad (6.1)$$

$$V_P = 0.00000001 F - 0.00000108 \quad (6.2)$$

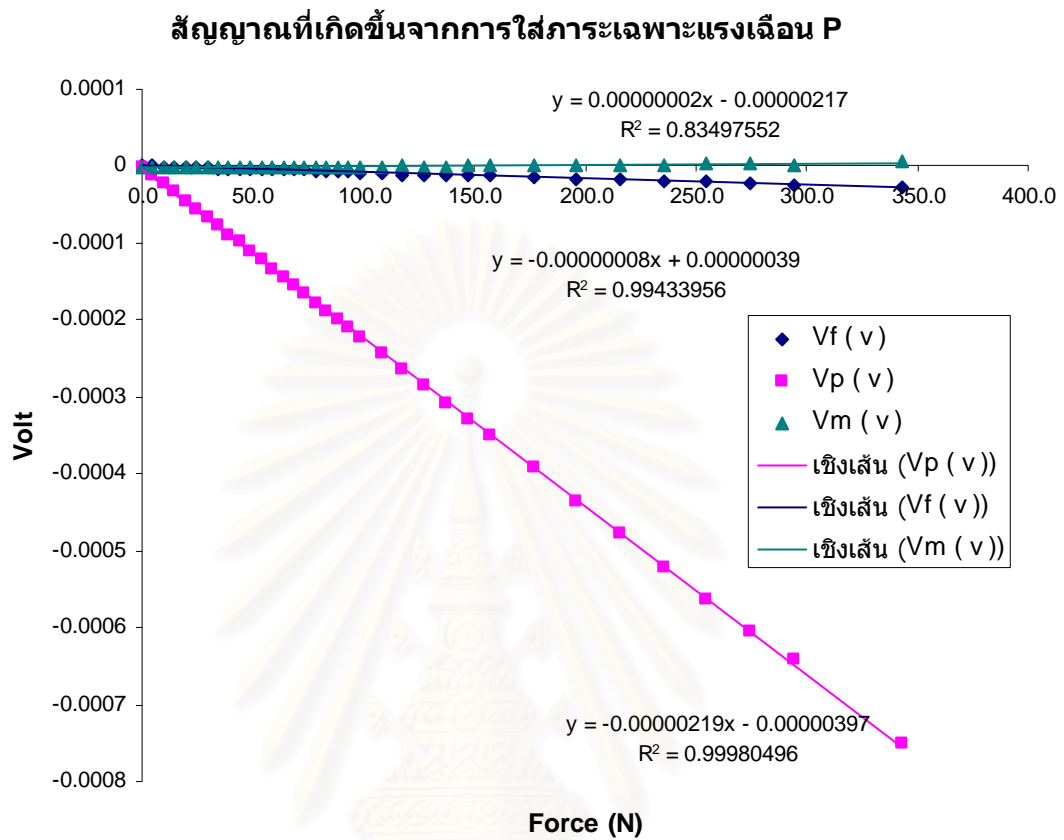
$$V_M = -0.00000006 F - 0.00000014 \quad (6.3)$$

6.1.1.2 การสอบเทียบโดยการใส่ภาระเฉพาะแรงเฉือน P ดังรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 การใส่ภาระเฉพาะแรงเฉือน P

จะเกิดสัญญาณความต่างศักย์ ดังรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรวัดจัดต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะแรงเฉือน P

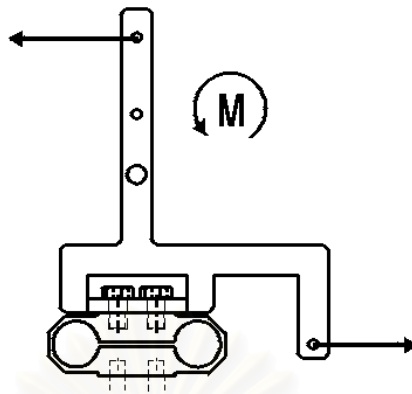
ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

$$V_F = -0.00000008 P + 0.000000039 \quad (6.4)$$

$$V_P = -0.00000219 P - 0.00000397 \quad (6.5)$$

$$V_M = 0.00000002 P - 0.00000217 \quad (6.6)$$

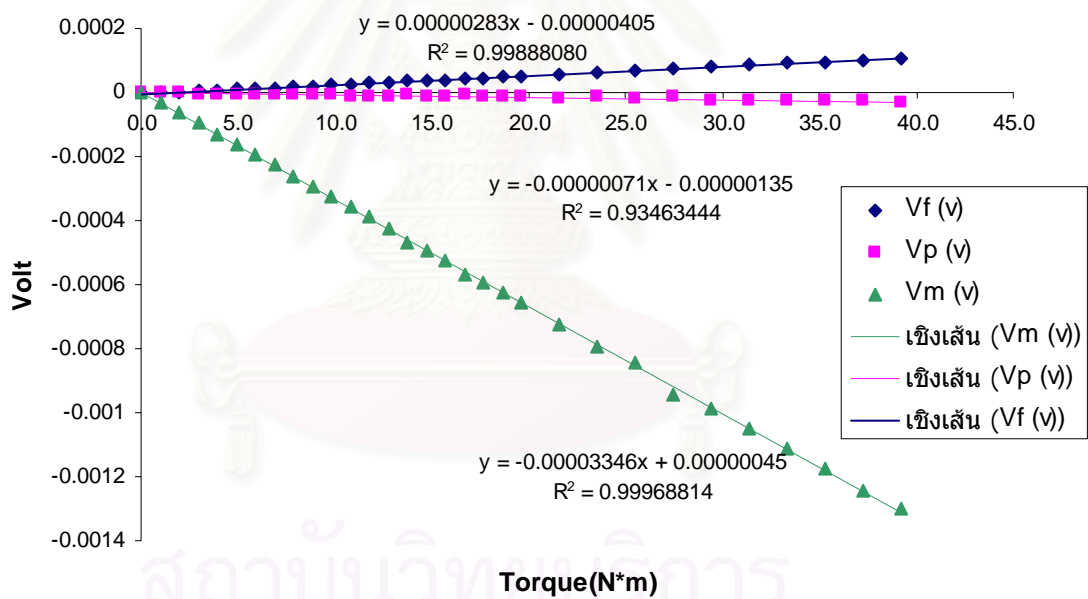
6.1.1.3 การสอบเทียบโดยการใส่ภาระเฉพาะโมเมนต์ M ดังรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 การใส่ภาระเฉพาะโมเมนต์ M

จะเกิดสัญญาณความต่างศักย์ ดังรูปที่ 6.6

สัญญาณที่เกิดขึ้นจากการใส่ภาระเฉพาะโมเมนต์ M



รูปที่ 6.6 สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรถบวัดต่างๆ เมื่อใส่เฉพาะโมเมนต์ M ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

$$V_F = 0.00000283 M - 0.00000405 \quad (6.7)$$

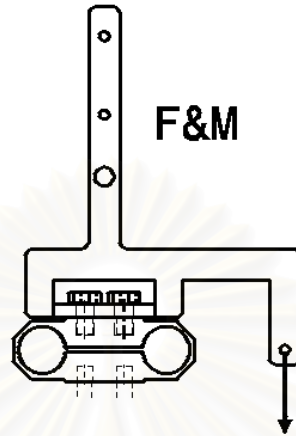
$$V_P = -0.00000071 M - 0.00000135 \quad (6.8)$$

$$V_M = -0.00003346 M + 0.00000045 \quad (6.9)$$

6.1.2 การสอบเทียบโดยใส่ภาระที่ประกอบด้วยแรงและโมเมนต์

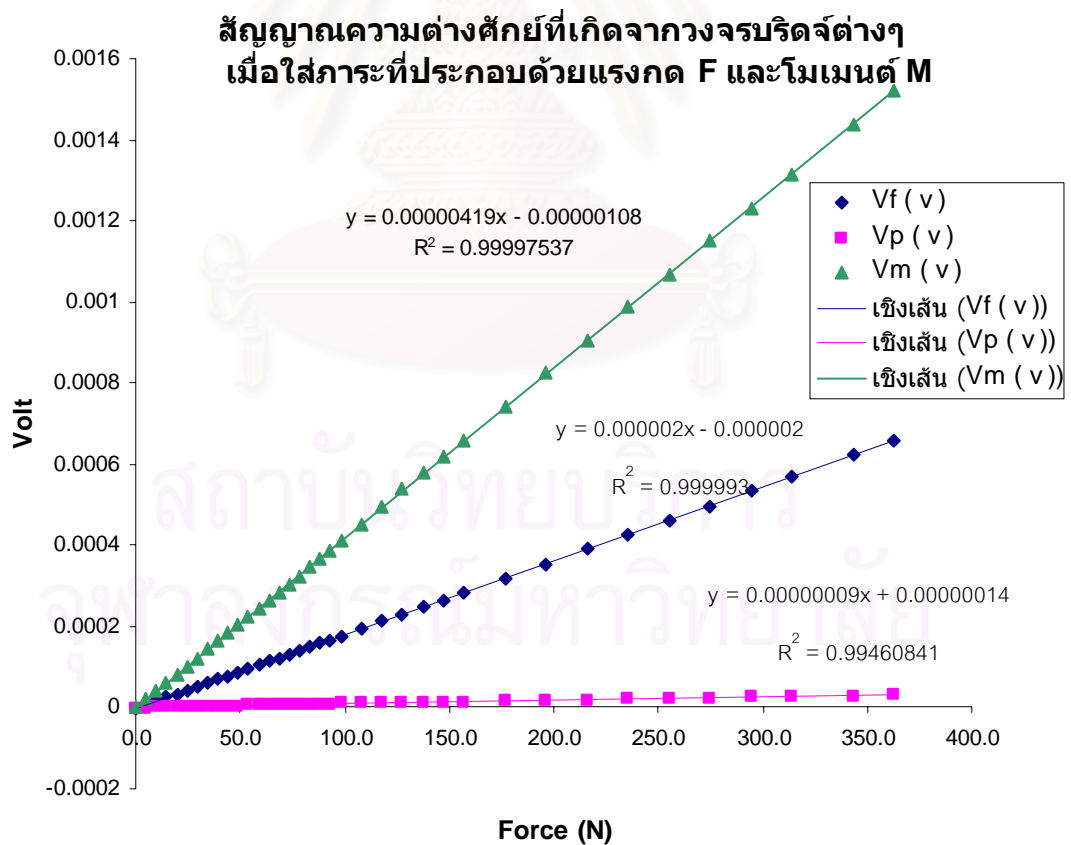
การสอบเทียบโดยใส่ภาระที่ประกอบด้วยแรงและโมเมนต์ จะทดลองใน 2 กรณี คือ

6.1.2.1 การใส่ภาระที่ประกอบด้วยแรงกด F และโมเมนต์ M ดังรูปที่ 6.7

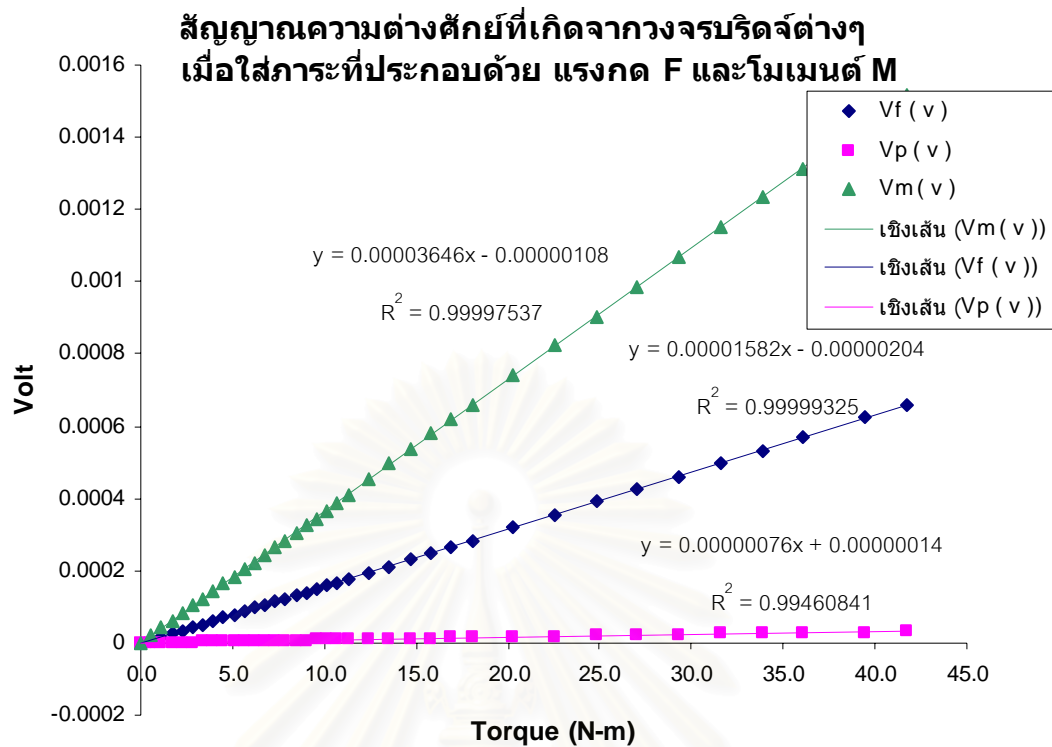


รูปที่ 6.7 การใส่ภาระที่ประกอบด้วย แรงกด F และโมเมนต์ M

จะเกิดสัญญาณความต่างศักย์ ดังรูปที่ 6.8 และ 6.9



รูปที่ 6.8 สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่ภาระที่ประกอบด้วยแรงกด F และโมเมนต์ M



รูปที่ 6.9 สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่ภาระที่ประกอบด้วย แรงกด F และโมเมนต์ M

ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

$$V_F = 0.000002 F - 0.000002 \quad (6.10)$$

$$V_P = 0.00000009 F + 0.00000014 \quad (6.11)$$

$$V_M = 0.00000419 F - 0.00000108 \quad (6.12)$$

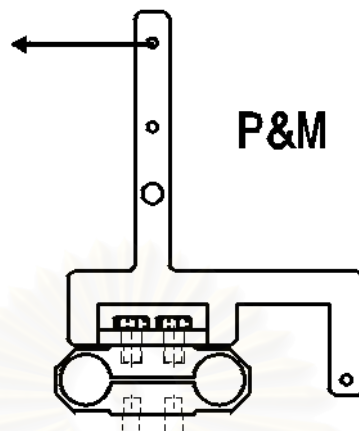
$$V_F = 0.00001582 M - 0.00000204 \quad (6.13)$$

$$V_P = 0.00000076 M + 0.00000014 \quad (6.14)$$

$$V_M = 0.00003646 M - 0.00000108 \quad (6.15)$$

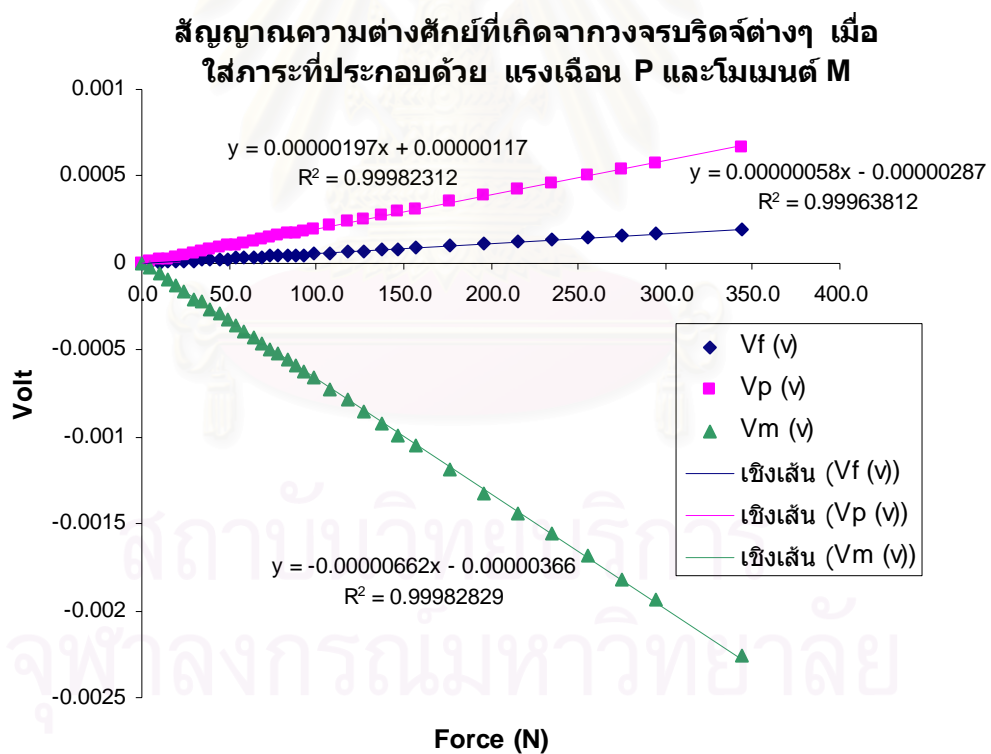
6.1.2.2 การใส่ภาระที่ประกอบด้วยแรงเฉือน P และโมเมนต์ M

ดังรูปที่ 6.10

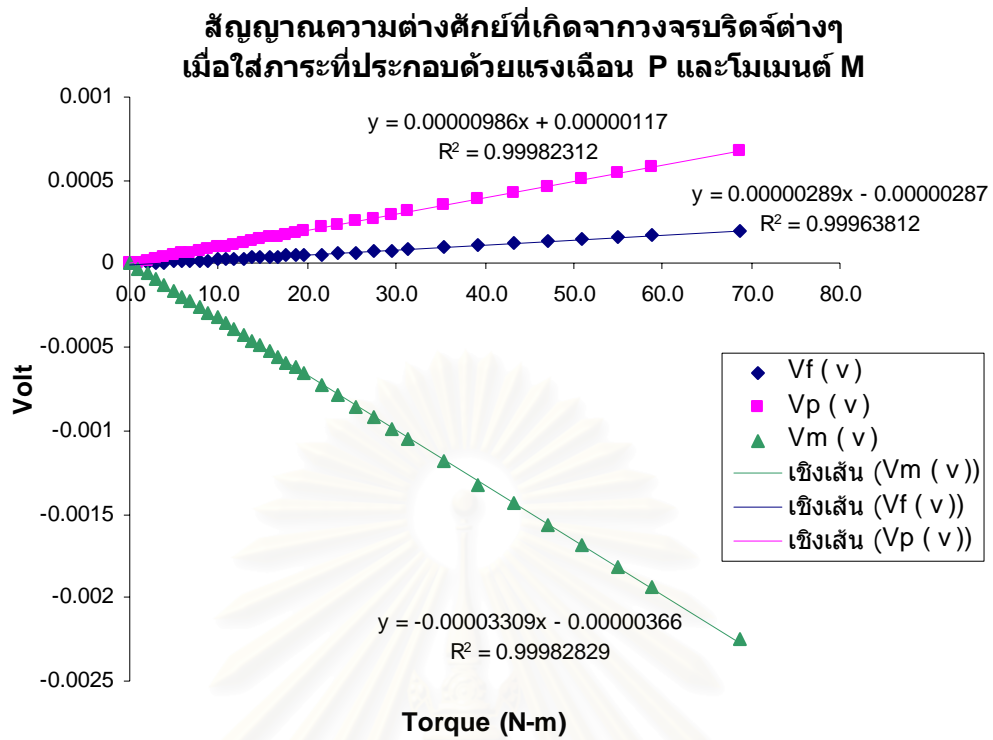


รูปที่ 6.10 การใส่ภาระที่ประกอบด้วย แรงเฉือน P และโมเมนต์ M

จะเกิดสัญญาณความต่างศักย์ ดังรูปที่ 6.11 และ 6.12



รูปที่ 6.11 สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่ภาระที่ประกอบด้วยแรงเฉือน P และโมเมนต์ M



รูปที่ 6.12 สัญญาณความต่างศักย์ที่เกิดจากวงจรบริดจ์ต่างๆ เมื่อใส่ภาระที่ประกอบด้วยแรงเฉือน P และโมเมนต์ M

ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

$$V_F = 0.00000058 P - 0.00000287 \quad (6.16)$$

$$V_P = 0.00000197 P + 0.00000117 \quad (6.17)$$

$$V_M = -0.00000662 P - 0.00000366 \quad (6.18)$$

$$V_F = 0.00000289 M - 0.00000287 \quad (6.19)$$

$$V_P = 0.00000986 M + 0.00000117 \quad (6.20)$$

$$V_M = -0.00003309 M - 0.00000366 \quad (6.21)$$

นำสมการความสัมพันธ์ทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อหาความไวหลัก(Sensitivity) และ ความไวข้าม (Cross sensitivity) ของอุปกรณ์วัด EOR ซึ่งสามารถระบบสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} V_F \\ V_P \\ V_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{FF} & C_{FP} & C_{FM} \\ C_{PF} & S_{PP} & C_{PM} \\ C_{MF} & C_{MP} & S_{MM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F \\ P \\ M \end{bmatrix} \quad (6.22)$$

โดย

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

$$S_{PP} = 2.19 \times 10^{-6}$$

$$S_{MM} = 3.28 \times 10^{-5}$$

$$C_{FP} = -7.99 \times 10^{-8}$$

$$C_{FM} = -2.85 \times 10^{-6}$$

$$C_{PF} = -8.84 \times 10^{-8}$$

$$C_{PM} = 7.68 \times 10^{-7}$$

$$C_{MF} = 6 \times 10^{-8}$$

$$C_{MP} = -2 \times 10^{-8}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 ผลการทดลองพรวนทราย

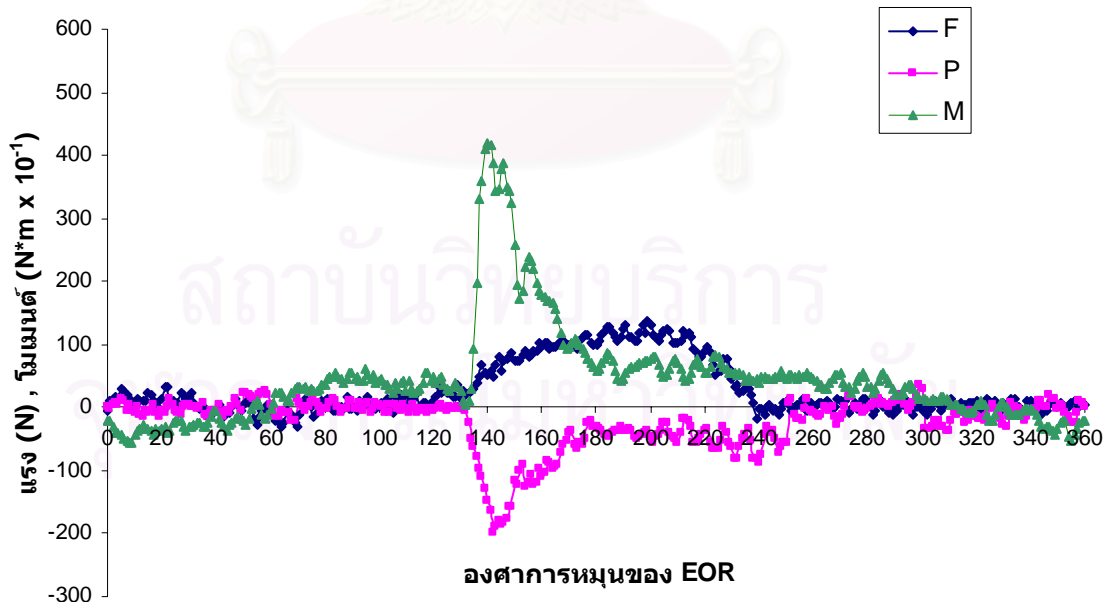
ผลจากการทดลองพรวนทรายจะถูกบันทึกในรูปแบบของ Binary File ซึ่งสัญญาณที่ได้จากการทดลองแต่ละครั้งจะมีลักษณะเป็นคาบจะถูกนำมาผ่านโปรแกรมเลือกช่วงข้อมูลเพื่อหาตัวแทนของข้อมูลในแต่ละการทดลอง โดยหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่เกิดขึ้นทุกๆ 1 องศาการหมุนของเพลลาใบมีด จากนั้นจะแปลงข้อมูลจากสัญญาณความต่างศักย์ เป็นแรงและโมเมนต์ที่มากระทำ รวมทั้งคำนวณหาขนาด ทิศทาง และตำแหน่งที่แรงลัพธ์กระทำกับใบมีด และทำการแปลงข้อมูลจาก Binary File เป็น Spreadsheet File เพื่อนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Excel ซึ่งจะได้กราฟความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

6.2.1 ผลการทดลองการพรวนทรายด้วยใบมีดเต็มใบ

ผลการทดลองการพรวนทรายด้วยใบมีดเต็มใบแต่ละชนิด จะพรวนที่ระยะการตัดทราย 3 , 6 และ 9 เซนติเมตร แต่ละการทดลองพรวนที่ความเร็วรอบของเพลลาใบมีด 120 รอบต่อ นาที ระดับความลึกในการพรวน 12 เซนติเมตร ซึ่งสามารถ แบ่งตามชนิดของใบมีดได้ ดังนี้

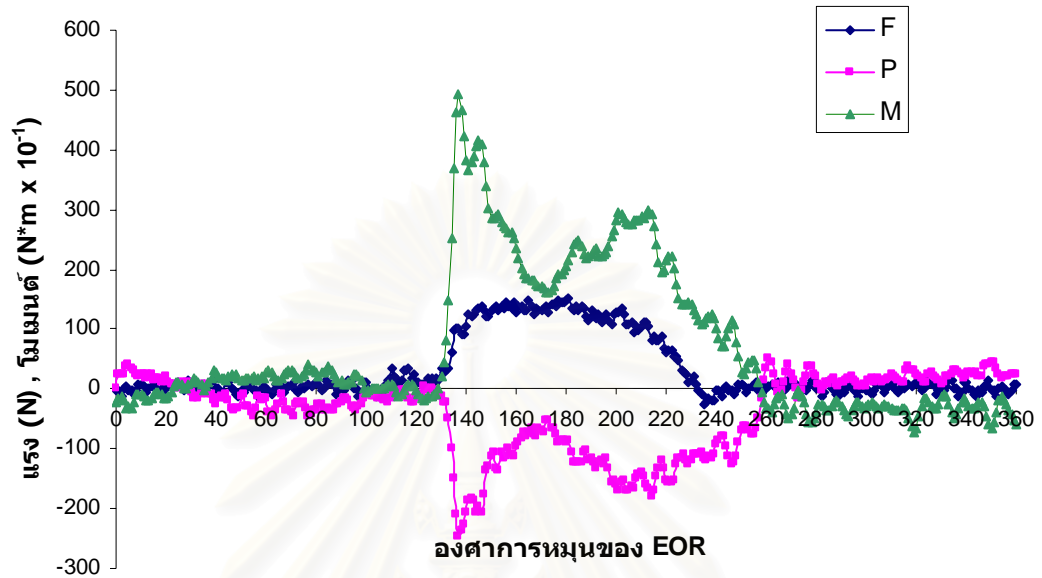
6.2.1.1 ผลการทดลองการพรวนทรายด้วยใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ

แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลเต็มใบ ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร



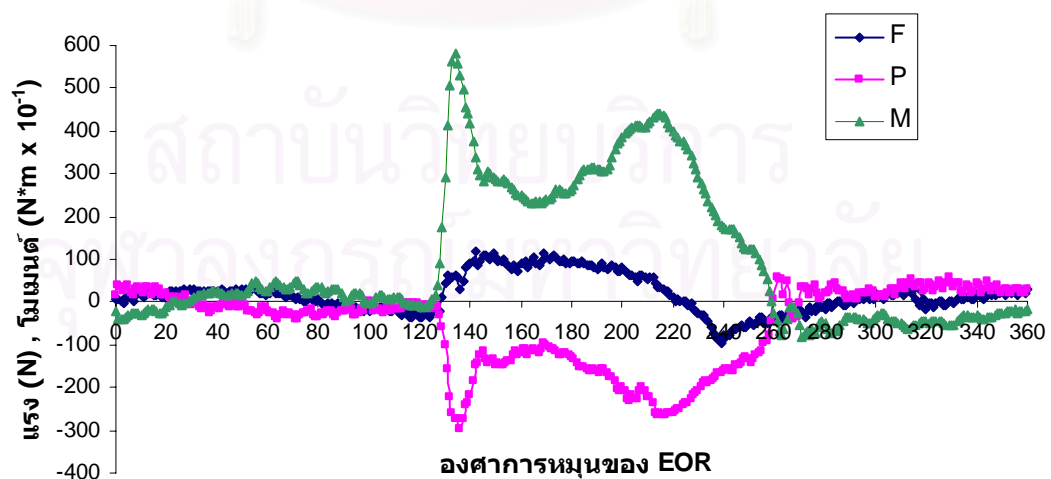
รูปที่ 6.13 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น จากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร



รูปที่ 6.14 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น จากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร

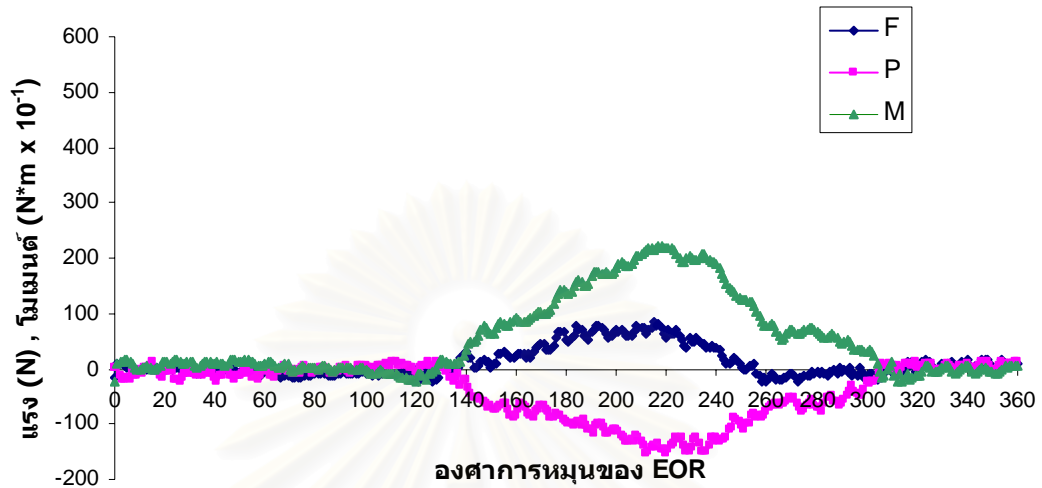
แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร



รูปที่ 6.15 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้น จากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร

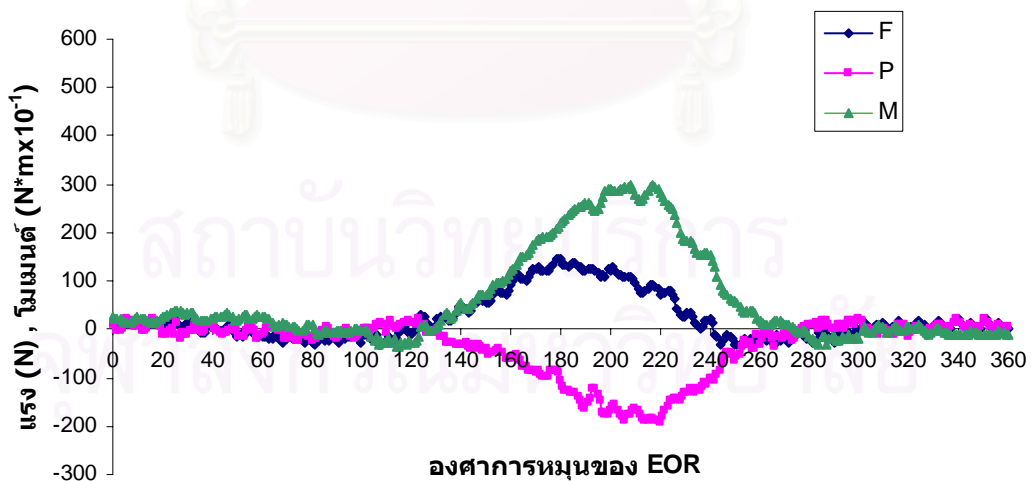
6.2.1.2 ผลการทดลองการพรวนทรายด้วยไวมีดชนิดตัวซีเต็มใบ

แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับไวมีดจอบหมุนชนิดตัวซีเต็มใบ ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร



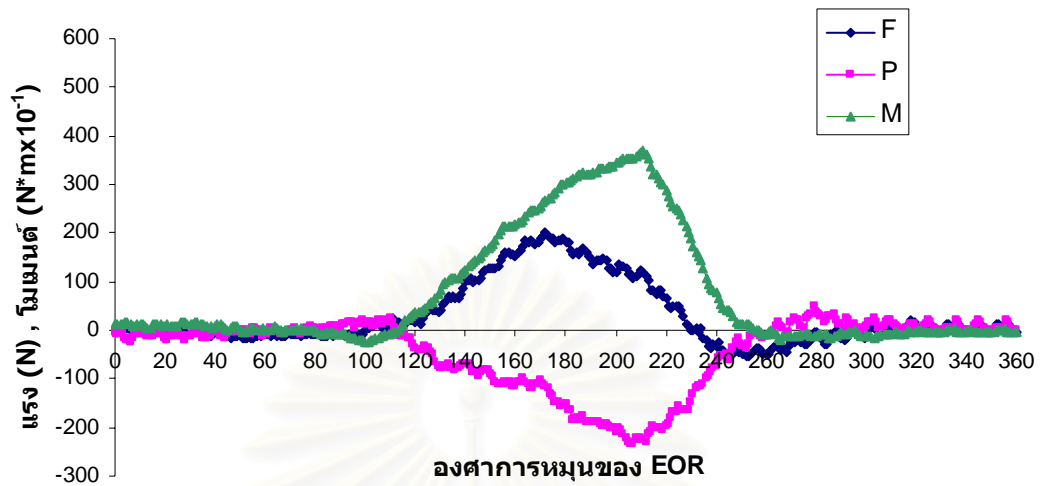
รูปที่ 6.16 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวซีเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับไวมีดจอบหมุนชนิดตัวซีเต็มใบ ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร



รูปที่ 6.17 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดชนิดตัวซีเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร

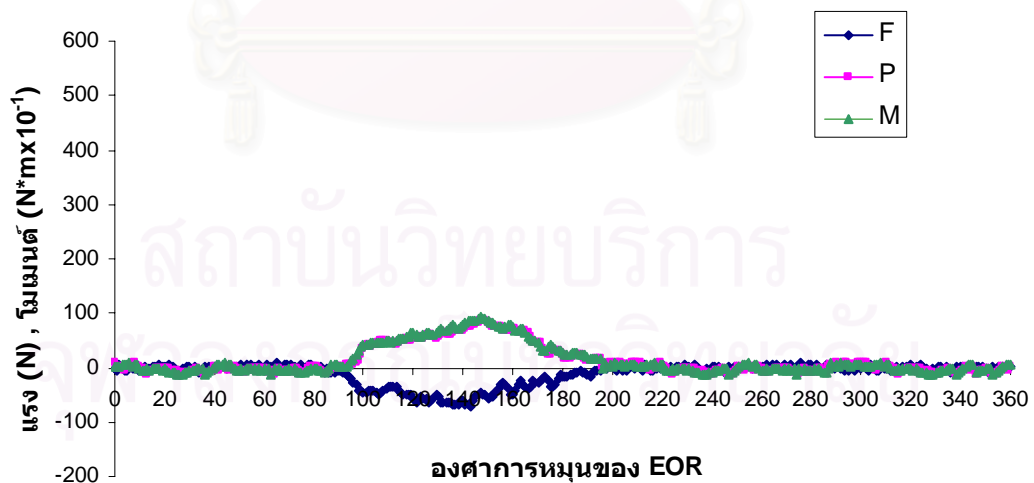
**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี เต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร**



รูปที่ 6.18 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร

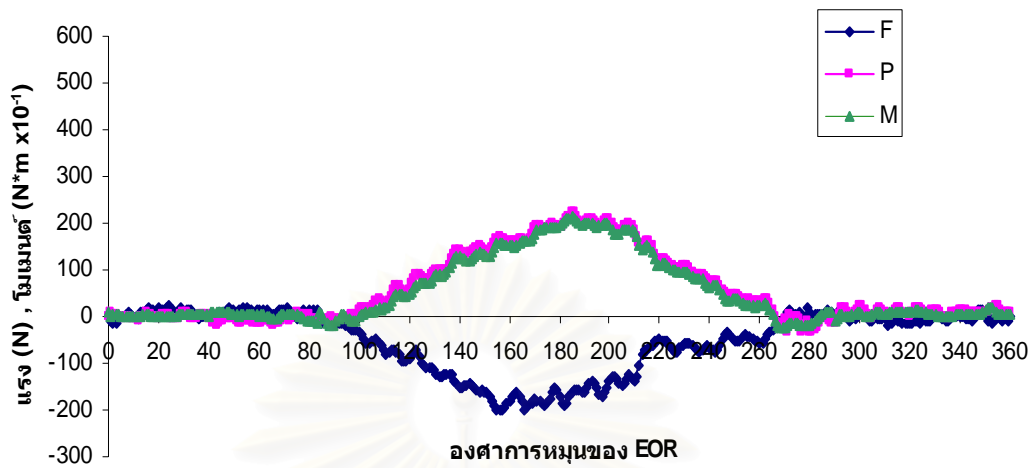
6.2.1.3 ผลการทดลองการพรวนทรายด้วยใบมีดแบบผสมเต็มใบ

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม เต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร**



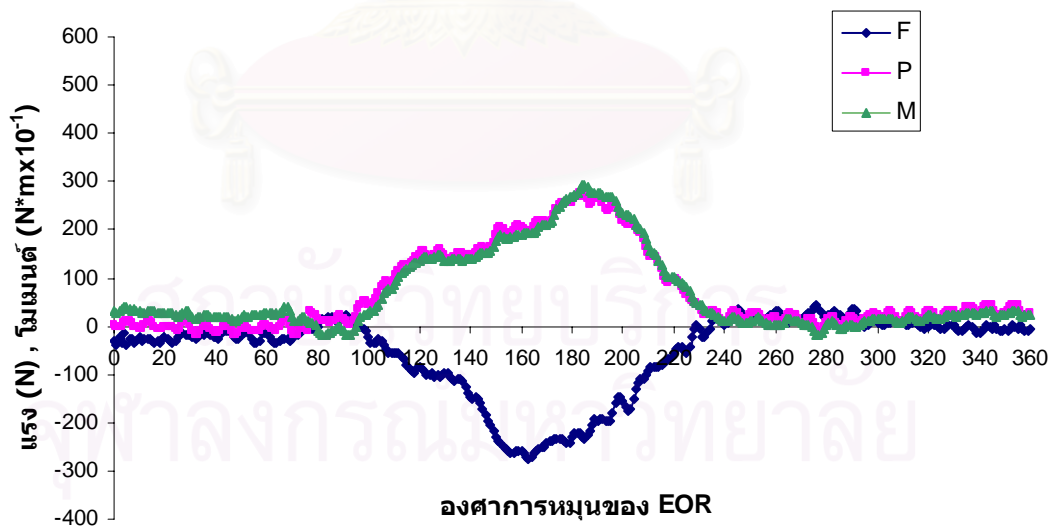
รูปที่ 6.19 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสมเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม เต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร



รูปที่ 6.20 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสมเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร

แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม เต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร



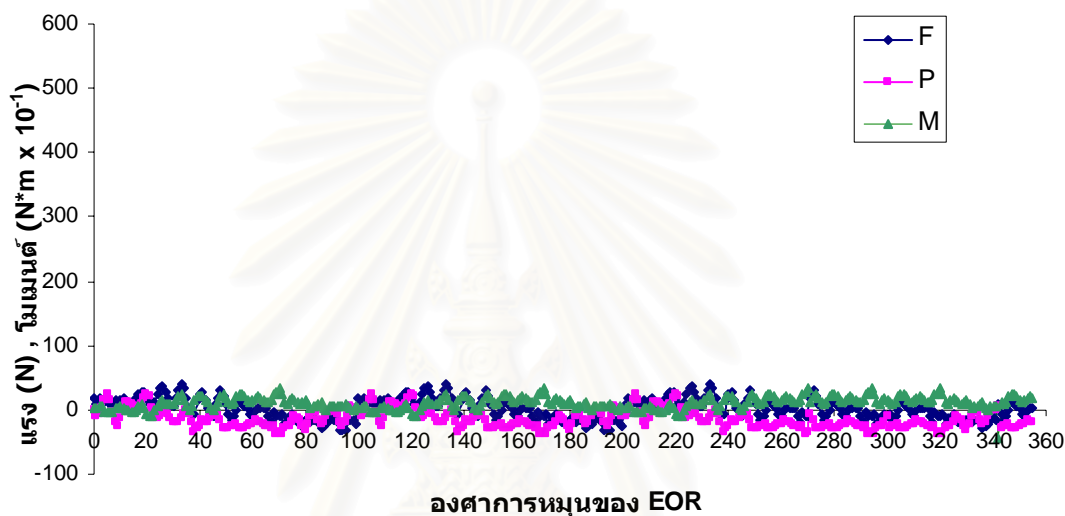
รูปที่ 6.21 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสมเต็มใบ
ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร

6.2.2 ผลการทดลองการพรวนทรายด้วยใบมีดตัดปลาย

ผลการทดลองการพรวนทรายด้วยใบมีดตัดปลายแต่ละชนิด จะพรวนที่ระยะการตัดทราย 3 , 6 และ 9 เซนติเมตร โดยแต่ละการทดลองจะสร้างสภาวะการพรวนให้เหมือนกับการพรวนด้วยใบมีดเต็มใบ ซึ่งสามารถ แบ่งตามชนิดของใบมีดได้ ดังนี้

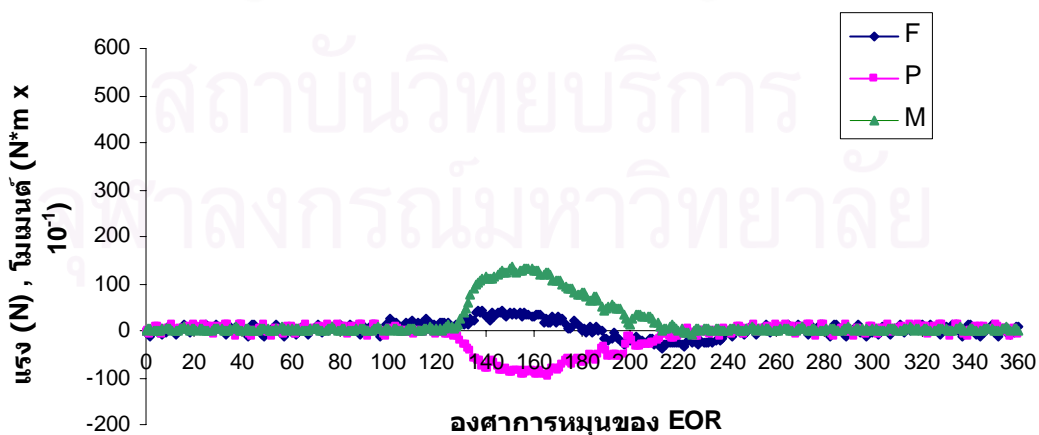
6.2.2.1 ผลการทดลองการพรวนทรายด้วยใบมีดชนิดตัวแอลตัดปลาย

แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลตัดปลาย ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร



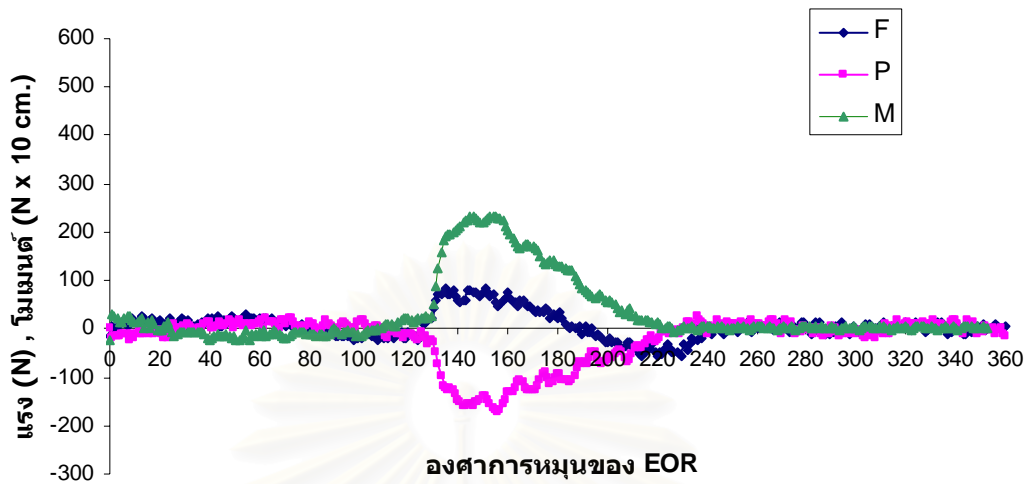
รูปที่ 6.22 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลตัดปลาย ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร



รูปที่ 6.23 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร

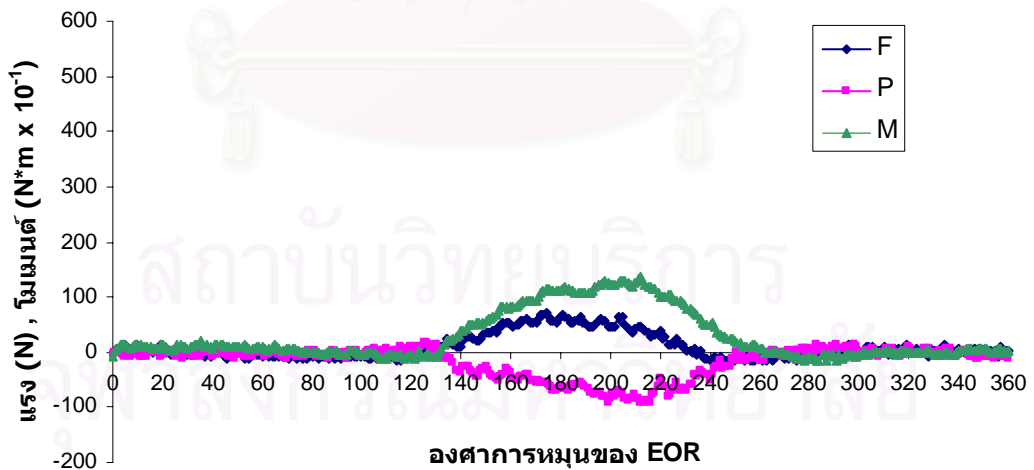
**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร**



รูปที่ 6.24 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร

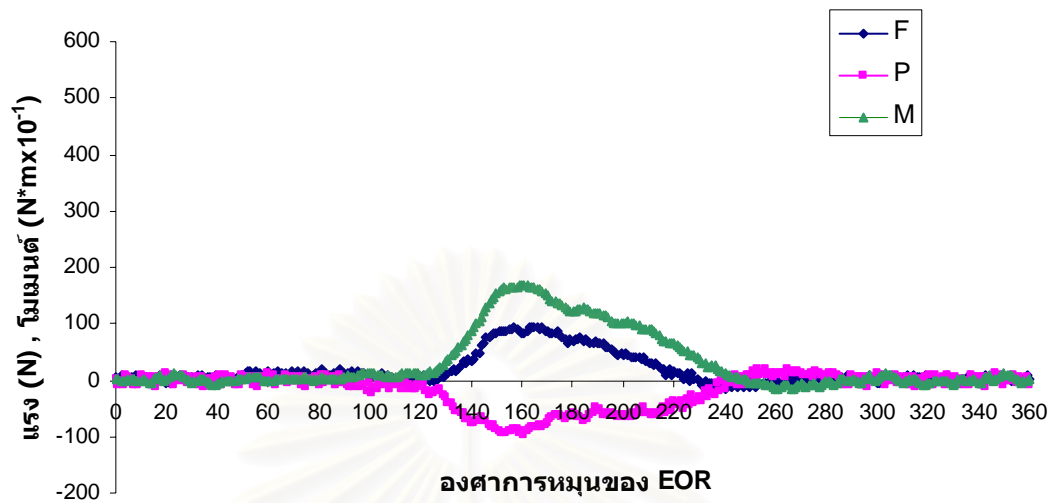
6.2.2.2 ผลการทดลองการพรวนทรายด้วยใบมีดชนิดตัวซีตัดปลาย

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี ตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร**



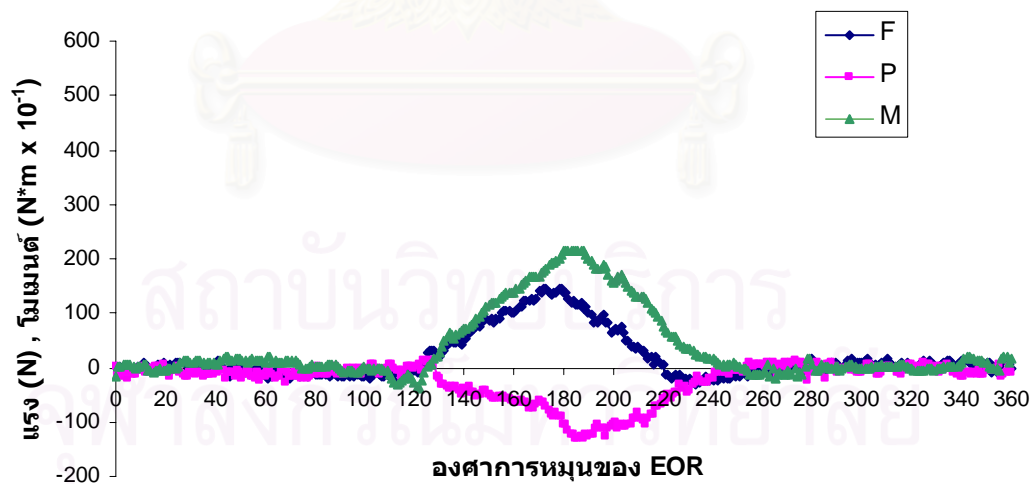
รูปที่ 6.25 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซีตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี ตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร



รูปที่ 6.26 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซีตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร

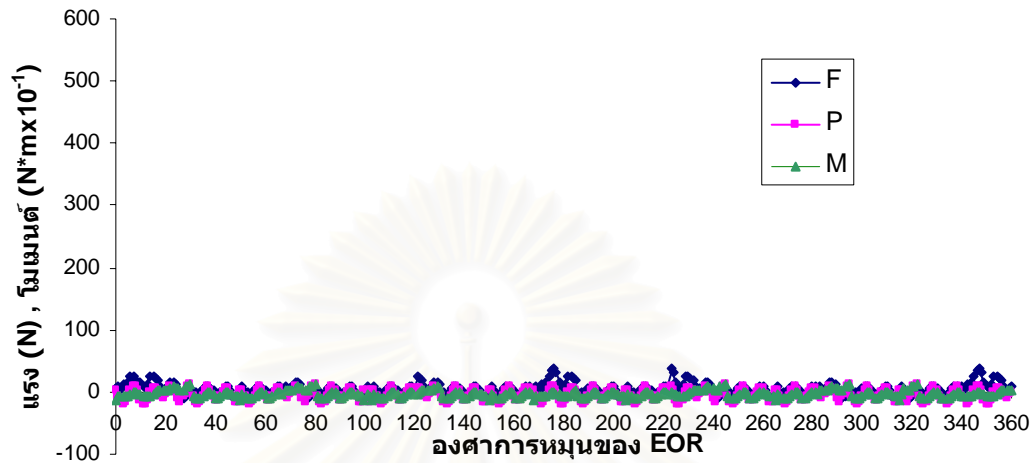
แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี ตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร



รูปที่ 6.27 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซีตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร

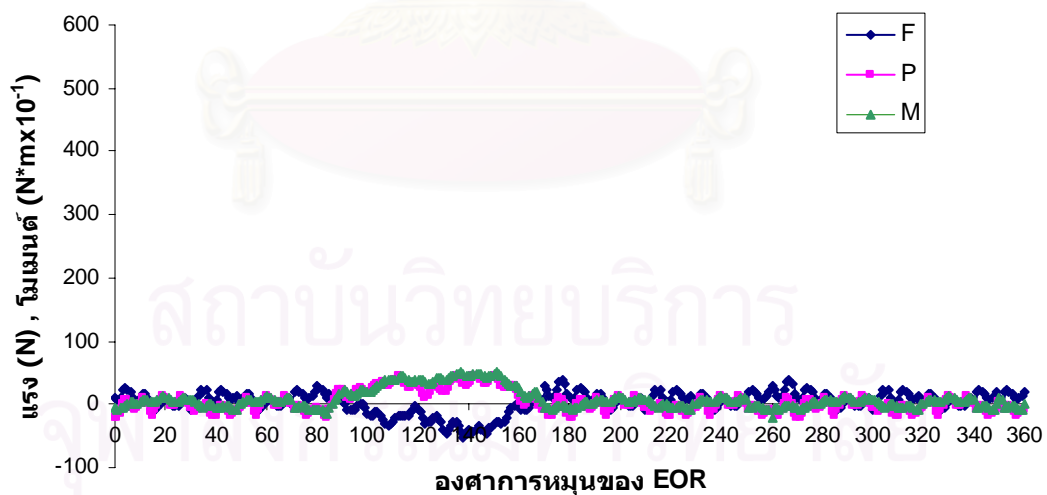
6.2.2.3 ผลการทดลองการพรวนทรายด้วยไวมีดแบบผสมตัดปลาย

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับไวมีดจอบหมุนแบบผสม ตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร**



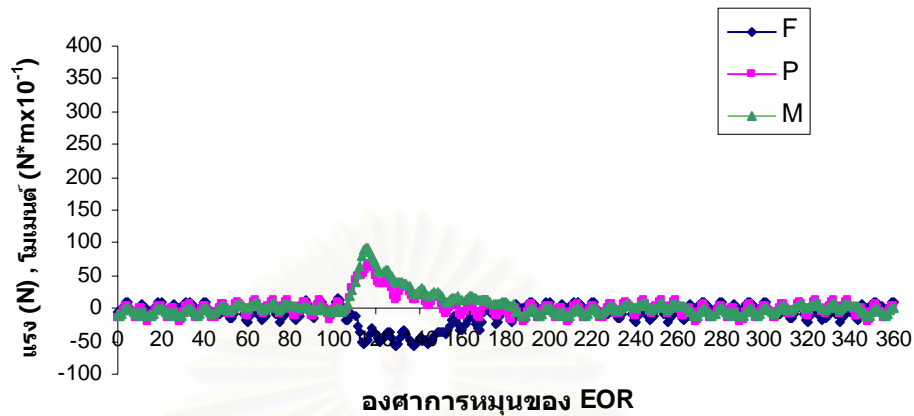
รูปที่ 6.28 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดแบบผสมตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับไวมีดจอบหมุนแบบผสม ตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร**



รูปที่ 6.29 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไวมีดแบบผสมตัดปลาย
ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม
ตัดปลาย ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร**



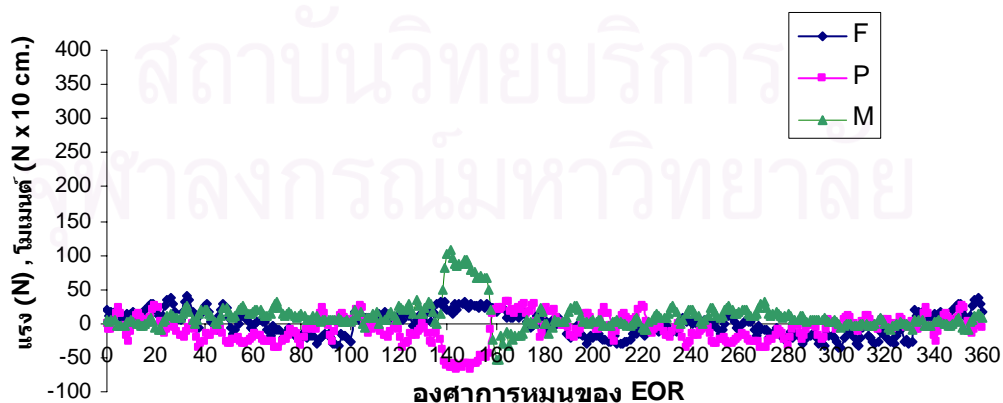
รูปที่ 6.30 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสมตัดปลาย ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร

6.2.3 ผลการทดลองพรวนทรายโดยมีการจัดเรียงใบมีดในรูปแบบต่างๆ

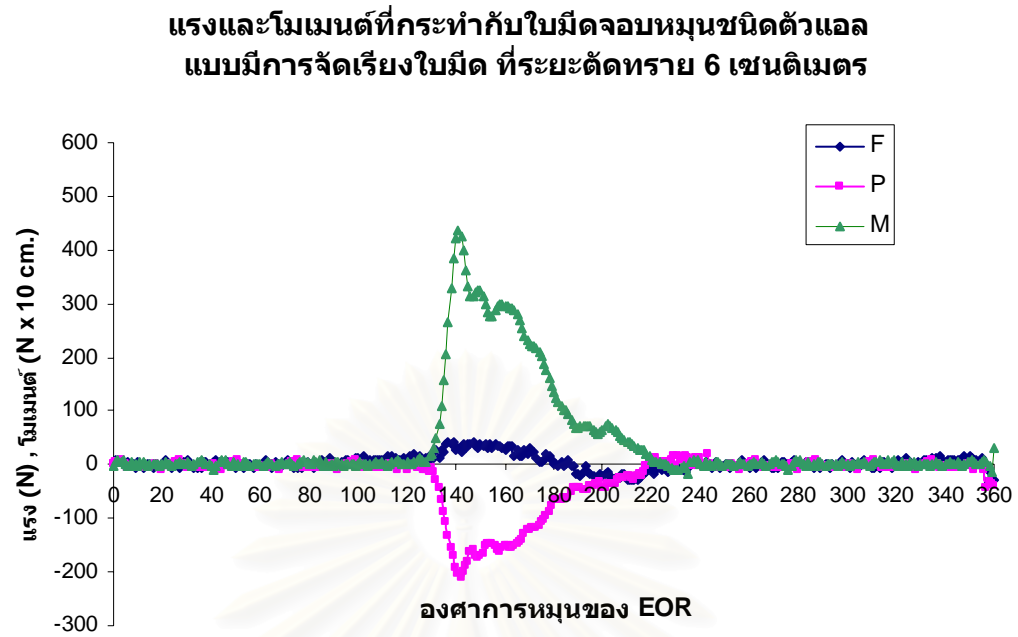
6.2.3.1 การจัดเรียงใบมีดของใบมีดชนิดตัวแอล

เนื่องจากแต่ละระนาบของเพลลาใบมีดชนิดตัวแอลจะติดใบมีดหลายใบ ดังนั้น การจัดเรียงใบมีดจึงรูปแบบที่แน่นอน คือจัดเรียงใบมีดในลักษณะที่เป็นเกลียงม้วนตามกัน ซึ่งรูปแบบของรอยการตัดทรายที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเดียวกัน การทดลองจะเปรียบเทียบแรงต้านทานที่เกิดขึ้นจากการพรวนที่ระยะตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

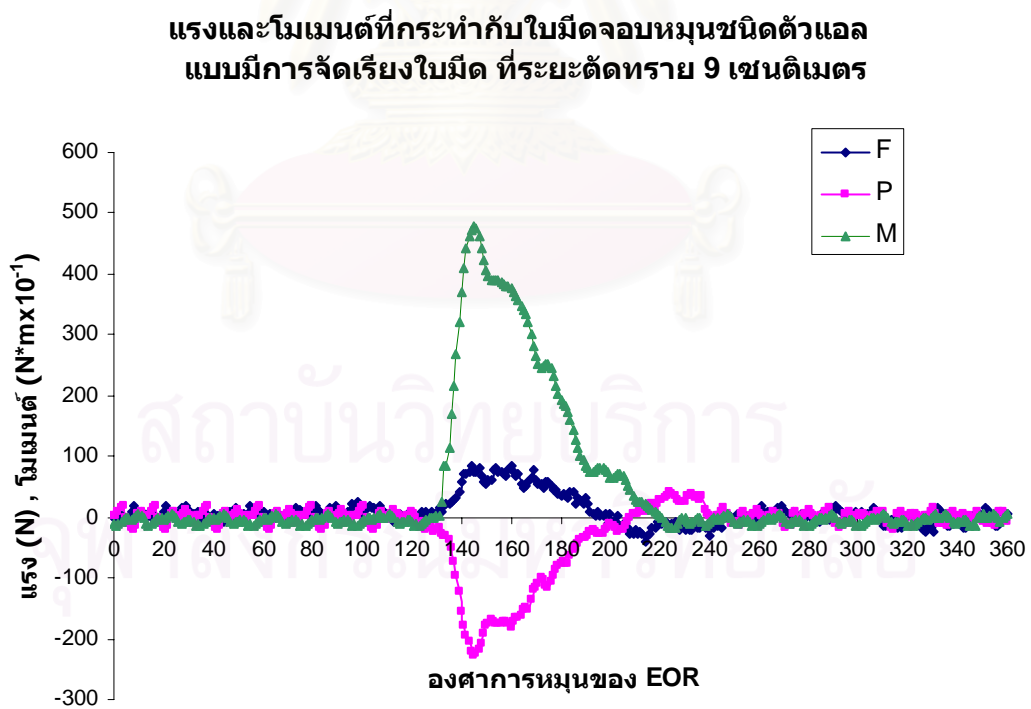
**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล
แบบมีการจัดเรียงใบมีด ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร**



รูปที่ 6.31 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอล แบบมีการจัดเรียงใบมีด ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร



รูปที่ 6.32 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดตัวแอล แบบมีการจัดเรียงใบมีด ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร



รูปที่ 6.33 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดตัวแอล แบบมีการจัดเรียงใบมีด ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร

6.2.3.2 การจัดเรียงใบมีดของใบมีดชนิดตัวซี

การจัดเรียงใบมีดชนิดตัวซีไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และการจัดเรียงใบมีดที่แตกต่างกันก่อให้เกิดรอยการตัดทรายที่ต่างกัน ดังนั้น รอยการตัดทรายที่เกิดขึ้นจะสามารถเกิดขึ้นได้หลากหลายรูปแบบ แต่สามารถแบ่งออกเป็นลักษณะใหญ่ๆ ได้ดังรูปที่ 6.32



รอยการตัดทราย แบบที่ 1 รอยการตัดทราย แบบที่ 2



รอยการตัดทราย แบบที่ 3 รอยการตัดทราย แบบที่ 4

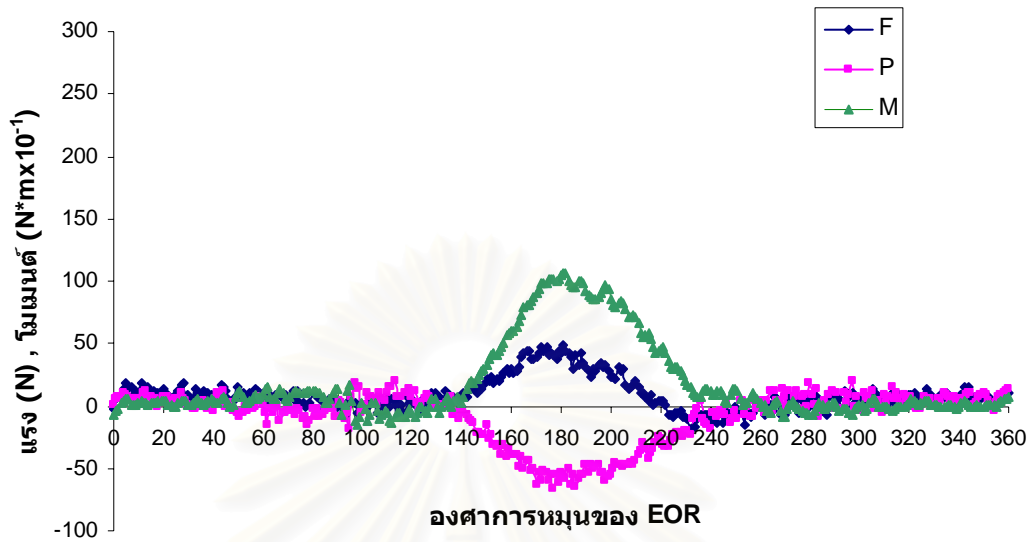


รอยการตัดทราย แบบที่ 5 รอยการตัดทราย แบบที่ 6

รูปที่ 6.34 รอยการตัดทรายที่เกิดจากการจัดเรียงใบมีดรูปตัวซี ในรูปแบบต่างๆ

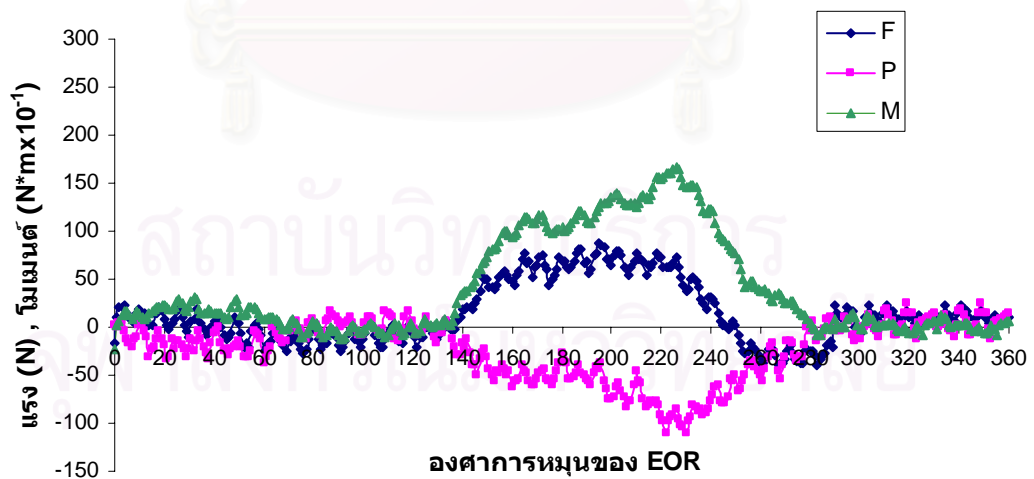
การทดลองจะจัดเรียงใบมีดให้เกิดรอยการตัดทรายดังรูปที่ 6.32 โดยแต่ ละการทดลองจะพรวนที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี
โดยจัดเรียงใบมีดแบบที่ 1 ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร**



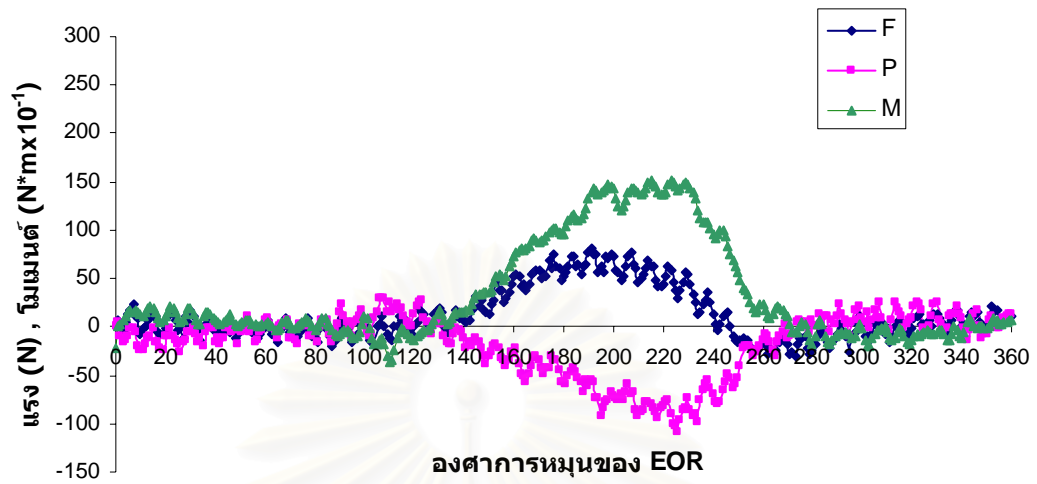
รูปที่ 6.35 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดตัวซี โดยการจัดเรียงใบมีดแบบที่ 1

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี
โดยจัดเรียงใบมีดแบบที่ 2 ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร**



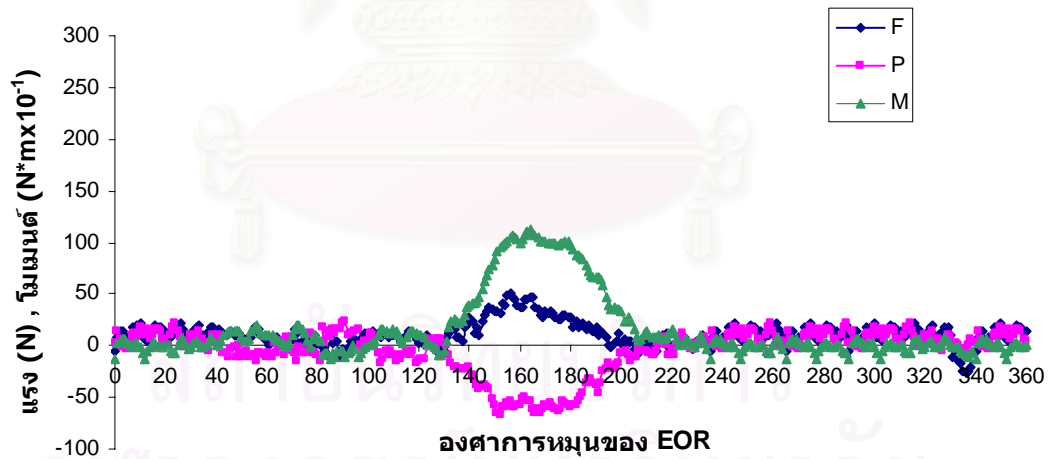
รูปที่ 6.36 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซี โดยการจัดเรียงใบมีดแบบที่ 2

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี
โดยจัดเรียงใบมีดแบบที่ 3 ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร**



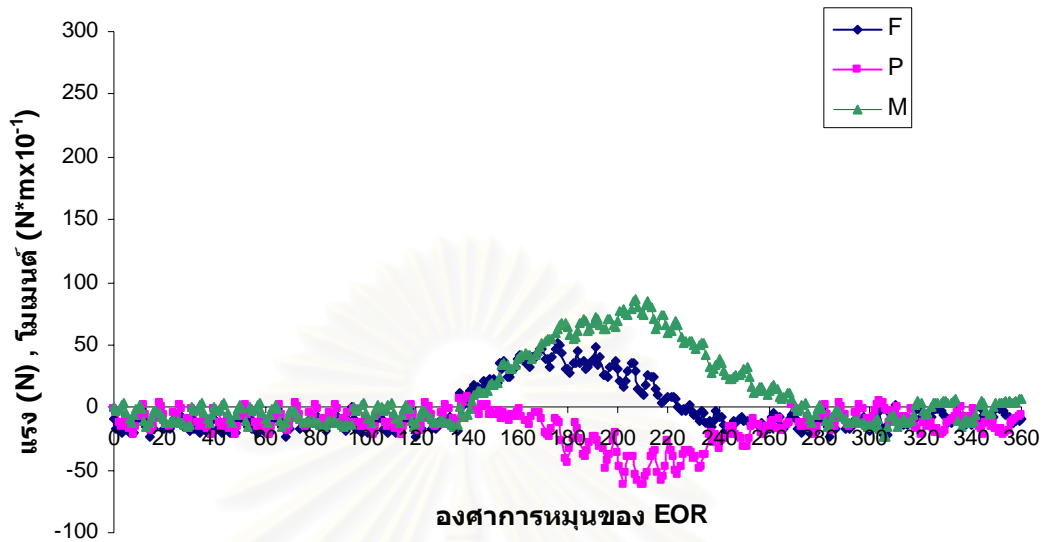
รูปที่ 6.37 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซี โดยการจัดเรียงใบมีดแบบที่ 3

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี
โดยจัดเรียงใบมีดแบบที่ 4 ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร**



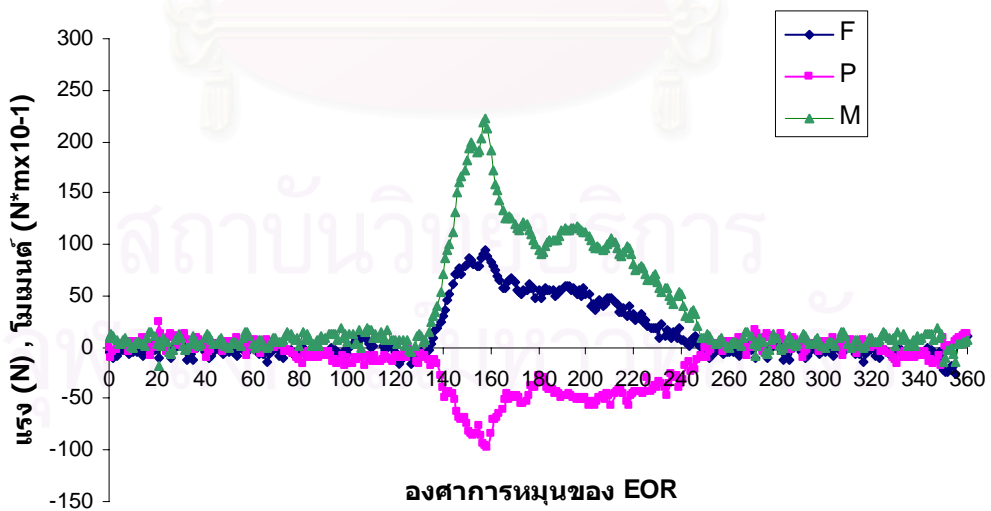
รูปที่ 6.38 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซี โดยการจัดเรียงใบมีดแบบที่ 4

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี
โดยจัดเรียงใบมีดแบบที่ 5 ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร**



รูปที่ 6.39 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซี โดยการจัดเรียงใบมีดแบบที่ 5

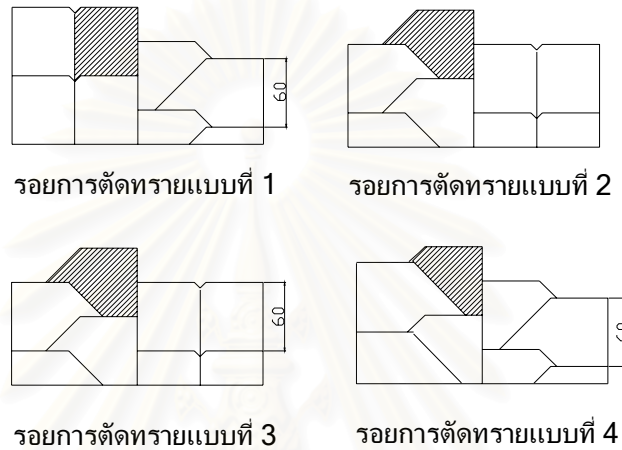
**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี
โดยจัดเรียงใบมีดแบบที่ 6 ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร**



รูปที่ 6.40 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดตัวซี โดยการจัดเรียงใบมีดแบบที่ 6

6.2.3.3 การจัดเรียงใบมีดของใบมีดแบบผสม

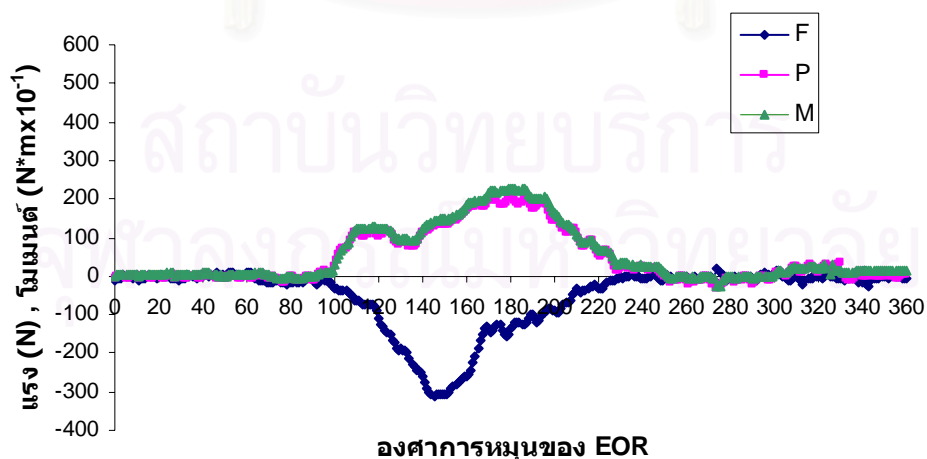
การจัดเรียงใบมีดแบบผสมบนเพล่าใบมีดนั้น แต่ละหน้าแปลนจะติดใบมีด 2 ใบ โดยปลายใบมีดหันไปคนละด้าน เนื่องจากใบมีดที่ทำการทดลองปลายใบมีดจะหันไปทางด้านซ้าย ดังนั้นการแตกตัวของทรายจากการพรวนของใบมีดข้างเคียงซึ่งส่งผลถึงปริมาตรก่อนทรายและแรงต้านทานที่เกิดขึ้นกับใบมีดทดสอบ จึงเกิดจากใบมีดข้างเคียงเฉพาะใบมีดด้านซ้ายเท่านั้น ซึ่งรูปแบบของรอยการตัดทรายจะมีลักษณะดังรูปที่ 6. 39



รูปที่ 6.41 รอยการตัดทรายที่เกิดจากการจัดเรียงใบมีดรูปตัวซี ในรูปแบบต่างๆ

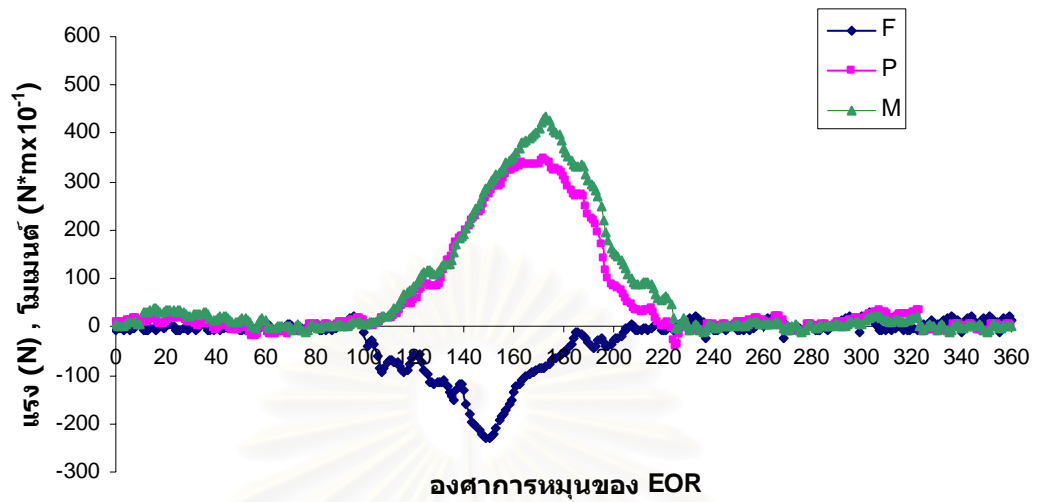
การทดลองจะจัดเรียงใบมีดให้เกิดรอยการตัดทรายเป็นรูปที่ 6.39 โดยแต่ละการทดลองจะพรวนที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม โดยจัดเรียงใบมีดแบบที่ 1 ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร



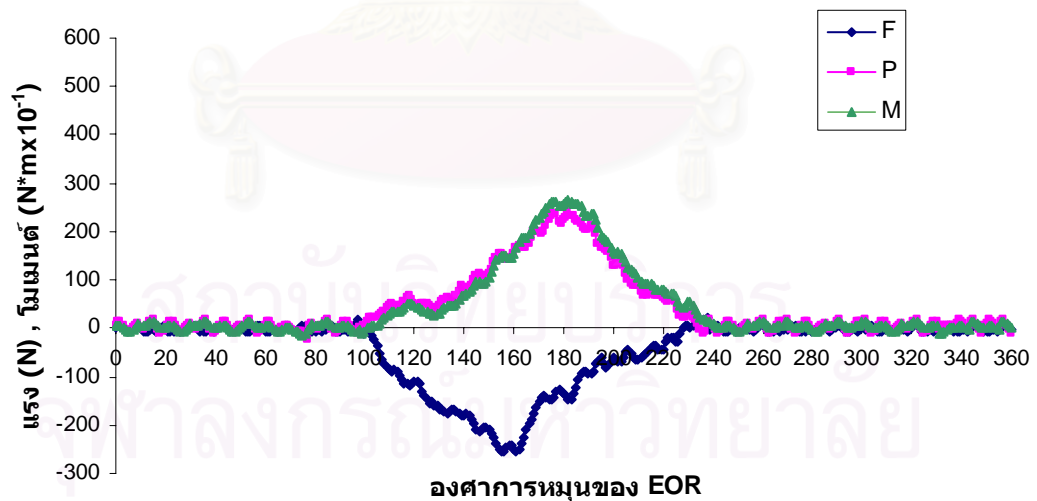
รูปที่ 6.42 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสม โดยการจัดเรียงใบมีด แบบที่ 1

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม
โดยจัดเรียงใบมีดแบบที่ 2 ที่ระยะตัดทลาย 6 เซนติเมตร**



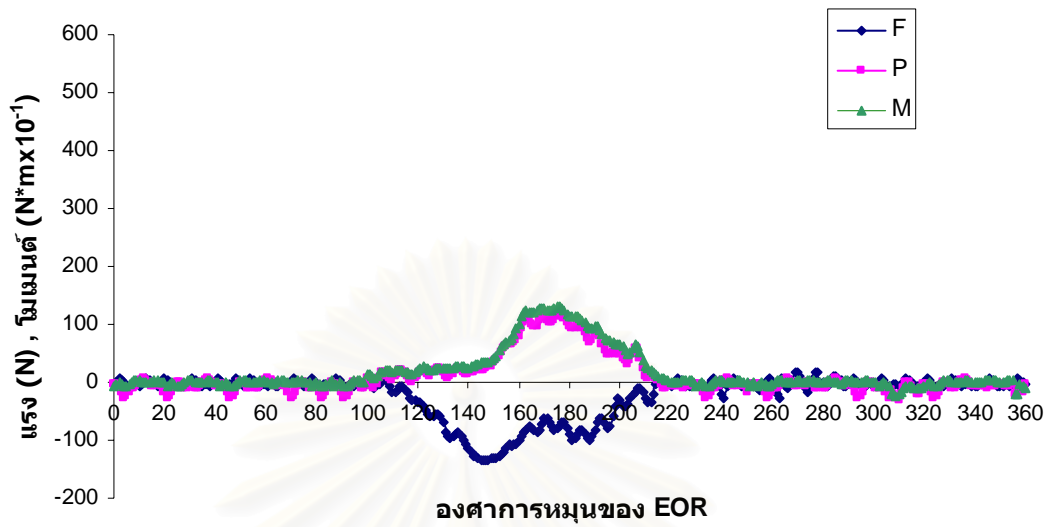
รูปที่ 6.43 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสม
โดยการจัดเรียงใบมีด แบบที่ 2

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม
โดยจัดเรียงใบมีดแบบที่ 3 ที่ระยะตัดทลาย 6 เซนติเมตร**



รูปที่ 6.44 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสม
โดยการจัดเรียงใบมีด แบบที่ 3

**แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม
โดยจัดเรียงใบมีดแบบที่ 4 ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร**



รูปที่ 6.45 แรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสม
โดยการจัดเรียงใบมีด แบบที่ 4

ผลการทดลองที่ได้จะนำไปคำนวณหา ขนาด ทิศทาง แนวและการเปลี่ยนแปลง
ของแรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด ในกรณีการทดลองต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองในบทที่ 6 สามารถใช้ขนาดของแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนในแต่ละกรณีทดสอบ มาคำนวณหาขนาด ทิศทาง และแนวของแรงต้านทานลัพธ์ โดยจะเปรียบเทียบแรงต้านทานที่เกิดจากใบมีดชนิดเดียวกันในกรณีต่างๆ

7.1 แรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล

การศึกษเปรียบเทียบแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลจะกระทำ ดังนี้

7.1.1 การเปรียบเทียบแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดส่วนตรงและส่วนดัดปลายของใบชนิดตัวแอล ที่ระยะตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร

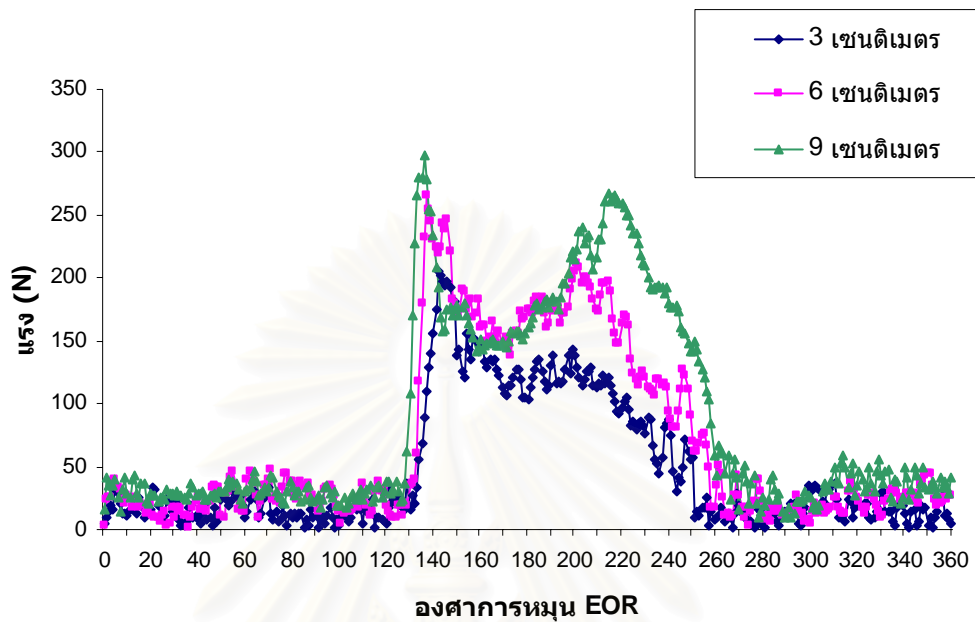
การวิเคราะห์ลักษณะของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล โดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทาน และพิจารณาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงระยะตัดทรายต่อแรงต้านทานที่เกิดขึ้น รวมทั้งพิจารณาแรงที่กระทำกับส่วนตรงและส่วนดัดปลายของใบมีดเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบและพัฒนาใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่ ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองจะแบ่งเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

7.1.1.1 การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนระยะตัดทรายต่อแรงต้านทาน

วิเคราะห์แรงต้านทานโดยการเปรียบเทียบแรงต้านทานลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดเต็มใบ ที่ระยะการตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 7.1

สถาบันนวัตกรรมการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**กราฟแสดงแรงต้านทานลัพท์จากการพรวนด้วยใบมีด
ชนิดตัวแอลเต็มใบที่ระยะการตัดทราย 3 ขนาด**

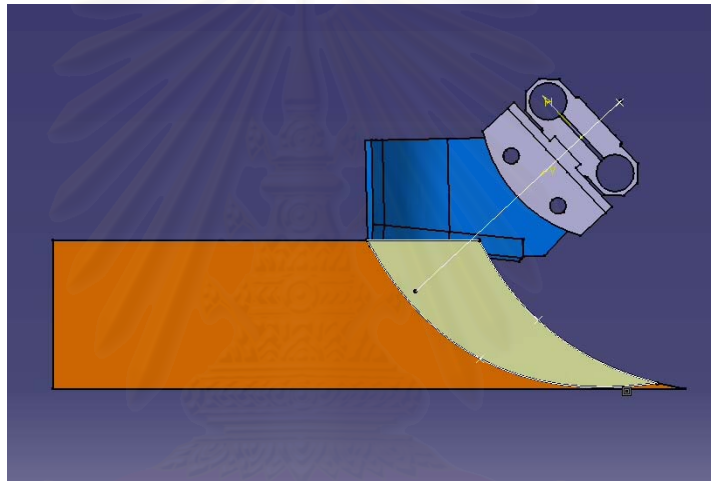


รูปที่ 7.1 กราฟแสดงแรงต้านทานลัพท์จากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ
ที่ระยะการตัดทราย 3 ขนาด

จากเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับ
ใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลและมุมการหมุนของ EOR จากการพรวนด้วยใบมีดตัวแอลเต็มใบที่
ระยะการตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร พบว่า

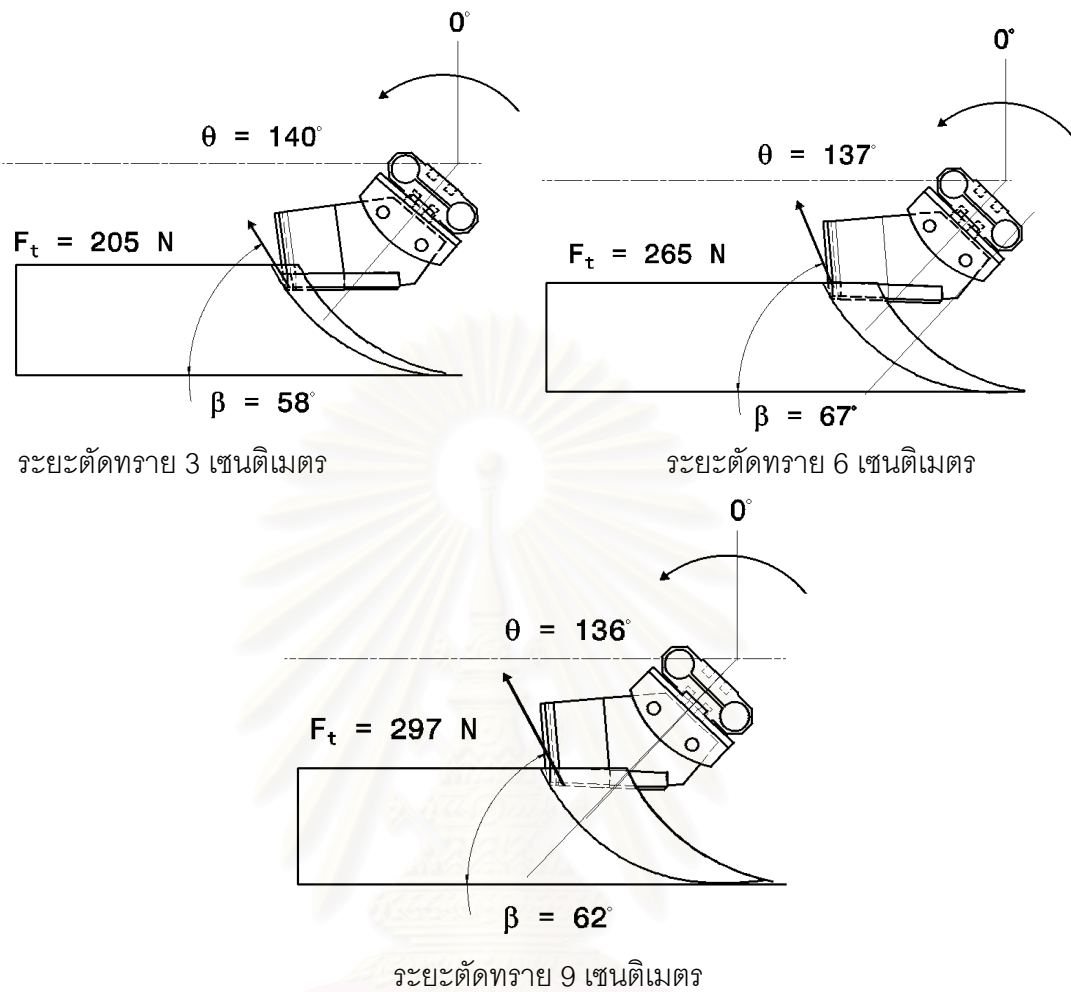
1. ลักษณะของแรงต้านทานลัพท์จะเกิดที่มุมการหมุนของ EOR ที่
มุมประมาณ 130 องศา โดยลักษณะของเส้นกราฟแรงต้านทานจะเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด จึงมี
ความชันมาก การพรวนที่ระยะตัดทราย 6 และ 9 เซนติเมตร แรงต้านทานลัพท์สูงสุดจะเกิดที่มุม
ประมาณ 135 องศา หลังจากนั้นแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดลดลงอย่างรวดเร็ว และแรง
ต้านทานลัพท์จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่มุมประมาณ 160 องศา โดยค่อยๆ เพิ่มขึ้น และลดลงอีกครั้งที่มุม
ประมาณ 200 องศา สำหรับระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร และที่มุมประมาณ 210 องศา สำหรับ
ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร ส่วนการพรวนที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร เกิดแรงต้านทานสูงสุดที่
มุมประมาณ 140 องศา หลังจากนั้น แรงต้านทานจะค่อยๆ ลดลงตลอดช่วงการพรวน เมื่อ
พิจารณาจากภาพถ่ายวิดีโอที่บันทึกจากการทดลองร่วมกับการจำลองการตัดทรายที่เกิดขึ้นโดยใช้
โปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่า ที่มุมประมาณ 140 องศา นี้ เป็นตำแหน่งที่ใบมีดส่วนตรงและส่วนดัด
ปลายกระแทกผิวทรายพร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 7.2 จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ทำให้
แรงต้านทานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งแรงดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นแรงกระแทก ส่งผลให้เกิดแรง

ต้านทานลัพท์สูงสุด การที่ใบมีดกระแทกกับทราย จะทำให้ทรายชั้นบนจะเกิดการแตกตัว ความแน่นทรายลดลงอย่างรวดเร็ว แรงต้านทานจึงลดลง เมื่อใบมีดหมุนตัดทรายต่อไปความลึกการพรวนจะเพิ่มขึ้น ความแน่นของชั้นทรายจะเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่ความหนาของก้อนทรายจะลดลง ดังนั้น สำหรับการพรวนที่ระยะตัดทราย 6 และ 9 เซนติเมตร หลังจากเกิดแรงกระแทกแล้วเมื่อใบมีดหมุนตัดลงมา ความแน่นของชั้นทรายที่เพิ่มมากขึ้นและความหนาของก้อนทรายที่ถูกตัดยังคงมีขนาดใหญ่ จึงก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของแรงต้านทานอีกครั้ง สำหรับระยะการพรวน 3 เซนติเมตร ขนาดของก้อนทรายจะเล็ก แรงต้านทานการตัดทรายจึงต่ำ และเมื่อใบมีดหมุนผ่านจุดต่ำสุดแรงต้านทานจะยังมีอยู่ แต่ขนาดลดลง เนื่องจากใบมีดยังหมุนตัดก้อนทรายที่ถูกพรวนแล้ว และยังมีก้อนทรายบางส่วนเกาะอยู่ที่ใบมีด



รูปที่ 7.2 ตำแหน่งที่เกิดแรงลัพท์สูงสุดจากการสัมผัสทรายพร้อมกัน

2. การเปลี่ยนแปลงระยะการตัดทรายทำให้ขนาดของก้อนทรายที่ถูกตัดมีขนาดแตกต่างกัน ความหนาของก้อนทรายที่ระดับความลึกต่างๆ จึงแตกต่างกัน รวมทั้งพื้นที่สัมผัสของแรงเสียดทานกับใบมีดก็จะแตกต่างกัน โดยการพรวนที่ระยะตัดทรายที่มากจะก่อให้เกิดขนาดของก้อนทรายใหญ่กว่า และพื้นที่สัมผัสของแรงต้านทานที่มากกว่าการพรวนที่ระยะตัดทรายน้อย โดยการเปรียบเทียบแรงต้านทานลัพท์สูงสุดที่เกิดจากการกระแทกขณะพรวนด้วยระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร และ 3 เซนติเมตร คิดเป็น 89% และ 70% ของแรงต้านทานลัพท์สูงสุดที่เกิดจากการกระแทกที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร ตามลำดับ และแรงต้านทานสูงที่เกิดขึ้นอีกครั้ง เนื่องจากแรงต้านทานการตัดทรายของใบมีด ที่ระยะการตัดทราย 6 เซนติเมตร และ 3 เซนติเมตร คิดเป็น 78% และ 52% ของแรงต้านทานลัพท์สูงสุดที่เกิดจากแรงต้านทานการตัดทรายของใบมีด ที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสามารถคำนวณหาทิศทางและตำแหน่งของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดได้ ดังรูปที่ 7.3



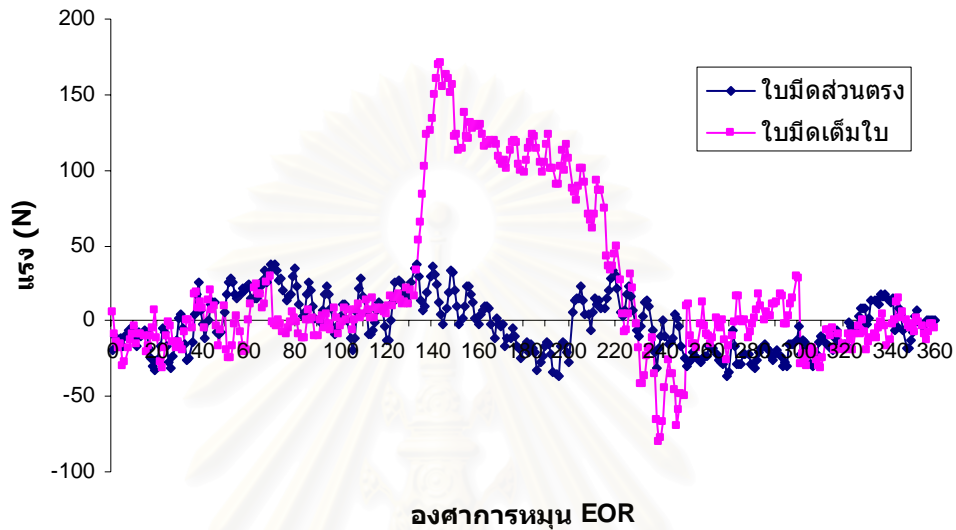
รูปที่ 7.3 ขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของแรงต้านทานลัฟท์สูงสุด ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอล

7.1.1.2 การพิจารณาแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดส่วนตรงและส่วนตัดปลายของใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล

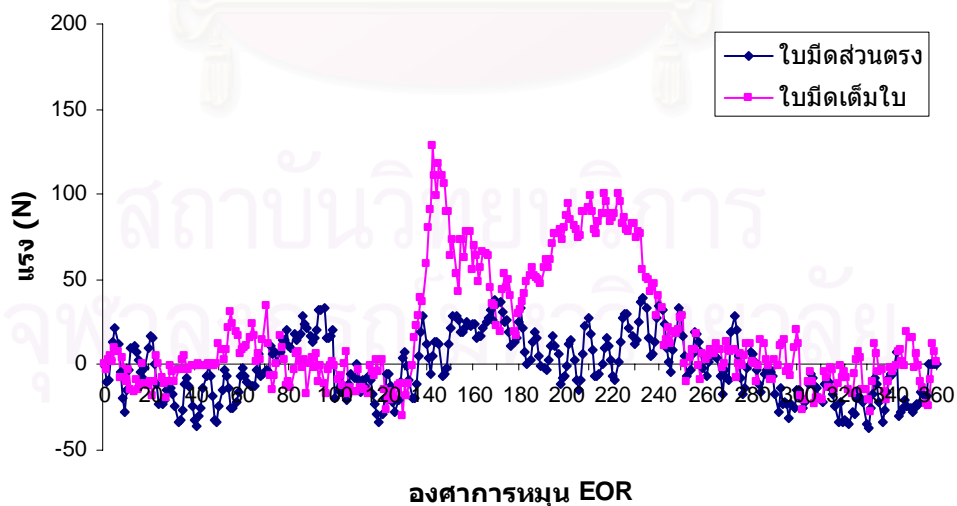
ใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลมีส่วนที่สัมผัสกับทรายอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนตรงของใบมีด ทำหน้าที่ตัดและย่อยก้อนทราย ส่วนตัดปลายใบมีดทำหน้าที่ ตัดและเหวี่ยงก้อนทราย การวิเคราะห์แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดแต่ละส่วนจะใช้สมมติฐานว่า “ผลรวมทางเวกเตอร์ของแรงที่กระทำกับใบมีดเต็มใบ = ผลรวมของแรงที่กระทำกับใบมีดส่วนตรง + แรงที่กระทำกับใบมีดส่วนตัดปลาย” ซึ่งแรงต้านทานลัฟท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนขณะใบมีดพรวนทรายที่ตำแหน่งการหมุนพรวนต่างๆ สามารถแบ่งได้เป็น แรงในแนวตั้ง F_V และแรงในแนวระดับ F_H ซึ่งแรง F_V จะเป็นแรงที่ยกเครื่องพรวนจอบหมุน ส่วนแรง F_H จะเป็นแรงที่ผลักเครื่องพรวนจอบหมุนไปด้านหน้า ดังนั้น การศึกษาแรงต้านทานที่ใบมีดแต่ละส่วนจะแสดงผลในรูปแบบของแรง F_V และ แรง F_H ดังแสดงในรูปที่ 7.4 , 7.5 และ 7.6 เพื่อให้ทราบถึงส่วนประกอบของแรง

ตำแหน่งที่กระทำกับส่วนตรงและส่วนดัดปลายของใบมีด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและปรับปรุงใบมีดจอบหมุน

**แรง F_V ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ
และใบมีดส่วนตรงที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร**

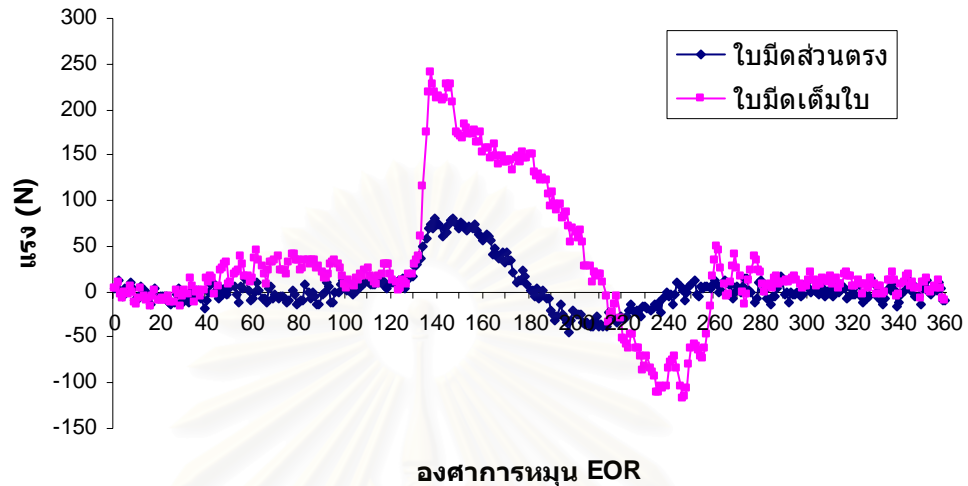


**แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบและ
ใบมีดส่วนตรงที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร**

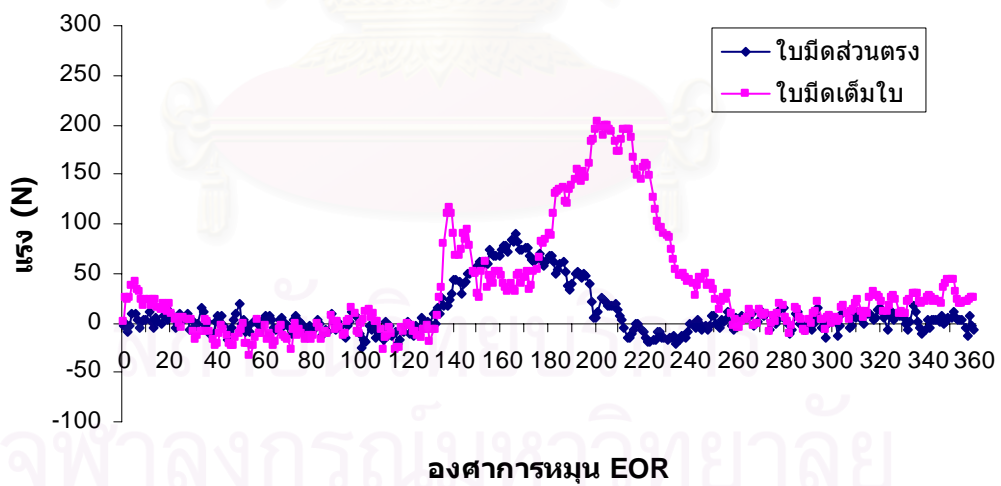


รูปที่ 7.4 แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดตัวแอลเต็มใบและใบมีดส่วนตรง
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

**แรง F_V ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ
และใบมีดส่วนตรงที่ระยะตัดทอย 6 เซนติเมตร**

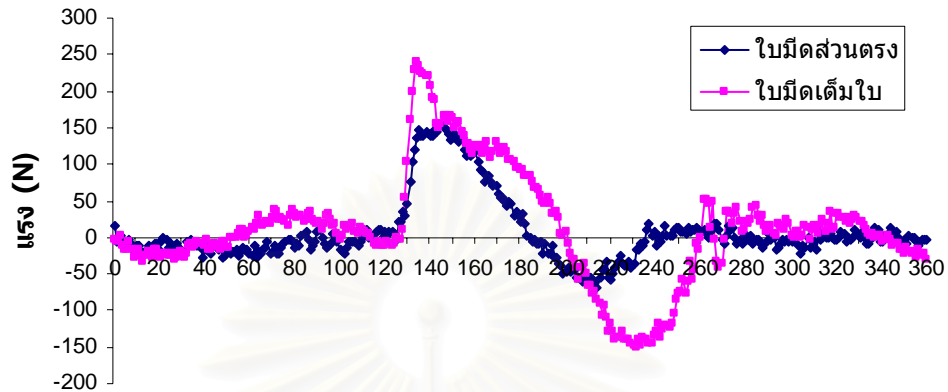


**แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบและ
ใบมีดส่วนตรงที่ระยะตัดทอย 6 เซนติเมตร**



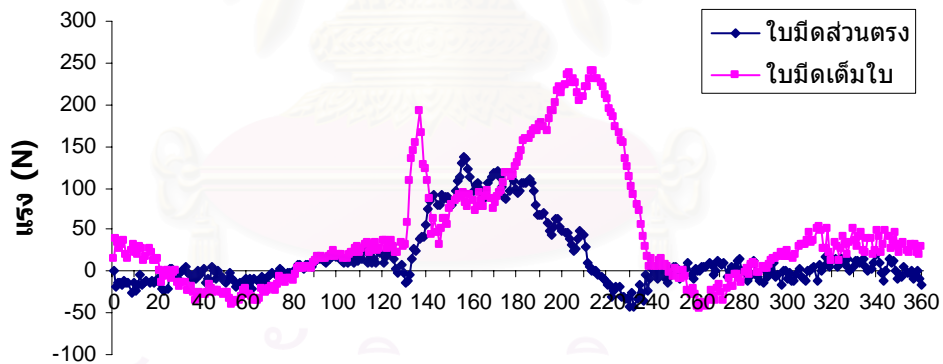
รูปที่ 7.5 แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดตัวแอลเต็มใบและใบมีดส่วนตรง
ที่ระยะตัดทอย 6 เซนติเมตร

**แรง F_V ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ
และใบมีดสวนตรงที่ระยะตัดทอย 9 เซนติเมตร**



องศาการหมุน EOR

**แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลเต็มใบ
และใบมีดสวนตรงที่ระยะตัดทอย 9 เซนติเมตร**



องศาการหมุน EOR

รูปที่ 7.6 แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดตัวแอลเต็มใบและใบมีดสวนตรง
ที่ระยะตัดทอย 9 เซนติเมตร

จากการพิจารณาเส้นกราฟแรงต้านทานที่กระทำต่อใบมีดจอบหมุนชนิด
ตัวแอลในแนวตั้ง และแนวระดับ จากการพรวนที่ระยะตัดทอยต่างๆ พบว่า

1. การเกิดแรงต้านทานกระทำกับใบมีดชนิดตัวแอลจากการพรวน
ด้วยใบมีดเต็มใบที่ระยะการตัดทอย 3, 6 และ 9 เซนติเมตรมีลักษณะการเกิดคล้ายคลึงกัน คือ

เมื่อขอบคมทั้งหมดของใบมีดกระทบกับทราย แรงต้านทานในแนวตั้ง F_V จะมีค่ามากและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นแรงที่ยกเครื่องพรวนจอบหมุนขึ้น หลังจากนั้นแรงในทิศทางนี้จะค่อยๆ ลดลง ส่วนแรงในแนวระดับ จะมีค่ามากและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่นกัน แต่จะลดลงอย่างรวดเร็ว และจะกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อใบมีดหมุนตัดถึงทรายชั้นล่างซึ่งมีความแน่นเพิ่มขึ้น ในช่วงแรก ลักษณะของแรง F_V และแรง F_H ที่เกิดขึ้นเป็นแรงกระทำ แรง F_V และแรง F_H จึงมีค่าสูง หลังจากนั้นแรงต้านทานที่เกิดขึ้นจะเป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นบริเวณที่ทรายสัมผัสกับใบมีด ขณะ ใบมีดหมุนแรงต้านทานที่เกิดขึ้นก็จะเปลี่ยนขนาด และทิศทางไปตลอดเวลา

2. แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล จากการพรวนที่ระยะการตัดทราย 3 เซนติเมตร แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดส่วนตรงน้อย เนื่องจากที่ระยะตัดทรายนี้ ใบมีดส่วนตรงสัมผัสกับทรายน้อย ดังนั้น แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดเต็มใบขณะหมุนพรวน เกือบทั้งหมดจะเป็นแรงที่กระทำกับส่วนตัดปลายของใบมีด ซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากแรงเสียดทานและแรงจากการเหวี่ยงก้อนทราย

3. แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล จากการพรวนที่ระยะการตัดทราย 6 และ 9 เซนติเมตร ส่วนตรงของใบมีดจะสัมผัสทรายมากขึ้น แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดส่วนตรงจึงมากขึ้นด้วย โดยแรง F_V จะเกิดในลักษณะเดียวกับการพรวนด้วยใบมีดเต็มใบแต่มีขนาดน้อยกว่า แต่แรง F_H ที่ผลึกเครื่องพรวนจอบหมุนให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า นั้น แตกต่างกัน โดยแรง F_H จะ ค่อยๆ เพิ่มขึ้นแล้วจึงลดลง ตามพื้นที่แรงเสียดทานระหว่างใบมีดกับทรายที่เปลี่ยนไปตามการหมุนของใบมีด

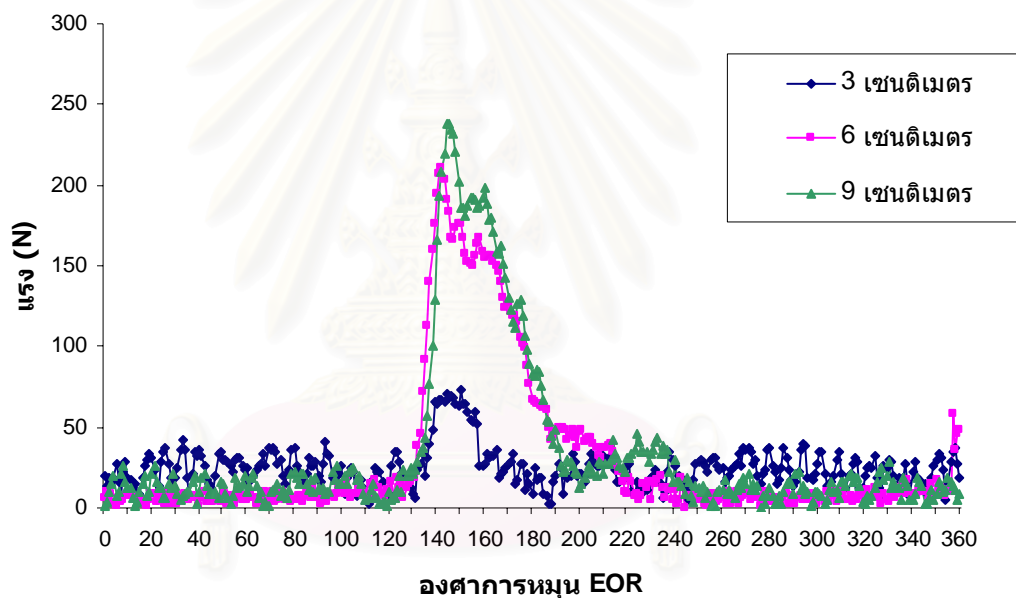
4. การที่ตำแหน่งการหมุนพรวนบางตำแหน่งแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดส่วนตรงมีค่ามากกว่าแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดเต็มใบ เนื่องจากในบางตำแหน่งขณะหมุนพรวน ใบมีดตัดปลายจะสัมผัสทรายน้อยก่อนใบมีดส่วนตรง ซึ่งจะทำให้ทรายเกิดการแตกตัวไปบางส่วนก่อนที่ใบมีดส่วนตรงจะหมุนตัดทรายบริเวณนั้น

5. การเกิดแรงต้านทานในขณะพรวนด้วยใบมีดเต็มใบในลักษณะนี้ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของแรงต้านทานมาก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของแรง F_V จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนและการเคลื่อนที่ขึ้นลงของเครื่องพรวนจอบหมุน และการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของแรง F_H จะก่อให้เกิดการดันตามจังหวะแรงกระทำที่เครื่องพรวนจอบหมุน

7.1.2 การศึกษาเปรียบเทียบแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดตัวแอลเต็มใบ ระหว่างการพรวนด้วยใบมีดใบเดียวและพรวนโดยมีใบมีดข้างเคียง

การทำงานจริงของเครื่องพรวนจอบหมุนบนเพลลาใบมีดจะติดใบมีดจอบหมุนหลายๆ ใบ การจัดเรียงใบมีดชนิดตัวแอลนั้นจะจัดเป็นลักษณะเป็นเกลียวม้วนตามกัน การศึกษาจึงเปรียบเทียบเพื่อให้ทราบถึงลักษณะของแรงต้านทานที่เกิดขึ้นเมื่อมีผลจากการแตกตัวของทรายจากใบมีดข้างเคียง ดังแสดงในรูปที่ 7.7

แรงลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอล แบบมีการจัดเรียงใบมีด ที่ระยะตัดทราย 3 ขนาด



รูปที่ 7.7 แรงต้านทานลัพท์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดตัวแอลโดยมีการจัดเรียงใบมีด ที่ระยะการตัดทราย 3 ขนาด

จากเส้นกราฟแสดงแรงต้านทานลัพท์จากการพรวนด้วยใบมีดตัวแอล แบบมีการจัดเรียงใบมีดที่ระยะการตัดทราย 3 ขนาด พบว่า

1. ลักษณะของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนเต็มใบ ยังคงมีลักษณะ เป็นแรงกระแทก แต่มีขนาดลดลง เนื่องจากปริมาตรของก้อนทรายที่ถูกพรวนด้วย

ใบมีดทดสอบลดลง โดยที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร แรงต้านทานจะลดลงอย่างมาก เนื่องจากปริมาตรของก้อนทรายที่ถูกพรุนในแต่ละรอบมีขนาดน้อยมาก

2. ช่วงมุมที่เกิดแรงต้านทานกระทำกับใบมีดลดลงและแรงต้านทานหลังจากเกิดการกระแทกแล้ว แรงต้านทานจะค่อยๆ ลดลง โดยไม่มีการเพิ่มขึ้นอีกครั้ง เนื่องจากความแน่นของทรายที่ถูกพรุนลดลงจากการแตกตัวของทรายจากการพรุนด้วยใบมีดข้างเคียง

7.2 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี

การศึกษาเปรียบเทียบแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีจะกระทำ ดังนี้

7.2.1 การศึกษาเปรียบเทียบแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดส่วนตรงและส่วนตัดปลายของใบชนิดตัวซี ที่ระยะตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร

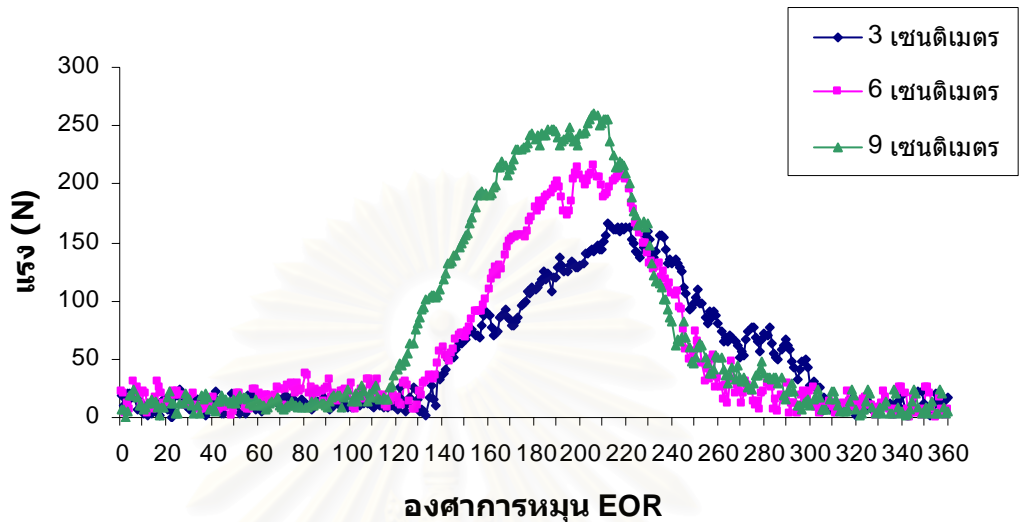
การวิเคราะห์ในส่วนนี้ศึกษาลักษณะของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี โดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทาน และพิจารณาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงระยะตัดทรายต่อแรงต้านทานที่เกิดขึ้น รวมทั้งพิจารณาแรงที่กระทำกับส่วนตรงและส่วนตัดปลายของใบมีดเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบและพัฒนาใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่ ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองจะแบ่งเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

7.2.1.1 การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนระยะตัดทรายต่อแรงต้านทาน

วิเคราะห์แรงต้านทานโดยการเปรียบเทียบแรงต้านทานลัพท์ที่เกิดขึ้นจากการพรุนด้วยใบมีดเต็มใบ ที่ระยะการตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 7.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กราฟแสดงแรงต้านทานลัพท์จากการพรวนด้วยใบมีด ชนิดตัวซีเต็มใบที่ระยะการตัดทอย 3 ขนาด



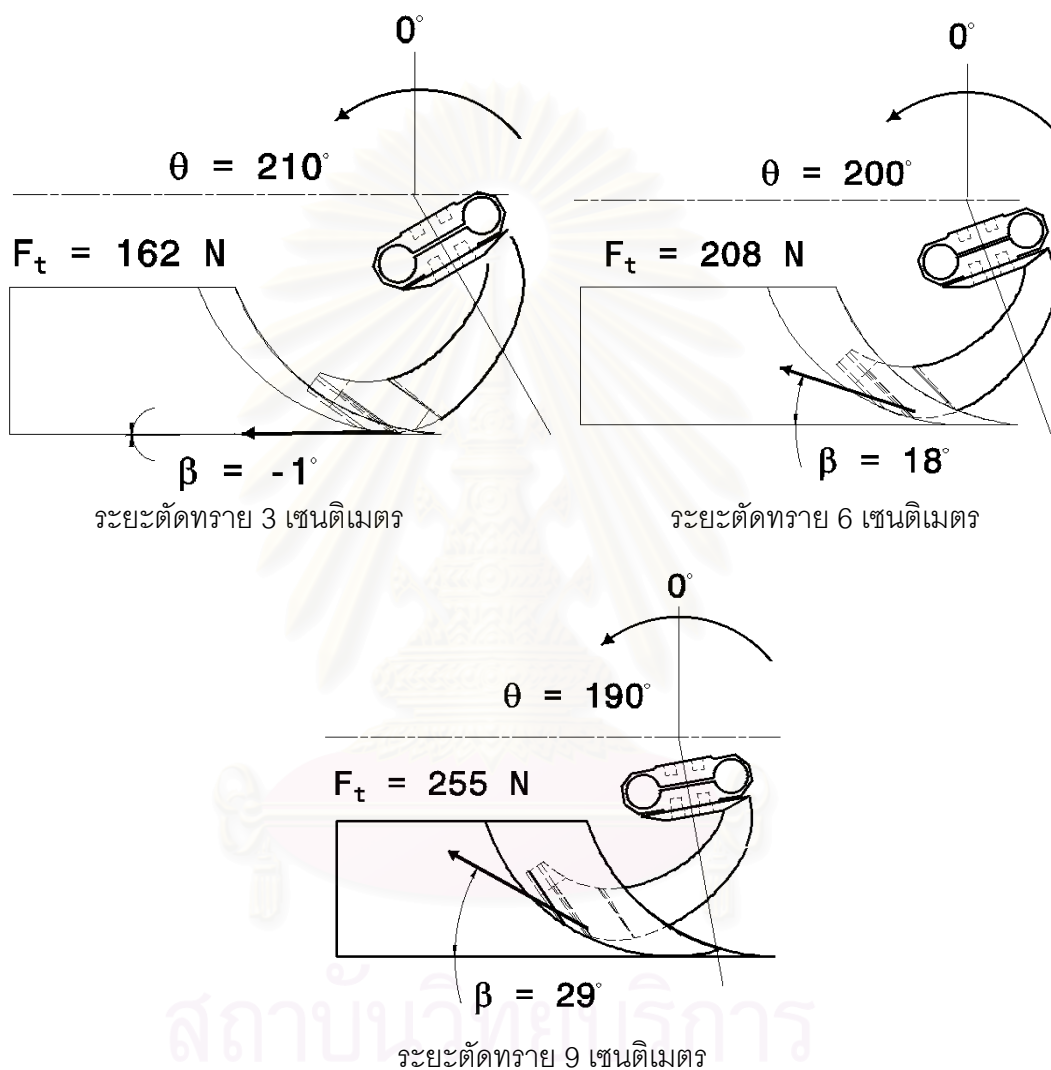
รูปที่ 7.8 กราฟแสดงแรงต้านทานลัพท์จากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบ
ที่ระยะการตัดทอย 3 ขนาด

จากเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซีและมุมการหมุนของ EOR จากการพรวนด้วยใบมีดตัวซีเต็มใบที่ระยะการตัดทอย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร พบว่า

1. เมื่อใบมีดสัมผัสผิวดินจะเกิดแรงต้านทานขึ้น โดยแรงที่กระทำกับใบมีดจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนถึงจุดสูงสุด หลังจากนั้นแรงต้านทานจะค่อยๆ ลดลง เมื่อพิจารณาการตัดทอยของใบมีดจากโปรแกรมจำลองการตัดทอย พบว่าการเกิดแรงต้านทานลักษณะนี้ มีผลมาจากปัจจัย 2 ส่วน คือ การที่ความแน่นทรายจะเพิ่มมากขึ้น แต่ความหนาของก้อนทรายจะลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น และการที่ขอบคมของใบมีดมีลักษณะโค้งตลอดทั้งใบมีด ดังนั้นเมื่อใบมีดหมุนตัดทอย พื้นที่แรงเสียดทานระหว่างใบมีดและทรายจึงค่อยๆ เพิ่มขึ้น รวมกับทรายที่มีความแน่นเพิ่มขึ้น แรงต้านทานจึงค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนเมื่อใบมีดหมุนตัดทอยจนถึงระดับที่ความหนาของก้อนทรายน้อย ความแน่นของทรายที่ถูกตัดจะลดลง แรงต้านทานจึงค่อยๆ ลดลง และเมื่อใบมีดหมุนผ่านจุดต่ำสุดไปแล้ว ยังคงมีแรงต้านทานอยู่ เนื่องจากใบมีดหมุนตัดทอยที่ถูกตัดแล้วและมีก้อนทรายติดอยู่ที่ปลายใบมีด

2. แรงต้านทานลัพท์สูงสุดที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบขณะพรวนด้วยระยะตัดทอย 6 เซนติเมตร และ 3 เซนติเมตร คิดเป็น 81.6% และ 63.5% ของแรง

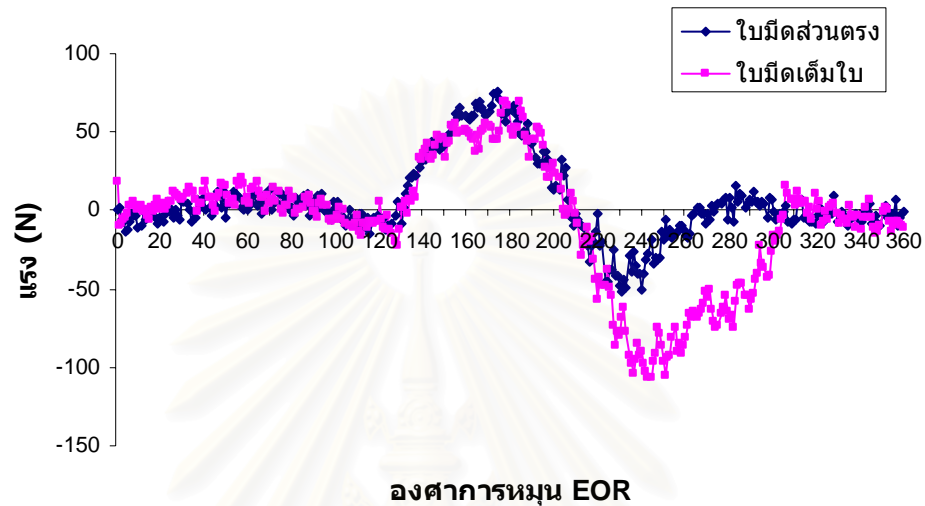
ต้านทานลัพท์สูงสุดจากการพรวนที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร โดยจะเกิดแรงต้านทานสูงสุดเพียงครั้งเดียว แรงต้านทานที่เกิดขึ้นเกิดจากแรงเสียดทานและแรงจากการเหวี่ยงก้อนทรายของไวมีดซึ่งสามารถคำนวณหาทิศทางและตำแหน่งของแรงต้านทานที่กระทำกับไวมีดได้ ดังรูปที่ 7.9



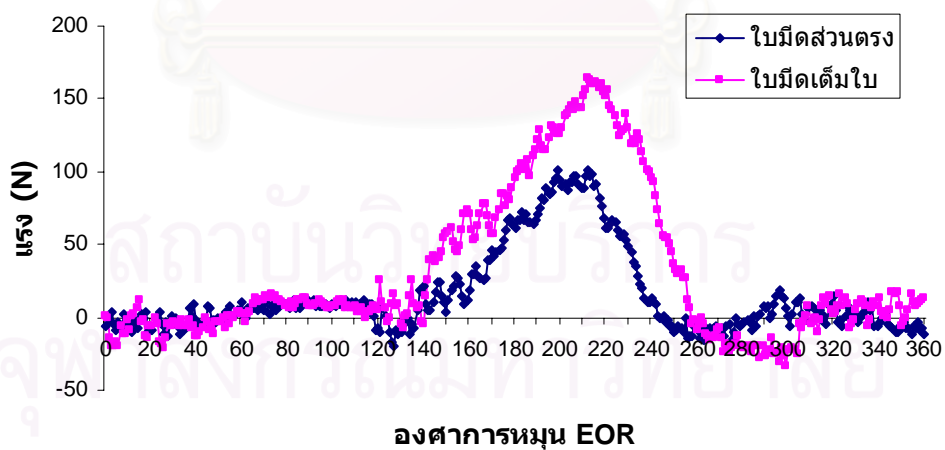
รูปที่ 7.9 ขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของแรงต้านทานลัพท์สูงสุด ที่กระทำกับไวมีดชนิดตัวซี่

7.2.1.2 พิจารณาแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดส่วนตรงและส่วนปลาย
ตัดของใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี

**แรง F_V ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบและใบมีด
ส่วนตรงที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร**

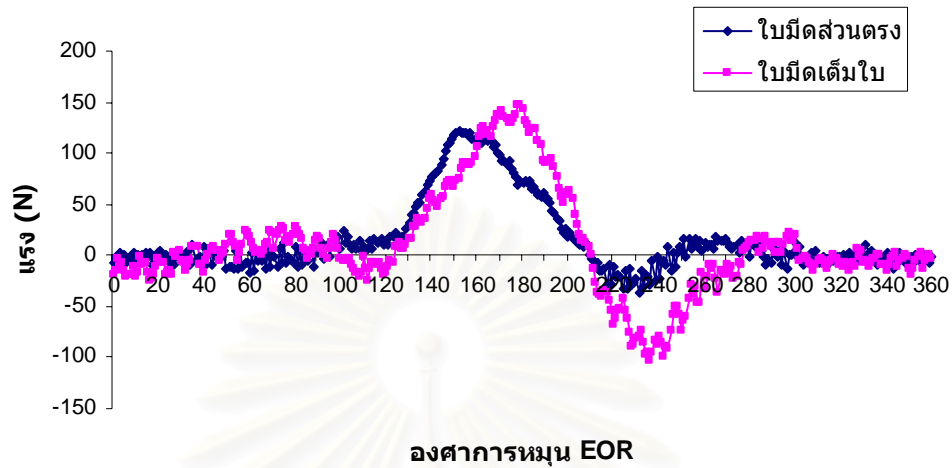


**แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบและใบมีด
ส่วนตรงที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร**

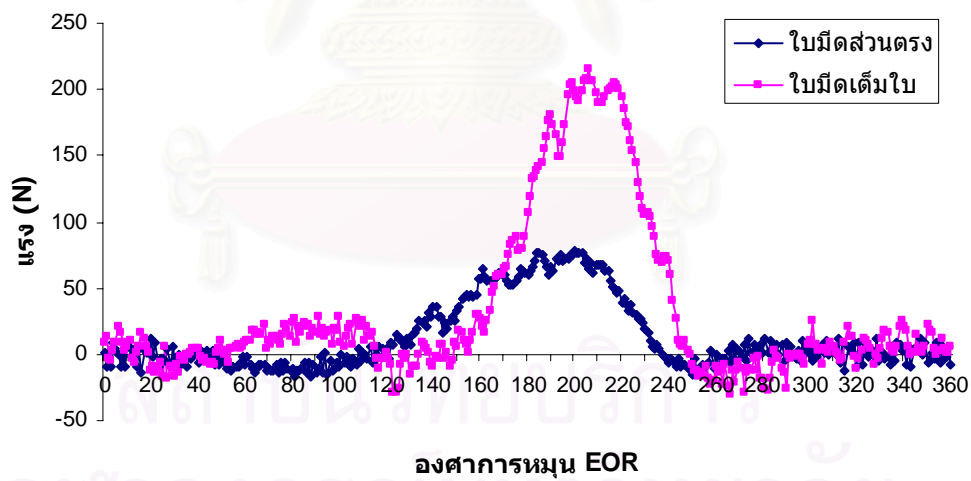


รูปที่ 7.10 แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบและใบมีดส่วนตรง
ที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

แรง F_V ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบและ
ใบมีดสวนตรงที่ระยะตัดทอย 6 เซนติเมตร

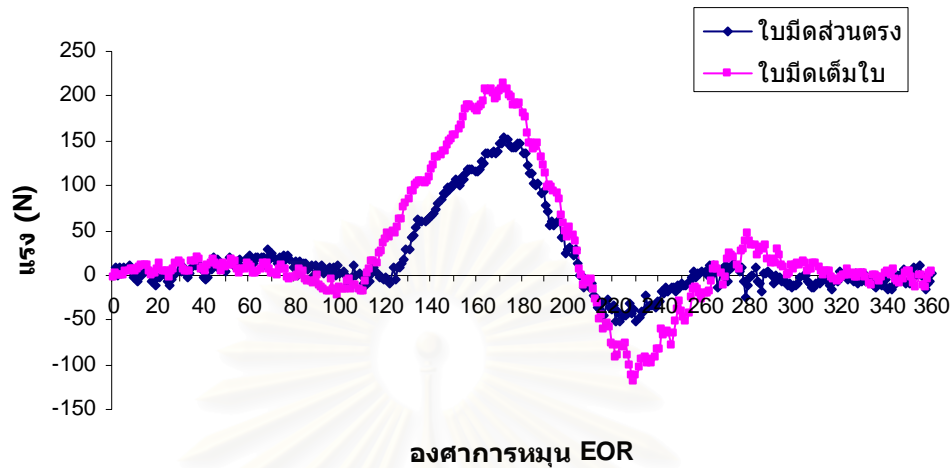


แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบและใบมีด
สวนตรงที่ระยะตัดทอย 6 เซนติเมตร

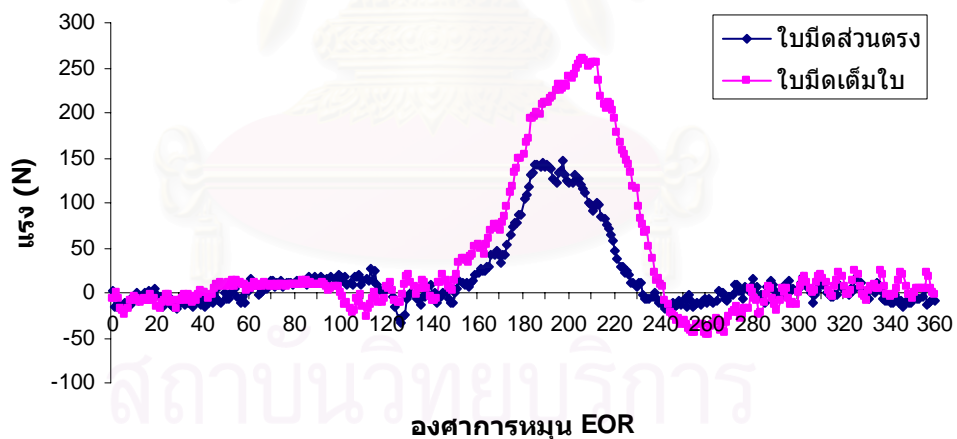


รูปที่ 7.11 แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบและใบมีดสวนตรง
ที่ระยะตัดทอย 6 เซนติเมตร

**แรง F_V ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบและ
ใบมีดส่วนตรงที่ระยะตัดทอย 9 เซนติเมตร**



**แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบและใบมีด
ส่วนตรงที่ระยะตัดทอย 9 เซนติเมตร**



รูปที่ 7.12 แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบและใบมีดส่วนตรง
ที่ระยะตัดทอย 9 เซนติเมตร

จากการพิจารณาเส้นกราฟแรงต้านทานที่กระทำต่อใบมีดในแนวตั้ง และ
แนวระดับจากการพรวนด้วยใบมีเต็มใบและใบมีดส่วนตรง ที่ระยะตัดทอยต่างๆ พบว่า

1. การเกิดแรงต้านทานกระทำกับใบมีดชนิดตัวซีจากการพรวน
ด้วยใบมีดเต็มใบ ที่ระยะการตัดทอย 3, 6 และ 9 เซนติเมตรมีลักษณะการเกิดคล้ายคลึงกัน คือ

ขณะที่ใบมีดเริ่มหมุนพรุนทรายในแต่ละรอบ แรงต้านทานในแนวตั้ง F_V และแรงต้านทานในแนวระดับ F_H จะเกิดขึ้นและค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนถึงตำแหน่งสูงสุด เนื่องจากขอบคมของใบมีดมีความโค้ง เมื่อใบมีดหมุนพรุนพื้นที่แรงเสียดทานจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จากนั้นแรงต้านทานจะค่อยๆ ลดลง โดยในช่วงสุดท้ายของการพรุนในแต่ละรอบ แรง F_V จะเกิดการกลับทิศ เนื่องจากใบมีดหมุนตัดทรายที่ถูกพรุนแล้วที่ขวางการเคลื่อนที่ของใบมีด และอาจเป็นผลเนื่องจากในช่วงที่ใบมีดหมุนหลุดจากทราย แรงต้านทานจะลดลงทันที อาจทำให้เกิดการกระตุกของโซ่ขับเพลลาใบมีด ทำให้เกิดการบิดเบี้ยวของสัญญาณขึ้น ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่นอกเหนือจากการพิจารณา

2. การเกิดแรงต้านทานกระทำกับใบมีดชนิดตัวซีจากการพรุน

ด้วยใบมีดส่วนตรง ที่ระยะการตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร มีลักษณะเช่นเดียวกันกับการพรุนด้วยใบมีดเต็มใบ แต่มีขนาดน้อยกว่า เนื่องจากขอบคมของใบมีดชนิดนี้มีความโค้งมากตลอดทั้งใบมีด เมื่อใบมีดหมุนตัดทราย ขอบคมของใบมีดจะค่อยๆ สัมผัสทราย โดยใบมีดส่วนตรงจะตัดทรายก่อนเสมอ ดังนั้น ส่วนต่างของแรงที่เกิดขึ้นนี้ จะเป็นแรงที่กระทำกับส่วนดัดปลายของใบมีดที่ทำหน้าที่ตัด และเหวี่ยงก้อนทราย

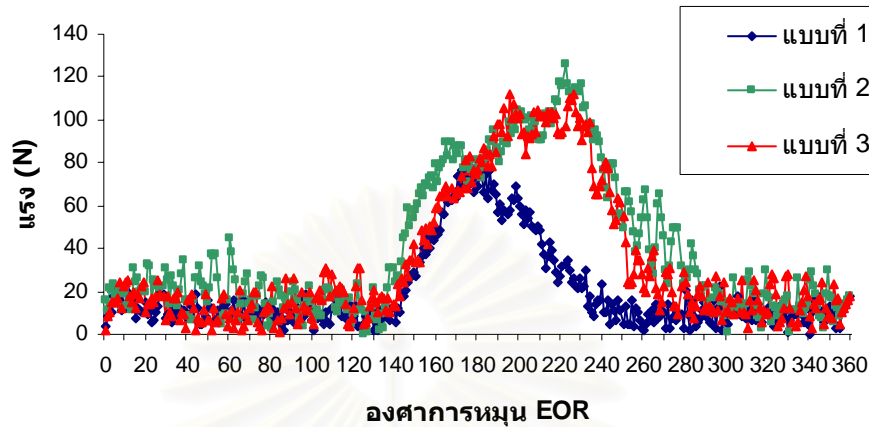
3. แรงในแนวระดับ F_H จากการพรุนด้วยใบมีดเต็มใบมีขนาดมากกว่าการพรุนด้วยใบมีดส่วนตรงมาก

ดังนั้น ส่วนดัดปลายของใบมีดจอบหมุนชนิดตัวซี จะก่อให้เกิดแรง F_H มาก ซึ่งทิศทางของแรง F_H มีทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของเครื่องพรุนจอบหมุน ซึ่งช่วยผลักเครื่องพรุนจอบหมุนไปข้างหน้า

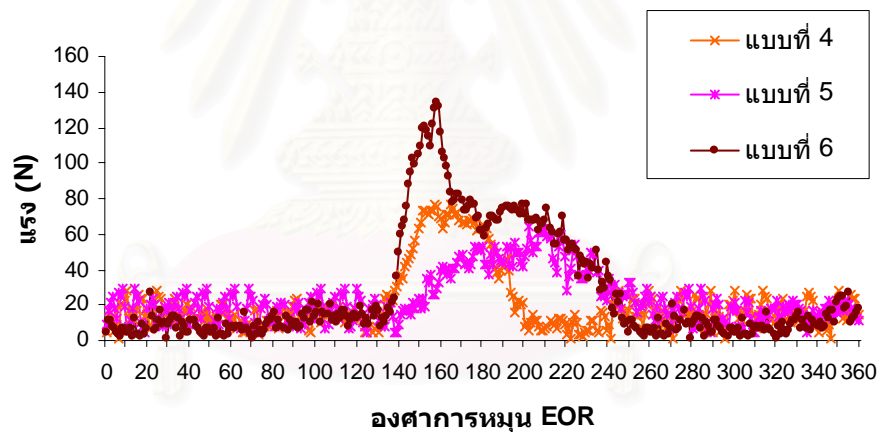
7.2.2 การศึกษาเปรียบเทียบแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซีเต็มใบ ระหว่างการพรุนด้วยใบมีดใบเดียวและพรุนโดยมีใบมีดข้างเคียง

การทำงานจริงของเครื่องพรุนจอบหมุนบนเพลลาใบมีดจะติดใบมีดจอบหมุนหลายๆ ใบ การจัดเรียงใบมีดชนิดตัวซีแต่ละระนาบจะติดใบมีดเพียงใบเดียว การจัดเรียงการติดใบมีดบนเพลลาที่ต่างกันจะก่อให้เกิดรอยการตัดทรายที่แตกต่างกัน จากการกำหนดให้การแตกตัวของทรายที่ปลายใบมีดเป็นมุม 45 องศา การศึกษาจึงเปรียบเทียบแรงต้านทานที่เกิดขึ้นจากการจัดเรียงใบมีดให้เกิดรอยการตัดทรายในรูปแบบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 7.13

**แรงลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนรูปตัวซี
แบบมีการจัดเรียงใบมีด ที่ระยะตัดทนาย 6 เซนติเมตร**



**แรงลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนรูปตัวซี
แบบมีการจัดเรียงใบมีด ที่ระยะตัดทนาย 6 เซนติเมตร**



รูปที่ 7.13 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดชนิดตัวซี จากการจัดเรียงใบมีด 6 รูปแบบ

จากเส้นกราฟแสดงแรงต้านทานลัพท์จากการพรวนด้วยใบมีดตัวซีแบบมีการจัดเรียงใบมีดในรูปแบบต่างๆ พบว่า ลักษณะของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดทดลอง จากการพรวนโดยตีใบมีดข้างเคียงในรูปแบบต่างๆ จะมีลักษณะที่คล้ายกัน คือ แรงต้านทานจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนมีค่าสูงสุดจากนั้นจึงค่อยๆ ลดลง โดยขนาดและลักษณะการเพิ่มขึ้นของแรงต้านทาน ขึ้นอยู่กับปริมาตรและลักษณะของก้อนทรายที่ถูกพรวน ซึ่งถ้าปริมาตรก้อนทรายที่ถูกตัดมีขนาดเล็กและใบมีดข้างเคียงทำให้อันทรายเกิดการแตกตัวมาก เนื่องจากใบมีดข้างเคียงหมุนตัดทนายก่อนใบมีดทดสอบเพียงเล็กน้อย แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจะมีค่าน้อย

7.3 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม

การศึกษาเปรียบเทียบแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดแบบผสมจะกระทำ ดังนี้

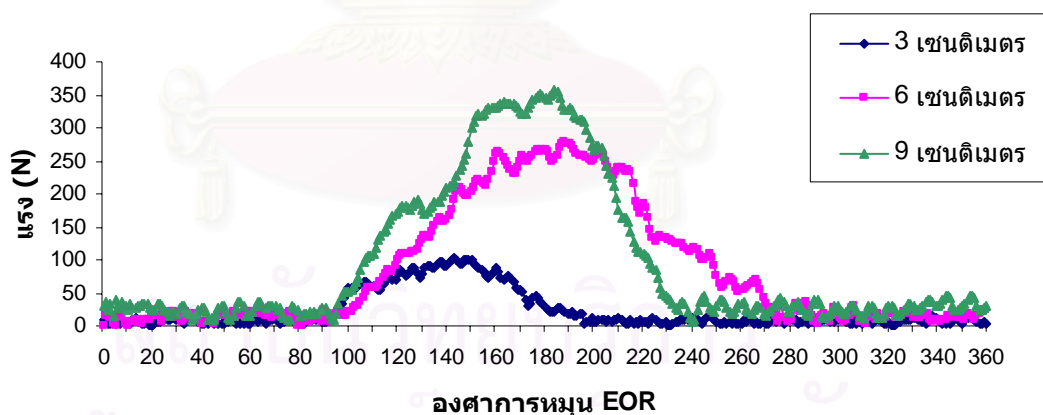
7.3.1 การศึกษาเปรียบเทียบแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดส่วนตรงและส่วนดัดปลายของใบมีดแบบผสม ที่ระยะตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร

การวิเคราะห์ลักษณะของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม โดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทาน และพิจารณาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงระยะตัดทรายต่อแรงต้านทานที่เกิดขึ้น รวมทั้งพิจารณาแรงที่กระทำกับส่วนตรงและส่วนดัดปลายของใบมีดเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบและพัฒนาใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่ ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองจะแบ่งเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

7.3.1.1 การพิจารณาผลจากการเปลี่ยนระยะตัดทรายต่อแรงต้านทาน

วิเคราะห์แรงต้านทานโดยการเปรียบเทียบแรงต้านทานลัพท์ที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยใบมีดเต็มใบ ที่ระยะการตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 7.14

กราฟแสดงแรงต้านทานลัพท์จากการพรวนด้วยใบมีดจอบหมุนแบบผสมเต็มใบที่ระยะการตัดทราย 3 ขนาด



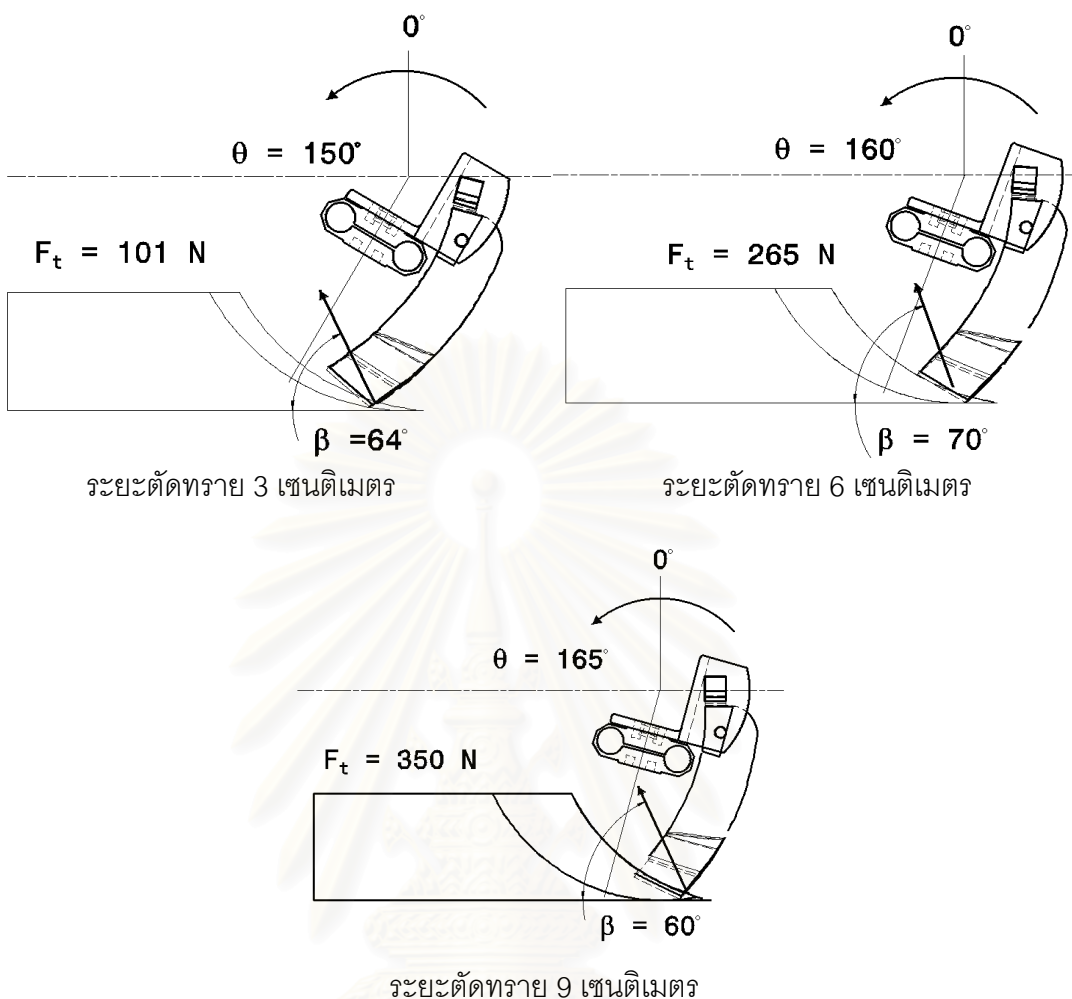
รูปที่ 7.14 กราฟแสดงแรงต้านทานลัพท์จากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสมเต็มใบที่ระยะการตัดทรายต่างๆ

จากเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสมและมุมการหมุนของ EOR จากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสมเต็มใบที่ระยะการตัดทราย 3, 6 และ 9 เซนติเมตร พบว่า

1. เมื่อใบมีดสัมผัสทรายจะเกิดแรงต้านทานขึ้น โดยแรงที่กระทำกับใบมีดที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร การเพิ่มของแรงต้านทานจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อถึงมุมการหมุนประมาณ 165 องศา แรงต้านทานจะลดอัตราการเพิ่มลง และหลังจากใบมีดหมุนผ่านจุดต่ำสุด แรงต้านทานก็จะลดลง ส่วนการพรวนที่ระยะตัดทราย 3 และ 6 เซนติเมตร เมื่อใบมีดสัมผัสทราย แรงต้านทานจะค่อยเพิ่มขึ้น จนถึงจุดสูงสุด ที่มุมประมาณ 150 องศา และ 160 องศา ตามลำดับ หลังจากนั้นแรงต้านทานจะค่อยๆ ลดลง เมื่อพิจารณาการตัดทรายของใบมีดจากโปรแกรมจำลองการตัดทรายการเกิดแรงต้านทาน การพรวนที่ระยะตัดทราย 3 และ 6 เซนติเมตร ส่วนที่สัมผัสทรายจะสัมผัสเฉพาะส่วนตัดปลายของใบมีด ซึ่งขอบคมของใบมีดชนิดนี้มีลักษณะโค้งแรงต้านทานเมื่อใบมีดหมุนตัดทรายจึงเกิดขึ้นอย่างช้าๆ แต่การพรวนที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร การสัมผัสทรายจะสัมผัสทั้งส่วนตรงและส่วนตัดปลายของใบมีด และเนื่องจากมุมคมของใบมีดมีขนาดใหญ่ บริเวณการตัดปลายใบมีด จึงเกิดพื้นที่แรงต้านทานมาก รวมทั้งความโค้งของขอบคมของใบมีดส่วนตรงไม่โค้งมากนัก เมื่อใบมีดหมุนตัดทราย การเพิ่มพื้นที่สัมผัสทรายจึงเพิ่มอย่างรวดเร็ว แรงต้านทานจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

2. แรงต้านทานลัพธ์สูงสุดที่กระทำกับใบมีดแบบผสมเต็มใบขณะพรวนด้วยระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร และ 3 เซนติเมตร คิดเป็น 79% และ 28% ของแรงต้านทานลัพธ์สูงสุดจากการพรวนที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร โดยจะเกิดแรงต้านทานสูงสุดเพียงครั้งเดียว โดยแรงต้านทานที่เกิดขึ้นจะน้อยมากเมื่อเทียบกับที่ระยะการตัดทราย 9 เซนติเมตร เนื่องจากที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร ปริมาตรของก้อนทรายที่ถูกตัดในแต่ละรอบจะน้อยมาก เพราะมุมการตัดปลายกว้าง จากกราฟแสดงความสัมพันธ์สามารถคำนวณหาทิศทางและตำแหน่งของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดได้ ดังรูปที่ 7.15

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

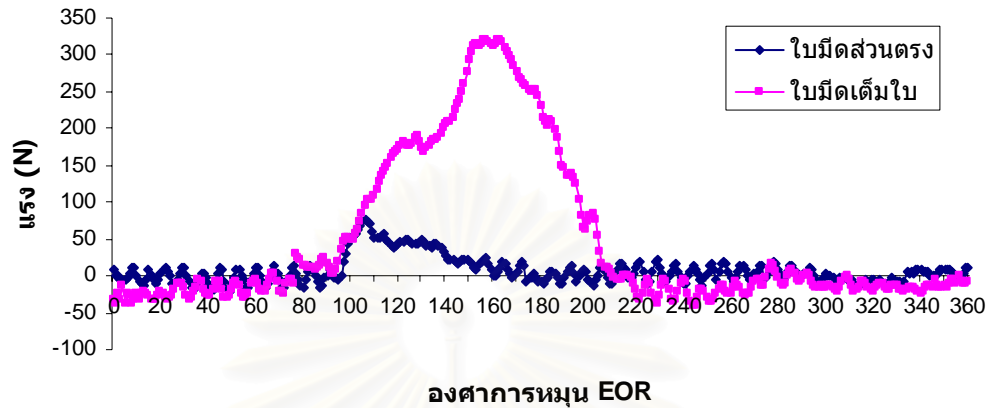


รูปที่ 7.15 ขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของแรงต้านทานลัพธ์สูงสุด ที่กระทำกับใบมีดแบบผสม

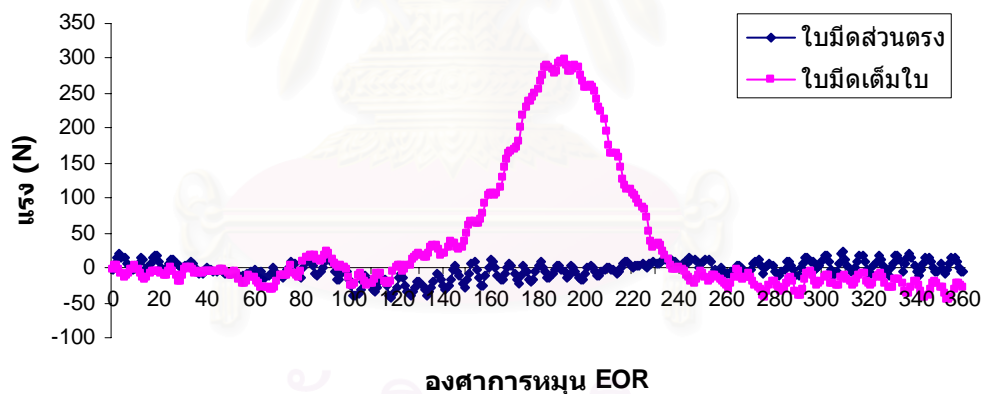
7.3.1.2 การพิจารณาแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดส่วนตรงและ
ส่วนดัดปลายของใบมีดจอบหมุนแบบผสม

จากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสมที่ระยะการตัดทราย 3 และ 6 เซนติเมตร ใบมีดจะสัมผัสกับทรายเฉพาะส่วนดัดปลายของใบมีด ดังนั้น การวิเคราะห์ในส่วนนี้จะกระทำเฉพาะการพรวนที่ระยะตัดทราย 9 เซนติเมตร เท่านั้น โดยวิเคราะห์ในรูปแบบเดียวกันกับการวิเคราะห์ใบมีดชนิดตัวแอลและใบมีดชนิดตัวซี

**แรง F_V ที่กระทำกับใบมีดแบบผสมเต็มใบและ
ใบมีดส่วนตรงที่ระยะตัดทอย 9 เซนติเมตร**



**แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดแบบผสมเต็มใบและ
ใบมีดส่วนตรงที่ระยะตัดทอย 9 เซนติเมตร**



รูปที่ 7.16 แรง F_V และ แรง F_H ที่กระทำกับใบมีดแบบผสมเต็มใบและใบมีดส่วนตรง
ที่ระยะตัดทอย 9 เซนติเมตร

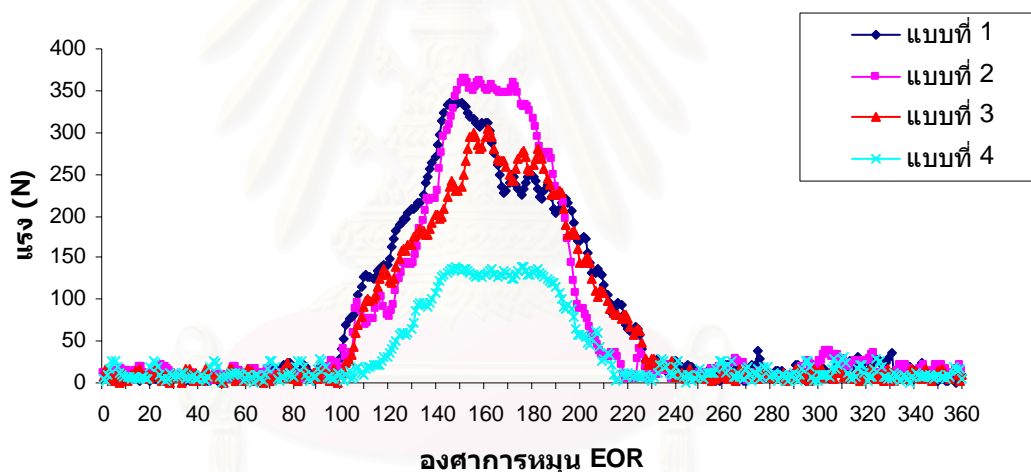
จากเส้นกราฟแรงต้านทานการการพรวนเปรียบเทียบแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสมระหว่างการพรวนเต็มใบและพรวนโดยใบมีดส่วนตรงที่ระยะการตัดทอย 9 เซนติเมตร พบว่า แรงต้านทานที่กระทำกับส่วนตรงของใบมีดมีน้อยมาก เพราะพื้นที่แรงเสียดทานของใบมีดส่วนตรงที่สัมผัสกับทอยมีน้อย เนื่องจากมุมการตัดปลายของใบมีด

แบบผสมมีขนาดใหญ่ ทำให้พื้นที่สัมผัสทรายของปลายใบมีด มากกว่าพื้นที่สัมผัสทรายของใบมีด ส่วนตรงมาก แรงต้านทานที่เกิดจากการตัดและเหวี่ยงก้อนทรายเกือบทั้งหมดจึงกระทำที่บริเวณ ใบมีดตัดปลายเท่านั้น

7.3.2 การศึกษาเปรียบเทียบแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดแบบผสมเต็มใบ ระหว่างการพรวนด้วยใบมีดใบเดียวและพรวนโดยมีใบมีดข้างเคียง

การจัดเรียงใบมีดแบบผสมนั้น ในแต่ละระนาบจะติดใบมีด 2 ใบ โดยจัดให้เกิดรอยการตัดทรายในรูปแบบต่างๆ ซึ่งได้กราฟความสัมพันธ์ของแรงต้านทาน ดังแสดงในรูปที่ 7.17

แรงลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม แบบมีการจัดเรียงใบมีด ที่ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร



รูปที่ 7.17 แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสม จากการจัดเรียงใบมีด 4 รูปแบบ

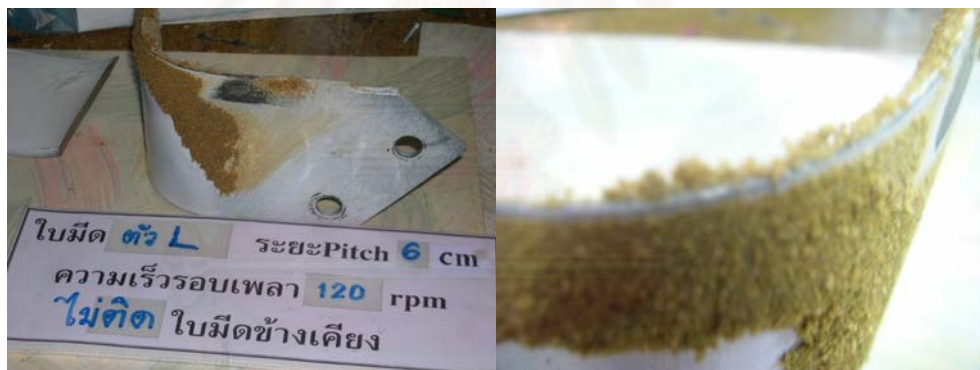
จากกราฟแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนแบบผสมที่มีการจัดเรียงใบมีดใน 4 รูปแบบ ที่ระยะการตัดทราย 6 เซนติเมตรพบว่า แรงต้านทานที่เกิดจากการจัดเรียงในรูปแบบที่ 1, 2 และ 3 ขนาดและลักษณะของแรงต้านทานที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนการจัดเรียงในรูปแบบที่ 4 แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจะน้อยกว่าการจัดเรียงแบบอื่น ประมาณ 60% เนื่องจากลักษณะการจัดเรียงใบมีดใบมีดชนิดนี้ แต่ละระนาบจะเว้นระยะห่างกัน ประมาณ 2 เท่าของความกว้างในการพรวนของใบมีด ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่า ก้อนทรายที่ถูกตัดมีขนาดใหญ่ และการแตกตัวของทรายจากใบมีดข้างเคียงไม่ส่งผลต่อก้อนทรายที่ถูกพรวนมากนัก ดังนั้นแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจึงไม่แตกต่างกันมาก ส่วนการจัดเรียงใบมีดแบบที่ 4

ใบมีดข้างเคียงตัดทรายก่อนใบมีดทดสอบ $\frac{1}{4}$ รอบ ทำให้ก้อนทรายที่ถูกตัดโดยใบมีดทดสอบมีขนาดเล็ก และทรายมีการแตกตัวจากการพรวนของใบมีดข้างเคียง แรงต้านทานที่เกิดขึ้นจึงมีขนาดต่ำกว่าการจัดเรียงแบบอื่น

7.4 รอยการเสียดสีบนใบมีดทดสอบ

การทดลองมีการพ่นสีที่ใบมีดและการบันทึกภาพใบมีดก่อนและหลังการทดลอง เพื่อดูรอยการเสียดสีซึ่งแสดงถึงตำแหน่งที่มีแรงต้านกระทำ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบภาพถ่ายใบมีดแต่ละชนิด ก่อนและหลังการพรวน พบว่า

1. การพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอลรอยการเสียดสีจะเกิดบริเวณคมตัดของใบมีด ซึ่งเป็นแบบคมตัดคู่ โดยรอยการเสียดสีจะเกิดขึ้นตลอดคมตัดของใบมีดด้านเดียวกับทรายที่ถูกพรวนแล้ว และเกิดขึ้นมากบริเวณขอบคมของใบมีดส่วนตรงด้านที่สัมผัสกับทรายที่ยังไม่ถูกพรวน ดังแสดงในรูปที่ 7.18



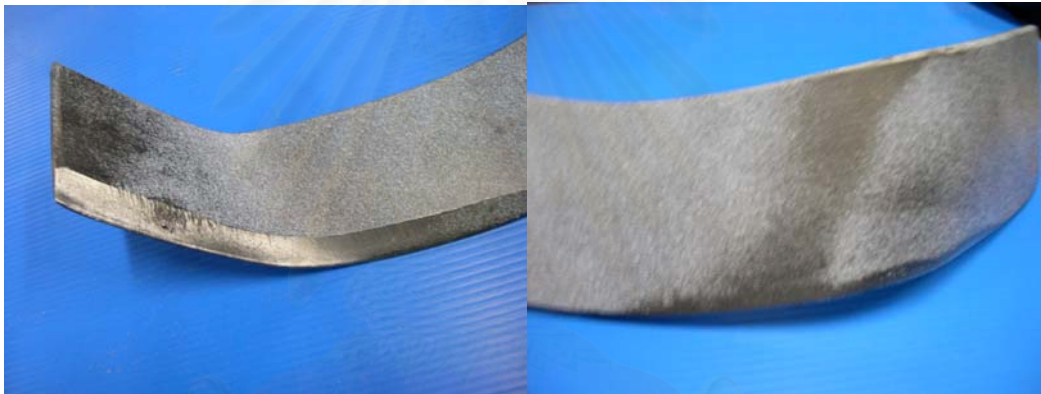
รูปที่ 7.18 รอยการเสียดสีที่เกิดจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวแอล

2. การพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซี ซึ่งมีขอบคมสองด้าน รอยการเสียดทานที่เกิดขึ้นด้านเดียวกับทรายที่ถูกพรวน เกิดขึ้นบริเวณขอบคมของใบมีด ที่ส่วนตรงและส่วนปลายของใบมีดที่สัมผัสกับทรายซึ่งทำการตัดและเหวี่ยงก้อนทราย ส่วนบริเวณใบมีดด้านทรายที่ยังไม่พรวน รอยการสึกหรอจะเกิดเฉพาะใบมีดส่วนตรง เนื่องจากมีการออกแบบให้ผิวโค้งด้านหลังของส่วนตัดปลายของใบมีดไม่สัมผัสกับทรายซึ่งเป็นการลดแรงต้านทาน



รูปที่ 7.19 รอยการเสียดสีที่เกิดจากการพรวนด้วยใบมีดชนิดตัวซี

3. การพรวนด้วยใบมีดแบบผสมซึ่งเป็นใบมีดที่มีขอบคมเดียว รอยการเสียดสีจะเกิดขึ้นมากบริเวณขอบคมของใบมีดโดยเฉพาะบริเวณรอยการตัดโค้ง ซึ่งเกิดขึ้นทั้งด้านเดียวกับทรายที่ถูกพรวนและด้านที่ทรายยังไม่ถูกพรวน

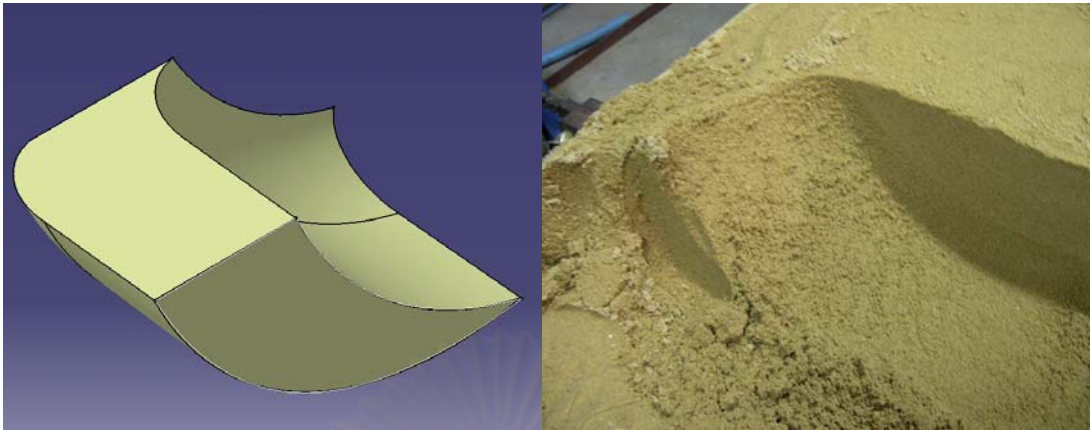


รูปที่ 7.20 รอยการเสียดสีที่เกิดจากการพรวนด้วยใบมีดแบบผสม

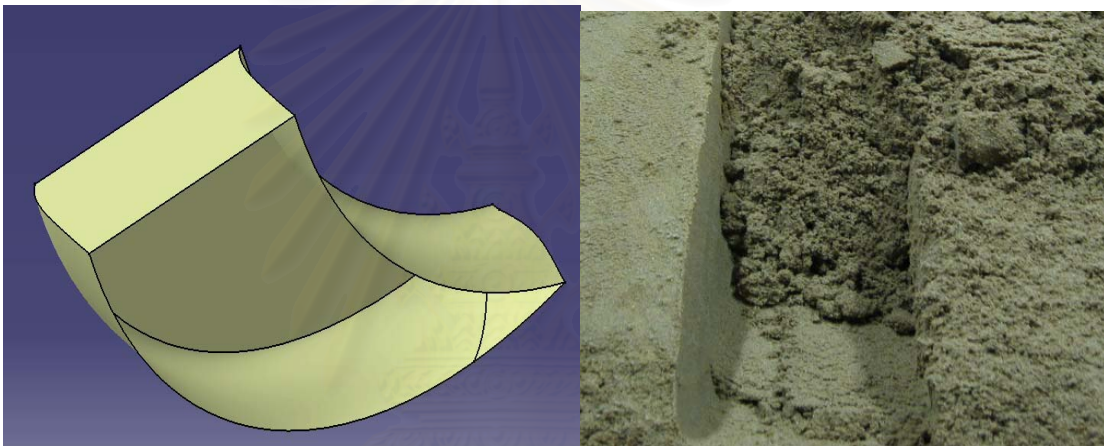
รอยการเสียดสีที่เกิดขึ้นจะแสดงถึงบริเวณที่แรงต้านทานกระทำกับใบมีด ซึ่งเป็นผลจากลักษณะรูปร่างของใบมีด และสภาวะการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน สำหรับการใช้งานจริงบริเวณที่เกิดการเสียดสีมากจะเกิดการสึกหรอเร็วกว่าบริเวณอื่น ดังนั้นใบมีดบริเวณที่มีการเสียดสีจึงต้องมีความแข็งแรงมากกว่าส่วนที่ไม่เกิดการเสียดสี

7.5 ลักษณะของก้อนทรายและรอยการตัดทราย

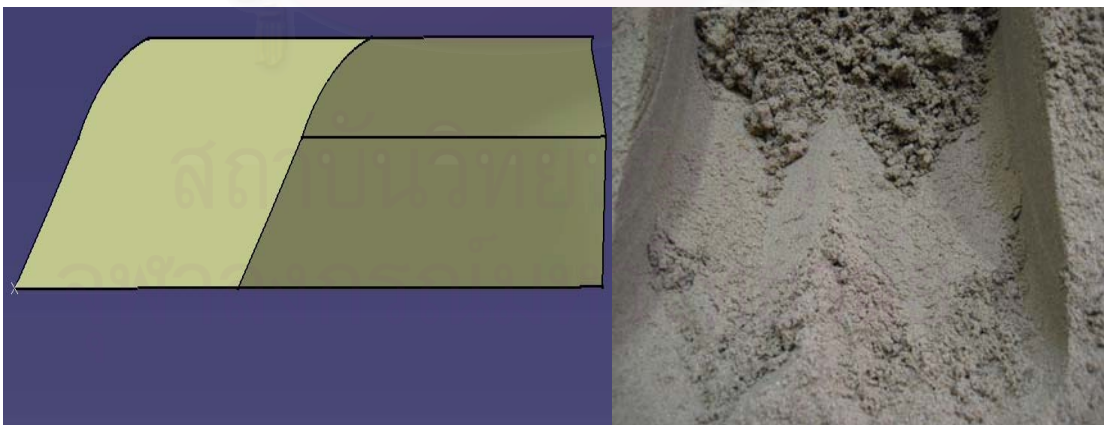
ลักษณะการตัดทรายของใบมีดจอบหมุนทั้ง 3 ชนิด แตกต่างกัน ดังนั้นลักษณะของก้อนทรายและรอยการตัดทรายที่เกิดขึ้นจึงแตกต่างกันตามลักษณะรูปร่างและลำดับการสัมผัสทรายของใบมีด ซึ่งขนาดของก้อนทราย และรอยการตัดทราย แสดงดังรูปที่ 7.21



ก้อนทรายและรอยการพรวนที่พรวนด้วยไบบีตชนิดตัวแอด



ก้อนทรายและรอยการพรวนที่พรวนด้วยไบบีตชนิดตัวซี



ก้อนทรายและรอยการพรวนที่พรวนด้วยไบบีตแบบผสม

รูปที่ 7.21 ลักษณะของก้อนทรายและรอยการตัดทรายที่เกิดขึ้นจากการพรวนด้วยไบบีต 3 ชนิด

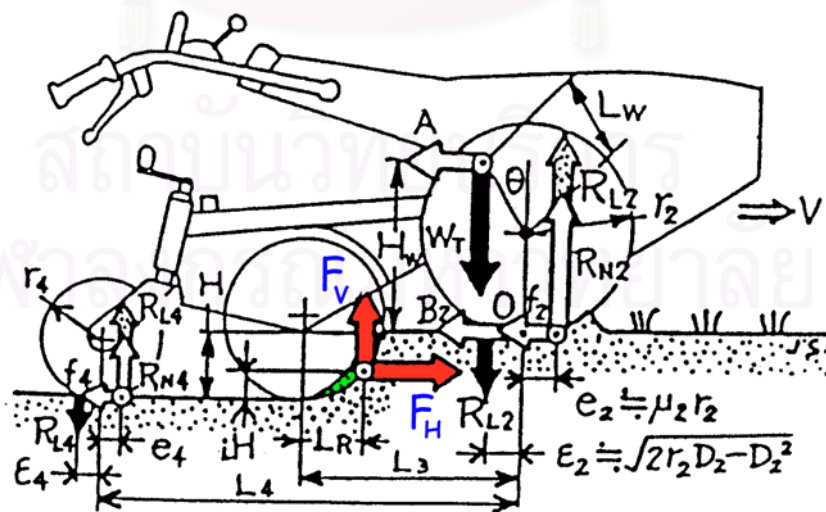
ใบมีดชนิดตัวแอลมีมุมตัดเกือบเป็นมุมฉาก ดังนั้น ผิวด้านล่างหลังการพรวนทรายจึงมีลักษณะเรียบ ส่วนใบมีดชนิดตัวซีถึงแม้ว่ามุมการตัดปลายจะมากกว่า คือเป็นมุมประมาณ 130 องศา แต่เนื่องจากขอบคมของใบมีดมีความโค้งตลอดใบมีดและมีความโค้งมาก ผิวทรายหลังการพรวนจึงมีลักษณะเรียบเช่นกัน แต่ใบมีดแบบผสมซึ่งมีมุมตัดปลายแม้จะใกล้เคียงกับใบมีดชนิดตัวซีกลับก่อให้เกิดผิวทรายหลังการพรวนที่เป็นแนวสันขนาดใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 7.21 ซึ่งเกิดจากการที่มุมตัดปลายใบมีดมาก และความโค้งของขอบคมของใบมีดน้อย รวมถึงการติดใบมีดเข้ากับเพลลาใบมีด (ลักษณะการวางตัวของใบมีด)

การพรวนดินนาเพื่อเพาะปลูกข้าวในประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ จะต้องทำให้ผิวดินชั้นล่างซึ่งเป็นส่วนผิวของชั้นดินดานเรียบ เนื่องจากภายหลังการเตรียมดินแล้ว เกษตรกรใช้เครื่องปักดำข้าวและล้อของเครื่องปักดำข้าวจะวิ่งบนชั้นดินดาน นอกจากนั้นการที่ส่วนตัดปลายใบมีดตัดดินไม่เรียบก็จะมีโอกาสเกิดการขูดผิวชั้นดินดาน ทำให้เกิดเป็นร่องให้น้ำและสารละลายของปุ๋ยซึมลงด้านล่างได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

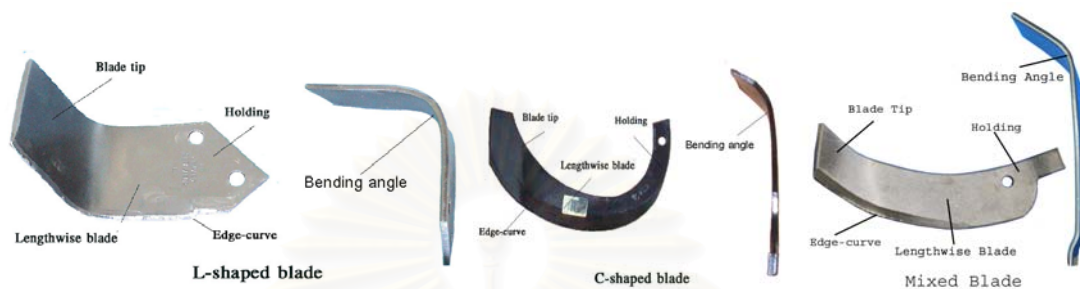
การวิเคราะห์ทางกลศาสตร์ของรถแทรกเตอร์ หรือรถไถเดินตามติดเครื่องพรวน จอบหมุน จำเป็นต้องทราบแรงภายนอกที่มากกระทำทั้งหมด เพื่อสามารถวิเคราะห์เสถียรภาพการ ทำงานโดยรวมได้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 8.1 แรง ภายนอกที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องทดสอบเพื่อหาขนาดและทิศทางของแรง ก็คือ แรงที่ กระทำต่อเครื่องพรวนจอบหมุน แสดงด้วยแรงสีแดงในรูปที่ 8.1 ซึ่งแรงดังกล่าวเป็นแรงต้านทานที่ เกิดจากการพรวนดินของใบมีด เมื่อแตกแรงต้านทานดินนี้เป็นแรงในแนวตั้ง F_V และแรงในแนว ราบ F_H พบว่า แรง F_V มีทิศทางขึ้น ซึ่งจะเป็แรงยกเครื่องพรวนจอบหมุนขึ้น ส่วนแรง F_H จะมี ทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของเครื่องพรวนจอบหมุน เป็นแรงที่ช่วยผลักดันให้รถแทรกเตอร์หรือรถ ไถเดินตามติดเครื่องพรวนจอบหมุนให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า จึงทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การลื่นของล้อ อาจมีค่าเป็นลบ (โดยปกติถ้าติดอุปกรณ์ไถ เปอร์เซ็นต์การลื่นของล้อจะมีค่าเป็นบวก) ลักษณะ ของแรงต้านทานดินที่ช่วยผลักดันเครื่องพรวนจอบหมุนให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้านี้จะก่อให้เกิดการ ส่งผ่านกำลังในลักษณะที่เรียกว่า “ระบบการส่งกำลังวงจรมิด” (Closed-loop Power Flow System) ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ไม่ถูกถ่ายทอดไปที่เพลาล้อมาก ดังนั้น กำลังของเครื่องยนต์ ส่วนใหญ่จึงถูกถ่ายทอดมายังเพล่าอำนวยการที่ใช้ขับเคลื่อนใบมีดจอบหมุน เพื่อเอาชนะแรง ต้านทานจากการพรวนดิน



รูปที่ 8.1 แรงภายนอกที่กระทำกับรถไถเดินตามติดเครื่องพรวนจอบหมุน

8.1 สรุปลักษณะการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองในบทที่ 7 สามารถสรุปความสัมพันธ์ของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดทั้ง 3 ชนิด ได้ดังนี้














รูปที่ 8.2 ลักษณะรูปร่างของใบมีดจอบหมุนทั้ง 3 ชนิด

ตารางที่ 8.1 แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิดที่ระยะการตัดทราย 3 ขนาด

ชนิดของใบมีด จอบหมุน	ระยะตัด ทราย (cm.)	ลักษณะและพื้นที่		ลักษณะและปริมาตร		แรงต้านทาน ลัพธ์ สูงสุด (N)
		รอยการตัดทราย		ก่อนทราย		
		ลักษณะ	พื้นที่ (cm. ²)	ลักษณะ	ปริมาตร (cm. ³)	
ชนิดตัวแอล	3		38		432	205
	6		76		860	265
	9		114		1273	297

ตารางที่ 8.1 (ต่อ) แรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิดที่ระยะการตัดทราย 3 ขนาด

ชนิดของใบมีด จอบหมุน	ระยะตัด ทราย (cm.)	ลักษณะและพื้นที่ รอยการตัดทราย		ลักษณะและปริมาตร ก้อนทราย		แรงต้านทาน
		ลักษณะ	พื้นที่ (cm. ²)	ลักษณะ	ปริมาตร (cm. ³)	ลัพท์
						สูงสุด (N)
ชนิดตัวซี	3		10		113	162
	6		21		246	208
	9		31		359	255
แบบผสม	3		17		179	101
	6		35		355	265
	9		52		521	350

ตารางที่ 8.2 การเปรียบเทียบลักษณะรูปร่างและแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด

ชนิดของใบมีด จอบหมุน	ชนิดตัวแอล	ชนิดตัวซี	แบบผสม
ลักษณะโดยทั่วไป	ใบมีดขนาดใหญ่ ความหนาเท่ากัน ตลอด เหมาะ สำหรับพรวนดินแข็ง เช่น ดินไร่	ใบมีดมีรูปร่างซับซ้อน ความหนาและความกว้าง ของใบมีด ในแต่ละส่วน ไม่เท่ากัน ออกแบบมา เพื่อพรวนในดินอ่อนและ มีเศษฟาง เช่น ดินนา	ใบมีดมีลักษณะหนา ยาวและใหญ่ โดย ใบมีดมีความหนาเท่า กันตลอดทั้งใบมีด
ลักษณะขอบตัดดิน	ขอบตัดดินเป็น เส้นตรงตลอดทั้ง ใบมีด	ขอบตัดดินโค้ง โดยความ โค้งที่ใบมีดส่วนตรงและ ปลายใบมีดแตกต่างกัน	ขอบตัดดินมีลักษณะ โค้งตลอดทั้งใบมีด
ชนิดของขอบคม	ขอบคมคู่	ขอบคมคู่	ขอบคมเดี่ยว
การตัดปลายใบมีด	ตัดตามแกนในแนว ตั้ง มุมการตัด ประมาณ 95°	ตัดตามแนวโค้งของวง กลม มุมการตัดปลาย ประมาณ 130°	ตัดตามแกนในแนว เฉียง มุมการตัดปลาย ประมาณ 130°
ส่วนปลายใบมีด	เรียบเป็นระนาบ ความยาวของส่วน ตัดปลายประมาณ 14 cm.	มีการตัดเป็นผิวโค้งและ ประกอบด้วยมุมต่างๆ จำนวนมาก	ปลายใบมีดเรียบเป็น ระนาบ
ลักษณะของแรง ต้านทานลัพท์สูงสุด	ลักษณะเป็นแรง กระแทก เมื่อขอบตัด ของใบมีดกระทบกับ ทรายพร้อมๆ กัน หลังจากหมุนตัด ทรายประมาณ 10° จากมุมตัดทราย ทั้งหมด ประมาณ 80°	แรงต้านทานลัพท์จะ ค่อยๆ เพิ่มขึ้นและมาก ที่สุดเมื่อใบมีดหมุนตัด ทรายไปประมาณ 80° จากมุมตัดทรายทั้งหมด นั้นแรงต้านทานจะลดลง ประมาณ 80°	แรงต้านทานลัพท์จะ ค่อยๆ เพิ่มขึ้นและมาก ที่สุดเมื่อใบมีดหมุนตัด ทรายไปประมาณ 70° จากมุมตัดทรายทั้ง หมดประมาณ 80° หลังจากนั้นแรงต้าน ทานจะลดลง

ตารางที่ 8.2 (ต่อ) การเปรียบเทียบลักษณะรูปร่างและแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน
3 ชนิด

ชนิดของใบมีด จอบหมุน	ชนิดตัวแอล	ชนิดตัวซี	แบบผสม
ลักษณะของแรง ต้านทานในแนวตั้ง F_V	มีค่ามากในช่วงที่ใบมีด กระทบกับทรายหลังจาก นั้นแรงจะค่อยๆ ลดลง	แรงค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึง จุดสูงสุดแล้วค่อยๆ ลดลง	แรงค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึง จุดสูงสุดแล้วค่อยๆ ลดลง
ลักษณะของแรง ต้านทานในแนว ระดับ F_H	เกิดเมื่อใบมีดกระทบกับ ทราย หลังจากนั้นจะ ลดลงและกลับเพิ่มขึ้น เมื่อใบมีดหมุนตัดทราย ไปประมาณ 80°	แรงค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึง จุดสูงสุดแล้วค่อยๆ ลดลง โดย ประมาณ 50% ของ แรง F_H จะกระทำที่ ปลายใบมีด	แรงค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึง จุดสูงสุดแล้วค่อยๆ ลดลง โดยประมาณ 95% ของแรง F_H จะ กระทำที่ปลายใบมีด
แรงต้านทานที่ กระทำกับส่วน ปลายของใบมีด	เป็นแรงกระแทกเมื่อ ปลายใบมีดกระทบกับ ทราย จากนั้นแรง ต้านทานที่กระทำที่ ปลายใบมีดส่วนใหญ่จะ เป็นแรงเสียดทานโดยจะ เป็นแรงในแนวระดับ	แรงที่กระทำกับปลาย ใบมีดส่วนใหญ่เป็นแรง ในแนวระดับ F_H ซึ่ง ช่วยดันเครื่องพรวน จอบหมุนให้เคลื่อนที่ไป ด้านหน้า	แรงที่กระทำกับใบมีด ประมาณ 90% เป็นแรง ที่กระทำกับปลายใบมีด เนื่องจากการตัดปลายที่ ไม่สัมพันธ์กับลักษณะ ของส่วนตรงและส่วน ตัดปลายของใบมีด
ผิวทรายล่างหลัง การพรวน	ผิวทรายล่างหลังการ พรวนเรียบไม่เกิดเป็นสัน นูน	ผิวทรายล่างหลังการ พรวนเรียบเนื่องจาก รอยการตัดทรายของ ใบมีดเกือบเป็นมุมฉาก	เกิดเป็นสันนูนสูง ประมาณ 4 cm. ตลอด แนวการพรวนเนื่องจาก การตัดทรายของปลาย ใบมีดมีลักษณะเฉียง
การสึกหรอ	เกิดมากบริเวณขอบคม ตัดของใบมีดส่วนตรง ด้านหลังใบมีด และ ตลอดขอบคมตัด ด้านหน้าใบมีด	เกิดมากบริเวณขอบคม ตัดของใบมีดส่วนตรง ด้านหลังใบมีด และ ตลอดขอบคมตัด ด้านหน้าใบมีด	เกิดมากตลอดขอบคม ตัดด้านหน้าใบมีด และ บริเวณรอยการตัด ปลายด้านหลังใบมีด

8.2 อภิปรายผลการทดลอง

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน ประกอบด้วย

1. ขนาดก่อนดินหลังการพรวน กล่าวคือ ขนาดของก่อนดินต้องมีความเหมาะสมกับการปลูกพืชชนิดนั้นๆ และต้องให้เหมาะสมกับวิธีการปลูกด้วย เช่น การปลูกพืชด้วยวิธีหยอดเมล็ด ขนาดของก่อนดินจากการพรวนควรมีขนาดเล็ก เพื่อให้ดินสามารถโอบอุ้มเมล็ดพืช และรักษาความชื้นและอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการงอกได้ดี เป็นเหตุให้ต้องเลือกการพรวนที่ระยะตัดดินต่างๆ กัน ตามลักษณะวิธีการปลูกพืชชนิดนั้นๆ

2. ผิวชั้นดินด้านล่างการพรวนควรมีความเรียบสม่ำเสมอ เนื่องจากการที่ผิวดินด้านล่างขรุขระ จะเป็นอุปสรรคขัดขวางการเจริญเติบโตของรากพืช เพราะดินที่ไม่ถูกพรวนเหล่านี้มีความแข็งและแน่นรากพืชทะลุผ่านได้ยาก พืชจึงไม่สามารถแผ่ขยายรากได้ และผิวดินที่ขรุขระนี้ยังเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรในการเพาะปลูกอื่นๆ เช่น การใช้เครื่องปักดำข้าวในการทำนา เครื่องปักดำข้าวนี้จะวิ่งอยู่บนผิวดินชั้นด้านล่างหรือชั้นดินดาน ซึ่งถ้าผิวดินไม่เรียบ การปักดำจะทำได้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ความเรียบของผิวดินหลังการพรวนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะและรอยการตัดดินของใบมีด ซึ่งความสูงของผิวดินที่ไม่ถูกพรวนไม่ควรเกิน 0.2 เท่าของระยะความลึกในการพรวน โดยรอยตัดดินนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของใบมีด ซึ่งควรออกแบบให้เกิดรอยการตัดดินที่เรียบ และการพรวนดินที่เกิดเป็นรอยสันนูน เช่นการพรวนด้วยใบมีดแบบผสม ปลายใบมีดมีโอกาที่จะขูดขีดหรือไม่ทำลายชั้นดินดานให้เกิดรอยร้าว ซึ่งจะทำให้น้ำที่มีสารละลายแร่ธาตุปนอยู่ เล็ดลอดไปตามรอยร้าวที่เกิดขึ้นได้

3. แรงต้านทานในแนวตั้ง F_V ควรมีขนาดน้อย เพื่อลดการยกตัวของเครื่องพรวนจอบหมุน และการเปลี่ยนแปลงของแรง F_V ที่เกิดขึ้นเนื่องจากรูปร่างของใบมีดและการจัดเรียงใบมีดบนเพลลา ควรจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแรง F_V จะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนของเครื่องพรวนจอบหมุนในแนวตั้ง ซึ่งทำให้ระยะความลึกในการพรวนไม่คงที่ ผิวดินหลังการพรวนจะไม่เรียบ หากเป็นเครื่องพรวนจอบหมุนติดท้ายรถไถเดินตาม ก็จะทำให้คันมือถืออึดสั้น เกษตรเมื่อยล้าง่าย

4. การเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทาน F_H ซึ่งช่วยผลักดันเครื่องพรวนจอบหมุนไปข้างหน้า ไม่ควรมีค่าแตกต่างกันมากนัก เนื่องจากจะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนในลักษณะการดันตามจังหวะของเครื่องพรวนจอบหมุนต่อรถแทรกเตอร์หรือรถไถเดินตาม ซึ่งทำให้การควบคุมการทำงานและควบคุมขนาดของก้อนดินทำได้ยาก

ขนาดและการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานการพรวนดิน F_V และ F_H ที่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือน จะส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพการทำงานของรถแทรกเตอร์หรือรถไถเดินตามติดเครื่องพรวนจอบหมุน ความสะดวกสบายในการทำงานและการควบคุมเครื่องพรวนจอบหมุนของผู้ใช้งาน รวมถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นที่ชิ้นส่วนต่างๆ ของชุดอุปกรณ์ส่งกำลัง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้สร้างและปรับปรุงชุดอุปกรณ์การทดลองเพื่อศึกษาแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนโดยตรง ทำการศึกษาและสอบเทียบอุปกรณ์วัดแรงและโมเมนต์ พร้อมทั้งทำการทดลองหาแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด โดยการพรวนด้วยใบมีดเต็มใบ และใบมีดตัดปลายเพื่อศึกษาแรงที่กระทำกับส่วนต่างๆ ของใบมีด พร้อมทั้งศึกษาผลที่เกิดจากการพรวนโดยตัดใบมีดข้างเคียงในรูปแบบต่างๆ

จากการศึกษาวิจัยนี้ แสดงให้เห็นถึง ขนาด ทิศทาง และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรงต้านทานที่กระทำกับส่วนตรงและส่วนตัดปลายของใบมีด 3 ชนิด โดยแรงต้านทานลัพธ์จากการพรวนดินที่กระทำต่อใบมีดจอบหมุน สามารถแตกเป็นแรงในแนวตั้ง F_V และแรงในแนวระดับ F_H ซึ่งแรงทั้งสองนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่างของใบมีด ระยะการตัดดิน และการจัดเรียงใบมีด รูปร่างของขอบคมและส่วนตัดปลายของใบมีด ส่งผลอย่างมากต่อขนาด ทิศทาง และลักษณะการเปลี่ยนของแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีด รวมถึงขนาดของก้อนดินและผิวดินหลังการพรวน ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบและพัฒนาใบมีดชนิดใหม่ที่เหมาะสมกับการทำไร่ ทำนา และสวนผสม นอกจากนั้นเครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบที่สร้างขึ้นสามารถใช้ทดสอบกับใบมีดจอบหมุนแบบอื่นๆ หรือใบมีดที่ออกแบบใหม่ ในสภาวะการทำงาน of เครื่องพรวนจอบหมุนต่างๆ ได้

8.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในอนาคต

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นขั้นตอนแรกสำหรับงานการออกแบบและพัฒนาใบมีด จอบหมุนชนิดใหม่ โดยเน้นที่การสร้างอุปกรณ์วัด และระบบการบันทึก วิเคราะห์ข้อมูลและการทดลองใบมีดจอบหมุนที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันจำนวน 3 ชนิด เพื่อให้ทราบถึงลักษณะของการเกิดแรงต้านทานที่สัมพันธ์กับลักษณะรูปร่างของใบมีดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้ปรับปรุงและพัฒนาการวิจัยต่อไปได้ เพื่อออกแบบและสร้างใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่ ที่มีความเหมาะสมสำหรับการพรวนดินไร่และนา ดังนี้

1. การทดสอบอาจเปลี่ยนจากการใช้ทรายละเอียดเป็นการใช้ดิน เพื่อให้สามารถศึกษาลักษณะของแรงต้านทานที่เกิดขึ้นได้ใกล้เคียงกับสภาวะการทำงานจริงมากยิ่งขึ้น
2. จากผลการวิจัยในครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางกำหนดกรอบงานวิจัยต่อไปเพื่อนำไปสู่การออกแบบใบมีดจอบหมุนชนิดใหม่ แล้วนำมาทดลองหาแรงต้านทานที่เกิดขึ้น โดยอาศัยอุปกรณ์ทดลองและเทคนิคการจัดการข้อมูลทดลอง
3. ควรเพิ่มความละเอียดของอุปกรณ์ระบุตำแหน่ง เพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งการหมุนของใบมีด กับแรงต้านทานที่เกิดขึ้น ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น
4. ควรปรับปรุงเพลลาใบมีดให้สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดเรียงใบมีดบนเพลลาได้หลากหลายรูปแบบยิ่งขึ้น เพื่อการออกแบบการจัดเรียงใบมีดที่เหมาะสม
5. ควรนำโปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์มาช่วยวิเคราะห์หาความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นบนใบมีด

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ และ ชวนพิศ ผลวัฒนะ. พจนานุกรมศัพท์เกษตรอังกฤษ-ไทย สาขาเครื่องจักรกลทางการเกษตร. จำนวน 2000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2537.

ไพศาล มานิตย์โชติพิสิฐ. การศึกษาแรงกระทำกับใบมีดจอบหมุนที่พรวนในกระบะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ. วิศวกรรมรถไถเดินตาม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, ไพศาล มานิตย์โชติพิสิฐ, สรวุฑ เหล่าพงศ์สวัสดิ์. การหาขนาดและทิศทางของแรงต้านทานล้อที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย .ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2545. หน้า 3-10

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, ไพศาล มานิตย์โชติพิสิฐ, สรวุฑ เหล่าพงศ์สวัสดิ์, ชรินทร์ สิงขรววัฒน์ และ ชัยรัตน์ นฤพนธ์จิรกุล. การศึกษาแรงต้านทานที่กระทำกับใบมีดพรวนจอบหมุนในกระบะทราย. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 16, 14-16 ตุลาคม 2545.

สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ, สรวุฑ เหล่าพงศ์สวัสดิ์, กฤดา พิสิษฐ์ไพบูลย์ และ วัทัญญ์ สันตินิยม. เทคนิคการวัดแรงกระทำที่ใบมีดจอบหมุน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17, 15-17 ตุลาคม 2546.

ภาษาอังกฤษ

Cook, N.H. and E. Rabinowicz. Physical Measurement and Analysis. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1963.

Donald E. Beasley and Richard S. Figliola. Theory and Design for Mechanical Measurements. Third Edition. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2000.

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. N0.9 1979: 1-14.

- Godwin, R. J. An Extended Octagonal Ring Transducer for Use in Tillage Studies. J. Agric. Engag. Res. Vol.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. Vol.36 1993: 1967-1972
- Hendrick, J. G. and Gill, W. R. Rotary-Tiller Design Parameters Part I – Direction of Rotation. Transactions of the ASAE. 1971: 669-674.
- Hendrick, J. G. and Gill, W. R. Rotary-Tiller Design Parameters Part II – Depth of Tillage. Transactions of the ASAE. 1971: 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. 1971: 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. and Shibata, Y. Studies on the Design Engineering of Rotary Blades for the Rotary Tillage of Tractors (Part2). The Bulletin 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 Bulletin of the Faculty of Agriculture, Mie University. March, 1976: 145-155.
- Sakai, J. Some Design Know-how's 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.

Thakur, T. C. Design of Extended Octagonal Ring Dynamometer for Rotary Tillage Studies. AMA No.3 Vol.19 1988: 23-28.

Travis, J. LabVIEW for Everyone. Second Edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2002.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ค่าความแน่นของทรายในการทดลอง

การควบคุมมาตรฐานความแน่นของทรายในการทดลอง

พื้นที่ของหัววัดความแน่น 1.47 ตารางเซนติเมตร

วัดความลึกที่ 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 เซนติเมตร

โดยสุ่มวัดความแน่นทราย 3 จุด

จำนวนกรณีที่ทดลองทั้งหมด 31 กรณี

การทดลองในกรณีไบนารีชนิดตัวแอล 9 กรณี

การทดลองในกรณีไบนารีแบบผสม 10 กรณี

การทดลองในกรณีไบนารีชนิดตัวซี 12 กรณี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 การทดลองโดยใช้ไม้มีดชนิดตัวแอล ระยะตัด 3 เซนติเมตร

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	10.00	8.57	9.29	9.29	0.71
10	18.57	15.71	17.14	17.14	1.43
15	28.57	30.00	23.57	27.38	3.38

ตารางที่ ก.2 การทดลองโดยใช้ไม้มีดชนิดตัวแอล ระยะตัด 6 เซนติเมตร

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	10.00	10.71	10.00	10.24	0.41
10	17.14	18.57	18.57	18.10	0.82
15	25.71	30.00	28.57	28.10	2.18

ตารางที่ ก.3 การทดลองโดยใช้ไม้มีดชนิดตัวแอล ระยะตัด 9 เซนติเมตร

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	7.14	8.57	8.10	0.82
10	14.29	12.86	14.29	13.81	0.82
15	22.86	21.43	24.29	22.86	1.43

ตารางที่ ก.4 การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัด 3 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	8.57	8.57	8.57	0.00
10	14.29	15.71	14.29	14.76	0.82
15	27.14	24.29	24.29	25.24	1.65

ตารางที่ ก.5 การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	11.43	8.57	9.52	1.65
10	14.29	17.14	17.14	16.19	1.65
15	21.43	28.57	27.14	25.71	3.78

ตารางที่ ก.6 การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัด 9 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	10.00	11.43	7.14	9.52	2.18
10	17.14	18.57	11.43	15.71	3.78
15	28.57	25.00	20.00	24.52	4.31

ตารางที่ ก.7 การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัด 3 เซนติเมตร ตัดใบมีดข้างเคียง

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	7.14	7.14	7.14	7.14	0.00
10	14.29	17.86	15.71	15.95	1.80
15	27.14	28.57	25.00	26.90	1.80

ตารางที่ ก.8 การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดใบมีดข้างเคียง

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	7.14	7.14	7.14	7.14	0.00
10	15.00	12.86	12.86	13.57	1.24
15	18.57	18.57	17.14	18.10	0.82

ตารางที่ ก.9 การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวแอล ระยะตัด 9 เซนติเมตร ตัดใบมีดข้างเคียง

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	10.00	8.57	7.14	8.57	1.43
10	17.14	14.29	14.29	15.24	1.65
15	21.43	21.43	21.43	21.43	0.00

ตาราง ก.10 การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัด 3 เซนติเมตร

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	8.57	7.14	8.10	0.82
10	15.71	15.71	15.71	15.71	0.00
15	27.14	25.71	22.86	25.24	2.18

ตาราง ก.11 การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัด 6 เซนติเมตร

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	7.14	8.57	8.57	8.10	0.82
10	14.29	18.57	15.71	16.19	2.18
15	21.43	22.86	21.43	21.90	0.82

ตาราง ก.12 การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัด 9 เซนติเมตร

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	8.57	8.57	8.57	0.00
10	15.71	14.29	17.14	15.71	1.43
15	25.71	25.71	22.86	24.76	1.65

ตาราง ก.13 การทดลองโดยใช้ไอบีตแบบผสม ระยะตัด 3 เซนติเมตร ตัดปลายไอบีต

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	10.00	7.14	8.57	1.43
10	18.57	21.43	14.29	18.10	3.60
15	28.57	27.14	25.71	27.14	1.43

ตาราง ก.14 การทดลองโดยใช้ไอบีตแบบผสม ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดปลายไอบีต

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	10.00	10.71	8.57	9.76	1.09
10	17.14	21.43	17.14	18.57	2.47
15	25.71	27.14	25.71	26.19	0.82

ตาราง ก.15 การทดลองโดยใช้ไอบีตแบบผสม ระยะตัด 9 เซนติเมตร ตัดปลายไอบีต

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	7.14	11.43	7.14	8.57	2.47
10	11.43	18.57	18.57	16.19	4.12
15	27.14	30.00	25.71	27.62	2.18

ตาราง ก.16 การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดใบมีดข้างเคียง
แบบที่ 1

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	10.00	10.00	9.52	0.82
10	15.71	17.14	17.14	16.67	0.82
15	22.86	22.86	25.71	23.81	1.65

ตาราง ก.17 การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดใบมีดข้างเคียง
แบบที่ 2

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	7.86	10.00	7.14	8.33	1.49
10	15.00	18.57	14.29	15.95	2.30
15	21.43	25.71	25.00	24.05	2.30

ตาราง ก.18 การทดลองโดยใช้ใบมีดแบบผสม ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดใบมีดข้างเคียง
แบบที่ 3

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	7.14	7.14	7.62	0.82
10	17.14	14.29	11.43	14.29	2.86
15	27.14	22.86	17.14	22.38	5.02

ตาราง ก.19 การทดลองโดยใช้ไ้บม็ดแบบผสม ระยะตัด 6 เซนติเมตร ติดไ้บม็ดข้างเคียง แบบที่ 4

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	7.14	10.00	7.14	8.10	1.65
10	15.71	20.00	12.86	16.19	3.60
15	25.71	32.86	25.71	28.10	4.12

ตาราง ก.20 การทดลองโดยใช้ไ้บม็ดชนิดตัวซี ระยะตัด 3 เซนติเมตร

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	7.14	7.14	5.71	6.67	0.82
10	18.57	14.29	11.43	14.76	3.60
15	24.29	24.29	24.29	24.29	0.00

ตาราง ก.21 การทดลองโดยใช้ไ้บม็ดชนิดตัวซี ระยะตัด 6 เซนติเมตร

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	7.14	7.14	11.43	8.57	2.47
10	14.29	15.71	15.71	15.24	0.82
15	28.57	28.57	30.00	29.05	0.82

ตาราง ก.22 การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวซี ระยะตัด 9 เซนติเมตร

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	5.71	5.71	5.71	5.71	0.00
10	11.43	15.71	14.29	13.81	2.18
15	28.57	27.14	25.71	27.14	1.43

ตาราง ก.23 การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวซี ระยะตัด 3 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	7.14	8.57	7.14	7.62	0.82
10	14.29	12.86	11.43	12.86	1.43
15	27.14	25.00	25.00	25.71	1.24

ตาราง ก.24 การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวซี ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดปลายใบมีด

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	5.71	5.71	5.71	5.71	0.00
10	11.43	11.43	12.86	11.90	0.82
15	25.00	28.57	28.57	27.38	2.06

ตาราง ก.25 การทดลองโดยใช้ไโปมีดชนิดตัวสี่ ระยะตัด 9 เซนติเมตร ตัดปลายไโปมีด

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	5.71	7.14	7.14	6.67	0.82
10	15.71	14.29	14.29	14.76	0.82
15	25.71	25.71	28.57	26.67	1.65

ตาราง ก.26 การทดลองโดยใช้ไโปมีดชนิดตัวสี่ ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดไโปมีดข้างเคียง แบบที่ 1

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	8.57	7.14	8.10	0.82
10	15.71	15.71	12.86	14.76	1.65
15	24.29	25.00	18.57	22.62	3.52

ตาราง ก.27 การทดลองโดยใช้ไโปมีดชนิดตัวสี่ ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดไโปมีดข้างเคียง แบบที่ 2

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	5.71	7.14	7.14	6.67	0.82
10	12.86	14.29	11.43	12.86	1.43
15	22.86	25.71	22.86	23.81	1.65

ตาราง ก.28 การทดลองโดยใช้ไบบีชนิดตัวซี ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดไบบีข้างเคียง แบบที่ 3

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	8.57	7.14	8.10	0.82
10	15.71	15.71	11.43	14.29	2.47
15	30.00	27.14	25.71	27.62	2.18

ตาราง ก.29 การทดลองโดยใช้ไบบีชนิดตัวซี ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดไบบีข้างเคียง แบบที่ 4

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	5.71	8.57	5.71	6.67	1.65
10	11.43	15.71	17.14	14.76	2.97
15	25.71	24.29	28.57	26.19	2.18

ตาราง ก.30 การทดลองโดยใช้ไบบีชนิดตัวซี ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดไบบีข้างเคียง แบบที่ 5

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	7.14	7.14	8.57	7.62	0.82
10	12.86	14.29	12.86	13.33	0.82
15	28.57	27.14	25.00	26.90	1.80

ตาราง ก.31 การทดลองโดยใช้ใบมีดชนิดตัวซี ระยะตัด 6 เซนติเมตร ตัดใบมีดข้างเคียง
แบบที่ 6

ความลึก (cm)	ความแน่นทราย ณ ตำแหน่ง (kgf/cm ²)			ค่าเฉลี่ย (kgf/cm ²)	ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (SD)
	1	2	3		
5	8.57	10.00	10.00	9.52	0.82
10	14.29	14.29	14.29	14.29	0.00
15	26.43	25.71	27.14	26.43	0.71



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

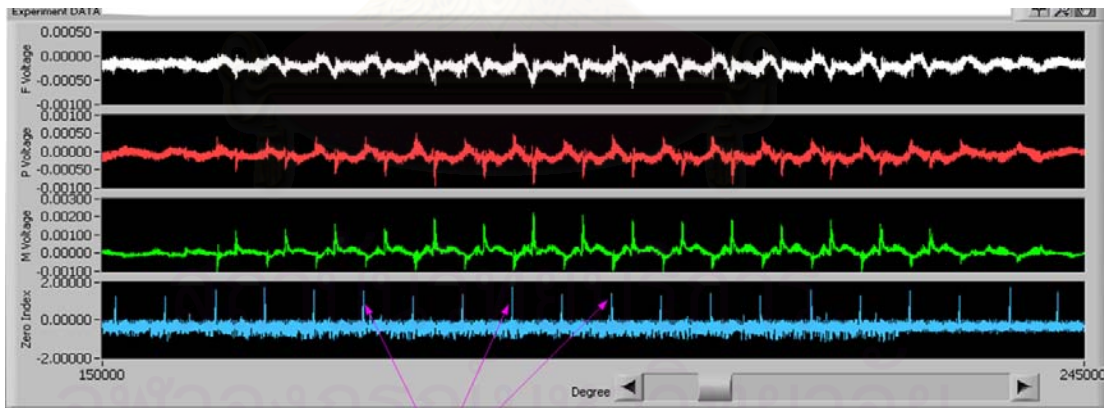
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

ข.1 โปรแกรมประมวลผลการทดลอง

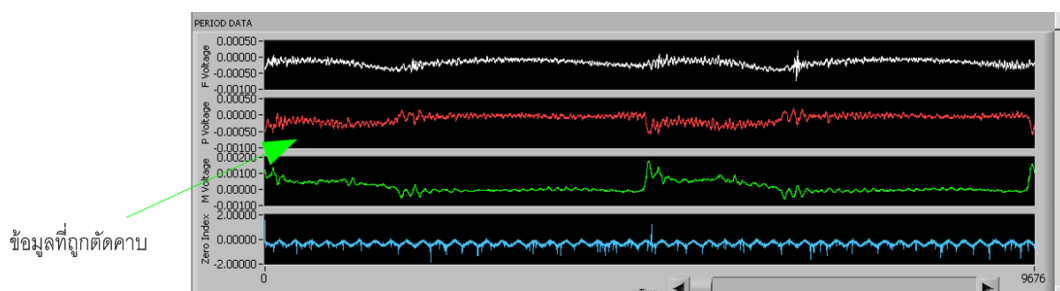
เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เขียนขึ้นโดยใช้ โปรแกรม LabVIEW ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้แผนภาพในการสร้างโปรแกรม (Graphical Programming) ประกอบด้วย 2 โปรแกรมย่อย คือ

ข.1.1 โปรแกรมตัดคาบข้อมูล

ใช้ในการแบ่งคาบของสัญญาณที่บันทึกได้จากการทดลองและเลือกเฉพาะคาบที่ต้องการมาพิจารณา ซึ่ง 1 คาบ คือ 1 รอบการหมุนของเพลาไบเม็ด จะแบ่งคาบโดยอาศัยสัญญาณจาก Rotary Encoder ที่ให้สัญญาณความต่างศักย์ 1.0-3.0 โวลต์ ที่ตำแหน่ง EOR ที่ 0 องศา ดังกราฟเส้นสีฟ้า ในรูป ข.1 และผลของการตัดคาบข้อมูลจะได้สัญญาณค่าความต่างศักย์ของแรง F,P และ M แสดงดังรูปที่ ข.2 ส่วนการเขียนโปรแกรมแสดงดังรูปที่ ข.3

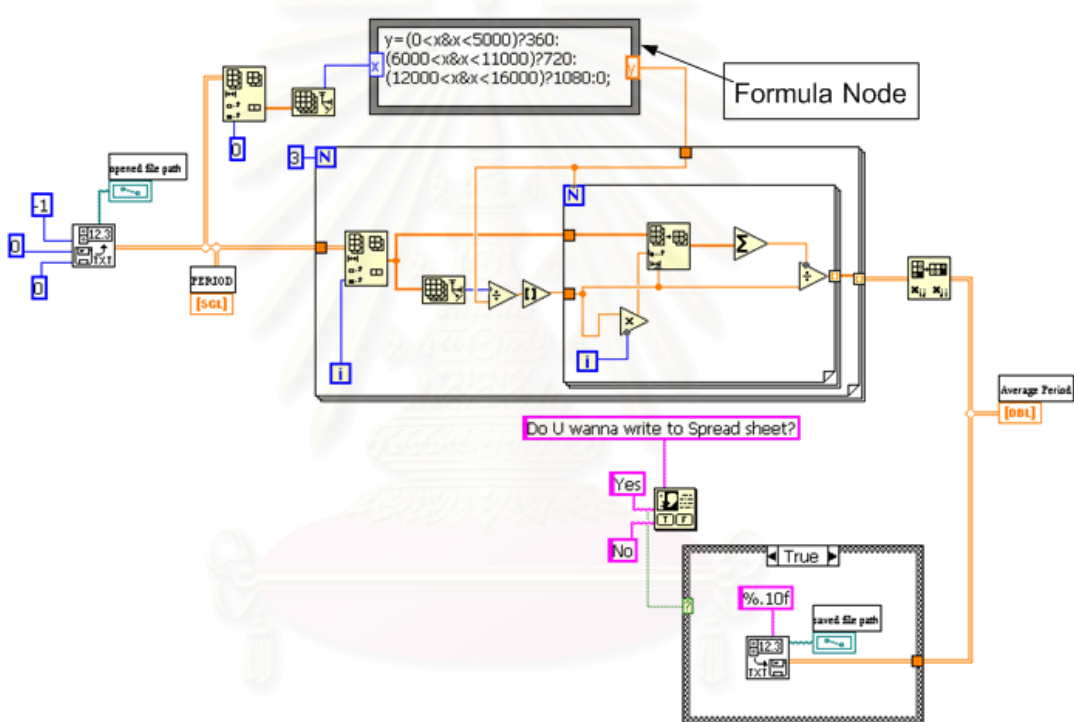


รูปที่ ข.1 แสดงสัญญาณพัลส์จากร Rotary Encoder และ แรง F,P และโมเมนต์ M



ข้อมูลที่ถูกต้อง

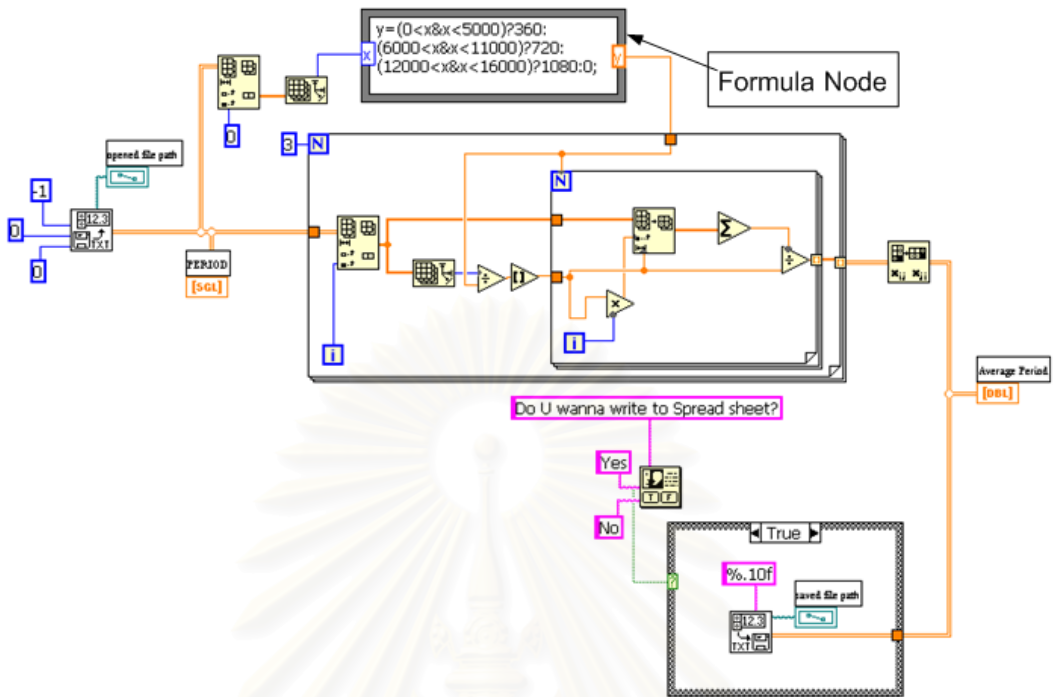
รูปที่ ๓.๒ แสดงสัญญาณแรง F,P และโมเมนต์ M ที่ตัดคานแล้ว



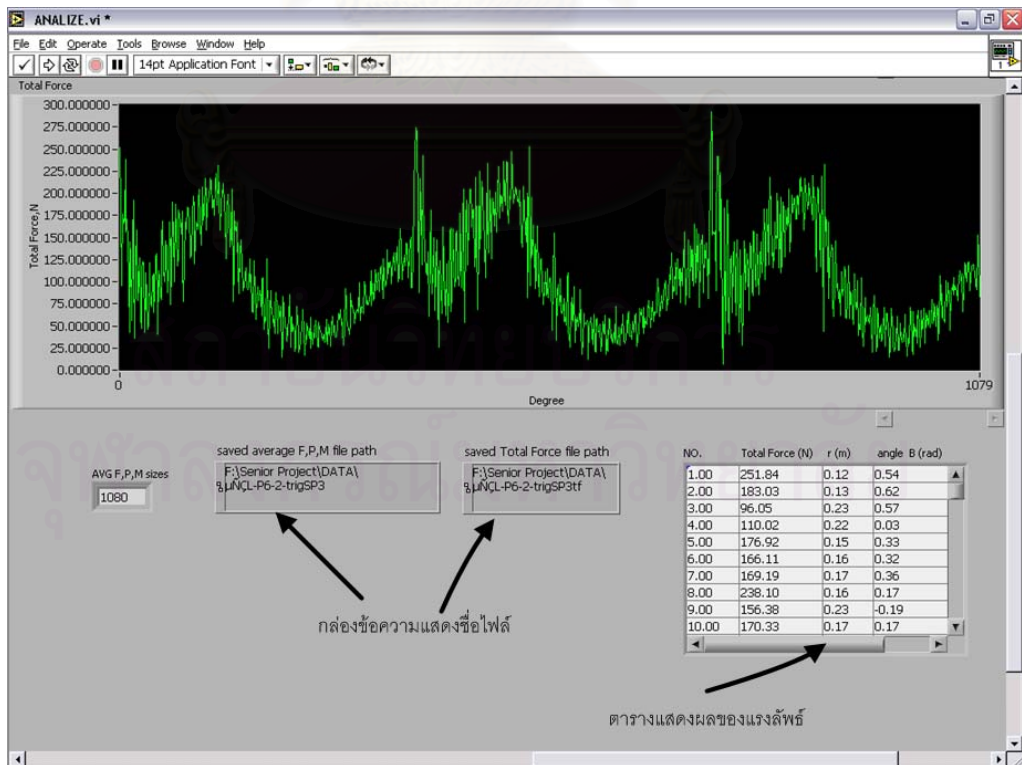
รูปที่ ๓.๓ แสดงการเขียนโปรแกรมตัดคานข้อมูล

๓.1.2 โปรแกรมคำนวณแรงและโมเมนต์

ใช้ในการคำนวณสัญญาณความต่างศักย์จาก EOR ในการทดลอง ให้เป็นขนาดของแรง F, P และโมเมนต์ M โดยอาศัยข้อมูลจากการสอบเทียบ แล้วจึงนำไปคำนวณเป็นขนาดและทิศทางของแรงต้านทานลัพท์ การเขียนโปรแกรมแสดงดังรูปที่ ๓.๔



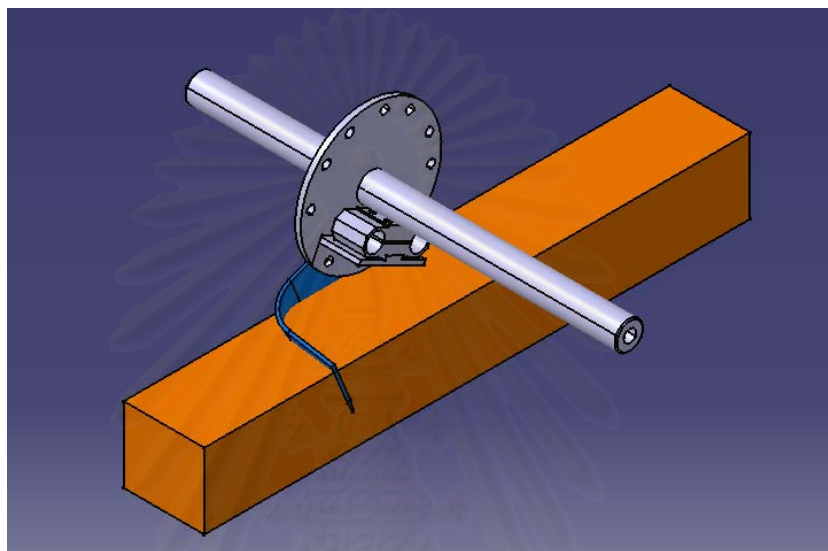
รูปที่ ข.4 แสดงการเขียนโปรแกรมคำนวณแรงและโมเมนต์



รูปที่ ข.5 แสดงผลการคำนวณขนาด มุมและตำแหน่งของแรงต้านทานลัพท์

ข.2 แบบจำลองการทำงานของใบมีดจอบหมุน

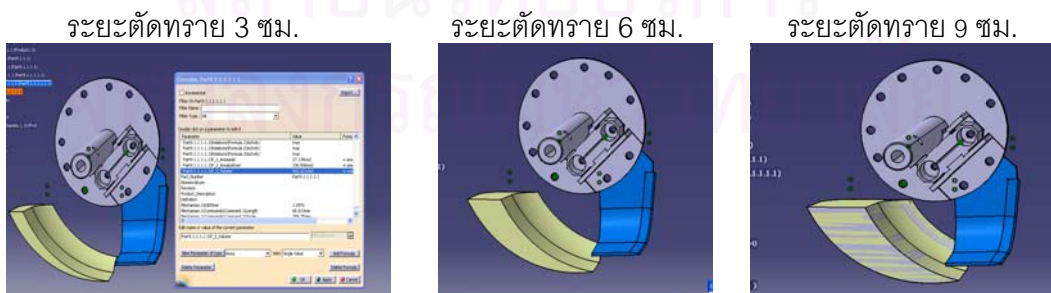
สร้างโดยใช้โปรแกรม CATIA V5 ซึ่งเป็นโปรแกรมประเภท CAD 3 มิติ ใช้ช่วยในการสังเกตลักษณะการตัดดินของใบมีดจอบหมุนที่ตำแหน่งองศาเพลลาใบมีดต่างๆ โดยจะนำเงื่อนไขในการทดลองมากำหนดเงื่อนไขในการเคลื่อนที่ในแบบจำลอง ดังรูปที่ ข.6



รูปที่ ข.6 แสดงการจำลองการตัดทรายของใบมีดจอบหมุนโดยใช้โปรแกรม CATIA V5

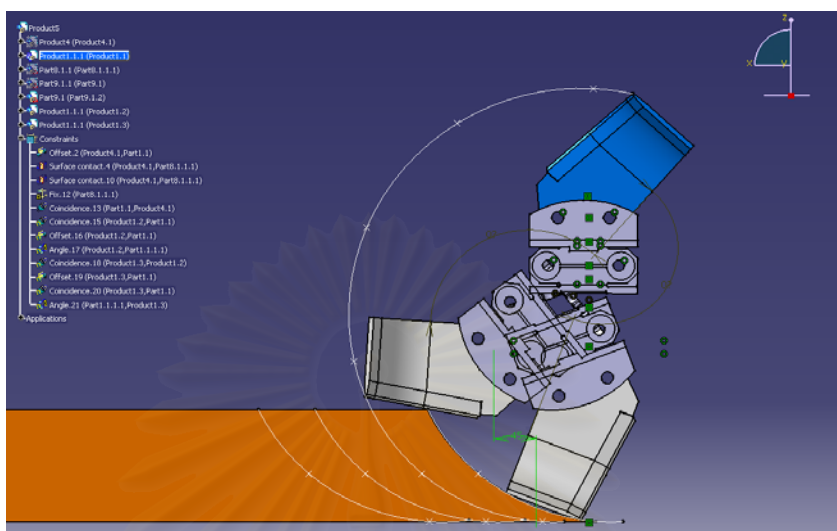
การใช้แบบจำลองการทำงานของใบมีดจอบหมุนช่วยในการวิเคราะห์

1. ใช้คำนวณตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ ปริมาตรก้อนทรายที่ถูกพรวน และพื้นที่ที่ใบมีดสัมผัสกับทรายในแต่ละรอบการพรวน โดยสร้างก้อนทรายที่ถูกพรวนใน 1 รอบการหมุนขึ้น ดังรูปที่ ข.7



รูปที่ ข.7 แสดงการสร้างปริมาตรก้อนทรายที่ถูกพรวนใน 1 รอบการหมุน

2. ใช้ระบุตำแหน่งที่ใบมีดเริ่มพรวนจนกระทั่งสิ้นสุดการพรวน ดังรูปที่ ข.8

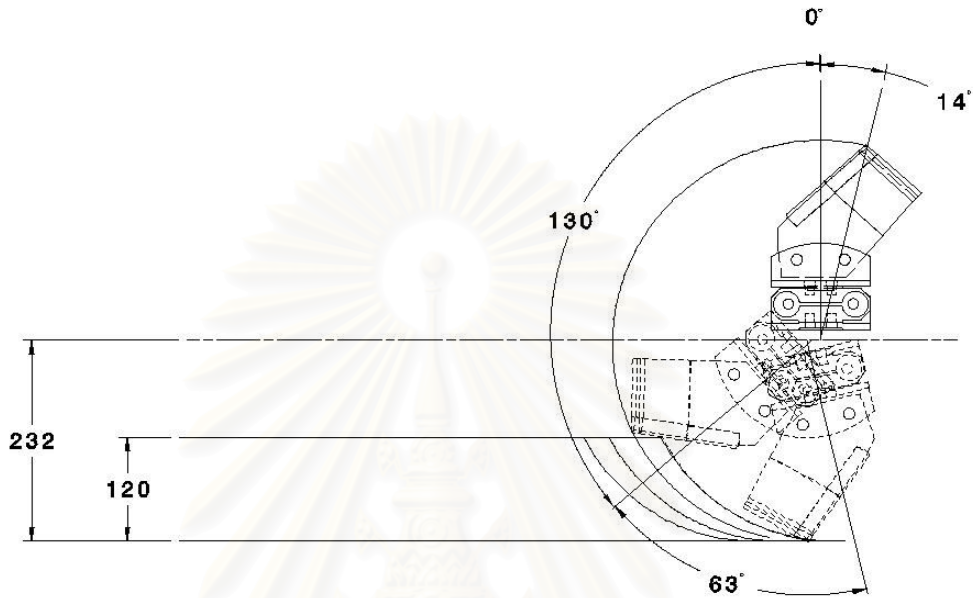


รูปที่ ข.8 แสดงตัวอย่างการหาตำแหน่งที่ใบมีดเริ่มตัดโดนทรายจนกระทั่งปลายใบมีดเคลื่อนออกจากก้อนทราย ในการจำลองการพรวนที่ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

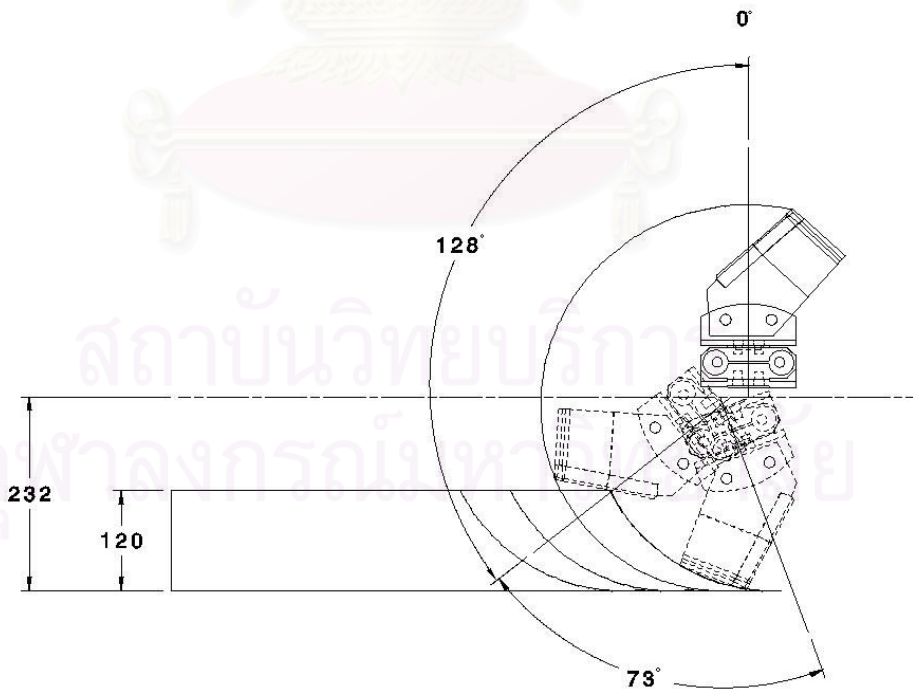
ภาคผนวก ค

ตำแหน่งที่ไวมิดจอบหมุน 3 ชนิด เริ่มตัดทรายและสิ้นสุดการตัดทราย

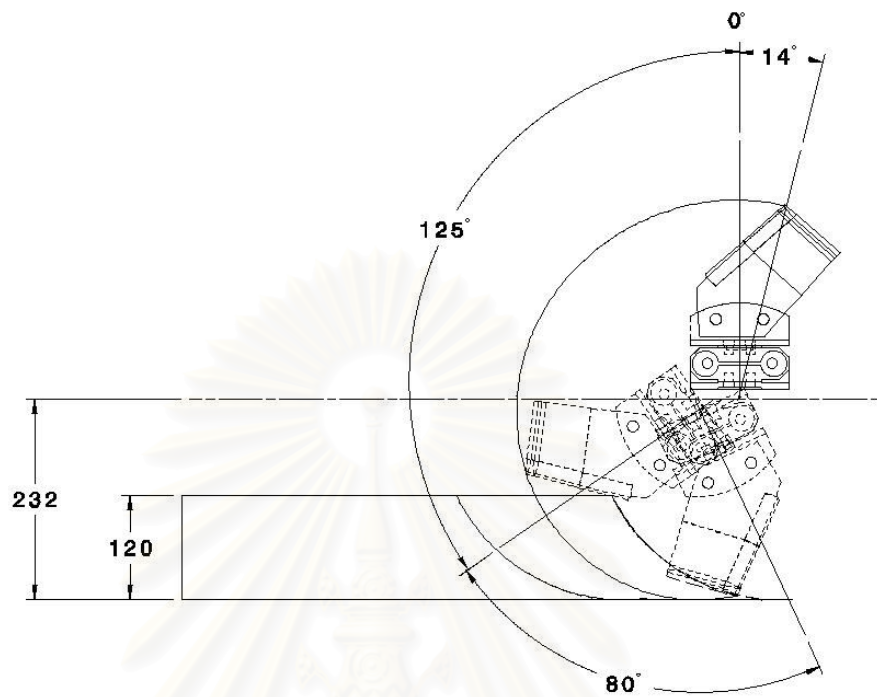
ค.1 ไวมิดชนิดตัวแอล



รูปที่ ค.1 แสดงตำแหน่งไวมิดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร

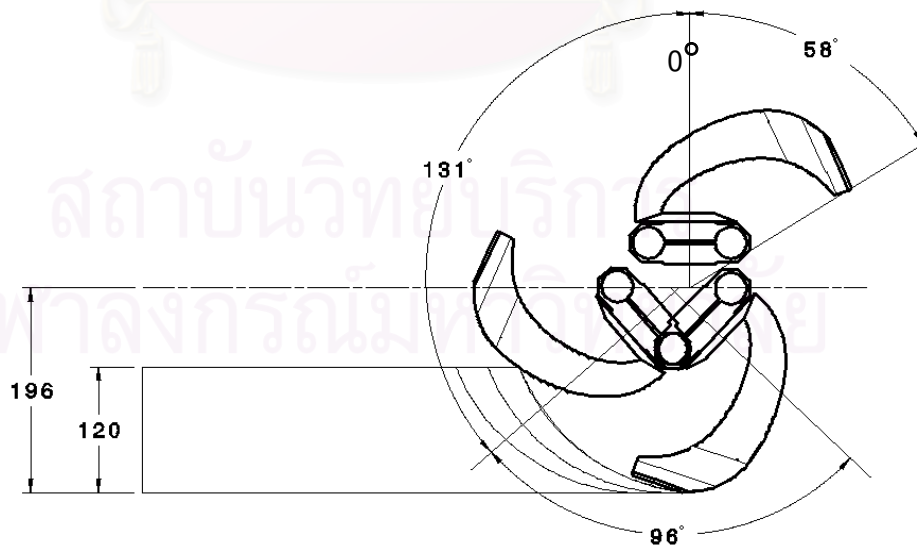


รูปที่ ค.2 แสดงตำแหน่งไวมิดชนิดตัวแอล ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร

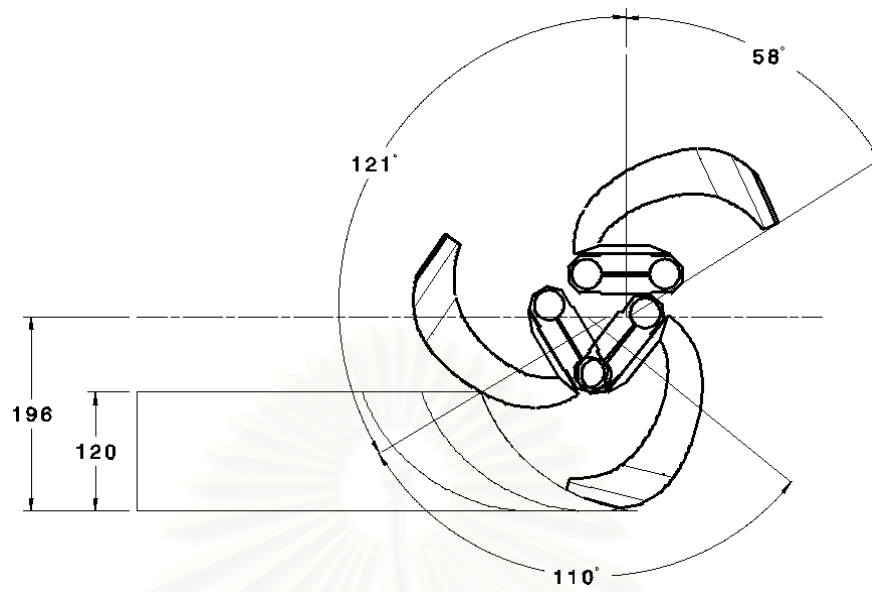


รูปที่ ค.3 แสดงตำแหน่งไวมิตชนิดตัวแอล ระยะตัดทราวาย 9 เซนติเมตร

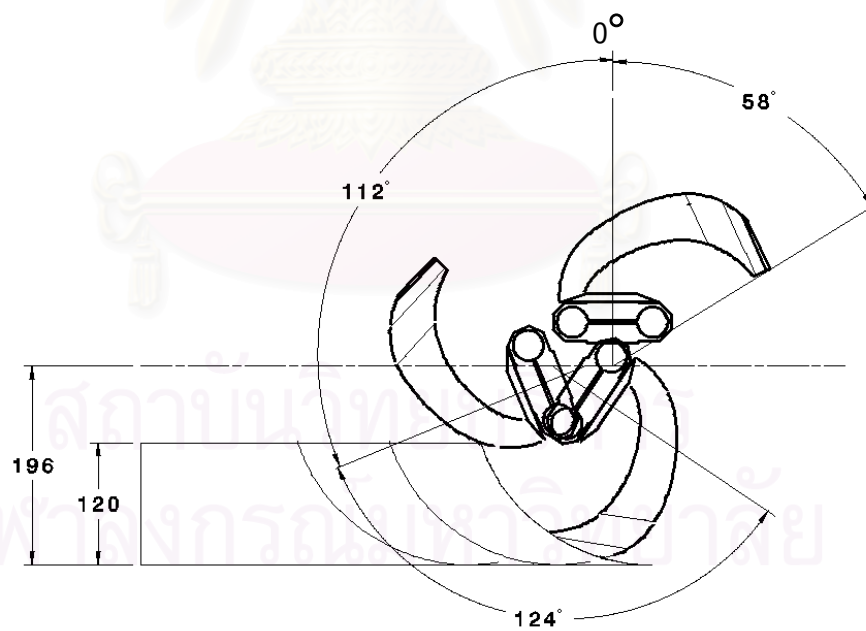
ค.2 ไวมิตชนิดตัวซี



รูปที่ ค.4 แสดงตำแหน่งไวมิตชนิดตัวซี ระยะตัดทราวาย 3 เซนติเมตร

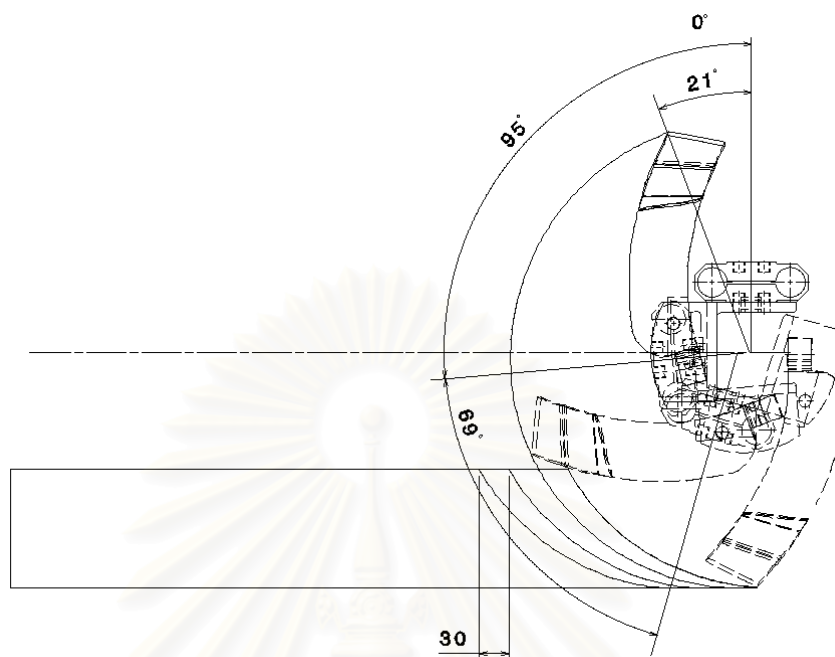


รูปที่ ค.5 แสดงตำแหน่งใบมีดชนิดตัวซี ระยะตัดทราง 6 เซนติเมตร

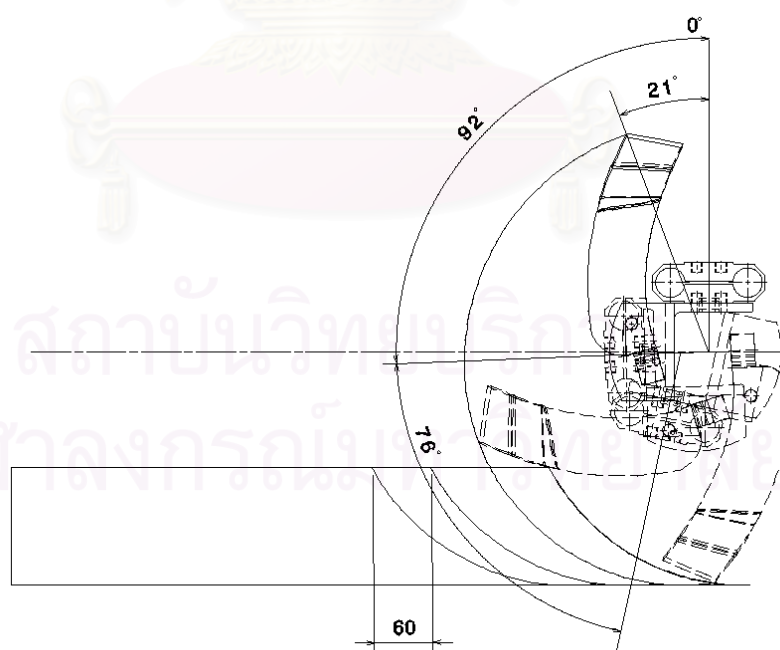


รูปที่ ค.6 แสดงตำแหน่งใบมีดชนิดตัวซี ระยะตัดทราง 9 เซนติเมตร

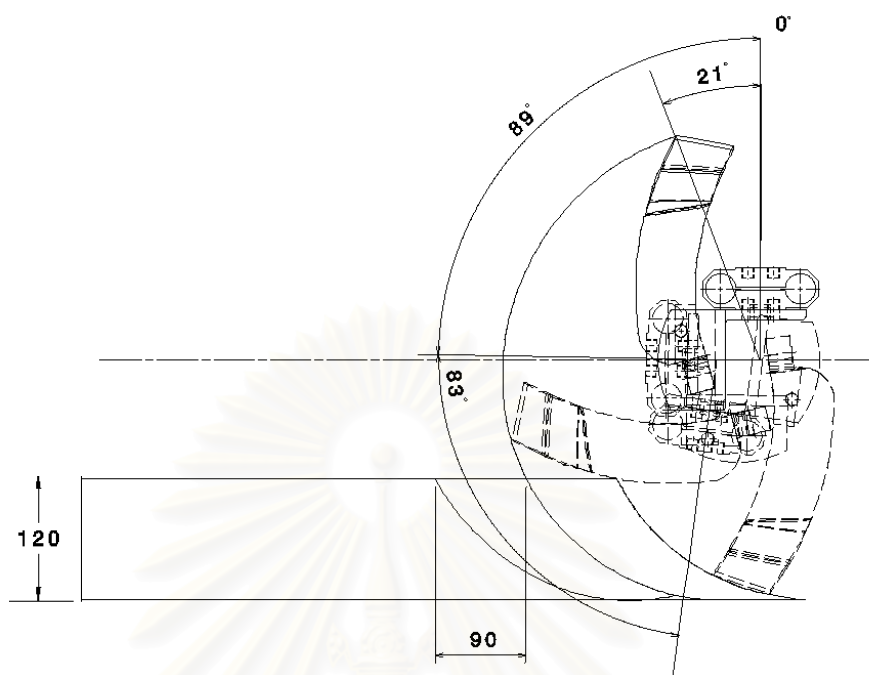
ค.3 ไบมีดจอบหมุนแบบผสม



รูปที่ ค.7 แสดงตำแหน่งไบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 3 เซนติเมตร



รูปที่ ค.8 แสดงตำแหน่งไบมีดแบบผสม ระยะตัดทราย 6 เซนติเมตร



รูปที่ ค.9 แสดงตำแหน่งไม้ติดแบบผสม ระยะตัดทราง 9 เซนติเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสรารุท เหล่าพงศ์สวัสดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2521 ที่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2542 และ เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2543



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย