

เทคนิคการใช้โปรแกรม CATIA V5 สำหรับการวิเคราะห์การทำงานของใบมีดชนิดตัวแอล

The Application of CATIA V5 Program for Analyzing Operation of L-shape Blade

สุรินทร์ พงศ์สุสมิทธิ์¹ ขวัญตรี แสงประชานารักษ์² วรธรรม นิมิตมงคล
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทร 0-2218-6593 E-mail: surin1950@hotmail.com¹, tree_e_o@hotmail.com²

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Chulalongkorn University
Phayathai Rd., Pathumwan, Bangkok 10330
Tel: 0-2218-6428, 0-2218-6593 E-mail: surin1950@hotmail.com

บทคัดย่อ

การออกแบบใบมีดจอบหมุน จำเป็นต้องศึกษาผลกระทบของรูปร่างใบมีดที่มีต่อขนาด และทิศทางของแรงต้านทานที่กระทำต่อส่วนใบมีดซึ่งเป็นแรงแบบพลศาสตร์ งานวิจัยและพัฒนาเพื่อศึกษาแรงเหล่านี้สามารถวัดได้จากการทดลองพรวนใบมีดในกระบะทราย โดยแสดงค่าแรงต้านทานผลลัพธ์ที่องศาการหมุนต่างๆ ที่อาศัยอุปกรณ์วัดต่างๆ อันได้แก่ Extended Octagonal Ring (EOR) ซึ่งทำหน้าที่วัดขนาดและทิศทางของแรงต้านทานผลลัพธ์ และ Rotary Encoder ซึ่งทำหน้าที่ระบุตำแหน่งองศาการหมุนของเพลารอบใบมีด (Rotary Shaft)

ขณะที่ใบมีดจอบหมุนทำงาน จะมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าพร้อมกับหมุนตัดทรายอย่างรวดเร็ว ทำให้การวิเคราะห์การทำงานของใบมีด ณ ขณะใด ๆ ทำได้ยาก จึงต้องสร้างแบบจำลองการทำงาน โดยใช้โปรแกรม CATIA V5 ซึ่งเป็นโปรแกรมประเภท CAD 3 มิติ เพื่อให้สามารถติดตามพฤติกรรมการทำงานของใบมีดในขณะใด ๆ ได้อย่างชัดเจน กล่าวคือ สามารถหาตำแหน่งที่ใบมีดเริ่มตัดทราย จนกระทั่งสิ้นสุดการตัดหรือการพรวน สามารถหาปริมาตรก้อนทรายที่ถูกพรวน และหาพื้นที่ที่ใบมีดสัมผัสทรายในแต่ละรอบการพรวนได้ และสามารถจำลองลักษณะใบมีดที่กระทำกับทรายในขณะที่เกิดแรงต้านทานผลลัพธ์สูงสุดได้ เมื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ร่วมกับกราฟแรงต้านทานผลลัพธ์ที่กระทำบนใบมีดที่องศาการหมุนต่างๆ ที่วัดได้จากการทดลองจริง จะทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงผลของตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องมากขึ้น นอกจากนี้ โปรแกรมนี้ยังสามารถนำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นบนส่วนใบมีดจอบหมุน ณ ตำแหน่งการพรวนที่ต้องการได้อีกด้วย

การวิเคราะห์การทำงานของใบมีดชนิดตัวแอล โดยพิจารณาแรงต้านทานผลลัพธ์ที่วัดได้จากการทดลองจริง ร่วมกับแบบจำลองการทำงานที่สร้างโดยโปรแกรม CATIA V5 ทำให้ทราบลักษณะแรงต้านทานและ

สาเหตุของการเกิดแรงต้านทานแบบแรงกระแทก ทราบถึงตำแหน่งที่เกิดความเค้นสูงสุดบนส่วนของใบมีดที่จำเป็นต้องมีการเสริมความแข็งแรง รวมทั้งทราบถึงทักษะแนวความคิดในการปรับปรุงรูปร่างใบมีดให้เกิดแรงต้านทานต่ำลง และคุณภาพของการพรวนดีขึ้น

Abstract

The objective of this study is to determine the operating characteristics of the L-shape rotary blade by using CATIA V5 program. The experiment devices consist of *Extended Octagonal Ring (EOR)* which is used to measure the magnitude and direction of resistance forces and *rotary encoder* used to identify the revolution position of the rotary shaft.

When the rotary blade is tilling sand, it is moving forward and revolving to cut sand very fast. As a result, the analysis of relationship between the positions of rotary blade and resultant forces will be complicated. Therefore, the simulation of the tilling of rotary blade is created by the *CATIA V5*, which is a 3D CAD program, in order to determine the operating position of rotary blade when cutting sand in several views, especially the position that the maximum resultant force is acting on the blade. Moreover, the *CATIA V5* can calculate the volume of tilled sand and the frictional area of the blade per revolution. This information will be analyzed together with the calculated resultant forces acting on the blade. Then, the relations of interested parameters can be estimated more effectively. Moreover, it can simulate the stress distribution on the rotary blade at any revolution position by applying the finite element method which is useful to redesign the optimum shape of rotary blade

1. บทนำ

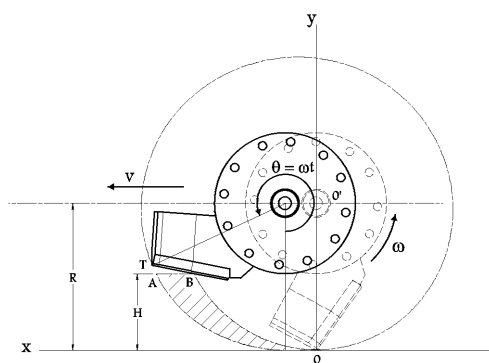
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ใบมีดจอบหมุนเป็นชิ้นส่วนสำคัญของเครื่องพรวนจอบหมุน ซึ่งเป็นอุปกรณ์การเกษตรชนิดเตรียมดิน ที่สามารถตัดย่อยและพลิกกลับดินได้ภายในครั้งเดียว แต่เนื่องจากใบมีดจอบหมุนเป็นชิ้นส่วนที่ใช้แล้วเกิดการสึกหรอ และใบมีดส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นใบมีดที่นำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง ซึ่งการเปลี่ยนชุดใบมีดเป็นต้นทุนที่สูงสำหรับเกษตรกร ดังนั้นบริษัทเอกชนผู้ผลิตรถไถเดินตามและอุปกรณ์ไถภายในประเทศจึงมีความต้องการที่จะผลิตใบมีดจอบหมุนเองแต่ยังขาดข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับเครื่องพรวนและใบมีดจอบหมุน จึงยังไม่สามารถผลิตเครื่องพรวนและใบมีดจอบหมุนได้เอง จึงมีความพยายามที่จะศึกษาและทดลองเพื่อหาทฤษฎีในการออกแบบรูปร่างใบมีดจอบหมุนที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่การเกษตรของไทย ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาผลของรูปร่างที่มีต่อขนาดและทิศทางของแรงต้านทานที่กระทำต่อใบมีดจอบหมุน โดยนำใบมีดจอบหมุนมาทดลองพรวนในกระบะทรายและวัดแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำบนใบมีดที่ออกแบบการหมุนต่างๆ แล้วนำมาวิเคราะห์ แต่เนื่องจากใบมีดจอบหมุนมีการเคลื่อนที่หมุนตัดดินอย่างรวดเร็ว และการบันทึกภาพวิดีโอมีมุมมองที่จำกัด และไม่ชัดเจนเพียงพอ จึงต้องสร้างแบบจำลองการทำงานของใบมีด โดยใช้โปรแกรม CATIA V5 เพื่อที่จะสามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกับแรงต้านทานที่วัดได้จากการทดลองจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ทฤษฎีใบมีดจอบหมุน

2.1 การทำงานของใบมีดจอบหมุน

เมื่อเครื่องพรวนจอบหมุนทำงาน เพลาใบมีดจะหมุนทำให้ใบมีดตัดดินพร้อมกับเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทำให้ใบมีดที่ติดอยู่บนเพลามีดเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง (Locus curve) ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นโค้งโทรคอยด์ (Trochoid curve)



รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของใบมีด

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้

P (ระยะ AB) คือ ระยะตัดดิน (เมตร)

H คือ ความลึกการพรวน (เมตร)

R คือ รัศมีของใบมีด (เมตร)

V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเพล่าใบมีด (เมตรต่อวินาที)

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของเพล่าใบมีด (เรเดียนต่อวินาที)

โดยทั่วไปความเร็วรอบหมุนของเพล่าใบมีด สามารถคำนวณได้จากสมการได้ดังนี้

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

เมื่อ n คือ ความเร็วรอบหมุนของเพล่าใบมีด (รอบต่อนาที)

2.2 ระยะตัดดิน (Tillage pitch, P)

ระยะตัดดิน คือระยะห่างที่ใบมีดหมุนตัดดินในแต่ละรอบหมุน สามารถคำนวณได้จากสมการ

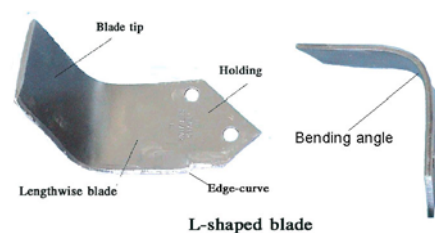
$$P = \frac{60}{Z\xi} \quad (2)$$

เมื่อ Z คือ จำนวนใบมีดบนหนึ่งระนาบของเพล่าใบมีด

ξ คือ อัตราส่วนระหว่างความเร็วรอบหมุนต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของเพล่าใบมีด

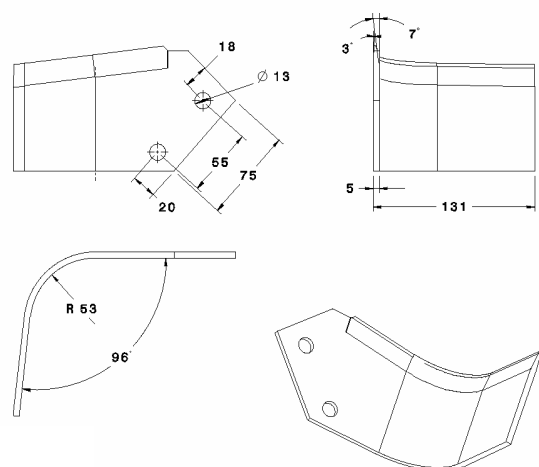
3. ลักษณะสำคัญของใบมีดชนิดตัวแอล

ใบมีดชนิดตัวแอลมีความหนาเท่ากันตลอด มีขนาดใหญ่กว่าใบมีดชนิดอื่น ส่วนขอบคมตัดของส่วนตรงจะเป็นแนวเส้นตรง และส่วนตัดปลายทำมุมกับส่วนตรงประมาณ 96 องศา ซึ่งส่วนขอบคมเป็นแนวตรงเช่นกัน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะของใบมีดชนิดตัวแอล

สำหรับใบมีดที่นำมาใช้ทดลองเป็นใบมีดชนิดตัวแอลที่ใช้ในเครื่องพรวนจอบหมุนขนาดใหญ่ และต้องการกำลังในการขับเคลื่อนสูง มิติของใบมีดนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 มิติของใบมีดชนิดตัวแอลที่ใช้ทดลอง

4. การทดลองพรวนใบมีดในกระบะทราย

4.1 วิธีการทดลอง และเงื่อนไขในการทดลอง

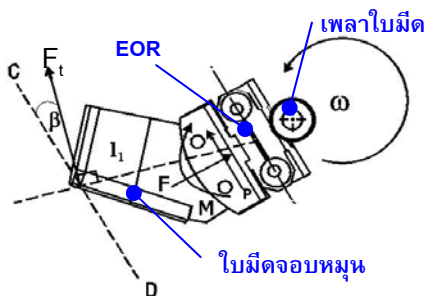
ชุดทดลองนี้จำลองสภาพการทำงานของเครื่องพรวนจอบหมุน โดยให้เพลาลำมีดหมุนอยู่กับที่ ส่วนใบมีดจะหมุนตัดทรายในกระบะที่เคลื่อนที่แทนการเคลื่อนที่ของเครื่องพรวนจอบหมุน เพลาลำมีดและกระบะทรายสามารถควบคุมความเร็วด้วย Inverter

การทดลองพรวนจะทำการวัดที่ระยะการตัด 3 ค่า คือ 3, 6 และ 9 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะการตัดที่มีการใช้ในการทำงานจริง กำหนดตัวแปรที่ควบคุมดังต่อไปนี้

- ความลึกของการพรวนทราย(H)เท่ากับ 12 เซนติเมตร
- ความหนาแน่นทรายที่ความลึก 15 เซนติเมตร มีค่าประมาณ 3.5 kg/cm^2
- ความเร็วรอบเพลาลำมีด(n) 120 รอบต่อนาที

4.2 การวัดแรงต้านทานที่กระทำบนใบมีด

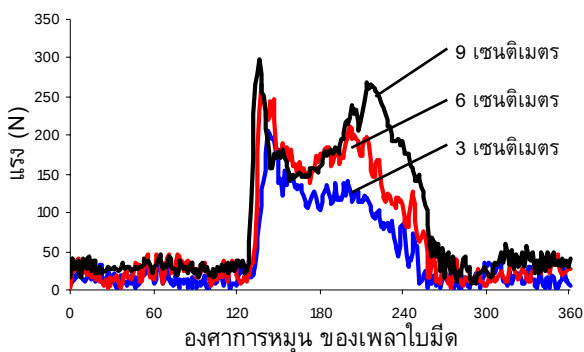
การวัดแรงที่กระทำบนใบมีดจอบหมุนจะประยุกต์ใช้วิธีการวัดแรงโดยตรง ใบมีดที่ต้องการวัดจะติดอยู่บน EOR ซึ่งติดอยู่บนเพลาลำมีด โดยบน EOR จะมีติดสเตรนเกจ จำนวน 12 ตัวซึ่งต่อเป็นวงจรแบบ Full Bridge 3 วงจร สำหรับวัดแรงกด F แรงเฉือน P และโมเมนต์ M ที่เกิดจากแรงต้านทานที่อยู่บนระยะที่ต่างจากกับเพลาลำมีด แล้วจึงนำแรงมาคำนวณขนาดและทิศทางของแรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำบนใบมีดที่ตำแหน่งองศาการหมุนของเพลาลำมีดต่างๆ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การวัดแรงต้านทานที่กระทำบนใบมีด

4.3 ผลการทดลอง

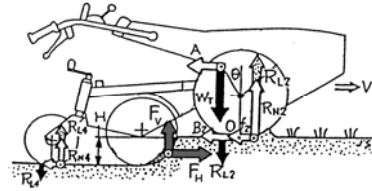
แรงต้านทานลัพธ์ที่คำนวณจากสัญญาณที่ได้จากการทดลองสามารถแสดงผลได้ดัง รูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแสดงขนาดแรงต้านทานลัพธ์ที่กระทำบนใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลจากการพรวนด้วยระยะตัด 3, 6 และ 9 เซนติเมตร ที่องศาการหมุนของเพลาลำมีดต่างๆ

5. การใช้โปรแกรม CATIA V5 ช่วยในการออกแบบใบมีดจอบหมุน

สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบใบมีดจอบหมุน คือ คุณภาพของดินภายหลังการพรวนเป็นไปตามที่ต้องการ และ แรงต้านทานที่กระทำบนใบมีดจอบหมุนอันส่งผลถึงเสถียรภาพของเครื่องพรวนจอบหมุนและความสามารถในการประหยัดพลังงาน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แรงภายนอกที่กระทำต่อรถไถเดินตามติดเครื่องพรวนจอบหมุน

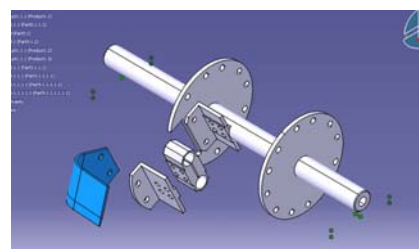
แม้ว่าคุณภาพการพรวนและแรงต้านทานที่กระทำบนใบมีดจะสามารถสังเกตและวัดได้จากการทดลอง แต่ก็ไม่สามารถเชื่อมโยงไปสู่การปรับปรุงรูปร่างได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านมุมมองในการบันทึกภาพและการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วมาก ดังนั้นการประยุกต์ใช้โปรแกรม CATIA V5 ในการสร้างแบบจำลองการทำงานของใบมีดจอบหมุนโดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองจริงจึงมีความสำคัญและเป็นประโยชน์อย่างมาก กล่าวคือ

1. ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างและแรงต้านทานที่กระทำบนใบมีดจอบหมุน โดยจำลองลักษณะการตัดทรายที่องศาการหมุนของเพลาลำมีดต่างๆ
2. ใช้พิจารณาคุณภาพการพรวน โดยสร้างแบบจำลองก่อนทรายที่ถูกพรวนใน 1 รอบการหมุนของเพลาลำมีด เพื่อที่จะสามารถสังเกตรูปร่างได้ในทุกๆ มุมมอง รวมทั้งสามารถเปรียบเทียบขนาดก่อนทรายโดยการคำนวณหาปริมาตรได้อีกด้วย
3. ใช้พิจารณาจุดแตกหัก รวมทั้งการเลือกวัสดุที่มีความแข็งแรงเพียงพอ โดยคำนวณการกระจายความเค้นด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

6.การสร้างแบบจำลองการทำงานของใบมีดชนิดตัวแอล

แบบจำลองการทำงานจะสร้างขึ้นโดยกำหนดให้มีการเคลื่อนที่และเงื่อนไขต่างๆ เหมือนกับการทดลองพรวนใบมีดในกระบะทรายให้มากที่สุด ซึ่งเงื่อนไขที่สำคัญนี้ประกอบด้วย มิติของชิ้นส่วนต่างๆ ระยะความลึกในการพรวน ความเร็วรอบของเพลาลำมีด และระยะการตัดโดยมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

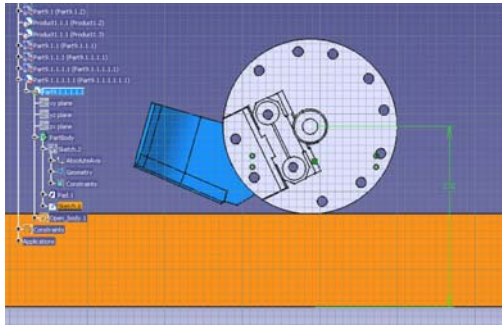
1. สร้างแบบจำลองชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เพลาลำมีด แท่นยึด EOR ติดกับเพลาลำมีด EOR และ แท่นยึดใบมีดติดกับ EOR ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แบบจำลองชิ้นส่วนต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

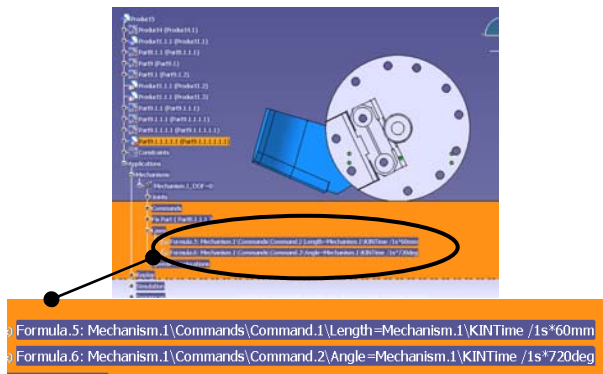
2. ประกอบทุกชิ้นส่วนเข้าด้วยกันเป็นชุดเพลลาไรมิตที่ใช้ในการทดลอง

3. จากการทดลองวัดแรงกระทำบนไรมิต ให้ไรมิตพรวนที่ความลึก 12 cm สร้างแบบจำลองของทรายที่จะถูกพรวนโดยไรมิต (สีส้ม) โดยกำหนดให้จุดศูนย์กลางเพลลาไรมิตอยู่สูงจากขอบล่างทรายเท่ากับ 232 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าของรัศมีการหมุนของไรมิต ดังนั้น เมื่อไรมิตหมุนไป ปลายไรมิตจะแตะกับขอบล่างของแบบจำลองทรายพอดี ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงการใส่แบบจำลองทรายเข้าในชุดจำลองการทำงานของไรมิตจอบหมุน

4. กำหนดสมการการเคลื่อนที่ของชุดเพลลาไรมิต โดยให้ความเร็วรอบเพลลาหมุนเป็น 2 รอบต่อวินาทีคงที่(120 รอบต่อนาที) และความเร็วในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็น 60, 120 และ 180 มิลลิเมตรต่อวินาที สำหรับการพรวนด้วยระยะตัด 3, 6 และ 9 เซนติเมตรตามลำดับ



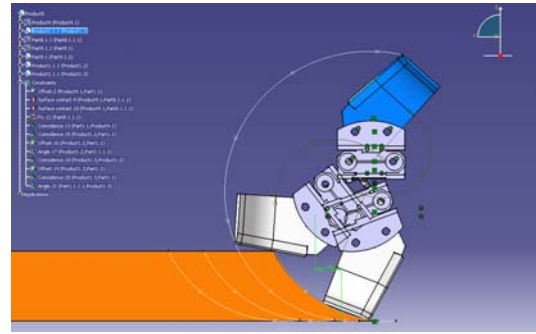
รูปที่ 9 แสดงการกำหนดสมการการเคลื่อนที่ของชุดเพลลาไรมิต

7. ผลการใช้โปรแกรมจำลอง

7.1 การหาตำแหน่งที่ไรมิตจอบหมุนเริ่มพรวนกระทั่งสิ้นสุดการพรวน

ในแบบจำลองการทำงานของไรมิตจอบหมุน จะอ้างอิงตำแหน่งของไรมิตด้วยมุมที่ชุดเพลลาไรมิตหมุนไป โดยให้ที่ตำแหน่ง EOR อยู่ด้านบนเพลลาและวางตัวขนานกับพื้นระนาบ เป็นตำแหน่ง 0 องศา ซึ่งอ้างอิงเช่นเดียวกับโปรแกรมที่ใช้รับสัญญาณความต่างศักย์จาก EOR เมื่อหาตำแหน่งที่ไรมิตจอบหมุนเริ่มพรวน กระทั่งสิ้นสุดการพรวนได้

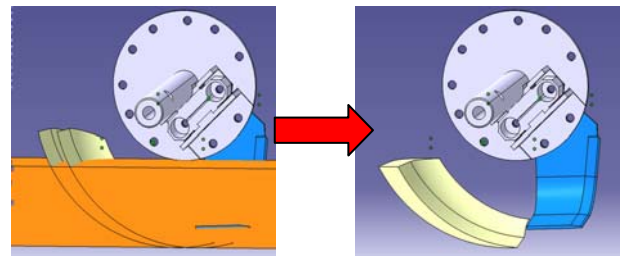
จะทำให้วิเคราะห์การเพิ่มขึ้นและลดลงของแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำบนไรมิตได้ชัดเจนขึ้น



รูปที่ 10 แสดงการหาตำแหน่งที่ไรมิตเริ่มตัดโดนทรายจนกระทั่งปลายไรมิตเคลื่อนออกจากก้อนทราย ในการจำลองการพรวนที่ระยะตัด 6 เซนติเมตร

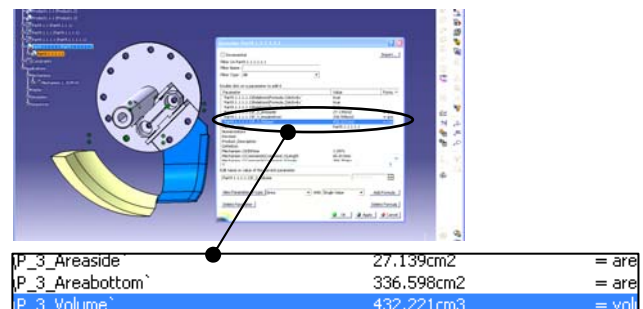
7.2 การสร้างแบบจำลองของก้อนทรายที่ถูกพรวน

การสร้างก้อนทรายที่ถูกพรวนโดยโปรแกรม CATIA V5 สามารถทำได้โดย สร้างพื้นผิวที่แนวคมตัดของไรมิตจอบหมุนลากผ่านในการหมุน 2 รอบ ตัดกับแบบจำลองของทราย แล้วจึงตัดพื้นที่ผิวส่วนเกินออกดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงพื้นผิวปิดที่แทนก้อนทรายที่ถูกพรวน ในการจำลองการพรวนระยะตัด 3 cm

แบบจำลองการทำงานที่สร้างโดยโปรแกรม CATIA V5 ทำให้การพิจารณาคุณภาพการพรวนของไรมิตจอบหมุนทำได้รวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น นั่นคือ สามารถพิจารณาลักษณะพื้นที่ผิวด้านล่างของการพรวนได้ในหลายมุมมอง สามารถคำนวณหาพื้นที่ และปริมาตรก้อนทรายที่ถูกพรวนซึ่งมีรูปร่างซับซ้อนได้ ดังรูปที่ 12 และผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 1



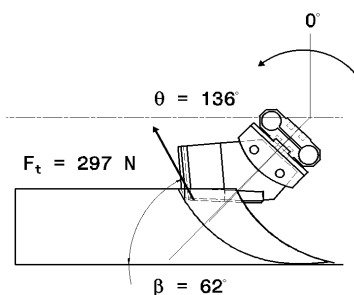
รูปที่ 12 แสดงการคำนวณปริมาตรของก้อนทรายที่ถูกพรวน

ตารางที่ 1 แสดงผลการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของก้อนทรายที่ถูกพรวนที่ระยะตัด 3, 6 และ 9 เซนติเมตร

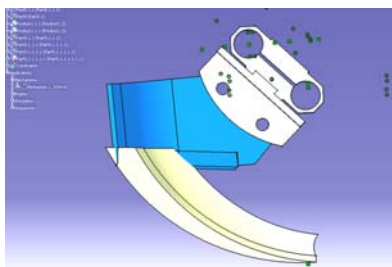
ระยะตัด ทราย (cm.)	ลักษณะและพื้นที่ รอยการตัดทราย		ลักษณะและปริมาตร ก้อนทราย	
	ลักษณะ	พื้นที่ (cm. ²)	ลักษณะ	ปริมาตร (cm. ³)
3		38		432
6		76		860
9		114		1273

7.3 การวิเคราะห์ลักษณะที่ไบริตกระทำบนก้อนทราย ในขณะที่เกิดแรงต้านทานลัพท์สูงสุด

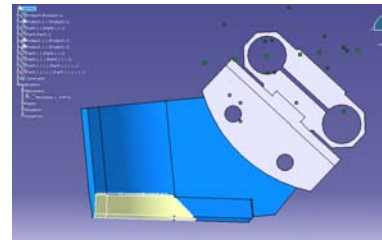
จากเส้นกราฟแสดงขนาดของแรงต้านทานลัพท์ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามองศาการหมุนของไบริต จะทำให้เราทราบว่าขณะที่เกิดแรงต้านทานสูงสุดกระทำบนไบริตนั้น ไบริตอยู่ในตำแหน่งองศาที่เท่าไรเมื่อทราบค่าองศาแล้ว นำมากำหนดตำแหน่งในแบบจำลองการทำงาน จะทำให้ทราบว่าขณะนั้นๆ ไบริตกำลังตัดดินในลักษณะใดได้ชัดเจนมากขึ้นรวมถึงวิเคราะห์ถึงต้นเหตุของแรงต้านทานที่เกิดขึ้นได้ ดังรูปที่ 13 นอกจากนั้นก็สามารถหา ความลึกที่พรวนขณะนั้นๆ และพื้นที่ที่ไบริตสัมผัสกับทรายขณะนั้นๆได้ ดังที่แสดงในรูป 14 และ 15 ตามลำดับ



รูปที่ 13 ลักษณะการตัดทรายของไบริตจอบหมุน ในขณะที่เกิดแรงต้านทานลัพท์สูงสุด ระยะตัด 9 เซนติเมตร



รูปที่ 14 แสดงการกำหนดตำแหน่งที่เกิดแรงต้านทานสูงสุด (ระยะตัด 3 cm)



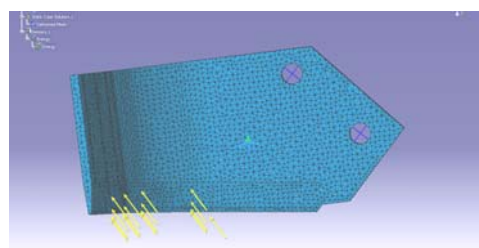
รูปที่ 15 แสดงการหาพื้นที่ที่ไบริตจอบหมุนสัมผัสกับก้อนทราย (ระยะตัด 3 cm)

7.4 การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์

เนื่องจากแบบจำลองการทำงานของไบริตจอบหมุนนี้ สามารถหาบริเวณที่มีแรงต้านทานกระทำได้ ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 7.3 เมื่อนำข้อมูลนี้ ประกอบกับขนาดและทิศทางของแรงต้านทานลัพท์ที่วัดได้จากการทดลอง มาวิเคราะห์ร่วมกัน ทำให้สามารถคำนวณการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นบนไบริตจอบหมุนขณะทำงานโดยระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบไบริต เช่น ไบริตจอบหมุนที่ออกแบบขึ้นอาจเกิดการแตกหักที่ใด หรือใช้องค์ประกอบวิธีจับยึดไบริตจอบหมุนเข้ากับหน้าแปลน ที่ทำให้เกิดความเค้นน้อยที่สุด เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์เหล่านี้ สามารถนำไปศึกษาในเชิงลึกต่อไป

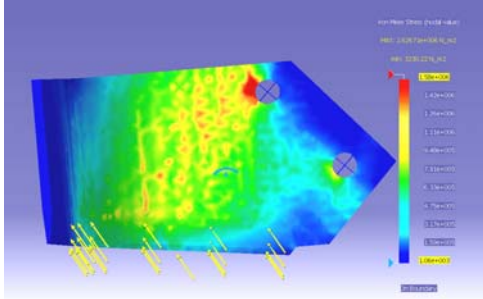
การตั้งเงื่อนไขในการวิเคราะห์เบื้องต้นคือ ให้รู้จับยึดไบริตกับหน้าแปลน ถูกตรึงอยู่กับที่ ส่วนแรงต้านทานลัพท์ที่คำนวณได้จากสัญญาณความต่างศักย์ในการทดลอง ไม่สามารถกำหนดลงไปโดยตรงได้ เพราะว่า แรงลัพท์ที่คำนวณได้นี้มีลักษณะเป็นแรงกระทำที่จุดเดียว (Point load) ซึ่งเป็นข้อจำกัดของระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ที่พิจารณาแรงภายนอกที่กระทำต่อชิ้นงานเป็นแรงกระทำต่อหน่วยพื้นที่ ถ้าใส่แรงกระทำเป็น Point load นั่นคือพื้นที่เล็กมากถึง หนึ่งส่วนอนันต์ จะให้ผลความเค้นที่จุดที่แรงกระทำสูงมาก ดังนั้นจึงต้องแก้ปัญหาโดยกำหนดให้กระจายแรงต้านทานเท่าๆกัน กระทำบนพื้นที่ที่ไบริตสัมผัสกับดิน ณ ขณะนั้น ๆ ที่ได้มาจากแบบจำลองการทำงานในหัวข้อ 7.3 แล้วจึงแบ่งelementย่อยและคำนวณ

เนื่องจากการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ในหัวข้อนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นบนไบริตจอบหมุนและสนใจบริเวณที่เกิดความเค้นสูงสุด ดังนั้นจึงกำหนดแรงต้านทานกระทำบนไบริตในลักษณะการกระจายแรงที่มีขนาดแรงเท่ากัน ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น



รูปที่ 16 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันประมาณภายในเอลิเมนต์ สร้างเอลิเมนต์ทรงสี่หน้า (Tetrahedral element)

ผลการคำนวณ จะได้ว่า ความเค้นมีค่าสูงที่บริเวณรูจับยึด ค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ $9.09 \times 10^5 \text{ N/cm}^2$, $1.58 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$ และ $2.63 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$ สำหรับการพรวนที่ระยะพิตช์เท่ากับ 3, 6 และ 9 เซนติเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 17 การคำนวณความเค้นที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่เกิดแรงต้านทานสูงสุด ในการพรวนที่ระยะตัดเท่ากับ 9 cm

8. สรุป

แรงต้านทานลัพท์ที่กระทำบนใบมีดที่วัดได้จากการทดลอง จะนำไปใช้ศึกษาพฤติกรรมการทำงานของใบมีดจอบหมุนในสภาวะการทำงานต่าง ๆ เมื่อพิจารณาร่วมกับแบบจำลองการทำงานของใบมีดจอบหมุนที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรม CATIA V5 ซึ่งแสดงลักษณะที่ใบมีดจอบหมุนกระทำกับทราย ณ ตำแหน่งต่าง ๆ จะทำให้วิเคราะห์ถึงที่มาของแรงต้านทานลัพท์ที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนขึ้น ยกตัวอย่างเช่น เมื่อพิจารณาผลการคำนวณแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำต่อใบมีดจอบหมุนชนิดตัวแอลในการทดลองพรวนที่ระยะตัด 3 เซนติเมตร ดังรูปที่ 5 พบว่าแรงต้านทานลัพท์มีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งชุดเพลาลูกหมุนทำมุมประมาณ 130 องศากับตำแหน่งอ้างอิง แรงที่เกิดขึ้นนี้มีลักษณะเป็นแรงกระแทก (impacted load) ซึ่งจะส่งผลให้ระบบส่งกำลังของเครื่องพรวนจอบหมุนชำรุดเสียหายได้ เราจึงต้องพิจารณาถึงสาเหตุของแรงกระแทก และพยายามลดการกระแทกนี้ให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาแบบจำลองการทำงานของใบมีดจอบหมุน ที่ตำแหน่งเพลาลูกหมุน 130 องศา พบว่าเป็นตำแหน่งที่ส่วนคมตัดของใบทั้งหมดกำลังตัดทรายพร้อม ๆ กัน ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดแรงกระแทก ดังแสดงในรูปที่ 15

การพิจารณาในลักษณะเช่นนี้จะช่วยให้มองเห็นแนวทางในการปรับปรุงใบมีดจอบหมุนได้ง่ายขึ้น รวมถึงสามารถหาตัวแปรต่าง ๆ เช่น พื้นที่และปริมาตรก่อนทราย เป็นต้น เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ว่าการเปลี่ยนแปลงแรงต้านทานลัพท์ที่กระทำกับใบมีดจอบหมุนว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรเหล่านี้หรือไม่อย่างไร

คุณสมบัติที่สำคัญยิ่งของการใช้โปรแกรมแบบจำลองการทำงาน of ใบมีดจอบหมุน ก็คือ เราสามารถปรับปรุงรูปร่างของใบมีด โดยการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม แล้วนำไปทดลองทำงานในแบบจำลองการทำงาน of ใบมีดจอบหมุน จากนั้นจึงปรับปรุงรูปร่างใบมีดจนกระทั่งได้ลักษณะการตัดทรายตามที่ต้องการ นอกจากนี้ ยังสามารถนำแบบจำลองและแรงต้านทานลัพท์ที่คำนวณได้ ไปประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระจายความเค้น

บนใบมีดจอบหมุนขณะพรวน ซึ่งจะนำไปใช้พิจารณาในการกำหนดขนาดในเบื้องต้น ที่ใบมีดจอบหมุนสามารถทำงานได้โดยไม่แตกหัก รวมถึงนำไปใช้ประกอบการพิจารณาออกแบบการจับยึดใบมีดจอบหมุนเข้ากับเพลาลูกหมุนที่เหมาะสมอีกด้วย เมื่อได้รูปแบบใบมีดจอบหมุนที่ปรับปรุงแล้ว จึงนำไปสร้างต้นแบบจริง

ต้นแบบใบมีดที่สร้างขึ้น ก็จะมาทดลองวัดแรงต้านทานที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งพิจารณาประสิทธิภาพในการพรวน แล้วทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานของใบมีด จากนั้นจึงทำการปรับปรุงรูปร่างของใบมีด นำไปจำลองการทำงานในโปรแกรม เช่นนี้ไปจนกระทั่งได้รูปแบบใบมีดจอบหมุนที่มีความเหมาะสมมากที่สุด จะเห็นว่าการใช้แบบจำลองช่วยในการออกแบบเช่นนี้ จะช่วยลดขั้นตอน และค่าใช้จ่ายไปได้อย่างมาก

เอกสารอ้างอิง

- [1] สราวุธ เหล่าพงศ์สวัสดิ์, "การศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำกับใบมีดจอบหมุน 3 ชนิด", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546
- [2] สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์ และคณะ, "เทคนิคการวัดแรงกระทำที่ใบมีดจอบหมุน", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17, ปี 2546
- [3] สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์, ขวัญตรี แสงประชาธนาธิกร, วรพรรค นิมิตร์มงคล, โครงการสนับสนุนทุนวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ครั้งที่ 2 (IRPUS), ปี 2546
- [4] ปราโมทย์ เดชะอำไพ, "ไฟไนต์เอลิเมนต์ ในงานวิศวกรรม", สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2537
- [5] 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, pp.145-155