

การออกแบบรถตัดอ้อยต้นแบบที่เหมาะสมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ชัยธุมมาจณ์ ชูดวงเกียรติกุล¹, จามร วสุรัตน์มณี¹, ศุภโชค กลัสนิติ¹, ศิริพร สุขกุล², ทรงวิทย์ ศรีจันทร์รักษ์^{1,*}

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² ศูนย์วิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการบินและอวกาศ กองทัพอากาศไทย

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: songwit.s@cit.kmutnb.ac.th โทรศัพท์: 091-7787487

(รับบทความ: 21 มกราคม 2569; แก้ไขบทความ: 8 พฤษภาคม 2569; ตอรับบทความ: 18 พฤษภาคม 2569)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบรถตัดอ้อยแบบตัดเป็นลำ โดยประยุกต์ใช้วิศวกรรมย้อนรอย ร่วมกับการออกแบบสามมิติและการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) เพื่อเสนอแนวทางปรับปรุงโครงสร้างก่อนการผลิตจริง โดยใช้ข้อมูลจากรถต้นแบบเดิมมาสร้างแบบจำลองสามมิติ และประเมินความแข็งแรงของโครงสร้าง มีการออกแบบชุดตัดอ้อยให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องมากขึ้น เพื่อลดการสะสมของเศษวัสดุบริเวณพื้นที่ทำงาน ผลการวิเคราะห์เชิงโครงสร้างพบว่า ระบบสับยอดอ้อยแบบเดิม มีค่า Yield Strength เท่ากับ 2.83×10^8 Pa และมีค่า Von Mises Stress สูงสุดเท่ากับ 2.67×10^8 Pa ส่งผลให้ มีค่าเผื่อความปลอดภัย (Factor of Safety: FoS) เท่ากับ 1.06 ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงต่อการครากของวัสดุ ภายหลังการปรับปรุงโครงสร้างพบว่าค่า Von Mises Stress สูงสุดลดลงเหลือ 140.50 MPa และทำให้ค่า FoS เพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 2.01 แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มระดับความปลอดภัยเชิงโครงสร้างและความสามารถในการรองรับสภาวะโหลดผันผวนที่เกิดขึ้นจริงได้ดียิ่งขึ้น และแนวคิดระบบพิเศษใบอ้อยยังช่วยลดโอกาสการติดขัด ที่เกิดจากการสะสมของเศษใบอ้อย ส่งผลให้กระบวนการตัดอ้อยมีความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ : รถตัดอ้อย วิศวกรรมย้อนรอย ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ค่าความปลอดภัยในการออกแบบ

การอ้างอิงบทความ: ชัยธุมมาจณ์ ชูดวงเกียรติกุล, จามร วสุรัตน์มณี, ศุภโชค กลัสนิติ, ศิริพร สุขกุล, ทรงวิทย์ ศรีจันทร์รักษ์, "การออกแบบรถตัดอ้อยต้นแบบที่เหมาะสมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 4, ฉบับที่ 3, หน้า 86-99, 2569.

Optimal Design of a Prototype Sugarcane Harvester Using the Finite Element Method

Khanthamat Choodoungkattikul¹, Jamon Wasuratmanee¹, Supachok Klubsati¹,
Siriporn Sukkul², and Songwit Srijunruk^{1,*}

¹ Department of Industrial Engineering Technology, College of Industrial Technology,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

² Research and Development Centre for Space and Aeronautical Science and Technology, Royal Thai Air Force

*Corresponding Author: songwit.s@cit.kmutnb.ac.th, Tel: 091-7787487

(Received: January 21, 2026; Revised: May 8, 2026; Accepted: May 18, 2026)

Abstract

This research aims to develop a prototype of a whole-stalk sugarcane harvester by applying reverse engineering in combination with three-dimensional design and analysis using the Finite Element Method (FEM) to propose structural improvements prior to actual fabrication. Data from the existing prototype were utilized to create a three-dimensional model and to evaluate structural strength. The sugarcane topper cutting unit was designed to enable more continuous operation, to reduce the accumulation of debris within the working area. The structural analysis results indicated that the original sugarcane topping system had a yield strength of 2.83×10^8 Pa and a maximum Von Mises stress of 2.67×10^8 Pa, resulting in a factor of safety (FoS) of 1.06, which is close to the yielding condition of the material. After structural improvement, the maximum Von Mises stress was reduced to 140.50 MPa, and the FoS increased to approximately 2.01, demonstrating an improvement in structural safety and an enhanced capability to withstand fluctuating loading conditions in actual operation. In addition, the concept of a leaf-clearing mechanism helps reduce clogging caused by the accumulation of sugarcane leaves, resulting in a more continuous and efficient harvesting process.

Keywords: Sugarcane Harvester, Reverse Engineering, Finite Element Method, Factor of Safety

Please cite this article as: K. Choodoungkattikul, J. Wasuratmanee, S. Klubsati, S. Sukkul, and S. Srijunruk, "Optimal Design of a Prototype Sugarcane Harvester Using the Finite Element Method," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 4, no. 3, pp. 86-99, 2026.

บทความวิจัย (Research Article)

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน (PM2.5) ที่มีค่าสูงเกินกว่าค่ากำหนดมาตรฐาน ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาส่งผลให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพ ปัญหาทางด้านสังคม การดำรงชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดี ปราศจากสุขภาพที่ดีและชีวิตที่สุขสมบูรณ์ [1] ในทุกภูมิภาคของประเทศไทยแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน (PM2.5) ที่สำคัญเกิดมาจากการเผาวัสดุทางการเกษตร การเผาในที่โล่งแจ้ง การเผาไหม้ของยานพาหนะขนส่ง และกระบวนการอุตสาหกรรม

การลักลอบเผาไร่อ้อยเพื่อการเก็บเกี่ยวอ้อยไฟไหม้ที่ทำกันมาอย่างต่อเนื่อง โดยการเผาไร่อ้อยก่อนเก็บเกี่ยวนั้นทำนียมเพื่อความสะดวกในการตัดอ้อยของแรงงาน [2] เนื่องจากประเทศไทยถือเป็นประเทศผู้ส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับที่ 2 ของโลก โดยในช่วงหลายปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายประสบปัญหาในการตกเป็นจำเลยในประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมด้าน “การลักลอบเผาอ้อย” อันก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) [3] ทำให้ภาครัฐต้องมีการกำหนดแนวทางและมาตรการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรตัดอ้อยสดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเป็นทางออกสู่ความยั่งยืนของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายควบคู่กับการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดให้โรงงานน้ำตาลรับอ้อยไฟไหม้จากชาวไร่อ้อยทั้งฤดูกาลผลิตไม่เกิน 20% [4] และส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์ใบอ้อยและยอดอ้อยซึ่งส่งผลกับรายได้ของเกษตรกร ในส่วนของเศษซากใบอ้อยสดเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่ตกค้างอยู่ในแปลงอ้อยช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้แกดิน รวมถึงเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่ออ้อย [5] โดยในเศษซากใบอ้อยมีปริมาณธาตุอาหารสำคัญ ดังนี้ ธาตุไนโตรเจน 0.49% ฟอสฟอรัส 2.10% โพแทสเซียม 5.80% มีการคลุกเคล้าเศษซากใบอ้อย 1-2 ต้นต่อไร่ลงในดินจนมีการย่อยสลายแล้วจะช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจน 4.9-9.8 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 2.1-4.2

กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 5.8-11.6 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีอีกทางหนึ่ง การเผาอ้อยทำให้น้ำหนักหายไปและค่า C.C.S. สูงขึ้นเพียงชั่วคราวจากการควั่นของน้ำอ้อย และถ้าเกิดการขนส่งล่าช้าจะเกิดการเหี่ยวแห้งและน้ำตาลสลายตัวทำให้คุณภาพอ้อยตกต่ำลงอย่างรวดเร็วด้วย [6] ซึ่งการเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้แรงงานมากและต้องใช้แรงงานมาก คนงานเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นกลุ่มอาชีพผู้ปลูกผักและพืชไร่ อาจเหนื่อยล้าได้ง่ายเนื่องจากความเครียดที่มากเกินไปต่อข้อต่อกระดูกและกล้ามเนื้อ [7] และสัมผัสกับสัตว์รบกวนที่เป็นอันตรายจากสวน ทำให้เกิดข้อกังวลด้านความปลอดภัย ปัจจุบันเกษตรกรจึงเริ่มนำเทคโนโลยีหรือเครื่องจักรมาใช้แทนการจ้างแรงงานคน เพื่อแก้ปัญหาการจ้างแรงงานคนและสามารถอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรให้สามารถทำงานได้เร็วและสะดวกสบายขึ้น โดยเฉพาะฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยจึงมีการแก้ปัญหาด้วยการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้เพื่อทดแทนแรงงานคน การพัฒนาด้านประสิทธิภาพของการเลือกรถตัดอ้อยให้เหมาะสม [8] ทำให้สามารถตัดอ้อยได้เร็วและทันฤดูกาลเปิดหีบของโรงงานน้ำตาล [9] และการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักรยังทำให้สามารถเก็บเกี่ยวอ้อยได้ซึ่งช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ก่อนการเก็บเกี่ยวซึ่งจำเป็นโดยการเก็บเกี่ยวด้วยมือ [10]

ปัจจุบันมีการนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้ในการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและลดการใช้แรงงาน อย่างไรก็ตาม รถตัดอ้อยส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรที่มีราคาสูงและมีโครงสร้างที่ซับซ้อน ส่งผลให้เกษตรกรรายย่อยไม่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวได้ นอกจากนี้ปัญหาสำคัญของรถตัดอ้อยที่ใช้งานในปัจจุบัน คือ การสะสมของเศษใบอ้อยภายในระบบตัด ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการติดขัดของระบบและเพิ่มภาระแรงต่อโครงสร้างเครื่องจักร

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องจักรกลก่อนการสร้างต้นแบบจริงจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

บทความวิจัย (Research Article)

(Finite Element Method: FEM) เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการวิเคราะห์ความเค้นและการเสียรูปของโครงสร้างที่มีรูปทรงซับซ้อน เนื่องจากสามารถจำลองพฤติกรรมเชิงกลของโครงสร้างภายใต้สภาวะการทำงานได้อย่างแม่นยำ [11,12]

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โครงสร้างของรถตัดอ้อยโดยใช้ FEM ยังมีจำกัด โดยเฉพาะการออกแบบรถตัดอ้อยต้นแบบที่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อยในประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของรถตัดอ้อยต้นแบบโดยใช้ FEM เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของระบบตัดอ้อยและระบบสับย่อยใบอ้อยให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบรถตัดอ้อยแบบตัดเป็นลำโดยประยุกต์วิศวกรรมย้อนรอยร่วมกับการออกแบบสามมิติ และการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อยืนยันความแข็งแรงของโครงสร้างและจุดวิกฤตของระบบตัดอ้อยที่ได้รับการปรับปรุงโดยมุ่งลดปัญหาการสะสมเศษใบ และเพิ่มความต่อเนื่องในการทำงาน พร้อมรายงานตัวชี้วัดเชิงวิศวกรรมเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของการออกแบบก่อนผลิตต้นแบบจริงซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการประยุกต์นำไปพัฒนาการผลิตรถตัดอ้อยให้กับกลุ่มเกษตรกรชาวไร่อ้อยในประเทศไทยได้อย่างยั่งยืน

2. ระเบียบวิธีการดำเนินงานวิจัย

ระเบียบวิธีการดำเนินงานวิจัยจะใช้กระบวนการวิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) เป็นกระบวนการ ร่วมกับหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ หมายถึง การคิดค้น วางแผน เสนอแนะแนวทางในการสร้างสรรค์ (Creativity) [13] และพัฒนา (Development) สิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ ให้มีประโยชน์ใช้สอย และความงามที่เหมาะสมขึ้น โดยการกระทำให้เกิดรูปแบบการมองเห็นได้ ซึ่งมีกระบวนการหรือขั้นตอนแตกต่างกันไปตามลักษณะ

ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สอดคล้องกับหลักการการออกแบบดังแสดงในรูปที่ 1 [14] หลังจากได้พัฒนาตามหลักการออกแบบแล้วจึงนำไปสู่ขั้นตอนการพัฒนาและสร้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกลขึ้นมาใหม่ให้มีประสิทธิภาพด้านการใช้งานที่ดีกว่าเดิม หรือเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abdulshaheed et al. [15] ได้ทำการออกแบบ 3 มิติ และใช้กระบวนการวิศวกรรมย้อนรอยของใบพัดซึ่งเป็นวัสดุหนึ่งในปั้มน้ำรูปหอยโข่ง (Pump as Turbine) ซึ่งเป็นรูปแบบของการพัฒนาจากชิ้นส่วนเดิมที่มีอยู่แล้ว โดยปกติจะเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ชิ้นส่วนเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือตัวผลิตภัณฑ์ จัดได้ว่าเป็นกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนเดิมที่มีอยู่โดยใช้หลักการออกแบบทางวิศวกรรมที่ได้รับความนิยมของนักวิศวกรการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์หาความแข็งแรงในส่วน of ระบบตัดอ้อย

2.1. กระบวนการวางแผนออกแบบโครงสร้างรถตัดอ้อย

รถตัดอ้อยที่ใช้อยู่โดยทั่วไป มีด้วยกัน 2 ประเภท ได้แก่ รถตัดอ้อยแบบตัดเป็นลำ และรถตัดอ้อยแบบตัดเป็นท่อน ซึ่งทั้ง 2 ประเภท มีลักษณะที่แตกต่างกันในส่วนของระบบการทำงาน แต่มีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันทั้งวัสดุ และชิ้นส่วนอะไหล่ รวมถึงมาตรฐานการผลิตดังรูปที่ 2 ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อการทำงานของรถตัดอ้อยให้มีประสิทธิภาพดี และเป็นไปตามกำลังของเครื่องยนต์ที่ได้รับการออกแบบ ซึ่งรถตัดอ้อยที่เหมาะสมกับการใช้งานจะเป็นรถตัดอ้อยแบบตัดเป็นลำ เนื่องจากมีการใช้งานง่าย ค่าบำรุงรักษาในระยะยาวถูกกว่าแบบตัดเป็นท่อนค่อนข้างมาก การดูแลรักษาง่าย ไม่ซับซ้อน อีกทั้งเกษตรกรไม่เกิดการสูญเสียน้ำหนักอ้อยในระหว่างการเก็บเกี่ยวอีกด้วย ดังนั้นจึงเกิดการวิเคราะห์ต้นแบบของรถตัดเป็นลำเพื่อนำมาพัฒนา

บทความวิจัย (Research Article)

ระบบการทำงานให้มีประสิทธิภาพ สามารถทำงานได้ครบวงจร และนำเอาระบบบางส่วนของแบบตัดเป็นท่อนมาพัฒนาเข้ากับรถตัดอ้อยชนิดนี้ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้เกิดแรงจูงใจในการใช้งานของเกษตรกรในกลุ่มเป้าหมาย อีกทั้งยังส่งเสริมการผลิตและใช้งานอย่างแพร่หลายในกลุ่มเกษตรกรเป้าหมาย รวมไปถึงเชิงพาณิชย์ที่โรงงานน้ำตาลสามารถกระจายการใช้งานไปสู่เกษตรกรชาวไร่อ้อยได้อีกด้วย

2.2 การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์รถตัดอ้อยแบบเดิม

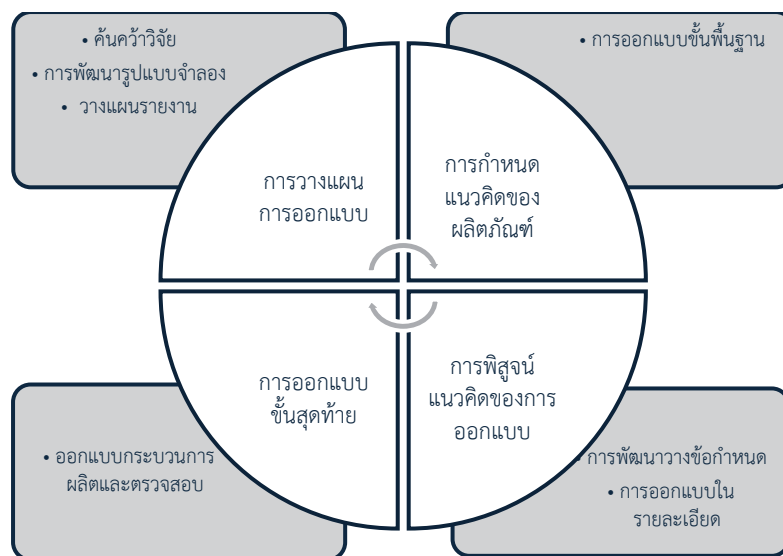
วิเคราะห์ความแข็งแรงทางวิศวกรรมทางโครงสร้างของรถ ด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sookramoon et al. [16] และ Khumwong and Boripatkosol [17] ในการออกแบบแชสซีสำหรับพาหนะการเกษตร โดยได้ทำการสร้างแบบจำลองสามมิติของโครงสร้างรถตัดอ้อยด้วยโปรแกรม SolidWorks 2021 โดยอ้างอิงข้อมูลจากการวัดขนาดชิ้นส่วนจริงและกระบวนการวิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) เพื่อให้ได้รูปแบบทางเรขาคณิตที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากที่สุด แบบจำลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วยโครงสร้างหลักของรถ ชุดตัดอ้อย ชุดขับเคลื่อน ชุดแชสซีชุดขับเคลื่อน ย่อยไปอ้อย และตำแหน่งติดตั้งมอเตอร์ขับเคลื่อน โดยชิ้นส่วนที่ไม่ส่งผลโดยตรงต่อการรับแรงของโครงสร้างได้ถูกลดทอนรายละเอียดทางเรขาคณิต (Geometry Simplification) เพื่อลดความซับซ้อนของแบบจำลองช่วยให้การคำนวณวิเคราะห์มีความเสถียรภาพมากขึ้น ซึ่งจะใช้ฟังก์ชันการ Simulation ประเภท Static Analysis พฤติกรรมเชิงโครงสร้างภายใต้สภาวะแรงคงที่ ที่เป็นการวิเคราะห์ความแข็งแรงเพื่อคำนวณหาความแข็งแรง โดยทำการวิเคราะห์ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับวัสดุ จากค่า Von Mises หรือค่าความเครียดที่กระทำในวัสดุ ซึ่งถ้าถึงจุด Yield Point จะทำให้ชิ้นงานเสียรูปและเสียหาย

ได้อย่างถาวร โดยมีหน่วยเป็น N/m^2 พบว่า โครงสร้างของรถสามารถรองรับน้ำหนักของชิ้นส่วนอ้อยได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย ซึ่งมีค่าความเค้นแรงดึงที่จุดคราก (Yield Strength) ที่มากกว่าค่าความเค้นของวัสดุที่เกิดขึ้นจริง (Stress) ของโครงสร้างรถ ซึ่งมีค่าที่มากกว่า 1 ที่แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานนั้นจะไม่เกิดความเสียหาย ในการกำหนด Boundary Conditions ของการ Simulation ได้กำหนดตำแหน่งจุดยึดโครงสร้างหลักของรถตัดอ้อยให้เป็นลักษณะ Fixed Geometry เพื่อจำลองสภาวะการยึดติดของโครงสร้างกับตัวรถจริง และลดการเคลื่อนที่ในทุกแกน ส่วนของการกำหนดแรงกระทำ External Load ได้กำหนด Force ที่กระทำบริเวณชุดแชสซีชุดขับเคลื่อนและตำแหน่งรองรับใบตัด ซึ่งเป็นบริเวณที่คาดว่าจะเกิดการรับแรงสูงจากกระบวนการตัดและการลำเลียงต้นอ้อยเข้าสู่ระบบตัด โดยทิศทางของแรงถูกกำหนดให้สอดคล้องกับแนวแรงที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการทำงานของชุดตัดอ้อย นอกจากนี้ยังได้กำหนดแรงเพิ่มเติมบริเวณจุดติดตั้งมอเตอร์ขับเคลื่อน เพื่อจำลองผลของแรงบิดและน้ำหนักที่ถ่ายเข้าสู่โครงสร้างหลักระหว่างการดำเนินงาน โดยกำหนดให้วัสดุโครงสร้างหลักของรถตัดอ้อย แสดงในตารางที่ 1

2.3 ออกแบบจำลองรถตัดอ้อยแบบใหม่

จากที่โครงสร้างรถเดิมสามารถรองรับการเพิ่มของชิ้นส่วนเพื่อการพัฒนาที่มีประสิทธิภาพได้ จึงดำเนินการออกแบบและเขียนแบบรถตัดอ้อยสร้างแบบจำลองสามมิติของชิ้นส่วนที่ได้รับการปรับปรุงด้วยโปรแกรม SolidWorks 2021 เพื่อใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ของโครงสร้างต้นแบบเดิม เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลทางวิศวกรรมระหว่างแบบเดิมและแบบที่ได้รับการปรับปรุงได้อย่างชัดเจนดังรูปที่ 4 ในส่วนที่ได้รับการวิเคราะห์ความแข็งแรงที่จะต้องทำการปรับปรุงพัฒนาคือส่วนของระบบรองรับการตัดอ้อย

บทความวิจัย (Research Article)

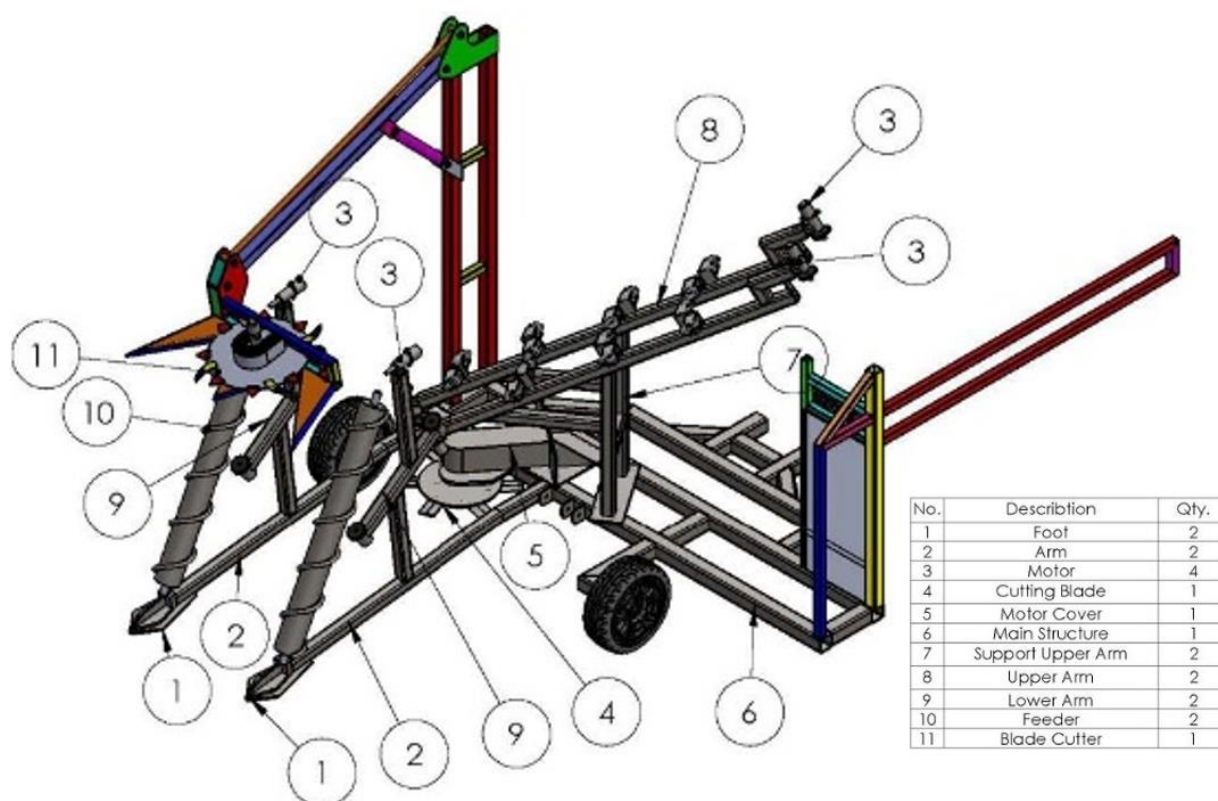


รูปที่ 1 ผังวงจรกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์

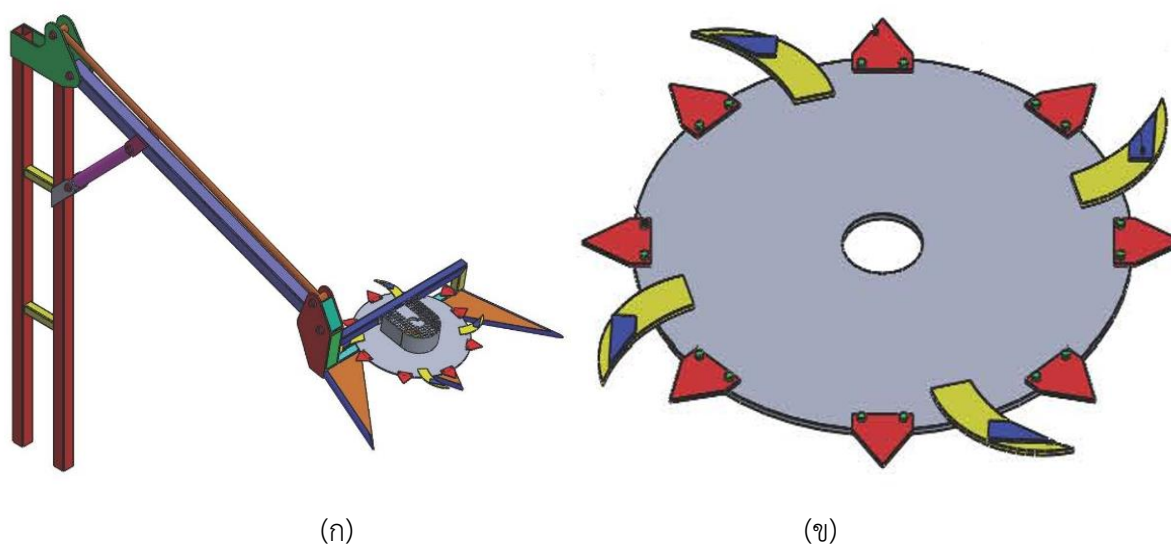
ตารางที่ 1 ข้อมูลกำหนดคุณสมบัติของวัสดุในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์

หมวดหมู่	พารามิเตอร์ (Parameter)	รายละเอียด (Specification)
Material Model	Material Name	SS400 (Structural Steel)
	Analysis Model Type	Linear Elastic Isotropic
	Modulus of Elasticity	200 GPa (2×10^{11} N/m ²)
	Poisson's Ratio	0.3
	Mass Density	7,850 kg/m ³
	Yield Strength	283 MPa (2.83×10^8 N/m ²)
Mesh Generation	Element Type	High-order Quadratic Solid Element
	Total Elements	88,206
	Total Nodes	177,942
	Max/Min Element Size	20 mm / 1.25076 mm
	Jacobian Points	16 points
Mesh Quality	Aspect Ratio (Average)	7.1635
	Aspect Ratio < 3 (%)	89.20%

บทความวิจัย (Research Article)

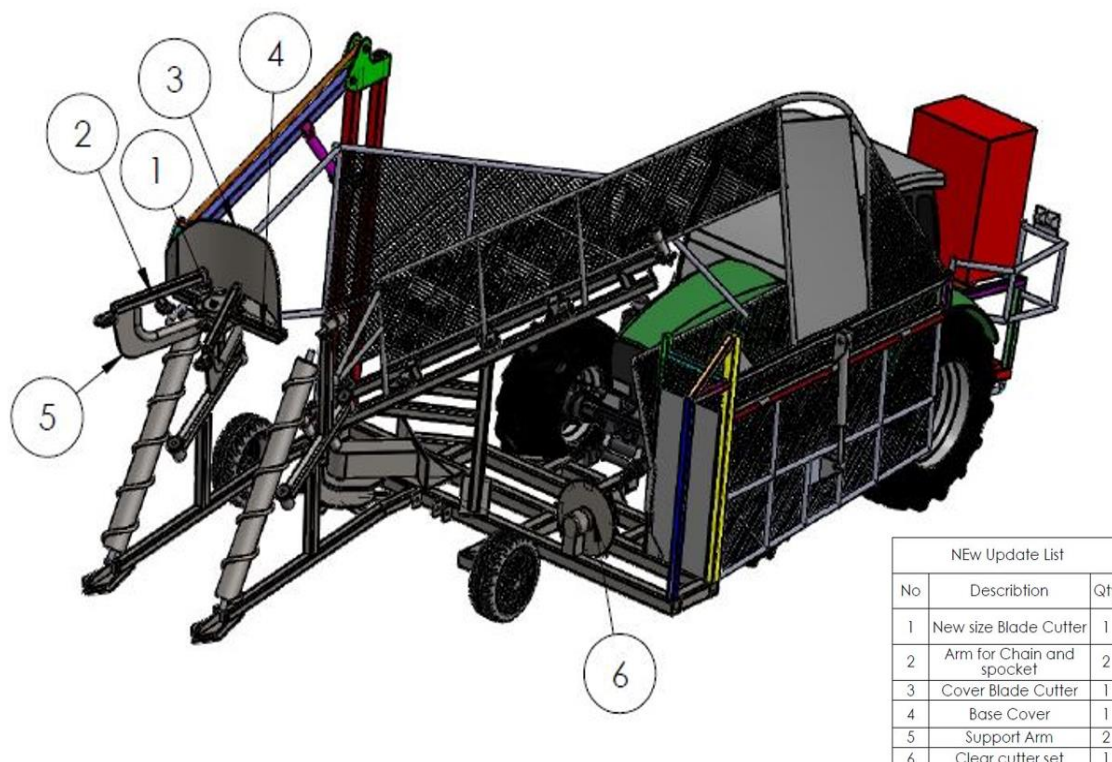


รูปที่ 2 การถอดแบบโครงสร้างส่วนประกอบรถตัดอ้อย

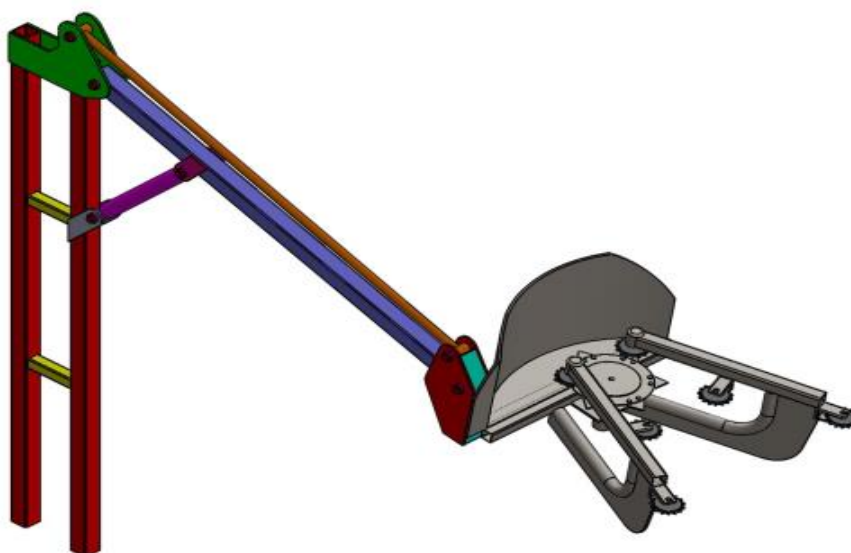


รูปที่ 3 ชิ้นส่วนอะไหล่ของ (ก) ระบบตัดอ้อย (ข) ใบมีดของระบบสับย่อยใบ

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 4 แบบจำลองรถตัดอ้อยที่ได้รับการปรับปรุง



รูปที่ 5 ชุดตัดอ้อยที่ได้รับการปรับปรุง

2.4 ระบบตัดอ้อย

จากรูปที่ 4 หมายเลขชิ้นส่วนหมายเลข 1-5 ออกแบบให้มีการปรับเปลี่ยนขนาดของใบตัดอ้อยและ

การพัฒนาลักษณะของตัวปากที่ใช้ลำเลียงตัวต้นอ้อยเข้าสู่ใบตัด ซึ่งยังคงมีลักษณะเป็นหลักปากกว้างปลายแคบเช่นเดิม แต่มีการเพิ่มใบตัดขนาดเล็ก (New Size Blade Cutter) ประกอบเข้าไปในส่วนของแขนใบตัดที่

บทความวิจัย (Research Article)

มีการพัฒนาใหม่ (Arm for Chain and Sprocket) เพื่อช่วยในการตัดย่อยใบอ้อย นอกจากนี้ได้มีออกแบบตัวฝาครอบ (Cover Blade Cutter) ที่มีหน้าที่ป้องกันเศษใบอ้อยไปสะสมที่ตัวเครื่องทั้งด้านบนและด้านล่างของสายพาน ซึ่งจากลักษณะโค้งงอของตัวฝาครอบจะบังคับและดันเศษใบอ้อยให้ออกไปทางด้านข้างของตัวเครื่องแทน ดังนั้นส่วนที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นแสดงใน รูปที่ 5

3. ผลการทดลอง

3.1 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของรถตัดอ้อยที่ได้รับการพัฒนา

ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างจากการจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ถูกนำมาประเมินความเหมาะสมของการออกแบบโดยการเปรียบเทียบค่าความเค้นสูงสุด (Maximum Equivalent Stress) ที่เกิดขึ้นกับค่าความเค้นแรงดึงที่จุดครากของวัสดุ (Yield Strength) ที่ใช้ในการผลิตโครงสร้าง วัสดุที่ใช้ในโครงสร้างหลักของรถตัดอ้อยเป็นเหล็กโครงสร้าง ซึ่งมีค่าความเค้นครากประมาณ 283 MPa ดังนั้นในการออกแบบโครงสร้างเครื่องจักรกล ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นจริงต้องต่ำกว่าค่าความเค้นครากของวัสดุ เพื่อป้องกันการเสียรูปถาวรของโครงสร้าง [18,19] ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ในระบบตัดอ้อย พบว่าค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นจากการจำลองมีค่าต่ำกว่าค่าความเค้นครากของวัสดุอย่างชัดเจน ส่งผลให้โครงสร้างสามารถทำงานได้ภายใต้ช่วงเขตการยอมรับได้ และมีค่าความปลอดภัยในการออกแบบ (Factor of Safety : FoS) มากกว่า 1 และในระบบสับย่อยใบ โดยมีวิธีการคำนวณค่า FoS ดังแสดงที่สมการที่ 1

$$FoS = Yield\ Strength / Von\ Mises\ Stress \quad (1)$$

เมื่อ ;

$Yield\ Strength$ = ค่าความเค้นแรงดึงที่จุดคราก

$Von\ Mises\ Stress$ = ค่าความเครียดที่กระทำในวัสดุ

โดยค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นยังคงอยู่ต่ำกว่าค่าความเค้นครากของวัสดุเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างที่ออกแบบสามารถรองรับแรงที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทำงานได้โดยไม่เกิดการเสียรูปถาวร ดังนั้นผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถยืนยันได้ว่าโครงสร้างของระบบมีความแข็งแรงเพียงพอและอยู่ในช่วงเขตการยอมรับได้สำหรับการใช้งานจริงของรถตัดอ้อยต้นแบบ

3.2. ค่าความเค้นและความปลอดภัยในการทำงาน

การประเมินความปลอดภัยเชิงโครงสร้างของชุดตัดอ้อยโดยสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม SolidWorks 2021 และวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ภายใต้เงื่อนไขการทำงานที่กำหนด จากนั้นพิจารณาค่า Maximum Von Mises Stress เปรียบเทียบกับค่า Yield Strength และคำนวณค่า: FoS โดยผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 6 สำหรับแบบเดิม ผลการจำลองให้ค่า Yield Strength เท่ากับ 2.83×10^8 Pa และค่า Von Mises Stress สูงสุดเท่ากับ 2.67×10^8 Pa ทำให้ได้ค่า $FoS = 1.06$ ซึ่งพบว่าโครงสร้างมีระยะเผื่อก่อนถึงจุดครากมีค่าที่ต่ำกว่าประมาณ 6% โดยอาจส่งผลให้เกิดสภาวะโหลดผันผวนในงานจริง เช่น การติดขัดจากเศษใบอ้อยหรือแรงกระแทกช่วงเริ่มตัดอาจทำให้ความเค้นเพิ่มขึ้นจนเข้าใกล้การเสียรูปถาวรได้

หลังการปรับปรุงแบบรถตัดอ้อยใหม่โดยออกแบบเป็นหลักปากกว้างปลายแคบเช่นเดิม แต่มีการเพิ่มใบตัดขนาดเล็ก และส่วนฝาครอบ เพื่อช่วยลดภาระโหลดของใบมีดสับอ้อย พบว่าค่า Von Mises Stress สูงสุดลดลงเหลือ 140.50 MPa เมื่อ

บทความวิจัย (Research Article)

พิจารณาร่วมกับค่า Yield Strength ของวัสดุเดิม ที่ค่าประมาณ 283 MPa ส่งผลให้ค่า FoS เพิ่มขึ้นเป็น 2.01 ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ FoS แสดงถึงความสามารถในการรองรับแรงที่สูงขึ้นและมีระยะเผื่อก่อนถึงจุดครากมีค่าที่เพิ่มขึ้น [20,21]

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองรถตัดอ้อยแบบดั้งเดิมและแบบที่ได้รับการปรับปรุง

Parameter	แบบเก่า	แบบปรับปรุง
ระบบตัดอ้อย	แบบเดิม ใบตัดของระบบสับย่อย ใบขนาดใหญ่	แบบปรับปรุง มีการเพิ่มใบตัดขนาดเล็กเข้าไปในส่วนของแกนใบตัด และมีตัวฝากรอบป้องกันเศษใบอ้อยไปสะสมที่ตัวเครื่อง
ค่า Von Mises Stress สูงสุด (MPa)	2.67×10^8 Pa	140.50
ค่า Yield Strength ที่ใช้คำนวณ (MPa)	2.83×10^8 Pa	283 (ฐานวัสดุเดียวกัน)
Factor of Safety, FoS	1.06	2.01
Margin to Yield	$\approx 6\%$	$\approx 101\%$
แนวโน้มการกระจุกตัวของความเค้น	กระจุกตัวบริเวณจุดยึด/แขนชุดตัด ทำให้เสี่ยงล้าตัวเร็ว	กระจายตัวดีขึ้นจากการจัดเส้นทางแรงและการเสริมโครงสร้าง
การสะสมเศษใบอ้อยในระบบตัด	มีการสะสมสูง ทำให้ติดขัด/หยุดเครื่อง	ลดลงจากฝากรอบป้องกันเศษใบอ้อย
เสถียรภาพการทำงาน (Operational stability)	มีโอกาสติดขัด ส่งผลต่อความต่อเนื่องการเก็บเกี่ยว	ทำงานต่อเนื่องดีขึ้น ลดการหยุดทำงาน

4. อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

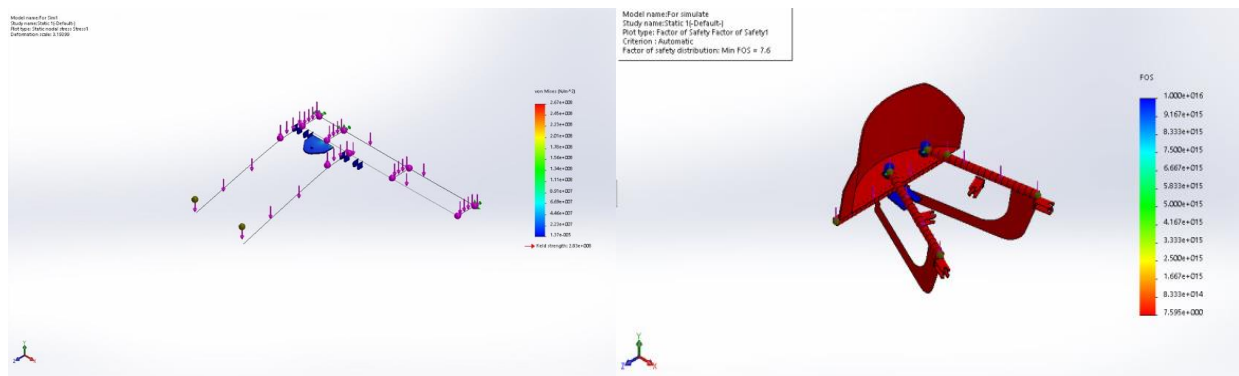
งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวิศวกรรมย้อนรอยร่วมกับการออกแบบสามมิติและการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) เพื่อใช้ผลเชิงโครงสร้างในการปรับปรุงชิ้นส่วนสำคัญของรถตัดอ้อยก่อนการผลิตต้นแบบจริง โดยแก้ปัญหาเชิงการใช้งาน ได้แก่ การสะสมเศษใบอ้อยในระบบตัดซึ่งนำไปสู่การติดขัดและการหยุดเครื่องระหว่างการทำงาน ทั้งนี้แนวทางดังกล่าวช่วยให้การปรับปรุงแบบมีหลักฐานเชิงวิศวกรรมรองรับ และลดความเสี่ยงด้านความแข็งแรงของโครงสร้างเมื่อมีการเพิ่มและปรับองค์ประกอบของ

ระบบตัดอ้อยใบอ้อย ผลการวิเคราะห์ FEM ในส่วนชุดตัดอ้อยแสดงแนวโน้มชัดเจนว่าแบบเดิมมีระยะเผื่อความปลอดภัยต่อจุดครากค่อนข้างต่ำกว่าแบบที่มีการปรับปรุงใหม่ซึ่งมีความเค้นสะสมลดลงและค่าเผื่อความปลอดภัยเพิ่มขึ้น ผลสรุปโครงสร้างหลังปรับปรุงมีความพร้อมรองรับสภาวะโหลดที่ผันผวนได้ดีกว่า เช่น โหลดกระชากจากการติดขัดของเศษใบอ้อยหรือแรงกระแทกช่วงเริ่มตัด การเปรียบเทียบผ่านรูปที่ 6–7 และตารางที่ 2 ช่วยให้เห็นความแตกต่างทั้งเชิงปริมาณและเชิงพฤติกรรมการกระจายความเค้นของโครงสร้างได้ชัดเจน เมื่อพิจารณาเชิงกลศาสตร์การปรับปรุง

บทความวิจัย (Research Article)

ระบบตัดยอดโดยเพิ่มองค์ประกอบด้านการป้องกันการสะสมเศษใบ มีแนวโน้มช่วยลดโอกาสเกิดสภาวะอุดตันกับติดขัด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของโหลดที่พุ่งสูงแบบฉับพลัน นอกจากนี้ การเพิ่มและปรับชิ้นส่วนในตำแหน่งสำคัญของชุดตัดยอดยังเอื้อต่อการกระจายเส้นทางการถ่ายแรง (Load Path) ให้เหมาะสมขึ้น ลด

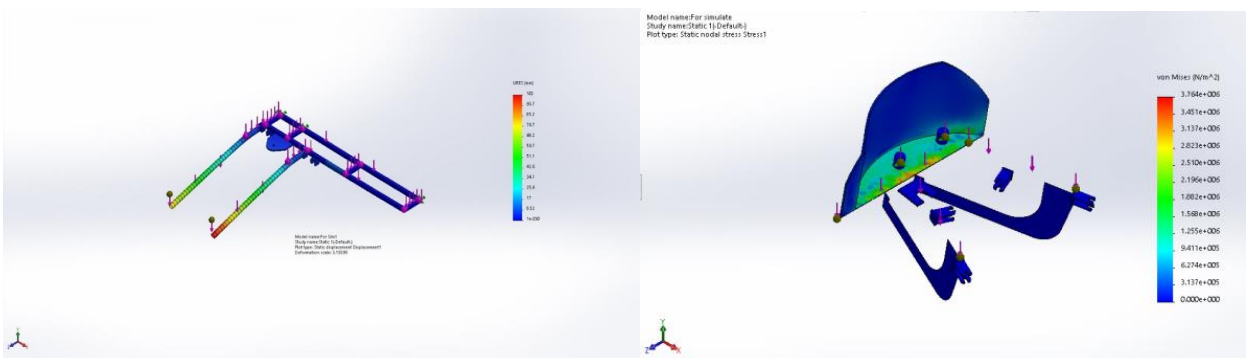
การกระจุกตัวของความเค้นบริเวณจุดยึดกับแขนชุดตัด และช่วยเพิ่มเสถียรภาพการทำงานต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานที่พัฒนาต้นแบบรถตัดอ้อยแบบตัดเป็นลำ โดยวิเคราะห์ความปลอดภัยเชิงโครงสร้างของรถตัดอ้อยด้วยผล FEM เป็นเกณฑ์ยืนยันความเหมาะสมก่อนการผลิตจริง



(ก)

(ข)

รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยในการทำงาน (ก) ผลการวิเคราะห์โครงสร้างหลักของรถตัดอ้อยที่ได้รับการปรับปรุง (ข) ผลการวิเคราะห์ระบบตัดยอดของรถตัดอ้อยที่ได้รับการปรับปรุง



(ก)

(ข)

รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นเสียหายสูงสุด (ก) ผลการวิเคราะห์โครงสร้างหลักของรถตัดอ้อยที่ได้รับการปรับปรุง (ข) ผลการวิเคราะห์ระบบตัดยอดของรถตัดอ้อยที่ได้รับการปรับปรุง

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาต้นแบบรถตัดอ้อยแบบตัดเป็นลำโดยใช้วิศวกรรมย้อนรอยร่วมกับการ

ออกแบบสามมิติและการวิเคราะห์ FEM เพื่อยืนยันความแข็งแรงเชิงโครงสร้างของชิ้นส่วนสำคัญและสนับสนุนการตัดสินใจปรับปรุงแบบก่อนการผลิตจริง

บทความวิจัย (Research Article)

โดยมุ่งแก้ปัญหาการสะสมเศษใบอ้อยในระบบตัดซึ่งเป็นสาเหตุของการติดขัดและการหยุดเครื่องระหว่างการเก็บเกี่ยว ผลการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบชี้ว่าแบบปรับปรุงให้แนวโน้มความเค้นลดลงและค่าเพื่อความปลอดภัยสูงขึ้นเมื่อเทียบกับแบบเดิมบ่งบอกถึงการยกระดับความปลอดภัยเชิงโครงสร้างและความพร้อมต่อสภาวะโหลตผันผวนในงานจริง โดยการปรับปรุงเชิงระบบประกอบด้วย (1) การพัฒนาระบบตัดย่อยด้วยการเพิ่มองค์ประกอบช่วยลดการสะสมเศษใบและเพิ่มความต่อเนื่องในการทำงาน และ (2) การเพิ่มชุดใบมีดในระบบสับย่อยใบอ้อยเพื่อลดการอุดตันจากเศษวัสดุ โดยงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและตรวจสอบเชิงวิศวกรรมสำหรับการพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรภายในประเทศ นอกจากนี้เกษตรกรหรือหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมเครื่องจักรกลการเกษตรสามารถนำผลการศึกษานี้ไปใช้เป็นข้อมูลประกอบในการพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวอ้อยให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง ลดต้นทุนแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพในภาคการเกษตรต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ หจก.ภาวนายนต์ ที่ให้ออกเอกสารข้อมูลและการผลิตต้นแบบรถตัดอ้อยสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Wasuratmanee *et al.*, “Design and Fabrication of a Dust Extraction Interface for PM2.5 and PM10 Reduction in Wood Planers”, in *CreTech 2025*, Rayong, Thailand: Proceeding, Aug. 2025, pp. 141–152. (in Thai)
- [2] A. Srisuphatthanakul, and P. Phetcharat, “Expanding learning results on the process of solving problems to reduce sugarcane burning “Sa Kao Model” to sugarcane farmers in Mueang Kamphaeng Phet District Kamphaeng Phet Province”, *Phikun Journal*, vol. 22, no. 2, pp. 1–22, 2024. (in Thai)
- [3] S. Khetjoi, W. Thasa, S. Raisa-nguan, and S. Khatjoi, “Impact of Burning Sugarcane Leaves Polluted PM 2.5 in Nai Mueang Sub-district, Wiang Kao District, Khon Kaen Province”, *Journal of Buddhist Education and Research*, vol. 7, no. 1, pp. 16–25, Jan. 2021. (in Thai)
- [4] Office of the Cane and Sugar Board (OCSB), “Regulation of the Cane and Sugar Board on Sugarcane Cutting and Delivery to Factories, Sugarcane Quality Inspection, and Receiving Sugarcane from Farmers or Farmer Group Leaders (No. 3) B.E. 2563 (2020)”, Bangkok, Mar. 2020. (in Thai)
- [5] P. Mingmit, C. Thongjoo, J. Roomkaew, S. Rungmekara, and T. Inboonchuay, “Effect of Fertilizer Management in Combination with Boron on Growth and Yield of Sugarcane”, *Journal of Science and Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 1–15, 2018. (in Thai)
- [6] A. Boonthum, J. Arree, C. Lairungreung, and D. Sophanodora, “Effect of leaving burnt cane in the field on yield and quality of sugarcane”, *Agriculture and*

บทความวิจัย (Research Article)

- Natural Resources*, vol. 31, no. 2, pp. 224–231, 1997. (in Thai)
- [7] S. Kulwong, J. Mapakdee2, K. Umpaarat, P. Timsuwan, M. Sintipong, S. Chanopprakarn, I. Saelai, and N. Pattarabudha, “Factors Associated with Back Pain Symptom of Cassava Farmers”, *Safety & Environment Review*, vol. 32, no. 2, pp. 12–22, 2023. (in Thai)
- [8] P. Jitmun, R. Karoonboonyanan, and A. Wongtamee, “Performance Evaluation of Sugarcane Harvester in Lower North Region of Thailand”, *Thai Society of Agricultural Engineering Journal*, vol. 30, no. 2, pp. 1–10, 2024. (in Thai)
- [9] K. Kosum, K. Suvanapa, and V. Whanguanklang, “A Study on Qualitative Losses in Sugarcane Harvester”, *Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal*, vol. 12, no. 16, pp. 26–36, 2020. (in Thai)
- [10] O. Braunbeck, A. Bauen, F. Rosillo-Calle, and L. Cortez, “Prospects for green cane harvesting and cane residue use in Brazil”, *Biomass Bioenergy*, vol. 17, no. 6, pp. 495–506, 1999.
- [11] A. L. Saldaña-Robles, A. Bustos-Gaytán, J.A. Diosdado-De la Peña, A. Saldaña-Robles, V. Alcántar-Camarena, A. Balvantín-García, and N. Saldaña-Robles, “Structural design of an agricultural backhoe using TA, FEA, RSM and ANN”, *Comput. Electron. Agric.*, vol. 172, p. 105278, May 2020, doi: 10.1016/j.compag.2020.105278.
- [12] H. Zhao, Y. Huang, Z. Liu, W. Liu, and Z. Zheng, “Applications of Discrete Element Method in the Research of Agricultural Machinery: A Review”, *Agriculture*, vol. 11, no. 5, p. 425, May 2021, doi: 10.3390/agriculture11050425.
- [13] T. Phoungmanee, W. Yamyim, I. Chaikulap, K. Pumsin, K. Harakhun, and N. Keawongsa, “Souvenir Products from Identity of Loei Rajabhat University: Guidelines for Designing Prototype Products Based on Soft Power Concept”, *Research and Development Journal Loei Rajabhat University*, vol. 19, no. 69, pp. 15–23, 2024. (in Thai)
- [14] T. Keawpan, S. Itsaranuwat, and J. Plangnok, “Principles and concepts in product design”, *Journal of Humanities and Social Sciences, Surindra Rajabhat University*, vol. 22, no. 2, pp. 161–182, 2020. (in Thai)
- [15] A. Abdulshaheed, F. Mustapha, S. S. Dol, K. A. Ahmad, M. Mustapha, and M. Anuar, “Reverse engineering of impellers to reduce pipe network pressure and enable sustainable power generation using pumps as turbines (PATs)”, *Results in Engineering*, vol. 28, p. 108124, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.rineng.2025.108124.
- [16] K. Sookramoon, S. Bunchoowit, W. Permchart, C. Suetrong, and S. Kingthong, “Finite Element Investigation

บทความวิจัย (Research Article)

- on Chassis Design for Agricultural Vehicle”, *The Journal of Industrial Technology: Suan Sunandha Rajabhat University*, vol. 11, no. 1, pp. 94–106, 2023. (in Thai)
- [17] P. Khumwong and S. Boripatkosol, “Strength Analysis of Beams of a Tank Semi-trailer Using the Finite Element Method”, *KKU Research Journal (Graduate Studies)*, vol. 22, no. 4, pp. 65–77, 2022. (in Thai)
- [18] A. Jahanbakhshi and K. Heidarbeigi, “Simulation and Mechanical Stress Analysis of the Lower Link Arm of a Tractor Using Finite Element Method”, *Journal of Failure Analysis and Prevention*, vol. 19, no. 6, pp. 1666–1672, Dec. 2019, doi: 10.1007/s11668-019-00763-2.
- [19] V. Hruban, A. Drobitko, M. Khramov, and M. Tovpyha, “Strength analysis and optimisation of trailer agricultural machinery structures using finite element methods”, *Machinery & Energetics*, vol. 16, no. 2, pp. 117–130, Feb. 2025, doi: 10.31548/machinery/2.2025.117.
- [20] S. Bakshi, K. Ingale, A. Jain, and S. Karuppudiyani, “Design and Development of Bio-Sensitive Robotic Arm using Gesture Control”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 912, no. 3, p. 032062, Aug. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/912/3/032062.
- [21] E. Menacho-Mendoza, R. Cedamano-Cuenca, and A. Díaz-Suyo, “Stress analysis and factor of safety in three dental implant systems by finite element analysis”, *The Saudi Dental Journal*, vol. 34, no. 7, pp. 579–584, 2022, doi: 10.1016/j.sdentj.2022.08.006.