



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การปรับปรุงความแข็งแรงของโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย

Strength Improvement of Track Frame of a Thai-Made Rice Combine Harvester

คงเดช พะสีนาม พยุงศักดิ์ จุลยุเสน* คธา วาทกิจ จรุงศักดิ์ สมพงษ์ และ ยงยุทธ เสงียดัง

Khongdet Phasinam Payungsak Junyusen* Kata Vatakit

Charoonsak Somphong and Yongyuth Sengdang

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

School of Agricultural and Food Engineering, Faculty of Food and Agricultural Technology,

Pibulsongkram Rajabhat University.

School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology.

Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering and

Architecture, Rajamangala University of Technology Isan.

Received: 3 พ.ย. 59

Accepted: 19 ธ.ค. 59

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความแข็งแรงของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับแบบจำลองโครงช่วงล่างตามสภาวะการทำงาน 2 แบบ คือ หัวเกี่ยวขนานกับพื้นและหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างแสดงให้เห็นว่า ความเค้นสูงสุดในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 91.1 MPa และ 91.7 MPa ตามลำดับ ส่วนการโก่งตัวสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.313 mm และ 2.355 mm ตามลำดับ ผลการปรับปรุงแบบจำลองโครงช่วงล่างทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น 53% และมวลลดลง 19.5%

คำสำคัญ : เครื่องเกี่ยวนวดข้าว โครงช่วงล่าง การวิเคราะห์ความแข็งแรง วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

This research aims to improve the track frame strength of a Thai-made rice combine harvester using the finite element method (FEM) with track frame model. Two field work conditions of the harvester's header were selected namely horizontal position and maximum lift position. The FEM results showed that the maximum stresses of those conditions were 91.1 MPa and 91.7 MPa, respectively, while the maximum deflection 2.313 mm and 2.355 mm, respectively. The improvement of the track frame model could increase the strength of 53% and reduce mass of 19.5%.

Keywords: Rice Combine Harvester: Track Frame, Strength analysis, Finite Element Method

*ติดต่อ: E-mail: payungs@sut.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 044-224580, เบอร์โทรสาร: 044-224610

1. บทนำ

ปัจจุบันเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตข้าวในประเทศไทย จากการสำรวจพบว่าเครื่องเกี่ยวนวดข้าวใช้งานในประเทศมากกว่า 10,000 เครื่อง [2] ซึ่งเป็นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตจากโรงงานผู้ผลิตในประเทศไทย โดยไม่รวมถึงเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่นำเข้าจากต่างประเทศและมีแนวโน้มได้รับความนิยมสูงขึ้นเรื่อยๆ

เครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยสามารถจำแนกระบบกลไกหลักออกได้เป็น 4 ระบบ คือ ระบบเกี่ยวตัดและลำเลียง ระบบนวดคัดทำความสะอาด ระบบช่วงล่างและขับเคลื่อน และระบบเครื่องยนต์ต้นกำลัง [9] แนวทางการพัฒนาของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยมักจะมุ่งเน้นให้มีสมรรถนะการทำงานสูง และสามารถทำงานได้ทุกสภาพพื้นที่ จึงส่งผลให้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีขนาดหน้ากว้างการทำงานและขนาดตัวค่อนข้างใหญ่และมีน้ำหนักมาก การพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในทิศทางนี้ส่งผลเสียต่อการปลูกข้าว เช่น ก่อให้เกิดปัญหาโครงสร้างของดินถูกทำลาย [9]

นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มต้นทุนและราคาของเครื่องเกี่ยวนวดให้สูงขึ้นอีกด้วย [3] เมื่อเปรียบเทียบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยกับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจากต่างประเทศพบว่า เครื่องเกี่ยวนวดจากต่างประเทศมีขนาดค่อนข้างเล็ก น้ำหนักเบา และราคาถูก ปัจจัยเหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวจากต่างประเทศได้รับความนิยมจากเกษตรกรเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แม้ว่าเครื่องเกี่ยวนวดข้าวต่างประเทศจะทำงานในสภาพนาหล่มได้อย่างจำกัด ดังนั้นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยจำเป็นต้องถูกพัฒนาให้มีขนาดที่เหมาะสม เพื่อลดผลกระทบต่อนักนา ลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทั้งในประเทศและการส่งออก

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องพบว่าระบบช่วงล่าง (Undercarriage) ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยมาจากการนำเอาระบบขับเคลื่อนแบบตีนตะขาบของรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่มาปรับใช้ ซึ่งส่งผลให้โครงสร้างมีความแข็งแรงมาก ขนาดค่อนข้างใหญ่ และน้ำหนักมาก โดยทั่วไปเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

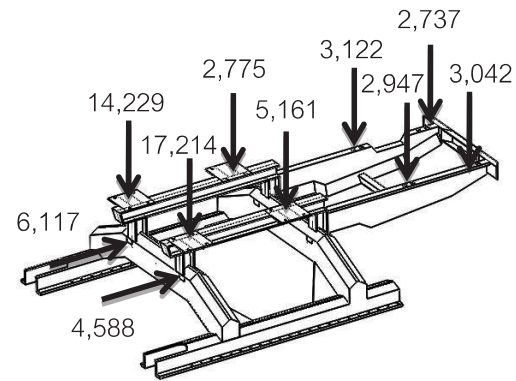
ไทยมีน้ำหนักระมาณ 7-10 ตัน ระบบช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีน้ำหนักมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเครื่อง และต้องใช้กำลังในการขับเคลื่อนสูงประมาณ 35-40 เปอร์เซ็นต์ของระบบเครื่องยนต์ต้นกำลัง [1] ระบบช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยประกอบด้วย โครงช่วงล่าง โช้ชับ เฟืองโช้โรลเลอร์ และใบตีนตะขาบ โดยโครงช่วงล่างมีน้ำหนักประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของระบบช่วงล่าง [8] ซึ่งจากการศึกษาความแข็งแรงของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย พบว่า ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างควรได้รับการปรับปรุงให้มีความเหมาะสมตามหลักการออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร [4-6] ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความแข็งแรงของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับแบบจำลองโครงช่วงล่าง ซึ่งจะเป็นการพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยให้มีน้ำหนักลดลง และมีความแข็งแรงเป็นไปตามหลักการออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร

2. วิธีการวิจัย

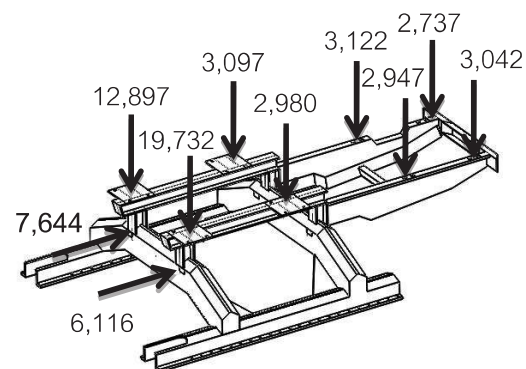
2.1 การวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ถูกแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element model) ด้วยโปรแกรม SolidWorks ตามสัดส่วนจริง 2) การกำหนดเงื่อนไข คุณสมบัติวัสดุของแบบจำลอง และแรงกระทำบนโครงช่วงล่างตามลักษณะการทำงาน

2 แบบ คือ หัวเกี่ยวขนานกับพื้นและหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด ดังรูปที่ 1 และ 3) การวิเคราะห์ความเค้นและการโก่งตัวของแบบจำลอง



(ก) หัวเกี่ยวขนานกับพื้น



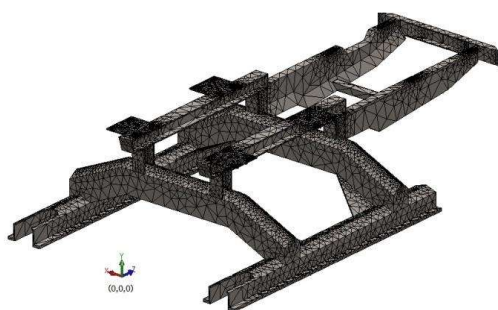
(ข) หัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด

รูปที่ 1 ขนาด ตำแหน่งและทิศทางของแรงกระทำกับแบบจำลองโครงช่วงล่าง

แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยถูกสร้างให้เอลิเมนต์เป็นแบบสามเหลี่ยมสี่หน้าสิบจุดต่อ (10-node tetrahedral) และมีขนาดไม่เท่ากัน เพราะโครงสร้าง

ตารางที่ 1 Material property for FEM analysis

Property	Mild Steel
Young's modulus (GPa)	200
Shear modulus (GPa)	79.3
Yield stress (MPa)	250
Tensile strength (MPa)	400
Poisson ratio	0.26
Density (Mgm ⁻³)	7.85



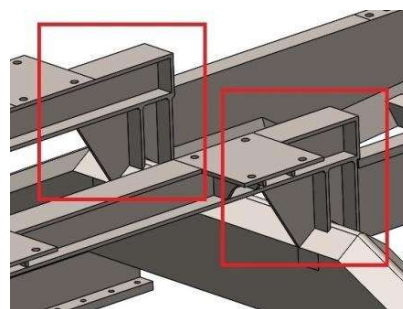
รูปที่ 2 รูปร่าง Mesh ของแบบจำลองโครงช่วงล่าง

มีความซับซ้อน [7] ดังนั้นแบบจำลองมีขนาด Mesh ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 150-19 mm ซึ่งทำให้มีเอลิเมนต์จำนวน 45,360 elements และโหนดจำนวน 89,887 nodes ดังรูปที่ 2

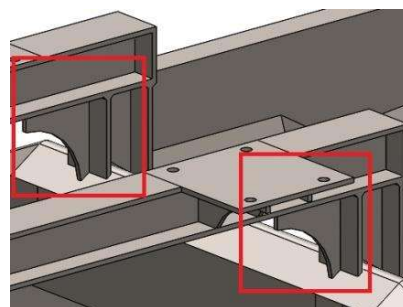
การวิเคราะห์โครงสร้างแบบสถิตย์ (Static structural analysis) ถูกนำมากำหนดเงื่อนไขของแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของโครงช่วงล่าง และคุณสมบัติวัสดุถูกกำหนดดังตารางที่ 1 ทฤษฎีความเสียหายวอนนิส (von Mises failure theory) ถูกนำมาวิเคราะห์ความแข็งแรงของแบบจำลอง

2.2 การปรับปรุงแบบจำลองโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย

โครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวถูกออกแบบใหม่ให้มีความแข็งแรงเป็นไปตามหลักการออกแบบเครื่องจักรกลเกษตรและมีมวลลดลง แต่ยังสอดคล้องกับชิ้นส่วนของระบบเดิมที่ผู้ประกอบการผลิตอยู่แล้ว มี 3 รูปแบบ ดังนี้ รูปแบบที่ 1 ติดตั้งคานเหล็กที่มีความหนา 9 mm เพื่อเพิ่มความแข็งแรงที่ตำแหน่งกลางเสาหลังทั้ง 2 ของโครงช่วงล่าง ดังรูปที่ 3

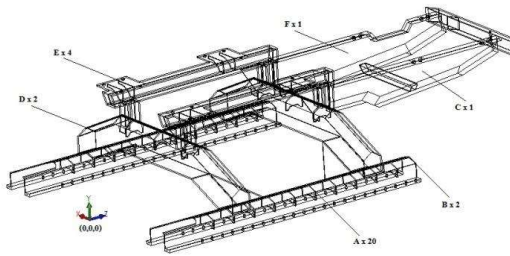


รูปที่ 3 การปรับปรุงในรูปแบบที่ 1



รูปที่ 4 การปรับปรุงในรูปแบบที่ 2

รูปแบบที่ 2 ถูกพัฒนาให้มวลที่ติดตั้งเพิ่มเติมลดลง 50% จากรูปแบบที่ 1 ดังรูปที่ 4 และรูปแบบที่ 3 ถูกพัฒนาจากรูปแบบที่ 1 โดยลดขนาดความหนาของชิ้นส่วน A, B, C, D, E และ F จำนวน 20, 2, 1, 2, 8 และ 1 ชิ้น ตามลำดับ จาก 9 mm ลงเหลือ 6 mm



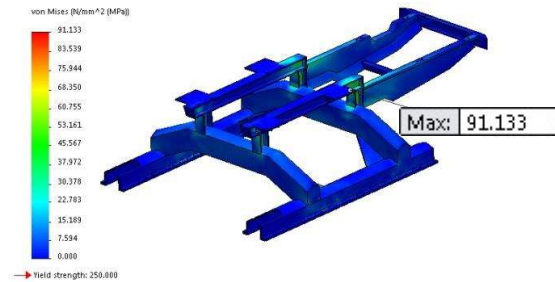
รูปที่ 5 การปรับปรุงในรูปแบบที่ 3

เพื่อลดน้ำหนักของโครงช่วงล่างและความแข็งแรงให้เหมาะสม ดังรูปที่ 5

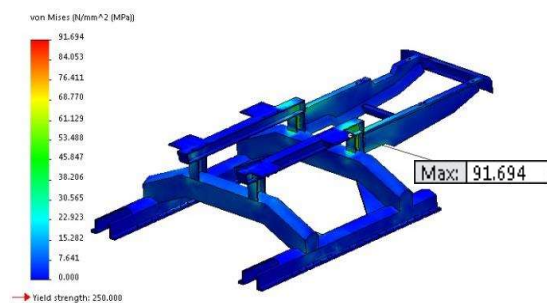
3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 91.1 MPa และ 91.7 MPa ตามลำดับ ส่งผลให้มีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.7 ทั้งสองกรณี ความเค้นสูงสุดเหล่านี้เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง $X=-325$, $Y=616.78$, $Z=1717$ ซึ่งอยู่ตรงกลางรอยต่อระหว่างคานด้านซ้ายกับเสาหลังด้านซ้ายใต้ระบบนวดคัดทำความสะอาดดังแสดงในรูปที่ 6 การโก่งตัวสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.313 mm และ 2.355 mm ตามลำดับ ณ ตำแหน่ง $X=-430$, $Y=619.78$, $Z=3270$ ซึ่งอยู่ตรงบริเวณด้านซ้ายของคานหลังที่รับน้ำหนักจากระบบเครื่องยนต์ต้นกำลังดังแสดงในรูปที่ 7



(ก) หัวเกี่ยวขนานกับพื้น



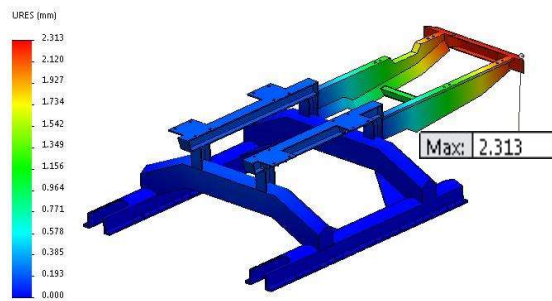
(ข) หัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด

รูปที่ 6 ค่าการกระจายตัวของความเค้นแบบ

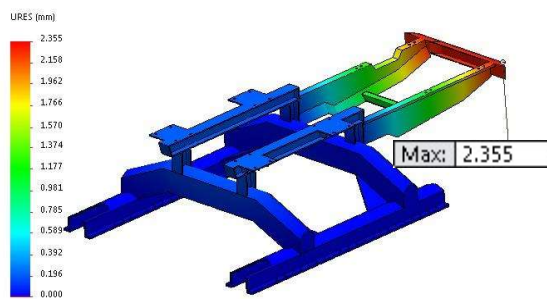
Von-Mises

3.2 ผลการปรับปรุงโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย

ตารางที่ 2 แสดงผลการปรับปรุงแบบจำลองโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยรูปแบบต่างๆ โดยผลการวิเคราะห์แบบจำลองโครงช่วงล่างรูปแบบที่ 1 ความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 56.122 MPa (ลดลง 38.42%) และ 56.094 MPa (ลดลง 38.83%) ตามลำดับ ความเค้นสูงสุดเหล่านี้เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง $X=-320.5$, $Y=619.78$, $Z=1849.625$



(ก) หัวเกี่ยวขนานกับพื้น



(ข) หัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด

รูปที่ 7 ค่าการกระจายตัวของการโก่งตัวของ
แบบจำลองโครงช่วงล่าง

ซึ่งอยู่ตรงบริเวณขอบด้านในฝั่งซ้ายของคานใกล้กับ
เสาหลังด้านซ้ายได้ระบบนวดคัดทำความสะอาด การ
โก่งตัวสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและ
กรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.777 mm และ
1.817 mm ตามลำดับ ณ ตำแหน่ง X=-430,
Y=619.78, Z=3270 ซึ่งอยู่ตรงบริเวณด้านซ้ายของ
คานหลังที่รับน้ำหนักจากระบบเครื่องยนต์ต้นกำลัง
การปรับปรุงรูปแบบนี้สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้แก่
โครงช่วงล่างได้ดี แต่ทำให้มีมวลเพิ่มขึ้น 0.3%

แบบจำลองโครงช่วงล่างรูปแบบที่ 2 ผลการ
วิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นใน
กรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยก
สูงสุดมีค่าเท่ากับ 66.295 MPa (ลดลง 27.26%) และ
66.962 MPa (ลดลง 26.97%) ตามลำดับ ความเค้น
สูงสุดเหล่านี้เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง X=-329.5,
Y=535.129, Z=1671.39 ซึ่งอยู่ตรงกลางส่วนโค้งของ
คานด้านซ้ายที่ติดตั้งเพิ่มได้ระบบนวดคัดทำความสะอาด การโก่งตัวสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยว
ขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด มีค่าเท่ากับ

ตารางที่ 2 ผลการปรับปรุงแบบจำลองโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยรูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบ	Mass (%)	กรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้น		กรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด	
		Max. Stress (MPa)	Max. Deflection (mm)	Max. Stress (MPa)	Max. Deflection (mm)
1	+0.30	56.122	1.777	56.094	1.817
2	+0.16	66.295	1.931	66.962	1.967
3	-19.50	59.635	1.985	60.548	2.018

1.931 mm และ 1.967 mm ตามลำดับ ณ ตำแหน่ง $X=-430$, $Y=619.78$, $Z=3270$ ซึ่งอยู่ตรงบริเวณด้านซ้ายของคานหลังที่รับน้ำหนักจากระบบเครื่องยนต์ต้นกำลัง การปรับปรุงลักษณะนี้ยังไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้แก่โครงช่วงล่างได้เพียงพอ อีกทั้งยังทำให้มีมวลเพิ่มขึ้น 0.16%

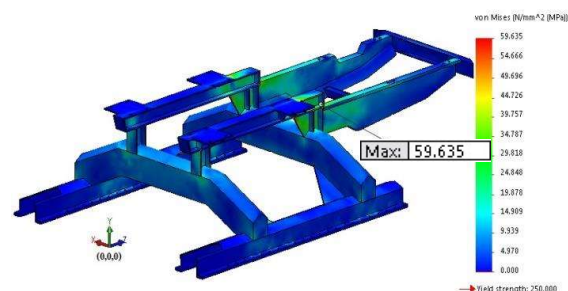
แบบจำลองโครงช่วงล่างรูปแบบที่ 3 ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 59.635 MPa (ลดลง 34.56%) และ 60.548 MPa (ลดลง 33.97%) ตามลำดับ ความเค้นสูงสุดเหล่านี้เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง $X=-320.5$, $Y=619.78$, $Z=1831.34$ ซึ่งอยู่ตรงบริเวณขอบด้านในฝั่งซ้ายของคานใกล้กับเสาหลังด้านซ้ายได้ระบบแนวคิดทำความเข้าใจอะดัดรูปที่ 8 การโก่งตัวสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.985 mm และ 2.018 mm ตามลำดับ ณ ตำแหน่ง $X=-430$, $Y=619.78$, $Z=3270$ ซึ่งอยู่ตรงบริเวณด้านซ้ายของคานหลังที่รับน้ำหนักจากระบบเครื่องยนต์ต้นกำลังดังรูปที่ 9 การปรับปรุงรูปแบบนี้สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้แก่โครงช่วงล่างได้ดี อีกทั้งยังสามารถลดมวลลงได้ 19.5%

4. สรุป

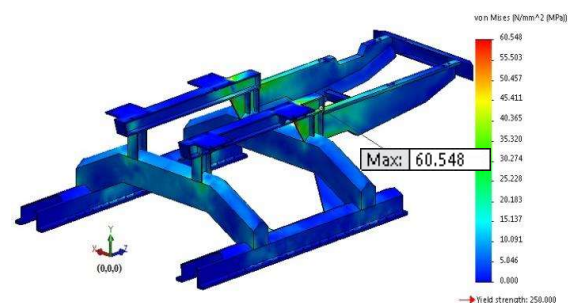
1) ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 91.1 MPa และ 91.7 MPa ตามลำดับ ส่วนการโก่งตัวสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 2.313 mm และ 2.355 mm ใน

กรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด ตามลำดับ

2) แบบจำลองโครงช่วงล่างรูปแบบที่ 3 สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้แก่โครงช่วงล่างได้ดี และสามารถลดมวลลงได้ 19.5%



(ก) หัวเกี่ยวขนานกับพื้น



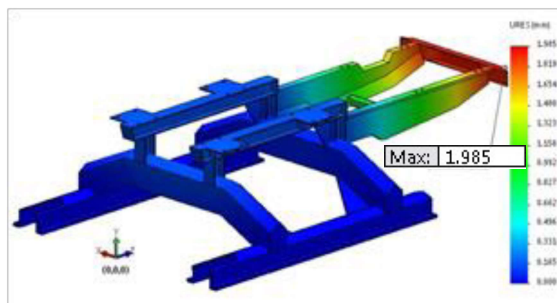
(ข) หัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด

รูปที่ 8 การกระจายตัวของค่าความเค้น

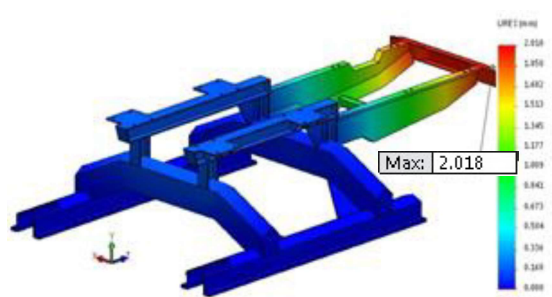
Von-Mises บนแบบจำลองรูปแบบที่ 3

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และบริษัททะเลทอง แพลค ตอริ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย



(ก) หัวเกี่ยวขนานกับพื้น



(ข) หัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด

รูปที่ 9 การกระจายตัวของค่าการโก่งตัวบน
แบบจำลองโครงช่วงล่างรูปแบบที่ 3

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Kalsirisilp R, Gajendra S. Power Requirement of a Thai-made Rice Combine Harvester. Proceedings of the 2nd Thai Society of Agricultural Engineering National Conference; 2001 Jan 25-26; Khon kaen, Thailand. 2001.
- [2] Kalsirisilp R, Salokhe VM, Youprasobchok C, Polwong C, Fanchaiyapoom E, Baisaengchan S, PanYawan W. Development of a Small Rice Combine Harvester. Journal of Engineering, RMUTT. 2009; 1(1): 93-97.
- [3] Nakwattananukul S, Jantaramanit S, Tantiphum-amon W, Kantamarat M. Study and Development of Using Rice Combined Harvester in Thailand. Proceedings of the 2nd Thai Society of Agricultural Engineering National Conference; 2001 Jan 25-26; Khon kaen, Thailand; 2001.
- [4] Phasinam K, Junyusen P, Vatakit K, Somphong J. Study on Track Frame Strength of a Thai-Made Rice Combine Harvester. Proceedings of the 13th Thai Society of Agricultural Engineering National Conference; 2012 Apr 4-5; Chiangmai, Thailand; 2012.
- [5] Phasinam K, Junyusen P, Vatakit K, Somphong J. Study on Track Frame Strength and Optimum Ratio of Thai-Made Rice Combine Harvester Model. Proceedings of the 14th Thai Society of Agricultural Engineering National Conference; 2013 Apr 1-4; Prachuap khiri khan, Thailand; 2013.
- [6] Phasinam K, Junyusen P, Somphong J, Vatakit K. Strength Analysis of Track Frame of Thai Made Rice Combine Harvester Using a Finite Element Method.

- Proceedings of the 2nd KUCSC Conference; 2014 Dec 2; Sakon Nakhon, Thailand; 2014.
- [7] Seedakarn T, Inban S. Roller Mills : Strength Analysis and Improvement. Proceedings of the 21st Mechanical Engineering Network of Thailand Conference; 2007 Oct 17-19; Chonburi, Thailand; 2014.
- [8] Talaythong Factory Co.,Ltd. Specifications of Talaythong Combine Harvester. Pamphlet; 2012.
- [9] Wenujun S, Mongkoltanatas J, Kantamarat M, Jantaramanit S. Reseach and Development of Small Combine Harvester. Department of Agriculture Paper; 2005.

