



การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และวิธีการทดสอบ
แรง

Strength Analysis of the Track Frame of a Thai-Made Rice Combine Harvester Using the Finite Element Method and the Loading Tests

คงเดช พะสินาม¹, พยุงศักดิ์ จุลยุเสน^{1*}, คธา วาทกิจ¹, จริญญาศักดิ์ สมพงษ์¹

Khongdet Phasinam¹, Payungsak Junyusen^{1*}, Kata Vatakit¹, Charoonsak Somphong¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จังหวัดนครราชสีมา, 30000

¹School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000

*Corresponding author: Tel: +66-44-224-580, Fax: +66-44-224-610, E-mail: payungs@sut.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตข้าวในประเทศไทยและได้รับความนิยมจากเกษตรกรมากขึ้น ส่วนใหญ่เครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก เนื่องจากโครงช่วงล่างเป็นส่วนประกอบหลักที่ส่งผลต่อขนาดและน้ำหนักของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยโดยใช้ทั้งวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และวิธีการทดสอบแรงกับแบบจำลองการทดลอง การจำลองรูปถูกนำมาใช้หาขนาดที่เหมาะสมของแบบจำลองการทดลอง สภาวะการทำงานถูกกำหนดเป็น 2 แบบ คือ หัวเกี่ยวขนานกับพื้นและหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างแสดงให้เห็นว่า ความเค้นสูงสุดในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 91.1 MPa และ 91.7 MPa ตามลำดับ ส่วนการโก่งตัวสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.313 mm และ 2.355 mm ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยวิธีทดสอบแรงยืนยันว่า การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้งานได้จริง

คำสำคัญ: เครื่องเกี่ยวนวดข้าว, โครงช่วงล่าง, การวิเคราะห์ความแข็งแรง, วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

A rice combine harvester has an important role in Thai rice production and has been popular in Thai farmer. Almost Thai-made rice combine harvester is too heavy and large in size. Because the track frame of Thai-made rice combine harvester is a main component that affects the harvester's size and weight, the objective of this research, therefore, was to investigate the track frame strength using both the finite element method (FEM) and the loading test with experimental frame. Similitude analysis was employed for determining the proper scale of experimental frame. 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 experimental results from the loading tests confirmed that the strength analysis of track frame using FEM had a high accuracy and could be applied in practical use.

Keywords: Rice combine harvester, Track frame, Strength analysis, Finite element method

1 บทนำ

เครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตข้าวในประเทศไทย จากการสำรวจพบว่าปัจจุบันมีเครื่องเกี่ยวนวดข้าวใช้งานในประเทศมากกว่า 10,000 เครื่อง (วินิต, 2553) ซึ่งเป็นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตจากโรงงานผู้ผลิตในประเทศไทย

โดยไม่รวมถึงเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่นำเข้าจากต่างประเทศและมีแนวโน้มได้รับความนิยมสูงขึ้นเรื่อยๆ

ระบบกลไกหลักของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ระบบ คือ ระบบเกี่ยวตัดและลำเลียง ระบบนวด คัดทำความสะอาด ระบบช่วงล่างและขับเคลื่อน และระบบเครื่องยนต์ต้นกำลัง (สาทิส และคณะ, 2548) แนวทางการพัฒนา

ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยมักจะมุ่งเน้นให้มีสมรรถนะการทำงานสูง และสามารถทำงานได้ทุกสภาพพื้นที่ จึงส่งผลให้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีขนาดหน้ากว้างการทำงานและขนาดตัวค่อนข้างใหญ่และมีน้ำหนักมาก การพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในทิศทางนี้ส่งผลเสียต่อการปลูกข้าว เช่น ก่อให้เกิดปัญหาโครงสร้างของดินถูกทำลาย (สาทิส และคณะ, 2548) นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มต้นทุนและราคาของเครื่องเกี่ยวนวดให้สูงขึ้นอีกด้วย (สันธาร และคณะ, 2544) เมื่อเปรียบเทียบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยกับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจากต่างประเทศพบว่า เครื่องเกี่ยวนวดจากต่างประเทศมีขนาดค่อนข้างเล็ก น้ำหนักเบา และราคาถูก ปัจจัยเหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวจากต่างประเทศได้รับความนิยมจากเกษตรกรเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แม้ว่าเครื่องเกี่ยวนวดข้าวต่างประเทศจะทำงานในสภาพนาหล่มได้อย่างจำกัด ดังนั้นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยจำเป็นต้องถูกพัฒนาให้มีขนาดที่เหมาะสม เพื่อลดผลกระทบต่อพื้นนา ลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทั้งในประเทศและการส่งออก

จากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยพบว่า การสร้างระบบช่วงล่าง (Undercarriage) เป็นเพียงการนำเอาระบบขับเคลื่อนแบบตีนตะขาบของรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่มาปรับใช้ ซึ่งส่งผลให้โครงสร้างมีความแข็งแรงมาก ขนาดค่อนข้างใหญ่ และน้ำหนักมาก โดยทั่วไปเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยมีน้ำหนักประมาณ 7-10 ตัน ระบบช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีน้ำหนักมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเครื่อง และต้องใช้กำลังในการขับเคลื่อนสูงประมาณ 35-40 เปอร์เซ็นต์ของระบบเครื่องยนต์ต้นกำลัง (R. Kalsirisilp and G. Singh, 2001) ระบบช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยประกอบด้วย โครงช่วงล่าง โช้ซับ เฟืองโซ่ โรลเลอร์ และใบตีนตะขาบ โดยโครงช่วงล่างมีน้ำหนักประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของระบบช่วงล่าง (บริษัท ทะเลทอง แพลคตอรี่ จำกัด, 2555) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยโดยใช้ทั้งวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และวิธีการทดสอบแรงกับแบบจำลองการทดลองของโครงช่วงล่าง ซึ่งจะเป็นการช่วยพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยให้มีความแข็งแรงเหมาะสมกับสภาวะการเพาะปลูกข้าวของประเทศไทย

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวิเคราะห์ที่กระทำบนโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย

โครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยยังไม่มีรูปแบบและมาตรฐานที่ชัดเจน ดังนั้นการทำวิจัยครั้งนี้จึงใช้ข้อมูลของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวยี่ห้อทะเลทอง จาก บริษัท ทะเลทองแพลคตอรี่ จำกัด (บริษัท ทะเลทอง แพลคตอรี่ จำกัด, 2555) น้ำหนักจากส่วนประกอบของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวกระทำบนโครงช่วงล่าง 10 ตำแหน่ง ดังแสดงใน Figure 1 (คงเดช และคณะ, 2557) ค่าการ

กระจายตัวของน้ำหนักเมื่อรถจอดนิ่งบนพื้นระดับถูกวัดตามลักษณะการทำงาน 2 แบบ ดังนี้ 1) หัวเกี่ยวขนานกับพื้น คือเครื่องเกี่ยวนวดข้าวกำลังทำการเก็บเกี่ยว และ 2) หัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด คือเครื่องเกี่ยวนวดข้าวกำลังกลับรถหัวแปลงและเปลี่ยนพื้นที่การทำงาน

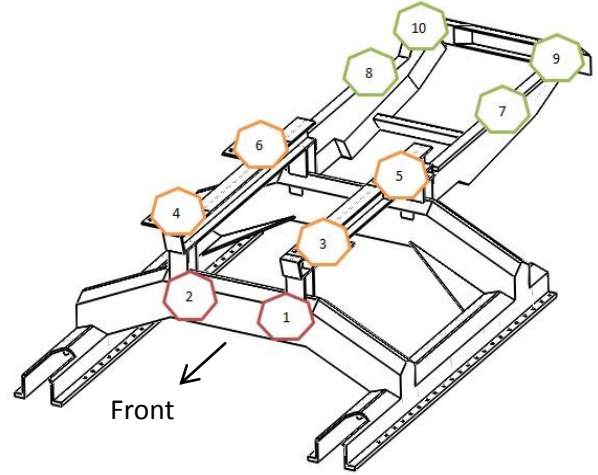


Figure 1 Location of weight measurement.

2.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

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

แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยถูกสร้างให้เอลิเมนต์เป็นแบบสามเหลี่ยมสี่หน้าสี่จุดต่อ (10-node tetrahedral) และมีขนาดไม่เท่ากัน เพราะโครงสร้างมีความซับซ้อน (ธรรมบุญ และสำรวจ, 2550) ดังนั้นแบบจำลองมีขนาด Mesh ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 150-19 mm ซึ่งทำให้มีเอลิเมนต์จำนวน 45,360 elements และโหนดจำนวน 89,887 nodes ดัง Figure 2

การวิเคราะห์โครงสร้างแบบสถิตย์ (Static structural analysis) ถูกนำมากำหนดเงื่อนไขของแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของโครงช่วงล่าง และคุณสมบัติวัสดุถูกกำหนดดัง Table 1 ทฤษฎีความเสียหายวอนมิส (von Mises failure theory) ถูกนำมาวิเคราะห์ความแข็งแรงของแบบจำลอง

Table 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

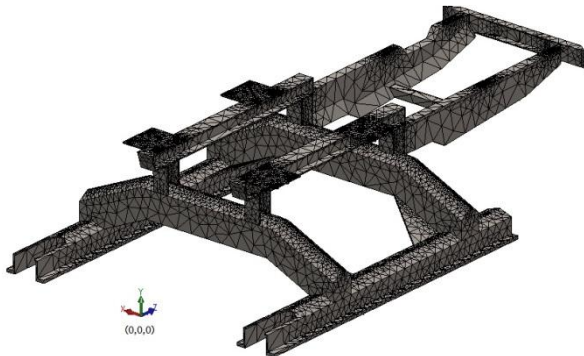


Figure 2 Mesh of the track frame model.

2.3 การวิเคราะห์ทางการจำลองรูป

วิธีการจำลองรูปสำหรับโครงสร้างยึดหยุ่นถูกนำมาปรับใช้กับโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวไทย ความเค้น (σ) และการโก่ง (δ) ขึ้นอยู่กับแรง (F) ความยาว (L) และสมบัติของวัสดุตามสมการดังนี้ (Langhaar, 1951)

$$\sigma = \frac{F}{L^2} f_1\left(\frac{F}{EL^2}, \frac{M}{FL}, \nu\right) \quad (1)$$

$$\delta = \frac{F}{EL} f_2\left(\frac{F}{EL^2}, \frac{M}{FL}, \nu\right) \quad (2)$$

โดยที่ E คือ โมดูลัสของความยืดหยุ่น M คือ โมเมนต์ และ V คือ อัตราส่วนปัวซอง

จากสมการ 1 และ 2 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองต้นแบบกับแบบจำลองย่อส่วนเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้

$$K_v = 1, K_F = K_E K_L^2, K_M = K_F K_L, K_\sigma = \frac{K_F}{K_L^2}, K_\delta = K_L \quad (3)$$

โดยที่ K_v , K_F , K_E , K_L , K_M , K_σ , K_δ คือ สัดส่วนของอัตราส่วนปัวซอง, แรง, โมดูลัสของความยืดหยุ่น, ความยาว, โมเมนต์, ความเค้น และการโก่งตัว ตามลำดับ

จากสมการที่ 3 เมื่อกำหนดให้สัดส่วนของโมดูลัสของความยืดหยุ่นและสัดส่วนของอัตราส่วนปัวซองมีค่าเท่ากับ 1 (วัสดุเดิม) และสัดส่วนของความยาวมีค่าเท่ากับ 3 จะได้สัดส่วนของแรง,

ความเค้น และการโก่งตัวมีค่าเท่ากับ 1:9, 1:1 และ 1:3 ตามลำดับ

แบบจำลองโครงช่วงล่างย่อส่วนมีขนาด Mesh ที่เหมาะสมในช่วง 50-7.2 mm ซึ่งทำให้มีเอลิเมนต์จำนวน 44,553 elements และโหนดจำนวน 88,217 nodes

2.4 แบบจำลองการทดลองของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวไทย และการทดสอบแรง

แบบจำลองการทดลอง (Experimental model) ของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวไทยถูกสร้างเพื่อยืนยันความถูกต้องของการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การตรวจสอบความถูกต้องทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าความเค้นและค่าการโก่งตัวระหว่างวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) กับการทดสอบแรง (Loading test) ภายใต้โหลดที่กำหนด แบบจำลองการทดลองถูกสร้างจากเหล็ก SS400 (Mild steel) มีคุณสมบัติดัง Table 1 และถูกเชื่อมประสานให้เป็นโครงสร้างเดียวกันด้วยการเชื่อมไฟฟ้า (Arc welding)

ความเครียดที่เกิดขึ้นบนแบบจำลองการทดลองถูกวัดโดยใช้สเตรนเกจ ยี่ห้อ TML แบบ 45° 3-element Rosette, Stacked type รุ่น FRA-1-11-1L และถูกขยายสัญญาณด้วยชุดขยายสัญญาณยี่ห้อ Yokogawa รุ่น MW100 ไดอัลเกจยี่ห้อ Kennedy รุ่น 300-7520K ซึ่งมีค่าความละเอียด 0.01 mm ถูกใช้วัดค่าการโก่งตัวของแบบจำลองนี้

เนื่องจากข้อจำกัดในการกำหนดโหลดให้กับแบบจำลองการทดลองของโครงช่วงล่าง ดังนั้นการทดสอบแรงจึงถูกแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้ การทดสอบแรงแบบที่ 1 เป็นการทดสอบแรงอย่างง่าย โดยการแขวนก้อนน้ำหนักที่มีขนาด 97 N, 194 N, 349 N, 502 N, 726 N, 852 N, 1,007 N และ 1,257 N กระทำในแนวตั้งตรงตำแหน่งศูนย์กลางมวล (CG) ของแบบจำลอง เพื่อเปรียบเทียบค่าความเค้นและค่าการโก่งตัวที่เกิดขึ้นบนแบบจำลอง FEM กับ แบบจำลองการทดลอง โดยวัดค่าความเครียดและค่าการโก่งตัวบนตำแหน่ง C ส่วนการทดสอบแรงแบบที่ 2 ถูกทำเพื่อจำลองสถานการณ์การรับภาระของโครงช่วงล่าง โดยการกำหนดโหลดขนาด 500 N กระทำในแนวตั้งตรงตำแหน่ง A, B, E และ F และโหลดขนาด 225 N กระทำในแนวตั้งตรงตำแหน่ง C, D, G และ H เพื่อวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นบนตำแหน่ง A, B, C และ D พร้อมกับวัดค่าการโก่งตัวของแบบจำลองการทดลองที่ตำแหน่ง I ดังแสดงใน Figure 3

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการวัดภาระที่กระทำบนโครงช่วงล่างและการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวไทย

จากการวัดภาระที่กระทำบนโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวพบว่า ตำแหน่งที่ 3 รับภาระสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17,214 N และ 19,732 N สำหรับกรณีหัวเกี่ยวขนาด 3 นิ้ว และกรณีหัว

เกี่ยวถูกยกสูงสุด ตามลำดับ โดยภาระเหล่านี้มาจากระบบนวด คัดทำความสะอาด และระบบเกี่ยวตัดและลำเลียง ใน ขณะเดียวกัน ตำแหน่งที่ 10 รับภาระน้อยสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2,737 N ทั้งสองกรณี โดยภาระเหล่านี้มาจากระบบเครื่องยนต์ ต้นกำลัง ดังแสดงใน Figure 4

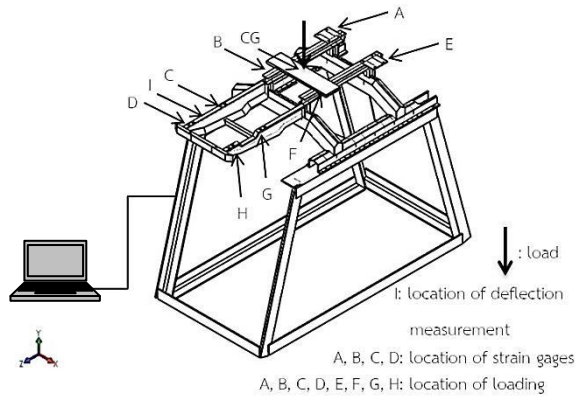
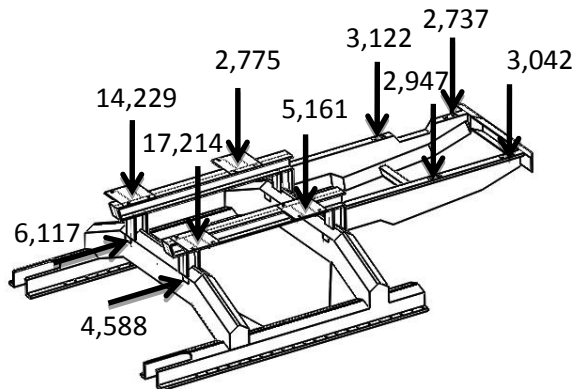
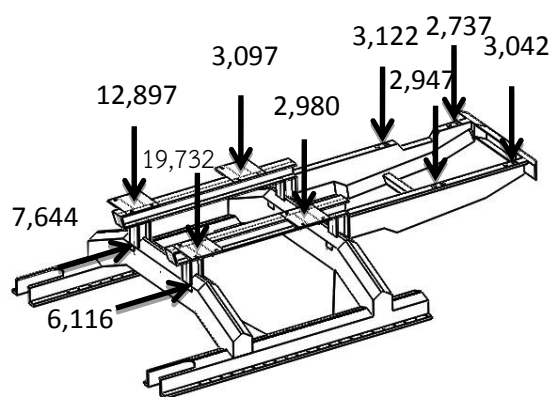


Figure 3 Loading test set-up.



(a) Horizontal header position.



(b) Maximum lift header position.

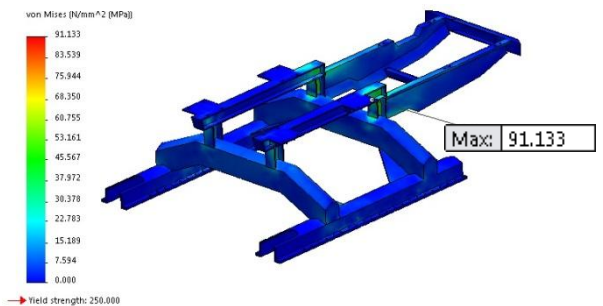
Figure 4 Direction and magnitude of external forces on the track frame model under two field work conditions (digits denote forces in Newton).

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่า

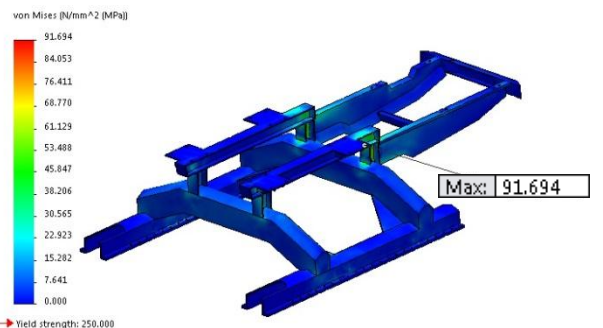
เท่ากับ 91.1 MPa และ 91.7 MPa ตามลำดับ ส่งผลให้มีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.7 ทั้งสองกรณี ความเค้นสูงสุดเหล่านี้เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง X=-325, Y=616.78, Z=1,717 ซึ่งอยู่ตรงกลางรอยต่อระหว่างคานด้านซ้ายกับเสาหลังด้านซ้ายได้ระบบนวดคัดทำความสะอาดดังแสดงใน Figure 5 การโก่งตัวสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.313 mm และ 2.355 mm ตามลำดับ ณ ตำแหน่ง X=-430, Y=619.78, Z=3270 ซึ่งอยู่ตรงบริเวณด้านซ้ายของคานหลังที่รับน้ำหนักจากระบบเครื่องยนต์ต้นกำลัง ดังแสดงใน Figure 6

3.2 ผลการวิเคราะห์ทางการจำลองรูป

Figure 7 แสดงแรงกระทำบนแบบจำลองย่อยส่วนที่ตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งมีขนาดลดลง 9 เท่า จากแบบจำลองต้นแบบ ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงแสดงให้เห็นว่า ความเค้นสูงสุด ความปลอดภัย และการโก่งตัวสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นมีค่าเท่ากับ 91.0 MPa, 2.7 และ 0.773 mm ตามลำดับ ดัง Figure 8 ส่วนในกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 92.2 MPa, 2.7 และ 0.787 mm ตามลำดับ ซึ่งเกิดขึ้นตรงตำแหน่งเดิมใน Figure 5 และ Figure 6 ค่าความเค้นและค่าการโก่งตัวที่เกิดขึ้นบนแบบจำลองต้นแบบกับแบบจำลองย่อยส่วนมีความสัมพันธ์กันตามสมการที่ 3 จึงทำให้การกระจายตัวของความเค้นบนแบบจำลองทั้งสองคล้ายคลึงกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลการจำลองรูปของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยมีความถูกต้อง

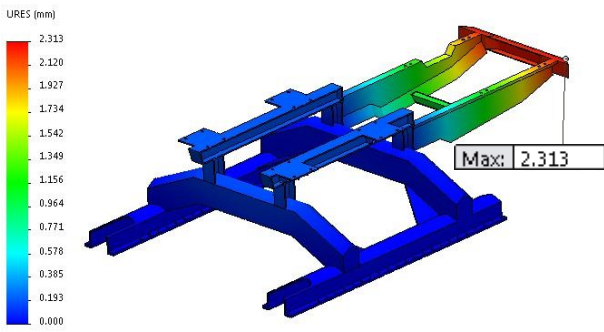


(a) Horizontal header position.

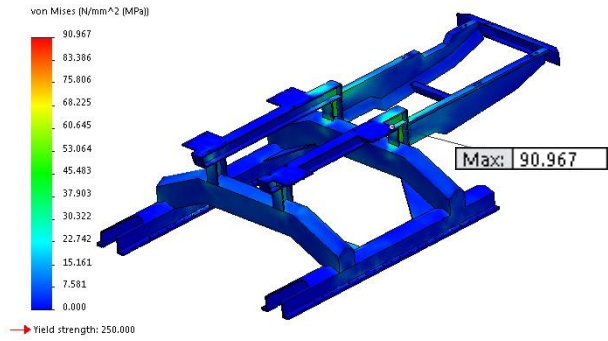


(b) Maximum lift header position.

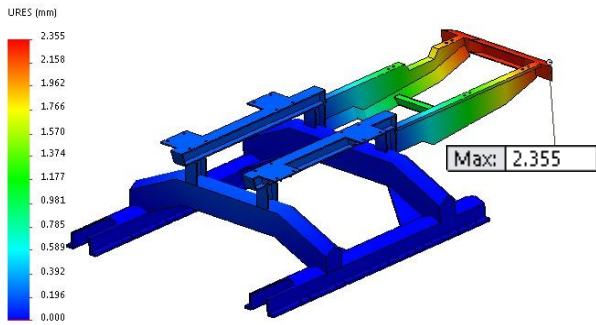
Figure 5 Stress distributions on the track frame model under two field work conditions.



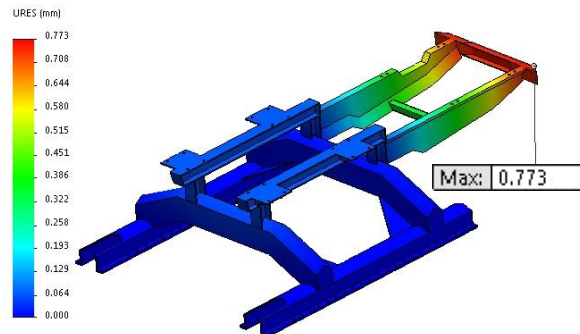
(a) Horizontal header position.



(a) Stress distribution.



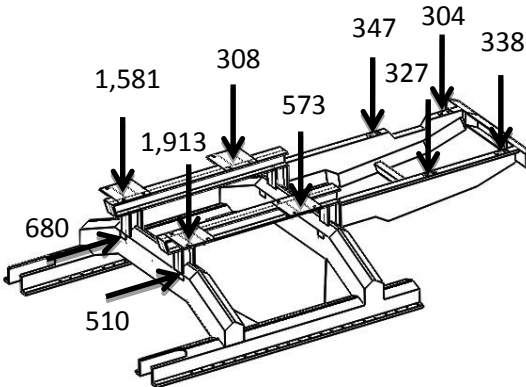
(b) Maximum lift header position.



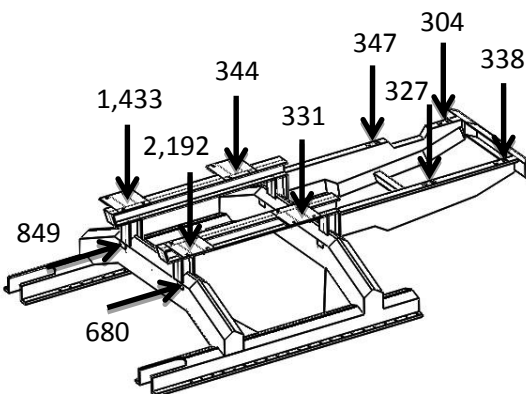
(b) Deflection distribution.

Figure 6 Deflection distributions on the track frame model under two field work conditions.

Figure 8 Stress and deflection distributions on the similitude model of the track frame under horizontal header position.



(a) horizontal header position.



(b) maximum lift header position.

Figure 7 Direction and magnitude of external forces on the similitude model of the track frame under two field work conditions (digits denote forces in Newton).

3.3 ผลการทดสอบแรง

Figure 9 แสดงการเปรียบเทียบที่ตำแหน่ง C ของการทดสอบแรงแบบที่ 1 จากการเปรียบเทียบพบว่า ค่าความเค้นจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับค่าความเค้นที่อ่านได้จริงจากแบบจำลองการทดลองมีค่าแตกต่างกัน $\pm 1\%$ ส่วนในการทดสอบแรงแบบที่ 2 ค่าความเค้นจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับค่าความเค้นจากแบบจำลองการทดลองมีค่าแตกต่างกันต่ำกว่า 5% ดังแสดงใน Figure 10

จากการวัดการโก่งตัวของแบบจำลองย่อส่วนพบว่า ในการทดสอบแรงแบบที่ 1 การโก่งตัวจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่า 0.008 mm ส่วนการโก่งตัวจากแบบจำลองการทดลองไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือวัด ในการทดสอบแรงแบบที่ 2 การโก่งตัวจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่า 0.396 mm และค่าการโก่งตัวจากแบบจำลองการทดลองมีค่า 0.40 mm ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน

ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เนื่องมาจากแบบจำลองทาง FEM มีการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุเป็นแบบเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) ในทุก ๆ ตำแหน่งของเนื้อวัสดุของโครงสร้าง โดยไม่ได้นำแนวเชื่อมมาวิเคราะห์ด้วย ซึ่งไม่ถูกต้องสำหรับแบบจำลองการทดลอง เพราะการสร้างแบบจำลองการทดลองต้องผ่านกระบวนการเชื่อมประสาน การตัด และการขัดสี เป็นต้น จึงทำให้คุณสมบัติทางกลและกระบวนการทางความร้อนเปลี่ยนแปลง

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์ความแข็งแรงของ โครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวไทยด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีความถูกต้องในระดับที่เชื่อถือได้

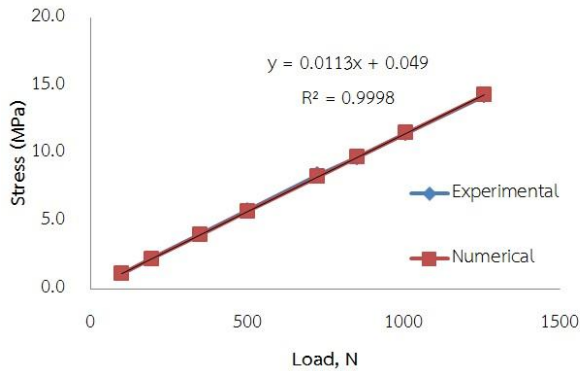


Figure 9 Calculated and measured stresses at C position under the loading test 1.

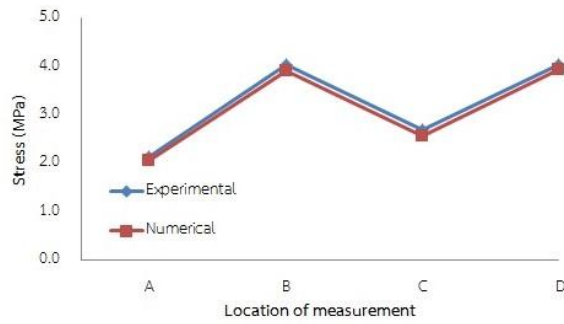


Figure 10 Calculated and measured stresses at A, B, C, and D positions under the loading test 2.

4 สรุป

1) โครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวรับภาระสูงสุด ณ ตำแหน่งที่ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17,214 N และ 19,732 N สำหรับ กรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดตามลำดับ และรับภาระน้อยสุด ณ ตำแหน่งที่ 10 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2,737 N ทั้งสองกรณี

2) ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 91.1 MPa และ 91.7 MPa ตามลำดับ ความปลอดภัยมีค่า 2.7 ทั้งสองกรณี ส่วนการโก่งตัวสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 2.313 mm และ 2.355 mm ตามลำดับ

3) ความเค้นและการโก่งตัวที่เกิดขึ้นบนแบบจำลองต้นแบบกับแบบจำลองย่อส่วนมีความสัมพันธ์กันตามหลักการการจำลองรูป ดังนั้นผลการจำลองรูปของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวจึงมีความถูกต้อง

4) ความเค้นและการโก่งตัวจากการทดสอบแรงแบบที่ 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีความถูกต้องและสามารถใช้งานได้จริง

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย บริษัททะเลทองแพคตอรี่ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย และมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษา

6 เอกสารอ้างอิง

คงเดช พะสีนาม, พงศ์ศักดิ์ จุลยุเสณ, คชา วาทกิจ, จริญญาศักดิ์ สมพงษ์. 2557. การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวไทยโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. รายงานการประชุมวิชาการงานเกษตรแฟร์นนทรีอีสาน ครั้งที่ 2, 62-71. สกลนคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ. 2 ธันวาคม 2557, สกลนคร.

ธรรมบุญ สีตาคาร, สำรอง อินแบน. 2550. การวิเคราะห์และปรับปรุงความแข็งแรงของบ่าเพลาลูกทียบ. รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21, 1087-1092. ชลบุรี: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โรงเรียนนายเรืออากาศ กองบัญชาการฝึกศึกษาทหารอากาศ. 17-19 ตุลาคม 2550, ชลบุรี.

บริษัท ทะเลทอง แพคตอรี่ จำกัด. 2555. ข้อมูลจำเพาะของรถเกี่ยวขนาดทะเลทอง. เอกสารแผ่นพับ.

วินิต ชินสุวรรณ. 2553. การศึกษาประเมินประสิทธิภาพเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวเพื่อลดความสูญเสียและเพิ่มศักยภาพในการส่งออก. รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

สาทิส เวณูจันทร์, จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ, มานพ คันธามารัตน์, ทรงยศ จันทรมานิตย์. 2548. วิจัยและพัฒนาเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวขนาดเล็ก. เอกสารวิชาการ, กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

สันธาร์ นาควัฒนานุกูล, ทรงยศ จันทรมานิตย์, วชิรพันธ์ ต้นติภูมิ อมร, มานพ คันธามารัตน์. 2544. ศึกษาและพัฒนาระบบการใช้เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวในประเทศไทย. รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2 ประจำปี 2544. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-26 มกราคม 2554, ขอนแก่น.

Roongruang, K., Singh, G. Power requirement of a Thai-made rice combine harvester. Proceedings of the 2001 Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering, 311-319. Khon Kaen: 25-26 January 2001, Khon Kaen, Thailand.

Langhaar, H.L. 1951. Dimensional Analysis and Theory of Models. New York: John Wiley & Sons.