

AMM-225

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงฐานรถโดยสารประเภทสองชั้น ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

The Strength Analysis of Double-decker Bus Chassis Frame Using Finite Element Method

เอกลักษณ์ พรหมภักดี¹, จักรี วิชัยระหัด^{1,2} และ สุภกิจ รูปจันทร์^{3*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

² สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อ.เมือง จ.ชัยภูมิ 36000

³ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

*ติดต่อ: Email: Supakit@sut.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0-4422-4252, เบอร์โทรสาร 0-4422-4613

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการเดินทางหรือการท่องเที่ยวของผู้คนส่วนใหญ่ด้วยบริการรถโดยสารได้มีบทบาทสำคัญอย่างมากด้านการคมนาคมขนส่งทางบก เนื่องจากมีราคาที่ถูกลงและมีความสะดวกสบาย จึงส่งผลให้อุตสาหกรรมรถโดยสารได้กลายเป็นสิ่งสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งนี้โครงฐานหรือแชสซีเป็นส่วนประกอบหนึ่งของโครงสร้างหลักของรถโดยสารที่จำเป็นต้องมีความแข็งแรงเพียงพอเพื่อรองรับน้ำหนักและส่วนประกอบต่างๆ และเพื่อความปลอดภัยของผู้โดยสาร ตลอดจนเป็นไปตามข้อบังคับของกรมขนส่งทางบก ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเชิงเปรียบเทียบความแข็งแรงของโครงฐานรถโดยสารสองชั้นระหว่างโครงฐานรถโดยสารที่ผลิตในประเทศยุโรป (Model A) กับโครงฐานรถโดยสารซึ่งพัฒนาขึ้นโดยบริษัทผู้ผลิต อุตสาหกรรมจำกัด (Model B) ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยที่ทำการศึกษาดำเนินการสร้างแบบจำลองโครงฐานรถโดยสารสองชั้นด้วยเอลิเมนต์ประเภทพื้นผิว 3 มิติ บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ และพิจารณาภายใต้สมมติฐานการแบบสถิตยศาสตร์และวัสดุมีสมบัติทางกลแบบยืดหยุ่นเชิงเส้น ผลการศึกษาพบว่าในสภาวะภาระใช้งานเดียวกันโครงฐานรถโดยสารสองชั้น Model A และ Model B มีค่าความเค้นเสียหายสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณโครงสร้างที่เชื่อมต่อระหว่างส่วนกลางกับส่วนหลัง โดยมีค่าเท่ากับ 247.34 MPa และ 274.14 MPa ตามลำดับ และค่าความปลอดภัยภายใต้เงื่อนไขทฤษฎีพลังงานการเปลี่ยนรูปมีค่าเท่ากับ 2.2 และ 2.0 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าความแข็งแรงต่อน้ำหนักของโครงฐานรถโดยสาร Model B (เท่ากับ 0.73 N/mm²-kg) จะมีค่ามากกว่าโครงฐานรถโดยสาร Model A (เท่ากับ 0.41 N/mm²-kg) นอกจากนี้หากพิจารณาภาระน้ำหนักที่กระจายลงบนเพลาล้อหน้า-หลังพบว่าโครงสร้างฐานทั้งสองเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมขนส่งทางบก

คำหลัก: รถโดยสารสองชั้น, การวิเคราะห์ความแข็งแรง, โครงฐาน, ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์,

Abstract

Since people want to travel from one place to another, bus is one among the important road transportation due to its low cost compared to any other. Bus industries have become a key factor to drive the economic growth in Thailand. Regarding the bus design process, the structural analysis of chassis is taken into account carefully because it concerns the passenger safety. Usually, the chassis

AMM-225

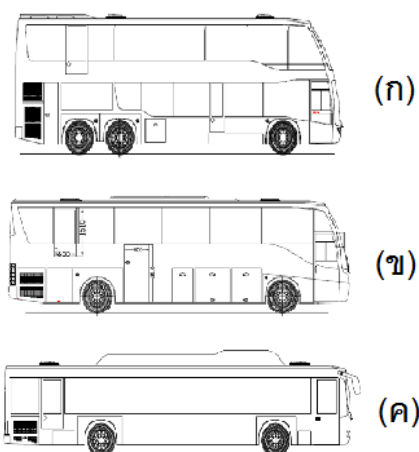
which is used in bus assembly process in Thailand have to meet the legislation administered by the department of land transportation. This regulation will increase passenger confidence during the use of bus transport. According to understand the structural strength behavior, the knowledge on computer-aided engineering design was employed in this research to evaluate the double-decker bus chassis which was made by European bus manufacturer (Model A) and national bus manufacturer (Model B). The chassis was modeled with three-dimensional surface elements using computer-aided engineering software. The assumption of this study based on linearly static load including its mechanical property was considered with linear isotropic elastic material. Regarding the comparison, the similar payload condition was applied to evaluate the strength behavior of such two chassis model. The results showed that the magnitude of maximum stress of the Model A- and Model B-chassis was found on the region connected between the central and rear compartment (drop frame area) as following 247.34 MPa and 274.14 MPa, respectively. According to the distortion energy theory, the calculated factor of safety of Model A- and Model B-chassis revealed as 2.2 and 2.0, respectively. However, the structural stiffness per weight ratio of Model B-chassis (0.73 N/mm-kg) discovered higher than Model B-chassis (0.41 N/mm-kg). In addition, the load distribution on the front and rear wheel axles of both models was below the specification prescribed by the standard of the department of land transportation.

Keywords: Double-decker Bus, Strength Analysis, Chassis frame, Finite Element Method.

1. บทนำ

ปัจจุบันรถโดยสารเป็นยานพาหนะที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการคมนาคมขนส่ง การท่องเที่ยว และส่งผลต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งนี้ โครงสร้างหรือแชสซีเป็นหนึ่งในส่วนประกอบของโครงสร้างหลักรถโดยสารที่สำคัญและต้องมีความแข็งแรงเพียงพอต่อภาระน้ำหนักและส่วนประกอบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น น้ำหนักผู้โดยสาร น้ำหนักโครงสร้างตัวถัง น้ำหนักเครื่องยนต์ น้ำหนักระบบส่งกำลัง [1,2] โดยที่ลักษณะของโครงสร้างรถแต่ละประเภทก็จะมีรูปร่างที่แตกต่างกันไป จากข้อมูลกรมขนส่งทางบก [3] รถโดยสารสามารถจำแนกประเภทออกเป็น รถโดยสารสองชั้น รถโดยสารชั้นครึ่ง และรถโดยสารพื่นต่ำ (ดังแสดงในรูปที่ 1) ทั้งนี้ปัจจุบันพบว่ารถโดยสารที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศคือรถโดยสารสองชั้นและรถโดยสารชั้นครึ่ง โดยที่ความแตกต่างของโครงสร้างระหว่างรถโดยสารทั้งสองประเภทก็คือจำนวนเพลาล้อหลัง ซึ่งจะบ่งบอก

ความสามารถในการรับน้ำหนัก ทั้งนี้รถโดยสารสองชั้นจะมีจำนวนสองเพลาล้อ ในขณะที่รถโดยสารชั้นครึ่งจะมีจำนวนเพลาล้อท้ายเพียงเพลาล้อเดียว



รูปที่ 1 การจำแนกประเภทของรถโดยสาร [3]

- (ก) รถโดยสารสองชั้น
- (ข) รถโดยสารชั้นครึ่ง
- (ค) รถโดยสารพื่นต่ำ

AMM-225

ซึ่งจากความแตกต่างของประเภทรถโดยสารนี้เอง การขนส่งทางบกจึงได้มีการกำหนดข้อบังคับทางกฎหมายของเกี่ยวกับความสามารถในการรับน้ำหนักของรถโดยสาร โดยที่รถโดยสารประเภทสองชั้นจะบังคับให้เพลาท้ายรับภาระน้ำหนักได้ไม่เกิน 16,500 kg และภาระรวมของโดยสารไม่เกิน 21,500 kg ในขณะที่รถโดยสารประเภทชั้นครึ่งจะอนุญาตให้เพลาท้ายรับภาระได้ไม่เกิน 11,000 kg และภาระรวมรถโดยสารไม่เกิน 15,000 kg [3] ซึ่งจากข้อกำหนดดังกล่าวส่งผลให้ผู้ประกอบการรถโดยสารจึงจำเป็นต้องพิจารณาในขั้นตอนการออกแบบ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและเป็นไปตามข้อบังคับดังกล่าว

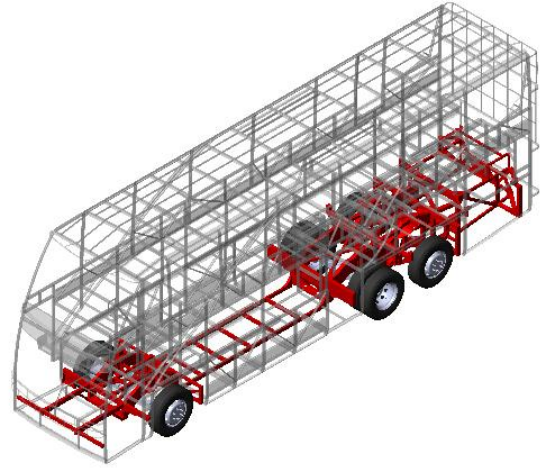
ในวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างรถโดยสารประเภทสองชั้นในเชิงเปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างรถจากประเทศทางยุโรป (Model A) และโครงสร้างรถที่ผลิตขึ้นในประเทศ (Model B) ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม โดยที่จะพิจารณาถึงค่าความเค้นเสียหายสูงสุด ค่าความปลอดภัย และค่าความแข็งแรงของโครงสร้างต่อน้ำหนัก และท้ายสุดได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลข้อบังคับของทางกรมการขนส่งทางบก

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 แบบจำลองโครงสร้าง

โครงสร้างหลักรถโดยสารสามารถแบ่งส่วนประกอบหลักออกเป็น 2 ส่วน (ดังแสดงในรูปที่ 2) ได้แก่ 1) โครงฐานหรือแชสซี และ 2) โครงสร้างตัวถัง ซึ่งโดยทั่วไปโครงสร้างรถโดยสารจะเป็นโครงสร้างที่สามารถขับเคลื่อนได้โดยประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ เครื่องยนต์ ระบบส่งกำลัง ล้อ เพลา ระบบบังคับเลี้ยว และอุปกรณ์ส่วนควบของโครงฐาน ในขณะที่โครงสร้างตัวถังซึ่งวางอยู่

บนโครงฐาน จะเป็นโครงสร้างสำหรับห้องโดยสาร ห้องคนขับ ระบบปรับอากาศ ห้องน้ำ สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆและอุปกรณ์อื่นๆ

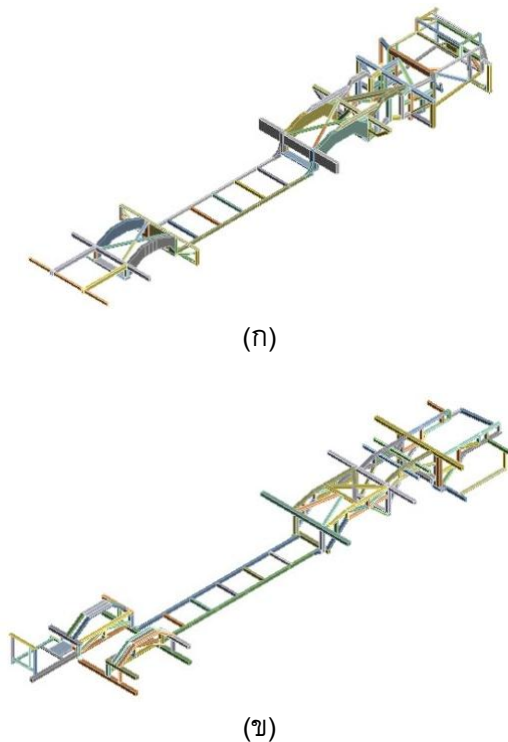


รูปที่ 2 ส่วนประกอบโครงสร้างหลักของรถโดยสาร
โครงฐาน (สีแดง) และโครงสร้างตัวถัง (สีดำ)

ในการศึกษานี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองโครงฐานของรถโดยสารสองชั้นด้วยเอลิเมนต์ประเภทพื้นผิวบนระนาบ 3 มิติ โดยที่ประกอบไปด้วยแบบจำลองโครงฐานรถจากประเทศทางยุโรป (Model A) และแบบจำลองโครงฐานรถที่ผลิตขึ้นในประเทศ (Model B) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยที่ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลในเชิงการเปรียบเทียบระหว่างโครงฐานรถโดยสารสองชั้นระหว่าง Model A และ Model B

ทั้งนี้แบบจำลองโครงฐานดังกล่าวประกอบไปด้วยโครงสร้างหลักที่มีลักษณะหน้าตัดรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าหลายๆ ขนาด โดยที่ข้อมูลของขนาดหน้าตัดผืนบางและความหนาของโครงฐานรถจากประเทศทางยุโรป (Model A) และโครงฐานรถที่ผลิตขึ้นในประเทศ (Model B) ได้จากการรวบรวมที่ บริษัท อู่เชิดชัยอุตสาหกรรม จำกัด ซึ่งสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 4 (ตารางที่ 2) และรูปที่ 5 (ตารางที่ 3) ตามลำดับ

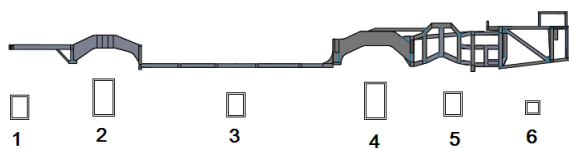
AMM-225



รูปที่ 3 แบบจำลองโครงฐานรถโดยสารสองชั้น
(ก) โครงฐานรถจากประเทศทางยุโรป (Model A)
(ข) โครงฐานรถที่ผลิตขึ้นในประเทศ (Model B)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบข้อมูลโครงฐาน Model A) และโครงฐาน Model B

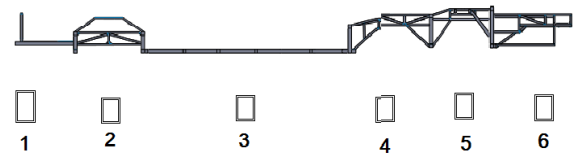
ข้อมูล	Model A	Model B
ความกว้าง (mm)	2,270	2,350
ความยาว (mm)	11,690	11,752
ระยะยื่นหน้า (mm)	2,013.5	1,945
ระยะฐานล้อ (mm)	6,300	6,750
ระยะห่างล้อคู่ท้าย (mm)	1,400	1,500
ระยะยื่นท้าย (mm)	3,370	3,112
น้ำหนักโครงฐาน (kg)	1,241.2	917.5



รูปที่ 4 รูปร่างหน้าตัดแผ่นบางโครงฐาน Model A

ตารางที่ 2 ข้อมูลขนาดหน้าตัดโครงฐาน Model A

ชนิดของหน้าตัด	ขนาดหน้าตัด (mm)	ความหนา (mm)
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 1	80 × 100	4
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 2	80 × 270	4
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 3	40 × 80	4
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 4	80 × 270	4
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 5	80 × 40	4
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 6	40 × 40	2



รูปที่ 5 รูปร่างหน้าตัดแผ่นบางโครงฐาน Model B

ตารางที่ 3 ข้อมูลขนาดหน้าตัดโครงฐาน Model B

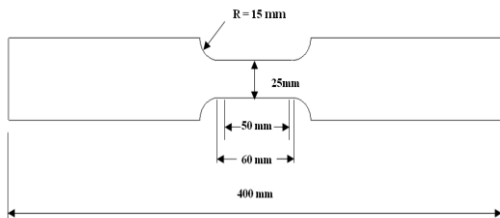
ชนิดของหน้าตัด	ขนาดหน้าตัด (mm)	ความหนา (mm)
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 1	80 × 80	4
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 2	80 × 40	4
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 3	80 × 40	4
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 4	80 × 40	4
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 5	80 × 40	4
ทรงสี่เหลี่ยมรูปที่ 6	80 × 40	4

2.2 สมบัติวัสดุ

สำหรับการกำหนดสมบัติวัสดุทางกลของแบบจำลองได้พิจารณาภายใต้สมมติฐานในช่วงพฤติกรรมยืดหยุ่นเชิงเส้นและมีคุณสมบัติเท่ากันทุกทิศทาง โดยที่วัสดุหลักของโครงฐานทั้งสองคือ สแตนเลส เกรด RST4003 ทั้งนี้ในการศึกษาได้พิจารณาข้อมูลสมบัติทางกลวัสดุซึ่งได้จากการทดสอบตามมาตรฐาน [5] โดยมีรูปร่างและขนาดของชิ้นทดสอบสามารถแสดงได้ตามรูป 6(ก) และทำการทดสอบด้วยอุปกรณ์การทดสอบแรงดึงมาตรฐานยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UH200k ด้วยอัตรา

AMM-225

การแกะแท่งกับ 0.5 mm/min (รูปที่ 6 (ข)) ซึ่งรายละเอียดข้อมูลสมบัติทางกลที่ได้สามารถแสดงได้ในตารางที่ 4



(ก)



(ข)

รูปที่ 6 การทดสอบสมบัติวัสดุ

(ก) ขนาดและรูปร่างของชิ้นทดสอบสมบัติทางกล

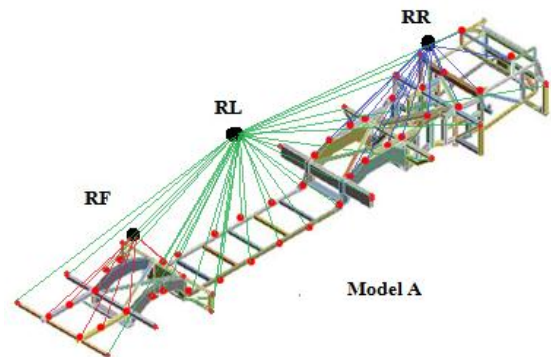
(ข) อุปกรณ์ทดสอบมาตรฐานยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UH200k

ตารางที่ 4 ข้อมูลสมบัติทางกลของวัสดุ RST4003

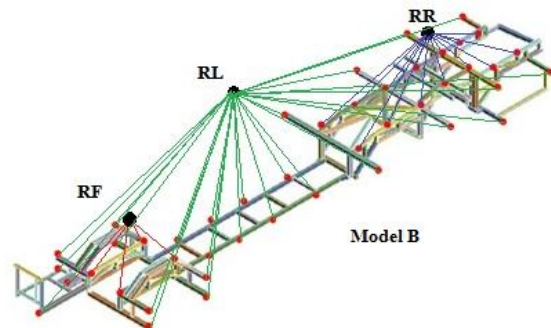
Tensile Strength (MPa)	541
Yield Strength (MPa)	539
Young' Modulus (GPa)	193
Poisson's ratio	0.26

2.3 เงื่อนไขการวิเคราะห์

ในการศึกษานี้ได้พิจารณาสมมติฐานกำหนดให้รอยเชื่อมของโครงสร้างทั้งหมดมีลักษณะเป็นแบบยึดแน่นสมบูรณ์หรือไม่มีการเสียรูปเนื่องจากอิทธิพลของรอยเชื่อม รวมทั้งพิจารณาให้กำหนดจุดรองรับของแบบจำลองโครงสร้างเป็นในรูปแบบพฤติกรรมคล้ายโครงสร้างคานมีการรองรับแบบอย่างง่าย โดยการกำหนดจุดรองรับ ณ ตำแหน่งเพลาล้อทั้งสาม หรือที่จุดกึ่งกลางของซุ้มล้อทั้งหมด 8 จุด



(ก)



(ข)

รูปที่ 7 การกำหนดภาระบนแบบจำลองโครงสร้าง

(ก) แบบจำลองโครงสร้าง Model A

(ข) แบบจำลองโครงสร้าง Model B

ในขณะที่ยังข้อมูลภาระที่กำหนดในแบบจำลองโครงสร้างได้มาจากการรวบรวมข้อมูลที่ บริษัท อุเชิดชัย อุตสาหกรรม จำกัด ซึ่งรายละเอียดข้อมูลน้ำหนักของส่วนประกอบต่างๆ โดยสามารถแยกออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ภาระส่วนหน้า (RF), ภาระส่วนท้าย (RR) และภาระตลอดความยาว (RL) โดยที่กำหนดใน

AMM-225

รูปแบบการกระจายสม้าเสมอตลอดความยาวดัง
แสดงในรูปที่ 7 และมีรายละเอียดตามตารางที่ 5
ตารางที่ 5 ภาระที่กำหนดในแบบจำลอง

ภาระ	รายละเอียด	(N)
ภาระส่วนหน้า (RF)	คนขับ, ที่นั่งคนขับ, ชุดคอนโซล, ชุดพวงมาลัย, อุปกรณ์ต่างๆ	30,825.5
ภาระส่วนหลัง (RR)	เครื่องยนต์, เกียร์, อุปกรณ์ส่วนควบของเครื่องยนต์, ระบบท่อต่างๆ	41,517
ภาระตลอดความยาว (RL)	โครงสร้างตัวถัง, ที่นั่งผู้โดยสาร, แอร์, ถังน้ำมัน, อุปกรณ์อื่นๆ	124,247.7

2.4 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้าง

ในการวิเคราะห์แข็งแรงของโครงฐานรถโดยสารนั้นได้พิจารณาพารามิเตอร์ที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ค่าความปลอดภัยซึ่งได้จากการพิจารณาค่าความเค้นเสียหายสูงสุดภายใต้ทฤษฎีพลังงานการเปลี่ยนรูป และเป็นไปตามสมการที่ (1)

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_y^2 \quad (1)$$

โดยที่

σ_1, σ_2 , และ σ_3 คือ ค่าความเค้นหลัก
 σ_y คือ ค่าความเค้นครากของวัสดุ

ในขณะที่ค่าความแข็งแรงดึงของโครงสร้างต่อน้ำหนักภายใต้ภาระกระทำ ซึ่งสามารถพิจารณาได้ตามสมการที่ (2)

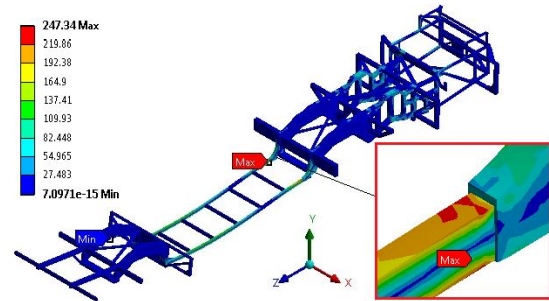
$$\text{Stiffness per weight} = \frac{k}{w} \quad (2)$$

โดยที่

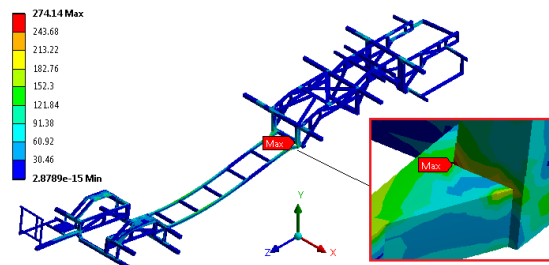
k คือ ค่าความแข็งแรงดึงของโครงสร้าง
 w คือ น้ำหนักโครงสร้าง

3. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์

3.1 ความเค้นเสียหายสูงสุด



(ก)



(ข)

รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์การกระจายความเค้น

(ก) แบบจำลองโครงฐาน Model A

(ข) แบบจำลองโครงฐาน Model B

รูปที่ 8 แสดงผลการกระจายความเค้นบนโครงฐานของรถโดยสาร Model A และ Model B ซึ่งจะพบว่าค่าความเค้นเสียหายสูงสุดบนแบบจำลองโครงฐาน Model A มีค่าเท่ากับ 247.34 MPa และเกิดขึ้นในช่วงโครงสร้างห้องโดยสารด้านหลังบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างส่วนกลางและส่วนหลังของโครงฐาน (Drop Frame) ในขณะที่ค่าความเค้นสูงสุดสำหรับโครงฐานรถ Model B มีค่าเท่ากับ 274.14 MPa และเกิดขึ้นบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างส่วนกลางกับส่วนหลังของโครงฐานเช่นเดียวกันกับแบบจำลองโครงฐาน Model A ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณจุดเชื่อมต่องดกล่าวอยู่ใกล้ตำแหน่งจุดรองรับหรือซุ้มล้อ และเป็นตำแหน่งที่มีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด อย่างไรก็ตามค่าความเค้น

AMM-225

เสียหายสูงสุดที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างทั้งสองจะมีค่าไม่เกินค่าความเค้นครากของวัสดุ

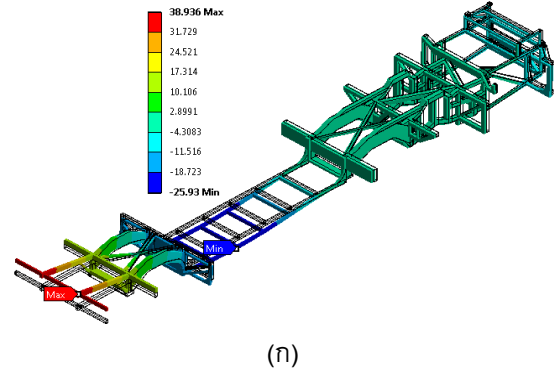
นอกจากนี้หากพิจารณาค่าความปลอดภัยภายใต้เกณฑ์ความเค้นเสียหายสูงสุดตามสมการที่ (1) พบว่าแบบจำลองโครงสร้าง Model A และแบบจำลองโครงสร้าง Model B มีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.2 และ 2.0 ตามลำดับ ทั้งนี้โดยทั่วไปแล้วค่าความปลอดภัยของโครงสร้างยานยนต์ภายใต้การพิจารณาปัจจัยทางพลวัตร่วมด้วยควรจะมีค่ามากกว่า 5 ขึ้นไป [2] อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้เป็นพิจารณาให้กระรวมทั้งหมดของส่วนประกอบต่างๆ กระทำต่อโครงสร้าง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วส่วนประกอบหลักของรถโดยสารยังประกอบไปด้วยโครงสร้างตัวถังด้วย

3.2 การเสียรูปสูงสุด

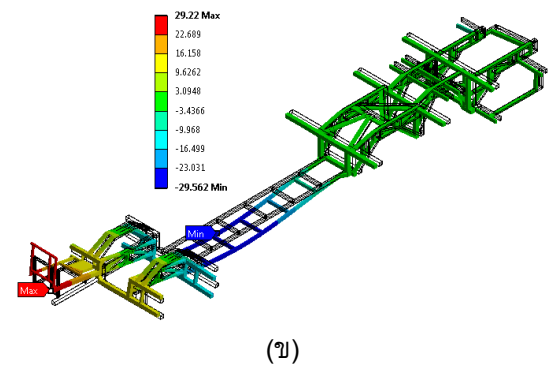
รูปที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์การเสียรูปในทิศทางที่ภาระกระทำ ซึ่งจะพบว่าค่าระยะการเสียรูปสูงสุดในทิศทางภาระกระทำสำหรับแบบจำลองโครงสร้างรถโดยสาร Model A มีค่าเท่ากับ 38.9 มม. และเกิดขึ้นบริเวณโครงสร้างส่วนหน้าของโครงฐาน ในขณะที่ระยะการเสียรูปสูงสุดของโครงฐานรถโดยสาร Model B มีค่าเท่ากับ 29.6 มม. และเกิดขึ้นที่โครงสร้างส่วนกลางของโครงฐาน ณ บริเวณตำแหน่งใกล้กับเพลาล้อหน้า ทั้งนี้จะพบว่าลักษณะของการเสียรูปของโครงฐานทั้งสองแบบมีความแตกต่างกันเนื่องจากโครงฐานรถโดยสารแต่ละแบบมีระยะยื่นหน้าและระยะฐานล้อ รวมทั้งระยะยื่นท้ายที่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์จะพบว่าค่าระยะการเสียรูปของทั้งสองแบบจำลองจะมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้เป็นพิจารณาระยะการเสียรูปของส่วนประกอบหลักรถเพียงแคโครงฐานเท่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วความต้านทานในการเสียรูปของโครงสร้างหลักนั้น

จำเป็นต้องพิจารณาสวนประกอบของโครงสร้างถึงร่วมด้วย [4]



(ก)



(ข)

รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ระยะการเสียรูปสูงสุด

(ก) แบบจำลองโครงฐาน Model A

(ข) แบบจำลองโครงฐาน Model B

3.3 ค่าความแข็งตึงของโครงสร้างต่อน้ำหนัก

โดยทั่วไปแล้วในการออกแบบโครงสร้างใดๆ นั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงค่าความแข็งตึงหรือความต้านทานในการเสียรูป รวมทั้งต้องคำนึงน้ำหนักของโครงสร้างร่วมด้วย กล่าวคือจะต้องพิจารณาให้โครงสร้างมีค่าความแข็งตึงที่สูงในขณะที่ต้องมีน้ำหนักที่เบา ทั้งนี้จากสมการที่ (2) เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าความแข็งตึงต่อน้ำหนักโครงฐานทั้งสองแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองโครงฐาน Model A มีค่าเท่ากับ 0.41 N/mm-kg ในขณะที่แบบจำลองโครงฐาน Model B มีค่าเท่ากับ 0.73 N/mm-kg โดยที่เมื่อเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ข้อมูล

AMM-225

ของโครงฐานรถโดยสารทั้งสองแบบสามารถแสดงได้ตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบข้อมูลการวิเคราะห์และข้อบังคับของกรมขนส่งทางบก

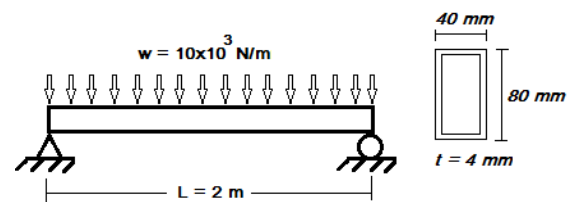
ข้อมูลการวิเคราะห์	Model A	Model B	ข้อบังคับ
ค่าความเค้นสูงสุด(MPa)	247.34	274.14	-
การเสียรูปสูงสุด (mm)	38.9	29.22	-
ค่าความแข็งต่อน้ำหนัก (N/mm-kg)	0.41	0.73	-
ค่าความปลอดภัย	2.2	2.0	≥ 2
การรับภาระรวม (kg)	19,827.9	19,827.9	$< 21,500$
น้ำหนักที่เพลหน้า (kg)	5,059.3	5,059.3	$< 7,000$
น้ำหนักที่เพลคู่ท้าย (kg)	14,768.6	14,768.6	$< 16,500$

ซึ่งจากข้อมูลการเปรียบเทียบน้ำหนัก (ตารางที่ 1) จะพบว่าโครงฐานรถโดยสาร Model B จะมีน้ำหนักที่เบากว่าโครงฐานรถโดยสาร Model A ประมาณ 35% รวมทั้งโครงฐานรถโดยสาร Model B มีค่าความแข็งต่อน้ำหนักหรือความสามารถในการต้านทานการเสียรูปต่อภาระกระทำสูงกว่าโครงฐานรถโดยสาร Model A อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงค่าความเค้นเสียหายสูงสุดที่เกิดขึ้นภายใต้ภาระกระทำ พบว่าโครงฐานรถโดยสาร Model B จะมีค่าสูงกว่าโครงฐานรถโดยสาร Model A ซึ่งจะส่งผลให้ค่าความปลอดภัยมีค่าที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามหากพิจารณาตามข้อบังคับของกรมขนส่งทางบก ในการเปรียบเทียบความสามารถในการรับภาระรวม น้ำหนักที่เพลหน้าและเพลาคู่ท้าย (ตารางที่ 6) พบว่ายังคงอยู่ภายใต้ข้อบังคับของโครงฐานทั้งสองแบบ

3.4 การศึกษายืนยันผลความถูกต้อง

เพื่อเป็นการยืนยันผลความถูกต้องของการวิเคราะห์บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น[10] ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลของระยะการเสียรูปและค่าความเค้นที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์กับผล

คำนวณในทางทฤษฎีในกรณีของโครงสร้างคานหน้าตัดรูปทรงกล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งมีการรองรับแบบรองรับอย่างง่ายและอยู่ภายใต้ภาระกระทำแบบสม่ำเสมอตลอดความยาว (รูปที่ 10) โดยที่ความสัมพันธ์ของระยะการเสียรูปที่ตำแหน่งระยะความยาวคานใดๆ และค่าความเค้นดัดสูงสุดสามารถแสดงได้ตามสมการที่ (3) และสมการที่ (4) ตามลำดับ



รูปที่ 10 โครงสร้างคานซึ่งรองรับอย่างง่ายและอยู่ภายใต้ภาระกระทำแบบสม่ำเสมอตลอดความยาว

$$\delta = \frac{wx}{24EI}(x^3 - 2Lx^2 + L^3) \quad (3)$$

โดยที่

x คือ ระยะตำแหน่งความยาวคาน (mm)

w คือ ภาระต่อหน่วยความยาว (N/mm)

L คือ ความยาวคาน (mm)

E คือ โมดูลัสความยืดหยุ่น (N/mm²)

I คือ ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (mm⁴)

$$\sigma_{\max} = \frac{M(x)}{S} \quad (4)$$

โดยที่

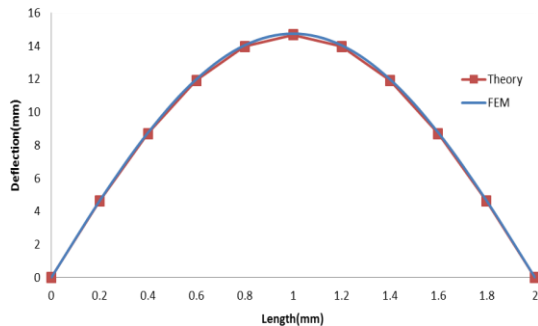
$M(x)$ คือ ค่าโมเมนต์ดัดบนหน้าตัดที่ระยะความยาวคานใดๆ (N-mm)

S คือ ค่าโมดูลัสของหน้าตัดคาน (mm³)

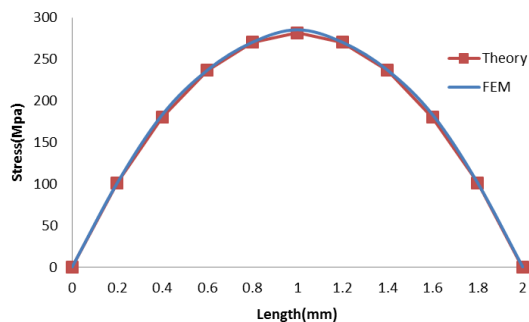
โดยที่ผลการเปรียบเทียบระยะการเสียรูปและค่าความเค้นดัดสูงสุดที่ตำแหน่งความยาวคานใดๆ ระหว่างการคำนวณในทางทฤษฎีและการวิเคราะห์

AMM-225

ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 11(ก) และรูปที่ 11(ข) ตามลำดับ



(ก)



(ข)

รูปที่ 11 การเปรียบเทียบยืนยันความถูกต้อง
(ก) ระยะเวลาเสียรูปตำแหน่งความยาวคานใด ๆ
(ข) ความเค้นดัดสูงสุดที่ตำแหน่งหน้าตัดใด ๆ

4. สรุปผล

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างความแข็งแรงของโครงฐานรถโดยสารจากประเทศทางยุโรป (Model A) และโครงฐานรถโดยสารที่ผลิตขึ้นในประเทศ (Model B) ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าภายใต้เกณฑ์ความเค้นเสียหายของวัสดุโครงฐานโดยสาร Model A มีค่าความปลอดภัยสูงกว่าโครงฐานโดยสาร Model B อย่างไรก็ตามหากพิจารณาค่าความแข็งแรงดึงของโครงสร้างต่อน้ำหนักจะพบว่าโครงฐานรถโดยสาร Model B มีค่าสูงกว่าโครงฐานรถโดยสาร Model A ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบ

ข้อมูลผลการวิเคราะห์แบบจำลองโครงฐานทั้งสองพบว่า การรับภาระรวม น้ำหนักที่เพลหน้าและเพลคู่ท้าย ตลอดจนค่าความปลอดภัยเป็นไปตามข้อบังคับของทางกรมการขนส่งทางบก

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณวิศวกรฝ่ายออกแบบและพัฒนา บริษัท อู่เชิดชัย อุตสาหกรรม จำกัด ที่อนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัย และเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่อำนวยความสะดวกเครื่องมือใช้ในงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Donald, E.M. (2011). Fundamentals of Automobile Body Structure Design, ISBN: 0768021693, SAE International.
- [2] Jason, C.B., John Robertson, A. and Stan. (2002). T. S. Motor Vehicle Structures Concepts and Fundamentals, ISBN: 07506-5134-2, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [3] กฎกระทรวงฉบับที่ 60 ออกตามความในพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2552, (2552, 18 พฤษภาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 126 ตอนที่ 31ก., (พ.ศ. 2552) หน้า 32-54.
- [4] Kurdi, O., Abd. Rahman, R., and Tamin, M. N. Stress analysis of heavy duty truck chassis using finite element, paper presented in The 2nd Regional Conference on Vehicle Engineering & Technology 2008, Kuala Lumpur, Malaysia.
- [5] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สมอ. 2140-2546 (พ.ศ. 2546)
- [6] Documentation ANSYS Workbench User's Guide Release 14, ANSYS Inc.

AMM-225

[7] สมเกียรติ จงประสิทธิ์, ศักรินทร์ ชูดวง. การออกแบบและพัฒนามาตรฐานในการผลิตรถโดยสาร 2 ชั้น. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 5; 2550.

[8] D. Shinabuth et al. Finite Element Analysis of an Electric Bus Body Structure in Real Driving Conditions, paper presented in The 3rd TSME International Conference on Mechanical Engineering 2012, Chiang Rai, Thailand.

[9] Tushar, M., Patel, Dr. M. G. Bhatt, and Harshad K. Patel. Analysis and validation of Eicher 11.10 chassis frame using Ansys, International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS), Volume 2, March-April 2013, pp.85-88.

[10] G., Majumder, K., Kumar. Deflection and Stress Analysis of Simply Supported Beam and its Validation Using ANSYS, International Journal of Mechanical Engineering and Computer Applications, Volume 1, October 2013, pp.17-20.