

AMM-204

การวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างรถโดยสารมาตรฐาน 1 ภายใต้ภาระพื้นฐาน ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

The Strength Analysis of an Intercity Bus Structure based on Basic Global Load using Finite Element Method

จักรี วิชัยระหัต^{1,2}, เอกลักษณ์ พรหมภักดี² และ สุภกิจ รูปจันทร์^{3*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต โครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ อ.เมือง จ.ชัยภูมิ 36000

² สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

³ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

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

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการคมนาคมขนส่งด้วยรถโดยสารบริการได้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในประเทศไทย โดยพบว่ารถโดยสารประเภทมาตรฐาน 1 เป็นรถที่ได้รับความนิยมและใช้งานมากที่สุดในภาคขนส่งสาธารณะ ทั้งนี้ในการออกแบบและผลิตรถโดยสารภายใต้ข้อกำหนดมาตรฐานของกรมขนส่งทางบกนั้น ความแข็งแรงของโครงสร้างหลักเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่ผู้ประกอบการจะต้องคำนึงถึง ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างหลักรถโดยสารมาตรฐาน 1 ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งประกอบไปด้วยโครงสร้างและโครงสร้างตัวถังรถโดยสารรุ่น CB340G ของบริษัท อุเชิตชัย อุตสาหกรรม จำกัด โดยที่ทำการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โครงสร้างและโครงสร้างตัวถังด้วยเอลิเมนต์แบบคาน 3 มิติ บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมที่เรียกว่า ANSYS และพิจารณาภายใต้สมมติฐานภาระกระทำแบบสถิตศาสตร์และสมบัติวัสดุแบบยืดหยุ่นเชิงเส้น โดยที่ภาระกระทำพื้นฐานต่อโครงสร้างประกอบไปด้วย 4 รูปแบบ ได้แก่ ภาระการดีด ภาระการบิด ภาระกระทำในแนวยาวและภาระกระทำในแนวด้านข้าง และทำการวิเคราะห์ค่าความเค้นเสียหายสูงสุด การเสียรูป และค่าความแข็งแรงดึงของโครงสร้างต่อภาระกระทำในรูปแบบต่างๆ ผลการศึกษาพบว่าค่าความเค้นเสียหายสูงสุดในกรณีภาระการดีดและการบิดตัวมีค่าเท่ากับ 45.1 MPa และ 42 MPa ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเค้นเสียหายสูงสุดในกรณีภาระที่กระทำในแนวยาวและแนวด้านข้างอันเนื่องจากผลของความเร่งและความหน่วงมีค่าเท่ากับ 9.1 MPa และ 20.5 MPa ตามลำดับ และระยะการเสียรูปสูงสุดของโครงสร้างจะเกิดขึ้นในกรณีภาระที่กระทำในแนวด้านข้างซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.02 mm โดยที่เมื่อพิจารณาค่าความแข็งแรงดึงต่อการดีดและการบิดตัวของโครงสร้าง พบว่ามีค่าเท่ากับ 47.2×10^3 N/mm และ 22.7×10^3 N-m/deg ตามลำดับ ท้ายที่สุดได้ทำการยืนยันผลความถูกต้องของโปรแกรมด้วยการเปรียบเทียบผลการทดสอบบนชิ้นทดสอบโครงสร้างอย่างง่าย ซึ่งพบว่าผลที่ได้มีแนวโน้มสอดคล้องไปในทางเดียวกัน

คำหลัก: รถโดยสารมาตรฐาน 1, การวิเคราะห์ความแข็งแรง, โครงสร้างรถ, ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

AMM-204

Currently, the use of bus transportation services is an important role in Thailand. It is found that the intercity bus has been most widely used for the public transportation. According to the standard of land transport department, the engineering design, especially structural analysis, including manufacturing process is a crucial procedure which needs to be considered by entrepreneurs. The objective of this research is to analyze the structural strength of intercity bus based on basic global load case using finite element (FE) analysis (called as ANSYS software). The FE domain consisted of chassis and body structure of CB340G model (Cherdchai Industrial Co., Ltd) and the three-dimensional beam element type was applied in the study. The analysis was simplified based on the static load and linear elastic material behavior assumption. There are four types of basic load behavior consisted of bending, torsional, longitudinal, and lateral loads were considered. The results of maximum stress, deformations including construction stiffness were used as main parameters to evaluate the structural strength among load case. Regarding the results, it was found that the magnitude of maximum stress in bending (caused by payload) and torsional (twisting) load case revealed as 45.1 MPa and 42 MPa, respectively. Whereas, the maximum stress in longitudinal (acceleration and braking) and lateral (cornering) load case exhibited as 9.1 MPa and 20.5 MPa, respectively. In addition, the maximum total deformation in the lateral load case was 2.02 mm, while the bending and torsional stiffness were 47.2×10^3 N/mm and 22.7×10^3 N-m/deg, respectively. Finally, the simplified case study was employed to validate the result obtained by numerical analysis in order to prove hypothesis used in the study.

Keywords: Intercity Bus, Strength Analysis, Bus Structure, Finite Element Analysis

1. บทนำ

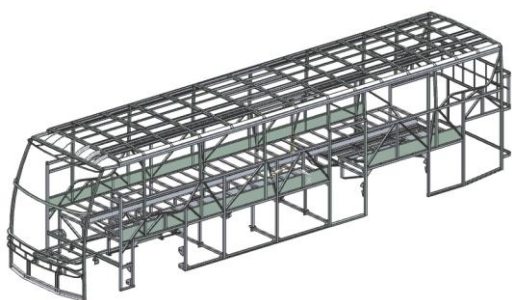
ปัจจุบันการคมนาคมขนส่งด้วยรถโดยสารบริการได้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในประเทศไทย โดยพบว่ามีจำนวนสถิติผู้ใช้บริการรถโดยสารเฉลี่ยต่อวันเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี [1] ทั้งนี้รถโดยสารมาตรฐาน 1 หรือรถปรับอากาศพิเศษเป็นรถที่ได้รับความนิยมและใช้งานมากที่สุดในภาคขนส่งสาธารณะ โดยที่รถดังกล่าวจะมีลักษณะ 2 เพลา มีความยาวไม่เกิน 12 เมตร ความกว้างไม่เกิน 2.5 เมตร และความสูงไม่เกิน 4.0 เมตร [2] ทั้งนี้ในการออกแบบและผลิตรถโดยสารภายใต้ข้อกำหนดมาตรฐานของกรมขนส่งทางบกนั้น ความแข็งแรงของโครงสร้างหลักเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่ผู้ประกอบการจะต้องคำนึงถึง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโครงสร้างหลักรถโดยสารสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ โครงฐานหรือแชสซี และโครงสร้างตัวถัง ดังแสดงในรูปที่ 1 ทั้งนี้โครงฐานจะมี

หน้าที่ในรับน้ำหนักส่วนประกอบต่างๆ เช่น เครื่องยนต์ น้ำหนักผู้โดยสารและสัมภาระ เป็นต้น ในขณะที่ตัวถังซึ่งวางอยู่บนโครงฐานจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างสำหรับการเกาะยึดส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ ห้องโดยสาร ห้องคนขับและอุปกรณ์อื่นๆ



(ก)

AMM-204



(ข)

รูปที่ 1 โครงสร้างหลักของรถโดยสาร

(ก) โครงฐานหรือแชสซี (ข) โครงสร้างตัวถัง

ในการพิจารณาภาระพื้นฐานที่กระทำต่อโครงสร้างยานยนต์สามารถจำแนกได้ดังนี้ 4 รูปแบบ [3,4] ดังนี้ (รูปที่ 2)

1) ภาระการตัด เป็นรูปแบบภาระอันเนื่องจากผลของน้ำหนักของส่วนประกอบต่างๆ ของรถและน้ำหนักผู้โดยสาร

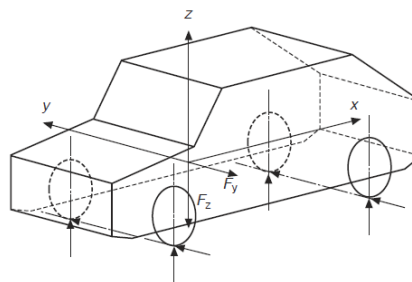
2) ภาระการบิด เป็นรูปแบบภาระอันเนื่องจากผลของโมเมนต์บิดรอบแกนในแนวยาวของโครงสร้าง ซึ่งอาจพิจารณาได้จากพฤติกรรมการตกหลุมหรือขึ้นเนิน ลูกกระพรวนของล้อด้านใดด้านหนึ่ง

3) ภาระกระทำในแนวยาว เป็นรูปแบบภาระอันเนื่องมาจากความเฉื่อยของวัตถุภายใต้ความเร่งหรือความหน่วงในแนวยาวของโครงสร้างตัวรถจากการเบรกหรือเร่ง

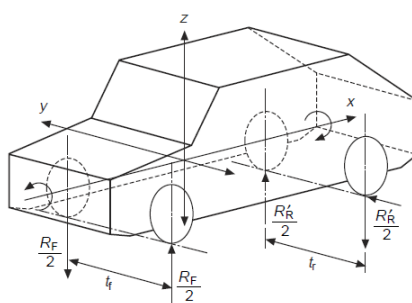
4) ภาระกระทำในแนวด้านข้าง เป็นรูปแบบภาระอันเนื่องจากความเฉื่อยของวัตถุภายใต้ผลของความเร่งในแนวด้านข้างของโครงสร้างตัวรถเช่นในกรณีขณะเลี้ยวโค้ง

ปัจจุบันการใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ การผลิต และการวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างรถก่อนที่จะได้ต้นแบบจริง ซึ่งจะทำให้สามารถวิเคราะห์ปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องชิ้นส่วนโครงสร้างและลดเวลาในการลองผิดลองถูกได้

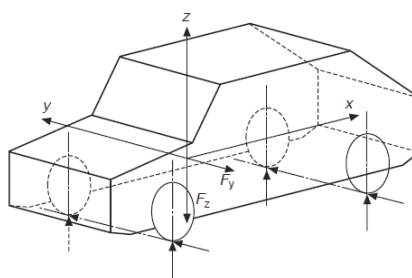
ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างหลักรถโดยมาตรฐานประเภท 1 ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยที่ได้ทำการศึกษาโครงสร้างรถโดยสารรุ่น CB340G ของบริษัท อุเชิดชัย อุตสาหกรรม จำกัด และทำการวิเคราะห์ภายใต้ภาระพื้นฐาน 4 รูปแบบ (ภาระการตัด ภาระการบิด ภาระในแนวยาว และภาระในแนวด้านข้าง) โดยการใช้เทคนิควิเคราะห์บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยทางด้านวิศวกรรม ANSYS Workbench R14 ท้ายที่สุดได้ทำการยืนยันผลความถูกต้องของโปรแกรมด้วยการเปรียบเทียบผลการทดสอบบนชิ้นงานโครงสร้างอย่างง่าย



(ก)

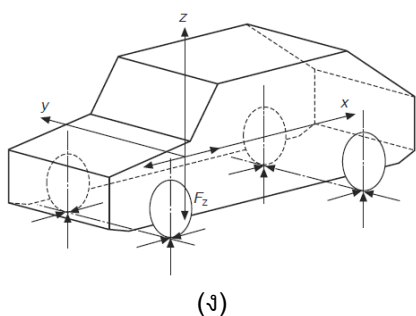


(ข)



(ค)

AMM-204



รูปที่ 2 ภาระพื้นฐานของโครงสร้างยานยนต์ [4]

(ก) ภาระการตัด (ข) ภาระการบิด

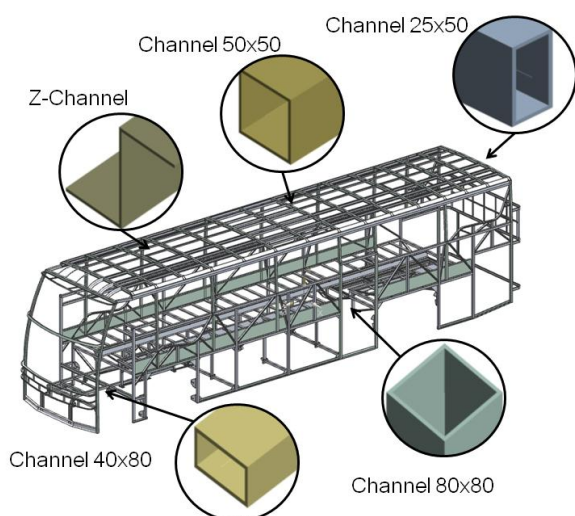
(ค) ภาระในแนวยาว (ง) ภาระในแนวด้านข้าง

2. วัสดุและวิธีการ

ในการศึกษานี้ได้ทำการสร้างและวิเคราะห์แบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์โครงสร้างหลักรถโดยสารรุ่น CB340G (บริษัท อู่เซิดชัย อุตสาหกรรม จำกัด) ซึ่งประกอบด้วยโครงฐานและตัวถัง (แสดงได้ตามในรูปที่ 3) ได้ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรมช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม โดยที่แบบจำลองดังกล่าวใช้เอลิเมนต์ประเภทคาน 3 มิติ และกำหนดหน้าตัดของโครงสร้างฐานและโครงสร้างดังแสดงตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบจำลองโครงสร้างหลักรถโดยสารและลักษณะของหน้าตัดแต่ละส่วน

(ก) รูปสี่เหลี่ยม 50x50 mm. และ 25x50 mm. (ตัวถัง); (ข) รูปแบบตัว Z (ตัวถัง); (ค) หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม 80x80 mm. และ 80x40 mm. (โครงฐาน)

2.2 สมบัติวัสดุ

ในการศึกษาได้พิจารณาสมมติฐานวัสดุที่ใช้ในแบบจำลองให้มีลักษณะสมบัติแบบยืดหยุ่นเชิงเส้นและเท่ากันทุกทิศทาง โดยที่สมบัติวัสดุที่ใช้ได้มาจากการทดสอบตามมาตรฐาน และสามารถแสดงได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติของวัสดุ

โครงสร้าง	Young's Modulus (GPa)	Poisson Ratio	Yield Strength (MPa)
โครงฐาน	200	0.26	235
ตัวถัง	220	0.3	370

2.3 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขต

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาวิเคราะห์ความแข็งแรงและของโครงสร้างรถโดยสารภายใต้ภาระพื้นฐานรูปแบบต่างๆ ดังที่ได้กล่าวข้างต้น โดยมีรายละเอียดการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตดังนี้ (รูปที่ 2)

1) กรณีภาระการตัด

ในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของภาระการตัดจะพิจารณาน้ำหนักเครื่องยนต์ น้ำหนักแผงควบคุมด้านหน้าหรือคอนโซล น้ำหนักผู้โดยสารและสัมภาระดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 4 โดยพิจารณาให้โครงสร้างรถโดยสารมีลักษณะคล้ายคานที่มีการรองรับแบบอย่างง่าย

2) กรณีภาระการบิด

สำหรับเงื่อนไขขอบเขตกรณีภาระการบิดจะทำการพิจารณาให้แบบจำลองโครงสร้างหลักรถโดยสาร

AMM-204

ถูกกระทำด้วยโมเมนต์บิดรอบแกนในแนวยาวด้วยระยะยกที่สม่ำเสมอเท่ากับ 200 มิลลิเมตร [3]

3) กรณีการกระทำในแนวยาว

กำหนดให้แบบจำลองโครงสร้างหลักถูกกระทำด้วยความเร่งหรือความหน่วง เท่ากับ 0.75 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก [3] ในทิศทางแนวยาวของโครงสร้างหลักโดยสาร

4) ภาระที่กระทำในแนวด้านข้าง

ทำการวิเคราะห์ด้วยการกำหนดให้ความเร่งกระทำกับการจำลองโครงสร้างในทิศทางด้านข้าง เท่ากับ 0.75 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก [3]

โครงสร้างจะพิจารณาจาก 2 กรณี คือ ความแข็งดิ่งต่อการดัด (K_B) และความแข็งดิ่งต่อการบิด (K_T) โดยที่สามารถพิจารณาได้จากอัตราส่วนระหว่างภาระที่กระทำต่อระยะการเสียรูปหรือมุมบิดดังแสดงในตามสมการที่ (1)

$$K_B = \frac{W}{\delta}, \quad K_T = \frac{T}{\theta} \quad (1)$$

เมื่อ W คือ ภาระรวม

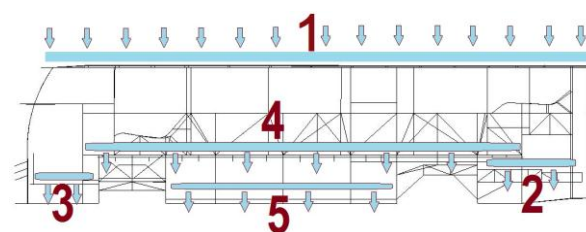
T คือ โมเมนต์บิด

δ คือ ระยะการเสียรูป

θ คือ มุมบิด

ตารางที่ 2 การกำหนดภาระการดัดบนแบบจำลอง

ตำแหน่ง	รายละเอียด	น้ำหนัก (นิวตัน)
1	น้ำหนักโครงสร้าง	21,766
2	เครื่องยนต์	6,730
3	ชุดแผงควบคุมด้านหน้า	3,000
4	ผู้โดยสารและอุปกรณ์ภายในรถ	31,280
5	น้ำหนักสัมภาระ	7,000



รูปที่ 4 ตำแหน่งภาระบนแบบจำลองคอมพิวเตอร์

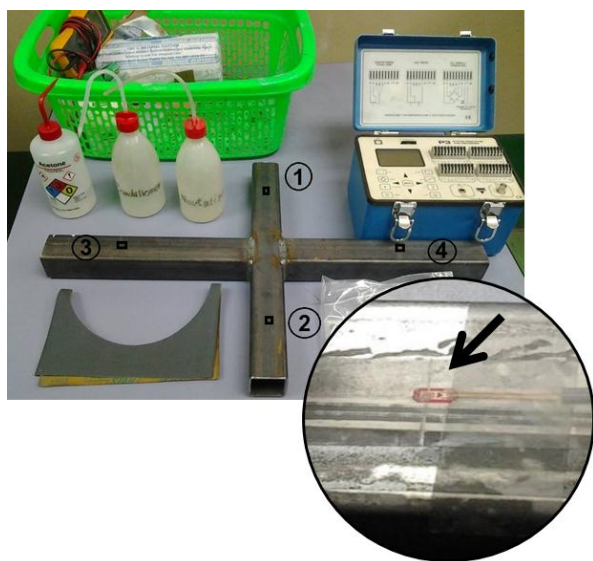
2.4 ความเค้นเสียหายและความแข็งดิ่ง

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างจะพิจารณาจากค่าความเค้นรวมสูงสุดในกรณีภาระรูปแบบต่างๆ ในขณะที่ค่าความเค้นดิ่งดิ่งของ

2.5 การทดสอบ

การทดสอบเพื่อยืนยันผลความถูกต้องของโปรแกรมนั้น แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของชิ้นทดสอบซึ่งมีลักษณะเป็นโครงสร้างคานอย่างง่ายดังแสดงในรูปที่ 5 ได้ถูกพิจารณาเพื่อทำการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบค่าความเครียดที่จุดต่อภาระและระยะการเสียรูปที่ภาระกระทำใดๆ ทั้งนี้ในการทดสอบได้ติดตั้งสแตนด์เกจบนชิ้นงานและทดสอบด้วยเครื่องกดมาตรฐานด้วยภาระตั้งแต่ 0 ถึง 10 kN ภายใต้เงื่อนไขภาระแบบสถิตศาสตร์ โดยมีการรองรับอย่างง่ายทั้งสองจุด และบันทึกผลด้วยเครื่องมือวัดค่าความเครียดดังแสดงในรูปที่ 5

AMM-204



รูปที่ 5 ชั้นทดสอบและตำแหน่งที่ติดตั้งส텐เกจ รวมทั้งอุปกรณ์บันทึกผล

3. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์

ผลการศึกษาสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้างหลัก

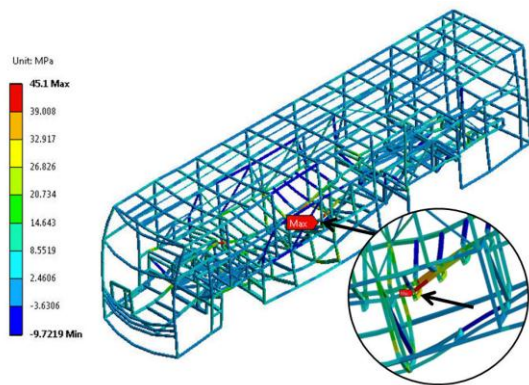
ผลการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์พบว่าค่าความเค้นเสียหายสูงสุดในกรณีการกระดัดและการบิดมีค่าเท่ากับ 45.1 MPa และ 42 MPa ตามลำดับ โดยที่ค่าความเค้นสูงสุดในกรณีการกระดัดเกิดขึ้นที่ชั้นส่วนโครงฐานบริเวณช่วงกลางห้องโดยสาร ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด ดังแสดงรูปที่ 6(ก) ในขณะที่ค่าความเค้นเสียหายสูงสุดกรณีการบิดเกิดบริเวณชั้นส่วนโครงฐานที่เชื่อมติดกับตัวถังที่ซุ้มล้อด้านหน้า ดังรูปที่ 6(ข) ทั้งนี้สำหรับกรณีการอื่นเนื่องจากผลของความแรงและ/หรือความหน่วงกระทำในแนวยาวและแนวด้านข้าง ค่าความเค้นเสียหายสูงสุดมีค่าเท่ากับ 9.1 MPa และ 20.5 MPa ตามลำดับ โดยเกิดความเค้นสูงสุดที่จุดเดียวกันคือโครงสร้างตัวถังบริเวณด้านบนของส่วนห้องเครื่องยนต์ ดังรูปที่ 6(ค) และหากพิจารณาค่าเผื่อความปลอดภัยของโครงสร้างภายใต้เงื่อนไขค่าความเค้นครากของวัสดุในกรณีการพื้นฐานทั้ง 4 รูปแบบ พบว่าค่าความ

ปลอดภัยในกรณีการกระดัดและการบิด มีค่าเท่ากับ 5.2 และ 5.6 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าความปลอดภัยในกรณีผลจากความแรงหรือความหน่วงในแนวยาวและแนวด้านข้างซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.8 และ 11.5 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ค่าเผื่อความปลอดภัยนั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงตัวประกอบทางพลวัตร่วมด้วย ซึ่งโดยทั่วไปสำหรับโครงสร้างยานยนต์จะมีค่าดังกล่าวมากกว่า 5 เท่าขึ้นไป [4]

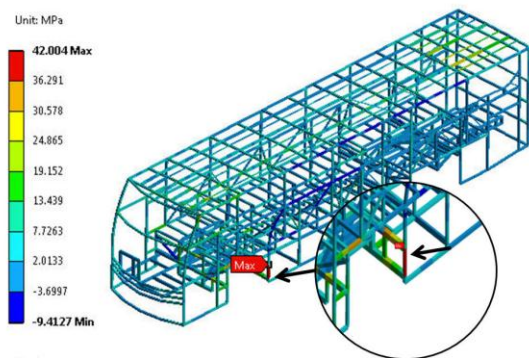
ในขณะที่ผลของการเสียรูปของโครงสร้างขณะที่อยู่ภายใต้ภาระนั้น พบว่าในกรณีการกระทำในแนวด้านข้างจากผลของความแรงจะมีระยะการเสียรูปสูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 2.02 mm ดังรูปที่ 7 ในขณะที่ระยะมุมบิดที่เกิดขึ้นจากการบิดมีค่าเท่ากับ 4.8 องศา ทั้งนี้ในกรณีการกระดัดและการกระทำในแนวยาวจากผลของความหน่วงมีระยะการเสียรูปเท่ากับ 1.48 mm และ 0.78 mm ตามลำดับ

นอกจากนี้เมื่อทำการพิจารณาคำนวณค่าความแข็งแรงต่อการดัดและค่าความแข็งแรงต่อการบิดของโครงสร้าง (สมการที่ 1) พบว่ามีค่าเท่ากับ 47.2×10^3 N/mm และ 22.7×10^3 N-m/deg ตามลำดับ โดยที่ค่าความแข็งแรงต่อการดัดซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความต้านทานการเสียรูปแบบการดัดของโครงสร้าง ได้แก่ น้ำหนักของส่วนต่างๆ [3] ในขณะที่ค่าความแข็งแรงต่อการบิดเป็นค่าที่แสดงถึงความต้านทานต่อการบิดของโครงสร้างซึ่งส่งผลต่อการเสียรูปของผนังด้านข้างรวมถึงกระจกหน้าต่างรถ [5] ทั้งนี้โดยทั่วไปในการออกแบบโครงสร้างรถ ค่าดังกล่าวจะอยู่ในช่วงประมาณ 8×10^3 ถึง 10×10^3 N-m/deg สำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล [3] และมีค่าประมาณ 18×10^3 ถึง 40×10^3 N-m/deg สำหรับรถโดยสาร [6]

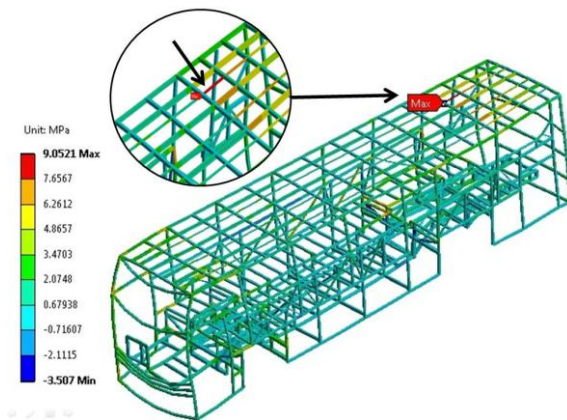
AMM-204



(ก)

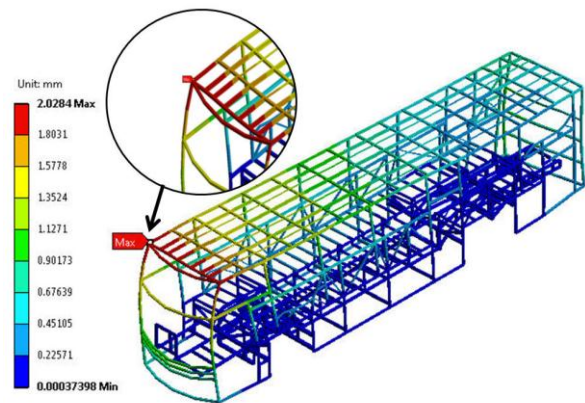


(ข)



(ค)

รูปที่ 6 ผลการกระจายความเค้นบนโครงสร้างหลัก
(ก) ภาระการดัด (ข) ภาระการบิด
(ค) ภาระกระทำในแนวยาวและในแนวด้านข้าง



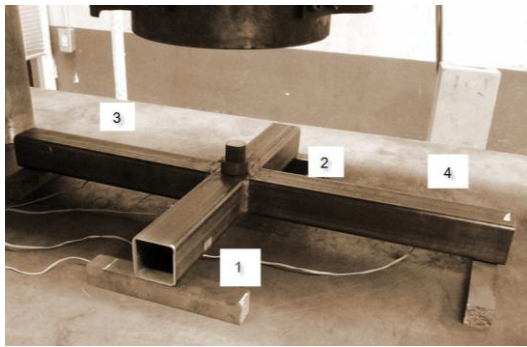
รูปที่ 7 การเสียรูปโครงสร้างในกรณีภาระที่กระทำใน
แนวด้านข้าง

3.2 การทดสอบเปรียบเทียบ

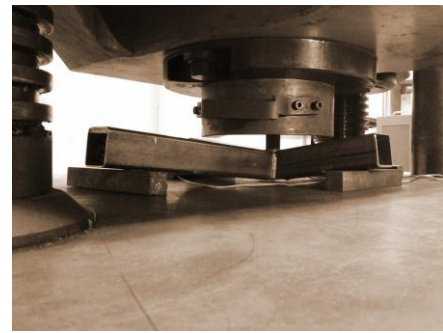
ผลการเปรียบเทียบค่าความเครียดต่อภาระระหว่างการทดสอบชิ้นงานและการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 8 ทั้งนี้จากทฤษฎีโครงสร้าง[8] สำหรับคานที่มีระยะห่างระหว่างจุดรองรับเท่ากับ $L=400$ mm. ระยะในการกดทดสอบ $L/360$ (เท่ากับ 1.11 mm หรือในช่วง 0 ถึง 10 kN) โดยที่ผลของค่าความเครียดต่อภาระกระทำที่ตำแหน่งจุดที่ 1, จุดที่ 2, จุดที่ 3 และจุดที่ 4 (ดังแสดงในรูปที่ 8(ก)) สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 8(ข) ซึ่งจะพบว่าผลการทดสอบที่ได้มีแนวโน้มสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์แบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเมื่อพิจารณาหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของผลที่ได้ที่ในตำแหน่งจุดที่ 1 และ จุดที่ 2 พบว่ามีค่าเท่ากับ 25.3% ในขณะที่จุดที่ 3 และ 4 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 31.2%

นอกจากนี้ผลการทดสอบระยะการเสียรูปที่ภาระใดๆ ของชิ้นทดสอบเทียบกับการวิเคราะห์แบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 8(ค) และพบว่ามีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 58.48% โดยที่ลักษณะการเสียรูปของชิ้นทดสอบที่ได้จากการทดลองและการวิเคราะห์ด้วยการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์สามารถแสดงได้ตามในรูปที่ 9

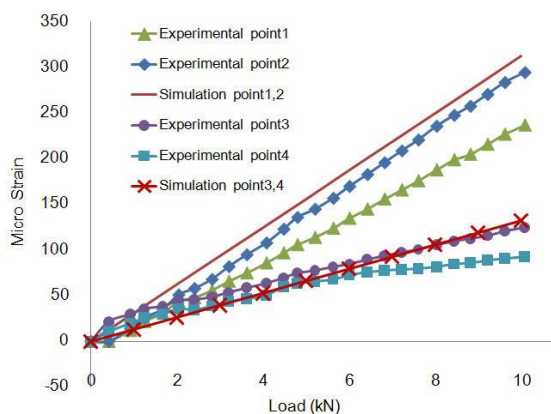
AMM-204



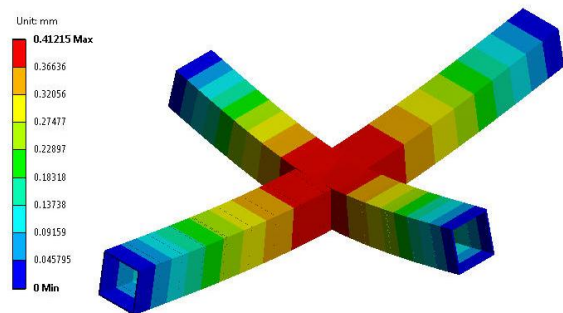
(ก)



(ก)



(ข)

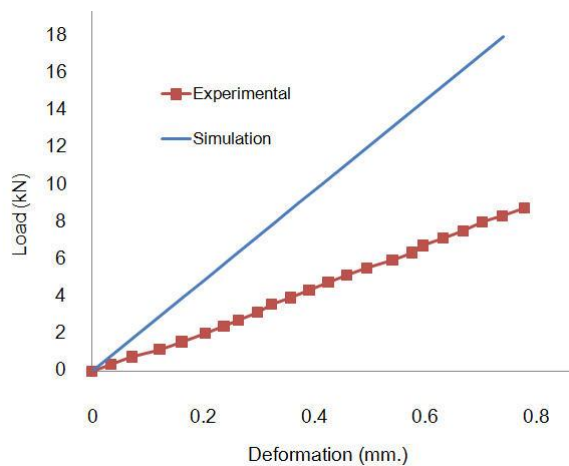


(ข)

รูปที่ 9 การเปรียบเทียบระยะการเสียรูป

(ก) ผลจากการทดสอบ

(ข) ผลจากแบบจำลองคอมพิวเตอร์



(ค)

รูปที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดสอบกับ

การจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

(ก) ชิ้นงานทดสอบและตำแหน่งการติดตั้ง

(ข) ค่าความเครียดต่อภาระ

(ค) ภาระต่อระยะการเสียรูป

4. สรุปผล

ในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างรถโดยสารมาตรฐาน 1 รุ่น CB340G ของบริษัท อู่เซตชัยอุตสาหกรรม จำกัด โดยการจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ ภายใต้ภาระพื้นฐาน 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) ภาระการตัด 2) ภาระการบิด 3) ภาระในแนวยาว และ 4) ภาระในแนวด้านข้าง ผลการศึกษาพบว่าค่าความเค้นเสียหายสูงสุดบนโครงสร้างหลักภายใต้กรณีภาระการตัดและภาระการบิดมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าความปลอดภัยสูงมากกว่า 5 โดยที่ตำแหน่งความเค้นวิกฤตจะเกิดขึ้นที่โครงสร้างบริเวณช่วงกลางห้องโดยสาร ในขณะที่ค่าความเค้นเสียหายสูงสุดในกรณีภาระในแนวยาวและแนวด้านข้างเนื่องจากผลของความเร่งหรือความหน่วงจะเกิดขึ้นที่โครงสร้างตัวถังบริเวณด้านบนของส่วนห้องเครื่องยนต์ และเมื่อพิจารณาภาระการเสียรูปจาก

AMM-204

ภาระพื้นฐาน จะพบว่ากรณีภาระในรูปแบบกระทำในแนวด้านข้างจะมีระยะการเสียรูปสูงสุด รวมทั้งหากวิเคราะห์ค่าความแข็งดิ่งของโครงสร้างต่อการดัดและค่าความแข็งดิ่งของโครงสร้างต่อการบิดตัว พบว่ามีค่าเท่ากับ 47.2×10^3 N/mm และ 22.7×10^3 N-m/deg ตามลำดับ ท้ายที่สุดได้มีการยืนยันเปรียบเทียบผลการจำลองและการทดสอบชิ้นงานที่มีลักษณะแบบโครงสร้างอย่างง่าย พบว่าผลค่าความเครียดต่อภาระและลักษณะการเสียรูปมีแนวโน้มสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และบริษัท อยู่เชิดชัยอุตสาหกรรม จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและอุปกรณ์ในการทดลองจนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน, กรมขนส่งทางบก (2550), ข้อมูลสถิติการใช้สถานีขนส่งผู้โดยสาร http://apps.dlt.go.th/statistics_web/ เข้าดูเมื่อวันที่ 13/04/2557.
- [2] กฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2552) ออกตามความในพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2552, (2552, 18 พฤษภาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 126 ตอนที่ 31ก., หน้า 32-54.
- [3] Jason C.B., A. John Robertson and Stan T.S. (2002). *Motor Vehicle Structures: Concepts and Fundamentals*, ISBN: 07506-5134-2, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [4] Julian H.S., (2002). *An Introduction to Modern Vehicle Design*, ISBN: 07506-5044-3, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [5] D. Shinabuth et al. (2012). Finite Element Analysis of an Electric Bus Body Structure in Real Driving Conditions, paper presented in The 3rd

TSME International Conference on Mechanical Engineering, Chiang Rai, Thailand.

[6] Lonny L. Thompson, Srikanth R. and E. Harry Law. Design of a Winston Cup Chassis for Torsional Stiffness, SAE Technical Paper Series, paper presented in Motorsports Engineering Conference and Exposition, November 16-19, 1998, Michigan, U.S.A.

[7] F. Lan, J. Chen and J. Lin. (2004). Comparative Analysis for Bus side Structures and Lightweight Optimization, *IMechE*, vol.218 Part D, May 2004, pp. 1067 – 1075.

[8] A. Varma. *Design of Steel Structures*, College of Engineering, Michigan State University, USA. <http://www.egr.msu.edu/~harichan/classes/ce405/chap2.pdf>, access on 29/06/2014.