

AMM-34

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสารภายใต้การทดสอบตามข้อกำหนดของ UN ECE R14 ด้วยระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์

Strength Analysis of Seat Structure by Requirements of UN ECE Regulation 14 Using Finite Element Method

พิตินันท์ วสันตเสนานนท์ และ สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์

สาขาวิศวกรรมการผลิต สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

อีเมล: pitinun_mc@hotmail.com อีเมล: somsaksi@sut.ac.th

บทคัดย่อ

เข็มขัดนิรภัยคือชุดอุปกรณ์ประกอบด้วยสายคาดที่มีหัวเข็มขัด อุปกรณ์ปรับความยาว และอุปกรณ์ที่สามารถยึดติดกับโครงสร้างที่อยู่ด้านในของรถยนต์ และได้รับการออกแบบเพื่อลดความเสี่ยงต่อการได้รับบาดเจ็บของผู้ใช้ ในกรณีรถยนต์เกิดการชน และจุดยึดเข็มขัดนิรภัยเป็นจุดยึดชุดเข็มขัดนิรภัยให้ยึดติดกับโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสาร ต้องมีความแข็งแรงและไม่เกิดความเสียหายที่จะส่งผลทำให้ชุดผู้โดยสารเกิดการบาดเจ็บหรือเสียชีวิต โดย UN ECE Regulation 14 ได้กำหนดวิธีการทดสอบและเงื่อนไขการทดสอบจุดยึดเข็มขัดนิรภัย เพื่อให้ผู้ออกแบบได้ออกแบบโครงสร้างและออกแบบการจัดวางตำแหน่งจุดยึดเข็มขัดนิรภัยให้มีความแข็งแรงโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายที่จุดยึดเข็มขัดนิรภัยและโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสาร โดยการทดสอบจุดยึดเข็มขัดนิรภัยในที่นี้ผู้โดยสาร ตามข้อกำหนดของ UN ECE Regulation 14 จึงเป็นที่มาให้ผู้วิจัยได้ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างให้เป็นไปตามเกณฑ์ข้อกำหนดของ UN ECE Regulation 14 ผลการวิเคราะห์พบว่าจุดยึดเข็มขัดนิรภัยนั้นเกิดความเสียหายเพียงเล็กน้อยเท่านั้นซึ่งไม่ทำให้ชุดเข็มขัดนิรภัยหลุดออกจากโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสารได้ แต่ตัวโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสารนั้นเกิดการเสียหายแบบฉีกขาดเนื่องจากได้รับภาระโมเมนต์ดัดสูงที่จุดเชื่อมต่อ ซึ่งในการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้เป็นเพียงแค่การทำนายการทดสอบโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสารโดยให้ภาระกระทำตามข้อกำหนดของ UN ECE Regulation 14 เพื่อได้ทราบถึงพฤติกรรมและการเสียหายของจุดยึดเข็มขัดนิรภัยและโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสารเพียงเท่านั้น เพื่อที่จะนำข้อมูลดังกล่าวไปปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสารให้มีความแข็งแรงตามเกณฑ์การทดสอบ UN ECE Regulation 14 ได้กำหนดไว้ให้มีความเหมาะสมในการผลิตในสถานประกอบการเพื่อให้มีศักยภาพในการแข่งขันในธุรกิจต่อไป

คำหลัก: จุดยึดเข็มขัดนิรภัย, โครงสร้างที่นั่งผู้โดยสาร, ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

AMM-34

Abstract

The safety belt consists of a seat belt (belt with a buckle), inertia reel, locking retractors, and seat belt anchorage attached to the passenger vehicles structure. Seat belts are designed to reduce the risk of injuries to the passengers when the accident occurred. The seat belt anchorage is functioned to secure the safety belt attached to the passenger seat must be strong and do not damage that will result in passenger injury or death. The UN ECE Regulation 14 has defined the test methods and test conditions of on the seat belt anchorage. To design the structure and design of positioning the seat belt anchor strength without causing damage to the passenger seat and seat belt anchors. The testing of the seat belt anchor in the passenger seat is according to the UN ECE Regulation 14. The research was to analysis the strength of the seat structure to conform to the requirements of the UN ECE Regulation 14 by using Finite Element Method. The analysis shows that the seat belt anchors were slightly were slightly damaged (just above allowance stress) seat belts do not slipped out of the passenger seat structure. But the passenger seats were damaged and tear, due to the maximum bending moment at the connection joint. These results was used to predicted the passenger seat structure accordance with the UN ECE Regulation 14 in order to understand the behavior and the damage of the seat belt anchor and the passenger seat structure. These information will be used to improve the passenger seat structure that conform to the test criteria UN ECE Regulation 14.

Keywords: seat belt anchorage, passenger seat structure, Finite Element Method

1. บทนำ

เข็มขัดนิรภัยคือชุดอุปกรณ์ประกอบด้วยสายคาดที่มีหัวเข็มขัด อุปกรณ์ปรับความยาว และอุปกรณ์ที่ยึดติดกับโครงสร้างที่อยู่ด้านในของรถยนต์ และได้รับการออกแบบเพื่อลดความเสี่ยงต่อการได้รับบาดเจ็บของผู้ใช้ในกรณีรถยนต์เกิดการชน หรือลดความเร็วลงอย่างกะทันหัน โดยการจำกัดการเคลื่อนที่ของผู้ใช้ [1] ในการออกแบบระบบความปลอดภัยเฉพาะบริเวณที่นั่งผู้โดยสารนั้น จุดยึดเข็มขัดนิรภัยเป็นจุดยึดชุดเข็มขัดนิรภัยให้ยึดติดกับโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสาร ซึ่งจะต้องมีความแข็งแรงและไม่เกิดความเสียหายที่จะส่งผลทำให้ชุดเข็มขัดนิรภัยหลุดออกไปจากโครงสร้างเบาะที่นั่งและทำให้ผู้โดยสารเกิดการบาดเจ็บหรือเสียชีวิต ในกรณีที่เกิดการชน หรือลดความเร็วลงอย่างกะทันหัน ในมาตรฐานการควบคุมการออกแบบจุดยึดเข็มขัดนิรภัยซึ่ง UN ECE Regulation 14 ได้กำหนดวิธีการทดสอบและเงื่อนไขการทดสอบจุดยึดเข็มขัดนิรภัย เพื่อให้ผู้ออกแบบได้ออกแบบโครงสร้างและออกแบบการจัดวางตำแหน่งจุดยึดเข็มขัดนิรภัยให้มีความแข็งแรงโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายที่จุดยึดเข็มขัดนิรภัยและโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสาร

ผู้ประกอบการต้องติดตั้งและดัดแปลงรถโดยสารโดยผู้ประกอบการซื้อชิ้นส่วนรถยนต์ใช้แล้ว อันได้แก่ Chassis / Engine / ชุดบังคับซึ่ง เป็นอะไหล่เก่าจากประเทศญี่ปุ่นที่ยังสามารถใช้งานได้นำมาประกอบรถ [2] ซึ่งในการผลิตดังกล่าวนั้นสถานประกอบการต้องทำการผลิตภายใต้ข้อกำหนดของกฎหมายของกรมการขนส่งทางบกได้กำหนด และจะต้องผ่านการทดสอบในด้านต่างๆและตรวจสอบสภาพตามที่กรมการขนส่งทางบกได้กำหนด จึงจะสามารถขึ้นทะเบียนรถโดยสารได้ ซึ่งการทดสอบจุดยึดเข็มขัดนิรภัยที่นั่งผู้โดยสาร ตามข้อกำหนดของ ECE R14 ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่ได้มีกฎหมายควบคุมสถานประกอบการให้ออกแบบจุดยึดเข็มขัดนิรภัยให้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดดังกล่าว ซึ่งหมายความว่าในประเทศไทยนั้นยังไม่มีเครื่องมือทดสอบและหน่วยงานที่รับรองการผลิตที่ผู้ประกอบการได้ผลิตที่นั่งผู้โดยสารออกมาได้

นั่นจึงเป็นที่มาของการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสารภายใต้ภาระการทดสอบตามหลักเกณฑ์ตามข้อกำหนดของ ECE R14 หรือ มอก.1467-2550 ด้วยระบบไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อวิเคราะห์หาค่าความแข็งแรงโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสารมีความแข็งแรงตาม

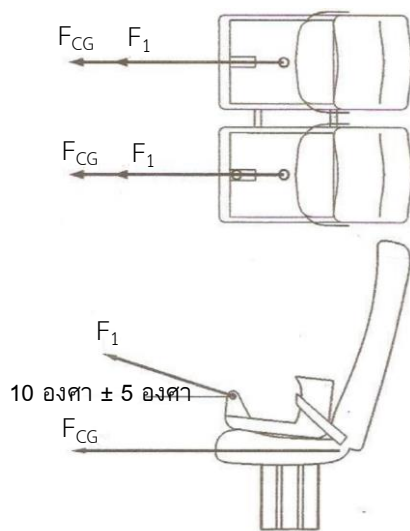
AMM-34

ข้อกำหนด และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของสถานประกอบการที่มีการแข่งขันทางธุรกิจที่สูงขึ้นได้ และจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้วิเคราะห์ความแข็งแรงของจุดยึดที่นั่งผู้โดยสารสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งใช้โปรแกรมเชิงพานิชชื่อว่า ANSYS 13 ช่วยในการวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์ตามข้อกำหนด ECE Regulation 80 ซึ่งพบว่าระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถช่วยในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของจุดยึดโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสารที่มีความแม่นยำช่วยลดเวลา ลดขั้นตอน และค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์และออกแบบจุดยึดโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสาร [3]

2. ระเบียบวิธีดำเนินงาน

2.1 เกณฑ์การทดสอบและข้อกำหนดการทดสอบจุดยึดเข็มขัดนิรภัย ECE Regulation 14 [4]

ในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ความแข็งแรงของจุดยึดเข็มขัดนิรภัยได้ทดสอบตามหลักเกณฑ์และข้อกำหนดการทดสอบจุดยึดเข็มขัดนิรภัยแบบสายรัดหน้าตักแบบ 2 จุดของที่นั่งผู้โดยสารแบบที่นั่งคู่ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงถึงการทดสอบจุดยึดเข็มขัดนิรภัยแบบสองจุดสำหรับที่นั่งคู่

2.1.1 วิธีการทดสอบ

- ปรับพนักพิงหลังให้ลึกลงตามที่ผู้ผลิตกำหนด
- ให้แรง $F_1 = 7400 \pm 200$ นิวตัน

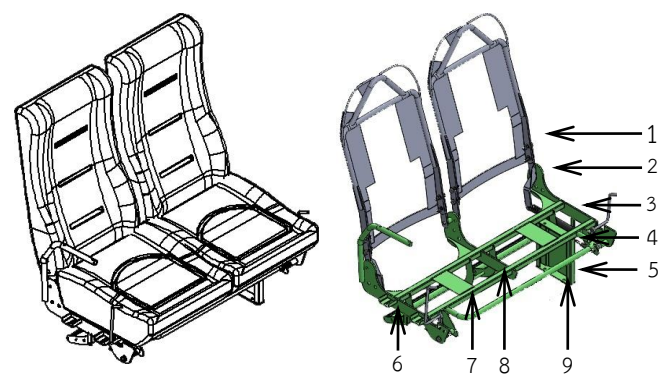
- ให้แรง $F_{CG} = 6.6$ เท่าของน้ำหนัก ของที่นั่งกระทำผ่านจุดศูนย์กลางที่ขนาดก้นแนวนอน
- ให้แรงดึง F_1 และ F_{CG} พร้อมกันโดยเริ่มต้นร้อยละ 10 ของแรงดึงเป้าหมาย จากนั้นให้แรงดึงร้อยละ 100 ของแรงดึง ให้แรงดึงถึงแรงดึงเป้าหมายเร็วที่สุดโดยใช้เวลาไม่มากกว่า 60 วินาที

2.1.2 เกณฑ์การตัดสิน

- จุดยึดเข็มขัดนิรภัยต้องทนแรงได้ไม่น้อยกว่า 0.2 วินาทีที่ต้องไม่เกิดความเสียหายใดๆ ปรากฏที่โครงสร้างที่นั่งหรือจุดยึดที่นั่ง
- ระบบปรับตำแหน่ง และระบบเลื่อนหรืออุปกรณ์ล็อก ในระหว่างการทดสอบการเสียรูปถาวร รวมถึงการแตกหักบางส่วน อาจเป็นที่ยอมรับได้ ถ้าหากความเสียหายเหล่านี้ไม่เพิ่มความเสี่ยงของการบาดเจ็บในกรณีที่เกิดการชนและสามารถรองรับแรงตามที่กำหนดได้

2.2 โครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสารและส่วนประกอบ

ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสารด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ได้ใช้โมเดลโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสาร ซึ่งในแผนกผลิตโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสารนั้นได้ผลิตเพียงรูปแบบโครงสร้างเบาะเพียงรูปแบบเดียว ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงถึงลักษณะของเบาะที่นั่งผู้โดยสารและโครงสร้างที่นั่งเบาะ

AMM-34

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของโครงสร้างเบาะที่นั่ง

NO	ชื่อชิ้นส่วน	วัสดุ	ความหนา(มม)
1	Steel PIPE Ø1"	Tube	1.8
2	STEEL PLATE	SS400	4
3	SUPPORT SIDE	SS400	6.3
4	Steel PIPE 1"× 1"	Tube	1.8
5	LOCK STRUCTURE	P/O	2
6	BRACKET SIDE	SS400	4
7	STEEL PLATE	SS400	4
8	SUPPORT CETER	SS400	6.3
9	STEEL PLATE	SS400	4



(ก)

2.3 ขอบเขตการทดลอง

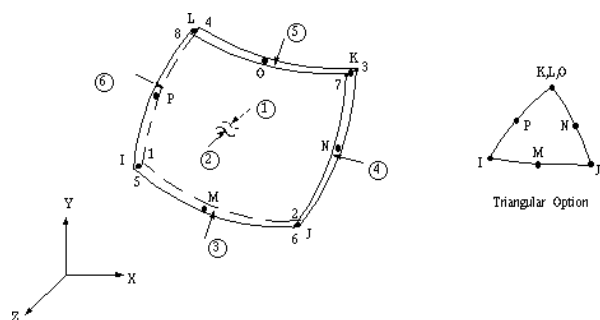
การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างฐานที่นั่งผู้โดยสารด้วยระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมเชิงพาณิชย์ที่มีชื่อว่า ANSYS 13 โดยได้กำหนดขอบเขตการทดลองและสมมุติฐานในการทดลองไว้ดังนี้

- กำหนดภาระกระทำตามเกณฑ์ข้อกำหนดทดสอบจุดยึด เข้มขันนิรภัยตามมาตรฐาน ECE Regulation 14 ดังหัวข้อที่ 2.1
- การวิเคราะห์เป็นแบบสถิตศาสตร์
- วัสดุในแต่ละชั้นของโครงสร้างฐานที่นั่งผู้โดยสารนั้นเป็นเนื้อเดียวกันและมีคุณสมบัติที่เหมือนกันทุกทิศทาง
- ไม่พิจารณาความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นหลังจากการผลิต
- กำหนดคุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นแบบ Bilinear Isotropic Hardening

2.3.1 เงื่อนไขขอบเขตการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2.3.1.1 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการสร้างแบบจำลองจะเป็นการทดสอบทั้งโครงสร้างที่นั่งดังรูปที่ 3ก และได้กำหนดโครงตาข่ายเป็นแบบ Shell 150 ซึ่งเป็นเอลิเมนต์แผ่นบาง 8 จุดต่อดังรูปที่ 3ข



(ข)

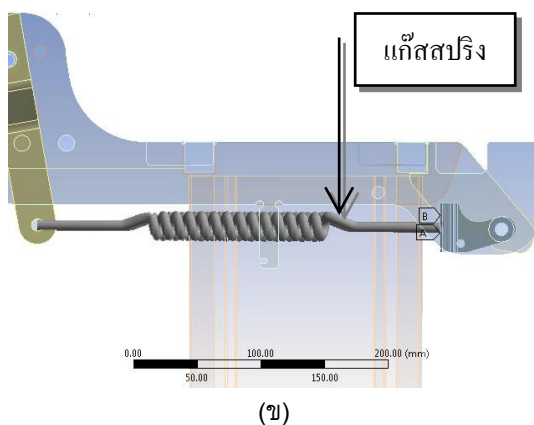
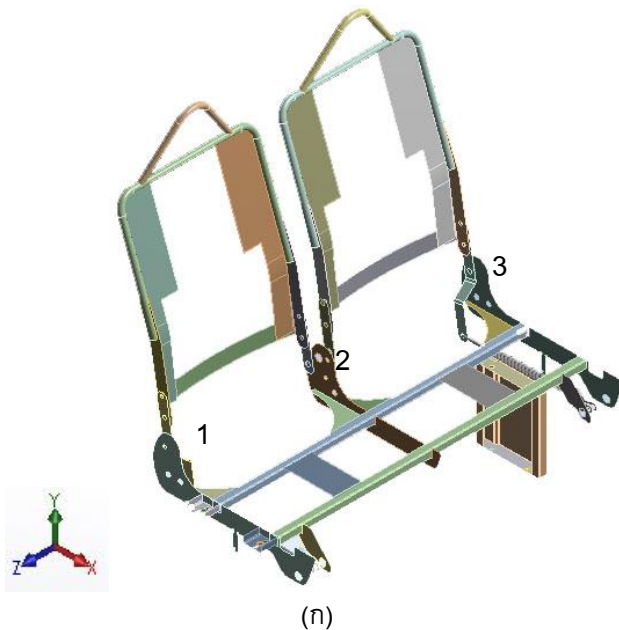
รูปที่ 3 ลักษณะรูปร่างของแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสาร

การกำหนดจุดเชื่อมต่อของแต่ละชั้นส่วนในโครงสร้างที่นั่งจะกำหนดเป็นแบบตรึงแน่น (Bonded Contact) และดังรูปที่ 4ก ตำแหน่งที่ 1-3 ซึ่งเป็นจุดต่อและจุดหมุนของโครงสร้างพนักพิงยึดติดกับโครงสร้างฐานที่นั่งนั้นได้ซึ่งสามารถทำให้พนักพิงปรับเอนนอนได้ ซึ่งได้กำหนดจุดต่อดังกล่าวเป็นแบบ Revolute รอบแกน z รูปที่ 4ข ได้กำหนดจุดต่อเป็นแบบสปริงซึ่งโครงสร้างจริงนั้นผู้ประกอบการได้ติดตั้งเป็นแบบแก๊สสปริง ยี่ห้อ STABILUS ซึ่งมีค่า Stiffness เท่ากับ 5.71 N/mm

AMM-34

ตารางที่ 2 ภาระที่กระทำที่จุดยึดเข็มขัดนิรภัย

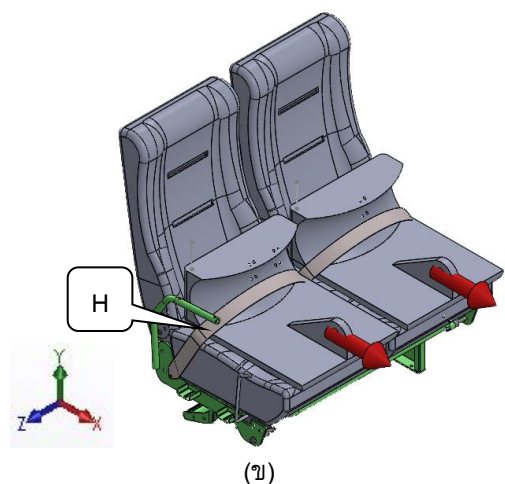
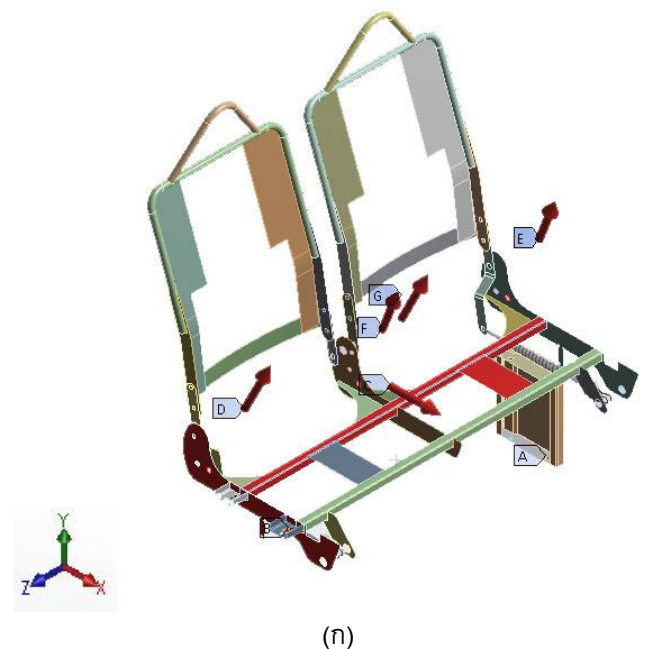
ตำแหน่ง	แกน X	แกน Y	แกน Z	หมายเหตุ
A	0	0	0	Fix Support
B	0	0	0	Fix Support
C	1618.7	0	0	F_{CG}
D	1517	3340	-388.5	F_1
E	1517	3340	388.5	F_1
F	1517	3340	388.5	F_1
G	1517	3340	-388.5	F_1



รูปที่ 4 ลักษณะการกำหนดจุดต่อของจุดหมุนพนักพิงและแก๊สสปริง

2.3.1.2 การกำหนดจุดยึดและภาระกระทำ

การกำหนดจุดยึดโครงสร้างที่นั่งนั้นได้กำหนดเป็นแบบตรึงแน่น (Fix Support) ดังรูปที่ 5ก ตำแหน่ง A และตำแหน่ง B และได้กำหนดภาระกระทำซึ่งได้กำหนดภาระเป็นแบบ Remote load ตามตำแหน่ง D E F และ G กระทำจากตำแหน่ง H ของรูปที่ 5ข ไปยังจุดยึดเข็มขัดนิรภัย และมีแรงที่ตำแหน่ง C ซึ่งมีแรง F_{CG} เท่ากับ 6.6 เท่าของน้ำหนักที่นั่งกระทำที่จุดศูนย์กลางโครงสร้างขนานแนวนอนจะมีค่าดังตารางที่ 2



รูปที่ 5 ตำแหน่งการให้ภาระและตำแหน่งการกำหนดจุดยึดโครงสร้างที่นั่ง

AMM-34

2.3.1.3 คุณสมบัติของวัสดุ

คุณสมบัติทางกลของวัสดุนั้นได้ทำการทดสอบชิ้นงานตัวอย่างที่เป็นเหล็กภายในโครงสร้างที่นึ่งผู้โดยสารของสถานประกอบการ ซึ่งจะมีเหล็กอยู่ 3 ชนิดด้วยกันคือ เหล็กแผ่นเกรด SS400 เหล็กรูปพรรณแบบกลวง (tube) และเหล็กปีกเกอร์ (P/O) ซึ่งทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงเอนกประสงค์ยี่ห้อ Lloyd ขนาด 100 kN ใช้ Extensometer ยี่ห้อ Epsilon ทดสอบภายใต้มาตรฐาน ASTM E8 และได้ทดสอบหาค่าอัตราส่วนปัวซองโดยตามมาตรฐาน ASTM E132 โดยให้ภาระโดยเครื่องทดสอบแรงดึงเอนกประสงค์ และติดตั้งเซนเซอร์วัดความเครียด (Strain Gauge) ที่ชิ้นงานยี่ห้อ TML โดยมีค่า Gauge Resistance เท่ากับ $119.8 \pm 0.5 \Omega$ และค่า Gage Factor เท่ากับ $2.11 \pm 1\%$ บันทึกข้อมูลโดยเครื่องบันทึกข้อมูลยี่ห้อ Agilence รุ่น 34972A ซึ่งทดสอบภายในห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุ ได้ค่าดังตารางที่ 3

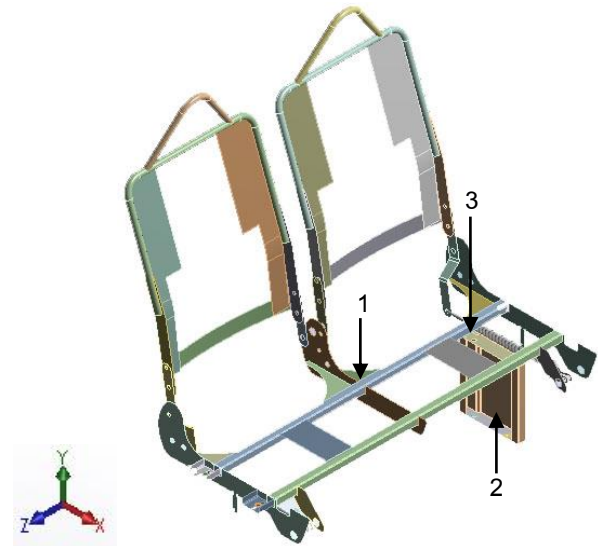
ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ

คุณสมบัติทางกลของวัสดุ	ชื่อวัสดุ		
	SS400	Tube	P/O
Young modulus (GPa)	184.56	194.44	184.9
Tangent modulus (MPa)	1714.3	627.12	627.05
Yield Strength (MPa)	384.51	406.99	441
Tensile Strength (MPa)	447.25	414.66	481.19
Poisson Ratio	0.284	0.27	0.33

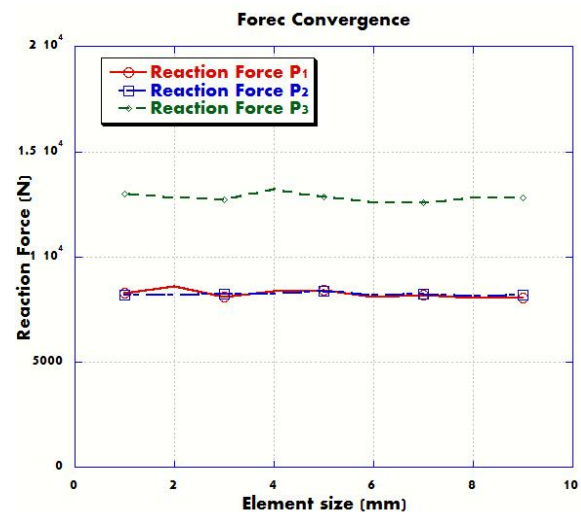
3. ผลการวิเคราะห์

3.1 การวิเคราะห์ขนาดอีลิเมนต์ที่เหมาะสม

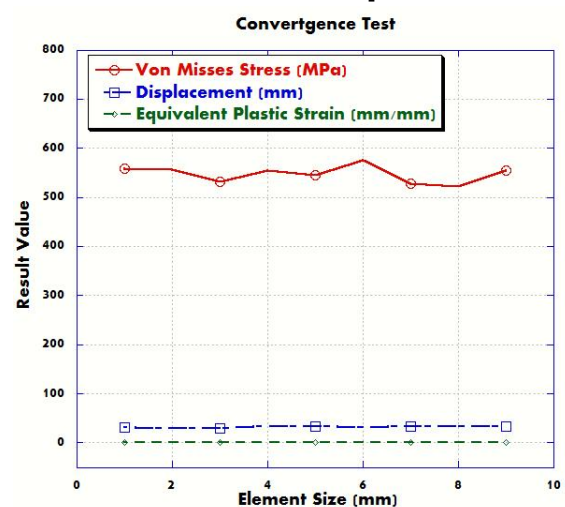
ในการวิเคราะห์ได้ทำการทดสอบเพื่อหาขนาดของอีลิเมนต์ที่เหมาะสมโดยใช้การลู่เข้าของข้อมูลได้กำหนดขนาดอีลิเมนต์ จากขนาดเริ่มต้นที่โปรแกรมกำหนดคือ 9 มิลลิเมตร และได้กำหนดลดขนาดลงเป็นลำดับคือ 8 7 6 5 4 3 2 และ 1 มิลลิเมตร โดยจะพิจารณาที่ค่าความเค้น Max von misses ระยะการเสียรูปสูงสุด Equivalent plastic strain และค่าแรงปฏิกิริยาที่ตำแหน่งจุดต่อดังรูปที่ 6 จากการทดสอบนั้นจะได้ค่าดังรูปที่ 7 ถึงรูปที่ 9



รูปที่ 6 ตำแหน่งจุดต่อที่ได้วัดค่าแรงปฏิกิริยา

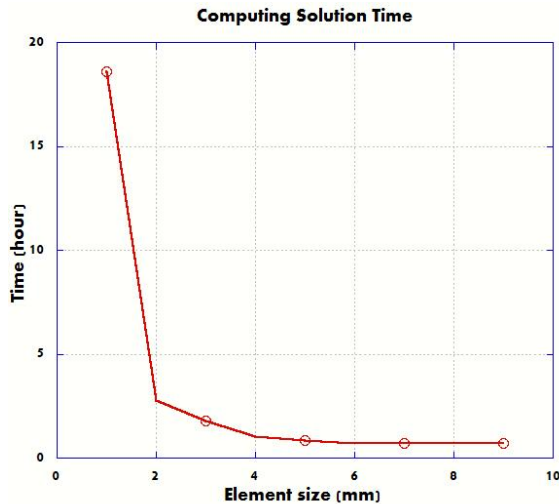


รูปที่ 7 แสดงถึงการลู่เข้าของแรงปฏิกิริยาที่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 3 ตามรูปที่ 5



รูปที่ 8 กราฟการลู่เข้าของค่าความเค้น Von-misses ค่า Displacement และ Equivalent Plastic Strain

AMM-34



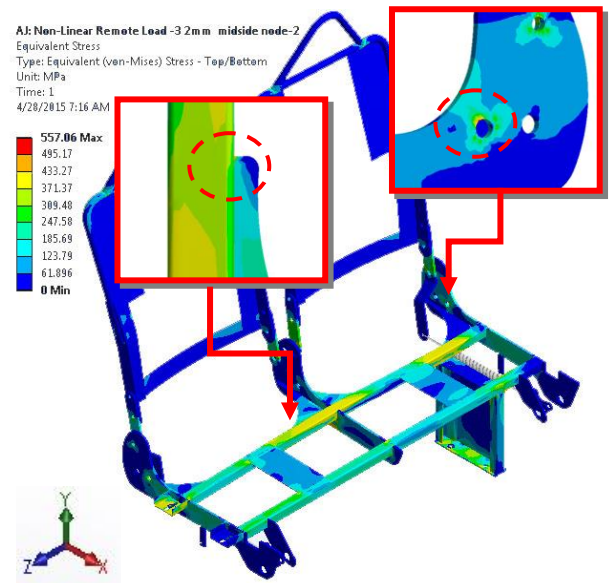
รูปที่ 9 แสดงถึงเวลาที่ใช้การการประมวลผลของข้อมูลใน
แต่ละขนาดของอีลีเมนต์ในการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวเมื่อพิจารณารูปที่ 7 พบว่าผลของแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อลดขนาดอีลีเมนต์ลงนั้นมีความแตกต่างกันน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดอีลีเมนต์เริ่มต้น เมื่อพิจารณา Displacement และ Equivalent plastic strain ดังรูปที่ 8 พบว่ามีความแตกต่างในแต่ละช่วงของการปรับลดขนาดอีลีเมนต์ที่น้อยเหมือนกัน แต่เมื่อพิจารณาค่าความเค้น Von Mises stress นั้นจะมีค่าเริ่มลู่เข้าสู่ผลเฉลยแม่นยำที่ขนาดอีลีเมนต์ที่ 6 มิลลิเมตร และจะไปคงที่อยู่ที่ ขนาดอีลีเมนต์ที่ 1 และ 2 มิลลิเมตร ซึ่งหมายความว่าขนาดของอีลีเมนต์ที่ 1 และ 2 มิลลิเมตร มีค่าที่ลู่เข้าสู่ผลเฉลยแม่นยำ แต่เมื่อมาพิจารณาที่เวลาในการประมวลผลที่ขนาดอีลีเมนต์ 2 มิลลิเมตรใช้เวลาในการประมวลผล 2.76 ชั่วโมง และขนาดอีลีเมนต์ 1 มิลลิเมตรใช้เวลาในการประมวลผล 18.62 ชั่วโมง ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 85.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันมากแต่ผลที่ได้มีความใกล้เคียงกัน

3.2 การวิเคราะห์ความเสียหายของโครงสร้างตามเกณฑ์ที่กำหนด

จากเกณฑ์การตัดสินของ ECE Regulation 14 ได้กำหนดว่า จุดยึดเข็มขัดนิรภัยต้องทนแรงและต้องไม่เกิดความเสียหายใดๆปรากฏที่โครงสร้างที่นั่งหรือจุดยึดที่นั่ง จากผลการทดสอบดังหัวข้อที่ 3.1 จึงได้เลือกวิเคราะห์ความเสียหายของโครงสร้างที่นั่งเบาะผู้โดยสารตามเงื่อนไขขนาดอีลีเมนต์ 2 มิลลิเมตร ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่ามีความเค้น Von misses สูงสุดเท่ากับ

557.06 MPa ซึ่งเกิดขึ้นตรงบริเวณจุดยึดเข็มขัดนิรภัยดังรูปที่ 10 ตำแหน่งที่ 1 ซึ่งมีค่าความเค้นที่เกินค่าความเค้นครากและค่าความเค้นสูงสุดของวัสดุ โดยชิ้นงานดังกล่าวนั้นเป็นเหล็กเกรด SS400



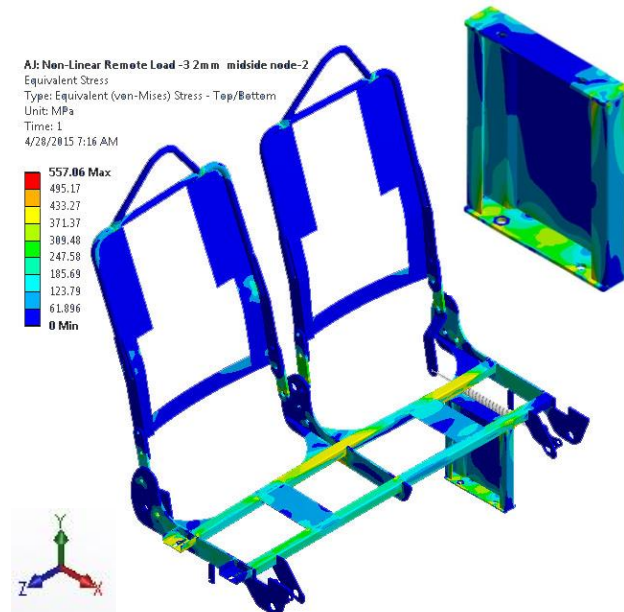
รูปที่ 10 ตำแหน่งที่เกิดความเค้น Von-misses สูงสุด

จากรูปที่ 10 นั้นบริเวณที่เกิดค่าความเค้น Von misses สูงสุดนั้นเกิดเพียงแค่บริเวณเล็กๆตรงขอบของรูปที่เป็นจุดยึดเข็มขัดนิรภัยเพียงเท่านั้นซึ่งเกิดความเสียหายเป็นจุด และเมื่อเปรียบเทียบความเค้น Von misses ที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ใกล้เคียงนั้นมีค่าที่น้อยไม่เกิดความเสียหายแบบคราก และไม่ส่งผลต่อความเสียหายของโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสาร ในตำแหน่งที่เกิดความเสียหายตำแหน่งที่ 2 นั้นมีความเค้น Von misses เท่ากับ 509.99 MPa ซึ่งเกิดขึ้นที่ Bracket Support มีค่ามากกว่าความเค้นครากและความเค้นสูงสุดของชิ้นงานดังกล่าวที่เป็นเหล็ก SS400 ซึ่งเกิดขึ้นสูงสุดเป็นจุดเล็กๆซึ่งไม่ส่งผลต่อความเสียหายของโครงสร้างเบาะที่นั่งผู้โดยสาร

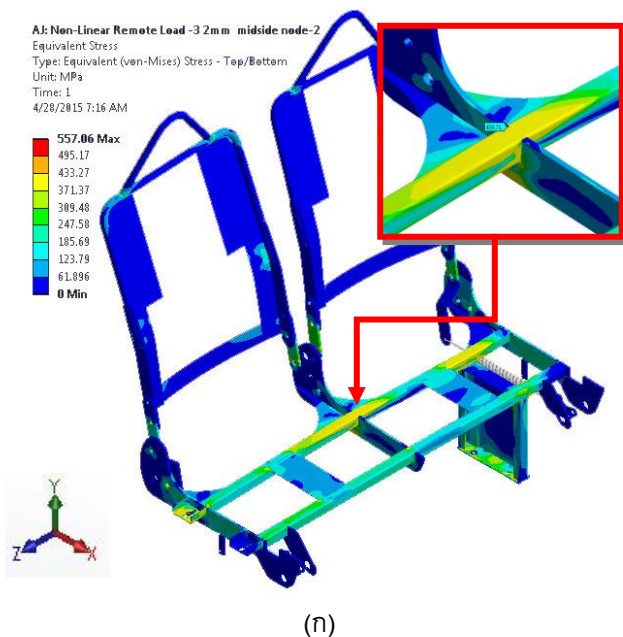
เมื่อพิจารณาชิ้นส่วน LOCK STRUCTURE ซึ่งเป็นขาตั้งโครงสร้างที่นั่งผู้โดยสารเป็นเหล็ก P/O ดังรูปที่ 11 พบว่ามีค่าความเค้น Von misses อยู่ในช่วง 400.34 – 499.75 MPa ซึ่งมีค่าที่มากกว่าค่าความเค้นครากของวัสดุ แต่ยังมีค่าที่น้อยกว่าค่าความเค้นสูงสุดของวัสดุ ดังนั้นชิ้นส่วนดังกล่าวเกิดความเสียหายแบบครากหรือเกิดการยึดตัวแบบถาวรแต่ยังไม่เกิดความเสียหายแบบฉีกขาด และจากรูปที่ 11 เมื่อพิจารณาความเค้นที่เกิดขึ้นที่พนัก

AMM-34

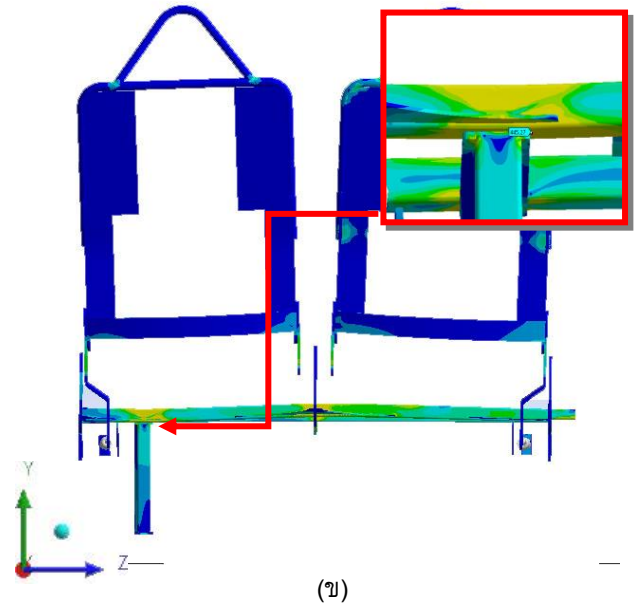
พืงหลังพบว่ามืค่าสูงสุดอยู่ที่ 313.13 MPa ซึ่งมีค่าที่น้อยกว่าค่าความเค้นครากของวัสดุที่เป็นเหล็กรูปพรรณแบบกลวง Tube ดังตารางที่ 3 และชั้นส่วนประกอบพนักพืงที่เป็นเหล็ก SS400 มืค่าเท่ากับ 339.49 MPa ซึ่งเป็นค่าที่น้อยกว่าค่าความเค้นครากของวัสดุเช่นเดียวกัน ดังนั้นพนักพืงหลังจึงไม่เกิดความเสียหายใด ๆ เกิดขึ้นภายหลังการทดสอบ



รูปที่ 11 ชั้นส่วน LOCK STRUCTURE ที่เกิดการเสียรูปถาวรซึ่งยังไม่เกิดการเสียหายแบบฉีกขาด



(ก)



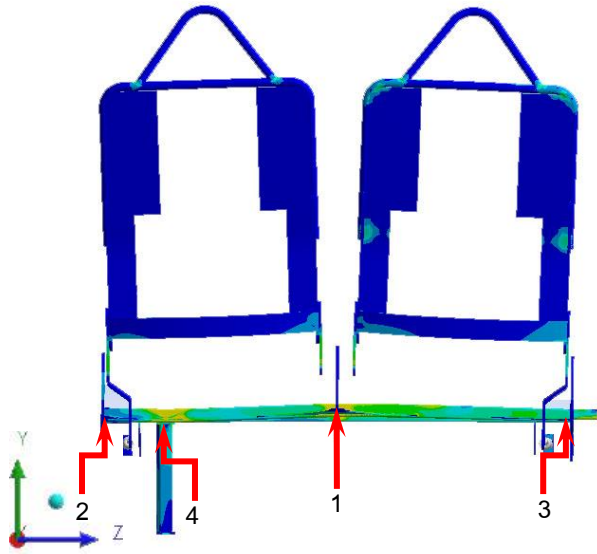
รูปที่ 12 แสดงถึงบริเวณที่เกิดความเสียหายในชั้นส่วนชั้นงาน Steel PIPE 1" x 1"

จากรูปที่ 12 ชั้นส่วน Steel PIPE 1" x 1" ซึ่งเป็นเหล็กกล่องนั้นมีค่าความเค้น Von misses ที่เกิดขึ้นเท่ากับ 439.71 MPa ดังรูปที่ 12ก และความเค้น Von misses เกิดขึ้นเท่ากับ 445.27 MPa ดังรูปที่ 12ข ซึ่งชั้นส่วนดังกล่าวนี้เกิดความเสียหายแบบฉีกขาด และเมื่อพิจารณาความเค้นที่เกิดขึ้นในแนวแกนของบริเวณที่เกิดความเสียหายแบบฉีกขาดดังรูปที่ 12ก และ รูปที่ 12ข พบว่าส่วนใหญ่แล้วบริเวณที่เกิดการเสียหายนั้นเกิดความเสียหายเนื่องจากความเค้นดิ่งในแนวแกน Z ดังตารางที่ 4 และตำแหน่งดังรูปที่ 13

ตารางที่ 4 ค่าความเค้นแนวแกนบริเวณที่เกิดความเสียหายแบบฉีกขาด

ตำแหน่ง พิจารณา	Normal Stress (MPa)		
	X	Y	Z
ตำแหน่งที่ 1	182.27	0.34	556.29
ตำแหน่งที่ 2	213.56	1.1e-19	444.15

AMM-34



รูปที่ 13 ตำแหน่งที่พิจารณาแรงปฏิกิริยาของชิ้นส่วน
Steel PIPE 1" x 1"

ตารางที่ 5 แรงปฏิกิริยาโมเมนต์เกิดขึ้นในคานดังรูปที่ 13

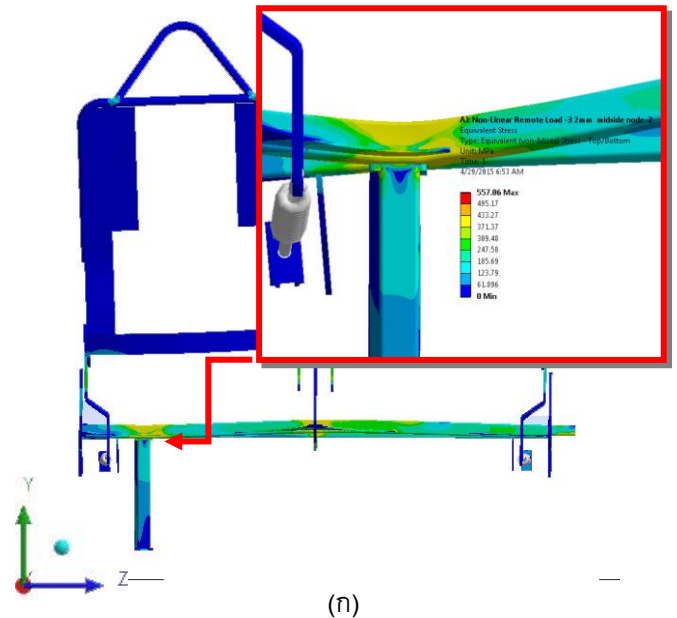
ตำแหน่ง	แรงปฏิกิริยาโมเมนต์ (N.mm)			
	X	Y	Z	Total
1	-42391	-1431	3.59×10^5	3.61×10^5
2	-4847	13483	22985	55929
3	-1.55×10^5	81985	1.68×10^5	2.44×10^5
4	-3.22×10^6	1.44×10^6	72378	3.53×10^6

ตารางที่ 6 แรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในคานดังรูปที่ 13

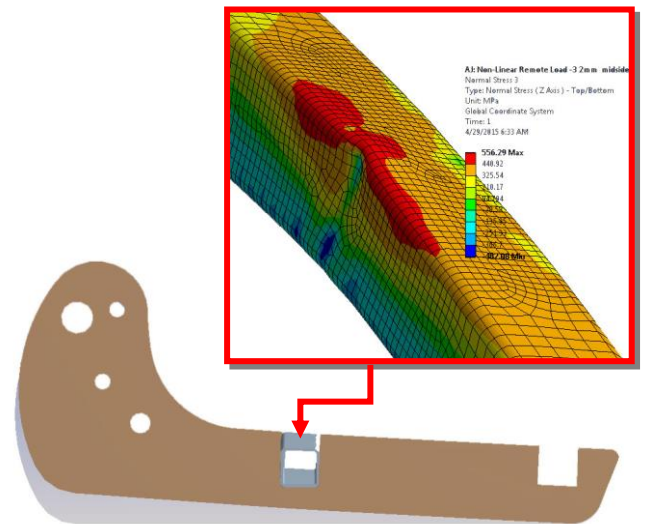
ตำแหน่ง	แรงปฏิกิริยา (N)			
	X	Y	Z	Total
1	6876.8	-5001	-8.38	8430.3
2	531.78	5994.1	622.52	6049.8
3	-1724.4	-1383.2	-1104.9	2471.4
4	-9707	-7379.5	4007.5	12836

รูปที่ 13 และตารางที่ 5 พบว่าตำแหน่งที่ 1 นั้นมีแรงปฏิกิริยาโมเมนต์สูงสุดเท่ากับ 3.59×10^5 N.mm ซึ่งเกิดรอบแกน Z และตำแหน่งที่ 4 มีค่าแรงปฏิกิริยาโมเมนต์สูงสุดเท่ากับ -3.22×10^6 N.mm เกิดขึ้นรอบแกน X ดังรูปที่ 14ก ซึ่งความเสียหายที่เกิดขึ้นที่จุดต่อตำแหน่งที่ 4 นั้นเกิดจากจุดต่อดังกล่าวได้รับโมเมนต์ดัดสูงสุดรอบแกน X ทำให้เกิดค่าความเค้นดึงตามแนวแกน Z เท่ากับ 441.15 MPa และตำแหน่งที่ 1 นั้นเกิดความ

เสียหายเนื่องจากเกิดการบีบตัวของชิ้นส่วน SUPPORT CETER บริเวณจุดเชื่อมต่อกับชิ้นส่วน Steel PIPE 1" x 1" โดยมีแรงปฏิกิริยาโมเมนต์สูงสุดเท่ากับ 3.59×10^5 N.mm ซึ่งเกิดรอบแกน Z ดังรูปที่ 14ข



(ก)



(ข)

รูปที่ 14 ลักษณะการเสียหายที่จุดต่อตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 4

เมื่อพิจารณาที่จุดยึดที่หนึ่งผู้โดยสารพบว่าจุดยึดที่หนึ่งผู้โดยสารนั้นมีการเสียหายแบบครากและยังไม่เกิดการเสียหายแบบฉีกขาดดังนั้นจุดยึดโครงสร้างที่หนึ่งนั้นผ่านตามเกณฑ์ที่ ECE Regulation 14 ได้กำหนดไว้แต่ในการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้ได้นำปรากฏว่าโครงสร้างบางส่วนได้

AMM-34

เกิดการเสียหายเกิดขึ้นซึ่งส่งผลให้โครงสร้างที่หนึ่งผู้โดยสารที่ได้ทำการทดสอบตามหลักเกณฑ์ของ ECE Regulation 14 นั้นไม่ผ่านตามข้อกำหนดที่ได้กำหนดไว้

4. สรุปผลและอภิปรายผล

จากที่ได้ทำวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างที่หนึ่งผู้โดยสารแบบที่นั่งคู่ด้วยการทดสอบจุดยึดเข็มขัดนิรภัยตามข้อกำหนดของ ECE Regulation 14 ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ได้เลือกใช้เอลิเมนต์แผ่นบางรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า 8 จุดต่อ (Shell 150) ได้ทำการทดสอบการลู่เข้าสู่ผลเฉลยแม่นยำตรงของข้อมูล ซึ่งได้แก่ ค่าความเค้น Von-misses ค่าระยะการเสียรูป Equivalent Plastic Strain และแรงปฏิกิริยาที่จุดต่อ ซึ่งผลที่ได้พบว่าขนาดของเอลิเมนต์ 2 มิลลิเมตรนั้นมีค่าที่ลู่เข้าสู่ผลเฉลยแม่นยำตรงและใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าขนาดเอลิเมนต์ 1 มิลลิเมตร 85.17 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองดังกล่าวจึงได้วิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างที่หนึ่งผู้โดยสารตามเงื่อนไขขอบเขตขนาดเอลิเมนต์ที่ 2 มิลลิเมตร โดยจะพิจารณาความเสียหายด้วยผลของค่าความเค้น Von-misses พบว่ามีค่าความเค้น Von-misses เกิดขึ้นสูงสุดที่จุดยึดเข็มขัดนิรภัยแต่เกิดขึ้นในบริเวณที่เล็กเท่านั้นยังไม่ส่งผลความเสียหายใดๆต่อโครงสร้างได้ และเมื่อพิจารณาที่โครงสร้างอื่นๆ พบว่าโครงสร้างคานฐานนั่ง Steel PIPE 1"× 1" ซึ่งเป็นหลักรูปพรรณแบบกล่องหน้าตัดสี่เหลี่ยม นั้นมีความเสียหายเกิดขึ้น 2 จุดเนื่องจากเกิดค่าโมเมนต์ดัดเกิดขึ้นที่จุดต่อทำให้พื้นที่ผิวของชิ้นงานได้รับความเค้นดึงในแนวแกน Z และเกิดการฉีกขาดเสียหายเกิดขึ้น

ในการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้เป็นเพียงแค่การทำนายรูปแบบพฤติกรรมและการเสียหายของจุดยึดเข็มขัดนิรภัยและโครงสร้างที่หนึ่งผู้โดยสารภายใต้การทดสอบตามเกณฑ์ ECE Regulation 14 ได้กำหนดไว้ เพื่อที่จะให้ทราบว่าโครงสร้างที่หนึ่งผู้โดยสารที่ได้ออกแบบมามีความแข็งแรงตามเกณฑ์ที่กำหนดได้หรือไม่ และเพื่อที่จะนำข้อมูลการวิเคราะห์ทำนายพฤติกรรมและความเสียหายดังกล่าวไปทำการปรับปรุงแก้ไขให้มีความแข็งแรงและความเหมาะสมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพภายใต้มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ บริษัท อู่ เชิดชัย อุตสาหกรรม จำกัด ซึ่งได้ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณสำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 721-2551 เข็มขัดนิรภัยสำหรับรถยนต์ (2552). Annual Report 2552.
- [2] ข้อมูลสนับสนุนแก่สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม: อุตสาหกรรมรถบรรทุกของประเทศไทย, 2553: 13-17
- [3] Somsak Siwadamrongpong, Supakit Rooppakhun, Natchaya Murachai and Pakorn Burakorn (2013). Strength Analysis of the Seat Anchorages for Large Passenger Vehicles Using Finite Element Method, Advanced Materials Research Vol. 658 (2013) pp 340- 344
- [4] Proposal for amendments to ECE Regulation No. 14, 2011: 30-35