

การวิเคราะห์โครงสร้างเบาะรถยนต์สำหรับการแข่งขัน An Analysis of Competition Seat for Racing Car

สุรเชษฐ์ ชูติมา¹ ทศนพ กำเนิดทอง² มนตรี ช่างประดิษฐ์
ศูนย์ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เพื่องานวิจัยทางวิศวกรรม
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
91 ประชาอุทิศ 48 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
โทร 0-24709337 โทรสาร 0-24709111 E-Mail: surachate.chu@kmutt.ac.th¹, thoatsanope.kam@kmutt.ac.th²

Surachate CHUTIMA¹ Thoatsanope KAMNERDTONG² Montree CHANGPRADIT
Center of Operation for Computer Aided Research Engineering (COCARE)
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's University of Technology Thonburi
91 Pracha U-tid Rd., Bangmod, Thungkru, Bangkok 10140, Thailand
Tel: 0-24709337 Fax: 0-24709111 E-Mail: surachate.chu@kmutt.ac.th¹, thoatsanope.kam@kmutt.ac.th²

1. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบ และวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างเบาะ Non Recliner Race-1 ซึ่งเป็นโครงสร้างเบาะรถยนต์สำหรับการแข่งขัน โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบสถิตศาสตร์ จากการหามาตรฐานที่เทียบเท่าให้สอดคล้องกับภาระกระทำของการทดสอบ แล้วทำการเปรียบเทียบค่าความเค้นที่วิเคราะห์ได้กับผลการทดสอบตามมาตรฐาน จากการศึกษาพบว่าตำแหน่งของความเค้นจากผลการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่มีค่าสูงกว่าจุดครากของวัสดุ สอดคล้องกับตำแหน่งที่เกิดความเสียหายที่ได้จากการทดสอบ จึงสามารถใช้แนวทางการพิจารณาการเสถียรนี้ ในการวิเคราะห์แบบจำลองได้ ซึ่งนอกจากจะทำให้สามารถวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้างเบาะได้สะดวก และรวดเร็วแล้ว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ยังสามารถใช้เป็นแนวทาง ในการพิจารณาเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างเบาะ Non Recliner Race-1 ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งวิธีการดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์กับการออกแบบโครงสร้างเบาะแบบอื่น ๆ เพื่อลดจำนวนครั้งที่ต้องทดสอบเมื่อเทียบกับการผลิตแบบเดิม ส่งผลให้ลดต้นทุนการผลิตได้

Abstract

This research is aimed to study the design and perform the stress analysis of Non Recliner Race-1 seat structure. Static Finite Element Analysis is employed by using a static load equivalent to an impact load from the experiment. The stress resultants from the calculations are compared to the experimental results. It was found that the areas having stress higher than material tensile strength are corresponding to the fail areas from

the experiment. Thus, the equivalent load technique employed is feasible. The outcomes of this research enable to perform more rapid and convenient analysis and the results can be used as guidelines to improve the strength of car seat structure. Moreover, the methodology used could be applied for designing various types of seat structures to reduce the number of tests required compare to the conventional procedure and, consequently, reduce the production cost.

2. บทนำ

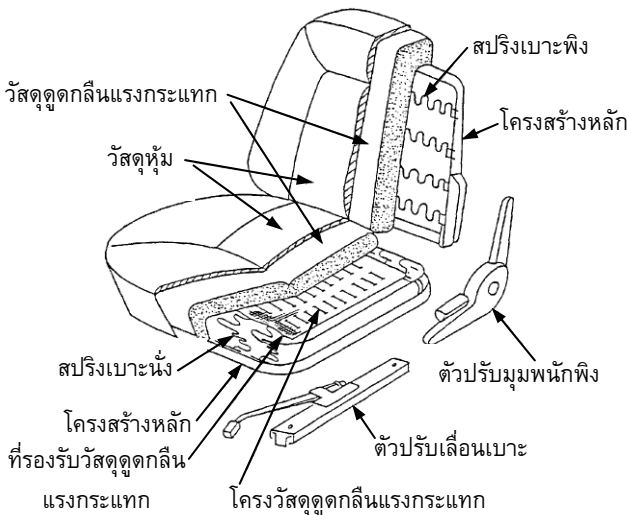
ในการดำเนินชีวิตประจำวันนอกจากปัจจัยสี่แล้ว รถยนต์อาจเปรียบเสมือนได้ว่าเป็นปัจจัยที่ห้า เพราะช่วยอำนวยความสะดวกและมีความคล่องตัวในการเดินทาง อย่างไรก็ตามผู้โดยสารรถยนต์อาจมีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุได้ตลอดเวลา ระบบความปลอดภัยจึงมีความจำเป็นเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของผู้ขับขี่ และผู้โดยสาร ไม่ว่าจะเป็นระบบถุงลมนิรภัย หรือระบบป้องกันต่าง ๆ นอกจากความแข็งแรงของตัวถังและชิ้นส่วนอื่น ๆ แล้ว ความแข็งแรงของโครงสร้างเบาะก็เป็นสิ่งสำคัญ ที่ช่วยให้ผู้ขับขี่ได้รับความปลอดภัยยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเมื่อได้รับการกระทำจากด้านหลัง ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างเบาะรถยนต์ส่วนใหญ่ จะศึกษาในแง่ของความปลอดภัยสำหรับผู้ขับขี่ และผู้โดยสารเป็นหลัก แต่ในเชิงธุรกิจแล้ว ความสวยงาม ความรวดเร็ว และต้นทุนในการผลิต จะต้องถูกนำมาพิจารณาประกอบด้วยเสมอ

วิธีการออกแบบและทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างเบาะในยุคก่อนจะสิ้นเปลืองเวลา และใช้ต้นทุนสูง แต่ปัจจุบันผลิตกันที่ในเตาถลุงมีวงจรอายุที่สั้น และลักษณะของการแข่งขันด้านการตลาดที่สูง ผู้ผลิตจึง

จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบของสินค้าอยู่อย่างต่อเนื่อง เมื่ออุตสาหกรรมด้านยานยนต์มีแนวโน้มของการขยายตัวที่เพิ่มขึ้น ผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างๆ จึงพัฒนานำเทคนิคต่างๆ มาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อยู่ตลอดเวลา เพื่อเพิ่มขีดความสามารถ และศักยภาพของผู้ผลิตให้แข่งขันได้ในตลาดเสรีทางการค้า ปัจจุบันการประยุกต์เทคโนโลยีสำหรับการออกแบบและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เพราะสะดวก รวดเร็ว และประหยัดต้นทุนในการผลิต

จากอดีตจนถึงปัจจุบันวิวัฒนาการของรถยนต์ ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยงานวิจัยส่วนใหญ่มักจะมุ่งประเด็นเกี่ยวกับ ระบบเครื่องยนต์ ระบบของโครงสร้างภายนอกเช่นอากาศยานศาสตร์ ระบบเบรก และ ระบบรองรับน้ำหนัก เป็นต้น สำหรับระบบและส่วนประกอบอื่นๆ นั้นถึงแม้จะได้รับการพัฒนาควบคู่ไปพร้อมๆ กัน เช่น ระบบความปลอดภัย และความสะดวกสบาย แต่ก็มักได้รับความสนใจอยู่ในเฉพาะกลุ่ม

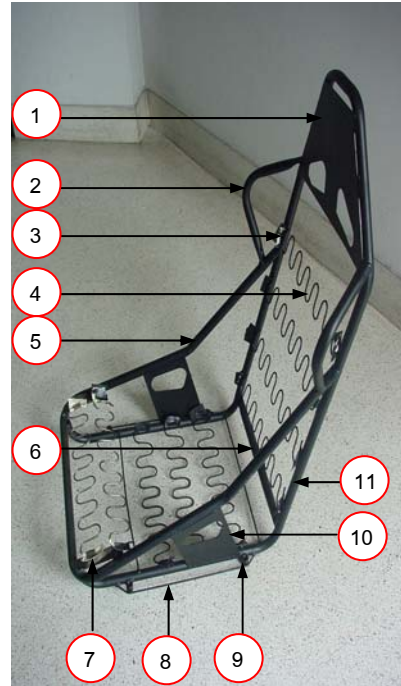
ในการที่จะควบคุมรถยนต์ให้มีประสิทธิภาพ นอกจากสมรรถนะของเครื่องยนต์และระบบต่างๆ ที่ดีแล้ว องค์ประกอบที่จำเป็นซึ่งผู้ใช้รถยนต์จะขาดไม่ได้ก็คือเบาะนั่งภายในรถยนต์ ซึ่งลักษณะของเบาะที่ดีนั้นจะต้องมีความแข็งแรง ทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกสะดวกสบาย สามารถบังคับรถยนต์ และมีทัศนวิสัยในการมองเห็นได้เป็นอย่างดี เบาะรถยนต์สามารถแบ่งได้เป็นหลายชนิดตามลักษณะรูปร่างและการใช้งาน โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเบาะรถยนต์ [1] ได้ให้ความหมายว่า เบาะรถยนต์ (Automobile Seat) หมายถึงส่วนที่ใช้เป็นที่นั่งของผู้ใช้รถ ประกอบด้วยโครงเบาะ วัสดุคูดกกลืนแรงกระแทก วัสดุหุ้ม และชิ้นส่วนยึดเบาะกับตัวรถให้มั่นคงแข็งแรง รวมทั้งอาจมีส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์ปรับเลื่อนเบาะ เป็นต้น ลักษณะและส่วนประกอบของเบาะสำหรับรถยนต์โดยทั่วไปสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะและส่วนประกอบของเบาะรถยนต์โดยทั่วไป

3. โครงสร้างเบาะและรายละเอียดที่ใช้ในงานวิจัย

โครงสร้างเบาะรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ และวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับงานวิจัยนี้ เป็นโครงเบาะรถยนต์สำหรับการแข่งขัน มีชื่อเรียกทางการค้าว่า Non Recliner Race-1 ลักษณะของโครงสร้างเบาะแสดงได้ดังรูปที่ 2 และมีรายละเอียดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนวัสดุที่ใช้ในการผลิตโครงสร้างเบาะจะอ้างอิงตามมาตรฐาน JIS [2]



รูปที่ 2 ลักษณะของโครงเบาะ Non Recliner Race-1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของโครงสร้างเบาะ Non Recliner Race-1

หมายเลข	ชื่อชิ้นส่วน	วัสดุ	ขนาด (mm)
1	แผ่นรองศีรษะ	SPCC	หนา 1.6
2	โครงด้านข้าง	STKM 11A	หนา 1.6
3	ตัวยึดสปริง	STKM 11A	หนา 1.2
4	สปริงซิกแซก	SW-B	φ 4
5	โครงหลักหน้า	STKM 11A	φ 21 หนา 1.6
6	โครงหลักหลัง	STKM 11A	φ 21 หนา 1.6
7	ฐานยึดสปริง	SPCC	หนา 1.2
8	เหล็กเสริมด้านข้าง	SWH-B	φ 4
9	บุชยึดฐาน	SS41	M 16
10	แผ่นด้านข้าง	SPCC	หนา 1.6
11	โครงเสริมหลัง	STKM 11A	φ 21 หนา 1.6



รูปที่ 3 ลักษณะการยึดหุ่นทดสอบและโครงเบาะ

ในการทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างเบาะ ผู้ผลิตได้สร้างต้นแบบ และจัดส่งไปดำเนินการทดสอบโดย Research Institute of Road and Urban Transport [3] ตั้งอยู่ที่ประเทศสาธารณรัฐเชด ซึ่งการทดสอบ อ้างอิงตามมาตรฐานสำหรับเบาะรถยนต์เพื่อการแข่งขัน FIA Standard for Competition Seats 8855-1999 [4] ลักษณะของการติดตั้งหุ่น [5] และการยึดโครงเบาะในการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นว่าหุ่นทดสอบจะถูกยึดด้วยเข็มขัดนิรภัย ผูกเท้า และยึดโครงเบาะให้ติดกับฐานเลื่อนที่ใช้ในการทดสอบ โดยสมมติให้เป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถยนต์ถูกชน ที่ด้านหลัง ซึ่งตัวเลื่อนที่ใช้ในการทดสอบจะถูกดึงถอยหลังเพื่อให้ออกห่างกับตำแหน่งที่ตั้งอยู่กับที่

4. การวิเคราะห์โครงสร้างเบาะ

ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างเบาะรถยนต์ ภายใต้ภาระสถิต ตามมาตรฐาน Federal Motor Vehicle Safety Standard (FMVSS) 207 [6] จะเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่พิจารณาถึงภาระเนื่องจากน้ำหนักของหุ่นทดสอบ แต่ในการทดสอบแบบพลวัตตามมาตรฐาน FIA [4] จะมีภาระที่เกิดจากการกระแทกของหุ่นทดสอบมาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงมีการหามาตรฐานเทียบเท่าเพื่อใช้ในการวิเคราะห์แบบสถิตให้สอดคล้องกับภาระที่กระทำกับโครงสร้างเบาะเนื่องจากการกระแทก โดยใช้แนวทางตามที่ระบุไว้ในเอกสาร Society of Automotive Engineers (SAE) หมายเลข 760810 [7] ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ดังอธิบายในหัวข้อ 4.2

4.1 สมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิจัยนี้ ใช้โปรแกรมเชิงพาณิชย์ I-DEAS Master Series 8 ของบริษัท SDRC (Structural Dynamics Research Corporation) โดยมีสมมติฐานดังต่อไปนี้

- วัสดุที่ใช้สำหรับชิ้นงานแต่ละชิ้นเป็นเนื้อเดียวกัน และมีสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง
- ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุสำหรับแต่ละชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลง
- ไม่พิจารณาถึงความเค้นตกค้างภายในของชิ้นส่วนโครงสร้างเบาะที่เกิดขึ้นจากการผลิต
- ทุกรอยต่อเชื่อมมีการเชื่อมต่ออย่างสมบูรณ์

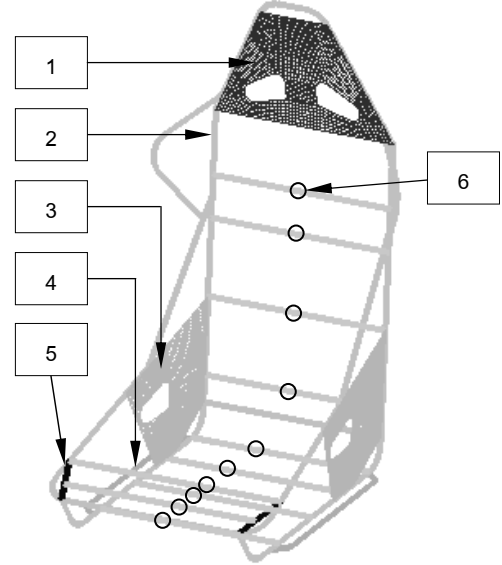
โดยขั้นตอนในการทำงานสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของแต่ละชิ้นส่วน แล้วนำมาประกอบกันเป็นโครงสร้างเบาะ ร่วมกับการกำหนดสภาพเงื่อนไขขอบที่สอดคล้องกับกายภาพของปัญหา ขั้นตอนที่ 2 การสร้าง และแก้ระบบสมการทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่กระทำโดยอัตโนมัติด้วยโปรแกรมเอง และขั้นตอนที่ 3 การแสดงผลการวิเคราะห์ ซึ่งจะเลือกแสดงเฉพาะตำแหน่งที่มีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างเบาะ เพื่อให้สะดวกในการพิจารณา

4.2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

4.2.1 การสร้างแบบจำลองโครงสร้างเบาะ

การสร้างแบบจำลองของโครงสร้างเบาะให้สอดคล้องกับกายภาพของปัญหา จะเริ่มจากการสร้างรูปทรงตันของชิ้นส่วนต่างๆ แล้วนำมาประกอบกันเป็นโครงสร้าง จากนั้นจึงทำการกำหนดชนิดของเอลิเมนต์และวัสดุให้สัมพันธ์กับโครงสร้างจริง โดยสำหรับโครงสร้างหลักของ

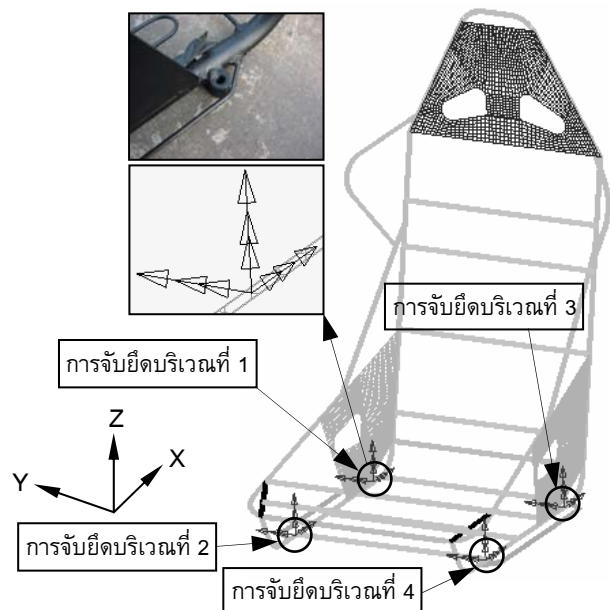
โครงสร้างเบาะจะประกอบจากท่อโลหะกลวง จึงเลือกใช้เอลิเมนต์แบบ Parabolic Quadrilateral Beam Element ซึ่งเป็นเอลิเมนต์หนึ่งมิติมี 3 โหนด ส่วนแผ่นเสริมด้านข้าง และแผ่นรองศีรษะเป็นแผ่นโลหะบาง จึงเลือกใช้เอลิเมนต์แบบ Parabolic Quadrilateral Shell Element ซึ่งเป็นเอลิเมนต์สองมิติที่มีความยืดหยุ่นสูง หนึ่งเอลิเมนต์มี 8 โหนด โดยที่ชนิด และจำนวนเอลิเมนต์ที่ใช้สำหรับแต่ละชิ้นส่วนของโครงสร้างเบาะจะแสดงได้ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 4



รูปที่ 4 แบบจำลองโครงสร้างเบาะรถยนต์

ตารางที่ 2 ชนิดและจำนวนเอลิเมนต์สำหรับแต่ละชิ้นส่วน

ชื่อชิ้นส่วน	หมายเลข	เอลิเมนต์	
		ชนิด	จำนวน
แผ่นรองศีรษะ	1	แผ่นบาง	1234
โครงสร้างหลัก (ท่อ)	2	คาน	1098
แผ่นด้านข้าง	3	แผ่นบาง	3510
เหล็กเสริมด้านข้าง	4	คาน	145
ฐานยึดสปริง	5	คาน	50
สปริง (จุดแทนคาน)	6	คาน	730



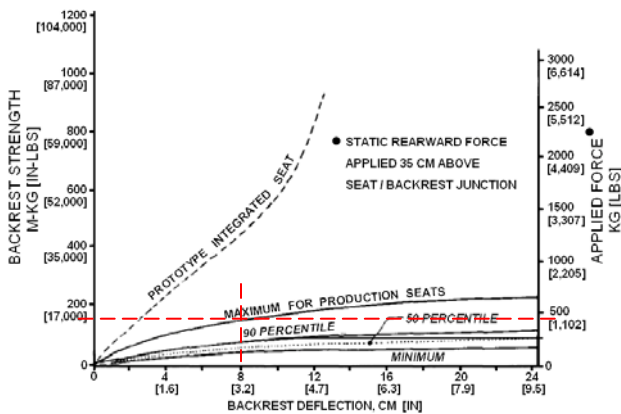
รูปที่ 5 ตำแหน่งการจับยึดโครงสร้างเบาะ

4.2.2 เงื่อนไขการจับยึด เนื่องจากโครงสร้างเบาะถูกยึดแน่นติดกับตัวเลื่อน [3] ดังรูปที่ 5 ดังนั้นในแบบจำลองแต่ละบริเวณที่มีจุดรองรับ จึงกำหนดการจับยึดเป็นแบบยึดแน่น

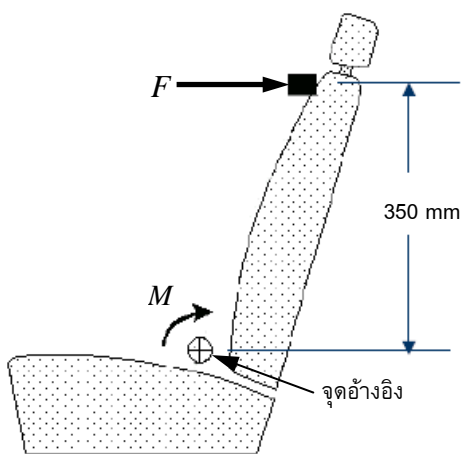
4.2.3 เงื่อนไขภาระ (โดยการเทียบเท่าภาระสถิตจากภาวะพลวัต)

ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างเบาะรถยนต์ ภายใต้ภาวะแบบสถิตศาสตร์ ตามมาตรฐาน FMVSS 207 [6] จะไม่คำนึงถึงภาระที่เป็นน้ำหนักของหุ่นทดสอบ แต่ในการทดสอบแบบพลศาสตร์ตามมาตรฐาน FIA [4] จะมีผลของน้ำหนักหุ่นทดสอบ (Dummy II 50th) มาเกี่ยวข้อง [5] โดยเป็นหุ่นจำลองที่แทนลักษณะและน้ำหนักเฉลี่ยของผู้ชายชาวอเมริกัน (74 กิโลกรัม) โดยมีน้ำหนักส่วนหัว 5 กิโลกรัม ออกส่วนบน 18 กิโลกรัม และออกส่วนล่าง 16 กิโลกรัม และเป็นมาตรฐานที่ผู้ประกอบการต้องใช้อ้างอิงกับโครงสร้างเบาะที่ผลิตขึ้น ในการวิเคราะห์แบบจำลองแบบสถิต จึงใช้ภาระสถิตที่เทียบเท่ากับภาวะพลศาสตร์ โดยอาศัยวิธีการจากเอกสารของ SAE [7]

จากรูปที่ 6 แสดงโมเมนต์ที่เกิดขึ้นรอบจุดอ้างอิงของเบาะชนิดต่างๆ ซึ่งได้จากการทดสอบ โดยให้แรงกระทำกับวัตถุเกร็งสูงจากจุดอ้างอิง 350 mm ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งระยะของพนักพิง ที่ได้มีความสัมพันธ์กับระยะของพนักพิงที่เปลี่ยนไป เมื่อรถยนต์ถูกชนจากด้านหลัง



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะการโก่งตัวของพนักพิงกับโมเมนต์ที่เกิดขึ้นรอบจุดอ้างอิง สำหรับโครงสร้างเบาะชนิดต่าง ๆ เมื่อได้รับแรงที่ระยะ 350 mm เหนือจุดอ้างอิง [7]



รูปที่ 7 แรงที่กระทำกับเบาะ

เมื่อพิจารณาเบาะที่ทำการผลิต (Production Seat) ซึ่งมีระยะการโก่งตัวของพนักพิง 80 mm ดังรูปที่ 6 ซึ่งเป็นระยะโก่งตัวสูงสุดตามข้อกำหนด [2] โมเมนต์ที่เกิดขึ้นรอบจุดอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 150 kg.m ดังนั้นในการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จะต้องกระจายแรงที่กระทำกับพนักพิงด้านหลัง ให้มีค่าโมเมนต์รอบจุดอ้างอิงเท่ากับผลการทดสอบดังตารางที่ 3 โดยเป็นผลรวมของแรงแต่ละบริเวณคูณกับระยะที่ตั้งฉากจากจุดอ้างอิงมายังแนวแรงดังรูปที่ 8 ซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$\sum M_i = \sum F_i Y_i \quad (1)$$

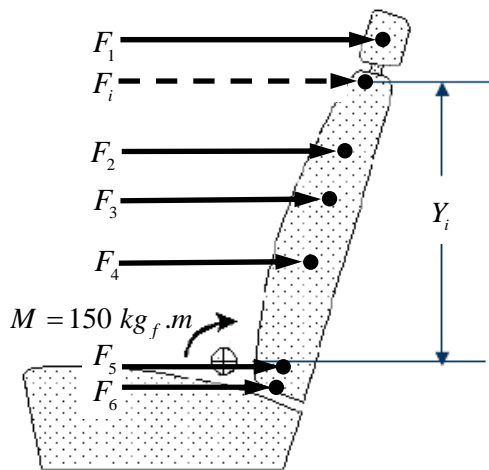
เมื่อ M_i คือ โมเมนต์รอบจุดอ้างอิงที่ตำแหน่งใด ๆ

F_i คือ แรงที่กระทำกับโครงสร้างที่ตำแหน่งใด ๆ

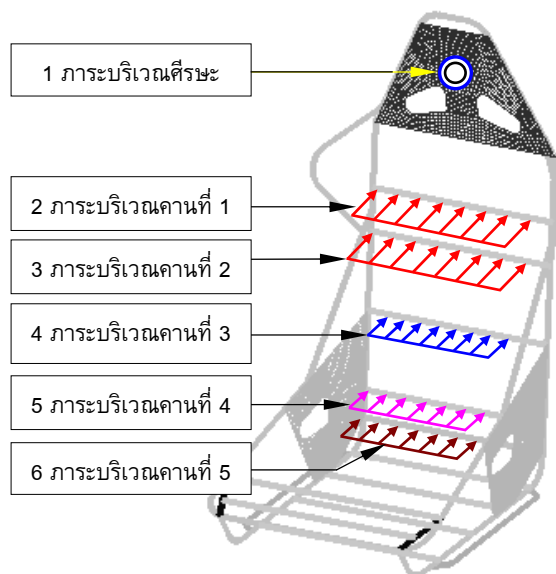
Y_i คือ ระยะที่ตั้งฉากระหว่างจุดอ้างอิงกับแรงที่ตำแหน่งใด ๆ

สำหรับโครงสร้างเบาะในงานวิจัยนี้ จะสามารถหาแรงเนื่องจากน้ำหนักของหุ่นทดสอบที่กระทำกับแต่ละตำแหน่ง แสดงได้ดังรูปที่ 9 โดยมีมวลและโมเมนต์ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยคิดจากน้ำหนักของแต่ละชิ้นส่วนของหุ่นทดสอบ (Dummy II 50th) คูณด้วย 20 เท่าของอัตราเร่ง g [7] ดังสมการ

$$F_i = m_i \times 20 \quad (2)$$



รูปที่ 8 แรงกระทำกับเบาะที่ตำแหน่งต่าง ๆ



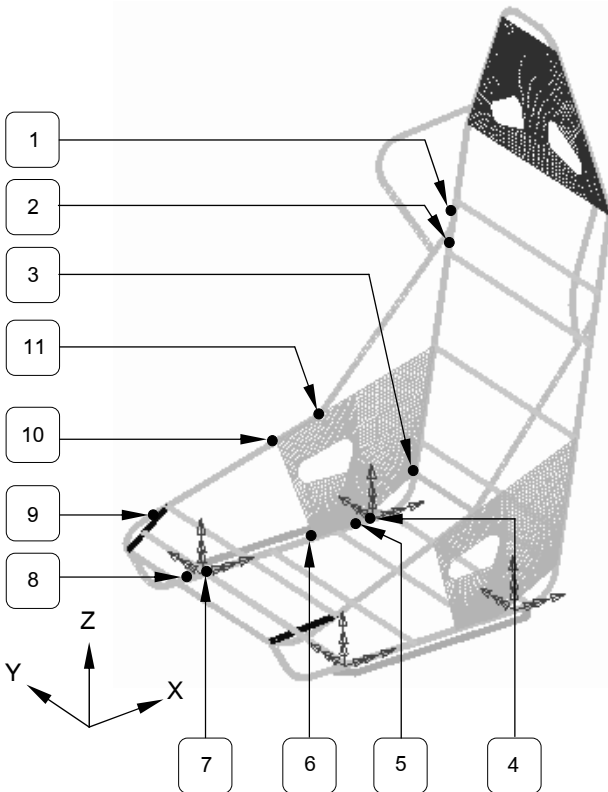
รูปที่ 9 ลักษณะภาระที่กระทำกับโครงสร้างเบาะ

ตารางที่ 3 แรงและโมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักของหุ่นทดสอบบนโครงสร้างเบาที่ตำแหน่งต่าง ๆ

ตำแหน่ง	ชิ้นส่วนหุ่นทดสอบ	มวล (kg)	แรง (kg _f)	โมเมนต์ (kg _f .m)
1	ศีรษะ	5	100	63.0
2	อกส่วนบน	9	180	48.6
3	อกส่วนกลาง	9	180	41.4
4	อกส่วนล่าง	2	40	5.2
5	ท้อง	7	140	-1.4
6	สะโพก	7	140	-7
รวม				150.2

4.2.3 ผลการวิเคราะห์

ตำแหน่งที่พิจารณาความเค้นบนแผ่นด้านข้างจะแสดงอยู่ในรูปที่ 10 ซึ่งจากการประมวลผลโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถแสดงความเค้นของตำแหน่งต่าง ๆ ที่นำมาพิจารณาได้ดังตารางที่ 4 พบว่าความเค้นฟอนมิสเซสบริเวณที่ 6 มีค่าสูงสุด 846 MPa เมื่อพิจารณาส่วนประกอบความเค้น พบว่าความเค้นในแนวแกน Z จะมีค่าสูงสุดโดยเป็นความเค้นดึงขนาด 908 MPa ซึ่งองค์ประกอบความเค้นในทิศทางนี้ เป็นผลของโมเมนต์ดัด เนื่องจากภาวะที่กระทำกับพนักงานด้านหลัง และมีค่าสูงกว่าจุดครากของวัสดุ (270 MPa) ทำให้ชิ้นส่วนอาจเกิดความเสียหายได้ที่บริเวณนี้



รูปที่ 10 ตำแหน่งที่พิจารณาความเค้น

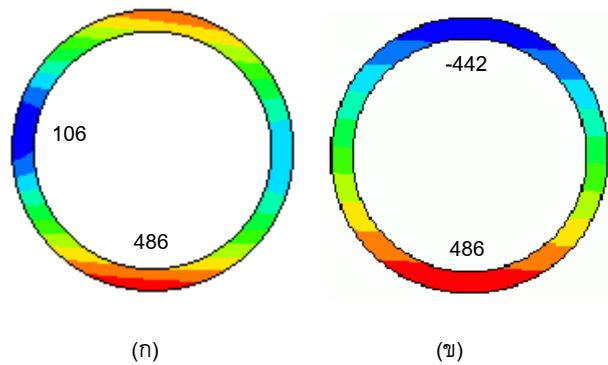
ตารางที่ 4 ความเค้นบนแผ่นด้านข้างของโครงสร้างเบา

ตำแหน่ง	ความเค้น (MPa)		
	ฟอนมิสเซส	แกน X	แกน Z
3	260	219	-56
5	582	157	-546
6	846	209	908
10	364	112	-308
11	493	463	222

เมื่อพิจารณาความเค้นที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างหลัก ดังตารางที่ 5 พบว่าความเค้นฟอนมิสเซสบริเวณจุดยึดหน้า และจุดยึดหลัง จะมีค่า 334 MPa และ 486 MPa ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเค้นบริเวณจุดยึดหลังดังรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าความเค้นในแนว แกน ซึ่งเป็นความเค้นดึง และความเค้นอัดมีค่า 486 และ -442 MPa และเป็นส่วนประกอบหลักที่ทำให้ความเค้นฟอนมิสเซสมีค่าสูง ทำให้วัสดุบริเวณนี้เกิดความเสียหาย

ตารางที่ 5 ความเค้นที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างหลักของโครงสร้างเบา

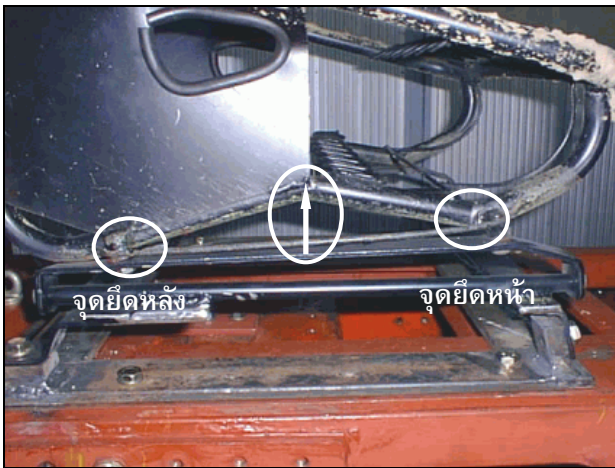
ตำแหน่ง	ความเค้น (MPa)		
	ฟอนมิสเซส	แนวแกน	จากโมเมนต์บิด
1	144	-137	25.00
2	172	-163	30.40
3	175	-88.1	59.40
4 (จุดยึดหลัง)	486	486	21.70
5	178	-177	4.33
6	191	191	1.20
7 (จุดยึดหน้า)	334	334	3.85
8	288	-277	2.57
9	98	96	3.38
10	148	146	9.79
11	107	106	13.7



รูปที่ 11 ความเค้นที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างเบาบริเวณจุดยึดหลัง
(ก) ความเค้นฟอนมิสเซส (ข) ความเค้นในแนวแกน

5. เปรียบเทียบผลการทดสอบกับการวิเคราะห์

จากการทดสอบตามมาตรฐาน FIA [4] พบว่าโครงสร้างเบาะเกิดการโก่งตัวอย่างมากในบริเวณหมุมแผ่นด้านหลัง และโครงหลักเกิดรอยฉีกบริเวณจุดยึดหน้า และจุดยึดหลังรูปที่ 12 ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่พบว่าความเค้นในตำแหน่งดังกล่าวมีค่าสูงกว่าจุดครากของของวัสดุ (294 MPa) จึงทำให้เกิดความเสียหายขึ้น ส่วนตำแหน่งอื่นๆ ที่มีค่าความเค้นสูง แต่ไม่เกิดการฉีกขาดเสียหาย อาจเป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการประกอบตัวโครงสร้าง เช่น รอยเชื่อมที่หนาและการขึ้นรูปของโครงสร้างที่ทำให้ค่าความแข็งแรงสูงขึ้น หรือวัสดุอาจเกิดความเสียหายโดยการเปลี่ยนรูปแบบถาวรแต่เห็นได้ไม่ชัดหรือไม่เกิดขึ้น ซึ่งอาจต้องใช้การวิเคราะห์และสมบัตินิวติคเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) เพื่อดูผลของการเปลี่ยนรูปที่อาจส่งผลให้ค่าความเค้นเปลี่ยนไปจากแบบสถิตได้ ตลอดจนใช้การวิเคราะห์แบบพลศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าการคำนวณที่สอดคล้องและเหมือนกับอยู่ในสภาวะการทดสอบจริง



รูปที่ 12 แสดงลักษณะความเสียหายจากการทดสอบ

6. สรุป

จากการวิเคราะห์ความเสียหายของโครงสร้างเบาะ Non Recliner Race-1 ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบสถิตศาสตร์ ซึ่งมีความสะดวกและรวดเร็ว พบว่าตำแหน่งที่มีความเสียหายเกิดขึ้นนั้น มีความสอดคล้องกับบริเวณที่เกิดความเสียหายจากการทดสอบในระดับหนึ่ง จากผลที่ได้นี้เอง สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเบื้องต้น ในการปรับปรุงเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างเบาะ เพื่อให้สามารถรับภาระได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด อีกทั้งวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ยังช่วยลดเวลา และต้นทุนในการผลิตได้เป็นอย่างดี แต่ในกรณีที่ต้องการคำนวณโดยละเอียด เพื่อให้ได้ผลและพฤติกรรมที่แม่นยำมากขึ้นนั้น จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์แบบพลศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะความเป็นจริงมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเบาะรถยนต์ มอก.896-2532", พ.ศ. 2532, หน้า 1-25
- [2] Japanese Industrial Standard, "JIS G 3141, JIS G 3444, JIS G 3521, JIS G 3544", JIS Handbook, 2002

[3] Research Institute of Road and Urban Transport, E-mail : usmdps@quick.cz

[4] Federation Internationale De'Automobile, "FIA Standard for Competition Seats", 1999, No. 8855

[5] First Technology Safety Systems, "Hybrid II 50th Male Dummy SA-150-M001", 2003 [Online]. Available:<http://www.ftss.com/pcat/products.cfm?pcat=h2-50m&class=1&x=500&y=900>

[6] National Highway Traffic Safety Administration, "Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS) No. 207: Seating Systems", Code of Federal Regulations, 2003, Title 49, Vol. 5, Ch. 5, Part 571.207, pp. 489-492

[7] D.M. Severy, D.M. Blaisdell, and J.F. Kerkhoff, "Automotive Seat Design and Collision Performance", SAE Transactions, Section 4, 1977, Vol. 85, SAE Paper No. 760810, pp. 2556