

การศึกษาผลตอบสนองต่อการกดของโครงสร้างด้านข้างรถยนต์โดยสาร

Study on the Crashworthiness of Bus Side Frame under Quasi Static Crush

นิรุต อ่อนสลุง* ขวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ อำไพศักดิ์ ทีบุญมา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

*E-mail: bignirut@yahoo.com

Nirut Onsalung* Chawalit Thinvongpituk, Amphisak Teeboonma

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubonratchatani University, Ubonratchatani 34190

*E-mail: bignirut@yahoo.com

บทคัดย่อ

เนื่องจากประเทศไทย มีผู้รถโดยสารที่ต่อรถโดยสารเพื่อจำหน่ายกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการผลิตรถยนต์โดยสารส่วนใหญ่ยังอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ ของช่างเป็นหลัก ขาดการคำนวณและการออกแบบในหลักทางวิศวกรรมอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้รถโดยสารที่ต่อสำเร็จแล้วยังไม่มีแบบของโครงสร้างที่แน่นอน เป็นการยากแก่การบำรุงรักษาและซ่อมแซมเมื่อเกิดการเสียหายอีกด้วย บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาโครงสร้างด้านข้างรถยนต์โดยสาร โดยพิจารณาจากความสามารถในการรับการชนเป็นหลัก จากการศึกษเบื้องต้นพบว่าโครงสร้างแผงด้านข้างนั้นนิยมต่อใน 3 รูปแบบคือ 1. การต่อในลักษณะให้เหล็กขนานในแนวนอน 2. การต่อลักษณะให้เหล็กต่อทแยงมุมและ 3. การต่อแบบสลับฟันปลา บทความนี้ทำให้การศึกษาการตอบสนองของลักษณะการต่อทั้งสามรูปแบบต่อการชนในแนวแกน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเครื่องมือ แต่ละโครงสร้างถูกจำลองให้รับแรงกดในแนวแกนจนยุบตัวจากนั้นทำการบันทึกกระแวยการยุบตัวและแรงปฏิกิริยาในโครงสร้าง แล้วคำนวณหาพลังงานที่โครงสร้างแต่ละแบบสามารถดูดซับได้ นอกจากนี้ในบทความนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบ ข้อเสียของโครงสร้างแผงด้านข้างแต่ละแบบไว้ด้วย

คำสำคัญ การชน การดูดซับพลังงาน โครงสร้างรถโดยสาร ชิ้นส่วนดูดซับพลังงาน

Abstract

There are many bus builder factories in Thailand, ranging from small to large size. These companies supply buses in domestic and other countries in Asian. However, it has been found that most of the factory is lacking of engineer and the bus

structure has never been calculated nor verified in the design step. Instead, the process mainly depends on skill and experience of the constructors. Regarding to the bus structure itself, the side wall structure is an important part since it absorbs impact energy from frontal to the rear. There are 3 patterns of bus side wall i.e. horizontal parallel beams, diagonal parallel beams and head-to-tail beams. This paper is aimed to investigate the crush characteristic of those three patterns of bus frame. The response of each structure i.e. loads and displacements were recorded. Crush energy and other crashworthiness parameters of each structure were calculated and compared. Advantages and disadvantages of each structural pattern were discussed

Keywords: Crashworthiness, Bus Frame, Energy Absorption Element, Automotive, Crash Structure

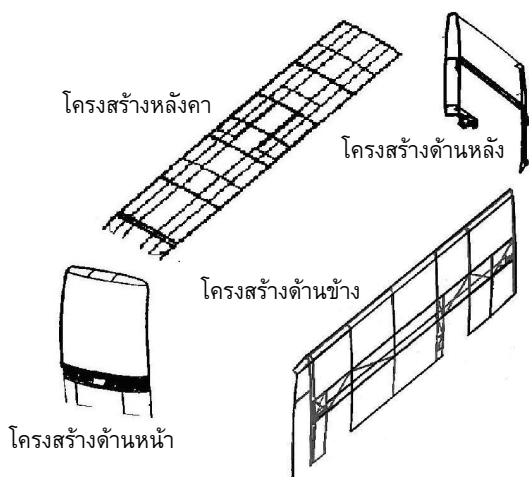
1. บทนำ

การศึกษาการเสียหายของชิ้นส่วนโครงสร้างรถยนต์ภายใต้การชนมีความสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมยานยนต์ เนื่องจากโครงสร้างเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญ ที่จะปกป้องอันตรายกับผู้โดยสารเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งในต่างประเทศได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับโครงสร้างรถยนต์อย่างกว้างขวางและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น การศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลกับการบ่มขึ้นรูปชิ้นส่วนของรถยนต์ [1] การศึกษาการชนของชิ้นส่วนด้านหน้ารถยนต์ที่รับแรงกระแทกในแนวแกน [2] การศึกษาการชนด้านหน้าของรถยนต์เพื่อดูผลเสียหายของห้องผู้โดยสารด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ [3] การศึกษาการเสียหายของโครงสร้างรถมารับส่งนักเรียน [4] โดยการศึกษาส่วนมากมักทำการทดสอบกับชิ้นส่วนสำคัญที่รับแรงกระแทกเป็นหลัก เพื่อหาความสามารถในการดูดซับ

พลังงานของโครงสร้าง [5] นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความปลอดภัยของร่างกายมนุษย์ ที่จะทนต่อแรงกระแทกได้เมื่อเกิดอุบัติเหตุ โดยมีผู้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับด้านนี้ เช่น การศึกษาการทนต่อการเปลี่ยนแปลงความแรงหรือความหน่วงของร่างกายมนุษย์เมื่อเกิดการชน [6] หรืออันตรายที่อาจเกิดกับร่างกายมนุษย์ในลักษณะต่างๆ [7] การศึกษาอันตรายที่เกิดกับคนขับและผู้โดยสาร ของรถยนต์สามล้อโดยสารเมื่อเกิดการชน [8] นอกจากนี้ในประเทศอุตสาหกรรมต่างๆ ยังได้มีการกำหนดมาตรฐานในการทดสอบรถยนต์ให้หลายมาตรฐาน เช่น มาตรฐานความปลอดภัยของสหพันธ์ยานยนต์ (Federal Motor Vehicle Safety Standard, FMVSS) การประเมินและทดสอบรถยนต์ใหม่ (New Car Assessment Program, NCAP) และการทดสอบมาตรฐานความปลอดภัยบนทางด่วน (Insurance Institute for Highway Safety, IIHS) [9] ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างยานยนต์ภายใต้การชนกระแทกนั้น มีความสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน

ประเทศไทยก็เป็นอีกประเทศที่มีการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะรถยนต์โดยสารขนาดใหญ่ที่ผลิตโดยอยู่ต่อรถในแต่ละภูมิภาคของประเทศ ซึ่งมีวิธีการผลิตที่แตกต่างกันไปตามแต่ความชำนาญและประสบการณ์ของช่างในแต่ละอยู่ ขาดการกำหนดกฎเกณฑ์การทดสอบและมาตรฐานที่แน่นอน แม้แต่ข้อกำหนดของกรมการขนส่งทางบกก็กำหนดไว้เพียงพิกัดขนาด [10] น้ำหนักรวมสูงสุดและการกระจายน้ำหนักลงเพลาท่านั้นให้ได้ตามกำหนด [11] ซึ่งไม่มีข้อกำหนดใดๆ ที่เกี่ยวกับความแข็งแรงของโครงสร้างเลย

รถยนต์โดยสารประกอบด้วยโครงสร้างสำคัญ 4 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างรถยนต์โดยสาร

จากรูปที่ 1 เป็นการแสดงส่วนประกอบโครงสร้างของรถยนต์โดยสารซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างด้านหน้า โครงสร้างหลังคา โครงสร้างด้านข้างและโครงสร้างด้านหลัง โครงสร้างเหล่านี้จะถูกนำมาประกอบกันเป็นโครงสร้างรถยนต์โดยสาร โดยต่อขึ้นไปจากแชสซีของรถแต่ละคัน โครงสร้างแต่ละส่วนถูกออกแบบให้รับภาระในทิศทางและลักษณะต่างๆ กัน

บทความนี้จะนำเสนอผลการศึกษา เฉพาะโครงสร้างด้านข้างของรถยนต์โดยสารภายใต้การชนในแนวแกนเท่านั้น สำหรับโครงสร้างส่วนอื่นๆ อยู่ในช่วงการศึกษาและจะได้นำเสนอในโอกาสต่อไป

2. วิธีการศึกษาและการดำเนินการ

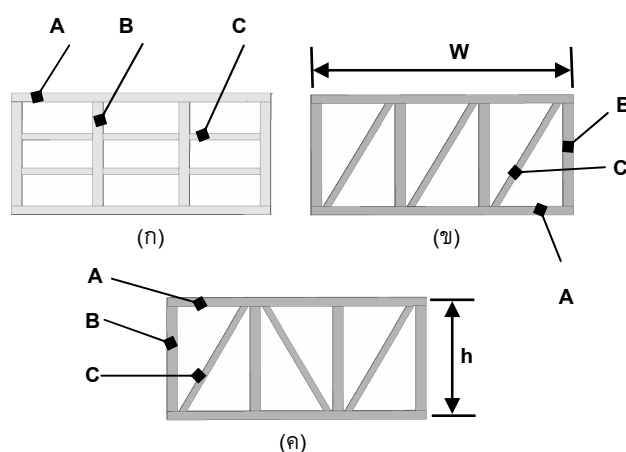
2.1 ลักษณะของโครงสร้างที่ศึกษา

บทความนี้มุ่งเน้นการศึกษารูปแบบการต่อของโครงสร้างด้านข้างรถยนต์โดยสารที่มีการต่อแบบต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับพลังงานของโครงสร้างภายใต้ภาระการชน หรือการกด โดยจากการศึกษาในเบื้องต้นสามารถแบ่งโครงสร้างด้านข้างรถยนต์โดยสารตามลักษณะของการต่อได้เป็น 3 แบบด้วยกัน คือ 1. การต่อแบบขนานแนวนอน 2. การต่อลักษณะให้เหล็กต่อแยงมุมและ 3. การต่อแบบสลับฟันปลา ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งโครงสร้างทั้ง 3 แบบนี้ประกอบขึ้นจากเหล็กกล่องหน้าตัดสี่เหลี่ยม 3 ชนิดที่มีขนาดต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยเหล็กทุกชนิดมีความหนาเท่ากันทั้งหมด คือ มีความหนา 2 mm. เหล็กแต่ละชนิดจะถูกนำมาประกอบเป็นโครงสร้างแต่ละแบบดังแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของเหล็กที่ใช้ในการต่อโครงสร้างด้านข้าง

ชนิดของเหล็กกล่อง	ขนาดหน้าตัด (mm × mm)
A	50 × 50
B	60 × 40
C	37 × 37

จากตารางที่ 1 แสดงขนาดของเหล็กกล่องแต่ละชนิดที่ใช้ประกอบโครงสร้างทั้ง 3 แบบโดยเหล็กชนิด A จะใช้เป็นคานหลักของโครงสร้างเหล็กชนิด B ใช้ต่อในแนวตั้งฉากกับคานหลักและเหล็กชนิด C ใช้ต่อเสริมระหว่างโครงสร้างให้มีลักษณะการต่อเป็น 3 รูปแบบดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น



รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างแบบจำลองของโครงสร้างด้านข้างรถยนต์โดยสาร

- ก. การต่อแบบขนานแนวนอน ข. การต่อแบบทแยงมุม
- ค. การต่อแบบสลับฟันปลา

จากรูปที่ 2 แสดงลักษณะการต่อของโครงสร้างทั้ง 3 แบบ ในรูปที่ 2 (ก) เป็นการต่อโครงสร้างแบบขนานในแนวนอนโดยใช้เหล็กกล่อง ชนิด A เป็นคานหลักในแนวนอนแล้วใช้เหล็กกล่องชนิด B ต่อขวางขึ้นในแนวตั้งฉากจากนั้นจะใช้เหล็กชนิด C เป็นส่วนเสริมในโครงสร้างในลักษณะขนานกับคานหลัก รูปที่ 2 (ข) เป็นการต่อแบบทแยงมุมโดยใช้เหล็กแบบ A และ B ต่อในลักษณะเดียวกับแบบขนานแต่จะใช้เหล็กชนิด C ต่อเสริมในลักษณะให้เหล็กต่อทแยงมุมและรูปที่ 2 (ค) เป็นการต่อแบบสลัฟพื้นปลา ซึ่งการต่อจะคล้ายกันกับการต่อแบบทแยงมุมแต่จะใช้เหล็กชนิด C ต่อเสริมในลักษณะสลัฟพื้นปลา โดยโครงสร้างทั้ง 3 แบบเมื่อประกอบกันแล้วโครงสร้างจะมีความสูงของทั้งหมด (h) ประมาณ 700 mm. และมีความกว้างทั้งหมด (W) ประมาณ 1500 mm.

2.2 ตัวแปรที่พิจารณา

ในการศึกษาทางด้านการเสียหายของโครงสร้าง ภายใต้การชน (Crashworthiness) มักจะศึกษาจากกราฟของภาระและระยะยุบตัวของโครงสร้างดังตัวอย่างกราฟในรูปที่ 3 โดยมีตัวแปรที่สำคัญหลายตัว เช่น ภาระวิกฤติ (Critical Load, P_{cr}) หมายถึง ภาระแรกที่ทำให้ชิ้นงานเกิดการเสียหายอย่างสังเกตเห็นได้ ภาระเฉลี่ย (Mean crushing load, P_{mean}) หมายถึง ภาระเฉลี่ยตลอดการเสียรูปของโครงสร้างภายใต้การกระแทกจนสิ้นสุดการยุบตัว ภาระสูงสุด (Maximum Load, P_{max}) หมายถึง ภาระสูงสุดที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการยุบตัวจากเริ่มต้นจนสิ้นสุด พลังงานที่ดูดซับได้ (Energy absorption, E_a) หมายถึง พลังงานที่โครงสร้างสามารถดูดซับได้ตลอดช่วงเวลาการกระแทก หรือการยุบตัวและพลังงานดูดซับจำเพาะ (Specific energy absorption, E_s) หมายถึง พลังงานที่โครงสร้างสามารถดูดซับได้ เมื่อเทียบกับขนาดน้ำหนักของตัวโครงสร้างเอง โดยในบทความนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาค่าพลังงานที่ดูดซับได้และพลังงานดูดซับจำเพาะของโครงสร้าง ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญในการบ่งบอกถึงความสามารถ ในการดูดซับพลังงานจากการชนของโครงสร้าง โดยในการหาค่าพลังงานดูดซับนั้นสามารถหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟของภาระและระยะยุบตัวของโครงสร้าง เมื่อเกิดการชนหรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 1

$$E_a = \int PdS \approx P_{mean} \cdot S \quad (1)$$

โดยที่ E_a คือค่าพลังงานดูดซับ P_{mean} คือค่าภาระเฉลี่ย S คือการะยะการยุบตัว และสามารถหาค่าพลังงานดูดซับจำเพาะได้จากสมการที่ 2

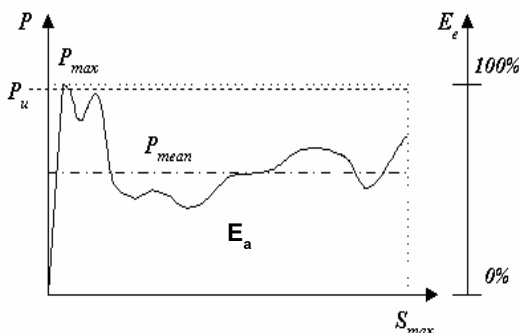
$$E_s = \frac{\int PdS}{mass} \approx \frac{P_{mean} \cdot S}{mass} \quad (2)$$

โดยที่ E_s คือค่าพลังงานดูดซับจำเพาะ P_{mean} คือค่าภาระเฉลี่ย S คือระยะยุบตัวของโครงสร้าง และ mass คือ มวลของโครงสร้าง

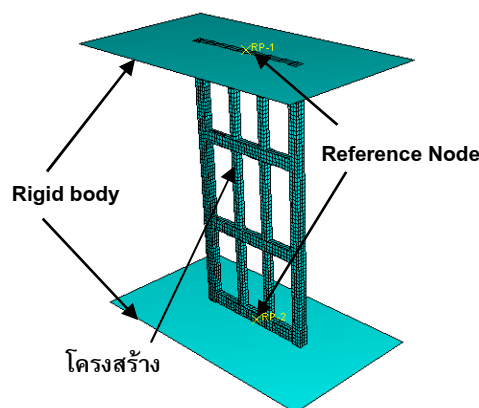
2.3 แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

การศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ชื่อ ABAQUS โดยได้จำลองโครงสร้างแต่ละแบบด้วยเอลิเมนต์แบบเปลือกบาง (Shell Element) ชนิด 4 Node โครงสร้างที่ทดสอบในโปรแกรมจะสร้างให้มีคุณสมบัติและลักษณะต่างๆ ตามแบบในรูปที่ 2 ซึ่งในการ

ทดลองนี้ได้สมมุติให้โครงสร้างทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกันและสมมุติให้รอยเชื่อมจะไม่เกิดการเสียหายก่อนชิ้นงาน



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระและระยะยุบตัวของโครงสร้างพร้อมกับแสดงตัวแปรต่างๆ ที่นิยมใช้ในการศึกษา



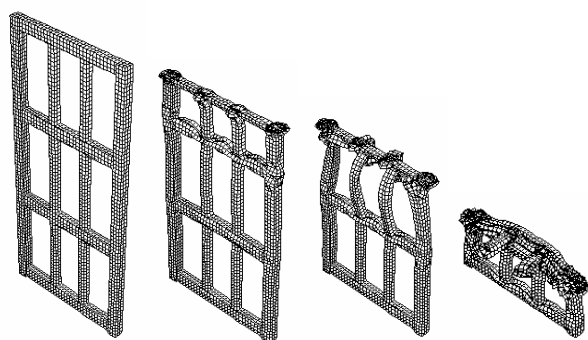
รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 4 เป็นการแสดงตัวอย่างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของโครงสร้างที่มีการต่อแบบขนาน ซึ่งโครงสร้างแบบนี้ก็จะสร้างขึ้นในลักษณะเดียวกัน โดยให้โครงสร้างที่จะทดสอบวางอยู่ระหว่างแผ่นวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body) สองแผ่นคือ แผ่นด้านบนกับแผ่นด้านล่าง แล้วกำหนดจุดอ้างอิง (Reference Node) ที่แผ่น Rigid body ทั้งสอง โดยคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สมมุติให้เป็นแบบ Elastic - Plastic และกำหนดให้แผ่นด้านล่างยึดติดกับที่ ในขณะที่แผ่นด้านบนสามารถเคลื่อนกลดลงมาในแนวตั้งเป็นระยะประมาณ 80 % ของความสูงทั้งหมดแล้วบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยจุดอ้างอิงด้านบนจะทำหน้าที่วัดระยะยุบตัวของโครงสร้างจากเริ่มต้นจนสิ้นสุดระยะยุบตัว ส่วนจุดอ้างอิงด้านล่างจะทำหน้าที่วัดแรงปฏิกิริยาที่ได้จากการกดจากนั้นจะนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงปฏิกิริยาและระยะยุบตัวของโครงสร้างเพื่อคำนวณหาค่าพลังงานที่ดูดซับต่อไป

3. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

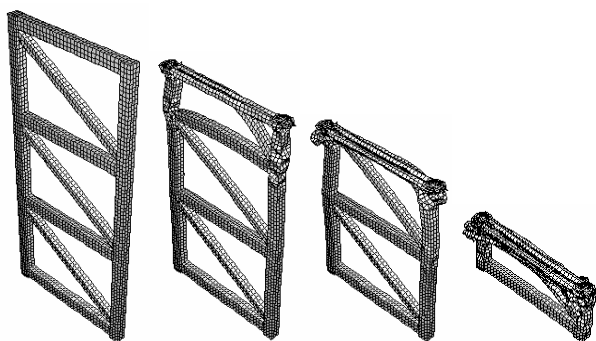
3.1 ลักษณะการเสียหาย

รูปแบบการเสียหายของโครงสร้างด้านข้างรถยนต์โดยสารทั้ง 3 แบบได้แสดงในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 7



รูปที่ 5 แสดงผลการกดของโครงสร้างที่ต่อแบบขนาน

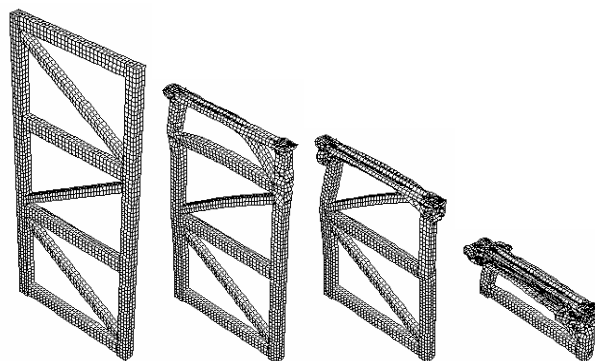
จากรูปที่ 5 เป็นรูปที่แสดงการเสียหายของโครงสร้างแบบต่อตรง โดยรูปแบบการเสียหายในช่วงเริ่มแรกจะเกิดการยุบตัวในแนวแกนเป็นหลัก เพราะลักษณะของโครงสร้างนี้จะรองรับแรงกดในแนวแกนโดยตรง หลังจากนั้นเหล็กเสริมชนิด C จะเริ่มมีการโก่งตัวขึ้นเมื่อโครงสร้างยุบตัวจนสุดระยะแล้ว จะเห็นว่าการเสียหายที่เกิดขึ้นมีส่วนที่พับและยื่นออกมาซึ่งลักษณะนี้ถือว่าอาจก่อให้เกิดอันตรายกับผู้โดยสารได้ เนื่องจากโครงสร้างด้านข้างนี้ จะอยู่ตรงตำแหน่งบริเวณระดับเดียวกันกับที่นั่งของผู้โดยสารในรถยนต์โดยสาร



รูปที่ 6 แสดงผลการกดของโครงสร้างที่ต่อแบบทแยงมุม

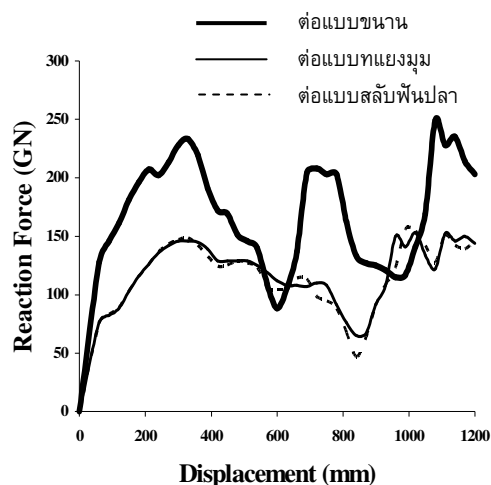
จากรูปที่ 6 เป็นผลการเสียหายของโครงสร้างที่ต่อแบบทแยงมุม ซึ่งลักษณะการยุบตัวจะเห็นว่ามีการยุบตัวที่เป็นระเบียบ โดยจะเสียหายมากที่สุดบริเวณชิ้นส่วนหลักด้านข้าง และชิ้นส่วนที่ต่อทแยงมุมก็มีลักษณะการยุบตัวที่เป็นระเบียบทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการต่อลักษณะนี้มีผลของโมเมนต์ดัดเกิดขึ้นด้วย ซึ่งต่างกับการต่อแบบขนานที่รับแรงในแนวแกนเป็นหลัก ดังนั้นโครงสร้างแบบนี้จึงมีการยุบตัวที่เป็นระเบียบ ไม่มีชิ้นส่วนยื่นออกมาหลังการพับตัวของโครงสร้าง

ในรูปที่ 7 เป็นผลการเสียหายของโครงสร้างที่ต่อแบบสลัฟพื้นปลาจะเห็นว่า ลักษณะการเสียหายจะคล้ายกันกับการต่อแบบทแยงมุม คือ จะมีการเสียหายที่บริเวณมุมของโครงสร้างเป็นหลักจากนั้นโครงสร้างทั้งหมดจะยุบตัวลงในแนวแกนอย่างค่อนข้างเป็นระเบียบ แต่อาจมีการโก่งตัวเล็กน้อยที่บริเวณโครงสร้างหลัก เนื่องจากมีปลายของเหล็กเสริม (แบบ C) ต่ออยู่ด้วยกันถึง 2 ตัว



รูปที่ 7 แสดงผลการกดของโครงสร้างที่ต่อแบบสลัฟพื้นปลา

3.2 คุณสมบัติของกราฟระหว่างแรงปฏิกิริยาและระยะยุบตัว



รูปที่ 8 กราฟแสดงแรงปฏิกิริยากับระยะยุบตัวของโครงสร้างทั้ง 3 แบบ

จากรูปที่ 8 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงปฏิกิริยากับระยะยุบตัวของโครงสร้างทั้ง 3 แบบที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซับพลังงานของโครงสร้างแต่ละแบบ โดยในแกนตั้งเป็นค่าของแรงปฏิกิริยาและในแกนนอนเป็นค่าระยะยุบตัวของโครงสร้างจากเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการยุบตัว จากกราฟจะเห็นว่าในช่วงเริ่มต้นก่อนที่กราฟเริ่มเปลี่ยนแปลงความชันนั้นถือเป็นช่วงที่โครงสร้างยังไม่เสียรูป ซึ่งพบว่าการต่อแบบขนานจะสามารถทนแรงกดได้มากที่สุดคือประมาณ 260 GN ส่วนการต่อแบบสลัฟพื้นปลาและการต่อแบบทแยงมุมจะรับแรงกดได้ใกล้เคียงกันคือ ประมาณ 160 GN ซึ่งถือว่ามีความสามารถรับแรงกดได้น้อยกว่าการต่อแบบขนาน นอกจากนี้ยังพบว่ามีลักษณะเส้นกราฟของการต่อแบบขนาน จะมีการแกว่งตัวของกราฟสูงกว่าเส้นกราฟของการต่อแบบทแยงมุมและแบบสลัฟพื้นปลา ทั้งนี้เนื่องจากการยุบตัวของโครงสร้างนั้นมีการพับตัวอย่างรวดเร็วในขณะที่โครงสร้างอีก 2 แบบมีการยุบตัวแบบค่อนข้างเป็นระเบียบกล่าวคือ ค่อยๆ เกิดการยุบตัวอย่างเป็นลำดับลงมา

จากกราฟในรูปที่ 8 เมื่อนำไปคำนวณหาค่าพลังงานดูดซับและพลังงานดูดซับจำเพาะจะได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงพลังงานที่ดูดซับของโครงสร้างและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ชนิดการต่อ	การต่อแบบ ขนาน	การต่อแบบ ทแยงมุม	การต่อแบบสลับ พื้นปลา
ภาระเฉลี่ย (GN)	163	116.21	113.98
มวล (kg)	6.04	5.563	5.563
ระยะยุบตัว (mm)	1200	1200	1200
พลังงานดูดซับ (GJ)	195.6	139.45	136.78
พลังงานดูดซับ จำเพาะ (GJ/kg)	32.384	25.067	25.127

จากตารางที่ 2 เป็นการแสดงค่าที่ได้จากการทดสอบและการคำนวณเกี่ยวกับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง โดยตัวแปรหลักที่พิจารณาได้แก่ค่าพลังงานดูดซับ จากการคำนวณพบว่าพลังงานดูดซับของโครงสร้างที่ต่อแบบขนานเท่ากับ 195.6 GJ โครงสร้างที่ต่อแบบทแยงมุมเท่ากับ 139.45 GJ และโครงสร้างที่ต่อแบบสลับพื้นปลาเท่ากับ 136.78 GJ ซึ่งโครงสร้างแบบต่อขนานจะดูดซับพลังงานได้ดี ส่วนค่าพลังงานดูดซับจำเพาะของโครงสร้างทั้ง 3 แบบมีค่าเท่ากับ 32.384 GJ/kg สำหรับการต่อแบบขนาน 25.067 GJ/kg สำหรับการต่อแบบทแยงมุมและ 25.127 GJ/kg สำหรับการต่อแบบสลับพื้นปลา ซึ่งจะเห็นว่าการต่อแบบขนานสามารถดูดซับพลังงานจากการชนในแนวแกนได้ประมาณ 28 % และพลังงานดูดซับจำเพาะประมาณ 23 % เมื่อเปรียบเทียบกับการต่ออีก 2 แบบ

4. สรุปผล

จากการศึกษาลักษณะการต่อของโครงสร้างด้านข้างรถยนต์โดยสารทั้ง 3 รูปแบบโดยพิจารณาเฉพาะแรงในแนวแกนพบว่าการต่อแบบขนานให้ค่าการดูดซับพลังงานจากการกดตามแนวแกนได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างที่ต่อแบบทแยงมุมและแบบสลับพื้นปลา แต่ลักษณะของการเสียหายที่เกิดขึ้นในการต่อแบบขนานจะมีข้อเสีย คือเกิดการโก่งตัวออกนอกระนาบของโครงสร้าง ซึ่งอาจส่งผลต่อผู้โดยสารได้เมื่อเกิดอุบัติเหตุ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานดูดซับจำเพาะกับน้ำหนักของแต่ละโครงสร้างแล้วจะเห็นว่า ค่าการดูดซับพลังงานจำเพาะมีค่าแตกต่างกันอย่างสังเกตเห็นได้ชัดเจน โดยที่น้ำหนักของแต่ละโครงสร้างต่างกันไม่มากนัก จึงเป็นข้อบ่งชี้ว่าลักษณะการต่อของโครงสร้างมีผลกับความสามารถในการรับแรงกระแทกมากกว่าน้ำหนักที่เปลี่ยนไปของโครงสร้างทั้ง 3 แบบ

บทความนี้ศึกษาเฉพาะผลตอบสนองต่อการกดในแนวแกนเท่านั้น แต่ในสถานการณ์จริงโครงสร้างอาจต้องรับภาระการชนด้านข้างซึ่งเป็นการปะทะแบบตัดหรือการพลิกคว่ำ ซึ่งอาจสร้างภาระบิดให้แก่โครงสร้างได้ โดยผลตอบสนองของโครงสร้างแต่ละแบบต่อภาระอื่นๆ ก็อาจเปลี่ยนไปด้วย ทั้งนี้การศึกษาในกรณีการชนแบบอื่นๆ กำลังดำเนินการอยู่และจะได้นำเสนอผลการศึกษาในโอกาสต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในโครงการนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Huh, H. et al (2003) "Crashworthiness assessment of front side members in an auto-body considering the fabrication histories" Int. J. Mechanical Sciences, 45, pp.1645–1660
- [2] Wang Yong, et al (2003) "A study on crashworthiness of mini-car front longitude member by computer simulation" 12th International Pacific Conference on Automotive Engineering
- [3] Wang Hongyan, Xiao Fan (2003) "Simulation of passenger's responsive motion in vehicle frontal crash" 12th International Pacific Conference on Automotive Engineering.
- [4] Lisa k. Dulliran.VRTC and Linda B.Mccray, USR. "Large school bus safety restraint evaluation" National highway traffic safety administration united state. Paper No.345
- [5] Toru Kawano,Yuta Urushiyama (2003) "Research on aluminum structures for crash energy absorption" 12th International Pacific Conference on Automotive Engineering, Bangkok, Thailand.
- [6] Jones, N. (1997) "Structural impact" Cambridge University Press, Uk
- [7] Snyder, R.G. (1970) "Human impact tolerance" SAE Paper 700398, International automotive safety conference compendium, SAE, pp. 712-782
- [8] D.ohan et, al. (1996) "Impact modeling studies for a three-wheeled Scooter Taxi" Accid.Anal.and Prev., Vol 29. pp.161-170
- [9] Himat F.Mahood and Bahig B.Fileta (2004) "Design of vehicle structures for crash energy management" Vehicle crashworthiness and occupant protection. American Iron and steel Institute.
- [10] ประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่อง แบบและการจัดวางที่นั่งผู้โดยสารของรถที่ใช้ในการขนส่งผู้โดยสาร, กรมการขนส่งทางบก, เมษายน พ.ศ. 2537
- [11] คู่มือตรวจสอบน้ำหนักรวมสูงสุดและน้ำหนักลงเพลารถโดยสาร, กรมการขนส่งทางบก, มีนาคม พ.ศ. 2535