บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งศึกษาคุณลักษณะทางด้านการชนของโครงสร้างรถยนต์โดยสารที่ผลิตในประเทศไทย ทำการศึกษาโดยเก็บข้อมูลรูปแบบโครงสร้างของรถยนต์โดยสารที่ต่อใช้งานในประเทศ แล้วสร้างแบบจำลองทาง FEA โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทาง FEA ชื่อ ABAQUS เป็นเครื่องมือหลักในการศึกษา ในการศึกษาได้ทำแบบจำลองชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก ทั้งแบบแยกส่วนและแบบโครงสร้างประกอบ แล้วทำการจำลองการชนในลักษณะต่างๆกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการศึกษาโดยพิจารณารูปแบบการเสียหาย การตอบสนองของโครงสร้าง ความสามารถในการดูดซับพลังงาน และการดูดซับพลังงานจำเพาะของโครงสร้างเป็นตัวชี้วัดหลัก ซึ่งสรุปผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

6.1.1 การสอบเทียบโปรแกรม FEA กับการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสอบเทียบโปรแกรม FEA ที่ใช้งานกับทดลอง โดยเลือกโครงสร้างแผงด้านข้างของรถยนต์ที่นิยมใช้ 3 แบบด้วยกันคือ 1) การต่อโครงสร้างแบบขนาน 2) การต่อโครงสร้างแบบทแยงมุมและ 3) การต่อโครงสร้างแบบสลับฟันปลา เป็นโครงสร้างในการทำการทดลองเพื่อเทียบกับโปรแกรม ในการทดลองได้ทำการทดลองภายใต้ภาระกระทำแบบต่างๆด้วยความเร็วต่ำ (Quasi Static Load) และภาระในแนวแกนด้วยความเร็วสูง (Impact Load) ผลการสอบเทียบพบว่าโปรแกรม FEA ที่เลือกใช้งานและเงื่อนไขต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณสามารถทำนายพฤติกรรมการเสียหายของโครงสร้างได้อย่างถูกต้องทั้งภายใต้ภาระความเร็วต่ำและความเร็วสูง โดยให้รูปแบบการเสียหายและลักษณะของกราฟภาระและระยะยุบตัวที่คล้ายกับการทดลอง ในส่วนของค่าการดูดซับพลังงาน (E_a) และค่าการดูดซับพลังงานจำเพาะ (E_s) นั้นพบว่าโปรแกรม FEA สามารถคำนวณค่าได้สูงกว่าผลการทดลองในระดับความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาจากโปรแกรม FEA ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการศึกษาโครงสร้างที่มีขนาดจริงได้ ส่วนสาเหตุของความผิดพลาดอาจเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของชิ้นงานจริงดังได้อภิปรายไว้แล้ว

6.1.2 การทดสอบการชนของโครงสร้างด้านข้างรถยนต์โดยสารแบบเต็มแผง

ในการทดสอบการชนแบบเต็มแผงของโครงสร้างด้านข้างรถยนต์โดยสาร ได้ทำการทดสอบด้วยแบบจำลองทาง FEA และทดสอบการชนด้วยภาระสองแบบ คือการทดสอบการชนในแนวแกนและการทดสอบการชนในแนวตั้งฉาก ผลการทดสอบการชนของโครงสร้างดังกล่าวพบว่า โครงสร้างที่ต่อแบบขนานสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่าโครงสร้างที่ต่อแบบทแยงมุมและแบบสลับฟันปลา แต่เนื่องจากลักษณะของโครงสร้างที่ต่อแบบขนานจะใช้ชิ้นส่วนที่ต่อเสริมมีจำนวนมากกว่า ดังนั้นอาจทำให้สิ้นเปลืองวัสดุที่ใช้เพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามพบว่าหากลดจำนวนชิ้นส่วนที่ต่อเสริมของการต่อแบบขนานให้เหลือเพียงช่องละ 1 แถว โครงสร้างก็ยังสามารถดูดซับพลังงานได้มากกว่าการต่ออีก 2 แบบดังกล่าว ซึ่งการลดจำนวนชิ้นส่วนต่อเสริมลงนี้สามารถทำให้ลดค่าวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้ โดยที่โครงสร้างยังสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่าการต่อแบบทแยงมุมและแบบสลับฟันปลา

6.1.3 การทดสอบการชนของโครงสร้างหลังคารถยนต์โดยสาร

การทดสอบโครงสร้างหลังคาแบบเต็มแผง กระทำภายใต้ภาระการชนในแนวแกน ภาระแบบดัดและภาระแบบบิด โดยโครงสร้างที่ทดสอบมีการต่อสองแบบ ได้แก่โครงสร้างหลังคาที่ต่อแบบขนานและต่อแบบเฉียง ผลจากการทดสอบภายใต้ภาระการชนในแนวแกนและภาระการชนแบบดัด พบว่าการต่อโครงสร้างหลังคาแบบขนานสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่าโครงสร้างที่ต่อแบบเฉียง แต่สำหรับผลการทดสอบภายใต้ภาระแบบบิด พบว่าโครงสร้างที่ต่อแบบเฉียงจะดูดซับพลังงานได้ดีกว่า

นอกจากนี้ยังได้ทำการจำลองโครงสร้างหลังคาที่มีการเสริมความแข็งแรงด้วยเหล็กหน้าตัดต่างๆ 4 แบบ ได้แก่ หน้าตัดรูปสี่เหลียม หน้าตัดรูปตัวยู หน้าตัดรูปวงกลมและหน้าตัดรูปตัวแอล และทดสอบด้วยภาระการชนในแนวแกน ผลการศึกษาสรุปได้ว่าโครงสร้างที่ต่อเสริมด้วยเหล็กหน้าตัดรูปวงกลมสามารถดูดซับพลังงานจากการชนได้มากกว่าเหล็กเสริมหน้าตัดแบบอื่น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เหล็กหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมแล้วการใช้เหล็กหน้าตัดรูปวงกลมสามารถดูดซับพลังงานได้มากกว่าโดยที่มีมวลน้อยกว่า ซึ่งเป็นข้อดีสำหรับโครงสร้างยานยนต์ต่างๆ อย่างไรก็ตามวิธีการเชื่อมต่อเหล็กกลมอาจยากกว่าการเชื่อมเหล็กแบบสี่เหลี่ยม เนื่องจากลักษณะของแนวรอยเชื่อมมีความโค้ง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

6.1.4 การทดสอบการชนของโครงสร้างประกอบที่ต่อระหว่างโครงสร้างหลังคากับโครงสร้างด้านข้างแบบต่างๆ

ผลการทดสอบโครงสร้างที่ประกอบด้วยโครงสร้างหลังคากับโครงสร้างแผงด้านข้างแบบต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยแผงโครงสร้างด้านข้าง 3 แบบและโครงสร้างหลังคา 2 แบบ จึงสามารถสลับกันต่อเป็นโครงสร้างประกอบได้ทั้งหมด 6 แบบ จากนั้นนำโครงสร้างประกอบเหล่านี้ไปทดสอบชนในแนวแกน ผลที่ได้จากการทดสอบสรุปได้ว่าการประกอบแผงโครงสร้างด้านข้างที่ต่อแบบขนานกับแผงโครงสร้างหลังคาที่ต่อแบบขนานสามารถดูดซับพลังงานจากการชนได้ดีที่สุด นอกจากนี้ยังสรุปได้ว่าการเลือกใช้โครงสร้างด้านข้างของรถยนต์โดยสารแบบขนานเป็นหลักเมื่อนำมาเชื่อมต่อกับโครงสร้างหลังคาไม่ว่าแบบใด โครงสร้างประกอบนั้นจะสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่าโครงสร้างที่ประกอบด้วยแผงข้างแบบอื่นๆเสมอ

6.1.5 การทดสอบลักษณะการยึดต่อระหว่างโครงสร้างหลังคากับแผงโครงสร้างด้านข้างของรถยนต์โดยสาร

การทดสอบลักษณะของชิ้นส่วนการยึดต่อระหว่างโครงสร้างหลังคากับโครงสร้างด้านข้างของรถยนต์โดยสาร โดยได้สร้างแบบจำลองการเชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างหลังคาและแผงข้าง 3 แบบ ดังในรูปที่ 4.20 แล้วนำไปทดสอบการชนในแนวแกน ผลการศึกษาสรุปได้ว่าลักษณะการยึดต่อแบบที่ 3 คือแบบที่ใช้เหล็กแผ่นสามเหลี่ยมต่อเสริมบริเวณมุมของโครงสร้างมีความสามารถในการดูดซับพลังงานได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 2 แบบ นอกจากนี้ลักษณะการต่อในแบบที่ 3 ยังมีข้อดีคือ ประหยัดวัสดุ เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดไม่ใหญ่ และทำจากเหล็กแผ่น ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการต่อแบบที่ 2 แล้ว พบว่าการต่อแบบที่ 2 จะใช้วัสดุในการต่อเสริมจุดนี้มากกว่าส่วนการต่อแบบที่ 1 ไม่มีการเสริมความแข็งแรงใดๆ ณ จุดนี้ แม้จะประหยัดค่าวัสดุแต่พบว่าความสามารถในการดูดซับพลังงานจะน้อยกว่าแบบที่ 2 และแบบที่ 3 มาก

6.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของอุตสาหกรรมการต่อรถยนต์โดยสารในประเทศ พบว่ายังมีช่องว่างที่ต้องการงานวิจัยเข้าไปแก้ปัญหาอีกหลายประเด็น ซึ่งอาจเขียนเป็นประเด็นข้อเสนอแนะเบื้องต้นสำหรับการศึกษาต่อไปได้ดังนี้

6.2.1 เกี่ยวกับกระบวนการผลิต

ปัจจุบันการผลิตรถยนต์โดยสารในประเทศไทยนั้นใช้การบริหารการผลิตแบบเหมาช่วง คือเหมาให้ช่างแต่ละชุดทำการต่อรถโดยสารเป็นคันๆ ไป ดังนั้นกระบวนการผลิต และรูปแบบรายละเอียดต่างๆของโครงสร้างจึงต่างกัน ส่งผลให้การควบคุมมาตรฐานเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงอาจมีการวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการผลิต ตลอดจนสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เป็นมาตรฐาน เช่นอุปกรณ์จับยึดโครงสร้าง (Jig and Figure) อุปกรณ์เพื่อช่วยการตั้งระดับประกอบโครงสร้าง อุปกรณ์เพื่อช่วยคำนวณการกระจายน้ำหนักลงเพลา ตลอดจนพัฒนาระบบความปลอดภัยของอู่ เป็นต้น

6.2.2 เกี่ยวกับมาตรฐานความปลอดภัยของรถยนต์โดยสารในประเทศ

เนื่องจากรถยนต์โดยสารนั้นเกี่ยวข้องกับชีวิตผู้โดยสาร และชีวิตผู้สัญจรบนถนนจำนวนมาก ดังนั้นจึงควรมีการกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องอย่างเข้มข้น ทั้งนี้ปัจจุบันประเทศไทยมีกฎเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องเฉพาะเรื่องกำหนดน้ำหนักลงเพลา และขนาดของโครงสร้างเท่านั้น แต่ยังไม่มีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานความปลอดภัยของโครงสร้างเลย จึงควรมีการศึกษาข้อมูลและวางแผนเพื่อดำเนินการที่เกี่ยวข้อง

6.2.3 เกี่ยวกับการศึกษาโครงสร้างรถยนต์โดยสารเพิ่มเติม

แม้ว่าการศึกษานี้จะได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างหลักของรถยนต์โดยสารภายใต้การชนมาแล้ว แต่ก็ยังมีประเด็นเกี่ยวกับโครงสร้างอีกมากที่ยังไม่ได้ทำการศึกษาในที่นี้ เช่นลักษณะการเชื่อมต่อโครงสร้าง โดยเฉพาะลักษณะการเชื่อมโครงสร้างหลักกับเชสซี (Chassis) ซึ่งมีประเด็นตั้งแต่ตำแหน่งของการเชื่อม ลักษณะการเจาะเชื่อม และความแข็งแรงของรอยเชื่อมเป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจมีการศึกษาเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระแทกของโครงสร้างให้มากขึ้นโดยที่เพิ่มน้ำหนักไม่มากนัก เช่นการเติมโฟมลงในชิ้นส่วนบางชิ้น หรือการเปลี่ยนรูปแบบการยึดต่อที่เหมาะสม เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง