



การศึกษาปัจจัยของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน

วรวิทย์ วรรณวิน
พิเชษฐ์ บุญญาลัย
ศุภชัย หลักคำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การศึกษาปัจจัยของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน

วรวิทย์ วรรณวิน
พิเชษฐ์ บุญญาลัย
ศุภชัย หลักคำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การศึกษาปัจจัยของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน

ผู้วิจัย : นายวรวิทย์ วรรณวิน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
 นายพิเชษฐ์ บุญญาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
 นายศุภชัย หลักคำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

พ.ศ. : 2557

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากในประเทศไทย โครงสร้างกันแรงกระแทกเป็นอีกชิ้นส่วนหนึ่งที่สำคัญเป็นอย่างมากในด้านความปลอดภัยแต่กลับพบว่าโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ผลิตขึ้นภายในประเทศยังมีคุณภาพที่ไม่สามารถเทียบเท่ามาตรฐานสากล อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในด้านการผลิตและวัสดุที่มีภายในประเทศรวมถึงกระบวนการทดสอบด้านความปลอดภัยใช้งบประมาณค่อนข้างสูง อีกทั้งกระบวนการทดสอบเฉพาะด้านยังไม่มีแนวทางที่ชัดเจนจึงทำให้เกิดโครงการการศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงานขึ้นเพื่อสร้างทางเลือกในการทดสอบ

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงคิดค้นและออกแบบชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกซึ่งประกอบด้วย โครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องสี่เหลี่ยมแบบกล่องลูกฟูกและแบบกล่องรังผึ้ง นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นไปที่การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับพลังงานและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างเมื่อได้รับพลังงานในรูปแบบพลศาสตร์และสถิตศาสตร์ โดยทำการจำลองเชิงตัวเลข รวมถึงทำการทดสอบแบบสถิตและแบบการกระแทกด้านหน้าโดยอาศัยสมภาวะการทดสอบอ้างอิงพลังงานตามมาตรฐาน USA NCAP ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบการชนของรถยนต์มาประยุกต์ใช้กับการทดสอบ

จากการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกทั้ง 3 แบบได้ผลลัพธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูกสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่าแบบกล่องรังผึ้ง 2.8% และแบบกล่องสี่เหลี่ยม 5.9% เนื่องจากโครงสร้างแบบกล่องลูกฟูกสามารถรับความเค้นและความเครียดได้ต่อเนื่องมากกว่ารูปทรงอื่นๆ จึงส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับพลังงานได้ดีกว่าทั้งในการทดสอบแบบพลศาสตร์และสถิตศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นรูปแบบของโครงสร้างที่สามารถผลิตขึ้นเพื่อใช้งานได้จริง

Title : A study of crash box parameters referred to energy absorption
Researcher : Mr. Vorawit Voranavin Faculty of Engineering, RMUTP
Mr. Pichet Boonyalai, Faculty of Engineering, RMUTP
Mr. Supachai Lakkam, Faculty of Engineering, RMUTP
Year : 2014

ABSTRACT

Nowadays, an automotive industry steadily has been growing and playing a major role on economy development for many years. The crash box is one of the most important parts for safety but it was found that the crash boxes manufactured domestically are not met international standard requirements. This is due to process and material limitation. This process for automotive safety test requires high budget and there is unclear approach for specific test. Therefore, a study of crash boxes referred to energy absorption project was conducted as an alternative choice of testing.

Regarding to the problems as addressed above, this project was aimed to design and test crash boxes which come in various structures; simple type, corrugated type and honeycomb type of crash box. In addition, it was also emphasized in studying energy absorption behavior and physical deformation of crash boxes after dynamic and static energy being applied. Numeric simulation and static test methodology of front collision were applied for these tests in reference to USA NCAP standard for automobile collision test.

Testing all types of crash boxes indicated that the corrugated type was able to absorb energy at 2.8% and 5.9% higher than honeycomb type and rectangular type, respectively. This is capable to pick up stress and strain continually and effecting to more energy absorb than another type. Additionally, this corrugated structure is feasible and suitable for crash box design in automotive manufacturing.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปีงบประมาณ 2557 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานและกรอบแนวคิดของการวิจัย	3
1.4 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	5
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	7
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง	8
2.2 ทฤษฎีที่ใช้สำหรับการออกแบบเครื่องทดสอบ	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
3.1 การคำนวณหาค่าเบื้องต้นเพื่อใช้ในการศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงาน	17
3.2 การออกแบบและการสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก	18
3.3 การออกแบบและการสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทก	25
3.4 การจำลองเชิงตัวเลข (Simulation)	29
3.5 การทดสอบแบบสถิต (Static tests)	32
3.6 การทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า (Dynamic tests)	33

บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล	40
4.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลข(Simulation)	40
4.2 ผลการทดสอบแบบสถิต (Static tests)	42
4.3 ผลการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า (Dynamic tests)	46
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	49
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ	49
5.3 ข้อเสนอแนะ	50
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก	53
ประวัติผู้วิจัย	58



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การเปรียบเทียบโครงสร้างกันแรงกระแทก	2
2.1 ค่าความปลอดภัย	14
4.1 คุณสมบัติวัสดุของแบบจำลอง	40
4.2 การเปรียบเทียบผลจากการจำลอง	41
4.3 คุณสมบัติวัสดุของการทดสอบแบบสถิต	42
4.4 การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบสถิต	45
4.5 สภาวะการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	46
4.6 การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	47



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ตำแหน่งของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์	2
1.2 การทดสอบการชนด้านหน้าแบบพลังงานจลน์	4
1.3 การทดสอบแบบสถิตเฉพาะบางส่วน	4
1.4 การทดสอบการกระแทกด้านหน้าตามมาตรฐาน ECE R29	5
2.1 การเคลื่อนที่ของมวลก่อนและหลังการชน	9
2.2 การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟกรณีแรงกระทำมีค่าไม่คงตัว	11
2.3 ระบบการรองรับของคานแบบง่าย	12
2.4 แรงกระจายสม่ำเสมอ	12
2.5 Simply supported beam มีแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง	12
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	16
3.2 แบบจำลองการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	19
3.3 แบบจำลองชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก	20
3.4 คานรองรับแผ่นถ่วงน้ำหนัก	21
3.5 การพิจารณาสมดุลของคาน	21
3.6 แผนภาพโมเมนต์ดัด	22
3.7 พื้นที่หน้าตัดของโครงสร้าง	25
3.8 ชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก	25
3.9 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบสถิต	26
3.10 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	26
3.11 การตัดและการอัดขึ้นรูปโครงสร้างกันแรงกระแทก	27
3.12 แผ่นเหล็กที่ทำการดัดขึ้นรูปทั้ง 3 รูปแบบ	27
3.13 การเชื่อมโครงสร้างกันแรงกระแทก	28
3.14 ชิ้นงานโครงสร้างกันแรงกระแทกสำหรับใช้ทดสอบ	28
3.15 การเลือกโหมดการจำลอง	29
3.16 การกำหนดคุณสมบัติให้กับแบบจำลอง	30
3.17 การใส่แรงปฏิกิริยาให้กับแบบจำลอง	30
3.18 ขนาดเอลิเมนต์ของแบบจำลอง	31
3.19 การยุบตัวของแบบจำลอง	31

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.20 เครื่องทดสอบแรงกด	32
3.21 การชั่งน้ำหนักโครงสร้างกันแรงกระแทก	32
3.22 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกบนเครื่องทดสอบ	33
3.23 การยวบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทกทั้ง 3 รูปแบบ	33
3.24 การติดตั้งชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก	34
3.25 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทก	34
3.26 การติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมแบบดิจิทัล	35
3.27 การติดตั้งชุดเลเซอร์บอกระยะ	35
3.28 การตั้งกลไกปลดล๊อคค้อนน้ำหนัก	36
3.29 การคล้องตะขอเคเบิล	36
3.30 การยกลูกตุ้มด้วยรอกไฟฟ้า	37
3.31 การบันทึกวิดีโอการทดสอบ	37
3.32 การปลดล๊อคค้อนน้ำหนัก	38
3.33 การวัดค่าการยวบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทก	38
3.34 มุมสะท้อนของลูกตุ้มหลังจากกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทก	39
4.1 ผลการจำลองเชิงตัวเลข	40
4.2 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องสี่เหลี่ยม	43
4.3 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูก	44
4.4 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องรังผึ้ง	45
4.5 การดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตรจากการทดสอบแบบสถิต	46
4.6 การดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตรจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจภายในประเทศไทย ในขณะที่รถยนต์ส่วนใหญ่ถูกออกแบบโดยวิศวกรต่างชาติ และถูกถ่ายทอดเพื่อทำการผลิตในประเทศไทยโดยเฉพาะระบบสำคัญต่างๆในยานยนต์ ซึ่งรวมถึงระบบความปลอดภัยในรถยนต์ด้วยโครงสร้างกันแรงกระแทกเป็นอีกชิ้นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการใช้งานและมีบทบาทในด้านความปลอดภัยเป็นอย่างยิ่งซึ่งผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการออกแบบ และปรับใช้เพื่อความเหมาะสมในด้านการผลิตและการใช้งานในแต่ละภูมิภาค แต่กลับพบว่าไม่มีโครงสร้างกันแรงกระแทกที่มีความสามารถมากเพียงพอถูกติดตั้งในรถยนต์ที่มีจำหน่ายภายในประเทศนี้ และไม่สามารถเทียบกับคุณสมบัติของโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ถูกติดตั้งในรถยนต์ที่มีจำหน่ายในต่างประเทศได้ อันเป็นผลมาจากข้อจำกัดในด้านการผลิตและวัสดุที่มีอยู่ในประเทศ รวมถึงความองค์ความรู้ที่นำไปใช้ในการออกแบบที่ไม่เพียงพอ มากไปกว่านั้นต้นทุนสำหรับการทดสอบมีราคาสูงมาก ดังสรุปในตารางที่ 1.1 จึงส่งผลให้เกิดความขาดแคลนด้านเครื่องมือการทดสอบสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศ ซึ่งไม่เพียงพอที่จะเอื้ออำนวยต่อการใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์ในอนาคต รวมถึงการก้าวไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับชิ้นส่วนยานยนต์อีกด้วย

จากปัญหาดังกล่าว ทำให้การออกแบบรถยนต์ที่ใช้งานในประเทศมีมาตรฐานความปลอดภัยที่ไม่เทียบเท่ามาตรฐานความปลอดภัยจากต่างประเทศ ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นได้จากความเสียหายที่ปรากฏขึ้นหลังจากการเกิดอุบัติเหตุ โดยโครงสร้างกันแรงกระแทกส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในรถยนต์ดังรูปที่ 1.1 นั้นไม่สามารถดูดซับแรงกระแทกและลดความเสียหายหลังจากการเกิดอุบัติเหตุได้เท่าที่ควรจะเป็นเมื่อเทียบกับมาตรฐานสากล

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบโครงสร้างกันแรงกระแทก

	รถยุโรป	รถญี่ปุ่นที่มีจำหน่ายในต่างประเทศ	รถญี่ปุ่นที่มีจำหน่ายในประเทศ
ลักษณะโครงสร้างกันแรงกระแทก	ด้านหน้ารถ  ด้านในรถ	ด้านหน้ารถ  ด้านในรถ	N/A (เนื่องจากต่อกับโครงสร้างโดยตรง)
ความสามารถในการดูดซับพลังงาน	สูง	กลาง	ต่ำ
ต้นทุนการผลิต	สูง	กลาง	ต่ำ
ลักษณะหลักการทำงาน	กระบอกบรรจุของเหลวหนืด	โลหะขึ้นรูปปรับแรงกระแทก	N/A



รูปที่ 1.1 ตำแหน่งของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์

ด้วยเหตุผลดังกล่าว โครงการวิจัยนี้จึงได้ตระหนักถึงการใช้งานในด้านความปลอดภัย ภายหลังการเกิดอุบัติเหตุและมุ่งเน้นที่จะทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรับแรงกระแทกเพื่อใช้ออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ในรูปแบบโลหะขึ้นรูป เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตที่ไม่สูงมากภายใต้ข้อจำกัดด้านคุณสมบัติวัสดุภายในประเทศ และพัฒนารูปแบบให้

สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการรับแรงกระแทกให้เทียบเท่าแบบกระบอกบรรจุของเหลวชนิด โดยอาศัยหลักวิศวกรรมในการออกแบบและพัฒนา อีกทั้งยังจะนำเอาหลักการทดสอบที่เป็น มาตรฐานสากลทางด้านวิศวกรรมยานยนต์มาใช้เป็นแนวทางและทำการปรับปรุงขั้นตอนการทดสอบ ให้มีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

นอกจากนี้แล้วยังเป็นการสร้างทางเลือกสำหรับการทดสอบการชนหรือการกระแทกอัน เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุ ที่จะสามารถนำยานพาหนะมาทำการทดสอบ และนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นองค์ ความรู้ในการพัฒนาการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของยานยนต์ให้มีความสามารถในการดูด ชับพลังงาน และเกิดความปลอดภัยหลังเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้คือองค์ ความรู้ที่ได้จากเครื่องทดสอบและแนวทางการทดสอบจากชุดทดสอบที่สามารถนำไปใช้ให้เกิด ประโยชน์ในด้านการพัฒนาและการออกแบบยานยนต์ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา อุตสาหกรรมการออกแบบยานยนต์ให้กับประเทศ ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ประเทศ ไทยจะได้รับ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโครงสร้างรับแรงกระแทกแบบโลหะขึ้นรูปให้มีขีดความสามารถเทียบเท่าแบบ กระบอกบรรจุของเหลวชนิด
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรับแรงกระแทก
3. เพื่อสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของยานยนต์ที่เทียบเท่ามาตรฐานสากล
4. เพื่อสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ที่มีความรู้ความสามารถให้กับประเทศ

1.3 สมมติฐานและกรอบแนวคิดของการวิจัย

จากการสำรวจวิธีการทดสอบความสามารถการรับแรงกระแทกของโครงสร้างกันแรง กระแทกของรถยนต์พบว่า มีการทดสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายอยู่ 2 แบบ คือการทดสอบแบบ พลังงานจลน์(เต็มรูปแบบ)โดยจำลองสถานการณ์การชนแล้วใช้รถยนต์พุ่งชนสิ่งกีดขวางจริง และการ ทดสอบแบบสถิต(เฉพาะส่วนโครงสร้างกันแรงกระแทก)โดยใช้ชุดทดสอบ

สำหรับการทดสอบแบบเต็มรูปแบบนั้น ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายในบริษัทผู้ผลิ ตรถยนต์ เนื่องจากผลการทดสอบสามารถสะท้อนให้เห็นถึงความปลอดภัยหลังการเกิดอุบัติเหตุอย่าง แท้จริง ภายใต้สถานการณ์จำลองที่สมจริงตามมาตรฐานสากล ดังรูปที่ 1.2 อย่างไรก็ตาม การทดสอบ รูปแบบดังกล่าวมีต้นทุนที่สูงมากจึงมีข้อจำกัดและไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในกระบวนการพัฒนาและ วิจัยสำหรับภาคอุตสาหกรรมขนาดกลาง อีกทั้งสถาบันการวิจัยที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 1.2 การทดสอบการชนด้านหน้าแบบพลังงานจลน์(เต็มรูปแบบ)

นอกจากนี้ยังพบการทดสอบแบบบางส่วน ซึ่งรูปแบบการทดสอบนี้ได้รับความนิยมมากในหน่วยงานวิจัยและพัฒนาตามสถาบันต่าง โดยจะนำอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดูดซับแรงกระแทกมาทำการทดสอบเท่านั้น ดังรูปที่ 1.3 รูปแบบการทดสอบนี้สามารถลดภาระต้นทุนการทดสอบได้มาก แต่ยังมีข้อจำกัดอยู่มากเนื่องจากทำได้เพียงเปรียบเทียบความสามารถในการรับแรงเท่านั้น แต่ไม่สามารถสะท้อนถึงผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นหลังเกิดอุบัติเหตุจริงได้



รูปที่ 1.3 การทดสอบแบบสถิติเฉพาะบางส่วน(Hakim S, 2010)

อย่างไรก็ตาม การทดสอบทั้ง 2 รูปแบบนี้มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน ดังนั้นทางคณะผู้วิจัย จึงได้มีแนวคิดที่จะนำมาประยุกต์ใช้ โดยได้ทำการศึกษาวิธีการทดสอบเพิ่มเติมแล้วพบว่ายังมีการทดสอบการกระแทกด้านหน้าของยานพาหนะอีกรูปแบบหนึ่ง ที่ใช้ทำการทดสอบการกระแทกด้านหน้าของโครงสร้างรถบรรทุกขนาดกลางและขนาดใหญ่ตามมาตรฐาน ECE R29 ดังรูปที่ 1.4 มา

ประยุกต์ใช้ทำการทดสอบความสามารถรับแรงกระแทกของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์เป็นหลัก ซึ่งจะสามารถสะท้อนให้เห็นผลลัพธ์ภายหลังการเกิดอุบัติเหตุได้ตามมาตรฐาน อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนการทดสอบได้ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดทดสอบเพียงครั้งเดียว อีกทั้งโครงสร้างที่จะนำมาทำการทดสอบ สามารถลดทอนโครงสร้างเหลือเพียงบางส่วนมาทำการทดสอบได้



รูปที่ 1.4 การทดสอบการกระแทกด้านหน้าตามมาตรฐาน ECE R29

นอกจากนี้ ก็ยังจะนำเอาการทดสอบแบบเฉพาะชิ้นงานบางส่วนเข้ามาประยุกต์ เพื่อทำการตรวจสอบคุณสมบัติพื้นฐานในการรับแรงกดของวัสดุที่จะนำมาทำการทดสอบการกระแทก อีกทั้งยังเป็นข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ ซึ่งในส่วนของการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์นั้น จะอาศัยวิธีการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์มาช่วยออกแบบเพื่อลดข้อจำกัดในการออกแบบ อีกทั้งยังลดขั้นตอนและเวลาในการออกแบบได้อีกด้วย

1.4 การทบทวนวรรณกรรม สารสนเทศ/(Information) ที่เกี่ยวข้อง

จากผลการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการศึกษาและวิจัยเพื่อการพัฒนาโครงสร้างกันแรงกระแทกด้วยหลากหลายวิธี โดย Yoshiaki N et al.,(2005) ได้ทำการพัฒนาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ให้มีลักษณะเป็นรูปทรงแบบลูกฟูก เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับพลังงานที่เกิดจากแรงกระแทกได้มากขึ้น โดยอาศัยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Finite Element Analysis, FEA) เข้ามาช่วยในการออกแบบ

ในขณะที่รูปทรงลูกฟูกยังได้รับความสนใจจาก Ghasemnejad H et al.,(2008) โดยการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ให้มีความสามารถในการรับแรงกระแทกให้มากที่สุดภายใต้เงื่อนไขความบางของวัสดุ อีกทั้งยังทำการทดสอบกับวัสดุประเภทอลูมิเนียมหลายชนิด เพื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการรับแรงกระแทก

มากไปกว่านั้นยังพบรูปทรงแบบรังผึ้งถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ Satosa S et al., (1998) ได้นำเอารูปทรงรังผึ้งมาปรับใช้ในการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ โดยการเปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างที่ทำจากอลูมิเนียมแผ่นบางและโครงสร้างที่ทำจากโฟม ซึ่งวัสดุทั้งสองมีคุณสมบัติที่คล้ายกันคือน้ำหนักที่เบา ในขณะที่มีความสามารถสลายพลังงานจากการกระแทกได้ดี

นอกจากนี้ อลูมิเนียมก็เป็นวัสดุที่มองข้ามไม่ได้ทางวิศวกรรม Heung-Soo K, (2002) ได้ทำการศึกษาการวางรูปแบบของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์โดยใช้อลูมิเนียมเป็นวัสดุ ด้วยเหตุผลจากความต้องการเพิ่มความสามารถในการสลายพลังงานจากการกระแทกภายใต้เงื่อนไขน้ำหนักของโครงสร้างที่ถูกจำกัด การออกแบบพื้นที่หน้าตัดให้เป็นแบบมัลติเซลล์หลากหลายรูปแบบจึงถูกนำมาศึกษาด้วยวิธีการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

ในขณะที่ Toksoy A K et al., (2010) ได้ใช้เทคนิคการบรรจุโฟมเข้าไปในโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระแทก โดยการจัดเรียงชั้นโฟมอย่างเป็นระเบียบ จากนั้นทำการทดสอบและจำลองทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลที่ได้รับคือโครงสร้างกันแรงกระแทกสามารถสลายพลังงานได้มากขึ้นในขณะที่มีน้ำหนักน้อย

ไม่เพียงแค่ว่ารูปทรงหรือลักษณะทางกายภาพที่ถูกศึกษา การค้นคว้าวัสดุที่นำมาใช้ทำเป็นโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ยังได้รับความสนใจจาก Hakim S, (2010) โดยมีแนวคิดที่จะนำเอาวัสดุผสมระหว่างไฟเบอร์กลาสและอีพอกซีมาขึ้นรูปเป็นลักษณะท่อเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรง ซึ่งวัสดุที่ได้ทำการขึ้นรูปขึ้นมานั้นจะถูกทำการทดสอบด้วยการอัดทำลายโดยใช้เครื่องทดสอบการอัดตัว

นอกเหนือจากประเด็นที่กล่าวมาแล้ว เทคนิคการประกอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ยังถูกศึกษาโดย Lorenzo P, (2009) ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบเทคนิคการต่อชิ้นส่วนโครงสร้างที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการสลายพลังงานจากการกระแทก โดยการใช้การทดสอบการกดชิ้นงานเพื่อวัดอัตราการสลายพลังงาน

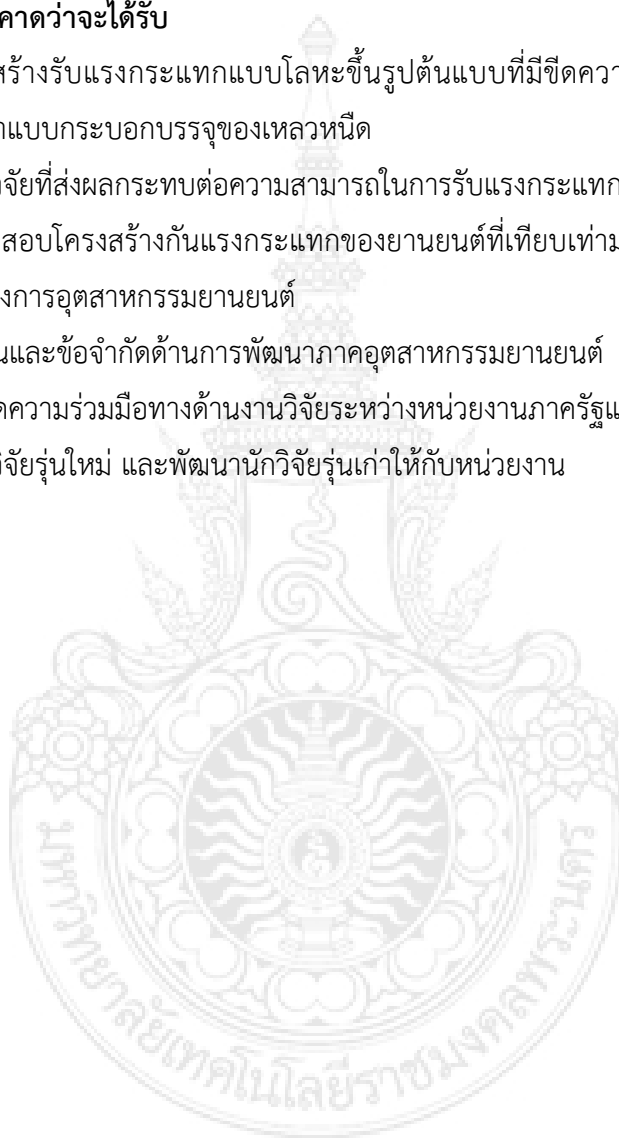
มากไปกว่านั้นยังพบว่ามีการศึกษาผลกระทบของการเสียรูปแบบถาวรและสภาพแวดล้อมที่ประกอบไปด้วยการแพร่ผ่านคลื่นแบบยืดหยุ่นที่ส่งผลเสียหายต่อโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ โดย Rusinek A, (2008) ซึ่งใช้วิธีการศึกษาด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบความสามารถในการสลายพลังงาน ทั้งนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราความเครียดที่มีผลต่อความเสียหายของโครงสร้าง

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของยานยนต์ไม่ต่ำกว่า 3 รูปแบบ
2. ทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของยานยนต์ที่มีขนาด ตันขึ้นไป 1
3. แนวทางการทดสอบอ้างอิงจากมาตรฐานสากล NCAP

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้โครงสร้างรับแรงกระแทกแบบโลหะขึ้นรูปต้นแบบที่มีขีดความสามารถรับแรงกระแทก เทียบเท่าแบบกระบอกบรรจุของเหลวชนิด
2. ทราบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรับแรงกระแทก
3. ได้ชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของยานยนต์ที่เทียบเท่ามาตรฐานสากลที่ตอบสนอง ความต้องการอุตสาหกรรมยานยนต์
4. ลดต้นทุนและข้อจำกัดด้านการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมยานยนต์
5. ก่อให้เกิดความร่วมมือทางด้านการงานวิจัยระหว่างหน่วยงานภาครัฐและเอกชน
6. ผลิต้นักวิจัยรุ่นใหม่ และพัฒนานักวิจัยรุ่นเก่าให้กับหน่วยงาน



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

2.1.1 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์(ปราโมทย์ เดชะอำไพ, 2550)

วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นการใช้ระเบียบวิธีทางตัวเลขเพื่อหาผลลัพธ์โดยประมาณของปัญหาที่กำหนดมาให้โดยแบ่งลักษณะของปัญหาออกเป็นส่วนย่อยๆ ที่เรียกว่า เอลิเมนต์ (Element) ซึ่งแต่ละเอลิเมนต์จะเชื่อมต่อกันที่จุดโหนด (Node) ซึ่งจะจำลองปัญหากับทุกเอลิเมนต์แล้วนำแต่ละเอลิเมนต์มารวมประกอบขึ้นเป็นรูปร่างที่ต้องการแก้ปัญหา โดยทั่วไปของวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งขอบเขตรูปร่างลักษณะของปัญหาที่ต้องการที่จะหาผลลัพธ์นั้นออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ ขอบเขตดังกล่าวอาจเป็นขอบเขตของปัญหาชนิดต่างๆกัน เช่น ปัญหาการยืดหยุ่นในของแข็ง (Elasticity problem) ปัญหาทางด้านอุณหภูมิและความร้อน(Thermal problem) ปัญหาของการไหล(Fluid problem)

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกฟังก์ชันประมาณภายในซึ่งมีความสำคัญต่อความถูกต้องของผลลัพธ์ของปัญหาที่จะทำการวิเคราะห์ ฟังก์ชันประมาณภายในจะมีหลายรูปแบบให้เลือกแต่ขึ้นอยู่กับปัญหาว่าจะตรงกับเงื่อนไขใด ปัญหาที่วิเคราะห์อาจจะเป็นปัญหา 1 มิติ หรือ 2 มิติรูปแบบฟังก์ชันประมาณภายในก็จะแตกต่างกันออกไป

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างสมการของเอลิเมนต์ (Element equation) ขั้นตอนนี้จะเป็นส่วนสำคัญของวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ซึ่งจะมีหลายวิธีในการหาสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ ในแต่ละวิธีจะมีความยากง่ายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัญหาที่จะวิเคราะห์ สุดท้ายจะมีรูปสมการที่คล้ายๆกัน โดยทั่วไปการสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ในขั้นตอนนี้สามารถกระทำได้ 3 วิธีดังนี้

1. วิธีโดยตรง (Direct formulation)
2. วิธีการแปรผัน (Variational method)
3. วิธีการถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง (Method of weighted residuals)

ขั้นตอนที่ 4 การนำสมการของแต่ละเอลิเมนต์ที่ได้มาประกอบกัน ก่อให้เกิดสมการพร้อมกัน (System of simultaneous equation)

ขั้นตอนที่ 5 ทำการประยุกต์เงื่อนไขขอบเขต (Boundary conditions) ลงในสมการเพื่อหาตัวไม่ทราบค่าที่จุดต่อ ϕ ซึ่งอาจจะเป็นค่าการเคลื่อนตัวของวัสดุยืดหยุ่นหรือค่าของอุณหภูมิของวัสดุก็ได้ขึ้นอยู่กับขอบเขตปัญหาที่สนใจ

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อคำนวณค่าต่างๆ ที่จุดต่อออกมาแล้วอาจจะเป็นปัญหาทางด้านโครงสร้างก็จะทราบค่าการเคลื่อนตัว (Displacement) ที่ตำแหน่งต่างๆ ก็จะสามารถนำค่าที่ได้ไปหาความเครียดในที่สุดก็สามารถหาค่าของความเค้นได้

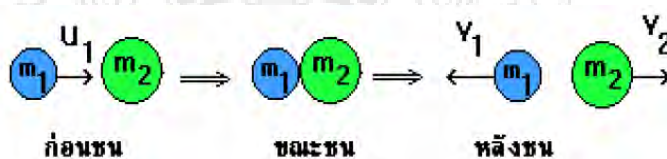
2.1.2 ทฤษฎีการชนและโมเมนตัม(สมพงษ์ ใจดี, 2539)

กรณีการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกจัดอยู่ในรูปแบบการชนในแนวตรง(1 มิติ) เป็นการชนในแนวผ่านจุดศูนย์กลางมวล และเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น เมื่อชนกันแล้วจะเกิดการสูญเสียพลังงานจลน์ไปในรูปพลังงานความร้อน, เสียง, แสง แต่โมเมนตัมของระบบยังคงตัวถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ซึ่งสามารถหาพลังงานได้ดังนี้

$$E_k(\text{ที่สูญเสียไป}) = \sum E_k(\text{ก่อนชน}) - \sum E_k(\text{หลังชน}) \quad (2.1)$$

โดยที่ E_k คือพลังงานจลน์ของระบบ (J)

ในกรณีที่มวลก้อนเล็กวิ่งไปชนมวลก้อนใหญ่ ภายหลังการชนมวลก้อนเล็กจะกระเด็นกลับ ส่วนมวลก้อนใหญ่จะเคลื่อนที่ไปทิศเดียวกับมวลก้อนเล็กก่อนชน ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของมวลก่อนและหลังการชน

2.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานและพลังงาน(สมพงษ์ ใจดี, 2539)

พลังงานหมายถึง ความสามารถในการเกิดงาน ซึ่งเป็นผลการทำงานของแรงทำให้วัตถุหรือสิ่งใดๆ เคลื่อนที่หรือทำให้สสารเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่น ทำให้สสารร้อนขึ้นหรือเปลี่ยนสถานะ พลังงานนั้นสามารถจัดเก็บไว้ได้และพลังงานไม่สามารถถูกทำลายได้แต่สามารถเปลี่ยนแปลงจากรูป

หนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้เช่น พลังงานแสงไปเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลหรือ พลังงานความร้อน เป็นต้น ในการทดสอบได้พลังงานดังต่อไปนี้

1) พลังงานกล เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่หรือพร้อมที่จะเคลื่อนที่ แบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ พลังงานศักย์และพลังงานจลน์

พลังงานศักย์(Potential energy : E_p) คือ พลังงานที่สะสมอยู่ในตัววัตถุหรือสสารที่หยุดนิ่งอยู่กับที่ยังไม่เกิดการเคลื่อนที่ ถ้าวัตถุอยู่บนพื้นที่สูงจากระดับพื้นดินขึ้นไปพลังงานที่สะสมอยู่ในตัวของวัตถุนี้จะเกิดจากแรงดึงดูดของโลกจึงเรียกว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วง การคำนวณพลังงานศักย์โน้มถ่วงในกรณีการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้าใช้สมการดังต่อไปนี้

$$E_p = mg(r - r \cos \alpha) \quad (2.2)$$

โดยที่ E_k คือ พลังงานศักย์ (J)

m คือ มวลของลูกตุ้ม (kg)

g คือ ความเร่งจากแรงดึงดูดโลก (9.81 m/s^2)

r คือ ความยาวแขนลูกตุ้ม (m)

α คือ มุมยกลูกตุ้มเริ่มต้นก่อนกระแทก ($^\circ$)

พลังงานจลน์(kinetic energy : E_k) คือ พลังงานที่มีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น พลังงานของรถยนต์ที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว สามารถคำนวณพลังงานจลน์โดยใช้สมการดังนี้

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.3)$$

โดยที่ E_k คือ พลังงานจลน์ (J)

m คือ มวลของลูกตุ้ม (kg)

v คือ ความเร็วที่วัตถุเคลื่อนที่ (m/s)

2.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแรง(สมพงษ์ ใจดี, 2539)

แรงในที่นี้หมายถึงแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อวัตถุในรูปของแรงกดหรือแรงอัดสำหรับการจำลองเชิงตัวเลขโดยวิธี Simulation ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F = mg \quad (2.4)$$

โดยที่ F คือ แรงกิริยา(N)

m คือ มวลของชุดทดสอบ (kg)

g คือ ความเร่งจากแรงดึงดูดโลก (9.81 m/s^2)

จากนั้นสามารถหางานจากพื้นที่ใต้กราฟของแรงและระยะทางเนื่องจากงานเป็นผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง หางานด้วยวิธีคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟได้ดังนี้

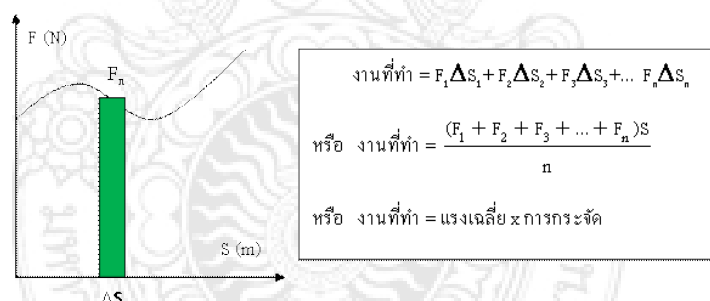
$$W = F \cdot S \quad (2.5)$$

โดยที่ W คือ งาน(J)

F คือ แรงกิริยา(N)

S คือ ระยะทาง(m)

ดังนั้น งาน (W) จะขึ้นอยู่กับแรง (F) และระยะทาง (S) ที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ตามแนวแรงกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง (F) และการขจัด (S) จะบอกให้ทราบขนาดของงานที่ทำดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟกรณีแรงกระทำมีค่าไม่คงตัว

2.2 ทฤษฎีที่ใช้สำหรับการออกแบบเครื่องทดสอบ

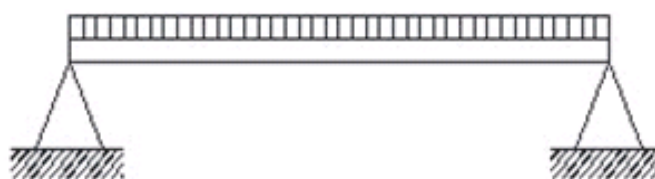
2.2.1 ทฤษฎีโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนของคาน(รุ่งสุรีย์ ใจเชื่อนแก้ว, 2545)

ซึ่งอยู่ภายใต้ความ การพิจารณาท่อนโลหะเค้นดิ่ง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน ซึ่งมีค่าคงที่ตลอดภาคตัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งคานอยู่ภายใต้แรงที่กระทำในแนวดิ่ง ความเค้นที่เกิดขึ้นจะมีทั้งความเค้นดิ่ง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน แต่มีค่าไม่คงที่ตลอดภาคตัดอันหนึ่ง

ระบบการรองรับคานแบบการรองรับของคาน เป็นร่าย (Simple supported beam) มีลักษณะการรองรับเป็นคมมีดหรือลูกกลิ้งรองรับอยู่ดังรูปที่ 2.3 และมีแรงกระจายดังรูปที่ 2.4

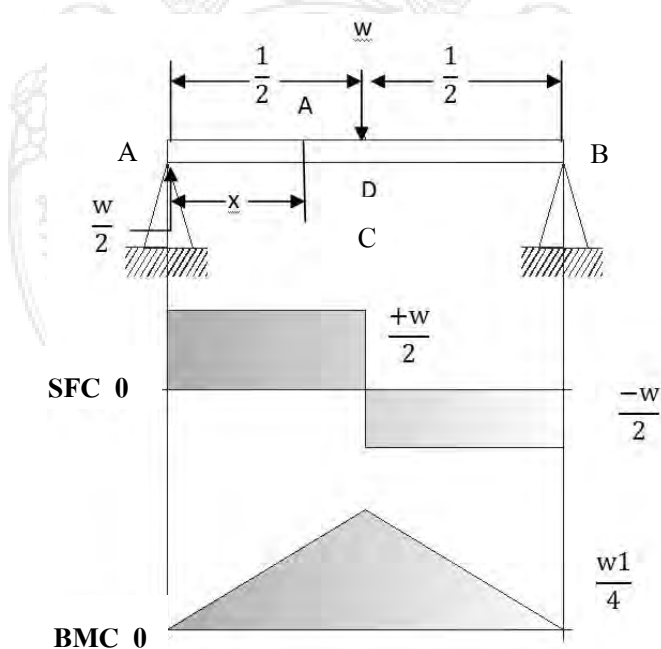


รูปที่ 2.3 ระบบการรองรับของคานแบบง่าย



รูปที่ 2.4 แรงกระจายสม่ำเสมอ

จากรูปที่ 2.4 สามารถพิจารณาให้อยู่ในรูปของแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง (Simply supported beam) และเขียนเป็นแผนภาพโมเมนต์ดัดได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Simply supported beam มีแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง

การหาแรงเฉือนSF ก่อนอื่นต้องหาแรงปฏิกิริยาที่ A และ B เนื่องจากแรงกระทำตรงกลาง
แรงปฏิกิริยามีค่าเท่ากัน $= \frac{W}{2}$

และในช่วงAC จะได้ค่า

$$V = + \frac{W}{2} \quad \text{ซึ่งเป็นค่าคงที่}$$

เมื่อผ่านจุดC

$$V = + \frac{W}{2} - W$$

ถ้าคิดจากด้านขวามือ แรงเฉือนที่จุด B $= -\frac{W}{2}$ เพราะแรงปฏิกิริยาที่ B เฉือนวัสดุทวนเข็มนาฬิกา

2.2.2 ความเค้นดัดและการเสียรูปในช่วงอีลาสติก(รุ่งสุริย์ ใจเชื่อนแก้ว, 2545)

ชิ้นส่วนโครงสร้างที่รับโมเมนต์ซึ่งมีขนาดเท่ากันและมีทิศทางตรงกันข้าม กระทำอยู่ในระนาบเดียวกันซึ่งเป็นระนาบในแนวความยาวนั้น เรียกว่าอยู่ในสภาพแรงดัดล้วน (Pure Bending) : ซึ่งจะพบว่าถ้าตัดหน้าตัดผ่านชิ้นส่วน จะทำให้แรงเล็กๆที่กระทำบนชิ้นส่วนเทียบเท่ากับโมเมนต์(M) ดังนั้นแรงภายในหน้าตัดใดๆในชิ้นส่วนโครงสร้างที่รับแรงดัดล้วนจะเทียบเท่ากับโมเมนต์ดัดนั้นๆ โมเมนต์นี้เรียกว่า (Bending moment) สามารถหาโมเมนต์ดัดจากการพิจารณาสมดุลของคานและคำนวณได้จาก

$$M = R \times x \quad (2.6)$$

และหาโมเมนต์สูงสุดได้จาก

$$M = V \times x \quad (2.7)$$

โดยที่ M คือ โมเมนต์(N*mm)

R คือ แรงปฏิกิริยา(N)

V คือ แรงเฉือน (N)

x คือ ระยะทางจากแรงไปยังจุดรองรับ(mm)

และสามารถพิจารณากรณีที่โมเมนต์ดัดทำให้เกิดความเค้นในแนวตั้งฉากซึ่งมีค่าไม่เกินกำลังคลาก σ_y ของวัสดุ นั้นหมายถึงความเค้นมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดความเป็นปฏิกิริยา (Proportional Limit) และขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic Limit) ด้วย ดังนั้นจะไม่มี การเสียรูปอย่างถาวรเกิดขึ้น และสามารถใช้อีกของวัสดุได้ สมมติว่าวัสดุเป็นเนื้อเดียวกันในกรณีของแรงดัดล้วน แกนสะเทินจะผ่านจุด

เซนทรอยด์ของหน้าตัด ดังนั้น I คือโมเมนต์อินเนอร์เซียหรือโมเมนต์ที่สองของหน้าตัด โดยเทียบกับ แกนสะเทินซึ่งตั้งฉากกับระนาบของโมเมนต์ M และเมื่อต้องการหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของคานโดย คำนึงถึงความปลอดภัยสามารถหาได้จากสมการ

$$\frac{\sigma_y}{N_y} = \frac{Mc}{I} \quad (2.8)$$

โดยที่ σ_y คือ ความเค้น (N/mm^2)

N_y คือ ค่าความปลอดภัย

M คือ โมเมนต์ ($\text{N}\cdot\text{mm}$)

c คือ แกนสะเทิน (mm)

I คือ โมเมนต์อินเนอร์เซีย (mm^4)

2.2.3 ค่าความปลอดภัย(รุ่งสุริย์ ใจเชื่อนแก้ว, 2545)

ค่าความปลอดภัยหมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านทานแรงดึงครากของวัสดุเพื่อให้ ได้ความเค้นสำหรับใช้งาน(Working stress) ในชิ้นส่วนที่ต้องการออกแบบหรือเรียกว่าความเค้น ออกแบบ (Design stress) สามารถหาได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียว และโลหะเหนียว		เหล็กหล่อ และโลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_u
แรงอยู่นิ่ง	2-1.5	4-3	6-5
แรงซ้ำทิศทางเดียว หรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	8-7
แรงซ้ำสองทิศทางหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	12-10
แรงกระแทกอย่างหนัก	7-5	15-10	20-15

ค่าความปลอดภัยสำหรับแรงซ้ำทิศทางเดียว(Repeated one direction) หรือแรงซ้ำ สองทิศทาง(Repeated and reversed) ที่ให้ไว้ในตารางที่ 2.1 ซึ่งหมายถึงค่าความปลอดภัยที่จะ นำไปใช้เมื่อสมมติให้เป็นแรงนิ่ง(Dead load) ในขณะออกแบบสำหรับการวิเคราะห์ปัญหา โดยคิด ละเอียดลงไปถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรง และความทนทานของวัสดุต่อแรงที่เปลี่ยนแปลงอยู่ สม่าเสมอ ซึ่งจะใช้ค่าความปลอดภัยต่างกัน

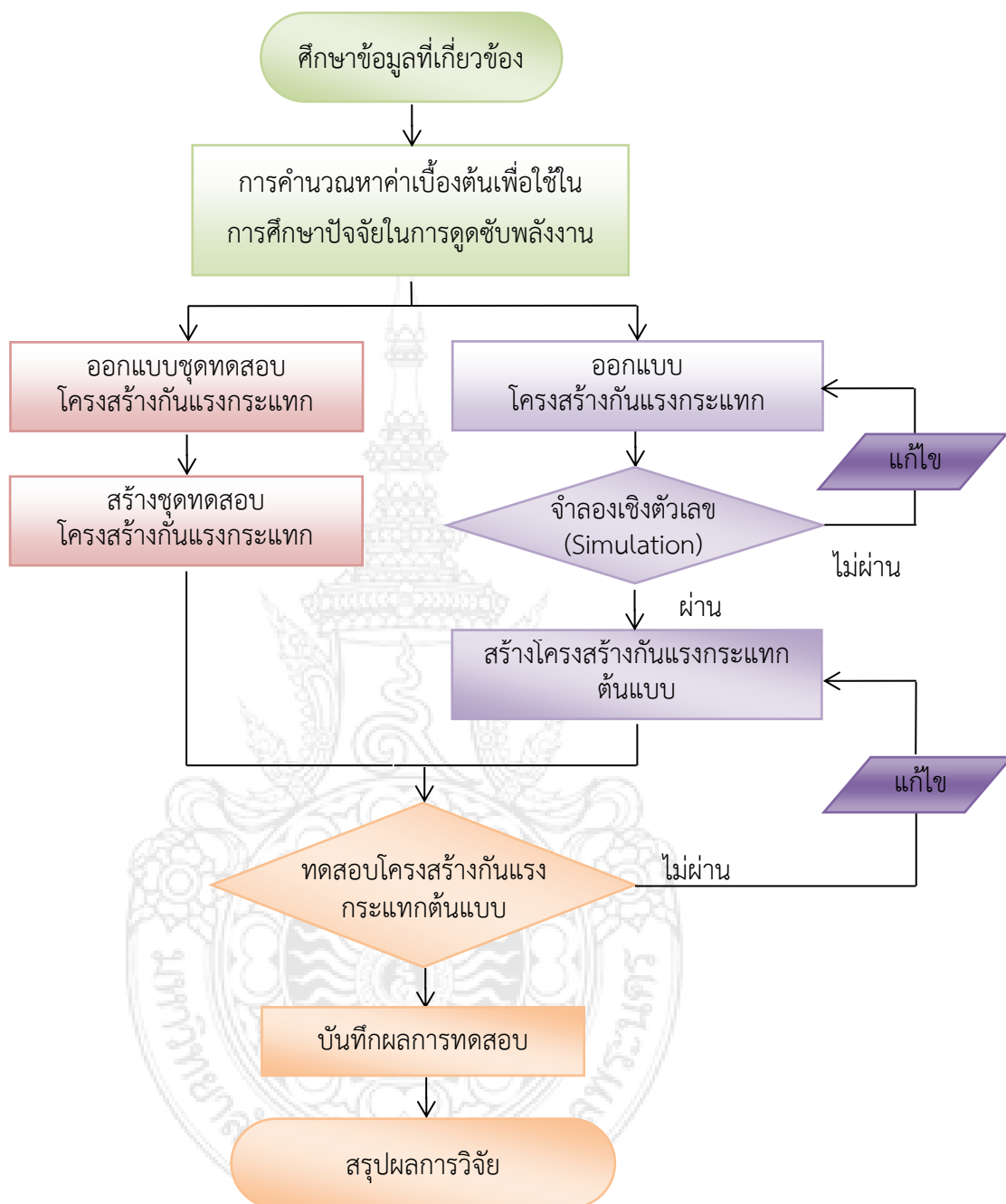
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การจัดทำโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบแนวทางการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ และออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ เพื่อทดสอบหาปัจจัยในการดูดซับพลังงานจากการกระแทก เพื่อให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆและทำการวิเคราะห์ก่อนการสร้างชิ้นงาน เพื่อเป็นการตรวจสอบว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะออกแบบและสร้างชุดทดสอบให้ได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน ถ้าหากมีการคำนวณทางทฤษฎีแล้วมีความเป็นไปได้ จึงลงมือปฏิบัติ เพื่อป้องกันความสิ้นเปลืองวัสดุ และอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการสร้างชุดทดสอบ โดยผู้จัดทำโครงงานมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

- 1) การคำนวณค่าเบื้องต้นเพื่อใช้ในการศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงาน
- 2) ออกแบบชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก
- 3) สร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ
- 4) ออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทก
- 5) จำลองเชิงตัวเลข (Simulation)
- 6) สร้างโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ
- 7) ทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ
- 8) บันทึกผลการทดสอบ
- 9) สรุปผลการวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินงานและการสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ สามารถนำขั้นตอนการดำเนินงานมาเขียนแผนภูมิรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การคำนวณค่าเบื้องต้นเพื่อใช้ในการศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงาน

การศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงานของโครงสร้างกันแรงกระแทก สามารถศึกษาได้จากการจำลองเชิงตัวเลข การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า ซึ่งการทดสอบทั้งสามรูปแบบนี้จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าพลังงานและแรงกิริยาเพื่อใช้ในการทดสอบ จึงต้องมีการคำนวณดังต่อไปนี้

3.1.1 การคำนวณค่าพลังงานและมูมยกูกดุมเพื่อใช้ทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

เนื่องจากการทดสอบการกระแทกด้านหน้าของรถยนต์นั้น ใช้พลังงานในการกระแทกอ้างอิงมาจากมาตรฐาน USA NCAP ซึ่งได้กำหนดความเร็วในการทดสอบสำหรับรถยนต์ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 1 ตันไว้ที่ 56 km/hr ถ้าหากนำความเร็วและน้ำหนักตามมาตรฐาน USA NCAP มาคำนวณค่าพลังงานจะได้ดังนี้

จากสมการที่ (2.3)

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

แทนค่าหา E_k

$$E_k = \frac{1}{2}(1,000 \text{ kg})\left(56 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \times \frac{1,000 \text{ m}}{3,600 \text{ s}}\right)^2$$

ดังนั้น

$$E_k = 120,987 \text{ J}$$

เนื่องจากน้ำหนักของโครงสร้างกันแรงกระแทกรวมชุดทดสอบมีน้ำหนักประมาณ 300 kg ซึ่งน้อยกว่าน้ำหนักของรถโดยสารส่วนบุคคลประมาณ 10 เท่า ดังนั้นพลังงานที่ใช้ทำการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้าจะต้องลดลง 10 เท่า จะได้พลังงานที่ใช้ทดสอบเป็น 11,800 J ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน ECE R 29 ที่มีข้อกำหนดในการกำหนดพลังงานที่ใช้ทำการทดสอบการกระแทกอยู่ที่ 35,000 J สำหรับใช้ในการทดสอบรถโดยสารที่มีขนาดไม่เกิน 7 ตัน และที่ 45,000 J สำหรับใช้ในการทดสอบรถโดยสารที่มีขนาดมากกว่า 7 ตันขึ้นไป จึงต้องทำการคำนวณหา มูมยกูกดุมเพื่อใช้ทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า โดยนำค่ามวลของลูกดุมที่มีขนาด 1,500 kg และความยาวแขนแกว่งของลูกดุม 3.8 m มาคำนวณได้ดังนี้

จากสมการที่ (2.2)

$$E_p = mg(r - r \cos \alpha)$$

แทนค่าหา α

$$11,800 \text{ J} = (1,500 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)(3.8 \text{ m} - 3.8 \text{ m} \cos \alpha)$$

ดังนั้น

$$\alpha = 38^\circ$$

3.1.2 การคำนวณหาค่าแรงที่ใช้ในการจำลองเชิงตัวเลข

เนื่องจากการจำลองการทดสอบเป็นการจำลองเพื่อดูแนวโน้มในการยุบตัวของโครงสร้างกันแรงกระทำที่ทำการออกแบบ โดยการใส่แรงกิริยาเพื่อกดชิ้นงานจึงต้องมีการคำนวณหาค่าแรงกิริยาเพื่อใช้ในการจำลอง ซึ่งจะนำค่ามวลของลูกตุ้มขนาด 1,500 kg มาคำนวณหาแรงกิริยาได้ดังนี้

จากสมการที่ (2.4)

$$F = mg$$

แทนค่าหา F

$$F = (1,500 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)$$

ดังนั้น

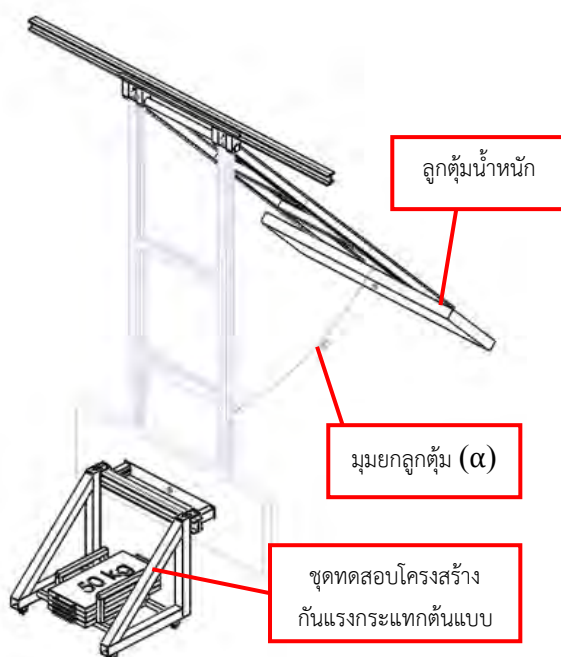
$$F = 14,715 \text{ N} \quad (\text{สำหรับ 2 กล้อง})$$

และ

$$\frac{F}{2} = 7,357.5 \text{ N} \quad (\text{สำหรับ 1 กล้อง})$$

3.2 การออกแบบและการสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระทำ

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ในการรับแรงกระทำของรถยนต์ จึงเลือกใช้การทดสอบแบบการกระทำด้านหน้ามาใช้ในการทดสอบ โดยมีวัตถุประสงค์ของการทดสอบคือการวัดค่าพลังงานหลังจากการกระทำชิ้นงานอย่างฉับพลันซึ่งสามารถหาได้จากการปล่อยลูกตุ้มที่ทราบค่าน้ำหนัก ณ ตำแหน่งความสูงหรือมุมการยกลูกตุ้มที่ได้คำนวณไว้ลงกระทำกับโครงสร้างกันแรงกระทำ โดยมีฐานรองรับแรงกระทำดังรูปที่ 3.2



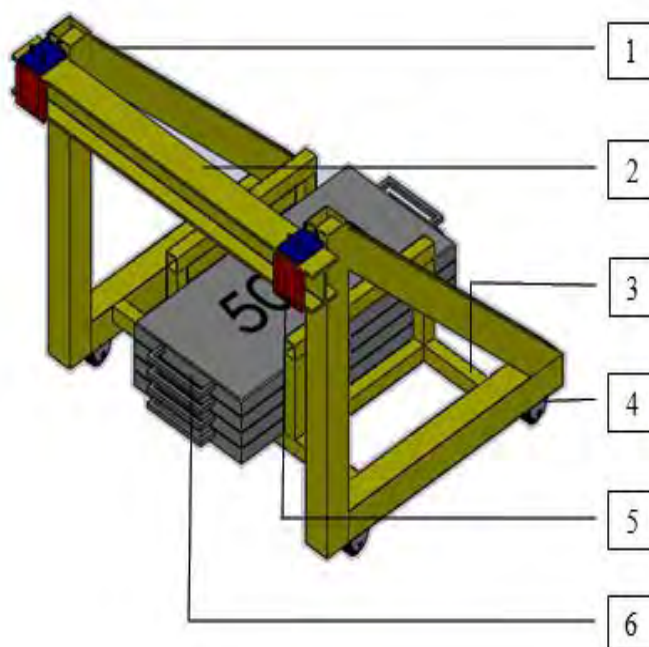
รูปที่ 3.2 แบบจำลองการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

3.2.1 การออกแบบชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

เนื่องจากการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการดูดซับพลังงานในการกระแทกของโครงสร้างกันแรงกระแทกเพียงส่วนเดียว ดังนั้นโครงสร้างชุดทดสอบจึงต้องมีข้อกำหนดในการออกแบบดังต่อไปนี้

- 1) โครงสร้างไม่มีการเสียรูปเมื่อโดนแรงกระแทก
- 2) มีความสูงถึงจุดกึ่งกลางแผ่นน้ำหนักของเครื่องทดสอบ
- 3) มีความกว้างเท่ากับโครงสร้างด้านหน้าของรถยนต์
- 4) มีน้ำหนักโดยรวมไม่เกิน 300 kg
- 5) มีล้อเพื่อให้เคลื่อนที่ได้เหมือนรถยนต์
- 6) มีชุดจับยึดโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบถอดเปลี่ยนได้

จากข้อกำหนดดังกล่าวทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้มีการออกแบบเพื่อให้ชุดทดสอบนั้นสามารถใช้ทำการทดสอบและสร้างชิ้นได้จริง จึงทำการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Solid Work โดยคำนึงถึงขนาดและคุณสมบัติของวัสดุที่มีจำหน่ายอยู่ในประเทศจึงได้ผลสรุปในการออกแบบดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แบบจำลองชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

หมายเลข 1 โครงสร้างหลัก

หมายเลข 2 คานรับแรงกระแทกด้านหน้า

หมายเลข 3 คานรองรับแผ่นถ่วงน้ำหนัก

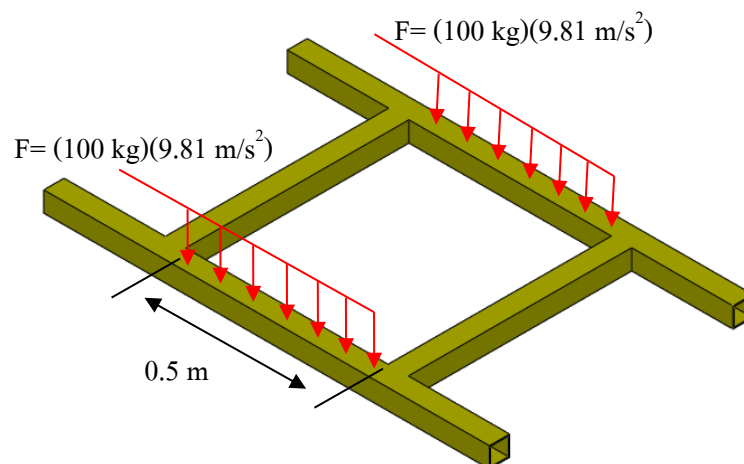
หมายเลข 4 ล้อ

หมายเลข 5 ชุดติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทก

หมายเลข 6 แผ่นปูนถ่วงน้ำหนัก

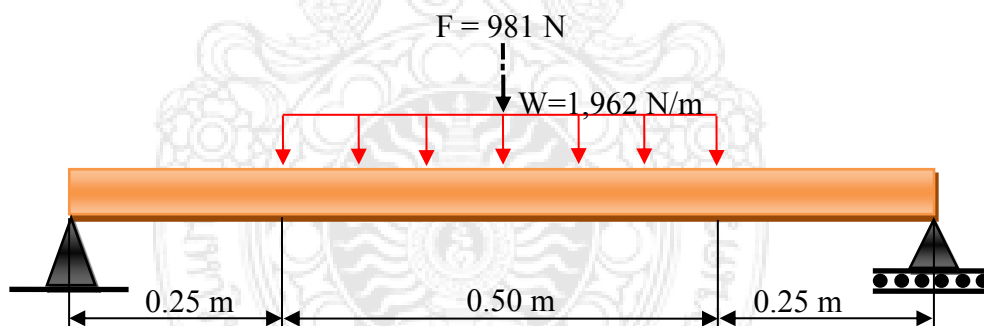
3.2.2 การคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของคานรองรับแผ่นปูนถ่วงน้ำหนัก

จากการออกแบบด้วยโปรแกรมSolid work สามารถวิเคราะห์น้ำหนักของตัวโครงสร้างได้ 100 kg โดยมีแผ่นถ่วงน้ำหนักที่วางอยู่บนโครงสร้างเท่ากับ 200 kg ทำให้เกิดแรงกระจายในช่วง 0.5 m กับคานทั้ง 2 ชั้น จึงต้องมีการคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของคานเพื่อใช้ในการเลือกวัสดุ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน สามารถพิจารณาแรงกระจายดังรูปที่ 3.4

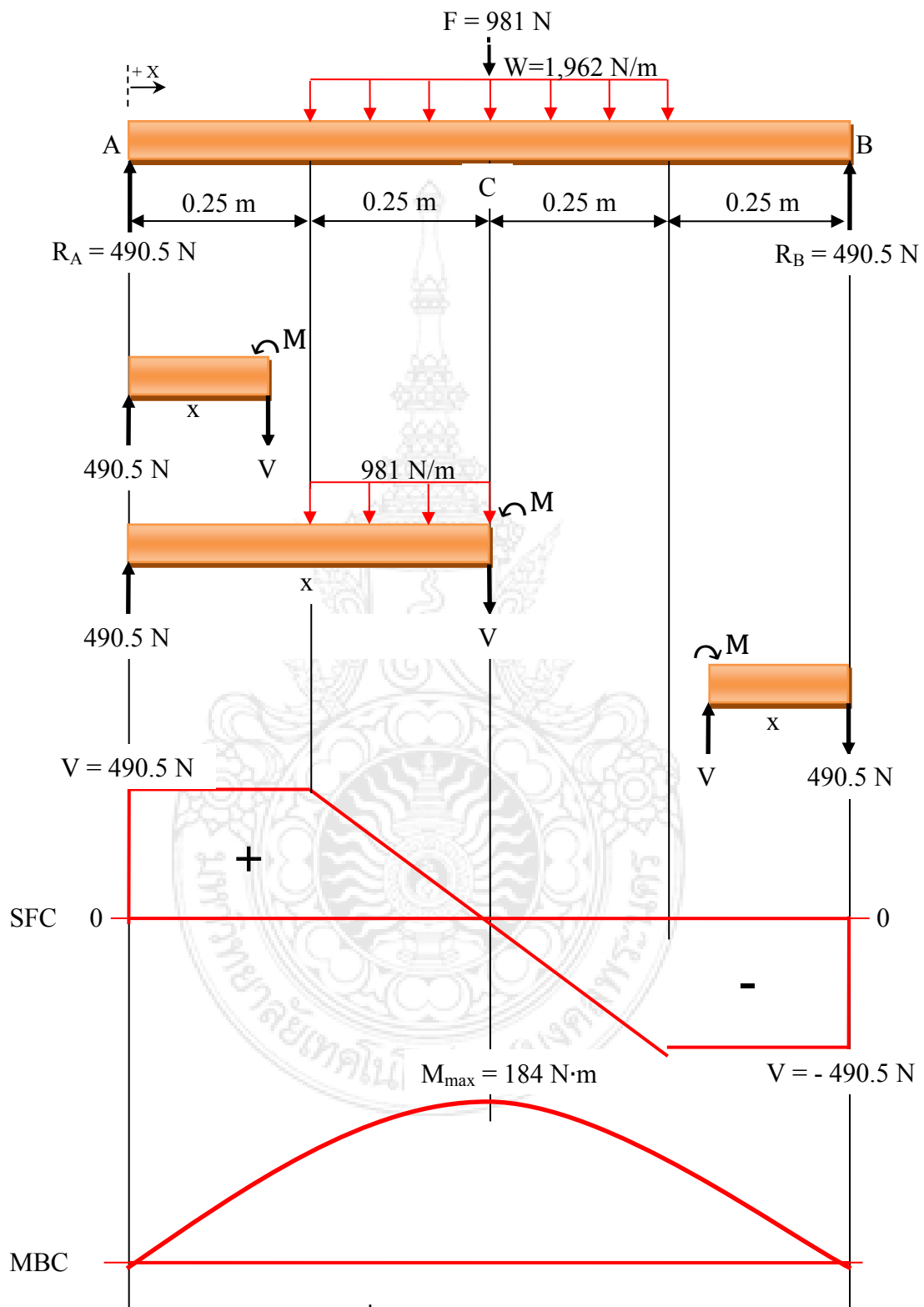


รูปที่ 3.4 คานรองรับแผ่นถ่วงน้ำหนัก

จากรูปที่ 3.4 สามารถคิดสมดุลของคานเพื่อหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ และคำนวณหาค่าโมเมนต์สูงสุดดังนี้



รูปที่ 3.5 การพิจารณาสมดุลของคาน



รูปที่ 3.6 แผนภาพโมเมนต์ดัด

จากแผนภาพโมเมนต์ดัดสามารถพิจารณาสมดุลของคานทั้งหมดและคำนวณหาแรงปฏิกิริยาที่จุด A และจุด B ได้ดังนี้

จากสมการที่(2.6) $M = R \times x$

ดังนั้น

$$+\curvearrowright \sum M_A = 0 : R_B(1\text{m}) - (981\text{ N})(0.5\text{ m}) = 0$$

จะได้

$$R_B = 490.5\text{ N} \uparrow$$

และ

$$+\uparrow \sum F_y = 0 : R_A - 981\text{ N} + 490.5\text{ N} = 0$$

จะได้

$$R_A = 490.5\text{ N} \uparrow$$

จากนั้นคำนวณพื้นที่ใต้แผนภาพของแรงเฉือนในแต่ละช่วง เนื่องจากพื้นที่ใต้แผนภาพของแรงเฉือนระหว่างจุด 2 จุดใดๆ จะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ดัดระหว่างจุด 2 จุดนั้นๆ และสามารถหาค่าโมเมนต์สูงสุดดังนี้

จากสมการที่(2.7) $M_{\max} = \left(\frac{x}{2} + \frac{x}{4} \right) V$

แทนค่าหา $M_{\max}$

$$M_{\max} = \left(\frac{0.5}{2}\text{ m} + \frac{0.5}{4}\text{ m} \right) (490.5\text{ N})$$

ดังนั้น

$$M_{\max} = 184\text{ N} \cdot \text{m}$$

และ

$$M_A = M_B = 0$$

เนื่องจากต้องการเลือกใช้เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส จึงต้องมีการคำนวณหาโมเมนต์อินเนอร์เซีย เพื่อนำไปหาขนาดความกว้างของหน้าตัดโครงสร้าง

จากสมการ

$$I = \frac{[(b - 2t)(h - 2t)^3]}{12}$$

กำหนดให้ $b = h$

$$I = \frac{b^4}{12} - \frac{1}{2}[(b-2t)(b-2t)^3]$$

แก้สมการกำลังสามสมบูรณ์

$$I = \frac{b^4}{12} - \frac{1}{2}[(b-2t)(b^3 - 6b^2t + 12bt^2 - 8t^3)]$$

$$I = \frac{8b^3t - 24b^2t^2 + 32bt^3 - 16t^4}{12}$$

แทนค่า $t = 2 \text{ mm}$

$$I = \frac{8(2)b^3 - 24(2^2)b^2 + 32(2^3)b - 16(2)^4}{12}$$

ดังนั้น

$$I = 1.3b^3 - 8b^2 + 21.3b - 21.3$$

หาค่า b ได้จากสมการที่ (2.8)

$$\frac{\sigma_y}{N_y} = \frac{Mc}{I}$$

แทนค่า

$$\forall = 36 \times 6.895 \text{ N/mm}^2$$

$$N_y = 7 \quad (\text{จากตารางที่ 2.1})$$

$$M = 184 \times 10^3 \text{ N}\cdot\text{mm} \quad (\text{จากการคำนวณ})$$

$$c = \frac{b}{2} \quad (\text{สี่เหลี่ยมจัตุรัส})$$

ดังนั้น

$$I = 2,600b$$

แทนค่า

$$I = 1.3b^3 - 8b^2 + 21.3b - 21.3$$

ดังนั้น

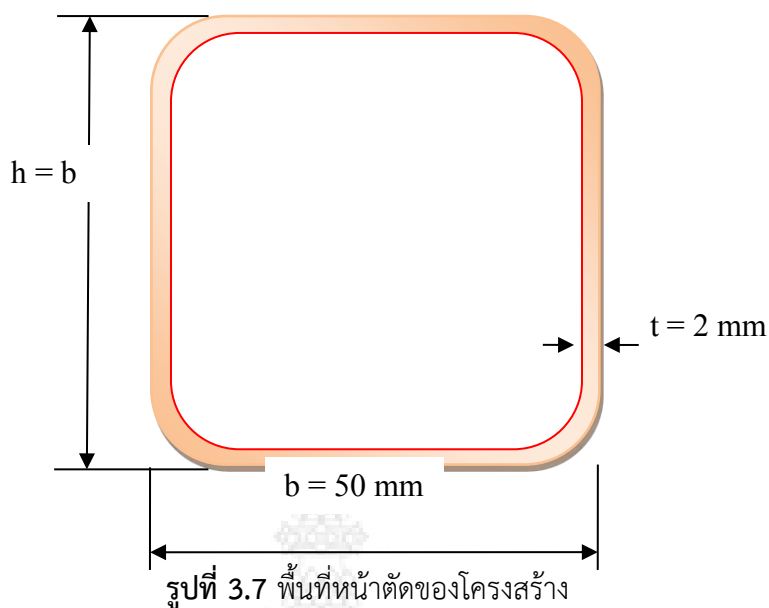
$$0 = 1.3b^3 - 8b^2 + 21.3b - 2,600b - 21.3b$$

$$0 = 1.3b^3 - 8b^2 - 2,578.7b - 21.3$$

ดังนั้น

$$b = 47.7 \text{ mm}$$

จากการคำนวณสามารถเลือกใช้วัสดุเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสดังนี้



3.2.3 การสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

จากการออกแบบดังรูปที่ 3.3 และการคำนวณหาขนาดวัสดุสามารถเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดสอบโดยทำการเชื่อมประกอบส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันโดยการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า และทำการทาสีเพื่อป้องกันสนิมก็ตร้อนจึงได้ชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

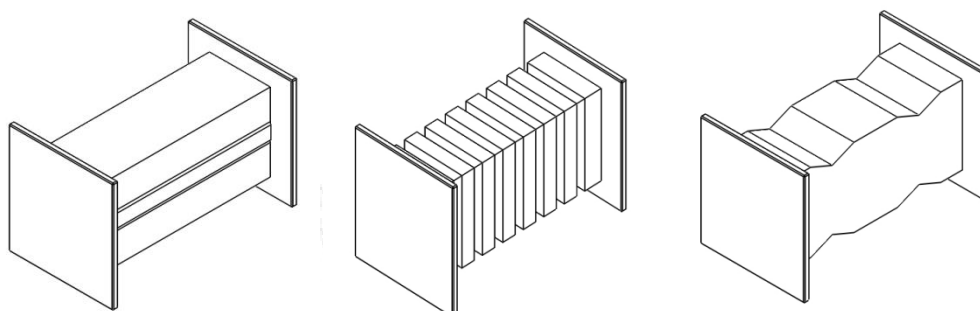
3.3 การออกแบบและการสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทก

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทราบว่า โครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์แต่ละรุ่นนั้นมีลักษณะทางโครงสร้างที่คล้ายกัน ส่วนที่แตกต่าง

กันคือวัสดุที่ใช้ทำและความหนาของโครงสร้าง ดังนั้นการทำโครงงานนี้จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกให้มีรูปทรงของโครงสร้างที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะศึกษาการดูดซับพลังงานของโครงสร้างแต่ละรูปแบบ โดยกำหนดความยาวและความหนาของโครงสร้างแต่ละรูปแบบให้เท่ากัน

3.3.1 การออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทก

ในการทำโครงงานนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงงานได้เลือกใช้โปรแกรม Solid Workสำหรับการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบเพื่อให้ง่ายต่อการจำลองเชิงตัวเลข และได้ผลสรุปของการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกสำหรับใช้ในการทดสอบดังรูปที่ 3.9 และ 3.10

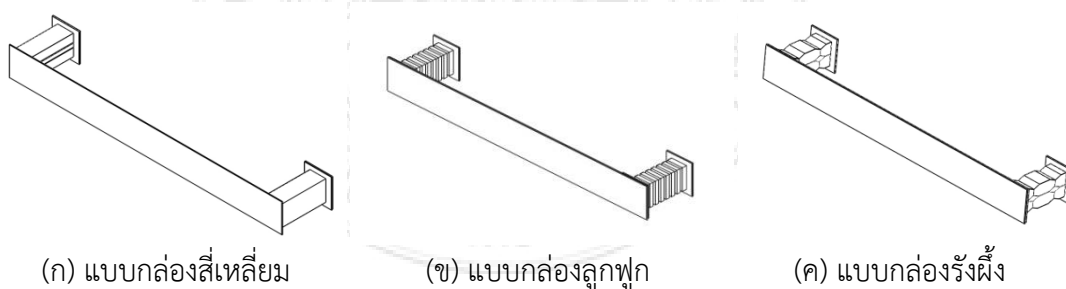


(ก) แบบกล่องสี่เหลี่ยม

(ข) แบบกล่องลูกฟูก

(ค) แบบกล่องรังผึ้ง

รูปที่ 3.9 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบสถิต



(ก) แบบกล่องสี่เหลี่ยม

(ข) แบบกล่องลูกฟูก

(ค) แบบกล่องรังผึ้ง

รูปที่ 3.10 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

3.3.2 การสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทก

เมื่อได้แบบที่ต้องการก็ทำการเลือกวัสดุสำหรับทำโครงสร้างกันแรงกระแทกจากวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ ซึ่งคุณสมบัติหลักที่ใกล้เคียงกับวัสดุที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์นั้น

คือแผ่นเหล็กที่ร้อนประเภทล่างผิวและเคลือบน้ำมันหนา 1.2 mm ซึ่งวัสดุนี้เทียบเท่ากับโครงสร้างกันแรงกระแทกประเภทที่ทำจากเหล็กที่มีการผลิตใช้อยู่ในปัจจุบัน และสามารถนำมาทำการทดสอบหาความสามารถในการดูดซับพลังงานในการกระแทกได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ มีขั้นตอนในการทำดังนี้

1) การตัดและอัดขึ้นรูปแผ่นเหล็ก

เหล็กที่จะทำโครงสร้างก็เมื่อได้ขนาดของเนแรงกระแทก จึงทำการตัดและอัดแผ่นเหล็กด้วยเครื่องดัดแบบมือโยกเพื่อให้เกิดรูปทรงของโครงสร้างตามทีออกแบบดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การตัดและการอัดขึ้นรูปโครงสร้างกันแรงกระแทก



(ก) แบบกล่องสี่เหลี่ยม (ข) แบบกล่องลูกฟูก (ค) แบบกล่องรังผึ้ง

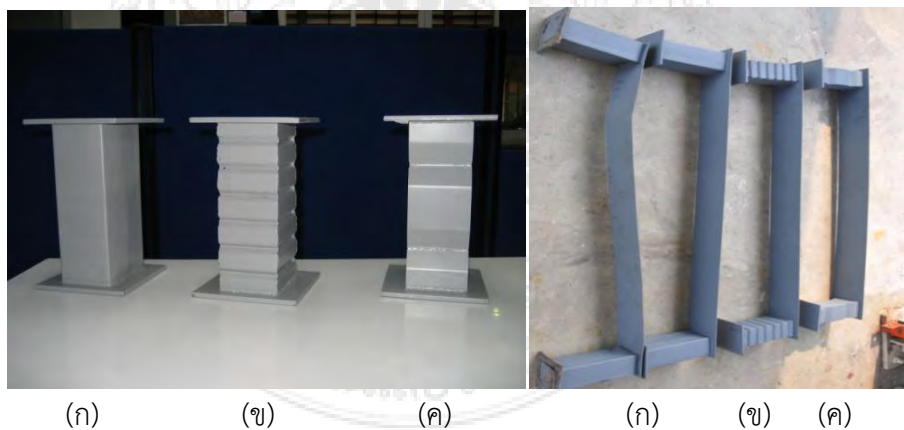
รูปที่ 3.12 แผ่นเหล็กที่ทำการดัดขึ้นรูปทั้ง 3 รูปแบบ

2) การเชื่อมต่อโครงสร้างกันแรงกระแทก

จากการตัดและอัดแผ่นเหล็ก จะได้ชิ้นส่วนของโครงสร้างด้านต่างๆ ดังรูปที่ 3.12 จากนั้นทำการเชื่อมส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันและเชื่อมแผ่นประกบด้านหน้าและด้านหลังดังรูปที่ 3.13 เพื่อใช้ในการทดสอบแบบสถิตและการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า



รูปที่ 3.13 การเชื่อมโครงสร้างกันแรงกระแทก



(ก) แบบกล่องสี่เหลี่ยม (ข) แบบกล่องลูกฟูก และ (ค) แบบกล่องรังผึ้ง

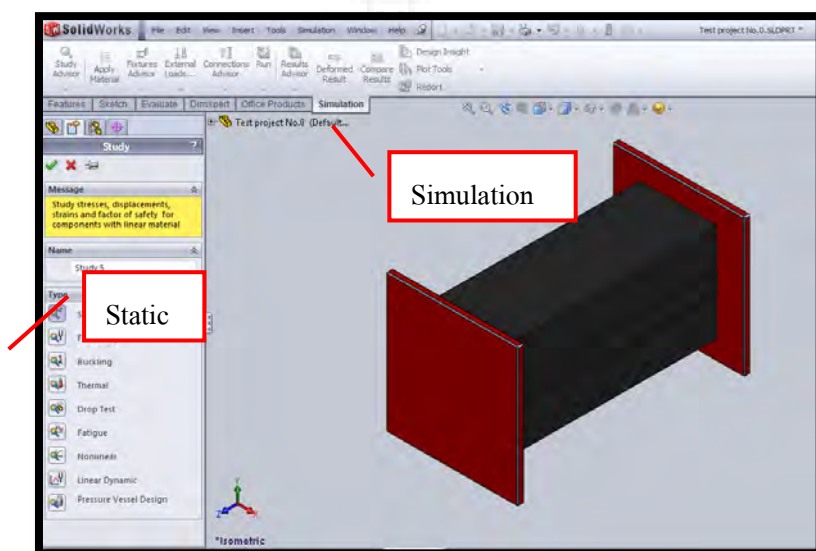
รูปที่ 3.14 ชิ้นงานโครงสร้างกันแรงกระแทกสำหรับใช้ทดสอบ

3.4 การจำลองเชิงตัวเลข (Simulation)

เมื่อทำการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกแต่ละรูปทรงแล้ว ต้องทำการจำลองโครงสร้างเพื่อหาแนวโน้มการยุบตัวของโครงสร้าง ว่าสอดคล้องกับพลังงานที่ใช้ในการทดสอบหรือไม่ โดยทำการจำลองโดยการใส่แรงกิริยาที่ได้จากการคำนวณไปยังด้านใดด้านหนึ่งของโครงสร้างกันแรงกระแทกและกำหนดให้อีกด้านหนึ่งเป็นจุดรองรับแล้วทำการประมวลผลเพื่อหาแนวโน้มการยุบตัวของโครงสร้างทั้ง 3 รูปแบบ มีขั้นตอนการจำลองดังนี้

1) การเลือกรูปแบบการจำลอง

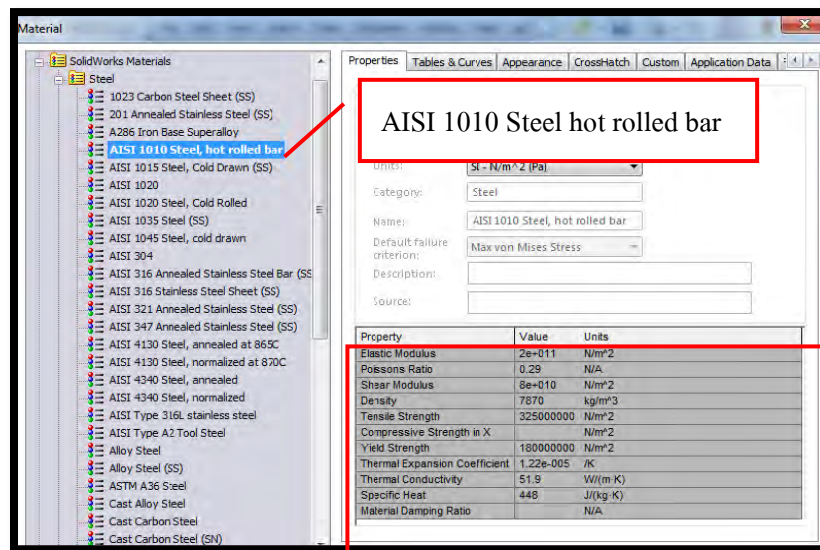
เมื่อออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกเสร็จแล้ว ให้เลือกโหมดการจำลองแบบ Simulation และกำหนดการจำลองเป็น Static ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การเลือกโหมดการจำลอง

2) การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ

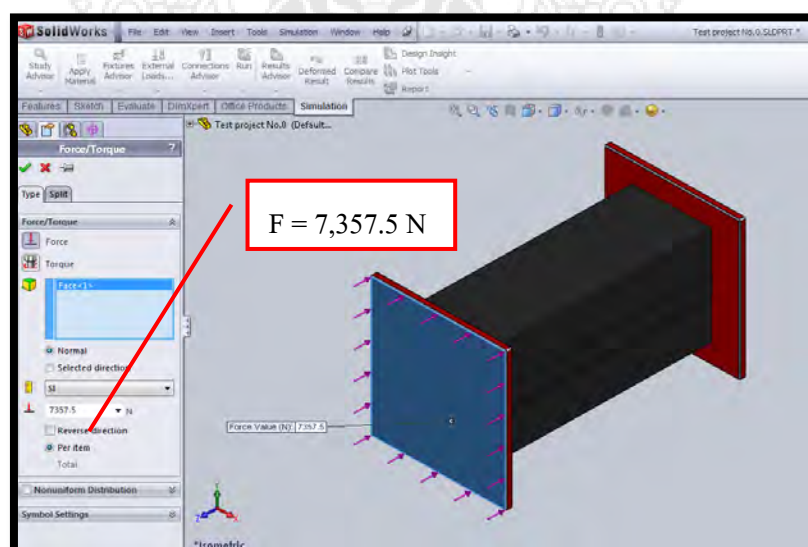
เนื่องจากการจำลองโครงสร้างต้องมีการกำหนดคุณสมบัติให้กับชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงานที่ถูกจำลองมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างได้ใกล้เคียงกับวัสดุของจริง ดังนั้นจึงกำหนดวัสดุให้มีคุณสมบัติดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การกำหนดคุณสมบัติให้กับแบบจำลอง

3) การใส่แรงกิริยาให้กับแบบจำลอง

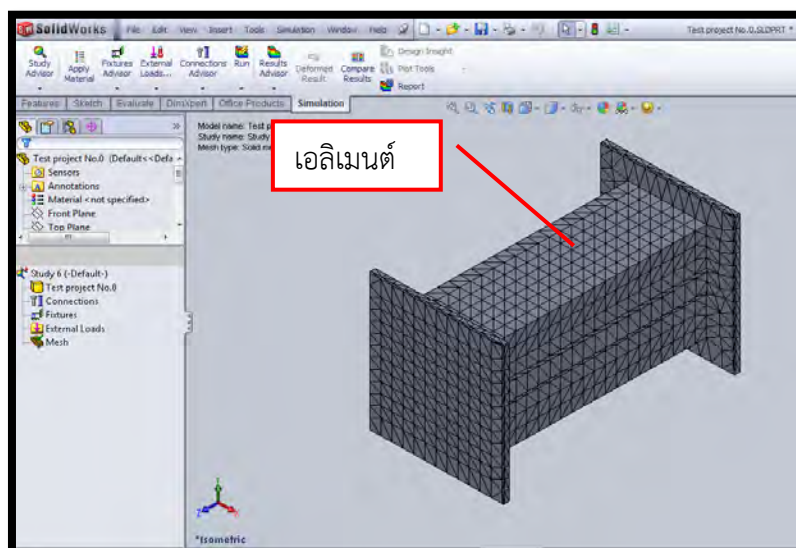
จากการคำนวณได้แรงกิริยา 7,357.5 N สำหรับจำลองโครงสร้างกันแรงกระแทก ดังนั้นในการจำลองโครงสร้างจึงกำหนดแรงให้กระทำกับโครงสร้าง 1 ด้าน อีกด้านกำหนดเป็นจุดรองรับดังรูปที่ 3.17



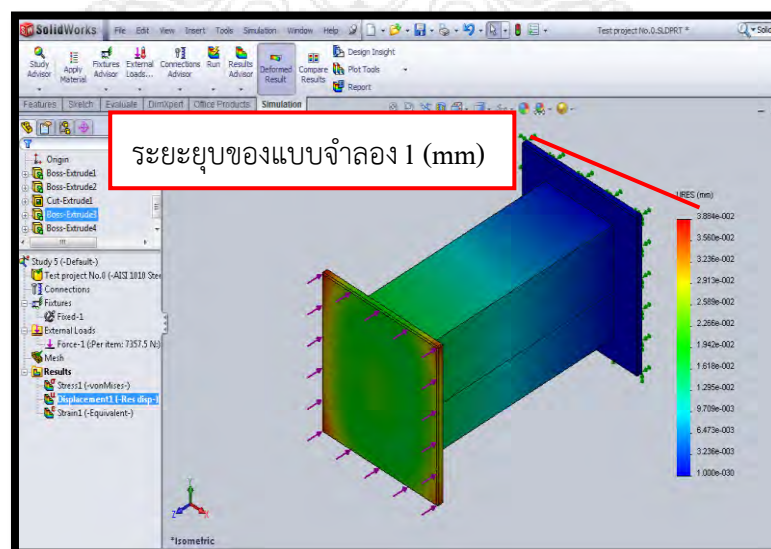
รูปที่ 3.17 การใส่แรงปฏิกิริยาให้กับแบบจำลอง

5) การประมวลผลและการบันทึกข้อมูล

เมื่อทำการป้อนค่าต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้วก็เริ่มประมวลผลแบบจำลองด้วยคำสั่ง Run และทำการบันทึกข้อมูลไปยัง Report เพื่อใช้ในการสรุปผลการจำลองดังรูปที่ 3.18 และ 3.19



รูปที่ 3.18 ขนาดเอลิเมนต์ของแบบจำลอง



รูปที่ 3.19 การยุบตัวของแบบจำลอง

3.5 การทดสอบแบบสถิต (Static tests)

การทดสอบรูปแบบนี้เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้กดโครงสร้างกันแรงกระแทกแต่ละชิ้น ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกด โดยกำหนดความเร็วในการกดของเครื่องทดสอบที่ 10 mm/min และกำหนดระยะการยุบของชิ้นงาน (S) ที่ 100 mm ขณะทำการกดเครื่องทดสอบจะประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ออกมาเป็นค่าแรง (F) ของแต่ละเอลิเมนต์โดยเปรียบเทียบกับระยะยุบของชิ้นงาน S (mm) แต่ละเอลิเมนต์ค่าที่ได้จะนำไปคำนวณหาค่าพลังงานศักย์ (E_p) มีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้



รูปที่ 3.20 เครื่องทดสอบแรงกด

3.5.1 การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบ

เมื่อทำการสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทกเสร็จแล้ว ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของชิ้นงาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลจากการจำลองเชิงตัวเลข ของโครงสร้างกันแรงกระแทกแต่รูปแบบทำการตรวจสอบชิ้นงานดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การชั่งน้ำหนักโครงสร้างกันแรงกระแทก

3.5.2 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกบนเครื่องทดสอบ

เมื่อเตรียมชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ให้นำชิ้นงานวางบนแท่นทดสอบของเครื่องทดสอบแรงกด และทำการปรับระยะของเครื่องกดให้อยู่ในตำแหน่งสัมผัสกับชิ้นงานดังรูปที่ 3.22



(ก) แบบกล่องสี่เหลี่ยม

(ข) แบบกล่องลูกฟูก

(ค) แบบกล่องรังผึ้ง

รูปที่ 3.22 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกบนเครื่องทดสอบ

3.5.3 การตั้งค่าเครื่องทดสอบและการบันทึกค่าในการทดสอบ

เมื่อทำการติดตั้งชิ้นงานเสร็จก็เริ่มทำการทดสอบ โดยกำหนดความเร็วในการกดของเครื่องทดสอบไว้ที่ 10 mm/min และทำการกดชิ้นงานจนถึงระยะ 100 mm เมื่อถึงระยะก็ทำการหยุดเครื่องทดสอบและนำชิ้นงานออก แต่ในระหว่างทำการทดสอบต้องทำการบันทึกวิดีโอไว้ เพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนรูปทรงทางกายภาพของโครงสร้างแต่ละรูปแบบดังรูปที่ 3.23



(ก) แบบกล่องสี่เหลี่ยม

(ข) แบบกล่องลูกฟูก

(ค) แบบกล่องรังผึ้ง

รูปที่ 3.23 การยุบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทกทั้ง 3 รูปแบบ

3.6 การทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า (Dynamic tests)

การทดสอบด้วยวิธีนี้เป็นการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการดูดซับพลังงานจากการกระแทกของโครงสร้างกันแรงกระแทก เพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดจากการทดสอบน้อยที่สุดจึงต้องทำการศึกษาข้อมูลของเครื่องทดสอบให้เข้าใจก่อนที่จะทำการทดสอบ เพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบ และป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์

3.6.1 การติดตั้งชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

เนื่องจากชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้องทำการทดสอบร่วมกับเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้าอ้างอิงจากมาตรฐาน ECE R 29 จึงต้องทำการติดตั้งชุดทดสอบให้อยู่ตำแหน่งศูนย์กลางของลูกตุ้มและวางแผ่นถ่วงน้ำหนักทั้ง 4 แผ่นให้อยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของชุดทดสอบ ทำการติดตั้งดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 การติดตั้งชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

3.6.2 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกกับชุดทดสอบ

เมื่อติดตั้งชุดทดสอบเสร็จแล้วทำการติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกเข้ากับชุดทดสอบ และทำการล็อกโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.25

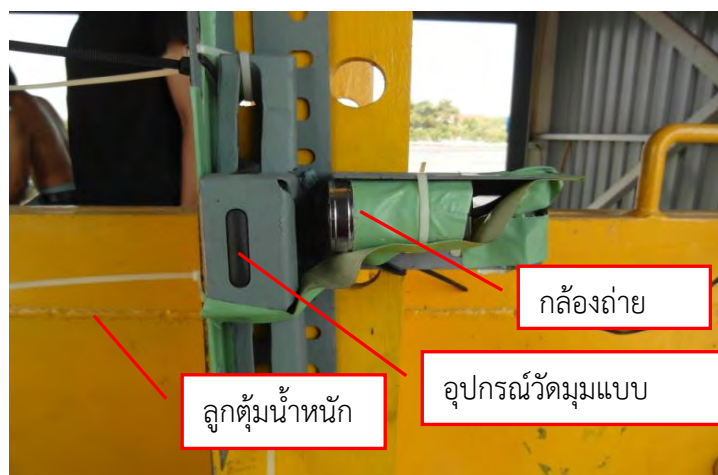


รูปที่ 3.25 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทก

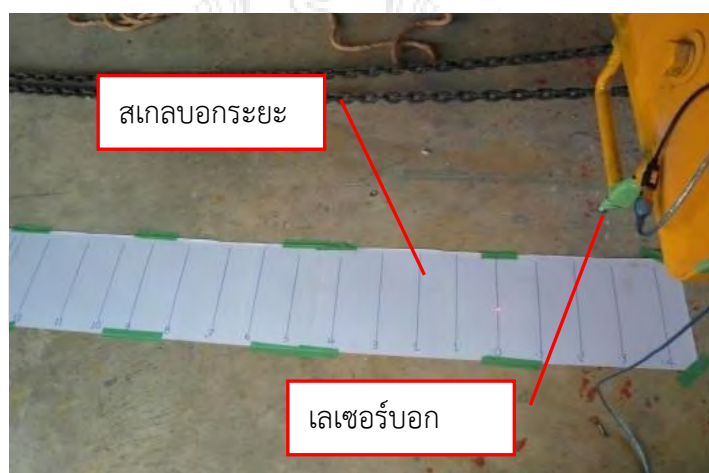
3.6.3 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดมุมที่ได้จากการทดสอบ

เนื่องจากต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการกำหนดมุมยกของลูกตุ้ม จึงเลือกใช้อุปกรณ์วัดมุมแบบดิจิตอลติดตั้งไว้กับลูกตุ้ม และทำการบันทึกตำแหน่งการสะท้อนของลูกตุ้มหลังจากกระแทกด้วยการติดตั้งเลเซอร์ไว้กับลูกตุ้มเพื่อบอกระยะการยกตัวของตุ้ม ตำแหน่งมุมยกของลูกตุ้มจะแสดงไปยังสเกล

บนพื้นและทำการบันทึกด้วยกล้องถ่ายวิดีโอเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาพลังงานที่โครงสร้างกันแรง
กันแรงกระแทกสามารถดูดซับไว้ได้ ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.26 ถึง 3.27



รูปที่ 3.26 การติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมแบบดิจิทัล



รูปที่ 3.27 การติดตั้งชุดเลเซอร์บอกระยะ

3.6.4 การติดตั้งชุดควบคุมการยกและปล่อยลูกตุ้มของเครื่องทดสอบ

ชุดควบคุมการยกทำหน้าที่ในการยกลูกตุ้มให้อยู่ในตำแหน่งความสูงหรือมุมที่ต้องการ
เพื่อให้ได้พลังงานศักย์ในการทดสอบ และยังเป็นกลไกทำหน้าที่ในการปลดล็อกเพื่อปล่อยให้ลูกตุ้มลง
มากระแทกกับชุดทดสอบ ทำการติดตั้งชุดควบคุมการยกดังรูปที่ 3.28 ถึง 3.29



รูปที่ 3.28 การตั้งกลไกปลดล็อกค้อนน้ำหนัก



รูปที่ 3.29 การคล้องตะขอเคเบิล

3.6.5 ขั้นตอนการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบเสร็จแล้ว ก็ทำการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ยกตุ้มไปที่ตำแหน่ง 38° ด้วยรอกไฟฟ้าและนำตะขอเคเบิลที่ใช้ในการปลดล็อกไปเกี่ยวกับจุดยึดดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การยกลูกตุ้มด้วยรอกไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 2 ทำการบันทึกวิดีโอไปที่เลเซอร์วัดมุมสะท้อนของลูกตุ้มและโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 การบันทึกวิดีโอการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 ทำการปลดล๊อคลูกตุ้มด้วยเชือกเพื่อให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ไปกระทบกับโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบดังรูปที่ 3.32



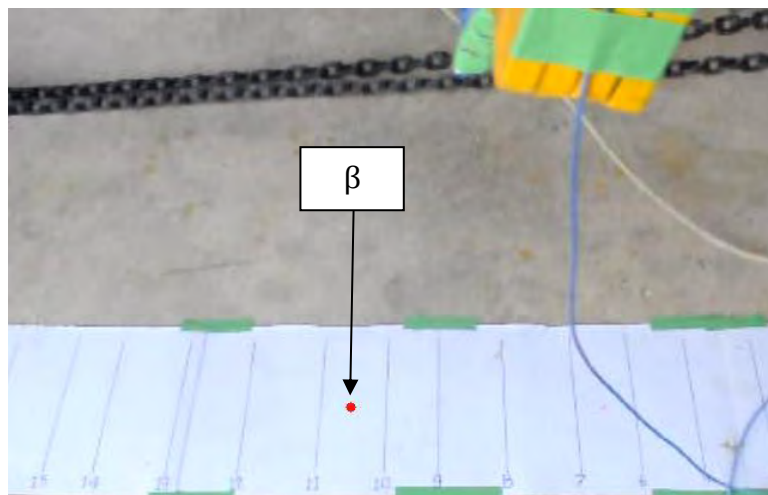
รูปที่ 3.32 การปลดล็อกค้ำน้ำหนักร

ขั้นตอนที่4 ทำการวัดระยะการยุบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.33 การวัดค่าการยุบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทก

ขั้นตอนที่5 ทำการตรวจสอบมุมสะท้อนของลูกค้ำหลังจากการกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบจากกล้องถ่ายวิดีโอเพื่อใช้ในการคำนวณหาพลังงานที่โครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบสามารถดูดซับได้ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 มุมสะท้อนของลูกตุ้มหลังจากกระทบกับโครงสร้างกันแรงกระแทก



บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

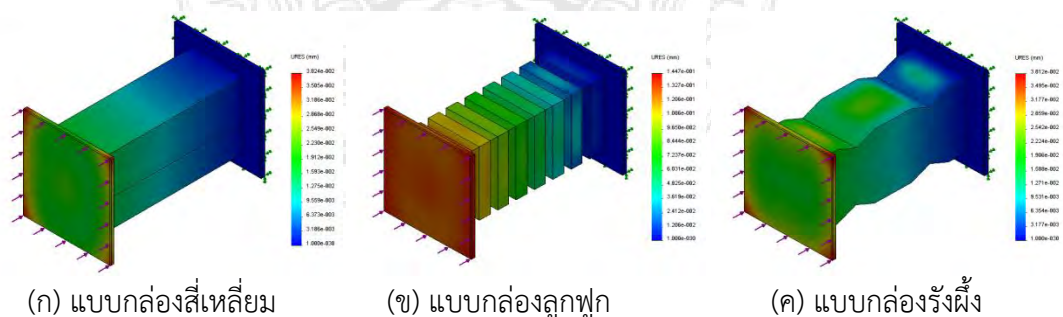
4.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลข(Simulation)

การทดสอบด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลขเพื่อพิจารณาความสามารถในการรับแรงกระแทกเบื้องต้นจากโครงสร้างกันแรงกระแทกที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งการจำลองดังกล่าวจำเป็นต้องพิจารณาบนพื้นฐานที่มีค่าคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุเดียวกันในการจำลอง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติวัสดุของแบบจำลอง

แบบจำลอง	Material	Tensile Strength(N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Elastic Modulus (N/mm ²)
แบบกล่องสี่เหลี่ยม	AISI 1010	325	180	2×10^5
แบบกล่องลูกฟูก	Steel, hot			
แบบกล่องรังผึ้ง	rolled bar			

เมื่อทำการประมวลผลโปรแกรมสามารถแสดงผลการจำลองออกมาให้เห็นในลักษณะสีซึ่งแสดงการยุบตัวของโครงสร้างดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลการจำลองเชิงตัวเลข

จากรูปที่ 4.1 เป็นการเปรียบเทียบผลจากการจำลองโครงสร้างแต่ละรูปแบบ โดยสังเกตพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างด้วยสีที่แสดงบนพื้นผิวของแบบจำลอง ซึ่งสีน้ำเงินเข้มแสดงถึงโครงสร้างที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปทรง และสีแดงจนถึงสีฟ้าอ่อนแสดงถึงโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนรูปทรงไปจากเดิมจากมากไปหาน้อยตามลำดับ จากผลของการจำลองแบบจำลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแบบกล่องสี่เหลี่ยมมีแนวโน้มที่จะยุบตัวได้ยากกว่าแบบกล่องลูกฟูกและแบบกล่องรังผึ้ง เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของโครงสร้างสม่ำเสมอตลอดทั้งโครงสร้าง ทำให้เกิดความเค้นอัดมากในช่วงแรกเมื่อได้รับแรงแบบสถิต และแบบกล่องลูกฟูกนั้นมีแนวโน้มที่จะยุบตัวได้มากกว่าแบบกล่องสี่เหลี่ยมและแบบกล่องรังผึ้ง เนื่องจากมีพื้นที่หน้าตัดของโครงสร้างสลับกันเป็นลูกฟูกจึงเกิดความเค้นกับพื้นที่ช่วงที่มีลักษณะเป็นลูกฟูกมากกว่า ทำให้พื้นที่ส่วนที่เป็นร่องของลูกฟูกยุบตัวก่อนพื้นที่หน้าตัดที่โตกว่า ส่วนแบบกล่องรังผึ้งมีรูปทรงของโครงสร้างเป็นรังผึ้งหน้าตัดขวางอยู่ด้านในจึงมีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าโครงสร้างแบบกล่องสี่เหลี่ยมและแบบกล่องลูกฟูก ทำให้แรงกระจายไปยังโครงสร้างได้หลายทิศทาง ส่งผลให้เกิดความเค้นไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นโครงสร้างจะยุบตัวมากในช่วงที่มีความเค้นน้อย ซึ่งผลจากการจำลองสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลจากการจำลอง

แบบจำลอง	แรงที่ใช้ จำลอง F (N)	มวลของ แบบจำลอง m (kg)	ปริมาตร V (mm ³)	จำนวน โหนด	ระยะยุบ l (mm)	ร้อยละ การยุบตัว (%)
แบบกล่องสี่เหลี่ยม	7,357.5	2.055	261,124	2,076	80.6	40.3
แบบกล่องลูกฟูก	7,357.5	2.096	266,416	2,248	87.3	43.65
แบบกล่องรังผึ้ง	7,357.5	2.102	278,203	2,177	84.5	42.25

จากการเปรียบเทียบผลจากการจำลองดังตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณามวลและปริมาตรของแบบจำลองจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ขนาดมวลและปริมาตรของโครงสร้างไม่ได้เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการยุบตัวของโครงสร้างภายใต้การรับแรงอัดที่เท่ากัน ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความอ่อนไหวในการยุบตัวของโครงสร้างภายใต้คุณสมบัติวัสดุชนิดนี้จึงขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างเป็นหลัก แต่ผลจากการจำลองดังกล่าวยังไม่สามารถเปรียบเทียบและระบุความสามารถในการดูดซับแรงกระแทกได้ จึงต้องทำการทดสอบด้วยการทดลองต่อไป

4.2 ผลการทดสอบแบบสถิต (Static tests)

การทดสอบแบบสถิตเป็นการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการดูดซับพลังงานจากโครงสร้างกันแรงกระแทกที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งการทดสอบดังกล่าวใช้คุณสมบัติวัสดุตั้งตารางที่ 4.3

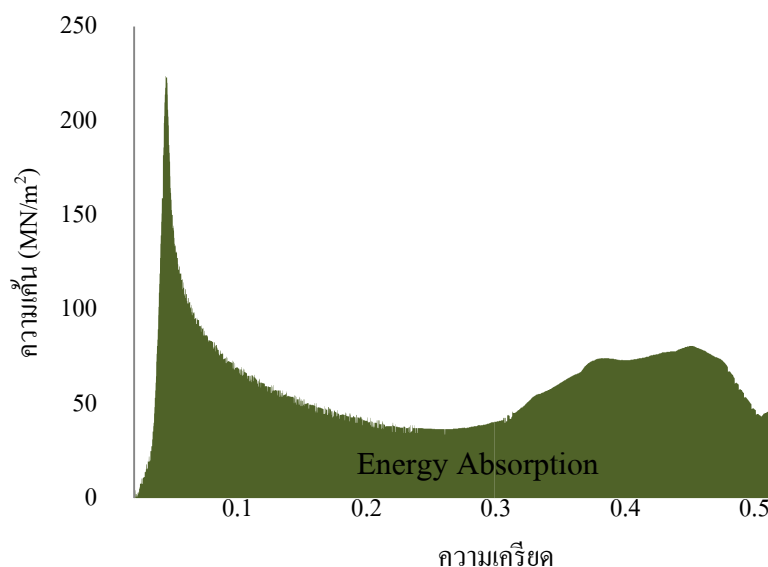
ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติวัสดุของการทดสอบแบบสถิต

โครงสร้างกันแรง กระแทก	ความเร็วในการทดสอบ v (mm/min)	ความยาวของโครงสร้าง l_0 (mm)	ระยะยุบ l (mm)
แบบกล่องสี่เหลี่ยม	10	200	100
แบบกล่องลูกฟูก			
แบบกล่องรังผึ้ง			

เมื่อทำการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบด้วยเครื่องทดสอบแรงกด โดยใช้ค่าพื้นฐานในการทดสอบแบบเดียวกันกับการทดสอบด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลขกับโครงสร้างที่มีลักษณะที่แตกต่างกันทางกายภาพทั้ง 3 ชนิด พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างและความเครียด ซึ่งสะท้อนให้เห็นพลังงานภายในของวัสดุที่สามารถรับได้ต่อปริมาตรดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.4

4.2.1 ผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องสี่เหลี่ยม

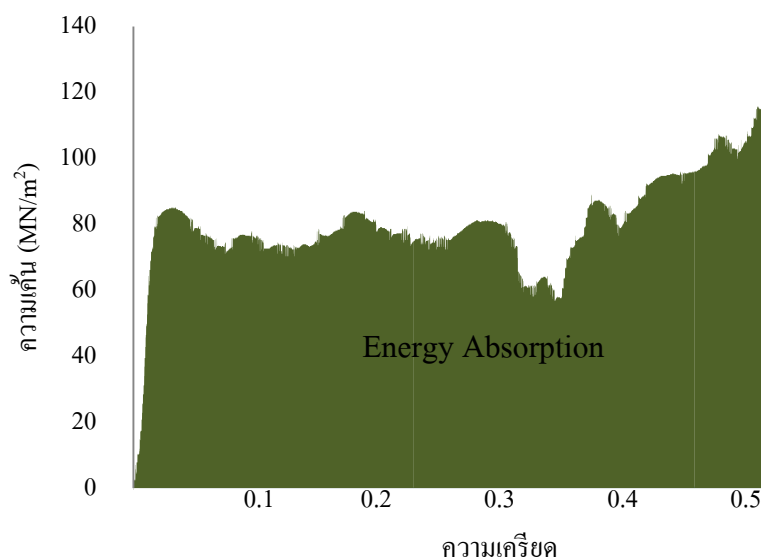
ผลจากการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องสี่เหลี่ยมจากการทดสอบแบบสถิต ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งถูกแสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของโครงสร้าง โดยมีความเค้นอัดสูงสุดที่ระดับ $223,969,048 \text{ N/m}^2$ ซึ่งอยู่ในช่วงแรกของการกดโครงสร้าง เนื่องจากรูปทรงของโครงสร้างมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันตลอดความยาวจึงเกิดความเค้นอัดสะสมเมื่อเริ่มกดโครงสร้าง และความเค้นในโครงสร้างลดลงตามลำดับหลังจากผ่านจุดความเค้นสูงสุด เป็นผลเนื่องมาจากความยาวของโครงสร้างน้อยลงกว่าความยาวเดิมทำให้ความเครียดภายในโครงสร้างเพิ่มขึ้น รวมถึงพลังงานที่เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนภายในวัสดุทำให้วัสดุอ่อนตัวลง และความเค้นภายในโครงสร้างเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงหลังเป็นผลเนื่องจากวัสดุมีการอัดตัวซ้อนกันทำให้โครงสร้างมีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าเดิม จึงต้องใช้แรงกดโครงสร้างเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.2 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องสี่เหลี่ยม

4.2.2 ผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูก

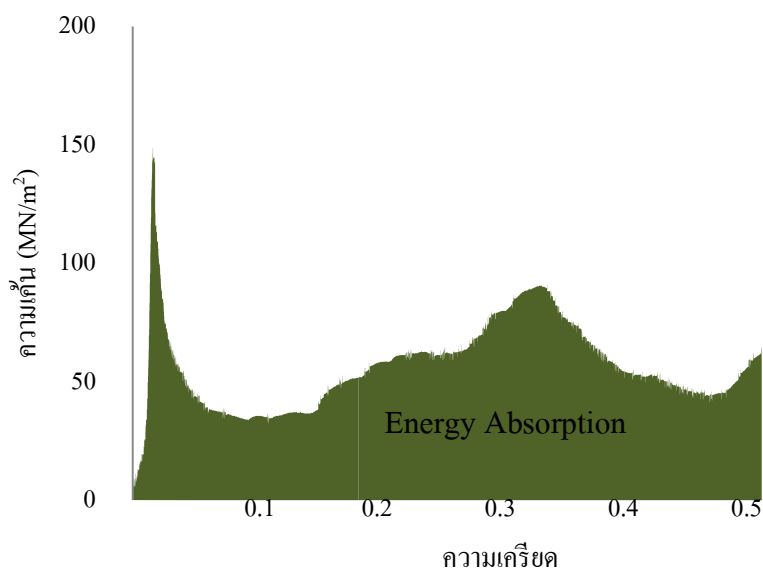
ผลจากการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูก จากการทดสอบแบบสถิตตั้ง รูปที่ 4.3 ซึ่งถูกแสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของโครงสร้าง โดยมี ความเค้นอัดสูงสุดที่ระดับ $118,602,381 \text{ N/m}^2$ ซึ่งระดับความเค้นภายในโครงสร้างมีลักษณะขึ้นลง สม่ำเสมอ สาเหตุเนื่องจากโครงสร้างมีพื้นที่หน้าตัด 2 ขนาดสลับกับเป็นลูกฟูก ทำให้ความเค้นที่เกิด กับวัสดุแต่ละช่วงความยาวไม่เท่ากัน และความยาวของโครงสร้างน้อยลงกว่าความยาวเดิมทำให้ ความเครียดภายในโครงสร้างเพิ่มขึ้น รวมถึงพลังงานที่เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนภายในวัสดุทำให้ วัสดุอ่อนตัวลง และความเค้นภายในโครงสร้างเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงหลังเป็นผลเนื่องจากวัสดุมีการ อัดตัวซ้อนกันทำให้โครงสร้างมีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าเดิม จึงต้องใช้แรงกดโครงสร้างเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.3 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูก

4.2.3 ผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องรังผึ้ง

ผลจากการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องรังผึ้งจากการทดสอบแบบสถิต ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งถูกแสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด โดยมีความเค้นอัดสูงสุดที่ระดับ $148,707,143 \text{ N/m}^2$ ซึ่งอยู่ในช่วงแรกของการกดโครงสร้าง เนื่องจากรูปทรงของโครงสร้างมีพื้นที่หน้าตัดมากในช่วงแรกจึงต้องใช้แรงกดโครงสร้างมากกว่าส่วนอื่นเพื่อให้โครงสร้างเสียรูป และระดับความเค้นลดลงตามลำดับหลังจากผ่านจุดความเค้นสูงสุด เป็นผลเนื่องมาจากโครงสร้างมีขนาดพื้นที่หน้าตัดลดลงทำให้ความเค้นที่เกิดกับวัสดุแต่ละช่วงความยาวไม่เท่ากัน และความยาวของโครงสร้างน้อยลงกว่าความยาวเดิมทำให้ความเครียดภายในโครงสร้างมากขึ้น รวมถึงพลังงานที่เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนภายในวัสดุทำให้วัสดุอ่อนตัวลงและความเค้นภายในโครงสร้างเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงหลังเป็นผลเนื่องจากวัสดุมีการอัดตัวซ้อนกันทำให้โครงสร้างมีพื้นที่ตัดมากกว่าเดิม จึงต้องใช้แรงในการกดโครงสร้างเพิ่มขึ้น

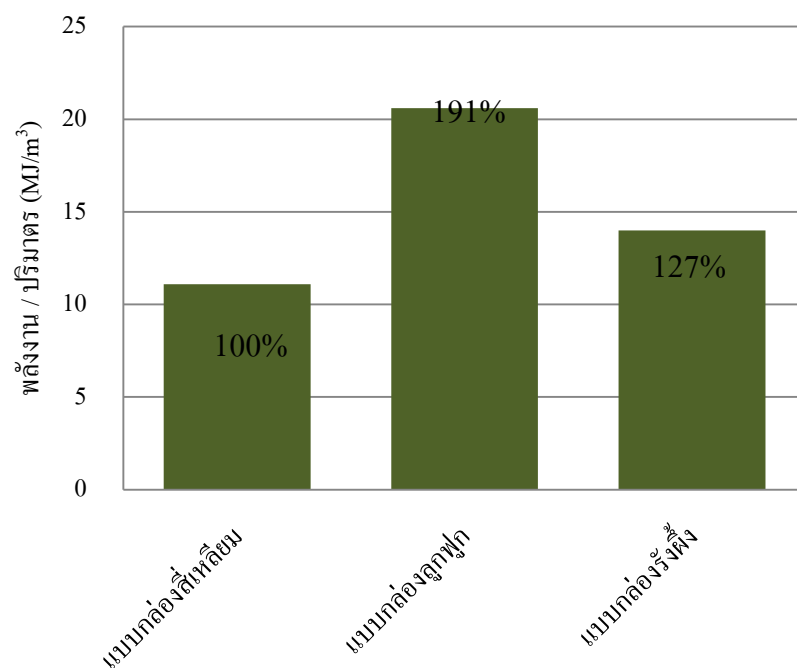


รูปที่ 4.4 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องรังผึ้ง

ตารางที่ 4.4 การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบสถิต

โครงสร้างกันแรง กระแทก	มวลของโครงสร้าง กันแรงกระแทก m (kg)	ความเค้นอัดสูงสุด σ_m (N/m ²)	พลังงานที่ดูดซับได้ จากการทดสอบ E_p (J)
แบบกล่องสี่เหลี่ยม	2.03	223,969,048	863
แบบกล่องลูกฟูก	2.10	118,602,381	1,600
แบบกล่องรังผึ้ง	2.25	148,707,143	1,092

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบด้วยการทดสอบแบบสถิตโดยใช้คุณสมบัติวัสดุเดียวกัน สามารถเปรียบเทียบระดับความแตกต่างของพลังงานที่โครงสร้างกันแรงกระแทกแต่ละรูปแบบสามารถดูดซับได้ ดังนั้นความแตกต่างทางกายภาพของโครงสร้างกันแรงกระแทกจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงานนอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบเป็นความสามารถการดูดซับพลังต่อหน่วยปริมาตรได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตรจากการทดสอบแบบสถิต

4.3 ผลการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า (Dynamic tests)

การทดลองด้วยการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้าเพื่อหาความสามารถในการดูดซับพลังงานจากโครงสร้างกันแรงกระแทกที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งการทดสอบดังกล่าวมีสภาวะการทดสอบดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สภาวะการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

โครงสร้างกันแรง กระแทก	น้ำหนัก ของลูกตุ้ม m (kg)	มุมยกลูกตุ้ม α (°)	พลังงานที่ใช้ ทำการทดสอบ E_p (J)
แบบกล่องสี่เหลี่ยม	1,500	38	11,800
แบบกล่องลูกฟูก			
แบบกล่องรังผึ้ง			

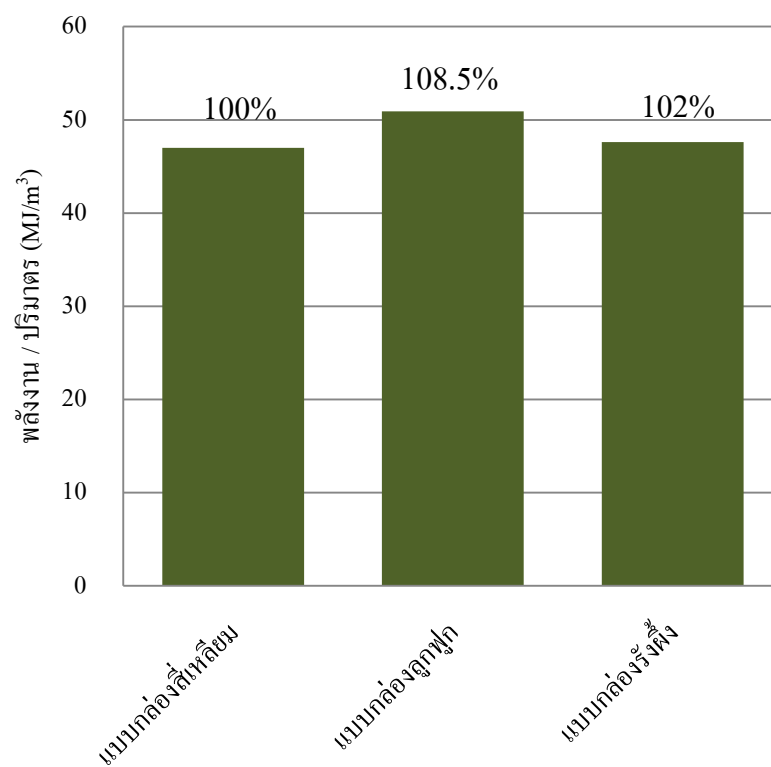
จากการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบโดยใช้วัสดุชนิดเดียวกัน แสดงให้เห็นค่าการดูดซับพลังงานของโครงสร้างแต่ละแบบ ซึ่งถูกคำนวณจากมุมสะท้อนกลับของลูกตุ้มหลังจาก

กระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ และจากการตรวจวัดระยะยุบของโครงสร้างทั้ง 3 แบบ เมื่อได้รับพลังงานจากการกระแทก พบว่าค่าที่ได้จากการทดสอบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

โครงสร้างกันแรง กระแทก	ระยะยุบตัว ของโครงสร้าง l (mm)	ร้อยละ การยุบตัว (%)	มุมสะท้อน กลับ β (°)	พลังงานที่ ดูดซับได้ E_p (J)	ร้อยละ การดูดซับ พลังงาน(%)
แบบกล่องสี่เหลี่ยม	60	30	10.5	6,318	53.5
แบบกล่องลูกฟูก	88	44	9	7,011	59.4
แบบกล่องรังผึ้ง	70	35	9.7	6,683	56.6

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบด้วยการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า สามารถสะท้อนให้เห็นระดับความสามารถของการดูดซับพลังงานที่โครงสร้างกันแรงกระแทกสามารถดูดซับได้แตกต่างกัน ดังนั้นความหลากหลายของลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างกันแรงกระแทกจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการดูดซับพลังงาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบแบบสถิต และผลจากการทดสอบด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลข นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบเป็นความสามารถการดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตรได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตรจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงการนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาแนวทางการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ เพื่อใช้เป็นทางเลือกสำหรับการทดสอบในภาคอุตสาหกรรม อีกทั้งเพื่อศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงานจากการกระแทก โดยอาศัยแนวทางการทดสอบอ้างอิงจากมาตรฐาน ECE R 29 และอาศัยสภาวะการทดสอบตามมาตรฐาน USA NCAP ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบการชนของรถยนต์มาประยุกต์ใช้กับการทดสอบความสามารถในการดูดซับพลังงานของโครงสร้างกันแรงกระแทก นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นไปที่การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับพลังงานและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างเมื่อได้รับพลังงานในรูปแบบพลศาสตร์และสถิตศาสตร์

จากวัตถุประสงค์ของโครงการที่ต้องการสร้างทางเลือกใหม่สำหรับการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์นั้นพบว่า ผลจากการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบโดยการจำลองเชิงตัวเลขได้ผลการยุบตัวของโครงสร้างแบบกล่องลูกฟูก 43.65% แบบกล่องรังผึ้ง 42.25% และแบบกล่องสี่เหลี่ยม 40.03% ตามลำดับ และยังทำการทดสอบในรูปแบบสถิตศาสตร์และพลศาสตร์ ซึ่งได้ผลไปในทิศทางเดียวกันแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูกสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่าแบบกล่องรังผึ้ง 2.8% และแบบกล่องสี่เหลี่ยม 5.9% เนื่องจากโครงสร้างแบบกล่องลูกฟูกสามารถรับความเค้นและความเครียดได้ต่อเนื่องมากกว่ารูปทรงอื่นๆ จึงส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับพลังงานได้ดีกว่าทั้งในการทดสอบแบบพลศาสตร์และสถิตศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นรูปแบบของโครงสร้างที่สามารถผลิตขึ้นเพื่อใช้งานได้จริง ซึ่งเหมาะสมจะเป็นรูปแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ

1) การสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบให้วัสดุเป็นเนื้อเดียวกันมีขั้นตอนการทำงานค่อนข้างยาก เนื่องจากไม่สามารถสร้างแม่พิมพ์เพื่อปั๊มขึ้นรูปโครงสร้างได้จึงทำให้โครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบไม่สามารถดูดซับพลังงานจากการทดสอบได้เท่าที่ควร

2) การปล่อยลูกตุ้มไปกระทบกับโครงสร้างกันแรงกระแทกทั้งสองข้างไม่เท่ากัน เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ทำการปลดล๊อคลูกตุ้มไม่ได้ยู่ตำแหน่งศูนย์กลาง ทำให้ลูกตุ้มแกว่งเมื่อทำการปล่อยลงไปกระทบกับโครงสร้างกันแรงกระแทก จึงส่งผลให้โครงสร้างกัน แรงกระแทกทั้งสองข้างรับพลังงานจากการกระทบได้ไม่เท่ากัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) การสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทกเพื่อใช้งานจริง ควรทำการสร้างด้วยวิธีการปั๊มขึ้นรูปจากแม่พิมพ์โลหะ เพื่อทำให้ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นภายในวัสดุขณะทำการทดสอบมีความต่อเนื่องและลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

2) ควรทำการแก้ไขอุปกรณ์ที่ใช้ทำการปลดล๊อคลูกตุ้มให้อยู่ในตำแหน่งศูนย์กลาง เพื่อให้ลูกตุ้มไม่เกิดการแกว่งเมื่อทำการปล่อยลูกตุ้มลงไปกระทบกับโครงสร้างกันแรงกระแทก



บรรณานุกรม

- ปราโมทย์ เตชะอำไพ. (2550). ไฟน์ตเอลลีเมนต์ในงานวิศวกรรม. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- รุ่งสุรีย์ ใจเขื่อนแก้ว. (2545). กลศาสตร์ของวัสดุ. สำนักพิมพ์ท็อป/แมคกรอฮิล
- สมพงษ์ ใจดี. (2539). ฟิสิกส์มหาวิทยาลัยเล่ม1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Ghasemnejad H., Hadavinia H., Marchant D. and Aboutorabi A., (2008). Energy absorption of thin-walled corrugated crash box in axial crushing. Structural Durability & Health Monitoring, Vol.4 Issue 1, pp. 29-46.
- Heung-Soo K., (2002). New extruded multi-cell aluminum profile for maximum crash energy absorption and weight efficiency. Thin-Walled Structures 40(2002), pp. 311-327.
- Lorenzo P., Massimiliano A. and Giovanni B., (2009). Comparison of the energy absorption capability of crash boxes assembled by spot-weld and continuous joining techniques. International Journal of Impact Engineering, Vol.36, Issue 3, pp. 498-511.
- Rusinek A., Zaera R., Forquin P. and Klepaczek J.R., (2008). Effect of plastic deformation and boundary conditions combined with elastic wave propagation on the collapse site of a crash box. Thin-Walled Structures, Vol.46 Issue 10, pp. 1143-1163.
- Santosa S. and Wierzbicki T., (1998). Crash behavior of box columns filled with aluminum honeycomb or foam. Computers & Structures, Vol.68 Issue 4, pp. 343-367.
- Toksoy A.K. and Güden M., (2010). Partial Al foam filling of commercial 1050H14 Al crash boxes: The effect of box column thickness and foam relative density on energy absorption. Thin-Walled Structures, Vol. 48, Issue 7, pp. 482-494.

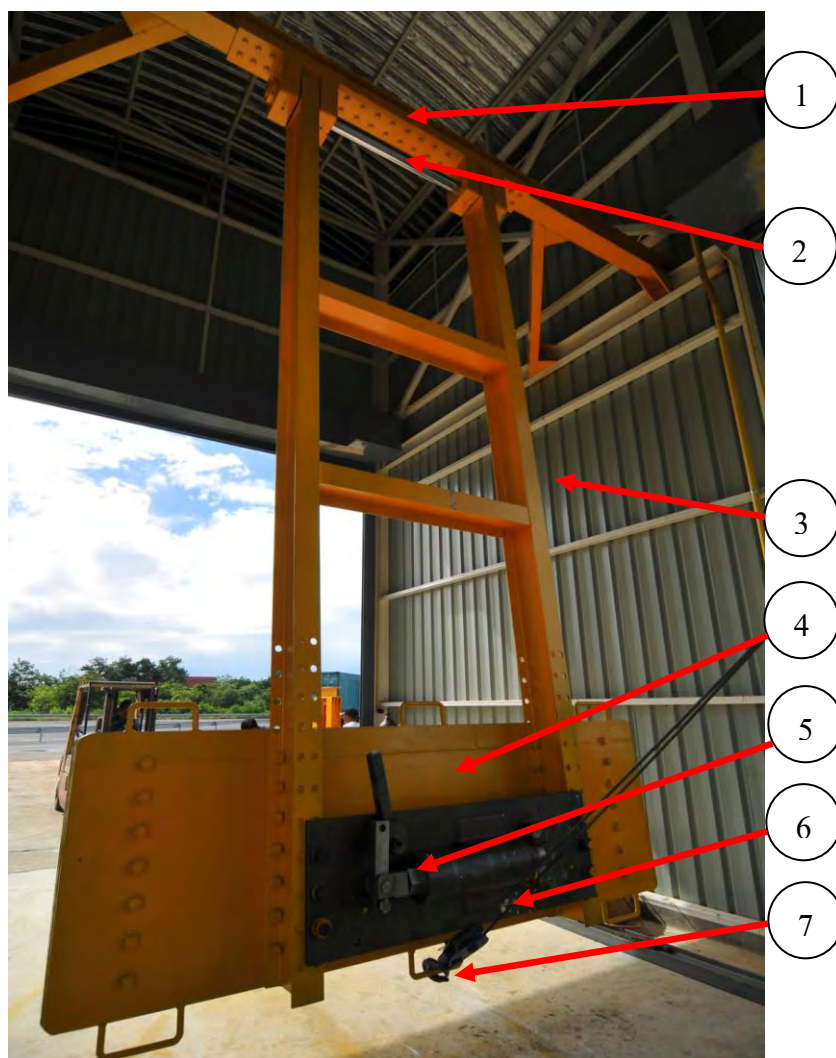
Yoshiaki N., Kenji T., Michitaka Y., Katsutoshi T. and Mitsutoshi K., (2005).
Development of crash-box for passenger car with high capability for energy
absorption. VII International Conference on Computational Plasticity,
Barcelona



ภาคผนวก
คู่มือการใช้งานเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้า



ส่วนประกอบเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้า



หมายเลข	ส่วนประกอบ
1	คานบน
2	เพลลา
3	แขนแกว่ง
4	ก้อนมวลกระแทก
5	กลไกปลดล็อก
6	สายเคเบิล
7	ตะขอเคเบิล

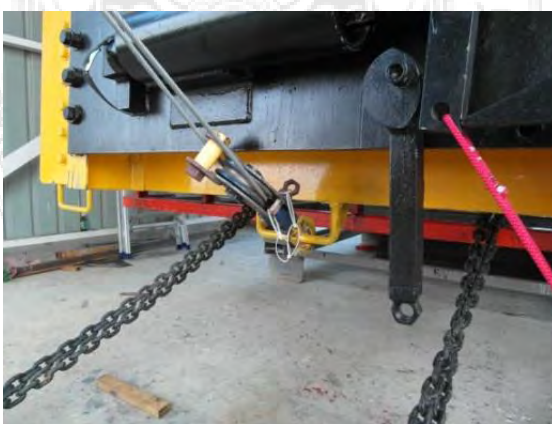
วิธีการทดสอบการกระแทกด้านหน้า

1. ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์การทดสอบ
 - 1.1 ตรวจสอบแบตเตอรี่
 - 1.2 ตรวจสอบสภาพสายเคเบิลต่างๆ
 - 1.3 ตรวจสอบสภาพกลไก และอุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนที่
2. เตรียมการทดสอบ
 - 2.1 นำโครงสร้างชุดทดสอบเข้าประจำจุดการทดสอบดังรูปที่ 1



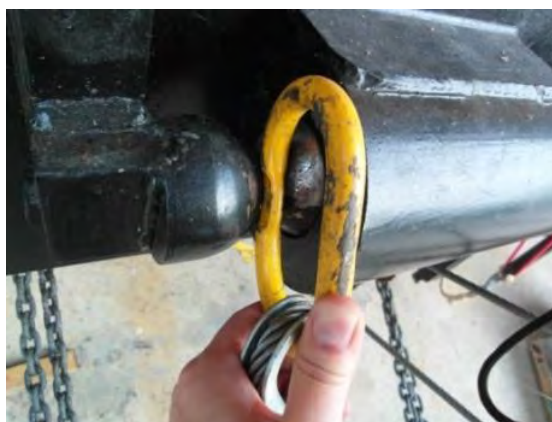
รูปที่ 2 จุดทำการทดสอบ

- 2.2 คล้องตะขอเคเบิลตัวที่ 1 ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตะขอเคเบิลตัวที่ 1

2.3 คล้องตะขอเคเบิลตัวที่ 2 ดังรูปที่ 3



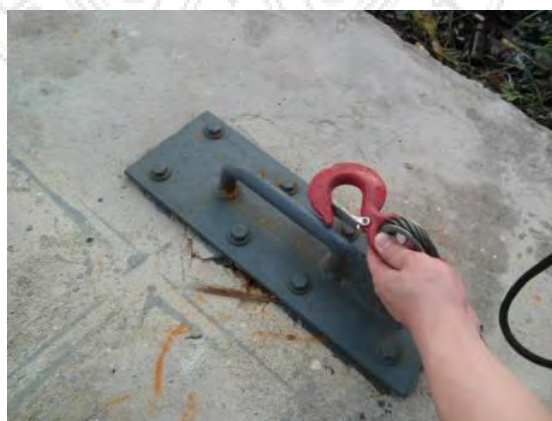
รูปที่ 3 ตะขอเคเบิลตัวที่ 2

2.4 กดสวิตช์เพื่อยกลูกตุ้มตามขนาดที่ได้กำหนดไว้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ยกลูกตุ้มตามขนาดที่ได้กำหนดไว้

2.5 คล้องตะขออีกด้านหนึ่งของปลายเคเบิลตัวที่ 2 เพื่อทำการยึดตำแหน่งระดับความสูงของลูกตุ้มดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 คล้องตะขออีกด้านหนึ่งของปลายเคเบิลตัวที่ 2

2.6 ปลดตะขอเคเบิลตัวที่ 1 ออก ดังรูปที่ 6

กลไกปลดตะขอตัวที่ 1



รูปที่ 6 ปลดตะขอตัวที่ 1

2.7 ปล่อยลูกตุ้มด้วยการกระตุกกลไกเพื่อปลดตะขอตัวที่ 2 ออก ดังรูปที่ 7

กลไกปลดตะขอตัวที่ 2



รูปที่ 7 การกระตุกกลไกเพื่อปลดตะขอตัวที่ 2

2.8 เมื่อชุดทดสอบหยุดการเคลื่อนที่แล้ว ให้ทำการตรวจสอบความเสียหายของโครงสร้าง ด้วยวิธีการวัดระยะยุบตัวต่างๆของโครงสร้าง

ประวัติผู้วิจัย



หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อนามสกุล- (ภาษาไทย) ผศ.วรวิทย์ วรนาวิน
(ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof.Vorawit Voranavin
2. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3 1002 02319 32 0
3. ตำแหน่งบริหารวิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน/
ตำแหน่งบริหาร -
ตำแหน่งวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ10800 พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ.
โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 138
โทรสาร: 02-9132424 ต่อ 138
E-mail: vorawit_nbk@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ระดับ ปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่ สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมการจัดการ อุตสาหกรรม	ม.พระจอมเกล้าพระนคร เหนือ	2551	ไทย
ปริญญาตรี	คอบ.	วิศวกรรมเครื่องกล	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี	2540	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
ความปลอดภัยในอุตสาหกรรม
เครื่องจักรการเกษตร
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์
การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัยหัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยใน
แต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการงานวิจัย :

- การพัฒนาวัสดุธรรมชาติเหลือใช้ภายในประเทศเพื่อผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ด้านความปลอดภัย

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

- การศึกษาปัจจัยของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน
- การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์จากกากผักตบชวา

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1.เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก	2549	การประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20	ทุนงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548	หัวหน้า โครงการ
2.The Specific Energy Consumption of Robusta Coffee Bean Separating	2553	การประชุมวิชาการ นานาชาติ ครั้งที่ 2 : Green Technology and Productivity	ม. เทคโนโลยีราชมงคล พระนคร	ผู้ร่วม วิจัย
3.เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟ โรบัสต้า	2553	ระบบฐานข้อมูลงานวิจัย วช.	ทุนงบประมาณแผ่นดิน ปี 2553	ผู้ร่วม วิจัย
4. ลิขสิทธิ์วรรณกรรมเรื่องเครื่อง คัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	2554	กรมทรัพย์สินทางปัญญา	ส่วนตัว	ผู้ร่วมจัด ลิขสิทธิ์
5การวิเคราะห์ความเข้มของความ. เค้นที่เกิดขึ้นในหัวรีฟอร์มด้วยวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์	2554	วารสารวิชาการและวิจัย มท พระนคร และลิขสิทธิ์. ประเภทวรรณกรรม	ม. เทคโนโลยีราชมงคล พระนคร	ผู้ร่วม วิจัย
6. เครื่องบดเมล็ดถั่วเหลืองเป็นผง แบ่งแบบจานร่วมกับลูกกลิ้ง	2555	ลิขสิทธิ์ ประเภทวรรณกรรม	ม. เทคโนโลยีราชมงคล พระนคร	ผู้ร่วม วิจัย
7. เครื่องสีกะลาจากแพรโรบัสต้า มลพิษต่ำ	2556	การประชุมวิชาการ มทร. ครั้งที่5(5 TH RMUTNC)	ม. เทคโนโลยีราชมงคล พระนคร	ผู้ร่วม วิจัย
8. การศึกษาโครงสร้างกันแรง กระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อ การดูดซับพลังงาน	2556	วารสารวิจัย มช.	ม. เทคโนโลยีราชมงคล พระนคร	หัวหน้า โครงการ

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ: -

ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นายพิเชษฐ์ บุญญาลัย
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Pichest Boonyalai
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1005 01696 87 7
3. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นอยู่ปัจจุบัน
ตำแหน่งบริหาร -
ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ ระดับ -
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ10800 พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ.
โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 138
โทรสาร:02-9132424 ต่อ 138
E-mail: tiaw_pichest@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับ ปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่ สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาตรี	อส.บ.	เทคโนโลยีเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2550	ไทย
ปริญญาโท	วศ.ม.	การจัดการ อุตสาหกรรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ	2554	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)
 - เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Economics)
 - เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละ
ข้อเสนอการวิจัย
 - 7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : -
 - 7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : -
 - 7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ดังตารางแสดงถัดไป

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1. ผลกระทบและประสิทธิภาพผ้าเบรกเชิงเสียงรบกวน และสัมประสิทธิ์ความเสียหาย	พ.ศ.2552	Industry Subcontracting Exhibition of Thailand 2009	บริษัท คอมแพ็ค อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล จำกัด (1994)	นักวิจัย
2. Investigation of Brake Noise Parameters Using Single Dynamometer	Apr.2009	The 5 th International Conference on Automotive Engineering ICAE-5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	นักวิจัย/ ผู้นำเสนอ
3. Econo Power Car	Jun.2010	The 2 nd RMUTP International Conference : Green Technology and Productivity	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย/ผู้นำเสนอ
4. Analysis of Clutch Materials behaviour : Comparison between Coefficient of Friction Testing and Full Size Testing	Jun.2012	World Academe of Science, Engineering and Technology 66, 2012	EXEDY Friction Material Co. LTD	ผู้ช่วยวิจัย
5. Study and Trend of Development for Electric Railway and Related Industries in Thailand) Phase 2)		รอเผยแพร่	Industrial Technology Assistance Program	ผู้ร่วมวิจัย
6. โครงการศึกษาเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ เพื่อจัดทำร่างกฎกระทรวงเฉพาะด้านประสิทธิภาพพลังงาน ตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550	พ.ศ.2555	RMUTP Research Journal, Vol.6, No.2,	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ผู้ร่วมวิจัย
7. Design and Development of Bus structure for single and double deck		รอเผยแพร่	กรมขนส่งทางบก	ผู้ช่วยวิจัย
8. เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียหาย	พ.ศ.2555	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่2ฉบับที่ 22	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
9. การทดสอบการอัดตัวของวัสดุผสมภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ	พ.ศ.2556	KKU Research Journal Vol.18, No.2	มทร.พระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

10. การศึกษาโครงสร้างกันแรง กระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการ ดูดซับพลังงาน	พ.ศ.2556	วารสารวิจัย มข.	ม. เทคโนโลยีราชม งคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
11. การศึกษาลักษณะทางกายภาพ จานเบรกที่ส่งผลกระทบต่อ ความสามารถการเบรก	พ.ศ.2556	วารสารวิชาการพระจอมเกล้า พระนครเหนือ	ม. เทคโนโลยีราชม งคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
12. Study of heat transfer on front- and back-vented brake discs	2013	Songklanakarin J. Sci. Technol. 35(6)	ม. เทคโนโลยีราชม งคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

