




การศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ด้วยวัสดุทางเลือกที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน
A Study of Crash Boxes with Alternative Materials Referred to Energy Absorption

นายวีรพัฒน์ สายหยุด
นายวัฒนา กอรัตน์
นายธนาภักดิ์ จันทระเสน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2555

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ด้วยวัสดุทางเลือกที่ส่งผล
ต่อการดูดซับพลังงาน
โดย นายวีรพัฒน์ สายหยุด นายวัฒนา กอรัตน์ และนายธนาภักดิ์ จันทระเสน
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2555
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิทย์ วรรณาวิน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นายศุภชัย หลักคำ

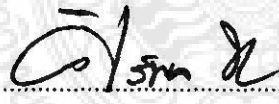
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต



..... หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีโรจน์ ฤทธิ์ทอง)

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(นายกุลยศ สุวันโรจน์)


..... กรรมการ
(ว่าที่ ร.ต.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี)


..... กรรมการ
(นายศิริพล ทองอ่อน)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิทย์ วรรณาวิน)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายศุภชัย หลักคำ)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ด้วยวัสดุทางเลือกที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน
โดย	นายวีรพัฒน์ สายหยุด นายวัฒนา กอรัตน์ และนายธนาภักดิ์ จันทรเสน
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรัญญู วรนาวิน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายสุภชัย หลักคำ

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากในประเทศไทย โครงสร้างกันแรงกระแทกเป็นอีกชิ้นส่วนหนึ่งที่สำคัญเป็นอย่างมากในด้านความปลอดภัย ส่งผลให้มีการออกแบบและผลิตจากวัสดุที่หลากหลาย และนำไปสู่ความพยายามในการนำวัสดุทางเลือกมาผลิตโครงสร้างกันแรงกระแทกที่สามารถรักษาคุณสมบัติด้านความปลอดภัยไว้ได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าวคณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีแนวความคิดในการพัฒนาการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูก ซึ่งมีความสามารถเชิงปริมาตรที่ดีกว่ารูปทรงอื่น[3] โดยเลือกใช้วัสดุทางเลือก คือ อลูมิเนียม อลูมิเนียมเสริมโฟม เรซินเสริมไฟเบอร์กลาส และเรซินเสริมฝักตบชวา และแคลบ โดยมุ่งเน้นไปที่การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับพลังงานและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างเมื่อได้รับพลังงานในรูปสถิติศาสตร์จากการกดจากเครื่องทดสอบ และแบบพลศาสตร์จากการกระแทกด้านหน้าจากชุดลูกตุ้ม ซึ่งอาศัยสถานะการทดสอบที่อ้างอิงจากมาตรฐาน US NCAP และ ECE R 29 บางส่วนมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบ

จากผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบสถิติทั้ง 4 แบบ พบว่าโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบอลูมิเนียมเสริมโฟม มีค่าการดูดซับพลังงานต่อปริมาตรเท่ากับ 189 MJ/m^3 ซึ่งมากกว่าแบบเรซินเสริมฝักตบชวาและแคลบ ที่มีค่า 1 MJ/m^3 ถึง 188 เท่า และเมื่อนำค่าเมื่อนำค่าการดูดซับพลังงานต่อปริมาตรของอลูมิเนียมเสริมโฟมมาเปรียบเทียบกับเหล็กที่ได้จากโครงงานวิศวกรรมก่อนหน้า[3] ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20 MJ/m^3 จะเห็นได้ว่าอลูมิเนียมเสริมโฟมมีคุณสมบัติที่ดีกว่าถึง 8.45 เท่า ในขณะที่การทดสอบแบบกระแทกด้านหน้าไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากขนาดของโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ทำจากวัสดุดังกล่าวไม่เหมาะสมกับขนาดพลังงานที่กำหนด และเกิดการแตกหักและฉีกขาด ทำให้ชุดลูกตุ้มกระแทกเข้ากับชุดโครงสร้าง จึงไม่สามารถนำผลการทดสอบมาประมวลผลได้

Project Titel	A Study of Crash Boxes with Alternative Materials Referred to Energy Absorption
By	Mr. Virapat Sayyood Mr. Watana Korut And Mr. Tanapat Chunderasen
Department	Mechanical Engineering
Academic Year	2012
Project Advisor	Asst. Prof. Vorawit Voranawin
Project Co Advisor	Mr. Supachai Lakkam

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 the alternative materials for product.

Consequently, this project was aimed to design and test crash boxes which made from the diversity of the alternative materials such as aluminum, aluminum reinforced by foam, resin reinforced by fiberglass, resin reinforced by water hyacinth and resin reinforced by water hyacinth and husk. In addition, it was also emphasized in studying energy absorption behavior and physical deformation of crash boxes after dynamic and static energy being applied. The experimental works were applied for these tests in partly referenced to US NCAP and ECE R29 standard for automobile collision test.

Testing all types of crash boxes indicated that the aluminum reinforced by foam type was able to absorb energy at 189 MJ/m^3 . It is higher than resin reinforced by water hyacinth and husk at 1 MJ/m^3 as 188 times. Furthermore, the comparison of the energy absorption (per unit volume) between the aluminum reinforced by foam type and the steel type from the previous project equivalent 20 MJ/m^3 found that it is 8.45 times of difference. While the front impact test was not successful because the size of crash boxes was not suitable for the energy volume. It was a cause for non-available calculation of energy absorption value.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรวิน อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทและอาจารย์ศุภชัย หล้าคำ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญาโท รวมถึงคณะกรรมการสอบปริญญาโทและคณาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านซึ่งให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ ตลอดจนควบคุมการทำปริญญาโทจนประสบความสำเร็จด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณสำนักวิศวกรรมยานยนต์ กรมการขนส่งทางบกที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบโครงการ

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่สนับสนุนทางด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจให้เป็นอย่างดีเยี่ยม มาโดยตลอด ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากปริญญาโทฉบับนี้ ผู้จัดทำโครงการขอมอบเป็น กตัญญูตาบูชาแต่ บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุน ทุนนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ เพื่อใช้ในการทำโครงการนี้

นายวีรพัฒน์ สายหยุด

นายวัฒนา กอรัตน์

นายธนาภัทธ์ จันทรเสน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูป	ญ
คำอธิบายและสัญลักษณ์ย่อ	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากโครงการ	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 วัสดุวิศวกรรม	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง	6
2.3 ทฤษฎีที่ใช้สำหรับการออกแบบเครื่องทดสอบ	8
3. การดำเนินงานและการสร้าง	13
3.1 การคำนวณหาค่าพลังงานและมูมยกเพื่อใช้ทดสอบแบบกระแทกด้านหน้า	15
3.2 การออกแบบและการสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก	16
3.3 การออกแบบและการสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทก	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.4 การทดสอบแบบสถิต (Static tests)	27
3.5 การทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า (Dynamic tests)	29
4. ผลการทดสอบ	36
4.1 ผลการทดสอบแบบสถิต (Static tests)	36
4.2 ผลการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า (Dynamic tests)	40
5. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	43
5.1 สรุปผลการทดสอบ	43
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ	44
5.3 ข้อเสนอแนะ	44
บรรณานุกรม	45
ภาคผนวก ก ส่วนประกอบเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้า	46
ภาคผนวก ข ตารางคุณสมบัติ	49
ภาคผนวก ค แบบชุดทดสอบ	55
ประวัติผู้จัดทำปริญญาานิพนธ์	60

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 คุณสมบัติวัสดุของการทดสอบแบบสถิต	36
4.2 การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบสถิต	40
4.3 สภาวะการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	41
4.4 การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	41



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ตำแหน่งของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์	2
2.1 ชนิดโลหะที่เป็นเหล็ก	4
2.2 ชนิดโลหะที่ไม่มีเหล็ก	5
2.3 การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟกรณีแรงกระทำมีค่าไม่คงตัว	6
2.4 แสดงการเคลื่อนที่ของมวลก่อนและหลังการชน	8
2.5 ระบบการรองรับของคานแบบง่าย	8
2.6 แรงกระจายสม่ำเสมอ	9
2.7 Simply supported beam มีแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง	9
2.8 มาตรฐานการชนแบบด้านหน้า ECE R 29	11
2.9 มาตรฐานการชนแบบด้านหน้า US NCAP	12
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	14
3.2 แบบจำลองการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	16
3.3 แบบจำลองชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก	17
3.4 คานรองรับแผ่นถ่วงน้ำหนัก	18
3.5 การพิจารณาสมดุลของคาน	18
3.6 แผนภาพโมเมนต์ตัด	19
3.7 พื้นที่หน้าตัดของโครงสร้าง	22
3.8 ชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก	22
3.9 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบสถิต	23
3.10 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	23
3.11 การตัดและการอัดขึ้นรูปโครงสร้างกันแรงกระแทก	24
3.12 รูปแบบโครงสร้างกันแรงกระแทก	24
3.13 รูปแบบที่ขึ้นรูปด้วยอลูมิเนียมเสริมโฟม	25
3.14 ขึ้นรูปด้วยชิ้นงานอลูมิเนียม	25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 รูปแบบการขึ้นรูปเรซินเสริมไฟเบอร์กลาส	26
3.16 เรซินเสริมฝักตบชาและเกลบ	26
3.17 หลังจากนำเรซินเสริมฝักตบชาและเกลบ	27
3.18 รูปแบบที่ขึ้นรูปด้วยเรซินเสริมฝักตบชากับเกลบ	27
3.19 เครื่องทดสอบแรงกด	28
3.20 การชั่งน้ำหนักโครงสร้างกันแรงกระแทก	28
3.21 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกบนเครื่องทดสอบ	29
3.22 การยู่ตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทก	29
3.23 การติดตั้งชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก	30
3.24 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทก	30
3.25 การติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมแบบดิจิตอล	31
3.26 การติดตั้งชุดเลเซอร์บอกระยะ	31
3.27 การตั้งกลไกปลดล๊อคตุ้มน้ำหนัก	32
3.28 การคล้องตะขอเคเบิ้ล	32
3.29 การยกตุ้มด้วยรอกไฟฟ้า	33
3.30 การบันทึกวิดีโอการทดสอบ	33
3.31 การปลดล๊อคตุ้มน้ำหนัก	34
3.32 การวัดค่าการยู่ตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทก	34
3.33 มุมสะท้อนของตุ้มหลังจากกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทก	35
4.1 ผลงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบลูมินีเยม	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 ผลงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบอลูมิเนียมเสริมโฟม	38
4.3 ผลงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบเรซินเสริมผ้าก๊อช และเกลบ	38
4.4 ผลงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบเรซินเสริมไฟเบอร์กลาส	39
4.5 การเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบสถิติทั้ง 4 รูปแบบ	40



คำอธิบายและสัญลักษณ์ย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
F	แรงกิริยา	N
I	โมเมนต์อินเนอร์เซีย	mm ⁴
M	โมเมนต์	Nm
R	แรงปฏิกิริยา	N
V	แรงเฉือน	N
W	งาน	J
E _k	พลังงานจลน์ของระบบ	J
E _p	พลังงานศักย์ของระบบ	J
M _{max}	โมเมนต์สูงสุด	Nm
N _y	ค่าความปลอดภัย	-
b	ความกว้าง	mm
c	แกนสะเทิน	mm
g	ความเร่งโน้มถ่วงของโลก	m/s ²
h	ความสูงของโครงสร้าง	mm
l	ความยาวของโครงสร้าง	mm
m	มวล	kg
r	รัศมี	m
t	ความหนา	mm
v	ความเร็ว	m/s
x	ระยะกระจัด	m
l ₀	ความยาวเดิมของโครงสร้าง	mm
Σ	ผลรวม	-
∇	ปริมาตร	mm ³
α	มุมยก	° (องศา)

คำอธิบายและสัญลักษณ์ย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
β	มุมสะท้อน	° (องศา)
σ_y	ความเค้น	N/m^2
σ_m	ความเค้นสูงสุด	N/m^2



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจภายในประเทศไทย ในขณะที่รถยนต์ส่วนใหญ่ถูกออกแบบโดยวิศวกรต่างชาติ และถูกถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อทำการผลิตในประเทศไทย โดยเฉพาะระบบสำคัญต่างๆ ในยานยนต์ ซึ่งรวมถึงระบบความปลอดภัยในรถยนต์ด้วย โครงสร้างกันแรงกระแทกเป็นอีกชิ้นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการใช้งานและมีบทบาทในด้านความปลอดภัยเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการออกแบบและปรับใช้เพื่อความเหมาะสมในด้านการผลิตและการใช้งาน แต่กลับพบว่าโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ถูกติดตั้งในรถยนต์ที่มีจำหน่ายภายในประเทศนี้ มีคุณภาพค่อนข้างต่ำกว่าที่มีใช้อยู่ในต่างประเทศ และไม่สามารถเทียบกับคุณสมบัติของโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ถูกติดตั้งในรถยนต์ที่มีจำหน่ายในต่างประเทศได้ อันเป็นผลมาจากข้อจำกัดในด้านการผลิตและวัสดุที่มีอยู่ในประเทศ มากไปกว่านั้นต้นทุนสำหรับการทดสอบมีราคาสูงมาก ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนด้านเครื่องมือการทดสอบสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศ ซึ่งไม่เพียงพอที่จะเอื้ออำนวยต่อการใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์ในอนาคต รวมถึงการก้าวไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับชิ้นส่วนยานยนต์อีกด้วย

จากปัญหาดังกล่าว ทำให้การออกแบบรถยนต์ที่ใช้งานในประเทศมีมาตรฐานความปลอดภัยที่ไม่เทียบเท่ามาตรฐานความปลอดภัยจากต่างประเทศ ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นได้จากความเสียหายที่ปรากฏขึ้นหลังจากการเกิดอุบัติเหตุ โดยโครงสร้างกันแรงกระแทกส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในรถยนต์ดังรูปที่ 1.1 นั้นไม่สามารถดูดซับแรงกระแทกและลดความเสียหายหลังจากการเกิดอุบัติเหตุได้เท่าที่ควรจะเป็นเมื่อเทียบกับมาตรฐานสากล



รูปที่ 1.1 ตำแหน่งของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ [5]

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงมีการศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน โดยกลุ่มนักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาคปกติ ปีการศึกษา 1/2555 ซึ่งโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบในขณะนั้นทำขึ้นจากเหล็ก โดยใช้การจำลองเชิงตัวเลขได้ผลการยุบตัวของโครงสร้างแบบกล่องลูกฟูก 43.65% แบบกล่องรังผึ้ง 42.25% และแบบกล่องสี่เหลี่ยม 40.03% ตามลำดับ ดังนั้นทางกลุ่มจึงมีแนวความคิดที่จะเลือกรูปทรงของโครงสร้างกันแรงกระแทกที่สามารถดูดซับพลังงาน คือ แบบลูกฟูกมาทำการพัฒนาด้วยวิธีการเปลี่ยนวัสดุ และยึดแนวทางการทดสอบข้างต้นในการทดสอบหาความสามารถการดูดซับพลังงาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของวัสดุที่หลากหลาย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้รับจากโครงการนี้คือโครงสร้างกันแรงกระแทกที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านการพัฒนาและการออกแบบยานยนต์ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมการออกแบบยานยนต์ให้กับประเทศ ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ประเทศไทยจะได้รับ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

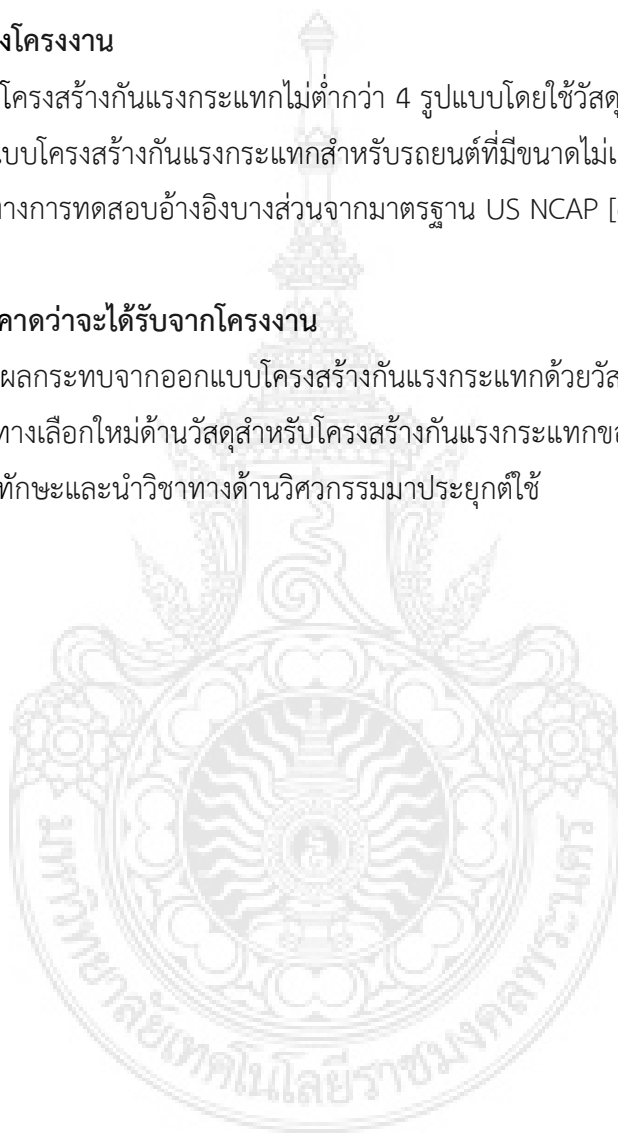
- 1.2.1 เพื่อศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกจากวัสดุทางเลือก
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบด้านการดูดซับพลังงานของโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ทำจากวัสดุทางเลือก

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกไม่ต่ำกว่า 4 รูปแบบโดยใช้วัสดุทางเลือก
- 1.3.2 ออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกสำหรับรถยนต์ที่มีขนาดไม่เกิน 1 ตัน
- 1.3.3 แนวทางการทดสอบอ้างอิงบางส่วนจากมาตรฐาน US NCAP [6] และ ECE R 29 [7]

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

- 1.4.1 ทราบผลกระทบจากออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกด้วยวัสดุทางเลือก
- 1.4.2 สร้างทางเลือกใหม่ด้านวัสดุสำหรับโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์
- 1.4.3 ได้ฝึกทักษะและนำวิชาทางด้านวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง การออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทก และการสร้างชุดทดสอบ ซึ่งในการออกแบบ และสร้างชุดทดสอบนั้นจำเป็นต้องมีการคำนวณหาค่าเบื้องต้นเพื่อเป็นการสร้างความปลอดภัยในการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

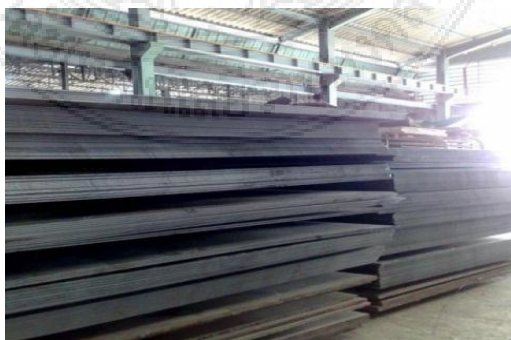
2.1 วัสดุวิศวกรรม [8]

คือวัสดุที่นำไปใช้ในงานทางด้านวิศวกรรม ซึ่งทางคณะผู้จัดทำโครงการได้สร้างทางเลือกในการสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทก เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

2.1.1 วัสดุประเภทโลหะ

วัสดุประเภทนี้ถือว่าเป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic substances) ที่ประกอบด้วยธาตุที่เป็นโลหะชนิดเดียวหรือหลายชนิด บางครั้งอาจมีโลหะผสมอยู่โดยทั่วไปพวกโลหะจะมีสมบัติเฉพาะที่เป็นตัวนำไฟฟ้า และความร้อนที่ดีมีความแข็งแรงสูง เหนียวอ่อนตัวได้เป็นต้น ถ้านำโลหะบริสุทธิ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกันจะได้โลหะผสม แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

2.1.1.1 ชนิดโลหะที่เป็นเหล็ก (Ferrous metals) และโลหะผสม ที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น เหล็กเหนียว เหล็กหล่อ เหล็กกล้า ฯลฯ เป็นวัสดุโลหะที่ใช้กันมากที่สุดในวงการอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงสามารถปรับปรุงคุณภาพ และเปลี่ยนแปลงรูปได้หลายวิธี เช่น การหล่อ การกลึง การอัด รีดขึ้นรูป เป็นต้น ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ชนิดโลหะที่เป็นเหล็ก [9]

2.1.1.2 ชนิดโลหะที่ไม่มีเหล็ก (Non-ferrous metals) และโลหะผสมที่ไม่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลักหรือมีเหล็กก็จะมีอยู่น้อย เช่น อลูมิเนียม เป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบา โลหะผสมของอลูมิเนียมใช้กันมากอลูมิเนียมหนักเพียงหนึ่งในสามของเหล็ก และสามารถนำไฟฟ้าได้ดี ในผิวโลกมีอลูมิเนียมมากกว่าโลหะอื่นๆ อลูมิเนียมมีสีขาวเหมือนเงิน เนื้อเป็นมันวาวงดงามไม่หมองง่าย อาจถึงเป็นเส้นลวดขนาดเล็กยิ่งกว่าเส้นผม หรือ ดีแฉ่เป็นแผ่นบางๆ ที่บางมากราวกับกระดาษ อลูมิเนียมไม่สึกกร่อนโดยง่าย และจะทำปฏิกิริยากับกรด และต่างบางชนิดเท่านั้น เมื่อผสมโลหะอื่นบางชนิดลงไป ในเนื้ออลูมิเนียมจะได้โลหะผสมซึ่งแข็งแรง ทนทาน และเหนียวกว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์มากดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ชนิดโลหะที่ไม่มีเหล็ก [10]

2.1.2 วัสดุประเภทพลาสติกหรือพอลิเมอร์

วัสดุพวกนี้เป็นสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยธาตุ C, H, N, Cl, F, S และ O เป็นต้น พอลิเมอร์เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ มีโครงสร้างที่ต่อกันยาวหรือเป็นโครงข่าย พอลิเมอร์เป็นสารที่ไม่มีรูปร่างผลึกเป็นส่วนใหญ่ แต่บางชนิดเป็นของผสมที่มีรูปร่างผลึก และไม่มีรูปร่างผลึกปนกัน จึงมีคุณสมบัติที่กว้างมาก มีทั้งแข็งแรง และอ่อน เป็นฉนวนไฟฟ้า มีจุดหลอมเหลวทั้งสูง และต่ำ โดยทั่วไปพอลิเมอร์มีความหนาแน่นต่ำ ส่วนพลาสติกเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ เทอร์โมพลาสติก เป็นพลาสติกชนิดที่สามารถหลอมเหลวได้ด้วยความร้อนอีกชนิดหนึ่งคือ เทอร์โมเซตเป็นพลาสติกที่ไม่สามารถหลอมเหลวได้ เมื่อแข็งตัวแล้วเป็นพลาสติกที่แข็งแรงแต่เปราะ

2.1.3 วัสดุธรรมชาติ [6]

เป็นวัสดุที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ดิน หิน แร่ธาตุ ต้นไม้ ขนสัตว์ เส้นใยพืช เป็นต้น การนำวัสดุธรรมชาติมาใช้ประโยชน์โดยตรงจะไม่ค่อยสะดวกในการใช้งาน

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง [1]

2.2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแรง

แรงในที่นี้หมายถึงแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อวัตถุในรูปของแรงกดหรือแรงอัดเพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบทางกายภาพโดยแรงเป็นผลมาจากการใช้พลังงาน ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$F = mg \quad (2.1)$$

โดยที่ F คือ แรงกิริยา (N)

m คือ มวล (kg)

g คือ ความเร่งจากแรงดึงดูดโลก (9.81 m/s^2)

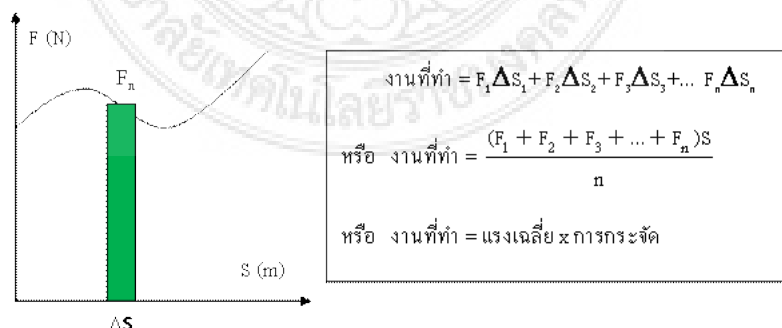
จากนั้นสามารถหางานจากพื้นที่ใต้กราฟของแรง และระยะทางเนื่องจากงานเป็นผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรง หางานด้วยวิธีคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟได้ดังนี้

$$W = FS \quad (2.2)$$

โดยที่ W คือ งาน (J)

S คือ ระยะทาง (m)

ดังนั้น งานจะขึ้นอยู่กับแรง และระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ตามแนวแรงกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง และการจัดจะบอกให้ทราบขนาดของงานที่ทำดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟกรณีแรงกระทำมีค่าไม่คงตัว

2.2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับงาน และพลังงาน

พลังงานหมายถึง ความสามารถในการเกิดงาน ซึ่งเป็นผลการทำงานของแรงทำให้วัตถุหรือสิ่งใดๆ เคลื่อนที่หรือทำให้สสารเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่น ทำให้สสารร้อนขึ้นหรือเปลี่ยนสถานะ พลังงานนั้นสามารถจัดเก็บไว้ได้ และพลังงานไม่สามารถถูกทำลายได้แต่สามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้เช่น พลังงานแสงไปเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลหรือ พลังงานความร้อน เป็นต้น ในการทดสอบได้พลังงานดังต่อไปนี้

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

$$E_p = mgr - r \cos \alpha \quad (2.3)$$

โดยที่ E_p คือ พลังงานศักย์ (J)
 r คือ ความยาวแขนลูกตุ้ม (m)
 α คือ มุมยกลูกตุ้มเริ่มต้นก่อนกระแทก ($^{\circ}$)

2.) พลังงานจลน์ (Kinetic energy : E_k) คือ พลังงานที่มีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น พลังงานของรถยนต์ที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว สามารถคำนวณพลังงานจลน์โดยใช้สมการดังนี้

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.4)$$

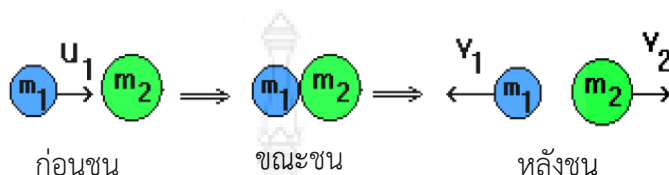
โดยที่ E_k คือ พลังงานจลน์ (J)
 v คือ ความเร็วที่วัตถุเคลื่อนที่ (m/s)

2.2.3 ทฤษฎีการชน และโมเมนตัม

กรณีการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกจัดอยู่ในรูปแบบการชนในแนวตรง (1 มิติ) เป็นการชนกันแนวผ่านจุดศูนย์กลางมวล และเป็นการชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น เมื่อชนกันแล้วเกิดการสูญเสียพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานความร้อน เสียง แสง แต่โมเมนตัมของระบบคงตัว (ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ) สามารถหาพลังงานได้ดังนี้

$$E_k (\text{ที่สูญเสียไป}) = \sum E_k (\text{ก่อนชน}) - \sum E_k (\text{หลังชน}) \quad (2.5)$$

ในกรณีที่มวลก้อนเล็กวิ่งไปชนมวลก้อนใหญ่ ภายหลังจากการชนมวลก้อนเล็กจะกระเด็นกลับ ส่วนมวลก้อนใหญ่จะเคลื่อนที่ไปทิศเดียวกับมวลก้อนเล็กก่อนชน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการเคลื่อนที่ของมวลก่อน และหลังการชน [1]

2.3 ทฤษฎีที่ใช้สำหรับการออกแบบเครื่องทดสอบ [3]

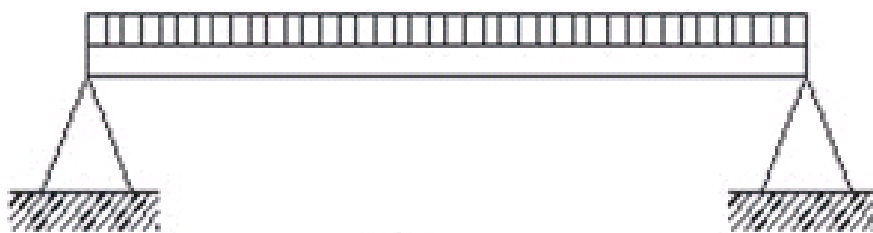
2.3.1 ทฤษฎีโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนของคาน (Bending Moment and Shearing Force)

การพิจารณาท่อนโลหะ ซึ่งอยู่ภายใต้ความเค้นดิ่ง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน ซึ่งมีค่าคงที่ตลอดภาคตัด โดยเฉพาอย่างยิ่งคานอยู่ภายใต้แรงที่กระทำในแนวดิ่ง ความเค้นที่เกิดขึ้นจะมีทั้งความเค้นดิ่ง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน แต่มีค่าไม่คงที่ตลอดภาคตัดอันหนึ่ง

การรองรับของคาน เป็นระบบการรองรับคานแบบง่าย (Simple supported beam) มีลักษณะการรองรับเป็นคมมีดหรือลูกกลิ้งรองรับอยู่ดังรูปที่ 2.5 และมีแรงกระจายดังรูปที่ 2.6

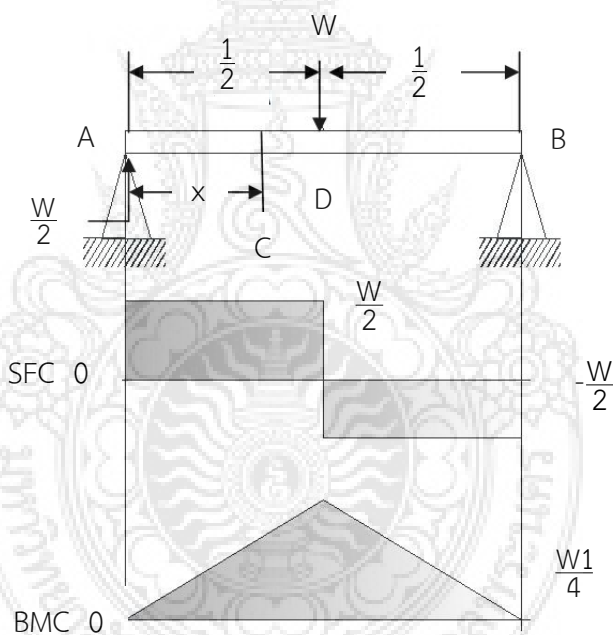


รูปที่ 2.5 ระบบการรองรับของคานแบบง่าย [3]



รูปที่ 2.6 แรงกระจายสม่ำเสมอ [3]

จากรูปที่ 2.6 สามารถพิจารณาให้อยู่ในรูปของแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง (Simply supported beam) และเขียนเป็นแผนภาพโมเมนต์ตัดได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 Simply supported beam มีแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง [3]

การหาแรงเฉือน SF ก่อนอื่นต้องหาแรงปฏิกิริยาที่ A และ B เนื่องจากแรงกระทำตรงกลางแรงปฏิกิริยามีค่าเท่ากันเท่ากับ $\frac{W}{2}$ และในช่วง AC จะได้ค่า

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

เมื่อผ่านจุด C

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

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

2.3.2 ความเค้นดัด และการเสียรูปในช่วงอีลาสติก

ชิ้นส่วนโครงสร้างที่รับโมเมนต์ซึ่งมีขนาดเท่ากัน และมีทิศทางตรงกันข้าม กระทำอยู่ในระนาบเดียวกันซึ่งเป็นระนาบในแนวความยาวนั้น เรียกว่าอยู่ในสภาพแรงดัดล้วน ซึ่งจะพบว่าถ้าตัดหน้าตัดผ่านชิ้นส่วน จะทำให้แรงเล็กๆที่กระทำบนชิ้นส่วนเทียบเท่ากับโมเมนต์ ดังนั้นแรงภายในหน้าตัดใดๆในชิ้นส่วนโครงสร้างที่รับแรงดัดล้วนจะเทียบเท่ากับโมเมนต์ดัดนั้นๆ โมเมนต์นี้เรียกว่า (Bending moment) สามารถหาโมเมนต์ดัดจากการพิจารณาสมดุลของคาน และคำนวณได้จาก

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

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)

และสามารถพิจารณากรณีที่โมเมนต์ดัดทำให้เกิดความเค้นในแนวตั้งฉากซึ่งมีค่าไม่เกินกำลังคลากของวัสดุ นั้นหมายถึงความเค้นมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดความเป็นปฏิกิริยา (Proportional limit) และขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic limit) ด้วย ดังนั้นจะไม่มี การเสียรูปอย่างถาวรเกิดขึ้น และสามารถใช้กฎของฮุกได้ สมมติว่าวัสดุเป็นเนื้อเดียวกันในกรณีของแรงดัดล้วน แกนสะเทินจะผ่านจุดเซนทรอยด์ของหน้าตัด คือโมเมนต์อินเนอร์เซียหรือโมเมนต์ที่สองของหน้าตัด โดยเทียบกับแกนสะเทินซึ่งตั้งฉากกับระนาบของโมเมนต์ และเมื่อต้องการหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของคานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยสามารถหาได้จากสมการ

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

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)

2.3.3 ค่าความปลอดภัย [1]

ค่าความปลอดภัยหมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านทานแรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้ความเค้นสำหรับใช้งาน (Working stress) ในชิ้นส่วนที่ต้องการออกแบบหรือเรียกว่าความเค้นออกแบบ (Design stress) จากตาราง ข-6

2.4 มาตรฐานในการทดสอบ

2.4.1 มาตรฐานการทดสอบ ECE R 29 [7]

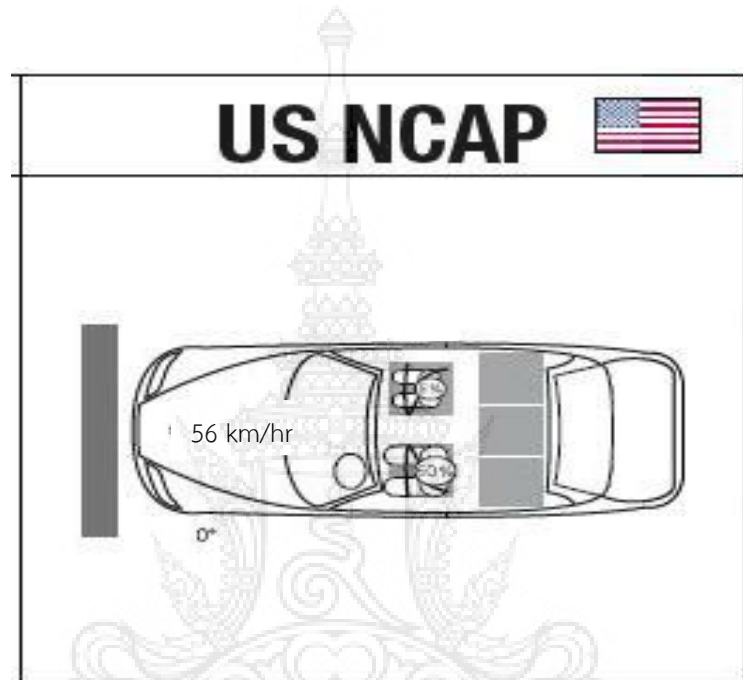
เนื่องจากการทดสอบการกระแทกด้านหน้าของรถยนต์นั้น ใช้พลังงานในการกระแทกอ้างอิงบางส่วนมาจากมาตรฐาน ECE R 29 ที่มีข้อกำหนดในการกำหนดพลังงานที่ใช้ทำการทดสอบการกระแทกที่ 35,000 J สำหรับใช้ในการทดสอบรถโดยสารที่มีขนาดไม่เกิน 7 ตัน และที่ 45,000 J สำหรับใช้ในการทดสอบรถโดยสารที่มีขนาดมากกว่า 7 ตันขึ้นไปดังรูปที่ 2.8 โดยเครื่องทดสอบแบบกระแทกด้านหน้ามีส่วนประกอบตามตาราง ก-1 ติดตั้งอยู่ที่กรมการขนส่งทางบก อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี



รูปที่ 2.8 มาตรฐานการชนแบบด้านหน้า ECE R 29 [11]

2.4.2 มาตรฐานการทดสอบ US NCAP [6]

เนื่องจากการทดสอบการกระแทกด้านหน้าของรถยนต์นั้น ใช้พลังงานในการกระแทกอ้างอิงมาจากมาตรฐาน US NCAP ซึ่งได้กำหนดความเร็วในการทดสอบสำหรับรถยนต์ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 1 ตันไว้ที่ 56 km เมื่อนำความเร็วที่อ้างอิงมาทำการหาพลังงานในการทดสอบและมูมยกในการทดสอบได้ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 มาตรฐานการชนแบบด้านหน้า US NCAP

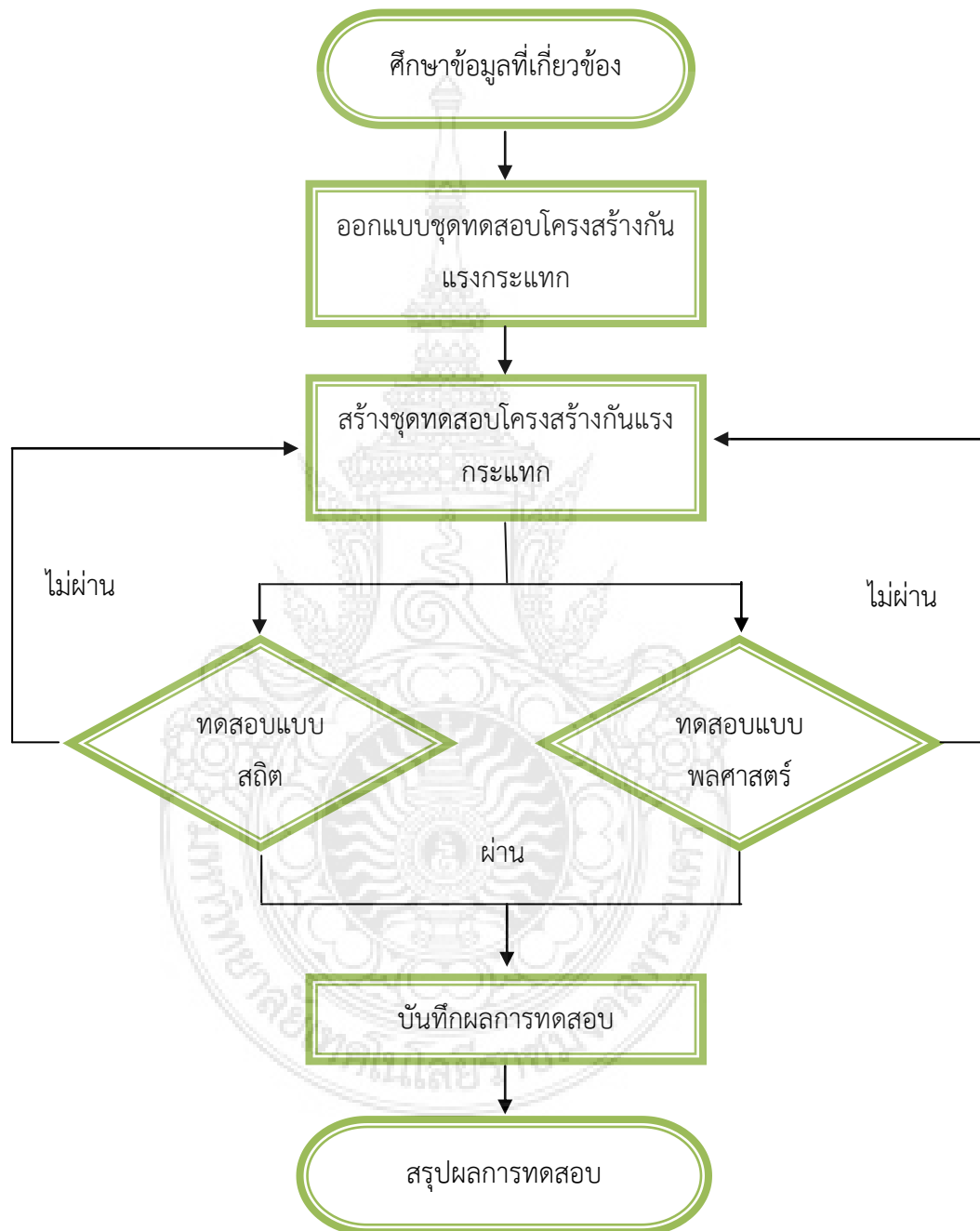
บทที่ 3

การดำเนินงานและการสร้าง

การจัดทำโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ด้วยวัสดุทดแทนที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน เพื่อทดสอบหาปัจจัยในการดูดซับพลังงานจากการกระแทกเพื่อให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆ และทำการวิเคราะห์ก่อนการสร้างชิ้นงาน เพื่อเป็นการตรวจสอบว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะออกแบบและสร้างชุดทดสอบให้ได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ถ้าหากมีการคำนวณทางทฤษฎีแล้วมีความเป็นไปได้ จึงลงมือปฏิบัติ เพื่อป้องกันความเสียหายวัสดุ และอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการสร้างชุดทดสอบ โดยผู้จัดทำโครงการมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

- 1) ศึกษาทฤษฎี และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 2) ออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทก
- 3) สร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก
- 4) ทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบสถิตและแบบพลศาสตร์
- 5) บันทึกผลการทดสอบ
- 6) สรุปผลการทำโครงการ

จากขั้นตอนการดำเนินงาน และการสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ สามารถนำขั้นตอนการดำเนินงานมาเขียนแผนภูมิรูปภาพได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การคำนวณหาค่าพลังงานและมูยกลูกตุ้มเพื่อใช้ทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

เนื่องจากการทดสอบการกระแทกด้านหน้าของรถยนต์นั้น ใช้พลังงานในการกระแทกอ้างอิงมาจากมาตรฐาน US NCAP ซึ่งได้กำหนดความเร็วในการทดสอบสำหรับรถยนต์ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 1 ตันไว้ที่ 56 km/hr ถ้าหากนำความเร็ว และน้ำหนักตามมาตรฐาน US NCAP มาคำนวณหาค่าพลังงานจะได้ดังนี้

จากสมการที่ (2.4)

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

แทนค่าหา E_k

$$E_k = \frac{1}{2} (1000\text{kg}) \left(56 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \times \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \right)^2$$

ดังนั้น

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

เนื่องจากน้ำหนักของโครงสร้างกันแรงกระแทกรวมชุดทดสอบมีน้ำหนักประมาณ 300 kg ซึ่งน้อยกว่าน้ำหนักของรถโดยสารส่วนบุคคลประมาณ 10 เท่า ดังนั้นพลังงานที่ใช้ทำการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้าจะต้องลดลง 10 เท่า จะได้พลังงานที่ใช้ทดสอบเป็น 12,098 J ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน ECE R 29 ที่มีข้อกำหนดในการกำหนดพลังงานที่ใช้ทำการทดสอบการกระแทกที่ 35,000 J สำหรับใช้ในการทดสอบรถโดยสารที่มีขนาดไม่เกิน 7 ตัน และที่ 45,000 J สำหรับใช้ในการทดสอบรถโดยสารที่มีขนาดมากกว่า 7 ตันขึ้นไป จึงต้องทำการคำนวณหามูยกลูกตุ้มเพื่อใช้ทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า โดยนำค่ามวลของลูกตุ้มที่มีขนาด 1,500 kg และความยาวแขนแกว่งของลูกตุ้ม 3.8 m มาคำนวณได้ดังนี้

จากสมการที่ (2.3)

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

แทนค่าหา α

$$12,098 \text{ J} = (1,500\text{kg})(9.81\text{m/s}^2)(3.8 - 3.8\text{m} \cos \alpha)$$

ดังนั้น

$$\alpha = 38^\circ$$

3.2 การออกแบบและการสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก [3]

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ในการรับแรงกระแทกของรถยนต์ จึงเลือกใช้การทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้ามาใช้ในการทดสอบ โดยมีวัตถุประสงค์ของการทดสอบคือการวัดค่าพลังงานหลังจากการกระแทกขึ้นอย่างฉับพลันซึ่งสามารถหาได้จากการปล่อยลูกตุ้มที่ทราบค่าน้ำหนัก ณ ตำแหน่งความสูงหรือมุมการยกลูกตุ้มที่ได้คำนวณไว้ลงกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทก โดยมีฐานรองรับแรงกระแทกดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบจำลองการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

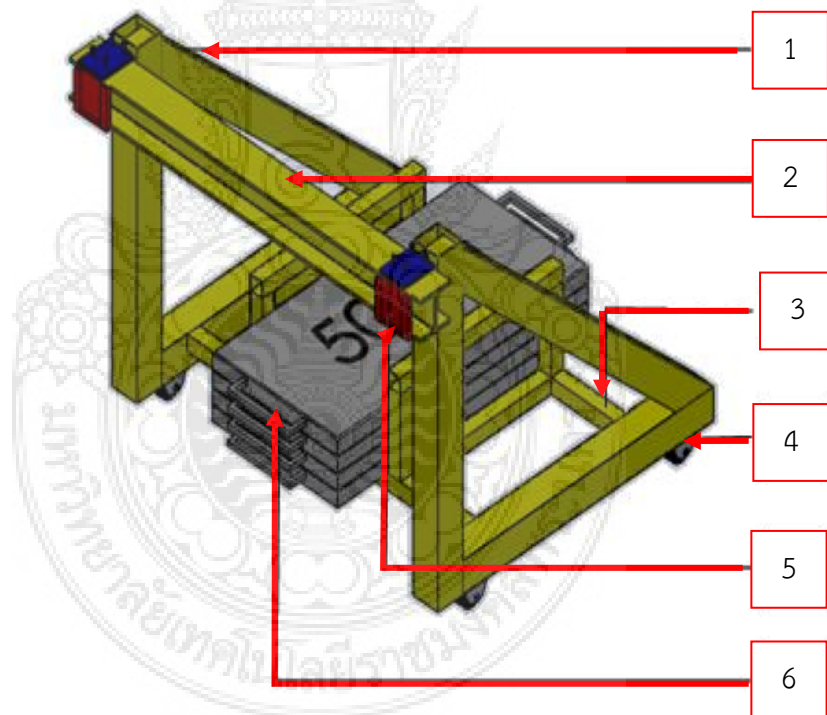
3.2.1 การออกแบบชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

เนื่องจากต้องการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการดูดซับพลังงานในการกระแทกของโครงสร้างกันแรงกระแทกเพียงส่วนเดียว ดังนั้นโครงสร้างชุดทดสอบจึงต้องมีข้อกำหนดในการออกแบบดังต่อไปนี้

- 1) โครงสร้างไม่มีการเสียรูปเมื่อโดนแรงกระแทก
- 2) มีความสูงถึงจุดกึ่งกลางแผ่นน้ำหนักของเครื่องทดสอบ

- 3) มีความกว้างเท่ากับโครงสร้างด้านหน้าของรถยนต์
- 4) มีมวลรวม 300 kg
- 5) มีล้อเพื่อให้เคลื่อนที่ได้เหมือนรถยนต์
- 6) มีชุดจับยึดโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบถอดเปลี่ยนได้

จากข้อกำหนดดังกล่าวทางคณะผู้จัดทำโครงการงานจึงได้มีการออกแบบเพื่อให้ชุดทดสอบนั้นสามารถใช้ทำการทดสอบ และสร้างชิ้นได้จริง จึงทำการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม SolidWorks โดยคำนึงถึงขนาด และคุณสมบัติของวัสดุที่มีจำหน่ายอยู่ในประเทศจึงได้ผลสรุปในการออกแบบดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แบบจำลองชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

หมายเลข 1 โครงสร้างหลัก

หมายเลข 2 คานรับแรงกระแทกด้านหน้า

หมายเลข 3 คานรองรับแผ่นถ่วงน้ำหนัก

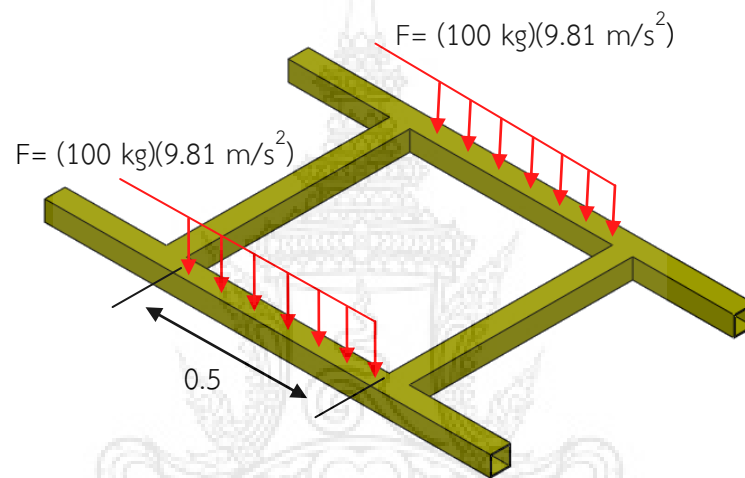
หมายเลข 4 ล้อ

หมายเลข 5 ชุดติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทก

หมายเลข 6 แผ่นปูนถ่วงน้ำหนัก

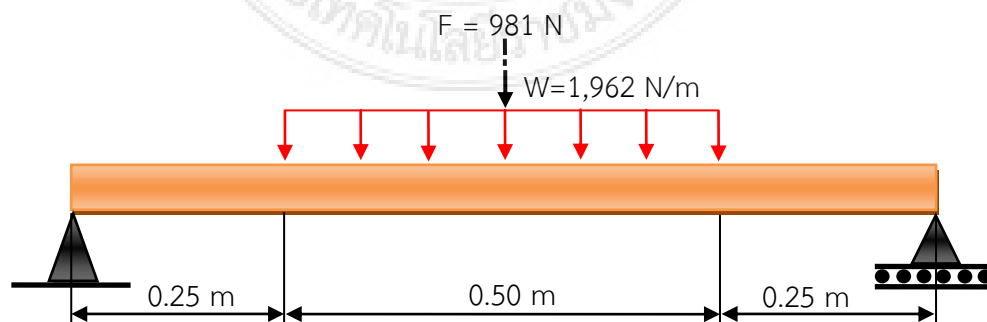
3.2.2 การคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของคานรองรับแผ่นปูนถ่วงน้ำหนัก

จากการออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks สามารถวิเคราะห์น้ำหนักของตัวโครงสร้างได้ 100 kg โดยมีแผ่นถ่วงน้ำหนักที่วางอยู่บนโครงสร้างเท่ากับ 200 kg ทำให้เกิดแรงกระจายในช่วง 0.5 m กับคานทั้ง 2 ชั้น จึงต้องมีการคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของคานเพื่อใช้ในการเลือกวัสดุเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน สามารถพิจารณาแรงกระจายดังรูปที่ 3.4

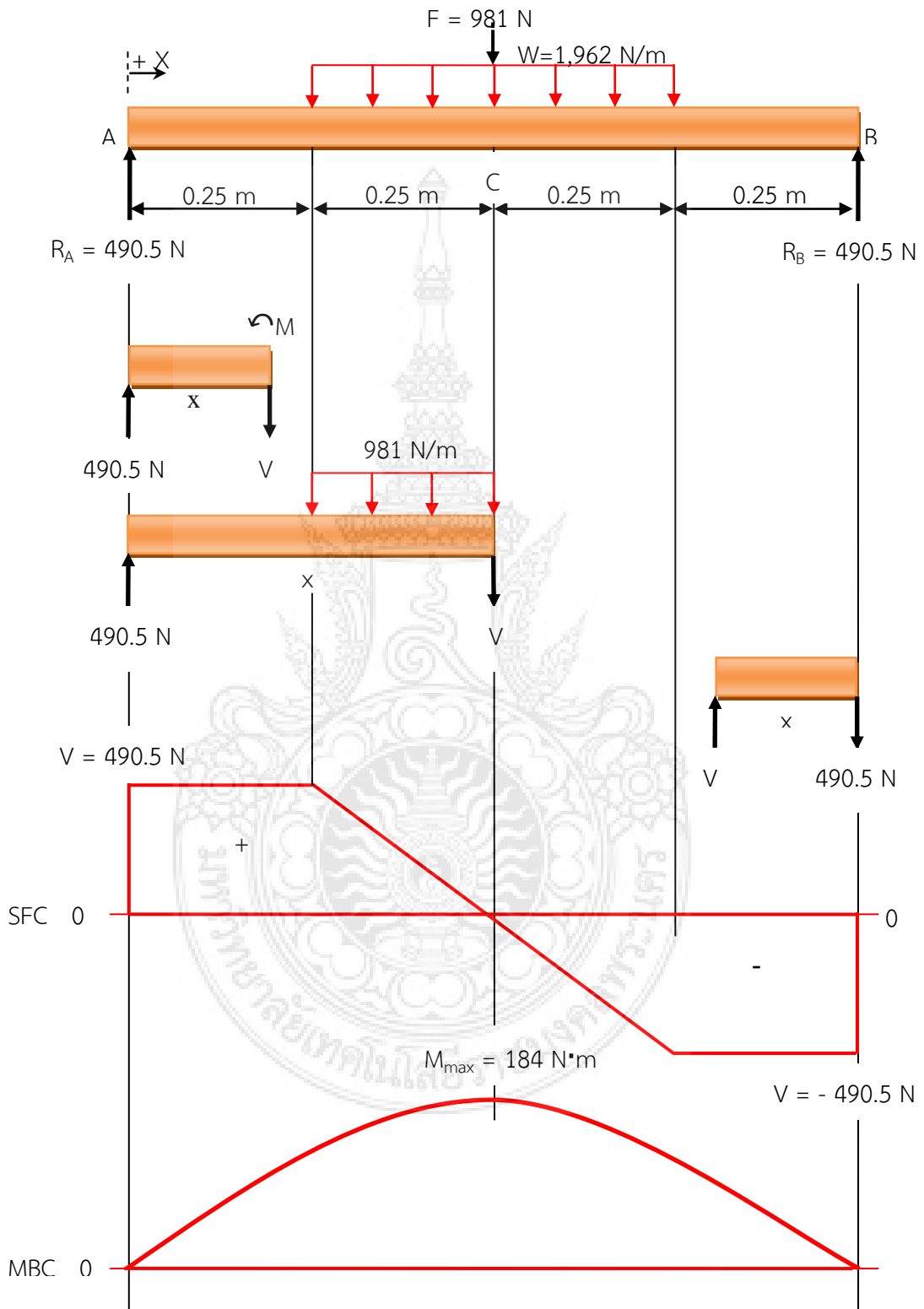


รูปที่ 3.4 คานรองรับแผ่นถ่วงน้ำหนัก

จากรูปที่ 3.4 สามารถคิดสมดุลของคานเพื่อหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ และคำนวณค่าโมเมนต์สูงสุดดังนี้



รูปที่ 3.5 การพิจารณาสมดุลของคาน



รูปที่ 3.6 แผนภาพโมเมนต์ดัด

จากแผนภาพโมเมนต์ตัดสามารถพิจารณาสมมูลของคานทั้งหมด และคำนวณหาแรงปฏิกิริยาที่จุด A และจุด B ได้ดังนี้

จากสมการที่ (2.6) $M = R \times$

ดังนั้น

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

จะได้

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

และ

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

จะได้

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

จากนั้นคำนวณพื้นที่ใต้แผนภาพของแรงเฉือนในแต่ละช่วง เนื่องจากพื้นที่ใต้แผนภาพของแรงเฉือนระหว่างจุด 2 จุดใดๆ จะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ตัดระหว่างจุด 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

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

และ

$$M_A = M_B = 0$$

เนื่องจากต้องการเลือกใช้เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส จึงต้องคำนวณหาโมเมนต์อินเนอร์เซีย 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

$$\sigma_y = 36 \times 6.895 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{จากตารางที่ ข-1})$$

$$N_y = 7 \quad (\text{จากตารางที่ ข-6})$$

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

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

ดังนั้น

$$I = 2,600b$$

แทนค่า

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

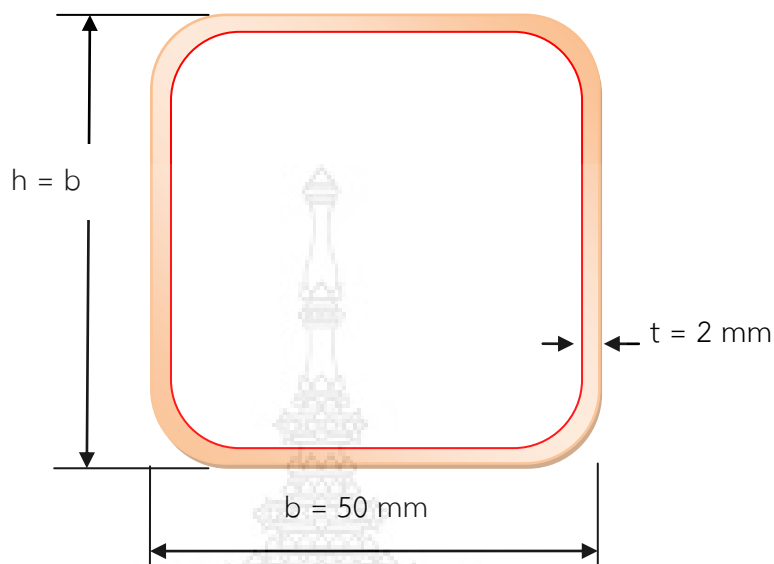
ดังนั้น

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

ดังนั้น

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

จากการคำนวณสามารถเลือกใช้วัสดุเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสจากตารางที่ ข-3 ดังนี้



รูปที่ 3.7 พื้นที่หน้าตัดของโครงสร้าง

3.2.3 การสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

จากการออกแบบดังรูปที่ 3.3 และการคำนวณหาขนาดวัสดุสามารถเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดสอบจากตารางที่ ข-3 ถึง ข-4 จากนั้นทำการเชื่อมประกอบส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันโดยการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า และทำการทาสีเพื่อป้องกันสนิมก็ดกร่อนจึงได้ชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.8



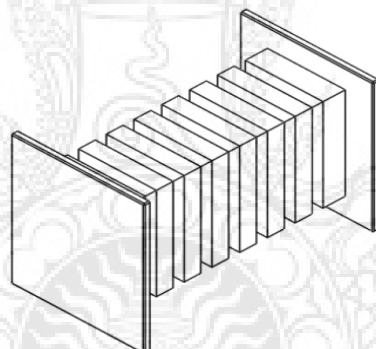
รูปที่ 3.8 ชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

3.3 การออกแบบและการสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทก

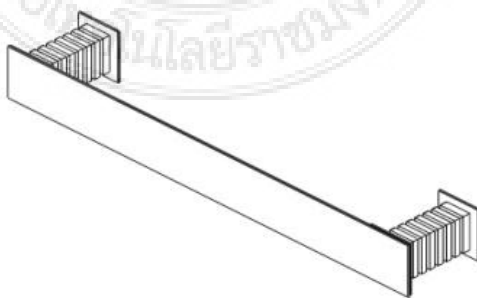
จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน โดยกลุ่มนักศึกษาปกติเครื่องกล ปีการศึกษา 2551 ผลการทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ ที่จัดทำขึ้นจากเหล็กโดยทำการจำลองเชิงตัวเลขได้ผลการยุบตัวของโครงสร้างแบบกล่องลูกฟูก 43.65% แบบกล่องรังผึ้ง 42.25% และแบบกล่องสี่เหลี่ยม 40.03% ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะใช้วัสดุทดแทนจัดทำโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบลูกฟูกที่มีเปอร์เซ็นต์การยุบตัวที่ดีกว่าแบบอื่น ๆ

3.3.1 การออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทก

เนื่องจากการทำโครงการนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงการได้เลือกใช้โครงสร้างกันแรงกระแทกแบบลูกฟูกที่มีการดูดซับพลังงานได้ดีกว่าในรูปแบบต่าง ๆ โดยเลือกใช้วัสดุทดแทนในการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกสำหรับใช้ในการทดสอบดังรูปที่ 3.9 และ 3.10



รูปที่ 3.9 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบสถิต



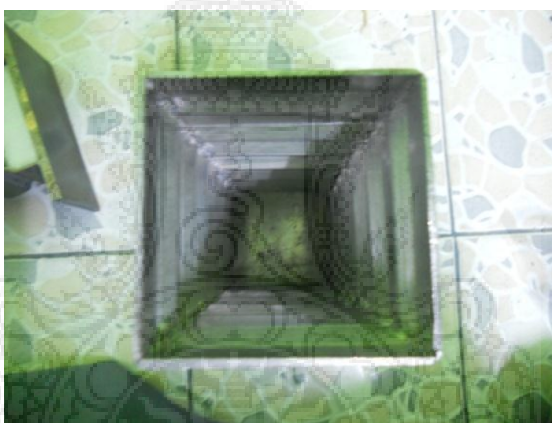
รูปที่ 3.10 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

3.3.2 การสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทก

เมื่อได้แบบที่ต้องการก็ทำการเลือกวัสดุทดแทนที่จะทำโครงสร้างกันแรงกระแทก ซึ่งทางคณะผู้จัดทำโครงการได้ออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบลูกฟูกโดยใช้วัสดุทดแทนทั้งหมด 4 รูปแบบคือ อลูมิเนียม อลูมิเนียมเสริมโฟม เรซินเสริมไฟเบอร์กลาส และเรซินเสริมฝักตบชวา และแลกเปลี่ยนไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ และสามารถนำมาทำการทดสอบหาความสามารถในการดูดซับพลังงานในการกระแทก โดยมีขั้นตอนในการทำดังนี้

3.3.2.1 รูปแบบที่ขึ้นรูปด้วยอลูมิเนียม

เมื่อได้ขนาดของอลูมิเนียมที่จะทำโครงสร้างกันแรงกระแทก จึงทำการตัด และอัดแผ่นอลูมิเนียมด้วยเครื่องตัดแบบมือโยกเพื่อให้เกิดรูปทรงของโครงสร้างตามทีออกแบบดังรูปที่ 3.11 และ 3.12



รูปที่ 3.11 การตัดและการอัดขึ้นรูปโครงสร้างกันแรงกระแทก



รูปที่ 3.12 รูปแบบโครงสร้างกันแรงกระแทก

3.3.2.2 รูปแบบที่ขึ้นรูปด้วยอลูมิเนียมเสริมโคม

การขึ้นรูปด้วยอลูมิเนียมเสริมโคมจะมีขั้นตอนต่างจากการขึ้นรูปแบบอลูมิเนียมตรงที่มีการเสริมโคมเข้าไปในชิ้นงานหลังจากการตัด และอัดแผ่นอลูมิเนียมดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 รูปแบบที่ขึ้นรูปด้วยอลูมิเนียมเสริมโคม

3.3.2.3 รูปแบบที่ขึ้นรูปด้วยเรซินเสริมไฟเบอร์กลาส

ขั้นตอนแรกนำชิ้นงานอลูมิเนียมมาทำแม่พิมพ์โดยยางพารา และซิลิโคนในการหล่อแม่พิมพ์เพื่อให้ได้ตามรูปแบบดังรูปที่ 3.14 จากนั้นนำเรซินที่ผสมสำเร็จมาแล้วเทลงในแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้แล้วเสริมด้วยไฟเบอร์กลาสเพื่อให้ได้ตามรูปแบบ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 การขึ้นรูปด้วยชิ้นงานอลูมิเนียม



รูปที่ 3.15 การขึ้นรูปเรซินเสริมไฟเบอร์กลาส

3.3.2.4 รูปแบบที่ขึ้นรูปด้วยเรซินเสริมผักตบชวาและแกลบ

ขั้นตอนแรกนำเรซินมาผสมผักตบชวา และแกลบตามสัดส่วน เรซิน 50 ผักตบ 40 แกลบ 10 ดังรูปที่ 3.16 จากนั้นนำเรซินที่ผสมผักตบชวาและแกลบในสัดส่วนที่กำหนดไว้เทลงในแม่พิมพ์เพื่อให้ได้ตามรูปแบบดังรูปที่ 3.17 และ 3.18



รูปที่ 3.16 เรซินเสริมผักตบชวาและแกลบ



รูปที่ 3.17 การนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์



รูปที่ 3.18 รูปแบบที่ขึ้นรูปด้วยเรซินเสริมฝักตบชวากับแคลบ

3.4 การทดสอบแบบสถิต

การทดสอบรูปแบบนี้เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้กดโครงสร้างกันแรงกระแทกแต่ละชิ้น ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกดตั้งรูปที่ 3.19 โดยกำหนดความเร็วในการกดของเครื่องทดสอบที่ 10 mm/min และกำหนดระยะการยุบของชิ้นงานที่ 100 mm ขณะทำการกดเครื่องทดสอบจะประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ออกมาเป็นค่าแรง ของแต่ละเอลิเมนต์โดยเปรียบเทียบกับระยะการยุบของชิ้นงาน แต่ละเอลิเมนต์ค่าที่ได้จะนำไปคำนวณหาค่าพลังงานศักย์มีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้



รูปที่ 3.19 เครื่องทดสอบแรงกด

3.4.1 การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบ

เมื่อทำการสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทกเสร็จแล้ว ทำการชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวของชิ้นงาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลจากการจำลองเชิงตัวเลข ของโครงสร้างกันแรงกระแทก แต่รูปแบบทำการตรวจสอบชิ้นงานดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การชั่งน้ำหนักโครงสร้างกันแรงกระแทก

3.4.2 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกบนเครื่องทดสอบ

เมื่อเตรียมชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ให้นำชิ้นงานวางบนแท่นทดสอบของเครื่องทดสอบแรงกด และทำการปรับระยะของเครื่องกดให้อยู่ในตำแหน่งสัมผัสกับชิ้นงานดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกบนเครื่องทดสอบ

3.4.3 การตั้งค่าเครื่องทดสอบและการบันทึกค่าในการทดสอบ

เมื่อทำการติดตั้งชิ้นงานเสร็จก็เริ่มทำการทดสอบ โดยกำหนดความเร็วในการกดของเครื่องทดสอบไว้ที่ 10 mm/min และทำการกดชิ้นงานจนถึงระยะ 100 mm เมื่อถึงระยะก็ทำการหยุดเครื่องทดสอบ และนำชิ้นงานออกแต่ในระหว่างทำการทดสอบต้องทำการบันทึกวิดีโอไว้ เพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนรูปร่างทางกายภาพของโครงสร้างแต่ละรูปแบบดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การยุบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทก

3.5 การทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

การทดสอบด้วยวิธีนี้เป็นการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการดูดซับพลังงานจากการกระแทกของโครงสร้างกันแรงกระแทก เพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดจากการทดสอบน้อยที่สุดจึงต้องทำการศึกษาข้อมูลของเครื่องทดสอบให้เข้าใจก่อนที่จะทำการทดสอบ เพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบ และป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์

3.5.1 การทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบด้านหน้า

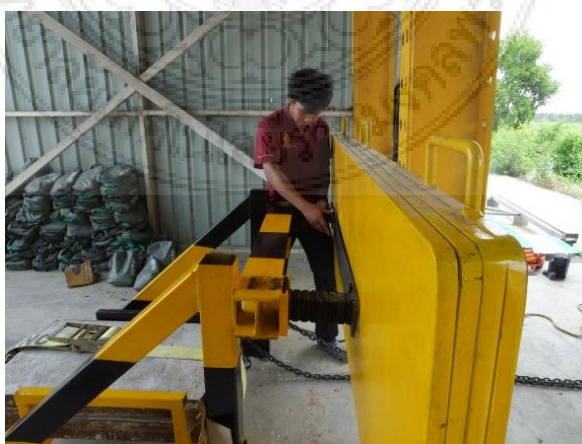
เนื่องจากชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้องทำการทดสอบร่วมกับเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้าอ้างอิงจากมาตรฐาน ECE R 29 จึงต้องทำการติดตั้งชุดทดสอบให้อยู่ตำแหน่งศูนย์กลางของลูกตุ้ม และวางแผ่นถ่วงน้ำหนักทั้ง 4 แผ่นให้อยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของชุดทดสอบ ทำการติดตั้งดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 การติดตั้งชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

3.5.2 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกกับชุดทดสอบ

เมื่อติดตั้งชุดทดสอบเสร็จแล้วทำการติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกเข้ากับชุดทดสอบ และทำการลือคโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทก

3.5.3 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดมุมที่ได้จากการทดสอบ

เนื่องจากต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการกำหนดมุมยกของลูกตุ้ม จึงเลือกใช้อุปกรณ์วัดมุมแบบดิจิตอลติดตั้งไว้กับลูกตุ้ม และทำการบันทึกตำแหน่งการสะท้อนของลูกตุ้มหลังจากกระแทกด้วยการติดตั้งเลเซอร์ไว้กับลูกตุ้มเพื่อบอกระยะการยกตัวของตุ้ม ตำแหน่งมุมยกของลูกตุ้มจะแสดงไปยังสเกลบนพื้น และทำการบันทึกด้วยกล้องถ่ายวิดีโอเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาพลังงานที่โครงสร้างกันแรงกันแรงกระแทกสามารถดูดซับไว้ได้ ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.25 ถึง 3.26



รูปที่ 3.25 การติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมแบบดิจิตอล



รูปที่ 3.26 การติดตั้งชุดเลเซอร์บอกระยะ

3.5.4 การติดตั้งชุดควบคุมการยกและปล่อยลูกตุ้มของเครื่องทดสอบ

ชุดควบคุมการยกทำหน้าที่ในการยกลูกตุ้มให้อยู่ในตำแหน่งความสูงหรือมุมที่ต้องการ เพื่อให้ได้พลังงานศักย์ในการทดสอบ และยังเป็นกลไกทำหน้าที่ในการปลดล๊อคเพื่อปล่อยให้ลูกตุ้มลงมากระทบแท่งกับชุดทดสอบ ทำการติดตั้งชุดควบคุมการยกดังรูปที่ 3.27 ถึง 3.28



รูปที่ 3.27 การตั้งกลไกปลดล๊อคตุ้มน้ำหนัก

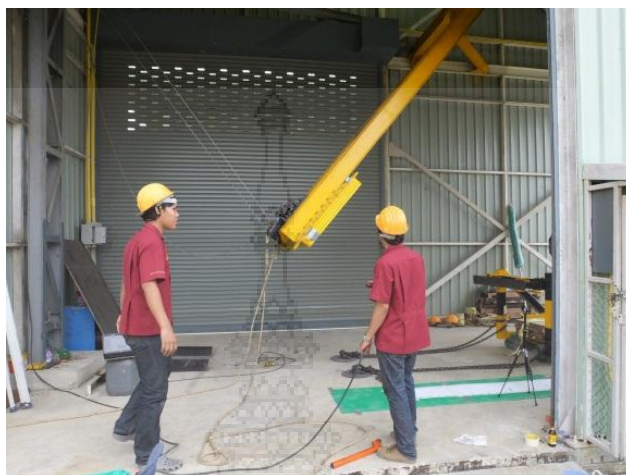


รูปที่ 3.28 การคล้องตะขอเคเบิล

3.5.5 ขั้นตอนการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบเสร็จแล้ว ก็ทำการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ยกลูกตุ้มไปที่ตำแหน่ง 38° ด้วยรอกไฟฟ้า และนำตะขอเคเบิลที่ใช้ในการปลดล็อกไปเกี่ยวกับจุดยึดดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การยกลูกตุ้มด้วยรอกไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 2 ทำการบันทึกวิดีโอไปที่เลเซอร์วัดมุมสะท้อนของลูกตุ้ม และโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การบันทึกวิดีโอการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 ทำการปลดล็อกคอกลูกตุ้มด้วยเชือกเพื่อให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ไปกระทบกับโครงสร้างกันแรงกระแทก ดังรูปที่ 3.31



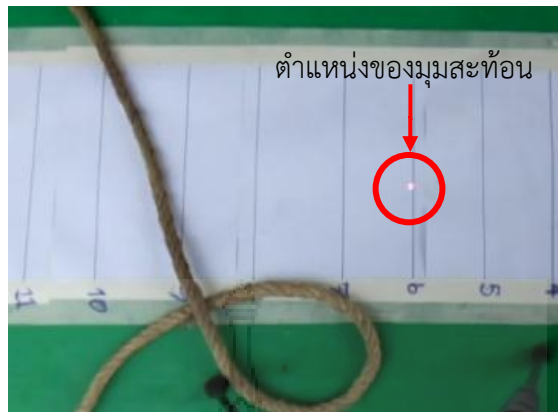
รูปที่ 3.31 การปลดล๊อคตุ่มน้ำหนัก

ขั้นตอนที่ 4 ทำการวัดระยะการยุบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 การวัดค่าการยุบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทก

ขั้นตอนที่ 5 ทำการตรวจสอบมุมสะท้อนของลูกตุ้มหลังจากการกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบจากกล้องถ่ายวิดีโอเพื่อใช้ในการคำนวณหาพลังงานที่โครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบสามารถดูดซับได้ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 มูมสะท้อนของลูกตุ้มหลังจากกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทก



บทที่ 4

ผลการทดสอบ

จากลักษณะการดำเนินงานของโครงการ และเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์สามารถแบ่งการทดสอบและผลการทดสอบได้เป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบพลศาสตร์ ด้วยการกระทำด้านหน้า

4.1 ผลการทดสอบแบบสถิต

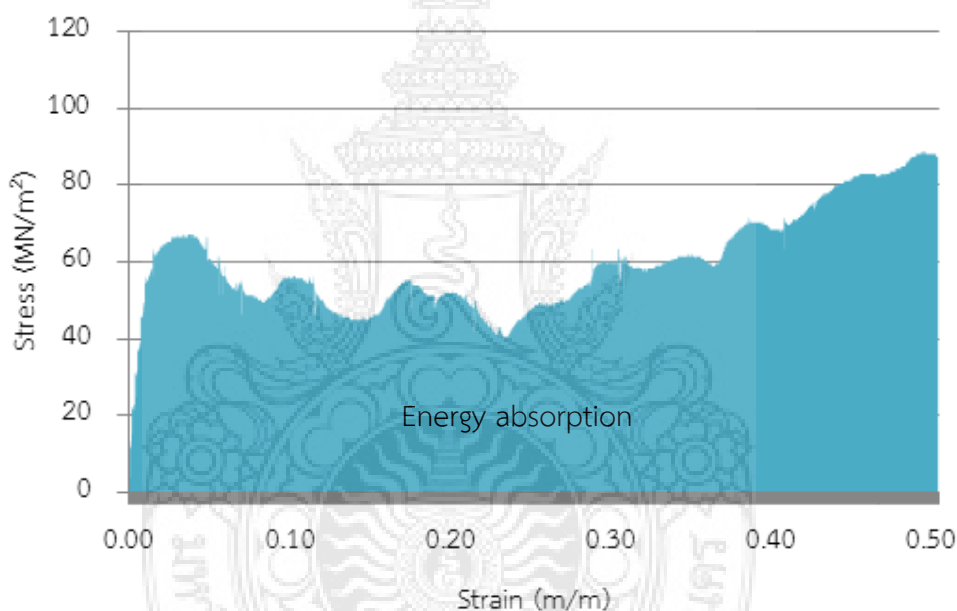
การทดสอบแบบสถิตเป็นการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการดูดซับพลังงานจากโครงสร้างกันแรงกระแทกที่มีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายกันในขณะที่เลือกใช้วัสดุแทนที่มีความเป็นไปได้ในการผลิตมาเป็นวัสดุ โดยวัสดุที่นำมาใช้ในการทดสอบและสภาวะการทดสอบมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติวัสดุของการทดสอบแบบสถิต

วัสดุของโครงสร้างกันแรงกระแทก	ความเร็วในการทดสอบ v (mm/min)	ความยาวของโครงสร้าง l_0 (mm)	ระยะยุบ l (mm)
อลูมิเนียม	10	200	100
อลูมิเนียมเสริมโฟม			
เรซินเสริมไฟเบอร์กลาส			
เรซินเสริมผักตบชวาและแกลบ			

4.1.1 ผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบบอลูมิเนียม

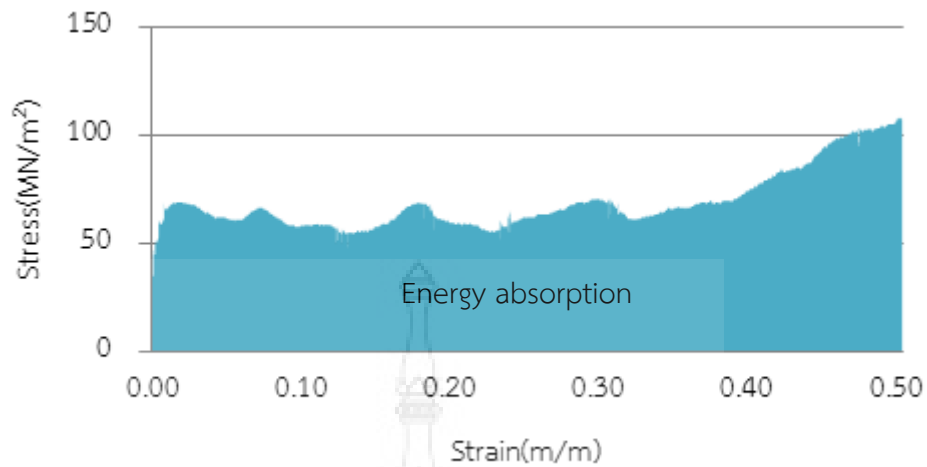
จากผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียมที่มีลักษณะแบบกล่อง ลูกฟูกพบว่าค่าความเค้นของวัสดุเพิ่มสูงขึ้นถึง $88,704,885 \text{ N/m}^2$ ที่บริเวณความเครียด 0.50 m/m โดยประมาณ และมีค่าความเค้นของวัสดุที่ค่อนข้างผันผวนระหว่าง 40 ถึง 90 N/m^2 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความผันผวนของความเค้นในช่วงความเครียดระหว่าง 0.05 ถึง 0.40 m/m ซึ่งเป็นช่วงที่มีการดูดซับพลังงานได้อย่างเสถียรจะพบว่ามีความแตกต่างอยู่ที่ 20 MN/m^2 โดยประมาณ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงเสถียรภาพของการดูดซับพลังงานที่มีไม่มากนัก ดังรูปที่ 4.1 จากพฤติกรรมดังกล่าวสามารถคำนวณพลังงานที่โครงสร้างดูดซับได้เท่ากับ $16,307,715 \text{ J/m}^3$



รูปที่ 4.1 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบบอลูมิเนียม

4.1.2 ผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบบอลูมิเนียมเสริมโพลี

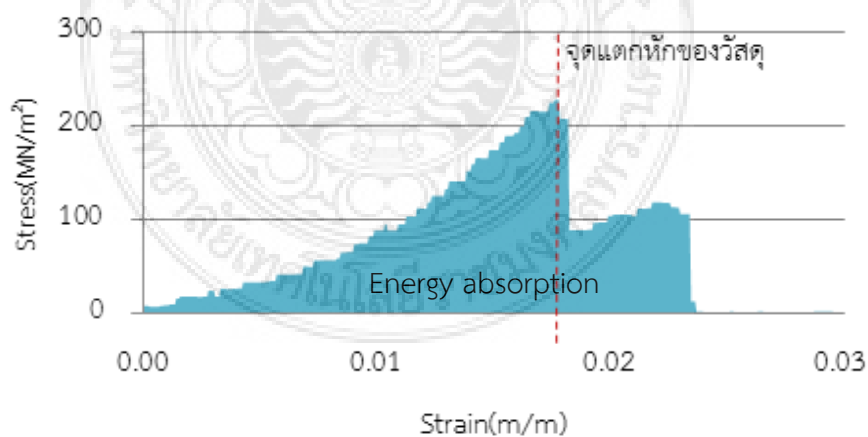
จากผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบบอลูมิเนียมเสริมโพลีดังรูปที่ 4.2 มีความคล้ายคลึงกับแบบบอลูมิเนียม แต่พบว่าค่าความเค้นของวัสดุเพิ่มสูงขึ้นถึง $108,346,681 \text{ N/m}^2$ ที่บริเวณความเครียด 0.50 m/m โดยประมาณ เมื่อพิจารณาความผันผวนของความเค้นในช่วงความเครียดระหว่าง 0.05 ถึง 0.40 m/m ซึ่งเป็นช่วงที่มีการดูดซับพลังงานได้อย่างเสถียรจะพบว่ามีความแตกต่างอยู่ไม่เกิน 15 MN/m^2 โดยประมาณ ซึ่งถือว่ามีความผันผวนค่อนข้างน้อย ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงเสถียรภาพของการดูดซับพลังงานที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับแบบบอลูมิเนียม โดยพฤติกรรมดังกล่าวสามารถคำนวณพลังงานที่โครงสร้างดูดซับได้เท่ากับ $189,548,860 \text{ J/m}^3$



รูปที่ 4.2 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบอลูมิเนียมเสริมโพลี

4.1.3 ผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบเรซินเสริมผักตบชวาและแกลบ

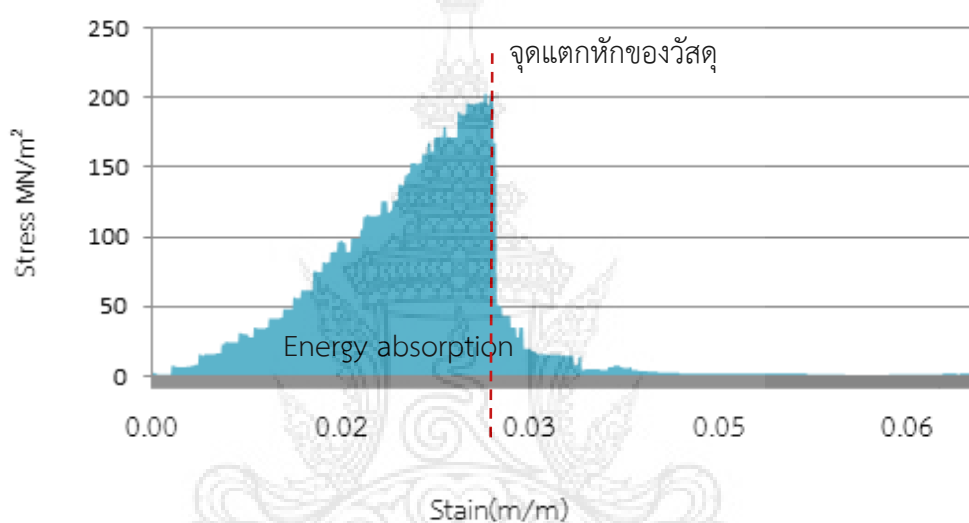
จากผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบเรซินเสริมผักตบชวาและแกลบตามรูปที่ 4.3 มีความแตกต่างกับโครงสร้างแบบอลูมิเนียม และแบบอลูมิเนียมเสริมโพลี โดยค่าความเค้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีค่าความเค้นสูงสุดที่ $228,098,276 \text{ N/m}^2$ บริเวณความเครียด 0.019 m/m โดยประมาณ หลังจากนั้นเกิดการแตกหักของโครงสร้าง จนเป็นสาเหตุให้ค่าความเค้นลดลงอย่างทันทีทันใด อย่างไรก็ตามโครงสร้างแบบเรซินเสริมผักตบชวาและแกลบมีการดูดซับพลังงาน $1,166,403 \text{ J/m}^3$ ซึ่งน้อยมาก



รูปที่ 4.3 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบเรซินเสริมผักตบชวาและแกลบ

4.1.4 ผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบเรซินเสริมไฟเบอร์กลาส

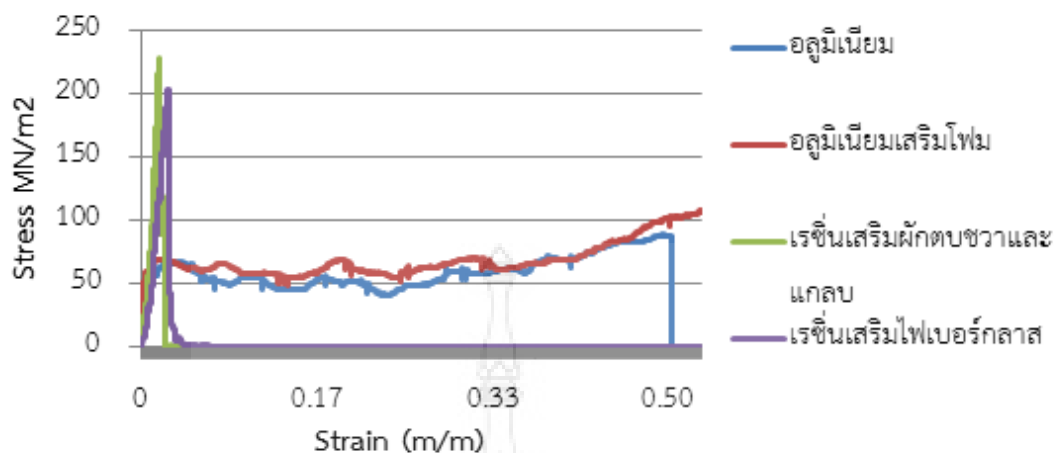
จากผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบเรซินเสริมไฟเบอร์กลาส ดังรูปที่ 4.4 มีพฤติกรรมการดูดซับพลังงานคล้ายกับแบบเรซินฝักตบชวาและแกลบ หากแต่แบบเรซินเสริมไฟเบอร์กลาสมีค่าความเค้นสูงสุดที่ $202,754,023 \text{ N/m}^2$ บริเวณความเครียด 0.029 m/m โดยประมาณ หลังจากนั้นโครงสร้างเกิดการแตกหักเช่นเดียวกับแบบเรซินฝักตบชวาและแกลบ จากพฤติกรรมดังกล่าวสามารถคำนวณพลังงานที่โครงสร้างดูดซับได้เท่ากับ $84,347,507 \text{ J/m}^3$



รูปที่ 4.4 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบเรซินเสริมไฟเบอร์กลาส

4.1.5 ผลการทดสอบแบบสถิติทั้ง 4 รูปแบบ

จากผลทดสอบแบบสถิติทั้ง 4 รูปแบบ สามารถอธิบายพฤติกรรมดูดซับพลังงาน ดังรูปที่ 4.5 พบว่าการดูดซับพลังงานของอลูมิเนียมเสริมโพลีเมที่ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบอื่น ๆ ในขณะที่ เรซินเสริมไฟเบอร์กลาส และเรซินเสริมฝักตบชวาและแกลบมีการดูดซับพลังงานได้ต่ำ เนื่องจากหลังการทดสอบพบว่าโครงสร้างทั้ง 2 รูปแบบเกิดการแตกหักเสียก่อนที่ระยะยุบตัวต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับอลูมิเนียม และอลูมิเนียมเสริมโพลีเม



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบสถิตทั้ง 4 รูปแบบ

ตารางที่ 4.2 การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบสถิต

วัสดุของโครงสร้างกันแรง กระแทก	มวลของ โครงสร้างกัน แรงกระแทก m (kg)	ความเค้นอัด สูงสุด σ_m (N/m ²)	พลังงานที่ดูด ซับได้จากการ ทดสอบ E_V (J/m ³)	หมายเหตุ
เหล็ก	2.096	118,602,381	20,600,000	อ้างอิง ¹
อลูมิเนียม	0.603	88,704,885	16,307,715	ทดสอบ ²
อลูมิเนียมเสริมโไฟม	0.640	108,346,681	189,548,860	ทดสอบ ²
เรซินเสริมไฟเบอร์กลาส	0.773	202,754,023	84,347,507	ทดสอบ ²
เรซินเสริมฝักตบขวาและกลบ	0.746	228,098,276	1,166,403	ทดสอบ ²

หมายเหตุ : ¹ อ้างอิงจากปริญญาานิพนธ์เรื่องการศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่
ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน [3]

² ค่าที่ได้ทำการทดสอบแบบกระแทกด้านหน้า

4.2 ผลการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

การทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า เพื่อหาความสามารถในการดูดซับพลังงานจากโครงสร้าง
กันแรงกระแทกที่มีวัสดุแตกต่างกัน โดยการทดสอบดังกล่าวมีสภาวะการทดสอบดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สภาวะการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

โครงสร้างกันแรงกระแทก	น้ำหนัก ของลูกตุ้ม m (kg)	มุมยกลูกตุ้ม α ($^{\circ}$)	พลังงานที่ใช้ ทำการทดสอบ E_p (J)
อลูมิเนียม	1,500	38	11,800
อลูมิเนียมเสริมโฟม			
เรซิน			
เรซินเสริมฝักตบขวาและแกลบ			

การทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก โดยการคำนวณดูซับพลังงานของโครงสร้างแต่ละชนิด ซึ่งถูกคำนวณจากมุมสะท้อนกลับของลูกตุ้มหลังจากกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทก และการตรวจวัดระยะยุบของโครงสร้างทั้ง 4 ชนิด เมื่อได้รับพลังงานจากการกระแทก พบว่าค่าที่ได้จากการทดสอบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การดูซับพลังงานจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

วัสดุของโครงสร้างกัน แรงกระแทก	ระยะยุบตัว ของ โครงสร้าง l(mm)	ร้อยละการ ยุบตัว (%)	มุมสะท้อน กลับ β ($^{\circ}$)	พลังงานที่ ดูดซับได้ E_p (J)	ร้อยละ การดูด ซับ พลังงาน (%)	หมายเหตุ
เหล็ก	88	44	9	7,011	59.4	อ้างอิง ¹
อลูมิเนียม	150	71.2	13.8	N/A	N/A	ทดสอบ ²
อลูมิเนียมเสริมโฟม	125	59.52	14.0	N/A	N/A	ทดสอบ ²
เรซินเสริมไฟเบอร์กลาส	N/A	N/A	9.0	N/A	N/A	ทดสอบ ²
เรซินเสริมฝักตบขวาและ แกลบ	N/A	N/A	11.0	N/A	N/A	ทดสอบ ²

การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า ตามตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ระยะยุบตัวของโครงสร้างแบบอลูมิเนียมที่ค่าสูงสุดที่สุดคือ 150 mm และส่วนแบบอลูมิเนียมเสริม โฟมมีระยะยุบตัวต่ำกว่าที่ 125 mm ในขณะที่แบบเรซินเสริมไฟเบอร์กลาส และเรซินเสริมฝักตบขวา และกลบไม่สามารถหาระยะยุบตัวของโครงสร้างได้ เนื่องจากหลังการทดสอบโครงสร้างดังกล่าวเกิดการแตกหักก่อนการยุบตัว จากผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่าโครงสร้างที่ผลิตจากวัสดุประเภทเรซินไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นโครงสร้างกันแรงกระแทก

นอกจากนี้หากพิจารณามุมสะท้อนกลับหลังจากเกิดการกระแทกด้านหน้าของรูปแบบโครงสร้าง ทั้ง 4 แบบ พบว่ามุมสะท้อนกลับของโครงสร้างเรซินเสริมไฟเบอร์กลาส เรซินเสริมฝักตบขวาและกลบ อลูมิเนียม และอลูมิเนียมเสริมโฟม มีค่าจากน้อยไปหามากตามลำดับ โดยมุมสะท้อนดังกล่าวซึ่ง บ่งถึงความสามารถดูดซับพลังงาน แต่เนื่องจากมุมสะท้อนที่เกิดขึ้นกับวัสดุประเภทเรซิน ทั้ง 2 ชนิด ไม่สามารถชี้วัดความสามารถดูดซับพลังงานได้ เนื่องจากเกิดการแตกหักก่อน ในขณะที่ วัสดุอลูมิเนียม และอลูมิเนียมเสริมโฟม มีมุมสะท้อนกลับที่ใกล้เคียงกันมาก แต่ก็ไม่สามารถนำมา คำนวณค่าการดูดซับพลังงานได้ เนื่องจากวัสดุมีการการอ่อนตัวสูงและยุบตัวมากเกินไปจนทำให้ ลูกตุ้มที่ทำการทดสอบเคลื่อนที่เข้ากระแทกกับโครงสร้างชุดทดสอบ ดังนั้นมุมสะท้อนดังกล่าวจึงไม่ สามารถชี้วัดความสามารถดูดซับพลังงานได้ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากขนาดของโครงสร้างกันแรง กระแทกไม่เหมาะสมกับการรับขนาดพลังงานดังกล่าว ซึ่งใช้เหล็กเป็นวัสดุ

บทที่ 5

สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงระดับผล
ความสำเร็จของการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลโครงการ

โครงการนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาแนวทางการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ เพื่อ
ใช้เป็นทางเลือกสำหรับการทดสอบในภาคอุตสาหกรรม อีกทั้งเพื่อศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงาน
จากการกระแทก โดยอาศัยแนวทางการทดสอบอ้างอิงจากมาตรฐาน ECE R 29 และอาศัยสภาวะ
การทดสอบตามมาตรฐาน US NCAP บางส่วนซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบการชนของรถยนต์มา
ประยุกต์ใช้กับการทดสอบความสามารถในการดูดซับพลังงานของโครงสร้างกันแรงกระแทก
นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นไปที่การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับพลังงาน และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทาง
กายภาพของโครงสร้างเมื่อได้รับพลังงานในรูปแบบสถิต และแบบการกระแทกด้านหน้า

จากการดำเนินงานดังกล่าว นำไปสู่การออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกจากวัสดุทางเลือก
และศึกษาผลกระทบด้านการดูดซับพลังงานของโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ทำจากวัสดุทางเลือก ซึ่ง
ผลจากการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบสถิตทั้ง 4 แบบ พบว่าโครงสร้างกันแรงกระแทก
แบบอลูมิเนียมเสริมโฟม มีค่าดูดซับพลังงานต่อปริมาตรเท่ากับ 189 MJ/m^3 ซึ่งมากกว่าแบบเรซิน
เสริมฟักตบชวา และแกลบ ที่มีค่า 1 MJ/m^3 ถึง 188 เท่า ในขณะที่การทดสอบแบบกระแทก
ด้านหน้าของโครงสร้างทั้ง 4 แบบ สามารถอธิบายถึงพฤติกรรมการดูดซับพลังงานได้จากมุมสะท้อน
กลับ โดยมุมสะท้อนกลับที่เกิดกับโครงสร้างเรซินเสริมไฟเบอร์กลาส เรซินเสริมแกลบและฟักตบชวา
อลูมิเนียม และอลูมิเนียมเสริมโฟม มีค่าต่ำสุดไปจนถึงสูงสุดตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าที่ได้มีความ
ขัดแย้งกับผลการทดสอบแบบสถิต เนื่องจากขนาดของโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ทำจากวัสดุ
ดังกล่าวไม่เหมาะสมกับขนาดพลังงานที่กำหนด และเกิดการแตกหัก และฉีกขาด ทำให้ชุดลูกตุ้ม
กระแทกเข้ากับชุดโครงสร้าง จึงไม่สามารถนำผลการทดสอบมาประมวลผลได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ

5.2.1 การสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทกให้วัสดุเป็นเนื้อเดียวกันมีขั้นตอนการทำค่อนข้างยาก เนื่องจากไม่สามารถสร้างแม่พิมพ์เพื่อปั๊มขึ้นรูปโครงสร้างได้

5.2.2 การปล่อยลูกตุ้มไปกระทบกับโครงสร้างกันแรงกระแทกทั้งสองข้างไม่เท่ากัน เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ทำการปลดล๊อคลูกตุ้มไม่ได้อยู่ตำแหน่งศูนย์กลาง ทำให้ลูกตุ้มแกว่งเมื่อทำการปล่อยลงไปกระทบกับโครงสร้างกันแรงกระแทก จึงส่งผลให้โครงสร้างกันแรงกระแทกทั้งสองข้างรับพลังงานจากการกระทบได้ไม่เท่ากัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทกเพื่อใช้งานจริง ควรทำการสร้างด้วยวิธีการปั๊มขึ้นรูปจากแม่พิมพ์โลหะ เพื่อทำให้ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นภายในวัสดุขณะทำการทดสอบมีความต่อเนื่องและลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.3.2 ควรทำการแก้ไขอุปกรณ์ที่ใช้ทำการปลดล๊อคลูกตุ้มให้อยู่ในตำแหน่งศูนย์กลาง เพื่อให้ลูกตุ้มไม่เกิดการแกว่งเมื่อทำการปล่อยลูกตุ้มลงไปกระทบกับโครงสร้างกันแรงกระแทก

5.3.3 ในการทดสอบแบบสถิตวัสดุแบบที่เกิดการแตกหักหรือมีการยุบตัวไม่ถึง 1 ส่วน 4 ของโครงสร้างไม่ควรที่จะนำไปทดสอบแบบกระแทกด้านหน้าเพื่อไม่ให้เป็นการสิ้นเปลืองของวัสดุ

บรรณานุกรม

- [1] สมพงษ์ ใจดี. ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย เล่ม1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2539.
- [2] รุ่งสุรีย์ ใจเขื่อนแก้ว. กลศาสตร์ของวัสดุ. สำนักพิมพ์ท็อป/แมคกรอฮิล, พ.ศ. 2545.
- [3] ภัทร อมรศักดิ์ และคณะ. ปริญญาานิพนธ์เรื่องการศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน พ.ศ. 2554
- [4] <http://writer.dek-d.com/dollapa/story/viewlongc.php?id=499781&chapter=4>
- [5] Crash tests. แหล่งที่มา: <http://www.eng.ubu.ac.th/~me/Data/Chawalit1.htm>
- [6] มาตรฐาน US NCAP. แหล่งที่มา: <http://www.Phithan-toyota.com>.
- [7] มาตรฐาน ECE R 29. แหล่งที่มา: <http://iu.numplus.com>
- [8] วัสดุวิศวกรรม. แหล่งที่มา: <http://www.coe.or.th/>
- [9] <http://www.thaisecondhand.com/product/9925491/>
- [10] <http://samutprakancity.olxthailand.com/1100-5052-6063-1100-5052-6063-iiid-376206806>
- [11] <http://www.ferrarafire.com/FerraraCustom/Safety/CrashTest.html>



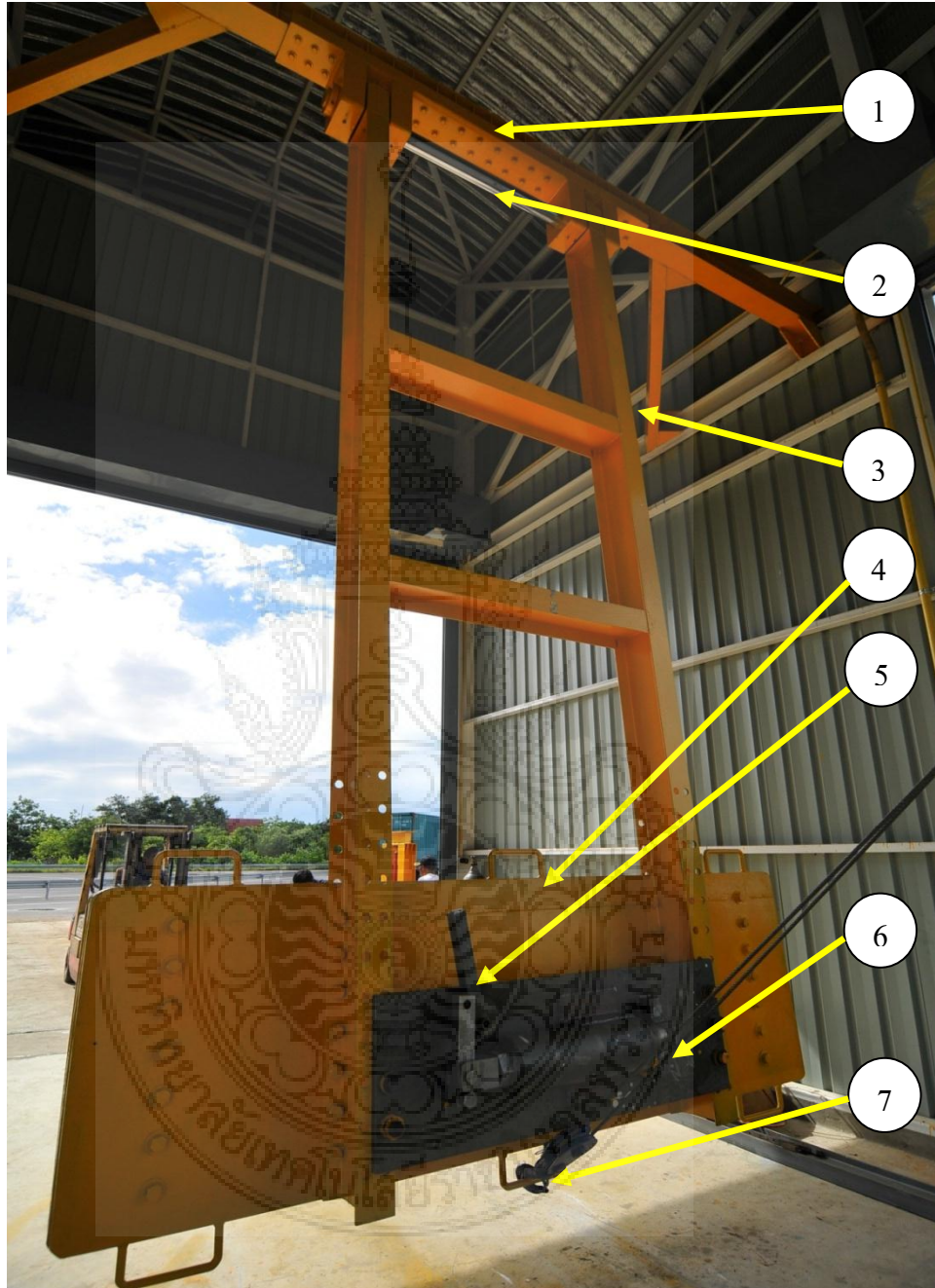
ภาคผนวก





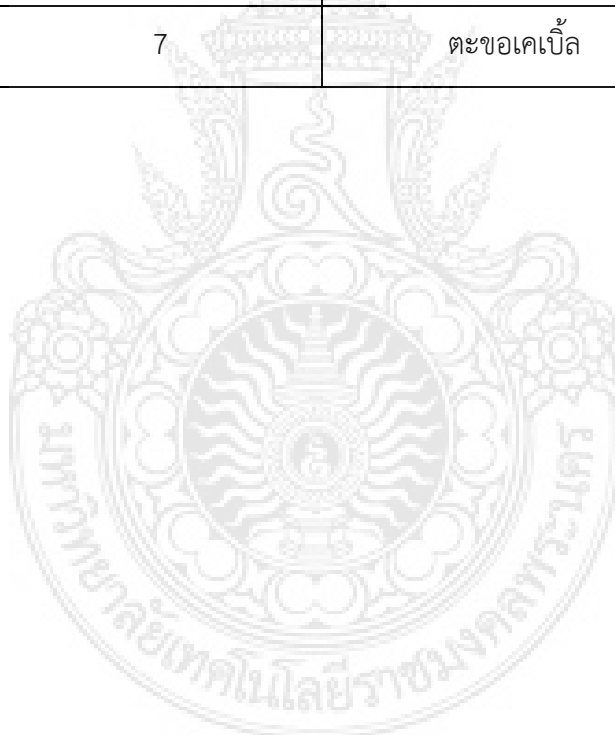
ภาคผนวก ก
ส่วนประกอบเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้า

ส่วนประกอบเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้า



ตาราง ก-1 ส่วนประกอบเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้า

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



ภาคผนวก ข
ตารางคุณสมบัติ



ตารางที่ ข-1 คุณสมบัติทั่วไปของวัสดุที่เลือกใช้ทำโครงสร้างชุดทดสอบ [3]

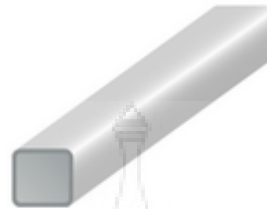
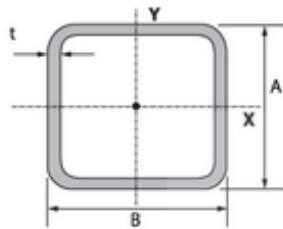
Structural ASTM-A36		
Property	Value	Units
Ultimate Strength,Tension	3.99×10^{-4}	N/m^2
Yield Strength,Tension	2.48×10^{-4}	N/m^2
Yield Strength,Shear	1.45×10^{-4}	N/m^2

ตารางที่ ข-2 คุณสมบัติทั่วไปของวัสดุที่เลือกใช้ทำโครงสร้างกันแรงกระแทก

AISI 1010 Steel hot rolled bar		
Property	Value	Units
Elastic Modulus	2×10^{11}	N/m^2
Poissons Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	8×10^{10}	N/m^2
Density	7,870	kg/m^3
Tensile Strength	325,000,000	N/m^2
Yield Strength	180,000,000	N/m^2
Thermal Expansion	1.22×10^5	K
Thermal Conductivity	51.9	W/(m.K)
Specific Heat	448	J/(kg.K)

ตารางที่ ข-3 คุณสมบัติของแป๊ปเหล็กสี่เหลี่ยม [4]

แป๊ปเหล็กสี่เหลี่ยม

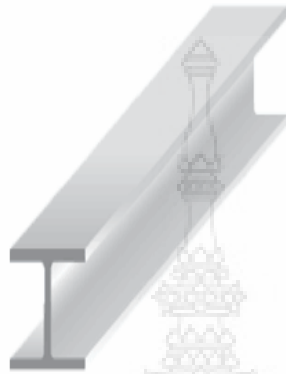
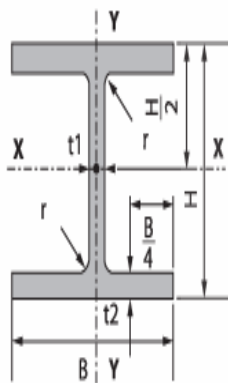


ขอสอบราคา

Side Length A x B		Wall Thickness (t) (mm.)	Unit Mass (kg/m.)	Cross Sectional cm ²	Geometrical Moment of Inertia (cm ⁴)		Modulus of Section (cm ³)		Radius of Gyration (cm)		Weight (kg./piece) 6m.	
mm.	in.				Ix	Iy	Zx	Zy	ix	iy		
PROMOTION												
38 x 38	1-1/2 x 1-1/2		2.3	2.47	3.15	6.54	6.54	3.44	3.44	1.44	1.44	14.83
13 x 13	1/2 x 1/2	<input type="checkbox"/>	0.20	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1.20
15 x 15	5/8 x 5/8	<input type="checkbox"/>	0.23	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1.38
19 x 19	3/4 x 3/4	<input type="checkbox"/>	0.30	0.00	-	-	-	-	-	-	-	1.80
25 x 25	1 x 1	<input type="checkbox"/>	0.37	0.00	-	-	-	-	-	-	-	2.20
32 x 32	1-1/4 x 1-1/4	<input type="checkbox"/>	0.48	0.00	-	-	-	-	-	-	-	2.90
38 x 38	1-1/2 x 1-1/2	<input type="checkbox"/>	0.57	0.00	-	-	-	-	-	-	-	3.40
40 x 40	1-5/8 x 1-5/8	<input type="checkbox"/>	1.43	1.83	4.52	4.52	2.26	2.26	1.57	1.57	8.30	
50 x 50	2 x 2	<input type="checkbox"/>	2.10	2.67	10.39	10.39	4.16	4.16	1.97	1.97	12.58	
60 x 60	2-3/8 x 2-3/8	<input type="checkbox"/>	2.88	3.67	20.64	20.64	6.88	6.88	2.97	2.97	17.29	
65 x 65	2-5/8 x 2-5/8	<input type="checkbox"/>	3.13	3.99	27.20	27.20	8.37	8.37	2.59	2.59	18.78	
70 x 70	2-3/4 x 2-3/4	<input type="checkbox"/>	3.38	4.31	33.30	33.30	9.52	9.52	2.78	2.78	20.31	
75 x 75	3 x 3	<input type="checkbox"/>	3.64	4.63	41.23	41.23	10.99	10.99	2.98	2.98	21.82	
80 x 80	3-1/4 x 3-1/4	<input type="checkbox"/>	4.35	5.55	56.01	56.01	14.00	14.00	3.18	3.18	26.13	
90 x 90	3-5/8 x 3-5/8	<input type="checkbox"/>	4.92	6.27	80.60	80.60	17.91	17.91	3.59	3.59	29.52	
100 x 100	4 x 4	<input type="checkbox"/>	5.48	6.99	111.49	111.49	22.30	22.30	3.99	3.99	32.91	

ตารางที่ ข-4 คุณสมบัติของเหล็กเอชบีเอ็ม [4]

เหล็กเอชบีเอ็ม

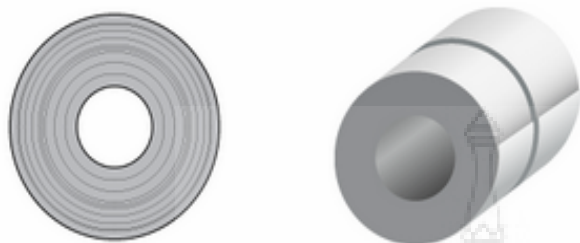


ขอสอบราคา

Nominal Size (mm.)	Weight (kg./m.)	Standard Sectional Dimension (mm.)					Lenght (m.)	Weight (kg./piece)
		H	B	t ₁	t ₂	r		
100 x 100	17.20	100	100	6.00	8.00	10.00	6 ▼	103.20
125 x 125	23.80	125	125	6.50	9.00	10.00	6 ▼	142.80
150 x 150	31.50	150	150	7.00	10.00	11.00	6 ▼	189.00
175 x 175	40.20	175	175	7.50	11.00	12.00	6 ▼	241.20
200 x 200	49.90	200	200	8.00	12.00	13.00	6 ▼	299.40
250 x 250	72.40	250	250	9.00	14.00	16.00	6 ▼	434.40
300 x 300	94.00	300	300	10.00	15.00	18.00	6 ▼	564.00
350 x 350	137.00	350	350	12.00	19.00	20.00	6 ▼	822.00
400 x 400	172.00	400	400	13.00	21.00	22.00	6 ▼	1,032.00

ตารางที่ ข-5 คุณสมบัติของเหล็กแผ่นม้วน [4]

เหล็กแผ่นม้วนรีดร้อน



ขอสอบราคา

Products	No.	Thickness (mm.)	Width (mm.)	Approx. Weight (tons)
Hot-rolled steel for structural uses	SS300	1.2 - 8.0	750 - 1,550	15 - 31
Hot-rolled steel for structural uses	SS330	1.2 - 8.0	750 - 1,550	15 - 31
Hot-rolled steel for structural uses	SS400	1.2 - 8.0	750 - 1,550	15 - 31
Hot-rolled steel for general uses	HR1	1.2 - 8.0	750 - 1,550	15 - 31
Hot-rolled steel for general uses	SPHC	1.2 - 8.0	750 - 1,550	15 - 31
Hot-rolled steel for general uses	SPHD	1.2 - 8.0	750 - 1,550	15 - 31
Hot-rolled steel for pipe and tube products	SPHT-1	1.2 - 8.0	750 - 1,550	15 - 31
Hot-rolled steel for pipe and tube products	SPHT-2	1.2 - 8.0	750 - 1,550	15 - 31
Hot-rolled steel for automotive structural uses	SAPH400	1.2 - 8.0	750 - 1,550	15 - 31

เหล็กแผ่นม้วนรีดร้อน ประเภทล้างผิวและเคลือบน้ำมัน

Products	No.	Thickness (mm.)	Width (mm.)	Approx. Weight (tons)
Hot-rolled steel pickled & oiled	-	1.20 - 6.50	600 - 1,650	15 - 31

เหล็กแผ่นม้วนรีดเย็น

Products	No.	Thickness (mm.)	Width (mm.)	Approx. Weight (tons)
Cold reduced carbon steel for commercial and drawing qualities	CR1	0.15 - 3.2	750 - 1,550	15 - 31

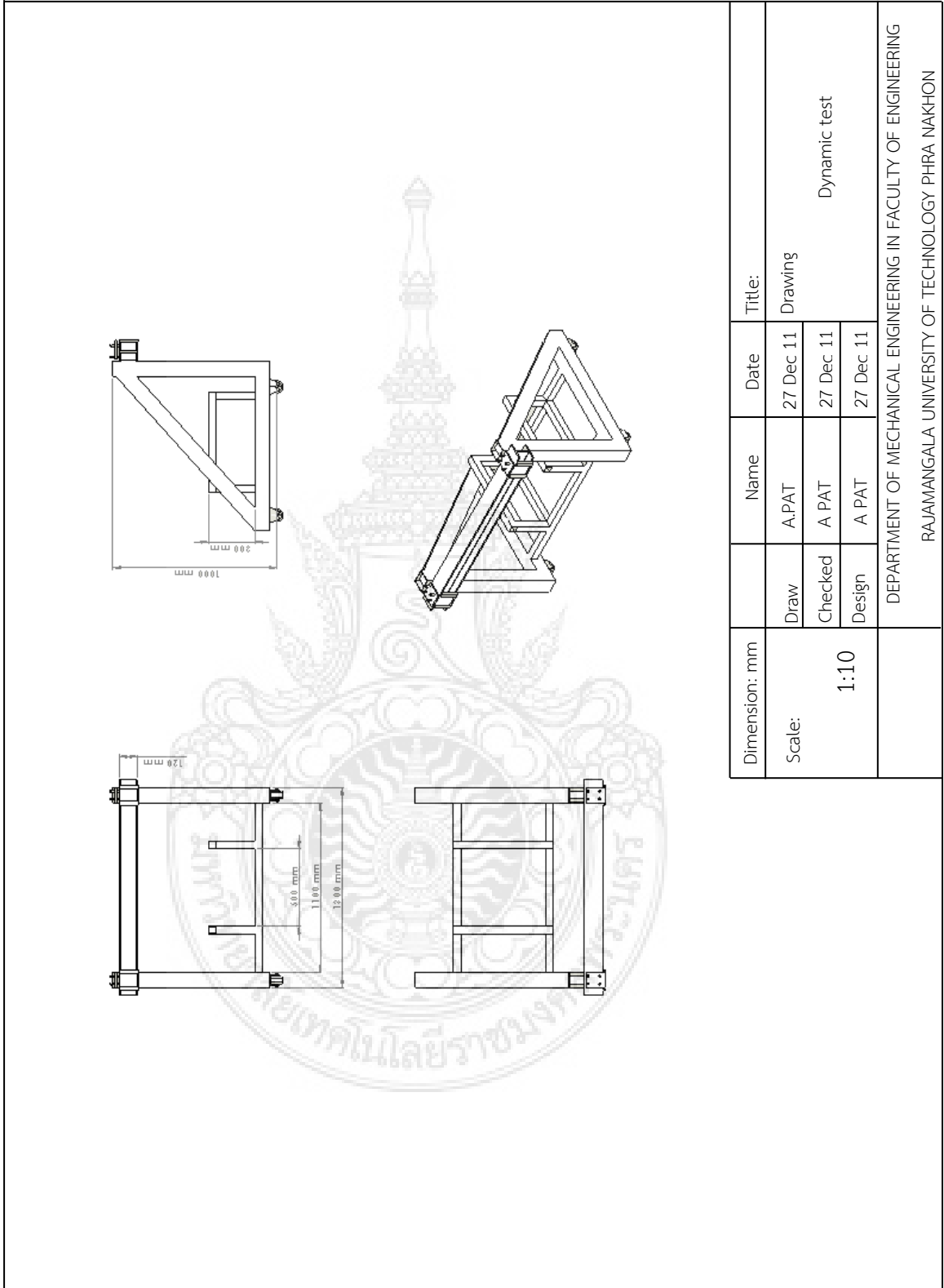
ตารางที่ ข-6 ค่าความปลอดภัย [1]

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



ภาคผนวก ค
แบบชุดทดสอบ





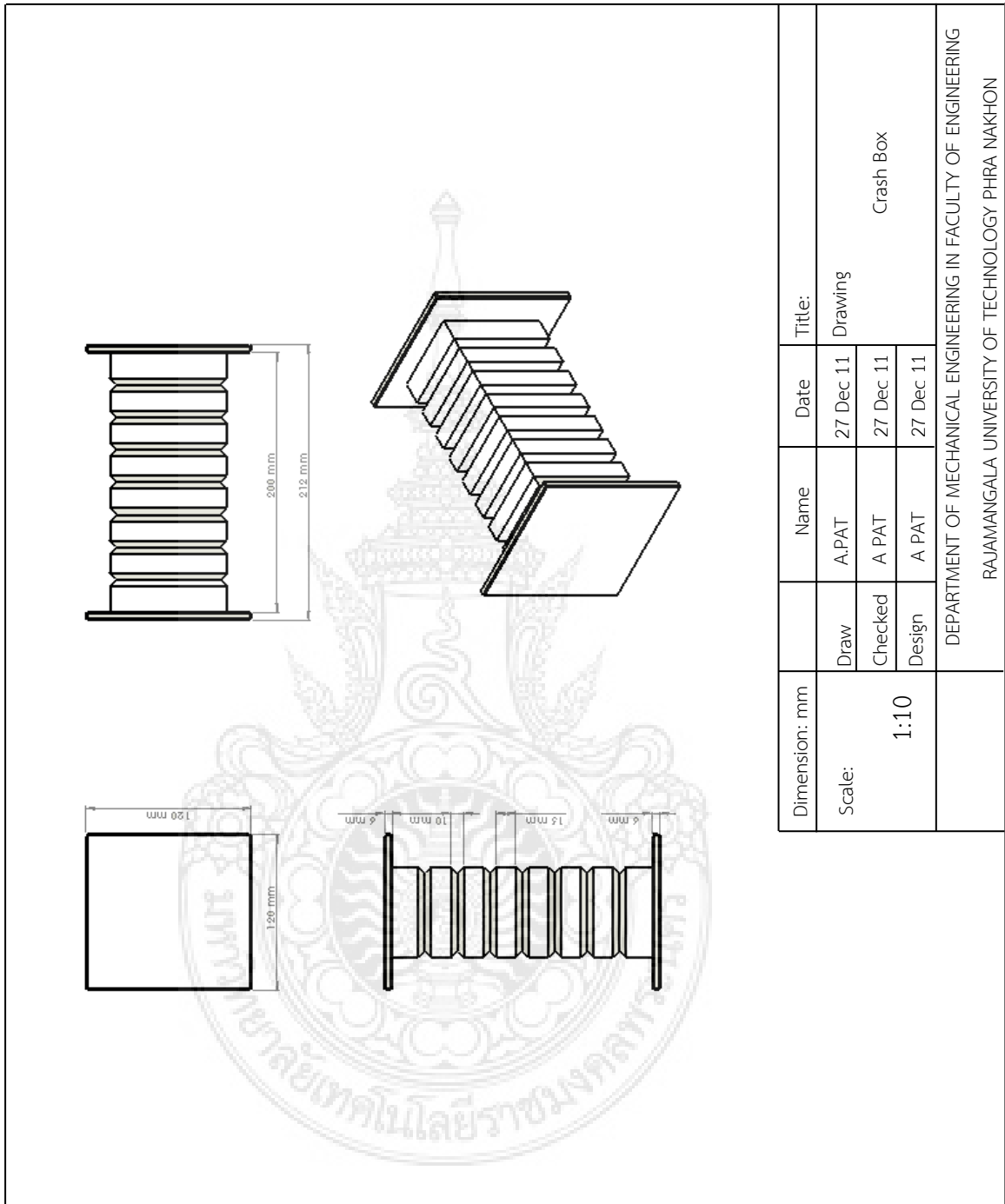
Dimension: mm		Name	Date	Title:
Scale: 1:10	Draw	A.PAT	27 Dec 11	Drawing Dynamic test
	Checked	A PAT	27 Dec 11	
	Design	A PAT	27 Dec 11	
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON				

The drawing shows a U-shaped slot with the following dimensions and views:

- Top View:** A rectangle with a total width of 140 mm and a depth of 75 mm. The inner slot has a width of 140 mm and a depth of 75 mm.
- Front View:** A U-shaped profile with a total height of 140 mm and a depth of 6 mm.
- Side View:** A rectangle with a width of 140 mm and a height of 30 mm.
- Perspective View:** A 3D view of the U-shaped slot.

Dimension: mm	Name	Date	Title:
Scale: 1:10	Draw	27 Dec 11	Drawing
	Checked	27 Dec 11	Blackup Slot
	Design	27 Dec 11	
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON			

Dimension: mm	Name	Date	Title:
Scale: 1:10	Draw	27 Dec 11	Drawing Mass
	Checked	27 Dec 11	
	Design	27 Dec 11	
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON			



Dimension: mm	Name	Date	Title:
Scale: 1:10	Draw	27 Dec 11	Crash Box
	Checked	27 Dec 11	
	Design	27 Dec 11	
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON			

ประวัติผู้จัดทำปริญญาบัตร



ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล นายวีรพัฒน์ สายหยุด
 วัน-เดือน-ปีเกิด 15 กรกฎาคม 2533
 ที่อยู่ 695/12 ซ.กรุงเทพ-นนทบุรี 19 เขต.บางซื่อ
 แขวง บางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800



ประวัติการศึกษา

ปวช. รร.ทบอ.ช่างกล ชส.ทบ 2551
 ปวส. สาขาวิชาช่างยนต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2553
 วศ.บ. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2555

โทรศัพท์ 085-3680500

E-mail Address toa_mp51@hotmail.com



ประวัติผู้จัดทำปฏิญยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล	นายวัฒนา กอรรัตน์
วัน-เดือน-ปีเกิด	29 มีนาคม 2532
ที่อยู่	11 หมู่ 2 ตำบลวังยาว อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย 42120
ประวัติการศึกษา	
ปวช	วิทยาลัยการอาชีพด่านซ้าย จังหวัดเลย พ.ศ. 2551
ปวส	เทคโนโลยียานยนต์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2553
วศ.บ.	สาขาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2555
โทรศัพท์	089-0157069
E-mail Address	park_korut@hotmail.com



ประวัติผู้จัดทำปฏิญยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล	นายธนาภักดิ์ จันทรเสน
วัน-เดือน-ปีเกิด	25 กุมภาพันธ์ 2530
ที่อยู่	19/109 หมู่17 ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540
ประวัติการศึกษา	
มัธยม	นวมินทราชินูทิศเตรียมอุดมศึกษา พ.ศ.2549
ปวส	เทคโนโลยีสยาม 2553
วศ.บ.	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2555
โทรศัพท์	083-2519027
E-mail Address	tanapat.tang@gmail.com

