



การศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน
A Study of crash boxes referred to energy absorption

นายภัทร อมรศักดิ์
นายอภิชาติ รุจาคม
นายอิทธิ กะหมายสม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2554

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน


โดย นายภัทร อมรศักดิ์ นายอภิชาติ รุจาคม และ นายอิทธิ กะหมายสม

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

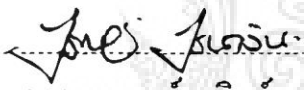
ปีการศึกษา 2554

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุภชัย หลักคำ

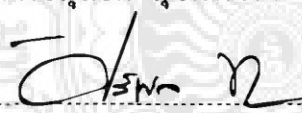
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

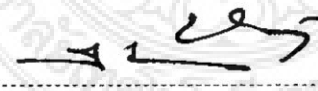
 หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง)


คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรัญญา วรรณานัน)

 กรรมการ
(อาจารย์กุลยศ สุวันทโรจน์)

 กรรมการ
(อาจารย์ศิริพล ทองอ่อน)

 อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์สุภชัย หลักคำ)

 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์พิเศษ นุญฉานัน)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	การศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน
โดย	นายภัทร อมรศักดิ์ นายอภิชาติ รุจาคม และ นายอิทธิ กะหมายสม
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2554
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุภชัย หลักคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์พิเชษฐ บุญญาลัย

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากในประเทศไทย โครงสร้างกันแรงกระแทกเป็นอีกชิ้นส่วนหนึ่งที่สำคัญเป็นอย่างมากในด้านความปลอดภัยแต่กลับพบว่าโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ผลิตขึ้นภายในประเทศยังมีคุณภาพที่ไม่สามารถเทียบเท่ามาตรฐานสากล อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในด้านการผลิตและวัสดุที่มีภายในประเทศรวมถึงกระบวนการทดสอบด้านความปลอดภัยใช้งบประมาณค่อนข้างสูง อีกทั้งกระบวนการทดสอบเฉพาะด้านยังไม่มีแนวทางที่ชัดเจนจึงทำให้เกิดโครงการการศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงานขึ้นเพื่อสร้างทางเลือกในการทดสอบ

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้จัดทำโครงการจึงคิดค้นและออกแบบชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกซึ่งประกอบด้วย โครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องสี่เหลี่ยมแบบกล่องลูกฟูกและแบบกล่องรังผึ้ง นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นไปที่การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับพลังงานและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างเมื่อได้รับพลังงานในรูปแบบพลศาสตร์และสถิตศาสตร์ โดยทำการจำลองเชิงตัวเลข รวมถึงทำการทดสอบแบบสถิตและแบบการกระแทกด้านหน้าโดยอาศัยสภาวะการทดสอบอ้างอิงพลังงานตามมาตรฐาน USA NCAP ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบการชนของรถยนต์มาประยุกต์ใช้กับการทดสอบ

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

Project Titel	A Study of crash boxes referred to energy absorption
By	Mr. Pat Amonsak Mr. Apichart Rujakom And Mr. Itti Kamaysom
Department	Mechanical Engineering
Academic Year	2011
Project Advisor	Mr. Supachai Lakkum
Project Co Advisor	Mr.Pichest Boonyalai

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 pickup 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.

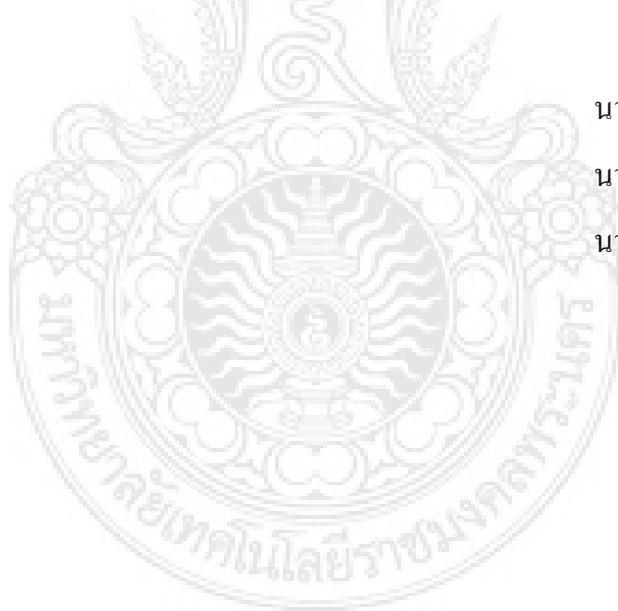
กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ศุภชัย หลีกคำ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตรและอาจารย์พิเศษฐ์ บุญญาลัย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญาบัตร รวมถึงคณะกรรมการสอบปริญญาบัตรและคณาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านซึ่งให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้ ตลอดจนควบคุมการทำปริญญาบัตรจนประสบความสำเร็จด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณสำนักวิศวกรรมยานยนต์ กรมการขนส่งทางบกที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบโครงการ

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่สนับสนุนทางด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจให้อย่างดียิ่งเสมอมาโดยตลอด ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากปริญญาบัตรฉบับนี้ ผู้จัดทำโครงการขอมอบเป็นกตัญญูตราบเท่าแต่ บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายภัทร	อมรศักดิ์
นายอภิชาติ	รู่จาคม
นายอิทธิ	กะหมายสม



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูป	ญ
คำอธิบายและสัญลักษณ์ย่อ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของ โครงการงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการงาน	3
1.3 ขอบเขตของโครงการงาน	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากโครงการงาน	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง	4
2.2 ทฤษฎีที่ใช้สำหรับการออกแบบเครื่องทดสอบ	8
3. การดำเนินงานและการสร้าง	12
3.1 การคำนวณหาค่าเบื้องต้นเพื่อใช้ศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงาน	14
3.2 การออกแบบและการสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก	15
3.3 การออกแบบและการสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทก	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.4 การจำลองเชิงตัวเลข (Simulation)	26
3.5 การทดสอบแบบสถิต (Static tests)	29
3.6 การทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า (Dynamic tests)	31
4. ผลการทดสอบ	37
4.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลข (Simulation)	37
4.2 ผลการทดสอบแบบสถิต (Static tests)	39
4.3 ผลการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า (Dynamic tests)	44
5. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการทดสอบ	46
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ	47
5.3 ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้า	49
ภาคผนวก ข ตารางคุณสมบัติ	55
ภาคผนวก ค แบบชุดทดสอบ	60
ประวัติผู้จัดทำปริญญาานิพนธ์	68

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าความปลอดภัย	11
4.1 คุณสมบัติวัสดุของแบบจำลอง	37
4.2 การเปรียบเทียบผลจากการจำลอง	39
4.3 คุณสมบัติวัสดุของการทดสอบแบบสถิต	39
4.4 การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบสถิต	43
4.5 สภาวะการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	44
4.6 การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	44



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ตำแหน่งของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์	2
2.1 แสงการเคลื่อนที่ของมวลก่อนและหลังการชน	5
2.2 การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟกรณีแรงกระทำมีค่าไม่คงตัว	7
2.3 ระบบการรองรับของคานแบบง่าย	8
2.4 แรงกระจายสม่ำเสมอ	8
2.5 Simply supported beam มีแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง	9
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	13
3.2 แบบจำลองการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	16
3.3 แบบจำลองชุดทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทก	17
3.4 คานรองรับแผ่นถ่วงน้ำหนัก	18
3.5 การพิจารณาสมมูลของคาน	18
3.6 แผนภาพโมเมนต์ตัด	19
3.7 พื้นที่หน้าตัดของ โครงสร้าง	22
3.8 ชุดทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทก	22
3.9 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบสถิต	23
3.10 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	23
3.11 การตัดและการอัดขึ้นรูปโครงสร้างกันแรงกระแทก	24
3.12 แผ่นเหล็กที่ทำการตัดขึ้นรูปทั้ง 3 รูปแบบ	24
3.13 การเชื่อมโครงสร้างกันแรงกระแทก	25
3.14 ชิ้นงานโครงสร้างกันแรงกระแทกสำหรับใช้ทดสอบ	25
3.15 การเลือกโหมดการจำลอง	26
3.16 การกำหนดคุณสมบัติให้กับแบบจำลอง	27
3.17 การใส่แรงปฏิกิริยาให้กับแบบจำลอง	27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 ขนาดเอลิเมนต์ของแบบจำลอง	28
3.19 การยู่ตัวของแบบจำลอง	28
3.20 เครื่องทดสอบแรงกด	29
3.21 การชั่งน้ำหนัก โครงสร้างกันแรงกระแทก	29
3.22 การติดตั้ง โครงสร้างกันแรงกระแทกบนเครื่องทดสอบ	30
3.23 การยู่ตัวของ โครงสร้างกันแรงกระแทกทั้ง 3 รูปแบบ	30
3.24 การติดตั้งชุดทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทก	31
3.25 การติดตั้ง โครงสร้างกันแรงกระแทก	31
3.26 การติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมแบบดิจิทัล	32
3.27 การติดตั้งชุดเลเซอร์บอกระยะ	32
3.28 การตั้งกลไกสำหรับปลดล๊อคค้ำน้ำหนัก	33
3.29 การคล่องตะขอเคเบิล	33
3.30 การยกลูกค้ำด้วยรอกไฟฟ้า	34
3.31 การบันทึกวิดีโอการทดสอบ	34
3.32 การปลดล๊อคค้ำน้ำหนัก	35
3.33 การวัดค่าการยู่ตัวของ โครงสร้างกันแรงกระแทก	35
3.34 มุมสะท้อนของลูกค้ำหลังจากกระแทกกับ โครงสร้างกันแรงกระแทก	36
4.1 ผลจำลองเชิงตัวเลข (Simulation)	38
4.2 พลังงานภายในต่อปริมาตรของ โครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องสี่เหลี่ยม	40
4.3 พลังงานภายในต่อปริมาตรของ โครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูก	41
4.4 พลังงานภายในต่อปริมาตรของ โครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องรังผึ้ง	42
4.5 การดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตรจากการทดสอบแบบสถิต	43
4.6 การดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตรจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า	45

คำอธิบายและสัญลักษณ์ย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Σ	ผลรวม	-
E_k	พลังงานจลน์ของระบบ	J
E_p	พลังงานศักย์ของระบบ	J
W	งาน	J
V	แรงเฉือน	N
∇	ปริมาตร	mm ³
v	ความเร็ว	m/s
M	โมเมนต์	Nm
M_{max}	โมเมนต์สูงสุด	Nm
m	มวล	kg
R	แรงปฏิกิริยา	N
r	รัศมี	m
F	แรงกิริยา	N
N_y	ค่าความปลอดภัย	-
I	โมเมนต์อินเนอร์เซีย	mm ⁴
σ_y	ความเค้น	N/m ²
σ_m	ความเค้นสูงสุด	N/m ²
h	ความสูง	mm
b	ความกว้าง	mm
t	ความหนา	mm
l	ความยาว	mm
l_0	ความยาวเดิม	mm
g	ความเร่งจากแรงดึงดูดโลก	m/s ²

คำอธิบายและสัญลักษณ์ย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
x	ระยะกระจัด	m
c	แกนสะเทิน	mm
α	มุมยก	° (องศา)
β	มุมสะท้อน	° (องศา)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจภายในประเทศไทย ในขณะที่รถยนต์ส่วนใหญ่ถูกออกแบบโดยวิศวกรต่างชาติ และถูกถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อทำการผลิตในประเทศไทย โดยเฉพาะระบบสำคัญต่างๆ ในยานยนต์ ซึ่งรวมถึงระบบความปลอดภัยในรถยนต์ด้วย โครงสร้างกันแรงกระแทกเป็นอีกชิ้นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการใช้งานและมีบทบาทในด้านความปลอดภัยเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการออกแบบและปรับใช้เพื่อความเหมาะสมในการผลิตและการใช้งาน แต่กลับพบว่าโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ถูกติดตั้งในรถยนต์ที่มีจำหน่ายภายในประเทศนี้ มีคุณภาพค่อนข้างต่ำกว่าที่มีใช้ในต่างประเทศ และไม่สามารถเทียบกับคุณสมบัติของ โครงสร้างกันแรงกระแทกที่ถูกติดตั้งในรถยนต์ที่มีจำหน่ายในต่างประเทศได้ อันเป็นผลมาจากข้อจำกัดในการผลิตและวัสดุที่มีอยู่ในประเทศ มากไปกว่านั้นต้นทุนสำหรับการทดสอบมีราคาสูงมาก ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนด้านเครื่องมือการทดสอบสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศ ซึ่งไม่เพียงพอที่จะเอื้ออำนวยต่อการใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์ในอนาคต รวมถึงการก้าวไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับชิ้นส่วนยานยนต์อีกด้วย

จากปัญหาดังกล่าว ทำให้การออกแบบรถยนต์ที่ใช้งานในประเทศมีมาตรฐานความปลอดภัยที่ไม่เทียบเท่ามาตรฐานความปลอดภัยจากต่างประเทศ ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นได้จากความเสียหายที่ปรากฏขึ้นหลังจากการเกิดอุบัติเหตุ โดยโครงสร้างกันแรงกระแทกส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในรถยนต์ดังรูปที่ 1.1 นั้น ไม่สามารถดูดซับแรงกระแทกและลดความเสียหายหลังจากการเกิดอุบัติเหตุได้เท่าที่ควรจะเป็นเมื่อเทียบกับมาตรฐานสากล



รูปที่ 1.1 ตำแหน่งของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ [7]

ด้วยเหตุผลดังกล่าว โครงการนี้จึงได้ตระหนักถึงการใช้งานในด้านความปลอดภัยภายหลังการเกิดอุบัติเหตุ และมุ่งเน้นที่จะทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการรับแรงกระแทกเพื่อใช้ออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ ภายใต้ข้อจำกัดด้านคุณสมบัติวัสดุภายในประเทศ โดยอาศัยหลักวิศวกรรมในการออกแบบและพัฒนา อีกทั้งยังจะนำเอาหลักการทดสอบที่เป็นมาตรฐานสากลทางด้านวิศวกรรมยานยนต์มาใช้เป็นแนวทางและทำการปรับปรุงขั้นตอนการทดสอบให้มีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

นอกจากนี้แล้วยังเป็นการสร้างทางเลือกสำหรับการทดสอบการชนหรือการกระแทกอันเกิดขึ้นจากอุบัติเหตุ ที่จะสามารถนำยานพาหนะมาทำการทดสอบ และนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นองค์ความรู้ในการพัฒนาการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของยานยนต์ให้มีความสามารถในการดูดซับพลังงาน และเกิดความปลอดภัยหลังเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้รับจากโครงการนี้คือ โครงสร้างกันแรงกระแทกที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านการพัฒนาและการออกแบบยานยนต์ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมการออกแบบยานยนต์ให้กับประเทศ ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ประเทศไทยจะได้รับ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการดูดซับแรงกระแทกของโครงสร้างกันแรงกระแทก
- 1.2.2 เพื่อออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์
- 1.2.3 เพื่อสร้างรูปแบบการทดสอบเทียบเท่ากับมาตรฐานสากล
- 1.2.4 สร้างทางเลือกสำหรับการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ไม่ต่ำกว่า 3 รูปแบบ
- 1.3.2 ออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกสำหรับรถยนต์ที่มีขนาดไม่เกิน 1 ตัน
- 1.3.3 แนวทางการทดสอบอ้างอิงจากมาตรฐาน USA NCAP [6] และ ECE R 29 [5]

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

- 1.4.1 ทราบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการดูดซับพลังงานจากการกระแทกของโครงสร้างกันแรงกระแทก
- 1.4.2 ได้โครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ
- 1.4.3 ได้ทางเลือกใหม่สำหรับการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์
- 1.4.4 ได้ฝึกทักษะและนำวิชาทางด้านวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง การออกแบบ โครงสร้างกันแรงกระแทก ต้นแบบและการสร้างชุดทดสอบ ซึ่งในการออกแบบและสร้างชุดทดสอบนั้นจำเป็นต้องมีการคำนวณค่าเบื้องต้นเพื่อใช้ในการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้สร้างชุดทดสอบได้อย่างเหมาะสม เพื่อเป็นการสร้างความปลอดภัยในการทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทก

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

2.1.1 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element) [1]

วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นการใช้ระเบียบวิธีทางตัวเลขเพื่อหาผลลัพธ์โดยประมาณของปัญหาที่กำหนดมาให้โดยแบ่งลักษณะของปัญหาออกเป็นส่วนย่อยๆ ที่เรียกว่าเอลิเมนต์ (Element) ซึ่งแต่ละเอลิเมนต์จะเชื่อมต่อกันที่จุดโหนด (Node) ซึ่งจะจำลองปัญหาทุกเอลิเมนต์แล้วนำแต่ละเอลิเมนต์มารวมประกอบขึ้นเป็นรูปร่างที่เราต้องการแก้ปัญหาขั้นตอนโดยทั่วไปของวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์จะประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

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

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกฟังก์ชันประมาณภายในซึ่งมีความสำคัญต่อความถูกต้องของผลลัพธ์ของปัญหาที่จะทำการวิเคราะห์ ฟังก์ชันประมาณภายในจะมีหลายรูปแบบให้เลือกแต่ขึ้นอยู่กับปัญหาว่าจะตรงกับเงื่อนไขใด ปัญหาที่วิเคราะห์นี้อาจจะเป็นปัญหา 1 มิติ หรือ 2 มิติ รูปแบบฟังก์ชันประมาณภายในก็จะแตกต่างกันไป

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 $\{\phi\}$ ซึ่งอาจจะเป็นค่าการเคลื่อนตัวของวัสดุยึดหยุ่นหรือค่าของอนุภูมิของวัสดุก็ได้ขึ้นอยู่กับขอบเขตปัญหาที่สนใจ

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อคำนวณค่าต่างๆ ที่จุดต่อออกมาแล้วอาจจะเป็นปัญหาทางด้านโครงสร้างก็จะทราบค่าการเคลื่อนตัว (Displacement) ที่ตำแหน่งต่างๆ ก็จะสามารถนำค่าที่ได้ไปหาความเครียดในที่สุดก็สามารถหาค่าของความเค้นได้

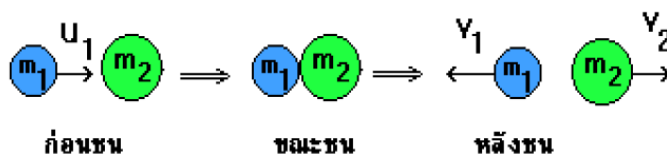
2.1.2 ทฤษฎีการชนและโมเมนตัม [2]

กรณีการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกจัดอยู่ในรูปแบบการชนในแนวตรง (1 มิติ) เป็นการชนกันแนวผ่านจุดศูนย์กลางมวลและเป็นการชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น เมื่อชนกันแล้วเกิดการสูญเสียพลังงานจลน์ไปในรูปพลังงานความร้อน, เสียง, แสง แต่โมเมนตัมของระบบคงตัว (ถ้าไม่มีแรงภายนอกกระทำ) สามารถหาพลังงานได้ดังนี้

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

โดยที่ E_k คือพลังงานจลน์ของระบบ (J)

ในกรณีที่มวลก้อนเล็กวิ่งไปชนมวลก้อนใหญ่ ภายหลังจากชนมวลก้อนเล็กจะกระเด็นกลับ ส่วนมวลก้อนใหญ่จะเคลื่อนที่ไปทิศเดียวกับมวลก้อนเล็กก่อนชน ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงการเคลื่อนที่ของมวลก้อนก่อนและหลังการชน

2.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานและพลังงาน [2]

พลังงานหมายถึง ความสามารถในการเกิดงาน ซึ่งเป็นผลการทำงานของแรงทำให้วัตถุหรือสิ่งใดๆ เคลื่อนที่หรือทำให้สสารเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่น ทำให้สสารร้อนขึ้นหรือเปลี่ยนสถานะ พลังงานนั้นสามารถจัดเก็บไว้ได้และพลังงาน ไม่สามารถถูกทำลายได้แต่สามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้เช่น พลังงานแสงไปเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลหรือพลังงานความร้อนเป็นต้น ในการทดสอบได้พลังงานดังต่อไปนี้

1) พลังงานกล เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่หรือพร้อมที่จะเคลื่อนที่ แบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ พลังงานศักย์และพลังงานจลน์

พลังงานศักย์ (potential energy : E_p) คือ พลังงานที่สะสมอยู่ในตัววัตถุหรือสสารที่หยุดนิ่งอยู่กับที่ยังไม่เกิดการเคลื่อนที่ ถ้าวัตถุอยู่บนพื้นที่สูงจากระดับพื้นดินขึ้นไปพลังงานที่สะสมอยู่ในตัวของวัตถุนี้จะเกิดจากแรงดึงดูดของโลกจึงเรียกว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วง การคำนวณพลังงานศักย์โน้มถ่วงในการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้าใช้สมการดังต่อไปนี้

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

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 [2]

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

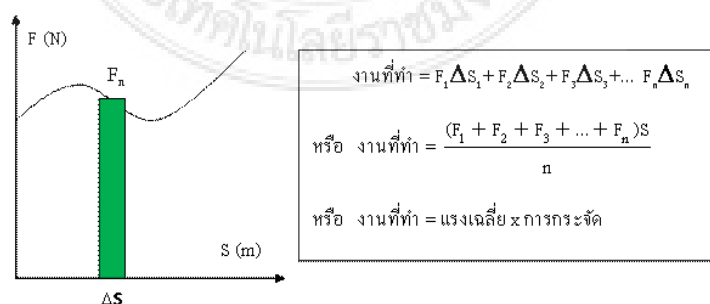
$$W = F \cdot S \quad (2.5)$$

โดยที่ W คือ งาน (J)

F คือ แรงกิริยา (N)

S คือ ระยะทาง (m)

ดังนั้น งาน (W) จะขึ้นอยู่กับ แรง (F) และ ระยะทาง (S) ที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ตามแนวแรงกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรง (F) และการขจัด (S) จะบอกให้ทราบขนาดของงานที่ทำได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟกรณีแรงกระทำมีค่าไม่คงตัว

2.2 ทฤษฎีที่ใช้สำหรับการออกแบบเครื่องทดสอบ

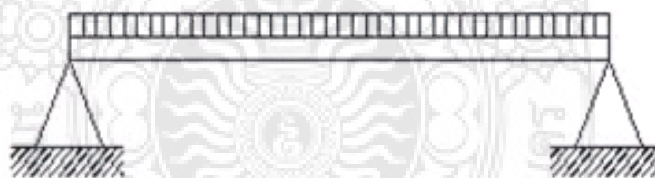
2.2.1 ทฤษฎีโมเมนต์ค้ดและแรงเฉือนของคาน (Bending Moment and Shearing Force) [3]

การพิจารณาท่อนโลหะ ซึ่งอยู่ภายใต้ความเค้นดึง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน ซึ่งมีค่าคงที่ตลอดภาคตัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งคานอยู่ภายใต้แรงที่กระทำในแนวตั้ง ความเค้นที่เกิดขึ้นจะมีทั้งความเค้นดึง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน แต่มีค่าไม่คงที่ตลอดภาคตัดอันหนึ่ง

การรองรับของคาน เป็นระบบการรองรับคานแบบง่าย (Simple supported beam) มีลักษณะการรองรับเป็นคมมีดหรือลูกกลิ้งรองรับอยู่ดังรูปที่ 2.3 และมีแรงกระจายดังรูปที่ 2.4

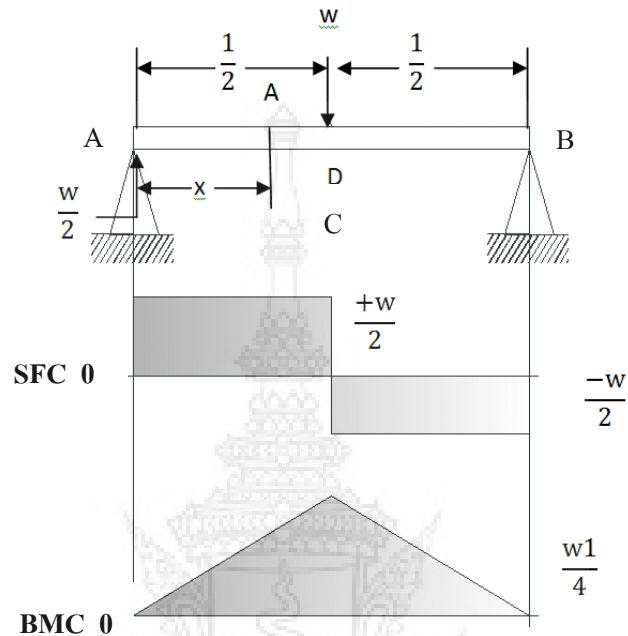


รูปที่ 2.3 ระบบการรองรับของคานแบบง่าย



รูปที่ 2.4 แรงกระจายสม่ำเสมอ

จากรูปที่ 2.4 สามารถพิจารณาให้อยู่ในรูปของแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง (Simply supported beam) และเขียนเป็นแผนภาพ โมเมนต์คัตได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Simply supported beam มีแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง

การหาแรงเฉือน SF ก่อนอื่นต้องหาแรงปฏิกิริยาที่ A และ B เนื่องจากแรงกระทำตรงกลางแรงปฏิกิริยามีค่าเท่ากัน $= \frac{W}{2}$

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 เหนือวัสดุทวนเข็มนาฬิกา

2.2.2 ความเค้นดัดและการเสวยรูปในช่วงอีลาสติก [3]

ชิ้นส่วนโครงสร้างที่รับโมเมนต์ซึ่งมีขนาดเท่ากันและมีทิศทางตรงกันข้าม กระทำอยู่ในระนาบเดียวกันซึ่งเป็นระนาบในแนวความยาวนั้น เรียกว่าอยู่ในสภาพแรงดัดล้วน (Pure Bending) : ซึ่งจะพบว่าถ้าตัดหน้าตัดผ่านชิ้นส่วน จะทำให้แรงเล็กๆที่กระทำบนชิ้นส่วนเทียบเท่ากับโมเมนต์ (M) 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)

และสามารถพิจารณากรณีที่โมเมนต์ดัดทำให้เกิดความเค้นในแนวตั้งฉากซึ่งมีค่าไม่เกินกำลังคลาก σ_y ของวัสดุ นั้นหมายถึงความเค้นมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดความเป็นปฏิกภาค (Proportional Limit) และขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic Limit) ด้วย ดังนั้นจะไม่มี การเสวยรูปอย่างถาวรเกิดขึ้น และสามารถใช้กฎของฮุกได้ สมมติว่าวัสดุเป็นเนื้อเดียวกันในกรณีของแรงดัดล้วน แกนสะเทินจะผ่านจุดเซนทรอยด์ของหน้าตัด ดังนั้น I คือ โมเมนต์อินเนอร์เซียหรือ โมเมนต์ที่สองของหน้าตัด โดยเทียบกับแกนสะเทินซึ่งตั้งฉากกับระนาบของโมเมนต์ M และเมื่อต้องการหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของคาน โดยคำนึงถึงความปลอดภัยสามารถหาได้จากสมการ

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

- 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 [3]

ค่าความปลอดภัยหมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านทานแรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้ความเค้นสำหรับใช้งาน (Working stress) ในชิ้นส่วนที่ต้องการออกแบบหรือเรียกว่า ความเค้นออกแบบ (Design stress) สามารถหาได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียว และโลหะเหนียว		เหล็กหล่อ และโลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_u
แรงอยู่นิ่ง	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

ค่าความปลอดภัยสำหรับแรงซ้ำทิศทางเดียว (Repeated, one direction) หรือแรงซ้ำสองทิศทาง (Repeated and reversed) ที่ให้ไว้ในตารางที่ 2.1 หมายถึงค่าความปลอดภัยที่จะนำไปใช้เมื่อสมมติให้เป็นแรงนิ่ง (Dead load) ในขณะออกแบบสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาโดยคิดละเอียดลงไปถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรง และความทนของวัสดุต่อแรงที่เปลี่ยนอยู่เสมอนี้จะใช้ค่าความปลอดภัยแตกต่างกันไป

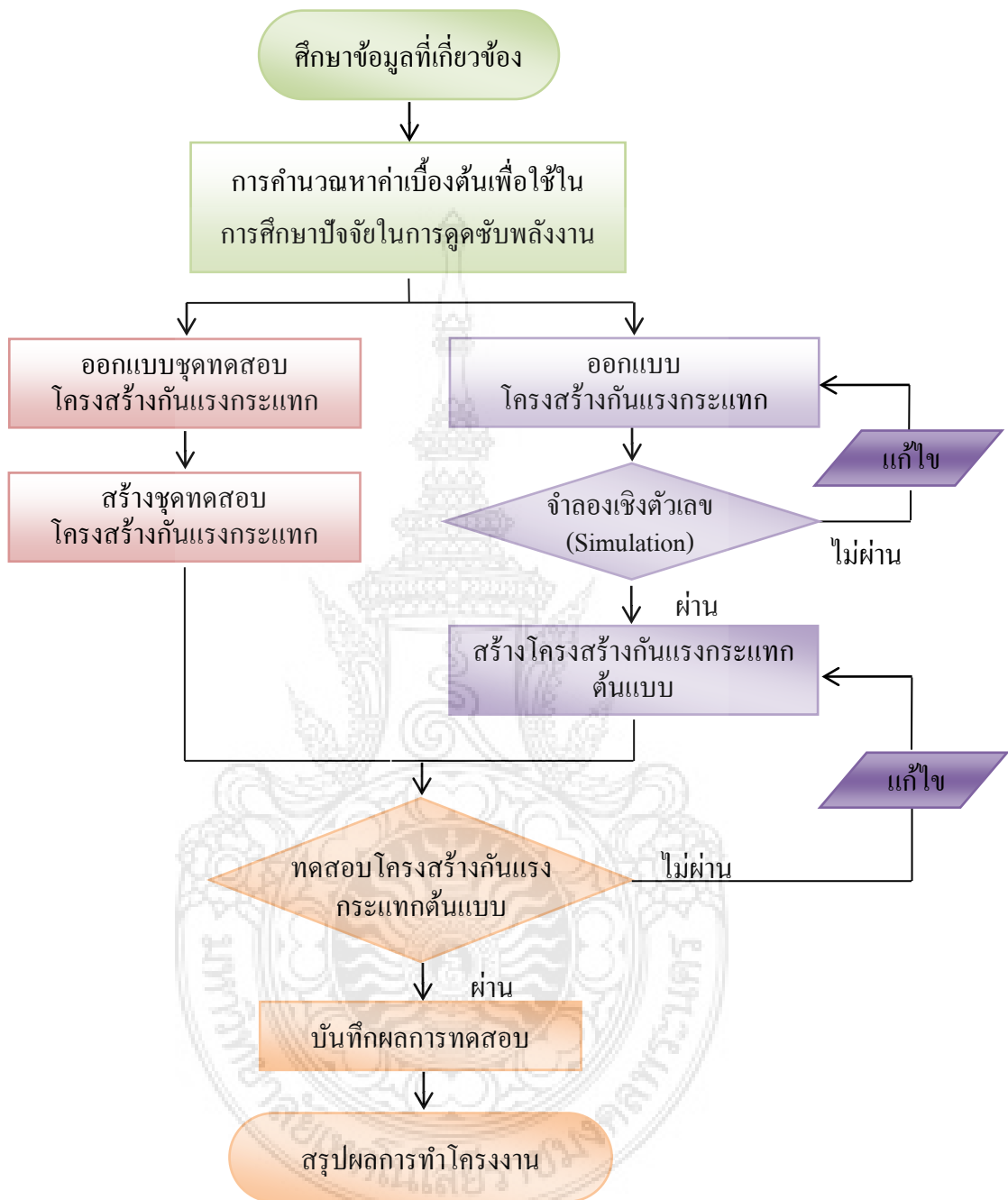
บทที่ 3

การดำเนินงานและการสร้าง

การจัดทำโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบแนวทางการทดสอบ โครงสร้างกันแรง
กระแทกของรถยนต์ และออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ เพื่อทดสอบหาปัจจัยในการ
ดูดซับพลังงานจากการกระแทก เพื่อให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและมีประสิทธิภาพนั้น
จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆและทำการวิเคราะห์ก่อนการสร้างชิ้นงาน เพื่อเป็นการตรวจสอบ
ว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะออกแบบและสร้างชุดทดสอบให้ได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ
ถ้าหากมีการคำนวณทางทฤษฎีแล้วมีความเป็นไปได้ จึงลงมือปฏิบัติ เพื่อป้องกันความสิ้นเปลือง
วัสดุ และอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการสร้างชุดทดสอบ โดยผู้จัดทำโครงการมี
ขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

- 1) การคำนวณหาค่าเบื้องต้นเพื่อใช้ในการศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงาน
- 2) ออกแบบชุดทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทก
- 3) สร้างชุดทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ
- 4) ออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทก
- 5) จำลองเชิงตัวเลข (Simulation)
- 6) สร้างโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ
- 7) ทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ
- 8) บันทึกผลการทดสอบ
- 9) สรุปผลการทำโครงการ

จากขั้นตอนการดำเนินงานและการสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์
สามารถนำขั้นตอนการดำเนินงานมาเขียนแผนภูมิรูปภาพได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การคำนวณหาค่าเบื้องต้นเพื่อใช้ในการศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงาน

การศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงานของโครงสร้างกันแรงกระแทก สามารถศึกษาได้จากการจำลองเชิงตัวเลข การทดสอบแบบสถิต และการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า ซึ่งการทดสอบทั้งสามรูปแบบนี้จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าพลังงานและแรงกิริยาเพื่อใช้ในการทดสอบ จึงต้องมีการคำนวณดังต่อไปนี้

3.1.1 การคำนวณหาค่าพลังงานและมูมยกลูกตุ้มเพื่อใช้ทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

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

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 มูมยกลูกตุ้มเพื่อใช้ทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า โดยนำค่ามวลของลูกตุ้มที่มีขนาด 1,500 kg และความยาวแขนแกว่งของลูกตุ้ม 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

เนื่องจากการจำลองการทดสอบเป็นการจำลองเพื่อดูแนวโน้มในการยุบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทกที่ทำการออกแบบ โดยการใส่แรงกิริยาเพื่อกระตุ้นงานจึงต้องมีการคำนวณหาค่าแรงกิริยาเพื่อใช้ในการจำลอง ซึ่งจะนำค่ามวลของลูกตุ้มขนาด 1,500 kg มาคำนวณหาแรงกิริยาได้ดังนี้

จากสมการที่ (2.4)

$$F = mg$$

แทนค่าหา F

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

ดังนั้น

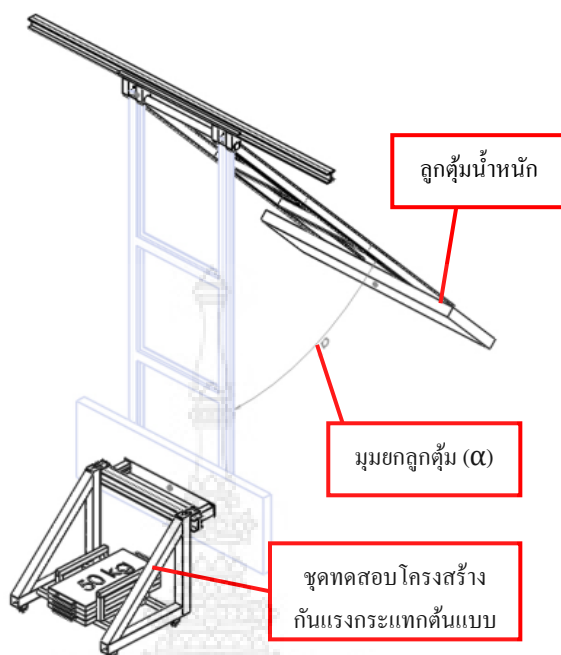
$$F = 14,715 \text{ N} \quad (\text{สำหรับ 2 กล้อง})$$

และ

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

3.2 การออกแบบและการสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ในการรับแรงกระแทกของรถยนต์ จึงเลือกใช้การทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้ามาใช้ทำการทดสอบ โดยมีวัตถุประสงค์ของการทดสอบคือการวัดค่าพลังงานหลังจากการกระแทกขึ้นงานอย่างฉับพลันซึ่งสามารถหาได้จากการปล่อยลูกตุ้มที่ทราบค่าน้ำหนัก ณ ตำแหน่งความสูงหรือมุมการยกลูกตุ้มที่ได้คำนวณไว้ลงกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทก โดยมีฐานรองรับแรงกระแทกดังรูปที่ 3.2



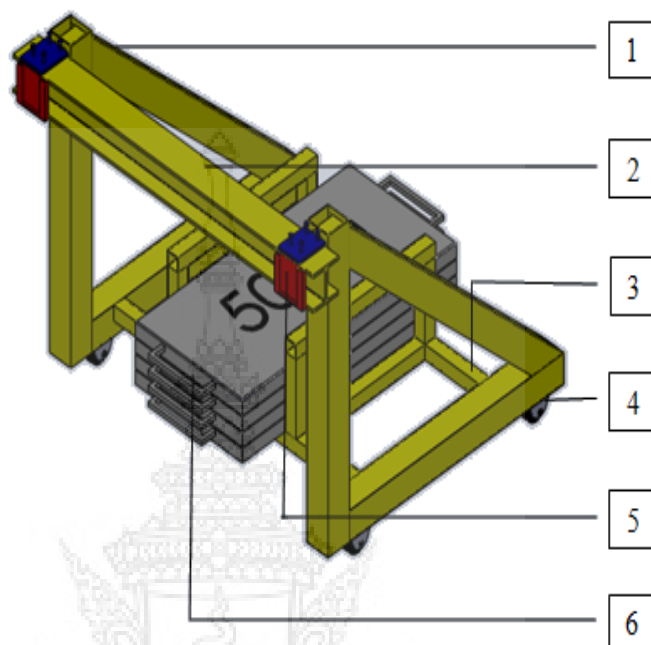
รูปที่ 3.2 แบบจำลองการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

3.2.1 การออกแบบชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

เนื่องจากต้องการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการดูดซับพลังงานในการกระแทกของโครงสร้างกันแรงกระแทกเพียงส่วนเดียว ดังนั้น โครงสร้างชุดทดสอบจึงต้องมีข้อกำหนดในการออกแบบดังต่อไปนี้

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

จากข้อกำหนดดังกล่าวทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้มีการออกแบบเพื่อให้ชุดทดสอบนั้นสามารถใช้ทำการทดสอบและสร้างขึ้นได้จริง จึงทำการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Solid Work โดยคำนึงถึงขนาดและคุณสมบัติของวัสดุที่มีจำหน่ายอยู่ในประเทศ จึงได้ผลสรุปในการออกแบบดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แบบจำลองชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

หมายเลข 1 โครงสร้างหลัก

หมายเลข 2 คานรับแรงกระแทกด้านหน้า

หมายเลข 3 คานรองรับแผ่นถ่วงน้ำหนัก

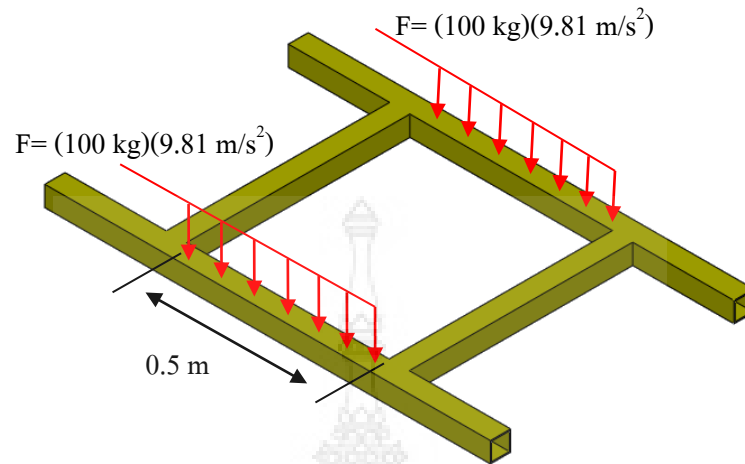
หมายเลข 4 ล้อ

หมายเลข 5 จุดติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทก

หมายเลข 6 แผ่นปูนถ่วงน้ำหนัก

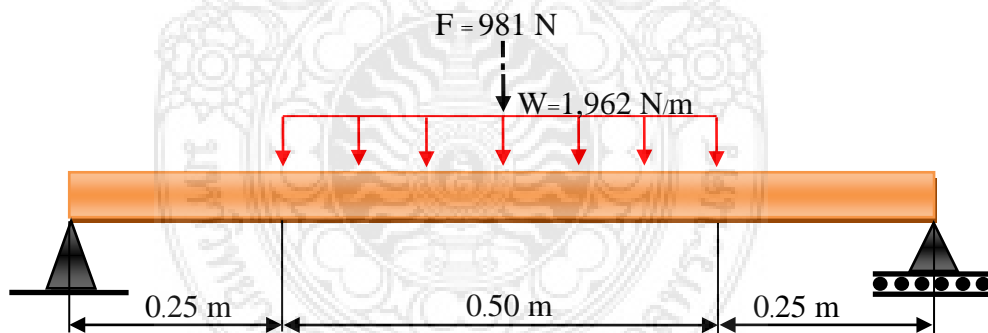
3.2.2 การคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของคานรองรับแผ่นปูนถ่วงน้ำหนัก

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

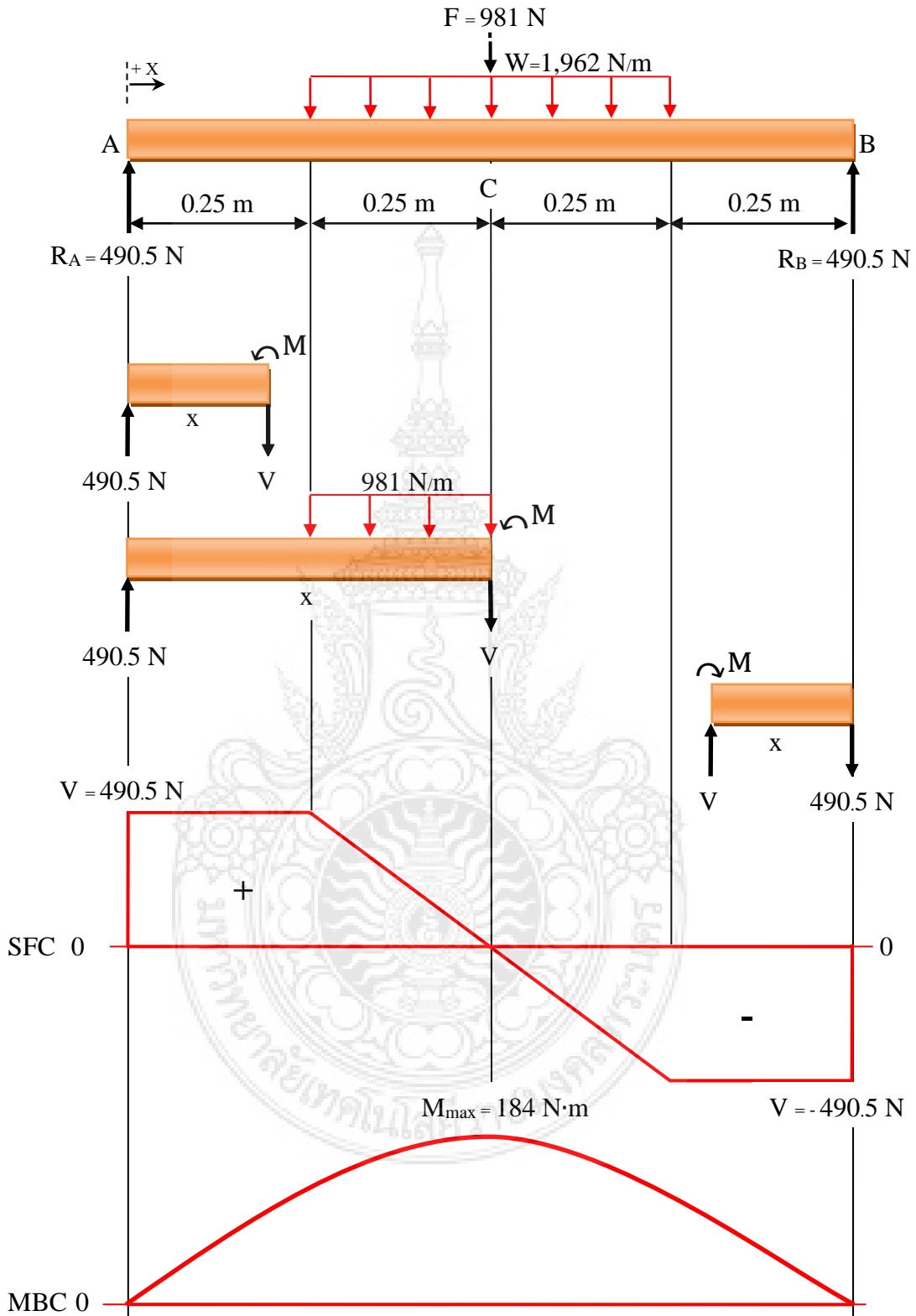


รูปที่ 3.4 คานรองรับแผ่นถ่วงน้ำหนัก

จากรูปที่ 3.4 สามารถคิดสมมูลของคานเพื่อหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ และคำนวณหาค่าโมเมนต์สูงสุดดังนี้



รูปที่ 3.5 การพิจารณาสมมูลของคาน



รูปที่ 3.6 แผนภาพ โมเมนต์ตัด

จากแผนภาพโมเมนต์ตัดสามารถพิจารณาสมดุลของคานทั้งหมดและคำนวณหาแรงปฏิกิริยาที่จุด A และจุด B ได้ดังนี้

จากสมการที่ (2.6) $M = R \times x$

ดังนั้น

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

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 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

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

และ

$$M_A = M_B = 0$$

เนื่องจากต้องการเลือกใช้เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส จึงต้องมีการคำนวณหาโมเมนต์อินเนอร์เซีย เพื่อนำไปหาขนาดความกว้างของหน้าตัดโครงสร้าง

จากสมการ

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

กำหนดให้ $b = h$

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

แก้สมการกำลังสามสมบรูณ์

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

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

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

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

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

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

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

ดังนั้น

$$I = 2,600b$$

แทนค่า

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

ดังนั้น

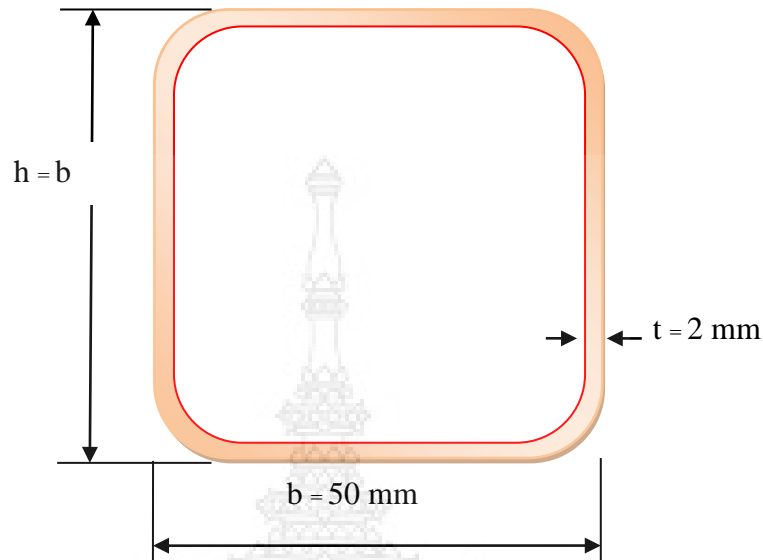
$$0 = 1.3b^3 - 8b^2 + 21.3b - 2,600b - 21.3b$$

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

ดังนั้น

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

จากการคำนวณสามารถเลือกใช้วัสดุเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสจากรายที่ ก-3 ดังนี้



รูปที่ 3.7 พื้นที่หน้าตัดของโครงสร้าง

3.2.3 การสร้างชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

จากการออกแบบดังรูปที่ 3.3 และการคำนวณหาขนาดวัสดุสามารถเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดสอบจากรายที่ ก-3 ถึง ก-4 จากนั้นทำการเชื่อมประกอบส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันโดยการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้า และทำการทาสีเพื่อป้องกันสนิมกัดกร่อนจึงได้ชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.8



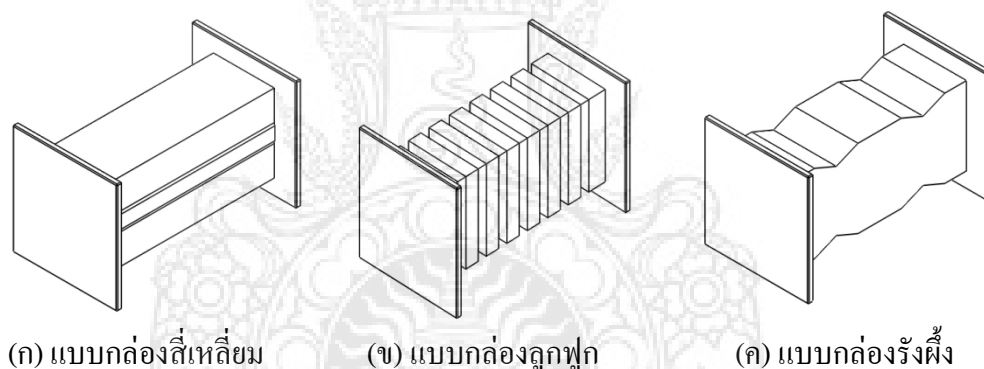
รูปที่ 3.8 ชุดทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

3.3 การออกแบบและการสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทก

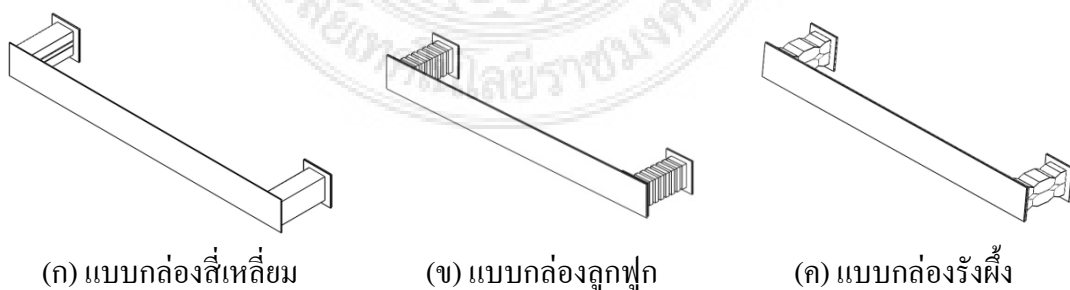
จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ โครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทราบว่า โครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์แต่ละรุ่นนั้นมีลักษณะทางโครงสร้างที่คล้ายกัน ส่วนที่แตกต่างกันคือวัสดุที่ใช้ทำและความหนาของโครงสร้าง ดังนั้นการทำโครงงานนี้จึงมีแนวคิดที่จะ ออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกให้มีรูปทรงของ โครงสร้างที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะศึกษาการดูดซับพลังงานของ โครงสร้างแต่ละรูปแบบ โดยกำหนดความยาวและความหนาของโครงสร้างแต่ละรูปแบบให้เท่ากัน

3.3.1 การออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทก

ในการทำโครงงานนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงงานได้เลือกใช้โปรแกรม Solid Work สำหรับการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบเพื่อให้ง่ายต่อการจำลองเชิงตัวเลข และได้ผลสรุปของการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกสำหรับใช้ในการทดสอบดังรูปที่ 3.9 และ 3.10



รูปที่ 3.9 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบสถิต



รูปที่ 3.10 แบบจำลองชิ้นงานสำหรับทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

3.3.2 การสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทก

เมื่อได้แบบที่ต้องการก็ทำการเลือกวัสดุสำหรับทำโครงสร้างกันแรงกระแทกจากวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ ซึ่งคุณสมบัติเหล็กที่ใกล้เคียงกับวัสดุที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์นั้นคือแผ่นเหล็กรีดร้อนประเภทล้างผิวและเคลือบน้ำมันหนา 1.2 mm มีรายละเอียดของวัสดุ ดังตารางที่ ก-5 วัสดุนี้เทียบเท่ากับ โครงสร้างกันแรงกระแทกประเภทที่ทำจากเหล็กที่มีการผลิตใช้ อยู่ในปัจจุบัน และสามารถนำมาทำการทดสอบหาความสามารถในการดูดซับพลังงานในการ กระแทกได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ มีขั้นตอนในการทำดังนี้

1) การตัดและอัดขึ้นรูปแผ่นเหล็ก

เมื่อได้ขนาดของเหล็กที่จะทำโครงสร้างกันแรงกระแทก จึงทำการตัดและอัดแผ่น เหล็กด้วยเครื่องตัดแบบมือโยกเพื่อให้เกิดรูปทรงของโครงสร้างตามทีออกแบบดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การตัดและการอัดขึ้นรูปโครงสร้างกันแรงกระแทก



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

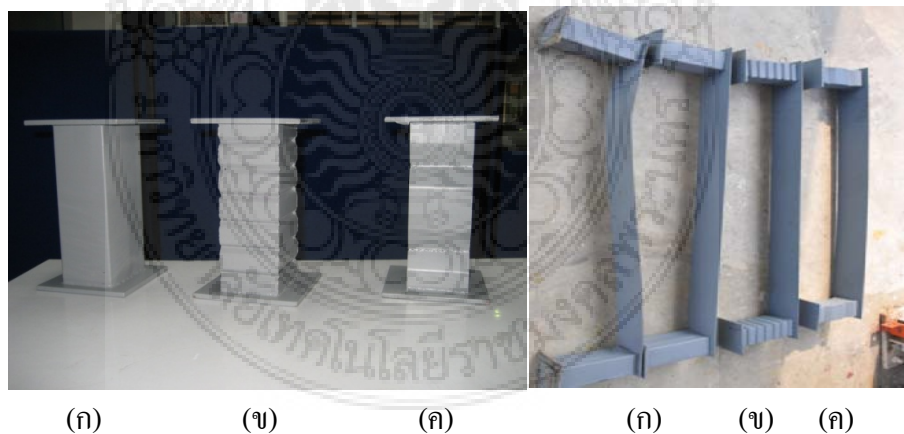
รูปที่ 3.12 แผ่นเหล็กที่ทำการตัดขึ้นรูปทั้ง 3 รูปแบบ

2) การเชื่อมต่อโครงสร้างกันแรงกระแทก

จากการตัดและอัดแผ่นเหล็ก จะได้ชิ้นส่วนของโครงสร้างด้านต่างๆ ดังรูปที่ 3.12 จากนั้นทำการเชื่อมส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันและเชื่อมแผ่นประกบด้านหน้าและด้านหลังดังรูปที่ 3.13 เพื่อใช้ในการทดสอบแบบสถิตและการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า



รูปที่ 3.13 การเชื่อม โครงสร้างกันแรงกระแทก



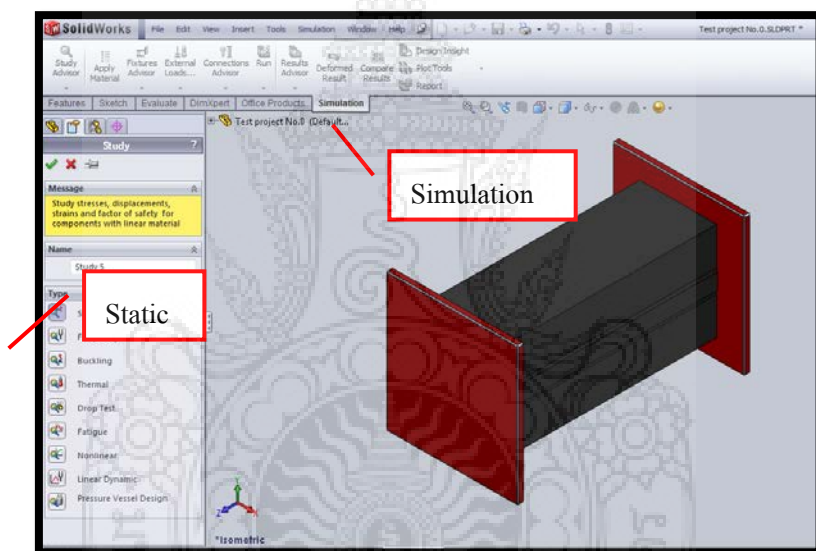
รูปที่ 3.14 ชิ้นงาน โครงสร้างกันแรงกระแทกสำหรับใช้ทดสอบ
(ก) แบบกล่องสี่เหลี่ยม (ข) แบบกล่องลูกฟูก และ (ค) แบบกล่องรังผึ้ง

3.4 การจำลองเชิงตัวเลข (Simulation)

เมื่อทำการออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกแต่ละรูปทรงแล้ว ต้องทำการจำลองโครงสร้างเพื่อหาแนวโน้มการยุบตัวของโครงสร้าง ว่าสอดคล้องกับพลังงานที่ใช้ในการทดสอบหรือไม่ โดยทำการจำลองโดยการใส่แรงกิริยาที่ได้จากการคำนวณไปยังด้านใดด้านหนึ่งของโครงสร้างกันแรงกระแทกและกำหนดให้อีกด้านหนึ่งเป็นจุดรองรับแล้วทำการประมวลผลเพื่อหาแนวโน้มการยุบตัวของโครงสร้างทั้ง 3 รูปแบบ มีขั้นตอนการจำลองดังนี้

1) การเลือกรูปแบบการจำลอง

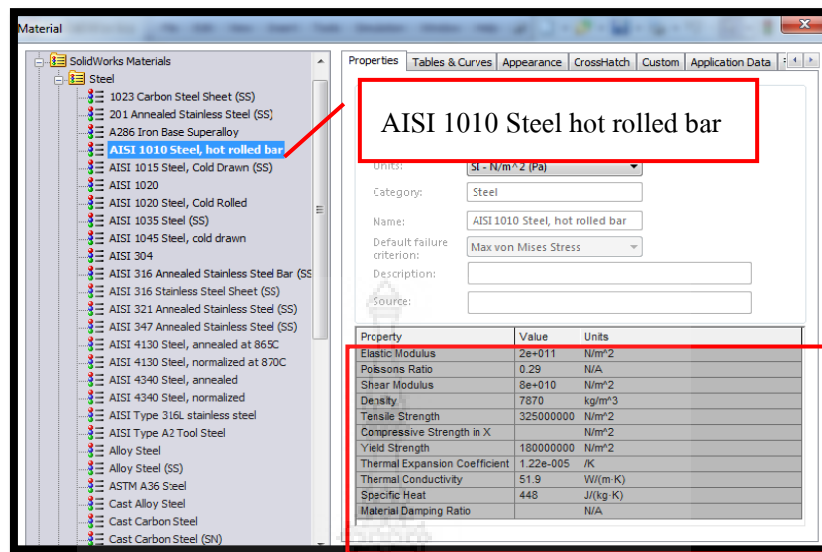
เมื่อออกแบบโครงสร้างกันแรงกระแทกเสร็จแล้ว ให้เลือกโหมดการจำลองแบบ Simulation และกำหนดการจำลองเป็น Static ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การเลือกโหมดการจำลอง

2) การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ

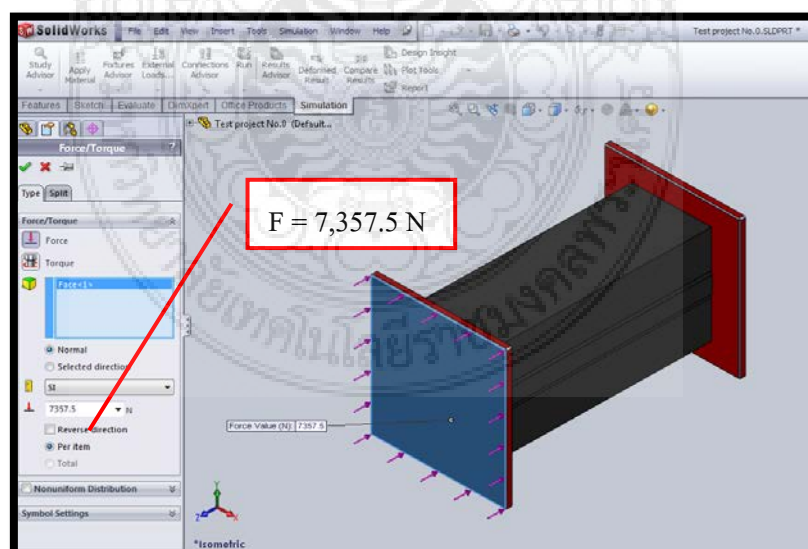
เนื่องจากการจำลองโครงสร้างต้องมีการกำหนดคุณสมบัติให้กับชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงานที่ถูกจำลองมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างได้ใกล้เคียงกับวัสดุของจริง ดังนั้นจึงกำหนดวัสดุให้มีคุณสมบัติดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การกำหนดคุณสมบัติให้กับแบบจำลอง

3) การใส่แรงกิริยาให้กับแบบจำลอง

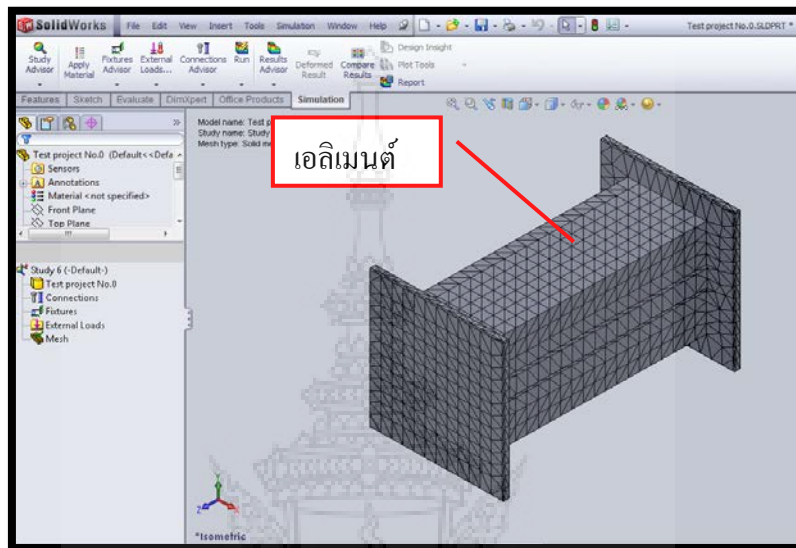
จากการคำนวณได้แรงกิริยา 7,357.5 N สำหรับจำลองโครงสร้างกันแรงกระแทก ดังนั้นในการจำลองโครงสร้างจึงกำหนดแรงให้กระทำกับ โครงสร้าง 1 ด้าน อีกด้านกำหนดเป็นจุดรองรับดังรูปที่ 3.17



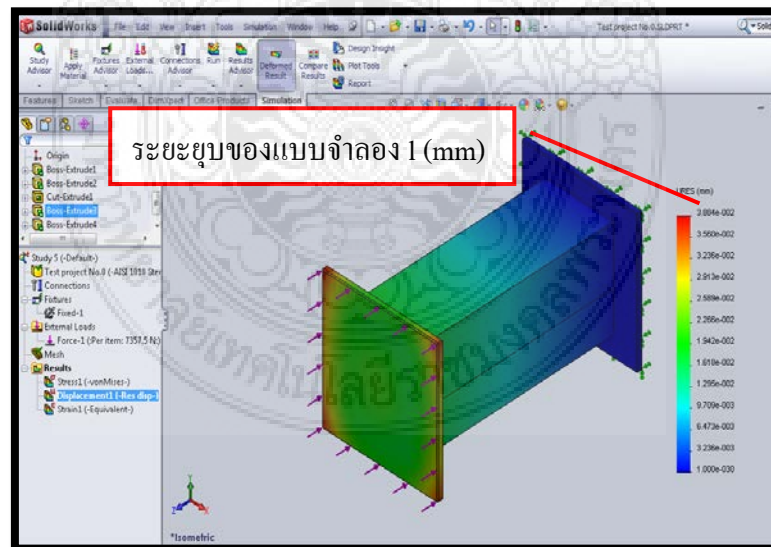
รูปที่ 3.17 การใส่แรงปฏิกิริยาให้กับแบบจำลอง

5) การประมวลผลและการบันทึกข้อมูล

เมื่อทำการป้อนค่าต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้วก็เริ่มประมวลผลแบบจำลองด้วยคำสั่ง Run และทำการบันทึกข้อมูลไปยัง Report เพื่อใช้ในการสรุปผลการจำลองดังรูปที่ 3.18 และ 3.19



รูปที่ 3.18 ขนาดเอลิเมนต์ของแบบจำลอง



รูปที่ 3.19 การขูดตัวของแบบจำลอง

3.5 การทดสอบแบบสถิต (Static tests)

การทดสอบรูปแบบนี้เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้กด โครงสร้างกันแรงกระแทกแต่ละชั้น ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกด โดยกำหนดความเร็วในการกดของเครื่องทดสอบที่ 10 mm/min และกำหนดระยะการยุบของชิ้นงาน (S) ที่ 100 mm ขณะทำการกด เครื่องทดสอบจะประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ออกมาเป็นค่าแรง F (N) ของแต่ละเอลิเมนต์ โดยเปรียบเทียบกับระยะการยุบของชิ้นงาน S (mm) แต่ละเอลิเมนต์ค่าที่ได้จะนำไปคำนวณหาค่าพลังงานศักย์ (E_p) มีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้



รูปที่ 3.20 เครื่องทดสอบแรงกด

3.5.1 การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบ

เมื่อทำการสร้าง โครงสร้างกันแรงกระแทกเสร็จแล้ว ทำการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของชิ้นงาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลจากการจำลองเชิงตัวเลข ของ โครงสร้างกันแรงกระแทกแต่รูปแบบทำการตรวจสอบชิ้นงานดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การชั่งน้ำหนัก โครงสร้างกันแรงกระแทก

3.5.2 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกบนเครื่องทดสอบ

เมื่อเตรียมชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ให้นำชิ้นงานวางบนแท่นทดสอบของเครื่องทดสอบแรงกด และทำการปรับระยะของเครื่องกดให้อยู่ในตำแหน่งสัมพันธ์กับชิ้นงานดังรูปที่ 3.22



(ก) แบบกล่องสี่เหลี่ยม

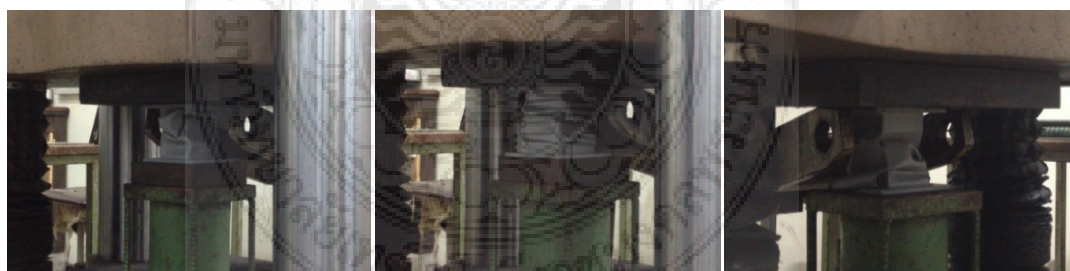
(ข) แบบกล่องลูกฟูก

(ค) แบบกล่องรังผึ้ง

รูปที่ 3.22 การติดตั้ง โครงสร้างกันแรงกระแทกบนเครื่องทดสอบ

3.5.3 การตั้งค่าเครื่องทดสอบและการบันทึกค่าในการทดสอบ

เมื่อทำการติดตั้งชิ้นงานเสร็จก็เริ่มทำการทดสอบ โดยกำหนดความเร็วในการกดของเครื่องทดสอบไว้ที่ 10 mm/min และทำการกดชิ้นงานจนถึงระยะ 100 mm เมื่อถึงระยะก็ทำการหยุดเครื่องทดสอบและนำชิ้นงานออก แต่ในระหว่างทำการทดสอบต้องทำการบันทึกวิดีโอไว้เพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนรูปร่างทางกายภาพของ โครงสร้างแต่ละรูปแบบดังรูปที่ 3.23



(ก) แบบกล่องสี่เหลี่ยม

(ข) แบบกล่องลูกฟูก

(ค) แบบกล่องรังผึ้ง

รูปที่ 3.23 การยุบตัวของ โครงสร้างกันแรงกระแทกทั้ง 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

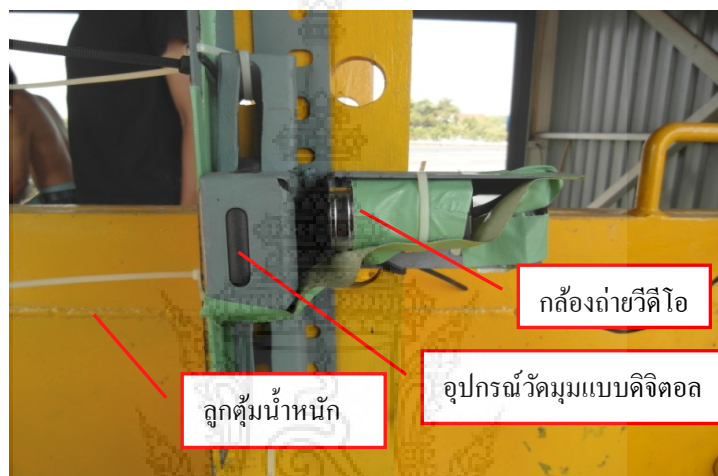
เมื่อติดตั้งชุดทดสอบเสร็จแล้วทำการติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทกเข้ากับชุดทดสอบ และทำการถือโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.25



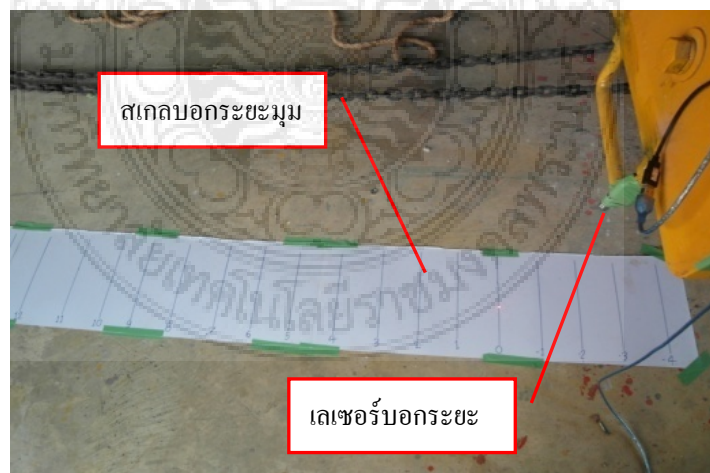
รูปที่ 3.25 การติดตั้งโครงสร้างกันแรงกระแทก

3.6.3 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดมุมที่ได้จากการทดสอบ

เนื่องจากต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการกำหนดมุมยกของลูกตุ้ม จึงเลือกใช้อุปกรณ์วัดมุมแบบดิจิตอลติดตั้งไว้กับลูกตุ้ม และทำการบันทึกตำแหน่งการสะท้อนของลูกตุ้มหลังจากกระแทกด้วยการติดตั้งเลเซอร์ไว้กับลูกตุ้มเพื่อบอกระยะการยกตัวของตุ้ม ตำแหน่งมุมยกของลูกตุ้มจะแสดงไปยังสเกลบนพื้นและทำการบันทึกด้วยกล้องถ่ายภาพวิดีโอเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาพลังงานที่โครงสร้างกันแรงกันแรงกระแทกสามารถดูดซับไว้ได้ ทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.26 ถึง 3.27



รูปที่ 3.26 การติดตั้งอุปกรณ์วัดมุมแบบดิจิตอล



รูปที่ 3.27 การติดตั้งชุดเลเซอร์บอกระยะ

3.6.4 การติดตั้งชุดควบคุมการยกและปล่อยลูกตุ้มของเครื่องทดสอบ

ชุดควบคุมการยกทำหน้าที่ในการยกลูกตุ้มให้อยู่ในตำแหน่งความสูงหรือมุมที่ต้องการ เพื่อให้ได้พลังงานศักย์ในการทดสอบ และยังเป็นกลไกทำหน้าที่ในการปลดล็อกเพื่อปล่อยให้ลูกตุ้มลงมากระทำกับชุดทดสอบ ทำการติดตั้งชุดควบคุมการยกดังรูปที่ 3.28 ถึง 3.29



รูปที่ 3.28 การติดตั้งกลไกปลดล็อกลูกตุ้มน้ำหนัก



รูปที่ 3.29 การคล้องตะขอเคเบิ้ล

3.6.5 ขั้นตอนการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทก

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบเสร็จแล้ว ก็ทำการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ยกลูกตุ้มไปที่ตำแหน่ง 38° ด้วยรอกไฟฟ้าและนำตะขอเคเบิลที่ใช้ในการปลดปล่อยไปเกี่ยวกับจุดยึดดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การยกลูกตุ้มด้วยรอกไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 2 ทำการบันทึกวิธีโอไปที่เลเซอร์วัดมุมสะท้อนของลูกตุ้มและโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 การบันทึกวิธีโอการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 ทำการปลดล็อกคูกุ้มด้วยเชือกเพื่อให้ลูกคู้เคลื่อนที่ไปประกบกับ
โครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบดังรูปที่ 3.32



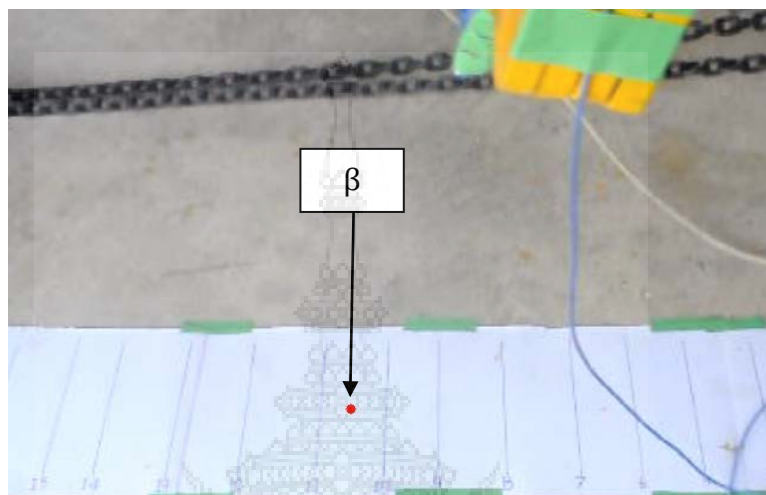
รูปที่ 3.32 การปลดล็อกคู้มน้ำหนัก

ขั้นตอนที่ 4 ทำการวัดระยะการยุบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทกดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 การวัดค่าการยุบตัวของโครงสร้างกันแรงกระแทก

ขั้นตอนที่ 5 ทำการตรวจสอบมุมสะท้อนของลูกตุ้มหลังจากการกระทบกับโครงสร้าง
กันแรงกระแทกต้นแบบจากกล้องถ่ายวิดีโอเพื่อใช้ในการคำนวณหาพลังงานที่โครงสร้างกันแรง
กระแทกต้นแบบสามารถดูดซับได้ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 มุมสะท้อนของลูกตุ้มหลังจากกระทบกับโครงสร้างกันแรงกระแทก



บทที่ 4

ผลการทดสอบ

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการดำเนินการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกดังกล่าวไว้ในบทที่ 3 นำไปสู่ผลการทดสอบเพื่อนำมาเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับพลังงานของโครงสร้างกันแรงกระแทกและคุณสมบัติด้านต่างๆของโครงสร้างที่มีความหลากหลายด้านลักษณะทางกายภาพ อีกทั้งยังสามารถศึกษาปัจจัยที่มีผลทำให้โครงสร้างกันแรงกระแทกสามารถดูดซับพลังงานดังกล่าวต่อไป

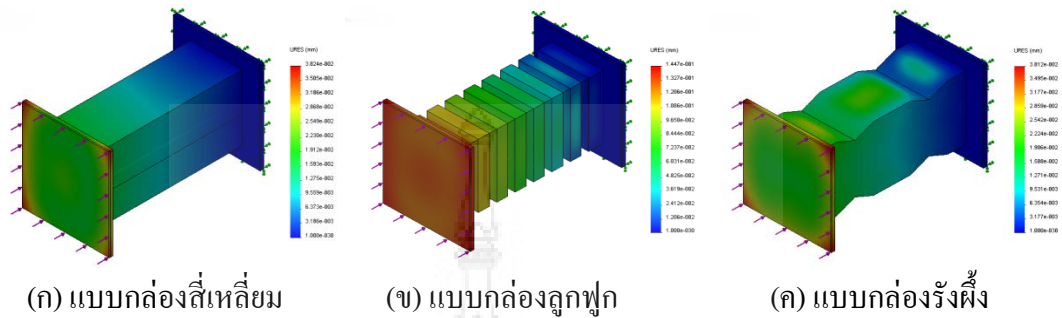
4.1 ผลการทดสอบด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลข (Simulation)

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 Steel, hot rolled bar	325	180	2×10^5
แบบกล่องลูกฟูก				
แบบกล่องรังผึ้ง				

เมื่อทำการประมวลผลโปรแกรมสามารถแสดงผลการจำลองออกมาให้เห็นในลักษณะสีซึ่งแสดงการยุบตัวของโครงสร้างดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลจำลองเชิงตัวเลข (Simulation)

จากรูปที่ 4.1 เป็นการเปรียบเทียบผลจากการจำลองโครงสร้างแต่ละรูปแบบ โดยสังเกตพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างด้วยสีที่แสดงบนพื้นผิวของแบบจำลอง ซึ่งสีน้ำเงินเข้มแสดงถึงโครงสร้างที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปทรง และสีแดงจนถึงสีฟ้าอ่อนแสดงถึงโครงสร้างมีการเปลี่ยนรูปทรงไปจากเดิมจากมากไปหาน้อยตามลำดับ จากผลของการจำลองแบบจำลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แบบกล่องสี่เหลี่ยมมีแนวโน้มที่จะยุบตัวได้ยากกว่าแบบกล่องลูกฟูกและแบบกล่องรังผึ้ง เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของโครงสร้างสม่ำเสมอตลอดทั้งโครงสร้าง ทำให้เกิดความเค้นอัดมากในช่วงแรกเมื่อได้รับแรงแบบสถิต และแบบกล่องลูกฟูกนั้นมีแนวโน้มที่จะยุบตัวได้มากกว่าแบบกล่องสี่เหลี่ยมและแบบกล่องรังผึ้ง เนื่องจากมีพื้นที่หน้าตัดของโครงสร้างสลับกันเป็นลูกฟูกจึงเกิดความเค้นกับพื้นที่ช่วงที่มีลักษณะเป็นลูกฟูกมากกว่า ทำให้พื้นที่ส่วนที่เป็นร่องของลูกฟูกยุบตัวก่อนพื้นที่หน้าตัดที่โตกว่า ส่วนแบบกล่องรังผึ้งมีรูปทรงของโครงสร้างเป็นรังผึ้งหน้าตัดขวางอยู่ด้านในจึงมีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าโครงสร้างแบบกล่องสี่เหลี่ยมและแบบกล่องลูกฟูก ทำให้แรงกระจายไปยังโครงสร้างได้หลายทิศทางส่งผลให้เกิดความเค้นไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น โครงสร้างจะยุบตัวมากในช่วงที่มีความเค้นน้อย ซึ่งผลจากการจำลองสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลจากการจำลอง

แบบจำลอง	แรงที่ใช้ จำลอง F (N)	มวลของ แบบจำลอง m (kg)	ปริมาตร V (mm ³)	จำนวน โหนด	ระยะยูนิต 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 ซึ่งการทดสอบดังกล่าวใช้คุณสมบัติวัสดุดังตารางที่ 4.3

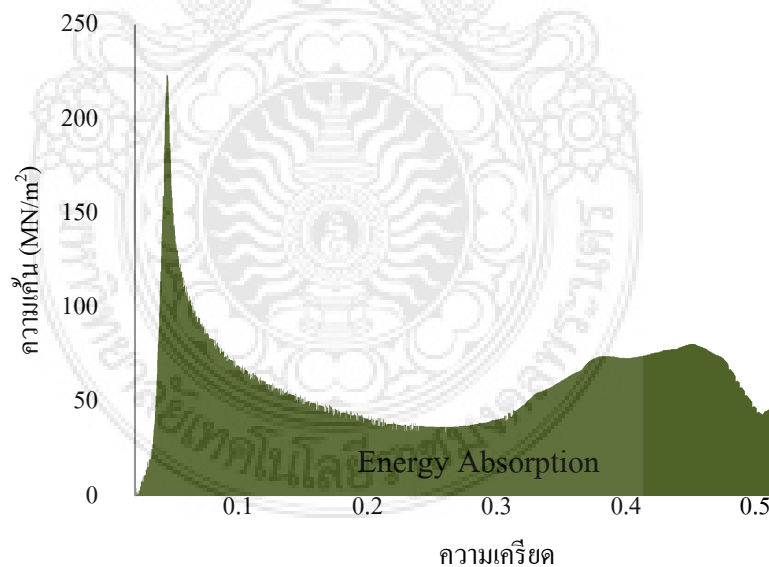
ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติวัสดุของการทดสอบแบบสถิต

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

เมื่อทำการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบด้วยเครื่องทดสอบแรงกด โดยใช้ค่าพื้นฐานในการทดสอบแบบเดียวกันกับการทดสอบด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลขกับโครงสร้างที่มีลักษณะที่แตกต่างกันทางกายภาพทั้ง 3 ชนิด พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดซึ่งสะท้อนให้เห็นพลังงานภายในของวัสดุที่สามารถรับได้ต่อปริมาตรดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.4

4.2.1 ผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องสี่เหลี่ยม

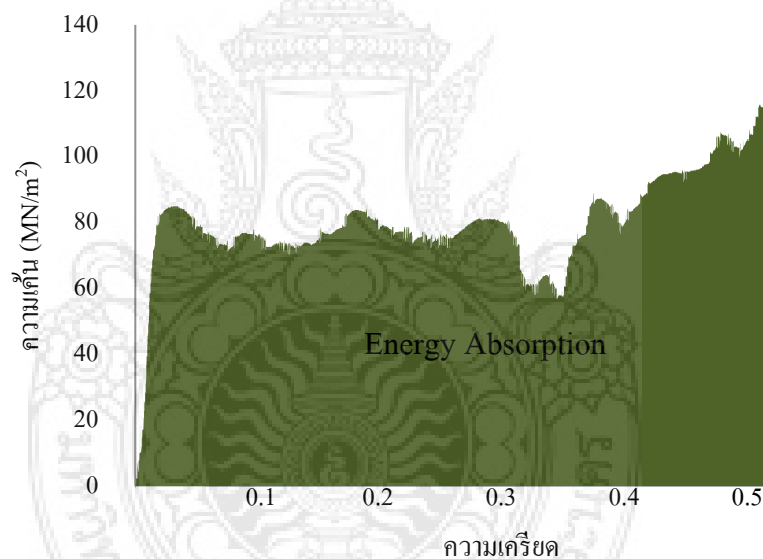
ผลจากการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องสี่เหลี่ยมจากการทดสอบแบบสถิตดังรูปที่ 4.2 ซึ่งถูกแสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของโครงสร้าง โดยมีความเค้นอัดสูงสุดที่ระดับ $223,969,048 \text{ N/m}^2$ ซึ่งอยู่ในช่วงแรกของการกดโครงสร้าง เนื่องจากรูปทรงของโครงสร้างมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันตลอดความยาวจึงเกิดความเค้นอัดสะสมเมื่อเริ่มกดโครงสร้าง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



รูปที่ 4.2 พลังงานภายในต่อปริมาตรของโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องสี่เหลี่ยม

4.2.2 ผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูก

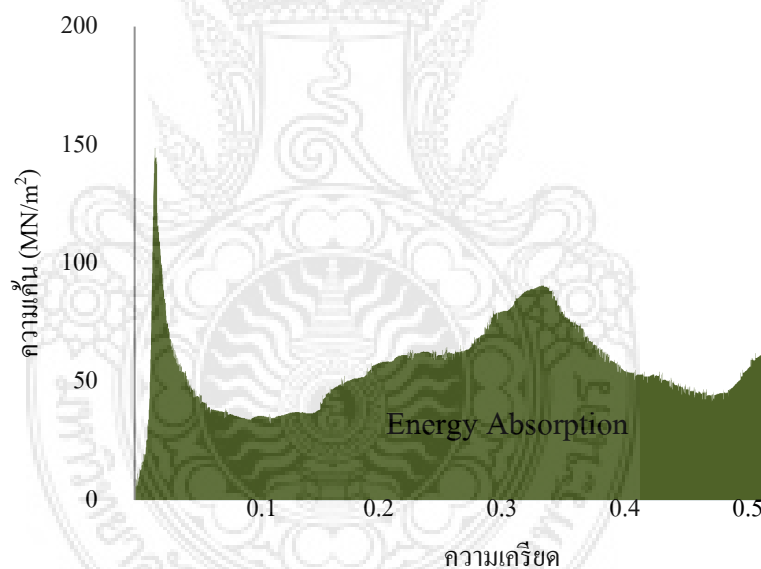
ผลจากการทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูก จากการทดสอบแบบสถิตดังรูปที่ 4.3 ซึ่งถูกแสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของโครงสร้าง โดยมีความเค้นอัดสูงสุดที่ระดับ $118,602,381 \text{ N/m}^2$ ซึ่งระดับความเค้นภายในโครงสร้างมีลักษณะขึ้นลงสม่ำเสมอ สาเหตุเนื่องจากโครงสร้างมีพื้นที่หน้าตัด 2 ขนาดสลับกันเป็นลูกฟูก ทำให้ความเค้นที่เกิดขึ้นกับวัสดุแต่ละช่วงความยาวไม่เท่ากัน และความยาวของโครงสร้างน้อยกว่าความยาวเดิมทำให้ความเครียดภายในโครงสร้างเพิ่มขึ้น รวมถึงพลังงานที่เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนภายในวัสดุทำให้วัสดุอ่อนตัวลง และความเค้นภายในโครงสร้างเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงหลังเป็นผลเนื่องจากวัสดุมีการอัดตัวซ้อนกันทำให้โครงสร้างมีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าเดิม จึงต้องใช้แรงกดโครงสร้างเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.3 พลังงานภายในต่อปริมาตรของ โครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูก

4.2.3 ผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องรังผึ้ง

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

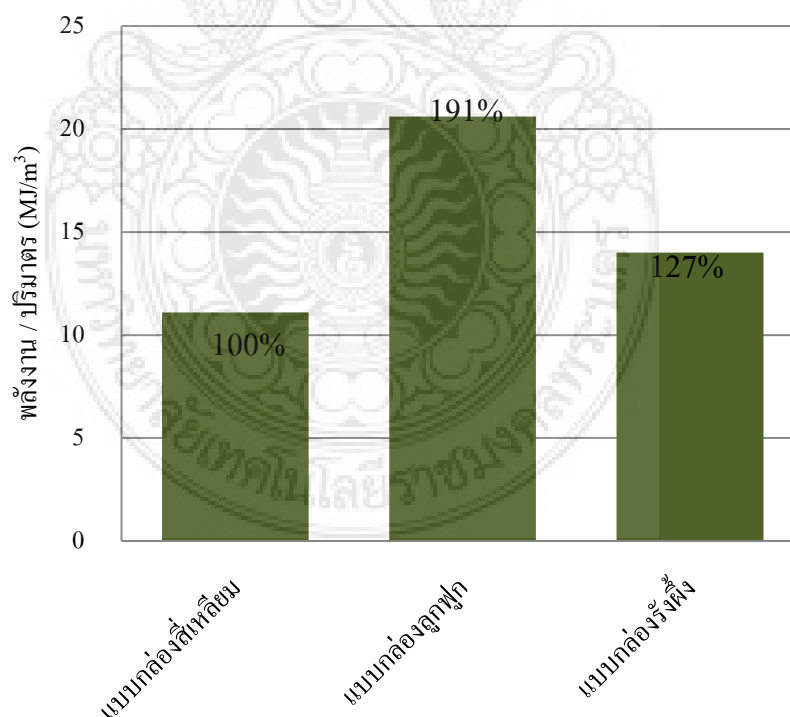


รูปที่ 4.4 พลังงานภายในต่อปริมาตรของ โครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องรังผึ้ง

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 แสดงให้เห็นว่าผลการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบด้วยการทดสอบแบบสถิต โดยใช้คุณสมบัติวัสดุเดียวกัน สามารถเปรียบเทียบระดับความแตกต่างของพลังงานที่โครงสร้างกันแรงกระแทกแต่ละรูปแบบสามารถดูดซับได้ ดังนั้นความแตกต่างทางกายภาพของโครงสร้างกันแรงกระแทกจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบเป็นความสามารถการดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตรได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตรจากการทดสอบแบบสถิต

4.3 ผลการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า (Dynamic tests)

การทดลองด้วยการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้าเพื่อหาความสามารถในการดูดซับพลังงานจากโครงสร้างกันแรงกระแทกที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งการทดสอบดังกล่าวมีสภาวะการทดสอบดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สภาวะการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

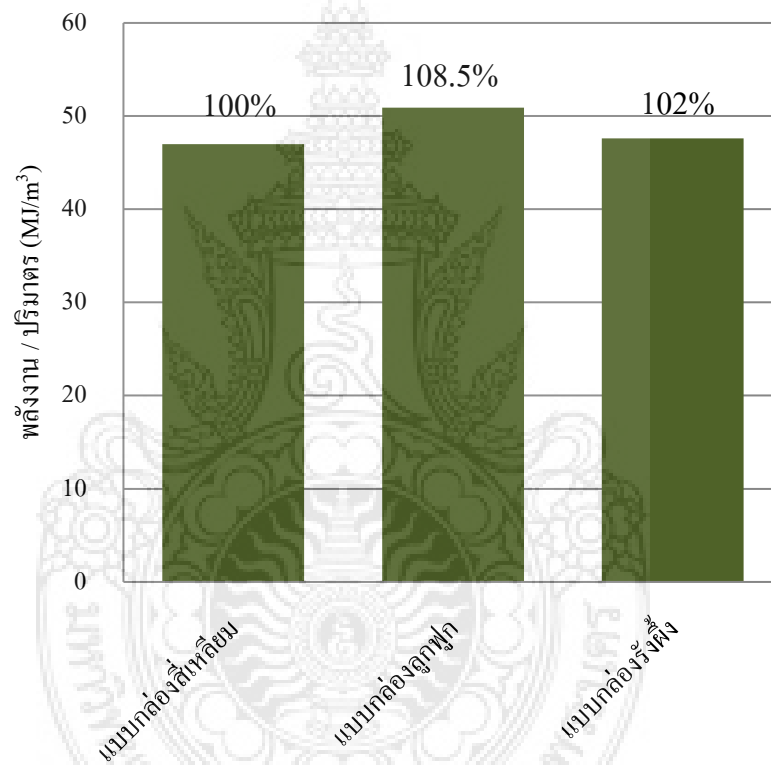
โครงสร้างกันแรง กระแทก	น้ำหนัก ของลูกตุ้ม m (kg)	มุมยกลูกตุ้ม $\alpha(^{\circ})$	พลังงานที่ใช้ ทำการทดสอบ E_p (J)
แบบกล่องสี่เหลี่ยม	1,500	38	11,800
แบบกล่องลูกฟูก			
แบบกล่องรังผึ้ง			

จากการทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ โดยใช้วัสดุชนิดเดียวกัน แสดงให้เห็นค่าการดูดซับพลังงานของโครงสร้างแต่ละแบบ ซึ่งถูกคำนวณจากมุมสะท้อนกลับของลูกตุ้มหลังจากกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ และจากการตรวจวัดระยะยุบของโครงสร้างทั้ง 3 แบบเมื่อได้รับพลังงานจากการกระแทก พบว่าค่าที่ได้จากการทดสอบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การดูดซับพลังงานจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

โครงสร้างกันแรง กระแทก	ระยะยุบตัว ของโครงสร้าง l (mm)	ร้อยละ การยุบตัว (%)	มุมสะท้อน กลับ $\beta(^{\circ})$	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 ดังนั้นความหลากหลายของลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างกันแรงกระแทกจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อ การดูดซับพลังงาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบแบบสถิต และผลจากการทดสอบด้วยวิธีการจำลองเชิงตัวเลข นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบเป็นความสามารถการดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตร ได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การดูดซับพลังงานต่อหน่วยปริมาตรจากการทดสอบแบบการกระแทกด้านหน้า

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการศึกษารวมถึงผลการทดสอบ ปัญหาและอุปสรรค และข้อเสนอแนะซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงระดับผลความสำเร็จของการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาแนวทางการทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ เพื่อใช้เป็นทางเลือกสำหรับการทดสอบในภาคอุตสาหกรรม อีกทั้งเพื่อศึกษาปัจจัยในการดูดซับพลังงานจากการกระแทก โดยอาศัยแนวทางการทดสอบอ้างอิงจากมาตรฐาน ECE R 29 และอาศัยสถานะการทดสอบตามมาตรฐาน USA NCAP ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบการชนของรถยนต์มาประยุกต์ใช้กับการทดสอบความสามารถในการดูดซับพลังงานของ โครงสร้างกันแรงกระแทก นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นไปที่การศึกษาพฤติกรรมการดูดซับพลังงานและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างเมื่อได้รับพลังงานในรูปแบบพลศาสตร์และสถิตศาสตร์

จากวัตถุประสงค์ของโครงการที่ต้องการสร้างทางเลือกใหม่สำหรับการทดสอบโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์นั้นพบว่า ผลจากการทดสอบ โครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบ โดยทำการจำลองเชิงตัวเลขได้ผลการยุบตัวของโครงสร้างแบบกล่องลูกฟูก 43.65% แบบกล่องรังผึ้ง 42.25% และแบบกล่องสี่เหลี่ยม 40.03% ตามลำดับ และยังทำการทดสอบในรูปแบบสถิตศาสตร์และพลศาสตร์ ซึ่งได้ผลไปในทิศทางเดียวกันแสดงให้เห็นว่า โครงสร้างกันแรงกระแทกแบบกล่องลูกฟูกสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่าแบบกล่องรังผึ้ง 2.8% และแบบกล่องสี่เหลี่ยม 5.9% เนื่องจากโครงสร้างแบบกล่องลูกฟูกสามารถรับความเค้นและความเครียดได้ต่อเนื่องมากกว่ารูปทรงอื่นๆ จึงส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับพลังงานได้ดีกว่าทั้งในการทดสอบแบบพลศาสตร์และสถิตศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นรูปแบบของโครงสร้างที่สามารถผลิตขึ้นเพื่อใช้งานได้จริงซึ่งเหมาะสมจะเป็นรูปแบบ โครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงาน

5.2.1 การสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบให้วัสดุเป็นเนื้อเดียวกันมีขั้นตอนการทำค่อนข้างยาก เนื่องจากไม่สามารถสร้างแม่พิมพ์เพื่อปั๊มขึ้นรูปโครงสร้างได้จึงทำให้โครงสร้างกันแรงกระแทกต้นแบบไม่สามารถดูดซับพลังงานจากการทดสอบได้เท่าที่ควร

5.2.2 การปล่อยลูกตุ้มไปกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทกทั้งสองข้างไม่เท่ากัน เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ทำการปลดล๊อคลูกตุ้มไม่ได้ยู่ตำแหน่งศูนย์กลาง ทำให้ลูกตุ้มแกว่งเมื่อทำการปล่อยลงไปกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทก จึงส่งผลให้โครงสร้างกันแรงกระแทกทั้งสองข้างรับพลังงานจากการกระแทกได้ไม่เท่ากัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

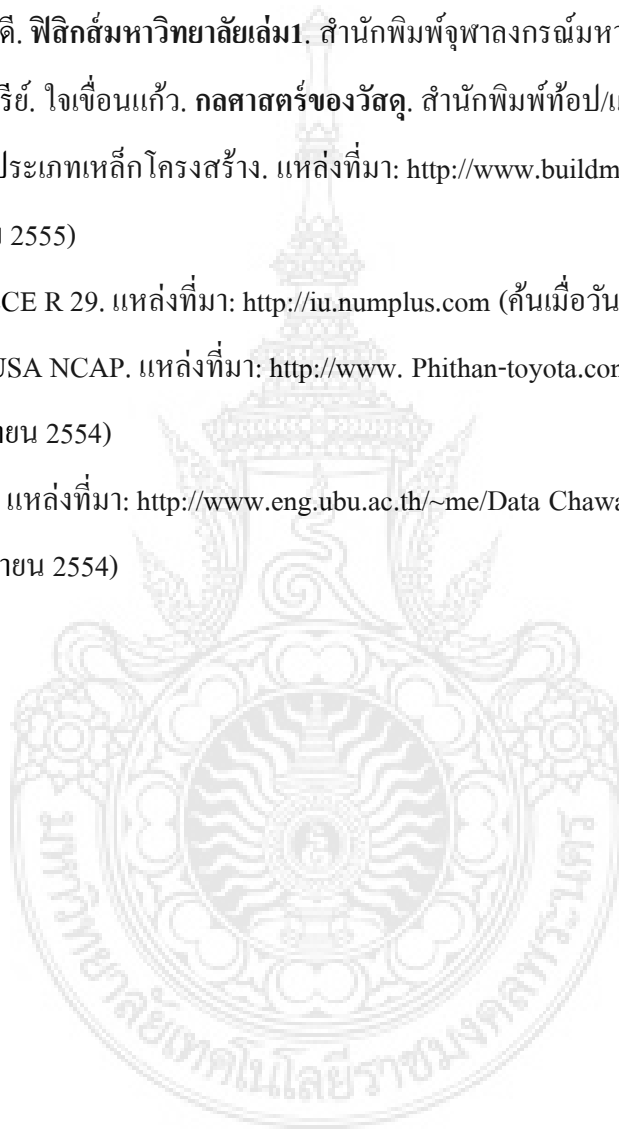
5.3.1 การสร้างโครงสร้างกันแรงกระแทกเพื่อใช้งานจริง ควรทำการสร้างด้วยวิธีการปั๊มขึ้นรูปจากแม่พิมพ์โลหะ เพื่อให้ความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นภายในวัสดุขณะทำการทดสอบมีความต่อเนื่องและลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.3.2 ควรทำการแก้ไขอุปกรณ์ที่ใช้ทำการปลดล๊อคลูกตุ้มให้อยู่ในตำแหน่งศูนย์กลาง เพื่อให้ลูกตุ้มไม่เกิดการแกว่งเมื่อทำการปล่อยลูกตุ้มลงไปกระแทกกับโครงสร้างกันแรงกระแทก



บรรณานุกรม

- [1] ปราโมทย์ เดชะอำไพ. ไฟในตู้เอเลเมนต์ในงานวิศวกรรม. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ.2550.
- [2] สมพงษ์ ใจดี. ฟิสิกส์มหาวิทยาลัยเล่ม1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2539.
- [3] อาจารย์รุ่งสุรีย์. ใจเข็มนแก้ว. กลศาสตร์ของวัสดุ. สำนักพิมพ์ท็อป/แมคกรอฮิล, พ.ศ. 2545.
- [4] ตารางวัสดุประเภทเหล็กโครงสร้าง. แหล่งที่มา: <http://www.buildmetal.co.th> (ค้นเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2555)
- [5] มาตรฐาน ECE R 29. แหล่งที่มา: <http://iu.numplus.com> (ค้นเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2554).
- [6] มาตรฐาน USA NCAP. แหล่งที่มา: [http://www. Phithan-toyota.com](http://www.Phithan-toyota.com). (ค้นเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2554)
- [7] Crash tests. แหล่งที่มา: <http://www.eng.ubu.ac.th/~me/Data Chawalit1.htm>. (ค้นเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2554)



ภาคผนวก

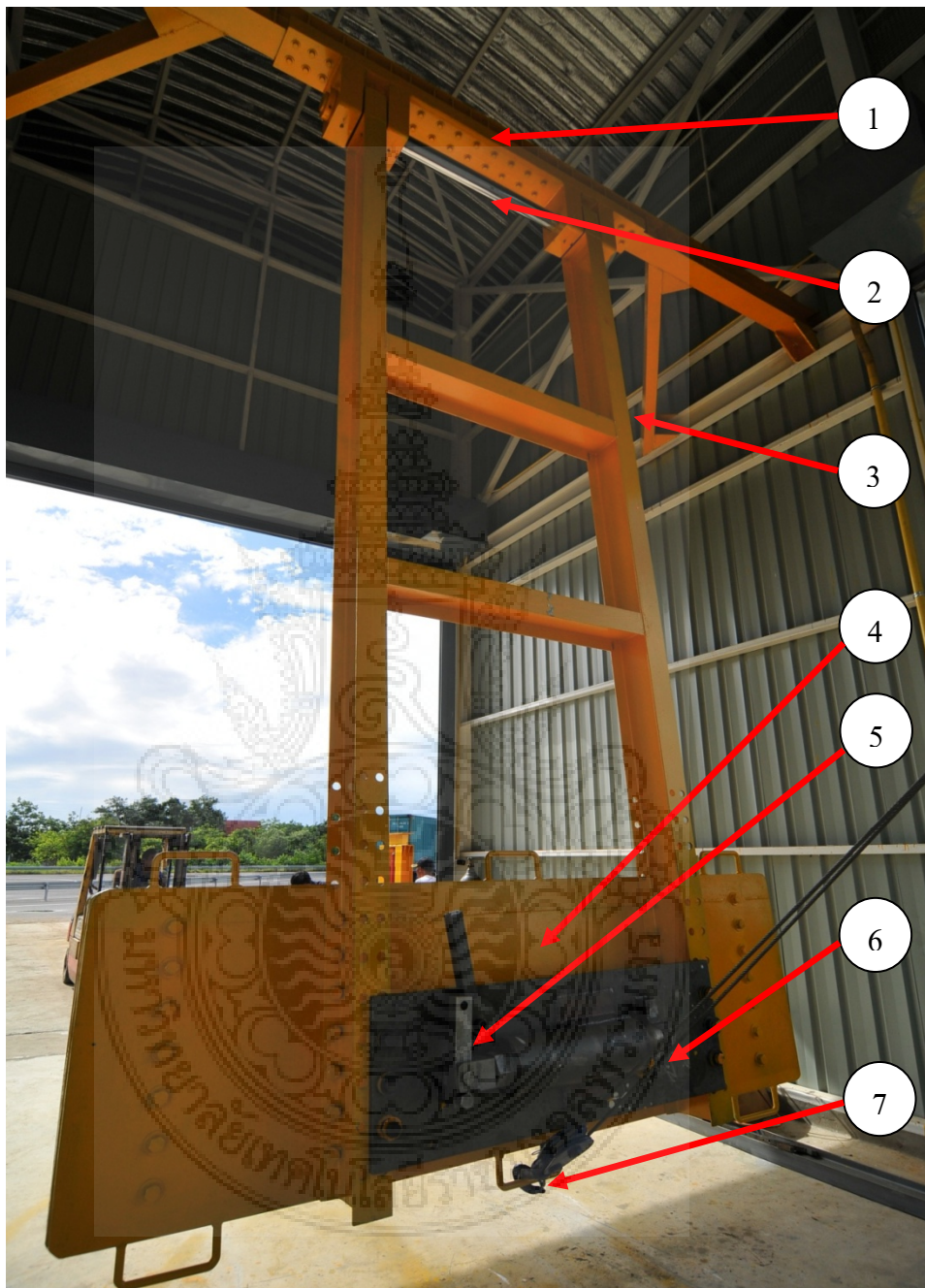




ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้า

ส่วนประกอบเครื่องทดสอบการกระแทกด้านหน้า



หมายเลข	ส่วนประกอบ
1	คานบน
2	เพลา
3	แขนแกว่ง
4	ก้านมวลกระแทก
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



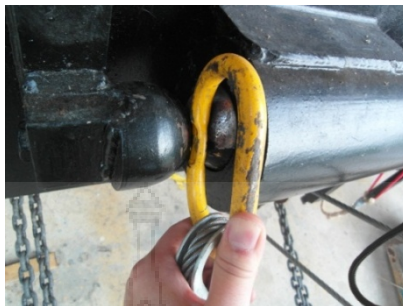
รูปที่ 2 จุดทำการทดสอบ

- 2.2 คล้องตะขอเคเบิลตัวที่ 1 ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตะขอเคเบิลตัวที่ 1

2.3 คล้องตะขอเคเบิลตัวที่ 2 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตะขอเคเบิลตัวที่ 2

2.4 กดสวิทช์เพื่อยกลูกตุ้มตามขนาดที่ได้กำหนดไว้ดังรูปที่ 4



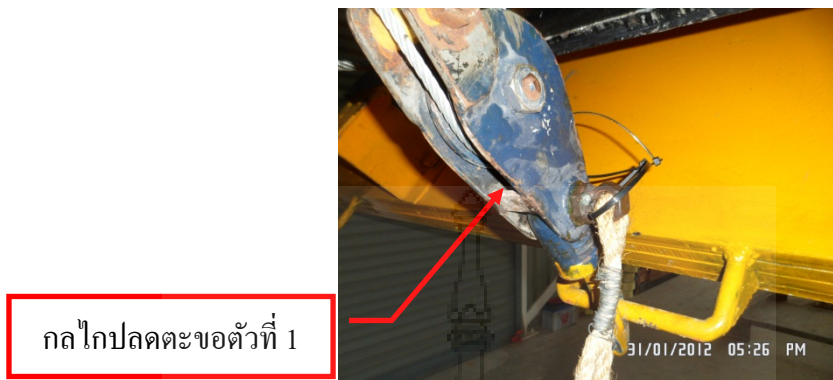
รูปที่ 4 ยกลูกตุ้มตามขนาดที่ได้กำหนดไว้

2.5 คล้องตะขออีกด้านหนึ่งของปลายเคเบิลตัวที่ 2 เพื่อทำการยึดตำแหน่งระดับความสูงของลูกตุ้มดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 คล้องตะขออีกด้านหนึ่งของปลายเคเบิลตัวที่ 2

2.6 ปลดตะขอเคเบิลตัวที่ 1 ออก ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ปลดตะขอตัวที่ 1

2.7 ปล่องลูกตุ้มด้วยการกระตุกกลไกเพื่อปลดตะขอตัวที่ 2 ออก ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การกระตุกกลไกเพื่อปลดตะขอตัวที่ 2

2.8 เมื่อชุดทดสอบหยุดการเคลื่อนที่แล้ว ให้ทำการตรวจสอบความเสียหายของโครงสร้าง ด้วยวิธีการวัดระยะขยับตัวต่างๆของโครงสร้าง

ภาคผนวก ข
ตารางคุณสมบัติ



ตารางที่ ก-1 คุณสมบัติทั่วไปของวัสดุที่เลือกใช้ทำโครงสร้างชุดทดสอบ [3]

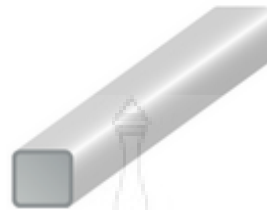
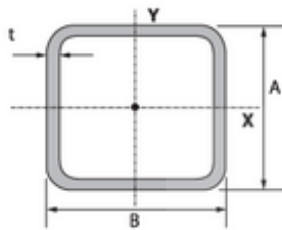
Structural ASTM-A36		
Property	Value	Units
Ultimate Strength, Tension	3.99×10^{-4}	N/m ²
Yield Strength, Tension	2.48×10^{-4}	N/m ²
Yield Strength, Shear	1.45×10^{-4}	N/m ²

ตารางที่ ก-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 ก-3 คุณสมบัติของแป๊ปเหล็กสี่เหลี่ยม [4]

แป๊ปเหล็กสี่เหลี่ยม

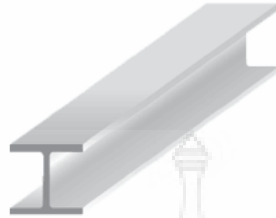
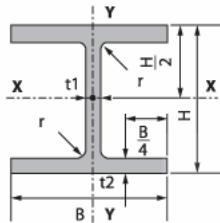


ขอสอบราคา

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.				I _x	I _y	Z _x	Z _y	i _x	i _y		
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 ก-4 คุณสมบัติของเหล็กเอชบีเอ็ม [4]

เหล็กเอชบีเอ็ม



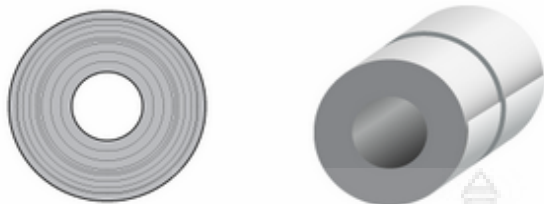
ขอสอบราคา

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 ก-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

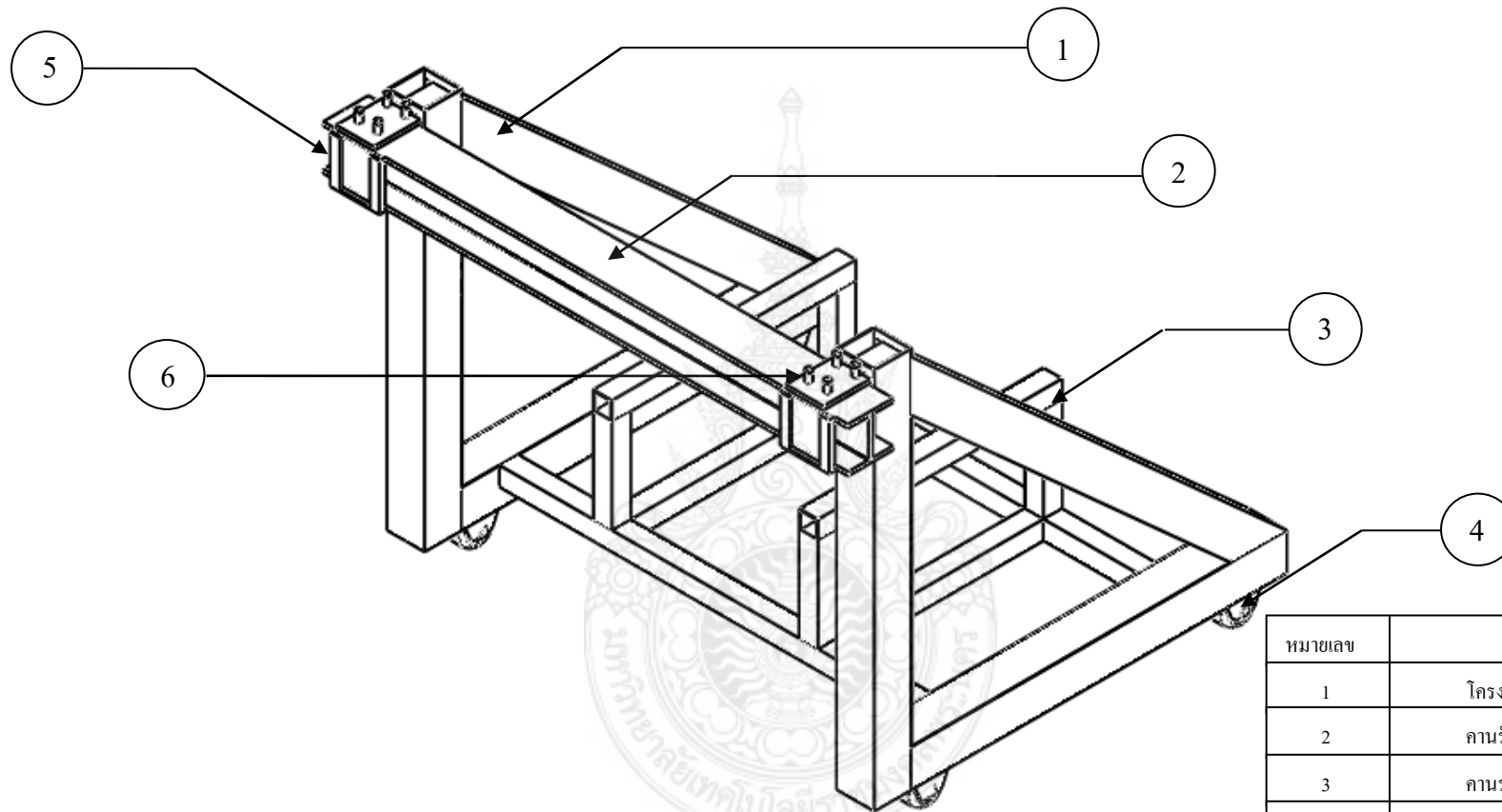
Products	No.	Thickness (mm.)	Width (mm.)	Approx. Weight (tons)
Hot-rolled steel pickled & oiled	-	1.20 - 6.50	600 - 1,650	15 - 31

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

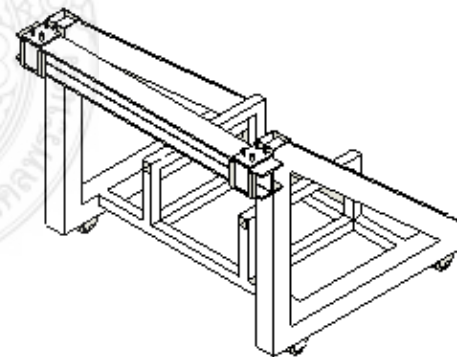
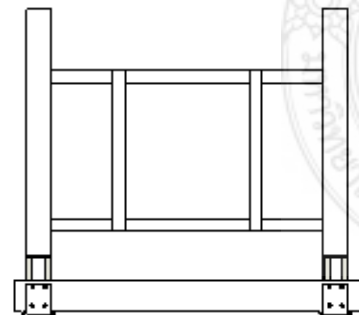
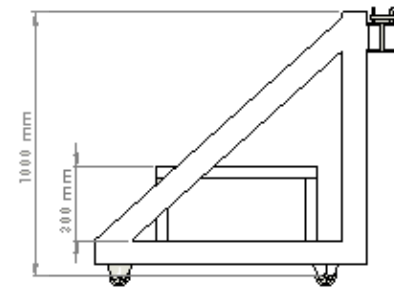
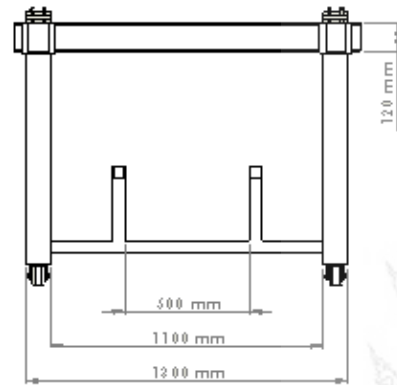
ภาคผนวก ค
แบบชุดทดสอบ



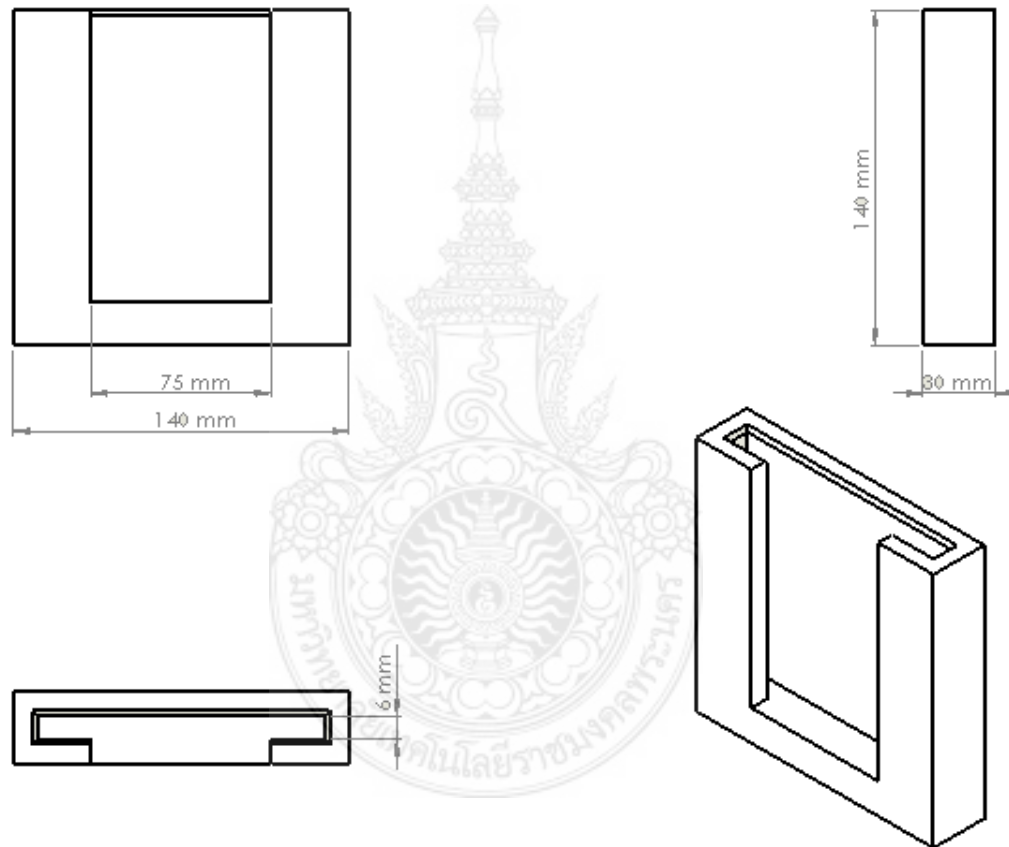


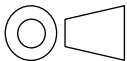
หมายเลข	ชื่อชิ้นงาน
1	โครงสร้างหลัก
2	คานรับแรงกระแทก
3	คานรองรับแผ่นถ่วงน้ำหนัก
4	ล้อ
5	ช่องเสียบชิ้นงานทดสอบ
6	ฝาปิดล้อชิ้นงาน

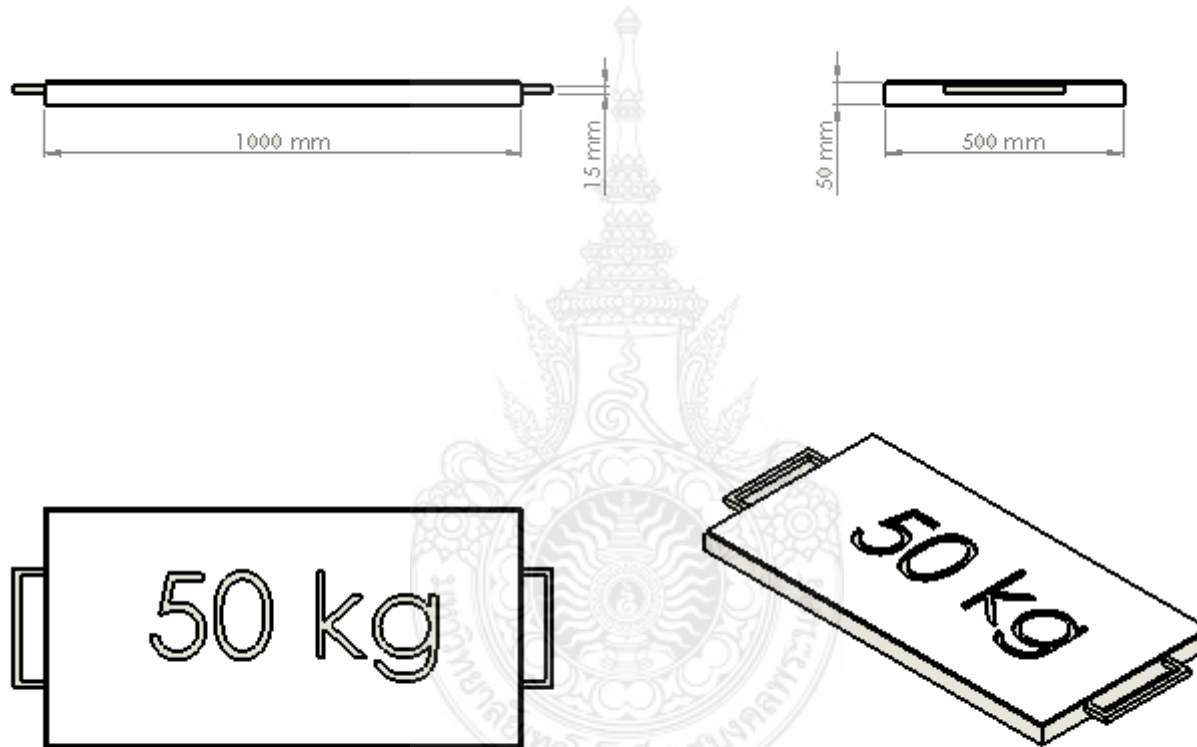
DESIGNER	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011	DERPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DRAW	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011			
APPROVED	Mr.SUPACHAI LUKKUM	27 DEC 2011	TITLE : A Study of crash boxes referred to energy absorption		SCALE 1:10
DIMENTION : mm	NAME	Dynamic teses			SHEET : 1

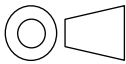


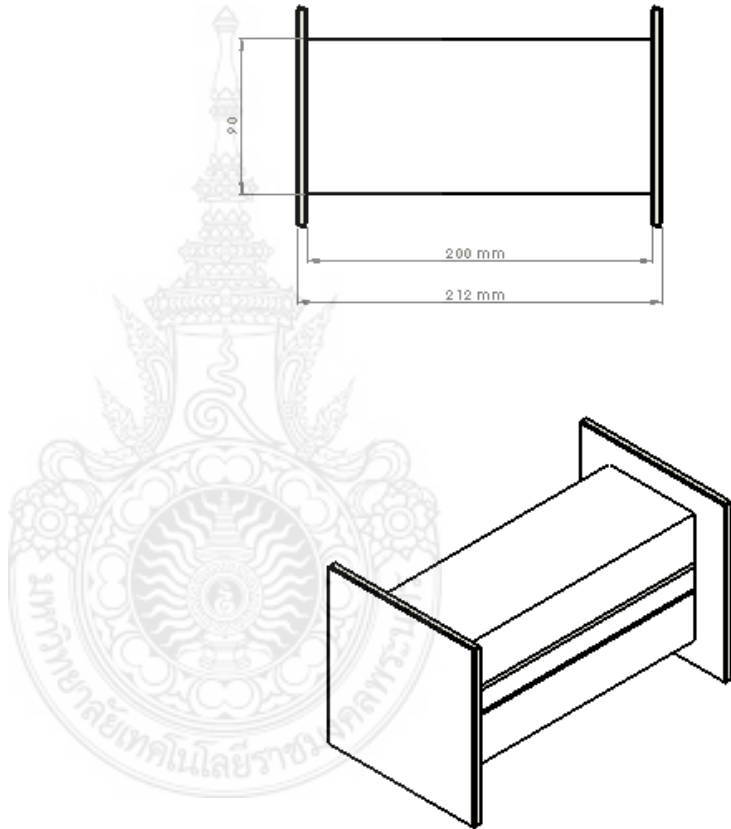
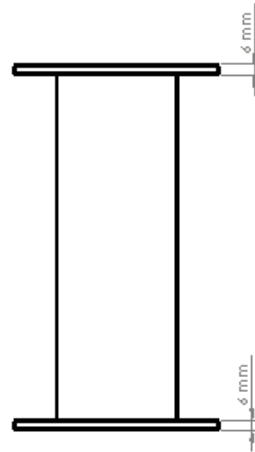
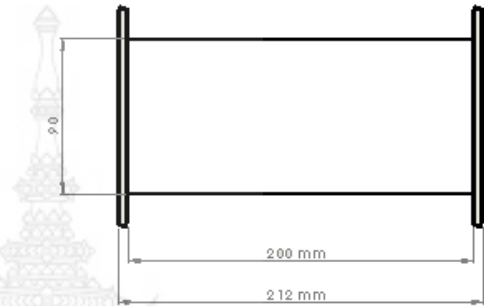
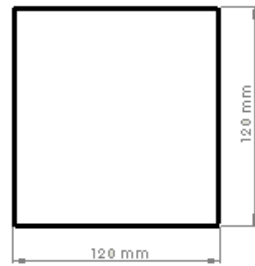
DESIGNER	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011	DERPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DRAW	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011			
APPROVED	Mr.SUPACHAI LUKKUM	27 DEC 2011	TITLE : A Study of crash boxes referred to energy absorption		SCALE 1:10
DIMENTION : mm	NAME	Static tests			SHEET : 2

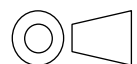


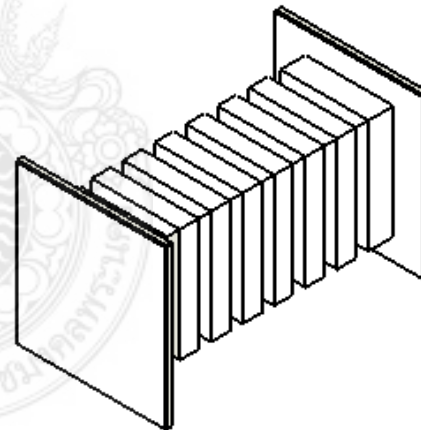
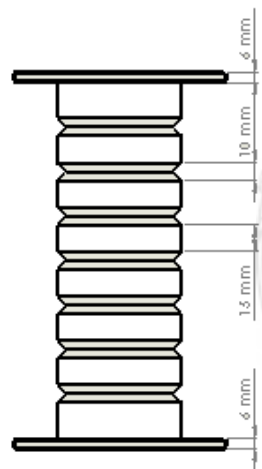
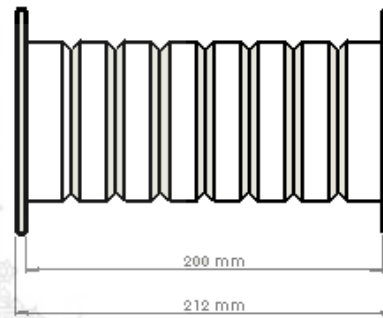
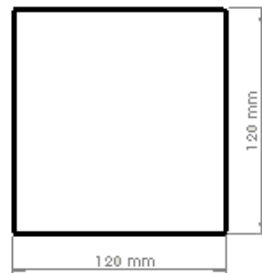
DESIGNER	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011	DERPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DRAW	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011			
APPROVED	Mr.SUPACHAI LUKKUM	27 DEC 2011	TITLE : A Study of crash boxes referred to energy absorption		SCALE 1:10
DIMENTION : mm	NAME	Blackup Slot			SHEET : 3

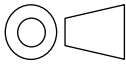


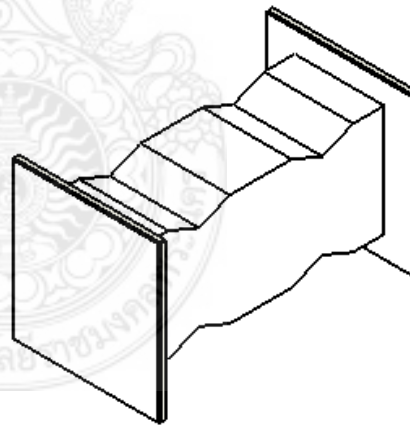
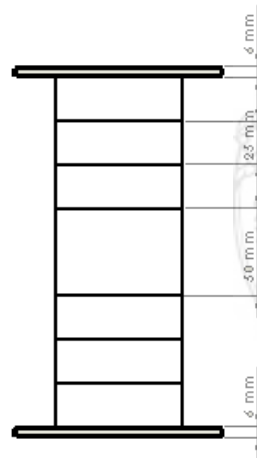
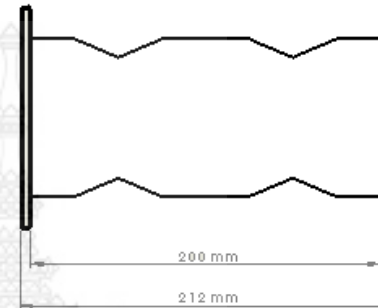
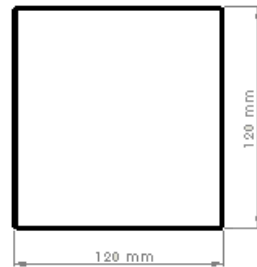
DESIGNER	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011	DERPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DRAW	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011			
APPROVED	Mr.SUPACHAI LUKKUM	27 DEC 2011	TITLE : A Study of crash boxes referred to energy absorption		SCALE 1:10
DIMENTION : mm	NAME	Mass			SHEET : 4

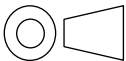


DESIGNER	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011	DERPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DRAW	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011			
APPROVED	Mr.SUPACHAI LUKKUM	27 DEC 2011	TITLE : A Study of crash boxes referred to energy absorption		SCALE 1:10
DIMENTION : mm	NAME	Crash Box 01			SHEET : 5



DESIGNER	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011	DERPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DRAW	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011			
APPROVED	Mr.SUPACHAI LUKKUM	27 DEC 2011	TITLE : A Study of crash boxes referred to energy absorption		SCALE 1:10
DIMENTION : mm	NAME	Crash Box 02			SHEET : 6



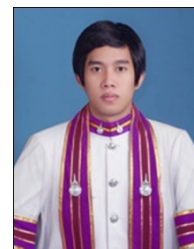
DESIGNER	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011	DERPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING IN FACULTY OF ENGINEERING RAJAMANGGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
DRAW	Mr.PAT AOMONSAK	25 DEC 2011			
APPROVED	Mr.SUPACHAI LUKKUM	27 DEC 2011	TITLE : A Study of crash boxes referred to energy absorption		SCALE 1:10
DIMENTION : mm	NAME	Crash Box 03			SHEET : 7

ประวัติผู้จัดทำปริณุณิพนธ์



ประวัติผู้จัดทำปฏิญานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล นายภัทร อมรศักดิ์
วัน-เดือน-ปีเกิด 22 สิงหาคม 2531
ที่อยู่ 30/1 หมู่ 1 ตำบลควนทอง อำเภอขนอม
จังหวัดนครศรีธรรมราช 18400



ประวัติการศึกษา

ปวช. วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี พ.ศ. 2550

วศ.บ. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2554

โทรศัพท์ 080-2504056

E-mail Address pat_methailand@windowslive.com



ประวัติผู้จัดทำปริญานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล	นายอภิชาติ รุจาคม
วัน-เดือน-ปีเกิด	22 ธันวาคม 2528
ที่อยู่	553/97 หมู่ 3 ถนนเตชะตุ่งคะ แขวงสีกัน เขตดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10210
ประวัติการศึกษา	
มัธยมศึกษา	โรงเรียนดอนเมืองทหารอากาศบำรุง จังหวัดกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2546
วศ.บ.	สาขาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2554
โทรศัพท์	084-0358186
E-mail Address	gu_mum@hotmail.com



ประวัติผู้จัดทำปริญยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล	นายอิทธิ กะหมายสม
วัน-เดือน-ปีเกิด	6 มีนาคม 2532
ที่อยู่	85 หมู่ 7 ตำบลมะค่า อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา 30160
ประวัติการศึกษา	
มัธยมศึกษา	โรงเรียนเมืองคง จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2550
วศ.บ.	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2554
โทรศัพท์	081-1130722
E-mail Address	itticrab@hotmail.com

