

การเสียรูปและความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์ปิคอัพ
ในการชนกระแทกแนวตรง

DEFORMATION AND ACCELERATION OF PICKUP FRONT BUMPER IN
LINEAR CRASHING

นายธีรวัฒน์ วงศ์ด้วง รหัส 50380324
นายณัทที ลิขิต รหัส 50383707

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 ต.ค. 2554
เลขทะเบียน 15696124
เลขเรียกหนังสือ ๙/๕
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๘647 ๗

2554



ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อโครงการ : การเสียดรูปและความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทก
แนวตรง

ผู้ดำเนินโครงการ : นายธีรวัฒน์ วงศ์ด้วง รหัสสนิสิต 50380324

: นายনীทที ลีจิต รหัสสนิสิต 50383707


ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์อดิศร ประสิทธิ์ศักดิ์

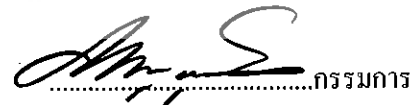
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

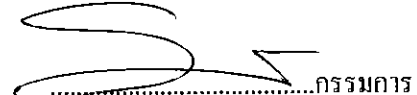
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(อาจารย์อดิศร ประสิทธิ์ศักดิ์)


.....กรรมการ
(ดร.ปานุ พุทธวงศ์)


.....กรรมการ
(ดร.ศลิษา วีรพันธุ์)

หัวข้อโครงการ : การเสีขรูปและความร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชน
กระแทกแนวตรง

ผู้ดำเนินโครงการ : นายธีรวัฒน์ วงศ์ด้วง รหัสนิต 50380409
: นายนัทธี ลิขิต รหัสนิต 50381185

ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์อัคร ประสิทธิ์ศักดิ์

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2554

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาการเสีขรูปและความร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชน
กระแทกแนวตรงเพื่อการศึกษาการเสีขรูปและความร่ง ที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกเมื่อ
เกิดอุบัติเหตุในลักษณะการชนกระแทกต่อกำแพงแข็งเกร็งกันชนรถยนต์บรรทุก ที่ศึกษาทำจาก
แผ่นเหล็กที่มีความหนา 3 มิลลิเมตรและเกิดการชนกระแทกที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใน
การศึกษาได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางไฟไนต์เอลิเมนต์ในการจำลองสภาพการชนกระแทก
นอกจากนี้ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่มีการเปลี่ยนแปลงของความหนากันชน
และความเร็วชนกระแทกคือ เปลี่ยนค่าความหนาจำนวน 3 ค่า คือ 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร และเปลี่ยน
ค่าความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า คือ 51,58,64,70 และ 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ผลการจำลองสภาพพบว่ากันชนจะมีความเสีขหายมากที่สุดที่บริเวณจุดที่ติดตั้งตัวรองรับ
กันชน ซึ่งต่อเข้ากับ โครงรถยนต์ โดยจะถูกอัดจนยุบตัว และการชนกระแทกจะสิ้นสุดในเวลา
ประมาณ 30 มิลิวินาที สำหรับการศึกษาคความร่งพบว่าการชนกระแทกของกันชนที่มีความหนา 3 มิ
ลิเมตร และมีการชนกระแทกที่ความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่ามีการเสีขรูปและความร่ง
ประมาณ 31,000 เมตรต่อวินาที² โดยที่ตัวแปรต่างๆ ที่ได้ศึกษาจะมีความร่งของการชนกระแทก
ระหว่าง 18,000 ถึง 39,000 เมตรต่อวินาที² และพบว่าความเร็วชนกระแทกและความหนากัน
ชนมีผลโดยตรงต่อความร่งสูงสุดที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก แต่ความหนาจะส่งผลน้อย
กว่าความเร็วชนกระแทก จากการจำลองสภาพพบว่าที่ความหนามากและความเร็วที่พุ่งเข้าชนสูงกัน
ชนจะสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่ากันชนที่มีความหนาน้อย

Project Title : Deformation and acceleration of pickup front bumper in linear crashing

Name : Mr. Teerawat Wongduang Student ID. 50380324

: Mr. Nattee Likit Student ID. 50383707

Project Advisor : Mr. Adisorn Prasitsak

Major : Mechanical Engineering

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2011

.....

Abstract

This project studies a deformation and acceleration of pickup front bumper in linear crashing. The deformation and acceleration of bumper occurs when there is frontal collision of vehicle into a rigid wall. The bumper is made from steel sheet. The bumper of 3 mm thickness and 64 km/h of impact velocity is crashing case for this project. The crashing is studied by using finite element simulation. Moreover, the effects of the thickness and impact velocity on the impact force are investigated. The bumper thickness is varied to be 1, 2 and 3 mm. and the impact velocity is varied to be 51, 58, 64, 70 and 77 km/h.

The simulation results show that the bumper which connected to the supporter of the vehicle frame has a maximum deformation. The deformation of bumper is compressed with supporter to a rigid wall. The crashing is ending within approximately 30 ms. The acceleration result show that the crashing of the bumper of 3 mm thickness and 64 km/h of impact velocity has a deceleration of $31,000 \text{ m/s}^2$. The decelerations of all studied variables are varied between $18,000$ to $39,000 \text{ m/s}^2$. The studied of the thickness and impact velocity effect to the acceleration show that both are direct variation. The impact velocity has an effect to the acceleration more than the thickness. The simulation showed that the higher thickness and impact velocity of the bumper has a better energy absorption.

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

โครงการฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยมุ่งเน้นในเรื่อง การศึกษาการเสิรูปและความรุ่งของกันชน
หน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะ ได้รับการดูแลและเอาใจใส่
เป็นอย่างดี จากท่านอาจารย์อดิศร ประสิทธิ์ศักดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ปรินุญานีพจน์นี้ ที่กรุณา
ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประ โยชน์ต่อการทำปรินุญานีพจน์ จึงขอกราบพระคุณอย่างสูง
ขอขอบคุณคุณอาจารย์และครูช่างทุกท่านที่ให้คำปรึกษาในการใช้เครื่องทดสอบการดึงเหล็ก
รวมทั้งภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือแนะนำ
จนทำให้โครงการปรินุญานีพจน์สำเร็จลุล่วง ไปด้วยดี

ขอกราบพระคุณบิดาและมารดา ที่สนับสนุนอุปการะด้านการเงินและคอย ให้กำลังใจและ
ความเป็นห่วงเป็นใยแก่ผู้ดำเนิน

สุดท้ายนี้ขอขอบ โครงการ ปรินุญานีพจน์ฉบับนี้ไว้ เพื่อเป็นประ โยชน์ต่อผู้ที่จะศึกษาและ
ค้นคว้าต่อไป

คณะผู้ดำเนิน โครงการงาน
นายธีรวัฒน์ วงศ์ด้วง
นายณัทที ลิขิต

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	4
1.6 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน.....	4
1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน.....	5
1.8 อุปกรณ์ที่ใช้.....	5
1.9 งบประมาณที่ใช้.....	5
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....	6
2.1 ทฤษฎีการกระแทก – สัมผัส (Impact-Contact Theory).....	6
2.2 พลังงานเครียด (Strain Energy).....	12
2.3 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method).....	13
2.4 คุณสมบัติวัสดุ (Material Property).....	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	19
3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	19
3.2 การทดสอบดึงแผ่นเหล็กทดสอบ.....	19
3.3 การจำลองสภาพการชนกระแทก.....	20
3.4 การนำเสนอผลการศึกษา.....	20
3.5 วิเคราะห์และสรุปผลการจำลองสภาพ.....	20
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	22
4.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	22
4.2 การทดสอบดึงแผ่นเหล็ก.....	24
4.3 การจำลองสภาพการชนกระแทก.....	27
4.4 การนำเสนอผลการศึกษา.....	35
4.5 การวิจารณ์ผลการจำลองสภาพ.....	43
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการจำลองสภาพ.....	46
5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	46
5.2 สรุปผลการทดลอง.....	48
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	48
เอกสารอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก ก.....	51
ภาคผนวก ข.....	59
ประวัติผู้จัดทำโครงการ.....	62

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1.1 จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522.....	2
ตารางที่ 1.2 ระยะเวลาและแผนปฏิบัติงานในการดำเนิน โครงการ.....	5
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของเหล็ก.....	18
ตารางที่ 4.1 มิติกงกันชนหน้ารถตัวอย่าง.....	23
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลรถยนต์บรรทุก.....	23
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลคุณสมบัติวัสดุของแผ่นเหล็ก.....	26
ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของแบบจำลอง.....	27
ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติวัสดุที่เกี่ยวข้องของแบบจำลองกันชน.....	31
ตารางที่ 4.6 ความเร่งสูงสุดจากการจำลองสภาพ.....	44



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 อุบัติเหตุจากรถ	2
รูปที่ 2.1 แบบจำลองการสัมผัสกันระหว่างวัตถุ A และ B	7
รูปที่ 2.2 เวกเตอร์ในพิกัดเฉพาะที่ ณ ผิวสัมผัส อ้างอิงจากผิหลัก	8
รูปที่ 2.3 เวกเตอร์ความเร็วพิจารณา ณ จุดสัมผัส (แสดงโดยแยกจุดสัมผัสออกจากกัน)	9
รูปที่ 2.4 แท่งตรงได้รับการกระทบนอก P ทำให้ยืดออกเป็นระยะ dx	13
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างเอลิเมนต์แบบต่างๆ	14
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการแบ่งแบบจำลองออกเป็นเอลิเมนต์เล็กๆ	15
รูปที่ 2.7 ภาพแสดงผังระดับของความเค้นบนชิ้นงานหนึ่งด้วย โปรแกรมแสดงผล	18
รูปที่ 4.1 ลักษณะกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก	23
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างแผ่นเหล็ก	25
รูปที่ 4.3 รูปร่างการจัดเตรียมตัวอย่างทดสอบดึงแผ่นเหล็ก	25
รูปที่ 4.4 การติดตั้งตัวอย่างทดสอบดึงเข้ากับเครื่องทดสอบ	26
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างทดสอบที่ผ่านการทดสอบดึงจนขาดออกจากกัน	26
รูปที่ 4.6 คู่ลำดับของแรงดึงและระยะยืดเฉลี่ยของการทดสอบดึงแผ่นตัวอย่างเหล็ก	26
รูปที่ 4.7 ภาพรวมของแบบจำลอง	28
รูปที่ 4.8 การจัดวางตำแหน่งของแบบจำลองทั้ง 3	28
รูปที่ 4.9 การสร้างเส้นใน AutoCAD	29

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.10 แบบจำลองที่ถูกแบ่งเอลิเมนต์	30
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลแบบจำลองสำหรับสร้างไฟล์นำเข้า	30
รูปที่ 4.12 การกำหนดคุณสมบัติของแบบจำลองในไฟล์นำเข้า.....	31
รูปที่ 4.13 การกำหนดการบังคับการเคลื่อนที่ในไฟล์นำเข้า.....	33
รูปที่ 4.14 การกำหนดคู่สัมผัสในไฟล์นำเข้า.....	33
รูปที่ 4.15 การกำหนดผลลัพธ์ในไฟล์นำเข้า.....	34
รูปที่ 4.16 การทำงานของโปรแกรมขณะประมวลผล	35
รูปที่ 4.17 ภาพเหตุการณ์ในระหว่างการชนกระแทก.....	36
รูปที่ 4.18 ภาพด้านข้างและด้านบนในระหว่างการชนกระแทก.....	38
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆของการชนกระแทกที่ ความเร็วทั้ง 5 ค่าของกันชนความหนา 1 มิลลิเมตร	38
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆของการชนกระแทกที่ ความเร็วทั้ง 5 ค่าของกันชนความหนา 2 มิลลิเมตร	39
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆของการชนกระแทกที่ ความเร็วทั้ง 5 ค่าของกันชนความหนา 3 มิลลิเมตร	39
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆของการชนกระแทกที่มี ความหนาทั้ง 3 ค่าที่ความเร็ว 51 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	40
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆของการชนกระแทกที่มี ความหนาทั้ง 3 ค่าที่ความเร็ว 58 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	41
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆของการชนกระแทกที่มี ความหนาทั้ง 3 ค่าที่ความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	41
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆของการชนกระแทกที่มี ความหนาทั้ง 3 ค่าที่ความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	42
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆของการชนกระแทกที่มี ความหนาทั้ง 3 ค่าที่ความเร็ว 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	42
รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบความเร่งสูงสุดที่ความหนาต่างๆของกันชน.....	42

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

A	Cross-sectional Area	พื้นที่หน้าตัด (m ²)
B	Matrix relating strains to nodal displacements	เมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและการเสีรูปที่โหนด
C	Cosine direction	ทิศทางโคไซน์
\underline{d}	global nodal displacement	พิกัดของเอลิเมนต์ การเสีรูปของโหนดในพิกัดรวม
\underline{d}'	local nodal displacement	พิกัดของเอลิเมนต์ การเสีรูปของโหนดในพิกัดเฉพาะที่
\underline{D}	Matrix relating stresses to strains	เมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด
E	Modulus of elasticity	โมดูลัสการยืดหยุ่น (Psi)
\underline{f}	global-coordinate nodal force matrix	เมทริกซ์ของแรงที่โหนดพิกัดรวม
\underline{f}'	local-coordinate nodal force matrix	เมทริกซ์ของแรงที่โหนดพิกัดเฉพาะที่
\underline{f}_b	body force matrix	เมทริกซ์ของแรงเนื่องจากมวล
\underline{f}_h	heat transfer force matrix	เมทริกซ์ของแรงเนื่องจากความร้อน
\underline{f}_q	heat flux force matrix	เมทริกซ์ของปริมาณความร้อน
\underline{f}_o	heat source force matrix	เมทริกซ์ของแหล่งกำเนิดความร้อน
\underline{f}_s	surface force matrix	เมทริกซ์ของแรงที่ผิว
\underline{F}	global-coordinate structure force matrix	เมทริกซ์ของแรงทั้งโครงสร้างในพิกัดรวม
\underline{F}_o	equivalent force matrix	เมทริกซ์ของแรงเทียบเท่า
g	temperature gradient matrix	เมทริกซ์ของแรงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ
h	heat-transfer coefficient	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

I	principal moment of inertia	โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ (m ⁴)
J	Jacobian matrix	เมทริกซ์ของจาโคเบียน
k	spring stiffness	สทึฟเนสเมทริกซ์
\underline{k}	global-coordinate element stiffness matrix	สทึฟเนสเมทริกซ์ของเอลิเมนต์ใน- พิกัดรวม
\underline{k}'	local-coordinate stiffness matrix	สทึฟเนสเมทริกซ์ของเอลิเมนต์ใน- พิกัดเฉพาะที่
\underline{K}	global-coordinate structure stiffness matrix	สทึฟเนสเมทริกซ์ของทั้ง- โครงสร้างในพิกัดรวม
K_{xx}, K_{yy}	thermal conductivities in x and y directions	ค่าการนำความร้อนในแนวแกน x และ y
N	shape (interpolation) function matrix	เมทริกซ์ของฟังก์ชันรูปร่าง
N_i	shape function	ฟังก์ชันรูปร่าง
p	surface pressure	ความดันที่ผิว (Psi)
P	concentrated load	แรงกระทำเป็นจุด (N)
q	heat flow per unit area	ค่าการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่
Q	heat source generated per unit volume	ค่าการกำเนิดความร้อนต่อปริมาตร
R	residual in Galerkin's integral	เศษของวิธีอินทิเกรตของกาลอร์คิน
Rb	body force in the radial direction	แรงเนื่องจากน้ำหนักในแนวรัศมี
t	thickness of a plane element	ความหนาของเอลิเมนต์แบบแผ่น
T	temperature function	ฟังก์ชันอุณหภูมิ
T_α	free-steam temperature	อุณหภูมิของของไหลที่ไหลผ่าน (°K)
U	strain energy	ค่าพลังงานเครียด
ΔU	change in stored energy	การเปลี่ยนแปลงของพลังงานเครียด
\underline{X}	body force matrix	เมทริกซ์ของแรงเนื่องจากน้ำหนัก

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

α	coefficient of thermal expansion	สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิ ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
δ	spring or bar deformation	การเปลี่ยนรูปของสปริงหรือแท่งวัสดุ
ϵ	normal strain	ความเครียด
ν	Poisson ratio	อัตราส่วนปัวซอง
Π	total potential energy	พลังงานศักย์ทั้งหมด
Ω	potential energy of forces	พลังงานศักย์เนื่องจากแรง
τ	shear stress	ความเค้นเฉือน
$\underline{\psi}$	general displacement function matrix	เมทริกซ์ของฟังก์ชันการเปลี่ยนรูปทั่วไป
$\underline{'}^{\prime}$	local coordinate system matrix	เมทริกซ์พิกัดเฉพาะที่
$\underline{-}$	global coordinate system matrix	เมทริกซ์พิกัดรวม
$[]$	rectangular or a square matrix	เมทริกซ์สี่เหลี่ยม
$\{ \}$	column matrix	เมทริกซ์แถว



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ประเทศไทยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและด้านสังคมเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ทำให้การขยายตัวของชุมชนไปสู่ชนเมือง มีการพัฒนาระบบขนส่งมวลชน โทรคมนาคม ตลอดจนยานพาหนะที่มีความสะดวกรวดเร็ว และทันสมัย เพื่อรองรับการขยายตัวของเศรษฐกิจ และการเพิ่มขึ้นของประชากร เมื่อเศรษฐกิจมีความเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว การคมนาคมขนส่งก็มีเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยและปัญหาที่เกิดขึ้นตามมาก็คือ ปัญหาด้านอุบัติเหตุจากรถที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิต ร่างกาย ตลอดจนทรัพย์สินอย่างประเมินค่ามิได้ เป็นผลเสียต่อการพัฒนาประเทศอย่างมากในชีวิตประจำวันได้ทำให้ในปัจจุบันมีพาหนะแบบต่างๆ บนท้องถนนเป็นจำนวนมาก อาทิเช่น รถบรรทุกแบบต่างๆ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ ซึ่งพาหนะแต่ละรูปแบบย่อมมีความเหมาะสมและมีความปลอดภัยต่อการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป

จากตารางที่ 1.1 ซึ่งแสดงจำนวนรถที่จดทะเบียนใหม่ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาตั้งแต่ พ.ศ. 2542 ถึง พ.ศ. 2551 พบว่ามีการจดทะเบียนรถใหม่เพิ่มขึ้นในรถหลายประเภทจึงทำให้เกิดการจราจรติดขัดจากการเพิ่มมากขึ้นและทำให้เกิดอุบัติเหตุเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จากข้อมูลสถิติคืออุบัติเหตุจากรถทางบก ของสำนักงานตำรวจแห่งชาติในปี พ.ศ. 2547 ได้รับแจ้งการเกิดอุบัติเหตุจำนวน 124,530 ราย มีผู้เสียชีวิตจำนวน 13,766 คน ได้รับบาดเจ็บจำนวน 94,164 คน มูลค่าทรัพย์สินที่ได้รับความเสียหายมีมูลค่ารวม 1,623,081,112 บาท มีพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวน 196,967 คัน ประเภทของพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือ รถจักรยานยนต์จำนวน 77,642 คัน รองลงมาเป็นรถยนต์นั่งส่วนบุคคลจำนวน 46,658 คัน ส่วนสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจากรถมากที่สุดเกิดจากการขับเร็วเกินกว่าอัตราที่กฎหมายกำหนดจำนวน 21,332 ราย รองลงมาเกิดจากการขับรถตัดหน้าในระยะกระชั้นชิด จำนวน 15,520 ราย และในปี พ.ศ. 2548 ได้รับแจ้งการเกิดอุบัติเหตุ จำนวน 122,040 ราย มีผู้เสียชีวิตจำนวน 12,858 คน ผู้ได้รับบาดเจ็บจำนวน 94,364 คน ทรัพย์สินที่ได้รับความเสียหายมีมูลค่ารวม 3,238,226,110 บาท มีพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุทั้งหมด จำนวน 183,336 คัน ประเภทของพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือรถจักรยานยนต์จำนวน 78,830 คัน รองลงมาเป็นรถยนต์นั่งส่วนบุคคลจำนวน 43,527 คัน สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากรถมากที่สุดเกิดจากการขับเร็วเกินกำหนด จำนวน 18,349 ราย รองลงมาเกิดจากการขับรถตัดหน้าในระยะกระชั้นชิดจำนวน 16,550 ราย (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2548) จากสถิติการ

เสียชีวิต ได้รับบาดเจ็บ และความเสียหายในทรัพย์สิน ดังกล่าวข้างต้น นับว่าอุบัติเหตุจากรถ ซึ่งเป็นปัญหาสาธารณะที่สำคัญที่สุดปัญหาหนึ่งของประเทศ โดยในแต่ละปี ได้ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิต ร่างกาย และทรัพย์สินจำนวนมาก ส่งผลให้ประเทศขาดโอกาสในการแข่งขันและสิ้นเปลืองทรัพยากรของประเทศชาติอย่างมหาศาล

ตารางที่ 1.1 จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 (หน่วย : พันคัน)

ประเภทของรถ	ปี พ.ศ.									
	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	76	103	136	181	231	285	315	305	306	329
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน	6	10	14	15	15	14	15	16	21	21
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	107	133	122	167	232	289	329	328	308	288
รถจักรยานยนต์	497	683	850	1,187	1,643	1,944	2,012	2,002	1,665	1,796
รถอื่นๆ	8	10	10	13	13	17	21	28	40	61
รวม	694	939	1,132	1,564	2,134	2,549	2,691	2,676	2,341	2,496



รูปที่ 1.1 อุบัติเหตุจากรถ

จากรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นการเกิดอุบัติเหตุจากรถระหว่างรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (รถกระบะ) และรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน (รถเก๋ง) ในลักษณะการชนที่ด้านหน้า ซึ่งเป็นกรณีที่เกิดขึ้นมากที่สุดในการอุบัติเหตุจากรถและมีความรุนแรงมากที่สุดด้วย จึงมีการศึกษาถึงการเกิดอุบัติเหตุในรูปแบบนี้เป็นจำนวนมาก และมีการออกแบบอุปกรณ์เสริมความปลอดภัยในการใช้รถยนต์ เช่น ระบบเบรก ABS หรือ ถุงลมนิรภัย รวมทั้งการออกแบบโครงสร้างที่สามารถลดความรุนแรงเมื่อเกิดอุบัติเหตุลงได้ เช่น โครงสร้างนิรภัย ระบบพวงมาลัยยุบตัว หรือ ฝากระโปรงที่ดูดซับแรงกระแทก

กันชนหน้าของรถกระบะเป็นอุปกรณ์ที่ถูกติดตั้งเสริมเข้ามาเพื่อความสวยงามและป้องกันการกระแทกที่ส่วนหน้าของตัวถังอีกทั้งสามารถดูดซับแรงกระแทกหากเกิดการชนกระแทกได้อีกด้วย แต่จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการชนกระแทกของกันชนหน้ารถกระบะยังมีอยู่น้อยมาก ผู้ดำเนินโครงการจึงสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมของการชนหน้าเมื่อเกิดอุบัติเหตุแบบชนกระแทกรวมทั้งจะได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เกิดขึ้นในระหว่างการเกิดอุบัติเหตุอีกด้วยเพื่อให้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาให้ผู้ขับขี่และผู้โดยสารมีความปลอดภัยในการใช้งานรถกระบะเพิ่มมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเสียรูปและการเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกเมื่อเกิดอุบัติเหตุในลักษณะการชนกระแทกด้านหน้าในแนวตรง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ศึกษาการเสียรูปและความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 1.3.2 การชนกระแทกเป็นการชนของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในแนวตรงต่อกำแพงแข็งเกร็ง
- 1.3.3 กันชนหน้ารถยนต์บรรทุกทำจากเหล็ก
- 1.3.4 ทำการศึกษาที่ความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า
- 1.3.5 ทำการศึกษาความหนาของกันชนจำนวน 3 ค่า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 พฤติกรรมการเสียรูปของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกเมื่อเกิดอุบัติเหตุในลักษณะการชนกระแทกด้านหน้าในแนวตรง
- 1.4.2 การเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกเมื่อเกิดอุบัติเหตุในลักษณะการชนกระแทกด้านหน้าในแนวตรง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานของโครงการปริญญาโทศึกษารูปและความสำเร็จของกันชนหน้า
ระดับบัณฑิตศึกษาในวาระแรกตรงนี้เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อยจึงได้
กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานเป็นดังนี้

1.5.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.5.1.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย ความสำเร็จวาระแรก ข้อมูลของกันชนและ
ระดับบัณฑิตศึกษา

1.5.1.2 ศึกษาการใช้งานของ โปรแกรม อาทิเช่น การสร้างข้อมูลป้อนเข้า การนำออก
ผลลัพธ์และการกำหนดเงื่อนไขการจำลองสภาพ

1.5.2 ทำการทดสอบตั้งแต่ขั้นทดสอบ

1.5.2.1 จัดเตรียมขั้นตัวอย่างทดสอบดังตามมาตรฐานการทดสอบ

1.5.2.2 ทดสอบดังตามมาตรฐานการทดสอบ

1.5.2.3 สรุปข้อมูลคุณสมบัติวัสดุจากการทดสอบ

1.5.3 จำลองสภาพการชนกระแทก

1.5.3.1 สร้างแบบจำลองของกันชนหน้าและชิ้นส่วนอื่นที่เกี่ยวข้อง รวมถึงกำหนด
เงื่อนไขของการจำลองสภาพการชนกระแทก

1.5.3.2 ทำการจำลองสภาพการชนกระแทกของแบบจำลองโดยปรับเปลี่ยนตัวแปรที่
สนใจในการศึกษาซึ่งประกอบด้วย

1.5.3.2.1 เปลี่ยนค่าความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า

1.5.3.2.2 เปลี่ยนค่าความหนาของแบบจำลองกันชนจำนวน 3 ค่า

1.5.4 วิเคราะห์และสรุปผลการจำลองสภาพ

1.5.5 จัดทำเล่มปริญญาโท

1.6 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน

โครงการปริญญาโทศึกษารูปและความสำเร็จของกันชนหน้าระดับบัณฑิตศึกษาในวาระแรก
ตรงนี้จะใช้ระยะเวลาดำเนินการทั้งสิ้น 10 เดือนโดยสามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน
เป็นดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 แสดงระยะเวลาและแผนปฏิบัติงานในการดำเนินโครงการ

การดำเนินงาน	2553			2554							
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	
1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	←		→								
2. ทำการทดสอบดึงแผ่นโลหะ	←		→								
3. จำลองสภาพการชน กระแทก								←		→	
4. วิเคราะห์และสรุปผลการ จำลองสภาพ										←	→
5. จัดทำเล่มปริญาานิพนธ์										←	→

1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน

โครงการปริญาานิพนธ์การเสีรูปและความร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้จะดำเนินการ ณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.8 อุปกรณ์ที่ใช้

โครงการปริญาานิพนธ์การเสีรูปและความร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้มีอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินโครงการประกอบด้วย

1.8.1 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผลการจำลองสภาพ

1.8.2 เครื่องทดสอบดึงสำหรับการทดสอบคุณสมบัติวัสดุของแผ่นเหล็ก

1.9 งบประมาณที่ใช้

โครงการปริญาานิพนธ์การเสีรูปและความร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการซึ่งสามารถจำแนกได้คือ

1.9.1 ค่าแผ่นเหล็กสำหรับทดสอบดึง จำนวน 1,000 บาท

1.9.2 ค่าใช้จ่ายจัดทำเล่มปริญาานิพนธ์ จำนวน 1,000 บาท

รวมทั้งสิ้น 2,000 บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการชนกระแทกนั้นค่อนข้างมีความซับซ้อนเนื่องจากปัญหาประเภทนี้ประกอบด้วยพฤติกรรมทางกลศาสตร์หลายประเภท อาทิเช่น การเปลี่ยนตำแหน่งและความเร็ว การถ่ายเทโมเมนตัม ความแข็งแรงของวัสดุ รวมทั้งลักษณะของปัญหาถูกจำแนกให้เป็นแบบขึ้นกับเวลาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่น้อยมาก (ระดับมิลลิวินาที) ดังนั้นหากวิเคราะห์ปัญหาด้วยทฤษฎีดั้งเดิม (Classical theory) จะทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาที่มีรูปแบบซับซ้อนได้ อาทิเช่น การออกแบบหัวไม้ตีลูกกอล์ฟ การวิเคราะห์ความเสียหายจากการพุ่งชนของลูกกระสุนปืน หรือการวิเคราะห์ความเสียหายจากอุบัติเหตุรถยนต์ชน ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเครื่องมือแบบหนึ่งที่ได้รับนิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านวิศวกรรมเนื่องจากสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่มีรูปแบบที่ซับซ้อนได้และได้ถูกนำมาใช้ในปัญหาชนกระแทกที่มีความซับซ้อนทั้งในด้านของรูปร่าง เงื่อนไขของปัญหา และคุณสมบัติของวัสดุ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาด้านทฤษฎีของการทำปฏิกิริยานี้จึงประกอบด้วยพื้นฐานของทฤษฎีการชนกระแทก-สัมผัส ทฤษฎีของพลังงานเครียด จากนั้นจึงเป็นการทำความเข้าใจถึงพื้นฐานของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สุดท้ายเป็นการศึกษาถึงคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้งาน

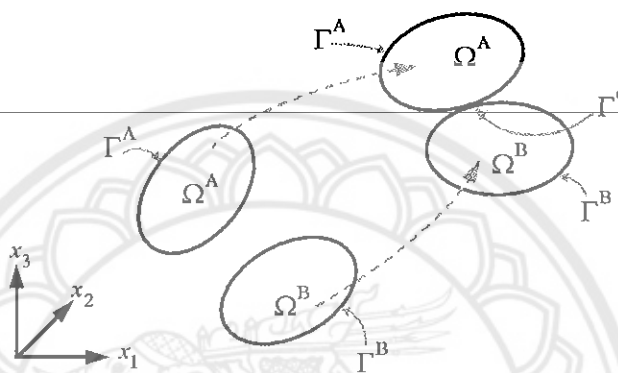
2.1 ทฤษฎีการชนกระแทก-สัมผัส (Impact-Contact theory)

การชนกระแทก-สัมผัสเป็นเหตุการณ์ที่มีวัตถุอย่างน้อยสองชิ้นขึ้นไปเคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกันและมีปฏิสัมพันธ์ทางกลระหว่างกันและกัน โดยเมื่อเหตุการณ์ชนกระแทก-สัมผัสสิ้นสุดลงแล้ววัตถุที่อยู่ในเหตุการณ์อาจยังเคลื่อนที่ติดไปด้วยกันหรือเคลื่อนที่แยกออกจากกันก็ได้ การทำความเข้าใจถึงพฤติกรรมของการชนกระแทก-สัมผัสระหว่างวัตถุจะทำให้ทราบถึงปฏิสัมพันธ์ทางกลที่วัตถุทั้งสองมีต่อกันและการตอบสนองของวัตถุที่อยู่ในรูปแบบของการเคลื่อนที่และการเสวยรูป

2.1.1 พื้นฐานการชนกระแทก-สัมผัส

โดยทั่วไปแล้วในเหตุการณ์ที่มีการชนกระแทก-สัมผัสนั้นอาจมีวัตถุจำนวนหลายชิ้นที่เข้ามาสัมผัสกัน แต่ในการอธิบายขั้นต้นของการชนกระแทก-สัมผัสจะกล่าวถึงการสัมผัสกันระหว่างวัตถุ 2 ชิ้น ซึ่งเป็นจำนวนวัตถุที่น้อยที่สุดในการเกิดเหตุการณ์ชนกระแทก-สัมผัส โดยเหตุการณ์จะเริ่มจากวัตถุสองชิ้นเคลื่อนที่เข้ามาชนกันซึ่งจุดนี้จะเป็นการเริ่มต้นของการสัมผัส จากนั้นวัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่ติด

ไปด้วยกันด้วยความเร็วสัมพัทธ์ ในชั่วขณะนี้วัตถุทั้งสองจะมีการถ่ายเทโมเมนตัมให้แก่กันโดยทำให้แรงลัพธ์ที่เกิดจากการสัมผัสกันของวัตถุค่อยๆ เพิ่มขึ้นและทำให้ความเร็วของวัตถุทั้งสองเกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อการถ่ายเทโมเมนตัมสิ้นสุดลงวัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่แยกออกจากกันด้วยความเร็วที่แตกต่างกันหรือใกล้เคียงกันขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ทั้งนี้แรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุทั้งสองนี้จะเป็นตัวที่ทำให้วัตถุเกิดการเสีรูปหรืออาจทำให้เกิดความเสียหายและเป็นตัวที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่อีกด้วย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเหตุการณ์การชนกระแทกที่เกิดขึ้นตั้งแต่เข้าสู่สัมผัสจนแยกออกจากกันจะใช้ระยะเวลาเพียงไม่กี่มิลลิวินาที



รูปที่ 2.1 แบบจำลองการสัมผัสกันระหว่างวัตถุ A และ B

จากรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงวัตถุสองชิ้นคือวัตถุ A และ B เคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกันในระวาง 3 มิติ โดยกำหนดให้วัตถุ A และ B มี สถานะ (Configuration) เป็น Ω^A และ Ω^B ตามลำดับ และกำหนดให้วัตถุทั้งสองมีขอบเขต (Boundary) เป็น Γ^A และ Γ^B ตามลำดับ โดยที่ Ω^A และ Ω^B คือ เซตของพิกัด (Coordinate) ต่างๆ ที่กำหนดเป็นรูปร่างของวัตถุ A และ B ตามลำดับ ส่วน Γ^A และ Γ^B คือ เซตของพิกัดต่างๆ ที่อยู่บนพื้นผิว (Surface) หรือขอบ (Edge) ของวัตถุ A และ B ตามลำดับ ทั้งนี้เซตต่างๆ เหล่านี้อาจเป็นเซตของพิกัดใน 2 หรือ 3 มิติ ก็ได้แล้วแต่ลักษณะของปัญหาที่วิเคราะห์

เมื่อวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกันแล้วบริเวณที่ขอบเขตของวัตถุสัมผัสกันนั้นกำหนดให้เป็น Γ^C โดยความสัมพันธ์ของเซตที่ใช้กำหนดการสัมผัสคือ

$$\Gamma^A \cap \Gamma^B = \Gamma^C \quad (ก)$$

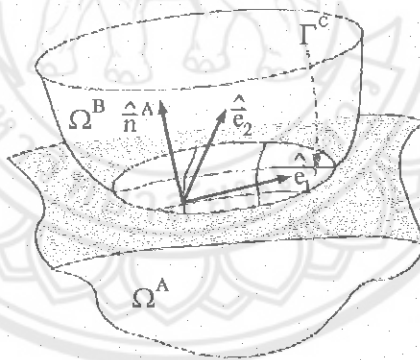
โดยความสัมพันธ์ (ก) หมายความว่าหากมีการสัมผัสเกิดขึ้นแล้ว Γ^C จะเป็นเซตพิกัดของพื้นผิวที่วัตถุ A และ B สัมผัสกันร่วมที่อยู่นบนพื้นผิวทั้งวัตถุ A และ B แต่หาก Γ^C เป็นเซตว่าง (Null set) หมายความว่าไม่มีการสัมผัสเกิดขึ้น

จากข้างต้นจะพบว่าการสัมผัสจะเกิดขึ้นที่พื้นผิวของวัตถุทั้งสองชิ้นที่สัมผัสกัน ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการระบุชื่อพื้นผิวที่เกี่ยวข้องจึงกำหนดชื่อเรียกพื้นผิวทั้งสองเสียใหม่ ซึ่งในการวิเคราะห์ปัญหาการกระทบ-สัมผัสนั้นนิยมเรียกเป็น ผิวหลัก (Master surface) และผิวรอง (Slave surface) โดยต่อจากนี้ไปจะกำหนดให้พื้นผิวของวัตถุ A เป็นผิวหลัก ส่วนพื้นผิวของวัตถุ B เป็นผิวรอง สำหรับการกำหนดผิวหลักและผิวรองจะได้กล่าวถึงในส่วนต่อไป จากการกำหนดการเรียกชื่อผิวดังกล่าวจึงเพิ่มเติมการเรียกชื่อวัตถุ A และ B เป็น วัตถุหลัก (Master body) และวัตถุรอง (Slave body) ทั้งนี้บริเวณที่ผิวหลักและผิวรองสัมผัสกันซึ่งเรียกว่า ผิวสัมผัส (Contact surface) ในทางกายภาพแล้วผิวสัมผัสนี้อยู่ทั้งที่ผิวหลักและผิวรอง แต่ในการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์จะกำหนดให้ผิวสัมผัสอยู่บนผิวหลักเพื่อให้การกำหนดเครื่องหมายต่างๆ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้น Γ^C จึงเป็นเซตของพิกัดของผิวหลักที่สัมผัสกับผิวรอง

เงื่อนไขสำคัญหนึ่งของการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ในปัญหาการกระทบ-สัมผัสคือ วัตถุทั้งสองที่เข้ามาสัมผัสกันจะต้องไม่มีส่วนใดแทงทะลุ (Penetrate) กัน โดยสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้คือ

$$\Omega^A \cap \Omega^B = 0 \quad (9)$$

ความสัมพันธ์ (9) นี้ถูกเรียกว่า เงื่อนไขการไม่สามารถแทงทะลุ (Impenetrability)



รูปที่ 2.2 เวกเตอร์ในพิกัดเฉพาะที่ ณ ผิวสัมผัส อ้างอิงจากผิวหลัก

สำหรับการสร้างสมการเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการกระทบ-สัมผัสจะอาศัยการสร้างเวกเตอร์ในพิกัดเฉพาะที่ (Local coordinate) ณ บริเวณผิวสัมผัส ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งตัวกำหนด (Notation) ต่างๆ ที่กล่าวถึงต่อไปนี้เป็นอ้างอิงจากวัตถุหลัก โดยที่จุดต่างๆ บนผิวสัมผัสจะสามารถสร้างเวกเตอร์สัมผัสหนึ่งหน่วยให้เป็น \hat{e}_1 และ \hat{e}_2 สำหรับเวกเตอร์ตั้งฉากหนึ่งหน่วยคือ \hat{n}^A โดยที่

$$\hat{n}^A = \hat{e}_1 \times \hat{e}_2 \quad (1)$$

ดังนั้นเมื่อพิจารณาที่ผิวรองก็จะมีเวกเตอร์หนึ่งหน่วยตั้งฉากคือ

$$\hat{n}^A = -\hat{n}^B \quad (2)$$

ขณะวัตถุทั้งสองเคลื่อนมาสัมผัสกันนั้น เมื่อพิจารณา ณ จุดที่วัตถุทั้งสองสัมผัสกันจะมี ความเร็วที่เกี่ยวข้อง คือ ความเร็วของวัตถุหลัก (\vec{v}^A) ความเร็วของวัตถุรอง (\vec{v}^B) และความเร็วสัมผัส ($\vec{\gamma}$) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยความเร็วของวัตถุหลักและวัตถุรอง เป็นดังสมการ (3) และ (4) ตามลำดับ

$$\vec{v}^A = v_N^A \hat{n}^A + v_1^A \hat{e}_1 + v_2^A \hat{e}_2 = v_N^A \hat{n}^A + \vec{v}_T^A \quad (3)$$

$$\vec{v}^B = v_N^B \hat{n}^B + v_1^B \hat{e}_1 + v_2^B \hat{e}_2 = -v_N^B \hat{n}^A + \vec{v}_T^B \quad (4)$$



รูปที่ 2.3 เวกเตอร์ความเร็วพิจารณา ณ จุดสัมผัส (แสดงโดยแยกจุดสัมผัสออกจากกัน)

ถ้ารับความเร็วสัมผัสประกอบด้วยความเร็วสัมผัสตั้งฉาก (Normal relative velocity, γ_N) และความเร็วสัมผัสสัมผัส (Tangential relative velocity, γ_T) โดยเวกเตอร์ของความเร็วทั้งสองเป็น ตามสมการ (5) และ (6) ตามลำดับ

$$\vec{\gamma}_N = \gamma_N \hat{n}^A = ((\vec{v}^A - \vec{v}^B) \cdot \hat{n}^A) \hat{n}^A \quad (5)$$

$$\vec{\gamma}_T = (\gamma_T)_1 \hat{e}_1 + (\gamma_T)_2 \hat{e}_2 = \vec{v}_T^A - \vec{v}_T^B \quad (6)$$

โดยที่ความเร็วสัมพัทธ์ตั้งฉากจะถูกนำไปใช้พิจารณาการเกิดการสัมผัสระหว่างวัตถุทั้งสองในหัวข้อเงื่อนไขการไม่สามารถแทงทะลุ ส่วนความเร็วสัมพัทธ์สัมผัสจะถูกนำไปใช้พิจารณาการเกิดความเสียหายที่ผิวสัมผัส

สำหรับแรงที่บริเวณผิวสัมผัสจะวิเคราะห์โดยอาศัยการลาก (Traction) ที่ถูกกำหนดด้วยความเค้นคوشي (Cauchy stress) ซึ่งเวกเตอร์การลาก (Traction vector) ที่บริเวณผิวสัมผัสของวัตถุสามารถเขียนในแบบของตัวชี้ (Index) ได้ตามสมการ (7)

$$t_i = \sigma_{ij} n_j \quad (7)$$

โดยที่ ตัวชี้ i และ j เป็นตัวระบุแกนซึ่งกระจายเป็น 1, 2 และ 3 สำหรับปัญหาใน 3 มิติ

t_i คือ การลากในแต่ละแกน

σ_{ij} คือ ความเค้นคوشيในแต่ละแกน

n_j คือ เวกเตอร์ตั้งฉากหนึ่งหน่วยในแต่ละแกน ณ จุดที่พิจารณา

ทั้งนี้เวกเตอร์การลากสามารถแยกได้เป็นการลากตั้งฉาก (Normal traction, t_N) และการลากสัมผัส (Tangential traction, t_T) ซึ่งการลากตั้งฉากสามารถเขียนในรูปเวกเตอร์ได้เป็น

$$\vec{t}_N = t_N \hat{n} \quad (8)$$

สำหรับการลากสัมผัสสามารถเขียนในรูปของเวกเตอร์ได้เป็น

$$\vec{t}_T = \vec{t} - \vec{t}_N \quad (9)$$

ซึ่งการลากสัมผัสนี้จะถูกนำไปใช้ร่วมกับความเร็วสัมพัทธ์สัมผัสในการพิจารณาในหัวข้อของแบบจำลองความเสียหาย

2.1.2 เงื่อนไขการสัมผัส (Contact condition)

ในการพิจารณาปัญหากระแทกด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์นั้นจำเป็นต้องสร้างเงื่อนไขการสัมผัสขึ้นมาช่วยในการกำหนดให้ทราบว่าจะเกิดการสัมผัสขึ้นในขณะใด โดยที่เงื่อนไขการสัมผัสที่กำหนดขึ้นนี้ประกอบด้วย

ก. เงื่อนไขการไม่สามารถแทงทะลุ

ในสภาวะที่มีการสัมผัสเกิดขึ้นนั้นเงื่อนไขข้อหนึ่งก็คือวัตถุทั้งสองจะต้องไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งแทงทะลุระหว่างกันซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ของเซตพิกัดรูปร่างของวัตถุ A และ B ได้ตามความสัมพันธ์ (๗) ดังแสดงข้างต้น แต่ทั้งนี้ความสัมพันธ์ (๗) ซึ่งอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของเซตนั้นไม่สามารถนำมาเขียนให้อยู่ในเทอมของการขจัด จึงต้องนำเทอมความเร็วสัมพัทธ์ตั้งฉากมาใช้ในการพิจารณาแทน ทั้งนี้เมื่อนำความเร็วสัมพัทธ์ตั้งฉากมาใช้ในการสร้างเงื่อนไขการไม่สามารถแทงทะลุจึงเรียกชื่อใหม่เป็น อัตราการแทงทะลุ (Interpenetration rate) โดยเมื่อพิจารณาที่บริเวณผิวสัมผัสจะได้ว่า อัตราการแทงทะลุซึ่งกำหนดจากผลต่างของความเร็วตั้งฉากของวัตถุทั้งสองต้องมีค่าน้อยกว่าศูนย์ ตามสมการ (10)

$$\gamma_N \equiv v_N^A - v_N^B \leq 0 \quad (10)$$

โดยความหมายของสมการ (10) คือ เมื่อ $\gamma_N = 0$ หมายถึงวัตถุทั้งสองอยู่ในสภาวะที่สัมผัสกัน และเมื่อ $\gamma_N < 0$ หมายถึงวัตถุทั้งสองแยกออกจากกัน

ข. เงื่อนไขการลาก (Traction condition)

เงื่อนไขการลากเป็นเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสของวัตถุทั้งสองโดยกำหนดได้คือผลรวมของเวกเตอร์การลากที่เกิดขึ้นบนวัตถุทั้งสอง ณ บริเวณผิวสัมผัสมีค่าเป็นศูนย์ตามสมการ (11)

$$\vec{t}^A + \vec{t}^B = 0 \quad (11)$$

เมื่อพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบในแนวตั้งฉาก ด้วยการนำเวกเตอร์ตั้งฉากจุด (Dot product) เข้าไปในสมการ (11) จะได้

$$t_N^A + t_N^B = 0 \quad (12)$$

จากลักษณะทางกายภาพของการสัมผัสจะพบว่าแรงที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสจะไม่สามารถเป็นแบบดึงได้ ดังนั้นการลากตั้งฉากที่บริเวณผิวสัมผัสจึงเป็นแบบกดเท่านั้น เมื่อนำสมการ (12) มาจัดรูปใหม่โดยเขียนให้อยู่ในรูปของเงื่อนไขดังกล่าวจะได้สมการคือ

$$t_N \equiv t_N^A = -t_N^B \leq 0 \quad (13)$$

โดยสมการ (13) เมื่อพิจารณาเฉพาะ t_N^A จะหมายความว่า การลากตั้งฉากที่เกิดขึ้นบนวัตถุ A นั้น มีค่าติดลบซึ่งหมายถึงการสวนทิศกับทิศทางที่กำหนดไว้คือทิศทางของเวกเตอร์ตั้งฉากที่มีทิศชี้ออกจากผิวสัมผัสของวัตถุ A ดังนั้นการลากตั้งฉากจึงมีทิศชี้เข้าไปในผิวสัมผัสหรือเป็นแบบกดนั่นเอง

2.1.3 วัตถุหลักและวัตถุรอง (Master and Slave bodies)

โดยทั่วไปในการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่วัตถุ สองชิ้นเข้ามาสัมผัสกันจะมีการกำหนดชื่อเรียกของวัตถุทั้งสองเสียใหม่เพื่อให้เกิดความสะดวกในการดำเนินการต่างๆ อาทิเช่น การกำหนดชนิดเอลิเมนต์หรือ การกำหนดเงื่อนไขบังคับ โดยชื่อที่เรียกใหม่นี้จะกำหนดให้วัตถุหนึ่งเป็นวัตถุหลัก และเรียกผิวของวัตถุหลักนี้ว่าผิวหลัก ส่วนอีกวัตถุจะเป็นวัตถุรอง และเรียกผิวของวัตถุรองนี้ว่าผิวรอง ทั้งนี้แนวทางในการเลือกว่าจะให้วัตถุใดเป็นวัตถุหลักสามารถพิจารณาได้ดังนี้

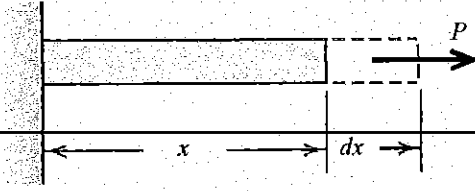
- วัตถุที่มีคุณสมบัติวัสดุที่แข็งแกร่งกว่านิยมนำมาให้เป็นวัตถุหลัก
- แบบจำลองของวัตถุที่มีจำนวนเอลิเมนต์หยาบกว่านิยมนำมาให้เป็นวัตถุหลัก
- ผิวที่กำหนดเป็นแบบแข็งเกร็งนิยมนำมาให้เป็นผิวหลัก

2.2 พลังงานเครียด (Strain Energy)

เมื่อวัสดุถูกกระทำด้วยภาระจากภายนอก งานอันเกิดจากภาระดังกล่าวถูกเรียกว่า พลังงานเครียด (Strain energy, U) ซึ่งหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างภาระภายนอกและระยะขจัดที่เกิดขึ้น เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นแท่งตรงที่รับภาระภายนอกเป็น P แล้วยืดออกเป็นระยะ dx พลังงานเครียดจะสามารถหาได้จากสมการ

$$U = \int P \cdot dx \quad (14)$$

พลังงานเครียดที่เกิดขึ้นนี้จะถูกสะสมอยู่ภายในเนื้อวัสดุเองหากวัสดุหรือชิ้นงานมีการเสียรูปแค่เพียงในช่วงยืดหยุ่นแล้วคืนตัวกลับสู่รูปร่างเดิมพลังงานเครียดก็จะหายไปแต่หากการเสียรูปเกินกว่าช่วงยืดหยุ่นเข้าสู่ช่วงพลาสติก (Plasticity) ที่วัสดุไม่สามารถคืนตัวได้แล้วพลังงานเครียดจะถูกสะสมไว้ในภายในวัสดุในรูปแบบการเสียรูปถาวร พลังงานส่วนนี้จะถูกเรียกว่าพลังงานเสียรูป (Deformation energy, E_D)



รูปที่ 2.4 แท่งตรงได้รับการภายนอก P ทำให้ยืดออกเป็นระยะ dx

เมื่อพิจารณาการชนกระแทกที่มีวัตถุหนึ่งพุ่งชนกับวัตถุแข็งเกร็งที่ไม่สามารถดูดซับพลังงานเช่น กำแพงแข็งเกร็ง พบว่าก่อนการพุ่งชนนั้นตัววัตถุจะมีพลังงานจลน์อยู่ในตัวเองเมื่อเกิดการชนกระแทกจนวัตถุเสียรูปและมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วจะพบว่าในขณะนั้นพลังงานของวัตถุจะประกอบด้วยพลังงานเสียรูปและพลังงานจลน์ เมื่อพิจารณาการอนุรักษ์พลังงานก่อนและหลังการชนกระแทกจะได้จากความสัมพันธ์ในสมการ (15)

$$E'_k = E_D + E''_k \quad \text{หรือ} \quad \frac{1}{2}mv_{\text{before}}^2 = \int Pdx + \frac{1}{2}mv_{\text{after}}^2 \quad (15)$$

โดยที่ E'_k คือ พลังงานจลน์ก่อนชนกระแทก E''_k คือ พลังงานจลน์หลังชนกระแทก m คือ มวลของวัตถุที่กำลังพิจารณา v_{before} คือ ความเร็วก่อนชนกระแทก และ v_{after} คือ ความเร็วหลังชนกระแทก

2.3 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method)

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) เป็นวิธีทางตัวเลข (Numerical Method) ที่ถูกนำมาใช้ช่วยในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิศวกรรม เช่นการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนของรถยนต์ โครงสร้างต่างๆ หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักร ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าว ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะสามารถประมาณค่าโดยการแก้สมการพีชคณิตแทนการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ ในการแก้ปัญหาโครงสร้างหรือชิ้นงานที่จะพิจารณาจะถูกแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ (Element) ในจำนวนที่จำกัด (Finite) แล้วนำไปคำนวณคำตอบโดยผลที่ได้จะเป็นคำตอบที่จุดต่อ (Node) ระหว่างเอลิเมนต์ เมื่อนำมารวมกันก็สามารถหาค่าคำตอบของโครงสร้างได้ซึ่งจะให้คำตอบเป็นค่าของการเสียรูป แรงกระทำที่จุดต่อต่างๆ ค่าของความเค้นและความเครียด

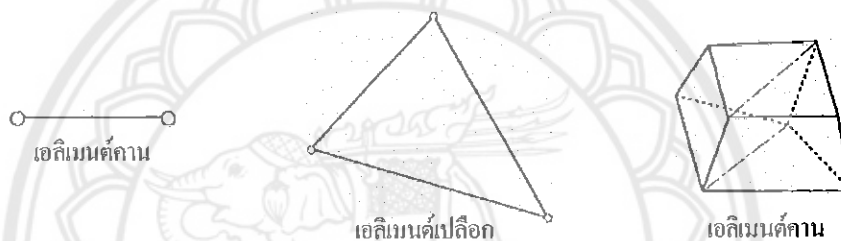
2.3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถทำได้ 2 วิธีคือ วิธีแรงหรือวิธียืดหยุ่น (Force or Flexibility method) และ วิธีการเสียรูปหรือวิธี stiffness (Displacement or Stiffness method) ซึ่ง

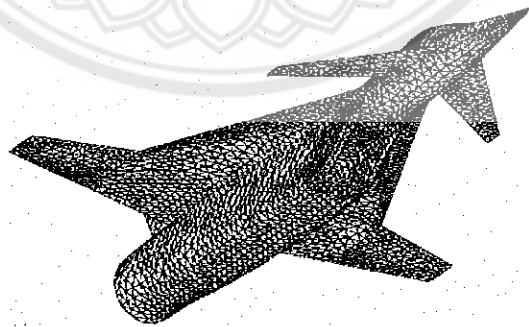
โดยทั่วไปวิธีที่สองจะนิยมใช้งานมากที่สุดกับการวิเคราะห์ด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ และในที่นี่จะได้นำเสนอเฉพาะวิธีวิธีการเลือกรูปเท่านั้น ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การสร้างแบบจำลองและเลือกประเภทของเอลิเมนต์

ในขั้นตอนนี้เป็นการสร้างชิ้นงานที่สนใจให้อยู่ในรูปของแบบจำลองซึ่งเรียกว่า แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Model) แล้วทำการแบ่งแบบจำลองออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ ซึ่งการเลือกประเภทของเอลิเมนต์ที่จะใช้นั้นต้องคำนึงถึงลักษณะของปัญหาว่าเป็นปัญหาแบบ 1 มิติ 2 มิติ หรือ 3 มิติ แล้วจึงเลือกใช้เอลิเมนต์ประเภทที่สอดคล้องกับปัญหา เช่น เอลิเมนต์คาน (Beam element สำหรับปัญหาใน 1 มิติ) เอลิเมนต์เปลือก (Shell element สำหรับปัญหาใน 2 มิติ) หรือ เอลิเมนต์แข็ง (Solid element สำหรับปัญหาใน 3 มิติ) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และเมื่อแบบจำลองถูกแบ่งเอลิเมนต์แล้วจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างเอลิเมนต์แบบต่างๆ



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการแบ่งแบบจำลองออกเป็นเอลิเมนต์เล็กๆ

2. เลือกฟังก์ชันของการเสียรูป

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดฟังก์ชันของการเสียรูปว่าจะเป็นในลักษณะไหน เช่นแบบเชิงเส้น (Linear) หรือครอคราติก (Quadratic) โดยในปัญหาแบบสองมิติ ฟังก์ชันการเสียรูปก็จะอยู่กับตัวแปรที่อยู่ในระนาบนั้นๆ ด้วย เช่นฟังก์ชันการเสียรูปอยู่ในเทอมของ x - y

3. กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างการเสียรูปและความเครียด และความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด

ความสัมพันธ์ระหว่างการเสียรูปและความเครียด และความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดเป็นสิ่งจำเป็นต่อการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ยกตัวอย่างปัญหาใน 1 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างการเสียรูปและความเครียดเป็นดังสมการ (16)

$$\epsilon_x = \frac{du}{dx} \quad (16)$$

สมการ (16) เป็นสมการสำหรับปัญหาที่มีการเสียรูปน้อย (Small displacement) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดจะเป็นตามสมการ (17)

$$\sigma_x = E \epsilon_x \quad (17)$$

โดยที่ σ_x คือ ค่าความเค้นในแนวแกน x และ E คือ ค่ายัง โมดูลัสของวัสดุ ทั้งนี้หากปัญหาที่พิจารณามีความซับซ้อนมากขึ้นเช่น ปัญหาใน 3 มิติหรือปัญหาแบบไม่เชิงเส้น ความสัมพันธ์ทั้งสองก็จะมีค่าซับซ้อนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4. การหาสทิงเฟนสมทริกซ์และสมการสทิงเฟนส

ในการหาสทิงเฟนสมทริกซ์ของเอลิเมนต์แต่ละประเภทและการหาค่าของแรงที่กระทำที่แต่ละเอลิเมนต์สามารถทำได้หลายวิธี อาทิเช่น

- วิธีสภาวะสมดุลโดยตรง (Direct Equilibrium Method) สทิงเฟนสมทริกซ์และสมการของแต่ละเอลิเมนต์ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่จุดต่อและการเสียรูปสามารถหาได้ด้วยการใช้หลักการของสภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยที่วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและเหมาะสมสำหรับเอลิเมนต์แบบ 1 มิติ

- วิธีงานหรือพลังงาน (Work or Energy Method) ในการหาสทิงเฟนสมทริกซ์และสมการสำหรับเอลิเมนต์แบบ 2 มิติ นั้น สามารถหาได้ด้วยการใช้ หลักการของงานเสมือน (Principle of virtual work) หรือหลักการของพลังงานศักย์ต่ำสุด (Principle of minimum potential energy) ในที่นี้จะใช้วิธีตามหลักการของพลังงานต่ำสุดเท่านั้น

- วิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง (Method of Weighted Residuals) ถูกนำมาใช้ในการหาสมการของ
 เอลิเมนต์เรียกว่าวิธีของกาลอร์คิน (Gerlerkin's method) โดยวิธีนี้จะให้ผลเช่นเดียวกับวิธีทางพลังงาน
 แต่ส่วนมากจะถูกใช้ในปัญหาที่ไม่สามารถใช้วิธีทางพลังงานได้สะดวก เช่น ปัญหาทางกรไหลของของ
 ไหล

จากการใช้วิธีข้างต้นจะสามารถสร้างเมทริกซ์ของสมการต่างๆ ของเอลิเมนต์ได้ เมื่อเขียนอยู่ใน
 รูปสมการของเมทริกซ์รวมจะได้ตามสมการ (18)

$$\{f\} = [k]\{d\} \quad (17)$$

โดยที่ $\{f\}$ คือ เมทริกซ์ของแรงที่กระทำที่แต่ละจุดต่อ $[k]$ คือ สทิตินสมเมทริกซ์ของแต่ละเอลิ
 เมนต์ และ $\{d\}$ คือ เมทริกซ์การขจัดของแต่ละจุดต่อ

5. รวมสมการของแต่ละเอลิเมนต์ให้เป็นสมการของภาพรวม และกำหนดสภาวะที่ขอบ

สมการสทิตินสมเมทริกซ์รวมและเมทริกซ์รวมของแรงสามารถหาได้โดยการรวมค่าที่แต่ละจุด
 ต่อจากขั้นตอนที่ 4. เข้าด้วยกัน ด้วยวิธีทับซ้อน (Superposition) จะได้สมการรวมเป็น

$$\{F\} = [K]\{d\} \quad (18)$$

โดยที่

$$[K] = \sum_{e=1}^N \{k\} \quad (18.1)$$

$$\{F\} = \sum_{e=1}^N \{f\} \quad (18.2)$$

6. การหาค่าการเสียบรูปที่แต่ละโหนด

ค่าของการเสียบรูปของแต่ละจุดต่อสามารถคำนวณได้ เมื่อมีการใช้เงื่อนไขที่ขอบเข้าไปใน
 สมการ (18) โดยเมื่อกระจายเมทริกซ์ออกมาจะได้

$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ \vdots \\ F_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \cdots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \cdots & k_{2n} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & \cdots & k_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & k_{n3} & \cdots & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \vdots \\ d_n \end{Bmatrix} \quad (19)$$

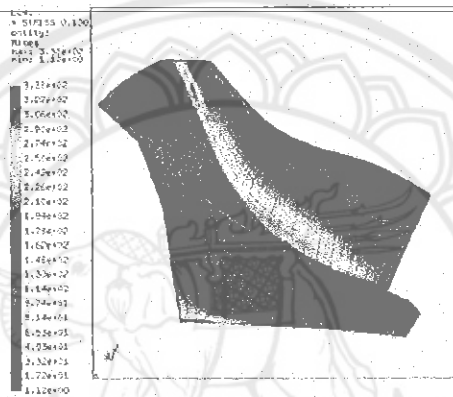
ซึ่งสามารถหาคำตอบสำหรับค่าการเสียบรูปได้โดยวิธีต่างๆ เช่น Gauss's method เป็นต้น

7. การหาค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นในเอลิเมนต์

เมื่อหาการเสียรูปหรือค่าของการขจัดได้แล้วจะสามารถหาค่าของความเครียดได้จากสมการ (16) จากนั้นจึงสามารถคำนวณค่าของความเค้นได้จากสมการ (17) ซึ่งจะทำให้หาแรงที่กระทำที่แต่ละจุดต่อได้

8. การแสดงผลการวิเคราะห์

ขั้นตอนนี้เป็น การนำแสดงผลจากการวิเคราะห์ออกมาโดยอาจเป็นการแสดงในรูปของค่าของตัวเลขที่จุดต่อต่างๆ แต่โดยทั่วไปนิยมนำเสนอในรูปของภาพพื้นงานที่แสดงผังระดับ (Contour) ของข้อมูลที่ต้องการซึ่งจะมองถึงตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ภาพแสดงผังระดับของความเค้นบนพื้นงานหนึ่งด้วยโปรแกรมแสดงผล

2.3.2 การวิเคราะห์พลังงานเสียรูปในระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์พลังงานเสียรูปหรือพลังงานเครียดในการจำลองสภาพด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นเป็นการนำพลังงานเสียรูปจากทุกๆ จุดต่อมารวมเข้าด้วยกัน โดยการคำนวณพลังงานนี้จะกระทำในทุกๆ ขั้นตอนเวลา (Time step) ของการจำลองสภาพ แล้วจึงนำมารวมกัน สำหรับพลังงานเสียรูปในแต่ละขั้นเวลาหาได้จากสมการ

$$E^T = \sum_{i=1}^N (F_i \times \Delta d_i) \quad (20)$$

โดยที่ E^T คือ พลังงานเสียรูปในขั้นเวลาปัจจุบัน N คือ จำนวนจุดต่อ F_i คือ แรงที่จุดต่อ และ Δd_i คือ การขจัดที่จุดต่อที่เพิ่มขึ้นในขั้นเวลาปัจจุบัน

2.4 คุณสมบัติวัสดุ (Material property)

เหล็ก (Steel) เป็นโลหะประเภทหนึ่งในกลุ่มโลหะทั้งหมดที่มีการใช้งานมาเป็นเวลานานถึงแม้ในปัจจุบันจะมีวัสดุอื่นที่สามารถทำหน้าที่ทดแทนเหล็กได้แต่เหล็กก็ยังคงได้รับความนิยมและยังมีความเป็นที่ยอมรับอย่างมากในงานวิศวกรรม เหล็กสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายชนิดตามลักษณะของการผลิตและส่วนผสมทางเคมี เช่น เหล็กกล้า เหล็กกล้าผสม เหล็กหล่อและเหล็กหล่อเหนียว ซึ่งเหล็กแต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างกันออกไปแต่โดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติที่ทำให้เหล็กถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายประกอบด้วยความแข็งแรงที่เหมาะสม สามารถนำไปทำงานได้สะดวก สามารถรับทั้งแรงในลักษณะต่างๆ ได้ดี มีราคาถูกและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่ข้อด้อยประการสำคัญก็คือการเกิดออกไซด์ของเหล็กจึงทำให้ต้องระมัดระวังในการนำเหล็กไปใช้งาน จากข้อได้เปรียบของเหล็กจึงทำให้ถูกนำไปใช้งานเป็นอย่างมากโดยเฉพาะด้านงานโครงสร้าง งานก่อสร้าง การผลิตชิ้นส่วนทางอุตสาหกรรมและการผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งข้อมูลคุณสมบัติวัสดุของเหล็กที่สำคัญได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติวัสดุของเหล็ก (Steel)

คุณสมบัติ	ค่า
- ความแข็งแรงคราก	240 MPa
- ความแข็งแรงดึง	410 MPa
- ค่า Young modulus (E)	200 GPa
- ค่า Shear modulus (G)	80 GPa
- เปอร์เซนต์การยืดใน 50 มิลลิเมตร	35%
- ความหนาแน่น	7850 kg/m ³
- อัตราส่วนปัวซอง	0.27-0.30

ที่มา: Pytel, 1987

คุณสมบัติของวัสดุอีกประการหนึ่งที่สำคัญต่อการศึกษาพฤติกรรมของวัสดุด้วยกระบวนการทางตัวเลขคือความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเหล็กซึ่งจำเป็นต้องทำการทดสอบดึงขึ้นตัวอย่างทดสอบเหล็กแผ่น โดยขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างทดสอบ การดำเนินการทดสอบ การเก็บข้อมูลจากการทดสอบนั้นสามารถอ้างอิงได้จากมาตรฐานการทดสอบของ American Society for Testing and Materials (ASTM) รหัสการทดสอบ E8-04 ซึ่งการทดสอบคือ Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานของโครงการปริญญาโทศึกษาค้นคว้าการเสียบรูปและความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อยจึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานเป็นดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานในขั้นตอนการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องนี้มี 2 ส่วน คือ การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องและการศึกษาการใช้งานของโปรแกรม

3.1.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษาถึงข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการชนกระแทก ข้อมูลสำคัญที่จะได้ศึกษาจึงประกอบด้วย

ก. ความเร็วชนกระแทกซึ่งเป็นความเร็วที่เป็นมาตรฐานการทดสอบที่ใช้ในการทดสอบชนกระแทกเพื่อศึกษาการเกิดอุบัติเหตุของรถยนต์

ข. ลักษณะและรูปร่างของกันชนหน้า เนื่องจากกันชนหน้ารถยนต์มีรูปร่างที่หลากหลาย จึงจะได้ศึกษาถึงรูปร่างของกันชนที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการศึกษา นอกจากนี้จะได้วัดขนาดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและความหนาของชิ้นส่วนกันชน

ค. รถยนต์บรรทุก เนื่องจากกันชนหน้าจะต้องติดตั้งเข้ากับรถยนต์บรรทุก (รถปิคอัพ) จึงต้องหาข้อมูลของมวลของรถยนต์บรรทุกและมีติของรถยนต์บรรทุกที่จะใช้ในการศึกษา

3.1.2 การศึกษาการใช้งานของโปรแกรม เนื่องจากในการศึกษานี้จะได้ทำการจำลองสภาพการชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงการใช้งานของโปรแกรม การนำเข้าข้อมูล (Input) การส่งออกข้อมูล (Output) และการใช้งานคำสั่งต่างๆ รวมทั้งจะได้ศึกษาถึงความต้องการโปรแกรมอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้ร่วมอีกด้วย

3.2 การทดสอบดึงแผ่นเหล็กทดสอบ

ในการศึกษาถึงการเสียบรูปและความเร่งของกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้ได้สนใจกันชนที่ทำมาจากแผ่นเหล็ก (Steel) หรือแผ่นเหล็กไร้สนิม ซึ่งข้อมูลที่สำคัญคือคุณสมบัติวัสดุในช่วงพลาสติก (Plasticity) ซึ่งจำเป็นต้องหามาจากการทดสอบดึงแผ่นเหล็ก โดยมีขั้นตอนที่จะต้องดำเนินการคือ

3.2.1 จัดเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบ แผ่นเหล็กที่จะใช้ในการทดสอบจะถูกจัดเตรียมในมิติตามมาตรฐานการทดสอบ

3.2.2 การทดสอบดึง แผ่นเหล็กจะถูกนำมาทดสอบดึงด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine) โดยตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบจะเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบ และขั้นตอนการทดสอบจะเป็นไปตามข้อกำหนดการใช้งานเครื่องทดสอบ

3.2.3 การสรุปข้อมูลการทดสอบ ข้อมูลจากการทดสอบดึงแผ่นเหล็กจะถูกนำมาสรุปและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในขั้นตอนของการจำลองสภาพต่อไป

3.3 การจำลองสภาพการชนกระแทก

ในการศึกษาถึงการเสียรูปและความเร่งของกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้จะได้ศึกษาด้วยการจำลองสภาพด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานที่สำคัญประกอบด้วย

3.3.1 การเตรียมข้อมูลประมวลผล เป็นการสร้างแบบจำลองของกันชนหน้าและชิ้นส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องรวมถึงกำหนดเงื่อนไขของการจำลองสภาพการชนกระแทก โดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากขั้นตอน 3.1 ส่วนข้อมูลคุณสมบัติวัสดุของกันชนหน้าจะได้จากขั้นตอน 3.2

3.3.2 การประมวลผล เมื่อข้อมูลต่างๆ จากขั้นตอน 3.3.1 จะได้รับการประมวลผลโดยในขั้นตอนนี้จะได้รับการปรับเปลี่ยนตัวแปรที่สนใจเพื่อศึกษาถึงผลที่มีต่อแรงชนกระแทก ซึ่งประกอบด้วย

ก. เปลี่ยนค่าความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า

ข. เปลี่ยนค่าความหนาของแบบจำลองกันชนจำนวน 3 ค่า

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสภาพการชนกระแทกคือการเสียรูปและความเร่ง จะถูกนำเสนอและวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3.4 การนำเสนอผลการศึกษา

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสภาพที่จะได้เลือกมาทำการวิเคราะห์และสรุปผลคือการเสียรูปและความเร่งที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุก โดยจะได้นำเสนอในรูปแบบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเสียรูปและความเร่งที่เวลาต่างๆ และนำเสนอการเปรียบเทียบระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่ทำการศึกษา

3.5 วิเคราะห์และสรุปผลการจำลองสภาพ

การเสียรูปและความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของเหตุการณ์ชนกระแทกจะถูกนำมาวิเคราะห์ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร จากนั้นค่าของการเสียรูปและความเร่งที่แตกต่างกัน

กันเนื่องจากตัวแปรของการศึกษาที่แตกต่างกันจะถูกนำมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความแตกต่างและได้
จะทำการสรุปผลของการจำลองสภาพต่อไป



บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานของ โครงการปริญญานิพนธ์การศึกษารูปและ ความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงซึ่งเป็นไปตามขั้นตอนของวิธีการดำเนินงาน ผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละขั้นตอนจะได้นำเสนอในผลการดำเนินงานเรียงตามขั้นตอนเป็นดังนี้

4.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ผลการดำเนินงานในขั้นตอนการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องนี้มี 2 ส่วน คือ ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องและผลการศึกษาการใช้งานของโปรแกรม ซึ่งมีผลการดำเนินงานดังนี้

4.1.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการชนกระแทกพบว่า มีข้อมูลที่สำคัญคือ

ก. ความเร็วชนกระแทก จากการศึกษาการทดสอบชนกระแทกของรถยนต์ของหน่วยงานต่างๆ เช่น National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) ของสหรัฐอเมริกาและ European New Car Assessment Programme. (Euro NCAP) ของสหภาพยุโรป พบว่า Euro NCAP ได้กำหนดให้ใช้ความเร็วการชนกระแทกด้านหน้าที่ 64 km/h ในการทดสอบชนกระแทกยานพาหนะต่างๆ ในการศึกษา นี้จึงจะใช้ความเร็ว 64 km/h เป็นความเร็วอ้างอิง



รูปที่ 4.1 ลักษณะกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก

ข. ลักษณะและรูปร่างของกันชนหน้า จากการศึกษาการติดตั้งกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุกพบว่ากันชนมีองค์ประกอบหลักเป็นท่อเหล็กยาวที่มีการตัดส่วนโค้งหรืออาจมีการติดตั้งส่วนประกอบอื่นเสริมเข้ามาเพื่อความสวยงาม ดังแสดงในรูปที่ 4.1 จากกันชนตัวอย่างที่เลือกมาทำการศึกษามือวัดมิติของท่อเหล็ก ได้ขนาดเป็นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 มิติของกันชนหน้ารถตัวอย่าง

มิติ	ขนาด
ความยาว	1.4 เมตร
เส้นผ่านศูนย์กลาง	70 มิลลิเมตร
ความหนา	3 มิลลิเมตร
ระยะห่างจุดรองรับ	560 มิลลิเมตร

ก. รถยนต์บรรทุก จากการศึกษาพบว่าในประเทศไทยมีรถยนต์บรรทุก 2 ยี่ห้อที่ได้รับความนิยมในการใช้งาน ซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการศึกษาคือเป็นดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลรถยนต์บรรทุก

ข้อมูล	ยี่ห้อ 1	ยี่ห้อ 2
ความกว้าง (mm)	1,760	1,720
ความยาว (mm)	5,130	5,045
ความสูง (mm)	1,680	1,640
มวล (kg)	1,550	1,545

จากข้อมูลข้างต้นจะได้กำหนดมวลของรถยนต์บรรทุกในการสร้างแบบจำลองเป็น 1,550 กิโลกรัม

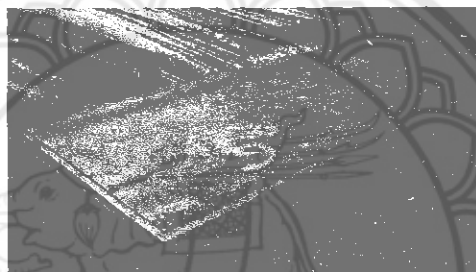
4.1.2 การศึกษาการใช้งานของโปรแกรม ในการจำลองสภาพการชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคือ โปรแกรม LS-DYNA สำหรับขั้นตอนการประมวลผล โดยที่ไฟล์นำเข้าจะถูกเขียนในรูปแบบของข้อความ (Text file) ที่มีนามสกุลเป็น *.dyn โดยเมื่อทำการประมวลผลแล้วจะได้ผลลัพธ์เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการแสดงผลจะเป็นไฟล์ที่มีชื่อเป็น d3plot และไฟล์ข้อมูลแรงชนกระแทกซึ่งมีชื่อเป็น rcforc สำหรับโปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ที่จะได้นำมาใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย

- | | |
|----------------------|----------------------------------|
| ก. โปรแกรม LS-DYNA | สำหรับการประมวลผลและการแสดงผล |
| ข. โปรแกรม AutoCAD | สำหรับการสร้างรูปร่างพื้นฐาน |
| ค. โปรแกรม FEMAP | สำหรับการสร้างแบบจำลอง |
| ง. โปรแกรม UltraEdit | สำหรับการสร้างและแก้ไขไฟล์นำเข้า |
| จ. โปรแกรม MS-Excel | สำหรับการสร้างกราฟผลลัพธ์ |

4.2 การทดสอบดึงแผ่นเหล็กทดสอบ

ในการศึกษาถึงการเสียรูปและความเร่งของกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุกในการชนกระแทก แนวคร่งนี้ได้สนใจกันชนที่ทำมาจากแผ่นเหล็ก (Steel) หรือแผ่นเหล็กไร้สนิม ซึ่งข้อมูลที่สำคัญคือ คุณสมบัติวัสดุในช่วงพลาสติก (Plasticity) ซึ่งจำเป็นต้องหาจากการทดสอบดึงแผ่นเหล็ก โดยการทดสอบดึงแผ่นเหล็กนี้จะได้อ้างอิงมาตรฐานการทดสอบ ASTM E8 ซึ่งมีผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนดังนี้

4.2.1 การจัดเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบ แผ่นเหล็กที่จะใช้ในการทดสอบมีความหนา 1.2 mm โดยมีตัวอย่างของแผ่นเหล็กดังรูปที่ 4.2 และได้เตรียมตัวอย่างทดสอบที่มีขนาดคือ ความยาว 220 mm ความยาวช่วงทดสอบ 60 mm ความกว้างช่วงทดสอบ 12.3 mm ความยาวบริเวณหัวจับ 60 mm และความกว้างบริเวณหัวจับ 20 mm ตัวอย่างทดสอบดึงของแผ่นเหล็กดังแสดงในรูปที่ 4.3

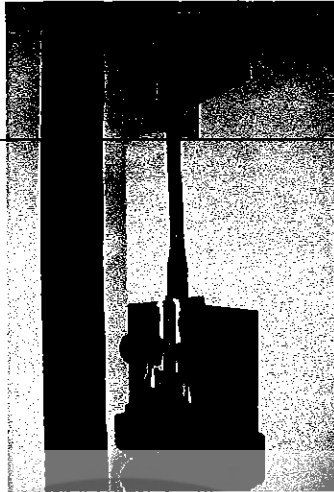


รูปที่ 4.2 ตัวอย่างแผ่นเหล็ก

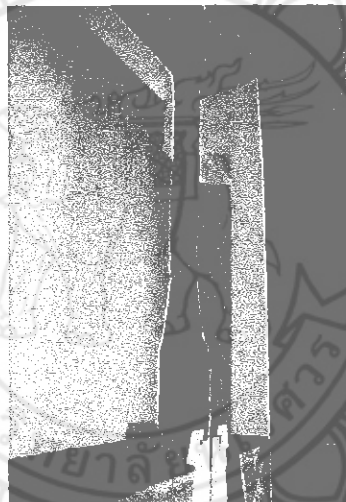


รูปที่ 4.3 รูปร่างการจัดเตรียมตัวอย่างทดสอบดึงแผ่นเหล็ก

4.2.2 การทดสอบดึง ตัวอย่างทดสอบดึงแผ่นเหล็กได้ถูกนำมาทดสอบดึงด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ยี่ห้อ HOUNSFIELD รุ่น H50KS ซึ่งสามารถให้แรงดึงขนาด 50 kN โดยขั้นตอนการทดสอบได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ของเครื่องทดสอบ โดยการติดตั้งตัวอย่างทดสอบดึงเข้ากับเครื่องทดสอบเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.4 และภาพตัวอย่างทดสอบที่ผ่านการทดสอบดึงจนขาดออกจากกันเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.5 สำหรับการทดสอบชิ้นนั้นจะได้อ้างอิงมาตรฐานการทดสอบดึงตัวอย่างทดสอบซึ่งงานได้ข้อมูลของการดึงที่ใกล้เคียงกันจำนวน 5 ชุดข้อมูล



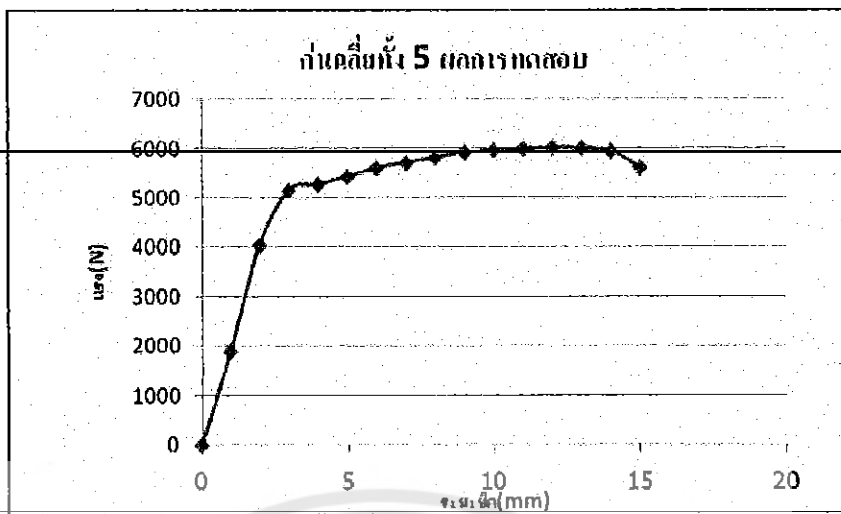
รูปที่ 4.4 การติดตั้งตัวอย่างทดสอบค้ำเข้ากับเครื่องทดสอบ



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างทดสอบที่ผ่านการทดสอบค้ำจนขาดออกจากกัน

ข้อมูลจากการทดสอบค้ำจะถูกพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์เมื่อนำไปสร้างค่าลำดับของแรงค้ำและระยะขีดแล้วจะได้ข้อมูลของการทดสอบค้ำทั้ง 5 ผลการทดสอบเป็นดังรูปที่ 4.6

15696124
นร.
56477
2554



รูปที่ 4.6 คู่ลำดับของแรงดึงและระยะยืดของการทดสอบดึงตัวอย่างแผ่นเหล็ก

4.2.3 การสรุปข้อมูลการทดสอบ ข้อมูลแรงดึงและระยะยืดจะถูกนำมาเปลี่ยนค่าของความเค้นและความเครียดเพื่อนำไปหาค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น (Young's Modulus) ค่าความเค้นคราก (Yield Stress) และคู่ลำดับความเครียดความเค้นในช่วงพลาสติกซิตี้ ซึ่งค่าที่หาได้เป็นดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลคุณสมบัติวัสดุของแผ่นเหล็ก

คุณสมบัติ	ค่าที่หาได้
1. มอดูลัสความยืดหยุ่น	200 GPa
2. ความเค้นคราก	240 MPa
3. คู่ลำดับความเครียดความเค้นในช่วงพลาสติกซิตี้	(0.001, 240)
หมายเหตุ: หน่วยเป็น (mm/mm, MPa)	(0.002, 385)
	(0.004, 450)
	(0.006, 485)
	(0.008, 550)
	(0.010, 585)
	(0.012, 595)
	(0.015, 590)

ข้อมูลในตารางที่ 4.3 จะถูกนำไปกำหนดให้กับแบบจำลองของกันชนหน้าในขั้นตอนของการจำลองสภาพการชนกระแทกต่อไป

4.3 การจำลองสภาพการชนกระแทก

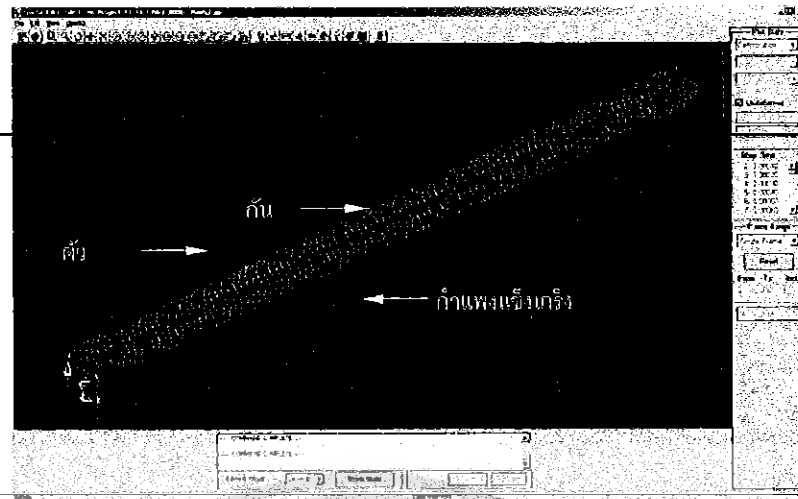
ในการศึกษาถึงการเสียรูปและความเร่งของกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุกในการชนกระแทก แนวตรงนี้จะได้ศึกษาด้วยการจำลองสภาพด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ซึ่งมีผลของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

4.3.1 การเตรียมข้อมูลประมวลผล ในขั้นตอนนี้เป็นเตรียมข้อมูลสำหรับส่งให้โปรแกรม LS-DYNA ทำการประมวลผลการจำลองสภาพโดยข้อมูลต่างๆ จะถูกเขียนในรูปแบบข้อความที่มี Syntax และ Format ตามข้อกำหนดของโปรแกรม ซึ่งในขั้นตอนนี้มีกระบวนการที่สำคัญ 2 ส่วน คือ การสร้างแบบจำลองและการกำหนดเงื่อนไขของการจำลองสภาพ

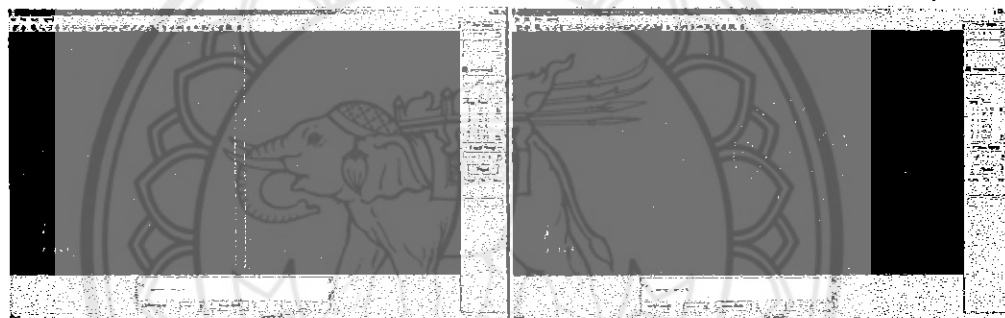
4.3.1.1 การสร้างแบบจำลอง ในการจำลองสภาพการชนกระแทกของกันชนหน้าในแนวตรงนี้มีแบบจำลอง 3 ชั้นส่วนที่ได้สร้างขึ้นมา ประกอบด้วย ตัวรองรับ กันชนหน้า และ กำแพงแข็งเกร็ง (Rigid wall) โดยในการสร้างแบบจำลองทั้ง 3 ชั้นส่วน ได้ใช้โปรแกรม AutoCAD ในการกำหนดจุดต่างๆ และโปรแกรม FEMAP ถูกใช้ในการสร้างจุดต่อ (Node) และสร้างเอลิเมนต์ (Element) รวมถึงถูกใช้ในการส่งออกเป็นข้อมูลในรูปแบบข้อความ รายละเอียดของแบบจำลองทั้ง 3 ชั้นส่วนเป็นดังตารางที่ 4.4 สำหรับภาพรวมของแบบจำลองเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.7 ส่วนการจัดวางตำแหน่งของแบบจำลองทั้ง 3 เป็นดังแสดงในรูป 4.8

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของแบบจำลอง

รายละเอียด	แบบจำลอง		
	กันชนหน้า	ตัวรองรับ	กำแพงแข็งเกร็ง
ชนิดเอลิเมนต์	Shell element	Solid element	Rigid wall
คุณสมบัติวัสดุ	Plasticity	Rigid	Rigid
จำนวนจุดต่อ	2,090	387	-
จำนวนเอลิเมนต์	2,088	204	-



รูปที่ 4.7 ภาพรวมของแบบจำลอง



(ก) ภาพด้านบน

(ข) ภาพด้านข้าง

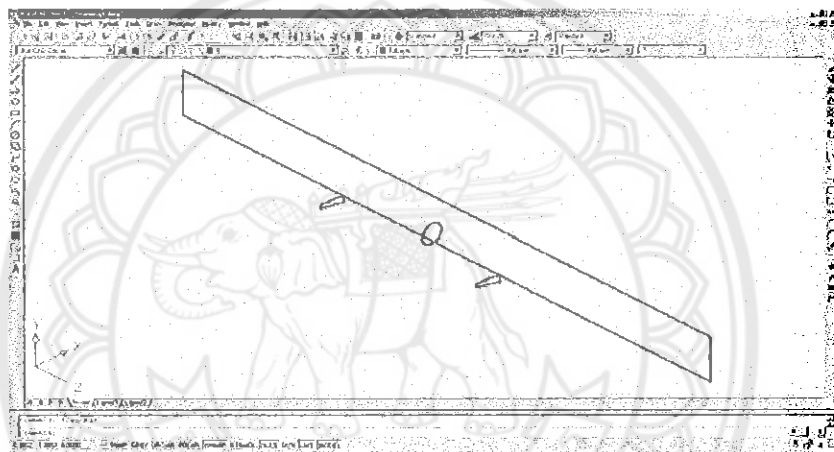
รูปที่ 4.8 การจัดวางตำแหน่งของแบบจำลองทั้ง 3

ในการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ให้กับแบบจำลองทั้ง 3 นั้น ได้พิจารณาให้ใกล้เคียงกับเงื่อนไขของการศึกษาโดยที่ได้กำหนดให้กันชนมีคุณสมบัติเป็นพลาสติกชนิดหนึ่งเนื่องจากการชนกระแทกที่เกิดขึ้นนั้นจะทำให้กันชนเกิดการเสียรูปถาวรซึ่งความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นนั้นจะอยู่ในช่วงของพลาสติกชนิดแบบจำลองกันชนย่อมไม่คืนรูปซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์จริง สำหรับตัวรองรับและกำแพงนั้นได้กำหนดให้มีคุณสมบัติเป็นแบบแข็งเกร็งคือไม่มีการเสียรูปเนื่องจากการศึกษานี้สนใจเฉพาะกันชนเท่านั้นหากแบบจำลองอื่นมีการเสียรูปจะทำให้ข้อมูลของกันชนเกิดความคลาดเคลื่อนได้

นอกจากนี้เพื่อให้การจำลองสภาพการชนกระแทกใกล้เคียงกับการชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกที่เกิดขึ้นจริงจึงได้กำหนดให้มวลของรถยนต์บรรทุกคือ 1,550 กิโลกรัม กระฉาบไปอยู่ที่ตัวรองรับทั้งสองตัว ตัวละ 750 กิโลกรัม สำหรับมวลของกันชนจะถูกคำนวณโดยโปรแกรมจากค่าความหนาแน่นและปริมาตรของกันชนเอง

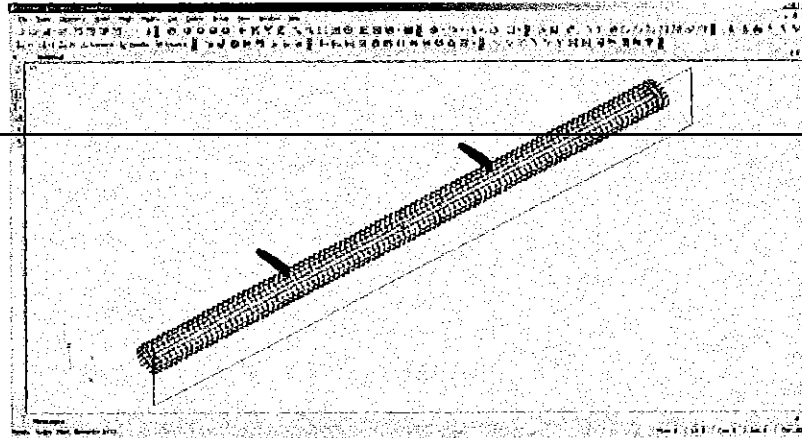
4.3.1.2 การสร้างไฟล์นำเข้า (Input File) ในการประมวลผลการจำลองสภาพการชน กระแทกด้วยโปรแกรม LS-DYNA ข้อมูลต่างๆ ของแบบจำลองข้างต้นและการกำหนดเงื่อนไขการจำลองสภาพต่างๆ จะถูกจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ข้อความที่มีนามสกุลเป็น *dyn (*.dyn)* โดยได้ใช้โปรแกรม Ultraedit สำหรับการเขียนและแก้ไขข้อมูลภายในไฟล์นำเข้านี้ สำหรับข้อมูลภายในไฟล์นำเข้านี้มี 3 ส่วนประกอบที่สำคัญคือ ข้อมูลของแบบจำลอง การกำหนดเงื่อนไข และการกำหนดผลลัพธ์

ก. ข้อมูลของแบบจำลอง ในการสร้างแบบจำลองของกันชน ตัวรองรับ และกำแพงแข็ง เครื่องดังแสดงในรูปที่ 4.7 นั้น ได้ใช้โปรแกรม AutoCAD ในการสร้างจุดและเส้นที่เชื่อมต่อจุดต่างๆ ที่จำเป็นต่อการสร้างพื้นผิว (Surface) รวมทั้งเส้นรอบวงของกันชน ซึ่งได้เส้นต่างๆ ดังรูปที่ 4.8



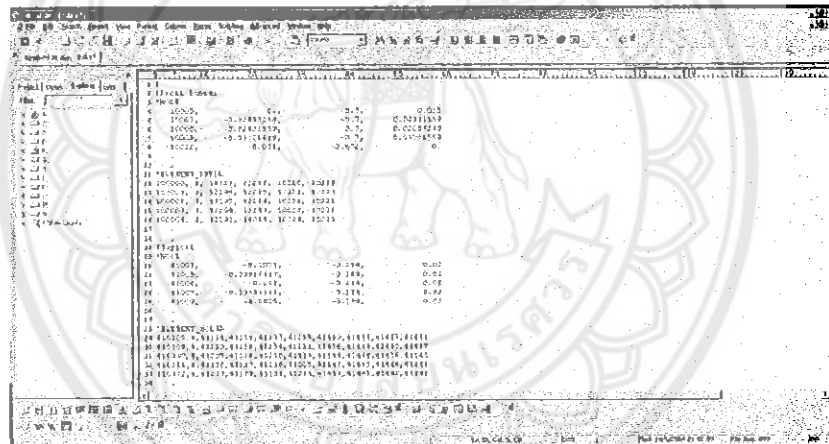
รูปที่ 4.9 การสร้างเส้นใน AutoCAD

จากนั้นข้อมูลของเส้นจะถูกนำเข้ามายังโปรแกรม FEMAP โดยที่เส้นวงกลมรอบรูปของกันชน จะถูกยืดออก (Extrude) เป็นพื้นผิว เส้นรอบรูปของตัวรองรับจะถูกสร้างเป็นพื้นที่จากนั้นจะถูกยืดออก ให้เป็นปริมาตร สำหรับเส้นรอบรูปของกำแพงแข็งจะถูกสร้างเป็นพื้นผิว จากนั้นแบบจำลองของกันชนและตัวรองรับจะถูกแบ่งเอลิเมนต์ ซึ่งได้แบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แบบจำลองที่ถูกแบ่งเอลิเมนต์

จากรูปที่ 4.10 ข้อมูลพิกัด x, y และ z ของจุดต่างๆ หมายเลขของจุดต่อ จุดต่อของเอลิเมนต์ และหมายเลขเอลิเมนต์จะถูกส่งออกในรูปแบบของข้อความดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลแบบจำลองสำหรับสร้างไฟล์นำเข้า

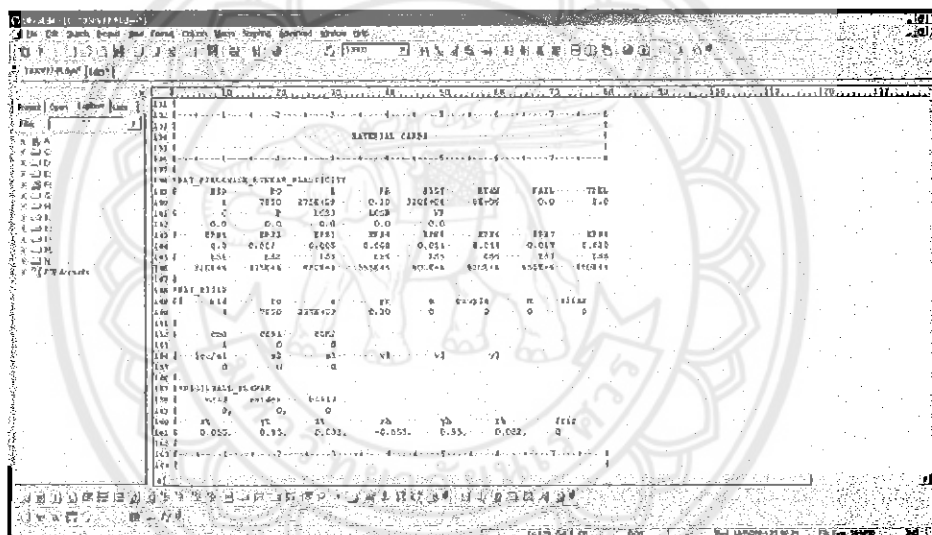
เมื่อนำข้อมูลของแบบจำลองข้างต้นนั้นมาสร้างเป็นไฟล์นำเข้าแล้วจึงได้กำหนดข้อมูลคุณสมบัติของแต่ละแบบจำลองซึ่งประกอบด้วย

1. แบบจำลองกำแพงแข็งแรง กำหนดให้มีคุณสมบัติเป็นแบบแข็งแรง (Rigid) โดยใช้คำสั่ง *RIGIDWALL_PLANAR
2. แบบจำลองตัวรองรับ กำหนดให้มีคุณสมบัติเป็นแบบแข็งแรง โดยใช้คำสั่ง *MAT_RIGID
3. แบบจำลองกันชน กำหนดให้มีคุณสมบัติเป็นแบบพลาสติกชนิดดีโดยใช้คำสั่ง *MAT_PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY และกำหนดให้วัสดุเป็นเหล็ก โดยมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องตามตาราง 4.5

ตาราง 4.5 คุณสมบัติวัสดุที่เกี่ยวข้องของแบบจำลองกันชน

คุณสมบัติ	ค่าที่กำหนด
1. มอดูลัสความยืดหยุ่น	275 GPa
2. ความเค้นคราก	320 MPa
3. ความหนาแน่น	7,850 kg/m ³
4. อัตราส่วนปัวซอง	0.30
5. คู่ลำดับความเครียดความเค้นในช่วงพลาสติกเชิง หมายเหตุ: หน่วยเป็น (mm/mm, MPa)	(0.001, 240), (0.002, 375), (0.004, 450) (0.006, 485), (0.008, 550), (0.010, 585) (0.012, 595) และ (0.015, 590)

หมายเหตุ โปรแกรมต้องการ ข้อมูลคู่ลำดับความเครียดความเค้นจำนวน 8 คู่



รูปที่ 4.12 การกำหนดคุณสมบัติของแบบจำลองในไฟล์นำเข้า

ทั้งนี้การกำหนดคุณสมบัติของแบบจำลองในไฟล์นำเข้าเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.13 สำหรับข้อมูลประเภทเอลิเมนต์ (Element type) ของแต่ละแบบจำลองได้กำหนดเป็นดังนี้

1. แบบจำลองกำแพงแข็งแรงเกร็ง ไม่ต้องกำหนด
2. แบบจำลองตัวรองรับ กำหนดให้เป็นเอลิเมนต์แข็งด้วยคำสั่ง *SECTION_SOLID
3. แบบจำลองกันชน กำหนดให้เป็นเอลิเมนต์เปลือกด้วยคำสั่ง *SECTION_SHELL โดยในคำสั่งนี้ได้กำหนดความหนาของเปลือกตามค่าความหนาของกันชนที่ต้องการศึกษาจำนวน 3 ค่า คือ 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร ในการประมวลผลแต่ละครั้ง

ข. การกำหนดเงื่อนไข เป็นการกำหนดให้การจำลองสภาพเป็นไปตามสมมุติฐานต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้เพื่อให้ได้ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงของการชนกระแทกมากที่สุด ซึ่งการกำหนดเงื่อนไขที่สำคัญประกอบด้วย

1. การกำหนดความเร็วชนกระแทก เป็นการกำหนดให้แบบจำลองกันชนพร้อมตัวรองรับพุ่งเข้าชนกระแทกต่อแบบจำลองกำแพงแข็งแรงด้วยความเร็วที่ต้องการศึกษาด้วยคำสั่ง *INITIAL_VELOCITY ซึ่งในการประมวลผลแต่ละครั้งได้เปลี่ยนความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า คือ 51.2, 57.6, 64.0, 70.4 และ 76.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยค่าที่ได้กำหนดให้โปรแกรมคือ 14.2, 16.0, 17.8, 19.6 และ 21.3 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ทั้งนี้การกำหนดความเร็วชนกระแทกนี้ได้กำหนดในทิศทางตั้งฉากกับแบบจำลองกำแพงแข็งแรงเท่านั้นเนื่องจากเป็นการชนกระแทกในแนวตรง

2. การกำหนดการบังคับการเคลื่อนที่ เป็นการบังคับให้แต่ละจุดต่อของแบบจำลองมีการเคลื่อนที่ไปในรูปแบบที่ต้องการซึ่งต้องบังคับการเปลี่ยนตำแหน่ง (Translation) ใน 3 แกน และบังคับการหมุน (Rotation) ใน 3 แกน โดยใช้คำสั่ง *BOUNDARY_SPC_NODE ซึ่งในการจำลองสภาพการชนกระแทกในแนวตรงนี้ได้บังคับการเคลื่อนที่ของแต่ละแบบจำลองดังนี้

2.1 แบบจำลองกำแพงแข็งแรง บังคับการเคลื่อนที่เป็นแบบตรึง (ไม่ยอมให้มีการเคลื่อนที่ในทุกแกนโดยอ้างอิงแกนจากรูปที่ 4.7)

2.2 แบบจำลองตัวรองรับ ยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ตามแกน x และยอมให้เกิดการหมุนรอบแกน y เท่านั้น

2.3 แบบจำลองกันชน ยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ในทุกๆ แกน โดยการกำหนดการบังคับการเคลื่อนที่ในไฟล์นำเข้าเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.13

3. การกำหนดคู่สัมผัส เป็นการกำหนดให้โปรแกรมทราบว่าในการชนกระแทกที่เกิดขึ้นนั้นมีการสัมผัสกันของแบบจำลองใดบ้างด้วยคำสั่ง *CONTACT_AUTOMATIC_NODES_TO_SURFACE TITLE ซึ่งได้กำหนดคู่สัมผัสระหว่างกันชนและตัวรองรับ โดยให้แบบจำลองกันชนเป็น Master ส่วนแบบจำลองตัวรองรับเป็น Slave สำหรับการสัมผัสของแบบจำลองทั้งสองกับกำแพงแข็งแรงนั้นไม่ต้องกำหนดเพราะคำสั่ง *RIGIDWALL_PLANAR จะกำหนดการสัมผัสโดยอัตโนมัติ การกำหนดคู่สัมผัสในไฟล์นำเข้าเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.14

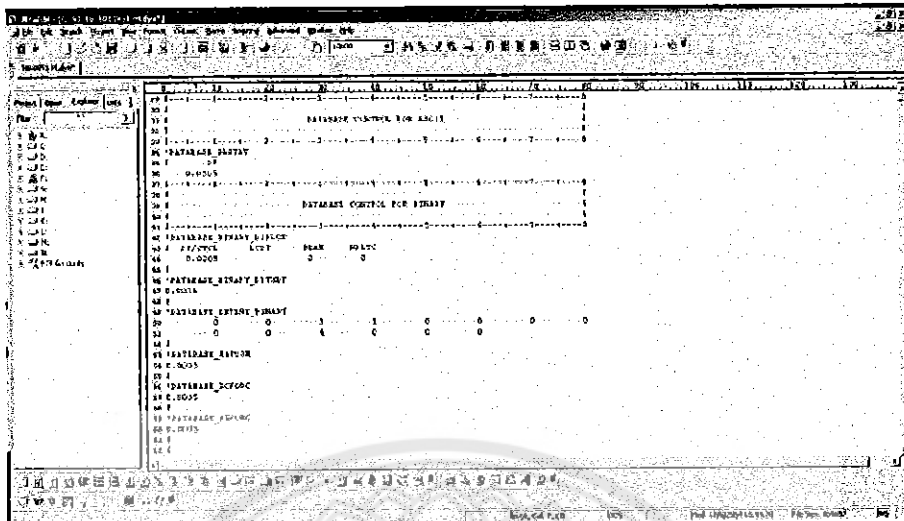
Material ID	Property 1	Property 2	Property 3	Property 4	Property 5	Property 6	Property 7	Property 8
101	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
102	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
103	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
104	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
106	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
107	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
108	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
109	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
110	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
111	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
112	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
113	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
114	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
115	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
116	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
117	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
118	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
119	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

รูปที่ 4.13 การกำหนดการบังคับการเคลื่อนที่ในไฟล์นำเข้า

Material ID	Property 1	Property 2	Property 3	Property 4	Property 5	Property 6	Property 7	Property 8
101	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
102	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
103	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
104	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
105	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
106	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
107	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
108	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
109	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
110	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
111	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
112	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
113	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
114	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
115	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
116	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
117	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
118	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
119	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

รูปที่ 4.14 การกำหนดคุณสมบัติวัสดุในไฟล์นำเข้า

ก. การกำหนดผลลัพธ์ เป็นการกำหนดให้การประมวลผลของการจำลองสภาพสร้างข้อมูลส่งออก (Output) หรือผลลัพธ์ของการจำลองสภาพให้เป็นไปตามความต้องการ สำหรับโปรแกรม LS-DYNA นั้นต้องกำหนดข้อมูลผลลัพธ์ 2 ส่วน คือ ข้อมูลผลลัพธ์ที่ต้องการ และช่วงเวลาการส่งออกข้อมูลนั้นๆ โดยในการศึกษาแรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงได้กำหนดให้ส่งออกผลลัพธ์เป็นแรงที่เกิดขึ้นที่กำแพงแข็งเครื่องด้วยคำสั่ง *DATABASE_RWFORC และกำหนดให้สร้างข้อมูลทุกๆ 0.5 มิลลิวินาที จากคำสั่งนี้โปรแกรม LS-DYNA จะสร้างไฟล์ชื่อ rwforc ซึ่งภายในบรรจุลำดับของแรงที่กำแพงแข็งเครื่องที่เวลาต่างๆ การกำหนดผลลัพธ์ในไฟล์นำเข้าเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 การกำหนดผลลัพธ์ในไฟล์นำเข้า

ส่วนสำคัญในขั้นตอนของการเตรียมข้อมูลประมวลผลอีกประการหนึ่งคือการกำหนดเวลาของการประมวลผลซึ่งมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเป็นอย่างมาก จากการทดลองจำลองสภาพการชนกระแทกพบว่าแบบจำลองคันชนจะพุ่งเข้าชนก่อนที่เวลาประมาณ 1.2 มิลลิวินาที ต่อจากนั้นแบบจำลองตัวรองรับจะกดแบบจำลองคันชนจะเข้ากระแทกต่อกำแพงแข็งเกร็งที่เวลาประมาณ 5.5 มิลลิวินาที จากนั้นแบบจำลองทั้งหมดจะเริ่มถอยกลับออกมา ดังนั้นจึงได้กำหนดเวลาสิ้นสุดการประมวลผลที่ 20 มิลลิวินาที

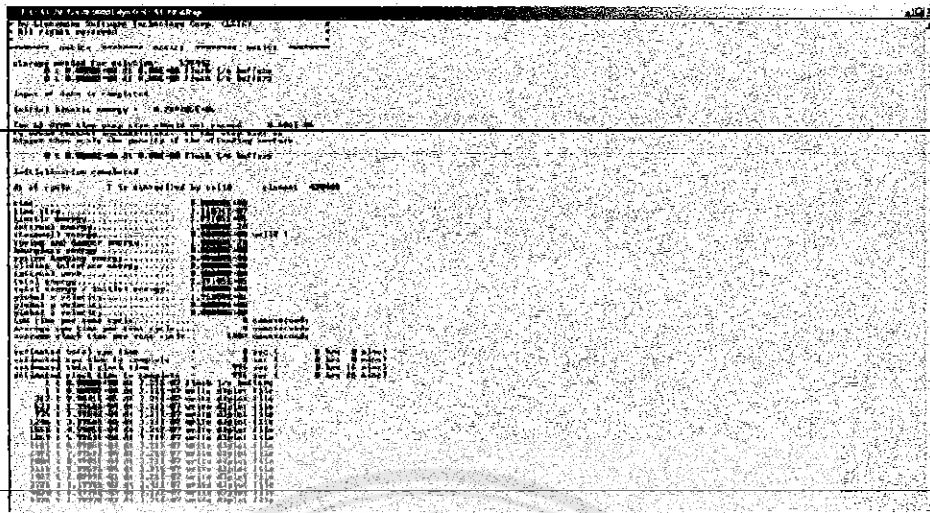
ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลการประมวลผลนี้สุดท้ายจะได้ผลลัพธ์เป็นไฟล์ที่มีขนาดประมาณ 300 kb จำนวนทั้งสิ้น 15 ไฟล์ ที่มีการเปลี่ยนตัวแปรการจำลองสภาพที่ความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า และความหนาของกันชนจำนวน 3 ค่า สำหรับการนำไปใช้ประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

4.3.2 การประมวลผล เมื่อทำการจัดเตรียมข้อมูลต่างๆ ในไฟล์นำเข้าตามขั้นตอน 4.3.1 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ไฟล์นำเข้านั้นจะถูกนำมาทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม LS-DYNA โดยจะได้ทำการประมวลผลด้วยการเปลี่ยนตัวแปรการจำลองภาพ คือ

ก. ค่าความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า คือ 14.2, 16.0, 17.8, 19.6 และ 21.3 m/s (อ้างอิงมาตรฐานการทดสอบที่ความเร็วชนกระแทก 64 km/h (17.8 m/s) และเปลี่ยนแปลง 10%)

ข. ค่าความหนาของกันชน คือ 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร

เมื่อการประมวลผลเริ่มต้นจะได้ภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่ 4.16 โดยการประมวลผลในแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 50 นาที



รูปที่ 4.16 การทำงานของโปรแกรมขณะประมวลผล

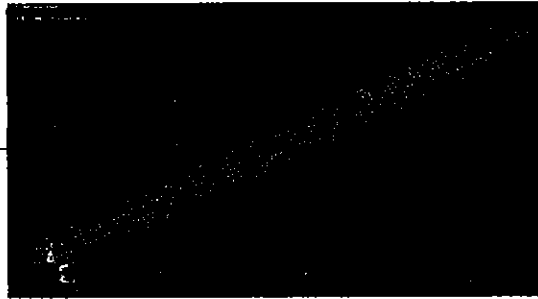
ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสภาพการชนกระแทกคือการเสีรูปของความเร่ง จะถูกนำเสนอและวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4.4 การนำเสนอผลการศึกษา

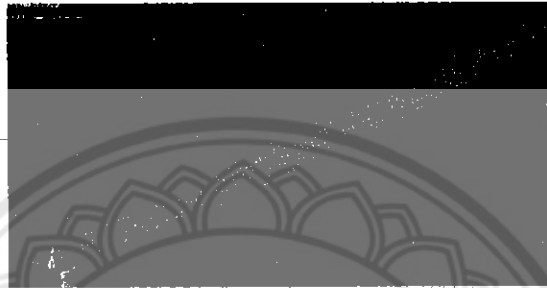
ผลลัพธ์จากการจำลองสภาพที่นำมาเสนอประกอบด้วยกราฟการเสีรูปและการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก โดยจะได้นำเสนอการเปลี่ยนแปลงความเร่งในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งที่เวลาต่างๆ และนำเสนอการเปรียบเทียบระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่ทำการศึกษา

4.4.1 การเสีรูปของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก

ในส่วนของการศึกษาการเสีรูปของกันชนนั้นได้จำลองสภาพของการชนกระแทกของกันชนที่มีความหนาเป็น 3 มิลลิเมตร พุ่งเข้าชนกำแพงแข็งเกร็งด้วยความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยได้กำหนดเวลาของการจำลองสภาพไว้ที่ 50 มิลลิวินาที เพื่อให้เพียงพอต่อการสังเกตพฤติกรรมของกันชนเมื่อเกิดการเสีรูป โดยภาพของการเสีรูปที่เวลาต่างๆ เป็นดังแสดงในรูปที่ 4.17 และ 4.18



(ก) เวลา 0.000 วินาที



(ข) เวลา 0.004 วินาที

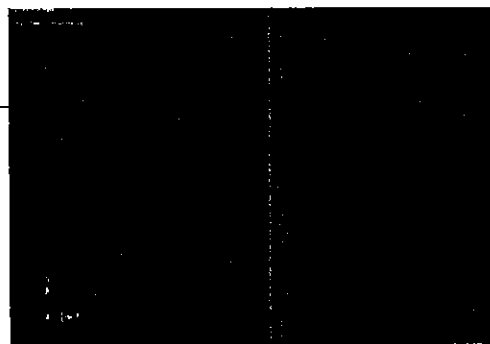


(ค) เวลา 0.044 วินาที

รูปที่ 4.17 ภาพเหตุการณ์ในระหว่างการชนกระแทก



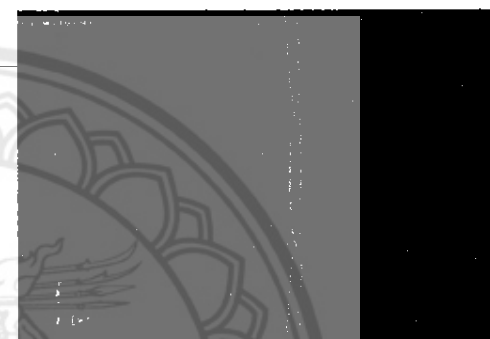
(ก) ภาพด้านข้างที่เวลา 0.000 วินาที



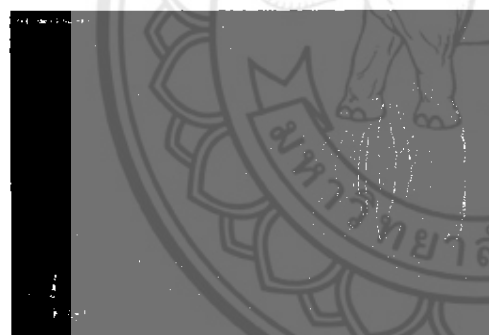
(ข) ภาพด้านบนที่เวลา 0.000 วินาที



(ค) ภาพด้านข้างที่เวลา 0.002 วินาที



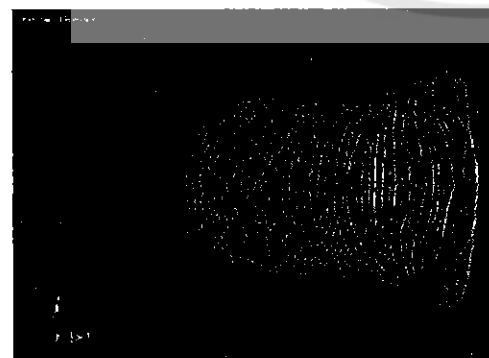
(ง) ภาพด้านบนที่เวลา 0.002 วินาที



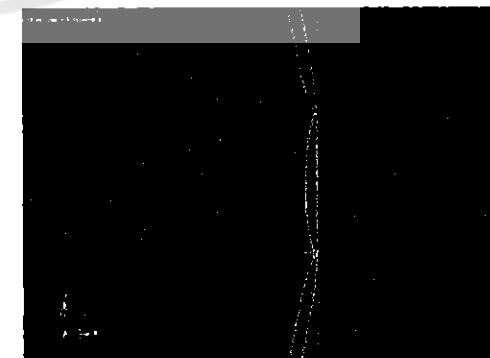
(จ) ภาพด้านข้างที่เวลา 0.004 วินาที



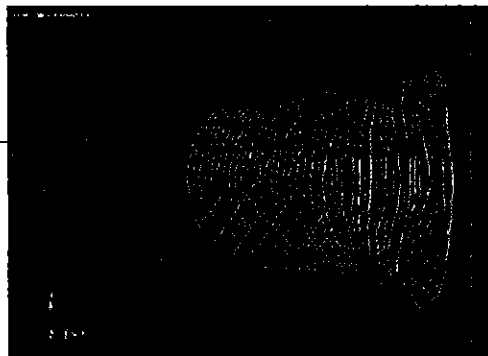
(ฉ) ภาพด้านบนที่เวลา 0.004 วินาที



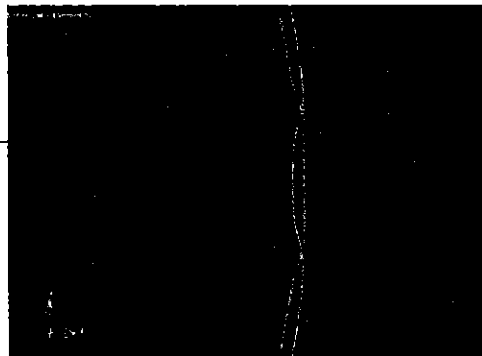
(ช) ภาพด้านข้างที่เวลา 0.012 วินาที



(ซ) ภาพด้านบนที่เวลา 0.012 วินาที



(ด) ภาพด้านข้างที่เวลา 0.046 วินาที

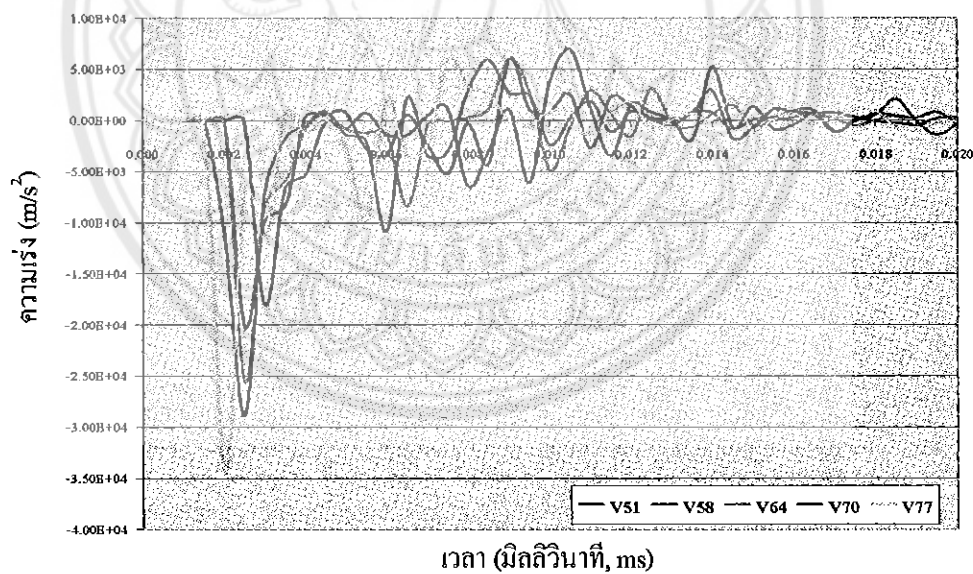


(ญ) ภาพด้านบนที่เวลา 0.046 วินาที

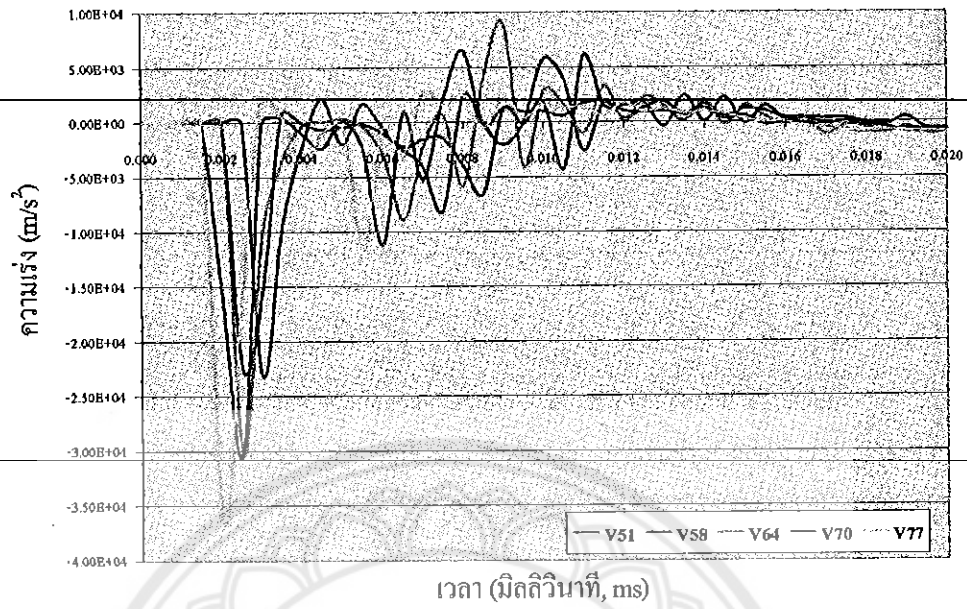
รูปที่ 4.18 ภาพด้านข้างและด้านบนในระหว่างการชนกระแทก

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก

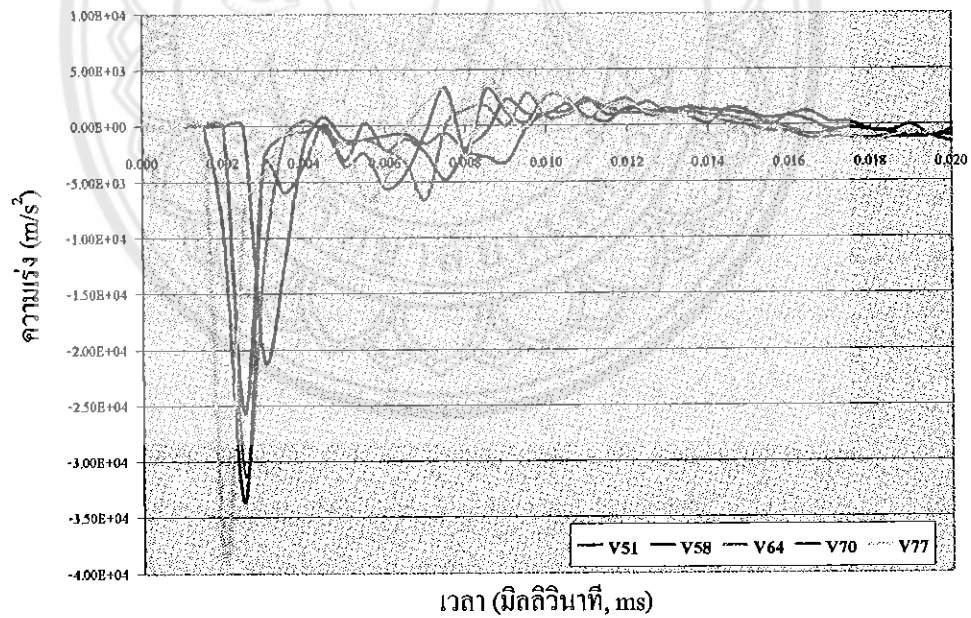
ผลลัพธ์จากการจำลองสภาพอีกส่วนหนึ่งที่จะได้ศึกษาคือการเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกที่เวลาต่างๆ ในระหว่างเกิดการชนกระแทก โดยรูปที่ 4.19 ถึง 4.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร่งเปรียบเทียบกันระหว่างความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า ที่แต่ละความหนาของกันชน



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกที่ความเร็วทั้ง 5 ค่า ของกันชนความหนา 1 มิลลิเมตร



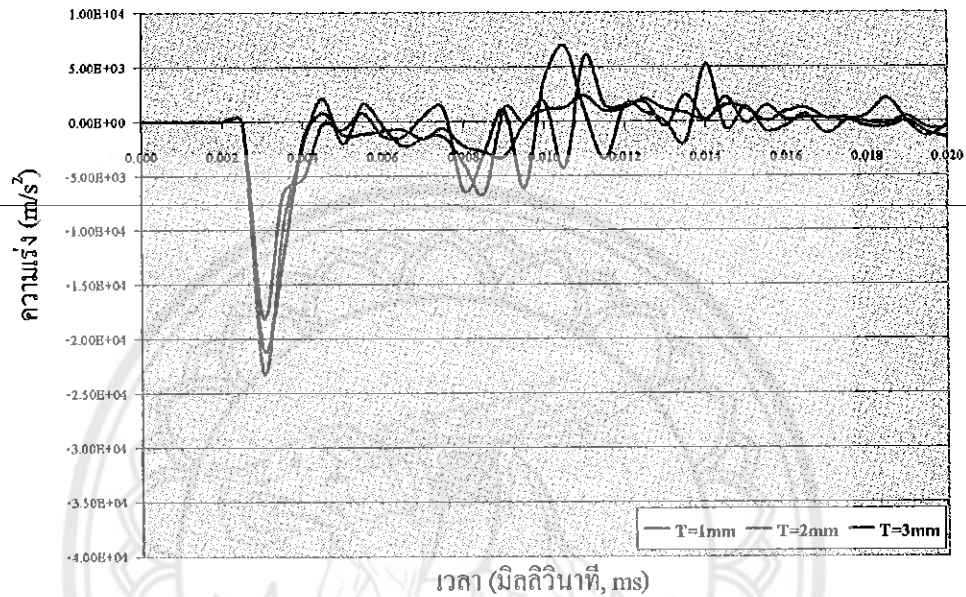
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกที่ความเร็วทั้ง 5 ค่า ของกันชนความหนา 2 มิลลิเมตร



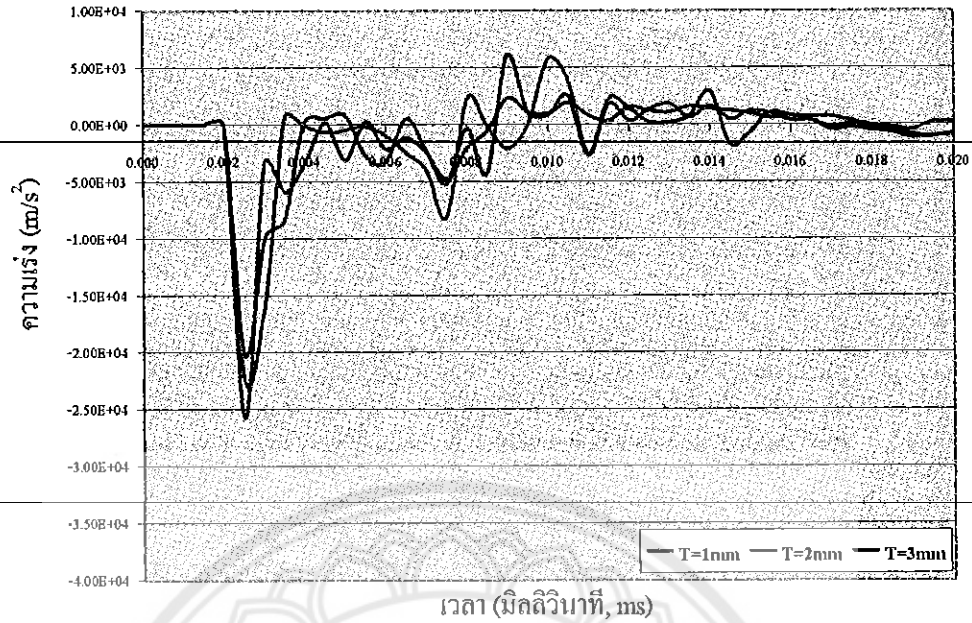
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกที่ความเร็วทั้ง 5 ค่า ของกันชนความหนา 2 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.19, 4.20 และ 4.21 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่ง โดยเปรียบเทียบกันระหว่างความเร็วชนกระแทกเป็น 51, 58, 64, 70 และ 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ของ การชนกระแทกของกันชนความหนา 3 ค่า คือ 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ

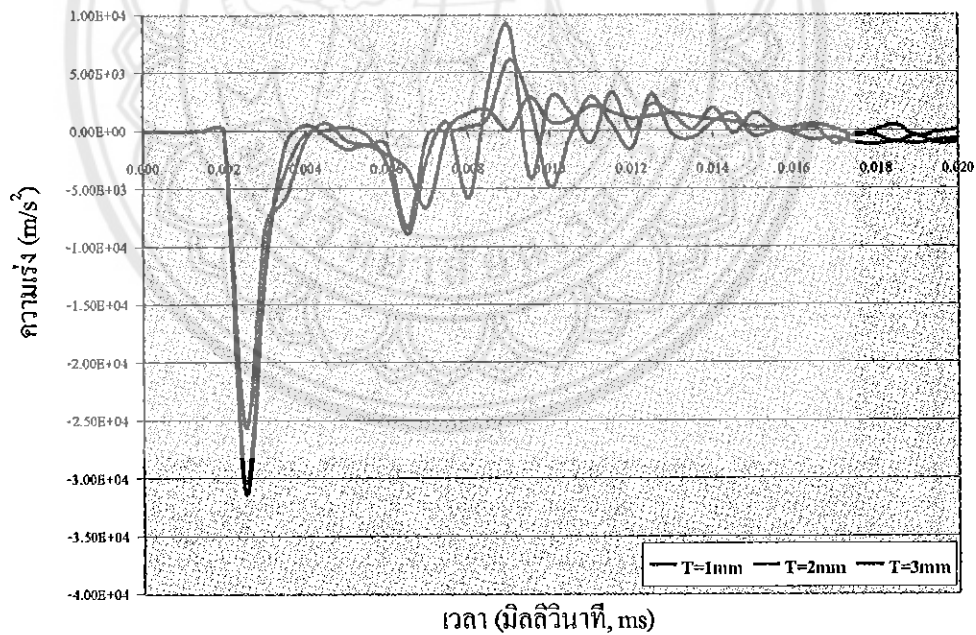
ส่วนกราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนที่มีความหนา เป็น 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร ที่แต่ละความเร็วชนกระแทกเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.22 ถึง 4.26



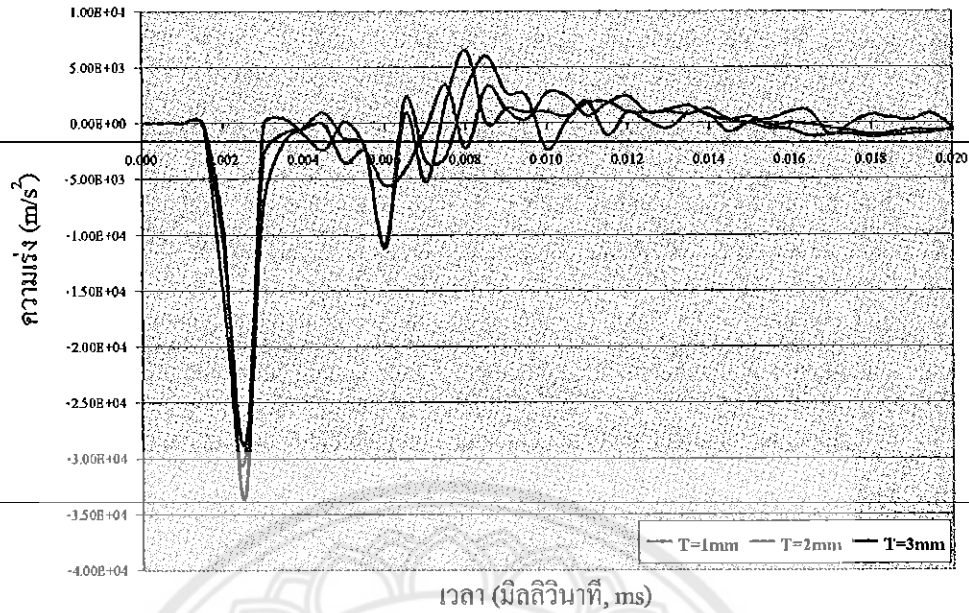
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกของกันชนความหนาทั้ง 3 ค่า ที่ความเร็ว 51 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



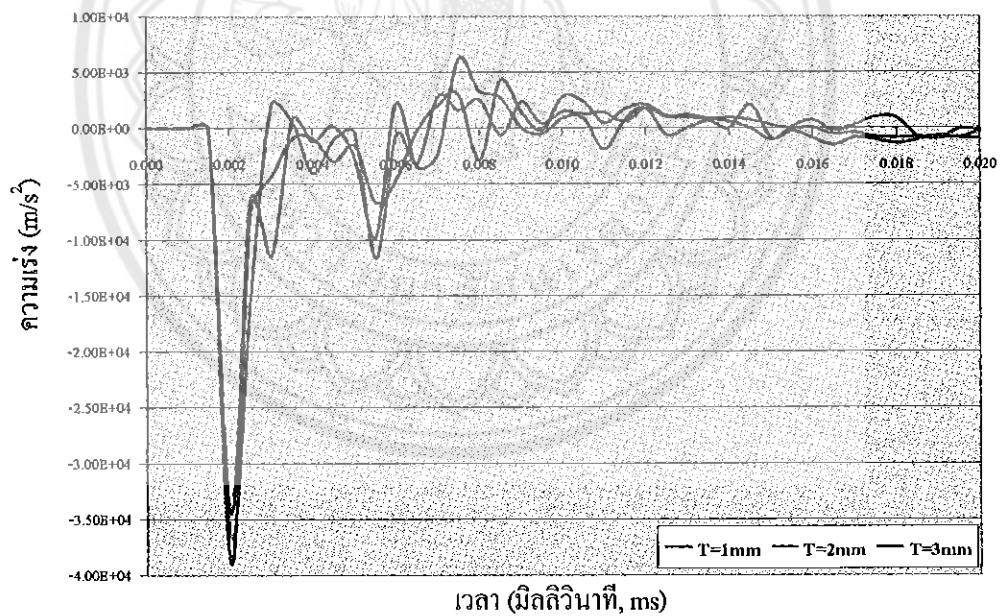
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกของกันชนความหนาทั้ง 3 ค่า ที่ความเร็ว 58 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกของกันชนความหนาทั้ง 3 ค่า ที่ความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆ
ของการชนกระแทกของกันชนความหนาทั้ง 3 ค่า ที่ความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆ
ของการชนกระแทกของกันชนความหนาทั้ง 3 ค่า ที่ความเร็ว 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4.5 การวิจารณ์ผลการจำลองสภาพ

ผลจากการศึกษาในหัวข้อ 4.4 จะได้นำมาวิจารณ์ในหัวข้อนี้โดยได้แบ่งเป็นการวิจารณ์การเลือกรูปของกันชนในระหว่างเหตุการณ์การชนกระแทกและการวิจารณ์การเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนในขณะที่เกิดการชนกระแทก

4.5.1 การวิจารณ์การเลือกรูปของกันชน

ในการจำลองสภาพการชนกระแทกในแนวตรงของกันชนชนน้ำรถยนต์บรรทุกที่ทำจากเหล็กแผ่นที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร และชนกระแทกต่อกำแพงแข็งเกร็งด้วยความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมงนั้นพบว่าในช่วงแรกกันชนจะเคลื่อนที่เข้าหากำแพงฯ จนเวลาประมาณ 2 มิลลิวินาที กันชนจะเริ่มสัมผัสกับกำแพงฯ กันชนจะเริ่มถูกกดอัดระหว่างกำแพงฯ และตัวติดตั้งกันชนจึงทำให้บริเวณที่ต่อเข้ากับตัวติดตั้งกันชนนี้ถูกกดอัดจนบวมตัวเล็กน้อย ต่อมาที่เวลา 4 มิลลิวินาที ตัวติดตั้งกันชนยังคงเคลื่อนที่เข้าหากำแพงฯ อย่างต่อเนื่องจึงทำให้การเลือกรูปของกันชนเพิ่มขึ้นและพบว่าที่ปลายของกันชนทั้งสองด้านเริ่มตัดตัวเล็กน้อย ช่วงเวลา 6 ถึง 11 มิลลิวินาที พบว่าการเคลื่อนที่ของตัวติดตั้งกันชนเคลื่อนที่เข้าหากำแพงฯ ซ้ำลงแต่กันชนยังคงมีการเลือกรูปอย่างต่อเนื่อง ที่เวลา 11 ถึง 12 มิลลิวินาที พบว่าตัวติดตั้งกันชนได้หยุดการเคลื่อนที่เข้ากำแพงฯ โดยที่ไม่ได้สัมผัสกัน ในช่วงเวลาหลังจาก 12 มิลลิวินาที จนถึง 20 มิลลิวินาที พบว่าตัวติดตั้งกันชนมีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่น้อยมากแต่กันชนยังคงมีการเลือกรูปอย่างต่อเนื่อง ที่เวลาประมาณ 22 มิลลิวินาที เริ่มสังเกตเห็นว่าตัวติดตั้งกันชนเริ่มเคลื่อนที่ถอยหลังออกจากกำแพงฯ อย่างช้าๆ แต่กันชนยังคงถูกกดอัดอยู่กับกำแพงฯ ต่อมาที่เวลาประมาณ 30 มิลลิวินาที กันชนได้เคลื่อนที่ถอยหลังห่างออกจากกำแพงฯ อย่างเห็นได้ชัด จากการสังเกตในช่วง 30 ถึง 50 มิลลิวินาทีพบว่าการเคลื่อนที่ถอยห่างออกจากกำแพงฯ ของกันชนนี้จะเป็นไปอย่างช้าๆ ในช่วงท้ายของการชนกระแทกนี้กันชนบริเวณด้านที่ติดตั้งตัวรองรับจะถูกกดอัดจนเกือบแนบติดกับอีกด้าน ส่วนที่ภาคตัดของกันชนระหว่างจุดติดตั้งตัวรองรับทั้งสองในกรณีที่กระแทกเข้ากับกำแพงฯ นั้นจะถูกกดอัดจนแบนส่วนด้านตรงข้ามจะโป่งออกและที่ปลายทั้งสองด้านจะตัดตัวจนโค้งงอแต่ยังคงมีภาคตัดเป็นแบบวงกลม

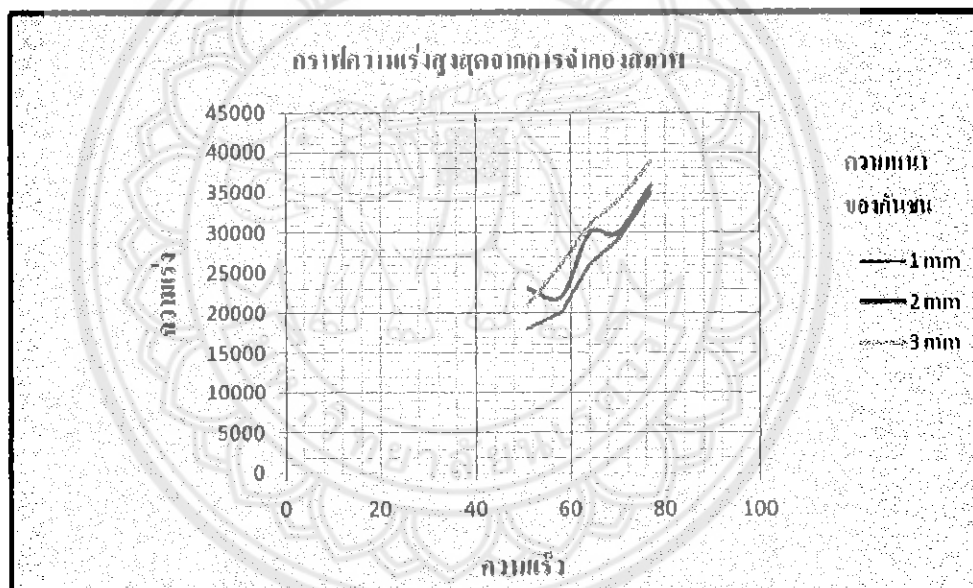
4.5.2 การวิจารณ์การเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชน

ผลลัพธ์จากการจำลองสภาพการชนกระแทกในส่วนของการเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนในระหว่างเกิดการชนกระแทกแนวตรงต่อผนังเรียบซึ่งได้นำเสนอเป็นกราฟการเปลี่ยนแปลงของความเร่งที่เวลาต่างๆ ดังรูปที่ 4.19 ถึง 4.21 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบระหว่างการชนกระแทกที่ความเร็วแตกต่างกันที่ความหนาเดียวกันทั้ง 3 ค่าความหนา และในรูปที่ 4.22 ถึง 4.26 ได้แสดงการเปรียบเทียบระหว่างความหนาที่แตกต่างกันที่ความเร็วชนกระแทกเดียวกันทั้ง 5 ค่าความเร็ว จากกราฟทั้งหมดพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเร่งจะมีลักษณะคล้ายกันคือในช่วงแรกยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความเร่งในเวลาต่อมาความเร่งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ค่าติดลบ) จนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 1 มิลลิวินาที จากนั้น

ความเร่งจะลดลงจนเกือบเป็นศูนย์ ต่อจากนั้นความเร่งจะเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างเพิ่มขึ้นและลดลง การเปลี่ยนแปลงนี้จะค่อยๆ ลดลงจนใกล้เป็นศูนย์ในช่วงสุดท้ายของการจำลองสภาพ เมื่อพิจารณาความเร่งสูงสุดของกันชนที่เกิดขึ้นในระหว่างการชนกระทะแท่งจะได้ค่าดังตาราง 4.6

ตารางที่ 4.6 ความเร่งสูงสุดจากการจำลองสภาพ

ความหนาของ กันชน	ความเร่งสูงสุดที่ความเร็วชนกระทะแท่งต่างๆ (m/s ²)				
	51 km/h	58 km/h	64 km/h	70 km/h	77 km/h
1 mm.	-18,000	-20,000	-26,000	-29,000	-35,000
2 mm.	-23,000	-22,000	-30,000	-30,000	-36,000
3 mm.	-21,000	-26,000	-31,000	-34,000	-39,000



รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบความเร่งสูงสุดที่ความหนาต่างๆของกันชน

เมื่อพิจารณากันชนที่มีความหนาเดียวกันจากรูปที่ 4.27 จะพบว่าในกันชนที่มีความหนาเป็น 1 และ 3 มิลลิเมตรนั้น ความเร่งสูงสุดที่เกิดขึ้นจะคล้ายกันคือจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อความเร็วชนกระทะแท่งเพิ่มขึ้น แต่สำหรับกันชนที่มีความหนาเป็น 2 มิลลิเมตร ความเร่งสูงสุดของแต่ละค่าความเร็วชนกระทะนั้นไม่ได้มีความสอดคล้องกัน เมื่อเปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดที่ความเร็วชนกระทะเดียวกันในแต่ละค่าความหนาของกันชนนั้นพบว่าความหนากันชนที่เพิ่มขึ้นนั้นมีผลทำให้ความเร่งสูงสุดเพิ่มขึ้น

จากข้อมูลในตาราง 4.6 จึงสรุปได้ว่าทั้งความเร็วชนกระแทกและความหนาของกันชนมีผลโดยตรงต่อความเร่งสูงสุดที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในขณะเกิดการชนกระแทกและจากกราฟการเปรียบเทียบความหนาต่างๆ ของกันชนทำให้พบว่าที่ความหนามากและความเร็วที่พุ่งเข้าชนสูงกันชนจะสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่ากันชนที่มีความหนาน้อย

สำหรับการวิเคราะห์สาเหตุของการเสียรูปและการเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนที่เวลาต่างๆ ผลของความเร็วชนกระแทกและความหนาของกันชนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความเร่งและการสรุปผลของการศึกษาการเสียรูปและความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป



บทที่ 5

การวิเคราะห์และสรุปผล

5.1 การวิเคราะห์ผล

จากหัวข้อที่ผ่านมาซึ่งได้ทำการการศึกษาถึงการเสียรูปของกันชนและการเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก ซึ่งในหัวข้อนี้จะได้ทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อกันชน โดยจะได้แบ่งการวิเคราะห์ผลของการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์การเสียรูปของกันชนและการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก

5.1.1 การวิเคราะห์การเสียรูปของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก

ในการศึกษานี้ต้องการทราบถึงพฤติกรรมของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกซึ่งมีความหนาของกันชนเป็น 3 มิลลิเมตร พุ่งชนกระแทกเข้ากับกำแพงแข็งเกร็งด้วยความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยได้ศึกษาพฤติกรรมการเสียรูปจากการจำลองสภาพการชนกระแทก ซึ่งภาพพฤติกรรมการเสียรูปของกันชนที่เวลาต่างๆ ในรูปที่ 4.17 ถึง 4.18 พบว่ากันชนรถยนต์บรรทุกจะมีการเสียรูปที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการเคลื่อนที่เข้าหากำแพงแข็งเกร็งของกันชน โดยพบในช่วงแรกนั้นกันชนกำลังเคลื่อนที่เข้าหากำแพงฯ แต่ยังไม่สัมผัสกับกำแพงฯ กันชนจึงยังไม่มี การเสียรูป ต่อมาที่เวลาประมาณ 2 มิลลิวินาที พบว่ากันชนเริ่มสัมผัสกับกำแพงฯ ตัวกันชนบริเวณที่ต่อกับตัวรองรับจะถูกกดอัดจนยุบตัวเล็กน้อยแต่กันชนที่บริเวณอื่นยังไม่เกิดการเสียรูป ต่อมาที่เวลา 4 มิลลิวินาที กันชนและตัวรองรับยังคงเคลื่อนที่เข้าหากำแพงฯ อย่างต่อเนื่องจึงทำให้ตัวกันชนบริเวณที่ต่อกับตัวรองรับมีการยุบตัวเพิ่มขึ้นและพบว่าที่ปลายกันชนทั้งสองด้านเริ่มคดตัวเล็กน้อยเนื่องจากการยุบตัวที่จุดต่อกับตัวรองรับนั้นได้ดึงให้ปลายของกันชนเริ่มเกิดการโค้งงอ ในช่วงเวลา 6 ถึง 11 มิลลิวินาที พบว่าตัวรองรับกันชนเคลื่อนที่เข้าหากำแพงฯ ซ้ำลงแต่กันชนยังคงมีการเสียรูปอย่างต่อเนื่อง ในช่วงเวลา 12 จนถึง 20 มิลลิวินาที พบว่าตัวรองรับกันชนมีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่น้อยมากเนื่องจากมีกันชนที่ถูกกดอัดจนยุบตัววางอยู่แต่กันชนส่วนอื่นยังคงมีการเสียรูปอย่างต่อเนื่อง ต่อเนื่อง ที่เวลาประมาณ 22 มิลลิวินาที เริ่มสังเกตเห็นว่าตัวรองรับกันชนเริ่มเคลื่อนที่ถอยหลังออกจากกำแพงฯ อย่างช้าๆ เนื่องจากพลังงานจลน์ของการชนกระแทกได้ถ่ายเทไปยังกันชนในรูปของการเสียรูปของกันชนซึ่งพลังงานจลน์ส่วนที่เหลืออยู่ได้ทำให้กันชนและตัวรองรับเริ่มเคลื่อนที่ถอยกลับออกมา ต่อมาที่เวลาประมาณ 30 มิลลิวินาที กันชนได้เคลื่อนที่ถอยหลังห่างออกจากกำแพงฯ อย่างเห็นได้ชัด จากการสังเกตในช่วง 30 ถึง 50 มิลลิวินาทีพบว่าการเคลื่อนที่ถอยห่างออกจากกำแพงของกันชนนี้เป็นไปอย่างช้าๆ เนื่องจากพลังงานส่วนใหญ่ได้สูญเสียไปกับการเสียรูปของกันชนแล้วจึงเหลือพลังงานจลน์เพียงบางส่วนทำให้การเคลื่อนที่ที่มีความเร็วลดลง ทั้งนี้

ในช่วงท้ายของการชนกระแทกนี้กันชนบริเวณด้านที่รองรับตัวรองรับจะถูกกดอัดจนเกือบแนบติดกับอีกด้าน ส่วนที่ภาคตัดของกันชนระหว่างจุดรองรับตัวรองรับทั้งสองในด้านที่กระแทกเข้ากับกำแพงฯ นั้น จะถูกกดอัดจนแบนส่วนด้านตรงข้ามจะโป่งออก และที่ปลายทั้งสองด้านจะตัดตัวจนโค้งงอแต่ยังคงมีภาคตัดเป็นแบบวงกลม

5.1.2 การวิเคราะห์ความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก

ผลลัพธ์จากการจำลองสภาพอีกส่วนหนึ่งที่ทำการศึกษาคือการเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกเมื่อเกิดการชนกระแทก โดยมีผลลัพธ์คือกราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร่งที่เวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 ถึง 4.21 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการชนกระแทกที่ความเร็วแตกต่างกันที่ความหนาเดียวกันทั้ง 3 ค่าความหนา และในรูปที่ 4.22 ถึง 4.26 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างความหนาที่แตกต่างกันที่ความเร็วชนกระแทกเดียวกันทั้ง 5 ค่าความเร็ว จากกราฟทั้งหมดพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ความเร่งจะมีลักษณะคล้ายกันคือ ในช่วงแรกยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความเร่งเพราะกันชนยังคงเคลื่อนที่เข้าหากำแพงแข็งเกร็ง ในเวลาต่อมาความเร่งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ค่าติดลบ) จนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 1 มิลลิวินาที การที่ความเร่งมีค่ามากที่สุดในช่วงแรกนั้นก็เพราะว่ามีการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างมากคือจาก 51 ถึง 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จนเกือบหยุดนิ่งในช่วงเวลาที่น้อยมากๆ จากนั้นความเร่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปมาแต่ในช่วงนี้ค่าของความเร่งจะไม่สูงเท่าในตอนแรกเนื่องจากความเร็วได้ลดลงมาแล้วส่วนการที่ความเร่งเกิดการแกว่งไปมานั้นเนื่องจากการขยับตัวของกันชนจะเกิดขึ้นเป็นช่วงๆ ในเวลาที่สั้นมากๆ ซึ่งการขยับตัวเป็นช่วงๆ นี้จะส่งผลให้ความเร่งเกิดการเปลี่ยนแปลงไปมา จนสุดท้ายเมื่อกันชนขยับตัวจนหมดแล้วความเร็วจะกลายเป็นศูนย์และกันชนเริ่มถอยห่างออกจากกำแพงอย่างช้าๆ จึงทำให้ช่วงหลังความเร่งจึงมีค่าน้อยมาก

เมื่อพิจารณาถึงตัวแปรที่ทำการศึกษาคือความเร็วชนกระแทกและความหนาของกันชนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเร่ง โดยพิจารณาที่นั่นพบว่าความหนาของกันชนที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเร่ง ในขณะที่เกิดการชนกระแทกนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามแต่ไม่มากนัก จากการพิจารณาสมการของความเร่งคือการเปลี่ยนแปลงความเร็วหารด้วยการเปลี่ยนแปลงของเวลาจะพบว่ามวล (ความหนามีผลต่อมวลของกันชน) ไม่มีผลในสมการของความเร่งแต่จากการจำลองสภาพการชนกระแทกพบว่ามวลของกันชนจะมีผลต่อความเร่งเล็กน้อย สำหรับความเร็วชนกระแทกนั้นจะมีผลต่อความเร่งเป็นอย่างมากตามสมการของความเร่งคือหากความเร็วชนกระแทกมีค่าสูงย่อมทำให้เมื่อเกิดการชนกระแทกแล้วความเร่งจะมีค่าสูงตามไปด้วย นั่นคือทั้งความหนาของกันชนและความเร็วชนกระแทกมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของความเร่งแต่ความหนาจะส่งผลน้อยกว่าความเร็วชนกระแทก

5.2 สรุปผลการศึกษา

1. ในการศึกษาพฤติกรรมการชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกพบว่าในการชนกระแทกต่อกำแพงแข็งครึ่งของกันชนความหนา 3 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วชนกระแทก 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กันชนจะยุบตัวจนหยุดการเคลื่อนที่ภายในเวลาประมาณ 12 มิลลิวินาที และการชนกระแทกจะสิ้นสุดลงโดยใช้เวลาประมาณ 30 มิลลิวินาที

2. ความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อกันชนจะมี 3 ลักษณะใหญ่ๆ คือ 1. กันชนในบริเวณที่ติดตั้งเข้ากับตัวรองรับจะถูกตัวรองรับกดอัดจนเสียรูปแบบติดกับกำแพงฯ 2. กันชนบริเวณที่อยู่ระหว่างตัวรองรับทั้งสองจะถูกกดอัดจนด้านที่ชิดกับกำแพงฯจะเสียรูปของส่วนโค้งของวงกลมไปแต่ด้านตรงข้ามโดยรวมแล้วยังคงสภาพส่วนโค้งของวงกลมอยู่ และ 3. ที่ปลายของกันชนทั้งสองด้านจะถูกเนื้อวัสดุส่วนที่ถูกกดตั้งให้เกิดการโค้งงอ

3. เมื่อเกิดการชนกระแทกความเร่งที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นความหน่วง (Deceleration) เพราะความเร็วของกันชนลดลงและค่าของความเร่งที่เกิดขึ้นจะมีค่าค่อนข้างสูงคืออยู่ในช่วง 18,000 ถึง 39,000 เมตรต่อวินาที² ในช่วงของตัวแปรที่ทำการศึกษา โดยการชนกระแทกของกันชนความหนา 3 มิลลิเมตร ด้วยความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะมีความเร่งเป็น 31,000 เมตรต่อวินาที²

4. ความเร็วชนกระแทกและความหนาของกันชนมีผลโดยตรงต่อความเร่งสูงสุดที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก ในขณะที่เกิดการชนกระแทกแต่ความหนาจะส่งผลน้อยกว่าความเร็วชนกระแทก

5. เมื่อความหนาของกันชนมากและความเร็วที่พุ่งเข้าชนสูงกันชนจะสามารถดูดซับพลังงานได้ดีกว่ากันชนที่มีความหนาน้อย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการจำลองสภาพรถยนต์ทั้งคันเพื่อหาความเร่งสำหรับรถยนต์ทั้งคัน เนื่องจากความเร่งที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นเพียงความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกเท่านั้น

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับกันชนรถยนต์บรรทุกที่มีลักษณะแบบอื่นๆ และลักษณะของการชนกระแทกแบบอื่นๆ

3. ควรมีการศึกษาถึงพฤติกรรมการเสียรูปและความเร่งในชิ้นส่วนที่ต่อเข้ากับกันชน และศึกษาการเสียรูปของตัวถังของรถบรรทุกทั้งคัน

4. ควรมีการทำการศึกษาทดสอบจริงเพื่อตรวจสอบและผลที่ได้จากการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ทรงชัย ฟองสมุทร. (2549). **วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เบื้องต้น**. เชียงใหม่: โครงการตำราภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. (2542). **ปฏิบัติการทดสอบการรับแรงดึงของวัสดุ**. พิษณุโลก: คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [3] มนตรี พิรุณเกษตร. (2549). **กลศาสตร์ของของแข็ง**. กรุงเทพฯ: บริษัทจูนพับลิชชิง
- [4] สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. [เพิ่มข้อมูล]. **สถิติอุบัติเหตุจราจร**. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2553, จาก http://statistic.ttp.police.go.th/traff_main.htm.





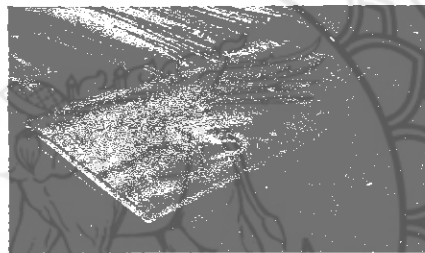
ภาคผนวก ก

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนของการใช้งานเครื่องทดสอบดึง รวมถึงการตั้งค่าเครื่องทดสอบให้มีความสมบูรณ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากการศึกษาถึงการเสียรูปและความเร่งของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกนั้นจำเป็นต้องรู้คุณสมบัติของเหล็กเพื่อนำไปเป็นข้อมูลใส่ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางไฟไนต์เอลิเมนต์ในการจำลองสภาพการชนต่อไป การตั้งค่าต่างๆ ของเครื่องทดสอบดึงอธิบายได้ดังนี้

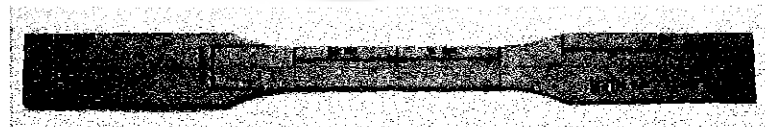
1. จัดเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบดึงตามมาตรฐานการทดสอบดึง

1.1 เริ่มจากการดำเนินการหาแผ่นเหล็กที่มี ขนาดของความหนา 1.2 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 ก แสดงลักษณะแผ่นเหล็ก

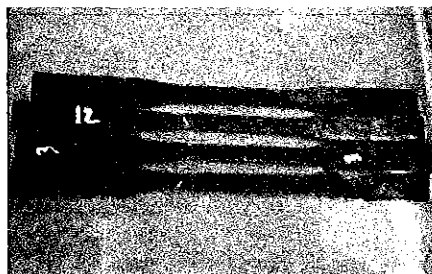
1.2 ออกแบบชิ้นงานที่ทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบดึง (ASTM) โดยความยาว 220 mm. หนา 1.2 mm. ความกว้างส่วนหัวจับ 20 mm. ความกว้างจุดทดสอบ 12.3 mm. ความยาวจุดทดสอบ 60 mm. ความยาวบริเวณหัวจับทดสอบ 60 mm. (ดังรูปที่ 2 ก)



รูปที่ 2 ก แสดงลักษณะชิ้นงานตามมาตรฐานทดสอบดึง(หน่วย mm.)

1.3 นำชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้แล้วในรูปที่ 2 ก ไปทำการตัดออกมาจำนวน 15 ชิ้น

1.4 จะได้ชิ้นงานออกมาลักษณะตามรูปที่ 3 ก



รูปที่ 3 ก แสดงแผ่นเหล็กที่ทำการตัดเป็นชิ้นงาน

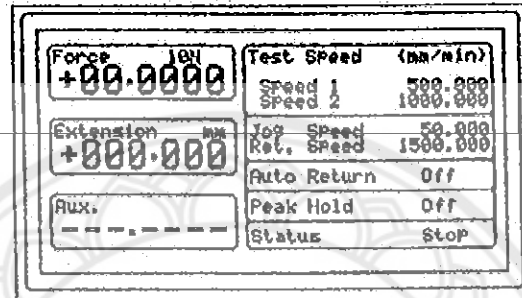
2. ทดสอบดึงตามมาตรฐานการทดสอบดึง

2.1 นำชิ้นงานที่จัดเตรียมจากข้อ 1 ที่ได้จำนวน 15 ชิ้น มาทำความสะอาดและตรวจสอบความพร้อมที่จะใช้ในการทดสอบการดึงมาตรวจสอบค่าดังตารางที่ 1 ก ตารางที่ 1 ก แสดงค่าต่าง ๆ ในชิ้นงาน

ชิ้นงานที่	ความยาว (mm)	ความหนา (mm)	ความกว้าง (mm)
1	220	1.2	12.3
2	220	1.2	12.3
3	220	1.2	12.3
4	220	1.2	12.3
5	220	1.2	12.3
6	220	1.2	12.3
7	220	1.2	12.3
8	220	1.2	12.3
9	220	1.2	12.3
10	220	1.2	12.3
11	220	1.2	12.3
12	220	1.2	12.3
13	220	1.2	12.3
14	220	1.2	12.3
15	220	1.2	12.3

2.2 ติดตั้ง load cell ขนาด 50 kN พร้อมหัวจับชิ้นงานเข้ากับ Crosshead และฐานเครื่อง แล้วต่อสายสัญญาณ load cell เข้าที่ Crosshead (ทางห้องปฏิบัติการทดสอบแรงดึงได้ติดตั้งให้ไว้แล้ว)

2.3 เปิดสวิตช์เครื่องทดสอบ จะใช้เวลาประมาณ 5 วินาที จะปรากฏหน้าจอตั้งแสดงในรูปที่ 4 ก



รูปที่ 4 ก แสดงหน้าจอแสดงผลเวลาเปิดสวิตช์เครื่องทดสอบตั้ง

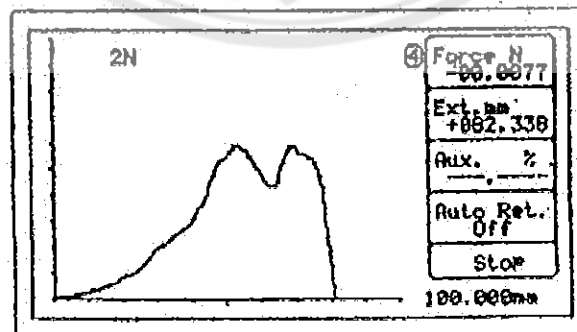
ทำการป้อนข้อมูลตัวแปรการทดสอบ

2.4 โดยเข้าสู่ Main Menu Screen ด้วยการกดปุ่ม [ENTER] เลือก [1] เพื่อตั้งค่าความเร็ว Speed = 100 mm/min เสร็จแล้วกดปุ่ม [ENTER]

2.5 เลือก [3] เพื่อตั้งค่า Auto Return = Stop เสร็จแล้วกด [ENTER]

2.6 เลือก [4] เพื่อตั้งค่า Force Limit = 90.000% ; ค่าอื่นๆ ตั้งเป็น off เสร็จแล้วกด [ENTER]

2.7 เลือก [6] เพื่อตั้งค่าให้เป็น Graph Display ลักษณะการแสดงผลดังรูปที่ 5 ก



รูปที่ 5 ก แสดงผลเวลาดึงแบบ Graphic Display Mode

2.8 เลือก [7] เพื่อตั้งค่า Result > Program > Result Unit = Stress เสร็จแล้วกด

[ENTER]

2.9 เลือก [8] เพื่อตั้งค่า Default > Force Unit = Newton; Extension Unit =

Millimeter

2.10 เลือก [9] เพื่อป้อนค่าความหนาและความกว้างของชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้

ทำการป้อนค่าข้อมูลตัวแปรการพิมพ์

2.11 เลือก [5] เพื่อตั้งค่า Identifier: Subject; Group; Date/Time = 12/11/2010;

Material = Strain Less เสร็จแล้วกด [ENTER]

2.12 เลือก [8] เพื่อตั้งค่า Printer Setup > Curves per page = 5, > Curve offset =

5%, > Print out = Result/Graph เสร็จแล้วกด [ENTER]

การจับยึดชิ้นงาน

2.13 จับชิ้นงานแผ่นเหล็กที่เตรียมไว้แล้วชิ้นที่ 1 เข้ากับหัวจับตัวบน ชิ้นยึดให้แน่น ส่วนหัวจับตัวล่างเปิดกว้างเอาไว้ ดังแสดงรูปที่ 6 ก ประกอบ

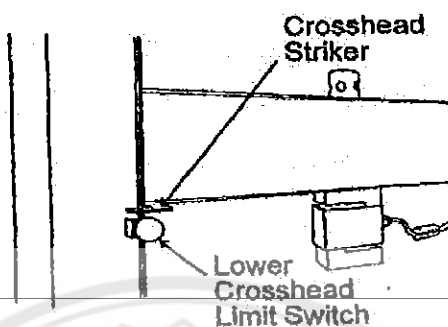


รูปที่ 6 ก การจับชิ้นงานทดสอบด้านบน

2.14 กดปุ่ม [STOP] บนแผงควบคุมเพื่อให้ LED กระพริบ แล้วตั้งค่าตำแหน่งของชิ้นงานด้วยปุ่มลูกศร [UP] และ [DOWN] (เรียกว่า jogging) จนชิ้นงานอยู่ในปากของหัวจับตัวล่างพอดี

2.15 กดปุ่ม [STOP] เพื่อให้ LED หยุดกะพริบ (สว่างนิ่ง)

2.16 ตั้งค่า mechanical limit switch อื่นต่างให้อยู่ต่ำกว่าตำแหน่งของตัวพา (crosshead striker) ประมาณ 1 เซนติเมตร ดูรูปที่ 7 ก ประกอบ



รูปที่ 7 ก แสดงตำแหน่งของตัวพา (crosshead striker) ประมาณ 1 เซนติเมตร

2.17 กดปุ่ม [F1] Zero Force เพื่อตั้งค่าแรงให้เป็นศูนย์ และกดปุ่ม [F2] Zero Extension เพื่อตั้งค่าระยะยืดให้เป็นศูนย์

2.18 ขันหัวจับชิ้นงานตัวล่างให้จับชิ้นงานจนแน่น (คล้ายรูปที่ 6 ก)

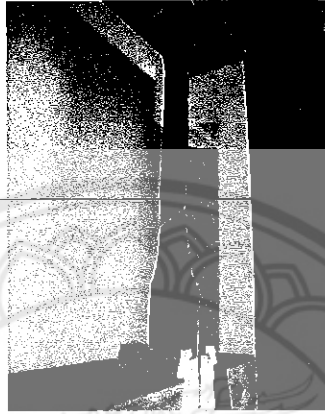


รูปที่ 8 ก การจับชิ้นงานทดสอบด้านล่าง

2.19 ตรวจสอบดูให้แน่ใจก่อนว่า LED ที่ปุ่ม [TEST] สว่างนิ่งแล้ว แสดงว่าพร้อมที่จะทดสอบ ถ้า LED ดับ ให้กดปุ่ม [TEST] อีกครั้งหนึ่ง LED จะสว่างนิ่ง

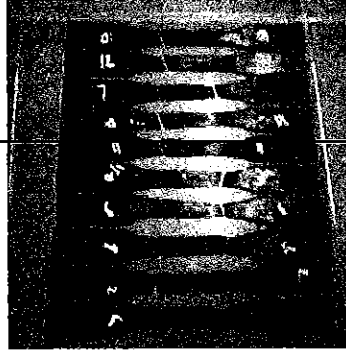
2.20 การทดสอบ กดปุ่มถูกตร [UP] เครื่องจะทำการทดสอบโดยการดึงขนาดตาม limit ที่ระบุไว้

2.21) เมื่อนำชิ้นงานขาดแล้วนำชิ้นงานที่ขาดออกจากกันทั้งสองส่วนออกมาวางต่อกัน แล้ววัดความยาวรวม (ในกรณีทีชิ้นงานถูกดึงจนเครื่องหยุด แต่ชิ้นงานไม่ขาด ให้ทำการกดปุ่มถูกตร [UP] จนชิ้นงานขาดแล้วกดปุ่ม [STOP] จากนั้นจึงทำต่อไปตามปกติ)



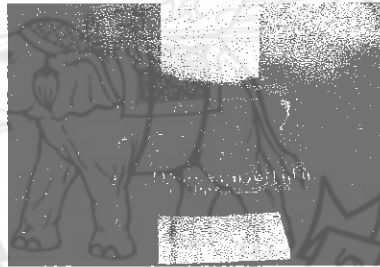
รูปที่ 9 ก แสดงการรอยขาดของชิ้นงานทดสอบ

- 2.22 เมื่อนำชิ้นงานที่ขาดออกมาแล้ว กดปุ่ม [F5] หัวจับบนจะเคลื่อนที่กลับลงมาที่ตำแหน่งศูนย์
- 2.23 เปลี่ยนชิ้นงานใหม่ใส่เข้าไปในปากจับของหัวจับบน แล้วทำตามขั้นตอนการจับยึดชิ้นงาน
- 2.24 ทำการทดสอบจนกว่าจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกันจำนวน 5 ค่า (ในที่นี้ผู้ทดสอบทำการทดสอบจำนวน 9 ครั้ง)



รูปที่ 10 ก ชั้นงานที่ทดสอบแล้ว

2.25 กด [F4] เครื่องจะพิมพ์ผลการทดลองเป็นกราฟ จำนวน 9 แผ่น (ดังรูปที่ 11 ก) พร้อมผลทดลองที่เป็นตัวเลขแต่ละจุด 8 จุด หลังจากพิมพ์ผลการทดสอบแล้วให้กด [F1] เพื่อลบข้อมูลทั้ง 9 ชุดออกจากหน่วยความจำ



รูปที่ 11 ก แสดงพิมพ์ผลการทดสอบแรงดึง

2.26 ปิดเครื่องหลังจากการทดสอบทำเสร็จทุกอย่างแล้วถอดชิ้นงานออกจากหัวจับ

2.27 ปิดสวิทช์เครื่องทดสอบ

2.28 ถอดหัวจับตัวบนออกจากเครื่องทดสอบ เพราะไม่ให้เป็นน้ำหนักถ่วง load cell แล้วทำความสะอาดตรวจสอบสถานที่ทดสอบให้อยู่ในสภาพพร้อมก่อนใช้งาน

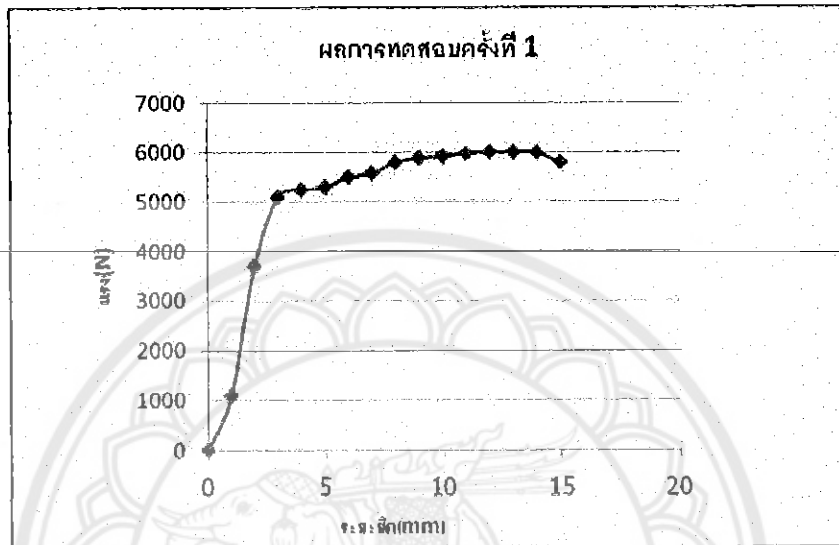
3. ค่าที่ได้จากการทดสอบโดยการจذبบันทึก
ตารางที่ 2 ก แสดงค่าที่จذبบันทึกหลังการทดสอบ

ผลการทดสอบครั้งที่	ความยาวเริ่มต้น (mm)	ความยาวหลังทดสอบ (mm)	ระยะที่ยืดออก (mm)
1	220	240	20
2	220	240.5	20.5
3	220	245	25
4	220	240	20
5	220	240.3	20.3
เฉลี่ยทั้ง 5 ผลการทดสอบ	220	241.16	21.16

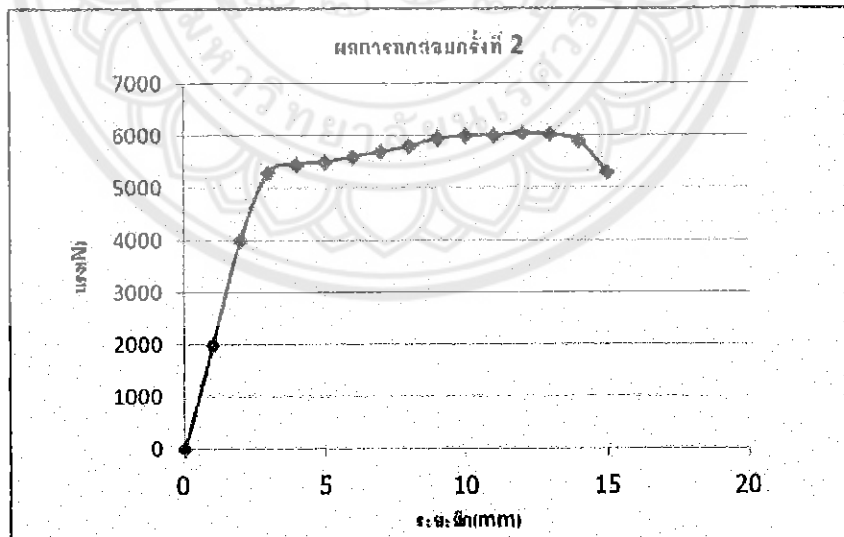


ภาคผนวก ข

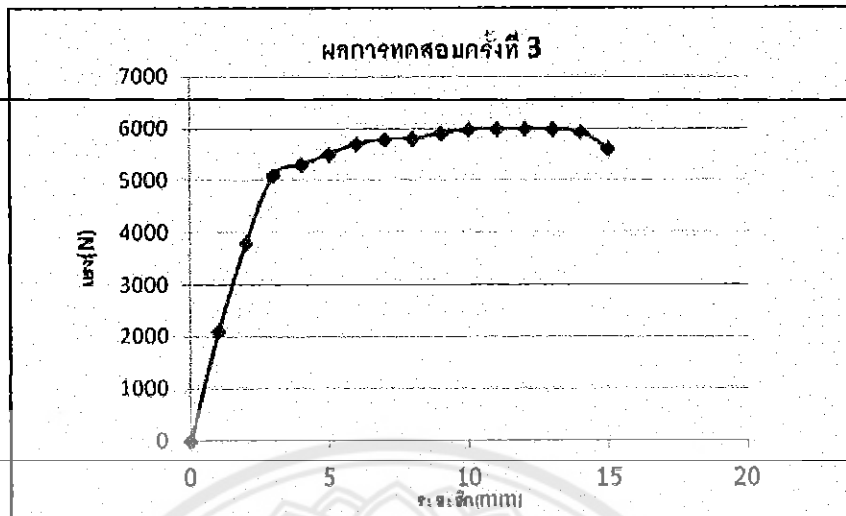
ในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบการดึงเหล็กทั้ง 5 การทดสอบซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



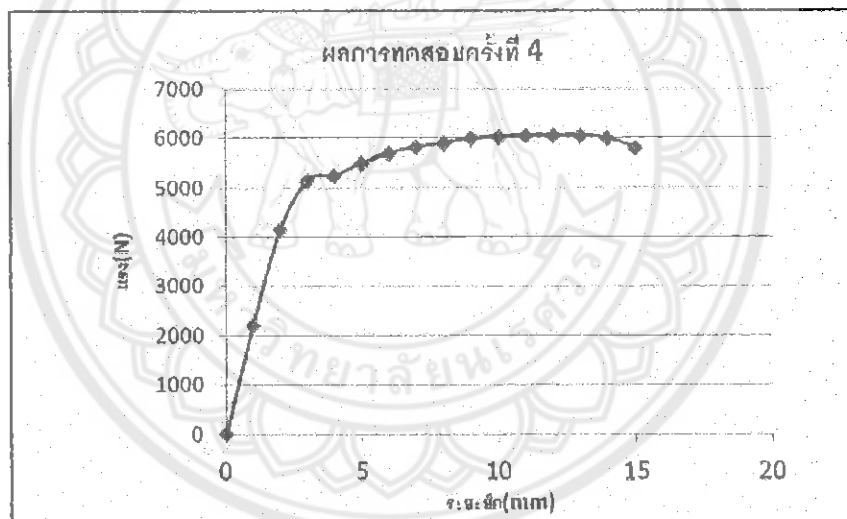
รูปที่ 1 ข ผลการทดสอบการดึงครั้งที่ 1



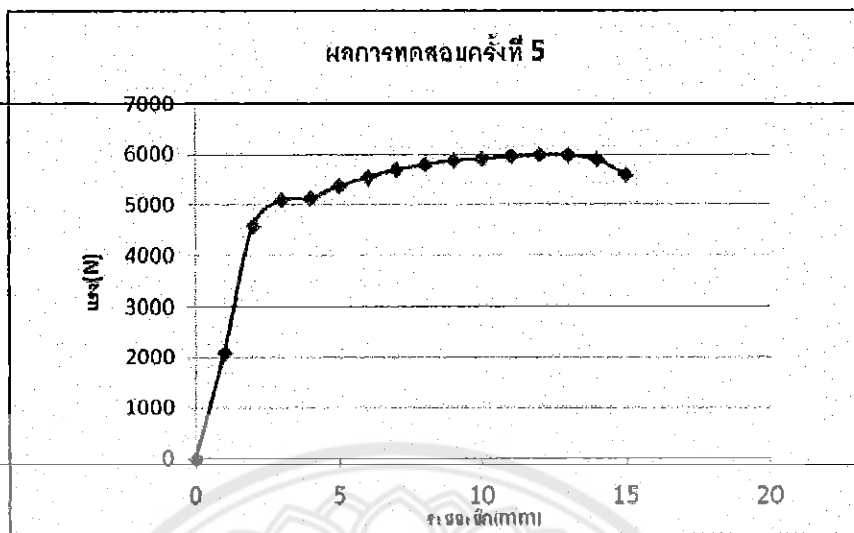
รูปที่ 2 ข ผลการทดสอบการดึงครั้งที่ 2



รูปที่ 3 ข ผลการทดสอบการดึงครั้งที่ 3



รูปที่ 4 ข ผลการทดสอบการดึงครั้งที่ 4



รูปที่ 5 ข ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 5



ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ นายธีรวัฒน์ วงศ์ด้วง
วันเดือนปีเกิด 1 กุมภาพันธ์ 2531
ภูมิลำเนา 49 ม.4 ต.ป่าตัน อ.แม่ทะ
 จ. ลำปาง 52150
ประวัติการศึกษา จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 จากโรงเรียนมัธยมวิทยา
 จังหวัดลำปาง ปีการศึกษา 2549
E-mail Deaklampang@hotmail.com



ชื่อ นายนัทธี ลิจิต
วันเดือนปีเกิด 10 เมษายน 2531
ภูมิลำเนา 24 ม.4 ต.บ้านตึก อ.ศรีสันดาลย์
 จ.สุโขทัย 64130
ประวัติการศึกษา จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 จากโรงเรียนเมืองดั่งวิทยา
 จังหวัดสุโขทัย ปีการศึกษา 2549
E-mail Nattee_love10@hotmail.com

