

แรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก

ในการชนกระแทกแนวตรง

IMPACT FORCE OF TRUCK'S FRONT BUMPER
IN DIRECT CRASHING

นายไทรรัฐ	น่วมน้อย	รหัส 50380409
นายไพโรจน์	การุญบริรักษ์	รหัส 50381185

ชื่อผู้ลงทะเบียน	การุญบริรักษ์
วันที่รับ	21, ก.ค. 2554
เลขทะเบียน	15554950
เลขเรียกหนังสือ	ร.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๗๙๕๔๘	

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
 ปีการศึกษา 2553



ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อโครงการ : แร่ชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชน
กระแทกแนวตรง

ผู้ดำเนินโครงการ : นายไทยรัฐ น่วมน้อย รหัสนิต 50380409
นายไพโรจน์ การุญบริรักษ์ รหัสนิต 50381185

ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์ช่อศิร ประสิทธิ์ศักดิ์

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

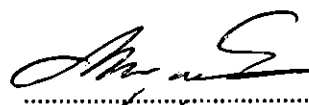
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

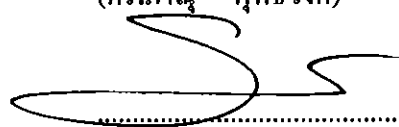
ปีการศึกษา : 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรมเครื่องกล


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(อาจารย์ช่อศิร ประสิทธิ์ศักดิ์)


.....กรรมการ
(ดร.ภาณุ พุทธวงศ์)


.....กรรมการ
(ดร.ศลิษา วีรพันธุ์)

หัวข้อโครงการ : แรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชน
กระแทกแนวตรง

ผู้ดำเนินโครงการ : นายไทยรัฐ น่วมน้อย รหัสบัณฑิต 50380409
นายไพโรจน์ การบุญบริรักษ์ รหัสบัณฑิต 50381185

ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์อัคริสร ประสิทธิ์ศักดิ์

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2553

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาแรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงเพื่อศึกษาแรงชนกระแทกที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกเมื่อเกิดอุบัติเหตุในลักษณะการชนกระแทกด้านหน้าค้ำกำแพงแข็งเกร็งของกันชนที่สร้างจากแผ่นสแตนเลสที่มีความหนา 3 มิลลิเมตรและเกิดการชนกระแทกที่ความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางไฟไนต์เอลิเมนต์ในการจำลองสภาพการชนกระแทก นอกจากนี้ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่มีการเปลี่ยนแปลงของความหนากันชนและความเร็วชนกระแทกคือ เปลี่ยนค่าความหนาจำนวน 3 ค่า คือ 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร และเปลี่ยนค่าความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า คือ 51, 58, 64, 70 และ 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ผลจากการจำลองสภาพพบว่าการชนกระแทกของกันชนความหนา 3 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมงนั้น เกิดแรงชนกระแทกประมาณ 230 kN และพบว่าแรงชนกระแทกจะแปรผันโดยตรงต่อทั้งความหนากันชนและความเร็วชนกระแทก โดยที่การเปลี่ยนแปลงความหนากันชนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแรงชนกระแทกมากกว่าผลจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วชนกระแทก และพบว่าค่าของแรงชนกระแทกจากการจำลองสภาพการชนกระแทกของกันชนความหนา 2 และ 3 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 64, 70 และ 77 กิโลเมตร มีความคลาดเคลื่อนจากค่าของแรงชนกระแทกทางทฤษฎีประมาณ 10%

Project Title : Impact force of truck' s front bumper in direct crashing
Name : Mr. Thairat Noumnoi Student ID. 50380409
Mr. Pairote Karunboriruk Student ID. 50381185
Project Advisor : Mr. Adisorn Prasitsak
Major : Mechanical Engineering
Department : Mechanical Engineering
Academic Year : 2010

Abstract

This project studies an impact force of truck' s front bumper in direct crashing. This impact force occurs when there is frontal collision of vehicle into a rigid wall. The bumper is made from stainless 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 result of the 3 mm bumper thickness with the 64 km/h impact velocity show that the impact force is 230 kN. The impact force is direct variation to the thickness and velocity. The simulation result also shows that the change of thickness affects the impact force more than the change of impact velocity. The impact force of simulation and calculated value is also compared. The results of the simulation of 2 and 3 mm thickness and 64, 70 and 77 km/h impact velocity are about 10% different from the value calculated.

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โดยมุ่งเน้นในเรื่องวิเคราะห์แรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรง ซึ่งจากการดำเนินงานพบว่าแรงชนกระแทกจะแปรผันโดยตรงต่อทั้งความหนาของกันชนและความเร็วชนกระแทก โดยที่การเปลี่ยนแปลงความหนาของกันชนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแรงชนกระแทกมากกว่าผลจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วชนกระแทก

โครงการเรื่องการศึกษาแรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้ สำเร็จได้ด้วยดี เพราะการดูแลเอาใจใส่และความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จากท่านอาจารย์ อติสร ประสิทธิ์ศักดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการทุกท่านที่ช่วยกรุณาให้คำแนะนำในเรื่องการเตรียมตัวตอบคำถามรวมทั้งให้ข้อคิดต่างๆ ตลอดจนให้ความเอาใจใส่ในการตรวจสอบแก้ไขและปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆด้วยดีมาตลอด ผู้ดำเนินงานจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกภาควิชา รวมทั้งภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือแนะนำ ท้ายสุดนี้ผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่สนับสนุนให้กำลังใจและความเป็นห่วงเป็นใยแก่ผู้ดำเนินโครงการอย่างดียิ่งจนสำเร็จการศึกษาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้ดำเนินโครงการ

สารบัญ

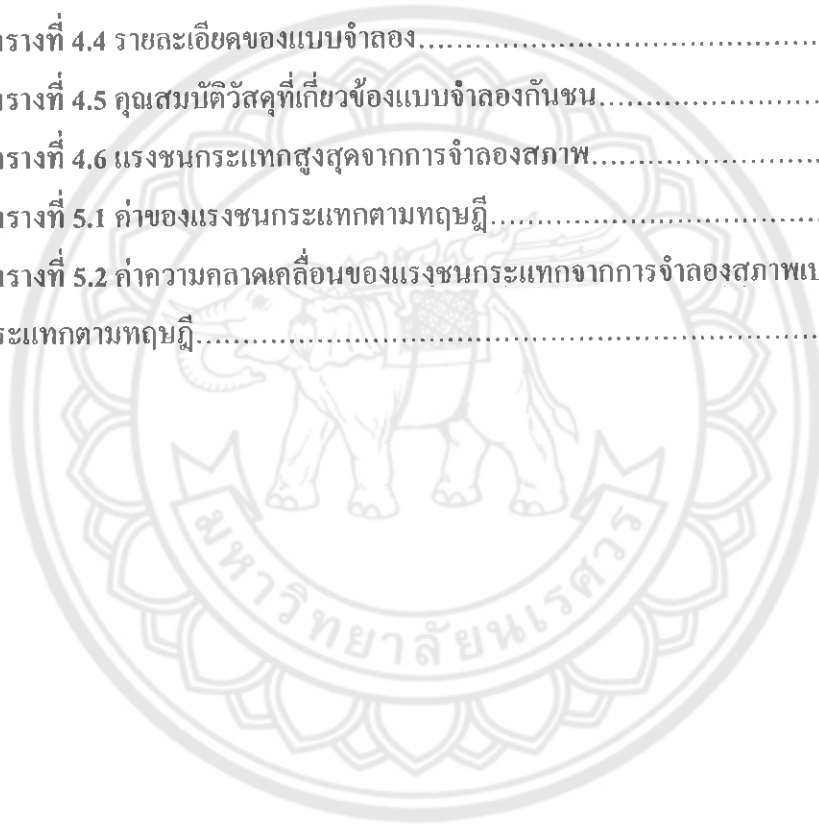
	หน้าที่
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ซ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของ โครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	4
1.3 ขอบเขตของ โครงการ.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.5 วิธีการดำเนินงาน.....	5
1.6 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน.....	6
1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน.....	6
1.8 อุปกรณ์ที่ใช้.....	6
1.9 งบประมาณที่ใช้.....	6
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....	7
2.1 ทฤษฎีการกระแทก – สัมผัส (Impact-Contact Theory).....	7
2.2 พลังงานเครียด (Strain Energy).....	13
2.3 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method).....	14
2.4 คุณสมบัติวัสดุ (Material Property).....	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	20
3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	20
3.2 การทดสอบคั้งแผ่นสเดนเลส.....	21
3.3 การจำลองสภาพการชนกระแทก.....	21
3.4 การนำเสนอผลการศึกษา.....	22
3.5 การวิเคราะห์และสรุปผลการจำลองสภาพ.....	22
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	23
4.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	23
4.2 การทดสอบคั้งแผ่นสเดนเลส.....	25
4.3 การจำลองสภาพการชนกระแทก.....	31
4.4 ผลการจำลองสภาพการชนกระแทก.....	39
4.5 วิจาร์ณัผลการจำลองสภาพ.....	44
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการจำลองสภาพ.....	46
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	46
5.2 สรุปผลการทดลอง.....	48
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	48
เอกสารอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก.....	50
ประวัติผู้จัดทำโครงการ.....	58

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาและแผนปฏิบัติงานในการดำเนิน โครงการ.....	6
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติวัสดุของสแตนเลส เกรด 304.....	19
ตารางที่ 4.1 มิติกงกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกตัวอย่าง.....	24
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลรถยนต์บรรทุก.....	24
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลคุณสมบัติวัสดุของแผ่นสแตนเลสทดสอบ.....	30
ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของแบบจำลอง.....	31
ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติวัสดุที่เกี่ยวข้องแบบจำลองกันชน.....	35
ตารางที่ 4.6 แรงชนกระแทกสูงสุดจากการจำลองสภาพ.....	44
ตารางที่ 5.1 ค่าของแรงชนกระแทกตามทฤษฎี.....	47
ตารางที่ 5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของแรงชนกระแทกจากการจำลองสภาพเปรียบเทียบกับแรงชน กระแทกตามทฤษฎี.....	47



สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

รูปที่ 1.1 จำนวนรถยนต์บรรทุกทุกส่วนบุคคลจดทะเบียนใหม่ระหว่าง พ.ศ.2540-2553.....	1
รูปที่ 1.2 ร้อยละการเสียชีวิตจากสาเหตุต่างๆ 5 อันดับในประเทศไทย พ.ศ.2541-2550.....	2
รูปที่ 1.3 มูลค่าความเสียหายจากอุบัติเหตุจราจร.....	2
รูปที่ 1.4 รถยนต์บรรทุกทุกส่วนบุคคลที่เกิดอุบัติเหตุทางจราจร.....	3
รูปที่ 1.5 การติดตั้งกันชนรถยนต์บรรทุกทุกส่วนบุคคล.....	3
รูปที่ 2.1 แบบจำลองการสัมผัสกันระหว่างวัตถุ A และ B.....	8
รูปที่ 2.2 เวกเตอร์ในพิกัดเฉพาะที่ ณ ผิวสัมผัส อ้างอิงจากผิวดังกล่าว.....	9
รูปที่ 2.3 เวกเตอร์ความเร็วพิจารณา ณ จุดสัมผัส (แสดง โดยแยกจุดสัมผัสออกจากกัน).....	10
รูปที่ 2.4 แท่งตรงได้รับภาระภายนอก P ทำให้ยืดออกเป็นระยะ dx.....	14
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างเอลิเมนต์แบบต่างๆ.....	15
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการแบ่งแบบจำลองออกเป็นเอลิเมนต์เล็กๆ.....	15
รูปที่ 2.7 ภาพแสดงผังระดับของความเค้นบนชิ้นงานหนึ่งด้วยโปรแกรมแสดงผล.....	18
รูปที่ 4.1 ลักษณะกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก.....	23
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างแผ่นสแตนเลส.....	25
รูปที่ 4.3 รูปร่างการจัดเตรียมตัวอย่างทดสอบดึงแผ่นสแตนเลส.....	25
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างแผ่นสแตนเลสทดสอบดึง.....	26
รูปที่ 4.5 การติดตั้งตัวอย่างทดสอบดึงเข้ากับเครื่องทดสอบ.....	26
รูปที่ 4.6 ตัวอย่างทดสอบที่ผ่านการทดสอบดึงจนขาดออกจากกัน.....	27
รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 1.....	27
รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 2.....	28
รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 3.....	28
รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 4.....	29
รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 5.....	29
รูปที่ 4.12 คู่มือค่าของแรงดึงและระยะยืดเฉลี่ยของการทดสอบดึงแผ่นตัวอย่างสแตนเลส.....	30
รูปที่ 4.13 ภาพรวมของแบบจำลอง.....	32
รูปที่ 4.14 การจัดวางตำแหน่งของแบบจำลองทั้ง 3.....	32
รูปที่ 4.15 การสร้างเส้นใน AutoCAD.....	33

สารบัญรูปรูปภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 4.16 แบบจำลองที่ถูกแบ่งเอลิเมนต์.....	34
รูปที่ 4.17 ตัวอย่างข้อมูลแบบจำลองสำหรับสร้างไฟล้นำเข้า.....	34
รูปที่ 4.18 การกำหนดคุณสมบัติของแบบจำลองในไฟล้นำเข้า.....	35
รูปที่ 4.19 การกำหนดการบังคับการเคลื่อนที่ในไฟล้นำเข้า.....	37
รูปที่ 4.20 การกำหนดคู่สัมผัสในไฟล้นำเข้า.....	37
รูปที่ 4.21 การกำหนดผลลัพธ์ในไฟล้นำเข้า.....	38
รูปที่ 4.22 การทำงานของโปรแกรมขณะประมวลผล.....	39
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆของการชน กระแทกที่ความเร็วทั้ง 5 ค่าของกันชนความหนา 1 มิลลิเมตร.....	40
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆของการชน กระแทกที่ความเร็วทั้ง 5 ค่าของกันชนความหนา 2 มิลลิเมตร.....	40
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆของการชน กระแทกที่ความเร็วทั้ง 5 ค่าของกันชนความหนา 3 มิลลิเมตร.....	41
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆของการชน กระแทกที่มีความหนาทั้ง 3 ค่าที่ความเร็ว 51 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	42
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆของการชน กระแทกที่มีความหนาทั้ง 3 ค่าที่ความเร็ว 58 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	42
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆของการชน กระแทกที่มีความหนาทั้ง 3 ค่าที่ความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	43
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆของการชน กระแทกที่มีความหนาทั้ง 3 ค่าที่ความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	43
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆของการชน กระแทกที่มีความหนาทั้ง 3 ค่าที่ความเร็ว 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง.....	44
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชน.....	46

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

A	Cross-sectional Area	พื้นที่หน้าตัด (m^2)
\underline{B}	Matrix relating strains to nodal displacements	เมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและการเสียรูปที่โหนด
C	Cosine direction	ทิศทางโคไซน์
\underline{d}	global nodal displacement	พิกัดของเอลิเมนต์ การเสียรูปของโหนดในพิกัดรวม
\underline{d}'	local nodal displacement	พิกัดของเอลิเมนต์ การเสียรูปของโหนดในพิกัดเฉพาะที่
\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}_Q	heat source force matrix	เมทริกซ์ของแหล่งกำเนิดความร้อน
\underline{f}_s	surface force matrix	เมทริกซ์ของแรงที่ผิว
\underline{F}	global-coordinate structure force matrix	เมทริกซ์ของแรงทั้งโครงสร้างในพิกัดรวม
\underline{F}_0	equivalent force matrix	เมทริกซ์ของแรงเทียบเท่า
g	temperature gradient matrix	เมทริกซ์ของแรงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ
h	heat-transfer coefficient	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 \cdot K$)

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

I	principal moment of inertia	โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ (m^4)
J	Jacobian matrix	เมทริกซ์ของจาโคเบียน
k	spring stiffness	สทิตีเฟเนสเมทริกซ์
\underline{k}	global-coordinate element stiffness matrix	สทิตีเฟเนสเมทริกซ์ของเอลิเมนต์ใน- พิกัดรวม
\underline{k}'	local-coordinate stiffness matrix	สทิตีเฟเนสเมทริกซ์ของเอลิเมนต์ใน- พิกัดเฉพาะที่
\underline{K}	global-coordinate structure stiffness matrix	สทิตีเฟเนสเมทริกซ์ของทั้ง- 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 (W/m^2)
Q	heat source generated per unit volume	ค่าการกำเนิดความร้อนต่อ- ปริมาตร
R	residual in Galerkin's integral	เศษของวิธีอินทิเกรทของกาลเลอร์- คิน
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 ($^{\circ}K$)
U	strain energy	ค่าพลังงานเครียด
ΔU	change in stored energy	ค่าการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน- เครียด
\underline{X}	body force matrix	เมทริกซ์ของแรงเนื่องจากน้ำหนัก

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

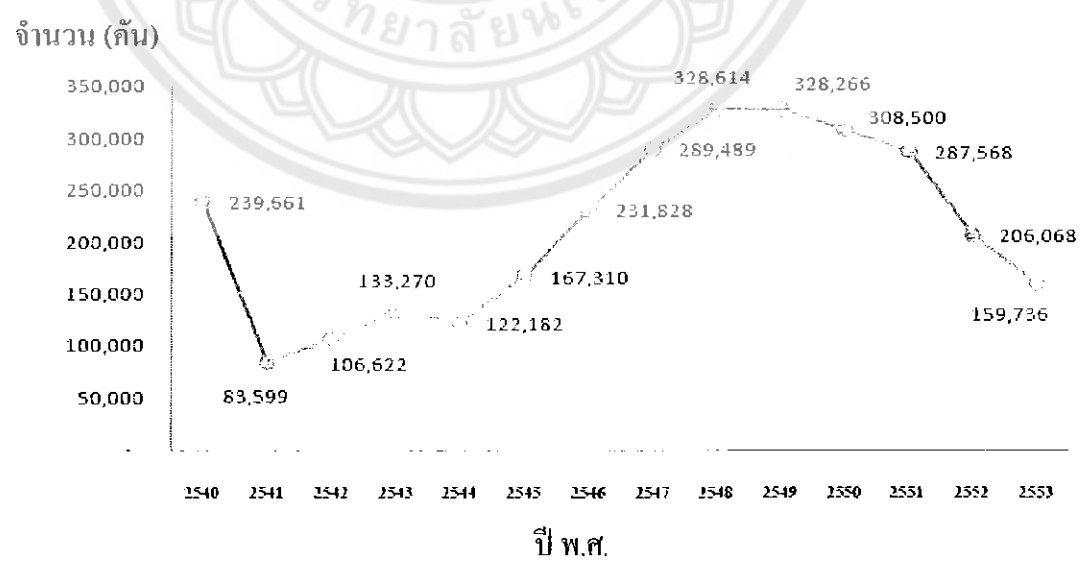
α	coefficient of thermal expansion	สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิ ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
δ	spring or bar deformation	การเสีรูปของสปริงหรือแท่งวัสดุ
ε	normal strain	ความเครียด
ν	passion ratio	อัตราส่วนปัวซอง
Π	total potential energy	พลังงานศักย์ทั้งหมด
Ω	potential energy of forces	พลังงานศักย์เนื่องจากแรง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

บทที่ 1

บทนำ

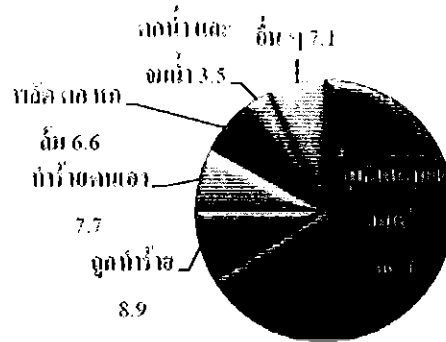
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

การเจริญเติบโตในหลายๆ ภาคส่วนของประเทศไทยทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ทำให้กิจกรรมทางด้านการคมนาคมขนส่งทางบกเข้ามามีบทบาทอย่างมากเพื่อรองรับความเจริญเติบโตนี้ อีกทั้งความต้องการใช้ยานพาหนะในการเดินทางเพื่อดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้ทำให้ปัจจุบันมียานพาหนะแบบต่างๆ บนท้องถนนเป็นจำนวนมาก รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคลหรือที่เรียกว่า “รถปิกอัพ” หรือ “รถกระบะ” เป็นยานพาหนะที่จำเป็นต่อการขนส่งและค้าขายในปัจจุบัน เนื่องจากมีความคล่องตัวและสามารถใช้งานได้หลายหน้าที่ จึงเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งในช่วงเวลาที่ผ่านมายุทธศาสตร์การผลิตรถยนต์และชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้อง ได้ขยายตัวเป็นอย่างมาก โดยในระหว่างปี 2547 ถึง 2549 ได้มีรถยนต์ปิกอัพจดทะเบียนใหม่สูงขึ้นปีละประมาณ 1 แสนคันและทำให้มียอดการจดทะเบียนสะสมรวมของรถปิกอัพถึงเดือนกรกฎาคม 2553 มีจำนวนประมาณเกือบ 5 ล้านคัน ซึ่งทำให้รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคลเพิ่มสะสมขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าในปี 2550 ถึง 2553 ยอดการจดทะเบียนจะลดลงก็ตาม ดังแสดงในรูป 1.1 และเมื่อรวมกับยานพาหนะประเภทอื่นแล้วพบว่ามีพาหนะที่ได้รับการจดทะเบียนสะสมทั่วประเทศประมาณ 26 ล้านคัน



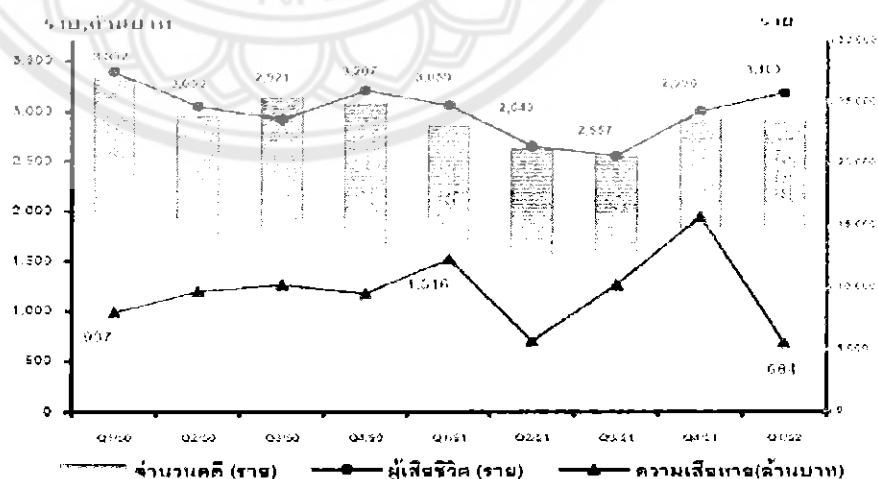
รูปที่ 1.1 จำนวนรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคลจดทะเบียนใหม่ ระหว่าง พ.ศ. 2540 – 2553
ที่มา: กรมการขนส่งทางบก (2553)

ร้อยละการเสียชีวิตจากสาเหตุต่าง ๆ 5 อันดับ
ในประเทศไทย พ.ศ. 2541-2550



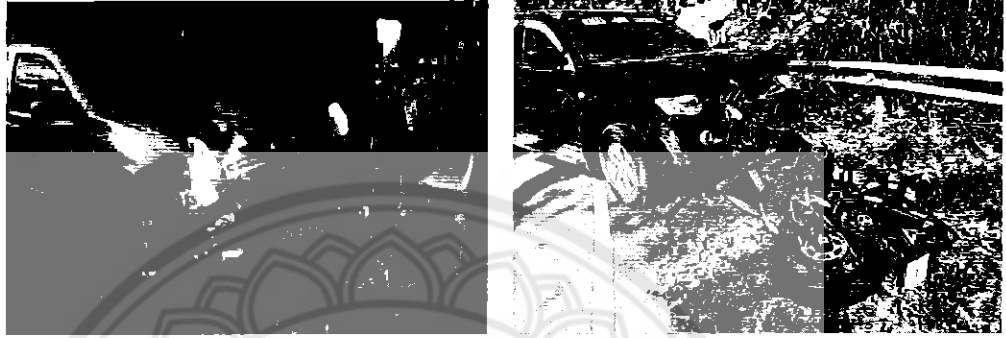
รูปที่ 1.2 ร้อยละการเสียชีวิตจากสาเหตุต่าง ๆ 5 อันดับในประเทศไทย พ.ศ. 2541-2550
ที่มา: สถาบันการณเฑาะวโน้มน้การบาดเจ็บและอุบัติเหตุการชนสง พ.ศ. 2541-2550
สำนักกระบาดวิทยากระทรวงสาธารณสุข (2551)

เมื่อมีการใช้ยานพาหนะรถยนต์บรรทุกบนท้องถนนเป็นจำนวนมาก จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจราจรในลักษณะต่างๆ และนำมาซึ่งการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน เมื่อพิจารณาถึงการเสียชีวิตด้วยสาเหตุต่างๆ ในประเทศไทย ดังรูปที่ 1.2 จะพบว่าอุบัติเหตุด้านการขนส่งนั้นเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตในประเทศไทย โดยมีสัดส่วนสูงถึง 66 % ส่วนความสูญเสียที่เกิดจากอุบัติเหตุจราจรพบว่าการสูญเสียชีวิตและการบาดเจ็บนั้นมีมูลค่าความเสียหายต่อปีมากกว่า 3,000 ล้านบาทต่อปี ดังแสดงในรูปที่ 1.3



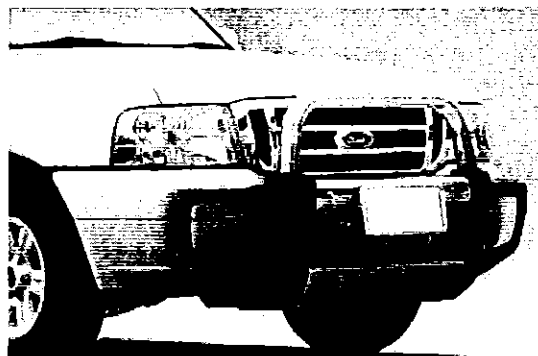
รูปที่ 1.3 มูลค่าความเสียหายจากอุบัติเหตุจราจร
ที่มา: ศูนย์ข้อมูลข้อสนเทศ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (2553)

ปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุได้แก่พฤติกรรมการดื่มสุราและการไม่ปฏิบัติตามกฎหมายจราจรนอกเหนือจากพฤติกรรมเสี่ยงดังกล่าวแล้วพบว่าปัจจัยทางสังคมและเศรษฐกิจก็มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดอุบัติเหตุด้วย กล่าวคือเมื่อ GDP ของประเทศดีขึ้นกิจกรรมด้านการจราจรขนส่งก็เพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการใช้รถมากขึ้นจำนวนการเกิดอุบัติเหตุก็เพิ่มตามไปด้วย



รูปที่ 1.4 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคลที่เกิดอุบัติเหตุทางจราจร

การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุหรือการลดความรุนแรงจากการเกิดอุบัติเหตุจะสามารถลดความสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ จึงมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มความปลอดภัยต่อการใช้รถยนต์อาทิเช่น เข็มขัดนิรภัย ถุงลมนิรภัย ระบบเบรกเอบีเอส เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาถึงโครงสร้างของรถยนต์ที่สามารถเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้ขับขี่และผู้โดยสาร ได้อาทิเช่น ฝากระโปรงหน้าที่สามารถดูดซับแรงกระแทก โครงสร้างนิรภัยป้องกันผู้ขับขี่ หรือพวงมาลัยแบบยุบตัวได้ สำหรับรถปิกอัพนั้นจะพบว่ากันชนหน้าเป็นชิ้นส่วนที่ถูกติดตั้งเพิ่มเติมด้วยเหตุผลทั้งด้านความสวยงามและปกป้องตัวถังจากการกระแทกกลับวัตถุหรือพาหนะอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.5 นอกจากนี้พบว่าหากมีการชนกระแทกเกิดขึ้นแล้วกันชนหน้าจะสามารถทำหน้าที่ในการดูดซับแรงกระแทกได้อีกด้วย แต่ก็พบว่ายังไม่มีการศึกษาถึงการชนกระแทกที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้ารถปิกอัพที่ถูกติดตั้งเพิ่มเติมเข้าไป



รูปที่ 1.5 การติดตั้งกันชนหน้าในรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล

ผู้ดำเนินโครงการเห็นความสำคัญด้านความปลอดภัยในการใช้รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล จึงจะได้ทำการศึกษาความสามารถของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก โดยจะได้พิจารณาถึงแรงชน กระแทกที่เกิดขึ้นในอุบัติเหตุแบบชนกระแทกที่ด้านหน้าและศึกษาถึงแรงชนกระแทกที่เปลี่ยนไป หากมีการเปลี่ยนแปลงความความเร็วและความหนาของกันชนหน้า ทั้งนี้ผลลัพธ์จากการดำเนินโครงการจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านการป้องกันอุบัติเหตุบนท้องถนนและใช้ศึกษาหา แนวทางลดความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุของรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาแรงชนกระแทกที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกเมื่อเกิดอุบัติเหตุใน ลักษณะการชนกระแทกด้านหน้าในแนวตรง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษาแรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก ในการชนกระแทกด้วยระเบียบวิธีไฟในคอลลีเมนต์

1.3.2 การชนกระแทกเป็นการชนของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก ในแนวตรงต่อผนังแข็งเกร็ง

1.3.3 กันชนหน้ารถยนต์บรรทุกทำจากสแตนเลส

1.3.4 ทำการศึกษาที่ความเร็วในการชน 5 ค่า

1.3.5 ทำการศึกษากับความหนาของกันชนจำนวน 3 ค่า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบแรงชนกระแทกที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกเมื่อเกิดอุบัติเหตุใน ลักษณะการชนกระแทกด้านหน้าในแนวตรง

1.4.2 ทราบการเปลี่ยนแปลงของแรงชนกระแทกที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกเมื่อ มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วชนกระแทกและความหนาของกันชน

1.5 วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานของโครงการปริญญานิพนธ์การศึกษาแรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อยจึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานเป็นดังนี้

1.5.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.5.1.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย ความเร็วชนกระแทก ข้อมูลของกันชนและรถยนต์บรรทุกที่ทำการศึกษา

1.5.1.2 ศึกษาการใช้งานของ โปรแกรม อาทิเช่น การสร้างข้อมูลป้อนเข้า การนำออกผลลัพธ์และการกำหนดเงื่อนไขของการจำลองสภาพ

1.5.2 ทำการทดสอบคังแผ่นสแตนเลส

1.5.2.1 จัดเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบคังตามมาตรฐานการทดสอบคัง

1.5.2.2 ทดสอบคังตามมาตรฐานการทดสอบคัง

1.5.2.3 สรุปข้อมูลคุณสมบัติวัสดุ (แผ่นสแตนเลส) จากการทดสอบคัง

1.5.3 จำลองสภาพการชนกระแทก

1.5.3.1 สร้างแบบจำลองของกันชนหน้าและชิ้นส่วนอื่นที่เกี่ยวข้อง รวมถึงกำหนดเงื่อนไขของการจำลองสภาพการชนกระแทก

1.5.3.2 ทำการจำลองสภาพการชนกระแทกของแบบจำลองโดยปรับเปลี่ยนตัวแปรที่สนใจในการศึกษาซึ่งประกอบด้วย

1.5.3.2.1 เปลี่ยนค่าความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า

1.5.3.2.2 เปลี่ยนค่าความหนาของแบบจำลองกันชนจำนวน 3 ค่า

1.5.4 วิเคราะห์และสรุปผลการจำลองสภาพ

1.5.5 จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์

1.6 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน

โครงการปริญญานิพนธ์แรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทก แนวตรงนี้จะใช้ระยะเวลาดำเนินการทั้งสิ้น 8 เดือน โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานเป็นดัง แสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาและแผนปฏิบัติงานในการดำเนินโครงการ

การดำเนินงาน	2553			2554				
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	←		→					
2. ทำการทดสอบคังแผ่นสแตนเลส		←	→					
3. จำลองสภาพการชนกระแทก				←	→			
4. วิเคราะห์และสรุปผลการจำลองสภาพ					←	→		
5. จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์				←				→

1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน

โครงการปริญญานิพนธ์แรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทก แนวตรงนี้ได้ดำเนินการ ณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.8 อุปกรณ์ที่ใช้

โครงการปริญญานิพนธ์แรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทก แนวตรงนี้มีอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินโครงการประกอบด้วย

1.8.1 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผลการจำลองสภาพ

1.8.2 เครื่องทดสอบคังสำหรับการทดสอบคุณสมบัติวัสดุของแผ่นสแตนเลส

1.9 งบประมาณที่ใช้

โครงการปริญญานิพนธ์แรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทก แนวตรงนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการซึ่งสามารถจำแนกได้คือ

1.9.1 ค่าแผ่นสแตนเลสสำหรับทดสอบคัง จำนวน 1,000 บาท

1.9.2 ค่าใช้จ่ายจัดทำเล่มปริญญานิพนธ์ 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 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเครื่องมือแบบหนึ่งที่ได้รับคามนิยมในการนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาทางด้านวิศวกรรมเนื่องจากสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่มีรูปแบบที่ซับซ้อนได้และได้ถูกนำมาใช้ในปัญหาชนกระแทกที่มีความซับซ้อนทั้งในด้านของรูปร่าง เงื่อนไขของปัญหา และคุณสมบัติของวัสดุ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

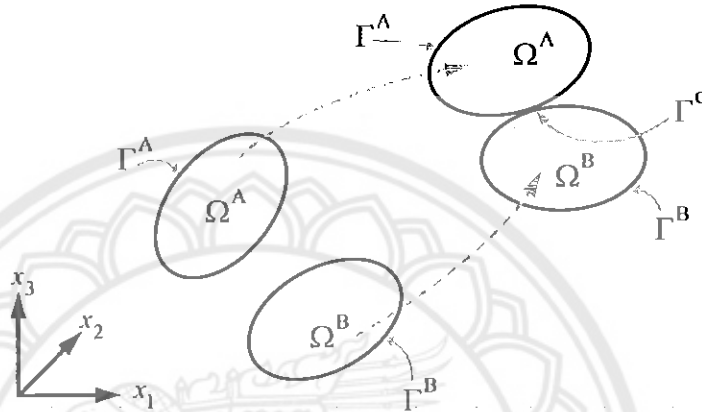
การศึกษาด้านทฤษฎีของการทำปฏิกิริยานี้จึงประกอบด้วยพื้นฐานของทฤษฎีการกระแทก-สัมผัส ทฤษฎีของพลังงานเครียด จากนั้นจึงเป็นการทำความเข้าใจถึงพื้นฐานของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สุดท้ายเป็นการศึกษาถึงคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้งาน

2.1 ทฤษฎีการกระแทก-สัมผัส (Impact-Contact Theory)

การกระแทก-สัมผัสเป็นเหตุการณ์ที่มีวัตถุอย่างน้อยสองชิ้นขึ้นไปเคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกันและมีปฏิสัมพันธ์ทางกลระหว่างกันและกัน โดยเมื่อเหตุการณ์กระแทก-สัมผัสสิ้นสุดลงแล้ววัตถุที่อยู่ในเหตุการณ์อาจยังเคลื่อนที่ติดไปด้วยกันหรือเคลื่อนที่แยกออกจากกันก็ได้ การทำความเข้าใจถึงพฤติกรรมของการกระแทก-สัมผัสระหว่างวัตถุจะทำให้ทราบถึงปฏิสัมพันธ์ทางกลที่วัตถุทั้งสองมีต่อกันและการตอบสนองของวัตถุที่อยู่ในรูปแบบของการเคลื่อนที่และการเสียรูป

2.1.1 พื้นฐานการกระแทก-สัมผัส โดยทั่วไปแล้วในเหตุการณ์ที่มีการกระแทก-สัมผัสนั้นอาจมีวัตถุจำนวนหลายชิ้นที่เข้ามาสัมผัสกัน แต่ในการอธิบายขั้นต้นของการกระแทก-สัมผัสจะกล่าวถึงการสัมผัสกันระหว่างวัตถุ 2 ชิ้น ซึ่งเป็นจำนวนวัตถุที่น้อยที่สุดในการเกิดเหตุการณ์กระแทก-สัมผัส โดยเหตุการณ์จะเริ่มจากวัตถุสองชิ้นเคลื่อนที่เข้ามาชนกันซึ่งจุดนี้จะเป็นการเริ่มต้นของการสัมผัส จากนั้นวัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่ติดไปด้วยกันด้วยความเร็วสัมพัทธ์ ในช่วงเวลานี้วัตถุทั้งสองจะมีการถ่ายเทโมเมนตัมให้แก่กันโดยทำให้แรงลัพธ์ที่เกิดจากการสัมผัสกันของวัตถุค่อยๆ เพิ่มขึ้นและทำให้ความเร็วของวัตถุทั้งสองเกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อการถ่ายเท

โมเมนต์ดัมสั่นสุดลงวัตถุทั้งสองจะเคลื่อนที่แยกออกจากกันด้วยความเร็วที่แตกต่างกันหรือใกล้เคียงกันขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ทั้งนี้แรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุทั้งสองนี้จะเป็นตัวที่ทำให้วัตถุเกิดการเสียรูปหรืออาจทำให้เกิดความเสียหายและเป็นตัวที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่อีกด้วย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเหตุการณ์การชนกระแทกที่เกิดขึ้นตั้งแต่เข้าสัมผัสจนแยกออกจากกันจะใช้ระยะเวลาเพียงไม่กี่มิลลิวินาที



รูปที่ 2.1 แบบจำลองการสัมผัสกันระหว่างวัตถุ A และ B

จากรูปที่ 2.1 ซึ่งแสดงวัตถุสองชิ้นคือวัตถุ A และ B เคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกันในระวาง 3 มิติ โดยกำหนดให้วัตถุ A และ B มี สันฐาน (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 ทั้งนี้ เซตต่างๆ เหล่านี้อาจเป็นเซตของพิกัดใน 2 หรือ 3 มิติ ก็ได้แล้วแต่ลักษณะของปัญหาที่วิเคราะห์

เมื่อวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกันแล้วบริเวณที่ขอบเขตของวัตถุสัมผัสกันนั้น กำหนดให้เป็น Γ^C โดยความสัมพันธ์ของเซตที่ใช้กำหนดการสัมผัสคือ

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

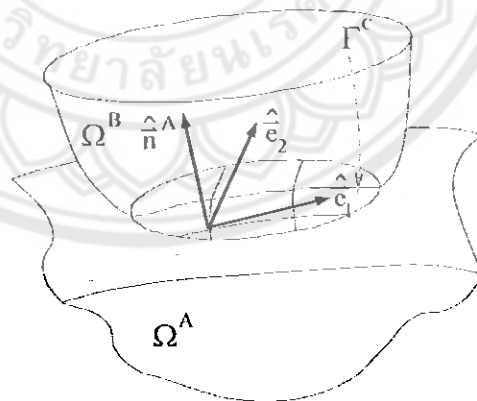
โดยความสัมพันธ์ (ก) หมายความว่าหากมีการสัมผัสเกิดขึ้นแล้ว Γ^C จะเป็นเซตพิกัดของพื้นผิวที่วัตถุ A และ B สัมผัสกันรวมที่อยู่บนพื้นผิวทั้งวัตถุ A และ B แต่หาก Γ^C เป็นเซตว่าง (Null set) หมายความว่าไม่มีการสัมผัสเกิดขึ้น

จากข้างต้นจะพบว่า การสัมผัสจะเกิดขึ้นที่พื้นผิวของวัตถุทั้งสองซึ่งสัมผัสกัน ดังนั้น เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการระบุชื่อพื้นผิวที่เกี่ยวข้องจึงกำหนดชื่อเรียกพื้นผิวทั้งสองเสียใหม่ ซึ่งในการวิเคราะห์ปัญหาการกระทบ-สัมผัสนั้นนิยมเรียกเป็น ผิวหลัก (Master surface) และผิวรอง (Slave surface) โดยต่อจากนี้ไปจะกำหนดให้พื้นผิวของวัตถุ A เป็นผิวหลัก ส่วนพื้นผิวของวัตถุ B เป็นผิวรอง สำหรับแนวทางการกำหนดผิวหลักและผิวรองจะได้กล่าวถึงในส่วนต่อไป จากการกำหนดการเรียกชื่อผิวดังกล่าวจึงเพิ่มเติมการเรียกชื่อวัตถุ A และ B เป็น วัตถุหลัก (Master body) และวัตถุรอง (Slave body) ทั้งนี้บริเวณที่ผิวหลักและผิวรองสัมผัสกันซึ่งเรียกว่า ผิวสัมผัส (Contact surface) ในทางกายภาพแล้วผิวสัมผัสนี้อยู่ทั้งที่ผิวหลักและผิวรอง แต่ในการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ จะกำหนดให้ผิวสัมผัสอยู่บนผิวหลักเพื่อให้การกำหนดเครื่องหมายต่างๆ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้น Γ^C จึงเป็นเซตของพิกัดของผิวหลักที่สัมผัสกับผิวรอง

เงื่อนไขสำคัญหนึ่งของการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ในปัญหาการกระทบ-สัมผัสคือ วัตถุทั้งสองที่เข้ามาสัมผัสกันจะต้องไม่มีส่วนใดแทรกทะลุ (Penetrate) กัน โดยสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้คือ

$$\Omega^A \cap \Omega^B = 0 \quad (๗)$$

ความสัมพันธ์ (๗) นี้ถูกเรียกว่า เงื่อนไขการไม่สามารถแทรกทะลุ (Impenetrability)



รูปที่ 2.2 เวกเตอร์ในพิกัดเฉพาะที่ ณ ผิวสัมผัส อ้างอิงจากผิวหลัก

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

$$\hat{n}^A = \hat{e}_1 \times \hat{e}_2 \tag{1}$$

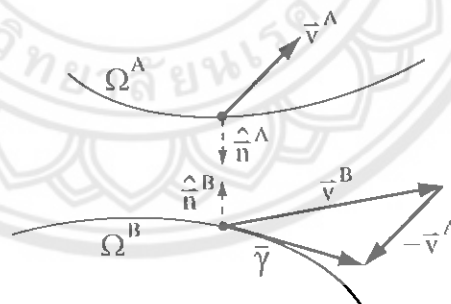
ดังนั้นเมื่อพิจารณาที่ผิวรองก็จะมีเวกเตอร์หนึ่งหน่วยตั้งฉากคือ

$$\hat{n}^B = -\hat{n}^A \tag{2}$$

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

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

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



รูปที่ 2.3 เวกเตอร์ความเร็วพิจารณา ณ จุดสัมผัส (แสดงโดยแยกจุดสัมผัสออกจากกัน)

สำหรับความเร็วมิติสัมผัสประกอบด้วยความเร็วมิติสัมผัสตั้งฉาก (Normal relative velocity, γ_N) และความเร็วมิติสัมผัสสัมผัส (Tangential relative velocity, γ_T) โดยเวกเตอร์ของความเร็วทั้งสองเป็นตามสมการ (5) และ (6) ตามลำดับ

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

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

โดยที่ความเร็วสัมพัทธ์ดังกล่าวจะถูกนำไปใช้พิจารณาการเกิดการสัมผัสระหว่างวัตถุทั้งสองในหัวข้อเงื่อนไขการไม่สามารถแทงทะลุ ส่วนความเร็วสัมพัทธ์สัมผัสจะถูกนำไปพิจารณาการเกิดความเสียหายที่ผิวสัมผัส

สำหรับแรงที่บริเวณผิวสัมผัสจะวิเคราะห์โดยอาศัยการลาก (Traction) ที่ถูกกำหนดด้วยความเค้นคอดี (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 ความเค้นคอดีในแต่ละแกน
 n_j คือ เวกเตอร์ตั้งฉากหนึ่งหน่วยในแต่ละแกน ณ จุดที่พิจารณา

ทั้งนี้เวกเตอร์การลากสามารถแยกได้เป็นการลากตั้งฉาก (Normal traction, t_N) และ การลากสัมผัส (Tangential traction, t_T) ซึ่งการลากตั้งฉากสามารถเขียนในรูปเวกเตอร์ได้เป็น

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

สำหรับการลากสัมผัสสามารถเขียนในรูปของเวกเตอร์ได้เป็น

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

ซึ่งการลากสัมผัสนี้จะถูกนำไปใช้ร่วมกับความเร็วสัมพัทธ์สัมผัสในการพิจารณาในหัวข้อของแบบจำลองความเสียหาย

2.1.2 เงื่อนไขการสัมผัส (Contact condition) ในการพิจารณาปัญหากระทบกันด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์นั้นจำเป็นต้องสร้างเงื่อนไขการสัมผัสขึ้นมาช่วยในการกำหนดให้ทราบว่าเกิดการสัมผัสขึ้นในขณะใด โดยที่เงื่อนไขการสัมผัสที่กำหนดขึ้นนี้ประกอบด้วย

ก. เงื่อนไขการไม่สามารถทะลุ

ในสถานะที่มีการสัมผัสเกิดขึ้นนั้นเงื่อนไขข้อหนึ่งก็คือวัตถุทั้งสองจะต้องไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งทะลุระหว่างกันซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ของเขตพิกัดรูปร่างของวัตถุ A และ B ได้ตามความสัมพันธ์ (๗) ดังแสดงข้างต้น แต่ทั้งนี้ความสัมพันธ์ (๗) ซึ่งอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของเซตนั้นไม่สามารถนำมาเขียนให้อยู่ในเทอมของการขจัด จึงต้องนำทอมความเร็วสัมพัทธ์ดังกล่าวมาใช้ในการพิจารณาแทน ทั้งนี้เมื่อนำความเร็วสัมพัทธ์ดังกล่าวมาใช้ในการสร้างเงื่อนไขการไม่สามารถทะลุจึงเรียกชื่อใหม่เป็น อัตราการทะลุ (Interpenetration rate) โดยเมื่อพิจารณาที่บริเวณผิวสัมผัสจะได้ว่าอัตราการทะลุซึ่งกำหนดจากผลต่างของความเร็วดังกล่าวของวัตถุทั้งสองต้องมีค่าน้อยกว่าศูนย์ ตามสมการ (10)

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

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

ข. เงื่อนไขการลาก (Traction condition)

เงื่อนไขการลากเป็นเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสของวัตถุทั้งสอง โดยกำหนดได้คือผลรวมของเวกเตอร์การลากที่เกิดขึ้นบนวัตถุทั้งสอง ณ บริเวณผิวสัมผัสมีค่าเป็นศูนย์ตามสมการ (11)

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

เมื่อพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบในแนวตั้งฉาก ด้วยการนำเวกเตอร์ดังกล่าวมาคูณ (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 \hat{N} จะหมายความว่า การลากตั้งฉากที่เกิดขึ้นบนวัตถุ A นั้นมีค่าติดลบซึ่งหมายถึงการสวนทิศกับทิศทางที่กำหนดไว้คือทิศทางของเวกเตอร์ตั้งฉากที่มีทิศชี้ออกจากผิวสัมผัสของวัตถุ A ดังนั้นการลากตั้งฉากจึงมีทิศชี้เข้าไปในผิวสัมผัสหรือเป็นแบบกดนั่นเอง

2.1.3 วัตถุหลักและวัตถุรอง (Master and Slave bodies) โดยทั่วไปในการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่วัตถุสองชิ้นเข้ามาสัมผัสกันจะมีการกำหนดชื่อเรียกของวัตถุทั้งสองเสียใหม่เพื่อให้เกิดความสะดวกในการดำเนินการต่างๆ อาทิเช่น การกำหนดชนิดของเอลิเมนต์หรือ การกำหนดเงื่อนไขบังคับ โดยชื่อที่เรียกใหม่นี้จะกำหนดให้วัตถุหนึ่งเป็นวัตถุหลัก และเรียกผิวของวัตถุหลักนี้ว่าผิวหลัก ส่วนอีกวัตถุจะเป็นวัตถุรอง และเรียกผิวของวัตถุรองนี้ว่าผิวรอง ทั้งนี้แนวทางในการเลือกว่าจะให้วัตถุใดเป็นวัตถุหลักสามารถพิจารณาได้ดังนี้

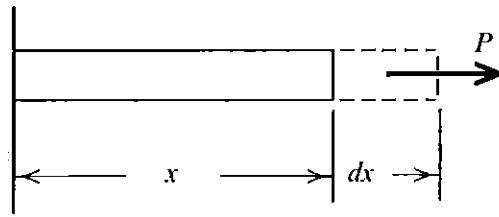
- วัตถุที่มีคุณสมบัติวัสดุที่แข็งแกร่งกว่านิยมนำหนดให้เป็นวัตถุหลัก
- แบบจำลองของวัตถุที่มีจำนวนของเอลิเมนต์หยาบกว่านิยมนำหนดให้เป็นวัตถุหลัก
- ผิวที่กำหนดเป็นแบบแข็งเกร็งนิยมนำหนดให้เป็นผิวหลัก

2.2 พลังงานเครียด (Strain Energy)

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

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

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



รูปที่ 2.4 แท่งตรงได้รับภาระภายนอก P ทำให้ยืดออกเป็นระยะ dx

เมื่อพิจารณาการชนกระแทกที่มีวัตถุหนึ่งพุ่งชนกับวัตถุแข็งเกร็งที่ไม่สามารถดูดซับพลังงาน เช่นค้ำแพงแข็งเกร็ง พบว่าก่อนการพุ่งชนนั้นตัววัตถุจะมีพลังงานจลน์อยู่ในตัวเองเมื่อเกิดการชน กระแทกจนวัตถุเสียรูปและมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วจะพบว่าในขณะนั้นพลังงานของวัตถุจะประกอบด้วยพลังงานเสียรูปและพลังงานจลน์ 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 มวลของ วัตถุที่กำลังพิจารณา v_{before} คือ ความเร็วก่อนชนกระแทก และ v_{after} คือ ความเร็วหลังชนกระแทก

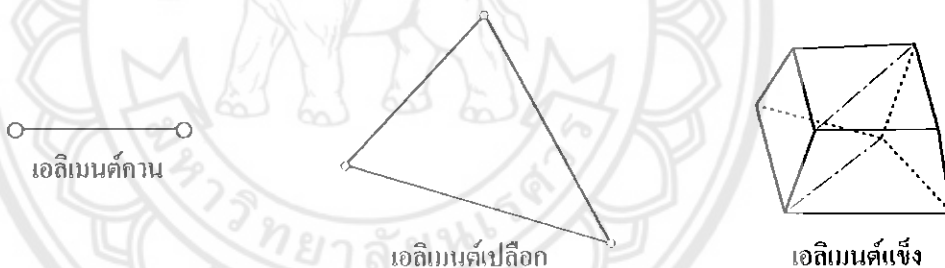
2.3 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method)

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

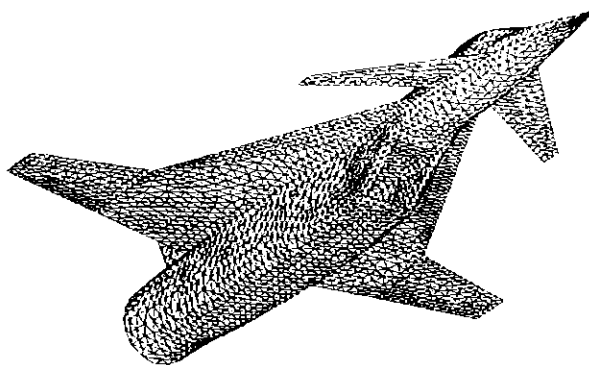
2.3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถทำได้ 2 วิธีคือ วิธีแรงหรือวิธียืดหยุ่น (Force or Flexibility method) และ วิธีการเสีรูปหรือวิธีสทิฟเนส (Displacement or Stiffness method) ซึ่ง โดยทั่วไปวิธีที่สองจะนิยมใช้งานมากที่สุดกับการวิเคราะห์ด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ และในที่นี่จะได้นำเสนอเฉพาะวิธีการเสีรูปเท่านั้น 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 ตัวอย่างการแบ่งแบบจำลองออกเป็นเอลิเมนต์เล็ก ๆ

2. เลือกฟังก์ชันของการเสียรูป ขั้นตอนนี้เป็นกำหนดฟังก์ชันของการเสียรูปว่าจะเป็นในลักษณะไหน เช่นแบบเชิงเส้น (Linear) หรือครอคราติก (Quadratic) โดยในปัญหาแบบสองมิติ ฟังก์ชันการเสียรูปก็จะอยู่กับตัวแปรที่อยู่ในระนาบนั้นๆ ด้วย เช่นฟังก์ชันการเสียรูปอยู่ในทอมของ $x - y$

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 คือค่าความเค้นในแนวแกน x และ E คือค่าโมดูลัสของวัสดุ

หากปัญหาที่พิจารณาถึงความซับซ้อนมากขึ้นเช่น ปัญหาใน 3 มิติหรือปัญหาแบบไม่เชิงเส้น ความสัมพันธ์ทั้งสองก็就会有ความซับซ้อนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4. การหาสทิฟเนสเมทริกซ์และสมการสทิฟเนส ในการหาสทิฟเนสเมทริกซ์ของเอลิเมนต์แต่ละประเภทและการหาค่าของแรงที่กระทำที่แต่ละเอลิเมนต์สามารถทำได้หลายวิธี อาทิเช่น

- วิธีสถานะสมดุลโดยตรง (Direct Equilibrium Method) สทิฟเนสเมทริกซ์และสมการของแต่ละเอลิเมนต์ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่จุดต่อและการเสียรูปสามารถหาได้ด้วยการใช้หลักการของสถานะสมดุล (Equilibrium) โดยที่วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและเหมาะสมสำหรับเอลิเมนต์แบบ 1 มิติ

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

- วิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง (Method of Weighted Residuals) ถูกนำมาใช้ในการหาสมการของเอลิเมนต์เรียกว่าวิธีของกาเลอร์กิน (Galerkin's method) โดยวิธีนี้จะให้ผลเช่นเดียวกับวิธีทางพลังงานแต่ส่วนมากจะถูกใช้ในปัญหาที่ไม่สามารถใช้วิธีทางพลังงานได้สะดวก เช่น ปัญหาทางการไหลของของไหล

จากการใช้วิธีข้างต้นจะสามารถสร้างเมทริกซ์ของสมการต่างๆ ของเอลิเมนต์ได้ เมื่อเขียนอยู่ในรูปสมการของเมทริกซ์รวมจะได้ความสัมพันธ์ (18)

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

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

5. รวมสมการของแต่ละเอลิเมนต์ให้เป็นสมการของภาพรวม และกำหนดสถานะที่ขอบสมการสทิตินสมเมทริกซ์รวมและเมทริกซ์รวมของแรงสามารถหาได้โดยการรวมค่าที่แต่ละจุดต่อจากขั้นตอนที่ 4. เข้าด้วยกัน ด้วยวิธีทับซ้อน (Superposition) จะ ได้สมการรวมเป็น

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

โดยที่

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

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

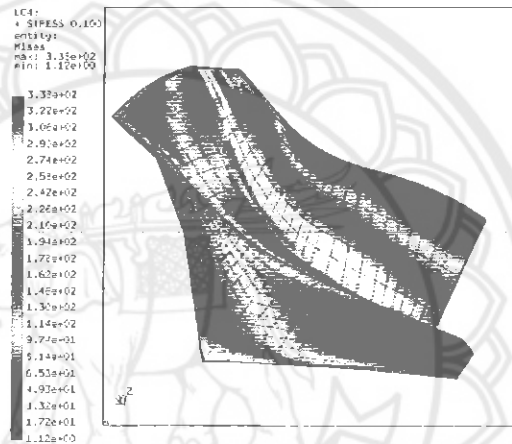
6. การหาค่าการเสียรูปที่แต่ละโหนด ค่าของการเสียรูปของแต่ละจุดต่อสามารถคำนวณได้ เมื่อมีการใช้เงื่อนไขที่ขอบเข้าไปในสมการ (18) โดยเมื่อกระจายเมทริกซ์ออกมาจะได้

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

ซึ่งสามารถหาคำตอบสำหรับค่าการเสียรูปได้โดยวิธีต่าง ๆ เช่น Gauss's method เป็นต้น

7. การหาค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นในเอลิเมนต์ เมื่อทำการเสียรูปหรือค่าของการขจัดได้แล้วจะสามารถหาค่าของความเครียดได้จากสมการ (16) จากนั้นจึงสามารถคำนวณค่าของความเค้นได้จากสมการ (17) ซึ่งจะช่วยให้หาแรงที่กระทำที่แต่ละจุดต่อได้

8. การแสดงผลการวิเคราะห์ ขั้นตอนนี้เป็น การนำแสดงผลจากการวิเคราะห์ออกมาโดยอาจเป็นการแสดงในรูปของค่าของตัวเลขที่จุดต่อต่าง ๆ แต่โดยทั่วไปนิยมนำเสนอในรูปของภาพขึ้นงานที่แสดงผิวงระดับ (Contour) ของข้อมูลที่ต้องการซึ่งจะมองถึงตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ภาพแสดงผิวงระดับของความเค้นบนชิ้นงานหนึ่งด้วยโปรแกรมแสดงผล

2.3.2 การวิเคราะห์พลังงานเสียรูปในระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การวิเคราะห์พลังงานเสียรูปหรือพลังงานเครียด ในการจำลองสภาพด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นเป็นการนำพลังงานเสียรูปจากทุก ๆ จุดต่อมารวมเข้าด้วยกัน โดยการคำนวณพลังงานนี้จะกระทำในทุก ๆ ขั้นตอนเวลา (Time step) ของการจำลองสภาพ แล้วจึงนำมารวมกันสำหรับพลังงานเสียรูปในแต่ละขั้นตอนเวลาหาได้จากสมการ

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

โดยที่ E^T คือ พลังงานเสียรูปในขั้นตอนเวลาปัจจุบัน N คือ จำนวนจุดต่อ F_i คือ แรงที่จุดต่อ และ Δd_i คือ การขจัดที่จุดต่อที่เพิ่มขึ้นในขั้นตอนเวลาปัจจุบัน

2.4 คุณสมบัติวัสดุ (Material Property)

สแตนเลส (Stainless Steel) หรือเหล็กกล้าไร้สนิมเป็นโลหะประเภทหนึ่งที่มีความนิยมในการใช้งาน โดยสแตนเลสเป็นเหล็กประเภทหนึ่งที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ (น้อยกว่า 2%) ของน้ำหนัก และเมื่อผสมโครเมียมลงไปจะทำให้เหล็กสามารถต้านทานการเกิดสนิมและต้านทานการกัดกร่อน นอกจากนี้เมื่อผสมโลหะอื่นลงไปจะสามารถเพิ่มคุณสมบัติด้านอื่นเช่น มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น ทนทานต่อการใช้งานที่อุณหภูมิสูง สามารถขึ้นรูปง่ายหรือต้านทานกรดและด่าง สแตนเลส จึงได้รับความนิยมในการนำไปใช้ในงานที่เหล็กไม่สามารถนำไปใช้งานได้เช่น เครื่องใช้ที่เกี่ยวข้องกับสุขอนามัย โครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรงสูง โครงสร้างหรือชิ้นส่วนที่ต้องทำงานในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง หรือชิ้นส่วนที่ต้องสัมผัสกับความชื้น อากาศหรือน้ำทะเลเป็นต้น สำหรับคุณสมบัติทางกลของสแตนเลสที่ใช้คือ เกรด 304 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติวัสดุของสแตนเลส เกรด 304

คุณสมบัติ	ค่า
1. ความแข็งแรงคราก	205 MPa
2. ความแข็งแรงดึง	515 MPa
3. ค่า Young modulus (E)	190 GPa
4. ค่า Shear modulus (G)	73 GPa
5. ความหนาแน่น	7930 kg/m ³
6. อัตราส่วนปัวซอง	0.30-0.31

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานของโครงการปริญญาโทศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาดำเนินงานเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อยจึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานเป็นดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานในขั้นตอนการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องนี้มี 2 ส่วนคือ การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องและการศึกษาการใช้งานของโปรแกรม

3.1.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษาถึงข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการชนกระแทก ข้อมูลสำคัญที่จะได้ศึกษาจึงประกอบด้วย

ก. ความเร็วชนกระแทก ซึ่งเป็นความเร็วที่เป็นมาตรฐานการทดสอบที่ใช้ในการทดสอบชนกระแทกเพื่อศึกษาการเกิดอุบัติเหตุของรถยนต์

ข. ลักษณะและรูปร่างของกันชนหน้า เนื่องจากกันชนหน้ารถยนต์มีรูปร่างที่หลากหลายจึงจะได้ศึกษาถึงรูปร่างของกันชนที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการศึกษา นอกจากนี้จะได้วัดขนาดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและความหนาของชิ้นส่วนกันชน

ค. รถยนต์บรรทุก เนื่องจากกันชนหน้าจะต้องติดตั้งเข้ากับรถยนต์บรรทุก (รถปิกอัพ) จึงต้องหาข้อมูลของมวลของรถยนต์บรรทุกและมิติของรถยนต์บรรทุกที่จะใช้ในการศึกษา

3.1.2 การศึกษาการใช้งานของโปรแกรม เนื่องจากในการศึกษานี้จะได้ทำการจำลองสภาพการชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงการใช้งานของโปรแกรม การนำเข้าข้อมูล (Input) การส่งออกข้อมูล (Output) และการใช้งานคำสั่งต่างๆ รวมทั้งจะได้ศึกษาถึงการต้องนำโปรแกรมอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้ร่วมด้วยอีก

3.2 การทดสอบดึงแผ่นสแตนเลสทดสอบ

ในการศึกษาถึงแรงชนกระแทกของกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้ได้สนใจกันชนที่ทำมาจากแผ่นสแตนเลส (Stainless steel) หรือแผ่นเหล็กไร้สนิม ซึ่งข้อมูลที่

สำคัญคือคุณสมบัติของวัสดุสแตนเลสในช่วงพลาสติก (Plasticity) ซึ่งจำเป็นต้องหามาจากการทดสอบดึงแผ่นสแตนเลสโดยมีขั้นตอนที่จะต้องดำเนินการคือ

3.2.1 จัดเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบ แผ่นสแตนเลสที่จะใช้ในการทดสอบจะถูกจัดเตรียมให้มีมิติตามมาตรฐานการทดสอบ

3.2.2 การทดสอบดึง แผ่นสแตนเลสจะถูกนำมาทดสอบดึงด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine) โดยตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบจะเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบและขั้นตอนการทดสอบจะเป็นไปตามข้อกำหนดการใช้งานของเครื่องทดสอบ

3.2.3 การสรุปข้อมูลการทดสอบ ข้อมูลจากการทดสอบดึงแผ่นสแตนเลสจะถูกนำมาสรุปและจัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในขั้นตอนของการจำลองสภาพต่อไป

3.3 การจำลองสภาพการชนกระแทก

ในการศึกษาถึงแรงชนกระแทกของกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้ จะได้ศึกษาด้วยการจำลองสภาพด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานที่สำคัญประกอบด้วย

3.3.1 การเตรียมข้อมูลประมวลผล เป็นการสร้างแบบจำลองของกันชนหน้าและชิ้นส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องรวมถึงกำหนดเงื่อนไขของการจำลองสภาพการชนกระแทก โดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากขั้นตอน 3.1 ส่วนข้อมูลคุณสมบัติวัสดุของกันชนหน้าจะได้จากขั้นตอน 3.2

3.3.2 การประมวลผล ข้อมูลต่างๆ จากขั้นตอน 3.3.1 จะได้รับการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ในขั้นตอนนี้จะได้รับการปรับเปลี่ยนตัวแปรที่สนใจเพื่อศึกษาถึงผลที่มีต่อแรงชนกระแทก ซึ่งประกอบด้วย

ก. เปลี่ยนค่าความเร็วชนกระแทกจำนวน 5 ค่า

ข. เปลี่ยนค่าความหนาของแบบจำลองกันชนจำนวน 3 ค่า

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสภาพการชนกระแทกคือ แรงชนกระแทก จะถูกนำเสนอและวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3.4 การนำเสนอผลการจำลองสภาพการชนกระแทก

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสภาพที่จะได้นำมาวิเคราะห์และสรุปผลคือแรงชนกระแทกที่เกิดขึ้นต่อกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุก โดยจะได้นำเสนอแรงชนกระแทกในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ และนำเสนอการเปรียบเทียบระหว่างตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ ความหนาของกันชนและความเร็วชนกระแทก

3.5 วิเคราะห์และสรุปผลการจำลองสภาพ

แรงชนกระแทกที่เกิดขึ้นที่ตัวแปรหนึ่งจะถูกนำมาวิเคราะห์ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร จากนั้นค่าของแรงชนกระแทกที่แตกต่างกันเนื่องจากตัวแปรของการศึกษาที่แตกต่างกัน จะถูกนำมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความแตกต่างและได้ทำการสรุปผลของการศึกษาต่อไป



บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานของโครงการปริญญาโทการศึกษาแรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงซึ่งเป็นไปตามขั้นตอนของวิธีการดำเนินงาน ผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละขั้นตอนจะได้นำเสนอในผลการดำเนินงานเรียงตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ผลการดำเนินงานในขั้นตอนการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องนี้มี 2 ส่วนคือ ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องและผลการศึกษาการใช้งานของโปรแกรม ซึ่งมีผลการดำเนินงานดังนี้

4.1.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการชนกระแทกพบว่าข้อมูลที่สำคัญคือ

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



รูปที่ 4.1 ลักษณะกันชนหน้ารถยนต์บรรทุก

ข. ลักษณะและรูปร่างของกันชนหน้า จากการศึกษาการติดตั้งกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุกพบว่ากันชนมีองค์ประกอบหลักเป็นท่อเหล็กยาวที่มีการค้ำส่วน โคงหรืออาจมีการติดตั้งส่วนประกอบอื่นเสริมเข้ามาเพื่อความสวยงาม ดังแสดงในรูปที่ 4.1 จากกันชนตัวอย่างที่เลือกมาทำการศึกษาเมื่อวัดมิติของท่อเหล็กได้ขนาด โดยได้แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 มิติของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกตัวอย่าง

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

ค. รถยนต์บรรทุก จากการศึกษาพบว่าในประเทศไทยมีรถยนต์บรรทุก 2 ยี่ห้อที่ได้รับ ความนิยมในการใช้งาน ซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการศึกษา โดยได้แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลรถยนต์บรรทุก

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

จากข้อมูลข้างต้นจะ ได้กำหนดมวลของรถยนต์บรรทุกในการสร้างแบบจำลองเป็น 1,550 กิโลกรัม

4.1.2 การศึกษาการใช้งานของโปรแกรม ในการจำลองสภาพการชนกระแทกของกันชนหน้า รถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคือ โปรแกรม LS-DYNA สำหรับขั้นตอนการประมวลผล โดยที่ไฟล์นำเข้าจะถูกเขียนในรูปแบบของข้อความ (Text file) ที่มี นามสกุลเป็น *.dyn โดยเมื่อทำการประมวลผลแล้วจะได้ผลลัพธ์เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการ แสดงผลจะเป็นไฟล์ที่มีชื่อเป็น d3plot และไฟล์ข้อมูลแรงชนกระแทกซึ่งมีชื่อเป็น rcforc สำหรับ โปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ 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 การทดสอบดึงแผ่นสแตนเลส

ในการศึกษาถึงแรงชนกระแทกของกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้ได้สนใจกันชนที่ทำมาจากแผ่นสแตนเลส (Stainless steel) หรือแผ่นเหล็กไร้สนิม ซึ่งข้อมูลที่สำคัญคือคุณสมบัติวิบัติในช่วงพลาสติก (Plasticity) ซึ่งจำเป็นต้องหามาจากการทดสอบดึงแผ่นสแตนเลส โดยการทดสอบดึงแผ่นสแตนเลสนี้จะได้อ้างอิงมาตรฐานการทดสอบ ASTM E8 ซึ่งมีผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนดังนี้

4.2.1 การจัดเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบ แผ่นสแตนเลสที่จะใช้ในการทดสอบเป็นเกรด 304 ที่มีความหนา 1.4 มม. โดยมีตัวอย่างของแผ่นสแตนเลสดังรูปที่ 4.2 และได้เตรียมตัวอย่างทดสอบที่มีขนาดคือ ความยาว 220 มม. ความยาวช่วงทดสอบ 60 มม. ความกว้างช่วงทดสอบ 12.3 มม. ความยาวบริเวณหัวจับ 60 มม. และความกว้างบริเวณหัวจับ 20 มม. ตัวอย่างทดสอบดึงของแผ่นสแตนเลส มีรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างแผ่นสแตนเลส

15554950

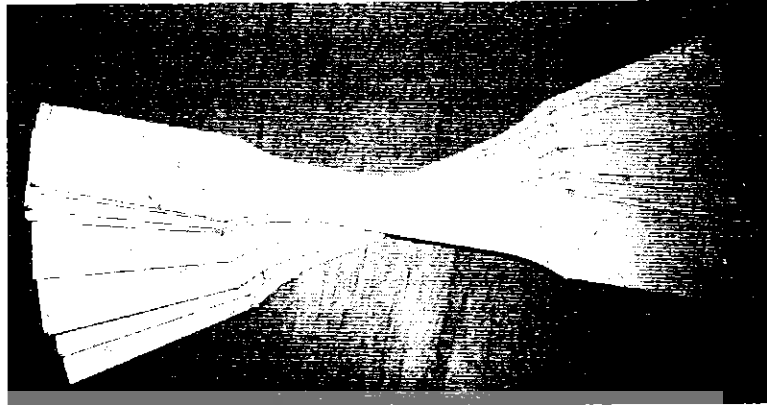
นร.

ท 9548

2554



รูปที่ 4.3 รูปร่างตัวอย่างแผ่นสแตนเลสทดสอบดึง



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างแผ่นสแตนเลสทดสอบดึง

4.2.2 การทดสอบดึง ตัวอย่างทดสอบดึงแผ่นสแตนเลส ได้ถูกนำมาทดสอบดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงกดแรงดึงยี่ห้อ HOUNSFIELD รุ่น H50KS ซึ่งสามารถให้แรงดึงขนาด 50 kN โดยขั้นตอนการทดสอบได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ของเครื่องทดสอบ โดยการติดตั้งตัวอย่างทดสอบดึงเข้ากับเครื่องทดสอบเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.5 และภาพตัวอย่างทดสอบที่ผ่านการทดสอบดึงจนขาดออกจากกันเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.6 สำหรับการทดสอบขั้นนั้นจะได้ทำการทดสอบดึงตัวอย่างทดสอบซ้ำจนได้ข้อมูลของการดึงที่ใกล้เคียงกันจำนวน 5 ชุดข้อมูล

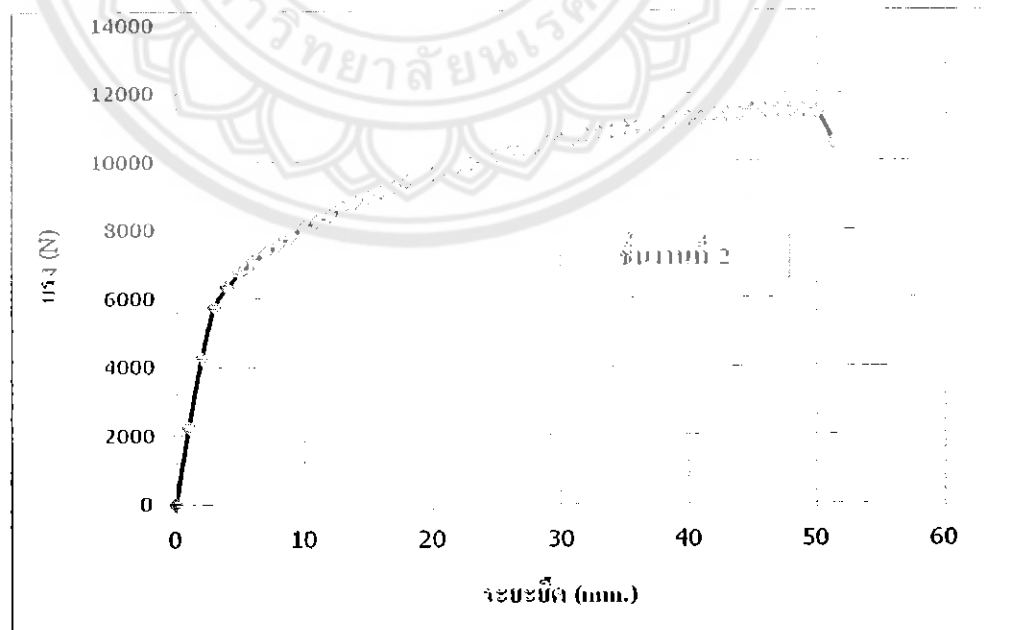


รูปที่ 4.5 การติดตั้งตัวอย่างทดสอบดึงเข้ากับเครื่องทดสอบ

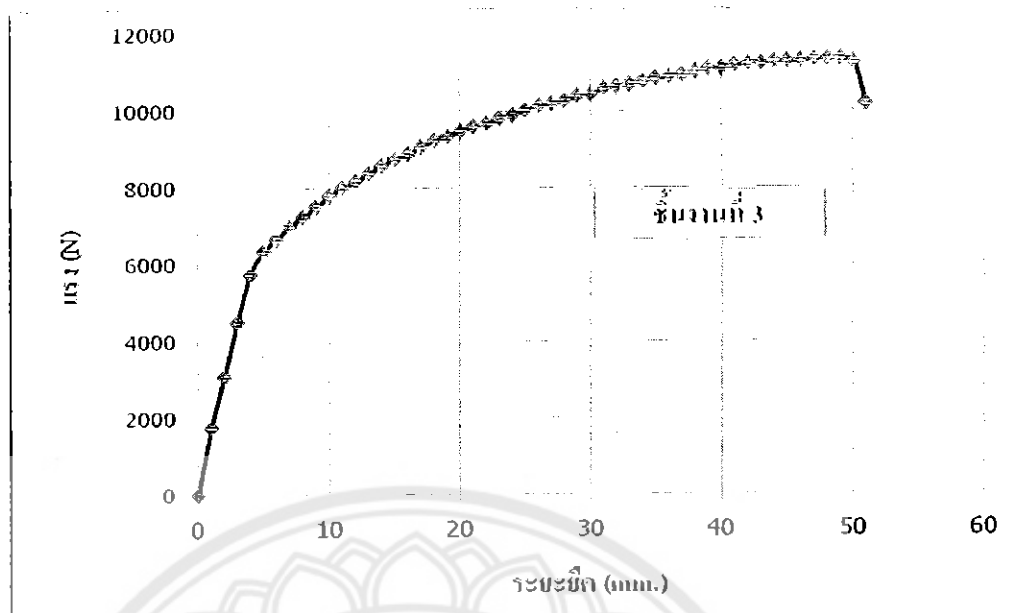


รูปที่ 4.6 ตัวอย่างทดสอบที่ผ่านการทดสอบดึงจนขาดออกจากกัน

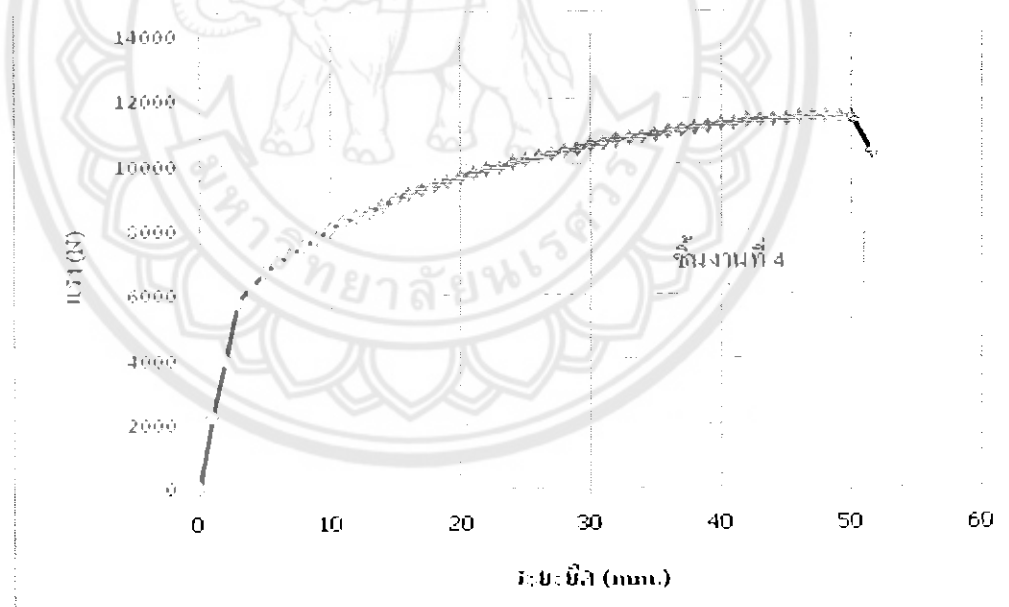
ข้อมูลจากการทดสอบดึงจะถูกพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์เมื่อนำไปสร้างค่าลำดับของแรงดึงและระยะยืดแล้วจะได้ข้อมูลของการทดสอบดึงทั้ง 5 ชุด เป็นดังรูปที่ 4.7 ถึง 4.11 ส่วนค่าลำดับของแรงดึงและระยะยืดเฉลี่ยเป็นดังรูปที่ 4.12



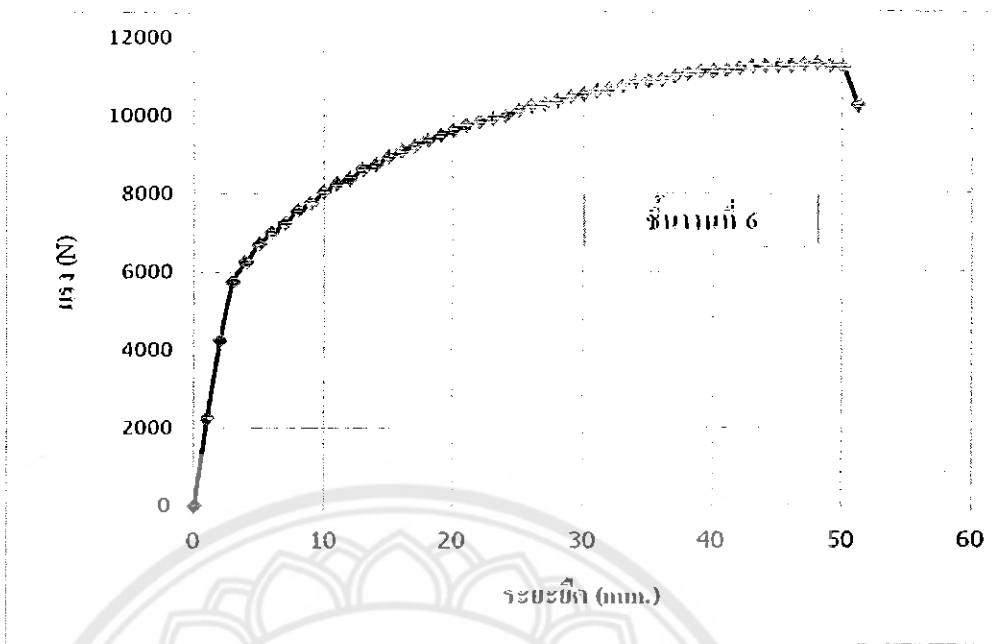
รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 1



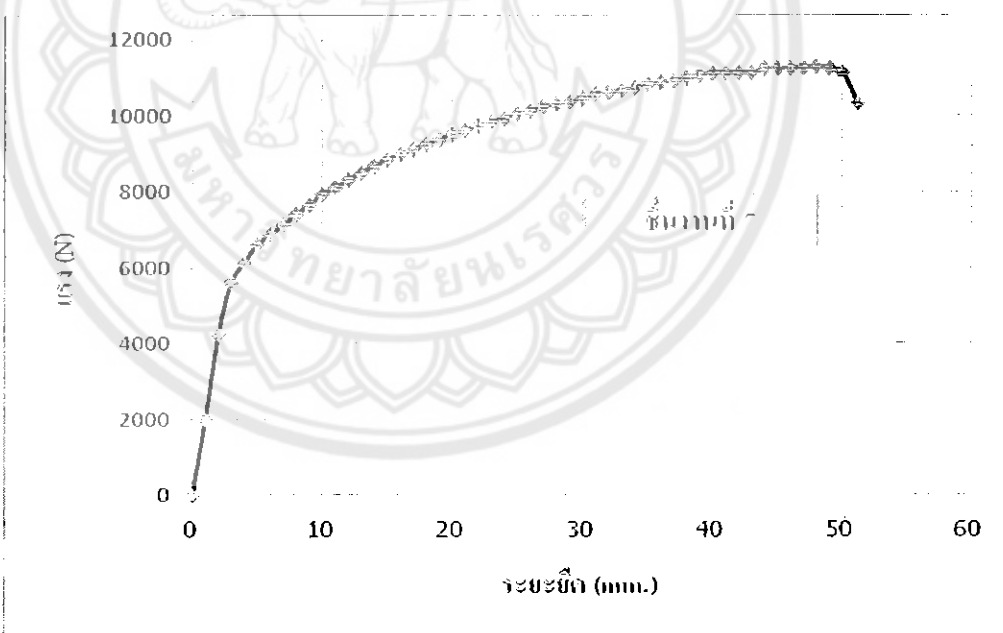
รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 2



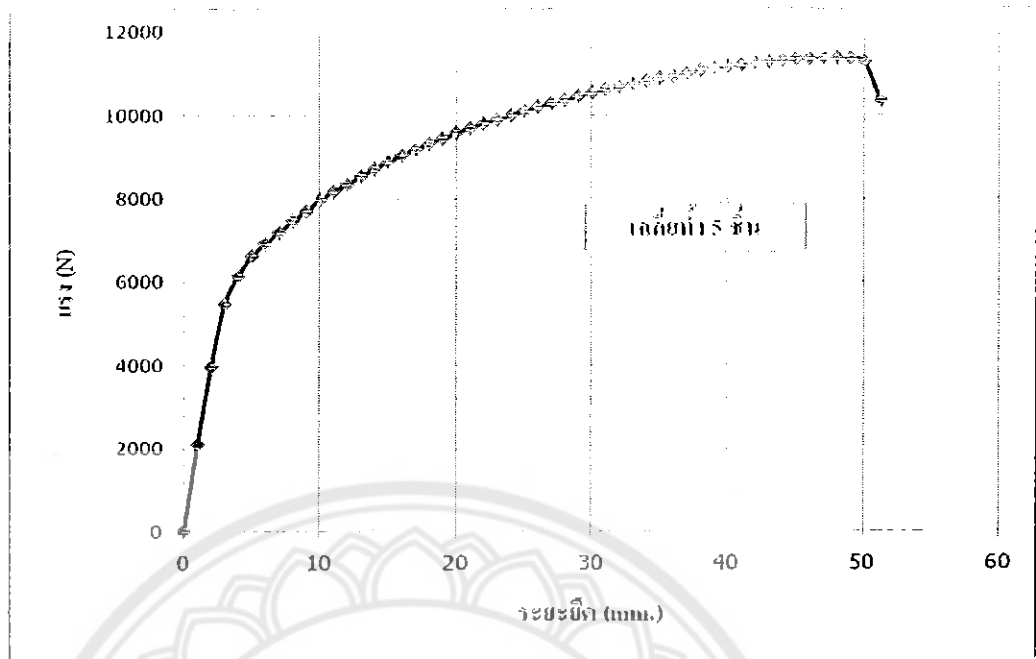
รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 3



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 4



รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบดึงครั้งที่ 5



รูปที่ 4.12 คู่ลำดับของแรงดึงและระยะบิดเฉลี่ยของการทดสอบดึงแผ่นตัวอย่างสแตนเลส

4.2.3 การสรุปข้อมูลการทดสอบ ข้อมูลแรงดึงและระยะบิดเฉลี่ยจะถูกนำมาเปลี่ยนค่าของความเค้นและความเครียดเพื่อนำไปหาค่ามอดูลัสความยืดหยุ่น (Young's Modulus) ค่าความเค้นคราก (Yield Stress) และคู่ลำดับความเครียดความเค้นในช่วงพลาสติกซิตี ซึ่งค่าที่หาได้จากกราฟเป็นดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลคุณสมบัติวัสดุของแผ่นสแตนเลสทดสอบ

คุณสมบัติ	ค่าที่หาได้
1. มอดูลัสความยืดหยุ่น	275 GPa
2. ความเค้นคราก	320 MPa
3. คู่ลำดับความเครียดความเค้นในช่วงพลาสติกซิตี หมายเหตุ: หน่วยเป็น (mm/mm, MPa)	(0.001, 320) (0.002, 375) (0.005, 480) (0.008, 555) (0.011, 600) (0.014, 630) (0.017, 650) (0.020, 660)

ข้อมูลในตารางที่ 4.3 จะถูกนำไปกำหนดให้กับแบบจำลองของกันชนหน้าในขั้นตอนของการจำลองสภาพการชนกระแทกต่อไป

4.3 การจำลองสภาพการชนกระแทก

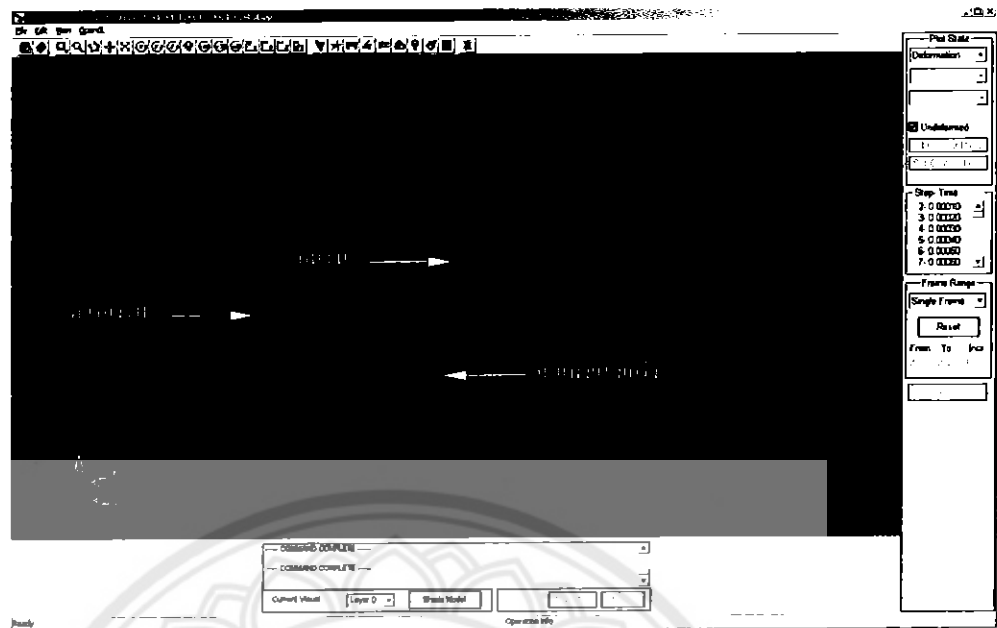
ในการศึกษาถึงแรงชนกระแทกของกันชนหน้าของรถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงนี้จะได้ศึกษาด้วยการจำลองสภาพด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ซึ่งมีผลของการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

4.3.1 การเตรียมข้อมูลประมวลผล ในขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมข้อมูลสำหรับส่งให้โปรแกรม LS-DYNA ทำการประมวลผลการจำลองสภาพโดยข้อมูลต่างๆ จะถูกเขียนในรูปแบบข้อความที่มี Syntax และ Format ตามข้อกำหนดของโปรแกรม ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการดำเนินการที่สำคัญ 2 ส่วน คือ การสร้างแบบจำลองและการกำหนดเงื่อนไขของการจำลองสภาพ

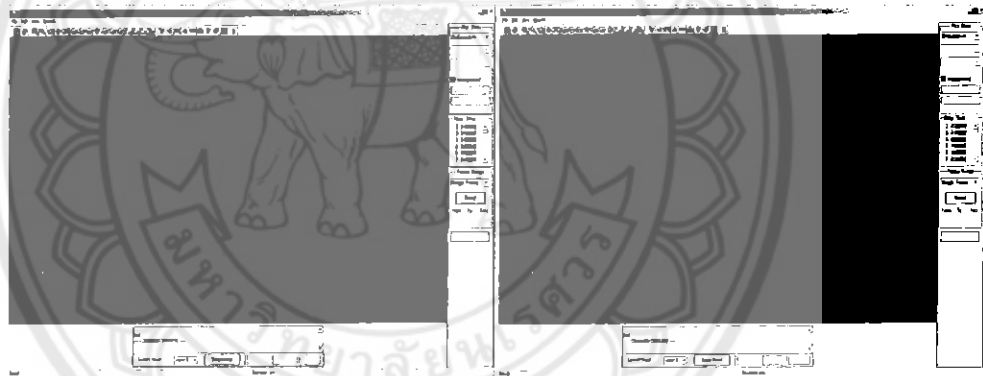
4.3.1.1 การสร้างแบบจำลอง ในการจำลองสภาพการชนกระแทกของกันชนหน้าในแนวตรงนี้มีแบบจำลอง 3 ชิ้นส่วนที่ได้สร้างขึ้นมา ประกอบด้วย ตัวรองรับ กันชนหน้า และ กำแพงแข็งเกร็ง (Rigid wall) โดยในการสร้างแบบจำลองทั้ง 3 ชิ้นส่วน ได้ใช้โปรแกรม AutoCAD ในการกำหนดจุดต่างๆ และโปรแกรม FEMAP ถูกใช้ในการสร้างจุดต่อ (Node) และสร้างเอลิเมนต์ (Element) รวมถึงถูกใช้ในการส่งออกเป็นข้อมูลในรูปแบบข้อความ รายละเอียดของแบบจำลองทั้ง 3 ชิ้นส่วนเป็นดังตารางที่ 4.4 สำหรับภาพรวมของแบบจำลองเป็นดังแสดงในรูปแบบที่ 4.13 ส่วนการจัดวางตำแหน่งของแบบจำลองทั้ง 3 ดังแสดงในรูปแบบ 4.14

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 4.13 ภาพรวมของแบบจำลอง



(ก) ภาพด้านบน

(ข) ภาพด้านข้าง

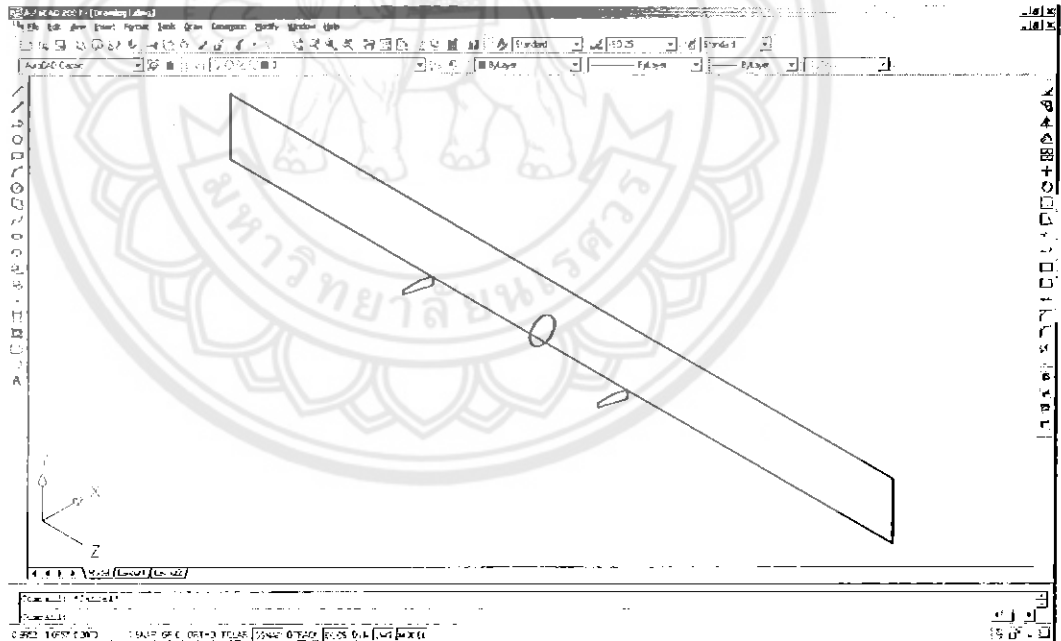
รูปที่ 4.14 การจัดวางตำแหน่งของแบบจำลองทั้ง 3

ในการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ให้กับแบบจำลองทั้ง 3 นั้น ได้พิจารณาให้ใกล้เคียงกับเงื่อนไขของการศึกษาโดยที่ได้กำหนดให้กันชนมีคุณสมบัติเป็นพลาสติกชนิดีเนื่องจากการชนกระแทกที่เกิดขึ้นนั้นจะทำให้กันชนเกิดการเสียรูปถาวรซึ่งความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นนั้นจะอยู่ในช่วงของพลาสติกชนิดี แบบจำลองกันชนข้อม ไม่คืนรูปซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์จริง สำหรับตัวรองรับและกำแพงนั้นได้กำหนดให้มีคุณสมบัติเป็นแบบแข็งเกร็งคือไม่มีการเสียรูปเนื่องจากการศึกษานี้สนใจเฉพาะกันชนเท่านั้นเพราะหากแบบจำลองอื่นมีการเสียรูปจะทำให้ข้อมูลของกันชนเกิดความคลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้เพื่อให้การจำลองสภาพการชนกระแทกใกล้เคียงกับการชนกระแทกของ

กันชนหน้ารถยนต์บรรทุกที่เกิดขึ้นจริง จึงได้กำหนดให้มวลของรถยนต์บรรทุกคือ 1,550 กิโลกรัม กระจายไปอยู่ที่ตัวรองรับทั้งสองตัว ตัวละ 775 กิโลกรัม สำหรับมวลของกันชนจะถูกคำนวณโดยโปรแกรมจากค่าความหนาแน่นและปริมาตรของกันชนเอง

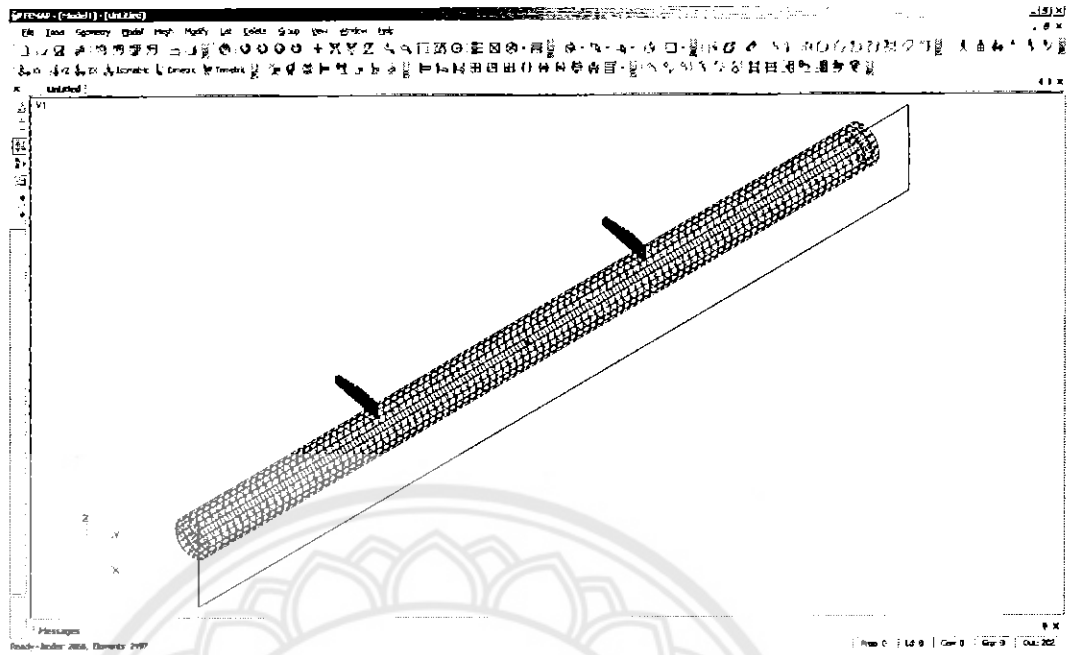
4.3.1.2 การสร้างไฟล์นำเข้า (Input File) ในการประมวลผลการจำลองสภาพการชนกระแทกด้วยโปรแกรม LS-DYNA ข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต่อการทำงานของโปรแกรมจะถูกจัดเตรียมให้อยู่ในรูปไฟล์ข้อความที่มีนามสกุลเป็น dyn (*.dyn) โดยใช้โปรแกรม Ultraedit สำหรับการเขียนและแก้ไขข้อมูลภายในไฟล์นำเข้านี้ สำหรับข้อมูลภายในไฟล์นำเข้านี้มี 3 ส่วนประกอบที่สำคัญคือ ข้อมูลของแบบจำลอง การกำหนดเงื่อนไข และการกำหนดผลลัพธ์

ก. ข้อมูลของแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองของกันชน ตัวรองรับ และกำแพงแข็งแรง ดังแสดงในรูปที่ 4.13 นั้น ได้ใช้โปรแกรม AutoCAD ในการสร้างจุดและเส้นที่เชื่อมต่อจุดต่างๆ ที่จำเป็นต่อการสร้างพื้นผิว (Surface) รวมทั้งเส้นรอบวงของกันชน ซึ่งได้เส้นต่างๆ ดังรูปที่ 4.15



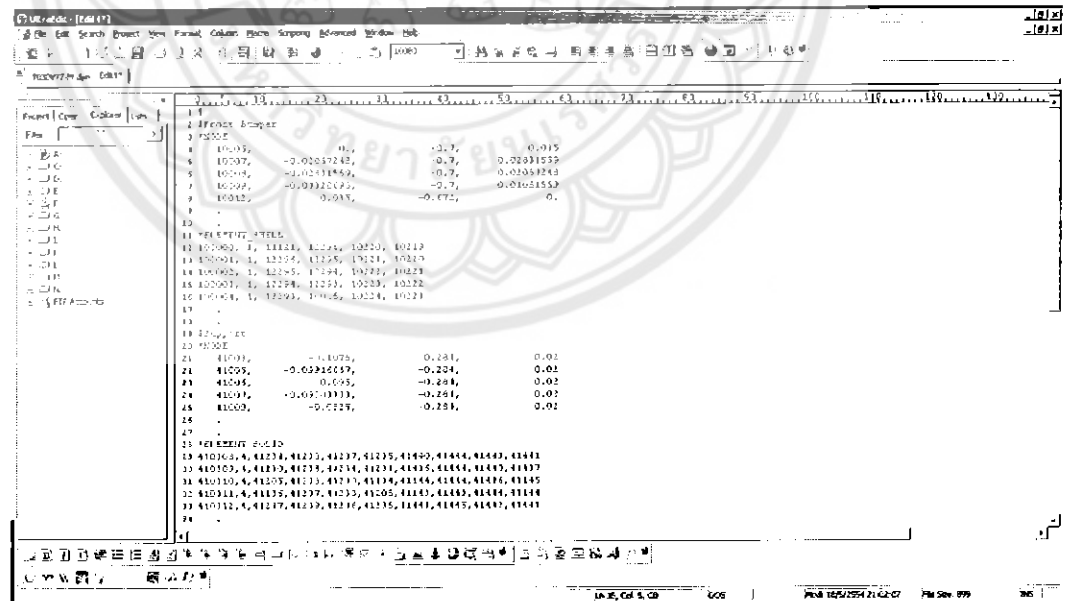
รูปที่ 4.15 การสร้างเส้นใน AutoCAD

จากนั้นข้อมูลของเส้นจะถูกนำเข้ามายังโปรแกรม FEMAP โดยที่เส้นวงกลมรอบรูปของกันชนจะถูกยืดออก (Extrude) เป็นพื้นผิว เส้นรอบรูปของตัวรองรับจะถูกสร้างเป็นพื้นที่จากนั้นจะถูกยืดออกให้เป็นปริมาตร สำหรับเส้นรอบรูปของกำแพงแข็งแรงจะถูกสร้างเป็นพื้นผิว จากนั้นแบบจำลองของกันชนและตัวรองรับจะถูกแบ่งเอลิเมนต์ ซึ่งได้แบบจำลองดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แบบจำลองที่ถูกแบ่งเอลิเมนต์

จากรูปที่ 4.16 ข้อมูลพิกัด x, y และ z ของจุดต่อต่างๆ หมายเลขของจุดต่อ จุดต่อของเอลิเมนต์ และ หมายเลขเอลิเมนต์จะถูกส่งออกในรูปแบบของข้อความดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ตัวอย่างข้อมูลแบบจำลองสำหรับสร้างไฟล์นำเข้า

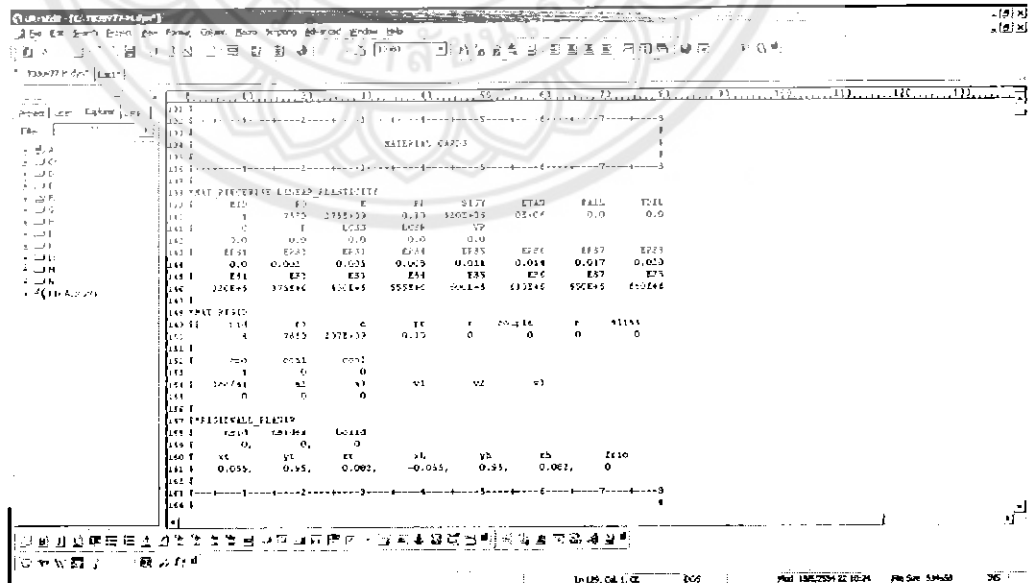
เมื่อนำข้อมูลของแบบจำลองข้างต้นนี้มาสร้างเป็นไฟล์นำเข้าแล้วจึงได้กำหนดข้อมูลคุณสมบัติของแต่ละแบบจำลองซึ่งประกอบด้วย

1. แบบจำลองกำแพงแข็งเกร็ง กำหนดให้มีคุณสมบัติเป็นแบบแข็งเกร็ง (Rigid) โดยใช้คำสั่ง RIGIDWALL_PLANAR
2. แบบจำลองตัวรองรับ กำหนดให้มีคุณสมบัติเป็นแบบแข็งเกร็ง ด้วยคำสั่ง MAT_RIGID
3. แบบจำลองกันชน กำหนดคุณสมบัติเป็นแบบพลาสติกเชิงเส้นด้วยคำสั่ง MAT_PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY และกำหนดให้วัสดุเป็นสแตนเลส โดยมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติวัสดุที่เกี่ยวข้องของแบบจำลองกันชน

คุณสมบัติ	ค่าที่กำหนด
1. โมดูลัสความยืดหยุ่น	275 GPa
2. ความเค้นคราก	320 MPa
3. ความหนาแน่น	7,850 kg/m ³
4. อัตราส่วนปัวซอง	0.30
5. คู่ลำดับความเครียดความเค้นในช่วงพลาสติกเชิงเส้น หมายเหตุ: หน่วยเป็น (mm/mm, MPa)	(0.001, 320), (0.002, 375), (0.005, 480) (0.008, 555), (0.011, 600), (0.014, 630) (0.017, 650) และ (0.020, 660)

หมายเหตุ โปรแกรมต้องการข้อมูลคู่ลำดับความเครียดความเค้นจำนวน 8 คู่



รูปที่ 4.18 การกำหนดคุณสมบัติของแบบจำลองในไฟล์นำเข้า

ทั้งนี้การกำหนดคุณสมบัติของแบบจำลองในไฟล์นำเข้เป็นดังแสดงในรูปที่ 4.18 สำหรับข้อมูลประเภทเอลิเมนต์ (Element type) ของแต่ละแบบจำลองได้กำหนดเป็นดังนี้

1. แบบจำลองกำแพงแข็งเกร็ง ไม่ต้องกำหนด
2. แบบจำลองตัวรองรับ กำหนดให้เป็นเอลิเมนต์แข็งด้วยคำสั่ง SECTION_SOLID
3. แบบจำลองกันชน กำหนดให้เป็นเอลิเมนต์เปลือกด้วยคำสั่ง SECTION_SHELL โดยในคำสั่งนี้ได้กำหนดความหนาของเปลือกตามค่าความหนากันชนที่ต้องการศึกษาจำนวน 3 ค่า คือ 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร ในการประมวลผลแต่ละครั้ง

ข. การกำหนดเงื่อนไข เป็นการกำหนดให้การจำลองสภาพเป็นไปตามสมมุติฐานต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้เพื่อให้ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงของการชนกระแทกมากที่สุด ซึ่งการกำหนดเงื่อนไขที่สำคัญประกอบด้วย

1. การกำหนดความเร็วชนกระแทก เป็นการกำหนดให้แบบจำลองกันชนพร้อมตัวรองรับพุ่งเข้าชนกระแทกต่อแบบจำลองกำแพงแข็งเกร็งด้วยความเร็วที่ต้องการศึกษาด้วยคำสั่ง 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 ทั้งนี้การกำหนดความเร็วชนกระแทกนี้ได้กำหนดในทิศทางตั้งฉากกับแบบจำลองกำแพงแข็งเกร็งเท่านั้นเนื่องจากการชนกระแทกในแนวตรง

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

- 2.1 แบบจำลองกำแพงแข็งเกร็ง บังคับการเคลื่อนที่เป็นแบบตรึง (ไม่ยอมให้มีการเคลื่อนที่ในทุกแกน โดยอ้างอิงแกนจากรูปที่ 4.13)

- 2.2 แบบจำลองตัวรองรับ ยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ตามแกน x และยอมให้เกิดการหมุนรอบแกน y เท่านั้น

- 2.3 แบบจำลองกันชน ยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ในทุกๆ แกน โดยการกำหนดการบังคับการเคลื่อนที่ในไฟล์นำเข้เป็นดังแสดงในรูปที่ 4.19

3. การกำหนดคู่สัมผัส เป็นการกำหนดให้โปรแกรมทราบว่าในการชนกระแทกที่เกิดขึ้นนั้นมีการสัมผัสกันของแบบจำลองใดบ้างด้วยคำสั่ง CONTACT_AUTOMATIC_NODES_TO_SURFACE_TITLE ซึ่งได้กำหนดคู่สัมผัสระหว่างกันชนและตัวรองรับโดยให้แบบจำลองกันชนเป็น Master

ส่วนแบบจำลองตัวรองรับเป็น Slave สำหรับการสัมผัสของแบบจำลองทั้งสองกับกำแพงแข็งเกร็งนั้น ไม่ต้องกำหนดเพราะคำสั่ง RIGIDWALL_PLANAR จะกำหนดการสัมผัสโดยอัตโนมัติ การกำหนดคู่สัมผัสในไฟล์นำเข้าเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.20

The screenshot shows the Abaqus interface with a table of contact pairs. The table has columns for ID, BOPE, CTO, DOPE, DCTF, DCTE, DOPX, DOPY, and DOPZ. The rows list various contact pairs such as 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

รูปที่ 4.19 การกำหนดการบังคับการเคลื่อนที่ในไฟล์นำเข้า

The screenshot shows the Abaqus interface with a table of contact pairs. The table has columns for ID, CTYP, E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28, E29, E30, E31, E32, E33, E34, E35, E36, E37, E38, E39, E40, E41, E42, E43, E44, E45, E46, E47, E48, E49, E50, E51, E52, E53, E54, E55, E56, E57, E58, E59, E60, E61, E62, E63, E64, E65, E66, E67, E68, E69, E70, E71, E72, E73, E74, E75, E76, E77, E78, E79, E80, E81, E82, E83, E84, E85, E86, E87, E88, E89, E90, E91, E92, E93, E94, E95, E96, E97, E98, E99, 1000.

รูปที่ 4.20 การกำหนดคู่สัมผัสในไฟล์นำเข้า

ก. การกำหนดผลลัพธ์ เป็นการกำหนดให้การประมวลผลของการจำลองสภาพสร้างข้อมูลส่งออก (Output) หรือผลลัพธ์ของการจำลองสภาพให้เป็นไปตามความต้องการ สำหรับ โปรแกรม LS-DYNA นั้นต้องกำหนดข้อมูลผลลัพธ์ 2 ส่วน คือ ข้อมูลผลลัพธ์ที่ต้องการ และช่วงเวลาการส่งออกข้อมูลนั้นๆ โดยในการศึกษาแรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรง ได้กำหนดให้ส่งออกผลลัพธ์เป็นแรงที่เกิดขึ้นที่กำแพงแข็งเกร็งด้วยคำสั่ง DATABASE_RWFORC และกำหนดให้สร้างข้อมูลทุกๆ 0.5 มิลลิวินาที จากคำสั่งนี้ โปรแกรม LS-DYNA จะสร้างไฟล์ชื่อ rwworc ซึ่งภายในบรรจุค่าลำดับของแรงที่กำแพงแข็งเกร็งที่เวลาต่างๆ การกำหนดผลลัพธ์ในไฟล์นำเข้าไปนั้แสดงในรูปที่ 4.21

```

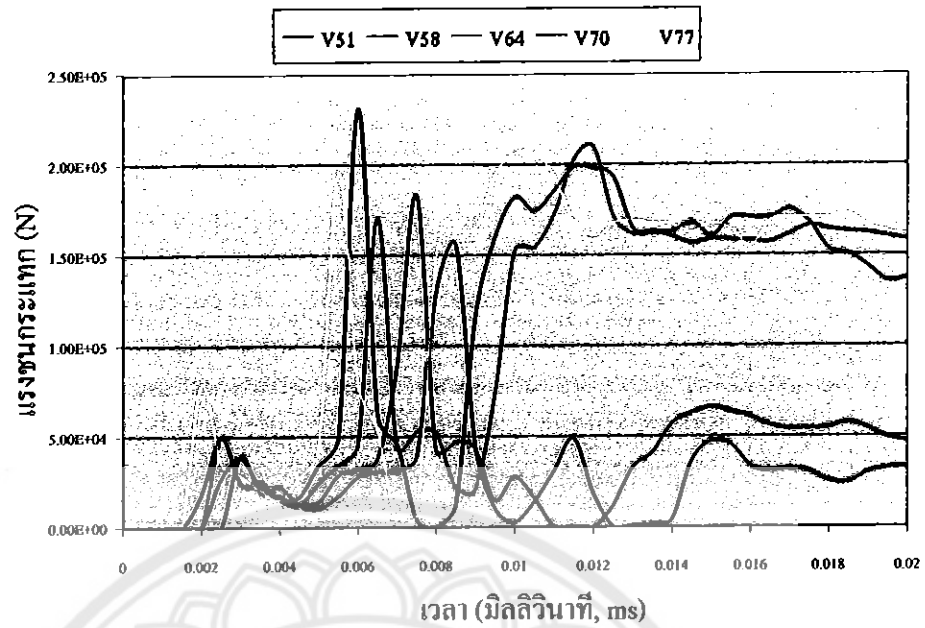
23 I-----
24 I          DATABASE CONTROL FOR ASCII
25 I-----
26 I          *DATABASE_OUTSTAT
27 I          1          IT
28 I          34          0.0055
29 I-----
30 I          DATABASE CONTROL FOR BINARY
31 I-----
32 I          *DATABASE_BINARY_COPLOT
33 I          43          1          1          0          0          0
34 I          44          0.0055          0          0
35 I-----
36 I          *DATABASE_BINARY_EXTRACT
37 I          47          0.005
38 I-----
39 I          *DATABASE_EXTRACT_BINARY
40 I          45          0          0          3          1          0          0          0
41 I          46          0          0          4          0          0          0          0
42 I-----
43 I          *DATABASE_STATISTICS
44 I          48          0.005
45 I-----
46 I          *DATABASE_PLOTFC
47 I          49          0.005
48 I-----
49 I          *DATABASE_PLOTFC
50 I          50          0.005
51 I-----
52 I
53 I
54 I
55 I
56 I
57 I
58 I
59 I
60 I
61 I
62 I
63 I
64 I
65 I
66 I
67 I
68 I
69 I
70 I
71 I
72 I
73 I
74 I
75 I
76 I
77 I
78 I
79 I
80 I
81 I
82 I
83 I
84 I
85 I
86 I
87 I
88 I
89 I
90 I
91 I
92 I
93 I
94 I
95 I
96 I
97 I
98 I
99 I
100 I

```

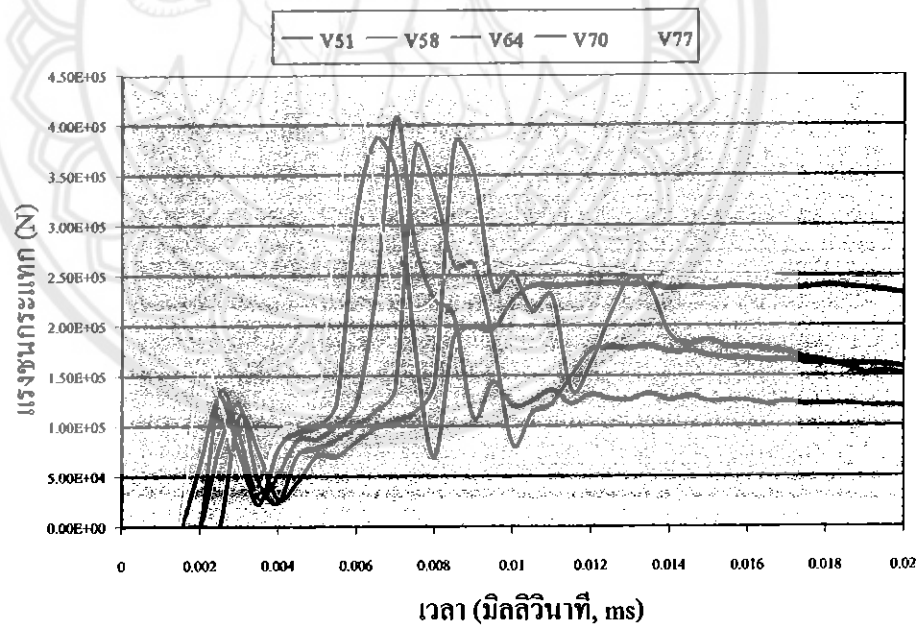
รูปที่ 4.21 การกำหนดผลลัพธ์ในไฟล์นำเข้า

ส่วนสำคัญในขั้นตอนของการเตรียมข้อมูลประมวลผลอีกประการหนึ่งคือการกำหนดเวลาของการประมวลผลซึ่งมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเป็นอย่างมาก จากการทดลองจำลองสภาพการชนกระแทกพบว่าแบบจำลองกันชนจะพุ่งเข้าชนก่อนที่เวลาประมาณ 1.2 มิลลิวินาที ต่อจากนั้นแบบจำลองตัวรองรับจะกดแบบจำลองคันชนจะเข้ากระแทกต่อกำแพงแข็งเกร็งที่เวลาประมาณ 5.5 มิลลิวินาที จากนั้นแบบจำลองทั้งหมดจะเริ่มถอยกลับออกมา ดังนั้นจึงได้กำหนดเวลาสิ้นสุดการประมวลผลที่ 20 มิลลิวินาที

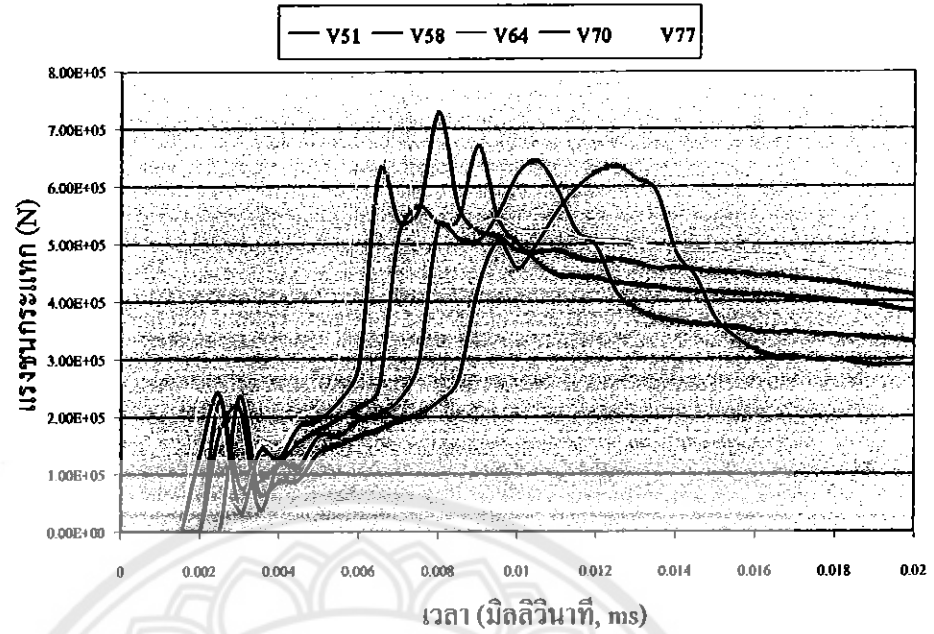
ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลการประมวลผลนี้สุดท้ายจะได้ผลลัพธ์เป็นไฟล์ที่มีขนาดประมาณ 300 kb จำนวนทั้งสิ้น 15 ไฟล์ ที่มีการเปลี่ยนตัวแปรการจำลองสภาพที่ความเร็วชน



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกที่ความเร็วทั้ง 5 ค่า ของกันชนความหนา 1 มิลลิเมตร



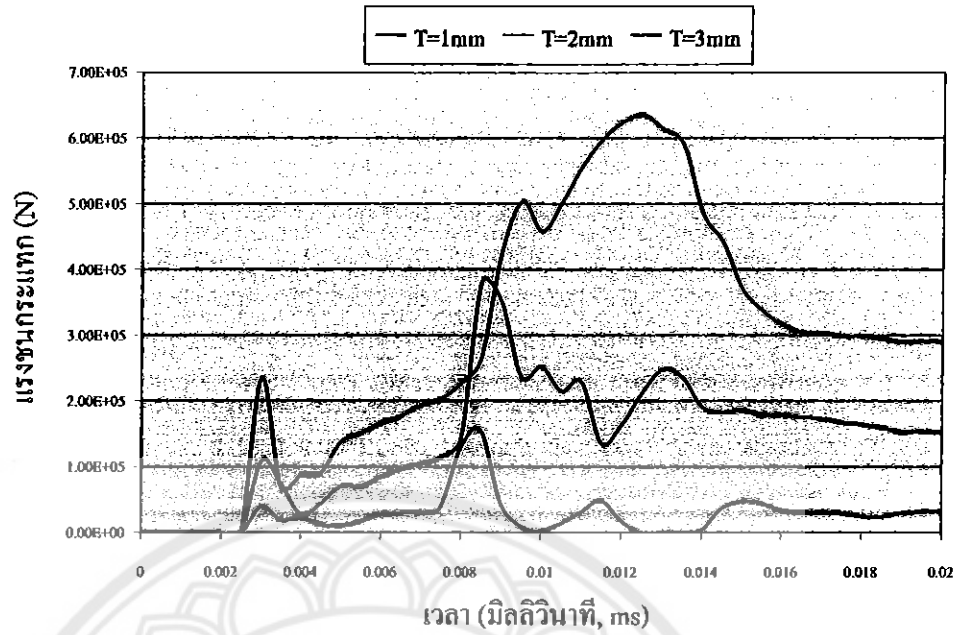
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกที่ความเร็วทั้ง 5 ค่า ของกันชนความหนา 2 มิลลิเมตร



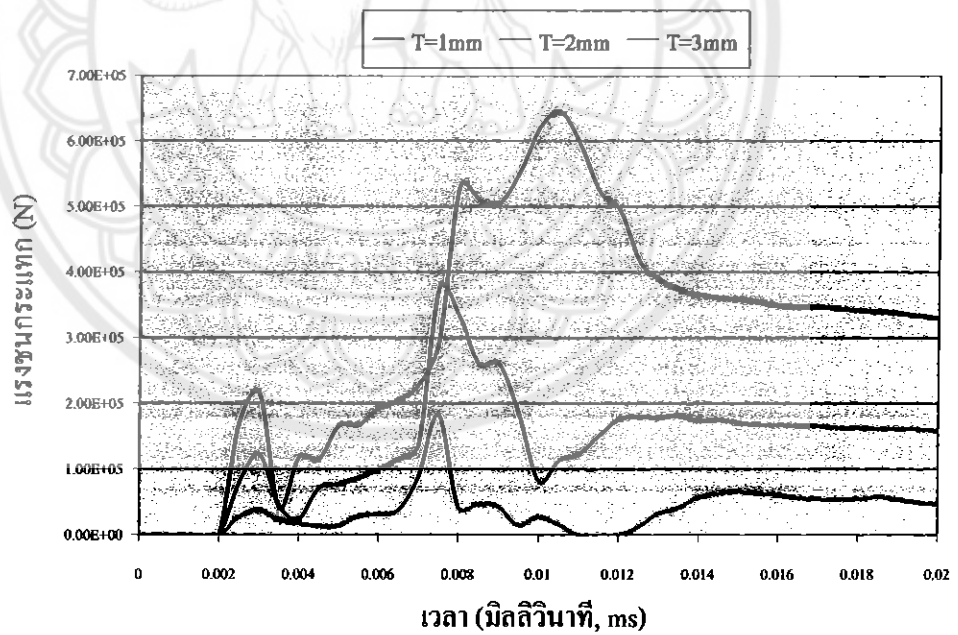
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกที่ความเร็วทั้ง 5 ค่า ของกันชนความหนา 3 มิลลิเมตร

จากรูปที่ 4.23, 4.24 และ 4.25 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกของการชนกระแทกที่ความเร็ว 51, 58, 64, 70 และ 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ของการชนกระแทกของกันชนความหนา 3 ค่า คือ 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ

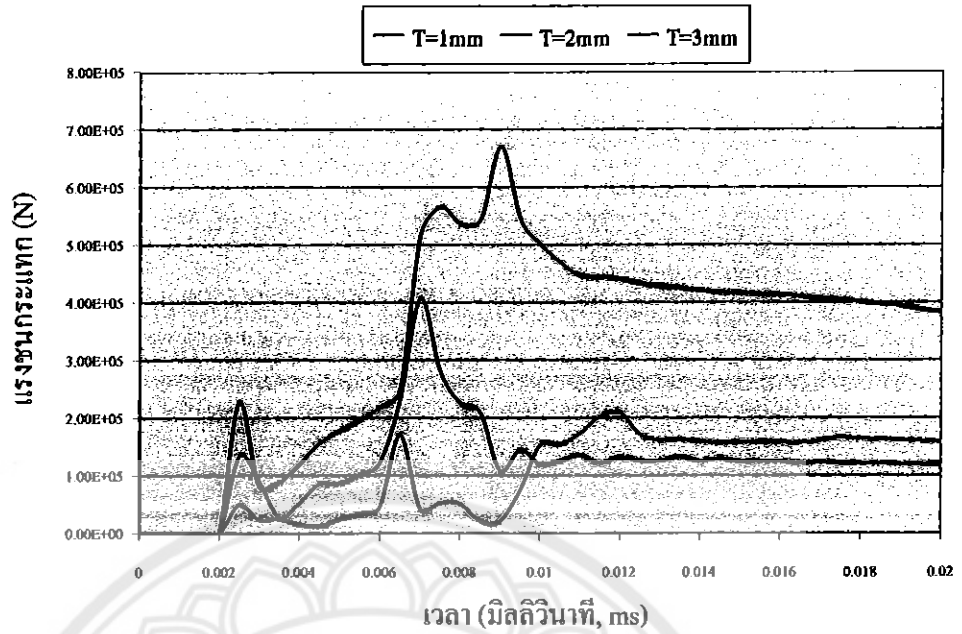
สำหรับกราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงชนกระแทกของกันชนที่มีความหนาเป็น 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร ที่แต่ละความเร็วชนกระแทกเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.26 ถึง 4.30



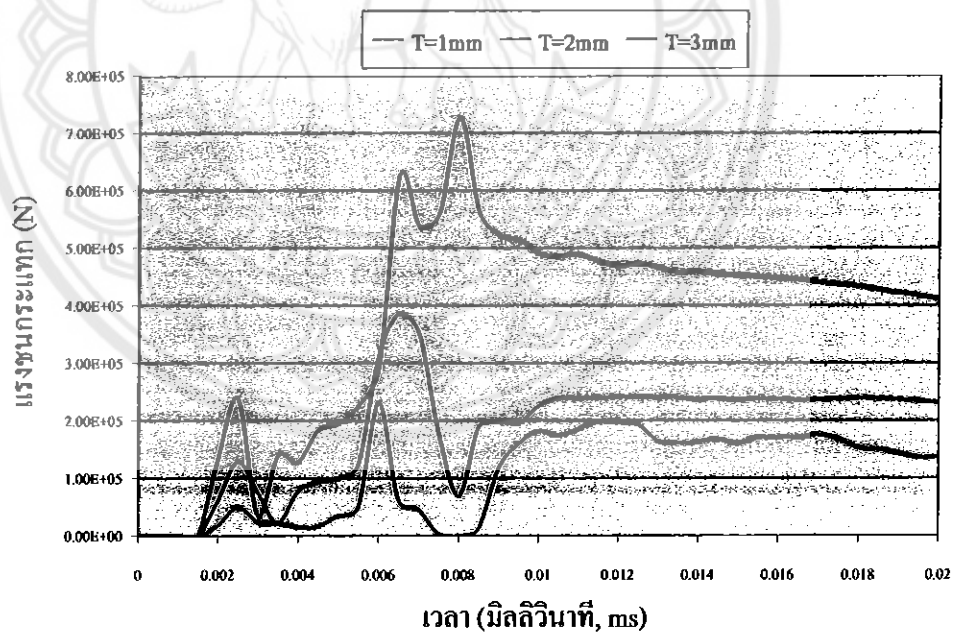
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกของกันชนที่มีความหนาทั้ง 3 ค่า ที่ความเร็ว 51 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



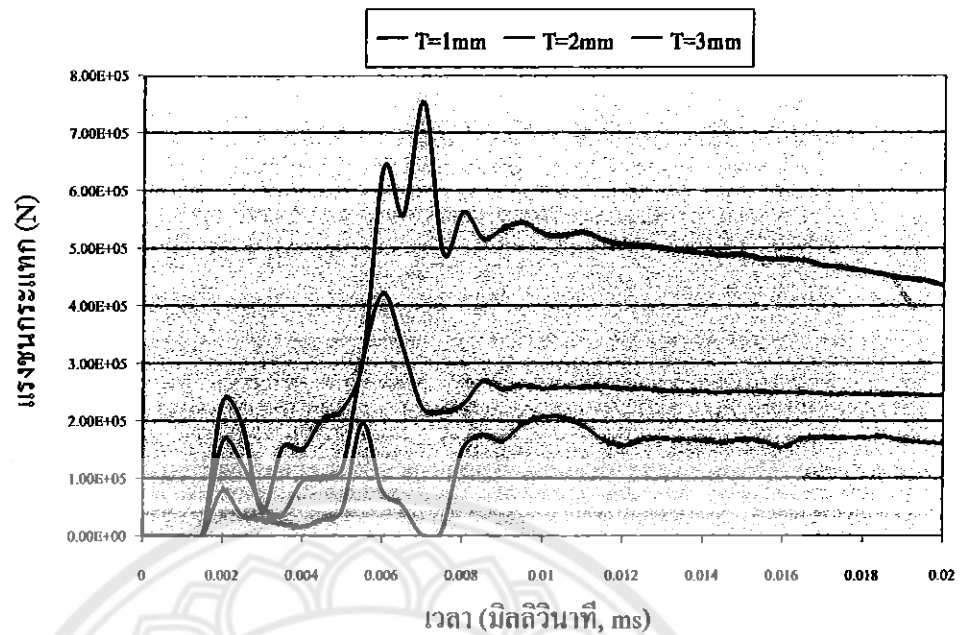
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกของกันชนที่มีความหนาทั้ง 3 ค่า ที่ความเร็ว 58 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกของกันชนที่มีความหนาทั้ง 3 ค่า ที่ความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกของกันชนที่มีความหนาทั้ง 3 ค่า ที่ความเร็ว 70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ของการชนกระแทกของกันชนที่มีความหนาทั้ง 3 ค่า ที่ความเร็ว 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4.5 การวิจารณ์ผลการจำลองสภาพ

จากกราฟผลลัพธ์ของการจำลองสภาพคือการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.23 ถึง 4.30 พบว่ากราฟทั้งหมดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแรงชนกระแทกที่เหมือนกันคือ ช่วงแรกกราฟจะยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากยังไม่เกิดการชนกระแทก ต่อมาแรงชนกระแทกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากนั้นจึงลดลงเนื่องจากช่วงที่กันชนเกิดการกระแทกนั้นจะเกิดแรงชนกระแทกที่ค่อนข้างสูงเพื่อทำให้กันชนเกิดการยุบตัว โดยเมื่อกันชนยุบตัวแล้ว แรงที่เกิดขึ้นนั้นก็ลดลง แต่จากนั้นแรงชนกระแทกจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเนื่องจากกันชนที่ยุบตัวนั้นจะเริ่มอัดตัวตามการเคลื่อนที่เข้าสู่กำแพงแข็งเกร็งของตัวรองรับจึงทำให้แรงชนกระแทกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาแรงชนกระแทกสูงสุดที่เกิดขึ้นต่อเฉพาะกันชนจะได้ค่าดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แรงชนกระแทกสูงสุดจากการจำลองสภาพ

ความหนาของ กันชน	แรงชนกระแทกที่ความเร็วต่างๆ (kN)				
	51 km/h	58km/h	64 km/h	70 km/h	77 km/h
1 mm.	40	39	50	50	79
2 mm.	110	112	134	130	164
3 mm.	235	216	227	239	233

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เกิดขึ้นในกันชนที่มีความหนาเดียวกันแต่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการชนกระแทกเป็นทั้ง 5 ค่า คือ 51, 58, 64, 70 และ 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังกราฟรูปที่ 4.23 ถึง 4.25 พบว่าที่ความหนากันชนเป็น 1 และ 2 มิลลิเมตรนั้น แรงชนกระแทกจะมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด สำหรับที่ความหนากันชนเป็น 3 มิลลิเมตรนั้น แรงชนกระแทกจะค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกความเร็วชนกระแทก แต่หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของแรงชนกระแทกโดยเปรียบเทียบระหว่างความหนาทั้ง 3 ค่า ที่แต่ละความเร็วชนกระแทก ดังกราฟรูปที่ 4.26 ถึง 4.30 พบว่าจะเห็นความแตกต่างของแรงชนกระแทกเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความหนาได้อย่างชัดเจน โดยที่แรงชนกระแทกจะแปรผัน โดยตรงกับค่าความหนาของกันชน

สำหรับการวิเคราะห์สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ผลของความเร็วชนกระแทกและความหนาของกันชนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทก และการสรุปผลของการศึกษาแรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกในการชนกระแทกแนวตรงจะได้อีกกล่าวถึงในบทต่อไป

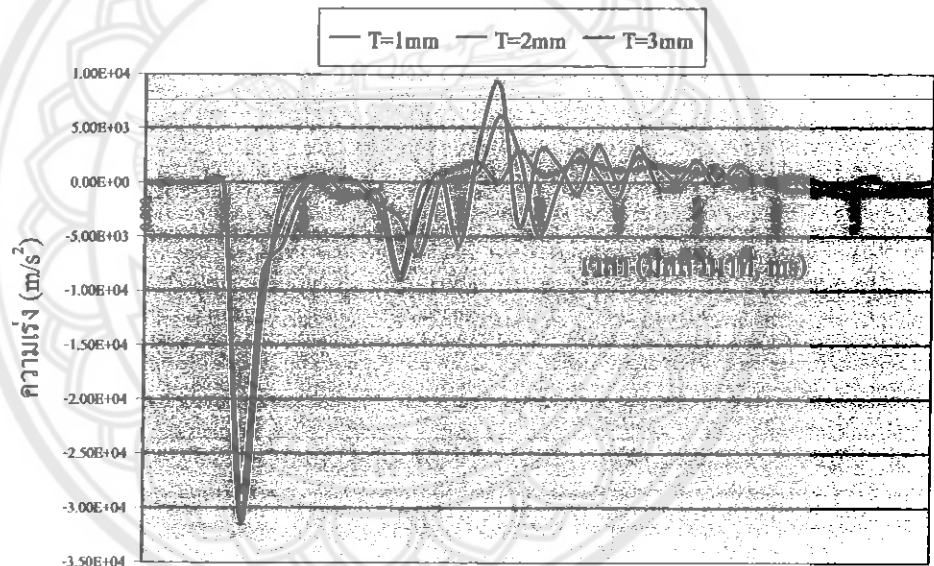


บทที่ 5

การวิเคราะห์และสรุปผล

5.1 การวิเคราะห์ผลการจำลองสภาพ

จากกราฟผลลัพธ์ของการจำลองสภาพคือการเปลี่ยนแปลงแรงชนกระแทกที่เวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.23 ถึง 4.30 พบว่าในทุกกราฟนั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงชนกระแทกตลอดเวลาของเหตุการณ์การชนกระแทก ทั้งนี้เมื่อพิจารณาแรงทำให้วัตถุที่เกิดการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ตามกฎข้อที่สองของนิวตันคือ $F = ma$ พบว่าแรงชนกระแทกนี้มี 2 ส่วนที่ต้องพิจารณาคือ มวล และความเร่ง ซึ่งมวลของกันชนที่มีความหนาเป็น 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร คือ 2.476, 4.952 และ 7.428 กิโลกรัมตามลำดับ สำหรับความเร่งของกันชนนั้นมีตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชน

จากรูปที่ 5.1 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงความเร่งของกันชนที่การจำลองสภาพการชนกระแทกด้วยความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ของกันชนที่มีความหนาทั้ง 3 ค่า ซึ่งพบว่ากันชนจะมีความเร่งสูงที่สุดในช่วงที่เกิดการชนกระแทก เพราะกันชนมีการเปลี่ยนความเร็ว จากความเร็วที่ได้ทำการศึกษาทั้ง 5 ค่า มาเป็น 0 เมตรต่อวินาที ในช่วงเวลาที่สั้นมากๆ (เครื่องหมายของความเร่งในรูปติดลบเพราะเป็นการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่ลดลง) จากนั้นแบบจำลองกันชนจะถูกอัดตัวเข้ากับกำแพงแข็งเกร็งจึงมีการเปลี่ยนตำแหน่งไม่มากนักทำให้ความเร่งของกันชนลดลง ดังนั้นเมื่อ

พิจารณาการเกิดแรงชนกระแทกของกันชนจึงพบว่าจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่ค่าความเร่งสูงสุดนั่นเอง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาแรงชนกระแทกตามทฤษฎีคือ $F = ma$ ซึ่งมีค่าเป็นดังแสดงในตารางที่ 5.1 พบว่าแรงชนกระแทกที่ได้จากการจำลองสภาพมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่ได้ตามทฤษฎีเป็นดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 ค่าของแรงชนกระแทกตามทฤษฎี

ความหนาของ กันชน	แรงชนกระแทกที่ความเร็วต่างๆ (kN)				
	51 km/h	58km/h	64 km/h	70 km/h	77 km/h
1 mm.	52	63	77	83	96
2 mm.	114	111	150	150	180
3 mm.	167	149	212	214	256

ตารางที่ 5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของแรงชนกระแทกจากการจำลองสภาพเทียบกับแรงชนกระแทกตามทฤษฎี

ความหนาของ กันชน	ค่าความคลาดเคลื่อน				
	51 km/h	58km/h	64 km/h	70 km/h	77 km/h
1 mm.	-22.3%	-38.5%	-35.3%	-39.9%	-18.0%
2 mm.	-3.8%	1.0%	-10.7%	-13.4%	-9.0%
3 mm.	40.6%	44.7%	7.2%	11.7%	-9.1%

จากค่าความคลาดเคลื่อนดังตารางที่ 5.2 นี้ พบว่าการคลาดเคลื่อนนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากการกระจายมวลของกันชนไปยังจุดต่อแต่ละจุดที่อาจทำให้มวลรวมของแบบจำลองกันชนคลาดเคลื่อนไปจากมวลจริงของกันชน แต่จะพบว่าการวิเคราะห์กันชนที่มีความหนา 2 และ 3 มิลลิเมตร) และมีการชนกระแทกที่ความเร็วสูง (64, 70 และ 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

5.2 สรุปผลการศึกษา

1. ในการศึกษาถึงการชนกระแทกของกันชนตัวอย่างซึ่งมีความหนา 3 มิลลิเมตร และมีการชนกระแทกที่ความเร็ว 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าจะมีแรงชนกระแทกประมาณ 230 kN
2. การเปลี่ยนแปลงความหนาของกันชนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของแรงชนกระแทกมากกว่าผลจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วชนกระแทก ทั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ในช่วงความเร็ว 51 ถึง 77 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
3. แรงชนกระแทกจะแปรผัน โดยตรงต่อทั้งความหนาของกันชนและความเร็วชนกระแทก
4. การศึกษาการชนกระแทกด้วยการจำลองสภาพเหมาะสมกับตัวอย่างที่มีมวลมากและใช้ความเร็วชนกระแทกสูง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับกันชนรถยนต์บรรทุกที่มีลักษณะแบบอื่นๆ และลักษณะของการชนกระแทกแบบอื่นๆ
2. ควรมีการศึกษาถึงแรงชนกระแทกที่เกิดขึ้นต่อชิ้นส่วนอื่นๆ ของรถยนต์บรรทุก
3. ควรมีการศึกษาถึงแรงชนกระแทกที่เกิดขึ้นในกรณีที่เป็นการชนกระแทกของรถยนต์บรรทุกทั้งคัน
4. ควรมีการทดสอบชนกระแทกจริงเพื่อตรวจสอบผลที่ได้จากการจำลองสภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมการขนส่งทางบก. [เพิ่มเติมข้อมูล]. รายงานสถิติการขนส่งประจำปี 2552/2009. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2553. จาก http://apps.dlt.go.th/statistics_web/statistics.html.
- [2] ธงชัย ฟองสมุทร. (2549). วิถีไฟไนต์เอลิเมนต์เบื้องต้น. เชียงใหม่: โครงการตำราภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [3] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. (2542). ปฏิบัติการทดสอบการรับแรงดึงของวัสดุ. พิษณุโลก: คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [4] มন্ত্রী พิชุณเกษตร. (2549). กลศาสตร์ของของแข็ง. กรุงเทพฯ: บริษัทจูนพับลิชชิง
- [5] สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. [เพิ่มเติมข้อมูล]. สถิติคดีอุบัติเหตุจราจร. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2553. จาก http://statistic.tfp.police.go.th/traff_main.htm.
- [6] สำนักงานพัฒนาระบบข้อมูลข่าวสารสุขภาพ. [เพิ่มเติมข้อมูล]. ย้อนรอยสถานการณ์อุบัติเหตุ. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2553. จาก <http://www.hiso.or.th/hiso/picture/reportHealth/d5.pdf>.
- [7] ThaiNox Stainless. [เพิ่มเติมข้อมูล]. คู่มือทางเทคนิคสแตนเลส. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2553. http://www.thainox.co.th/cgi-bin/images/N000025_3.pdf.



ภาคผนวก ก

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนของการใช้งานเครื่องทดสอบดึง รวมถึงการตั้งค่าเครื่องทดสอบให้มีความสมบูรณ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การใช้งานเครื่องทดสอบดึง

จากการศึกษาถึงแรงชนกระแทกของกันชนหน้ารถยนต์บรรทุกนั้นจำเป็นต้องรู้คุณสมบัติของสแตนเลส เพื่อนำไปเป็นข้อมูลใส่ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางไฟไนต์เอลิเมนต์ในการจำลองสภาพการชนต่อไป การตั้งค่าต่างๆ ของเครื่องทดสอบดึงอธิบายได้ดังนี้

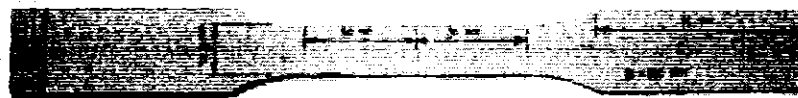
1) จัดเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบดึงตามมาตรฐานการทดสอบดึง

1.1) เริ่มจากการดำเนินการหาแผ่นสแตนเลส เกรด 304 ขนาดความหนา 1.4 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 ก แสดงลักษณะแผ่นสแตนเลส

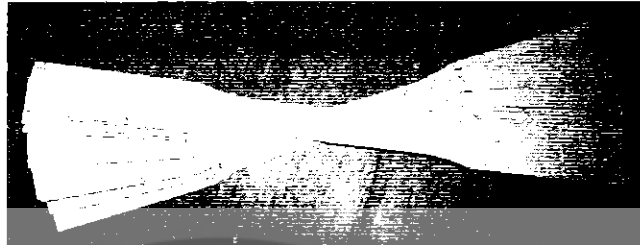
1.2) ออกแบบชิ้นงานที่ทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบดึง (ASTM) โดยความยาว 220 mm. หนา 1.4 mm. ความกว้างส่วนหัวจับ 20 mm. ความกว้างจุดทดสอบ 12.3 mm. ความยาวจุดทดสอบ 60 mm. ความยาวบริเวณหัวจับทดสอบ 60 mm. (ดังรูปที่ 2 ก)



รูปที่ 2 ก แสดงลักษณะชิ้นงานตามมาตรฐานทดสอบดึง (หน่วย mm.)

1.3) นำชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้แล้ว ไปทำการตัดจำนวน 15 ชิ้น (ทำการตัดชิ้นงานด้วยเครื่อง CNC เนื่องจากแผ่นสแตนเลสมีความเหนียว)

1.4) จะได้ชิ้นงานออกมาลักษณะตามรูปที่ 3 ก



รูปที่ 3 ก แสดงแผ่นสแตนเลสที่ทำการตัดเป็นชิ้นงาน

2) ทดสอบดึงตามมาตรฐานการทดสอบดึง

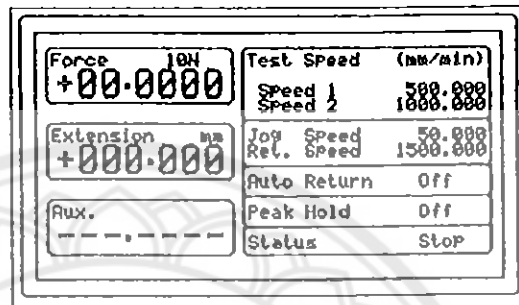
2.1) นำชิ้นงานที่จัดเตรียมจากข้อ 1 ที่ได้จำนวน 15 ชิ้น มาทำความสะอาดและตรวจสอบบันทึกค่าต่าง ๆ ในตารางที่ 1 ก

ตารางที่ 1 ก แสดงค่าต่าง ๆ ในการตรวจเช็คชิ้นงาน

ชิ้นงานที่	ความยาว (mm.)	ความหนา (mm.)	ความกว้าง (mm.)
1	220	1.4	12.3
2	220	1.4	12.3
3	220	1.4	12.3
4	220	1.4	12.3
5	220	1.4	12.3
6	220	1.4	12.3
7	220	1.4	12.3
8	220	1.4	12.3
9	220	1.4	12.3
10	220	1.4	12.3
11	220	1.4	12.3
12	220	1.4	12.3
13	220	1.4	12.3
14	220	1.4	12.3
15	220	1.4	12.3

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

2.3) เปิดสวิทช์เครื่องทดสอบ จะใช้เวลาประมาณ 5 วินาที จะปรากฏหน้าจอตั้งแสดงในรูปที่ 4 ก



รูปที่ 4 ก แสดงหน้าจอแสดงผลเวลาเปิดสวิทช์เครื่องทดสอบตั้ง

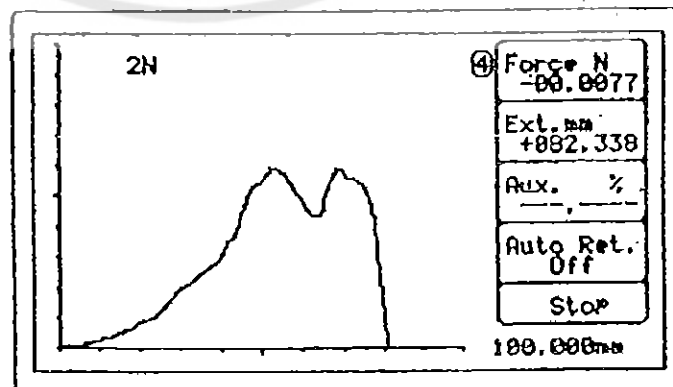
ทำการป้อนข้อมูลตัวแปรการทดสอบ

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 แสดงผลเวลาตั้งแบบ 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) จับชิ้นงานแผ่นสแตนเลสที่เตรียมไว้แล้วชิ้นที่ 1 เข้ากับหัวจับตัวบน จับยึดให้แน่น ส่วนหัวจับตัวล่างเปิดกว้างเอาไว้ ดังแสดงรูปที่ 6 ก ประกอบ

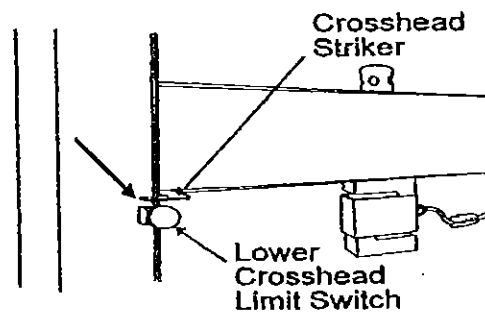


รูปที่ 6 ก การจับชิ้นงานทดสอบด้านบน

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

2.15) กดปุ่ม [STOP] เพื่อให้ LED หยุดกระพริบ (สว่างนิ่ง)

2.16) ตั้งค่า mechanical limit switch อันล่างให้อยู่ต่ำกว่าตำแหน่งของตัวพา (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) ขันหัวจับชิ้นงานด้านล่างให้จับชิ้นงานจนแน่น (คล้ายรูปที่ 6 ก)

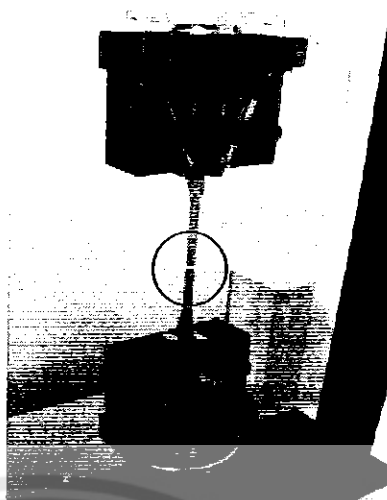


รูปที่ 8 ก การจับชิ้นงานทดสอบด้านล่าง

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

2.20) การทดสอบ กดปุ่มลูกศร [UP] เครื่องจะทำการทดสอบโดยการดึงจนขาดตาม limit ที่ระบุไว้

2.21) เมื่อชิ้นงานขาดแล้วนำชิ้นงานที่ขาดออกจากกันทั้งสองส่วนออกมาวางต่อกัน แล้ววัดความยาวรวม (ในกรณีที่ชิ้นงานถูกดึงจนเครื่องหยุด แต่ชิ้นงานไม่ขาด ให้ทำการกดปุ่มลูกศร [UP] จนชิ้นงานขาดแล้วกดปุ่ม [STOP] จากนั้นจึงทำต่อไปตามปกติ)



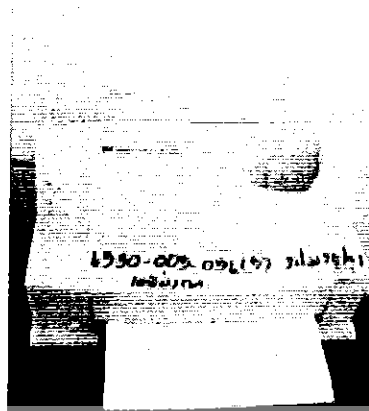
รูปที่ 9 ก แสดงการรอยขาดของชิ้นงานทดสอบ

- ตำแหน่งศูนย์
- 2.22) เมื่อนำชิ้นงานที่ขาดออกมาแล้ว กดปุ่ม [F5] หัวจับบนจะเคลื่อนที่กลับลงมาที่
- จับยึดชิ้นงาน
- 2.23) เปลี่ยนชิ้นงานใหม่ใส่เข้าไปในปากจับของหัวจับบน แล้วทำตามขั้นตอนการ
- 2.24) ทำการทดสอบจนกว่าจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกันจำนวน 5 ค่า (ในที่นี้ผู้ทดสอบทำการทดสอบจำนวน 9 ครั้ง)



รูปที่ 10 ก ชิ้นงานที่ทดสอบแล้ว

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



รูปที่ 11 ก แสดงหิมพ์ผลการทดสอบแรงดึง

2.26) การปิดเครื่อง หลังจากการทดสอบทำเสร็จทุกอย่างแล้ว ถอดชิ้นงานออกจาก
หัวจับ

2.27) ปิดสวิทซ์เครื่องทดสอบ

2.28) ถอดหัวจับตัวบนออกจากเครื่องทดสอบ เพราะไม่ให้เป็นน้ำหนักถ่วง load
cell แล้วทำความสะอาดตรวจสอบสถานที่ทดสอบให้อยู่ในสภาพเริ่มต้นก่อนใช้งาน

3) ค่าที่ได้จากการทดสอบโดยการจดบันทึก

ตารางที่ 2 ก แสดงค่าที่จดบันทึกหลังการทดสอบ

ชิ้นงานที่	ความยาวเริ่มต้น (mm.)	ความยาวหลังทดสอบ (mm.)	ระยะที่ขีดออกได้ (mm.)
2	220	267.5	47.5
3	220	267	47
4	220	275	55
6	220	275	55
7	220	270	50
เฉลี่ย	220	270.9	50.9

ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ : นายไทยรัฐ น่วมน้อย
 วันเดือนปีเกิด : 16 มีนาคม 2530
 ภูมิลำเนา : 33 ม.7 ต.ชุมแสงสงคราม อ.บางระกำ
 จ.พิษณุโลก 65240
 ประวัติการศึกษา: จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
 จากโรงเรียนชุมแสงสงครามฯ
 จังหวัดพิษณุโลก ปีการศึกษา 2545
 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 จากโรงเรียนชุมแสงสงครามฯ
 จังหวัดพิษณุโลก ปีการศึกษา 2548
 E-mail : thairat_thairat@hotmail.com



ชื่อ : นายไพโรจน์ การอุบลวิรักษ์
 วันเดือนปีเกิด : 3 มกราคม 2531
 ภูมิลำเนา : 20 ม.10 ต.เข็กน้อย อ.เขาค้อ
 จ.เพชรบูรณ์ 67280
 ประวัติการศึกษา: จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
 จากโรงเรียนบ้านเข็กน้อย
 จังหวัดเพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2546
 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
 จากโรงเรียนแคมป์สนวิทยาคม
 จังหวัดเพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2549
 E-mail : pai_rote@windowslive.com

