

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบระบบเฟรมสำหรับรถแข่งขนาดเล็ก
Frame design for 2007 SFAE Student Formula

โดย

นายวิวัฒน์ อิมเอิบ

นายธนิต เจตะวัฒนะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศศ.ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....72073

วัน,เดือน,ปี..... - 8 ส.ย. 2550

b. *WV 2000*
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบระบบเฟรมสำหรับรถแข่งขนาดเล็ก

(Frame design for 2007 SFAE Student Formula)

ผู้จัดทำ

นายวิหวัศ อิ่มเอิบ

รหัสนักศึกษา 46010709

นายชนิต เจตะวัฒนะ

รหัสนักศึกษา 47015361



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบเฟรมสำหรับรถแข่งขนาดเล็ก

นายวิฑูรย์ อิ่มเอิบ 46010709

นายชนิด เจตะวัฒนะ 47015361

ศศ.ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ในโครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบระบบเฟรม โดยได้นำเอาหลักการของ การเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Engineering) มาใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์ โครงสร้างของเฟรมรถแข่งขนาดเล็ก โดยเฟรมที่ดีนั้นจะต้องมีน้ำหนักที่เบาซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพการควบคุมรถ อัตราเร่งที่ดีและมีความปลอดภัยสูง การวิเคราะห์หาสมรรถนะของเฟรมที่ใช้ในการออกแบบคือ การวิเคราะห์หาอัตราส่วนความต้านทานแรงบิดต่อมวล (torsional rigidity per mass ratio) ค่าความต้านทานการค้ำ และจำลองสภาพการชน ซึ่งในการวิเคราะห์กระทำโดยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

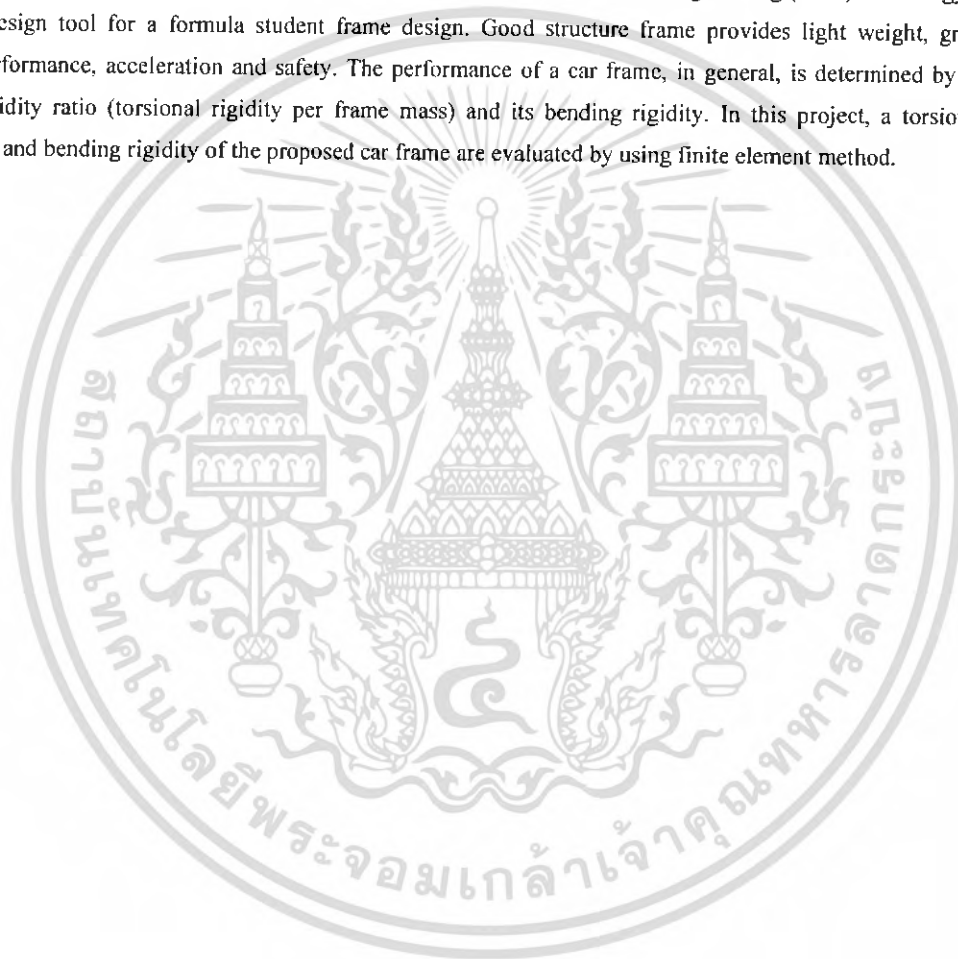
Frame design for 2007 SFAE Student Formula

Mr.Wittawat Imerb
Mr.Thanit Jettawattana

Asst.Prof.Dr.Monsak Pimsarn
(Advisor)

Abstract

The purpose of this project is to design frame system, Computer Aided Engineering (CAE) technology is used as a design tool for a formula student frame design. Good structure frame provides light weight, great handling performance, acceleration and safety. The performance of a car frame, in general, is determined by its torsional rigidity ratio (torsional rigidity per frame mass) and its bending rigidity. In this project, a torsional rigidity ratio and bending rigidity of the proposed car frame are evaluated by using finite element method.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ศศ.ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร ซึ่งให้คำแนะนำและคำปรึกษามาโดยตลอด ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ได้อบรมสั่งสอน และได้อุปการะ ให้ข้าพเจ้ามีโอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และดูแลเอาใจใส่เสมอจนมีวันนี้

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของภาควิชากรรมเครื่องกลทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาช่วยเหลือเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ตลอดจนให้คำปรึกษาจนสำเร็จสมบูรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 การแข่งขัน	1
1.2 รายละเอียดของโปรเจ็ค	3
บทที่ 2 Chassis	4
2.1 โครงสร้างแบบขั้วบันได	4
2.2 โครงสร้างแบบ Space Frame	7
2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการสร้าง	7
2.4 วิวัฒนาการของโครงสร้างรถที่ใช้ในการแข่งขัน	9
2.5 ความแข็งแรงของโครงสร้าง	10
2.5.1. น้ำหนักถ่ายเทในแนวยาว	11
2.5.2. น้ำหนักที่ส่งผ่านทางขวาง	12
2.5.3. น้ำหนักที่ส่งถ่ายในแนวทแยง	14
2.5.4. ความต้องการความแข็งแรงในการบิดและความแข็งแรง	14
บทที่ 3 โครงสร้าง SAE – เป็นกรณีพิเศษ	15
3.1 ขอบเขตโดยทั่วไป	15
3.1.1 ราคาที่ต่ำ	15
3.1.2. ง่ายต่อการซ่อมบำรุง	16
3.1.3 อายุการใช้งาน	16
3.1.4. ความปลอดภัยในการซ่อมแซม	17
3.2. ข้อบังคับเจาะจง	17
3.2.1. ช่องว่างระหว่างพื้นรถกับพื้นถนน	17
3.2.2. ระบบกันสะเทือน	17
3.2.3. ล้อของรถที่ใช้ในการแข่งขัน	17
3.2.4. ระบบบังคับเลี้ยว	17
3.2.5. ระบบเบรก	18
บทที่ 4 ทางเลือกและการเลือกวัสดุ สำหรับ โครงสร้าง SAE	19
4.1 การปฏิบัติตามขอบเขตปกติ	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1	โครงสร้าง SAE ใช้ทำอะไร	19
4.1.2	การจัดการสิ่งแวดล้อม	19
4.1.3	น้ำหนัก	20
4.1.3.1	น้ำหนัก แบบสถิตย์	20
4.1.3.2	น้ำหนัก แบบเคลื่อนที่	20
4.2	การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้	21
4.3	วัสดุที่เหมาะสมในการเลือก	21
4.3.1	อลูมิเนียม	22
4.3.2	เหล็ก	23
4.3.3	เหล็กอัลลอย	23
บทที่ 5	การออกแบบ โครงสร้างวิศวกรรมยานยนต์และวิธีการสร้าง	24
5.1	การออกแบบ	24
5.1.1	หลักการออกแบบ	24
5.1.1.1	มิติ (Dimensions)	24
5.1.1.2	การพิจารณาน้ำหนัก	25
5.1.2	กระบวนการออกแบบ	30
5.1.2.1	การร่างภาพ(Sketch)	30
5.2	กระบวนการทำงาน	43
บทที่ 6	ผลการออกแบบและสรุปผลการออกแบบ	51
6.1	ผลการทดลอง	51
6.2	สรุป	52
บรรณานุกรม		53

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1.1 กติกาการแข่งขัน Formula SAE 2007	1
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงราคาการใช้จ่าย	20
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาเลือกใช้	22
ตารางที่ 5.1 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Abaqus	43
ตารางที่ 6.1 ผลการทดสอบจากโปรแกรม Abaqus	51



สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2-1 ต้นแบบของโครงสร้างที่เก่าแก่ที่สุด	4
รูปที่ 2-2 รถจักรไอน้ำแทรกเตอร์ 1770	5
รูปที่ 2-3 รถเทียมม้าปี 1890	5
รูปที่ 2-4 รถที่ทันสมัย	6
รูปที่ 2-5 โครงสร้างแบบplatform	7
รูปที่ 2-6 โครงสร้างอย่างง่ายของ Space Frame	7
รูปที่ 2-7 โครงสร้างแบบ Space Frame (Mercedes)	8
รูปที่ 2-8 รถฟอร์ด GT40	9
รูปที่ 2-9 วิวัฒนาการโครงสร้างของรถที่ใช้ในการแข่งขัน	9
รูปที่ 2-10 น้าหนักที่ถ่ายเทในแนวยาว	11
รูปที่ 2-11 หลักการพิจารณาน้าหนักที่ส่งผ่าน ในทางขวาง	12
รูปที่ 2-12 จุดสูงสุดของการยกตัวบนระบบกันสะเทือน	13
รูปที่ 5-1 มิติของรถ Initial III Formula	25
รูปที่ 5-2 มิติของกลางรถของรถ Initial III Formula	25
รูปที่ 5-3 ส่วนป้องกันศีรษะ	26
รูปที่ 5-4 น้าหนักสถิตจากการที่ได้ออกแบบไว้	27
รูปที่ 5-5 การกระจายน้าหนักที่เกิดจากการเคลื่อนที่	28
รูปที่ 5-6 จำลองแรงที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้าง เมื่อรับแรงบิด	29
รูปที่ 5-7 โครงสร้างแบบที่ 1	30
รูปที่ 5-8 โครงสร้างแบบที่ 2	31
รูปที่ 5-9 โครงสร้างแบบที่ 3	31
รูปที่ 5-10 โครงสร้างแบบที่ 4	32
รูปที่ 5-11 โครงสร้างแบบที่ 5	32
รูปที่ 5-12 โครงสร้างแบบที่ 6	33
รูปที่ 5-13 โครงสร้างสุดท้ายก่อนจัดสร้าง	33
รูปที่ 5-14 ภาพวาดแบบเส้น	34
รูปที่ 5-15 แสดงการกำหนดค่าความหนาแน่น	35
รูปที่ 5-16 แสดงการกำหนดค่า Young's Modulus และ Poisson' Ratio	35
รูปที่ 5-17 รูปแบบของส่วนที่นำมาทำบริเวณจุดยึดปีกนกและคานกลาง	36
รูปที่ 5-18 รูปแบบของส่วนที่นำมาทำคานด้านหลังบน	36
รูปที่ 5-19 รูปแบบของท่อเกือบทั้งหมดที่ใช้การถักเป็นโครงสร้าง	37
รูปที่ 5-21 แสดงการกำหนด Beam orientation	38
รูปที่ 5-22 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5-23 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์	39
รูปที่ 5-24 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์	40
รูปที่ 5-25 แสดงระยะที่เปลี่ยนไปเนื่องจาก การ โกง	41
รูปที่ 5-26 แสดงระยะที่เปลี่ยนไปเนื่องจาก การบิด	41
รูปที่ 5-27 แสดงขนาดแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจาก การ โกง	42
รูปที่ 5-28 แสดงขนาดแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจาก การบิด	42
รูปที่ 5-29 ทำนึ่งจากด้านบน	43
รูปที่ 5-30 ทำนึ่งจากด้านข้าง	44
รูปที่ 5-31 สร้างแบบจำลองด้วยท่อน้ำพลาสติก	44
รูปที่ 5-32 จัดสร้างตามแบบท่อและยืนยันระยะกับภาพวาดในคอมพิวเตอร์อีกครั้ง	45
รูปที่ 5-33 ชั่งงานเมื่อจับอยู่บน โต๊ะจิก	45
รูปที่ 5-34 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบแรงดึง	46
รูปที่ 5-35 แสดงความเสียหายอันเนื่องมาจากการดึง	46
รูปที่ 5-36 แสดงการดึงชิ้นงานทดสอบ จากตัวอย่าง Aluminum 6061 T6	47
รูปที่ 5-37 แสดงการทดสอบแรงดึงของลวดเชื่อม	48
รูปที่ 5-38 เชื่อมอลูมิเนียมที่ใช้ทำโครงสร้างด้วยเครื่องเชื่อมอาร์กอน	49
รูปที่ 5-39 ทดสอบแนวการป้องกันสีระยะเมื่อเกิดการพลิกคว่ำ	49
รูปที่ 5-40 ชั่งน้ำหนักโครงสร้าง	50
รูปที่ 6-1 แบบโครงสร้างที่ได้นำมาจัดทำ	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

1. บทนำ

ในโปรเจกต์นี้เป็นการออกแบบตามลักษณะการแข่งขันที่ต้องใช้ความเร็วสูง ดังนั้นสิ่งที่เราพิจารณาอันดับแรกคือความปลอดภัยของผู้ขับขี่และสิ่งที่ต้องการให้รถที่ใช้ในการแข่งขันนี้มีน้ำหนักเบาเพื่อภาวะที่กระทำกับเครื่องยนต์จะมีไม่มากและน้ำหนักที่เบานั้นก็จะต้องมีความแข็งแรงด้วยเช่นกัน ดังนั้นโปรเจกต์นี้จะมีหลากหลายข้อมูลที่จะต้องพิจารณาในการสร้างในโปรเจกต์นี้จะเป็นไปตามนี้

- การแข่งขัน Formula SAE-Aust
- รายละเอียดของโปรเจกต์

1.1 การแข่งขัน Formula TSAE

วัตถุประสงค์การแข่งขันเพื่อให้นักศึกษาวิชาฯ จากทั่วโลกมีส่วนร่วมในการแข่งขันออกแบบ จัดสร้าง และทำการแข่งขันในลักษณะของรถแข่ง(Formula) ขนาดเล็ก กติกาเปิดกว้างเพื่อนวัตกรรมและการใช้ทุนที่ต่ำ โดยการแข่งขั้ยนรถทั่วไปจะใช้ทุนที่สูง ปรับปรุงในทุกส่วน ในราคาที่สูงเพื่อการชนะ ในเรื่องของด้านความปลอดภัยมองแบบรถทั่วไปและรถแข่งที่เป็นอยู่ โดยพื้นฐานในด้านปลอดภัย กรรมการจะเป็นผู้ตรวจอีกครั้งและบอกว่าคุณไหนที่ไม่พร้อมก็ไม่มีสิทธิ์ในการลงแข่ง ขึ้นพื้นฐาน เครื่องยนต์ไม่เกิน 800 CC. ต้องหายใจผ่านช่องเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20mm.

และในการแข่งขันนั้นได้ยึดถือการจัดสร้างและค่าใช้จ่ายในตัวรถ เพื่อความพอใจสำหรับนักแข่งสมัครเล่น และในการนำเสนอั้นต้องแสดงข้อมูลของกระบวนการสร้างของรถ และรถต้นแบบนั้นต้องมีทุนไม่เกิน 100,000 บาท รถต้องเป็นผลที่มีสมรรถนะไม่ใช่เพื่อการแข่งขั้ยนอย่างเดียวแต่ต้องรวมไปถึงการจัดสร้างและซ่อมบำรุงอีกด้วย ของแพ่งวัสดุจากต่างประเทศสิ่งที่มีลักษณะพิเศษจำเพาะยากต่อกระบวนการผลิตนั้นและยังยากในการซ่อมหลังสร้างเสร็จ (อันตรวยจากซ่อมผิด) ขอให้หลีกเลี่ยง

เกณฑ์การให้คะแนนมีหัวข้อดังต่อไปนี้

หัวข้อการประเมิน/ตัดสิน	คะแนน	หมายเหตุ
ความปลอดภัย	100	ถ้าไม่ได้คะแนนในหัวข้อความปลอดภัย ไม่ใช้เลยถ้า 50 คะแนนจึงมีสิทธิ์เข้าประเมิน ในหัวข้อ Drivability
1) Static evaluation	40	
2) Brake performance	60	
Drivability	100	
1) Stability & Handling	25	
2) Steering Effort , Respond	25	
3) Riding comfort	25	
4) ความรู้สึกของการขับที่เหมือนจริง	25	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการประเมินในหัวข้อ Static evaluation

หัวข้อ	วิธีการตรวจสอบ
<ul style="list-style-type: none"> - คุณภาพของความสะดวกเชิงแรงของตัวถัง - คุณภาพของความสะดวกเชิงแรงของการประกอบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ - การติดตั้งและความสะดวกของ Roll bar (Front, Right & Left side, Head Roll bar) 	<ul style="list-style-type: none"> - ดูการเชื่อมบนานซึ่งเป็นการตัดยึด ความแข็งแรงและความจุดยึดต่างๆ - ดูจุดต่อ ประกอบของ Roll bar
<ul style="list-style-type: none"> - อุปกรณ์ Safety Belt - กระบอกมองข้าง ซ้าย-ขวา - ไฟเบรก 	<ul style="list-style-type: none"> - ดูจุดยึด การติดตั้ง ความสะดวกเชิงแรงและความสะดวกบน
<ul style="list-style-type: none"> - อุปกรณ์มาตรวัด (Speedometer, Engine rpm meter, Temp gauge) - สภาพยางที่ใช้ในรถและขั้วกับ 	<ul style="list-style-type: none"> - ดูการติดตั้งและการใช้งานได้อย่างเหมาะสม

วิธีการประเมิน / ทดสอบในหัวข้อ Brake performance

หัวข้อ	วิธีการ
- Braking distance	<ul style="list-style-type: none"> - ขับทดสอบโดยทางตรง - ขับลงไปที่ความเร็วตามที่ 50 km/Hr. แล้วนั้นเบรกจนล้อล็อก - ทำการทดสอบ 2 ครั้ง 1 ครั้ง ทำแล้วจึงเปลี่ยนเป็นระยะเบรก - วัดเส้นที่เบรก ระยะเบรกทั้งหมด เมื่อ บังคับรถให้ชะงักเบรกขึ้นและรถถอยรถมาถนัด
-Braking feeling & stability	- ขับทดสอบโดยความระมัดระวังประเมินไปคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีประเมิน / ทดสอบในหัวข้อ Drivability

หัวข้อ	วิธีการ
- Stability - Steering performance - Riding comfort - ความรู้สึกในการขับขี่ที่เหมือนกับ	- ขับทดสอบโดยกรรมการและประเมินให้คะแนน

ตารางที่ 1-1 กติกาการแข่งขัน Formula SAE 2007

1.2 รายละเอียดของโปรเจกต์

ในรายงานนี้ได้ครอบคลุมถึงการออกแบบและจัดสร้าง Chassis สำหรับ Formula SAE โดยรายละเอียดประกอบด้วย:

1. การคำนวณด้านความปลอดภัยและการออกแบบที่เป็นไปตามกติกาของ FSAE
2. นำเสนอและวิจารณ์การออกแบบของทีม
3. การคำนวณต้นแบบ ประเภทช่วงล่างและขนาดรถที่ได้คิดกันมา
4. การเลือกวัสดุที่จะใช้
5. คำนวณระยะเวลาการทำงาน รวมไปถึงการตรวจสอบคุณภาพด้วยในส่วน โครงสร้าง
6. การคำนวณ ภาระ Load - ช่วงล่าง เครื่องยนต์ การบิดตัว
7. ศึกษาและออกแบบ จุดรับที่เหมาะสมกับช่วงล่าง เครื่องยนต์ ฯลฯ
8. การทดสอบ ความแข็งแรงของจุดเชื่อมต่อจากการเลือกวัสดุที่นำมาใช้
9. การคำนวณหา จุดที่ดีที่สุดในการออกแบบ โครง (น้ำหนัก การโค้งงอและการบิดตัว) ด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์
10. การติดต่อของทีมและส่วน Workshop ในการจัดสร้าง โครง
11. ทดสอบ และปรับปรุงแก้ถ้าจำเป็น ในโครงเพื่อให้มั่นใจกับวัตถุประสงค์ในการออกแบบและความปลอดภัย

ซึ่งในผลการศึกษาในให้คำเนึงถึง Dynamic load บนโครงด้วย เป็นไปตามการออกแบบ โครงของ SAE ประเภทของโครง วัสดุที่เลือก วิธีการจัดสร้าง และ การทดสอบจริงเมื่อได้โครงที่เสร็จแล้ว

บทที่ 2

2. Chassis

โดยปกติ Chassis คือส่วนสนับสนุนตัวโครงของโครงสร้างซึ่งมีทั้งโครงของยานยนต์หรือว่าจะเป็นฐานของโทรทัศน์ก็ตาม อย่างไรก็ตามสำหรับทาง Dynamic แล้วจะคำนึงในส่วนของยานยนต์มากกว่า

จุดมุ่งหมายของทาง Chassis ทางยานยนต์นั้นจะเชื่อมโยงกับระบบช่วงล่าง การขับเคลื่อน บังคับเลี้ยว เครื่องยนต์/ชุดเกียร์ Fuel cell และผู้ครอบครอง โดยโครงรถนั้นต้องแข็งแรง เพื่อ Handling ที่แน่นอน น้ำหนักที่เบาแต่โครงสร้างน้อยชิ้นและต้นทุนต่ำ แรงเฉื่อยต่ำ และยังทนทานกับการสั่นที่เกิดขึ้นจากการขับขี่ พื้นที่ที่วิ่งผ่านและการวางเครื่อง

การพิจารณาที่อยู่บนพื้นฐานของ โครงสร้าง ที่สามารถใช้ในการแข่งขัน Formula SAE ซึ่งมีแบบด้วยกันดังนี้:

1. โครงสร้างแบบขันขันโค
2. โครงสร้างแบบSpace Frame
3. โครงสร้างแบบขันรูปเป็นชิ้นเดียว
4. โครงสร้างแบบที่พัฒนาเพื่อใช้ในการแข่งขัน
5. โครงสร้างแบบตรง

1. โครงสร้างแบบขันขันโค

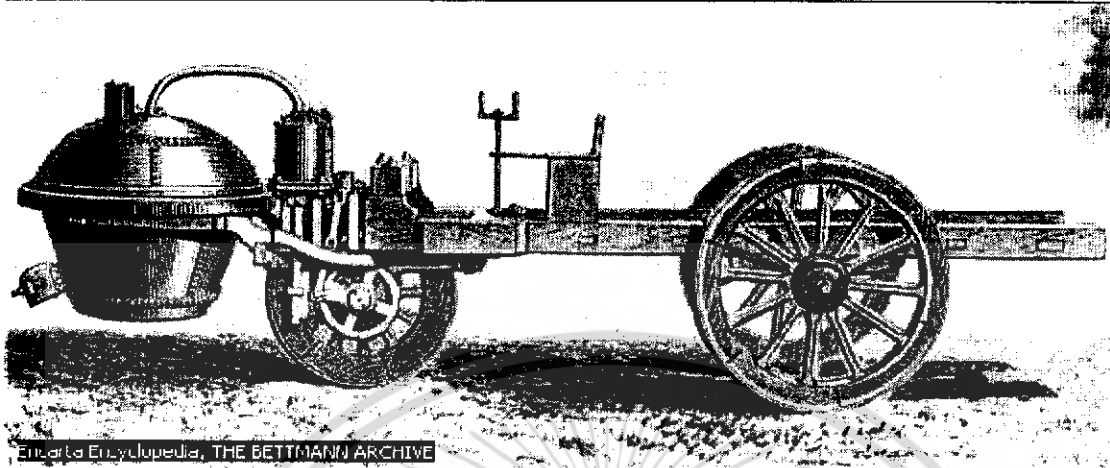
ถือว่าเป็นต้นแบบและเป็นแบบที่มีอายุมากที่สุดของ Chassis ใช้มานานนับพันปีแล้ว เขาเป็นว่ามันเก่าแก่มาก 2000 ก่อนคริสตกาล



รูปที่ 2-1 ต้นแบบของ Chassis ที่เก่าแก่ที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างแบบขั้นบันไดใช้กันมาโดยไม่ได้เปลี่ยนแปลงอะไรกันมากนัก จนกระทั่ง 3800 ปีผ่านมา ได้มีการใช้รถสำหรับงานลากจูงซึ่งเป็นงานลากจูงปืนใหญ่ ใช้ในสงครามยุโรป



รูปที่ 2-2 รถจักรไอน้ำแทรกเตอร์ 1770

และนี่คือจุดเปลี่ยนแปลงของการออกแบบ Chassis มันเป็นยานพาหนะที่วิ่งด้วยตัวเองบนถนนคันแรก ถือเป็นสิ่งใหม่ ถือกำเนิดเมื่อ 100 ปีก่อน



รูปที่ 2-3 รถเทียมม้าปี 1890

และนี่คือการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วจนนำไปสู่รถยนต์รุ่นใหม่

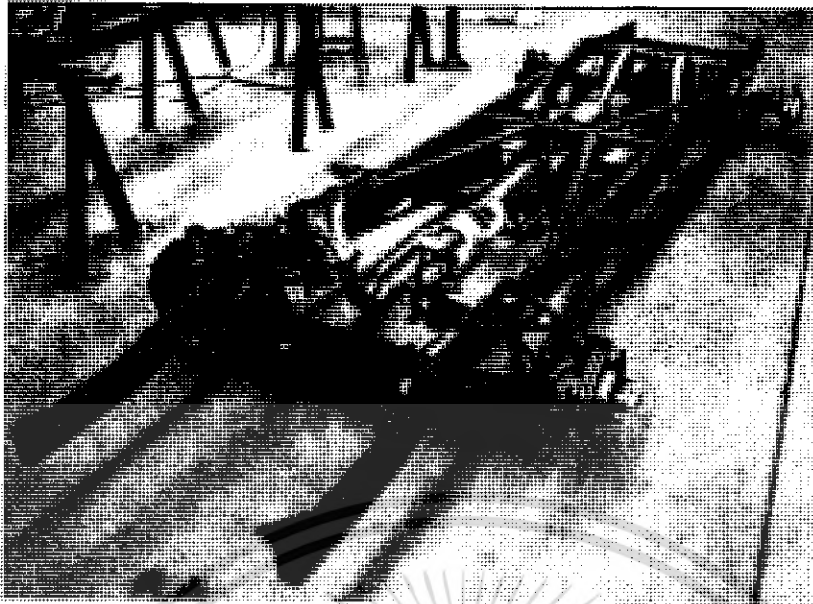
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 รถที่ทันสมัย

สิ่งสำคัญต่อการพัฒนาคือความเข้าใจพื้นฐานในเรื่อง Dynamic ของยานยนต์ อะไรที่เหมาะสมกับม้าลาก รถ ซึ่งไม่ยาวเกินสำหรับกำลังของเครื่องยนต์ และปัจจุบันระดับกำลังเครื่องยนต์มีส่วนในการตัดสินใจ ตามความต้องการของผู้ขับขี่สำหรับความปลอดภัย และเรื่องการบังเลี้ยว ความสบายและเสถียรภาพ รถลากจูงนั้นช่วงยาง ทำให้ไม่คั่นัก นาย Henry Ford เริ่มการสร้างรถลากจูง ที่มีระบบแขวนล้อในออสเตรเลียในช่วงปี 1980

โครงสร้าง แบบแรกที่มีการยกพื้น



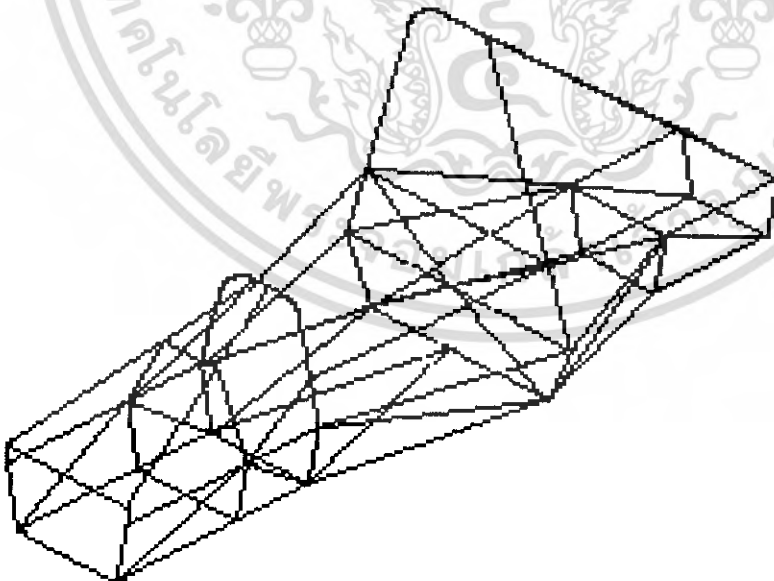
รูปที่ 2-5 โครงสร้างแบบplatform

การออกแบบนี้เหมาะสมกับตัววัสดุที่มีอยู่ในช่วงการ คริสตศักราช 2000 มีการผลิตเครื่อง และ Chassis แล้วค่อยนำมารวมกัน เป็นแบบที่เรียบง่ายการออกแบบและผลิตแต่ รองรับน้ำหนักดีแข็งแรง มีอายุการใช้งาน และช่วยเรื่องความแข็งแรง ได้เล็กน้อย โครงสร้างแบบนี้หลัก และจะเป็นคานแนวตามยาว ซึ่งต้องการพื้นที่ใน แนวลึกและเรื่องมวล

2.2 โครงสร้างแบบ space Frame

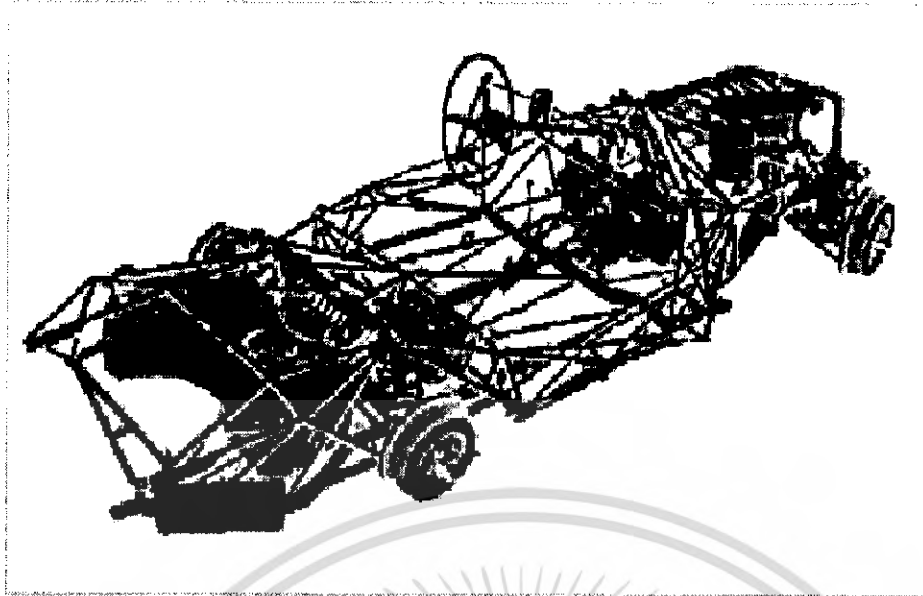
เฟรมนี้ใช้หลักการของท่อรูปสามเหลี่ยมในการสร้าง โดยคำนึงถึงแรงอัดและการดึง ตาม ประวัติศาสตร์ Fokker Trip lane of the Red Baron สร้าง โครงสร้างแบบ Space Frame ใช้ในปี 1917

โครงสร้างSpace Frame ทำง่าย หรือว่า ยุ่งเหยิง



รูปที่ 2-6 โครงสร้างอย่างง่ายของ Space Frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-7 โครงสร้างแบบ Space Frame (Mercedes)

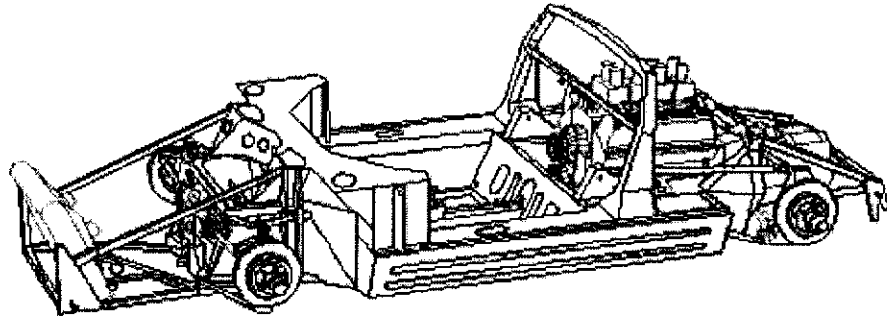
ความยากในการสร้าง ซ่อมบำรุง และดูแลรักษาของ Complex เช่น ในรูป ซึ่งได้ยุติความพยายามที่จะสร้างมาวิ่งบนถนน

อย่างไรก็ตาม โครงสร้างแบบ Space Frame อย่างง่าย นั้นถูกนำมาพัฒนาในส่วนของ Formula 1 รถแข่ง หรือว่ารถแข่งทางตรง เมื่อไม่นานมานี้มีการพัฒนาในสหรัฐและยุโรปในด้าน hydro forming และ ขั้นตอนอัตโนมัติ ของการสร้างได้นำไปสู่ Renewed interest ในเฟรมรถในการผลิตเชิงพาณิชย์อันเนื่องมาจากการลดขนาดของเครื่องยนต์ราคาแพงและความสามารถที่จะออกแบบเพื่อผลิตรถยนต์ได้รวดเร็วขึ้น (ความสามารถทางการตลาดที่สูงขึ้น)

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการสร้าง

โครงสร้างแบบขึ้นรูปขึ้นเดียว สามารถกำหนดรูปแบบของโครงสร้างได้โดยตัวถังที่ได้รวมกันไว้กับโครงสร้าง ทำให้โครงสร้าง มีขนาดเล็กกลง และตัวถังมีความแข็งแรงคล้ายกับ โครงสร้างแบบ Space Frame

ซึ่งแบบนี้จะมีอายุความคงทนไม่มารวมไปถึง โครงจำพวกนี้ทั้งหมด และนี่เป็นการลดขนาดของโครงสร้างและจะรวมไปถึงน้ำหนักของชิ้นส่วนของโครงสร้างด้วย ตัวอย่างที่ดีก็คือรถ FORD ในปี 1960 โครงแบบนี้จะไม่ค่อยแข็งแรง แต่จะมีความสามารถในการแข่งขันและจะดูดีสวยงาม

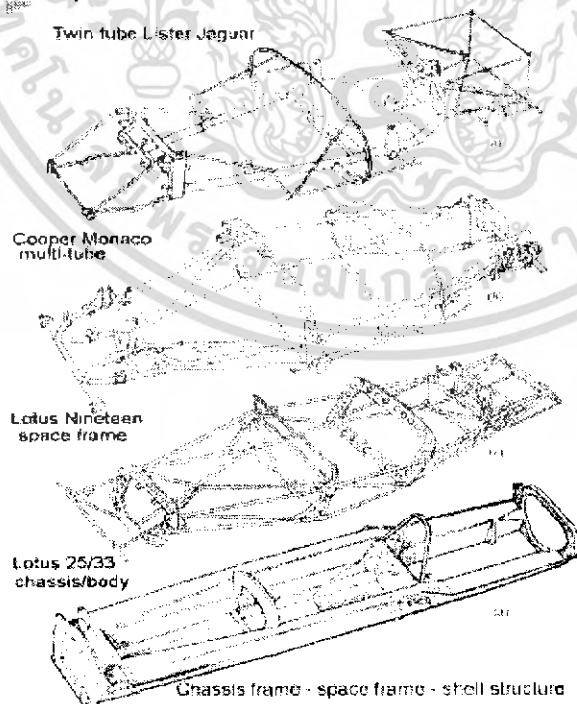


รูปที่ 2-8 FORD GT40

ด้วยความเหมาะสมของการออกแบบ โครงสร้างแบบ Monocoque นี้จะมีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงมาก และมีความแข็งแกร่งการบิด อย่างไรก็ตามการที่จะประหยัดการก่อสร้างของยานยนต์ลักษณะนี้ต้องศึกษาถึงการผลิตในระยะยาวให้มาก โดยเฉพาะการใช้หุ่นยนต์ในการประกอบในโรงงาน

2.4 วิวัฒนาการของโครงสร้างรถที่ใช้ในการแข่งขัน

ซึ่งที่สิ่งเร้าสนใจนี้ วิวัฒนาการ โครงสร้างของรถที่ใช้ในการแข่งขันก็จะคล้ายคลึงรถที่วิ่งอยู่ตามท้องถนน เมื่อสมัยก่อนนั้นรถที่ใช้ในการแข่งขันจะมีรูปแบบ โครงสร้างที่ใหญ่ มีความหนักและเชิงซ้อน หลังจากเทคโนโลยี WW2 เริ่มเปลี่ยนแปลง จุดกำเนิดของการเพิ่มเติมที่กลมให้กับรูปแบบ โครงสร้างก็เกิดขึ้น (จากที่มีความเบาอยู่แล้วจึงเพิ่มเติมให้เกิดความแข็งแรง) ดังนั้นที่กลมแบบนี้จึงกลายเป็นจำนวนชิ้นส่วนอีกชิ้นหนึ่งของโครงสร้างและ โครงสร้างแบบ platform จึงเห็น ได้น้อยลง



รูปที่ 2-9 วิวัฒนาการ โครงสร้างของรถที่ใช้ในการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี่คือกระบวนการวิวัฒนาการจะเห็นท่อกลมที่ต่อเนื่องถึงส่วนต่างๆของโครงสร้าง ดังนั้นจะพบว่ามันจะเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน/ โครงสร้างแบบMonocoqueจะมีโครงสร้างที่เป็นเปลือกประกอบด้วยกันจะมีความแข็งแรงและความเบา ตัวอย่างที่ดีก็คือ Le Mans และFORD GT40 ปี1960 ซึ่งรถที่ใช้แข่ง โครงสร้างที่สร้างขึ้นนั้นจะเป็นชิ้นเดียวกันและจะมีราคาแพง (โดยใช้คาร์บอนไฟเบอร์)

2.5 ความแข็งแรงของโครงสร้าง

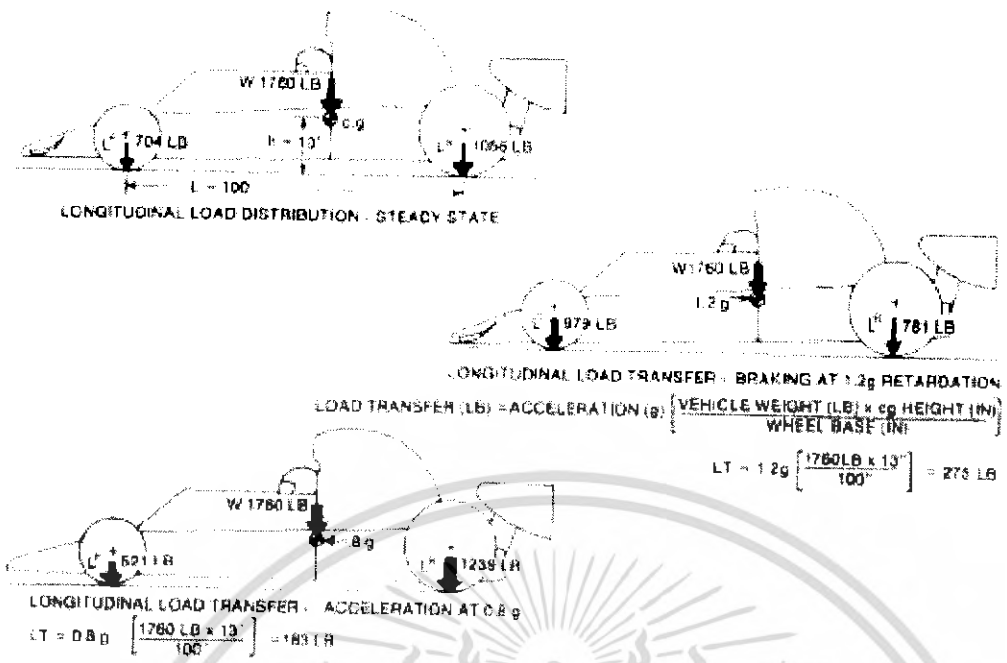
โครงสร้างของรถยนต์จะได้รับผลกระทบจากน้ำหนักที่ส่งผ่าน ตามความยาว ตามขวาง และตามเส้นทแยงมุม เมื่อผลกระทบที่กระทำต่อโครงสร้าง โดยแรงเส็กนั้นจะสามารถวัดค่าได้จากแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง Thompson ,Rajic และกฎของ Design of a Winston Cup Chassis for Tensional Stiffness การต้านทานการบิดของโครงรถในขณะที่แข่งขันจะพิสูจน์ได้จากความรู้สึกรถของการขับขี โดยจะให้ชิ้นส่วนของระบบกันสะเทือนเป็นส่วนที่ควบคุมโดยมีเปอร์เซ็นต์การเคลื่อนที่ของรถมาก ระบบกันสะเทือนสามารถจึงจะทำงานอย่างเหมาะสม ในความพยายามที่จะเพิ่มความแข็งแรงในการบิดในโครง 232% เพื่อน้ำหนักโดยรวม 5% แน่นอนนี่คือการวิเคราะห์ผลประโยชน์และราคา และถ้า โครงสร้างมีความแข็งแรงเพียงพอดังที่รูปด้านล่าง เมื่อทั้งหมดเกิดขึ้นบนรถนั้นจะก่อให้เกิดน้ำหนักที่เหมาะสม 5 % ในการแข่งขันบางประเภทจะเป็นการทำให้อึดไม่ผ่านการแข่งขัน ยกตัวอย่างเช่น US Pro Stock Drag Racing มีน้ำหนักที่เหมาะสมที่5% จะทำเวลาของการแข่งขันควอเตอร์ไมได้ดีกว่าเดิมจาก 6.81 วินาทีเป็น 6.70วินาที จากตัวแทนที่ส่งเข้าแข่งขัน 16 คัน จะมีเวลาอยู่ในช่วง6.70วินาทีเป็นเวลาที่ดีที่สุด จากที่มีเวลาช้าที่สุด 6.75วินาที อย่างที่เห็นได้ชัดจากกรณีนี้คือเวลาที่เหมาะสม 5%

ในอันดับของรถที่เข้าการแข่งขัน หรือรถคันใดที่มีการควบคุมรถ ได้อย่างเหมาะสม นั่นก็คือความสมดุลในการเข้าโค้ง นี้ก็หมายความว่าเพลาหน้าและเพลาหลังสามารถเลี้ยวให้เหมือนกับการเร่งในทางตรงได้นี่คือการสมดุลของโครงสร้าง

จากรถที่เลี้ยวแล้ว ไม่สามารถเข้าโค้งได้รถนั้นจะมีแนวโน้มที่จะต้องลดน้ำหนักถ่ายเทที่ด้านหน้าและต้องเพิ่มน้ำหนักถ่ายเทที่ด้านหลัง การที่กำหนดให้น้ำหนักถ่ายเทได้นั้นก็จะเป็นการประสพความสำเร็จแล้ว ถ้าโครงสร้างมีความกระด้างจะส่งผลต่อการส่งถ่ายแรงบิด

2.5.1. น้ำหนักถ่ายเทในแนวยาว

ภายใต้ความเร่งหรือการเบรคนั้นแรงทั้งหมดจะมีความสามารถกระทำกับตัวรถตลอดศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วง ดังที่แสดงให้เห็นในภาพที่ 10 น้ำหนักที่ส่งผ่านในแนวยาว



รูปที่ 2-10 น้ำหนักที่ถ่ายเทในแนวยาว

น้ำหนักที่ถ่ายเทในแนวยาวจะมีสูตรที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

$$LLT = \frac{\text{ความเร่งตามแนวยาว} \times \text{แรงที่กระทำลงบนแกนล้อ} \times \text{จุดศูนย์กลางมวล}}{\text{ฐานล้อ}}$$

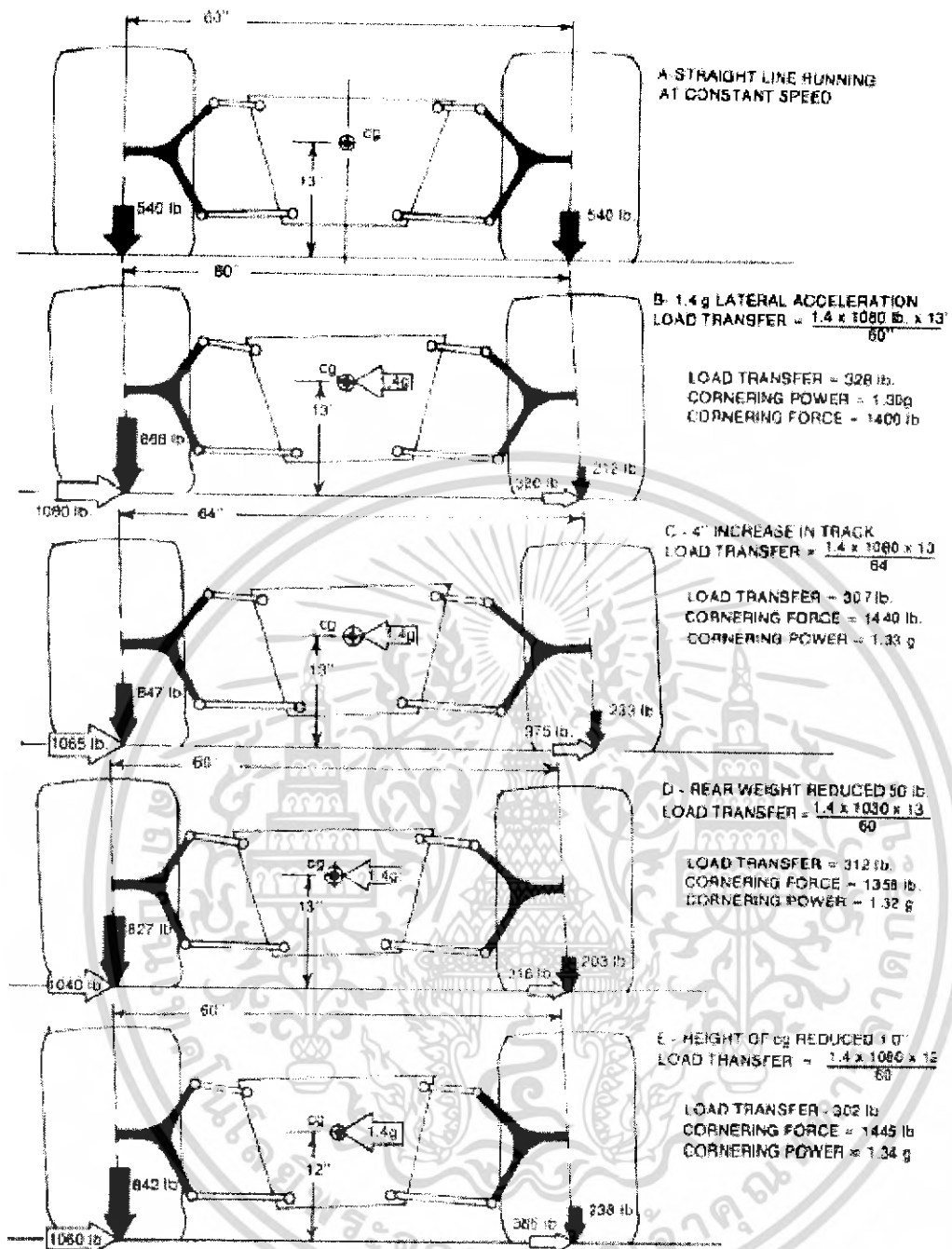
สมการความเร่ง 0.8 g : $LLT = (0.8 \times 7848 \text{ N} \times 0.3302 \text{ m}) / 2.540 \text{ m} = 816 \text{ N}$

จากสมการจะเห็นว่าน้ำหนักที่ส่งผ่านตามแนวยาวสามารถลดลงได้โดยความยาวของฐานล้อ ความต่ำของจุดศูนย์กลางมวล เพิ่มความเบาหรือการร่อนลงอย่างนิ่มนวล (สมมุติว่า โครงสร้างมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะส่งผ่านแรงและไม่ง่ายที่จะโค้งได้ทุกรูปร่าง)

น้ำหนักที่ส่งถ่ายจะเกิดขึ้นมากมายและจะเกิดปัญหาค้นด้วย เมื่อไม่มีน้ำหนักยางที่ล้อหลัง(และจะลดความสามารถในการเบรก) และมีน้ำหนักเกิดขึ้นที่ยางของล้อหน้า

2.5.2. น้ำหนักที่ส่งผ่านทางขวาง

สาเหตุของการเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางโดยการเข้าโค้งและการเบรคอย่างรุนแรง(ขณะที่อยู่ในโค้ง)



Simplified illustration of the relationship between track width gross weight, center of gravity height and lateral load transfer—and between lateral load transfer and cornering force

รูปที่ 2-11 หลักการพิจารณาน้ำหนักที่ส่งผ่านในทางขวาง

สมการพื้นฐานของแรงที่ส่งถ่ายตามแนวขวาง(LLT) คือ

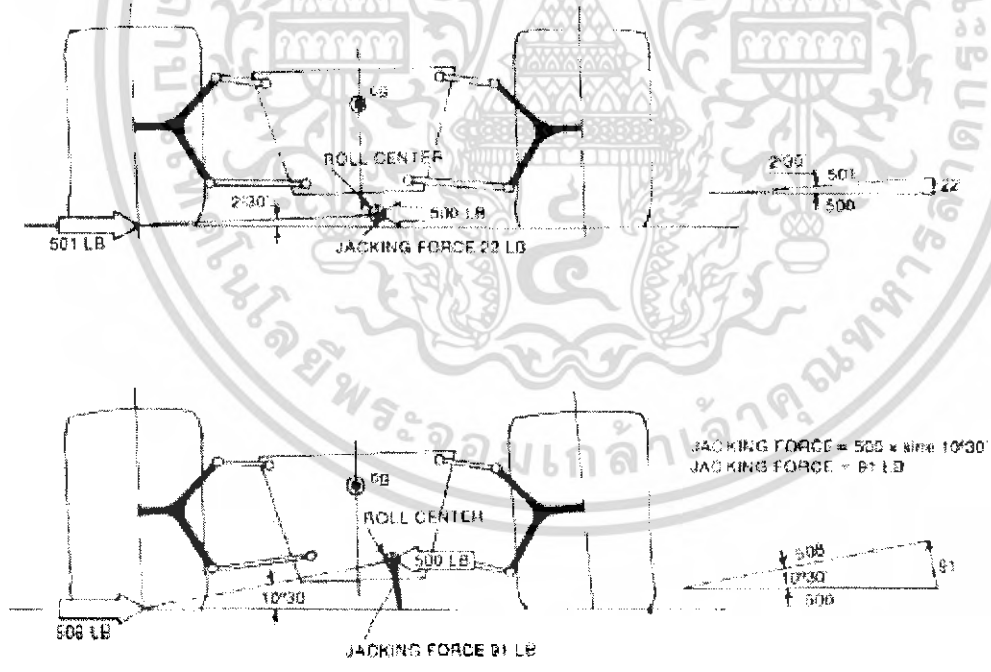
$$LLT = (\text{ความเร็วตามแนวขวาง} \times \text{แรงที่กระทำลงบนพลา} \times \text{ความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วง}) / \text{ความกว้างของรถ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักที่ส่งผ่านตามแนวขวางสามารถลดลงได้โดยความต่ำของจุดศูนย์กลางหรือความกว้างของล้อทั้งสองข้าง น้ำหนักตามแนวขวางจะสามารถเกิดขึ้นได้ดังนี้

1. ด้านของแรงที่เกิดขึ้น โดยยาง ซึ่งทั้งหมดนี้จะประกอบด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง นี่คือแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบนน้ำหนักที่อยู่บนสปริง ตลอดจุดศูนย์กลางการหมุน
2. การอัดทางกายภาพของสปริงด้านนอกจากการหมุน โดยที่การ โกงงอของตัวป้องกันการหมุนจะเกิดขึ้นตามเวลาที่แน่นอน
3. จุดยึดต่างๆมีแนวโน้มที่จะแยกออกจากระบบกันสะเทือน
4. เกิดการเคลื่อนที่ตามแนวขวางของจุดศูนย์กลางคู่กับการหมุน มีผลการทบตรงข้ามกัน

แรงตามแนวขวางกระทำตลอดจุดศูนย์กลางของน้ำหนักบนสปริง และจะทำให้เกิด โมเมนต์รอบๆจุดศูนย์กลางการหมุน การหมุนคู่ควบจะถูกต่อต้านโดยสปริงของระบบกันสะเทือนและตัวคานป้องกันการหมุน โครงสร้างการหมุนมีสาเหตุที่ไม่ต้องการเปลี่ยนมุมแคมเบอร์บนล้อและเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าช่วงเวลาที่แน่นอน ผลลัพธ์ก็คือจะไม่มีเสถียรภาพ และ ไม่มีความสอดคล้องในพฤติกรรมการควบคุมรถ โครงสร้างของการหมุนจะลดลงโดยความแข็งของสปริงในระบบกันสะเทือน และใช้คานป้องกันการหมุนหรือโดยการยกตัวของความสัมพันธ์จุดศูนย์กลางการหมุนถึงจุดศูนย์กลาง อย่างไรก็ตามนี้ก็ถือทางเลือกสุดท้ายเราไม่ต้องการผลกระทบที่มีสาเหตุเกิดจากความไม่เหมาะสมของมุมแคมเบอร์ที่เปลี่ยนแปลงของล้อและการยกตัวที่สูงของรถ สิ่งที่ไม่ต้องการทั้งสองอย่างนี้จะทำให้การควบคุมรถเป็นไปได้ดีขึ้น



Effect of roll center height on generation of vertical jacking force
 as produced by cornering only effects on outside wheel only

รูปที่ 2-12 จุดสูงสุดของการยกตัวบนระบบกันสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่ต้องการตำแหน่งเพื่อจุดศูนย์กลางมวลของแกนและการหมุนของแกนที่ขนานกันนั้น เมื่อมีการหมุนของหน้าและหลังจะทำให้เท่ากับรถนั้นมีการหมุนที่ราบเรียบเป็นการก่อให้เกิดการถ่ายเทน้ำหนักในแนวขวาง พอที่จะทำนายความเป็นไปได้ในการควบคุมรถ เราจะมีการพิจารณาการหมุนคู่ควบของด้านหน้า ซึ่งข้อข้างจะมีขอบเขตกว่าด้านหลังจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการไม่เข้าโค้งเป็นธรรมชาติจะเกิดการตั้งของล้อหลังขณะเร่งมากขึ้น

หนึ่งในส่วนประกอบสำคัญคือการรักษาจุดศูนย์กลางซึ่งมีโอกาสเป็นไปได้น้อย วัตถุประสงค์คือเริ่มจากการลดลงของโมเมนต์คู่ควบการหมุน

2.5.3. น้ำหนักที่ส่งถ่ายในแนวทแยง

เมื่อความเร่งในด้านบวกหรือด้านลบ คือการประยุกต์ความเร่งในแนวขวาง(การเข้าโค้ง) ด้วยการลดความเร็ว น้ำหนักที่ส่งถ่ายตามแนวทแยงจากด้านในของยางหลังถึงด้านนอกของยางหน้า จะทำให้ความรู้สึกของการจับชี้หายไป ในส่วนของด้านหลังการที่เข้าโค้งอย่างรุนแรงนั้นจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักที่ส่งถ่ายกำลังไปอยู่ด้านหน้า ด้านหน้าการที่เข้าโค้งอย่างรุนแรงจะทำให้เกิดการสูญเสียแรงบิดในการเข้าโค้งประมาณจุดศูนย์กลางของรถและการที่น้ำหนักในด้านข้างหน้าของรถกดให้สปริงของระบบกันสะเทือนถึงจุดที่ไม่มีความเสถียรของมุมแคมเบอร์

2.5.4. ความต้องการความแข็งแรงในการบิดและความแข็งแรง

รถที่ใช้ในการแข่งขัน Formula SAE มีตกลงกันในการใช้ค่าความต้านทานการบิดของระบบกันสะเทือนคือ 500-1500 Nm/degree โครงสร้างจึงต้องการความต้านทานการบิดอยู่ระหว่าง 300 และ 1000 Nm/degree จึงจะทำให้มีความรู้สึกในการเลี้ยวดี

โดยสูตรคำนวณที่ใช้คำนวณค่าความต้านทานการบิดของ โครงสร้างคือ

$$C = cd / D$$

(สมการ 2.1)

โดยที่ C= ค่าความต้านทานการบิด

c= อัตราของสปริง

d= การโค้งงอที่ล้อทำกับถนน

D= การบิดตัวเมื่อเกิดการโค้งงอของโครงสร้าง

บทที่ 3

3. โครงสร้าง SAE – เป็นกรณีพิเศษ

โดยปรกติวิศวกรโปรเจกต์จะอยู่ในกรอบ SAE Chassis ที่ไม่ค่อยได้มีลักษณะแตกต่างหลากหลายโดยจะเป็นไปตามข้อกำหนด

3.1 ขอบเขตโดยทั่วไป

1. ราคาที่ต่ำ
2. งานซ่อมบำรุง
3. ความคงทน
4. อัตราการผลิตที่ต่ำสุด
5. มีความปลอดภัยในการซ่อม

3.1.1 ราคาที่ต่ำ

กติกาการแข่งขันได้กำหนดเรื่องของทุนจัดสร้างไว้ที่ 100,000 บาท ซึ่งเป็นจำนวนที่มากที่สุด ทุกๆชั้นที่ถูกรวมมาเป็นรณนั้นต้องคิดราคาถ้าเป็นวัตถุดิบคิดราคาเป็นคือน้ำหนักค่าแรงคิดจากในตาราง

ตารางแสดงค่าใช้จ่าย

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
โครงสร้าง	
วัสดุโครงสร้าง	5,200
ลวดเชื่อม + ก๊าซ	2,080
ช่วงล่าง	
ปีกนก	1,600
ช็อคอัพ + สปริง **	8,000
คอปม่า (8 kg x 250Bath/kg)	2,000
คุดมดื้อ	1,500
เพลขาจับ	1,300
ระบบบังคับเลี้ยว	1,100
พวงมาลัย	500
ลูกหมาก	5,760
ดื้อ + ยาง	8,500
เบรค	2,250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์	
Honda Super four	16,000
หัวฉีด	3,000
กล่องควบคุม ECU	5,000
ท่อไอดี	750
ท่อไอเสีย **	7,000
ระบบส่งกำลัง	1,530
ถังน้ำมัน	200
ระบบเชื้อเพลิง	4,500
ฉีปาละ	
น็อต	1,740
ระบบไฟ + มาตรวัด	1,800
สายต่างๆ	1,050
เบาะ + เข็มขัดนิรภัย	1,000
ตกแต่งพื้นผิว	13,000
รวม	96,360

หมายเหตุ ** ได้รับการสนับสนุน
 ตารางที่ 3-1 ตารางแสดงราคาการใช้จ่าย

3.1.2. ง่ายต่อการซ่อมบำรุง

อะไรคือความหมายที่ถูกต้อง จากโครงสร้างประเภทนี้ต้องให้การบำรุงรักษาที่ง่าย ในกรณีนี้การบำรุงรักษาจะสามารถหมายถึงการตกแต่ง(ทำให้โครงสร้างสวยงาม) และป้องกันการกัดกร่อนได้ การเคลือบสีนอกจากจะทำให้ดูสวยงามแล้วยังสามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ด้วย

ความง่ายในการบำรุงรักษาหมายถึงเมื่อรถนั้นอยู่ในการแข่งขันและบางครั้งในการแข่งขันจะมีความยากในการซ่อม ดังนั้นต้องออกแบบ โครงสร้างให้แข่งขันต้องมีความง่ายในการ ปรับปรุงตัว โครงสร้าง ทุกๆจุด สัปดาห์จะต้องมีการเชื่อมเพิ่มเติมใน โรงปฏิบัติงาน โดยใช้ความรู้ความชำนาญในการเชื่อมTIGที่มีอยู่

3.1.3 อายุการใช้งาน

การออกแบบมีความสำคัญมากซึ่งต้องคำนึงถึงปัญหาต่างๆที่จะเกิดขึ้น และอะไรคือสิ่งที่จำเป็นของรถ Formula เราสามารถจะเห็นได้ว่า โครงสร้างของรถขณะแข่งขันจะมีเสียงรบกวนข้างน้อย ด้วยความต้องการที่จะให้ โครงสร้างมีอายุการใช้งาน จะมีจุดที่พิจารณาสำคัญดังนี้

- ต้องตรวจโครงสร้างหลังการขับทุกครั้งเพื่อหารอยแตกหรือรอยที่เกิดจากการล้าของวัสดุ
- โครงสร้างอาจเสียหายจากการตีของค้อนในขั้นตอนการก่อสร้างและอาจจะเสียหายจากการเชื่อมที่มีความร้อนสูง
- การโค้งงอของโครงจะบอกให้ทราบถึงการเสียหายที่จะเกิดขึ้นในชิ้นส่วนต่างๆ
- ในการแข่งขันคาดหวังไว้ว่าจะต้องไม่มีการซ่อมแซม โครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1.4. ความปลอดภัยในการซ่อมแซม

ต้องมีการซ่อมแซมง่ายมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงเกินไปและโครงสร้างที่ใช้จำเป็นต้องมีการซ่อมแซมให้น้อยที่สุด โดยการซ่อมแต่ละครั้งนั้นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการเชื่อมเป็นผู้ซ่อมแซม แต่อย่างไรก็ตามไม่ควรละเลยการการตรวจสอบจุดด้อยของโครงและต้องปรับปรุงด้วย ดังนั้นทางที่ดีที่สุดคือการเลือกใช้วัสดุที่มีความปลอดภัยและในการเชื่อมต้องใช้อุปกรณ์ที่หาได้ไม่ยากจนเกินไป

3.2. ข้อบังคับเจาะจง

ข้อบังคับโดยตรงของโครงสร้างจะต้องมีการพิจารณาภายใต้การออกแบบมีดังนี้

1. ช่องว่างระหว่างพื้นรถกับพื้นถนน- พื้น โครงต้องไม่สัมผัสกับพื้นถนน
2. ระบบกันสะเทือน – ต้องทำงานได้และเคลื่อนที่ได้ระยะ 50 mm
3. ล้อรถ – มีขนาด 10 นิ้ว
4. ระบบบังคับเลี้ยว – ใช้ระบบกลไกเลี้ยวได้ 2 ล้อ
5. ระบบเบรก – ต้องติดตั้งเบรกให้ใช้งานได้ทั้ง 4 ล้อ

3.2.1. ช่องว่างระหว่างพื้นรถกับพื้นถนน

ในกฎการแข่งขันไม่ได้ระบุไว้แต่จากการพิจารณาแล้วรถที่ใช้ในการแข่งขันต้องไม่มีชิ้นส่วนของตัวรถสัมผัสกับพื้นถนน ในขณะที่แข่งขัน เมื่อไม่มีระยะของสูงสุดและต่ำสุดของรถที่แน่นอน จึงพิจารณาให้รถมีความสูงจากพื้นไม่มาก โดยที่การหมุนและจุดศูนย์กลางรวมไปถึงระบบช่วงล่างทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จึงจะทำให้ความรู้สึกในการควบคุมรถเป็นไปได้อย่างดี

3.2.2. ระบบกันสะเทือน

ระบบกันสะเทือนเป็นตัวช่วยดูดซับแรงที่ส่งผ่านล้อมาขึ้น ในการคิดตั้งนั้นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของช่วงล่างของรถด้วย และระยะยุบของระบบกันสะเทือนของรถจะเคลื่อนที่ได้ประมาณ 2-5 ซม. แต่ถ้าไม่มีระบบกันสะเทือนการขับขี่จะคล้ายคลึงกับรถ Go-kart ซึ่งจะทำให้รถมีความไถลกันของพื้นรถกับพื้นถนนมาก

3.2.3. ล้อของรถที่ใช้ในการแข่งขัน

ในกฎกติกาของประเทศไทยไม่ได้ระบุไว้ โดยที่รถคันนี้เลือกใช้เป็นล้อขนาด 165/R10/70 ซึ่งขนาดที่ใช้ขึ้นเกิดจากการออกแบบโดยรวมของรถ

3.2.4. ระบบบังคับเลี้ยว

ระบบบังคับเลี้ยวที่ใช้จะต้องเลี้ยวได้ทั้ง 2 ล้อพร้อมกันและเป็นการควบคุมของกลไก ไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบบังคับเลี้ยว และในขณะที่เลี้ยวหรือเข้าโค้งต้องไม่เกิดการดัดของพวงมาลัยเกิดขึ้น และต้องมีความเสถียรซึ่งจะรวมไปถึงให้ความรู้ที่มั่นใจในขณะที่เลี้ยวหรือเข้าโค้งได้

72073

3.2.5. ระบบเบรก

จากกฎที่ตั้งไว้รถที่ใช้ในการแข่งขันต้องมีระยะเบรกไม่เกิน 15 เมตร ซึ่งรถที่ใช้ในการแข่งขันนี้จะใช้ระบบเบรกแบบจานเบรก มีวงจรรบบไฮดรอลิก 2 วงจร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

4. ทางเลือกและการเลือกวัสดุ สำหรับ โครงสร้าง SAE

ในบทนี้จะพิจารณาถึงวัสดุหลายๆชนิด ซึ่งอาจจะเหมาะสมสำหรับการสร้าง โครงสร้าง ไม่ใช่เพียงคุณสมบัติทางกายภาพเท่านั้น แต่รวมไปถึง การสร้างและการพิจารณาความคุ้มค่าทางการเงินของทีมอีกด้วย โดยเริ่มจากการปฏิบัติดังนี้

1. ปฏิบัติตามเงื่อนไขปกติ
2. กำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้
3. วัสดุที่ใช้จะต้องหาได้ง่าย
4. การพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ
5. ความเหมาะสมของรายการวัสดุ
6. วิธีการสร้าง
7. ความต้องการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้ความร้อน
8. การปรับปรุงพื้นผิว / หรือการเคลือบผิว
9. การเลือกวัสดุของโครงสร้าง

4.1 การปฏิบัติตามขอบเขตปกติ

ในส่วนนี้จะกระทำดังนี้

1. โครงสร้าง SAE ใช้ทำอะไร
2. การจัดการสิ่งแวดล้อม
3. น้ำหนัก- น้ำหนักสถิตย์และน้ำหนักเคลื่อนที่

4.1.1 โครงสร้าง SAE ใช้ทำอะไร

โครงสร้าง คือ โครงร่างที่ยึดส่วนประกอบทั้งหมดของยานยนต์ให้อยู่ถูกที่ ทั้งนี้รวมถึง เครื่องยนต์ ระบบขับเคลื่อน ระบบกันสะเทือน ถังน้ำมัน ระบบบังคับเลี้ยว และอื่นๆ ภายใต้สภาวะที่ยากลำบาก

ระบบกันสะเทือน เป็นสิ่งเฉพาะที่ต้องการ โครงสร้าง ที่มี ความแข็งแรงในการบิดในระดับสูงเหนือสิ่งอื่นใด โครงสร้าง มีหน้าที่ปกป้องส่วนประกอบภายในรถรวมถึงผู้ขับขี่

4.1.2 การจัดการสิ่งแวดล้อม

การจัดการสิ่งแวดล้อมของ โครงสร้าง ไม่ใช่ต่อต้านแบบการเฉพาะเจาะจง แต่นี้คือ ความต้องการอย่างตรงไปตรงมาของสมรรถนะและอายุการใช้งาน

โครงสร้างจะแสดงถึงปัจจัยสำคัญ คือ ฝน อุณหภูมิรอบๆอยู่ในช่วง 0 °C - 45 °C, ลม ระดับความชื้นและแสงแดด (รวมถึง ความร้อน และรังสี UV)

โครงสร้างยังแสดงถึงสิ่งแวดล้อมเครื่องจักรกลอีกด้วย น้ำมัน สารละลาย เชื้อเพลิง แอลกอฮอล์ และเชื้อเพลิงอื่น ซึ่งจะทำให้มีความร้อนเพิ่มขึ้น เพราะ เครื่องยนต์ (เฉพาะเจาะจง ในระบบไอเสีย) และ ระบบเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาถึง ท่อไอเสีย และ งานเบรก จะมีความร้อนจนแดงได้ในสภาวะที่รุนแรง (สำหรับเหล็กกล้า อลูมิเนียม จะอยู่ในช่วง 560 °C - 840 °C) ทำให้มีบางความคิด ที่ว่าจะต้องมีการวาง 2 สิ่งนี้ เป็นอันดับแรก เพื่อ ประคับประคองโครงสร้าง

การวางแนวท่อไอเสีย อย่างระมัดระวัง และมีช่องว่างที่เหมาะสมตามการออกแบบ โครง ทำให้มีความร้อนถ่ายเทไปยัง โครงเพียงเล็กน้อย อากาศไหลผ่าน ที่เหมาะสมจะช่วยลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นบริเวณงานเบรกได้

4.1.3 น้ำหนัก

น้ำหนัก ในโครงสร้าง สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. น้ำหนัก แบบสถิตย์
2. น้ำหนัก แบบเคลื่อนที่

น้ำหนักจะรวมอยู่ในรายละเอียด บทที่ 5

4.1.3.1 น้ำหนัก แบบสถิตย์

น้ำหนัก แบบสถิตย์คือ การใช้น้ำหนักของส่วนประกอบหลายๆอย่างของยานยนต์ ทั้งนี้รวมถึง

1. เครื่องยนต์
2. คนขับ
3. ระบบกันสะเทือน
4. โครงรถ
5. อุปกรณ์เสริมอื่นๆ

สิ่งสำคัญคือ วิธีการน้ำหนักส่วนประกอบหลายๆอย่างของยานยนต์จะต้องถูกต้องตามที่กำหนดไว้ และ ขึ้นอยู่กับการออกแบบโครงรถ

4.1.3.2 น้ำหนัก แบบเคลื่อนที่

น้ำหนัก แบบเคลื่อนที่ คือ การใช้โครงสร้างปกติของยานยนต์ ในการเข้าโค้ง การเบรก การเร่ง เป็น ตัวกำหนด มีดังนี้

1. การเร่ง
2. การเบรก
3. การเข้าโค้ง
4. การชนกระแทก
5. การบิดตัวของเครื่องยนต์
6. ระบบขับเคลื่อน

น้ำหนักแบบการเคลื่อนที่ มีความสำคัญ จึงควรพิจารณาอย่างรอบคอบ ในการออกแบบกระบวนการต่างๆ การประมาณค่าอย่างหยาบของแรงกระทำ เช่น เป็น 4.5 เท่าของอัตราเร่งเมื่อเกิดการชนและ 2 เท่าเมื่อเลี้ยวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กะทันหันหรืออัตราเร่งของรถ ด้วยมวล 300 กิโลกรัม จะทำให้เกิดแรง 13000 และ 6000 นิวตันตามลำดับซึ่งแรงทั้งหมดจะกระจายลงโดยตรงสู่โครงสร้างและช่วงล่างก่อนที่จะลงสู่พื้น นี่คือการประมาณค่าของแรงอย่างง่ายเพื่อที่จะให้เราสร้างเลือกใช้วัสดุได้อย่างง่ายและรวดเร็ว

4.2 การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้

การจัดการสิ่งแวดล้อมของโครงสร้าง เพื่อรองรับน้ำหนักที่มีการกระจายไม่สม่ำเสมอ ได้ถึง 13,000 นิวตัน คือการจัดสิ่งแวดล้อมภายนอกให้ปกติ (อุณหภูมิเฉพาะที่ อยู่ในช่วง 250 °C – 300 °C)

คุณสมบัติหลักของวัสดุที่จะใช้อยู่ในตาราง 5 คุณสมบัติที่ต้องการของโครงสร้าง SAE ครอบคลุมถึง คุณสมบัติทางกล, ทางกายภาพ, ทางเคมี และ คุณสมบัติทางมิติ มีหลายค่าที่ไม่สามารถระบุได้เนื่องจากเหตุผลของความต้องการที่เปลี่ยนแปลงได้ อะลูมิเนียม ไม่มีแรงขยายของเหล็กกล้า แต่มีความหนาแน่นอยู่ในสามหมวดของโลหะเมื่อมีน้ำหนักเท่ากัน อะลูมิเนียมจะมีคุณสมบัติที่มีน้ำหนักที่เท่ากัน ความแข็งเป็นอีกอย่างหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามต้องการ การค้า หรือการดัดโครงสร้างจะช่วยแก้การขาดความแข็งแรงของวัสดุได้

เลื่อยชิ้นงานที่มากขึ้นไป อาจหมายถึง อายุการใช้งานที่สั้นของวัสดุชิ้นดี ความหนาแน่นที่สูงขึ้น อาจชดเชยได้ด้วยการเพิ่มการยึดขยายและความอ่อนตัวของแรง เช่น จาก เหล็กกล้า เป็น อะลูมิเนียมแทนการคงรูปมิติของโครง มีความสำคัญเกี่ยวกับ โครงสร้างในการติดตั้งระบบกันสะเทือนไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้วยความแตกต่างของสิ่งแวดล้อมหรือสภาวะอื่น

4.3 วัสดุที่เหมาะสมในการเลือก

เนื่องจากด้วยหลายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุ เช่น เรื่องด้วยการออกแบบ การจัดหา จัดซื้อ และเรื่องราคา ทำให้ได้วัสดุที่สามารถเลือกได้ดังนี้

1. อะลูมิเนียม
2. เหล็ก
3. เหล็กอัลลอย (Chrome-moly)

หรือว่าวัสดุที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ไทเทเนียม ที่ใช้อยู่ในรถแข่งระดับสูง ซึ่งไม่มีการกำหนดในเรื่องของค่าใช้จ่าย ข้อจำกัดในเรื่องของการจัดสร้าง

คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาเลือกใช้ ดังแสดงอยู่ในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาเลือกใช้

Material	Density kg/m ³	Ultimate Strength			Yield Strength ^a		Modulus of Elasticity, GPa	Modulus of Rigidity, GPa	Coefficient of Thermal Expansion, 10 ⁻⁶ /°C	Ductility, Percent Elongation in 50 mm
		Tension, MPa	Compres- sion, MPa	Shear, MPa	Tension, MPa	Shear, MPa				
Steel										
Structural (ASTM-A36)	7860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
High-strength-low-alloy										
ASTM-A709 Grade 345	7860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grade 450	7860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grade 345	7860	450			345		200	77.2	11.7	21
Quenched & tempered										
ASTM-A709 Grade 690	7860	760			690		200	77.2	11.7	18
Stainless, AISI 302										
Cold-rolled	7920	860			520		190	75	17.3	12
Annealed	7920	655			260	150	190	75	17.3	50
Reinforcing Steel										
Medium strength	7860	480			275		200	77	11.7	
High strength	7860	620			415		200	77	11.7	
Cast Iron										
Gray Cast Iron										
4.5% C, ASTM A-48	7200	170	655	240			60	28	12.1	0.5
Malleable Cast Iron										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
Aluminum										
Alloy (100)-H14 (99% Al)	2710	110		70	95	55	70	26	23.6	9
Alloy 2014-T6	2800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Alloy 2024-T4	2800	470		280	325		73		23.2	19
Alloy 5456-H116	2630	315		185	230	130	72		23.9	16
Alloy 6061-T6	2710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Alloy 7075-T6	2800	570		330	500		72	28	23.6	11
Copper										
Oxygen-free copper (99.9% Cu)										
Annealed	8910	220		150	70		120	44	16.9	45
Hard-drawn	8910	390		200	265		120	44	16.9	4
Yellow-Brass (65% Cu, 35% Zn)										
Cold-rolled	8470	510		300	410	250	105	39	20.9	8
Annealed	8470	320		220	100	60	105	39	20.9	65
Red Brass (85% Cu, 15% Zn)										
Cold-rolled	8740	585		320	435		120	44	18.7	3
Annealed	8740	270		210	70		120	44	18.7	48
Tin bronze (88 Cu, 8Sn, 4Zn)	8800	310			145		95		18.0	30
Manganese bronze (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)	8360	655			350		105		21.6	20
Aluminum bronze (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)	8330	620	900		275		110	42	16.2	6

4.3.1 อลูมิเนียม

ดังตารางที่ได้แสดงคุณสมบัติไว้พบว่า อลูมิเนียมนั้นถือได้ว่าเป็นโครงสร้างในอุดมคติ เนื่องจากมีน้ำหนักที่เบาขณะที่ความแข็งแรงที่อยู่ในช่วง 230-500 MPa แต่ถ้าเป็นอลูมิเนียมบริสุทธิ์ค่าความแข็งแรงจะอยู่ที่ประมาณ 95 MPa

โดยทั่วไปสำหรับอลูมิเนียมที่มีความแข็งแรงมากที่สุดคือ 7075 แต่ต้องทำการปรับปรุงคุณภาพระดับ T6 เสียก่อน และหลังจากทำการเชื่อมอลูมิเนียมควรได้รับการปรับปรุงแนวการเชื่อมด้วยความร้อนอีกครั้ง สำหรับอลูมิเนียม 7075 T6 นั้นใช้ในส่วนที่ต้องการคุณสมบัติที่ดี เช่น บริเวณก้านลูกสูบ ซึ่งใช้กันในรถแข่งทางตรง

สำหรับโครงสร้างที่ทำมาจากอลูมิเนียม (6061 T6 ซึ่งมีค่า Yield Stress 240 MPa น่าจะเหมาะสมดี) แต่ไม่ใช่เกรดเดียวกับที่นำมาทำก้านลูกสูบ ด้วยเหตุผลการใช้งานที่กล่าวทำให้สามารถบอกได้ว่าอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำมาทำเป็นโครงสร้างของรถยนต์ที่มีความแข็งแรงและมีน้ำหนักที่เบาได้ แต่ในเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพรอยเชื่อม การเชื่อมที่ทำได้ยาก และเรื่องข้อจำกัดของการล้า

4.3.2 เหล็ก

โดยทั่วไปโครงสร้างของรถยนต์ทำมาจากเหล็ก โดยมีค่าความแข็งแรงอยู่ในช่วง 250 - 350 MPa ขึ้นอยู่กับเหล็กแต่ละที่

ปกติแล้วเหล็กเกรดนี้ใช้กันอยู่ในโครงสร้างทั่วไป เชื่อมง่าย ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพรอยเชื่อมเตรียมชิ้นงานง่าย แต่มีน้ำหนักเมื่อเทียบกับความแข็งแรงแล้วต่ำที่สุดในวัสดุที่ได้รับการเลือกมาออกแบบ

4.3.3 เหล็กอัลลอย

ในการออกแบบนี้เหล็กอัลลอยที่หมายถึงเหล็ก AISI-SAE 4130 หรือที่เรียกว่า Chrome-moly ซึ่งมีค่าความแข็งแรง 650 MPa น้ำหนักใกล้เคียงกับเหล็กทั่วไป แต่มีความแข็งแรงที่สูงกว่ามาก จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ทำโครงสร้างของรถแข่ง ซึ่งต้องการความแข็งแรงที่สูง และการคืนตัวหรือค่าการเป็นสปริงที่มาก

เหล็กอัลลอยนี้เมื่อทำการเชื่อมเสร็จแล้วจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพของรอยเชื่อม และในการเชื่อมยังทำได้ยากอีกเช่นกัน ราคาของเหล็กอัลลอยนี้ยังเป็นราคาที่สูงอยู่มากด้วย จึงทำให้วัสดุประเภทนี้เป็นตัวเลือกในเรื่องของความแข็งแรงที่ดีแต่ก็เป็นตัวเลือกที่แพงด้วยเช่นกัน

และด้วยเหตุผลต่างๆ ในการประกอบการเลือกใช้วัสดุแล้วนั้น ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของ น้ำหนัก เหตุผลจากการเชื่อม ราคา ความยากง่ายในการจัดหา ความเหมาะสมกับการออกแบบ ทำให้สามารถเลือกประเภทของวัสดุได้คือ อลูมิเนียม 6061 T6 ซึ่งมีน้ำหนักที่เบา และคุณสมบัติต่างโดยรวมเมื่อนำมาประกอบกันแล้วทำให้อลูมิเนียม 6061 T6 มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้สร้างโครงสร้างรถแข่งของเรา

บทที่ 5

5. การออกแบบโครงสร้างวิศวกรรมยานยนต์และวิธีการสร้าง

บทนี้เราจะกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างการนำไปใช้ และยังรวมไปถึงการคัดเลือกกระบวนการทำงานที่จะนำไปใช้ในกระบวนการสร้าง โครง และคำนึงถึงวิธีการควบคุมคุณภาพ

บทนี้เราจะกล่าวถึงหัวข้อตามด้านล่างดังนี้

1. การออกแบบ
2. กระบวนการทำงาน
3. วิธีการควบคุมคุณภาพ

5.1 การออกแบบ

กระบวนการออกแบบมีขั้นตอนดังนี้

1. หลักการออกแบบ
2. กระบวนการออกแบบ

5.1.1 หลักการออกแบบ

หลักการออกแบบโดยยึดหลักที่แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. มิติ (Dimensions)
2. พิจารณาด้วยน้ำหนัก (Applied loads)

5.1.1.1 มิติ (Dimensions)

กระบวนการออกแบบนั้นมีพื้นฐานมาจากรูปแบบด้วยกับกับการแข่งขันในต่างประเทศที่มีมาอยู่ก่อนแล้ว แล้วทำการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับรูปร่าง ทำนั่ง ของคนไทย และขนาดของเครื่องยนต์ที่ต่างกัน

จุดประสงค์ต่างๆคือ น้ำหนักเบาและกำลังสูง ซึ่งมีผลต่อการพัฒนา กำลังต่อน้ำหนัก ดังนั้นจึงมีผลต่ออัตราเร่ง น้ำหนักของรถนั้นมีผลต่ออัตราความเร็ว และความสามารถในการควบคุมรถ นั่นก็คือน้ำหนักน้อยหมายถึงความเหนื่อยน้อย ซึ่งมีผลต่อการเข้าโค้งและการเบรก

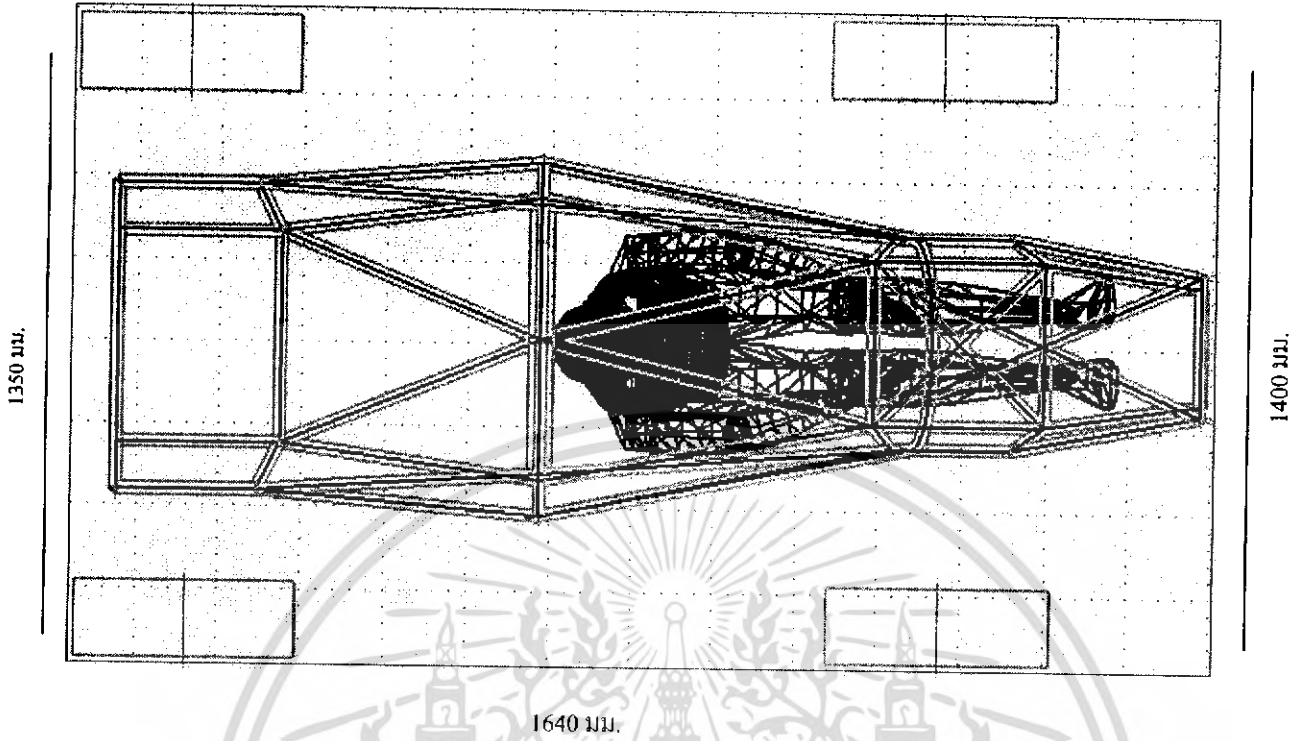
เป็นที่ทราบกันว่า การที่มีน้ำหนักที่เบาจะส่งผลต่อมิติของรถ โดยการที่ที่ค่อยๆลดความยาวของฐานล้อลง ดังนั้นการที่มีสัดส่วนฐานล้อที่สั้นนั้นจะส่งผลดีให้การเข้าโค้งมีเสถียรภาพมากขึ้นในช่วงความเร็วสูง อย่างไรก็ตามเราไม่ได้ออกแบบเพื่อให้ใช้ความเร็วสูง ดังนั้นจึงไม่เกิดการสูญเสียใดๆ ในส่วนของการแข่งขันจับความเร็วทางตรง มีการใช้ความเร็วในทางตรงแค่ 75 เมตรเท่านั้น ในสถานีของการทำความเร็วรถจะมีความเร็วที่ใกล้เคียงความเร็วที่ 80 กม/ชม แต่สำหรับรถลักษณะเดียวกัน ถ้าใช้ความเร็วในทางตรงเกิน 100 กม/ชม จะเป็นการไม่เหมาะสมในการผลิตรถประเภทนี้

จากที่กล่าวมา มิติของรถเป็นดังนี้คือ

ฐานล้อ	1640 มม.
ความกว้างฐานด้านหน้า	1400 มม.
ความกว้างฐานด้านหลัง	1350 มม.

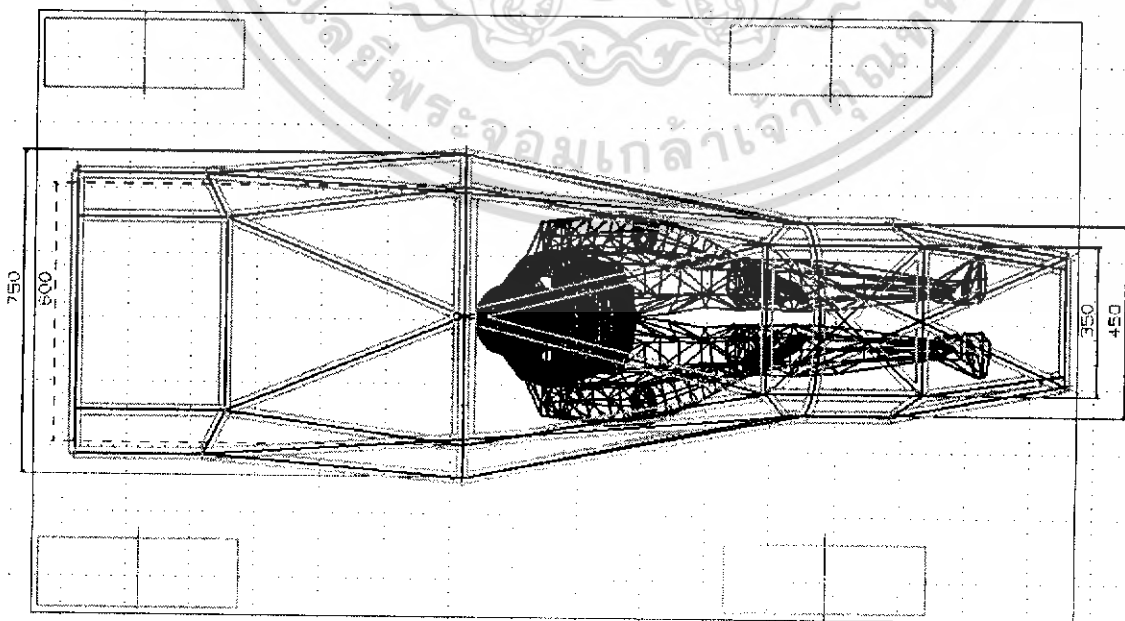
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คังที่แสดงในรูปที่ 5-1 มิตีของรถ Initial III Formula



รูปที่ 5-1 มิตีของรถ Initial III Formula

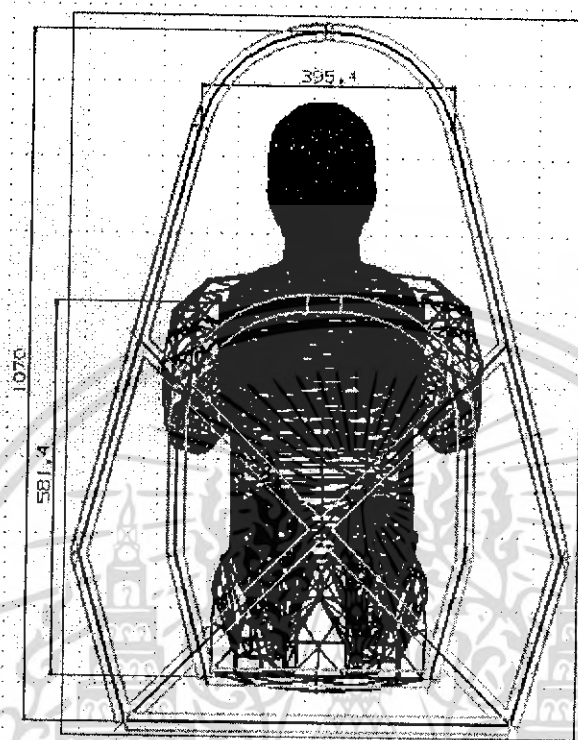
ออกแบบให้มิตีส่วนกลางรถมีขนาดที่กว้างกว่าส่วนอื่นเนื่องจาก เป็นตำแหน่งที่ผู้ขับต้องโดยสารอยู่และมีเครื่องยนต์วางอยู่ด้านหลัง เพื่อให้มีพื้นที่เพียงพอสำหรับผู้ขับและเครื่องยนต์ เมื่อส่วนกลางรถมีขนาดกว้างทำให้สามารถนำชิ้นส่วนและอุปกรณ์มาออกแบบจัดวางพื้นที่ในบริเวณนี้ได้ ทำให้จุดรวมน้ำหนักของรถมาอยู่กลางรถมีผลให้เสถียรภาพของรถก็จะดีขึ้น ทั้งถังน้ำมัน หม้อน้ำ ระบบไฟฟ้ารถยนต์จึงได้ออกแบบมาดังรูปที่ 5-2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5-2 มิติของกลางรถของรถ Initial III Formula

ส่วนความกว้างพิเศษจะแสดงในรูปด้านล่างนี้ รูปที่5-3 ส่วนป้องกันศีรษะ



รูปที่ 5-3 ส่วนป้องกันศีรษะ

อีกหนึ่งพื้นฐานในการตัดสินใจคือ น้ำหนักของ โครงเป็นเป้าหมายของการสร้าง และความแข็งแรง โดยสนใจไปที่ค่าความต้านทานแรงบิด โครงสร้างมีน้ำหนักประมาณ 20 กิโลกรัม ในกรณีนี้เป้าหมายคือการลดน้ำหนักให้ได้มากที่สุด ซึ่งคุณแล้วมันอาจจะไม่มีความแข็งแรง แต่ความเป็นจริงแล้ว เรามีเป้าหมายคือการพิจารณาความแข็งแรงมากกว่าน้ำหนักเบา

เป็นธรรมดาที่เมื่อต้องการน้ำหนักที่เบาที่สุด แล้วเราต้องมองหาโลหะที่มีความแข็งแรงที่ดีที่สุดและมีคุณสมบัติที่ดีตามต้องการ

5.1.1.2 การพิจารณาน้ำหนัก

โครงสร้างรถแข่ง Initial III Formula ต้องสามารถต้านทานน้ำหนักที่จะส่งผลกระทบต่อส่วนอื่น ทั้งหมดทั้งหลายนี้นี้เราจะรักษาจำนวนเสียงข้างมากของผู้ร่วมงาน และถ้ามีความเหมาะสมและเรียบง่าย โครงสร้างที่ดีนี้ความสง่างามและเรียบง่าย ดังนั้นจึงทำให้ดึงดูดสายตาได้ดี

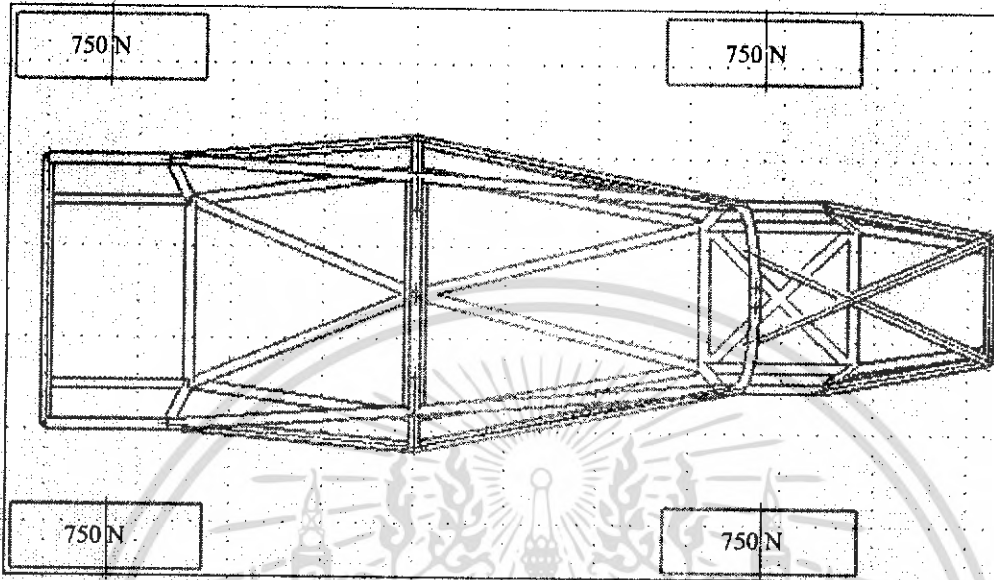
ประเภทของน้ำหนักของ โครงสร้างSAEที่เลือกใช้มีดังนี้

1. น้ำหนักสถิต (Static Load)
2. น้ำหนักจากการเคลื่อนที่ (Dynamic Load)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

1. น้ำหนักสถิต(Static Load)

น้ำหนักบรรทุกทุกโดยโครงสร้าง ถูกปรับแต่งบนถนนลาดยาง เดิมน้ำมันพร้อมที่จะไปและคนขับที่แต่งกายพร้อมเต็มที่ จึงมุ่งสู่จุดหมาย น้ำหนักสถิตจะกระจายเป็น โครงสร้าง ดังรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-4 น้ำหนักสถิตจากการที่ได้ออกแบบไว้

นี่คือการคำนวณจากบนพื้นฐานที่ค่อนข้างจะรอบคอบแล้ว ซึ่งจะมีน้ำหนักของโครงสร้าง โดยรวมสูงสุดอยู่ที่ 300 kg. (รวมคนขับ)

มีรายการดังนี้

1. เครื่องยนต์/ระบบเกียร์	60 กก.
2. คนขับ	60 กก.
3. โครงสร้าง	25 กก.
4. ส่วนประกอบภายนอก	105 กก.
5. ชิ้นส่วนตัวถังรถ	50 กก.
รวม	300กก.

อย่างไรก็ตามน้ำหนักสถิตก็มีส่วนสำคัญก็เหมือนค่าน้ำหนักที่หยุดนิ่ง และดูเหมือนว่าไม่น่าจะเป็นไปได้เลยที่ทำความเสียหายได้ แม้แต่ Ford ที่เครื่องยนต์วางอยู่บนพื้นรถ (ถึงแม้ว่ามันจะเกิดขึ้นในต้นปี 1960 เนื่องจากระบบลูกหมากเสียหาย) สิ่งที่สำคัญคือ น้ำหนักที่เกิดจากการเคลื่อนที่ซึ่งน้ำหนักสถิตอยู่บน โครงสร้าง ขณะที่รถกำลังแข่งขัน

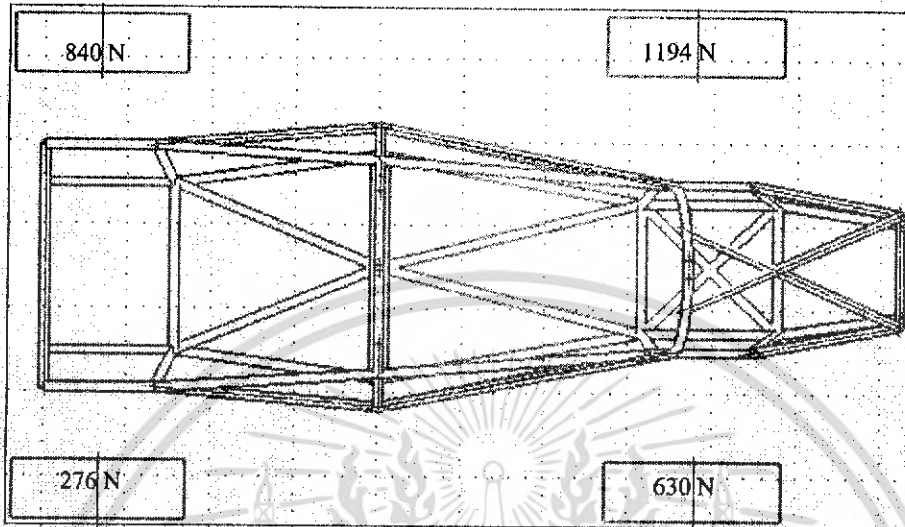
2. น้ำหนักจากการเคลื่อนที่(Dynamic Load)

ดังที่กล่าวมาแล้ว น้ำหนักจะเกิดขึ้นเมื่อรถมีการเคลื่อนที่ ซึ่งจะรวมไปถึงการเร่ง การเบรก การเข้าโค้ง การขึ้นสิ่งกีดขวางเวลาตกหลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีก 27 ำไปใช้

Fenton ได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้ (ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.5)

- +/- 4.5 g ในแนวตั้ง(การชนกระแทก)
- +/- 1.5 g การเบรคและการเร่ง
- +/- 1.5 g การเข้าโค้ง ซ้ายหรือขวา



รูปที่ 5-5 การกระจายน้ำหนักที่เกิดจากการเคลื่อนที่

Torsional Rigidity (ความแข็งแรงในแนวการบิด)

ความแข็งแรงในแนวการบิดเป็นสิ่งที่สำคัญในการสร้างโครง การส่งผ่านน้ำหนักที่มีประสิทธิภาพ และ ประสิทธิภาพของ ช่วงล่าง ที่คงที่ ขึ้นอยู่กับระดับของระดับความแข็งแรงในการบิดในโครงสร้าง โครงสร้างที่ ยึดหยุ่นเปรียบเสมือนกับช่วงล่างของ 'de facto' คุณสมบัตินี้เหมือนกับ โครงสร้างที่ยึดหยุ่นได้อย่างไร รถยนต์ ของคนอังกฤษในยุค 40's และยุค 50's ค่อนข้างฉลาดในเรื่องของ โครงสร้างที่ยึดหยุ่น

อย่างไรก็ตามในการแข่งรถSAE จะต้องมีโครงสร้างที่แข็งแรงเพียงพอที่จะให้ช่วงล่างทำงาน ได้อย่าง ถูกต้องและสามารถปรับเปลี่ยนได้ (นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงสามารถทำได้ในช่วงล่าง เพื่อก่อให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม นำเชื้อถือ และสามารถทำได้อีก)

Deakin et al สรุปว่า การแข่งรถ SAE ซึ่งมีการหมุนของช่วงล่างที่ความถี่ 500-1500 Nm/degree ต้องการความถี่ระหว่าง 300 และ 1000 Nm/degree เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนแกนบิดได้

จากน้ำหนักที่ได้นั้น เราได้ทำการเลือกน้ำหนักที่กระทำให้เกิดความเสียหายได้คือ สมมติเหตุการณ์ว่า ล้อหน้าข้างหนึ่งของรถ ปีนขึ้นบนก้อนหิน ทำให้เกิดแรงขึ้นบนล้อหน้าเท่ากับน้ำหนักของตัวรถ เท่ากับ 750 N การกระจายแรงลงสู่ โครงสร้างจะเปลี่ยน ไปเป็น ดังรูป

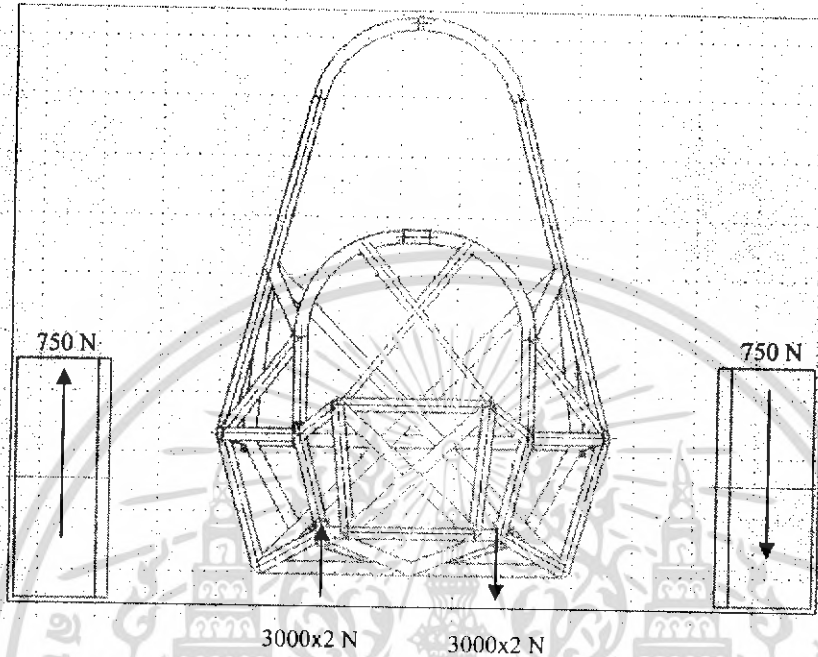
ดังนั้นแรงที่เกิดขึ้นกับระบบกันสะเทือนต้องรับภาระจะอยู่ที่ข้างละ 750 N เป็นแรงที่เกิดขึ้นในลักษณะ ข้างหนึ่งขึ้นแต่ข้างหนึ่งจะถูกกดลง เมื่อดำหนดแรงในลักษณะของโมเมนต์แล้วจะได้ว่า

$$f \times r = F \times R \quad (\text{สมการ 3.1})$$

$$f \times 350 = 750 \times 1400$$

$$f = 3000 \text{ N}$$

ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นนั้นเป็นแรงที่กระทำกับโครงสร้างที่เป็นจุดรับช่วงล่างหน้า ซึ่งในการออกแบบนั้นจำเป็นต้องมีค่าความเผื่อความปลอดภัย ซึ่งได้เลือกใช้ที่ 2 จะทำให้ได้แรงกระทำกับจุดรับช่วงล่างเพื่อใช้ในการออกแบบอยู่ที่ 6000 N ซึ่งเป็นดังรูปที่ 5-6



รูปที่ 5-6 จำลองแรงที่ใช้ในการออกแบบ โครงสร้าง เมื่อรับแรงบิด

นำค่าแรงที่ได้มาใช้ในการออกแบบ วิเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟในอิลิเมนต์ต่อไป

Gaffney และ Salinas ได้กล่าวไว้ว่าความแข็งแรงในการบิดมีค่า 2900 Nm/degree สำหรับการแข่งรถ SAE ที่ University of Missouri (Rolla) ในขณะที่ Laval University's 2004 SAE team อ้างอิงไว้ที่ 2000Nm/degree ซึ่งต่อมาได้กลายเป็นทฤษฎี

ความแข็งแรงตามแนวยาว(Longitudinal Rigidity)

ความแข็งแรงในแนวยาวเป็นหัวข้อรองที่จะพิจารณา ถ้าโครงสร้างมีความแข็งแรงในการบิดที่พอเพียง และปัจจัยที่มีผลกระทบคือ ประสิทธิภาพในการส่งผ่านน้ำหนักด้านข้าง ความโค้งงอในแนวยาวเล็กน้อยส่งผลกระทบต่อ การส่งผ่านน้ำหนักด้านข้าง อันเป็นผลกระทบโดยตรงในการจัดการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเรขาคณิตของช่วงล่าง

สรุป จากที่กล่าวมา เราสามารถออกแบบได้ดังนี้

1. ฐานล้อ 1640 มม.
2. ความกว้างด้านหน้า 1400 มม.
3. ความกว้างด้านหลัง 1350 มม.
4. น้ำหนัก โดยประมาณ 20 กิโลกรัม
5. ความแข็งแรงในการบิด 300 N.m/Degree(น้อยที่สุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี 29 นำไปใช้

การพิจารณาการออกแบบอื่นๆ เช่น จุดยึดเครื่องยนต์ จะถูกสร้างสำหรับแต่ละกรณีไป จะพิจารณารวมไปถึงมวลที่เกี่ยวข้องที่ถูกกระทำโดยอัตราเร่งบนชิ้นส่วนประกอบอื่นๆ

5.1.2 กระบวนการออกแบบ

กระบวนการออกแบบจะเป็นไปตามลำดับที่สมเหตุสมผล ดังนี้

1. การร่างภาพ
2. โปรแกรม UG NX4
3. การวิเคราะห์ทางFinite Element
4. ปรับแก้ในส่วนที่เกิดแรงมากที่สุด ด้วยการเสริมคานมาช่วยรับแรง
5. ปรับแก้โครงสร้างจนได้ค่าความแข็งแรง และระยะที่เคลื่อนไปเนื่องจากแรงการบิดที่อยู่ในค่าที่ออกแบบไว้

5.1.2.1 การร่างภาพ(Sketch)

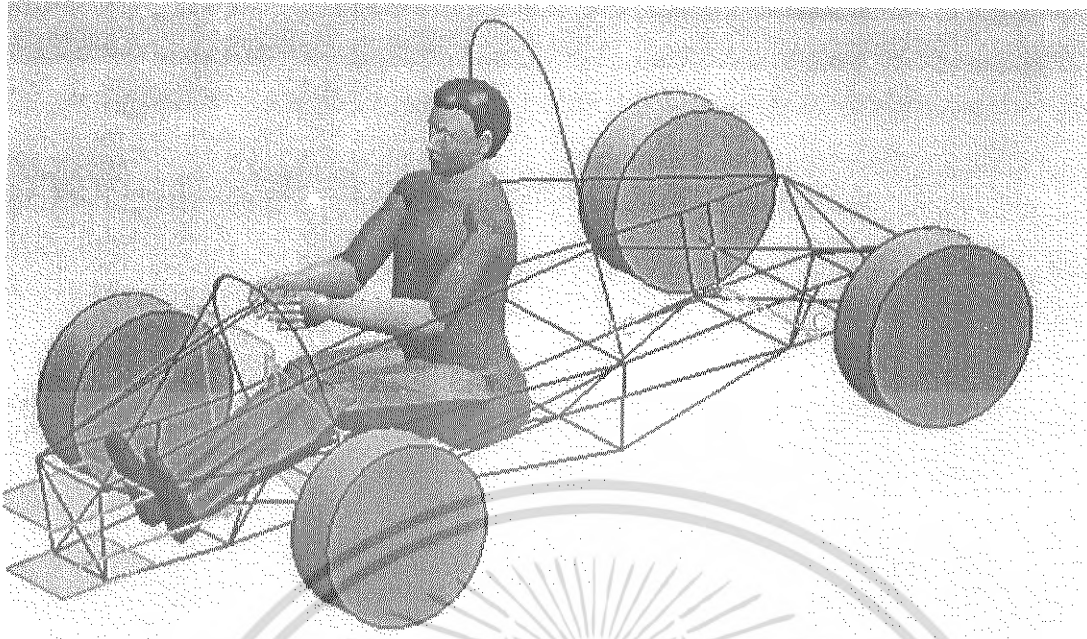
นำระยะจุดยึดต่างๆ พร้อมกับท่าทางการนั่งของผู้ขับขี่มาวางก่อน และระยะฐานล้อที่ได้ทำการออกแบบไว้ ระยะจุดยึดปีกนก ในที่นี้กล่าวถึงการเดินทางของน้ำหนักถูกแบ่งเป็นส่วนเพื่อการคำนวณในขั้นตอนนี้

การร่างภาพในขั้นต้น จะปรากฏภาพดังนี้

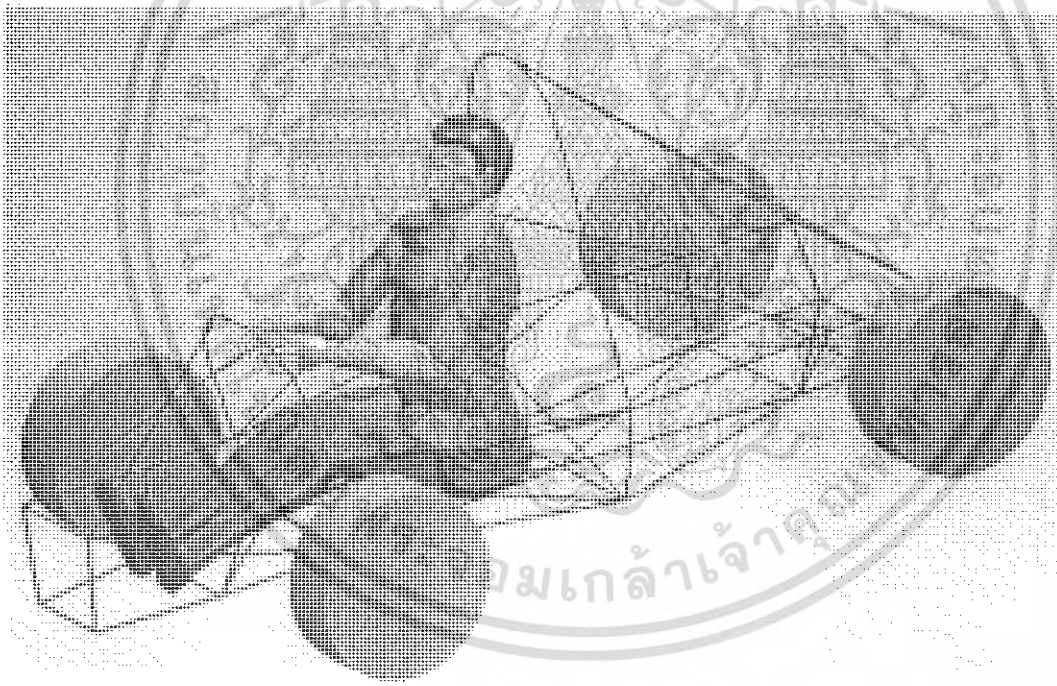


รูปที่ 5-7 โครงสร้างแบบที่ 1

รูปเหล่านี้จะวาดรูปต่อกัน ได้ดังนี้

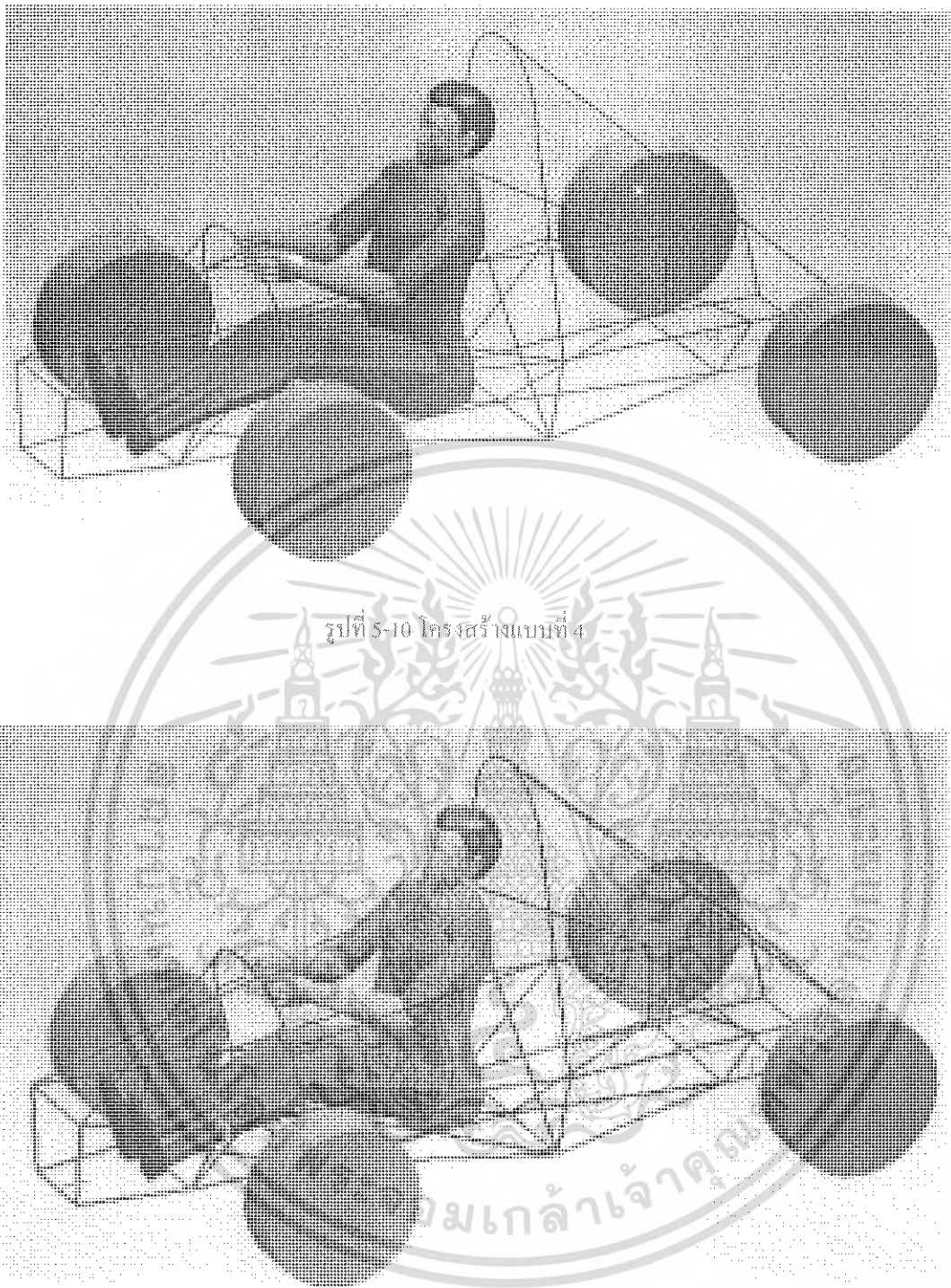


รูปที่ 5-8 โครงสร้างแบบที่ 2



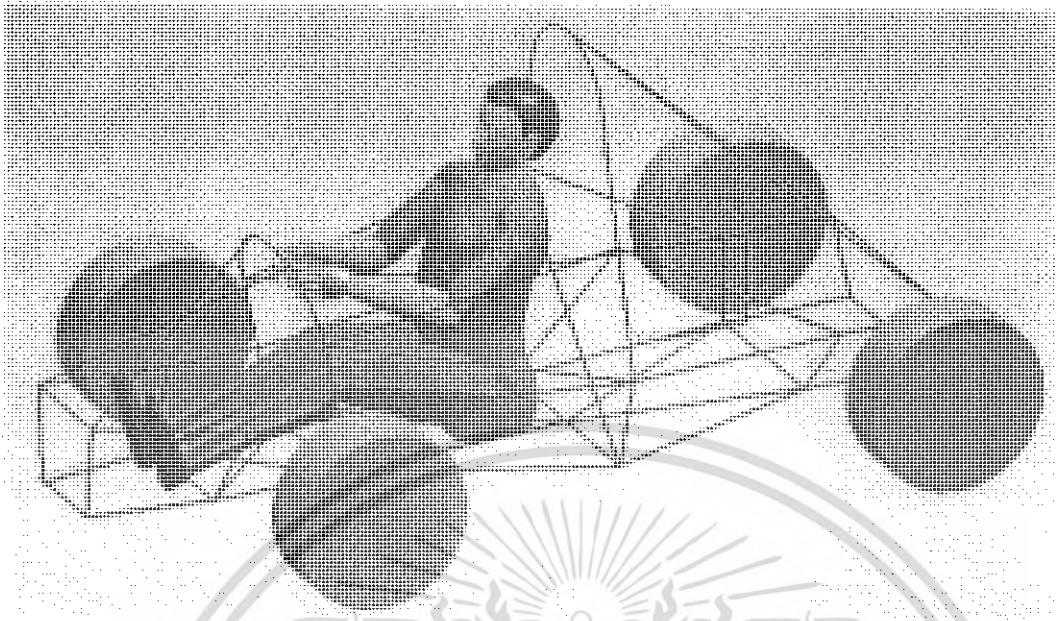
รูปที่ 5-9 โครงสร้างแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



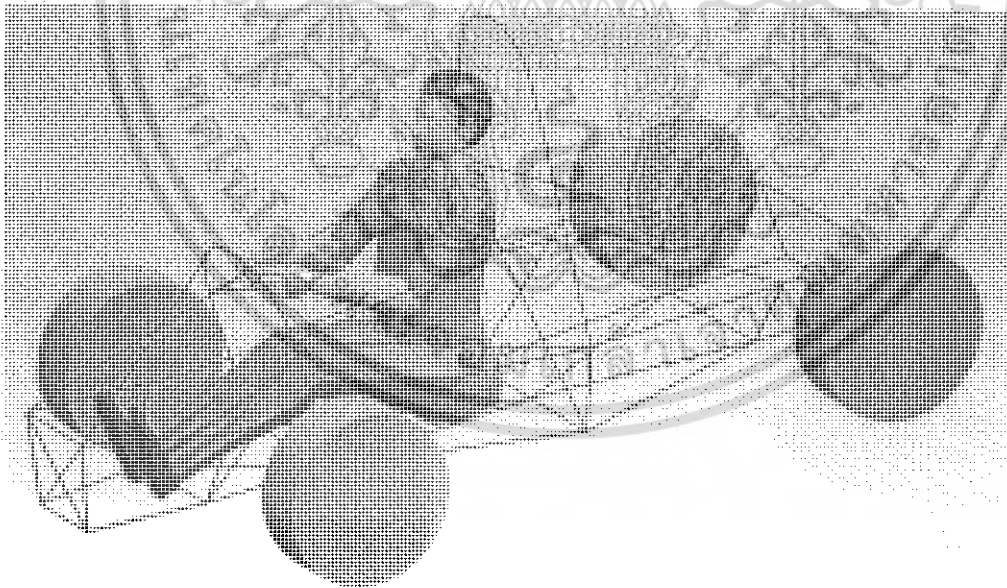
รูปที่ 5-11 โครงสร้างแบบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-12 โครงสร้างแบบที่ 6

จุดสิ้นสุดของการร่างภาพโคจรรวมจะแสดงถึงรูปด้านล่าง ดังรูปที่ 5-13



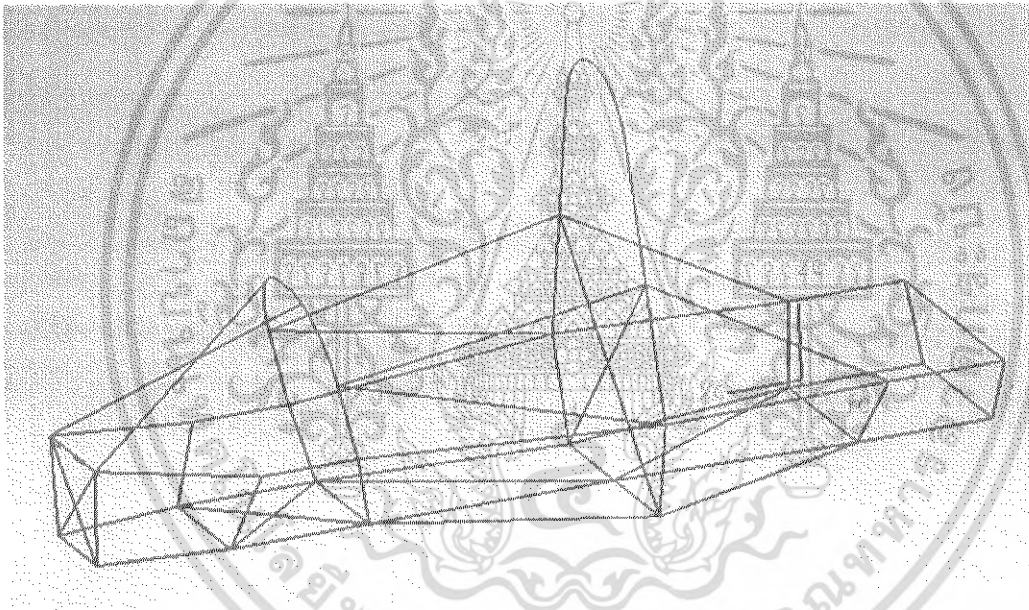
รูปที่ 5-13 โครงร่างสุดท้ายก่อนจัดสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกา^รนำไปใช้

การวิเคราะห์ Finite Element

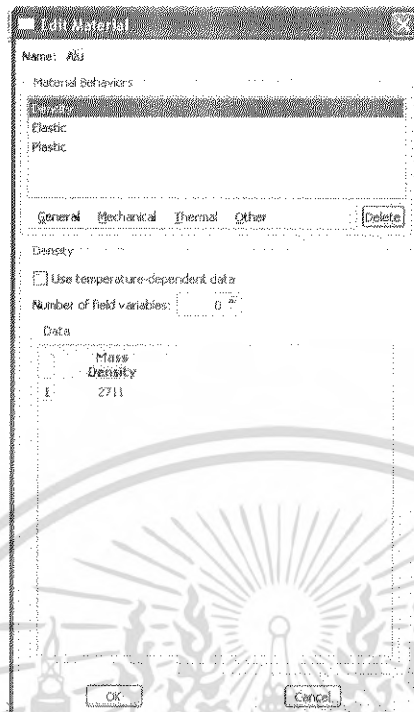
การวิเคราะห์ Finite Element ในส่วนนี้จะเป็นการให้ความรู้และให้ข้อมูล และคำตอบที่เป็นการรับรู้ โดยธรรมชาติ ซึ่งทั้งคำถามไว้ว่า “ทำไมฉันถึงไม่ทำอย่างนั้นในตอนแรก “

1. ส่งไฟล์โครงสร้างไปยังโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ABAQUS 6.51 เพื่อทำเป็น wire model ดังรูปที่ 3
2. กำหนดสมบัติวัสดุ ซึ่งโครงสร้างทำจากวัสดุ Alu 6061 T6 มีคุณสมบัติดังนี้ ความเค้นที่จุดคราก (yield stress) $\sigma_y = 240 N/mm^2$, ความเค้นประลัย (ultimate tensile stress) $\sigma_u = 275 N/mm^2$, โมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) $E = 69 GPa$, อัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio) $\nu = 0.33$ และ ความหนาแน่น (density) $\gamma = 2711 kg/m^3$ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เอลิเมนต์แบบ wire model

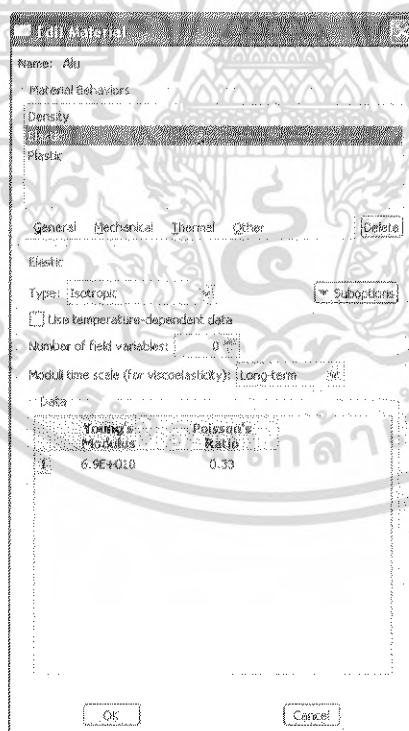


รูปที่ 5-14 CAD (1/1) Wire frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



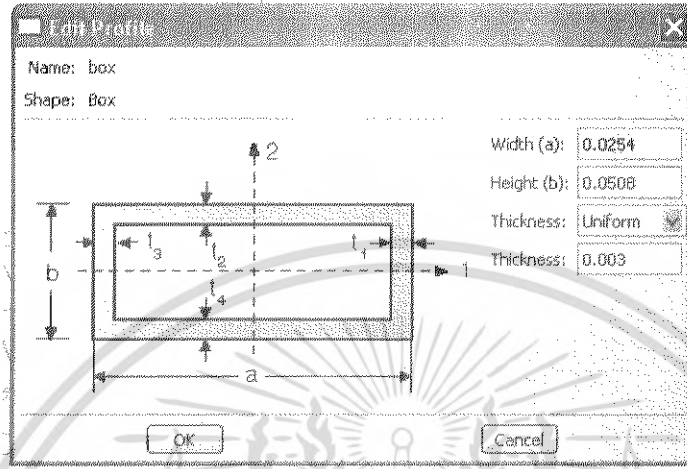
รูปที่ 5-15 แสดงการกำหนดค่าความหนาแน่น



รูปที่ 5-16 แสดงการกำหนดค่า Young's Modulus และ Poisson' Ratio

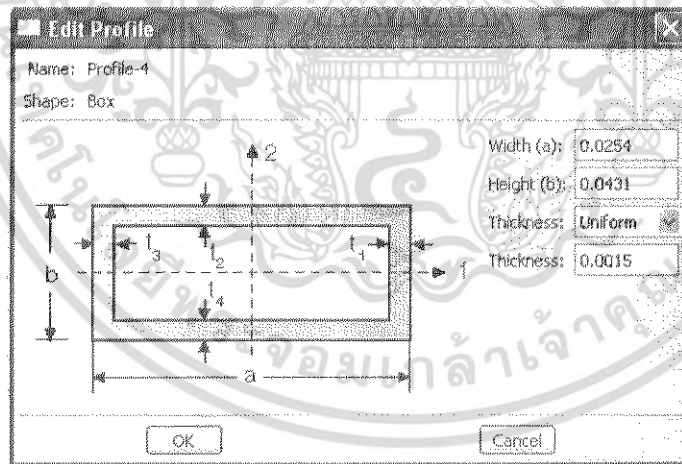
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกา3รนำไปใช้

3. สร้างรูปแบบให้กับโปรแกรมรู้จัก ตามลักษณะของชิ้นส่วนที่นำมาใช้ประกอบกันอยู่ในรถ จากการออกแบบข้างต้นและลักษณะของหน้าตัดที่มีขายในท้องตลาด ทำให้สามารถเลือกลักษณะต่อมาได้ด้วยกัน 3 รูปแบบด้วยกัน ดังรูปที่ 5-17



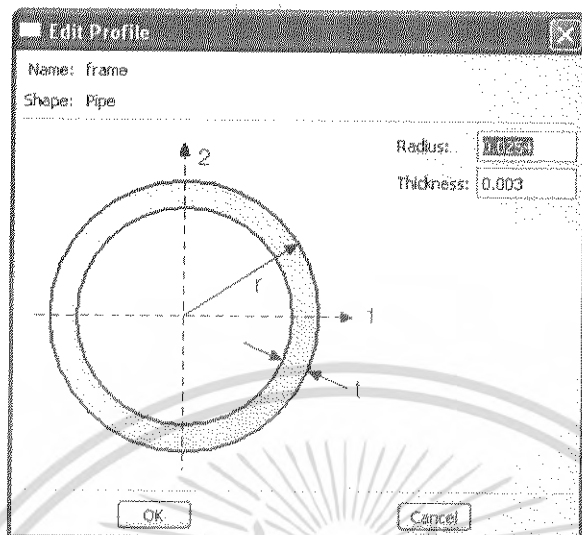
รูปที่ 5-17 รูปแบบของส่วนที่นำมาทำบริเวณจุดยึดปีกนกและคานกลาง

เหตุผลที่ใช้รูปแบบลักษณะนี้กับบริเวณนี้คือ เป็นจุดที่รับแรงมาก มีการจับยึดกับอุปกรณ์อื่นที่ผิวหน้าที่เรียบจะทำให้การจับยึดทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 5-18 รูปแบบของส่วนที่นำมาทำคานด้านหลังบน

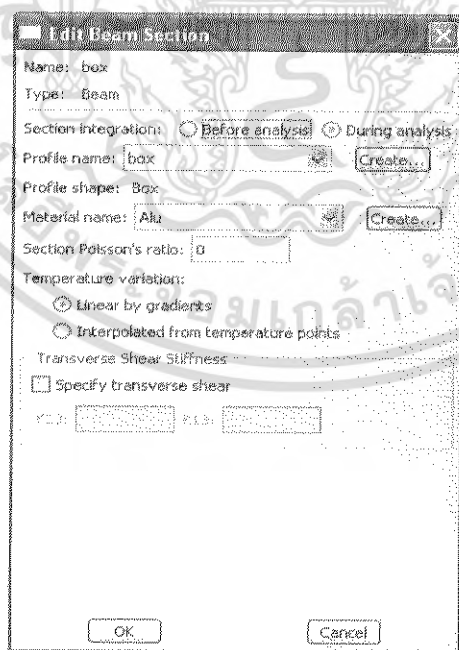
เหตุผลที่ใช้รูปแบบลักษณะนี้คือ คานนี้จะเป็นคานที่รับแรงจากชุดตั้งโซ่โดยตรง และมีการจับยึดอีกเช่นกัน



รูปที่ 5-19 รูปแบบของท่อเกือบทั้งหมดที่ใช้การถักเป็นโครงสร้าง

เหตุผลที่ใช้รูปแบบลักษณะนี้คือ ท่อกลมนี้สามารถรับแรงได้ในทุกแนวแกน เนื่องจากมีลักษณะที่กลม ไม่ว่าแรงจะมาในทิศทางใดก็มีลักษณะกลมเหมือนกันหมด จึงนำมาใช้ในการถักโครงสร้าง

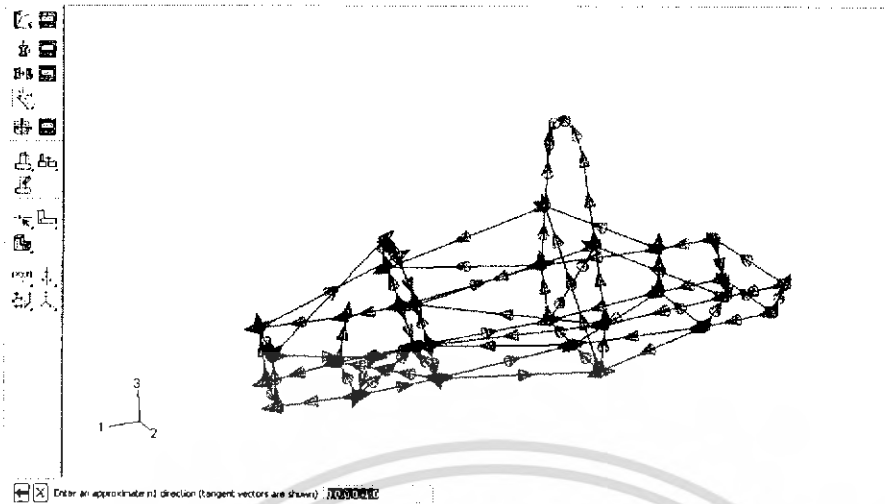
- กำหนดคุณสมบัติของแต่ละหน้าตัด โดยกำหนดให้สอดคล้องกับการสร้างรูปแบบในขั้นตอนข้างต้นด้วย และให้ตัววัสดุเป็นอลูมิเนียมที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่ตอนต้น ในการวิเคราะห์แบบไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้วิธี Wring Model จำเป็นต้องกำหนดค่าในช่อง Section Poisson's ratio ให้มีค่าเป็น 0 ดังรูป



รูปที่ 5-20 แสดงการกำหนดค่าหน้าตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกา³⁷รไปใช้

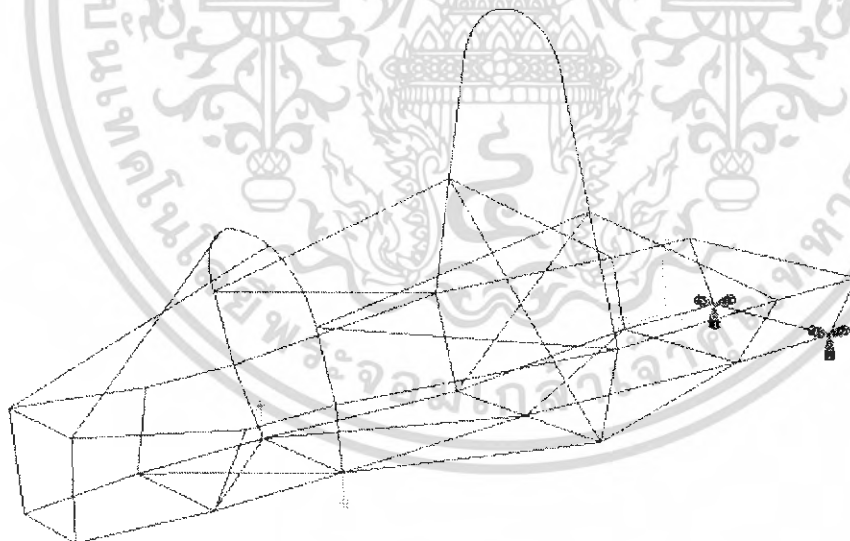
5. กำหนด Beam orientation ให้กับ Wiring Model ดังรูปที่ 5-21



รูปที่ 5-21 แสดงการกำหนด Beam orientation

6. ระยะที่เปลี่ยนเนื่องจาก ทดสอบการบิด และ ทดสอบการ โกง
ตัวอย่างวิธีการวิเคราะห์หาค่าความต้านแรงบิด

ในการหาค่าความต้านแรงบิดจะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังรูปที่ 5-22



รูปที่ 5-22 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์

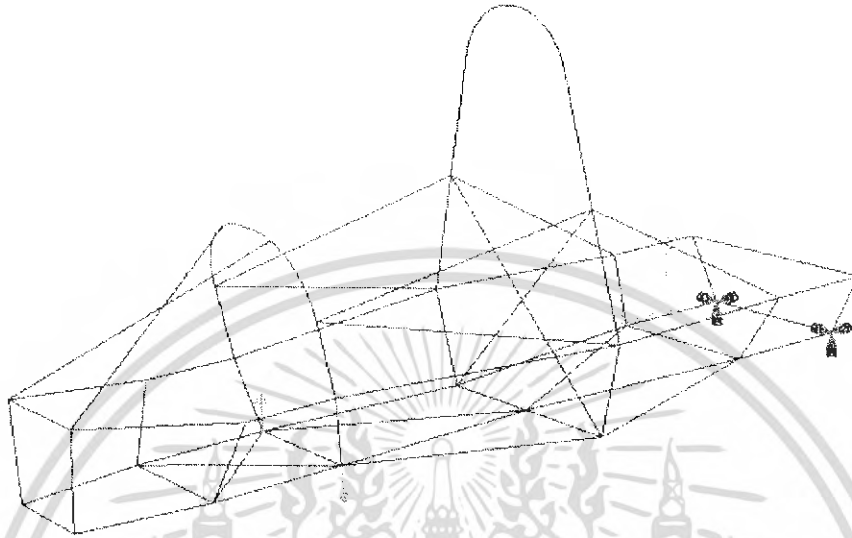
- ทอร์กกระทำกับระบบกันสะเทือนด้านหน้าโดยเป็นแรงคู่ควมขนาดเท่ากันกระทำในทิศตรงข้ามในแนวตั้งขนาด $\pm 6000 \text{ N}$ ซึ่งทำให้เกิดทอร์กขนาด $T = Fd = 2100 \text{ N.m}$ เมื่อ $d = 0.35 \text{ m}$ ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการ 38 ไปใช้

จุดที่วางระบบกันสะเทือนหลังแซสซีถูกยึดไว้ ไม่ให้มีการเคลื่อนที่ ($U_x = U_y = U_z = 0$) และ ยึดให้ ($\theta_y = \theta_z = 0$) โดยปล่อยให้ θ_x สามารถเคลื่อนได้

ตัวอย่างวิธีการวิเคราะห์หาค่าความต้านแรงบิด

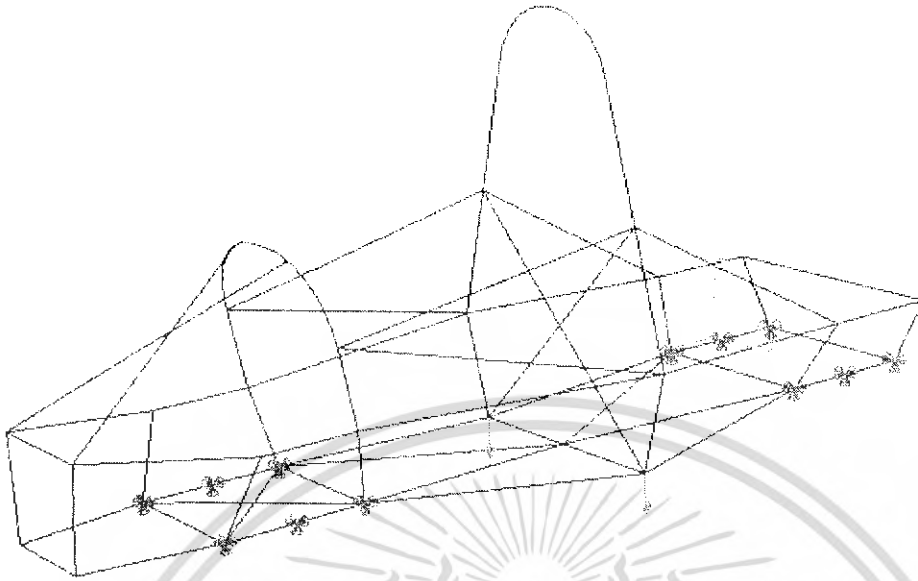
ในการหาค่าความต้านแรงบิดจะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังรูปที่ 5-23



รูปที่ 5-23 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์

- ทอร์คกระทำกับระบบกันสะเทือนด้านหน้า โดยเป็นแรงคู่ควมขนาดเท่ากันกระทำในทิศตรงข้ามในแนวตั้งขนาด $\pm 6000 \text{ N}$ ซึ่งทำให้เกิดทอร์คขนาด $T = Fd = 2100 \text{ N.m}$ เมื่อ $d = 0.35 \text{ m}$ ที่จุดที่วางระบบกันสะเทือนหลังแซสซีถูกยึดไว้ ไม่ให้มีการเคลื่อนที่ ($U_x = U_y = U_z = 0$) และ ยึดให้ ($\theta_y = \theta_z = 0$) โดยปล่อยให้ θ_x สามารถเคลื่อนได้

ตัวอย่างการหาระยะ โกงของแซสซี จะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังรูปที่ 5-24

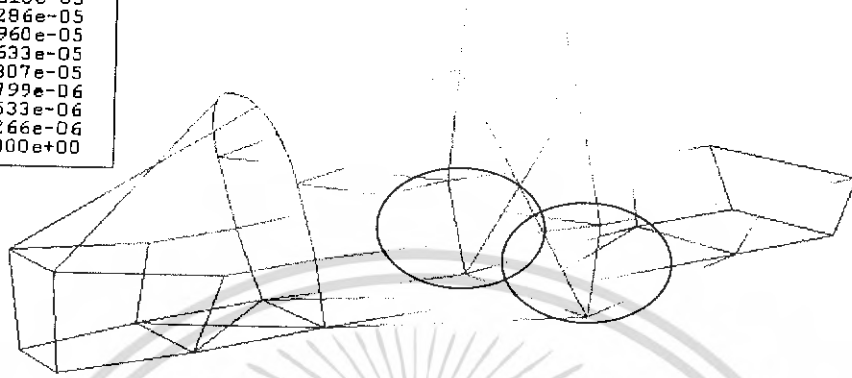
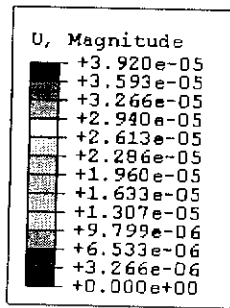


รูปที่ 5-24 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์

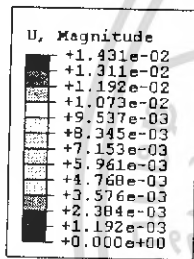
- ที่จุดที่วางระบบกันสะเทือนทั้งหน้าและหลังแชสซีถูกยึดไว้ ไม่ให้มีการเคลื่อนที่ ($U_x = U_y = U_z = 0$)
- กำหนดแรงกระทำกับแชสซีในทิศลงขนาด 3000 N ทั้ง 2 จุด

ผลการออกแบบ

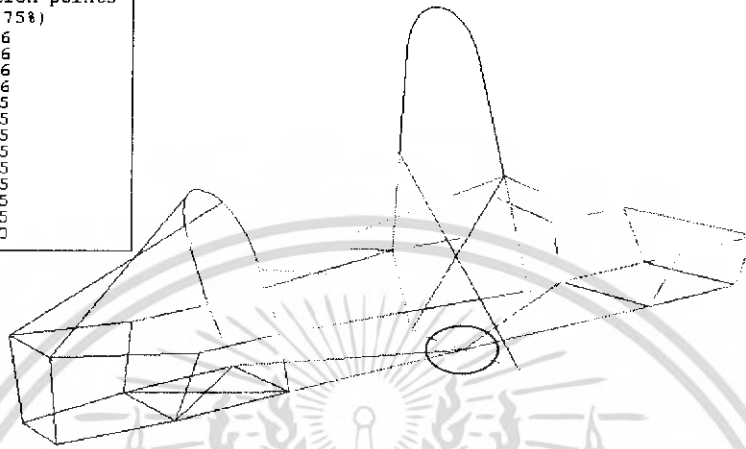
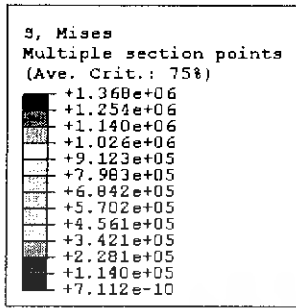
ในการออกแบบครั้งนี้ เราได้ผลการออกแบบโดยสามารถแบ่งออกได้ 2 แบบด้วยกันคือ ระยะเวลาที่เปลี่ยนไปเมื่อได้รับแรง และแรงที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับแรง เพื่อใช้เลขเหล่านี้ในการเลือกแบบที่เห็นว่าแข็งแรงที่สุด ดังนั้น ระยะเวลาที่เปลี่ยนไปเนื่องจาก การ โกง และ การบิด



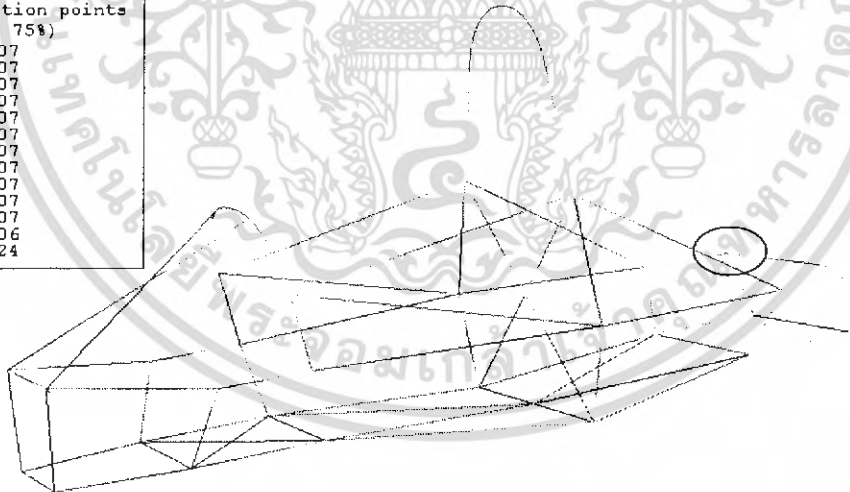
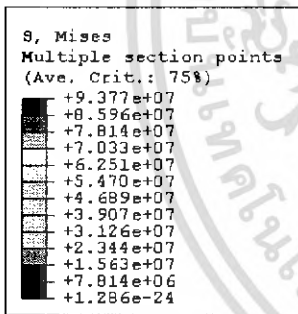
รูปที่ 5-25 แสดงระยะที่เปลี่ยนไปเนื่องจาก การโค้ง



รูปที่ 5-26 แสดงระยะที่เปลี่ยนไปเนื่องจาก การบิด



รูปที่ 5-27 แสดงขนาดแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการ โกง



รูปที่ 5-28 แสดงขนาดแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการบิด

ขนาดของแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นนั้น จะเห็นว่าขนาดไม่มากไปกว่าค่า Yield stress ของวัสดุที่ได้เลือกใช้ และยังมีค่า safety factor อยู่ถึงประมาณ 3 เท่าด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกา^๔ไปใช้

จากการทดสอบการดึงของอลูมิเนียม 6061 T6 ที่ได้เลือกใช้นั้นได้ผลว่ามีค่า Yield stress อยู่ในช่วง 220×10^6 N/m²

แบบที่	ค่าความเค้น ($\times 10^7$ N/m ²)	ค่าความปลอดภัย	ระยะที่เคลื่อนไป(mm.)	มวล(kg)
1	3.747	5.87	4.966	19.705
2	3.805	5.78	4.778	19.563
3	3.357	6.55	3.777	20.243
4	2.939	7.49	4.167	21.281
5	3.085	7.13	4.966	20.367
6	3.181	6.92	6.43	19.156
7(Alu)	3.121	7.05	3.642	20.259
7(Steel)	8.494	2.83	3.28	23.000

ตารางที่ 5-1 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Abaqus

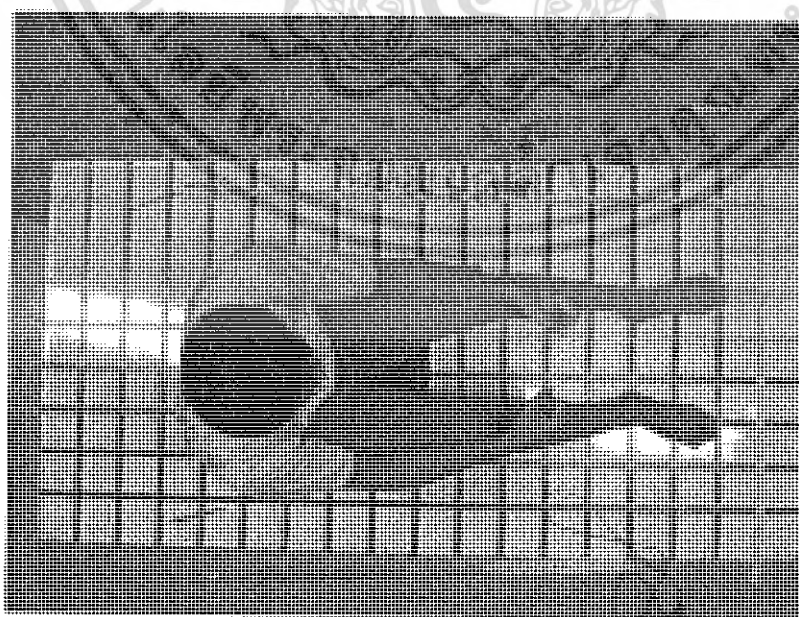
จากผลการทดลองข้างต้น ทำให้สามารถเลือกแบบ โครงสร้างเพื่อที่จะ ในการสร้าง ได้คือ แบบที่ 7(Alu) เนื่องจากค่าความเค้นภายในอยู่ในช่วงค่าความแข็งแรงที่ยังปลอดภัยอยู่และระยะที่เคลื่อนที่ไปเมื่อ ได้รับแรงบิดเมื่อเทียบค่าต่างๆ กับมวลที่ได้แล้ว ถือว่ามีค่ามวลต่อความเค้นน้อยที่สุด จึงได้เลือก โครงสร้างในแบบที่ 7 จากนั้นทดลองเปลี่ยนวัสดุเป็นเหล็กและความหนาให้มีระยะที่เคลื่อนไปและมวลที่ได้คล้ายกับแบบที่ 7(Alu) ผลที่ได้พบว่า มีค่าความปลอดภัยที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับอลูมิเนียมในแบบ โครงสร้างเดียวกัน

5.2 กระบวนการทำงาน

การจัดเตรียมก่อนการสร้างจริง

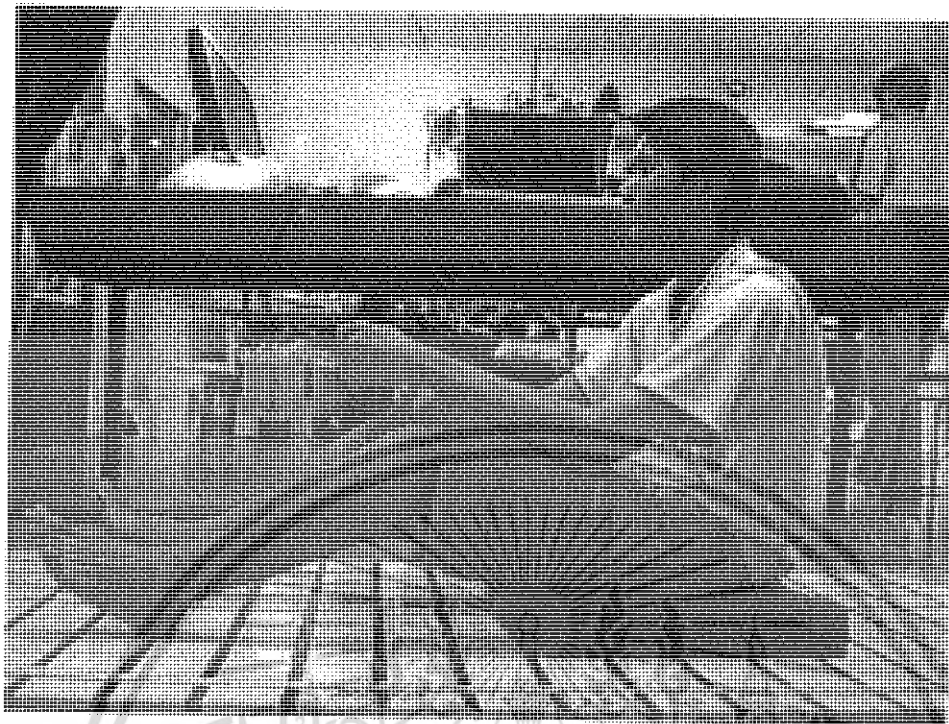
กระบวนการทำงานซึ่งใช้ในการผลิต โครงสร้าง มีดังนี้

- ออกแบบทำนังของผู้ขับ



รูปที่ 5-29 ทำนังจากด้านบน

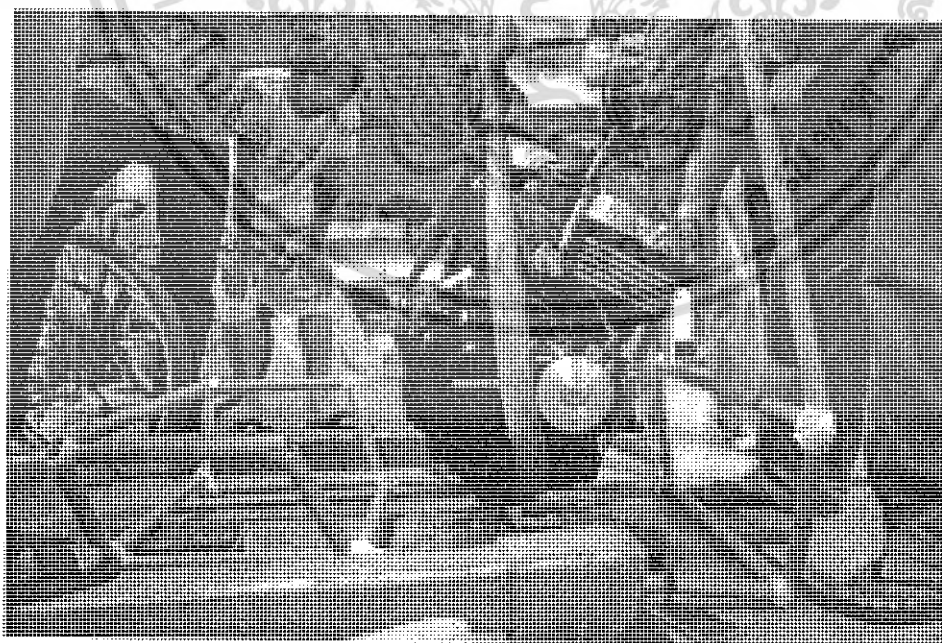
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกฏนำไปใช้



รูปที่ 5-30 ทำนั่งจากคานข้าง

- สร้างแบบจำลองด้วยท่อ PVC

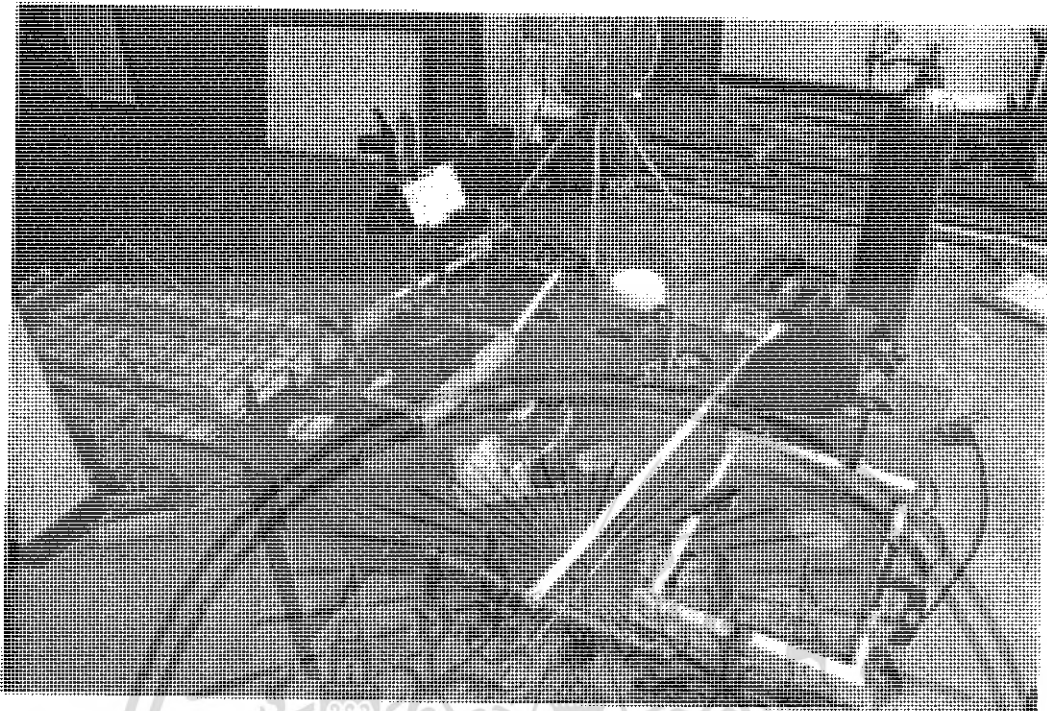
จากคั้นแบบเราจึงตัดสินใจในแล้วว่าเราจะใช้การเชื่อมด้วยมือ ในขั้นตอนการใช้เครื่องมือจับยึดคั้นน้อย การตัดชิ้นส่วนประกอบในแต่ละชิ้นส่วนต้องมีความพอดีในการขั้นตอนการผลิตนี้ อันดับแรกต้องทำการสร้างแบบจำลองด้วยท่อน้ำพลาสติกก่อน เพื่อระยะ การเชื่อมของท่อและความยากง่ายในการจัดสร้าง



รูปที่ 5-31 สร้างแบบจำลองด้วยท่อน้ำพลาสติก

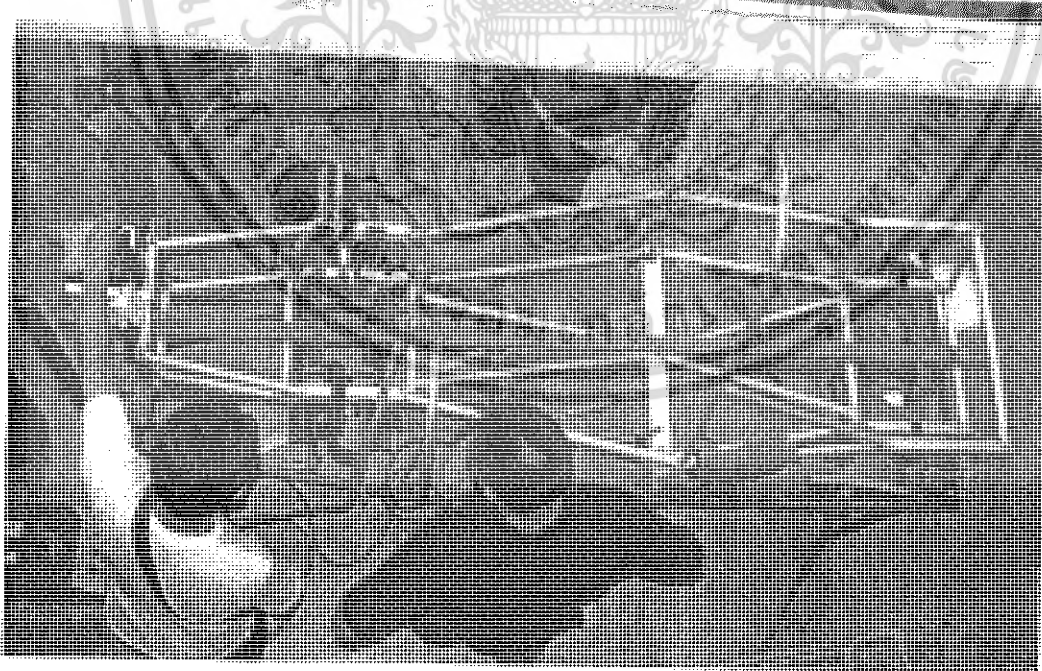
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำแบบที่ได้มาออกแบบในการสร้าง และจัดสร้าง



รูปที่ 5-32 จัดสร้างตามแบบทอและยื่นชั้นระขะกับภาพวาดในคอมพิวเตอร์อีกครั้ง

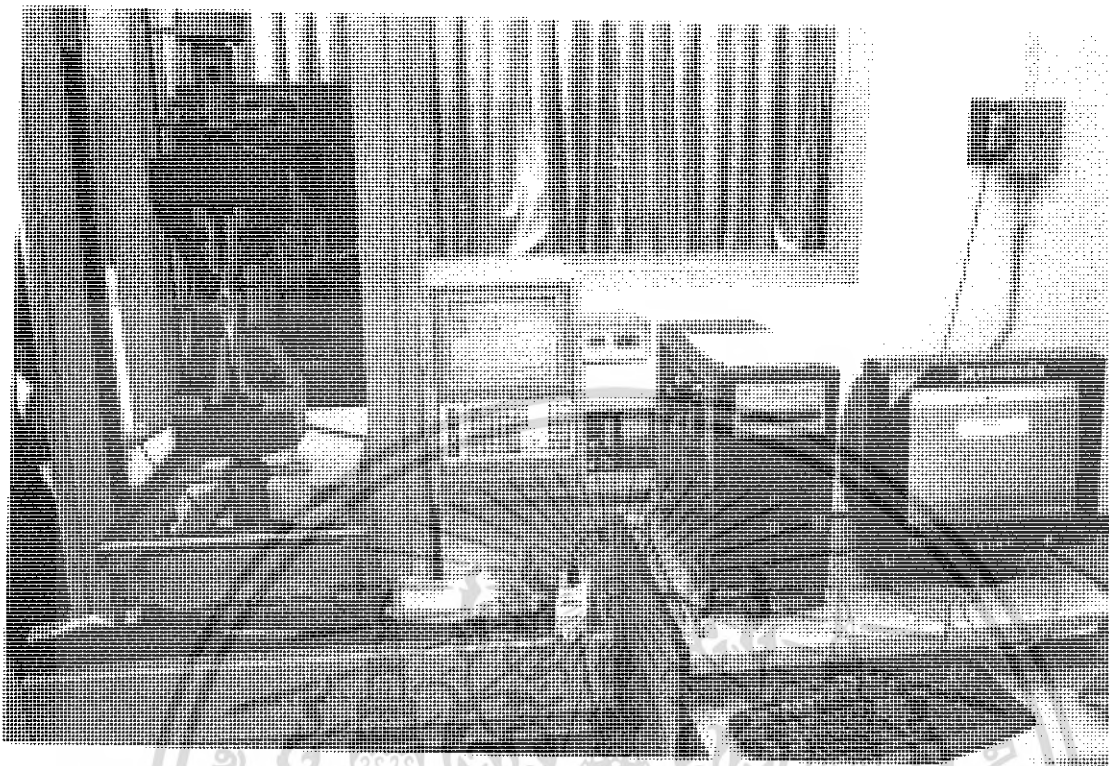
- จับและเชื่อมชิ้นงานบนโต๊ะจิก เพื่อลดการ โกงตัวอันเนื่องมาจากความร้อนในการเชื่อม



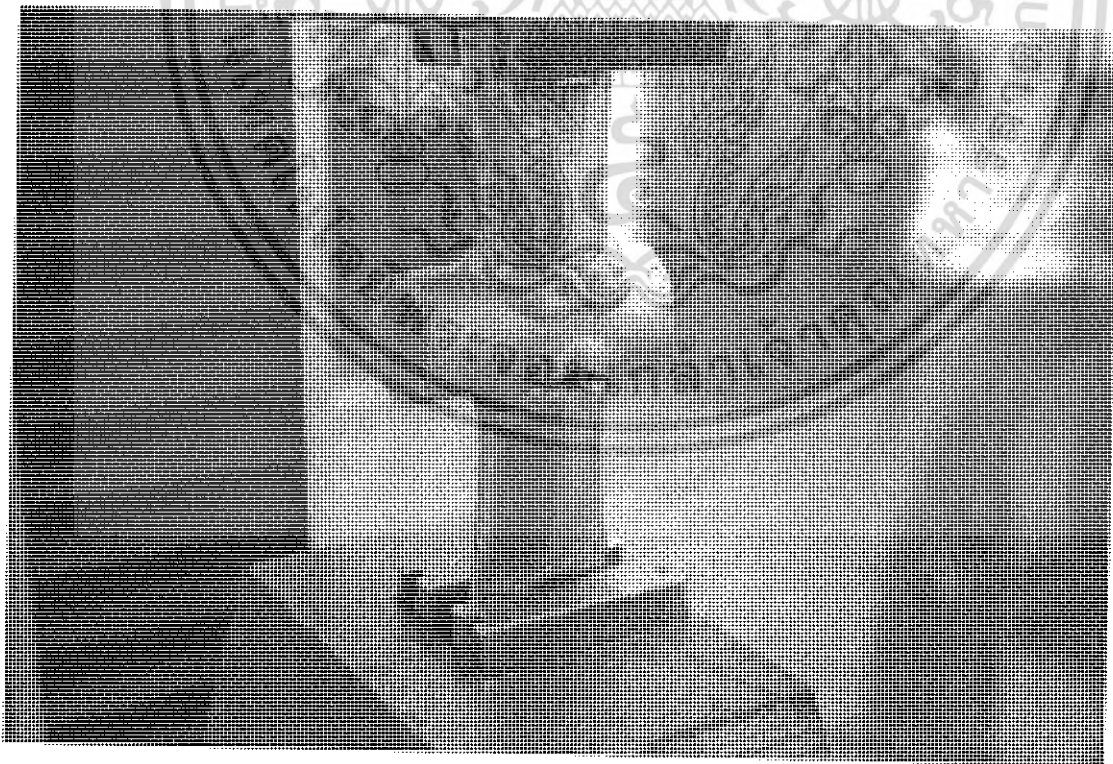
รูปที่ 5-33 ชิ้นงานเมื่อจับอยู่บนโต๊ะจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรุณาไปใช้

ทดสอบการทนแรงดึงของเนื้อวัสดุ รอยเชื่อมและลวดเชื่อม



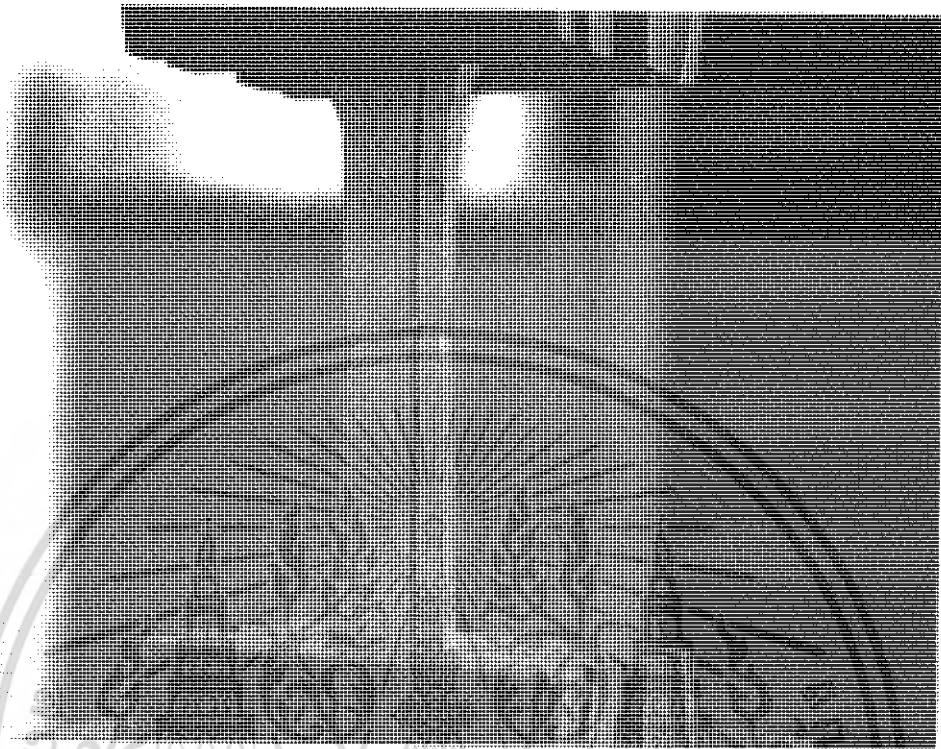
รูปที่ 5-34 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบแรงดึง



รูปที่ 5-35 แสดงความเสียหายอันเนื่องมาจากการดึง

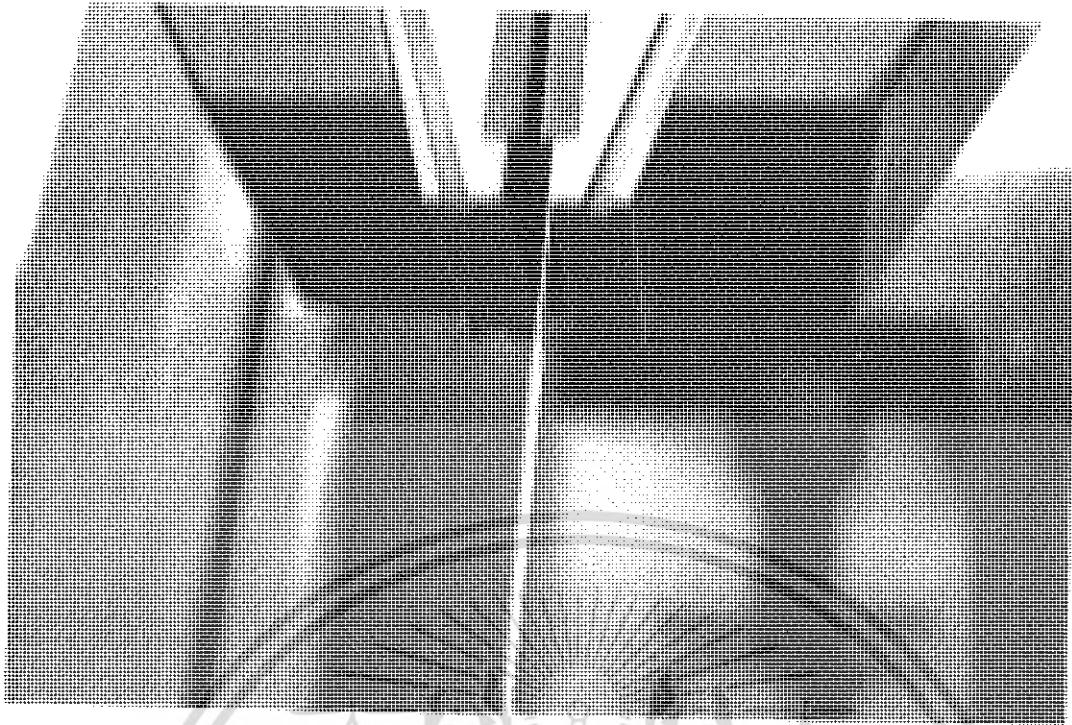
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีคุณนำไปใช้

ซึ่งการทดสอบนี้ ทำให้เราสามารถวิเคราะห์ และปรับปรุงคุณภาพของรอยเชื่อม ได้ว่าสามารถรับแรงได้ตามมาตรฐานแล้วหรือยัง



รูปที่ 5-36 แสดงการคั้งชิ้นงานทดสอบ จากตัวอย่าง Aluminum 6061 T6

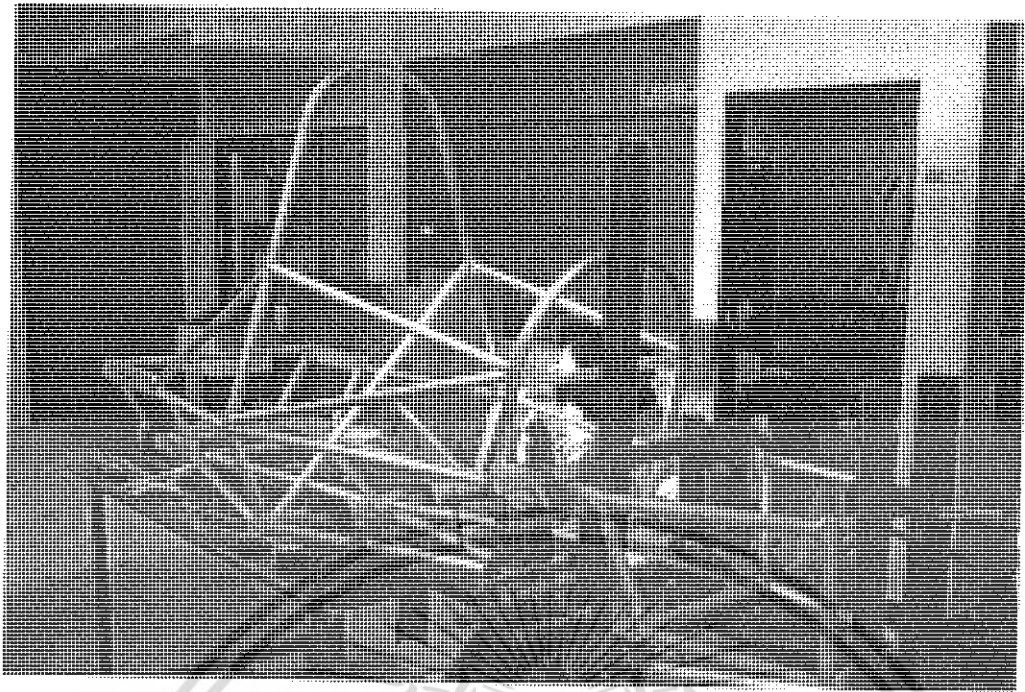
การทดสอบเช่นนี้จะทำให้เราทราบว่าเนื้อของตัววัสดุชิ้นนั้นเป็นตามมาตรฐานของ SAE ที่กำหนดไว้ตามตัวเลขนั้นๆ หรือไม่ และยังสามารถนำมาขึ้นชิ้นเพื่อใช้ในการกำหนดค่าความแข็งแรงก่อนเข้าทำการ Simulation ต่อไป



รูปที่ 5-37 แสดงการทดสอบแรงดึงของลวดเชื่อม

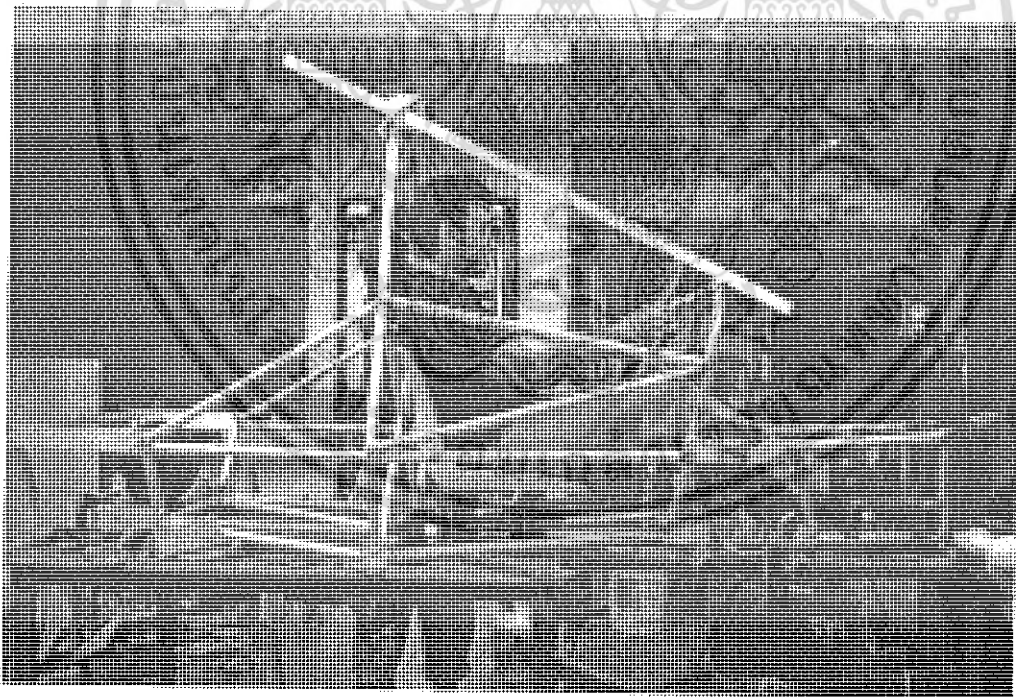
การเชื่อม Aluminum นั้นจำเป็นต้องใช้ทักษะในการเชื่อมค่อนข้างสูง และมีรายละเอียดมากขึ้นกว่าในการเชื่อมเหล็กด้วยไฟฟ้าทั่วไป ในเราเชื่อมโครง Aluminum ครั้งนี้เราจึงเลือกใช้การเชื่อม TIG (Tungsten Inert Gas) เพื่อรอยเชื่อมที่แข็งแรงและความเรียบร้อยของรอยเชื่อม และลวดเชื่อมที่เลือกใช้นั้นก็จำเป็นต้องมีความแข็งแรงเพียงพอกับเนื้อ โครงสร้างเดิม จึงต้องทำการทดสอบลวดเชื่อมด้วยกันหลายประเภท และเราก็ทำการเลือกค่าลวดเชื่อมที่ดีที่สุด แข็งแรงที่สุดมาใช้ในการเชื่อม

- ใช้การเชื่อม TIG เพื่อความสวยงามของรอยเชื่อม และความแข็งแรงของรอยเชื่อม



รูปที่ 5-38 เชื่อมอลูมิเนียมที่ใช้ทำโครงสร้างด้วยเครื่องเชื่อมอาร์กอน

- ทดสอบความปลอดภัย หากเกิดอุบัติเหตุในลักษณะต่างๆ แล้ว โครงสร้างต้องปกป้องผู้ชมที่ได้ตั้งรูปที่ 5-39



รูปที่ 5-39 ทดสอบแนวการป้องกันศีรษะเมื่อเกิดการพลิกคว่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชั่งน้ำหนักของชิ้นส่วนต่างๆ ที่จะมาประกอบกันอยู่บนรถ



รูปที่ 5-40 ชั่งน้ำหนักโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

บทที่ 6

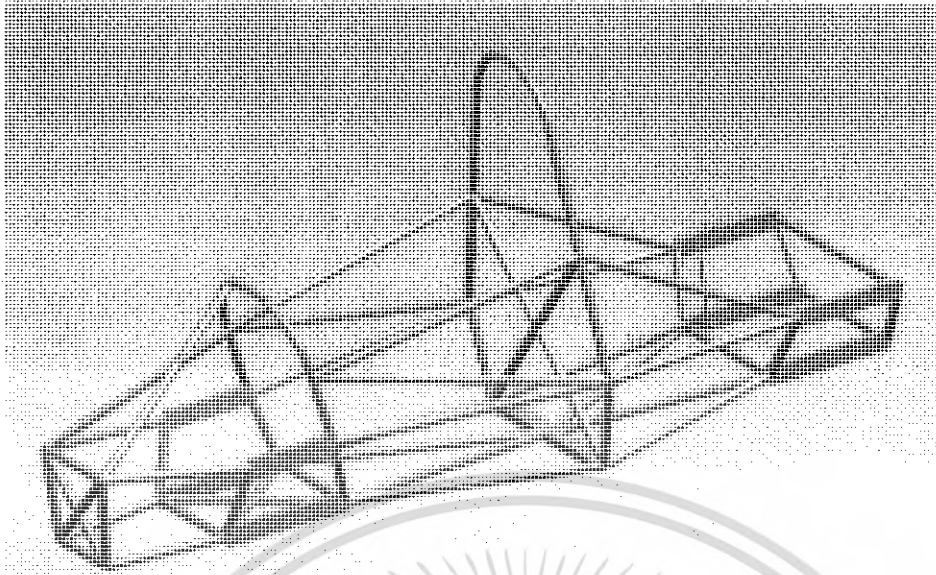
6.ผลการออกแบบและสรุปผลการออกแบบ

ผลการทดลอง

จากการทดสอบการดึงของอลูมิเนียม 6061 T6 ที่ได้เลือกใช้นั้น ได้ผลว่ามีค่า Yield stress อยู่ในช่วง 220×10^6 N/m²

แบบที่	ค่าความเค้น ($\times 10^7$ N/m ²)	ค่าความ ปลอดภัย	ระยะที่ เคลื่อนไป (mm.)	มวล(kg)
1	3.747	5.87	4.966	19.705
2	3.805	5.78	4.778	19.563
3	3.357	6.55	3.777	20.243
4	2.939	7.49	4.167	21.281
5	3.085	7.13	4.966	20.367
6	3.181	6.92	6.43	19.156
7(Alu)	3.121	7.05	3.642	20.259
7(Steel)	8.494	2.83	3.28	23.000

จากผลการทดลองข้างต้น ทำให้สามารถเลือกแบบ โครงสร้างเพื่อที่จะในการสร้างได้คือ แบบที่ 7(Alu) เนื่องจากค่าความเค้นภายในอยู่ในช่วงค่าความแข็งแรงที่ยังปลอดภัยอยู่และระยะที่เคลื่อนที่ไปเมื่อได้รับแรงบิดเมื่อเทียบค่าต่างๆ กับมวลที่ได้แล้ว ถือว่ามีค่ามวลต่อความเค้นน้อยที่สุด จึงได้เลือกโครงสร้างในแบบที่ 7 ดังรูปที่ 6-1 จากนั้น ทดลองเปลี่ยนวัสดุเป็นเหล็กและความหนาให้มีระยะที่เคลื่อนไปและมวลที่ได้คล้ายกับแบบที่ 7(Alu) ผลที่ได้พบว่า มีค่าความปลอดภัยที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับอลูมิเนียมในแบบ โครงสร้างเดียวกัน



รูปที่ 6-1 แบบโครงสร้างที่นำมาจัดทำ

สรุป

ในการวิจัยนี้ วิธีการนำ CAE มาประยุกต์ใช้ ช่วยในการวิเคราะห์แบบโครงสร้าง ค่าความต้านทานแรงบิด และ อัตราส่วนความต้านทานแรงบิดต่อมวล ของโครงสร้าง นั้นได้ถูกใช้เป็นกุญแจหลักในการเลือกหน้าตัด ซึ่งผลที่ได้มีส่วนช่วยอย่างมากในการวิเคราะห์เพื่อหาขนาด โครงสร้างให้อยู่ภายในค่าที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ของกรมขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคมและตามคำแนะนำจาก Formula SAE ทำให้โครงสร้างที่ได้มีน้ำหนักมีความแข็งแรงที่ดีและยังสามารถรักษาน้ำหนักที่เบาที่สุดไว้ได้ จากการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบจึงได้รูปแบบโครงสร้างที่มีน้ำหนักเทียบต่อระยะที่เคลื่อนไปน้อยที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกันในเรื่องวัสดุแล้ว อลูมิเนียมมีความได้เปรียบกว่าเหล็ก จึงใช้อลูมิเนียมในการจัดสร้าง

บรรณานุกรม

- [1.] P. Lukin, G. Guspariyants and V. Rodionov, *Automobile chassis design and calculations*, MIR Publisher Moscow, 1989
- [2.] Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston, Jr. and John T. DeWolf, *Mechanics of Materials*, Mc Graw Hill, 2004
- [3.] Lonny L. Thomson, et. al., "*Design of a Twist Fixture to Measure the Torsional Stiffness of a Winston Cup Chassis*", *SAE Paper No. 983054*, Motorsports Engineering Conference and Exposition, Dearborn, Michigan. November 16-19, 1998.
- [4.] Lonny L. Thomson, et. al., "*Design of a Winston Cup Chassis for Torsional Stiffness*", *SAE Paper No. 983053*, Motorsports Engineering Conference and Exposition, Dearborn, Michigan. November 16-19, 1998.

