สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและพัฒนาระบบเฟรมของรถยนต์ขนาดเล็ก

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SMALL PASSENGER CAR

โดย

นายพัคคเชษฐ์ บุญญฤทธิ์

นายภานพ สุธีเชษฐ

นายภคิน กานต์นฤนิมิต

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. มนต์ศักดิ์ พิมสาร

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....62882

วัน,เดือน,ปี.....23 ส.ค. 2549

b 11b 22202

i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบเฟรมของรถยนต์ขนาดเล็ก

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SMALL PASSENGER CAR FRAME

ผู้จัดทำ

1. นายพัคคเชษฐ์	บุญญฤทธิ์	รหัสประจำตัว 45010522
2. นายภานพ	สุธีเชษฐ	รหัสประจำตัว 45010553
3. นายภคิน	กานต์นฤนิมิต	รหัสประจำตัว 45010931

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. มนต์ศักดิ์ พิมสาร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาระบบเฟรมของรถยนต์ขนาดเล็ก

นายพัคคเชษฐ์ บุญญฤทธิ์ 45010522
นายภานพ สุธีเชษฐ 45010553
นายภคิน กานต์นฤนิมิต 45010931
ผศ.ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้ ได้นำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ และวิเคราะห์ โครงสร้างของเฟรมรถยนต์ขนาดเล็กจำนวน 2 คัน คันแรกคือ รถยนต์แก๊สโซฮอล์ (20 เปอร์เซ็นต์เอธานอล) นั่งโดยสารได้ 2 คน ในคันที่ 2 คือ รถยนต์ไฟฟ้า นั่งโดยสารได้ 1 คน โดยเฟรมที่ดีนั้นจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการควบคุมรถที่ดีและมีความปลอดภัยสูง การวิเคราะห์หาสมรรถนะของเฟรมที่ใช้ในการออกแบบคือ การวิเคราะห์หาความต้านทานแรงบิดต่อมวล (torsional rigidity per mass) ค่าความต้านทานการดัด (bending rigidity) ค่าความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) และ การวิเคราะห์ความแข็งแรงโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากผลการออกแบบและการวิเคราะห์พบว่าโครงสร้างเฟรมของรถทั้งสองคันมีค่าความต้านทานการดัดและตัวประกอบความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and Development of a small passenger car frame

Pakkachet	Boonyaridh	45010522
Phanop	Sutechet	45010553
Phakin	Karnnarunimit	45010931
Asst.Prof.Dr.Monsak	Pimsarn	Advisor

Abstract

In this project, Computer Aided Engineering (CAE) technology is used as a design tool to design and analyze the frames of two city cars. The first car, E20, is a gasohol (containing 20 percent ethanol) vehicle that can carry two passengers. The second car, EV, is an electric vehicle that can carry only one passenger. With the proper frame, the vehicle can be easily controlled and has high safety. In frame design, the frame performance is determined by the following factors, namely, torsional rigidity per mass, bending rigidity, natural frequency and strength.

The results indicate that the frames for both cars have bending rigidity and safety factor within the standard value, set by department of land transportation, ministry of transportation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ มนต์ศักดิ์ พิมสาร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า

ทั้งนี้ยังต้องขอบคุณ ชมรมยานยนต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสำหรับงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ สำหรับคำปรึกษาเรื่องเรียนและทำกิจกรรมต่างๆร่วมกันมาโดยตลอด รวมถึงบุคคลที่ขาดไม่ได้เลยที่ต้องขอบคุณคือ บิดามารดา ที่ให้การศึกษา ให้กำลังใจ เลี้ยงดูเอาใจใส่ ผู้เขียนมาเป็นอย่างดี

สุดท้ายต้องขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้มอบความรู้ต่างๆ จนกระทั่งสามารถนำความรู้นั้นมาใช้ในการดำเนินงานในโครงงานการออกแบบและพัฒนาระบบเฟรมของรถในเมืองจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายพัคคเชษฐ์ บุญญฤทธิ์
นายภานพ สุธีเชษฐ
นายภคิน กานต์นฤนิมิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูปภาพ VII

สารบัญตาราง XI

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 วิธีการดำเนินงาน 2

บทที่ 2 ทฤษฎี

2.1 ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรม 3

2.2 การประยุกต์ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ 4

2.3 คุณภาพหุ่นจำลองและเมชของไฟไนต์เอลิเมนต์ 6

2.4 การสร้างเมชบริเวณพื้นที่พิเศษ 7

2.5 คุณภาพเมชในงานไฟไนต์เอลิเมนต์ 9

2.6 พื้นฐานการออกแบบเฟรมและแชสซี 12

2.7 การวิเคราะห์ระยะการขจัดที่เกิดจากการโก่งและการบิดในโครงรถจริง 14

2.8 ทฤษฎีความเสียหายของวัตถุ 15

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การวาดแบบจำลองเฟรมโดยโปรแกรม CATIA

3.1.1 ขั้นตอนการวาดแบบจำลองเฟรมรถ E20 17

3.1.2 ขั้นตอนการวาดแบบจำลองเฟรมรถ EV 26

3.2 การ Partition แบบจำลองโดยโปรแกรม Unigraphics NX 32

3.3 การจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรม ABAQUS

3.3.1 การจำลองสถานการณ์ของเฟรมรถ E20 40

3.3.2 การจำลองสถานการณ์ของเฟรมรถ EV 58

3.3.3 การเปลี่ยน condition ของเฟรมรถ EV 77

3.3.4 การเปลี่ยน condition ของเฟรมรถ E20 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 สมรรถนะของเฟรมจากการวิเคราะห์แบบจำลอง	83
4.2 ผลการวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติ	86
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	
5.1 สรุปผลการวิจัย	87
5.2 วิจารณ์ผลการวิจัย	87
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไข	87
ภาคผนวก	89
บรรณานุกรม	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงรูปภาพ

หน้าที่

บทที่ 2 ทฤษฎี

รูปที่ 2-1 แสดงการเลือก Quadratic displacement 6

รูปที่ 2-2 ตัวอย่างของเมชที่ควรใช้และไม่ควรใช้ 7

รูปที่ 2-3 การสร้างเมชบริเวณรูเจาะบนชิ้นส่วน 8

รูปที่ 2-4 การสร้างเมชบริเวณสันขอบ 8

รูปที่ 2-5 การสร้างเมชบริเวณรอยบากและสันรอน 9

รูปที่ 2-6 การสร้างเมชบริเวณหน้าแปลนหรือปีก 9

รูปที่ 2-7 ลักษณะการส่งเส้นต่อระหว่างเมช 9

รูปที่ 2-8 เมชรูปทรงพิเศษ 10

รูปที่ 2-9 การสร้างโมเดลส่วนตัด 10

รูปที่ 2-10 เอลิเมนต์แบบ 3-D (Solid) 10

รูปที่ 2-11 โหมดนาฬิกาทราย แบบ In plane และ Out-plane 11

รูปที่ 2-12 การควบคุมโหมดนาฬิกาทราย 11

รูปที่ 2-13 รูปแบบต่างๆ ของเฟรม 13

รูปที่ 2-14 ทิศของแรงในการคำนวณ ความต้านทานการบิด 14

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปที่ 3-1 โปรแกรม CATIA 17

รูปที่ 3-2 แสดงการเข้า Mode Wire frame and Surface Design 17

รูปที่ 3-3 แสดงการเลือก Units ที่ใช้ในกำหนด Parameters ของแบบจำลอง 18

รูปที่ 3-4 แสดงการใช้คำสั่ง Sketch 19

รูปที่ 3-5 Guide curve 19

รูปที่ 3-6 แสดงการสร้าง Reference point 20

รูปที่ 3-7 การใช้คำสั่ง Line 20

รูปที่ 3-8 แสดงการใช้คำสั่ง Corner 21

รูปที่ 3-9 แสดงขั้นตอนการสร้าง Guide curve 22

รูปที่ 3-10 แสดงการสร้าง Profile และใช้คำสั่ง sweep 22

รูปที่ 3-11 แสดงการเข้า Mode : Part Design 23

รูปที่ 3-12 แสดงการใช้คำสั่ง Thick Surface 23

รูปที่ 3-13 แสดงการใช้คำสั่ง Pad 24

รูปที่ 3-14 แสดงการใช้คำสั่ง Mirror 25

รูปที่ 3-15 แสดงแบบจำลองที่สมบูรณ์ 25

รูปที่ 3-16 แสดงการเข้า Mode Part Design 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3-17 Profile ที่ใช้ในคำสั่ง Pad 26
รูปที่ 3-18 แสดงการใช้คำสั่ง Pad 27
รูปที่ 3-19 แสดงการใช้คำสั่ง Plane 27
รูปที่ 3-20 แสดงการใช้คำสั่ง Pocket 28
รูปที่ 3-21 แสดงการสร้างส่วนต่างๆ ด้วยคำสั่ง Pad และ Pocket 28
รูปที่ 3-22 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองแบบท่อโค้ง 29
รูปที่ 3-23 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง 30
รูปที่ 3-24 แบบจำลองเฟรมของรถ EV 31
รูปที่ 3-25 รูปแสดงการ import file 32
รูปที่ 3-26 การ Import Part ชื่อ Face.model 32
รูปที่ 3-27 สร้าง shell เพื่อมาทำการ Partition 33
รูปที่ 3-28 แสดงการเลือกที่ผิวชิ้นงาน 33
รูปที่ 3-29 แสดงการเลือก ส่วน partition 34
รูปที่ 3-30 รูปแสดงการ partition 35
รูปที่ 3-31 แสดงการ partition 35
รูปที่ 3-32 แสดงการ partition 36
รูปที่ 3-33 แสดงการ partition 36
รูปที่ 3-34 แสดงการ partition 37
รูปที่ 3-35 แสดงการ export 38
รูปที่ 3-36 แสดงการ export 38
รูปที่ 3-37 ไดอะล็อกบ๊อกซ์ 39
รูปที่ 3-38 แสดงการ Import part 40
รูปที่ 3-39 แสดงการ เลือกไฟล์ 40
รูปที่ 3-40 แสดง part ที่ทำการ Import 40
รูปที่ 3-41 แสดงการกำหนด property 41
รูปที่ 3-42 แสดงการกำหนด section 41
รูปที่ 3-43 แสดงการกำหนด section 41
รูปที่ 3-44 แสดงการกำหนด section 42
รูปที่ 3-45 Module Assembly 42
รูปที่ 3-46 Module Step 43
รูปที่ 3-47 รูปสร้าง geometry set 43
รูปที่ 3-48 รูปสร้าง geometry set 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3-49 รูปสร้าง History output 44
รูปที่ 3-50 รูปสร้าง History output 44
รูปที่ 3-51 แสดงการกำหนด interaction 45
รูปที่ 3-52 แสดงการใช้คำสั่ง view 45
รูปที่ 3-53 แสดงการ tie 46
รูปที่ 3-54 แสดงการ tie 46
รูปที่ 3-55 แสดงการ tie 47
รูปที่ 3-56 แสดงการ tie 47
รูปที่ 3-57 แสดงผลการ tie 47
รูปที่ 3-58 แสดงการกำหนด Boundary Condition 48
รูปที่ 3-59 แสดงจุดที่ทำการกำหนด Boundary Condition 48
รูปที่ 3-60 แสดงจุดที่ทำการกำหนด Boundary Condition 49
รูปที่ 3-61 แสดงการกำหนด Load 49
รูปที่ 3-62 แสดงการกำหนด Load 50
รูปที่ 3-63 แสดงไดอะล็อกบ๊อกซ์ 50
รูปที่ 3-64 แสดงผลการกำหนด Load 50
รูปที่ 3-65 แสดงชิ้นที่ 1 base 51
รูปที่ 3-66 แสดงการ partition 51
รูปที่ 3-67 แสดงผลลัพธ์การ partition แบบ 3 Points 52
รูปที่ 3-68 รูปแสดงการ partition 53
รูปที่ 3-69 รูปแสดงการเมช 53
รูปที่ 3-70 รูปแสดงผลการเมช 54
รูปที่ 3-71 แสดงการ Seed ใหม่ 55
รูปที่ 3-72 แสดงการตรวจสอบเมช 56
รูปที่ 3-73 แสดงผลการเมช 56
รูปที่ 3-74 แสดงไดอะล็อกบ๊อกซ์ 57
รูปที่ 3-75 แสดงการ set ค่า job manager 57
รูปที่ 3-76 แสดง job manager 57
รูปที่ 3-77 แสดง job manager กำลัง run 58
รูปที่ 3-78 แสดง การ Import part 58
รูปที่ 3-79 แสดงไดอะล็อกบ๊อกซ์ 58
รูปที่ 3-80 แสดง part ที่ import มา 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3-81 แสดงการ กำหนด property 59
รูปที่ 3-82 แสดงการสร้าง Section 60
รูปที่ 3-83 แสดงไดอะล็อกบ๊อกซ์ 60
รูปที่ 3-84 แสดง การ Assign Section 60
รูปที่ 3-85 แสดงการ Assembly 61
รูปที่ 3-86 แสดงการ กำหนด step 61
รูปที่ 3-87 แสดงการสร้าง geometry Set 62
รูปที่ 3-88 แสดงการสร้าง History Output 62
รูปที่ 3-89 แสดงการสร้าง History Output 63
รูปที่ 3-90 แสดงการกำหนดInteraction 63
รูปที่ 3-91 แสดงการ tie 64
รูปที่ 3-92 แสดงการ tie 65
รูปที่ 3-93 แสดงผลการ tie 66
รูปที่ 3-94 แสดงการกำหนด Boundary Condition 66
รูปที่ 3-95 แสดงการกำหนด Boundary Condition 67
รูปที่ 3-96 แสดงการกำหนด Boundary Condition 67
รูปที่ 3-97 แสดงการกำหนด Load 68
รูปที่ 3-98 แสดงการกำหนด Load 68
รูปที่ 3-99 แสดงการกำหนด Load 68
รูปที่ 3-100 แสดงการกำหนด Load 69
รูปที่ 3-101 แสดงการ Partition ชิ้นที่ 1 base 69
รูปที่ 3-102 แสดงไดอะล็อกบ๊อกซ์ 70
รูปที่ 3-103 แสดง ผลลัพธ์ 70
รูปที่ 3-104 แสดงการ partition 71
รูปที่ 3-105 แสดงการเมช 72
รูปที่ 3-106 แสดงการตรวจสอบเมช 73
รูปที่ 3-107 แสดงการตรวจสอบเมช 73
รูปที่ 3-108 แสดงการตรวจสอบเมช 74
รูปที่ 3-109 แสดงผลการเมช 74
รูปที่ 3-110 แสดงการกำหนด job 75
รูปที่ 3-111 แสดงการ run job 75
รูปที่ 3-112 แสดงการ Monitor job 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3-113 แสดงการ สร้าง history output 77

รูปที่ 3-114 แสดงการกำหนด Load 78

รูปที่ 3-115 แสดงการกำหนด step 79

รูปที่ 3-116 แสดงการกำหนด step 79

รูปที่ 3-117 แสดงการ สร้าง geometry set 80

รูปที่ 3-118 แสดงการ กำหนด Load 81

รูปที่ 3-119 แสดงการ กำหนด step 82

รูปที่ 3-120 แสดงการ กำหนด step 82

รูปที่ 4-1 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ bending ของ E20 84

รูปที่ 4-2 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ torsion ของ E20 84

รูปที่ 4-3 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ bending ของ EV 85

รูปที่ 4-4 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ torsion ของ EV 85

รูปที่ 4-5 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติของ E20 86

รูปที่ 4-6 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติของ EV 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติต่างๆของเฟรมรถ E20	83
ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติต่างๆของเฟรมรถ EV	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันสิ่งที่คำนึงถึงในบริษัทรถยนต์สมัยนี้คือ ทำอย่างไรจึงจะลดต้นทุนและเวลาในการผลิตรถยนต์ได้ การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการออกแบบ ได้ถูกเล็งเห็นว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการแก้ปัญหาการออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์โดยการสร้างตัวต้นแบบ (Prototype) หลายรอบ ทำให้การใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้าง (Computer Aided Engineering : CAE) เป็นที่รู้จักในรูปแบบของการสร้างและวิเคราะห์ตัวต้นแบบในคอมพิวเตอร์ ซึ่งในปัจจุบันนั้น มีความสามารถถึงขั้นกำหนดสภาวะหรือเงื่อนไข (Condition) ให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับที่เราต้องการ ซึ่งจำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เบื้องต้น CAE ได้รับการคาดหวังว่าจะช่วยผู้ออกแบบในการออกแบบและลดเวลาในการออกแบบได้

ในทางวิศวกรรมเป็นที่ยอมรับกันว่า ต้องใช้คอมพิวเตอร์ในกระบวนการผลิตก่อนโดยที่ CAE เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิตและทำให้แนวคิดในกระบวนการผลิตเปลี่ยนไปจากสมัยก่อนคือ ออกแบบและสร้างตัวต้นแบบจากนั้นก็นำไปทดสอบ (Build and Test) ถ้าไม่ดีก็ต้องออกแบบและสร้างตัวต้นแบบใหม่ทำให้ใช้เงินและเวลาในการผลิตสูง เปลี่ยนเป็นออกแบบและสร้างตัวต้นแบบในคอมพิวเตอร์ จากนั้นตัวต้นแบบจะถูกนำมาวิเคราะห์และตรวจสอบโดยการจำลองการทดสอบจริงในคอมพิวเตอร์ (Automate) จะเห็นได้ว่า CAE เพิ่มประสิทธิภาพให้กระบวนการผลิตและเพิ่มคุณภาพให้กับชิ้นงาน (Product) เป็นอย่างมาก สามารถลดต้นทุนและเวลาในการผลิตได้ซึ่งมีความสำคัญทางด้านวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ผู้จัดทำจึงเห็นความสำคัญที่จะนำ CAE มาออกแบบโครงรถยนต์ (Frame) ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงรับเครื่องยนต์ ระบบส่งกำลัง ระบบควบคุม ระบบเกียร์และตัวถังของรถ เฟรมที่ดีควรมีความยืดหยุ่นที่เพียงพอที่จะทำให้มันไม่เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของกลไกการทำงานที่ติดตั้งบนตัวเฟรมและทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของตัวถังน้อยที่สุดภายใต้แรงเฉือยและแรงภายนอก (External force) โดยที่เฟรมจะต้องรับภาระ (Load) ตามกำหนดได้โดยไม่มีการเสียหาย นอกจากนั้นเฟรมจะต้องมีน้ำหนักเบาเท่าที่จะทำได้

อย่างไรก็ตามการวิจัยโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบโครงสร้างเฟรมรถยนต์ขนาดเล็ก (ขนาด 2 ที่นั่ง) โดยเฟรมที่ดีนั้นจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการควบคุมรถยนต์ที่ดีและมีความปลอดภัยสูงการวิเคราะห์หาสมรรถนะของเฟรมที่ใช้ในการออกแบบคือ ความต้านทานแรงบิดต่อมวล (Torsional rigidity per mass) ค่าความต้านทางการดัด (Bending rigidity) และความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency) โดยในโครงงานนี้เราจะใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้โปรแกรมอบาคัส (ABAQUS) มาใช้ในการวิเคราะห์ซึ่งจะกล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาองค์ประกอบของระบบเฟรม ของรถ 4 ล้อ

1.2.2 วิเคราะห์สมรรถนะของเฟรมรถใช้ในเมืองที่ได้ออกแบบโดยการใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.2.3 ออกแบบและปรับปรุงโครงสร้างเฟรมให้มีความแข็งแรงตามต้องการและมีขนาดที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของโครงงานคือ การวิเคราะห์โครงสร้างรถยนต์ 4 ล้อขนาดเล็ก จำนวน 2 คัน คันแรกคือ รถยนต์แก๊สโซฮอล์ (20 เปอร์เซ็นต์เอธานอล) นั่งโดยสารได้ 2 คน ในคันที่ 2 คือ รถยนต์ไฟฟ้า นั่งโดยสารได้ 1 คน ความเร็วสูงสุดไม่ต่ำกว่า 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ภาระแบกรับ (Load) 250 กิโลกรัม ระยะทางที่วิ่งได้อย่างน้อย 25000 เมตร (25 กิโลเมตร) โดยมีค่าความต้านทางการโก่ง ค่าความต้านทานแรงบิดที่สูงและความถี่ธรรมชาติที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแข่ง "Auto challenge 2006"

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับเฟรมรถยนต์

1.4.2 ศึกษาการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

1.4.3 ศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาเฟรมรถยนต์

1.4.4 ทำการออกแบบและสร้างแบบจำลอง

1.4.5 ทำการทดสอบสมรรถนะของเฟรมรถในรูปแบบต่างๆ

1.4.6 นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบแต่ละรูปแบบ

1.4.7 สรุปผล วิเคราะห์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรม

ปราโมทย์ เดชอำไพ (2545 : 1-5) กล่าวไว้ว่า การวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมอาจเป็นปัญหาทางด้านถ่ายเทความร้อน เช่น การกระจายอุณหภูมิในครีบระบายความร้อนของหม้อแปลงและมอเตอร์ไฟฟ้า อาจจะเป็นปัญหาด้านการไหลของอากาศในห้องปรับอากาศ อาจจะเป็นปัญหาด้านกลศาสตร์ของแข็ง เช่น การหาค่าความเค้นในชิ้นส่วนของโครงสร้างหรือชิ้นงานใดๆ ตลอดจนปัญหาทางด้านพลศาสตร์ เช่น การวิเคราะห์โมดัล (Modal) ของโครงสร้างชิ้นส่วนใดๆ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ปัญหาเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปัจจัย หรือองค์ประกอบใหญ่ๆ 3 องค์ประกอบคือ (ก) ระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (Partial Differential Equations) ที่อธิบายความเป็นจริงของปัญหานั้น (ข) เงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) สำหรับปัญหาที่กำลังศึกษานั้น และ (ค) ลักษณะรูปร่าง (Geometry Modal) ของปัญหานั้นๆ ทั้ง 3 องค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งเปลี่ยนแปลงไป ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

ก. สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย การวิเคราะห์ปัญหาในด้านกลศาสตร์ จำเป็นต้องอธิบายความสมดุลของแรงใน 3 ทิศทางด้วยระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ซึ่งประกอบไปด้วยพจน์ต่างๆ ที่อยู่ในรูปของอนุพันธ์ย่อย ดังเช่นสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยของเอลิเมนต์แบบคานที่รับโมเมนต์ดัดตนชนิดบิดงอ คือ

$$-\frac{\partial^2}{\partial \bar{x}^2}\left[EI_z\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial \bar{x}^2}\right]+\bar{f}=m(\bar{x})\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial t^2} \qquad (1)$$

เมื่อ I_z เป็นค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดรอบแกน $\bar{z}$ ซึ่ง แกน $\bar{z}$ เป็นแกนที่มีทิศทางตั้งฉากกับแกน $\bar{x}$ และ $\bar{y}$

สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยที่สอดคล้องกับปัญหาต่างๆ นั้นจัดทำขึ้นได้โดยง่ายก็จริงแต่ว่าผลเฉลยแม่นตรง (Exact Solution) ที่ต้องการนั้นจำเป็นต้องหาโดยวิธีวิเคราะห์ (Analytical Method) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ขั้นตอนวิธีมากซึ่งอาจหาผลเฉลยแม่นตรงไม่ได้เลยก็ได้ เหตุผลดังกล่าวก่อให้เกิดวิธีการหาผลเฉลยโดยประมาณขึ้น (Approximate Solution) วิธีการหาผลด้วยวิธีประมาณนี้มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น ในอดีตที่ผ่านมา วิธีที่นิยมมากวิธีหนึ่งคือ วิธีการผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference Method) นับเป็นวิธีที่ง่ายแก่การศึกษาและทำความเข้าใจ รวมถึงสะดวกในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการหาผลเฉลยของปัญหาต่างๆ แต่ก็มีข้อเสียอยู่บ้าง เช่น ความไม่สะดวกในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต และที่ยากมากๆ ก็คือ การประยุกต์วิธีการนี้ไปใช้แก้ปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อน ซึ่งปัญหาในปัจจุบันมีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นส่วนวิธีที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันมากคือวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) เป็นวิธีที่ใช้แก้ปัญหาที่มีรูปทรงซับซ้อนเช่นใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. เงื่อนไขขอบเขตการแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยนั้น จะใช้เงื่อนไขขอบเขตเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่สอดคล้องต่อกันหากปัญหาที่ทำการวิเคราะห์ เป็นปัญหาแบบไม่อยู่ตัว (Unsteady) ดังนั้นเงื่อนไขเริ่มต้น (Initial Conditions) จึงจำเป็นต้องถูกประยุกต์เข้าด้วยกันจากชนิดต่างๆของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย เช่น แบบเอลลิปติก (Elliptic), แบบพาราโบลิก (Parabolic), หรือแบบไฮเพอร์โบลิก (Hyperbolic) เป็นต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาในด้านโดเมนของการคำนวณ (Computational Domain) แบบเดียวกันแล้วจะทำให้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยสามารถเปลี่ยนแปลงจากชนิดหนึ่งไปสู่ชนิดหนึ่งได้ ซึ่งมักเป็นผลทำให้การวิเคราะห์ของผลเฉลยเหล่านี้ทำได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่มีค่าขอบเขตไม่สม่ำเสมอ ทำให้กำหนดเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ทำได้ไม่ชัดเจน รูปร่างของชิ้นงานอาจประกอบด้วยวัสดุชนิดต่างๆกันทำให้เงื่อนไขทางคณิตศาสตร์มีความซับซ้อน หรือสมการที่เกิดขึ้นนั้นไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear)

การแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยซึ่งเป็นค่าขอบเขต (Boundary values) หาด้วยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข นิยมแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ 3 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่ วิธีการผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference Method), วิธีการผันแปร (Variation Method), วิธีการถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง (Weighted Residual Method)

ค. ลักษณะรูปร่าง การแก้ปัญหาวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ส่วนมากมักจะเน้นกำหนดลักษณะรูปร่างมาให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม หรือ สี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่านั้น ซึ่งปัญหาในสถานการณ์จริงๆ มีรูปร่างซับซ้อนมากกว่าชิ้นงานที่เราวิเคราะห์ มีรูปร่างง่ายขึ้นหรือเล็กลงเท่าที่จะทำได้ จะเป็นการทำให้การอธิบายปัญหาลักษณะรูปร่างเข้าใจง่ายและน่าเชื่อถือ

2.2 การประยุกต์ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์

ปราโมทย์ เดชอำไพ (2545 : 6-32) กล่าวไว้ว่า การสร้างหุ่นจำลองสามารถทำได้โดยการดัดแปลงจากของจริงที่มีความซับซ้อน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์นั้นเป็นการสร้างสมมติฐานขึ้นมาเพื่อให้สะดวกขึ้น โดยเป็นการจำกัดเงื่อนไขทางกายภาพ ในงานวิจัยนิยมใช้แบบแปลนที่เขียนโดย CATIA V5 นำมาใช้เป็นหุ่นจำลองของไฟไนต์เอลิเมนต์โดย ABAQUS 6.51

การสร้างหุ่นจำลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ต้องอาศัยกฎเกณฑ์ของวัสดุศาสตร์ (Material Science) โดยคุณสมบัติของหุ่นจำลองจะต้องไม่มีความเค้นตกค้าง และค่าความแข็งแรงที่ใช้ทำการวิเคราะห์ใช้ในช่วงความยืดหยุ่นสปริงของวัสดุมีค่าไม่เกินจุดคราก (σ_y) โดยถือว่าเอลิเมนต์เหล่านี้มีกายภาพเหมือน กันทั้งหกทิศทาง (6 DOF) เช่น โมดูลัสยืดหยุ่น (E), สำหรับหุ่นจำลองรูปกรวย ทำโดยการประมาณจากการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ท่อนเล็กๆ ที่มีพื้นที่หน้าตัดคงที่

ผลเฉลยจากการวิเคราะห์โดยใช้ซอฟต์แวร์แสดงระดับความเค้นในโครงสร้างขณะไหวตัว หรือขณะโก่งงอ สามารถพิจารณาค่าแตกต่างบนแถบสี Von misses stress แสดงด้วยสีแดง ส้ม เหลือง เขียว ฟ้า น้ำเงิน ม่วงเป็นต้น ซึ่งผลลัพธ์ของแถบสีเหล่านี้เกิดจากการพล็อตขึ้นมาจากค่าของตัวเลขซึ่งถูกคำนวณด้วยการใช้ขั้นตอนของไฟไนต์เอลิเมนต์ผสมผสานกับวิธีเชิงตัวเลข (Numerical method) แบบต่างๆกันซึ่งขั้นตอนของสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ได้มาจาก 1. สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (Partial differential equations "PDE") จะบอกถึงสถานภาพความเป็นจริงของปัญหานั้นๆ 2. ภายใต้เงื่อนไขขอบเขต (Boundary

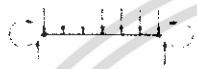
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

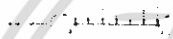
condition) เช่น น้ำหนัก อุณหภูมิ และ 3. ผลจากรูปร่าง (Geometry) เช่น ขนาดความเค้นและปริมาณความร้อน

เคนท์ แอล ลอเรนท์ (Kent L. Lawrence. 1995. 38-65) กล่าวไว้ว่า ในการเลือกรูปร่างของเอลิเมนต์มาประยุกต์ใช้วิเคราะห์มีให้เลือกหลายรูปร่างตามที่สมาคมทางการค้าซอฟต์แวร์ได้ ร่วมกำหนดขึ้นเพื่ออ้างอิง โดยจัดทำไว้ในรูปของ Element library ซึ่งได้แบ่งกลุ่มได้แก่ line element, shell element, solid element, และ special-purpose element

Line element

Truss มีจำนวน 2 nodesใช้กับ pin-ended ใช้แสดงถึง Tension หรือ Compression

Brass  มีจำนวน 2 nodes ใช้แสดงถึง Bending

Frame  มีจำนวน 2 nodes ใช้แสดง Axial, Torsion, Bending ซึ่งรวมถึงและไม่รวมถึง Load stiffening

Shell element (Surface element)

4-nodes quadrilateral มีจำนวน 4 nodes ใช้แสดงถึง Plane stress หรือ Strain, axisymmetry, shear panel, thin flat plate in bending

8-nodes quadrilateral มีจำนวน 8 nodes ใช้แสดงถึง Plane stress หรือ Strain, Thin plate หรือ Shell in bending

3-nodes triangular มีจำนวน 3 nodes ใช้แสดงถึง Plane stressหรือ Strain, Axisymmetry, shear panel, thin flat plate in bending

6-nodes triangular มีจำนวน 6 nodes ใช้แสดงถึง Plane stress หรือ strain, Axisymmetry, thin plate หรือ shell in bending

Solid element

8-nodes hexagonal (brick) มีจำนวน 8 nodes ใช้แสดงถึง Solid, thick plate (ใช้กับกลุ่ม nodes ที่อยู่ด้านใน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6-nodes pentagonal (wedge) มีจำนวน 6 nodes ใช้แสดงถึง Solid , Thick plate (ใช้กับกลุ่ม nodes ที่อยู่ด้านใน)

4-nodes tetrahedron (Tet) มีจำนวน 4 nodes ใช้แสดงถึง Solid, Thick plate (ใช้กับกลุ่ม nodes ที่อยู่ด้านใน)

Special-purpose element

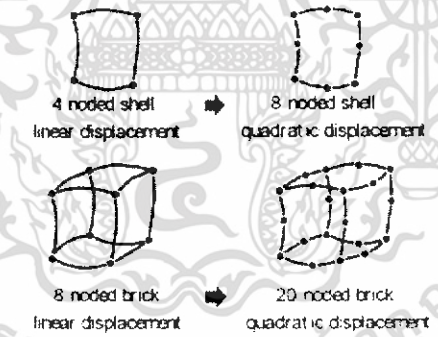
Gap มีจำนวน 2 nodes ใช้แสดงถึง free displacement ใช้ในการกำหนด Compressive gap

Hook มีจำนวน 2 nodes ใช้แสดงถึง free displacement ใช้ในการกำหนด Extension gap

Rigid มีจำนวน nodes ไม่จำกัด ใช้แสดงถึง rigid constrains ระหว่าง nodes

โดยการเลือกแบ่งเอลิเมนต์ตามความต้องการ หุ่นจำลองโครงสร้างแบบสามมิติสามารถทำการสร้างเอลิเมนต์ได้ 2 แบบ คือ Shell เอลิเมนต์ และ แบบ 3D Solid เอลิเมนต์

ข้อสังเกต การเลือกเอลิเมนต์ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างให้มีความเที่ยงตรงควรเลือกเอลิเมนต์ Quadratic displacement แทนเอลิเมนต์แบบ linear displacement



รูปที่ 2-1 แสดงการเลือก Quadratic displacement

2.3 คุณภาพหุ่นจำลองและเมชของไฟไนท์เอลิเมนต์

เอ็น เอฟ ดับเบิ้ลยู เอ/เอ็น เฮท ที เอส เอ (NFWA/NHTSA.2003 : 32-82) ได้ให้ข้อแนะนำในการสร้างเมช (เมช) ของไฟไนท์เอลิเมนต์ดังต่อไปนี้

2.3.1 พิจารณาแบบ (Layout) และรายละเอียดของแต่ละส่วนให้สมบูรณ์ของเส้นและข้อมูลของCAD

2.3.2 จัดเตรียมรูปทรง (Geometry) สำหรับใช้ทำเมชและขัดเกลาให้เหมาะสมกับผิวของงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 พิจารณาตำแหน่งของการต่อกันระหว่างชิ้นส่วนที่ประชิดกันอยู่ และกำหนดวางรูปทรงของเมชที่เป็นแบบเดียวกันเหมือนกันตลอดแนวที่ขอบชิดร่วมกันอยู่

2.3.4 การตรวจสอบคุณภาพของเมช เช่น สัดส่วนของรูปร่าง (aspect ratio) มุมโค้ง (Warpage angle) โดยหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนรูปแบบรวดเร็วจากเมชขนาดเล็กไปสู่เมชขนาดใหญ่ (fast transition)

2.3.5 ทำการประกอบส่วนต่างๆของเมชเข้าด้วยกัน เพื่อใช้อธิบายปัญหาของหุ่นจำลองอย่างสมบูรณ์

2.3.6 ตรวจให้แน่ใจว่าหุ่นจำลองที่ใช้ไม่มีจุดต่ออิสระ ไม่มีมุมขอบอิสระ ไม่มีการซ้อนกันของเมชที่ไม่ต้องการซึ่งอาจเกิดขึ้นระหว่างส่วนต่างๆ

2.3.7 กำหนดลักษณะขอบเขตของจุดซึ่งไม่มีเงื่อนไขขอบ (boundary condition) ที่นำมาใช้

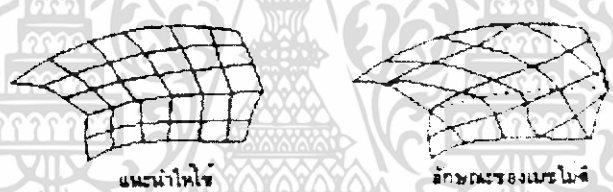
2.3.8 สำหรับบริเวณที่มีความสำคัญของโครงสร้างแนะนำให้ใช้เมชขนาด 10-15 มิลลิเมตร

2.3.9 แนะนำให้ใช้เมชขนาด 20-25 มิลลิเมตร ในบริเวณที่ไม่สำคัญของโครงสร้างมากนัก

2.3.10 รูปเส้นของเมช (เมช lines) ควรจะขนานและตั้งฉากกับแนวขอบเขตของรูปทรง

2.3.11 ขนาดของเมชควรมีลักษณะคล้ายคลึงกันทั่วผิวงานเท่าที่จะเป็นไปได้

2.3.12 การส่งต่อกันหรือโยงเส้นระหว่างขนาดของเอลิเมนต์ต่อเอลิเมนต์ควรเรียบสวย



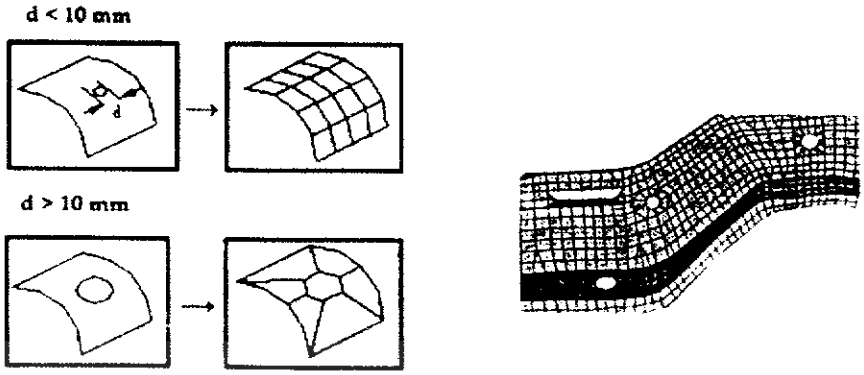
รูปที่ 2-2 ตัวอย่างของเมชที่ควรใช้และไม่ควรใช้

2.4 การสร้างเมชบริเวณพื้นที่จำกัดพิเศษ (Meshing of Special Area)

รูเจาะ (Hole)

1. ไม่ควรทำเมชกับรูที่มีขนาดเล็กกว่า 10 มิลลิเมตร
2. ควรทำเมชกับรูมีขนาด 10 มิลลิเมตร ขึ้นไป
3. การสร้างเมชรอบๆรูเจาะบนชิ้นส่วนยานยนต์ควรสร้างอย่างน้อยที่สุด 6 เอลิเมนต์

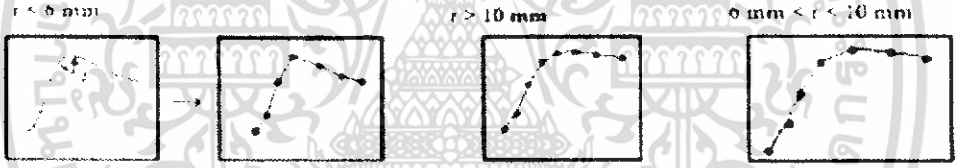
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-3 การสร้างเมชบริเวณรูเจาะบนชิ้นส่วน

สันขอบ (Edge)

1. ไม่ควรทำเมชกับสันขอบที่มี รัศมีเล็กกว่า 6 มิลลิเมตร
2. สันขอบที่มีรัศมีระหว่าง 6 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร ให้เพิ่มเอลิเมนต์บริเวณมุมโค้งอีก 1 เอลิเมนต์ สันขอบที่มีรัศมีโตกว่า 10 มิลลิเมตร ให้ใส่เอลิเมนต์บริเวณมุมโค้ง (Conner) อีกอย่างน้อย 2 เอลิเมนต์

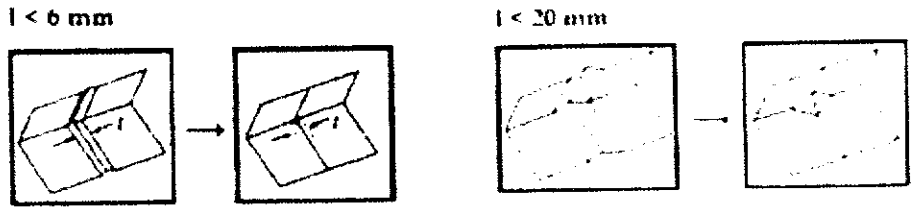


รูปที่ 2-4 การสร้างเมชบริเวณสันขอบ

รอยบาก และ สันรอน (Notch/bead)

1. รอยบากที่เล็กกว่า 6 มิลลิเมตร ให้ลบออกและแทนด้วยเอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยม 2 รูปที่โตกว่า 6 มิลลิเมตร
2. รอยบากที่เล็กกว่า 20 มิลลิเมตร ให้ลบออกและแทนด้วยเอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยม 2 รูป
3. รอยบากที่โตกว่า 20 มิลลิเมตร ให้คงรอยบากไว้และให้แบ่งเอลิเมนต์ออกเป็น 2 ส่วนตามแนวกว้าง

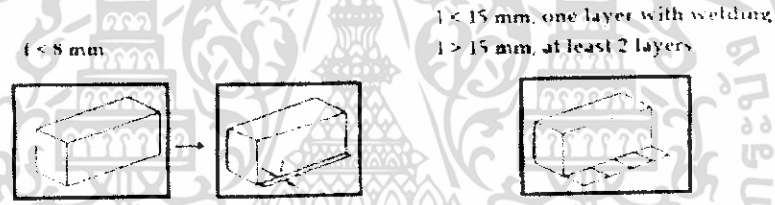
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-5 การสร้างเมชบริเวณรอยบากและสันรอน

หน้าแปลน ปีก (Flange)

1. แนวปีกที่เล็กกว่า 8 มิลลิเมตร และไม่ให้มีหรือลบออกแนวที่เชื่อมต่อติด
2. ใช้แนวปีกกว้างไม่น้อยกว่า 15 มิลลิเมตร ทำเป็นเอลิเมนต์เดี่ยวมาติดที่ขอบตลอดแนวความกว้าง
3. ถ้าแนวปีกกว้างกว่า 15 มิลลิเมตร ให้ใช้เอลิเมนต์อย่างน้อย 2 เอลิเมนต์วางตามแนวความกว้าง



รูปที่ 2-6 การสร้างเมชบริเวณหน้าแปลนหรือปีก

2.5 คุณภาพเมชในงานไฟไนต์เอลิเมนต์

การส่งเส้นต่อระหว่างเมช (เมช transition)

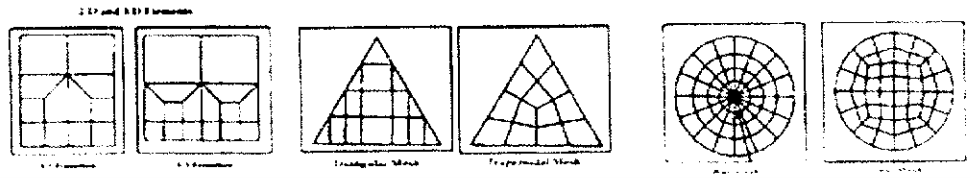
2.5.1 ใช้เอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยมเพื่อการส่งเส้นต่อระหว่างเมชเล็กกว่าสู่เมชใหญ่กว่า

รูปที่ 2-7 ลักษณะการส่งเส้นต่อระหว่างเมช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตรวจเช็คสัดส่วนของรูปร่าง (Aspect ratio) ของเอลิเมนต์สามเหลี่ยมควรจะมากกว่าเอลิเมนต์รูปสี่เหลี่ยม จะเห็นในเอลิเมนต์ที่มีขนาดหยาบๆ
2. เอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยมควรมีจำนวนน้อยกว่า 10% ของจำนวนเอลิเมนต์ทั้งหมด

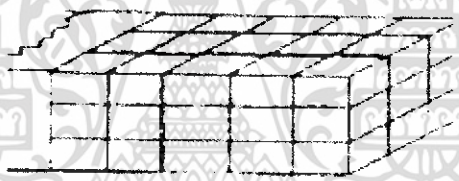
2.5.2 เมชรูปทรงพิเศษของเอลิเมนต์แบบ 2-D ควรใช้เมชรูปสี่เหลี่ยมแทนรูปสามเหลี่ยม



รูปที่ 2-8 เมชรูปทรงพิเศษ

การสร้างหุ่นจำลองตัดส่วนของโครงสร้างหรือของส่วนประกอบ

2.5.3 ควรใช้เอลิเมนต์อย่างน้อย 3 แถว (rows) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นตรงในการวิเคราะห์ค่าการดัดในแนวระนาบ (in-plane bending) และควรใช้อย่างน้อย 5 เอลิเมนต์บนผิวหน้าหุ่นจำลองในการวิเคราะห์การรับน้ำหนักหรือการค้ำยัน (buckle)



รูปที่ 2-9 การสร้างโมเดลส่วนตัด

เอลิเมนต์แบบ 3-D (Solid)

2.5.4 สำหรับรูปทรงทั่วๆไป แนะนำให้ใช้ 20-node brick ควรหลีกเลี่ยงเอลิเมนต์แบบ 3-D ที่เป็น 4-node, 5-node และ 7-node solid elements

รูปที่ 2-10 เอลิเมนต์แบบ 3-D (Solid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดโหมดนาฬิกาทราย (Hourglass)

การวิเคราะห์โดยใช้วิธีรวมจุด (1-point integration) เพื่อให้การคำนวณได้ผลลัพธ์ที่เร็วกว่า แต่มักไม่ได้ผลดีซึ่งสาเหตุเกิดจากการขาดหรือมีแถวของเอลิเมนต์ไม่เพียงพอใน Stiffness matrix แล้วนำไปสู่การเกิดโหมดนาฬิกาทราย (Hourglass mode) หรือ บางทีเรียกโหมดพลังงานเป็นศูนย์ (Zero energy mode) โหมดนาฬิกาทรายมีอยู่ 2 อย่างคือ in plane (membrane mode) และ Out of plane (W mode)

โหมดนาฬิกาทรายเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการและมักเกิดขึ้นเสมอ จึงควรหาทางหลีกเลี่ยงหรือลดลง

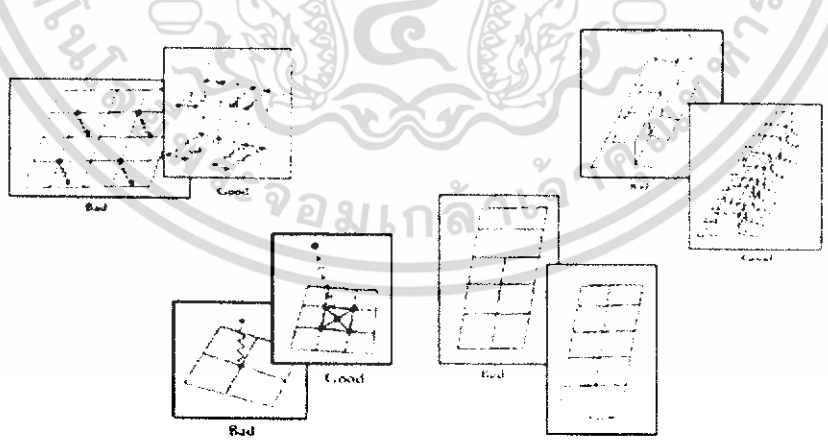
รูปที่ 2-11 โหมดนาฬิกาทราย แบบ In plane และ Out-plane

ข้อแนะนำในการควบคุมโหมดนาฬิกาทราย (Hourglass mode)

1. กรณีที่ใช้ค่า Young's modulus ต่ำกว่าวัสดุกลุ่มเหล็ก (steel) อาจปรากฏโหมดนาฬิกาทราย (hourglass) ซึ่งควรเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมให้เข้ากับโหมดนาฬิการทราย

2. การต่อ (Connecting) เอลิเมนต์แบบ 1-D กับ shell อาจทำให้เกิดโหมดนาฬิกาทรายขนาดใหญ่ขึ้น ควรใช้เอลิเมนต์รูปสามเหลี่ยมจะช่วยแก้ปัญหาได้

3. การปรับปรุงการต่อ (Connections) และการขัดเกลารูปทรงของเมช จะช่วยให้นาฬิกาทรายลดลงหรือหมดไป



รูปที่ 2-12 การควบคุมโหมดนาฬิกาทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแนะนำเพื่อที่จะช่วยให้การคำนวณมีความแม่นยำ ช่วยให้ผลวิเคราะห์น่าเชื่อถือ มีดังนี้

1. การกำหนดขนาดและความแตกต่างของเอลิเมนต์ ไม่ควรเกิน 3 เท่าของเอลิเมนต์ที่อยู่ติดกัน หรือมีจุดต่อร่วมกันควรเลือกรูปร่างของเอลิเมนต์ที่เหมาะสม โดยมีสัดส่วนของด้านที่ยาวที่สุดต่อด้านที่สั้นที่สุดไม่เกิน 10 : 1 สำหรับเอลิเมนต์ที่มีสัดส่วนดังนี้ใกล้เคียงกันจะให้ผลเฉลี่ยใกล้เคียงความเป็นจริง ส่วนมุมภายในเอลิเมนต์สี่เหลี่ยมควรมีค่าอยู่ในช่วง 30 ถึง 150 องศา การเลือกใช้เอลิเมนต์ ควรให้มีความต่อเนื่องของ Displacement ระหว่างเอลิเมนต์ และไม่ควรเชื่อมต่อเอลิเมนต์สี่เหลี่ยมในลักษณะ linear square ที่ประกอบด้วย 8 nodes เข้าด้วยกับเอลิเมนต์สี่เหลี่ยมที่มีลักษณะ linear แบบ 4 nodes เลือกใช้เอลิเมนต์ที่มีขนาดเล็ก ในบริเวณที่มีความแตกต่างของ Stress และ Temperature สูง ส่วนที่มีความแตกต่างไม่มากควรใช้เอลิเมนต์ขนาดใหญ่ขึ้น

2. เลือกใช้การวิธี Symmetry ของหุ่นจำลองช่วยลดจำนวนเอลิเมนต์ของหุ่นจำลอง ทำให้ประหยัดเวลา

3. ศึกษาสภาพของปัญหาก่อน เพื่อวางแผนการเลือกใช้ชนิดของเอลิเมนต์ ให้ครอบคลุมทั้งขอบเขตของหุ่นจำลอง

ในปัจจุบันโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้วิเคราะห์ไมตัลรุ่นใหม่ๆ มีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือหลายโปรแกรม เช่นโปรแกรม ABAQUS, ANSYS, MSC/NASTRAN, COSMOSWORKS ฯลฯ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ เขียนแบบ โครงสร้าง ลงในโปรแกรมหรือโอนย้ายไฟล์สามมิติเข้ามาใช้โดยง่ายและสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว

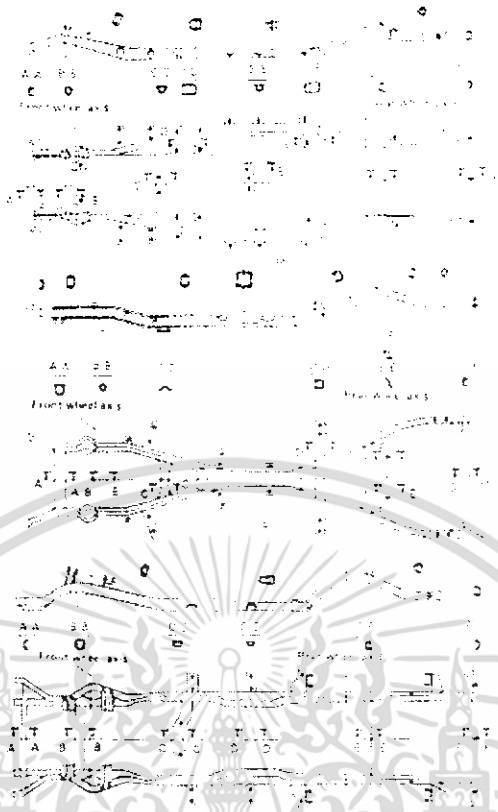
2.6 พื้นฐานการออกแบบเฟรม และ แชสซี

โดยพื้นฐานของการออกแบบแชสซี แชสซีต้องทนแรงบิดได้ดี และ มีน้ำหนักเบาโดยมีความปลอดภัยเพียงพอ ความต้านทานแรงบิด คือความสามารถต้านแรงบิดหรือ ทอร์ค ในทางกลับกัน ความต้านทานแรงบิดคือ ทอร์คที่ใช้ในการบิดโครงสร้างไป 1 องศา

การกำหนดตำแหน่งของชิ้นส่วนเฟรมเพื่อเพิ่มความต้านทานแรงบิดโดยทางทฤษฎีนั้นจะวางในรูปแบบสามเหลี่ยม (triangulated format) ซึ่งจะมีความสามารถทนต่อการเปลี่ยนรูปได้ดีที่สุด

อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มจำนวนโครงก็จะทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วยดังนั้นการคำนวณหา ความต้านทานแรงบิดต่อมวล จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ ในการเป็นตัวช่วยประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้โครงรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-13 รูปแบบต่างๆ ของเฟรม

รูปแบบที่ใช้ซึ่งโดยส่วนใหญ่ของแชสซีส่วนที่เป็นฐานมี 3 แบบ คือ

1. *Perimeter-type frame* **จากรูปที่ 2-13a เมื่อมองจากด้านบน ตรงส่วนกลางของเฟรมจะกว้าง ส่วนด้านหน้าของเฟรม จะแคบขึ้นอยู่กับระยะที่ล้อหมุนในการเลี้ยว และด้านหลังจะแคบเนื่องจากการวางล้อหลัง คานด้านข้างจะถูกยึดติดโดยชิ้นส่วนตามขวาง โดยไหล่หน้าจะอยู่ก่อนช่วงที่เอียงของพื้นในส่วนของห้องเครื่องและไหล่หลังจะอยู่ด้านหลังที่นั่งของผู้โดยสารด้านหลัง ชิ้นส่วนไหล่นี้อาจจะทำแยกเป็นชิ้นมาประกอบกับส่วนตรงกลางและส่วนหลังของเฟรม หรืออาจจะนำมาประกอบเข้าด้วยกันกับคานด้านข้าง**

2. *X-Shape frame* **จากรูปที่ 2-13b จะท่อสั้นวางอยู่ในแกนสมมาตรของรถ ซึ่งเป็นรูปส้อมทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ส้อมด้านหน้าจะเอาไว้วางระบบกำลัง ส่วนส้อมด้านหลังจะไว้วางเหลาหลัง เพลาคาแดนจะวางผ่านส่วนที่เป็นท่อของเฟรม ที่ปลายของด้านหน้าและหลังของเฟรม จะถูกยึดจับด้วยชิ้นส่วนซึ่งเป็นที่ใช้ติดตั้งระบบ กันสะเทือน ส่วนที่เป็นที่ซึ่งเฟรมจะอยู่ได้ที่วางขาของผู้โดยสารด้านหลัง**

3. *Ladder-type frame* **จากรูปที่ 2-13c จะมีคานที่ขนานกันสองชิ้นถูกยึดติดด้วยชิ้นส่วนตามขวาง สำหรับการลดความสูงของพื้นที่จำเป็น ความสูงของคานและชิ้นส่วนที่ใช้ยึดติดตามขวางจะถูกลดลงโดยเพิ่มความกว้างของชิ้นส่วน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การวิเคราะห์ระยะการขจัดที่เกิดจากการโก่งและการบิดในโครงรถจริง

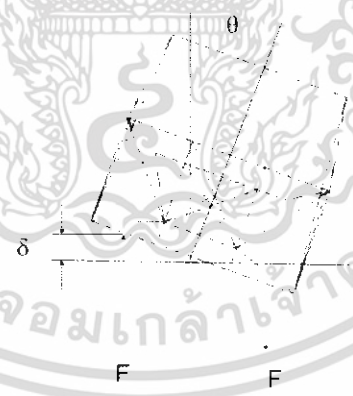
ประสิทธิภาพการควบคุมรถนั้นโดยส่วนใหญ่แล้วขึ้นกับความต้านทานแรงบิดของเฟรม(frame) เรขาคณิตของระบบกันสะเทือน (Suspension geometry) และ น้ำหนัก การเพิ่มความต้านแรงบิดให้กับเฟรมจะพัฒนาประสิทธิภาพการควบคุม โดยเปิดให้ส่วนประกอบของระบบกันสะเทือนมาควบคุมพลังงานจลน์ของรถได้แม่นยำมากขึ้น โดยพื้นฐานของการออกแบบเฟรม เฟรมต้องทนแรงบิดได้ดีและมีน้ำหนักเบาโดยมีความปลอดภัยเพียงพอ

ความต้านแรงบิด คือความสามารถต้านแรงบิดหรือ ทอร์ค ในทางกลับกัน ความต้านแรงบิดคือทอร์คที่ใช้ในการบิดโครงสร้างไป 1 องศา การกำหนดตำแหน่งของชิ้นส่วนเฟรมเพื่อเพิ่มความต้านแรงบิดโดยทางทฤษฎีนั้นจะวางใน รูปแบบสามเหลี่ยม (Triangulated format) ซึ่งจะมีความสามารถทนต่อการเปลี่ยนรูปได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มจำนวนโครงก็จะทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วยดังนั้นการคำนวณหาความต้านทานแรงบิดต่อน้ำหนัก จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวช่วยประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้โครงรถ

ในการออกแบบ เราต้องการค่าการต้านทานการเปลี่ยนรูปเนื่องจากการโก่งงอ (Bending stiffness) และ ค่าการต้านทานการเปลี่ยนรูปเนื่องจากการบิด (Tensional stiffness) ให้มากที่สุด เพื่อให้โครงสร้างมีความใกล้เคียงกับวัตถุแข็งเกร็ง มากที่สุด และทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของโครงรถ น้อยที่สุดภายใต้แรงเฉื่อยและแรงภายนอกมากระทำ

การคำนวณหาค่าความต้านแรงบิด

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (Empirical data) ค่าความต้านแรงบิดสามารถคำนวณได้จากสมการ



รูปที่ 2-14 ทิศของแรงในการคำนวณความต้านทานการบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$TR = \frac{Fd}{\theta} \tag{2}$$

TR = ความต้านทานการบิด (นิวตันเมตรต่อองศา)

F = แรงปฏิกิริยา (นิวตัน)

d = ระยะระหว่างจุดที่ต่อกับระบบกันสะเทือนทั้ง 2 ข้าง (เมตร)

θ = มุมบิด (องศา)

$$\theta = \frac{2|\delta|}{d} \times \frac{180}{\pi} \tag{3}$$

δ = ระยะที่เปลี่ยนไปที่จุดที่แรงปฏิกิริยากระทำ (เมตร)

2.8 ทฤษฎีความเสียหายของวัตถุ

ในการวิเคราะห์ความเสียหายภายในชิ้นงาน เราจะทำการตรวจ เช็คค่าความเค้นวอนมิส ภายในชิ้นงาน ว่าถึงค่าวิกฤตหรือยัง ทฤษฎีการเสียหายที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Von-Mises Hencky Theory) ซึ่งทฤษฎีนี้กล่าวว่า สำหรับวัสดุเหนียว การครากของวัสดุจะเกิดขึ้นเมื่อพลังงานแปรรูปเชิงมุม (Energy of Angular distortion) มีค่าเท่ากับพลังงานแปรรูปเชิงมุมภายใต้การทดสอบแรงดึงอย่างง่าย

โดยทั่วไปสถานะของความเค้นภายในเนื้อวัสดุ ณ ตำแหน่งใดๆ มีค่าประกอบด้วยความเค้น σ_{xx}, σ_{yy}, σ_{zz}, τ_{xy}, τ_{xz} และ τ_{yz} แต่เราสามารถที่จะเปลี่ยนรูปไปเป็นค่าความเค้นหลักสามตัวคือ σ_1, σ_2 และ σ_3 จากนั้นเราสามารถที่จะคำนวณหาค่าความเค้นวอนมิส (von-Mises Stress) ได้จากสมการ

$$\sigma_{von} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \tag{4}$$

เมื่อ

σ_{von} = ความเค้นวอนมิส

ซึ่งชิ้นงานจะเกิดการครากขึ้นเมื่อ $\sigma_{von} = S_y$ เมื่อ S_y คือค่าความต้านทานแรงคราก (Yield Stress) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยในโครงงานนี้จะเริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานและเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเฟรม จึงดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1. วาดแบบในโปรแกรม CATIA V5
2. แบ่งพาทิชั่นใน Unigraphics NX
3. จำลองสถานการณ์ใน ABAQUS 6.51

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1.	คอมพิวเตอร์	1	ชุด
2.	โปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ABAQUS 6.51	1	ชุด
3.	โปแกรมเขียนแบบ CATIA V5	1	ชุด
4.	โปรแกรมเขียนแบบ Unigraphics NX (UG)	1	ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

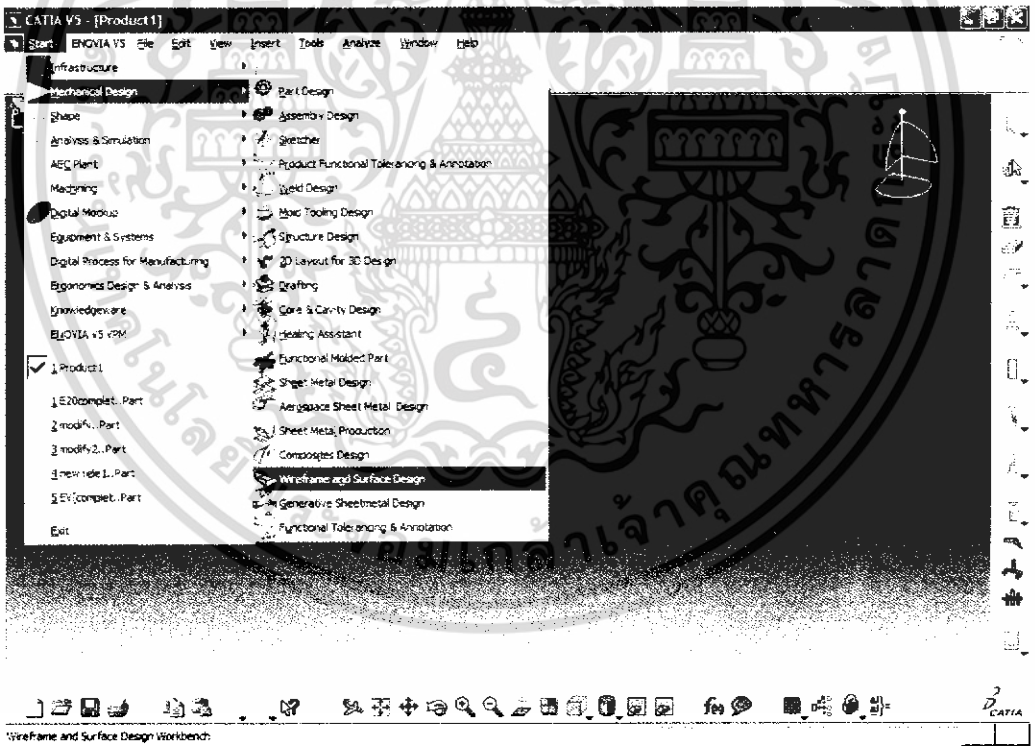
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1 การวาดแบบจำลองโดยโปรแกรม CATIA

รูปที่ 3-1 โปรแกรม CATIA V5

3.1.1 ขั้นตอนการวาดแบบจำลองเฟรมรถ E20

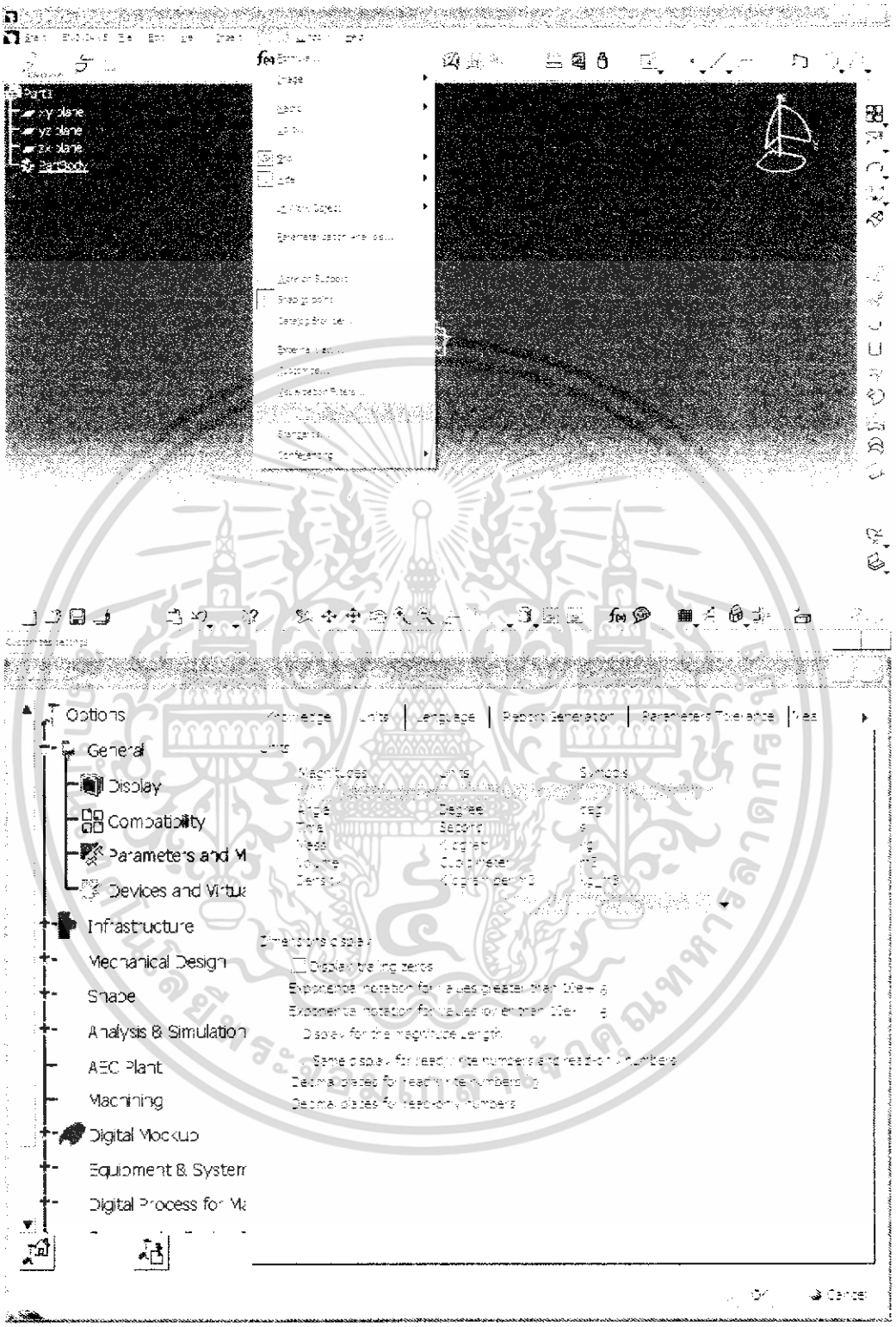
1. เปิดโปรแกรม CATIA ในการสร้างแบบจำลองเราจะใช้ Domain : Mechanical Design เลือก Mode ที่ใช้ในการสร้าง คือ Wire frame and Surface Design



รูปที่ 3-2 แสดงการเข้า Mode Wire frame and Surface Design

62882
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

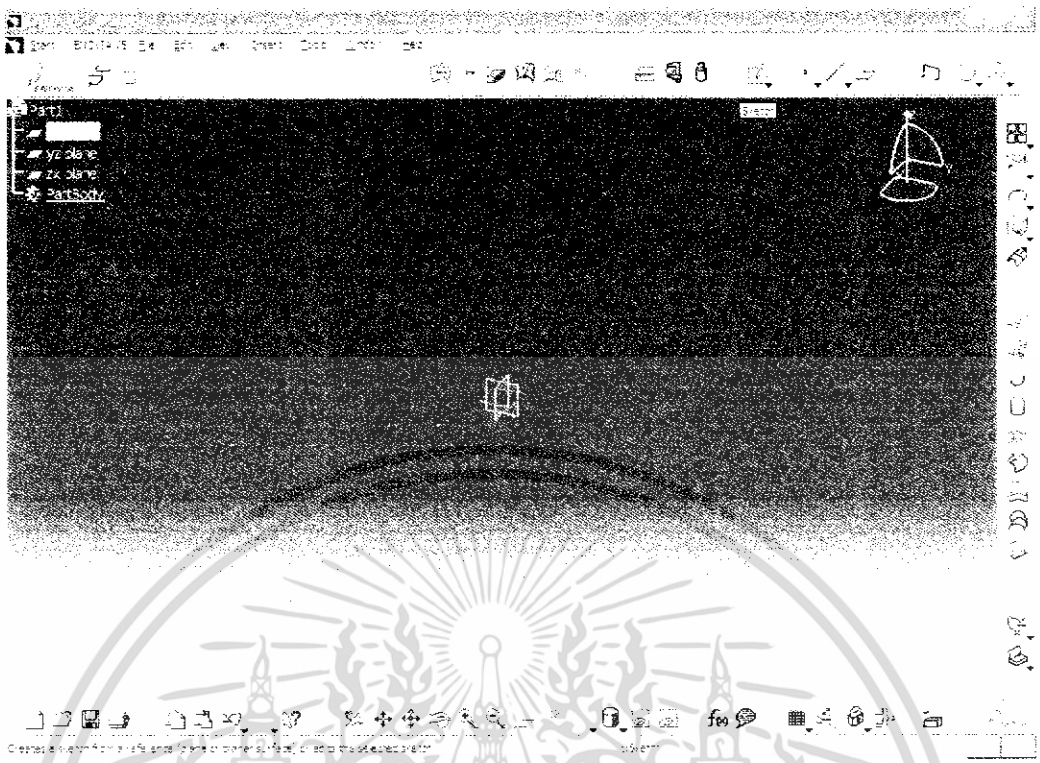
2. เลือกหน่วยที่จะใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยเลือก Tools ที่ main menu จากนั้นเลือก options เลือก units ที่ใช้ในการกำหนด Parameters and Measure โดย units ที่ใช้คือ Millimeter (mm.)



รูปที่ 3-3 แสดงการเลือก Units ที่ใช้ในกำหนด Parameters ของแบบจำลอง

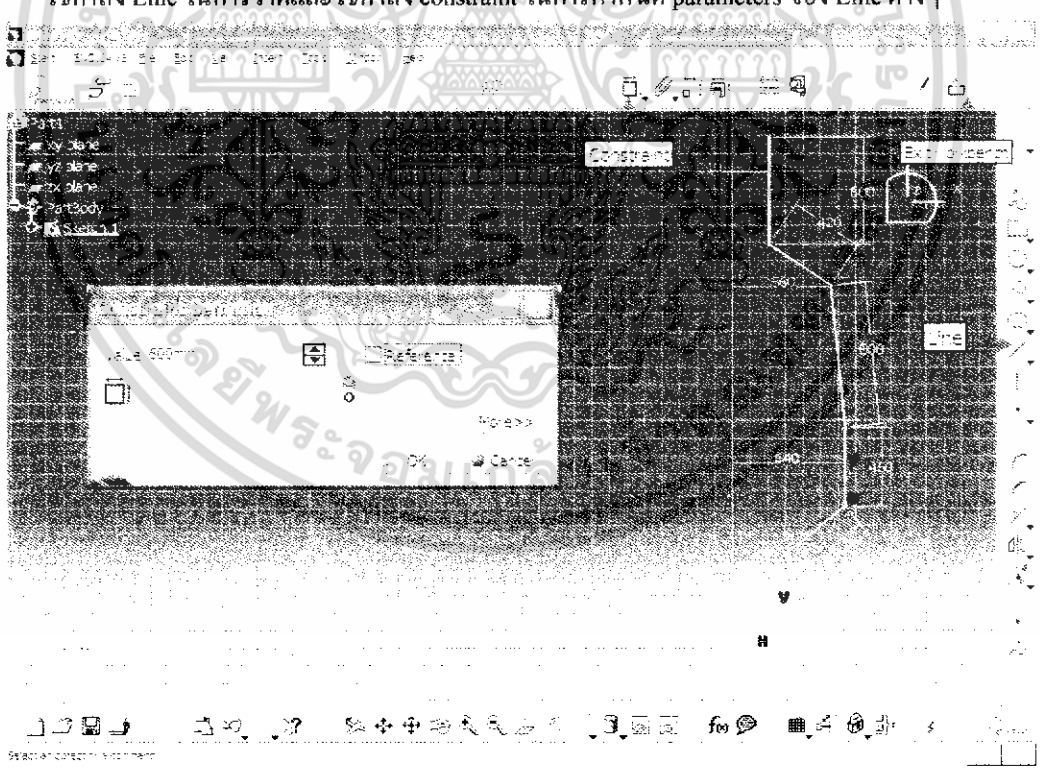
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สร้างเส้น Guide curve โดยเลือก plane ที่จะทำการวาด จากนั้นที่ Toolbars เลือกคำสั่ง Sketch



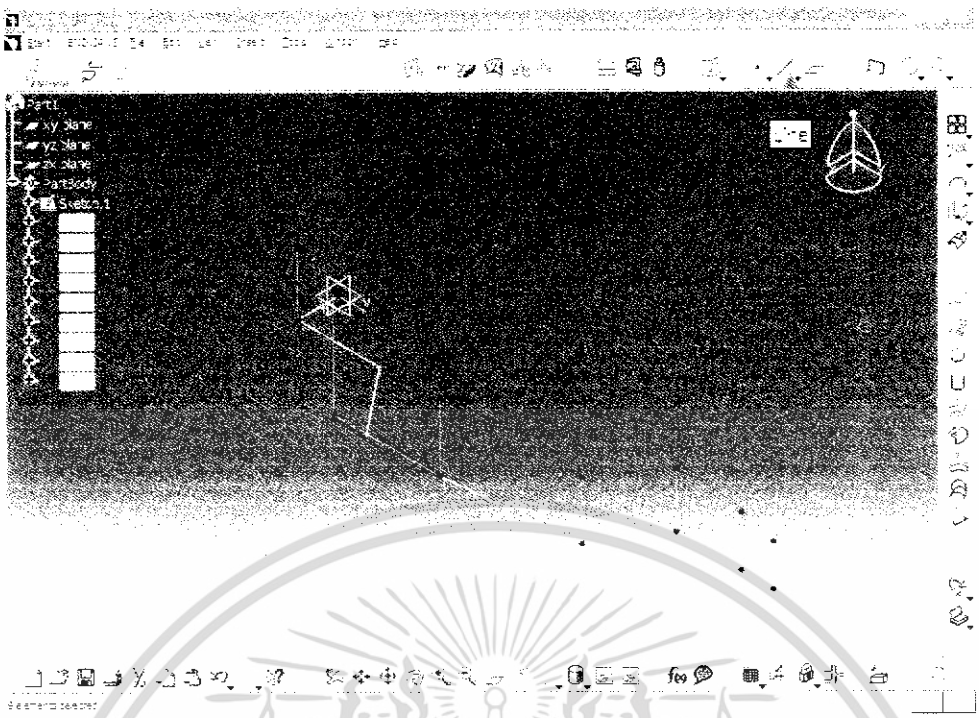
รูปที่ 3-4 แสดงการใช้คำสั่ง Sketch

ใช้คำสั่ง Line ในการวาดและใช้คำสั่ง constraint ในการกำหนด parameters ของ Line ต่างๆ

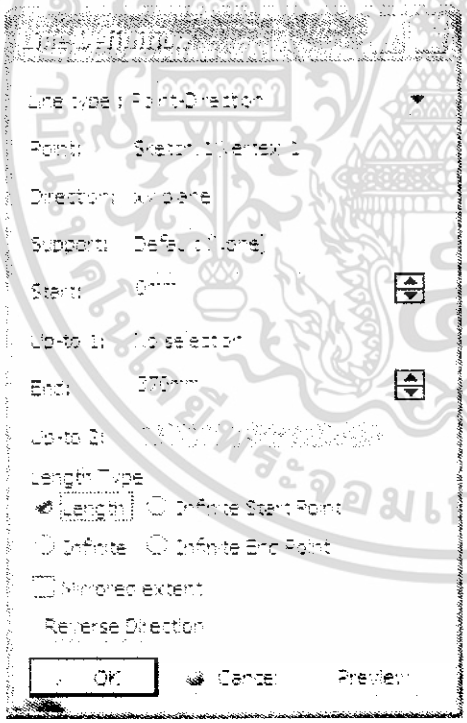


รูปที่ 3-5 Guide curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-6 แสดงการสร้าง Reference point

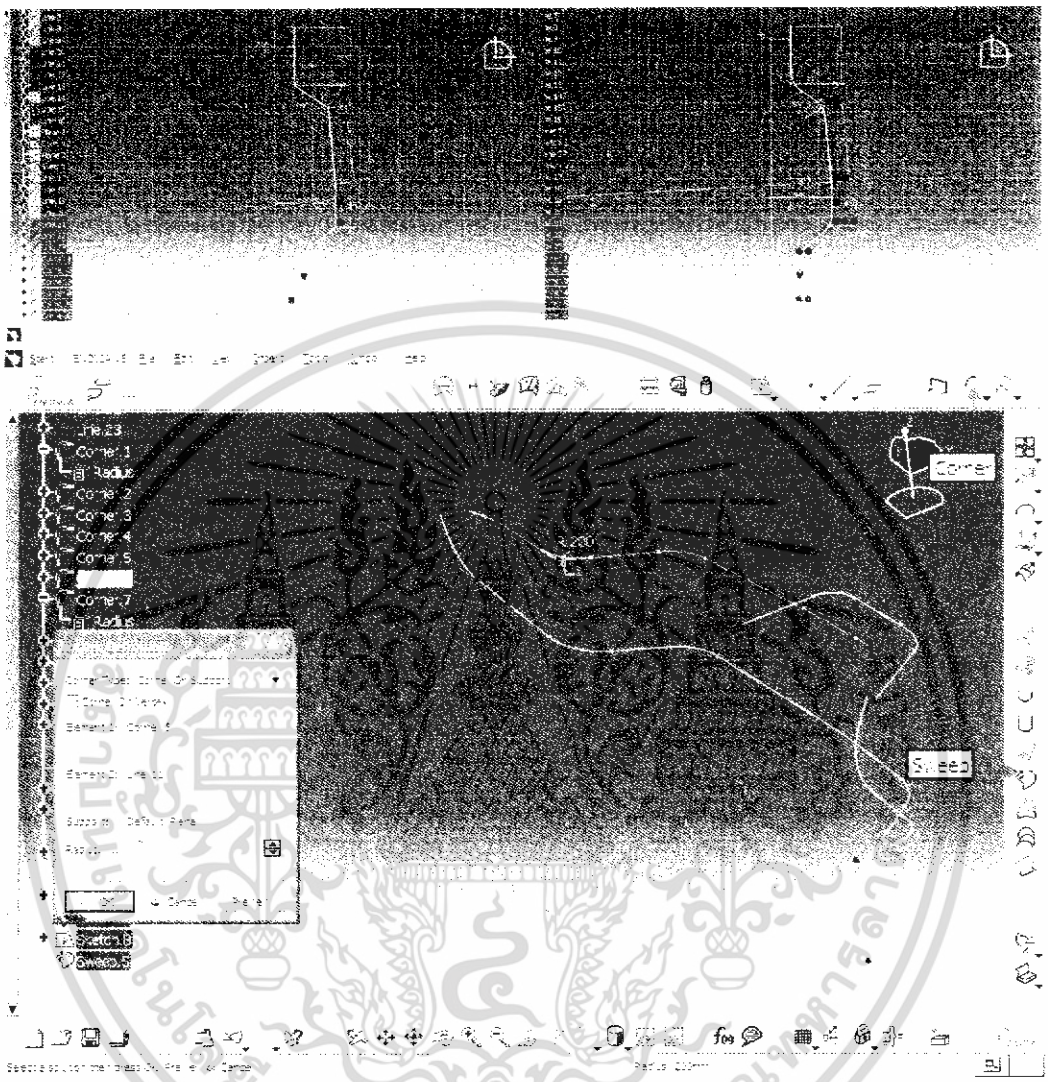


ออกจาก Sketch แล้วทำการสร้าง Reference point โดยใช้คำสั่ง line แบบ Point-Direction Direction ของ line ใช้ plane เป็นตัวกำหนดแล้วสร้าง line เพื่อเป็น reference point ตามรูปที่

รูปที่ 3-7 การใช้คำสั่ง Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

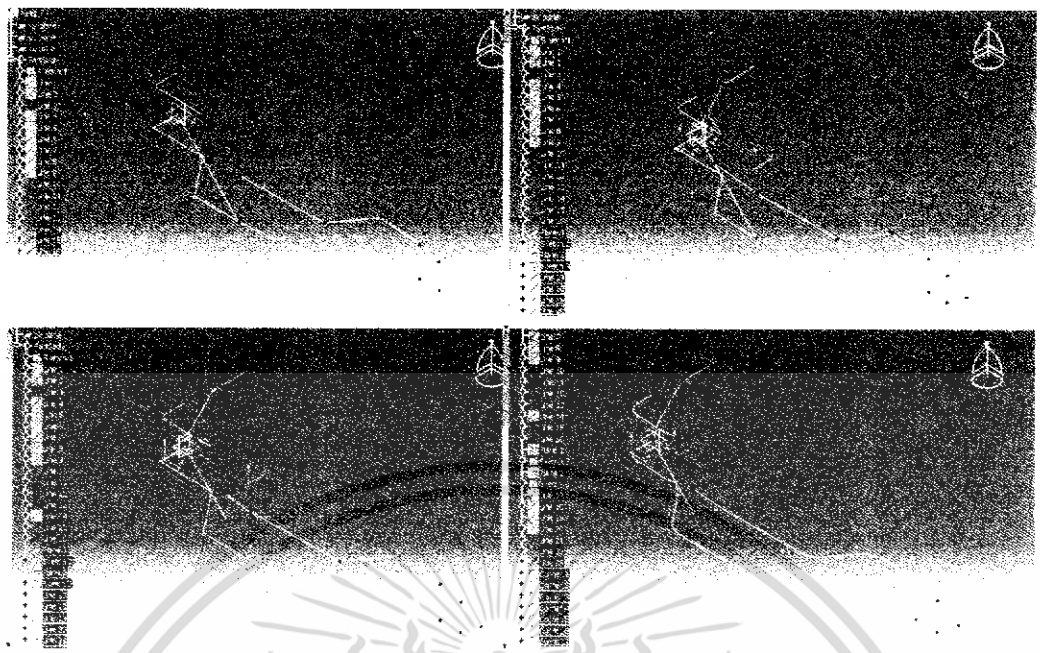
4. Guide curve ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้คำสั่ง sweep หน้าตัดที่เราต้องการตามเส้น Guide curve แต่คำสั่ง sweep ไม่สามารถ sweep guide curve ที่เป็นมุมได้เพราะจะทำให้หน้าตัดที่ใช้ในการ sweep เปลี่ยนไป ดังนั้นเราจึงต้องใช้คำสั่ง corner เพื่อใส่รัศมีให้กับมุมต่างๆ



รูปที่ 3-8 แสดงการใช้คำสั่ง Corner

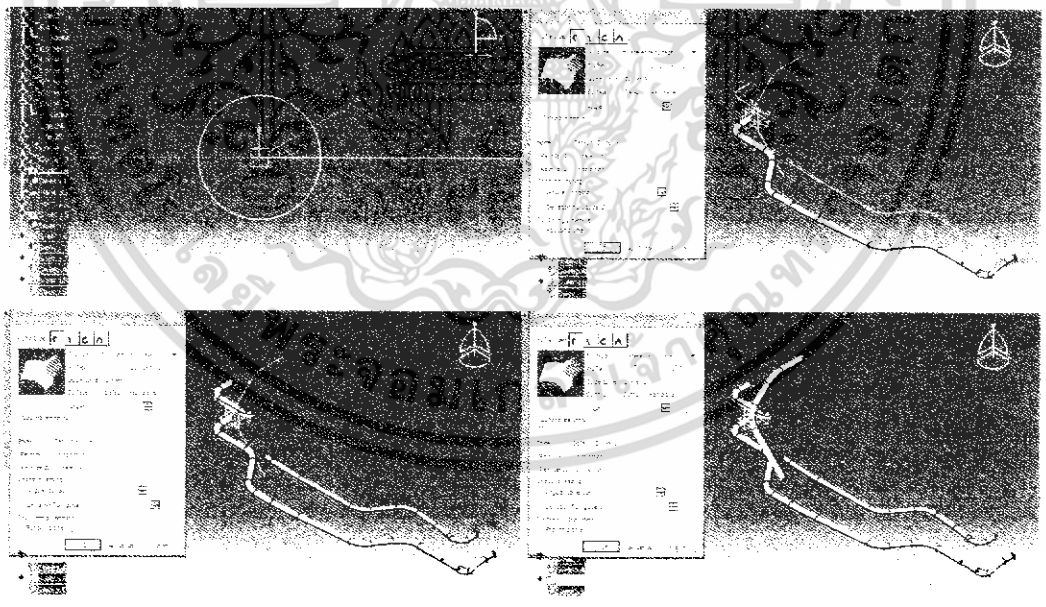
จากนั้นให้ลบจุดเชื่อมต่อระหว่างข้อต่อของแบบจำลองออกเพราะว่าเมื่อเราใช้คำสั่ง Sweep Sweep หน้าตัดแล้วเมื่อ sweep ไปถึงจุดเชื่อมต่อที่มีเส้นมาเชื่อมกันจะทำให้เกิดการซ้อนทับกันของ surface ซึ่งจะทำให้แบบจำลองที่จะนำไป simulation เกิดความผิดพลาด และยากต่อการดี เมช ดังนั้นจุดเชื่อมต่อของเราจำใช้คำสั่ง Pad แบบ up to surface ในส่วนของจุดเชื่อมต่อแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-9 แสดงขั้นตอนการสร้าง Guide curve

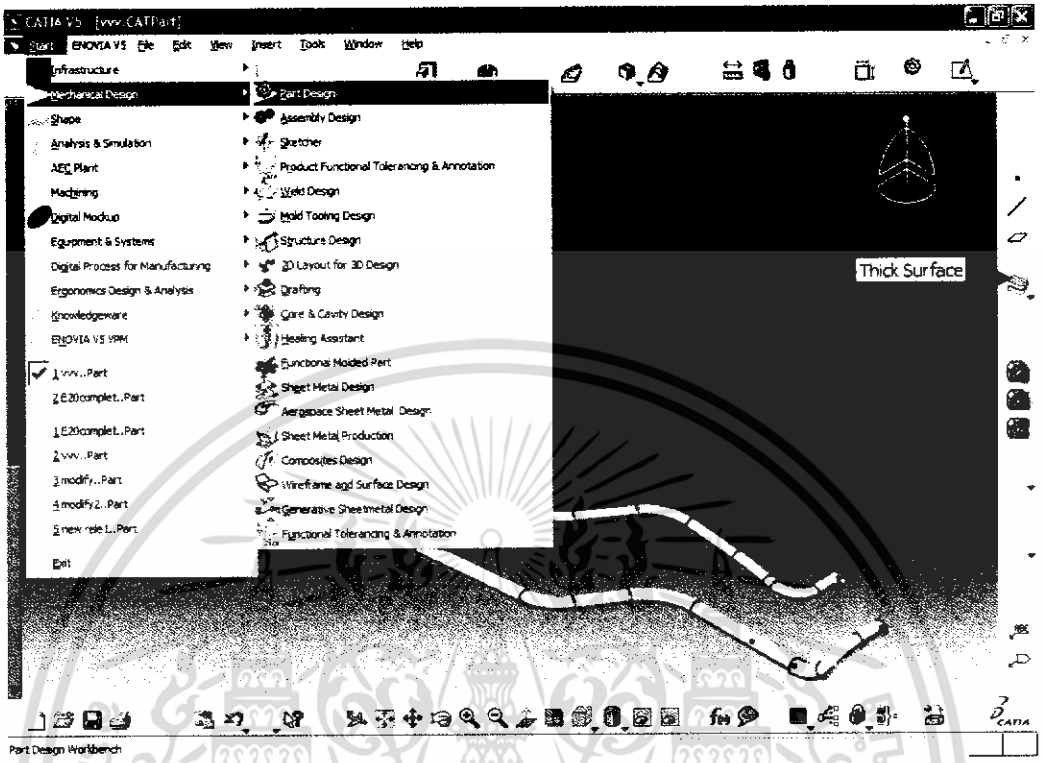
5. หลังจากที่สร้าง guide curve ต่อมาก็สร้าง profile คือหน้าตัดที่ใช้ sweep ดังรูปที่ เมื่อเสร็จแล้ว ก็ใช้คำสั่ง sweep โดยเลือก guide curve และ profileที่เราสร้างขึ้น



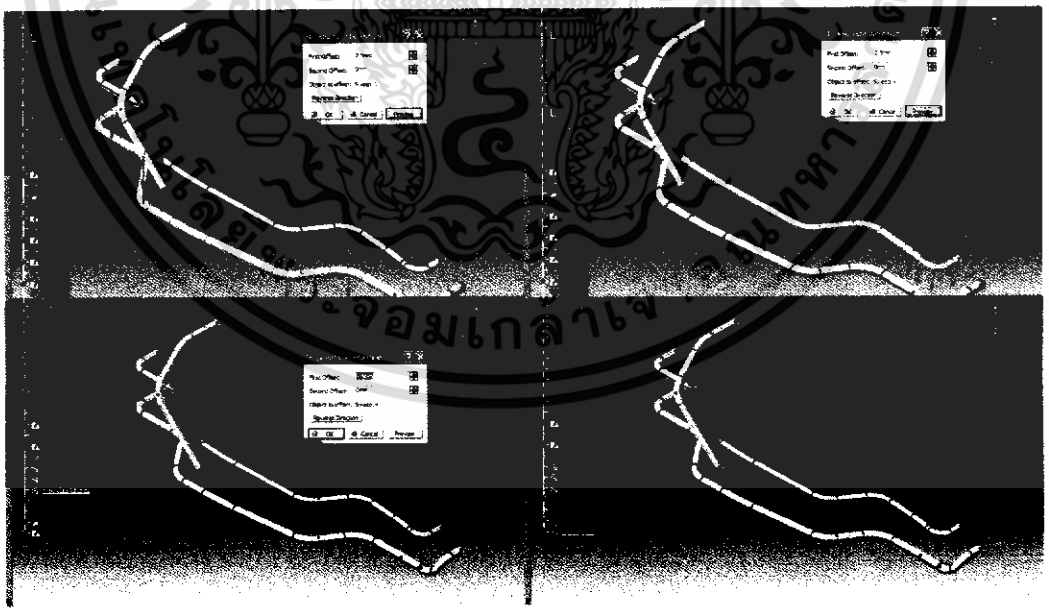
รูปที่ 3-10 แสดงการสร้าง Profile และใช้คำสั่ง sweep

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หลังจากที่เรา sweep แล้วเราจะได้ surface ซึ่งเป็น shell ทำให้เป็น solid ด้วยการใช้คำสั่ง Thick Surface ซึ่งอยู่ใน Mode : Part Design



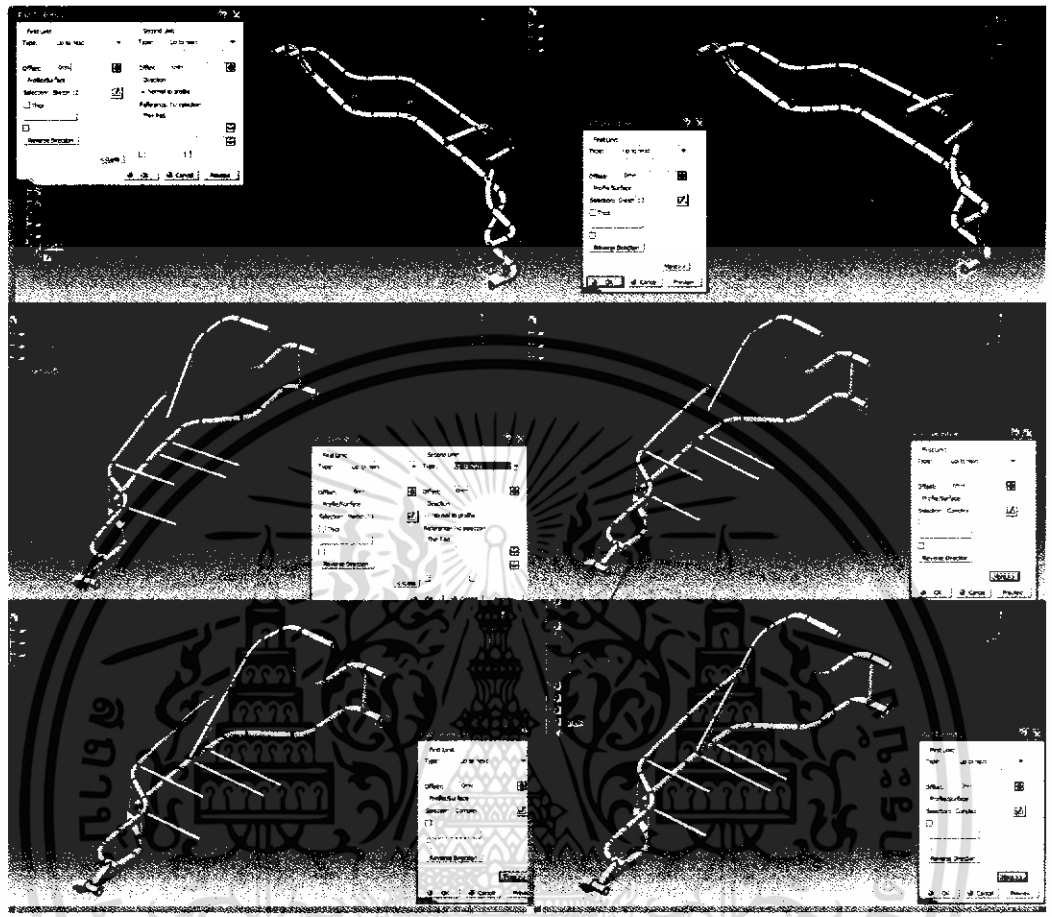
รูปที่ 3-11 แสดงการเข้า Mode : Part Design



รูปที่ 3-12 แสดงการใช้คำสั่ง Thick Surface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

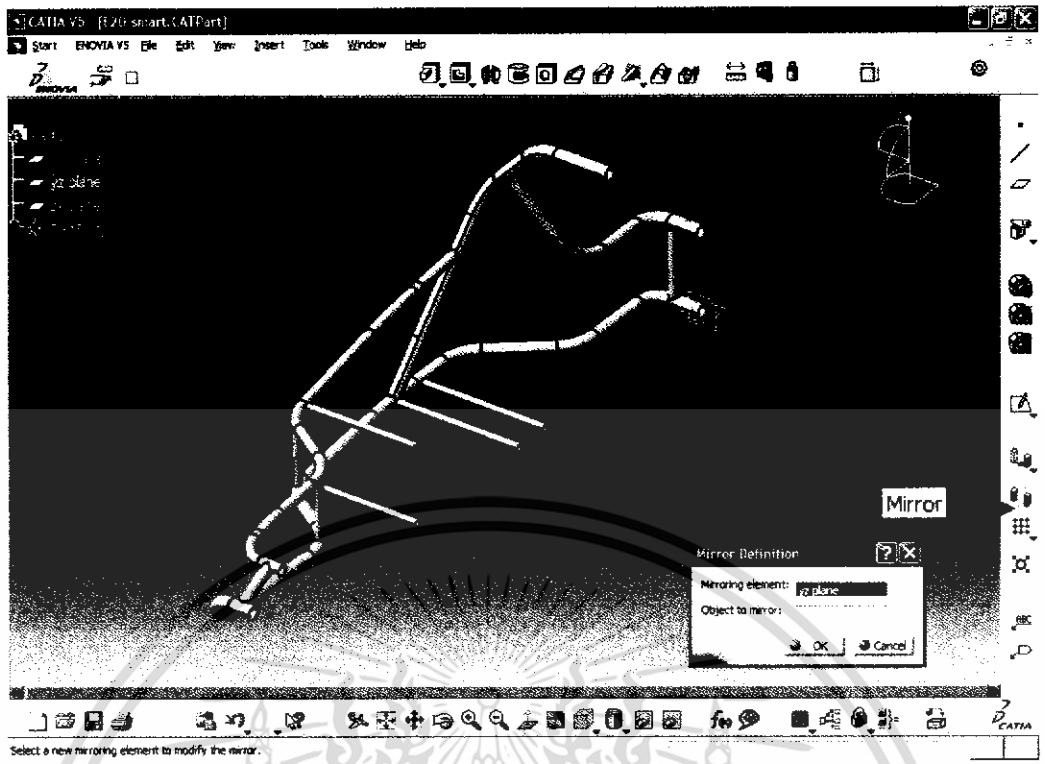
7. ใช้คำสั่ง Pad เพื่อสร้างแบบจำลองส่วนที่มีการเชื่อมต่อกันของแต่ละชิ้นแบบจำลอง โดยการเลือก Profile/Surface ที่เป็นจุดเชื่อมต่ออยู่แล้วหรือจะทำการวาดชิ้นใหม่ก็ได้ กำหนดแบบของการ Pad



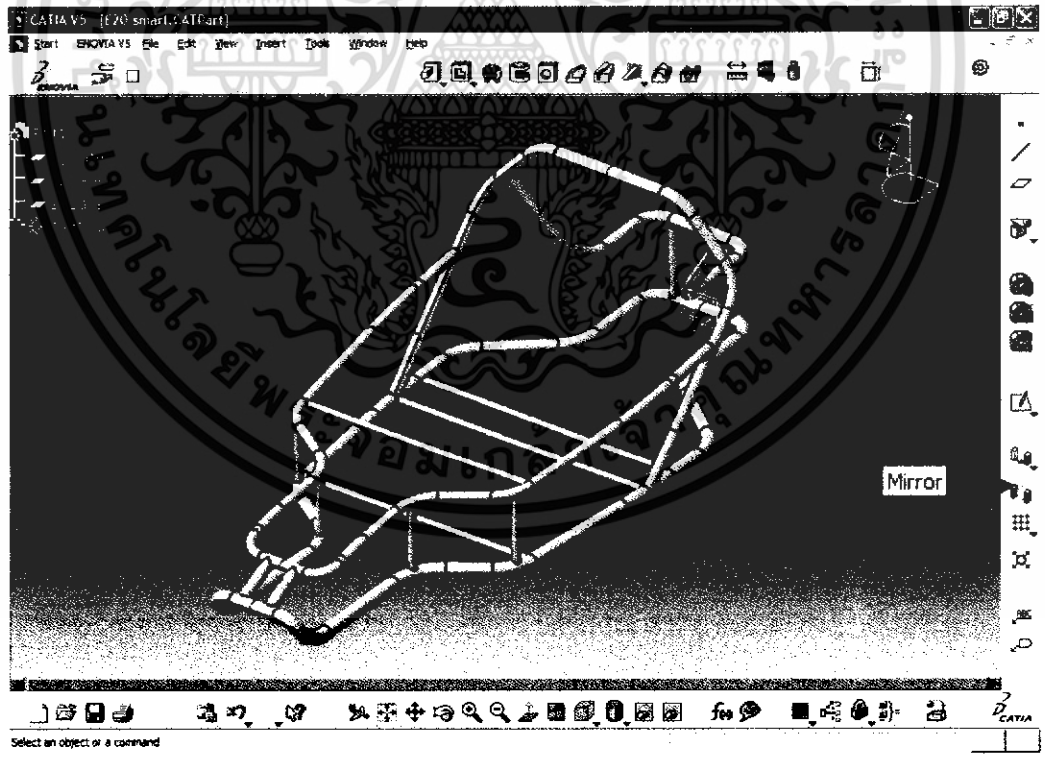
รูปที่ 3-13 แสดงการใช้คำสั่ง Pad

8. เมื่อได้แบบจำลองจากการ Pad เสร็จ จะสังเกตได้ว่าที่ผ่านมาเราสร้างแบบจำลองแค่ครึ่งเดียวเพื่อลดเวลาในการสร้างเนื่องจากรูปแบบจำลองสมมาตรกันทั้งสองฝั่งเราจึงสร้างฝั่งเดียวแล้วใช้คำสั่ง mirror ในการสร้างแบบจำลองอีกฝั่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-14 แสดงการใช้คำสั่ง Mirror

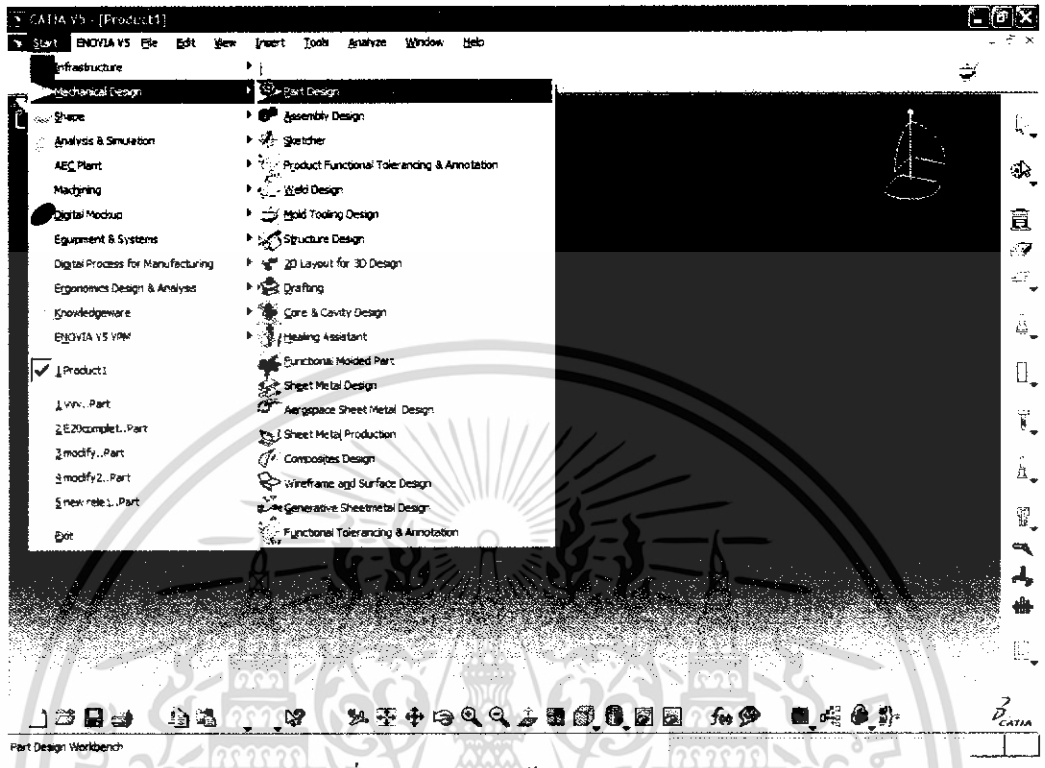


รูปที่ 3-15 แสดงแบบจำลองที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ขั้นตอนการวาดแบบจำลองเฟรมรถ EV

1. เปิดโปรแกรม CATIA ในการสร้างแบบจำลองเราจะใช้ Domain : Mechanical Design เลือก mode ที่ใช้ในการสร้าง คือ Part Design

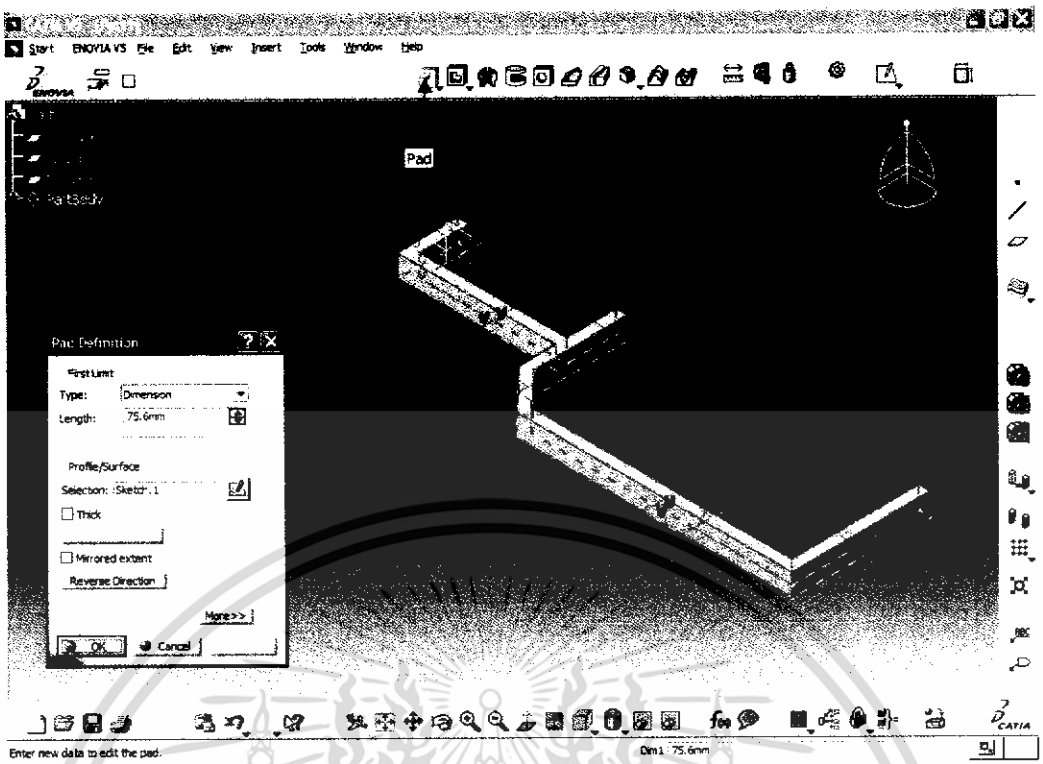


รูปที่ 3-16 แสดงการเข้า Mode Part Design

2. สร้าง profile/surface ที่จะใช้ในการ Pad ด้วยคำสั่ง sketch แล้วใช้คำสั่ง Pad เพื่อสร้าง solid

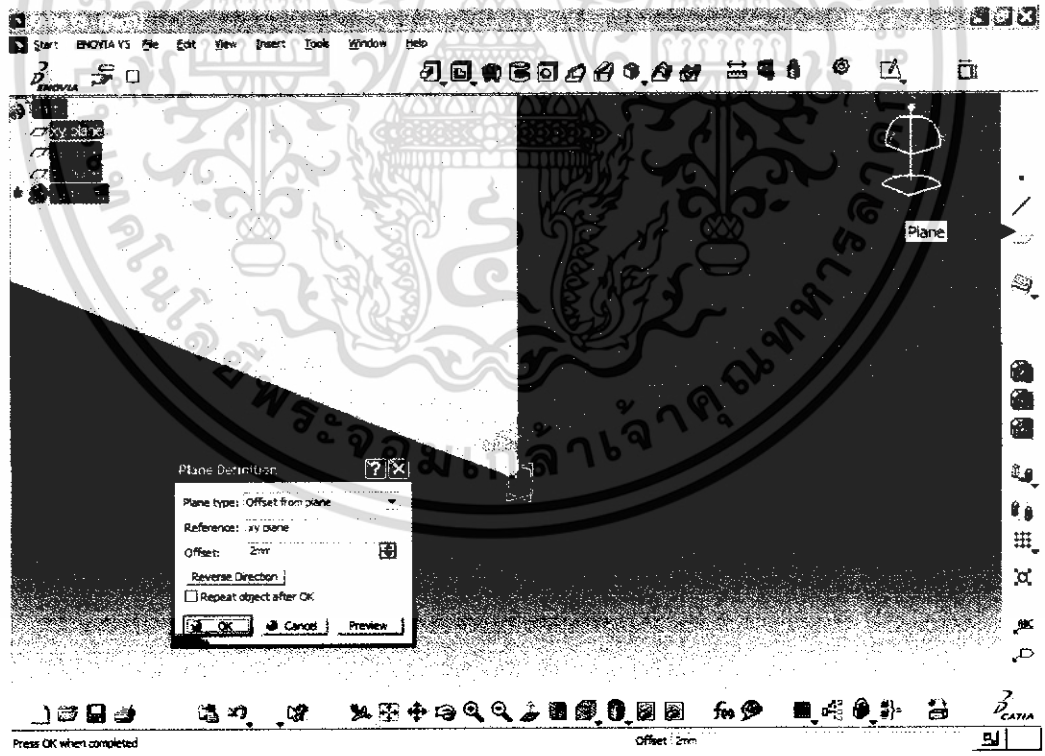
รูปที่ 3-17 Profile ที่ใช้ในคำสั่ง Pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



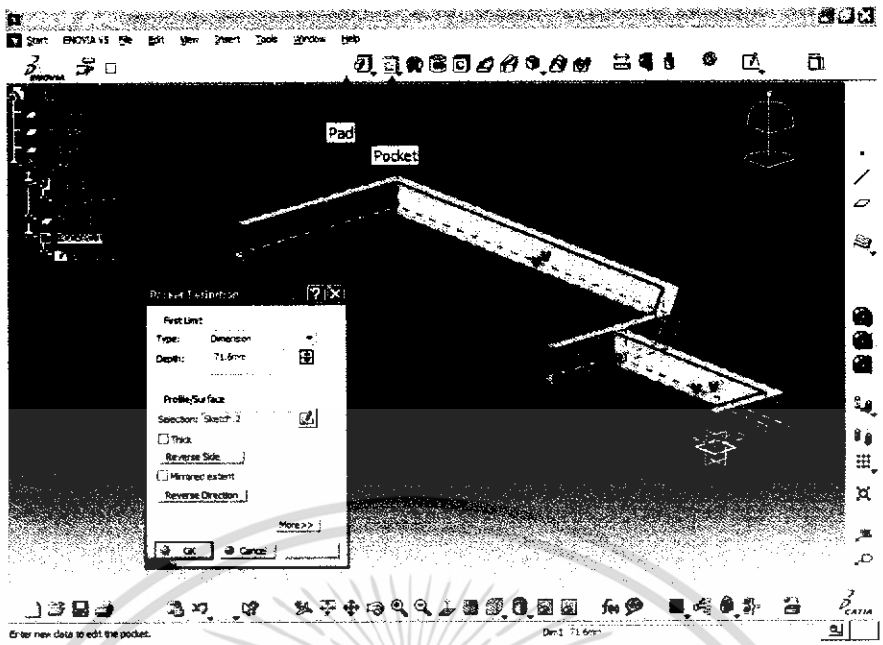
รูปที่ 3-18 แสดงการใช้คำสั่ง Pad

3. ใช้คำสั่ง Pocket เพื่อเจาะแบบจำลองให้กลวงดังรูปที่ โดยใช้คำสั่ง plane เลื่อน plane ที่ใช้เจาะ ระยะที่เลื่อน plane ที่ใช้เจาะคือระยะของความหนาของผิวแบบจำลองที่ต้องการ

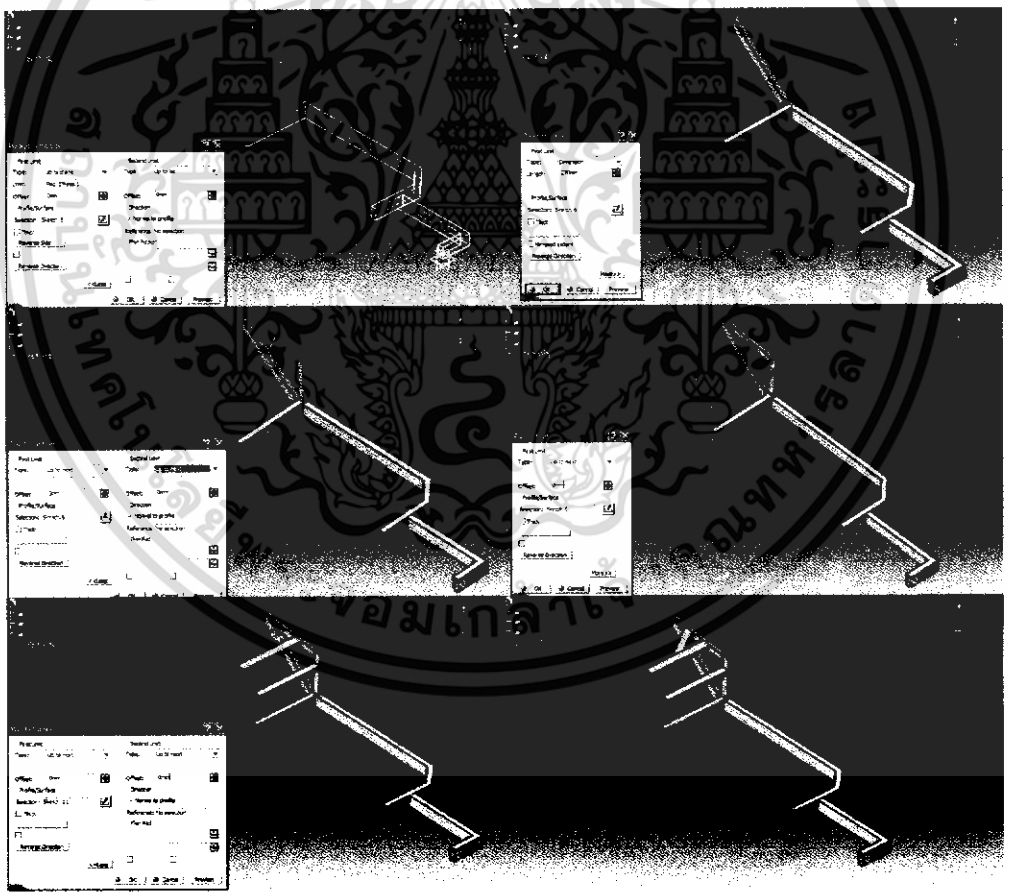


รูปที่ 3-19 แสดงการใช้คำสั่ง Plane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



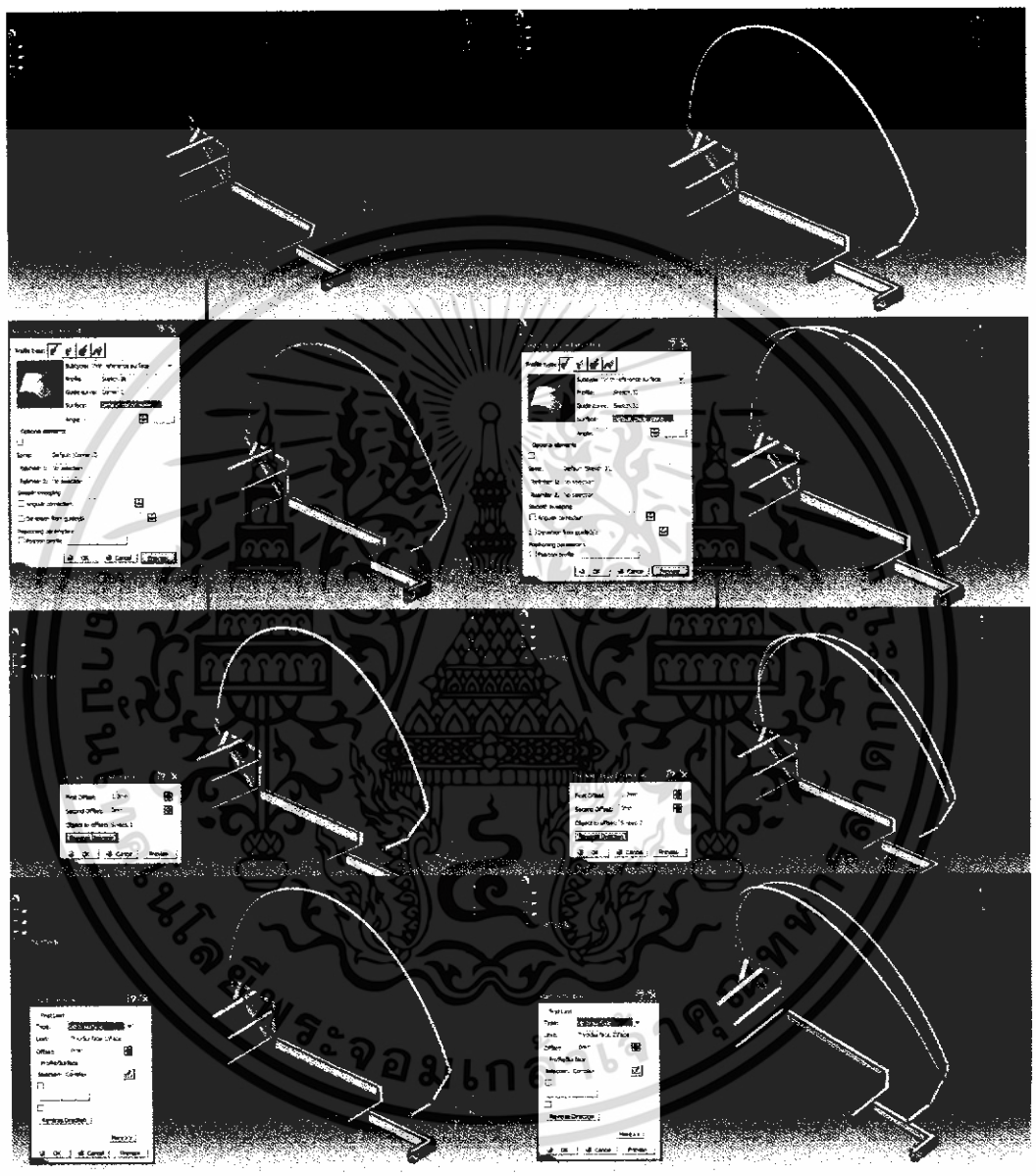
รูปที่ 3-20 แสดงการใช้คำสั่ง Pocket



รูปที่ 3-21 แสดงการสร้างส่วนต่างๆ ด้วยคำสั่ง Pad และ Pocket

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

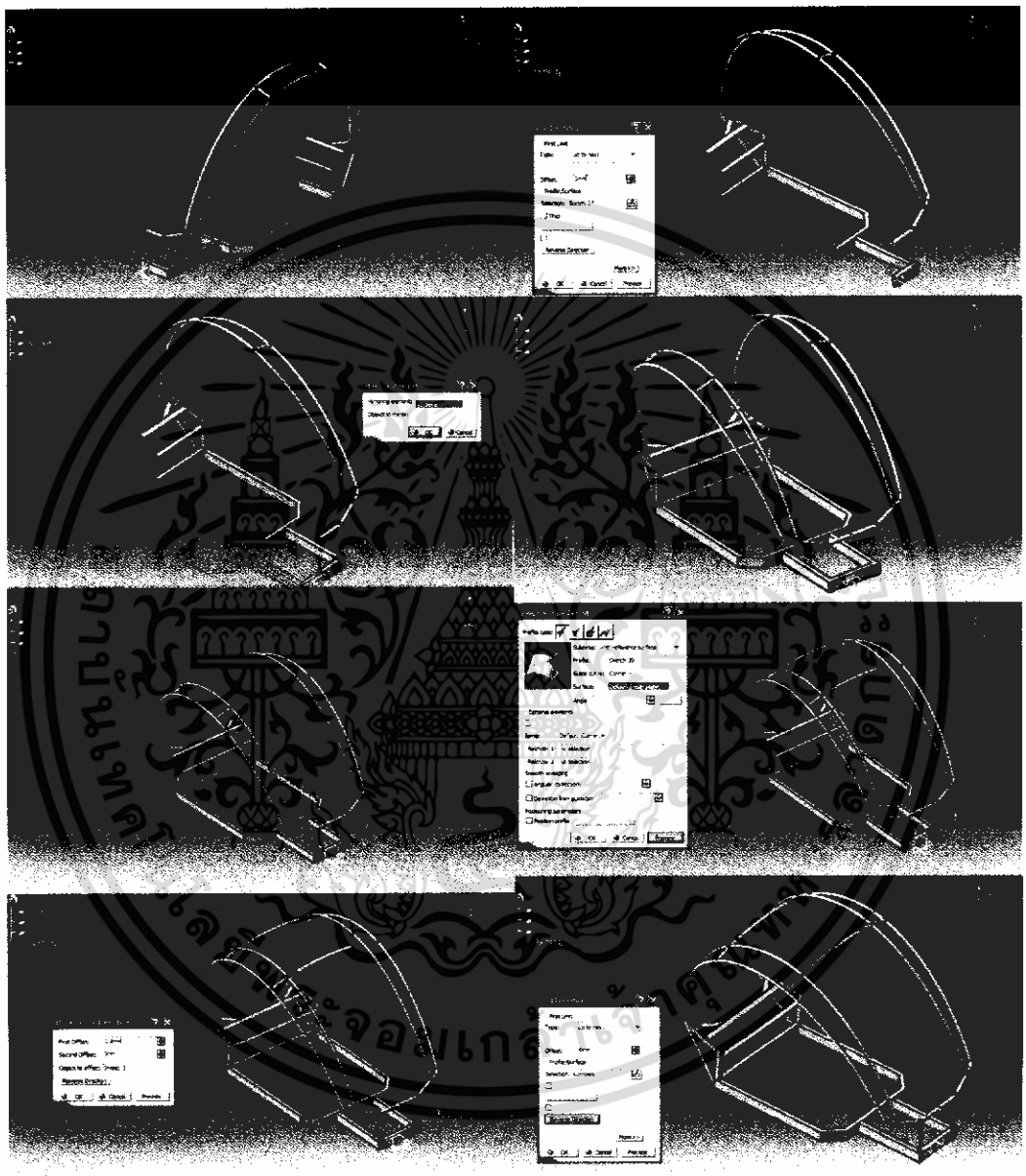
4. ส่วนต่อไปของแบบจำลองเป็นเหล็กท่อโค้งต้องใช้คำสั่ง sweep ของ mode : wire frame and surface โดยการสร้าง guide curve และ profile จากนั้น sweep โดยเว้นจุดเชื่อมต่อแต่ละชิ้นไว้ จากนั้นใช้คำสั่ง Thickness ใน mode : part design เมื่อทำให้ shell ที่เรา sweep เป็น solid ด้วยคำสั่ง Thickness ก็ทำการเชื่อมจุดเชื่อมต่อด้วยคำสั่ง Pad แบบ Up to surface ดังรูปที่ 3-22



รูปที่ 3-22 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองแบบท่อโค้ง

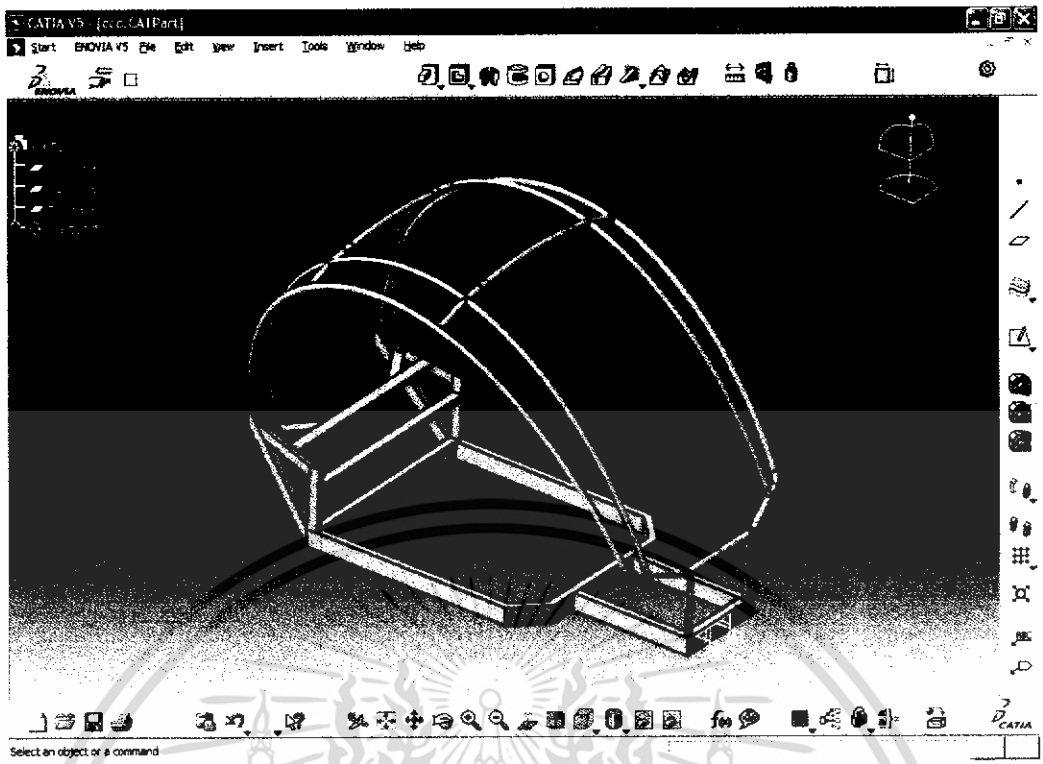
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หลังจากที่ใช้คำสั่ง Pad เชื่อมแบบจำลองแต่ละส่วนแล้ว ใช้คำสั่ง mirror ในการสร้างอีกฝั่งโดยสร้างคานโค้งด้านบนของเฟรม โดยการสร้างเส้น guide curve และ sweep จากนั้นทำให้เป็น solid ด้วยคำสั่ง Thickness และเว้นจุดเชื่อมต่อไว้ จากนั้นเชื่อมจุดเชื่อมต่อด้วยคำสั่ง Pad แบบ up to next



รูปที่ 3-23 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

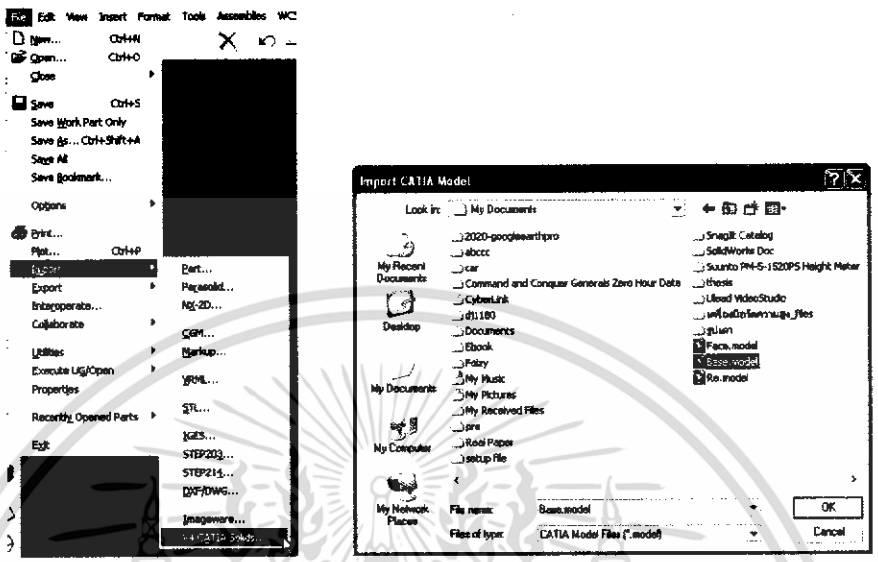


รูปที่ 3-24 แบบจำลองเฟรมของรถ EV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

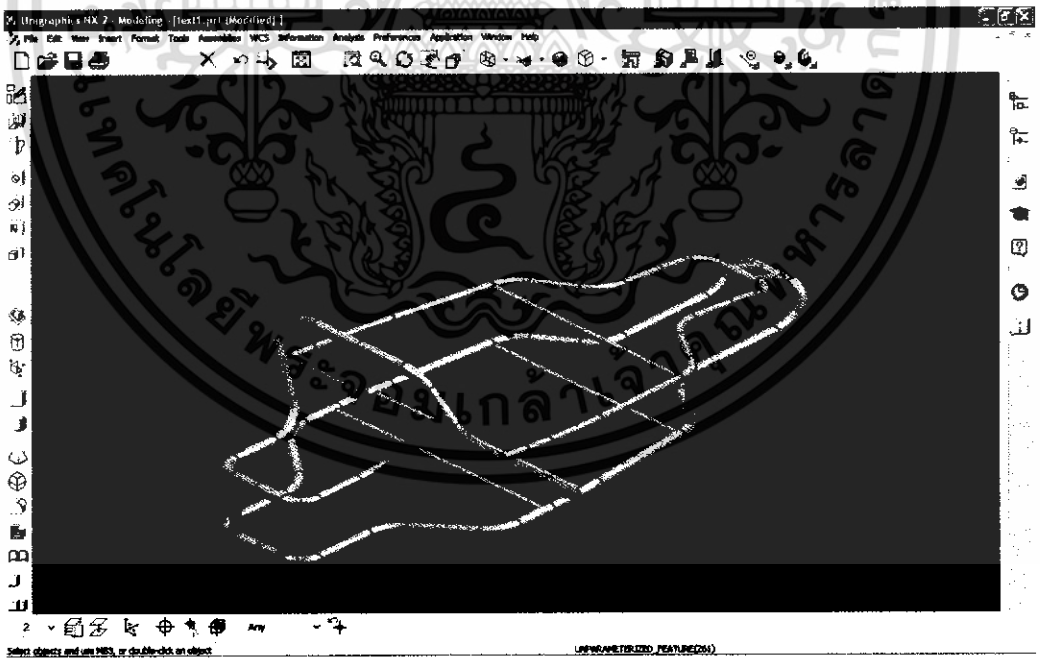
3.2 การ Partition แบบจำลองโดยโปรแกรม Unigraphics NX

เริ่มโดยทำการ Import Part ที่เราสร้างไว้ โดยกดที่ เมนูคำสั่ง File >Import >v4 CATIA Solid



รูปที่ 3-25 รูปแสดงการ import file

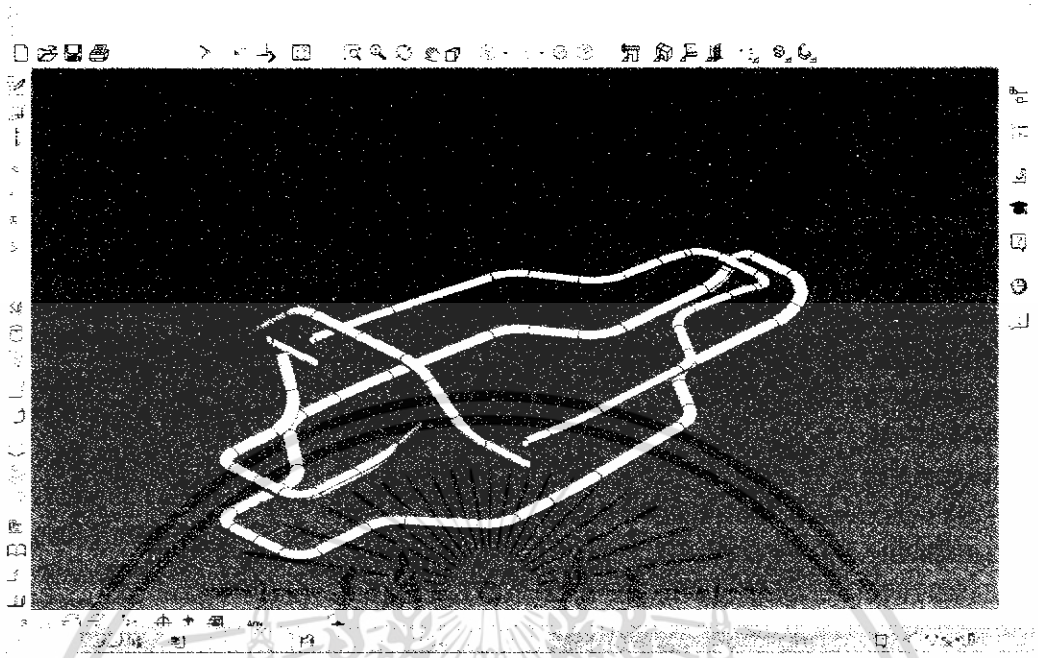
จากนั้นเลือก File ชื่อ Base.model กด OK เมื่อโปรแกรมทำการ Import เสร็จแล้วจะได้ผลดังภาพ



รูปที่ 3-26 การ Import Part ชื่อ Face.model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการ Import Part ชื่อ Face.model มาไว้ที่ layer 3

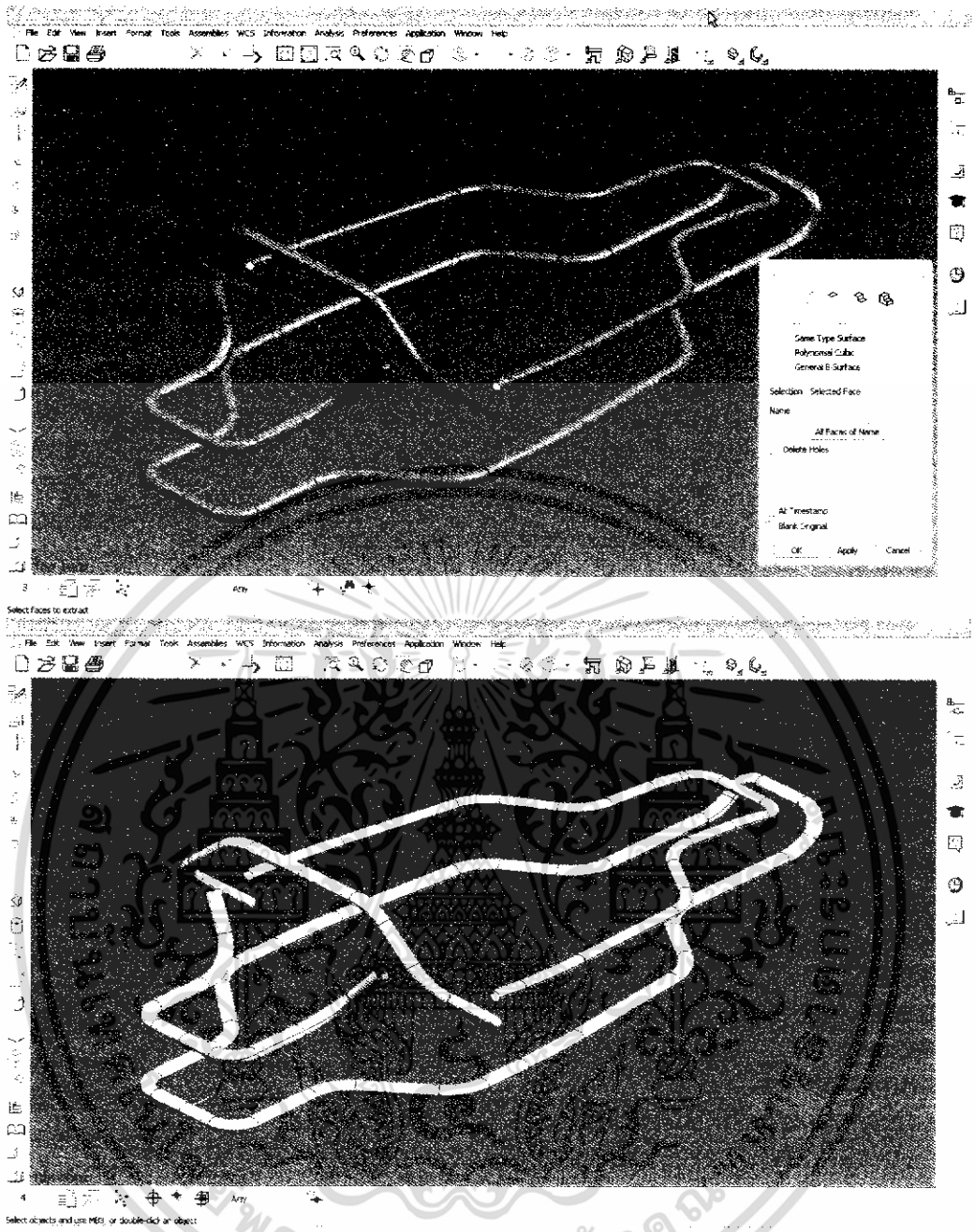


รูปที่ 3-27 สร้าง shell เพื่อมาทำการ Partition

จากนั้นเราจะทำการสร้าง shell เพื่อมาทำการ Partition โดยใช้คำสั่ง Insert >Form Feature >Extract

รูปที่ 3-28 แสดงการเลือกที่ผิวชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

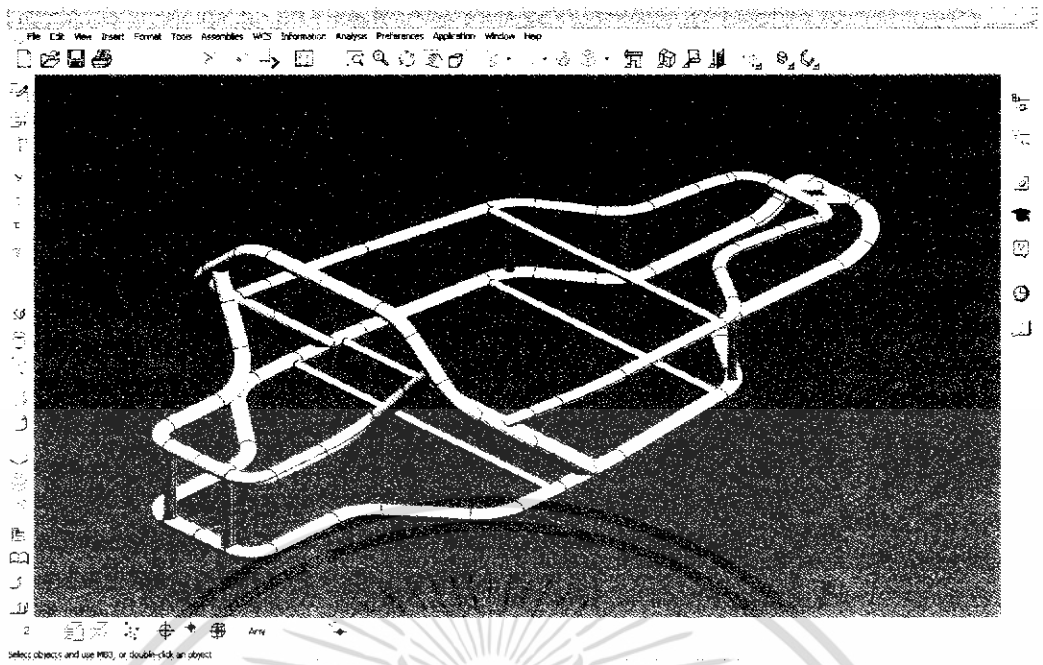


รูปที่ 3-29 แสดงการเลือก ส่วน partition

กด Ok จะได้shell รูป

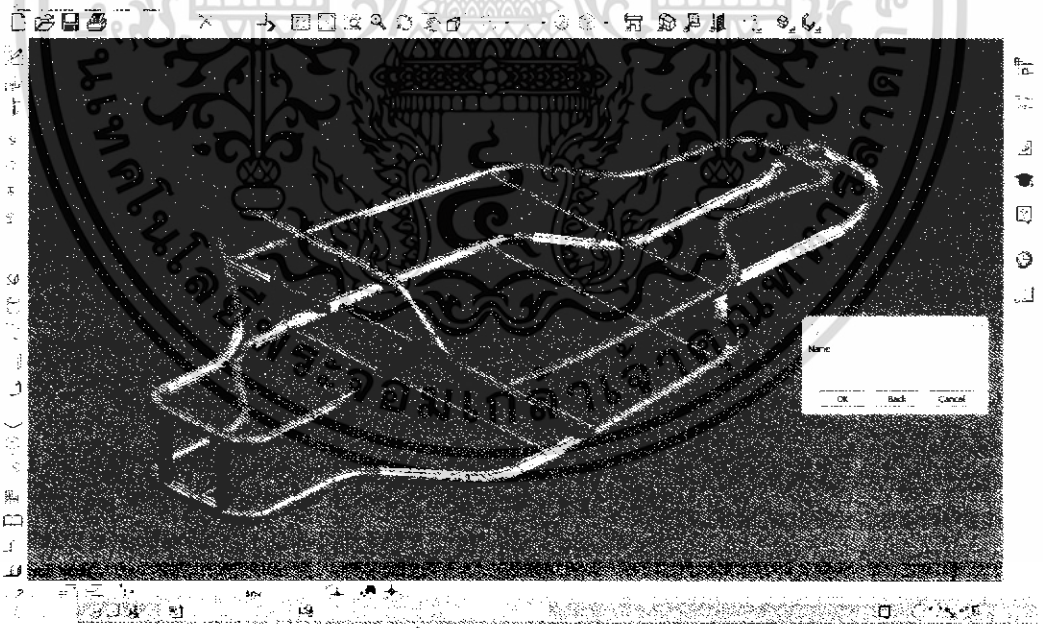
จากนั้น ให้เลือกกดปุ่ม Layer Setting และกำหนด ให้ layer 2เป็น work และ layer 3เป็น Selectable ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-30 รูปแสดงการ partition

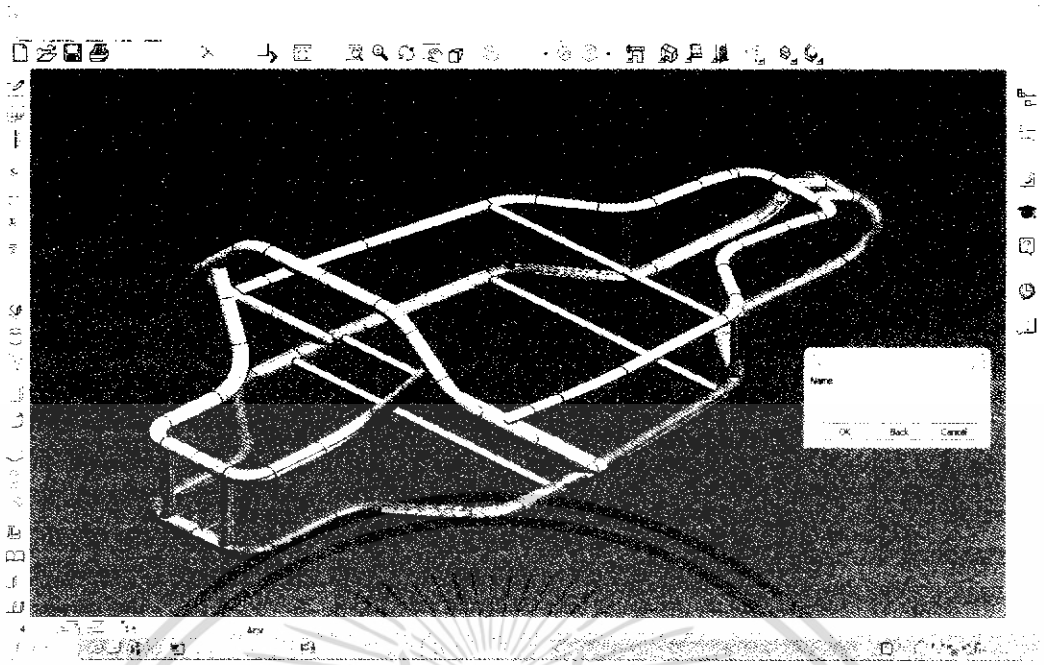
ต่อไปจะทำการ partition ชิ้นงานโดย กดปุ่ม Split จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นมาให้เลือกชิ้นงานสีส้ม แล้วกด OK ดังรูป



รูปที่ 3-31 แสดงการ partition

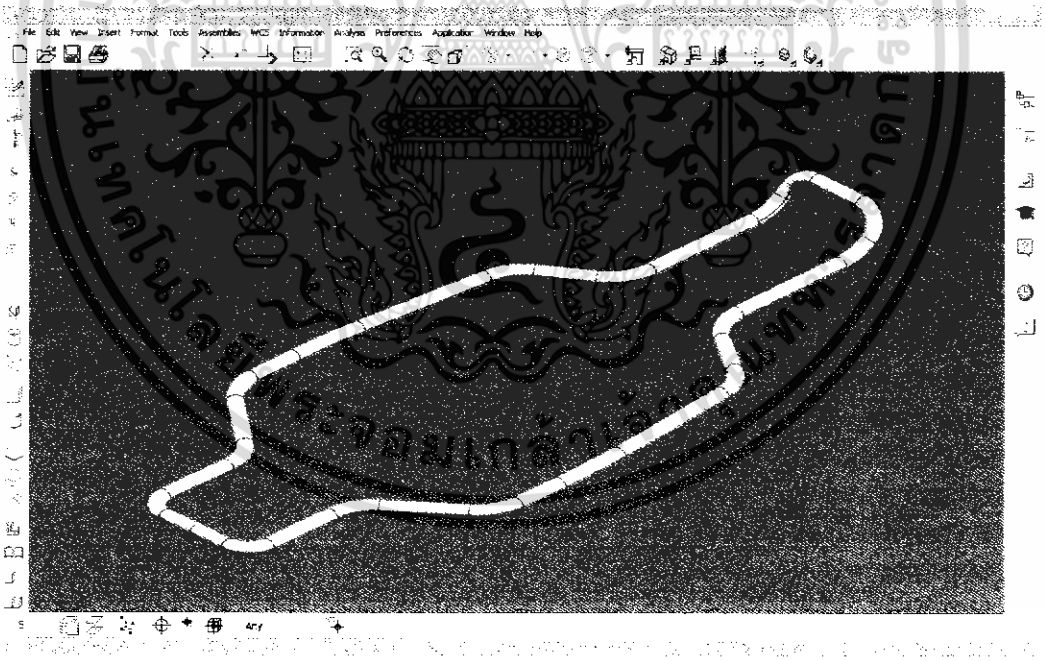
จากนั้นเลือกShell สีเหลืองที่สร้างไว้แล้วกด OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



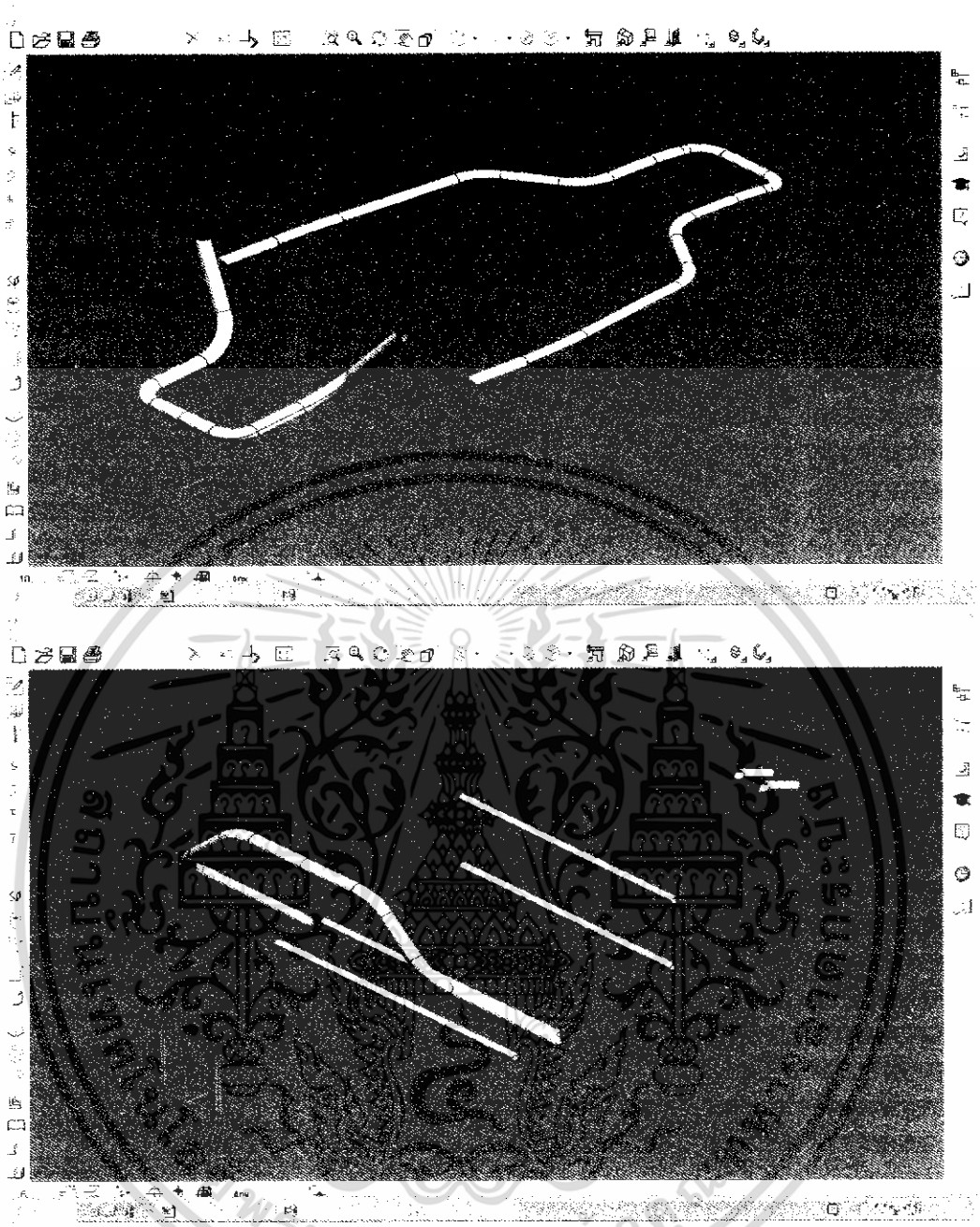
รูปที่ 3-32 แสดงการ partition

จากนั้นเลือกชิ้นงานด้านบนแล้วทำการ Split อีกจนได้ชิ้นงานตามรูป



รูปที่ 3-33 แสดงการ partition

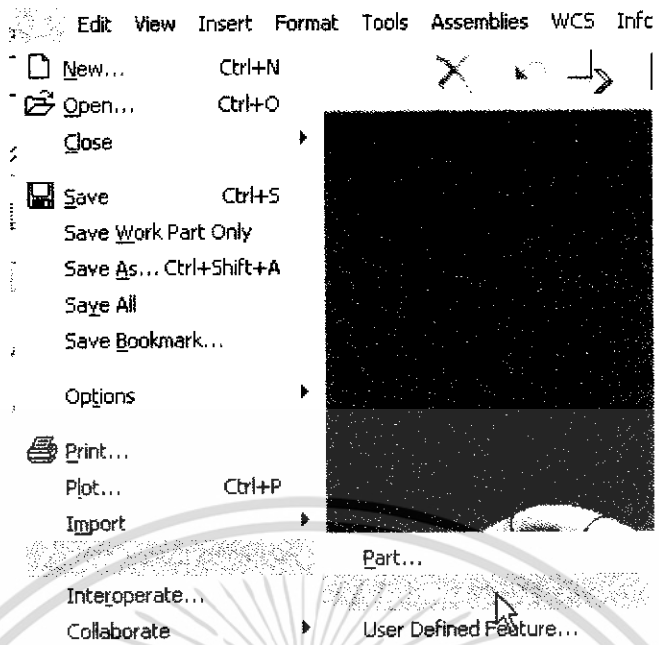
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-34 แสดงการ partition

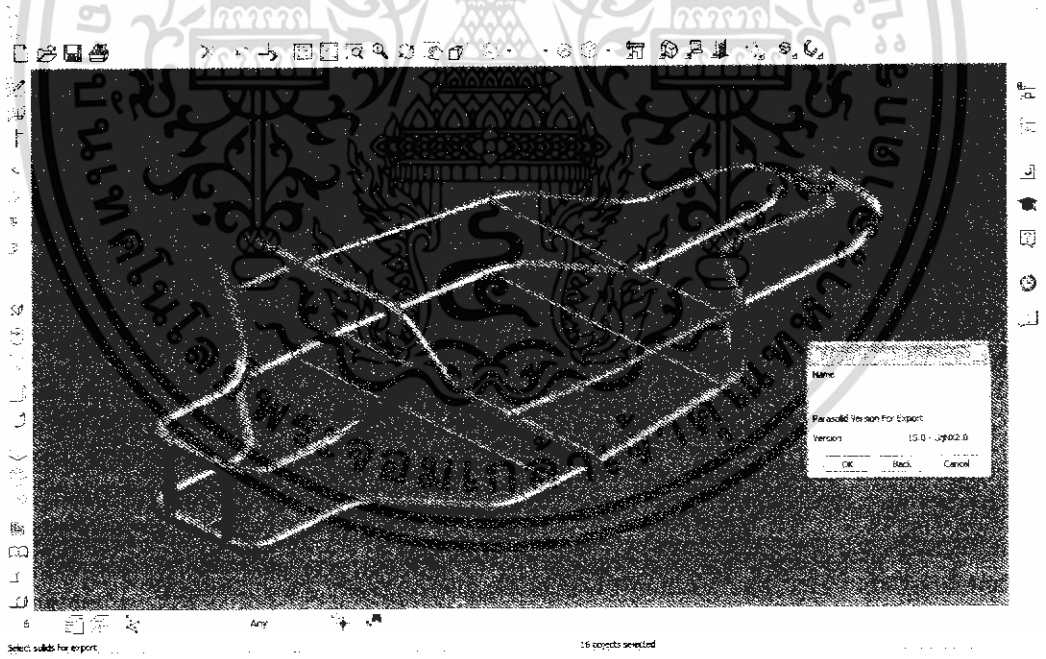
จากนั้นจะทำการ Export ชิ้นงานเพื่อนำไปคำนวณในโปรแกรม ABAQUS โดยกดที่เมนูคำสั่ง File >Export >Parasolid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-35 แสดงการ export

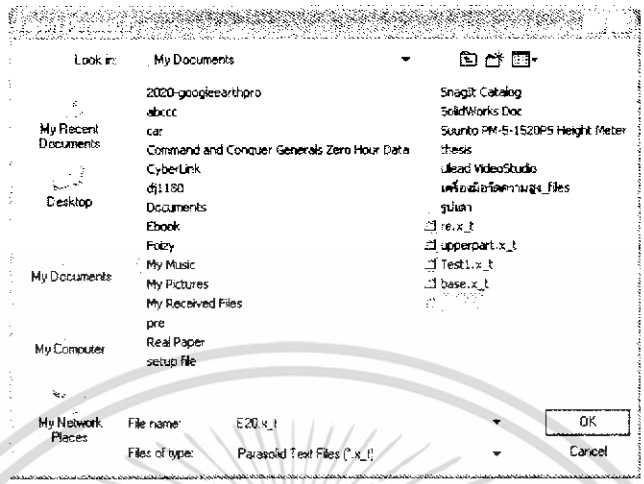
ให้เลือกชิ้นงานทั้งหมดแล้วกดOK



รูปที่ 3-36 แสดงการ export

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นมาให้ตั้งชื่อไฟล์ว่า E20.x_t เป็นอันเสร็จสิ้น



รูปที่ 3-37 ไดอะล็อกบ๊อกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

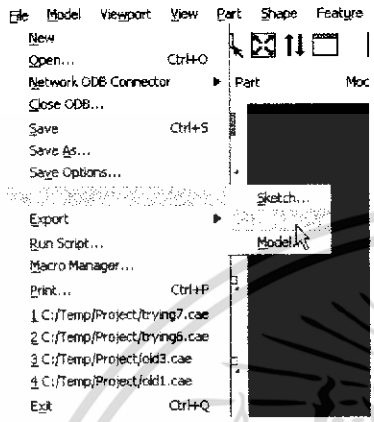
3.3 การจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรม ABAQUS

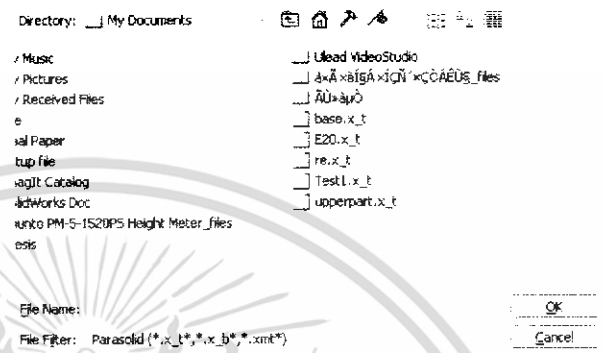
3.3.1 การจำลองสถานการณ์ ของเฟรมรถ E20

ต่อไปจะเป็นการ Simulation หาค่า bending โดยใช้โปรแกรม ABAQUS ซึ่งเริ่มจาก

1. Module Part Module: Part

เราจะทำการ Import part ที่เราทำการ Partition ไว้ในช่วงแรกโดย ใช้คำสั่ง File >Import >Part



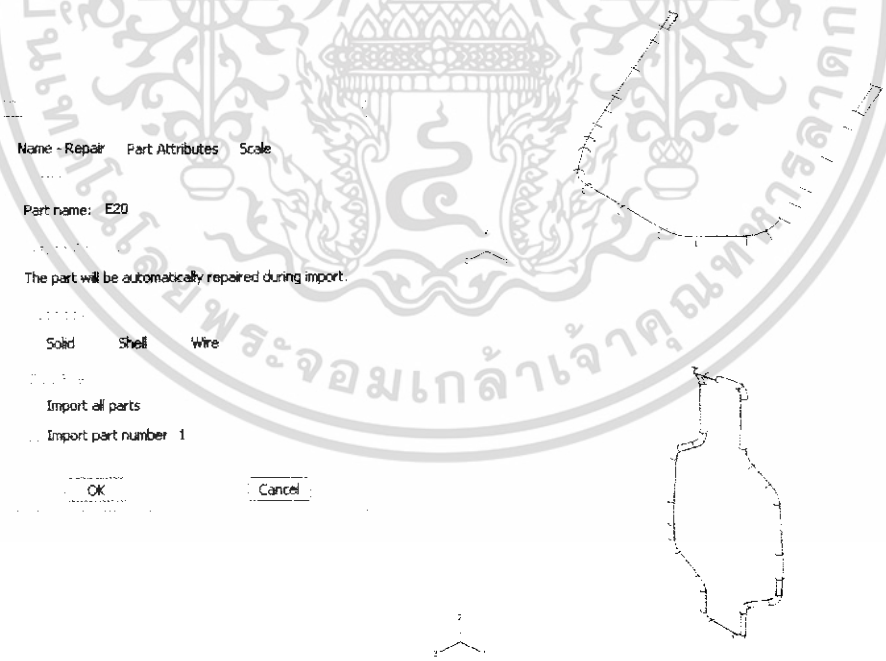


รูปที่ 3-38 แสดงการ Import part

รูปที่ 3-39 แสดงการ เลือกไฟล์

เลือกไฟล์ E20.x_t กด OK

เลือก Import all parts แล้วกด OK

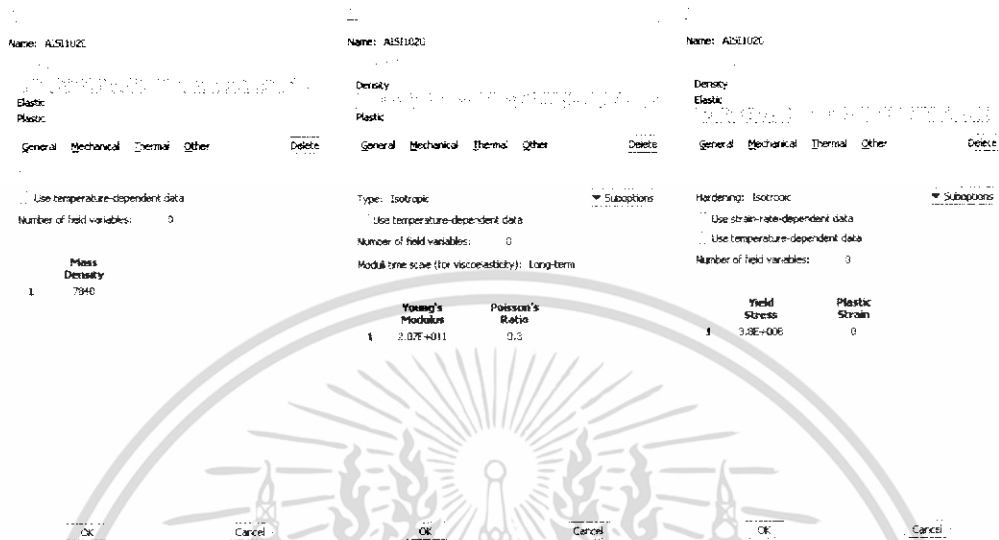


รูปที่ 3-40 แสดง part ที่ทำการ Import

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Module Property Module: Property

จะเป็นการกำหนดค่าคุณสมบัติของชิ้นงาน โดยกดปุ่ม เพื่อกำหนดค่าของวัสดุ ใส่ชื่อวัสดุเป็น AISI 1020 และใส่ค่าวัสดุดังภาพ



รูปที่ 3-41 แสดงการกำหนด property

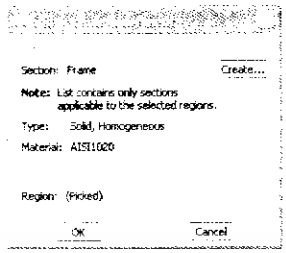
กดปุ่ม เพื่อสร้าง Section ของชิ้นงานโดย ใส่ชื่อเป็น และกำหนดค่าดังภาพ

รูปที่ 3-42 แสดงการกำหนด section รูปที่ 3-43 แสดงการกำหนด section

กด Continue จะปรากฏไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นอีก ให้เลือก Material เป็น AISI 1020 แล้วกด OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปทำการ Assign Section โดยกดปุ่ม แล้วเลือกที่ชิ้นงานแล้วกด Done จากนั้นจะปรากฏ dialog box ขึ้น ให้เลือก Section ชื่อ Frame แล้วกด OK ทำอย่างนี้จนครบทุกชิ้นงาน



รูปที่ 3-44 แสดงการกำหนด section

3. Module Assembly Module: Assembly

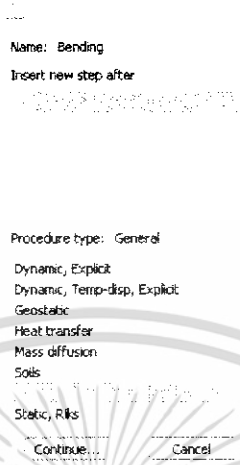
กดปุ่ม เพื่อนำชิ้นงานแต่ละชิ้นมารวมกัน โดยเลือกชิ้นงานทุกชิ้น และกำหนดค่าดังภาพ แล้วกด OK

รูปที่ 3-45 Module Assembly

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

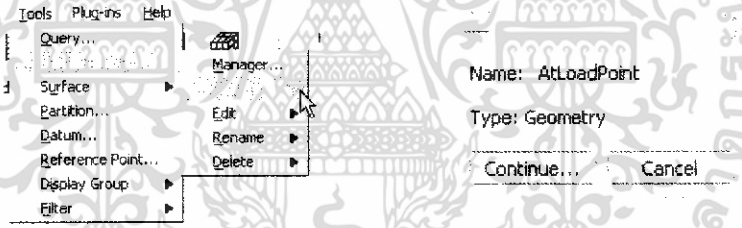
4. Module Step Module: Step

เราจะการสร้าง Step โดย มี 2 step คือ Initial step กับ Bending step โดยกด เพื่อสร้าง step โดยกำหนด ค่าต่างๆ ดังรูป

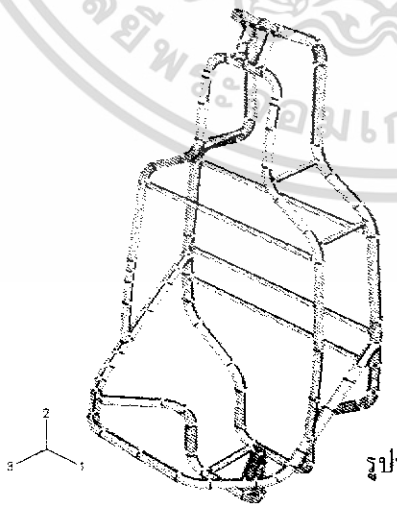


รูปที่ 3-46 Module Step

ต่อไปเราจะสร้าง Set เพื่อไว้รับค่าที่เราต้องการจะหาโดยเรา จะกดที่เมนูคำสั่ง Tools >Set >Create โดยใส่ชื่อ Set ว่า AtLoadPoint แล้วกด Continue



รูปที่ 3-47 รูปสร้าง geometry set

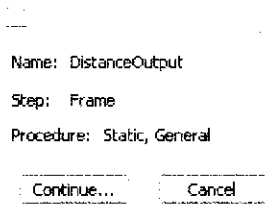


เลือกจุดดังภาพ แล้วกด OK

รูปที่ 3-48 รูปสร้าง geometry set

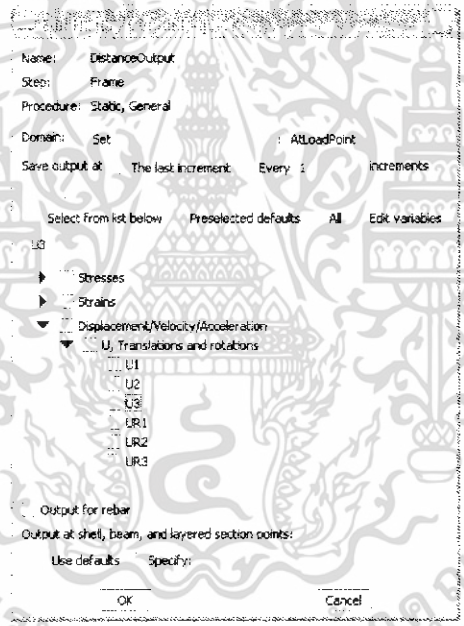
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปเราจะสร้าง History Output เพื่อหาระยะโก่งของ Frame โดยกดปุ่ม จะปรากฏdialog boxขึ้นให้ตั้งชื่อ DistanceOutput แล้วกด Continue



รูปที่ 3-49 รูปสร้าง History output

ในช่อง Domain ให้เลือกเป็น Set และ เลือก Set “AtLoadPoint” ส่วนในช่อง Output Variables ให้เลือก Displacement/Velocity/Acceleration >U, Translation and Rotations >U3 แล้วกด OK

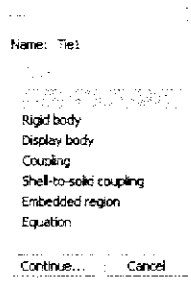


รูปที่ 3-50 รูปสร้าง History output

5. Module Interaction Module: Interaction

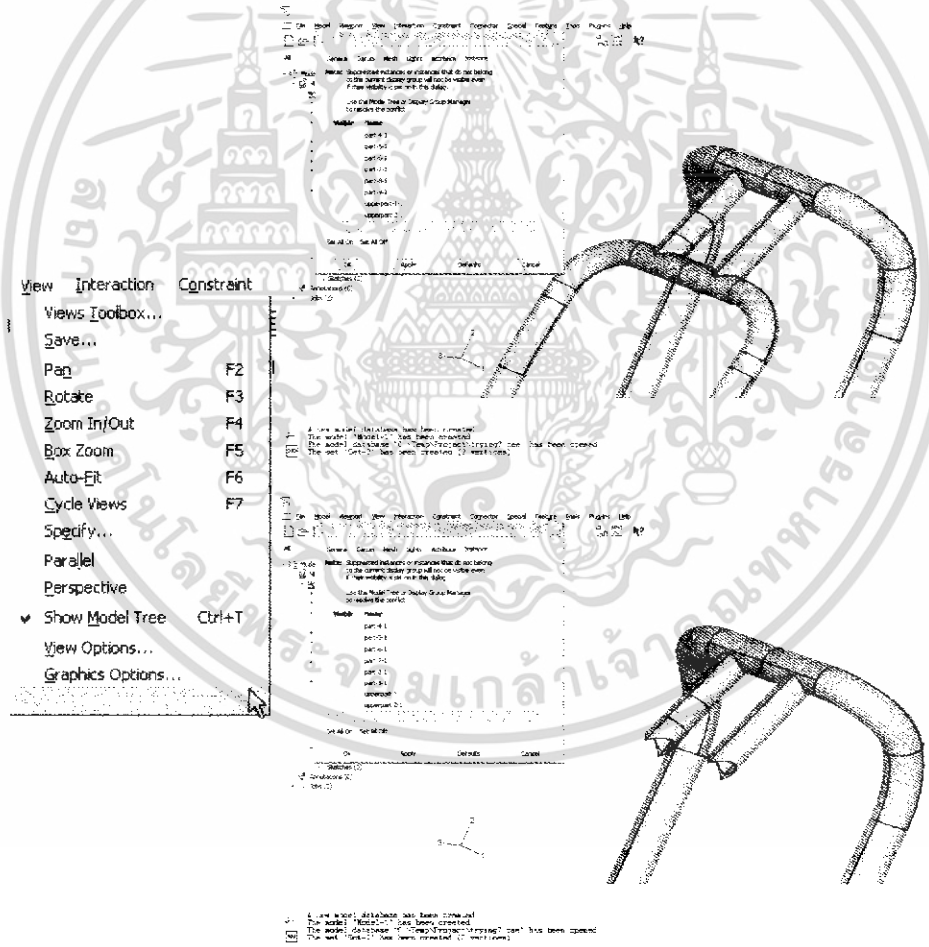
เนื่องจากชิ้นงานที่ Partition จากโปรแกรม UG นั้น โปรแกรม ABAQUS จะเห็นชิ้นงานไม่ติดกัน ดังนั้น เราต้องทำการ Tie ชิ้นงานเข้าด้วยกัน โดยกดปุ่ม แล้วเลือกค่าดังภาพ แล้วกด Continue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-51 แสดงการกำหนด interaction

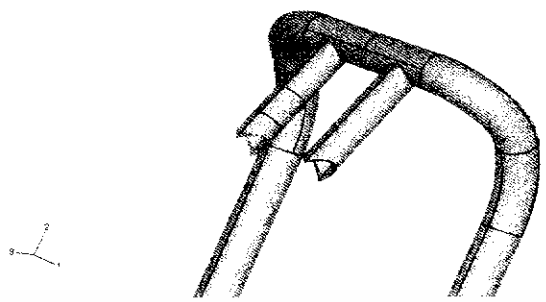
จากนั้นให้เราเลือกผิวชิ้นงานที่ต้องการให้ติดกัน 1 ผิวเป็น Master Surface แล้วกด Done หากเรามองไม่เห็นผิวชิ้นงานที่ต้องการ เราสามารถซ่อนชิ้นงานบางชิ้นก่อนโดยกดที่เมนูคำสั่ง View >Assembly Display Options แล้วเลือก Instance จากนั้นเลือกเครื่องหมายถูกหน้าชิ้นงานที่ต้องการซ้อนออกแล้วกด Apply



รูปที่ 3-52 แสดงการใช้คำสั่ง view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือก Master Surface(สีแดง)



รูปที่ 3-53 แสดงการ tie

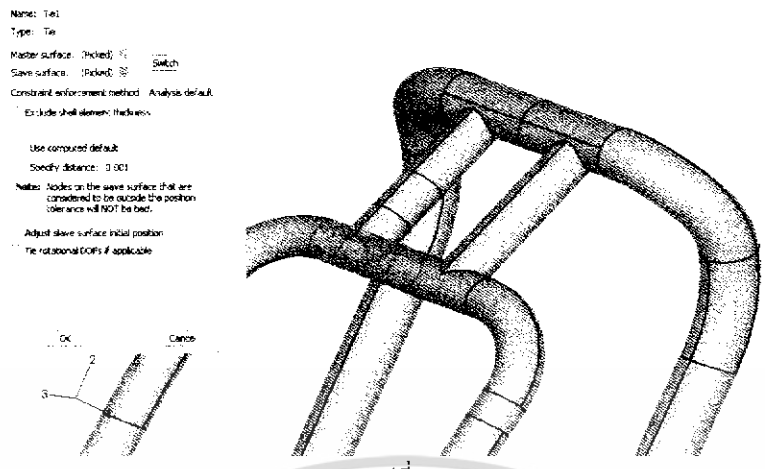
จากนั้นจะมีคำถามด้านล่าง

ให้เลือก Surface จากนั้นเลือก Slave Surface (สีม่วง) ที่ต้องการมาต่อกับ Master Surface แล้วกด Done

รูปที่ 3-54 แสดงการ tie

จากนั้นจะมีdialog box ปรากฏขึ้นมา ในช่อง Position Tolerance ให้เลือก Specify Distance และใส่ค่า 0.001 แล้วกด OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-55 แสดงการ tie

โปรแกรมจะแสดงสัญลักษณ์ว่าได้ทำการ Tie ชิ้นงานเข้าด้วยกันแล้วดังภาพ

รูปที่ 3-56 แสดงการ tie

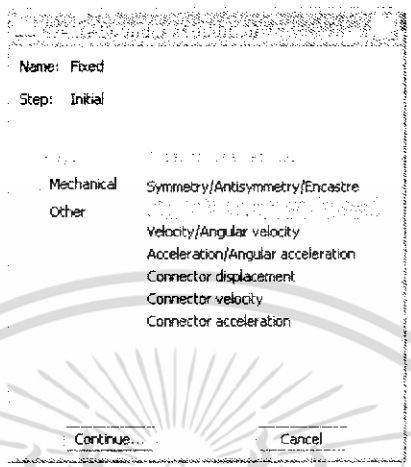
จากนั้นให้ทำการ Tie ชิ้นงานทุกชิ้นเข้าด้วยกันตามวิธีข้างต้น เมื่อครบแล้วจะได้ชิ้นงานดังภาพ

รูปที่ 3-57 แสดงผลการ tie

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

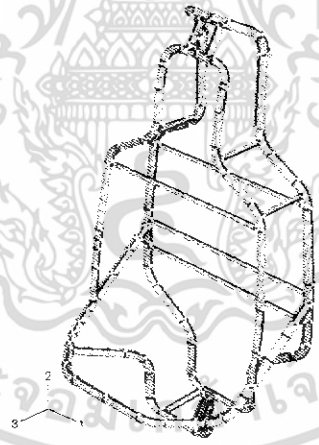
6. Module Load Module: Load

เริ่มจากกำหนด Boundary Condition โดยกดปุ่ม จะมีdialog boxปรากฏขึ้นมาให้ตั้งชื่อว่า Fixed และเลือกประเภทเป็น Displacement/Rotation แล้วกด Continue



รูปที่ 3-58 แสดงการกำหนด Boundary Condition

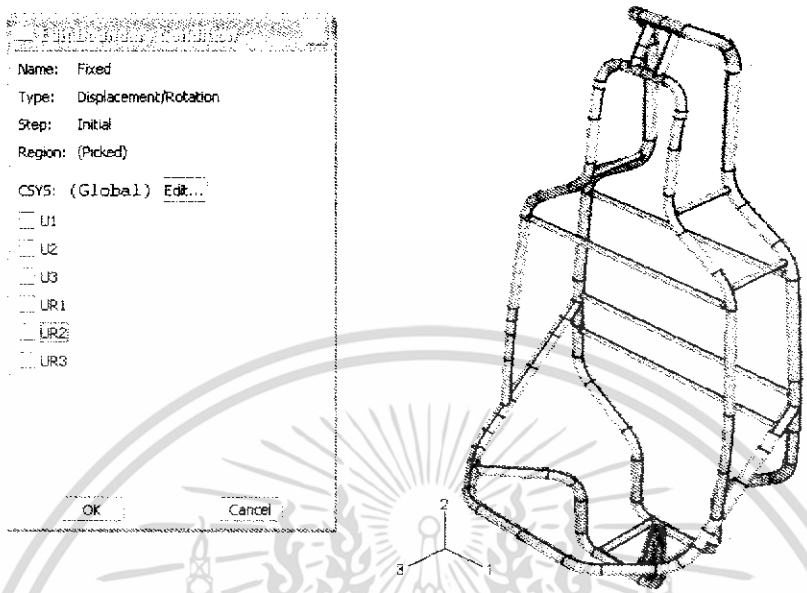
จากนั้นให้เลือกจุดตามรูปด้านล่างแล้วกด Done



รูปที่ 3-59 แสดงจุดที่ทำการกำหนด Boundary Condition

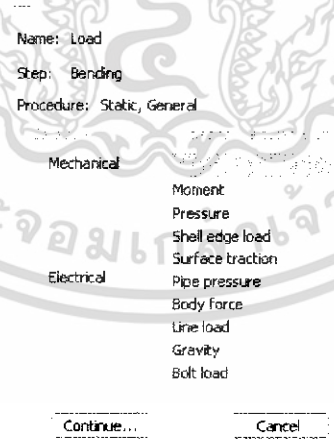
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมา ให้เลือกถูก หน้าทุกช่อง แล้วกด OK จะได้ผลดังรูป



รูปที่ 3-60 แสดงจุดที่ทำการกำหนด Boundary Condition

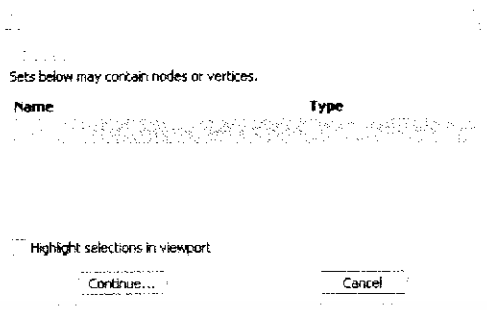
ต่อไปจะทำการกำหนดโหลด โดยกดปุ่ม จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมา ให้ตั้งชื่อว่า Load และเลือกเป็น Concentrated Force จากนั้นกดปุ่ม Continue



รูปที่ 3-61 แสดงการกำหนด Load

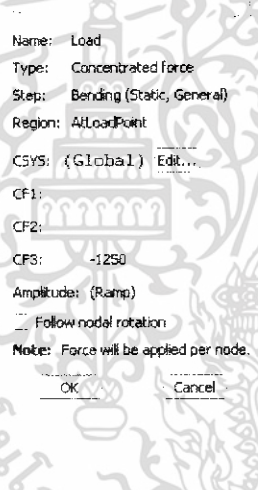
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นกดปุ่ม Set ด้านขวาล่าง จะปรากฏให้เลือก Set “AtLoadPoint” แล้วกด Continue

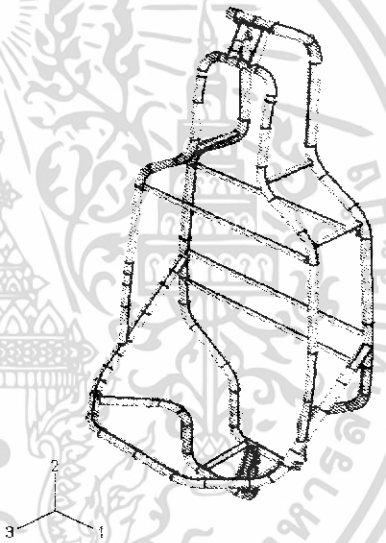


รูปที่ 3-62 แสดงการกำหนด Load

จากนั้นจะมีdialog boxปรากฏขึ้นมา ให้ใส่ค่าในช่อง CF3 = -1250 แล้วกด OK



รูปที่ 3-63 แสดง dialog box



รูปที่ 3-64 แสดงผลการกำหนด Load

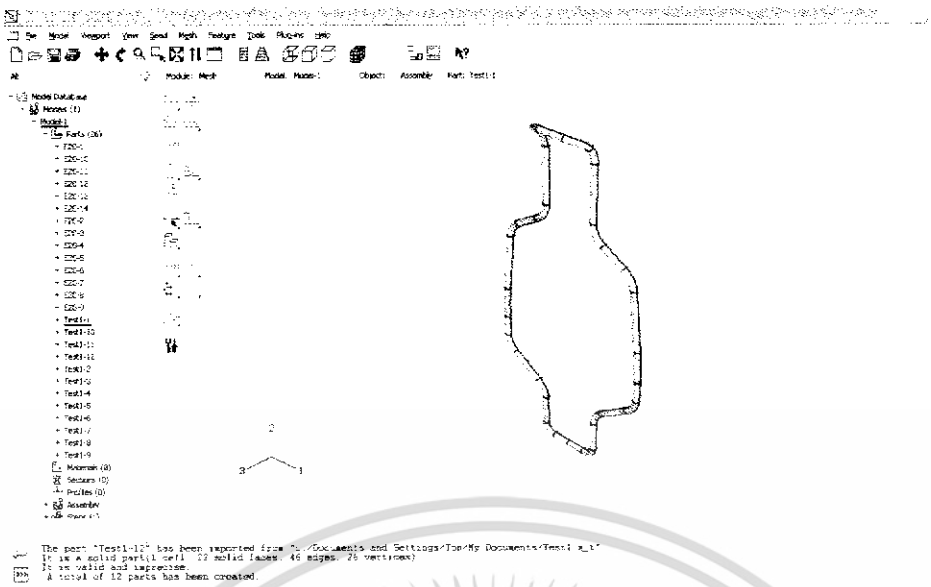
7. Module เมช Module: Mesh

ในการเมชชิ้นงานนั้น โปรแกรม ABAQUS จะบอกวิธีแบ่งเมชตามสีที่แสดงคือ

- สีเขียว : สามารถแบ่งเมชแบบ Structure ได้
- สีเหลือง : สามารถแบ่งเมชแบบ Sweep ได้
- สีชมพู : สามารถแบ่งเมชแบบ Tet ได้
- สีส้ม : ไม่สามารถแบ่งเมชได้

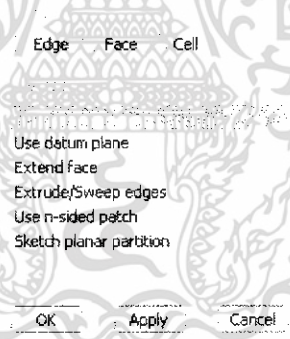
โดยที่ชิ้นงานของเรามีความซับซ้อน ต้องทำการ Partition เสียก่อน จึงจะสามารถแบ่งเมชได้ โดยเราจะทำการ Partition ทีละชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



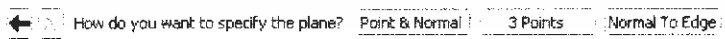
รูปที่ 3-65 แสดงชิ้นที่ 1 base

จากรูปจะเห็นได้ว่ายังทำการเมชไม่ได้ ดังนั้นเราต้องทำการ Partition โดย กดที่เมนูคำสั่ง Tool>Partition จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมาให้เลือก Cell และ Define Cutting Plane



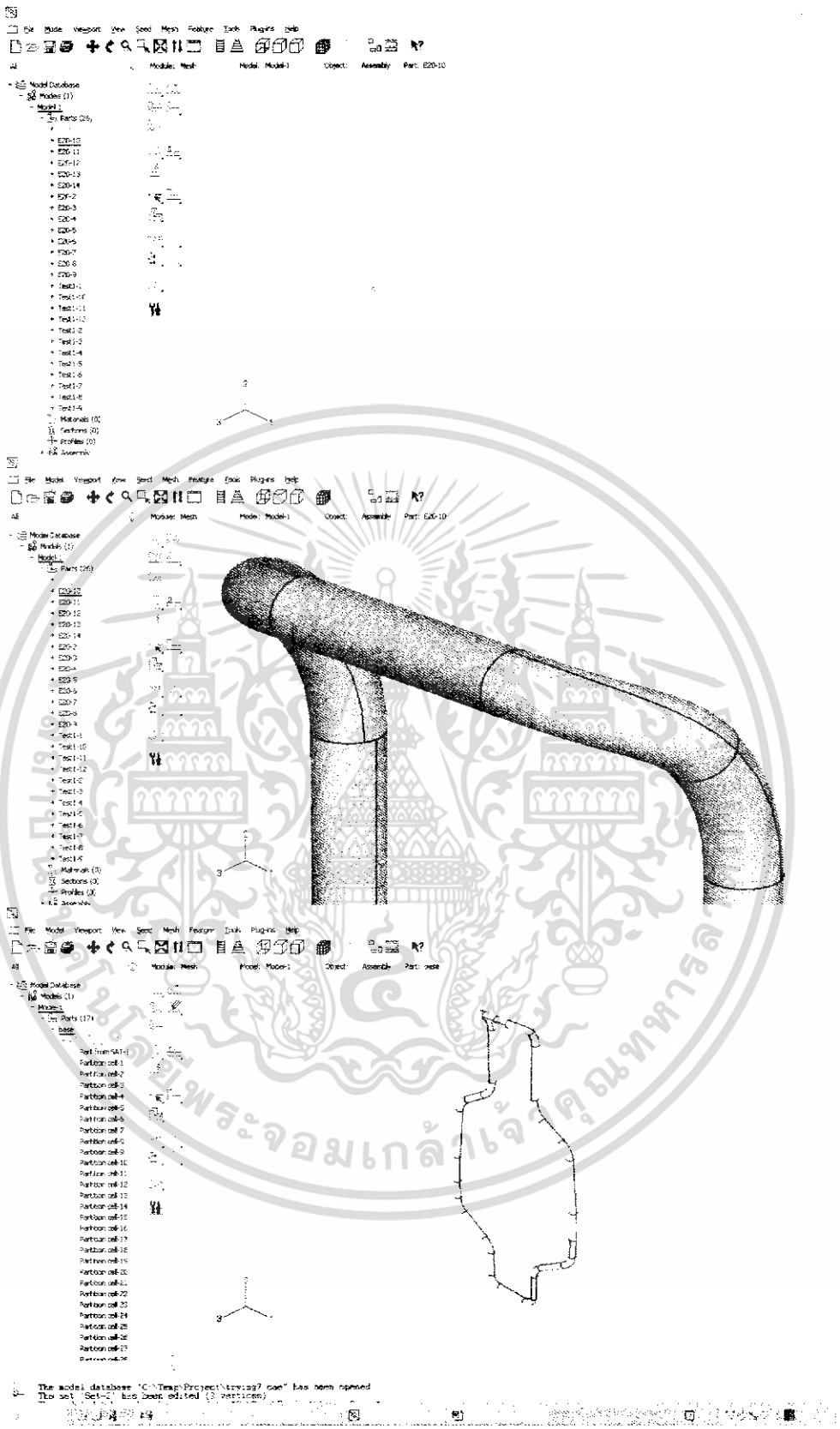
รูปที่ 3-66 แสดงการ partition

ที่แถบด้านล่างจะปรากฏ



ให้เลือก 3 Points และเลือกจุดดังรูปแล้วกดปุ่ม Create Partition

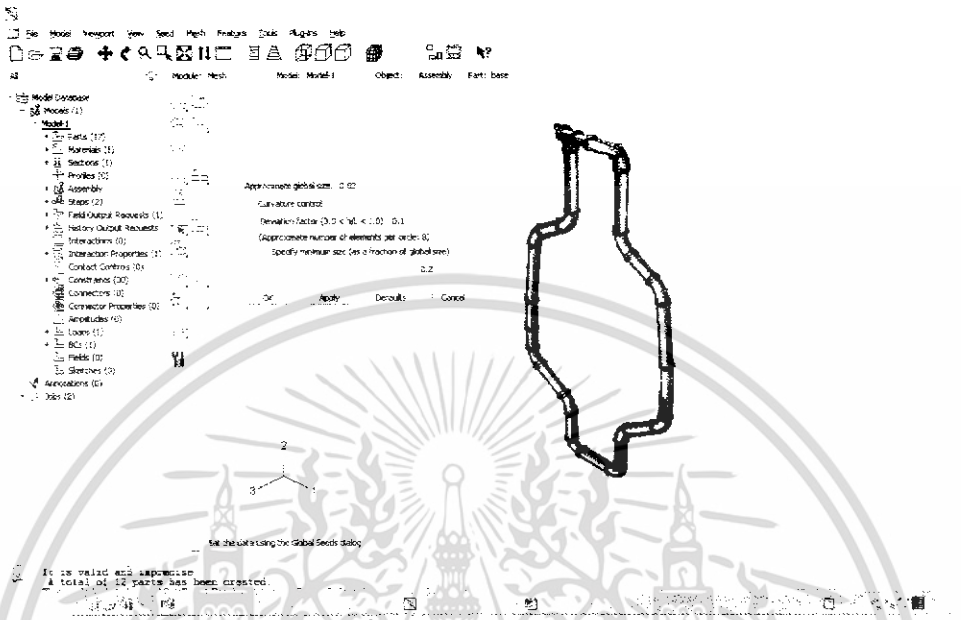
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-67 แสดงผลลัพธ์การ partition แบบ 3 Points

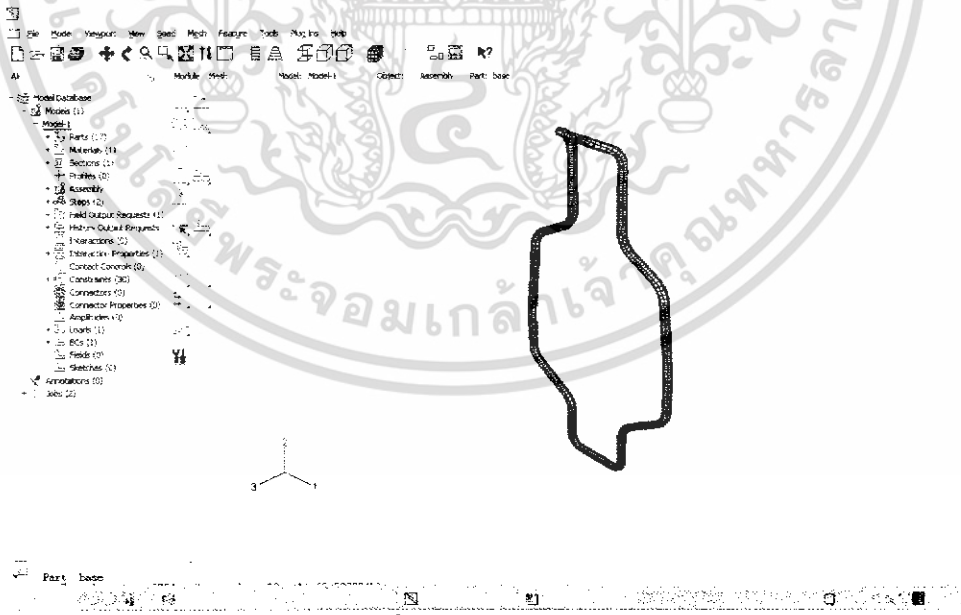
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าชิ้นงานยังคงเป็นสีส้มอยู่ ดังนั้นจึงต้องทำการ Partition ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งชิ้นงานเป็นสีเหลืองหรือสีเขียวดังรูป จากนั้นเราจะทำการกำหนด Seed ให้กับชิ้นงานโดยกดปุ่ม จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมา โดยเราจะกำหนด Global Seeds ไว้ประมาณ 0.02 แล้วกด OK



รูปที่ 3-68 รูปแสดงการ partition

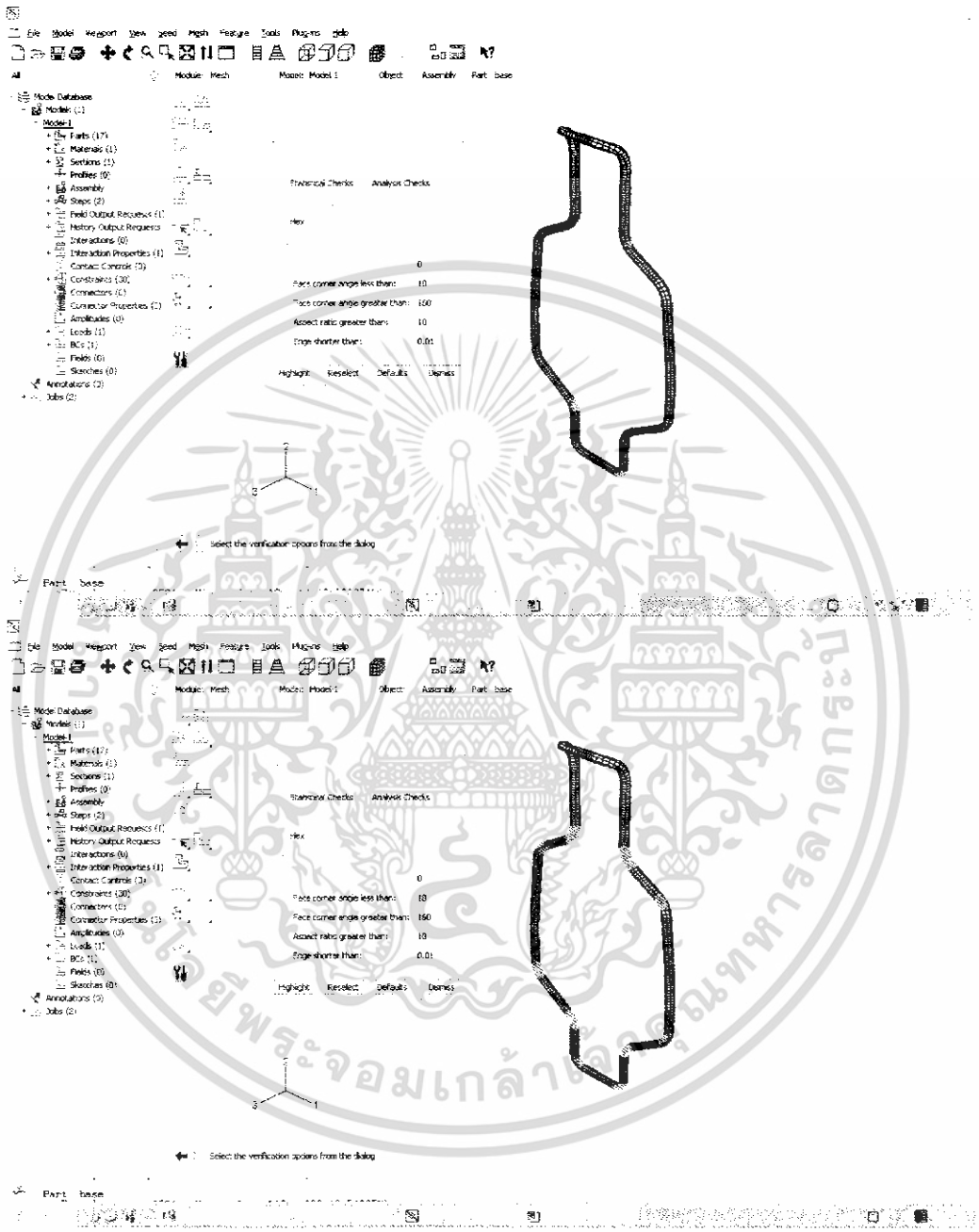
หลังจากนั้นเราจะทำการเมชชิ้นงานโดยกดปุ่ม และกด OK ดังรูป



รูปที่ 3-69 รูปแสดงการเมช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปเราจะทำการตรวจสอบเมช เพื่อตรวจหา เอลิเมนต์ ที่ไม่ดี หรือ เอลิเมนต์ ที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ คือไม่ให้ Face corner angle น้อยกว่า 10 และไม่มากกว่า 160 โดยกดปุ่ม แล้วกด Highlight โดยมีdialog boxปรากฏขึ้นมาดังรูป

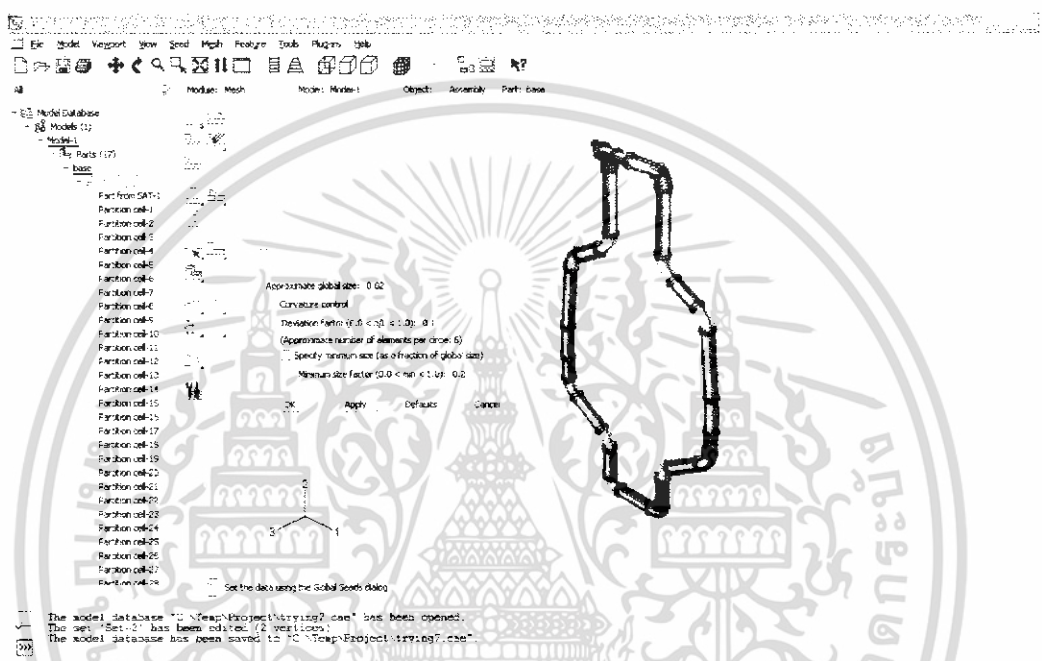


รูปที่ 3-70 รูปแสดงผลการเมช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพื้นที่ที่มีสีม่วงแสดงนั้น คือ เอลิเมนต์ ที่มี Face corner angle น้อยกว่า 10 และมากกว่า 160 ดังนั้น เราจะทำการแก้ไขเมช โดยการกำหนดค่า Seed ใหม่ที่ส่วนที่มีปัญหาเพื่อเพิ่มหรือลดจำนวนเอลิเมนต์ โดยกด จะเป็นการกำหนดจำนวน Seed ในedges ที่เราการ หรือ กด จะเป็นการกำหนดจำนวน Seed ใน edges ที่เราการคล้ายกับการ Seed edges by number แต่ว่า ความถี่ของการกำหนด Seed จะเรียงตัวถี่ในช่วงแรกของ Edges และ ค่อยๆกว้างขึ้นในช่วงปลาย

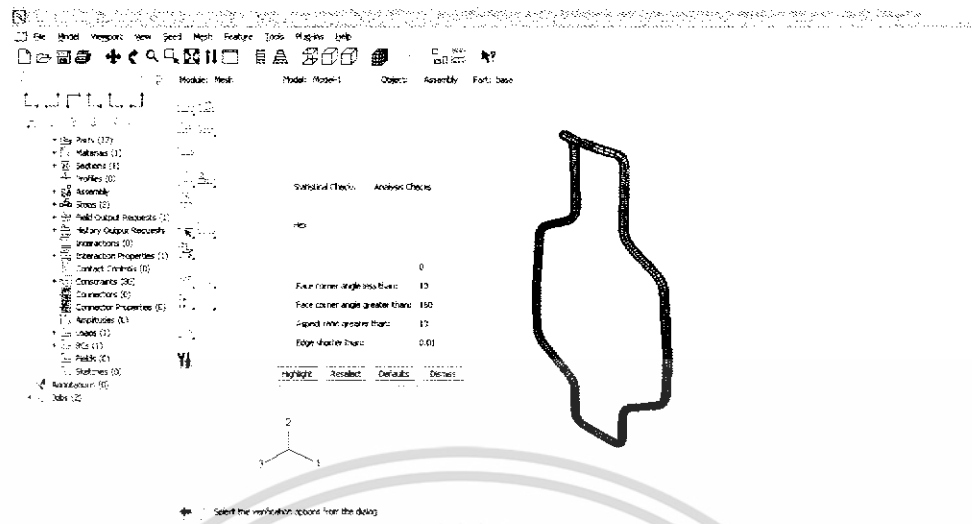
เมื่อเราทำการ Seed ใหม่เรียบร้อยแล้ว Seed ที่แก้ไขจะแสดงให้เห็นเป็นสีม่วงดังภาพ



รูปที่ 3-71 แสดงการ Seed ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

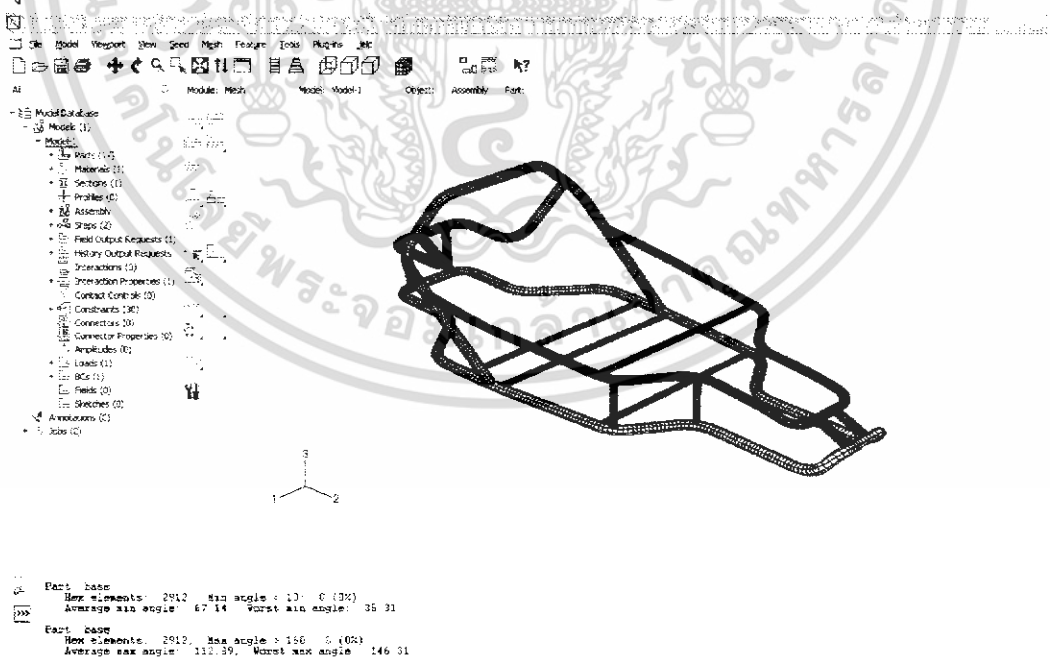
ให้เราการเมช และตรวจสอบเมช อีกครั้ง จนกระทั่งไม่มี เอลิเมนต์ ที่ไม่ดีเหลืออยู่ดังรูป



```
Part: base
   Hex elements:  2912,  Min angle < 10:  0 (0%)
   Average min angle:  67.14,  Worst min angle:  35.31

Part: base
   Hex elements:  2912,  Max angle > 160:  0 (0%)
   Average max angle:  112.89,  Worst max angle:  146.31
```

รูปที่ 3-72 แสดงการตรวจสอบเมช

จากนั้นทำการเมชชิ้นงานทุกชิ้นตามวิธีข้างต้น โดยต้องตรวจสอบชิ้นงานทุกครั้ง และเมื่อทำครบทุกชิ้นงานแล้ว จะได้ผลดังภาพ



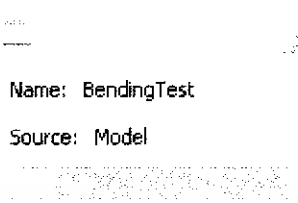
```
Part: base
   Hex elements:  2912,  Min angle < 10:  0 (0%)
   Average min angle:  67.14,  Worst min angle:  35.31

Part: base
   Hex elements:  2912,  Max angle > 160:  0 (0%)
   Average max angle:  112.89,  Worst max angle:  146.31
```

รูปที่ 3-73 แสดงผลการเมช

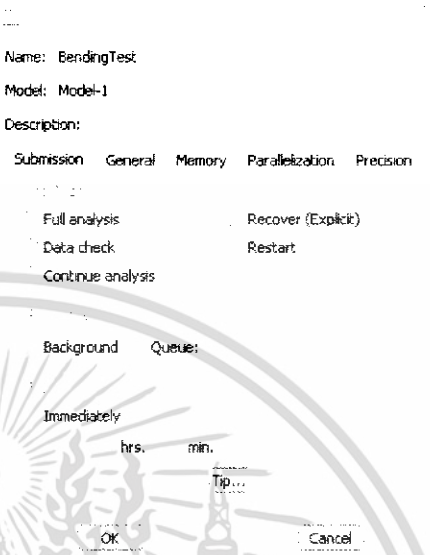
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Module Job Module: Job

ต่อไปจะทำการ Simulation เพื่อหาผลที่เราอยากทราบค่า โดยกดปุ่ม Create Job จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นมา ให้ตั้งชื่อว่า BendingTest แล้วกด Continue



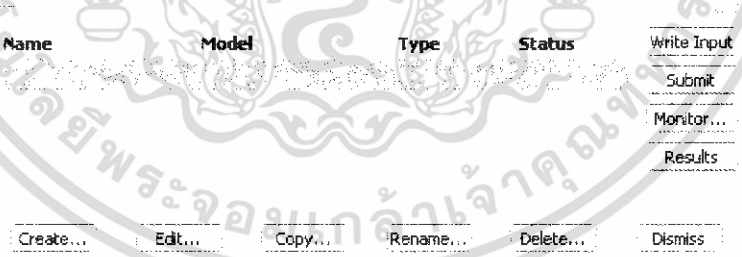
รูปที่ 3-74 แสดง dialog box



รูปที่ 3-75 แสดงการ set ค่า job manager

เมื่อมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นมาใช้ค่า Default กด OK

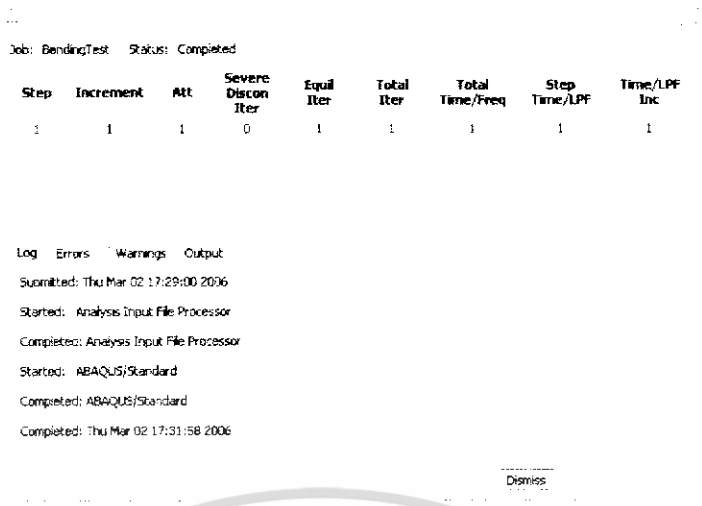
จากนั้นกด Job Manager จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นมาดังรูป แล้วกด Submit



รูปที่ 3-76 แสดง job manager

Status จะเปลี่ยน เป็น Running ให้กด Monitor เพื่อดูสถานะ เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณเสร็จแล้วจะปรากฏดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-77 แสดง job manager กำลัง run

3.3.2 การจำลองสถานการณ์ของเฟรมรถ EV

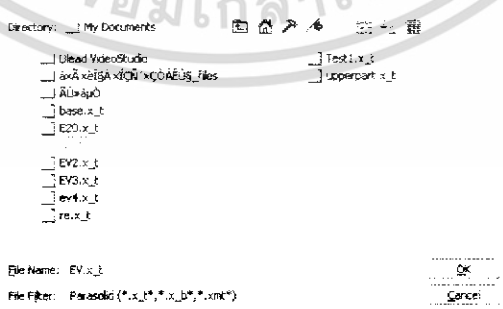
ต่อไปจะเป็นการ Simulation หาค่า bending โดยใช้โปรแกรม ABAQUS ซึ่งเริ่มจาก

1. Module Part Module: Part

เราจะทำการ Import part ที่เราทำการ Partition ไว้ในช่วงแรก โดย ใช้คำสั่ง File >Import >Part

รูปที่ 3-78 แสดง การ Import part

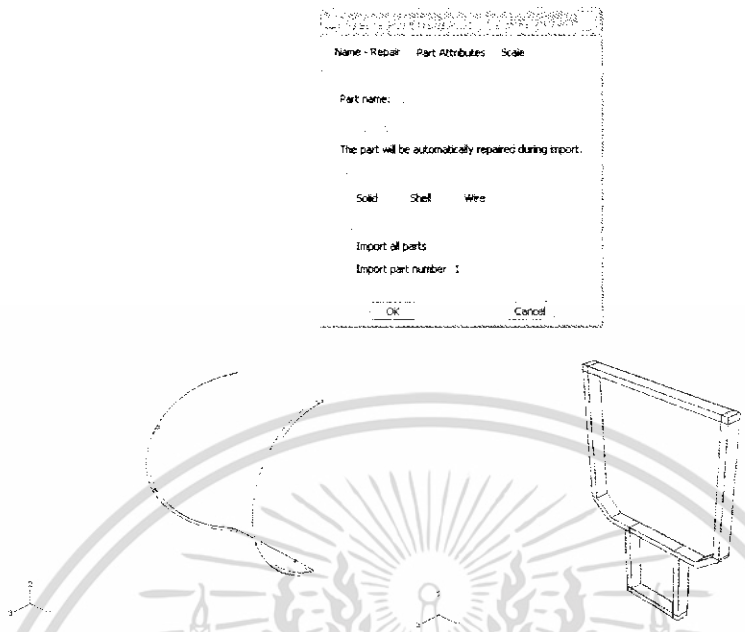
เลือกไฟล์ EV.x_t กด OK



รูปที่ 3-79 แสดงไดอะล็อกบ๊อกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

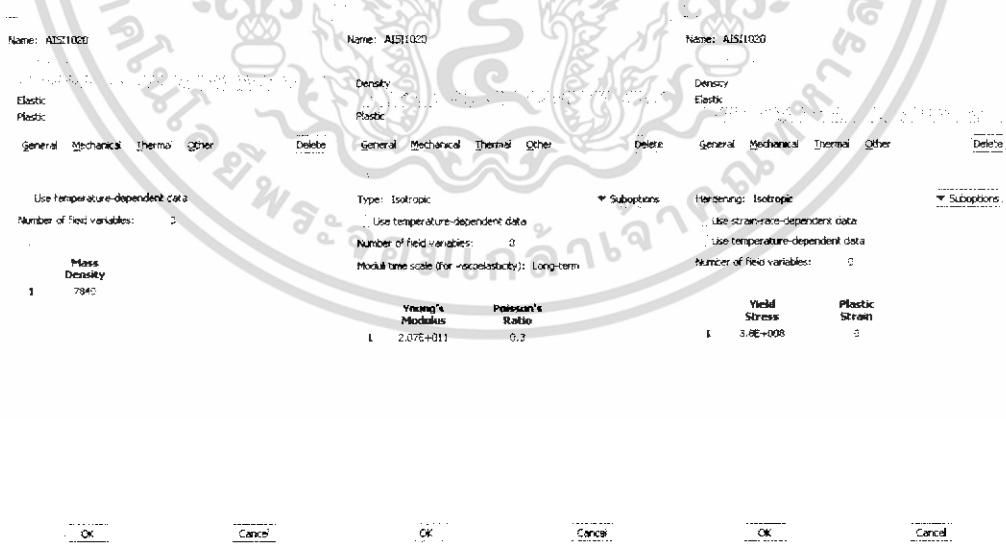
เลือก Import all parts แล้วกด OK



รูปที่ 3-80 แสดง part ที่ import มา

2. Module Property Module: Property

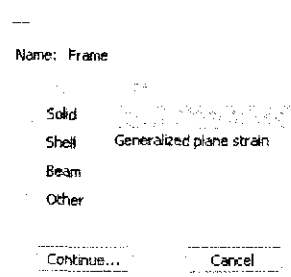
จะเป็นการกำหนดค่าคุณสมบัติของชิ้นงาน โดยกดปุ่ม เพื่อกำหนดค่าของวัสดุ ใส่ชื่อวัสดุเป็น AISI 1020 และใส่ค่าวัสดุดังภาพ



รูปที่ 3-81 แสดงการ กำหนด property

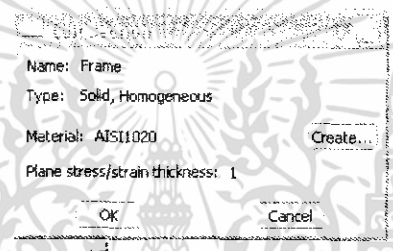
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม เพื่อสร้าง Section ของชิ้นงานโดย ใส่ชื่อเป็น และกำหนดค่าดังภาพ



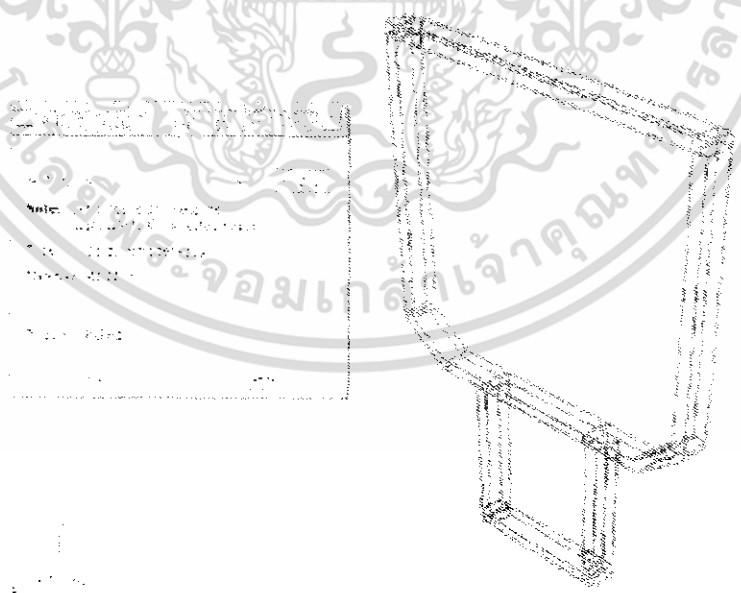
รูปที่ 3-82 แสดงการสร้าง Section

กด Continue จะปรากฏไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นอีก ให้เลือก Material เป็น AISI 1020 แล้วกด OK



รูปที่ 3-83 แสดง dialog box

ต่อไปทำการ Assign Section โดยกดปุ่ม แล้วเลือกที่ชิ้นงานแล้วกด Done จากนั้นจะปรากฏไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้น ให้เลือก Section ชื่อ Frame แล้วกด OK ทำอย่างนี้จนครบทุกชิ้นงาน

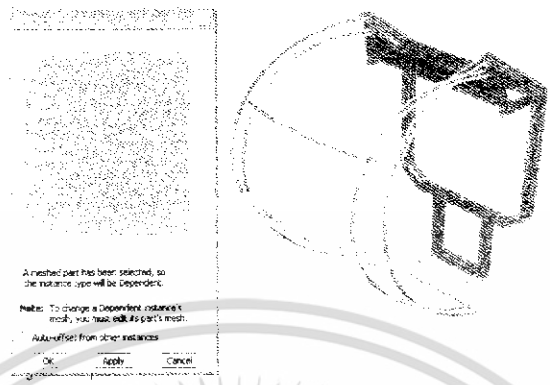


รูปที่ 3-84 แสดง การ Assign Section

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Module Assembly Module: Assembly

กดปุ่ม เพื่อนำชิ้นงานแต่ละชิ้นมารวมกัน โดยเลือกชิ้นงานทุกชิ้น และกำหนดค่าดังภาพ แล้วกด OK



รูปที่ 3-85 แสดงการ Assembly

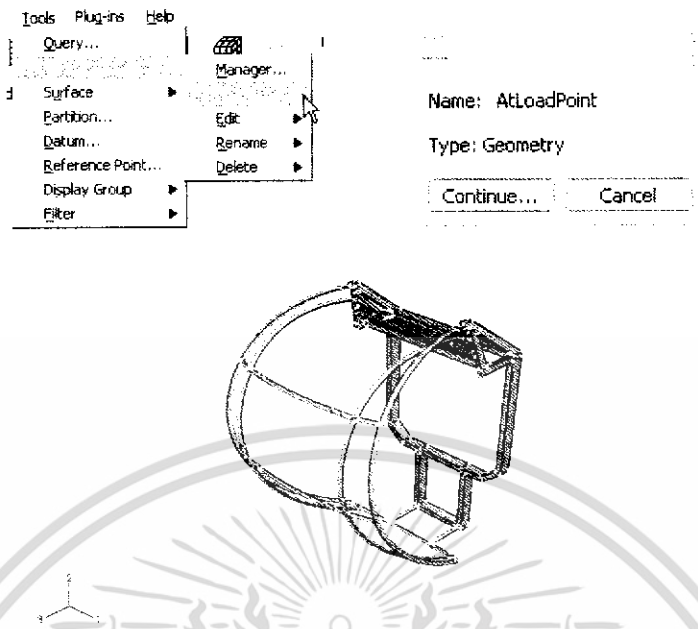
4. Module Step Module: Step

เราจะการสร้าง Step โดย มี 2 step คือ Initial step กับ Bending step โดยกด เพื่อสร้าง step โดยกำหนด ค่าต่างๆ ดังรูป

รูปที่ 3-86 แสดงการ กำหนด step

ต่อไปเราจะสร้าง Set เพื่อไว้รับค่าที่เราต้องการจะหาโดยเรา จะกดที่เมนูคำสั่ง Tools >Set >Create โดยใส่ชื่อ Set ว่า AtLoadPoint แล้วกด Continue

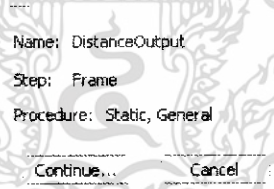
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-87 แสดงการสร้าง geometry Set

เลือกจุดดังภาพ แล้วกด OK

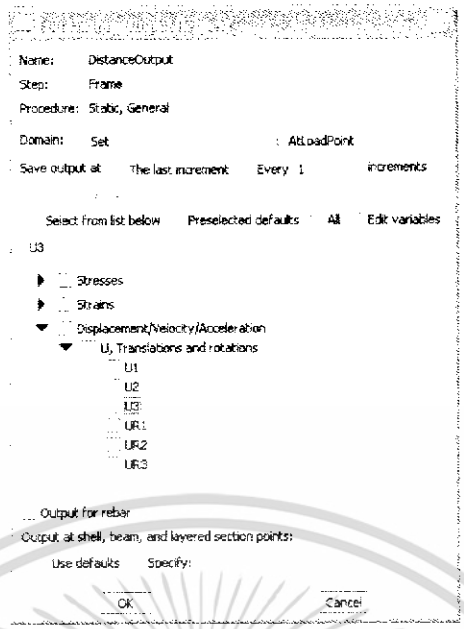
ต่อไปเราจะสร้าง History Output เพื่อหาระยะโก่งของเฟรมโดยกดปุ่ม จะปรากฏไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นให้ตั้งชื่อ DistanceOutput แล้วกด Continue



รูปที่ 3-88 แสดงการสร้าง History Output

ในช่อง Domain ให้เลือกเป็น Set และ เลือก Set "AtLoadPoint" ส่วนในช่อง Output Variables ให้เลือก Displacement/Velocity/Acceleration >U, Translation and Rotations >U3 แล้วกด OK

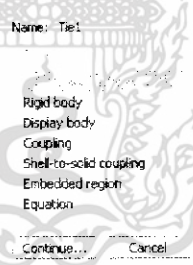
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-89 แสดงการสร้าง History Output

5. Module Interaction Module: Interaction

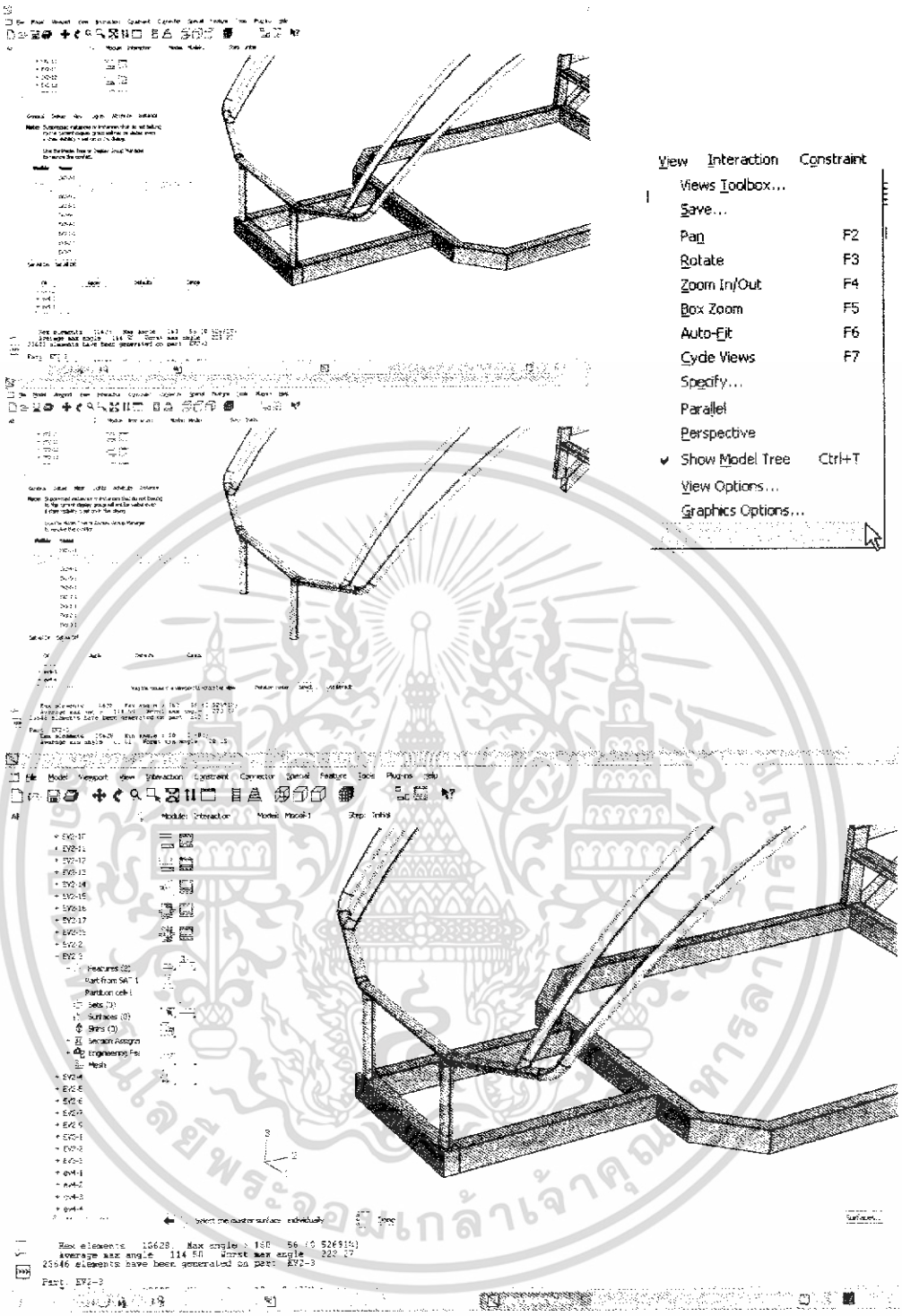
เนื่องจากชิ้นงานที่ Partition จากโปรแกรม UG นั้น โปรแกรม ABAQUS จะเห็นชิ้นงานไม่ติดกัน ดังนั้น เราต้องทำการ Tie ชิ้นงานเข้าด้วยกัน โดยกดปุ่ม แล้วเลือกค่าดังภาพ แล้วกด Continue



รูปที่ 3-90 แสดงการกำหนดInteraction

จากนั้นให้เราเลือกผิวชิ้นงานที่ต้องการให้ติดกัน 1 ผิวเป็น Master Surface แล้วกด Done หากเรามองไม่เห็นผิวชิ้นงานที่ต้องการ เราสามารถซ่อนชิ้นงานบางชิ้นก่อนโดยกดที่เมนูคำสั่ง View >Assembly Display Options แล้วเลือก Instance จากนั้นเลือกเครื่องหมายถูกหน้าชิ้นงานที่ต้องการซ้อนออกแล้วกด Apply

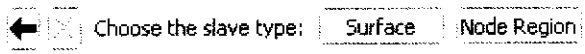
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

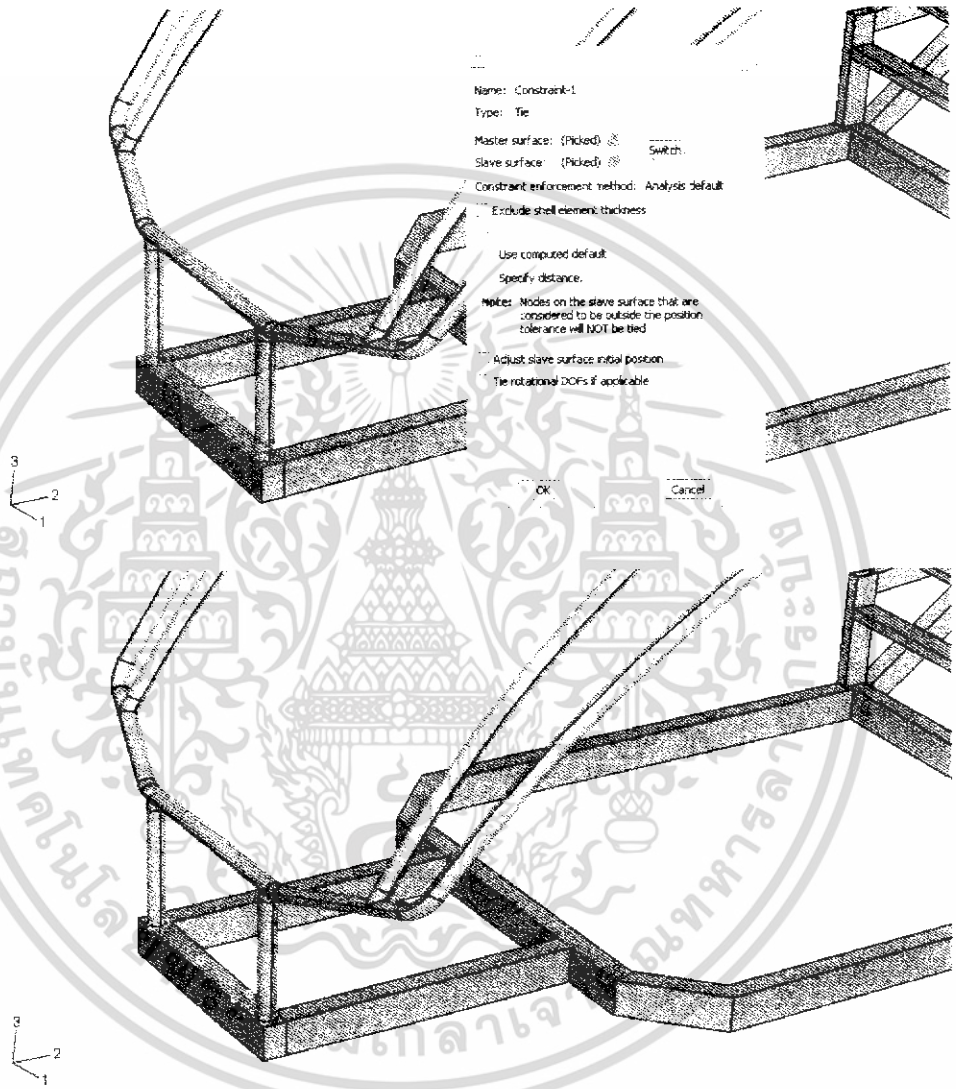


รูปที่ 3-91 แสดงการ tie

เลือก Master Surface (สีแดง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

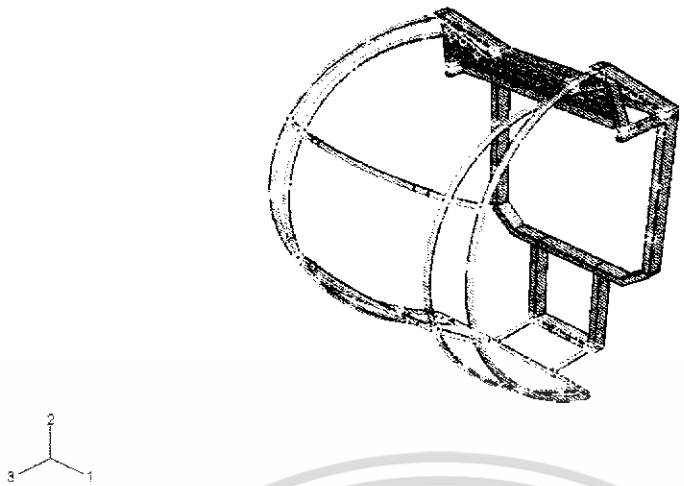
จากนั้นจะมีคำถามด้านล่าง  ให้เลือก Surface จากนั้นเลือก Slave Surface (สีม่วง) ที่ต้องการมาต่อกับ Master Surface แล้วกด Done จากนั้นจะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมา ในช่อง Position Tolerance ให้เลือก Specify Distance และใส่ค่า 0.001 แล้วกด OK



รูปที่ 3-92 แสดงการ tie

โปรแกรมจะแสดงสัญลักษณ์ว่าได้ทำการ Tie ชิ้นงานเข้าด้วยกันแล้วดังภาพ จากนั้นให้ทำการ Tie ชิ้นงานทุกชิ้นเข้าด้วยกันตามวิธีข้างต้น เมื่อครบแล้วจะได้ชิ้นงานดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-93 แสดงผลการ tie

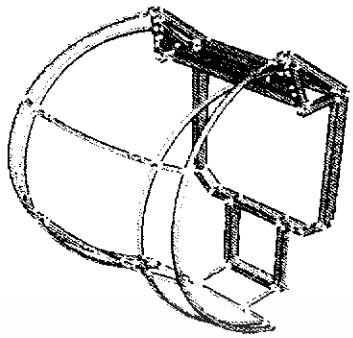
6. Module Load Module: Load

เริ่มจากกำหนด Boundary Condition โดยกดปุ่ม จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมาให้ตั้งชื่อว่า Fixed และเลือกประเภทเป็น Displacement/Rotation แล้วกด Continue

รูปที่ 3-94 แสดงการกำหนด Boundary Condition

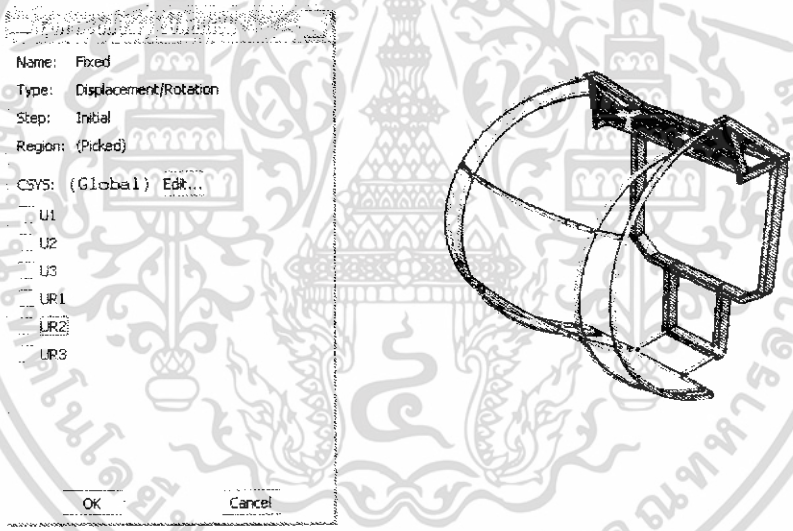
จากนั้นให้เลือกจุดตามรูปด้านล่างแล้วกด Done

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-95 แสดงการกำหนด boundary condition

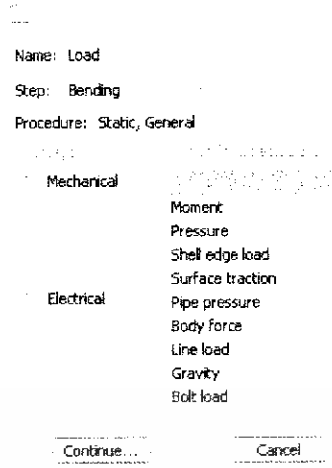
จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมา ให้เลือกถูก หน้าทุกช่อง แล้วกด OK จะได้ผลดังรูป



รูปที่ 3-96 แสดงการกำหนด boundary condition

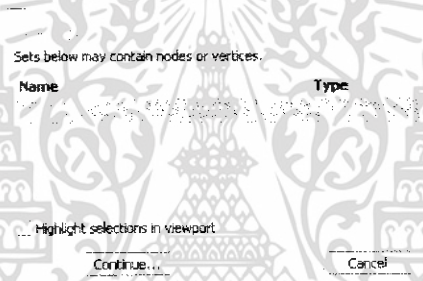
ต่อไปจะทำการกำหนดโหลด โดยกดปุ่ม จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมา ให้ตั้งชื่อว่า Load และเลือกเป็น Concentrated Force จากนั้นกดปุ่ม Continue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-97 แสดงการกำหนด Load

จากนั้นกดปุ่ม Set ด้านขวาล่าง จะปรากฏให้เลือก Set “AtLoadPoint” แล้วกด Continue

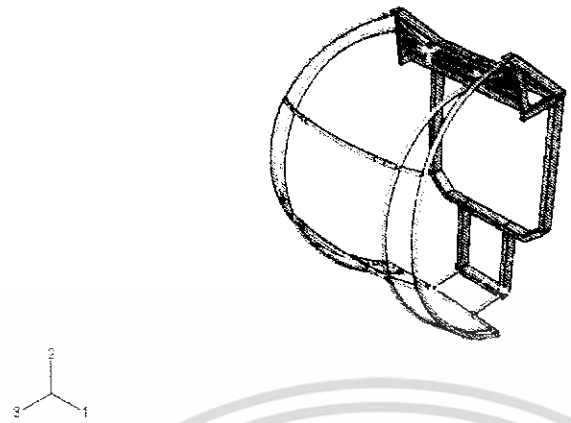


รูปที่ 3-98 แสดงการกำหนด Load

จากนั้นจะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมา ให้ใส่ค่าในช่อง CF3 = -2000 แล้วกด OK

รูปที่ 3-99 แสดงการกำหนด Load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



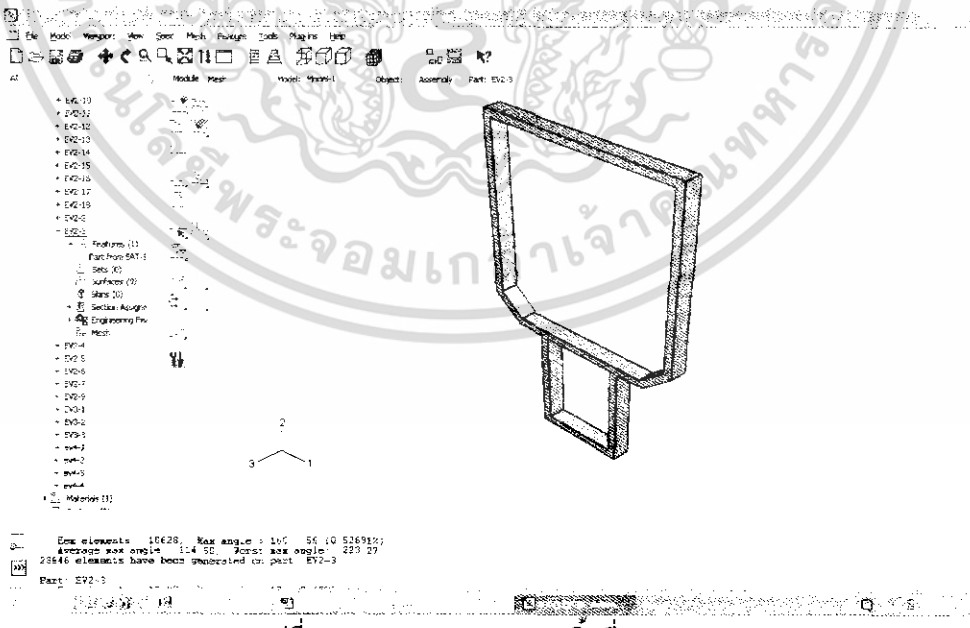
รูปที่ 3-100 แสดงการกำหนด Load

7. *Module เมช* Module: Mesh

ในการเมชชิ้นงานนั้น โปรแกรม ABAQUS จะบอกวิธีแบ่งเมชตามสีที่แสดงคือ

- สีเขียว : สามารถแบ่งเมชแบบ Structure ได้
- สีเหลือง : สามารถแบ่งเมชแบบ Sweep ได้
- สีชมพู : สามารถแบ่งเมชแบบ Tet ได้
- สีส้ม : ไม่สามารถแบ่งเมชได้

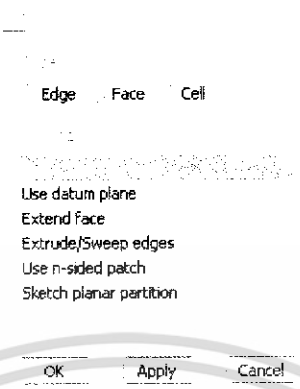
โดยที่ชิ้นงานของเรามีความซับซ้อน ต้องทำการ Partition เสียก่อน จึงจะสามารถแบ่งเมชได้ โดยเราจะทำการ Partition ทีละชิ้นงานดังนี้



รูปที่ 3-101 แสดงการ Partition ชิ้นที่ 1 base

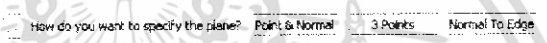
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นได้ว่ายังทำการเมชไม่ได้ ดังนั้นเราต้องทำการ Partition โดย กดที่เมนูคำสั่ง Tool>Partition จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมาให้เลือก Cell และ Define Cutting Plane

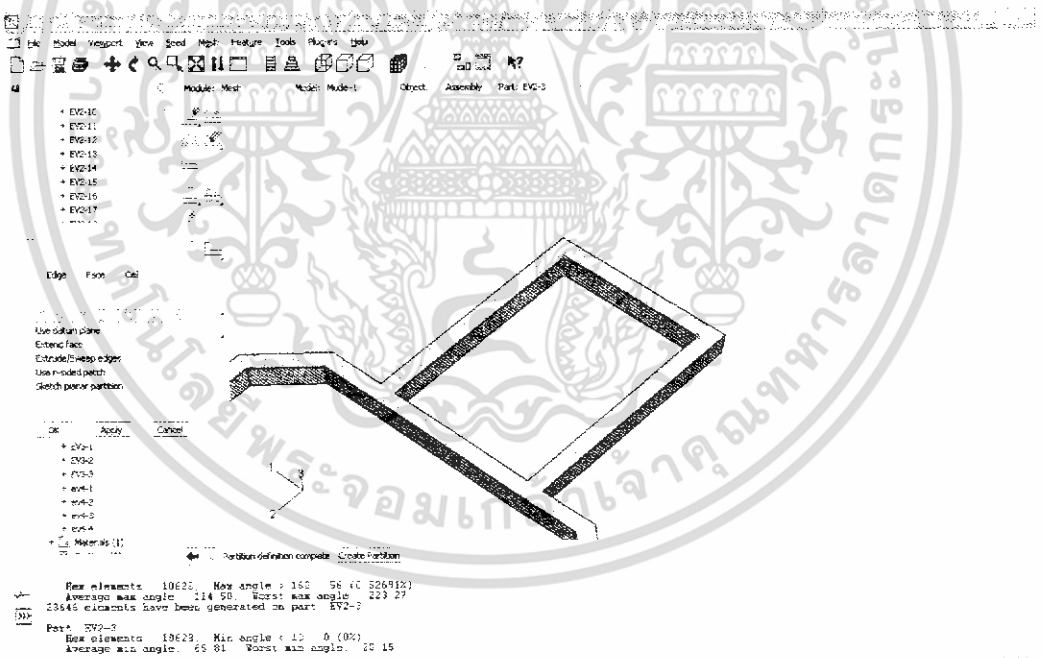


รูปที่ 3-102 แสดงไดอะล็อกบ๊อกซ์

ที่แถบด้านล่างจะปรากฏ

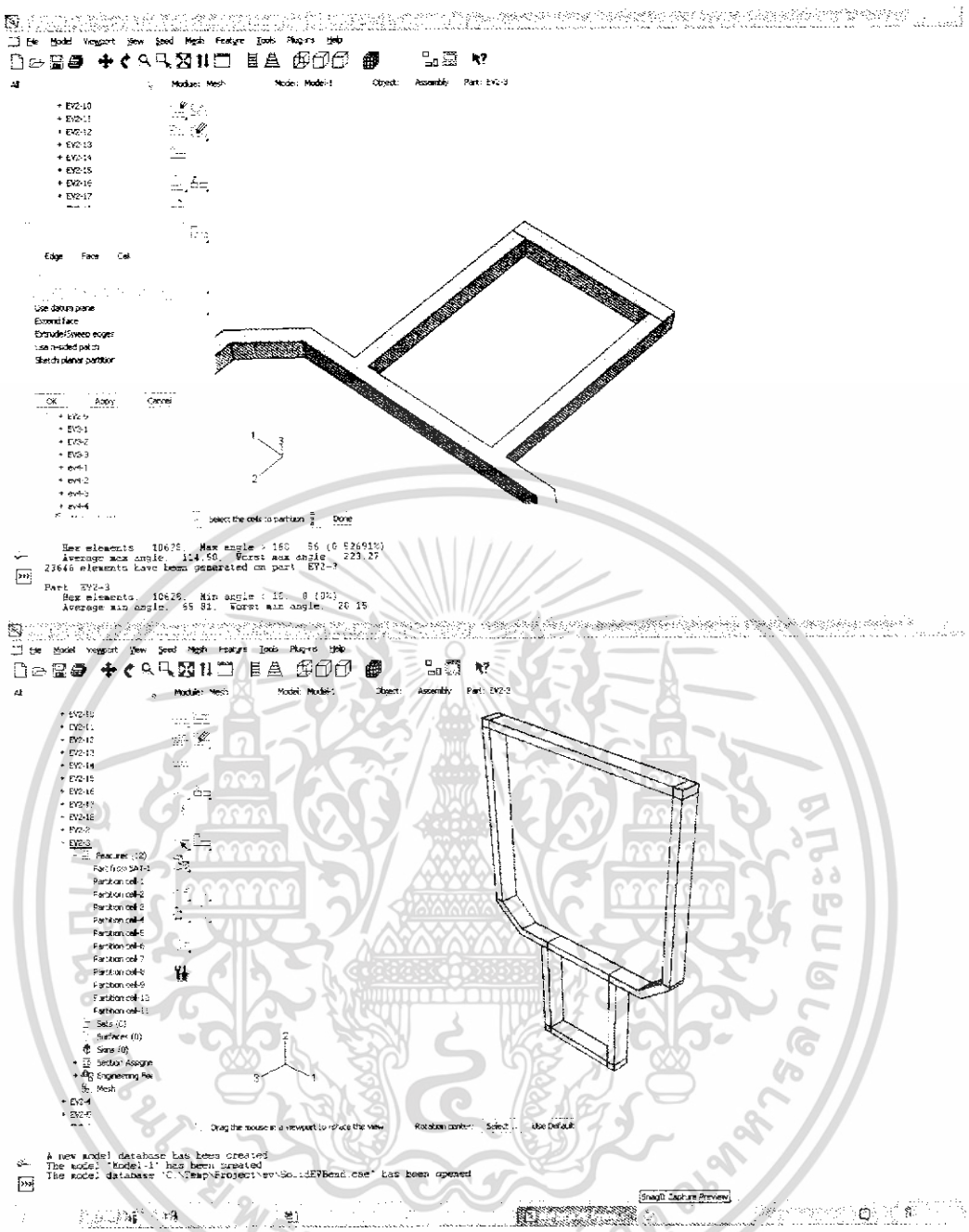


ให้เลือก 3 Points และเลือกจุดดังรูปแล้วกดปุ่ม Create Partition



รูปที่ 3-103 แสดงผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

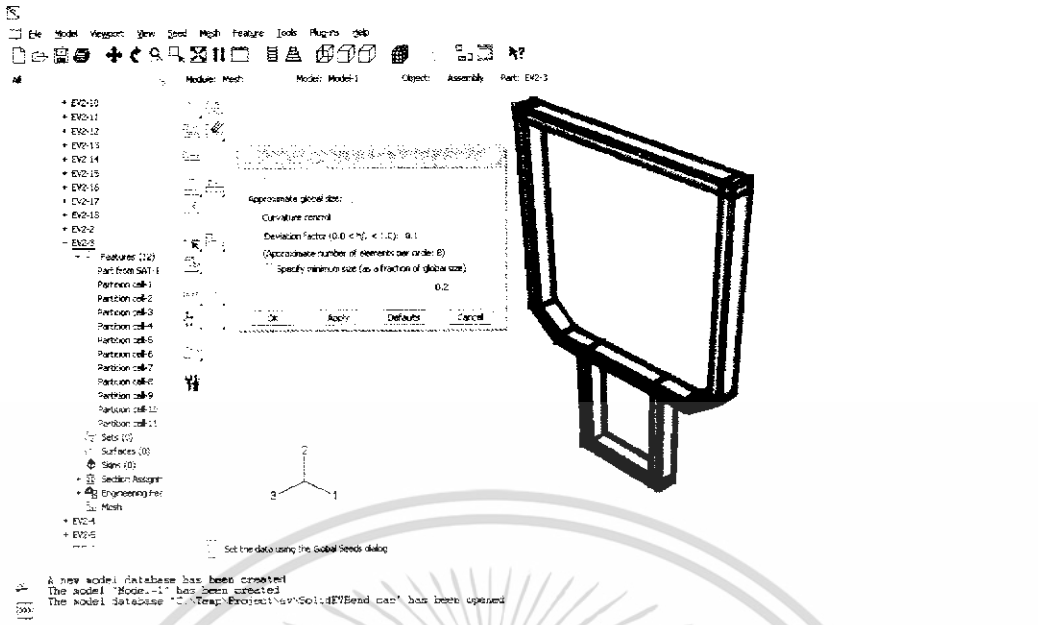


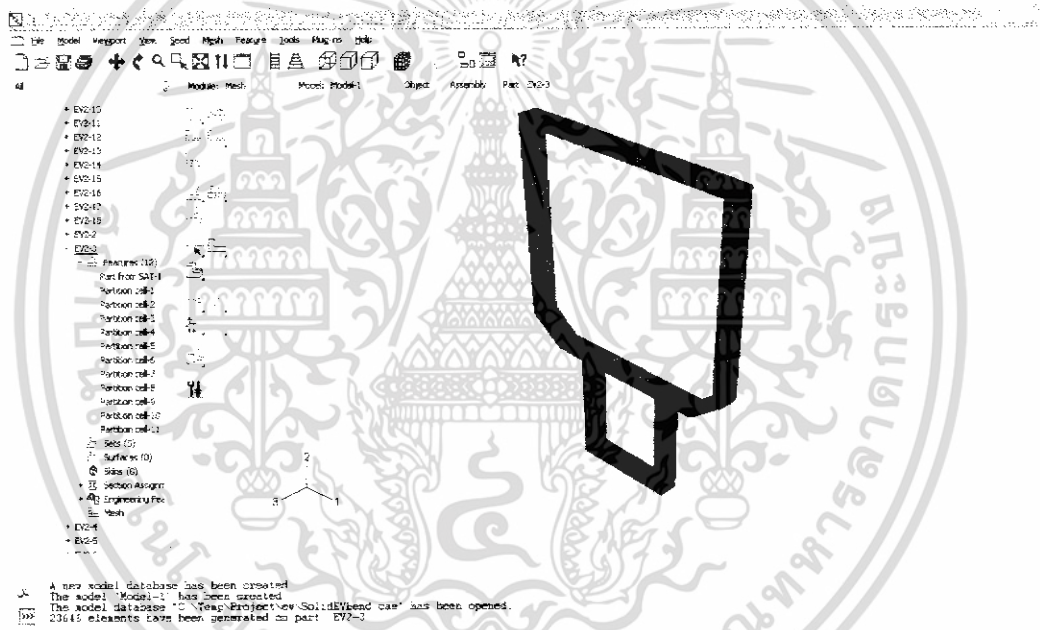
รูปที่ 3-104 แสดงการ partition

จะเห็นได้ว่าชิ้นงานยังคงเป็นสีส้มอยู่ ดังนั้นจึงต้องทำการ Partition ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งชิ้นงานเป็นสีเหลืองหรือสีเขียวดังรูป

จากนั้นเราจะทำการกำหนด Seed ให้กับชิ้นงานโดยกดปุ่ม จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมา โดยเราจะกำหนด Global Seeds ไว้ประมาณ 0.01 แล้วกด OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



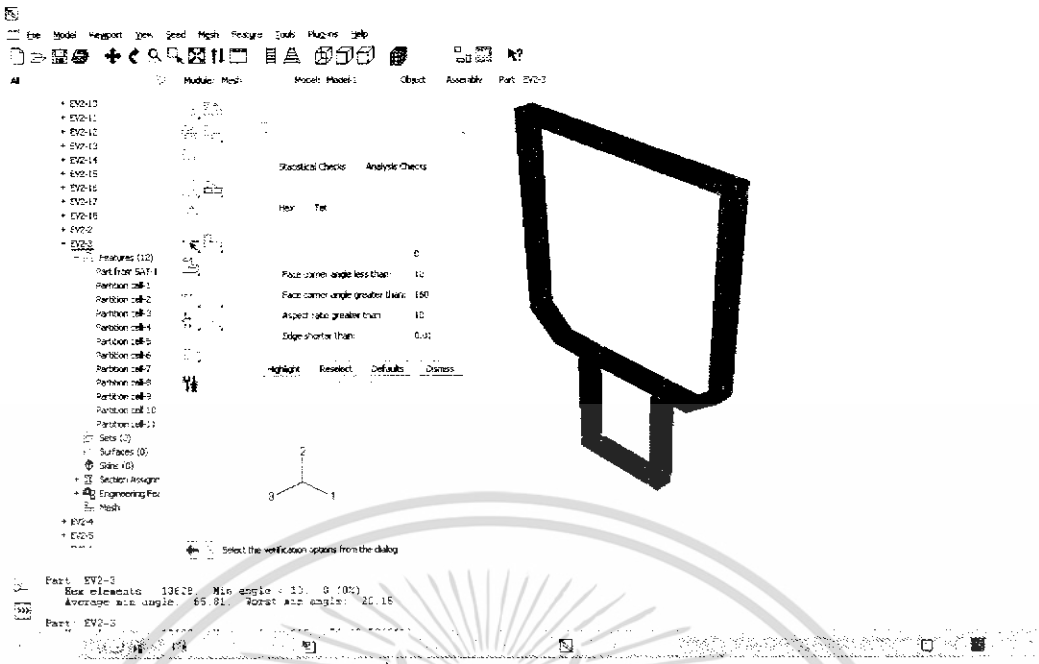


รูปที่ 3-105 แสดงการเมช

หลังจากนั้นเราจะทำการเมชชิ้นงานโดยกดปุ่ม และกด OK ดังรูป

ต่อไปเราจะทำการตรวจสอบเมช เพื่อตรวจหาเอลิเมนต์ที่ไม่ดีหรือเอลิเมนต์ที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ คือไม่ให้ Face corner angle น้อยกว่า 10 และไม่มากกว่า 160 โดยกดปุ่ม แล้วกด Highlight โดยมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ปรากฏขึ้นมาดังรูป

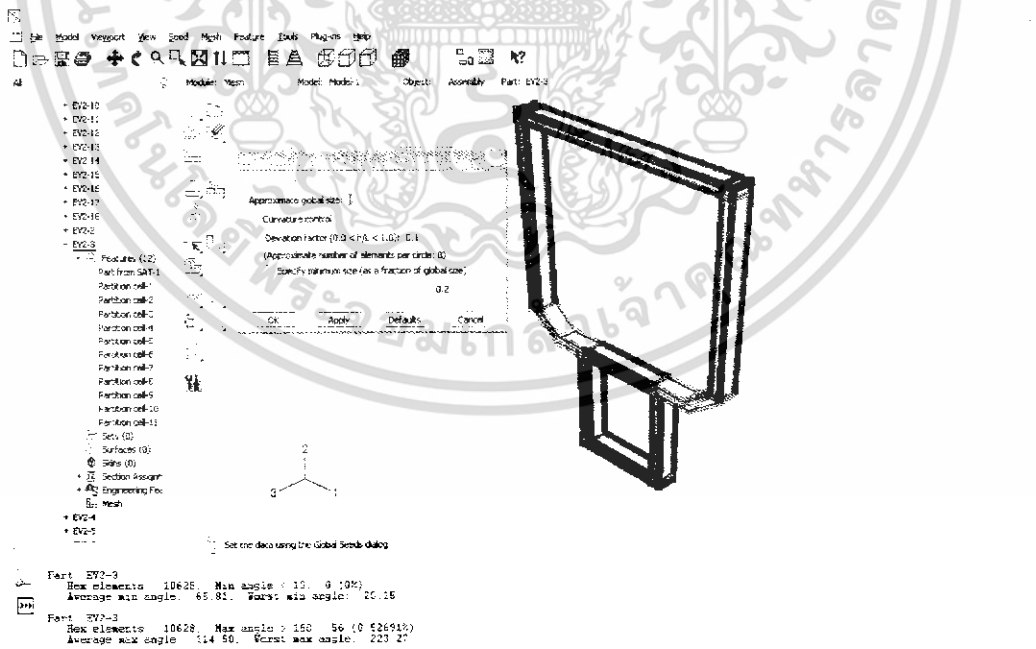
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-106 แสดงการตรวจสอบเมช

โดยพื้นที่ที่มีสีม่วงแสดงนั้น คือ เอลิเมนต์ที่มี Face corner angle น้อยกว่า 10 และมากกว่า 160 ดังนั้น เราจะทำการแก้ไขเมช โดยการกำหนดค่า Seed ใหม่ที่ส่วนที่มีปัญหาเพื่อเพิ่มหรือลดจำนวนเอลิเมนต์ โดยกด จะเป็นการกำหนดจำนวน Seed ในedges ที่เราการ หรือ กด จะเป็นการกำหนดจำนวน Seed ใน edges ที่เราการคล้ายคับการ Seed edges by number แต่ว่า ความถี่ของการกำหนด Seed จะเรียงตัวถี่ในช่วงแรกของ Edges และ ค่อยๆกว้างขึ้นในช่วงปลาย

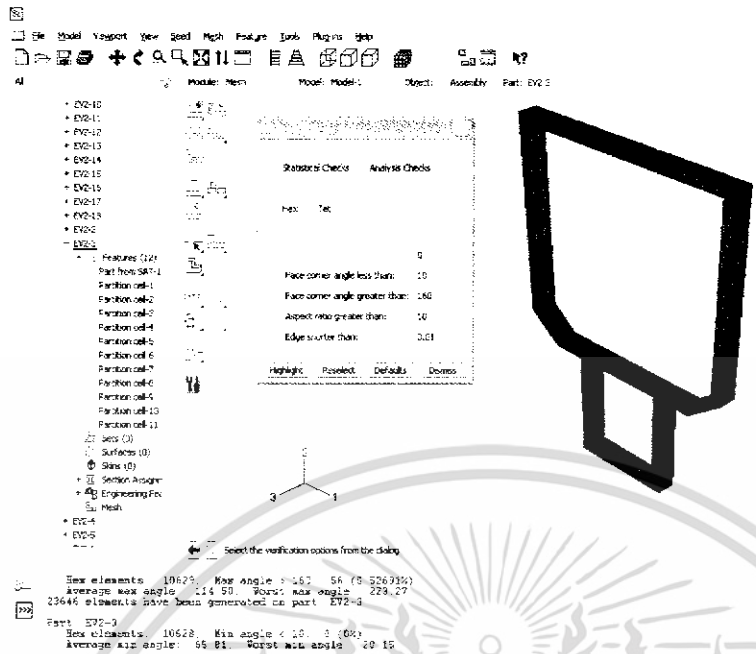
เมื่อเราทำการ Seed ใหม่เรียบร้อยแล้ว Seed ที่แก้ไขจะแสดงให้เห็นเป็นสีม่วงดังภาพ



รูปที่ 3-107 แสดงการตรวจสอบเมช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

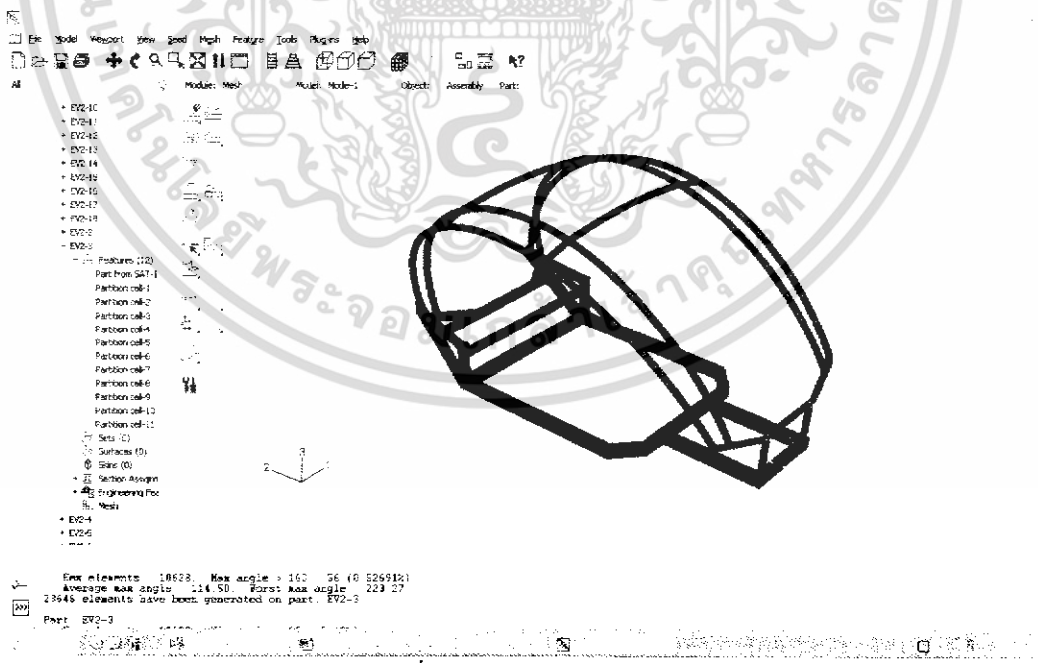
ให้เราการเมช และตรวจสอบเมช อีกครั้ง จนกระทั่งไม่มีเอลิเมนต์ที่ไม่ดีเหลืออยู่ดังรูป



```
Part: base
    Hex elements:  2912,  Min angle < 10:  0 (0%)
    Average min angle:  67.14,  Worst min angle:  35.31

Part: base
    Hex elements:  2912,  Max angle > 160:  0 (0%)
    Average max angle:  112.89,  Worst max angle:  146.31
```

รูปที่ 3-108 แสดงการตรวจสอบเมช

จากนั้นทำการเมชชิ้นงานทุกชิ้นตามวิธีข้างต้น โดยต้องตรวจสอบชิ้นงานทุกครั้ง และเมื่อทำครบทุกชิ้นงานแล้ว จะได้ผลดังภาพ

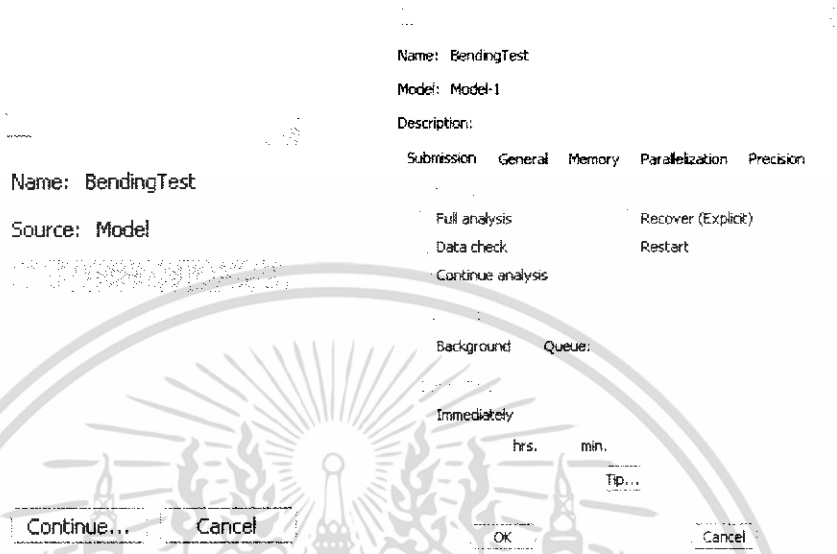


รูปที่ 3-109 แสดงผลการเมช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Module Job Module: Job

ต่อไปจะทำการ Simulation เพื่อหาผลที่เราอยากทราบค่า โดยกดปุ่ม Create Job จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นมา ให้ตั้งชื่อว่า BendingTest แล้วกด Continue



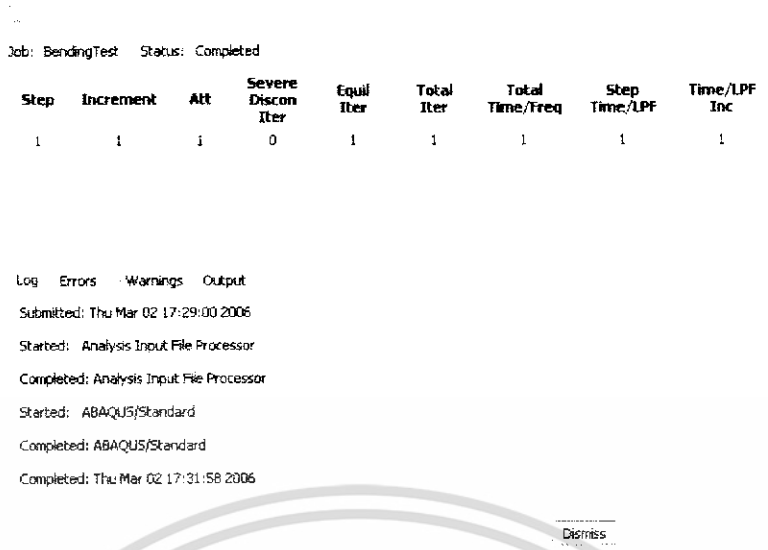
รูปที่ 3-110 แสดงการกำหนด job

เมื่อมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นมาใช้ค่า Default กด OK จากนั้นกด Job Manager จะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ขึ้นมาดังรูป แล้วกด Submit

รูปที่ 3-111 แสดงการ run job

Status จะเปลี่ยน เป็น running ให้กด Monitor เพื่อดูสถานะ เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณเสร็จแล้วจะปรากฏดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-112 แสดงการ Monitor job

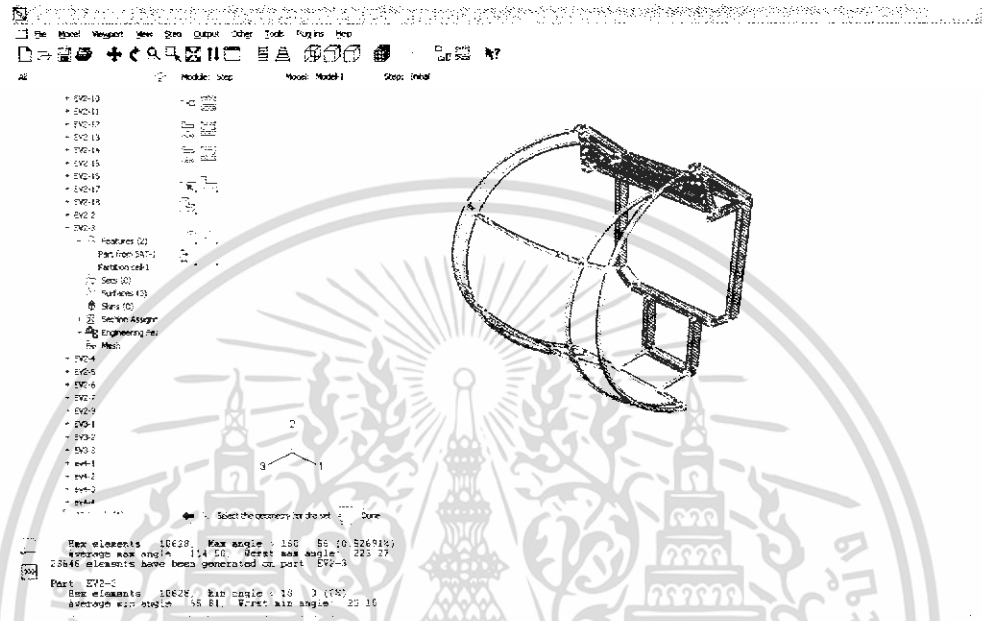
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การเปลี่ยน condition ของเฟรมรถ EV

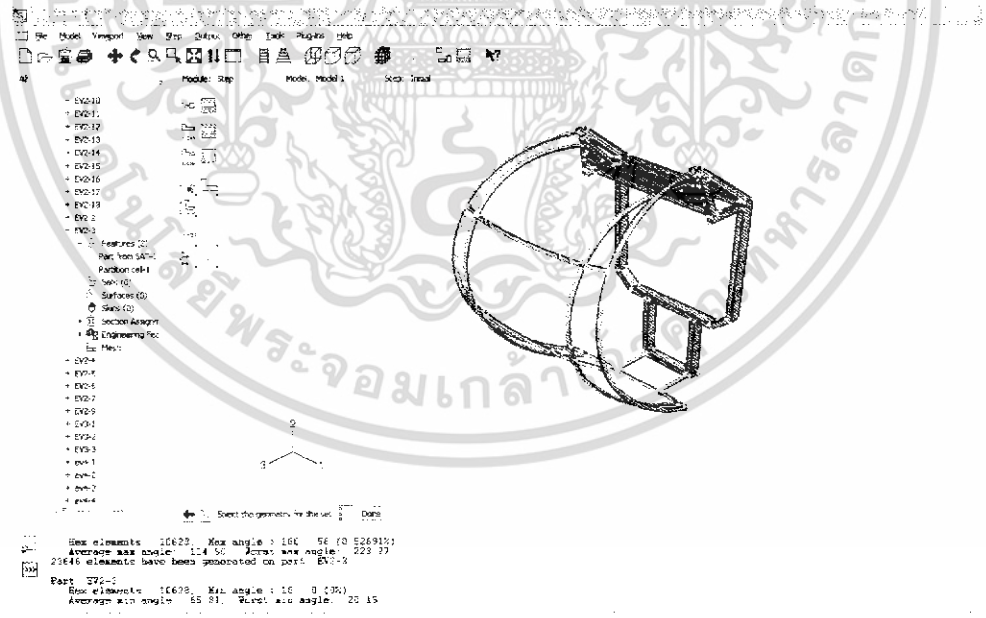
ในการ Simulation หาค่า Torsion เราจะทำการกำหนดค่าต่างๆ แบบการหาค่า Bending โดยเปลี่ยนค่าบางอย่างดังนี้

1. Module Step Module: Step

- เปลี่ยนชื่อ Step เป็น Torsion
- สร้าง Set ใหม่โดยตั้งชื่อ AtLeftFront กับAtRightFront โดยกำหนดตำแหน่งของ Set ดังนี้



AtLeftFront



AtRightFront

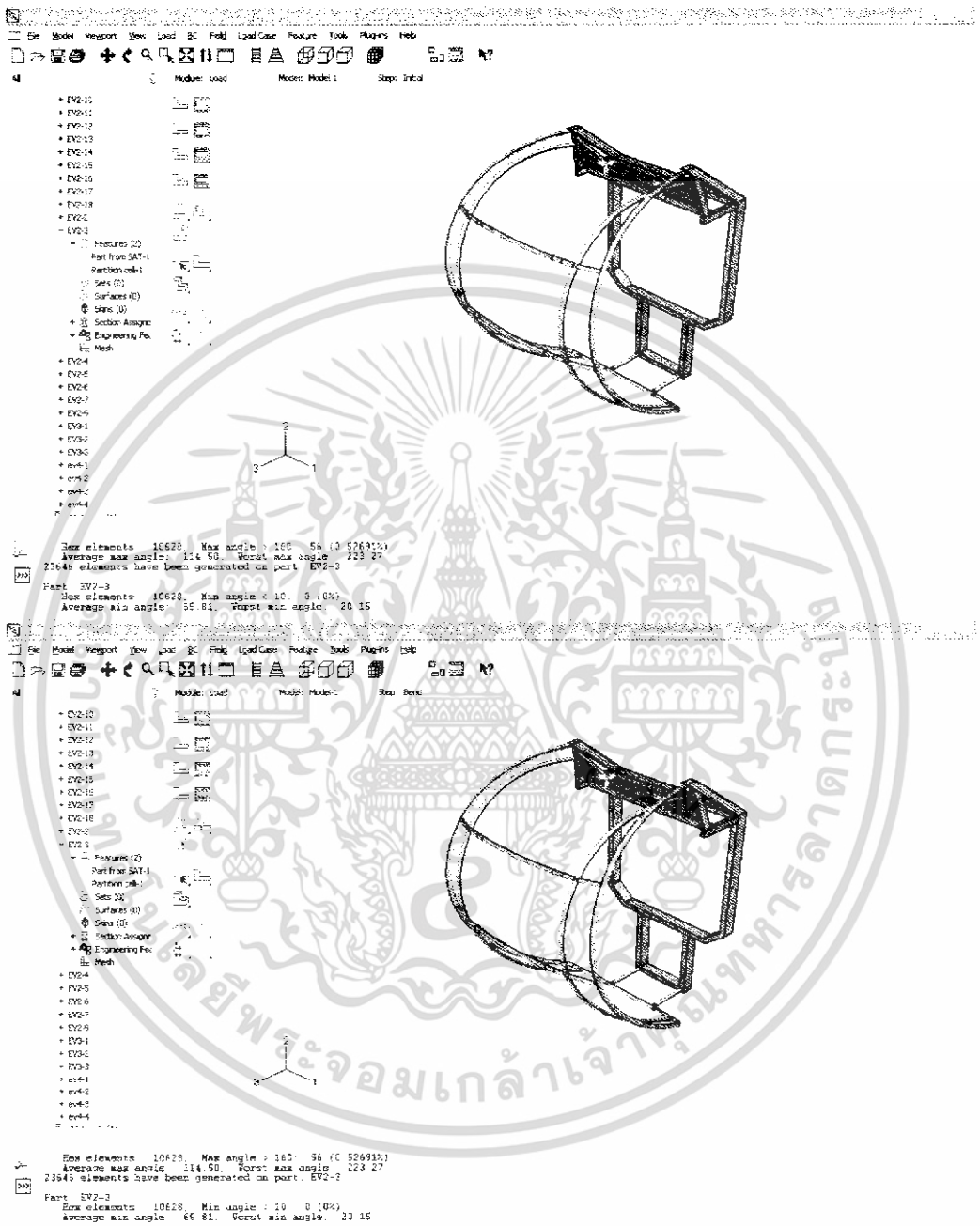
รูปที่ 3-113 แสดงการ สร้าง history output

- กำหนดค่า History Output ที่ Set AtLeftFront กับ AtRightFront

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใน Module Load Module: Load

- เปลี่ยน ตำแหน่งของ Boundary Condition ดังรูป
- เปลี่ยนจุดใส่ Load เป็นที่ Set AtLeftFront โดยใส่ค่า CF3 = 2000 และที่ Set AtRightFront โดยใส่ค่า CF3 = -2000



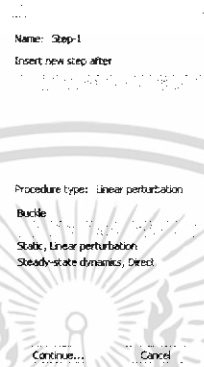
รูปที่ 3-114 แสดงการกำหนด Load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการ Simulation หาค่าความถี่ธรรมชาติ เราจะทำการกำหนดค่าต่างๆ แบบการหาค่า bending โดยเปลี่ยนค่าบางอย่างดังนี้

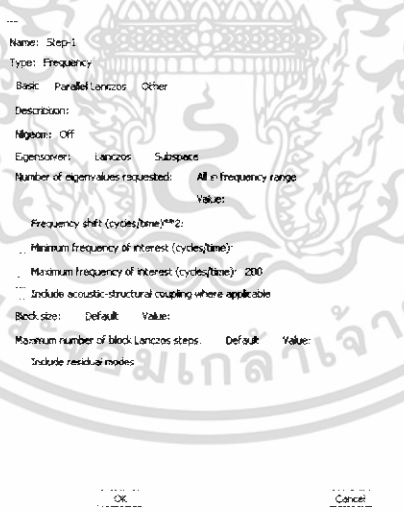
1. Module Step Module: Step

- เปลี่ยนชื่อ Step เป็น Frequency โดยเลือก Procedure type เป็น Linear perturbation และเลือก Frequency รูป แล้วกด Continue



รูปที่ 3-115 แสดงการกำหนด step

ใส่ค่า Maximum frequency of interest (cycles/time) = 200 แล้วกด OK



รูปที่ 3-116 แสดงการกำหนด step

2. ใน Module Load Module: Load

- ไม่ต้องทำการใส่ค่าLoad

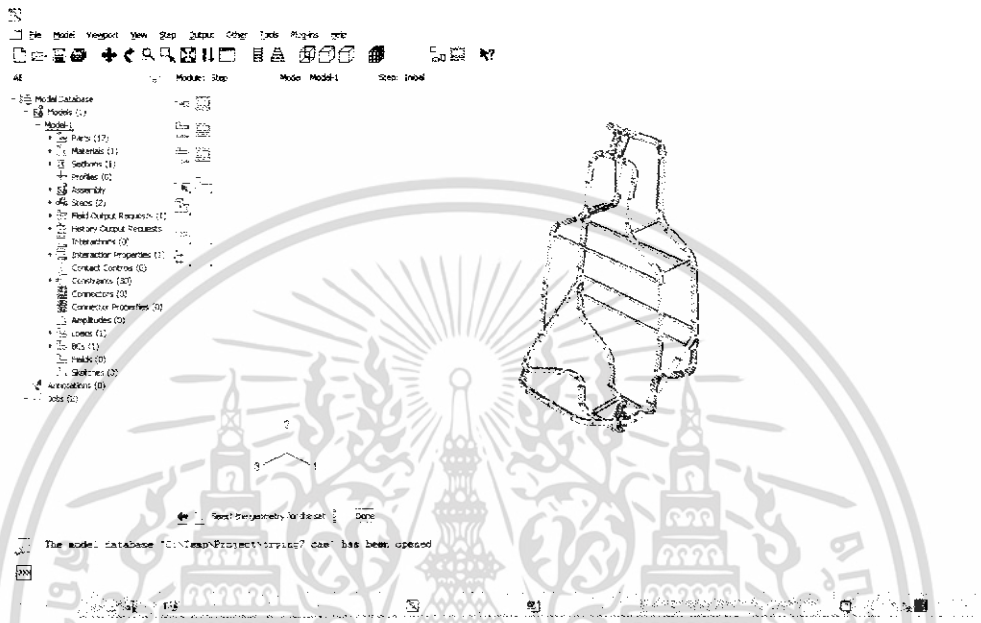
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การเปลี่ยน condition ของเฟรมรถ E20

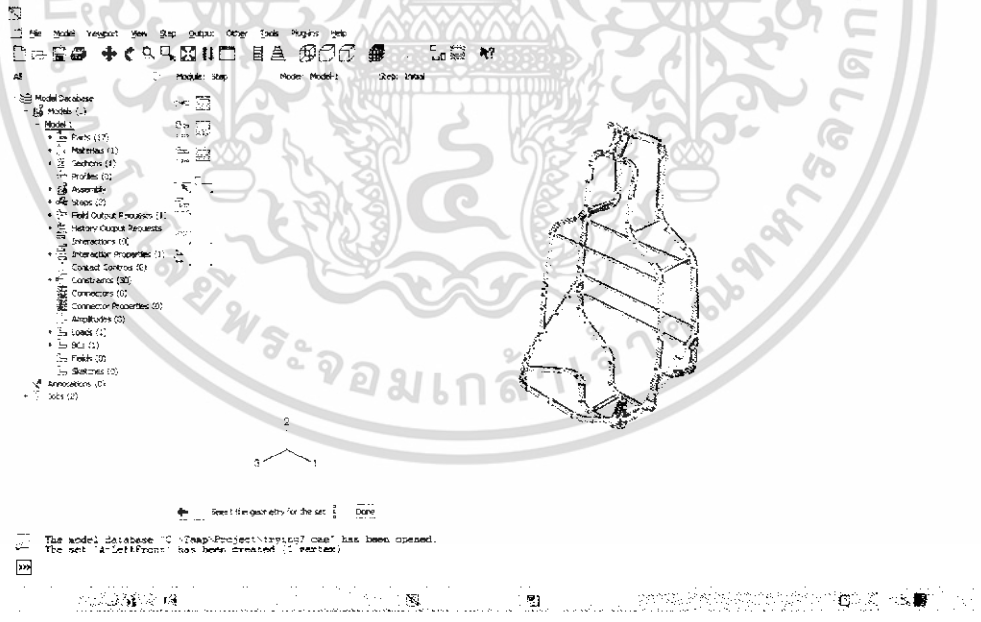
ในการ Simulation หาค่า Torsion เราจะทำการกำหนดค่าต่างๆ แบบการหาค่า Bending โดยเปลี่ยนค่าบางอย่างดังนี้

1. Module Step Module: Step

- เปลี่ยนชื่อ Step เป็น Torsion
- สร้าง Set ใหม่โดยตั้งชื่อ AtLeftFront กับAtRightFront โดยกำหนดตำแหน่งของ Set ดังนี้



AtLeftFront



AtRightFront

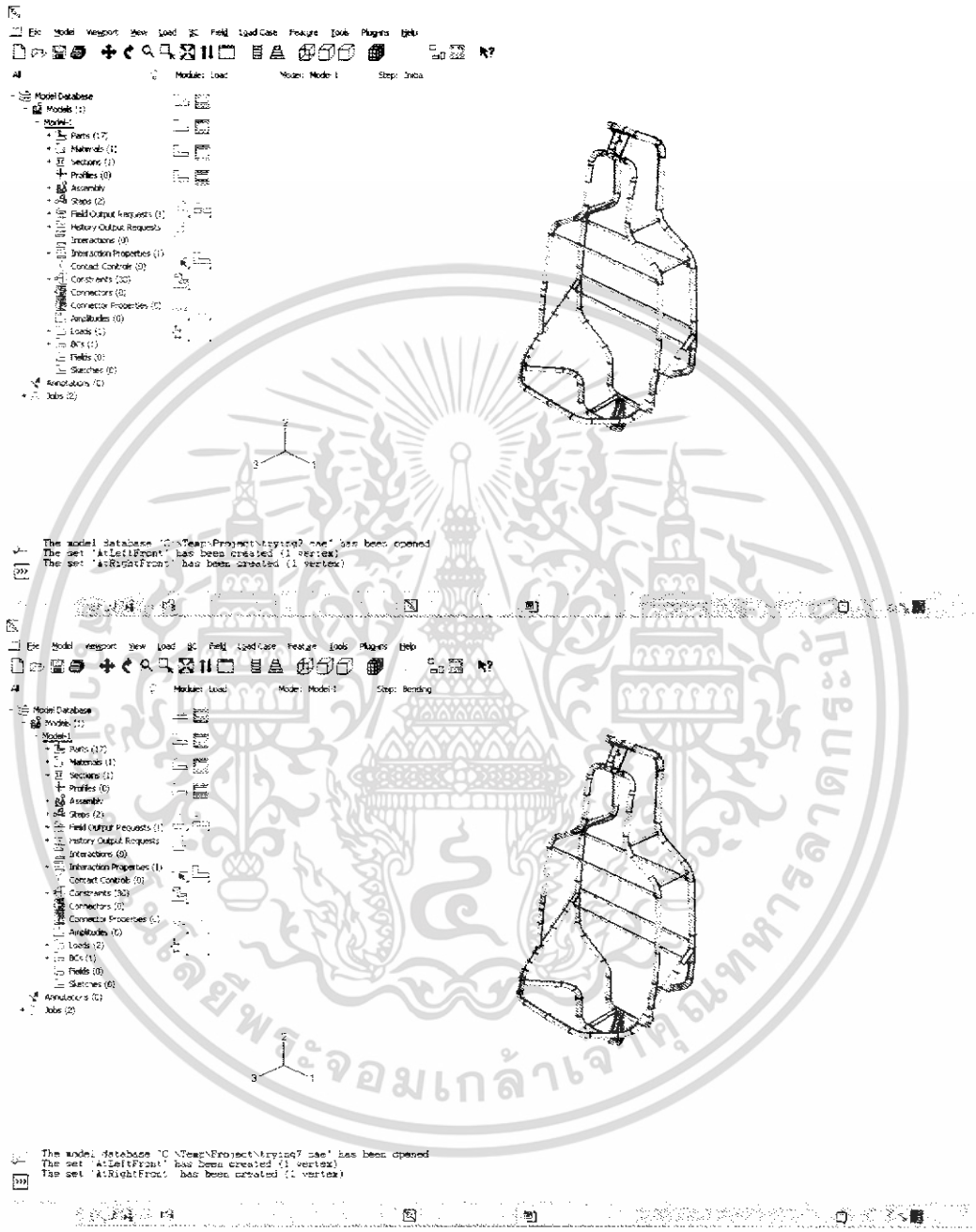
รูปที่ 3-117 แสดงการ สร้าง geometry set

- กำหนดค่า History Output ที่ Set AtLeftFront กับ AtRightFront

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใน Module Load Module: Load

- เปลี่ยน ตำแหน่งของ Boundary Condition ดังรูป
- เปลี่ยนจุดใส่ Load เป็นที่ Set AtLeftFront โดยใส่ค่า CF3 = 1250 และที่ Set AtRightFront โดยใส่ค่า CF3 = -1250



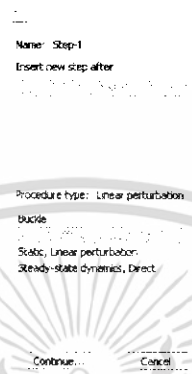
รูปที่ 3-118 แสดงการ กำหนด load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการ Simulation หาค่าความถี่ธรรมชาติ เราจะทำการกำหนดค่าต่างๆ แบบการหาค่า Bending โดยเปลี่ยนค่าบางอย่างดังนี้

1. Module Step Module: Step

- เปลี่ยนชื่อ Step เป็น Frequency โดยเลือก Procedure type เป็น Linear perturbation และเลือก Frequency รูป แล้วกด Continue



รูปที่ 3-119 แสดงการ กำหนด step

ใส่ค่า Maximum frequency of interest (cycles/time) = 200 แล้วกด OK

รูปที่ 3-120 แสดงการ กำหนด step

2. ใน Module Load Module: Load

- ไม่ต้องทำการใส่ค่าLoad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 สมรรถนะของเฟรมจากการวิเคราะห์แบบจำลอง

ผลที่ได้จากการคำนวณขอเสนอเป็นตารางต่อไปนี้ โดยแบ่งเทียบเอลิเมนต์ตามประเภทโดยที่ torsion และ bending displacement ใช้ภาระเป็นน้ำหนักของรถทั้งคันโดยสมมติให้รถ E20 ใช้ ภาระ 2500 นิวตัน ในรถ EV ใช้ ภาระ 4000 นิวตัน

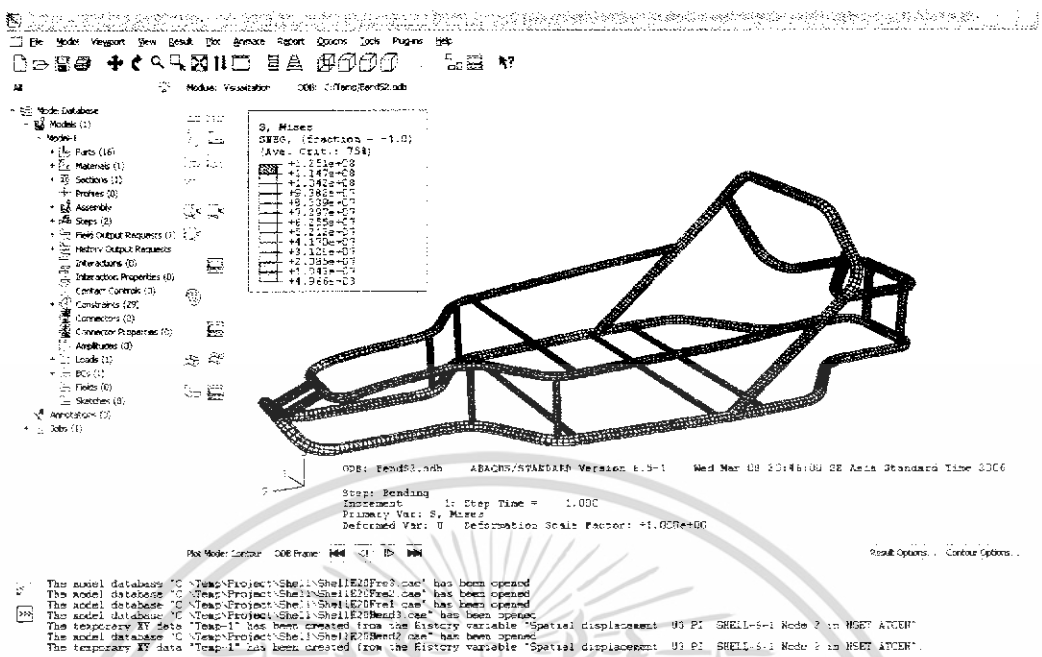
	E20 (Mantiza)						
Type of element	Wire			Shell			Solid
Pipe Thickness (mm)	1	2	3	1	2	3	
bending displacement (mm)	3.5	1.75	1.25	10	3.75	2	3
torsional displacement (mm)	3.2	1.75	1.2	70	12	4	2.6
natural frequency (Hz)	36.014	35.316	34.81	16.882	22.616	22.45	24.678
bending rigidity (N/mm)	720	1400	1900	280	640	1100	840
torsional rigidity (Nm/degree)	1600	3600	3800	300	800	1650	1600
weight (kg)	30	60	88	30	60	88	73.39
Safty Factor	5.2	10.0	13.9	1.3	3.0	5.4	4.7

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติต่างๆของเฟรมรถ E20

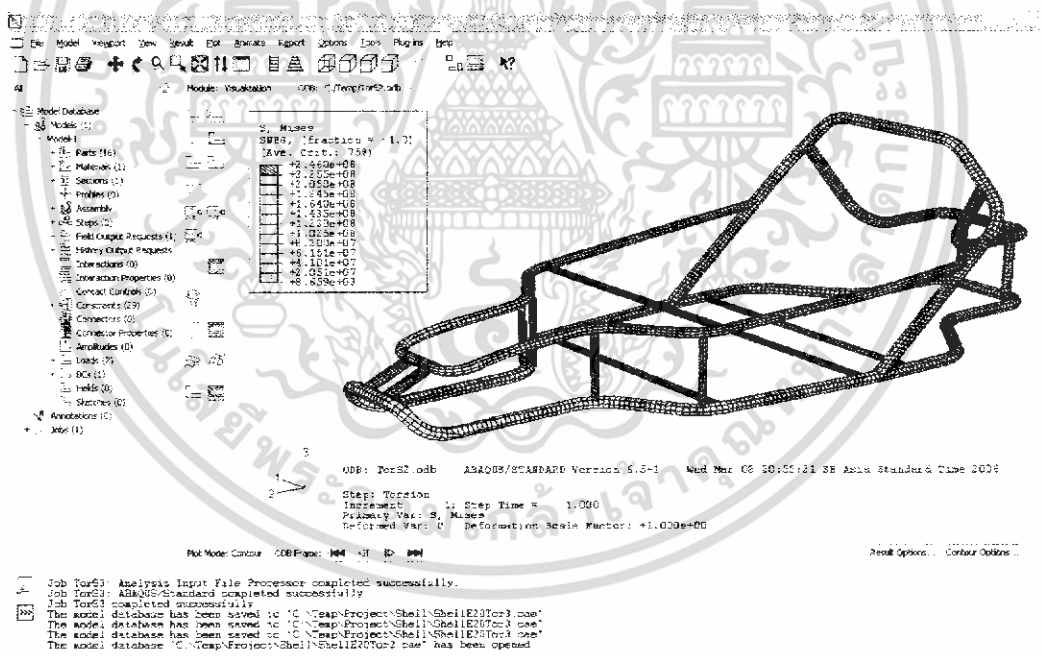
	EV (Frog-gi)					
Type of element	Wire			Shell		
Pipe Thickness (mm)	1	2	3	1	2	3
bending displacement (mm)	5	2.8	2	41	9.2	4.6
torsional displacement (mm)	5	2.8	2	15	5	2.8
natural frequency (Hz)	26.776	25.91	25.041	10.9	12.601	13.448
bending rigidity (N/mm)	750	1400	2000	140	440	880
torsional rigidity (Nm/degree)	1400	2600	3500	400	1050	1875
weight (kg)	25	50	74	25	59	74
Safty Factor	2.3	4.4	6.4	-	1.2	1.6

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติต่างๆของเฟรมรถ EV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

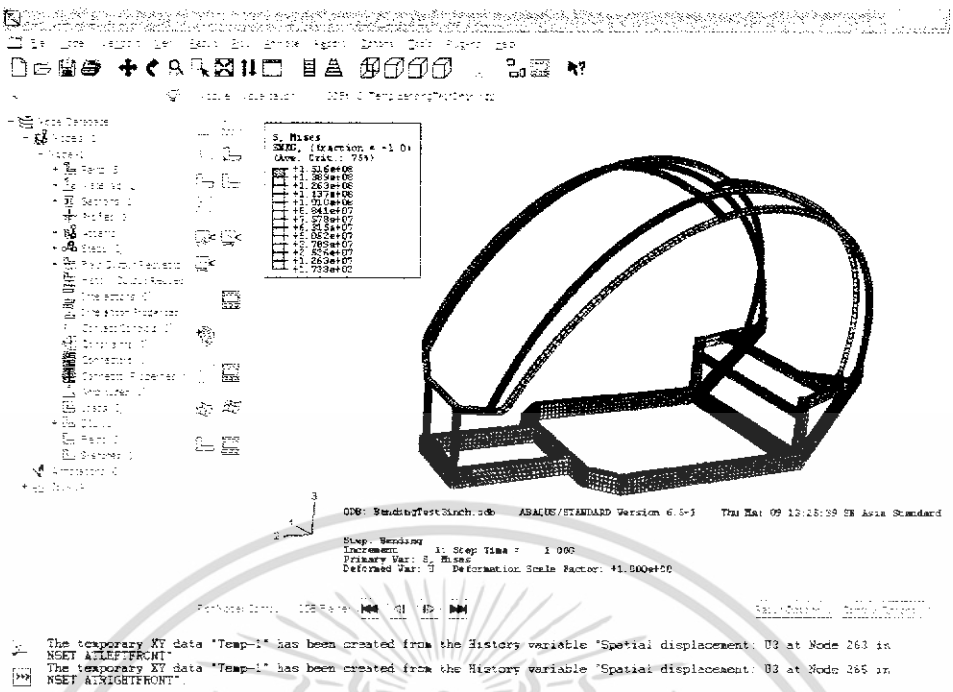


รูปที่ 4-1 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ bending ของเฟรมรถ E20

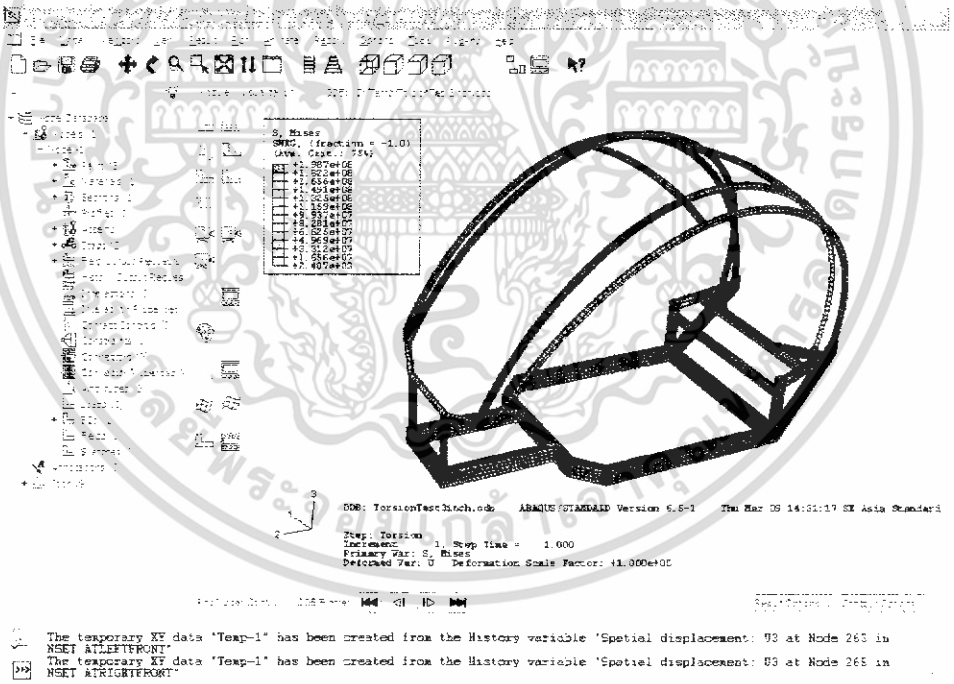


รูปที่ 4-2 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ torsion ของเฟรมรถ E20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



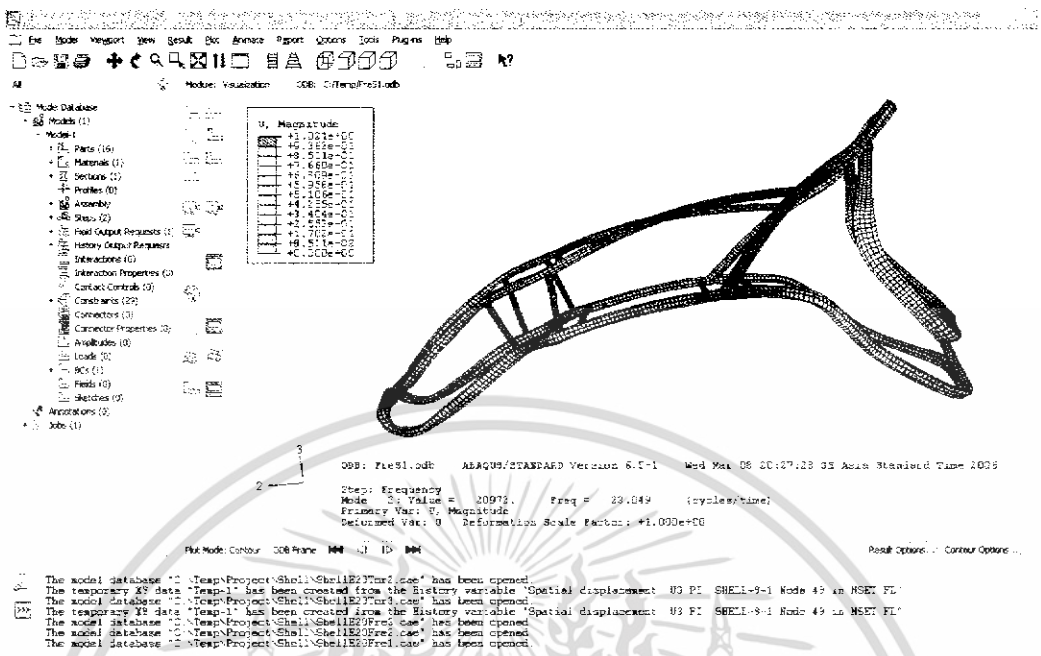
รูปที่ 4-3 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ bending ของเฟรมรถ EV



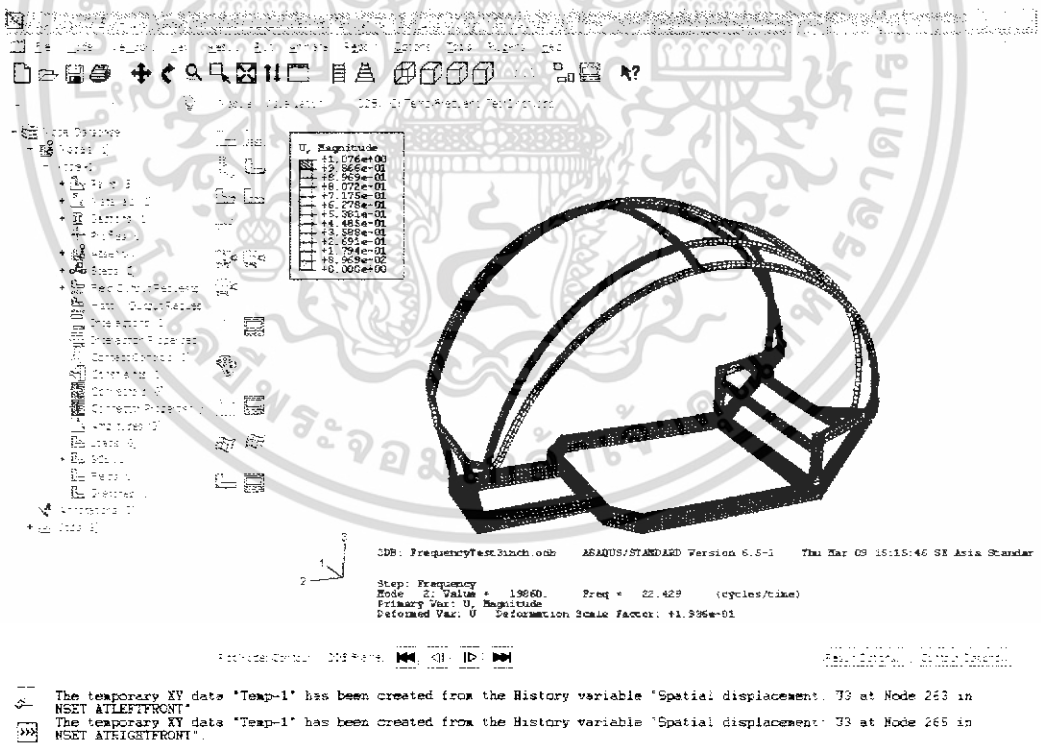
รูปที่ 4-4 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ torsion ของเฟรมรถ EV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติ



รูปที่ 4-5 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติของเฟรมรถ E20



รูปที่ 4-6 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติของเฟรมรถ EV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยนี้ วิธีการนำซีเออีมาประยุกต์ใช้ ช่วยในการวิเคราะห์แบบโครงสร้าง ค่าความถี่ธรรมชาติ, ค่าความต้านทานแรงบิด และ ความต้านทานแรงบิดต่อมวล ของโครงสร้าง ซึ่งผลที่ได้คือรถยนต์แก๊สโซฮอล์ (20เปอร์เซ็นต์เอธานอล) มีค่าความต้านทานแรงบิด 1600 นิวตันเมตรต่อองศา ระยะการโก่งจากสภาวะบรรทุก 3 มิลลิเมตร ค่าความถี่ธรรมชาติ 24.678 เฮิร์ท น้ำหนัก 73.39 กิโลกรัม มีค่าประกอบความปลอดภัย 4.67 รถยนต์ไฟฟ้ามีค่าความต้านทานแรงบิด 2600 นิวตันเมตรต่อองศา ระยะการโก่งจากสภาวะบรรทุก 2.8 มิลลิเมตร ค่าความถี่ธรรมชาติ 25.91 เฮิร์ท มีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม มีค่าประกอบความปลอดภัย 4.45 จากตารางสรุปผลเมื่อเรานำมาเทียบกับ รถรุ่นก่อน ที่มีน้ำหนัก 280 กิโลกรัม จะเห็นว่า น้ำหนักได้ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เป็นผลเนื่องจากลดชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็นและลดค่าความต้านทานแรงบิด และ การโก่งที่สูงเกินความจำเป็นโดยยังรักษาไว้ให้ค่าความต้านทานการโก่ง อยู่ภายในค่าที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ของกรมขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม

5.2 วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการวิจัยนี้พบว่าเกิดการคลาดเคลื่อน ของแบบจำลองเล็กน้อย เนื่องจากการเคลื่อนย้ายแบบจำลองจากโปรแกรมหนึ่งไปยังอีกโปรแกรมหนึ่งและมีการแก้แบบบางส่วนเพื่อช่วยในการจำลอง ทำให้ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม ABAQUS คลาดเคลื่อนได้ แต่ทางผู้วิจัยพยายามจำลองแบบจำลองให้ใกล้เคียงความจริงที่สุดเท่าที่จะทำได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรออกแบบโครงรถโดยเน้นที่น้ำหนักเบาเนื่องมาจากการที่รถที่ออกแบบเพื่อเข้าแข่งขันนั้นใช้ในกรณีที่วิ่งบนถนนเรียบ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแรงกระทำมากนัก

5.3.2 ควรใช้แบบจำลอง แบบ เส้น หรือ wire ในการวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา เพื่อความรวดเร็วแล้วจึงใช้แบบจำลอง 3 มิติ หรือแบบ solid ในกรณีที่คำนวณแบบละเอียดอีกครั้งหนึ่ง

5.3.3 ในการคำนวณควรที่จะใช้เมช สี่เหลี่ยม เพื่อลดเวลาในการคำนวณ และ เพื่อคุณภาพแบบจำลอง แม้ว่า เวลาที่ใช้ในการเมชชิ้นงาน จะใช้เวลานานมาก ควรจะลดจำรวน เมชสามเหลี่ยมให้น้อยที่สุด หรือไม่เกิน 10% ของจำนวน เอลิเมนต์ทั้งหมด

5.3.4 ในการคำนวณโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ถ้าแบบจำลองเป็นแบบสมมาตร การสร้างแบบจำลองครึ่งเดียวและคำนวณจะช่วยลดเวลาในการสร้างและคำนวณแบบจำลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.5 ในการย้ายแบบจำลองจากโปรแกรม CATIA V5 ไปยังโปรแกรม Unigraphics NX มีปัญหาเกิดขึ้นคือ แบบจำลองที่เป็น solid จะกลายเป็น shell ซ้อนกันอยู่ ต้องใช้คำสั่ง subtract แก้ไขและในการย้ายแบบจำลองจากโปรแกรม Unigraphics NX ไปยังโปรแกรม ABAQUS 6.51 จะเกิดปัญหาในเรื่องตำแหน่งของแบบจำลองแต่ละชิ้นที่ partition ควรใช้โปรแกรมเดียวกันสร้างและวิเคราะห์แบบจำลองจะช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้ แต่โปรแกรมบางโปรแกรมเหมาะกับสร้างแบบจำลองแต่มะเหมาะกับการคำนวณ บางโปรแกรมเหมาะกับการคำนวณแต่ไม่เหมาะกับการสร้างแบบจำลอง ต้องเลือกโปรแกรมให้เหมาะสม

5.3.6 ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงลักษณะของแรงที่กระทำกับเฟรมยังไม่เสมือนจริงทำให้การวิเคราะห์เกิดการคลาดเคลื่อน

5.3.7 ควรทดสอบชิ้นงานจริงที่สร้างมาตามแบบจำลองด้วยว่าเป็นไปตามผลการวิจัยรึไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1.] P. Lukin, G. Gusparyants 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.

[5.] Harrock Schmid Jacobs, *Fundamental of Machine 2nd edition*, Mc Graw Hill, 2005.

[6.] Lawrence, Kent L., *ANSYS Tutorial release 7.0. Mechanical and Aerospace Engineering.* University of Texas. Arlington : Schroff Development Corpolation, 1995

[7.] NFWA/NHTSA National Crash Analysis Center, *Non-Linear Finite Element*, 2003

[8.] ปราโมทย์ เดชะอำไพ, *การวิเคราะห์และออกแบบงานทางวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์*, ปทุมธานี : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2545

[9.] ยงยุทธ เนียมทรัพย์, *การวิเคราะห์พฤติกรรมของโครงรถเพื่อการเกษตรกรโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์*, วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. (วิศวกรรมเครื่องกล), กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2547

[10.] พระราชบัญญัติรถยนต์ (ฉบับที่ 5), ราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เล่ม 102 ตอนที่ 95 ลักษณะรถยนต์ ตามมาตรา 3 (3 ทวิ) ของมาตรา 21, 2522

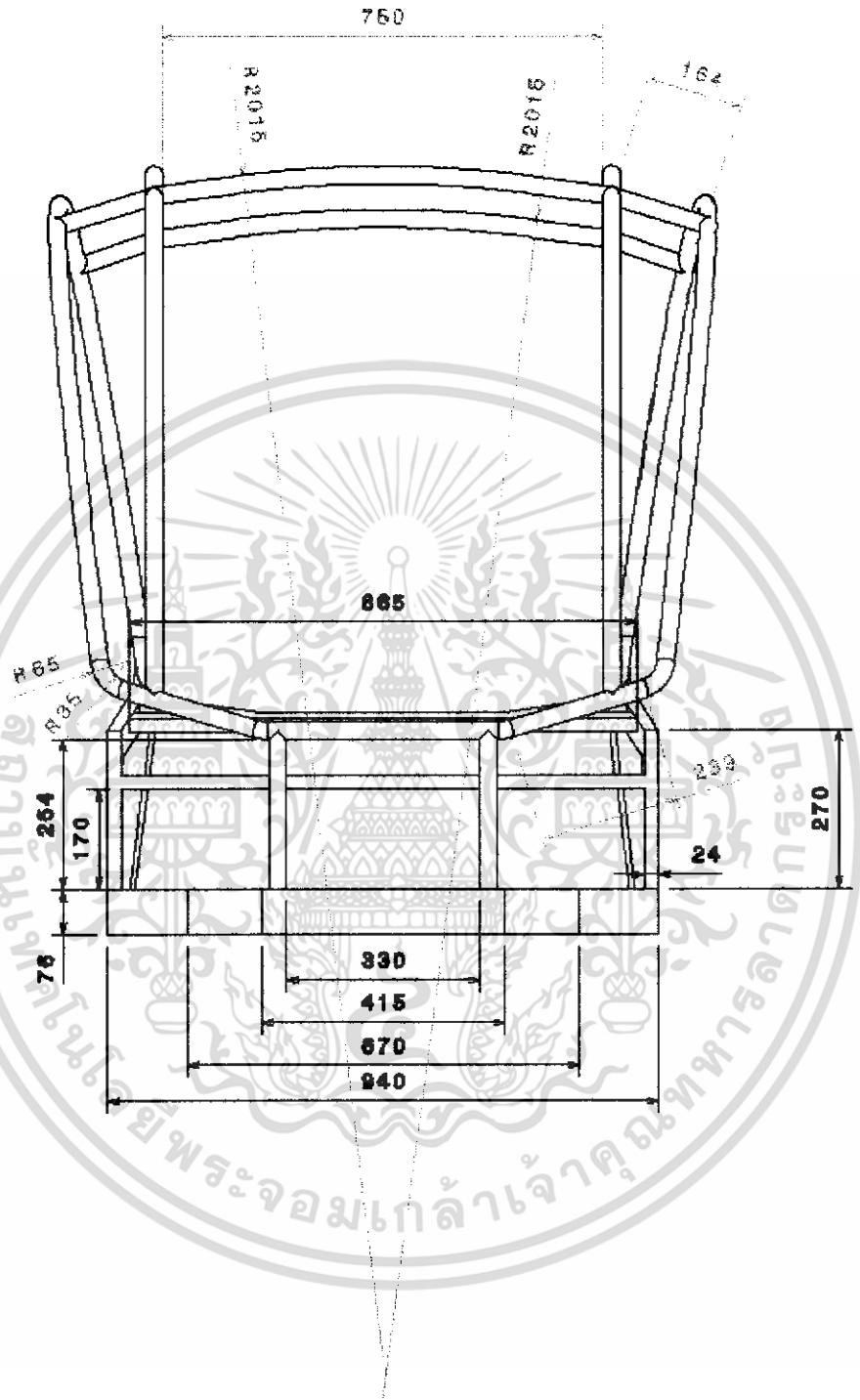
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

น้ำหนักบรรทุกสถิตตาม พ.ร.บ.รถยนต์
น้ำหนักบรรทุกตาม พ.ร.บ. รถยนต์ (ฉบับที่ 5) พ.ศ.2522

1. มาตรา 21 พ.ร.บ. รถยนต์ พ.ศ.2522 " (3ทวิ) การใช้รถยนต์นั่งบุคคลเกินเจ็ดคน หรือใช้เป็นรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเป็นรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคลที่มีน้ำหนักรถไม่เกินหนึ่งพันหกร้อยกิโลกรัม" มีขนาดกว้างไม่เกิน 2 เมตร ยาวไม่เกิน 6 เมตร
2. กฎกระทรวงใช้เป็นเกณฑ์สอบวัด พิจารณาน้ำหนักรถคือ Gross vehicle weight (G.V.W.) = 1600 กิโลกรัม ในส่วนน้ำหนักบรรทุกรวมคือ Gross vehicle mass (G.V.M.) = 3600 กิโลกรัม (น้ำหนักรถตามกำหนดรวม น้ำหนักรถบรรทุก 1500 กิโลกรัม และ น้ำหนักเผื่อ 500 กิโลกรัม)
3. การพิจารณาเห็นชอบแบบโครงรถยอมให้มีค่าปลอดภัยไม่ต่ำกว่า 4 เท่าโดยมีการโก่งแอ่นไม่เกิน 5 ถึง 10 มิลลิเมตร ต่อความยาวรวม

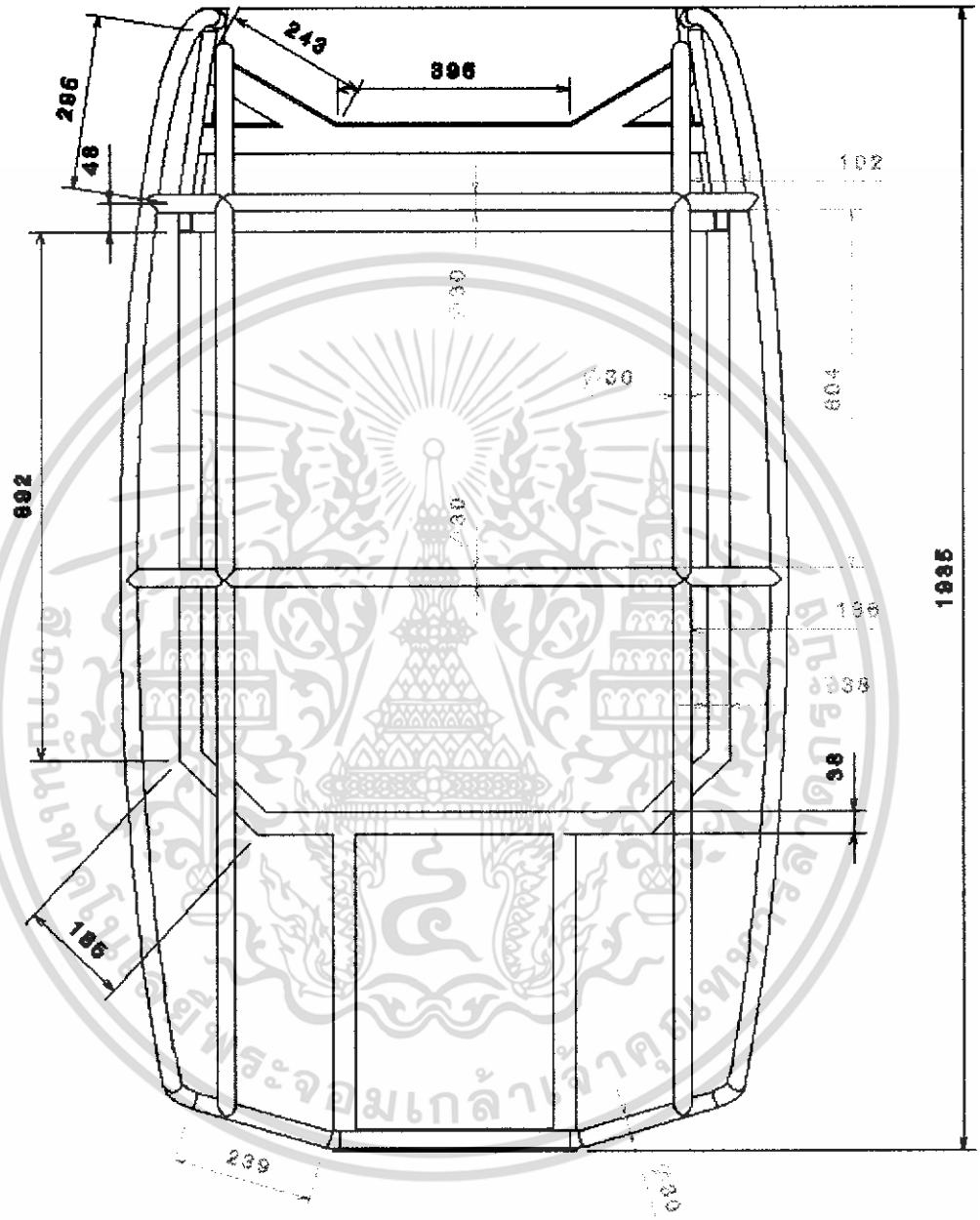
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Front View

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
SCALE 1:1	DATE 24 MARCH 2008
ALL DIMENSIONS IN MM	SCALE 1:1
DRAWN BY K. Pakin	

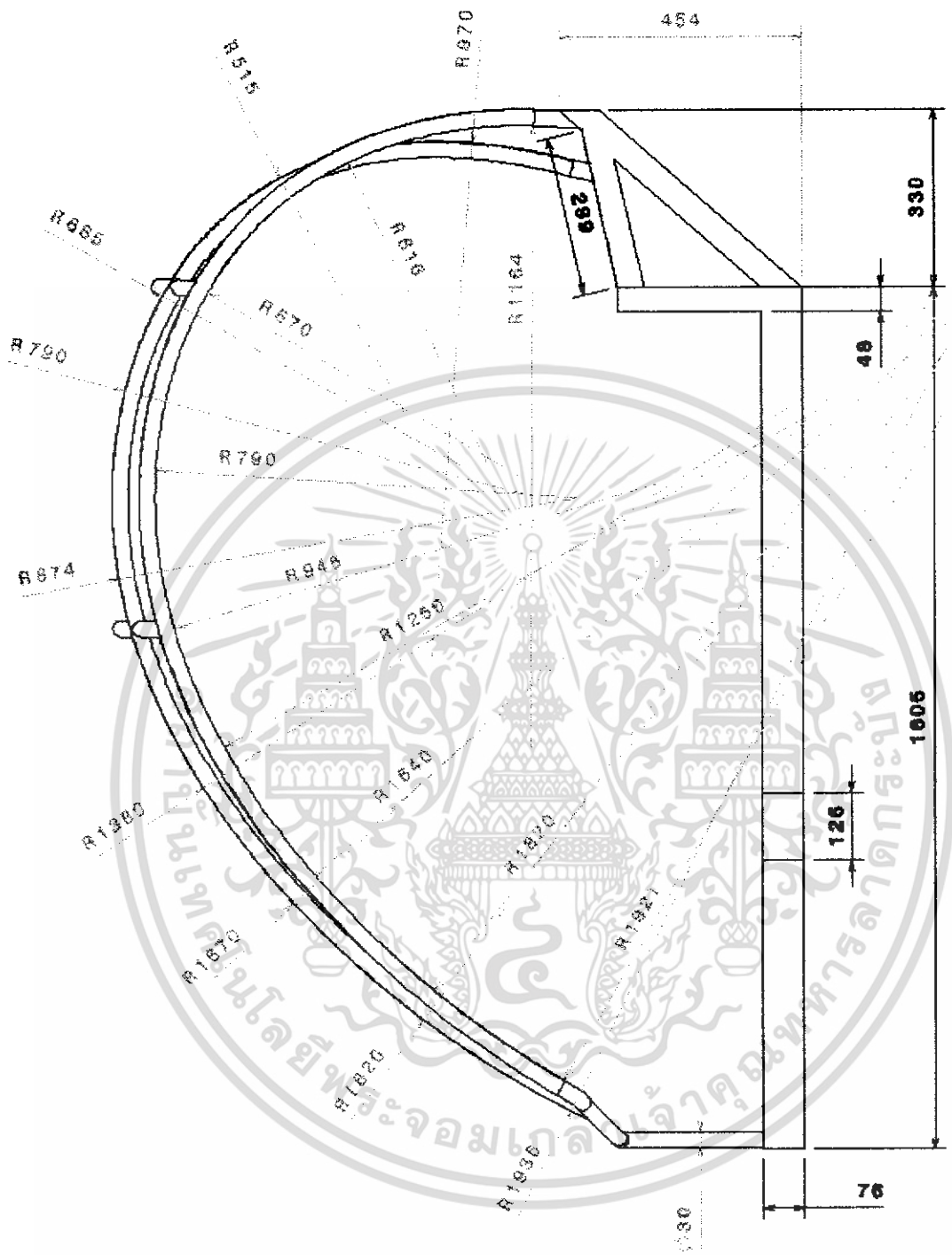
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Top View

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
FRAME BY	DATE 24 MARCH 2006
ALL DIMENSIONS IN MM	SCALE 1:1
DRAWN BY K. Pinkaew	

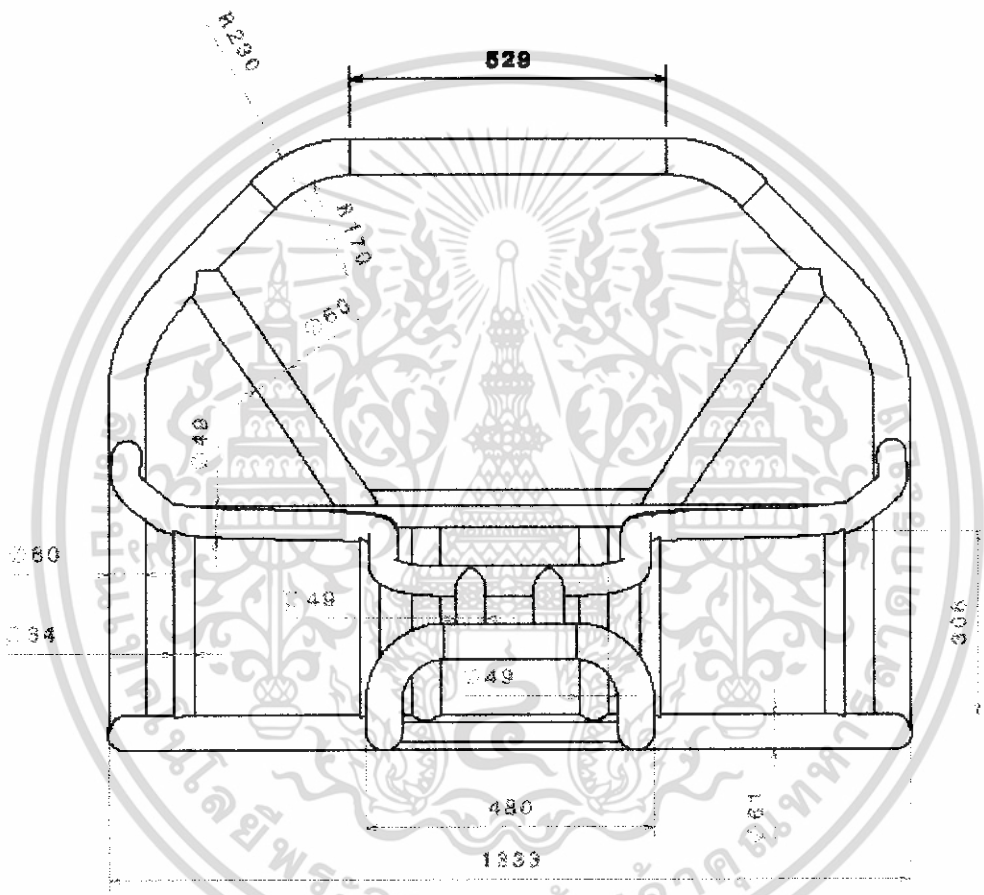
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Side View

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
FRAME F'	DATE 24 MARCH 2006
ALL DIMENSIONS IN MM	SCALE 1:1
DRAWN BY K. Prince	

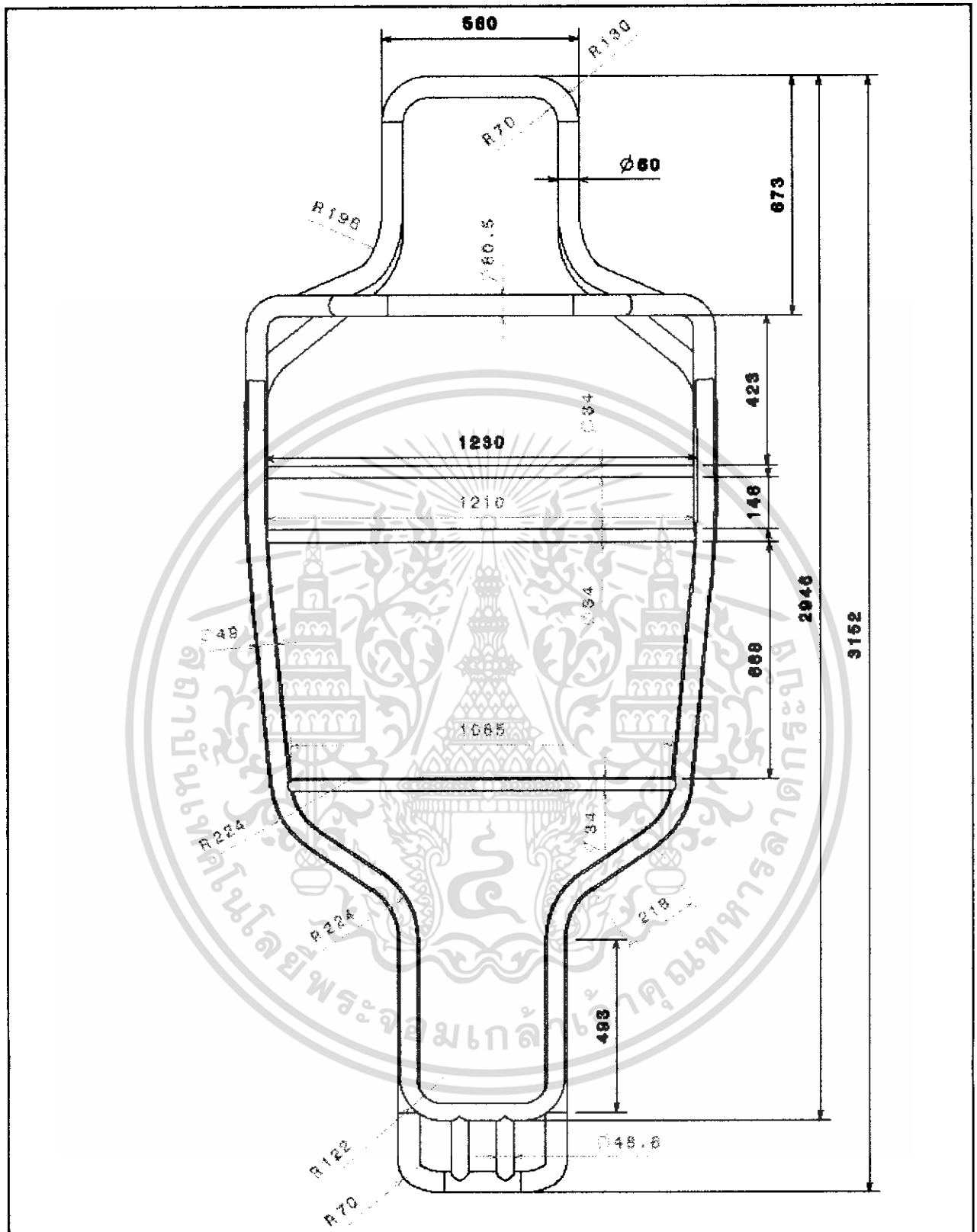
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Front View

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
FRAME R10	DATE 24 MARCH 2006
ALL DIMENSIONS IN MM.	SCALE 1:1
DRAWN BY K. Peace	

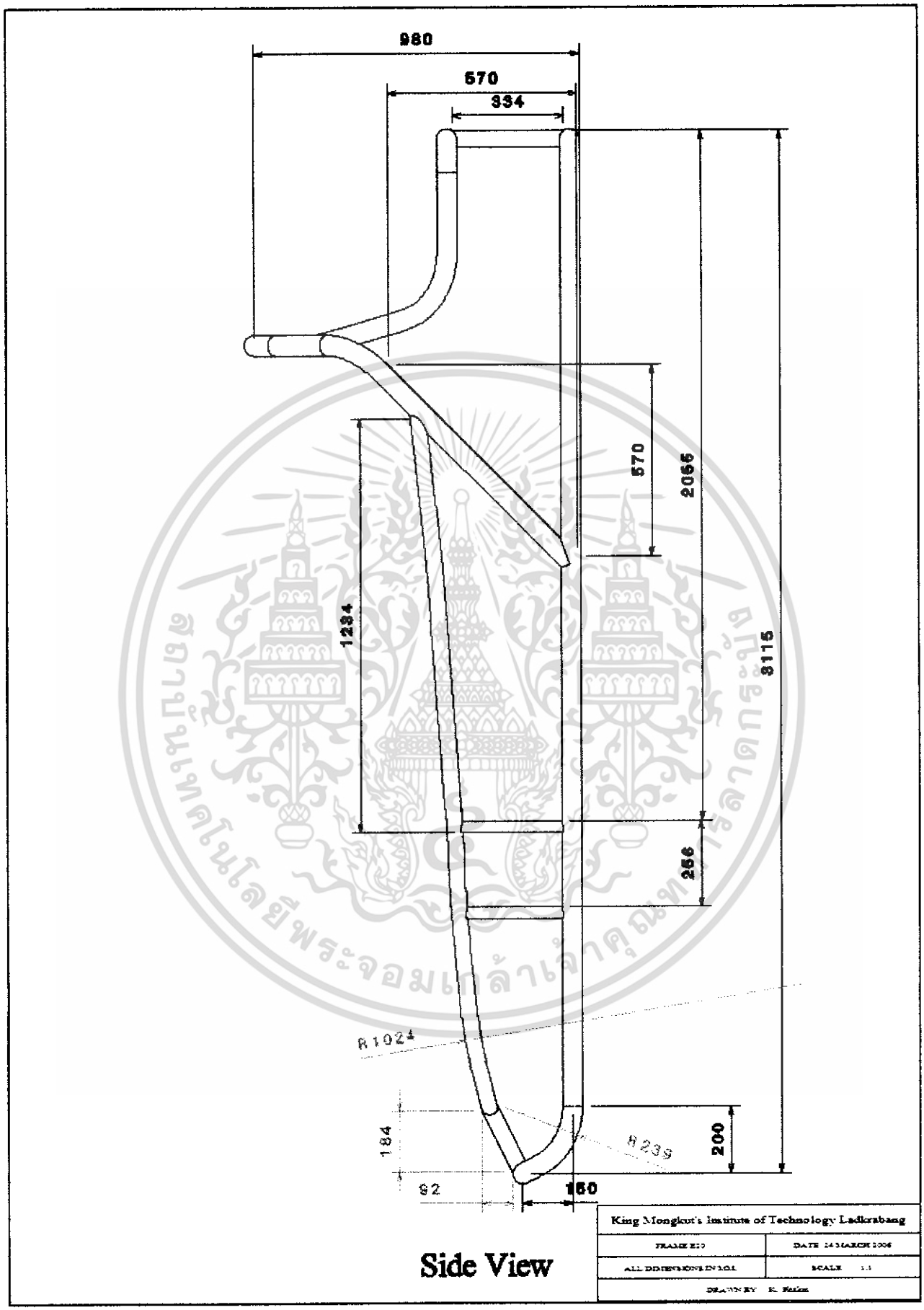
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Top View

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
FRAME R30	DATE 24 MARCH 2006
ALL DIMENSIONS IN MM.	SCALE 1:1
DRAWN BY K. Peace	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้