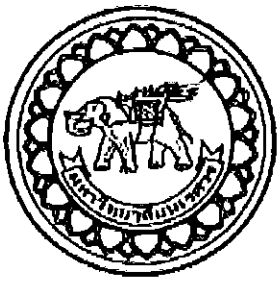
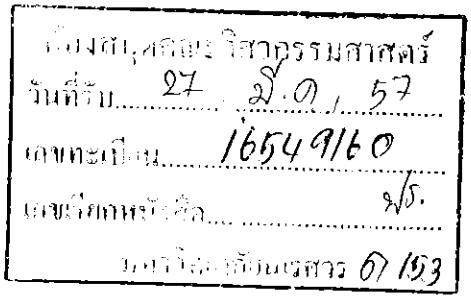


ออกแบบและรถเข็นวัสดุก่อสร้าง
DESIGN AND FABRICATION OF MORTOR WHEELBARROW

นางสาวดวงกมล	จันทร์ทา	รหัส 53361122
นายธนากร	กลีบจำปา	รหัส 53361184
นายอานันท์	อินเมฆ	รหัส 53361764



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2556

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ออกแบบและสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวดวงกมล จันทร์ทา	รหัส 53361122
	นายธนากร กลีบจำปา	รหัส 53361184
	นายอานันท์ อินเมฆ	รหัส 53361764
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น	
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	ครูช่างปฏิบัติการประเทือง โมรารายย	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2556	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน
(ครูช่างปฏิบัติการประเทือง โมรารายย)

.....กรรมการ
(รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ธนา บุญฤทธิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ออกแบบและสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวดวงกมล จันทร์ทา	รหัส 53361122
	นายธนากร กลีบจำปา	รหัส 53361184
	นายอานันท์ อินเมฆ	รหัส 53361764
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น	
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	ครูช่างปฏิบัติการประเทือง โมรารายย	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2556	

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาออกแบบ จัดสร้าง และทำการทดลองเกี่ยวกับรถเข็นวัสดุก่อสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการจัดสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ที่มีความเหมาะสมในการใช้งานในพื้นที่ราบด้วยการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เกิน 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 24V250W เป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งผู้ดำเนินโครงงาน ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับรถเข็นวัสดุก่อสร้าง เช่น ชนิดของรถเข็น ชนิดของมอเตอร์ และส่วนประกอบต่างๆ เพื่อนำมาทำการออกแบบ และจัดสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้างที่มีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นระบบส่งกำลังในการช่วยให้รถเข็นขับเคลื่อน

รถเข็นวัสดุก่อสร้างนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวส่งกำลังผ่านระบบโซ่ ส่งต่อไปยังเพลาล้อให้เคลื่อนที่ และยังได้ทำการเสริมล้อเล็กสองล้อ เพื่อให้ช่วยในการประคองตัวของรถเข็นอีกด้วย

จุดมุ่งหมายในการทำโครงงานครั้งนี้ คือ สร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ให้ใช้งานได้จริงในกิจกรรมการก่อสร้าง มีความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง บรรทุกน้ำหนักรวมไม่เกิน 150 กิโลกรัม (รวมน้ำหนัก คน วัสดุ ตัวรถ) ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 24V250W เป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งจากการจัดทำโครงงานพบว่า รถเข็นวัสดุก่อสร้างสามารถใช้ได้จริงและมีความเร็วตามที่กำหนดไว้ และสามารถใช้งานได้จริงในกิจกรรมอื่นได้อีกด้วยเช่น ขนวัสดุหรือวัตถุดิบในโรงงาน

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงได้ด้วยดีโดยความช่วยเหลือจากหลายๆ ท่านด้วยกัน ผู้ดำเนินโครงงานขอถือโอกาสนี้ กราบขอบพระคุณ อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น อาจารย์ที่ปรึกษาประจำโครงงาน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการแนะนำ อาจารย์ประเทือง โมรารายา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมประจำโครงงาน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการแนะนำ คอยสนับสนุน สอนวิธีการต่างๆ และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่ช่วยเสนอแนะแนวทางที่ดี ในการแก้ปัญหา ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วง ไปด้วยดี และมีความสมบูรณ์ถูกต้อง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจในการทำงาน และสนับสนุนงบประมาณในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็วลุล่วงไปด้วยดี

ผู้ดำเนินโครงงาน
ดวงกมล จันทร์ทา
ธนากร กลีบจำปา
อานันท์ อินเมฆ

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcomes) 1
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน 1
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 3
2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและแบตเตอรี่ 3
2.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3
2.1.2 แบตเตอรี่ 4
2.2 ล้อ 5
2.2.1 ล้อหลัก 5
2.2.2 ล้อช่วยประคอง 5
2.3 ระบบส่งกำลัง 5
2.3.1 ตลับลูกปืน 6
2.3.2 เพลา 6
2.3.3 โซ่ส่งกำลัง 7
2.4 แรงต้านการเคลื่อนที่ 7
2.4.1 แรงต้านการหมุนของล้อ 7
2.4.2 แรงต้านอากาศ 8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.3 แรงต้านทางชัน 8
2.5 ระบบควบคุมบังคับ 9
2.5.1 คันเร่ง 9
2.5.2 ดรัมเบรก 9
2.6 การยศาสตร์ 9
2.6.1 การนำหลักการยศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการทำงาน 9
2.6.2 การกำหนดความสูงของพื้นผิวปฏิบัติงาน 10
2.6.3 ขนาดโครงสร้างร่างกายของมนุษย์ 11
2.6.4 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของมนุษย์ 12
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
2.7.1 รถสามล้อไฟฟ้าคนพิการพลังงานร่วมโซล่าเซลล์ 13
2.7.2 พาหนะไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับคนพิการ 13
2.7.3 รถนั่งเคลื่อนที่อเนกประสงค์ 14
2.7.4 รถโฟร์คลิฟท์เท้าถีบ 14
2.7.5 รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless DC Motor 2 ตัว 14

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 16
3.1 การศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล 17
3.1.1 วิเคราะห์ปัญหา 17
3.1.2 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 17
3.2 การออกแบบ 17
3.2.1 การออกแบบโครงสร้าง 17
3.2.2 ระบบส่งกำลัง 18
3.2.3 ออกแบบล้อ 18
3.2.4 ออกแบบมือจับและคันเร่ง 18
3.2.5 ออกแบบระบบเบรกห้ามล้อ 18
3.3 จัดหาวัสดุอุปกรณ์ 18
3.3.1 พิจารณาเลือกวัสดุอุปกรณ์ 18
3.3.2 จัดซื้อ จัดหา วัสดุอุปกรณ์ 19
3.4 การสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง 19
3.5 การทดสอบรถเข็นวัสดุก่อสร้าง 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.1 ทดสอบระบบต่างๆ 19
3.5.2 ทดสอบการผ่อนแรง 19
3.6 การปรับปรุง และแก้ไขรถเข็นวัสดุก่อสร้าง 19
3.7 การจัดทำคู่มือรถเข็นวัสดุก่อสร้าง 19
3.8 การวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ 20
3.9 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 20

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ 21
4.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล 21
4.2 การออกแบบ 21
4.2.1 การออกแบบโครงสร้างรถเข็น 21
4.2.2 การออกแบบระบบส่งกำลัง 23
4.3 การจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์ 24
4.4 การสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง 24
4.4.1 โครงสร้าง 24
4.4.2 การติดตั้งล้อ 25
4.4.3 พ่วง 26
4.4.4 การติดตั้งมอเตอร์และแบตเตอรี่ 26
4.4.5 การเดินสายชุดควบคุมต่างๆ 27
4.4.6 การติดตั้งมือจับ 27
4.4.7 การติดตั้งกระบะ 28
4.4.8 การพ่นสี 28
4.5 การทดสอบรถเข็นวัสดุก่อสร้าง 28
4.5.1 การทดสอบเดินหน้าถอยหลัง 28
4.5.2 การทดสอบการรับน้ำหนักและความเร็วในการเคลื่อนที่ 29
4.5.3 การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกวัสดุ 30
4.6 การปรับปรุงแก้ไข 30
4.7 จัดทำคู่มือการใช้งาน 30
4.8 วิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ 31

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1 บทสรุป 32
5.2 ข้อเสนอแนะ 32

เอกสารอ้างอิง 33

ภาคผนวก ก แบบ (Drawing) รถเข็นวัสดุก่อสร้าง 34
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน รถเข็นวัสดุก่อสร้าง 50
ภาคผนวก ค การคำนวณหาจำนวนครั้งในการทดลอง 56

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 58

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ตารางขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2
2.1 ตารางแสดงขนาดเพลามาตรฐาน 6
2.2 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานในสภาพผิวต่างๆ 8
2.3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายมนุษย์ 12
4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบรถเข็นวัสดุก่อสร้าง 29
4.2 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง 31
ค.1 ตารางแสดงผลการทดสอบ 57

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3
2.2 โซ่ส่งกำลัง 7
2.3 ความสูงจากพื้นถึงผิวงาน ในงานเบา 10
2.4 ความสูงจากพื้นถึงผิวงาน ในงานหนักพอสมควร 10
2.5 ความสูงจากพื้นถึงผิวงาน ในงานหนักมาก 11
3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน 16
4.1 โครงของรถเข็นวัสดุก่อสร้าง 21
4.2 บริเวณที่ติดล้อ 22
4.3 พ่วง 22
4.4 โครงรถ 24
4.5 ล้อหลัก 25
4.6 ล้อเสริม 25
4.7 พ่วงและล้อ 26
4.8 การติดตั้งมอเตอร์และแบตเตอรี่ 26
4.9 การต่อสายและชุดควบคุม 27
4.10 คันเร่งและมือจับ 27
4.11 การติดตั้งกระบะ 28
4.12 สวิตซ์สลับขั้ว 28
4.13 การทดสอบการใช้รถเข็นวัสดุก่อสร้าง 29
4.14 การทดสอบบรรทุกน้ำหนักที่ 120 กิโลกรัม 30
4.15 การเสริมเหล็กเข้าไปที่ขอบกระบะ 30
ก.1 โครงรถเข็นวัสดุก่อสร้าง 35
ก.2 โครงรถ 36
ก.3 โครงรถ (2) 37
ก.4 ล้อ 38
ก.5 ล้อ (2) 39
ก.6 ระบบส่งกำลัง 40
ก.7 ระบบส่งกำลัง (2) 41
ก.8 พ่วง 42
ก.9 พ่วง (2) 43
ก.10 พ่วง (3) 44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก.11 มือจับและแผงควบคุม....45
ก.12 มือจับและแผงควบคุม (2)....46
ก.13 กระบะและตัวล็อค....47
ก.14 กระบะ....48
ก.15 ตัวล็อคกระบะ....49
ข.1 กุญแจควบคุมระบบขับเคลื่อน....51
ข.2 ตรวจสอบระดับพลังงานแบตเตอรี่....51
ข.3 สวิตช์....52
ข.4 คันเร่ง....52
ข.5 ปลดล็อคกระบะ....53
ข.6 มอเตอร์ไฟฟ้า....53
ข.7 ชุดเฟืองโซ่....54
ข.8 สายไฟในระบบควบคุม....54
ข.9 การชาร์จแบตเตอรี่....55

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในการปฏิบัติงานตามโครงการก่อสร้างต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโครงการขนาดเล็ก หรือโครงการขนาดใหญ่ยังคงใช้แรงงานมนุษย์เป็นหลักในการขนย้ายวัสดุก่อสร้าง เช่น หิน ทราย กรวด อิฐ เป็นต้น จากสถานที่จัดเก็บไปใช้ภายในบริเวณงาน รถเข็นจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ขนย้ายวัสดุดังกล่าว ซึ่งในปัจจุบันรถเข็นที่นำมาใช้ปฏิบัติงานนั้นใช้แรงงานคนในการขับเคลื่อน แต่เนื่องจาก วัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่ มีน้ำหนักมาก การเข็นรถจึงต้องใช้แรงมากตามไปด้วย ส่งผลทำให้เกิดความเมื่อยล้าแก่ผู้ปฏิบัติงานและทำให้เกิดความล่าช้าของงานตามมา

จากปัญหาข้างต้น ผู้ดำเนินโครงงานจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบ และสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้างเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการขนย้ายวัสดุก่อสร้างโดยการนำเอามอเตอร์ไฟฟ้า มาช่วยในการขับเคลื่อนรถเข็น เพื่อช่วยผ่อนแรงระหว่างการทำงาน และช่วยให้การทำงานเป็นไปได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อออกแบบและปรับปรุงรถเข็นวัสดุก่อสร้างที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

รถเข็นวัสดุก่อสร้าง

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcomes)

1.4.1 สามารถบรรทุกน้ำหนักสูงสุดไม่เกิน 150 กิโลกรัม (รวมน้ำหนักผู้ใช้งาน น้ำหนักวัสดุ และน้ำหนักรถเข็น)

1.4.2 สามารถเคลื่อนที่เดินหน้าถอยหลังได้

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 รถเข็นวัสดุก่อสร้าง สามารถบรรทุกน้ำหนักสูงสุด ไม่เกิน 150 กิโลกรัม (รวมน้ำหนักผู้ใช้งาน น้ำหนักวัสดุ และน้ำหนักรถเข็น)

1.5.2 เคลื่อนที่ในบริเวณพื้นราบ

1.5.3 เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ไม่เกิน 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

เมษายน พ.ศ. 2556 - พฤศจิกายน พ.ศ. 2556

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา							
		เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1.8.1	ศึกษาและรวบรวมทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบรถเข็นวัสดุก่อสร้าง	←	→						
1.8.2	ออกแบบรถเข็นวัสดุก่อสร้าง			←	→				
1.8.3	จัดหาวัสดุและอุปกรณ์				←	→			
1.8.4	สร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง					←	→		
1.8.5	ทดสอบรถเข็นวัสดุก่อสร้าง						←	→	
1.8.6	ปรับปรุง และแก้ไข						←	→	
1.8.7	จัดทำคู่มือรถเข็นวัสดุก่อสร้าง							←	→
1.8.8	สรุปผลการดำเนินโครงงาน							←	→
1.8.9	จัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์							←	→

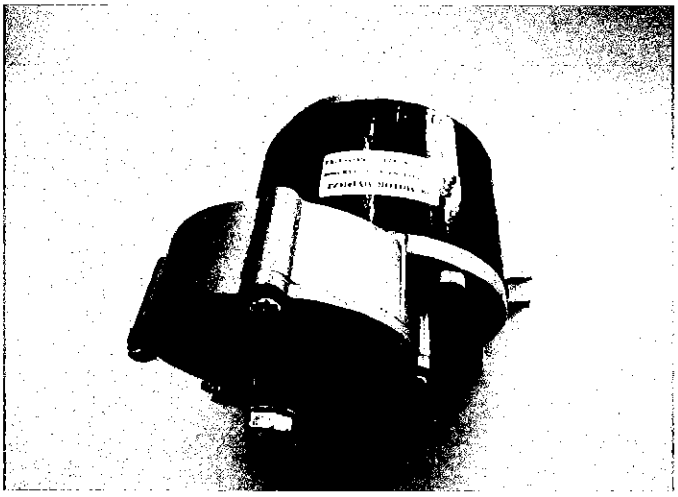
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

การออกแบบ และสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง จำเป็นต้องใช้หลักการ และทฤษฎีต่างๆ เพื่อใช้ในการออกแบบให้รถเข็นวัสดุก่อสร้าง สามารถเคลื่อนที่ได้ ลดความเมื่อยล้าระหว่างการทำงาน และช่วยให้การทำงานเป็นไปได้อย่างสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยใช้หลักการ และทฤษฎี ดังต่อไปนี้

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และแบตเตอรี่

2.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อมีแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปลงผ่านคอมมิวเตเตอร์ เข้าไปในขดลวด อาร์มาเจอร์ สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) สร้างขั้วบวก-ลบขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรง แม่เหล็ก จะไม่ตัดกัน ทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้ เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่า ตัวหมุนที่เส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ หรือโรเตอร์ หมุนไปนั้น เป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming Left Hand Rule)



รูปที่ 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
ที่มา : http://www.ebikethaikit.com

การคำนวณหากำลังมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หาได้จากสมการที่ 2.1

$$P_m = \frac{FV}{\eta_t} \tag{2.1}$$

เมื่อ P_m คือ กำลังมอเตอร์ มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)
F คือ แรง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
V คือ ความเร็ว มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)
η_t คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์

การคำนวณหาแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หาได้จากสมการที่ 2.2

$$T_m = \frac{P_m}{2\pi N} \tag{2.2}$$

เมื่อ T_m คือ แรงบิดมอเตอร์มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (N.m)
P_m คือ กำลังมอเตอร์มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)
N คือ ความเร็วรอบมอเตอร์มีหน่วยเป็น รอบต่อวินาที (rps)
แรงบิด คือ แรงที่ได้จากแรง 1 รอบการหมุน

การคำนวณหาความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หาได้จากสมการที่ 2.3

$$N = \frac{Vi_0}{2\pi r} \tag{2.3}$$

เมื่อ N คือ ความเร็วรอบมอเตอร์มีหน่วยเป็น รอบต่อวินาที (rps)
V คือ ความเร็ว มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)
i_0 คือ อัตราทดรอบของระบบส่งกำลัง หาได้จาก $i_g \times i_f$
i_g คือ อัตราขับเฟืองมอเตอร์และเฟืองล้อ
i_f คือ อัตราเส้นผ่านศูนย์กลางเฟืองและเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ

2.1.2 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้หรือ เซลล์ทุติยภูมิ สามารถประจุไฟฟ้าใหม่ได้หลังจากไฟหมดเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่า ชาร์จเจอร์ หรือ รีชาร์จเจอร์

2.2 ล้อ

2.2.1 ล้อหลัก

ล้อเป็นตัวที่รับน้ำหนักของรถเข็นทั้งหมด โดยถ่ายทอดการหมุน และแรงบิดในการขับเคลื่อน และแรงบิดในการห้ามล้อสำหรับการลดความเร็วของรถเข็น ล้อที่มีโครงร่างไม่สมดุลจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนมากซึ่งมีผลทำให้ยาง และสลักของล้อสึกหรอมาก ชิ้นส่วนที่จำเป็นของล้อ คือ ดุมล้อ ซึ่งยึดติดอยู่กับแกนล้อ และขอบกระทะล้อ ซึ่งใช้ในการใส่ยางดุมล้อกับกระทะล้อจะถูกยึดเข้าด้วยกันโดยชิ้นส่วนที่เป็นจานหรือซี่ลวด (หรือซี่กงล้อ) ก็ได้ ดุมเบรกจะถูกยึดติดกับดุมล้อ โครงสร้างของล้อมีหลายแบบ แล้วแต่ละชนิดของยานยนต์ ยางที่ใช้กับยานยนต์เป็นแบบสูบลม แบบใช้ยางใน (Tube Type) การเลือกขนาดของล้อให้เหมาะสมกับงานเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อขนาดไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไป

แรงบิดที่กระทำกับเฟืองที่บริเวณล้อ หาได้จากสมการที่ 2.4

$$T_w = \eta_t \times i_0 \times T_m \qquad (2.4)$$

เมื่อ T_w คือ แรงบิดที่กระทำกับเพลาบริเวณล้อ (N.m)

T_m คือ แรงบิดมอเตอร์มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (N.m)

i_0 คือ อัตราทดรอบของระบบส่งกำลัง

η_t คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์

2.2.2 ล้อช่วยประคอง

ล้อช่วยประคองทำหน้าที่ช่วยรับน้ำหนัก และช่วยในการบังคับเลี้ยว เป็นล้อสปริงโหลดเป็นลูกล้อป้องกันการกระแทก มีสปริงที่มีความยืดหยุ่นสูงเหมาะสำหรับงานที่มีการใช้งานบนพื้นที่ที่ต้องการลดแรงกระแทกและป้องกันสินค้าเสียหาย ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ เซรามิค หรืองานอื่นๆ ที่ต้องการความระมัดระวังเป็นพิเศษ มีทั้งล้อสปริงโหลดที่เป็นยาง Elastic และ Polyurethane

2.3 ระบบส่งกำลัง

การส่งกำลังจากการหมุนของมอเตอร์สู่ล้อ จึงทำให้ล้อเกิดการหมุนขับเคลื่อนรถเข็นวัสดุก่อสร้างให้สามารถเคลื่อนที่เดินหน้า หรือถอยหลังได้

2.3.1 ตลับลูกปืน

ตลับลูกปืน เป็นลักษณะของแบริ่งรับแรงโดยอาศัยลักษณะที่แบริ่งมีผิวสัมผัสแบบกลิ้ง ประกอบด้วยร่องลึกเป็นทางกลิ้งสำหรับลูกกลิ้งทรงกลมเป็นลักษณะที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย ติดตั้งได้ง่าย และสามารถเปลี่ยนเมื่อเกิดการชำรุดเสียหายได้สะดวก

2.3.2 เพลา

เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงอัด หรือ แรงหลายอย่างรวมกันได้ ดังนั้น การคำนวณเพลาจึงต้องใช้ ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงบิดเหล่านี้ อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหาย เพราะความล้าได้ ฉะนั้น จึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งาน วัสดุทั่วไปที่ใช้ทำเพลา คือ เหล็กกล้าละมุน (Mind Steel) ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและทนทาน ต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษ มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 3140 4150 เป็นต้น เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ จึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลา ซึ่งระบุขนาดใน ISO/R 775 - 1969 เอาไว้ สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับแบริ่งที่ใช้รองรับเพลา ขนาดของเพลาสามารถดูได้จาก ตารางที่ 2.1

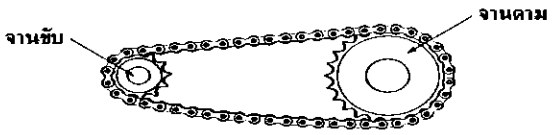
ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดเพลามาตรฐาน ISO/R 775 - 1969 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตร

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา (มิลลิเมตร)				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	-

ที่มา : สุทัศน์ ยอดเพชร, 2551 : 48

2.3.3 โซ่ส่งกำลัง

โซ่ส่งกำลัง เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่มีการถ่ายทอดกำลังจากชุดขับ (ต้นกำลัง) ไปยังชุดตาม (รับกำลัง) เพื่อถ่ายทอดหรือส่งกำลังไปยังในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนหรือตัวเครื่องจักรโซ่ส่งกำลัง จะต้องมีการทำงานคู่กับจานโซ่ (Sprockets) ซึ่งจะยึดอยู่กับเพลาด้านขับและตาม ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โซ่ส่งกำลัง

ที่มา : http://wijitrood.blodspot.com

2.4 แรงต้านการเคลื่อนที่

แรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสของวัตถุ เกิดขึ้นทั้งขณะวัตถุเคลื่อนที่และหยุดนิ่ง แรงต้านการเคลื่อนที่จะมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยแรงต้านนี้จะส่งผลให้ เครื่องจักร หรือมอเตอร์แสดงผลได้ไม่เต็มที่ แรงต้านทั้งหมดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

2.4.1 แรงต้านการหมุนของล้อ

แรงต้านการหมุนของล้อจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ เช่น ความหนาของหน้ายาง สภาพพื้นผิวที่ขับขี่ น้ำหนักบรรทุก ความเร็ว สามารถคำนวณหาแรงต้านการหมุนของล้อ ได้จากสมการที่ 2.5

$$R_r = K_r N \tag{2.5}$$

R_r คือ แรงต้านการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

K_r คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ (ตารางที่ 2.4)

N คือ แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับล้อมีหน่วยเป็น นิวตัน (N) โดยที่ $N = mg$

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานในสภาพผิวต่างๆ

ชนิด และสภาพถนน	K_r (เฉลี่ย)
1 ถนนลาดยางและถนนคอนกรีต	
1.1 สภาพดีเยี่ยม	0.014 - 0.018
1.2 สภาพดีพอใช้	0.018 - 0.020
2 ถนนปูพื้น	0.023 - 0.030
3 ถนนลูกรัง	0.020 - 0.025
4 ถนนดิน	
4.1 ถนนดินอัดแน่น	0.025 - 0.035
4.2 ถนนเปียกหลังฝนตก	0.050 - 0.150
5 ถนนทราย	0.1 - 0.3

ที่มา : http//www.auto2drive.com

2.4.2 แรงต้านอากาศ

แรงต้านอากาศเกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุกระทบกับอากาศ มีองค์ประกอบต่างๆ ที่ส่งผล คือ ความหนาแน่นอากาศ ความเร็วลม รูปทรงของวัตถุ สามารถคำนวณหา แรงต้านอากาศได้จาก สมการที่ 2.6

$$R_a = \frac{1}{2}\rho C_D A V^2 \qquad (2.6)$$

R_a คือ แรงต้านอากาศ (N)

ρ คือ ความหนาแน่นอากาศ (kg/m^3) (ρ_{air}= 1.2 kg/m^3)

C_D คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ

V คือ ความเร็วของจักรยานไฟฟ้า (m/s)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของรถ (m^2) โดยการหาพื้นที่หน้าตัดของรถอาศัยการฉายภาพทำให้เกิดเงาหลังฉาก

2.4.3 แรงต้านทางชัน

ในขณะที่มีการเคลื่อนที่ขึ้นทางชัน กำลังจากมอเตอร์บางส่วนต้องถูกนำไปใช้เพื่อเอาชนะแรงต้านทางชัน ทำให้เครื่องทำงานหนักมากกว่าการวิ่งบนทางระดับ แต่ในทางกลับกัน ถ้าวิ่งลงทางลาด มอเตอร์จะทำงานน้อยลงเพราะ มีแรงโน้มถ่วงของโลกมาช่วย แรงต้านทางชันจะมีค่ามาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุ และความชันของพื้น สามารถคำนวณหา แรงต้านทางชันได้จากสมการที่ 2.7

$$R_g = \frac{WG}{100} \quad (2.7)$$

R_g คือ แรงต้านทางชัน (N)
W คือ น้ำหนักของวัตถุ (N)
G คือ ความชัน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

2.5 ระบบควบคุมบังคับ

2.5.1 คันเร่ง

ระบบคันเร่ง จะทำงานโดยการ บิดคันเร่ง ที่บริเวณมือจับ เมื่อบิดคันเร่ง สายคันเร่งจะปรับความเร็วของมอเตอร์ ให้มีการทำงานที่เร็วขึ้นหรือช้าลงตามการบิดคันเร่ง โดยวิธีนี้จะสามารถทำให้รถเข็นวิ่งด้วยความเร็วเหมาะสมตามความต้องการของผู้ใช้งาน

2.5.2 ดรัมเบรก

ระบบเบรกออกแบบมาเพื่อลดความเร็ว และหยุดรถเข็น นับได้ว่าเป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่จำเป็นของรถเข็น ที่จะทำให้เกิดความแน่ใจในการใช้งานอย่างปลอดภัย ซึ่งรถเข็นที่กำลังวิ่งอยู่ ไม่สามารถหยุดได้อย่างทันที เมื่อมอเตอร์ตัดกำลังงานออกจากระบบส่งกำลัง เนื่องจากมีแรงเฉื่อย แรงเฉื่อยนี้ต้องทำให้ลดลงเพื่อที่จะให้รถเข็นหยุด ดรัมเบรกจะติดตั้งกับลูกล้อ เบรกจะทำงานเมื่อมีการถ่างก้านเบรก ให้เสียดสีกับตัวเบรก ซึ่งดรัมเบรกจะเป็นตัวทำให้ล้อหยุด

2.6 การยศาสตร์ (Ergonomics)

การยศาสตร์ คือ การจัดงานให้เหมาะสมกับคน โดยการเห็นความสำคัญของคนทำงาน และออกแบบสร้างเครื่องมืออุปกรณ์ จัดระบบงานให้เหมาะสมสอดคล้องกับความสามารถ และสมรรถนะของแต่ละบุคคล โดยการประยุกต์หลักการทางด้านชีววิทยา จิตวิทยา กายวิภาคศาสตร์ และสรีรวิทยา เพื่อขจัดสิ่งที่อาจเป็นสาเหตุทำให้พนักงานเกิดความไม่สะดวกสบาย ปวดเมื่อย หรือมีสุขภาพอนามัยที่ไม่ดี เนื่องจากการทำงานในสภาพแวดล้อมนั้นๆ

2.6.1 การนำหลักการยศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการทำงาน

2.6.1.1 การออกแบบ การเปลี่ยนแปลงการบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การมีคุณภาพชีวิตที่ดี ตลอดจนการได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

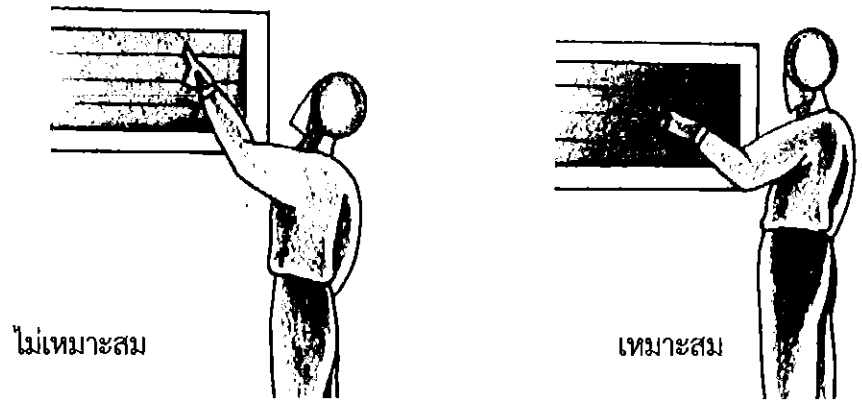
2.6.1.2 การออกแบบ การเปลี่ยนแปลงสถานที่ทำงาน การวางผังโรงงาน โดยมุ่งเน้นความสะดวกสบาย ความเร็วในการทำงาน การอำนวยความสะดวก และการบำรุงรักษา

2.6.1.3 การออกแบบ การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน รวมถึงการนำเอาระบบทำงานอัตโนมัติ เข้ามาช่วยในการทำงาน การจัดสรรทรัพยากรคนให้เข้ากับเครื่องจักรแต่ละชนิด ตามความสามารถและความชำนาญ

2.6.1.4 การควบคุมปัจจัยทางฟิสิกส์ (เช่น ความร้อน ความเย็น แสง เสียง การสั่นสะเทือน เป็นต้น) ในสถานที่ทำงานให้มีความปลอดภัย เพื่ออำนวยความสะดวกแก่การทำงาน

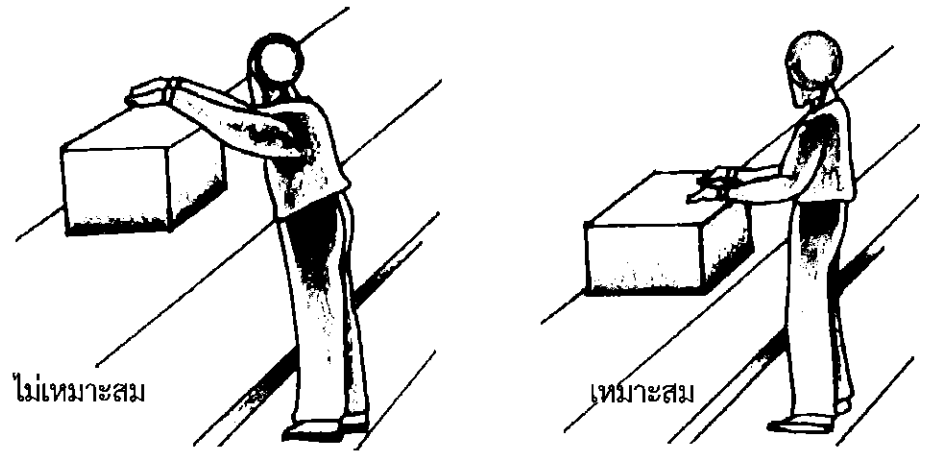
2.6.2 การกำหนดความสูงของพื้นผิวปฏิบัติงาน

2.6.2.1 ถ้าเป็นงานเบา และต้องการความประณีตแม่นยำ ความสูงของพื้นผิวปฏิบัติงานนั้น ควรอยู่สูงกว่าระดับความสูงจากพื้นถึงข้อศอกในท่ายืนหรือท่านั่งเล็กน้อย ดังรูปที่ 2.3



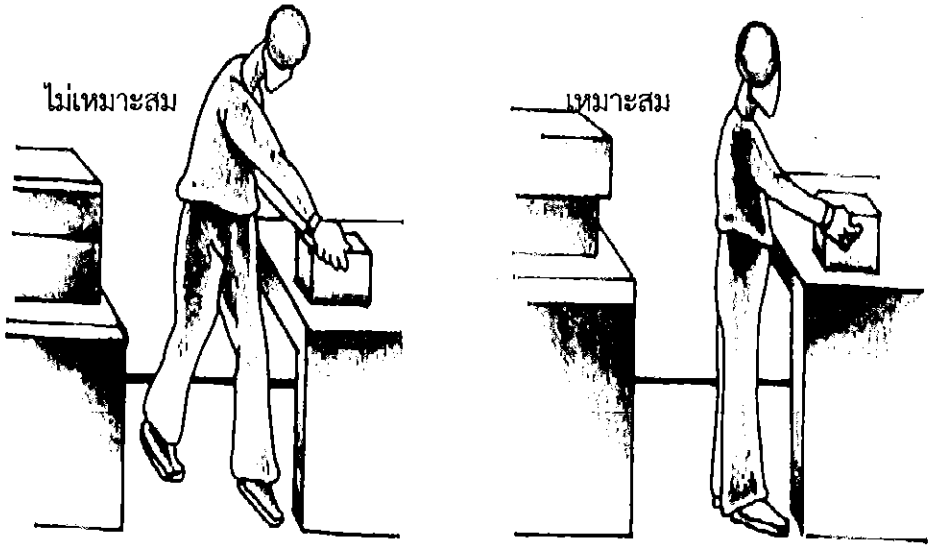
รูปที่ 2.3 ความสูงจากพื้นถึงผิวงาน ในงานเบา
ที่มา : ธวัชชานนท์ สิปปภากุล, 2548:152

2.6.2.2 ถ้าเป็นงานที่ต้องออกแรงหนักพอสมควร ความสูงของพื้นผิวปฏิบัติงานนั้น ควรสูงเท่ากับระดับความสูงจากพื้นถึงศอก ในท่ายืนหรือท่านั่ง ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ความสูงจากพื้นถึงผิวงาน ในงานหนักพอสมควร
ที่มา : ธวัชชานนท์ สิปปภากุล, 2548:152

2.6.2.3 ถ้าเป็นงานที่ต้องออกแรงในการทำงานมาก ความสูงของพื้นปฏิบัติงานนั้น ควรต่ำกว่าระดับความสูงจากพื้นถึงข้อศอกในท่ายืนหรือท่านั่งเล็กน้อยประมาณ 10 – 15 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ความสูงจากพื้นถึงผิวงาน ในงานหนักมาก
ที่มา : ธวัชชานนท์ สิปปภากุล, 2548:153

2.6.3 ขนาดโครงสร้างร่างกายของคน

การออกแบบงาน และสถานที่ทำงานจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงขนาด และลักษณะโครงสร้างร่างกายของคนเข้ามาประกอบ เนื่องจากความแตกต่างกันของบุคคลในแต่ละเชื้อชาติ เพื่อให้การทำงานนั้นเพิ่มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การออกแบบงาน และบริเวณสถานที่ทำงานที่ดีมีความเหมาะสมย่อมทำให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานด้วยความรู้สึกสะดวกสบายปราศจากความเครียดและความเค้นทั้งหลาย

จากการศึกษาวิจัยขนาดร่างกายของผู้ใช้แรงงานของ ดร.ชัยยุทธ ชวลิตนิติกุล และคณะ โดยการเก็บตัวอย่างจากสถานประกอบการต่างๆ จำนวน 2,189 ตัวอย่าง แบ่งเป็นเพศชาย 1,478 ตัวอย่าง เพศหญิง 711 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่อายุระหว่าง 21 - 31 ปี (ร้อยละ 51.5) รองลงมาคือ 31 - 40 ปี (ร้อยละ 32.1) ผลการวิจัยพบว่า ขนาดของร่างกายของหญิงและชายไทย ในท่ายืนและนั่ง โดยเฉลี่ย ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดร่างกายทุกสัดส่วนในกลุ่มตัวอย่าง เพศหญิง และเพศชาย (หน่วยวัดเป็นเซนติเมตร)

ขนาดของร่างกาย	หญิง		ชาย	
	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD
- ท่ายืน				
น้ำหนักตัว (กก.)	50.8	6.4	59.2	8.7
ความสูงร่างกาย	154.0	5.0	165.4	5.9
ความสูงตา	143.1	4.8	154.0	5.6
ความสูงของไหล่	127.1	4.7	137.4	5.3
ความสูงกำปั้น	67.4	3.1	73.0	3.5
ความสูงข้อศอก	94.7	3.8	102.4	4.2
ระยะไหล่ถึงกำปั้น	59.7	3.1	64.4	3.1
ความกว้างไหล่	40.6	2.3	44.2	2.4
ความกว้างสะโพก	30.5	1.6	30.8	1.7
ระยะห่างระหว่างข้อศอก	80.2	3.9	86.5	3.9
ความยาวเท้า	23.0	1.1	25.0	1.2
- ท่านั่ง				
ความสูงขณะนั่ง	81.7	2.7	87.2	3.2
ความสูงของตา	70.9	7.7	76.3	3.0
ความสูงของไหล่	54.7	2.4	59.4	2.7
ความสูงขอข้อศอก	22.3	2.3	24.4	2.4
ความหนาต้นขา	13.4	1.2	14.2	1.4
ความหนาหน้าท้อง	21.5	2.5	22.4	2.9
ความสูงขา	36.6	1.9	39.3	2.1
ระยะพื้นที่นั่งถึงกำปั้น	4.1	2.6	3.9	2.8

ที่มา : กรมแรงงาน, 2530:42-43

2.6.4 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของมนุษย์

สำหรับมนุษย์ อัตราเร็วของการเดินของมนุษย์อยู่ที่ประมาณ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 1.39 เมตรต่อวินาที ถึงแม้ว่าจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความสูง น้ำหนัก และอายุ การวิ่งอัตราเร็วสำหรับระยะทางไกล การจ๊อกกิ้ง สำหรับคนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 2.7 เมตรต่อวินาที

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 รถสามล้อไฟฟ้าคนพิการพลังงานร่วมโซล่าเซลล์

วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ (2553) ได้สร้างรถสามล้อไฟฟ้าคนพิการพลังงานร่วมโซล่าเซลล์ขึ้น เพื่อช่วยให้ผู้พิการสามารถเคลื่อนย้ายหรือเดินทางระยะใกล้ๆ ได้ด้วยตนเอง รถสามล้อไฟฟ้านี้ ใช้พลังงานประหยัด สามารถประจุไฟได้ง่ายโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผ่านแผงโซล่าเซลล์ผลิตกระแสไฟฟ้า ส่งไปชาร์จยังแบตเตอรี่ขนาด 12V 2 ลูก เพื่อใช้เป็นพลังงานให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนรถสามล้อไฟฟ้า สามารถใช้งานได้ทุกสภาวะ ควบคุมความเร็วโดยผู้ขับ มีเบรกมือและเบรกล็อคล้อเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่เวลาหยุดนิ่ง กรณีใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานานพลังงานไฟฟ้าไม่เพียงพอ สามารถเสียบปลั๊กไฟฟ้าชาร์จแบตได้ตามปกติ ช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินทาง ของผู้พิการทางขา และผู้สูงอายุ ช่วยประหยัดเชื้อเพลิง ลดภาระงานของผู้ดูแล ลดมลพาทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล รักษาสิ่งแวดล้อม

2.7.2 พาหนะไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับรถเข็นคนพิการ

นายคทาหัตถ์ ทองแป้น นายสราวุธ ศาลางาม นายชัยสิทธิ์ แสนดัง นายชลธิศ ช้างศิริกุลชัย และนายเพชรินทร์ ทิพย์พิมล ผู้วิจัยพาหนะไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับรถเข็นคนพิการ เพื่อต้องการสร้างอุปกรณ์ช่วยสนับสนุนการเดินทาง ของคนพิการที่ไม่ค่อยแข็งแรง และใช้รถเข็นนั่งธรรมดา โดยลดการพึ่งพาคนรอบข้าง และสามารถเดินทางได้ระยะทางไกลระดับหนึ่ง พร้อมทั้งติดตั้งแบตเตอรี่ 3 ลูกพร้อมชุดขับกำลังไฟฟ้า และชุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง กว้างประมาณ 60 เซนติเมตร และยาวประมาณ 80 เซนติเมตร น้ำหนักรวมรถเข็นประมาณ 50 กิโลกรัม โดยมีความเร็วในโหมดความเร็วที่ต่ำ และโหมดความเร็วสูงสำหรับคนปกติและเด็ก โดยรับน้ำหนักได้ 100 กิโลกรัม สามารถข้ามสิ่งกีดขวางที่มีความสูง 5 เซนติเมตรได้ สามารถขึ้นทางลาดเอียงได้ 10 – 12 องศา มีความเร็วในโหมดความเร็วต่ำ ที่ 6 – 13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และอาจมีความเร็วในโหมดความเร็วสูง สำหรับคนปกติและเด็ก ที่ 25 – 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เดินทางได้ 15 – 20 กิโลเมตรต่อการชาร์จไฟ 1 ครั้ง (ขึ้นกับความจุแบตเตอรี่) รับน้ำหนักได้ 100 กิโลกรัม และอาจจะสามารถข้ามสิ่งกีดขวาง ที่มีความสูง 5 เซนติเมตรได้ สามารถขึ้นทางลาดเอียงได้ 10 – 12 องศา รัศมีวงเลี้ยว 1.5 เมตร พาหนะไฟฟ้าอเนกประสงค์สำหรับรถเข็นคนพิการนับว่า มีประโยชน์ช่วยในการดูแลผู้พิการและผู้ป่วยในการเดินทางให้สะดวกมากยิ่งขึ้น

2.7.3 รถนั่งเคลื่อนที่อเนกประสงค์

นายสมศักดิ์ เปรมประสงค์ นักวิชาการ ฝ่ายวิศวกรรม วว. ในฐานะหัวหน้าโครงการวิจัย ได้สร้างรถนั่งเคลื่อนที่อเนกประสงค์สามารถรองรับน้ำหนักมวลกายไม่เกิน 100 กิโลกรัม ตัวรถมีน้ำหนัก 98 กิโลกรัม ความเร็วสูงสุดในการเดินหน้า 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วในการถอยหลัง 4.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีรัศมีวงเลี้ยว 1,400 มิลลิเมตร สามารถปรับท่านอนได้โดยปรับพนักพิงเอียง 90 - 175 องศา ปรับท่ายืนที่มุมเอียงสูงสุด 80 องศา สามารถขึ้น-ลงมุมลาดเอียงได้ 30 องศา ขับเคลื่อนที่โดยใช้แบตเตอรี่ชนิดแห้ง พร้อมระบบชาร์จด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ใช้เวลาในการชาร์จจนเต็ม 6 – 8 ชั่วโมง ซึ่งสามารถใช้งานได้ประมาณ 8 ชั่วโมงต่อการชาร์จแบตเตอรี่จนเต็มแต่ละครั้ง ควบคุมการทำงานด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนี้ยังได้ออกแบบระบบเบรคโดยใช้ปุ่มบังคับในกรณีที่ไฟแบตเตอรี่หมด และมีไฟส่องสว่างติดในรถด้วยสำหรับการเดินทางในเวลากลางคืนด้วย ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ ทั้งนี้ได้ทดสอบการใช้งานกับผู้บกพร่องทางร่างกายพบว่ามีความพึงพอใจมาก เนื่องจากทำให้เขาสามารถไปไหนมาไหนได้ด้วยตนเอง

2.7.4 รถโฟร์คลิฟท์เท้าถีบ

นายวิสุทธิ นกสันติ นายเพิ่มพูน ศรีสารัตน์ และนายสุรศักดิ์ สวนชูผล ได้มีการคิดประดิษฐ์รถโฟร์คลิฟท์เท้าถีบ ซึ่งเป็นรถขนาดเล็กที่มีประโยชน์ในการขนย้ายวัสดุที่มีน้ำหนักไม่เกิน 200 กิโลกรัม โดยไม่ใช้น้ำมันและไฟฟ้าในการขับเคลื่อน สามารถเคลื่อนย้ายในระยะทางไกล ตัวรถจะเคลื่อนที่ได้ด้วยการปั่นด้วยเท้าที่ส่งกำลังผ่านเฟืองโซ่ไปที่ชุดเพลาท้ายแบบดิฟเฟอเรนเชียล เพื่อขับเคลื่อนล้อ ระบบบังคับเลี้ยวด้วยพวงมาลัย และกลไกแบบเฟืองสะพาน ส่วนระบบยกใช้แกนเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นตัวขับเคลื่อนชุดยก การขับเคลื่อนเพื่อการทำงาน ตรวจสอบความเรียบร้อยของตัวรถผู้ขับขึ้นนั่งบนเบาะนั่ง และทำการปั่นโดยใช้เท้าทำให้รถเคลื่อนที่ไปที่วัสดุที่ต้องการ หมุนแกนเกลียวปรับระดับคานยก และขับเคลื่อนรถเข้าไปแล้วหมุนแกนเกลียวเพื่อยกวัตถุ ถ้าต้องการกระดกคานยกเพื่อไม่ให้วัสดุที่ยกหล่น ให้หมุนแขนหมุนได้พวงมาลัย (ซ้ายมือ) ปั่นให้รถเคลื่อนที่และบังคับทิศทางด้วยพวงมาลัย และวางวัสดุลงด้วยแกนเกลียว ถ้าระยะห่างของคานยกมากหรือน้อยเกินไปให้ใช้การหมุนแกนปรับระยะ เพื่อความสะดวกและทุ่นแรงในการขนย้ายวัสดุ เพื่อความปลอดภัยในการขนย้าย ประหยัดพลังงานเพราะใช้แรงคนเพียงอย่างเดียว

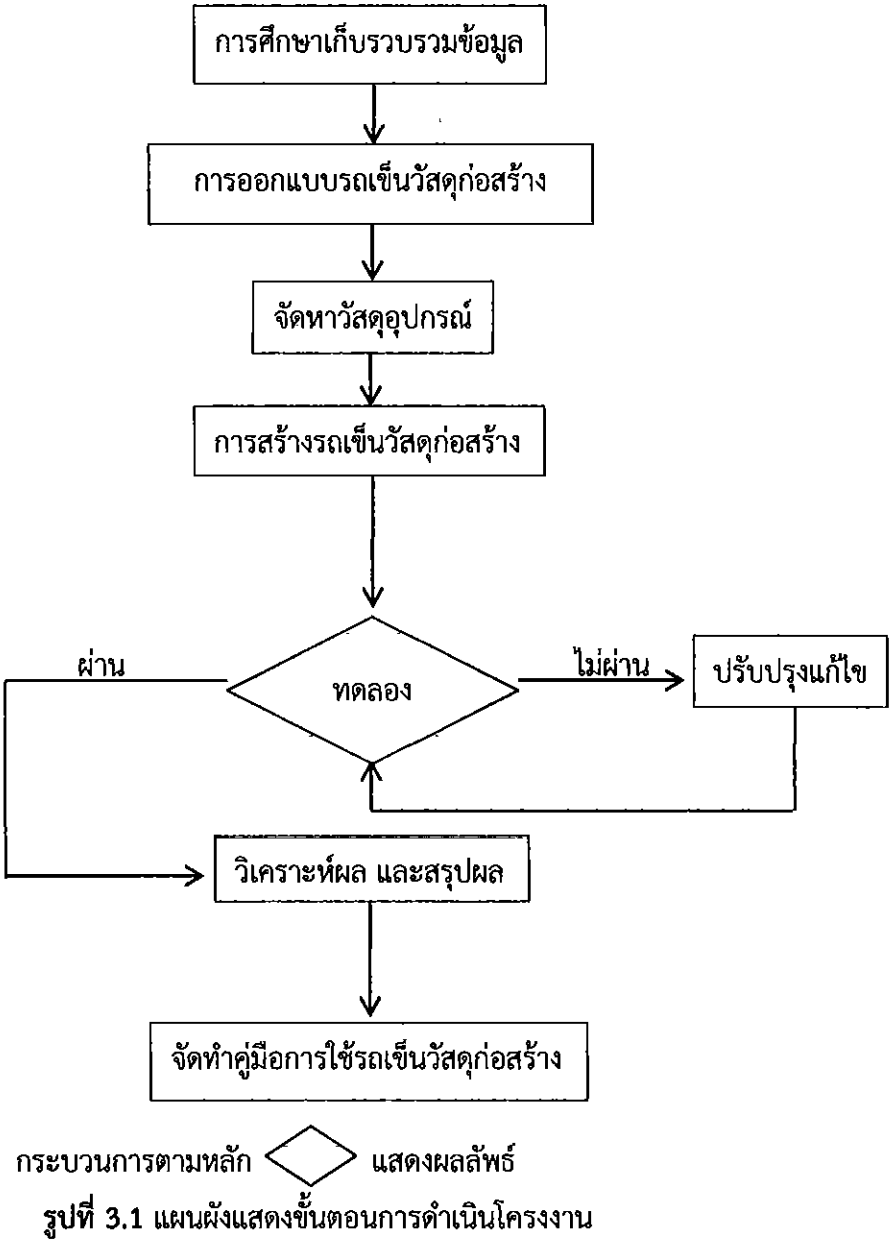
2.7.5 รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless DC Motor 2 ตัว

นายธวัชชัย มีกลิ่นหอม และนายเอกสิทธิ์ นฤทุกข์ ได้สร้างรถจักรยานไฟฟ้า (Electric Tricycle) ขับเคลื่อนล้อหน้า 2 ล้อด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 36 โวลต์ และมีกำลังไฟฟ้า 250 วัตต์จำนวน 2 ตัวควบคุมมอเตอร์ใช้วงจรควบคุมชนิด 6 ควอแดรนท์ และเป็นการควบคุม แบบลูปปิด (Closed Loop) ชนิด Cascade Control การทำงานของมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว นั้นมีการควบคุมแยกออกจากกัน ในการขับเคลื่อนโดยใช้การหมุนจากคันเร่งและคำสั่งจากการเลี้ยวทางกล สำหรับ

การขับเคลื่อนไปข้างหน้าของรถจักรยานไฟฟ้าใช้คันเร่ง รถจักรยานไฟฟ้าตัวรถมีน้ำหนักรวมแบตเตอรี่ 80 กิโลกรัม รถจักรยานไฟฟ้าที่น้ำหนักของผู้ขับขี่ที่ 80 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว สูงสุด 32 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสามารถไต่ระดับได้ที่ความชัน 20, 27 และ 32 องศา ได้รถจักรยานไฟฟ้าเพื่อใช้เป็นยานพาหนะซึ่งมีแรงบิดเพิ่มขึ้นจากเดิม และมีความปลอดภัยสูงขึ้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงาน เป็นการวางแผนในการทำงาน เพื่อออกแบบและสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ตั้งแต่ขั้นตอนการศึกษา และรวบรวมข้อมูล จนถึงสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้างเสร็จ โดยแสดงแผนผังดำเนินโครงงาน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.1 การศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล เริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งเป็นการมองหาปัญหา และสาเหตุของปัญหา จากนั้นจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาเป็นแนวคิดเพื่อแก้ปัญหานั้นๆ

3.1.1 วิเคราะห์ปัญหา

จากการมองหาปัญหาด้านต่างๆ พบว่าการปฏิบัติงานตามโครงการก่อสร้างต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโครงการขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ยังคงใช้แรงงานมนุษย์เป็นหลักในการขนย้ายวัสดุก่อสร้างเช่น หิน ทราย กรวด อิฐ เป็นต้น จากสถานที่จัดเก็บไปใช้ภายในบริเวณงาน รถเข็นจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ขนย้ายวัสดุดังกล่าว ซึ่งในปัจจุบันรถเข็นที่นำมาใช้ปฏิบัติงานนั้นใช้แรงงานคนในการขับเคลื่อน แต่เนื่องจากวัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่ มีน้ำหนักมาก การเข็นรถจึงต้องใช้แรงมากตามไปด้วย ส่งผลทำให้เกิดความเมื่อยล้าแก่ผู้ปฏิบัติงาน และจะทำให้เกิดความล่าช้าของงานตามมา จากปัญหาดังกล่าว ผู้ดำเนินโครงงานจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบ และสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการขนย้ายวัสดุก่อสร้างโดยการนำมอเตอร์ไฟฟ้า เข้ามาช่วยในการขับเคลื่อนรถเข็น เพื่อลดความเมื่อยล้าระหว่างการทำงาน และช่วยให้การทำงานเป็นไปได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

3.1.2 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

เมื่อทราบถึงปัญหาดังกล่าวแล้ว จึงได้วิเคราะห์ และรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบส่วนต่างๆ ของรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ให้สามารถใช้งานได้จริง โดยได้ศึกษาทฤษฎี ต่อไปนี้

3.1.2.1 มอเตอร์และแบตเตอรี่

3.1.2.2 หลักการขนย้าย

3.1.2.3 การเลือกใช้เพลา

3.1.2.4 ทฤษฎีการยศาสตร์

3.1.2.5 การสร้างจักรยานไฟฟ้า

3.2 การออกแบบ

การนำเอาทฤษฎีมารองรับแนวคิดในการสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ให้สามารถใช้งานได้ และช่วยลดภาระการทำงานให้เบาลง และต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งานเป็นหลัก ซึ่งการออกแบบสามารถแบ่งตามหน้าที่การทำงานได้ ดังนี้

3.2.1 การออกแบบโครงสร้าง

ออกแบบให้โครงรถเข็นวัสดุก่อสร้าง มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ขนาดความสูงของมือจับ อยู่ที่ประมาณ 90 เซนติเมตร หาจากค่าเฉลี่ยความสูงของข้อศอก ของผู้หญิงและผู้ชาย ในตารางที่ 2.3 โดยให้มีขนาดต่ำกว่าระดับศอกเล็กน้อย อ้างอิงจากทฤษฎีที่ 2.6.2.3

3.2.2 ระบบส่งกำลัง

เนื่องจากรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ต้องรับน้ำหนักบรรทุกค่อนข้างมากจึงต้องออกแบบ เพลา ตลับลูกปืน และการติดตั้งมอเตอร์ ให้สามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกได้ และง่ายต่อการใช้งาน จะสามารถคำนวณหาขนาดแรงต่างๆ และมอเตอร์ได้ ดังนี้

3.2.2.1 แรงต้านการเคลื่อนที่ หาได้จาก สมการที่ 2.5 รวมกับ สมการที่ 2.6

3.2.2.2 กำลังของมอเตอร์ที่ต้องการ หาได้จาก สมการที่ 2.1

3.2.2.3 ความเร็วรอบมอเตอร์ หาได้จาก สมการที่ 2.3

3.2.2.4 แรงบิดของมอเตอร์ หาได้จาก สมการที่ 2.2

3.2.2.5 แรงบิดที่กระทำบริเวณล้อ หาได้จาก สมการที่ 2.4

3.2.3 ออกแบบล้อ

เนื่องจากรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ต้องรองรับน้ำหนักบรรทุกมาก จึงต้องออกแบบให้มีล้อเสริมเข้ามาช่วยในการรองรับน้ำหนักดังกล่าว รวมถึงช่วยในการประคองและบังคับเลี้ยวให้ง่ายขึ้น

3.2.4 ออกแบบมือจับและคันเร่ง

ในการควบคุมบังคับทิศทางและควบคุมความเร็วของรถ จะเกิดขึ้นบริเวณมือจับ จึงต้องออกแบบให้มีขนาดและความสูงพอเหมาะ และการเร่งเครื่องไม่ยากจนเกินไป ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน

3.2.5 ออกแบบระบบเบรกห้ามล้อ

รถเข็นวัสดุก่อสร้าง ควรจะมีระบบเบรกที่มีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้ดี ตอบสนองต่อการเบรกได้เร็ว สร้างความปลอดภัย มีความทนทาน หาซื้อง่ายตามท้องตลาด

3.3 การจัดหาวัสดุอุปกรณ์

จากขั้นตอนการออกแบบทำให้เราทราบถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นจะต้องใช้งานในการสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง เพื่อให้รถเข็นวัสดุก่อสร้าง ออกมาตรงตามวัตถุประสงค์ จึงต้องศึกษา เปรียบเทียบวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งในด้านคุณสมบัติ และราคาของวัสดุอุปกรณ์นั้นๆ

3.3.1 พิจารณาเลือกวัสดุอุปกรณ์

ในการสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง จำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์หลายชนิด จึงต้องพิจารณาเลือกวัสดุอุปกรณ์ โดยพิจารณาจาก คุณสมบัติ คุณภาพ ราคา และการหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด

3.3.1.1 โครงรถเข็น เนื่องจากโครงรถเข็นเดิมมีลักษณะกลมกลวง ไม่แข็งแรงจึงใช้ได้เป็นบางส่วน

3.3.1.2 ล้อ ล้อหลักสามารถใช้ล้อที่ติดมากับรถเดิมได้ และเพื่อช่วยรับน้ำหนักและการประคองตัว จึงเพิ่มล้อเสริมเข้าไปอีกสองล้อ

3.3.1.3 กระบะ ใช้กระบะเดิมที่ติดมากับรถเข็น

3.3.2 จัดซื้อ จัดหา วัสดุอุปกรณ์

เมื่อได้ทำการเปรียบเทียบ ศึกษาข้อดีข้อด้อย ของวัสดุอุปกรณ์แล้วจึงทำการ จัดซื้อ หรือจัดหาวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ให้ครบถ้วน

3.3.2.1 ซื้อรถเข็นปูนเพื่อนำมาแยกเอาชิ้นส่วนที่ใช้ได้

3.3.2.2 ซื้อล้อเสริมมาเพื่อช่วยประคอง

3.3.2.3 ซื้อมอเตอร์ และชุดควบคุมต่างๆ

3.4 การสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

เมื่อออกแบบ และจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้างเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ตามที่ได้ออกแบบไว้

3.5 การทดสอบรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

เมื่อสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้างเสร็จแล้ว จึงนำมาทดสอบระบบการทำงาน ว่าสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบ และตั้งเกณฑ์ไว้หรือไม่

ทดสอบระบบต่างๆ โดยที่ทำการทดสอบระบบขับเคลื่อนให้สามารถเดินหน้า ถอยหลังได้ เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3.6 การปรับปรุงและแก้ไข รถเข็นวัสดุก่อสร้าง

ทำการปรับปรุงแก้ไข ส่วนที่ทำงานบกพร่อง หรือไม่สามารถทำงานได้จริง เพื่อให้รถเข็นวัสดุก่อสร้างสามารถใช้งานได้ตามที่ออกแบบไว้

3.7 การจัดทำคู่มือรถเข็นของอเนกประสงค์

จัดทำคู่มือแนะนำการใช้งานของรถเข็นวัสดุก่อสร้าง รวมถึงการดูแลรักษา ซ่อมบำรุงเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน และปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

3.8 การวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

สรุปงบประมาณต้นทุนวัสดุในการจัดทำรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

3.9 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

สรุปผลที่ได้ทั้งหมด จากการดำเนินโครงงาน พร้อมทั้งระบุข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

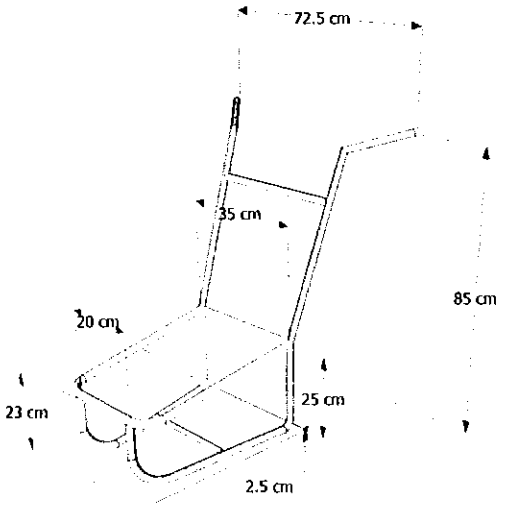
ผู้ดำเนินโครงงานได้ศึกษา ทำการรวบรวมข้อมูล แยกเป็นขั้นตอน และวิธีการสร้างส่วนต่างๆ ของรถเข็นวัสดุก่อสร้าง เช่น ขั้นตอนและวิธีการในการออกแบบโครงสร้าง การติดตังระบบส่งกำลัง การออกแบบล้อ ออกแบบระบบเบรกห้ามล้อ มือจับและคันเร่ง เป็นต้น รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ ที่นำมาใช้ในการสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

4.2 การออกแบบ

นำเอาทฤษฎีที่ได้ทำการศึกษามาช่วยในการออกแบบโครงสร้าง และส่วนต่างๆ ของรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ดังนี้

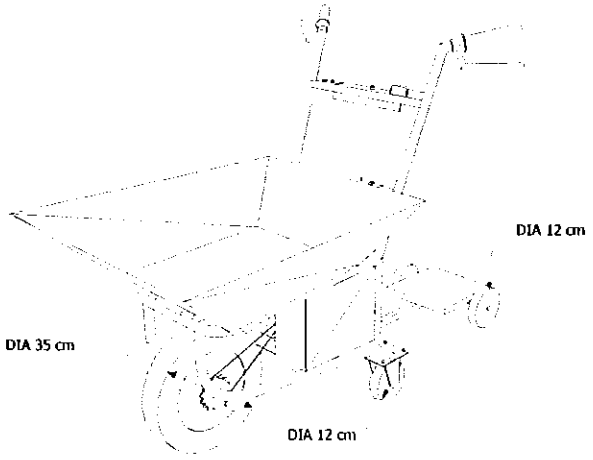
4.2.1 การออกแบบโครงสร้างต่างๆ ของรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

4.2.1.1 โครงรถ ส่วนของโครงรถใช้เหล็กกลมกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร บริเวณที่รองกระบะด้านหน้ามีความกว้าง 20 เซนติเมตร สูง 23 เซนติเมตร บริเวณที่รองกระบะด้านหลัง กว้าง 35 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร บริเวณปลายมือจับสองข้างห่างกัน 72.5 เซนติเมตร หากยังไม่ใส่ล้อจะสูงจากพื้น 85 เซนติเมตร โดยตัดโครง ดังรูปที่ 4.1



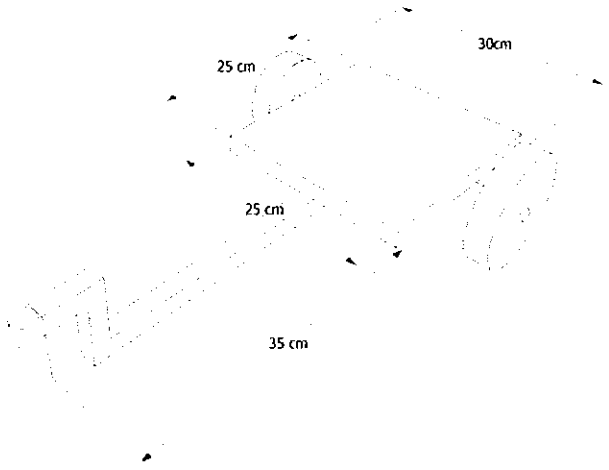
รูปที่ 4.1 แบบโครงรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

4.1.1.2 ล้อ รถเข็นวัสดุก่อสร้างจะใช้ล้อทั้งหมด 5 ล้อ โดยเป็นล้อหลักขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร 1 ล้อ ล้อเสริมช่วยรับแรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร 2 ล้อ ล้อที่ใส่พ่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 12 เซนติเมตร 2 ล้อ โดยการติดตั้งล้อที่ออกแบบไว้ เป็นดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 บริเวณที่ติดตั้งล้อ

4.1.1.3 พ่วง ออกแบบพ่วงให้พื้นเหยียบห่างจากตัวรถ 35 เซนติเมตร และบริเวณที่เหยียบมีความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร ล้อสองข้างห่างกัน 30 เซนติเมตร ใช้สลักยึดติดกับตัวรถ ดังในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 พ่วง

4.2.2 การออกแบบระบบส่งกำลัง

การออกแบบระบบส่งกำลัง จะออกแบบโดยอาศัยทฤษฎีในบทที่ 2 เข้ามาช่วย

4.2.2.1 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์

ขอบเขตที่กำหนดไว้ ความเร็วสูงสุดไม่เกิน 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และน้ำหนักบรรทุกสูงสุดรวมตัวรถและผู้ใช้งานไม่เกิน 150 กิโลกรัม โดยที่มอเตอร์มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า 76 เปอร์เซ็นต์ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้น (k_r) เท่ากับ 0.02 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของอากาศ(k_a) มีค่าเท่ากับ 0.03 พื้นที่หน้าตัดของรถ (A) มีค่าประมาณ 0.5 ตารางเมตร

ตัวอย่างการคำนวณ

ขั้นที่ 1 หาขนาดแรงต้านการเคลื่อนที่ จากสมการที่ 2.5 และ 2.6

สมการที่ 2.5 แรงต้านการหมุนของล้อ $R_r = K_rN$

$= K_r\ mg$

$= 0.02\times150\times9.81$

$= 29.43$ นิวตัน

สมการที่ 2.6 แรงต้านอากาศ $R_a = K_aAV^2$

$= 0.03\times0.5\times4.17^2$

$= 0.26$ นิวตัน

แรงต้านการเคลื่อนที่รวม $= 29.43 + 0.26$

$= 29.69$ นิวตัน

ขั้นที่ 2 หาขนาดมอเตอร์ จากสมการที่ 2.1

สมการที่ 2.1 หากำลังมอเตอร์ที่ต้องการ $P_m = \frac{FV}{\eta_t}$

$= \frac{29.69\times15}{3.6\times0.76}$

$= 162.77$ วัตต์

จากขอบเขตที่กำหนดเมื่อนำมาคำนวณ จะได้กำลังมอเตอร์ที่ต้องการคือ 162.77 วัตต์ ขึ้นไป จึงจะสามารถขับเคลื่อนรถเข็นวัสดุก่อสร้างให้เคลื่อนที่ได้

เพราะฉะนั้น ทางผู้ดำเนินโครงงานจึงเลือกมอเตอร์ขนาด 24V250W มาใช้ในการทำรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

4.2.2.2 การคำนวณหาอัตราทด

ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง มอเตอร์ขนาด 24V250W ความเร็วรอบ 337 รอบต่อนาที

ตัวอย่างการคำนวณ

หาอัตราทดที่เหมาะสม

ความเร็วที่ต้องการ = ความเร็วรอบมอเตอร์ × อัตราทด × เส้นรอบวงล้อ × 60 นาที

15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง = 337 รอบต่อนาที x อัตราทด x 1.09×10^{-3} กม. x 60 นาที

อัตราทดที่ต้องการคือ = เฟืองขับ 1 : เฟืองตาม 1.46

เพราะฉะนั้น ผู้ดำเนินโครงงาน จึงเลือกเฟืองขับขนาด 8 เซนติเมตร เฟืองตามขนาด 8 เซนติเมตร มาใช้ในการสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

4.2.2.3 จำนวนแบตเตอรี่ที่ต้องการ

เนื่องจากใช้มอเตอร์ขนาด 24V250W จึงเลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาด 12V จำนวน 2 ลูก หาได้จาก

มอเตอร์ขนาด 24V/แบตเตอรี่ 12 V = 2 ลูก

4.3 การจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์

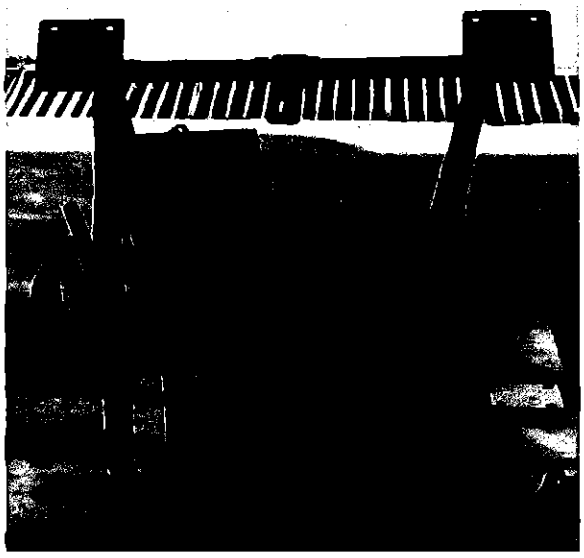
ทำการจัดซื้อวัสดุต่างๆ ที่จะต้องใช้ในการร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง เช่น รถเข็นปูน เหล็กกลมกลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว มอเตอร์ ชุดควบคุม สายเบรก โซ่ สเตอร์รถจักรยาน ตะแกรงอลูมิเนียม แบตเตอรี่ ล้อนั่งร้าน สีสเปรย์ เป็นต้น

4.4 การสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

เมื่อได้ทำการออกแบบ และเตรียมวัสดุพร้อมแล้วจึงได้ลงมือทำ

4.4.1 โครงสร้าง

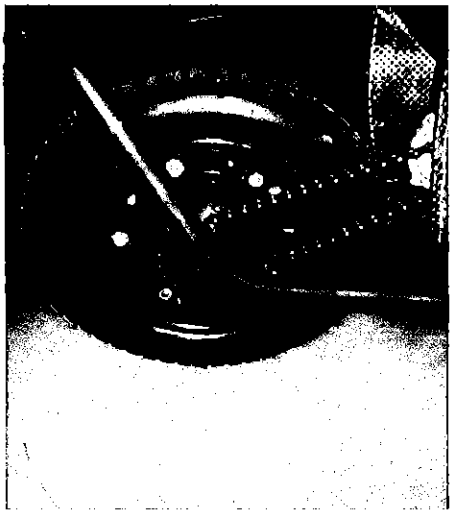
เนื่องจากโครงสร้างเดิมไม่มีความแข็งแรงเพียงพอ จึงออกแบบและสร้างโครงรถขึ้นมาใหม่ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 โครงรถ

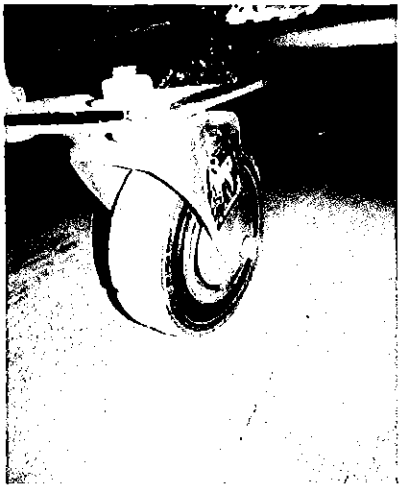
4.4.2 การติดตั้งล้อ

4.4.2.1 ล้อหลัก เป็นล้อที่รับน้ำหนักของรถเข็นทั้งหมด โดยถ่ายทอดการหมุนและแรงบิดในการขับเคลื่อน และแรงบิดในการห้ามล้อสำหรับการลดความเร็วของรถเข็น ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อ 35 เซนติเมตร ล้อหลักจะอยู่ส่วนหน้าของรถเข็น โดยมีเพลาและสเตอร์ติดตั้งอยู่เพื่อช่วยในการขับเคลื่อน ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ล้อหลัก

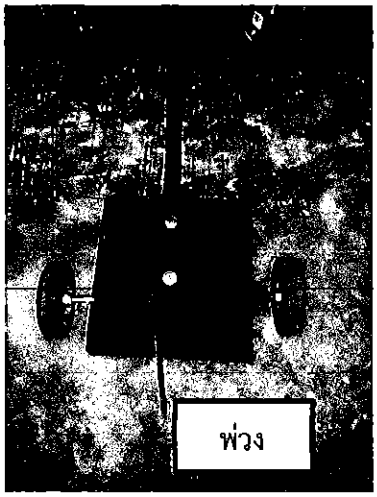
4.4.2.2 ล้อช่วยประคอง เนื่องจากรถเข็นวัสดุก่อสร้างต้องรองรับน้ำหนักบรรทุกมาก จึงต้องออกแบบให้มีล้อเสริมอีก 2 ล้อ โดยล้อเล็กทั้ง 2 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร เพื่อช่วยในการรองรับน้ำหนักและสามารถเคลื่อนที่ได้สะดวก รวมทั้งทำให้การบังคับเลี้ยวเป็นไปได้ง่ายขึ้น ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ล้อนั่งร้านที่นำมาเสริม

4.4.3 พ่วง

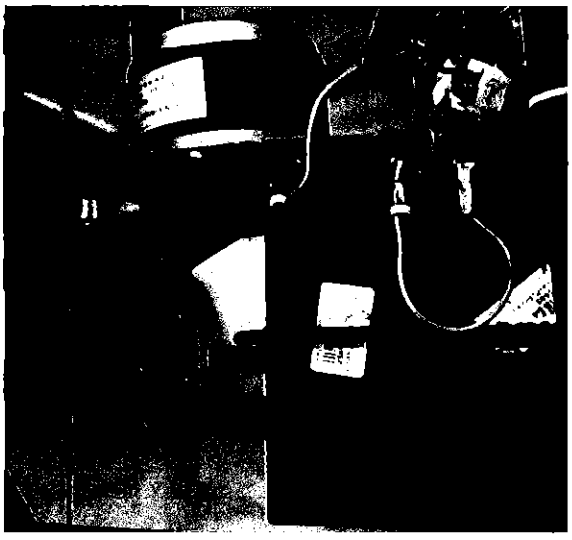
แผ่นพ่วงนี้จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น เมื่อต้องการขนย้ายวัสดุในพื้นที่ที่มีระยะทางไกล โดยแผ่นพ่วงนี้มีความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร ที่แผ่นพ่วงได้ทำการติดล้อเล็กไป 2 ล้อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร เพื่อช่วยให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า หรือถอยหลังได้สะดวกยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 พ่วง

4.4.4 การติดตั้งมอเตอร์และแบตเตอรี่

มอเตอร์และแบตเตอรี่จะติดตั้งไว้ใต้กระบะใส่ของโดยทำฐานขึ้นมารองรับให้มีขนาดพอดีกับมอเตอร์และแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การติดตั้งมอเตอร์และแบตเตอรี่

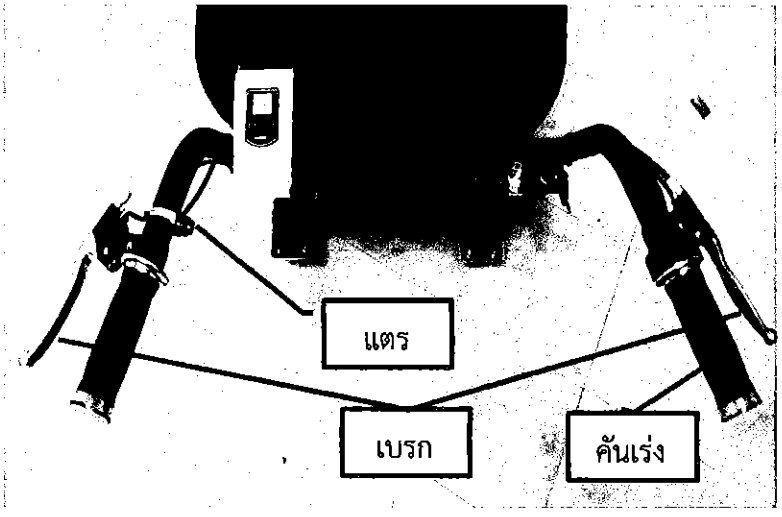
4.4.5 การเดินสายชุดควบคุมต่างๆ

เดินสายคันเร่ง เบรก ไฟหน้า สวิตช์เดินหน้าถอยหลัง กุญแจ มอเตอร์ แบตเตอรี่ มารวมกันเข้าที่กล่องควบคุม และติดตั้งกล่องควบคุมไว้แท่นรองแบตเตอรี่

รูปที่ 4.9 การต่อสายและชุดควบคุม

4.4.6 การติดตั้งมือจับและคันเร่ง

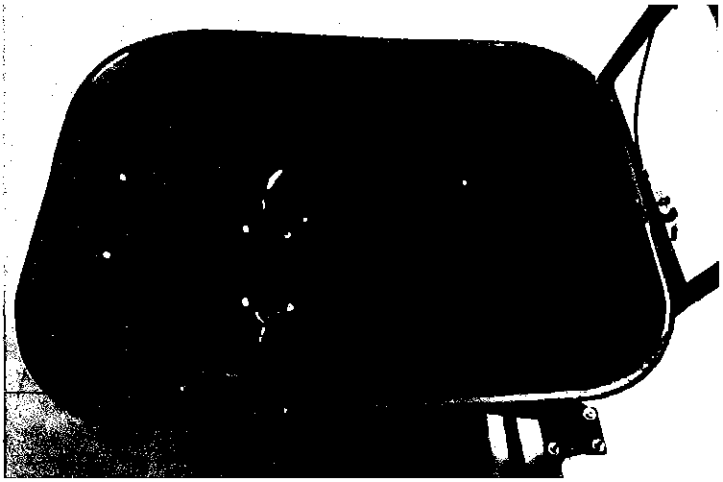
ในการควบคุมบังคับทิศทางและควบคุมความเร็วของรถ จะเกิดขึ้นบริเวณมือจับ จึงต้องออกแบบให้มีขนาดและความสูงพอเหมาะ ซึ่งความสูงของมือจับจะสูงจากพื้นประมาณ 100 เซนติเมตร เพราะพ่วงสำหรับยืนสูงขึ้นมาอีก 10 เซ็นติเมตร มีการติดตั้งให้คันเร่งอยู่ทางด้านขวามือและเบรกอยู่ทั้งสองข้าง พร้อมทั้งยังมีแตร และไฟส่องทางเสริมเข้าไปด้วย



รูปที่ 4.10 คันเร่งและมือจับ

4.4.7 การติดตั้งกระบะ

กระบะจะติดตั้งบนโครงรถ โดยมีการล็อคกระบะและปลดล็อคกระบะที่เบรกด้านขวามือ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การติดตั้งกระบะ

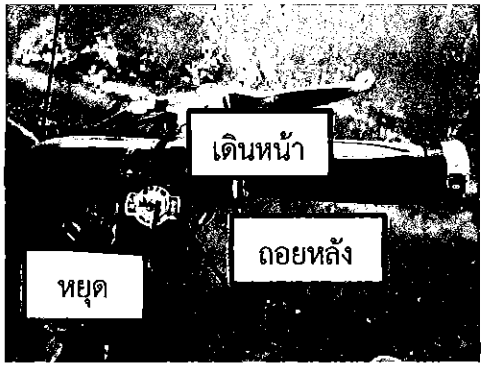
4.4.8 การพ่นสี

เลือกใช้สีส้มในการพ่นสีกระบะของรถ เนื่องจากในทางวิศวกรรม เครื่องจักรที่มีสีส้ม หมายถึง เครื่องจักรที่มีความอันตราย ควรมีความระมัดระวังในการใช้งาน

4.5 การทดสอบรถเข็นวัสดุก่อสร้า

4.5.1 ทดสอบเดินหน้าถอยหลัง

รถเข็นวัสดุก่อสร้างสามารถเดินหน้าถอยหลังได้ โดยตัวกำหนดเดินหน้าถอยหลังคือ สวิตช์ข้างๆ กุญแจเปิด ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 สวิตช์สลับขั้ว

จากผลการทดสอบ รถเข็นวัสดุก่อสร้างสามารถเดินหน้าถอยหลังได้ แต่เวลาถอยหลังควรจะใช้ความเร็วในการเร่งต่ำ และควรจอดให้รถหยุดสนิทก่อนจึงจะเริ่มถอยหลัง

4.5.2 ทดสอบการรับน้ำหนักและความเร็วในการเคลื่อนที่

ทำการทดสอบโดยการบรรทุกน้ำหนักรวม 150 กิโลกรัม โดยน้ำหนักนี้ คือ น้ำหนักรวมทั้งวัสดุที่บรรทุก น้ำหนักรถ และน้ำหนักผู้ใช้งาน โดยแบ่งออกเป็น น้ำหนักผู้ใช้งาน 55 กิโลกรัม น้ำหนักรถ 30 กิโลกรัม น้ำหนักวัสดุที่บรรทุก 65 กิโลกรัม โดยวัสดุที่นำมาใช้ในการทำการทดสอบคือ กระสอบใส่หิน ระยะทางในการทดสอบจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดคือ 20 เมตร โดยรถจะเริ่มเคลื่อนที่ห่างจากจุดเริ่มต้น 10 เมตร เพื่อจะได้ความเร็วสูงสุดของรถ เมื่อรถเคลื่อนที่ถึงจุดเริ่มต้นจึงจับเวลา และหยุดเวลาเมื่อถึงจุดสิ้นสุด ทำการทดสอบ 5 ครั้ง และบันทึกผล ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
4.75	4.80	4.82	4.54	4.96	4.77	15.09

จากผลการทดสอบที่ปรากฏใน ตารางที่ 4.1 หากรถเข็นวัสดุก่อสร้าง รับน้ำหนักที่ 150 กิโลกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักที่ได้ตั้งขอบเขตไว้ รถเข็นจะสามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วเฉลี่ย 15.09 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

รูปที่ 4.13 การทดสอบการใช้งานรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

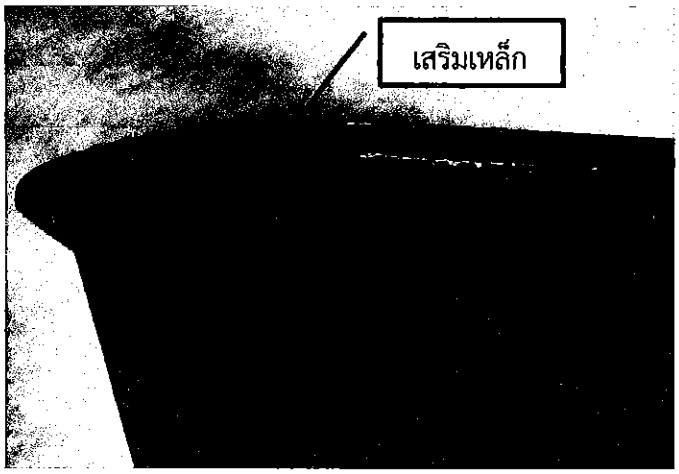
4.5.3 ทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกวัสดุ

ทำการทดสอบโดยบรรทุกน้ำหนัก 120 กิโลกรัม และไม่ใช้พ่วง ดังรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 การทดสอบบรรทุกน้ำหนักที่ 120 กิโลกรัม

4.6 การปรับปรุงแก้ไข

เมื่อทำการทดสอบแล้วจึงพบข้อบกพร่องของรถเข็นวัสดุก่อสร้าง คือ ขอบกระบะไม่แข็งแรงหากบรรทุกน้ำหนักมากๆ อาจจะเกิดการฉีกขาด จึงแก้ไขโดยการเสริมเหล็กเส้นเข้าไปรอบๆ ขอบกระบะเพื่อให้กระบะมีความแข็งแรงยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 การเสริมเหล็กเข้าไปที่ขอบกระบะ

4.7 จัดทำคู่มือการใช้งาน

จัดทำคู่มือการใช้งานรวมถึงการบำรุงรักษารถเข็นวัสดุก่อสร้าง โดยมีตัวอย่างคู่มือการใช้งานในภาคผนวก ข

4.8 ต้นทุนวัสดุในการจัดสร้าง

ค่าใช้จ่ายในการจัดทำรถเข็นวัสดุก่อสร้าง แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

ที่	รายการ	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ราคา (บาท)
1	มอเตอร์	1	1,900	1,900
2	ชุดควบคุม	1	2,060	2,060
3	เหล็กกลมกลวงขนาด 1 นิ้ว	1	155	155
4	เฟืองตาม 18 ฟัน	1	50	50
5	โซ่	1	55	55
6	ล้อนั่งร้าน	4	85	340
7	สีสเปรย์	4	45	180
8	เทปพันสายไฟ	1	20	20
9	หางปลา	20	2	40
10	แบตเตอรี่	2	510	1,020
11	สปริง	1	20	20
12	สายเบรก	1	60	60
13	ลวดเชื่อม (กล่อง)	1	470	470
14	รถเข็น	1	650	650
15	ผ้ารองพ่วง	1	25	25
16	เหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร	1	50	50
17	น็อต	1	56	56
18	สกรูเกลียวปล่อย	2	20	40
19	เฟืองขับ 13 ฟัน	1	200	200
	รวม			7,391

จากตารางที่ 4.2 สรุปได้ว่า ราคาต้นทุนในการสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง คือ 7,391 บาท (ราคา ณ เดือนสิงหาคม 2556 – เดือนกันยายน 2556)

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผู้ดำเนินโครงงานได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อออกแบบและสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง ซึ่งสรุปผลการดำเนินโครงงาน และมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 บทสรุป

ในการออกแบบรถเข็นวัสดุก่อสร้าง จะออกแบบให้รถเข็นวัสดุก่อสร้างสามารถบรรทุกน้ำหนักได้ 150 กิโลกรัม จากผลการทดสอบรถเข็นวัสดีก่อสร้างสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วเฉลี่ย 15.09 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยรถเข็นมีความสูงบริเวณมือจับ ประมาณ 100 เซนติเมตร มีพ่วงต่อท้ายสำหรับยืน และสามารถพับเก็บได้หากต้องการขนของน้ำหนักมากๆ รถเข็นวัสดุก่อสร้างสามารถเคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลังได้ตามต้องการ โดยเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 24V250W ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V – 9AH สองลูก ต้นทุนวัสดุในการจัดสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้างรวมทั้งสิน 7,391 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

รถเข็นวัสดุก่อสร้างคันนี้ยังสามารถพัฒนาต่อไปได้อีก ในเรื่องของ การเทหรือการขนถ่ายแบบอัตโนมัติ หากสามารถพัฒนาได้โดยไม่ต้องใช้แรงคน ก็จะช่วยผ่อนแรงในการทำงานได้อีก

เอกสารอ้างอิง

กิตติ อินทรานนท์. (2553). **หนังสือการยศาสตร์ (ERGONOMICS).** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2556

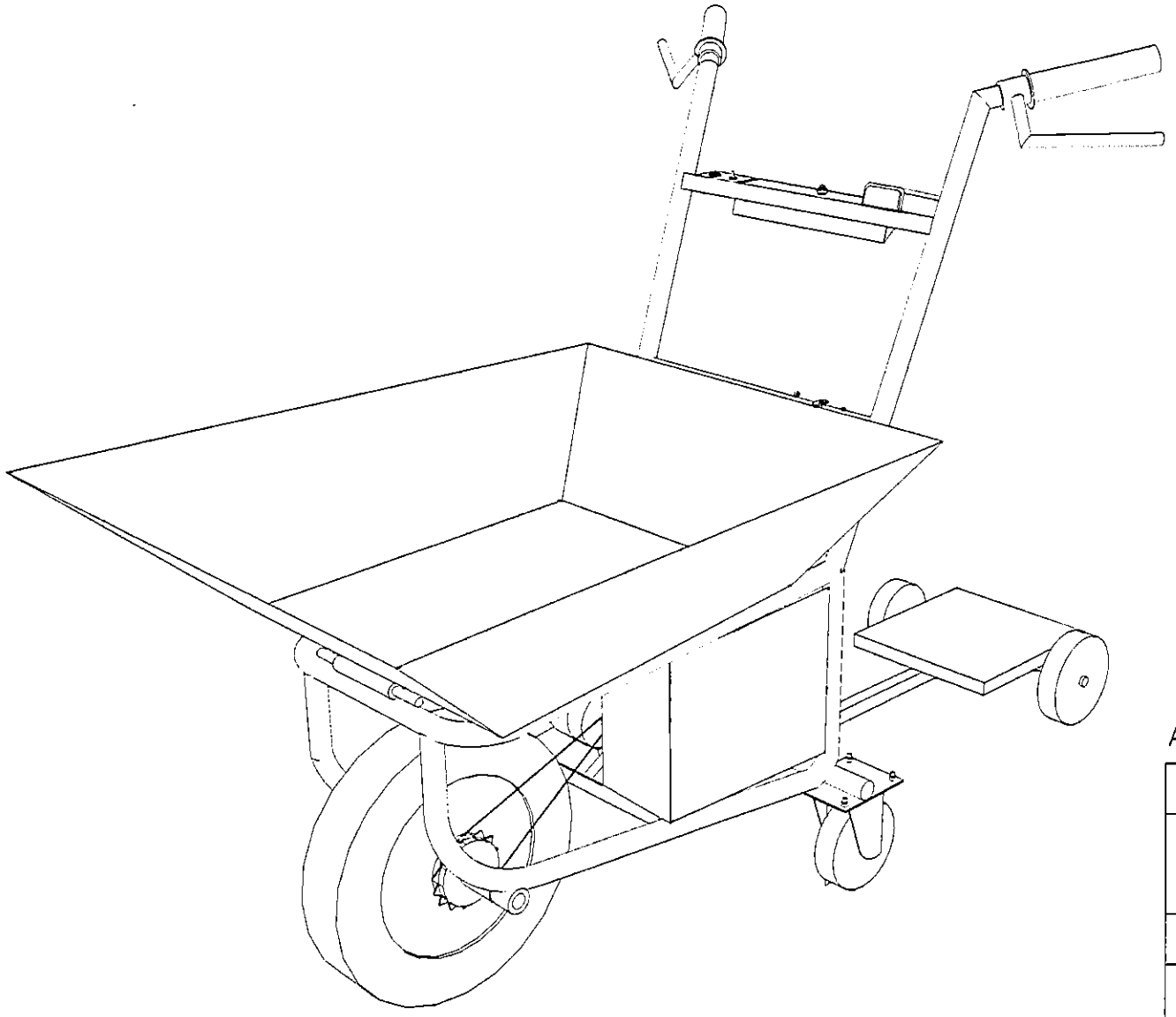
ธวัชชานนท์ สิปปภากุล. (2005). **หนังสือการยศาสตร์และกายวิภาค-เชิงกล.** กรุงเทพฯ: วาดศิลป์. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2556

โรสลิน เทพจันทร์. (2551). **Ergonomics การยศาสตร์.** สืบค้นเมื่อ วันที่ 28 พฤษภาคม 2556, จาก http://www.safety-stou.com

ศักดิ์สิทธิ์ กุลวงษ์. **การยกย้ายวัสดุสิ่งของโดยการใช้อุปกรณ์และไม่ใช้อุปกรณ์.** ภาควิชาสุขศาสตร์ อุตสาหกรรม และความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัย บูรพา. สืบค้นเมื่อ วันที่ 10 มิถุนายน 2556, จาก http://jorpor9.wordpress.com

ภาคผนวก ก

แบบ (Drawing) รถเข็นวัสดุก่อสร้าง



All dimension are in millimeters.

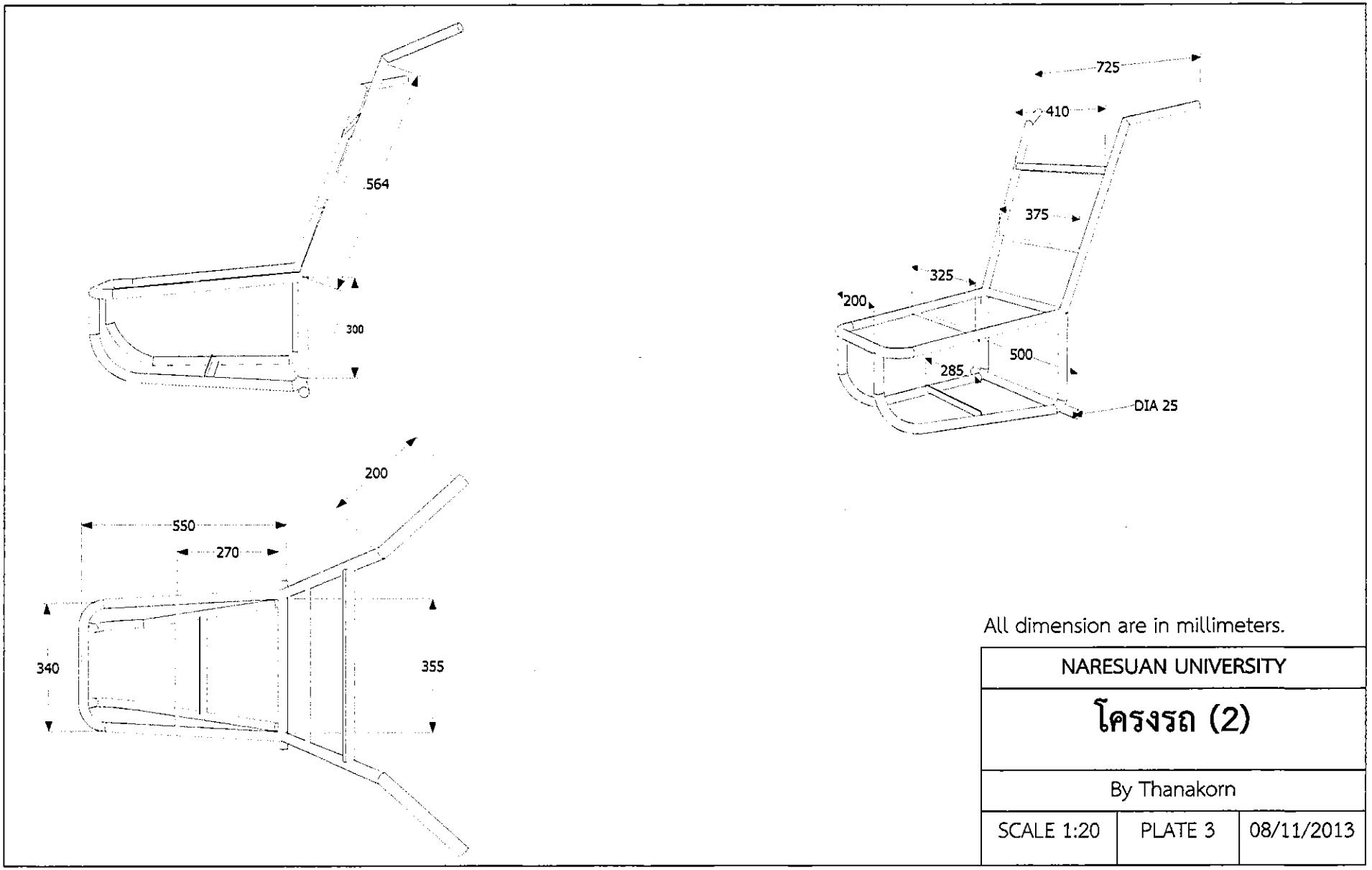
NARESUAN UNIVERSITY		
รถเข็นวัสดุก่อสร้าง		
By Thanakorn		
SCALE 1:10	PLATE 1	08/11/2013

รูปที่ ก.1 รถเข็นวัสดุก่อสร้าง

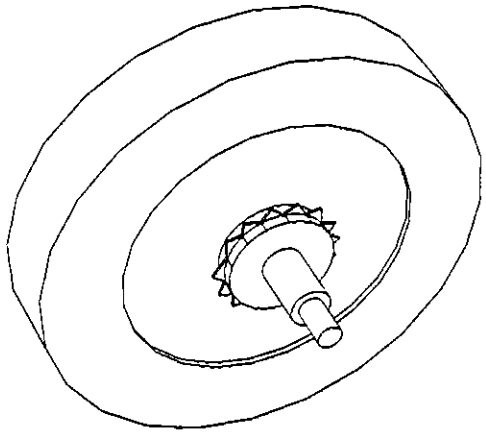
All dimension are in millimeters.

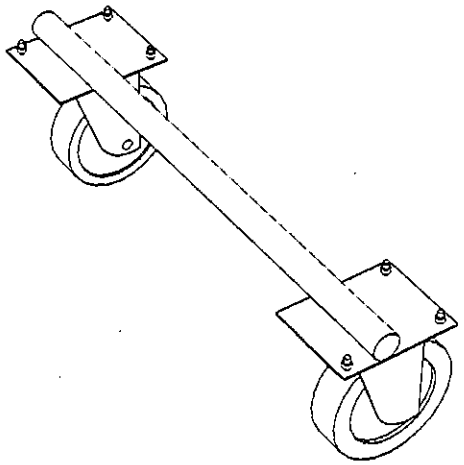
NARESUAN UNIVERSITY		
โครงรถ		
By Thanakorn		
SCALE 1:10	PLATE 2	08/11/2013

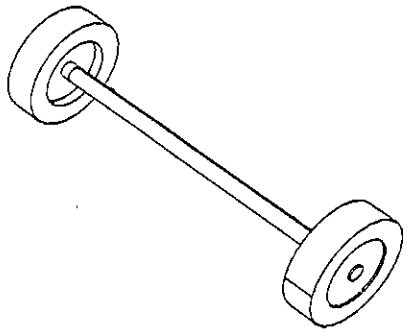
รูปที่ ก.2 โครงรถ



รูปที่ ก.3 โครงรถ (2)



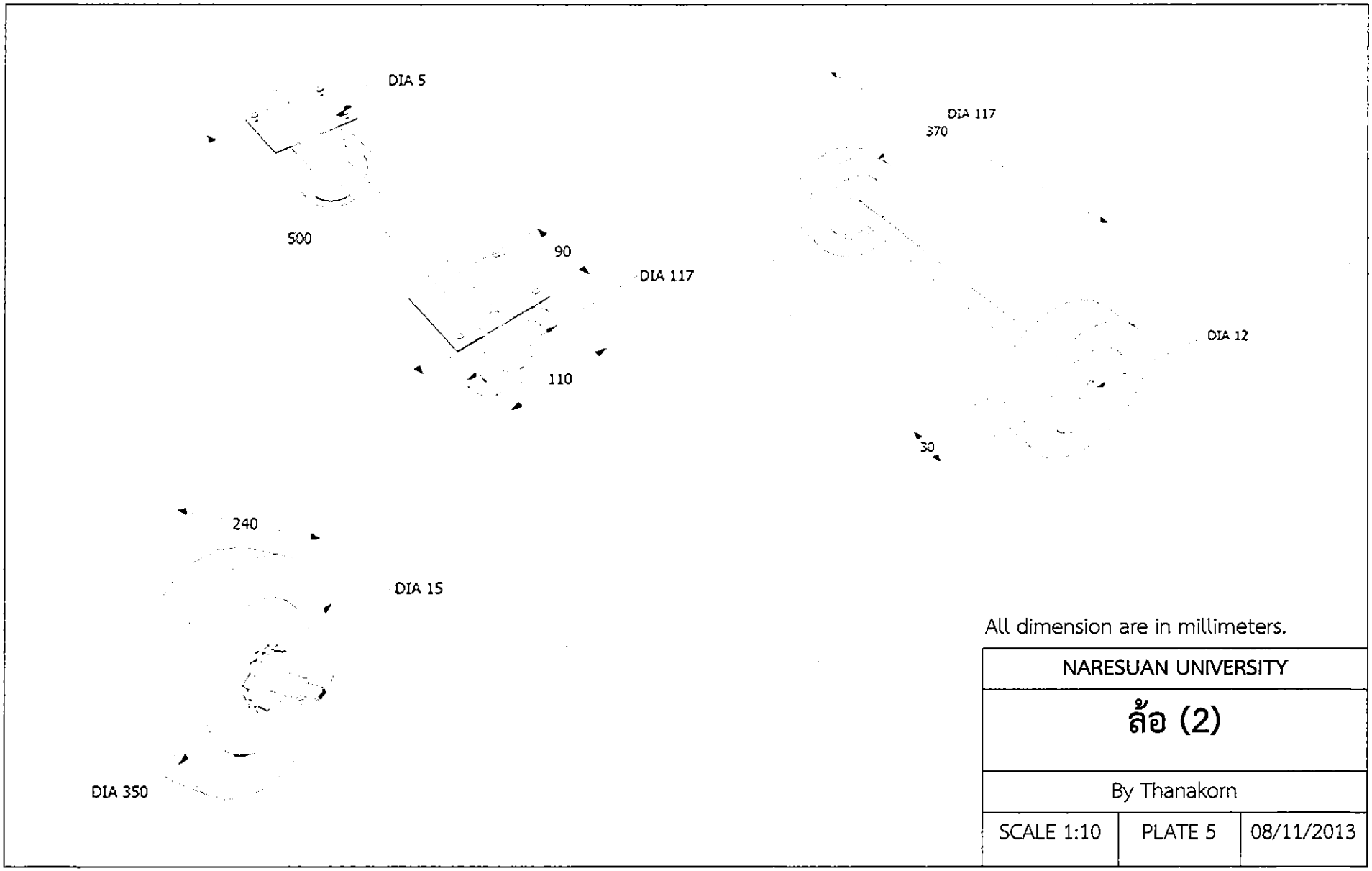




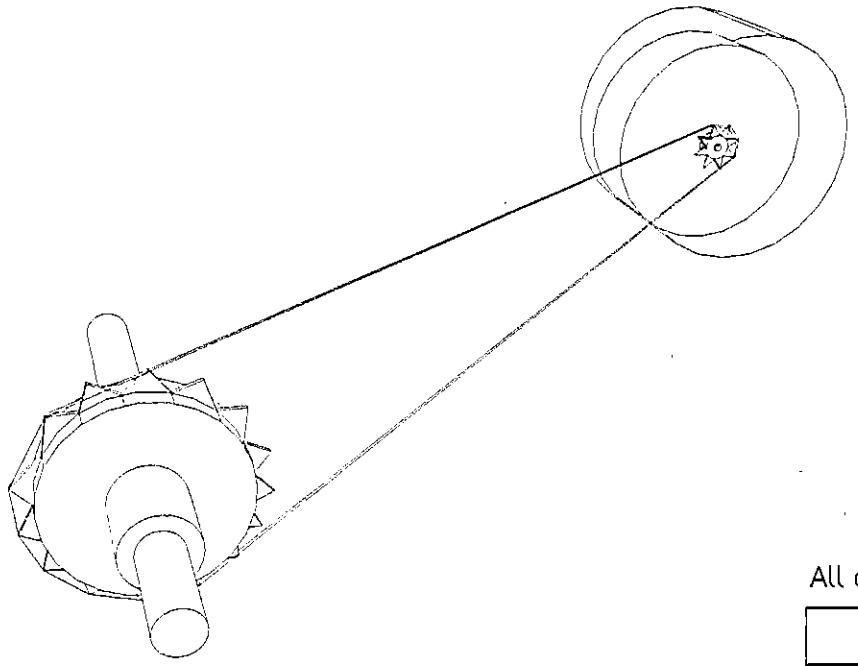
All dimension are in millimeters.

NARESUAN UNIVERSITY		
ล้อ		
By Thanakorn		
SCALE 1:10	PLATE 4	08/11/2013

รูปที่ ก.4 ล้อ


DIA 5
500
90
DIA 117
110
DIA 117
370
DIA 12
30
240
DIA 15
DIA 350
All dimension are in millimeters.
NARESUAN UNIVERSITY
ล้อ (2)
By Thanakorn
SCALE 1:10
PLATE 5
08/11/2013

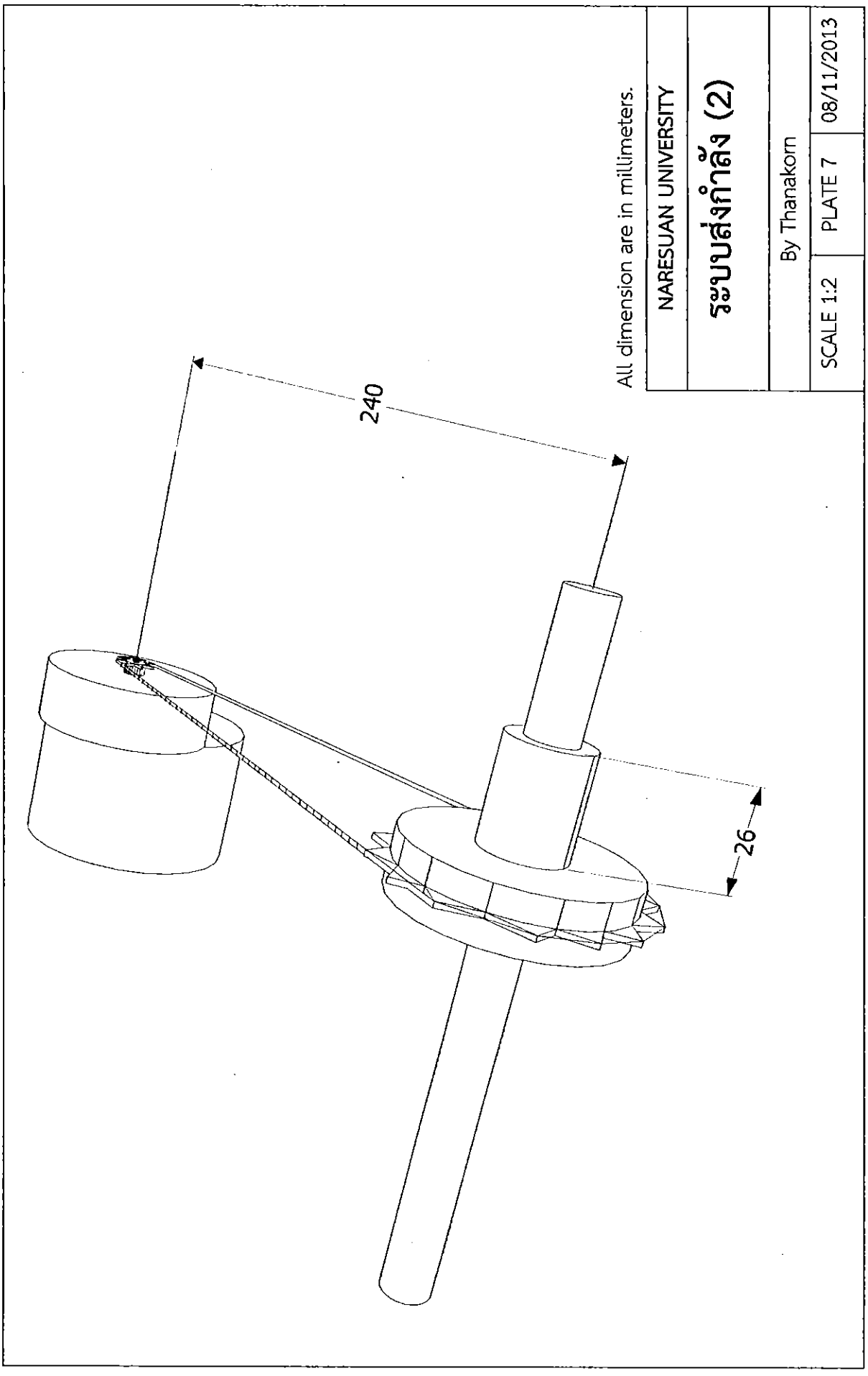
รูปที่ ก.5 ล้อ (2)



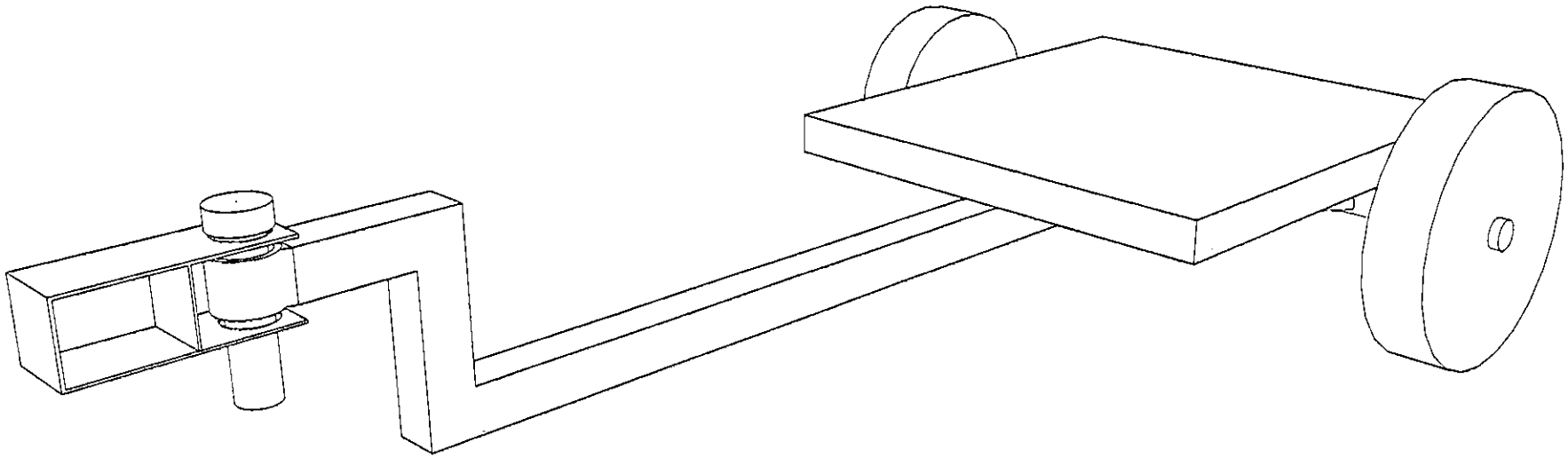
All dimension are in millimeters.

NARESUAN UNIVERSITY		
ระบบส่งกำลัง		
By Thanakorn		
SCALE 1:5	PLATE 6	08/11/2013

รูปที่ ก.6 ระบบส่งกำลัง



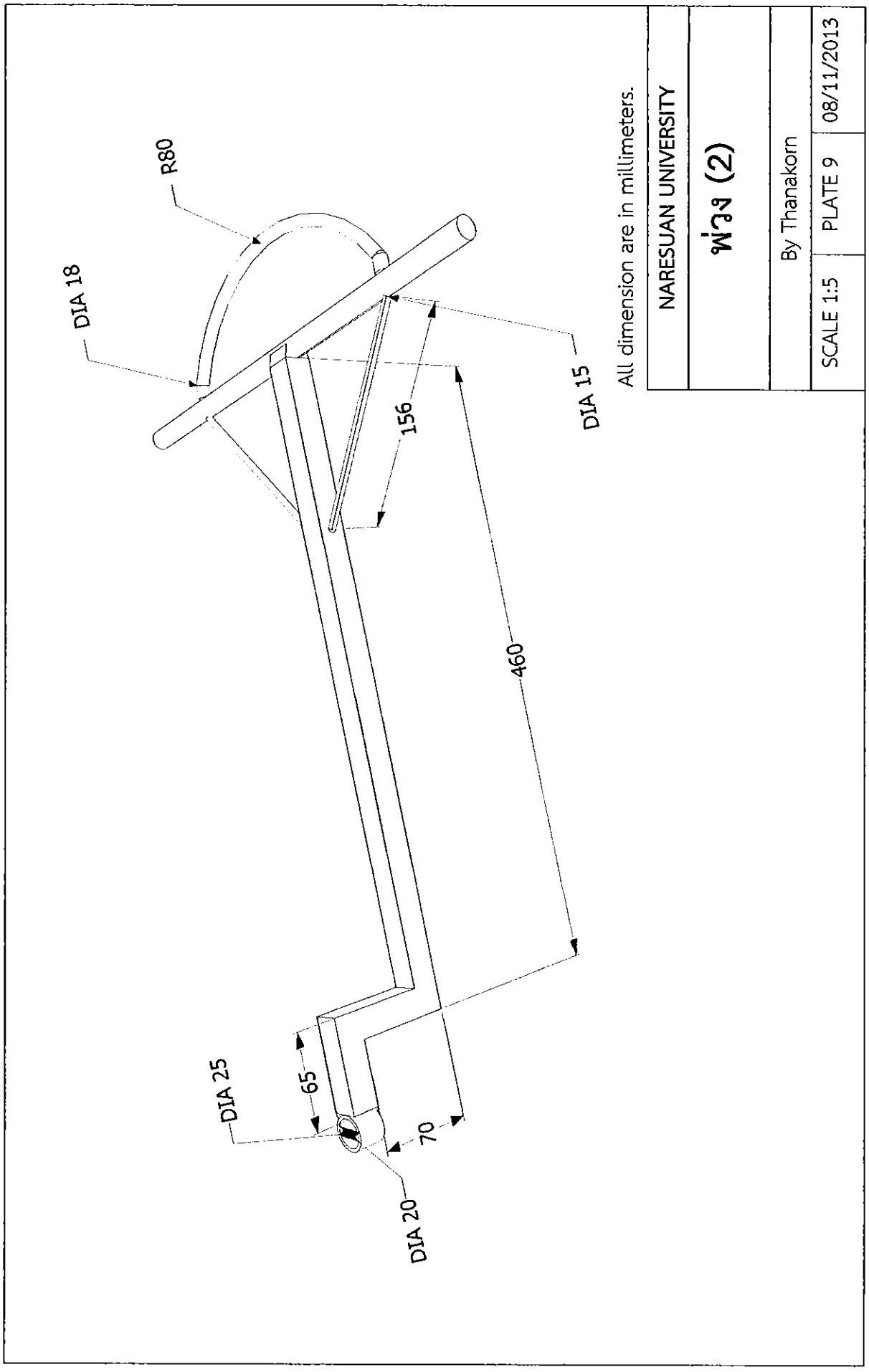
รูปที่ ก.7 ระบบส่งกำลัง (2)



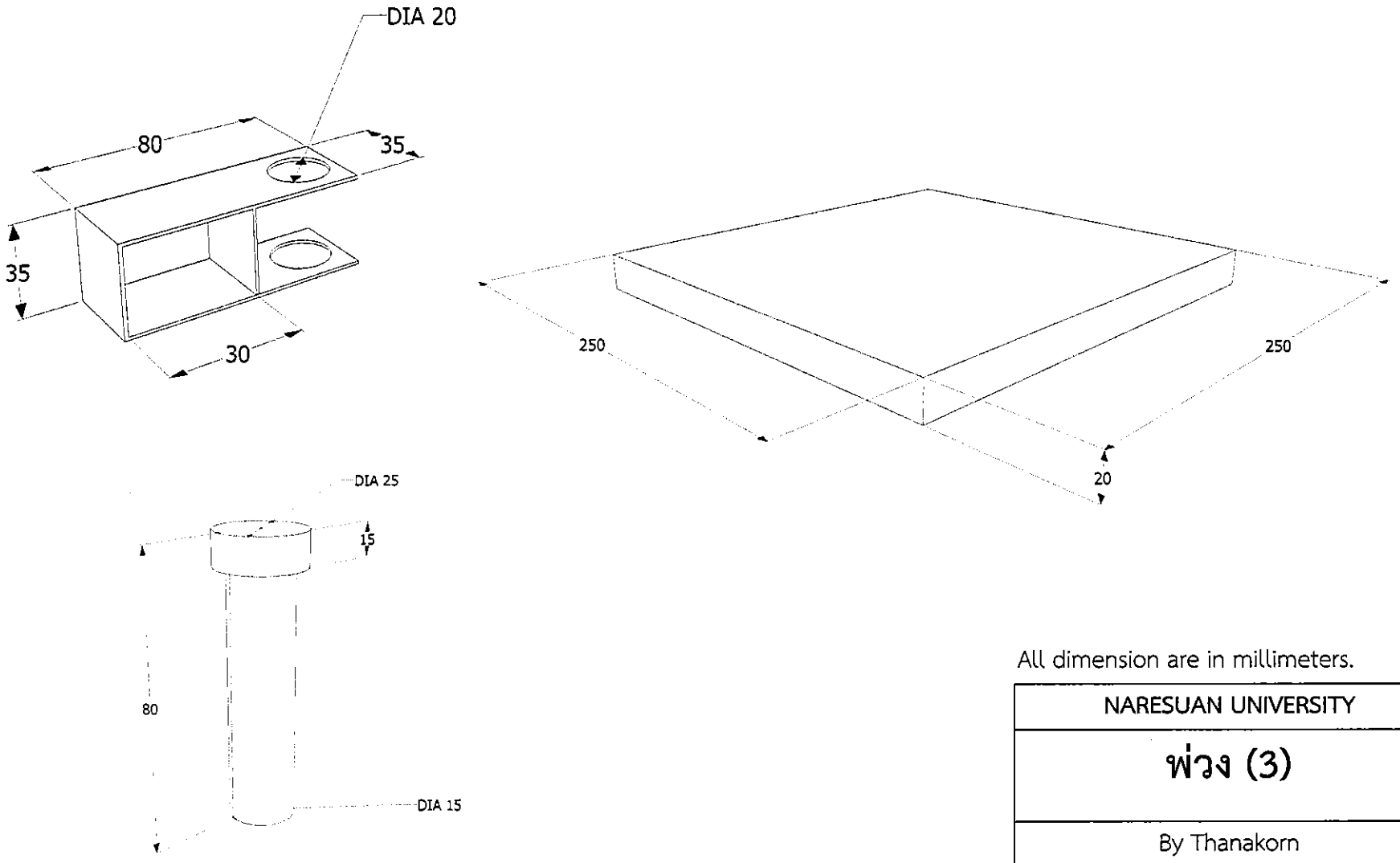
All dimension are in millimeters.

NARESUAN UNIVERSITY		
พ่วง		
By Thanakorn		
SCALE 1:5	PLATE 8	08/11/2013

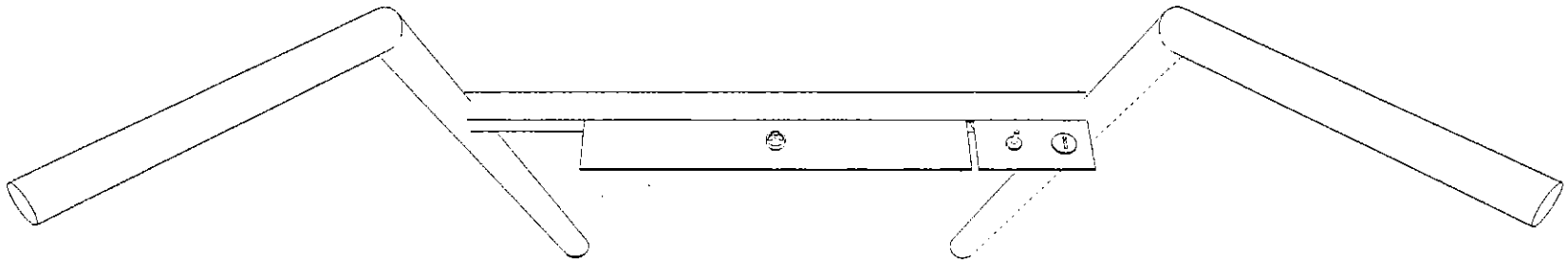
รูปที่ ก.8 พ่วง


R80
DIA 18
DIA 15
156
460
DIA 25
65
70
DIA 20
All dimension are in millimeters.
NARESUAN UNIVERSITY
พ่วง (2)
By Thanakorn
SCALE 1:5
PLATE 9
08/11/2013

รูปที่ ก.9 พ่วง (2)


DIA 20
80
35
35
30
250
250
20
DIA 25
15
80
DIA 15
All dimension are in millimeters.
NARESUAN UNIVERSITY
พ่วง (3)
By Thanakorn
SCALE 1:5
PLATE 10
08/11/2013

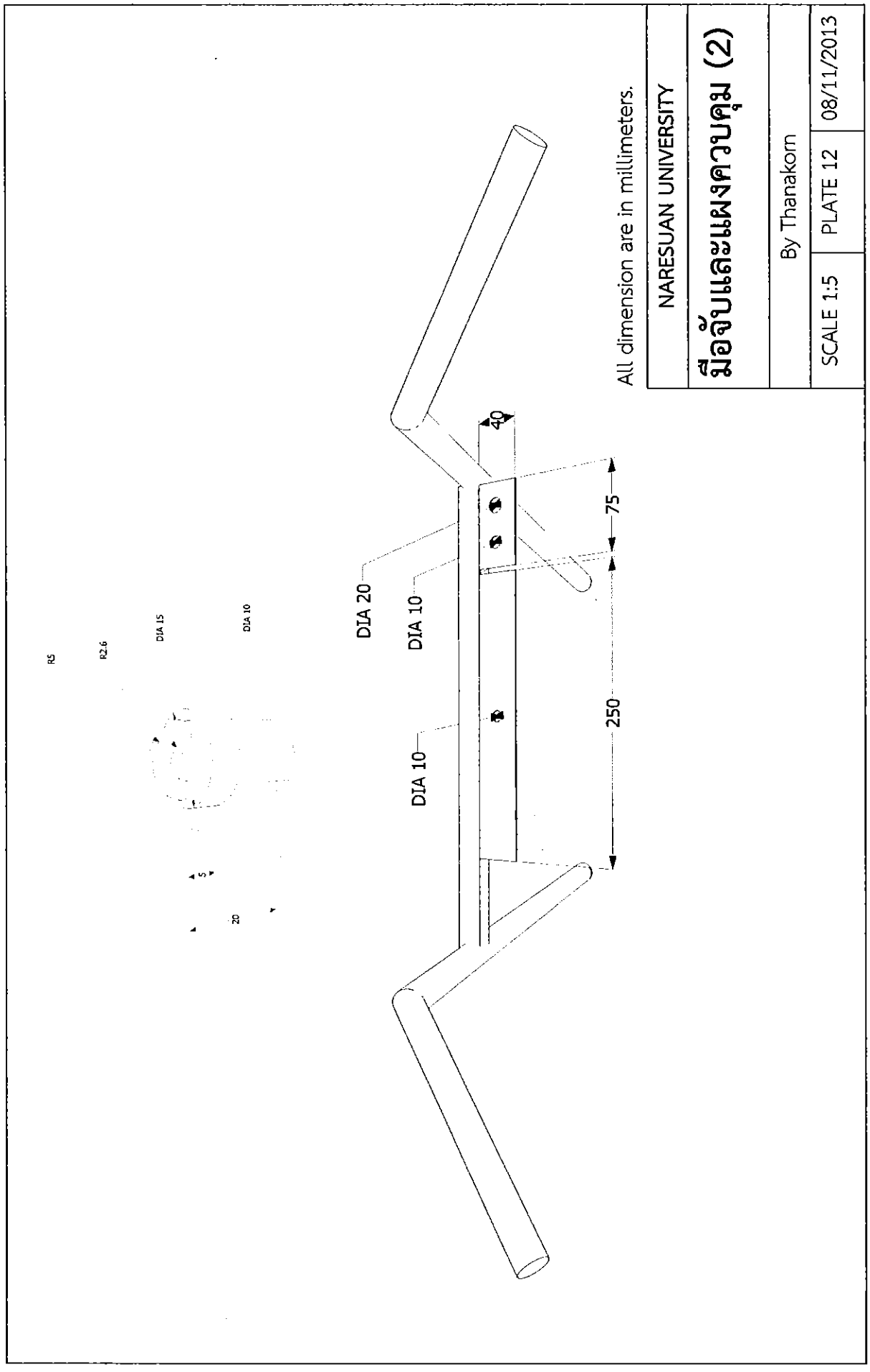
รูปที่ ก.10 พ่วง (3)



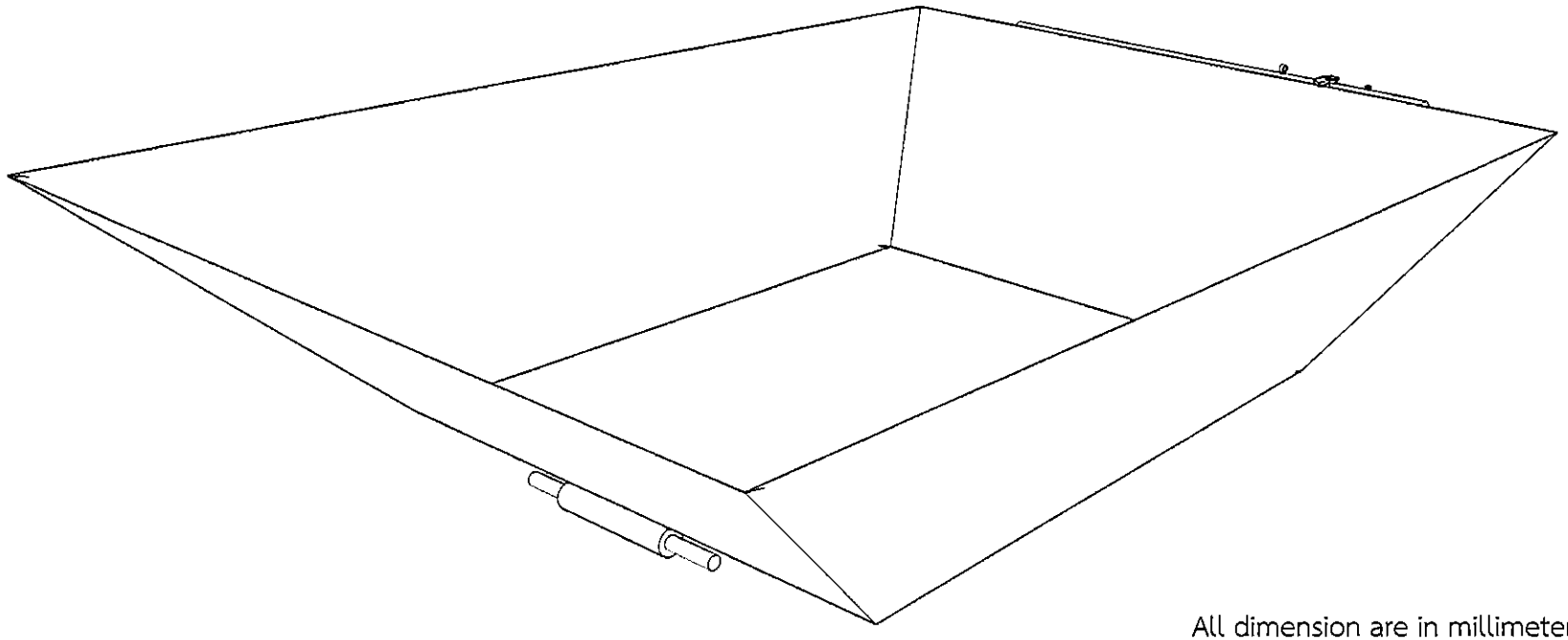
All dimension are in millimeters.

NARESUAN UNIVERSITY		
มือจับและแผงควบคุม		
By Thanakorn		
SCALE 1:5	PLATE 11	08/11/2013

รูปที่ ก.11 มือจับและแผงควบคุม



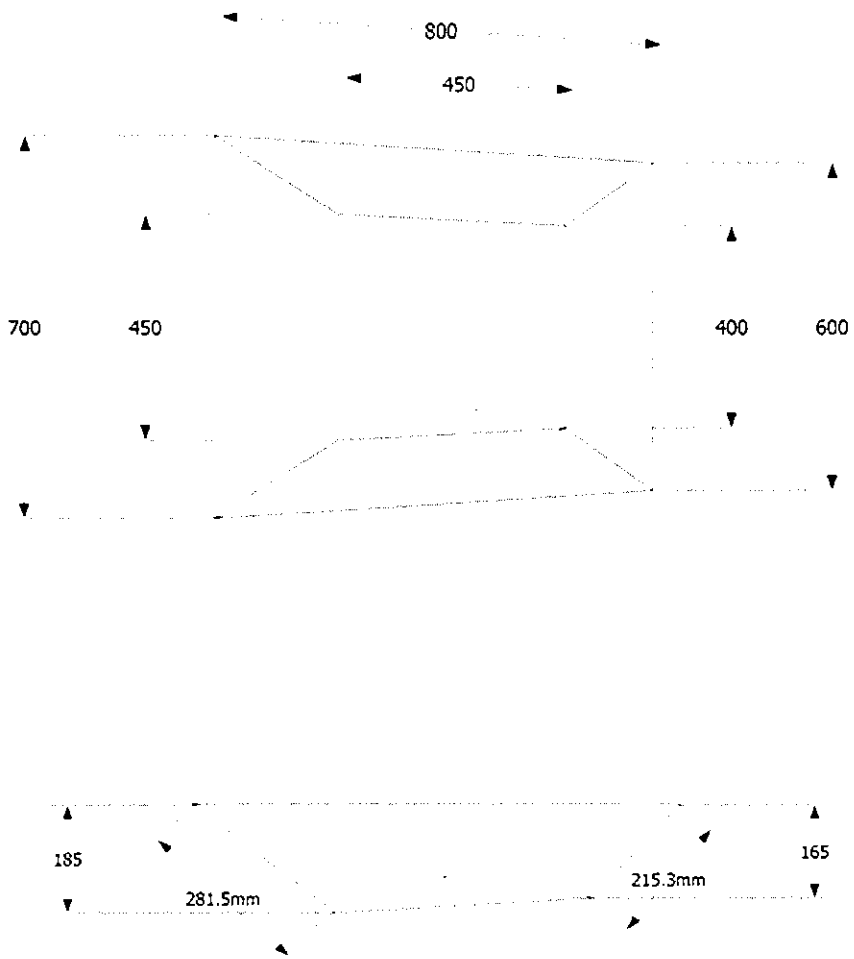
รูปที่ ก.12 มือจับและแผงควบคุม (2)



All dimension are in millimeters.

NARESUAN UNIVERSITY		
กระบะและตัวล็อค		
By Thanakorn		
SCALE 1:10	PLATE 13	08/11/2013

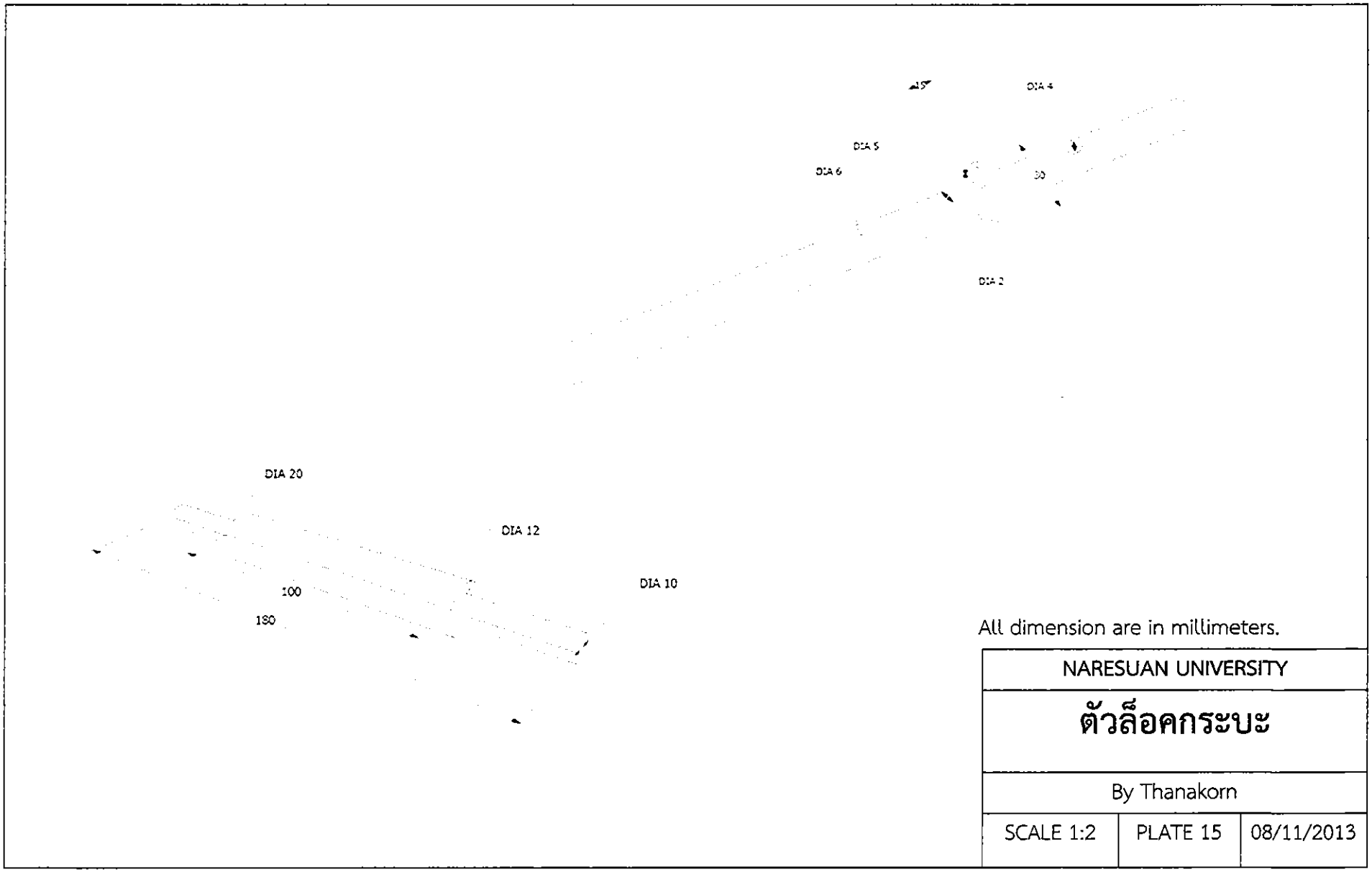
รูปที่ ก.13 กระบะและตัวล็อค



All dimension are in millimeters.

NARESUAN UNIVERSITY		
กระบะ		
By Thanakorn		
SCALE 1:20	PLATE 14	08/11/2013

รูปที่ ก.14 กระบะ



รูปที่ ก.15 ตัวล็คกระบะ

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งาน

คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษารถเข็นวัสดุก่อสร้าง

ข้อปฏิบัติในการใช้งาน

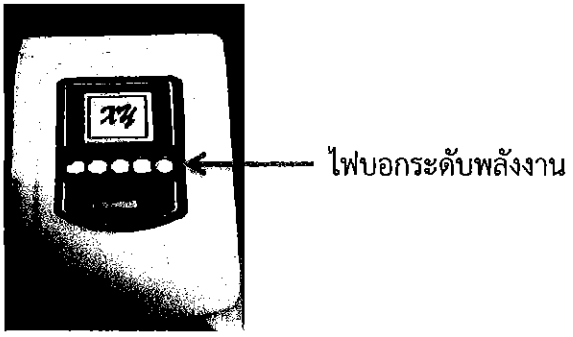
1. ตรวจสอบรถเข็นวัสดุก่อสร้างให้พร้อมต่อการใช้งาน
2. ควรขี่รถเข็นวัสดุก่อสร้างในพื้นที่ราบ
3. ขณะจะเทสิ่งของในกระบะ ต้องบีบเบรกด้านขวา เพื่อปลดล็อคกระบะ
4. มีพ่วงพับเก็บได้ เพื่อให้สะดวก และเหมาะสมแก่การใช้งาน

ขั้นตอนการใช้งาน และการขับเคลื่อนของรถเข็นวัสดุ

1. ขึ้นยืนบนชุดพ่วง ซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับผู้ปฏิบัติงาน
2. เปิดกุญแจ เพื่อให้ระบบขับเคลื่อนทำงาน

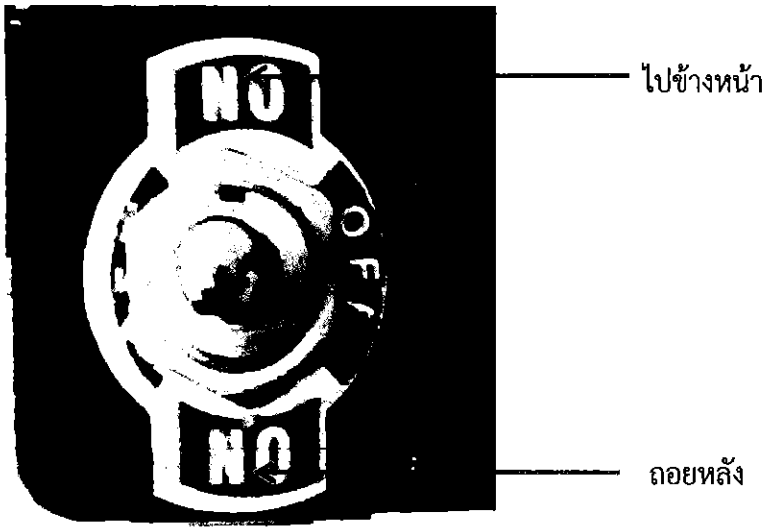
รูปที่ ข.1 กุญแจสำหรับควบคุมระบบขับเคลื่อน

3. ตรวจสอบระดับพลังงานของแบตเตอรี่



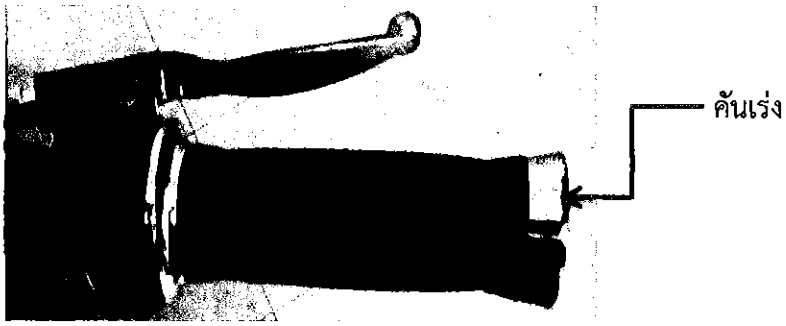
รูปที่ ข.2 ตรวจสอบระดับพลังงานของแบตเตอรี่

4. สับสวิตช์ไปข้างหน้า เพื่อให้รถเข็นวัสดุก่อสร้างเดินหน้า และสับสวิตช์ไปข้างหลัง เพื่อให้รถเข็นวัสดุก่อสร้างถอยหลัง



รูปที่ ข.3 สวิตช์ 6 ขา 3 ทาง

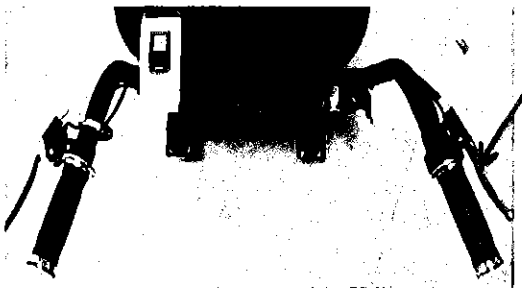
5. เมื่อสับสวิตช์ ตามที่ต้องการ แล้วบิดคันเร่งฝั่งขวา เพื่อให้รถเข็นวัสดุก่อสร้างเคลื่อนที่



รูปที่ ข.4 คันเร่ง

ขั้นตอนการปลดล็อคกระบะ

1. บีบมือเบรกฝั่งขวา เพื่อปลดล็อคกระบะก่อนเท



รูปที่ ข.5 ปลดล็อคกระบะ

2. เมื่อเทเสร็จ บีบมือเบรกฝั่งขวาอีกครั้งเพื่อล็อคกระบะ

ขั้นตอนการบำรุงรักษารถเข็นวัสดุก่อสร้าง

ระบบโครงสร้าง

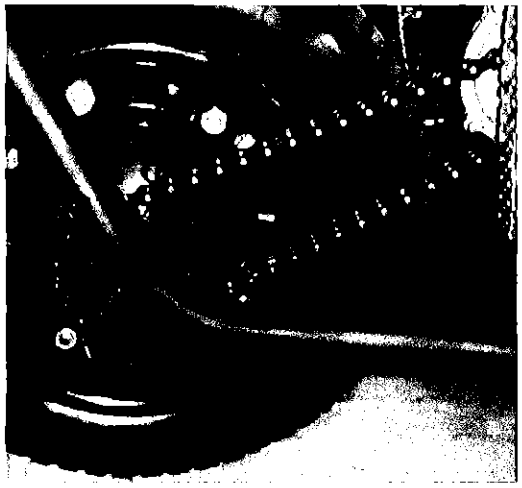
1. ตรวจสอบโครงสร้างหลังจากการใช้งานว่าโครงสร้างผิดปกติไปจากเดิมหรือไม่
2. ควรทำความสะอาดหลังการใช้งานเพื่อป้องกันสนิม

ระบบขับเคลื่อน

1. สังเกตว่ามอเตอร์ไฟฟ้ามีการทำงานผิดปกติหรือไม่ เช่น มีเสียงดังผิดปกติหรือไม่

รูปที่ ข.6 มอเตอร์ไฟฟ้า

2. เติมสารหล่อลื่นให้กับชุดเฟืองโซ่ เมื่อเกิดฝืดหรือมีเสียงดังขึ้น



รูปที่ ข.7 ชุดเฟืองโซ่

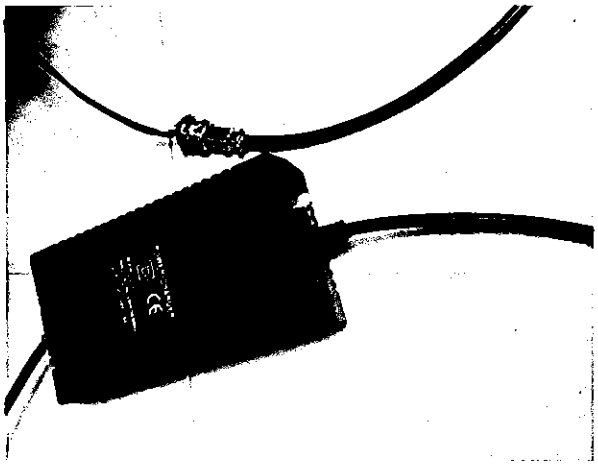
ระบบควบคุม

1. ควรตรวจสอบสายไฟในระบบควบคุมเป็นประจำ

รูปที่ ข.8 สายไฟในระบบควบคุม

แนะนำวิธีการชาร์จแบตเตอรี่

1. เปิดตระแกรงอลูมิเนียมขึ้น
2. ต่อปลายกลมของเครื่องชาร์จเข้าที่ช่องชาร์จแบตเตอรี่
3. เสียบปลั๊กของสายชาร์จเข้ากลับปลั๊กไฟ
4. เมื่อกำลังชาร์จไฟ ไฟที่สายชาร์จจะเป็นสีแดง และเมื่อแบตเตอรี่เต็มไฟที่สายชาร์จจะเป็นสีเขียว



รูปที่ ข.9 การชาร์จแบตเตอรี่

ภาคผนวก ค

การคำนวณหาจำนวนครั้งในการทดลอง

การคำนวณหาจำนวนครั้งในการทดลอง

การคำนวณหาจำนวนครั้งในการทดลองสามารถหาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$n = \left[\frac{k}{s}\frac{\sqrt{\acute{n}(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}}{\sum xi}\right]$$

โดยที่ $\acute{n}$ คือ จำนวนครั้งที่ได้ทำการทดสอบ

n คือ จำนวนครั้งที่ต้องการทดสอบเพื่อให้ได้ความเชื่อมั่นที่ต้องการ

s คือ ความคลาดเคลื่อน

xi คือ ข้อมูลที่ทำการทดสอบ

k คือ ตัวประกอบความเชื่อมั่น ซึ่งระดับความเชื่อมั่นที่ 95 ให้ค่า k เท่ากับ 2

ตารางที่ ค.1 ตารางแสดงผลการทดสอบรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)
150	4.75	4.80	4.82	4.54	4.96

จากข้อมูลในตารางที่ ค.1 ทำการทดสอบ 5 ครั้ง ต้องการความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95.5 และค่าความคลาดเคลื่อนที่ 0.05 จะคำนวณได้ดังนี้

$$n = \left[\frac{2}{0.05}\frac{\sqrt{5(4.75^2 + 4.80^2 + 4.82^2 + 4.54^2 + 4.96^2) - (4.75 + 4.80 + 4.82 + 4.54 + 4.96)^2}}{4.75 + 4.80 + 4.82 + 4.54 + 4.96}\right]^2$$

= 1.14 ครั้ง

ดังนั้น จึงต้องทำการทดสอบอย่างน้อย 2 ครั้งเพื่อจะได้ความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 9.95

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นางสาวดวงกมล จันทร์ทา

ภูมิลำเนา 56 หมู่ 4 ต.บ้านแดน อ.บรรพตพิสัย
จ.นครสวรรค์ 60180

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน
  โพฒิสารศึกษา จ.นครสวรรค์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
  สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : kieunhae_hyuk@hotmail.com

ชื่อ นายธนากร กลีบจำปา

ภูมิลำเนา 150 หมู่ 2 ต.ทุ่งรวงทอง อ.จุน จ.พะเยา 56150

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน
  จุนวิทยาคม จ.พะเยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
  สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Thanakorn_fc@outlook.com

ชื่อ นายอานันท์ อินเมฆ

ภูมิลำเนา 41 หมู่ 3 ต.คุยบ้านโอ่ง อ.พรานกระต่าย
จ. กำแพงเพชร 62110

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก
  โรงเรียนพรานกระต่ายพิทยาคม จ. กำแพงเพชร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
  สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Mission_Inlove@hotmail.com