



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การออกแบบระบบลิฟท์สำหรับ AGV ขนาดไม่เกิน 200 กิโลกรัม

โดย นายคมเดช จำรูญศรี

ได้รับอนุมัติให้นำเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงษ์)

21 พฤษภาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ บุตรดี)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชาติ ตระการกุล)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง)

การออกแบบระบบลิฟต์สำหรับ AGV ขนาดไม่เกิน 200 กิโลกรัม

นายคมเดช จำรุงศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

จพ

PIPE

211479

ผ. 8

ชื่อ : นายคมเดช จำรูญศรี
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การออกแบบระบบลิฟต์สำหรับ AGV ขนาดไม่เกิน 200 กิโลกรัม
สาขาวิชา : วิศวกรรมการผลิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ บุตรดี
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

การขนถ่ายวัสดุเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญมากต่อระบบการผลิต ปัจจุบันระบบพาหนะ ขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles) ประกอบไปด้วยยานพาหนะที่ใช้ในการขนถ่าย ระบบนำร่องเส้นทางเดิน ระบบควบคุม และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือได้ทำโครงการวิจัย สร้างเอจิวีคินแบบที่ใช้ระบบ นำร่องทางเดินอิสระแบบโคออดิเนท (grid) ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนเส้นทางได้ เพื่อให้เอจิวีสามารถหาเส้นทางเองได้โดยอัตโนมัติสามารถสั่งการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ผ่าน Wireless LAN เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างเอจิวีและหน่วยควบคุมหลัก ได้โดยคอมพิวเตอร์ แต่เอจิวีที่ทำการออกแบบสามารถ ลากและพ่วงวัสดุที่ต้องการขนถ่ายเท่านั้น ไม่สามารถจัดเก็บวัสดุบนที่สูงได้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเอจิวีที่มีอยู่เดิมโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มเติมความสามารถในการจัดเก็บวัสดุบนที่สูง โดยการออกแบบเพิ่มระบบลิฟต์ในเอจิวีที่มีอยู่เดิม ให้เป็นเอจิวี ประเภทโฟร์ค-เอจิวี ขนาดน้ำหนักยกไม่เกิน 200 กิโลกรัม และจัดเก็บวัสดุบนที่สูงได้ 0.8 เมตร โครงสร้างของระบบลิฟต์มีโครงสร้างเหมาะสมในการรับภาระและใช้ต้นทุนการผลิตต่ำโฟร์คเอจิวีที่ทำการออกแบบมีขนาดความกว้าง 0.7 เมตร ความยาว 2 เมตร และ ความสูง 1.3 เมตร การออกแบบโครงสร้าง และการคำนวณใช้เทคนิควิธีไฟไนท์อิลิเมนต์

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 131 หน้า)

คำสำคัญ : โคออดิเนท(grid), เอจิวี, โฟร์ค-เอจิวี, ไฟไนท์อิลิเมนต์



อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Mr.Komdet Chumroomsri
Thesis Title : AGV's Lift Unit Design for 200 Kg Weight
Major Field : Production Engineering
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisor : Associate Professor Dr.Sutape Buaddee
Academic Year : 2006

Abstract

Material handling an important component for manufacturing activities. Recently the automated guided vehicles are mostly used for improving productivity and efficiency. It consists of many parts. They are AGV navigation, supervisory control system and its accessory. The former AGV was developed and studied at King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok. The grid navigation system is employed to obtain flexible and easy to adjust the path. Wireless Lan is used control the system in order to transfer data to computer. However the existing AGV is a tug-tow AGV which can not move a material in vertical directions. This research objective is to design and development the tug-tow AGV to add on to the existing AGV. This design vehicle's load capacity is 200 Kg with maximum high of lifting is 0.8 meters. The AGV folk structure design is validated by FEM (Finite element method).

(Total 131 pages)

Keywords : AGV, Tug-tow AGV, FEM



Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของบุคลากร และหน่วยงานหลายฝ่าย ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ บุตรีดี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ช่วยดูแล ให้คำแนะนำ และชี้แจงจุดบกพร่องต่างๆ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาติ ละครการกุล และ อาจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง ที่ช่วยตรวจสอบ ให้คำแนะนำซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน รวมถึงเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมการผลิตที่ช่วยเหลือในการดำเนินการต่างๆ ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนบางส่วนจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา รวมทั้งครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนด้านการเงินแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

กมลเดช จำรูญศรี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีในการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 คัดแบบของเอจีวีที่ใช้ในการวิจัย	4
2.2 รถยก	6
2.3 แผ่นรองวาง(Pallets)	8
2.4 การออกแบบรถยก	10
2.5 ระบบพาหนะขนถ่ายอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicles System)	10
2.6 โครงสร้างหลักและส่วนประกอบของเอจีวี	12
2.7 ประเภทของลิฟต์	13
2.8 ข้อมูลทางเทคนิคของเอจีวีประเภทโฟร์คในปัจจุบัน	14
2.9 การศึกษาความเป็นไปได้ที่จะทดแทนระบบลิฟต์แบบ ไฮดรอลิกส์ ด้วยระบบเครื่องกลไฟฟ้า	19
2.10 แบริดเจอร์สำหรับเอจีวี	22
2.11 การโก่งของคาน(Deflection of Beams)	24
2.12 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	33
3.1 ลำดับการออกแบบโครงสร้างระบบลิฟต์ในเอจีวี	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
3.2	ข้อกำหนดในการออกแบบ	36
3.3	ลักษณะรูปร่างและฟังก์ชันการทำงานของระบบลิฟต์	36
3.4	การคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนและโครงสร้าง	36
3.5	วงจรไฮดรอลิกส์	70
3.6	ตำแหน่งการวางแบตเตอรี่	71
3.7	ตำแหน่งในการวางไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพค	73
3.8	น้ำหนักของโฟร์คเอจิวี่โดยประมาณ	74
3.9	ระบบควบคุมการทำงาน	74
บทที่ 4	ผลของงานวิจัย	75
4.1	ขนาดงา	75
4.2	ขนาดชุดรับงา	75
4.3	ขนาดกระบอกลิฟต์ไฮดรอลิกส์	75
4.4	ขนาดของไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพค(Hydraulic Powerpack)	75
4.5	ขนาดของเสา	75
4.6	ขนาดของโช้และเฟืองโช้	76
4.7	ขนาดของคานรับกระบอกลิฟต์ไฮดรอลิกส์	76
4.8	คุณลักษณะของชุดโฟร์คเอจิวี่ที่ออกแบบ	76
4.9	แบตเตอรี่	77
4.10	ลักษณะการทำงานของโฟร์คเอจิวี่	78
4.11	ตัวอย่างของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม	78
4.12	การประเมินราคาผลิตชุดลิฟต์สำหรับเอจิวี่	79
บทที่ 5	สรุปผล และข้อเสนอแนะ	81
5.1	สรุปผลการวิจัย	81
5.2	ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารอ้างอิง		83
ภาคผนวก ก แบบมาตรฐาน		85
ภาคผนวก ข ขนาดเหล็กมาตรฐาน		103

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค ตารางดัดรูปปืนแม่คกลม	109
ภาคผนวก ง ชุดไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพคเกจมอเตอร์กระแสตรง	113
ภาคผนวก จ ขนาดกระบอกไฮดรอลิกส์มาตรฐาน	117
ภาคผนวก ฉ ขนาดโซ่และเฟืองโซ่มาตรฐานANSI	121
ภาคผนวก ช แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดขนาดแรงดัน 6-12 โวลต์	127
ประวัติผู้วิจัย	131

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ขนาดของแผ่นวางรองมาตรฐาน(ANSI)	8
2-2	การเปรียบเทียบคุณลักษณะของระบบลิฟต์แต่ละประเภท	21
2-3	คุณสมบัติของเบดเตอร์ประเภทต่างๆ	23
2-4	ความลาดและระยะ โกง่ของคานมาตรฐานแบบต่างๆ	25
2-5	คุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน(DIN)	31
3-1	ลักษณะภาระแต่ละประเภทสำหรับการออกแบบโซ่	65
3-2	ค่าเซอร์วิตแฟกเตอร์ของโซ่	66
4-1	แสดงค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงเอจิวี่ให้เป็นแบบโฟร์คเอจิวี่ ขนาดน้ำหนักยก 200 กก.	82
ข-1	ขนาดมาตรฐานของเหล็ก Flat bars	104
ข-2	ขนาดมาตรฐานของเหล็ก Light lip Channel	105
ข-3	ขนาดมาตรฐานของเหล็ก channel	106
ข-4	ขนาดมาตรฐานของ plate	107
ข-5	ขนาดมาตรฐานของเหล็ก Rectangular Tube	108
ค-1	ขนาดมาตรฐานของคัตลูกปืนมีคกลมแฉวเดี่ยว	110
ช-1	ข้อมูลทางเทคนิคของเบดเตอร์ชนิดตะกั่ว - กรด	128

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	เอจิคันแบบที่ใช้ในการวิจัย	4
2-2	โครงสร้างและส่วนต่างๆของรดยก	6
2-3	พลาตแบบพลาสติกและแบบไม้ขนาด 600x800 มม.	8
2-4	แผนภาพแสดงลักษณะการจัดการระบบเอจิว	11
2-5	โครงสร้างหลักและส่วนประกอบของเอจิว	12
2-6	ประเภทของระบบลิฟต์ในเอจิว	13
2-7	รูปร่างของเอจิวที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ประเภทคอมแพคโพรค	14
2-8	รูปร่างของเอจิวที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ประเภทเคาท์เตอร์บาลาน	14
2-9	รูปร่างของเอจิวที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ประเภทโพรคเอจิวแบบมีขาขึ้น	15
2-10	โพรคเอจิวที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ประเภทมีแขนยึดหัดแบบเอ็กลิฟต์	16
2-11	โพรคเอจิวที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ประเภทมีแขนยึดหัด	17
2-12	โพรคเอจิวที่ใช้ระบบลิฟต์แบบบอลสกรูรุ่น FLA 4000	17
2-13	โพรคเอจิวที่ใช้ระบบลิฟต์แบบบอลสกรูรุ่น FLB 2600	18
2-14	แบคเคอร์สำหรับเอจิว	21
2-15	การแบ่งแรงบนคานด้วยวิธีซูเปอร์โพสิชัน	24
2-16	ขั้นตอนในการออกแบบและคำนวณด้วยวิธีไฟไนลิเมนต์	27
2-17	แสดงส่วนประกอบของความเค้นในแต่ละระนาบ	28
2-18	กราฟความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียด	30
3-1	แผนผังลำดับงานของการออกแบบระบบลิฟต์ในเอจิว	32
3-2	แผนผังลำดับงานของการคำนวณหาขนาดโครงสร้างด้วยระบบ 2 มิติ	33
3-3	แผนผังลำดับงานของการคำนวณหาขนาดโครงสร้างด้วยวิธีไฟไนลิเมนต์	34
3-4	ลักษณะโครงสร้างของเอจิวที่ออกแบบ	35
3-5	ภาพด้านข้างและภาพไอโซเมตริกของงายก	36
3-6	Free body Diagram ของงาแต่ละข้างเมื่อรับแรงข้างละ 100 กก.	36
3-7	BMD ของงาแต่ละข้างเมื่อรับแรงข้างละ 100 กก.	38
3-8	แสดงหน้าตัดของเหล็กที่ใช้ทำงา	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-9	การแสดงผลในโหนด Von Mise Stress ของงา เมื่อใช้เหล็กขนาด 10x100 มม.	40
3-10	ภาพการแสดงผลในโหนด Deflection ของงา เมื่อใช้เหล็กขนาด 10x100 มม.	41
3-11	ภาพการแสดงผลในโหนด Von Mise Stress ของงา เมื่อใช้เหล็กขนาด 10x100 มม.	42
3-12	ภาพการแสดงผลในโหนด Deflection ของงา เมื่อใช้เหล็กขนาด 14.2x100 มม.	43
3-13	ภาพการแสดงผลในโหนด Von Mise Stress ของงา เมื่อใช้เหล็กขนาด 15.6x100 มม.	44
3-14	ภาพการแสดงผลในโหนด Deflection ของงา เมื่อใช้เหล็กขนาด 15.6x100 มม.	45
3-15	ภาพ ISO Metric ของคานรับงา	45
3-16	ภาพ Free Body Diagram คานรับงา	46
3-17	แผนภาพ BMD ของคานรับงา	47
3-18	หน้าตัดเหล็กคานรับงา	47
3-19	การพิจารณาระยะโค้งคานด้วยวิธีชุปเปอร์โพสิชัน	48
3-20	ภาพการแสดงผลในโหนด Von Mise Stress ของคานรับงา เมื่อใช้เหล็กขนาด 75x8.11 มม	49
3-21	ภาพการแสดงผลในโหนด Deflection ของคานรับงา เมื่อใช้เหล็กขนาด 75x8.11 มม.	50
3-22	ภาพการแสดงผลในโหนด Von Mise Stress ของคานรับงา เมื่อใช้เหล็กขนาด 75x11.5 มม.	51
3-23	ภาพการแสดงผลในโหนด Deflection ของคานรับงา เมื่อใช้เหล็ก ขนาด 75x11.5 มม.	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-24	การแสดงผลในโหมด Von Mise Stress ของคานรับงา เมื่อใช้เหล็กขนาด75x12.8 มม.	53
3-25	การแสดงผลในโหมด Deflectionของคานรับงา เมื่อใช้เหล็กขนาด75x12.8 มม.	53
3-26	กระบอกไฮดรอลิกส์	54
3-27	ค่าความยาวประสิทธิผลของกระบอกไฮดรอลิกส์กับการยึดด้วยจุด รองรับประเภทต่างๆ	55
3-28	ขนาดของกระบอกยก	57
3-29	ภาพของเสากระโดง	57
3-30	Free body Diagramของเสากระโดง	58
3-31	หน้าตัดของเหล็กที่ใช้ทำเสากระโดง	60
3-32	การแสดงผลในโหมด deflection ของเสากระโดงเมื่อใช้เหล็ก Light Lip Chanel 60 x30 x10 t = 2.3	61
3-33	การใช้โปรแกรมหาค่า deflection ของเสากระโดงเมื่อใช้เหล็ก Light Lip Chanel 100x50x20 t =2 มม.	62
3-34	การใช้โปรแกรมหาค่า deflection ของเสากระโดงเมื่อใช้เหล็ก Light Lip Chanel 100x50x20 t =4 มม.	63
3-35	การใช้โปรแกรมหาค่า deflection ของเสากระโดงเมื่อใช้เหล็ก Light Lip Chanel 100x50x20 t =4.5 มม.	64
3-36	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงม้าในการเลือกขนาด ของโช้และเฟืองโช้	67
3-37	แสดงBMDของคานรับกระบอกไฮดรอลิกส์	68
3-38	ภาพการแสดงผลในโหมด Von Mise Stressของคานรับกระบอก ไฮดรอลิกส์เมื่อใช้เหล็กChanel 75x40 มม	70
3-39	ภาพการแสดงผลในโหมด Deflection ของคานรับกระบอก ไฮดรอลิกส์เมื่อใช้เหล็กขนาด 75x40 มม	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-40	การแสดงผลในโหมด Von Mises Stress ของคานารับกระบอกลูกไฮดรอลิกส์เมื่อใช้เหล็ก chanel 100x50 มม.	72
3-41	การแสดงผลในโหมด deflection ของคานารับกระบอกลูกไฮดรอลิกส์เมื่อใช้เหล็ก chanel 100x50 มม.	2
3-42	วงจรควบคุมกระบอกลูกไฮดรอลิกส์	73
3-43	ตำแหน่งการวางแบตเตอรี่ที่ช่องด้านหลังตัวเอจิวี	74
3-44	ตำแหน่งในการวางแบตเตอรี่ขนาด 12V 50 Ah จำนวน 4 ใบ	75
3-45	ตำแหน่งในการวางชุดไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพค	75
4-1	ลักษณะของเอจิวีประเภทโฟร์คที่ทำการออกแบบ	79
4-2	แสดงภาพด้านบนของเอจิวีที่ออกแบบเมื่อใช้ยกพาเลตขนาด 800x600 มม.	80
ก-1	ขนาดมิติของ โฟร์คเอจิวี	86
ก-2	โครงสร้างหลักของ โฟร์คเอจิวี	87
ก-3	ภาพแยกชิ้นชุดลิฟต์	88
ก-4	ขนาดของส้อมยก	89
ก-5	ขนาดของ Bottom Slide Way	90
ก-6	ขนาดของ Top Slide Way	91
ก-7	ขนาดของ Frame	92
ก-8	ภาพประกอบชุด Guide	93
ก-9	ภาพแยกชิ้นของชุด Guide	94
ก-10	ภาพแยกชิ้นของโครงสร้าง Guide	95
ก-11	ขนาดของ Column	96
ก-12	ขนาดของ Base	97
ก-13	ขนาดของ Top Stiffener	98
ก-14	ขนาดของ Bottom Stiffener	99
ก-15	ขนาดของ Lift Cylinder Joint	100
ก-16	ขนาดของ Clamp	101

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก-1	ขนาดมาตรฐานของคลับลูกปืนเม็ดกลมแฉวงเดี่ยว	110
จ-1	ข้อมูลทางเทคนิคของกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์	118
จ-2	ขนาดมิติของกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์	119
จ-3	วิธีการตรวจสอบความยาวประสิทธิผลกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์	120
ฉ-1	ขนาดของโซ่ KCM 40	122
ฉ-2	ขนาดของเฟือง โซ่ KCM 40	123
ฉ-3	ขนาดของโซ่ KCM 50	124
ฉ-4	ขนาดของเฟือง โซ่ KCM 50	125

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การขนถ่ายวัสดุ เป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญมากต่อระบบการผลิต ถ้าพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด ประมาณ 2 ใน 3 ของค่าใช้จ่ายในการผลิตทั้งหมด อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุหลากหลายประเภทถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการลำเลียงและเคลื่อนย้ายในระบบการผลิต อุปกรณ์ขนถ่ายที่เห็นได้ทั่วไปคือรถยก ซึ่งเป็นอุปกรณ์ลำเลียงที่มีความยืดหยุ่นสูง ปัจจุบันอุตสาหกรรมมีการแข่งขันสูง และรถยกได้มีวิวัฒนาการไปเป็นรถยกอัตโนมัติควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งถูกใช้งานอยู่ในระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติเรียกกระบวนที่ใช้รถยกอัตโนมัตินี้ว่า ระบบพาหนะขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ(Automated Guided Vehicles System) หรือเอจีวีซิสเต็ม (AGV System) ระบบเอจีวี ประกอบด้วยยานพาหนะที่ใช้ในการขนถ่าย,ระบบนำร่องเส้นทางเดิน,ระบบควบคุม,และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือได้ทำโครงการวิจัย พัฒนาออกแบบและสร้างเอจีวีต้นแบบที่ ใช้ระบบนำร่องทางเดินอิสระแบบ โคออดิเนต Co-ordinate (grid) ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนเส้นทางได้ และมีระบบอัจฉริยะ(Intelligent system) เข้ามาช่วยในการ โปรแกรมการทำงานให้กับเอจีวี เพื่อให้เอจีวี สามารถหาเส้นทางเองได้โดยอัตโนมัติ โดยการสอน(Teaching)ให้กับเอจีวี เพื่อจดจำตำแหน่งของสถานีและเส้นทางการเดินทางของเอจีวีได้ สามารถสั่งการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ผ่าน Wireless LAN เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างเอจีวีและหน่วยควบคุมหลักได้โดยคอมพิวเตอร์ แต่เอจีวีที่ทำการออกแบบดังกล่าวมีความสามารถลากและพ่วงวัสดุที่ต้องการขนถ่ายเท่านั้น ไม่สามารถจัดเก็บวัสดุบนที่สูงได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเอจีวีที่มีอยู่เดิม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มเติมความสามารถในการจัดเก็บวัสดุบนที่สูง โดยการออกแบบเพิ่มระบบลิฟท์ในเอจีวีที่มีอยู่เดิมให้เป็นเอจี-วี ประเภทฟอร์ค-เอจีวี ขนาดน้ำหนักยกไม่เกิน200กิโลกรัม และจัดเก็บวัสดุบนที่สูงได้ 0.8 เมตร โดยโครงสร้างของระบบลิฟท์มีโครงสร้างเหมาะสมในการรับภาระและใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อเพิ่มศักยภาพและเพิ่มเติมฟังก์ชันลิฟท์ให้กับเอจิวีคีนแบบซึ่งเป็นเอจิวีแบบลาก-พ่วง ขนาดน้ำหนักพ่วง 100 กก.

1.2.2 เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบลิฟท์สำหรับเอจิวี

1.2.3 เพื่อออกแบบระบบลิฟท์ที่มีโครงสร้างเหมาะสมในการยกน้ำหนัก 200 กก. ที่ระดับความสูง 0.8 ม.

1.2.4 เพื่อออกแบบระบบลิฟท์ให้มีต้นทุนการผลิตต่ำและมีความปลอดภัย

1.2.5 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเอจิวีประเภทโฟร์คอเอจิวีสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 วิทยานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบ ลิฟท์ในเอจิวี เป็นลิฟท์ยกแบบโฟร์คอเอจิวี

1.3.2 น้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 200 กก.

1.3.3 ความสูงที่สามารถยกได้ 0.8 ม.

1.3.4 ความเร็วในการยกของชุดลิฟท์ 0.15-0.3 ม./วินาที

1.3.5 ใช้กับพาเลทขนาด 800x600 มม.

1.3.6 ในการคำนวณและวิเคราะห์เพื่อหาขนาดของชิ้นส่วน และ โครงสร้างใช้การวิเคราะห์แรงในระบบสถิตศาสตร์

1.3.7 วิทยานิพนธ์นี้ไม่ได้ทำการออกแบบในส่วนของระบบคอนโทรล

1.3.8 การออกแบบโครงสร้างจะใช้วัสดุ $sc37$ เนื่องจากเป็นเหล็กโครงสร้างที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในประเทศและมีราคาไม่แพง

1.4 วิธีในการวิจัย

1.4.1 เก็บข้อมูลของเอจิวีแบบลากพ่วงที่มีอยู่เดิม

1.4.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบระบบลิฟท์ของรถยก

1.4.3 ออกแบบฟังก์ชันการทำงานของระบบลิฟท์

1.4.4 กำหนดเพื่อหาขนาดของชิ้นส่วนและ โครงสร้าง

1.4.5 ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสามมิติแบบโดยวิเคราะห์ค่าความเค้นและคิเฟกชันที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนและ โครงสร้าง

1.4.6 สรุปขนาดของชิ้นส่วนและ โครงสร้างที่เหมาะสม โดยเลือกขนาดเหล็ก โครงสร้างที่ใกล้เคียงกับขนาดมาตรฐานมากที่สุดเพื่อต้นทุนการผลิตที่ต่ำ

1.4.7 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

- 1.5.1 เอจีวีที่มีอยู่เดิมมีความสามารถเพิ่มขึ้น
- 1.5.2 ได้แนวทางในการออกแบบระบบลิฟท์สำหรับเอจีวี
- 1.5.3 ได้องค์ความรู้สำหรับการออกแบบระบบลิฟท์ในเอจีวี
- 1.5.4 ได้แนวทางในการผลิตเอจีวีประเภทโฟร์คเอจีวีขนาดน้ำหนักยกไม่เกิน 200 กก.
- 1.5.5 ได้ระบบลิฟท์สำหรับเอจีวีที่มีต้นทุนต่ำ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ต้นแบบของเอจิวี่ที่ใช้ในการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือได้ทำโครงการวิจัย พัฒนา ออกแบบและสร้างเอจิวี่ต้นแบบที่ใช้ระบบนำร่องทางเดินอิสระแบบ โคออดิเนท Co-ordinate (grid) ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนเส้นทางได้ และมีระบบอัจฉริยะ(Intelligent system) เข้ามาช่วยในการโปรแกรมระบบการทำงานให้กับเอจิวี่ เพื่อให้เอจิวี่ สามารถหาเส้นทางเองได้โดยอัตโนมัติโดยการสอน(Teaching)ให้กับเอจิวี่ เพื่อจดจำตำแหน่งของสถานีและเส้นทางการเดินทางของเอจิวี่ได้ สามารถสั่งการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ผ่าน Wireless LAN เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างเอจิวี่ และหน่วยควบคุมหลักได้โดยคอมพิวเตอร์[1] แต่เอจิวี่ที่ทำการออกแบบดังกล่าวมีความสามารถลากและพ่วงวัสดุที่ต้องการขนถ่ายเท่านั้น ไม่สามารถจัดเก็บวัสดุบนที่สูงได้รูปร่างลักษณะของเอจิวี่แสดงในภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 แสดงเอจิวี่ต้นแบบที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลทางเทคนิคของเอจีวีรุ่นแบบที่นำมาใช้ในการวิจัย

2.1.1.1 เป็นเอจีวีประเภทลากพ่วง

2.1.1.2 น้ำหนักไม่รวมแบตเตอรี่ 350 กก.

2.1.1.3 ขนาดมิติ กxยxส คือ 0.65 x 1.14 x 0.815 ม.

2.1.1.4 สามารถลากน้ำหนักได้สูงสุด 100 กก.

2.1.1.5 มีล้อทั้งหมด 3 ล้อ เป็นล้อขับ 1 ล้อและล้อตาม 2 ล้อ

2.1.1.6 ใช้ยางตันโดยล้อหน้ามีดอกยาง แต่ล้อตามข้างหลัง 2 ล้อไม่มีดอกยาง

2.1.1.7 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัว ตัวที่ใช้ขับเคลื่อนขนาด 1200วัตต์, 24 โวลต์, 63 แอมป์, 3000 รอบต่อนาที และ ตัวที่ใช้บังคับด้วยใช้มอเตอร์ขนาด 500วัตต์, 48 โวลต์, 14 แอมป์, 22 รอบต่อนาที

2.1.1.8 ระบบนำร่องเป็นแบบพิกัดตำแหน่ง X-Y

2.1.1.9 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากสิ่งกีดขวางหรือวัสดุ ที่เข้ามาใกล้ โดยจะใช้ตัว

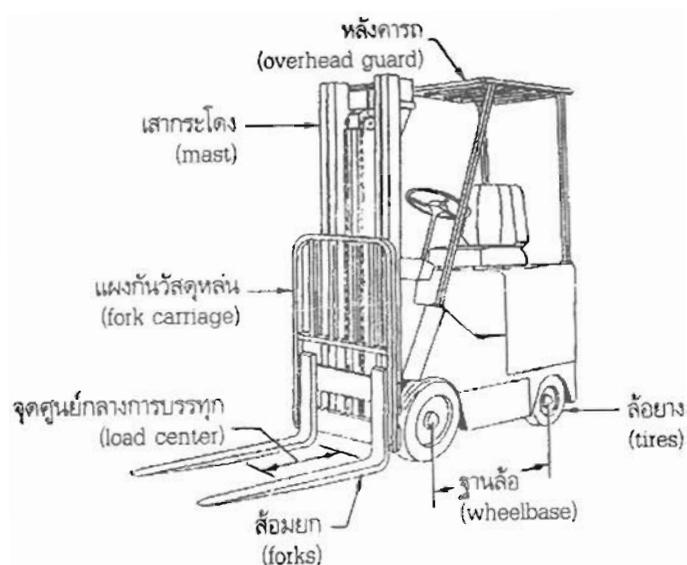
ตรวจจับแบบ ไปกลับตรวจจับ(Photoelectric sensor)

2.2 รดยก

การพัฒนาของรดยกเพื่อใช้ในการจัดเก็บ ให้สามารถใช้ในการจัดเก็บ ให้สามารถยกวัสดุที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากในขณะที่ใช้พื้นที่ในการทำงานและการจัดเก็บน้อย แหล่งพลังงานมาจากแก๊สปิโตรเลียมเหลว(LPG) น้ำมันดีเซล และมอเตอร์ไฟฟ้า

2.2.1 โครงสร้างของรดยก

รดยกที่ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไป เช่นรดยกแบบถ่วงน้ำหนักประเภทนั่งขับ ประกอบด้วยส่วนต่างๆที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานและความปลอดภัยของรดยก ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนประกอบพื้นฐานดังแสดงในภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 แสดงโครงสร้างและส่วนต่างๆของรถยก

2.2.1.1 หลังคารถยก

2.2.1.2 เสากระโดงเป็นส่วนประกอบที่ทำให้สามารถยกวัสดุได้เสากระโดง

ประกอบด้วยสองส่วนคือ เสาเหล็กตั้งและกระบอกลิโกลิค ชั้นส่วนของเสากระโดงประกอบไปด้วย โครงค้ำนอกที่ยึดติดกับที่และชั้นส่วนด้านในเป็นกระบอกลิโกลิคขึ้น-ลงได้ ช่วยในการยกวัสดุขึ้นสูงและปล่อยวัสดุลงต่ำ เสากระโดงที่สูงหลายชั้นจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับเสากระโดง แต่ต้องการพลังงานมากกว่าแบบยกได้ในระดับต่ำ เสากระโดงแบบที่ประหยัดที่สุดสำหรับใช้งานทั่วไปในโกดังเก็บสินค้า หรือใช้ขนส่งภายในโรงงาน ได้แก่เสากระโดงแบบสองระดับที่มีความสามารถในการยกระดับต่ำ ประเภทของระบบการทำงานของเสากระโดงที่นิยมใช้ได้แก่เสากระโดงแบบระดับยกชั้นเดียว ระบบของเสากระโดงประเภทนี้ สามารถบรรทุกได้สูงที่สุดในระดับความสูงชั้นต่ำ โดยถูกนำมาใช้กับส้อมยกระดับต่ำหรือระดับสูงทั่วไปโดยไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการยกระดับต่ำเนื่องจากเสากระโดงประเภทนี้มีชั้นส่วนที่เคลื่อนไหวหรือเลื่อนน้อยที่สุด เป็นสาเหตุให้มีเสถียรภาพในการเคลื่อนย้ายวัสดุสูงที่สุด ณ ระดับความสูงที่กำหนดให้

เสากระโดงสองถึงสามช่วง มีความสามารถในการยกได้สูงกว่า แบบระดับยกชั้นเดียวขณะที่ยังรักษาการทรงตัวของรถไว้ได้โดยทั่วไปจะถูกติดตั้งด้วยกระบอกลิโกลิคทำงานสองจังหวะ และผูกส้อมยกติดกับโช้เพื่อให้สามารถยกวัสดุได้สูงกว่า

2.2.1.3 แผงกันวัสดุหล่น

2.2.1.4 ส้อมยก

2.2.1.5 ฐานล้อจุดศูนย์กลางบรรทุก

2.2.1.6 ล้อยาง

2.2.1.7 แหล่งพลังงาน

2.2.2 ประเภทของรถยก

2.2.2.1 รถยกอาจแบ่งตามขีดความสามารถการรับน้ำหนักในการจัดกลุ่ม ตามกำลังในการบรรทุก ปกติจะถูกแบ่งตามช่วงต่อไปนี้ คือ

ก) 0.5-0.9 ตัน

ข) 0.6-2.3 ตัน

ค) 2.3-3.6 ตัน

ง) 3.6-4.5 ตัน

2.2.2.2 และอาจแบ่งตามการใช้งาน

ก) รถแบบถ่วงน้ำหนัก

ข) รถยกแบบขยายฐานล้อ

ค) รถยกแบบมีแขนยึด-หด

ง) รถยกแบบมีแขนยื่นยาว

จ) รถยกแบบปลายแคร่

ฉ) รถยกแบบเสากระโดงหมุนทั้งแผง

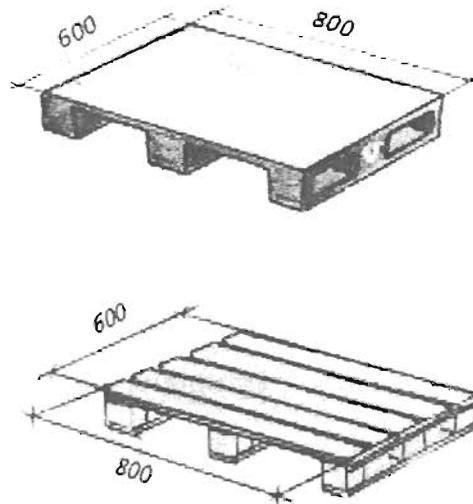
ช) รถยกแบบสะพานยื่น

2.3 แผ่นรองวาง (Pallets)

แผ่นวางรองมาตรฐาน ถูกกำหนดโดยสถาบัน American National Standards Institute (ANSI) ได้กำหนดขนาดมาตรฐานของแผ่นรองวางดังในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 แสดงขนาดของแผ่นวางรองมาตรฐาน(ANSI)

Imperial (in)	Hard Metric (mm)	Hard Metric (in)	Soft Metric (mm)
24x32	600x800	23.64x31.52	609x812
32x40	800x1000	31.52x39.40	812x1014
32x48	800x1200	31.52x47.28	812x1219
36x42	900x1060	35.46x41.75	914x1066
36x48	1060x1200	35.46x47.28	1066x1219
40x48	1000x1200	39.40x47.28	1016x1219
42x54	1060x1370	41.75x53.96	1066x1371
48x60	1200x1500	47.28x59.10	1219x1523
48x72	1200x1800	47.28x70.90	1219x1828
36x36	900x900	35.45x35.46	914x914
42x42	1060x1060	41.75x41.75	1066x1066
48x48	1200x1200	47.28x47.25	1219x1219



ภาพที่ 2 -3 แสดงพาเลตแบบพลาสติกและแบบไม้ขนาด 600x800 มม.

วิทยานิพนธ์นี้ได้ออกแบบระบบลิฟต์ขนาดเล็กเพื่อรองรับกับPalletขนาด 600x800 mm.ซึ่ง เป็นขนาดเล็กที่สุดในมาตรฐาน ANSI

2.4 การออกแบบรถยก

2.4.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในการออกแบบ กระบวนการขึ้นรูป บำรุงรักษา ตรวจสอบ อ้างอิง มาตรฐานดังต่อไปนี้

2.4.1.1 ANSI B56.1 - 1983 "Safety Standard for Low Lift and High Lift Trucks"

2.4.1.2 CSA B335.1-1977 - "Low Lift and High Lift Trucks" (Adopted ANSI B56.1-1975)

2.4.1.3 ANSI B56.6 - 1987 "Rough Terrain Forklift Trucks"

2.4.1.4 ISO 2328:1993-"Fork-lift trucks - Hook-on type fork arms and fork arm carriages - Mounting dimensions"

2.4.2 ค่า Safety factor ของโครงสร้าง

2.4.2.1 ใช้ค่าความปลอดภัย(Safety factor) ไม่น้อยกว่า 2 เท่าของ yield strength กรณีที่ใช้วัสดุประเภท ยืดหยุ่น(ductile) เช่น เหล็กกล้า

2.4.2.2 ใช้ค่าความปลอดภัย(Safety factor) ไม่น้อยกว่า 5 เท่าของ จุดความเค้นประลัย (Ultimate strength) กรณีที่ใช้วัสดุประเภทเปราะ(brittle)เช่น เหล็กหล่อ fibreglass reinforced plastics

2.5 ระบบพาหนะขนถ่ายอัตโนมัติ(Automated Guided Vehicles (AGVs) System)

ระบบพาหนะขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ(Automated Guided Vehicles (AGVs) System)คือระบบที่ใช้สำหรับการขนถ่ายวัสดุ เคลื่อนย้ายวัสดุ ช่วยในการจัดเก็บในกระบวนการผลิต ระบบเอจีวี (AGV-system) ประกอบด้วยยานพาหนะที่ใช้ในการขนถ่าย ซึ่งเป็นรถยกแบบอัตโนมัติ,ระบบควบคุม,และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ ซึ่งระบบประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 5 ส่วนคือ เส้นทางเดินของพาหนะ(Vehicle Navigation), ระบบควบคุมการทำงาน (Supervisory Control System), ระบบความปลอดภัย(Safety Systems),ระบบการจัดการพลังงาน(Energy Management) และ,ระบบขนถ่ายวัสดุ(Load Handling)

2.5.1 เส้นทางเดินของพาหนะ(Vehicle Navigation)

เส้นทางเดินของพาหนะ(Vehicle Navigation) แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ เส้นทางเดินแบบติดตั้งอยู่กับที่(Fixed path) และเส้นทางเดินแบบอิสระ(Free Ranging) เส้นทางเดินแบบติดตั้งถาวร

(Fixed path) เป็นวิธีเก่าที่ยังนิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันสำหรับงานทั่วไป แต่การผลิตที่เป็นระบบการผลิตกำลังพัฒนาไปใช้แบบ เส้นทางเดินแบบอิสระ(Free Ranging)เนื่องจากมีความยืดหยุ่นสูงกว่าบำรุงรักษาง่ายกว่า

2.5.1.1 เส้นทางเดินแบบติดตั้งอยู่กับที่(Fixed path)

มาร์กเส้นทางเดินไว้บนพื้น

เป็นเส้นทางที่ต่อเนื่อง

เส้นทางเดินยังคงอยู่กับที่แต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

วิธีการสร้างเส้นทางเดินที่นิยมใช้

ก) เส้นทางเดินที่ทำจากเทปแม่เหล็ก

ข) เส้นทางเดินที่ทำจากสารเคมีที่ไวต่อการรับภาพ

ค) เส้นทางเดินที่ทำจากแถบสะท้อนแสง

ง) เส้นทางเดินที่ทำจากเส้นลวดฝังใต้พื้น

สามวิธีแรกจะติดตั้งเซนเซอร์อยู่ใต้เอจิวี่ เซนส์เซอร์มีหน้าที่ตรวจจับเส้นทางเดินและส่งสัญญาณกลับมาประมวลผลที่แผงคอนโทรลเลอร์ กรณีที่พบเส้นทางโค้งระบบบังคับจะสั่งการให้ล้อของเอจิวี่เลี้ยวเพื่อรักษาเส้นทางเดิน

ส่วนวิธีที่ใช้เส้นลวดฝังใต้พื้นเป็นเส้นทางเดิน จะใช้คอยล์แม่เหล็กเล็กๆติดอยู่ข้างใต้เอจิวี่ เมื่อทำการปล่อยกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดที่เป็นเส้นทางเดินจะเกิดสนามแม่เหล็ก

2.5.1.2 เส้นทางเดินแบบอิสระ(Free Ranging)

ก) แบบเลเซอร์(Laser)

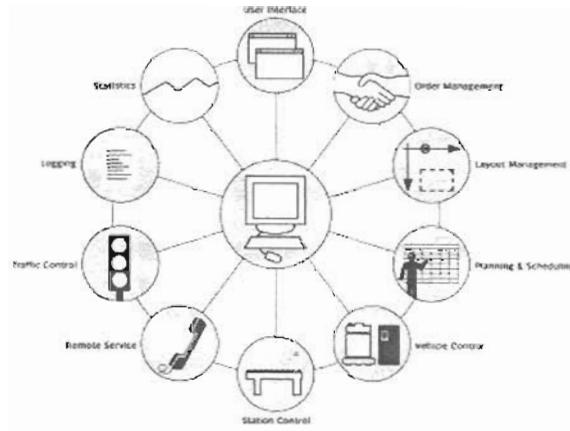
เป็นวิธีการที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ไปซึ่งจะใช้ แสงเลเซอร์ในการกำหนดตำแหน่งของเป้าหมายโดยติดตั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงเลเซอร์(Super-high reflective reflector)กับวัตถุในแนวคิ่ง เช่นผนังหรือเสาค้ำบนของตัวเอจิวี่จะมีตัวกำเนิดแสงเลเซอร์หมุนไปรอบๆตลอดที่เอจิวี่เคลื่อนที่เมื่อแสงเลเซอร์กระทบกับอุปกรณ์สะท้อนแสง เป้าหมายจะถูกกำหนดตำแหน่งในทิศทาง XY

ข) แบบกริด(Grid)

วิธีการนี้จะใช้วิธีอ้างอิงจุดโคออดิเนต ซึ่งประกอบด้วยไปการนำแม่เหล็กเล็กๆฝังอยู่บนพื้นทางวิ่งของเอจิวี่ เอจิวี่จะทำการปรับตำแหน่งตัวเองวิ่งเข้าหากริดอยู่ตลอดเวลาที่มันวิ่งอยู่เหนือแม่เหล็ก ซึ่งวิธีนี้จะใช้เซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กติดอยู่ด้านล่างตัวเอจิวี่

2.5.2 ระบบการควบคุม (AGV Supervisory Control System)

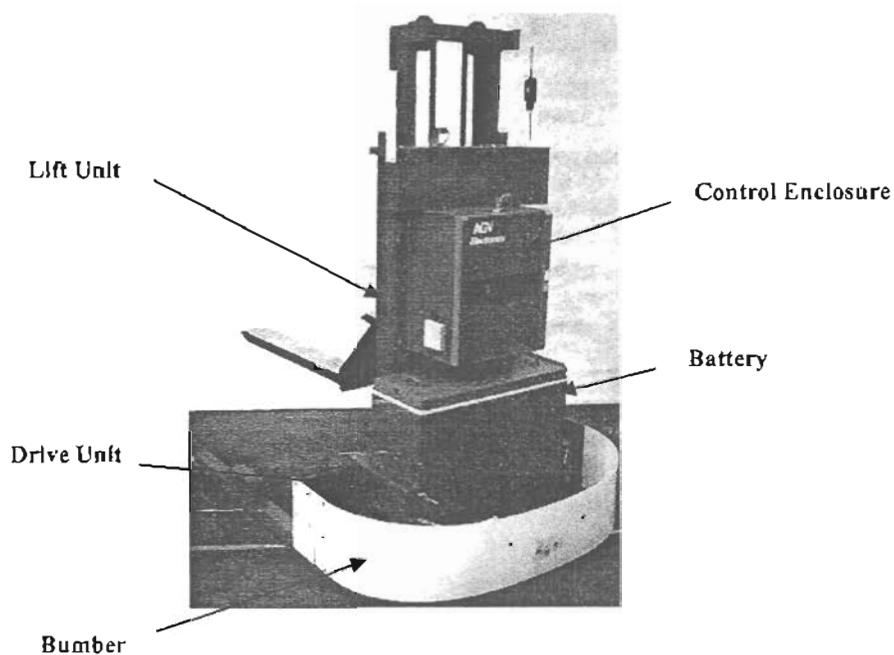
การใช้งานเอจวี หลายๆตัวในกระบวนการผลิตให้ได้ประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยระบบควบคุมส่วนกลาง (Supervisory Control System) โดยระบบ จะทำหน้าที่จัดการ ติดตาม เอจวีตัวให้ทำงานอย่างสอดคล้องกัน ดังแสดงในภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 แสดงแผนภาพแสดงลักษณะการจัดการระบบเอจวี

2.6 โครงสร้างหลักและส่วนประกอบของ เอจวี

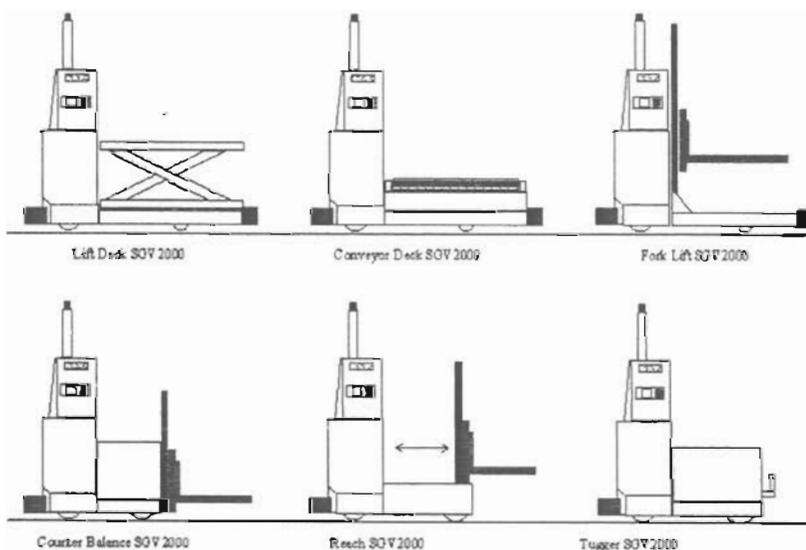
เอจวีโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยลิฟต์ (Lift unit), ระบบขับเคลื่อน (Drive unit) และเบรก, แหล่งพลังงาน (Battery), ส่วนป้องกันอันตรายเช่นกันชน (Bumper), และระบบควบคุม (Control Enclosure) ดังแสดงในภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 แสดงโครงสร้างหลักและส่วนประกอบของเอจิวี่

2.7 ประเภทของลิฟต์

ระบบลิฟต์ในเอจิวี่มีลักษณะหลากหลายขึ้นอยู่กับความต้องการในการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานซึ่งพอจะสรุปรูปแบบได้ดังแสดงในภาพที่ 2-6



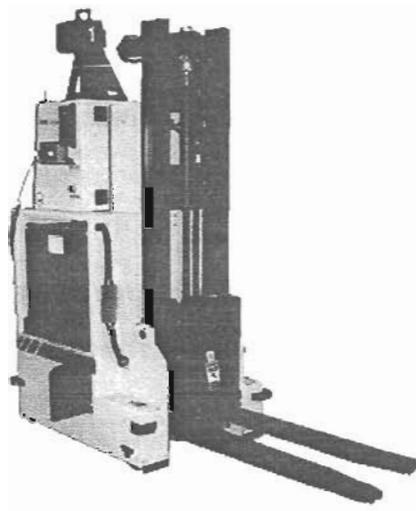
ภาพที่ 2-6 แสดงประเภทของระบบลิฟต์ในเอจิวี่

2.8 ข้อมูลทางเทคนิคของเอจีวีประเภทโฟร์คในปัจจุบัน

เอจีวีในปัจจุบันมีระบบการขับเคลื่อนของชุดลิฟต์อยู่สองแบบคือ ขับชุดลิฟต์ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้าและขับชุดลิฟต์ด้วยบอลสกรูซึ่งทั้งสองระบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไปคือ ระบบลิฟต์ที่ใช้ไฮดรอลิกส์ไฟฟ้าจะมีราคาถูกกว่าแบบบอลสกรู แต่การรั่วไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์จะเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ระบบลิฟต์แบบบอลสกรูสามารถหยุดการเคลื่อนที่ได้แม่นยำกว่าระบบไฮดรอลิกส์ ปัจจัยต่างๆเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความต้องการเลือกของผู้ใช้งาน ซึ่งผู้ผลิตก็ผลิตระบบลิฟต์ออกมาให้เลือกใช้ทั้งสองระบบ

2.8.1 โฟร์คลิฟต์เอจีวีที่ใช้ระบบลิฟต์แบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า

2.8.1.1 โฟร์คเอจีวีขนาดเล็ก (The Compact Forked type AGV) มีคุณลักษณะเป็นเอจีวีขนาดเล็กสามารถใช้งานในพื้นที่แคบได้

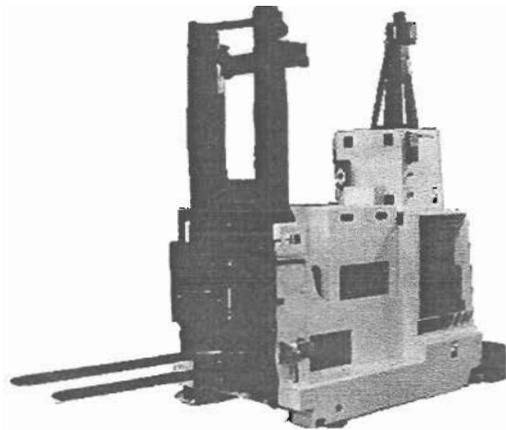


ภาพที่ 2-7 แสดงรูปร่างของเอจีวีที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ประเภทคอมแพค โฟร์ค

- ก) ชุดลิฟต์ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า
- ข) รุ่นมาตรฐานสามารถยกน้ำหนักได้ 1200 กก.
- ค) ขนาดและรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงตามน้ำหนักที่ต้องการยก ขนาดและรูปทรงของภาระที่ต้องการยก

2.8.1.2 เกาน์เตอร์บาลานเอจีวี(The Counterbalance type AGV)

ใช้น้ำหนักของโครงสร้าง ในการสมดุลน้ำหนักกับภาระที่ต้องการยก ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ยกน้ำหนักสูง

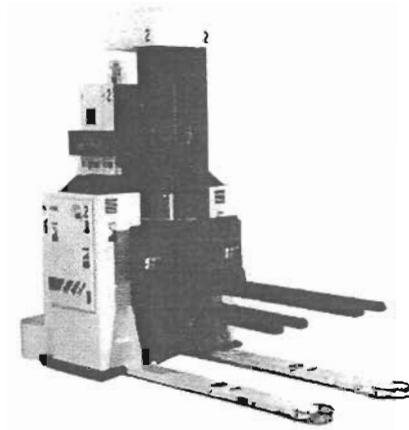


ภาพที่ 2-8 แสดงรูปร่างของเอจีวีที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ประเภทเคาน์เตอร์บาลาน

- ก) จุดลิฟต์ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า
- ข) รุ่นมาตรฐานสามารถยกน้ำหนักได้ 3,600 กก.
- ค) ขนาดและรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงตามน้ำหนักที่ต้องการยก ขนาดและรูปทรงของภาระที่ต้องการยก

2.8.1.3 โฟร์คเอจีวีแบบมีขาขึ้น (The Forkover type AGV)

โฟร์คเอจีวีแบบมีขาขึ้นนี้ใช้ขาหน้าช่วยในการสมดุลน้ำหนักหรือภาระที่ต้องการยกเพื่อลดน้ำหนักที่ต้องถ่วงทางด้านหลังเอจีวีประเภทนี้จะมีน้ำหนักเบากว่าแบบเคาน์เตอร์บาลานส์



ภาพที่ 2-9 แสดงรูปร่างของเอจิวี่ที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ประเภทโฟร์คเอจิวี่แบบมีขาขึ้น

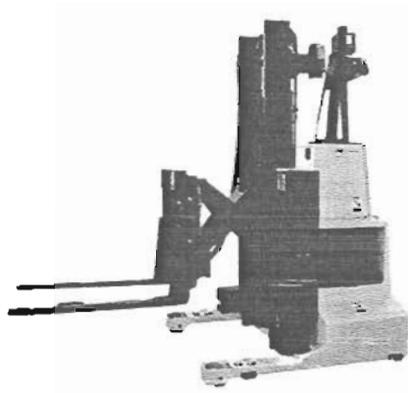
ก) ชุดลิฟต์ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า

ข) รุ่นมาตรฐานสามารถยกน้ำหนักได้ 3,600 กก.

ค) ขนาดและรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงตามน้ำหนักที่ต้องการยก ขนาดและรูปทรงของภาระที่ต้องการยก

2.8.1.4 โฟร์คเอจิวี่แบบมีแขนยึดหกดแบบเอ็กลิฟต์ (The Forkover type AGV The Pantograph Reach type AGV)

เป็นเอจิวี่ที่รักษาสมดุลในการดึงน้ำหนักเข้าหาตัวกลไกในการยกของเอจิวี่ประเภทนี้จะกลไกในการยึดหกดของชุดล้อยกด้วย โครงสร้างรูปตัวเอ็กซ์

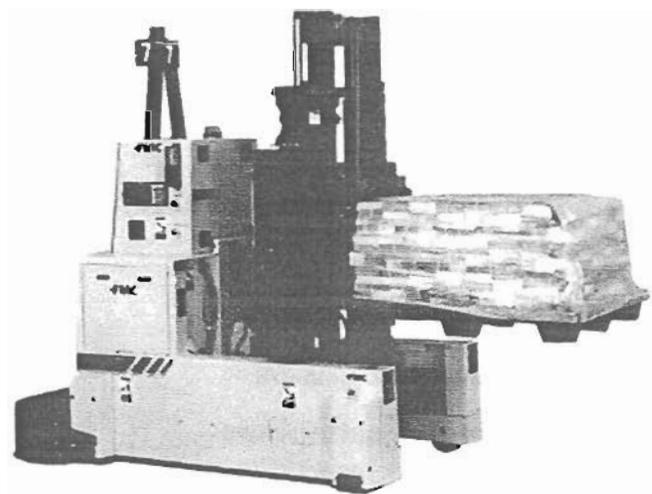


ภาพที่ 2-10 แสดงโฟร์คเอจิวี่ที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ประเภทมีแขนยึดหกดแบบเอ็กลิฟต์

- ก) ชุดลิฟต์ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า
- ข) รุ่นมาตรฐานสามารถยกน้ำหนักได้ 3,600 กก.
- ค) ขนาดและรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงตามน้ำหนักที่ต้องการยก ขนาดและรูปทรงของภาระที่ต้องการยก

2.8.1.5 โฟร์คเอจิวีแบบมีแขนยึดหัด(The Reach type AGV)

เป็นอีกรูปแบบหนึ่งเอจิวีที่รักษาสมดุขยในการดึงน้ำหนักเข้าหาตัวกลไกในการยกของเอจิวีประเภทนี้จะกลไกในการยึดหัดของชุดส้อมยกด้วยการเลื่อนชุดส้อมยกเข้าหาตัว

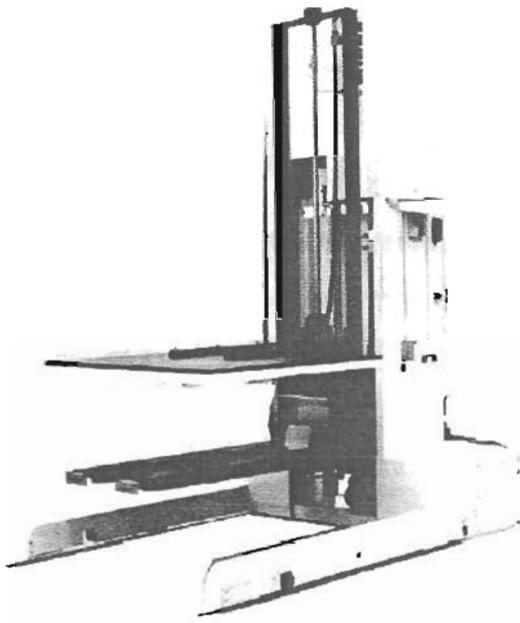


ภาพที่ 2-11 แสดงโฟร์คเอจิวีที่ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ประเภทมีแขนยึดหัด

- ก) ชุดลิฟต์ใช้ระบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า
- ข) รุ่นมาตรฐานสามารถยกน้ำหนักได้ 3,600 กก.
- ค) ขนาดและรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงตามน้ำหนักที่ต้องการยก ขนาดและรูปทรงของภาระที่ต้องการยก

2.8.2 โฟร์คลิฟต์เอจิวีที่ใช้ระบบลิฟต์แบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า

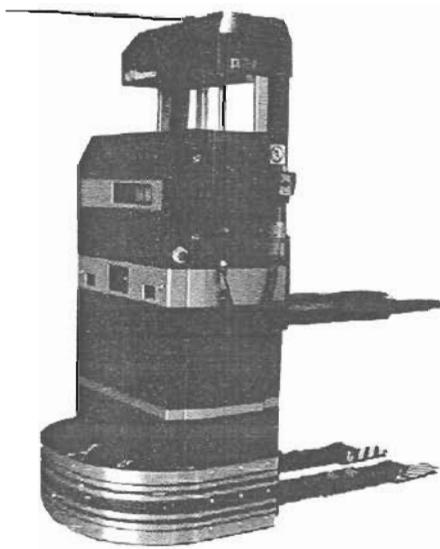
2.8.2.1 เอจิวีรุ่น FLA 4000



ภาพที่ 2-12 แสดงโฟรคเอจิวี่ที่ใช้ระบบลิฟต์แบบบอลสกรูรุ่น FLA 4000

- ก) ชุดลิฟต์ใช้ระบบบอลสกรู
- ข) สามารถยกน้ำหนักได้ 1,800 กก.
- ค) สามารถเคลื่อนที่ได้ในเส้นทางแคบ
- ง) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดลิฟต์ 75 มม./วินาที
- จ) ขนาดและรูปร่างจะเปลี่ยนแปลงตามน้ำหนักที่ต้องการยก ขนาดและรูปทรงของภาระที่ต้องการยก
- ฉ) ความสูงที่สามารถยกได้ 3,600 มม.
- ช) ความเร็วในการเคลื่อนที่เดินหน้า 1ม./วินาที
- ซ) ความเร็วในการเคลื่อนที่ถอยหลัง 0.5 ม./วินาที
- ณ) ขนาดยาว 760 มม.
- ญ) ใช้แบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 48V 320Ah

2.8.2.2 เอจีวีรุ่น FLB 2600



ภาพที่ 2-13 แสดงโฟร์คเอจีวีที่ใช้ระบบลิฟต์แบบบอลสกรูรุ่น FLB 2600

- ก) ชุดลิฟต์ใช้ระบบบอลสกรู
- ข) สามารถยกน้ำหนักได้ 1,200 กก.
- ค) สามารถเคลื่อนที่ได้ในเส้นทางแคบ
- ง) ขนาดมิติ 1100x2340x2100 มม.
- จ) น้ำหนักไม่รวมแบตเตอรี่ 875 กก.
- ฉ) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดลิฟต์ 75 มม./วินาที
- ช) ความเร็วในการเคลื่อนที่เดินหน้า 1ม./วินาที
- ซ) ความเร็วในการเคลื่อนที่ถอยหลัง 0.5 ม./วินาที
- ณ) ใช้แบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 48V 320Ah

2.9 การศึกษาความเป็นไปได้ที่จะทดแทนระบบลิฟต์แบบไฮดรอลิกส์ด้วยระบบเครื่องกลไฟฟ้า[12]

ระบบลิฟต์ที่ใช้ไฮดรอลิกส์บางครั้งจะมีการรั่วไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์ซึ่งส่งผลกระทบต่อสถานะแวดล้อมซึ่งบริษัท NACCO ผู้ผลิตรถยกของประเทศอเมริกา ได้ทำการวิจัยในการหาระบบลิฟต์ประเภทอื่นๆเพื่อนำมาทดแทนระบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้าซึ่งระบบลิฟต์แบบเครื่องกลไฟฟ้าจะมีต้นทุนสูงกว่าระบบลิฟต์แบบไฮดรอลิกส์ ระบบลิฟต์และคลังโกประเภทต่างๆมีดังต่อไปนี้

2.9.1. บอลสกรู(Ball screw)

2.9.1.1 คุณสมบัติ

- ก) ความแม่นยำสูง
- ข) เคลื่อนที่ได้นุ่มนวล
- ค) ใช้กำลังของมอเตอร์ขั้วน้อย(1/3 ของระบบลิฟต์แบบสกรูทางกล)
- ง) มีขนาดกะทัดรัด
- จ) สามารถทำงานที่ความเร็วสูงได้
- ฉ) ความสามารถในการบรรทุกประมาณ 2,000กก.
- ช) ส่งกำลังในแนวอนและเคลื่อนที่ในแนวตั้ง
- ซ) ทำงานร่วมกับมอเตอร์
- ฅ) ทนการกัดกร่อนสูง
- ญ) ขนถ่ายที่ความสูงมากๆได้
- ฎ) ราคาสูง
- ฏ) สามารถทำงานในพื้นที่ที่มีขนาดจำกัด

2.9.2 สกรูทางกล(Machine screw Jac)

2.9.2.1 คุณสมบัติ

- ก) ความแม่นยำสูง
- ข) เคลื่อนที่ได้นุ่มนวล
- ค) ขนาดกะทัดรัด
- ง) สามารถล็อกตัวเองได้โดยไม่มีการสันสะท้อนเมื่อใช้อัตราทด20:1ขึ้นไป
- จ) ไม่มีการหมุนย้อนกลับเมื่อใช้อัตราทด20:1ขึ้นไป
- ฉ) ทำงานร่วมกับมอเตอร์
- ช) ทนการกัดกร่อนสูง
- ซ) ความเร็วในการหมุนช้าเมื่อเทียบกับระบบไฮดรอลิกส์,บอลสกรูและกระบอกไฟฟ้า
- ฅ) ราคาสูง
- ญ) สามารถทำงานในพื้นที่ที่มีขนาดจำกัด

2.9.3 กระบอกไฟฟ้า(Electric Cylinder linear Actuator)

2.9.2.1 คุณสมบัติ

- ก) ความแม่นยำสูงมาก

- ข) ราคาสูง
- ค) เคลื่อนที่ได้นุ่มนวล
- ง) ควบคุมด้วยลิมิตสวิตช์
- จ) ส่วนมากจะรับสัญญาณในรูปแบบแรงดันไฟฟ้า
- ฉ) สามารถทำงานในพื้นที่ที่มีขนาดจำกัด

2.9.4 ระบบลิฟต์แบบลูกเบี้ยว(Cam/Cylinder lift)

2.9.4.1 คุณสมบัติ

- ก) เคลื่อนที่ได้นุ่มนวล
- ข) ไม่สามารถป้องกันการเคลื่อนที่ย้อนกลับ
- ค) ราคาปานกลาง
- ง) ความเร็วในการเคลื่อนที่เทียบเท่ากับระบบไฮดรอลิกส์
- จ) มีปัญหาเรื่องขนาดและพื้นที่เมื่อมีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่การติดตั้ง

2.9.5 เฟืองสะพาน(Rack and Pinion)

2.9.4.1 คุณสมบัติ

- ก) ดีที่สุดถ้าใช้ในระบบmanual
- ข) สามารถเบรกได้เมื่อมีการเคลื่อนที่ย้อนกลับด้วยเฟืองขับ
- ค) เคลื่อนที่ได้รวดเร็ว
- ง) มีขนาดเหมาะสมเมื่อมีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่

ตารางที่ 2-2 เปรียบเทียบคุณลักษณะของระบบลิฟต์แต่ละประเภทระดับ (คะแนน10 = ดีที่สุด)

	ราคา ประเมิน	ขนาด โดยรวม	ความเหมาะสม ต่อการใช้งาน	ความ ปลอดภัย	จำนวน ชิ้นส่วน	ระดับ คะแนน
น้ำหนัก	0.3	0.45	0.1	0.1	0.1	1
บอลสกรูแจ็ค (Ball Screw Jac)	6.75	3	4	4	7.5	4.2357
แมชชีนสกรูแจ็ค (Machine Screw Jac)	7	7	4	4	7.5	7
กระบอกไฟฟ้า (Electric Cylinder Linear Actuator)	1	7	9	9	4	6.7
กระบอกไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Cylinder)	10	10	9	9	9	9.65

ที่มา : <http://www.mae.ncsu.edu/courses/mae586/buckner/index.html>

2.10 แบตเตอรี่สำหรับ AGV



ภาพที่ 2-14 แสดงแบตเตอรี่สำหรับเอจีวี

แบตเตอรี่ในโฟร์คลิฟต์เอจีวีจะถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับระบบควบคุม,ระบบลิฟต์ และระบบขับเคลื่อนซึ่งแบตเตอรี่ที่นิยมใช้งานมีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ ชนิด lead acid, ชนิด gel และ ชนิด NiCd การติดตั้งแบตเตอรี่จะต้องติดตั้งในตำแหน่งที่บำรุงรักษาง่ายซึ่งต้องคำนึงถึงน้ำหนักและการ

กระจายของโหลดบนเอจิวด้วย ซึ่งโดยปกติเอจิวจะใช้แบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 48 V ซึ่งจะวางอยู่บนฐานซึ่งอาจมีลักษณะเป็นลูกกลิ้งเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายในการบำรุงรักษา

2.10.1 แบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในเอจิวมีอยู่ 3 ชนิดคือ

2.10.1.1 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด(lead acid battery)

ในเอจิวเกือบทั้งหมดจะใช้แบตเตอรี่ชนิดนี้ซึ่งแบตเตอรี่ประเภทนี้สามารถใช้งานได้นาน 8-24 ชั่วโมง และใช้เวลาในการชาร์จนาน 7-9 ชั่วโมง การใช้งานแบตเตอรี่ชนิดนี้ต้องทำการเติมน้ำกลั่น 1 ครั้ง/สัปดาห์ซึ่งแบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีน้ำหนักมากจึงสร้างความเสถียรและสมดุลสำหรับเอจิวที่สามารถยกภาระได้ในระดับความสูงมากๆ อีกทั้งมีราคาถูกอีกด้วย

2.10.1.2 แบตเตอรี่ชนิด เจล(Gel battery)

แบตเตอรี่ชนิดเจล(gel) คือแบตเตอรี่ที่นำตะกั่วและนำกรดชนิดเจลบรรจุไว้ภายใน แบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีสามารถใช้งานได้ถึง 80% ของความจุซึ่งสามารถนำมาใช้กับเอจิวได้ การใช้งานแบตเตอรี่ชนิดนี้จะไม่ต้องการเติมน้ำกลั่นระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ชนิดนี้จะใช้เวลาประมาณ 8-12 ชั่วโมง ซึ่งการไม่ต้องการการบำรุงรักษาทำให้แบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาแพงกว่าชนิดตะกั่ว-กรด

2.10.1.3 แบตเตอรี่ชนิด NiCd

ในแบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 48 V จะมีจำนวน Nicd บรรจุอยู่ภายใน 38-40 เซลล์ แบตเตอรี่ชนิดนี้จะสามารถใช้งานได้ 30-50% ของความจุของแบตเตอรี่ซึ่งคุณสมบัติพิเศษของแบตเตอรี่ชนิดนี้จะสามารถชาร์จด้วยกระแสสูงถึง 200 แอมป์ ทำให้ลดเวลาในการชาร์จลงไปได้มาก

2.10.2 การเลือกแบตเตอรี่

การเลือกแบตเตอรี่สามารถทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.10.2.1 ทำการรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

- ก) ค่าแรงดันอินพุทของอุปกรณ์(V)
- ข) ค่ากำลังของอุปกรณ์(W)
- ค) ค่ากระแสสูงสุด(A)
- ง) ระยะเวลาที่ต้องการใช้งาน(hours)

2.10.2.2 เลือกขนาดแรงดันของแบตเตอรี่

การเลือกขนาดแรงดันของแบตเตอรี่นั้นจะพิจารณาจากค่าแรงดันของอุปกรณ์ใช้งาน โดยจะเลือกให้ค่าแรงดันสูงกว่าแรงดันอินพุทของอุปกรณ์ใช้งานเล็กน้อยซึ่งตามมาตรฐานจะมีขนาดแรงดันดังนี้ 12V, 24V, 36V, 48V และ 72V

2.10.2.3 หาขนาดความจุของแบตเตอรี่ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก(Amp-hours)

$Ah = \text{ค่ากำลังของอุปกรณ์(W)} \times \text{ระยะเวลาที่ต้องการใช้งาน(hours)} / \text{ค่าแรงดันของแบตเตอรี่}$
(V)

2.10.2.4 เลือกประเภทของแบตเตอรี่

การเลือกประเภทของแบตเตอรี่จะพิจารณาถึงคุณสมบัติเช่นขนาด, น้ำหนัก, ราคา, ประสิทธิภาพ ฯลฯ ซึ่งคุณสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภทจะแสดงในตารางที่ 2-3

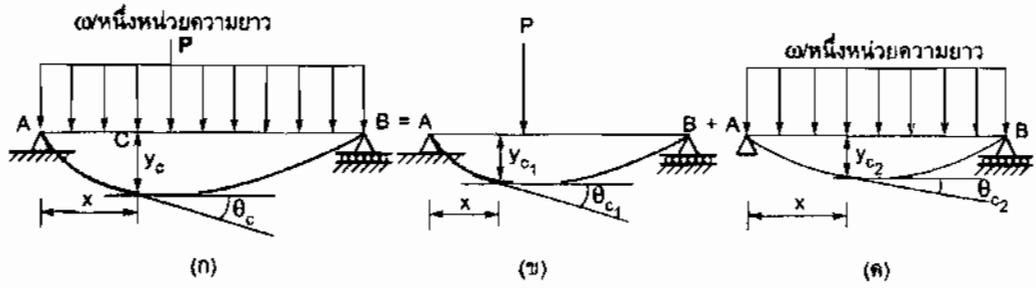
ตารางที่ 2-3 แสดงคุณสมบัติของแบตเตอรี่ประเภทต่างๆ

ปฏิกิริยาทางเคมี	ราคา	น้ำหนัก	อุณหภูมิใช้งาน	จำนวนครั้งในการชาร์จ	อายุการใช้งาน (เดือน)	แรงดัน(V)/เซลล์
Lead Acid	\$\$	Very Heavy	-65 to 80	300	12	2.0
Nickel Cadmium	\$\$	Heavy	-20 to 65	500+	6	1.2
Nickel Metal Hydride	\$\$\$	Moderate	-10 to 65	500	12	1.2
Lithium Ion	\$\$\$\$	Light	-20 to 60	500	12	3.7
Lithium Polymer	\$\$\$\$\$	Light	-20 to 60	500	12	3.7

2.11 การโก่งของคาน(Deflection of Beams)

ความเค้นที่เกิดขึ้นในคานรับน้ำหนักบรรทุกหรือแรงภายนอกคำนวณเพื่อตรวจสอบกำลังวัสดุของคาน อย่างไรก็ตามในการออกแบบคานต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนรูปร่างของคานด้วย คานทั่วไปเมื่อรับน้ำหนักจะเปลี่ยนรูปโดยการโก่งตัว(Deflection)ทำให้แนวแกนเดิมของคานเปลี่ยนจากเส้นตรงเป็นเส้นโค้งโดยเลื่อนตำแหน่งอยู่เหนือหรือใต้แนวเส้นตรงเดิม การโก่งตัวของคานนี้หากมีค่ามากเกินไป อาจทำให้เกิดการแตกร้าวที่เพดานฉาบปูน หรือมีผลกระทบต่อชิ้นส่วนอื่นๆของโครงสร้างได้ ดังนั้นในการออกแบบคานจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการโก่งของคานด้วย ถึงแม้คานจะมีกำลังเพียงพอในการรับน้ำหนักบรรทุกก็ตาม การคำนวณการโก่งของคานมีอยู่หลายวิธี เช่นวิธี Double-integration วิธีmoment-Area และวิธี super position ซึ่งหากคานมีการรับแรงหลายๆแรงสองวิธีแรกที่กล่าวมามีขั้นตอนในการคำนวณค่อนข้างยุ่งยากเสียเวลาในที่นี้จะใช้วิธี super positionร่วมกับตารางแสดงค่าความลาดและระยะโก่งของคานมาตรฐานแบบต่างๆแล้วจึงรวมกันภายหลัง เช่น คานในภาพที่ 2-15อาจแบ่งได้เป็นอาจแบ่งได้เป็นคานในภาพที่ 2-15 (ข)และ

(ค) ค่าความลาด θ_c และระยะการโก่ง y_c คือผลบวกทางพีชคณิตของ θ_{c1} กับ θ_{c2} และ y_{c1} กับ y_{c2} ตามลำดับ

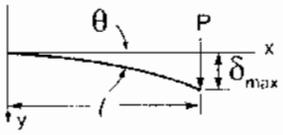
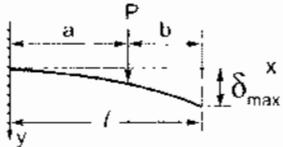
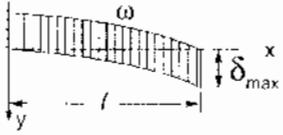
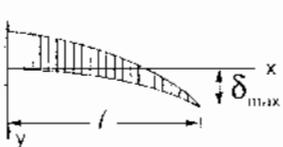
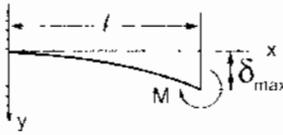
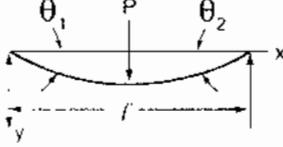


ภาพที่ 2-15 แสดงการแบ่งแรงบนคานด้วยวิธีซูเปอร์โพสิชัน

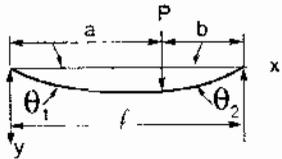
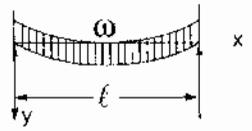
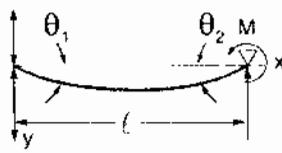
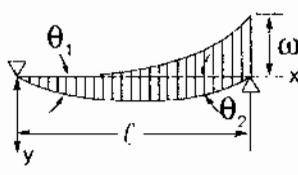
$$y_c = y_{c1} + y_{c2}$$

$$\theta_c = \theta_{c1} + \theta_{c2}$$

ตารางที่ 2-4 แสดงความลาดและระยะโก่งของคานมาตรฐานแบบต่างๆ

คานและน้ำหนักบรรทุก	ความลาดที่ปลาย	ระยะโก่งที่หน้าตัดห่างจากปลายด้านซ้ายเป็นระยะ x	ระยะโก่งสูงสุด
	$\theta = \frac{Pl^2}{2EI}$	$y = \frac{Px^2}{6EI} (3l - x)$	$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{3EI}$
	$\theta = \frac{Pa^2}{2EI}$	$y = \frac{Px^2}{6EI} (3a - x), \quad 0 < x < a$ $y = \frac{Pa^2}{6EI} (3a - x), \quad a < x < l$	$\delta_{max} = \frac{Pa^2}{6EI} (3l - a)$
	$\theta = \frac{wl^3}{6EI}$	$y = \frac{wx^2}{24EI} (x^2 + 6l^2 - 4lx)$	$\delta_{max} = \frac{wl^4}{8EI}$
	$\theta = \frac{wl^3}{24EI}$	$y = \frac{wx^2}{120EI} (10l^3 - 10l^2x + 5lx^2 - x^3)$	$\delta_{max} = \frac{wl^4}{30EI}$
	$\theta = \frac{Ml}{EI}$	$y = \frac{Mx^2}{2EI}$	$\delta_{max} = \frac{Ml^2}{2EI}$
	$\theta_1 = \theta_2 = \frac{Pl^2}{16EI}$	$y = \frac{Px}{12EI} \left(\frac{3l^2}{4} - x^2 \right),$ $0 < x < \frac{l}{2}$	$\delta_{max} = \frac{Pl^3}{48EI}$

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ตำแหน่งและน้ำหนักบรรทุก	ความลาดที่ปลาย	ระยะโก่งที่หน้าตัดห่างจากปลายด้านซ้ายเป็นระยะ x	ระยะโก่งสูงสุด
7. 	ปลายด้านซ้าย $\theta_1 = \frac{Pb(l^2 - b^2)}{6EI}$ ปลายด้านขวา $\theta_2 = \frac{Pab(2l - b)}{6EI}$	$y = \frac{Pbx}{6EI} (l^2 - x^2 + b^2),$ $(0 < x < a)$ $y = \frac{Pb}{6EI} \left[\frac{l}{b}(x-a)^3 + (l-b)^2 x - x^3 \right], (a < x < l)$	$\delta_{\max} = \frac{Pb(l^2 - b^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}EI}$ ที่ $x = \sqrt{\frac{l^2 - b^2}{3}}$ ที่กึ่งกลาง, ถ้า $a > b$ $\delta = \frac{Pb}{48EI} (3l^2 - 4b^2)$
8. 	$\theta_1 = \theta_2 = \frac{\omega l^3}{24EI}$	$y = \frac{\omega x}{24EI} (l^3 - 2lx^2 + x^3)$	$\delta_{\max} = \frac{5\omega l^4}{384EI}$
9. 	$\theta_1 = \frac{Ml}{6EI}$ $\theta_2 = \frac{Ml}{3EI}$	$y = \frac{Mlx}{6EI} \left(1 - \frac{x^2}{l^2} \right)$	$\delta_{\max} = \frac{Ml^2}{9\sqrt{3}EI}$ ที่ $x = l/\sqrt{3}$ ที่กึ่งกลาง $\delta = \frac{Ml^2}{16EI}$
10. 	$\theta_1 = \frac{7\omega l^3}{360EI}$ $\theta_2 = \frac{\omega l^3}{45EI}$	$y = \frac{\omega x}{360lEI} (7l^4 - 10l^2x^2 + 3x^4)$	$\delta_{\max} = .00652 \frac{\omega l^4}{EI}$ ที่ $x = 0.519l$ ที่กึ่งกลาง $\delta = 0.00651 \frac{\omega l^4}{EI}$

2.10 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ผู้ออกแบบจะรู้จักวิธีวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ในรูปแบบของการคำนวณเชิงตัวเลข (Numerical Technique) การแก้สมการจะใช้สมการเชิงอนุพันธ์ (Partial differential technique) ที่เขียนสมการในสาขาต่างๆ ได้แก่วิศวกรรมระบบเสียง, สนามแม่เหล็กไฟฟ้า, กลศาสตร์ของแข็ง, กลศาสตร์ของไหล เป็นต้น ปัจจุบันวิศวกรออกแบบจะใช้ FEA ในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้แก่งาน โครงสร้าง (structural), การวิเคราะห์ความสั่นสะเทือน (Vibration) และงานวิเคราะห์ทางความร้อน (Thermal)

วิธีคำนวณด้วย FEA กำลังเป็นที่ต้องการของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นแรงจูงใจให้มีการพัฒนาใช้งานให้เหมาะที่จะเป็น โปรแกรมคำนวณเชิงพาณิชย์ โดยใช้งานง่ายและมีสร้างเครื่องมือช่วยเพื่อให้การกำหนดเงื่อนไขได้เร็วขึ้น ซึ่งผู้ใช้ไม่ต้องทราบรายละเอียดการคำนวณมากนัก

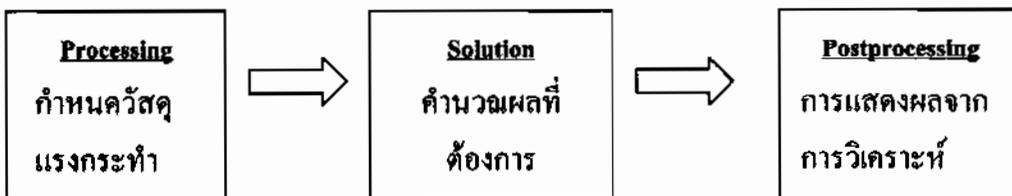
กระบวนการในการวิเคราะห์นั้น จะเริ่มจากการสร้างชิ้นงานแล้วทำการแบ่งชิ้นงานออกเป็น ส่วนเล็กๆ (meshing) โดยมีรูปทรงง่ายๆ (สามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยม) เราเรียกว่า elements (อีลิเมนต์) และชิ้นส่วนเล็กๆ จะต่อเชื่อมโยงกันทั้งหมด

การทำงานด้วยการแบ่งอีลิเมนต์ FEA จะแก้สมการด้วยการประมาณค่าในแต่ละอีลิเมนต์จนครบทุกชิ้น แต่ถ้าเป็นชิ้นงานประกอบจะแยกคำนวณในแต่ละชิ้นส่วนแล้วนำมาประมวลผลรวมกัน ขั้นตอนการคำนวณมีสามขั้นตอนดังนี้

Preprocessing ถือว่าเป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อการคำนวณ โดยข้อมูลมาตรฐานจะมี ทั้งคุณสมบัติของวัสดุ (material property), แรงที่กระทำ (loads) และการจับยึด (restraints) เป็นต้น

Solution การคำนวณหาผลเฉลย (solution)

Postprocessing การแสดงผลลัพธ์จากการคำนวณในรูปแบบชิ้นงานหรือกราฟ



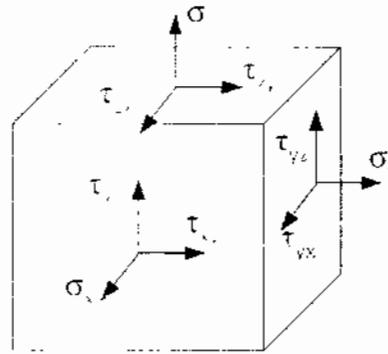
ภาพที่ 2-16 แสดงขั้นตอนในการออกแบบและคำนวณด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2.10.1 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จะอยู่ในรูปแบบของระยะในการเคลื่อนตัว (Displacements) ,ความเค้น(Stresses), ความเครียด(Strains) ที่เกิดในชิ้นส่วน ที่ถูกกระทำ โดยแรงผู้ออกแบบจะนำผลลัพธ์ไปวิเคราะห์ว่าชิ้นงานที่ทำการออกแบบนั้นสามารถทนต่อแรงได้ หรือมีความเสียหาย โดยนำผลลัพธ์มาวิเคราะห์กับมาตรฐานการออกแบบ โดยวิเคราะห์หาค่าความปลอดภัยจากความเค้นฟอนมิสเชส(Von Mises Stresses)และความเค้นหลัก(Principal stresses) มาเปรียบเทียบกับค่าความเค้นที่วัสดุยอมให้เกิด

2.10.1.1 ความเค้นฟอนมิสเชส (Von Mises Stress)

ความเค้นฟอนมิสเชสเป็นที่รู้จักกันดีเพราะมักนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล จากเอลิเมนต์ในระบบสามมิติจะมีส่วนประกอบของความเค้น 6 ตัวแปร ได้แก่ $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}$ และ τ_{yz} ดังแสดงในภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-17 แสดงส่วนประกอบของความเค้นในแต่ละระนาบ

ความเค้นจะแบ่งตามทิศทางของความเค้นคือความเค้นตั้งฉาก (Normal stress) และความเค้นเฉือน (Shear stress) โดยกำหนดตัวแปรตามระนาบและตามทิศทางของแกนซึ่งความสัมพันธ์ของตัวแปรความเค้นเฉือนจะใช้สมการสมดุล และมีความสัมพันธ์ดังในสมการที่ 2-1

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}, \tau_{yz} = \tau_{zy}, \tau_{xz} = \tau_{zx} \quad (2-1)$$

สมการความเค้น Von mises สามารถเขียนอยู่ในตัวแปรของความเค้นย่อย ดังในสมการที่(2-2)

$$\sigma_{von\ mize} = \sqrt{0.5[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2] + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)} \quad (2-2)$$

ความเค้น Von mises สามารถเขียนอยู่ในรูปของตัวแปรความเค้นหลัก (principal stress) ได้โดยใช้ตัวแปร $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ซึ่งมีเงื่อนไขว่า $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ ดังในสมการที่ 2-3

$$\sigma_{von\ mise} = \sqrt{0.5[\sigma_1 - \sigma_2]^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad (2-3)$$

ค่าความเค้น von mise จะไม่ติดลบ และเป็นเวกเตอร์เชิงปริมาณ ซึ่งต้องใช้ค่าความเค้น เพื่อเป็นตัวชี้ถึงค่าความปลอดภัยของชิ้นงาน โดยจะเปรียบเทียบกับขีดความสามารถในการรับความเค้นของแต่ละวัสดุ (S_{ult}) สำหรับค่าความเค้นที่จุดคราก (S_y) หรือค่าความเค้นประลัย (S_u) จะใช้ในการคำนวณหาค่าความปลอดภัย ดังในสมการ 2-4 และ ในสมการ 2-5

$$\text{ค่าความปลอดภัยที่จุดคราก} \quad (SF) = \frac{\text{yield Strength}}{\text{von mise Stress}} = \frac{S_y}{\sigma_{von\ mise}} \quad (2-4)$$

$$\text{ค่าความปลอดภัยที่จุดประลัย} \quad (SF) = \frac{\text{ultimate Strength}}{\text{von mise Stress}} = \frac{S_u}{\sigma_{von\ mise}} \quad (2-5)$$

โปรแกรมCOSMOSWorkจะสามารถหาค่าความเค้นหลักในตัวแปร σ_1, σ_2 และ σ_3 โดยชิ้นงานที่ทำจากวัสดุเปราะ (brittle Material) สมการความปลอดภัยจะสามารถหาได้จากสมการ2-6 การใช้ค่า σ_1 จะดีกว่าการใช้ความเค้น Von mise โดยจะใช้ค่า σ_1 พิจารณาเปรียบเทียบกับขีดความสามารถรับความเค้นดึง แล้วใช้ σ_3 พิจารณาเปรียบเทียบกับขีดความสามารถรับแรงอัด(S_c) ดังสมการที่ 2-6

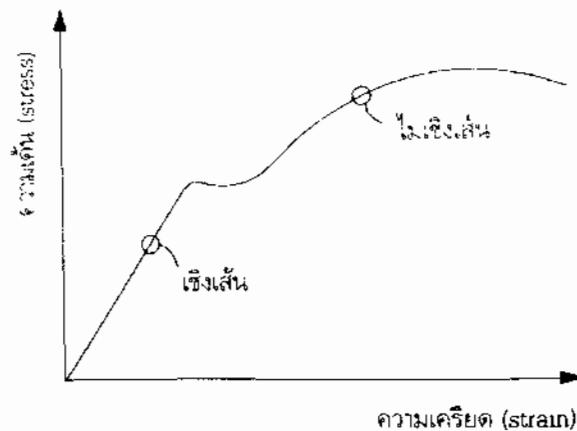
$$SF = \frac{S_y}{\sigma_1} \text{ หรือ } \frac{S_c}{\sigma_3} \quad (2-6)$$

โดยจะต้องพิจารณาค่าความปลอดภัยที่น้อยที่สุดจากคำตอบในสมการ 2-6

2.10.1.2 คุณสมบัติเชิงเส้นของวัสดุ

คุณสมบัติทั้งหมดใน โปรแกรมคำนวณประเภทนี้ส่วนใหญ่แล้วจะต้องมีความสัมพันธ์เชิงเส้น หรืออาจกล่าวได้ว่า อัตราส่วนระหว่างความเค้นกับความเครียดมีค่าคงที่ดังสมการ 2-7

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2-7)$$



ภาพที่ 2-18 กราฟความสัมพันธ์ความเค้นและความเครียด

ในการวิเคราะห์ค่าความเค้นจะต้องพิจารณาภายใต้จุดครากตัว (yield point) และค่าความปลอดภัย (factor of safety) จะเปรียบเทียบกับวัสดุที่จุดคราก(yield stress) ตัวอย่าง กรณีที่ชิ้นงานทำจากวัสดุที่มีคุณสมบัติเชิงเส้น จะพบว่าเมื่อแรงกระทำ 1,000 lb แล้วส่งผลให้เกิดความเค้น 100,000 psi แต่ถ้าแรงกระทำเพิ่มขึ้น 2 เท่าเป็น 200,000 psi ด้วยเช่นกัน จึงถือได้ว่าเป็นคุณสมบัติเชิงเส้นของวัสดุ ซึ่งอาจมีข้อจำกัดว่าความเค้นที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องมีค่าไม่เกินค่าความเค้นที่จุดคราก(S_y) ซึ่งคุณสมบัติของเหล็กกล้าชนิดต่างๆตามมาตรฐานเยอรมันที่สามารถหาได้ง่ายภายในประเทศจะแสดงไว้ในตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 คุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน(DIN)

Material	Elastic modulus MN/m ²	Tensile Strength σ_u MN/m ²	Yield Strength σ_y MN/m ²	Shear Strength MN/m ²	Modulus of Rigidity MN/m ²
St 37	210000	370	240	140	80000
St 42	210000	420	250	160	80000
St 50	210000	500	300	200	80000
St 52	210000	520	320	200	80000
St 60	210000	600	360	220	80000
St 70	210000	700	420	260	80000
37 Mn Si 5	210000	1000	750	280	80000
Al Cu Mg	72000	420	280	130	28000

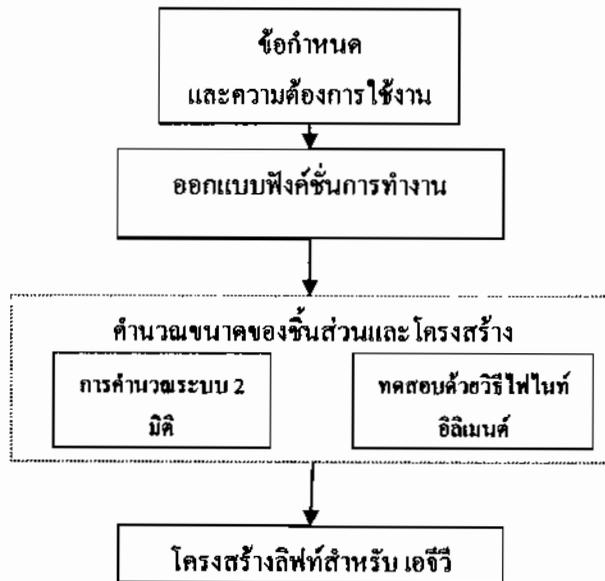
2.10.2 แรงกระทำสถิต(Static Load)

แรงกระทำสถิต หมายถึงแรงกระทำต่อชิ้นงานมีค่าคงที่ทั้งขนาดและทิศทาง ซึ่งจะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ซึ่งโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์นี้ไม่สามารถจะวิเคราะห์แรงกระทำแบบอื่นๆ ได้ เช่น แรงกระแทก,แรงจากการพุ่งชน เป็นต้น

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ลำดับการออกแบบโครงสร้างระบบลิฟต์ในเอจวี

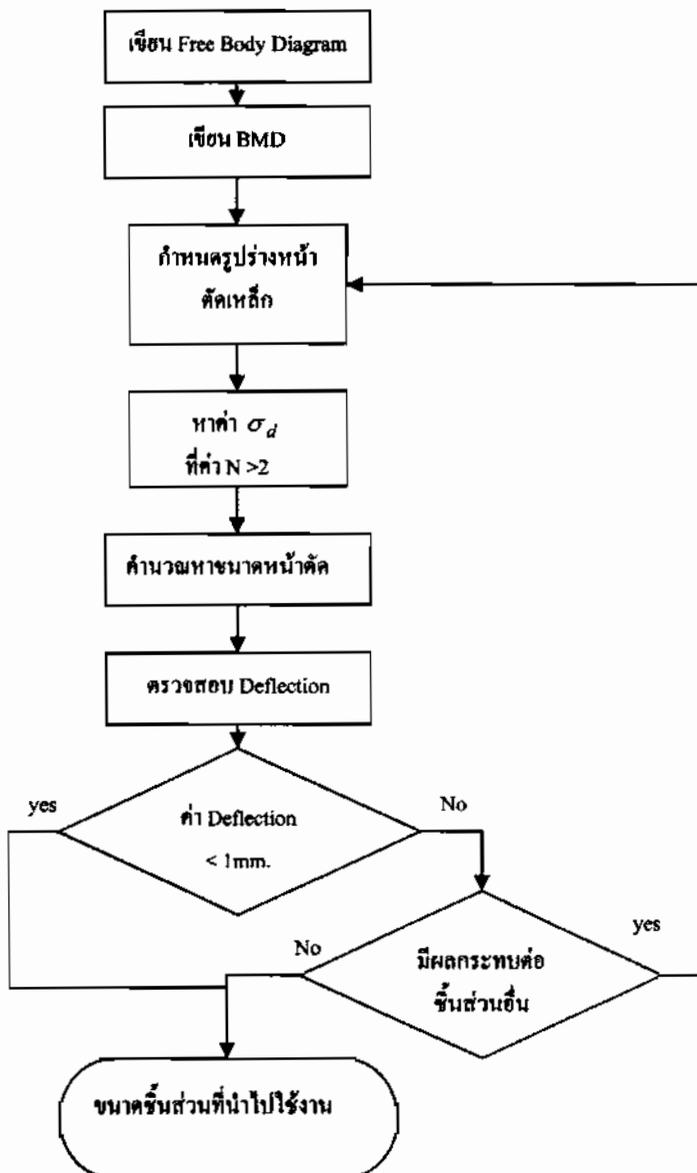
การเลือกรูปแบบของระบบลิฟต์ว่าเป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยเช่นลักษณะของการนำไปใช้งานและน้ำหนักของสิ่งของที่ต้องการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ ดังนั้นกระบวนการออกแบบระบบลิฟต์ในเอจวีจึงต้องเริ่มตั้งแต่การกำหนดข้อกำหนดต่างๆ เช่นลักษณะของระบบลิฟต์, น้ำหนักที่ต้องการยก, ขนาดของเส้นทาง เป็นต้น เพื่อการออกแบบโครงสร้างให้มีขนาดที่เหมาะสมและสามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกได้โดยไม่มีขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไป ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังแสดงในภาพที่3-1



ภาพที่ 3-1 แสดงแผนผังลำดับงานของการออกแบบระบบลิฟต์ในเอจวี

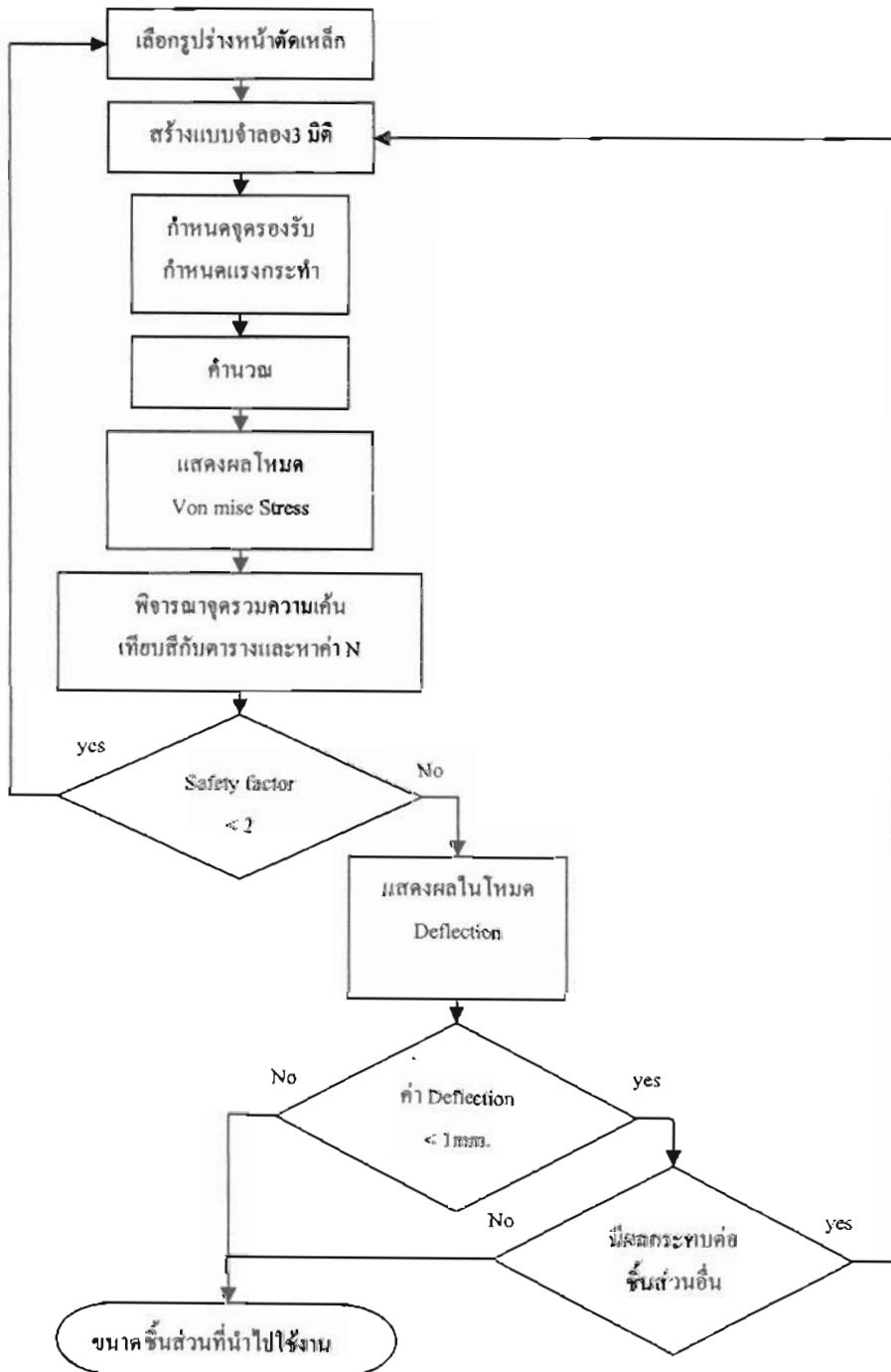
ในส่วนของการคำนวณเพื่อหาขนาดของชิ้นส่วนและโครงสร้างจะใช้วิธีการคำนวณด้วยระบบ 2 มิติ และการคำนวณด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์เพื่อช่วยในการตรวจสอบผลลัพธ์และลดเวลาในการคำนวณ

แผนผังการคำนวณระบบ 2 มิติ



ภาพที่ 3-2 แสดงแผนผังลำดับงานของการคำนวณหาขนาดโครงสร้างด้วยระบบ 2 มิติ

แผนผังการคำนวณด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์



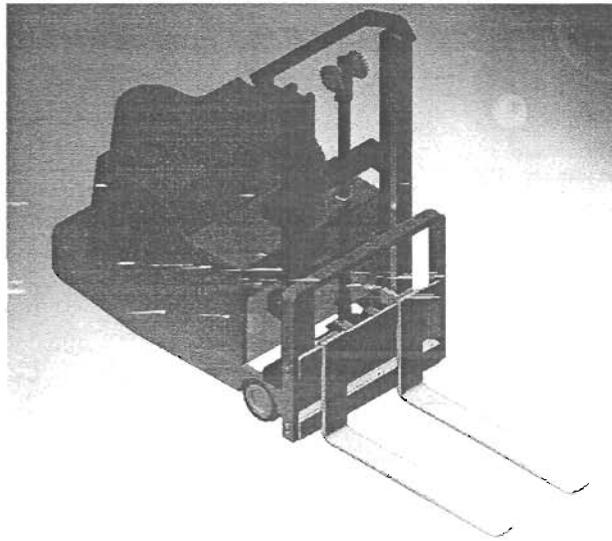
ภาพที่ 3-3 แสดงแผนผังลำดับงานของการคำนวณหาขนาดโครงสร้าง
ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.2 ข้อกำหนดในการออกแบบ

- 3.2.1 น้ำหนักที่ต้องการยกสูง 200 kg
- 3.2.2 ขนาดพาเลตที่ต้องการยกมีขนาด 600x800 mm.
- 3.2.3 ความสูงในการยก 800 mm.
- 3.2.4 ความเร็วในการยกอยู่ระหว่าง 0.15-0.3 m/s

3.3 ลักษณะรูปร่างและฟังก์ชันการทำงานของระบบลิฟต์

ลักษณะของ โครงสร้างและรูปร่างของเอจิวี่ที่ทำการออกแบบมีลักษณะดังแสดงในภาพที่3-4



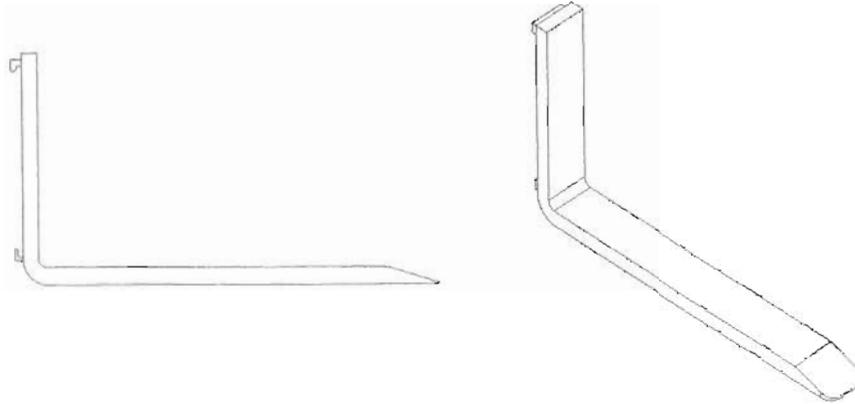
ภาพที่ 3-4 แสดงลักษณะ โครงสร้างของเอจิวี่ที่ออกแบบ

3.4 การคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนและโครงสร้าง

ส่วนประกอบและ โครงสร้างที่ต้องคำนวณเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมคือ งาม,คานรับงา,เสากระ โคง,กระบอกไฮดรอลิกส์,โซ่-เฟืองโซ่,คานรับน้ำหนักกระบอกไฮดรอลิกส์และการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์เช่นขนาดของมอเตอร์และกำลังของมอเตอร์ขับ

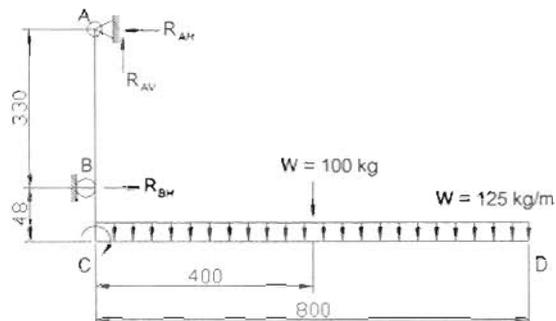
3.4.1 การคำนวณหาขนาดงา

เนื่องจากขนาดพาเลตที่ต้องการยกมีขนาด 600x800 mm.ความยาวงาที่ต้องการจึงมีความยาว 800 mm. และน้ำหนักที่ต้องการยกคือ 200 kg. ดังนั้นน้ำหนักที่งา 1 ชิ้นจะต้องรับคือ 100 kg



ภาพที่ 3-5 แสดงภาพด้านข้างและภาพไอโซเมตริกของงาขก

3.4.1.1 Free body Diagram



ภาพที่ 3-6 แสดง Free body Diagram ของงาแต่ละข้างเมื่อรับแรงข้างละ 100 กก.

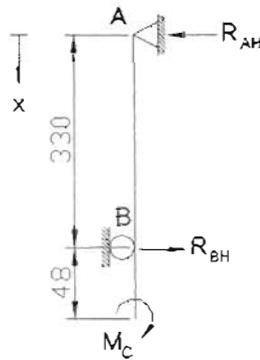
$$\begin{aligned} \text{จากรูปกำหนดให้ } \sum M_A &= 0 \\ -0.33 R_B + (0.40 \times 100 \times 9.81) &= 0 \\ R_B &= 121.21 \times 9.81 = 1,189.09 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-R_A + R_B = 0$$

$$R_{AH} = R_{BH} = 1,189.09 \text{ N}$$

3.4.1.2 หา BMD ในแนวแกน Y



$$M_C = 100 \times 9.81 \times 0.40 = 392.4 \text{ Nm}$$

ช่วง $0 < X < 0.33$

$$M = -1189.09X$$

$$X = 0; \quad M = -1,189.09 (0) = 0$$

$$X = 0.33; \quad M = -1,189.09 (0.33) = -392.4 \text{ Nm}$$

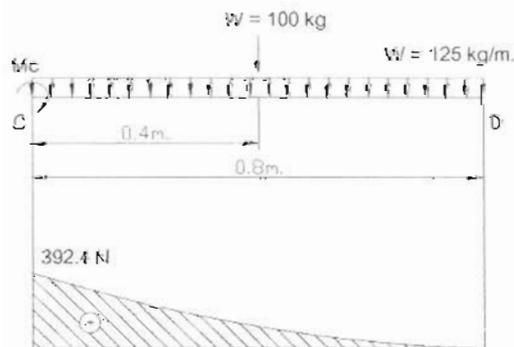
ช่วง $0.33 < X < 0.378$

$$M = -1,189.09X + 1,189.09(X - 0.33)$$

$$X = 0.33; \quad M = -1,189.09 (0.33) + 1,189.09 (0.33 - 0.33) = -392.4 \text{ Nm}$$

$$X = 0.81; \quad M = -1,189.09 (0.378) + 1,189.09 (0.378 - 0.33) = -392.4 \text{ Nm}$$

3.4.1.3 หา BMD ในแนวแกน X



ภาพที่ 3-7 แสดง BMD ของงาแต่ละข้างเมื่อรับแรงข้างละ 100 กก.

ช่วง $0 < X < 0.8$

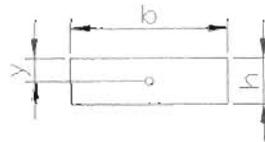
$$\begin{aligned} M_x &= Mc - (125 \times 9.81)(x) \left(\frac{x}{2} \right) \\ &= 392.4 - (125 \times 9.81)(x) \left(\frac{x}{2} \right) \end{aligned}$$

$$X = 0; \quad M = 392.4$$

$$\begin{aligned} X = 0.8; \quad M &= 392.4 - (125 \times 9.81)(0.8) \left(\frac{0.8}{2} \right) \\ &= 0 \end{aligned}$$

∴ จาก BMD ค่า M_{\max} อยู่ที่จุด C มีค่า 392.4 N

3.4.1.4 หาขนาดหน้าตัดเหล็กที่ใช้ทำงา



ภาพที่ 3-8 แสดงหน้าตัดของเหล็กที่ใช้ทำงา

กำหนด

$$b = 100 \text{ mm.}$$

h = ความหนาของเหล็กที่ต้องการหา

σ_y ของเหล็ก S37 คือ 235 MN/m^2

$$I = \left(\frac{1}{12} \right) bh^3$$

$$\sigma = My/I$$

$$\sigma = M(h/2) / \left(\frac{1}{12} \right) (bh^3)$$

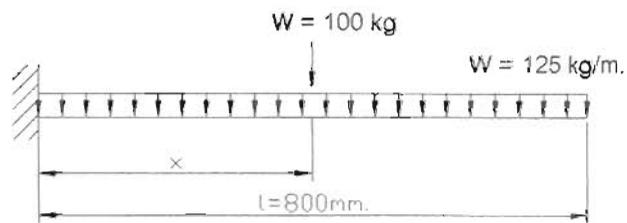
$$\therefore h = \sqrt{\frac{6M}{b\sigma}}$$

$$\text{ก) ที่ทำ } N = 1 \quad \sigma_d = 235 \text{ MN/m}^2$$

$$h = \sqrt{\frac{6 \times 392.4}{0.1 \times 235 \times 10^6}}$$

$$= 0.0100 \text{ m. หรือ } 10 \text{ mm.}$$

คำนวณหา Deflection ของ Flat Bar 10x100 mm.



Maximum slope และ Deflection เกิดขึ้นที่ปลายอิสระที่ $x = l$

จาก $y_{\max} = \frac{wl^3}{8EI}$ [7]

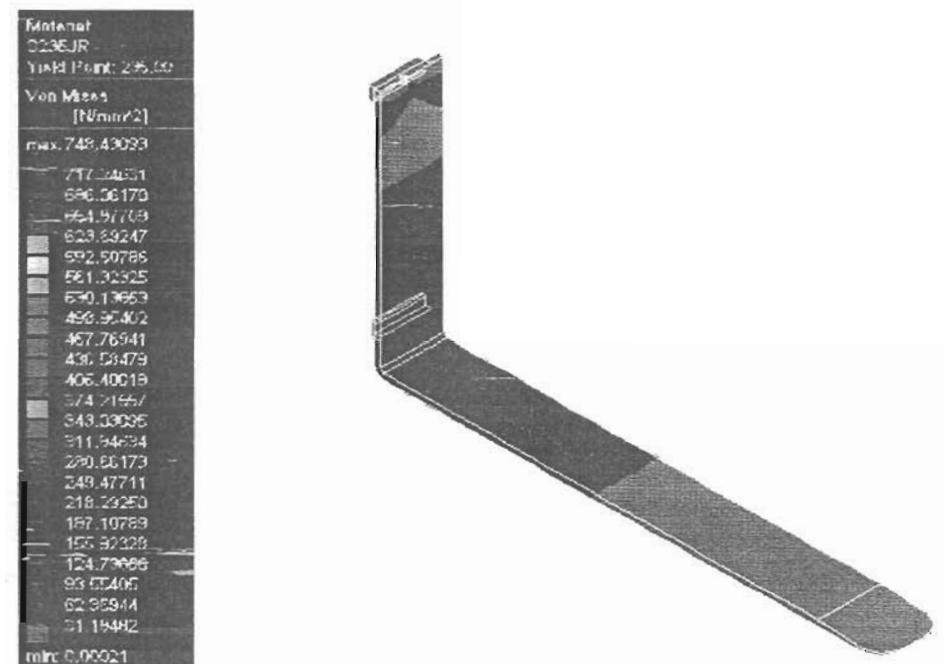
$$I = \left(\frac{1}{12}\right) 0.1 \times 0.01^3 = 8.33 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$E = 210,000 \text{ MN/m}^2$$

$$\therefore y_{\max} = \frac{100 \times 9.81 \times 0.8^3}{8 \times 210,000 \times 10^6 \times 8.33 \times 10^{-9}} = 0.0359 \text{ m. หรือ } 35.9 \text{ mm.}$$

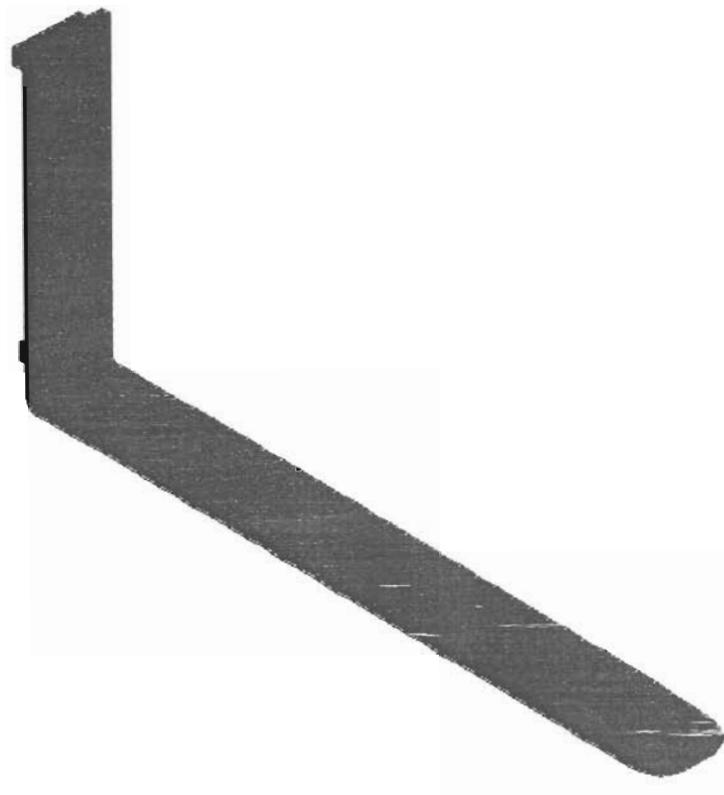
วิเคราะห์ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปใช้โปรแกรมตรวจสอบ Stress กรณีใช้

Flat Bar 10 x100 mm.



ภาพที่ 3-9 ภาพการแสดงผลในโหมด Von Mises Stress ของงาเมื่อใช้เหล็กขนาด 10x100 mm.
ใช้โปรแกรมตรวจสอบ Deflection กรณีใช้ Flat Bar 10x100 mm.

Material:
S235JR
Displacement
[mm]
Max X: -0.0739383
Max Y: 1.05029
Max Z: -44.3308
Coef: 0.477934



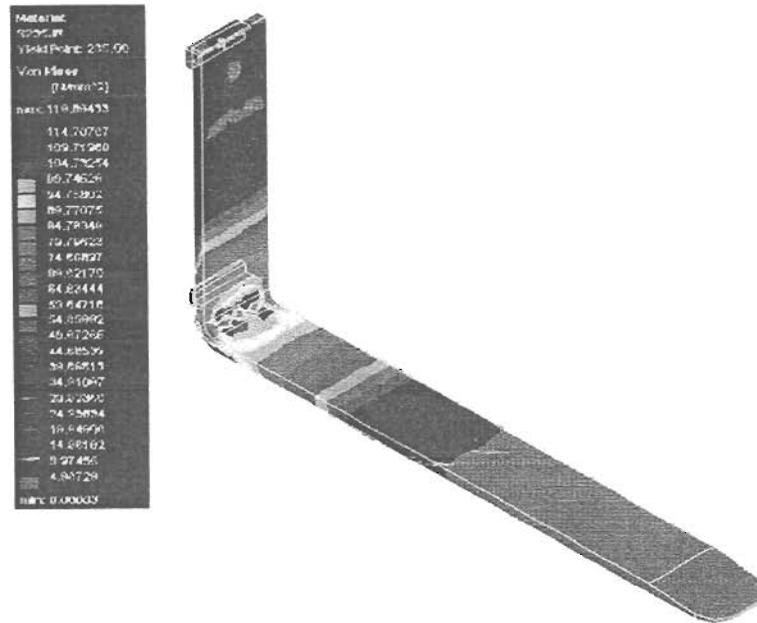
ภาพที่ 3-10 ภาพการแสดงผลในโหมด Deflection ของงาเมื่อใช้เหล็กขนาด 10x100 mm.

$$\begin{aligned} \text{ข) ที่ค่า } N=2 \quad \sigma_d &= 235/2 = 117.5 \text{ MN/m}^2 \\ h &= \sqrt{\frac{6 \times 392.4}{0.1 \times 117.5 \times 10^6}} \\ &= 0.0142 \text{ m. หรือ } 14.2 \text{ mm.} \end{aligned}$$

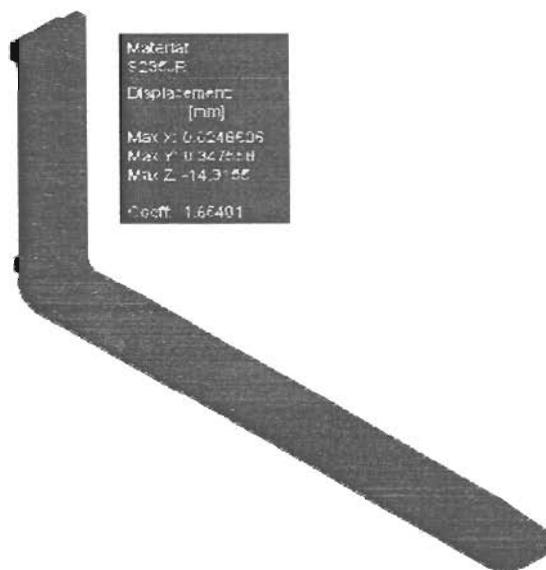
คำนวณหา Deflection ของ Flat Bar 14.2x100 mm.

$$\begin{aligned} I &= \left(\frac{1}{12}\right) 0.1 \times 0.0142^3 = 2.386 \times 10^{-8} \text{ m}^4 \\ y_{\max} &= \frac{100 \times 9.81 \times 0.8^3}{8 \times 210,000 \times 10^6 \times 2.386 \times 10^{-8}} = 0.0125 \text{ m. หรือ } 12.5 \text{ mm.} \end{aligned}$$

ใช้โปรแกรมตรวจสอบ Stress กรณีใช้ Flat Bar 14.2 x100 mm.



ภาพที่ 3-11 ภาพการแสดงผลในโหมด Von Mises Stress ของงาเมื่อใช้เหล็กขนาด 14.2x100 mm.



ภาพที่ 3-12 ภาพการแสดงผลในโหมด Deflection ของงาเมื่อใช้เหล็กขนาด 14.2x100 mm.

ค) ที่ค่า $N = 2.5$

$$\sigma_d = 235/2.5 = 94 \text{ MN/m}^2$$

$$h = \sqrt{\frac{6 \times 392.4}{0.1 \times 94 \times 10^6}}$$

$$= 0.0156 \text{ m. หรือ } 15.6 \text{ mm.}$$

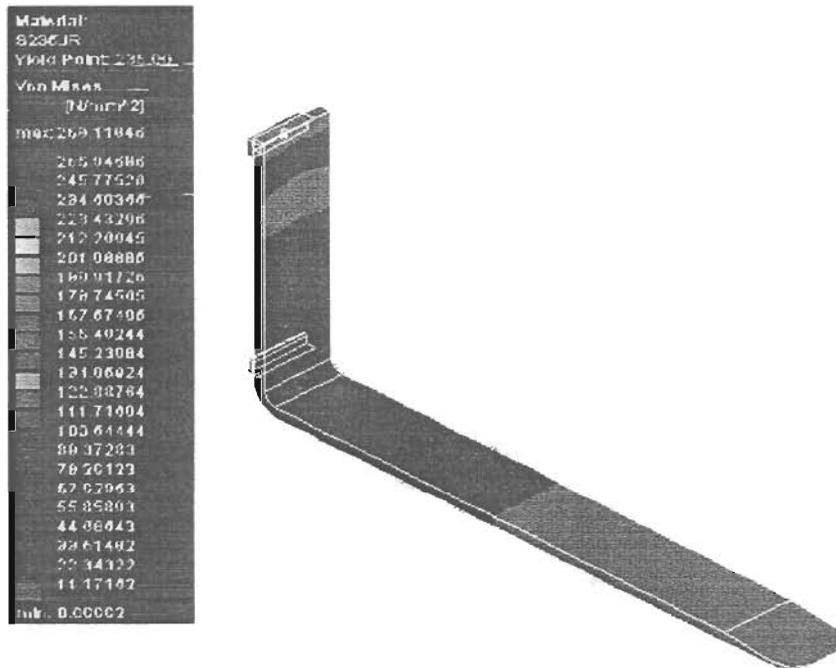
คำนวณหา Deflection ของ Flat Bar $15.6 \times 100 \text{ mm}$.

$$I = \left(\frac{1}{12}\right) 0.1 \times 0.0156^3 = 3.164 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\therefore y_{\max} = \frac{100 \times 9.81 \times 0.8^3}{8 \times 210,000 \times 10^6 \times 3.164 \times 10^{-8}} = 9.449 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

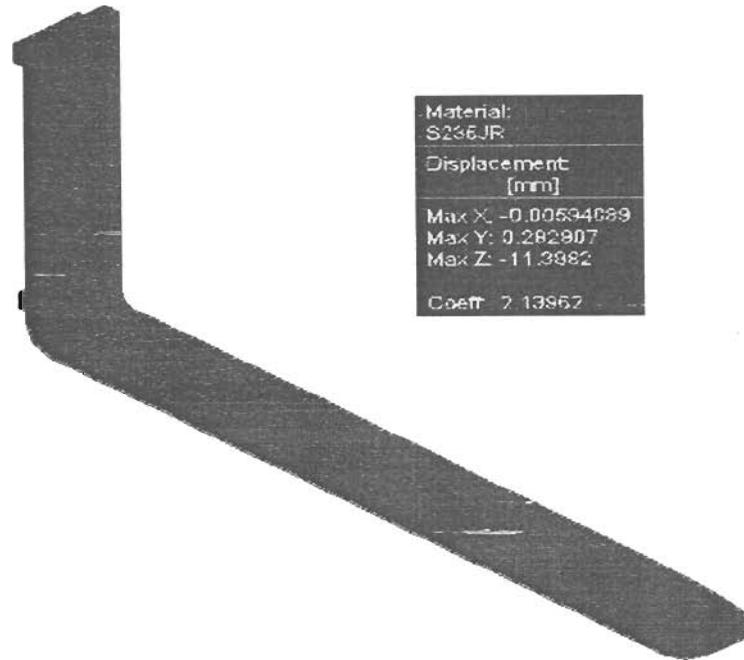
หรือ 9.45 mm .

ใช้โปรแกรมตรวจสอบ Stress กรณีใช้ Flat Bar $15.6 \times 100 \text{ mm}$.



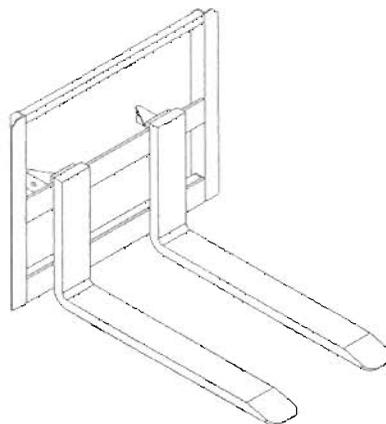
ภาพที่ 3-13 ภาพการแสดงผลในโหมด Von Mises Stress ของงานเมื่อใช้เหล็กขนาด $15.6 \times 100 \text{ mm}$.

ตรวจสอบ Deflection



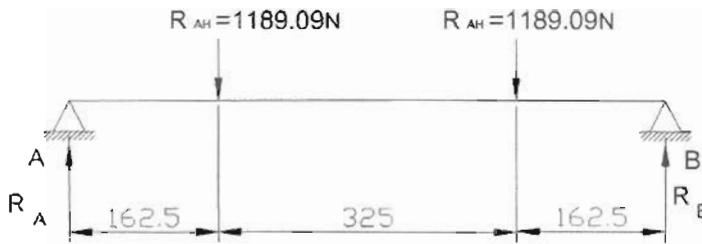
ภาพที่ 3-14 ภาพการแสดงผลในโหมด Deflection ของงาเมื่อใช้เหล็กขนาด 15.6x100 mm.

3.4.2 การคำนวณคานรับงา



ภาพที่ 3-15 แสดงภาพ ISO Metric ของคานรับงา

3.4.2.1 Free Body Diagram



ภาพที่ 3-16 แสดงภาพ Free Body Diagram คานรับงา

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A = (1189.09 \times 0.1625) + (1189.09 \times 0.4875) - (R_B \times 0.65)$$

$$R_B = 1,189.09 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A = R_B = 1,189.09 \text{ N}$$

3.4.2.2 หา BMD

ช่วง $0 < x < 0.1625$

$$M = 1189.09x$$

$$X = 0; \quad M = 1,189.09(0) = 0$$

$$X = 0.1625; \quad M = 1,189.09(0.1625) = 193.227 \text{ Nm}$$

ช่วง $0.1625 < x < 0.4875$

$$M = 1189.09x - 1189.09(x - 0.1625)$$

$$X = 0.1625; \quad M = 1,189.09(0.1625) - 1189.09(0.1625 - 0.1625) = 193.227 \text{ Nm}$$

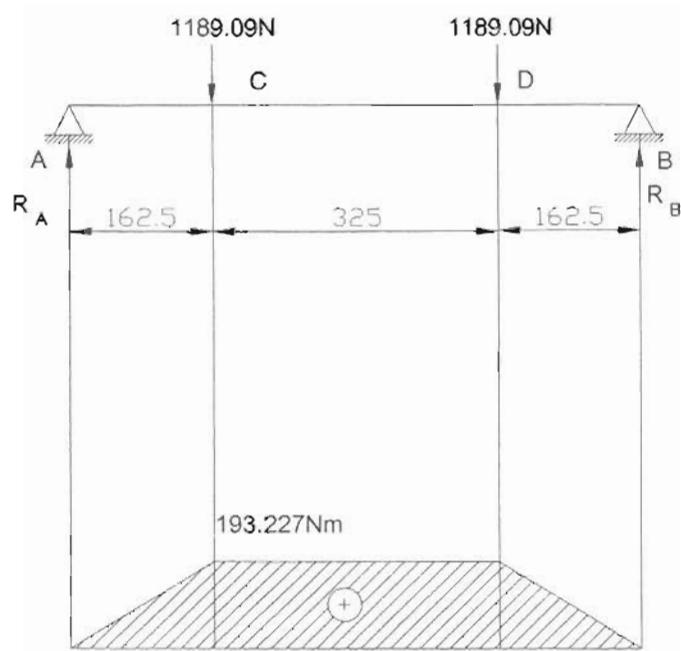
$$X = 0.4875; \quad M = 1,189.09(0.4875) - 1189.09(0.4875 - 0.1625) = 193.227 \text{ Nm}$$

ช่วง $0.4875 < x < 0.65$

$$M = 1189.09x - 1189.09(x - 0.1625) - 1189.09(x - 0.4875)$$

$$X = 0.4875; \quad M = 1,189.09(0.4875) - 1,189.09(0.4875 - 0.1625) - 1,189.09(0.4875 - 0.4875) \\ = 193.227 \text{ Nm}$$

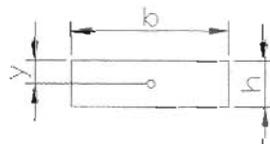
$$X = 0.65; \quad M = 1,189.09(0.65) - 1,189.09(0.65 - 0.1625) - 1,189.09(0.65 - 0.4875) \\ = 0$$



ภาพที่ 3-17 แสดงแผนภาพ BMD ของคานรับงา

∴ จาก BMD ค่า M_{\max} อยู่ในช่วง C-D = 193.227 Nm

3.4.2.2 หาขนาดของเหล็กที่ใช้ทำชุดรับงา



ภาพที่ 3-18 แสดงหน้าตัดเหล็กคานรับงา

$$\text{ค่า } b = 0.075$$

$$\text{ก) } N = 1$$

$$\sigma_d = 235 \text{ MN/m}^2$$

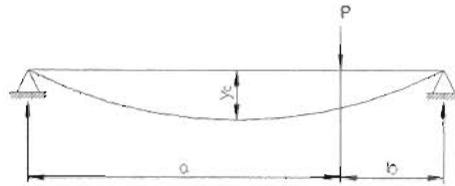
$$b = \sqrt{\frac{6M}{h\sigma_d}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \times 193.227}{0.075 \times 235 \times 10^6}}$$

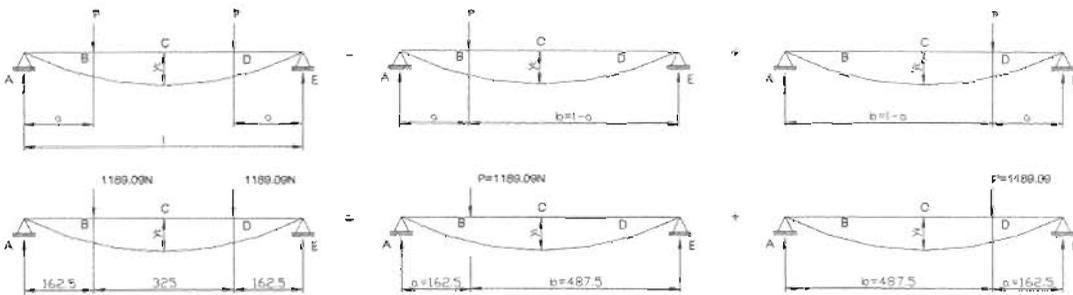
$$= 8.110 \times 10^{-3} \text{ m. หรือ } 8.11 \text{ mm.}$$

คำนวณค่าDeflection โดยใช้วิธีSuperposition

จากตารางที่2-4 ความลาดและระยะโค้งของคานมาตรฐานแบบต่างๆสามารถนำมาแยกพิจารณาด้วยวิธีซูเปอร์โพสิชันดังแสดงในภาพที่3-19



ถ้า $a > b$,
$$y_c = \frac{Pb}{48EI} (3l^2 - 4b^2)$$



ภาพที่ 3-19 แสดงการพิจารณาระยะโค้งคานด้วยวิธีซูเปอร์โพสิชัน

ความหนาเหล็ก 8.11mm.
$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$= \frac{0.075 \times 0.00811^3}{12}$$

$$= 3.334 \times 10^{-9}$$

ระยะการโค้งที่

$$C = y_1 + y_2$$

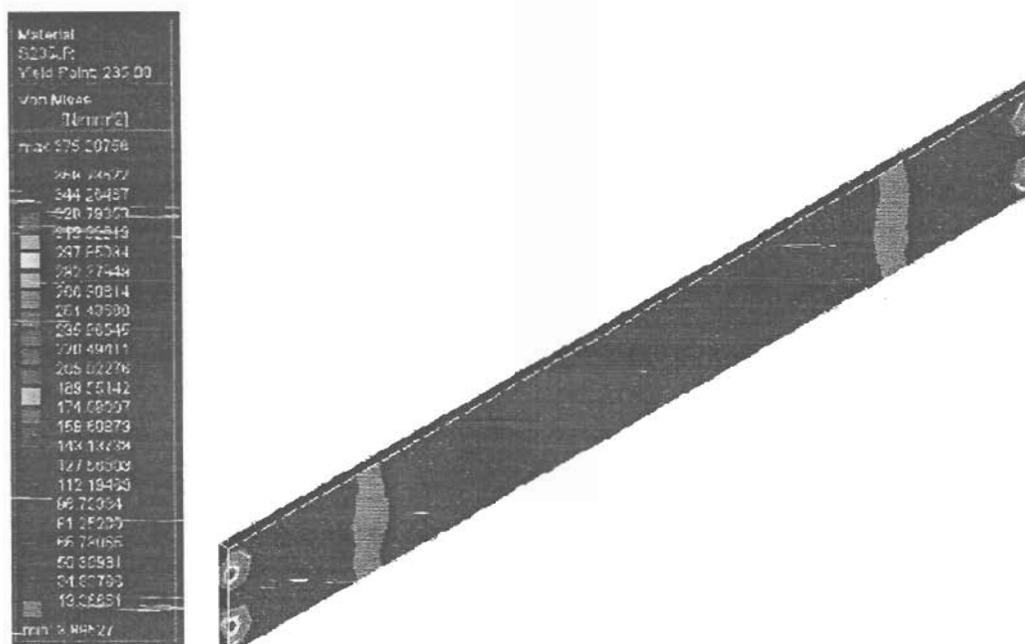
$$y_1 = y_2$$

$$C = 2 y_1$$

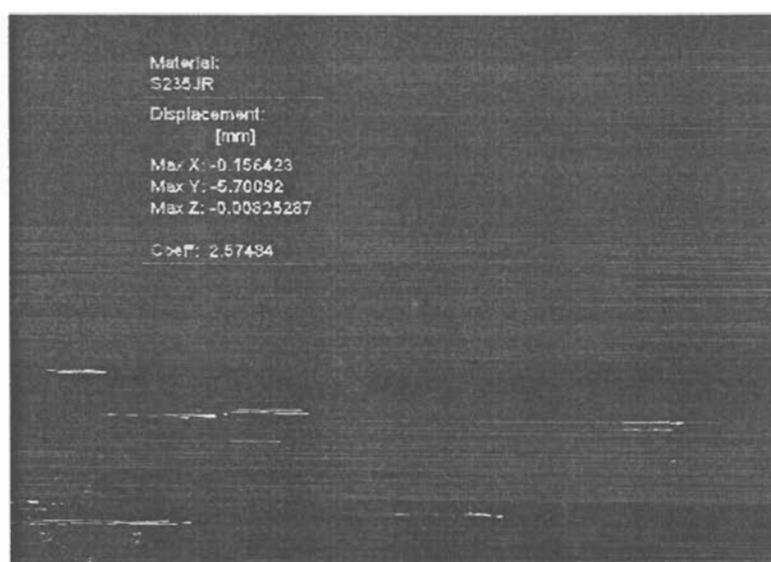
$$= 2 \times \frac{1189.09 \times 0.4875}{48 \times 210 \times 10^9 \times 3.334 \times 10^{-9}} (3 \times 0.65^2 - 4 \times 0.4875^2)$$

$$= 10.931 \times 10^{-3} \text{ m หรือ } 10.931 \text{ mm.}$$

ใช้โปรแกรมตรวจสอบ Stress กรณีใช้ เหล็กขนาด 75x8.11 mm.



ภาพที่ 3-20 ภาพการแสดงผลในโหมด Von Mises Stress ของคานรับงาเมื่อใช้เหล็กขนาด 75x8.11 mm.



ภาพที่ 3-21 ภาพการแสดงผลในโหมด Deflection ของคานรับงาเมื่อใช้เหล็กขนาด 75x8.11 mm.

$$\text{ข) } N = 2$$

$$\sigma_d = 117.5 \text{ MN/m}^2$$

$$h = \sqrt{\frac{6M}{b\sigma_d}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \times 193.227}{0.075 \times 117.5 \times 10^6}}$$

$$= 0.0115 \text{ m หรือ } 11.5 \text{ mm.}$$

คำนวณค่า Deflection

ความหนาเหล็ก 11.5 mm.

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$= \frac{0.075 \times 0.0115^3}{12}$$

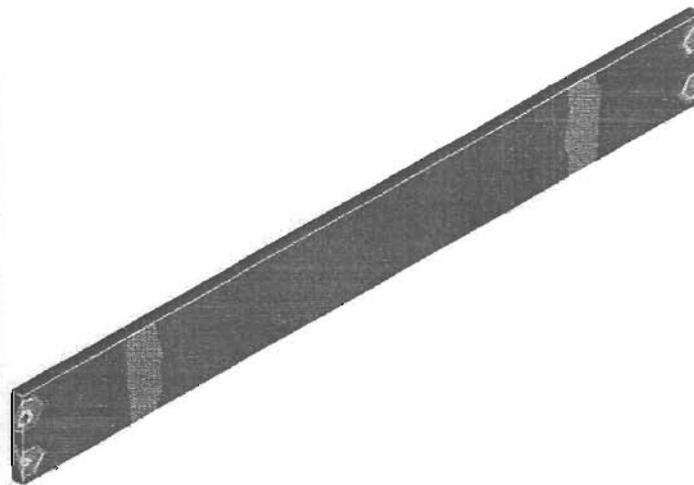
$$= 9.505 \times 10^{-9}$$

$$C = 2y_1$$

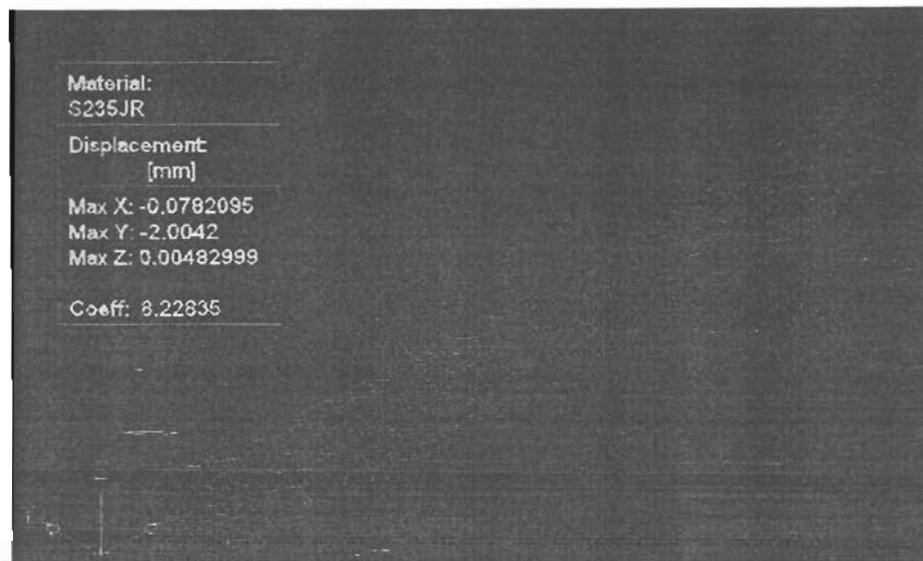
$$= 2 \times \frac{1189.09 \times 0.4875}{48 \times 210 \times 10^9 \times 9.505 \times 10^{-9}} (3 \times 0.65^2 - 4 \times 0.4875^2)$$

$$= 3.834 \times 10^{-3} \text{ m หรือ } 3.83 \text{ mm.}$$

ใช้โปรแกรมตรวจสอบ Stress กรณีใช้ 75x11.5 mm.



ภาพที่ 3-22 ภาพการแสดงผลในโหมด Von Mises Stress ของคานรับงา
เมื่อใช้เหล็กขนาด 75x11.5 mm.



ภาพที่ 3-23 ภาพการแสดงผลใน โหมด Deflection ของคานรับงาเมื่อใช้เหล็กขนาด 75x11.5 mm.

$$\text{ค) } N = 2.5$$

$$\sigma_d = 94 \text{ MN/m}^2$$

$$h = \sqrt{\frac{6M}{b\sigma_d}}$$

$$= \sqrt{\frac{6 \times 193.227}{0.075 \times 94 \times 10^6}}$$

$$= 0.0128 \text{ m. หรือ } 12.8 \text{ mm.}$$

คำนวณค่า Deflection

ความหนาเหล็ก 12.8 mm.

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$= \frac{0.075 \times 0.0128^3}{12}$$

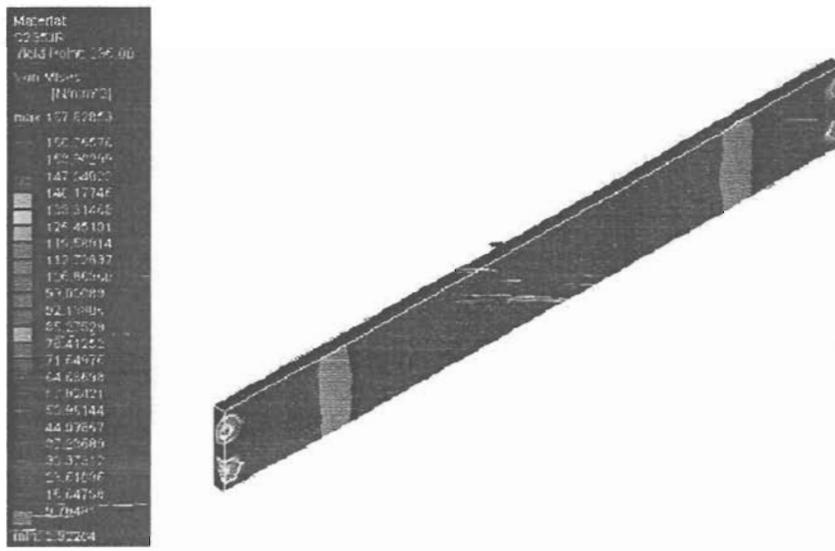
$$= 1.310 \times 10^{-8}$$

$$C = 2 y_1$$

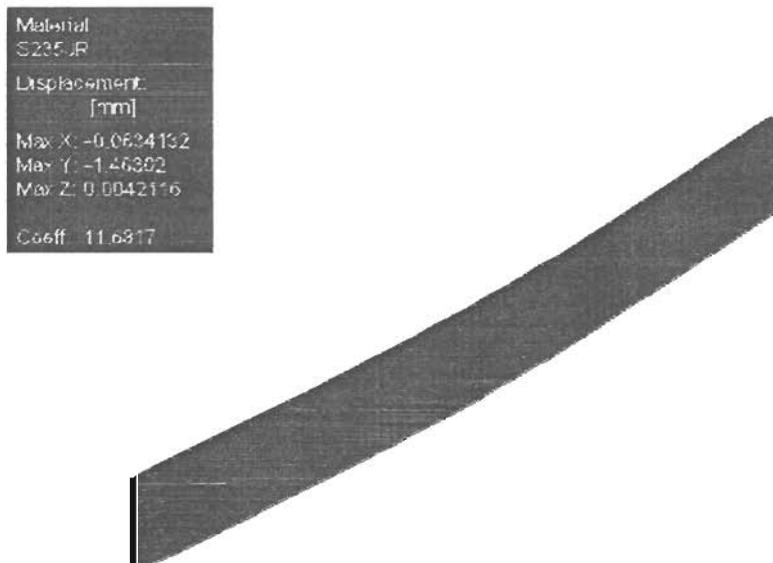
$$= 2 \times \frac{1189.09 \times 0.4875}{48 \times 210 \times 10^9 \times 1.310 \times 10^{-8}} (3 \times 0.65^2 - 4 \times 0.4875^2)$$

$$= 3.222 \times 10^{-3} \text{ m หรือ } 3.22 \text{ mm.}$$

ใช้โปรแกรมตรวจสอบ Stress กรณีใช้ 75x12.8 mm.



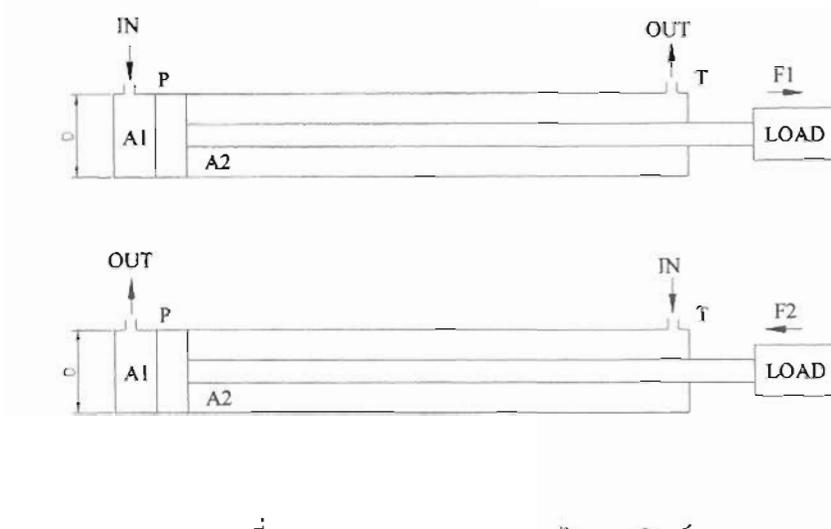
ภาพที่ 3-24 ภาพการแสดงผลในโหมด Von Mises Stress ของคานรับงา
เมื่อใช้เหล็กขนาด 75x12.8 mm.



ภาพที่ 3-25 ภาพการแสดงผลในโหมด Deflection ของคานรับงา
เมื่อใช้เหล็กขนาด 75x12.8 mm.

3.4.3 หาขนาดอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์

3.4.3.1 ขนาดกระบอกยก



ภาพที่ 3-26 แสดงภาพกระบอกไฮดรอลิกส์

น้ำหนักของโครงสร้างชุดลิฟต์	47	kg
น้ำหนักที่ต้องการยก	200	kg
น้ำหนักรวม(F ₁)	247	kg

$$F_1 = P \times A_1$$

$$A_1 = \frac{247 \times 9.81}{100 \times 10^5} = 2.423 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 2.423 \text{ cm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4A_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.423}{\pi}} = 1.76 \text{ cm}$$

ขนาด 1.76 cm ไม่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

จากตารางมาตรฐานกระบอกไฮดรอลิกส์เลือกใช้ขนาด

Bore 4 cm

Rod 2.8 cm

A1 12.57 cm²

3.4.3.2 หาค่าความดัน

$$P = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{247 \times 9.81}{12.57 \times 10^{-4}} = 1,927,661.1 \text{ N/m}^2 = 19.28 \text{ bar} \approx 20 \text{ bar}$$

3.4.3.3 ตรวจสอบการโก่ง

$E =$ โมดูลัสความยืดหยุ่น $210,000 \text{ N/mm}^2$

$P =$ ค่าดันของระบบ $(\text{N/mm}^2) = 20 \text{ bar} = 2 \text{ N/mm}^2$

$D =$ ขนาด Bore(mm)

$d =$ ขนาดRod(mm)

$L_e =$ Effective length(mm)

$L =$ Buckling length(mm)

$n =$ Safety factor

$L_c = \frac{0.785d^2}{n.D} \times \sqrt{\frac{E}{P}}$

$= \frac{0.785 \times 28^2}{2 \times 40} \times \sqrt{\frac{210,000}{2}} = 2,492.82 \text{ mm.}$

พิจารณาระบบจากภาพที่3-27 การยกเป็นแบบกรณีที่3 ดังนั้น $L \leq L_c$

Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
$L = 0.5 L_c$	$L = L_c$	$L = L_c$	$L = 1.4 L_c$	$L = 1.4 L_c$	$L = 2.0 L_c$

ภาพที่ 3-27 แสดงค่าความยาวประสิทธิผลของกระบอกไฮดรอลิกส์กับการยึดด้วยจุดรองรับประเภทต่างๆ

จากข้อกำหนดในการออกแบบต้องการลิฟต์ที่ยกได้สูง 800 mm.

$L = 800 \times 2 = 1,600 \text{ mm.}$

$1,600 \text{ mm.} > 2,492.82 \text{ mm.} \therefore$ ใช้งานได้

3.4.3.4 หาขนาดของ Hydraulic Powerpack

ก) การคำนวณหาขนาดของปั๊ม

ข้อกำหนดการออกแบบกำหนดให้ความเร็วในการยกอยู่ระหว่าง 0.15-0.3 m/s

$Q_1 =$ ความเร็วยกของกระบอกไฮดรอลิกส์

Q_2 = ความเร็วกระบอกสูบขณะเคลื่อนที่ลง

$$Q = VA$$

V = ความเร็วของกระบอกสูบ

A = พื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบ

$$Q_1 = 0.3 \times \frac{\pi \times 0.04^2}{4} = 3.77 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 22.62 \text{ l/min}$$

$$Q_2 = 0.3 \times \frac{\pi (0.04^2 - 0.028^2)}{4} = 1.79 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 11.536 \text{ l/min}$$

กำหนดให้ใช้ DCมอเตอร์ 24 V ความเร็วรอบมอเตอร์ 3000 rpm

ห1 Pump Displacement

$$\text{จาก } Q_1 = 22.62 \text{ l/min}$$

$$\therefore \text{ Pump Displacement} = \frac{Q_1}{3000}$$

$$= \frac{22.62}{3000} = 7.54 \times 10^{-3} \text{ l/rev} = 7.54 \text{ cc/rev}$$

จากตารางของผู้ผลิต Hydraulic Powerpack ไม่มีขนาด 7.54 cc/rev เลือกใช้ขนาด 7.8 cc/rev

$$\text{คำนวณหา } Q_1 \text{ ใหม่} = \frac{7.8 \times 3000}{1000} = 23.4 \text{ l/min}$$

ข) การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า

$$\text{แรงม้า(HP)} = \frac{P \times Q}{612} + \text{Safety Factor } 20\%$$

$$P = \text{ความดันของระบบ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$Q = \text{อัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์ (l/min)}$$

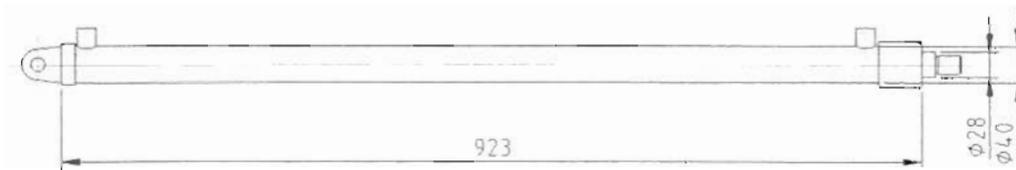
$$\text{ความดันของระบบ } 20 \text{ bar} = 20 \times 1.02 = 20.4 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$$\text{HP} = 1.2 \left(\frac{20.4 \times 23.4}{612} \right) = 0.936 \text{ kw}$$

จากตารางของผู้ผลิต Hydraulic Power pack ไม่มีมอเตอร์ขนาด 0.936 kw เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 kw

ค) ปริมาตรถังน้ำมันไฮดรอลิกส์

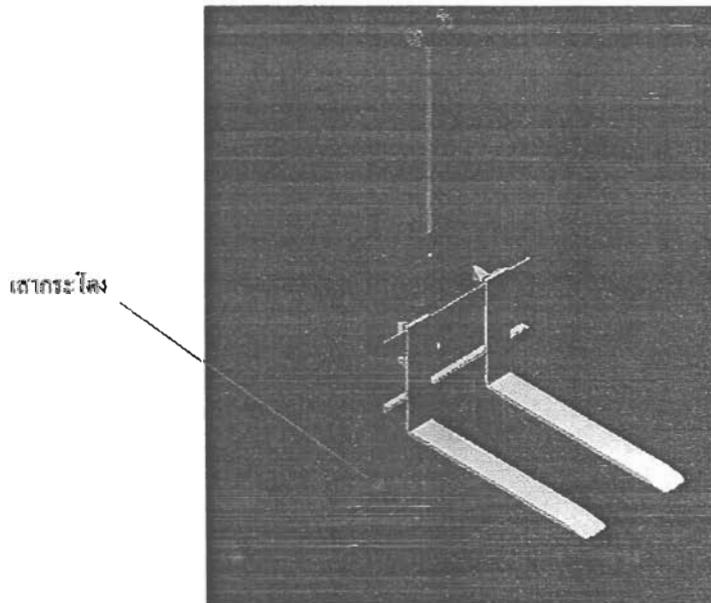
หาปริมาตรของกระบอกยก



ภาพที่ 3-28 แสดงขนาดของกระบอกยก

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของกระบอกยก} &= \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} l \\ &= \frac{\pi(4^2 - 2.8^2)}{4} \times 92.3 = 591.537 \text{ cm}^2 \\ \therefore \text{ขนาดความจุถังน้ำมันไฮดรอลิกส์} &= 591.537 \times 4 = 2,366.15 \text{ cm}^3 \sim 2.5 \text{ liters} \end{aligned}$$

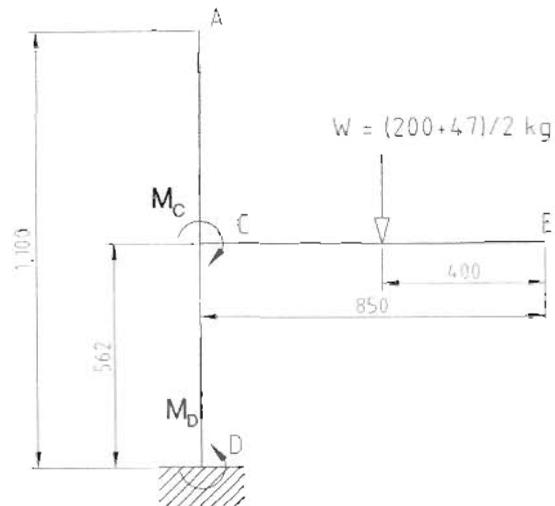
3.4.4 การคำนวณหาขนาดของเสา



ภาพที่ 3-29 แสดงภาพของเสากระโดง

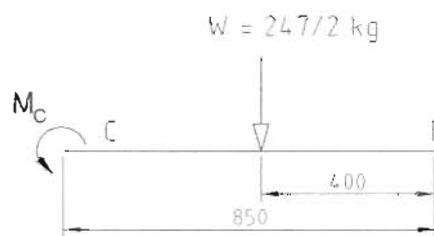
น้ำหนักของชุดงาและน้ำหนักของ โหลดรวม = 247 kg

3.4.1.1 Free body Diagram



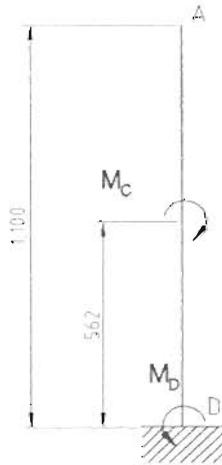
ภาพที่ 3-30 แสดง Free body Diagram ของเสากระโดง

ก) พิจารณาคาน C-E



$$\begin{aligned}
 M_c &= 123.5 \times 9.81 \times 0.45 \\
 &= 545.191 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

ข) พิจารณาเสา A-D



$$\sum MD = 0$$

$$MC - RB(0.842) = 0$$

$$545.191 - RB(0.842) = 0$$

$$RB = 545.191 / 0.842$$

$$= 647.495 \text{ Nm}$$

$$\sum MB = 0$$

$$-MD + MC = 0$$

$$MD = 545.191 \text{ Nm}$$

ช่วง $0 < x < 0.562$

$$M = MD$$

$$= 545.191 \text{ Nm}$$

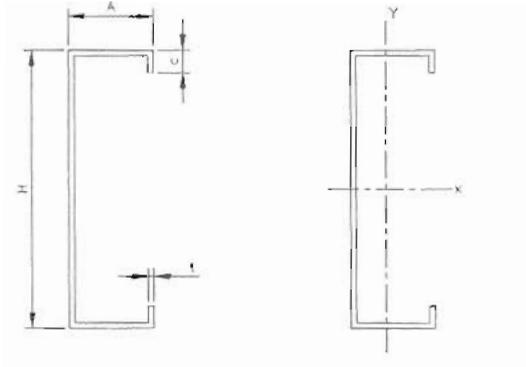
ช่วง $0 < x < 1.1$

$$M = MD - MC$$

$$= 0$$

ค่า M_{\max} อยู่ที่จุด C และ D = 545.191 Nm

3.4.1.2 หาขนาดหน้าตัดเหล็กที่ใช้ทำเสา
ใช้เหล็กแบบ Light Lip Channel

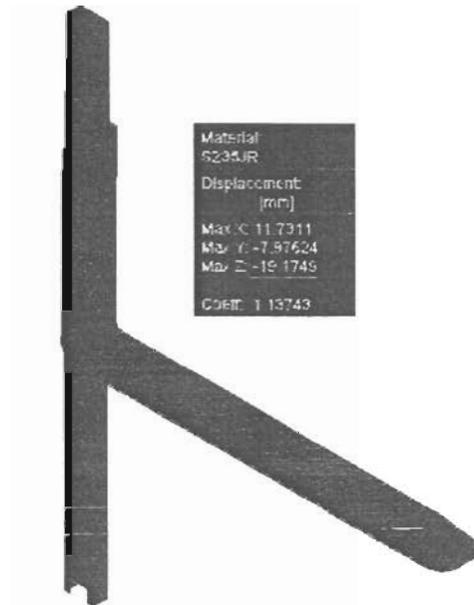


ภาพที่ 3-31 แสดงหน้าตัดของเหล็กที่ใช้ทำเสากระโดง

ทดลองลดขนาดเหล็ก เลือกใช้ขนาด 60 x30 x10 t 2.3 mm. ($I_x=15.6 \text{ cm}^4$)

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{Mc}{I} \\ \sigma &= \frac{545.191 \times 0.030}{15.6 \times 10^{-8}} \\ &= 104.84 \quad \text{MN/m}^2 \\ N &= \frac{\sigma_y}{\sigma} \\ N &= \frac{235}{101.84} = 2.3 \text{ เท่า}\end{aligned}$$

ใช้โปรแกรมหาค่า deflection 60 x30 x10 t 2.3 mm.



ภาพที่ 3-32 แสดงการแสดงผลในโหมด deflection ของเสากระโดง
เมื่อใช้เหล็ก Light Lip Chanel 60 x30 x10 t 2.3 mm.

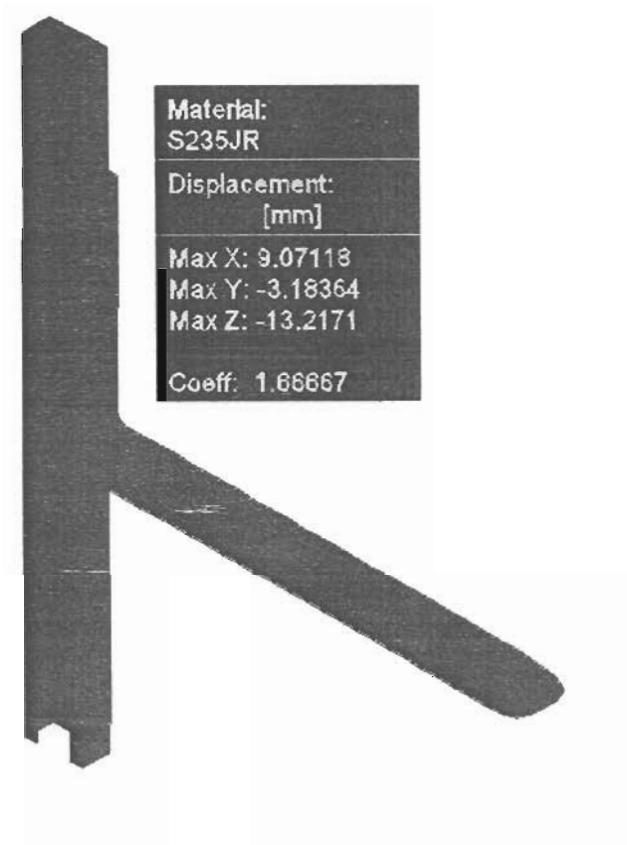
ทดลองเลือกเหล็กขนาด 100x50x20 t=2 mm. ($I_x = 71.4 \text{ cm}^4$)

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = 545.191 \times 0.050 / 71.4 \times 10^{-8} = 38 \text{ MN/m}^2$$

$$N = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

$$\frac{235}{38} = 6.18 \text{ เท่า}$$

ใช้โปรแกรมหาค่า deflection 100x50x20 t =2 mm.



ภาพที่ 3-33 แสดงการใช้โปรแกรมหาค่า deflection ของเสากระโคง
เมื่อใช้เหล็ก Light Lip Chanel 100x50x20 t =2 mm.

ทดลองเลือกเหล็กขนาด 100x50x20 t =4 mm. ($I_x = 127 \text{ cm}^4$)

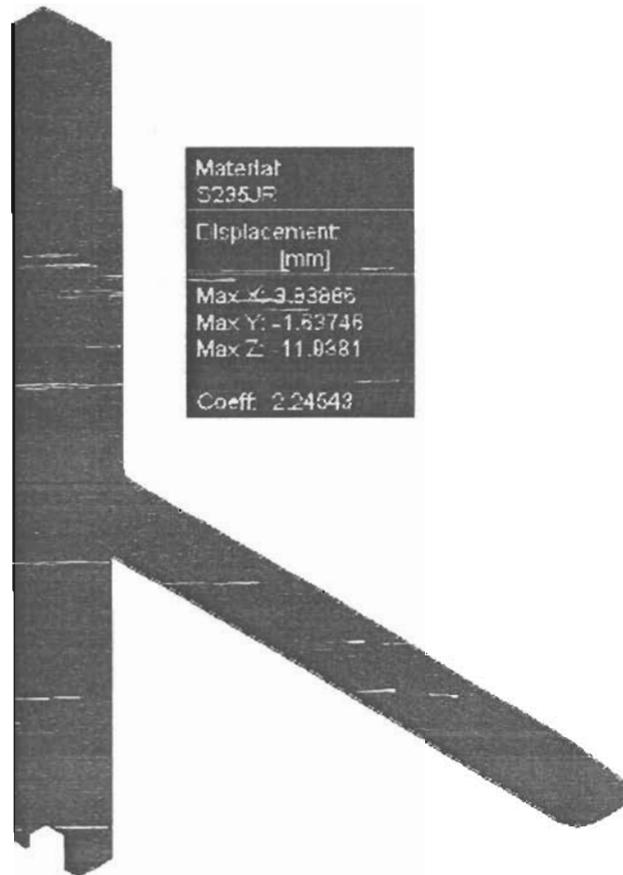
$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$= 545.191 \times 0.050 / 127.4 \times 10^{-8} = 21.397 \text{ MN/m}^2$$

$$N = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

$$\frac{235}{21.397} = 10.982 \text{ เท่า}$$

ใช้โปรแกรมหาค่า deflection 100x50x20 t=4 mm.



ภาพที่ 3-34 แสดงการใช้โปรแกรมหาค่า deflection ของเสากระโดง
เมื่อใช้เหล็ก Light Lip Channel 100x50x20 t=4 mm.

ทดลองเลือกเหล็กขนาด 100x50x20 t=4.5 mm. ($I_x = 139 \text{ cm}^4$)

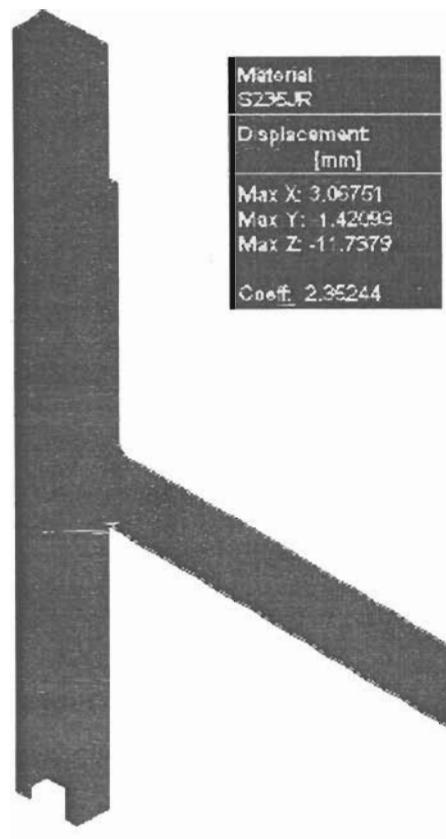
$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$= 545.191 \times 0.050 / 139 \times 10^{-8} = 19.611 \text{ MN/m}^2$$

$$N = \frac{\sigma_y}{\sigma}$$

$$\frac{235}{19.611} = 11.983 \text{ เท่า}$$

ใช้โปรแกรมหาค่า deflection 100x50x20 t=4.5 mm.



ภาพที่ 3-35 แสดงการใช้โปรแกรมหาค่า deflection ของเสากระโดง
เมื่อใช้เหล็ก Light Lip Chanel 100x50x20 t=4.5 mm.

3.4.5 การคำนวณหาขนาดของโช้และเฟืองโช้

กำลังที่ต้องการส่ง $0.936 \text{ kw} = 1.255 \text{ HP}$

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของระบบยกไฮดรอลิกส์สูงสุด 0.3 m/s

3.4.5.1 เลือกประเภทของload จากตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ลักษณะภาระแต่ละประเภทสำหรับการออกแบบโซ่

Service Classification – Table I

Uniform Load	
Agitators, Liquid	Generators
Blowers, Centrifugal	Line Shafts, Even Load
Conveyors, Even Load	Machines, Even Load, Non-reversing
Elevators, Even Load	Pumps, Centrifugal
Fans, Centrifugal	
Moderate Shock Load	
Beaters	Laundry - Washers and Tumblers
Compressors, Centrifugal	Line Shafts, Uneven Load
Conveyors, Uneven Load	Machines, Pulsating Load, Non-reversing
Elevators, Uneven Load	Pumps, Reciprocating, Triplex
Grinders, Pulp	Screens, Rotary, Even Load
Kilns and Dryers	Woodworking Machinery
Heavy Shock Load	
Brick Machines	Mills, Hammer, Rolling or Drawing
Compressors Reciprocating	Presses
Crushers	Pumps, Reciprocating, Simplex or Duplex
Machines, Reversing or Impact Loads	

การส่งกำลังของโพรคลิฟที่อยู่ในประเภทแรงแบบ Uniform load

3.4.5.2 เลือกค่า Service factor

ตารางที่ 3-2 ค่าเซอร์วิตดแฟกเตอร์ของโซ่

SERVICE CLASSIFICATION	TYPE OF INPUT POWER		
	Internal Combustion Engine with Hydraulic Drive	Electric Motor or Turbine	Internal Combustion Engine with Mechanical Drive
Uniform Load	1.0	1.0	1.2
Moderate Shock Load	1.2	1.3	1.4
Heavy Shock Load	1.4	1.5	1.7

ระบบลิฟท์ขับเคลื่อนด้วยไฮดรอลิกส์ดังนั้น Service factor = 1

3.4.5.3 หากำลังที่ออกแบบ

กำลังที่ออกแบบ $0.936 \times 1 = 0.936 \text{ kw}$ หรือ 1.255 HP

ใช้โซ่ 2 เส้น ในการยกลิฟท์

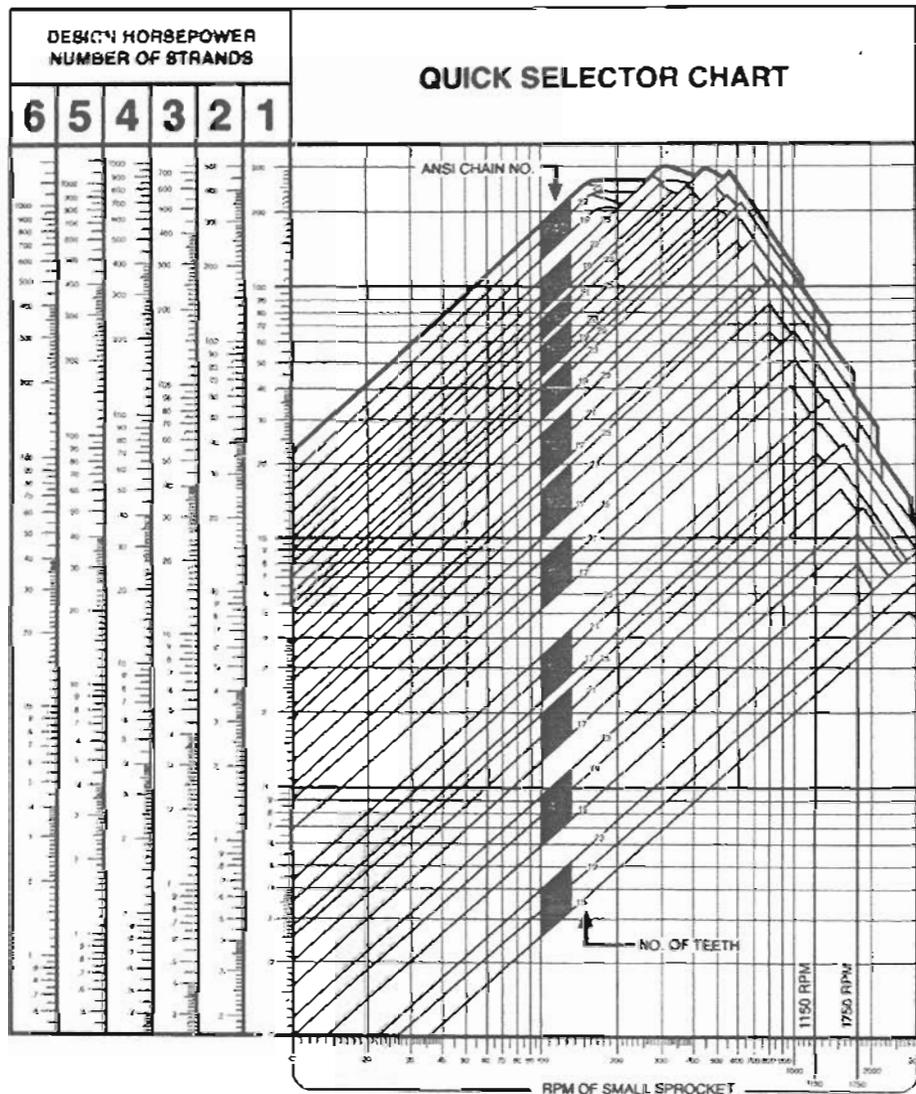
3.4.5.4 หาขนาดของโซ่และเฟืองโซ่

ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ $n = \frac{V}{\pi d}$

ทดลงเลือกเฟืองโซ่ No.40 23 ฟัน Pitch dia.= 93.27 mm.

ความเร็วรอบสูงสุดของเฟืองโซ่ $\frac{0.30 \times 1000 \times 60}{\pi \times 106.51} = 61.43 \text{ rpm}$ 62 rpm

จากนั้นนำข้อมูลความเร็วรอบและกำลังที่คำนวณไปหาค่าจากภาพที่ 3-36



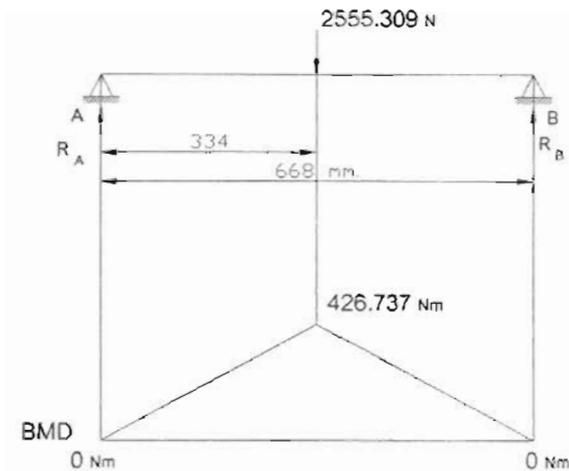
ภาพที่ 3-36 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงม้า ในการเลือกขนาดของโซ่และเฟืองโซ่

ตรวจสอบจากกราฟการเลือกจาก $n = 62$ จำนวนโซ่ 2 เส้น Power = 1.255 Hp ขนาดของโซ่ No.40 ใช้งานได้

3.4.6 คานรับกระบอกลไฮดรอลิกส์

น้ำหนักทั้งหมดที่คานรับ คือน้ำหนักของ ภา,รางสไลด์,เฟรม ,กระบอกลไฮดรอลิกส์ และภาระในการยก 200กก.ซึ่งมีน้ำหนักรวมทั้งหมด 260.48 กก.

3.4.6.1 Free body Diagram



ภาพที่ 3-37 แสดง BMD ของคานรับกระบอกลไฮดรอลิกส์

$$R_A = R_B = 1277.655 \text{ N}$$

$$\text{ช่วง } 0 < X < 0.334$$

$$M = 1277.655X$$

$$X = 0; \quad M = 0 \text{ Nm}$$

$$X = 0.325; \quad M = 1,277.655 (0.334) \\ = 426.737 \text{ Nm}$$

$$\text{ช่วง } 0.325 < X < 0.668$$

$$M = 1277.655X - 2555.309(X - 0.334)$$

$$X = 0.325; \quad M = 1277.655 \times 0.325 - 2555.309(0.334 - 0.334) \\ = 426.737 \text{ Nm}$$

$$X = 0.668; \quad M = 1277.655 \times 0.668 - 2555.309(0.668 - 0.334) \\ = 0 \text{ Nm}$$

3.4.6.2 ทดลองเลือกเหล็ก Chanel ขนาด 75x40mm. , $t_1 = 5 \text{ mm}$, $t_2 = 7 \text{ mm}$.,
 $C_y = 1.28 \times 10^{-2} \text{ m}$, $I_y = 12.2 \times 10^{-8}$ (ขนาดเหล็กที่สุคในมาตรฐาน JIS G3192)

ก) ตรวจสอบค่าความปลอดภัย

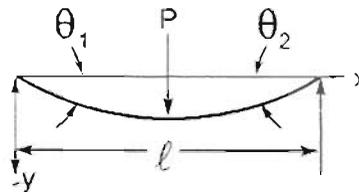
$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{Mc}{I} \\ &= \frac{426.737 \times 1.28 \times 10^{-2}}{12.2 \times 10^{-8}} \\ &= 44.772 \text{ MN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N &= \frac{\sigma_y}{\sigma} \\ &= \frac{235}{44.772} \\ &= 5.25 \text{ เท่า}\end{aligned}$$

ข) หาค่าการโก่ง (Deflection)

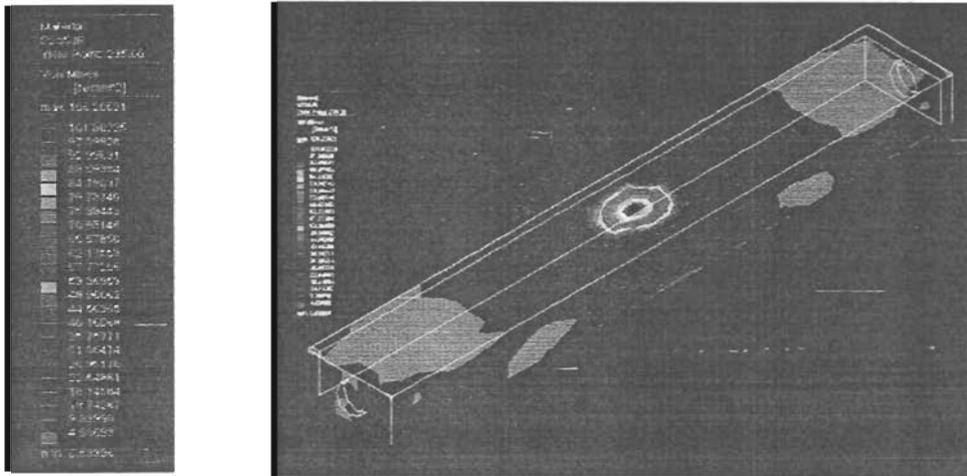
จากตารางแสดงความลาด และระยะ โกงของคานมาตรฐานแบบต่างๆใน

ตารางที่ 2-4



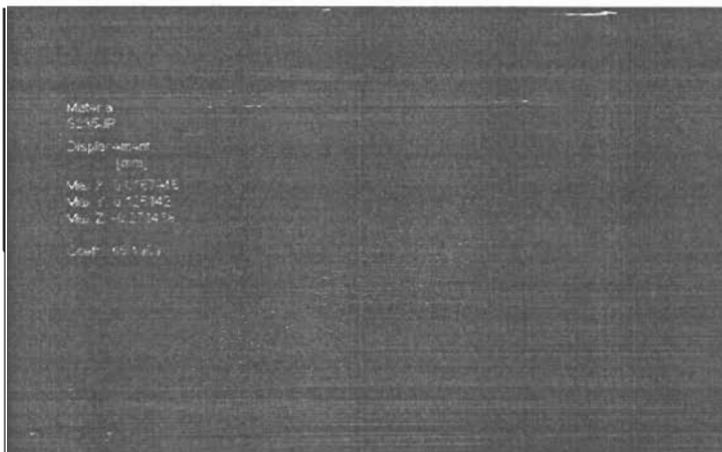
$$\begin{aligned}\delta_{\max} &= \frac{Pl^3}{48EI} \\ &= \frac{2,555.309 \times 0.668^3}{48 \times 210 \times 10^9 \times 12.2 \times 10^{-8}} \\ &= 6.169 \times 10^{-4} \text{ m หรือ } 0.619 \text{ mm.}\end{aligned}$$

ก) ใช้โปรแกรมตรวจสอบ Stress กรณีใช้ chanel 75x40 mm.



ภาพที่ 3-38 ภาพการแสดงผลในโหมด Von Mises Stress ของคานรับกระบอกไฮดรอลิกส์
เมื่อใช้เหล็ก Chanel 75x40 mm

ง) ใช้โปรแกรมตรวจสอบการโก่ง กรณีใช้ chanel 75x40 mm



ภาพที่ 3-39 ภาพการแสดงผลในโหมด Deflection ของคานรับกระบอกไฮดรอลิกส์
เมื่อใช้เหล็กขนาด 75x40 mm

3.4.6.3 ทดลองเลือกเหล็ก Chanel ขนาด 100x50 มม , $t_1 = 5$ mm. $t_2 = 7.5$ mm., $C_y = 1.54 \times 10^{-2} \text{ m}$, $I_y = 26 \times 10^{-8}$

ก) ตรวจสอบค่าความปลอดภัย

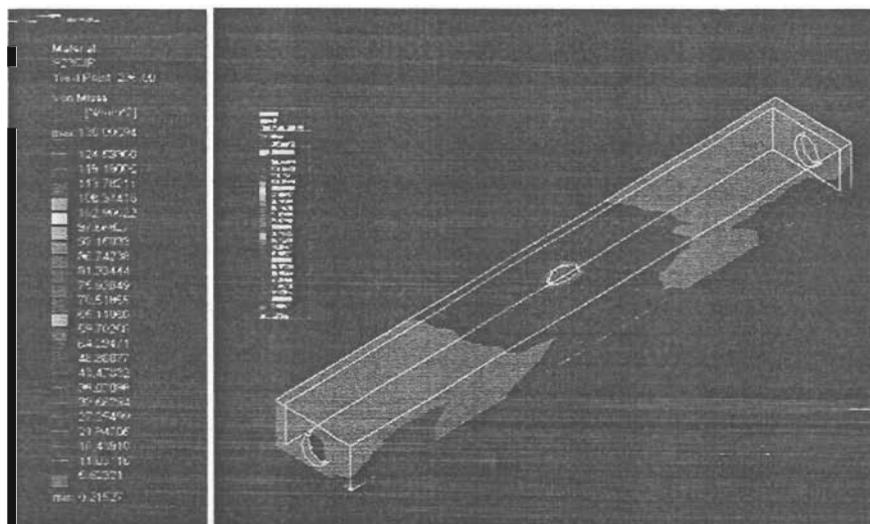
$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{Mc}{I} \\ &= \frac{426.737 \times 1.54 \times 10^{-2}}{26 \times 10^{-8}} \\ &= 25.276 \text{ MN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N &= \frac{\sigma_y}{\sigma} \\ &= \frac{235}{25.276} \\ &= 9.30 \text{ เท่า}\end{aligned}$$

ข) ตรวจสอบการโก่ง

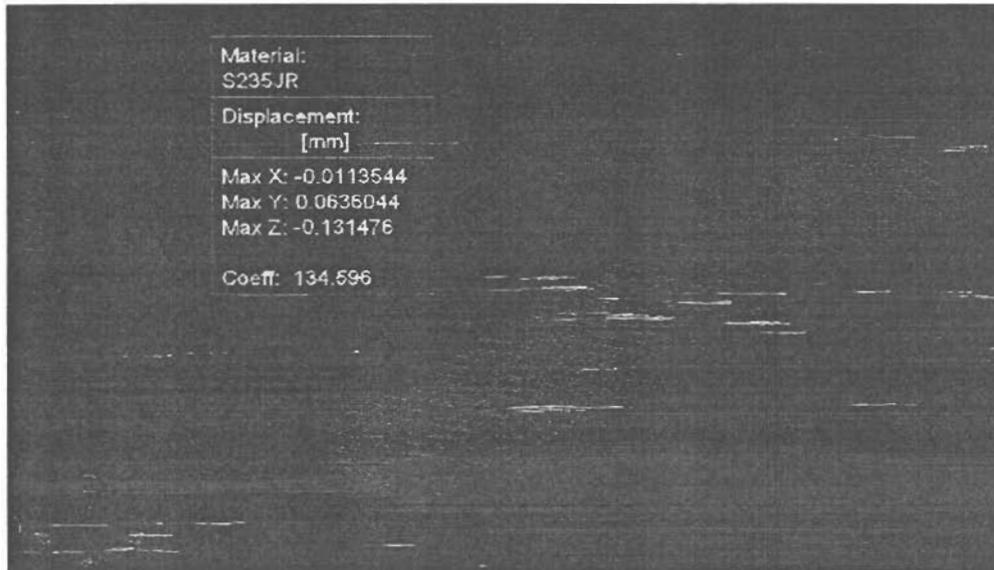
$$\begin{aligned}\delta_{\max} &= \frac{Pl^3}{48EI} \\ &= \frac{2,555.309 \times 0.668^3}{48 \times 210 \times 10^9 \times 26 \times 10^{-8}} \\ &= 2.906 \times 10^{-4} \text{ m หรือ } 0.29 \text{ mm.}\end{aligned}$$

ค) ใช้โปรแกรมตรวจสอบ Stress กรณีใช้ channel 100x50 mm.



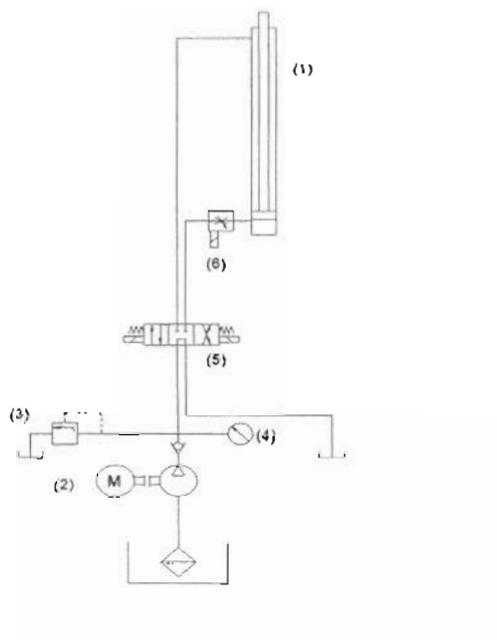
ภาพที่ 3-40 ภาพการแสดงผลโมเมนต์ Von Mises Stress ของคานรับกระบอกไฮดรอลิกส์
เมื่อใช้เหล็ก channel 100x50 mm.

ง) ใช้โปรแกรมตรวจสอบการโก่ง กรณีใช้ chanel 100x50 mm



ภาพที่ 3-41 ภาพการแสดงผลในโหมด deflection ของคานรับกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์
เมื่อใช้เหล็ก chanel 100x50 mm.

3.5 วงจรไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 3-42 ภาพแสดงวงจรควบคุมกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

การทำงานของวงจร

3.5.1 เมื่อจ่ายกระแสไฟไปที่มอเตอร์(2) ปัมป์ไฮดรอลิกส์จะทำงานเพื่อจ่ายน้ำมันเข้าภายในระบบ

3.5.2 วาล์วระบายแรงดันหมายเลข(3)เป็นวาล์วสำหรับป้องกันความดันในระบบและปรับตั้งตามน้ำหนักที่ต้องการยกตามที่คำนวณปรับค่าไว้ประมาณ 20 บาร์ ค่าได้จากเกจวัดแรงดัน(4) จะยกน้ำหนักได้ 200 กก. และถ้าน้ำหนักเกิน 200 กก. จะชูลิฟต์จะไม่สามารถยกน้ำหนักขึ้นได้

3.5.3 เมื่อต้องการให้กระบอกไฮดรอลิกส์ยกขึ้น ให้ทำการจ่ายไฟไปที่โซลินอยด์วาล์ว(5) ทางด้านซ้ายวาล์วจะเปลี่ยนตำแหน่งมาทางขวา เมื่อต้องการหยุดในตำแหน่งใดๆให้หยุดจ่ายกระแสไฟไปที่โซลินอยด์วาล์ว(5)

3.5.4 เมื่อต้องการให้กระบอกไฮดรอลิกส์กดกลับทำการจ่ายไฟไปที่โซลินอยด์วาล์ว(5) ทางด้านขวา วาล์วจะเปลี่ยนตำแหน่งมาทางซ้าย เมื่อต้องการหยุดในตำแหน่งใดๆให้หยุดจ่ายกระแสไฟไปที่โซลินอยด์วาล์ว(5)

3.5.5 ในกรณีฉุกเฉินเมื่อไม่มีกระแสไฟจ่ายมาที่โซลินอยด์วาล์วเนื่องจากแบตเตอรี่หมดหรือสาเหตุอื่นวาล์ว4/3(5)จะเลื่อนมาในตำแหน่งปกติด้วยแรงดันสปริงซึ่งภาระที่ยกอยู่จะค้างอยู่ในตำแหน่งเดิม

3.6 ตำแหน่งการวางแบตเตอรี่

การพิจารณาคำแหน่งในการวางแบตเตอรี่นั้นมีความสำคัญมากสำหรับรถเอจวีประเภทเคาท์เทอร์-บาลานซ์เนื่องจากเป็นปัจจัยต่อความสมดุลของเอจวี การออกแบบที่ดีและถูกต้องจะต้องคำนึงถึงการบาลานซ์ของอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นเท่านั้น โดยไม่มีน้ำหนักอื่นใดมาถ่วงให้เกิดความสมดุล

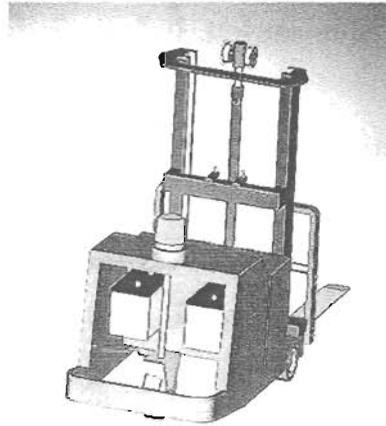
จากข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.6.1 มอเตอร์ขับเคลื่อนขนาด 1200 วัตต์ ,24 โวลท์ ,63 แอมป์ ,3000 รอบต่อนาที

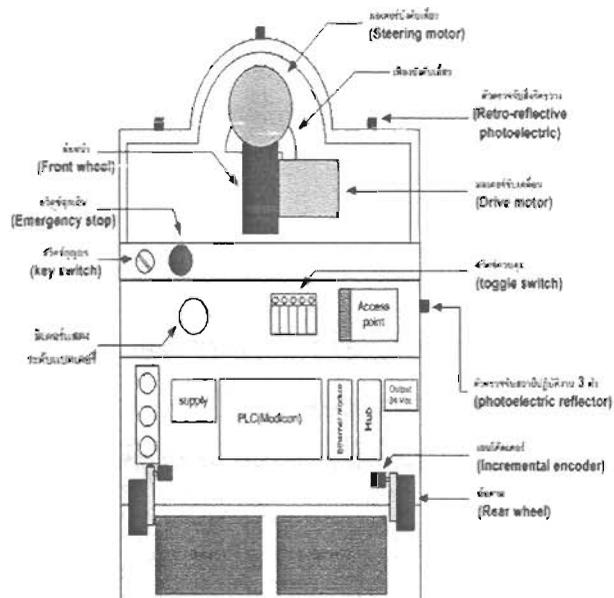
3.6.2 มอเตอร์บังคับเลี้ยวใช้มอเตอร์ขนาด 500วัตต์, 24 โวลท์,14 แอมป์, 22 รอบต่อนาที

3.6.3 มอเตอร์ขับเคลื่อนลิฟต์ 1,500 วัตต์, 24 โวลท์ , 75 แอมป์, 3000 รอบต่อนาที

เลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V (หาซื้อได้ง่ายกว่าขนาด24และ48V) จำนวน 4 ลูก ต่อ อนุกรมกัน เริ่มพิจารณาจากตำแหน่งทางด้านหลังซึ่งเป็นตำแหน่งที่ให้ความสมดุลดีที่สุด แต่พื้นที่ทางด้านหลังของตัวเอจวีเดิม มีขนาด 600กx314ยx291ส mm. ซึ่งสามารถวางแบตเตอรี่ขนาด 12V 50Ah ซึ่งมีขนาด229x138x226 mm. ได้เพียง 2 ลูกเท่านั้นดังแสดงในภาพที่3-43 อีกทั้งยังเป็นตำแหน่งเดิมที่ทำการติดตั้งชุดคอนโทรลเอาไว้ด้วยดังแสดงในภาพที่ 3-44

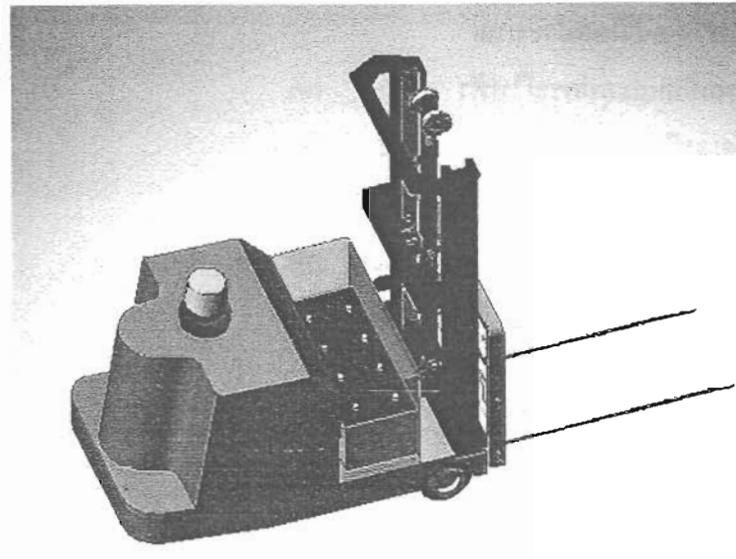


ภาพที่ 3-43 แสดงตำแหน่งการวางแบตเตอรี่ที่ช่องค้ำหลังตัวเอจิวี่



ภาพที่ 3-44 ตำแหน่งในการวางอุปกรณ์ต่างๆ ในเอจิวี่แบบเดิม

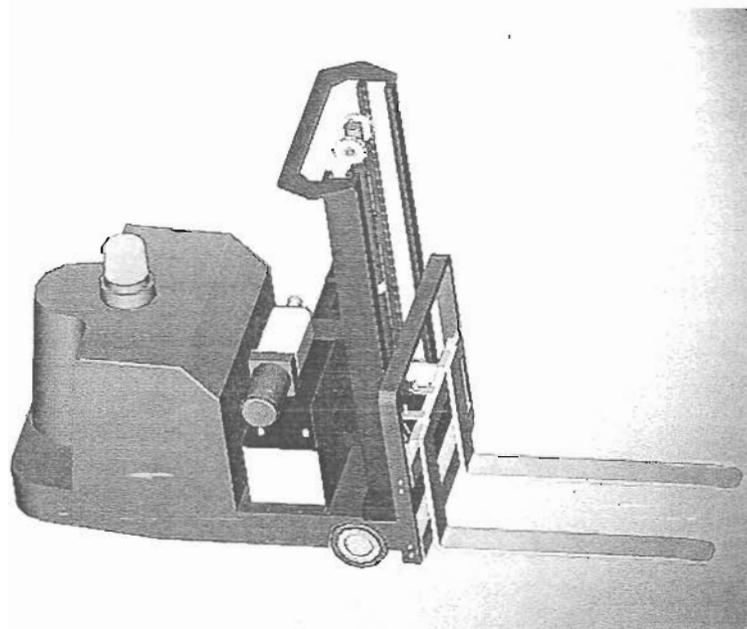
จึงทดลองเปลี่ยนตำแหน่งในการวางแบตเตอรี่ มาวางในตำแหน่งกลางตัวเอจิวี่ ผลปรากฏว่า สามารถวางแบตเตอรี่ได้ทั้งหมดจำนวน 4 โปตามที่ต้องการซึ่งมีแบตเตอรี่มีน้ำหนักรวม 68 กก.



ภาพที่ 3-45 แสดงตำแหน่งในการวางแบตเตอรี่ขนาด 12V 50 Ah จำนวน 4 ใบ

3.7 ตำแหน่งในการวางไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพค

ชุด ไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพคจะวางอยู่ในตำแหน่งเหนือแบตเตอรี่ดังแสดงในภาพที่ 3-46 โดยการยึดไว้กับตัวถัง



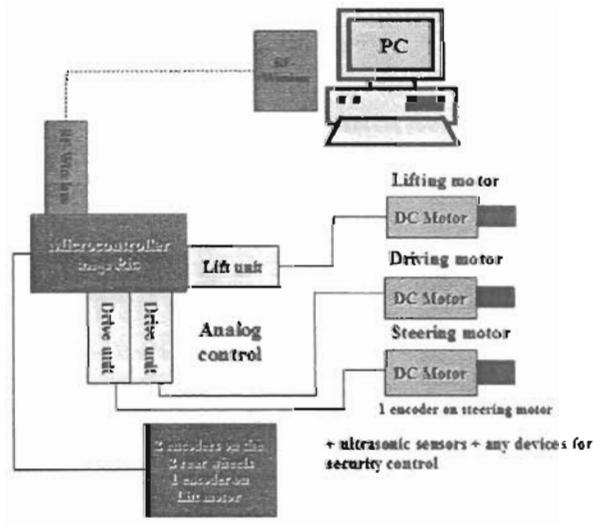
ภาพที่ 3-46 แสดงตำแหน่งในการวางชุดไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพค

3.8 น้ำหนักของโฟร์คเอจี้วี่โดยประมาณ

น้ำหนักตัวรถเดิมและอุปกรณ์ไฟฟ้า	350 กก.
น้ำหนักแบตเตอรี่	68 กก.
น้ำหนักโครงสร้างลิฟต์	100 กก.
น้ำหนักรวม	518 กก.

3.9 ระบบควบคุมการทำงาน

ระบบควบคุมการทำงานปรับเปลี่ยนจากเดิม เพียงเพิ่มมอเตอร์ขับเคลื่อนไฮดรอลิกส์ (Lift Motor) เข้าไปเพียง 1 ตัว ซึ่งมอเตอร์ตัวนี้จะควบคุมการทำงานของระบบลิฟต์ ซึ่งจะถูควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซีดังแสดงในภาพที่ 3-47 ซึ่งระบบเดิมพีแอลซีจะควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อน (Drive motor) และมอเตอร์บังคับทิศทาง (Steering Motor)



ภาพที่ 3-47 แสดงไดอะแกรมของระบบควบคุมการทำงาน

บทที่ 4

ผลของงานวิจัย

4.1 ขนาดงา

เลือกใช้เหล็ก Flat bar ขนาด 100x16 มม. , N = 2.24 เท่า , maximum deflection = 11.40 มม.

4.2.ขนาดถาดรับงา

เลือกใช้เหล็ก Flat bar ขนาด 75x16 มม. , N = 2.5 , maximum deflection = 3.22 มม.

4.3 ขนาดกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

Bore	4	cm
Rod	2.8	cm
Stroke	80	cm
ค่าความดันใช้งาน	20	bar.

4.4 ขนาดของไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพค

Pump Displacement	7.8	cc/rev
มอเตอร์ DC 24V ขนาด 1.5 kw	3000	rpm
ปริมาตรความจุถังน้ำมัน	2.5	liters

4.5 ขนาดของเสา

เลือกใช้เหล็ก Light lip chanel ขนาด 100x50x20 t=4.5 มม. , N = 4.5 , maximum deflection 1.420 มม.

4.6 ขนาดของโซ่และเฟืองโซ่

ใช้โซ่โรลเลอร์ No.40 Pitch 12.7 mm.

เฟืองโซ่ No.40 23 ฟัน Pitch dia.= 93.27 mm.

4.7 ขนาดของคานรับกระบอกลไฮดรอลิกส์

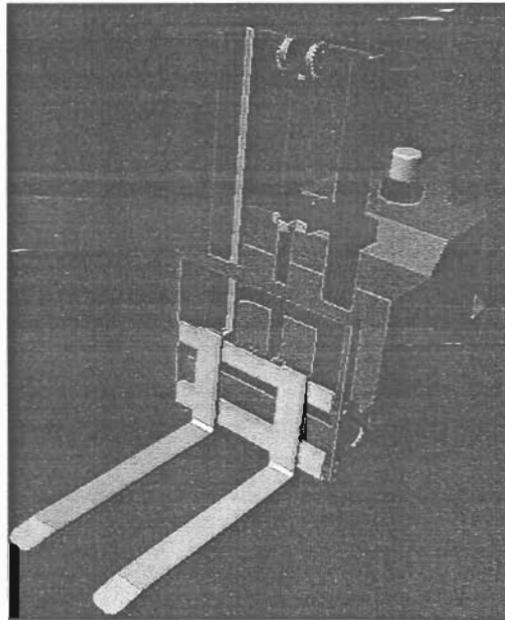
เลือกใช้เหล็ก chanel ขนาด 75x40 , N = 5.16 , maximum deflection = 0.619 มม.

4.8 คุณลักษณะของชุดโฟร์เคเอจิวี่ที่ออกแบบ

ความกว้าง 0.7 ม. ,ความยาว 2 ม. และ ความสูง 1.3 ม.

น้ำหนักของโครงสร้างลิฟท์ 100 กก.

ขนาดของชิ้นส่วนต่างๆดูได้จากแบบในภาคผนวก ก.

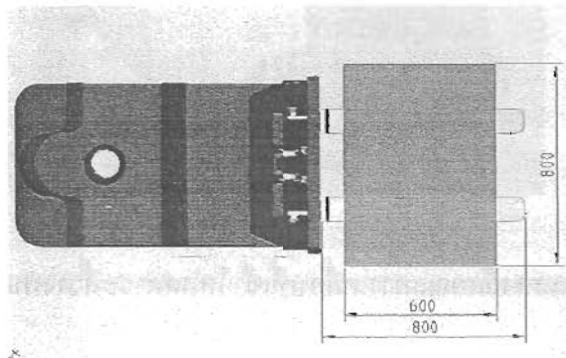


ภาพที่ 4-1 ลักษณะของเอจิวี่ประเภทโฟร์คที่ทำการออกแบบ

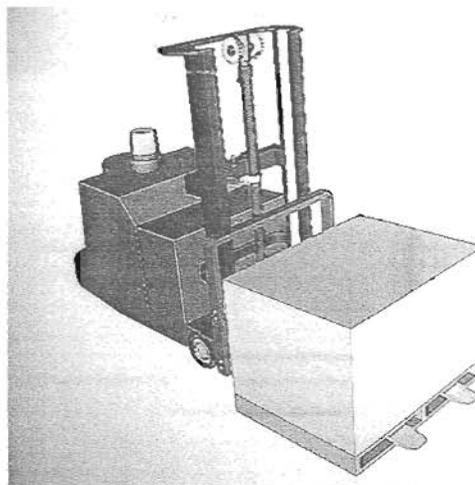
4.9 แบตเตอรี่

ใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด 12V 50Ah ซึ่งมีขนาด 229 กว x 138 ย x 226 ส มม. จำนวน 4 ใบ น้ำหนักต่อใบ 17 กก. น้ำหนักรวม 68 กก.

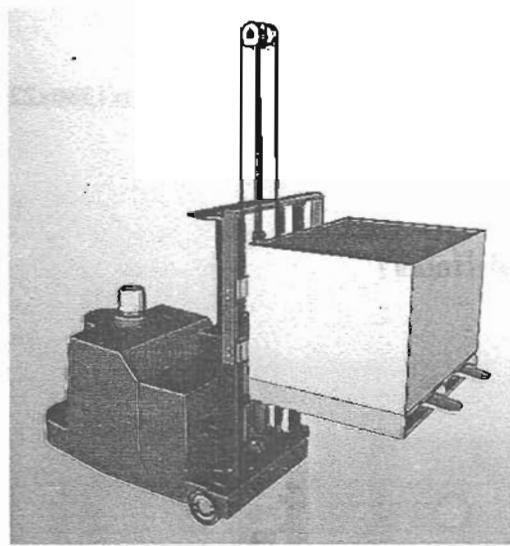
4.10 ลักษณะการทำงานของโฟรคเจีวี



ภาพที่ 4-2 แสดงภาพด้านบนของเจีวีที่ออกแบบเมื่อใช้ยกพาเลตขนาด 800x600 มม.

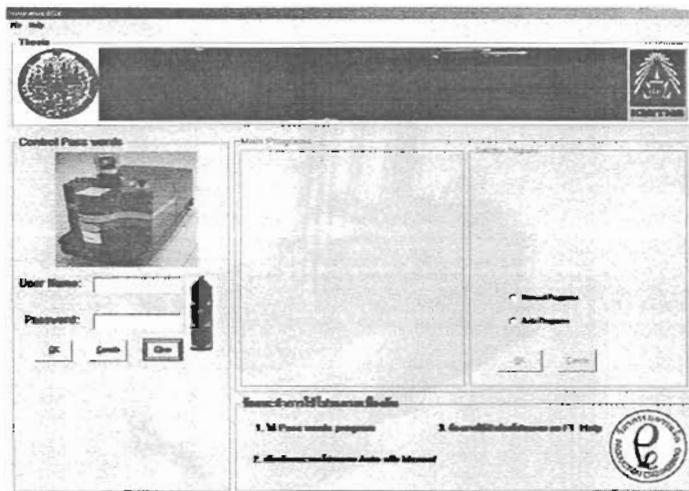


ภาพที่ 4-3 แสดงการลักษณะการเคลื่อนที่เข้าโหลดภาระที่วางบนพื้น



ภาพที่ 4-4 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่เข้าโหลดการะที่วางบนชั้นจัดเก็บ

4.11 ตัวอย่างของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม



ภาพที่ 4-5 แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมเอชวี

4.12 การประเมินราคामลิตชุดลิฟท์สำหรับเอจิวี

ในการตัดแปลงเพิ่มเติมระบบลิฟท์สำหรับเอจิวีในงานวิจัยครั้งนี้มี งบประมาณในการแก้ไข ประมาณ48,700บาทซึ่งรายละเอียดค่าใช้จ่ายแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงค่าใช้จ่ายในการตัดแปลงเอจิวีให้เป็นแบบไฟร์คเอจิวีขนาดน้ำหนักยก200กก.

รายการอุปกรณ์	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	ราคารวม(บาท)
1. โครงสร้างระบบลิฟท์	1 ชุด	6,000	8,000
2. ครอบอกไฮดรอลิกส์	1 ครอบอก	6,000	6,000
3. ไฮดรอลิกทาวเวอร์แพค	1ชุด	12,000	25,000
4. โซลินอยด์วาล์ว5/3	1ตัว	2,000	2,000
4. สายไฮดรอลิกส์และข้อต่อ	1 ชุด	1,500	1,500
5. แบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 12 V	4 ลูก	1,300	5,200
6. อุปกรณ์เดินสายไฟ	1ชุด	1,000	1,000
รวมราคาประเมิน			48,700

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 คุณลักษณะของไฟร์คเอจิวี่ที่ออกแบบ

ขนาดและรูปร่างของเอจิวี่	0.7 ม. ,ความยาว 2 ม. และ ความสูง 1.3 ม.
น้ำหนักยก	200 กก.
ความสูงในการยก	800 มม.
ระบบลิฟท์เป็นแบบ	ไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า
ความเร็วของการยกของลิฟท์	0.15-0.3 ม/วินาที
น้ำหนักรวมแบตเตอรี่	518 กก.
ใช้แบตเตอรี่ขนาดแรงดัน	12 V ขนาด 50 Ah จำนวน 4 ใบ
ค่าความปลอดภัยของโครงสร้าง	2 เท่าขึ้นไป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการออกแบบไฟร์คเอจิวี่ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถของเอจิวี่แบบลาก-พ่วงเดิมให้ มีความสามารถในการยกน้ำหนักได้200กิโลกรัม ที่ระดับความสูงมากที่สุด 0.8 เมตรได้โดยใช้ระบบลิฟท์ประเภทไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า ระยะโหลตเซนเตอร์(Lc)ของตัวเอจิวี่อยู่ที่ระยะ 0.4 เมตรและเนื่องจากต้องการให้เอจิวี่มีน้ำหนักเบาที่สุดเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่ที่ใช้ จึงใช้ค่าความปลอดภัยที่2เท่าเป็นพื้นฐานในการคำนวณ และพิจารณาร่วมกับระยะการยึดตัวของวัสดุเมื่อรับภาระ200กก. โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการทดสอบ แต่ในบางชิ้นส่วนเช่น เสาคระโคง และรางสไลด์งา จะใช้ค่าความปลอดภัยสูงกว่า2เท่าเนื่องจากมีระยะการโก่งตัวสูงเกินไป ซึ่งไฟร์คเอจิวี่ขนาด200กิโลกรัมมีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 5-1และ5-2 ตามลำดับ ซึ่งต้องมีการแก้ไขตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าบางตัวจากตำแหน่งเดิมเช่น พีแอลซีและพาวเวอร์ซัพพลายไปไว้ในช่องว่างทางด้านหลังของตัวเอจิวี่เนื่องจากตำแหน่งกลางใช้วางแบตเตอรี่ขนาด12V จำนวน 4 ใบ และชุดไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพคได้พอดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 อาจใช้วิธีการเสริมความหนาของเหล็ก ในจุดที่มีความเค้นสูงเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและที่น้ำหนักของชิ้นส่วนไม่เพิ่มขึ้นมากนัก และการลดค่าการโก่งตัวอาจใช้เหล็กที่มีค่าโมเมนต์ความเฉื่อยสูงแต่น้ำหนักเบามาทำการเสริมเหล็กจำพวกนี้ได้แก่เหล็กจำพวกเหล็กหน้าตัด โปร่งต่างๆเช่น square tube, rectangular tube, H-beam ,I-beam เป็นต้น

5.2.2 ระบบลิฟท์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ระบบลิฟท์แบบไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า ซึ่งน้ำมันไฮดรอลิกส์อาจเกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมอาจทดลองเปลี่ยนระบบมาเป็นระบบลิฟท์แบบบอลสกรู หรือระบบอื่นๆถ้าจำเป็นถึงปัจจัยนี้เป็นหลัก

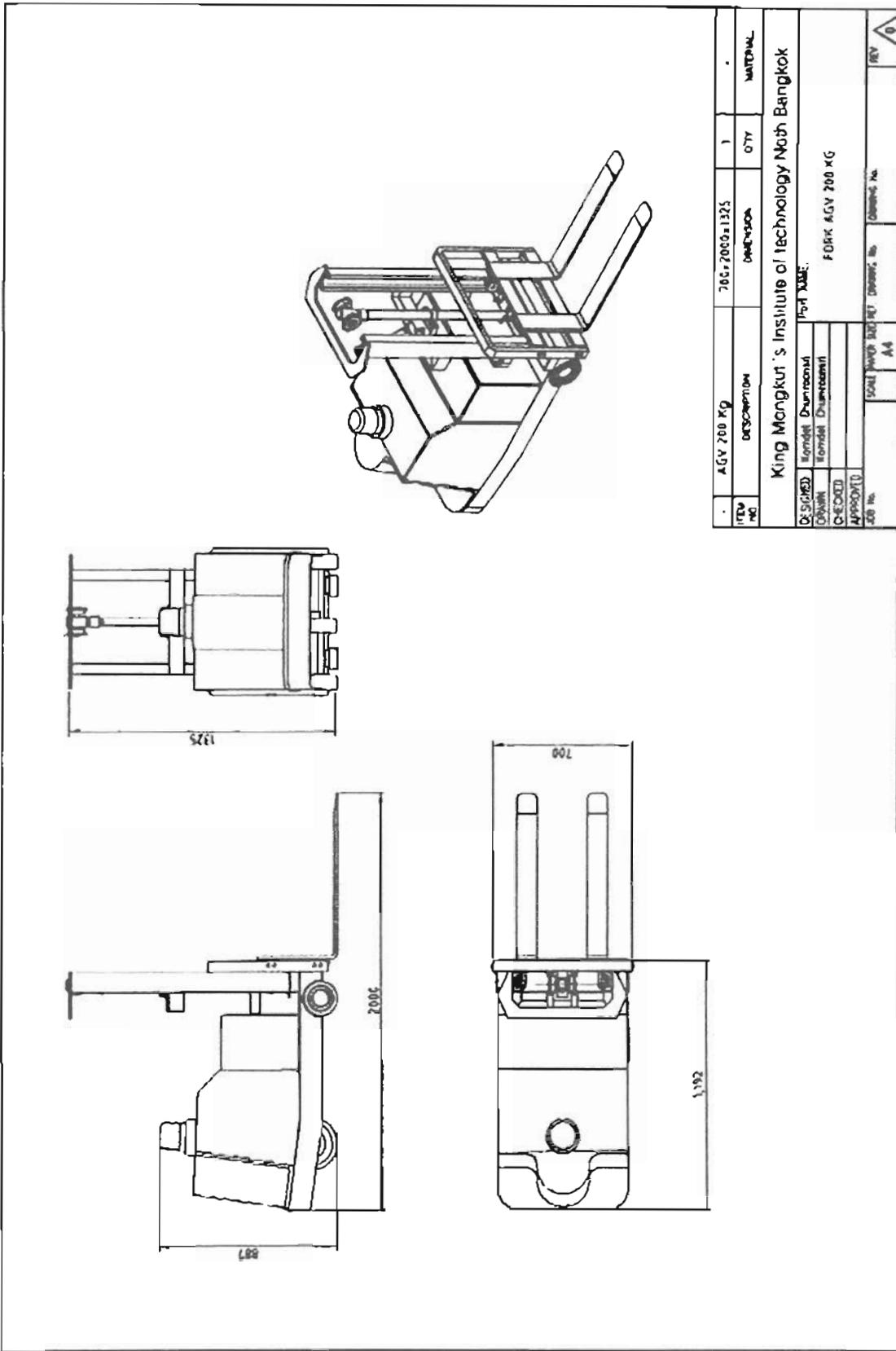
5.2.3 ระบบลิฟท์ที่ใช้กระบอกระบบไฮดรอลิกส์สองกระบอกระบบยกภาระจะให้ค่าความสมดุลมากกว่าระบบลิฟท์แบบกระบอกระบบเดียว

เอกสารอ้างอิง

1. นายพงศ์เทพ ดวงมาศ , การพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอชวี . วทMPE,2549.
2. นายสันติ ธนศานนท์ และนายอานนท์ วรินทร์อุดมสุข , การออกแบบและสร้างรถยกไฮดรอลิกส์. ปทMHT, 2543.
3. ศุภชัย กระจุกทรัพย์ทวี การออกแบบเครื่องมือคำนวณและลอจิสติกส์(หน่วยรวม)เล่ม1 พิมพ์ครั้งที่ 14. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท, 2548.
4. ณรงค์ ดันชีวะวงศ์ ไฮดรอลิกส์อุตสาหกรรม พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2545.
5. ภาณุพงษ์ ปัตติสิงห์ คู่มือการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop 2004 บริษัท สคาร์คอม จำกัด,2546.
6. Myles Christensen AGV Components October 25, 2000.
7. ชนะ กสิการ์ ความแข็งแรงของวัสดุ พิมพ์ครั้งที่9 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2522.
8. www.Frog Navigation .Com AGV PRINCIPLE\General Technology Description AGV-systems.htm.
9. Zhenyu Cheng Automatic Guided Vehicle Systems October 25, 2004.
10. ศุภชัย กระจุกทรัพย์ทวี และสถาพร วิจารณ์ Solid Works/COSMOSWorks ขั้นพื้นฐาน บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน) 2549.
11. Georgios Kaloutsakis Design and Development of an Automated Guided Vehicle. The Johns Hopkins University Department of Mechanical Engineering.
12. Jeremy Bridgeds and David Heming Feasibility Study of Replacing an Industrial Hydraulic Lift System with an Eletro-Mechanical Lift System Critical Design Review Sep 21,2000.

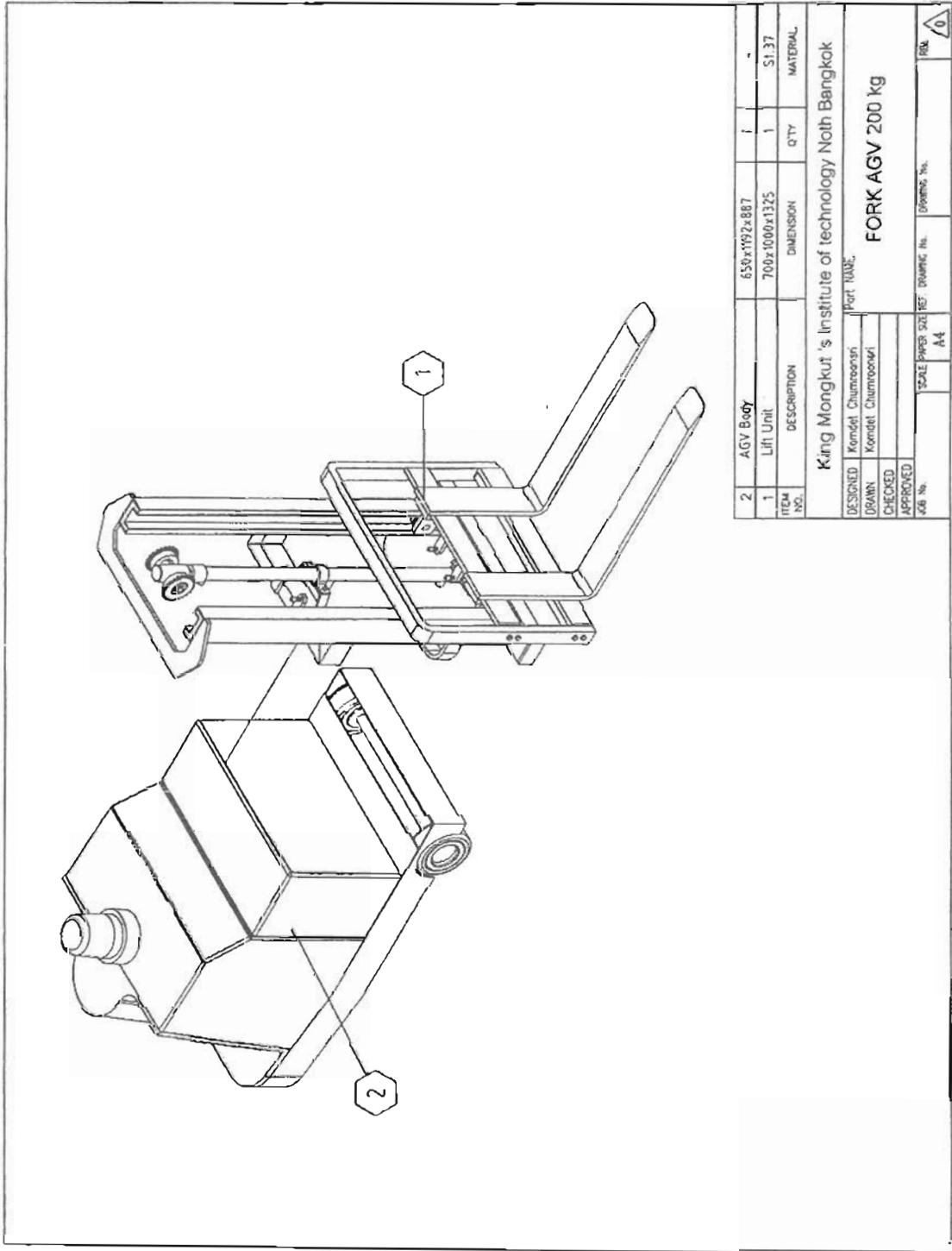
ภาคผนวก ก

แบบมาตรฐาน



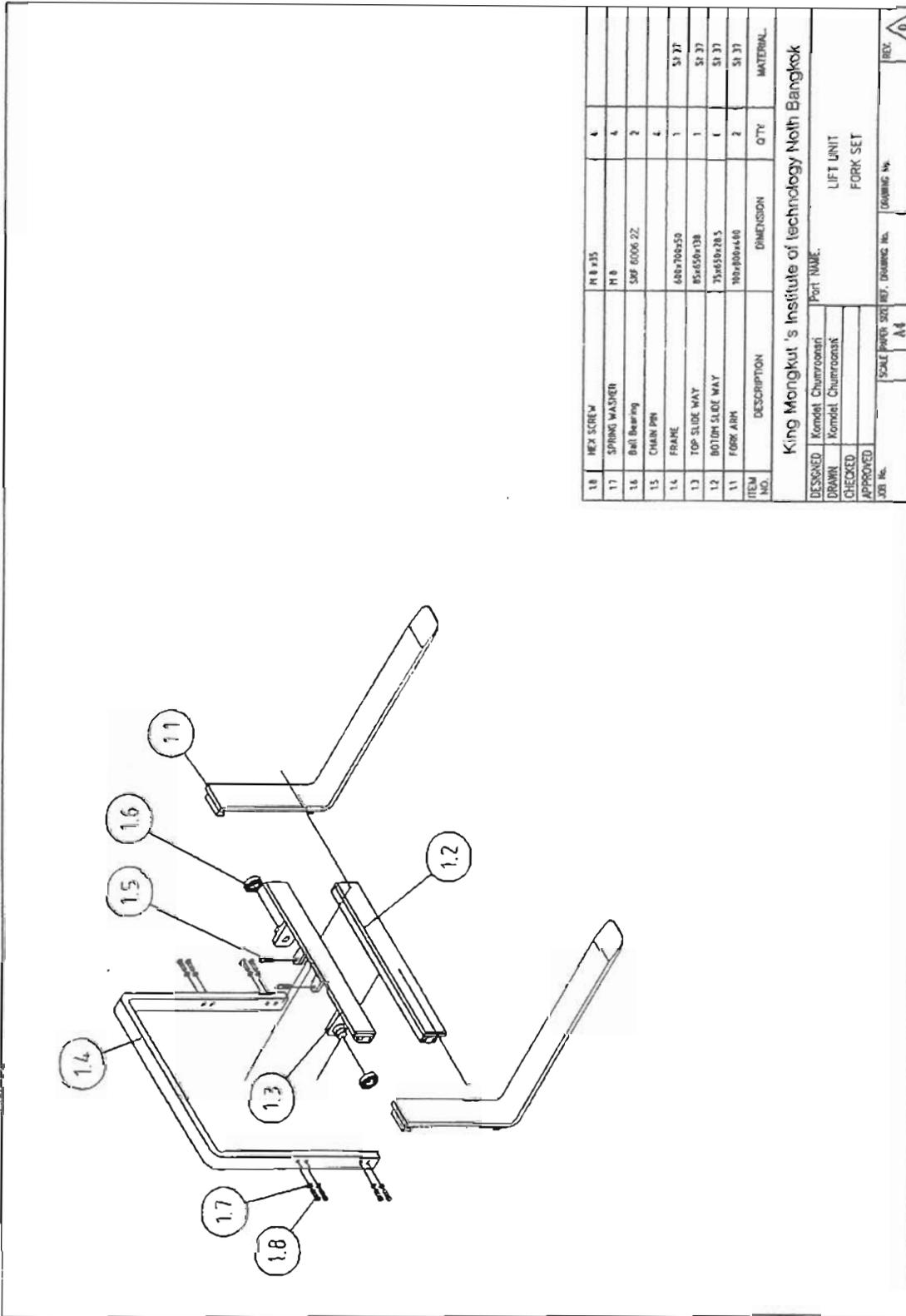
ITEM NO.	AGV 200 KG	700-2000-1325	1	UNIT
DESCRIPTION	DIMENSION QTY MATERIAL			
King Mongkut's Institute of Technology Nakh Bangkok				
DESIGNED	Byonitai Duangsomai	FOR USE		
DRAWN	Byonitai Duangsomai	FORK AGV 200 KG		
CHECKED				
APPROVED				
JOB No.	SCALE	WORK SHEET	DATE	DESIGNER No.
	AA			
				REV
				A

ภาพที่ ก-1 ขนาดมิติของโฟรคเคต

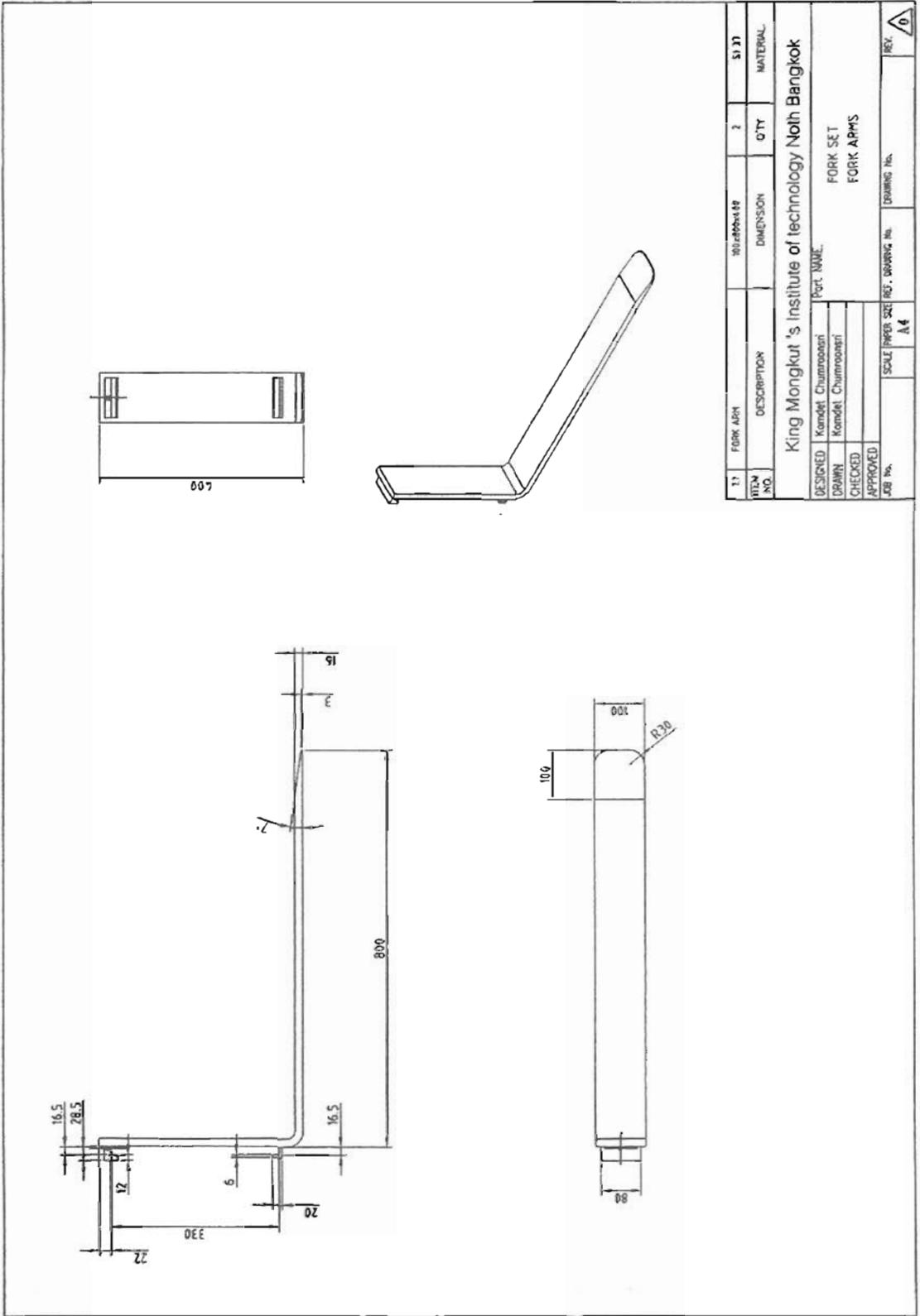


2	AGV Body	650x192x887	1	
1	Lift Unit	700x1000x1325	1	S1.37
ITEM NO.	DESCRIPTION	DIMENSION	QTY	MATERIAL
King Mongkut 's Institute of technology Nonth Bangkok				
DESIGNED	Komdit Chumsoosin			
DRAWN	Komdit Chumsoosin			
CHECKED				
APPROVED				
ASB No.				
SCALE		PAPER SIZE	REF. DRAWING No.	Drawing No.
		A4		
				REV. 0

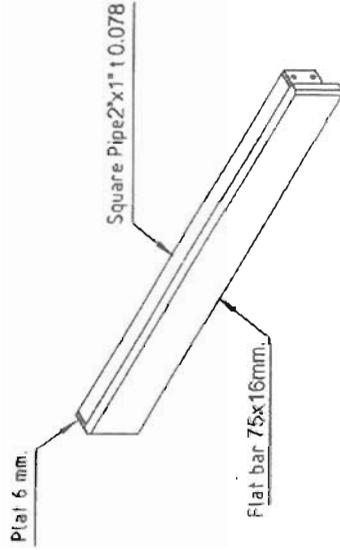
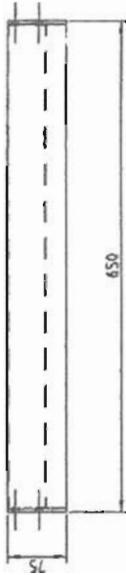
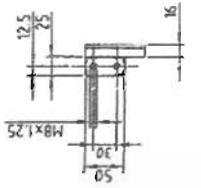
ภาพที่ ก-2 โครงสร้างหลักของ โฟรคเอชวี



ภาพที่ ก-3 ภาพแยกชิ้นชุดลิฟต์



ภาพที่ ก-4 ขนาดของส้อมยก

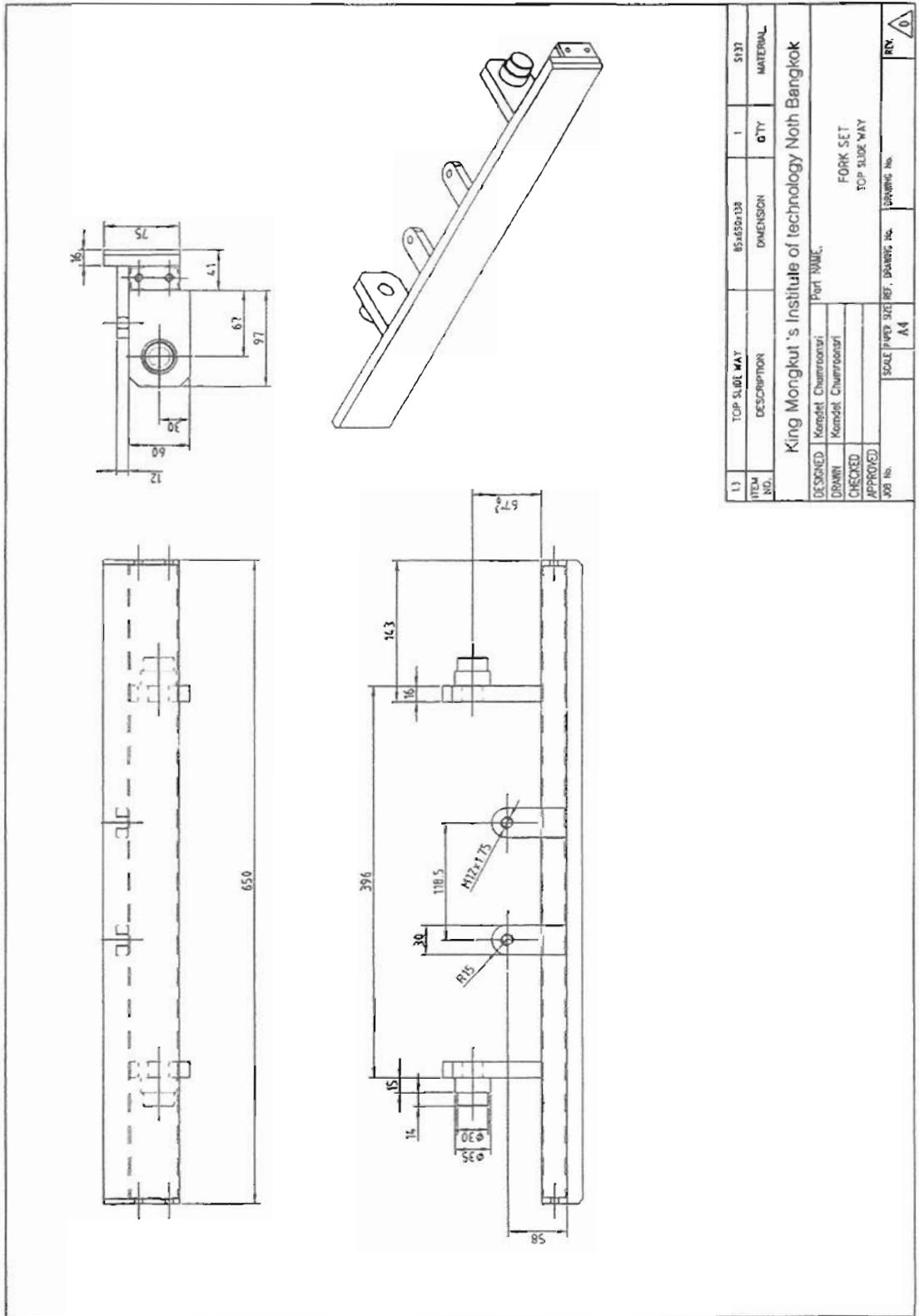


ITEM NO.	DESCRIPTION	DIMENSION	Q'TY	MATERIAL
12	BOTTOM SLIDE WAY	25x50x28.5	1	S137

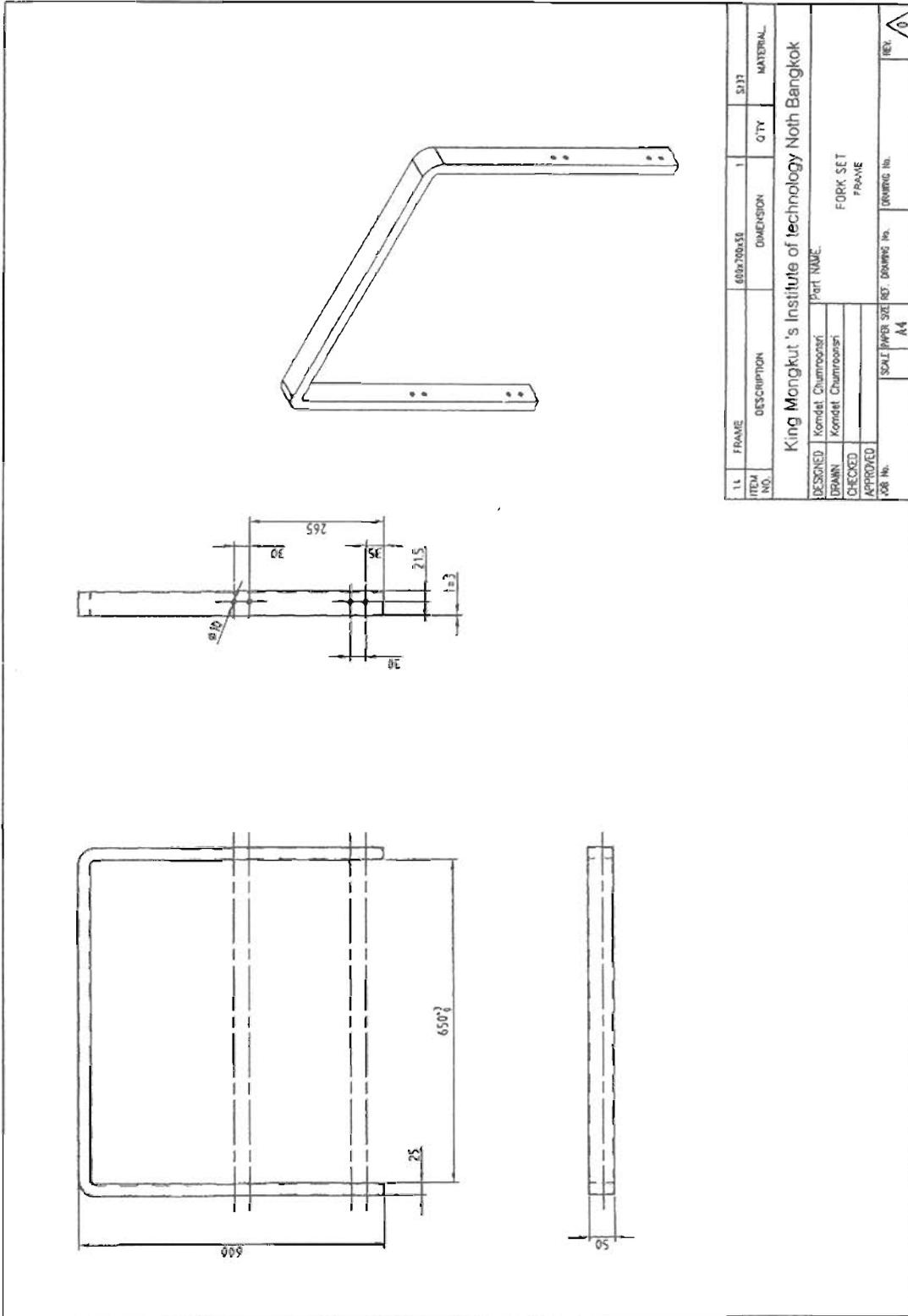
DESIGNED		Kornjet Chamroonart		Part NAME
DRAWN		Kornjet Chamroonart		FORK SET
CHECKED				BOTTOM SLIDE WAY
APPROVED				
JOB No.		SCALE	PAPER SIZE	NO. DRAWING No.
		A4		DRAWING No.
				REV. 0

King Mongkut 's Institute of technology Noth Bangkok

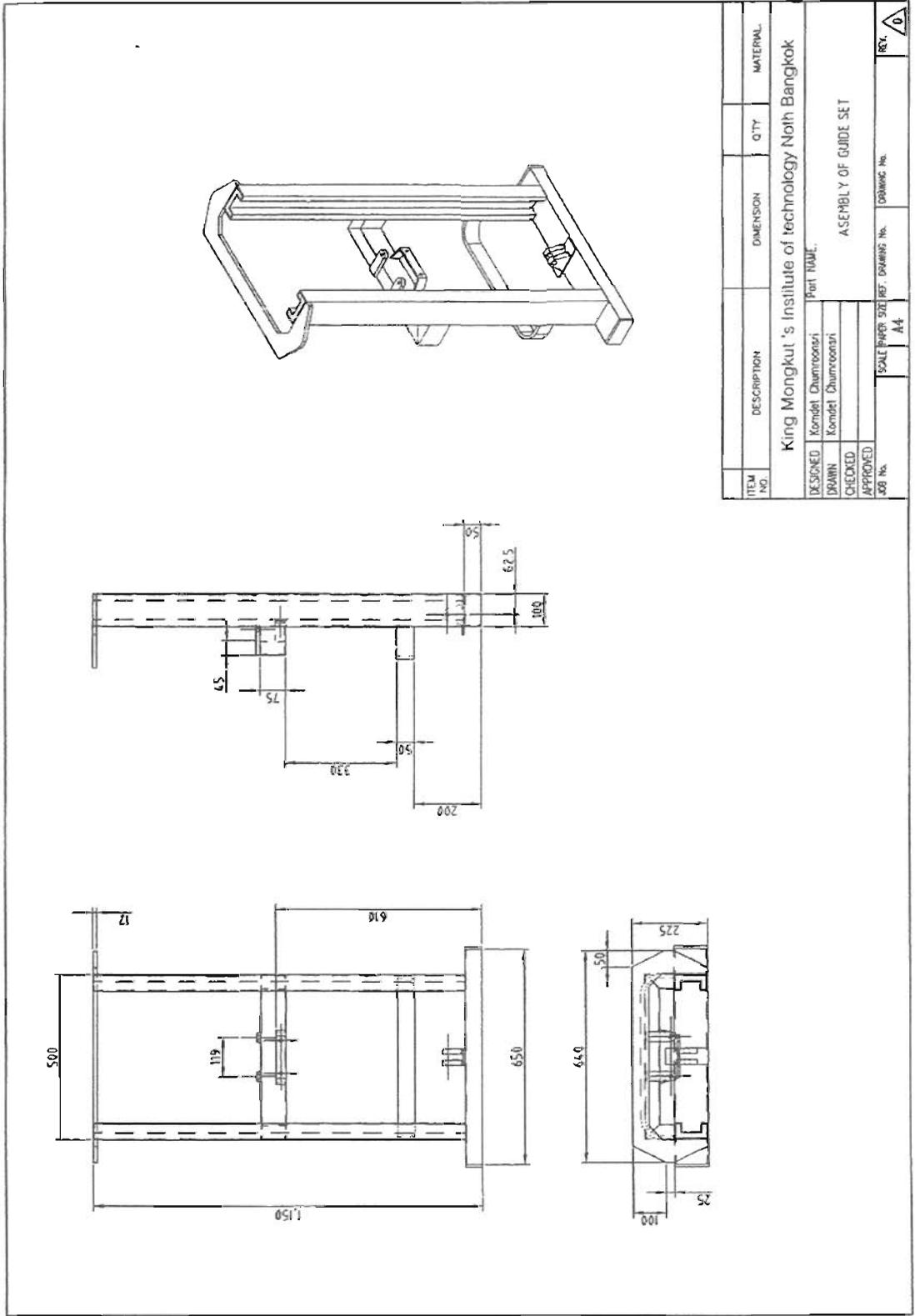
ภาพที่ ๑-5 รางคานของ Bottom Slide Way



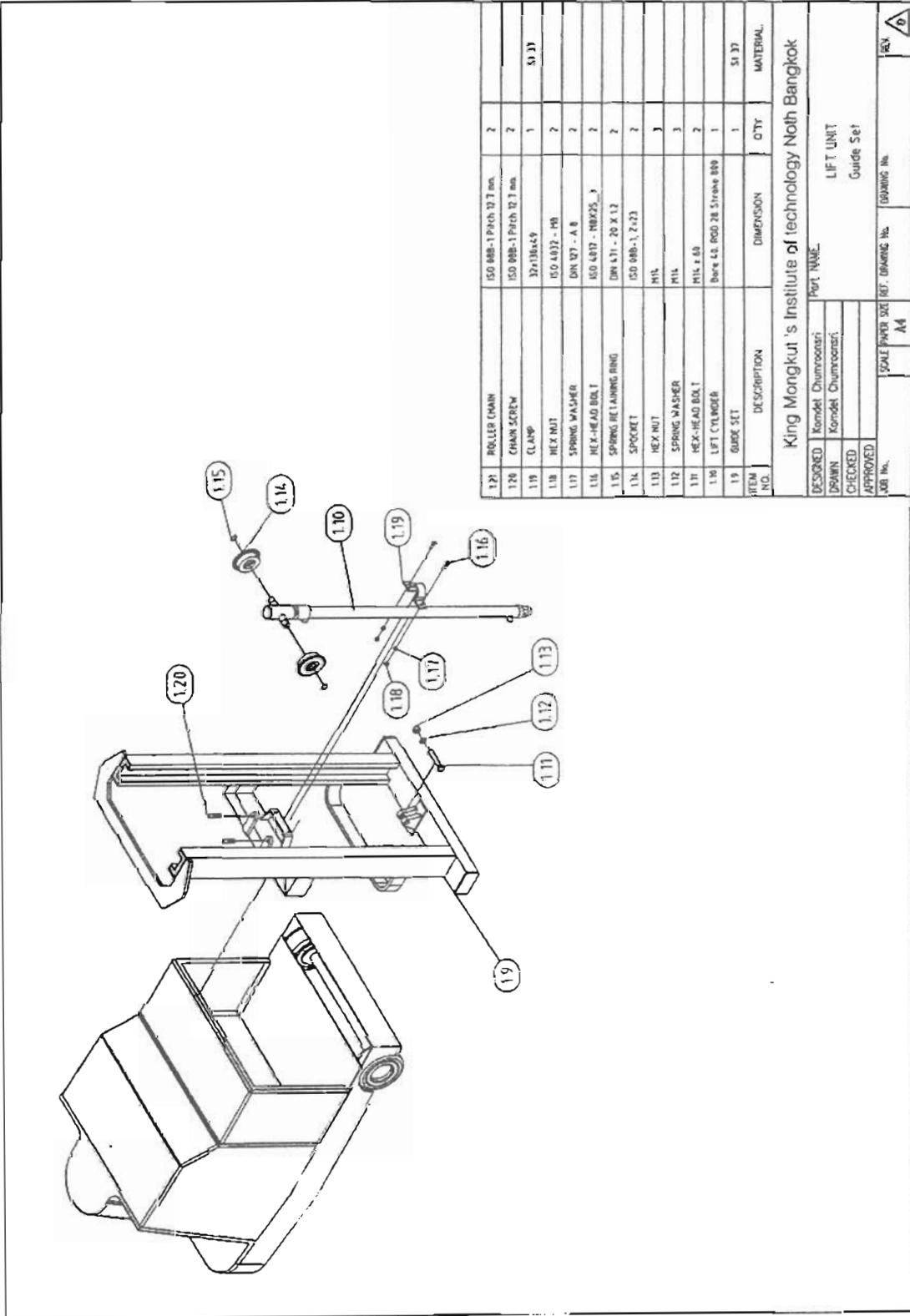
ภาพที่ 0-6 ขนาดของ Top Slide Way



ภาพที่ ก-7 ขนาคของ Frame



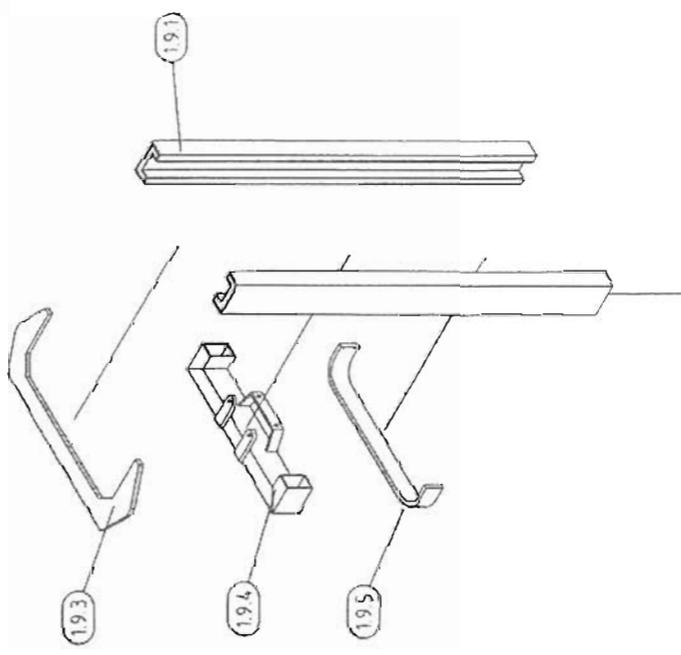
ภาพที่ ก-8 ภาพประกอบชุด Guide



King Mongkut's Institute of Technology Noth Bangkok

DESIGNED	Komdet Chumroonsri	Part NAME	LIFT UNIT
DRAWN	Komdet Chumroonsri		Guide Set
CHECKED			
APPROVED			
JOB No.		SCALE PAPER SIZE	REV
		A4	6
		DRAWING No.	

ภาพที่ ก-9 ภาพแยกชิ้นของชุด Guide



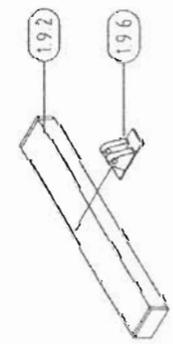
194	CYLINDER JOINT	102.5x125x9	2	SI 37
195	BOT. TOP STIFFENER	100x500x50	1	SI 37
194	MIDDLE STIFFENER	88x500x25	1	SI 37
193	TOP STIFFENER	225x640x12	1	SI 37
192	BASE	668 x100x50	1	SI 37
191	COLUMN	100x50x100	2	SI 37
ITEM NO.	DESCRIPTION	DIMENSION	QTY	MATERIAL

King Mongkut's Institute of Technology Noth Bangkok

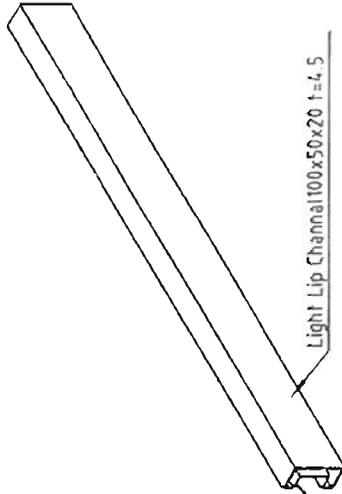
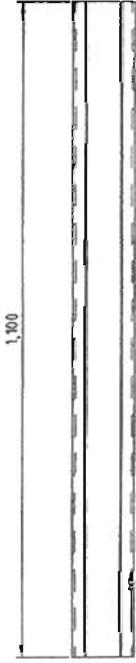
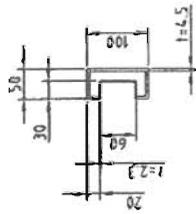
Part NAME

DESIGNED Kamol Chumroonsri
 DRAWN Kamol Chumroonsri
 CHECKED
 APPROVED

SCALE: PAPER SIZE: A4
 REF. DRAWING No. []
 DRAWING No. []
 REV. []



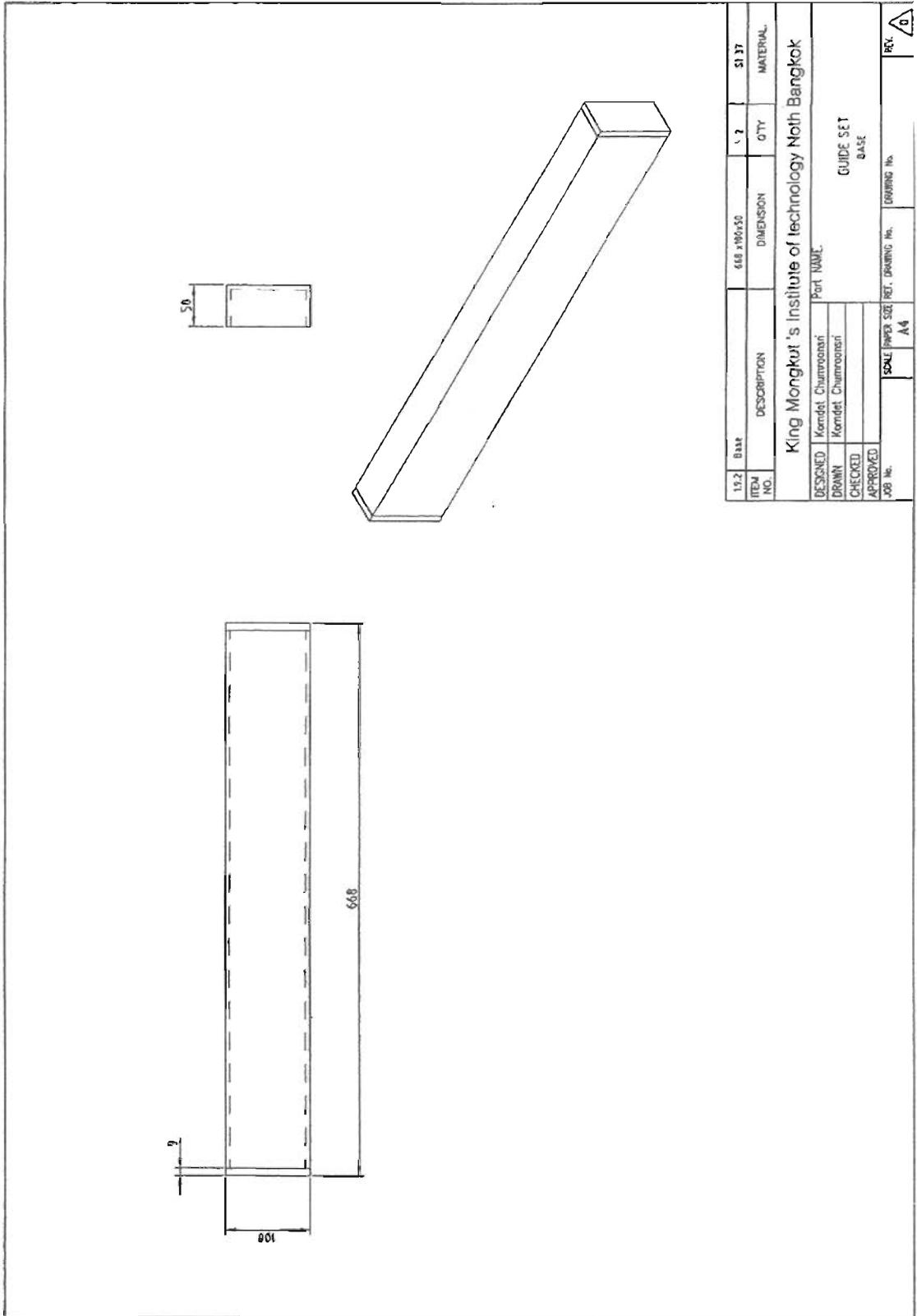
ภาพที่ ก-10 ภาพแยกชิ้นของ โครงสร้าง Guide



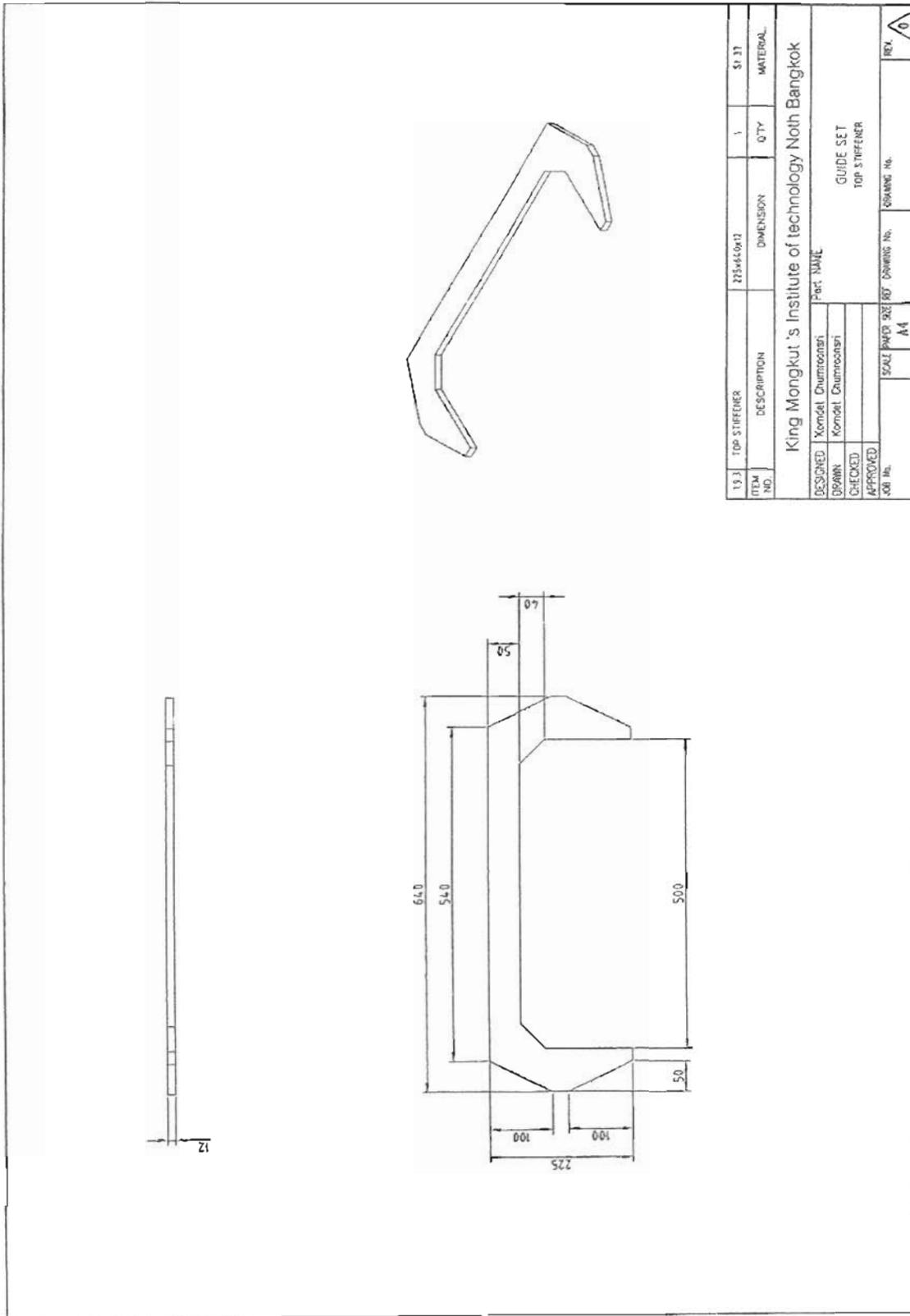
Light Channal 100x50x30 1=2.3

ITEM NO.	COLUMN	DESCRIPTION	DIMENSION	QTY	SI 3T	MATERIAL
			100x50x100	2		
King Mongkut 's Institute of Technology Noth Bangkok						
DESIGNED	Part NAME					
DRAWN	GUIDE SET COLUMN					
CHECKED						
APPROVED						
REV No.	SCALE	PAPER SIZE	REF. DRAWING No.	DRAWING No.	REV.	
	A4				/0	

ภาพที่ ก-11 ขนาดของ Column

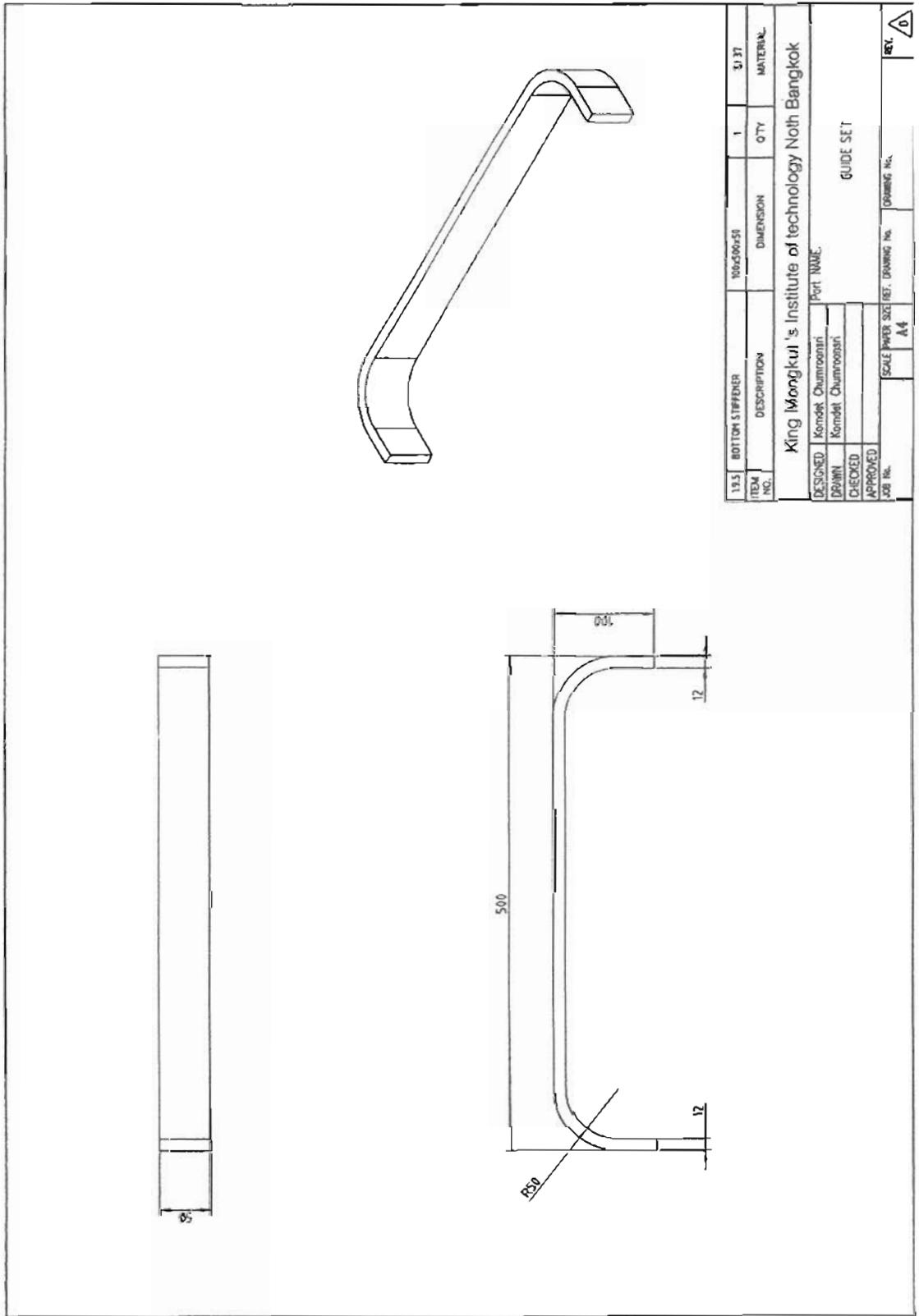


ภาพที่ ก-12 ขนาดของ Base

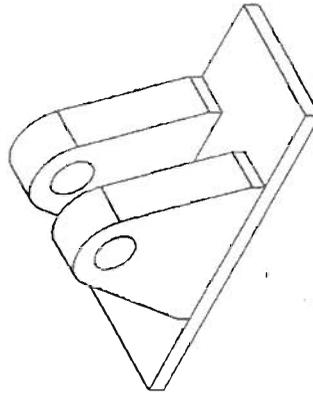
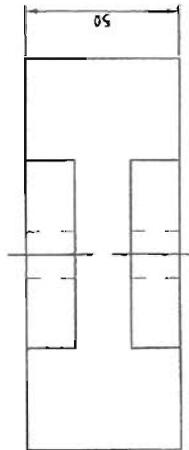
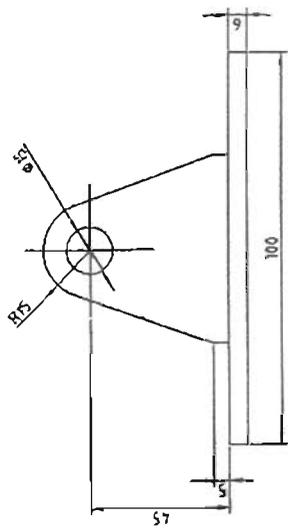
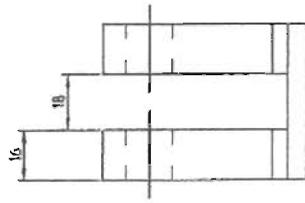


19.3	TOP STIFFENER	275x44x0x12	1	SI 37
ITEM NO.	DESCRIPTION	DIMENSION	QTY	MATERIAL
King Mongkut's Institute of Technology Noth Bangkok				
DESIGNED	Kornel Chumtongson	Part NAME		
DRAWN	Kornel Chumtongson	GUIDE SET		
CHECKED		TOP STIFFENER		
APPROVED				
JOB No.		SCALE	PAPER SIZE	DRAWING No.
		A4		
				REV
				0

ภาพที่ ก-13 ขนาดของ Top Stiffener

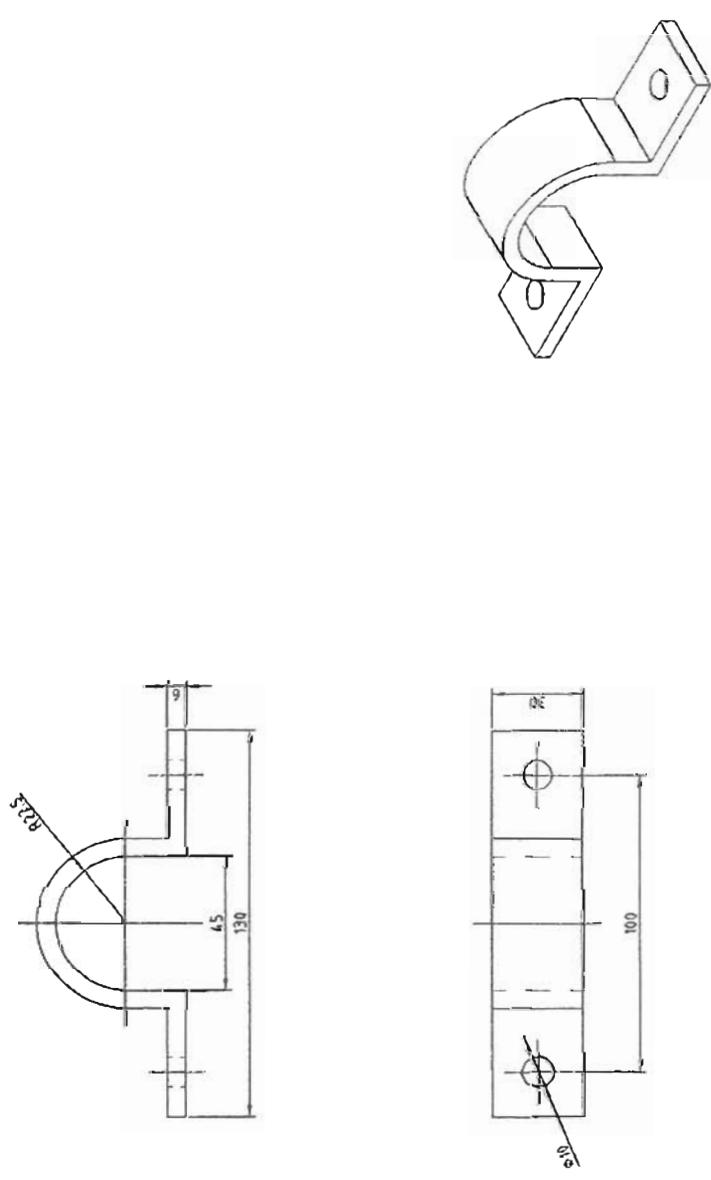


ภาพที่ ก-14 ขนาดของ Bottom Stiffener



154	LIFT CYLINDER JOINT	50*125*45	1	SI 97
ITEM NO.	DESCRIPTION	DIMENSION	QTY	MATERIAL
King Mongkut 's Institute of Technology Noth Bangkok				
DESIGNED	Kornrat Chumroonsri	Part NAME		
DRAWN	Kornrat Chumroonsri	GUIDE SET		
CHECKED		LEFT CYLINDER JOINT		
APPROVED				
JOB No.		SCALE	PAPER SIZE	REV.
		A4		0

ภาพที่ ก-15 ขนาดของ Lift Cylinder Joint



The technical drawing includes three views of a clamp:

- Top View:** Shows a semi-circular shape with a diameter of 130 mm. The thickness of the main body is 45 mm. A small rectangular tab at the top has a width of 9 mm. A fillet radius of R22.5 is indicated at the top edge.
- Front View:** Shows a rectangular profile with a total height of 100 mm. It features two circular holes, one near the top and one near the bottom, with a diameter of 20 mm.
- Perspective View:** Shows the 3D form of the clamp, which is a semi-circular arch with a flat base and a top flange containing a hole.

ITEM NO.	CLAMP	37x130x45	3	ST. 30
	DESCRIPTION	DIMENSION	QTY	MATERIAL
King Mongkut 's Institute of technology Noth Bangkok				
DESIGNED	Komdet Chumroonart			
DRAWN	Komdet Chumroonart			
CHECKED				
APPROVED				
JOB No.	SCALE	PAPER SIZE	DRG. No.	DRAWING No.
		A4		
GUIDE SET CLAMP				REV
				0

ภาพที่ ก-16 ขนาคบขง Clamp

ภาคผนวก ข

ขนาดเหล็กมาตรฐาน

ตารางที่ ข-1 แสดงขนาดมาตรฐานของเหล็ก Flat bars

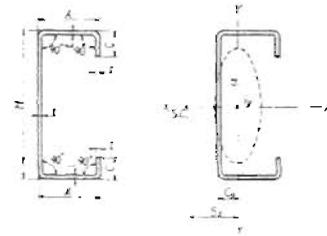
FLAT BARS

Metric Size



Standard Sectional Dimension		Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Standard Sectional Dimension		Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Standard Sectional Dimension		Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Standard Sectional Dimension		Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m
Thickness mm	Width mm														
4.5	25	1.125	0.88	9	180	16.20	12.7	15	300	48.00	37.7	25	180	45.00	35.3
4.5	32	1.440	1.13	9	200	18.00	14.1	19	36	7.22	5.67	25	200	50.00	39.2
4.5	38	1.710	1.34	9	230	20.70	16.2	19	44	8.360	6.56	25	230	57.50	45.1
4.5	44	1.980	1.55	9	250	22.50	17.7	19	50	9.500	7.46	25	250	62.50	49.1
4.5	50	2.250	1.77	12	25	3.000	2.36	19	65	12.35	9.69	25	280	70.00	55.0
6	25	1.500	1.18	12	32	3.810	3.01	19	75	14.25	11.2	25	300	75.00	58.9
6	32	1.920	1.51	12	38	4.560	3.58	19	90	17.10	13.4	28	100	28.00	22.0
6	38	2.280	1.79	12	44	5.280	4.14	19	100	19.00	14.9	28	125	35.00	27.5
6	44	2.640	2.07	12	50	6.000	4.71	19	125	23.75	18.6	28	150	42.00	33.0
6	50	3.000	2.36	12	65	7.800	6.12	19	150	28.50	22.4	28	180	50.40	39.6
6	65	3.900	3.06	12	75	9.000	7.06	19	180	34.20	26.8	28	200	56.00	44.0
6	75	4.500	3.53	12	80	10.80	8.48	19	200	38.00	29.8	28	230	64.40	50.6
6	90	5.400	4.24	12	100	12.00	9.42	19	230	43.70	34.3	28	250	70.00	55.0
6	100	6.000	4.71	12	125	15.00	11.8	19	250	47.50	37.3	28	280	78.40	61.5
6	125	7.500	5.89	12	150	18.00	14.1	19	280	53.20	41.6	28	300	84.00	65.9
8	25	2.000	1.57	12	180	21.60	17.0	19	300	57.00	44.7	32	100	32.00	25.1
8	32	2.560	2.01	12	200	24.00	18.8	22	50	11.00	8.64	32	125	40.00	31.4
8	38	3.040	2.39	12	230	27.60	21.7	22	65	14.30	11.2	32	150	48.00	37.7
8	44	3.520	2.76	12	250	30.00	23.6	22	75	16.50	13.0	32	180	57.60	45.2
8	50	4.000	3.14	12	280	33.60	26.4	22	90	19.80	15.5	32	200	64.00	50.2
8	65	5.200	4.08	12	300	36.00	28.3	22	100	22.00	17.3	32	230	73.60	57.8
8	75	6.000	4.71	16	32	5.120	4.02	22	125	27.50	21.6	32	250	80.00	62.8
8	90	7.200	5.65	16	38	6.080	4.77	22	150	33.00	25.9	32	280	89.60	70.3
8	100	8.000	6.28	16	44	7.040	5.53	22	180	39.60	31.1	32	300	96.00	75.4
8	125	10.00	7.85	16	50	8.000	6.28	22	200	44.00	34.5	36	100	36.00	28.3
9	25	2.250	1.77	16	65	10.40	8.16	22	230	50.80	39.7	36	125	45.00	35.3
9	32	2.280	2.28	16	75	12.00	9.42	22	250	55.00	43.2	36	150	54.00	42.4
9	38	3.420	2.68	16	90	14.40	11.3	22	280	61.60	48.4	36	180	64.80	50.9
9	44	3.960	3.11	16	100	16.00	12.6	22	300	66.00	51.8	36	200	72.00	56.5
9	50	4.500	3.53	16	125	20.00	15.7	25	50	12.50	9.81	36	230	82.80	65.0
9	65	5.850	4.59	16	150	24.00	18.8	25	65	16.25	12.8	36	250	90.00	70.6
9	75	6.750	5.30	16	180	28.80	22.6	25	75	18.75	14.7	36	280	100.8	79.1
9	90	8.100	6.36	16	200	32.00	25.1	25	90	22.50	17.7	36	300	108.0	84.8
9	100	9.000	7.06	16	230	36.80	28.9	25	100	25.00	19.6				
9	125	11.25	8.83	16	250	40.00	31.4	25	125	31.25	24.5				
9	150	13.50	10.6	16	280	44.80	35.2	25	150	37.50	29.4				

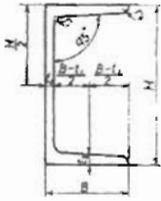
ตารางที่ ข-2 แสดงขนาดมาตรฐานของเหล็ก Light lip Channel



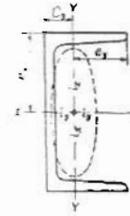
LIGHT LIP CHANNEL
JIS G3350

Dimensions mm		Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Centre of Gravity cm		Secondary Moment of Area cm ⁴		Radius of Gyration of Area cm		Modulus of Section cm ³		Centre of Shear cm	
HxWxC	t			Cx	Cy	Ix	Iy	ix	iy	Zx	Zy	Sx	Sy
250 x 75 x 25	4.5	18.92	14.9	0	2.07	1690	129	9.44	2.62	135	23.8	5.1	0
	4.5	16.67	13.1	0	2.32	990	121	7.61	2.69	99.0	23.2	5.6	0
200 x 75 x 20	4.0	14.95	11.7	0	2.32	895	110	7.74	2.72	89.5	21.3	5.7	0
	3.2	12.13	9.52	0	2.33	736	92.3	7.70	2.76	73.6	17.8	5.7	0
200 X 75 X 20	4.5	16.22	12.7	0	2.19	603	109	7.71	2.60	96.3	20.6	5.1	0
	4.0	14.55	11.4	0	2.19	871	100	7.74	2.62	87.1	18.3	5.3	0
150 X 75 X 25	3.2	11.81	9.27	0	2.19	718	84.1	7.79	2.67	71.6	15.8	5.4	0
	4.5	14.42	11.3	0	2.65	501	109	6.90	2.75	66.0	22.5	6.3	0
150 X 75 X 25	4.0	12.95	10.2	0	2.65	455	99.8	5.93	2.78	60.6	20.6	6.3	0
	3.2	10.53	8.27	0	2.66	375	83.6	5.97	2.82	50.0	17.3	6.4	0
150 X 65 X 20	4.0	11.75	9.22	0	2.11	401	63.7	5.48	2.33	59.3	14.5	5.0	0
	3.2	9.567	7.51	0	2.11	332	53.8	5.89	2.37	44.9	12.2	5.1	0
150 X 50 X 20	2.3	7.012	5.50	0	2.12	248	41.1	5.94	2.42	33.0	9.37	5.2	0
	4.5	11.72	9.20	0	1.54	368	35.7	5.69	1.75	49.0	10.5	3.7	0
150 X 50 X 20	3.2	8.607	6.76	0	1.54	280	28.3	5.71	1.81	37.4	8.19	3.8	0
	2.3	6.322	4.96	0	1.55	210	21.9	5.77	1.86	28.0	6.33	3.8	0
125 X 50 X 20	4.5	10.59	8.32	0	1.66	238	33.5	4.74	1.78	38.0	10.0	4.0	0
	4.0	9.546	7.50	0	1.68	217	33.1	4.77	1.81	34.7	9.38	4.0	0
125 X 50 X 20	3.2	7.807	6.13	0	1.68	181	26.6	4.82	1.85	29.0	8.02	4.0	0
	2.3	5.747	4.51	0	1.69	137	20.6	4.86	1.89	21.9	6.22	4.1	0
120 X 60 X 25	4.5	11.72	9.20	0	2.25	252	58.0	4.63	2.22	41.9	15.5	5.3	0
120 X 60 X 20	3.2	8.287	6.51	0	2.12	186	40.9	4.74	2.22	31.0	10.5	4.9	0
	2.3	6.092	4.78	0	2.13	140	31.3	4.79	2.27	23.3	8.10	5.1	0
120 X 40 X 20	3.2	7.007	5.50	0	1.32	144	15.3	4.53	1.48	24.0	5.71	3.4	0
100 X 50 X 20	4.5	9.469	7.43	0	1.86	139	30.9	3.82	1.81	27.7	9.82	4.3	0
	4.0	8.548	6.71	0	1.86	127	28.7	3.85	1.83	25.4	9.13	4.3	0
	3.2	7.007	5.50	0	1.86	107	24.5	3.90	1.87	21.3	7.61	4.4	0
	2.8	6.205	4.87	0	1.86	89.8	23.2	3.95	1.91	20.0	7.44	4.3	0
	2.3	5.172	4.06	0	1.86	80.7	19.0	3.95	1.92	16.1	6.06	4.4	0
	2.0	4.537	3.56	0	1.86	71.4	16.9	3.97	1.93	14.3	5.40	4.4	0
90 X 45 X 20	1.6	3.672	2.88	0	1.87	58.4	14.0	3.98	1.95	11.7	4.47	4.5	0
	3.2	6.367	5.00	0	1.72	76.9	18.3	3.48	1.69	17.1	6.57	4.1	0
	2.3	4.712	3.70	0	1.73	58.6	14.2	3.53	1.74	13.0	5.14	4.1	0
75 X 45 X 15	1.6	3.352	2.63	0	1.73	42.6	10.5	3.56	1.77	9.46	5.80	4.2	0
	2.3	4.137	3.25	0	1.72		11.8	3.00	1.69	9.90	4.24	4.0	0
	2.0	3.637	2.80	0	1.72		10.5	3.01	1.70	8.79	3.76	4.0	0
75 X 35 X 15	1.6	2.952	2.32	0	1.72		8.71	3.03	1.72	7.24	3.13	4.1	0
	2.3	3.677	2.89	0	1.29	31.0	6.58	2.91	1.34	8.28	2.96	3.1	0
70 X 40 X 25	1.6	3.032	2.38	0	1.80	22.0	8.00	2.69	1.62	6.29	3.64	4.4	0
	2.3	2.872	2.25	0	1.06	15.8	3.32	2.33	1.07	5.20	1.71	2.5	0
60 X 30 X 10	2.0	2.537	1.99	0	1.06	14.0	3.01	2.35	1.09	4.65	1.55	2.5	0
	1.6	2.072	1.60	0	1.06	11.6	2.56	2.37	1.11	3.88	1.32	2.5	0

ตารางที่ ข-3 แสดงขนาดมาตรฐานของเหล็ก channel



Geometrical moment of inertia $I = a^2$
 Radius of gyration or area $I = \sqrt{I a}$
 Modulus of section $Z = I a$
 (a : sectional area)



CHANNEL JIS G 3192

Standard sectional dimension mm					Sectional Area cm ²	Unit Weight kg/m	Reference							
H x B	t ₁	L ₂	r ₁	r ₂			Position of Center of Gravity cm		Geometrical moment of inertia cm ⁴		Radius of Gyration of Area cm		Modulus of Section cm ³	
							Cx	Cy	Ix	Iy	Ix	Iy	Zx	Zy
75 x 40	5	7	8	4	8.818	8.92	0	1.28	75.3	12.2	2.92	1.17	20.1	4.47
100 x 50	5	7.5	8	4	11.92	9.26	0	1.54	188	26.0	3.97	1.46	37.6	7.52
125 x 65	6	8	8	4	17.11	13.4	0	1.90	424	61.8	4.98	1.90	87.8	13.4
150 x 75	6.5	10	10	5	23.71	18.6	0	2.28	861	117	6.03	2.22	115	22.4
190 x 75	9	12.5	15	7.5	30.99	24.0	0	2.31	1050	147	5.96	2.19	140	28.3
190 x 75	7	10.5	11	5.5	27.20	21.4	0	2.13	1380	131	7.12	2.19	153	24.3
200 x 80	7.5	11	12	6	31.33	24.6	0	2.21	1950	168	7.88	2.32	195	29.1
200 x 90	8	13.5	14	7	38.65	30.3	0	2.74	2490	277	8.02	2.68	249	44.2
250 x 90	9	13	14	7	44.07	34.6	0	2.40	4180	294	9.74	2.58	334	44.5
250 x 90	11	14.5	17	8.5	51.17	40.2	0	2.40	4680	329	9.56	2.54	374	49.9
300 x 90	9	13	14	7	48.57	38.1	0	2.22	8440	309	11.5	2.52	429	45.7
300 x 90	10	15.5	19	9.5	55.74	43.6	0	2.34	7410	360	11.5	2.54	494	54.1
300 x 90	12	18	19	9.5	61.90	48.6	0	2.26	7870	379	11.3	2.48	525	56.4
380 x 100	10.5	16	18	9	80.20	54.5	0	2.41	14500	535	14.5	2.78	783	70.5
380 x 100	13	16.5	18	9	78.96	62.0	0	2.33	15600	565	14.1	2.67	823	73.6
380 x 100	13	20	24	12	85.71	67.3	0	2.54	17600	655	14.3	2.75	926	87.8

ตารางที่ ข-4 แสดงขนาดมาตรฐานของ plate

PLATE

Metric Size



Kilograms of Standard Sizes (JIS - 0.7293 Kg/mm, ft²)

Thickness mm.	UNIT WEIGHT Kg / ft ²	WIDTH x LENGTH, ft ²										
		AREA, ft ²										
		3x6	4x8	4x10	4x16	4x20	5x10	5x20	5x30	5x40	6x30	6x40
		18	32	40	64	80	50	100	150	200	180	240
3.2	2.334	42.0	74.7	93.4	149	187	117	233	350	467	420	560
4.5	3.282	59.1	105	131	210	263	164	328	492	656	591	788
5	3.648	65.6	117	146	233	292	182	365	547	729	656	875
6	4.376	78.8	140	175	280	350	219	438	656	875	788	1,050
7	5.105	91.9	163	204	327	408	255	510	766	1,021	919	1,225
8	5.384	105	187	233	373	467	292	583	875	1,167	1,050	1,400
9	6.564	118	210	263	420	525	328	656	985	1,313	1,182	1,575
10	7.293	131	232	292	467	583	365	729	1,094	1,459	1,313	1,750
11	8.022	144	257	321	513	642	401	802	1,203	1,604	1,414	1,925
12	8.752	158	280	350	560	700	438	875	1,313	1,750	1,575	2,100
12.7	9.262	167	296	370	593	741	463	926	1,389	1,852	1,667	2,223
13	9.481	171	303	379	607	758	474	948	1,422	1,896	1,707	2,275
14	10.21	184	327	408	653	817	510	1,021	1,532	2,042	1,838	2,450
15	10.94	197	350	438	700	875	547	1,094	1,641	2,188	1,989	2,628
16	11.67	210	373	467	747	934	584	1,167	1,750	2,334	2,101	2,801
17	12.40	223	397	496	794	992	620	1,240	1,860	2,480	2,232	2,976
18	13.13	238	420	525	840	1,050	656	1,313	1,970	2,626	2,363	3,151
19	13.86	249	444	554	887	1,109	693	1,386	2,079	2,772	2,495	3,326
20	14.59	263	467	584	934	1,167	730	1,459	2,188	2,918	2,626	3,502
21	15.32	276	490	613	980	1,226	766	1,532	2,298	3,064	2,758	3,677
22	16.04	289	513	642	1,027	1,283	802	1,604	2,406	3,208	2,887	3,850
23	16.77	302	537	671	1,073	1,342	838	1,677	2,516	3,354	3,019	4,025
24	17.50	315	560	700	1,120	1,400	875	1,750	2,625	3,500	3,150	4,200
25	18.23	328	583	729	1,167	1,458	912	1,823	2,734	3,646	3,281	4,375
26.4	18.52	333	593	741	1,185	1,482	926	1,852	2,778	3,704	3,334	4,445
26	18.96	341	607	758	1,213	1,517	948	1,896	2,844	3,792	3,413	4,550
27	19.69	354	630	788	1,260	1,575	984	1,969	2,954	3,938	3,544	4,726
28	20.42	368	653	817	1,307	1,634	1,021	2,042	3,063	4,084	3,676	4,901
29	21.15	381	677	846	1,354	1,692	1,058	2,115	3,172	4,230	3,807	5,076
30	21.88	394	700	875	1,400	1,750	1,094	2,188	3,282	4,376	3,938	5,251
32	23.34	420	747	934	1,494	1,867	1,167	2,334	3,501	4,668	4,201	5,602
34	24.80	446	794	992	1,587	1,984	1,240	2,480	3,720	4,960	4,464	5,952
36	26.25	472	840	1,050	1,680	2,100	1,312	2,625	3,938	5,250	4,725	6,300
38	27.71	499	887	1,108	1,773	2,217	1,386	2,771	4,156	5,542	4,988	6,650
40	29.17	525	933	1,167	1,867	2,334	1,458	2,917	4,376	5,834	5,251	7,001
45	32.82	591	1,050	1,313	2,100	2,626	1,641	3,282	4,923	6,564	5,908	7,877
50	36.46	656	1,167	1,458	2,333	2,917	1,823	3,646	5,469	7,292	6,563	8,750
55	40.11	722	1,284	1,604	2,567	3,209	2,006	4,011	6,016	8,022	7,220	9,626
60	43.76	788	1,400	1,750	2,801	3,501	2,188	4,376	6,564	8,752	7,877	10,502
65	47.40	853	1,517	1,896	3,034	3,792	2,370	4,740	7,110	9,480	8,532	11,378
70	51.05	919	1,634	2,042	3,267	4,084	2,552	5,104	7,658	10,210	9,189	12,252

ตารางที่ ข-5 แสดงขนาดมาตรฐานของเหล็ก Rectangular Tube

RECTANGULAR TUBE Inch size

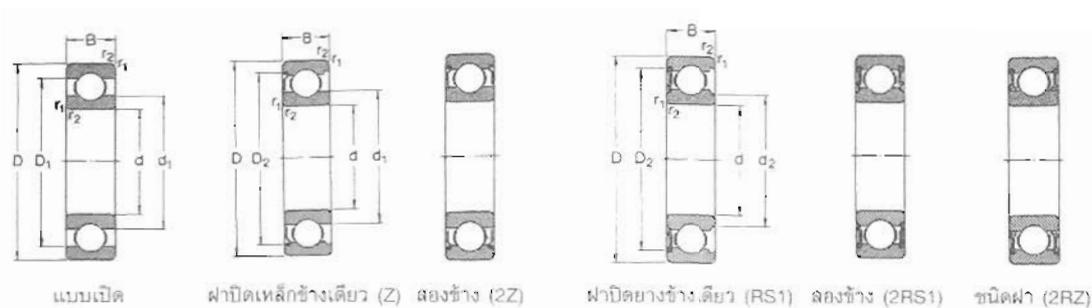


Size & Wall Thickness	Weight		Area of Metal	Moment of Inertial		Section Modulus		Radius of Gyration		
	in	lb/ft		kg/ft	in ²	ix	iy	Zx	Zy	ix
				in ⁴	in ⁴	in ³	in ³	in	in	
1/2 X 1	0.039	0.301	0.164	0.110	0.00454	0.0138	0.0181	0.0186	0.203	0.355
	0.47	0.428	0.194	0.130	0.00521	0.0161	0.0210	0.0321	0.201	0.351
	0.063	0.559	0.254	0.170	0.00642	0.0201	0.0257	0.0401	0.194	0.344
1 X 1 1/2	0.047	0.783	0.346	0.224	0.0374	0.0718	0.0748	0.0955	0.408	0.565
	0.063	1.01	0.458	0.298	0.0478	0.0905	0.0954	0.121	0.402	0.553
	0.078	1.23	0.556	0.360	0.0564	0.107	0.113	0.143	0.396	0.546
	0.095	1.46	0.663	0.431	0.0652	0.125	0.130	0.167	0.389	0.539
	0.109	1.66	0.751	0.487	0.0716	0.140	0.143	0.186	0.383	0.535
	0.120	1.80	0.817	0.530	0.0761	0.148	0.152	0.196	0.379	0.529
1 X 2	0.047	0.922	0.418	0.271	0.0462	0.142	0.0964	0.142	0.422	0.724
	0.063	1.22	0.553	0.359	0.0616	0.184	0.123	0.184	0.414	0.761
	0.072	1.38	0.627	0.407	0.0686	0.206	0.137	0.206	0.411	0.711
	0.078	1.49	0.678	0.438	0.0731	0.221	0.146	0.221	0.406	0.709
	0.085	1.74	0.811	0.526	0.0947	0.259	0.169	0.259	0.401	0.702
	0.120	2.21	1.00	0.650	0.0985	0.310	0.199	0.310	0.391	0.690
	0.128	2.34	1.06	0.686	0.104	0.325	0.207	0.325	0.388	0.678
2 X 4	0.120	3.78	1.70	1.11	0.711	1.34	0.711	0.890	0.802	1.10
	0.126	3.90	1.77	1.15	0.734	1.38	0.734	0.920	0.800	1.10
	0.180	5.40	2.45	1.59	0.952	1.81	0.952	1.20	0.775	1.07
	0.1785	5.59	2.54	1.64	0.977	1.86	0.977	1.24	0.771	1.06
	0.250	7.10	3.22	2.09	1.15	2.21	1.15	1.47	0.742	1.03
	0.3125	8.44	3.83	2.48	1.26	2.44	1.26	1.63	0.714	0.992
2 X 4	0.120	4.58	2.08	1.35	0.923	2.73	0.923	1.36	0.826	1.42
	0.125	4.78	2.16	1.40	0.954	2.82	0.954	1.41	0.826	1.42
	0.180	6.62	3.00	1.95	1.25	3.75	1.25	1.88	0.802	1.39
	0.1875	6.85	3.11	2.02	1.29	3.87	1.29	1.93	0.796	1.38
2 X 4	0.250	8.80	3.99	2.59	1.54	4.69	1.54	2.35	0.770	1.35
	0.3125	10.6	4.70	3.11	1.71	5.32	1.71	2.66	0.743	1.31

ภาคผนวก ก

ตารางตลับลูกปืนเม็ดกลม

ตารางที่ ค-1 แสดงขนาดมาตรฐานของคลັบลูกปืนเม็ดกลมแถวเดียว



รหัสสินค้า	ราคาตัวละ	ขนาด (มม.)			รหัสสินค้า	ราคาตัวละ	ขนาด (มม.)		
		d	D	B			d	D	B
60XX									
6000	130.-	10	26	8	6005-RS1	218.-	25	47	12
6000-RS1	154.-	10	26	8	6005-2RS1	253.-	25	47	12
6000-2RS1	182.-	10	26	8	6005-Z	202.-	25	47	12
6000-Z	140.-	10	26	8	6005-2Z	229.-	25	47	12
6000-2Z	157.-	10	26	8	6005 NR	274.-	25	47	12
6001	130.-	12	28	8	6005 2ZNR	284.-	25	47	12
6001-RS1	-	12	28	8	6006	222.-	30	55	13
6001-2RS1	182.-	12	28	8	6006-RS1	270.-	30	55	13
6001-Z	147.-	12	28	8	6006-2RS1	314.-	30	55	13
6001-2Z	157.-	12	28	8	6006-Z	253.-	30	55	13
6002	147.-	15	32	9	6006-2Z	281.-	30	55	13
6002-RS1	166.-	15	32	9	6006 N	310.-	30	55	13
6002-2RS1	202.-	15	32	9	6006-2ZN	789.-	30	55	13
6002-Z	160.-	15	32	9	6007	288.-	35	62	14
6002-2Z	174.-	15	32	9	6007-RS1	341.-	35	62	14
6003	150.-	17	35	10	6007-2RS1	401.-	35	62	14
6003-RS1	182.-	17	35	10	6007-Z	323.-	35	62	14
6003-2RS1	212.-	17	35	10	6007-2Z	358.-	35	62	14
6003-Z	171.-	17	35	10	6007 N	515.-	35	62	14
6003-2Z	182.-	17	35	10	6008	369.-	40	68	15
6004	164.-	20	42	12	6008-RS1	447.-	40	68	15
6004-RS1	198.-	20	42	12	6008-2RS1	515.-	40	68	15
6004-2RS1	229.-	20	42	12	6008-Z	419.-	40	68	15
6004-Z	185.-	20	42	12	6008-2Z	451.-	40	68	15
6004-2Z	198.-	20	42	12	6008 NR	644.-	40	68	15
6004-2ZNR	237.-	20	42	12	6009	494.-	45	75	16
6005	178.-	25	47	12	6009-RS1	586.-	45	75	16
					6009-2RS1	674.-	45	75	16

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

รหัสสินค้า	ราคาตัวละ	ขนาด (มม.)			รหัสสินค้า	ราคาตัวละ	ขนาด (มม.)		
		d	D	B			d	D	B
6009-Z	557.-	45	75	16	6017-RS1	2,414.-	85	130	22
6009-2Z	603.-	45	75	16	6017-2RS1	2,780.-	85	130	22
6009 NR	868.-	45	75	16	6017-Z	2,268.-	85	130	22
6010	568.-	50	80	16	6017-2Z	2,406.-	85	130	22
6010-RS1	674.-	50	80	16	6017 NR	2,420.-	85	130	22
6010-2RS1	781.-	50	80	16	6017 ZNR	-	85	130	22
6010-Z	643.-	50	80	16	6018	2,342.-	90	140	24
6010-2Z	703.-	50	80	16	6018 2RS1	3,302.-	90	140	24
6010 NR	899.-	50	80	16	6018-Z	2,694.-	90	140	24
6011	734.-	55	90	18	6018-2Z	2,858.-	90	140	24
6011-RS1	815.-	55	90	18	6018 NR	2,998.-	90	140	24
6011-2RS1	1,035.-	55	90	18	6019	2,641.-	95	145	24
6011-Z	844.-	55	90	18	6019-2RS1	3,725.-	95	145	24
6011-2Z	896.-	55	90	18	6019-Z	3,037.-	95	145	24
6011 NR	999.-	55	90	18	6019-2Z	3,223.-	95	145	24
6012	842.-	60	95	18	6020	2,989.-	100	150	24
6012-RS1	934.-	60	95	18	6020-RS1	3,316.-	100	150	24
6012-2RS1	1,186.-	60	95	18	6020-2RS1	4,215.-	100	150	24
6012-Z	968.-	60	95	18	6020-Z	3,437.-	100	150	24
6012-2Z	1,027.-	60	95	18	6020-2Z	3,647.-	100	150	24
6012 NR	1,302.-	60	95	18	6020 NR	3,156.-	100	150	24
6013	1,012.-	65	100	18	6021	4,233.-	105	160	26
6013-RS1	1,122.-	65	100	18	6021-2RS1	6,096.-	105	160	26
6013-2RS1	1,427.-	65	100	18	6021-2Z	5,282.-	105	160	26
6013-Z	1,164.-	65	100	18	6022	5,346.-	110	170	28
6013-2Z	1,235.-	65	100	18	6022-2RS1	7,822.-	110	170	28
6013 NR	1,341.-	65	100	18	6022-2RS1/C3	9,449.-	110	170	28
6014	1,185.-	70	110	20	6022-Z	5,588.-	110	170	28
6014-RS1	1,315.-	70	110	20	6022-2Z	6,773.-	110	170	28
6014-2RS1	1,670.-	70	110	20	6022 NR	5,160.-	110	170	28
6014-Z	1,363.-	70	110	20	62XX				
6014-2Z	1,446.-	70	110	20	6200	103.-	10	30	9
6014 NR	1,499.-	70	110	20	6200-RS1	129.-	10	30	9
6015	1,387.-	75	115	20	6200-2RS1	154.-	10	30	9
6015-RS1	1,539.-	75	115	20	6200-Z	116.-	10	30	9
6015-2RS1	1,956.-	75	115	20	6200-2Z	130.-	10	30	9
6015-Z	1,596.-	75	115	20	6200-2ZNR	158.-	10	30	9
6015-2Z	1,693.-	75	115	20	6201	109.-	12	32	10
6015 NR	2,025.-	75	115	20	6201-RS1	137.-	12	32	10
6016	1,641.-	80	125	22	6201-2RS1	160.-	12	32	10
6016-2RS1	2,313.-	80	125	22	6201-Z	127.-	12	32	10
6016-Z	1,888.-	80	125	22	6201-2Z	140.-	12	32	10
6016-2Z	2,002.-	80	125	22	6201 NR	302.-	12	32	10
6016 NR	2,635.-	80	125	22	6201-2ZNR	229.-	12	32	10
6017	1,972.-	85	130	22	6202	119.-	15	35	11

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

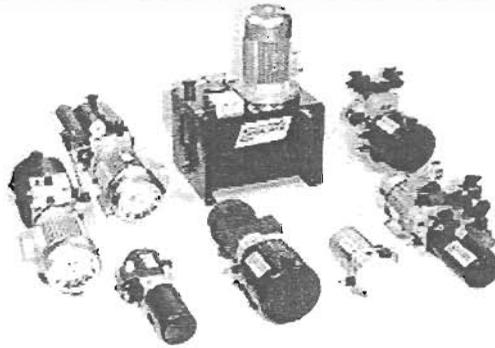
รหัสสินค้า	ราคาตัวละ	ขนาด (มม.)			รหัสสินค้า	ราคาตัวละ	ขนาด (มม.)		
		d	D	B			d	D	B
6202-RS1	154.-	15	35	11	6207-ZNR	605.-	35	72	17
6202-2RS1	182.-	15	35	11	6208	448.-	40	80	18
6202-Z	140.-	15	35	11	6208-RS1	560.-	40	80	18
6202-2Z	157.-	15	35	11	6208-RS1/C3	747.-	40	80	18
6202 NR	263.-	15	35	11	6208-2RS1	673.-	40	80	18
6202-2RS1NR	268.-	15	35	11	6208-Z	503.-	40	80	18
6202-2ZNR	195.-	15	35	11	6208-2Z	571.-	40	80	18
6203	140.-	17	40	12	6208 N	-	40	80	18
6203-RS1	179.-	17	40	12	6208 NR	747.-	40	80	18
6203-2RS1	208.-	17	40	12	6208-2RS1NR	973.-	40	80	18
6203-Z	167.-	17	40	12	6208-ZNR	1,010.-	40	80	18
6203-2Z	182.-	17	40	12	6208-2ZNR	1,041.-	40	80	18
6204	160.-	20	47	14	6209	547.-	45	85	19
6204-RS1	202.-	20	47	14	6209-RS1	681.-	45	85	19
6204-2RS1	243.-	20	47	14	6209-2RS1	807.-	45	85	19
6204-Z	185.-	20	47	14	6209-Z	624.-	45	85	19
6204-2Z	208.-	20	47	14	6209-2Z	701.-	45	85	19
6204 NR	252.-	20	47	14	6209 NR	851.-	45	85	19
6204-2RS1NR	281.-	20	47	14	6209-2RS1NR	2,078.-	45	85	19
6204-2ZNR	268.-	20	47	14	6209-ZNR	868.-	45	85	19
6205	188.-	25	52	15	6210	618.-	50	90	20
6205-RS1	234.-	25	52	15	6210-RS1	766.-	50	90	20
6205-2RS1	281.-	25	52	15	6210-2RS1	913.-	50	90	20
6205-Z	218.-	25	52	15	6210-Z	711.-	50	90	20
6205-2Z	243.-	25	52	15	6210-2Z	803.-	50	90	20
6205 NR	289.-	25	52	15	6210 NR	894.-	50	90	20
6205-2RS1NR	331.-	25	52	15	6210 N	-	50	90	20
6205-ZNR	342.-	25	52	15	6210-ZNR	920.-	50	90	20
6205-2ZNR	305.-	25	52	15	6210-2ZNR	978.-	50	90	20
6206	243.-	30	62	16	6211	824.-	55	100	21
6206-RS1	304.-	30	62	16	6211-RS1	974.-	55	100	21
6206-2RS1	362.-	30	62	16	6211-2RS1	1,204.-	55	100	21
6206-Z	281.-	30	62	16	6211-Z	989.-	55	100	21
6206-2Z	314.-	30	62	16	6211-2Z	995.-	55	100	21
6206 NR	384.-	30	62	16	6211 N	1,262.-	55	100	21
6206-2RS1NR	463.-	30	62	16	6211 NR	1,183.-	55	100	21
6206-ZNR	358.-	30	62	16	6211-2RS1NR	1,425.-	55	100	21
6206-2ZNR	463.-	30	62	16	6211-ZNR	1,262.-	55	100	21
6207	324.-	35	72	17	6212	954.-	60	110	22
6207-RS1	403.-	35	72	17	6212-RS1	1,128.-	60	110	22
6207-2RS1	482.-	35	72	17	6212-2RS1	1,394.-	60	110	22
6207-Z	377.-	35	72	17	6212-Z	1,145.-	60	110	22
6207-2Z	417.-	35	72	17	6212-2Z	1,151.-	60	110	22
6207 N	684.-	35	72	17	6212 NR	1,483.-	60	110	22
6207 NR	421.-	35	72	17	6212-2RS1NR	9,810.-	60	110	22
6207-2RS1NR/C3	479.-	35	72	17	6212-ZNR	1,525.-	60	110	22

ภาคผนวก ง

ชุดไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพคเกจมอเตอร์กระแสตรง

HYDRA PRODUCTS

MCR Hydraulic Power Pack with a DC Motor



Description

The MCR Hydraulic Power Pack offers the flexibility to perform numerous hydraulic functions within a compact design. With 0.3 to 3kW 12V and 24VDC Motors the gear pump can produce pressures up to 310bar. Two types of central manifold house numerous pressure and flow control valves with manifolds for directional control valves.

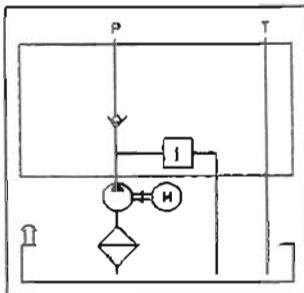
Available Types

DC Motor	12V DC 300W, 800W, 1.6kW, 2.1kW, 3kW Fan-cooled options	24V DC 300W, 800W, 2.0kW 2.2kW, 3kW Fan-cooled options
	Group 0 with displacements of 0.16; 0.24; 0.45; 0.56; 0.75; 0.98; 1.27; 1.48; 2.28 cc/rev Group 1 with displacements of 0.85; 1.0; 1.2; 1.7; 2.2; 2.6; 3.2; 3.7; 4.3; 4.7; 6.0; 7.8; 7.9; 9.8 cc/rev	
Gear Pump	Thermo-Plastic W H L	Steel
	5L 130x140x295 10L 130x140x635 Aluminium (vertical) W H D 6L 280x206x200 10L 340x250x247 16L 369x275x290 25L 490x317x340	1.5L ? 123 x 150 2.5L ? 123 x 235 5L ? 174 x 295 8L ? 174 x 419 10L ? 224 x 262 12L ? 224 x 380
Reservoir Volumes (Litres)		
Controls	Integral Control Options are shown overleaf Directional control manifolds are available	

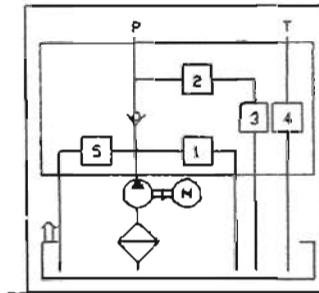
Technical data

Max Flow	30 LPM
Max Continuous Pressure	250 bar
Max Peak Pressure	310 bar
Ambient Temperature	-15 to +50°C
Oil Temperature	-15 to +70°C
IP Rating	IP54 (others on request)
Supply voltage	12 and 24VDC others on request
Recommended Oil	Hydraulic Mineral Oil ISO 6743/4 DIN 51519 Viscosity ISO3448
Permissible contamination	17/14 ISO 4406 class
Central Manifold Connection	Pressure (1) = 1/4" BSP Return (2) = 1/2" BSP

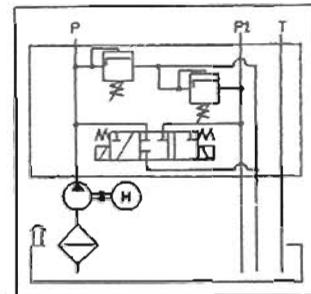
**Double Acting
Central Manifold Type 'DA'**



**Single Acting
Central Manifold Type 'SA'**



**Reversible System
Central Manifold Type 'RE'**



Printed in the UK

© Copyright 2003

ภาพที่ ง-1 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของไฮดรอลิกส์พาวเวอร์แพค

Integral Control Options and Circuit locations (see Manifold Type 'SA', 'DA' and 'RE' overleaf)

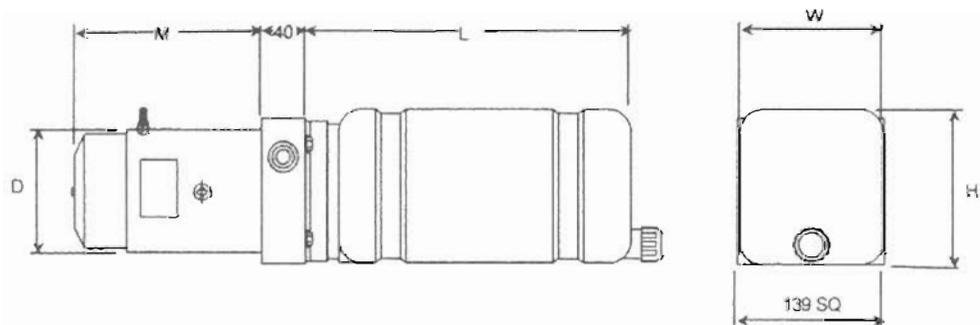
Relief valve (5-100)-(10-210)-(20-350)	Cavity No	Control Valves	Cavity No
Direct Acting Socket Adjust (VMP20)	1,2,5	Solenoid N.C Lowering valve	1,2,5
Direct Acting Knob Adjust (VMP20)	1,2,5	Solenoid N.C Lowering Valve with emergency	1,2,5
Direct Acting Sealed (VMP20)	1,2,5	Solenoid N.C Double seat Lowering Valve	1,2,5
		Manual Lowering with micro switch	1,2,5
		Manual Lowering without micro switch	1,2,5
		Manual device with switch and safety lever	1,2,5
		Check valve	1,2,5
		1/4" Gauge/Pressure Port (P)	1,2,5
		Return Plug (R)	4
		1/4" Return Port (T)	1,2,5
		Externally adjusted flow control valve P and T	1,2,5
		Non-Compensated adjustable flow control	1,2,5
		Manual emergency Lowering valve	1,2,5
		Single acting hand pump 2cc	2
		Single acting hand pump 1cc	2
		Direct Acting Relief	1,2,5
Pressure Compensated Flow Control Insert			
Rating 2, 2.5, 4, 5, 6.5, 7.5, 9.5, 12, 16, 20 lpm	3		
Cetop03 Manifolds			
C3 Adaptor 1 Valve (C03B1)			
C3 Adaptor Multi stack (C03D)			
Distance block 30mm (C03DIS30)			
Distance block 50mm (C03DIS50)			
POC Valve on A (C03NRA)			
POC Valve on B (C03NRB)			
POC Valve on A&B (C03NRD)			
Relief Valve A -B (C03NRVA)			
Relief Valve B-A (C03NRVB)			
Relief Valve A -B & B-A (C03NRVD)			

For further manifold mounted directional control options refer to the manufacturer.

Performance Graphs

See TI-100-01 for DC Motor Graphs

Dimensions (Typical) in millimetres



Motor Power	Motor Length (M)	Motor Diameter (D)
300/800W	151	80
1.5kW/2KW	173	112
2.1Kw	202	112
2.4kW/3.0kW	237	125

Dimensions W, H and L see Available Types overleaf.

Full installation drawings are available upon request.

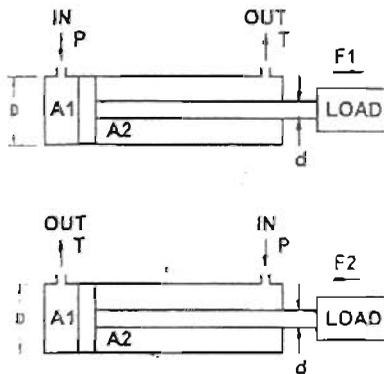
ภาพที่ ง-2 แสดงขนาดมิติของไฮดรอลิกส์ฟาวเวอร์แพค

ภาคผนวก จ

ขนาดกระบอกไฮดรอลิกส์มาตรฐาน

CYLINDER BORE SELECTIONS

HYDRAULIC CYLINDER BORES SHOULD BE SELECTED ACCORDING TO THE CYLINDER FORCE REQUIRED FOR A PARTICULAR APPLICATION



- F1 = PUSH FORCE (kgf)
= P x A1
- F2 = PULL FORCE (kgf)
= P x A2
- A1 = PUSH AREA (cm²)
= 0.7854 D²
- A2 = PULL AREA (cm²)
= 0.7854 (D² - d²)
- D = CYLINDER BORE (mm)
- d = PISTON ROD DIAMETER (mm)
- P = MAXIMUM PRESSURE (bar)
= 210 bar

BORE (CM)	ROD (CM)	A1 (CM ²)	A2 (CM ²)	PUSH FORCE (T) F1			PULL FORCE (T) F2		
				100 BAR	150 BAR	210 BAR	100 BAR	150 BAR	210 BAR
4.00	2.80	12.57	6.41	1.26	1.88	2.64	0.64	0.96	1.35
5.00	2.80	19.64	13.48	1.96	2.95	4.12	1.35	2.02	2.83
6.30	2.80	31.17	25.01	3.12	4.68	6.55	2.10	3.15	4.41
	3.60	31.17	20.99	3.12	4.68	6.55	2.10	3.15	4.41
8.00	3.60	50.27	40.09	5.03	7.54	10.56	4.01	6.01	8.42
	5.00	50.27	30.64	5.03	7.54	10.56	3.06	4.60	6.43
10.00	5.00	78.54	58.91	7.85	11.78	16.49	5.89	8.84	12.37
	7.00	78.54	40.06	7.85	11.78	16.49	4.01	6.01	8.41
12.50	5.00	122.72	103.08	12.27	18.41	25.77	10.31	15.46	21.65
	7.00	122.72	84.27	12.27	18.41	25.77	8.42	12.64	17.69
16.00	7.00	201.06	162.58	20.11	30.16	42.22	16.26	24.39	34.14
	9.00	201.06	137.44	20.11	30.16	42.22	13.74	20.62	28.86
20.00	9.00	314.16	250.54	31.42	47.12	65.97	25.05	37.58	52.61
	12.50	314.16	191.44	31.42	47.12	65.97	19.14	28.72	40.20
25.00	12.50	490.88	368.16	49.09	73.63	103.08	36.82	55.22	77.31
	16.00	490.88	289.82	49.09	73.63	103.08	28.98	43.47	60.86

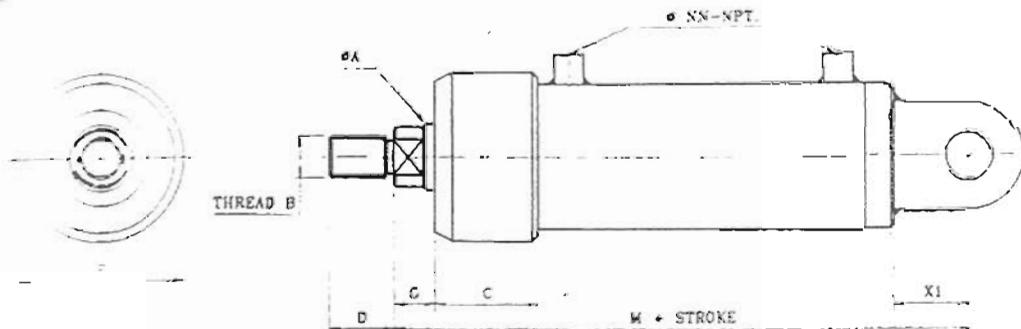
ภาพที่ ง-1 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของกระบอกไฮดรอลิกส์

EASTECH[®]

SIGN OF POWER

BASIC ROUND TYPE CYLINDER DIMENSIONS

(BORE SIZE 40 MM TO 100 MM)



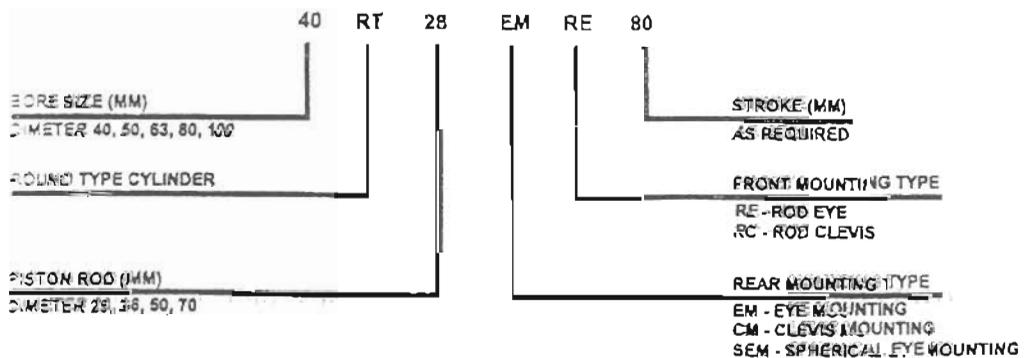
REMARKS

- 1. FOR STROKE > 1,000 MM - 1,500 MM ADD 100 MM TO LENGTH M
- 2. FOR STROKE > 1,500 MM - 2,000 MM ADD 150 MM TO LENGTH M
- 3. CONSULT FACTORY FOR STROKE > 2,000 MM
- 4. STROKE < 500 MM ± 2.0 MM, STROKE > 500 MM ± 3.0 MM

DIMENSION TABLE FOR ROUND TYPE CYLINDER

ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

BORE DIA	PISTON ROD A	PISTON ROD THREAD B	C ± 1.0	D ± 1.0	F ± 1.0	G ± 1.0	M		X1 MIN	PORT SIZE NN.NPT	
							STROKE	0 - 500 ± 2.0 & 500 UP ± 3.0			
40	28	M20 x 1.5	46	28	57	15	163 +	STROKE	0 - 500 ± 2.0 & 500 UP ± 3.0	25	3/8" NPT.
50	28	M20 x 1.5	46	28	67	15	178 +			30	3/8" NPT.
60	28	M24 x 2.0	46	28	87	16	207 +			40	1/2" NPT.
	34					18	209 +			50	1/2" NPT.
80	36	M30 x 2.0	52	36	111	18	231 +				
	50					25	237 +				
100	50	M42 x 2.0	60	50	134	25	268 +			60	3/4" NPT.
	70					32	275 +				



ภาพที่ ๑-2 แสดงขนาดมิติของกระบอกไฮดรอลิกส์

CHECK FOR BUCKLING

LIST OF VARIABLES

- E = Modulus of elasticity = 210,000N/mm²
- F = Axial concentric load applied on the piston rod (N)
- F_c = Axial critical load applied on the piston rod (N)
- I = Minimum moment of inertia of the rod cross section (mm²)
- P = Nominal pressure = 210 bar = 21 Mpa
- D = Cylinder bore (mm)
- d = Piston Rod Diameter (mm)
- L_e = Effective length (mm)
- L = Buckling length (mm)

CALCULATION FOR L_e

Consider the Euler theory concerning buckling analysis. For the piston rod loaded with centrally applied forces the critical buckling load is given by:

$$F_c = \pi^2 \frac{EI}{L_e^2} \quad (1)$$

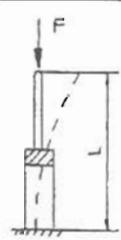
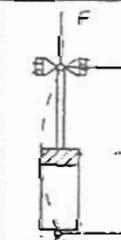
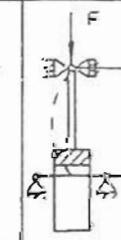
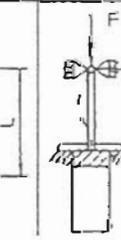
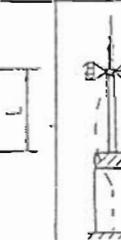
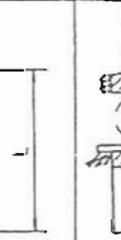
From the equation (1) we can write:

$$L_e = \frac{0.785}{n} \frac{d^2 \sqrt{E}}{P} \quad (2)$$

According to applications a factor of safety n (dimensionless) must be taken from 1.5 to 2.5

CALCULATION FOR L

In order to find out the buckling length L for the different types of mounting the effective length determined by the equation (2) has to be multiplied by a correction factor according to clamping type (see the table). The design length must results less than or equals to L.

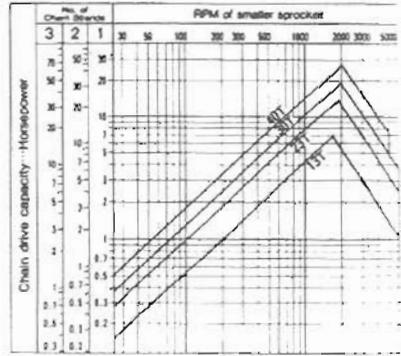
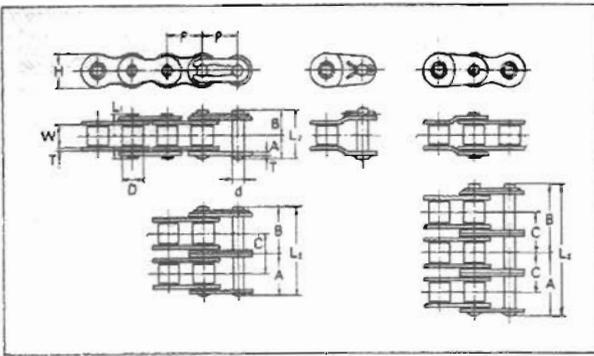
Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
					
L = 0.5 L _e	L = L _e	L = L _e	L = 1.4 L _e	L = 1.4 L _e	L = 2.0 L _e

ภาพที่ ๑-3 แสดงวิธีการตรวจสอบความยาวประสิทธิผลกระบอกไฮดรอลิกส์

ภาคผนวก ง

ขนาดไซ้และเฟืองไซ้มาตรฐานANSI

KCM40 ANSI STANDARD ROLLER CHAIN



Dimensions, Strengths and Weights

Dimensions in millimeters

KCM Chain No.	Pitch		Roller		Riv. End to Center Line A	Conn. End to Center Line B	Over-All		Link Plate		Pin Diameter d	Distance Between Centers of Rollers C	Bearing Area Square Millimeters	Average Ultimate Strength, Lbf.	Average Weight per foot, Lbs.
	P inch	P mm	Width W inch	Diameter D mm			Riveted L1	A+B L2	Thickness T	Height H					
40-1	12.70	318	7.95	199	8.02	9.53	16.05	17.55	1.5	11.7	3.97	14.4	43	4,320	0.41
40-2	12.70	318	7.95	199	15.22	16.73	30.45	31.95	1.5	11.7	3.97	14.4	87	8,640	0.80
40-3	12.70	318	7.95	199	22.42	23.93	44.85	46.35	1.5	11.7	3.97	14.4	130	12,960	1.20
40-4	12.70	318	7.95	199	29.62	31.13	59.25	60.75	1.5	11.7	3.97	14.4	174	17,280	1.60
40-5	12.70	318	7.95	199	36.82	38.33	73.65	75.15	1.5	11.7	3.97	14.4	217	21,600	1.99

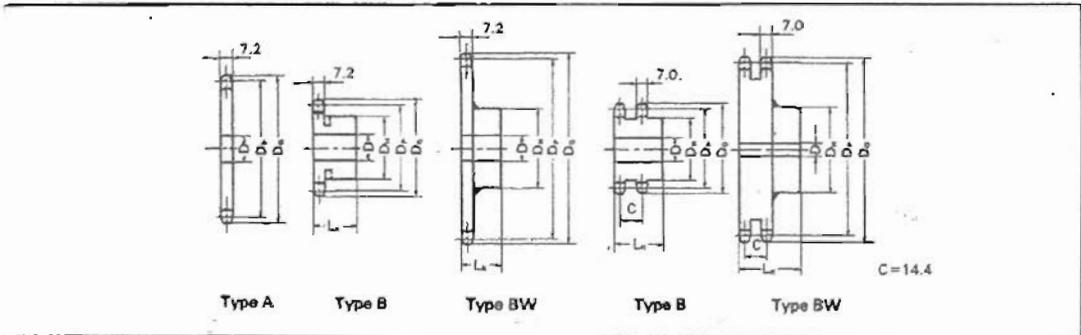
Horsepower Ratings — Single Strand Roller Chain

No. of Teeth Small Spk.	Revolutions Per Minute — Small Sprocket																											
	10	25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2400	2700	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000			
9	0.04	0.10	0.15	0.35	0.65	0.93	1.21	1.48	2.00	2.51	2.75	3.25	3.73	4.12	3.45	2.74	2.24	1.88	1.60	1.27	1.04	0.75	0.57	0.45	0.37			
10	0.05	0.11	0.21	0.39	0.73	1.04	1.35	1.65	2.24	2.81	3.09	3.64	4.18	4.71	4.04	3.21	2.63	2.20	1.88	1.49	1.22	0.87	0.66	0.53	0.43			
11	0.05	0.12	0.23	0.43	0.80	1.16	1.50	1.83	2.48	3.11	3.42	4.03	4.63	5.22	4.66	3.70	3.03	2.54	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50			
12	0.06	0.14	0.25	0.47	0.88	1.27	1.65	2.01	2.73	3.42	3.76	4.43	5.09	5.74	5.31	4.22	3.45	2.89	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57			
13	0.06	0.15	0.28	0.52	0.96	1.39	1.80	2.20	2.97	3.73	4.10	4.83	5.55	6.26	5.99	4.76	3.99	3.26	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.64			
14	0.07	0.16	0.30	0.56	1.04	1.50	1.95	2.38	3.22	4.04	4.44	5.23	6.01	6.78	6.70	5.31	4.35	3.65	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.71			
15	0.07	0.17	0.32	0.60	1.12	1.62	2.10	2.56	3.47	4.35	4.78	5.64	6.47	7.30	7.43	5.85	4.82	4.04	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.75			
16	0.08	0.19	0.35	0.65	1.20	1.74	2.25	2.75	3.72	4.66	5.18	6.04	6.94	7.83	8.13	6.49	5.31	4.45	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	1.07	0.87			
17	0.08	0.20	0.37	0.69	1.25	1.85	2.40	2.93	3.97	4.98	5.48	6.45	7.41	8.36	8.96	7.11	5.82	4.88	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	1.17	0.95			
18	0.09	0.21	0.39	0.73	1.37	1.97	2.55	3.12	4.22	5.30	5.82	6.86	7.88	8.89	9.76	7.75	6.34	5.31	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	1.27	1.00			
19	0.09	0.22	0.42	0.78	1.45	2.09	2.71	3.31	4.48	5.62	6.17	7.27	8.36	9.42	10.5	8.40	6.88	5.76	4.92	3.91	3.20	2.29	1.74	1.38	1.08			
20	0.10	0.24	0.44	0.82	1.53	2.21	2.86	3.50	4.73	5.94	6.53	7.69	8.83	9.96	11.1	9.07	7.43	6.22	5.31	4.22	3.45	2.47	1.88	1.49	1.18			
21	0.11	0.25	0.46	0.87	1.62	2.33	3.02	3.69	4.99	6.26	6.88	8.11	9.31	10.5	11.7	9.76	7.99	6.70	5.72	4.54	3.71	2.66	2.02	1.60	1.25			
22	0.11	0.25	0.49	0.91	1.70	2.45	3.17	3.88	5.25	6.58	7.23	8.52	9.79	11.0	12.3	10.5	8.57	7.18	6.13	4.87	3.98	2.85	2.17	1.72	1.34			
23	0.12	0.27	0.51	0.96	1.78	2.57	3.33	4.07	5.51	6.90	7.59	8.94	10.3	11.6	12.9	11.2	9.16	7.68	6.55	5.20	4.25	3.05	2.32	1.84	1.43			
24	0.13	0.29	0.54	1.00	1.87	2.69	3.48	4.26	5.76	7.23	7.95	9.36	10.8	12.1	13.5	11.9	9.76	8.18	6.99	5.54	4.54	3.25	2.47	1.95	1.50			
25	0.13	0.30	0.56	1.05	1.95	2.81	3.64	4.45	6.02	7.56	8.30	9.78	11.2	12.7	14.1	12.7	10.4	8.70	7.43	5.89	4.82	3.45	2.63	2.0	1.55			
26	0.14	0.31	0.58	1.09	2.04	2.93	3.80	4.64	6.26	7.88	8.66	10.2	11.7	13.2	14.7	13.5	11.0	9.23	7.88	6.25	5.12	3.66	2.79	2.1	1.60			
28	0.15	0.34	0.63	1.18	2.20	3.18	4.11	5.03	6.81	8.54	9.39	11.1	12.7	14.3	15.9	15.0	12.3	10.3	8.80	6.99	5.72	4.08	3.11	2.3	1.75			
30	0.16	0.37	0.68	1.27	2.38	3.42	4.43	5.42	7.33	9.20	10.1	11.9	13.7	15.4	17.2	16.7	13.6	11.4	9.76	7.75	6.34	4.54	3.45	2.6	2.0			
32	0.17	0.39	0.73	1.36	2.55	3.67	4.75	5.81	7.86	9.86	10.8	12.8	14.7	16.5	18.4	18.4	15.0	12.6	10.8	8.54	6.99	5.00	4.0	3.0	2.2			
35	0.19	0.43	0.81	1.50	2.81	4.04	5.24	6.40	8.66	10.9	11.9	14.1	16.2	18.2	20.3	21.0	17.2	14.4	12.3	9.76	7.99	5.72	4.0	3.0	2.2			
40	0.22	0.50	0.93	1.74	3.24	4.67	6.05	7.39	10.0	12.5	13.8	16.3	18.7	21.1	23.4	25.7	21.0	17.6	15.0	11.9	9.76	6.95	5.0	4.0	3.0			
45	0.25	0.57	1.06	1.97	3.68	5.30	6.87	8.40	11.4	14.2	15.7	18.5	21.2	23.9	26.6	30.5	25.1	21.0	17.9	14.2	11.7	9.0	7.0	5.0	4.0			

Lubrication: Type A Manual or Drip; Type B Oil Bath or Slinger; Type C Oil Pump. Ratings shown are for standard steel chain—see pages 104, 105 and 112 for service factors, selection factors, and multiple strand factors. See Lubrication Instructions on page 116.

ภาพที่ ๑-1 แสดงขนาดของโซ่ KCM 40

KCMO KCM 40 STOCK SPROCKETS



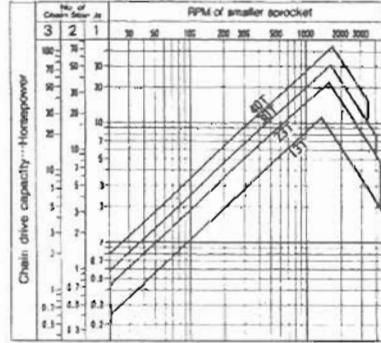
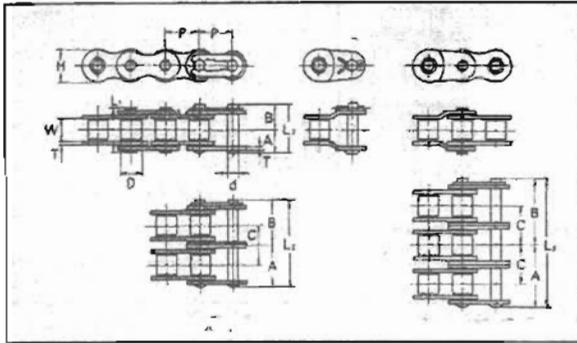
Dimensions in millimeters

No. of Teeth	Pitch Diam. D _p	Outside Diam. D _o	Bottom or Caliper Diam. ▲	Type "A"		Type "B" SINGLE STRAND					Type "B" DOUBLE STRAND					No. of Teeth		
				Stock Bore	Wt. Lbs. (App.)	BORE		HUB			Wt. Lbs. (App.)	BORE		HUB			Wt. Lbs. (App.)	
						Stock	Max.	Diam. D _h	Length thru Bore L _h	Stock		Max.	Diam. D _h	Length thru Bore L _h				
9	37.13	42	28.62			9	15	*26	22	.24							9	
10	41.10	46	33.15	10	.16	10	16.5	*32	22	.31	13	16	28	35	.47		10	
11	45.08	51	38.67	11	.19	11	20	*31	22	.41	13	16	30	36	.56		11	
12	49.07	56	41.12	11	.22	11	22	*40	22	.48	14	20	35	35	.71		12	
13	53.07	59	44.73	14	.26	14	20	37	22	.49	14	22	39	35	.88		13	
14	57.07	63	48.12	14	.31	14	24	42	22	.62	14	25	43	35	1.05		14	
15	61.08	67	52.60	14	.35	14	28.5	46	22	.73	14	28.5	47	35	1.25		15	
16	65.10	71	57.15	14	.40	14	30	50	22	.86	14	30	50	35	1.43		16	
17	69.12	76	60.87	14	.44	14	32	54	22	.99	14	32	54	35	1.65		17	
18	73.14	80	65.19	14	.51	14	35	57	22	1.10	14	38	59	35	1.92		18	
19	77.16	84	68.95	14	.55	14	39.5	62	22	1.28	14	42	63	35	2.17		19	
20	81.18	88	73.23	15	.62	15	45.5	67	25	1.65	14	45.5	67	40	2.73		20	
21	85.21	92	77.02	15	.68	15	45.5	71	25	1.85	14	45.5	68	40	2.90		21	
22	89.24	96	81.29	15	.75	15	50	75	25	2.05	14	48	72	40	3.23		22	
23	93.27	100	85.10	15	.82	15	50	77	25	2.20	14	51	76	40	3.58		23	
24	97.30	104	89.36	15	.90	15	42	63	25	1.81	14	52	80	40	3.95		24	
25	101.33	108	93.18	15	.97	15	42	63	25	1.87	18	55	84	40	4.26		25	
26	105.36	112	97.41	15	1.06	15	42	63	25	1.96	18	60	88	40	4.66		26	
27	109.40	116	101.26	15	1.15	15	42	63	25	2.06	18	63	92	40	5.08		27	
28	113.43	120	105.48	15	1.23	15	42	63	25	2.14	18	66	96	40	5.52		28	
30	121.50	128	113.55	15	1.41	15	42	63	25	2.31	18	66	100	40	6.15		30	
32	129.57	137	121.62	15	1.61	15	45	68	28	2.84	23	66	100	50	8.05		32	
34	137.64	145	129.69	15	1.83	15	45	68	28	3.06							34	
35	141.68	149	133.59	15	1.94	15	45	68	28	3.17	23	66	100	50	8.97		35	
36	145.72	153	137.77	17	2.03	17	45	68	28	3.26	23	66	100	50	9.30		36	
38	153.79	161	145.84	17	2.27	17	45	68	28	3.48	23	66	100	50	9.99		38	
40	161.87	169	153.92	17	2.51	17	45	68	28	3.75	23	66	100	50	10.7		40	
42	169.95	177	162.00	18	2.78	18	48	73	32	4.45	23	63	93	50	10.9		42	
44	178.02	185	170.07	18	3.04	18	48	73	32	4.72							44	
45	182.06	189	174.00	18	3.20	18	48	73	32	4.87	23	63	93	50	12.1		45	
46	194.18	201	186.23	18	3.64	18	48	73	32	5.31	23	63	93	50	13.4		46	
50	202.26	209	194.31	18	3.95	18	48	73	32	5.62	23	63	93	50	14.3		50	
54	218.42	226	210.47	18	4.61	18	48	73	32	6.28	23	63	93	50	16.2		54	
60	242.66	250	234.71	18	5.69	18	48	73	32	7.36	23	63	93	50	19.4		60	
65	262.87	270	254.84	20	6.66	20	55	83	32	8.86	23	63	93	50	22.3		65	
70	283.07	290	275.12	20	7.76	20	55	83	32	9.92	23	63	93	50	25.5		70	
72	291.16	299	283.21	20	8.20	20	55	83	32	10.4							72	
75	303.28	311	295.26	20	8.91	20	55	83	32	11.1							75	
80	323.49	331	315.54	20	10.1	20	57	88	35	12.9							80	
85	343.69	351	335.69	20	11.4	20	57	88	35	14.2							85	
90	363.90	371	355.95	20	12.8	20	57	88	35	15.6							90	
96	388.15	396	380.20	20	14.6	20	57	88	35	17.4							96	

Note: ▲ Bottom diameter for even number of teeth; Caliper diameter for odd number of teeth.
 : SHADED ZONE is hardened teeth stock sprockets.
 : *Has recessed groove in hub for chain clearance.

ภาพที่ ๑-2 แสดงขนาดของเฟืองโซ่ KCM 40

KCM50 ANSI STANDARD ROLLER CHAIN



Dimensions, Strengths and Weights

Dimensions in millimeters

KCM Chain No.	Pitch		Roller		Pin Diameter	Distance Between Centers of Rollers C	Bearing Area Square Millimeters	Average Ultimate Strength Lbs.	Average Weight per foot, Lbs.							
	P inch	W inch	Diameter D	Width W												
50-1	15.875	3/8	9.53	3/8	10.16	10.15	11.6	20.3	21.75	2.0	14.6	5.09	18.1	69	1,160	0.58
50-2	15.875	3/8	9.53	3/8	10.16	19.2	20.65	38.4	39.85	2.0	14.6	5.09	18.1	137	14,320	1.3b
50-3	15.875	3/8	9.53	3/8	10.16	28.25	29.7	56.5	57.95	2.0	14.6	5.09	18.1	206	21,480	2.01
50-4	15.875	3/8	9.53	3/8	10.16	37.3	38.75	74.6	76.05	2.0	14.6	5.09	18.1	275	28,640	2.68
50-5	15.875	3/8	9.53	3/8	10.16	46.35	47.8	92.7	94.15	2.0	14.6	5.09	18.1	344	35,800	3.35

Horsepower Ratings — Single Strand Roller Chain

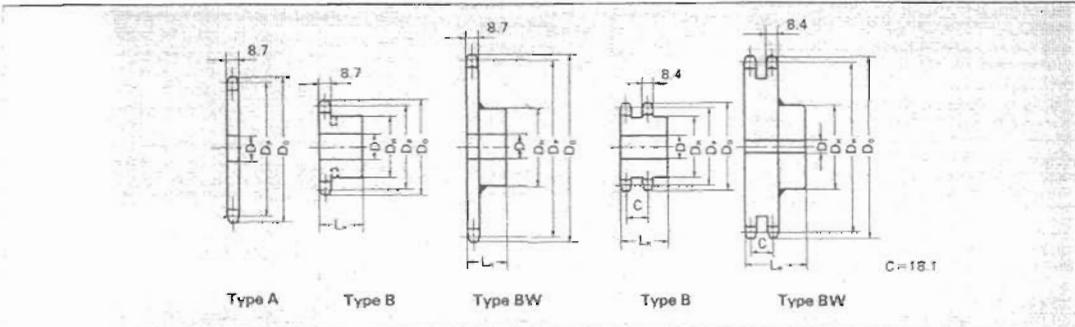
No. of Teeth Small Sprocket	Revolutions Per Minute—Small Sprocket																								
	10	25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2400	2700	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
9	0.09	0.19	0.36	0.67	1.25	1.81	2.35	2.87	3.89	4.88	5.96	6.32	6.02	4.92	4.13	3.27	2.68	2.25	1.92	1.52	1.25	1.04	0.89	0.77	0.68
10	0.10	0.22	0.41	0.76	1.41	2.03	2.63	3.22	4.36	5.46	6.01	7.08	7.05	5.77	4.83	3.84	3.14	2.63	2.25	1.78	1.46	1.22	1.04	0.90	0.79
11	0.11	0.24	0.45	0.84	1.56	2.25	2.92	3.57	4.83	6.06	6.66	7.85	8.13	6.65	5.58	4.42	3.62	3.04	2.59	2.06	1.68	1.41	1.20	1.04	0.92
12	0.12	0.26	0.49	0.92	1.72	2.47	3.21	3.92	5.31	6.65	7.31	8.62	9.26	7.58	6.35	5.04	4.13	3.45	2.95	2.34	1.92	1.61	1.37	1.19	1.04
13	0.13	0.29	0.54	1.00	1.87	2.70	3.50	4.27	5.78	7.25	7.97	9.40	10.4	8.55	7.16	5.69	4.65	3.90	3.33	2.64	2.15	1.81	1.55	1.34	0
14	0.14	0.31	0.58	1.09	2.03	2.92	3.79	4.63	6.27	7.85	8.64	10.2	11.7	9.55	8.01	6.35	5.20	4.36	3.72	2.95	2.42	2.03	1.73	1.50	0
15	0.15	0.34	0.63	1.17	2.19	3.15	4.08	4.99	6.75	8.47	9.31	11.0	12.6	10.6	8.88	7.05	5.77	4.83	4.13	3.27	2.68	2.25	1.92	1.66	0
16	0.16	0.36	0.67	1.25	2.34	3.36	4.37	5.35	7.24	9.08	9.98	11.8	13.5	11.7	9.78	7.76	6.35	5.32	4.55	3.61	2.95	2.47	2.11	1.83	0
17	0.17	0.39	0.72	1.34	2.50	3.61	4.67	5.71	7.73	9.69	10.7	12.6	14.4	12.8	10.7	8.50	6.96	5.83	4.98	3.95	3.23	2.71	2.31	2.01	0
18	0.18	0.41	0.76	1.43	2.66	3.83	4.97	6.07	8.22	10.3	11.3	13.4	15.3	13.9	11.7	9.26	7.58	6.35	5.42	4.30	3.52	2.95	2.52	0	
19	0.19	0.43	0.81	1.51	2.82	4.07	5.27	6.44	8.72	10.9	12.0	14.2	16.3	15.1	12.7	10.0	8.22	6.89	5.88	4.67	3.82	3.20	2.73	0	
20	0.20	0.46	0.86	1.60	2.98	4.30	5.57	6.80	9.21	11.5	12.7	15.0	17.2	16.3	13.7	10.8	8.88	7.44	6.35	5.04	4.13	3.45	2.95	0	
21	0.21	0.48	0.90	1.69	3.14	4.53	5.87	7.17	9.71	12.2	13.4	15.8	18.1	17.6	14.7	11.7	9.55	8.01	6.84	5.42	4.44	3.72	3.18	0	
22	0.22	0.51	0.96	1.77	3.31	4.76	6.17	7.54	10.2	12.8	14.1	16.6	19.1	18.8	15.8	12.5	10.2	8.59	7.33	5.82	4.76	3.99	3.41	0	
23	0.23	0.53	1.00	1.86	3.47	5.00	6.47	7.91	10.7	13.4	14.8	17.4	20.0	20.1	16.9	13.4	11.0	9.18	7.84	6.22	5.09	4.27	0		
24	0.25	0.56	1.04	1.95	3.63	5.23	6.78	8.29	11.2	14.1	15.5	18.2	20.9	21.4	18.0	14.3	11.7	9.78	8.35	6.63	5.42	4.55	0		
25	0.26	0.58	1.09	2.03	3.80	5.47	7.08	8.65	11.7	14.7	16.2	19.0	21.9	22.8	19.1	15.2	12.4	10.4	8.88	7.05	5.77	4.83	0		
26	0.27	0.61	1.14	2.12	3.96	5.70	7.39	9.03	12.2	15.3	16.9	19.9	22.8	24.2	20.3	16.1	13.2	11.0	9.42	7.47	6.12	5.13	0		
28	0.29	0.65	1.23	2.30	4.29	6.18	8.01	9.79	13.2	16.6	18.3	21.5	24.7	27.0	22.6	18.0	14.7	12.3	10.5	8.35	6.84	5.73	0		
30	0.31	0.71	1.33	2.48	4.62	6.66	8.63	10.5	14.3	17.9	19.7	23.2	26.6	30.0	25.1	19.9	16.3	13.7	11.7	9.26	7.58	0			
32	0.33	0.76	1.42	2.66	4.96	7.14	9.25	11.3	15.3	19.2	21.1	24.9	28.6	32.2	27.7	22.0	18.0	15.1	12.9	10.2	8.35	0			
35	0.37	0.84	1.57	2.93	5.45	7.86	10.2	12.5	16.9	21.1	23.2	27.4	31.5	35.5	31.5	25.1	20.6	17.2	14.7	11.7	9.55	0			
40	0.43	0.97	1.81	3.38	6.31	9.08	11.8	14.4	19.5	24.4	26.8	31.6	36.3	41.0	38.7	30.7	25.1	21.0	18.0	14.3	0				
45	0.48	1.10	2.06	3.84	7.15	10.3	13.4	16.3	22.1	27.7	30.5	35.9	41.3	46.5	46.1	36.6	30.0	25.1	21.4	0					

TYPE A Lubrication-Manual or Dip
 TYPE B Lubrication-Oil Bath or Slinger
 TYPE C Lubrication-Oil Pump
 See Lubrication Instructions on page 116

Ratings shown are for standard steel chain-see pages 104, 105 and 106 for service factors, selection factors, and multiple strand factors.

ภาพที่ ๓-3 แสดงขนาดของโซ่ KCM 50

KCM50 STOCK SPROCKETS



Dimensions in millimeters

No. of Teeth	Pitch Diam. D _p	Outside Diam. D _o	Bottom or Caliper Diam. ▲	Type "A"		Type "B" SINGLE STRAND					Type "B" DOUBLE STRAND					No. of Teeth
				Stock Bore	Wt. Lbs. (App.)	BORE		HUB		Wt. Lbs. (App.)	BORE		HUB		Wt. Lbs. (App.)	
						Stock	Max.	Diam. D _h	Length Thr. Bore L _h		Stock	Max.	Diam. D _h	Length Thr. Bore L _h		
9	46.42	53.	35.55	15	29	12	19	*34	25	43	14	19	35	40	.88	9
10	51.37	58	41.21	15	35	15	22	*40	25	54	14	22	40	40	1.13	10
11	56.35	64	45.61	15	42	15	25	*46	25	70	14	25	42	40	1.31	11
12	61.34	69	51.18	15	49	15	32	*51	25	87	14	30	49	40	1.66	12
13	66.34	74	55.89	15	56	15	32	*51	25	99	14	30	49	40	1.88	13
14	71.34	79	61.18	15	64	15	32	52	25	1.13	14	32	54	40	2.33	14
15	76.35	84	65.78	15	72	15	35	57	25	1.33	14	38	59	40	2.97	15
16	81.37	89	71.21	15	81	15	39.5	62	25	1.56	14	42	64	45	3.36	16
17	86.39	94	75.87	15	91	15	45.5	67	25	1.80	14	45	68	45	3.90	17
18	91.42	100	81.26	15	101	15	47.5	72	28	2.26	14	48	74	45	4.41	18
19	96.45	105	85.96	15	111	15	47.5	73	28	2.40	14	52	79	45	4.87	19
20	101.48	110	91.32	15	121	15	47.5	73	28	2.51	18	55	84	45	5.42	20
21	106.51	115	96.05	15	131	15	47.5	73	28	2.65	18	60	89	45	6.02	21
22	111.55	120	101.39	17	141	17	47.5	73	28	2.73	18	63	94	50	6.62	22
23	116.58	125	106.15	17	151	17	47.5	73	28	2.87	18	67	99	50	7.33	23
24	121.62	130	111.46	17	161	17	47.5	73	28	3.02	18	72	105	50	8.15	24
25	126.66	135	116.25	17	171	17	47.5	73	28	3.17	18	72	105	50	8.44	25
26	131.70	140	121.54	17	181	17	47.5	73	28	3.31	18	72	105	50	8.97	26
27	136.74	145	126.35	17	191	17	47.5	73	28	3.48	18	72	105	50	9.44	27
28	141.79	150	131.63	17	201	17	47.5	73	28	3.64	18	76	110	50	10.2	28
30	151.87	161	141.71	17	211	17	47.5	73	28	3.99	18	83	120	50	12.0	30
32	161.96	171	151.80	17	221	17	47.5	73	28	4.37	23	83	120	50	12.9	32
34	172.05	181	161.89	17	231	17	47.5	73	28	4.76	23	83	120	50	13.9	34
36	182.14	191	171.96	20	241	20	55	83	35	6.15	23	80	117	50	15.1	36
38	192.24	201	182.08	20	251	20	55	83	35	6.59	23	80	117	50	16.4	38
40	202.33	211	192.17	20	261	20	55	83	35	7.08	23	80	117	50	18.0	40
42	212.43	221	202.27	20	271	20	55	83	35	7.56	23	86	98	56	18.7	42
44	222.53	231	212.37	20	281	20	55	83	35	8.07	23	86	98	56	21.1	44
45	227.58	237	217.28	20	291	20	55	83	35	8.33	23	86	98	56	23.5	45
48	242.73	252	232.57	20	301	20	55	83	35	9.17	23	86	98	56	25.3	48
50	252.83	262	242.67	20	311	20	55	83	35	9.77	23	86	98	56	29.9	50
54	273.02	282	262.86	20	321	20	55	83	35	11.0	23	86	98	63	36.0	54
60	303.33	312	293.17	20	331	20	55	83	35	13.1	23	86	98	63	41.7	60
65	328.58	338	318.33	23	341	23	63	93	40	16.1	23	86	98	63	47.8	65
70	353.84	363	343.68	23	351	23	63	93	40	18.1	23	86	98	63	54.0	70
72	363.94	373	353.78	23	361	23	63	93	40	18.9	23	86	98	63	58.0	72
75	379.10	388	368.86	23	371	23	63	93	40	20.3	23	86	98	63	63.0	75
80	404.36	414	394.20	23	381	23	63	93	40	23.6	23	86	98	63	75.0	80
85	429.62	439	419.39	23	391	23	63	93	40	26.1	23	86	98	63	85.0	85
90	454.88	464	444.72	23	401	23	63	93	40	28.7	23	86	98	63	96.0	90
96	485.19	494	475.03	23	411	23	63	93	40	32.1	23	86	98	63	108.0	96

Note: ▲ Bottom diameter for even number of teeth; Caliper diameter for odd number of teeth.
 : SHADED ZONE is hardened teeth stock sprockets.
 : * Has recessed groove in hub for chain clearance.

ภาพที่ ๑-4 แสดงขนาดของเฟืองโซ่ KCM 50

ภาคผนวก ข

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดขนาดแรงดัน6-12โวลต์

ตารางที่ ๗-1 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว - กรด

BT SERIES - VALVE REGULATED LEAD ACID BATTERIES								
Model	Nominal Voltage	Capacity @ 20 (Ah)	Dimensions (mm)				Weight (kg)	Model
			Length	Width	Case Height	Height Over Terminals		
BT4.5-2	2V	4.5	46	25	101	107	0.30	BT4.5-2
BT6-2	2V	6.0	50	34	100	106	0.40	BT6-2
BT10-2	2V	10	53	50	93	99	0.73	BT10-2
BT0.5-4	4V	0.5	39	14	50	50	0.06	BT0.5-4
BT1-4	4V	1.0	42	35	50	50	0.18	BT1-4
BT3.5-4	4V	3.5	90	34	60	66	0.47	BT3.5-4
BT4.5-4	4V	4.5	47	47	101	107	0.56	BT4.5-4
BT10-4	4V	10	102	44	95	100	1.30	BT10-4
BT0.5-6	6V	0.5	57	14	50	50	0.10	BT0.5-6
BT1-6	6V	1.0	51	42	51	57	0.26	BT1-6
BT1.3-6	6V	1.3	97	24	52	58	0.30	BT1.3-6
BT2.3-6	6V	2.3	42	37	77	77	0.36	BT2.3-6
BT2.8-6	6V	2.8	66	34	100	106	0.60	BT2.8-6
BT2.8-6P	6V	2.8	66	33	97	108	0.58	BT2.8-6P
BT3.2-6	6V	3.2	67	34	115	120	0.69	BT3.2-6
BT3.4-6	6V	3.4	134	34	60	67	0.69	BT3.4-6
BT3.8-6	6V	3.8	66	33	118	129	0.65	BT3.8-6
BT4.2-6	6V	4.2	70	47	101	107	0.80	BT4.2-6
BT4.5-6	6V	4.5	70	47	101	107	0.85	BT4.5-6
BT5-6L	6V	5.0	67	67	96	113	0.95	BT5-6
BT6-6	6V	6.0	85	48	112	118	1.00	BT6-6
BT6.5-6	6V	6.5	70	47	101	105	1.00	BT6.5-6
BT7-6	6V	7.0	150	34	94	100	1.50	BT7-6
BT8.5-6	6V	8.5	98	56	118	118	1.75	BT8.5-6
BT9-6	6V	9.0	150	34	94	100	1.80	BT9-6
BT12-6	6V	12	151	50	95	101	2.10	BT12-6
BT12-6T	6V	12	108	70	140	140	2.50	BT12-6T

ตารางที่ ๙-1 (ต่อ)

BT SERIES VALVE REGULATED LEAD ACID BATTERIES								
Model	Nominal Voltage	Capacity C20 (Ah)	Dimensions (mm)				Weight (kg)	Model
			Length	Width	Case Height	Height Over Terminals		
BT20-6	6V	20	157	83	125	125	4.00	BT20-6
BT42-6	6V	42	161	88	164	170	6.35	BT42-6
BT200-6	6V	200	320	175	226	251	31.0	BT200-12
BT0.8-12	12V	0.8	96	25	62	62	0.36	BT0.8-12
BT1.3-12	12V	1.3	97	43	52	58	0.60	BT1.3-12
BT2-12S	12V	2.0	150	20	89	89	0.74	BT2-12S
BT2-12L	12V	2.0	71	48	98	104	0.80	BT2-12L
BT2.2-12	12V	2.2	178	35	61	67	1.05	BT2.2-12
BT2.5-12	12V	2.5	70	48	98	104	1.10	BT2.5-12
BT2.8-12	12V	2.8	66	66	98	104	1.28	BT2.8-12
BT2.9-12	12V	2.9	178	35	61	67	1.28	BT2.9-12
BT3.4-12	12V	3.4	134	67	61	67	1.45	BT3.4-12
BT4.2-12	12V	4.2	90	70	101	107	1.60	BT4.2-12
BT4.5-12	12V	4.5	90	70	101	107	1.70	BT4.5-12
BT5-12	12V	5.0	90	70	101	107	1.92	BT5-12
BT6-12	12V	6.0	90	70	101	107	1.95	BT6-12
BT7-12	12V	7.0	151	66	94	100	2.30	BT7-12
BT7.6-12	12V	7.6	151	66	94	100	2.60	BT7.6-12
BT9-12	12V	9.0	151	66	111	117	3.80	BT9-12
BT12-12	12V	12	151	98	95	101	4.40	BT12-12
BT18-12	12V	18	181	76	167	167	6.00	BT18-12
BT22-12	12V	22	181	76	167	167	6.90	BT22-12
BT26-12	12V	26	175	166	125	125	8.90	BT26-12
BT33-12	12V	33	195	131	164	182	10.8	BT33-12
BT35-12G	12V	35	195	131	164	169	10.8	BT35-12
BT40-12	12V	40	197	165	171	171	13.6	BT40-12
BT55-12	12V	55	229	138	206	226	17.0	BT55-12

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

1922 1 11 13 11 13

BT SERIES - VALVE REGULATED LEAD ACID BATTERIES								
Model	Nominal Voltage	Capacity C20 (Ah)	Dimensions (mm)				Weight (kg)	Model
			Length	Width	Case Height	Height Over Terminals		
BT65-12	12V	65	350	166	176	176	22.7	BT65-12
BT70-12	12V	70	259	168	208	226	22.6	BT70-12
BT90-12	12V	90	306	168	208	226	26.0	BT90-12
BT100-12	12V	100	329	172	220	245	30.6	BT100-12
BT120-12	12V	120	405	172	220	240	39.9	BT110-12
BT150-12	12V	150	483	175	221	241	45.5	BT150-12
BT200-12	12V	200	525	240	220	245	61.5	BT200-12
BT10-24	24V	10	363	76	94	94	3.70	BT10-24

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายคมเดช จำรูญศรี
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การออกแบบระบบลิฟท์สำหรับ AGV ขนาดไม่เกิน 200 กิโลกรัม
 สาขาวิชา : วิศวกรรมการผลิต

ประวัติ

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2544

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2548 - ปัจจุบัน วิศวกรออกแบบ และควบคุมการผลิต หน่วยงานวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ บริษัท กม.18 วิศวกรรม เครื่องจักรกลภัณฑ์

พ.ศ. 2546 - 2547 วิศวกรโครงการ ของศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย