สำนักวิทยบริการฯ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดเครื่องมือวัดดิจิตอลเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็วของสายน้ำที่พุ่งแบบอิสระ

DIGITAL APPARATUS FOR MEASUREMENT OF VELOCITY-COEFFICIENT OF ORIFICE AND FREE JET FLOW

โดย

นายอภิชัย เพิ่มธรรมสิน

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....42364
วัน, เดือน, ปี.....20 มี.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL APPARATUS FOR MEASUREMENT OF VELOCITY-COEFFICIENT OF ORIFICE AND FREE JET FLOW

MR. APICHAI PERMTHUMMASIN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ชุดเครื่องมือวัดดิจิตอลเพื่อหาค่าสัมประสิทธ์ของสายน้ำที่พุ่งแบบอิสระ		
นักศึกษา	นายอภิชัย เพิ่มธรรมสิน	รหัสประจำตัว	39014652
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สกุล ห่อวโนทยาน		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล	
อาจารย์สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์	
อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์	
อาจารย์ ดร.สกุล ห่อวโนทยาน	สกุล ห่อวโนทยาน

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่ เดือน พ.ศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ชุดเครื่องมือวัดดิจิตอลเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็วของสายน้ำที่พุ่งแบบอิสระ DIGITAL APPARATUS FOR MEASUREMENT OF VELOCITY-COEFFICIENT OF ORIFICE AND FREE JET FLOW
นักศึกษา	นายอภิชัย เพิ่มธรรมสิน
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.สกุล ห่อวโนทยาน
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน มีเครื่องมือทดลองในห้องปฏิบัติการทางชลศาสตร์ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อความสะดวกในการใช้ในงานทดลอง เครื่องมือทดสอบชลศาสตร์ของโครงงานพิเศษนี้ก็เช่นเดียวกัน ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สะดวกและมีความเที่ยงตรงมากขึ้น เป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ผลงานใหม่ๆของนักศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการประดิษฐ์เครื่องมือทดลองประเภทต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	DIGITAL APPARATUS FOR MEASUREMENT OF VELOCITY-COEFFICIENT OF ORIFICE AND FREE JET FLOW
Name	:	MR.APICHAI PERMTHUMMASIN
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	Dr. SAKUL HOVANOTAYAN

ABSTRACT

Currently many different testing equipment have been developed to facilitate the usage in the hydraulic engineering laboratory. The testing equipment for this project has been innovated with the similar object, for more convenience and accuracy, to encourage new initiatives of the engineering-students, especially in the innovation of new tools and equipment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่ออาจารย์ ดร.สกุล ห่อวโนทยาน อาจารย์ สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์ และอาจารย์สุพจน์ ศรีนิลที่กรุณาให้คำปรึกษา และเสนอแนะแนวทางในการทำโครงงานพิเศษ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไข จนกระทั่งโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลงด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่ได้ให้ความกรุณาสนับสนุนด้านข้อมูล เครื่องมือ และให้คำแนะนำในการทำโครงงานพิเศษนี้

นายอภิชัย เพิ่มธรรมสิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

รายงานการศึกษาโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ของนักศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2542 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ เจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประดิษฐ์เครื่องมือทดลองการวัดค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็วสำหรับการไหลของน้ำผ่านออริฟิซและพุ่งแบบอิสระ ทั้งนี้อาศัยการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ จนได้มาตรฐานที่เชื่อถือได้

ผู้จัดทำหวังว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ และสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลให้แก่ผู้ที่สนใจได้เป็นอย่างดี

นายอภิชัย เพิ่มธรรมสิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	คำนำ	ช
	สารบัญ	ซ
	สารบัญตาราง	ฎ
	สารบัญภาพ	ฎ
1	บทนำ	1
	1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2. วัตถุประสงค์โครงงานพิเศษ	1
	1.3. ทฤษฎีหรือแนวความคิด ที่ใช้ในโครงงานพิเศษ	1
	1.4. ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	1
	1.5. วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษ	2
	1.6. ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
2.	วรรณกรรมปริทัศน์	3
	2.1. จุดประสงค์การทดลอง	3
	2.2. ทฤษฎีที่พิจารณา	3
	2.3. การทดลอง(Experiment)	6
	2.4. ขั้นตอนในการทดลอง	6
	2.5. โต๊ะชลศาสตร์(Hydraulics Bench)	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.	**องค์ประกอบของเครื่องมือทดสอบ**	**9**
	3.1. หัวเซนเซอร์อินฟราเรดวัดลำน้ำ	9
	3.2. มอเตอร์ขับเคลื่อน	9
	3.3. สายพานขับเคลื่อน	9
	3.4. อุปกรณ์มู่เล่	9
	3.5. ชุดแกนวิ่งสแตนเลส	10
	3.6. ปลั๊กไฟ, สายไฟ และสายสัญญาณ	10
	3.7 ชุดอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์	10
	3.8. ชุดคีย์บอร์ดและจอแสดงผล	11
4	**ระเบียบและวิธีปฏิบัติในการดำเนินโครงงานพิเศษ**	**14**
	4.1. เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์ เครื่องมือของโครงงานพิเศษ	14
	4.2. วิธีและขั้นตอนการประกอบเครื่องมือทดลอง	15
	4.3. วิธีการใช้งานเครื่องมือทดลอง	15
	4.4. ข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือทดลอง	16
5.	**ผลการทดลอง**	**18**
	5.1.วิธีการทดสอบมาตรฐานของเครื่องมือทดลองของโครงงานพิเศษ	18
	5.2. แสดงตารางผลการทดสอบ	18
6.	**สรุปและวิเคราะห์โครงงานพิเศษ**	**25**
	6.1. สรุปผลการทดลองของโครงงานพิเศษ	25
	6.2. วิเคราะห์ผลการทดลองของโครงงานพิเศษ	25
	บรรณานุกรม	
	ภาคผนวก ก.	
	การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ลงสู่ไมโครโปรเซสเซอร์	
	ภาคผนวก ข.	
	รูปประกอบของเครื่องมือทดสอบ	

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Source code)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
5.2	แสดงผลการทดลอง	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปภาพ	ชื่อภาพ	หน้า
2.1	แสดงลักษณะการไหลของสายน้ำที่พุ่งแบบอิสระผ่านออริฟิช	3
2.2	แสดงรายละเอียดของเครื่องมือทดลองเดิม	6
3.1	แสดงรายละเอียดเครื่องมือทดลองในส่วนชุดทดสอบสายน้ำ	12
3.2	แสดงรายละเอียดเครื่องมือทดลองในส่วนชุดอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์	13
ผ.ข.	แสดงแบบภาพตัดในมิติต่างๆ ของเครื่องมือทดลองในส่วนชุดทดสอบ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันนี้ ความรู้ทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ มีความสำคัญ เป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ ดังนั้น การทดลองทางวิศวกรรมชลศาสตร์ จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเช่นเดียวกัน

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องมือวัดทดสอบหาค่าต่างๆ ในทางวิศวกรรมชลศาสตร์ ส่วนใหญ่ยังเป็นเครื่องมือที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศในราคาสูง แล้วใช้ระบบวิธีการทดลองที่ยุ่งยาก ไม่สะดวก จึงเกิดแนวความคิดโดยนำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาประยุกต์ในการสร้างเครื่องมือทดลองทางวิศวกรรมชลศาสตร์บางประเภท ซึ่งในที่นี้ คือเครื่องมือทดสอบในเรื่อง Orifice and Free Jet Flow เพื่อให้มีความสะดวก ง่ายทั้งต่อความเข้าใจและต่อการใช้งาน เป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้ทดลอง อีกทั้งยังมีราคาที่เหมาะสม เป็นการนำร่องในด้านปัญญาประดิษฐ์และภูมิปัญญาของเยาวชนไทย

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1. เป็นเครื่องมืออีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการทดลองเรื่อง Orifice and Free jet flow

1.2.2. เป็นเครื่องมือที่สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน สามารถคำนวณค่าที่ต้องการได้ทันที

1.2.3. เป็นปัญญาประดิษฐ์ที่มีต้นทุนราคาถูก สามารถทดแทน เครื่องมือเดิมที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศในราคาสูง

1.3. ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ

เนื่องจากปัจจุบัน โปรแกรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในทุกสาขาวิชาชีพ แม้กระทั่งอุปกรณ์การทดลองต่างๆ ก็สามารถนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ได้ ดังนั้นเราจึงเห็นถึงความสำคัญในการนำเอาเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในการประดิษฐ์อุปกรณ์เครื่องมือทดลองในเรื่อง Orifice and Free Jet Flow ซึ่งสามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง นอกเหนือจากเครื่องทดสอบดั้งเดิมที่ทางภาควิชาวิศวกรรมโยธามีอยู่

ดังนั้นแนวความคิดตามหัวข้อโครงงานที่เสนอมาจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยยกระดับการทดลองในห้องปฏิบัติการในอีกระดับหนึ่ง ซึ่งมีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก

1.4. ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.1. สามารถวัดค่าระยะในแนวราบและแนวดิ่งของสายน้ำที่พุ่งแบบอิสระและคำนวณค่า Cv จากข้อมูลที่ให้ได้ค่าเป็นตัวเลข

1.4.2. การใช้งานควบคุมการวัด และป้อนข้อมูลโดยใช้คีย์บอร์ดและแสดงผลบนจอหน้าปัดตัวเลข

1.4.3. ชุดเครื่องมือวัดสามารถประกอบการใช้งานได้ กับชุด Hydraulics bench และตัวปั๊มน้ำที่ทางภาควิชาวิศวกรรมโยธามีอยู่ได้

1.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษ

1.5.1. รวบรวมและศึกษาตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้องกันทุก ๆ ด้านของเครื่องมือทดสอบ Orifice and Free Jet Flow

1.5.2. ศึกษาตำราที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมกับโครงงาน

1.5.3. ควบคุมคุณสมบัติวัสดุที่นำมาประกอบให้เหมาะสม รวมถึงนำมาประดิษฐ์ได้อย่างแข็งแรงทนทาน

1.5.4. ศึกษาและทดลองเครื่องมือเดิมจริง เพื่อประยุกต์ข้อมูลและปัญหาไปปรับแก้อุปกรณ์ของโครงงานนี้

1.5.5. ทำการทดลองอุปกรณ์ของโครงงาน และปรับแก้จนได้มาตรฐานและสามารถคำนวณค่า C_v ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 มีความสะดวกและง่ายมากขึ้นในการศึกษาทดลองในเรื่อง Orifice and Free Jet Flow และสามารถคำนวณค่า C_v ได้รวดเร็วและถูกต้องแม่นยำ

1.6.2 เป็นโครงงานนำร่องในการสนับสนุนเครื่องมือที่เยาวชนไทยประดิษฐ์ขึ้นทดแทนอุปกรณ์ที่นำเข้าราคาแพงจากต่างประเทศ

1.6.3 เป็นประโยชน์ต่อภาควิชาวิศวกรรมโยธา ในการนำเครื่องมือนี้ไปประกอบการทดลองในเรื่อง Hydraulic Engineering Laboratory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์ (ทฤษฎี)

ในบทนี้จะกล่าวถึงจุดประสงค์ ทฤษฎี อุปกรณ์ และขั้นตอนในการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วของ Orifice and Free Jet Flow

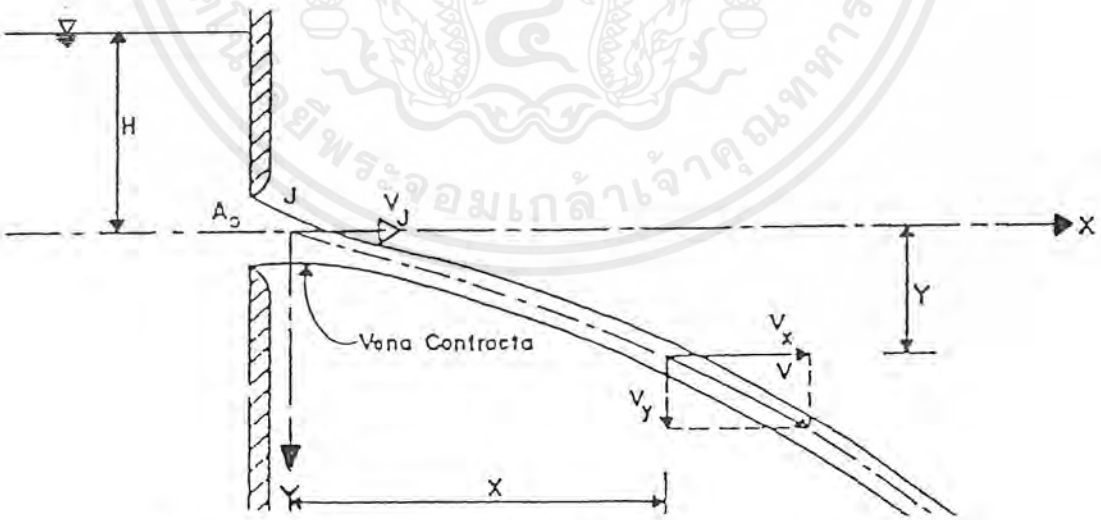
2.1. จุดประสงค์ของการทดลอง

2.1.1. เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของความเร็วสำหรับออริฟิซ (Orifice) ที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่ง

2.1.2. เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของการไหลผ่านออริฟิซที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่ง และอยู่ภายใต้เฮดคงที่ (Constant Head)

2.1.3. เปรียบเทียบเส้นทางการเคลื่อนที่ของสายน้ำ (Jet Trajectory) ที่ได้จากการทดลองและจากทฤษฎี

2.2. ทฤษฎีที่พิจารณา



รูปที่ 2.1. แสดงลักษณะการไหลของสายน้ำที่พุ่งแบบอิสระผ่านออริฟิซ

จากรูปด้านบนเมื่อสายน้ำ (Jet) พุ่งผ่านช่องออริฟิซทำขอบให้คมเพื่อลดความเสียดทาน (Sharp—Edged Orifice) และตั้งอยู่ในแนวดิ่งสายน้ำจะลดขนาดน้ำ แล้วค่อยเพิ่มขนาดหน้าตัดของสายน้ำขึ้นมาอีก จุดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตัดของสายน้ำมีขนาดเล็กที่สุดเรียกว่า วีนาคอนแทรกตา (Venacontracta) ซึ่งในที่นี้คือจุด J สมมติให้มีความเร็วทางทฤษฎี (ไม่คิดความเสียดทาน) ในแนวนอนเป็น V_{ft} เมื่อใช้สมการเบอนวลลีระหว่างจุดที่ผิวน้ำกับจุดวีนาคอนแทรกตาจะได้

$$V_{Jt} = \sqrt{2gH}$$

เมื่อ V_{ft} = ความเร็วทางทฤษฎีที่จุดวีนาคอนแทรกตา

H = เฮด หรือความสูงของผิวน้ำวัดเทียบกับจุดกึ่งกลางของออริฟิซ

ความเร็วที่แท้จริง เมื่อพิจารณาความเสียดทานของออริฟิซกับสายน้ำมีค่าน้อยกว่าความเร็วทางทฤษฎี ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

$$V_{Ja} = C_V V_{Jt} = C_V \sqrt{2gH}$$

เมื่อ V_{Ja} = ความเร็วที่แท้จริง ณ จุดวีนาคอนแทรกตา

C_V = สัมประสิทธิ์ของความเร็ว (Coefficient of Velocity) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.0

พื้นที่หน้าตัดของสายน้ำที่จุดวีนาคอนแทรกตา (A_J) สามารถเขียนให้อยู่ในเทอมของพื้นที่หน้าตัดของออริฟิซ (A_o) ได้ดังนี้

$$A_J = C_C A_O$$

เมื่อ C_C= สัมประสิทธิ์ของการลดขนาด (Coefficient of Contraction) อัตราการไหลทางทฤษฎี (Q_t) เมื่อสมมติว่าไม่มีการสูญเสียใด ๆ สามารถแสดงได้ดังนี้

$$Q_T = A_O \sqrt{2gH}$$

สำหรับอัตราการไหลที่แท้จริง (Q_A) เมื่อพิจารณาความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_A = V_{ja} A_j$$

$$= C_V V_{jt} C_C A_O$$

$$= C_V C_C Q_T$$

จากสมการข้างบนดังกล่าว จะได้

$$\frac{Q_a}{Q_t} = C_V C_C = C_d$$

C_d = สัมประสิทธิ์ของการไหล (Coefficient of Discharge)

ถ้ากำหนดให้จุดกำเนิดของเส้นทางการเคลื่อนที่ของสายน้ำ (Jet Trajectory) อยู่ที่จุดวีนาคอนแทรกตา และเมื่อไม่คิดความสูญเสียใด ๆ ของการไหลจะได้ระยะในแนวดิ่ง (y) วัดเทียบกับกำเนิด (J) เมื่อกำหนดระยะในแนวราบ (x) จากสมการ

$$y = -\frac{1}{2}\frac{gx^2}{V_{Jt}^2} = -\frac{1}{2}\frac{gx^2}{2gH} = \frac{x^2}{4H}$$

ในการคำนวณหา C_v จากวิธีเส้นทางการเคลื่อนที่ของสายน้ำทำได้โดย

$$x = V_{Ja} t$$

$$y = \frac{1}{2} gt^2$$

$$= \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{V_{Ja}} \right)^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้

$$C_v = \frac{\sqrt{\frac{gx^2}{2y}}}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{x^2}{4yH}} = \frac{x}{\sqrt{4yH}}$$

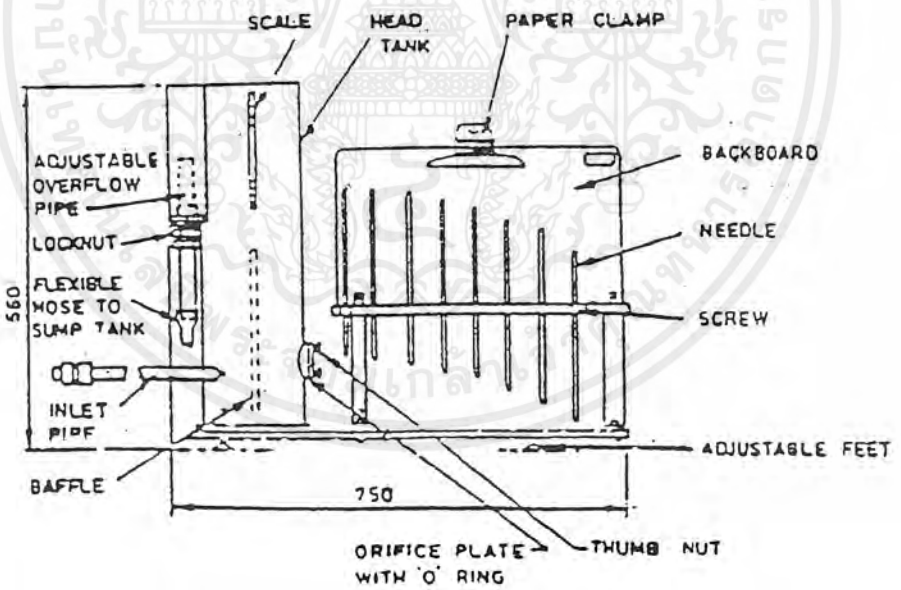
2.3. การทดลอง (Experiment)

ในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้

2.3.1. ชุดเครื่องมือทดสอบดังแสดงในรูปข้างล่าง

2.3.2. ชุด Bench

2.3.3. นาฬิกาจับเวลา



รูปที่ 2.2. แสดงรายละเอียดของเครื่องมือทดลองเดิม

2.4. ขั้นตอนในการทดลอง

2.4.1. ติดตั้งเครื่องมือทดสอบไว้บนชุด Bench และปรับให้อยู่ในแนวระดับ

2.4.2. ยกเข็มวัดระยะในแนวดิ่ง (Needle) ให้พ้นจากเส้นทางการเคลื่อนที่ของสายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3. ติดกระดาษลงบนบอร์ดของชุดเครื่องมือ

2.4.4. วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของออริฟิช

2.4.5. ใส่น้ำลงไปในถังรูปทรงกระบอกจนกระทั่งระดับน้ำในถังรูปทรงกระบอกคงที่

2.4.6. อ่าน และบันทึกค่าเฮด (Head,H) จากสเกล

2.4.7. จับเวลาเพื่อหาปริมาตรแล้วนำไปคำนวณอัตราการไหล

2.4.8. ประมาณตำแหน่งวีนาคอนแทรกตา (Venacontracta) โดยใช้สายตาแล้วจดตำแหน่งห่างจากออริฟิช

2.4.9. ปรับปลายของเข็มวัดระยะ (Needle) แต่ละอัน เพื่อวัดเส้นทางการเคลื่อนที่ของสายน้ำ (Jet Trajectory)

2.4.10. พล็อตตำแหน่งของปลายด้านบนของเข็มวัดระยะลงบนกระดาษที่ติดบนบอร์ด

2.4.11. ทำซ้ำโดยเปลี่ยนค่าเฮด (H) ใหม่โดยการปรับ Overflow Pipe

2.4.12. ทำซ้ำโดยใช้ออริฟิชขนาดอื่น

2.5. โต๊ะชลศาสตร์ (Hydraulics Bench)

2.5.1. รายละเอียด

โต๊ะชลศาสตร์เป็นโต๊ะเอนกประสงค์สำหรับการทดลองหลายอย่างทางชลศาสตร์เพราะเป็นโต๊ะที่จะส่งน้ำให้แก่ชุดทดลอง และรับน้ำจากชุดทดลองกลับ ส่วนประกอบสำคัญของโต๊ะชลศาสตร์มีดังนี้

2.5.1.1. ถังเก็บน้ำสำหรับการทดลองขนาด 165 ลิตร โดยส่งน้ำเข้าและรับน้ำผ่านการทดลองแล้ว ด้านล่างของถังมีท่อระบายน้ำทิ้งขนาด 1 นิ้ว

2.5.1.2. สูบน้ำหอยโข่งขนาด ½ แรงม้า สามารถส่งน้ำได้ถึง 30 ลิตรต่อนาที ณ หัวน้ำ 20 เมตร โดยมีสวิตช์ปิดเปิด ซึ่งตั้งกระแสสูงสุดได้ เพื่อป้องกันมอเตอร์ไหม้

2.5.1.3. มาตรวัดน้ำอัตราการไหล ซึ่งสามารถวัดได้ในช่วง 5-80 ลิตรต่อนาที

2.5.1.4. รางน้ำเปิด เป็นส่วนหนึ่งของฝาโต๊ะชลศาสตร์ โดยขอบรางมีร่องตื้น สำหรับวางอุปกรณ์ทดสอบ ตัวรางจะมีขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร น้ำจากลูกสูบเมื่อผ่านมาตรวัดอัตราการไหลแล้วจะปล่อยเข้ารางนี้ เพื่อต่อไปใช้ท่อขนาด ¾ นิ้ว น้ำที่สูบผ่านชุดทดลอง แล้วอาจต่อท่อให้ไหลกลับถังเก็บข้อ 2.5.1.1 หรือปล่อย ลงรางแล้วไหลเข้าถังวัดปริมาตรก่อนลงถังเก็บอุปกรณ์ชุดนี้อาจใช้วัดอัตราการไหลของน้ำได้โดยน้ำที่ไหลเข้าสู่รางจะผ่านแผ่นกั้นพรุน ซึ่งจะลดการกระเพื่อมของน้ำ ปลายอีกข้างของรางติดแผ่นกั้นมีร่องบากตัววี หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าความสูงของน้ำในร่องบากนี้จะเป็นเครื่องชี้ อัตราการไหลได้ น้ำในรางนี้จะมีสเกลบอกระดับติดที่ด้านข้างของโต๊ะ

2.5.1.5. ถังวัดปริมาตร น้ำจากรางจะไหลเข้าถังวัดปริมาตรซึ่งมี 2 ส่วน ส่วนล่างมีความสูงให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาน 10 เซนติเมตร และมีความจุ 1 ลิตร ต่อความสูง 1 เซนติเมตร รวมความจุ 10 ลิตร ส่วนบนมีความสูงใช้งาน 15 เซนติเมตร และมีความจุ 3 ลิตร ต่อความสูง 1 เซนติเมตร รวมความจุ 45 ลิตร ระดับน้ำในถังทั้งสองส่วนสามารถอ่านได้จากสเกลวัดระดับที่ติดอยู่ด้านข้าง ที่ฝาโต๊ะจะมีระดับน้ำ (ตาไก่) ทำให้สามารถปรับโต๊ะให้อยู่ในแนวราบเพื่อความแม่นยำในการอ่านระดับน้ำถังวัดปริมาตร

ในถังวัดปริมาตรจะมีวาล์วขนาด 2 นิ้ว เพื่อปล่อยน้ำลงถังเก็บด้านล่างและถ้ามีระดับน้ำในถังสูงกว่า 15 เซนติเมตร น้ำจะไหลออกทางท่อน้ำล้นและไหลลงเก็บถังด่านล่างเช่นกัน

2.5.2. วิธีการใช้

การใช้โต๊ะชลศาสตร์ ทำได้ง่ายๆ ดังนี้

2.5.2.1. เติมน้ำในถังเก็บจนเกือบเต็ม (ห่างจากขอบประมาณ 5 เซนติเมตร) หากสกปรกควรล้างออกก่อน

2.5.2.2. ปิดวาล์วทางออกของสูบแล้วเปิดสวิตช์น้ำดูว่าปั๊มทำงาน (สูบน้ำออก)

2.5.2.3. ค่อย ๆ เปิดวาล์วให้ได้อัตราการไหลที่ต้องการ โดยสังเกตจากมาตรวัดอัตราการไหล

2.5.2.4. ท่อน้ำจากโต๊ะชลศาสตร์เข้าชุดทดลอง จะเป็นขนาด ¾ นิ้ว หากจำเป็นจะต้องใช้ท่อขนาดอื่น ต้องใช้ชุดปรับขนาดท่อ (ADAPTER)

2.5.2.5. ในการจับเวลาเพื่อวัดอัตราการไหลโดยใช้ถังวัดปริมาตรควรทำดังนี้

2.5.2.5.1. ค่อยให้น้ำจากการทดลองไหลเข้าถังวัดปริมาตรในอัตราคงที่แล้วปิดวาล์วระบายน้ำออกด้านล่าง ระดับน้ำในถังวัดค่อย ๆ สูงขึ้น

2.5.2.5.2. เมื่อระดับน้ำขึ้นถึงระดับที่ต้องการให้หยุดจับเวลา การวัดระดับน้ำในถังล่างและถังบนให้ทำโดยวิธีเดียวกัน

2.5.2.6. เมื่อเลิกใช้ควรปล่อยน้ำออกจากถังเก็บให้หมด และหากเลิกใช้เป็นเวลานาน ควรปล่อยน้ำออกจากปั๊ม โดยคลายน็อตที่ด้านล่างของปั๊ม เพื่อปล่อยน้ำที่ขังอยู่ออกและขันตามเดิม

2.5.3. การระวังรักษา

หากปั๊มไม่หมุนอาจจะเป็นเพราะใบพัดมีสนิมจับ ควรเปิดฝาครอบด้านหลังมอเตอร์และใช้ไขควงเขี่ยมอเตอร์ให้หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
องค์ประกอบของเครื่องมือ

เนื้อหาในบทนี้ จะกล่าวถึงองค์ประกอบเครื่องมือทดสอบสายน้ำพุ่งแบบอิสระ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2 ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

3.1. หัวเซนเซอร์อินฟราเรดวัดลำน้ำ

หัวเซนเซอร์อินฟราเรดวัดลำน้ำ เป็นหัวเซนเซอร์แบบเดียวกันกับที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป มีรูปร่างเป็นทรงสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก มีกระจกทึบขนาดเล็กติดอยู่ด้านหน้า ภายในบรรจุหัวส่งคลื่นอินฟราเรดกับตัวรับคลื่นอินฟราเรด ใช้ในการวัดระยะในแนวนอนและแนวดิ่งได้ดี โดยอาศัยหลักการสะท้อนกลับของคลื่นสัญญาณ (ในที่นี้ คือ คลื่นรังสีอินฟราเรด) และคลื่นสัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปประมวลผลข้อมูลที่ชุดอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์เป็นค่าต่าง ๆ อีกทีหนึ่ง หัวเซนเซอร์ติดอยู่ยึดจับที่มันคงแข็งแรง

3.2. มอเตอร์ขับเคลื่อน

มอเตอร์ขับเคลื่อน ประกอบด้วยมอเตอร์ขับเคลื่อนในแนวนอนและมอเตอร์ขับเคลื่อนในแนวดิ่ง ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนสายพาน ทำหน้าที่ให้กำลังขับเคลื่อนหัวเซนเซอร์ให้เคลื่อนที่ได้ทั้งในแนวราบและแนวตั้ง ทำให้สามารถวัดระยะได้ในทุกตำแหน่งของสายน้ำ

3.3. สายพานขับเคลื่อน

สายพานขับเคลื่อน ทำหน้าที่เป็นตัวพาหัวเซนเซอร์ให้เคลื่อนที่ไปตามเพลาแกน มี 2 ชุด คือ สายพานขับเคลื่อนให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวนอน

3.4. อุปกรณ์มู่เล่

อุปกรณ์มู่เล่ หรืออุปกรณ์รอกสายพานขับเคลื่อน เป็นตัวกลางที่ลำเลียงสายพานขับเคลื่อนให้หมุนวนไปทำงานขับเคลื่อนได้ต่อเนื่องกันไป ในเครื่องมือทดสอบนี้ใช้ขนาดรอกเล็กมาก เพื่อลดจังหวะการขับเคลื่อนสายพานแต่ละครั้ง ทำให้ระยะขับเคลื่อนถี่และละเอียดเพิ่มขึ้น อุปกรณ์รอกตัวนี้ต้องทำขึ้นเฉพาะเครื่องมือนี้เท่านั้น เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. ชุดแกนวิ่งสแตนเลส

ชุดแกนวิ่งสแตนเลส เป็นแกนโลหะเพื่อให้ หัวเซนเซอร์เคลื่อนที่ไปตามแกนได้อย่างสะดวก ไม่สะดุด โดยปกติต้องหยอดน้ำมันหล่อลื่นกันความฝืดและสนิมโลหะ มี 2 ชุด คือชุดแกนสแตนเลส แนวราบ เป็นแกนโลหะสแตนเลส หน้าตัดกลมขนาด 12 มิลลิเมตร มี 2 แกน เพื่อยึดให้หัวเซนเซอร์มีเสถียรภาพการวิ่งทำให้การวัดระยะของหัวเซนเซอร์แม่นยำ ไม่สั่นไหว อีกชุดหนึ่ง คือ ชุดแกนสแตนเลสแนวดิ่ง ติดกับชุดหัวเซนเซอร์เลย มีขนาดเล็กกว่าชุดสแตนเลสแนวราบอยู่มาก (แกนสแตนเลสแนวดิ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร) เป็นแกนนำหัวเซนเซอร์ขึ้นลงแนวดิ่งเท่านั้น (ขอบเขตระยะทางในแนวดิ่งของการทดลองนี้น้อยมาก เมื่อเทียบกับขอบเขตระยะทางในแนวราบ) แกนสแตนเลสจะต้องมีผิวเรียบลื่น โดยผ่านการกลึงและทดสอบมาเป็นอย่างดี

3.6. ปลั๊กไฟ, สายไฟ และสายสัญญาณ

ปลั๊กไฟ, สายไฟ และสายสัญญาณ เป็นอุปกรณ์ที่นำกระแสไฟฟ้าหรือคลื่นสัญญาณต่าง ๆ ไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ในชุดการทดลองได้

3.7. ชุดอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์

ชุดอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์ เป็นเสมือนกับหัวใจและสมองของเครื่องมือนี้เลย เป็นชุดควบคุมการทำงานต่าง ของอุปกรณ์ทุกตัว ชุดอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์นี้มีอุปกรณ์ย่อยภายในดังนี้ (ดูรูปที่ 3.2 ประกอบ)

3.7.1. ไมโครโปรเซสเซอร์ ทำหน้าที่สั่งการอุปกรณ์อื่น ๆ ให้ทำงานตามขั้นตอนที่โปรแกรมไว้อย่างเป็นระเบียบ และยังใช้ประมวลผลทางคณิตศาสตร์อีกด้วย เปรียบเสมือนสมองของเครื่องมือทดลอง เป็นตัวกลางที่ใช้คิดคำนวณตามที่ input ค่าเข้าไป

3.7.2. ชุด Drive Motor ทำหน้าที่รับคำสั่งจากไมโครโปรเซสเซอร์ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ทุกชุดอีกทอดหนึ่ง เปรียบเสมือนหัวใจที่สูบฉีดเลือด

3.7.3. ชุดขยายสัญญาณจากหัวเซนเซอร์ ทำน้าที่ขยายคลื่นสัญญาณที่รับได้จากการวัดระยะทาง ไปให้ไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลเนื่องจากคลื่นสัญญาณที่ส่งมาจากหัวเซนเซอร์มีความเข้มสัญญาณน้อย จึงจำเป็นต้องขยายความเข้มสัญญาณให้มากขึ้น เพื่อให้ความเข้มสัญญาณเพียงพอกับความเข้มสัญญาณที่ไมโครโปรเซสเซอร์ต้องการ

3.7.4. อุปกรณ์ supply กระแสไฟฟ้า ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้า ระหว่างกระแสไฟฟ้าตรงและกระแสไฟฟ้าสลับ

3.7.5. อุปกรณ์หม้อแปลงไฟฟ้า ทำหน้าที่ ลดความต่างศักย์ไฟฟ้าจากความต่างศักย์ไฟฟ้าทั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

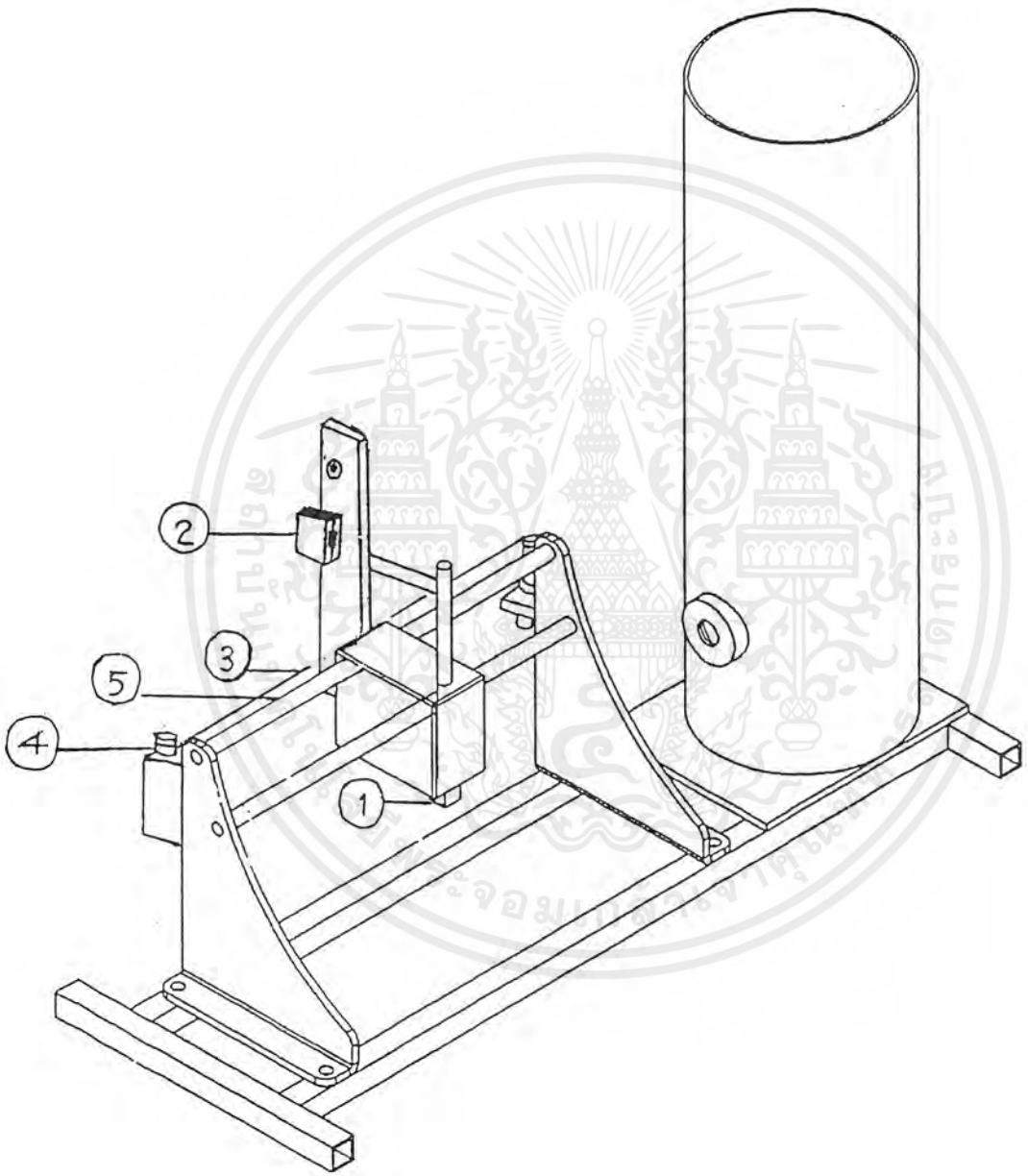
ไป (220 โวลท์) เป็น 5 หรือ 12 หรือ 24 โวลท์ ตามที่อุปกรณ์แต่ละตัวต้องการได้

3.8 ชุดคีย์บอร์ดและจอแสดงผล

ชุดคีย์บอร์ดและจอแสดงผล เป็นคีย์บอร์ดแบบเมตริก มีแป้นการใช้งาน เพื่อใช้ในการสั่งงานและป้อนข้อมูลให้กับเครื่องมือทดสอบ และมีจอ Display (LCD) เพื่อแสดงผลการทดสอบและสถานะการทำงานต่าง ๆ

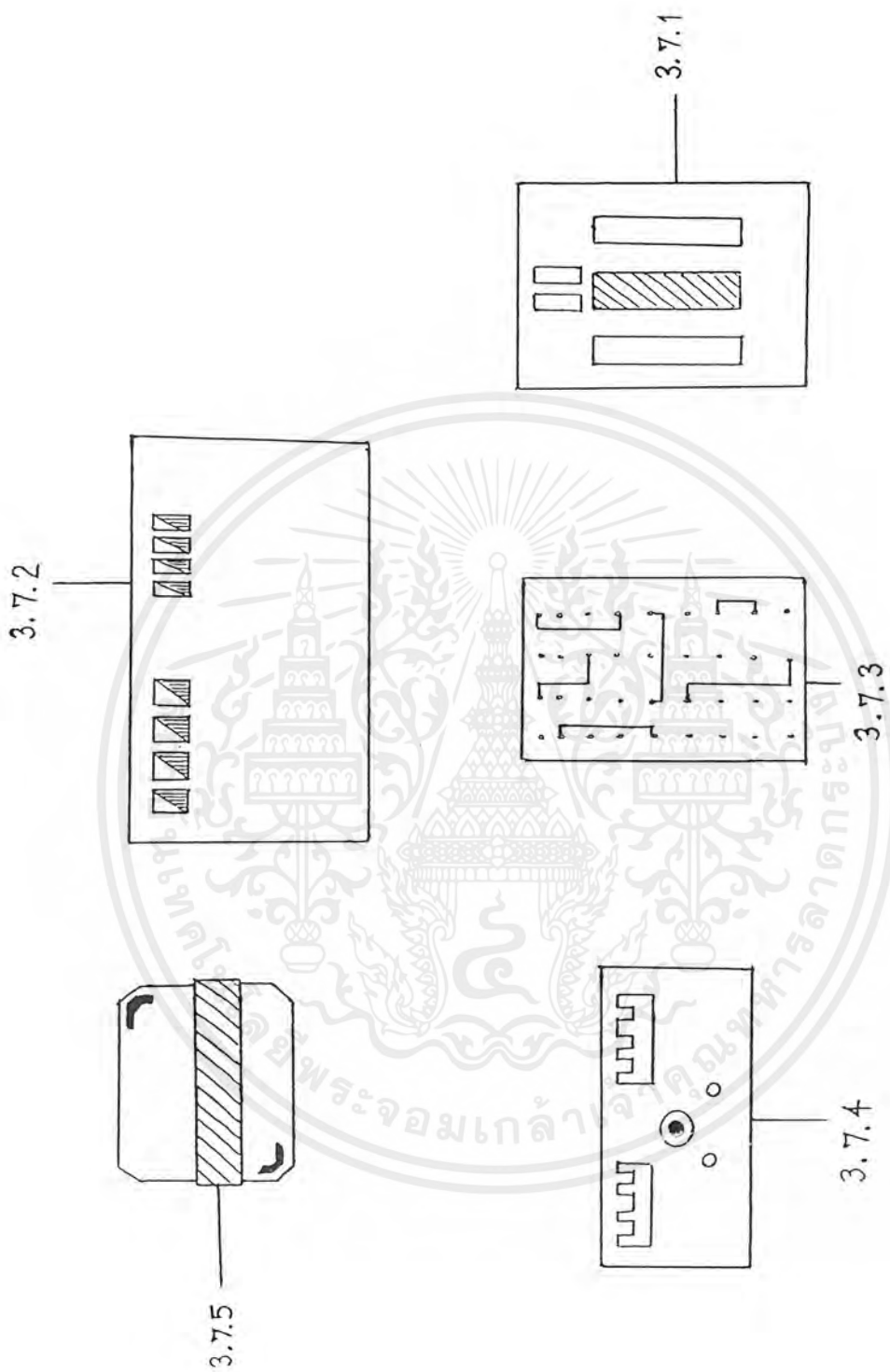
เครื่องมือทดสอบโครงงานพิเศษ ทำขึ้นจากโลหะอลูมิเนียมเป็นส่วนใหญ่ จึงมีน้ำหนักมาก ใช้หัวนอต M4 มิลลิเมตร และ M5 มิลลิเมตร (นอตที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง เกลียวนอต 4 และ 5 มิลลิเมตรตามลำดับ เป็นตัวยึดอุปกรณ์กับโครงอลูมิเนียมเป็นหลัก ใช้กระแสไฟฟ้าจากเต้าเสียบเหมือนอุปกรณ์ไฟฟ้า แต่มีขนาดใหญ่โดยรวมใหญ่กว่าเครื่องมือทดสอบแบบเดิมเล็กน้อย แต่มีน้ำหนักเบากว่ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1. แสดงรายละเอียดเครื่องมือทดลองในส่วนชุดทดสอบสายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงรายละเอียดเครื่องมือทดลองในส่วนชุดอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ระเบียบและวิธีปฏิบัติในการดำเนินโครงงานพิเศษ

เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องมือทดลอง วิธีและขั้นตอนการประกอบเครื่องมือทดสอบ วิธีการใช้งานเครื่องมือทดลอง และข้อควรระวังในการใช้งานเครื่องมือทดลองนี้

4.1. เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องมือของโครงงานพิเศษ

4.1.1. เครื่องกลึงโลหะ ใช้ในการกลึงเพลาแกนสแตนเลสแกนราบและแกนดิ่ง

4.1.2. เครื่องตัดและเจียร ใช้กัดก้อนโลหะให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ในเครื่องมือทดลองนี้ใช้เครื่องกัดผิวโลหะ ในการกัดก้อนอลูมิเนียมที่ยึดหัวเซนเซอร์และโครงอลูมิเนียมของตัวเครื่องมือทดลองเกือบทั้งหมด เป็นส่วนเครื่องมือที่มีความสำคัญมากที่สุดในการประดิษฐ์เครื่องมือนี้ ใช้โดยการกำหนดรูปร่าง และจุดพิกัดของวัตถุนั้น ๆ ให้กับเครื่องแล้วตัวเครื่องจะทำงานจนเสร็จสมบูรณ์เอง

4.1.3. สว่านไฟฟ้า ใช้ในงานเจาะ เพื่อเสริมการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ และงานสกรูและนอต เป็นอุปกรณ์ที่ใช้มากในการประดิษฐ์เครื่องมือทดลองนี้

4.1.4. ชุดอุปกรณ์เชื่อมโลหะ ใช้ในการเชื่อมโครงอลูมิเนียมในส่วนที่ต้องการความแข็งแรงสูงของเครื่องมือทดลอง เช่น ส่วนโครงฐานรับน้ำหนักของเครื่องมือทดลอง เป็นต้น

4.1.5. ชุดเครื่องมือช่างทั่วไป เป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการประกอบเครื่องมือทดลองให้ดำเนินไปอย่างสะดวก และมีคุณภาพ เช่น ชุดไขควง ชุดประแจ คีมไฟฟ้า อุปกรณ์ตัดโลหะ เทปวัดระยะทาง ฯลฯ

4.1.6. ชุดเครื่องมือช่างอิเล็กทรอนิกส์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในงานทางอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องมือทดลอง ซึ่งเป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานหลักของเครื่องมือทดลองให้มีประสิทธิภาพ เช่น เครื่องบัดกรีไฟฟ้า ออสซิโลสโคป (เครื่องทดสอบคลื่นสัญญาณ) เครื่องเชื่อมโลหะ (ขนาดเล็ก เช่น สายทองแดง) ฯลฯ

4.1.7. คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ใช้ในการทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์และผ่านข้อมูลลงไมโครโปรเซสเซอร์ และใช้ในการทดสอบการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ของตัวไมโครโปรเซสเซอร์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. วิธีและขั้นตอนการประกอบเครื่องมือทดลอง

4.2.1. นำทฤษฎีทางชลศาสตร์วิศวกรรมในส่วนเรื่องออรีฟิซและสายน้ำที่พุ่งแบบอิสระ ไปออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้น นำไปผ่านข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์ลงสู่ตัวไมโครโปรเซสเซอร์หลัก เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมสั่งงานของเครื่องมือทดลอง

4.2.2. ออกแบบโครงสร้างอย่างคร่าว ๆ คัดเลือกวัสดุโครงเครื่องมือทดลองและชุดอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับทฤษฎีทางวิศวกรรมชลศาสตร์ในส่วนออรีฟิซ และสายน้ำที่พุ่งแบบอิสระ กำหนดจุดพิกัดเครื่องมือทดลอง โดยอ้างอิงกับชุดเครื่องมือทดลองดั้งเดิม (ในที่นี้เป็นเครื่องมือของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

4.2.3. เริ่มตัดเชื่อม และเจียรโลหะให้เป็นโครงสร้างเครื่องมือทดลอง โดยใช้เครื่องกัดโลหะ และชุดอุปกรณ์เชื่อมโลหะ และติดตั้งแกนสแตนเลส โดยใช้เครื่องกลึงโลหะเป็นตัวกลึงให้ผิวเรียบ

4.2.4. นำมอเตอร์และสายพานไปติดตั้งบนโคครงโลหะและนำหัวเซนเซอร์มาประกอบให้แข็งแรง เริ่มทดสอบโดยใช้ชุดสั่งงานชั่วคราว ให้มอเตอร์ขับเคลื่อนดู หากตัววิ่งที่ยึดหัวเซนเซอร์สะดุดไม่ราบเรียบ ต้องรื้อแกนสแตนเลสใหม่ แสดงว่าผิวยังไม่เรียบหรือยังไม่ได้ขนาดที่เหมาะสม (ตามที่ได้ออกแบบไว้ตอนแรก) หากไม่มีปัญหา ก็ถือว่าได้มาตรฐาน

4.2.5. ประกอบชุดอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์และชุดสายไฟฟ้า และสายสัญญาณ เพื่อให้สามารถควบคุมเครื่องมือทดลองเองได้ ในที่นี้ใช้คอมพิวเตอร์สั่งงานแทนชุดคีย์บอร์ดไปก่อน จากนั้นค่อยติดตั้งชุดอุปกรณ์คีย์บอร์ดและจอแสดงผล

4.2.6. นำไปทดสอบว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ หากไม่ผ่านก็ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

4.2.7. เครื่องมือทดลองของโครงงานพิเศษเสร็จสิ้นสมบูรณ์

4.3. วิธีการใช้งานเครื่องมือทดลอบ

4.3.1 เปิดเครื่อง (power on)

4.3.2 เครื่องมือจะแสดง "H=" ที่จอแสดงผล ซึ่งหมายถึง ให้ป้อนคค่าระดับความสูงของน้ำจากกึ่งกลางออริฟิซ หรือที่เรียกว่าเฮดน้ำ (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) แล้วกด ENTER

4.3.3 หัววิ่งเซนเซอร์จะค้นหาพิกัดของจุดวีนาคอนแทรกตาเองโดยอัตโนมัติ และตั้งพิกัดจุดนั้นให้เป็นจุดออริจิน (0,0) ใหม่

4.3.4 จอแสดงผลจะแสดง "X=" เพื่อให้ป้อนค่าระยะเคลื่อนที่ในแนวราบที่ต้องการ (หน่วยเป็นเซนติเมตร) แล้วกด ENTER

4.3.5 หัววิ่งเซนเซอร์จะหาค่าระยะในแนวดิ่งที่ ขอบบน ขอบล่างและค่าเฉลี่ย ณ ตำแหน่งนั้นๆ และแสดงผลที่จอแสดงผล (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) แล้วกด ENTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 จอแสดงผลจะแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็ว (หน่วยเป็นมิลลิเมตร ทศนิยม 3 ตำแหน่ง) แล้วกด ENTER~

4.3.7 จอแสดงผลจะแสดงทางเลือกว่าจะให้เลื่อนระยะในแนวแกนราบต่อไป หรือจะสิ้นสุดการทดลอง

4.3.8 หากต้องการทดลองต่อให้กด ENTER เครื่องมือทดลองจะเคลื่อนที่ในแนวแกนราบเป็นระยะทางที่กำหนดแต่แรกแล้วต่อไป และแสดงค่าระยะในแนวดิ่งและสัมประสิทธิ์ของความเร็ว ณ จุดต่อไป เป็นเช่นนี้ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าการทดลองจะเสร็จสมบูรณ์ ตามที่ต้องการ

4.3.9 หากต้องการยุติการทดลอง (เสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้ว) ให้กด CLEAR เครื่องจะแสดงค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ของความเร็ว บนจอแสดงผล กด ENTER อีกครั้งเพื่อให้หัววิ่งเซนเซอร์ กลับไปจุดเริ่มต้น (ชิดขอบด้านขวาสุด) จอแสดงผลจะแสดง "H=" เพื่อยืนยันความพร้อมในการทดลองครั้งต่อไป

4.3.10 หากไม่ต้องการทดลองต่อไป ให้กดปิดเครื่อง (power off)

4.4. ข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือทดลอง

4.4.1. ชุดอุปกรณ์ของเครื่องมือทดลองส่วนใหญ่โดนน้ำได้ตามปกติ แต่ไม่ควรถึงขนาดเปียกชุ่มน้ำ หรือแช่อยู่ในน้ำเป็นระยะเวลานาน ๆ อาจทำให้ชุดอุปกรณ์บางชนิดเช่น มอเตอร์ ฯลฯ ชำรุดเสียหายได้ แต่ยกเว้นชุดอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์ ซึ่งไม่สามารถโดนน้ำได้เลย เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ แต่โดยปกติชุดอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์จะห่างจากส่วนทดลองหลักอยู่แล้ว (เชื่อมกันด้วยสายไฟและสายสัญญาณกับชุดทดลองหลัก)

4.4.2. ชุดอุปกรณ์ในส่วนที่เป็นโลหะ ต้องระมัดระวังในแกนสแตนเลสที่สุด ต้องหยอดน้ำมันหล่อลื่นตลอดเพื่อกันสนิม หากเกิดสนิมหัววิ่งเซนเซอร์จะสะดุด ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ดี หรือหากรุนแรงถึงสนิมกัดกร่อนแล้วก็อาจต้องเปลี่ยนแกนสแตนเลสเลยทีเดียว ชุดอุปกรณ์อย่างอื่นเป็นอลูมิเนียมจึงไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องการเกิดสนิมเท่าไรนัก เพียงแต่ดูแลรักษาความสะอาดบ้างเท่านั้น

4.4.3. ชุดมอเตอร์เป็นชุดอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น โดยเฉพาะกับเครื่องมือทดลองนี้เท่านั้น (ไม่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป) และมีขนาดเล็ก จึงอาจร้อนมากเมื่อใช้งานในระยะเวลานานมาก แต่ก็ไม่ค่อยมีปัญหาหากใช้งานตามปกติทั่วไป

4.4.4. เครื่องมือทดลองของโครงงานพิเศษ มีขนาดใหญ่กว่าเครื่องมือเดิมเล็กน้อย และเพื่อความสะดวกในการติดตั้งหรือใช้งาน จึงออกแบบให้เป็นโลหะอลูมิเนียม ซึ่งมีน้ำหนักเบามาก ซึ่งก็แข็งแรงทนทนต่อการใช้งานได้ดี แต่อลูมิเนียมจะแข็งแรงน้อยกว่าเหล็กหรือโลหะบางชนิด จึงควรระวังในการกระทบอย่างแรง หรือตกจากที่สูง ซึ่งอาจทำให้ชำรุดเสียหายได้

4.4.5. สายยางขับเคลื่อน เป็นสายยางขนาดเล็กมาก นำมาประยุกต์ใช้เฉพาะ จึงควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระวังอย่าให้ไปเกี่ยวกับของมีคมต่าง ๆ เนื่องจากขนาดของสายยางเล็ก จึงทนต่อการฉีกขาดได้ง่ายกว่าสายพานลำเลียงที่ใช้ในอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

5.1. วิธีการทดสอบมาตรฐานของเครื่องมือทดลองของโครงงานพิเศษ

การทดสอบเครื่องมือทดลองของโครงงานพิเศษนี้ ได้ใช้วิธีการทดสอบโดยเทียบกับแผ่นสายน้ำจำลอง ที่สร้างขึ้นจากแผ่นพลาสติกตัดรูป โดยแผ่นสายน้ำพลาสติกจำลองนี้ ได้มาจากข้อมูลค่าระยะในแนวดิ่ง และแนวราบของสายน้ำที่เฮดน้ำ (ความสูงของผิวน้ำจากกึ่งกลางออริฟิซและใช้การทดสอบตัวอย่างของหัวพลังงาน (Energy Head) ที่ 260 หรือ 300 หรือ 318 มิลลิเมตร) และอ้างอิงค่าระยะในแนวราบ (x) และระยะในแนวดิ่ง (y) ในเรื่องออริฟิซและสายน้ำที่พุ่งแบบอิสระ โดยแบบพลาสติกสายน้ำจำลองทั้ง 3 ชุดนี้ ก็จะนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ทราบค่าอยู่แล้ว หากใกล้เคียงกันก็แสดงว่ามีประสิทธิภาพและได้มาตรฐาน อีกทั้งยังสามารถนำมาวัดโดยใช้มือและสายตาวัดได้อีกด้วย เป็นการยืนยันและรับรองความถูกต้องแม่นยำได้อีกทีหนึ่ง เนื่องจากแผ่นสายน้ำจำลองหล่อขึ้นตามผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นมาตรฐานจึงถูกรองรับโดยการเปรียบเทียบผลการทดลองของโครงงานพิเศษนี้ และยังพิสูจน์ได้โดยนำมาเปรียบเทียบกับสายน้ำจำลอง ซึ่งสามารถวัดได้ทันทีด้วยไม้บรรทัดหรือตลับเทปวัดได้ทันที

5.2 แสดงตารางผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KINGMONGUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

HYDRAULIC ENGINEERING LABORATORY

EXPERIMENT — *ORIFICE AND FREE JET FLOW*

DIAMETER OF ORIFICE (Do) = 6.00 mm

AREA OF ORIFICE (Ao) = 28.27 mm^2

Run No	d_j (mm)	A_j (mm^2)	H (mm)	$C_c = \frac{A_j}{A_o}$	Volume water (m^3)	Time (sec)	Q (actual) m^3/s	Q (theorem) m^3/s	C_d FromEq.6 Qa/Qt	$C_v = \frac{C_d}{C_c}$	x (mm)	y(mea.) (mm)	y(cal.) (mm)	C_v FromEq.8	$C_c = \frac{C_d}{C_v}$
I	5.50	23.76	260	0.840	1.410E-04	3.12	4.519E-05	6.386E-05	0.708	0.842					
											x1= 30	y1= 3	y1= 0.9	0.537	1.318
											x2= 80	y2= 10	y2= 6.2	0.784	0.902
											x3= 130	y3= 22	y3= 16.3	0.859	0.823
											x4= 180	y4= 39	y4= 31.2	0.894	0.792
											x5= 230	y5= 62	y5= 50.9	0.906	0.781
											x6= 280	y6= 87	y6= 75.4	0.931	0.760
											x7= 330	y7= 121	y7= 104.7	0.930	0.761
											x8= 380	y8= 138	y8= 138.8	1.003	0.706
											Average =			0.856	0.855

KINGMONGUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

HYDRAULIC ENGINEERING LABORATORY

EXPERIMENT — *ORIFICE AND FREE JET FLOW*

DIAMETER OF ORIFICE (Do) = 6.00 mm

AREA OF ORIFICE (Ao) = 28.27 mm^2

Run No	d_j (mm)	A_j (mm^2)	H (mm)	$C_c = \frac{A_j}{A_o}$	Volume water (m^3)	Time (sec)	Q (actual) m^3/s	Q (theorem) m^3/s	C_d FromEq.6 Qa/Qt	$C_v = \frac{C_d}{C_c}$	x (mm)	y(mea.) (mm)	y(cal.) (mm)	C_v FromEq.8	$C_c = \frac{C_d}{C_v}$
2	5.50	23.76	300	0.840	1.805E-04	3.60	5.014E-05	6.860E-05	0.731	0.870					
											x1= 30	y1= 2	y1= 0.8	0.612	1.194
											x2= 80	y2= 7	y2= 5.3	0.873	0.837
											x3= 130	y3= 19	y3= 14.1	0.861	0.849
											x4= 180	y4= 33	y4= 27.0	0.905	0.808
											x5= 230	y5= 53	y5= 44.1	0.912	0.801
											x6= 280	y6= 76	y6= 65.3	0.927	0.788
											x7= 330	y7= 104	y7= 90.8	0.934	0.782
											x8= 380	y8= 134	y8= 120.3	0.948	0.771
											Average =			0.871	0.854

KINGMONGUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

HYDRAULIC ENGINEERING LABORATORY

EXPERIMENT — *ORIFICE AND FREE JET FLOW*

DIAMETER OF ORIFICE (Do) = 6.00 mm

AREA OF ORIFICE (Ao) = 28.27 mm^2

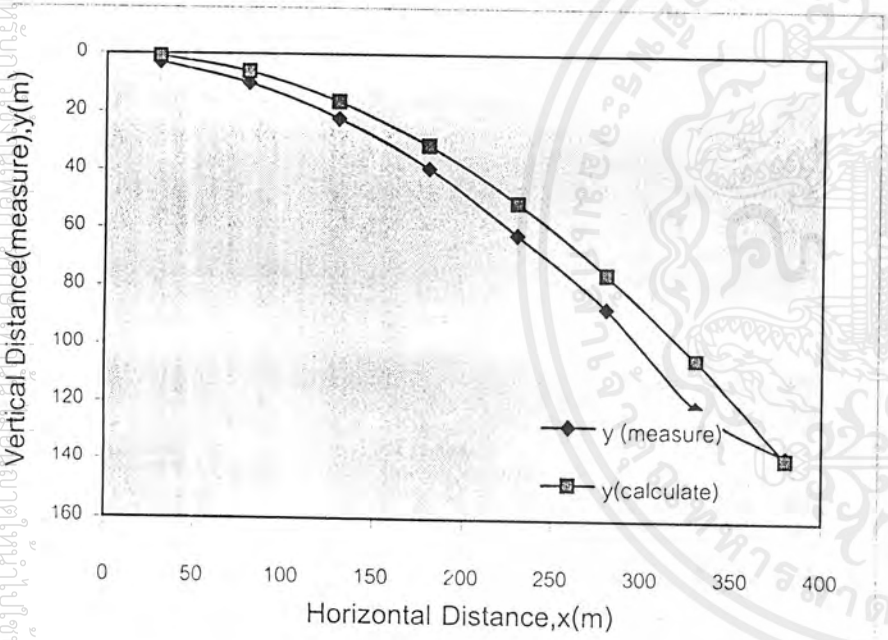
Run No	d_j (mm)	A_j (mm^2)	H (mm)	$C_c = \frac{A_j}{A_o}$	Volume water (m^3)	Time (sec)	Q (actual) m^3/s	Q (theorem) m^3/s	C_d FromEq.6 Qa/Qt	$C_v = \frac{C_d}{C_c}$	x (mm)	y(mea.) (mm)	y(cal.) (mm)	C_v FromEq.8	$C_c = \frac{C_d}{C_v}$
3	5.50	23.76	318	0.840	2.920E-04	5.50	5.309E-05	7.062E-05	0.752	0.895					
											x1= 30	y1= 1	y1= 0.7	0.841	0.894
											x2= 80	y2= 6	y2= 5.0	0.916	0.821
											x3= 130	y3= 17	y3= 13.3	0.884	0.850
											x4= 180	y4= 30	y4= 25.5	0.921	0.816
											x5= 230	y5= 49	y5= 41.6	0.921	0.816
											x6= 280	y6= 70	y6= 61.6	0.938	0.801
											x7= 330	y7= 96	y7= 85.6	0.944	0.796
											x8= 380	y8= 126	y8= 113.5	0.949	0.792
											Average =			0.914	0.823

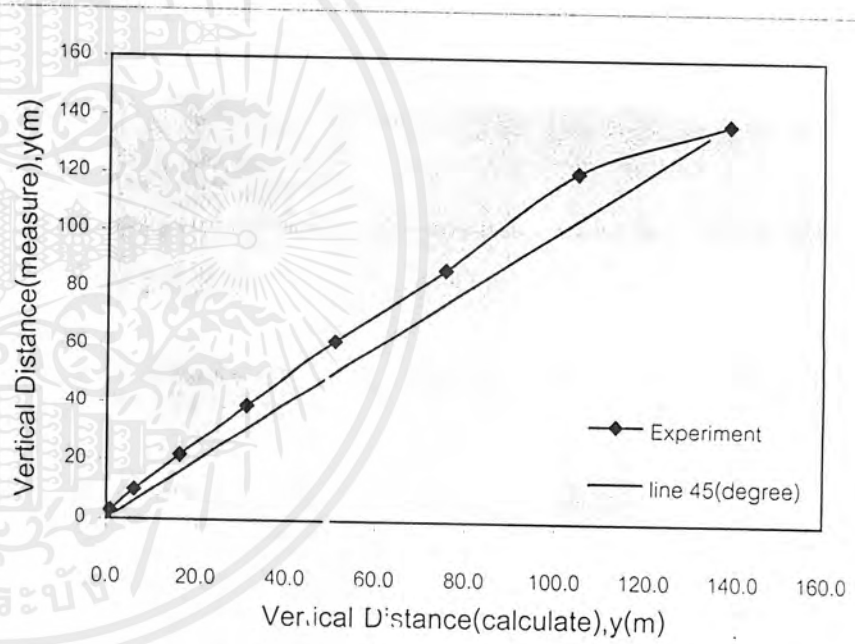
KINGMONGUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

HYDRAULIC ENGINEERING LABORATORY

EXPERIMENT — *ORIFICE AND FREE JET FLOW*

Run No1



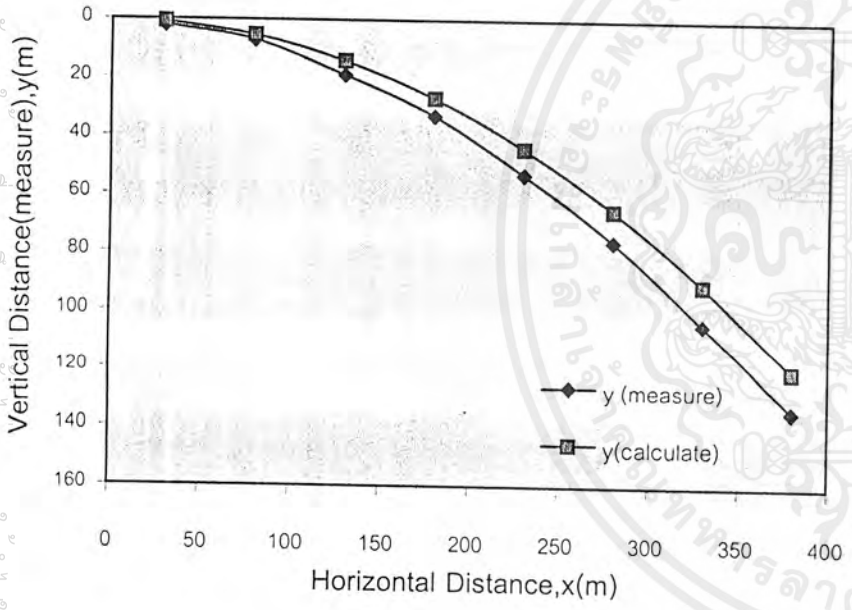


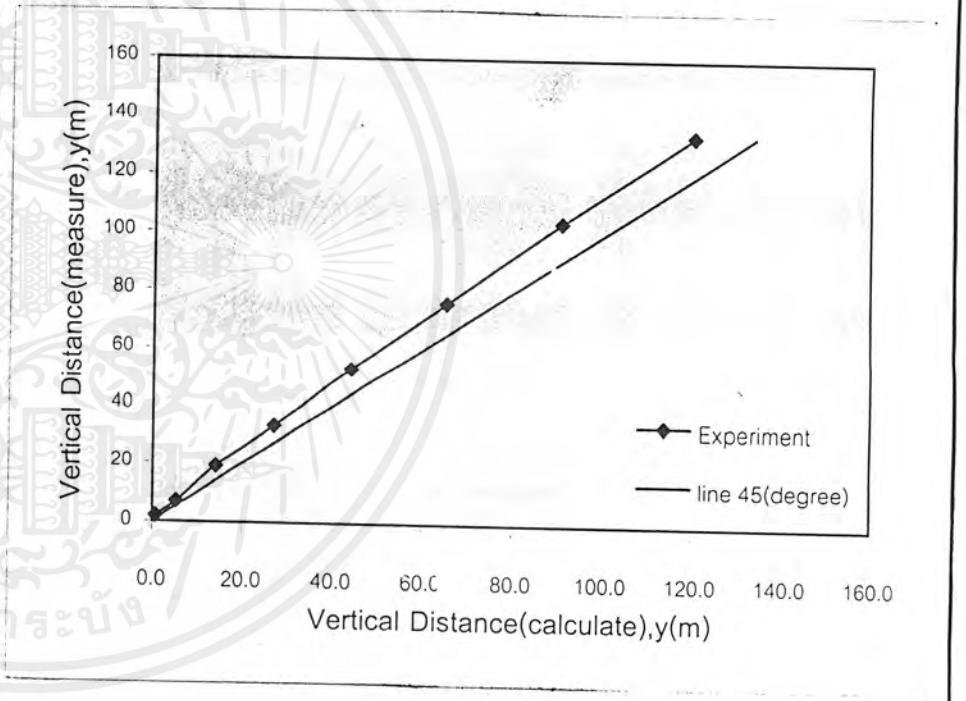
KINGMONGUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

HYDRAULIC ENGINEERING LABORATORY

EXPERIMENT — *ORIFICE AND FREE JET FLOW*

Run No2



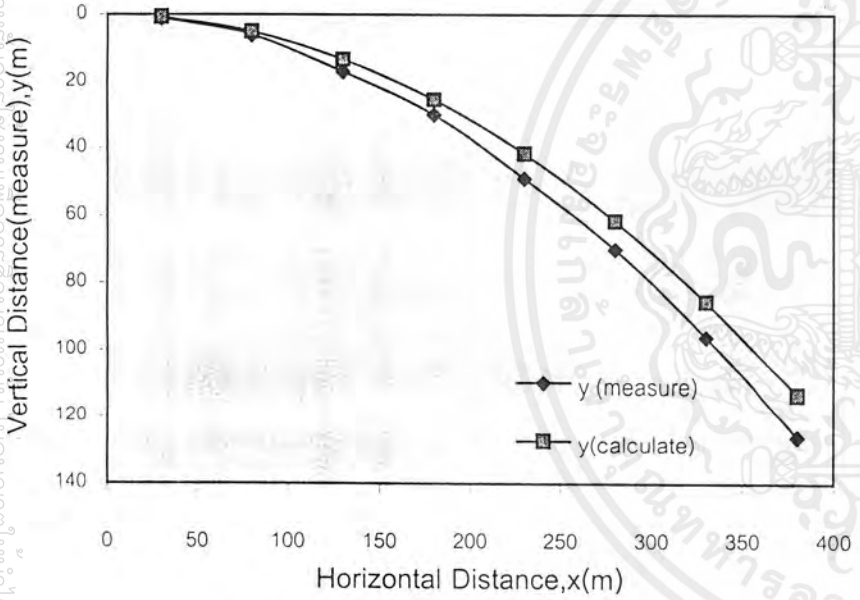


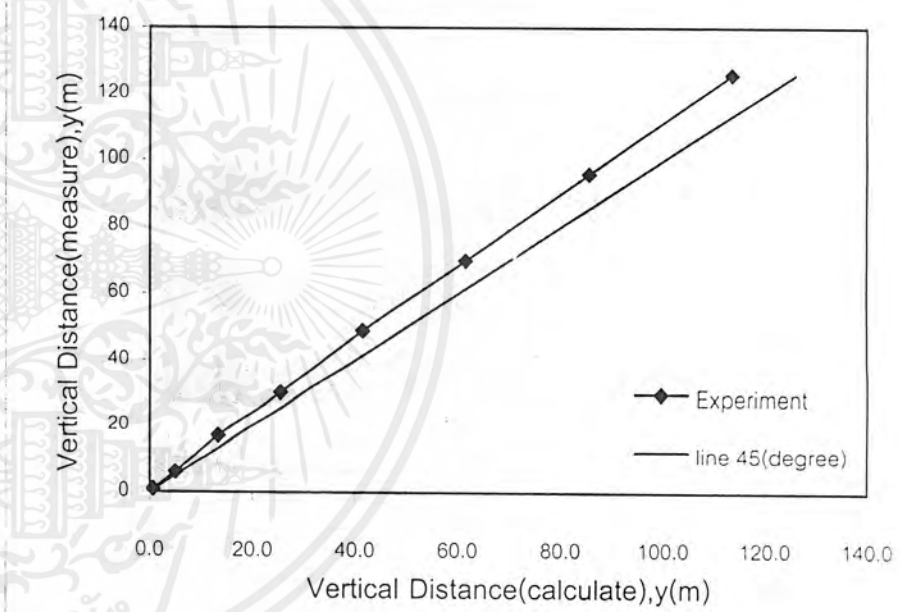
KINGMONGUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

HYDRAULIC ENGINEERING LABORATORY

EXPERIMENT — *ORIFICE AND FREE JET FLOW*

Run No3





บทที่ 6
สรุปและวิเคราะห์โครงงานพิเศษ

6.1. สรุปผลการทดลองของโครงงานพิเศษ

ในการดำเนินโครงงานพิเศษ เรื่องออริฟิซ และสายน้ำที่พุ่งแบบอิสระนี้ ค่อนข้างมีปัญหาอุปสรรคอยู่บ้าง ส่วนใหญ่จะเป็นในด้านการประยุกต์ทฤษฎีทางวิศวกรรมชลศาสตร์ กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการใช้งานเครื่องมือทดลอง เช่น ระยะในแนวของสายน้ำที่ตัวเซนเซอร์จับได้นั้น ต้องแม่นยำให้มากที่สุด แต่เซนเซอร์ต้องใช้เวลาในการรับส่งสัญญาณที่กระทบผิวน้ำ จึงต้องออกแบบโปรแกรม เผื่อระยะเวลารับส่งคลื่นสัญญาณด้วย ซึ่งมีผลต่อการคำนวณระยะทางในแนวดิ่ง ฯลฯ ในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จึงไม่อาจคาดเดาเหตุการณ์เฉพาะหน้าที่อาจจะเกิดได้จริงตอนทดสอบมากนัก ต้องมีการทดลองจริงแล้วจึงค่อยนำมาปรับปรุงแก้ไขหลายต่อหลายครั้ง จนสามารถสอดคล้องเข้ากับทฤษฎีการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเลือกอุปกรณ์ประกอบเครื่องมือทดลอง ก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ในบางครั้งรูปโครงสร้างที่ออกแบบไว้ ก็ต้องปรับเปลี่ยนเพื่อให้สอดคล้องเหมาะสมกับการที่จะทดลองจริงๆ ได้ ถึงแม้ว่าจะประกอบขึ้นมาเป็นรูปร่างแล้ว แต่หากใช้ไม่ได้หรือไม่เหมาะสมกับการทดลองและทฤษฎีแล้วก็อาจถึงกับต้องรื้อทิ้ง ประกอบใหม่อีกครั้งหนึ่งทำให้เวลาการดำเนินโครงงานพิเศษเพิ่มโดยใช่เหตุ และเครื่องจักรบางประเภท เช่น เครื่องกัดโลหะ ฯลฯ เป็นเครื่องจักรพิเศษที่ต้องไปขออนุญาตใช้ในสถานที่อื่นๆ จึงเป็นอุปสรรคในบางโอกาส

6.2. วิเคราะห์ผลการทดลองของโครงงานพิเศษ

จากการนำเครื่องมือของการทดลองพิเศษนี้ไปใช้งานจริงจังกับสายน้ำจำลอง และเปรียบเทียบกับการวัดค่าจริง โดยเครื่องมือวัดอย่างง่ายกับชุดสายน้ำจำลอง ผลปรากฏว่าเครื่องมือชุดนี้มีประสิทธิภาพดีเยี่ยม ให้ค่าระยะในแกนดิ่งที่ใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เครื่องมือนี้มีมาตรฐานที่เชื่อถือได้ แม่นยำ และให้ค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็วที่ละเอียดถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เอกสารประกอบวิชาเรียนวิชา "ปฏิบัติการวิศวกรรมชลศาสตร์", ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขวัญชัย สินทรัพย์สมบูรณ์, วิศิษฎ์ จาตุรมาน, "กลศาสตร์ของไหล", แผนกวิชาช่างยนต์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ ,2533

สิริพร อ่องรุ่งเรือง, พิชญ์ วิมุกตะลพ, "คู่มือการใช้งาน MICROSOFT EXCEL VERSION 4-5" , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ลงสู่ไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ลงสู่ไมโครโปรเซสเซอร์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ลงสู่ไมโครโปรเซสเซอร์

1.1. โปรแกรมแปลงภาษาคอมพิวเตอร์ให้เป็นข้อมูลตัวเลขฐาน 16

1.2. สายเชื่อมถ่ายข้อมูล

2. วิธีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ลงสู่ไมโครโปรเซสเซอร์

2.1. ใช้โปรแกรมแปลงภาษา แปลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้เป็นชุดตัวเลขฐาน 16 เนื่องจากไมโครโปรเซสเซอร์ จะสามารถเข้าใจภาษาที่มีลักษณะที่เป็นตัวเลขฐาน 16 ได้เท่านั้น

2.2. ใช้สายเชื่อมถ่ายข้อมูลไปเสียบที่ serial port ของคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์รับถ่ายข้อมูลของชุดอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3. สั่งถ่ายข้อมูลชุดเลขฐาน 16 ลงสู่ชุดอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.4. ถอดสายเชื่อม ถ่ายข้อมูลออก แล้วทดสอบการทำงานของเครื่องมือทดสอบ ถ้าทำงานได้ดีก็แสดงว่าการถ่ายข้อมูลเสร็จสิ้นสมบูรณ์

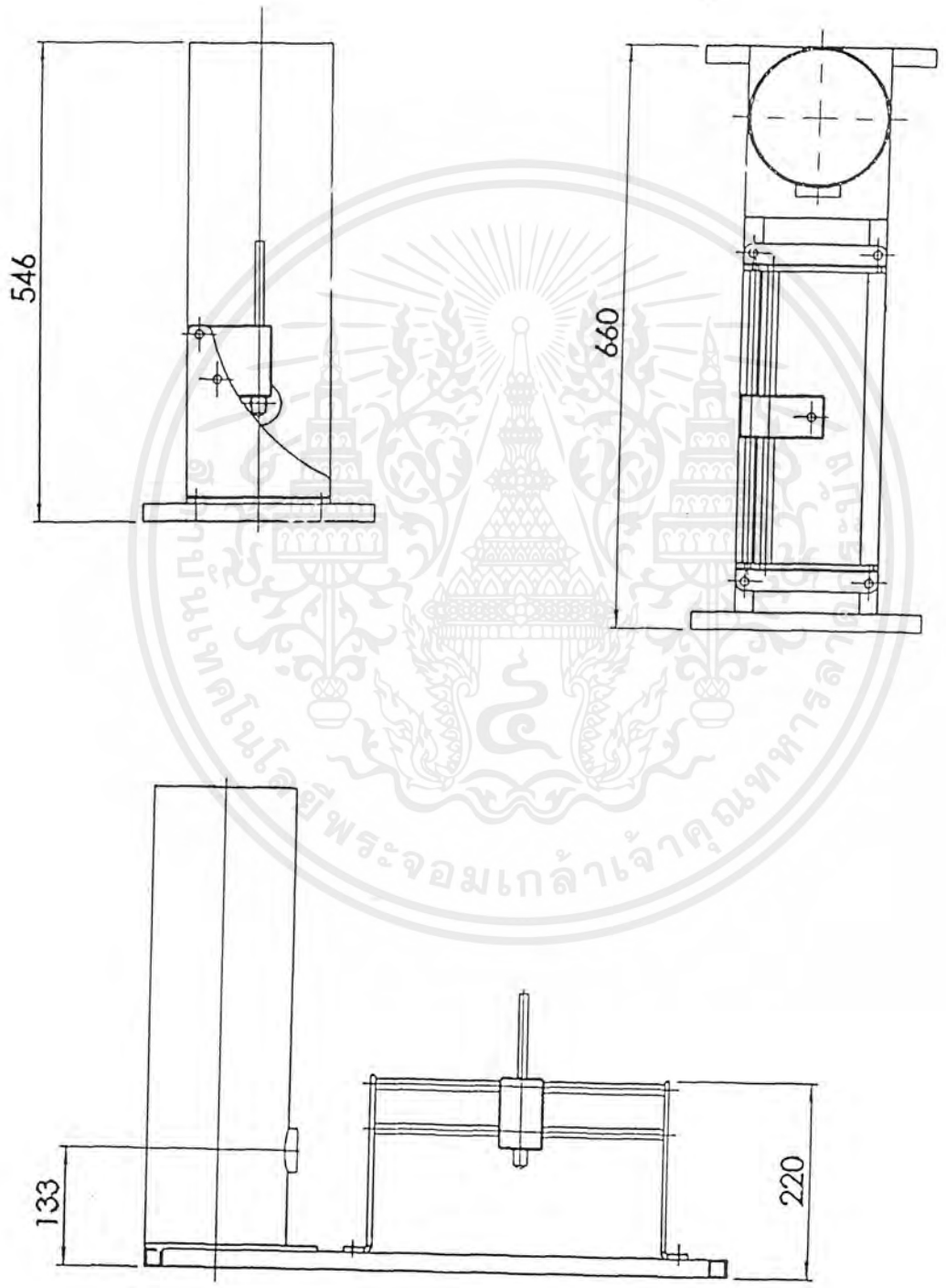
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

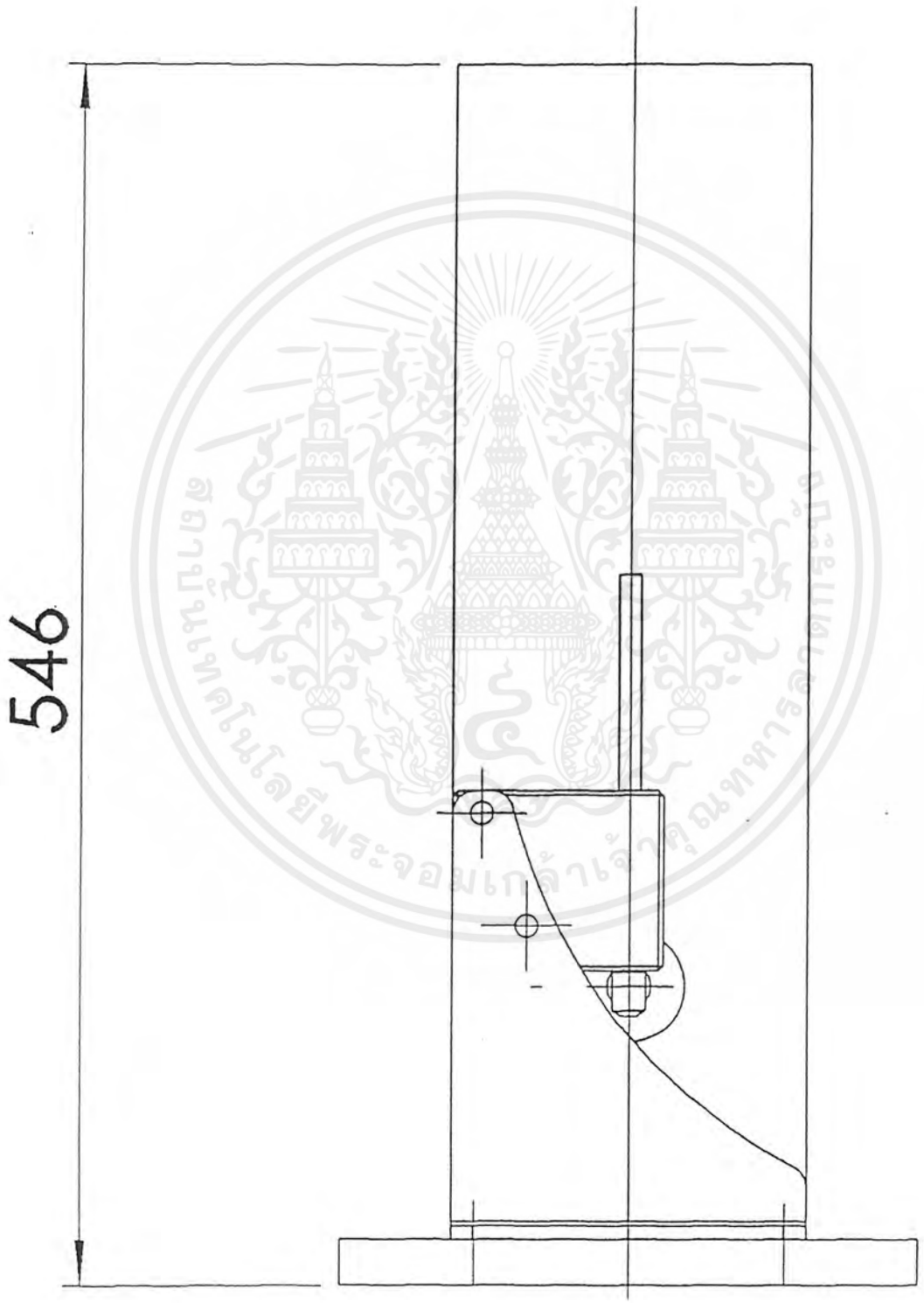
รูปประกอบของเครื่องมือทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

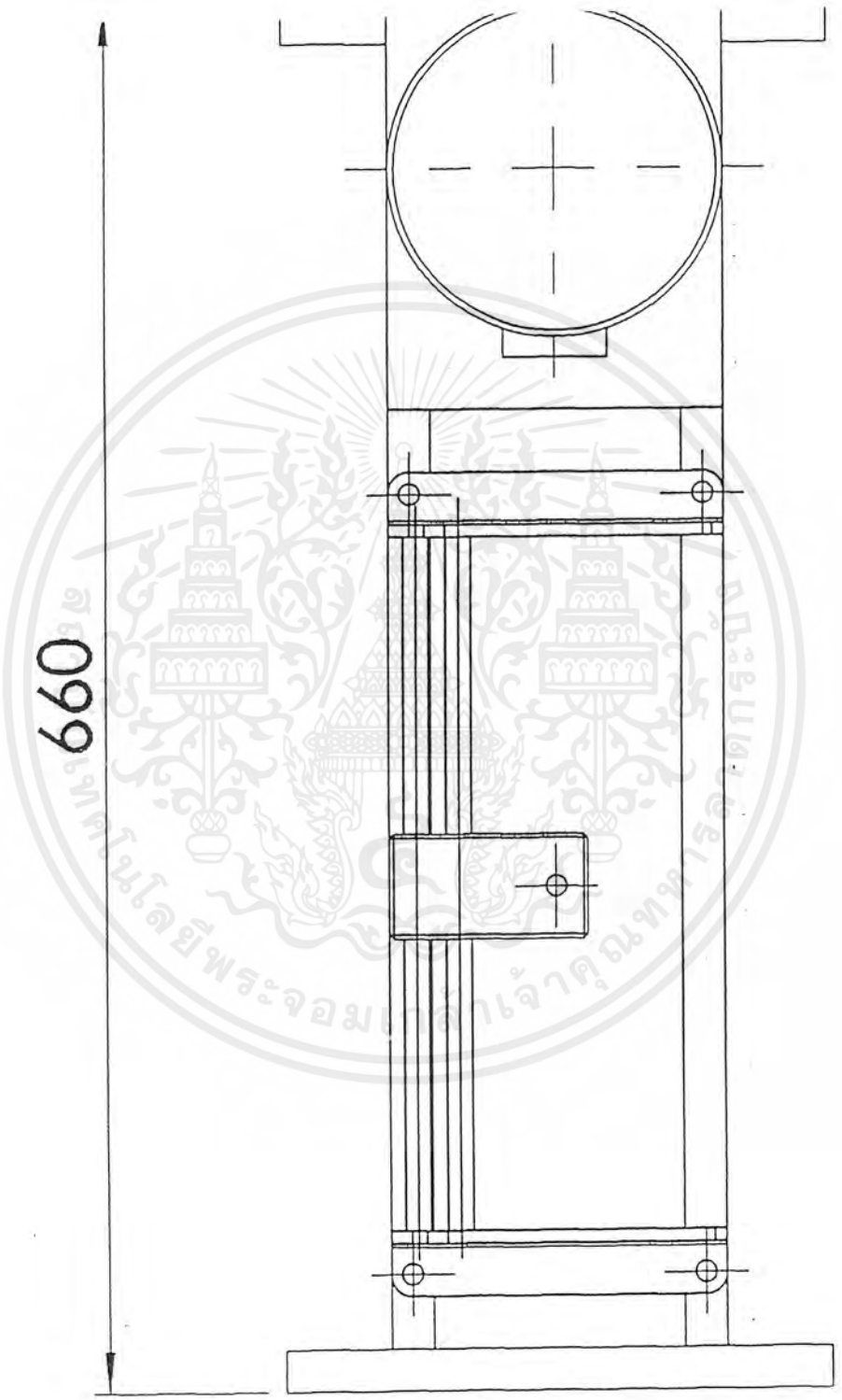
รูปประกอบของเครื่องมือทดสอบ



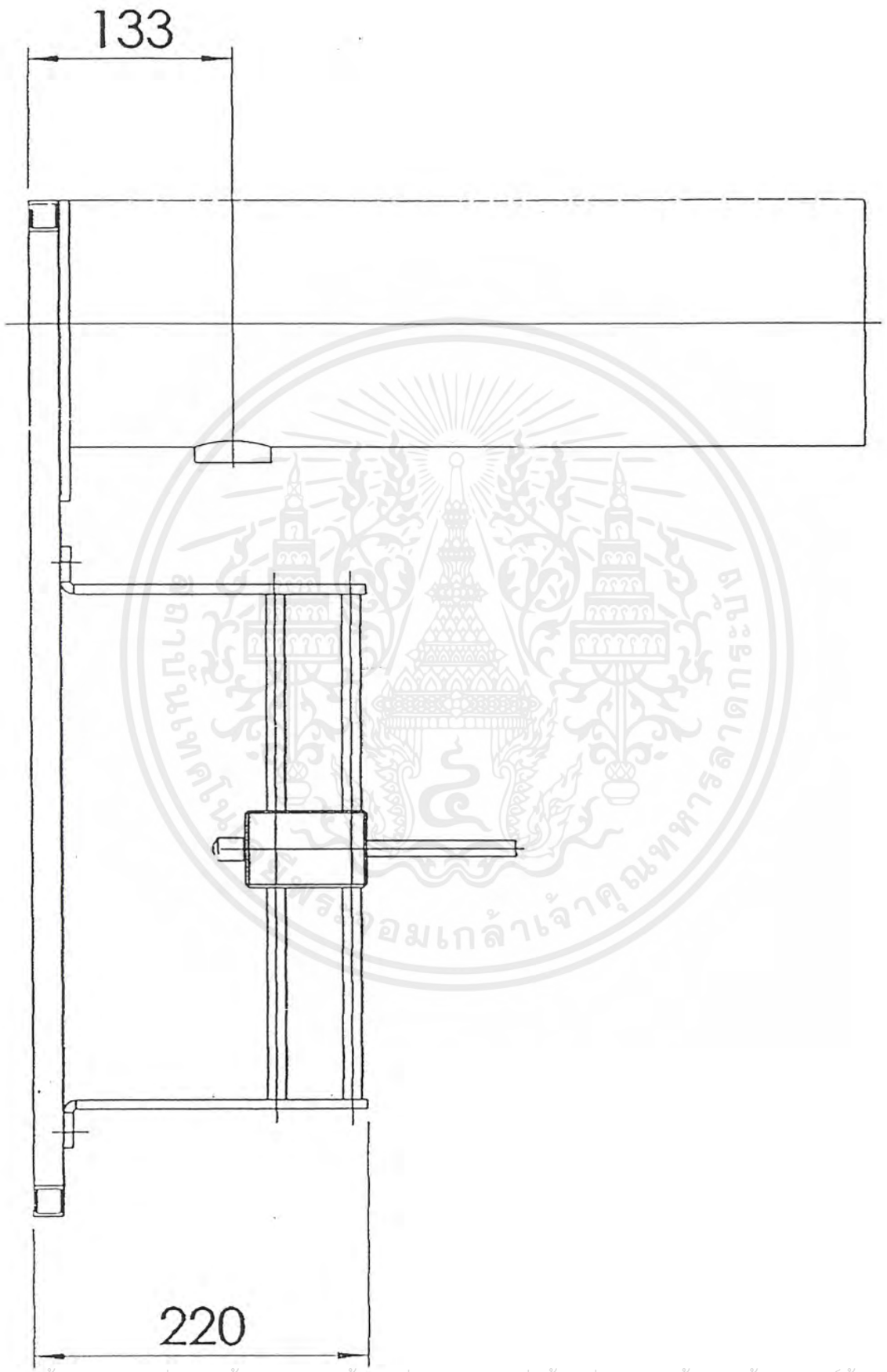
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Source Code)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์

```
#include <reg51.h>
#include <stdio.h>

#define uchar unsigned char
#define uint  unsigned int

uint old_scan;

void msec(uint b);
void initial(void);
void Display(uchar a,uchar *b);
void lcddatwr(uchar b);
void lcdcmdwr(uchar b);
void pulse(void);
void msec(uint x);
uint ScanKey(int show);
uchar itoa(int src);
void i2str(uchar *des,uint src);
void f2str(uchar *des,float src);
uint arr2one(int *arr);
void moveX(float mill);
float sqrt(double x);
void InputValue(int *height,int *xx);
void ToVena(float *x,float *y);
float diff(void);
float Center(void);
void Home(void);
void Process(float *x,float *y);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sbit rs=P1^2;
sbit en=P1^3;

void f_w_b(float *a,int ref);
void b_w_b(float *a,int ref);
void f_w_s(float *a,int obj);
void b_w_s(float *a,int abb);
void c_b(void);
void c_s(void);
void ini_step(void);

sbit L1 = P0^0;
sbit L2 = P0^1;
sbit L3 = P0^2;
sbit L4 = P0^3;
sbit L5 = P0^4;
sbit L6 = P0^5;
sbit L7 = P0^6;
sbit L8 = P0^7;
sbit I1 = P2^0;
sbit I2 = P2^1;
sbit I3 = P2^2;
sbit I4 = P2^3;

uchar Disp;

void initialize(void)
{
    msec(15);
    lcdcmdwr(0x33); msec(4);
    lcdcmdwr(0x32); msec(3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    lcdcmdwr(0x28); msec(3);
    lcdcmdwr(0x0c); msec(3);
    lcdcmdwr(0x01); msec(3);
}

void Display(uchar startloc,uchar *s)
{
   uchar len;
   len=8;
   lcdcmdwr(0x80 | startloc); msec(1);
   while((0!=len) && (*s))
   {
     lcddatwr(*s++);
     len--;
     msec(3);
   }
}

void lcddatwr(uchar dbyte)
{
   en=1;
   rs=1;
   P1=((P1 & 0x0f) | (dbyte & 0xf0));
   pulse();
   P1=( (P1 & 0x0f) | ( (dbyte & 0x0f) <<4) );
   pulse();
}

void lcdcmdwr(uchar dbyte)
{
   en=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    rs=0;
    P1=((P1 &  0x0f) | (dbyte & 0xf0));
    pulse();
    P1=( (P1 & 0x0f) | ( (dbyte & 0x0f) <<4) );
    pulse();
    Disp=0;
}

void pulse(void)
{
    en=0;    // P1 &= 0xF7;   /* Clear bit P1.3 */
    msec(10);
    en=1;    // P1 |= 0x08;   /* Set bit P1.3 */
}

void msec(uint x)
{
   uchar j;
   while (x-->0)
   {
      for (j=0;j<125;j++);
   }
}

uint keyscan(void)
{
   uchar pattern;
   uint new_scan=0;
   uint temp;
   for(pattern=0x10;pattern>0;pattern<<=1)
   {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        P3=~pattern;
        msec(10);
        new_scan=(new_scan<<4) | (P3&0x0f);
    }
    temp=(new_scan!=old_scan)?new_scan:0;
    old_scan=new_scan;
    return temp;
}

void f_w_b(float *a,int ref) /* Big step for forward */
{
    if (ref)
    {
      L1 = 1;L2 = 0;L3 = 0;L4 = 0;msec(2); *a+=0.199;
      L1 = 0;L2 = 1;L3 = 0;L4 = 0;msec(2); *a+=0.199;
      L1 = 0;L2 = 1;L3 = 1;L4 = 0;msec(2); *a+=0.199;
      L1 = 0;L2 = 0;L3 = 1;L4 = 0;msec(2); *a+=0.199;
      L1 = 0;L2 = 0;L3 = 1;L4 = 1;msec(2); *a+=0.199;
      L1 = 0;L2 = 0;L3 = 0;L4 = 1;msec(2); *a+=0.199;
      L1 = 1;L2 = 0;L3 = 0;L4 = 1;msec(2); *a+=0.199;
    }
}

void b_w_b(float *a,int ref) /* Big step for backword */
{
    if (ref)
    {
      L1 = 0;L2 = 0;L3 = 0;L4 = 1;msec(2); *a-=0.199;
      L1 = 0;L2 = 0;L3 = 1;L4 = 1;msec(2); *a-=0.199;
      L1 = 0;L2 = 0;L3 = 1;L4 = 0;msec(2); *a-=0.199;
      L1 = 0;L2 = 1;L3 = 1;L4 = 0;msec(2); *a-=0.199;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    L1 = 0;L2 = 1;L3 = 0;L4 = 0;msec(2); *a-=0.199;
    L1 = 1;L2 = 1;L3 = 0;L4 = 0;msec(2); *a-=0.199;
    L1 = 1;L2 = 0;L3 = 0;L4 = 0;msec(2); *a-=0.199;
    L1 = 1;L2 = 0;L3 = 0;L4 = 1;msec(2); *a-=0.199;
  }
}

void b_w_s(float *a,int abb) /* Small step for forward */
{
  if (abb)
  {
    L5 = 1;L6 = 0;L7 = 0;L8 = 0;msec(2);  *a-=0.08;
    L5 = 1;L6 = 1;L7 = 0;L8 = 0;msec(2);  *a-=0.08;
    L5 = 0;L6 = 1;L7 = 0;L8 = 0;msec(2);  *a-=0.08;
    L5 = 0;L6 = 1;L7 = 1;L8 = 0;msec(2);  *a-=0.08;
    L5 = 0;L6 = 0;L7 = 1;L8 = 0;msec(2);  *a-=0.08;
    L5 = 0;L6 = 0;L7 = 1;L8 = 1;msec(2);  *a-=0.08;
    L5 = 0;L6 = 0;L7 = 0;L8 = 1;msec(2);  *a-=0.08;
    L5 = 1;L6 = 0;L7 = 0;L8 = 1;msec(2);  *a-=0.08;
  }
}

void f_w_s(float *a,int obj) /* Small step for backword */
{
  if (obj)
  {
    L5 = 0;L6 = 0;L7 = 0;L8 = 1;msec(2);  *a+=0.08;
    L5 = 0;L6 = 0;L7 = 1;L8 = 0;msec(2);  *a+=0.08;
    L5 = 0;L6 = 1;L7 = 1;L8 = 0;msec(2);  *a+=0.08;
    L5 = 0;L6 = 1;L7 = 0;L8 = 0;msec(2);  *a+=0.08;
    L5 = 1;L6 = 1;L7 = 0;L8 = 0;msec(2);  *a+=0.08;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      L5 = 1;L6 = 0;L7 = 0;L8 = 0;msec(2);   *a+=0.08;
      L5 = 1;L6 = 0;L7 = 0;L8 = 1;msec(2);   *a+=0.08;
    }
}

void c_b(void)
{
   L1 = 0; L2 = 0; L3 = 0; L4 = 0;
}

void c_s(void)
{
   L5 = 0; L6 = 0; L7 = 0; L8 = 0;
}

void ini_step(void)
{
   lcdcmdwr(0x01);
   Display(0x00,"Please w");
   Display(0x40,"ait");
   Home();
}

void Home(void)
{
   float a;
   while(I3!=0)
      b_w_s(&a,1);
   c_s();
   while(I2!=0)
      b_w_b(&a,1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    c_b();
}

uint ScanKey(int show)
{
  uint num=0;
  uint key;
  num=keyscan();
  switch (num)
     {
       case 0xfffe:
         key=10;
         break;
       case 0xfffd:
         key=11;
         break;
       case 0xfffb:
         key=12;
         break;
       case 0xfff7:
         lcdcmdwr(0x01);
         msec(3);
         key=15;
         break;
       case 0xffef:
         if (show)
           Display(Disp,"3"); Disp+=1;
         key=3;
         break;
       case 0xffdf:
         if (show)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Display(Disp,"6"); Disp+=1;
      key=6;
      break;
  casc 0xffbf:
      if (show)
        Display(Disp,"9");  Disp+=1;
      key=9;
      break;
  case 0xff7f:
      key=14;
      break;
  case 0xfeff:
      if (show)
        Display(Disp,"2");  Disp+=1;
      key=2;
      break;
  case 0xfdff:
      if (show)
        Display(Disp,"5");  Disp+=1;
      key=5;
      break;
  case 0xfbff:
      if (show)
        Display(Disp,"8");  Disp+=1;
      key=8;
      break;
  case 0xf7ff:
      if (show)
        Display(Disp,"0");  Disp+=1;
      key=0;
      break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case 0xefff:
          if (show)
            Display(Disp,"1");  Disp+=1;
          key=1;
          break;
        case 0xdfff:
          if (show)
            Display(Disp,"4");  Disp+=1;
          key=4;
          break;
        case 0xbfff:
          if (show)
            Display(Disp,"7");  Disp+=1;
          key=7;
          break;
        case 0x7fff:
          key=13;
          break;
        case 0xffff:
        default:
          key=16;
          break;
    }
  return key;
}

uchar itoa(int src)
{
  char des;
  switch (src)
  {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    case 0: des='0'; break;
    case 1: des='1'; break;
    case 2: des='2'; break;
    case 3: des='3'; break;
    case 4: des='4'; break;
    case 5: des='5'; break;
    case 6: des='6'; break;
    case 7: des='7'; break;
    case 8: des='8'; break;
    case 9: des='9'; break;
  }
  return des;
}

void moveX(float mill)
{
  float i;
  for (i=0;(i<mill)&&I1;)
    f_w_b(&i,i<mill);
  c_b();
}

void i2str(uchar *des,uint src)
{
  int i,j;
  int temp,x;
  int factor[3]={100,10,1};
  for (i=0;i<3;i++)
  {
    temp=src%(factor[i]*10);
    x=temp/factor[i];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    *(des+i)=itoa(x);
  }
}

void f2str(uchar *des,float src)
{
  unsigned long int a;
  uint value;
  a=src*1000;
  value=(uint)(a%1000);
  i2str(des,value);
}

uint arr2one(int *arr)
{
  int factor[3]={100,10,1};
  int i;
  uint val=0;
    val+=*(arr+i)*factor[i];
  return val;
}

float sqrt(double x)
{
  float i,k=0;
  if (x<0)
    x=0-x;
  for (i=1000.0;;)
  {
    if (x>(k*k))
      if ((x-(k*k))<0.001)
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        break;
    if (x<(k*k))
      if (((k*k)-x)<0.001)
        break;
    if (((k+i)*(k+i))<x)
      k+=i;
    else
      i=i/10;
  }
  return k;
}


void InputValue(int *height,int *xx)
{
  int value[3]={0,0,0};
  uint abb[2];
  uchar text[2][5]={"H = ","X = "};
  uchar x[4];
  int i,k,num=0;
  ini_step();
  for (k=0;k<2;k++)
  {
    lcdcmdwr(0x01);
    msec(3);
    Display(0x00,text[k]); Disp=Disp+4;
    for (i=0;;)
    {
      num=ScanKey(1);
      if ((num>=0)&&(num<=9))
      {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if (i<3)
    value[i]=num;
  i++;
}
if ((i>3)||(num==13))
{
  lcdcmdwr(0x01);
  msec(3);
  Display(0x00,text[k]);
  Disp=Disp+4;
  value[2]=0;
  value[1]=0;
  value[0]=0;
  i=0;
}
if (num==15)
{
  switch (i)
  {
    case 0:
      value[2]=0;
      value[1]=0;
      value[0]=0;
      break;
    case 1:
      value[2]=value[0];
      value[1]=0;
      value[0]=0;
      break;
    case 2:
      value[2]=value[1];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        value[1]=value[0];
        value[0]=0;
        break;
    }
    abb[k]=arr2one(value);
    if ((k==1)&&(abb[k]>=50))
    {
      lcdcmdwr(0x01);
      msec(3);
      Display(0x00,"X too la");
      Display(0x40,"rge");
      for (;ScanKey(0)!=15;)
        ;
      lcdcmdwr(0x01);
      msec(3);
      Display(0x00,text[k]); Disp=Disp+4;
      i=0;
    }
    else if ((!k)&&(!abb[k]))
    {
      lcdcmdwr(0x01);
      msec(3);
      Display(0x00,"H must n");
      Display(0x40,"ot zero ");
      for (;ScanKey(0)!=15;)
        ;
      lcdcmdwr(0x01);
      msec(3);
      Display(0x00,text[k]); Disp=Disp+4;
      i=0;
    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            else
              break;
          }
        }
      }
      *height=abb[0];
      *xx=abb[1]*10;
}

void ToVena(float *x,float *y)
{
  float Bmax,Bmin;

  Display(0x00,"Search V");
  Display(0x00,"ena...  ");
  Bmax=500;
  Bmin=0;
  for (;;)
  {
    if (Bmax>Bmin)
      if ((Bmax-Bmin)<0.01)
        break;
    else if (Bmax<Bmin)
      if ((Bmin-Bmax)<0.01)
        break;
    Process(&Bmin,&Bmax);
  }
  Home();
  *x=0;
  for (;(*x)<Bmin;)
    f_w_b(x,(*x)<Bmin);
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  *y=Center();
  lcdcmdwr(0x01);
  msec(3);
}

void Process(float *Bmin,float *Bmax)
{
  uchar i,t[4]={16,16,8,4};
  float a[5];
  float posx,temp;
  float d;

  Home();
  posx=0;
  temp=*Bmin;
  for (;posx<temp;)
    f_w_b(&posx,posx<temp);
  a[0]=diff();
  d=(*Bmax)-(*Bmin);
  for (i=1;i<5;i++)
  {
    temp+=d/t[i-1];
    for (;posx<temp;)
      f_w_b(&posx,posx<temp);
    a[i]=diff();
  }
  for (i=4;i<0;i--)
  {
    if (a[i]>a[i-1])
      (*Bmax)-=(d/t[i-2])*2;
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if (a[1]<a[0])
    (*Bmin)+=d/t[0];
  else if (a[0]<a[1])
    (*Bmin)-=d/t[0];
  Home();
}

float diff(void)
{
  float a=0,b=0,result;
  for (;I4;)
    f_w_s(&a,I4);
  b=a;
  for (;!I4;)
    f_w_s(&a,!I4);
  result=a-b;
  for (;I3;)
    b_w_s(&a,I3);
  c_s();
  return result;
}

float Center(void)
{
  float a=0,b=0,result;
  for (;I4;)
    f_w_s(&a,I4);
  b=a;
  for (;!I4;)
    f_w_s(&a,(I4==0));
  result=(b+((a-b)/2));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  for (;I3;)
    b_w_s(&a,I3);
  c_s();
  return result;
}

void main(void)
{
  int exit=0;
  uchar x[4];
  float tempx=59.4;
  float upper,lower,center;
  uint  num;
  uint  xnum=0;
  int height,xx;
  float orgx,orgy;
  float result;

  Disp=0;
  initialize();
  for (;;)
  {
    InputValue(&height,&xx);
    lcdcmdwr(0x01);
    msec(3);
    tempx=0;
    center=0;
    orgx=55.2;
    orgy=25.3;
    result=0;
    ToVena(&orgx,&orgy);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for (;ScanKey(0)!=15;)
  ;
Display(0x00,"Press UP");
Display(0x40," or CLR ");
for (num=0,exit=0,tempx=0,xnum=16;I1&&(!exit);)
{
  lower=0;
  if (xnum!=16)
  {
    Display(0x00,"Press UP");
    Display(0x40," or CLR ");
  }
  xnum=ScanKey(0);
  switch (xnum)
  {
    case 13:
      exit=1;
      break;
    case 15:
    case 10:
      moveX(xx);
      tempx+=xx;
      lcdcmdwr(0x01);
      msec(3);
      i2str(x,(int)tempx);
      Display(0x00,x);
      Display(0x03,".");
      f2str(x,tempx);
      Display(0x04,x);
      if (I1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  for (;I4;)
    f_w_s(&lower,I4);
  upper=lower;
  for (;!I4;)
    f_w_s(&lower,(int)(I4==0));
  center=(lower-upper)/2;
  center+=upper;
  center-=orgy;
  num++;
}
i2str(x,(int)center);
Display(0x40,x);
Display(0x43,".");
f2str(x,center);
Display(0x44,x);
for (;I3;)
  b_w_s(&lower,1);
c_s();
for (;ScanKey(0)!=15;)
  ;
lower=2.0*sqrt(height)*sqrt(center);
upper=tempx/lower;
lcdcmdwr(0x01);
msec(3);
Display(0x00,"Cv = ");
i2str(x,(int)upper);
Display(0x05,x);
Display(0x40,".");
f2str(x,upper);
Display(0x41,x);
result+=upper;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            for (;ScanKey(0)!=15;)
              ;
            break;
        }
        if (exit)
        {
          lcdcmdwr(0x01);
          msec(3);
          Display(0x00,"Cv(avg)=");
          result/=num;
          i2str(x,(int)result);
          Display(0x40,x);
          Display(0x43,".");
          f2str(x,result);
          Display(0x44,x);
          for (;ScanKey(0)!=15;)
            ;
        }
      }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้