สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาชุดศึกษาอาคารจำลองของระบบชลประทานระดับไร่นา

Development of Canal Structures Model of Farm Irrigation System

T119222

นายประภาส ประสงค์ดี

นายมังคลา เลิศอนันต์

นางสาวศศิประภา ดวงกมล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119222
วัน,เดือน,ปี 6 ส.ค. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาชุดศึกษาอาคารจำลองของระบบชลประทานระดับไร่นา

Development of Canal Structures Model of Farm Irrigation System

นายประภาส ประสงค์ดี

นายมังคลา เลิศอนันต์

นางสาวศศิประภา ดวงกมล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาชุดศึกษาอาคารจำลองของระบบชลประทานระดับไร่นา

Development of Canal Structures Model of Farm Irrigation System

ผู้จัดทำ

1. นายประภาส ประสงค์ดี รหัสประจำตัว 50010910
2. นายมังคลา เลิศอนันต์ รหัสประจำตัว 50001124
3. นางสาวศศิประภา ดวงกมล รหัสประจำตัว 50011545

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาชุดศึกษาอาคารจำลองของระบบชลประทานระดับไร่นา

ประภาส ประสงค์ดี 50010910

มังคลา เลิศอนันต์ 50011224

ศศิประภา ดวงกมล 50011545

ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดศึกษาอาคารจำลองของระบบชลประทานระดับไร่นา โดยทำการพัฒนารางน้ำคอนกรีต รูปทรงหน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู มีความกว้างพื้นท้องรางน้ำ 0.25 เมตร มีความลาดเอียงด้านข้าง 4:1 ยาว 47 เมตร ติดตั้งประตูเปิดปิดน้ำ แบบบานเลื่อนขนาด 0.25 x 0.25 เมตร และประตูควบคุมระดับน้ำในคลองที่ทางต้นน้ำ ติดตั้งฝายวัดน้ำสี่เหลี่ยมคางหมูสันฝายกว้าง 0.13 เมตร ฝายสามเหลี่ยม และรางวัดน้ำแบบพาร์แชล (3 นิ้ว) ในรางน้ำตามลำดับ โดยใช้ Current Meter และวิธีทุ่นลอยทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดทั้งหมด

ทำการทดลองโดยเปิดประตูน้ำที่ระดับ 11 และ 21 เซนติเมตร วัดอัตราการไหลเฉลี่ยผ่านฝายสี่เหลี่ยมคางหมู ฝายสามเหลี่ยม และรางวัดน้ำแบบพาร์แชล มีค่าเท่ากับ 1.52, 2.47, และ 2.25 ลิตรต่อวินาที ตามลำดับ ทำการเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของน้ำที่วัดด้วย Current Meter ซึ่งมีค่ากับ 1.72, 2.32 และ 2.13 ลิตรต่อวินาที และค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของน้ำที่วัดด้วยวิธีทุ่นลอยมีค่าเท่ากับ 1.72, 2.48 และ 2.29 ลิตรต่อวินาทีตามลำดับ จากผลการทดลอง แบบจำลองอาคารในคลองจะเป็นประโยชน์ สามารถใช้ในการประกอบการเรียนสอนระบบชลประทานระดับไร่นาได้

คำสำคัญ : อาคารในคลอง, แบบจำลอง, อัตราการไหล,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Canal Structures Model of Farm Irrigation System

Prapas Prasongdee 50010910

Mangklala Lertanan 50011224

Sasiprapa Dongkamon 50011545

Asst.Prof.Dr Songvoot Sangchan Advisor

Abtract

This project aimed to design and develop canal structures model of farm irrigation system. To develop the channel, the trapezoidal concrete channel was constructed with 0.25 m. bottom width, 4:1 side slope and 47 m. long. The slide gate 0.25x0.25 m. and control water level gate were installed at upstream. Trapezoidal weir which crest length 0.13 m, v-notch weir and parshall flume (3 inches) were installed in the channel respectively. The current meter and floating method have been used for calibration of water measurement devices.

From the experiment, by opening the slide gate at 11 and 21 cm. The average discharge through trapezoidal weir, triangle weir and parshall flume were 1.52, 2.47, and 2.25 liters/sec respectively. To compares the discharge, the discharge have measured by current meter were 1.72, 2.32 and 2.13 liters/sec and the discharge have measured by floating method were 1.71,2.48 and 2.29 liters/sec respectively. From the results of experiment, the canal structures model will be useful. It can be used for studying on farm irrigation system.

Key words : canal structures, model, discharge,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสิ้นลงได้ก็คือ ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้าได้มีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูข้าพเจ้าเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายประภาส ประสงค์ดี

นายมังคลา เลิศอนันต์

นางสาวศศิประภา ดวงกมล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
2.1 ระบบชลประทานระดับไร่นา	3
2.2 คลองส่งน้ำ	3
2.3 อาคารในคลองส่งน้ำ	4
2.3.1 ฝายวัดน้ำ	4
2.3.2 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล(Parshall Flume)	5
2.3.3 ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ	6
2.3.4 ประตู เปิด-ปิดน้ำ	6
2.4 การวัดน้ำในระบบคลองส่งน้ำ	7
2.4.1 ฝายสี่เหลี่ยมแบบไม่บีบข้าง (Suppessed Rectangula Weir)	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
2.4.2 ฝายสี่เหลี่ยมแบบบีบข้าง (Contracted Rectangula Weir)	9
2.4.3 ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Weir)	9
2.4.4 ฝายสามเหลี่ยมหรือรูปตัววี (Triangular or V-notch Weir)	10
2.4.5 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล(Parshall Flume)	11
2.4.6 การวัดความเร็วกระแสน้ำ	13
2.5 ลักษณะของเครื่องมือวัดน้ำที่ดี	15
2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ	15
2.6.1 หลักการออกแบบและการสร้างฝาย	15
2.6.2 ประตูควบน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ	17
บทที่ 3 การออกแบบและการพัฒนา	21
3.1 การออกแบบและการพัฒนาชุดจำลองในคลองชลประทาน	21
3.1.1 ส่วนของการออกแบบ	21
3.1.2 ส่วนของการพัฒนา	21
3.2 ขนาดของพื้นที่	21
3.3 วัสดุที่ใช้ทำคลองชลประทาน	21
3.4 การสร้างฝาย	22
3.3.1 การสร้างฝายสามเหลี่ยม	22
3.3.2 การสร้างฝายสี่เหลี่ยมคางหมู	23
3.4 การสร้างรางวัดน้ำแบบพาร์แชล(Parshall Flume)	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
3.5 การสร้างประตูเปิด-ปิดน้ำ	30
3.6 การสร้างประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ	31
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ	34
4.1 การวัดอัตราการไหลของน้ำ	34
4.2 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล	35
4.3 ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ	36
4.4 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ	37
4.5 อุปกรณ์	38
4.6 วิธีการทดลอง	38
4.7 วิธีการหาพื้นที่หน้าตัด (A)	41
4.8 ผลการทดลองและการคำนวณ	42
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	45
5.1 บทสรุป	45
5.2 บทวิจารณ์	46
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	46
5.4 แนวทางการแก้ไข	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก ก	48
ภาคผนวก ข	53
ภาคผนวก ค	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการทดลอง 42

ตารางที่ 4.2 บันทึกผลการทดลองเมื่อใช้ Flow Meter วัดความเร็วกระแสน้ำ (V) 43

ตารางที่ 4.3 บันทึกผลการทดลองเมื่อใช้ลูกลอยวัดความเร็วกระแสน้ำ (V) 44

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากการทดลอง 45

กับเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Flow Meter และแบบลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 ฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบไม่บีบข้าง (Suppessed Rectangular Weir)	7
รูปที่ 2.2 ฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบบีบข้าง (Contracted Rectangular Weir)	9
รูปที่ 2.3 ฝายวัดน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Weir)	9
รูปที่ 2.4 ฝายสามเหลี่ยม (Triangular Weir)	10
รูปที่ 2.5 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume)	11
รูปที่ 2.6 แปลนหน้าตัดตามยาวรางวัดน้ำแบบพาร์แชล(Parshall Flume)	12
รูปที่ 2.7 แสดงวิธีการหาพื้นที่หน้าตัดของน้ำในลำน้ำ	14
รูปที่ 2.8 ภาพตัดการสร้างฝายวัดน้ำ	16
รูปที่ 2.9 แสดงทิศทางของโมเมนต์	17
รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของคาน	18
รูปที่ 2.11 แสดงคานอันดับ 1	18
รูปที่ 2.12 แสดงคานอันดับ 2	19
รูปที่ 2.13 แสดงคานอันดับ 3	19
รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างโจทย์	19
รูปที่ 2.15 แสดงการคำนวณตัวอย่างโจทย์	20
รูปที่ 3.1 ฝายสามเหลี่ยม หรือ ฝายรูปตัววี	23
รูปที่ 3.2 ฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู	23
รูปที่ 3.3 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล	24
รูปที่ 3.4 แสดงสัดส่วนมาตรฐานของรางวัดน้ำแบบพาร์แชล	25
รูปที่ 3.5 แสดงการเชื่อมติดเป็นโครง	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3.6 กำหนดส่วนคอขอดเป็น 3 นิ้ว 26

รูปที่ 3.7 ทำการวัดขนาดทางผายเข้า 27

รูปที่ 3.8 ทำการวัดขนาดทางผายออก 27

รูปที่ 3.9 ทำการเชื่อมตัวโครง 28

รูปที่ 3.10 โครงรางวัดน้ำทางด้านข้าง 28

รูปที่ 3.11 โครงรางวัดน้ำทางด้านบน 29

รูปที่ 3.12 นำเหล็กแผ่นมาเชื่อมติดกับตัวโครง 29

รูปที่ 3.13 ภาพแสดงรางวัดน้ำ parshall flume 30

รูปที่ 3.14 ประตูเปิด-ปิดน้ำ 30

รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะของแรงที่กระทำ 31

รูปที่ 3.16 ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติด้านหน้า 33

รูปที่ 3.17 ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติด้านข้าง 33

รูปที่ 4.1 ฝายวัดน้ำแบบสามเหลี่ยม 34

รูปที่ 4.2 ฝายวัดน้ำสี่เหลี่ยมคางหมู 35

รูปที่ 4.3 รางวัดน้ำพาร์แชล 36

รูปที่ 4.4 เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ (Current Meter) 37

รูปที่ 4.5 แสดงวิธีการวัดค่าในการทดลอง 39

รูปที่ 4.6 แสดงไม้สต๊าฟวัดเฮด 39

รูปที่ 4.7 แสดงการคำนวณพื้นที่หน้าตัด (A) 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันยังมีพื้นที่เพาะปลูกอีกเป็นจำนวนมากที่ต้องอาศัยน้ำฝนและน้ำจากแม่น้ำลำธารเป็นหลัก เพราะยังไม่มีงานด้านชลประทานเข้าไปช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกดังกล่าว ซึ่งอาศัยน้ำธรรมชาติแค่เพียงอย่างเดียวในการเพาะปลูกจะทำให้พืชไม่อาจได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอตามที่พืชต้องการได้กล่าวคือ ปีใดมีฝนตกเฉลี่ยดีตลอดฤดูกาลเพาะปลูกก็จะทำให้การเพาะปลูกในปีนั้นได้รับผลดีตามไปด้วย แต่ถ้าหากปีใดมีฝนตกน้อยหรือไม่มีฝนตกในเวลาที่พืชต้องการ ก็จะทำให้การเพาะปลูกในปีนั้นได้รับความเสียหายหรือไม่ได้รับผลผลิตดีเท่าที่ควร จึงเป็นเหตุให้เกษตรกรจำนวนมากที่ไม่มีพื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการชลประทานจึงต้องได้รับความเดือดร้อนในเวลาไม่มีน้ำสำหรับทำนาและปลูกพืชไร่อยู่เสมอเกือบทุกปี งานพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการชลประทานจึงเป็นงานที่มีความสำคัญมากและมีประโยชน์ช่วยให้ผลผลิตของเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น การส่งน้ำเพื่อนำไปใช้ประโยชน์จำเป็นต้องมีส่วนที่เรียกว่า อาคารในคลองชลประทานซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ในคลองส่งน้ำชลประทานประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คืออุปกรณ์ควบคุมน้ำ อุปกรณ์วัดน้ำ อุปกรณ์ส่งน้ำ ในส่วนของอุปกรณ์ควบคุม เช่น ประตูกั้นน้ำและประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ อุปกรณ์วัดน้ำ เช่น ฝายวัดน้ำและรางวัดน้ำ และอุปกรณ์ส่งน้ำ เช่นคลองส่งน้ำ เป็นต้น ทั้งหมดนี้มีความสำคัญในการจัดการน้ำเป็นอย่างยิ่ง ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการพัฒนาชุดศึกษาอาคารจำลองในคลองชลประทาน ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ในอาคารของระบบชลประทาน ในระดับไร่นา อีกทั้งยังสามารถใช้อาคารจำลองดังกล่าวเป็นอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนของด้านการส่งน้ำชลประทานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหน้าที่และวิธีการทำงานของเครื่องมือและอุปกรณ์ของอาคารในคลองชลประทานเพื่อเป็นแนวทางพัฒนาชุดศึกษาอาคารจำลองในคลองชลประทานให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดศึกษาอาคารจำลองชลประทานระดับไร่นาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อใช้เป็นชุดศึกษาเบื้องต้นประกอบการเรียนการสอนทางด้านอุทกวิทยา การชลประทานและการระบายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

พัฒนาชุดศึกษาอาคารในคลองชลประทานที่ติดตั้งอยู่ที่บริเวณพื้นที่ทดลองของภาควิชา ได้แก่ ประตูกั้นน้ำ ฝายวัดน้ำ และรางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume) ทำการทดสอบและปรับเทียบเครื่องมือ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ชุดศึกษาอาคารจำลองในคลองชลประทานขนาดเล็ก เพื่อใช้ประกอบการเรียน การสอนทางด้านอุทกวิทยา การชลประทาน และการระบายน้ำต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัย

2.1 ระบบชลประทานในระดับไร่นา(Irrigation Farming System)

ระบบชลประทานระดับไร่นามีหน้าที่และความมุ่งหมายที่สำคัญคือทำหน้าที่กระจายน้ำที่ส่งจากคลองส่งน้ำไปสู่พื้นที่เพาะปลูกให้สะดวกรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพควบคุมการส่งน้ำเข้าไปยังแปลงเพาะปลูกตามความต้องการในการทำเกษตร ดังนั้นระบบชลประทานระดับไร่นาจึงควรมีอาคารในคลองที่จำเป็น ได้แก่ ประตู เปิด-ปิดน้ำ อุปกรณ์จ่ายน้ำ เครื่องมือวัดน้ำ

เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่เพาะปลูก และเกษตรกรผู้ทำการเพาะปลูกโดยตรง อาคารควบคุมน้ำต่างๆของระบบนี้ แม้จะมีขนาดเล็กแต่มีเป็นจำนวนมากและแผ่กระจายไปถึงแปลงเพาะปลูกของเกษตรกรโดยทั่วไปและกลุ่มเกษตรกรที่ได้ประโยชน์จะต้องรับผิดชอบในการควบคุมการทำงานของระบบกันเอง ฉะนั้นการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในระบบชลประทานระดับไร่นา ควรจะต้องคำนึงถึงผู้ใช้นั่นคือเกษตรกร จึงควรออกแบบให้ใช้งานได้ง่าย สะดวก และมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.2 คลองส่งน้ำ (Irrigation Canals)

คลองส่งน้ำเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญที่สุดของโครงการชลประทานประเภทส่งน้ำด้วยแรงโน้มถ่วง (gravity irrigation) และต้องเสียค่าก่อสร้างคลองมากกว่าค่าก่อสร้างอาคารอื่น เพราะคลองชลประทานแห่งหนึ่งมีคลองส่งน้ำหลายสาย คลองส่งน้ำเป็นรางน้ำเปิด (open channels) หรือร่องน้ำขนาดใหญ่ซึ่งขุดขึ้นในดินหรือถมขึ้นบนดิน (floating canals) เพื่อส่งน้ำแก่พื้นที่เพาะปลูก ในแง่การออกแบบแบ่งชนิดของคลองเป็น 2 ชนิด

1.คลองดิน (earth canals) เป็นคลองที่ขุดดินหรือถมดินให้เป็นรูปคลองตามธรรมดา

2.คลองดาด (lined canals) เป็นคลองที่ขุดดินหรือถมดินให้เป็นรูปคลอง แล้วดาดผิวคลองด้วยวัตถุที่น้ำรั่วซึมไม่ได้เป็นเปลือกคลองอีกทีหนึ่ง ในการพิจารณาว่าจะออกแบบเป็นคลองดินหรือคลองดาดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

ก. การรั่วซึม (seepage) การรั่วซึมนับได้ว่าเป็นต้นเหตุแห่งการเกิดความคิดที่จะดาดคลอง ทั้งนี้เนื่องจากการรั่วซึมของคลองส่งน้ำชลประทานนี้นอกจากสูญเสียน้ำจากคลองส่งน้ำอย่างมากตลอดเวลาแล้ว ในพื้นที่ที่เนื้อดินระบายน้ำออกได้ยากย่อมเกิดปัญหาการระบายน้ำตามและอาจเกิดน้ำขังได้ (waterlog)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ส่วนลดลาดของพื้นผิวดิน (land slope) ถ้าผิวดินมีส่วนลดลาดชัน ความเร็วของน้ำในคลองจะสูงมากจนกระทั่วอาจเกิดการกัดเซาะขึ้นได้ กรณีเช่นนี้ก็อาจจะพิจารณาขุดคลองทำเป็นคลองดาดมากกว่า

ค. ขนาดของคลองและเขตคลอง (size of canal and right-of-way) กระแสน้ำที่ไหลในคลองดาดสามารถกำหนดให้สูงกว่ากระแสน้ำที่ไหลในคลองดินมาก ความจุของคลองเท่ากันๆกัน ขนาดของคลองดาดย่อมเล็กกว่าคลองดิน ค่าลงทุนในการขุดคลองดาดจะน้อยกว่าคลองดิน จึงนิยมออกแบบให้เป็นคลองดาดจะดีกว่า

ง. ค่าบริหารงานส่งน้ำและบำรุงรักษา (operation and maintenance costs) อัตราค่าส่งน้ำและบำรุงรักษาคลองดาดย่อมต่ำกว่าคลองดินเป็นที่แน่นอน แต่จะต่ำกว่ามากน้อยเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับวิธีบริหารงานส่งน้ำ วิธีการใช้น้ำของเกษตรกร ปัญหาการระบายน้ำ จึงต้องพิจารณาอย่างถี่ถ้วนในแต่ละปัญหา

จ. ค่าก่อสร้างอาคาร เนื่องจากคลองดาดมีขนาดเล็กกว่าคลองดินและไม่มีปัญหาในเรื่องการกัดเซาะ ดังนั้นจึงสามารถลดขนาดของส่วนประกอบของอาคารในคลองส่งน้ำให้เล็กลงตามไปด้วย เช่น ช่วงการเชื่อมต่อของอาคารทั้งทางเข้าและทางออก ส่วนป้องกันการกัดเซาะท้ายน้ำ ไม่ต้องใช้เลย ดังนั้นถ้าในคลองส่งน้ำสายนั้นมีอาคารมากแห่งแล้วก็จะลดค่าก่อสร้างอาคารลงไปได้มาก ส่วนการถมอัดดินที่คันคลองเพื่อความมั่นคงไม่ถือว่าเป็นการดาดคลอง

2.3 อาคารในคลองส่งน้ำ (canal structures)

การขุดคลองส่งน้ำจากแม่น้ำหรือจากหัวงานเข้าในเขตโครงการชลประทานอาจพบอุปสรรคต่างๆ เป็นต้นว่าคลองต้องผ่านลำน้ำธรรมชาติ ห้วย ทางระบายน้ำ แผ่นดินที่เปลี่ยนระดับลดต่ำลงมาก ในบริเวณดังกล่าวนี้จะต้องสร้างอาคารส่งน้ำ (water conveyance structures) หรืออาคารบังคับน้ำ (water control structures) เพื่อรักษาระดับน้ำใช้การเต็มที่ในคลองส่งน้ำไว้ให้ได้ตามต้องการ ซึ่งอาคารในคลองส่งน้ำประกอบไปด้วย

2.3.1 ฝายวัดน้ำ(Weir)

ฝายวัดน้ำ (Weir) เป็นอาคารที่สร้างขึ้นขวางกั้นทางน้ำ เพื่อให้น้ำไหลล้นข้ามผ่านช่องเปิดที่ทำไว้ตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งเป็นผลให้อัตราการไหลข้ามสัมพันธ์กับความลึกของน้ำเหนือระดับสันฝายเป็นกฎเกณฑ์ที่แน่นอนตายตัว

ฝายวัดน้ำที่ใช้กันโดยทั่วๆ ไปเป็นฝายสันคม (Sharp Crest) ซึ่งจะทำจากเหล็กหรือโลหะแผ่นเรียบปาดสันคมด้วยการลบมุม 30 ถึง 45 องศากับหน้าของแผ่นจนความหน้าของสันหรือ 1 ถึง 2 มิลลิเมตร ส่วนที่ลบมุมนี้จะติดตั้งไว้ทางด้านท้ายน้ำเพื่อให้แผ่นน้ำไหลข้ามไปได้โดยไม่ลู่ติดกับสันฝาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝายสันคมแบบมาตรฐานที่ใช้กันอยู่จะเรียกชื่อตามรูปร่างลักษณะของช่องเปิดที่น้ำไหลผ่าน เช่น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมคางหมู และสามเหลี่ยม ซึ่งรายละเอียดของฝายแต่ละชนิดมีดังนี้

2.3.1.1 ฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบไม่บีบข้าง (Suppressed Rectangular Weir)

เป็นแบบสันฝายยาวเต็มความกว้างของทางน้ำซึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสม่ำเสมอกันตลอดจนพ้นบริเวณที่น้ำไหลตกลงมา การใช้ฝายแบบนี้จะเป็นต้องท่ออากาศต่อลงไปใต้ผืนน้ำที่ไหลตกจากสันฝาย มิฉะนั้นจะเกิดสุญญากาศและทำให้น้ำไหลลู่ติดกับผนังฝายด้านท้ายน้ำ การวัดก็จะผิดพลาด

2.3.1.2 ฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบบีบข้าง (Contracted Rectangular Weir)

เป็นฝายซึ่งมีช่องน้ำเปิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเช่นเดียวกับแบบแรก แต่ไม่เต็มความกว้างของทางน้ำ กล่าวคือมีกำแพงยื่นออกมาทั้งสองข้างทำให้ทางน้ำไหลแคบเข้า กำแพงแต่ละข้างที่ยื่นออกมาเมื่อวัดที่ผิวน้ำเป็นความยาวไม่น้อยกว่าสองเท่าของเฮด

2.3.1.3 ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Weir)

เป็นฝายประเภทบีบข้าง (Contracted)เป็นฝายที่มีช่องเปิดเป็นชนิดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สันฝายด้านล่างอยู่ในแนวระดับราบ สันฝายด้านข้างเอียงออกโดยมีความลาดเทด้านราบ 1 ส่วน ด้านตั้ง 4 ส่วน

2.3.1.4 ฝายสามเหลี่ยมหรือรูปตัววี (Triangular or V-Notch Weir)

เป็นฝายประเภทบีบข้าง (Contracted) ที่ช่องเปิดน้ำไหลผ่านเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากโดยสันฝายทั้งสองข้างทำมุม 45° กับแนวดิ่ง

2.3.2 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume)

รางวัดน้ำแบบพาร์แชลเป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหลในรางเปิด (Open Channel) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ ปากทางเข้าซึ่งจะมีลักษณะสอบแคบเข้ามา (Converging Section) คอคอด (Throat) ซึ่งเป็นส่วนที่แคบที่สุด และปลายทางออก ซึ่งมีลักษณะผายกว้างออก (Diverging Section)

ระดับพื้นในส่วนที่เป็นปากทางเข้าจะถูกยกให้สูงกว่าระดับพื้นรางเล็กน้อยเรียกส่วนนี้ว่าสัน (Crest) เมื่อเข้าสู่คอคอดพื้นจะเทลาดลงอย่างรวดเร็ว และจะลาดขึ้นใหม่ในส่วนที่เป็นปากทางออก

ที่บริเวณปากทางเข้าและบริเวณคอคอดมีท่อเจาะผ่านผนังของรางวัดน้ำแบบพาร์แชลเข้าบ่อสำหรับวัดระดับน้ำติดตั้งอยู่อัตราการไหลของน้ำผ่านรางวัดน้ำแบบพาร์แชลจะมาได้โดยการวัดความสูงของระดับน้ำในบ่อทั้งสองนี้

เนื่องจากว่ามิติต่างๆของรางวัดน้ำแบบพาร์แชลทั้ง 22 ขนาด ไม่เป็นสัดส่วนทางชลศาสตร์ซึ่งกันและกันดังนั้นมิติต่างๆที่ให้ไว้จึงมิอาจเปลี่ยนให้เป็นระบบเมตริกที่เป็นตัวเลขลงตัวได้เพราะค่า สัมประสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแต่ละสูตรแต่ขนาดทั้ง 22 ขนาดนั้นเป็นสูตรรางเฉพาะของรางนั้นๆถ้ามีการเปลี่ยนแปลงขนาดก็จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์เปลี่ยนไปด้วยเพราะค่าที่ผิดพลาดจะเกินที่กำหนดไว้

2.3.3 ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ

ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติใช้รักษาระดับเหนือน้ำให้คงที่ในคลองหรือแม่น้ำ ซึ่งจะทำการติดตั้งประตูบานควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติโดยให้น้ำไหลอย่างอิสระโดยทั่วไปจะใช้ในการขจัดความผันผวนของระดับน้ำหลักและยังช่วยป้องกันตลิ่ง การกัดกร่อน และการไหลล้นของน้ำ

ลักษณะของประตูจะประกอบไปด้วย ส่วนที่อยู่กับที่ และส่วนที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ตามแนวนอนโดยมีแกนรองรับ ลักษณะของประตูบานจะอยู่เหนือผิวน้ำมีการถ่วงน้ำหนักเพื่อให้เกิดความสมดุล ประตูบานจะใช้กำลังน้ำในการเปิดประตูซึ่งไม่ส่งผลกับความสมดุลของประตูบานเอียงเพราะส่วนที่ลอยน้ำสามารถจัดการให้น้ำหนักทั้ง 2 ด้าน เกิดความสมดุลกัน เมื่อมีน้ำมามากพอที่จะยกทุ่นถ่วงน้ำหนักให้สูงขึ้นจึงทำให้ด้านหน้าประตูนั้นอยู่ในลักษณะที่ถูกกดลง เพื่อปรับและลดพื้นที่ในการให้น้ำผ่านไป จะเห็นได้ว่าตัวถ่วงน้ำหนักจะเป็นตัวหลักในการรักษาระดับความสมดุลของประตูให้อยู่ในแนวเดียวกัน สามารถคุมระดับน้ำให้มีความราบเรียบมากขึ้นประตูจะปิดลงด้านหลังจะมีน้ำน้อย ตัวถ่วงน้ำหนักจะปรับความสมดุลของประตูให้อยู่ในแนวเดียวกัน

2.3.4 ประตูเปิด- ปิดน้ำ

ประตูเปิด-ปิดน้ำเป็นอาคารชลประทานชนิดหนึ่งซึ่งสร้างไว้ในคลองส่งน้ำทุกประเภทเช่น คลองสายใหญ่ คลองซอย และคลองแยกซอยมีหน้าที่บังคับระดับน้ำเหนือน้ำของประตูระบายน้ำเพราะทำหน้าที่บังคับและควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งเข้าออกตลอดเวลา

ตามหลักการส่งน้ำถือว่าคลองส่งน้ำเป็นคลองที่ส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกโดยตรง จึงมีความสำคัญกับวิธีการใช้น้ำมาก

ประตูเปิด-ปิดน้ำมีหน้าที่ 3 ประการคือ

1.ทำหน้าที่ระบายน้ำและยังสามารถบังคับให้ปริมาณน้ำสูงถึงระดับน้ำใช้การเต็มที่ได้ตามต้องการ

2. ระบายน้ำที่เหลือใช้ในคลองทิ้งลงสู่ทางระบายน้ำธรรมชาติที่ปลายคลองส่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

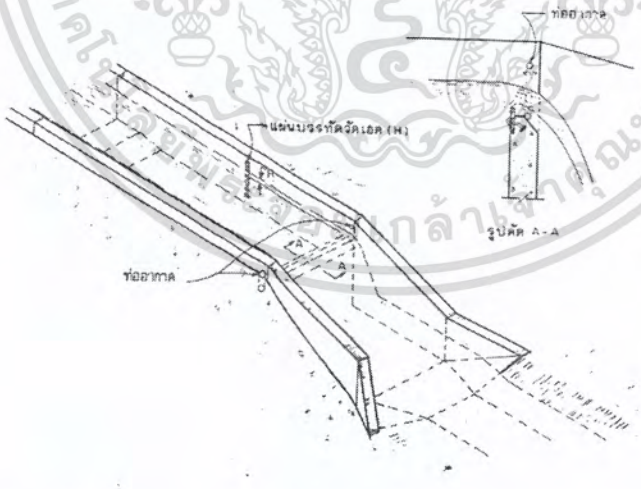
3. ป้องกันไม่ให้น้ำในทางระบายน้ำธรรมชาติไหลย้อนมาในคลองส่งน้ำในเวลาที่ระดับน้ำในทางระบายน้ำธรรมชาติสูงกว่าระดับน้ำใช้การเต็มที่ใน คลองส่งน้ำ

2.4 การวัดน้ำในระบบคลองส่งน้ำ

โดยปกติแล้วการวัดน้ำในระบบส่งน้ำจะเริ่มต้นทันทีที่จุดส่งน้ำเข้าระบบซึ่งอาจเป็นประตูระบายปากคลอง หรือท่อระบายปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ หลังจากนั้นก็วัดทุกจุดย่อยที่มีระบบย่อยแตกแขนงออกไป เช่น ปากคลองซอย เป็นต้น และทุกๆจุดหลังส่งท่อน้ำเข้านา

เครื่องมือที่วัดอัตราการไหลของน้ำมีมากมายหลายแบบ แต่เนื่องจากว่าส่วนใหญ่แล้วความลาดเทของผิวน้ำในคลองค่อนข้างราบ เครื่องมือที่ใช้จึงไม่ควรก่อให้เกิดการเสียพลังงานหรือเสียเฮด (Head) โดยทั่วไปจึงนิยมใช้รางวัดน้ำ เช่นรางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume) หรือรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut-Throat Flume) เป็นต้น ซึ่งอาคารที่ใช้วัดอัตราการไหลของน้ำในระบบคลองส่งน้ำมีดังต่อไปนี้

2.4.1 ฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบไม่บีบข้าง (Suppressed Rectangular Weir)



รูปที่ 2.1 ฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบไม่บีบข้าง (Suppressed Rectangular Weir)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหลผ่านฝายประเภทนี้คำนวณโดยสูตร

$$Q = 0.01838\ LH^{3/2}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลผ่านฝายมีหน่วยเป็น (l/s)

L = ความยาวของสันฝาย (cm)

H = เฮดหรือความลึกของน้ำเหรือสันฝาย (cm)

ในกรณีความเร็วกระแสน้ำในทางน้ำมากกว่า 0.30 m/s ความเร็วดังกล่าวจะช่วยให้น้ำไหลข้ามฝายเร็วขึ้น ดังนั้นต้องเฮดความเร็ว (Velocity head) ของน้ำมาพิจารณาด้วย เฮดความเร็วนี้คำนวณโดยสูตร

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

เมื่อ h = เฮดความเร็ว (cm)

V = ตวามเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำหน้าฝาย (cm/s)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

จากนั้นอัตราการไหลผ่านฝายก็จะคำนวณได้โดยสูตร

$$Q = 0.01838\ L[\ (H+h)^{3/2} - h^{3/2}]$$

การใช้สูตรมีข้อจำกัดดังนี้

1. สันฝายจะต้องอยู่สูงกว่าพื้นที่ท้องน้ำไม่น้อยกว่า 0.30 เมตร

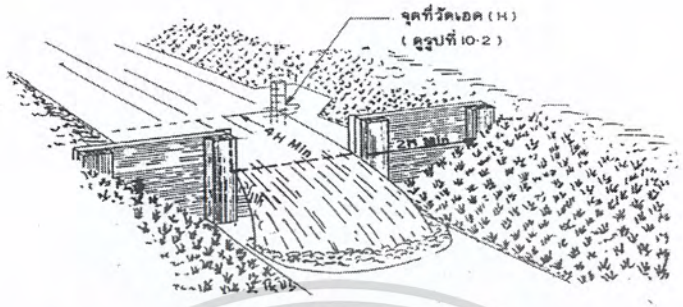
2.อัตราส่วนระหว่างเฮด (H) ต่อความสูงของสันฝายหรือพื้นท้องน้ำจะต้องไม่เกิน 0.5

3.ฝายวัดน้ำชนิดนี้วัดได้ถูกต้องดีสำหรับเฮดไม่น้อยกว่า 6 เซนติเมตร และไม่เกิน ½ ของความยาวของสันฝายหรือ 60 เซนติเมตร

4. ความของสันฝายควรกำหนดให้เกิดเฮดใกล้เคียงกับเฮดสูงสุดทที่ยอมรับให้สำหรับอัตราการไหลที่ต้องการวัด อัตราการไหลผ่านฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าชนิดไม่บีบข้างเมื่อความยาวสันฝายเท่ากับ 1.0 เมตรไม่คิดเฮดความเร็ว (Velocity Head)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบบีบข้าง (Contracted Rectangular Weir)



รูปที่ 2.2 ฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบบีบข้าง (Contracted Rectangular Weir)

อัตราการไหลผ่านฝายชนิดนี้เมื่อไม่คิดเฮดความเร็ว (Velocuty Head) เมื่อความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำหน้าฝายน้อยกว่า 0.30 เมตรต่อวินาที คือ

$$Q = 0.01838\ (L\text{-}0.2H)^{3/2}$$

และอัตราการไหลผ่านฝายเมื่อความเร็วกระแสน้ำมากกว่า 0.30 เมตรต่อวินาที คือ

$$Q = 0.01838\ (L\text{-}0.2H)\ [\ (H+h)^{3/2} - h^{3/2}\ ]$$

2.4.3 ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Weir)

รูปที่ 2.3 ฝายวัดน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหลผ่านฝายสี่เหลี่ยมคางหมูเมื่อไม่คิดเฮดความเร็ว (Velocity Head) ซึ่งใช้เมื่อความเร็วของกระแสน้ำหน้าฝายน้อยกว่า 0.30 เมตรต่อวินาทีคือ

$$Q = 0.01859LH^{3/2}$$

และเมื่อความเร็วของกระแสน้ำหน้าฝายมากกว่า 0.30 เมตร/วินาที ควรใช้สูตร

$$Q = 0.01859L(H-1.5h)^{3/2}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลผ่านฝาย (l/s)

L = ความยาวของสันฝาย (cm)

H = เฮดหรือความลึกของน้ำเหนือสันฝาย (cm)

h = เฮดความเร็ว (cm)

ข้อจำกัดในการสร้างฝายสี่เหลี่ยมคางหมู

1. สันฝายด้านข้างและด้านล่างจะต้องอยู่สูงกว่าพื้นท้องน้ำและตลิ่งไม่น้อยกว่า 2 เท่าของเฮด
2. ฝายชนิดนี้ให้ความละเอียดถูกต้องในการวัดดีเมื่อเฮดไม่น้อยกว่า 6 เซนติเมตรและไม่เกิน ครึ่งหนึ่งของความยาวสันฝาย

2.4.4 ฝายสามเหลี่ยมหรือรูปตัววี (Triangular or V-Notch Weir)

รูปที่ 2.4 ฝายสามเหลี่ยมหรือรูปตัววี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝายสามเหลี่ยมเป็นฝายวัดอัตราการไหลของน้ำที่ให้ความละเอียดถูกต้องดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอัตราการไหลน้อยๆฝายชนิดนี้เป็นฝายประเภทบีบข้าง ดังนั้นสันฝายจะต้องอยู่ห่างจากตลิ่งและจุดปลายยอดของสามเหลี่ยมจะต้องสูงกว่าพื้นท้องน้ำไม่น้อยกว่า 2 เท่าของเฮดเนื่องจากว่าฝายสามเหลี่ยมนี้ไม่มีสันฝายในแนวราบ ดังนั้น เฮดจึงต้องมากกว่าฝายแบบอื่นเมื่ออัตราการไหลเท่ากัน การมีเฮดมากนี้จะช่วยให้น้ำไหลผ่านฝายได้อย่างอิสระไม่ลู่ติดกับสันฝาย

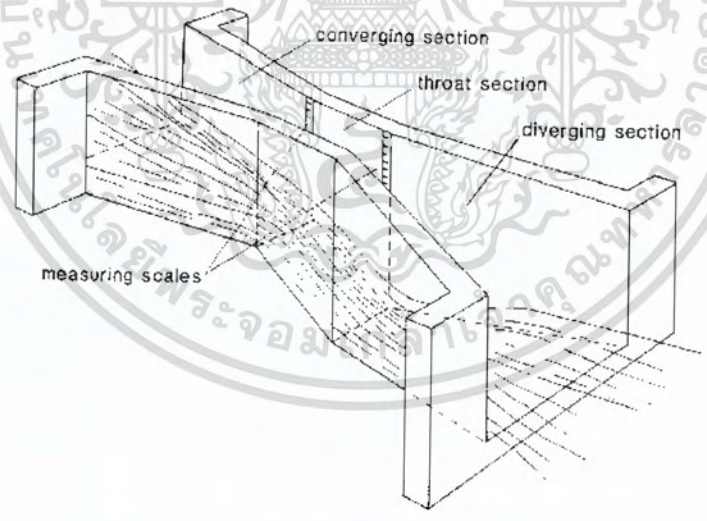
ซึ่งปริมาณน้ำสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = 0.013H^{5/2}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลผ่านฝาย (l/s)

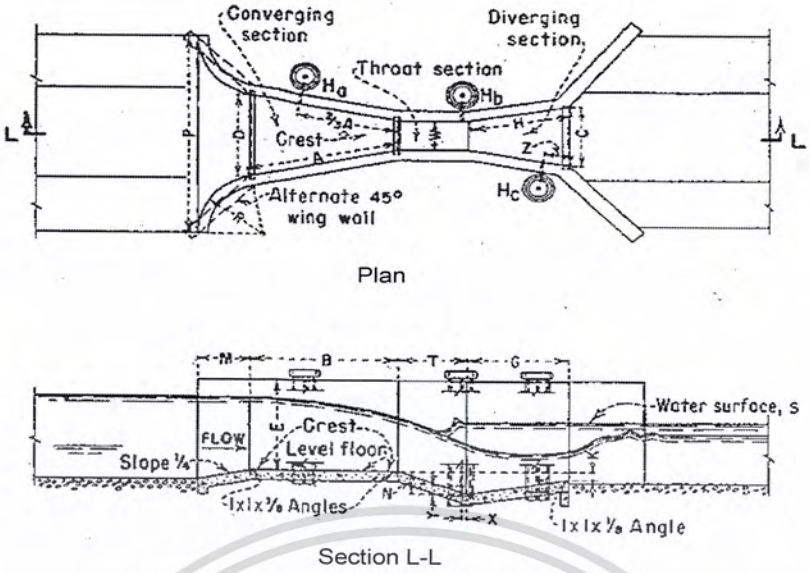
H = เฮดหรือความลึกของน้ำเหนือยอดสามเหลี่ยมของสันฝาย (cm)

2.4.5 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume)



รูปที่ 2.5 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แปลนหน้าตัดตามยาวรางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume)

หลักการเบื้องต้นของรางวัดน้ำ

ทฤษฎีทางชลศาสตร์ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบรางวัดน้ำคือ ทำให้ความเร็วของกระแสน้ำขณะไหลเข้ามาในรางเพิ่มขึ้นโดยการบีบทางน้ำให้แคบเข้า จนกระทั่งได้ความเร็ววิกฤต (Critical Velocity) หรือเร็วกว่าบริเวณส่วนที่แคบที่สุด แล้วผายจนกระทั่งการไหลเป็นไปอย่างปกติอีกครั้ง ตามหลักการข้างต้น อัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำจะคำนวณได้โดยสมการ

$$Q = KH^n$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำ

K = สัมประสิทธิ์ขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของรางและจุดที่ทำการวัดเฮดหรือความลึกของน้ำในราง

H = เป็นเฮดหรือความลึกของน้ำเหนือพื้นรางวัดน้ำ

ถ้าพื้นรางมีหลายระดับก็วัดจากพื้นที่อยู่สูงที่สุด และ n เป็นค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของรางเช่นเดียวกับ ค่า K ค่า n และ K ของรางวัดน้ำชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีและข้อเสียของรางวัดน้ำ

ก. ข้อดี

1. สามารถวัดอัตราการไหลได้ละเอียดถูกต้องดี มีหลายแบบที่สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานได้นอกจากนั้น บางแบบยังสามารถขยายความยาวของสันฝายให้พอเหมาะกับอัตราการไหลได้

2. ออกแบบ สร้าง ติดตั้ง และใช้งานง่าย อาจสร้างให้เป็นอาคารวัดน้ำแบบถาวรหรือแบบเคลื่อนย้ายได้ ได้ทั้งสองอย่าง

3. เศษวัสดุที่ลอยมากับน้ำไหลผ่านไปได้ ไม่ทำให้เกิดการขัดขวางการไหลของน้ำ

4. มีความคงทนแข็งแรงพอสมควร ไม่มีชิ้นส่วนที่ต้องดูแลรักษาเป็นพิเศษ

ข. ข้อเสีย

1. ต้องให้น้ำไหลผ่านและตกลงมาอย่างอิสระ (Free Flow) ดังนั้นจะต้องการเฮดมากจนบางครั้งไม่อาจใช้พื้นที่หรือระบบส่งน้ำที่ราบมากๆ

2. อาจจะมี กรวด ทราย หรือเศษวัสดุถูกพัดพามาตกจมหน้าฝาย ทำให้ระดับพื้นท้องน้ำสูงขึ้นจนทำให้สันฝายอยู่สูงกว่าท้องน้ำน้อยกว่า สองเท่าของเฮด ค่าที่วัดได้จะน้อยกว่าค่าที่ไหลผ่านจริง

3. ต้องมีการป้องกันการกัดเซาะพื้นท้องน้ำและตลิ่งฝายด้วย

4. อาจมีน้ำไหลลอดใต้ฝายได้

2.4.6. การวัดความเร็วของกระแสน้ำ

อัตราการไหลของน้ำในทางน้ำอาจจะหาได้จากผลคูณของพื้นที่ของน้ำกับความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำในทางน้ำนั้น

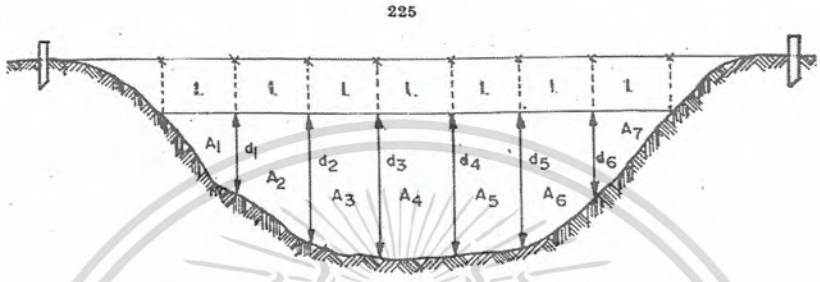
$$Q = AV$$

ในเมื่อ Q เป็นอัตราการไหลของน้ำผ่านจุดที่ทำการวัด A เป็นพื้นที่หน้าตัดของน้ำที่จุดเดียวกัน และ V ความเร็วเฉลี่ยนของกระแสน้ำที่วัดได้ที่จุดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาพื้นที่หน้าตัดของน้ำอาจทำโดยการขึงเชือกขวางกั้นตั้งฉากกับทางน้ำ แล้ววัดความความลึกที่จุดต่างๆ ตามแนวเชือดที่ขึงกั้นไว้เป็นระยะห่างเท่าๆกัน นับจากจุดที่น้ำสัมผัสกับตลิ่งด้านใดด้านหนึ่งจนได้ความลึกตลอดความกว้างของทางน้ำ

เมื่อทราบความลึกของน้ำที่จุดต่างๆแล้ว พื้นที่หน้าตัดของน้ำก็จะหาได้จากผลรวมของพื้นที่ย่อยระหว่างจุดที่ทำการวัด



รูปที่ 2.7 แสดงวิธีการหาพื้นที่หน้าตัดของน้ำในลำน้ำ

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \ldots\ldots + A_7$$

การวัดความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำทำได้หลายวิธีด้วยกัน การที่จะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับเครื่องมือเครื่องใช้ที่มีอยู่และความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงสองวิธีที่ใช้กันมากที่สุดคือ การวัดโดยใช้ทุ่นลอย และการวัดด้วยเครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำ

2.4.6.1 การวัดความเร็วของกระแสน้ำโดยใช้ทุ่นลอย การวัดความเร็วของกระแสน้ำโดยเทียบกับความเร็วทุ่นลอยเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดที่ให้ค่าความเร็วโดยประมาณ ทุ่นลอยที่ใช้มีทั้งที่เป็นทุ่นผิวน้ำและท่อซึ่งลอยในแนวดิ่งโดยมีปลายด้านหนึ่งจมลงไปที่ระดับความลึกต่างๆ สำหรับทุ่นผิวน้ำนั้นความเร็วของทุ่นที่วัดได้มิใช่ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำ ถ้าต้องการหาความเร็วเฉลี่ยจะต้องคูณด้วยความเร็วของทุ่นลอยด้วย

เนื่องจากว่าความเร็วของทุ่นผิวน้ำนั้นอาจจะอยู่ใต้อิทธิพลของลมได้ง่าย ดังนั้น จึงควรใช้ขณะที่ลมสงบเท่านั้น

เพื่อให้ได้อัตราการไหลที่ถูกต้อง ควรแบ่งความกว้างของลำน้ำออกเป็น 3 ส่วนเป็นอย่างน้อยแล้ววัดความเร็วเฉลี่ยและพื้นที่หน้าตัดแต่ละส่วนคูณกันออกมาเป็นอัตราการไหล ความเร็วของทุ่นลอยควรวัดซ้ำกันหลายๆครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6.2 การวัดความเร็วกระแสน้ำด้วยเครื่องวัด การวัดความเร็วกระแสน้ำด้วยเครื่องวัดเพื่อนำไปใช้คำนวณหาอัตราการไหลนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับทางน้ำขนาดใหญ่ซึ่งไม่เหมาะจะใช้ฝายหรือรางวัดน้ำ

เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำที่ใช้กันทั่วๆไปมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่วัดโดยใช้รูปทรงคล้ายกรวยแต่ไม่มีรู (Cup Type) แบบวัดโดยใช้ใบพัด (Propeller Type) การหาอัตราการไหลในทางน้ำโดยวิธีนี้ จะเริ่มโดยการแบ่งพื้นที่หน้าตัดของทางน้ำออกเป็นส่วนๆ แล้ววัดความเร็วเฉลี่ยที่จุดศูนย์กลางของพื้นที่ย่อยๆ เหล้านั้น เช่น ถ้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็วัดความเร็วที่กึ่งกลางของพื้นที่ ถ้าเป็นสามเหลี่ยมก็วัดที่ 1/3 จากฐาน ผลรวมของผลคูณระหว่างพื้นที่หน้าของน้ำกับความเร็วเฉลี่ยในส่วนนั้นครบทุกพื้นที่ย่อยจะเป็นอัตราการไหลในลำน้ำทั้งนั้น

2.5 ลักษณะของเครื่องมือวัดน้ำที่ดี

เครื่องมือวัดน้ำที่จะกล่าวถึงในที่นี้ถือว่าเป็นเครื่องมือวัดน้ำที่จะใช้ในระบบส่งน้ำขนาดเล็กและใช้ในไร่นา ซึ่งโดยทั่ว ๆไปอัตราการไหลจะมีค่าไม่เกินประมาณ 500 ลิตรต่อวินาทีเครื่องมือวัดน้ำในคลองส่งน้ำที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1.เนื่องจากความลาดเทตามแนวยาวของคลองส่วนใหญ่จะแบนราบดังนั้นต้องใช้เครื่องมือวัดน้ำที่มีความต้านทานต่อการไหลน้อยหรืออีกนัยหนึ่งมีการเสีย Head น้อยนอกจากนั้นเศษวัชพืชหรือสิ่งที่ลอยมากับน้ำควรจะไหลออกไปได้โดยไม่ก่อให้เกิดการกีดขวางการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น

2. ถ้าเป็นไปได้ควรจะทำหน้าที่อื่นนอกเหนือการวัดน้ำได้ด้วยเช่น ช่วยควบคุมระดับน้ำในคลองทำหน้าที่เป็นประตูน้ำด้วย

3. จะต้องใช้ง่าย แผ่นสเกล(scale) ที่อ่านค่าเฮด(Head) ควรติดอยู่กับที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนและอ่านง่าย ควรมีตารางที่บอกอัตราการไหลได้ทันทีจากค่าเฮดที่อ่านได้

4. ให้ความละเอียดถูกต้องดีพอสมควรตลอดช่วงการวัดตั้งแต่ส่งน้ำด้วยอัตราต่ำสุดถึงสูงสุด

5. จะต้องมั่นคงแข็งแรงติดตั้งและใช้งานง่ายไม่ต้องการการบำรุงรักษามากและมีราคาไม่แพง

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ

2.6.1 หลักการออกแบบการสร้างฝาย

เนื่องจากว่าการวัดอัตราการไหลของน้ำผ่านฝายนั้นมิใช่การวัดอัตราการไหลได้โดยตรงแต่เป็นการวัดความลึกของน้ำเหนือฝายหรือเฮด(Head) แล้วไปแทนค่าในสูตรหรือนำไปเปิดตารางอัตราการไหลที่มีผู้จัดทำไว้แล้วตารางดังกล่าวนี้คำนวณโดยสูตร ซึ่งได้จากการทดลองวัดการไหลผ่านฝายที่มีลักษณะเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และติดตั้งในลักษณะที่กำหนดไว้ ดังนั้นถ้าจะให้ฝายที่ติดตั้งในสนามวัดได้ละเอียดถูกต้องตามสูตร หรือตารางก็จะต้องติดตั้งตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้เช่นเดียวกันลักษณะเฉพาะของฝายและหลักเกณฑ์ทั่วๆไปในการติดตั้งฝายวัดน้ำมีดังต่อไปนี้คือ

1. ผนังด้านเหนือน้ำของฝายจะต้องเรียบอยู่ในแนวดิ่ง และตั้งฉากกับแนวศูนย์กลาง

2. แผ่นโลหะสันฝายซึ่งติดอยู่กับตัวฝายต้องเรียบเป็นผืนเดียวกับผนังด้านหน้าสันฝายจะต้องตรง

3. การลบมุมท้ายน้ำของสันฝายจะต้องไม่เกิน 45 องศาจากผิวหน้าของแผ่นสันฝายแต่ถ้าเป็นฝายสามเหลี่ยมการลบมุมดังกล่าวไม่ควรเกิน 30 องศา ไม่ควรใช้สันฝายที่มีคมมากเพราะดูแลยาก

4. ความสูงจากก้นคลองหรือทางน้ำถึงจุดต่ำสุดของสันฝายจะต้องไม่น้อยกว่าสองเท่าของความสูงของผิวน้ำเหนือสันฝายหรือ (เฮด) Head และต้องไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตรถ้าเป็นไปได้ควรยกสันฝายให้สูงไว้เพื่อให้น้ำไหลผ่านและตกลงมาอย่างอิสระ (Free Flow)

5. จะต้องมีอากาศผ่านเข้าใต้ผืนน้ำที่ไหลข้ามสันฝายได้ เพื่อให้น้ำที่ไหลผ่านสัมผัสกับสันฝายด้านมุมฉากซึ่งไม่ได้ลบเหลี่ยมเพียงด้านเดียวเท่านั้น ถ้าอากาศผ่านไม่ได้อาจเกิดสุญญากาศใต้ผิวน้ำทำให้การวัดผิดพลาด

6. การวัดเฮดหรือความสูงของผิวน้ำเหนือสันฝายจะต้องวัดด้านเหนือน้ำที่จุดซึ่งอยู่ห่างจากสันฝายออกมาไม่น้อยกว่า สี่เท่าของเฮดสูงสุดของการวัดนั้น

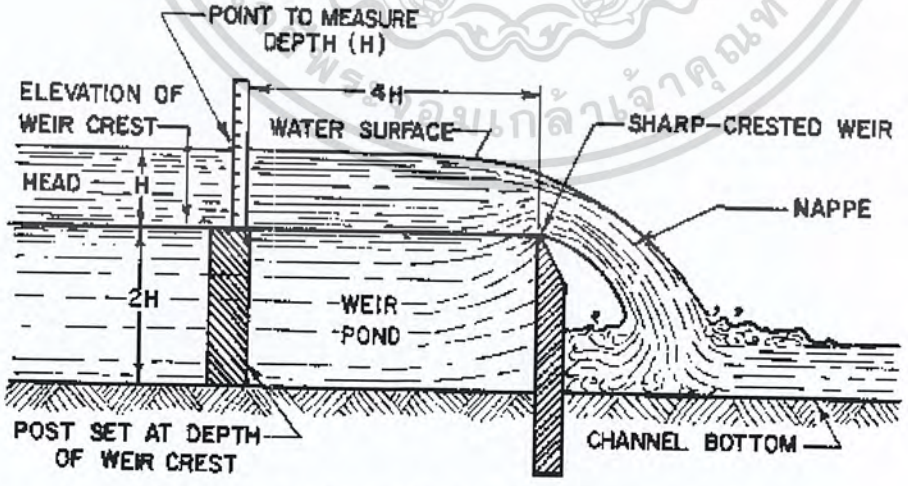


FIGURE I.—PROFILE OF A SHARP-CRESTED WEIR

รูปที่ 2.8 ภาพตัดการสร้างฝายวัดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

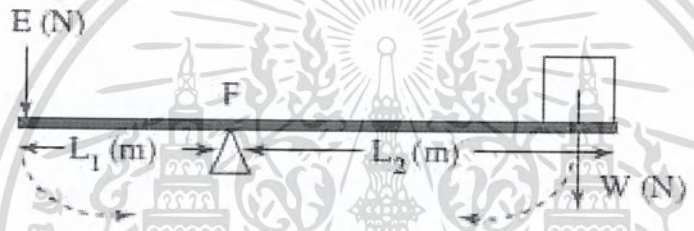
2.6.2 ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ

โมเมนต์ของแรง (moment of force) หรือโมเมนต์ (moment) หมายถึง ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุเพื่อให้วัตถุหมุนไปรอบจุดหมุน ดังนั้น โมเมนต์ของแรงก็คือ ผลคูณของแรงกับระยะตั้งฉากจากแนวแรงถึงจุดหมุน

โมเมนต์ = แรง x ระยะตั้งฉากจากแนวแรงถึงจุดหมุน

ทิศทางของโมเมนต์มี2ทิศทางคือ

1. โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา
2. โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 2.9 แสดงทิศทางของโมเมนต์

จากรูป

โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = WxL2 (นิวตัน-เมตร)

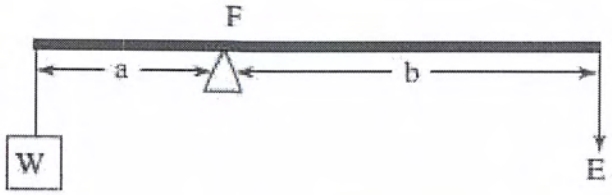
โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา = ExL1 (นิวตัน-เมตร)

ถ้ามีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุชิ้นหนึ่ง แล้วทำให้วัตถุนั้นอยู่ในสภาวะสมดุลจะได้ว่า

ผลรวมของโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา = ผลรวมของโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา

คาน หลักการของโมเมนต์ เรานำมาใช้กับอุปกรณ์ที่เรียกว่า คาน (lever) หรือคานดีดคานงัด คานเป็นเครื่องกลชนิดหนึ่งที่ใช้ดีดงัดวัตถุให้เคลื่อนที่รอบจุดหมด (fulcrum) มีลักษณะเป็นแท่งยาว หลักการทำงานของคานใช้หลักของโมเมนต์

119222
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



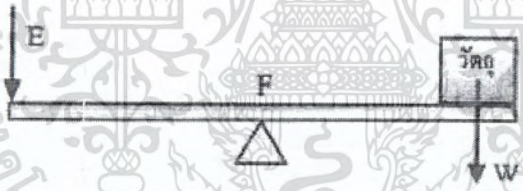
รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของคาน

ส่วนประกอบของคาน ส่วนประกอบที่สำคัญในการทำงานของคานมี 3 ส่วน คือ

1. จุดหมุนหรือจุดฟัลกรัม (Fulcrum) F
2. แรงความต้านทาน (W) หรือน้ำหนักของวัตถุ
3. แรงความพยายาม (E) หรือแรงที่กระทำต่อคาน

การจำแนกคาน คานจำแนกได้ 3 ประเภทหรือ 3 อันดับดังนี้

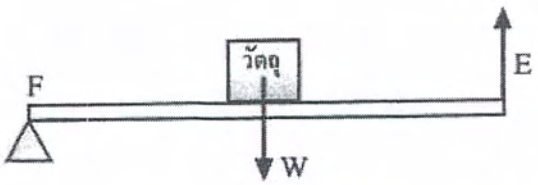
1. คานอันดับที่ 1 เป็นคานที่มีจุด (F) อยู่ระหว่างแรงความพยายาม (E) และแรงความต้านทาน (W) เช่น กรรไกรตัดผ้า กรรไกรตัดเล็บ คีมตัดลวด เรือแจว ไม้กระดก เป็นต้น



รูปที่ 2.11 แสดงคานอันดับที่ 1

2. คานอันดับ 2 เป็นคานที่มีแรงความต้านทาน (W) อยู่ระหว่างแรงความพยายาม (E) และจุดหมุน (F) เช่น ที่เปิดขวดน้ำอัดลม รถเข็นทราย ที่ตัดกระดาษ เป็นต้น

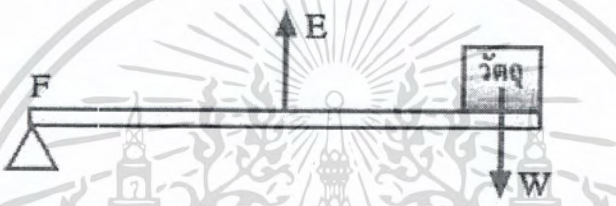
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



\

รูปที่ 2.12 แสดงคานอันดับที่ 2

3. คานอันดับที่ 3 เป็นคานที่มีแรงความพยายาม (E) อยู่ระหว่างแรงความต้านทาน (W) และจุดหมุน (F) เช่น ตะเกียบ คีมคีบถ่าน แหนบ เป็นต้น

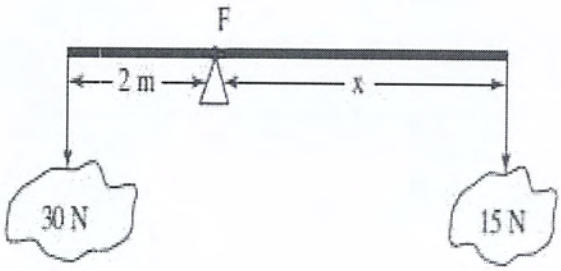


รูปที่ 2.13 แสดงคานอันดับที่ 3

การผ่อนแรงของคาน จะมีค่ามากหรือน้อยโดยดูจากระยะ E ถึง F และ W ว่าถ้าระยะ EF ยาวหรือสั้นกว่าระยะ WF ถ้าในกรณีที่ยาวกว่าก็จะช่วยผ่อนแรง ถ้าสั้นกว่าก็จะ ไม่ผ่อนแรง

2.6.2.1หลักการคำนวณเรื่องโมเมนต์

ตัวอย่างที่ 1 คานอันหนึ่งเบามากมีน้ำหนัก 30 นิวตันแขวนที่ปลายคานข้างหนึ่ง และอยู่ห่างจุดหมุน 2 เมตร จงหาว่าจะต้องแขวนน้ำหนัก 15 นิวตัน ทางด้านตรงกันข้ามที่ใดคานจึงจะสมดุล



รูปที่2.14 แสดงตัวอย่างโจทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ สมมุติให้แขวนน้ำหนัก 15 นิวตัน ห่างจากจุดหมุน x เมตร คิดโมเมนต์ที่จุด F

$$\begin{aligned} \text{โมเมนต์ตาม} &= \text{โมเมนต์ทวน} \\ 15 \times x &= 2 \times 30 \\ x &= \frac{2 \times 30}{15} \\ &= 4 \end{aligned}$$

รูปที่ 2.15 แสดงการคำนวณตัวอย่างโจทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการพัฒนา

3.1 การออกแบบและการพัฒนาชุดจำลองในคลองชลประทาน

3.1.1.ส่วนของการออกแบบ

- ออกแบบประตูควบคุมน้ำกลางคลองแบบปรับบานอัตโนมัติ
- ออกแบบรางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume)

3.1.2.ส่วนของการพัฒนา

- ทำการปรับปรุงและพัฒนาคลองชลประทาน
- ทำการปรับปรุงและพัฒนาอาคารจำลองในคลองชลประทาน
- การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ฯลฯ
- ทำการพัฒนาและปรับปรุงจากสถานที่เดิม ที่ใช้จำลองคลองชลประทานระดับไร่นา โดยใช้พื้นที่ในส่วนของแปลงด้านหน้าภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

3.2 ขนาดของพื้นที่

พื้นที่ในส่วนที่สร้างคลองชลประทาน โดยขนาดของคลองชลประทานมีความยาว 50 เมตร ความกว้างของรางโดยวัดส่วนของขอบด้านบนของฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่งได้ความยาว 80 เซนติเมตรและความกว้างของขอบด้านล่างได้ 38 เซนติเมตร

3.3 วัสดุทำคลองชลประทาน

รางที่ใช้คือกระเบื้องลอนอย่างหนานำมาตัดลอนส่วนกลางออกแล้วนำมาประกอบเข้ากันเป็นรางจะได้ขนาดพอดีกับที่ได้กำหนดไว้ ตัวรางที่ออกมานั้นจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูส่วนรอยต่อนั้นจะใช้ปูนซีเมนต์เป็นตัวประสานเพื่อไม่ให้มีน้ำซึมออกจากรางน้ำ เพื่อให้ประสิทธิภาพการวัดอัตราการไหลของน้ำ ไม่คลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การสร้างฝาย

ลักษณะเฉพาะของฝายและหลักเกณฑ์ทั่วๆไปในการติดตั้งฝายวัดน้ำมีดังต่อไปนี้คือ

1. ผนังด้านเหนือน้ำของฝายจะต้องเรียบอยู่ในแนวดิ่ง และตั้งฉากกับแนวศูนย์กลาง

2. แผ่นโลหะสันฝายซึ่งติดอยู่กับตัวฝายต้องเรียบเป็นผืนเดียวกับผนังด้านหน้าสันฝายจะต้องตรง

3.สันฝายจะต้องวางให้ได้ระดับหรือมุมมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

4. การลบมุมท้ายน้ำของสันฝายจะต้องไม่เกิน 45 องศาจากผิวหน้าของแผ่นสันฝายแต่ถ้าเป็นฝายสามเหลี่ยม การลบมุมดังกล่าวไม่ควรเกิน 30 องศา ไม่ควรใช้สันฝายที่มีคมมากเพราะดูแลยาก

5. ความสูงจากก้นคลองหรือทางน้ำถึงจุดต่ำสุดของสันฝายจะต้องไม่น้อยกว่าสองเท่าของความสูงของผิวน้ำเหนือสันฝายหรือ (เฮด) Head และต้องไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตรถ้าเป็นไปได้ควรยกสันฝายให้สูงไว้เพื่อให้น้ำไหลผ่านและตกลงมาอย่างอิสระ (Free Flow)

6. จะต้องมีอากาศผ่านเข้าใต้ผืนน้ำที่ไหลข้ามสันฝายได้ เพื่อให้น้ำที่ไหลผ่านสัมผัสกับสันฝายด้านมุมฉากซึ่งไม่ได้ลบเหลี่ยมเพียงด้านเดียวเท่านั้น ถ้าอากาศผ่านไม่ได้อาจเกิดสุญญากาศใต้ผิวน้ำทำให้การวัดผิดพลาด

7. การวัดเฮดหรือความสูงของผิวน้ำเหนือสันฝายจะต้องวัดด้านเหนือน้ำที่จุดซึ่งอยู่ห่างจากสันฝายออกมาไม่น้อยกว่า สี่เท่าของเฮดสูงสุดของการวัดนั้น

3.4.1 การสร้างฝายสามเหลี่ยม

เป็นฝายประเภทบีบข้าง (Contracted) ที่ช่องเปิดให้น้ำไหลผ่านเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากโดยสันฝายทั้งสองข้างทำมุม 45 องศากับแนวดิ่ง

วัสดุที่นำมาใช้ในการทำโครงของฝายสามเหลี่ยมคือเหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว นำมาเชื่อมให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเพื่อให้เป็นลักษณะเดียวกับรางน้ำ ในส่วนของแผ่นกันน้ำที่เป็นรูปฝายสามเหลี่ยมเราใช้เหล็กแผ่นขนาดความหนา 1 mm มาตัดให้เป็นรูปทรงเดียวกัน และทำการยึดเข้ากับโครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.1 ฝายสามเหลี่ยม หรือ ฝายรูปตัววี

3.4.2 ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Weir)

เป็นฝายประเภทบีบข้างที่ช่องเปิดน้ำไหลผ่านเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สันฝายด้านล่างอยู่ในแนวระดับราย สันฝายด้านน้ำไหลออกโดยมีความลาดเทด้านราย 1 ส่วน ด้านตั้ง 4 ส่วน

วัสดุที่นำมาใช้ทำโครงก็จะเป็นวัสดุเดียวกับฝายสามเหลี่ยมก็คือเหล็กฉาก 1 นิ้วนำมาเชื่อมเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู ในส่วนของแผ่นกันน้ำที่เป็นรูปฝายสี่เหลี่ยมคางหมู เราใช้เหล็กแผ่นขนาดความหนา 1 mm มาตัดให้เป็นรูปทรงเดียวกัน และทำการยึดเข้ากับโครงเหล็ก

รูปที่ 3.2 ฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อจำกัดในการใช้ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู

1. สันฝายด้านข้างและด้านล่างจะต้องอยู่สูงกว่าพื้นท้องน้ำและตลิ่งไม่น้อยกว่า 2 เท่าของเฮด
2. ฝายชนิดนี้ให้ความละเอียดถูกต้องในการวัดดีเมื่อเฮดไม่น้อยกว่า 6 เซนติเมตรและไม่เกิน $\frac{1}{2}$ ของความยาวของสันฝาย

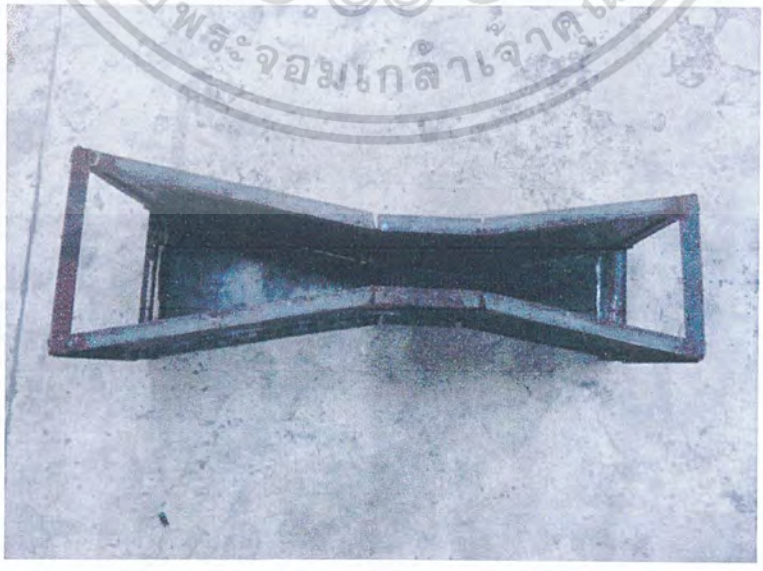
3.5 สร้างรางวัดน้ำแบบพาร์แชล(Parshall Flume)

มีส่วนสำคัญสามส่วนด้วยกันคือ

1.ทางผายเข้า (Converging section) เป็นทางที่ผนังของรางซึ่งอยู่ในแนวดิ่งเริ่มบีบตัวจากกำแพงปีกซึ่งการเต็มความกว้างของทางน้ำให้แคบเข้า พื้นของรางส่วนนี้อยู่ในแนวราบแต่อยู่สูงกว่าพื้นของส่วนอื่น

2.ส่วนคอ (Throat section) เป็นส่วนที่แคบที่สุดซึ่งผนังของรางบีบเข้ามาเป็นแนวขนานกัน ความกว้างของส่วนคอนี้จะเท่ากันตลอด แต่พื้นรางจะลาดลงต่ำกว่าพื้นของทางผายเข้า ความกว้างของส่วนคอเป็นค่าที่ใช้บอกขนาดของรางวัดน้ำแบบนี้

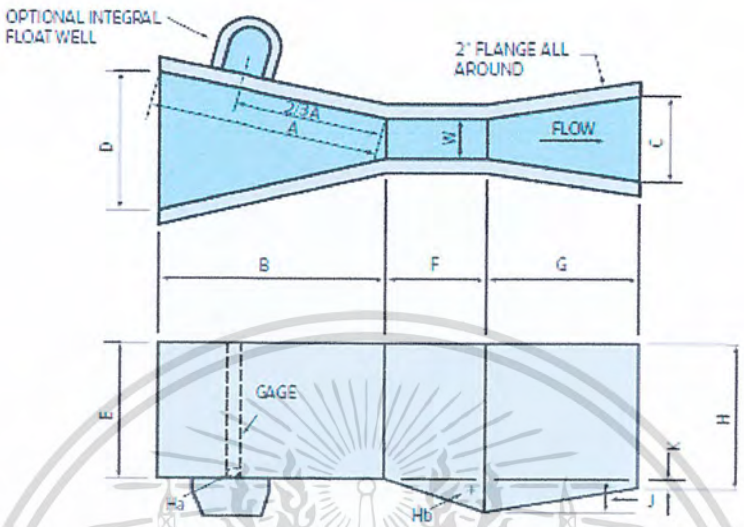
3.ทางผายออก (Diverging section) เป็นส่วนที่ผายออกจากส่วนคอออกไปพบกำแพงปีกด้านท้ายน้ำซึ่งจะผายออกไปเท่ากับความกว้างของทางน้ำตามเดิม ระดับพื้นของส่วนนี้จะลาดจากส่วนคอขึ้นไปหาระดับพื้นท้องน้ำ แต่ปลายของส่วนนี้ยังคงอยู่ต่ำกว่าระดับพื้นของทางผายเข้า



รูปที่ 3.3 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รางวัดน้ำแบบพาร์แชลได้ออกแบบไว้มีขนาดตั้งแต่ 1 นิ้วจนถึง 50 ฟุต รวม 22 ขนาด สัดส่วนมาตรฐานของรางวัดน้ำขนาดต่างๆและช่วงอัตราการไหลเมื่อการไหลเป็นแบบอิสระ (Free Flow) แสดงไว้ตามตาราง



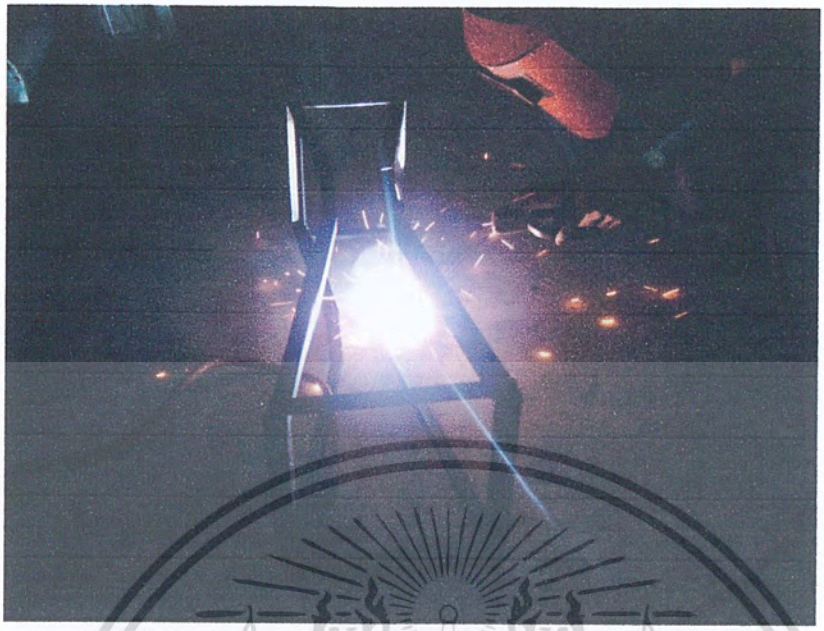
W	A	2/3A or 2/3(W/2+4)	B	C	D	E	F	G	H	J	K
1"	1'-2 29/32"	0'-9 17/32"	1'-2"	0'-3 27/32"	0'-6 29/32"	0'-9"	0'-3"	0'-8"	0'-9 3/4"	1 1/8"	3/4"
2"	1'-4 5/16"	0'-10 7/8"	1'-4"	0'-5 5/16"	0'-8 13/32"	0'-9"	0'-4 1/2"	0'-10"	0'-9 7/8"	1 11/16"	7/8"
3"	1'-6 1/8"	1'-0 1/4"	1'-6"	0'-7"	0'-10 7/16"	2'-0"	0'-6"	1'-0"	2'-1"	2 1/4"	1"
6"	2'-0 7/16"	1'-4 5/16"	2'-0"	1'-3 1/2"	1'-3 1/8"	2'-0"	1'-0"	2'-0"	2'-3"	4 1/2"	3"
9"	2'-10 5/8"	1'-11 1/16"	2'-10"	1'-3"	1'-10 5/8"	2'-6"	1'-0"	1'-6"	2'-9"	4 1/2"	3"
12"	4'-6"	3'-0"	4'-4 7/8"	2'-0"	2'-9 1/4"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
18"	4'-9"	3'-2"	4'-7 7/8"	2'-6"	3'-4 3/8"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
24"	5'-0"	3'-4"	4'-10 7/8"	3'-0"	3'-11 1/2"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
30"	5'-4 1/4"	3'-6 3/4"	5'-3"	3'-6"	4'-6 3/4"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
36"	5'-6"	3'-8"	5'-4 3/4"	4'-0"	5'-1 7/8"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
48"	6'-0"	4'-0"	5'-10 5/8"	5'-0"	6'-4 1/4"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
60"	6'-6"	4'-4"	6'-4 1/2"	6'-0"	7'-6 5/8"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
72"	7'-0"	4'-8"	6'-10 3/8"	7'-0"	8'-9"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
84"	7'-6"	5'-0"	7'-4 1/4"	8'-0"	9'-11 3/8"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
96"	8'-0"	5'-4"	7'-10 1/8"	9'-0"	11'-1 3/4"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
120"	14'-3 1/4"	6'-0"	14'-0"	12'-0"	15'-7 1/4"	4'-0"	3'-0"	6'-0"	4'-6"	1'-1 1/2"	6"
144"	16'-3 3/4"	6'-8"	16'-0"	14'-8"	18'-4 3/4"	5'-0"	3'-0"	8'-0"	5'-6"	1'-1 1/2"	6"

รูปที่ 3.4 แสดงสัดส่วนมาตรฐานของรางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume)

วิธีการดำเนินงาน

1. นำเหล็กฉากหนา 1 มม. มาตัดเป็นโครงตามสัดส่วนมาตรฐานของรางวัดน้ำ โดยเราใช้ขนาด 3 นิ้ว
2. นำเหล็กประกอบกันเป็นโครงของรางวัดน้ำแบบพาร์แชล
3. นำแผ่นเหล็กหนา 1 มม. มาตัดตามขนาดของโครงราง แล้วนำประกอบติดกับโครงราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

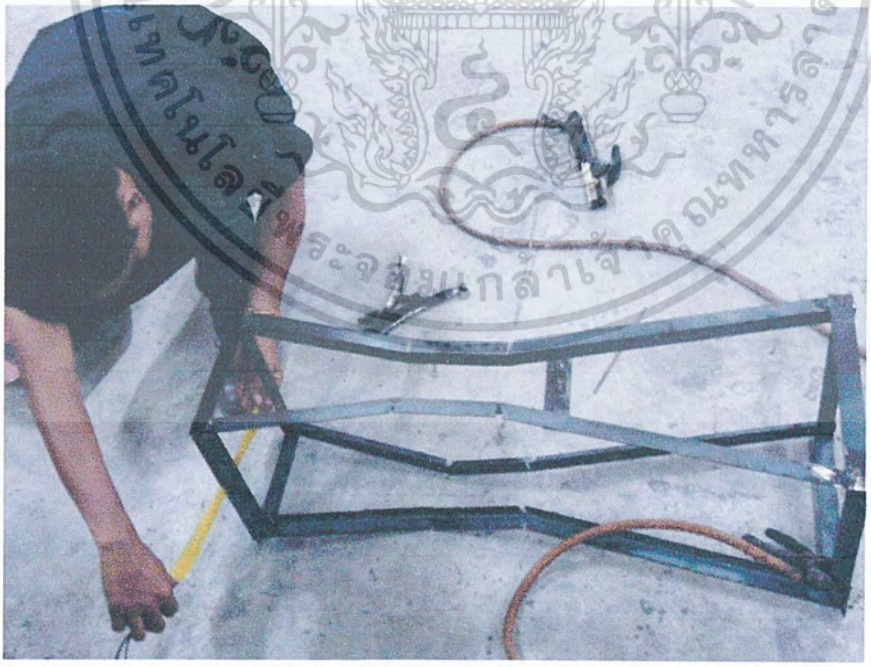


รูปที่ 3.5 แสดงการเชื่อมติดเป็นโครง

รูปที่ 3.6 กำหนดขนาดส่วนคอคอด เป็น 3 นิ้ว

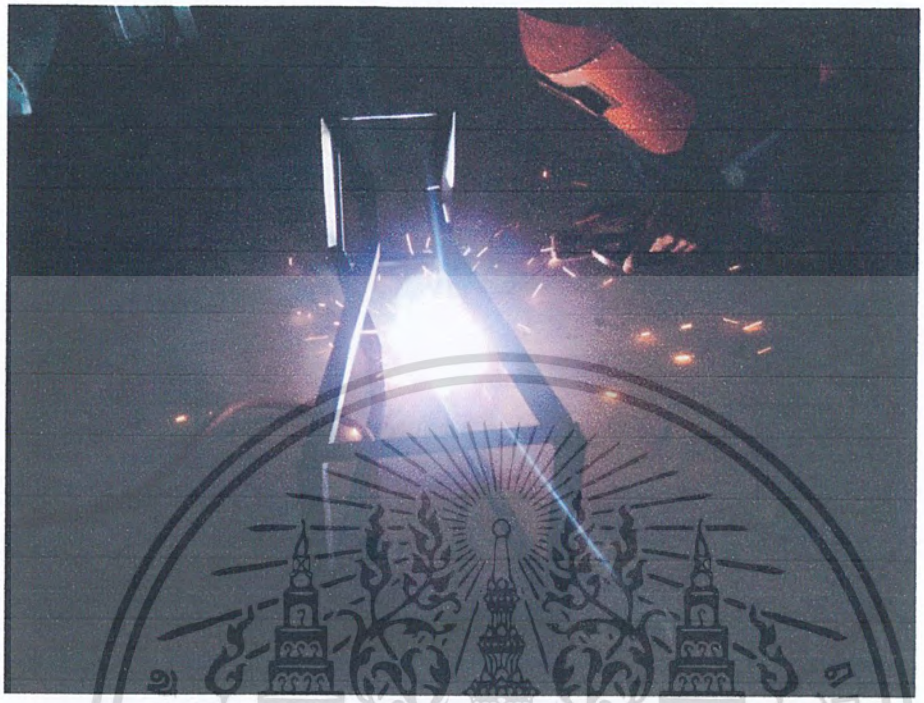
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 ทำการวัดขนาดทางผายเข้า



รูปที่ 3.8 ทำการวัดขนาดทางผายออก

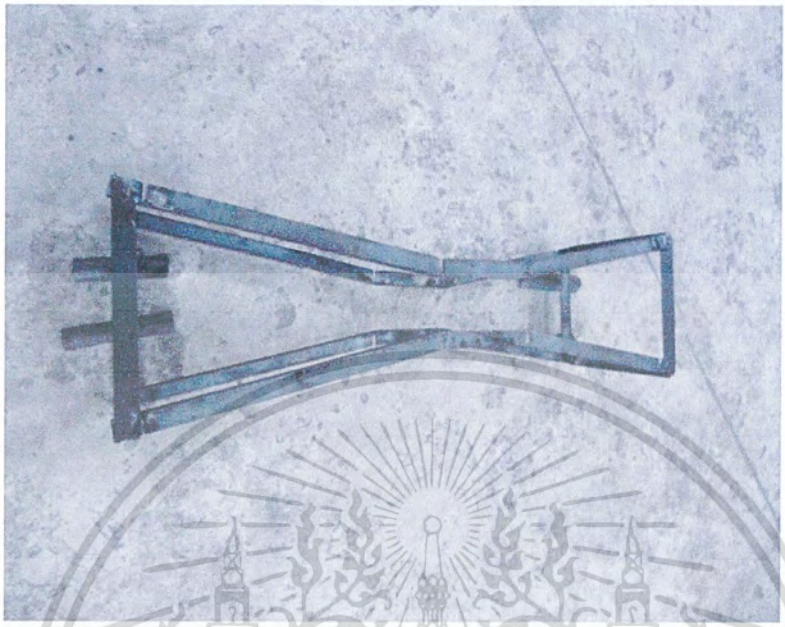
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



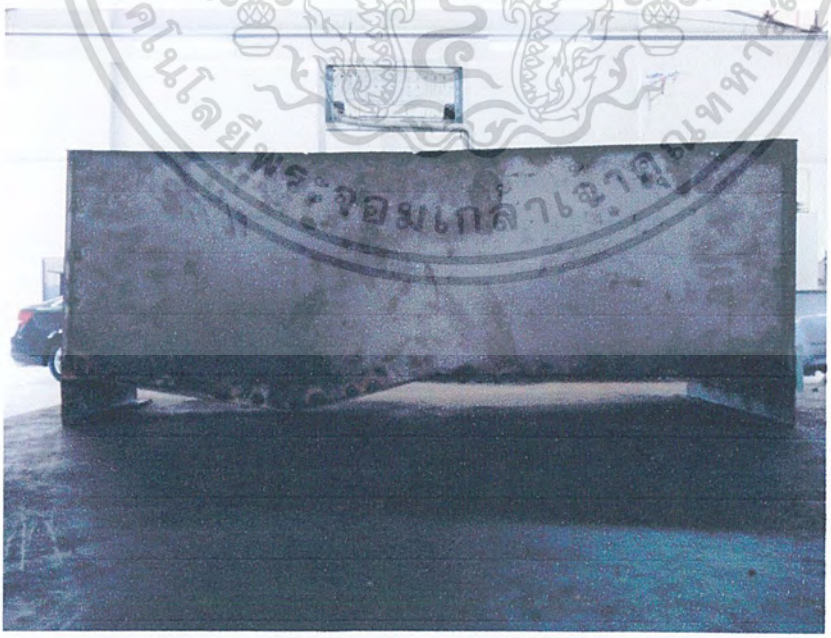
รูปที่ 3.9 ทำการเชื่อมตัวโครง

รูปที่ 3.10 โครงรางวัดน้ำทางด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

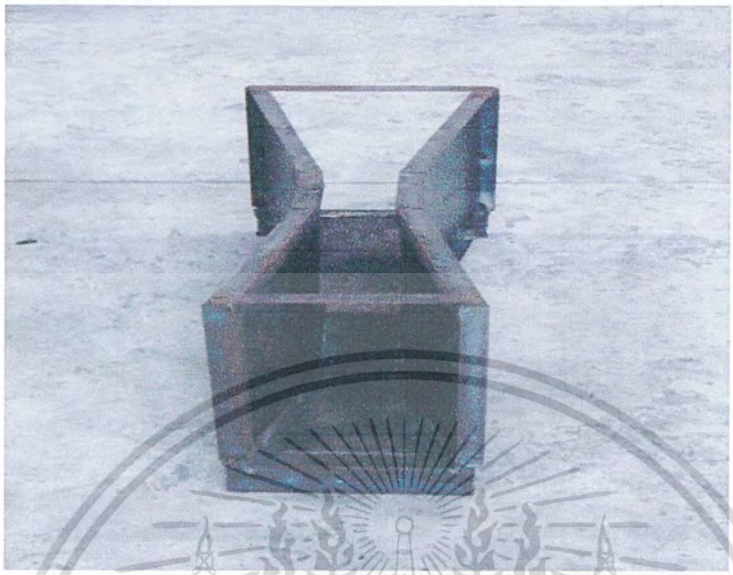


รูปที่ 3.11 โครงรางวัดน้ำทางด้านบน



รูปที่ 3.12นำเหล็กแผ่นมาเชื่อมติดกับตัวโครง

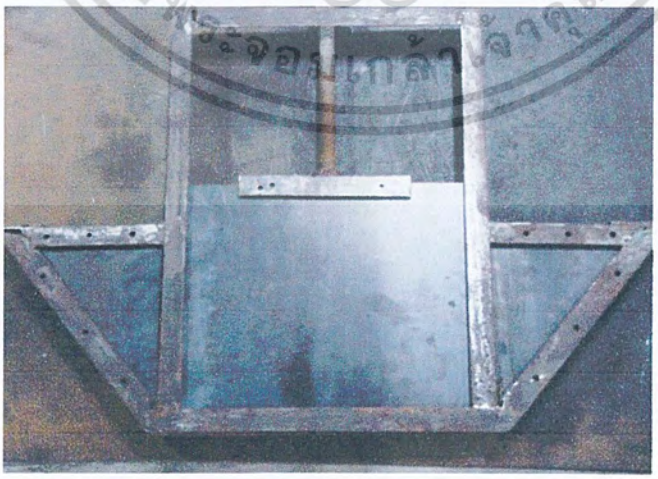
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ภาพแสดงรางวัดน้ำแบบพาร์แชล (par shall flume)

3.5ประตูเปิด-ปิดน้ำ

ประตูเปิด-ปิดน้ำโครงสร้างทำจากเหล็กฉากขนาด 1 นิ้วนำมาเชื่อม แล้วนำแผ่นเหล็ก มาทำเป็นตัวบานประตูเลื่อนขึ้น – ลง โดยใช้เกลียวขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้วนำมาเชื่อมติดโครงด้านบนต่อกับด้ามหมุน เพื่อให้ประตูสามารถเลื่อนขึ้น-ลงได้



รูปที่ 3.14 ประตูเปิด-ปิดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ประตูควบคุมน้ำ แบบปรับบานอัตโนมัติ

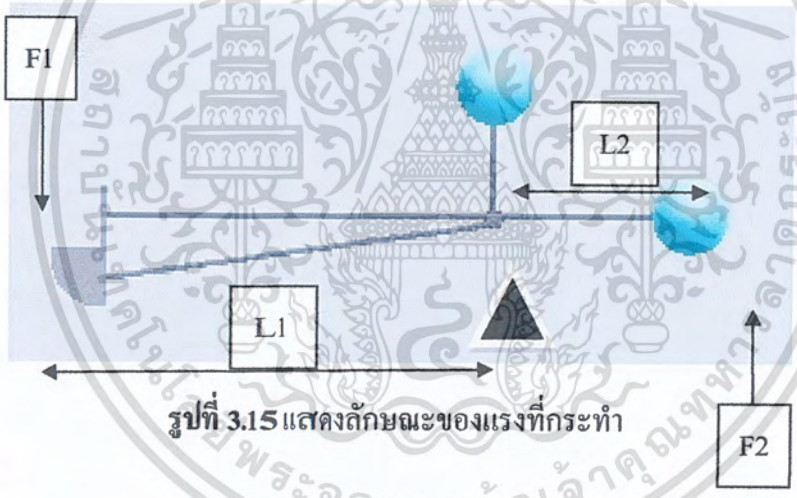
มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ

1.ประตูด้านหน้า เป็นประตูส่วนด้านหน้า มีหน้าที่ในการกักน้ำที่ไหลเข้ามา เพื่อปรับระดับ

2.ถังถ่วงน้ำหนักส่วนกลาง เป็นถังตรงกลาง มีหน้าที่ถ่วงน้ำหนักบนแกนเพลาของตัวปรับบาน อัตโนมัติ ไม่ให้เกิดการสั่นสะเทือน ในเวลาที่น้ำมากระทบที่ประตูทางด้านหน้า

3.ถังถ่วงน้ำหนักส่วนหลัง เป็นถังส่วนท้าย มีหน้าที่ปรับระดับเพื่อนถ่วงสมดุล เมื่อประตูด้านหน้าเริ่มทำงาน โดยจะถูกยกขึ้นจากระดับน้ำที่ผ่านประตูด้านหน้าเข้ามา และจะลดระดับลงเมื่อถึงแนวระดับของน้ำที่ผ่านเข้ามาทางประตูด้านหน้า และถังด้านหลังเกิดความสมดุลกัน

การออกแบบ



รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะของแรงที่กระทำ

สูตรการคำนวณ

$$F1L1 = F2L2$$

โดย F1 คือ น้ำหนักของประตูกักน้ำทางด้านทางเข้า

F2 คือ น้ำหนักของถังถ่วงน้ำหนักทางด้านหลัง

L1 คือ ความยาวของแขนด้านหน้า

L2 คือ ความยาวของแขนด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า

F1 = 1.12 กิโลกรัม

L1 = 40 เซนติเมตร

L2 = 20 เซนติเมตร

1.12 (40) = F2 (20)

F2 = 2.24 กิโลกรัม

ดังนั้น เพื่อให้เกิดความสมดุล ถังด้านหลัง ต้องมีน้ำหนัก 2.24 กิโลกรัม

3.6.1 วิธีการดำเนินงาน

1.นำเหล็กเพลาตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร มาตัดเป็นโครงสร้างตามสัดส่วน

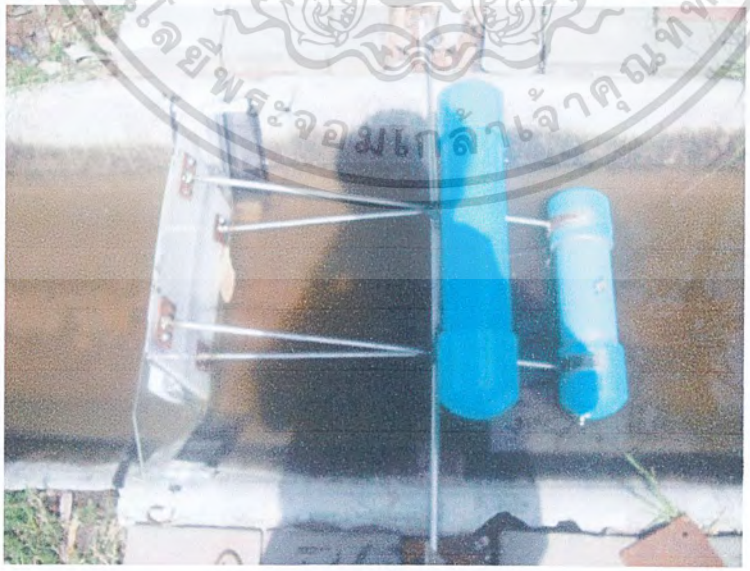
2.นำแผ่นพลาสติกแข็ง มาทำการวัดเพื่อให้เท่ากับขนาดของรางแล้วทำการตัดจากนั้นทำการเจาะรูเพื่อยึดติดกับตัวโครงสร้าง

3.นำท่า พีวีซี ขนาด 2 นิ้วครึ่ง มาทำการตัดโดยใช้ความยาว 50 เซนติเมตร สำหรับถังตัวกลาง และยาว 40 เซนติเมตรสำหรับถังด้านหลัง จากนั้นทำการยึดติดเข้ากับตัวโครง

4.นำแท่งพลาสติกแข็งมากลึงเป็นวงกลมแล้วนำไปใส่ในแกนของท่อเหล็กเพื่อทำเป็นตัวช่วยในการขยับขึ้นลงของตัวประตูระบายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ ด้านหน้า



รูปที่ 3.17 ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ ด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 การวัดอัตราการไหลของน้ำ(Discharge Measurement)

เพื่อให้สามารถวัดอัตราการไหลในทางน้ำเปิด โดยอาศัยวิธีต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย การใช้ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู การใช้ Parshall Flume การใช้ฝายสามเหลี่ยม การใช้ประตูควบคุมแบบปรับบานอัตโนมัติ การใช้เครื่องวัดอัตราการไหลของกระแสน้ำ (Current Velocity Meters)

ฝายวัดน้ำเป็นอาคารที่สร้างขึ้นกั้นขวางทางน้ำเพื่อ ให้น้ำไหลล้นข้ามผ่านช่องเปิด ที่ทำไว้ตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งเป็นผลให้อัตราการไหลผ่านข้ามสัมพันธ์กับความลึกของน้ำเหนือระดับสันฝายเป็นกฎเกณฑ์ที่แน่นอน ตายตัว ฝายวัดน้ำที่ใช้กันทั่วไปเป็นฝายสันคม (Sharp Crested) ปาดสันให้คมด้วยการลบมุม 30 องศา สำหรับฝายสามเหลี่ยม และ 45 องศา สำหรับสี่เหลี่ยมผืนผ้า และ คางหมู

อัตราการไหลผ่านฝายสามเหลี่ยมคำนวณจากสมการ

$$Q = 0.0138H^{5/2}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลผ่านฝายสามเหลี่ยม มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที

H = เฮด(Head) หรือความลึกของผิวน้ำเหนือสันฝาย มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

รูปที่ 4.1 ฝายวัดน้ำแบบสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหลผ่านฝานสี่เหลี่ยมคางหมูคำนวณได้จากสมการ

$$Q = 0.01859LH^{3/2}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลผ่านฝายสี่เหลี่ยมคางหมู มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที

H = เฮด(Head) หรือความลึกของผิวน้ำเหนือสันฝาย มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

L = ความยาวของสันฝาย มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

รูปที่ 4.2 ฝายวัดน้ำสีเหลี่ยมคางหมู

4.2 รางวัดน้ำ

รางวัดน้ำแบบพาร์แชล (Parshall Flume) ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำในทางน้ำเปิด ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ

1.ทางผายเข้า เป็นทางเข้าที่ผนังของรางซึ่งอยู่ในแนวดิ่งเริ่มบีบตัวจากกำแพงปีกเข้าให้แคบลง พื้นของรางในส่วนนี้อยู่ในแนวราบแต่สูงกว่าพื้นของส่วนอื่น

2. ส่วนคอ เป็นส่วนที่แคบที่สุดพื้นรางจะลาดต่ำลงกว่าพื้นส่วนอื่น

3. ทางผายออก เป็นส่วนที่ผายออกจากคอไปจนเท่าทางเดิม พื้นยังคงลาดเทลงและต่ำกว่าพื้นทางผายเข้า

อัตราการไหลแบบอิสระผ่านรางวัดน้ำแบบ (Parshall Flume) อัตราการไหลผ่านจะขึ้นอยู่กับขนาดหรือความกว้างของส่วนคอ สำหรับรางวัดน้ำแบบ Parshall Flume ขนาด 3 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำแบบ (Parshall Flume) คำนวณได้จากสมการ

$$Q = 0.177Ha^{1.55}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

Ha = เฮด(Head) หรือความลึกของผิวน้ำเหนือสันฝาย มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

รูปที่ 4.3 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล(Parshall Flume)

4.3 ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ

ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติใช้รักษาระดับเหนือน้ำให้คงที่ในคลองหรือแม่น้ำ ซึ่งจะทำการติดตั้งประตูบานควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติโดยให้น้ำไหลอย่างอิสระโดยทั่วไปจะใช้ในการขจัดความผันผวนของระดับน้ำหลักและยังช่วยป้องกันตลิ่ง การกัดกร่อน และการไหลล้นของน้ำ

ลักษณะของประตูจะประกอบไปด้วย ส่วนที่อยู่กับที่ และส่วนที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ตามแนวนอนโดยมีแกนรองรับ ลักษณะของประตูบานจะอยู่เหนือผิวน้ำมีการถ่วงน้ำหนักเพื่อให้เกิดความสมดุล ประตูบานจะใช้กำลังน้ำในการเปิดประตูซึ่งไม่ส่งผลกับความสมดุลของประตูบานเอียงเพราะส่วนที่ลอยน้ำสามารถจัดการให้น้ำหนักทั้ง 2 ด้าน เกิดความสมดุลกัน เมื่อมีน้ำมามากพอที่จะยกทุ่นถ่วงน้ำหนักให้สูงขึ้น จึงทำให้ด้านหน้าประตูนั้นอยู่ในลักษณะที่ถูกกดลง เพื่อปรับและลดพื้นที่ในการให้น้ำผ่านไป จะเห็นได้ว่าตัวถ่วงน้ำหนักจะเป็นตัวหลักในการรักษาระดับความสมดุลของประตูให้อยู่ในแนวเดียวกัน สามารถคุมระดับน้ำให้มีความราบเรียบมากขึ้นประตูจะปิดลงด้านหลังจะมีน้ำน้อย ตัวถ่วงน้ำหนักจะปรับความสมดุลของประตูให้อยู่ในแนวเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ (Current Velocity Meters)

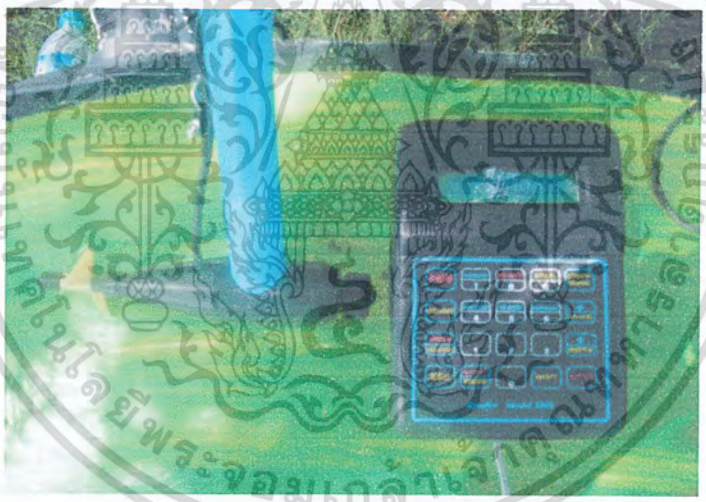
เครื่องวัดอัตราการไหลของกระแสน้ำ ยี่ห้อ Swofer รุ่น 3000 สามรถคำนวณ เก็บ และ ประมวลผลข้อมูล ความเร็วกระแสน้ำ การระบายน้ำ เพื่อประเมินสถานการณ์ในภาคสนาม รุ่น 3000 สามารถวัดได้ทั้งหน่วย ฟุตต่อวินาที และ เมตรต่อวินาที มีโหมดในการทำงานทั้งสิ้น 4 โหมด คือ

-CALIBRATION MODE โหมดนี้ใช้ในการปรับเทียบในภาคสนามโดยการลาก Prop ผ่านลำน้ำที่รู้ระยะทาง ซึ่งรุ่น 3000 จะทำการนับจำนวน Pulses Prop Pitch จะทำการคำนวณ

-COUNT (COUNT REVOLUTIONS) โหมดใช้ในการนับจำนวนรอบที่หมุนของ Prop ในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งจำนวนรอบที่หมุนจะแปรผันตาม ขนาดของ Prop และ Rotor Assemblies ซึ่ง Mode จะใช้กับ USGS Price Type AA และ Pygmy meters หรือ Swoffer optic retrofit (model 2200) sensor

-VELOVITY MODE ใช้ในการคำนวณ ความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลผ่าน sensor

-DISCHARGE MODE ใช้ในการคำนวณอัตราการระบายน้ำ



รูปที่ 4.4 เครื่องมือวัดความเร็วของน้ำ (Current Meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง มีต่อไปนี้

1 .ทางเปิดน้ำพร้อมเครื่องสูบน้ำ ประตูน้ำ ฝายสามเหลี่ยม ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู

2. Par Shall Flume ขนาด 3 นิ้ว

3. ประตูบานควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ

4. เครื่องวัดอัตราการไหลของกระแสน้ำ (Current Velocity Meters)

5. ทุ่นลอย

6. สต๊าฟเกจน์

4.6 วิธีการทดลองในการวัดอัตราการไหลของอาคารวัดน้ำในคลองส่งน้ำมีดังต่อไปนี้ คือ

1. เปิดเครื่องสูบน้ำ

2. ปรับระดับน้ำเหนือโดยการเปิดประตูน้ำ 2 ระดับ คือ 11 ซม. และ 21 ซม.

3. นำเครื่องวัดอัตราการของกระแสน้ำ มาวัดอัตราการไหล หน้าอุปกรณ์

4. นำทุ่นลอยมาวัดความเร็วของกระแสน้ำ เหมือนข้อที่ 3

5. ทำการบันทึกค่า (เฮด) ของแต่ละอุปกรณ์ โดยบันทึก 2 ช่วงเวลาในแต่ละวัน โดยบันทึกตามระดับที่ได้ตั้งไว้

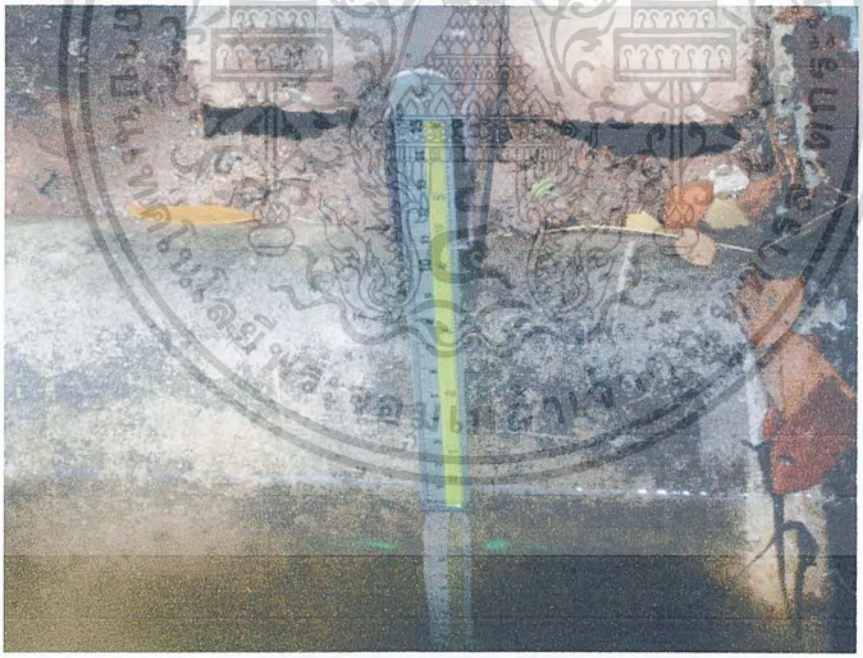
6. นำค่าที่ได้มาคำนวณอัตราการไหลของน้ำ

7. เปรียบเทียบอัตราการไหล

8. สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

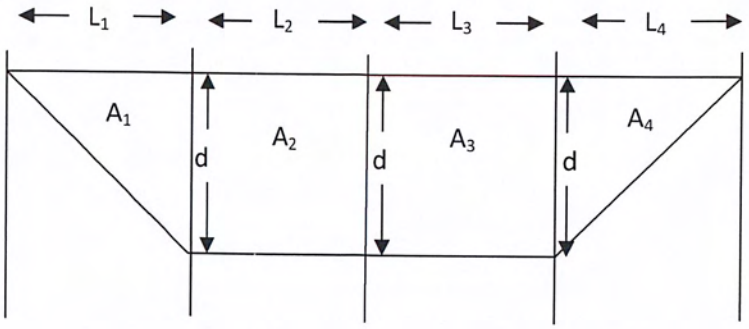
รูปที่ 4.5 แสดงวิธีการวัดค่าในการทดลอง



รูปที่ 4.6 สต๊าฟเกจน์

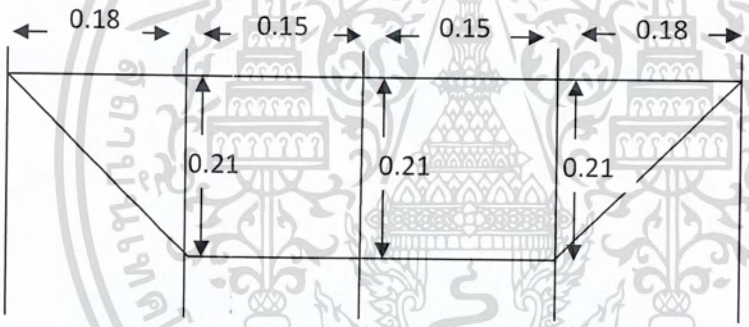
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 วิธีการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด (A)



$$A = \frac{1}{2}L_1 d + L_2 d + L_3 d + \frac{1}{2}L_4 d$$

ตัวอย่างการคำนวณ



จากสูตร

$$A = \frac{1}{2}L_1 d + L_2 d + L_3 d + \frac{1}{2}L_4 d$$

$$A = \frac{1}{2} \times (0.18 \times 0.21) + (0.15 \times 0.21) + (0.15 \times 21) + \frac{1}{2} \times (0.18 \times 0.21)$$

$$\therefore \quad A = 0.101 \ m^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 แสดงการคำนวณพื้นที่หน้าตัด(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ผลการทดลอง และการคำนวณ

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการทดลอง

วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	เวลา	ความสูงประตูน้ำ (CM)	ฝาย สามเหลี่ยม $Q = 0.0138H^{5/2}$		ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู $Q = 0.01859LH^{3/2}$ L= 13 CM		รางวัดน้ำแบบพาร์แชล $Q = 0.1771Ha^{1.55}$	
				H (CM)	Q (L/s)	H (CM)	Q (L/s)	Ha (M)	Q (L/s)
9/2/54	1	10.00-11.00	11	6.4	1.43	4.2	2.08	0.05	1.70
			21	7.2	1.92	5.4	3.03	0.062	2.38
	2	14.00-15.00	11	5.6	1.02	4.1	2.01	0.055	1.97
			21	7.4	2.06	5.0	2.7	0.061	2.32
10/2/54	3	11.00-12.00	11	6.2	1.49	4.0	1.93	0.049	1.61
			21	7.0	1.79	5.6	3.20	0.065	2.56
	4	14.00-15.00.	11	5.9	1.17	3.9	1.86	0.05	1.70
			21	7.0	1.79	5.2	2.87	0.067	2.68
11/2/54	5	10.00-11.00	11	5.7	1.07	3.5	1.58	0.057	2.09
			21	7.1	1.85	5.5	3.12	0.065	2.56
	6	14.00-15.00	11	6.0	1.22	4.4	2.23	0.055	1.97
			21	6.9	1.72	5.4	3.03	0.070	2.87
12/2/54	7	10.00-11.00	11	5.6	1.02	4.0	1.93	0.055	1.97
			21	7.1	1.85	5.2	2.87	0.067	2.68
	8	14.00-15.00	11	5.6	1.02	4.1	2.01	0.055	1.97
			21	6.9	1.72	5.4	3.03	0.070	2.87
		เฉลี่ย	**11**	**5.9**	**1.18**	**4.02**	**1.95**	**0.053**	**1.87**
			21	**7.1**	**1.84**	**5.33**	**2.98**	**0.066**	**2.62**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 บันทึกผลการทดลองเมื่อใช้ Flow Meter วัดความเร็วกระแสน้ำ (V)

วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	เวลา	ความสูงประตูน้ำ (CM)	ฝายสามเหลี่ยม			ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู			รางวัดน้ำแบบพาร์แชล		
				A (M^2)	V (M/S)	Q (L/S)	A (M^2)	V (M/S)	Q (L/S)	A (M^2)	V (M/S)	Q (L/S)
9/2/54	1	10.00-11.00	11	0.088	0.018	1.58	0.088	0.023	2.11	0.057	0.030	1.70
			21	0.101	0.020	2.02	0.097	0.025	2.43	0.069	0.033	2.28
	2	14.00-15.00	11	0.082	0.018	1.48	0.086	0.024	2.06	0.059	0.032	1.89
			21	0.088	0.022	1.94	0.090	0.026	2.34	0.065	0.034	2.21
10/2/54	3	10.00-11.00	11	0.082	0.016	1.31	0.088	0.022	1.94	0.057	0.030	1.70
			21	0.101	0.020	2.02	0.105	0.027	2.84	0.070	0.034	2.38
	4	14.00-15.00	11	0.082	0.018	1.48	0.086	0.022	1.892	0.057	0.030	1.70
			21	0.101	0.021	2.02	0.090	0.027	2.43	0.070	0.036	2.52
11/2/54	5	10.00-11.00	11	0.082	0.017	1.39	0.082	0.024	1.97	0.065	0.033	2.15
			21	0.101	0.023	2.32	0.105	0.027	2.84	0.070	0.036	2.52
	6	14.00-15.00	11	0.082	0.016	1.31	0.088	0.024	2.11	0.059	0.031	1.83
			21	0.088	0.020	1.76	0.105	0.028	2.94	0.070	0.039	2.73
12/2/54	7	10.00-11.00	11	0.082	0.016	1.31	0.088	0.021	1.85	0.059	0.031	1.83
			21	0.101	0.023	2.32	0.090	0.027	2.43	0.065	0.033	2.15
	8	14.00-15.00	11	0.082	0.018	1.48	0.086	0.024	2.06	0.059	0.032	1.89
			21	0.088	0.020	1.76	0.105	0.028	2.94	0.070	0.036	2.52
		เฉลี่ย	**11**	**0.083**	**0.017**	**1.42**	**0.087**	**0.023**	**1.99**	**0.059**	**0.031**	**1.83**
			21	**0.096**	**0.021**	**2.02**	**0.098**	**0.027**	**2.65**	**0.069**	**0.035**	**2.41**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 บันทึกผลการทดลองเมื่อใช้ ทุ่นลอย วัดความเร็วกระแสน้ำ (V)

วัน/เดือน/ปี	ครั้งที่	เวลา	ความสูงประตูน้ำ (CM)	ฝายสามเหลี่ยม			ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู			รางวัดน้ำแบบพาร์แชล		
				A (M^2)	V (M/S)	Q (L/S)	A (M^2)	V (M/S)	Q (L/S)	A (M^2)	V (M/S)	Q (L/S)
9/2/54	1	10.00-11.00	11	0.088	0.018	1.58	0.088	0.024	2.11	0.057	0.035	1.99
			21	0.101	0.020	2.02	0.097	0.031	3.01	0.069	0.037	2.55
	2	14.00-15.00	11	0.082	0.015	1.23	0.086	0.022	1.89	0.059	0..038	2.24
			21	0.088	0.023	2.02	0.090	0.030	2.7	0.065	0.040	2.6
10/2/54	3	10.00-11.00	11	0.082	0.014	1.15	0.088	0.027	2.38	0.057	0.035	1.99
			21	0.101	0.020	2.02	0.105	0.029	3.05	0.070	0.036	2.52
	4	14.00-15.00	11	0.082	0.019	1.57	0.086	0.030	2.58	0.057	0.035	1.99
			21	0.101	0.021	2.12	0.090	0.028	2.52	0.070	0.040	2.80
11/2/54	5	10.00-11.00	11	0.082	0.020	1.64	0.082	0.025	2.05	0.065	0.030	1.95
			21	0.101	0.021	2.12	0.105	0.029	3.05	0.070	0.037	2.59
	6	14.00-15.00	11	0.082	0.015	1.23	0.088	0.020	1.76	0.059	0.031	1.83
			21	0.088	0.023	2.02	0.105	0.029	3.05	0.070	0.039	2.73
12/2/54	7	10.00-11.00	11	0.082	0.016	1.31	0.088	0.024	2.11	0.059	0.028	1.65
			21	0.101	0.017	1.73	0.090	0.027	2.43	0.065	0.038	2.47
	8	14.00-15.00	11	0.082	0.016	1.31	0.086	0.024	2.06	0.059	0.029	1.71
			21	0.088	0.020	1.76	0.105	0.028	2.94	0.070	0.036	2.52
		เฉลี่ย	**11**	**0.083**	**0.017**	**1.41**	**0.087**	**0.025**	**2.12**	**0.059**	**0.033**	**1.95**
			21	**0.096**	**0.021**	**2.02**	**0.098**	**0.029**	**2.84**	**0.069**	**0.038**	**2.62**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและวิจารณ์

5.1 บทสรุป

การออกแบบและพัฒนาชุดศึกษาอาคารจำลองของระบบชลประทานระดับไร่นาโดยได้ทำการพัฒนารางน้ำคอนกรีตรูปทรงหน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อให้ไม่เกิดการรั่วซึม โดยมีประตูเปิด-ปิดน้ำแบบเลื่อนขนาด 0.25x0.25 เมตร ติดตั้งไว้ทางด้านเหนือของน้ำ ภายในรางน้ำ มีการติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำในราง 3 ชนิด ได้แก่ ฝายวัดน้ำสี่เหลี่ยมคางหมูสันฝายกว้าง 0.13 เมตร ฝายวัดน้ำสามเหลี่ยม 90 องศา รางวัดน้ำแบบพาร์แชล มีขนาด 3 นิ้ว ทำการออกแบบและสร้าง ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ ไว้ที่ทางด้านเหนือของน้ำ หลังประตูเปิด-ปิดน้ำ เพื่อไม่ให้น้ำไหลราบเรียบมากยิ่งขึ้น ได้ทำการปล่อยน้ำเข้ารางน้ำ โดยเปิดประตูน้ำ 2 ระดับคือ 11 เซ็นติเมตร และ 21 เซนติเมตร โดยที่แต่ระดับได้ทำการวัดอัตราการไหลของน้ำ แต่ละชนิด ระยะเวลา 4 วัน วันละ 2 ช่วงเวลา แล้วหาค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของน้ำในการทดลองได้ใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ (Current Meter) และการวัดอัตราการไหลแบบทุ่นลอย ทำการวัดค่าอัตราการไหลของน้ำในราง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ และปรับแก้ค่าอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านเครื่องมือวัดทั้ง 3 ชนิด ดังผลสรุปการทดลองในตาราง

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากการทดลองกับเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำแบบ Flow Meterและแบบลูกลอย

ความสูงประตูน้ำ (CM)	อัตราการไหล(Q)								
	ฝายสามเหลี่ยม (L/s)			ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู (L/s)			รางวัดน้ำแบบพาร์แชล (L/s)		
	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ค่าที่ได้จาก Flow Meter	ค่าที่ได้แบบทุ่นลอย	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ค่าที่ได้จาก Flow Meter	ค่าที่ได้แบบทุ่นลอย	ค่าที่ได้จากการทดลอง	ค่าที่ได้จาก Flow Meter	ค่าที่ได้แบบทุ่นลอย
11	1.18	1.42	1.41	1.95	1.99	2.12	1.87	1.85	1.95
21	1.84	2.02	2.02	2.98	2.65	2.84	2.62	2.41	2.62
Q(เฉลี่ย)	1.52	1.72	1.72	2.47	2.32	2.48	2.25	2.13	2.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 บทวิจารณ์

1. อาจมีกรวด ทราย หรือเศษวัสดุพัดพามาตกจมหน้าฝาย ทำให้ระดับพื้นท้องน้ำสูงขึ้นจนทำให้สันฝายอยู่สูงกว่าท้องน้ำน้อยกว่าสองเท่าของเฮด

2. การมองแผ่นสเกล (scale) ที่อ่านค่าเฮด (Head) อาจมีการคลาดเคลื่อนเพราะว่าใช้สายตามอง อาจมีวัชพืชลอยมาทำให้ดูได้ยาก

3. เนื่องจากความลาดเทตามแนวยาวของคลองจะแบบราบ ในบางครั้งจะมีเศษวัชพืชหรือสิ่งที่ลอยมากับน้ำทำให้เกิดการสูญเสียเฮดก่อนถึงอาคารวัดน้ำ

4. ค่าความเร็วของกระแสน้ำในราง เมื่อใช้ เครื่องมือวัดความเร็ว (Current Meter) และแบบทุ่นลอยอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากผู้ทำการทดลองอาจขาดความชำนาญที่ดีพอในการวัด

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. การแตกร้าวของพื้นราง เนื่องจากบริเวณพื้นที่มีต้นไม้ใหญ่ อาจทำให้รากต้นไม้ใหญ่กระทบกับใต้ท้องรางจนเกิดความเสียหายทำให้เกิดการรั่วซึมขึ้นได้

2. ปริมาณน้ำที่ส่งผ่านภายในคลองส่งน้ำ ควรมีมากพอที่จะทำการทดลองแบบต่อเนื่องได้

5.4 แนวทางการพัฒนา

1. ควรมีการปรับสภาพพื้นบริเวณการทดลอง เพื่อทำให้น้ำสามารถไหลในรางได้อย่างดียิ่งขึ้น

2. ควรทำการทดลองโดยเพิ่มช่วงเวลาให้มากขึ้น เพื่อเก็บผลและนำมาเปรียบเทียบ

3. ควรมีการเปลี่ยนรางน้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อทำให้การทดลองได้ค่าที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยรัตน์ โพธิ์ดี และคณะ. 2550 . ชุดจำลองอาคารในคลองของระบบชลประทานระดับไร่นา. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] วิบูลย์ บุญยโรกุล. 2526. หลักการชลประทาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. ห.จ.ก. โรงพิมพ์เอเชีย.

[3] ปริญญา กมลสินธุ์ , กัญญา อินทร์เกลี้ยง . 2550. โครงการจัดทำประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติด้วยไฟเบอร์. (11 กันยายน 2553). สืบค้นได้จาก http://kromchol.rid.go.th.

[4] คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. 2546. การวางแผนและออกแบบระบบส่งน้ำชลประทาน, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงค่ามาตรฐานของฝายสามเหลี่ยม ฝายสี่เหลี่ยมคางหมู และรางวัดน้ำแบบพาร์แชล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 อัตราการไหลผ่านฝายสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Weir) ที่มีความยาวของสันฝายขนาดต่างๆ เมื่อคำนวณโดยสมการ

$$Q = 0.01859\ LH^{3/2}$$

เฮด	ความยาวของสันฝาย (L) – เมตร									
(H)	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
ซม.	อัตราการไหล (Q) – ลิตร/วินาที									
1	0.5	0.9	1.4	1.9	2.8	3.7	5.6	7.4	9.3	11.2
2	1.3	2.6	3.9	5.3	7.9	10.1	15.8	21.0	26.3	31.6
3	2.4	4.8	7.2	9.7	14.5	19.3	29.0	38.7	48.3	58.0
4	3.7	7.4	11.2	14.9	22.3	29.8	44.6	59.5	74.4	89.3
5	**5.2**	**10.4**	**15.6**	**20.8**	**31.2**	**41.6**	**62.4**	**83.2**	**104**	**125**
6	6.8	13.7	20.5	27.3	41.0	54.7	82.0	109	137	164
7	8.6	17.2	25.8	34.4	51.7	68.9	103	138	172	207
8	10.5	21.0	31.6	42.1	63.1	84.2	126	168	210	252
9	12.6	25.1	37.7	50.2	75.3	10	151	201	251	301
10	14.7	29.4	44.1	58.8	88.2	118	176	235	294	353
11	17.0	33.9	50.9	67.8	102	136	204	271	339	407
12	19.3	38.7	58.0	77.3	116	155	232	309	387	464
13	21.8	43.6	65.4	87.2	131	174	262	349	436	523
14	24.4	48.7	73.1	97.4	146	195	292	390	487	585
15	27.0	54.1	81.1	108	162	216	324	432	540	649
16	29.8	59.5	89.2	119	178	238	357	476	595	714
17	32.6	65.2	97.8	130	196	261	391	522	652	782
18	35.5	71.0	107	142	213	284	426	568	710	852
19	38.5	77.0	116	154	231	308	462	616	770	924
20	41.6	83.2	125	166	250	333	499	666	832	998
21	44.8	89.5	134	179	268	358	537	716	895	1074
22	48.0	96.0	144	192	288	384	576	768	960	1152
23	51.3	103	154	205	308	410	616	821	1026	1231
24	54.7	109	164	219	328	437	656	875	1094	1312
25	58.1	116	174	232	349	465	698	930	1162	1395
26	61.6	123	185	247	370	493	740	986	1233	1480
27	65.2	131	196	261	392	522	783	1044	1305	1566
28	68.9	138	207	276	414	551	827	1103	1378	1654
29	72.6	145	218	291	436	581	872	1162	1452	1743
30	76.4	153	229	306	458	611	917	1222	1528	1834

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 อัตราการไหลผ่านฝายสามเหลี่ยม (V- notch Weir) ซึ่งคำนวณโดยสมการ

$$Q = 0.0138H^{5/2}$$

เฮด (H) ซม.	Q ลิตร/วินาที	เฮด (H) ซม.	Q ลิตร/วินาที	เฮด (H) ซม.	Q ลิตร/วินาที
1.0	0.014	15.5	13.1	30.0	68.0
1.5	0.038	16.0	14.1	30.5	70.9
2.0	0.078	16.5	15.3	31.0	73.8
2.5	0.136	17.0	16.4	31.5	76.9
3.0	0.215	17.5	17.7	32.0	79.9
3.5	0.316	18.0	18.9	23.5	83.1
4.0	0.441	18.5	20.3	33.0	86.4
4.5	0.592	19.0	21.7	33.5	89.7
5.0	0.731	19.5	23.2	34.0	93.0
5.5	0.977	20.0	24.7	34.5	96.5
6.0	1.21	20.5	26.2	35.0	100
6.5	1.49	21.0	27.9	35.5	104
7.0	**1.79**	21.5	29.5	36.0	107
7.5	2.11	22.0	31.3	36.5	111
8.0	2.49	22.5	33.1	37.0	115
8.5	2.90	23.0	35.1	37.5	117
9.0	3.34	23.5	37.0	38.0	123
9.5	3.85	24.0	38.9	38.5	127
10.0	4.36	24.5	41.0	39.0	131
10.5	4.92	25.0	43.1	39.5	135
11.0	5.54	25.5	45.3	40.0	140
11.5	6.20	26.0	47.6	40.5	144
12.0	6.91	26.5	49.9	41.0	148
12.5	7.65	27.0	52.3	41.5	153
13.0	8.41	27.5	54.8	42.0	158
13.5	9.27	28.0	57.3	42.5	163
14.0	10.2	28.5	59.9	43.0	167
14.5	11.0	29.0	62.5	43.5	172
15.0	12.0	29.5	65.3	44.0	177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ตารางค่ามาตรฐานในการสร้างรางวัดน้ำแบบพาร์แชล

W	A	$^2/_3$A or $^2/_3$(W /2+4)	B	C	D	E	F	G	H	J	K
1"	1'-2 9/32"	0'-9 17/32"	1'-2"	0'-3 21/32"	0'-6 39/32"	0'-9"	0'-3"	0'-8"	0'-9 3/4"	1 1/8"	3/4"
2"	1'-4 5/16"	0'-10 7/8"	1'-4"	0'-5 5/16"	0'-8 13/32"	0'-9"	0'-4 1/2"	0'-10"	0'-9 7/8"	1 11/16"	7/8"
3"	1'-6 3/8"	1'-0 1/4"	1'-6"	0'-7"	0'-10 3/16"	2'-0"	0'-6"	1'-0"	2'-1"	2 1/4"	1"
6"	2'-0 7/16"	1'-4 5/16"	2'-0"	1'-3 1/2"	1'-3 5/8"	2'-0"	1'-0"	2'-0"	2'-3"	4 1/2"	3"
9"	2'-10 5/8"	1'-11 1/8"	2'-10"	1'-3"	1'-10 5/8"	2'-6"	1'-0"	1'-6"	2'-9"	4 1/2"	3"
12"	4'-6"	3'-0"	4'-4 7/8"	2'-0"	2'-9 1/4"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
18"	4'-9"	3'-2"	4'-7 7/8"	2'-6"	3'-4 3/8"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
24"	5'-0"	3'-4"	4'-10 7/8"	3'-0"	3'-11 1/2"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
30"	5'-4 1/4"	3'-6 3/4"	5'-3"	3'-6"	4'-6 3/4"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
36"	5'-6"	3'-8"	5'-4 3/4"	4'-0"	5'-1 7/8"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
48"	6'-0"	4'-0"	5'-10 5/8"	5'-0"	6'-4 1/4"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
60"	6'-6"	4'-4"	6'-4 1/2"	6'-0"	7'-6 5/8"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
72"	7'-0"	4'-8"	6'-10 3/8"	7'-0"	8'-9"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
84"	7'-6"	5'-0"	7'-4 1/4"	8'-0"	9'-11 3/8"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
96"	8'-0"	5'-4"	7'-10 1/8"	9'-0"	11'-1 3/4"	3'-0"	2'-0"	3'-0"	3'-3"	9"	3"
120"	14'-3 1/4"	6'-0"	14'-0"	12'-0"	15'-7 1/4"	4'-0"	3'-0"	6'-0"	4'-6"	1'-1 1/2"	6"
144"	16'-3 3/4"	6'-8"	16'-0"	14'-8"	18'-4 3/4"	5'-0"	3'-0"	8'-0"	5'-6"	1'-1 1/2"	6"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 อัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำแบบพาร์แชลขนาดสามนิ้ว เป็นลิตรต่อวินาที เมื่อการไหลเป็นแบบอิสระ(Free Flow) ค่าในตารางคำนวณโดยสมการ $Q= 0.177Ha^{1.55}$

เฮด Ha	ทศนิยมตำแหน่งที่สามของเฮด									
เมตร	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.03	0.77	0.81	0.85	0.90	0.94	0.98	1.02	1.07	1.11	1.16
.04	1.21	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65
.05	1.70	1.76	1.81	1.87	1.92	1.98	2.03	2.09	2.15	2.20
.06	2.26	2.32	2.38	2.44	2.50	2.56	2.62	2.68	2.75	2.81
.07	2.87	2.94	3.00	3.06	3.13	3.20	3.26	3.33	3.40	3.46
.08	3.53	3.60	3.67	3.74	3.81	3.88	3.95	4.02	4.09	4.17
.09	4.24	4.31	4.39	4.46	4.53	4.61	4.69	4.76	4.84	4.91
.10	4.99	5.07	5.15	5.23	5.30	5.38	5.46	5.54	5.62	5.70
.11	5.79	5.87	5.95	6.03	6.12	6.20	6.28	6.37	6.45	6..54
.12	6.62	6.71	6.79	6.88	6.97	7.05	7.14	7.23	7.32	7.41
.13	7.50	7.59	7.68	7.77	7.80	7.95	8.04	8.13	8.22	8.32
.14	8.41	8.50	8.60	8.69	8.78	8.88	8.97	9.07	9.16	9.26
.15	9.36	9.45	9.55	9.65	9.75	9.85	9.97	10.04	10.14	10.24
.16	10.34	10.44	10.54	10.64	10.75	10.85	10.95	11.05	11.15	11.26
.17	11.36	11.46	11.57	11.67	11.78	11.88	11.99	12.09	12.20	12.31
.18	12.41	12.52	12.63	12.74	12.84	12.95	13.06	13.17	13.28	13.39
.19	13.50	13.61	13.72	13.83	13.94	14.05	14.16	14.28	14.39	14.50
.20	14.62	14.73	14.84	14.96	15.07	15.19	15.30	15.42	15.53	15.65
.21	15.76	15.88	16.00	16.11	16.23	16.35	16.47	16.59	16.70	16.82
.22	16.94	17.06	17.18	17.30	17.42	17.54	17.66	17.79	17.91	18.03
.23	18.15	18.27	18.40	18.52	18.64	18.77	18.89	19.01	19.14	19.26
.24	19.39	19.51	19.64	19.77	19.89	20.02	20.15	20.27	20.40	20.53
.25	20.66	20.78	20.91	21.04	21.17	21.30	21.43	21.56	21.69	21.82
.26	21.95	22.08	22.21	22.34	22.48	22.61	22.74	22.87	23.01	23.14
.27	23.27	23.41	23.54	23.67	23.81	23.94	24.08	24.21	24.35	24.49
.28	24.62	24.76	24.89	25.03	25.17	25.31	25.44	25.58	25.72	25.86
.29	26.00	26.14	26.28	26.42	26.56	26.70	26.84	26.98	27.12	27.26
.30	27.40	27.54	27.68	27.83	27.97	28.11	28.25	28.40	28.54	28.68
.31	28.83	28.97	29.12	29.26	29.41	29.55	29.70	29.84	29.99	30.14
.32	30.28	30.43	30.58	30.72	30.87	31.02	31.17	31.32	31.46	31.61
.33	37.76	31.91	32.06							

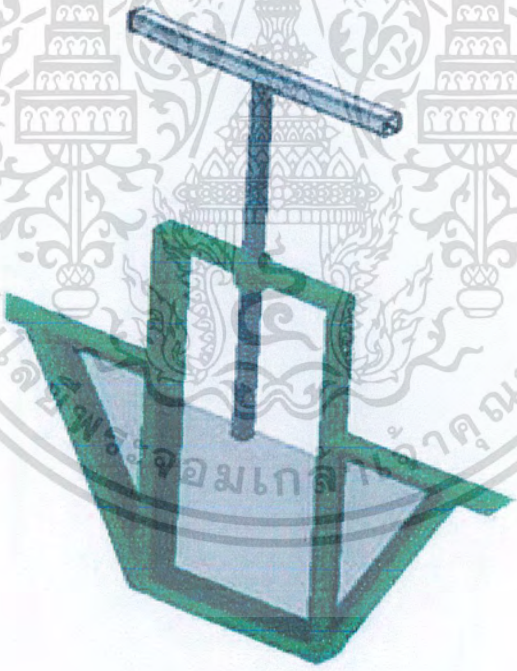
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบชุดจำลองอาคารในคลองชลประทานระดับไร่นา

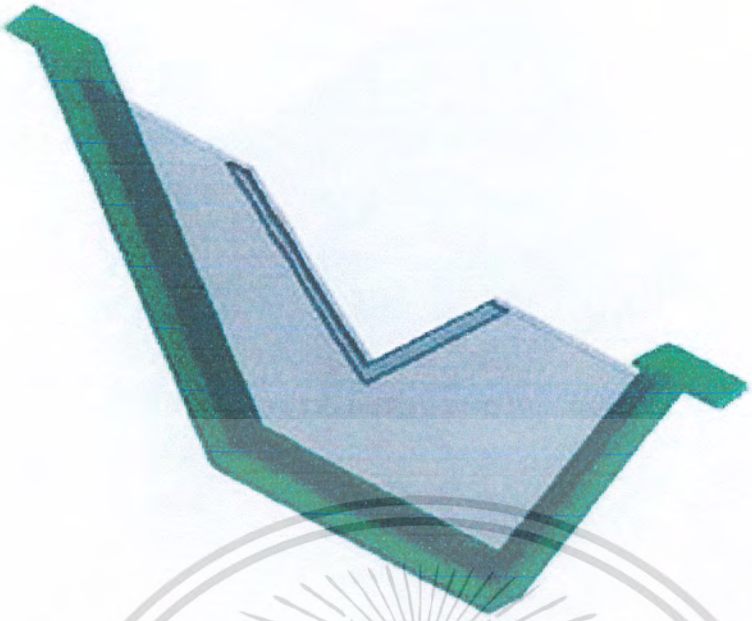
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.1 คลองจำลอง

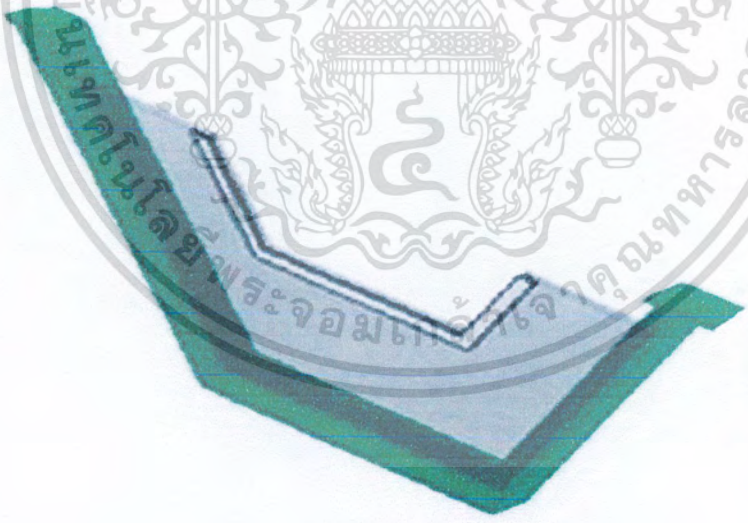


รูปที่ ข.2 ประตูเปิด – ปิดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

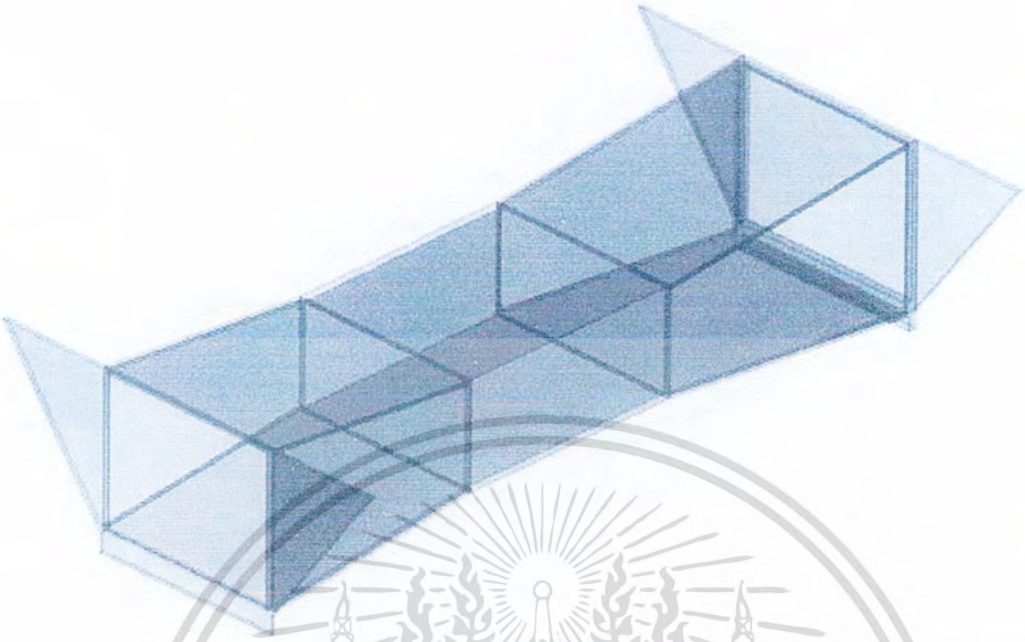


รูปที่ ข.3 ฝายวัดน้ำสามเหลี่ยม

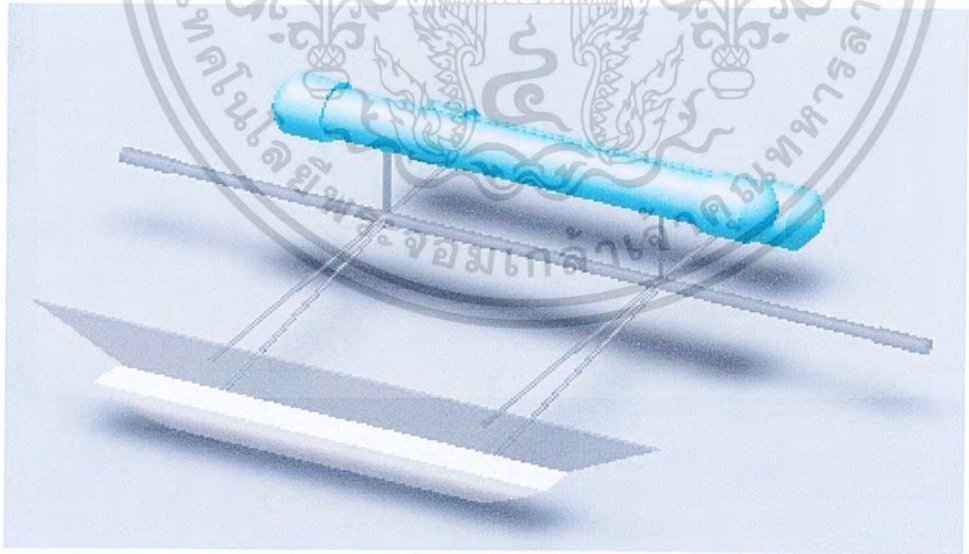


รูปที่ ข.4 ฝายวัดน้ำสี่เหลี่ยมคางหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

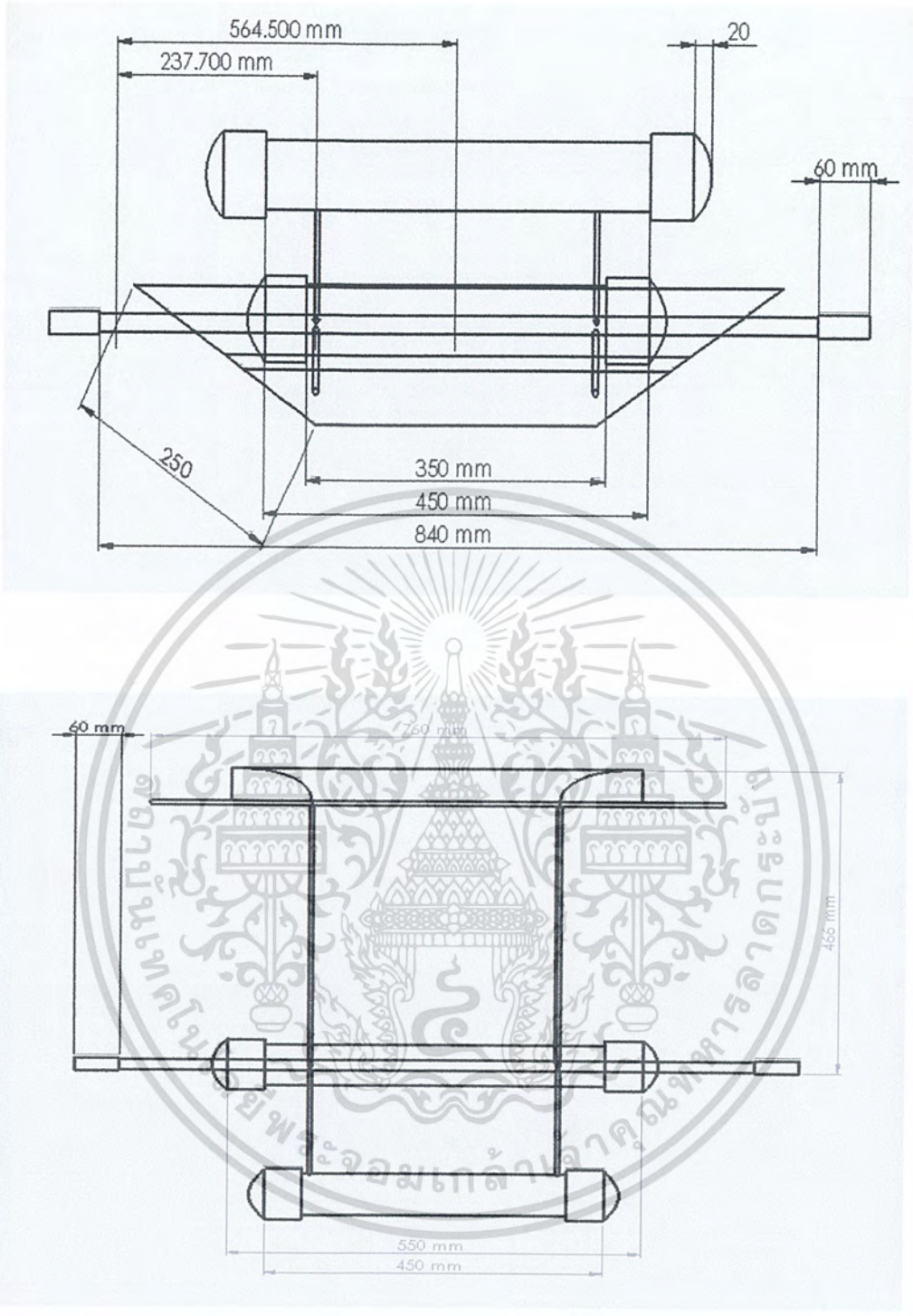


รูปที่ ข.5 รางวัดน้ำแบบพาร์แชล



รูปที่ ข.6 ประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 ภาพฉายประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ภาพการติดตั้งชุดจำลองอาคารในคลองชลประทานระดับไร่นา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.1 การติดตั้งประตูเปิด-ปิดน้ำ

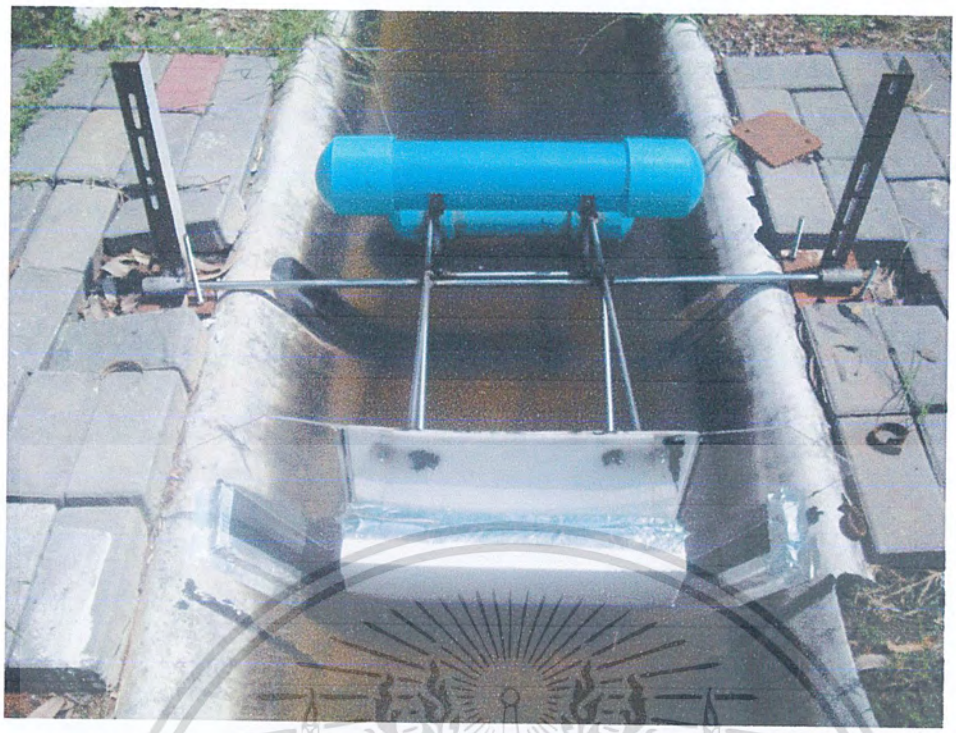
รูปที่ ค.2 การติดตั้งฝายวัดน้ำสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.3 การติดตั้งฝายสี่เหลี่ยมคางหมู

รูปที่ ค.4 การติดตั้งรางวัดน้ำแบบพาร์แชล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.5 การติดตั้งประตูควบคุมน้ำแบบปรับบานอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้