ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์รูปสี่เหลี่ยมและรูปพาราโบลา

(Water Flow Measurement by Rectangular weir and Parabolic weir)

โดย

นางสาว นภาพร รักบ้านเกิด รหัสประจำตัว 42040474

นางสาว วรวรรณ ต้นสกุล รหัสประจำตัว 42040477

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....17./...ม.ค./...46... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18945

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์รูปสี่เหลี่ยมและรูปพาราโบลา

(Water Flow Measurement by Rectangular weir and Parabolic weir)

T096745

นางสาวนภาพร รักบ้านเกิด

นางสาววรวรรณ ตันสกุล

ฝพ.
ท197ก
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96745
วัน,เดือน,ปี.....- 4 JUN 2003

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

การวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์รูปสี่เหลี่ยมและรูปพาราโบลา

(Water Flow Measurement by Rectangular weir and Parabolic weir)

ผู้นำเสนอปัญหาพิเศษ	1. นางสาวนภาพร รักบ้านเกิด	รหัสประจำตัว 42040474
	2. นางสาววรวรรณ ตันสกุล	รหัสประจำตัว 42040477
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สนธิสุข ธีระชัยชยุติ	
วันที่เสนอ	13 มีนาคม 2546	เวลา 9.00-12.00

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้คือการออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์ , คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การไหล (C_d) ของเครื่องมือ และหาค่า error ของอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลที่วัดได้จริง เวียร์สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวัดอัตราการไหลของน้ำในช่องเปิดได้โดยวัดความสูงของน้ำที่ไหลผ่านรอยบาก (เหนือสันฝาย) หรือที่เรียกว่า head แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณ เวียร์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีลักษณะเป็นแผ่นบางที่เรียกว่า sharp crest weir หรือ thin plate weir และมีรอยบากเป็นช่องรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular weir) และรูปพาราโบลา (Parabolic weir) การทดลองจะปล่อยน้ำเข้าเครื่องโดยมี flow meter วัดอัตราการไหลของน้ำที่ทางน้ำเข้า เมื่อน้ำมีปริมาณสูงถึงระดับของเวียร์น้ำจะ ไหลผ่านช่องรอยบาก นำค่าความสูงของน้ำที่ไหลผ่านช่องรอยบากและอัตราการไหลของน้ำมาคำนวณหาค่า C_d ของเครื่องมือและคำนวณหาค่า error ของอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลที่วัดได้จริง จากการทดลองเวียร์ที่มีรอยบากรูปสี่เหลี่ยมมีค่า C_d เท่ากับ 0.5815 และค่า error ของอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลที่วัดได้จริง เท่ากับ 0.0093 % ส่วนเวียร์ที่มีรอยบากรูปพาราโบลามีค่า C_d เท่ากับ 0.552 และค่า error ของอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลที่วัดได้จริง เท่ากับ 0.0186 %

เอกสารอ้างอิง

Miller, R. N. 1983. Flow Measurement Engineering Handbook. McGraw-Hill Co.

กีรติ ลีวจนกุล . 2528 . ชลศาสตร์ . กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

ไตรรัตน์ ศรีวัฒนา , ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาลและพงศ์ศักดิ์ เสริมสาธนสวัสดิ์ . 2524 . การทดลองทางชลศาสตร์ . กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมสัตว์น้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษเรื่อง การวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์รูปสี่เหลี่ยมและรูปพาราโบลา (Water Flow Measurement by Rectangular weir and Parabolic weir) นี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อาจารย์สนธิสุข ธีระชัยชยุติ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษของข้าพเจ้า ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาคอยแนะนำ ให้คำปรึกษาและดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างมาก รวมทั้งแก้ไขรายงานฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่คอยแนะนำ และช่วยให้การสัมมนาครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่ให้กำลังทรัพย์ทำงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจโดยตลอด

นภาพร รักบ้านเกิด

วรวรรณ ตันสกุล

7 มีนาคม 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่	
1. บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามคำศัพท์	2
2. วารสารปริทัศน์	**3**
1.1 ทฤษฎีการวัดอัตราการไหลผ่านฝาย	3
1.2 ฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยม	5
1.3 ฝายสันคมรูปพาราโบลา	9
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	**10**
3.1 อุปกรณ์	10
3.2 การประกอบเครื่องมือ	13
3.3 วิธีการทดลอง	13
3.4 สูตรที่ใช้ในการทดลอง	13
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	**15**
4.1 ผลการทดลอง	15
4.2 การคำนวณ	16
4.3 การพิสูจน์ค่า C_d	23
4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 25

5.1 สรุปผลการทดลอง 25

5.2 ข้อเสนอแนะ 25

เอกสารอ้างอิง 26

ประวัติผู้เขียน 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1. แสดงผลการวัดระดับความสูงของน้ำเหนือรอยบาก โดยวัดที่อัตราการไหลต่างๆ 15
2. แสดงค่า C_d ที่คำนวณได้ทั้งหมด 19
3. แสดงอัตราการไหลที่วัดได้จริงกับอัตราการไหลที่คำนวณได้ 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่

1. Sharp crested weir 3
2. ฝายรอยบากเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 4
3. เวียร์ชนิดต่างๆ 4
4. ฝายรูปสี่เหลี่ยม 5
5. ฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยม 6
6. สัดส่วนของฝายที่เกิดคอคอด 8
7. ฝายสันคมรูปพาราโบลา 9
8. อ่างสแตนเลส 10
9. แผ่น notch รูป Rectangular weir และ Parabolic weir 11
10. Flow meter 11
11. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ 12
12. เครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์ 12
13. เวียร์รูปสี่เหลี่ยม 13
14. เวียร์รูปพาราโบลา 14
15. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของน้ำของเวียร์รูปสี่เหลี่ยม 21
16. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความสูงของน้ำของเวียร์รูปพาราโบลา 21
17. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่า C_d ของเวียร์รูปสี่เหลี่ยม 22
18. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่า C_d ของเวียร์รูปพาราโบลา 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำหรับการวัดอัตราการไหลของน้ำในช่องทางน้ำเปิดโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหล (FLOW METER) นั้นทำได้ยาก จึงได้มีการออกแบบเวียร์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวัดอัตราการไหลของน้ำในช่องเปิดได้ ซึ่งมีลักษณะพื้นฐานคล้ายทำนบกั้นน้ำที่สร้างขวางทางน้ำไหลในช่องเปิด เวียร์ที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ sharp crest weir สามารถเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า thin plate weir เนื่องจากแผ่นเวียร์ที่ใช้กั้นทางน้ำไหลมีลักษณะเป็นแผ่นบางและมีรอยบากเป็นช่องลักษณะต่างๆ เช่น รูปสามเหลี่ยม , รูปสี่เหลี่ยม , รูปสี่เหลี่ยมคางหมู , รูปพาราโบลา โดยน้ำที่ต้องการวัดจะ ไหลผ่านช่องรอยบากดังกล่าว อัตราการไหลของน้ำสามารถวัดได้จากความสูงของน้ำที่ไหลผ่านรอยบาก (เหนือสันฝาย) หรือที่เรียกว่า head

<u>weir สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท</u> ดังนี้

1. Rectangular notch
2. Triangular notch
3. Special notch เช่น cipoletti notch , parabolic notch

ในการทดลองนี้หาค่าสัมประสิทธิ์การไหล (C_d) ของเครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้ เวียร์รูปสี่เหลี่ยม (Rectangular weir) และรูปพาราโบลา (Parabolic weir)

ข้อดีของเครื่องวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์ คือ มีค่าติดตั้งและค่าอุปกรณ์ราคาต่ำ วิธีการติดตั้งและขั้นตอนการวัดมีความสะดวกและทำได้ง่าย สำหรับชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเวียร์นี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการกัดกร่อนของของเหลวที่ต้องการวัด แต่ส่วนใหญ่แล้วมักนิยมใช้ sharp crest weir ที่ทำจากทองเหลือง , อลูมิเนียม , สแตนเลส , พลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์ ซึ่งมีหลายรูปแบบ ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยม (Rectangular weir) และรูปพาราโบลา (Parabolic weir) ทำการทดลองเพื่อ

1. คำนวณหาค่า C_d (สัมประสิทธิ์การไหล) ของเครื่องมือ
2. คำนวณหาค่า error ของอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลที่วัดได้จริง

ขอบเขตของการศึกษา

ทำการศึกษาข้อมูลของเวียร์ตั้งแต่ความหมาย ชนิดและลักษณะ ประโยชน์ตลอดจนขั้นตอนการคำนวณหาค่าอัตราการไหลของน้ำ เพื่อนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์และทำการทดลองเพื่อศึกษาหาค่า C_d (สัมประสิทธิ์การไหล) ของเครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์รูปสี่เหลี่ยม(Rectangular weir) และรูปพาราโบลา (Parabolic weir)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการที่ได้ศึกษาเวียร์ ทำให้ทราบถึงขั้นตอนการวัดอัตราการไหล สูตรที่ใช้ในการคำนวณและสามารถออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์ได้ โดยเวียร์ที่ทำการออกแบบมีอยู่ 2 รูป คือ รูปสี่เหลี่ยม (Rectangular weir) และรูปพาราโบลา (Parabolic weir) ถือเป็นการออกแบบขั้นพื้นฐานซึ่งสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์ในระดับขั้นสูงต่อไป

นิยามคำศัพท์

เวียร์ (weir) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าฝาย คือ อาคารทางชลศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาขวางทางของไหล ใช้เป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้วัดอัตราการไหลในร่องน้ำเปิดจากลักษณะของน้ำที่ล้นผ่านสันฝาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ทฤษฎี

การวัดอัตราการไหลผ่านฝาย

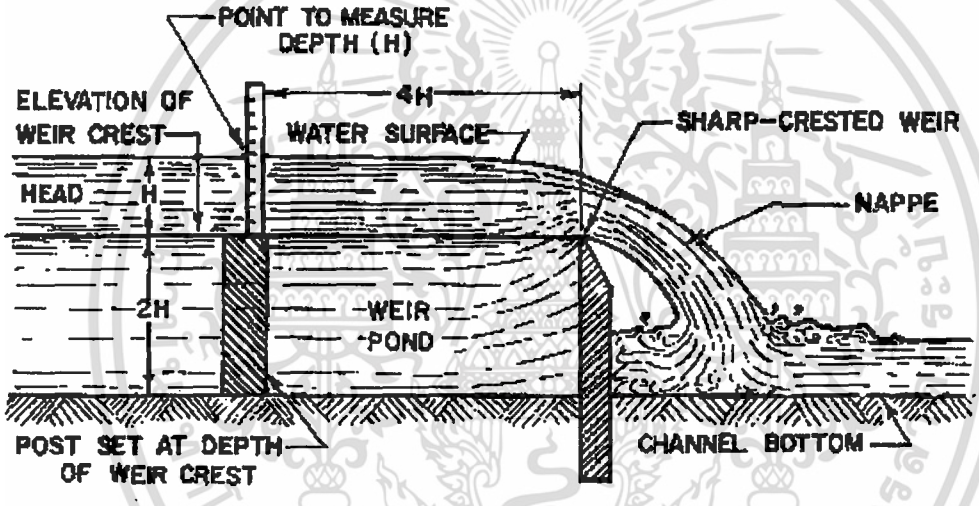
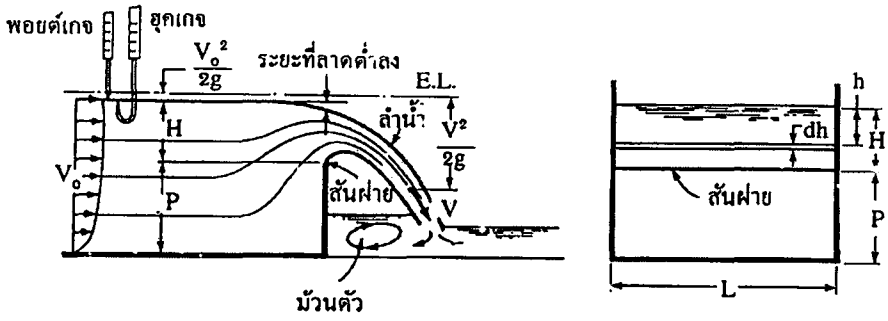


FIGURE 1.– PROFILE OF A SHARP-CRESTED WEIR

รูปที่1 Sharp crested weir

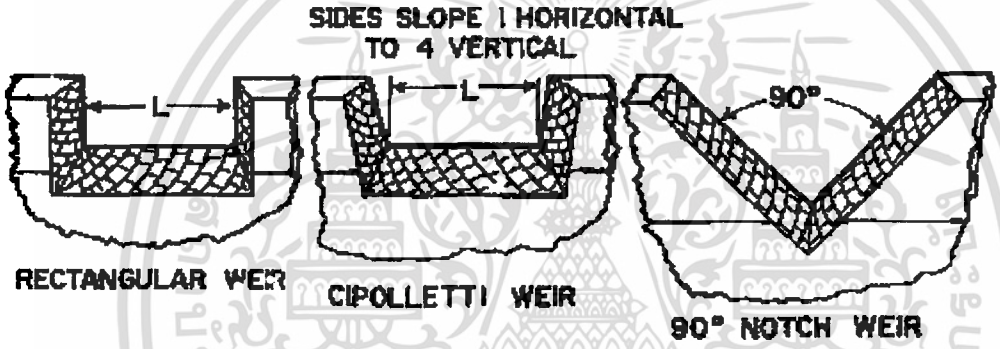
ฝายเป็นเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ใช้วัดอัตราการไหลในร่องน้ำเปิด จากลักษณะของน้ำที่ล้นผ่านสันฝายในรูปที่ 1 นั้น ทำให้สามารถหาอัตราการไหลได้จากระดับความสูง H ของน้ำที่อยู่เหนือสันฝาย ตำแหน่งที่จะวัดระดับความสูง H นี้จะต้องอยู่ห่างจากฝายไปทางด้านต้นน้ำอย่างน้อยเป็น 4 เท่าของค่า H โดยทั่วๆไปแล้วระยะที่ผิวน้ำลาดต่ำลง (draw down) ในรูปนั้นจะมีค่าประมาณ 0.15 H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) มองด้านข้าง (ข) มองด้านหน้า

รูปที่ 2 ฝายรอยบากเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 3 เวียร์ชนิดต่างๆ

ลักษณะของฝายที่ดีนั้นผิวทางด้านต้นน้ำจะต้องราบเรียบ ตัวฝายนั้นจะต้องอยู่ในแนวดิ่งจริงๆและสันฝายจะต้องเป็นสันคม โดยทำขอบทางด้านต้นน้ำให้เป็นมุมฉาก และขอบทางด้านใต้น้ำให้เป็นมุมป้านทั้งนี้ก็เพื่อให้ลำน้ำ (nappe) ที่ล้นออกมานี้สามารถไหลผละออกจากสันฝายได้หมดแม้ว่าจะมีระดับน้ำเหนือสันฝายเพียงนิดเดียว ทำให้ลำน้ำสัมผัสกับฝายในลักษณะของการสัมผัสเป็นเส้น แต่ถ้าหากลำน้ำไม่ไหลผละออกมาจากสันฝายแล้วก็จะไม่ถือว่าเป็นการไหลผ่านฝาย และจะนำสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทดลองมาใช้ไม่ได้ สำหรับความเร็วที่จุดใดๆของลำน้ำที่ไหลผ่านฝายมาแล้วนั้น สามารถหาได้จากสมการพลังงานที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดดังกล่าว กับจุดที่อยู่เหนือขึ้นไปทางด้านต้นน้ำ สำหรับร่องน้ำนั้นก็ควรจะยาวเพียงพอจนกระทั่งลักษณะการกระจายความเร็วเป็นไปอย่างปกติ และผิวของลำน้ำก็ควรราบเรียบไม่มีคลื่นมารบกวนการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

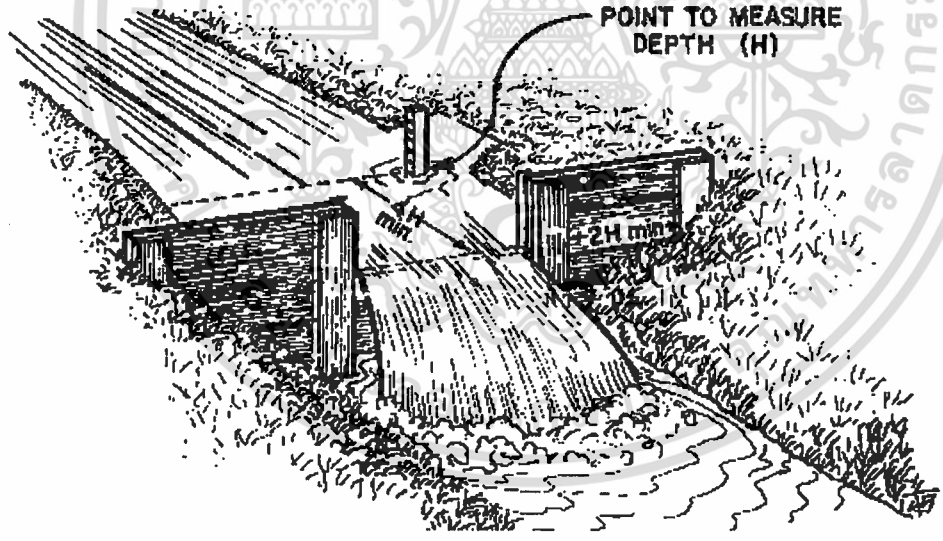
ฝาย (weirs) คือ อาคารทางชลศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาขวางทางของไหล ซึ่งมีประโยชน์ ดังนี้

1. เก็บกักของไหลไว้ใช้
2. ยกระดับของของไหลด้านเหนือฝายให้สูงขึ้น จนสามารถผันของไหลเข้าสู่บริเวณที่ต้องการได้
3. ควบคุมปริมาณของไหล
4. วิเคราะห์หาอัตราการไหลในช่องทางเปิดได้

ในการหาอัตราการไหลผ่านฝาย สามารถวิเคราะห์ตามรูปแบบหรือลักษณะของสันฝายได้ดังต่อไปนี้

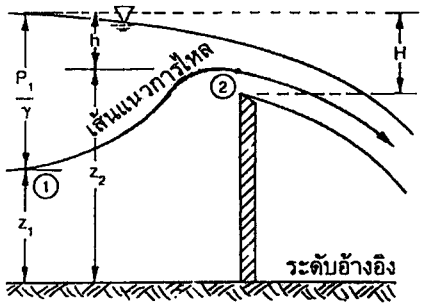
ฝายสันคม (sharp-crested weir) ที่นิยมใช้วัดอัตราการไหลหรือควบคุมปริมาณการไหลในช่องทางเปิด คือ

1. ฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular weir) พิจารณาการไหลเช่นเดียวกับฝายรูปสามเหลี่ยม แต่การไหลผ่านฝายรูปสี่เหลี่ยมมีอิทธิพลของด้านปากทางน้ำไหล ซึ่งมีผลต่อการคำนวณการไหลเป็นอย่างมาก ฝายแบบนี้รับอัตราการไหลได้มากแต่ความผิดพลาดมีมากกว่าการใช้ฝายรูปสามเหลี่ยม ฝายรูปสี่เหลี่ยมมีลักษณะสันคมกว้าง B และเมื่อวัดระดับของของไหลที่เทียบกับสันฝาย H ดังในรูปที่ 5 จะสามารถหาอัตราการไหลได้

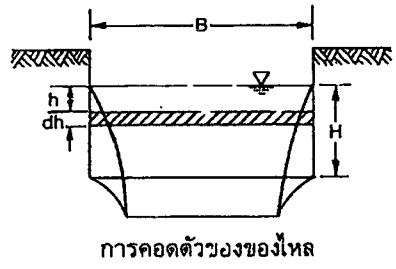


รูปที่ 4 ฝายรูปสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) รูปด้านข้าง



(ข) รูปด้านหน้า

รูปที่ 5 ฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยม

สมการพลังงานระหว่างจุด(1) และจุด(2) ดังรูปที่ 3 (ก) คือ

$$P_1/\gamma + v_1^2/2g + z_1 = P_2/\gamma + v_2^2/2g + z_2$$

$$P_1/\gamma + v_1^2/2g + z_1 = 0 + v_2^2/2g + z_2 \quad \text{.....(1)}$$

โดยที่ P_2 เป็นความดันบรรยากาศ = 0

จากสมการ (1) จะได้

$$v_2^2/2g = [(P_1/\gamma + z_1) - z_2] + v_1^2/2g$$

$$= h + v_1^2/2g$$

ดังนั้น ความเร็ว $v_2 = \sqrt{2g\,(h + v_1^2/2g)}$ .....(2)

อัตราการไหลผ่านพื้นที่ dA คือ

$$dQ = v_2\,dA$$

$$dQ = v_2 B\,dh \quad \text{.....(3)}$$

แทนค่า v_2 จากสมการที่ (2) ในสมการที่ (3) จะได้

$$dQ = B\sqrt{2g\,(h + v_1^2/2g)}\,dh$$

อัตราการไหลเหนือสันฝาย

$$Q = B\sqrt{2g}\int (h + v_1^2/2g)^{1/2}\,dh$$

$$Q = 2/3\,B\sqrt{2g}\,[(h + v_1^2/2g)^{3/2} - (v_1^2/2g)^{3/2}] \quad \text{.....(4)}$$

เนื่องจากขณะที่มีการไหลผ่านสันฝาย จะมีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความเสียดทานระหว่างของไหลกับสันฝาย ดังนั้น อัตราการไหลจริง (Q_r) จึงน้อยกว่าอัตราการไหลที่คำนวณจากสมการพลังงาน คือ

$$Q_r < Q$$

หรือ $Q_r = C_d Q$ .....(5)

เมื่อ C_d คือ สัมประสิทธิ์อัตราการไหล มีค่าน้อยกว่า 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า Q จากสมการ (4) ในสมการที่ (5) จะได้

อัตราการไหลจริง $Q = C_d\, 2/3\, B\sqrt{2g}\, [(h+ v_1^2 / 2g)^{3/2} - (v_1^2 / 2g)^{3/2}]$ .....(6)

ในกรณีที่ความเร็ว $v_1 << v_2$ คือ v_1 เข้าใกล้ 0 จะได้

อัตราการไหลจริง $Q = C_d\, 2/3\, B\sqrt{2g}\, H^{3/2}$ .....(7)

1.1 ฝายรอยบากรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ลำน้ำไม่เกิดการคอดตัว (Suppressed rectangular weir)

ฝายแบบนี้จะมีขนาดความกว้างเท่ากับร่องน้ำ และจะมีขนาดของลำน้ำที่ล้นผ่านสันฝายกว้างเท่ากับความยาวของสันฝายนั้น เนื่องจากลำน้ำที่ล้นผ่านสันฝายนี้ไม่เกิดการคอดตัวขึ้นทางด้านข้างของลำน้ำ ดังนั้นจึงเรียกการคอดตัวด้านข้างว่าถูก Suppressed ลำน้ำที่ล้นออกมานี้จะไม่เกิดการคอดตัวที่ด้านข้างได้ก็ต่อเมื่อผนังทางด้านข้างของร่องน้ำทางด้านต้นน้ำของสันฝายมีผิวเรียบและไม่มีสภาพที่ผิดปกติ โดยปกติแล้วผนังด้านข้างของร่องน้ำนี้จะยื่นเลยออกไปทางด้านใต้น้ำของสันฝายด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อบังคับให้น้ำที่ล้นออกมานั้นไหลสัมผัสไปตามผนัง น้ำที่ไหลล้นผ่านสันฝายนี้จะพยายามดึงเอาลมที่อยู่ทางด้านใต้ลำน้ำไปกับลำน้ำนั้นด้วย ทำให้ช่องว่างที่อยู่ใต้ลำน้ำนั้นเป็นสุญญากาศเล็กน้อย ดังนั้นก็จะมีน้ำไหลย้อยลงไปตามผิวทางด้านใต้น้ำของฝายเล็กน้อยเป็นผลให้มีอัตราการไหลมากกว่าค่าที่ควรจะได้จากเฮดนั้นๆ ด้วยเหตุนี้เองจึงควรมีช่องระบายอากาศไว้ที่ช่องว่างใต้ลำน้ำของฝายแบบนี้ด้วย มิฉะนั้นแล้วจะนำสมการมาตรฐานไปใช้หาอัตราการไหลไม่ได้

จากรูป 1(ข) จะเห็นว่าได้พื้นที่เล็กๆที่อยู่ในระนาบเดียวกับฝายคือ $dA = L$ ถ้าหากความเร็วทางด้านต้นน้ำของฝายมีค่าน้อยมากจนสามารถตัดทิ้งได้แล้ว ความเร็วของของไหลในจินตนาการของพื้นที่เล็กๆนี้ก็จะมีค่าเป็น $V = \sqrt{2gh}$ ดังนั้นอัตราการไหลที่ไหลผ่านพื้นที่เล็กๆ ก็จะมีค่าเป็น

$$dQ = L\, dh\, \sqrt{2gh} = L\sqrt{2g}\, h^{1/2}\, dh$$

เมื่ออินทิเกรตทั่วทั้งพื้นที่หน้าตัด หรืออินทิเกรตค่า dh = 0 H แล้ว ก็จะได้อัตราการไหลรวมของของไหลในจินตนาการเป็น

$$Qi = \sqrt{2g}\, L \int h^{1/2}\, dh = 2/3\, \sqrt{2g}\, L\, H^{3/2}$$

แต่อัตราการไหลจริงนั้นจะมีค่าน้อยกว่าค่าดังกล่าวนี้ ทั้งนี้เพราะพื้นที่ที่น้ำไหลผ่านจริงๆ นั้นจะมีขนาดเล็กกว่า LxH ทั้งนี้เนื่องจากระดับน้ำที่อยู่เหนือสันฝายนั้นน้อยกว่าค่า H และลำน้ำเกิดคอคอดขึ้นที่ทางด้านล่างของสันฝาย ดังนั้นอัตราการไหลจริงก็จะเป็น

$$Q = C_d\, 2/3\, \sqrt{2g}\, L\, H^{3/2}$$

ได้มีการทดลองหาค่า C_d และได้สร้างเป็นสมการสำหรับหาค่า C_d ไว้ดังนี้

$C_d = 0.605 + 0.001/H + 0.08H/Z$ สำหรับ $0.02<H<0.3$ m

สมการนี้ได้มาจากเส้นกราฟของ C_d ที่พลอตค่าจากผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อความสะดวกจึงมักเขียนสมการหา Q สั้นๆ ว่า

$$Q = C_w L H^{3/2}$$

เมื่อ C_d = สัมประสิทธิ์ของฝายมีค่าเท่ากับ $C_d\ 2/3\sqrt{2g}$

ถ้าหากแทนค่า C_d ในสมการด้วย 0.62 แล้ว ก็จะได้

$$Q = 3.33\ L\ H^{3/2}$$ (ระบบอังกฤษ)

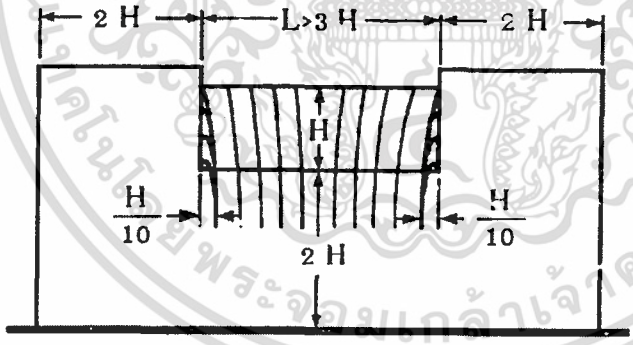
$$Q = 1.84\ L\ H^{3/2}$$ (ระบบเอสไอ)

1.2 ฝายรอยบากเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เกิดคอดคอด (Rectangular weir with end contraction)

ลำน้ำที่ไหลผ่านสันฝายที่สั้นกว่าความกว้างของร่องน้ำนั้นจะเกิดคอดคอดตามแนวขวางขึ้น ดังนั้นความกว้างของลำน้ำที่ไหลผ่านก็จะแคบกว่ารอยบาก L ของฝาย จากการทดลองของ Francis ปรากฏว่าการคอดที่แต่ละด้านนั้นทำให้ความกว้างประสิทธิผลของลำน้ำที่ไหลผ่านฝายลดน้อยลง 0.1H ดังนั้นในการหาอัตราการไหลของการไหลแบบนี้จะต้องแทนค่า L ในสมการข้างต้นด้วย (L – 0.1nH) จะเขียนสมการได้ว่า

$$Q = C_d\ 2/3\ \sqrt{2g}\ (L - 0.2H)H^{3/2}$$

เมื่อ n เป็นจำนวนของด้านที่เกิดการคอดตัว ปกติแล้วจะมีค่าเท่ากับ 2 แต่บางครั้งก็จะเท่ากับ 1



รูปที่ 6 สัดส่วนของฝายที่เกิดคอดคอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = C_d\ 8/15\ \sqrt{2g}\ H^2$$

2. ฝายสันคมรูปพาราโบลา (Parabolic weir)

คือฝายที่มีช่องบากเป็นรูปพาราโบลา ซึ่งมีสมการพาราโบลาดังนี้

$x^2 = 2ay$

(x คือค่าตามแนวแกนนอน , y คือค่าตามแกนแนวตั้ง)

การไหลจะแปรผันตามกำลังสองของต้นน้ำ (H^2) จากการทดลองของ Greve (1921) จะได้สมการ

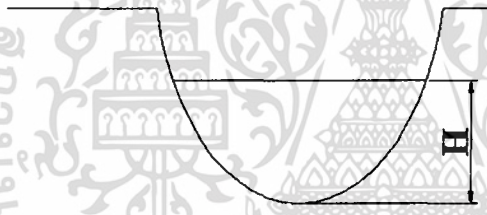
$Q = C_d \P/2 \sqrt{ga} H^2$

ค่า C_d จะขึ้นกับค่า a โดยที่

ค่า C_d = 0.615 สำหรับ a = 3 mm

ค่า C_d = 0.605 สำหรับ a = 10 mm

ค่า C_d = 0.585 สำหรับ a = 50 mm



รูปที่ 7 ฝายสันคมรูปพาราโบลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

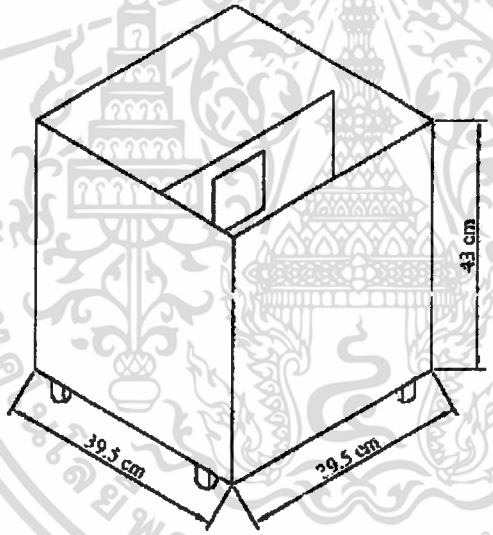
บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

เครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์ประกอบด้วย

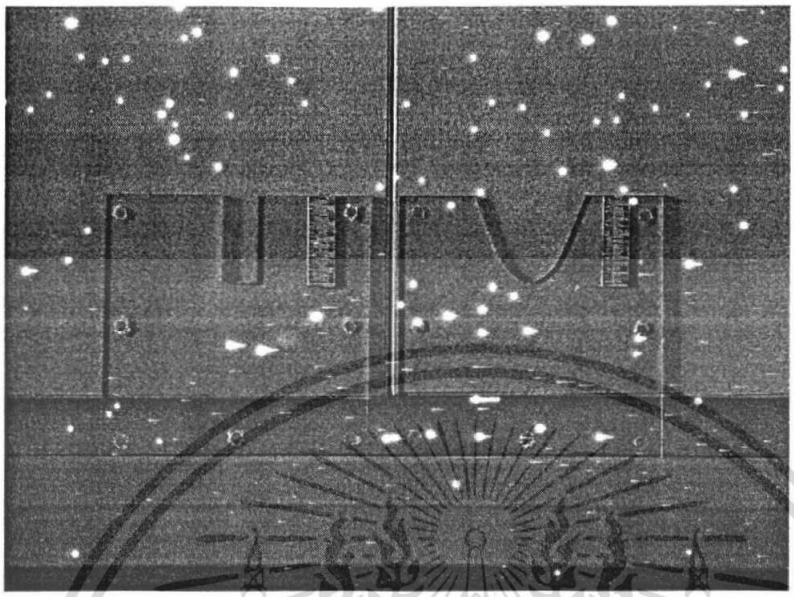
1. อ่างสเตนเลสที่มีแผ่นกั้นกลาง เจาะรูตรงกลางด้านบนของแผ่น



รูปที่ 8 อ่างสเตนเลส

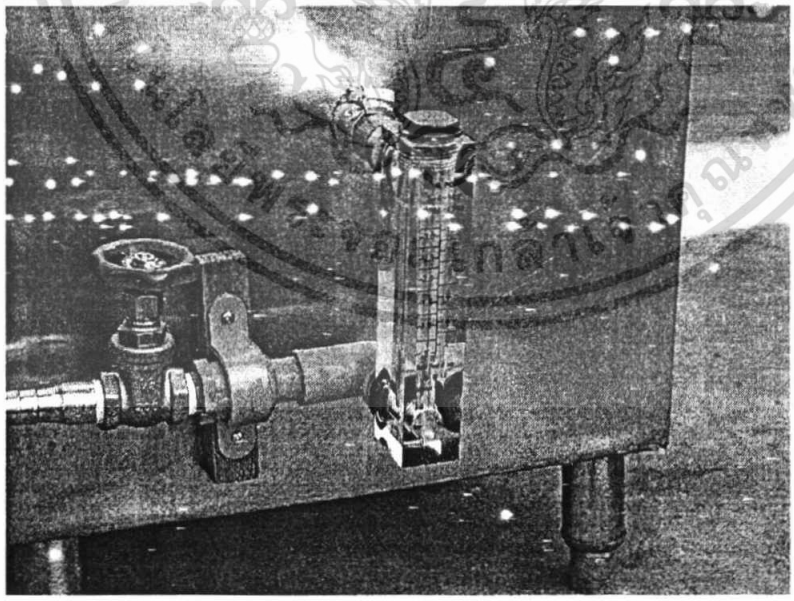
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผ่น notch ที่มีช่องบากรูป Rectangular weir (รูปสี่เหลี่ยม)และ Parabolic weir (รูปพาราโบลา)



รูปที่ 9 แผ่น notch รูป Rectangular weir และ Parabolic weir

3. FLOW METER ชนิด ROTAMETER type S-4-102 , 0-12 LPM



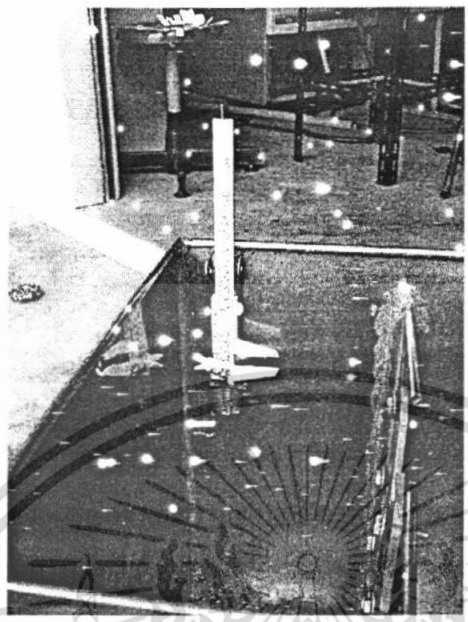
รูปที่ 10 Flow meter

4. เกทวาล์วทำหน้าที่ปรับอัตราการไหลก่อนเข้า FLOW METER

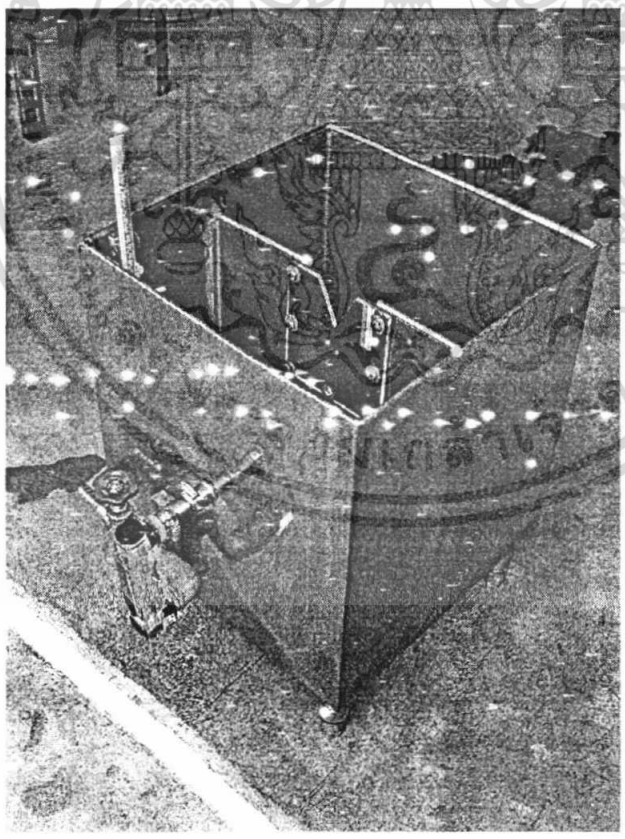
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

5. เวอร์เนียร์ทำหน้าที่วัดความสูงของระดับน้ำ



รูปที่ 11 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์



รูปที่ 12 เครื่องมือวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประกอบเครื่องมือ

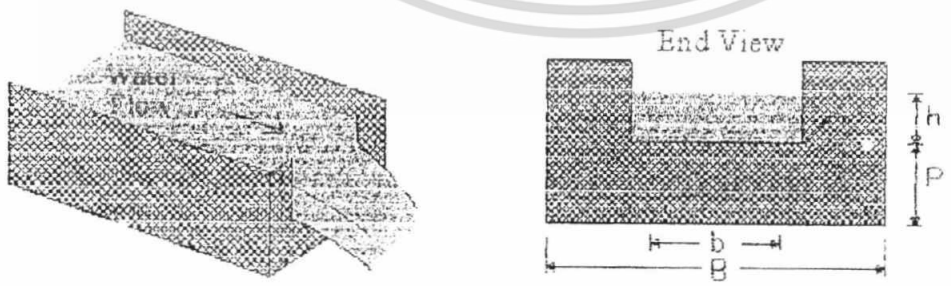
1. ติดตั้ง FLOW METER ตรงจุดทางน้ำเข้า
2. ติดตั้งวาล์ว เพื่อควบคุมปริมาตรน้ำก่อนเข้า FLOW METER
3. ติดตั้งเวอเนียร์ที่ถังน้ำเข้า
4. เลือกแผ่น notch ที่ต้องการทดลอง แล้วติดเข้ากับรูที่แผ่นกั้นกลาง โดยใช้ น็อตยึด

วิธีการทดลอง

1. ติดแผ่น notch รูปแบบที่ต้องการลงบนเครื่องโดยใช้น็อตยึดให้แน่น
2. ต่อสายยางเข้ากับเครื่องเปิดน้ำเข้าเครื่อง
3. ปรับวาล์วเพื่อควบคุมอัตราการไหลให้คงที่ โดยสังเกตจาก FLOW METER บันทึกอัตราการไหลที่วัดได้ ซึ่งในการทดลองนี้ ทำการทดลองที่อัตราการไหล 4 , 6 , 8 และ 10 Litre/min
4. ปล่อยน้ำจนน้ำไหลออกจากช่อง notch วัดความสูงของน้ำจากตำแหน่งก้นรอยบากจนถึงระดับผิวน้ำ
5. คำนวนหาค่า C_d จากอัตราการไหลที่วัดได้ โดยใช้สูตรตามรูปแบบของช่องnotch
6. เปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำแล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 3-5 ค่า C_d ที่ได้แต่ละอัตราการไหล จะต้องมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน
7. เปรียบเทียบค่า C_d ที่ได้จากการทดลองกับค่าทางทฤษฎี คำนวณหาค่าerror ของ C_d
8. เปลี่ยนแผ่น notch ใหม่ ทำการทดลองดังเดิม

สูตรที่ใช้ในการทดลอง

<u>เวียร์ที่มีช่องบากรูปสี่เหลี่ยม</u> (Rectangular weir)



รูปที่ 13 เวียร์รูปสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = 2/3\ C_d \sqrt{2g}\ (B-1/10nH)H^{3/2}$$

Q คืออัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)

H คือความสูงของน้ำ(m)

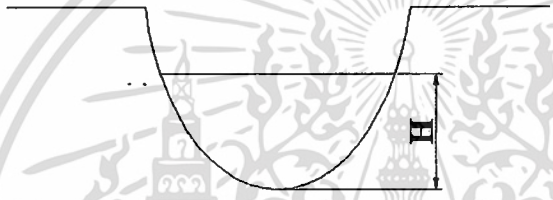
B คือความกว้างของช่องบาก (m)

g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 9.8 m/s^2

C_d คือสัมประสิทธิ์การไหล เท่ากับ 0.62

n คือจำนวนด้านที่เกิดการคอดตัว

<u>เวียร์ที่มีรอยบากรูปพาราโบลา</u> (palabolic weir)



รูปที่ 14 เวียร์รูปพาราโบลา

สมการพาราโบลา $x^2 = 2ay$

$$Q = C_d \P/2 \sqrt{ga}\ H^2$$

ค่า C_d จะขึ้นอยู่กับค่า a

กำหนดให้ a = 10 mm , C_d = 0.605

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

วัดค่าความสูงของน้ำเหนือรอยบากที่อัตราการไหล 4 , 6 , 8 และ 10 Litre/min โดยทำการทดลองทั้งหมด 5 ซ้ำ ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลการวัดระดับความสูงของน้ำเหนือรอยบาก โดยวัดที่อัตราการไหลต่างๆ

<u>เวียร์รูปสี่เหลี่ยม</u> (Rectangular weir)

อัตราการไหล (Litre/min)	ความสูงของรอยบาก (cm)				
	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
4	1.60	1.55	1.55	1.60	1.55
6	2.00	2.05	2.00	2.05	2.05
8	2.50	2.45	2.45	2.50	2.50
10	2.90	2.85	2.85	2.90	2.85

<u>เวียร์รูปพาราโบลา</u> (parabolic weir)

อัตราการไหล (Litre/min)	ความสูงของรอยบาก (cm)				
	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
4	1.60	1.55	1.60	1.55	1.60
6	1.90	1.90	1.95	1.90	1.90
8	2.20	2.25	2.25	2.20	2.20
10	2.40	2.50	2.45	2.45	2.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

<u>เวียร์รูปสี่เหลี่ยม</u> (Rectangular weir)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$Q = 2/3\ Cd\ \sqrt{2g}\ (B\text{-}1/10nH)H^{3/2}$$

Q คืออัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)

H คือความสูงของน้ำ(m)

B คือความกว้างของช่องบาก (m) ในที่นี้เท่ากับ 0.02 m

g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 9.8 m/s^2 หรือเท่ากับ

9.8 x 3600 = 35,280 Litre/min

C_d คือสัมประสิทธิ์การไหล

n คือจำนวนด้านที่เกิดการคอดตัว

จากการทดลอง พบว่า น้ำที่ไหลผ่านรอยบากของเวียร์รูปสี่เหลี่ยมไม่เกิดคอดด้านข้าง ดังนั้น ค่า n จึงเท่ากับ 0

จะได้ $Q = 2/3\ C_d \sqrt{2g}\ B\ H^{3/2}$

ดังนั้น $C_d = \dfrac{Q}{2/3\ \sqrt{2g}\ B\ H^{3/2}}$

$$= \frac{Q}{2/3\ \sqrt{2 \times 35{,}280} * 0.02 * H^{3/2}}$$

$$C_d = \frac{Q}{3.542 * H^{3/2}}$$

- ที่อัตราการไหล 4 Litre/min

$C_{d1} = 4 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.016^{3/2} = 0.56$

$C_{d2} = 4 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0155^{3/2} = 0.59$

$C_{d3} = 4 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0155^{3/2} = 0.59$

$C_{d4} = 4 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.016^{3/2} = 0.56$

$C_{d5} = 4 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0155^{3/2} = 0.59$

ค่า C_d เฉลี่ยที่อัตราการไหล 4 Litre/min = (0.56+0.59+0.59+0.56+0.59) / 5 = 0.578

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ที่อัตราการไหล 6 Litre/min

$C_{d1} = 6 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.02^{3/2} = 0.6$

$C_{d2} = 6 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0205^{3/2} = 0.58$

$C_{d3} = 6 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.02^{3/2} = 0.56$

$C_{d4} = 6 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0205^{3/2} = 0.58$

$C_{d5} = 6 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0205^{3/2} = 0.58$

ค่า C_d เฉลี่ยที่อัตราการไหล 6 Litre/min = (0.6+0.58+0.56+0.58+0.58) /5 = 0.588

- ที่อัตราการไหล 8 Litre/min

$C_{d1} = 8 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.025^{3/2} = 0.57$

$C_{d2} = 8 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0245^{3/2} = 0.59$

$C_{d3} = 8 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0245^{3/2} = 0.59$

$C_{d4} = 8 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.025^{3/2} = 0.57$

$C_{d5} = 8 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.025^{3/2} = 0.57$

ค่า C_d เฉลี่ยที่อัตราการไหล 8 Litre/min = (0.57+0.59+0.59+0.57+0.57) /5 = 0.578

- ที่อัตราการไหล 10 Litre/min

$C_{d1} = 10 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.029^{3/2} = 0.57$

$C_{d2} = 10 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0285^{3/2} = 0.59$

$C_{d3} = 10 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0285^{3/2} = 0.59$

$C_{d4} = 10 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.029^{3/2} = 0.57$

$C_{d5} = 10 \times 10^{-3} / 3.542 * 0.0285^{3/2} = 0.59$

ค่า C_d เฉลี่ยที่อัตราการไหล 10 Litre/min = (0.57+0.59+0.59+0.57+0.59) /5 = 0.582

จะได้ค่า C_d ของเวียร์รูปสี่เหลี่ยม = (0.578+0.588+0.578+0.582) /4 = 0.5815

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96745

<u>เวียร์รูปพาราโบลา</u> (palabola weir)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$Q = C_d \P/2 \sqrt{ga}\, H^2$$

ค่า C_d จะขึ้นอยู่กับค่า a

กำหนดให้ a = 10 mm , C_d = 0.605

ดังนั้น
$$C_d = \frac{Q}{\P/2 \sqrt{ga}\, H^2}$$

$$= \frac{Q}{\P/2 \sqrt{35{,}280 \times 0.01}\, * H^2}$$

$$C_d = \frac{Q}{29.504 * H^2}$$

- ที่อัตราการไหล 4 Litre/min

$C_{d1} = 4 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.016^2 = 0.53$

$C_{d2} = 4 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.0155^2 = 0.56$

$C_{d3} = 4 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.016^2 = 0.53$

$C_{d4} = 4 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.0155^2 = 0.56$

$C_{d5} = 4 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.016^2 = 0.53$

ค่า C_d เฉลี่ยที่อัตราการไหล 4 Litre/min = (0.53+0.56+0.53+0.56+0.53) /5 = 0.542

- ที่อัตราการไหล 6 Litre/min

$C_{d1} = 6 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.019^2 = 0.56$

$C_{d2} = 6 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.019^2 = 0.56$

$C_{d3} = 6 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.0195^2 = 0.54$

$C_{d4} = 6 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.019^2 = 0.56$

$C_{d5} = 6 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.019^2 = 0.56$

ค่า C_d เฉลี่ยที่อัตราการไหล 6 Litre/min = (0.56+0.56+0.54+0.56+0.56) /5 = 0.556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ที่อัตราการไหล 8 Litre/min

C_{d1} = $8 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.022^2$ = 0.56

C_{d2} = $8 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.0225^2$ = 0.54

C_{d3} = $8 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.0225^2$ = 0.54

C_{d4} = $8 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.022^2$ = 0.56

C_{d5} = $8 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.022^2$ = 0.56

ค่า C_d เฉลี่ยที่อัตราการไหล 8 Litre/min = (0.56+0.56+0.54+0.56+0.56) /5 = 0.556

- ที่อัตราการไหล 10 Litre/min

C_{d1} = $10 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.024^2$ = 0.59

C_{d2} = $10 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.025^2$ = 0.54

C_{d3} = $10 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.0245^2$ = 0.56

C_{d4} = $10 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.0245^2$ = 0.56

C_{d5} = $10 \times 10^{-3} / 29.504 * 0.025^2$ = 0.54

ค่า C_d เฉลี่ยที่อัตราการไหล 10 Litre/min = (0.59+0.54+0.56+0.56+0.54) /5 = 0.558

จะได้ค่า C_d ของเวียร์พาราโบลา = (0.542+0.556+0.552+0.558) /4 = 0.552

ตารางที่ 2 แสดงค่า C_d ที่คำนวณได้ทั้งหมด

<u>เวียร์รูปสี่เหลี่ยม</u> (Rectangular weir)

อัตราการไหล (Litre/min)	ค่า C_d ที่คำนวณได้					ค่า C_d เฉลี่ย
	C_{d1}	C_{d2}	C_{d3}	C_{d4}	C_{d5}	
4	0.56	0.59	0.56	0.56	0.59	0.578
6	0.6	0.58	0.56	0.58	0.58	0.588
8	0.57	0.59	0.59	0.57	0.57	0.578
10	0.57	0.59	0.59	0.57	0.59	0.582
					ค่า C_d เฉลี่ยรวม	0.5815

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวียร์รูปพาราโบลา (Parabolic weir)

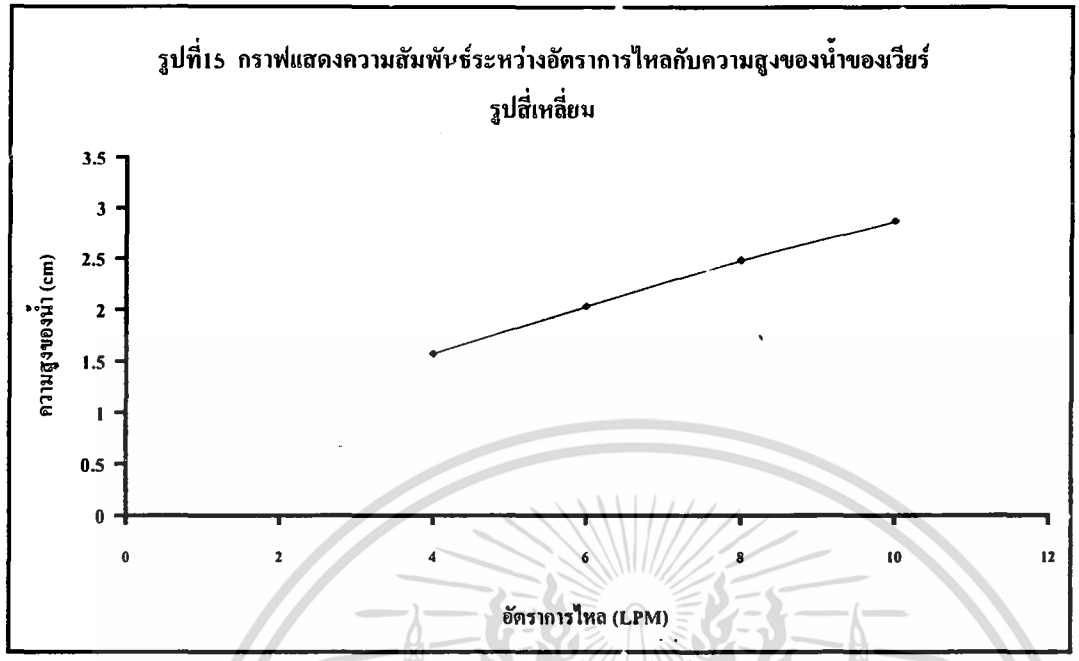
อัตราการไหล (Litre/min)	ค่า C_d ที่คำนวณได้					ค่า C_d เฉลี่ย
	C_{d1}	C_{d2}	C_{d3}	C_{d4}	C_{d5}	
4	0.53	0.56	0.53	0.56	0.53	0.542
6	0.56	0.56	0.54	0.56	0.56	0.556
8	0.56	0.54	0.54	0.56	0.56	0.552
10	0.59	0.54	0.56	0.56	0.54	0.558
					ค่า C_d เฉลี่ยรวม	0.552

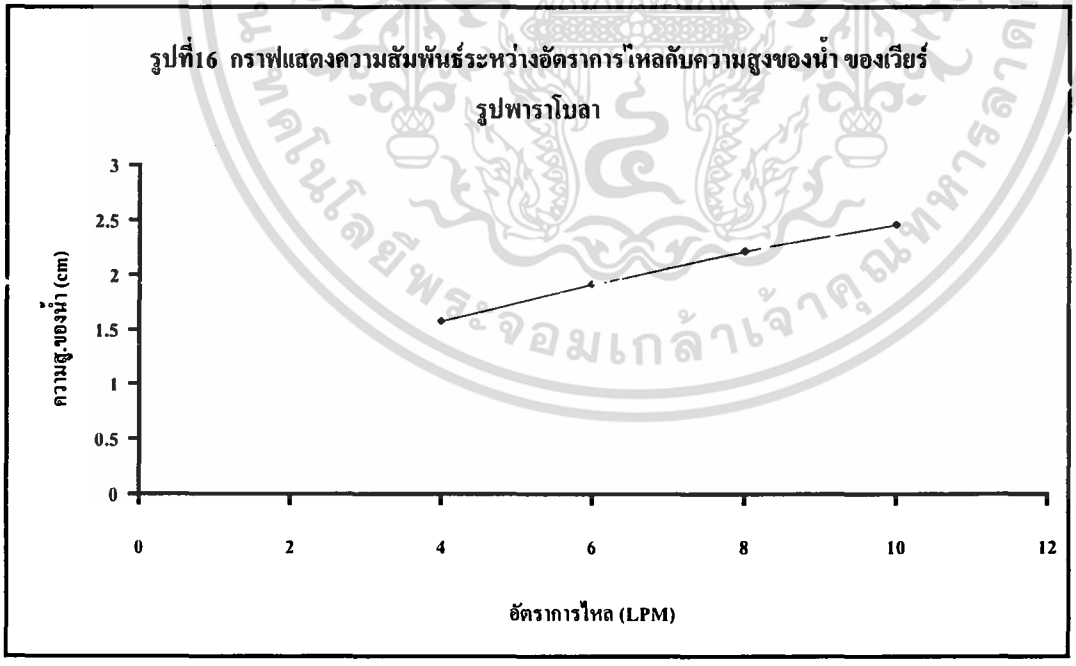
ค่า C_d ของเวียร์รูปสี่เหลี่ยม (rectangular weir) ที่คำนวณได้ = 0.5815

ค่า C_d ของเวียร์รูปพาราโบลา (parabolic weir) ที่คำนวณได้ = 0.552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18945



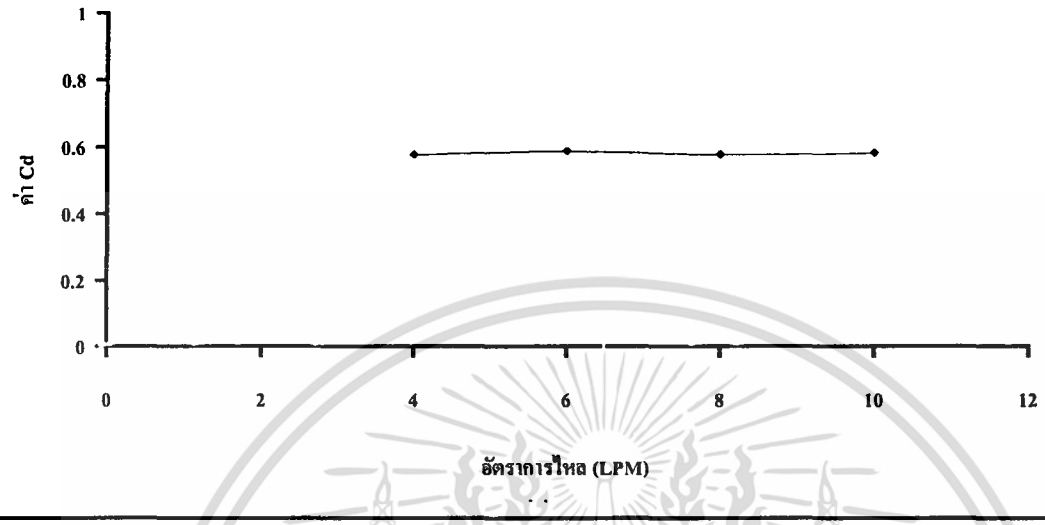


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

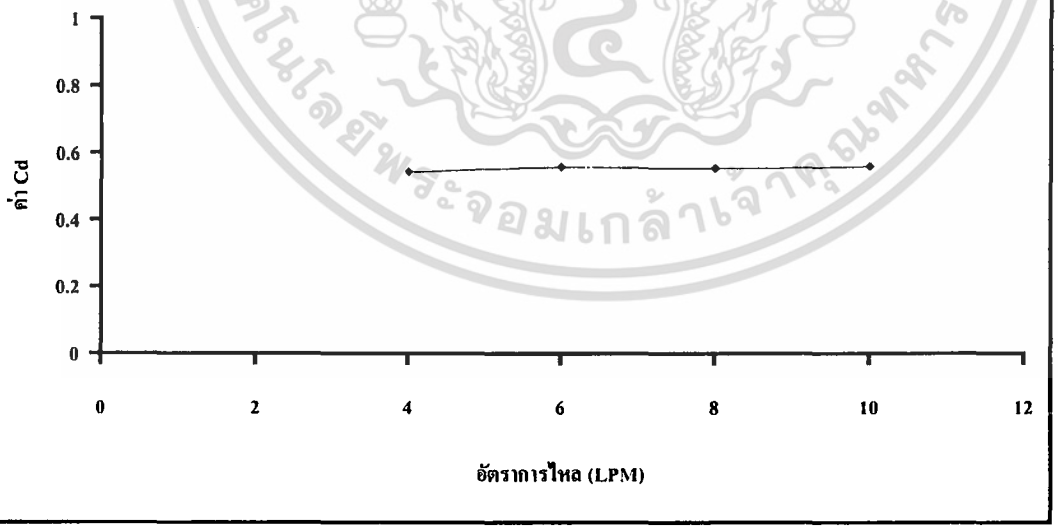
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ

รูปที่17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่า Cd ของเวียร์รูปสี่เหลี่ยม



รูปที่18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่า Cd ของเวียร์รูปพาราโบลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิสูจน์ค่า C_d

เมื่อคำนวณหาค่า C_d ของเครื่องมือได้แล้ว ทำการทดลองใหม่อีกครั้งหนึ่งโดยนำค่า C_d ของเครื่องมือที่หาได้มาใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลจากสูตร

<u>เวียร์รูปสี่เหลี่ยม</u> (Rectangular weir)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$Q = 2/3\, C_d \sqrt{2g}\, B\, H^{3/2}$$

$$Q = 2/3*0.578* \sqrt{2*35,280}\ *0.02*\ H^{3/2}$$

$$Q = 2.047 * H^{3/2}$$

<u>เวียร์รูปพาราโบลา</u> (Parabolic weir)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$Q = C_d\, \P/2\, \sqrt{ga}\ H^{2}$$

กำหนดให้ $a = 10$ mm

$$Q = 0.552 * \P/2\, \sqrt{35,280*0.01}* H^{2}$$

$$Q = 16.286 * H^{2}$$

คำนวณหาค่า error เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่วัดได้จริงกับค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้

ตารางที่ 3 แสดงอัตราการไหลที่คำนวณได้กับอัตราการไหลที่วัดได้จริง

<u>เวียร์รูปสี่เหลี่ยม</u> (Rectangular weir)

อัตราการไหลที่วัดได้จาก FLOW METER (LPM)	4	6	8	10
ความสูงของน้ำ (cm)	1.55	2.05	2.45	2.85
อัตราการไหล	3.97	6.05	7.90	9.91
ค่า error (%)	0.0075	0.0083	0.0125	0.009

ค่า error เฉลี่ย เท่ากับ 0.0093 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>เวียร์รูปพาราโบลา</u> (Parabolic weir)

อัตราการไหลที่วัดได้จาก FLOW METER (LPM)	4	6	8	10
ความสูงของน้ำ (cm)	1.55	1.90	2.20	2.50
อัตราการไหล	3.91	5.88	7.88	10.17
ค่า error (%)	0.0225	0.02	0.015	0.017

ค่า error เฉลี่ย เท่ากับ 0.0186 %

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการคำนวณค่า C_d ของเครื่องวัดอัตราการไหล

เมื่อใช้เวียร์รูปสี่เหลี่ยม

ค่า C_d ที่คำนวณได้จากทดลอง = 0.578

ค่าความคลาดเคลื่อน(error) เฉลี่ยของเครื่องมือ = 0.0093 %

เมื่อใช้เวียร์รูปพาราโบลา

ค่า C_d ที่คำนวณได้จากทดลอง = 0.552

ค่าความคลาดเคลื่อน(error) เฉลี่ยของเครื่องมือ = 0.0186 %

ทั้งนี้ที่ค่า C_d ที่คำนวณได้จากทดลองไม่เท่ากับค่า C_d ทางทฤษฎี เนื่องมาจากค่า C_d ที่คำนวณได้จากทดลองเป็นค่าสัมประสิทธิ์การไหลซึ่งเป็นค่าเฉพาะของเครื่องมือและเวียร์แต่ละแผ่น ส่วนการที่อัตราการไหลที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อน (error) จากค่าที่วัดได้จริง เนื่องจากความเรียบของรอยบากหรืออาเกิดจากการวัดความสูงของน้ำด้วยสายตาอาจคลาดเคลื่อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองดังกล่าวแล้ว พบว่า

- เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ระดับความสูงของน้ำเหนือรอยบากจะเพิ่มขึ้น
- จากค่าระดับความสูงของน้ำที่อัตราการไหลต่างๆ นำมาคำนวณค่า C_d จะได้ค่า C_d แสดงไว้ในตารางที่ 2
- ค่า C_d ที่คำนวณได้ที่อัตราการไหลต่างๆ จะมีค่าใกล้เคียงกัน
- ค่า C_d ของเวียร์รูปสี่เหลี่ยม (rectangular weir) ที่คำนวณได้ = 0.578
  ค่า C_d ของเวียร์รูปพาราโบลา (parabolic weir) ที่คำนวณได้ = 0.552
- ค่า C_d ที่คำนวณได้เป็นค่า C_d ของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง สามารถนำเครื่องมือนี้ไปใช้วัดอัตราการไหลของน้ำได้ โดยใช้สูตรคำนวณแล้วแทนค่า C_d และค่าความสูงของน้ำ (H) ที่วัดได้
- เมื่อทำการทดลองใหม่ โดยวัดความสูงของน้ำเพื่อหาอัตราการไหลโดยใช้สูตรการคำนวณและใช้ค่า C_d ที่หาได้ พบว่า ค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้จะมีค่าแตกต่างจากค่าอัตราการไหลที่วัดได้จริงโดย Flow meter อยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ข้อเสนอแนะ

เครื่องวัดอัตราการไหลที่สร้างขึ้นนี้ เมื่อทราบค่าสัมประสิทธิ์การไหล(C_d) สามารถนำมาประยุกต์ใช้วัดค่าอัตราการไหลได้ โดยทดลองวัดค่าความสูงของระดับน้ำเหนือรอยบาก และนำมาคำนวณหาค่าอัตราการไหล โดยอาศัยสูตรการคำนวณดังที่กล่าวข้างต้น

หากต้องการสร้างเครื่องวัดอัตราการไหลโดยใช้เวียร์รูปร่างอื่นๆสามารถทำได้ โดยติดตั้งแผ่นเวียร์ที่มีรอยบากเป็นรูปร่างที่ต้องการ แล้วทดลองวัดหาค่าความสูงของระดับน้ำเหนือรอยบาก เมื่อทราบค่าอัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าเครื่อง ก็จะสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การไหล(C_d)ของเวียร์รูปร่างนั้นได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Miller, R. N. 1983. Flow Measurement Engineering Handbook. McGraw-Hill Co.

P. Acker , W.R. White , J.A. Perkins , and A.J.M. Harrison. Weirs and Flumes for flow measurement. Newyork : John Wiley & Sons.

Richard H.French. 1986. Flow Measurement. McGraw-Hill Company.

กีรติ ลีวจนกุล . 2528 . ชลศาสตร์ . กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

กีรติ ลีวจนกุล . 2528 . วิศวกรรมชลศาสตร์ . กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรังสิต.

ไตรรัตน์ ศรีวัฒนา , ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาลและพงศ์ศักดิ์ เสริมสาธนสวัสดิ์ . 2524 . การทดลองทางชลศาสตร์ . กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมสัตว์น้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนภาพร รักบ้านเกิด เกิดวันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2524 เกิดที่กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาชั้นมัธยมปลายจากโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี ปีที่สำเร็จการศึกษา คือ ปี พ.ศ. 2542 และกำลังศึกษาอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ชั้นปีที่ 4

นางสาววรวรรณ ตันสกุล เกิดวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2524 เกิดที่จังหวัดภูเก็ต จบการศึกษาชั้นมัธยมปลายจากโรงเรียนภูเก็ตวิทยาลัย ปีที่สำเร็จการศึกษา คือ ปี พ.ศ. 2542 และกำลังศึกษาอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ชั้นปีที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้