บทที่ 5

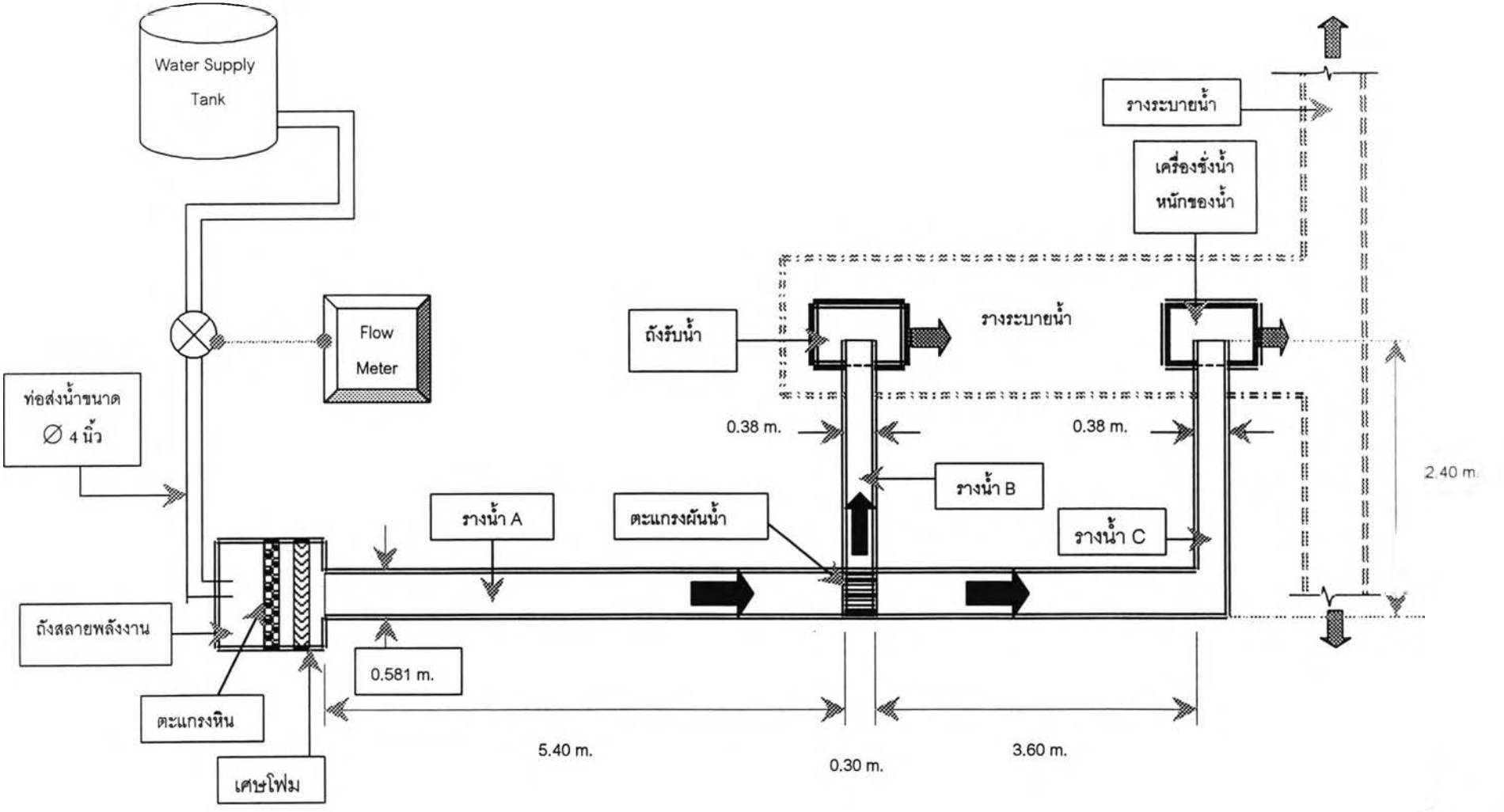
การทำการทดลองเก็บข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จำเป็นจะต้องทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงผลที่ได้รับ ซึ่งในการศึกษาเกี่ยวกับการไหลในทางน้ำที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีตะแกรงผันน้ำอยู่ที่ท้องน้ำจำเป็นจะต้องทำการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Physical Models) เพื่อใช้ในการจำลองสภาพการไหลในลักษณะดังกล่าว แบบจำลองทางกายภาพได้ถูกสร้างขึ้นใหม่ภายในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมแหล่งน้ำ (ชั้น 2) อาคาร 5 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้มีการสร้างรางน้ำ (Flume) ขึ้นมาใหม่เพื่อใช้สำหรับการศึกษาในกรณีเช่นนี้โดยเฉพาะ สำหรับรายละเอียดการสร้างแบบจำลองทางกายภาพจะได้กล่าวต่อไป

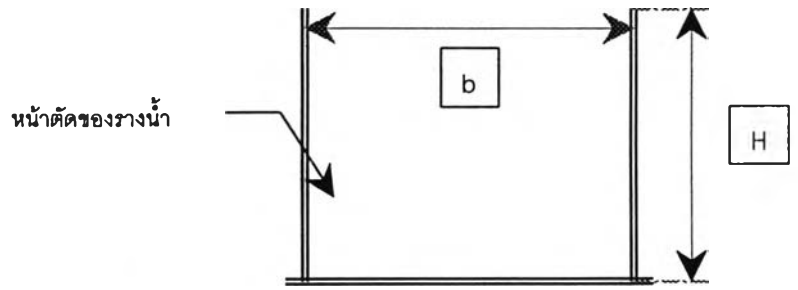
5.1 เครื่องมือที่ใช้ทำการทดลองเก็บข้อมูล

5.1.1) **รางน้ำ (Flume)** มีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำด้วยแผ่นพลาสติกใสผิวเรียบมัน ประกอบเข้าด้วยกันโดยติดตั้งอยู่บนโครงเหล็ก สำหรับรางน้ำที่ประกอบกันเข้าเป็นชุดทดลองมีทั้งหมด 3 ตัว ดังแสดงรายละเอียดในรูป 5-1 และรูป 5-2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

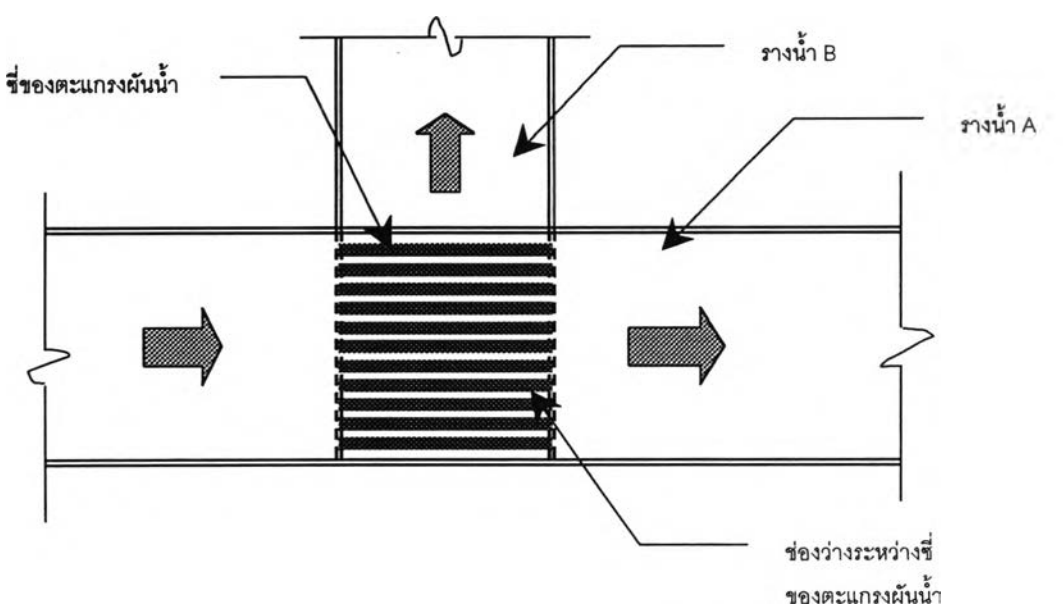
*ก) **รางน้ำ A*** เป็นรางน้ำหลักที่นำน้ำจากถังสลายพลังงานมาสู่ตะแกรงผันน้ำ และในทำนองเดียวกันก็นำน้ำที่เหลือจากการผันน้ำลอดผ่านตะแกรงผันน้ำ ไปสู่รางน้ำ C โดยรางน้ำ A นี้จะมีขนาดหน้าตัดกว้างที่สุด คือมีความกว้าง 58.1 เซนติเมตร ความยาวทั้งหมด 9.30 เมตร ความสูงของช่องรางน้ำ 48.0 เซนติเมตร โดยระดับพื้นของรางน้ำ A อยู่สูงจากระดับพื้นห้องปฏิบัติการ 1.23 เมตร นอกจากนี้บริเวณพื้นของรางน้ำได้มีการเจาะช่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด



รูป 5-1 ลักษณะของชุดทดลองที่ใช้ในการศึกษาเก็บข้อมูล



ชนิดรางน้ำ	ระยะ b (cm.)	ระยะ H (cm.)
A	58.1	48.0
B	38.0	40.0
C	38.0	40.0



รูป 5-2 รายละเอียดของรางน้ำและตะแกรงผันน้ำ

ความกว้างเท่ากับความกว้างของรางน้ำ และมีความยาว 30.0 เซนติเมตร ไว้สำหรับติดตั้งตะแกรงผันน้ำเพื่อเป็นทางผ่านของน้ำที่ถูกผันไปสู่รางน้ำ B สำหรับบริเวณที่เจาะเป็นช่องดังกล่าวอยู่ห่างจากถังสลายพลังงานเป็นระยะทาง 5.40 เมตร (ดูรูป ช-1 และรูป ช-2 ใน **ภาคผนวก ช**)

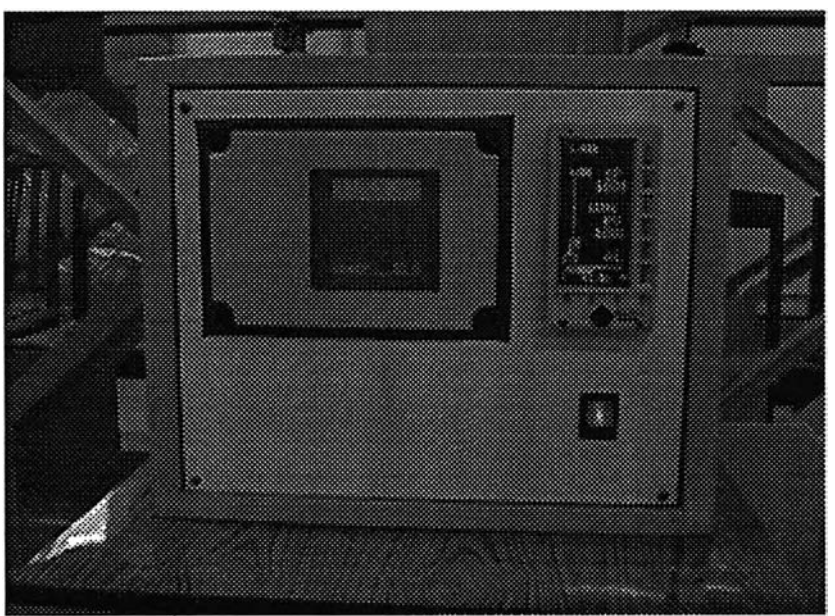
ข) รางน้ำ B เป็นรางน้ำที่มีขนาดหน้าตัดกว้าง 38.0 เซนติเมตร สูง 40.0 เซนติเมตร และมีความยาว 2.40 เมตร โดยระดับพื้นของรางน้ำ B อยู่สูงจากระดับพื้นห้องปฏิบัติการ 0.82 เมตร วางทำมุมฉากกับรางน้ำ A สำหรับส่วนหัวของรางน้ำ B จะติดตั้งอยู่ใต้รางน้ำ A บริเวณที่เจาะเป็นช่อง เพื่อที่จะได้นำน้ำที่ผ่านการผันลอดตะแกรงผันน้ำไปสู่รางระบายน้ำ (ดูรูป ช-3 ใน **ภาคผนวก ช**)

ค) รางน้ำ C เป็นรางน้ำที่มีขนาดหน้าตัดกว้าง 38.0 เซนติเมตร สูง 40.0 เซนติเมตร และมีความยาว 2.40 เมตร โดยระดับพื้นของรางน้ำ B อยู่สูงจากระดับพื้นห้องปฏิบัติการ 1.17 เมตร ติดตั้งทำมุมฉากกับรางน้ำ A ที่บริเวณปลายด้านท้ายน้ำของรางน้ำ A ทำหน้าที่นำน้ำที่เหลือจาก การผันลอดผ่าน ตะแกรงผันน้ำไปสู่เครื่องชั่งน้ำหนัก ซึ่งใช้ในการหาอัตราการไหลของน้ำที่เหลือจากการผันลอดผ่านตะแกรงผันน้ำ (ดูรูป ช-4 ใน **ภาคผนวก ช**)

5.1.2) **เครื่องมือวัดอัตราการไหล** ประกอบด้วย

ก) เครื่องควบคุมและวัดอัตราการไหล (Flow Meter) ดังแสดงในรูป 5-3 เป็นเครื่องมือที่ใช้ควบคุมอัตราการไหลที่จะส่งผ่านเข้ามายังชุดทดลอง โดยจะมีตู้สำหรับควบคุมอัตราการไหลซึ่งเราสามารถตั้งค่าอัตราการไหลตามที่ต้องการได้ เครื่องมือชิ้นนี้จะทำงานด้วยระบบไฟฟ้าในการส่งสัญญาณการควบคุมไปยัง

อุปกรณ์ควบคุมและวัดอัตราการไหล ซึ่งติดตั้งไว้ที่ท่อเหล็กที่ลำเลียงน้ำจากระบบจ่ายน้ำของอาคารปฏิบัติการ (ดูรูป ช-7 และรูป ช-8 **ภาคผนวก ช**) การทำงานของอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลที่ติดตั้งไว้ที่ท่อเหล็กจะทำงานร่วมกับประตูน้ำที่ปิด-เปิดโดยเครื่องอัดอากาศ (Air pump) สำหรับค่าอัตราการไหลที่แสดงในเครื่องมือชิ้นนี้จะแสดงในหน่วย ลิตรต่อนาที ซึ่งได้มีการปรับเทียบ (Calibration) เครื่องมือไว้ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง (สำหรับรายละเอียดการปรับเทียบได้แสดงไว้ใน **ภาคผนวก ช**)



รูป 5-3 เครื่องมือวัดและควบคุมอัตราการไหล (Flow meter)

*ข) **เครื่องชั่งน้ำหนัก*** ใช้ในการหาค่าอัตราการไหลของน้ำที่เหลือจากการผัน (Divert) ลอดผ่านตะแกรงผันน้ำ โดยจะรับน้ำที่ไหลมาจากรางน้ำ C แล้วทำการวัดค่าน้ำหนักของน้ำที่เพิ่มขึ้นเทียบกับระยะเวลาที่เปลี่ยนไป (ดูรูป ช-12 ใน**ภาคผนวก ช**)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.3) **เครื่องมือวัดความลึกการไหล** โดยได้เลือกใช้ *Point Gauge* เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความลึกการไหลเหนือรางน้ำ A และเหนือตะแกรงผันน้ำ โดยค่าที่อ่านได้จะมีความละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร ซึ่งได้ทำการติดตั้งไว้บนชุดล้อเลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่ไปมาบนรางเหล็กที่อยู่เหนือรางน้ำ A สำหรับการวัดค่าความลึกการไหลนั้นจะทำการวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของหน้าตัดในแต่ละหน้าตัด (ดูรูป ช-9 และรูป ช-10 ใน **ภาคผนวก ช**)

5.1.4) **เครื่องมือวัดอื่น ๆ** ได้แก่

ก) ***ไม้บรรทัดเหล็ก*** ใช้ในการวัดระยะทางหรือตำแหน่งที่ทำการวัดความลึกการไหลบนรางเลื่อน

ข) ***นาฬิกาจับเวลา*** ใช้ในการจับเวลาที่เปลี่ยนไปของการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักของน้ำที่ไหลมาจากรางน้ำ C

ค) ***เทอร์โมมิเตอร์*** ใช้ในการวัดอุณหภูมิของน้ำที่ทำการทดลองเพื่อที่จะทราบค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ

5.1.5) **ชุดซี่ของตะแกรงผันน้ำ (Racks)** ทำด้วยพลาสติกผิวมัน เรียบและใส เช่นเดียวกับวัสดุที่ใช้ในการทำรางน้ำ โดยมีความหนาเท่ากับพื้นรางน้ำ A มีความกว้างของแต่ละซี่ 2.0 เซนติเมตร ความยาว 30.0 เซนติเมตร ติดตั้งบริเวณช่องที่เจาะไว้บริเวณพื้นของรางน้ำ A โดยจะวางตัวไปในทิศเดียวกันกับรางน้ำ A

สำหรับการติดตั้งซี่ของตะแกรงผันน้ำเพื่อประกอบเป็นชุดของตะแกรงผันน้ำดังกล่าวนั้นจะทำการวางตะแกรงให้มีระยะห่างระหว่างซี่เท่าๆกัน ตามที่กำหนดไว้เพื่อให้ได้ตะแกรงผันน้ำที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิด (ε)ต่างๆ กัน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดของตะแกรงผันน้ำไว้ 5 ชุด คือ

$$\varepsilon = 0.2083$$

$$\varepsilon = 0.2422$$

ε = 0.2754

ε = 0.3112

ε = 0.3804

สำหรับตัวอย่างของชุดตะแกรงที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้วแสดงไว้ในรูป 5-4

รูป 5-4 ตัวอย่างตะแกรงผันน้ำซึ่งติดตั้งเรียบร้อยแล้ว

5.1.6) **ถังสลายพลังงาน** เป็นถังสี่เหลี่ยมขนาด 0.90 x 1.00 x 0.98 m^3. ที่ด้านบนเปิดโล่งเพื่อรับน้ำที่ปล่อยออกมาจากท่อส่งน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ผนังด้านหนึ่งเปิดเป็นช่องกว้างพอดีกับขนาดความกว้างของรางน้ำ A ภายในถังจะมีตะแกรงเหล็กซึ่งใส่หินขนาดเล็กๆไว้ภายใน นอกจากนี้ยังมีเศษโฟมชิ้นเล็กๆ ซึ่งบรรจุไว้ในถุงตาข่าย ซึ่งวัสดุเหล่านี้มีไว้เพื่อสลายพลังงานและลดกระแสปั่นป่วนของน้ำที่ปล่อยออกมาจากท่อส่งน้ำก่อนที่จะส่งผ่านรางน้ำ A ไปสู่ตะแกรงผันน้ำ (ดูรูป ซ-13 และรูป ซ-14 ใน **ภาคผนวก ซ**)

5.2 ระบบการหมุนเวียนของน้ำ

สำหรับแหล่งจ่ายน้ำจะมาจากถังเก็บน้ำขนาดใหญ่ของอาคารปฏิบัติการ โดยปล่อยน้ำลงมาจากดาดฟ้าของอาคารด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกตามท่อเหล็กขนาดใหญ่ แล้วจึงลดขนาดท่อลงมาเรื่อยๆ ผ่านเครื่องควบคุมและวัดอัตราการไหล (Flow Meter) ไปสู่ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ซึ่งจะนำน้ำไปสู่ถังสลายพลังงาน จากนั้นน้ำที่ผ่านการสลายพลังงานจะไหลตามรางน้ำ A ไปสู่ตะแกรงผันน้ำ โดยน้ำส่วนหนึ่งจะถูกผันลอดผ่านตะแกรงผันน้ำไปสู่รางน้ำ B ส่วนน้ำอีกส่วนหนึ่งซึ่งเหลือจากการผันลอดผ่านตะแกรงผันน้ำจะไหลเลยตะแกรงผันน้ำไปทางปลายของรางน้ำ A สู่รางน้ำ C และไหลลงสู่เครื่องชั่งน้ำหนักของน้ำต่อไป จากนั้นน้ำจากรางน้ำ B และน้ำที่ผ่านการชั่งน้ำหนักจะไหลลงสู่รางระบายน้ำ และไหลลงท่อเหล็กสู่ถังเก็บน้ำใต้ดินของอาคารปฏิบัติการและจะถูกสูบวนกลับขึ้นไปยังถังเก็บน้ำบนดาดฟ้าของอาคารดังเดิม

อนึ่งสำหรับความสามารถสูงสุดที่ท่อจ่ายน้ำขนาด 4 นิ้วสามารถจ่ายน้ำได้อยู่ที่ประมาณ 2400 ลิตรต่อนาที

5.3 รูปแบบการทดลอง

สำหรับในการทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลจากแบบจำลองทางกายภาพที่สร้างขึ้น จะมีการกำหนดรูปแบบของการทดลองออกเป็นกรณีต่างๆ เพื่อให้ได้ผลการศึกษาครอบคลุมลักษณะการไหล หรือคุณลักษณะของตะแกรงผันน้ำหลายๆกรณี โดยได้กำหนดรูปแบบการทดลองดังนี้คือ

*5.3.1) **สภาพการไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำ*** จะทำการศึกษาสภาพการไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำจำนวน 2 รูปแบบ คือ

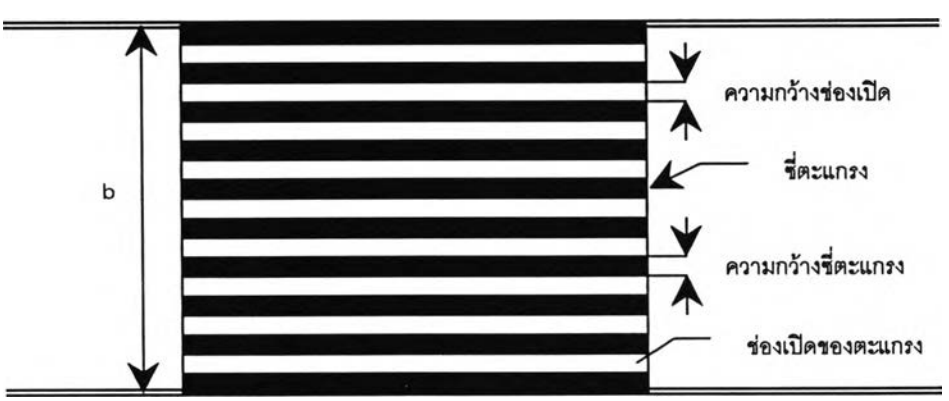
*ก) **การไหลแบบใต้วิกฤติ*** ทำได้โดยกำหนดให้ทางน้ำอยู่ในแนวระดับ

ข) *การไหลแบบเหนือวิกฤติ* ทำได้โดยการปรับระดับพื้นทางน้ำให้มีความลาดจากเหนือน้ำไปทางท้ายน้ำ โดยให้ระดับพื้นทางน้ำด้านเหนือน้ำอยู่สูงกว่าด้านท้ายน้ำ 9.0 เซนติเมตร ซึ่งจะทำให้ทางน้ำมีความลาด (Slope) 0.97% ซึ่งมากกว่าความลาดวิกฤติสูงสุดของขอบเขตที่จะทำการศึกษา

*5.3.2) **รูปแบบของตะแกรงผันน้ำ*** สำหรับตะแกรงผันน้ำที่ใช้ในการทดลองในแต่ละสภาพการไหลจะมีทั้งหมด 5 ชุด โดยมีการจัดรูปแบบดังตาราง 5-1 (ดูรูป 5-5 ประกอบ)

ตาราง 5-1 การจัดรูปแบบของตะแกรงผันน้ำที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ชุดที่	จำนวนซี่ตะแกรง (ซี่)	ความกว้างซี่ตะแกรง (ซม.)	จำนวนช่องเปิด (ช่อง)	ความกว้างช่องเปิด (ซม.)	อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิด, ε
1	23	2.00	22	0.55	0.2083
2	22	2.00	21	0.67	0.2422
3	21	2.00	20	0.80	0.2754
4	20	2.00	19	0.95	0.3112
5	18	2.00	17	1.30	0.3804



รูป 5-5 ระยะต่าง ๆของตะแกรงผันน้ำ

*5.3.3) **อัตราการไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำ** (Q_s)* จะใช้ Flow Meter เป็นตัวควบคุมปริมาณน้ำหรืออัตราการไหลของน้ำเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำ โดยจะเริ่มที่อัตราการไหลประมาณ 500 ลิตรต่อนาที และเพิ่มทีละ 100 ลิตรต่อนาที โดยแบ่งเป็น

*ก) **การไหลแบบใต้วิกฤติ*** มีอัตราการไหล 18 ค่าต่อ 1 ชุดตะแกรงผันน้ำโดยเริ่มจาก 500 ลิตรต่อนาที ไปจนถึง 2200 ลิตรต่อนาที

*ข) **การไหลแบบเหนือวิกฤติ*** มีอัตราการไหล 16 ค่าต่อ 1 ชุดตะแกรงผันน้ำโดยเริ่มจาก 500 ลิตรต่อนาที ไปจนถึง 2000 ลิตรต่อนาที

จากที่กล่าวมาทั้งหมดเกี่ยวกับรูปแบบการทดลองสามารถสรุปได้ว่า

- การไหลแบบใต้วิกฤติ มีรูปแบบการทดลองจำนวน 90 รูปแบบ
- การไหลแบบเหนือวิกฤติ มีรูปแบบการทดลองจำนวน 80 รูปแบบ

รวมมีรูปแบบการทดลองทั้งสิ้นจำนวน 170 รูปแบบ

5.4 วิธีทำการทดลอง

การทดลองมีขึ้น ณ ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมแหล่งน้ำ ชั้น 2 อาคาร 5 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ทำการติดตั้งชุดชี่ตะแกรงผันน้ำบริเวณช่องเปิดในรางน้ำ A ให้ได้ขนาดอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิด, ε ตามที่ต้องการ โดยอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิด, ε ของตะแกรงผันน้ำหาได้จาก

อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิด,ε = (พื้นที่ช่องเปิดของตะแกรงผันน้ำ)/(พื้นที่ทั้งหมดของตะแกรงผันน้ำ)

2) เปิดเครื่องสูบน้ำให้น้ำในระบบจ่ายน้ำของอาคารปฏิบัติการเกิดการหมุนเวียนและพอเพียงที่จะทำการทดลอง จากนั้นเปิดสวิตช์เครื่องควบคุมอัตราการไหล (Flow Meter) และทำการตั้งค่าอัตราการไหลที่จะไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำตามที่ต้องการ โดยจะเริ่มต้นที่ 500 ลิตรต่อนาที

จากนั้นเปิดประตูน้ำให้น้ำจากระบบจ่ายน้ำของอาคารปฏิบัติการไหลผ่านมายังอุปกรณ์ควบคุมและวัดอัตราการไหลที่ต่อเชื่อมกับเครื่องควบคุมอัตราการไหลจนสังเกตได้ว่า มีการไหลของน้ำหมุนเวียนทั้งระบบดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 5.2)

3) จากนั้นรอจนกว่ากระแสน้ำในรางน้ำ A มีความราบเรียบและคงที่ ซึ่งจะสังเกตได้จากค่าที่บอกถึงอัตราการไหลผ่านอุปกรณ์วัดอัตราการไหล ดังแสดงที่หน้าปัทม์ของเครื่องควบคุมอัตราการไหลมีค่าคงที่หรือเกือบจะคงที่ ให้ทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ ดังนี้ คือ

3.1) อัตราการไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำ (Q_S) ซึ่งสามารถอ่านได้จากที่หน้าปัทม์ของเครื่องควบคุมอัตราการไหล (Flow Meter)

3.2) น้ำหนักของน้ำ(ส่วนที่เหลือจากการผันลอดผ่านตะแกรงผันน้ำ) ที่เพิ่มขึ้นต่อช่วงเวลา เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการไหลที่เหลือจากการถูกผันลอดผ่านตะแกรงผันน้ำ (Q_R)

3.3) ความลึกการไหลที่ตำแหน่งต่างๆ ในรางน้ำ A ดังนี้

ก) ***เหนือตะแกรงผันน้ำ***ตั้งแต่จุดเริ่มต้นของตะแกรงผันน้ำ (ระยะ x = 0 cm.) ไปทางท้ายน้ำทุกๆ 2 เซนติเมตร จนสุดความยาวตะแกรงผันน้ำ (ที่ระยะ x = 30 cm.)

ข) ***ด้านเหนือน้ำของตะแกรงผันน้ำ*** ตั้งแต่จุดเริ่มต้นของตะแกรงผันน้ำ(ระยะ x = 0 cm.) ไปทางเหนือน้ำที่ระยะ 3,6,9,12,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60, 65,70,80,90,100,110 และ 120 เซนติเมตร ตามลำดับ

ค) ***ด้านท้ายน้ำของตะแกรงผันน้ำ*** ตั้งแต่จุดเริ่มต้นของตะแกรงผันน้ำ(ระยะ x = 0 cm.) ไปทางท้ายน้ำที่ระยะ 33,36,39,42,45,48,51,54,57,60,63,66,69 และ 72 เซนติเมตร ตามลำดับ

ง) y_o คือ ความลึกการไหลที่หน้าตัดที่อยู่ห่างจากจุดเริ่มต้นของตะแกรงผันน้ำ (ระยะ x = 0 cm.) ไปทางเหนือน้ำเป็นระยะทางอย่างน้อย 5 เท่าของความลึกการไหลที่หน้าตัด x = 0 cm.

3.4) อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลอง

4) ทำการเปลี่ยนค่าอัตราการไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำเป็นค่าใหม่แล้วดำเนินการเช่นเดียวกับที่ได้อธิบายไว้ในข้อ 3)

5) เมื่อเปลี่ยนค่าอัตราการไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำได้ครบจำนวนตามที่ต้องการ สำหรับขนาดพื้นที่ช่องเปิดของตะแกรงผันน้ำแต่ละขนาดแล้วให้ทำการรื้อชี่ของตะแกรงผันน้ำเดิมออก แล้วทำการปรับระยะห่างระหว่างชี่ของตะแกรงใหม่ เพื่อให้ได้อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดของตะแกรงผันน้ำค่าใหม่แล้วดำเนินการตามข้อ 3) และ 4)

หมายเหตุ ภาพประกอบการทดลองดูได้จาก **ภาคผนวก ซ**