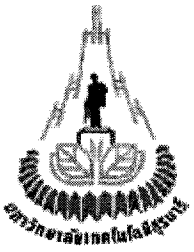


คู่มือปฏิบัติการ

วิชา การวิเคราะห์น้ำ และน้ำเสีย

(ส่วนที่ 1)

โดย นเรศ เชื้อสุวรรณ

สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

(พฤษภาคม 2549)

School of Environmental Health, Institute of Medicine

Suranaree University of Technology (SUT)

Nakorn Rachasrima, Thailand

(May 2006)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คู่มือปฏิบัติการ

วิชา การวิเคราะห์น้ำ และน้ำเสีย

โดย นเรศ เชื้อสุวรรณ

สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

(พฤษภาคม 2549)

School of Environmental Health, Institute of Medicine

Suranaree University of Technology (SUT)

Nakorn Rachasrima, Thailand

(May 2006)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อแนะนำเบื้องต้น: รูปแบบของรายงานปฏิบัติการ

1. รายงานฯ จะใช้การเขียนหรือพิมพ์ก็ได้ หากเขียนให้ใช้ "ตัวบรรจง" และให้ผู้อื่นสามารถอ่านและเข้าใจได้ ข้อแนะนำของรูปแบบของรายงานฯ อย่างน้อยต้องประกอบไปด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

   ก. ปกรายงานฯ ให้มีรายละเอียดของรายวิชา ชื่อปฏิบัติการ ชื่อ-สกุลของผู้จัดทำ ชั้นปี หมายเลขประจำตัว วันที่ทำปฏิบัติการ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.

รูปที่ 1. รูปแบบของปกรายงาน

รายงานปฏิบัติการ

วิชา รหัส

เรื่อง

(ใส่หัวข้อของปฏิบัติการ)

.....

วันที่...(ปฏิบัติการ).....

โดย

ชื่อ-สกุล (นักศึกษา) หมายเลขประจำตัว.....

ชั้นปีที่ .....

สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข. วัตถุประสงค์ของปฏิบัติการ ให้ระบุว่าปฏิบัติการที่ได้ทำไปแล้วมีวัตถุประสงค์เป็นอย่างไร

ค. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ ให้ระบุว่ามีการใช้เครื่องและอุปกรณ์ชนิดใดบ้างในการฝึกปฏิบัติการ

ง. วิธีทดลอง ให้ระบุถึงวิธีทดลองเป็นขั้นเป็นตอนตั้งแต่การเตรียมอุปกรณ์ การสอบเทียบเครื่องมือ (แนะนำให้เขียนเป็นแผนภูมิประกอบด้วย)

จ. ผลการทดลอง ให้แสดงรายละเอียดของผลการทดลอง เช่น การตรวจวัดมลพิษต่าง ๆ ให้ผลเป็นอย่างไร มลพิษมีระดับความเข้มข้นเท่าไร เป็นต้น

ฉ. สรุปผลการทดลองและข้อสังเกต ให้สรุปผลที่ได้จากการทดลองและแสดงข้อสังเกตที่ได้ เช่น ค่าการตรวจวัดเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน เป็นต้น

ช. การตอบคำถาม ให้ตอบคำถามที่มีอยู่ในด้านท้ายของคู่มือปฏิบัติการในแต่ละเรื่อง

2. ข้อบังคับในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ก. นักศึกษาต้องปฏิบัติตามข้อบังคับของการใช้ห้องปฏิบัติการอย่างเคร่งครัด หากไม่ปฏิบัติตามจะมีการตักเตือนและจดชื่อในความผิดครั้งแรก และจะทำการตัดคะแนนหากทำผิดข้อบังคับในครั้งต่อไป

ข. นักศึกษาต้องใช้ความระมัดระวังในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ หากทำเสียหายต้องถูกปรับชดเชยให้กับมหาวิทยาลัย

ค. ห้ามนักศึกษาเล่นในห้องปฏิบัติการอย่างเด็ดขาด เพราะอาจทำให้เกิดอันตรายและการบาดเจ็บ รวมทั้งอุปกรณ์เสียหายได้

ง. นักศึกษาควรสวมแว่นป้องกันเศษสิ่งของกระเด็นเข้าตาขณะใช้ห้องปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติการ: การตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเสีย

ก. การวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยฝาย (Flow Measurement Using Weir)

บทนำ

วิธีการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเสียทำได้หลายวิธี บางวิธีสามารถทำได้ง่ายเพียงใช้นาฬิกาจับเวลาและอุปกรณ์วัดระยะ หรืออาจใช้เครื่องมือราคาแพงที่อ่านค่าได้ทันที ปฏิบัติการนี้เป็นการวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยฝาย (Weir) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ทั่วไป เพราะสามารถทำได้สะดวกในจุดตรวจวัดบริเวณปลายเปิด หรือในรางเปิด และไม่สิ้นเปลืองงบประมาณมาก อุปกรณ์สามารถสร้างจากวัสดุที่มีอยู่ทั่วไป เช่น แผ่นไม้ พลาสติก กระเบื้อง เป็นต้น แต่วัสดุที่ใช้ต้องทนทานต่อแรงกระแทกที่เกิดขึ้นจากน้ำได้

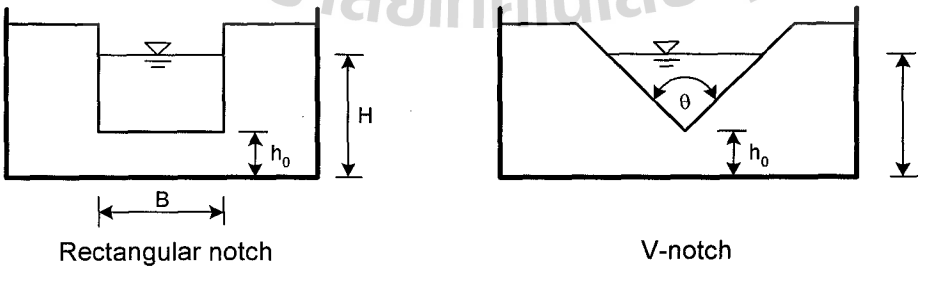
การวัดอัตราการไหลของน้ำเสียมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันไปตามความต้องการนำข้อมูลไปใช้งาน แต่หลักใหญ่ ๆ ของการวัดอัตราการไหล คือ ก) เพื่อหาเกณฑ์ออกแบบ ข) เพื่อควบคุมหรือตรวจสอบระบบ ค) เพื่อเก็บข้อมูล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยฝาย
2. เพื่อให้นักศึกษารู้จักวิธีการใช้เครื่องมือตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของน้ำและอัตราการไหลเมื่อน้ำไหลข้ามฝาย

หลักการเบื้องต้น

ในรางระบายน้ำเปิดนิยมใช้ฝายวัดอัตราการไหลของน้ำ โดยฝายเป็นการกั้นการไหล จึงทำให้น้ำยกตัวสูงขึ้นหน้าฝายและไหลข้ามฝาย อัตราการไหลของน้ำมีสัดส่วนกับความสูงของน้ำเหนือฝาย ในการทดลองนี้จะใช้ฝายสันคม (sharp-crested weir) ซึ่งทำจากแผ่นเหล็กบาง ๆ ฝายชนิดนี้จะทำให้เกิดลำของไหลไหลผ่านฝายอย่างอิสระ ลักษณะฝายที่นิยมใช้สำหรับการวัดอัตราการไหลมีสองลักษณะ คือ แบบสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยมดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและฝายรูปสามเหลี่ยม

สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและระดับน้ำด้านหน้าฝายสามารถแสดงได้ดังนี้

ฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า บางครั้งอาจมีการใช้แบบสันตรงแทนสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ แต่ฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นที่นิยมมากกว่า อัตราการไหลของน้ำผ่านฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าคำนวณได้จากสมการ (1.1)

$$Q = C_{d1} \frac{2}{3} \sqrt{2g} L H^{3/2} \qquad (1.1)$$

เมื่อ

Q = อัตราการไหล

C_{d1} = สัมประสิทธิ์อัตราการไหล สำหรับฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

L หรือ B = ความกว้างของฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

H = ความสูงของน้ำหน้าฝาย (ความลึกเหนือสันฝาย)

นอกจากนี้ สูตรแบบง่ายที่ใช้คำนวณ คือ $Q = 1.84LH^{1.5}$ (1.2)

เมื่อ

Q = อัตราการไหล (ลบ.ม.ต่อวินาที)

L หรือ B = ความกว้างของสันฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (เมตร)

H = ความสูงของน้ำหน้าฝาย (ความลึกเหนือสันฝาย) (เมตร)

ฝายรูปสามเหลี่ยม (บางครั้งเรียกฝายรูปตัววี V-notch weir) มีความสัมพันธ์ของมุมที่ใช้บากให้เกิดช่องเปิด เช่น 60 องศา เป็นต้น นิยมใช้ฝายรูปสามเหลี่ยมกับน้ำที่มีอัตราการไหลน้อย (น้อยกว่า 1.5 ลบ.ม.ต่อนาที) ไม่ควรใช้กับอัตราการไหลของน้ำเกิน 3 -4 ลบ.ม.ต่อนาที

$$Q = C_{d2} \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan\frac{\theta}{2} H^{5/2} \qquad (1.3)$$

เมื่อ

C_{d2} = สัมประสิทธิ์อัตราการไหล สำหรับฝายรูปสามเหลี่ยม

H = ความลึกของน้ำหน้าฝาย (ความลึกเหนือสันฝาย)

นอกจากนี้ สูตรแบบง่ายที่ใช้คำนวณสำหรับฝายที่มีมุม 60 องศา คือ

$$Q = 0.85H^{2.5} \qquad (1.4)$$

หรือ สูตรแบบง่ายที่ใช้คำนวณสำหรับฝายที่มีมุม 90 องศา คือ

$$Q = 1.47H^{2.5} \qquad (1.5)$$

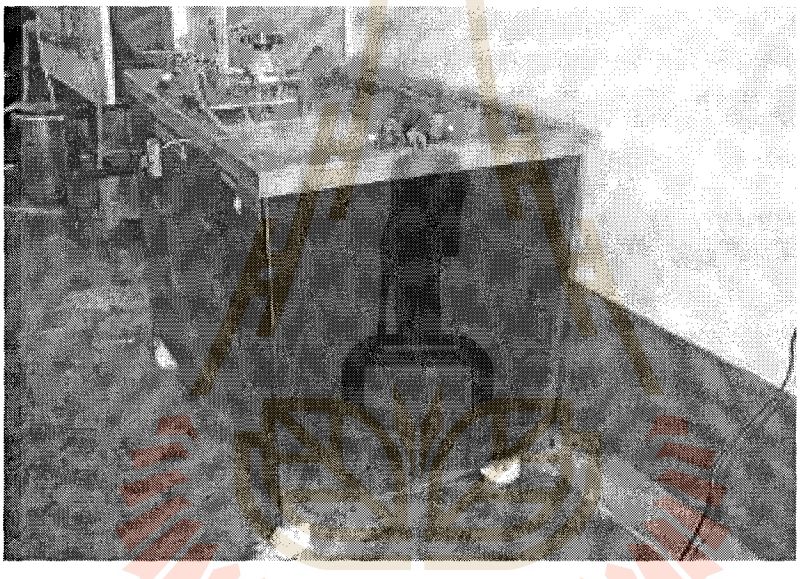
ข้อควรระวังของการใช้เวียร์ในการวัดอัตราการไหลของน้ำ คือ (มั่นสิน, 2542)

- ความสูงจากก้นรางระบายน้ำถึงสันฝายต้องมากกว่าสองเท่าของความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝายที่วัด
- สันฝายต้องอยู่ในแนวระดับเสมอและไม่มีเศษตะกอนติดอยู่

- เหลีกเลี่ยงการใช้ฝายวัดถ้าน้ำมีตะกอนมาก
- ต้องไม่ให้เกิดสุญญากาศที่ส่วนล่างของน้ำที่ล้นจากฝาย
- การวัดความสูงของระดับน้ำเหนือฝายต้องวัดที่จุดห่างจากฝายด้านเหนือน้ำไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความสูงระดับน้ำเหนือสันฝาย

อุปกรณ์

1. คู่มือปฏิบัติการ
2. อุปกรณ์จับเวลา วัดปริมาตร ระยะทาง สมุดบันทึก
3. ชุดทดลองการไหลข้ามฝายพร้อมอุปกรณ์ Hydraulics Bench (Armfield, England) ณ ห้องปฏิบัติการกลศาสตร์การไหล อาคารเครื่องมือ 5 ชั้น 1



รูปที่ 1.2 ชุดทดลองการไหลข้ามฝายพร้อมอุปกรณ์

วิธีทดลอง

1. ตรวจสอบชุดทดลองว่ามีการเสียบปลั๊กไฟฟ้าที่ด้านหลังไว้แล้วหรือไม่ **ต้องระวังเรื่องอันตรายของน้ำกับไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา** ตรวจสอบระดับน้ำด้านหลังฝายรูปสามเหลี่ยมและไม่ควรเริ่มทำการทดลองหากน้ำยังคงไหลผ่านฝาย (หากน้ำต่ำกว่าระดับสันฝายต้องเปิดวาล์วหมุนสีแดงด้านหน้าเครื่องโดยหมุนทวนเข็มนาฬิกา 3/4 รอบ (เท่านั้น) รอให้น้ำไหลล้นก่อนปิดและปล่อยให้หยุดไหลก่อนเริ่มการทดลอง)

2. วัดมุมของฝายรูปสามเหลี่ยมและบันทึกผล และหมายเลขของเครื่องมือ

3. จัดวางตำแหน่งของเกจที่กึ่งกลางระหว่างฝายกับแผ่นกั้นด้านเหนือน้ำ ให้ปลายของเกจ (เข็ม) แตะที่ผิวน้ำ (ต้องไม่จมอยู่ใต้ผิวน้ำ) และปรับสเกลที่อยู่ด้านหลักให้ตรงกับศูนย์

ข้อสังเกต การปรับอุปกรณ์อาจใช้เวลานาน เนื่องจากมี Clearance อยู่บ้าง (อาจใช้เวอร์เนียเป็นตัววัดระดับ และต้องปรับเวอร์เนียสำหรับวัดระดับน้ำไปที่ระดับอ้างอิง (ระดับสันฝาย))

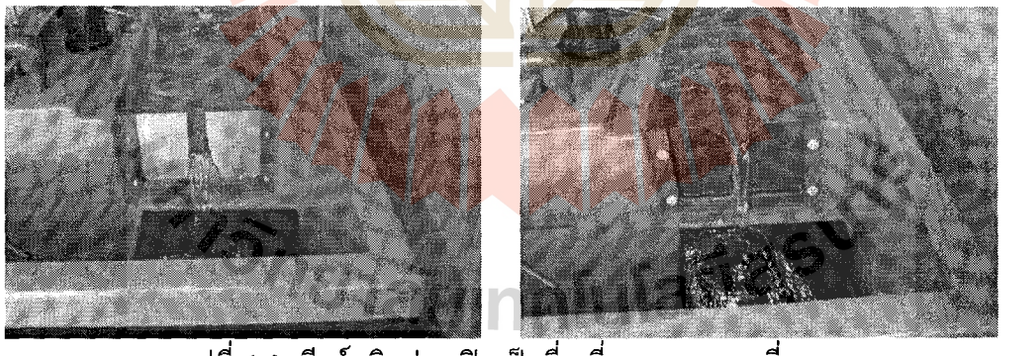
4. อุดช่องเปิดที่มุมด้านขวาของชุดทดลองด้วยจุกยางสีดำให้แน่นเมื่อต้องเริ่มการทดลอง

5. เดินเครื่องสูบน้ำเพื่อให้น้ำไหลเข้ามาในรางจนกระทั่งน้ำไหลข้ามฝายโดยที่ลำน้ำต้องพุ่งพ้น (ประมาณ 3.5 ซม. สำหรับฝายรูปสามเหลี่ยมดังรูปที่ 1.3) ปรับวาล์วควบคุมน้ำเพื่อให้ระดับน้ำเหนือฝาย H เพิ่มขึ้นครั้งละ 2.0 ลิตร (ซึ่งอ่านได้จากอุปกรณ์วัดระดับด้านหน้าของเครื่องมือที่เป็นท่อแก้วมีระดับน้ำอยู่) สังเกตว่ามีสเกลสองส่วนที่ด้านล่างและด้านบน ให้ใช้สเกลด้านบนในการวัดปริมาตรน้ำที่ไหลโดยเริ่มจากศูนย์ (0 →2 → 4 → 6เป็นต้น) ให้จับเวลาและบันทึกเมื่อปริมาตรอ่านได้ตามจุดที่กำหนด พร้อมทั้งอ่านระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นบนเกจในแต่ละจุดที่กำหนด ผู้ที่ปรับให้เกจแตะที่ระดับน้ำต้องปรับให้ได้ตามที่กำหนดโดยไม่ต้องทำหน้าที่อื่น ในขณะเดียวกันผู้ที่ทำการจับเวลาต้องบอกเวลาที่จับได้ในแต่ละปริมาตรที่กำหนด วัดและบันทึกค่า H (อย่างน้อย 3 ค่า) ดังนั้น ต้องแบ่งงานของผู้ที่ทำการทดลองออกเป็น ก) ผู้ที่อ่านระดับน้ำด้านหน้าเครื่อง ข) ปรับระดับเกจ ค) อ่านค่าของเกจ ง) จับเวลา จ) บันทึกข้อมูลทั้งหมด โดยต้องประสานงานกันให้ดีในแต่ละส่วนงานที่รับผิดชอบ

หมายเหตุ ก) ในการอ่านระดับน้ำในหลอดด้านหน้าไม่จำเป็นต้องให้ระดับอยู่ที่ศูนย์ อาจใช้ระดับใดก็ได้แต่ต้องให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 2.0 ลิตร

ข) แบ่งกลุ่มการทดลองละ 4-5 คน ทำการทดลองครั้งละ 2 กลุ่มต่อเครื่อง โดยให้กลุ่มแรกทำก่อนและกลุ่มที่สองทำต่อในเรื่องการวัดตามข้อ 5.

ค) นำข้อมูลที่ได้จากทั้งสองกลุ่มมาทำกราฟ (6 จุด)



รูปที่ 1.3 เวียร์ชนิดช่องเปิดเป็นสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม

ข้อพึงระวัง

ปฏิบัติการนี้เกี่ยวข้องกับน้ำและเครื่องมือที่ใช้ไฟฟ้า ความประมาทและไม่ใส่ใจในคำแนะนำและข้อกำหนดในการทดลองอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุและอันตรายขึ้นได้ ดังนั้น การปฏิบัติตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่และการมีจิตสำนึกถึงความปลอดภัยของนักศึกษาและผู้ปฏิบัติงานเป็นสิ่งจำเป็นและพึงปฏิบัติ!

เวลาที่ใช้สำหรับการทดลอง ประมาณ 1 – 1:30 ชม.

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สร้างกราฟระหว่าง Q กับ H บนกราฟ log-log
2. หาความสัมพันธ์ระหว่าง Q กับ H ในรูปของ $Q = kH^n$ วิเคราะห์หา k และ n
3. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของ C_d จากค่าที่ได้จากการวัดแต่ละครั้ง
4. จากกราฟระหว่าง C_d กับ H ถ้าค่า C_d เปลี่ยนแปลง จงหาความสัมพันธ์ระหว่าง C_d กับ $\frac{H}{L}$

รูปที่ 1.4 ตัวอย่างการใช้งานเวียร์กับท่อระบายน้ำสำหรับวัดอัตราการไหล (ที่มา Richard N. Weisman of Civil Engineering Department, Lehigh University)

ข. การวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยการจับเวลาและวัดปริมาตร

หลักการเบื้องต้น

การวัดอัตราการไหลของน้ำแบบง่ายสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือที่มีอยู่ทั่วไป คือ นาฬิกาจับเวลาและอุปกรณ์วัดปริมาตร เช่น กระบอกตวง บิกเกอร์ เป็นต้น เนื่องจากอัตราการไหลมีหน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา ทำให้การวัดทำได้โดยง่ายหากไม่มีเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบอัตโนมัติ การทดลองในส่วนนี้จึงให้นักศึกษาเลือกหาจุดที่ต้องการวัดอัตราการไหลของน้ำและดำเนินการทดลองโดยอาศัยหลักการที่กล่าวมาข้างต้น แต่ต้องใช้เวลาในการวัดไม่ต่ำกว่า 5 นาที ปริมาตรอย่างน้อย 2 ลิตร – 12 ลิตร

อุปกรณ์

1. ภาชนะที่ทราบปริมาตร เช่น บิคเกอร์ขนาด 1 -2 ลิตร

2. อุปกรณ์จับเวลา

3. สมุดบันทึก การวัดอัตราการไหลของน้ำแบบง่ายสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือที่มีอยู่ทั่วไป คือ

วิธีทดลอง

เตรียมภาชนะใส่น้ำที่ทราบปริมาตร พร้อมนาฬิกาจับเวลา ก

คำถาม

1. จากผลการทดลอง ระหว่างฝายรูปสามเหลี่ยมที่ทำมุมต่างกันมีผลต่อการวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยการจับเวลาอย่างไร จงอธิบาย

2. ผลที่ได้จาการคำนวณสามารถเปรียบเทียบกับการวัดจริงอย่างไร

3. จงวิจารณ์วิธีวัดอัตราการไหลของน้ำทั้งสองวิธี

เอกสารอ้างอิง

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. **คู่มือปฏิบัติการชลศาสตร์.** สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ (2542) เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2 โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Casey, T. J. (1992). **Water and wastewater engineering hydraulics**. Oxford: Oxford University Press.

Skrentner, R. G. (1988). **Instrumentation handbook for water and wastewater treatment plants.** Michigan: Lewis Publishers.

Gribbin, J. E. (1997). **Hydraulics and Hydrology for stormwater management.** Albany: Delmar.

Hyer, W. H. (1999). **Wastewater hydraulics**: Theory and practice. Berlin: Springer.

Herschy, R.W. (1985). **Streamflow measurement**. New York. Elsevier Applied Science Publishers.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติการ: การสร้างตกตะกอน (Coagulation) ด้วยวิธี Jar Test

บทนำ

การทดสอบการสร้างตะกอนเป็นปฏิบัติการพื้นฐานทางด้านการบำบัดน้ำสำหรับทำน้ำประปา และการบำบัดน้ำเสีย ปริมาณและชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอนจำเป็นต้องเหมาะสมกับลักษณะสมบัติของน้ำที่ต้องการทดสอบ ซึ่งจะทำให้เกิดประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากที่สุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการสร้างตะกอน รวมตะกอนของน้ำด้วยสารเคมีแบบง่าย
2. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในวิธีการทำ Jar Test
3. เพื่อให้นักศึกษาได้วางแผนและทำการทดลองให้เหมาะสมกับลักษณะของน้ำตัวอย่าง

หลักการเบื้องต้น

การสร้างตะกอนเป็นกระบวนการทำให้อนุภาคแขวนลอยขาดเสถียรภาพ การเติมสารเคมีในน้ำที่ทำให้ เนื่องจากลักษณะสมบัติของน้ำในธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและสถานที่ การใช้สารเคมีในปริมาณที่เหมาะสมจึงต้องอาศัยการทดสอบที่เรียกว่า “Jar Test” ซึ่งเป็นการทดสอบหาเงื่อนไขที่ความเหมาะสมของการเติมและผสมสารเคมีสำหรับการตกตะกอนและใช้กันแพร่หลายในโรงประปา อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำ Jar Test ส่วนใหญ่เป็นชุดของอุปกรณ์ที่สามารถทำงานพร้อมกันในการทดลองเดียว ซึ่งการทำ Jar Test มีประโยชน์หลายประการ คือ (ก) เปรียบเทียบผลของการใช้สารเคมีสร้างตะกอน (ความเข้มข้น ชนิดของสารเคมี) (ข) ค่าพีเอชที่เหมาะสม (ค) การเติมและควบคุมความเป็นด่าง (ง) ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดตะกอน (จ) เงื่อนไขที่เหมาะสมด้านพลังงานที่ใช้ในการกวนเร็วและกวนช้า (ฉ) การทดสอบอื่น ๆ เช่น ค่า zeta potential (electrophoretic mobility) รูปที่ 2.1 เป็นอุปกรณ์ทำ Jar Test ก่อนการทำ Jar Test ควรวิเคราะห์น้ำตัวอย่างเบื้องต้น เช่น วัดค่าพีเอช ความขุ่น ความเป็นด่าง เป็นต้น

สารช่วยสร้างตกตะกอนที่ใช้มีหลายชนิด สารบางประเภทเป็นที่นิยม สารบางชนิดอาจมีข้อจำกัดในการใช้ สารบางชนิดมีราคาแพง การเลือกใช้สารชนิดใดเป็นประเด็นที่ผู้ดูแลระบบประปาแต่ละแห่งต้องพิจารณา เพราะปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างตะกอนส่วนใหญ่จะแตกต่างกัน เช่น ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย ค่าใช้จ่าย วิธีกำจัดกับเศษตะกอนที่เกิดขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น เช่น สารช่วยสร้างตะกอนประเภทที่เป็นสารประกอบของอลูมิเนียมและเหล็กมีใช้กันแพร่หลาย ในขณะที่สารประเภทโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ [PACL – $Al(OH)_x(Cl)_y$] มีประสิทธิภาพดีในการจับอนุภาคแขวนลอยขนาด 1-2 ไมครอน และช่วยจับตะกอนได้เร็วกว่า แต่ปัญหาคือค่าใช้จ่ายสูงกว่าประมาณสองเท่าของการใช้สารส้ม ปฏิบัติการนี้

เน้นการใช้สารส้มเป็นสารช่วยตกตะกอน และให้นักศึกษาได้มีโอกาสทำการทดลองตามลักษณะความสนใจโดยมีจุดเน้นเรื่องของการใช้ Jar Test เป็นหลัก

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ Jar Test รองรับภาชนะได้ 6 ใบ (พร้อมกัน)
2. บิกเกอร์ขนาด 250, 1000 หรือ 2000 มล.
3. นาฬิกาจับเวลา ไม้บรรทัด
4. อุปกรณ์ผสมและกวนสาร Magnetic stirrer
5. สารเคมี เช่น สารส้ม ปูนขาว กรดซัลฟูริค (0.02N H_2SO_4) methyl orange indicator
6. อุปกรณ์ประกอบ เช่น pH meter อุปกรณ์วัดความขุ่น Thermometer
7. Burettes, Pipettes, Erlenmeyer flasks, Eye drop

วิธีทดลอง

1. เตรียมอุปกรณ์การทำ Jar Test น้ำดิบ สารเคมีที่ใช้ทดลองและสร้างตะกอนให้พร้อม

2. วัดค่าอุณหภูมิและค่า pH ของน้ำตัวอย่าง (บันทึกผล) วิเคราะห์หาความขุ่นด้วยเครื่องมือวัดความขุ่น พารามิเตอร์เหล่านี้จะช่วยให้สามารถนำไปพิจารณาหาเงื่อนไขที่เหมาะสมกับการทดลอง

3. วิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ของน้ำตัวอย่างก่อนและหลังการทำ Jar Test ดังนี้

   3.1 ตวงน้ำตัวอย่างปริมาณ 50 มล. (บันทึกผล = V_s) ใน Erlenmeyer flasks

   3.2 เติม methyl orange indicator 2 – 3 หยด

   3.3 เตรียม Burettes และใส่ 0.02N H_2SO_4 อ่านค่าระดับและบันทึกผลก่อนไตเตรทน้ำตัวอย่างจนกระทั่งเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีแดง อ่านค่าสุดท้ายของ H_2SO_4 ที่เหลืออยู่และบันทึกปริมาณที่ใช้ไป (V_a) คำนวณค่าความเป็นด่างที่ได้จากสูตร

   Alkalinity (mg/L $CaCO_3$)

   = [mL acid (V_a) x Normality of acid x 50,000]/[mL sample (V_s)

4. ตวงน้ำตัวอย่างในปริมาณที่เท่ากันลงในภาชนะแต่ละใบ เช่น ใช้กระบอกตวง 1,000 มล. ใส่ในบิกเกอร์ที่เตรียมไว้ ภาชนะใส่น้ำตัวอย่างมีจำนวนตามอุปกรณ์ตามชนิดของเครื่องมือที่ใช้ทดลอง และควรมีภาชนะควบคุมอย่างน้อย 1 ภาชนะ (Control)

5. เครื่อง Jar Test (รูปที่ 2.1) ของห้องปฏิบัติการ F8 มีความสามารถในการตั้งเวลา (นาที) และความเร็วรอบการหมุนของใบพาย (รอบต่อนาที) ใช้กับภาชนะได้ 6 ใบพร้อมกัน ใบพายสามารถยกขึ้นหรือลงได้ สวิตซ์ปิด-เปิดเครื่องเป็นปุ่มด้านบนขวา ควรเปิดสวิตซ์เครื่องหลังจากเตรียมตัวอย่างเสร็จสิ้นและเตรียมใช้งาน

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างของอุปกรณ์ในการทำ Jar Test

6. เตรียมสารเคมีช่วยตกตะกอน คือ สารส้ม ซึ่งควรเตรียมไว้ในรูปของสารละลายในความเข้มข้นที่ต้องการทดสอบ โดยชั่งสารส้มที่ต้องการและนำไปละลายในน้ำ เช่น สารส้ม 1 มก.ในน้ำ 1000 มล. จะได้สารส้มที่ความเข้มข้น 1 มก.ต่อลิตร เป็นต้น สมการทางเคมีของสารส้มในการละลายน้ำ คือ

$$Al_2(SO_4)_3(s) \rightarrow 2Al^{+3}(aq) + 3SO_4^{-2}(aq)$$

ปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่ใช้ให้เตรียมในช่วง 50 – 200 มก.ต่อลิตร โดยแต่ละกลุ่มเลือกใช้ 2 ความเข้มข้น (พยายามไม่ให้ซ้ำกัน)

7. การทดลอง**ส่วนที่ 1** ให้นักศึกษาเลือกระยะเวลา (ระหว่าง 30 วินาที - 2 นาที) และเลือกความเร็วรอบที่ใช้ในการกวนเร็ว (ระหว่าง 80 – 110 rpm) และเลือกระยะเวลา (ระหว่าง 3 - 10 นาที) และเลือกความเร็วรอบที่ใช้ในการกวนช้า (ระหว่าง 10 – 40 rpm) ในตัวอย่างที่ทำการทดลอง การทิ้งให้ตะกอนตกให้ใช้เวลา **20 นาที** โดยให้ทำครั้งละ 2 กลุ่ม ๆ ละ 3 บิกเกอร์

8. เมื่อครบเวลาให้ตะกอนตกเรียบร้อยแล้ว สังเกตและบรรยายลักษณะตะกอนที่เกิดขึ้น วัดและบันทึกระดับน้ำและความหนาของชั้นตะกอน รินน้ำส่วนใสออกช้า ๆ ลงในบิกเกอร์โดยระวังไม่ให้ตะกอนแตกตัวขณะรินน้ำใส นำน้ำส่วนใส (ปิเปตออกในตอนท้าย) และส่วนตะกอนไปวัดความขุ่น อุณหภูมิ ค่า pH พร้อมทั้งไตเตรทหาค่าความเป็นด่างในน้ำใส บันทึกค่าที่ได้

หมายเหตุ การกวนเร็วให้ใช้ความเร็วรอบ 100 rpm เป็นเวลา 20 วินาที การกวนช้าให้ใช้ความเร็วรอบ 30 rpm เป็นเวลา 10 นาที และทิ้งให้ตกตะกอน 20 นาที ภาชนะที่ใช้

9. ทำการทดลอง**ส่วนที่ 2** ให้นักศึกษาปรับค่า pH ของน้ำดิบระหว่าง 4.5 – 9.5 (กลุ่มละหนึ่งค่า pH) แล้วทำการทดลองด้วยการเติมสารส้มความเข้มข้น 10 มก.ต่อลิตรก่อนกวนเร็ว ทำการกวนที่ความเร็วรอบ 100 rpm เป็นเวลา 1 นาที ตามด้วยการกวนช้าที่ความเร็วรอบ 30 rpm เป็นเวลา 3 นาที ทิ้งน้ำให้ตกตะกอนเป็นเวลา 20 นาที เมื่อครบเวลาตกตะกอนตก ให้สังเกตและบรรยายลักษณะตะกอนที่เกิดขึ้น และนำน้ำแต่ละส่วนวัดค่าความขุ่นที่ได้

- หมายเหตุ ระยะเวลาการกวนเร็ว กวนช้า และการตกตะกอน ในการทำงานจริงต้องคำนึงถึงค่าที่กำหนดไว้ในระบบบำบัดน้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลที่ได้จากแต่ละกลุ่มสร้างกราฟระหว่างค่าความขุ่นกับ pH
2. นำข้อมูลที่ได้จากแต่ละกลุ่มสร้างกราฟระหว่างค่าความขุ่นกับปริมาณสารส้มที่เหมาะสม
3. อธิบายลักษณะของตะกอน ความขุ่นที่เกิดขึ้น ค่า pH และปริมาณสารส้มที่ใช้ในแต่ละการทดลอง

คำถาม

1. ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นมีความเหมาะสมกับอัตราการกวนเร็ว และอัตราการกวนช้าอย่างไร
2. จงอธิบายเหตุผลและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมกับการตกตะกอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี