

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

4-1 ลำดับการทดลอง

การทดลองวิจัย กำหนดลำดับการทดลองตามขั้นตอนได้ 3 ลำดับคือ ขั้นตอนเตรียมการ, ขั้นตอนทดลองหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสม และขั้นตอนทดลองกรองน้ำ

4.1.1 ขั้นตอนเตรียมการ

เป็นการจัดเตรียมวัสดุ, อุปกรณ์ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ได้แก่

- 1) การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์การกรอง โดยคำนึงถึงความเหมาะสม ต่อการทดลองพารามิเตอร์ต่างๆ
- 2) เตรียมน้ำดิบสังเคราะห์โดยผสมผงดินคาโอลินกับน้ำประปา
- 3) เตรียมทรายกรอง ขนาดสัมฤทธิ์ผล ตามกำหนด

4.1.2 ขั้นตอนทดลองหาปริมาณสารสมานตะกอนที่เหมาะสม

ทดลองหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ต่อการกรองน้ำดิบสังเคราะห์ที่ระดับความขุ่นต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการทดลองกรองน้ำต่อไป

4.1.3 ขั้นตอนทดลองกรองน้ำ

ทดลองกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น จำนวน 80 การทดลอง และกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลลง 20 การทดลอง

4.2 พารามิเตอร์ในการทดลอง

การวิจัยมุ่งศึกษาพารามิเตอร์ที่สำคัญในการกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่กำหนดให้แปรค่า และพารามิเตอร์ที่กำหนดให้คงที่ ดังนี้

4.2.1 พารามิเตอร์ที่กำหนดให้แปรค่า

การกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น และแบบไหลลง กำหนดพารามิเตอร์ที่ทดลองดังนี้

- 1) ความขุ่นน้ำดิบสังเคราะห์ ทดลอง 4 ระดับ คือ 50, 30, 20 และ 10 NTU
- 2) อัตราการกรอง กรองแบบอัตราการกรองคงที่ 5 อัตรา คือ 20, 15, 10, 5 ม./ชม.
- 3) ทรายขนาดสัมฤทธิ์ (Sand effective size) เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น ทดลอง 4 ขนาด คือ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 มม. สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity of coefficient) 2.0 สำหรับเครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลลงทดลองทรายขนาดสัมฤทธิ์ 0.50 มม. สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ 1.5
- 4) ปริมาณสารรวมตะกอน (Coagulant) ใช้สารส้ม โดยหาปริมาณที่เหมาะสม จากการทดลองจาร์เทสต์

4.2.2 พารามิเตอร์ที่กำหนดให้คงที่

การวิจัยนี้กำหนดให้ชั้นกรองมีความลึกคงที่ คือ 80 ซม.ตลอดการทดลอง

4.3 วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย

วัสดุที่สำคัญสำหรับการทดลองวิจัยได้แก่ ผงดินคาโอลิน (Kaolinite clay) สารเคมีต่างๆ, ทรายกรอง, อุปกรณ์ได้แก่ อุปกรณ์จาร์เทสต์, ชุดเครื่องกรองน้ำแบบไหลขึ้น และแบบไหลลง

4.3.1 ผงดินคาโอลิน (Kaolinite clay)

นำผงดินคาโอลินประมาณ 1,000-2,000 กรัม มาผสมกับน้ำประปา กวนให้เข้าด้วยอุปกรณ์แบบเลนเดอร์ แล้วนำมาตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วตูดน้ำส่วนผิวบนลึกไม่เกิน 14.4 ซม. แล้วนำไปปรับค่าความชื้นตามที่กำหนด จะได้ขนาดอนุภาคคอลลอยด์ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับ 1 ไมครอน

4.3.2 สารเคมี

1) สารส้มที่ใช้ในการทดลอง คือ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ผลิตโดยบริษัท May & Baker คุณภาพระดับทดลองในห้องปฏิบัติการ

2) กรดเกลือ HCL ทวงสารกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 12.0 นอร์มัล ปริมาตร 83 มล. ค่อยๆ เทกรดผสมลงน้ำกลั่นในขวดตวงขนาด 1000 ลบ.ซม. แล้วจึงเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1000 ลบ.ซม. จะได้กรดเกลือเข้มข้น 1 นอร์มัล แล้วตวงสารละลายกรด 1 นอร์มัล นี้ปริมาตร 100 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร จะได้สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.1N

3) สารละลายต่าง ละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาณ 5.3 กรัมในน้ำกลั่นและเจือจางให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร จะได้สารละลายต่างเข้มข้น 1 นอร์มัล แล้วตวงสารละลายต่าง 1 นอร์มัล นี้ปริมาตร 100 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร จะได้สารละลายต่างเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

4.3.3 ทรายกรอง

การวิจัยครั้งนี้ใช้ทรายซิลิกา (Silica sand) จัดขนาดสัมฤทธิ์ (Effective size) 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 มม., สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอประมาณ 2 และทรายขนาด 0.5 มม., สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอประมาณ 1.5 โดยวิธีตะแกรงร่อน (Sieve analysis) ค้างหรือผ่านตะแกรงเบอร์ 8, 10, 16, 20, 30, 40, 50 และเบอร์ 100 (ตารางที่ ผ1)

4.3.4 อุปกรณ์การทดลองจาร์เทสต์

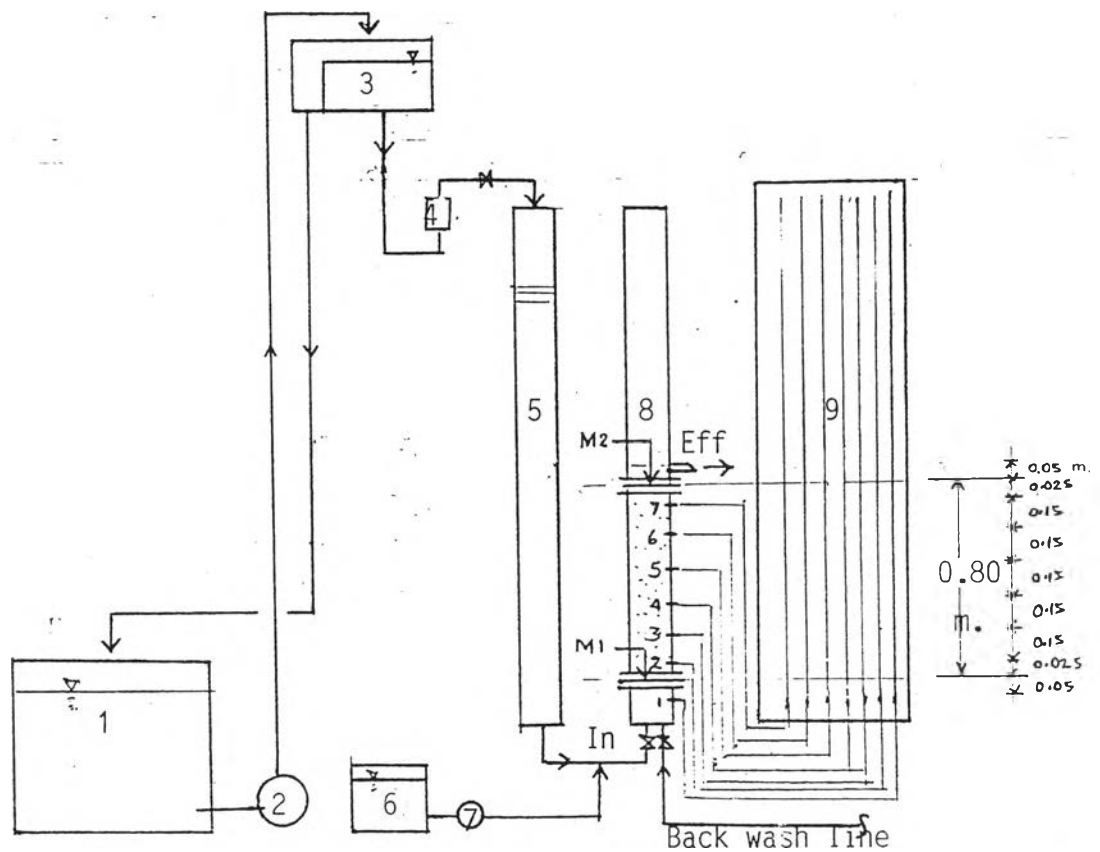
ในการทดลองหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสม โดยวิธีจาร์เทสต์ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน การทดลองใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- 1) บีกเกอร์ PYREX ขนาด 2 ลิตร ติดตั้งแผ่นกั้น (stator) ตามแบบการทดลองของ คุณวิช (22)
- 2) เครื่องวัดความขุ่น HACH รุ่น 2100A เปรียบเทียบความเข้มข้นของแสงที่กระจัดกระจายของตัวอย่างน้ำ เทียบกับสารละลายมาตรฐาน (ฟอร์มาซิน โพลีเมอร์)
- 3) เครื่องวัดพีเอช Backman รุ่น Zerometric 5 วัดโดยอิเล็กโทรด (Electrode Method)

4.3.5 อุปกรณ์การกรองน้ำ

การวิจัยการกรองตรง โดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น และแบบไหลลง ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ชุด (รูปที่ 4.1, 4.2) ได้แก่

- 1) เครื่องกรอง (Filter Column) ทำด้วยท่อพีวีซีใส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 41 มม. สูงประมาณ 2.80 ม. จำนวน 2 ชุด พร้อมเครื่องปรับแรงดันน้ำ 2 ชุด
- 2) ถังเก็บน้ำดิบสังเคราะห์ (Raw water tank) ขนาดความจุ 200 ลิตร 1 ใบ
- 3) ถังเก็บน้ำรักษาแรงดัน (Constant head tank) ขนาดความจุ 10 ลิตร 1 ใบ
- 4) ถังเก็บสารละลายสารส้ม (Alum stock tank) ขนาดความจุ 10 ลิตร 2 ใบ
- 5) บั๊มแบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) อัตราการสูบ 10 ล./นาที, ความสูงน้ำ 8 ม. 1 ชุด
- 6) เครื่องสูบลายเคมี เพอริสแตลติก (Peristaltic pump) 2 ชุด
- 7) เครื่องวัดระดับน้ำสูญเสียน้ำ (Monometer) 2 ชุด

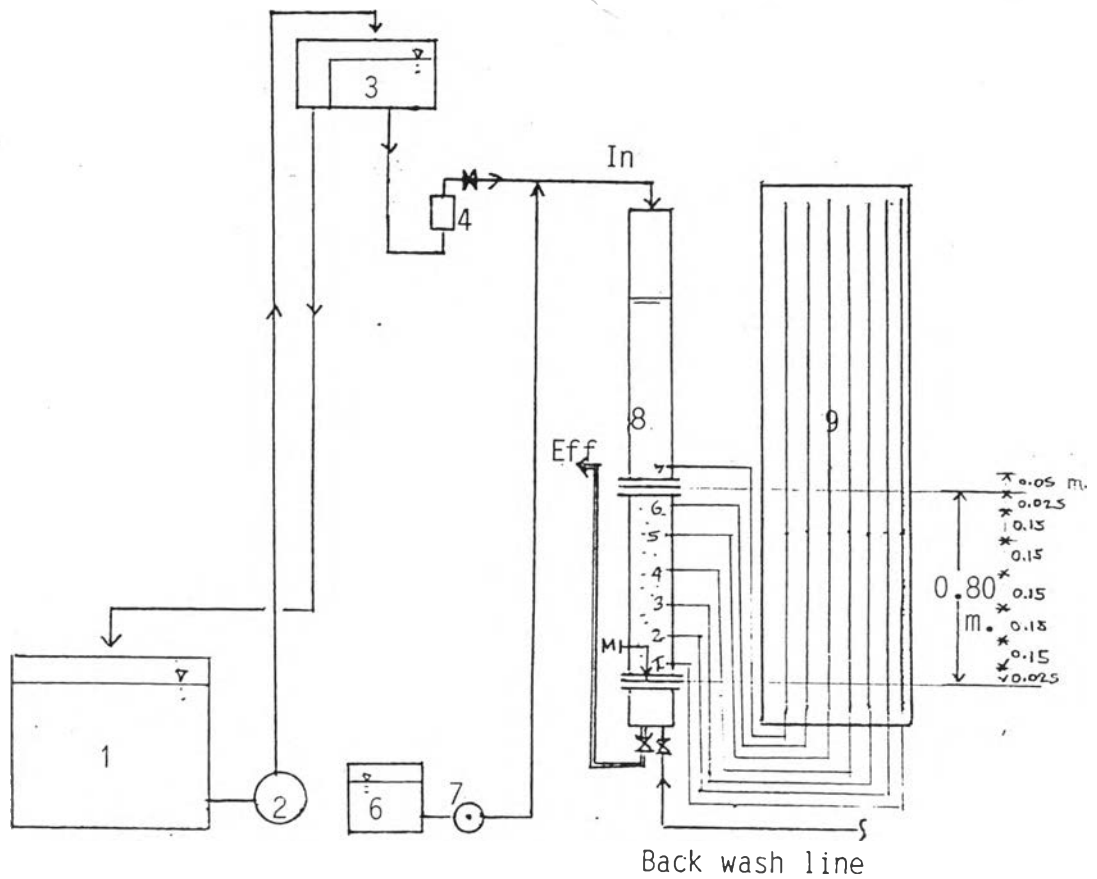


รูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมอุปกรณ์การกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น

รายการอุปกรณ์ประกอบ

1. ถังเก็บน้ำดิบสังเคราะห์
2. ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง
3. ถังเก็บน้ำรักษาแรงดัน
4. โรตاميเตอร์
5. เครื่องปรับความดันน้ำ
6. ถังเก็บสารละลายสารส้ม
7. ปั๊มน้ำแบบเพอริสแตลติก
8. เครื่องกรองน้ำแบบไหลขึ้น
9. มาโนมิเตอร์

M1, M2. Mesh No. 50



รูปที่ 4.2 แสดง ไดอะแกรมอุปกรณ์การกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลลง

รายการอุปกรณ์ประกอบ

1. ถังเก็บน้ำดิบสังเคราะห์
2. ปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง
3. ถังเก็บน้ำรักษาแรงดัน
4. โรตاميเตอร์
5. เครื่องปรับความดันน้ำ
6. ถังเก็บสารละลายสารส้ม
7. ปั๊มน้ำแบบเพอริสแตลติก
8. เครื่องกรองน้ำแบบไหลลง
9. มาโนมิเตอร์

M1. Mesh No. 50

8) เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ โรตามิเตอร์ พร้อมเกทวาล์ว และ วาล์วเข็ม ปรับอัตราการไหล 2 ชุด

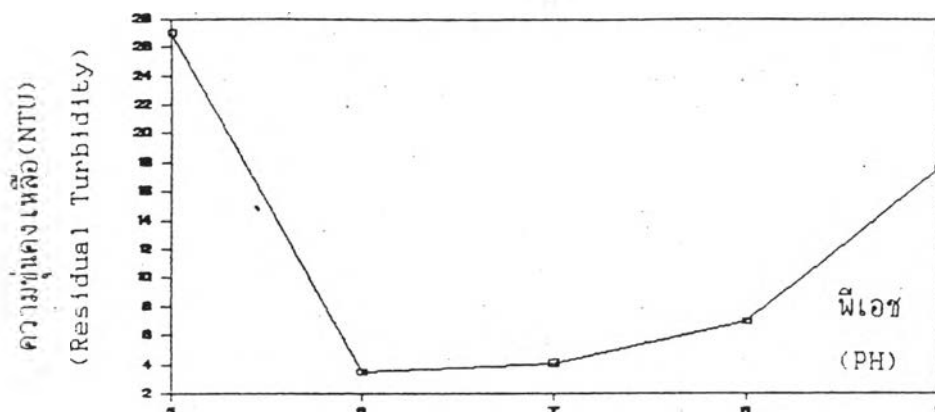
4.4 การดำเนินการทดลอง

การทดลอง แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองจาร์เทสต์ และการทดลองการกรองน้ำ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 การทดลองจาร์เทสต์

ลำดับแรก เป็นการทดลองหาช่วง พีเอชที่เหมาะสม ขั้นตอนการทดลองมีดังต่อไปนี้

- 1) เตรียมน้ำดิบสังเคราะห์ที่ระดับความขุ่น 30 NTU ประมาณ 25 ลิตร ใส่ตัวอย่างลงในบีกเกอร์ PYREX ขนาด 2 ลิตร 6 ใบ
- 2) เติมสารละลายสารส้มลงในบีกเกอร์ 6 ใบ มีความเข้มข้น 20 มก./ล. ทุกใบ
- 3) ปรับพีเอชด้วยสารละลายกรด HCl 0.1 N หรือสารละลายด่าง Na_2CO_3 0.1 นอร์มัล ให้ได้พีเอชสุดท้ายเป็น 5, 6, 7, 8, 9 ตามลำดับ
- 4) กวนเร็วด้วยใบพัดความเร็วรอบ 170 รอบ/นาทีเป็นเวลา 1 นาที แล้วกวนช้าด้วยความเร็ว 25 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 15 นาที ปิดเครื่องกวนแล้วยกใบพัดขึ้น ทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลานาน 5 นาที (SOR ประมาณ 1.22 ม./ชม.)
- 5) เก็บตัวอย่างน้ำที่ช่องดูดทั้ง 6 ใบ แล้วนำไปวัดค่าความขุ่นที่เหลือ (Residual Turbidity) แล้วนำไปพล็อตกราฟหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมดังแสดงในรูปที่ 4.3



จากรูปที่ 4.3 ผลการทดลองพบว่า ช่วง พีเอชที่เหมาะสม อยู่ในช่วง 6-8

ลำดับที่สอง เป็นการทดลองหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสม ขั้นตอนการทดลองมีดังต่อไปนี้

- 1) เตรียมน้ำดิบสังเคราะห์ที่ระดับความขุ่นที่ต้องการทดสอบ ได้แก่ 50, 30, 20 และ 10 NTU ใส่ตัวอย่างลงในบีกเกอร์ PYREX ขนาด 2 ลิตร 6 ใบ
- 2) เติมสารละลายสารส้ม ลงในบีกเกอร์ 6 ใบมีความเข้มข้น 10, 15, 20, 25, 30 และ 50 มก./ล.
- 3) กวนเร็วด้วยใบพัดความเร็วรอบ 170 รอบ/นาที เป็นเวลานาน 1 นาที แล้วกวนช้าด้วยความเร็วรอบ 25 รอบ/นาที เป็นเวลานาน 15 นาที ปิดเครื่องกวนแล้วยกใบพัดขึ้น ทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลานาน 5 นาที (SOR ประมาณ 1.22 ม./ชม.)
- 4) เก็บตัวอย่างน้ำที่ช่องดูดทั้ง 6 ใบ แล้วนำไปวัดค่าความขุ่นที่เหลือ (Residual Turbidity) แล้วนำไปพล็อตกราฟหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสม

4.4.2 การทดลองกรองน้ำ

ทดลองกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลขึ้น ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50, 30, 20, 10 NTU, อัตรากรอง 25, 20, 15, 10, 5 ม./ชม., ทรายขนาดสัมฤทธิ์ 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 มม. จำนวน 80 การทดลอง และทดลองกรองตรงโดยใช้เครื่องกรองทรายเร็วแบบไหลลง ที่ความขุ่นน้ำดิบ 50, 30, 20, 10 NTU, อัตรากรอง 25, 20, 15, 10, 5 ม./ชม., ทรายขนาดสัมฤทธิ์ 0.5 มม. จำนวน 20 การทดลอง การทดลองแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงกรองน้ำ และช่วงล้างสารกรอง

1) ช่วงกรองน้ำ หมายถึง การเริ่มใช้เครื่องกรองภายหลัง การล้างสารกรองแล้ว มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1.1) ปิดทางน้ำล้างย้อนของเครื่องกรอง โดยจะต้อง รักษาระดับน้ำในชั้นกรองตลอดเวลา แล้วเปิดน้ำดิบเข้าสู่เครื่องกรองอย่างช้าจนได้อัตรา การไหลที่ต้องการ และเปิดปั๊มสูบล้างสารละลายสารส้มจึงนับเป็นเวลาเริ่มต้นกรองน้ำ(๐ชม.)

1.2) วัดหัวน้ำสูญเสียเริ่มต้น(Innitial headloss) ทุก 30 นาที หรือ 60 นาที ตามความเหมาะสมของคุณภาพน้ำกรอง

1.3) วัดคุณภาพน้ำกรอง(Water filtrate turbidity) ทุก 30 นาที หรือ 60 นาทีตามความเหมาะสมของคุณภาพน้ำกรอง

1.4) วัดอุณหภูมิ

1.5) ตรวจสอบพีเอชน้ำดิบ และปรับ พีเอชน้ำดิบให้น้ำ กรองอยู่ในช่วง 6.๐-8.๐ ตรวจสอบอัตราการกรอง อัตราการจ่ายสารละลายสารส้ม

1.6) ปิดน้ำเข้าสู่เครื่องกรอง เมื่อความขุ่นน้ำกรอง มากกว่า 1 NTU (Break through turbidity) หรือ เมื่อหัวน้ำสูญเสียสูงสุดมากกว่า 18๐ ซม.(Maximum headloss)

2) ช่วงล้างสารกรอง เป็นการทำความสะอาดเครื่องกรอง โดยใช้น้ำประปาล้างย้อน มีขั้นตอนดังนี้

2.1) ถอดตะแกรงกันทรายขยายออก

2.2) เปิดวาล์วควบคุมน้ำเข้าสู่ชั้นสารกรองอย่างช้าๆ ก่อนเพื่อไล่อากาศออก และสารกรองขยายตัวอย่างสม่ำเสมอ

2.3) ควบคุมอัตราการล้างย้อนให้คงที่ ขณะที่ชั้นกรอง ขยายตัว 30% เป็นเวลานาน 5 นาที พร้อมทั้งวัดอัตราการไหลของน้ำล้างย้อน และตรวจสอบความขุ่นน้ำที่ผ่านการล้างย้อน จดบันทึกข้อมูลทั้งหมด

2.4) ปิดวาล์วควบคุมอย่างช้าๆ เพื่อให้เม็ดทรายกรอง ชัดประสานกันด้วยดี