บทที่ 4

วิธีดำเนินการทดลองวิจัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

4.1.1 น้ำคิบ ใช้น้ำจากน้ำประปาผ่านทรายกรองช้า จากการวัดคุณสมบัติของน้ำทางฟิสิกส์และเคมีของน้ำที่ผ่านทรายกรองช้า มีความขุ่นอยู่ระหว่าง 2 – 5 เจทียู ปริมาณคลอรีน ในน้ำไม่มี การสังเคราะห์เป็นน้ำคิบโดยใช้ดินเหนียวซึ่งได้จากนาเก่า ๆ ที่ ต. บางมด อ. ราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร ชนิดของดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นพวก illite ประมาณ 40 % นอกนั้นเป็นพวก chlorite และชนิดอื่น ๆ อีกเล็กน้อย กรรมวิธีการเตรียมน้ำคิบสังเคราะห์มีดังนี้

ก. นำดินเหนียวมาละลายน้ำ แล้วนำไปเข้าเครื่องตีน้ำดินเหนียวเพื่อให้โมเลกุลแตกตัว

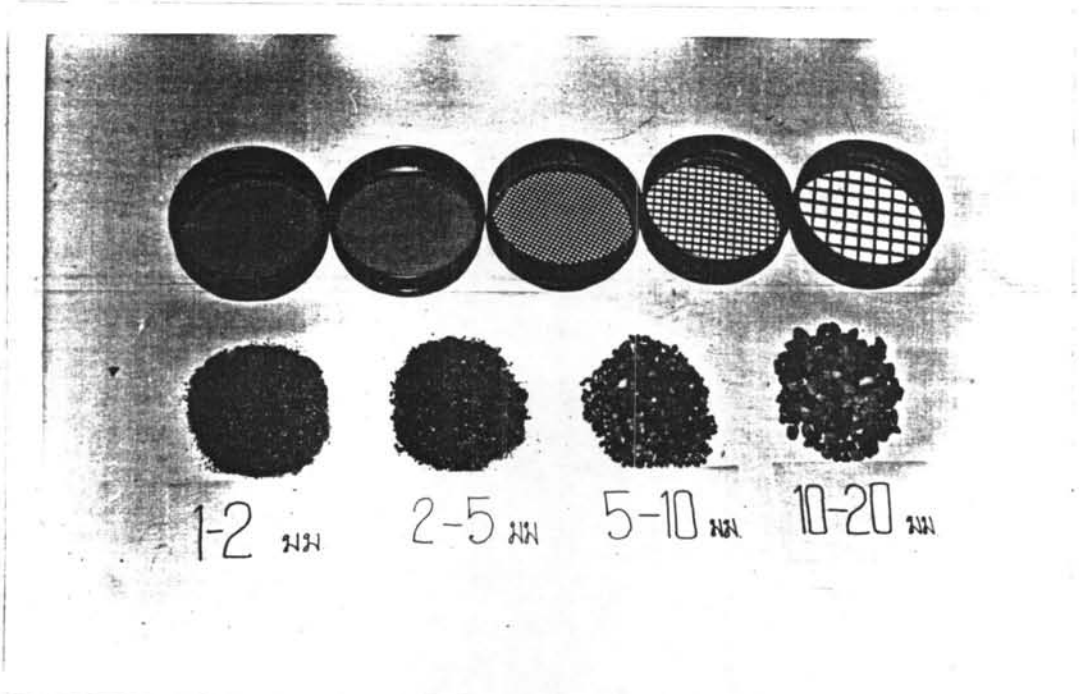
ข. น้ำดินเหนียวที่ได้ผสมกับน้ำประปา ซึ่งผ่านทรายกรองช้า ผสมทั้งทิ้งไว้ในถังตกตะกอนอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

ค. หลังจากนั้นใช้วิธีกาลักน้ำดูดน้ำที่มีความขุ่นส่วนบนไปทำเป็นน้ำคิบสต๊อก ซึ่งจะมีความขุ่นประมาณ 500 – 1000 เจทียู

ง. นำน้ำคิบสต๊อกที่ได้มาเตรียมน้ำคิบสังเคราะห์ให้ได้ความขุ่น 200 เจทียู เหตุผลที่ใช้ความขุ่นเท่านี้ก็เพราะต้องการให้มีปริมาณคอลลอยด์มากพอที่จะทำให้ศึกษาการทำงานของเครื่องทำตะกอนได้ดี

4.1.2 สารส้ม ซื้อจากองค์การสารส้ม เป็นชนิดก้อน ทำให้เป็นผงแล้วตรียมสารส้มที่มีเนื้อสารส้ม 10 % โดยการชั่งน้ำหนักสารส้ม 100 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร สำหรับปริมาณสารส้มที่พอเหมาะกับน้ำคิบสังเคราะห์หาได้จากการทำ

4.1.3 กรวด ได้จากกองกรวดซึ่งนำมาใช้ในระบบทรายกรอง เหตุที่ใช้กรวดเพราะมีลักษณะค่อนข้างกลมและผิวเรียบ ทำให้การเก็บกักอนุภาคในช่องว่างระหว่างเม็ดกรวดน้อย ทำการคัดกรวด ขนาดต่าง ๆ โดยใช้ตะแกรงร่อนขนาด 1 มม., 2 มม., 5 มม. 10 มม. และ 20 มม. เก็บขนาดกรวดที่ค้างตะแกรงขนาดระหว่าง 1 – 2 มม., 2 – 5 มม., 5 – 10 มม. และ 10 – 20 มม. ก่อนใส่กรวดในท่อทำตะกอนทำการล้างให้สะอาดก่อน



รูปที่ 4.1 แสดงกรวดและตะแกรงร่อนที่ใช้

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 ท่อทำตะกอน (Flocculator column) ในการทำการวิจัยนี้ใช้ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 2.00 เมตร จำนวน 1 ท่อ การวัดระดับน้ำที่สูญเสียใช้วิธีต่อท่อยางซึ่งสามารถเห็นน้ำในระดับท่อได้ ณ จุดต่ำสุด และสูงสุดของตัวกลาง ปล่อยน้ำดิบผ่านด้านล่างของท่อ และไหลออกทางด้านบนลงสู่ถังตกตะกอน ระดับน้ำที่สูญเสียเราวัดจากความแตกต่างระหว่างระดับน้ำ 2 จุดนั้น ทางด้านล่างของท่อติดตะแกรงเข้าไปเพื่อป้องกันไม่ให้กรวดตกลงไปในท่อน้ำดิบ

4.2.2 มาโนมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดค่าระดับน้ำที่สูญเสีย ประกอบด้วยท่อยางใสซึ่งติดกับไม้กระดานที่มีขีดบอกระดับติดอยู่ ติดตั้งมาโนมิเตอร์นี้ให้สูงกว่าทางน้ำออกของท่อทำตะกอนอย่างน้อย 1 ม.

4.2.3 เครื่องมือวัดความขุ่น เป็นแบบ Hach Model 1860วัดได้ละเอียดถึง 0.01 – 1000 เจทียู

4.2.4 เครื่องมือวัดปริมาณการไหล วัดค่าปริมาณการไหลโดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณการไหลของน้ำชนิดลูกลอยเป็นครรชนี (Rotameter) และตรวจสอบอีกครั้งโดยใช้กระบอกตวงพร้อมกับจับเวลาการทดลอง

4.2.5 Jar Test เป็นเครื่องมือทดลองหาจำนวนสารส้มที่ใช้เติมในน้ำดิบที่มีค่าพอเหมาะที่สุด โดยใช้บิกเกอร์ขนาด 1 ลิตร จำนวน 6 ใบ ความเร็วสามารถควบคุมได้จาก 0 – 100 รอบต่อนาที

4.3 การดำเนินการวิจัย

4.3.1 หาปริมาณสารส้มที่พอเหมาะ เนื่องจากน้ำดิบสังเคราะห์ที่ใช้ในการวิจัยมีปริมาณอัลคาไลนิตี้พอเพียง ค่าพีเอ็ชของน้ำดิบสังเคราะห์มีค่าเท่ากับ 7.8 จึงไม่ต้องเติมไลม์ ตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำ Jar Test ได้แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำ Jar Test

ตัวแปร	เงื่อนไขที่ใช้ทดลอง
1. น้ำดิบสังเคราะห์	
1.1 ความขุ่น	200 เจทียู
1.2 pH	7.8
1.3 อัลคาไลนิตี้	70 พีพีเอ็ม ในรูป แคลเซียมคาร์บอร์เนต
2. การผสม	
2.1 ผสมเร็ว	
2.1.1 จำนวนรอบต่อเวลา	100 รอบต่อนาที
2.1.2 ระยะเวลาผสมเร็ว	1 นาที
2.2 ผสมช้า	
2.2.1 จำนวนรอบต่อเวลา	35 รอบต่อนาที
2.2.2 ระยะเวลาผสมช้า	29 นาที
3. สารส้ม	
ปริมาณที่ใช้	เปลี่ยนแปลงปริมาณ
4. การตกตะกอน	
ระยะเวลาตกตะกอน	30 นาที
5. อุณหภูมิ	อุณหภูมิของห้อง

ขั้นตอนในการทำ Jar Test มีดังนี้คือ

ก. นำตัวอย่างน้ำดิบสังเคราะห์ใส่ในบิกเกอร์ขนาด 1 ลิตร 6 ใบ ใบละ 1 ลิตร

ข. เปิดเครื่องกวนให้มีความเร็ว 100 รอบต่อนาที

ค. ใส่สารเคมีที่จะทำการศึกษาลงในบิกเกอร์แต่ละใบ ปริมาณต่าง ๆ กัน

ง. หลังจากใส่สารเคมีแล้ว กวนด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เพื่อให้สารส้มกระจายไปทั่วน้ำ

จ. ลดความเร็วของเครื่องกวนลงให้อยู่ในอัตรา 35 รอบต่อนาที กวนต่อไปอีก 29 นาที เพื่อให้ฟล็อคที่เกิดได้เคลื่อนไปรวมตัวกับความขุ่นที่มีอยู่ในน้ำ ทำให้ฟล็อคมีขนาดโต และหนักขึ้นพอที่จะแยกตัวออกจากน้ำ

ฉ. เมื่อใช้เวลากวนทั้งหมดครบ 30 นาที แล้วหยุดเครื่องกวนทิ้งให้ตกตะกอน 30 นาที หลังจากนั้นใช้วิธีกาลักน้ำเอาน้ำใสส่วนบนไปหาคุณลักษณะของน้ำทางฟิสิกส์และเคมี

4.3.2 วิธีการทดลองวิจัย

การทดลองวิจัยได้กำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

<u>ตารางที่ 4.2</u> แสดงตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองเครื่องทำตะกอนแบบใช้ของแข็งเป็นตัวกลาง

ตัวแปร	เงื่อนไขที่ใช้ในการทดลอง
1. น้ำดิบสังเคราะห์	
1.1 ความขุ่น	200 เจทียู
1.2 pH	7.8
1.3 อัลคาไลน์นิตี้	70 พีพีเอ็มในรูปแคลเซียมคาร์บอร์เนต

ตัวแปร	เงื่อนไขที่ใช้ในการทดลอง
2. สารส้ม	
ปริมาณที่ใช้	100 พีพีเอ็ม
3. ขนาดของตัวกลาง	
1.1 ตัวกลางขนาดเดียวแต่ละการทดลอง	เปลี่ยนแปลง 4 ขนาด ϕ 1 – 2, 2 – 5, 5 – 10, และ 10 – 20 มม.
1.2 ตัวกลางหลายขนาดเรียงลำดับกันจากขนาดเล็กไปหาขนาดใหญ่	เปลี่ยนแปลง 3 แบบ ϕ 1 – 2 + ϕ 2 – 5 มม. ϕ 1 – 2 + ϕ 2 – 5 + ϕ5 – 10มม. ϕ 1 – 2 + ϕ 2 – 5 + ϕ 5 – 10 + ϕ 10 – 20 มม.
4. ความลึกของตัวกลาง	
1.1 สำหรับตัวกลางขนาดเดียวในแต่ละการทดลอง	เปลี่ยนแปลงความลึก 3 ขนาด 0.50, 1.00 และ 1.50 ม.
1.2 สำหรับตัวกลางหลายขนาดเรียงลำดับจากขนาดเล็กขึ้นไป	
1.2.1 แบบ ϕ 1 – 2 + ϕ2 –5 มม.	เปลี่ยนแปลงความลึก 3 แบบ 0.25 + 0.25 ม. 0.50 + 0.50 ม. 0.50 + 1.00 ม.

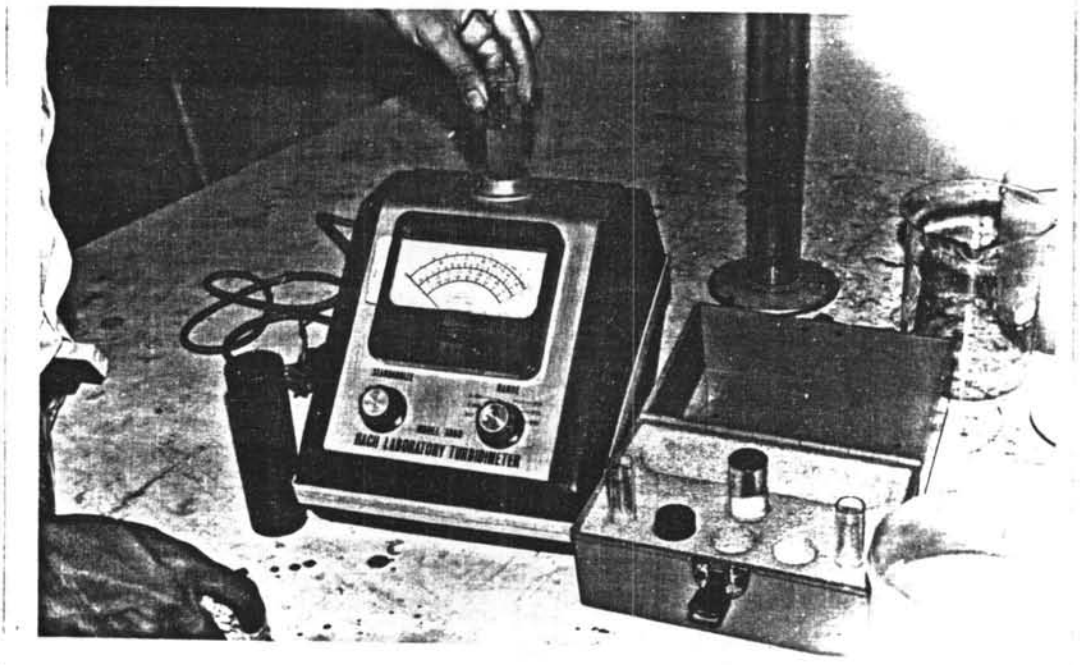
1.2.2 แบบ ϕ1–2/2–5/5–10มม.	เปลี่ยนแปลงความลึก 3 แบบ 0.125 + 0.125 + 0.25 ม. 0.25/0.25/ 0.50 ม. 0.50/ 0.50/ 0.50 ม.
1.2.3 แบบ ϕ1–2/2–5/5–10/10–20มม.	เปลี่ยนแปลงความลึก 3 แบบ 0.125/0.125/0.125/0.125 ม. 0.25/0.25/ 0.25/ 0.25 ม. 0.25/0.25 /0.50/ 0.50 ม.

5. อัตราการไหลผ่านตัวกลาง

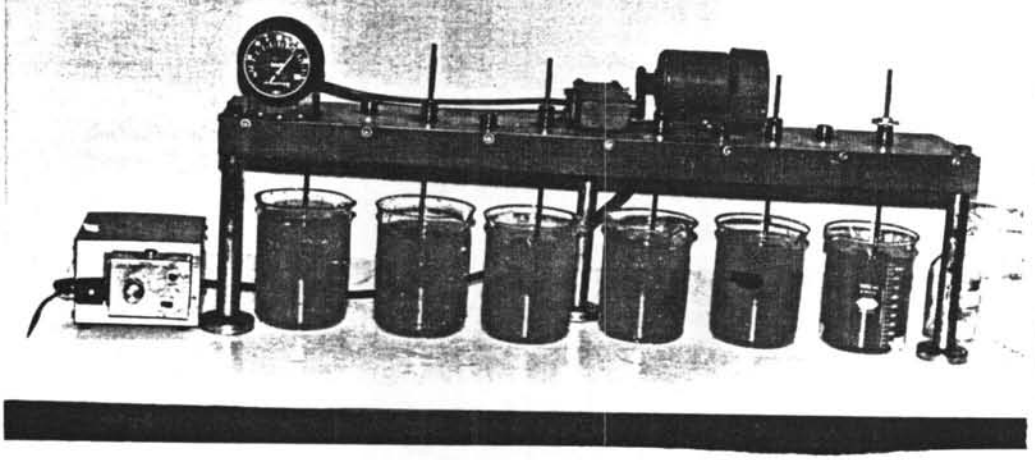
5.1 สำหรับตัวกลางขนาดเดียวในแต่ละการทดลอง	เปลี่ยนแปลง 6 ขนาด 0.25, 0.49, 0.74, 0.99, 1.23 และ 1.48 $ม^3/ม^2$–นาที
5.2 สำหรับตัวกลางหลายขนาดเรียงลำดับจากขนาดเล็กขึ้นไป	เปลี่ยนแปลง 3 ขนาด 0.49, 0.99 และ 1.23 $ม^3/ม^2$– นาที

6. ระยะเวลาการทดลองแต่ละครั้ง

6.1 สำหรับตัวกลางขนาดเดียวในแต่ละการทดลอง	3 ชั่วโมง
6.2 สำหรับตัวกลางหลายขนาดเรียงลำดับจากขนาดเล็กขึ้นไป	2 ชั่วโมง

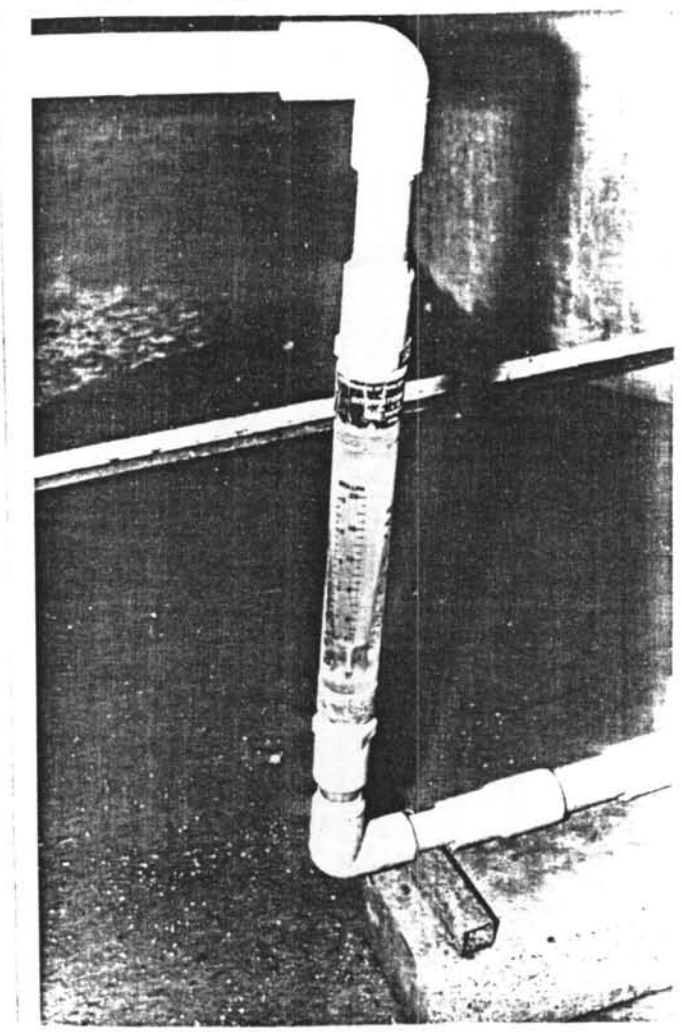


รูปที่ 4.2 แสดง เครื่องมือวัดความขุ่น

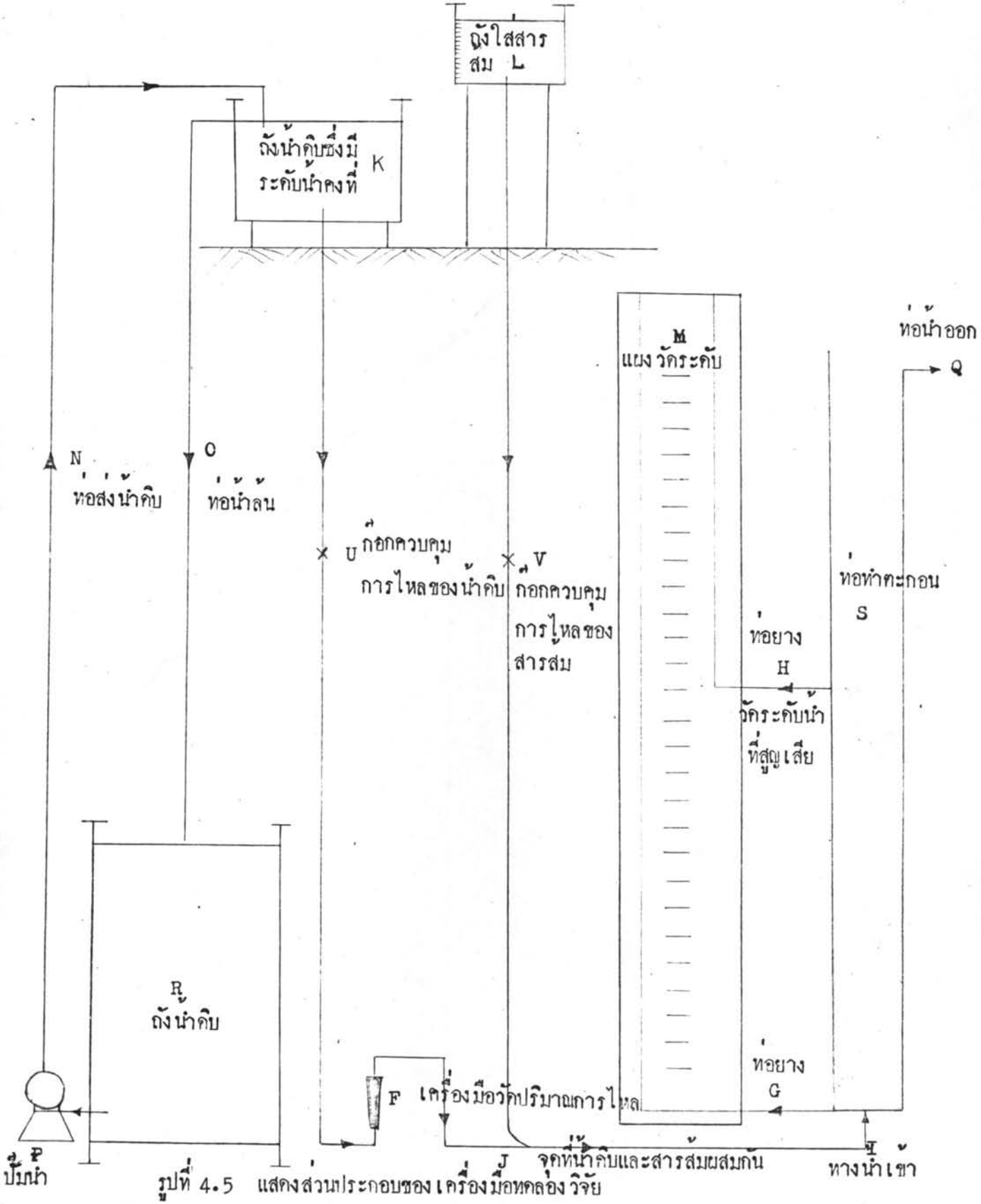


รูปที่ 4.3 แสดง Jar Test

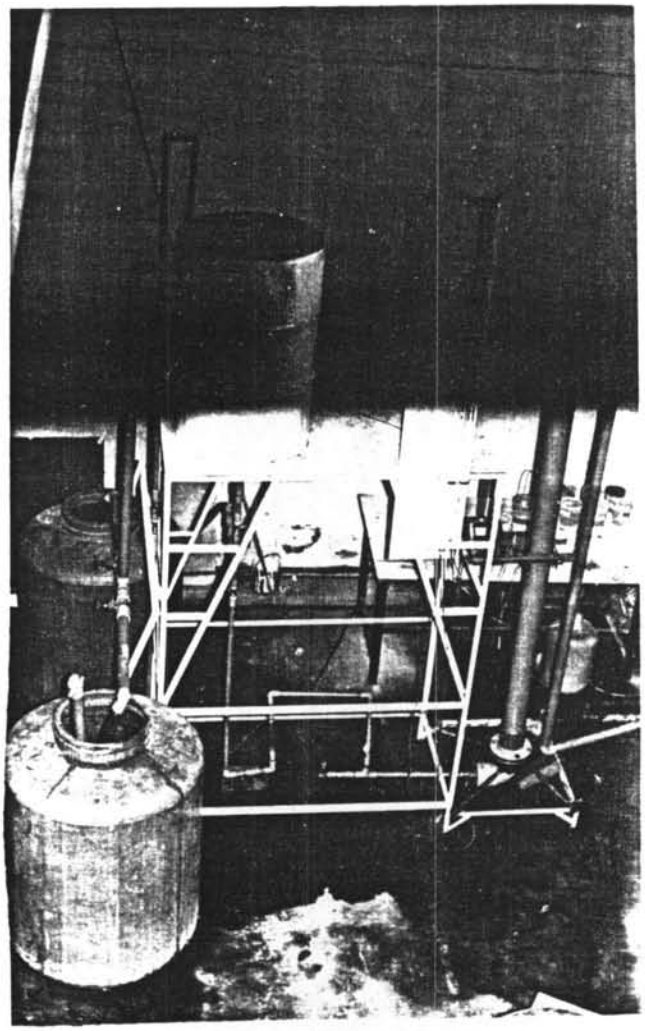
17053146



รูปที่ 4.4 แสดงเครื่องมือวัดปริมาณการไหลของน้ำชนิดใช้ลูกลอยเป็นครรชนี



รูปที่ 4.5 แสดงส่วนประกอบของเครื่องมือทดลองวิจัย



รูปที่ 4.6 แสดงการติดตั้งเครื่องมือทดลอง

ขั้นตอนในการทดลอง เครื่องทำตะกอนแบบใช้ของแข็งเป็นตัวกลาง (ดังรูปที่ 4.5) มีดังนี้คือ

สูบน้ำดิบสังเคราะห์ที่มีความขุ่น 200 เจทียู จากถัง R ด้วยปั๊ม P ไปตามท่อส่ง N ขึ้นไปสู่ถังน้ำดิบที่มีระดับคงที่ K น้ำล้นจะไหลผ่านท่อน้ำล้น O กลับสู่ถัง R น้ำดิบที่ต้องการจะทดลองจะไหลผ่านเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำชนิดใช้ลูกลอยเป็นครรชนี F ส่วนปริมาณการไหลควบคุมได้ด้วยก๊อก U น้ำดิบจะไหลผสมกับสารส้มซึ่งเก็บในถังสูง L ที่มีขีดบอกปริมาตร และควบคุมปริมาณการไหลด้วยก๊อก V น้ำดิบผสมกับสารส้มที่จุด J แล้วไหลเข้าทางด้านล่าง I ของท่อทำตะกอน S ซึ่งภายในบรรจุกรวดขนาดต่าง ๆ เป็นตัวกลาง การวัดค่าระดับน้ำที่สูญเสียวัดได้ด้วยแผงวัดระดับ M ซึ่งมีท่อย่างรับน้ำ H, G จากท่อทำตะกอนที่ระดับต่าง ๆ ที่ต้องการ

4.4 การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำจะทำการเก็บทุก ๆ 1 ชั่วโมง หลังจากการทดลองแต่ละครั้ง โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึก 0.50, 1.00 หรือ 1.50 ม. แล้วแต่ขนาดความลึกที่ใช้ในแต่ละการทดลอง ก่อนเก็บตัวอย่างน้ำจาก sampling point จะปล่อยให้น้ำในท่อทำตะกอนไหลทิ้งไปก่อนประมาณ 200 ลบ.ซม. ทุกครั้ง แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำใส่บิกเกอร์ขนาด 1,000 ลบ.ซม. และขนาด 200 ลบ.ซม.

4.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

4.5.1 การวัดความขุ่นของน้ำ ตัวอย่างน้ำที่เก็บใส่บิกเกอร์ขนาด 1,000 ลบ.ซม. จะวัดความขุ่นของน้ำใสส่วนบนหลังจากทิ้งตกตะกอนในบิกเกอร์ 10 นาที และ 30 นาที โดยใช้วิธีกาลักน้ำดูดน้ำใสส่วนบน แล้วนำไปวัดด้วยเครื่องวัดความขุ่น แบบ Hach Model 1860 และเพื่อเปรียบเทียบผลการทำงานของเครื่องทำตะกอนแบบใช้ของแข็งเป็นตัวกลาง ให้เห็นเด่นชัดจึงเปลี่ยนเป็นในรูปของประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น (ϵ)

ดังสมการ

$$\epsilon = \frac{1}{\text{ความขุ่นที่เหลือหลังทิ้งตกตะกอน 30 นาที}}$$

จากสมการ ถ้าความขุ่นมีมากประสิทธิภาพในการทำตะกอนจะต่ำ และในทางกลับกัน ถ้าความขุ่นน้อยประสิทธิภาพในการทำตะกอนจะสูง

4.5.2 การวัดสารแขวนลอยของน้ำตัวอย่าง ในแต่ละ 1 ชั่วโมง หลังจากการทดลองจะเก็บตัวอย่างน้ำดิบ และน้ำตัวอย่างที่เก็บในบิกเกอร์ 200 ลบ.ซม. นำมาคนไม่ให้ตกตะกอนเพื่อนำไปหาสารแขวนลอย โดยหาน้ำหนักที่ค้างบนกระดาษกรองแล้วคำนวณหาสารแขวนลอย(SS)จากนั้นสามารถหาเปอร์เซ็นต์ในการกำจัดหรือการเก็บกักในชั้นตัวกลางดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกำจัดในชั้นตัวกลาง} = \frac{\text{SS ของน้ำดิบ} - \text{SS ของน้ำหลังผ่านตัวกลาง}}{\text{SS ของน้ำดิบ}} \times 100$$