บทที่ 3

วัสดุ และการดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การทดลองเกี่ยวกับการทำงานของถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแคร์ไฟเออร์ ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ได้ติดตั้งเครื่องมือการทดลองชนิดต้นแบบที่โรงกรองน้ำที่ 3 สามเสน การประปานครหลวง กรุงเทพมหานคร ตลอดการทดลอง

3.1 น้ำดิบ

น้ำดิบที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำดิบจากคลองประปาสามเสน ซึ่งเป็นแหล่งน้ำเดียวกันกับที่การประปานครหลวงใช้ผลิตน้ำประปา การทดลองเริ่มตั้งแต่วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2522 - วันที่ 29 กันยายน 2522 การวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำดิบทั้งทางเคมีและฟิสิคส์ ใช้ห้องวิเคราะห์ของกองควบคุมคุณภาพน้ำ โรงกรองน้ำสามเสน กรุงเทพมหานคร ตลอดการทดลอง ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิคส์ พอสรุปได้ดังนี้

3.1.1 ความขุ่นของน้ำดิบตลอดการทดลองจะมีค่าเปลี่ยนแปลงดังนี้ ค่าความขุ่นต่ำสุดของน้ำ 19 JTU ค่าความขุ่นของน้ำสูงสุด 120 JTU. และค่าความขุ่นเฉลี่ย 55 JTU

3.1.2 ความเข้มข้นอนุภาคแขวนลอยในน้ำดิบตลอดการทดลอง จะมีค่าเปลี่ยนแปลงดังนี้ ปริมาณอนุภาคแขวนลอยในน้ำสูงสุด 132 มก/ล ปริมาณอนุภาคแขวนลอยต่ำสุดในน้ำ 25 มก/ล ค่าเฉลี่ยปริมาณอนุภาคแขวนลอยในน้ำ 64.23 มก/ล

3.1.3 ปริมาณน้ำสารส้มที่เหมาะสมเพื่อใช้ในกระบวนการโคเอกูเลชั่น มีค่าเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 25 มก/ล ถึง 90 มก/ล โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 46.55 มก/ล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติน้ำดิบ

3.1.4 ค่าความเป็นด่างของน้ำระหว่างการทดลอง มีค่าสูงสุด 98 มก/ล มีค่าต่ำสุด 46 มก/ล และมีค่าเฉลี่ย 82.72 มก/ล

3.1.5 ค่า pH ของน้ำ ตลอดการทดลอง มีค่าสูงสุด 8.30 ค่าต่ำสุด 6.70 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 7.49 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงมาตรฐานน้ำดิบ

3.1.6 อุณหภูมิของน้ำ ตลอดการทดลองมีค่าเปลี่ยนแปลงดังนี้ อุณหภูมิสูงสุด 33.50° c อุณหภูมิต่ำสุด 28° c ค่าเฉลี่ย 31.24° c

3.1.7 คุณสมบัติอื่น ๆ ทางเคมีและฟิสิคส์ของน้ำดิบระหว่างการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

3.2 ตัวแปรอิสระที่จะทำการวิจัย

ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแคร์ไฟเออร์ที่ใช้แผ่นขนานเอียง ซึ่งจะทำการวิจัยตามตารางที่ 2

3.2.1 อัตราน้ำล้นถัง เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของถังตกตะกอนของน้ำที่ผ่านการทำโคเอกูเลชั่น ซึ่งทำให้อนุภาคแขวนลอยรวมตัวกันเป็นฟล็อก (Camp, 1946) อัตราน้ำล้นถังสำหรับถังตกตะกอนแต่ละชนิดสามารถหาได้โดยการทำ Jartest เพื่อหาชนิดโคเอกูแล้นท์, ปริมาณที่เหมาะสมของสารโคเอกูแล้นท์ และกระบวนการทำให้เกิดฟล็อคที่ดีที่สุด โดยปกติวิศวกรผู้ออกแบบมักจะใช้สูตรในอดีต, วิเคราะห์หาคุณสมบัติน้ำและหาตัวโคเอกูแล้นท์ที่เหมาะสม เพื่อเป็นตัวกำหนดอัตราน้ำล้นถัง แต่อย่างไรก็ตามจะต้องคำนึงถึงฤดูกาลและคุณสมบัติของน้ำดิบที่เปลี่ยนแปลงด้วย (J. Donal Walker,)

ตามตารางที่ 3 อัตราน้ำล้นถังที่เหมาะสมสำหรับถังตกตะกอนโดยทั่วไปตามประเภทของสารโคเอกูแล้นท์

ตารางที่ 1 สรุปคุณสมบัติน้ำดิบ

Characteristic	Mareimum value	Minimum value	average value	St.drinking water
Turbidity (JTU)	120	19	55	5
Suspended Solid (Mg/L)	132	25	64.23	-
Alum dese (Mg/L)	90	25	46.55	-
Temperature (°C)	33.50°	28°	31.24	-
PH	8.30	6.70	7.49	6.5-8.5
Dissolved Solid (Mg/L)	170	63	111.53	-
Total Alkalinity (Mg/L)	98	46	82.72	-
Total Hardnessas $CaCo_3$ (Mg/L)	112	78	94.19	300
Carbonate Hardness (Mg/L)	96	46	82.16	-
Non Carbonate Hardness as $CaCo_3$ (Mg/L)	34	nil	12.03	-
Chloride as Chlorine	32	5	11.78	330
Sulfate as Sodium sulfate (Mg/L)	432.90	18.50	82.13	250
Oxygen Consumed 37°C, 3hr (Mg/L)	7.44	1.259	2.40	1
Free Ammonia as N (Mg/L)	0.596	.008	0.15	0.05
Dissolved Oxygen (Mg/L)	7	4.80	6	-

ตารางที่ 2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของถังตกตะกอนซึ่งจะทำการวิจัย

ตัวแปร	ค่ากำหนดที่จะทำการวิจัย	
1. อัตราน้ำล้นถัง	0.1629, 0.1221, 0.0814, 0.0407	$ม^3/ม^2/นาที$
2. ระยะห่างแผ่นขนาน	10, 20, 30, 40	ซม.
3. ขนาดมุมเอียงแผ่นขนานกับพื้นระดับ	90°, 75°, 60°, 45°	องศา
4. ขนาดดีเฟลคเตอร์	1, 3, 6, 7, 9, 13, 17, 21	ซม.
5. ระยะห่างดีเฟลคเตอร์บนแผ่นขนานเอียง	10, 20, 30, 40, 50, 60	ซม.
6. PH ของน้ำ	6.5 - 8.5	
7. อุณหภูมิของน้ำ	เปลี่ยนแปลง	
8. ค่าความเป็นด่างของน้ำ	เปลี่ยนแปลง	
9. ปริมาณน้ำสารส้ม	เปลี่ยนแปลงตามคุณสมบัติน้ำดิบของน้ำดิบ	

ตารางที่ 3 Safe Overflow Rates for Clarifiers

Application		Surface Loading Rate	
		gal/day/H^2	M^3/M^2/day
Lime Softening	(low magnesiam)	2000	81
	(high magnesium)	1600	65
Alum Coagulation	(turbidity removal)	1200	49
	(colour removal)	900-1000	37-41

จากตารางที่ 3 สำหรับน้ำที่ใช้น้ำสารส้มเป็นโคเอกูแอ้นท์ สำหรับการกำจัดความขุ่น อัตราน้ำล้นประมาณ 49 $ม^3/ม^2$/วัน หรือประมาณ 0.034 $ม^3/ม^2$/นาที

สำหรับถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคที่ Degremont ได้ออกแบบไว้ที่เมือง La-Yaura Medellin (Columbia) อัตราน้ำล้นที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน 0.0752 $ม^3/ม^2$/นาที (Degremont)

จากข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว การทดลองครั้งนี้จึงใช้อัตราน้ำล้นถังที่ 0.1629, 0.1221 0.0814, และ 0.0407 $ม^3/ม^2$/นาที เพื่อพิจารณาว่าจะสามารถเพิ่มอัตราน้ำล้นเข้าถังได้มากน้อยเพียงใด

3.2.2 ระยะห่างระหว่างแผ่นขนานภายในถัง ระยะห่างแผ่นขนานภายในถังเป็นตัวแปรที่สำคัญ ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของถัง เพราะระยะห่างระหว่างแผ่นขนานเอียงของถังจะมีผลโดยตรงกับปริมาณพื้นที่สัมผัสภายในถัง, ก่าเรโนลด์นัมเบอร์ของการไหลของน้ำภายในถัง, การกระจายน้ำให้ไหลสม่ำเสมอ เพราะประสิทธิภาพในการแยกตะกอนของถังตกตะกอนขึ้นกับพื้นที่สัมผัสภายในถัง และการไหลของเหลวภายในถัง (Hazen, 1904) หากระยะห่างแผ่นขนานภายในถังน้อย ปริมาณพื้นที่สัมผัสภายในถังจะสูง และก่าเรโนลด์นัมเบอร์การไหลของของเหลวจะต่ำ ซึ่งมีผลให้ถังมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ถังตกตะกอนแบบ Super Pulsator ได้กำหนดระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน 33 ซ.ม. (Walton, 1975)

ในการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบระยะห่างแผ่นขนานต่อประสิทธิภาพการทำงานของถังใช้ที่ระยะ 10 ซม., 20 ซม., 30 ซม. และ 40 ซม.

3.2.3 ขนาดมุมระหว่างแผ่นขนานเอียงภายในถังกับพื้นระดับถัง มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของถังตกตะกอน ทั้งนี้เพราะว่าขนาดมุมเอียงของแผ่นขนานภายในถังมีผลในการเพิ่มความเข้มข้นของตะกอนในช่วง sludge blanket นอกจากนี้ยังช่วยลดความเร็วในแนวดิ่งของน้ำที่ไหลเข้าถังให้ต่ำลง ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มอัตราน้ำไหลเข้าถังให้สูงขึ้น ดังนั้นที่อัตราน้ำไหลเข้าถังเดียวกันถังตกตะกอนที่ใช้แผ่นขนานเอียงสามารถลดขนาดของถังลงได้ ขนาดมุมเอียงแผ่นขนานที่เหมาะสมจะต้องทำให้การไหลของน้ำในช่วง sludge blanket เกิดการหมุนเวียนในขณะเดียวกันการไหลของน้ำในช่วงน้ำใสเกิดการไหลแบบราบเรียบ (Walton, 1975)

ขนาดมุมเอียงที่เหมาะสมของถังตกตะกอนแบบต่าง ๆ ที่ใช้กันอยู่มีดังนี้ tube settler ใช้ขนาดมุมเอียงตลอด 60°, ถังตกตะกอนแบบ Super Pulsator ใช้ขนาดแผ่นขนานเอียง 60°

ในการทดลองครั้งนี้ได้ศึกษาขนาดมุมเอียงของแผ่นขนานเอียงกับแนวระดับที่ขนาดมุม 90°, 75°, 60° และ 45°

3.2.4 ระยะห่างการติดตั้งแผ่นดีเฟลคเตอร์บนแผ่นขนานเอียงเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของถัง ทั้งนี้เพราะว่าแผ่นดีเฟลคเตอร์เป็นตัวช่วยให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำภายในถัง ดังนั้นในช่วง sludge blanket หากมีเฟลคเตอร์วางในตำแหน่งที่เหมาะสมแล้ว จะช่วยให้เกิดการจับตัวของฟล็อกได้เร็วขึ้น ซึ่งเป็นผลให้เพิ่มความเข้มข้นของอนุภาคแขวนลอยในช่วง sludge blanket

ในการทดลองได้ทดลองโดยกำหนดระยะห่างแผ่นดีเฟลคเตอร์ที่ติดตั้งบนแผ่นขนานเอียงที่ระยะ 10 ซม., 20 ซม., 30 ซม., 40 ซม., 50 ซม., และ 60 ซม. (ขึ้นกับขนาด) ของดีเฟลคเตอร์ และระยะห่างแผ่นขนานเอียงด้วย)

3.2.5 ขนาดดีเฟลคเตอร์ที่ติดตั้งบนแผ่นขนานเอียงเป็นตัวแปร อิทธิพลของขนาดของดีเฟลคเตอร์ ต่อประสิทธิภาพการทำงานของถังตกตะกอนได้กล่าวมาแล้วในข้อ (3.2.4)

ในการทดลองใช้ดีเฟลคเตอร์ที่ขนาด 1 ซม., 3 ซม., 5 ซม., 7 ซม., 9 ซม., 13 ซม., 17 ซม. และ 21 ซม.

3.2.6 อุณหภูมิ เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการตกตะกอนของอนุภาคแขวนลอยที่ได้รวมตัวกันขนาดโตขึ้น ประสิทธิภาพการตกตะกอนจะลดน้อยลง เมื่ออุณหภูมิต่ำลง เพราะน้ำที่อุณหภูมิต่ำย่อมมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำที่อุณหภูมิสูง

ในการทดลองไม่สามารถกำหนดอุณหภูมิห้องทดลองได้ เพราะการทดลอง ทดลองในระบบการผลิตจริง เพียงแต่ได้วัดอุณหภูมิของน้ำในถังตลอดการทดลอง

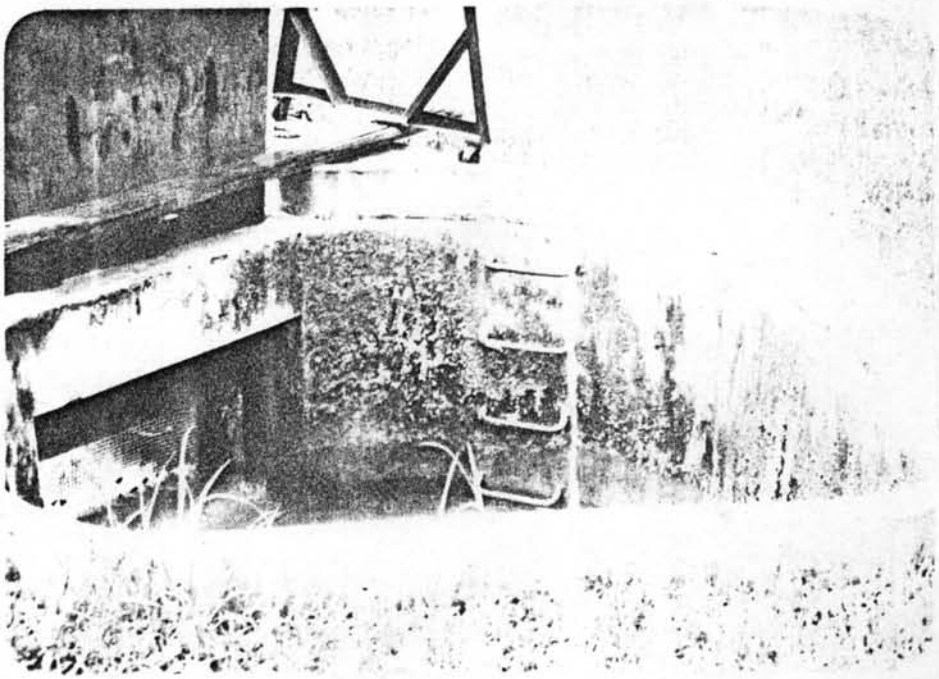
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยท่อพักน้ำดิบ, เครื่องสูบน้ำ ถังจ่ายน้ำสารส้ม, เครื่องวัดปริมาณน้ำเข้าถังตกตะกอน, ถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทค-แคร์ไฟเออร์ที่ใช้แผ่นขนานเอียง

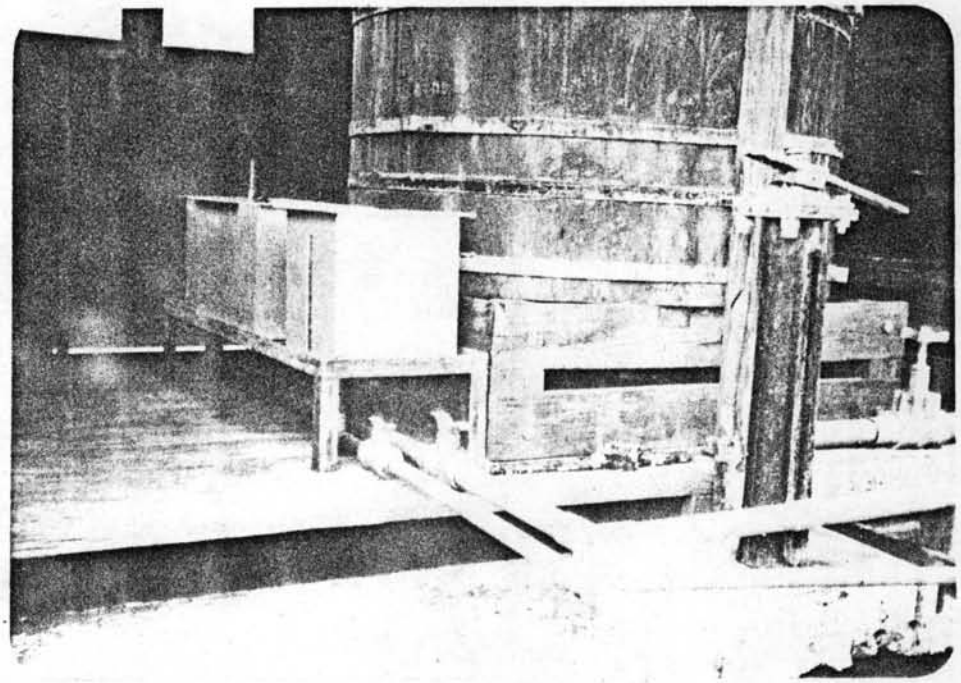
3.3.1 บ่อพักน้ำดิบขนาดกว้าง 1.70 เมตร ยาว 1.70 เมตร ลึก 3 เมตร ลักษณะเป็นบ่อคอนกรีต ตามรูปที่ 14 เพื่อใช้เป็นท่อพักน้ำดิบ ที่ไหลมาจากคลองประปาสามเสน เพื่อจะถูกเข้าถังตกตะกอน

3.3.2 เครื่องสูบน้ำ สำหรับสูบน้ำจากบ่อพักน้ำดิบ เพื่อส่งเข้าถังตกตะกอนตามปริมาณอัตราการไหลที่ต้องการ (สำหรับถังกรองที่ 3 ประมาณ 1350 $ม^3$/ชม.)

3.3.3 ถังจ่ายน้ำสารส้มตามรูปที่ 15 (ลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมเพราะเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งกว้าง 0.30 ม. ยาว 0.60 ม. ลึก 0.34 ม. สำหรับรับน้ำสารส้มจากถังเก็บน้ำสารส้ม เพื่อที่จะจ่ายต่อไปยังส่วนที่ 2 ขนาดกว้าง 0.30 ม. ยาว 0.30 ม. ลึก 0.34 ม. จะจ่ายน้ำสารส้มเข้าสู่ท่อน้ำดิบ ซึ่งในส่วนที่จะจ่ายน้ำสารส้มจะมีประตูปิดเปิด



รูปที่ 14 แสดงบ่อเก็บน้ำดิบ



รูปที่ 15 แสดงลักษณะของถังควบคุมการจ่ายปริมาณน้ำเสียสัมฤทธิ์

สำหรับควบคุมปริมาณน้ำสารส้มที่จ่ายไป โดยมีตัวเลขบอกไว้ข้างถัง และสามารถปล่อยปริมาณน้ำสารส้มได้ตรงกับค่าที่หาได้จากการทำ Jar test ซึ่งจะได้เป็นค่า Optimum dose

3.3.4 เครื่องวัดปริมาณน้ำเข้าถังตกตะกอน (flow meter) ตามรูปที่ 16 ลักษณะเป็นท่อหลอดแก้วใส วางลักษณะตั้งตรง ติดต่อกับท่อนำน้ำเข้าถัง ด้านข้างจะมีตัวเลขแสดงปริมาณน้ำไหลเข้าถัง โดยมีลูกลอยภายในหลอดแก้วเลื่อนขึ้นลงตามปริมาณน้ำไหลเข้าถัง สามารถวัดปริมาณน้ำเข้าถังได้สูงสุด 32 ลิตร/นาที ต่ำสุด 6 ลิตร/นาที

3.3.5 ถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแคร์ไฟเออร์ ที่ใช้แผ่นนานเอียงตามรูปที่ 13 (แสดงลักษณะภายนอกถัง) และตามรูปที่ 17 (แสดงลักษณะภายในถัง) เป็นถังตกตะกอนที่สร้างจากชนิดต้นแบบ ขนาดกว้าง 0.70 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 2 เมตร (ส่วนกว้างแบ่งเป็น 2 ส่วน : ส่วนที่ 1 สำหรับวางแผ่นขนานเอียงกว้าง 0.40 เมตร และสำหรับเป็นส่วนที่ใช้เก็บตะกอนส่วนเกินกว้าง 0.30 เมตร) โดยมีส่วนประกอบตามรายละเอียดดังนี้

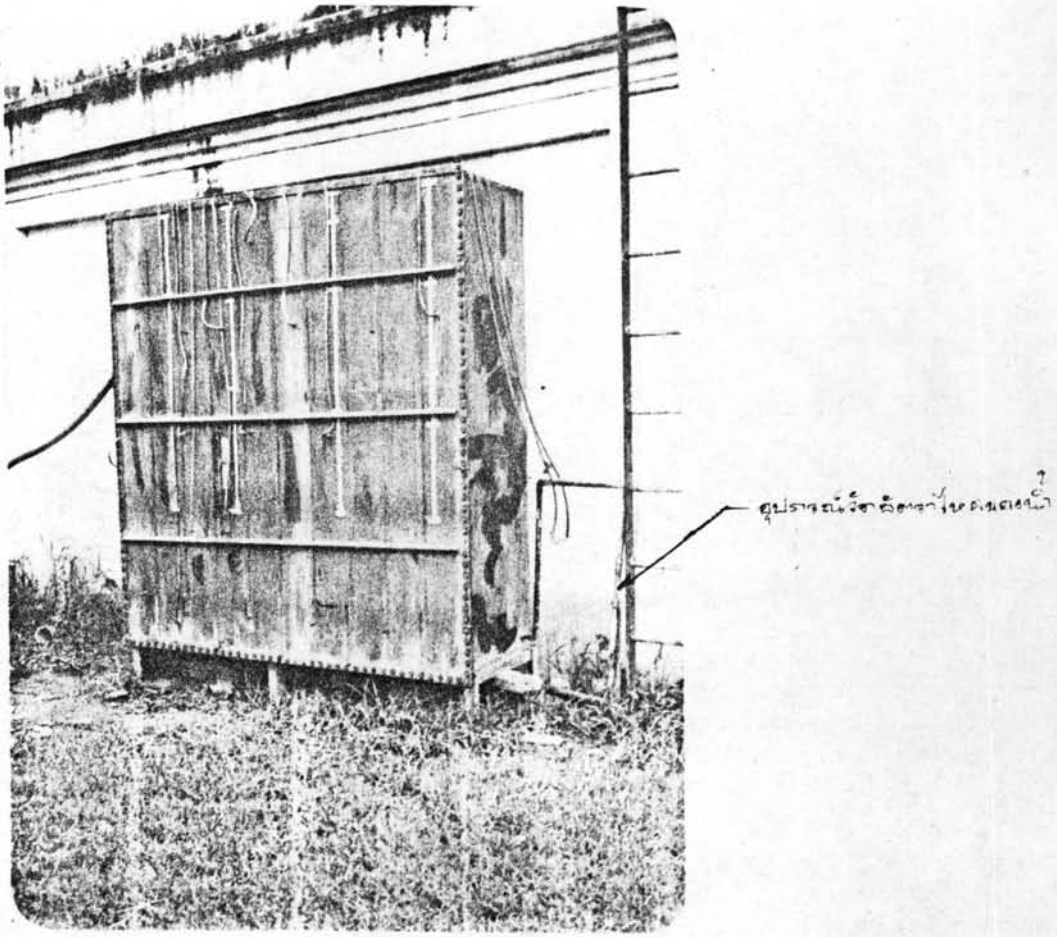
3.3.5.1 ท่อนำน้ำดิบเข้า เป็นท่อเหล็กอาบสังกะสี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน $\frac{3}{4}$ นิ้ว นำน้ำดิบที่ผ่านการทำโคเอกูแล้นท์ไหลผ่านเครื่องวัดปริมาณน้ำเข้าถังส่วนล่างเข้าสู่ทางกระจายน้ำดิบซึ่งอยู่ส่วนล่างของถัง

3.3.5.2 ทางกระจายน้ำดิบ มีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมขนาดกว้าง 0.30 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 1 เมตร เมื่อรับน้ำที่ผ่านมาจากท่อนำน้ำเข้าส่งต่อไปตามท่อกระจายน้ำดิบ ซึ่งอยู่ส่วนล่างสุดของถัง

3.3.5.3 ท่อกระจายน้ำดิบ อยู่ส่วนล่างสุดของถังมีลักษณะเป็นท่อเหล็กอาบสังกะสี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ยาว 0.40 เมตร มีรูเล็กสำหรับกระจายน้ำดิบขนาด $\frac{1}{8}$ นิ้ว ทางส่วนล่างตลอดความยาวท่อ

3.3.5.4 แผ่นขนานเอียงลักษณะเป็นเหล็กแผ่นเรียบขนาดกว้าง 0.40 ม. ความยาวเปลี่ยนแปลงตามขนาดมุมเอียง แต่ส่วนสูงจากของแผ่นขนานเอียงกับพื้นถังเท่ากับ 1.50 เมตร

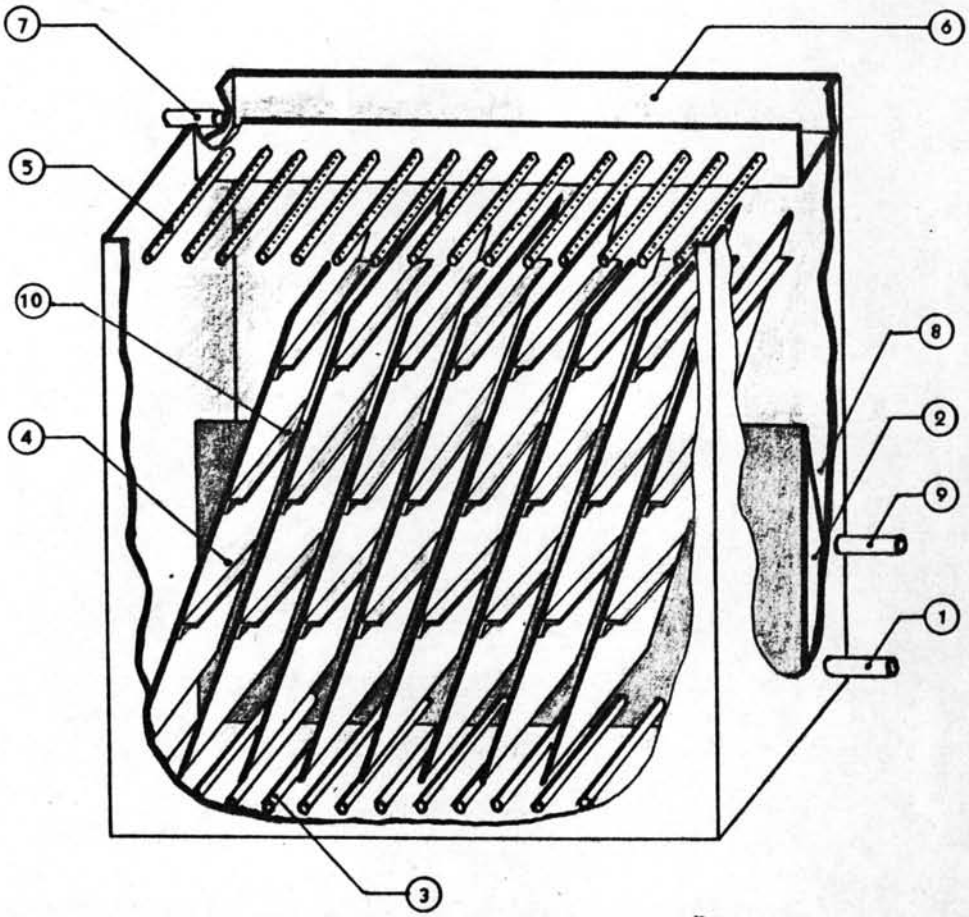
3.3.5.5 ท่อรับน้ำใส ลักษณะเป็นท่อเหล็กอาบสังกะสี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ยาว 0.40 เมตร มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{8}$ นิ้ว ตลอดความยาวส่วนบนสำหรับรับน้ำใส



รูปที่ 16 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดปริมาตรน้ำเข้าถัง กันถังตกตะกอน

ถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้แผ่นขนานเอียง

INCLINED PARALLEL PLATES SOLID CONTACT CLARIFIER



รูปที่ 17 แสดงรายละเอียดภายในถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทค ที่ใช้แผ่นขนานเอียง

1. ท่อน้ำดิบเข้า (Raw water inlet)
2. ทางกระจายน้ำดิบ (Raw water distribution duct)
3. ท่อกระจายน้ำดิบ (Perforated raw water distribution lateral)
4. แผ่นขนานเอียง (Inclined parallel plate)
5. ท่อรับน้ำใส (Perforated clarified water)
6. รางส่งน้ำใส (Clarified water outlet channel)
7. ท่อน้ำใสออก (Clarified water outlet)
8. ที่รวมตะกอน (Sludge concentrator)
9. ท่อถ่ายตะกอน (Sludge outlet)
10. ดีเฟลคเตอร์ (Deflector)

ส่วนบนถัง

3.3.5.6 รางรับน้ำใส ลักษณะเป็นรางสี่เหลี่ยม ขนาด 0.30 เมตร ยาว 2เมตร ขนาดเท่ากับความยาวถังเพื่อรอรับน้ำใสจากท่อรับน้ำใส

3.3.5.7 ท่อนำน้ำใสออก เป็นท่อเหล็กอาบสังกะสีขนาด 1 นิ้วอยู่ส่วนบนของถังด้านตรงกันข้ามกับท่อนำน้ำดิบเข้า และอยู่ในตำแหน่งส่วนล่างของรางรับน้ำใส เพื่อส่งน้ำใสไปยังถังกรอง

3.3.5.8 ที่รวมตะกอน อยู่ส่วนล่างของถังติดกับทางนำน้ำดิบเข้าถัง มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมคว่ำ ขนาดส่วนกว้างตอนบน 0.30 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 1.00 เมตร เพื่อใช้เป็นที่เก็บตะกอนส่วนเกินที่มีอยู่ใน sludge blanket และปล่อยให้ตะกอนควบแน่นตัวด้วยน้ำหนักตัวเอง

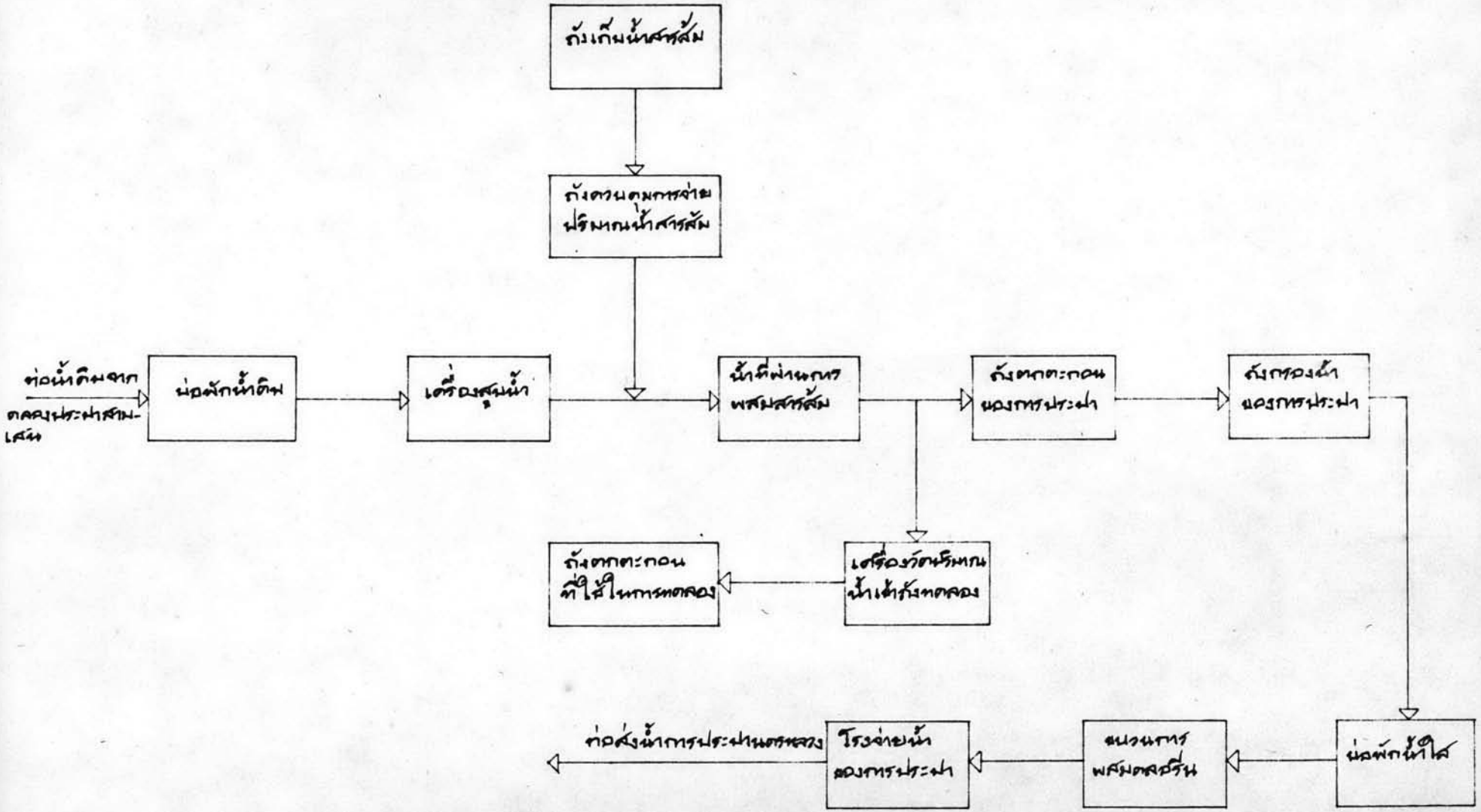
3.3.5.9 ท่อจ่ายตะกอน เป็นท่อเหล็กอาบสังกะสีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน $1\frac{1}{2}$ นิ้ว วางอยู่ด้านเดียวกับท่อนำน้ำใสออก คนละด้านกับท่อนำน้ำดิบเข้าถัง อยู่ในตำแหน่งส่วนล่างของที่รวมตะกอน

3.3.5.10 แผ่นดีเฟลคเตอร์ ลักษณะเป็นแผ่นเหล็กฉากสำหรับติดตั้งบนแผ่นขนานเอียงภายในถัง ทำจากเหล็กแผ่นเรียบ ความยาวเท่ากับความกว้างของแผ่นขนานเอียง 0.40 เมตร ขนาดระยะฉากมีหลายขนาดตามความต้องการที่ใช้ในการทดลอง

3.4 แผนผังระบบการทดลอง

ในการทดลองเกี่ยวกับการทำงานของถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแกริไฟเออร์ที่ใช้แผ่นขนานเอียง ได้ทำการทดลองโดยจัดวางเครื่องมือชนิดต้นแบบ (Pilot Plant Scale) เข้ากับระบบผลิตน้ำประปาจริงที่โรงกรองน้ำสามเสนที่ 3 (โดยให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกับถังตกตะกอน 3) ตามแผนผังระบบการติดตั้งถังตกตะกอนรูปที่ 18

น้ำดิบที่ใช้สำหรับทดลองไหลมาตามคลองประปาสามเสน ผ่านมาตามท่อนำน้ำดิบมารวมกับที่บ่อพักน้ำดิบ เครื่องสูบน้ำจากโรงสูงจะสูบน้ำดิบจากบ่อเก็บน้ำดิบ ส่งตามท่อไปยังถังตกตะกอน โดยระหว่างนี้จะมีการผสมน้ำสารส้มลงไปในเส้นท่อก่อนเข้าถังตกตะกอน หลัง-



รูปที่ 18 แผนผังระบบการติดตั้งถังตกตะกอนที่ใช้ในการทดลองกับระบบการผลิตน้ำประปา

จากน้ำดิบผ่านการทำโคเอกูเลชั่นแล้ว น้ำดิบก็จะถูกส่งไปยังถังตกตะกอน ซึ่งในส่วนนี้เอง ก็ถึงน้ำบางส่วนก่อนเข้าถังตกตะกอนของการประปามาเข้าถังตกตะกอน แบบโซลิดคอนแทค แคริไฟเออร์ โดยผ่านเครื่องวัดอัตราปริมาณน้ำเข้าถัง อัตราปริมาณน้ำเข้าถังสามารถควบคุมได้โดยใช้วาวปิดเปิดน้ำควบคุม

3.5 การดำเนินงานการทดลอง

การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของถังตกตะกอนแบบโซลิดกอนแทค ที่ใช้แผ่นขนานเอียง แยกเป็นรายละเอียดตามขั้นตอนดังนี้

3.5.1 การหาปริมาณน้ำสารส้มที่เหมาะสม (Optimum Alum Dosages) เมื่อใช้ผสมกับน้ำดิบในการทำโคเอกูเลชั่นเพื่อทำให้เกิดฟล็อคที่มีขนาดเหมาะสมในการตกตะกอน โดยการทำ

การทำ Jar Test เครื่องมือที่ใช้ตามรูปที่ 19 การทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. นำน้ำดิบจากบ่อเก็บน้ำดิบมาใส่บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร จำนวน 5 อัน

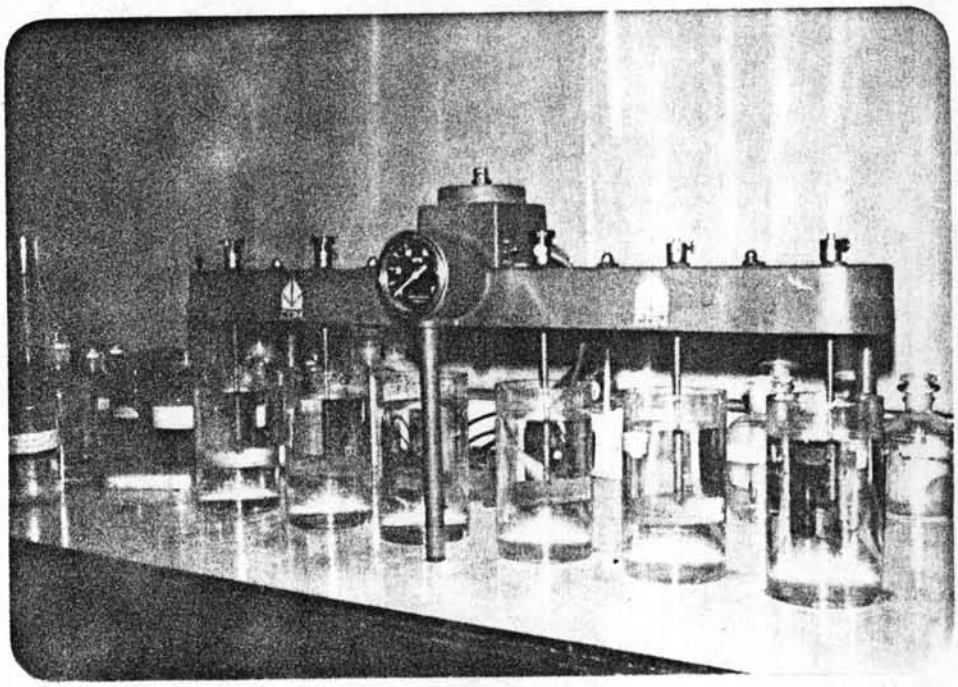
2. บีกเกอร์ที่บรรจุน้ำดิบวางตามตำแหน่งเครื่องกวน กวนเบา ๆ ด้วยความเร็วขนาด 20 รอบต่อนาที แล้วเติมสารละลายสารส้ม มีความเข้มข้น 1 % โดยน้ำหนัก (น้ำสารละลายสารส้ม 1 มล จะมีสารส้มหนัก 10 มก) ปริมาณมากน้อยตามความต้องการ

3. ทำ rapid mix ความเร็วการกวน 100 รอบ/นาที นานประมาณ 5 นาที

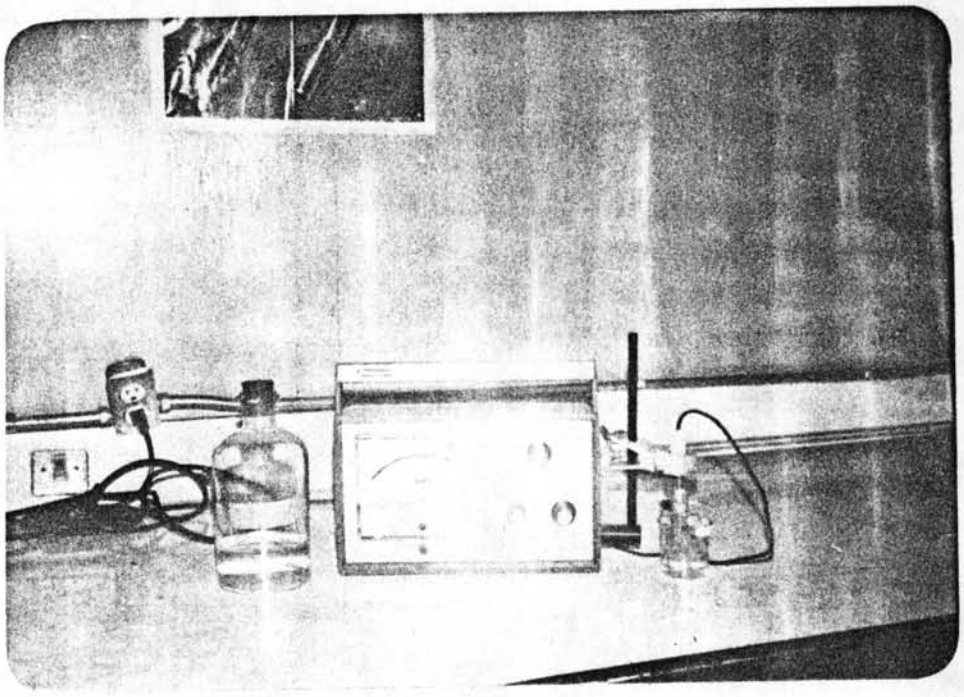
4. ทำ slow mix ความเร็วการกวน 50 รอบ/นาที นานประมาณ 5 นาที

5. หลังจากทำ slow mix ครบ 5 นาที ลดความเร็วเครื่องกวนเหลือ 20 รอบต่อนาที เพื่อดูขนาดของฟล็อก

6. หยุดเครื่อง 5 นาทีแล้วดูดน้ำใสที่ส่วนบนของแก้ว ต่ำจากระดับผิวน้ำประมาณ 5 ซม. นำไปวัดค่า PH และความขุ่น



รูปที่ 19 แสดงเครื่องมือทำ JAR TEST



รูปที่ 20 เครื่องมือวัด PH ของน้ำ

เมื่อได้ค่าปริมาณสารละลายสารส้มที่เหมาะสม (Optimum Alumdose) ที่จะนำไปใช้จากการทำ Jar Test แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำสารส้มทั้งหมดที่จะใช้ทำโคเอกูแล้นท์ในถังทดลองจริง โดยคำนวณจากปริมาณน้ำที่ได้จากโรงสูบเพื่อสูบน้ำเข้าถังตกตะกอน เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณสารละลายสารส้มที่ใช้ทำโคเอกูเลชั่น ตามค่าที่ได้จากการทำ Jar Test ซึ่งจากการคำนวณปริมาณสารละลายสารส้มที่ต้องใช้จากการดูดน้ำเข้าถังตกตะกอนในอัตรา 1350 $ม^3$/ชม ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณน้ำสารส้มที่ใช้จริงในการทดลองเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการทำ Jar Test

Optimum alum dose from Jar Test PPM	Optimum alum dose to be used Litre/30sec
30	1.834
35	2.1392
40	2.445
45	2.7513
50	3.056
55	3.362
60	3.668
70	4.279
80	4.890

3.5.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ จะทำการวิเคราะห์ทันทีเมื่อเห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานของถังเริ่มคงที่ โดยทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติของน้ำก่อนเข้าถัง

และหลังออกจากถัง ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.2.1 การวัดค่า PH ทำการวัดค่า PH ของน้ำดิบก่อนเข้าถังและออกจากถัง โดยใช้ PH meter ยี่ห้อ Beckman Model 1009 ตามรูปที่ 20

3.5.2.2 การวัดค่าอนุภาคแขวนลอย ทำการวัดค่าอนุภาคแขวนลอยในน้ำดิบก่อนเข้าถังและน้ำใสออกจากถัง โดยใช้กระดานกรองอย่างละเอียด ขนาดรูกรอง 0.45 μm โดยวิธี Standard method

3.5.2.3 การวัดความขุ่น วัดความขุ่นของน้ำดิบก่อนเข้าถังและน้ำใสออกจากถังโดยเครื่องมือวัดความขุ่น tubidimeter ยี่ห้อ Hach model 2100 A. ตามรูปที่ 21

3.5.2.4 การวัดอุณหภูมิของน้ำภายในถังตกตะกอน ใช้เทอร์โมมิเตอร์จุ่มใต้ระดับผิวน้ำภายในถังตลอดเวลาการทดลอง และวัดเป็นค่าองศาเซ็นติเกรด

3.5.2.5 วัดค่าอนุภาคแขวนลอยในถังที่ระดับ 0.00, 0.50 และ 1.00 เมตร จากระดับพื้นถังขึ้นไปในแนวดิ่งสู่ด้านบนถังถังโดยใช้สายยางดูดอนุภาคแขวนลอยออกมาแล้วนำไปหาค่าอนุภาคแขวนลอยตามวิธี

3.5.3 วิธีการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับตัวแปรอิสระ

ในการทดลองเพื่อศึกษาหาลักษณะการวางแผ่นขนานเอียงและแผ่นดีเฟลคเตอร์ที่เหมาะสม ภายในถังตกตะกอนเพื่อว่าให้ถังทำงานด้วยประสิทธิภาพสูงสุดและตลอดจนศึกษาหาอัตราการไหลของน้ำเข้าถังที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของถัง

3.5.3.1 ปริมาณอัตราน้ำเข้าถังตกตะกอน

ในการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของถังตกตะกอน จะทำการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณอัตราการไหลของน้ำเข้าถังที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของถัง โดยทำการทดลองที่ปริมาณอัตราการไหลที่ 0.1629, 0.1221, 0.0814 และ 0.0407 $ม^3/ม^3/นาที$ (ประมาณ 4, 3, 2 และ 1 แกลลอน/$ฟุต^2$/นาที)

รูปที่ 21 แสดงเครื่องมือวัดความขุ่นของน้ำ

3.5.3.2 ระยะห่างระหว่างแผ่นขนานภายในถัง

ในการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของระยะห่างแผ่นขนานภายในถังต่อประสิทธิภาพการทำงานของถัง ทำการทดลองโดยติดตั้งแผ่นขนานในแนวดิ่ง ที่ระยะ 10, 20, 30 และ 40 ซม. แล้วหาระยะห่างแผ่นขนานที่เหมาะสมที่มีผลให้ถังมีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคแขวนลอย และความขุ่นได้เหมาะสมที่สุดที่อัตราน้ำไหลเข้าถังที่ 0.1629 0.1221, 0.814 และ 0.0407 $ม^3/ม^2/นาที$

3.5.3.3 ขนาดมุมของแผ่นขนานเอียงที่ทำกับแนวระดับ

เมื่อรู้ผลกระทบระยะห่างแผ่นขนานต่อประสิทธิภาพการทำงานของถังแล้ว กำหนดระยะห่างระหว่างแผ่นขนานที่เหมาะสมให้คงที่แล้วเริ่มศึกษาผลกระทบขนาดมุมแผ่นขนานกับแนวระดับที่มีต่อประสิทธิภาพถังโดยวางแผ่นขนานต่างกัน 10 ซม. แล้วเริ่มทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดมุมเอียงแผ่นขนานที่ขนาดต่าง ๆ ดังนี้ 90°, 75°,60° และ 45°โดยแต่ละขนาดของมุมเอียงแผ่นขนานจะวัดค่าประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคแขวนลอยและความขุ่นที่อัตราน้ำไหลเข้าถังที่ 0.1629, 0.1221, 0.0814 และ 0.0407 $ม^3/ม^2/นาที$ ก็จะได้ขนาดของมุมเอียงแผ่นขนานที่ทำให้ถังมีประสิทธิภาพเหมาะสมในการทำงาน

3.5.3.4 หาขนาดและระยะห่างดีเฟลคเตอร์ที่ติดตั้งบนแผ่นขนานเอียง

1. วางแผ่นขนานเพียงระยะห่างกัน 10 ซม. มุมเอียง 60° กับแนวระดับ ใช้แผ่นดีเฟลคเตอร์ขนาด 1, 3, 5 และ 7 ซม. ติดตั้งบนแผ่นขนานเอียงดังกล่าว โดยครั้งแรกติดตั้งดีเฟลคเตอร์ขนาด 1 ซม. ที่ระยะห่าง 10 ซม. เมื่อหาค่าประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคแขวนลอยและความขุ่นที่อัตราน้ำไหลเข้าถังที่ 0.1629 0.1221, 0.0814 และ 0.0407 $ม^3/ม^2/นาที$ แล้วเปรียบระยะห่างการติดตั้งดีเฟลคเตอร์เป็นขนาด 20, 30 และ 40 ซม. เพื่อหาระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งดีเฟลคเตอร์ขนาด 1 ซม. วางบนแผ่นขนานเอียงมุม 60°ระยะห่าง 10 ซม. ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด แล้วเปลี่ยนขนาดดีเฟลคเตอร์เป็นขนาด 3, 5 และ 7 ซม. ทำการทดลองเช่นเดียวกับดีเฟลคเตอร์ขนาด 1 ซม. ก็จะได้ระยะห่างที่เหมาะสมในการติดตั้งดีเฟลคเตอร์แต่ละขนาด แล้วนำค่าประสิทธิภาพสูงสุดของแต่ละลักษณะการติดตั้งดีเฟลคเตอร์บนแผ่นขนานเอียง (ขนาด

และระยะห่างดีเฟลคเตอร์) นำมาเปรียบเทียบกัน ก็จะได้ลักษณะการติดตั้งดีเฟลคเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด สำหรับแผ่นขนานเอียงมุม 60° และระยะห่าง 10 ซม.

2. เปลี่ยนระยะห่างแผ่นขนานเอียงเป็น 20 ซม. ใช้แผ่นดีเฟลคเตอร์ขนาด 1, 5, 9 และ 13 ซม. แต่ละขนาดของดีเฟลคเตอร์ทำการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 1 ก็จะได้ลักษณะการติดตั้งดีเฟลคเตอร์ที่เหมาะสมทำให้ถังเกิดประสิทธิภาพให้การกำจัดอนุภาคแขวนลอยและความขุ่นดีที่สุดที่ระยะห่างแผ่นขนานเอียงขนาดมุม 60° และระยะห่าง 20 ซม.

3. เปลี่ยนระยะห่างแผ่นขนานเอียงเป็น 30 ซม. ใช้แผ่นดีเฟลคเตอร์ขนาด 9, 13, 17 และ 21 ซม. ติดตั้งบนแผ่นขนานเอียง เช่นเดียวกับข้อ 1 ก็จะได้ลักษณะการติดตั้งดีเฟลคเตอร์ที่เหมาะสม บนแผ่นขนานมุม 60° ระยะห่าง 30 ซม.

4. เปลี่ยนระยะห่างแผ่นขนานเอียงเป็น 40 ซม. ใช้แผ่นดีเฟลคเตอร์ขนาด 9, 13, 17 และ 21 ซม. ติดตั้งบนแผ่นขนานเอียงเช่นเดียวกับข้อ 1 ก็จะได้ลักษณะการติดตั้งแผ่นดีเฟลคเตอร์บนแผ่นขนานเอียงมุม 60° ระยะห่าง 40 ซม.

นำค่าประสิทธิภาพสูงสุดของแต่ละลักษณะการติดตั้งแผ่นดีเฟลคเตอร์บนแผ่นขนานเอียงระยะห่าง 10, 20, 30 และ 40 ซม. ขนาดมุมเอียง 60° มาเปรียบเทียบกัน ก็จะได้ลักษณะที่เหมาะสมของการติดตั้งแผ่นดีเฟลคเตอร์และแผ่นขนานเอียง ภายในถังตกตะกอน

จากค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองทำให้รู้ถึงลักษณะการจัดวางแผ่นขนานเอียงและแผ่นดีเฟลคเตอร์บนแผ่นขนานเอียงภายในถัง เพื่อทำให้ถังมีประสิทธิภาพการทำงานเหมาะสมที่สุด จากการทดลองยังได้ค่าอัตราการไหลของน้ำเข้าถังที่เหมาะสม เพื่อทำให้การควบคุมการทำงานของถังได้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดโดยผลิตน้ำที่มีคุณภาพและต้นทุนการผลิตต่ำสุด