หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัยได้แก่ น้ำขุ่นสังเคราะห์ สารเคมี ถังสมานตะกอนจำลองและกระบวนการต้นแบบ และอุปกรณ์วิเคราะห์คุณสมบัติน้ำ

4.1.1 น้ำขุ่นสังเคราะห์

ในที่นี้จะกล่าวรวมถึงการทดลองขั้นเตรียมการสำหรับน้ำขุ่นสังเคราะห์ไว้ด้วยดังที่จะได้กล่าวต่อไป

อนุภาคแร่ดินเหนียวเช่น คาโอลิไนท์ (Kaolinite) เบนโทไนท์ (bentonite) และเวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) เป็นสาเหตุสำคัญของความขุ่นในน้ำผิวดินที่นำมาผลิตเป็นน้ำประปา จากการสำรวจพบว่าแร่ดินที่พบมากในแหล่งน้ำของประเทศไทยได้แก่ คาโอลิไนท์ (11) ดังนั้นเพื่อให้ใกล้เคียงกับความจริงจึงใช้ดินคาโอลิน (kaolin clay) ที่มีส่วนผสมของแร่ดินคาโอลิไนท์และสารอินทรีย์มาเป็นตัวสร้างความขุ่น

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์โดยผสมดินคาโอลินลงไปสร้างความขุ่นและทำการปรับให้มีความขุ่น 50 NTU ตลอดทุกการทดลองโดยมีวิธีเตรียมดังนี้

4.1.1.1 วิธีเตรียมน้ำขุ่นสังเคราะห์

เนื่องจากขนาดของอนุภาคที่อยู่ในช่วงของอนุภาคคอลลอยด์มีขนาด 0.001 ถึง 1 ไมครอน ดังนั้นเพื่อให้ขนาดของอนุภาคของน้ำขุ่นสังเคราะห์อยู่ในช่วงอนุภาคคอลลอยด์ จึงต้องทำการคัดขนาดโดยปล่อยให้อนุภาคดินคาโอลินตกตะกอนในน้ำนิ่งตามเวลาและความลึกที่ประมาณได้จากสมการทั่วไปของการตกตะกอนแบบโดด (discrete setting) ดังนี้

$$V_s = (ps-p)d^2/(18\mu g) \quad \text{----------(4.1)}$$

โดยที่ V_s คือความเร็วในการตกตะกอนของอนุภาค g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก p_s คือความหนาแน่นของอนุภาค p คือความหนาแน่นของน้ำ μ คือความหนืดของน้ำ จากการคำนวณพบอนุภาคดินคาโอลินขนาด 1 ไมครอนจะมีความเร็วในการตกตะกอน 7.2 ซม./วัน ดังนั้นถ้าปล่อยให้อนุภาคดินคาโอลินตกตะกอนอยู่ในน้ำนิ่งเป็นเวลา 2 วัน อนุภาคที่ยังลอยอยู่ในระดับ 14 ซม. จากผิวน้ำจะมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน การเตรียมน้ำขุ่นสังเคราะห์เตรียมได้ดังนี้

1) เติมน้ำประปาลงในถังขนาด 30x40x25 ซม. ให้ได้ความลึกของน้ำ 20 ซม. ผสมดินคาโอลินจำนวน 400 กรัมลงไป (ความเข้มข้นที่ได้ประมาณ 15 กรัมต่อลิตร)

2) กวนน้ำให้อนุภาคดินคาโอลินกระจายอย่างทั่วถึง

3) ปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 48 ชม.

4) ดูดน้ำออกด้วยวิธีการลักน้ำ โดยเริ่มดูดน้ำจากตำแหน่งที่ลึกจากผิวน้ำเท่ากับ 14 ซม. น้ำที่ดูดออกมาจะมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 1 ไมครอน และมีความขุ่นประมาณ 200-300 NTU

5) เจือจางน้ำขุ่นด้วยน้ำประปาจนกระทั่งได้ความขุ่น 50 NTU น้ำขุ่นที่ได้จะเป็นน้ำขุ่นที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1.2 พีเอชของน้ำขุ่นสังเคราะห์

พีเอชของน้ำมีผลกระทบต่อสภาวะคงตัวของคอลลอยด์ และกระบวนการรวมตะกอน น้ำขุ่นสังเคราะห์ที่เตรียมได้ในหัวข้อ 4.2.1.1 มีค่าพีเอชประมาณ 7.5 ค่าพีเอชดังกล่าวมีค่ามากกว่า 7 ซึ่งเป็นช่วงที่อนุภาคคาโอลิไนท์มีความคงตัวสูง และอยู่ในช่วง 6-7.8 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการรวมตะกอนโดยใช้สารส้ม ดังนั้นจึง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กำหนดให้น้ำขุ่นสังเคราะห์มีค่าพีเอชประมาณ 7.5 ตลอดการทดลอง

4.1.1.3 สภาพทางไอออนของน้ำสังเคราะห์

สภาพทางไอออนของน้ำบางตัวเช่น Cl^- , SO_4^{2-}, และ HCO_3^- จะมีผลกระทบต่อกระบวนการรวมตะกอน ไอออนลบในน้ำขุ่นสังเคราะห์ควรมีความเข้มข้นเท่ากันทุกการทดลอง จากการทดลอง พบว่า Cl^- , SO_4^{2-}, และ HCO_3^- มีค่าอยู่ในช่วง 15-26, 18.5-26 และ 62.5-72 มก/ล. ตามลำดับ (12) ช่วงความเข้มข้นดังกล่าวมีค่าน้อยและแตกต่างกันไม่มาก ดังนั้นจึงใช้ค่าเหล่านี้ในการทดลองโดยมิได้ทำการปรับแต่อย่างใด

4.1.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการรวมตะกอนได้แก่สารส้ม สารส้มที่ใช้เป็นเกรดห้องปฏิบัติการ (laboratory grade) ผลิตโดย May and Baker Ltd. มีลักษณะเป็นผงละเอียด สูตรทางเคมีคือ $Al_2(SO_4)_3 * 14H_2O$ โดยมีส่วนประกอบได้แก่ Al 8.8-9.3% , Cl ไม่เกิน 0.02 %, Fe ไม่เกิน 0.02 % และ Pb ไม่เกิน 0.005% สารละลายสารส้มที่จะใช้ทดลองเตรียมให้มีความเข้มข้น 0.5%

4.1.3 ชุดเครื่องมือสำหรับการทดลอง

4.1.3.1 ภาชนะที่ใช้สมานตะกอน

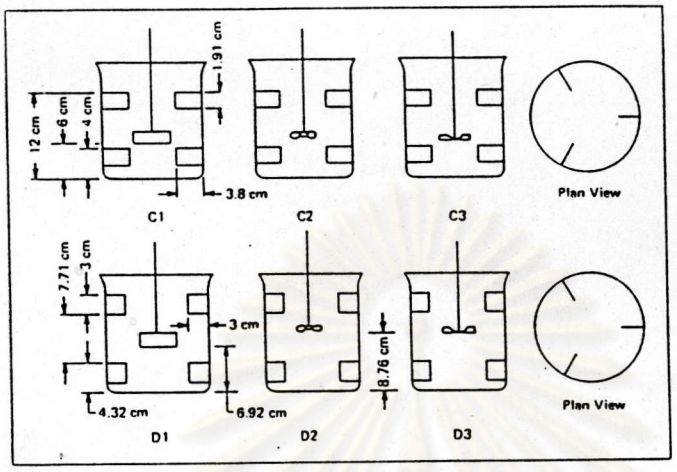
ใช้ Beaker ขนาด 2 ลิตรยี่ห้อ Pyrex ทำการติดตั้งแผ่นกั้น (stators) พลาสติคตามแบบของ Hudson (1) ที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 โดยเลือกแบบ D_1 แล้วเจาะรูเก็บตัวอย่างนี้ที่ระดับต่ำกว่าระดับน้ำ 2 ลิตรลงมาเท่ากับ 10.2 ซม.

4.1.3.2 อุปกรณ์กวนน้ำ

อุปกรณ์กวนน้ำผลิตโดย Phipps & Bird Inc. โดย

014320

มีใบพัดสำหรับกวนน้ำจำนวน 6 ชุดพร้อม ๆ กัน และสามารถปรับความเร็วรอบสูงสุดได้ 170 รอบต่อนาทีโดยสามารถอ่านค่าความเร็วรอบที่มีค่าระหว่าง 0-100 รอบต่อนาทีได้



Configurations Used in Series C and D

รูปที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของภาชนะที่ใช้สมานตะกอน

4.1.4 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณสมบัติ

พารามิเตอร์แสดงคุณสมบัติน้ำที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ ความขุ่น พีเอช เครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง

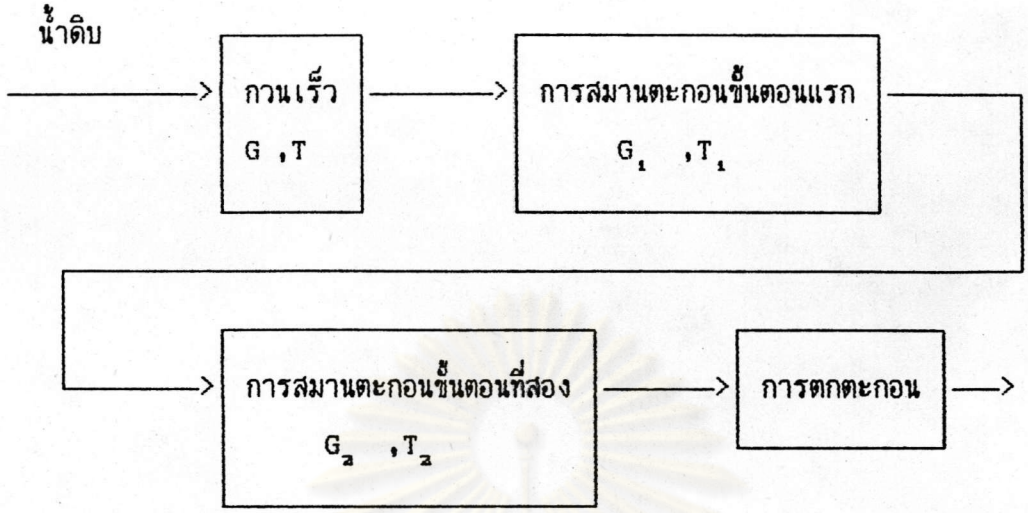
1) เครื่องมือวัดความขุ่นใช้ของ HACH รุ่น 2100 A
2) เครื่องมือวัดพีเอชใช้ของ Beckman รุ่น Zeromatic 5

4.2 รูปแบบของการทดลอง

การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

4.2.1 การสมานตะกอนแบบเทเปอร์สองขั้นตอน (two - stage -tapered flocculation)

แผนผังระบบการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 4.2



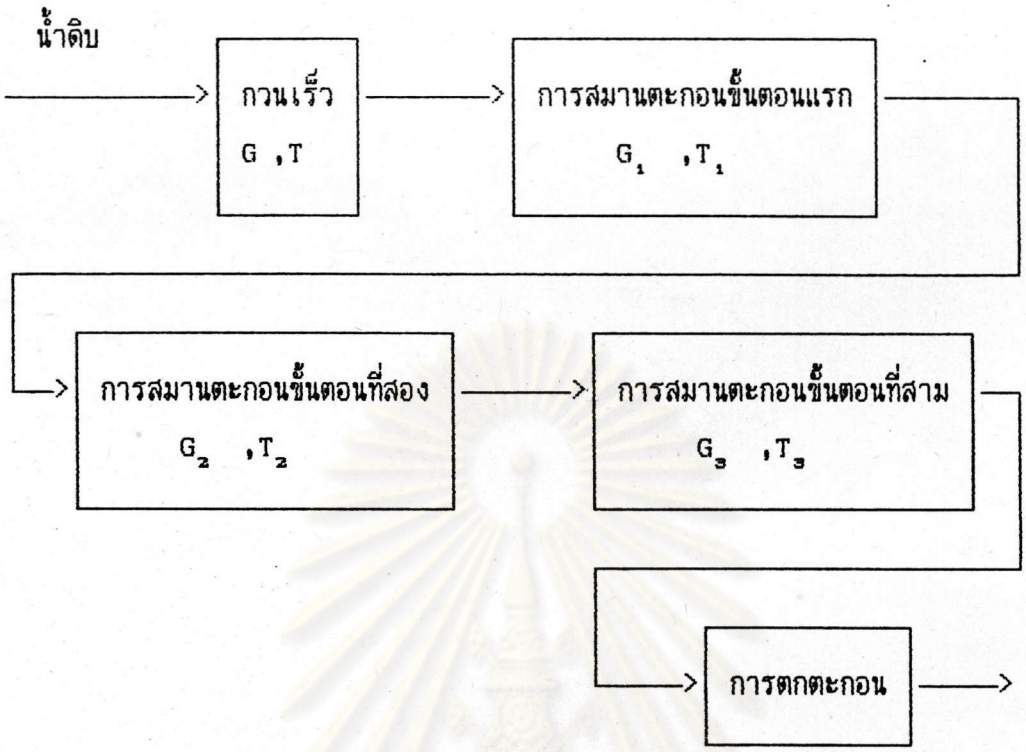
รูปที่ 4.2 แสดงแผนผังระบบการทดลองการสมานตะกอนแบบเทเปอร์สองขั้นตอน

การทดลองจะทำเป็นแบบแบทช์ (batch) โดยที่การกวนเร็ว การสมานตะกอน และการตกตะกอนจะทำอยู่ในชุดเครื่องมืออันเดียวกัน การเปลี่ยนรูปแบบจากกวนเร็วเป็นการสมานตะกอนทำได้โดยลดความเร็วรอบของเครื่องมือกวนน้ำลงมาให้ได้ค่า G ตามต้องการ , การเปลี่ยนรูปแบบจากการสมานตะกอนมาเป็นการตกตะกอนทำโดยหยุดเครื่องมือกวนน้ำ หรือย้ายถังปฏิกรณ์ (บีคเกอร์) ออกจากเครื่องกวนน้ำ

น้ำขุ่นสังเคราะห์จะถูกกวนเร็วโดยใช้ความเร็วเกรเดียนท์และเวลากักน้ำตามที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นจะเริ่มการสมานตะกอนในขั้นตอนแรกโดยปรับความเร็วรอบให้ได้ค่า G เท่ากับ G_1 ใช้เวลาในขั้นตอนแรกเท่ากับ T_1 หลังจากนั้นจะเริ่มการสมานตะกอนในขั้นตอนที่สองโดยปรับความเร็วรอบให้ได้ค่า G เท่ากับ G_2 ใช้เวลาในขั้นตอนที่สองเท่ากับ T_2 หลังจากนั้นหยุดเครื่องกวนน้ำแล้วปล่อยให้ตกตะกอน

4.2.2 การสมานตะกอนแบบเทเปอร์สามขั้นตอน (three-stage -tapered flocculation)

แผนผังระบบการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงแผนผังระบบการทดลองการสมานตะกอนแบบเทเปอร์สามขั้นตอน

ลักษณะการทดลองจะคล้ายกับหัวข้อ 4.2.1 แต่จะเพิ่มการทดลองขั้นตอนการสมานตะกอนขั้นตอนที่สามเข้าไปหลังจารการสมานตะกอนในขั้นตอนที่สอง โดยใช้ค่า G เท่ากับ G_3 และใช้เวลาในการขั้นตอนที่สามเท่ากับ T_3 หลังจากนั้นหยุดเครื่องกวนน้ำแล้วปล่อยให้ตกตะกอน

4.3 การแปรค่าพารามิเตอร์ในการทดลอง

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย พารามิเตอร์ที่ควบคุมให้มีคุณลักษณะให้คงที่ทุกการทดลอง และพารามิเตอร์ที่ทำการแปรค่าเพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลที่จะเกิดขึ้น พารามิเตอร์ในการวิจัยประกอบด้วย

4.3.1 พารามิเตอร์ที่กำหนดให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลองได้แก่

1) น้ำขุ่นสังเคราะห์ ได้แก่ความขุ่น พีเอช และสภาพทางไอออน

(ionic enviroment)

2) ความเร็วเกรเดียนท์ ,เวลากักน้ำ และปริมาณสารส้ม ที่ใช้ในขั้นตอนการกวนเร็ว

3) การตกตะกอนได้แก่อัตราไหลล้นผิวหรือ SOR. (surface over flow rate) โดยกำหนดให้ใช้ SOR. 3 ค่า

4.3.2 พารามิเตอร์ที่กำหนดให้มีการแปรค่าได้แก่

1) ระดับความปั่นป่วน ได้แก่ความเร็วเกรเดียนท์ (velocity gradient) หรือ G ของแต่ละขั้นตอนย่อย

2) เวลากักน้ำ หรือ T (hydraulic retention time) ของแต่ละขั้นตอนย่อย

4.4 รายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองตลอดจนการควบคุม

4.4.1 การกวนเร็ว

4.4.1.1 ค่า G และ T

การกวนเร็วใช้ค่าความเร็วเกรเดียนท์หรือ G เท่ากับ 300 วท.$^{-1}$ ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดสำหรับอุปกรณ์ชุดนี้

เวลากักน้ำหรือ T เท่ากับ 1 นาที

4.4.1.2 ปริมาณสารส้ม

ปริมาณสารส้มจะหาได้จากการทดลองเบื้องต้นซึ่งมีขั้นตอนใน

การหาดังนี้

1) เติมน้ำขุ่นสังเคราะห์ลงภาชนะต้นแบบขนาด 2 ลิตร จำนวน 6 ใบ ใบละ 2 ลิตร

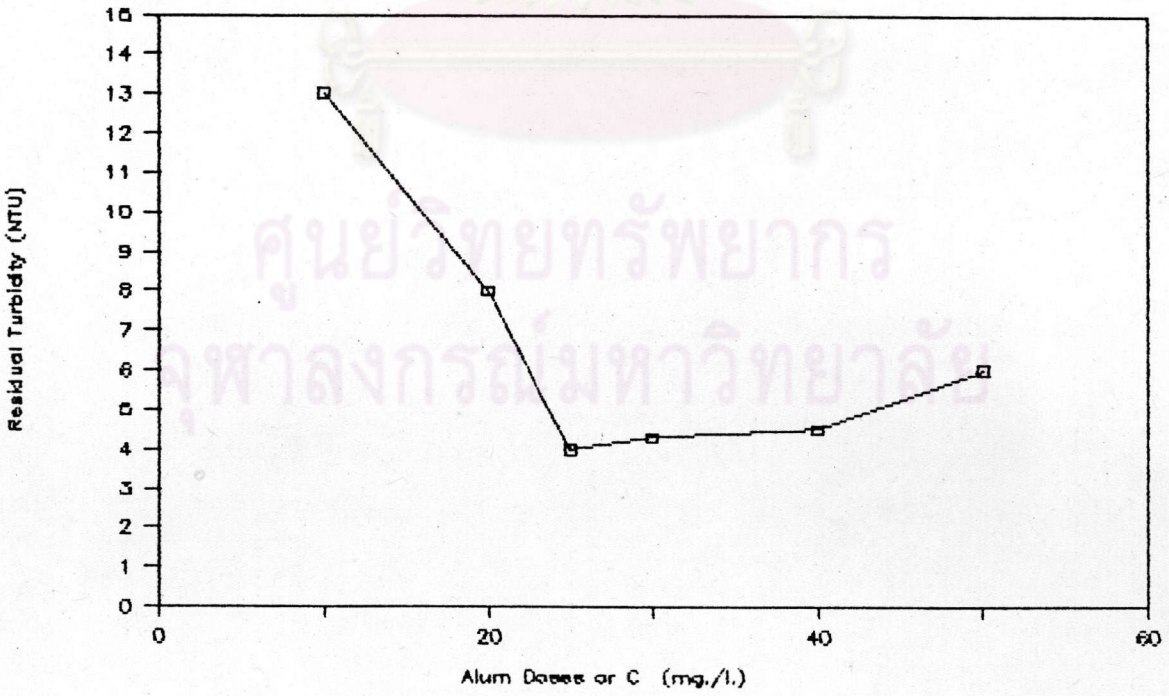
2) เติมสารละลายสารส้ม 0.5 % ลงในน้ำขุ่นสังเคราะห์แต่ละบีคเกอร์ให้มีปริมาณสารส้ม 10, 20, 25, 30, 40, 50 มก./ล.

3) กวนเร็วด้วยความเร็วรอบใบพัด 170 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นจึงกวนช้าด้วยความเร็วรอบ 25.2 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที

4) ปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 6:07 นาที แล้วทำการเก็บน้ำตัวอย่างจากท่อเก็บตัวอย่างน้ำ (จะได้ SOR. เท่ากับ 1 ม./ชม.)

5) นำน้ำตัวอย่างไปวัดความขุ่น

ผลการทดลองแสดงในรูป 4.4

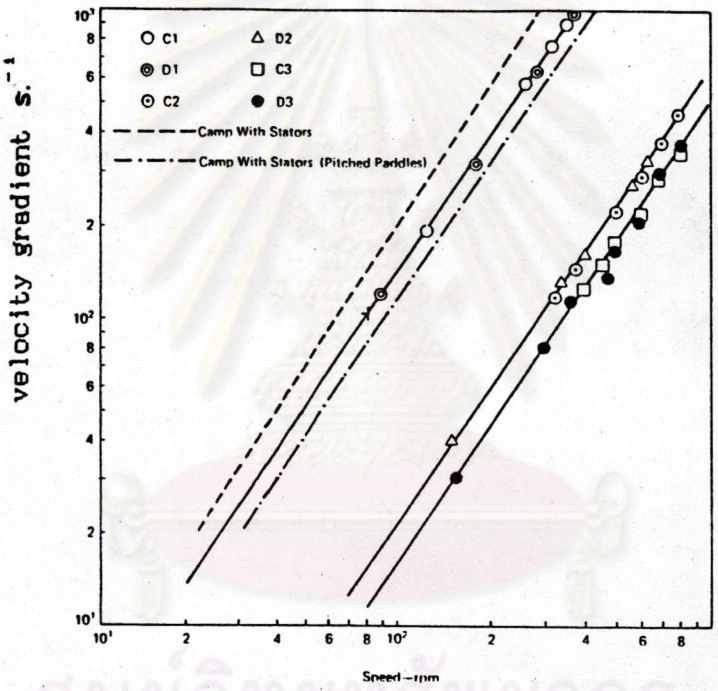


รูปที่ 4.4 แสดงค่าความขุ่นที่เหลือกับปริมาณสารส้ม(SOR. เท่ากับ 1.0 ม./ชม.)

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าปริมาณสารส้มที่ 25 มก/ล. มีค่าเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการทดลองการสมานตะกอนแบบเทเปอร์ เพราะมีค่าความขุ่นที่เหลือน้อยที่สุด

4.4.2 การสมานตะกอน

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบในการกวนและความเร็วเกรเดียนท์ที่เกิดขึ้น ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบในการกวนและความเร็วเกรเดียนท์ที่เกิดขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและความเร็วเกรเดียนท์จากการคำนวณจากกราฟโดยถือว่ากราฟมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในกระดาษ Log-log เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วเกรเดียนท์และความเร็วรอบในการกวน

ความเร็วเกรเดียนท์(วท.$^{-1}$)	ความเร็วรอบ (rpm.)
15	20.3
20	25.0
30	33.3
35	37.2
40	40.9
50	47.9
60	54.6
70	60.9
80	67.0
90	72.8
100	78.5
300	171.7

4.4.3 การตกตะกอน

อัตราไหลล้นผิว (surface over flow rate) ที่นิยมใช้กันในโรงประปาโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 0.8-1.2 ม./ชม. ดังนั้นเพื่อให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง การทดลองจึงเลือกใช้อัตราไหลล้นผิว 3 ค่าได้แก่ 0.5 , 1.0 , 1.5 ม./ชม. ตามลำดับ

บีคเกอร์ที่นำมาทดลองได้เจาะและติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับ 10.2 ซม. จากระดับผิวน้ำ และจากการคำนวณและปรับแก้เวลาเนื่องจากการดึงเอาตัวอย่างน้ำออกจากระบบ ค่า SOR. และเวลาตกตะกอนมีความสัมพันธ์กันดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง SOR. กับเวลาตกตะกอน

SOR (ม./ชม.)	เวลาตกตะกอน (นาที : วินาที)
1.50	4 :05
1.00	5 :53
0.50	11 :15

4.5 การดำเนินการวิจัย

พารามิเตอร์ที่นำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสมานตะกอนได้แก่ความขุ่นที่เหลือ ขั้นตอนในการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 การสมานตะกอนแบบเทเปอร์สองขั้นตอน

1) เติมน้ำขุ่นสังเคราะห์ที่เตรียมได้ลงในบีคเกอร์ 2 ลิตรที่ใช้ทดลองทั้ง 6 ใบ

2) เปิดเครื่องกวนด้วยอัตราเร็วที่สุด(ประมาณ 170 รอบ/นาที)แล้วเติมสารส้มลงไปให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการ เริ่มจับเวลาและทำการกวนเร็วเป็นเวลา 1 นาที

3) การกวนช้าขั้นตอนแรกใช้ความเร็วเกรเดียนท์ G_1 เป็นเวลา T_1 แล้วหยุดการกวนน้ำในบีคเกอร์ใบแรกแล้วปล่อยให้ตกตะกอน

4) บีคเกอร์ที่เหลือเมื่อสิ้นสุดเวลา T_1 แล้วทำการกวนช้าในขั้นตอนที่สองต่อไปโดยใช้ความเร็วเกรเดียนท์ G_2 เป็นเวลา T_2 เนื่องจาก T_2 มีการตั้งไว้หลาย ๆ ค่า ดังนั้น

ใบที่ 2 จะกวนช้าในขั้นตอนที่สองเป็นเวลา $T_{2(1)}$

ใบที่ 3 จะกวนช้าในขั้นตอนที่สองเป็นเวลา $T_{2(2)}$

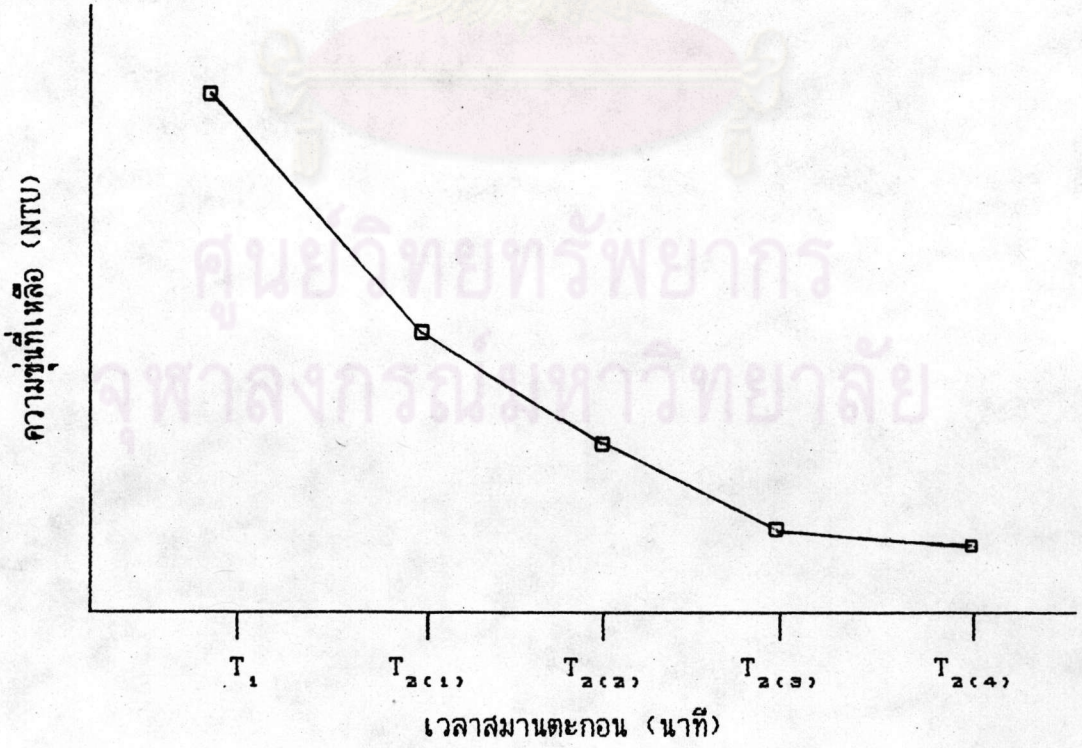
ใบที่ 4 จะกวนช้าในขั้นตอนที่สองเป็นเวลา $T_{2(3)}$

เมื่อทำการกวนน้ำจนได้เวลาที่กำหนดไว้ของแต่ละบีคเกอร์แล้วก็หยุดการกวนน้ำของบีคเกอร์นั้นๆ แล้วปล่อยให้ตกตะกอน

5) บีคเกอร์ที่หยุดจากการกวนน้ำจะถูกปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 4:05, 5:53 และ 11:15 นาที เมื่อถึงเวลาที่กำหนดจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดเก็บตัวอย่างจำนวน 50 ลบซม. เมื่อเก็บตัวอย่างได้ครบจะถูกนำไปวัดความขุ่นโดยจะทำการเขย่าขวดทุกครั้งก่อนวัด

เนื่องจากจำนวนบีคเกอร์ที่ใช้ทดลองทั้งหมดมีอยู่ 6 ใบ ดังนั้นจำนวนเวลาสมานตะกอนจะทำได้ 6 ค่า บีคเกอร์ 2 ใบที่เหลือ อาจจะนำไปหาค่าความขุ่นเสริมที่เวลาการสมานตะกอนอื่น ๆ เพื่อที่จะให้ผลการทดลองละเอียดขึ้น

ผลการทดลองสามารถนำไปเขียนกราฟได้ดังรูป 4.6



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการสมานตะกอน และความขุ่นที่เหลือ

4.5.1.1 จำนวนและรายละเอียดของการทดลอง

จำนวนและรายละเอียดของการทดลองการสมานตะกอนแบบเทเปอร์สองขั้นตอนที่ทำการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงการแปรค่า G และ T ของแต่ละขั้นตอนย่อยของการสมานตะกอนแบบเทเปอร์สองขั้นตอน

การทดลองที่	G_1	T_1	G_2	$T_{2(1)}$	$T_{2(2)}$	$T_{2(3)}$	$T_{2(4)}$	$T_{2(5)}$
1	100	10	40	5	10	15	20	-
2	100	10	30	5	10	15	20	-
3	100	10	20	5	10	15	20	-
4	80	10	40	5	10	15	20	-
5	80	10	30	5	10	15	20	-
6	80	10	20	5	10	15	20	-
7	60	10	40	5	10	15	20	-
8	60	10	30	5	10	15	20	-
9	60	10	20	5	10	15	20	-
10	40	10	20	5	10	15	20	-
11	30	10	20	5	10	15	20	-
12	100	5	40	5	10	15	20	-
13	100	5	30	5	10	15	20	-
14	100	5	20	5	10	15	20	-
15	80	5	40	5	10	15	20	-
16	80	5	30	5	10	15	20	-
17	80	5	20	5	10	15	20	-
18	60	5	40	5	10	15	20	-
19	60	5	30	5	10	15	20	-

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

การทดลองที่	G_1	T_1	G_2	$T_{2(1)}$	$T_{2(2)}$	$T_{2(3)}$	$T_{2(4)}$	$T_{2(5)}$
20	60	5	20	5	10	15	20	-
21	40	5	20	5	10	15	20	-
22	30	5	20	5	10	15	20	-
23	60	3	20	3	6	11	16	21
24	40	3	20	3	6	11	16	21
25	30	3	20	3	6	11	16	21
26	40	2	20	4	8	12	17	-
27	30	2	20	4	8	12	17	-

4.5.2 การสมานตะกอนแบบเทเปอร์สามขั้นตอน

ข้อ 1), 2), 3) เหมือนกับหัวข้อ 4.5.1.1

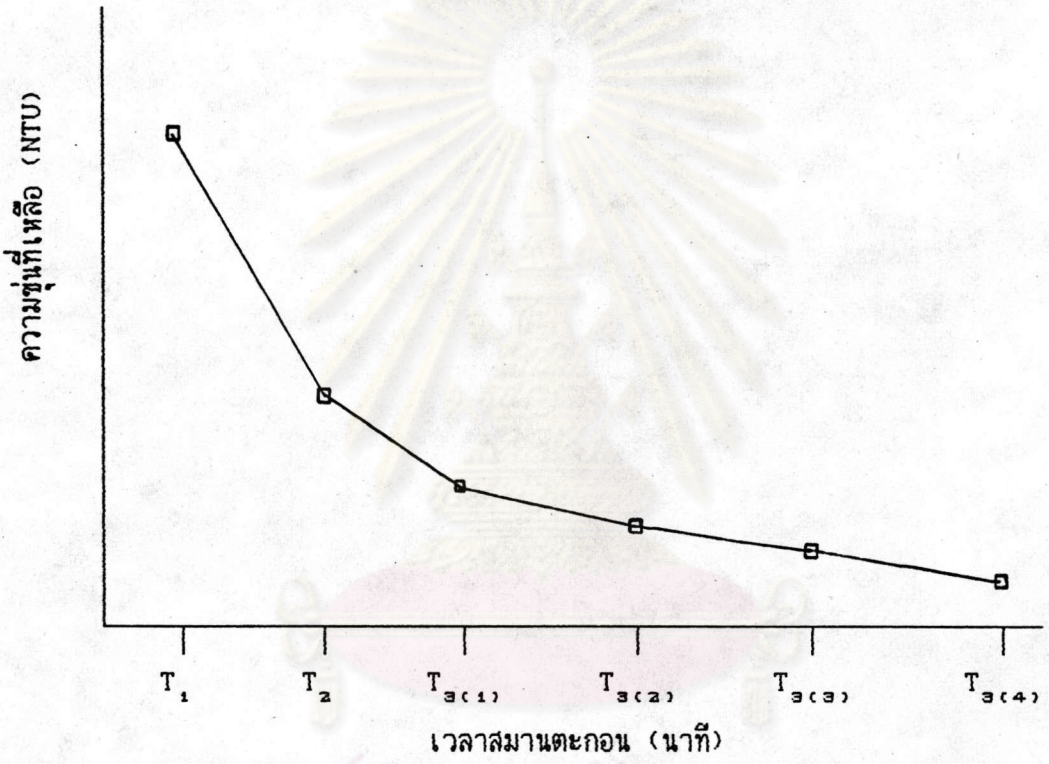
4) บีคเกอร์ที่เหลือเมื่อสิ้นสุดเวลา T_1 แล้ว ทำการกวนช้าในขั้นตอนที่สองต่อไปโดยใช้ความเร็วเกรเดียนท์ G_2 และเวลา T_2 เมื่อสิ้นสุดเวลา T_2หยุดการกวนน้ำในบีคเกอร์ใบที่สองแล้วปล่อยในตกตะกอน

5) บีคเกอร์ที่เหลือเมื่อสิ้นสุด T_2 แล้ว ทำการการกวนช้าในขั้นตอนที่สามต่อไปโดยใช้ความเร็วเกรเดียนท์ G_3 เป็นเวลา T_3 เนื่องจาก T_3 มีการตั้งไว้หลายค่าดังนั้น

ใบที่ 3 จะทำการกวนช้าในขั้นตอนที่สามเป็นเวลา$T_{3(1)}$
ใบที่ 4 จะทำการกวนช้าในขั้นตอนที่สามเป็นเวลา$T_{3(2)}$
ใบที่ 5 จะทำการกวนช้าในขั้นตอนที่สามเป็นเวลา$T_{3(3)}$

6) บีกเกอร์ที่หยุดการกวนน้ำจะถูกปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 4:05 , 5:53, 11:15 นาที เมื่อถึงเวลาที่กำหนดจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดเก็บตัวอย่างจำนวน 50 ลบซม. เมื่อเก็บตัวอย่างได้ครบจะถูกนำไปวัดความขุ่นโดยจะทำการเขย่าขวดทุกครั้งก่อนวัด

ผลการทดลองสามารถนำไปเขียนกราฟได้ดังรูป 4.7



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการสมานตะกอนกอน และความขุ่นที่เหลือ

4.5.2.1 จำนวนและรายละเอียดของการทดลอง

จำนวนและรายละเอียดของการทดลองการสมานตะกอนแบบเทเปอร์สามขั้นตอนที่ได้ทำการทดลอง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

4.5.1.1 จำนวนและรายละเอียดของการทดลอง

จำนวนและรายละเอียดของการทดลองการสมานตะกอนแบบเทเปอร์สองขั้นตอนที่ทำการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงการแปรค่า G และ T ของแต่ละขั้นตอนย่อยของการสมานตะกอนแบบเทเปอร์สองขั้นตอน

การทดลองที่	G_1	T_1	G_2	$T_{2(1)}$	$T_{2(2)}$	$T_{2(3)}$	$T_{2(4)}$	$T_{2(5)}$
1	100	10	40	5	10	15	20	-
2	100	10	30	5	10	15	20	-
3	100	10	20	5	10	15	20	-
4	80	10	40	5	10	15	20	-
5	80	10	30	5	10	15	20	-
6	80	10	20	5	10	15	20	-
7	60	10	40	5	10	15	20	-
8	60	10	30	5	10	15	20	-
9	60	10	20	5	10	15	20	-
10	40	10	20	5	10	15	20	-
11	30	10	20	5	10	15	20	-
12	100	5	40	5	10	15	20	-
13	100	5	30	5	10	15	20	-
14	100	5	20	5	10	15	20	-
15	80	5	40	5	10	15	20	-
16	80	5	30	5	10	15	20	-
17	80	5	20	5	10	15	20	-
18	60	5	40	5	10	15	20	-
19	60	5	30	5	10	15	20	-

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

การทดลองที่	G_1	T_1	G_2	T_2	G_3	$T_{3(1)}$	$T_{3(2)}$	$T_{3(3)}$	$T_{3(4)}$
25	100	3	40	10	30	5	10	15	-
26	100	3	40	10	20	5	10	15	-
27	100	3	30	10	20	5	10	15	-
28	80	3	60	10	30	5	10	15	-
29	80	3	60	10	20	5	10	15	-
30	80	3	40	10	30	5	10	15	-
31	80	3	40	10	20	5	10	15	-
32	80	3	30	10	20	5	10	15	-
33	60	3	40	10	30	5	10	15	-
34	60	3	40	10	20	5	10	15	-
35	60	3	30	10	20	5	10	15	-
36	40	3	30	10	20	5	10	15	-
37	100	3	80	5	30	5	10	15	20
38	100	3	80	5	20	5	10	15	20
39	100	3	60	5	30	5	10	15	20
40	100	3	60	5	20	5	10	15	20
41	100	3	40	5	30	5	10	15	20
42	100	3	40	5	20	5	10	15	20
43	100	3	30	5	20	5	10	15	20
44	80	3	60	5	30	5	10	15	20
45	80	3	60	5	20	5	10	15	20
46	80	3	40	5	30	5	10	15	20
47	80	3	40	5	20	5	10	15	20
48	80	3	30	5	20	5	10	15	20
49	60	3	40	5	30	5	10	15	20

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

การทดลองที่	G_1	T_1	G_2	T_2	G_3	$T_{3(1)}$	$T_{3(2)}$	$T_{3(3)}$	$T_{3(4)}$
50	60	3	40	5	20	5	10	15	20
51	60	3	30	5	20	5	10	15	20
52	40	3	30	5	20	5	10	15	20
53	60	4	40	4	20	4	9	14	19
54	60	4	30	4	20	4	9	14	19
55	50	4	40	4	20	4	9	14	19
56	40	4	30	4	20	4	9	14	19
57	60	3	40	3	20	5	10	15	20
58	50	3	30	3	20	5	10	15	20
59	40	3	30	3	20	5	10	15	20
60	60	2	30	3	20	5	10	15	20
61	50	2	40	3	20	5	10	15	20
62	60	2	40	2	20	3	8	13	18
63	60	2	30	2	20	3	8	13	18
64	50	2	40	2	20	3	8	13	18
65	50	2	35	2	20	3	8	13	18
66	50	2	30	2	20	3	8	13	18
67	40	2	30	2	20	3	8	13	18
68	50	1	35	3	20	3	8	13	18
69	40	1	30	3	20	3	8	13	18