บทที่ 3

แผนงานและการดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการทดลองและวิจัย

การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสุขภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยดำเนินการทดลองแบบเท(Batch tests) ที่อุณหภูมิห้อง ระดับความเข้มข้นของซิลิกาในน้ำดิบคงที่เท่ากับ 60 มก/ล การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

3.1.1 การทดลองระยะที่ 1

ทำการทดลองการกำจัดซิลิกาที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยศึกษาตัวแปรอิสระ 3 ตัว ดังนี้

1. ชนิดของสารเคมีที่ใช้ มี 3 ชนิดคือ
   - แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2.6H_2O$)
   - แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2.2H_2O$)
   - อลูมินัมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3.14H_2O$)
2. ระดับพีเอชของน้ำสุดท้าย ระดับพีเอชที่ต้องการศึกษาขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ใช้ (ดังตารางที่ 3.1) สารเคมีที่ใช้ในการปรับพีเอช ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

ตารางที่ 3.1 ระดับพีเอชที่ต้องการศึกษา

สารเคมี \ ระดับพีเอช	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12
$MgCl_2.6H_2O$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$CaCl_2.2H_2O$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$Al_2(SO_4)_3.14H_2O$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						

3. ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ มี 6 ระดับคือ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 mM ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณความเข้มข้นในเทอม มก/ล ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ระดับความเข้มข้นของสารเคมีที่ต้องการศึกษา

สารเคมี \ ความเข้มข้น (mM)	1	2	3	4	5	6
$MgCl_2.6H_2O$	203	406	609	812	1015	1218
$CaCl_2.2H_2O$	147	294	441	588	735	882
$Al_2(SO_4)_3.14H_2O$	594	1188	1782	2376	2970	3564

การทดลองระยะที่ 1 นี้ตัวแปรอิสระที่ศึกษา ดังสรุปในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรอิสระที่ใช้วิจัย

ความเข้มข้น (mM) / พีเอช	สารเคมี	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0
1	$MgCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$CaCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
2	$MgCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$CaCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
3	$MgCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$CaCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
4	$MgCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$CaCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
5	$MgCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$CaCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
6	$MgCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$CaCl_2$									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						

3.1.2 การทดลองระยะที่ 2

ทดลองใช้โพลีอีเล็คโทรไลท์ (Polyelectrolyte) เป็นสารที่ช่วยในการตกตะกอนที่ระดับพีเอชของน้ำสุดท้ายและความเข้มข้นของสารเคมีที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองระยะที่ 1 โดยใช้โพลีอีเล็คโทรไลท์ 3 ชนิด ได้แก่ โพลีอีเล็คโทรไลท์ที่มีประจุไฟฟ้าเป็นประจุลบ (Anionic) ประจุบวก (Cationic) และเป็นกลาง (Nonionic) ปริมาณต่าง ๆ ในช่วง 0-1 มก/ล ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ระดับความเข้มข้นและชนิดของโพลีอีเล็คโทรไลท์ที่ต้องการศึกษา

ความเข้มข้นของ PE มก/ล / สารเคมี	ชนิดของ PE	ประจุบวก	ประจุลบ	เป็นกลาง
0.2	$MgCl_2 6H_2O$	✓	✓	✓
	$CaCl_2.2H_2O$	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3 14H_2O$	✓	✓	✓
0.4	$MgCl_2 6H_2O$	✓	✓	✓
	$CaCl_2 2H_2O$	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3 14H_2O$	✓	✓	✓
0.6	$MgCl_2 6H_2O$	✓	✓	✓
	$CaCl_2\ 2H_2O$	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3 14H_2O$	✓	✓	✓
0.8	$MgCl_2 6H_2O$	✓	✓	✓
	$CaCl_2.2H_2O$	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3 14H_2O$	✓	✓	✓
1.0	$MgCl_2 6H_2O$	✓	✓	✓
	$CaCl_2.2H_2O$	✓	✓	✓
	$Al_2(SO_4)_3 14H_2O$	✓	✓	✓

3.1.3 การทดลองระยะที่ 3

ทำการทดลองใช้ปูนขาวเป็นสารปรับพีเอชให้มีค่าพีเอชเหมาะสมที่ได้จากการทดลองระยะที่ 1 ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ระดับความเข้มข้นของสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ปูนขาวเป็นสารปรับพีเอช

สารเคมี \ ความเข้มข้น (mM)	1	2	3	4	5	6
$MgCl_2$ $6H_2O$	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$CaCl_2$ $2H_2O$	✓	✓	✓	✓	✓	✓
$Al_2(SO_4)_3$ $14H_2O$	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3.2 การดำเนินการวิจัย

3.2.1 การเตรียมสารละลายและน้ำสังเคราะห์สำหรับการวิจัย

ก. สารละลายเคมีต่าง ๆ ดังสรุปในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 สารละลายเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อสารเคมี	สูตรเคมี	ความเข้มข้น	คิดในเทอม mg/L
แมกนีเซียมคลอไรด์	$MgCl_2.6H_2O$	0.1 M	20.3
แคลเซียมคลอไรด์	$CaCl_2.2H_2O$	0.1 M	14.7
อลูมินัมซัลเฟต	$Al_2(SO_4)_3.14H_2O$	0.1 M	59.4
โซเดียมไฮดรอกไซด์	NaOH	0.5 N	20.0
แคลเซียมไฮดรอกไซด์	$Ca(OH)_2$	0.1 M	1.4
กรดไฮโดรคลอริค	HCl	1+1	-

ข. สารละลายโพลีเมอร์ต่าง ๆ

เตรียมสารละลายโพลีเมอร์ชนิดประจุบวก ประจุลบ และไม่มีประจุ ให้มีความเข้มข้น 0.1 กรัม/ลิตร สำหรับชนิดที่เป็นของแข็ง และ .01 % สำหรับชนิดที่เป็นของเหลว สารโพลีเมอร์ทั้ง 3 มีชื่อทางการค้าว่า Accofloc C 577, A 100 และ N 100S ตามลำดับ ผลิตโดยบริษัทมิตซุย ไซยานามิค จำกัด ประเทศญี่ปุ่น

ค. น้ำสังเคราะห์สำหรับการวิจัย

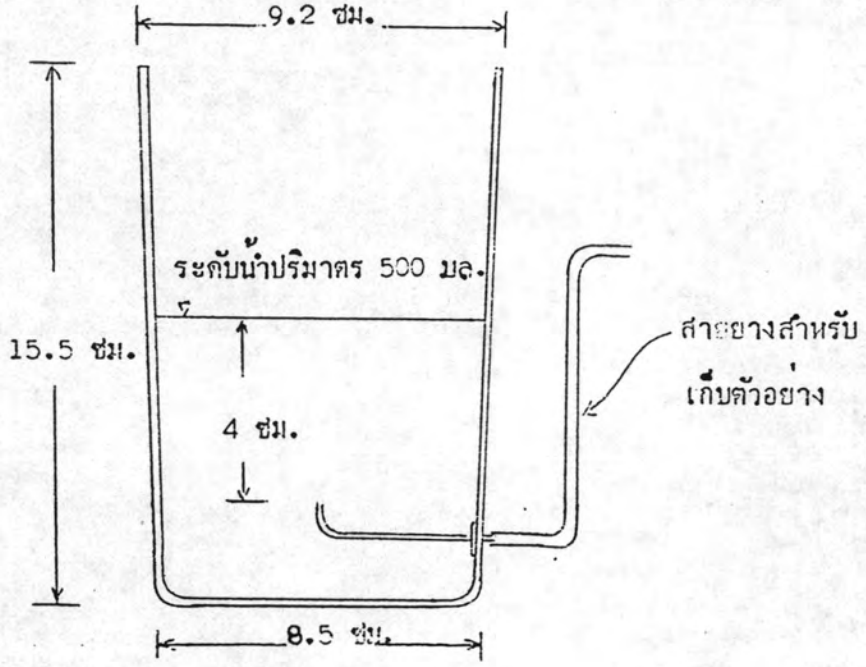
เตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นของซิลิกา 60 มก./ล โดยชั่งสารโซเดียมเมตาซิลิเคต ($Na_2SiO_3.9H_2O$) ชนิด Analytical grade หนัก .284 กรัม ละลายในน้ำ 1 ลิตร สารละลายนี้จะมีพีเอชประมาณ 10.8 ปรับพีเอชให้เป็น 7-8 ด้วย 1+ 1 HCl

3.2.2 <u>เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

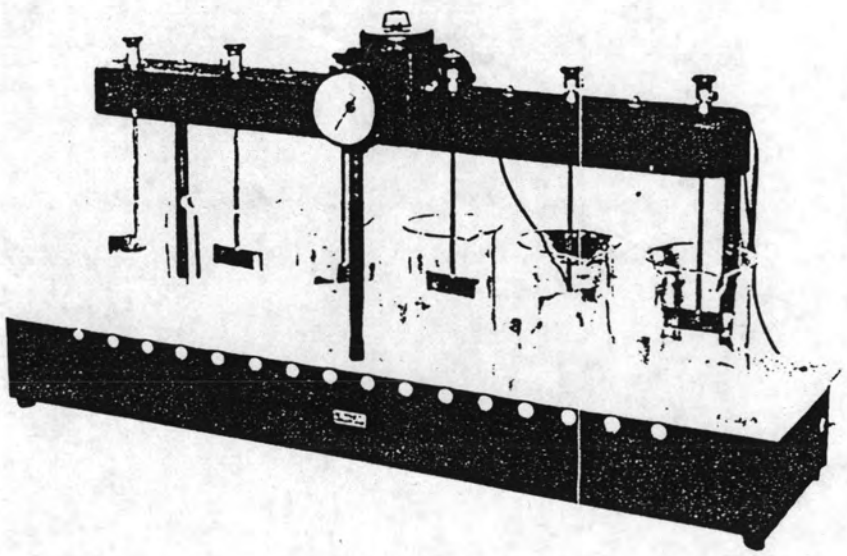
1. เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter)
2. เครื่องจาร์เทสต์ (Jar test)

ประกอบด้วยถ้วยทดลอง 6 ชุด ซึ่งมีขนาดและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2

i 18034755



รูปที่ 3.1 ถ้วยทดลองและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างที่ใช้ในการทำจาร์เทสต์



รูปที่ 3.2 เครื่องจาร์เทสต์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.3 วิธีการทดลอง

3.2.3.1 การเตรียม Titration Curve

การทำ titration curve เพื่อหาปริมาณด่างที่ต้องใช้ในการปรับพีเอช โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ด้วยการเติมด่างปริมาณหนึ่งลงในน้ำดิบที่เติมสารเคมีด้วยปริมาณที่คงที่จำนวนหนึ่งตามต้องการแล้ว ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งผ่านค่าพีเอชที่ต้องการ นำผลที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อคำนวณหาปริมาณด่างที่ใช้ต่อไป

3.2.3.2 การทำ Jar Test

1. เติมน้ำสังเคราะห์ที่มีปริมาณความเข้มข้นซิลิกา 60 มก/ล ปริมาณ 500 มล. ลงในถ้วยทดลอง 6 ใบ

2. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 N ให้ได้ค่าพีเอชซึ่งทดลองไว้แล้วจากการทำ titration curve ว่าเมื่อเติมสารเคมีแล้วจะเพิ่มขึ้นมาอยู่ในระดับที่ต้องการ

3. เปิดเครื่องกวนโดยใช้ความเร็ว 100 รอบต่อนาที และเติมสารเคมีปริมาณต่าง ๆ ตามต้องการ ใช้เวลากวนเร็ว 15 นาที

4. ปรับเครื่องกวนให้มีความเร็ว 40 รอบต่อนาที ใช้เวลากวนช้า 15 นาที

5. หยุดเครื่องกวน และตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 30 นาที

6. ปล่อยน้ำทิ้งทางสายยางเก็บตัวอย่างเพื่อชำระสายยางประมาณ 5 มล. แล้วจึงเก็บตัวอย่างประมาณ 300 มล. เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ตามวิธีการ Standard Method (22) ในกรณีที่สารละลายมีความขุ่น ทำการกรองด้วยกระดาษกรองก่อนทำการวิเคราะห์หาซิลิกา

3.2.4 ตัวแปรตามที่ต้องทำการวิเคราะห์

ดังสรุปในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ตัวแปรตามที่ต้องทำการวิเคราะห์

ตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์ * \ การทดลอง	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3
ความเข้มข้นของซิลิกาที่เหลืออยู่ในน้ำ	✓	✓	✓
ความเข้มข้นของโลหะที่เหลืออยู่ในน้ำ	✓	✓	✓
พีเอชสารละลาย	✓	✓	✓
ความขุ่น	✓	✓	✓
ความเป็นด่าง	✓	✓	✓
ความสูงชั้นตะกอน	✓	✓	✓
ความนำไฟฟ้า	✓	✓	✓

* วิเคราะห์ทุกถ้วยการทดลอง