บทที่ 4
แผนการทดลองและดำเนินงาน

4.1 แผนการดำเนินงาน

ในการศึกษากระบวนการสร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้นขนาดต้นแบบ (prototype)ในประเทศไทยที่ผ่านมา(พลภัทร, 2540) พบว่าระบบยังไม่สามารถสร้างเพลเล็ตได้อย่างที่เคยมีบรรยายไว้ในระบบทดลองขนาดนำร่อง (pilot) (ปัณฑิต, 2535; นฤชา, 2535; ปริญญา, 2535; อาชวัน, 2536; คณิศ, 2538; กานตพันธุ์, 2539; สุรเชษฐ์, 2539; กุลธิดา, 2540) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีแผนการดำเนินงานดังนี้

1. ติดต่อขอความอนุเคราะห์การประปานครหลวงใช้สถานที่และเครื่องมือในการทดลอง
2. ทดสอบระบบและอุปกรณ์การทดลอง
3. ปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของระบบเช่น อุปกรณ์กวนเร็ว ใบกวน ลักษณะการจัดใบกวน แผ่นกระจายน้ำเข้าในถัง ที่เก็บตัวอย่างภายในถัง และติดตั้งเครื่องสูบน้ำเข้าระบบ
4. ทดลองหาช่วงปริมาณสารส้ม และโพลีเมอร์ที่ควรใช้
5. เริ่มต้นระบบโดยใช้ดินคาโอลิน (รายละเอียดในภาคผนวก ค)
6. ทดลองตามแผนการทดลอง
7. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2 แผนการทดลอง

การทดลองได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ผลของการปั่นกวน 18 การทดลอง และผลของอัตราเวียนมวลของแข็ง 3 การทดลองดังตารางที่ 4.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 สัญลักษณ์การทดลอง

การทดลองช่วงที่ 1 ผลของการปั่นกวน			
ปริมาณสารส้ม, มก. Al/ล.	ความเร็วรอบกวน, รอบ/นาที	ปริมาณโพลีเมอร์, มก./ล.	สัญลักษณ์
0.8	2	0.3	P03A08S20R0
		0.4	P04A08S20R0
		0.5	P05A08S20R0
0.8	3	0.3	P03A08S30R0
		0.4	P04A08S30R0
		0.5	P05A08S30R0
1.0	2	0.3	P03A10S20R0
		0.4	P04A10S20R0
		0.5	P05A10S20R0
1.0	3	0.3	P03A10S30R0
		0.4	P04A10S30R0
		0.5	P05A10S30R0
1.0	4	0.3	P03A10S40R0
		0.4	P04A10S40R0
		0.5	P05A10S40R0
1.0	5	0.3	P03A10S50R0
		0.4	P04A10S50R0
		0.5	P05A10S50R0

การทดลองช่วงที่ 2 ผลของการเวียนมวลของแข็ง				
ปริมาณสารส้ม, มก. Al/ล.	ปริมาณโพลีเมอร์, มก./ล.	ความเร็วรอบกวน, รอบ/นาที	อัตราเวียนมวลของแข็ง	สัญลักษณ์
1.0	0.4	3	0	P04A10S30R0
			0.1	P04A10S30R01
			0.2	P04A10S30R02

การทดลองในช่วงที่ 1 ผลของการปั่นกวนมีการเริ่มต้นระบบโดยใช้ดินคาโอลินจำนวนมาก 2,000 กก.ในเวลา 42 ชม.และทำการทดลองต่อไปโดยไม่มีการเริ่มต้นระบบใหม่ แต่ในช่วงที่ 2 ผลของการเวียนมวลของแข็งจะมีการเติมดินคาโอลินเข้าในถังสร้างเพลเล็ตจำนวน 90 กก.ใน 2 ชม.เพื่อเพิ่มมวลของแข็งในถังสร้างเพลเล็ตแล้วเดินระบบต่อโดยใช้น้ำดิบจริงอีก 48 ชม.จึงเริ่มทำการทดลองต่อไป ซึ่งแต่ละการทดลองทำการทดลองโดยใช้น้ำดิบจากโรงสูบน้ำ 1 ซึ่งไม่มีการปรับพีเอชหรือเติมคลอรีนก่อน แล้วเติมสารส้มก่อนเข้าสู่เครื่องกวนสถิตย์ และเติมโพลีเมอร์ก่อนเข้าถังสร้างเพลเล็ตตามรูปที่ 4.1 จากนั้นเริ่มเดินระบบให้อยู่ในสถานะคงตัวโดยมีตัวแปรดังนี้

<u>ช่วงที่ 1 ผลของการปั่นกวน</u>

- ตัวแปรอิสระ

1. ปริมาณโคแอกกูแลนต์ใช้สารส้มเหลว 50 % (รายละเอียดตามตารางที่ 4.2) ปริมาณ 0.8 และ 1.0 มก. Al/ล.

2. ปริมาณโคแอกกูแลนต์เอดใช้โพลีเมอร์ชนิดไม่มีประจุ (รายละเอียดตามตารางที่ 4.3) ปริมาณ 0.3, 0.4 และ 0.5 มก./ล.

3. ความเร็วรอบกวน 2, 3, 4 และ 5 รอบ/นาที (G = 13.0, 23.9, 36.8 และ 51.4 $วิ^{-1}$ ตามลำดับ)

- ตัวแปรคงที่

1. ความสูงชั้นเพลเล็ตคุมไว้ที่ 150 ชม. จากก้นถัง

- ตัวแปรตาม

1. ความขุ่นของน้ำที่ผลิต
2. ขนาดของเพลเล็ต
3. ค่าพีเอชและสภาพด่าง
4. ความเร็วจมตัวเพลเล็ต
5. ความหนาแน่นประสิทธิผลเพลเล็ต
6. เวลากักของแข็ง (Solids Retention Time, SRT)
7. อัตราภาระมวลของแข็ง (Solids Mass Loading Rate, SMLR)
8. ค่าความปั่นป่วนของน้ำภายในถังสร้างเพลเล็ต (Gt)

<u>ช่วงที่ 2 ผลของการเวียนมวลของแข็ง</u>

- ตัวแปรอิสระ

1. อัตราเวียนมวลของแข็ง 0 (ควบคุม), 0.1 และ 0.2 ของอัตราน้ำไหลเข้า

- ตัวแปรคงที่

1. ความสูงชั้นเพลเล็ตคุมไว้ที่ 150 ซม. จากก้นถัง

2. ปริมาณโคแอกกูแลนต์ใช้สารส้มเหลว 50% (รายละเอียดตามตารางที่ 4.2) ปริมาณ 0.8 และ 1.0 มก. Al/ล.

3. ปริมาณโคแอกกูแลนต์เอดใช้โพลีเมอร์ชนิดไม่มีประจุ (รายละเอียดตามตารางที่ 4.3) ปริมาณ 0.4 มก./ล.

4. ความเร็วรอบกวน 3 รอบ/นาที

- ตัวแปรตาม

1. ความขุ่นของน้ำที่ผลิต

2. ขนาดของเพลเล็ต

3. ค่าพีเอชและสภาพด่าง

4. ความเร็วจมตัวเพลเล็ต

5. ความหนาแน่นประสิทธิผลเพลเล็ต

6. เวลากักของแข็ง (Solids Retention Time, SRT)

7. อัตราภาระมวลของแข็ง (Solids Mass Loading Rate, SMLR)

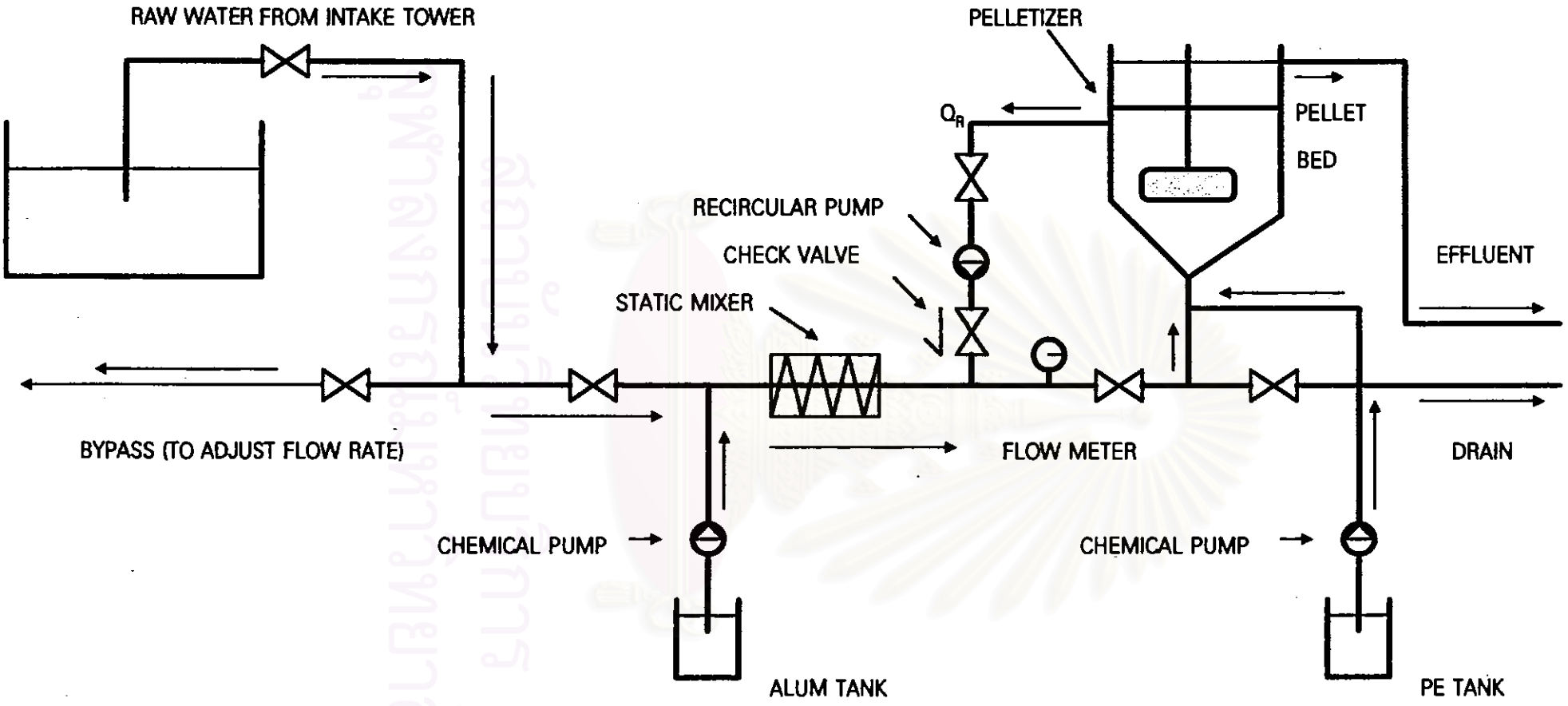
8. ค่าความปั่นป่วนของน้ำภายในถังสร้างเพลเล็ต (Gt)

หมายเหตุ เนื่องจากการทดลองนี้ระบบไม่สามารถสร้างเพลเล็ตได้หมดทั้งถังทำให้กลไกในการกำจัดความขุ่นของระบบขึ้นอยู่กับปริมาณฟล็อกและเพลเล็ตภายในถังสร้างเพลเล็ต ซึ่งก็คือมวลของแข็งทั้งหมดที่อยู่ภายในถัง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงกล่าวถึงอัตราภาระมวลของแข็ง(SMLR) และเวลากักของแข็ง(SRT) แทนอัตราภาระมวลเพลเล็ต(PMLR) และเวลากักเพลเล็ต(PRT) ตามลำดับ ดังที่กล่าวไว้ในการศึกษาที่ผ่านมา (T. Panswad and K. Areesawangkit, 1999)

โดย $SMLR = \frac{\text{SS ที่ถูกกำจัดต่อวัน, กก. SS/วัน}}{\text{มวลของแข็งทั้งหมดในถัง, กก.}}$, กก. SS/วัน/กก.

หรือ $= \frac{\text{ความขุ่นที่ถูกกำจัด, เอ็นทียู}}{\text{มวลของแข็งทั้งหมดในถัง, กก.}}$, เอ็นทียูที่ถูกกำจัด/กก.

$SRT = \frac{\text{มวลของแข็งทั้งหมดในถัง, กก.}}{\text{SS ที่ถูกกำจัดต่อวัน, กก. SS/วัน}}$, วัน



รูปที่ 4.1 แผนผังการจัดวางอุปกรณ์ระบบการทดลอง (พลภัทร, 2540)

4.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารโคแอกกูแลนต์ที่ใช้ในการทดลองคือสารส้มน้ำ 50 % (ได้รับความอนุเคราะห์จากการประปานครหลวง) ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2 ส่วนสารโคแอกกูแลนต์เอดคือโพลีเมอร์ไม่มีประจุ มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 สมบัติทั่วไปของสารส้มน้ำ 50 % ที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติของสารส้มน้ำ 50 %	
สถานะ	ของเหลว
ความถ่วงจำเพาะ	อย่างน้อย 1.265
Al_2O_3	อย่างน้อย 6.5 %
Fe	ไม่เกิน 0.1 มก./กก.
As	ไม่เกิน 5.0 มก./กก.
Mn	ไม่เกิน 50 มก./กก.
Cd	ไม่เกิน 20 มก./กก.
Pb	ไม่เกิน 20 มก./กก.
Hg	ไม่เกิน 0.4 มก./กก.
Cr	ไม่เกิน 20 มก./กก.

หมายเหตุ ข้อมูลสารส้มน้ำ 50 % จากการประปานครหลวง

ตารางที่ 4.3 สมบัติทั่วไปของโพลีเมอร์ที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติของโพลีเมอร์	
ชื่อการค้า	Kuriflock PN-133
ชนิด	ไม่มีประจุ
สถานะ	ผงสีขาว
มวลโมเลกุล	ประมาณ 12 ล้าน
ความหนืด (0.1% สารละลาย)	20 - 40
พีเอช (0.1% สารละลาย)	5.5 - 7.5
ช่วงพีเอชที่ใช้งาน	5.0 - 8.0
อายุการเก็บเพื่อใช้งาน	1 ปี

หมายเหตุ ข้อมูลโพลีเมอร์จากเอกสารประกอบสินค้าของบริษัทผู้ขาย

4.4 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1. ถังสร้างเพลเล็ต สูง 3.0 ม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ม. ทำด้วยเหล็ก พร้อมมอเตอร์ปรับรอบได้ 2 - 9 รอบ/นาที ตามรูปที่ 4.2

2. เครื่องกวนสถิตย์ในเส้นท่อสำหรับการกวนเร็ว ให้ค่า G อย่างต่ำประมาณ 700 $วิ^{-1}$

3. เครื่องผสมสารโพลีเมอร์ขนาด 0.5 แรงม้า ใบพัดแบบ 3 ใบ ขนาด 15 ซม. ความเร็วรอบ 288 รอบ/นาที

4. เครื่องสูบน้ำสำหรับเวียนเพลเล็ตยี่ห้อ Pedlelo รุ่น ID45 0.74 กิโลวัตต์ อัตราสูบสูงสุด 90 ลิตร/นาที เฮดสูงสุด 9 ม.

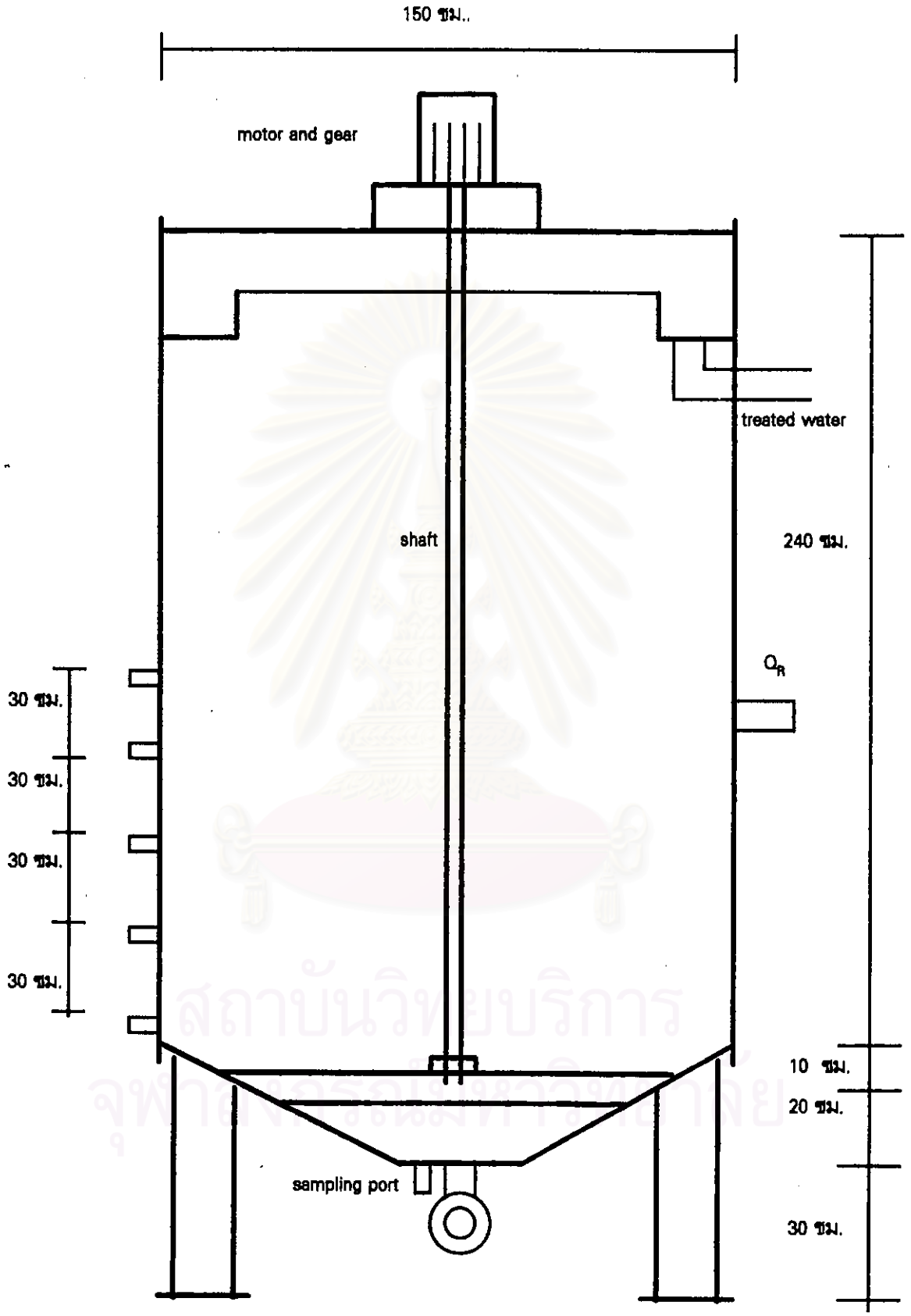
5. เครื่องสูบสารเคมีแบบรีดสายยี่ห้อ Watson Marlow รุ่น 505S ปรับอัตราหมุนได้ 2 - 220 รอบ/นาที เพื่อจ่ายสารส้มและโพลีเมอร์ 2 เครื่อง

6. เครื่องวัดอัตราไหล ขนาด 2 นิ้ว ยี่ห้อ KROHNE รุ่น AQUAFLUX 410K วัดอัตราการไหลได้ตั้งแต่ 2 - 80 $ม^3$/ชม.

7. ถังสารเคมีขนาด 500 ลิตร 4 ใบ

8. ถังสารเคมีขนาด 200 ลิตร 2 ใบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 ถังสร้างเพลเล็ต (not to scale)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การเก็บตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

4.5.1 การเก็บตัวอย่าง

ความถี่และจุดเก็บตัวอย่าง แสดงตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความถี่และจุดเก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่าง	ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง
1. ความขุ่น, NTU	
- น้ำดิบ	ทุก 6 ชม.
- น้ำผลิต	ทุก 6 ชม.
2. พีเอช	
- น้ำดิบ	ทุก 6 ชม.
- น้ำหลังกวนเร็ว	ทุก 6 ชม.
- น้ำหลังเวียนมวลของแข็ง	ทุก 12 ชม.
- น้ำผลิต	ทุก 6 ชม.
3. ขนาดเพลเล็ตที่ระดับ 0, 30, 60, 90, 120, 150 ชม. จากก้นถัง, มม.	ทุก 12 ชม.
4. ความเร็วการจมตัวเพลเล็ตที่ระดับ 0, 30, 60, 90, 120, 150 ชม. จากก้นถัง, ม./วิ.	ทุก 12 ชม.
5. สภาพด่าง, มก. ในรูป หินปูน/ล.	
- น้ำดิบ	ทุก 12 ชม.
- น้ำหลังกวนเร็ว	ทุก 12 ชม.
- น้ำผลิต	ทุก 12 ชม.
6. ค่าของแข็งทั้งหมด และเพลเล็ต, มก./ล.	
- น้ำหลังเวียนมวลของแข็ง	ทุก 12 ชม.
- ในถังสร้างเพลเล็ตที่ระดับ 0, 30, 60, 90, 120, 150 ชม. จากก้นถัง	ทุก 12 ชม.
7. ค่าของแข็งแขวนลอย, มก./ล.	
- น้ำดิบ	ทุก 12 ชม.
- น้ำผลิต	ทุก 12 ชม.

4.5.2 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

1. วัดความขุ่นด้วยเครื่องวัดความขุ่น HACH รุ่น RATIO X/R
2. วัดพีเอชด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ ORION รุ่น 210
3. วัดขนาดเพลเล็ตด้วยกล้องจุลทรรศน์ Olympus รุ่น CHS กำลังขยาย 10 เท่า
4. วัดความเร็วจมตัวเพลเล็ตด้วยกระบอกตวงและนาฬิกาจับเวลา
5. วัดสภาพด่างโดยวิธีไททริเมตริก
6. วัดค่าของแข็งทั้งหมดและเพลเล็ตโดยวิธีทำแห้งที่ 103 - 105 °ซ
7. วัดค่าของแข็งแขวนลอยโดยวิธีทำแห้งที่ 103 - 105 °ซ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย