

บทที่ 3

การดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองกระทำโดยการสร้างแบบจำลองของบ่อทดลองขนาดระดับห้องปฏิบัติการ (Laboratory Scale) ขึ้นที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีรายละเอียดและวิธีการทดลองดังนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 แบบจำลองของบ่อทดลอง

แบบจำลองในการทดลองในช่วงที่ 1, 2 และ 3 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 เป็นแบบจำลองที่มีการไหลของน้ำเป็นแบบ น้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน โดยได้การก่อสร้างบ่อจำลองกำจัดน้ำทิ้งจำนวน 4 บ่อ ด้วยแผ่นเหล็ก โดยมีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างเป็น 10:1 และมีความลาดชันของพื้นบ่อเป็น 1% แต่ละบ่อมีขนาดภายในกว้าง 0.24 ม. ยาว 2.4 ม. ลึก 0.75 ม. บรรจุทรายซึ่งใช้เป็นตัวกลางลึก 0.55 ม. มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 มม. – 2.4 มม. ที่ทางน้ำเข้าและทางน้ำออกจะบรรจุหินบดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-5 ซม. ดังรูปที่ 3.3 เพื่อกระจายน้ำเข้าให้สม่ำเสมอและป้องกันการอุดตันของท่อ โดยมีท่อน้ำเข้าและน้ำออกเป็นท่อพีวีซี ขนาด 0.5 นิ้ว ท่อปล่อยน้ำเข้าจะอยู่ด้านบนตามแนวขวาง โดยเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. ห่างกัน 2.5 ซม. ท่อรับน้ำออกจะอยู่ด้านล่างของบ่อตามแนวขวาง โดยเจาะรูรอบๆท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 ซม. ห่างกัน 2.5 ซม. บริเวณกลางบ่อทดลองมีท่อพีวีซีที่มีขนาด และเจาะรูเหมือนท่อรับน้ำออก เพื่อนำน้ำตัวอย่างในชั้นทรายมาวิเคราะห์ในระหว่างการทดลอง

3.1.2 ถังพักน้ำเสียผสมที่เข้าสู่ระบบ

ใช้ถังพลาสติกปริมาตร 100 ล.

3.1.3 เครื่องสูบน้ำเสียผสม

ใช้เครื่องสูบน้ำชนิดรีดสาย (Peristaltic Pump) เพื่อสูบน้ำเสียจากถังพักน้ำเสียลงในบ่อทดลอง

3.1.4 ถังรับน้ำเสียผสมที่ออกจากระบบ

ใช้ถังพลาสติกรับน้ำเสียผสมที่ผ่านการกำจัดแล้วมีปริมาตรประมาณ 20 ล.

3.1.5 ตัวกลาง

ชั้นตัวกลางมีความลึก 0.55 วัสดุเป็นทราย โดยมีคุณสมบัติดังนี้

ก. มีขนาดสัมฤทธิ์ (Effective Size) เท่ากับ 0.65 มม. และสัมประสิทธิ์ของความไม่สม่ำเสมอ (Coefficient of Nonuniformity) เท่ากับ 0.17 โดยมีรายละเอียดการทำ Sieve Analysis ของตัวอย่างทราย แสดงในภาคผนวก ง.

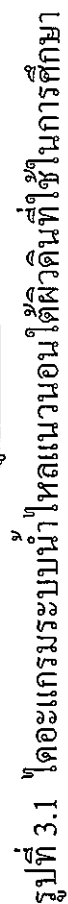
ข. มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.3 มม. – 2.4 มม. ดังแสดงในภาคผนวก ง. มีค่าความพรุนของทรายเป็น 0.36 (ซึ่งหาโดยใช้น้ำแทนที่ช่องว่างของตัวกลางทราย)

3.2 การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์

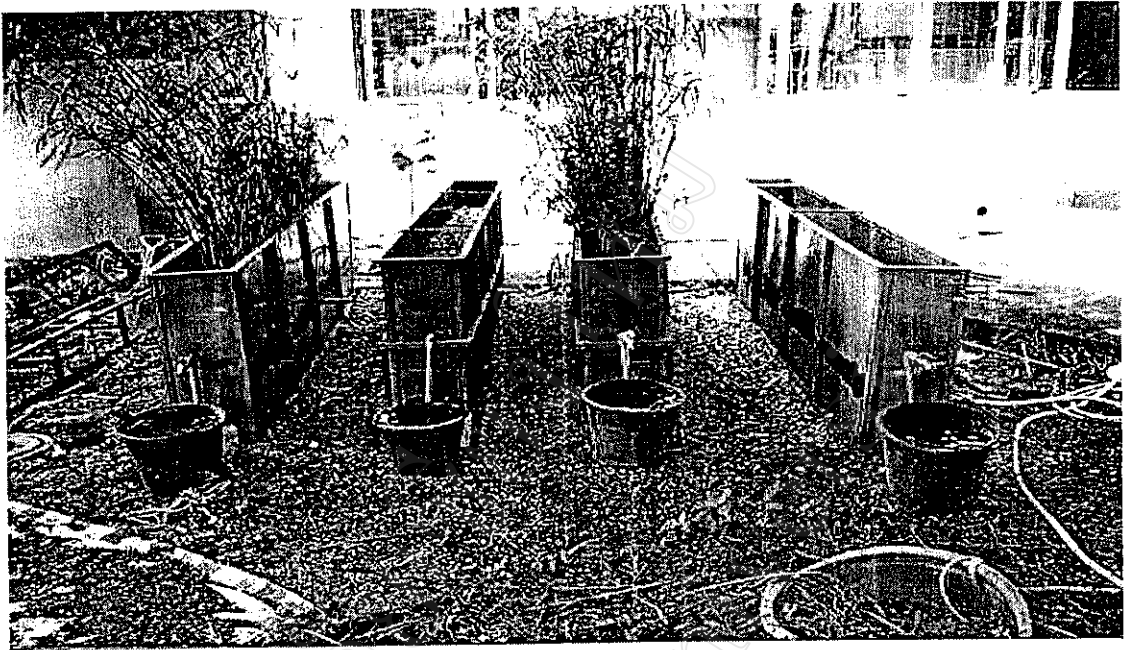
ลักษณะการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.1 เริ่มจากการเติมน้ำเข้าระบบ โดยใช้น้ำเสียผสมบรรจุในถังพลาสติกขนาด 100 ลิ. ทำการสูบน้ำเสียโดยใช้เครื่องสูบน้ำชนิดรีดสายเข้าบ่อทดลองอย่างต่อเนื่องจากถังพักน้ำเสียลงในบ่อทดลอง ควบคุมให้น้ำในบ่อทดลองอยู่ต่ำกว่าผิวชั้นทราย 5 ซม. (โดยการยกระดับท่อน้ำออก) แล้วไหลออกจากบ่อทดลองลงสู่ภาชนะรองรับน้ำเสีย

3.3 น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย

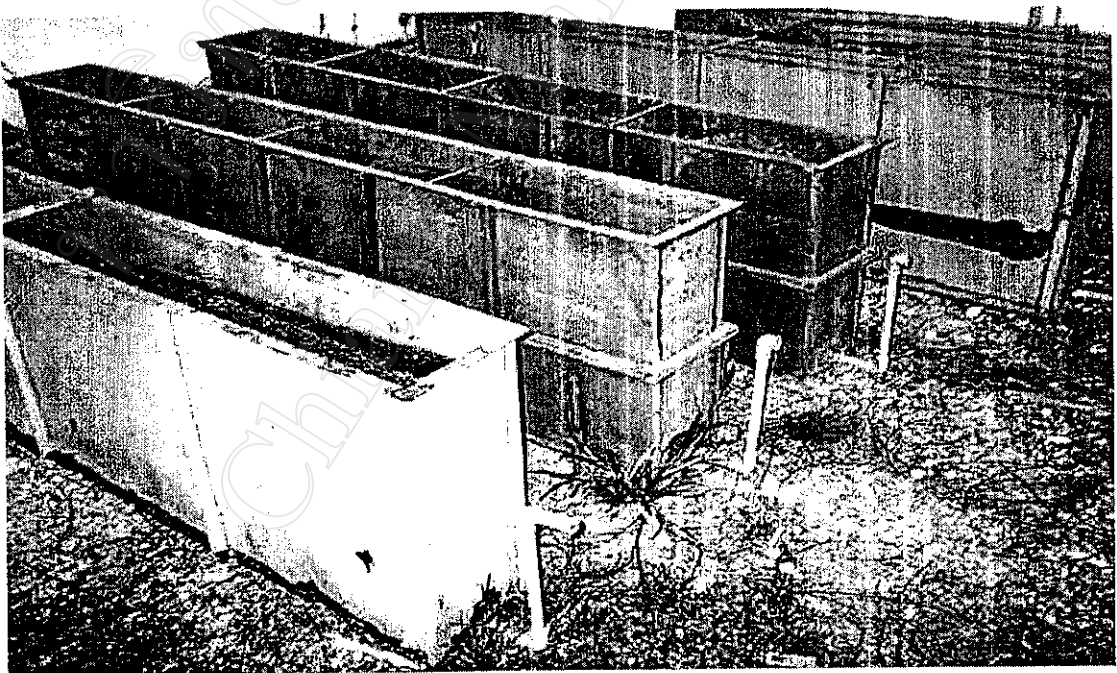
น้ำเสียหลักที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำทั้งจากบ่อดักตะกอนทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเหมืองแม่เมาะ ซึ่งเป็นน้ำชะผิวดินจากบริเวณที่ทิ้งดินของเหมืองลิคไนต์แม่เมาะ แล้วไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำหรือขุมเหมือง ก่อนที่จะทำการสูบน้ำไปยังบ่อดักตะกอนทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือต่อไป โดยมีคุณลักษณะของน้ำในบ่อดักตะกอนทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังตารางที่ 3.1 ผสมกับน้ำเสียจากมูลสุกรที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอน เป็นน้ำเสียจากการล้างคอกสุกร ซึ่งผ่านการตกตะกอนแล้วจาก ฟาร์มสุกรของศูนย์พัฒนาและวิจัยการเกษตรแม่เหียะ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีคุณสมบัติของน้ำเสียมูลสุกรแสดงในตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.1^๖ โดอะแกรมระบบนำไหลแนวนอนใต้ผิวดินที่ใช้ในการศึกษา

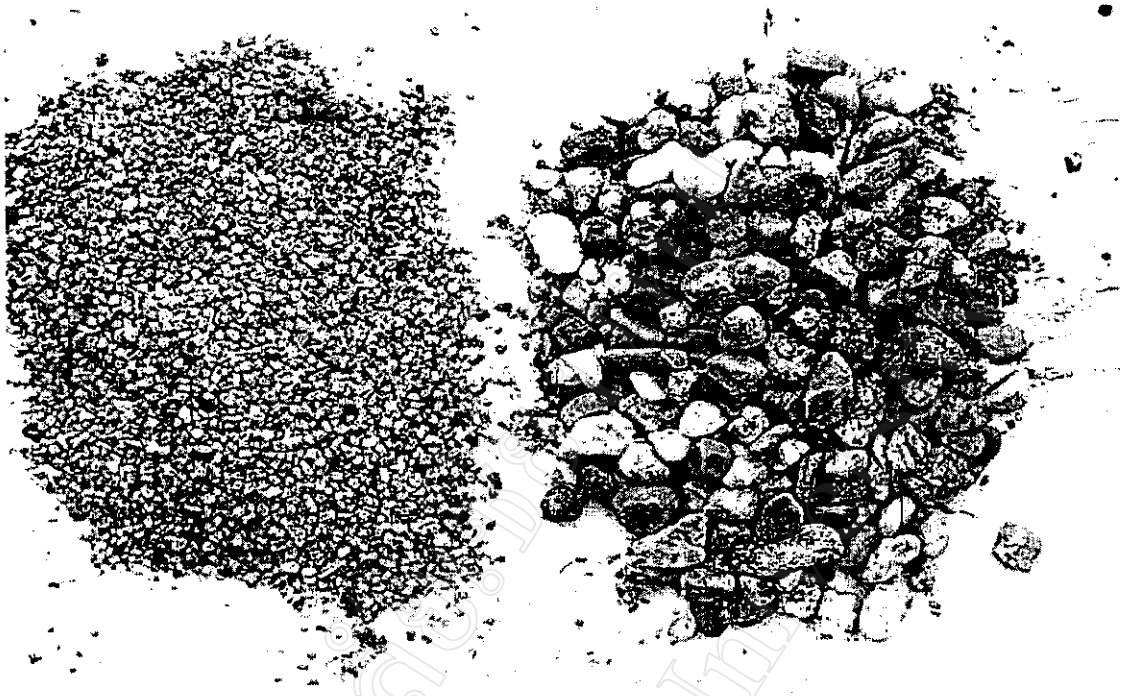


ก.การทดลองช่วงที่ 1

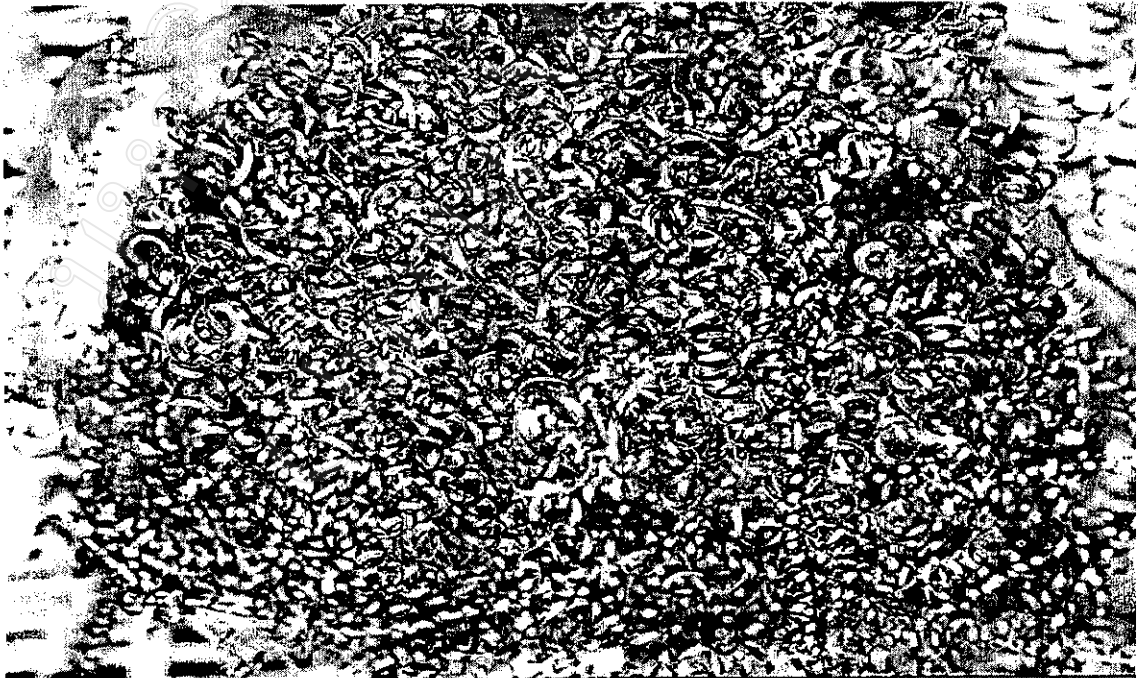


ข.การทดลองช่วงที่ 2 และ 3

รูปที่ 3.2 บ่อทดลองที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 3.3 ตัวกลางทราย และหินบด ที่ใส่ในบ่อทดลอง



รูปที่ 3.4 เศษเหล็กที่ผสมกับตัวกลางทราย

ตารางที่ 3.1 ลักษณะสมบัติน้ำของบ่อดกตะกอนทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเหมือง
แม่เมาะ จ.ลำปาง (8-9 มกราคม 2537)

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าเฉลี่ย
พีเอช	-	8.3
ค่าความนำไฟฟ้า	ไมโครโมห์/ซม.	1828
ของแข็งละลายทั้งหมด	มก./ล.	1650
ความเป็นด่างทั้งหมด	มก./ล.เทียบกับ แคลเซียมคาร์บอเนต	74.2
ความกระด้างทั้งหมด	มก./ล.เทียบกับ แคลเซียมคาร์บอเนต	1000
ซัลเฟต	มก./ล.	790
แคลเซียม	มก./ล.	< 0.001
โครเมียม	มก./ล.	< 0.001
นิเกิล	มก./ล.	< 0.001
ทองแดง	มก./ล.	< 0.001
เหล็ก	มก./ล.	0.13
สังกะสี	มก./ล.	0.014
แมงกานีส	มก./ล.	0.048

ที่มา : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ , 2537

ตารางที่ 3.2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียมูลสุกรจากฟาร์มแม่เหียะ

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น	ค่าเฉลี่ย	จำนวนวิเคราะห์ (ครั้ง)
ซีโอติละลาย (มก./ล.)	1,500 – 5,000	3,205	6
เจดาร์ลไนโตรเจน (มก./ล.)	200 - 400	297	6
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	500 – 2,500	1,381	6
ฟอสฟอรัส (มก./ล.)	80 - 160	117	6
พีเอช	6.5 – 7.5	7	6
อุณหภูมิ °ซ	20 - 28	18	6

ที่มา นงคลักษณ์ เล็กรุ่งเรืองกิจ , 2541

3.4 การดำเนินการทดลอง

3.4.1 การเริ่มต้นระบบ (Start Up)

เริ่มจากการเตรียมพืชน้ำ โดยพืชน้ำที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือกกกลังกา (*Cyperus alternifolius* Linn.) ทำการคัดเลือกพืชที่มีขนาดใกล้เคียงกันอายุประมาณ 1 เดือน แล้วนำมาปลูกใหม่ประมาณ 4 เดือน ในภาชนะพลาสติกที่มีดินผสมปุ๋ยคอก โดยในช่วงเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 3 จะรดน้ำด้วยน้ำประปาและในช่วงเดือนที่ 3 ถึง เดือนที่ 4 นี้จะมีการเติมน้ำจากหม้อกลิ้งในตู้เพื่อให้พืชคุ้นเคย ก่อนที่จะย้ายพืชน้ำจากภาชนะพลาสติกมาปลูกลงในบ่อทดลอง

3.4.2 แผนการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาโดยใช้แบบจำลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีการป้อนน้ำเสียผสมเข้าสู่บ่อทดลองทั้งสามการทดลองแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow) รายละเอียดของการทดลองมีดังนี้

ก. การทดลองช่วงที่ 1

เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตของระบบน้ำไหลใต้ผิวดินแนวนอนในสภาพที่แตกต่างกัน เริ่มต้นด้วยการเตรียมบ่อทดลองให้มีสภาพที่แตกต่างกันทั้ง 4 บ่อทดลอง คือ บ่อทดลองที่ 1 ใส่ตัวกลาง (ทราย) ลงในบ่อทดลองเพียงอย่างเดียว บ่อทดลองที่ 2 ใส่ตัวกลาง (ทราย) และปลูกต้นกกกลังกาจำนวน 22 ต้น บ่อทดลองที่ 3 ใส่เศษเหล็กผสมเข้าไปในตัวกลาง (ทราย) ปลูกต้นกกกลังกา 22 ต้น และบ่อทดลองที่ 4 ใส่เศษเหล็กผสมเข้าไปในตัวกลาง (ทราย) โดยไม่ปลูกพืช เศษเหล็กได้มาจากการกลึงเหล็กของโรงกลึงเหล็กในจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.4 ที่ผสมเข้าไปในตัวกลาง (ทราย) ในบ่อทดลองที่ 3 และ 4 นั้น จะผสมในอัตราส่วน 1:350 ของปริมาตรทราย (โดยการประมาณจากสมการที่ 2.8 ที่ต้องใช้ปริมาตรเหล็กเฟอร์รัส ต่อ ซัลเฟตในหน่วยน้ำหนัก และนำไปวัดเป็นปริมาตร แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบับปริมาตรของทรายที่ใช้ทั้งหมด ซึ่งในเนื้อเศษเหล็กที่ใช้ในการทดลองนี้ได้นำไปวิเคราะห์ที่ สำนักงานทรัพยากรธรณี เขต 3 จ.เชียงใหม่ ซึ่งจะมีร้อยละของเหล็ก Fe^0 เป็น 99.72 เปอร์เซ็นต์)

หลังจากนั้นเตรียมน้ำเสียผสมระหว่างน้ำเสียจากมูลสุกรที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอน และน้ำทิ้งจากเหมืองถ่านหิน ให้มีอัตราส่วนความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น ต่อความเข้มข้นของซัลเฟตเริ่มต้น เป็น 0.25 ในถังพักน้ำเสีย แล้วทำการสูบน้ำเสียที่ผสมแล้วโดยใช้ปั๊มสูบน้ำเสียเข้าสู่บ่อทดลองทั้ง 4 บ่ออย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหล 0.34 ลิ./ชม. ซึ่งจะมีอัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ เป็น 7.5

ชม/วัน จนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ โดยที่สภาวะคงที่นี้จะพิจารณาความเข้มข้นซัลเฟตของน้ำ ออกเป็นหลัก การทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตในสภาพที่แตกต่างกัน ทั้ง 4 บ่อทดลองนี้ ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของการทดลองช่วงที่ 1

บ่อ ทดลองที่	อัตราภาระบรรทุกทาง ชลศาสตร์ (ชม. ต่อ วัน)	ระยะเวลา กักเก็บน้ำ (วัน)	อัตราส่วนความ เข้มข้น ซีโอดี ต่อ ซัลเฟต เริ่มต้น	พีชีน้ำ	เศษเหล็ก ผสมเข้าไป ในตัวกลาง
1	7.5	11.5	0.25	ไม่มี	ไม่มี
2	7.5	11.5	0.25	มี	ไม่มี
3	7.5	11.5	0.25	มี	มี
4	7.5	11.5	0.25	ไม่มี	มี

หมายเหตุ_ ระยะเวลาการกักเก็บน้ำ (HRT) เป็นค่าโดยประมาณจากสมการที่ 2.20

ข. การทดลองช่วงที่ 2

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลของอัตราส่วนความเข้มข้นซีโอดีต่อซัลเฟตเริ่มต้นและเศษเหล็ก ต่อประสิทธิภาพของการกำจัดซัลเฟต โดยการทดลองช่วงที่ 2 นี้ จะใช้ผลของการทดลองช่วงที่ 1 จากบ่อทดลองที่มีและไม่มีเศษเหล็กที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดซัลเฟตสูงสุด มาทำการทดลองใหม่ โดยมีอัตราส่วนความเข้มข้นซีโอดีต่อความเข้มข้นของซัลเฟตเริ่มต้นเป็น 0.5 และ 1 ซึ่งจะใช้อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เป็น 7.5 ชม/วัน เหมือนกันทั้ง 4 บ่อทดลอง ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของการทดลองช่วงที่ 2

บ่อทดลองที่	อัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ (ชม. ต่อ วัน)	ระยะเวลา กักเก็บน้ำ (วัน)	อัตราส่วนความเข้มข้น ซีโอดี ต่อ ชัลเฟต เริ่มต้น	เศษเหล็กผสม เข้าไปในตัวกลาง
1	7.5	11.5	0.5	มี
2	7.5	11.5	0.5	ไม่มี
3	7.5	11.5	1	มี
4	7.5	11.5	1	ไม่มี

ค. การทดลองช่วงที่ 3

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลของอัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดชัลเฟต โดยจะใช้ผลของทดลองช่วงที่ 2 จากบ่อทดลองที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดชัลเฟตสูงสุด มาทำการทดลองใหม่ในสภาพที่เหมือนกันทั้ง 4 บ่อทดลอง โดยมีอัตราส่วนความเข้มข้นซีโอดี เริ่มต้น ต่อความเข้มข้นของชัลเฟตเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 1 เหมือนกันทั้ง 4 บ่อทดลอง แต่มีอัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ของบ่อทดลองทั้ง 4 แตกต่างกัน คือ 10.0 , 12.5, 15.0 และ 17.5 ชม. ต่อ วัน (ซึ่งจะมีระยะเวลากักเก็บน้ำเป็น 8.6 , 6.9 , 5.7 และ 4.9. วัน โดยประมาณ) ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดของการทดลองช่วงที่ 3

บ่อทดลองที่	เศษเหล็กผสมเข้าไปในตัวกลาง	อัตราส่วนความเข้มข้น ซีโอดี ต่อ ชัลเฟต เริ่มต้น	อัตราการระบรทุกทางชลศาสตร์ (ชม. ต่อ วัน)	ระยะเวลา กักเก็บน้ำ (วัน)
1	มี	1	10.0	8.6
2	มี	1	12.5	6.9
3	มี	1	15.0	5.7
4	มี	1	17.5	4.9

3.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่างน้ำ คำนึงคุณภาพน้ำต่างๆที่จะทำการวิเคราะห์หา ความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำ และวิธีการวิเคราะห์ ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 วิธีการและความถี่ในการวิเคราะห์

จุดเก็บน้ำตัวอย่าง	พารามิเตอร์	ความถี่	วิธีการวิเคราะห์
จากถังเก็บน้ำเสียและ ปลายท่อน้ำออก	พีเอช	ทุก 5 วัน (3 วัน)	pH meter ยี่ห้อ HORIBA รุ่น D-14E
”	ค่าความนำไฟฟ้า	”	Conductivity meter ยี่ห้อ SCHOTT รุ่น CG-857
”	ซัลเฟต	”	Turbidimetric method
”	ความเป็นด่างทั้งหมด	”	Acid Titration
”	ของแข็งละลายทั้งหมด	”	Filtration-Drying at 103°C
”	ซีโอดี	ทุก 10 วัน (3 วัน)	Dicromate Reflux
”	กรดระเหยทั้งหมด	”	Direct Titration
”	เจดาคัลไนโตรเจน	”	Kjeldahl
”	แอมโมเนียไนโตรเจน	”	Distillation and Acid Titration
จากถังเก็บน้ำเสีย , ท่อน้ำนำตัวอย่างใน ชั้นทราย และปลาย ท่อน้ำออก	เหล็กทั้งหมดในน้ำ	”	Colorimetric method
”	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	”	Filtration-Drying at 103°C

หมายเหตุ เก็บตัวอย่างแบบ Grab Sample

ใช้วิธีวิเคราะห์น้ำตาม Standard Method (APHA-AWWA-WPCF,1992)

() หมายถึง ความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำ เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่