บทที่ 4

การศึกษา และประวัติความเป็นมา

ในปี คศ.1880 เริ่มมีการใช้ถัง solid contact clarifier ที่รู้จักกันในนามของถัง Dortmund สร้างขึ้นโดย Mueller-Nahnsen มีลักษณะเป็นรูปกรวย หรือปิรามิดหงาย จัดให้น้ำไหลเข้าถังทางด้านล่าง

ในปี คศ.1892 Archbutt และ Deeley ได้สร้างระบบ Accelerated precipitation ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนผสมสารเคมี และส่วนตกตะกอน

ในปี คศ.1938 Spaulding ได้ปรับปรุงระบบ โดยรวมส่วนของการทำลายเสถียรภาพ การสมานตะกอน และ การตกตะกอน ไว้ในถังเดียวกัน แล้วเรียกถังแบบนี้ว่า Precipitator

ประมาณปี คศ.1965 Miller, West and Robinson ได้ศึกษาการทำงานของ floc blanket clarifier การทดลองนี้ได้นำน้ำดิบจากแม่น้ำเทมส์สูบไปที่ถังสูง เพื่อจ่ายลงมาได้ด้วยแรงดันน้ำคงที่ ผ่านอุปกรณ์กวนเร็ว ผสมสารส้มกับน้ำดิบ ความเข้มข้นสารส้มที่ใช้ได้จาก jar test จากนั้นน้ำจากอุปกรณ์กวนเร็ว จึงเข้าอุปกรณ์ทดลองท่อทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว ยาว 14 ฟุต จำนวน 4 ชุด อุปกรณ์แต่ละชุดจะทำงานไปพร้อม ๆ กัน เพื่อลดผลกระทบจากความแปรผันของคุณภาพน้ำดิบในช่วงสั้น ๆ

จากการทดลองได้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

1. ศึกษาอิทธิพลของความเร็วน้ำไหลขึ้น โดยทำการทดลองที่ความเร็วน้ำไหลขึ้น 1.83-6.10 ม./ชม. ผลการทดลองสรุปได้ว่า การเพิ่มความเร็วน้ำไหลขึ้น จะทำให้ความขุ่น และ ปริมาณ Al ในน้ำออกจากถังเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการกำจัดสี การเพิ่มความเร็วน้ำไหลขึ้นยังทำให้ มีของแข็งแขวนลอยหลุดออกไปจากถังเพิ่มขึ้น (floc carry over) ซึ่งสรุปว่าเกิดจากความเร็วน้ำไหลขึ้นมากกว่า ความเร็วการตกตะกอนของอนุภาคในชั้นตะกอนบางส่วน และเกิดจากความปั่นป่วนในชั้นตะกอนมากขึ้น ทำให้ได้อนุภาคขนาดเล็กซึ่งมีความเร็วตกตะกอนต่ำจำนวนมากขึ้น การศึกษานี้ยังแสดงให้เห็นว่า ค่าความขุ่นของน้ำผลิตจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วน้ำไหลขึ้น และ พบว่า ค่าความเร็วน้ำไหลขึ้น ที่จะทำให้เกิดปัญหา

ต่อการทำงานของเครื่องกรอง จะน้อยกว่าค่าความเร็วน้ำไหลขึ้น ที่ทำให้ชั้นตะกอนเริ่มขาดเสถียรภาพ นอกจากนั้นสภาพแวดล้อมทางเคมี ลักษณะน้ำดิบ และโคแอกกูแลนท์เอด ที่ใช้ยังมีผลต่อ ลักษณะของชั้นตะกอน ซึ่งจะส่งผลต่อถึงขีดจำกัดหรือ ความสามารถของถังตกตะกอนอีกด้วย

2. ศึกษาอิทธิพลของความหนาของชั้นตะกอน โดยทำการทดลองที่ความหนาของชั้นตะกอน 1-2.7 ม. ผลการทดลองสรุปได้ว่า ของแข็งแขวนลอยที่หลุดไปกับน้ำออกจากถัง ความขุ่น และ Al จะลดลงเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นตะกอน

3. ศึกษาอิทธิพลของความหนาของชั้นน้ำใส โดยทำการทดลองที่ความหนาของชั้นน้ำใสตั้งแต่ 0-1.2 ม. ผลการทดลองสรุปได้ว่า ที่ความหนาของชั้นน้ำใส มากกว่า 5 ซม. ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่หลุดออกไปไม่ขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นน้ำใส และ พบว่าเมื่อ ความหนาของชั้นน้ำใสที่น้อยกว่าประมาณ 5 ซม. นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Al เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในปี พศ.2514 เชาวยุทธ พรพิมลเทพ ได้ศึกษาหลักเกณฑ์การทำงานของถังตกตะกอนขนาดจริงที่โรงกรองน้ำธนบุรี กรุงเทพมหานคร ลักษณะของถังตกตะกอน เป็น ถังทำน้ำใสแบบหมุนเวียนตะกอน มีชื่อทางการค้าว่า Accelator ปริมาณน้ำดิบไหลเข้าถังในอัตรา 1,300-1,900 ลบม./ชม. มีการทดลองทำ jar test เพื่อหาค่าความเข้มข้นของสารส้มที่เหมาะสมสำหรับเติมลงผสมในน้ำดิบก่อนผ่านเข้าถังทำน้ำใสแบบหมุนเวียนตะกอน

การทดลองได้ศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำงานของถัง ตัวแปรที่ศึกษาคือ ความเร็วรอบใบกวน ความลึกชั้นตะกอน ความเข้มข้นโดยปริมาตรของตะกอน และอัตราน้ำล้นผิว ส่วนผลการทำงานของถังที่ศึกษาคือ ค่าความขุ่นของน้ำผลิต โดยสรุปการศึกษานี้ มีขอบเขต และผลการทดลองดังนี้

1. ศึกษาอิทธิพลของความเร็วรอบใบกวน โดยทำการทดลองที่อัตราน้ำล้นผิว 2.75 และ 3.92 $ม^3/ม^2$-ชม. ความลึกชั้นตะกอน 1.50 ม. แปรค่าความเร็วรอบใบกวนที่ 3,3.5,4,4.5,5 รอบ/นาที ผลการทดลองสรุปว่าค่าความเร็วรอบใบกวนที่เหมาะสม คือ 3-4 รอบ/นาที

2. ศึกษาอิทธิพลของความลึกชั้นตะกอน โดยทำการทดลองที่อัตราน้ำล้นผิว 2.75,3.02,3.53 และ 3.92 $ม^3/ม^2$-ชม. ความเร็วรอบใบกวนที่ 3, 3.5 และ 4 รอบ/นาที แปรค่าความลึกชั้นตะกอน(วัดจากผิวน้ำใสถึงชั้นตะกอน)

ตั้งแต่ 1.0-2.25 ม. (โดยการปรับอัตราการทิ้งตะกอนออกจากถัง) ผลการทดลองสรุปว่า ค่าความลึกชั้นตะกอนระหว่าง 1.50-1.85 ม. จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นดี ถ้าความลึกชั้นตะกอนน้อยกว่า 1.0 ม. จะมีตะกอนเล็กหลุดปนออกมากับน้ำผลิตด้วย (floc carry over)

3. ศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นโดยปริมาตรของตะกอน ทำการทดลองที่อัตราน้ำล้นผิว 2.75,3.53 และ 3.92 $ม^3/ม^2$-ชม. ความเร็วรอบใบกวนที่ 3,3.5 และ 4 รอบ/นาที แปรค่าความเข้มข้มโดยปริมาตรของตะกอนระหว่าง 2-50 % (โดยการปรับช่วงเวลาที่ระบายตะกอนทิ้งออกจากถัง) ผลการทดลองสรุปว่า ค่าความเข้มข้นตะกอนระหว่าง 15-25 % จะให้ผลดี คือ ความขุ่นน้ำใสอยู่ในช่วง 1.7-3.5 JTU. ถ้าค่าความเข้มข้นตะกอนมากกว่า 30 %จะทำให้ความขุ่นของน้ำผลิตมากขึ้น

4. ศึกษาอิทธิพลของอัตราน้ำล้นผิว โดยทำการทดลองที่ความลึกของชั้นตะกอน 1.5,1.8 และ 2.0 ม. ความเร็วรอบใบกวน 3 และ 4 รอบ/นาที แปรค่าอัตราน้ำล้นผิวที่ 2.75,3.14,3.53,3.92 และ 4.23 $ม^3/ม^2$-ชม. ผลการทดลองสรุปว่า การเพิ่มอัตราน้ำล้นผิว จะทำให้ได้น้ำผลิตมีความขุ่นเพิ่มขึ้น การเพิ่มอัตราน้ำล้นผิวอย่างฉับพลัน จะทำให้ชั้นตะกอนแตก และมีตะกอนฟุ้งกระจายหลุดปนไปกับน้ำผลิตได้

ในปี พศ.2522 วีระ อินทรกุล ได้ศึกษาการทำงานของถังตกตะกอนแบบโซลิดคอนแทคแคลริไฟเออร์ที่ใช้แผ่นขนานเอียง โดยใช้เครื่องมือการทดลองชนิดต้นแบบติดตั้งที่ โรงกรองน้ำสามเสน การประปานครหลวง กรุงเทพมหานคร มีสภาพแวดล้อมของการทดลองดังนี้

1.ใช้น้ำดิบจากคลองประปาสามเสนมีค่าความขุ่น 19-120 JTU.(เฉลี่ย 55 JTU.)

2. ความเข้มข้นอนุภาคแขวนลอยในน้ำดิบอยู่ระหว่าง 25-132 มก./ล. (เฉลี่ย 64.23 มก./ล.)

3. ปริมาณสารส้มที่เหมาะสม หาจากการทำ jar test มีค่าตั้งแต่ 25-90 มก./ล.(เฉลี่ย 46.55 มก./ล.)

4. ค่าความเป็นด่าง ของน้ำดิบอยู่ระหว่าง 46-98 มก./ล. (เฉลี่ย 82.72มก./ล.)

5. ค่าความกระด้างของน้ำดิบ อยู่ระหว่าง 78-112 มก./ล. $CaCO_3$ (เฉลี่ย 94.19 มก./ล. $CaCO_3$)

6. ค่า pH ของน้ำดิบ อยู่ระหว่าง 6.7-8.3 (เฉลี่ยประมาณ 7.49)

7. อุณหภูมิของน้ำ อยู่ระหว่าง 28-33.5 °C (เฉลี่ย 31.24 °C)

8. อัตราน้ำล้นผิวที่ใช้คือ 9.77,7.32,4.88 และ 2.44 $ม^3/ม^2$-ชม.

นอกจากนี้ยังได้แปรค่าระยะห่างแผ่นขนานเอียง มุมเอียงของแผ่นขนาน และ การติดตั้งดีเฟลคเตอร์ อีกด้วย

จากผลการทดลองของ วีระ สรุปได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพการทำงานของถังจะเป็นปฏิภาคกลับกับ อัตราน้ำล้นผิว ในช่วงอัตราน้ำล้นผิวตั้งแต่ 4.88-9.77 $ม^3/ม^2$-ชม. กล่าวคือ ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะสูงขึ้น เมื่ออัตราน้ำล้นผิวต่ำลง แต่ถ้าอัตราน้ำล้นต่ำกว่า 4.88 $ม^3/ม^2$-ชม. ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นจะเริ่มคงที่

2. ได้ศึกษาปริมาณอนุภาคแขวนลอยในถัง พบว่า เมื่ออัตราน้ำล้นผิวสูงตั้งแต่ 4.88-9.77 $ม^3/ม^2$-ชม. ปริมาณอนุภาคแขวนลอยในระดับ 0.5-1 ม.จากก้นถังจะใกล้เคียงกัน และ ที่ระดับก้นถังจะมีปริมาณอนุภาคแขวนลอยน้อยมาก ทั้งนี้เพราะในช่วงนี้การรวมตัวของฟลอคยังไม่เกิดขึ้น ถ้าใช้อัตราน้ำล้นผิวต่ำคือ 2.44 $ม^3/ม^2$-ชม. หรือต่ำกว่าจะมีปริมาณตะกอนมาก เนื่องจากความเร็วแนวดิ่งของน้ำต่ำ ไม่สามารถพยุงอนุภาคแขวนลอยในชั้นตะกอนได้ ตะกอนจะตกลงและเริ่มเข้าสู่สภาวะการอัดตัว (zone of compression)

ในปี พศ.2524 พิศาล ขยันสำรวจ ได้ศึกษาการทำงานของถังโซลิด-คอนแทคแคลริไฟเออร์ ที่ใช้กระเบื้องลอนคู่กับทราย การทดลองใช้อุปกรณ์ชนิดต้นแบบขนาดกว้าง 0.50ม. ยาว 0.60 - 1.90 ม. สูงทั้งหมด 1.70 ม. ติดตั้งที่โรงกรองน้ำสามเสน การประปานครหลวง กรุงเทพมหานคร มีสภาพแวดล้อมของการทดลองดังนี้

1.ใช้น้ำดิบจากคลองประปาสามเสนมีค่าความขุ่น 21-115 NTU.(เฉลี่ย 53.6 NTU.)

2.ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยในน้ำดิบ อยู่ระหว่าง 8-96 มก./ล. (เฉลี่ย 37.4 มก./ล.)

3.ค่าความเป็นด่างของน้ำดิบอยู่ระหว่าง 56-100 มก./ล. (เฉลี่ย 76.3 มก./ล.)

4.ค่าความกระด้างของน้ำดิบอยู่ระหว่าง 66-124 มก./ล.$CaCO_3$ (เฉลี่ย 78.5 มก./ล.$CaCO_3$)

5.ค่า pH ของน้ำดิบอยู่ระหว่าง 6.9-8.62 (เฉลี่ยประมาณ 7.57)

6.อุณหภูมิของน้ำอยู่ระหว่าง 28-31.5 °C. (เฉลี่ย 29 °C)

7.ปริมาณสารส้มที่ใช้ ได้จากการทำ jar test

8.อัตราน้ำล้นผิวที่ใช้ คือ 1.7 ,3.4 ,6.8 ,10.2 และ 12.6 $ม.^3/ม.^2/ชม.$

9.ความหนาของชั้นตะกอน คือ 1.00 ม.

นอกจากนี้ยังได้แปรค่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดทราย ความลึกของทรายที่ใช้เป็นตัวกลาง และ ลักษณะการวางของแผ่นกระเบื้องขนานอีกด้วย จากผลการทดลองของ พิศาล สรุปได้ดังนี้

1.เมื่อไม่ใช้ทรายเป็นตัวกลาง ความขุ่นน้ำดิบระหว่าง 30-54 NTU. ความเข้มข้นของแข็งแขวนลอยระหว่าง 12-54 มก./ล. และมุมเอียงแผ่นกระเบื้องที่ 45° ,60° ,75° พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น และของแข็งแขวนลอยจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราน้ำล้นผิวจาก 1.7-6.8 $ม.^3/ม.^2/ชม.$ แต่เมื่อเพิ่มอัตราน้ำล้นผิวต่อไปอีก ประสิทธิภาพดังกล่าวจะลดลง

2.ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในชั้นตะกอนจะลดลง เมื่ออัตราน้ำล้นสูงขึ้น ถ้ามุมเอียงแผ่นกระเบื้องเป็น 60° และ 75° ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยจะมีค่าสม่ำเสมอทุกระดับชั้นตะกอน แต่ที่มุมเอียงแผ่นกระเบื้อง 45° ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยจะมากที่สุดในช่วงระดับชั้นตะกอน 0.20 ถึง 0.50 ม. ต่อจากนั้น ค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอย จะลดลงตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นไปจนถึงระดับ 1.00 ม.