บทที่ 3

แนวทางที่นำมาใช้กับงานวิจัย

ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ เน้นทางด้านการวิเคราะห์วิธีการบำบัดตะกอนของการประปานครหลวง ดังนั้นทฤษฎีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

3.1 การบำบัดตะกอน (Sludge Treatment)

การบำบัดน้ำเสียโดยปกติจะมีของแข็งถูกแยกตัวออกมาจากน้ำ เรียกว่า ตะกอน (Sludge) ซึ่งยังถือว่าเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดมลภาวะ ถ้าไม่ได้ผ่านการบำบัดก่อนนำไปทิ้งเพราะตะกอนเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นตะกอนอินทรีย์ (organic sludge) ที่ได้จากถังตกตะกอนขั้นต้นและขั้นที่สอง ซึ่งยังมีสภาพไม่คงตัว (unstable) ถ้าทิ้งลงในแหล่งน้ำหรือแหล่งกำจัดบนพื้นดินจะยังคงย่อยสลายได้อีก ดังนั้นในระบบน้ำเสียจึงต้องมีขั้นตอนของการบำบัดตะกอนจนได้ตะกอนที่มีสภาพที่ไม่ย่อยสลาย จึงจะนำไปกำจัดในขั้นสุดท้าย

การบำบัดตะกอนมีขั้นตอนหลักอยู่ 2 ขั้นตอน คือ

ก. ลดส่วนที่เป็นน้ำ (water content) ที่มีอยู่ในตะกอน เพื่อให้ตะกอนมีความแน่นตัวขึ้น การลดส่วนที่เป็นน้ำจะกระทำก่อนนำตะกอนเข้าขบวนการบำบัด (เรียกว่า concentration หรือ thickening) และกระทำหลังจากผ่านกระบวนการบำบัดแล้ว (เรียกว่า dewatering)

ข. เปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์ของตะกอนให้อยู่ในสภาวะคงตัว คือ ไม่มีการย่อยสลายอีกต่อไป ซึ่งกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

3.1.1 <u>การทำให้ตะกอนเข้มข้น</u> (concentration) เป็นขั้นตอนของการลดส่วนที่เป็นน้ำของตะกอนดิบ (raw sludge) เพื่อแยกส่วนที่เป็นตะกอนออกมาจากน้ำให้มากที่สุด และนำตะกอนที่ ถูกแยกเข้าสู่ขบวนการบำบัดตะกอน สำหรับส่วนที่เป็นน้ำที่ถูกแยกจากตะกอนจะให้ผ่านกลับเข้าไปในระบบบำบัดน้ำเสีย กรรมวิธีที่ทำให้ตะกอนเข้มข้นที่นิยมใช้คือ

3.1.1.1 การเพิ่มความเข้มข้นของตะกอนโดยการนำตะกอนที่ถูกแยกแล้วมาตกตะกอนอีกครั้งหนึ่งในถังตกตะกอน (Gravity thickening) ตะกอนที่อยู่ในถังตกตะกอนจะถูกกวนช้า ๆ โดยเครื่องกวนตะกอนเพื่อเปิดทางให้น้ำที่ถูกกักอยู่ระหว่างขั้นตะกอนระบายออกมาจะทำให้ตะกอนในชั้นบนทรุดตัวอัดแน่นกันดียิ่งขึ้น เป็นการช่วยลดปริมาตรของตะกอนและทำให้ตะกอนมีคุณสมบัติ และปริมาณค่อนข้างคงที่

3.1.1.2 การเพิ่มความเข้มข้นของตะกอน โดยการทำความดันในน้ำให้สูงกว่าความดันบรรยากาศที่กดอยู่บนผิวหน้าของของเหลว (Air Floatation) ซึ่งจะทำให้อากาศที่แทรกตัวอยู่ในน้ำลอยตัวขึ้นผิวน้ำและฟองอากาศเหล่านี้จะพาตะกอนลอยขึ้นมาจับตัวกันที่ผิวบน พร้อมที่จะถูกกวาดเข้าสู่หน่วยเปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์ให้คงตัวต่อไป

ประโยชน์ของการลดปริมาณตะกอนจะส่งผลไปยังกระบวนการที่ติดตามมา กล่าวคือ

1. ลดขนาดของถังและอุปกรณ์
2. ลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพตะกอน
3. ลดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทำให้แห้งและเผา

3.1.2 <u>การทำให้ตะกอนคงตัว</u> (stabilization) อยู่ในขั้นตอนหลักของการเปลี่ยนหรือลดสภาพอินทรีย์ของตะกอนให้น้อยลง โดยนำตะกอนมาผ่านขบวนการชีวภาพเพื่อให้จุลชีพช่วยทำลายปริมาณสารอินทรีย์จนลดลงถึงระดับที่ต้องการ วิธีที่นิยมใช้เรียกว่า "การย่อย (Digestion)." ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

- การย่อยแบบไร้อากาศ (Anaerobic digestion)
- การย่อยแบบใช้อากาศ (Aerobic digestion)

และส่วนใหญ่จะอาศัยวิธีการย่อยแบบไร้อากาศ เพราะไม่ต้องสิ้นเปลืองต่อการลงทุนจัดหาระบบเติมอากาศให้กับจุลชีพเพื่อใช้ในปฏิกริยารวมทั้งได้แก๊ส CH_4 เป็นผลิตผลพลอยได้หลังปฏิกริยาการย่อยที่สมบูรณ์

3.1.3 <u>การปรับสภาพ</u> (Conditioning) การปรับสภาพช่วยให้แยกน้ำออกจากตะกอนได้โดยง่าย วิธีที่ใช้มากที่สุด ได้แก่ การเติมสารเคมี (Chemical Conditioning) และการใช้ความร้อน (Thermal Conditioning)

การปรับสภาพด้วยสารเคมี สารเคมีที่นิยมใช้ในการปรับสภาพตะกอนเหลว ได้แก่

3.1.3.1.สารอนินทรีย์ สารในกลุ่มนี้มักใช้กับการแยกน้ำออกด้วยการกรองด้วยสุญญากาศและการกรองด้วยแรงอัด เนื่องจากจะสร้างเม็ดตะกอนขนาดเล็กที่คงตัวทางเครื่องกล ไม่แตกง่าย เกลือของโลหะที่นิยมใช้ ได้แก่ เกลือของเหล็ก เช่น เฟอร์ริกคลอไรด์,เฟอร์ริกซัลเฟต,เฟอร์รัสซัลเฟต และเกลือของอะลูมิเนียม ซึ่งสารเคมีเหล่านี้มีปฏิกริยา 2 อย่าง คือ

1. Coagulation action เนื่องจากมีประจุตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาคตะกอนเหลว
2. Flocculation action เนื่องจากการสร้างสารประกอบไฮเดรทไฮดรอกไซด์ เช่น $[Fe(H_2O)_6(OH)_3]_n$ ซึ่งทำหน้าที่เป็นโพลิเมอร์แบบอนินทรีย์

การใช้ปูนขาวช่วยลดอัตราส่วนของน้ำภายในอนุภาค ทำให้ได้เค็กที่แห้งและแน่นกว่า ช่วยทำให้เกลือแคลเซียมทั้งอินทรีย์ และอนินทรีย์ตกตะกอน ซึ่งง่ายต่อการกรอง

การหาปริมาณสารเคมีที่ต้องการขึ้นอยู่กับธรรมชาติของตะกอนเหลว และผลผลิตที่ต้องการ อาจใช้วิธี "CST" หรือ "Buchner Funnel"

3.1.3.2 โพลีอิเลคโทรไลต์ จะช่วยทำให้การเกิดเม็ดตะกอนดีขึ้น โดยการสร้างสะพานระหว่างอนุภาค เนื่องจากการที่มีสายโซ่ยาว และแตกแขนง เมื่อใช้ชนิดที่มีประจุบวกก็จะช่วยทำให้เกิดปฏิกริยาคอกกูเลชั่นได้ดีขึ้น โดยการทำประจุให้เป็นกลาง (Charge neutralization) ช่วยลดความต้านทานจำเพาะของตะกอนเหลว ทำให้แยกน้ำได้เร็วขึ้น และช่วยทำให้สัมประสิทธิ์ความสามารถในการบีบอัดของตะกอนเหลวเพิ่มขึ้น

3.1.4 การลดปริมาณน้ำในตะกอน (Dewatering) ตะกอนที่ผ่านการบำบัดจนมีลักษณะคงตัว จะต้องนำมาลดปริมาณน้ำที่มีอยู่ในตะกอนออกเสียก่อนเพื่อให้ตะกอนอัดตัวจนได้ปริมาตรลดลง ซึ่งจะสะดวกต่อการนำไปทิ้งหรือใช้ประโยชน์ในขั้นตอนนี้จะใช้ขบวนการทางกายภาพเป็นส่วนใหญ่อันได้แก่

3.1.4.1 การใช้บ่อตากตะกอน (Lagooning) เป็นวิธีที่คล้ายกับการตากแห้งบนลานตากตะกอน ซึ่งสามารถใช้ทดแทนกันได้ในบางกรณี บ่อตากตะกอนเป็นบ่อดินที่สร้างไว้รับตะกอนที่ต้องการแยกน้ำออก โดยอาศัยการระเหยด้วยแสงอาทิตย์เป็นหลัก ตะกอนจะถูกปล่อยลงในบ่อซึ่งโดยทั่วไปมีความลึกไม่น้อยกว่า 0.75-1.25 เมตร (ซึ่งเป็นความลึกของระดับตะกอนที่พอเหมาะ) วิธีนี้เหมาะสำหรับภูมิประเทศในเขตร้อนหรือเขตที่มีอัตราการระเหยน้ำสูง เพราะน้ำที่ถูกดึงออกจากตะกอนจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของการระเหยมากกว่าการซึมลงใต้ดิน

3.1.4.2 การตากแห้งบนลานตากตะกอน (Drying bed) เป็นกรรมวิธีที่ง่ายและอาศัยธรรมชาติมากที่สุด โดยใช้ลานตากตะกอนซึ่งสร้างเป็นบ่อคอนกรีตลึกประมาณ 1 เมตร ตัวบ่อเรียงด้วยทรายและกรวดหนาประมาณ 30-50 ซม. ใต้ชั้นกรวดเป็นระบบระบายน้ำ (under drain) ตะกอนที่ผ่านการย่อยแล้วจะถูกระบายลงบนลานจนท่วมระดับพื้นทรายประมาณ 20-30 ซม. น้ำจะไหลซึมผ่านชั้นทรายและกรวดลงสู่รางระบายข้างใต้ ส่วนผิวบนจะถูกแสงอาทิตย์เผาจนผิวหน้าแห้ง จนในที่สุดจะกลายเป็นตะกอนแห้งพร้อมที่จะย้ายออกจากผิวทราย นำไปทิ้งได้โดยง่าย

3.1.4.3 การกรองด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum filtration) เป็นระบบเครื่องกลที่อาศัยแรงดูดเนื่องจากสภาพสุญญากาศ ดึงน้ำออกจากตะกอน เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า "เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum filter) มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกวางในแนวระดับ หุ้มด้วยตัวกลางที่ใช้สำหรับกรอง (Filter Media) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นรูพรุนยอมให้น้ำผ่านได้เท่านั้น ในขณะทำงานตัวเครื่องกรองซึ่งจุ่มอยู่ในถังที่ตะกอนชุ่มน้ำจะหมุนรอบแกนช้า ๆ เพื่อรับตะกอนให้มาติดกับรอบ ๆ ตัวกลาง การทำงานของเครื่องกรองจะเกิดขึ้น เมื่อเกิดแรงดูดสุญญากาศภายในเครื่องกรอง จะทำให้ตะกอนถูกดูดติดกับตัวกลางเป็นแผ่น น้ำในแผ่นตะกอนจะถูกดูดผ่านออกจากเครื่องกรองไป

3.1.4.4 การใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Centrifugation) เป็นระบบที่อาศัยแรงหนีศูนย์กลางทำให้ของแข็งถูกแรงเหวี่ยงจนรวมตัวกัน เป็นกลุ่มก้อนแยกตัวออกมาจากน้ำ ของแข็งหรือตะกอนที่ได้จะถูกแยกไว้ส่วนหนึ่ง และจะถูกส่งเข้าสู่ขั้นตอนกำจัดต่อไป

3.1.4.5 เครื่องกรองด้วยแรงอัด (Filter Press) เป็นระบบที่อาศัยแรงอัด ซึ่งมีข้อดี คือ ให้อัตราการกรองสูง พื้นที่ในการติดตั้งต่อ 1 หน่วยพื้นที่การกรองต่ำ สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้ดี และสังเกตุการกรองได้ง่าย การล้างเค็กหรือการกดอัดเค็กสามารถทำได้เป็นผลทำให้ได้เค็กที่มีปริมาณความชื้นต่ำ ข้อเสียของการกรองโดยใช้แรงอัดคือ เสียเวลาและแรงงานกับการถอดล้างและประกอบ ผ้ากรองเสียหายได้ง่าย ใช้เวลาในการที่จะได้เค็กนาน เป็นอุปกรณ์แบบกะ ไม่สะดวกที่จะนำไปใช้ในระบบที่ทำงานต่อเนื่อง และจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าแรงสูง

3.2 การกำจัดตะกอน

3.2.1 การถมที่ (landfill, or sanitary landfill) เป็นการกำจัดที่ถูกสุขลักษณะและวิธีหนึ่งในการกำจัดขยะทั่วไป การกำจัดด้วยวิธีนี้จะทำโดยนำตะกอนมาฝังดินแล้วใช้ดินเดิมกลบทับปิดหน้าตะกอนพร้อมทั้งใช้รถบดอัดหน้าดินอีกครั้งหนึ่ง การฝังจะขุดเป็นแอ่งหรือรางยาวแต่ไม่ลึกมากนัก และจะขุดหลาย ๆ รางตามปริมาณตะกอน วิธีนี้จะไม่ก่อปัญหากับสภาพของตะกอนหรือดินเดิมแต่อย่างใด เพราะตะกอนจะแปรสภาพเป็นเนื้อดินเมื่อเวลานานเข้า ซึ่งจะกลายเป็นแหล่งปุ๋ยสำหรับพืชได้เป็นอย่างดี

3.2.2 การเกลี่ยผสมกับหน้าดิน (spreading on soil) เป็นการนำตะกอนไปหว่านลงบนที่ดินการเกษตรเพื่อช่วยให้ผสมกับดินเดิมโดยไถกลับหน้าดิน ตะกอนเหล่านี้จะช่วยปรับปรุงคุณภาพดินไปในตัว เพราะมีคุณสมบัติของปุ๋ยอยู่ในตัว สำหรับตะกอนที่อบแห้งสนิทยังสามารถบรรจุถุงเพื่อขายเป็นปุ๋ยได้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า เฟอร์ติไลเซอร์(Fertilizer)

3.2.3 การทิ้งในแอ่งดิน (lagoon) เป็นวิธีอย่างง่ายซึ่งใช้สำหรับกำจัดตะกอนได้ทั้ง 2 แบบ คือ แบบที่ยังไม่ผ่านการบำบัดและผ่านการบำบัดแล้ว แอ่งหรือบ่อที่ขุดเพื่อระบายตะกอนลงมาจะมีลักษณะเดียวกับบ่อตากตะกอนในขั้นตอนของดีวอเตอร์ริ่ง (dewatering)

สำหรับตะกอนที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจะเกิดขบวนการเหล่านี้ต่อตะกอนโดยธรรมชาติ คือ ทิกเคนนิ่งสเตอบิไลเซชั่น (thickening stabilization) และดีวอเตอร์ริ่ง (dewatering) อย่างต่อเนื่อง จนในที่สุดตะกอนจะเหลือตกค้างอยู่ก้นบ่อ แต่คุณภาพของตะกอนที่ได้อาจไม่ดีเท่าวิธีอื่น รวมทั้งใช้เวลานานมากกว่าตะกอนจะคงตัวและแห้ง นอกจากนี้ยังเกิดกลิ่นรบกวน ในขณะเกิดปฏิกริยาในขั้นตอนสเตอบิไลเซชั่น สำหรับตะกอนที่ผ่านการบำบัดแล้วถ้ากำจัดโดยวิธีนี้จะไม่เกิดปัญหาแต่อย่างใด การกำจัดตะกอนโดยวิธีทิ้งในแอ่งดินเหมาะกับตะกอนที่มีปริมาณไม่มาก มีที่ดินเพียงพอและห่างไกลจากชุมชน

3.2.4 การนำไปทิ้งทะเล (Ocean disposal) การนำตะกอนไปทิ้งทะเลเป็นวิธีหนึ่งซึ่งได้ผลสำหรับชุมชนที่อยู่ใกล้ทะเล และไม่สามารถใช้วิธีอื่นที่เหมาะสมกว่านี้ ตะกอนที่จะนำไปกำจัดในทะเลจะถูกบรรทุกโดยเรือ และถูกนำไปทิ้งยังจุดที่ห่างจากฝั่งหรือแหล่งทรัพยากรทางทะเล เพื่อมิให้เกิดทำลายสิ่งแวดล้อมในทะเล

3.2.5 การนำไปผสมกับปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปลูกพืช เป็นทางเลือกใหม่ในการนำตะกอนไปใช้ประโยชน์ ซึ่งจากการวิจัยตะกอนแห้งดังภาคผนวก ฉ. พบว่าตะกอนแห้งจากโรงผลิตน้ำบางเขนสามารถปลูกพืชได้ แต่เนื่องจากตะกอนจากการผลิตน้ำประปามีความละเอียดมาก จึงควรนำมาผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย