หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ขบวนการคอนแทคสเตบิไลเซชัน

ประวัติความเป็นมา

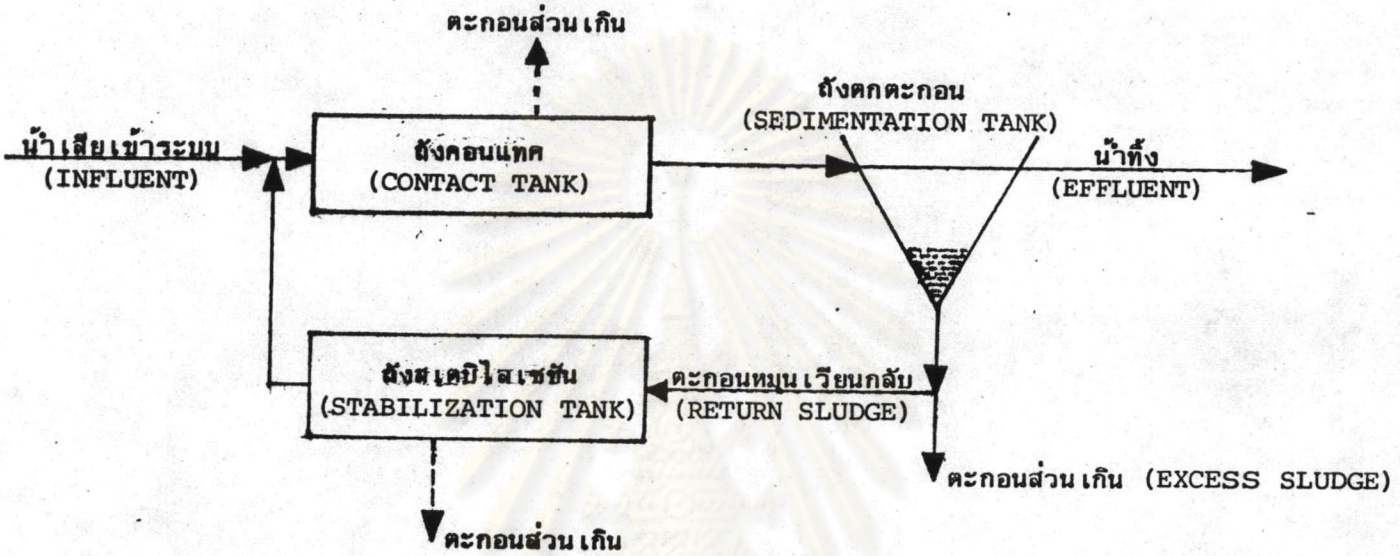
การบำบัดน้ำเสียโดยระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันได้ทำการทดลองเมื่อปี ค.ศ. 1921 โดย COOMBS (10) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้พัฒนามาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวตเต็ด-สลัดจ์ (Activated Sludge) การเรียกชื่อของระบบมีผู้เรียกชื่อต่าง ๆ กันตามทฤษฎีที่ตั้งขึ้นหรือลักษณะการทำงานของระบบ เช่น ไบโอซอพชัน (Biosorption) , ไบโอฟล็อคคูเลชัน (Bioflocculation), ดับเบิลแอเรชัน (Double Aeration), สลัดจ์รีแอเรชัน (Sludge Reaeration) เป็นต้น

เดิมระบบน้ำเสียแบบนี้ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาน้ำหนักบรรทุกมลสารเกิน (over load) ของระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชน โดยการเปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสียเดิมจากแบบแอคติ-เวตเต็ดสลัดจ์มาเป็นระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน (11) (12) แต่ในปัจจุบันได้มีการนำระบบนี้มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ เช่น ลดปริมาตรบ่อเติมอากาศ, แก้ไขปัญหาตะกอนจมไม่ลง, บำบัดน้ำเสียที่มีสารพิษเจือปนมาเป็นครั้งคราว เป็นต้น จากข้อดีเหล่านี้จึงเป็นที่คาดหมายว่าระบบนี้จะมีการใช้แพร่หลายขึ้นในอนาคต (13)

ถึงแม้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบคอนแทคสเตบิไลเซชันจะมีมานานแล้วก็ตาม แต่ทฤษฎีเกี่ยวกับกลไกการทำงานของระบบยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ ไม่สามารถจะหาข้อสรุปที่แน่นอนได้ (13) (14) การคำนวณออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบนี้วิศวกรส่วนใหญ่จึงมีความเห็นว่าควรจะทำการทดลองเสียก่อนแล้วจึงนำผลที่ได้จากการทดลองมาใช้ในการออกแบบจริง โดยเฉพาะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม จนมีผู้กล่าวว่าการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบคอนแทคสเตบิไลเซชันเป็นศิลป มากกว่าจะเป็นการออกแบบโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ (15)

การทำงานของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน

ระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ปรับปรุงมาจาก ระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ โดยการเพิ่มถังเติมอากาศเป็น 2 ถัง และมีถังตกตะกอนอยู่ระหว่างถังเติมอากาศทั้งสอง ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงระบบบำบัดน้ำเสียแบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน

การทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน น้ำเสียเข้าระบบจะผสมกับตะกอนหมุนเวียนกลับในถังสัมผัส และใช้เวลาเก็บกักอยู่ในถังสัมผัสประมาณ 30 - 90 นาที แล้วน้ำตะกอน (mixed liquor) จะถูกส่งไปสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้ว น้ำใสจะระบายออกจากถังตกตะกอนเป็นน้ำทิ้ง ส่วนตะกอนที่อยู่ก้นถังตกตะกอนจะส่งเข้าถังย่อยสลายและจะอยู่ในถังย่อยสลายเป็นระยะเวลาประมาณ 3 - 6 ชั่วโมงก่อนที่จะนำไปผสมกับน้ำเสียเข้าระบบอีกครั้งหนึ่ง

สำหรับตะกอนส่วนเกินจะถูกระบายออกจากระบบเพื่อรักษาปริมาณตะกอนในระบบให้คงที่และเข้าสู่ระบบบำบัดตะกอนต่อไป ตะกอนส่วนเกินนี้อาจจะระบายออกจากส่วนอื่นของระบบก็ได้ เช่น ระบายจากถังสัมผัส หรือถังย่อยสลาย

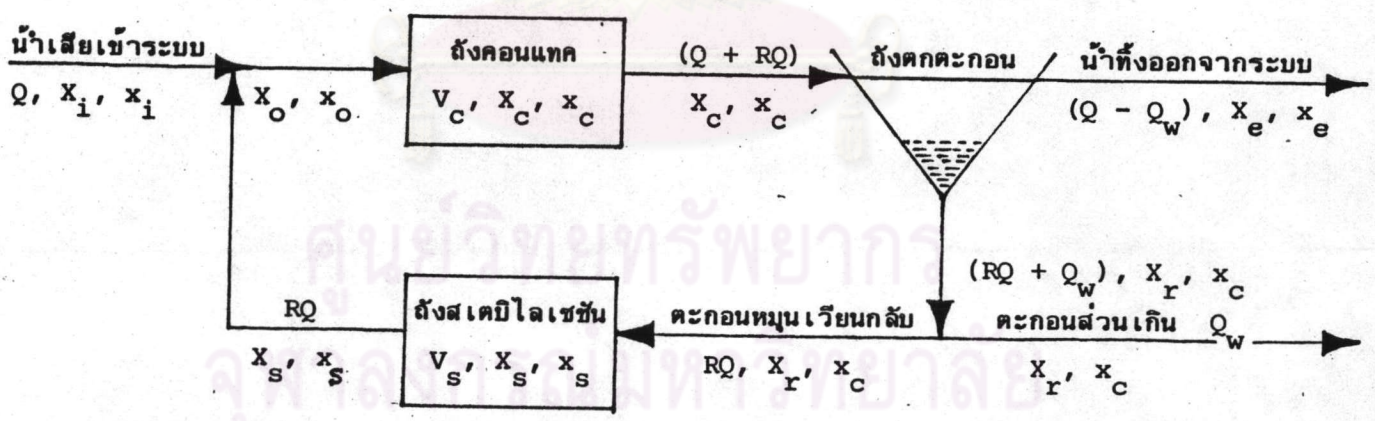
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของขบวนการคอนแทคสเตบิไลเซชัน

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของขบวนการ นอกจากจะจำเป็นสำหรับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว ยังสามารถใช้ในการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำหนดต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมระบบ

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าทฤษฎีและวิธีการออกแบบระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันยังไม่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปนอกจากจะทำการศึกษาหาประสิทธิภาพและข้อกำหนดในการออกแบบจากเครื่องทดลองต้นแบบเสียก่อน ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังโดยขบวนการคอนแทคสเตบิไลเซชัน ในห้องปฏิบัติการ (4) เป็นแนวทางอ้างอิงสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

1. สมการดุลยภาพทางมวลของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน

แผนภูมิแสดงดุลยภาพทางมวลของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน ได้แสดงไว้ในรูปที่3.2 ซึ่งแผนภูมินี้จะใช้ในการแสดงวิธีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในรูปของปริมาณน้ำเสีย , ความเข้มข้นของบดสารอินทรีย์ และความเข้มข้นของจุลินทรีย์ของระบบ



รูปที่ 3.2 แผนภูมิแสดงดุลยภาพทางมวลของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน

1.1 ดุลยภาพของมวลจุลินทรีย์ในถังคอนแทค

ถ้าเรานิยามว่า $(\frac{dX}{dt})_F$ คือ "อัตราการเปลี่ยนแปลงสุทธิของจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนไปภายในเวลา F" สมการดุลยภาพของมวลจุลินทรีย์ในถังคอนแทค สามารถเขียนได้เป็น

$$V_c(\frac{dX}{dt})_F = RQX_s + QX_i + k_c X_c V_c - (Q + RQ)\ X_c \quad .....(3.1)$$

เมื่อไม่คิดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำเสียเข้าระบบสมการที่ (3.1) จะเขียนได้เป็น

$$V_c(\frac{dX}{dt})_F = RQX_s + k_c X_c V_c - (Q + RQ)\ X_c \quad .....(3.2)$$

เมื่อระบบอยู่ในสภาวะสม่ำเสมอ (Steady state) จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ หรือ $(\frac{dX}{dt})_F = 0$ และเมื่อกำหนดให้ $t_c = \frac{V_c}{Q}$ สมการที่ (3.2) จะเขียนได้เป็น

$$k_c = \frac{(1 + R)\ X_c - RX_s}{X_c t_c} \quad .....(3.3)$$

หรือ $$X_c = \frac{R\ X_s}{(1 + R) - k_c t_c} \quad .....(3.4)$$

1.2 ดุลยภาพของมวลจุลินทรีย์ในถังสเตบิไลเซชัน

สมการดุลยภาพของมวลจุลินทรีย์ในถังสเตบิไลเซชัน เขียนได้ดังนี้

$$V_s(\frac{dX}{dt})_F = RQX_r + k_s X_s V_s - RQX_s$$

หรือ $$(\frac{dX}{dt})_F = \frac{RQX}{V_s}r + k_s X_s - \frac{RQX}{V_s}s \quad .....(3.5)$$

ที่สภาวะสม่ำเสมอจะได้ $(\frac{dX}{dt})_F = 0$ และเมื่อกำหนดให้ $D_s = \frac{RQ}{V_s} = \frac{1}{t_{sr}}$ เราสามารถหาค่าของ k_s หรือ X_s จากสมการที่ (3.5) คือ

$$k_s = D_s\ (1 - \frac{X}{X_s}r) \quad .....(3.6)$$

หรือ $$X_s = \frac{X_r}{1 - k_s t_{sr}} \quad .....(3.7)$$

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 <u>ดุลยภาพของมวลจุลินทรีย์ในถังตกตะกอน</u>

สมการดุลยภาพของมวลจุลินทรีย์ในถังตกตะกอน เขียนได้เป็น

$$(Q + RQ)\ X_c = (RQ + Q_w)\ X_r + (Q - Q_w)\ X_e$$

ค่าของ Q_w และ X_e จะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าอื่น ๆ ดังนั้นถ้าไม่คิดค่าของ Q_w และ X_e สมการข้างบนสามารถเขียนเป็น

$$X_r = \left(\frac{1 + R}{R}\right) X_c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.8)$$

1.4 <u>ดุลยภาพของมวลสารอินทรีย์ในถังคอนแทค</u>

ถ้าเรานิยาม $\left(\frac{dx}{dt}\right)_F$ เป็น " อัตราการเปลี่ยนแปลงสุทธิ ของมวลสารอินทรีย์ที่เปลี่ยนไปภายในเวลา F " สมการดุลยภาพของมวลสารอินทรีย์ในถังคอนแทคสามารถเขียนเป็น

$$V_c\left(\frac{dx}{dt}\right)_F = Qx_i + RQx_s - (1 + R)\ Qx_c - \frac{k}{a_c} X_c\ V_c$$

หรือ $$\left(\frac{dx}{dt}\right)_F = \frac{Q}{V_c} x_i + \frac{RQ}{V_c} x_s - \left(\frac{1 + R}{V_c}\right) Qx_c - \frac{k}{a_c} X_c \quad \ldots\ldots \quad (3.9)$$

ภายใต้สภาวะสม่ำเสมอ $\left(\frac{dx}{dt}\right)_F = 0$ ดังนั้นจะหาค่า x_c ได้จากสมการ

$$x_c = \frac{x_i + Rx_s - k_c X_c t_c / a_c}{(1 + R)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.10)$$

1.5 <u>ดุลยภาพของมวลสารอินทรีย์ในถังสเตบิไลเซชัน</u>

สมการดุลยภาพของมวลสารอินทรีย์ในถังสเตบิไลเซชัน สามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้

$$V_s\left(\frac{dx}{dt}\right)_F = RQx_c - RQx_s - \frac{k}{a_s} X_s V_s$$

หรือ $$\left(\frac{dx}{dt}\right)_F = D_s x_c - D_s x_s - \frac{k}{a_s} X_s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.11)$$

ภายใต้สภาวะสม่ำเสมอ $\left(\frac{dx}{dt}\right)_F = 0$ ดังนั้นค่า x_s สามารถหาได้จากสมการ

$$x_s = x_c - \frac{k_s X_s t_{sr}}{a_s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.12)$$

เมื่อแทนค่า x_s จากสมการ (3.12) ในสมการ (3.10) จะได้

$$x_c = x_i - \frac{k}{a_c} X_c t_c - \frac{k}{a_s} X_s t_s \quad \text{.....(3.13)}$$

ซึ่งสามารถเขียนในรูปของสมการทั่วไปได้เป็น

$$x_c = x_i - t_c \left(\frac{dx}{dt}\right)_c - t_s \left(\frac{dx}{dt}\right)_s \quad \text{.....(3.14)}$$

ในที่นี้ $t_c = \frac{V}{Q}c$ และ $t_s = \frac{V}{Q}s$

2. <u>แบบจำลองทางคณิตศาสตร์</u>

2.1 <u>แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของผลิตผลมวลจุลินทรีย์</u>

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของผลิตผลมวลจุลินทรีย์ จะเป็นไปตามสมการของ LAWRENCE และ Mc.CARTY คือ

$$\frac{dX}{dt} = \frac{a\ dx}{dt} - k_2 \quad \text{.....(3.15)}$$

เมื่อหารสมการ (3.15) ด้วย X จะได้

$$k = \frac{1}{\theta_c} = \frac{1}{X}\frac{dX}{dt} = \frac{a}{X}\frac{dx}{dt} - k_2 \quad \text{.....(3.16)}$$

หรือ $$\frac{1}{\theta_c} = a\,U - k_2 \quad \text{.....(3.17)}$$

ในที่นี้ : k = อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของจุลินทรีย์ (T^{-1})

(net specific growth rate of microorganisms)

θ_c = อายุตะกอน (sludge age) (T)

$$= \frac{\text{มวลของจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ}}{\text{มวลของจุลินทรีย์ที่ระบายทิ้งในหนึ่งวัน}}$$

U = อัตราการใช้มลสารอินทรีย์จำเพาะ (T^{-1})

(specific substrate utilization rate)

$= \frac{\text{อัตราการใช้มลสารอินทรีย์}}{\text{มวลของจุลินทรีย์ในระบบ}} = \frac{dx/dt}{X}$

a = สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต

(growth yield coefficient)

k_2 = สัมประสิทธิ์การตาย (T^{-1})

(microorganisms decay coefficient)

2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการบำบัดมลสารอินทรีย์

สมการของแบบจำลองคือ $\frac{dx}{dt} = \frac{K_o x X}{K_s + x}$ .....(3.18)

หรือ $U = \frac{1}{X}\cdot\frac{dx}{dt} = \frac{K_o x}{K_s + x}$ .....(3.19)

ในที่นี้ : K_o = อัตราการใช้มลสารอินทรีย์สูงสุด (T^{-1})

(maximum rate of substrate utilization)

K_s = สัมประสิทธิ์การใช้มลสารอินทรีย์ (ML^{-3})

(substrate utilization coefficient)

เนื่องจาก $U = \frac{Q(x_i - x_e)}{M}$ .....(3.20)

ดังนั้นสมการที่ (3.19) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$U = \frac{K_o x_e}{K_s + x_e}\cdot\frac{Q/M}{Q/M} \quad \text{.....(3.21)}$$

ประสิทธิภาพของระบบหาได้จากสมการ

$$n = \frac{x_i - x_e}{x_i} \quad \text{.....(3.22)}$$

หรือ $x_e = (1 - n)\, x_i$ .....(3.23)

แทนค่า x_e ในสมการที่ (3.21) จะได้

$$U = \frac{K_o \frac{Qx_i}{M}}{\frac{K_s Q}{(1-n)M} + \frac{Qx_i}{M}}$$

หรือ $$U = \frac{K_o \cdot C}{\gamma + C} \quad \ldots\ldots(3.24)$$

ในที่นี้ $C = \frac{Qx_i}{M}$ = น้ำหนักมลสารอินทรีย์ต่อมวลจุลินทรีย์ .....(3.25)

และ $$\gamma = \frac{K_s Q}{(1-n)M} \quad \ldots\ldots(3.26)$$

2.3 มวลจุลินทรีย์ในขบวนการคอนแทคสเตบิไลเซชัน

มวลจุลินทรีย์รวมของระบบ (M_T) สามารถหาได้จากสมการ

$$M_T = V_c X_c + V_s X_s + V_{st} X_{st} \quad \ldots\ldots(3.27)$$

$$= M_c + M_s + M_{st}$$

ถ้ากำหนดให้ $$\alpha = \frac{V_c X_c}{M_T} = \frac{M_c}{M_T} \quad \ldots\ldots(3.28)$$

$$\beta = \frac{V_s X_s}{M_T} = \frac{M_s}{M_T} \quad \ldots\ldots(3.29)$$

$$\phi = \frac{V_{st} X_{st}}{M_T} = \frac{M_{st}}{M_T} \quad \ldots\ldots(3.30)$$

เราจะได้ $$\alpha + \beta + \phi = \frac{V_c X_c + V_s X_s + V_{st} X_{st}}{M_T} = 1 \quad \ldots\ldots(3.31)$$

เมื่อค่า ϕ มีค่าน้อยเมื่อคิดเทียบกับค่าของ α และ β สมการที่ (3.31) จะเขียนได้เป็น

$$\alpha + \beta = 1 \quad \ldots\ldots(3.32)$$

เมื่อใช้สมการที่ (3.17) และ (3.20) กับระบบจะได้

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{a Q (x_i - x_e)}{M_T} - k_2$$

หรือ $$M_T = \frac{a Q \theta_c (x_i - x_e)}{1 + k_2 \theta_c} \quad \ldots\ldots(3.33)$$

ถ้าไม่มีปฏิกิริยาชีวเคมีในถังตกตะกอน ($x_c = x_e$) สมการที่ (3.33) สามารถเขียนเป็น

$$M_T = \frac{a\, Q\, \theta_c\, (x_i - x_c)}{1 + k_2\, \theta_c} \qquad \text{.....(3.34)}$$

จากสมการที่ (3.20), (3.22) และ (3.25) หาค่า U_T จะได้

$$U_T = n_T\, C_T \qquad \text{.....(3.35)}$$

สำหรับถังคอนแทค สมการที่ (3.35) จะเป็น

$$U_c = n_c\, C_c \qquad \text{.....(3.36)}$$

ในที่นี้

$$U_c = \frac{Q\,[\,x_i + Rx_s - (1 + R)\, x_c\,]}{M_c} \qquad \text{.....(3.37)}$$

$$C_c = \frac{Q\,(x_i + Rx_s)}{M_c} \qquad \text{.....(3.38)}$$

$$n_c = 1 - \frac{(1 + R)\, x_c}{x_i + Rx_s} \qquad \text{.....(3.39)}$$

จากสมการที่ (3.24) สำหรับขบวนการคอนแทคสเตบิไลเซชัน จะได้

$$U_T = \frac{(K_o)_T \cdot C_T}{\gamma_T + C_T} \qquad \text{.....(3.40)}$$

และ

$$U_c = \frac{(K_o)_c \cdot C_c}{\gamma_c + C_c} \qquad \text{.....(3.41)}$$

จากสมการ (3.35) และ (3.40) จะได้

$$n_T = \frac{(K_o)_T}{\gamma_T + C_T} \qquad \text{.....(3.42)}$$

ในทำนองเดียวกันจากสมการ (3.36) และ (3.41) จะได้

$$n_c = \frac{(K_o)_c}{\gamma_c + C_c} \qquad \text{.....(3.43)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสมการ (3.19) และ (3.40) จะได้

$$U_T = \frac{(K_o)_T \, x_e}{(K_s)_T + x_e} = \frac{(K_o)_T \cdot C_T}{\gamma_T + C_T}$$

หรือ $$(K_s)_T = \gamma_T \cdot \frac{1}{C_T} \cdot x_e \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.44)$$

ในทำนองเดียวกันจะได้ $$(K_s)_C = \gamma_C \cdot \frac{1}{C_C} \cdot x_c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.45)$$

หารสมการที่ (3.45) ด้วยสมการที่ (3.44) จะได้

$$\frac{(K_s)_C}{(K_s)_T} = \frac{\gamma_C \, C_T x_c}{\gamma_T \, C_C \, x_e}$$

ถ้าไม่มีปฏิกิริยาชีวเคมีในถังตกตะกอนหรือ $x_c = x_e$ สมการข้างบนจะเป็น

$$\frac{(K_s)_C}{(K_s)_T} = \frac{\gamma_C \, C_T}{\gamma_T \, C_C} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.46)$$

จากสมการ (3.26) หาค่า (K_s) ของระบบและถังคอนแทคจะได้

สำหรับระบบ $$(K_s)_T = \frac{\gamma_T \, (1-n_T) \, M_T}{Q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.47)$$

สำหรับถังคอนแทค $$(K_s)_C = \frac{\gamma_C \, (1 - n_C) \, M_C}{(1 + R)Q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.48)$$

หารสมการที่ (3.48) ด้วยสมการที่ (3.47)

$$\frac{(K_s)_C}{(K_s)_T} = \frac{\gamma_C \, (1 - n_C)}{\gamma_T \, (1 - n_T)} \cdot \frac{M_C}{M_T} \cdot \frac{1}{(1+R)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3.49)$$

สมการที่ (3.46) = (3.49) ดังนั้น

$$\frac{\gamma_C \, C_T}{\gamma_T \, C_C} = \frac{\gamma_C \, (1 - n_C)}{\gamma_T \, (1 - n_T)} \cdot \frac{\alpha}{(1 + R)}$$

หรือ $$n_C = 1 - \frac{C_T \, (1 - n_T)(1 + R)}{C_C \cdot \alpha} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3.50)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หาค่า x_e ของระบบโดยแทนค่าสมการ (3.19) ลงในสมการ (3.17) จะได้

$$x_e = \frac{(K_s)_T (1 + k_2 \theta_c)}{\theta_c [a (K_o)_T - k_2] - 1} \quad \text{.....(3.51)}$$

แทนค่าสมการที่ (3.44) ในสมการที่ (3.51) จะได้

$$C_T = \frac{Y_T (1 + k_2 \theta_c)}{\theta_c [a (K_o)_T - k_2] - 1} \quad \text{.....(3.52)}$$

เวลาในการเก็บกักของถังคอนแทค และถังสเตบิไลเซชัน หาได้โดย

$$t_c = \frac{V_c}{Q} \quad \text{.....(3.53)}$$

$$t_{cr} = \frac{V_c}{(1 + R) Q} \quad \text{.....(3.54)}$$

$$t_s = \frac{V_s}{Q} \quad \text{.....(3.55)}$$

$$t_{sr} = \frac{V_s}{RQ} \quad \text{.....(3.56)}$$

<u>การพัฒนาและนำไปใช้ประโยชน์</u>

นับตั้งแต่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน ได้ถูกก่อสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1930 ได้มีการศึกษาวิจัยถึงกลไกในการบำบัดน้ำเสียโดยระบบนี้เรื่อยมา เพื่อใช้ระบบนี้แทนระบบบำบัดน้ำเสียเดิมที่ไม่มีประสิทธิภาพในการบำบัดเพียงพอ หรือเสนอวิธีการออกแบบระบบบำบัดแบบนี้

ULLRICH และ SMITH (12) ได้แก้ไขปัญหาปริมาณน้ำเสียซึ่งเพิ่มมากขึ้นเกินความสามารถของระบบที่มีอยู่และปัญหาตะกอนจมไม่ลงของระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเมือง Austin, Texas โดยการเปลี่ยนแปลงระบบบำบัดน้ำเสียเดิมซึ่งเป็นระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์มาเป็นระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน ซึ่งในขณะนั้นได้เรียกระบบนี้ว่า ขบวนการไบโอซอพชัน (biosorption process) ระบบใหม่นี้สามารถรับปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้นจากเดิม 6 ล้านแกลลอน/วัน เป็น 16 ล้านแกลลอน/วัน โดยที่ประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี และตะกอนแขวนลอยยังคงมีประสิทธิ -

ภาพสูง และไม่ต้องเพิ่มขนาดถังเติมอากาศ

BOON (16) พบว่าในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยอาศัยระบบแบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน และระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ ปริมาณบีโอดีของน้ำเสียที่ตกตะกอนแล้วส่วนใหญ่จะถูกบำบัดภายในเวลา 15 นาทีแรก ภายหลังจากที่น้ำเสียผสมกับตะกอนที่แข็งแรงในถังเติมอากาศ และได้อ้างถึงข้อยืนยันของ SIDDIQI, et al. ซึ่งกล่าวว่าความสามารถที่ลดลงในการบำบัดมลสารอินทรีย์ของตะกอนในระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน หลังจากขยายเวลาย่อยสลายให้นานอาจเนื่องมาจากการสูญเสียความแข็งแรง (inactivation) หรือสูญเสียเอนไซม์เหนี่ยวนำ (induced enzyme) ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมา BOON จึงได้สรุปว่า ในการที่จะควบคุมการทำงานของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันให้ได้ผลดีนั้น จำเป็นจะต้องควบคุมให้เกิดความสมดุลย์ระหว่างเวลาสัมผัสและเวลาย่อยสลาย ซึ่งระยะเวลานี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสียและประสิทธิภาพในการบำบัดที่ต้องการ

BERRYHILL, et al. (17) พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ ชนิด high rate จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่าระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันเล็กน้อย และอัตราส่วนระหว่างมลสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทั้งหมดกับมลสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะต้องนำมาพิจารณาด้วยในการออกแบบระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน ทั้งนี้โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

GUJER และ JENKINS (18) ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับกลไกการทำงาน ของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน โดยอาศัยหลักการของ oxygen equivalence mass balance และได้สรุปโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในห้องปฏิบัติการว่าในการออกแบบระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน ค่ากำหนดต่าง ๆ คือ น้ำหนักบรรทุกมลสารอินทรีย์, อุณหภูมิ, การกระจายของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศทั้งสองถัง (distribution of microorganisms) และอัตราตะกอนหมุนเวียนกลับจะเป็นค่ากำหนดอิสระ ซึ่งจะมีผลให้การออกแบบระบบการนี้มีความยืดหยุ่นมากกว่าระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์

BENEFIELD และ RANDALL (20) ได้เสนอวิธีการออกแบบระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน โดยอาศัยหลักการที่เสนอโดย ECKENFELDER (21) และ LAWRENCE และ McCARTY (22) แต่ ORHON (15) ได้ได้แย้งว่า วิธีการออกแบบที่เสนอมานั้นตั้งขึ้นจากข้อสมมติฐานเท่านั้น โดยไม่ได้มีการวิจัยเพื่อสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งขึ้นมา

THRIRUMUTHI (23) ได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ ชนิด high rate และระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน โดยที่ถังเติมอากาศของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์จะมีขนาดเท่ากับขนาดของถังคอนแทคและถังสเตบิไลเซชันรวมกัน ผลการทดลองที่ได้ยืนยันผลการทดลองที่ศึกษาโดย BOON (16) กล่าวคือ ประสิทธิภาพในการบำบัดของทั้งสองระบบจะใกล้เคียงกันมาก นอกจากนี้ยังได้สรุปว่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นกระทันหัน (shock load) ของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ ชนิด high rate จะมีมากกว่าระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน เนื่องจากปริมาตรของถังเติมอากาศจะมีปริมาตรสูงกว่าปริมาตรของถังคอนแทค

ORHON และ JENKINS(10)ได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แสดงกลไกการทำงานของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน โดยใช้ทฤษฎีของการเกิดและการตาย ซึ่งมีสมมติฐาน ว่าการบำบัดมลสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นเฉพาะในถังคอนแทคเท่านั้นในขณะที่ การสลายตัวเองของจุลินทรีย์และการหายใจโดยใช้อาหารที่สะสมภายในเซลล์ (endogeneous respiration) จะเกิดขึ้นในถังสเตบิไลเซชัน โดยที่จะเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของจุลินทรีย์ในถังคอนแทค ซึ่งจะทำให้ความมีชีวิตของตะกอนจุลินทรีย์ที่แข็งแรงเพิ่มมากขึ้นและในถังสเตบิไลเซชัน จะเกิดการตายซึ่งจะทำให้ความมีชีวิตลดลง นอกจากนี้ยังได้เสนอข้อมูลที่ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ ระหว่างสัมประสิทธิ์การตายของจุลินทรีย์ในถังสเตบิไลเซชัน กับอัตราการบำบัดมลสารอินทรีย์ในถังคอนแทค แบบจำลองที่เสนอมานี้ ช่วยให้การปรับปรุงระบบที่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกมลสารอินทรีย์เกิน (over load) เพื่อให้ได้น้ำทิ้งตามที่ต้องการทำได้ง่ายขึ้น โดยการแบ่งถังเติมอากาศออกเป็นส่วน ๆ

KHARARJIAN และ SHERRARD (24) ได้ทำการทดลองการบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยตะกอนแขวนลอยที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน โดยการเติมน้ำเสียเป็นช่วง (batch) ผลการทดลองปรากฏว่าความเข้มข้นของซีโอดีในน้ำเสียจะลดลงเรื่อย ๆ ภายหลังจากเติมน้ำเสีย โดยไม่มีการเพิ่มขึ้นของค่าซีโอดีในรูปของสารละลาย อันเนื่องมาจากการปล่อยออกมาโดยจุลินทรีย์ดังที่ Mc KINNEY (25) ได้เคยรายงานไว้ จึงได้สรุปว่า น้ำเสียที่มีตะกอนแขวนลอยเจือปนอยู่บางชนิดจะไม่เกิดการเพิ่มซีโอดีภายหลังจากที่มีการดูดกลืน ดังนั้นจึงไม่อาจระบุว่าระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน จะใช้ได้กับน้ำเสียที่ประกอบด้วยตะกอนแขวนลอยในปริมาณมากเท่านั้น นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองเพื่อหาค่ากำหนดสำหรับระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน โดยใช้ระบบทดลองในห้องปฏิบัติการ ภายใต้สภาวะควบคุมและใช้น้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นมา (26) จากข้อมูลที่ได้จากการ

ทดลอง ทั้งสองได้สรุปว่า การบำบัดน้ำเสียในถังคอนแทคจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วโดยที่ไม่มีปัญหาตะกอนจมไม่ลง ถึงแม้ว่าจะใช้อายุตะกอนสั้นมากก็ตาม (น้อยกว่า 3 วัน) และได้เสนอวิธีการคิดอายุตะกอนของระบบและของถังคอนแทค ซึ่งดัดแปลงมาจากการคิดอายุตะกอนของระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์

FERGUSON, et al. (27) ได้ศึกษาถึงข้อดีของการใช้ผงถ่าน (powdered activated carbon) ในระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันโดยใช้น้ำเสียจากชุมชนเมือง ซีแอตเติลที่ผ่านการบำบัดแล้วในระบบบำบัดปฐม จากการศึกษาพบว่าการใช้ผงถ่าน สามารถช่วยให้น้ำทิ้งจากระบบมีลักษณะดีขึ้นโดยค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจะลดลงประมาณ 10 มก./ลบ.ดม. เมื่อเปรียบเทียบกับระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันที่ไม่ได้ใช้ผงถ่าน และผงถ่านยังช่วยให้ระบบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นกระทันหันได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งในกรณีที่มีสารพิษปนมากับน้ำเสีย นอกจากนี้จากการทดลองพบว่าระบบยังมีประสิทธิภาพดี ถึงแม้ว่าจะใช้เวลาสัมผัสเพียงแค่ 20 - 25 นาที ในขณะที่ใช้เวลาย่อยสลาย 2 ชั่วโมง และที่เวลาย่อยสลาย 2 ชั่วโมงนี้ อัตราการใช้ออกซิเจนในถังคอนแทคและถังสเตบิไลเซชันเกือบจะมีค่าเท่ากัน ซึ่งชี้ให้เห็นว่ากลไกในการบำบัดน้ำเสียของขบวนการคอนแทคสเตบิไลเซชันน่าจะเป็นไปตามทฤษฎีของการสะสมและเมตาโบลิซึม มากกว่าที่จะเป็นไปตามทฤษฎีการเกิดและตาย

SAIPHANICH (14) ได้เสนอกลไกการทำงานของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันและวิธีการออกแบบโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยระบบนี้ซึ่งผลการทดลอง พบว่าอัตราการใช้มลสารอินทรีย์สูงสุดของระบบนี้จะมีค่ามากกว่าอัตราการใช้มลสารอินทรีย์สูงสุดของระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ประมาณ 5 เท่า ในขณะที่อัตราการใช้มลสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำสูงสุดของระบบนี้จะมีค่าน้อยกว่าของระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ ประมาณ 2 - 3 เท่า นอกจากนี้ยังได้แสดงค่ากำหนดต่าง ๆ ที่จำเป็นในการออกแบบระบบตามวิธีที่ได้เสนอแนะไว้เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต, อัตราการตายของจุลินทรีย์, สัมประสิทธิ์การใช้มลสารอินทรีย์ เป็นต้น

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ (13) ได้แสดงวิธีการออกแบบระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่นที่คล้ายคลึงกับวิธีของ ORHON กับ JENKINS (10) และ BENEFIELD กับ RANDALL (20) โดยตั้งสมมติฐานว่า ระดับความมีชีวิตของจุลินทรีย์ในถังคอนแทคมีค่าเท่ากับระดับความมีชีวิตในถังเติมอากาศของระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์ (completely mixed activated sludge) ที่

มีอายุตะกอนเท่ากัน และไม่มีการบำบัดมลสารอินทรีย์เกิดขึ้นในถังสเตบิไลเซชัน โดยที่ถังสเตบิไลเซชันจะทำหน้าที่ในการสร้างตะกอนให้มีคุณสมบัติในการตกตะกอนได้ดีและเพื่อให้เกิดการย่อยสลายตัวเองของจุลินทรีย์เท่านั้น

DAMRONGSRI (4) ได้ทำการศึกษาวิจัยการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังโดยระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์และค่ากำหนดต่าง ๆ ที่จำเป็นในการออกแบบระบบ รวมทั้งเสนอแนะวิธีการออกแบบโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลของการศึกษาวิจัยพบว่า ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานโดยตรงระบบนี้สามารถบำบัดน้ำเสียได้มากกว่า 85 % ในสภาวะควบคุมอาหารเสริม แต่มีปัญหาตะกอนจมไม่ลง และในการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วบางส่วน จากระบบบ่อไร้อากาศภายใต้สภาวะควบคุมอาหารเสริม และสภาวะควบคุมทั้งอาหารเสริมและแร่ธาตุที่จำเป็น พบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงสุดถึง 97 % ที่ค่าอายุตะกอน 20 วัน ปัญหาตะกอนจมไม่ลงสามารถแก้ไขได้โดยการเติมแร่ธาตุที่จำเป็นอันได้แก่ $MgSO_4$, $CaCl_2$, $FeCl_3$ และ KH_2PO_4 และได้อาศัยข้อมูลที่ได้จากการวิจัย สรุปค่ากำหนดและค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการออกแบบระบบนี้ ซึ่งได้เสนอวิธีการออกแบบเอาไว้

ALEXANDER, et. al. (28) ได้ประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ ซึ่งใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากชุมชนที่เสนอโดย DOLD, et al. (29) มาใช้กับระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน การประยุกต์รวมถึงการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองสองประการ คือ เปลี่ยนแปลงค่าคงที่ที่ใช้ในการหาค่าอัตราการใช้มลสารอินทรีย์ และเปลี่ยนแปลงกลไกของขบวนการจับตะกอนแขวนลอยในช่องว่างระหว่างฟล็อคของตะกอนจุลินทรีย์ (enmeshment) โดยเสนอว่า ค่าซีโอดีในส่วนที่เกิดจากตะกอนแขวนลอยที่ไม่ถูกดูดซับโดยจุลินทรีย์ จะไม่ถูกจับอยู่ระหว่างฟล็อคของตะกอนจุลินทรีย์และจะหลุดไปกับน้ำทิ้ง การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองนี้ ทำให้สามารถอธิบายลักษณะการทำงานของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันได้ดี นอกจากนี้ยังได้เสนอวิธีประมาณการเบื้องต้นในการหาปริมาตรและความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ ในถังเติมอากาศทั้งสองของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน โดยใช้ค่ากำหนดที่สมมติขึ้นจากลักษณะการทำงานของระบบ คืออายุตะกอน, อัตราตะกอนหมุนเวียนกลับ, สัดส่วนของตะกอนในถังคอนแทคและถังสเตบิไลเซชัน , น้ำหนักบรรทุกซีโอดี, และความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ ทั้งนี้ไม่ได้นำอุณหภูมิมาเกี่ยวข้องในการคำนวณ อนึ่ง จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการ

ประมาณการเบื้องต้นกับผลที่ได้จากการทดลอง พบว่าค่าที่ได้จากการประมาณการเบื้องต้นจะใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลอง

PAEPCKE และ JONES (30) ได้ทำการศึกษาถึงการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย แบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน ซึ่งควบคุมระบบให้อยู่ภายใต้สภาวะเช่นเดียวกับระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ชนิด extended aeration กล่าวคืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักมลสารอินทรีย์/มวลจุลินทรีย์ จะมีค่าต่ำ, ระบบควบคุมโดยจุลินทรีย์มีการตายมากกว่าการเกิด (endogeneous phase) และอัตราการใช้อ๊อกซิเจนต่ำ การศึกษานี้ทำการศึกษาจากระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชน เมือง Pene tanguishene, Ontario ผลการศึกษาพบว่า ระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่นที่ควบคุมในสภาวะเช่นนี้ จะมีเสถียรภาพ เช่นเดียวกับระบบ extended aeration แต่ขนาดของถังเติมอากาศรวมกันจะมีขนาดเล็กกว่า ซึ่งจะเป็นผลให้ราคาค่าก่อสร้างระบบลดลง นอกจากนี้ข้อดีต่างๆของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่นก็ยังมีอยู่ เมื่อควบคุมระบบในสภาวะที่ทำการศึกษาเช่นความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกเกิน เป็นต้น

CHUDOBA, et al. (31) ได้เสนอทฤษฎีของการสะสมและนำกลับมาใช้ใหม่ (accumulation-regeneration theory) สำหรับระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ และทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ผลการทดลองอธิบายทฤษฎีที่เสนอ ทฤษฎีนี้อาศัยหลักการของการสะสมและเก็บเอาไว้ (accumulation and store) ของจุลินทรีย์ในระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ ซึ่งสามารถจะสะสมและเก็บมลสารอินทรีย์ที่ละลายเอาไว้ได้ในปริมาณที่มาก โดยได้ตั้งสมมติฐานว่าจุลินทรีย์หลัก (predominant microorganisms) ของตะกอนจะเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสะสมมลสารอินทรีย์ (accumulation capacity) และมีอัตราการสะสมสูงสุด ความสามารถในการสะสมนี้จะถูกใช้อย่างเต็มที่ต่อเมื่อแต่ละจุดในระบบมีความเข้มข้นของมลสารอินทรีย์แตกต่างกัน (concentration gradient) และมีเวลาในการทำให้จุลินทรีย์มีความสามารถในการสะสมใหม่ (regeneration time) นานเพียงพอที่จะเกิดการอ๊อกซิไดซ์มลสารอินทรีย์ที่ถูกสะสมของไว้ การหาค่าความสามารถในการสะสม CHUDOBA, et al., ได้เสนอให้ใช้ค่าสัดส่วนที่สามารถถูกอ๊อกซิไดซ์ได้ของมลสารอินทรีย์ที่ถูกบำบัดในแต่ละรอบของการเติมน้ำเสีย (feed cycle) และจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเอสวีไอ และเปอร์เซนต์ของมลสารอินทรีย์ที่ถูกอ๊อกซิไดซ์ นอกจากนี้ในการทดลองโดยใช้ระบบที่แยกส่วนของการนำกลับมาใช้ใหม่ (regeneration) ออกต่างหาก

(ซึ่งก็คือระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันนั่นเอง) พบว่า ในการเติมน้ำเสียเข้าถังคอนแทคแบบปลั๊กโฟว์ (Plug flow) จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดจุลินทรีย์แบบเส้นใยได้ดีกว่า การเติมน้ำเสียแบบกวนสมบูรณ์

<u>ค่ากำหนดในการออกแบบขบวนการคอนแทคสเตบิไลเซชัน</u>

ปัจจุบันวิธีการออกแบบระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ (รวมทั้งระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน) ที่เป็นที่นิยมมีอยู่ 2 วิธี คือ การออกแบบโดยอาศัยอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักมลสารอินทรีย์/มวล-ของจุลินทรีย์ และการออกแบบโดยอาศัยอายุตะกอน ซึ่งข้อเปรียบเทียบระหว่างการออกแบบทั้งสองวิธีก็ได้มีผู้แสดงเอาไว้ (32)

ดังได้กล่าวมาแล้วว่ากลไกในการบำบัดน้ำเสียของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันยังเป็นข้อถกเถียงกันอยู่ โดยทฤษฎีที่ใช้อธิบายกลไกในการบำบัดน้ำเสียของระบบนี้มีอยู่สองทฤษฎี คือ ทฤษฎีการสะสมและเมตาโบลิซึม ซึ่งอธิบายกลไกในการบำบัดน้ำเสียว่าจะเกิดการดูดซับมลสารอินทรีย์ในถังคอนแทคและเกิดการเมตาโบลิซึมในถังสเตบิไลเซชัน ซึ่งได้มีผู้เสนอข้อสมมติฐานเพิ่มเติมเพื่ออธิบายกลไกการบำบัดน้ำเสียในกรณีที่มลสารอินทรีย์อยู่ในรูปสารละลาย(29)ว่า ถึงแม้มลสารอินทรีย์จะอยู่ในรูปของสารละลายก็ตาม แต่โมเลกุลของมลสารอินทรีย์จะอยู่ในรูปของโมเลกุลใหญ่และยุ่งยาก ซึ่งจะไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่เซลล์ได้ทันที จึงจะต้องผ่านขบวนการดูดซับมลสารอินทรีย์ก่อนเช่นเดียวกับมลสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปตะกอนแขวนลอย อีกทฤษฎีหนึ่ง คือทฤษฎีการเกิดและย่อยสลายตัวเอง ซึ่งอธิบายว่าจะเกิดการบำบัดน้ำเสียในถังคอนแทคเท่านั้นส่วนในถังสเตบิไลเซชัน จะเกิดการย่อยสลายตัวเองของจุลินทรีย์ ถังนี้จึงทำหน้าที่หลักในการปรับสภาพของจุลินทรีย์ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะบำบัดน้ำเสียอีกครั้งหนึ่ง และมีคุณสมบัติในการตกตะกอนได้ดี

จากการที่มีข้อแตกต่างของวิธีการออกแบบระบบและทฤษฎีเกี่ยวกับกลไกการบำบัดน้ำ-เสียนี้เอง ค่ากำหนดในการออกแบบระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันที่จะนำมาใช้จึงขึ้นอยู่กับวิศวกรผู้ออกแบบว่าจะออกแบบโดยวิธีไหน และใช้ทฤษฎีอะไรในการออกแบบ ซึ่งค่ากำหนดในการออกแบบระบบได้แก่น้ำหนักบรรทุกมลสารอินทรีย์, อุณหภูมิ,การกระจายของจุลินทรีย์ในถังทั้งสองและอัตราตะกอนหมุนเวียนกลับ ซึ่งได้มีผู้ทำการทดลอง (18) และได้สรุปว่า ค่ากำหนดเหล่านี้จะเป็นค่ากำหนดที่เป็นอิสระ จึงทำให้ระบบมีความยืดหยุ่น สำหรับค่ากำหนดที่เหมาะสมซึ่งมีผู้เสนอเอาไว้ได้แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่ากำหนดสำหรับขบวนการคอนแทคสเตบิไลเซชัน (14)

C_T or U_T (day^{-1})	θ_c (day)	MLSS (mg/ℓ)		Detention Time		R. %	BOD Removal %	Authers
		Contact	Stabilization	t_C (hr)	t_S (hr)			
-	-	3,000-4,000	4,500-6,000	0.25-0.50	1.50	100	85-99	ULLRICH et al. (1951)
-	-	1,896	6,885	0.63	5.2	41	93.4	ULLRICH et al. (1957)
0.125	7.2	2,000-3,600	10,000-20,000	2.90	10.0	-	94.3	HATFIELD (1959)
-	-	-	-	0.5-1.5	2-4	-	-	WESTON (1961)
0.283	-	1,780-5,330	4,200-10,000	1.04	4.20	41-104	89.4	HASELTINE (1961)
0.113	-	2,290	13,600-18,700	3.21	12.00	13-19	84.0	
0.166	-	2,200-3,500	8,400-11,900	2.94	18.00	46-92	87.2	
0.52-1.16	-	7,700-10,670	12,700-18,200	0.58-1.60	3.3-3.7	100-171	63-68	BOON (1969)
0.34-0.63	-	6,050-11,400	11,400-25,000	0.50-1.61	2.0-6.44	100	50-86	
0.41-0.52	-	3,500	7,100	0.30	1.67	100	91	
0.31-1.65	-	1,900-3,000	3,500-13,700	0.61	0.50	100	97	
0.20-0.60	5-15	1,000-3,000	4,000-10,000	0.5-1.0	3.0-6.0	25-100	80-90	METCALF (1972)
0.20-0.8	5-30	1,000-5,000	3,000-12,000	0.5-2.0	2.0-6.0	50-200	80-95	SAIPHANICH (1978)

I19015006

อาหารเสริมและแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์

ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา จำเป็นจะต้องควบคุมระบบให้มีปริมาณอาหารเสริมและแร่ธาตุที่จำเป็นให้มีปริมาณเพียงพอ สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อการบำบัด อาหารเสริมสำหรับจุลินทรีย์ที่จำเป็นต่อการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ส่วนแร่ธาตุที่จำเป็นจะขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งได้มีผู้เสนอไว้ (33) ดังแสดงในตารางที่ 3.2 แร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์นั้น โดยทั่วไปมักจะมีอย่างเพียงพออยู่แล้วในน้ำเสียเข้าระบบ การศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่ จึงมักจะเป็นการศึกษาถึงผลกระทบของอาหารเสริมและปริมาณที่เหมาะสมในระบบ

การหาปริมาณอาหารเสริมสำหรับจุลินทรีย์ หาได้โดยอาศัยส่วนประกอบของเนื้อเยื่อของเซลล์จุลินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่มีสูตรเป็น $C_5H_7O_2NP_{0.2}$ จากสูตรนี้จะมีปริมาณไนโตรเจน 11.8 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก และมีปริมาณฟอสฟอรัส 5.2 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก (34) หรือถ้าแยกส่วนประกอบของเซลล์ในรูปของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ (33) เซลล์ของจุลินทรีย์จะมีสูตรเป็น $C_5H_7O_2N$ สำหรับในส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งจะมีส่วนประกอบของไนโตรเจน 12.4 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก และในส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์จะประกอบด้วย P_2O_5 (50 เปอร์เซนต์), SO_3 (15 เปอร์เซนต์), Na_2O (11 เปอร์เซนต์), CaO (9 เปอร์เซนต์), MgO (8 เปอร์เซนต์) K_2O (6 เปอร์เซนต์), และ Fe_2O_3 (1 เปอร์เซนต์) จากส่วนประกอบของเนื้อเยื่อของเซลล์จุลินทรีย์นี้จะสามารถหาปริมาณไนโตรเจนที่ต้องการได้โดยพิจารณาจากปริมาณมวลของจุลินทรีย์ที่ถูกสร้างขึ้นในหนึ่งวัน ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่ต้องการ สมมติให้มีค่าเท่ากับหนึ่งในห้าของปริมาณไนโตรเจนที่ต้องการ (33) อย่างไรก็ตามปริมาณอาหารเสริมที่ต้องการจะขึ้นอยู่กับ อายุตะกอนและสภาพแวดล้อมของระบบ ในการควบคุมระบบวิศวกรมักจะทำการควบคุมปริมาณอาหารเสริมโดยเปรียบเทียบกับค่าบีโอดีหรือซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบ ซึ่งส่วนใหญ่จะทำการควบคุมระบบโดยมีอัตราส่วนระหว่างบีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส เป็น 100:5:1

สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน ได้มีการทดลองในห้องปฏิบัติการ (4) พบว่าระบบจะทำงานได้ดีเมื่อควบคุมค่าซีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส มากกว่า 150:5:1 และจำเป็นจะต้องเติมแร่ธาตุที่จำเป็นควบคู่ไปด้วย แร่ธาตุที่จำเป็นที่เติมลงไป คือ $MgSO_4$, $CaCl_2$, $FeCl_3$ และ KH_2PO_4

ตารางที่ 3.2 แร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ (33)

Substantial Quantities	Trace Quantities
Na^{+} (except for plants)	Fe^{++}
K^{+}	Cu^{++}
Ca^{++}	Mn^{++}
Mg^{++}	Zn^{++}
$PO_4^{\equiv}$	B^{3+} required by plants, certain protists
Cl	
$SO_4^{=}$	Mo^{+} required by plants, certain protists, and animals
HCO_3^{-}	V^{++} required by certain protists and animals
	Co^{++} required by certain animals, protists, & plants
	I^{-}, Se^{--} required by certain animals only

ในความเข้มข้น 22.5, 27.5, 0.25, และ 25.0 มก./1,000 มก.ซีโอดี ตามลำดับ

<u>ข้อดีและข้อเสียของขบวนการคอนแทคสเตบิไลเซชัน</u>

ข้อดีและข้อเสียของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน เมื่อเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ มีดังต่อไปนี้

1. ข้อดี

1.1 เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถดัดแปลงมาจากระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ได้โดยง่าย จึงมักจะถูกนำไปใช้ในการแก้ปัญหาน้ำหนักบรรทุกเกิน ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ ซึ่งถ้าหากน้ำเสียเพิ่มขึ้น 1.5 - 3 เท่า การเปลี่ยนระบบเดิมมาเป็น ระบบคอนแทคสเตบิไลเซชั่นจะเป็นวิธีที่ประหยัด

1.2 ระบบคอนแทคสเตบิไลเซชันสามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นกระทันหันและสารพิษที่เจือปนมากับน้ำเสียได้ดี เนื่องจากตะกอนจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่ในถังสเตบิไลเซชัน ซึ่งจะไม่สัมผัสกับน้ำเสียโดยตรง ทำให้ระบบมีเสถียรภาพ

1.3 สามารถเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ได้ในปริมาณที่สูงกว่าระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ ซึ่งความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในถังสเตบิไลเซชัน อาจสูงถึง 20,000 มก./ลบ.ดม. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของตะกอนที่ก้นถังตกตะกอน (ตะกอนหมุนเวียนกลับ)

1.4 ระบบนี้สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยตะกอนแขวนลอย ในปริมาณมากได้ดี จึงไม่จำเป็นจะต้องมีถังตกตะกอนปฐมและลดปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นเหม็น ที่อาจมีขึ้นในถังตกตะกอนปฐม

1.5 ความสามารถในการตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบนี้ดีกว่าระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์และขั้นตอนการไหลของน้ำเสียของระบบจะก่อให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเติบโตของจุลินทรีย์แบบเส้นใย จึงมีการนำระบบนี้มาใช้ในการแก้ปัญหาตะกอนจมไม่ลงในระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์

1.6 ค่ากำหนดต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบระบบนี้ เช่น น้ำหนักบรรทุกมลสารอินทรีย์, อุณหภูมิ, อัตราตะกอนหมุนเวียนกลับ, การกระจายของจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศทั้งสองจะเป็นค่าอิสระทำให้การออกแบบระบบนี้มีความยืดหยุ่นกว่าระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์

1.7 การควบคุมระบบนี้มักใช้อัตราตะกอนหมุนเวียนกลับต่ำ สำหรับน้ำเสียจากชุมชน จึงเป็นไปได้ที่จะลดขนาดของเครื่องมือส่งตะกอนหมุนเวียนกลับไปยังถังสเตบิไลเซชัน และขนาดของถังเติมอากาศ

2. ข้อเสีย

2.1 กลไกการทำงานของระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน ยังไม่สามารถหาข้อสรุปที่แน่นอนได้ การออกแบบระบบนี้จึงจำเป็นต้องทำการทดลองหาค่ากำหนดต่าง ๆ เสียก่อน

2.2 การทำงานของระบบมีความยุ่งยากกว่าระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ จึงจำเป็นจะต้องทำการควบคุมระบบอย่างใกล้ชิดและต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความชำนาญสูง เพื่อที่จะสามารถควบคุมระบบให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 ในการก่อสร้างระบบ จะเสียค่าใช้จ่ายในส่วนของระบบเส้นท่อที่ยุ่งยากเพิ่มขึ้น และอาจจะต้องใช้เครื่องเติมอากาศหลายเครื่อง

2.4 น้ำทิ้งจากระบบคอนแทคสเตบิไลเซชัน จะมีลักษณะด้อยกว่า ระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์เล็กน้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย