



การประยุกต์ใช้คอนกรีตพรุนในถังกรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน

The Application of Porous Concrete in Anaerobic Filter for Community Wastewater Treatment

Thanudkij Chareerat* Sompop Sanongraj Prasertpun Kumeiam
Marupong Puttananon and Jittapon Tepamat

ณัฏกิจ ชารีรัตน์* สมภพ สนองราษฎร์ ประเสริฐพันธ์ คำเอี่ยม มารุพงศ์ พุทธนานนท์ และ จิตรพล เทพามาตย์
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

*E-mail : thanudkij.c@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้คอนกรีตพรุนในถังกรองไร้อากาศเพื่อบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) การสังเคราะห์คอนกรีตพรุน ซึ่งได้คอนกรีตพรุนที่มีลักษณะพื้นผิวหยาบ สีเทาเข้ม รูปร่างทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 9.7 ± 0.24 เซนติเมตร ส่วนสูงเฉลี่ย 7.63 ± 0.39 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 73.96 ± 3.74 ตารางเซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 965 ± 59.72 กรัม ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำเฉลี่ย 2.66 ± 0.25 เซนติเมตร/วินาที และอัตราส่วนโพรงรวมเฉลี่ย $34.75 \pm 4.85\%$ ตามลำดับ 2) การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร บริเวณหลังสโมสรนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่า มีค่า pH เท่ากับ 7.4 ± 0.00 , TSS เท่ากับ 12.5 ± 0.70 มิลลิกรัม/ลิตร และ COD เท่ากับ 704 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร 3) การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลาง ผลการทดสอบพบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไป 10 วัน คอนกรีตพรุนมีลักษณะพื้นผิวสีน้ำตาล มีเมือกเกาะ สีดำเข้มขึ้น ค่า COD ในถังกรองไร้อากาศที่มีคอนกรีตพรุน 1 ก้อน และถังกรองไร้อากาศที่มีคอนกรีตพรุน 3 ก้อน ลดลงจาก 704 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร เหลือ 352 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร และ 344 ± 11.31 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และน้ำหนักคอนกรีตพรุนในอากาศเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 22.50 กรัม 4) ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศ พบว่า ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจากค่าของน้ำเสียที่เข้าระบบในชุดการทดสอบที่ใส่คอนกรีตพรุนเป็นตัวกลาง โดยเฉพาะกรณีที่ใช้คอนกรีตพรุนจำนวน 3 ก้อน มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.5-8.7 ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัด TSS และ COD พบว่า ถังกรองไร้อากาศที่มีจำนวนตัวกลางคอนกรีตพรุน และระยะเวลาในการเก็บกักมากขึ้น มีค่าประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีขึ้น โดยถังกรองไร้อากาศตัวกลางคอนกรีตพรุน 3 ก้อน ที่เวลาเก็บกักน้ำเสีย 10 วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดคือ สามารถบำบัด TSS ได้ 39.29% และบำบัด COD ได้ 51.92% และจากผลการทดลองทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า คอนกรีตพรุนมีคุณสมบัติที่เป็นตัวกลางในระบบบำบัดน้ำเสียถังกรองไร้อากาศได้ เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพของคอนกรีตที่มีลักษณะพรุนและมีโพรงช่องว่างภายในตัวคอนกรีต ทำให้มีพื้นที่ให้เชื้อจุลินทรีย์อาศัยอยู่ได้

คำสำคัญ : คอนกรีตพรุน; ถังกรองไร้อากาศ; การบำบัดน้ำเสีย

Abstract

In this study, the application of porous concrete in anaerobic filter for community wastewater treatment was investigated. This study was divided into four parts. 1) The synthesis of porous concrete: It was found that porous concrete provided quite rough surface, dark gray in color with cylindrical shape. The average diameter of 9.7 ± 0.24 cm, average height of 7.63 ± 0.39 cm, average cross sectional area of 73.96 ± 3.74 cm² with average weight of 965 ± 59.72 g, were obtained. The average coefficient of water permeability of 2.66 ± 0.25 cm/s and average void ratio of $34.75 \pm 4.85\%$ could be measured. 2) Sampling of wastewater from University canteen was taken behind the Student Union of Engineering Faculty; Ubon Ratchathani University was collected and found a pH value of 7.4 ± 0.00 , TSS of 12.5 ± 0.70 mg/l and COD of 704 ± 0.00 mg/l, respectively. 3) Increment of micro-organisms growth on a media was found after 10 days submersion of porous concrete in wastewater. The slippery mucilage surface on porous concrete was observed and the COD in the anaerobic filter using porous concrete of 1 block and 3 blocks decreased from 704 ± 0.00 mg/l to 352 ± 0.00 mg/l and 344 ± 11.31 mg/l, respectively. The average weight of porous concrete in the air was increased of 22.50 grams. 4) The efficiency testing of wastewater treatment by porous concrete in the anaerobic filter provided the significant results as the followings: pH has become higher in a series of porous concrete as a media. In particular, the use of 3 porous concrete blocks provided pH in the range of 7.5-8.7. The performance in the treatment of COD and TSS was found that increasing in porous concrete block as a media and retention time, provided better effectiveness in anaerobic filter treatment. The anaerobic filter media of 3 porous concrete blocks with retention time of 10 days in wastewater treatment showed the highest effectiveness in treatment of TSS and COD of 39.29% and 51.92%, respectively. In conclusion, porous concrete can be used as a media in anaerobic filter treatment. The physical characteristics of porous concrete with void inside gave a space for the living of micro-organisms.

Keywords : Porous Concrete; anaerobic filter; wastewater treatment

บทนำ

การค้นพบและการพัฒนาคอนกรีตพรุนในแถบยุโรปและอเมริกาใต้มีมานานกว่าสามสิบปีแล้ว ซึ่งในปัจจุบันได้นำคอนกรีตพรุนมาใช้งานอย่างหลากหลายและได้รับความนิยมกันมากในประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากคอนกรีตพรุนมีคุณสมบัติในการระบายน้ำได้ดีและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทยยังไม่นิยมนำมาใช้งานมากนัก แต่ในอนาคตอันใกล้คอนกรีตพรุนจะเป็นทางเลือกในการนำไปประยุกต์ใช้งานที่แพร่หลายมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้คอนกรีตพรุนในถังกรองไร้อากาศ (Anaerobic filter) ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศเป็นเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยจุลินทรีย์

ประเภทไม้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในระบบจะมีตัวกลางที่เหมาะสมเพื่อให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ (Self-Immobilization) ทำให้จุลินทรีย์ไม่หลุดออกจากระบบและทำให้ระบบสามารถรองรับความสกปรกของสารอินทรีย์ได้สูง ทนต่อความแปรปรวนของภาระบรรทุกอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นได้ดีเหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ได้แก่ น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมัน การทำอาหารกระป๋องผลไม้กระป๋อง ไอศกรีม โรงงานน้ำตาล โรงงานฆ่าสัตว์ กระบวนการผลิตน้ำยาง เป็นต้น และระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศมีข้อดีคือ ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศ ใช้พลังงานในการเดินระบบน้อย เป็นระบบที่ดูแลรักษาง่าย เหมาะสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความ

เข้มข้นสูง โดยปกติในระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศจะใช้ตัวกลางจำพวกที่ไม่สามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติได้ เช่น ก้อนหิน พลาสติกและยาง เป็นต้น แต่ปัญหาที่พบคือ ถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางเป็นก้อนหินมีปัญหาในการล้างทำความสะอาด ส่วนตัวกลางประเภทพลาสติกและยางมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้คอนกรีตพรุนมาเป็นตัวกลางในถังกรองไร้อากาศเนื่องจากคอนกรีตพรุนมีราคาไม่สูงมากและสามารถถอดล้างทำความสะอาดได้ง่าย นอกจากนี้ เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของคอนกรีตพรุนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ยังได้ศึกษาถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางเป็นคอนกรีตพรุน

การกรอง (Filtration) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ซึ่งการกรองแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การกรองแบบผ่านตัวกลาง การกรองแบบติดค้างในชั้นกรองและการกรองแบบติดค้างที่ผิวหน้า การกรองแต่ละประเภทมีอัตราเร็วในการกรองจากสูงไปต่ำ [1]

การออกแบบถังกรองไร้อากาศ ประสิทธิภาพของถังกรองไร้อากาศขึ้นอยู่กับ การออกแบบชั้นตัวกลางที่ดี การไหลของน้ำเสียสัมผัสกับจุลินทรีย์อย่างทั่วถึง โดยไม่เกิดการลัดวงจร ตัวกลางที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ หินขนาด $1\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ " ซึ่งมีราคาถูกหาได้ง่าย แต่น้ำหนักมาก โครงสร้างของถังกรองจึงต้องแข็งแรง ปัจจุบันมีการผลิตตัวกลางซึ่งมีความพรุนสูงและน้ำหนักเบา เช่น พลาสติกพีวีซี โพลอน ประสิทธิภาพของตัวกลางเหล่านี้สูงเพราะมีเนื้อที่ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้มาก โครงสร้างของถังกะทัดรัดกว่าแบบใช้หิน แต่ตัวกลางมีราคาแพงกว่า

การออกแบบถังกรองไร้อากาศสำหรับน้ำเสียรวมจากอาคาร อาจใช้เกณฑ์กำหนดดังนี้ [2]

- ค่าระยะเวลากักพัก (Detention time) 12 ชั่วโมง
- ความลึกของชั้นตัวกลาง (หิน) 1.20 เมตร
- ค่าความพรุนชั้นตัวกลาง 45%

อุปกรณ์และวิธีวิจัย

การสังเคราะห์คอนกรีตพรุน

ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน ASTM C150-00 ใช้มวลรวมหยาบเป็นหินบะซอลต์ขนาด $\frac{3}{4}$ นิ้ว ที่มีในจังหวัดอุบลราชธานีและน้ำประปา ทำการผลิตคอนกรีตพรุนโดยใส่สารซีเมนต์และน้ำลงในถังผสมผสมจนเข้ากันใช้เวลา 4 นาที จากนั้นเติมมวลรวมและผสมจนซีเมนต์เคลือบผิวของมวลรวมทั่วถึงกันใช้เวลา 1 นาที 30 วินาที ตักคอนกรีตลงแบบหล่อทรงกระบอก โดยแบบหล่อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร ทำการบดอัดแบบสั่นสะเทือน โดยใช้การเคาะกระแทกเพื่อให้สามารถรับแรงอัดได้สูงขึ้น จากนั้นทำการบ่มคอนกรีตพรุนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การศึกษาลักษณะสมบัติของคอนกรีตพรุน

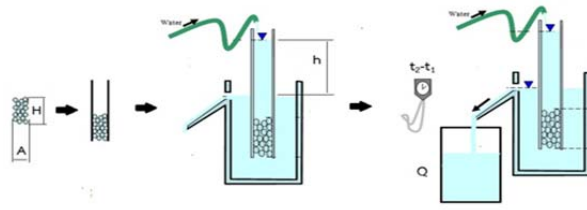
ศึกษาลักษณะทั่วไปของคอนกรีตพรุน เช่น สี รูปร่าง รวมถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของตัวอย่างคอนกรีตพรุนที่สังเคราะห์ได้

การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ มีขั้นตอนดังนี้

- 1) วัดขนาดพื้นที่หน้าตัด (A) และความสูง (H) ของคอนกรีตพรุน
- 2) ใส่คอนกรีตในท่อทรงกระบอก
- 3) เปิดน้ำไหลผ่านตัวอย่างด้วยอัตราเร็วคงที่ วัดระดับความแตกต่างของระดับน้ำ (h)
- 4) วัดปริมาณน้ำ (Q) ที่ไหลผ่านทรงกระบอกในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (t_2-t_1) ดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงขั้นตอนการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านทำได้โดยใช้สมการดังนี้

$$K \text{ (cm/s)} = H/h*[Q/(A*(t_2-t_1))] \quad (1)$$



- K = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ
- H = ความสูงของคอนกรีตพรุน
- h = ความแตกต่างของระดับน้ำ
- Q = ปริมาณน้ำ
- A = พื้นที่หน้าตัด
- t₁ = เวลาเริ่มต้น
- t₂ = เวลาสิ้นสุด

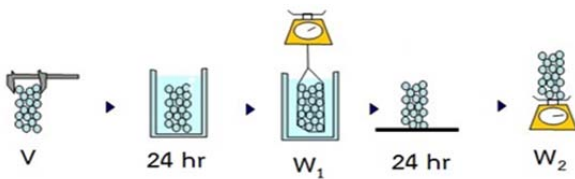
รูปที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ [3]

การทดสอบหาอัตราส่วนโพรงรวม มีขั้นตอนการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 2 การคำนวณค่าอัตราส่วนโพรงสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$A_t (\%) = [1 - (W_2 - W_1) / \rho_w / V] \times 100 \quad (2)$$

การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

นำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสีย ดังนี้ วัดค่าพีเอช (pH) ด้วยวิธี Electrometric Titration วัดค่าซีโอดี (COD) ด้วยวิธี Close Reflux และวัดค่าทีเอสเอส (TSS) ด้วยวิธีการกรองและการอบให้แห้ง



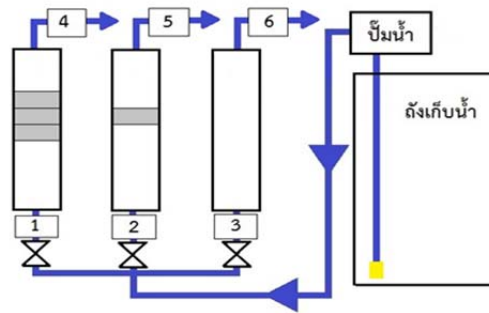
- A_t = อัตราส่วนโพรงรวม
- W₁ = น้ำหนักชั่งในน้ำภายหลังจากแช่ 24 ชั่วโมง
- W₂ = น้ำหนักชั่งในอากาศภายหลังจากตากแห้ง 24 ชั่วโมง
- V = ปริมาตรคอนกรีตพรุน

รูปที่ 2 ขั้นตอนการทดสอบหาอัตราส่วนโพรงรวม

การสร้างถังกรองไร้อากาศต้นแบบโดยใช้ตัวกลางเป็นคอนกรีตพรุน

การศึกษาคั้งนี้ ได้สร้างถังกรองไร้อากาศรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และสูง 100 เซนติเมตร ปริมาตร 7.85 ลิตร จำนวน 3 ถัง ประกอบด้วย ถังใบที่ 1 ถังกรองไร้อากาศตัวกลางคอนกรีตพรุน 3 ก้อน ถังใบที่ 2 ถังกรองไร้อากาศตัวกลางคอนกรีตพรุน 1 ก้อน และถังใบที่ 3 ถังกรองไร้อากาศที่ไม่มีตัวกลางและใช้เครื่องปั้มน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

1 นิ้ว ½ แรงม้า ดูดน้ำจากถังเก็บน้ำขนาด 80 ลิตร เข้าสู่ถังกรองไร้อากาศทั้ง 3 ถัง ผ่านทางท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เข้าสู่ด้านล่างของถังกรองไร้อากาศโดยมีตัววาล์วปรับอัตราการไหลของน้ำ กำหนดอัตราการไหลของน้ำเป็น 0.8 ลิตรต่อนาที พร้อมทั้งติดตั้งจุดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนเข้าสู่ระบบและหลังออกจากระบบทั้ง 3 ถัง (แบบถังกรองไร้อากาศต้นแบบโดยใช้ตัวกลางคอนกรีตพรุนและจุดเก็บตัวอย่างน้ำ แสดงดังรูปที่ 3)



- 1 จุดเก็บน้ำก่อนเข้าสู่ระบบของถังกรองไร้อากาศตัวกลางคอนกรีตพูน 3 ก้อน
- 2 จุดเก็บน้ำก่อนเข้าสู่ระบบของถังกรองไร้อากาศตัวกลางคอนกรีตพูน 1 ก้อน
- 3 จุดเก็บน้ำก่อนเข้าสู่ระบบของถังกรองไร้อากาศที่ไม่มีตัวกลาง
- 4 จุดเก็บน้ำหลังจากออกจากระบบของถังกรองไร้อากาศตัวกลางคอนกรีตพูน 3 ก้อน
- 5 จุดเก็บน้ำหลังจากออกจากระบบของถังกรองไร้อากาศตัวกลางคอนกรีตพูน 1 ก้อน
- 6 จุดเก็บน้ำหลังจากออกจากระบบของถังกรองไร้อากาศที่ไม่มีตัวกลาง

รูปที่ 3 แบบถังกรองไร้อากาศต้นแบบโดยใช้ตัวกลางคอนกรีตพูน

การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพูนในถังกรองไร้อากาศ

ทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพูนในถังกรองไร้อากาศ 2 ถัง คือ 1. ถังกรองไร้อากาศตัวกลางคอนกรีตพูน 1 ก้อน และ 2. ถังกรองไร้อากาศตัวกลางคอนกรีตพูน 3 ก้อน ใช้น้ำตัวอย่างจากน้ำเสีย (ที่ได้จากโรงอาหาร) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์และป้อนอาหารจากด้านล่างของถังวันละ 500 ml ทั้ง 2 ถัง วิเคราะห์ค่า pH, TSS และ COD จากน้ำเสียที่เก็บจากถังกรองไร้อากาศที่จุดเก็บน้ำที่ 4 และ 5 ตามรูปที่ 3 จนกระทั่งค่าที่ได้คงที่ เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลง อัตราส่วนโพร่งของคอนกรีตพูนและผลการซึ่งน้ำหนักคอนกรีตพูนก่อนและหลังการเลี้ยงเชื้อ

การทดสอบหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศ

การทดสอบมีทั้งหมด 4 ชุด คือ ชุดการทดสอบที่ 1 เก็บกักน้ำเสียเป็นเวลา 1 วัน และป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบทุกวันทั้ง 3 ถัง ถังละ 8 ลิตร ควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ 0.8 ลิตรต่อนาที และเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าและหลังจากออกจากระบบทั้ง 6 จุด นำไปวิเคราะห์ลักษณะทดสอบจนค่า COD ของน้ำเสียหลังจากออกจากระบบคงที่ ชุดการทดสอบที่ 2, 3 และ 4 ทดสอบเหมือนในชุดการ

ทดสอบที่ 1 แต่เพิ่มระยะเวลาเก็บน้ำเสียเป็น 2 วัน 5 วัน และ 10 วัน และลดปริมาตรของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบเหลือวันละ 4 ลิตร 1.6 ลิตร และ 0.8 ลิตร ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำตัวอย่างก่อนเข้าและหลังจากออกจากระบบ นำค่า COD และ TSS มาคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัด ตามสมการที่ 3

$$\text{ประสิทธิภาพในการบำบัด (\%)} = \frac{[in - out]}{in} \times 100\% \quad (3)$$

เมื่อ in = ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์น้ำเข้าสู่ระบบ
Out = ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์น้ำออกจากระบบ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการสังเคราะห์คอนกรีตพูน

คอนกรีตพูนที่สังเคราะห์ได้ มีลักษณะพื้นผิวค่อนข้างหยาบ สีเทาเข้ม รูปร่างทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 9.7 ± 0.24 เซนติเมตร ขนาดส่วนสูงเฉลี่ย 7.63 ± 0.39 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 73.96 ± 3.74 ตารางเซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 965 ± 59.72 กรัม ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 คอนกรีตพูนที่สังเคราะห์ได้

ผลการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำและอัตราส่วนโพรงรวม

ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำและอัตราส่วนโพรงรวมของคอนกรีตพูนที่สังเคราะห์จากมวลรวมหยาบขนาด $\frac{3}{4}$ นิ้ว พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.66 ± 0.25 cm/s และ $34.75 \pm 4.85\%$ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสีย

จากการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสียได้ผลดังนี้ ค่า pH = 7.4 ± 0.00 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอยู่ที่ 5.5-9, COD = 704 ± 0.00 mg/l ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งไม่เกิน 120 และ TSS = 12.5 ± 0.70 mg/l ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ไม่เกิน 50 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากโรงอาหาร บริเวณหลังสโมสรนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่ามีค่า COD สูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง เนื่องจากน้ำเสียดังกล่าวเป็นน้ำเสียที่มาจากโรงอาหารกลาง ซึ่งน้ำเสียจากโรงอาหารจะเป็นน้ำที่มีสารอินทรีย์สูงทำให้น้ำเสียที่วิเคราะห์มีค่า COD สูงตามไปด้วย แต่น้ำเสียดังกล่าวได้ผ่านการดักไขมันในบ่อดักไขมันทำให้ค่า TSS อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งและมีค่า pH อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง [4]

ผลการสร้างถังกรองใรรออากาศต้นแบบโดยใช้ตัวกลางเป็นคอนกรีตพูน

จากการทดสอบสร้างถังกรองใรรออากาศ พบว่าสามารถสร้างถังกรองได้จำนวน 3 ถังคือ 1. ถังกรอง

ใรรออากาศที่มีตัวกลางคอนกรีตพูน 1 ถัง 2. ถังกรองใรรออากาศที่มีตัวกลางคอนกรีตพูน 3 ถัง และ 3. ถังกรองใรรออากาศที่ไม่มีตัวกลาง ดังรูปที่ 5

ผลการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพูนในถังกรองใรรออากาศ

จากผลการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพูน พบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไป 10 วัน ค่า pH, TSS, และ COD ที่ออกจากระบบมีค่าคงที่ทั้ง 2 ถัง โดยถังกรองใรรออากาศที่มีคอนกรีตพูน 1 ถัง มีค่าเฉลี่ยเป็น 8.26 ± 0.01 , 28 ± 0.00 mg/l และ 352 ± 0.00 mg/l ตามลำดับ ส่วนถังกรองใรรออากาศที่มีคอนกรีตพูน 3 ถัง มีค่าเฉลี่ยเป็น 8.26 ± 0.01 , 28 ± 0.00 mg/l และ 344 ± 11.31 mg/l

ลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงของคอนกรีตพูนหลังจากการเลี้ยงเชื้อ พบว่า คอนกรีตพูนมีลักษณะพื้นผิวลื่นมีเมือกเกาะ สีดำเข้มขึ้น ภาพคอนกรีตพูนก่อน-หลังการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์แสดงในรูปที่ 6 และ 7 โดยอัตราส่วนโพรงเฉลี่ยลดลงจาก $34.75 \pm 4.85\%$ เหลือ $26.76 \pm 5.00\%$ แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในตัวกลางคอนกรีตพูน ซึ่งคาดว่าจะมีการเกิดขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์บนผิวของคอนกรีตพูน

ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักคอนกรีตพูนก่อนและหลังการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 965.00 ± 59.72 กรัม เป็น 987.50 ± 47.87 กรัม น้ำหนักที่เพิ่มของคอนกรีตพูนที่ชั่งในอากาศอาจเป็นเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นในขั้นตอนการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพูน



รูปที่ 5 ถังกรองไร้อากาศ



รูปที่ 6 คอนกรีตพูนก่อนการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์



รูปที่ 7 คอนกรีตพูนหลังการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศ

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพในการบำบัดของถังกรองไร้อากาศ พบว่า น้ำเสียที่นำมาบำบัดในแต่ละชุดการทดสอบควรควบคุมให้มีความสกปรกที่ใกล้เคียงกัน

เพื่อไม่ให้มีข้อได้เปรียบ-เสียเปรียบในแต่ละชุดการทดสอบผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบและการคำนวณอัตราการระสาดอินทรีย์ในแต่ละชุดการทดสอบได้สรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า pH, TSS, COD และอัตราการระสาดอินทรีย์ ของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบในแต่ละชุดการทดสอบ

ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย	ถังกรองไร้อากาศ	pH	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	อัตราการระสาดอินทรีย์ (kg/m ³ -d)
ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 1 วัน	ตัวกลางคอนกรีตพูน 1 ก้อน	7.63±0.02	28.90±0.55	422.40±13.15	0.43
	ตัวกลางคอนกรีตพูน 3 ก้อน	7.63±0.02	28.90±0.55	422.40±13.15	0.43
	ไม่มีตัวกลาง	7.63±0.02	28.90±0.55	422.40±13.15	0.43
ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 2 วัน	ตัวกลางคอนกรีตพูน 1 ก้อน	7.42±0.04	28.71±1.07	435.43±4.28	0.22
	ตัวกลางคอนกรีตพูน 3 ก้อน	7.80±0.22	27.29±0.39	434.29±6.05	0.22
	ไม่มีตัวกลาง	7.41±0.08	27.50±0.41	430.86±9.72	0.22
ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 5 วัน	ตัวกลางคอนกรีตพูน 1 ก้อน	7.68±0.22	27.90±0.61	433.60±9.08	0.09
	ตัวกลางคอนกรีตพูน 3 ก้อน	7.57±0.23	27.45±0.55	433.60±7.35	0.09
	ไม่มีตัวกลาง	7.46±0.05	27.45±0.64	432.00±8.43	0.09
ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 10 วัน	ตัวกลางคอนกรีตพูน 1 ก้อน	7.37±0.05	27.54±0.41	429.71±9.64	0.04
	ตัวกลางคอนกรีตพูน 3 ก้อน	7.62±0.01	27.36±0.36	429.14±9.73	0.04
	ไม่มีตัวกลาง	7.58±0.06	27.57±0.47	433.14±10.34	0.04

จากตารางที่ 1 พบว่า น้ำเสียก่อนเข้าระบบถังกรองไร้อากาศในแต่ละชุดการทดสอบของระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียที่แตกต่างกัน มีความสกปรกอยู่ในช่วงใกล้เคียงกันคือ มี pH อยู่ในช่วง 7.3-7.8, TSS อยู่ในช่วง 27-29 mg/l และ COD อยู่ในช่วง 420-440 mg/l ทำให้ค่าอัตราการระสาดอินทรีย์มีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบถังกรองไร้อากาศมีค่าแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ค่า pH, TSS และ COD ของน้ำเสียหลังจากออกจากระบบถังกรองไร้อากาศในแต่ละชุดการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้ ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจากค่าของน้ำเสียที่เข้าระบบ โดยเฉพาะกรณีที่ใช้คอนกรีตพูนจำนวน 3 ก้อน ซึ่งมีค่า pH อยู่ในช่วง 7.5-8.7 และค่าประสิทธิภาพในการบำบัดของแต่ละชุดการทดสอบสรุปดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลประสิทธิภาพในการบำบัด TSS ของถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางคอนกรีตพูน

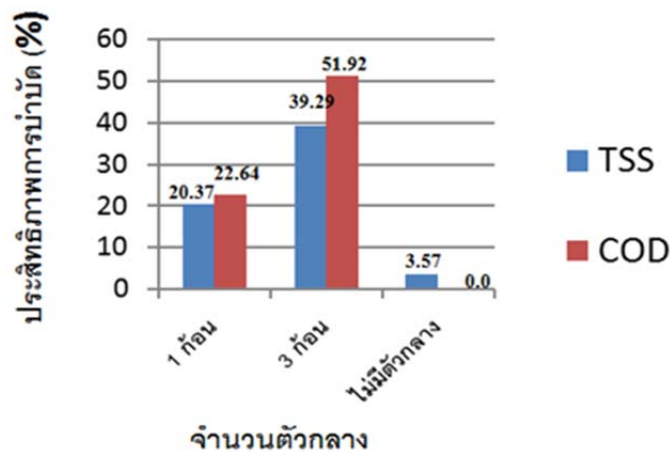
ชุดการทดลอง	ถังกรองไร้อากาศ		
	ตัวกลางคอนกรีตพูน 1 ก้อน	ตัวกลางคอนกรีตพูน 3 ก้อน	ไม่มีตัวกลาง
เวลาเก็บกักน้ำเสีย 1 วัน	10.17%	13.58%	0.00%
เวลาเก็บกักน้ำเสีย 2 วัน	15.00%	16.36%	3.57%
เวลาเก็บกักน้ำเสีย 5 วัน	6.90%	29.09%	0.00%
เวลาเก็บกักน้ำเสีย 10 วัน	20.37%	39.29%	3.57%

ตารางที่ 3 ผลประสิทธิภาพในการบำบัด COD ของถังกรองไร้อากาศที่ใช้ตัวกลางคอนกรีตพรุน

ชุดการทดลอง	ถังกรองไร้อากาศ		
	ตัวกลางคอนกรีตพรุน 1 ก้อน	ตัวกลางคอนกรีตพรุน 3 ก้อน	ไม่มีตัวกลาง
เวลาเก็บกักน้ำเสีย 1 วัน	7.84%	21.57%	1.96%
เวลาเก็บกักน้ำเสีย 2 วัน	14.81%	25.93%	3.70%
เวลาเก็บกักน้ำเสีย 5 วัน	20.75%	40.74%	1.85%
เวลาเก็บกักน้ำเสีย 10 วัน	22.64%	51.92%	0.00%

จากตารางที่ 2 และ 3 พบว่า ถังกรองไร้อากาศที่มีจำนวนตัวกลางคอนกรีตพรุนและระยะเวลาในการเก็บกักมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดดีขึ้น โดยถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางคอนกรีตพรุน 3 ก้อน ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 10 วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดคือ สามารถบำบัด TSS ได้ 39.29% และบำบัด COD ได้ 51.92% ดังรูปที่ 8

จากผลการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบตัวกลางพลาสติกที่มีขายในท้องตลาดกับคอนกรีตพรุนที่ใช้เป็นตัวกลางในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า คอนกรีตพรุนมีการคงตัว ล้างทำความสะอาดได้ง่ายและราคาถูก ซึ่งตัวกลางที่เป็นพลาสติก ก้อนกรวด ก้อนหินหรืออย่างแบบเดิมมักมีปัญหาในการดูแลรักษา ทำความสะอาดได้ยากและมีราคาแพงกว่าคอนกรีตพรุน



รูปที่ 8 ค่า TSS และ COD หลังผ่านถังกรองไร้อากาศ

สรุปผล

คอนกรีตพรุนที่สังเคราะห์ได้มีพื้นผิวค่อนข้างหยาบ สีเทาเข้ม รูปร่างทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 9.7 ± 0.24 เซนติเมตร ส่วนสูงเฉลี่ย 7.63 ± 0.39 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 73.96 ± 3.74 ตารางเซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 965 ± 59.72 กรัม และมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำและอัตราส่วนโพรงรวมเฉลี่ย 2.66 ± 0.25 cm/s และ $34.75 \pm 4.85\%$ ตามลำดับ

ผลการเก็บตัวอย่างน้ำเสียโรงอาหาร บริเวณหลัง สโมสรนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี พบว่า มีค่า pH เท่ากับ 7.40 ± 0.00 , TSS เท่ากับ 12.50 ± 0.70 mg/l และ COD เท่ากับ 704 ± 0.00 mg/l

จากการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางเมื่อผ่านระยะเวลาไป 10 วัน พบว่า คอนกรีตพรุนมีพื้นผิวสีน มีเมือกเกาะ สีดำเข้มขึ้น ค่า COD ลดลงจาก 704 ± 0.00 mg/l เหลือ 352 ± 0.00 mg/l และน้ำหนักคอนกรีตพรุนในอากาศเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 22.50 กรัม

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศ พบว่า ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจากค่าของน้ำที่เข้าระบบในชุดการทดสอบที่ใส่คอนกรีตพรุนเป็นตัวกลาง โดยเฉพาะกรณีที่ใช้คอนกรีตพรุนจำนวน 3 ก้อน มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.5-8.7 ประสิทธิภาพในการบำบัด TSS และ COD พบว่า ถังกรองไร้อากาศที่มีจำนวนตัวกลางคอนกรีตพรุนและระยะเวลาในการเก็บกักมากขึ้นให้ประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีขึ้น โดยถังกรองไร้อากาศที่มีตัวกลางคอนกรีตพรุน 3 ก้อน ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 10 วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงสุด คือ สามารถบำบัด TSS ได้ 39.29% และบำบัด COD ได้ 51.92%

จากผลการทดลองทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า คอนกรีตพรุนมีคุณสมบัติเป็นตัวกลางในระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศได้ เนื่องจากคอนกรีตมีลักษณะพรุน และมีโพรงช่องว่างภายในตัวคอนกรีต ทำให้มีพื้นที่ให้เชื้อจุลินทรีย์อาศัยอยู่ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Thanakorn Ermukdakul, Nattaw in Chawaloephonsiya, Benjaporn Boonchayaanant, Wiboonluk Pungrasmi and Pisut Painmanakul. Study of Different Approaches for Separation of Suspended Solids (SS) in Aquaculture

System. Journal of Water and Environment Technology (JWET), 2013.

- [2] Pollution Control Department of Thailand. Handbook: Designers and Manufacturers of In-situ Wastewater Treatment Systems, Book 2, 1994. (in Thai)
- [3] Thanudkij Chareerat, Prinya Chindapasirt and Shigemitsu Hatanaka. Porous concrete: Environmentally Friendly Concrete. The 13th National Convention on Civil Engineering. The Engineering Institute of Thailand under the Royal Patronage, 14-16 May 2008, Jomtien Palm Beach Hotel Pattaya, Chonburi Province, P. 296. (in Thai)
- [4] Department of Industrial Works, Textbook of Water Pollution Treatment Systems: Environmental Engineering Association of Thailand, Bangkok, 2002. (in Thai)