บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

การศึกษาความเหมาะสมของการใช้ดิน 3 ชนิด เพื่อใช้เป็นชั้นกันซึมในสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ประกอบด้วย ทรายผสมเบนโทไนต์ ดินลูกรังคอหงส์ และดินเหนียวเกาะยอ (ดินเหนียวทะเล) การศึกษาคุณสมบัติของดินหลายประการ เช่น การทดสอบการบดอัด การทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐาน การทดสอบหาคุณสมบัติทางเคมี การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน การทดสอบหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่โดยวิธีทดสอบแบบแบทช์ และการทดสอบแบบสดมภ์ โดยมีโลหะหนักที่ศึกษา 5 ชนิด ได้แก่ Cd^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+} และ Cr^{3+} คุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นได้ถูกนำไปคำนวณหาค่าความหนาของชั้นกันซึมดินเหนียวบดอัดที่เหมาะสมของดินทั้ง 3 ชนิด ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1) เบนโทไนต์ถูกจำแนกเป็นดินเหนียวที่มีความเป็นพลาสติกสูง (High plasticity clay, CH) ดินลูกรังคอหงส์และดินเหนียวเกาะยอ ถูกจำแนกเป็นดินเหนียวที่มีความเป็นพลาสติกต่ำ (Low plasticity clay, CL) ตามวิธีการจำแนกแบบ Unified Soil Classification System (USCS)

2) ดินเหนียวเกาะยอ มีปริมาณ SO_4^{2-} และ Cl^- มาก เนื่องจากเป็นดินเหนียวมารีน (Marine clay) ในขณะที่ดินลูกรังคอหงส์ มีปริมาณเหล็กมาก ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกจากมากไปน้อย ได้แก่ เบนโทไนต์, ดินเหนียวเกาะยอ และดินลูกรังคอหงส์ ตามลำดับ

3) การบดอัดทรายผสมเบนโทไนต์ พบว่า ทรายผสมเบนโทไนต์ จะต้องมีปริมาณเบนโทไนต์ไม่น้อยกว่า 3% จึงจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน ไม่มากกว่า 1×10^{-7} cm/s สำหรับปริมาณเบนโทไนต์ที่มากกว่า 5% ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วง 10^{-9} cm/s

4) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5% , ดินเหนียวเกาะยอ และดินลูกรังคอหงส์ ที่ถูกบดอัดโดยวิธีมาตรฐาน เท่ากับ 5.15×10^{-9}, 3.39×10^{-8} และ 5.67×10^{-8} ตามลำดับ

5) การทดสอบความต้านทานสารเคมีของค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของดินทั้ง 3 ชนิด กับสารละลายโลหะหนัก Cr^{3+} เป็นเวลาประมาณ 500 วัน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน ของดินยังคงต่ำกว่า 1×10^{-7} cm/s ถ้าความเข้มข้นของสารละลาย Cr^{3+} ไม่เกิน

0.001 M สำหรับทรายผสมเบนโทไนต์และดินลูกรังคอหงส์ และไม่เกิน 0.01 M สำหรับดินเหนียวเกาะยอ ตามลำดับ

6) ผลการทดสอบแบบแบทช์ แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการดูดโลหะหนักมาติดผิวเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ เบนโทไนต์, ดินเหนียวเกาะยอ และดินลูกรังคอหงส์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของดินทั้ง 3 ชนิด

7) ชนิดของโลหะหนักที่ถูกดูดติดผิวโดยดิน พิจารณาจากค่า Adsorption capacity เรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ Cr^{3+}, Pb^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+} และ Ni^{2+} สำหรับเบนโทไนต์, Cr^{3+}, Pb^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+} และ Cd^{2+} สำหรับดินลูกรังคอหงส์ และ Cr^{3+}, Pb^{2+}, Cd^{2+}, Ni^{2+} และ Zn^{2+} สำหรับดินเหนียวเกาะยอ ตามลำดับ

8) ไอโซเทอมของดินลูกรังคอหงส์สอดคล้องกับสมการของ Freundlich ในขณะที่ไอโซเทอมของดินเหนียวเกาะยอและเบนโทไนต์ สอดคล้องกับสมการของ Langmuir

9) พารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของดินลูกรังคอหงส์ จากการทดสอบแบบสดมภ์ พิจารณาจาก Breakthrough curve พบว่า สารละลายที่ Breakthrough ช้า จะมีค่า R สูง ดังต่อไปนี้ Pb^{2+} (R = 36.00), Ni^{2+} (R = 7.60), Cd^{2+} (R = 7.00), Zn^{2+} (R = 6.53) และ Cl^{-} (R = 1.00) ตามลำดับ ในขณะที่ค่า D ของสารละลายทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 1.00×10^{-5} - 6.20×10^{-6} cm^2/s

10) พารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของทรายผสมเบนโทไนต์ พิจารณาจาก Concentration profile พบว่า ค่า R ของสารละลายโลหะหนักมีดังต่อไปนี้ Cd^{2+} (R = 89.93), Ni^{2+} (R = 115.09), Pb^{2+} (R = 130.00) และ Zn^{2+} (R = 111.31) ตามลำดับ โดยค่า D อยู่ในช่วง 10^{-5} cm^2/s

11) พารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของดินเหนียวเกาะยอ พิจารณาจาก Concentration profile พบว่า ค่า R ของสารละลายโลหะหนักมีดังต่อไปนี้ Cr^{3+} (R = 81.00) , Cd^{2+} (R = 37.00), Ni^{2+} (R = 47.10), Pb^{2+} (R = 79.10) และ Zn^{2+} (R = 43.36) ตามลำดับ โดยค่า D อยู่ในช่วง 10^{-7} cm^2/s

12) สำหรับโลหะหนักทุกชนิด ความหนาที่เหมาะสมของชั้นกันซึมทรายผสมเบนโทไนต์ ไม่ควรมีค่าน้อยกว่า 100 cm

13) สำหรับการใช้ดินเหนียวเกาะยอเพื่อเป็นชั้นกันซึม พบว่า สามารถใช้ชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนาเท่ากับ 60 cm ตามมาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2542) ได้

14) ความหนาที่เหมาะสมของชั้นกันซึมดินลูกรังคอหงส์ มีค่าตั้งแต่ 73 ถึง 270 cm ดังนั้นการใช้ดินลูกรังคอหงส์หนา 60 cm สำหรับเป็นชั้นกันซึมตามมาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2542) เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถป้องกันการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยลงสู่ดินและน้ำใต้ดินในระยะเวลา 100 ปีได้ ความหนาที่

เหมาะสมของดินลูกรังคอหงส์ อาจจะต้องหนาถึง 270 cm อย่างไรก็ตามชั้นกันซึมที่หนาเกินไปจะมีค่าค่อนข้างแพงและไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้ HDPE ปูที่พื้นด้านล่างของชั้นกันซึมบดอัด

6.2 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้รวบรวมปัญหา อุปสรรค ข้อสังเกตและแนวทางแก้ไขสำหรับงานวิจัยนี้ โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) การประกอบชุดอุปกรณ์ทดสอบแบบสดมภ์ เพื่อทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของดินที่มีค่าความเหนียวค่อนข้างต่ำนั้น นอกจากการใส่เยื่อกรอง (Geotextile) ที่ด้านบนและล่างของตัวอย่างดินที่บดอัดแล้วใน Mold ควรมีการใส่กระดาษกรองเพิ่มด้วย เพื่อช่วยในการกรองเศษดินที่จะหลุดออกมากับน้ำตัวอย่างที่ไหลออกจากตัวอย่างดินได้ ซึ่งจะทำให้น้ำตัวอย่างที่ได้ใส ไม่มีตะกอนความขุ่นของเศษดิน

2) การหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่จาก Breakthrough curve เป็นวิธีการที่จำเป็นต้องใช้ระยะเวลานานในการทดสอบเพื่อให้ค่าความเข้มข้นของน้ำที่ไหลผ่านตัวอย่างดินมีค่าเท่ากับความเข้มข้นเริ่มต้น ($C_f/C_0 = 1$) หากตัวอย่างเป็นดินเหนียว ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบต้องมากกว่า 1 ปี (ขึ้นอยู่กับความหนาของดินในสดมภ์) ดังนั้นสำหรับการหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของดินเหนียวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านต่ำๆ และมีระยะเวลาอันจำกัดแล้ว วิธี Concentration Profile จัดเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า

3) การหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่จาก Concentration Profile ของสารละลายหลายชนิดใน Mixed solution เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะกับดินที่มีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากสารละลายหลายชนิดจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถหา Concentration profile ของสารที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราที่เร็ว (R น้อย) ได้ ส่งผลให้ไม่สามารถนำค่าความเข้มข้นไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ได้

4) แม้ว่าดินเหนียวเกาะยอจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสม สำหรับใช้เป็นชั้นกันซึมดินเหนียวบดอัด กล่าวคือ ค่าความหนาพียง 30 cm ก็สามารถลดการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยได้ แต่อย่างไรก็ตามดินเหนียวเกาะยอก็ยังมีปริมาณ Cl^- อยู่ในดินสูงมาก ซึ่งหากมีการนำดินเหนียวเกาะยอมาใช้เป็นชั้นกันซึม ก็มีความเป็นไปได้ที่ Cl^- ในดินเหนียวเกาะยอจะถูกชะออกจากดิน แล้วไหลไปพร้อมกับสารปนเปื้อน ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาความเค็มหรือกร่อยของแหล่งน้ำใต้ดินได้