บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

การศึกษาศักยภาพของการใช้ทรายผสมเบนโทไนต์ ดินลูกรังคอหงส์ และดินเหนียวเกาะยอเพื่อใช้เป็นชั้นกันซึม ประกอบด้วยการศึกษาคุณสมบัติของดิน หลายประการ อาทิเช่น การทดสอบการบดอัด การหาคุณสมบัติพื้นฐาน การหาคุณสมบัติทางเคมี การหาค่า K การหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่โดยวิธีทดสอบแบบแบทช์ และการทดลองแบบสดมภ์ โดยมีโลหะหนักที่ศึกษา 5 ชนิด ได้แก่ Cd, Pb, Zn, Cr, Ni 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 เนื่องจากเป็นดินเหนียวทะเล (Marine Clay) ในขณะที่ดินลูกรังคอหงส์ มีปริมาณเหล็กมากตามกระบวนการเกิด ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกจากมากไปน้อย ได้แก่ เบนโทไนต์, ดินเหนียวเกาะยอ และดินลูกรังคอหงส์ ตามลำดับ

3) การบดอัดทรายผสมเบนโทไนต์ พบว่า ทรายผสมเบนโทไนต์ จะต้องมีปริมาณเบนโทไนต์ไม่น้อยกว่า 3% จึงจะให้ค่า K ไม่มากกว่า 1×10^{-7} cm/s สำหรับปริมาณเบนโทไนต์ที่มากกว่า 5% ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านคงที่ในช่วง 10^{-9} cm/s

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

5) เมื่อทดลองกับสารละลายโลหะหนัก Cr เป็นระยะเวลาประมาณ 500 วัน ค่า K ของดินยังคงต่ำกว่า 1×10^{-7} cm/s ถ้าความเข้มข้นของสารละลาย Cr ไม่เกิน 0.001 M สำหรับทรายผสมเบนโทไนต์และดินลูกรังคอหงส์ และไม่เกิน 0.01 M สำหรับดินเหนียวเกาะยอ ตามลำดับ

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

7) ชนิดของโลหะหนักที่ถูกดูดติดผิวโดยดิน พิจารณาจากค่า Sorption Capacity เรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ Cr, Pb, Cd, Zn และ Ni สำหรับเบนโทไนต์, Cr, Pb, Ni, Zn และ Cd สำหรับดินลูกรังคอหงส์ และ Cr, Pb, Cd, Ni และ Zn สำหรับดินเหนียวเกาะยอ ตามลำดับ

8) ไอโซเทอมของดินลูกรังคอหงส์สอดคล้องกับสมการของ Freundlich ในขณะที่ไอโซเทอมของดินเหนียวเกาะยอและเบนโทไนต์ สอดคล้องกับสมการของ Langmuir

9) พารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของดินลูกรังคอหงส์ จากการทดลองแบบสดมภ์ พิจารณาจาก Breakthrough Curve พบว่า สารละลายที่ Breakthrough ช้า จะมีค่า R สูง ดังต่อไปนี้ Pb (R = 36.00), Ni (R = 7.60), Cd (R = 7.00), Zn (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 (R = 89.93), Ni (R = 115.09), Pb (R = 130.00) และ Zn (R = 111.31) ตามลำดับ โดยค่า D อยู่ในช่วง 10^{-5} cm^2/s

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

12) การใช้ทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5% และดินลูกรังคอหงส์ สำหรับเป็นชั้นกันซึมหนา 60 cm ตามมาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2542) เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถลดการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยลงสู่ดินและน้ำใต้ดินในระยะเวลา 100 ปีได้ ความหนาที่เหมาะสมของดินทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว อาจจะต้องหนาถึง 270 cm อย่างไรก็ตามชั้นกันซึมที่หนาเกินไปจะมีค่าค่อนข้างแพงและไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้ HDPE ปูที่พื้นด้านล่างของชั้นกันซึมบดอัดทั้ง 2 ชนิด สำหรับการใช้ดินเหนียว เกาะยอเพื่อเป็นชั้นกันซึม เมื่อมีค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยเท่ากับข้อมูลจากตาราง 5.1 พบว่า ชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนาประมาณ 30 cm สามารถลดการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมได้

6.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อสังเกตุ อุปสรรค และแนวทางแก้ไขจากงานวิจัย ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) การประกอบชุดอุปกรณ์ Column Test แบบ Constant Head Test เพื่อทดลองหาค่า K ของดินที่มีค่าความเหนียวค่อนข้างต่ำ นอกจากการใส่เยื่อกรอง (Geotextile) ที่ด้านบนและล่างของตัวอย่างดินที่บดอัดแล้วใน Mold ควรมีการใส่กระดาษกรองเพิ่มด้วย เพื่อช่วยในการกรองเศษดินที่จะหลุดออกมากับน้ำตัวอย่างที่ไหลออกจากตัวอย่างดินได้ ซึ่งจะทำให้น้ำตัวอย่างที่ได้ใส ไม่มีตะกอนความขุ่นของเศษดิน

2) ในการทดลอง Column Test แบบ Constant Head Test ตัวอย่างอย่างดินแต่ละชนิดที่นำมาบดอัดเพื่อหาค่า K จะมีความสามารถในการทนต่อแรงดันสูงสุดได้ไม่เท่ากัน โดยหากต้องการให้ค่า K ของดินต่ำกว่า 1×10^{-7} cm/s ตลอดระยะเวลาการทดลอง ควรมีการทดสอบหาแรงดันสูงสุดที่เหมาะสมกับดินแต่ละชนิดที่ต้องการศึกษาก่อนเริ่มดำเนินการทดลองจริง

3) การเริ่มต้นปรับแรงดันสำหรับตัวอย่างดินทุกชนิดกับน้ำกลั่น ควรเริ่มปรับจากแรงดันต่ำๆ ก่อน โดยในวันแรกของการปรับแรงดัน ควรใช้แรงดันที่ 0.1 ksc หรือคิดเป็น Head เท่ากับ 100 cm แล้วทิ้งไว้ประมาณ 2 – 3 วัน จากนั้นปรับแรงดันเพิ่มขึ้นเป็น 0.2 ksc (200 cm) ทิ้งไว้ประมาณ 2 – 3 วันเช่นกัน เพื่อให้น้ำไล่ฟองอากาศในช่องว่างระหว่างเม็ดดินออกไป หลังจากนั้นหากต้องการให้มีค่า K เพิ่มขึ้น ต้องทำการเพิ่มแรงดันได้สูงสุดครั้งละ 0.1 ksc ต่อวัน เพื่อป้องกันให้ดินเหนียวบดอัดที่อยู่ใน Mold เกิดการแตก (Leak) เป็นรูรั่วก่อนการทดลอง ทำการเพิ่มแรงดันจนกระทั่งมีค่า K อยู่ในช่วงที่ต้องการ อย่างไรก็ตามไม่ควรเพิ่มแรงดันเกิน 0.9 ksc เพราะจะทำให้มีค่า K เกิน 1×10^{-7} cm/s

4) การหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่จาก Breakthrough เป็นวิธีการที่จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองเพื่อให้ค่าความเข้มข้นของน้ำที่ไหลผ่านตัวอย่างดินมีค่าเท่ากับความเข้มข้นเริ่มต้น ($C_t/C_0 = 1$) โดยหากตัวอย่างเป็นดินเหนียว ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองต้องมากกว่า 1 ปี ดังนั้นสำหรับการหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของดินเหนียวที่มีค่า K ต่ำๆ และมีระยะเวลาอันจำกัดแล้ว วิธี Concentration Profile จัดเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า

5) การหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่จาก Concentration Profile ของ Mixed Solution เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะกับดินที่มีค่า K ที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากสารละลายจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถหา Concentration Profile ของสารที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราที่เร็ว (R น้อย) ได้ ส่งผลให้ไม่สามารถนำค่าความเข้มข้นไปคำนวณหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ได้

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