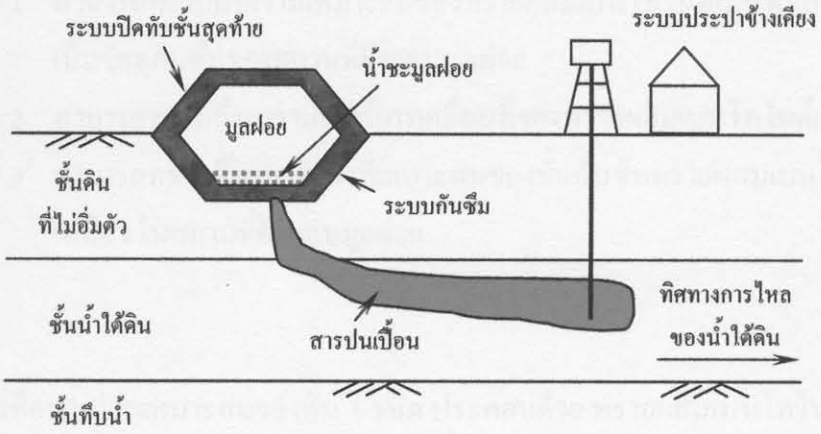
Executive Summary

บทนำ

การขยายตัวของชุมชนเมือง และการกระจายความเจริญสู่ชนบท ทำให้ประชาชนในพื้นที่เหล่านั้นมีรายได้มากขึ้นความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น รวมถึงมีความสามารถในการจับจ่ายใช้สอยมากขึ้นด้วย ผลพวงของสิ่งเหล่านี้คือ การเพิ่มขึ้นของจำนวนมูลฝอย การเพิ่มขึ้นของมูลฝอยเหล่านี้จะต้องมีการดูแล และจัดการที่ดีเพื่อคงไว้ซึ่งสุขอนามัย และสิ่งแวดล้อมของชุมชนนั้นๆ เช่น การนำไปฝังกลบในบ่อฝังกลบ การก่อสร้างบ่อฝังกลบมูลฝอยที่ดีมีความจำเป็นที่จะต้องมีชั้นกันซึมในตอนล่างของบ่อ เพื่อป้องกันการไหลซึมของน้ำชะมูลฝอยซึ่งเกิดจาก การที่น้ำฝนได้ชะล้างและทำปฏิกริยาทางเคมีกับสารหลากหลายชนิด ซึ่งบางชนิดก็เป็นสารพิษที่ปะปนอยู่ในมูลฝอย ถ้าสารพิษที่อยู่ในน้ำชะมูลฝอยไหลซึมลงไปปนเปื้อนน้ำใต้ดิน ก็จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคน้ำใต้ดินนั้นได้ ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอยในประเทศไทย พบว่า มีโลหะหนักหลายชนิดมีค่าความเข้มข้นสูง โลหะหนักเหล่านี้ถ้าซึมลงไปในน้ำใต้ดินก็จะทำให้ น้ำใต้ดินนั้นไม่สามารถนำมาบริโภคได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมเพื่อนำมาทำเป็นชั้นกันซึม

การเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนที่รั่วจากสถานที่ฝังกลบไปสู่ระบบประปาข้างอันอาจจะเกิดปัญหาต่อการบริโภคน้ำประปานั้นได้แสดงดังภาพประกอบที่ 1 กล่าวคือเมื่อระบบกันซึมไม่มีประสิทธิภาพ สารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยจะไหลลงไปตามน้ำใต้ดินทำให้น้ำใต้ดินปนเปื้อน เมื่อมีการสูบน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนไปใช้ จะทำให้เกิดปัญหากับผู้บริโภคน้ำประปานี้ได้

ดินที่ใช้ในการก่อสร้างชั้นกันซึมจำเป็นจะต้องมีคุณสมบัติหลายประการ เพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K) น้อยกว่า $1x10^{-7}$ cm/s ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับชั้นกันซึมที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ คุณสมบัติดังกล่าวประกอบด้วย ขนาดของเม็ดดิน, การคละกันของเม็ดดิน, ค่าความเป็นพลาสติกของดิน, ค่า Cation exchange capacity นอกจากนั้นวิธีบดอัดและ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัด เพื่อให้ดินอยู่ในสถานะที่แน่นขึ้นก็ยังมีส่วนทำให้ดินนั้น มีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านตามต้องการอีกด้วย นอกจากค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านแล้ว คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดิน ยังสามารถหน่วง (Retard) และ ดูดซับ (Adsorb) สารปนเปื้อนในน้ำได้อีกด้วย คุณสมบัติดังกล่าวสามารถอธิบายได้โดยพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ (Transport Parameters) อันได้แก่ สัมประสิทธิ์การแพร่ (Diffusion coefficient, D) สัมประสิทธิ์การแบ่ง (Partition coefficient, Kp) และ แฟคเตอร์การหน่วง (Retardation factor, R)



ภาพประกอบที่ 1 การเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนจากสถานที่ฝังกลบไปสู่น้ำใต้ดิน

การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านและค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อนผ่านทรายผสมเบนโทไนต์และดินเหนียว ที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุในชั้นกันซึมของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย จะสามารถนำไปออกแบบชั้นกันซึมที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดปัญหาการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินได้

วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาคุณสมบัติของดิน 3 ชนิด โดยศึกษาความสามารถในการดูดติดผิว ศึกษาพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน และศึกษาผลกระทบของความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักต่อค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน เพื่อนำไปประกอบการออกแบบความเหมาะสมและความหนาของการใช้ดินดังกล่าวสำหรับการใช้เป็นชั้นกันซึมสำหรับสารละลายโลหะหนัก

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาการใช้ทรายผสมเบนโทไนต์และดินเหนียวสำหรับชั้นกันซึมของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ประกอบด้วยการศึกษาการเคลื่อนที่ของโลหะหนัก ผ่านชั้นทรายผสมเบนโทไนต์และดินเหนียว ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยโลหะหนักที่ศึกษาประกอบด้วย Cadmium (Cd^{2+}), Lead (Pb^{2+}), Zinc (Zn^{2+}), Nickel (Ni^{2+}) และ Chromium (Cr^{3+})

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถทราบถึงความเหมาะสมของทรายผสมเบนโทไนต์และดินเหนียวในการใช้เป็นวัสดุกันซึมของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

1.4.2 สามารถทราบถึงพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของทรายผสมเบนโทไนต์และดินเหนียว

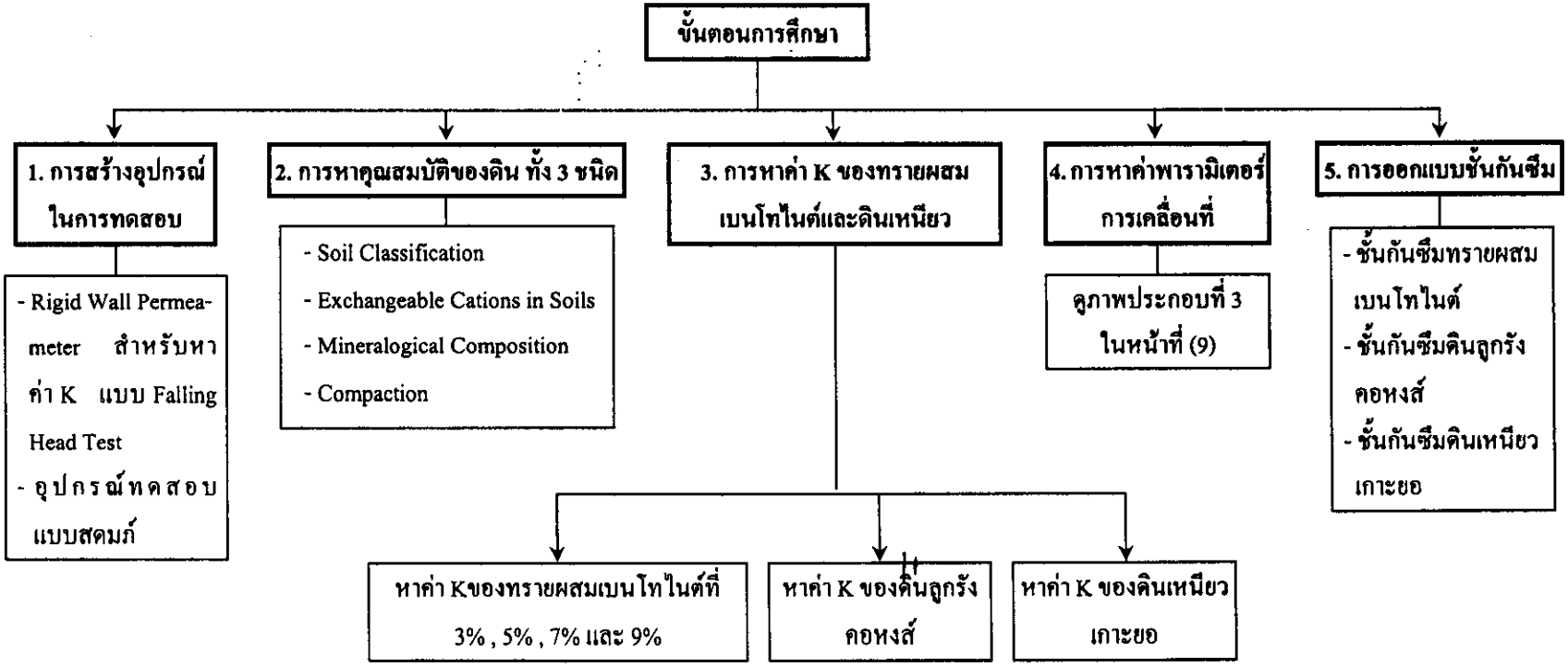
1.4.3 สามารถทราบถึงความหนาที่เหมาะสมของชั้นกันซึมทรายผสมเบนโทไนต์และดินเหนียว ในสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

วิธีการวิจัย

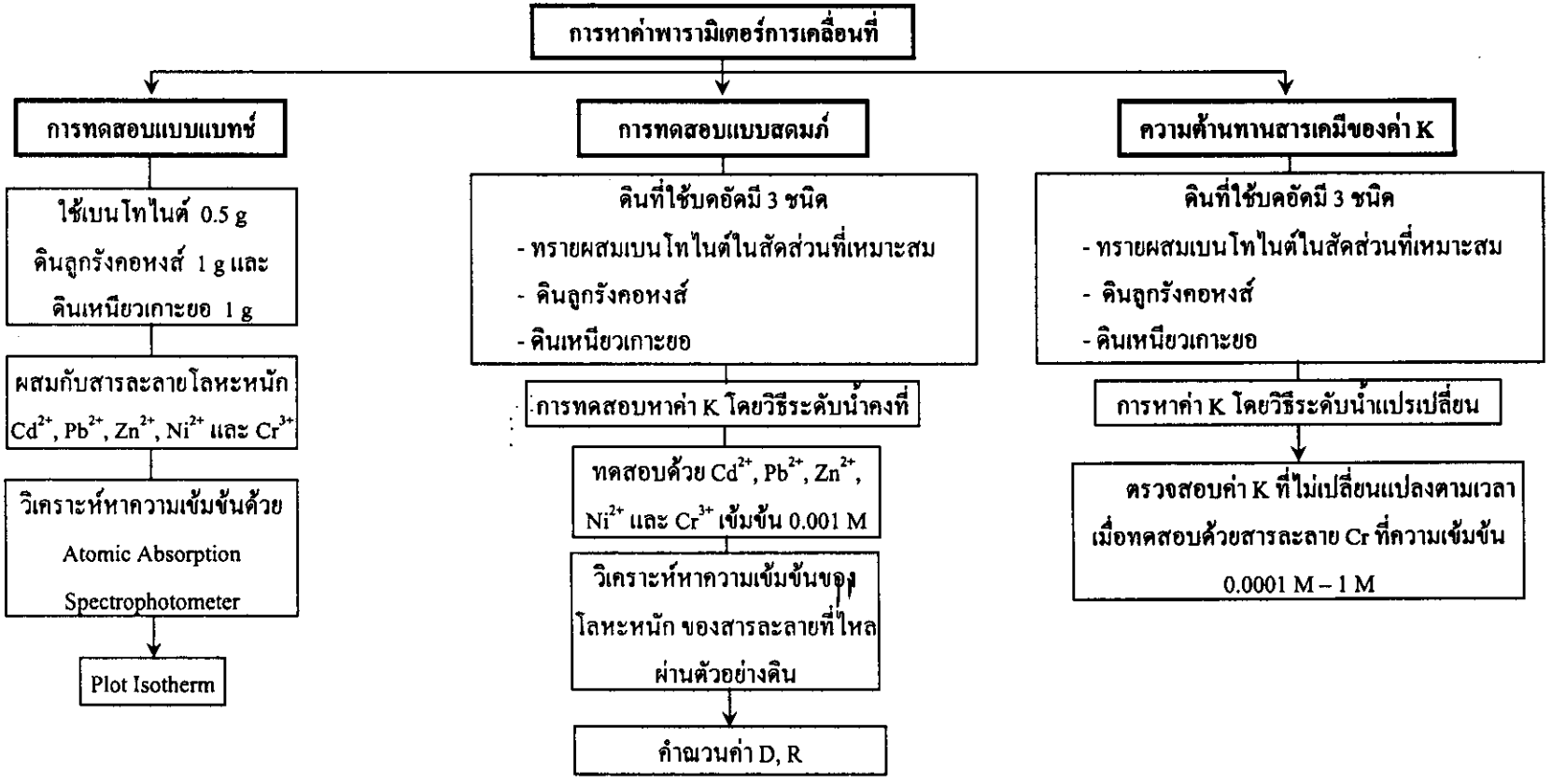
การศึกษาความเหมาะสมของดิน 3 ชนิด ประกอบด้วย ทรายผสมเบนโทไนต์ ดินลูกรังคอหงส์และดินเหนียวเกาะยอ ทำการทดสอบกับโลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ เพื่อใช้เป็นชั้นกันซึมของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย สามารถแบ่งวิธีดำเนินการศึกษาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน (ภาพประกอบที่ 2) โดยขั้นตอนแรกเป็นการสร้างอุปกรณ์ทดลอง Column Test ขั้นตอนที่สองคือ การหาคุณสมบัติของดินทั้ง 3 ชนิด ซึ่งแบ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของดิน การแลกเปลี่ยนประจุในดินและแร่ธาตุในดิน ขั้นตอนที่สามเป็นการหาค่า K ทรายผสมเบนโทไนต์และดินเหนียว ขั้นตอนที่สี่เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน (ภาพประกอบที่ 3) คือ การทดสอบแบบแบทช์ การทดสอบแบบสดมภ์ เพื่อหาค่า K, R, D และ n และ ความต้านทานสารเคมีของค่า K ของดิน เมื่อทดสอบดินทั้ง 3 ชนิดกับโลหะหนักที่ความเข้มข้นต่างๆกันกับเวลา โดยวิธี Falling Head Test และ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการออกแบบความหนาของชั้นกันซึม โดยใช้พารามิเตอร์การเคลื่อนที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 ส่วน ดังที่กล่าว และใช้ข้อมูลความเข้มข้นของสารปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 พ.ศ.2543 และ USEPA (1986)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาความเหมาะสมของการใช้ดิน 3 ชนิด เพื่อใช้เป็นชั้นกันซึมในสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ประกอบด้วย ทรายผสมเบนโทไนต์ ดินลูกรังคอหงส์ และดินเหนียวเกาะยอ (ดินเหนียวมารีน) โดยมีโลหะหนักที่ศึกษา 5 ชนิด ได้แก่ Cd^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+} และ Cr^{3+} ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้



ภาพประกอบที่ 2 ขั้นตอนการวิจัย



ภาพประกอบที่ 3 ขั้นตอนการวิจัย

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 การใช้ดินลูกรังคอหงส์หนา 60 cm สำหรับเป็นชั้นกันซึมตามมาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2542) เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถป้องกันการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยลงสู่ดินและน้ำใต้ดินในระยะเวลา 100 ปีได้ ความหนาที่เหมาะสมของดินลูกรังคอหงส์ อาจจะต้องหนาถึง 270 cm อย่างไรก็ตามชั้นกันซึมที่หนาเกินไปจะมีค่าค่อนข้างแพงและไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้ HDPE ปูที่พื้นด้านล่างของชั้นกันซึมบดอัด