

บทที่ 5

ความหนาของชั้นกันซึม

5.1 ชั้นกันซึมตามมาตรฐานของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

การนำดินเหนียวคอคัดมาใช้เป็นชั้นกันซึมตามมาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2542) ได้กำหนดว่า ให้มีความหนาของชั้นดินเหนียวคอคัดประมาณ 60 cm และต้องมีอัตราการไหลซึมต่ำ โดยต้องมีค่า K ไม่เกิน 1×10^{-7} cm/s ตามที่ได้อธิบายรายละเอียดไว้แล้วในข้อ 2.1 ในบทที่ 2 โดยข้อกำหนดดังกล่าวถูกใช้ในการออกแบบชั้นกันซึมดินเหนียวคอคัดในสถานที่ฝังกลบมูลฝอย ซึ่งดินเหนียวที่นำมาบดอัดเป็นชั้นกันซึมนี้มีคุณสมบัติในดินที่แตกต่างกันตามแหล่งดิน คุณสมบัติของดินเหนียวที่มีผลต่อการออกแบบชั้นกันซึมที่เหมาะสม คือ ค่า K , ค่า R และ ค่า D ดังนั้นชั้นกันซึมดินเหนียวคอคัดต้องมีการหาความหนาที่เหมาะสมตามคุณสมบัติของดินเหนียวนั้นๆ ด้วย

5.2 การวิเคราะห์ความหนาของชั้นกันซึม

5.2.1 การออกแบบความหนาของชั้นกันซึม

การออกแบบความหนาของชั้นกันซึม (L) (ภาพประกอบที่ 5.1 ชั้นกันซึม) สำหรับการใส่ทรายผสมเบนโทไนด์และดินเหนียว สามารถทำได้โดยใช้หลักการว่า ความเข้มข้นของสารปนเปื้อน (C_L) ที่จะเคลื่อนที่ผ่านชั้นกันซึมออกไปสู่ชั้นดินด้านล่าง จะต้องไม่มากกว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐานของน้ำใต้ดิน (C_{Std} , ตารางที่ 5.1) ดังนั้นจากข้อมูลความเข้มข้นเริ่มต้น (C_0) ซึ่งก็คือความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอย, เวลาในการเคลื่อนที่ และพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ในบทที่ 4 ค่าความหนาที่เหมาะสม สามารถคำนวณได้โดย ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) กำหนดความหนาของชั้นกันซึม (L) ให้มีค่าเท่ากับ 60 cm ตามที่มาตรฐานกำหนด และกำหนดให้เวลา (t) ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสารละลายโลหะหนัก เท่ากับ 100 ปี
- 2) กำหนดค่า P_L (Peclet Number) และ T_R (Time Factor) จากสูตร

$$P_L = \frac{V_s z}{D}$$

$$T_R = \frac{V_s t}{Rz}$$

ตารางที่ 5.1 ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (C_0) และค่าความเข้มข้นมาตรฐาน (C_{Std}) จากมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

แหล่งข้อมูล		โลหะหนัก							
		Cadmium (mg/L Cd)	Chromium (mg/L Cr)	Chromium (Hexavalent) (mg/L)	Chromium Total (mg/L Cr)	Chromium Trivalent (mg/L)	Lead (mg/L Pb)	Nickel (mg/L Ni)	Zinc (mg/L Zn)
ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอย	สำนักรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร (ข้อมูลในเดือนมกราคม-มีนาคม 2546)	< 0.01	-	-	< 0.05	-	< 0.05	< 0.05	-
	การบำบัดน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบ ของเทศบาลนครอุดรธานีด้วยสารโพลีเมอร์ เฟอร์ริกซัลเฟต (ธวัชชัย วิเชียรเครือ, 2544)	0.276	-	-	-	-	4.550	-	0.743
	รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาความ เหมาะสมและออกแบบรายละเอียดเพื่อ ปรับปรุงระบบกำจัดมูลฝอยเทศบาลนคร ขอนแก่น มีนาคม 2541 (เทศบาลนครขอนแก่น, 2541 อ้างถึงใน ไพฑูริย์ พรหมเทศ, 2545)	< 0.02	< 0.07	-	-	-	< 0.05	-	0.57
	เทศบาลนครนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (ข้อมูลในเดือนมกราคม 2546)	< 0.0005	-	< 0.02	-	0.14	0.0023	< 0.002	0.017
	USEPA, 1986	0-0.375	0.02 - 18	-	-	-	0.001 - 1.44	-	0.6 - 220
มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 พ.ศ. 2543 (C_{Std})		< 0.003	-	< 0.05	-	-	< 0.01	< 0.02	< 5.0

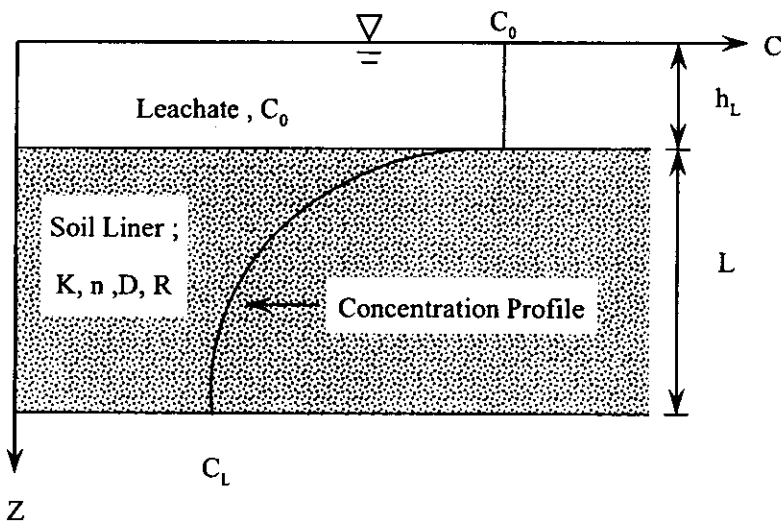
เมื่อค่า D และ R เป็นพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของสารละลายโลหะหนักในดินที่ได้จากบทที่ 4 , v_i คือ ความเร็วของการไหลซึม มีค่าเท่ากับ $\frac{Ki}{n}$, i คือ ความชันทางชลศาสตร์ มีค่าเท่ากับ $\frac{h_L}{(h_L + L)}$ โดย h_L คือ ความสูงของน้ำชะมูลฝอยหรือสารละลายโลหะหนักเหนือชั้นกันซึมในที่นี้ให้ใช้ค่าเท่ากับ 30 cm ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำโดย USEPA

3) คำนวณค่า C/C_0 (Relative effluent concentration) โดยแทนค่า P_L และ T_R ในสมการที่ 2.11

4) คำนวณค่าความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักที่ไหลผ่านชั้นกันซึมลงไปสู่ดินด้านล่าง (C_L) โดยคูณค่า C/C_0 ที่ได้จากข้อ 3 ด้วย $C_{0 \text{ of leachates}}$ เมื่อ $C_{0 \text{ of leachates}}$ เป็นค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบ

5) เปรียบเทียบค่า C_L ที่คำนวณได้กับค่ามาตรฐานความเข้มข้น (C_{Std}) จากมาตรฐานน้ำใต้ดิน (ตารางที่ 5.1) ตลอดเวลา 100 ปี โดยพล็อต Breakthrough curve

6) พิจารณาหาความหนาของชั้นกันซึมจาก Breakthrough curve โดยพิจารณาจากค่าความเข้มข้น C_L กับ C_{Std} ในกรณีที่ C_L มากกว่า C_{Std} หมายความว่า ความหนาของชั้นกันซึม (L) น้อยเกินไป ต้องมีการเพิ่มความหนา เพื่อให้ค่า C_L ใกล้เคียงกับค่า C_{Std} และทำในทางตรงกันข้ามถ้า C_L น้อยกว่า C_{Std}



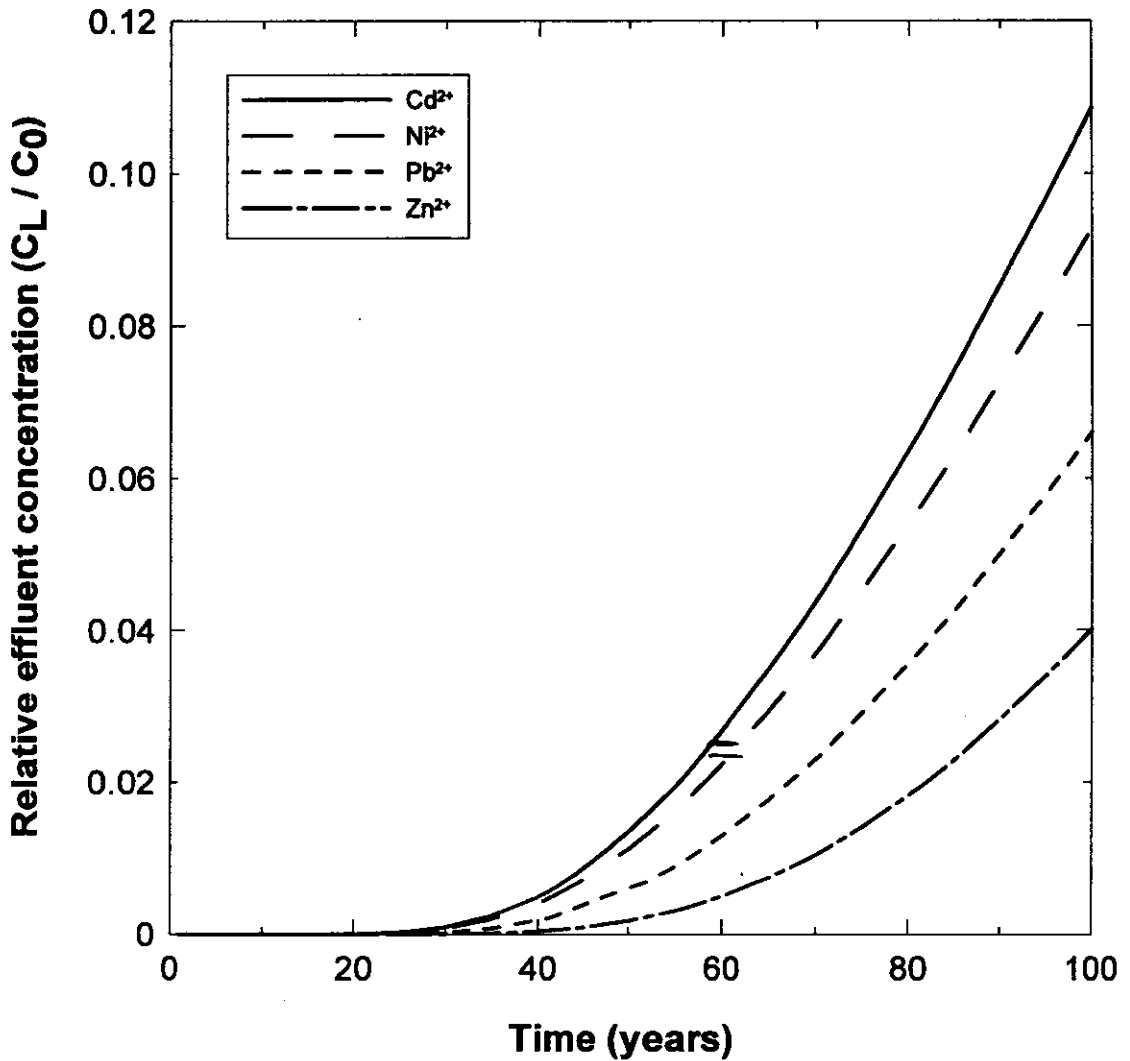
ภาพประกอบที่ 5.1 ชั้นกันซึม

5.2.2 ผลการวิเคราะห์ความหนาของชั้นกันซึม

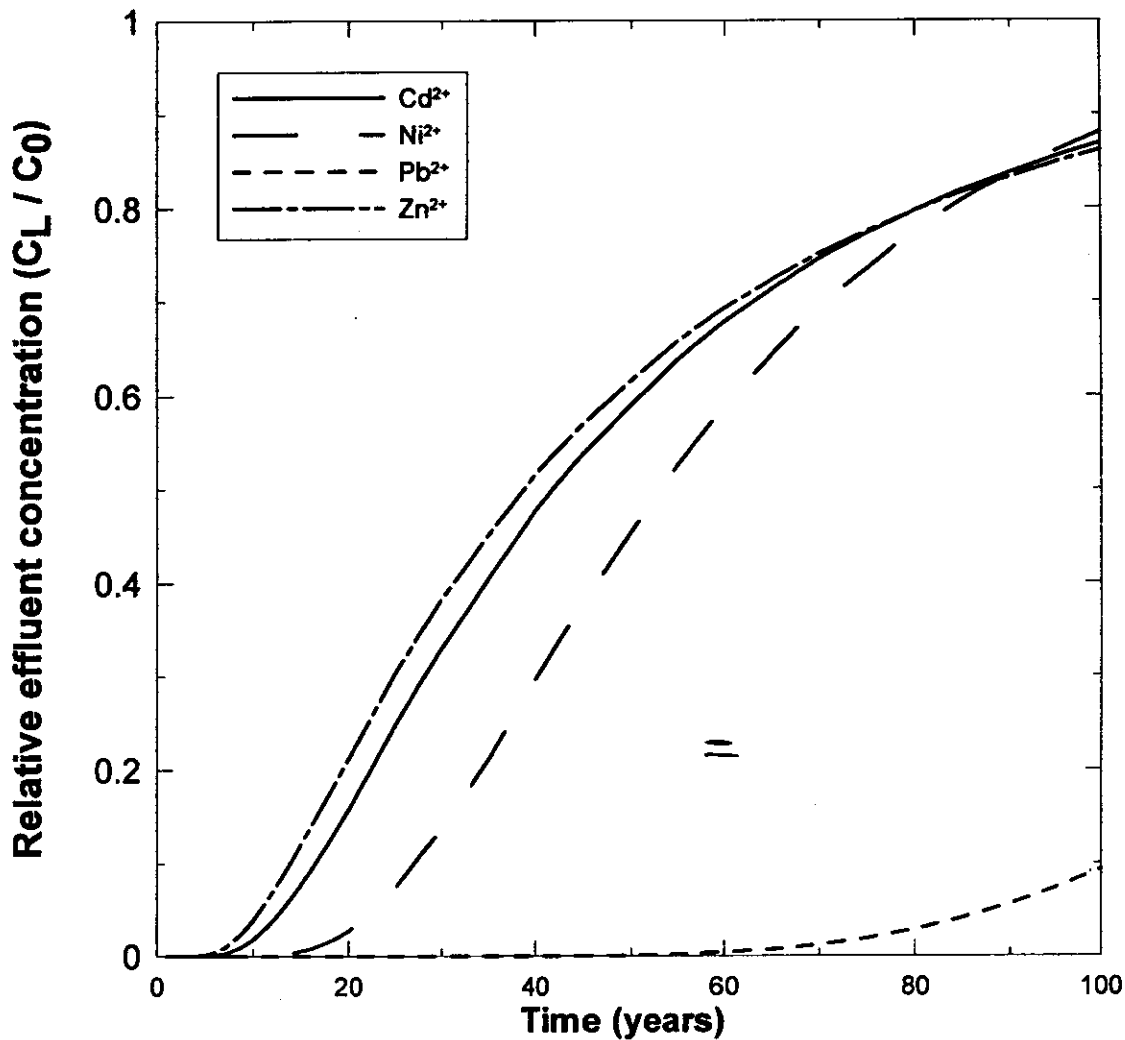
ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า C_L/C_0 ของโลหะหนักกับเวลาของดินทั้ง 3 ชนิด อันได้แก่ ทรายผสมเบนโทไนด์ที่ 5% ดินลูกรังคอกหงส์และดินเหนียวเกาะยอกับสารละลายโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด ได้แสดงในภาพประกอบที่ 5.2, 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ

ความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักที่เคลื่อนที่ผ่านชั้นกันซึมลงสู่ดินด้านล่าง (Effluent concentration, C_L) จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอย (C_0) ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอย จาก 5 แหล่งด้วยกัน (ตารางที่ 5.1) คือ (1) สำนักรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร (2) เทศบาล อุดรธานี (3) เทศบาลนครขอนแก่น (4) เทศบาลนครหาดใหญ่ และ (5) USEPA (1986) และเนื่องจากข้อมูลจากทั้ง 4 แหล่งในประเทศไทยมีความหลากหลาย จึงใช้วิธีการทางสถิติจัดการกับข้อมูล กล่าวคือ สำหรับข้อมูลความเข้มข้นของโลหะหนักในประเทศไทย ได้เลือกใช้ค่าสูงสุด (Maximum) และค่าเฉลี่ย (Average) ของความเข้มข้นของข้อมูลจากทั้ง 4 แหล่ง

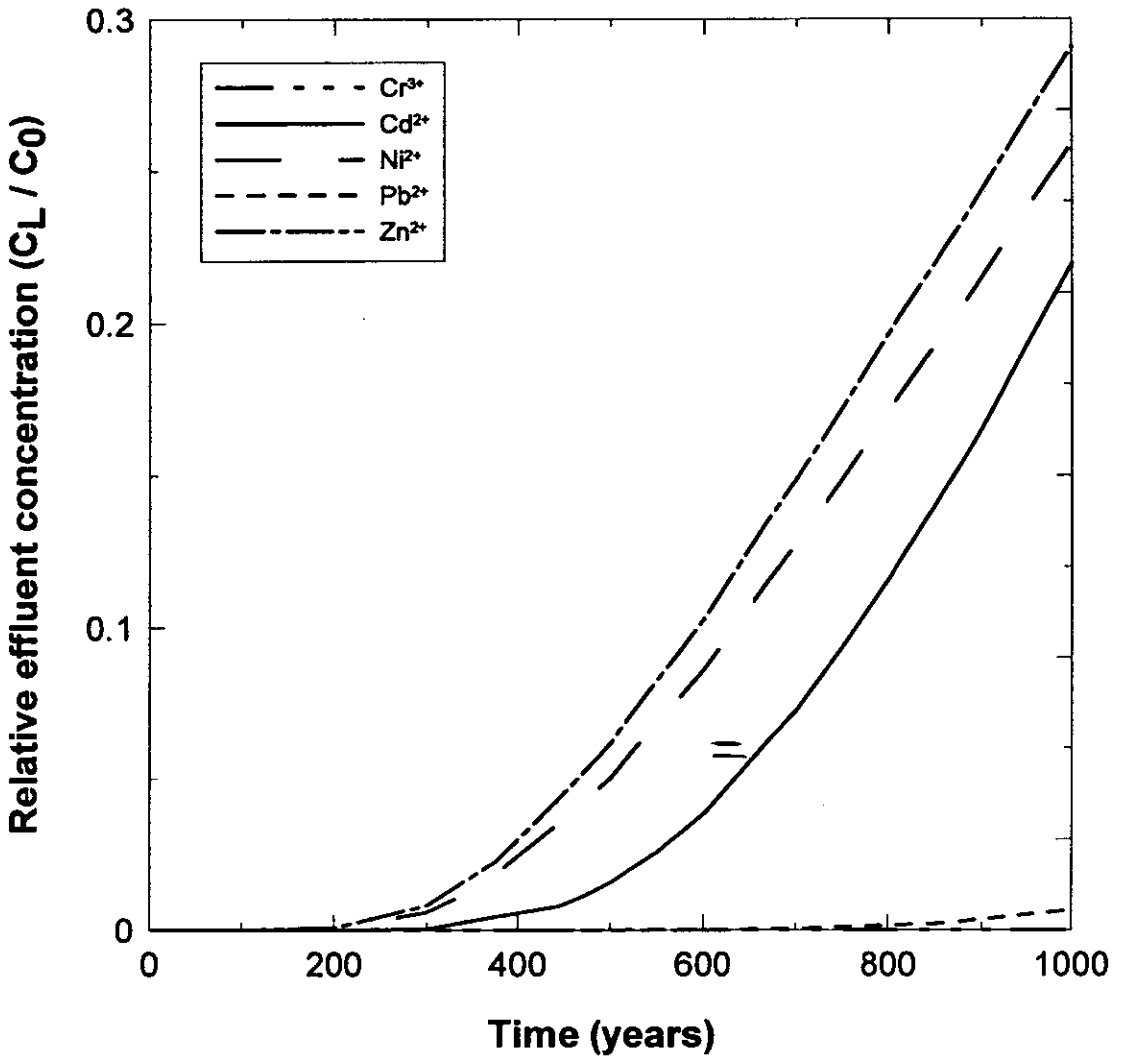
ค่า C_L ที่คำนวณได้จากการใช้ค่าความเข้มข้นเริ่มต้น 3 ค่า อันได้แก่ ค่าความเข้มข้นสูงสุดในน้ำชะมูลฝอยในประเทศไทย ($C_{0\max}$), ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในน้ำชะมูลฝอยในประเทศไทย ($C_{0\text{avg}}$) และค่าความเข้มข้นสูงสุดของ USEPA ของสารละลายโลหะหนัก 5 ชนิด (Cr^{3+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} และ Zn^{2+}) และดิน 3 ชนิด (ทรายผสมเบนโทไนด์, ดินลูกรังคอกหงส์และดินเหนียวเกาะยอก) ที่มีความหนา 60 cm ตามมาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2542) ได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 5.5 ถึง 5.18 ค่า Effluent concentration (C_L) ในภาพประกอบที่ 5.5 ถึง 5.18 ได้จากการคูณค่า C_L/C_0 ในภาพประกอบที่ 5.2 ถึง 5.4 ด้วยค่า $C_{0\max}$, $C_{0\text{avg}}$ หรือ $C_{0\text{USEPA}}$ นอกจากนั้นแล้ว ในภาพประกอบที่ 5.5 ถึง 5.18 ยังมีการแสดงค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่ยอมรับได้ สำหรับสารละลายโลหะหนักในน้ำใต้ดินที่ได้จากตารางที่ 5.1 เพื่อใช้ประกอบการเปรียบเทียบกับค่า C_L ด้วย



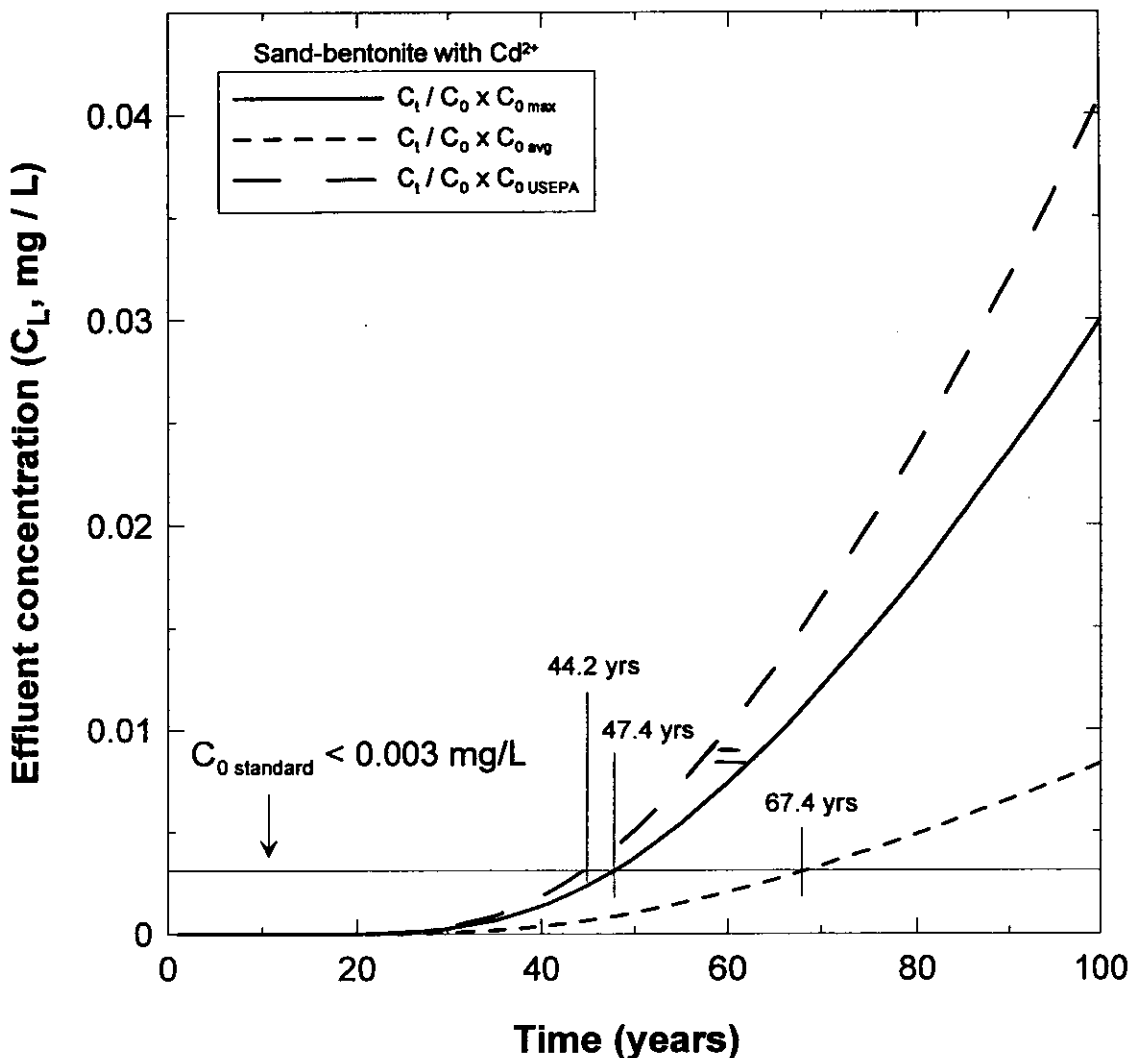
ภาพประกอบที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Relative effluent concentration (C_L / C_0) กับเวลาของชั้นกันซึมทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5% หนา 60 cm



ภาพประกอบที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Relative effluent concentration (C_L / C_0)
กับเวลาของชั้นกั้นซึมดินลูกรังคอกหงส์หนา 60 cm



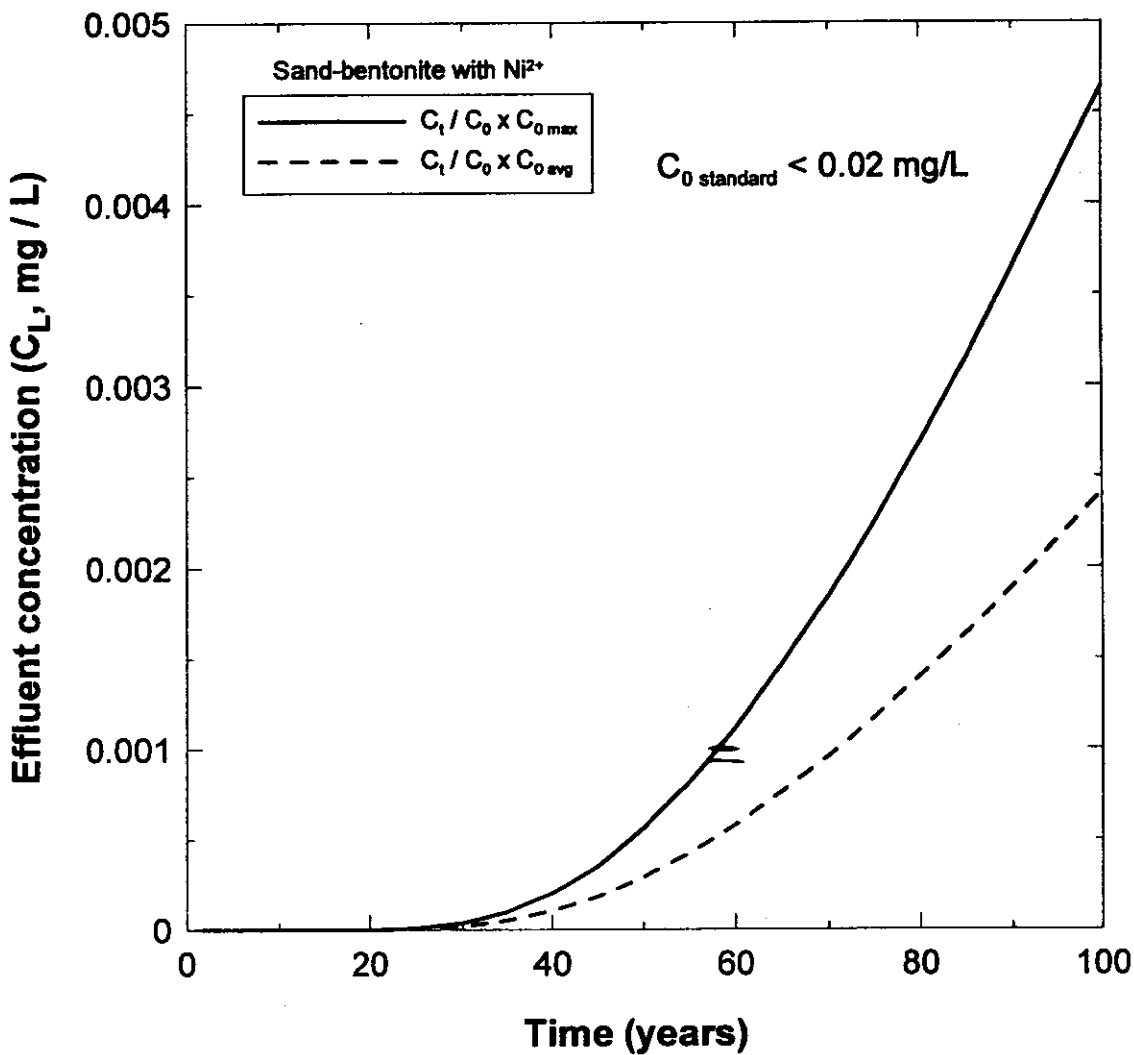
ภาพประกอบที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Relative effluent concentration (C_L / C_0) กับเวลาของชั้นกั้นซึมดินเหนียวเกาะขอบหนา 60 cm



หมายเหตุ	$C_1 / C_0 \times C_{0 \max}$	หมายถึง	C_1 / C_0 คูณด้วยค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่งในประเทศไทย (ตารางที่ 5.1)
	$C_1 / C_0 \times C_{0 \text{avg}}$	หมายถึง	C_1 / C_0 คูณด้วยค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่งในประเทศไทย (ตารางที่ 5.1)
	$C_1 / C_0 \times C_{0 \text{USEPA}}$	หมายถึง	C_1 / C_0 คูณด้วยค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบตามข้อมูลของ USEPA (1986) (ตารางที่ 5.1)
	$C_{0 \text{Std}}$	หมายถึง	ค่าความเข้มข้นของ Cd ตามมาตรฐานน้ำใต้ดิน (ตารางที่ 5.1)

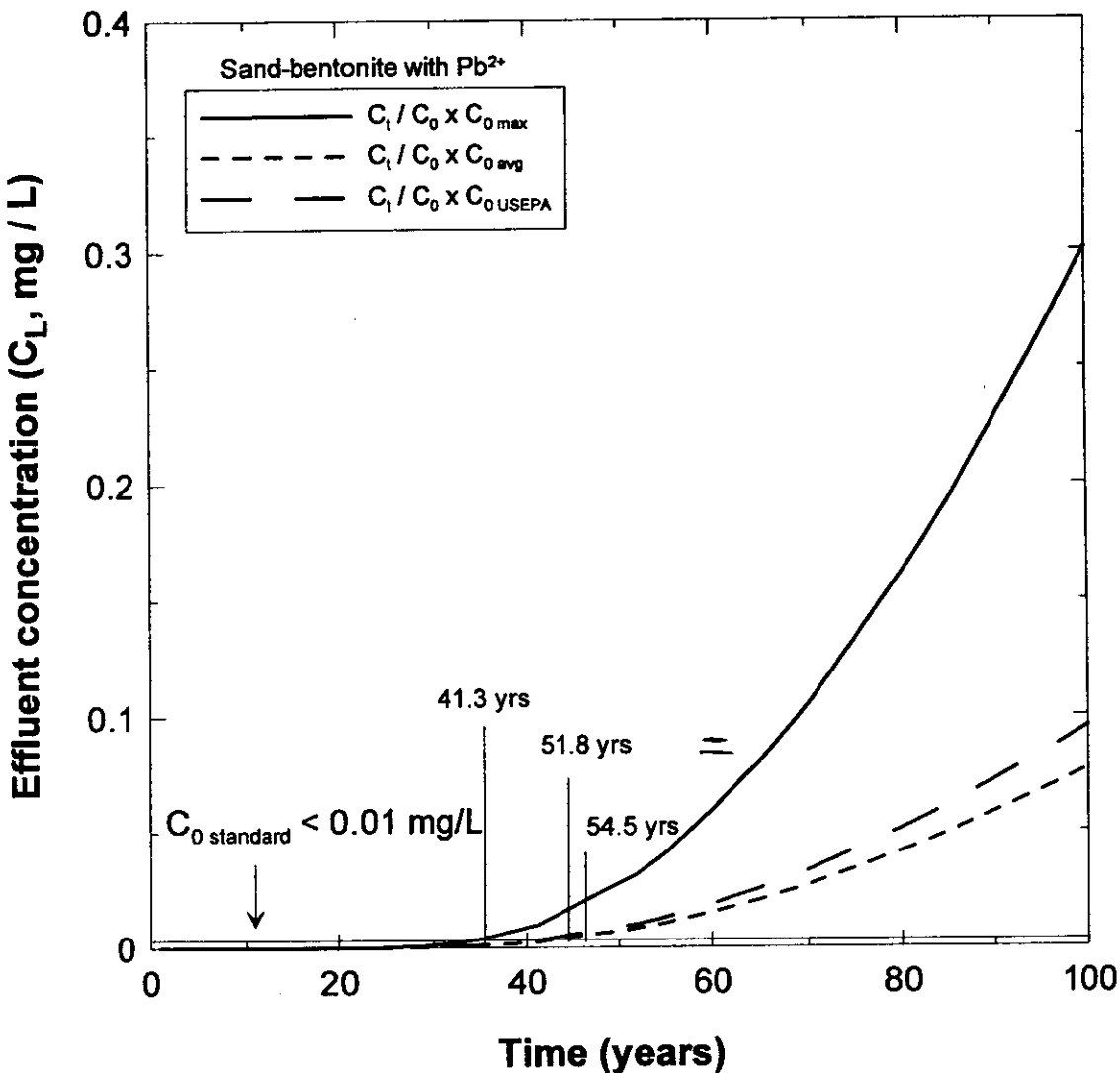
ภาพประกอบที่ 5.5 Breakthrough curves ของ Cd²⁺ ผ่านชั้นกั้นซึมทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5%

หน้า 60 cm



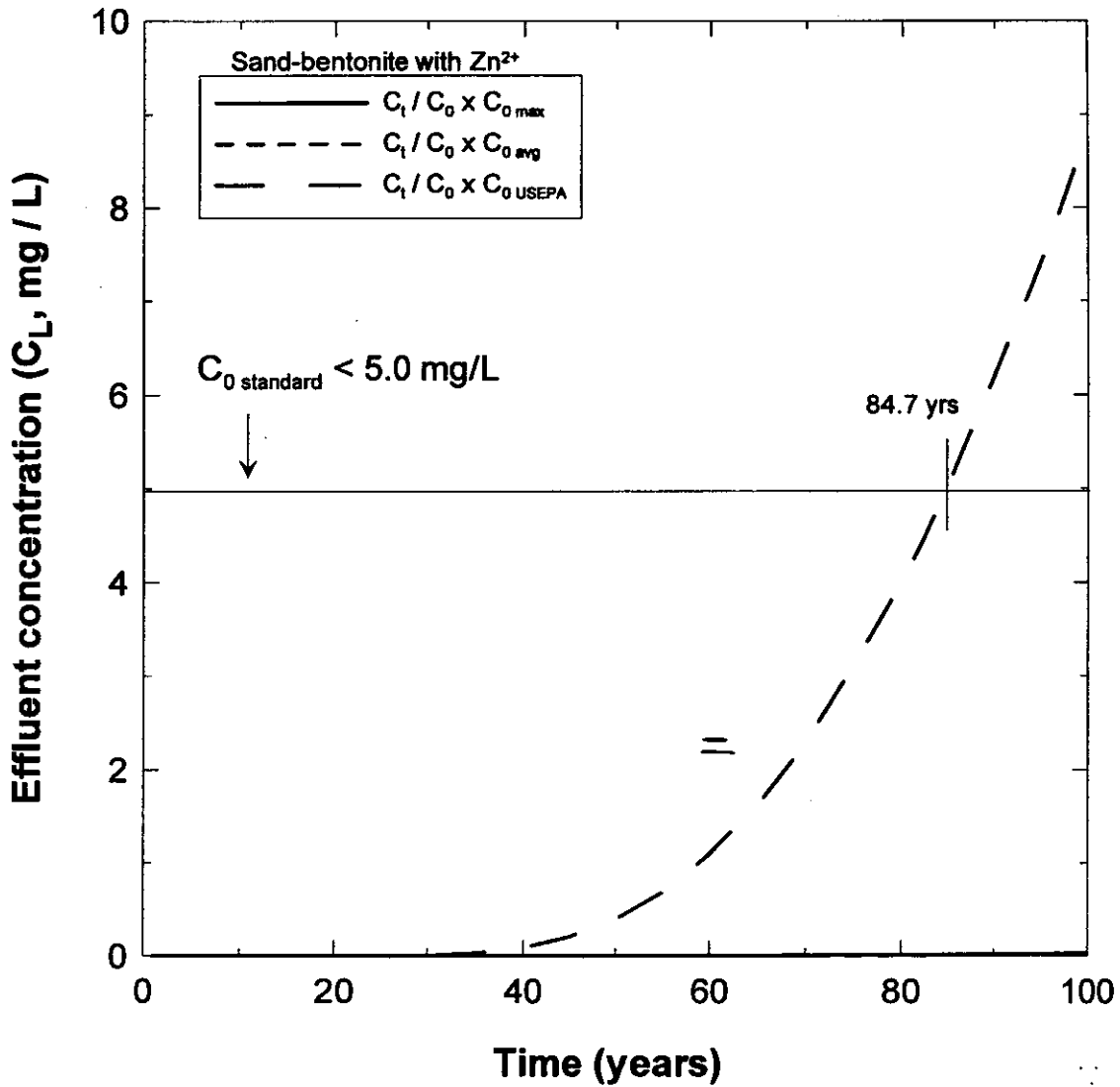
ภาพประกอบที่ 5.6 Breakthrough curves ของ Ni^{2+} ผ่านชั้นกั้นซึมทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5%

หนา 60 cm



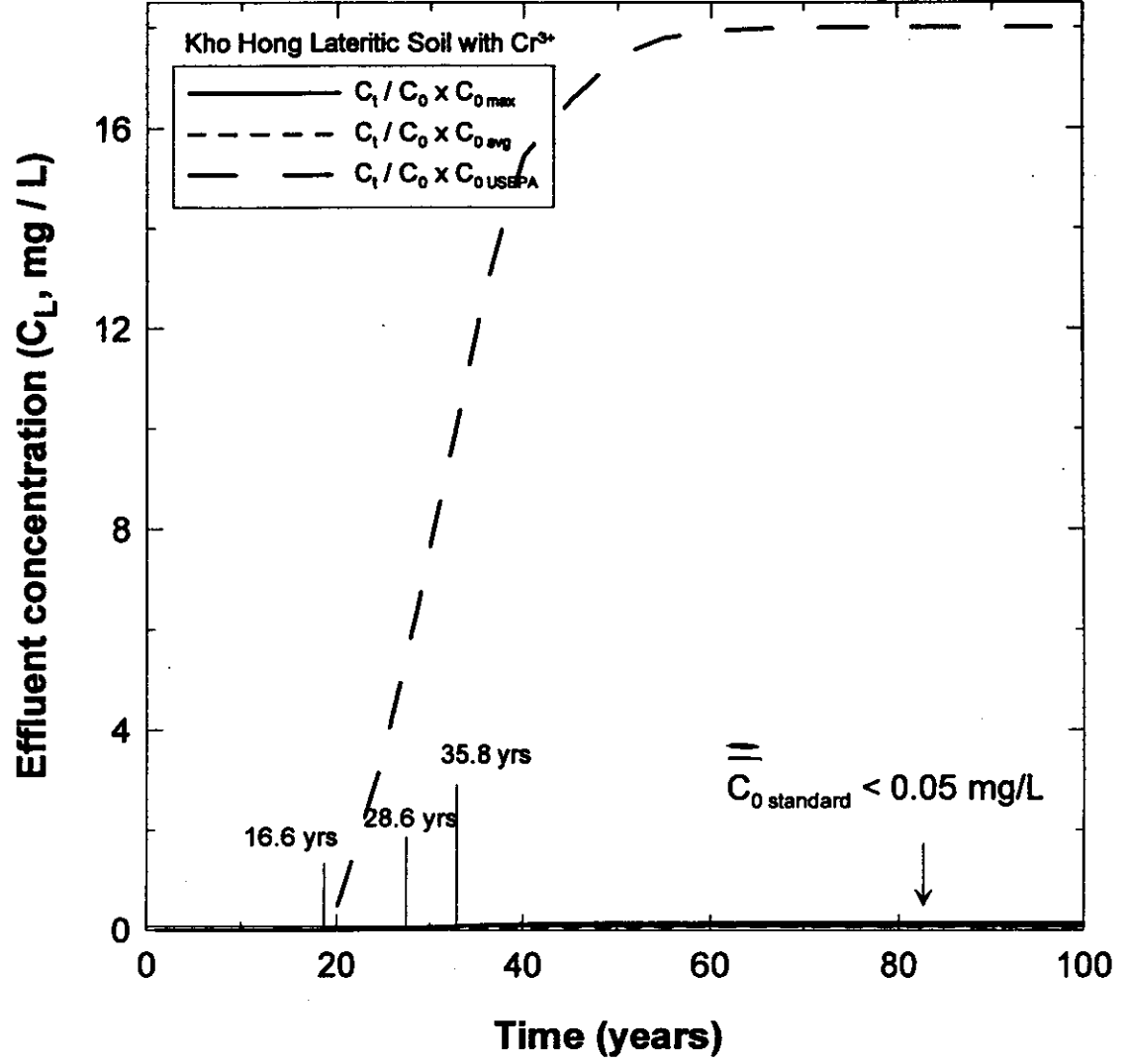
ภาพประกอบที่ 5.7 Breakthrough curves ของ Pb^{2+} ผ่านชั้นกั้นซึมทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5%

หน้า 60 cm

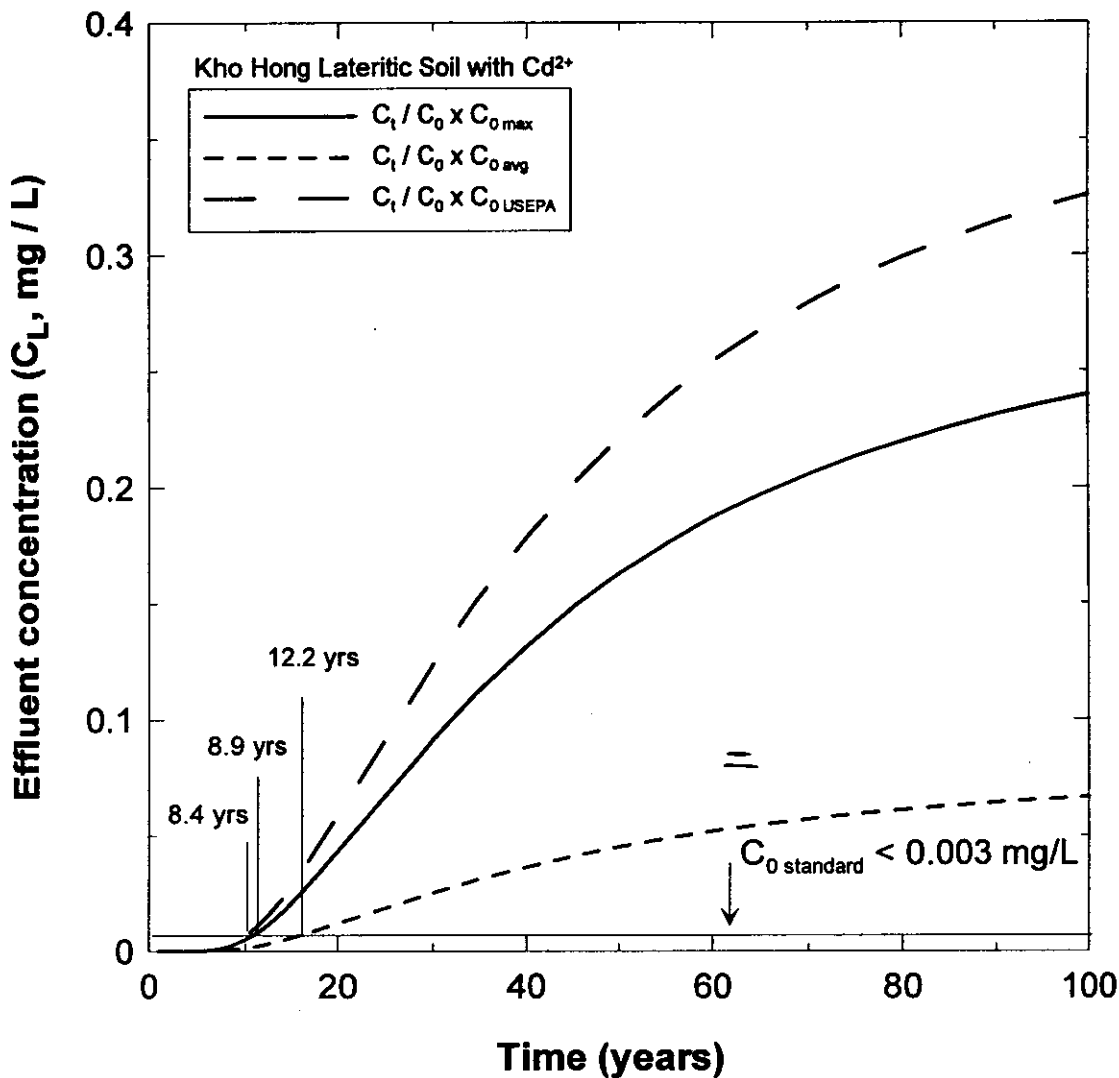


ภาพประกอบที่ 5.8 Breakthrough curves ของ Zn^{2+} ผ่านชั้นกั้นซึมทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5%

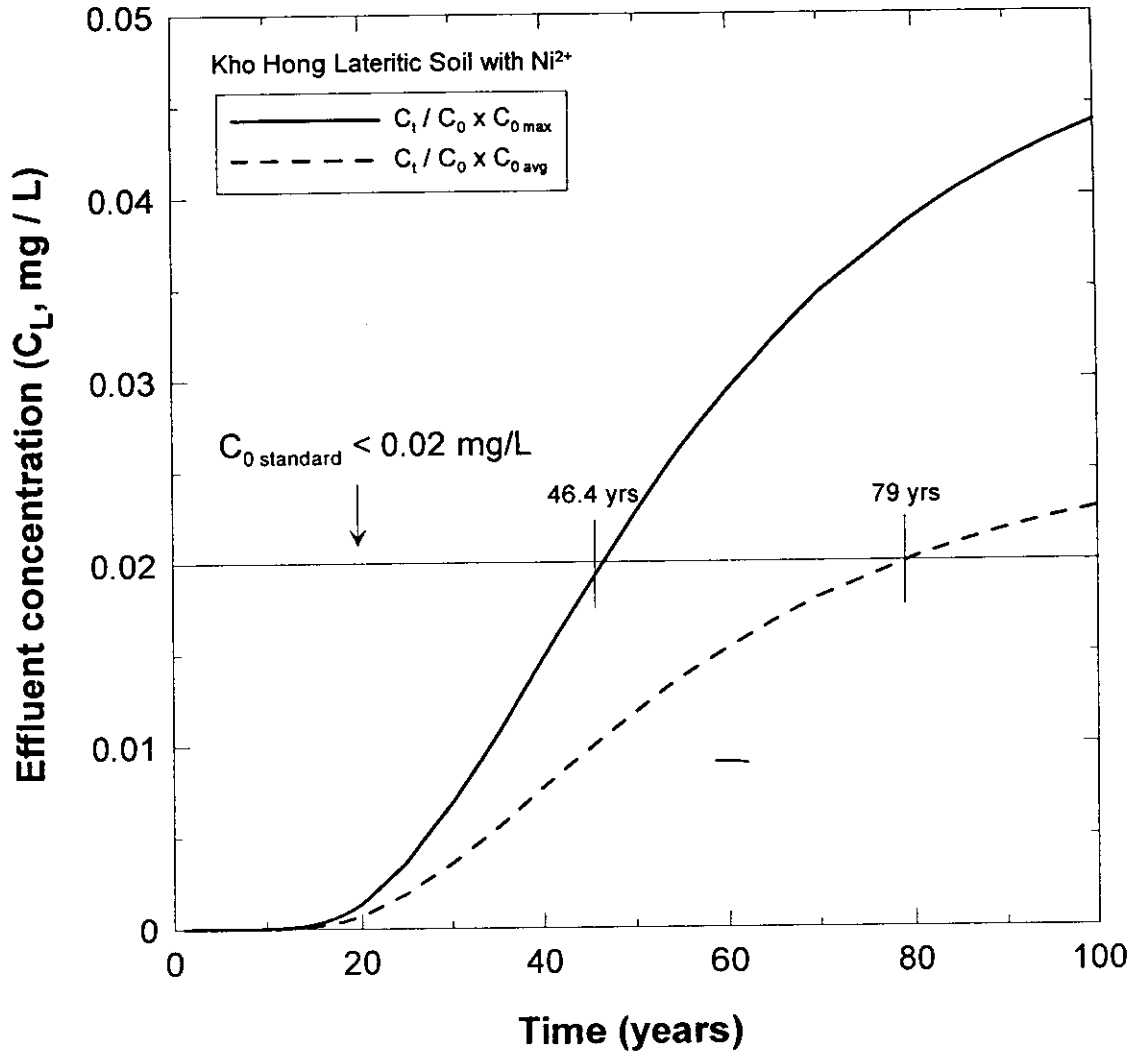
หน้า 60 cm



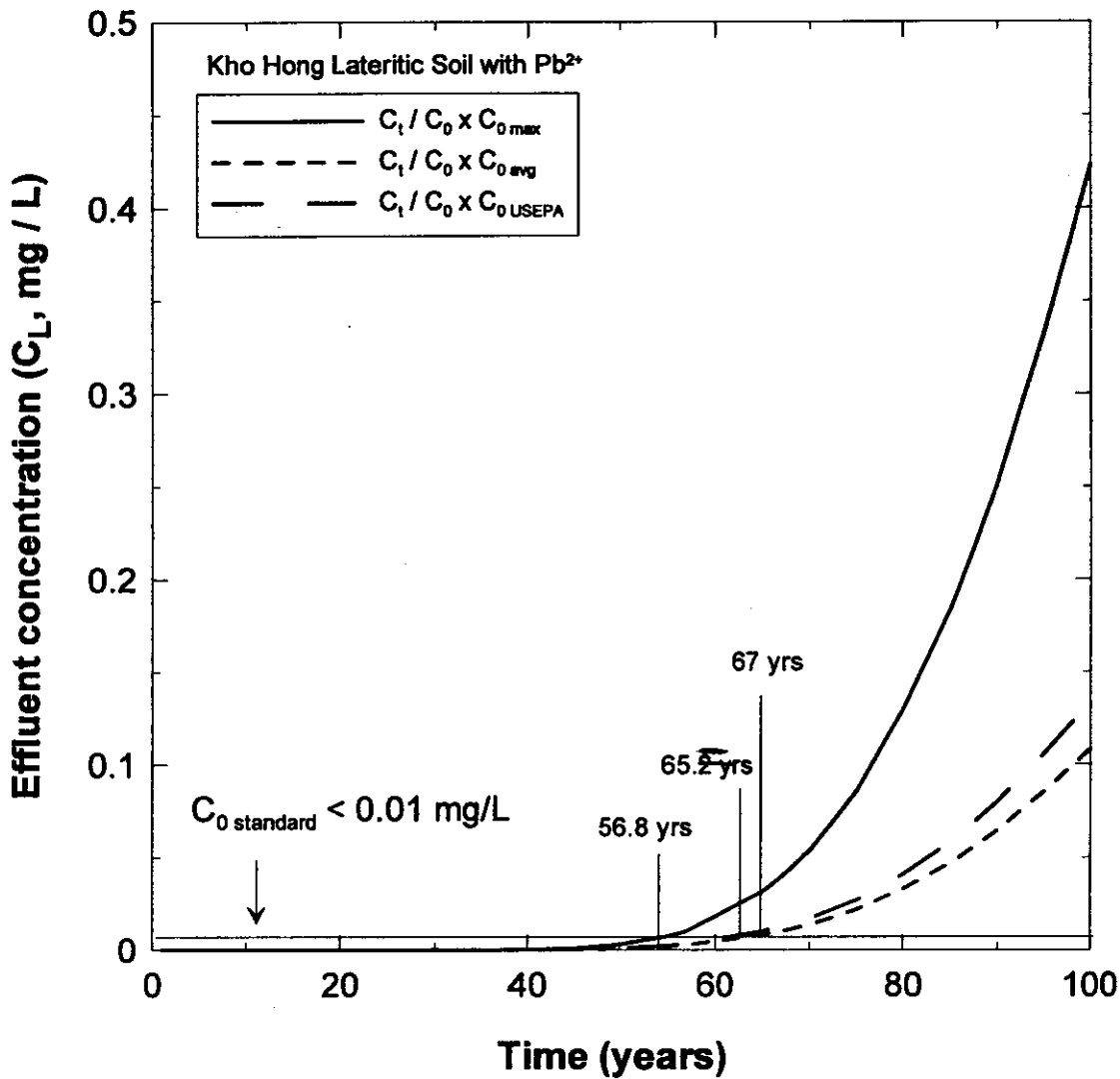
ภาพประกอบที่ 5.9 Breakthrough curves ของ Cr³⁺ ผ่านชั้นกั้นซึมดินลูกรังกอหงส์หนา 60 cm



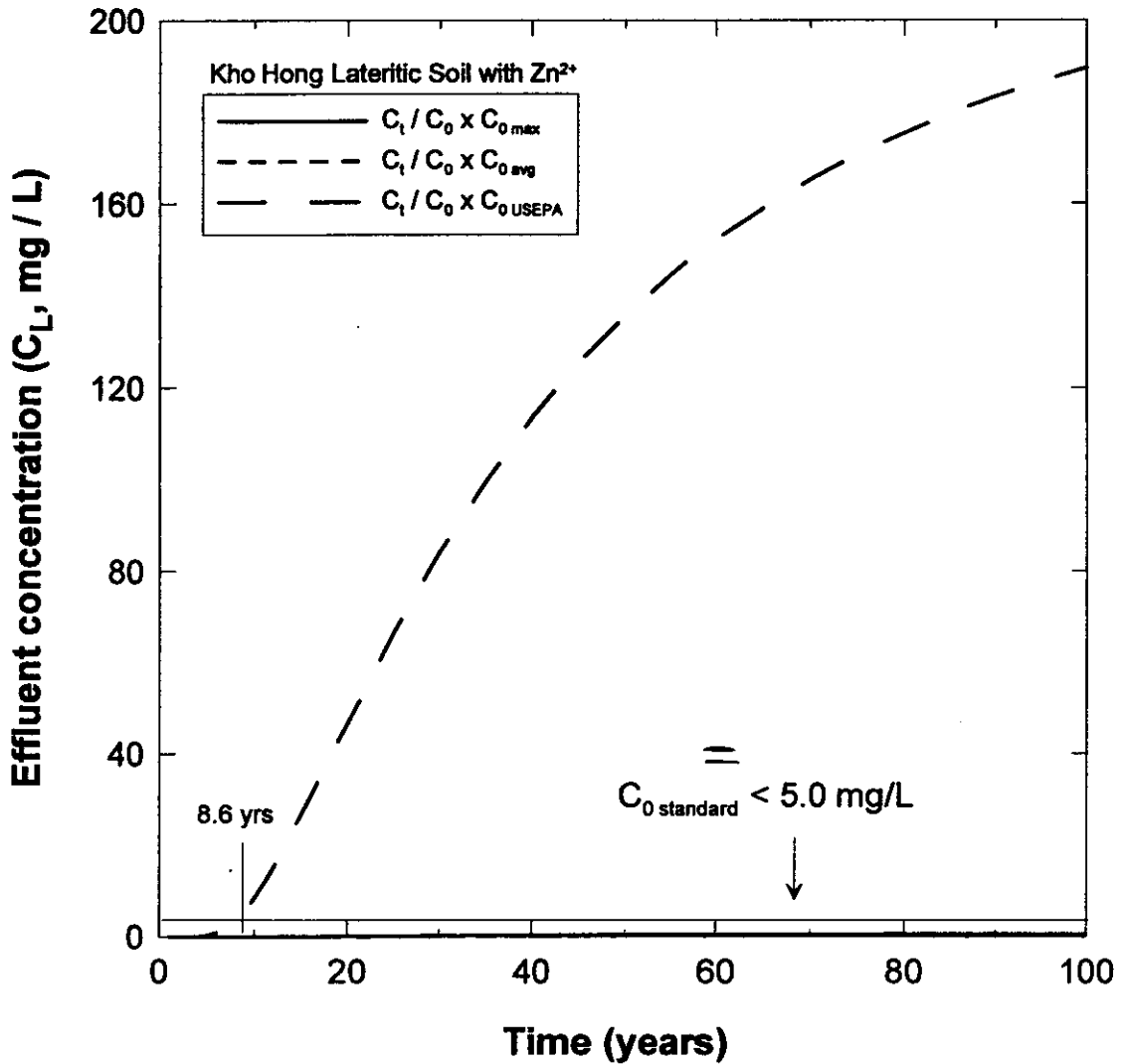
ภาพประกอบที่ 5.10 Breakthrough curves ของ Cd^{2+} ผ่านชั้นกันซึมดินลูกรังคอหงส์หนา 60 cm



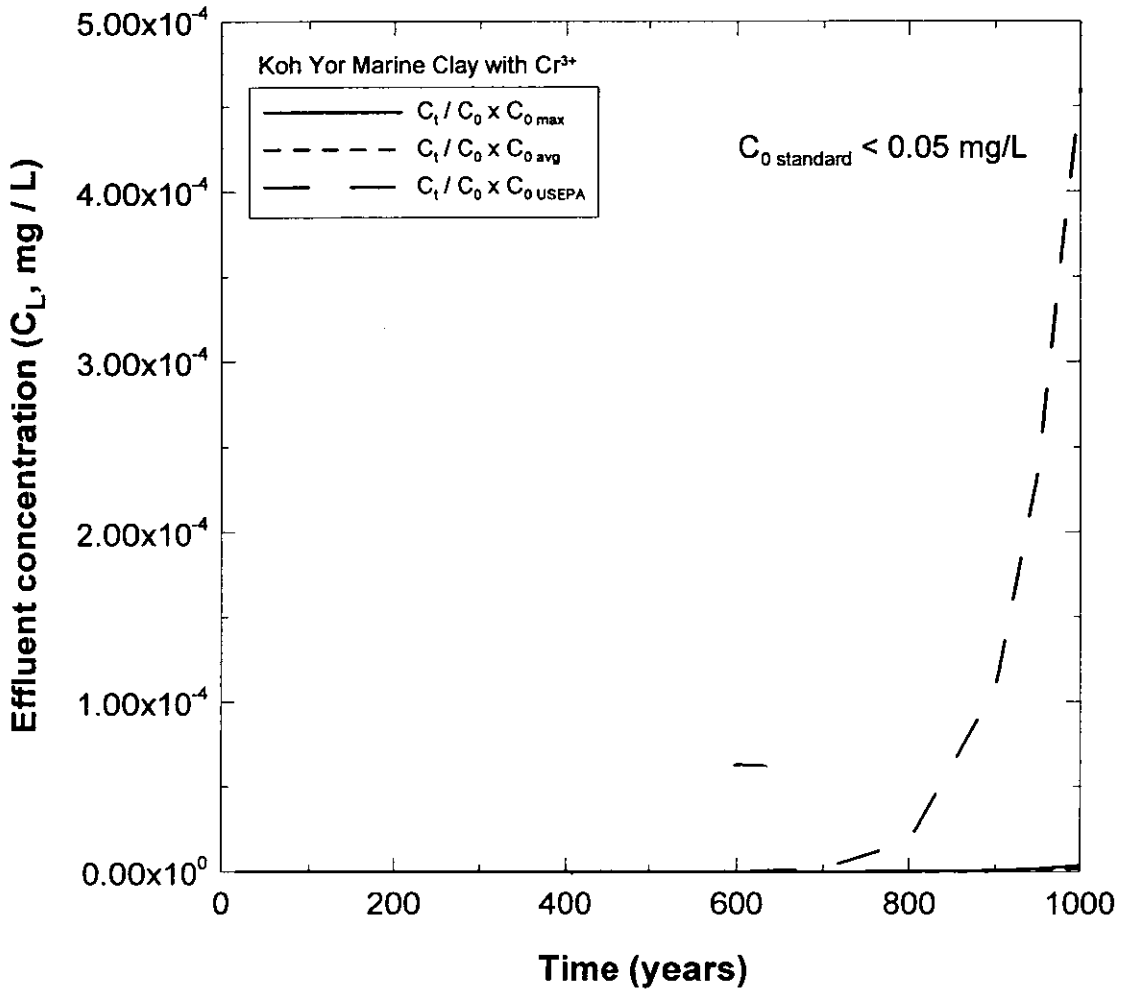
ภาพประกอบที่ 5.11 Breakthrough curves ของ Ni^{2+} ผ่านชั้นกั้นซึมดินลูกรังคอหงส์หนา 60 cm



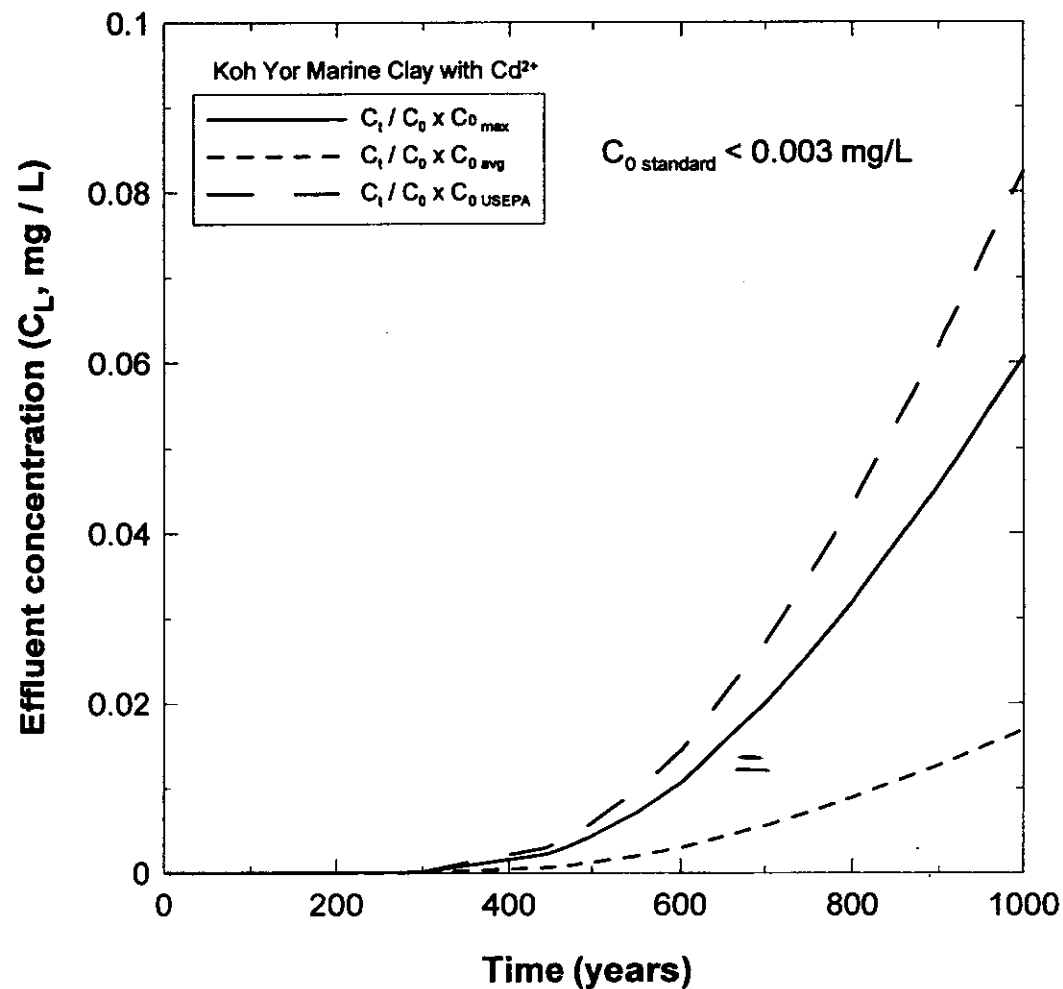
ภาพประกอบที่ 5.12 Breakthrough curves ของ Pb^{2+} ผ่านชั้นกั้นซึมดินลูกรังกอหงส์หนา 60 cm



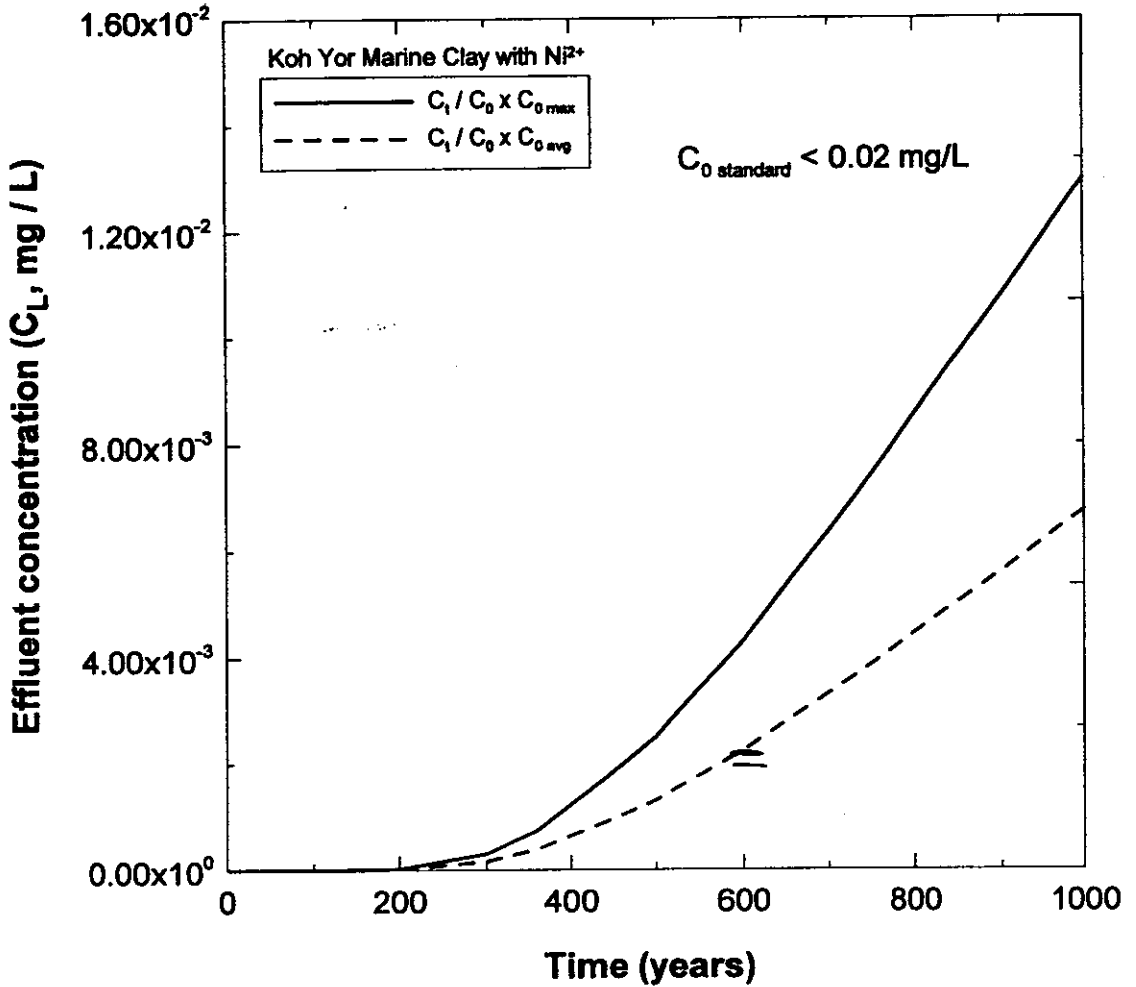
ภาพประกอบที่ 5.13 Breakthrough curves ของ Zn^{2+} ผ่านชั้นกันซึมดินลูกรังคอหงส์หนา 60 cm



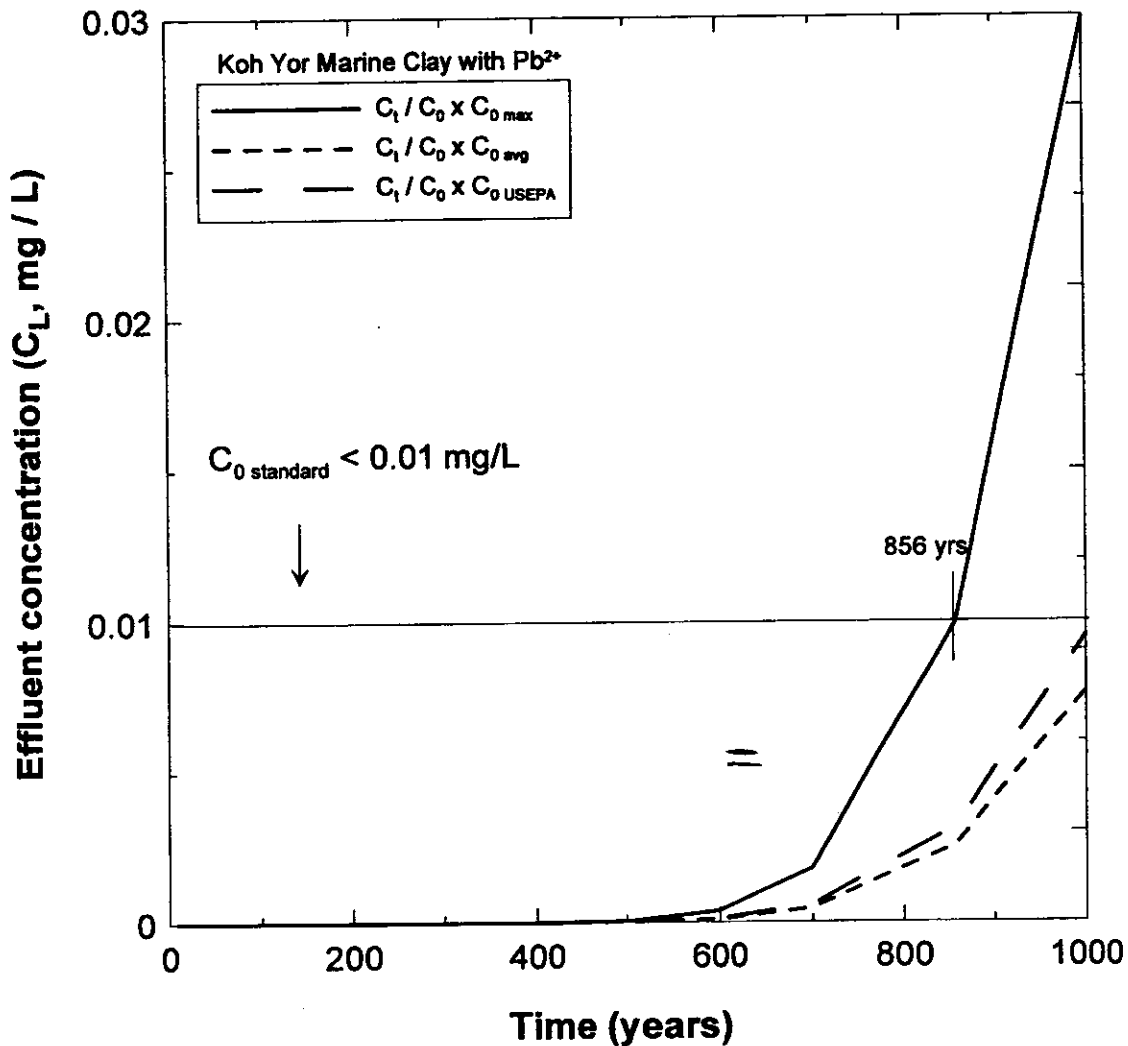
ภาพประกอบที่ 5.14 Breakthrough curves ของ Cr^{3+} ผ่านชั้นกั้นซึมดินเหนียวเกาะขونا 60 cm



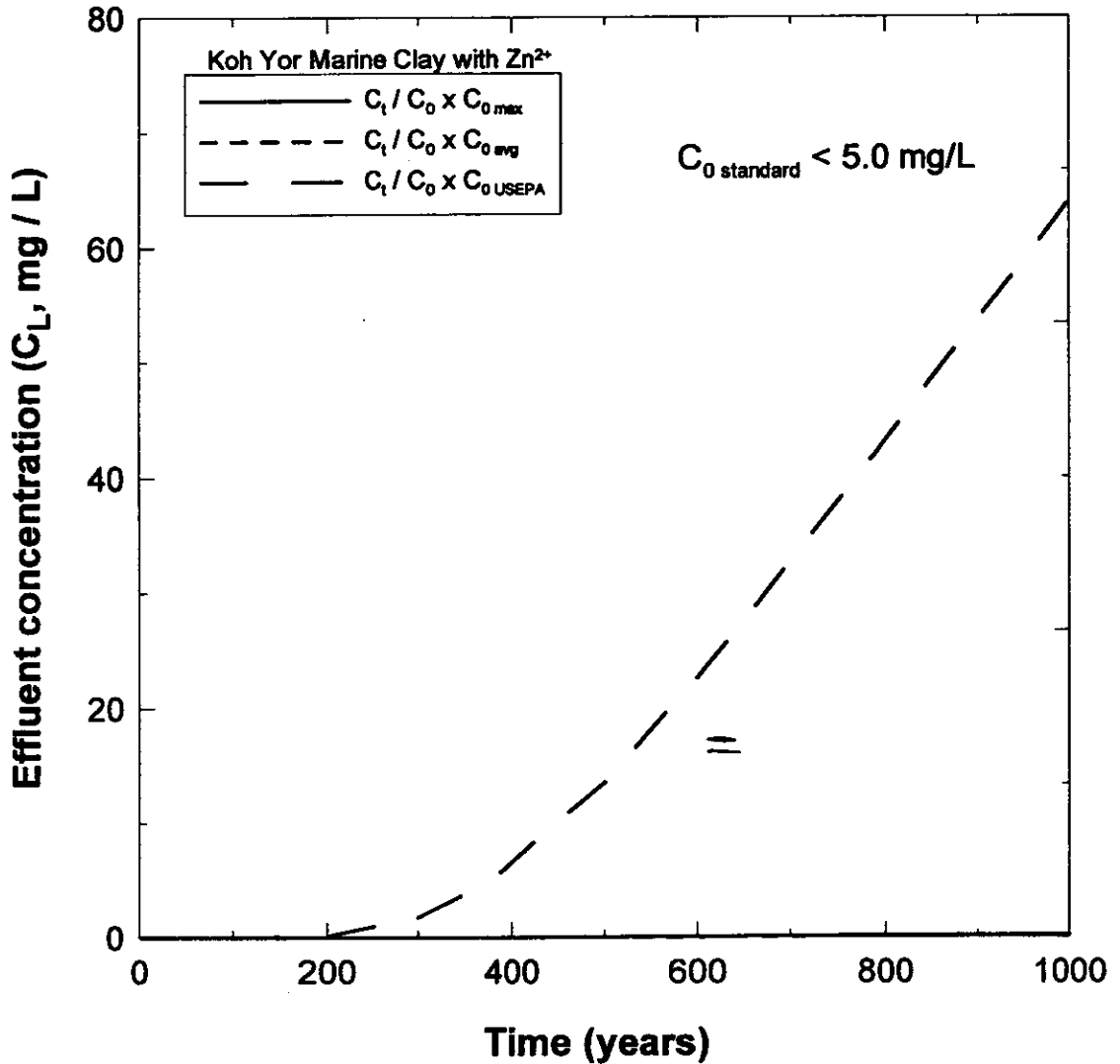
ภาพประกอบที่ 5.15 Breakthrough curves ของ Cd^{2+} ผ่านชั้นกั้นซึมดินเหนียวเกาะขอนา 60 cm



ภาพประกอบที่ 5.16 Breakthrough curves ของ Ni^{2+} ผ่านชั้นกั้นซึมดินเหนียวเกาะยอหนา 60 cm



ภาพประกอบที่ 5.17 Breakthrough curves ของ Pb^{2+} ผ่านชั้นกั้นซึมดินเหนียวเกาะชองหนา 60 cm



ภาพประกอบที่ 5.18 Breakthrough curves ของ Zn^{2+} ผ่านชั้นกั้นซึมดินเหนียวเกาะชอหนา 60 cm

ผลการวิเคราะห์ความหนาของชั้นกันซึมจาก Breakthrough curves ในรูปที่ 5.5 ถึง 5.18 สามารถสรุปผลได้เป็น 2 ส่วน คือ ระยะเวลาที่ค่าความเข้มข้นที่ด้านล่างของชั้นกันซึมหนา 60 cm มากกว่าความเข้มข้นมาตรฐานหรือ $C_L > C_{Std}$ (ตารางที่ 5.2) และความหนาที่เหมาะสมของชั้นกันซึมเมื่อกำหนดให้เวลาในการใช้งานชั้นกันซึมเท่ากับ 100 ปี (ตารางที่ 5.3)

สำหรับชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนา 60 cm เมื่อใช้ข้อมูลค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนจากสถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่งในประเทศไทยและ USEPA (1986) ในการคำนวณ ข้อมูลในตารางที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ Cr^{3+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} และ Zn^{2+} ในน้ำชะมูลฝอยที่ด้านล่างของชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอ ต้องใช้ระยะเวลามากกว่า 100 ปี ที่ค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐานน้ำใต้ดิน ดังนั้นชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอจึงเหมาะกับสารละลายทุกชนิด

ค่าความหนาที่เหมาะสมของชั้นกันซึมดินเหนียวคอดักทั้ง 3 ชนิด เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาในการออกแบบชั้นกันซึมเท่ากับ 100 ปี โดยใช้ข้อมูลความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยทั้ง 4 แห่งในประเทศไทย และ USEPA (1986) ในการคำนวณ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 โดยพบว่า ความหนาที่เหมาะสมของชั้นกันซึมมีค่าอยู่ในช่วง 66 cm ถึง 129 cm และ 72 cm ถึง 271 cm สำหรับทรายผสมเบนโทไนด์และดินลูกรังคอกหงส์ ตามลำดับ ในขณะที่ชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอมีความหนาที่เหมาะสมต่ำกว่า 60 cm อยู่ที่ 5 cm ถึง 29 cm อย่างไรก็ตามความหนาที่น้อยเกินไป (เช่น ความหนา 5 cm) อาจจะมีปัญหาในการก่อสร้างและความไม่สมบูรณ์ในการก่อสร้าง อาจนำไปสู่การรั่วของชั้นกันซึมได้ ซึ่งไม่แนะนำให้ใช้ชั้นกันซึมที่บางกว่า 30 cm

ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 5.2 และ 5.3 แสดงให้เห็นว่า การใช้ทรายผสมเบนโทไนด์ที่ 5% และดินลูกรังคอกหงส์ สำหรับเป็นชั้นกันซึมหนา 60 cm ตามมาตรฐานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2542) เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถลดการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยลงสู่ดินและน้ำใต้ดินในระยะเวลา 100 ปีได้ ดังนั้นควรมีการใช้ผ้าพลาสติกปูที่พื้นด้านล่างของชั้นกันซึมดินเหนียวคอดักทั้ง 2 ชนิด เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการก่อสร้างสถานที่ฝังกลบมูลฝอย สำหรับการใช้น้ำใต้ดินเหนียวเกาะยอเพื่อเป็นชั้นกันซึม เมื่อมีค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำชะมูลฝอยเท่ากับข้อมูลจากตารางที่ 5.1 พบว่า ชั้นกันซึมดินเหนียวเกาะยอที่มีความหนาประมาณ 30 cm เป็นความหนาที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.2 ระยะเวลาที่ค่าความเข้มข้นที่ด้านล่างของชั้นกันซึมมากกว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐานเมื่อกำหนดค่าความหนาของชั้นกันซึมให้เท่ากับ 60 cm

a) ทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5%			
โลหะหนัก	จำนวนปีที่ค่าความเข้มข้นที่ด้านล่างของชั้นกันซึมมากกว่ามาตรฐาน (ปี)		
	$C_{0\max}$	$C_{0\text{avg}}$	$C_{0\text{USEPA}}$
Cd^{2+}	47.4	67.4	44.2
Ni^{2+}	270.2	810.8	-
Pb^{2+}	41.3	54.5	51.8
Zn^{2+}	> 1,000	> 1,000	84.7
b) ดินลูกรังคอกหงส์			
โลหะหนัก	จำนวนปีที่ค่าความเข้มข้นที่ด้านล่างของชั้นกันซึมมากกว่ามาตรฐาน (ปี)		
	$C_{0\max}$	$C_{0\text{avg}}$	$C_{0\text{USEPA}}$
Cd^{2+}	8.9	12.2	8.4
Ni^{2+}	46.4	79	-
Pb^{2+}	56.8	67	65.2
Zn^{2+}	> 1,000	> 1,000	8.6
c) ดินเหนียวเกาะยอ			
โลหะหนัก	จำนวนปีที่ค่าความเข้มข้นที่ด้านล่างของชั้นกันซึมมากกว่ามาตรฐาน (ปี)		
	$C_{0\max}$	$C_{0\text{avg}}$	$C_{0\text{USEPA}}$
Cr^{3+}	4,333	6,636	1,572
Cd^{2+}	468	602	444
Ni^{2+}	1,351	3,001	-
Pb^{2+}	856	1,042	1,008
Zn^{2+}	> 5,000	> 5,000	377

หมายเหตุ	$C_{0\max}$	หมายถึง	ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจาก สถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่งในประเทศไทย (ตารางที่ 5.2)
	$C_{0\text{avg}}$	หมายถึง	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่งในประเทศไทย (ตารางที่ 5.2)
	$C_{0\text{USEPA}}$	หมายถึง	ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบตามข้อมูลของ USEPA (1986) (ตารางที่ 5.2)

ตารางที่ 5.3 ค่าความหนาที่เหมาะสมของชั้นกันซึมเมื่อกำหนดเวลาในการใช้งานชั้นกันซึม
เท่ากับ 100 ปี

a) ทรายผสมเบนโทไนต์ที่ 5%			
โลหะหนัก	ความหนาของชั้นกันซึมที่เหมาะสม (cm)		
	$C_{0\max}$	$C_{0\text{avg}}$	$C_{0\text{USEPA}}$
Cd^{2+}	90	75	93
Ni^{2+}	34	17	-
Pb^{2+}	96	83	85
Zn^{2+}	<7	<7	66
b) ดินลูกรังกوهงส์			
โลหะหนัก	ความหนาของชั้นกันซึมที่เหมาะสม (cm)		
	$C_{0\max}$	$C_{0\text{avg}}$	$C_{0\text{USEPA}}$
Cr^{3+}	197	173	271
Cd^{2+}	246	213	223
Ni^{2+}	104	73	-
Pb^{2+}	85	77	78
Zn^{2+}	<7	<7	249
c) ดินเหนียวเกาะยอ			
โลหะหนัก	ความหนาของชั้นกันซึมที่เหมาะสม (cm)		
	$C_{0\max}$	$C_{0\text{avg}}$	$C_{0\text{USEPA}}$
Cr^{3+}	7	5	14
Cd^{2+}	26	22	27
Ni^{2+}	14	8	-
Pb^{2+}	19	17	17
Zn^{2+}	<7	<7	30

หมายเหตุ	$C_{0\max}$	หมายถึง	ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจาก สถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่ง ในประเทศไทย (ตารางที่ 5.2)
	$C_{0\text{avg}}$	หมายถึง	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบทั้ง 4 แห่ง ในประเทศไทย (ตารางที่ 5.2)
	$C_{0\text{USEPA}}$	หมายถึง	ค่าความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจากสถานที่ฝังกลบตามข้อมูล ของ USEPA (1986)(ตารางที่ 5.2)