

การดูดซับและการจำลองการเคลื่อนตัวของสารหนูผ่านดินที่มีการ
เปลี่ยนแปลงความชื้นใต้บริเวณหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน บริเวณ
อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

นางสาวมัชฌิมา เนติโกวิท

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

วันที่ส่ง...../...../.....

วันที่อนุมัติ...../...../.....

.....

(อาจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธ์รัตน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จขึ้นได้ด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ ดตรีเลิศ โชติพันธรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
โครงการวิจัย ที่ได้เสียสละเวลาให้ความรู้ และคำแนะนำตลอดการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณพี่จินดารัตน์ ชื่นรุ่งน (พี่หน่อย) และทีมงานวิจัยที่กรมวิชาการเกษตร สำนักวิจัยและ
พัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำการทดลองลักษณะดิน
โดยวิธี pressure extraction

ขอขอบพระคุณพี่จ๊ะประภา เนียมปาน พี่บรรจง พวงทอง และพี่บุคลากรภาควิชาธรณีวิทยา คณะ
วิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำการทดลองใน
ห้องปฏิบัติการตะกอนวิทยา

ขอขอบพระคุณพี่หนึ่งฤทัย พรล้า ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือตลอดการทำวิจัยครั้งนี้ จนเสร็จ
สมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสในการศึกษาครั้งนี้

หัวข้อ(ภาษาไทย)	การดูดซับและการจำลองการเคลื่อนตัวของสารหนูผ่านดินที่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้น ในได้บริเวณหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนบริเวณอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
ชื่อ-สกุล	นางสาวมัชฌิมา เนติโกวิท 5132744023
นิสิตภาควิชา	ธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์
ระดับการศึกษา	ปริญญาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นทุกปีโดยมีอัตราเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 1.2 ต่อปี การฝังกลบเป็นวิธีที่นิยมในการกำจัดขยะจึงอาจก่อให้เกิดปัญหาการซึมของน้ำ ซะขยะออกสู่พื้นที่รอบหลุมฝังกลบขยะซึ่งจะทำให้เกิดการปนเปื้อนสู่ดินและแหล่งน้ำ ใต้ดินได้

โดยงานวิจัยนี้ทำการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรก คือการทดลองเพื่อทราบคุณสมบัติของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ลักษณะเนื้อดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, สมบัติทางชลศาสตร์ และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดินและส่วนที่ 2 คือการทดลองแบบแบทช์ (batch experiment) เพื่อทราบสมบัติในการดูดติดผิวของโลหะหนัก ส่วนที่ 1 ได้ทดลองโดยใช้เครื่อง Pressure chamber เพื่อหาความสัมพันธ์ของความชื้นในดิน (θ) กับความดันของน้ำในดิน (h_p) (soil water characteristic curve) พบว่าสมการของ van Genuchten (VG) อธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ดีกว่าสมการของ Brooks และ Corey (BC) โดยพบว่าค่า Q_r มีค่าอยู่ในช่วง 0.02972 ถึง 0.19320, Q_s มีค่าอยู่ในช่วง 0.22801 ถึง 0.29802, α มีค่าอยู่ในช่วง 0.00887 ถึง 0.42066 และ n อยู่ในช่วง 1.0918 ถึง 1.955 และจากการทดลองหาลักษณะของเนื้อดินพบว่าดินที่ ๘ ตัวอย่างมีเนื้อดินเป็นทรายโดยจากการกราฟการลดขนาดของตะกอนทำให้แยกดินออกเป็น 2 กลุ่มเนื่องจากพบว่าเส้นโค้งมีความแตกต่างกันพอสมควร และในส่วนที่ 2 คือการทดลองแบบแบทช์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับของดินทั้ง 2 กลุ่มซึ่งพบว่าสมการที่เหมาะสมคือสมการของแลงเมียร์ และสมการของลิเนียร์ ตามลำดับค่าตัวแปรที่ได้จากสมการแบบแลงเมียร์คือ $Q_m = 1.0193$ และ $b = 0.0464$ และค่าตัวแปรที่ได้จากสมการแบบลิเนียร์คือ $K_d = 0.0248$ และจากแบบจำลองการเคลื่อนตัวของสารหนูด้วยโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ Hydrus-1D ของดินทั้ง 2 กลุ่มในดินในระยะเวลา 1 ปี พบว่าสารหนู (V) เคลื่อนที่ได้เป็นระยะทางประมาณ 3 เซนติเมตร โดยพบปริมาณความเข้มข้นของสารหนู (V) ในดินกลุ่มที่ 1 และ 2 คือ 130 $\mu\text{g/L}$ และ 170 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับซึ่งเกินค่ามาตรฐานของน้ำบาดาลโดยไม่ควรเกิน 10 $\mu\text{g/L}$

คำสำคัญ : หลุมฝังกลบขยะ ; Hydrus 1D; การทดลองแบบแบทช์, สารหนู (V)

Project title (English)	SORPTION AND MODELING TRANSPORT OF ARSENIC THROUGH VARIABLY SATURATED ZONE UNDERNEATH THE SANITARY LANDFILL, AMPHOE SRIRACHA CHANGWAT CHONBURI
Researcher	Miss Majchima Netikowit 5132744023
Department	Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Advisor	Dr. Srilert Chotpantararat
Academic year	2011

Abstract

Huge amounts of solid wastes in Thailand have long been increased. The average rate, tend to be increased about 1.2 percent per year. Landfill is the conventional method of waste elimination but this way may consequently cause contamination to soil and groundwater. This research was divided into 2 experiments, the first part focused on characterize of the physio-chemical properties (i.e., soil texture, organic matter, hydraulic properties, soil water characteristic curves) and the second part was batch experiments concerning about sorption behavior of soils. The first experiments were used pressure chamber to explore the relationship between water content (Θ) and suction pressure head (h_p) or described to soil water characteristic curve (SWCC). It found that van Genuchten (VG) could explain the soil water characteristic behavior quite better than Brooks and Corey (BC) with high correlation coefficient (R^2). According to previous experiments, the results showed that Q_r is in range 0.02972 to 0.10320, Q_s is in range 0.22801 to 0.29802, α is in range 0.00887 to 0.42066 and n is in range 1.0918 to 1.955. The result derived from sieve analysis and pipette analysis test revealed that soil texture of eight soil samples is sand and they can be divided into 2 groups according to moderately differences of grain size distribution curves. The second experiments, sorption results of 2 groups were fitted well by Langmair and Linear isotherm, respectively. The Langmair parameters of first group showed that Q_m and b were 1.0193 and 0.0464, respectively. The Linear parameters of second group showed that K_d was 0.0248. Finally, simulation of arsenic (V) movement with Hydrus-1D model through 2 these soil types within 1 year have been carried out. Result of this program showed that arsenic moved to a distance of approximately 3 centimeters. Both estimated concentration of arsenic (V) in the first group and the second group

were 130 µg/L and 170 µg/L, over standard concentration according to Groundwater standard (WHO) (10µg/L)

Keyword: Landfill; Hydrous-1D; Batch experiment, Arsenic (V)

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	๑
สารบัญรูป	๗
สารบัญตาราง	๘
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
1.3.1 ความสัมพันธ์ของความชื้น ในดินกับความดันของน้ำ ในดิน (SWCC)	4
1.3.2 การดูดซับ (Absorption)	6
1.3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (HYDRUS-1D)	7
1.4 นิยามปัญหา	7
1.5 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
1.6 สมมติฐานในการวิจัย	7
1.7 พื้นที่ศึกษา	7
1.8 ขอบเขตของการศึกษา	8
1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับการวิจัยครั้งนี้	8
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	
2.1 วิธีดำเนินการวิจัย	9
2.2 การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ตัวอย่าง	
2.2.1 การเก็บตัวอย่างดิน	12
2.2.2 การทดลองหาขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution)	14
2.2.3 การทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่าน	15
2.2.4 การทดลองหาค่าความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำ ในดิน	15
2.2.5 การคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวมและค่าความพรุนของดิน	17
2.2.6 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับสารหนูของดิน	17
2.2.7 การหาค่าพีเอช (pH)	18

บทที่ 3 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของดิน

3.1.1 ผลการทดลองหาขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution) 19

3.1.2 ผลการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ของความชื้นในดิน
กับความดันของน้ำ ในดิน 31

3.1.3 ผลการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่าน 35

3.1.4 ผลการคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวม และค่าความพรุนของดิน 36

3.2 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางเคมีของดิน

3.2.1 ผลการดูดซับของสารหนู 37

3.2.2 ผลการทดลองการจำลองการเคลื่อนตัวของสารหนูโดยใช้แบบจำลอง
ทางคณิตศาสตร์ HYDRUS -1D 38

บทที่ 4 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

4.1.1 ลักษณะของการคละขนาดของเม็ดดิน 43

4.1.2 ลักษณะของความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำ ในดิน
(soil water characteristics curve) 43

4.1.3 ผลการดูดซับของสารหนู 43

4.1.4 ผลการจำลองการเคลื่อนตัวของสารหนูที่มีการปนเปื้อนในน้ำ ใต้ดิน
ในบริเวณที่ศึกษาตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (HYDRUS-1D) 44

เอกสารอ้างอิง 45

ภาคผนวก 47

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 Soil Water Characteristic Curve ของ Sand Silt และ Clay	4
1.2 ภาพถ่ายทางอากาศพื้นที่ศึกษาและบริเวณโดยรอบ	8
2.1 แสดงขั้นตอนการศึกษา	11
2.2 แสดงพื้นที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่างดิน	12
2.3 การเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ถูกรบกวนโครงสร้าง	13
2.4 การเก็บตัวอย่างดินแบบถูกรบกวนโครงสร้าง	13
2.5 การวิเคราะห์หาขนาดคละของเม็ดดิน	14
A) การเตรียมตัวอย่างดิน	
B) การนำตัวอย่างดินอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส	
C) เครื่อง Sieve Shaker	
2.6 การ Pipette analysis Test	14
2.7 A) แร่ตัวอย่างดินที่ ๘ ตำแหน่งให้อิมตัวด้วยน้ำ ก่อนทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่าน	15
B) การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่าน (Hydraulic conductivity)	15
2.8 A) ตัวอย่างแห้งดินที่แห้งนี้ เพื่อให้ดินอิมตัวด้วยน้ำ	16
B) การบรรจุตัวอย่างลงใน Pressure chamber	16
2.9 เครื่อง Pressure chamber และหน้าปัดที่ใช้ปรับความดันของเครื่อง	17
2.10 A) แสดงตัวอย่างดินที่ผสมกับสารละลายโซเดียมอาร์ซิเนทที่มีความเข้มข้นต่างๆ ในขวดบรรจุ	18
B) การบรรจุตัวอย่างลงในภาชนะก่อนเข้าเครื่องเขย่า	18
C) การนำกล่องใส่ตัวอย่างเข้าเครื่องเขย่า	18
2.11 A) การกรองสารละลายที่ได้หลังจากการเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง	18
B) กระดาษกรองเบอร์ 542	18
2.12 การหาค่าพีเอช (pH) ของตัวอย่างดินที่ ๘ ตำแหน่ง	18
3.1 แสดงการคัดขนาดของดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินที่ 1	19
3.2 ลักษณะของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009) ของตัวอย่างดินที่ 1	19
3.3 แสดงการคัดขนาดของดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินที่ 2	20
3.4 ลักษณะของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009) ของตัวอย่างดินที่ 2	20

รูปที่	หน้า
3.5 แสดงการคัดขนาดของดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินที่ 3	21
3.6 ลักษณะของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009) ของตัวอย่างดินที่ 3	21
3.7 แสดงการคัดขนาดของดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินที่ 4	22
3.8 ลักษณะของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009) ของตัวอย่างดินที่ 4	22
3.9 แสดงการคัดขนาดของดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินที่ 5	23
3.10 ลักษณะของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009) ของตัวอย่างดินที่ 5	23
3.11 แสดงการคัดขนาดของดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินที่ 6	24
3.12 ลักษณะของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009) ของตัวอย่างดินที่ 6	24
3.13 แสดงการคัดขนาดของดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินที่ 7	25
3.14 ลักษณะของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009) ของตัวอย่างดินที่ 7	25
3.15 แสดงการคัดขนาดของดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินที่ 8	26
3.16 ลักษณะของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009) ของตัวอย่างดินที่ 8	26
3.17 แสดงการคัดขนาดของดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินผสม	27
3.18 ลักษณะของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009) ของตัวอย่างดินผสม	27
3.19 แสดงการคัดขนาดของดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินทั้ง 8 ตัวอย่าง	28
3.20 แสดงประเภทของเนื้อดินทั้ง 8 ตัวอย่าง จำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009)	28

รูปที่	หน้า
3.21 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) และแท่งบอกความคลาดเคลื่อน (Error bar) ของดินตัวอย่างที่ 1 และดินตัวอย่างที่ 3	29
3.22 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) และแท่งบอกความคลาดเคลื่อน (Error bar) ของดินตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 4-8	29
3.23 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) และแท่งบอกความคลาดเคลื่อน (Error bar) ของตัวอย่างดินทั้ง 8 ตัวอย่าง	30
3.24 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 1	32
3.25 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 2	32
3.26 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 3	32
3.27 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 4	33
3.28 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 5	33
3.29 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 6	33
3.30 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 7	34
3.31 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 8	34
3.32 แสดงการดูดซับของสารหนูแบบ Linear Isotherm ของดินกลุ่มที่ 1	37
3.33 แสดงการคายตัวของสารหนูแบบ Freundlich Isotherm ของดินกลุ่มที่ 1	37
3.34 แสดงการคายตัวของสารหนูแบบ Langmuir Isotherm ของดินกลุ่มที่ 1	38
3.35 แสดงการคายตัวของสารหนูแบบ Linear Isotherm ของดินกลุ่มที่ 2	38
3.36 แสดงการคายตัวของสารหนูแบบ Freundlich Isotherm ของดินกลุ่มที่ 2	39
3.37 แสดงการคายตัวของสารหนูแบบ Langmuir Isotherm ของดินกลุ่มที่ 2	39
3.38 แสดงการเคลื่อนตัวของสารหนู (V) ผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในเวลา 1 ปี ของดินกลุ่มที่ 1	40

รูปที่	หน้า
3.39 แสดงการเคลื่อนตัวของสารหนู (V) ผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในเวลา 1 ปี ของดินกลุ่มที่ 2	41
3.40 แสดงการเคลื่อนตัวของสารหนู (V) ผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในเวลา 10 ปี ของดินกลุ่มที่ 1	41
3.41 แสดงการเคลื่อนตัวของสารหนู (V) ผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในเวลา 10 ปี ของดินกลุ่มที่ 2	42
ก.1 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 1	47
ก.2 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 2	47
ก.3 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 3	48
ก.4 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 4	48
ก.5 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 5	49
ก.6 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 6	49
ก.7 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 7	50
ก.8 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 8	51

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	จุดเก็บตัวอย่างตามระบบพิกัด UTM	12
3.1	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของความชื้นในดิน กับความดันของน้ำในดิน	31
3.2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินบริเวณศึกษาของแต่ละตัวอย่าง	35
3.3	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินกลุ่มที่ 1 และดินกลุ่มที่ 2	35
3.4	แสดงค่าความหนาแน่นรวม และค่าความพรุนของดิน	36
3.5	คุณสมบัติทางกายภาพของดินในพื้นที่ศึกษา	36
3.6	ค่าการเปรียบเทียบการดูดซับโดยใช้การทดลองแบบแบทช์	39
3.7	ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการสร้างแบบจำลอง HYDRUS-1D	40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มา และความสำคัญ

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์เรามีของที่หมดประโยชน์ใช้สอย ไม่มีคุณภาพหรือชำรุดแตกหักมากมาย สิ่งของเหล่านี้ไม่ว่าจะเป็นวัสดุชิ้นเล็ก ๆ เช่น เศษกระดาษ เศษอาหาร เศษผ้า แก้วแตก หลอดไฟที่เสียแล้ว หรือวัสดุชิ้นใหญ่ ๆ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ที่ชำรุดหักพังพังทลายที่ใช้การไม่ได้ เรียกว่า ขยะมูลฝอย ทั้งสิ้น ปรากฏขยะมูลฝอยได้ตามบ้านเรือนที่พักอาศัย ร้านค้า ตลาด โรงเรียน โรงพยาบาล ตามท้องถนน และในแม่น้ำ ลำคลองทั่วไป

ของเสียที่ไม่เป็นอันตราย ที่มีแหล่งกำเนิดมาจากชุมชน จะประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร เศษหนัง เศษกระดาษ สารอนินทรีย์ เช่น เศษแก้ว เศษโลหะ เศษวัสดุก่อสร้าง ตัวอย่างของเสียอันตรายจากชุมชน ได้แก่ ถ่านไฟฉายหมดอายุ กระป๋องสารปราบศัตรูพืช ยาหมดอายุ หลอดไฟหมดอายุ หรือชำรุดแล้ว แบตเตอรี่หมดอายุ ไทเทเนียม วิทยุ น้ำมันเครื่องเก่า น้ำมันล้างอัดรูป นอกจากนั้น ของเสียอันตรายจากชุมชนอีกประเภทหนึ่งที่ต้องมีการจัดการเฉพาะ ได้แก่ ของเสียจากโรงพยาบาลเนื่องจากเป็นของเสียที่เป็นแหล่งแพร่เชื้อ อโรคยาศาสตร์ต่าง ๆ สุ่มมนุษย์ ได้อย่างมาก ตัวอย่างของเสียจากโรงพยาบาล ได้แก่ เข็มและกระบอกฉีดยา สำลี พลาสเตอร์ สายยางให้อาหาร สายสวนปัสสาวะ-อุจจาระ สายน้ำเกลือ สายดูดเสมหะ ชี้นี้ วัสดุต่าง ๆ เสมหะ เลือด น้ำในช่องท้อง น้ำในไขสันหลัง เป็นต้น

ทุกวันนี้ คนไทยกว่า 60 ล้านคน สามารถสร้างปริมาณขยะได้มากถึง 14 ล้านตันต่อปี การฝังกลบเป็นวิธีที่นิยมและเหมาะสมที่สุดในการกำจัดขยะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนา เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่มากและการดำเนินการไม่ยุ่งยากนัก ทำให้มีปัญหาด้านการจัดการน้ำชะขยะตามมา จึงทำให้เกิดปัญหาของการไหลซึมของน้ำชะขยะออกไปนอกบริเวณฝังกลบจะทำให้สารมลพิษชนิดต่างๆ จากน้ำชะขยะ เช่น อินทรีย์สาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โลหะหนัก รวมทั้งเชื้อโรคต่าง ๆ แพร่ออกไปสู่แหล่งน้ำ ธรรมชาติได้โดยง่ายผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากการฝังกลบขยะ มักจะส่งผลโดยตรงแก่ชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงหรือเป็นทางผ่านของสถานที่ฝังกลบขยะ สำหรับประเทศไทยการกำจัดขยะมูลฝอยโดยการฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะนี้ (Sanitary Landfill) เริ่มเข้ามามีบทบาทในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ซึ่งในอดีตเป็นแบบเทกอง (Open dump) เท่านั้น โดยในปัจจุบันพบว่าบริเวณที่มีกากของเสียพวกที่มีสารโลหะหนักมาก ได้แก่ แขวงแสมดำ บางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง จังหวัดสระบุรี และจังหวัดราชบุรี

การกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนที่ไม่ถูกสุขลักษณะขาดการวางแผนหรือจัดเตรียมมาตรการป้องกันการปนเปื้อนของน้ำชะขยะมูลฝอย ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกสูงย่อมก่อให้เกิดปัญหาหรือความเสี่ยงของการปนเปื้อนของน้ำชะขยะมูลฝอยที่ไหลซึมผ่านชั้นดินลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ทำให้คุณภาพของน้ำต่ำกว่ามาตรฐานของการใช้ประโยชน์ซึ่งการดำเนินงานที่ผ่านมาของเทศบาลและ

หน่วยงานต่างๆที่รับผิดชอบในการกำจัดขยะมูลฝอยยังขาดการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินที่เป็นระบบ และถูกหลักวิชาการ จึงทำให้ไม่สามารถประเมินผลกระทบ และความรุนแรงของปัญหาการปนเปื้อนของน้ำชะขยะมูลฝอยทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ระหนักถึงพิษของโลหะสารหนูซึ่งสารหนูพบได้ทั่วไปในสารประกอบแร่ธาตุในรูปของสารประกอบเช่น เลดอาร์ซีเนต (lead arsenate), แคลเซียมอาร์ซีเนต (calcium arsenate), คอปเปอร์อาร์ซีเนต (copper arsenate หรือ paris green), คอปเปอร์อาร์ซีไนท์ (copper arsenite) และ ไดโซเดียมเมทิลอาร์ซีเนต (disodium methyl arsenate), พืชผักผลไม้, ใบยาสูบที่ปนสารฆ่าแมลงพวกมีสารหนูจึงอาจมีสารหนูเป็นพิษตกค้างอยู่ได้ปริมาณสารหนูที่คนกินแล้วเป็นพิษถึงขั้นเสียชีวิตอยู่ในช่วง 1.5 mg (arsenic trioxide) ต่อน้ำหนักตัว 1 kg ถึง 500 mg (Diethyl arsenic acid) ต่อน้ำหนักตัว 1 kg โดยจะเกิดอาการพิษเฉียบพลันคือ อาเจียน ท้องเสีย ปวดท้อง กล้ามเนื้อ อเกร็ง อาการแทรกซ้อนเกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ และเสียชีวิตจากการทำงานล้มเหลวของหัวใจ ถ้าได้รับสารหนูในระดับเกินค่ามาตรฐาน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจเกิดอาการเป็นพิษสารหนูเรื้อรัง ได้แก่ ผิวหนังเปลี่ยนสีเป็นจุดสีน้ำตาลกระดำกระด่าง และมีผิวดำ

พื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตภาคตะวันออกที่มีการขยายตัวของชุมชนค่อนข้างมากเนื่องจากเป็นศูนย์กลางความเจริญ ทั้งด้านอุตสาหกรรม การค้า และการท่องเที่ยวส่งผลให้มีประชากรจากต่างถิ่นอพยพเข้ามาทำงานในเขตอุตสาหกรรมต่างๆที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในจังหวัดชลบุรีทำให้มีอัตราการผลิตขยะมูลฝอยออกมาเป็นจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากการใช้ชีวิตประจำวันของประชาชนในพื้นที่ โดยหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการรับผิดชอบในการเก็บขนขยะไปกำจัด คือ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งได้แก่เทศบาล และ/หรือองค์การบริหารส่วนตำบลซึ่งสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยของหน่วยงานท้องถิ่นแต่ละพื้นที่มีระบบการกำจัดขยะมูลฝอยที่แตกต่างกัน บางแห่งมีการกำจัดขยะมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล แต่ก็มีองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นอีกหลายแห่งที่มีการกำจัดขยะมูลฝอยอย่างไม่ถูกหลักสุขาภิบาลส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมโดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาเป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบเทศบาลตำบลแหลมฉบัง ตั้งอยู่ที่ บ้านเนินกระบกตำบลบึง อำเภอสัตหีบ จ.ชลบุรี มีพื้นที่ 238 ไร่ ใช้ไปแล้วประมาณ 45 ไร่ คาดว่าจะสามารถรองรับขยะมูลฝอยได้ถึงปี พ.ศ. 2562 สภาพแวดล้อมโดยรอบส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีแหล่งน้ำสาธารณะใกล้เคียงบริเวณพื้นที่ฝังกลบเพียง 20 เมตร และมีชุมชนจำนวน 100 หลังคาเรือนอยู่ห่างพื้นที่กำจัดประมาณ 4 กิโลเมตร สภาพทั่วไปเป็นดินดอนติดแหล่งน้ำ ดังนั้นเมื่อเกิดการรั่วซึมของน้ำชะขยะจึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยส่วนใหญ่เป็นของเสียพวกขยะจากอาคารบ้านเรือน ที่พักอาศัย ขยะจากกิจกรรมภาคอุตสาหกรรม กากสารเคมีมีพิษ และสารประกอบที่มีโลหะหนักต่างๆ ขยะจากกิจกรรมภาคการเกษตร เศษภาชนะที่ใช้บรรจุสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช จากข้อมูลเบื้องต้นพื้นที่บริเวณนี้มีโอกาสเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนักในชั้นน้ำบาดาล ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนตัวของโลหะหนักผ่านชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง การ

ประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายการกระจายตัวที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจึงเห็นทางเลือกหนึ่งในการประเมินความเสี่ยงของการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ต่าง ๆ การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติการดูดซับของสารหนูในดินบริเวณดังกล่าวตลอดจนจำลองการเคลื่อนตัวของสารหนูในดินชั้นที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ เพื่อคาดการณ์โอกาสในการปนเปื้อนในอนาคต

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Merdy และ คณะ (2009) ได้ศึกษาการดูดซับการปนเปื้อนโลหะหนักของดินทรายในระยะยาว (long - term) ของน้ำเสียบริเวณพื้นที่ชลประทานโดยใช้เทคนิค Batch equilibrium ในดินทรายและได้นำดินทรายมาตรวจวัดการดูดซับของทองแดง โคโรเนียม และตะกั่ว ที่ค่าพีเอช (pH) ต่างๆกัน ที่ Ionic strength เท่ากับ 0.01 M โดยทดลองที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

Fonseca และ คณะ (2009) ได้ศึกษาและประเมินค่าการดูดซับของโลหะหนักสองตัวคือ โคโรเนียม และ ตะกั่วในดินทรายปนร่วน (loamy sand) โดยใช้สารละลายของโลหะทั้งสองที่ความเข้มข้น 50 mg/L และ 200 mg/L ค่าพีเอช (pH) เท่ากับ 2 และ 5 ในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง และ 288 ชั่วโมง ตามลำดับ และนำแบบการทดลองของ Redlich-Peterson และแบบจำลองของ Khan model มาใช้ในการศึกษา พบว่าการดูดซับของตะกั่วขึ้นไปอย่างรวดเร็ว และมากกว่าโคโรเนียม

Kasassi และ คณะ (2008) ได้ศึกษาตัวอย่างดินจากหลุมฝังกลบแบบปิด (closed unlined landfill) ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณโลหะหนัก โดยการเจาะสำรวจที่ความลึกต่างๆกัน (2.5-17.5 m) แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) เพื่อหาแคดเมียม โคโรเนียม ทองแดง นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าปริมาณของโลหะมีค่าแตกต่างกันในช่วงกว้าง โดยแคดเมียมมีค่าประมาณ 0.50-18.75 mg/kg โคโรเนียมประมาณ 3.88-171.88 mg/kg ทองแดงประมาณ 8.13-356.25 mg/kg นิกเกิลประมาณ 5.63-63.75 mg/kg ตะกั่วประมาณ 2.50-92.50 mg/kg และสังกะสีประมาณ 6.38-343.75 mg/kg

Griff และ คณะ (2007) ได้นำโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ HYDRUS-1D มาใช้ในการจำลองการชะล้างของแคดเมียม และสังกะสี ในบริเวณดินชั้นที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วง ปี ค.ศ. 1888 ถึง ปัจจุบัน และ ปัจจุบัน ถึงปี ค.ศ. 2050 ซึ่งในช่วงแรกจะเป็นการศึกษาเส้นโค้งของ historic model และในช่วงที่สองเป็นการศึกษาเพื่อคาดการณ์ และเพื่อประเมินความอ่อนไหว มีการพัฒนาเส้นโค้งของสังกะสีและแคดเมียมจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์

Martinez และ คณะ (2006) ได้หาค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับ (Sorption coefficient or distribution coefficient) ของสังกะสี (Zn) ใน loess sediments ของชั้นน้ำ Pampeano aquifer โดยใช้การทดลองแบบแบทช์ (batch experiments) และทำการประยุกต์ค่าดังกล่าวโดยการจำลองการเคลื่อนตัวของสังกะสี (Zn) ของพื้นที่ฝังกลบขยะ (landfill) โดยใช้โปรแกรม Visual Modflow ซึ่งสามารถจำลองการเคลื่อนตัวของสังกะสี (Zn) ได้ จึงทำให้ทราบขอบเขตของการปนเปื้อนสังกะสี (Zn) ได้จากพื้นที่ฝังกลบขยะ โดยใช้ $ZnCl_2$

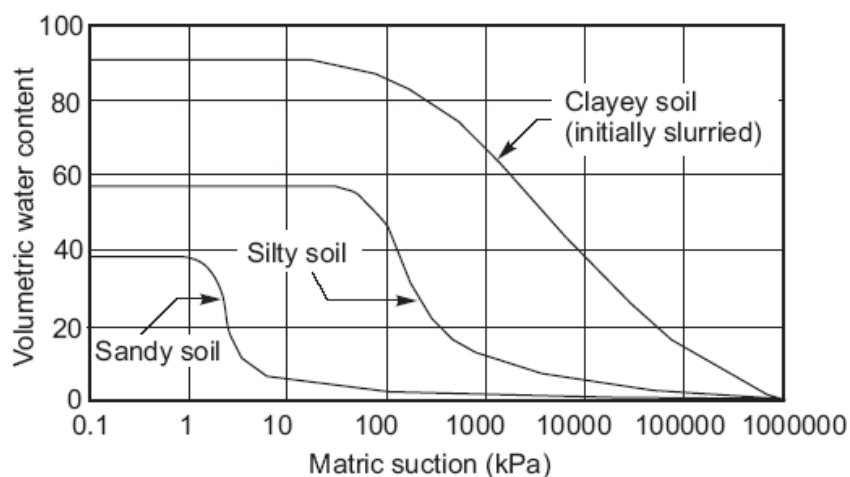
ที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 0, 5, 20, 50, 100 และ 250 ppm โดยใช้สัดส่วนของ soil : water เท่ากับ 1:10 ใช้ ตะกอน 30 กรัม ต่อสารละลาย 300 มิลลิลิตร โดยได้ค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับแบบ Freundlich ซึ่งมีค่า $K_F = 300.97 \text{ ml g}^{-1}$ และ $b = 0.3961$ ผลการศึกษาพบว่า สังกะสี (Zn) สามารถกระจายตัวได้ไม่เกิน 500 เมตร จากพื้นที่ฝังกลบขยะ

Ross (1985) ศึกษาพื้นที่หลุมฝังกลบขยะในชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งเป็นชั้นที่สำคัญของการศึกษาเพราะอยู่ระหว่างชั้นของเสียอันตรายและระดับน้ำใต้ดิน ความเข้าใจทางกลศาสตร์และอัตราการเคลื่อนตัวของของสารละลายในตะกอนมีความสำคัญต่อการป้องกันการปนเปื้อนชั้นน้ำใต้ดินรวมไปถึงการฟื้นฟูการปนเปื้อนที่ต้องใช้เวลาและประสบการณ์

1.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 ความสัมพันธ์ของความชื้น ในดินกับความดันของน้ำในดิน (Soil Water Characteristic Curve)

Soil Water Characteristic Curve (SWCC) เป็นกราฟที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของปริมาณความชื้นในดิน (Volumetric Water Content) คิดเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรกับค่าความดัน ภายใต้ภาวะสมดุล (รูปที่ 1.1) ความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำ ในดินเป็นสมบัติที่สำคัญของดิน ที่แสดงถึงการกระจายตัวของช่องว่างภายในดินซึ่งจะขึ้นกับลักษณะของเนื้อดินและโครงสร้างของดินและปริมาณอินทรีย์สารในดิน (Organic matter) นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับสมบัติทางกลศาสตร์ที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองการไหลของน้ำ รวมถึงนำมาประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์พฤติกรรมของน้ำ ภายในช่องว่างของดิน ลักษณะของความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำ ในดินมีความแตกต่างกันตามลักษณะของเนื้อดินซึ่งมีผลต่อค่าความพรุนของดินรวมถึงการกระจายตัวของรูพรุนที่แตกต่างกัน



รูปที่ 1.1 Soil Water Characteristic Curve ของ Sand Silt และ Clay (Fredlund and Xing, 1994)

สมการที่นำมาใช้อธิบายความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดินได้แก่

1. van Genuchten Equation (VG)

$$\phi = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left[\frac{1}{1 + (\alpha h_m)^n} \right]^m$$

- ϕ คือ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในตัวอย่างที่นำมาทดลอง
- θ คือ ปริมาณความชื้นในตัวอย่างที่นำมาทดลอง (cm^3/cm^3)
- θ_r คือ ปริมาณความชื้นที่ตกค้างอยู่ในตัวอย่างที่นำมาทดลอง (cm^3/cm^3)
- θ_s คือ ปริมาณความชื้นอิ่มตัวตามธรรมชาติ (cm^3/cm^3)
- h_m คือ ความดันที่วัดจากเครื่องวัด (- m)
- m, n คือ ตัวเลขปรับรูปแบบความสัมพันธ์ของ soil Water characteristic curve โดยมีความสัมพันธ์ $m = 1 - \frac{1}{n}$

2. Brooks and Corey Constitution (BC)

$$\phi = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left[\frac{h_{m,a}}{h_m} \right]^{2\lambda} \quad \text{for } h_m < h_{m,a}$$

$$\phi = \frac{\theta}{\theta_s} = 1 \quad \text{for } h_m \geq h_{m,a}$$

- ϕ คือ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในตัวอย่างที่นำมาทดลอง
- θ คือ ปริมาณความชื้นในตัวอย่างที่นำมาทดลอง (cm^3/cm^3)
- θ_r คือ ปริมาณความชื้นที่ตกค้างอยู่ในตัวอย่างที่นำมาทดลอง (cm^3/cm^3)
- θ_s คือ ปริมาณความชื้นอิ่มตัวตามธรรมชาติ (cm^3/cm^3)
- h_m คือ ความดันที่วัดจากเครื่องวัด (- m)
- $h_{m,a}$ คือ ความดันของอากาศ (- m)
- λ คือ ตัวเลขดัชนีของการกระจายของรูพรุน

1.3.2 การดูดซับ (Adsorption)

การดูดซับมีผลต่อการเคลื่อนตัวและการสลายตัวของโลหะหนัก การดูดซับเป็นปฏิกิริยาของแรงที่บริเวณผิวของตัวดูดซับ(adsorbate, x) ทำให้โมเลกุลของสารเหล่านั้น ถูกยึดไว้โดยกลไกหลายกลไก เช่น แรง Van der Waals การแลกเปลี่ยนไอออนทั้งไอออนบวก และ ไอออนลบ และการเกิดพันธะไฮโดรเจน เป็นต้น โดยสมบัติการดูดซับของดินสามารถหาได้โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับ (sorption coefficient, K_d) ซึ่งสามารถหาได้จากการทดลอง

1. สมการการดูดซับของฟรอนด์ริช (Freundlich adsorption isotherm) ใช้อธิบายไอโซเทอมของการดูดซับภายใต้สมมติฐานที่ว่าพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเป็นแบบวิวิธพันธ์ (heterogeneous adsorption surface) พื้นที่ผิวไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอดมีรูปแบบของสมการเป็นดังนี้

$$q = K_f C^{1/n} \quad \text{----- (1)}$$

เมื่อ K_f และ n เป็นค่าคงที่ของฟรอนด์ริช (freundlich constant) ของแต่ละระบบที่กำลังศึกษาหรือทดลอง และ n ใช้อธิบายลักษณะเส้นกราฟไอโซเทอมของการดูดซับโดยทั่วไป n จะมีความมากกว่าหนึ่ง เมื่อจัดรูปสมการที่ (1) ให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรง โดยใส่ลอการิทึมที่ทั้งสองข้างของสมการจะได้

$$\log q = \log K_f + \frac{1}{n} \log C \quad \text{----- (2)}$$

เมื่อ q คือ ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับ (ความสามารถการดูดซับ) (มิลลิกรัม/กรัม) K_f คือ ค่าคงที่การดูดซับ $\frac{1}{n}$ คือ ความชันของกราฟ, C คือ ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัม/กรัม)

2. สมการการดูดซับของแลงเมียร์ (langmuir adsorption isotherm) มีข้อกำหนดว่า พื้นที่ผิวบนตัวดูดซับเป็นแบบเดียวกันหมด (homogeneous adsorption surface) มีกลไกการดูดซับเหมือนกันการดูดซับของตัวถูกดูดซับบนพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเป็นแบบชั้น เดี่ยวทุกสมดุลการดูดซับ ถือว่าการดูดซับได้มากที่สุดเท่ากับหนึ่งรูปแบบของสมการแลงเมียร์ จะต้องมีค่าปริมาณตัวถูกดูดซับที่ดูดซับได้มากที่สุดต่อปริมาณตัวดูดซับ แทนด้วย Q_m ซึ่งจะได้สมการดังนี้

$$q = \frac{Q_m bC}{1+bC} \quad \text{----- (3)}$$

เมื่อจัดรูปสมการที่ (3) ให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรง จะได้

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{bQ_m C} + \frac{1}{Q_m} \text{----- (4)}$$

เมื่อ q คือ ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับ (ความสามารถการดูดซับ) (มิลลิกรัม/กรัม) Q_m คือ ความสามารถสูงสุดในการดูดซับ (มิลลิกรัม/กรัม), b คือ ค่าคงที่การดูดซับ, C คือ ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัม/ลิตร) และเมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{1}{q}$ กับ $\frac{1}{C}$ จะได้กราฟเส้นตรงมีค่าความชันเท่ากับ $\frac{1}{bQ_m}$ และจุดตัดเท่ากับ $\frac{1}{Q_m}$

1.3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (HYDRUS-1D)

เป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำ ความร้อน และสารละลายใน Variably-saturate media ใน 1 มิติ

1.4 นิยามปัญหา

พฤติกรรมดูดซับและการเคลื่อนตัวของสารหนูในดินชั้นที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ บริเวณหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแหลมฉบังอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มีลักษณะเป็นอย่างไร

1.5 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาสมบัติการดูดซับของสารหนูในดินชั้นที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (unsaturated zone)
2. เพื่อคาดการณ์การเคลื่อนตัวของสารหนูในดินชั้นที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (HYDROUS-1D)

1.6 สมมติฐานการวิจัย

สมบัติและความสามารถในการดูดซับของดินในบริเวณพื้นที่ศึกษามีผลต่อการเคลื่อนตัวของสารหนู

1.7 พื้นที่ศึกษา

ศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบเทศบาลตำบลแหลมฉบัง ตั้งอยู่ที่บ้านเนินกระบก ตำบลบึง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ 238 ไร่



รูปที่ 1.2 ภาพถ่ายทางอากาศพื้นที่ศึกษาและบริเวณโดยรอบ

1.8 ขอบเขตของการศึกษา

1. ตัวอย่างดินจากศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบเทศบาลตำบลแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
2. เลือกใช้โลหะหนักสารหนู (V)
3. วิเคราะห์ขนาดและจำแนกอนุภาคเม็ดดินโดยวิธีการ Sieve Analysis และ Pipette Analysis Test
4. หาความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดินโดยใช้วิธี pressure extraction
5. ทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับโดยกำหนดให้ contact time เท่ากับ 24 ชั่วโมง

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยครั้งนี้

1. อธิบายพฤติกรรมการดูดซับและสารเคลื่อนตัวของสารหนูผ่านดินที่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้น (unsaturated zone) ได้บริเวณที่ศึกษา
2. สามารถคาดการณ์และประเมินความรุนแรงของการปนเปื้อนของสารหนูผ่านดินที่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้น (unsaturated zone) ได้บริเวณที่ศึกษาในอนาคตได้

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

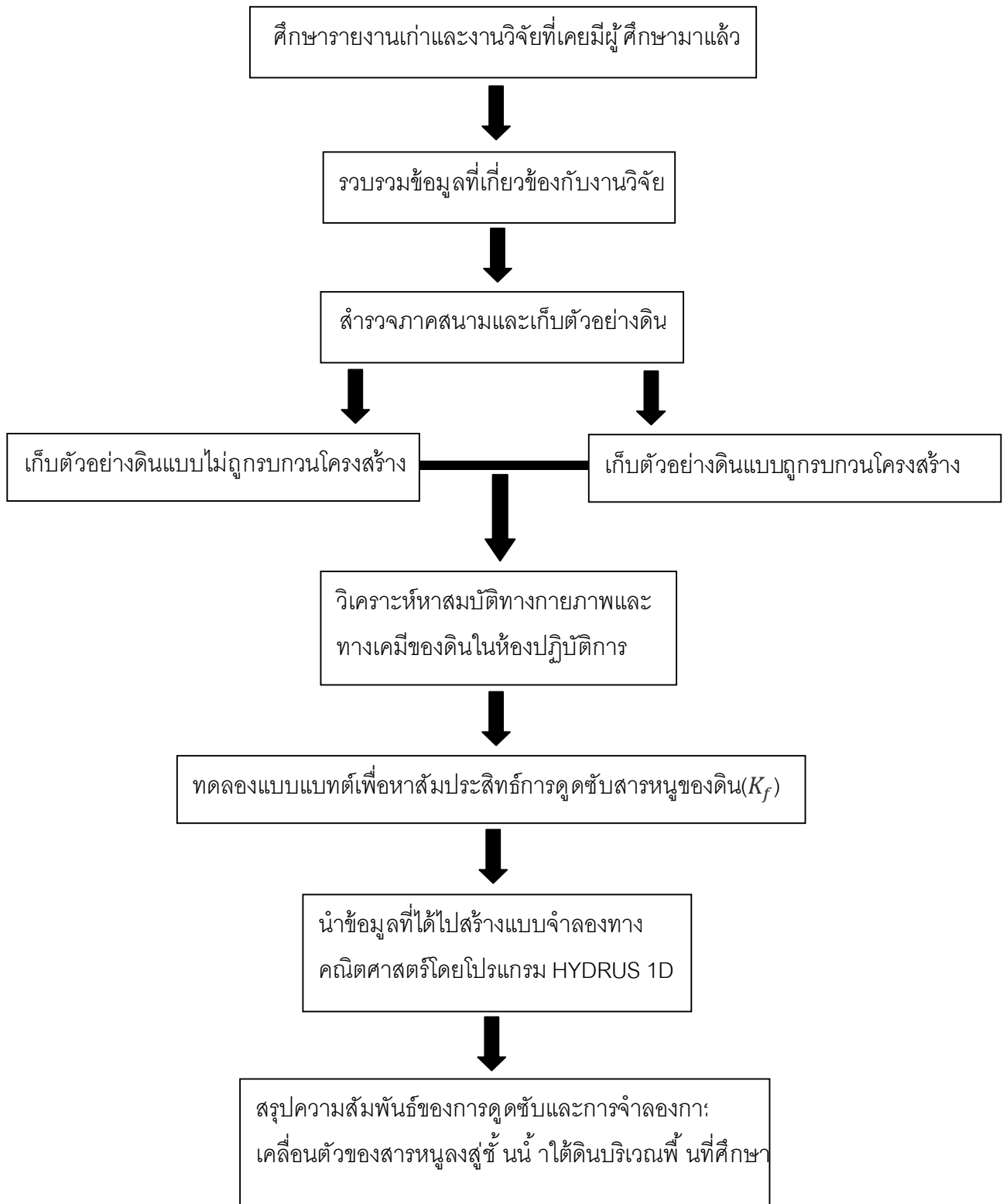
2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลศึกษาเบื้องต้น
 - 1.1 ศึกษารายงานและการวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้ว
 - 1.2 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากรายงานเก่าแล้วนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยที่จะทำการศึกษา
- 2) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา
 - 2.1 เก็บตัวอย่างดินมาศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยทำการเก็บดินแบบไม่ถูกรบกวนโครงสร้าง (Undisturbed samples) และแบบถูกรบกวนโครงสร้าง (Disturbed samples)
- 3) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของดินในห้องปฏิบัติ
 - 3.1 นำตัวอย่างดินที่เก็บแบบถูกรบกวนโครงสร้างมาหาประเภทของเนื้อดินในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี sieve analysis โดยใช้ตะแกรงร่อนเบอร์ 4, 10, 35, 60 และ 230 และ Pipette analysis Test เพื่อทำการสร้างกราฟแสดงการกระจายขนาดของเม็ดดิน (Grain size distribution curve)
 - 3.2 นำตัวอย่างดินที่เก็บแบบไม่ถูกรบกวนโครงสร้างมาหาค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่านค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) และค่าความพรุนของดิน โดยทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการ ปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร
 - 3.3 นำตัวอย่างดินที่เก็บแบบไม่ถูกรบกวนโครงสร้างหาความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำ ในดิน (soil water characteristics curve) ด้วยวิธี Pressure extraction ซึ่งกำหนดให้ค่า pF เท่ากับ 1.0, 1.5, 1.7, 2.0, 2.5, 3.0 และ 4.2 kPa ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการ ปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร โดยใช้เครื่อง Pressure chamber
- 4) ศึกษาลักษณะทางเคมีของดิน (ใช้ตัวอย่างดินที่เก็บแบบถูกรบกวนโครงสร้าง)
 - 4.1 วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) และค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Cation Exchange Capacity; CEC) (ส่งวิเคราะห์ที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
 - 4.2 หาค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับของสารหนู (V) โดยทำการทดลองแบบแบทช์ (batch experiment) โดยทำการเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง
 - 4.3 วัดค่าพีเอช (pH) โดยวัดก่อนทำการทดลอง
- 5) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาคสนามและจากห้องปฏิบัติการ
 - 5.1 รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเพื่อเป็นตัวแปรในการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม HYDRUS-1D

6) สรุปและเตรียมเสนองานวิจัย

- 6.1 สรุปความสัมพันธ์ของการดูซ้ำและการจำลองการเคลื่อนตัวของสารหนูลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน บริเวณพื้นที่หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
- 6.2 เตรียมเสนอผลงานโดยการจัดเตรียมข้อมูลที่จะนำไปเสนอให้พร้อม จัดทำสื่อที่จะนำเสนอให้เหมาะสม
- 6.3 ส่งผลงานการวิจัย จัดทำเป็นรูปเล่มให้เหมาะสม และส่งตามกำหนดเวลาที่วางไว้

ระเบียบวิธีวิจัย

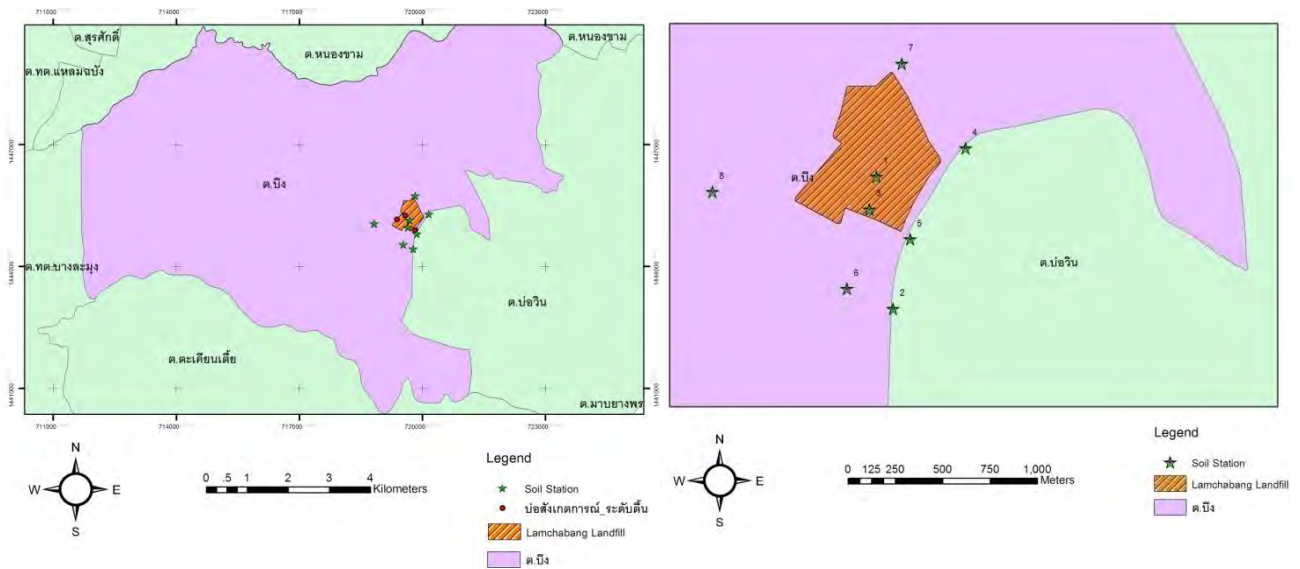


รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการศึกษา

2.2 การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.2.1 การเก็บตัวอย่างดิน

จากการเตรียมข้อมูลก่อนการออกภาคสนาม ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ต้องทำการเก็บตัวอย่างดินให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาและบริเวณโดยรอบ เนื่องจากตัวอย่างดินจะต้องเป็นตัวแทนของดินในพื้นที่ จึงสามารถประเมินความรุนแรงของการปนเปื้อนของสารหนูลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินในอนาคตได้



รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาและจุดเก็บตัวอย่างดิน

ตารางที่ 2.1 จุดเก็บตัวอย่างตามระบบพิกัด UTM

(Universal Transverse Mercator)

ตำแหน่ง	ละติจูด	ลองจิจูด
1	719700	1445140
2	719787	1444438
3	719662	1444966
4	720170	1445291
5	719878	1444807
6	719544	1444544
7	719834	1445741
8	718835	1445059

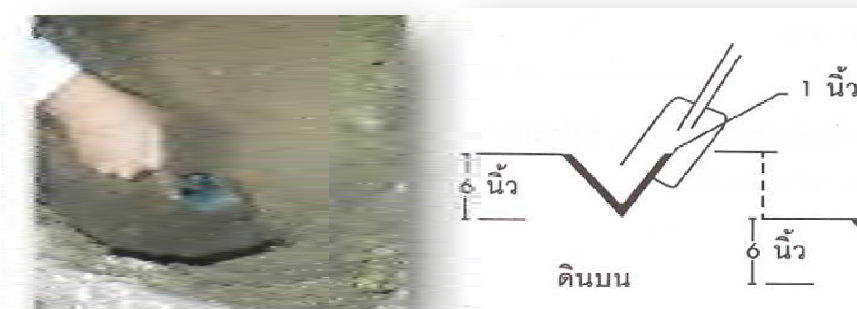
จากการออกภาคสนามได้เก็บตัวอย่างดิน 2 วิธี คือ เก็บแบบคงสภาพ (Undisturbed samples) และแบบแปรสภาพ (Disturbed samples) โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) การเก็บแบบคงสภาพ คือการเก็บตัวอย่างดินที่เป็นแท่ง (core) เพื่อรักษาหรือคงสภาพของดินให้เหมือนกับดินที่อยู่ในภาคสนามให้มากที่สุด โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตรจากผิวดินเก็บตัวอย่างทั้งหมด 7 ตำแหน่งตำแหน่งละ 3 ตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่านค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) ค่าความพรุนของดิน (porosity) และความสัมพันธ์ของความชื้นในดิน กับความดันของน้ำ ในดิน (soil water characteristics curve) โดยใช้วิธี Pressure extraction



รูปที่ 2.3 การเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ถูกรบกวนโครงสร้าง

2) การเก็บแบบแปรสภาพ คือการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้เสียมหรือพลั่วขุดดินเป็นรูปตัว (V) ให้มีความลึก 6 นิ้ว ส่วนที่เป็นตัววีนี้ให้ทิ้งไป จากนั้นใช้เสียมแซะขอบด้านหนึ่งของตัว V ให้มีความหนาประมาณ 1 นิ้ว (รูปที่ 2.4) ตัวอย่างดินที่เก็บจากวิธีนี้นำไปวิเคราะห์หาประเภทของเนื้อดินและลักษณะทางเคมีของดิน



รูปที่ 2.4 การเก็บตัวอย่างดินแบบถูกรบกวนโครงสร้าง

2.2.2 การทดลองหาขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution)

ผลการทดลองหาประเภทเนื้อดินในห้องปฏิบัติการ โดยการทำให้ Sieve Analysis Test โดยใช้ตะแกรงร่อนเบอร์ 4 10 35 60 และ 230 และ Pipette analysis Test เพื่อทำการสร้าง Grain size distribution curve โดยขนาดของดินในทุกตำแหน่งเป็นทราย (sand) ทั้งหมด



รูปที่ 2.5 การวิเคราะห์หาขนาดคละของเม็ดดิน

- A) การเตรียมตัวอย่างดิน
- B) การนำตัวอย่างดินอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
- C) เครื่อง Sieve Shaker

Pipette Analysis Test



รูปที่ 2.6 การ Pipette analysis Test

2.2.3 การทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่าน(Hydraulic conductivity)

การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่าน(K) โดยใช้วิธี constant-head สามารถทำได้โดยใช้ตัวอย่างที่ทำการเก็บแบบคงสภาพในภาคสนามมาหาค่าดังสมการ

$$K = 0.30122 \times \log \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \times \left(\frac{\mu_t}{t} \right) \times 36,000$$

K มีหน่วยเป็น mm/hr

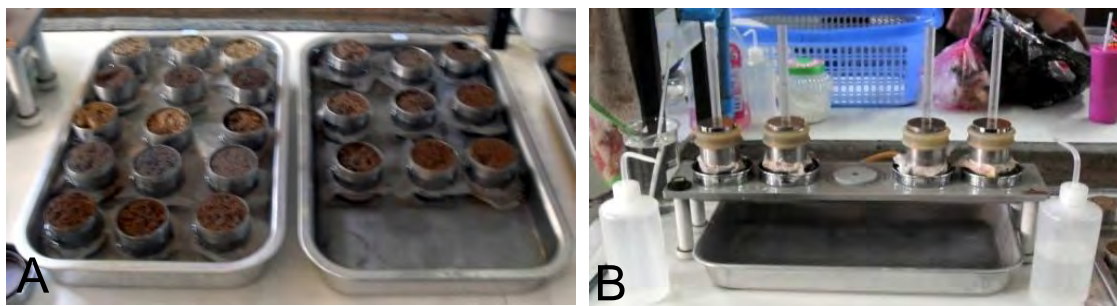
เมื่อ 0.30122 เป็นค่าคงตัว

h_1 = ค่าความสูงของน้ำ ที่ไหลจากจุดเริ่มต้นจนถึงด้านล่างของกระบอกโลหะมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

h_2 = ค่าความสูงของน้ำ ที่ไหลจากจุดสุดท้ายถึงด้านล่างของกระบอกโลหะมีหน่วยเป็น เซนติเมตร

μ_t = ค่าความหนืดของน้ำ (Viscosity) ตามอุณหภูมิของน้ำ ที่วัดไว้

t = เวลาที่น้ำ ไหลผ่านดิน มีหน่วยเป็นวินาที



รูปที่ 2.7 A) แซ่ตัวอย่างดินที่ 8 ตำแหน่งให้อิ่มตัวด้วยน้ำ าก่อนทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่าน

B) การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่าน(Hydraulic conductivity)

2.2.4 การทดลองหาค่าความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดิน (soil water characteristics curve)

การทดลองหาค่าความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำ ในดิน (soil water characteristics curve) ใช้วิธี Pressure extraction โดยการเก็บข้อมูลความชื้นในดินที่เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของความดันที่เพิ่มขึ้นทำการเก็บข้อมูลสัปดาห์ละ 1 ครั้งเพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ของความชื้นในดิน กับความดันของน้ำในดินภายใต้การกระจายตัวและประเภทของดินแต่ละตัวอย่างโดยทำการเปรียบเทียบค่าจากการทดลองกับค่าจากสมการของ Van Genuchten Equation (VG) และ Brooks and

Corey Constitution (BC) เพื่อทำการเลือกสมการที่เหมาะสมในการนำมาอธิบายความสัมพันธ์ของ ความชื้นในดิน กับความดันของน้ำ ในดินของพื้นที่ศึกษา โดยทำการทดลองดังต่อไปนี้คือ

- 1) นำตัวอย่างดินที่เก็บแบบคงสภาพมาทำการทดลอง โดยใช้กระดาษกรองและผ้าขาวบางปิดด้านล่างของ กระบอก และใช้หนังสือรัดไว้ และนำตัวอย่างไปทำการแช่น้ำ เพื่อให้ตัวอย่างอิมตัวด้วยน้ำ ดังรูปที่ 2.7(A)
- 2) นำตัวอย่างที่อิมตัวด้วยน้ำแล้วไปทำการชั่งน้ำหนักเก็บไว้ หลังจากนั้นนำตัวอย่างบรรจุลงในเครื่อง Pressure chamber และทำการตั้งความดันที่ต้องการ รอให้ความดันและปริมาณน้ำ ในดินถึงจุดสมดุล (ใช้ เวลาประมาณ 1 อาทิตย์ต่อ 1 ค่าความดัน) สังเกตได้จากนี้ จะหยุดไหลออกจากท่อสายยางที่ต่อออกมา จากภายในเครื่อง Pressure chamber
- 3) เมื่อความดันและปริมาณน้ำ ในดินถึงจุดสมดุลแล้วให้นำตัวอย่างออกมาชั่งน้ำหนัก เพื่อทำการหาค่า Water content จากนั้นนำตัวอย่างดินเข้าเครื่อง Pressure chamber เพื่อทำการเปลี่ยนความดันจุดต่อไป
- 4) เมื่อเก็บน้ำหนักของตัวอย่างในทุกความดันที่กำหนดหมดแล้ว นำตัวอย่างไปทำการอบที่อุณหภูมิ 105°C จนน้ำ ในตัวอย่างระเหยออกไปหมด จากนั้นนำตัวอย่างไปทำการชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักแห้งของดิน และ ทำการคำนวณหาค่าปริมาณน้ำ ในดิน (water content)

$$\text{ค่าปริมาณน้ำ ในดิน} = \frac{\text{น้ำหนักของดิน} - \text{น้ำหนักของดินที่อบแห้ง}}{100}$$

- 5) ทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำ ในดินโดยแสดงค่าความดัน (Suction pressure head, cm) ในแกนนอน (log scale) กับ ค่าปริมาณน้ำ ในดิน ในแกนตั้ง



รูปที่ 2.8 A) ตัวอย่างแบ่งดินที่แช่น้ำ เพื่อให้ดินอิมตัวด้วยน้ำ

B) การบรรจุตัวอย่างลงใน Pressure chamber



รูปที่ 2.9 เครื่อง Pressure chamber และหน้าปัดที่ใช้ปรับความดันของเครื่อง

2.2.5 การคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) และค่าความพรุนของดิน (porosity)

การหาค่าความหนาแน่นรวม และค่าความพรุนของดินสามารถหาได้จากการนำตัวอย่างดินที่ทำการเก็บแบบคงสภาพไปทำการหาค่า น้ำหนักแห้งของดิน โดยดินตัวอย่างที่มีการเก็บแบบคงสภาพจะมีปริมาตรของดินที่คงตัวคือ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

$$\text{ความหนาแน่นรวมของดิน} = \frac{\text{น้ำ หนักของดินที่อบแห้ง}}{\text{ปริมาตรของดิน}}$$

$$\text{ความพรุนของดิน} = \left[\frac{1 - \text{ความหนาแน่นรวม}}{\text{ความหนาแน่นอนุภาค}} \times 100 \right]$$

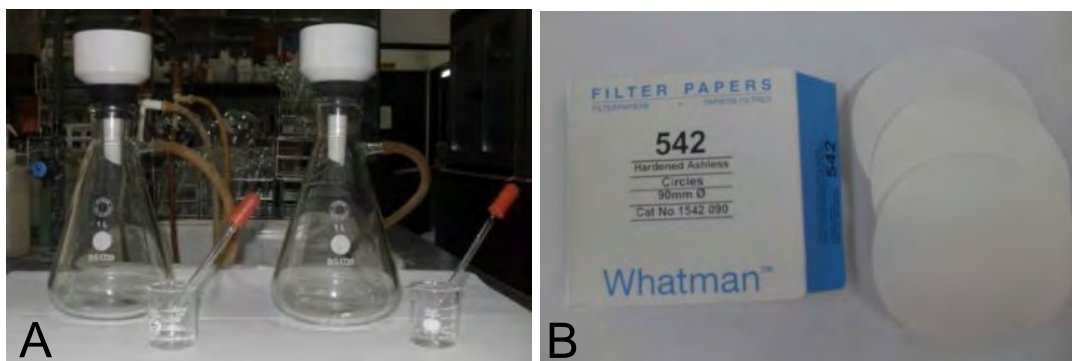
2.2.6 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับสารหนู (V) ของดิน

1. เตรียมความเข้มข้นของสารละลาย คือใช้สารหนูที่มีความเข้มข้น 25, 15, 10, 5, 2.5 และ 0.5 mg/L โดยใช้โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นตัวควบคุมค่าพีเอชที่ 7.5
2. ชั่งดินของแต่ละตัวอย่างปริมาณ 1.000 g ใส่ในขวด
3. ผสมสารละลายที่เตรียมไว้กับดินในขวด อัตราส่วนดิน 1 g ต่อสารละลาย 40 ml
4. เขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเร็ว 180 รอบต่อวินาที เพื่อให้ดินอิ่มตัวด้วยสารละลาย
5. เมื่อครบกำหนดเวลา ทำการกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 542
6. นำสารละลายที่ได้หลังจากการกรองไปวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูที่มีความเข้มข้นต่างๆของสารละลาย ด้วยวิธี Flame Atomization ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

7. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ การดูดซับจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารปนเปื้อนที่ถูกดูดซับด้วยดินกับปริมาณของสารปนเปื้อนที่ละลายอยู่ในสารละลาย



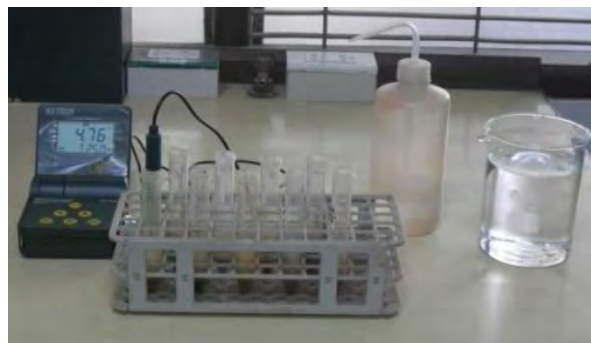
รูปที่ 2.10 A) แสดงตัวอย่างดินที่ผสมกับสารละลายโซเดียมอาร์ซีเนทที่มีความเข้มข้นต่างๆในขวดบรรจุ
 B) การบรรจุตัวอย่างลงในกล่องก่อนเข้าเครื่องเขย่า
 C) การนำกล่องใส่ตัวอย่างเข้าเครื่องเขย่า



รูปที่ 2.11 A) การกรองสารละลายที่ได้หลังจากการเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
 B) กระดาษกรองเบอร์ 542

2.2.7 การหาค่าพีเอช (pH)

การทดลองหาค่าพีเอชในห้องปฏิบัติการ ใช้ดิน 1 กรัม ต่อ น้ำ ากล้น 5 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วพักไว้ 5 นาที จากนั้น จึงวัดค่า



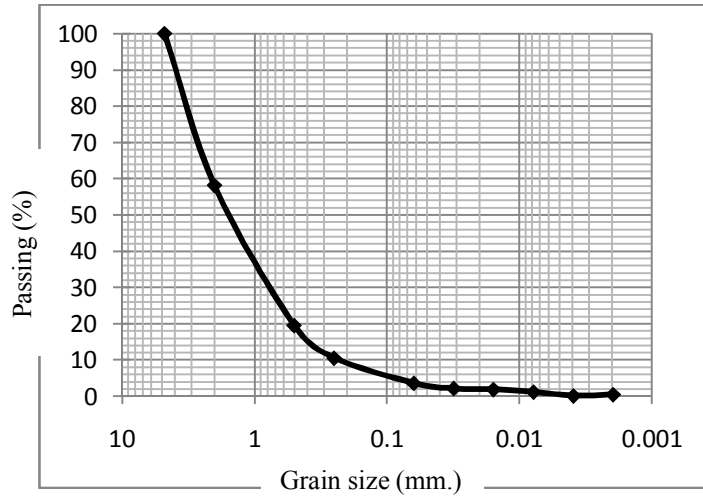
รูปที่ 2.12 การหาค่าพีเอช (pH) ของตัวอย่างดินที่ 8 ตำแหน่ง

บทที่ 3

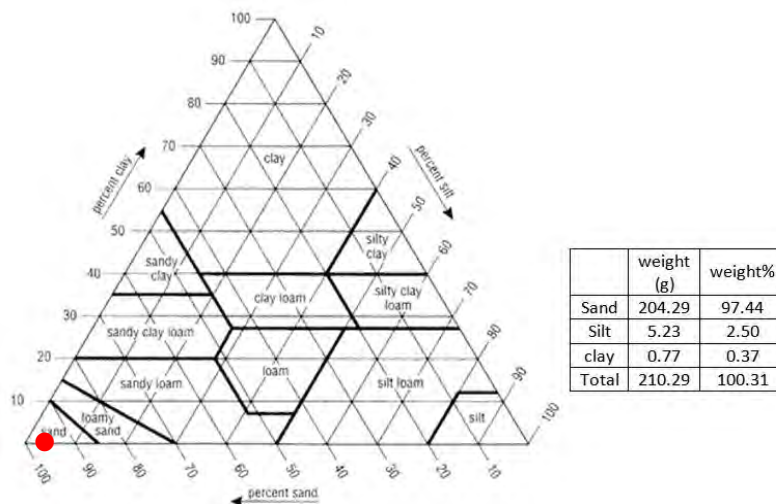
ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของดิน

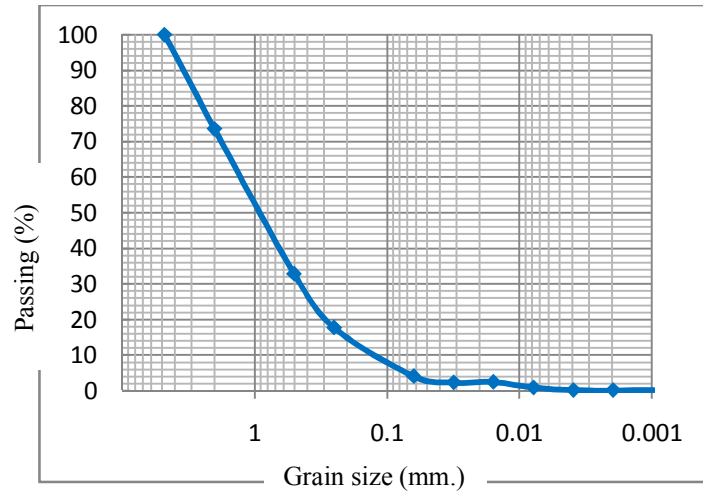
3.1.1 ผลการทดลองหาขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution)



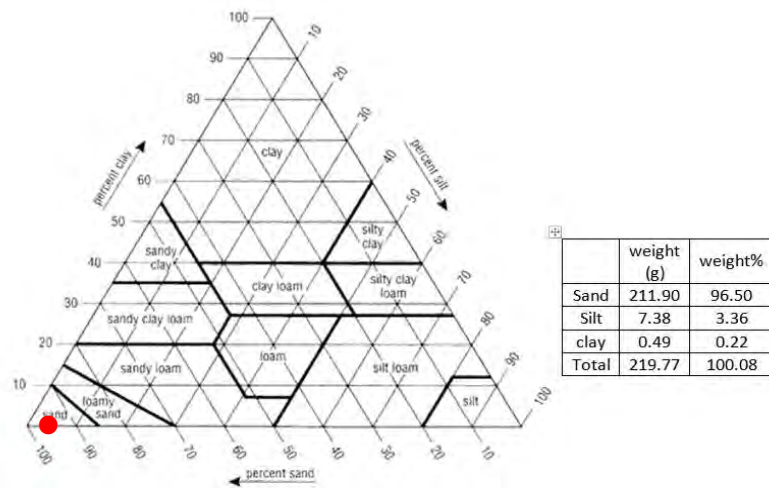
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) ของดินตัวอย่างที่ 1



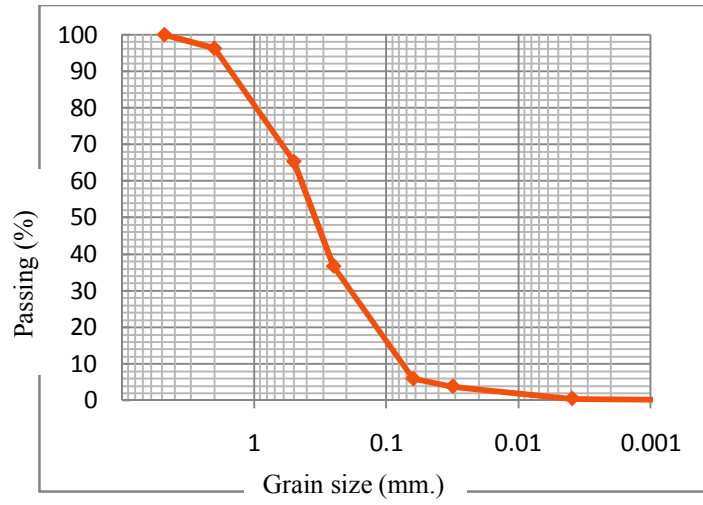
รูปที่ 3.2 ประเภทของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ(Noorallah, 2009) ของดินตัวอย่างที่ 1



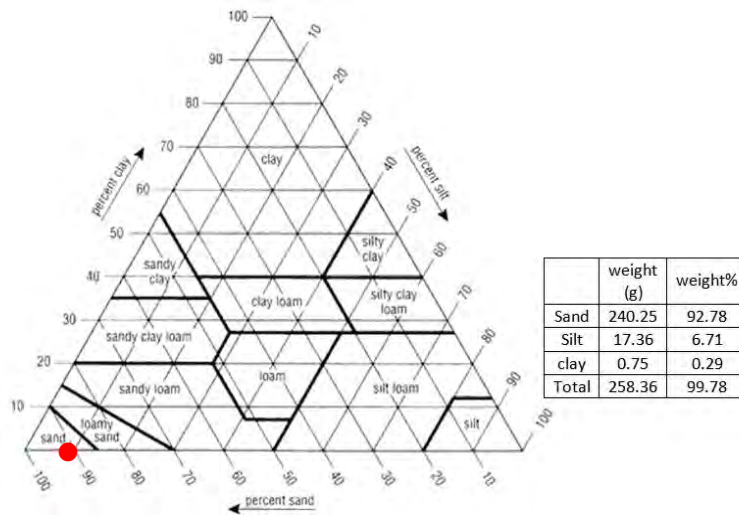
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) ของดินตัวอย่างที่ 3



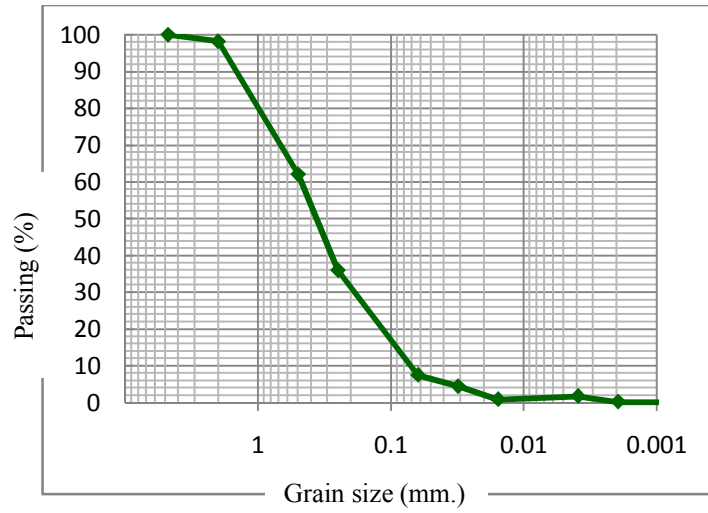
รูปที่ 3.6 ประเภทของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ(Noorallah, 2009) ของดินตัวอย่างที่ 3



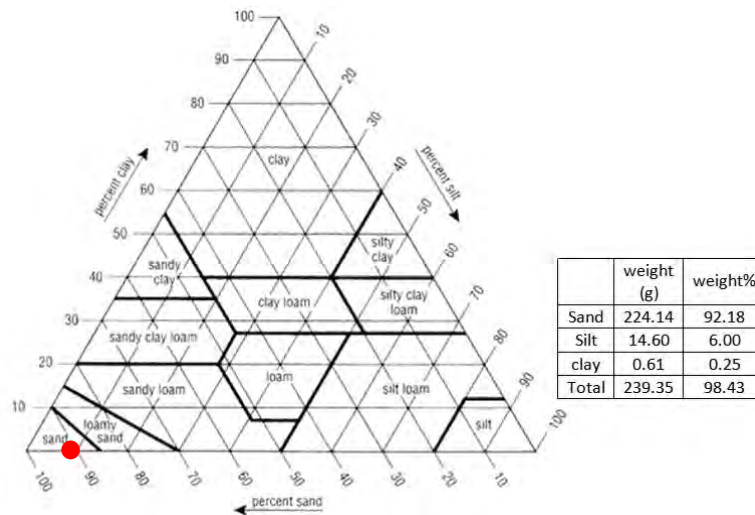
รูปที่ 3.7 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) ของดินตัวอย่างที่ 4



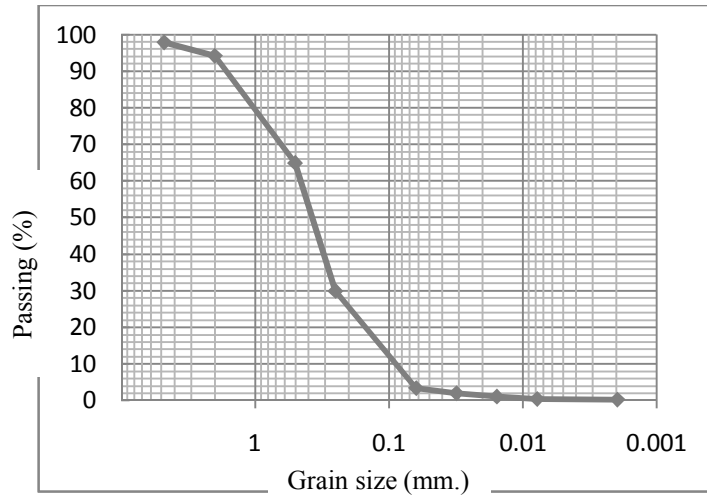
รูปที่ 3.8 ประเภทของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ(Noorallah, 2009) ของดินตัวอย่างที่ 4



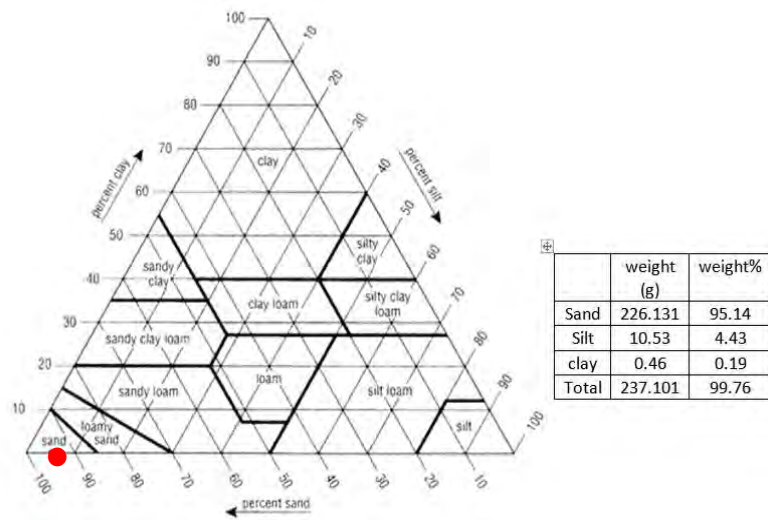
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) ของดินตัวอย่างที่ 6



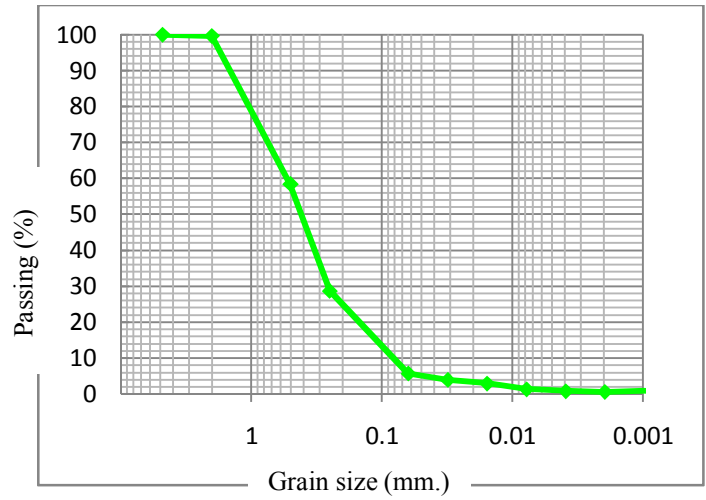
รูปที่ 3.12 ประเภทของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ (Noorallah, 2009) ของดินตัวอย่างที่ 6



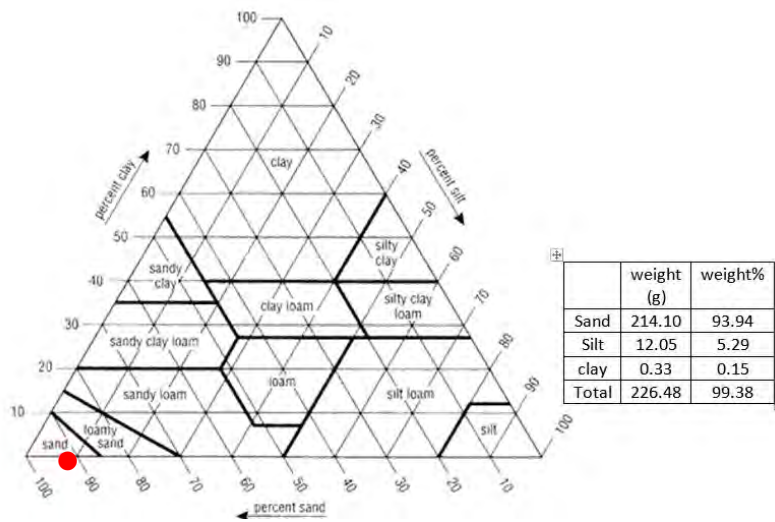
รูปที่ 3.13 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) ของดินตัวอย่างที่ 7



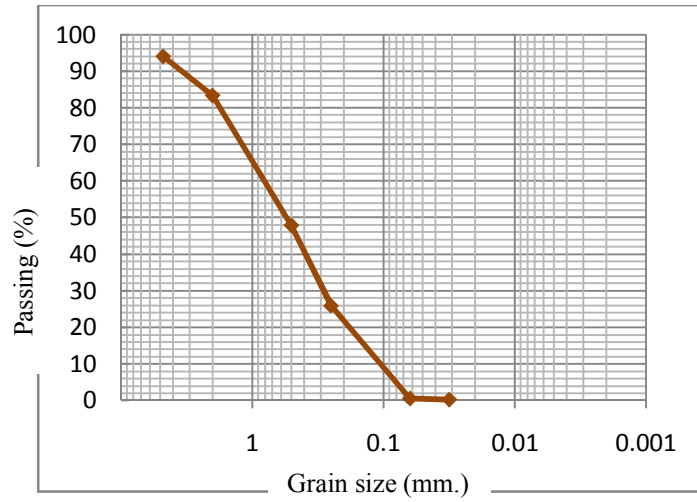
รูปที่ 3.14 ประเภทของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ(Noorallah, 2009) ของดินตัวอย่างที่ 7



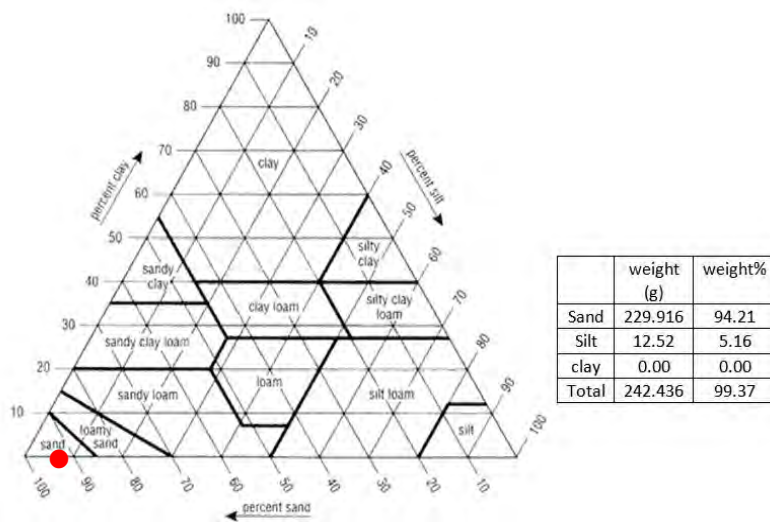
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) ของดินตัวอย่างที่ 8



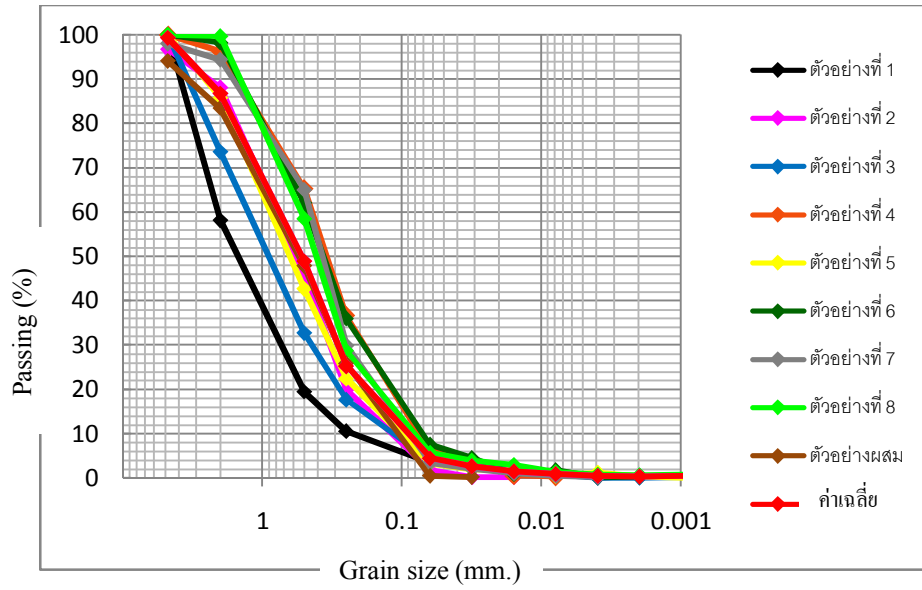
รูปที่ 3.16 ประเภทของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ(Noorallah, 2009) ของดินตัวอย่างที่ 8



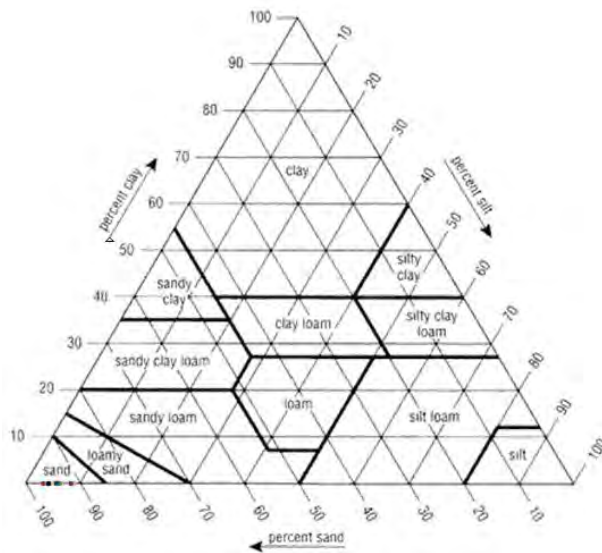
รูปที่ 3.17 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินผสมของทั้ง 8 ตัวอย่าง



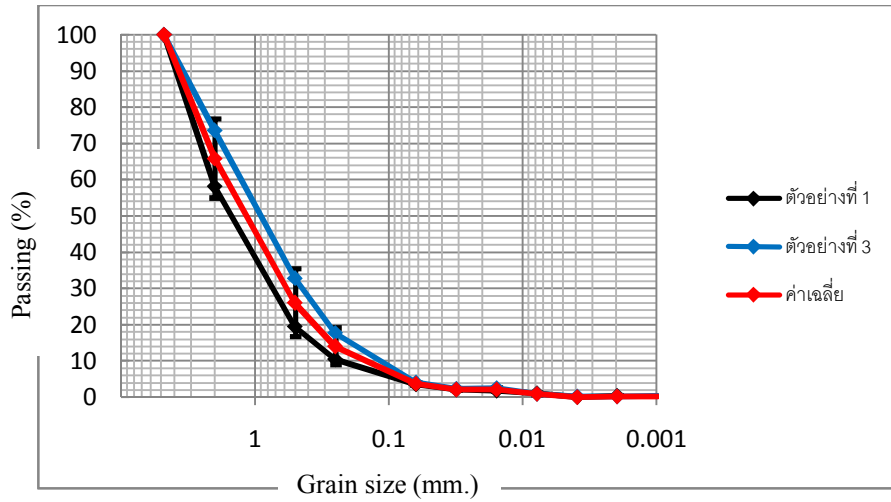
รูปที่ 3.18 ประเภทของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ(Noorallah, 2009) ของตัวอย่างดินผสม



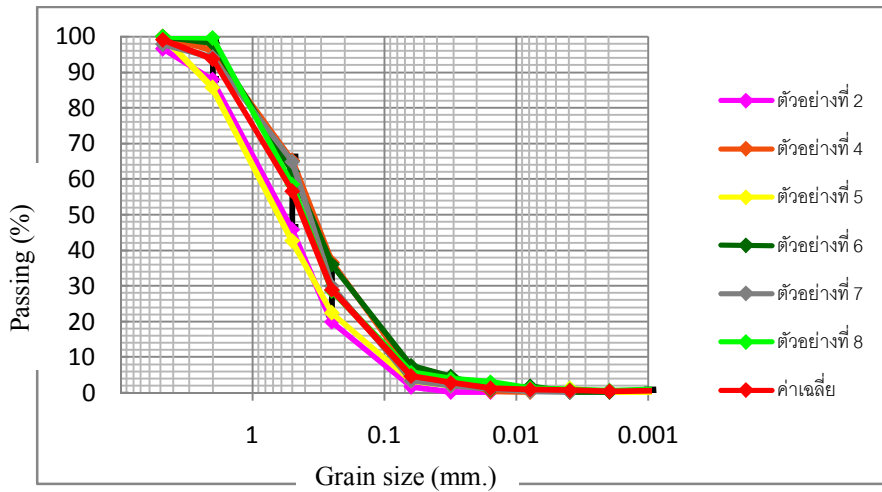
รูปที่ 3.19 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) ของตัวอย่างดินที่ 8 ตัวอย่าง



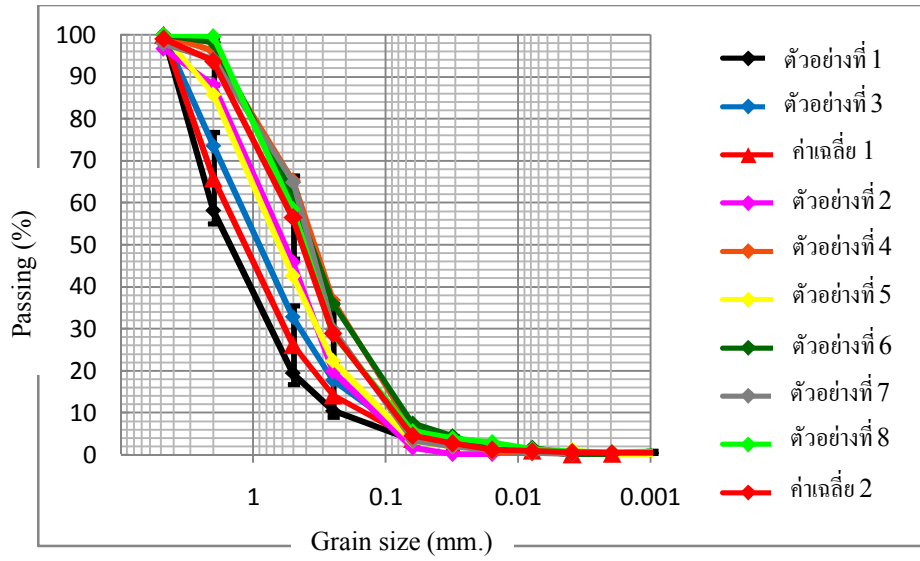
รูปที่ 3.20 ประเภทของเนื้อดินจำแนกโดยใช้ระบบอังกฤษ(Noorallah, 2009) ของดินที่ 8 ตัวอย่าง



รูปที่ 3.21 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) และแท่งบอกความคลาดเคลื่อน (Error bar) ของดินตัวอย่างที่ 1 และดินตัวอย่างที่ 3



รูปที่ 3.22 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) และแท่งบอกความคลาดเคลื่อน (Error bar) ของดินตัวอย่างที่ 2 และตัวอย่างที่ 4-8



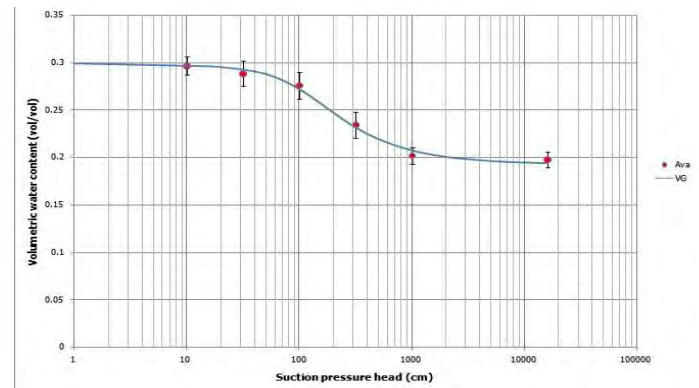
รูปที่ 3.23 กราฟแสดงการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน (Grain size distribution curve) และแท่งบอกความคลาดเคลื่อน (Error bar) ของตัวอย่างดินที่ 8 ตัวอย่าง

3.1.2 ผลการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดิน (soil water characteristics curve)

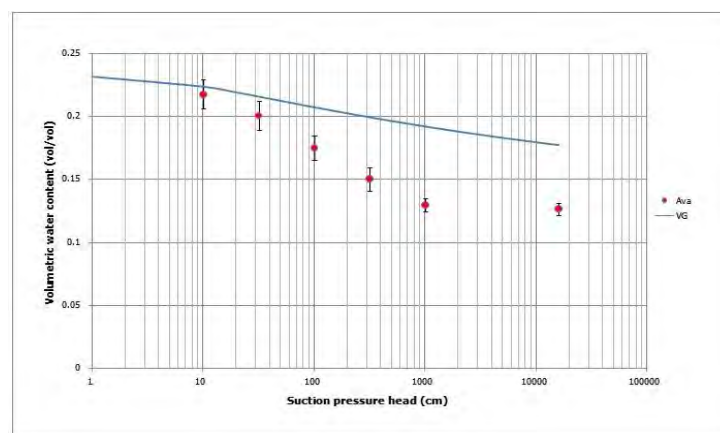
การทดลองหาค่าความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดิน (soil water characteristics curve) โดยใช้วิธี Pressure extraction ตามวิธีของ ASTM D 6836 โดยการเก็บข้อมูลความชื้นในดินที่เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของความดันที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.0, 1.5, 1.7, 2.0, 2.5, 3.0 และ 4.2 kPa ทำการเก็บข้อมูลสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ติดต่อกันเป็นเวลา 2 เดือน ผลแสดงดังตารางที่ 1 เพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดินภายใต้การกระจายตัวและประเภทของดินแต่ละตัวอย่างโดยพบว่าค่าจากสมการของ Van Genuchten Equation (VG) มีความเหมาะสมในการนำมาอธิบายความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดินของพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดิน

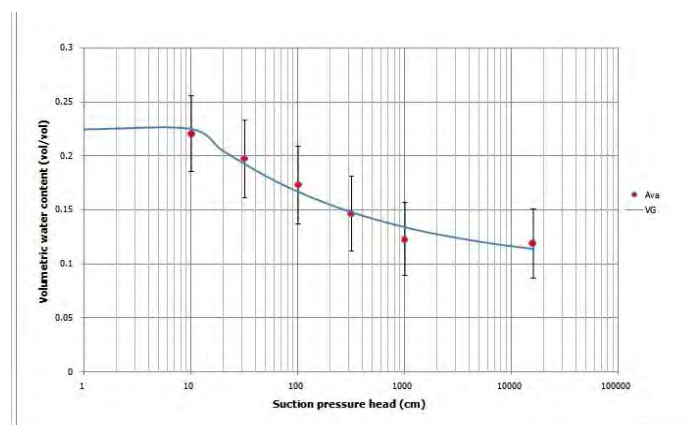
ตำแหน่ง	Q_r	Q_s	α	n
1	0.19320	0.29702	0.00887	1.89787
2	0.12620	0.23384	0.20899	1.09180
3	0.09619	0.29360	0.42066	1.27262
4	0.08440	0.22801	0.11341	1.16668
5	0.10845	0.27228	0.25002	1.37487
6	0.06036	0.23705	0.05180	1.45171
7	0.02972	0.29802	0.05933	1.95500
8	0.08224	0.25557	0.03843	1.69491
ค่าเฉลี่ย	0.09760	0.26442	0.14394	1.48818



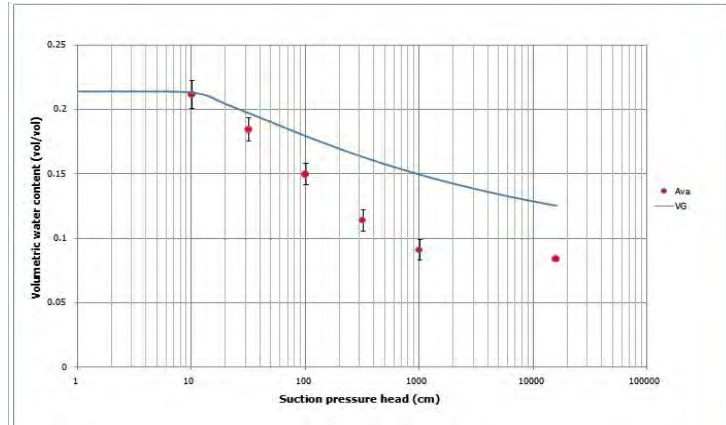
รูปที่ 3.24 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 1



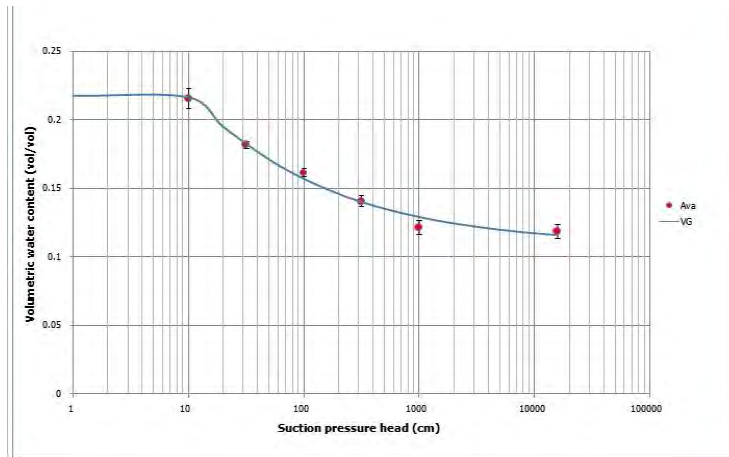
รูปที่ 3.25 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 2



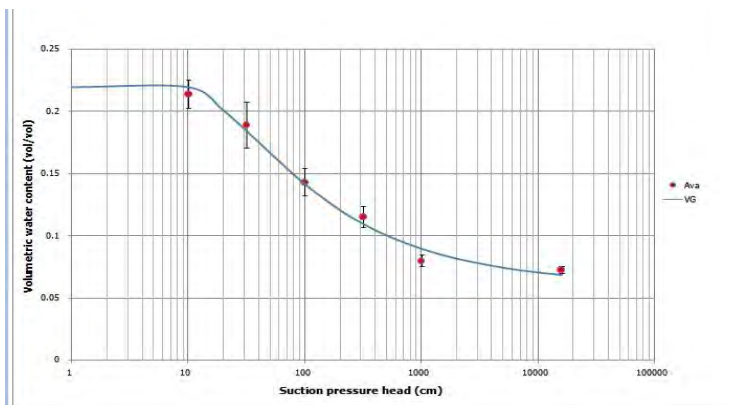
รูปที่ 3.26 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 3



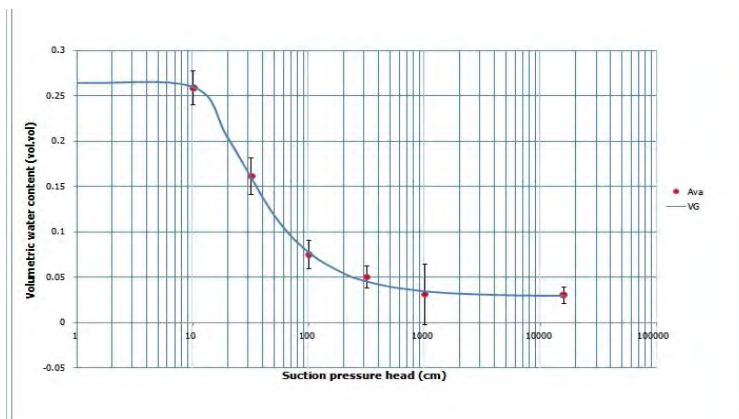
รูปที่ 3.27 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 4



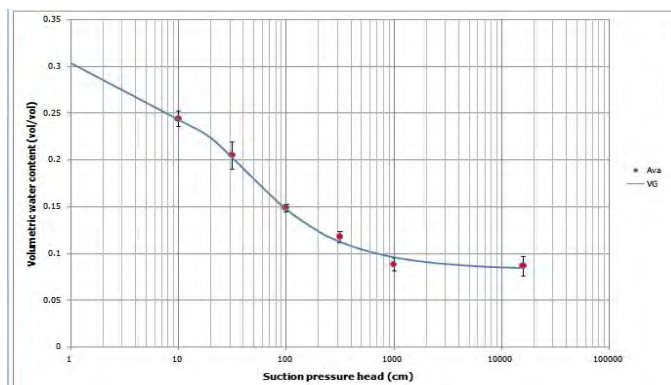
รูปที่ 3.28 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 5



รูปที่ 3.29 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 6



รูปที่ 3.30 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 7



รูปที่ 3.31 แสดง soil water characteristics curve โดยสมการของ Van Gunuchten ของดินตัวอย่างที่ 8

3.1.3 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน(Hydraulic conductivity)

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินบริเวณศึกษาในแต่ละตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (mm/hr)	class
1	4.17	moderate
2	2.44	slow
3	49.17	rapid
4	0.51	slow
5	114.12	rapid
6	4.94	moderate
7	82.45	rapid
8	22.51	moderate

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (mm/hr)	class
1	26.67	rapid
2	37.82	rapid

3.1.4 ผลการคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) และค่าความพรุนของดิน (Porosity)
ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) และค่าความพรุนของดิน (Porosity)

ตัวอย่างที่	ค่าความหนาแน่นรวม (g/cm^3)	ค่าความพรุน
1	1.65	0.31
2	1.90	0.23
3	1.49	0.29
4	1.80	0.22
5	1.67	0.27
6	1.66	0.24
7	1.41	0.30
8	1.78	0.25

ตารางที่ 3.5 คุณสมบัติทางกายภาพของดินในพื้นที่ศึกษา

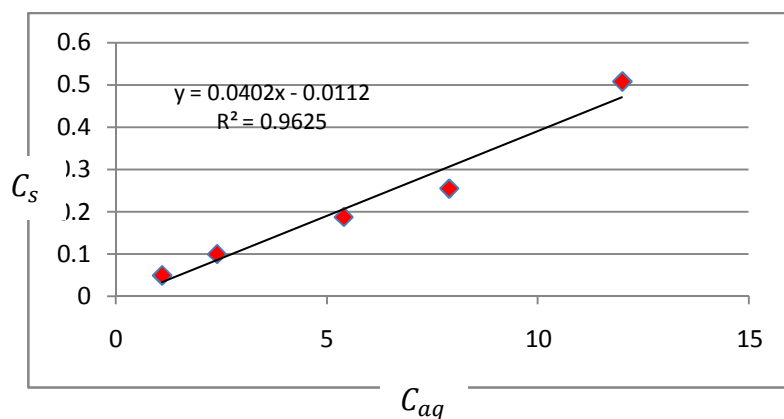
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6	7	8
ประเภทเนื้อ ดิน	sand	sand	sand	sand	sand	sand	sand	sand
Sand (%)	97.44	96.94	96.50	92.78	96.34	92.18	95.14	93.94
Silt (%)	2.50	2.82	3.36	6.71	2.82	6.00	4.43	5.29
Clay (%)	0.37	0.00	0.22	0.29	0.10	0.25	0.19	0.15
สัมประสิทธิ์ คามซึมผ่าน (m/day)	0.10	0.06	1.18	0.03	2.74	0.14	1.98	0.54
พีเอช (pH)	4.74	5.61	5.55	5.37	4.47	6.14	6.58	4.96
ความหนาแน่นรวม (g/cm^3)	1.65	1.90	1.49	1.80	1.67	1.66	1.41	1.78
ความพรุน	0.31	0.23	0.29	0.22	0.27	0.24	0.30	0.25

3.2 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางเคมีของดิน

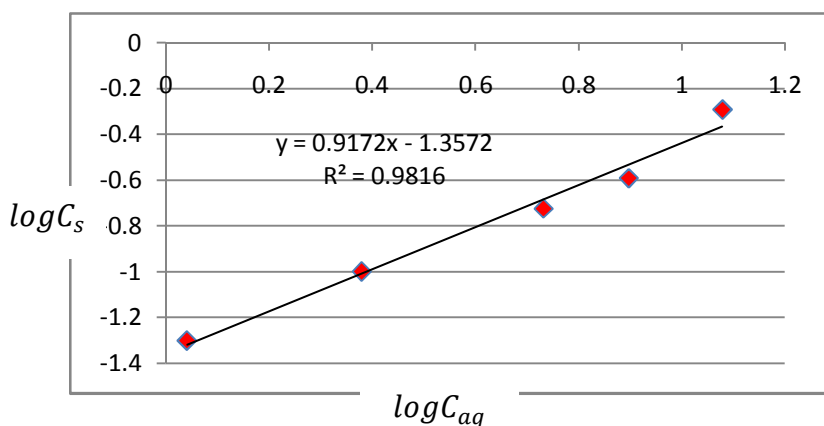
3.2.1 ผลการดูดซับของสารหนู

ดินกลุ่มที่ 1

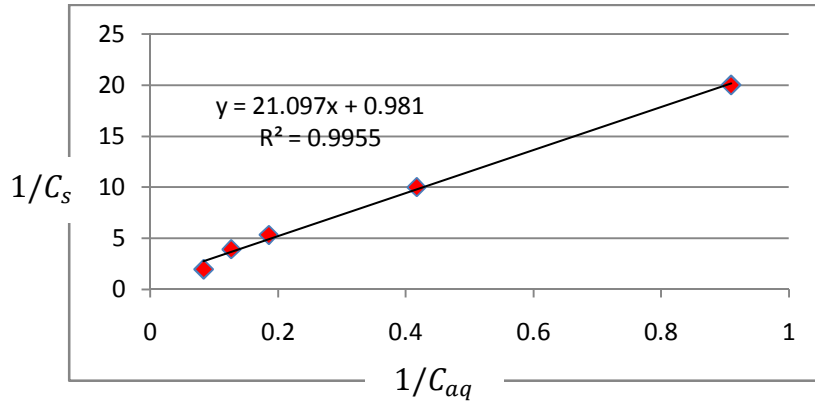
จากการทดลองแบบแบทช์ (Batch Experiment) และใช้ Isotherm 3 แบบในการอธิบายได้แก่ Linear Isotherm, Freundlich Isotherm และ Langmuir Isotherm ในการพิจารณาความสัมพันธ์และเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.32 – 3.34 โดยพบว่า Langmuir Isotherm สามารถอธิบายสมการได้ดีที่สุด



รูปที่ 3.32 แสดงการดูดซับของสารหนูแบบ Linear isotherm ของดินกลุ่มที่ 1



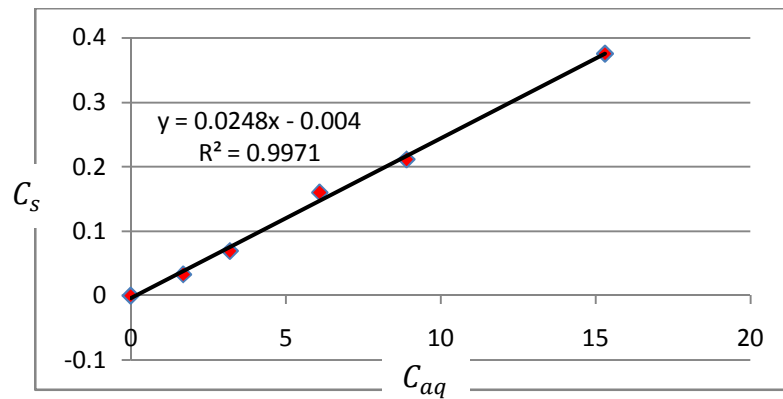
รูปที่ 3.33 แสดงการดูดซับของสารหนูแบบ Freundlich Isotherm ของดินกลุ่มที่ 1



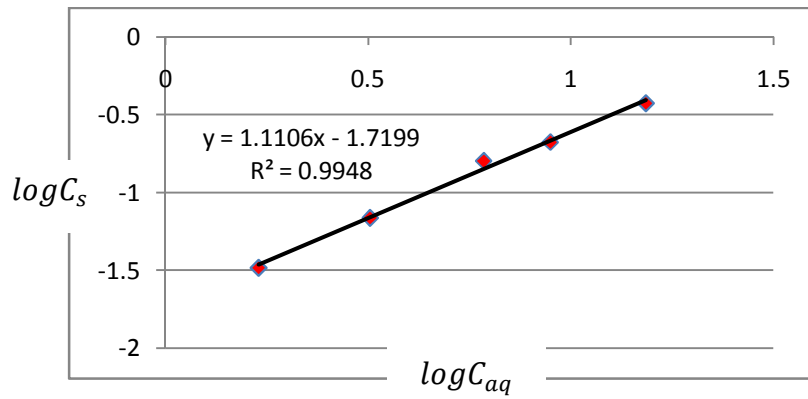
รูปที่ 3.34 แสดงการดูดซับของสารหนูแบบLangmuir Isotherm ของดินกลุ่มที่ 1

ดินกลุ่มที่ 2

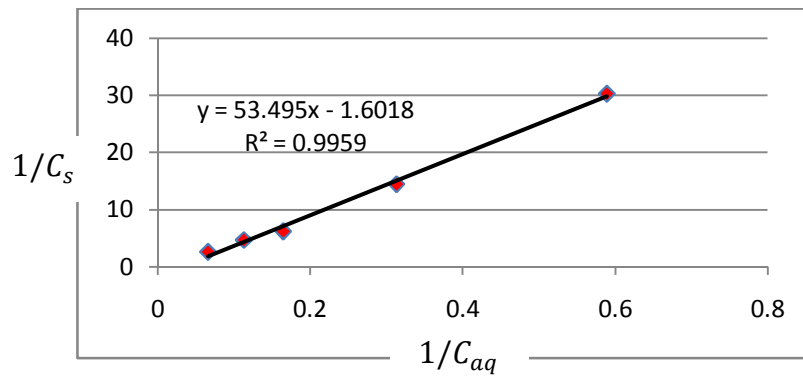
จากการทดลองแบบแบทช์ (Batch Experiment) และใช้ Isotherm 3 แบบในการอธิบายได้แก่ Linear Isotherm, Freundlich Isotherm และ Langmuir Isotherm ในการดูความสัมพันธ์และเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.35 – 3.37 โดยพบว่า Linear Isotherm สามารถอธิบายสมการได้ดีที่สุด



รูปที่ 3.35 แสดงการดูดซับของสารหนูแบบLinear isotherm ของดินกลุ่มที่ 2



รูปที่ 3.36 แสดงการดูดซับของสารหนูแบบ Freundlich Isotherm ของดินกลุ่มที่ 2



รูปที่ 3.37 แสดงการดูดซับของสารหนูแบบ Langmuir Isotherm ของดินกลุ่มที่ 2

ตารางที่ 3.6 ค่าการเปรียบเทียบการดูดซับจากการทดลองแบบแบทช์

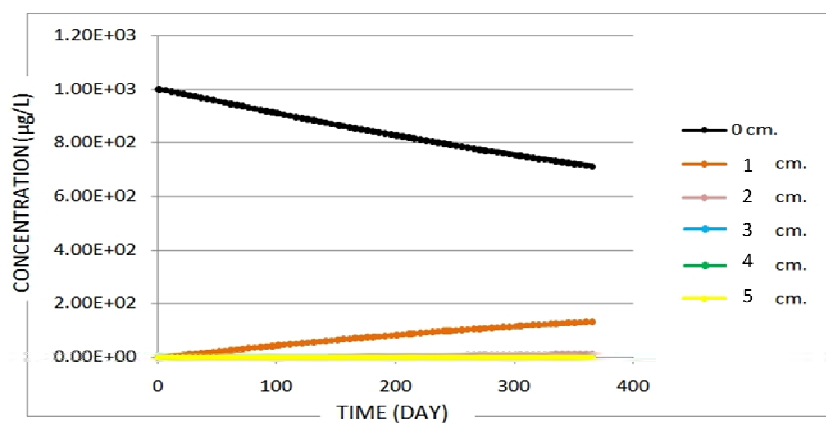
กลุ่มที่	Linear		Freundlich			Langmuir		
	Kd	R^2	Kf	n	R^2	Qm	b	R^2
1	0.0402	0.9625	0.0439	1.090	0.9816	1.019	0.0465	0.9955
2	0.0248	0.9971	0.019	0.900	0.9948	0.624	0.0299	0.9959

3.2.2 ผลการจำลองการเคลื่อนตัวของสารหนูโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HYDRUS -1D ตารางที่ 3.7 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการสร้างแบบจำลอง HYDRUS-1D

การทดลอง	พารามิเตอร์	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
SWCC	Q_r	0.144695	0.081895
	Q_s	0.295310	0.254128
	n	1.585245	1.455828
	α	0.214765	0.120330
Sorption	K_d	-	0.024800
	Q_m	1.019300	-
	b	0.046400	-

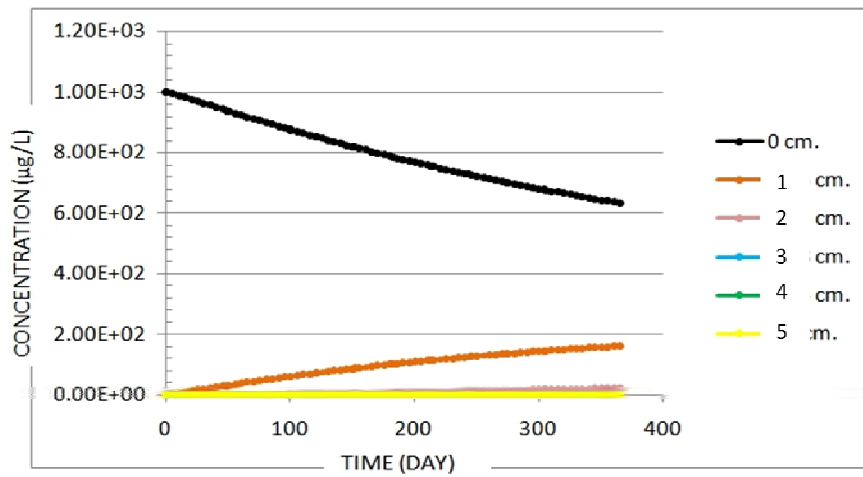
จากตารางที่ 3.7 เราสามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดิน (SWCC) และค่าการดูดซับของสารหนู

กลุ่มที่ 1



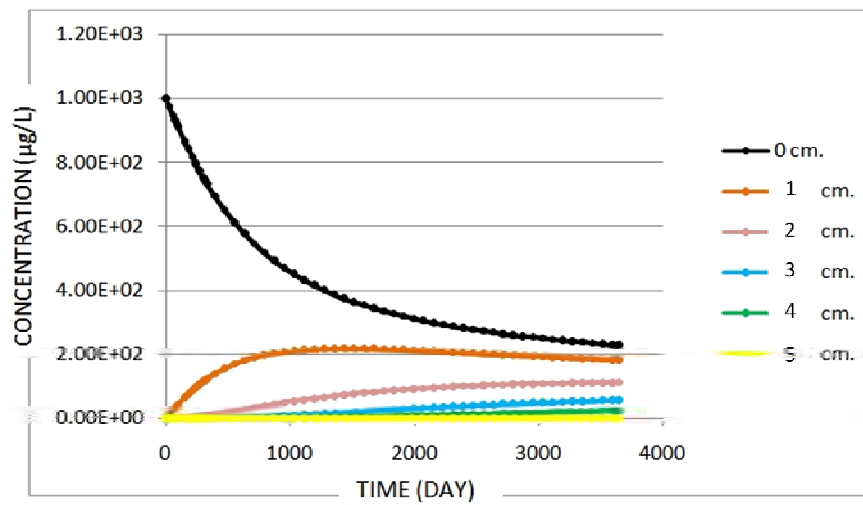
รูปที่ 3.38 แสดงการเคลื่อนตัวของสารหนู (V) ผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในเวลา ปีของดินกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 2



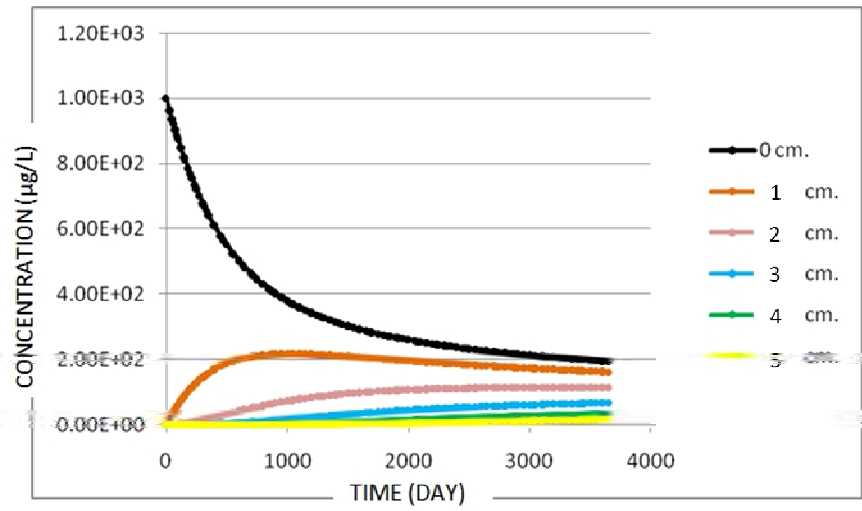
รูปที่ 3.39 แสดงการเคลื่อนตัวของสารหนู (V) ผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในเวลา 1 ปีของดินกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่ 1



รูปที่ 3.40 แสดงการเคลื่อนตัวของสารหนู (V) ผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในเวลา 10 ปีของดินกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 2



รูปที่ 3.41 แสดงการเคลื่อนตัวของสารหนู (V) ผ่านดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในเวลา 10 ปีของดินกลุ่มที่ 2

บทที่ 4

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

4.1.1 ลักษณะของการกระจายขนาดของเม็ดดิน

จากการทำการทดลองหาการกระจายขนาดของเม็ดดินบริเวณพื้นที่ศึกษาของดินทั้ง 8 ตัวอย่างจากการเก็บตัวอย่างแบบถูกรบกวนโครงสร้าง พบว่าดินมีขนาดเป็น sand ทุกตัวอย่างและเนื่องจากแนวโน้มของกราฟมีความแตกต่างกันจึงสามารถแยกกลุ่มดินออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ได้แก่ดินตัวอย่างที่ 1 และ 3 ส่วนกลุ่มที่ 2 ได้แก่ดินตัวอย่างที่ 2, 4, 5, 6, 7 และ 8 โดยดินทั้ง 2 กลุ่มมีขนาดเม็ดดินเป็น sand

4.1.2 ลักษณะความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำในดิน (soil water characteristics curve)

โดยใช้สมการของ Van Genuchten (VG) และสมการของ Brooks และ Corey (BC) ในการศึกษาหาค่าความสัมพันธ์ของความชื้นในดินกับความดันของน้ำ ในดินครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบค่าจากการทดลองกับค่าที่ได้จากกับสมการของ Van Genuchten (VG) และสมการของ Brooks และ Corey (BC) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่าจากการทดลองของดินตัวอย่างที่ 1, 3, 5, 6, 7 และ 8 มีความสัมพันธ์กับสมการของ Van Genuchten (VG) มากกว่าสมการของ Brooks และ Corey (BC) กล่าวคือค่าสหสัมพันธ์ (R^2) ที่ได้จากสมการ van Genuchten (VG) สูงกว่าสมการของ Brooks และ Corey (BC) แต่ดินตัวอย่างที่ 2 และ 4 ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการของ Van Genuchten (VG) และสมการของ Brooks และ Corey (BC)

4.1.3 ผลการดูดซับของสารหนู

ในการศึกษาการดูดซับของสารหนูจากการทดลองแบบแบดท์ เพื่อหาสัมประสิทธิ์การดูดซับทั้ง 3 Isotherm ได้แก่ Linear Isotherm, Freundlich Isotherm และ Langmuir Isotherm พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับของดินกลุ่มที่ 1 และดินกลุ่มที่ 2 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของค่าการดูดซับของสารหนูได้ดีจากสมการแบบ Langmuir Isotherm และ Linear Isotherm ตามลำดับ โดยจากการทดลองในเบื้องต้นพบว่าดินในกลุ่มที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับแบบ Langmuir Isotherm เท่ากับ 1.0193 และกลุ่มที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับแบบ Linear Isotherm เท่ากับ 0.0248 ซึ่งดินกลุ่มที่ 2 มีค่าการดูดซับน้อยกว่าดินกลุ่มที่ 1 เพราะจากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านพบว่าดินกลุ่มที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านต่ำกว่าดินกลุ่มที่ 2 ซึ่งก็หมายความว่าดินกลุ่มที่ 1 มีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้น้อยกว่าเป็นผลทำให้ค่าการดูดซับสารหนูสูงกว่า

4.1.4 ผลการจำลองการเคลื่อนตัวของสารหนู (V) ที่ปนเปื้อนในน้ำ ใต้ดิน บริเวณพื้นที่ศึกษาตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (HYDRUS_1D)

นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองข้างต้น เพื่อใช้ในการจำลองโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ Hydrus-1D เพื่ออธิบายการเคลื่อนตัวของสารหนู (V) ในดินเป็นระยะเวลา 1 ปี พบว่าในดินทั้ง 2 กลุ่ม สารหนู (V) เคลื่อนที่ได้เป็นระยะทางประมาณ 3 เซนติเมตร โดยพบปริมาณความเข้มข้นของสารหนู (V) ในดินกลุ่มที่ 1 และ 2 คือ 130 $\mu\text{g/L}$ และ 170 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองแบบแบทช์โดยจากผลการทดลองพบว่าดินกลุ่มที่ 1 ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ ความซึมผ่านเท่ากับ 63.97 cm/day ซึ่งต่ำกว่าดินในกลุ่มที่ 2 คือ 90.76 cm/day นี้ส่งผลให้ดินกลุ่มที่ 1 มีความสามารถในการดูดซับสารหนู (V) ได้มากกว่าดินกลุ่มที่ 2

เอกสารอ้างอิง

- Limpakanwech, C, 2010. Sorption and modeling transport of Chlorpyrifos through shallow groundwater aquifer in an agricultural area: A case study of Hua Rua Area, Changwat Ubon Ratchatani. Bachelor's report. Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, 62.
- Merdy, P et al, 2009. Pb, Cu and Cr interaction with soil: Sorption experiments and modeling. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*,347(2009):192-199.
- Fonseca, B et al, 2009. Retention of Cr(VI) and Pb(II) on a loamy sand soil Kinetics, equilibria and breakthrough. *Chemical Engineering Journal*, 152(2009):212-219.
- Dong, D et al, 2008. Investigation of the potential mobility of Pb, Cd and Cr(VI) from moderately contaminated farmland soil to groundwater in Northeast, China. *Journal of Hazardous Materials*,162(2009):1261-1268.
- Grift, B. V. D. and Griffioen, J. 2008. Modelling assessment of regional groundwater contamination due to historic smelter emissions of heavy metals. *Journal of Contaminant Hydrology*, 96(2008): 48-68.
- Kasassi, A et al, 2008. Soil contamination by heavy metals: Measurements from a closed unlined landfill. *Bioresource Technology*,99(2008): 8578-8584.
- Du, Y. J. and Hayashi, S. 2006. A study on sorption properties of Cd₂₊ on Ariake clay for evaluating its potential use as a landfill barrier material. *Applied Clay Science*, 32:14-24.
- Martinez, D et al, 2006. Determination of Zn partition coefficient and simulation of reactive transport from landfills in Mar Del Plata, Argentina. *Environmental Geology*, 51 (3):463-469.
- Mitsuo, Y. and Ibrahim, A. N. 2002. Potentially Toxic Element Concentration in Buried Solid Waste in Henchir El Yahoudia closed landfill. *Laboratoire Eau and Environment*,44-50.
- Machado, W et al, 2002. Mercury, Zinc and copper accumulation in mangrove sediments surrounding a large landfill in southeast Brazil. *Environmental Pollution*,120(2002):455-461.67
- Okeke, C. U. and Armour, A. 2000. Post-landfillsiting perceptions of nearby residents:a case study of Halton landfill. *Applied Geography*, 20 (2000):137-154.
- Page, G. W. 1998. Contaminated Site and Environmental Cleanup. *Environmental Pollution*,

98 (1998):1-154.

Fadel, M. E et al, 1997. Modeling leachate generation and transport in solid waste landfills.

Environmental Technology, 18 (1997):669-686.

Cynthia, R. E. and David, A. D. 1997. Remediation of Metals-Contaminated Soils and

Groundwater. Technology Evaluation Report,1-60

Thomas, R. H. and Xiao, F. Z. 1994. Sorption by Kaolinite of Cd^{2+} , Pb^{2+} , and Cu^{2+} from landfill

leachate-contaminated groundwater. Journal of Contaminant Hydrology,16(1994):271-287.

Ross, C. A. M. 1985. The saturated zone as a barrier to groundwater pollution by hazardous

wastes. Hydrological in the service of man / International Association of Hydrogeologists.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2542

<http://www.pcd.or.th> สืบค้น 20 ก.ค. 54.

กรมทรัพยากรธรณี, 2528 <http://www.dmr.go.th/main.php> สืบค้น 20 ก.ค. 54.

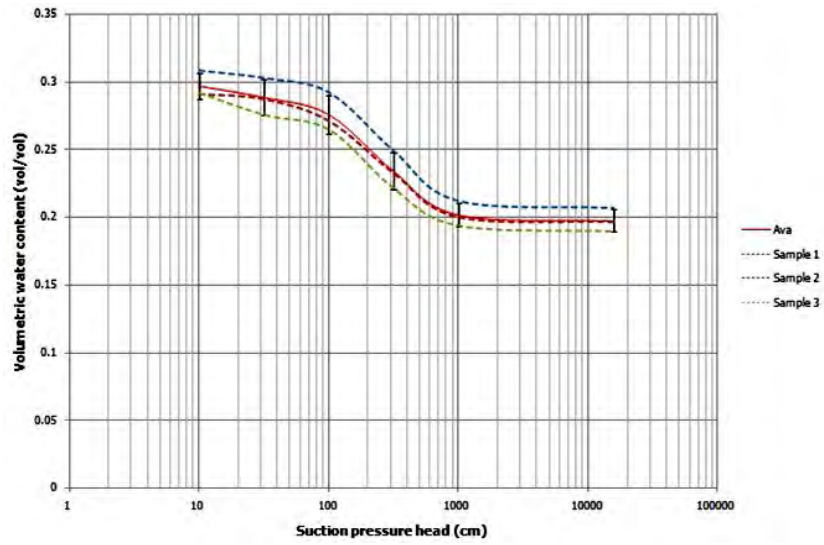
กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2538 <http://www.dip.or.th> สืบค้น 20 ก.ค. 54

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม , 2554

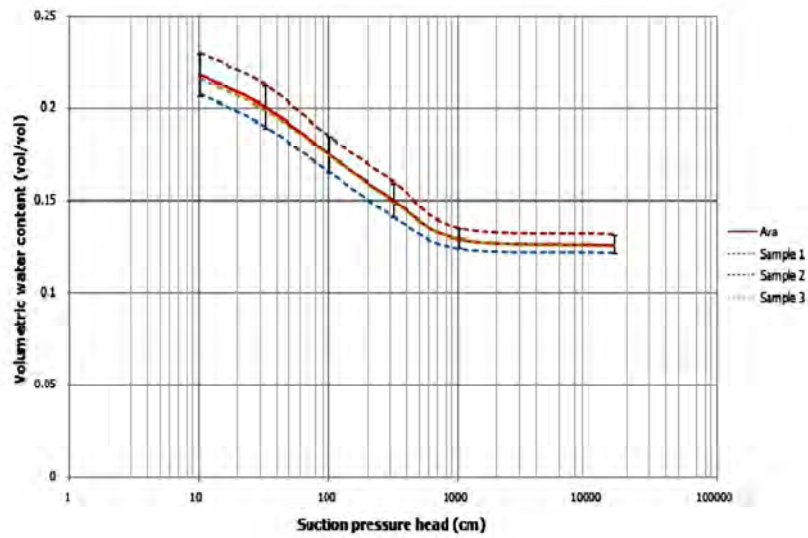
<http://www.environnet.in.th> สืบค้น 20 ก.ค. 54.

มูลนิธิโลกสีเขียว, 2540 <http://www.greenworld.or.th> สืบค้น 20 ก.ค. 54.

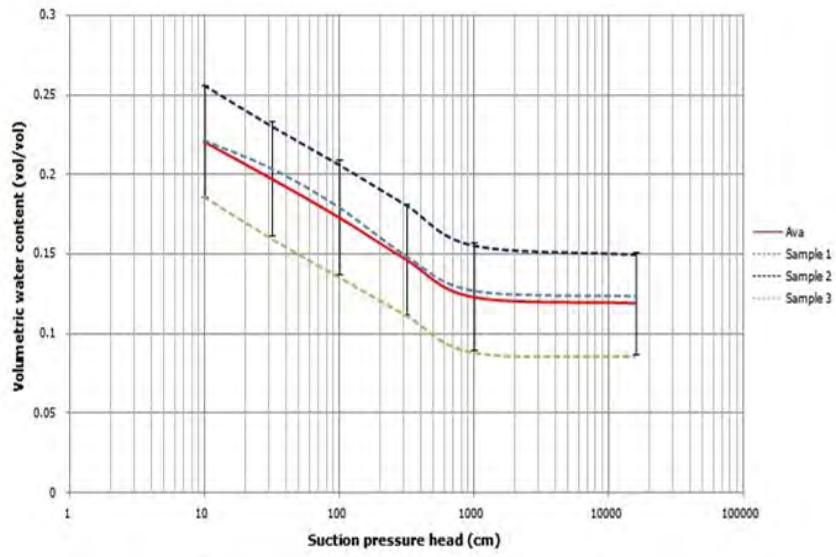
ภาคผนวก



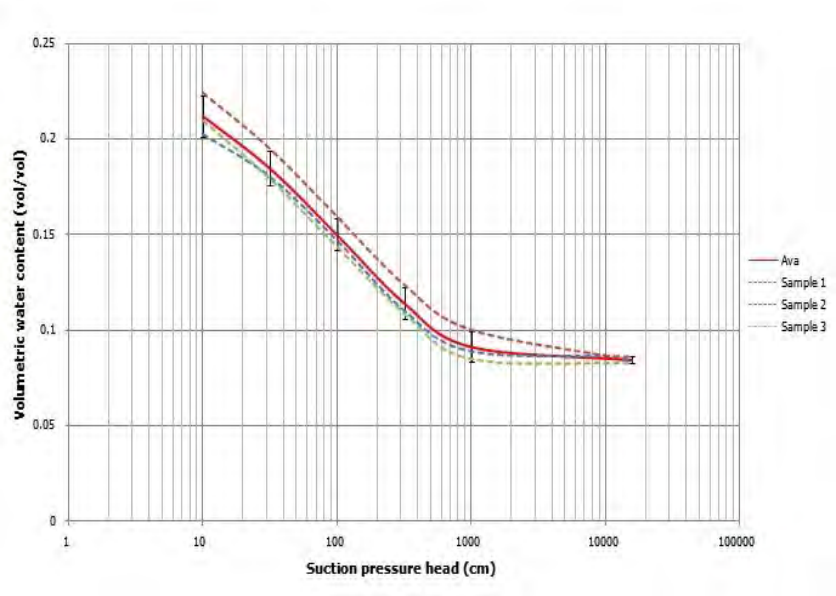
รูปที่ ก.1 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 1



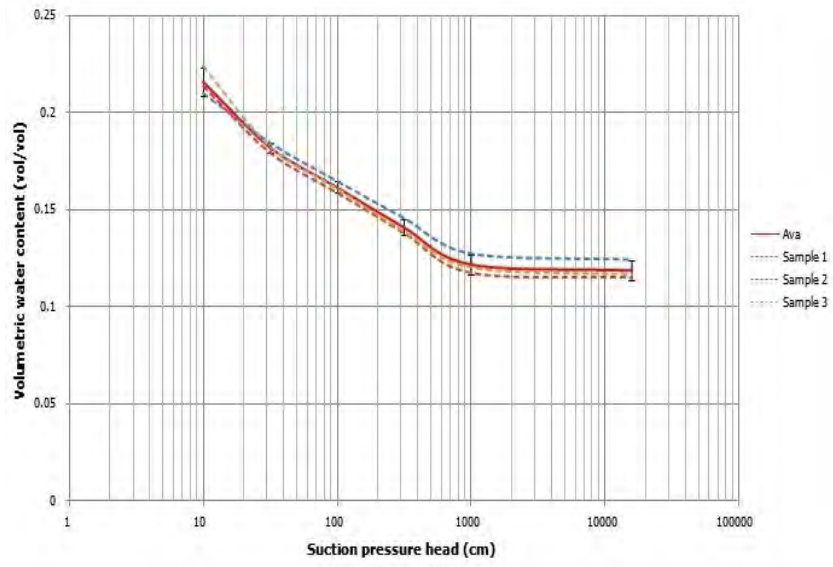
รูปที่ ก.2 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 2



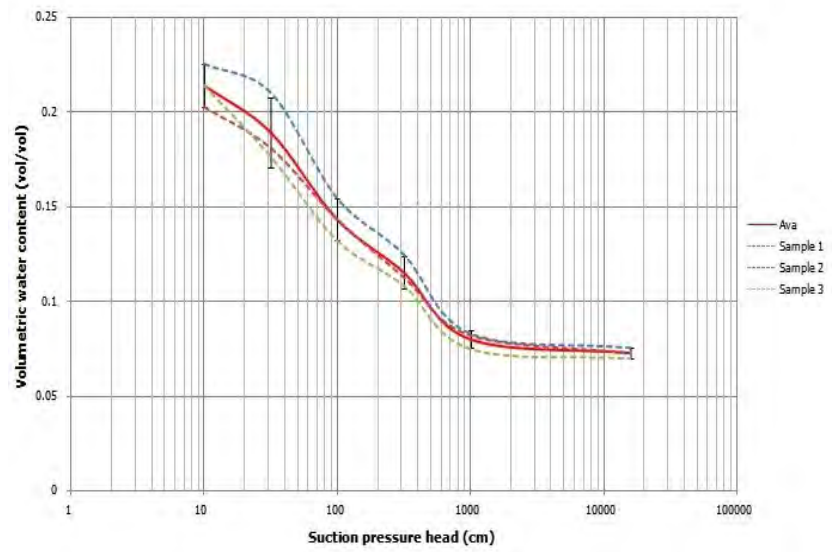
รูปที่ ๓.3 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 3



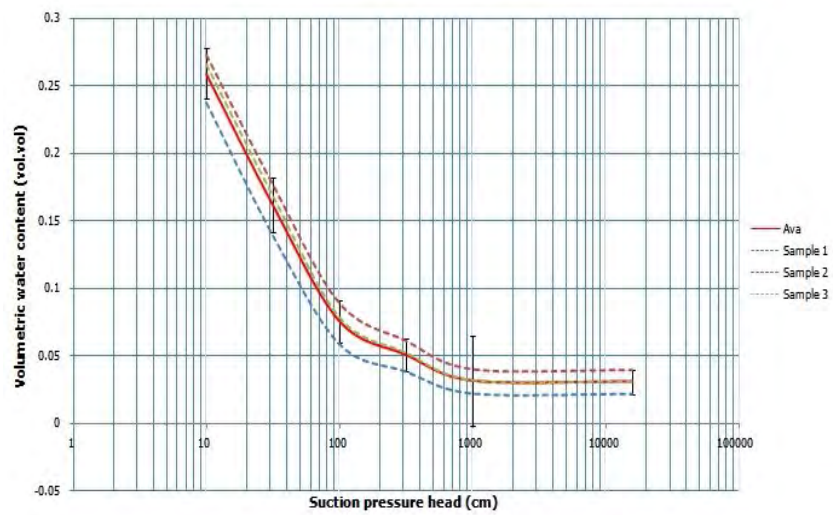
รูปที่ ๓.4 แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 4



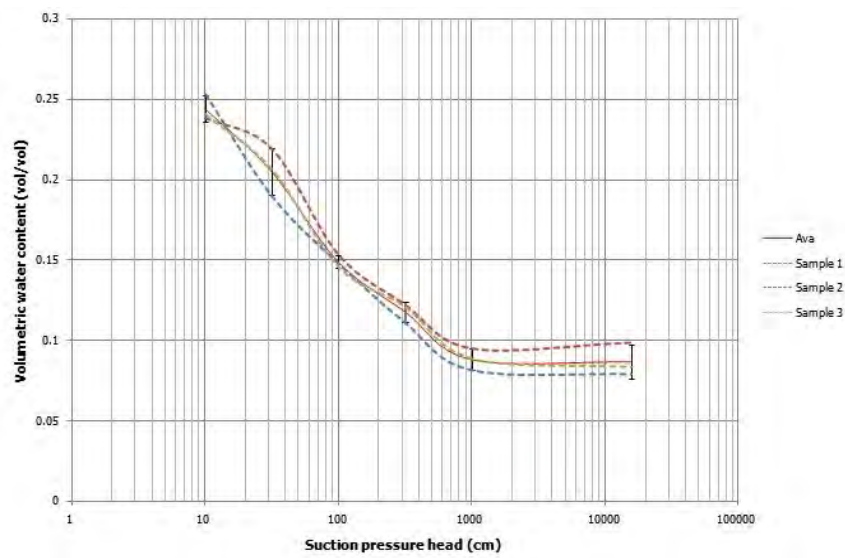
รูปที่ ๓.๕ แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 5



รูปที่ ๓.๖ แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 6



รูปที่ ๗.๗ แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 7



รูปที่ ๗.๘ แสดง soil water characteristics curve ของดินจุดศึกษาที่ 8