สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสัมพัทธ์และค่าการรั่วซึมของวัสดุกรอง

A STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN RELATIVE DENSITY AND PERMEABILITY OF SAND FILTER

T 058565

โดย

นายสมเชษฐ์ พรหมเพรา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 58565
วัน,เดือน,ปี 25 ส.ค. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.....
i.....

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสัมพัทธ์และค่าการรั่วซึมของวัสดุกรอง

A STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN RELATIVE DENSITY AND PERMEABILITY OF SAND FILTER

โดย

นายสมเชษฐ์ พรหมเพรา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN RELATIVE DENSITY AND PERMEABILITY OF SAND FILTER

MR.SOMCHATE PROMPRAO

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสัมพัทธ์และค่าการรั่วซึมของวัสดุกรอง		
นักศึกษา	นายสมเชษฐ์ พรหมเพรา	รหัสประจำตัว	40010812
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ อุบะ ศิริแก้ว		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อาจารย์ อุบะ ศิริแก้ว	.....
อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล	.....
อาจารย์ แหลมทอง เหล่าคงถาวร	.....

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

.....

(อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 14 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสัมพัทธ์และค่าการรั่วซึมของวัสดุกรอง A STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN RELATIVE DENSITY AND PERMEABILITY OF SAND FILTER
นักศึกษา	นายสมเชษฐ์ พรหมเพรา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ อุบะ ศิริแก้ว
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

วัสดุกรองที่ใช้ศึกษาเป็นกลุ่มดินประเภททรายมีขนาดคละกันดี (SW) ตามมาตรฐานการเป็นวัสดุกรอง มีการกระจายตัวของเม็ดดินตามมาตรฐานการเป็นวัสดุกรองดินถมตัวเขื่อนกลุ่มดินชนิด SW ประกอบด้วย กรวด 20% และทราย 80%

ในการศึกษาใช้วิธีการบดอัดแบบ Standard Proctor Test ตามมาตรฐาน ASTM D 698-78, ASTM D 1557-78 และวิธีการทดสอบค่าการรั่วซึม ใช้มาตรฐาน ASTM D 2434 ผลการศึกษาพบว่าค่าการรั่วซึมของน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อการบดอัดลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	A STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN RELATIVE DENSITY AND PERMEABILITY OF SAND FILTER
Name	:	Mr.SOMCHATE PROMPRAO
Field	:	CONSTRUCTION ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	MISS UBA SIRIKEAW

ABSTRACT

Filter used in the study is a soil classified on well grade sw combined with 20% gravel & 80% sand. Based on Standard Proctor Test (ASTM D 698-78, ASTM D 1557-78) and Permeability Test (ASTM D 2434) , it was found that the relationship between Permeability & Density is shown in the following graph.

Filter was classified as well graded sand (sw) classified of 20% of gravel and 80% of sand. The gradation curved was depicted as a filter of.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาและค้นคว้าโครงงานพิเศษในครั้งนี้ จะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีมิได้ถ้าปราศจากความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณ และขออนุญาตเอ่ยนามของท่านเหล่านี้ไว้ ณ ที่นี้ เพื่อเป็นการขอบพระคุณ และระลึกถึงในความกรุณา ความอนุเคราะห์ และความช่วยเหลือของท่านเหล่านี้ดังต่อไปนี้

อาจารย์ อุบะ ศิริแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ สำหรับความกรุณา ความอนุเคราะห์ และคำแนะนำต่าง ๆ ที่มีค่ายิ่งสำหรับโครงงานพิเศษนี้

อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล และอาจารย์ แหลมทอง เหล่าคงถาวร สำหรับคำแนะนำ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่าง ๆ ที่อาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 2 ท่านนี้ ได้มอบให้โครงงานนี้ ในฐานะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ

คุณสุกัญญา จันทร์แรม สำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ตลอดทั้งบุพพการี สมาชิกในครอบครัว อาจารย์ทุก ๆ ท่าน และเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ประพันธ์อย่างดีเสมอมา

นายสมเชษฐ์ พรหมเพรา
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
1	**บทนำ**	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
	1.4. ขอบเขตของการศึกษา	2
	1.5. วิธีการศึกษา	2
2	**วรรณกรรมปริทัศน์**	
	2.1. นิยาม และความหมายของคำต่าง ๆ	3
	2.2. หลักการทดสอบในห้องปฏิบัติการ	5
3	**วิธีดำเนินงาน**	6
4	**ผลการทดลองและวิเคราะห์**	16
5	**สรุป**	18
	บรรณานุกรม	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. กล่าวนำ

งานส่วนใหญ่ทางด้านวิศวกรรมโยธา เช่น งานเขื่อน ถนน สนามบิน จะใช้ดินเป็นวัสดุถม (fill material) ทั้งสิ้น และส่วนใหญ่จะทำการบดอัดดินเพื่อให้ดินแน่นขึ้น โดยมีจุดประสงค์หลัก 3 ประการคือ 1.ช่วยลดการทรุดตัวของชั้นดินในระยะยาว (decrease future settlements) 2.เพิ่มความสามารถทางด้านกำลังของดิน (increase shear strength) ทำให้ดินรับน้ำหนักบรรทุกได้มากขึ้น และ 3.ลดความซึมน้ำของดิน (decrease permeability) การบดอัดดินจะใช้ รถบดล้อเหล็ก รถบดล้อยาง รถบดตีนแกะ (Sheep Foot Rollers) และรถบดชนิดสั่นสะเทือน (Vibrating Roller) เป็นต้น การควบคุมปริมาณการอัดตัวของดินในสนามเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงมีการทดลองการบดอัดดินในห้อง Lab เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมและเปรียบเทียบกับการบดอัดดินในสนาม

1.2. ที่มาของปัญหา

เนื่องจากในงานก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็น การก่อสร้างอาคารบ้านเรือน ถนน หรือเขื่อนดินบริเวณที่ก่อสร้าง เรามักจะพบกับปัญหาเกี่ยวกับดินเสมอ เช่น การทรุดตัวของดิน การรั่วซึมของน้ำ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการบดอัดดินให้เหมาะสม เพื่อความปลอดภัยแข็งแรง และให้มีการไหลซึมผ่านได้ของน้ำผ่านดิน ในอัตราที่เหมาะสม ซึ่ง 2 ปัจจัยสำคัญ คือ การบดอัดดิน และการไหลซึมผ่านได้ของน้ำ จะต้องมีความสัมพันธ์กัน จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาและนำไปประยุกต์ใช้งานให้เหมาะสม

1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ และค่าการรั่วซึมของน้ำของวัสดุกรองโดยอ้างอิงจากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM
2. เพื่อจำลองอุปกรณ์ทดสอบค่าการรั่วซึมในห้องปฏิบัติการอย่างง่าย และได้มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4. ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาลักษณะการกระจายตัวของวัสดุกรองโดยใช้ค่าจากการออกแบบเขื่อนตามแบบเลขที่
2. จำแนกชนิดดินตามแบบที่กำหนดโดยการร่อนผ่านตะแกรงและกำหนดให้ได้การกระจายตัวของเม็ดดินตามแบบกำหนดของงานวัสดุกรองตามข้อ (1)
3. ทดสอบหาค่าความหนาแน่นของวัสดุกรองโดยการบดอัดแบบ Standard Proctor และ permeability แบบ constant head ตาม ASTM..
4. ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของค่าข้างต้นโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์

1.5. วิธีการศึกษา

1. ทำการจำแนกดินแต่ละชนิดแต่ละขนาด
2. นำดินที่จำแนกแล้วมาผสมตามอัตราส่วนต่าง ๆ กันในแต่ละตัวอย่าง
3. ทำการบล็อคดินตัวอย่างโดยวิธี Standard Proctor Test (ASTM)
4. ทำการบดอัดดินตัวอย่างในแต่ละชนิด อัตราส่วนผสมที่ 100%, 98%, 95%, 50%
5. นำตัวอย่างดินที่บดอัดแล้ว ตามขนาดดังกล่าว มาทดสอบการไหลซึมผ่านของน้ำในดิน (Permeability)
6. บันทึกข้อมูลและตรวจสอบหาค่า k
7. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่า k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. นิยามและความหมายของคำต่าง ๆ

1. Relative Density คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์
2. ค่า permeability คือ ค่าความซึมได้ของน้ำในดิน
3. ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density)

$$\text{R.D. หรือ Dr} = \frac{\ell\max - \ell}{\ell\max - \ell\min.} \times 100\%$$

$\ell\max$ = อัตราส่วนช่องว่างมากที่สุด

$\ell\min$ = อัตราส่วนช่องว่างน้อยที่สุด

ดินจะอยู่ในสภาพที่แน่นที่สุด เมื่อ R.D. = 1 หรือ 100% ($\ell = \ell\min$)

ดินจะอยู่ในสภาพที่หลวมที่สุด เมื่อ R.D. = O ($\ell = \ell\max$)

ถ้า R.D. น้อยกว่า 35% ดินนั้นจะเรียกว่ามี สภาพหลวม (Loose)

ถ้า R.D. อยู่ระหว่าง 35% - 65% ดินนั้นจะเรียกว่ามี สภาพปานกลาง (Medium)

ถ้า R.D. มากว่า 65% ดินนั้นจะเรียกว่ามี สภาพแน่น (Dense)

4. อัตราส่วนช่องว่าง (Void ratio)

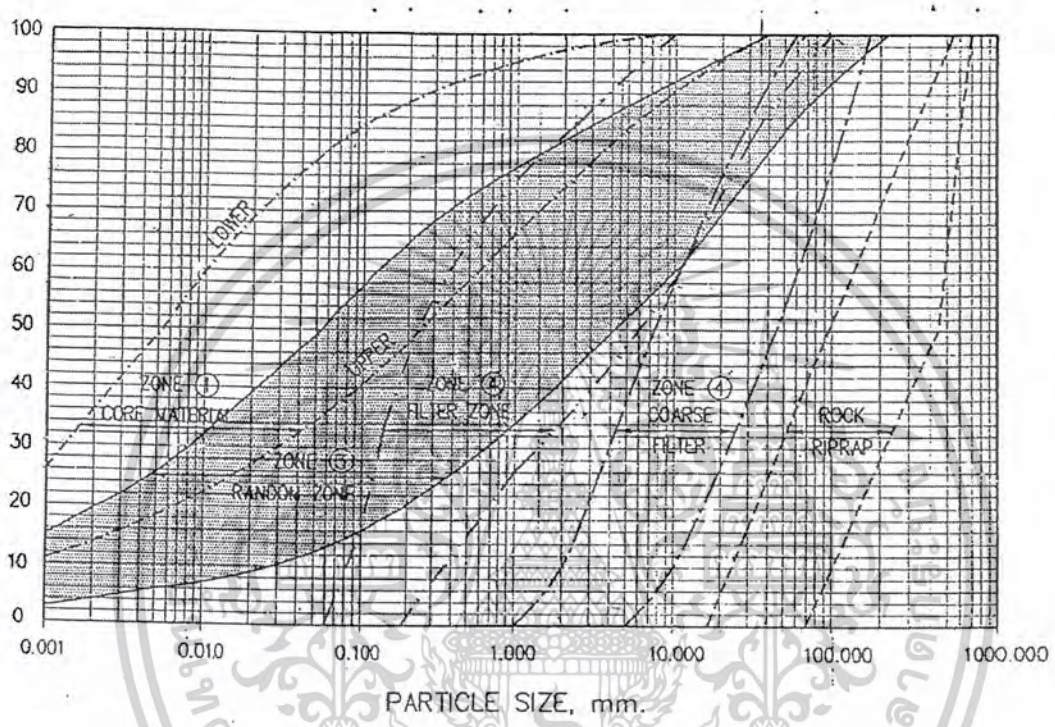
$$\ell = \frac{\text{ปริมาตรของช่องว่าง}}{\text{ปริมาตรของเม็ดดิน}} = \frac{V_v}{V_s}$$

กรณีที่ ℓ = o (V_v = o) เรียกว่า Zero Void Ratio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Gradation Curve

GRADATION OF CONSTRUCTION MATERIAL



6. Criteria ของ Filter

1. D_{15} ของ Filter > 4-5 D_{15} ของดินที่จะป้องกัน
2. D_{15} ของ Filter > 4-5 D_{85} ของดินที่จะป้องกัน
3. จะต้องมีขนาดเล็กกว่า 75 มม.
4. ส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 จะต้องไม่มากกว่า 5%
5. กราฟการกระจายตัวของวัสดุ Filter จะต้องขนานกับของดินที่จะป้องกันโดยประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. หลักการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

6.2.1 Standard Proctor Compaction Test

การทดสอบความแน่นแบบมาตรฐาน คือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและความหนาแน่นของดินในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์ที่ใช้มี Mold โลหะทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 101.6 มม. (4″) สูง 116.4 มม. (4.584″) ปริมาตรเท่ากับ 944 ซม.^{3} ($\frac{1}{30}$ ฟุต^3) ซึ่งยึดติดกับฐาน (Base) ได้ และมีปลอก (Collar) สูง 50.8 มม. (2″) ดังรูปที่ 12.1 (ก) Rammer โลหะหนัก 2.5 กก. (5.5 ปอนด์) มีเส้นผ่าศูนย์กลางหน้าตัด 50.8 มม. (2″) ระยะตกกระแทก 305 มม. (12″)

6.2.2 Permeability (Constant head Test)

ทำได้โดยการปล่อยน้ำที่มีความดันคงที่ให้ไหลผ่านตัวอย่างดินที่อยู่ในหลอดใส่ตัวอย่างพื้นที่หน้าตัด A ตลอดเวลา แล้ววัดปริมาณน้ำ Q ที่ไหลผ่านตัวอย่างดินในช่วงเวลา t ซึ่งรองรับไว้ในถ้วยตวง อ่านค่าการสูญเสียความดันหรือระดับน้ำ H ในช่วงความยาวของการไหลซึม 1 จาก Manometer ที่ติดอยู่ด้านข้างของหลอดใส่ตัวอย่าง สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดินได้จากสูตร

$$Q = Akit$$

$$k = \frac{Q}{Ait} = \frac{Ql}{AtH}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

1. ทำการทดสอบการบดอัดดิน (Compaction Test) แบบ Standard Proctor Test (ASTM)

ขั้นตอนการทดสอบ

Standard Proctor Test (ใช้ Mold ขนาด ∅4" x 4.6")

(เราอาจใช้ Mold ขนาด ∅6" x 5" ก็ได้แต่ค่าต่าง ๆ ต้องเป็นไปตามค่าในตารางที่ 5.1)

1. วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงของ Mold ด้วยเวอร์เนียร์แล้วนำไปคำนวณหาปริมาตรของ Mold
2. ชั่งน้ำหนักของ Mold ให้ละเอียดถึง 0.1 กรัม
3. ประกอบ Mold, collar และ base plate เข้าด้วยกัน แล้วนำไปวางบนพื้นคอนกรีตที่แข็งและเรียบ
4. นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้มาอย่างน้อย 4 kg มาผสมน้ำให้มีความชื้นที่เหมาะสมที่เราประมาณไว้ประมาณ 5-6 เปอร์เซ็นต์ หรือหากเราไม่ได้ประมาณค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมไว้ก็ให้ผสมน้ำลงไปประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างดิน จากนั้นคลุกเคล้าให้เข้ากันพยายามให้ทุกส่วนในดินมีปริมาณความชื้นที่เท่ากัน
5. ใช้ช้อนตักดินตักดินใส่ใน Mold ทีละชั้น โดยประมาณดินที่จะใส่ให้ได้จำนวน 3 ชั้นเท่า ๆ กัน แล้วใช้ Rammer ขนาด 505 lb บดอัดดินแต่ละชั้น ๆ ละ 25 ครั้ง การยกตุ้มให้ยกก้านตุ้มฆ้อนขึ้นจนแตะฝาปลอกแล้วจึงปล่อยตุ้มอย่างอิสระ แต่ละครั้งในการปล่อยตุ้มให้เคลื่อนตำแหน่งตุ้มวนไปทั่ว ๆ Mold ในชั้นสุดท้ายให้บดอัดดินเหลือพ้นส่วนบนของ Mold เล็กน้อย (ไม่เกิน 13 มม.)
6. ถอด collar ของ Mold ออก ใช้บรรทัดเหล็กปาดดินส่วนที่สูงเกินขอบ Mold ออกและอุดแต่งผิวดินให้เรียบเสมอขอบ Mold ใช้แปรงปัดทำความสะอาดด้านนอก Mold แล้วถอด base plate ออก นำ Mold บรรจุดินไปชั่งให้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ดันตัวอย่างดินออกจาก Mold ด้วยเครื่องดันดินหรือกระแทกแรง ๆ ด้วยตุ้ม นำตัวอย่างดินบริเวณกลางตัวอย่างอย่างน้อย 100 กรัม ไปหาปริมาณความชื้น โดยการนำไปชั่งแล้วนำไปอบให้แห้งในตู้อบ (ถ้าเป็นไปได้ควรเก็บตัวอย่างทั้งบริเวณ บน กลาง และล่าง ไปหาปริมาณความชื้น)
8. นำตัวอย่างดินที่เหลือมาทุบให้ร่วนแล้วผสมกับตัวอย่างดินที่เหลือ แล้วผสมน้ำเพิ่มอีกประมาณ 2-3 % คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วทำการทดสอบตามข้อ 3-7 จนกระทั่งน้ำหนักดินใน Mold ที่ชั่งลดลงแล้วทำการทดสอบอีก 1-2 จุด ซึ่งจำนวนครั้งในการทดสอบทั้งหมดไม่ควรเกิน 5-6 ครั้ง
9. การคำนวณผล

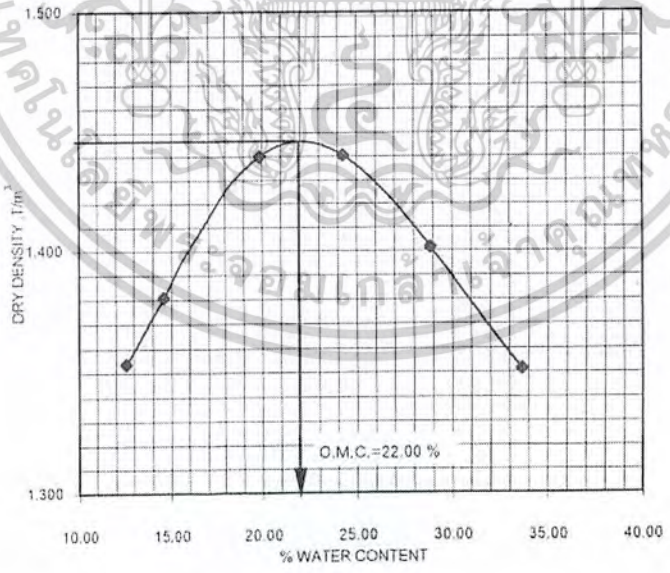
1. ความหนาแน่นเปียกของดิน (Wet density) $= \frac{\text{น้ำหนักดินเปียก}}{\text{ปริมาตร Mold}} = \frac{W}{V}$ $lb/ft^3, g/cm^3$
2. ความหนาแน่นแห้งของดิน (Dry density) , $\gamma_d = \frac{W}{V(1+W)}$ $lb/ft^3, g/cm^3$

เมื่อ W = น้ำหนักดินเปียก (Wet weight) ใน Mold lb , g

V = ปริมาตรของ Mold ft^3, cm^3

w = ความชื้นของดิน (water content) , เปอร์เซ็นต์/100

10. หาค่า γmax (Maximum Dry Density) เช่นรูปต่อไปนี้



11. ทำการบดอัดดินตัวอย่างดังกล่าวที่ 100%, 90%, 70% และ 50% ของ γmax
12. นำตัวอย่างดินดังกล่าวในข้อ 11. ไปทำการทดสอบการรั่วซึมของน้ำ (permeability)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการทดสอบหาค่า k แบบ Constant Head

อุปกรณ์

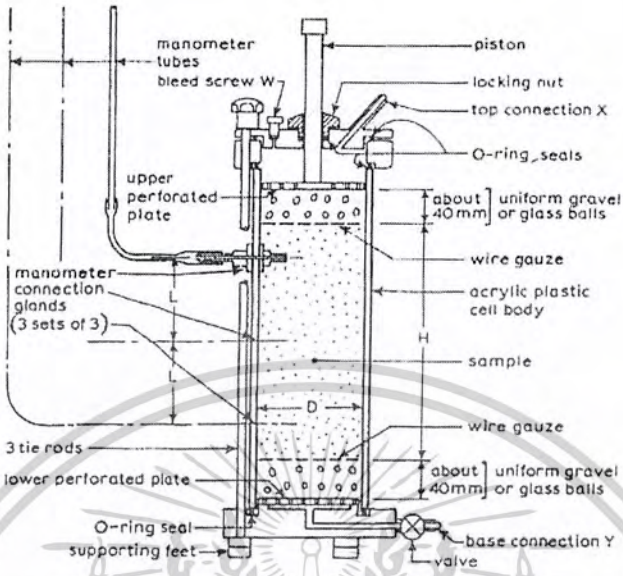
1. แผงชุดอุปกรณ์ทดสอบการไหลซึมผ่านของน้ำ
2. Permeability Cell
3. ปรอทวัดอุณหภูมิ
4. กรวย
5. นาฬิกาจับเวลา
6. ตาชั่ง
7. ปั๊มสูญญากาศ (vacuum pump)

วิธีการทดลอง

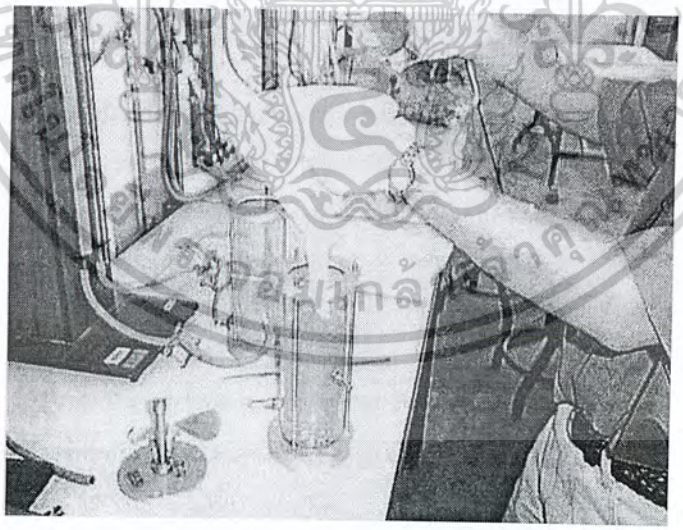
วิธีการทดลอง แบบ Constant Head

1. เตรียมตัวอย่างดินให้มากพอที่จะบรรจุในแบบ (Permeability Cell)
2. วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของ Cell และระยะระหว่างหลอดมาโนมิเตอร์ที่ต่อเข้า Cell (ระยะ L ในรูปที่ 8.3)
3. ใส่วัสดุกรอง (filter material) อาจเป็นกรวดที่มีเม็ดสม่ำเสมอหรือลูกแก้วในด้านล่างของ Cell ให้หนาประมาณ 40 มม. ปรับผิวให้ได้ระดับแล้ววางแผ่นตะแกรง (wire gauze disc) ลงบนผิวบนของกรวด และหากดินตัวอย่างสามารถลอดผ่านแผ่นตะแกรงได้มากกว่า 80% ให้วางแผ่นหินพรุน (porous stone) ทับบนแผ่นตะแกรงอีกชั้นหนึ่ง
4. ทำการชั่งน้ำหนักดินทั้งหมด จากนั้นบรรจุดินลงใน Cell โดยค่อย ๆ ทำการบรรจุโดยใช้กรวย เมื่อดินใน Cell สูงพอสมควรให้ใช้เหล็กกระทุ้งเป็นชั้นให้ได้ความหนาแน่นใกล้เคียงกับในสภาพจริงในสนาม ถ้าต้องการให้ดินใน Cell แน่นขึ้นอาจใช้ค้อนยางทุบข้างกระบอกตลอดระยะที่กรอกดินจนดินใกล้ปาก Cell โดยเว้นระยะห่างจากปาก Cell พอสมควร จากนั้นวัดความสูงของตัวอย่างดินใน Cell ชั่งน้ำหนักดินที่เหลือ และนำตัวอย่างดินที่เหลือบางส่วนไปหา % water content
5. ใส่แผ่นตะแกรงและวัสดุกรองเหมือนด้านล่างของ Cell โดยให้ความหนาของวัสดุกรองประมาณ 40 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

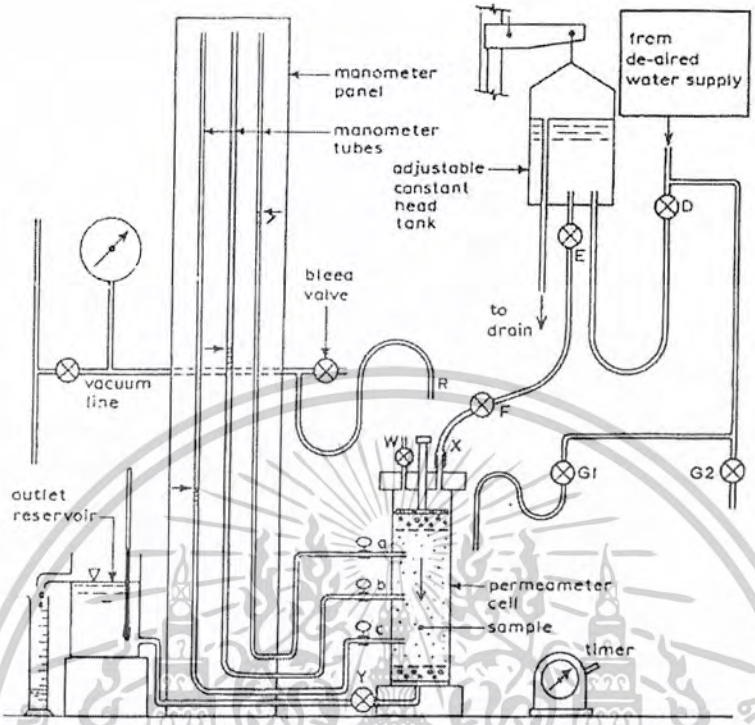


รูปที่ 8.5 แสดงรายละเอียดของ cell เพื่อการทดสอบแบบ constant head (Head Vol.2 , 1988)



รูปที่ 8.6 แสดงการใส่ตัวอย่างดินใน constant head permeameter cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.7 การจัดอุปกรณ์สำหรับการทดสอบแบบ Constant Head (downward) (Head Vol.2 , 1988)

6. การไล่อากาศและทำให้ตัวอย่างดินอิ่มตัว

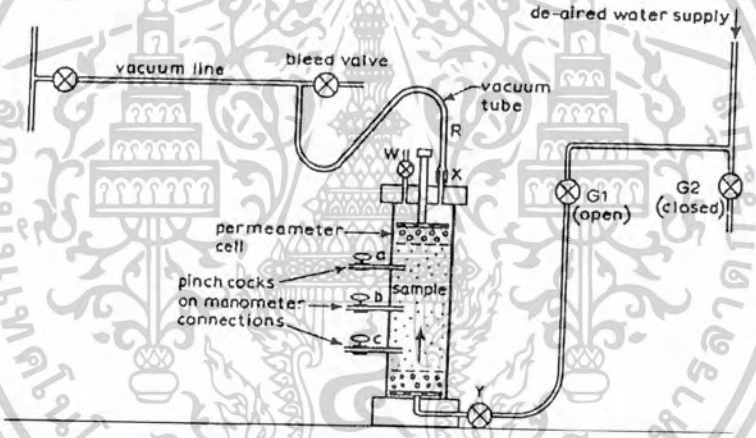
หากเป็นดินมวลหยาบเช่นกรวดหรือทรายเราอาจใช้น้ำธรรมดาได้เลย เพราะปริมาณฟองอากาศเล็กน้อยเมื่อเทียบกับขนาดเม็ดดิน จะไม่ส่งผลต่อการไหลผ่านตัวอย่างดินมากนัก โดยปฏิบัติดังนี้

ต่อสายยางจาก Constant Head Tank (ดูรูปที่ 8.7) เข้าด้านล่างของ Cell โดยนำสายยางจากวาล์ว F ต่อเข้ากับวาล์ว Y แล้วค่อย ๆ เปิดวาล์ว Y ปล่อยให้น้ำไหลซึมขึ้นด้านบนตัวอย่างดิน การเปิดวาล์ว Y ทันทีทันใดแรงดันของน้ำจะมีผลต่อการรบกวนตัวอย่างดินและดินอาจฟุ้งกระจายได้ เมื่อระดับน้ำเต็ม Cell ไล่อากาศให้ออกทางสกรูไล่อากาศ (bleed screw W) แล้วขันปิดให้แน่น จากนั้นปล่อยให้น้ำล้นออก Cell ผ่านปลั๊ก X จากนั้นเปิดวาล์ว a, b, c ไล่อากาศในหลอดวัดระดับน้ำทั้งสามด้วยการเคาะเบา ๆ จนกระทั่งฟองอากาศลอยขึ้นจนหมด ปิดวาล์ว Y ถอดสายยางจากวาล์ว Y ไปต่อกับปลั๊กบน (X) เพื่อเตรียมทำการทดสอบ (แบบ downward) (หากทำการทดสอบแบบ upward ไม่ต้องถอดสายจากวาล์ว Y)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากเป็นดินที่มวลดินค่อนข้างละเอียดฟองอากาศจะส่งผลต่อการซึมผ่านมวลดินมาก การไล่อากาศและการทำให้ตัวอย่างดินอิ่มตัว ทำได้ดังนี้

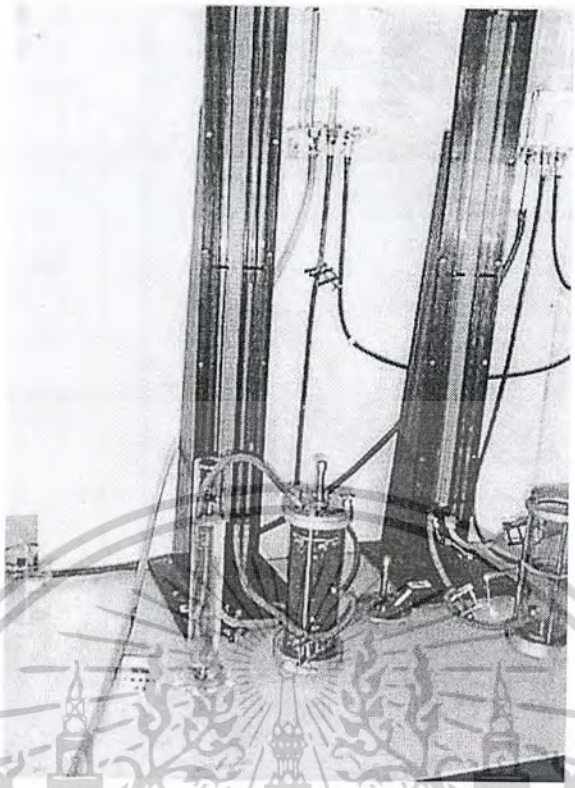
บีบสายยาง a, b, c ไว้ด้านบนปลั๊ก X ต่อเข้ากับปลายท่อยาง R จากปั๊มดูดอากาศ (Vacuum Pump) ดังรูปที่ 8.8 และปล่อยน้ำเข้าวาล์ว Y เมื่อน้ำสูงประมาณ 1/3 ของความสูง Cell แล้วปิดวาล์ว Y เปิดเครื่องให้ปั๊มดูดฟองอากาศตั้งที่อัตราต่ำ ๆ โดยปรับที่ vacuum line และ air bleed valves ประมาณ 10 นาทีหรือมากกว่าหากยังมีฟองอากาศขึ้นมาอยู่ ทำซ้ำแบบนี้อีกเมื่อปล่อยน้ำเข้า Cell จนน้ำสูงประมาณ 2/3 ของความสูง Cell เมื่อน้ำสูงถึงผิวบนตัวอย่างดิน และครั้งสุดท้ายเมื่อวัสดุกรองจมใต้น้ำ จากนั้นเปิดปั๊มอีกครั้งโดยใช้อัตราดูดสูงสุดของปั๊ม สังเกตจนไม่มีฟองอากาศขึ้นมาอีก ตรวจสอบว่าไม่มีฟองอากาศที่จุดต่อต่าง ๆ รวมทั้งที่จุดต่อกับ manometer จากนั้นปิดเครื่อง ถอดสายยางจากปั๊มออกจากปลั๊ก X แล้วนำสายยางจากวาล์ว F เข้ามาต่อแทน



รูปที่ 8.8 การทำให้ตัวอย่างดินอิ่มตัว (Head Vol.2 , 1988)

7. เริ่มทำการทดสอบโดยเปิดวาล์ว F และ E ในรูปที่ 8.7 ให้น้ำไหลผ่านตัวอย่าง ควบคุมอัตราการไหลของน้ำผ่านตัวอย่างดินด้วยการควบคุมวาล์ว Y ดูค่าระดับน้ำในหลอดมาโนมิเตอร์สังเกตดูจนกระทั่งระดับไม่เปลี่ยนแปลง
8. เริ่มทดสอบด้วยการจับเวลา เอากระบอกตวงรองน้ำที่ล้นออกจากภาชนะ เมื่อได้ปริมาณมากพอแล้ว เอากระบอกตวงออก อ่านปริมาตรน้ำ (Q) ที่เวลาผ่านไป (t) อ่านค่าระดับน้ำในหลอดทั้งสามและวัดอุณหภูมิของน้ำที่ภาชนะรอง (outlet reservoir)
9. ทำการทดลองซ้ำข้อ 7,8 อีกประมาณ 2-3 ครั้ง โดยเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำด้วยการปรับวาล์ว Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.9 แสดงการทดสอบการซึมผ่านแบบ Constant Head

การคำนวณผล

1. ความหนาแน่นเปียกของดิน (Wet density) $\gamma_t = \frac{\text{น้ำหนักดินเปียก}}{\text{ปริมาตร Mold}} = \frac{W}{V}$,g/cm^3 (t/m^3)

2. ความหนาแน่นแห้งของดิน (Dry density) , $\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{W}{V(1+w)}$,g/cm^3

เมื่อ W = น้ำหนักดินเปียก (Wet weight) ใน cell ,g

W_s = น้ำหนักดินแห้ง (Dry weight) ใน cell ,g

V = ปริมาตรของตัวอย่างดินใน cell ,cm^3

w = ความชื้นของดิน (water content) ,เปอร์เซ็นต์/100

3. อัตราส่วนช่องว่างของมวลดิน (Void Ration) , e

$$e = \frac{G_s P_w}{P_d} - 1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ G_s = ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

P_d = ความหนาแน่นดินแห้ง (Dry density) ,g/cm^3

P_w = ความหนาแน่นของน้ำ ,g/cm^3

4. สัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำ (k) จากการทดสอบแบบ Constant Head (ที่อุณหภูมิทดสอบ)

$$k_T = \frac{Q}{Ait} = \frac{QL}{At\Delta h}$$,cm/sec

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านในช่วงเวลา t ,cm^3

t = เวลาที่วัดที่ใช้ปริมาณน้ำ Q ,sec

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดินที่น้ำไหลผ่าน ,cm^2

L = ระยะในแนวดิ่งระหว่าง manometer ที่ต่อเข้า Cell ,cm

Δh = ผลต่างของระดับน้ำใน manometer ,cm

5. สัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำ (k) จากการทดสอบแบบ Constant Head (ที่อุณหภูมิทดสอบ)

$$k_T = \frac{2.303aL}{A\Delta t} \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$,cm/sec

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดินที่น้ำไหลผ่าน ,cm^2

a = พื้นที่หน้าตัดของ standpipe ,cm^2

L = ความยาวของตัวอย่างดินใน Cell ,cm

h_1 = ระดับน้ำใน standpipe ขณะเริ่มทดลอง ,cm

h_2 = ระดับน้ำใน standpipe หลังจากเสร็จการทดลอง ,cm

Δt = เวลาที่ระดับน้ำลดจากระดับ h_1 ถึง h_2 ,sec

6. สัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำ (k) จากการทดสอบที่อุณหภูมิมาตรฐาน 20 °C

$$k_{20} = K_T \frac{\mu_T}{\mu_{20}}$$

k_T = ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดินที่อุณหภูมิ T °C

k_{20} = ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดินที่อุณหภูมิ 20 °C

μ_T = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ T °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

μ_{20} = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ 20 °C

ค่า μ เปิดค่าจากตารางที่ 4.3 หรือดูค่า $\frac{\mu_T}{\mu_{20}}$ จากกราฟที่ 8.1

3. ลักษณะวัสดุกรอง (Filter)

ในกรณีที่มีการไหลของน้ำดันขึ้นข้างบน ก็อาจทำให้ดินเกิดสภาวะดูด (Quick) ขึ้นได้ เพื่อป้องกันไม่ให้สภาวะดูดเกิดขึ้น จะต้องมีน้ำหนักทับบนผิวดินนั้น ทั้งนี้ก็เพื่อเพิ่มแรงดันประสิทธิผลให้แก่ดิน น้ำหนักที่จะนำมาทับนี้เรียกว่า Filter ซึ่งจะต้องเป็นวัสดุที่มีขนาดหยาบกว่าดินที่ถูกทับอยู่ด้านล่างและมีข้อกำหนดดังนี้

1. จะต้องมีขนาดหยาบพอที่จะให้น้ำไหลออกไปได้โดยไม่เกิดแรงดันขึ้น
2. จะต้องมีขนาดละเอียดพอที่จะไม่ให้ดินด้านล่างไหลหนีออกไปตามช่องว่างของมันได้

เพื่อให้ครอบคลุมถึงข้อกำหนดของ Filter 2 ข้อดังกล่าว วัสดุที่จะนำมาใช้ทำเป็น Filter จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

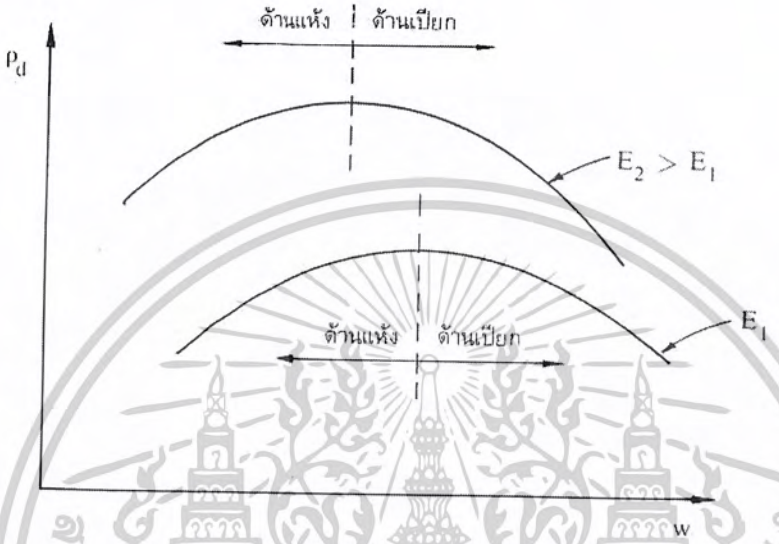
1. D_{15} ของ Filter $>$ 4-5 D_{15} ของดินที่จะป้องกัน
2. D_{15} ของ Filter $<$ 4-5 D_{85} ของดินที่จะป้องกัน
3. จะต้องมีขนาดเล็กกว่า 75 มม.
4. ส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 จะต้องไม่มากกว่า 5%
5. เส้นกร๊าฟการกระจายตัวของวัสดุ Filter จะต้องมีขนานกับของดินที่จะป้องกันโดยประมาณ

ในกรณีที่วัสดุซึ่งเป็น Filter ต้องการชนิดละเอียดมาก เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดดินจากข้างล่างไหลผ่านและอุดตันทำให้เกิดแรงดันน้ำขึ้น ควรจะปู Filter เพียงชั้นบาง ๆ แล้วป้องกัน Filter นี้ด้วยวัสดุที่หยาบกว่า บางครั้ง Filter อาจจะทำเป็นหลายชั้นได้ แต่ละชั้นหนาประมาณ 300 มม. และแต่ละชั้นข้างบนจะต้องออกแบบเพื่อป้องกันชั้นข้างล่าง เรียกว่า **Reversed** หรือ **Graded filter**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง ปริมาณน้ำ และพลังงาน

ความหนาแน่นของดิน นอกจากจะขึ้นกับปริมาณน้ำที่อยู่ในดินขณะทำการบดอัดแล้ว ยังขึ้นกับวิธีการและพลังงานที่ใช้ในการบดอัด ดินชนิดเดียวกัน ถ้าใช้พลังงานในการบดอัดต่างกัน โดยมีปริมาณน้ำเท่ากัน จะได้ความหนาแน่นต่างกัน ดังรูปที่ 12.9



รูปที่ 12.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง (P_d) ปริมาณน้ำในดิน (W) และพลังงาน (E)

จากรูปที่ 12.9 จะเห็นว่าเมื่อใช้พลังงานในการบดอัดเพิ่มขึ้น จะได้

1. ความหนาแน่นแห้งสูงสุดเพิ่มขึ้น
2. ความชื้นที่เหมาะสมลดลง
3. ความหนาแน่นแห้งจะเพิ่มขึ้นมากในด้านแห้ง (Dry side)
4. ความหนาแน่นแห้งจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในด้านเปียก (Wet side)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลอง

เปอร์เซ็นต์การบดอัด	Density (g/cm^3)	Q (cm)	L(cm)	A(cm)	T(sec)	Δh (cm)	K (cm/sec)
บดอัดที่ 100% (25 ครั้ง)	Density = 2.08	910	23.6	45.36	10	102.5	0.4619
บดอัดที่ 98% (20 ครั้ง)	Density = 2.08	935	23.6	45.36	10	101	0.4816
บดอัดที่ 95% (15 ครั้ง)	Density = 2.08	992	23.6	45.36	10	102.3	0.5145
บดอัดที่ 70% (10 ครั้ง)	Density = 2.08	1098	23.6	45.36	10	95.6	0.5797
บดอัดที่ 50% (5 ครั้ง)	Density = 2.08	1147	23.6	45.36	10	95.2	0.6268

ตัวอย่างการคำนวณ

บดอัดที่ 100%

สูตร $k = \frac{QL}{At\Delta h}$

Q = 910 cm^2

L = 236 cm

A = 45.36 cm^2

t = 10 sec

Δh = 102.5 cm

$$k = \frac{QL}{At\Delta h} = \frac{910 \times 236}{45.36 \times 10 \times 102.5} = 0.4619 \text{ cm/sec}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วิเคราะห์ข้อมูล

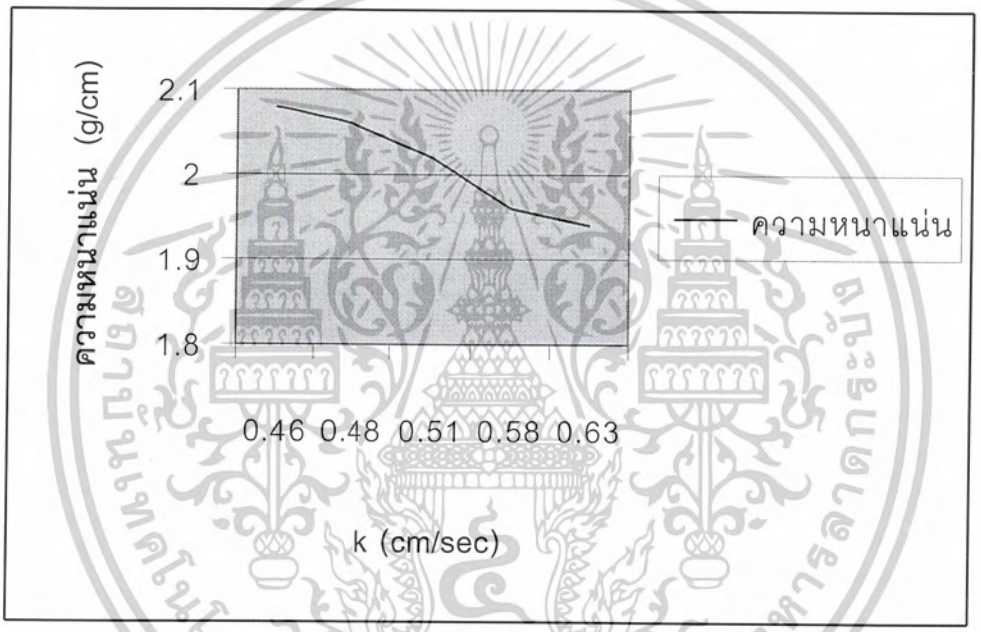
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ถ้าทำการบดอัดดินที่ 100% ค่า Density = 2.08 เมื่อนำไปทดสอบการรั่วซึมได้ค่า k = 0.4619 ต่อมาทำการบดอัดที่ 98% ค่า Density = 2.06 ได้ค่า k = 0.4816 และเมื่อบดอัดที่ 95%, 70% และ 50% จะได้ค่า Density ลดลงมาตามลำดับ และค่า k ก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับดังตารางผลการทดลอง

58565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

จากผลการทดลอง จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสัมพัทธ์ กับค่าการรั่วซึม ดังกราฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- สุพจน์ ศรีนิล, แหลมทอง เหล่าคงถาวร, ชลธี เร่บ้านเกาะ, 2544
  คู่มือปฏิบัติการทดลองปฐพีกลศาสตร์ . พิมพ์ครั้งที่ 1
- มณเฑียร กังศศิเทียน, 2535 . กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม . พิมพ์ครั้งที่ 4 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้