ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านในดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์

ธนกฤษณ์ ทิพย์มนตรี[1] พานิช วุฒิพฤกษ์[2*] และ ชัยรัตน์ ธีระวัฒนสุข[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธ์ความซึมผ่านในดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ โดยผสมทรายแป้งลงในดินเหนียวธรรมชาติในอัตราส่วน 0:100, 15:85, 30:70, 45:55 ตามลำดับ ผสมซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 7.5, 15 และ 20 ต่อน้ำหนักดินแห้ง จากนั้นนำไปบ่มเป็นเวลา 7 และ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่าเมื่อปริมาณอัตราส่วนของทรายแป้งเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ มีค่าสูงขึ้นตามอัตราส่วนของทรายแป้ง เมื่อปริมาณอัตราส่วนร้อยละของซีเมนต์เพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในดินจะลดลง ตัวอย่างที่บ่มเป็นเวลา 7 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในดินสูงกว่า ตัวอย่างที่บ่มเป็นเวลา 28 วัน เพราะการบ่มที่ 28 วันทำให้เกิดปฏิกิริยาไอเดรชั่นของซีเมนต์ขึ้นอย่างสมบูรณ์

คำสำคัญ: ดินเม็ดละเอียด สัมประสิทธ์การซึมผ่าน อัตราส่วนการซึมผ่าน

---

[1] บัณฑิตศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์โยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์โยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-2913-2500 ext.3247, E-mail:pnv@kmutnb.ac.th

FACTORS INFLUENCING PERMEABILITY OF FINE GRAINED SOIL ADMIXED WITH CEMENT

Thanakrit Tipmontree[1] Panich Voottipruex[2*] and Chairat Teerawattanasuk[3]

Abstract

This research was to study factors influencing permeability of a fine grained soil admixed with cement. The fine grained soil sample was natural clay mixed with silt at 0% 15% 30% and 40% by weight of dry soil sample. The cement was mixed in the amount of 7.5% 15% and 20% by weight of dry soil specimens and was then cured at 7 days and 28 days. Triaxial permeability test with two back pressure systems was conducted in the research. From the study, it could be observed that permeability in fine grained soil increases as silt content increases but when the cement admixed clay increases the cement hydration process that occurs properly within 28 days curing periods.

Keywords : Fine grain soil, Permeability, Pore size.

---

[1] Master Degree Graduate, Department of Teacher Training in Civil Engineering, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok

[2] Associate Professor, Department of Teacher Training in Civil Engineering, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok

[3] Assistant Professor, Department of Civil Engineering Technology and Environment, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok

* Corresponding Author Tel.0-2913-2500 ext.3247, E-mail:pnv@kmutnb.ac.th

1. บทนำ

ดินในสภาพธรรมชาตินั้นมีความแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของภูมิประเทศ ตามมาตรฐาน ASTM 2487-83 ได้จำแนกประเภทของดินเม็ดละเอียดเป็น 2 ประเภท คือ ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) ดินเม็ดละเอียดสองชนิดนี้มีความแตกต่างกันทั้งขนาดอนุภาคเม็ดดิน ค่าความเหนียว ค่ากำลังการรับน้ำหนัก เป็นต้น ความแตกต่างที่สำคัญประการหนึ่งคือค่าอัตราการซึมน้ำ ซึ่งดินเหนียวจะมีค่าอัตราการซึมน้ำน้อยกว่าทรายแป้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักๆได้แก่ ขนาดของอนุภาคเม็ดดิน คุณสมบัติของเหลวในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน อัตราส่วนช่องว่าง รูปร่างและการจัดเรียงตัวของช่องว่างและระดับความอิ่มตัวของน้ำในดิน หากปัจจัยดังกล่าวไม่เหมาะสม จะส่งผลต่ออัตราการซึมน้ำของดินทำให้ดินไม่สามารถนำไปใช้งานด้านวิศวกรรมได้ [1]

การวิจัยนี้ ให้ความสำคัญต่อปัจจัยหลักที่เป็นผลมาจากการปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้สามารถนำมาใช้ทางด้านวิศวกรรมได้ 2 ประการคือค่าอัตราความซึมน้ำและอัตราส่วนช่องว่างระหว่างเม็ดดินของดินเม็ดละเอียดที่ปรับปรุงคุณสมบัติแล้ว การลดอัตราการซึมน้ำและลดอัตราส่วนช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะช่วยให้ดินมีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน การศึกษาเรื่องนี้เป็นการปรับปรุงคุณสมบัติดินเหนียว โดยผสมทรายแป้งลงในดินเหนียวเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การซึมน้ำ [2] และอัตราส่วนช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยผสม ทรายแป้ง:ดินเหนียว ในอัตราส่วน 0:100, 15:85, 30:70, 45:55 ตามลำดับ จากนั้นผสมซีเมนต์กับดินตัวอย่าง (ดินเหนียวที่ผสมทรายแป้งแล้ว) ในอัตราส่วนร้อยละ 7.5, 15 และ 20 ต่อน้ำหนักดินแห้ง สำหรับทุกอัตราส่วนของดินตัวอย่าง ควบคุมปริมาณน้ำของดินตัวอย่างก่อนการผสมซีเมนต์ให้มีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit) ของดินตัวอย่าง จากนั้นทดสอบสัมประสิทธิ์การซึมน้ำด้วยวิธีการทดสอบความสามารถซึมน้ำของดินด้วยเครื่องทดสอบแรงอัดแบบสามแกนโดยใช้ระบบความดันย้อนกลับ 2 ทิศทางดังแสดงในรูปที่ 1 (Triaxial Permeability Test With Two Back Pressure Systems) ตามมาตรฐาน ASTM D 5084-90 ของดินตัวอย่างผสมซีเมนต์ที่อายุบ่ม 7 วันและ 28 วันตามลำดับ เมื่อทราบอัตราส่วนผสมของทรายแป้งและปูนซีเมนต์ในดินเหนียวแล้ว จะสามารถนำค่าอัตราส่วนความเหมาะสมในการผสมดังกล่าวไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณสมบัติดินเหนียวเพื่อให้สามารถนำดินนั้นมาใช้ในงานวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสมต่อไป

2. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

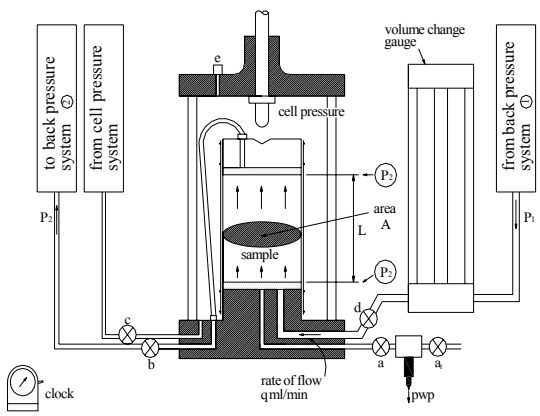
2.1 ทรายแป้ง (Silt)

ตัวอย่างทรายแป้งที่ใช้ในการศึกษานี้ได้จากการคัดขนาดดินเหนียวธรรมชาติด้วยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง โดยนำดินเหนียวธรรมชาติที่ระดับความลึก 3 – 5 เมตร จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือมาร่อนผ่านตะแกรงแบบเปียก (wet sieve) โดยคัดขนาดของทรายแป้งที่มีขนาดของเม็ดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (75μm) และค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 400 (38μm) ทำการร่อนแบบเปียก 2 ครั้ง ซึ่งจะได้ขนาดของทรายแป้งที่คัดแล้วมีขนาดที่เล็กกว่า 75 μm

ดินเหนียวที่ใช้ในการศึกษาเป็นดินตามธรรมชาติ โดยมีค่าคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆดังแสดงในตารางที่ 1

2.2 ตัวอย่างดินผสม

ตัวอย่างดินผสมโดยอัตราส่วนผสมได้จากการนำทรายแป้งที่ผ่านการคัดขนาดแล้วผสมกับดินเหนียว ในอัตราส่วนผสมร้อยละของน้ำหนักแห้งของทราย



รูปที่ 1 ผังการทดสอบสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำด้วยเครื่องมือทดสอบแบบ 3 แกน โดยระบบความดันย้อนกลับ 2 ทิศทาง (Head , 1985)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ของดินตัวอย่าง

Clay:Silt	LL(%)	PL(%)	PI(%)	GS
100:0	51.85	28.57	23.16	2.63
85:15	48.40	25.64	22.76	2.64
70:30	40.00	23.27	16.73	2.65
55:45	34.90	21.79	13.11	2.66

แป้งต่อดินเหนียว เท่ากับ 0%, 15%, 30% และ 45% ตามลำดับ จากนั้นเตรียมตัวอย่างดินผสม (ทรายแป้งและดินเหนียว) และให้ทำการทดสอบเพื่อหาขีดจำกัดเหลวของตัวอย่างดินผสมในแต่ละอัตราส่วนดินผสมนั้น ๆ เพื่อเตรียมปริมาณความชื้นที่จะใช้ในการผสมผสมน้ำและดินตัวอย่างให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมไฟฟ้าโดยสังเกตเนื้อดินตัวอย่างให้เข้ากันดีก่อนผสมซีเมนต์

2.3 ขั้นตอนการผสมซีเมนต์ในตัวอย่างดินผสม

การศึกษาในครั้งนี้จะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะ 3.15 เป็นวัสดุประสาน โดยผสมซีเมนต์แห้งกับตัวอย่างผสมที่เตรียมไว้ในขั้นตอนที่แล้ว โดยแปรเปลี่ยนอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักแห้งของซีเมนต์ต่อดินผสมเท่ากับ 7.5, 15 และ 20 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในการปรับปรุงดินเพื่อใช้เป็นเสาเข็มดินซีเมนต์ด้วยวิธีอัดฉีดด้วยแรงดันสูง หลังจากนั้นผสมซีเมนต์และตัวอย่างดินให้เข้ากันดีภายในเวลา 10 นาทีด้วยเครื่องผสมไฟฟ้าแล้วจึงหล่อตัวอย่างลงในแบบหล่อเพื่อเตรียมทดสอบต่อไป

2.4 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ในการเตรียมตัวอย่างทดสอบความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ หล่อตัวอย่างดินผสมซีเมนต์ในแบบหล่อ PVC โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 66 มม. ความสูง 24 มม. ไล่ฟองอากาศขณะใส่ตัวอย่างดินผสมซีเมนต์ดังกล่าว ใส่ตัวอย่างที่ละน้อยแล้วเคาะเป็นระยะเตรียมตัวอย่างทดสอบในแต่ละอัตราส่วนจำนวน 2 ตัวอย่าง ห่อตัวอย่างและแบบหล่อด้วยพลาสติกเพื่อป้องการการสูญเสียความ ชื้นเก็บไว้นาน 24 ชั่วโมงจากนั้นนำตัวอย่างดินผสมไปบ่มแช่ไว้ในน้ำที่อายุการบ่ม 7 วัน และ 28 วัน เมื่อครบอายุทดสอบแล้ว นำตัวอย่างออกจากแบบหล่อเพื่อนำมาทดสอบหาความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในเครื่องทดสอบดังรูปที่ 1 ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่าน (k, m/s) ของตัวอย่างได้จากสมการที่ 1

$$k = \frac{QL}{Aht} \qquad (1)$$

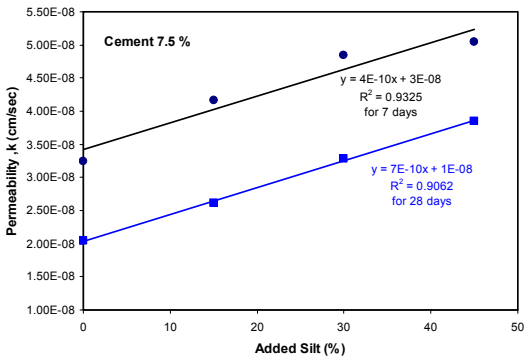
เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่เก็บได้ช่วง t
k = สัมประสิทธิ์การซึมผ่านได้ของดิน
t = เวลาที่ใช้ในการเก็บน้ำปริมาตร Q
L = ความยาวของตัวอย่างดิน
A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน
h = ผลต่างของความสูงระหว่างจุดไหลเข้าและจุดไหลออกของน้ำจากตัวอย่างดิน

3. ผลการทดสอบ

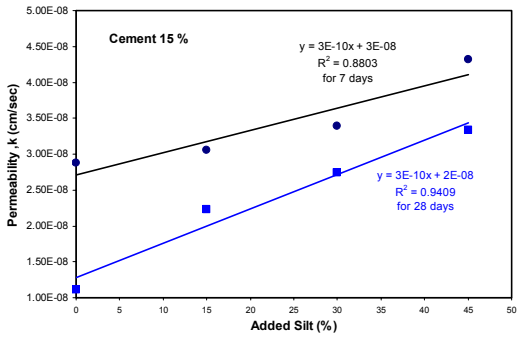
3.1 ผลการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลซึมของดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์

3.1.1 อิทธิพลของปริมาณทรายแป้งที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน

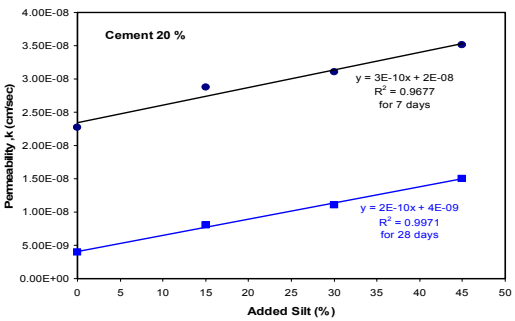
เมื่อผสมทรายแป้งในปริมาณที่เพิ่มขึ้น สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของทรายแป้ง เนื่องจากทรายแป้งที่นำมาผสมมีลักษณะอนุภาคเป็นเม็ดมี ขนาดปานกลาง ประมาณ 0.002 ถึง 0.02 (0.05) มิลลิเมตร ร่วนไม่เกาะเป็นก้อน เมื่อนำมาผสมกับดินเหนียวธรรมชาติซึ่งจัดเป็นดินประเภทที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesion) มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าขนาดอนุภาคของทรายแป้ง ดังนั้นการผสมทรายแป้งเข้าไปจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคมากขึ้น ความพรุนของตัวอย่างทดสอบจึงมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความซึมผ่านของน้ำเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของทรายแป้งด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2 รูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของปริมาณทรายแป้งที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การไหลซึมของดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ 7.5%



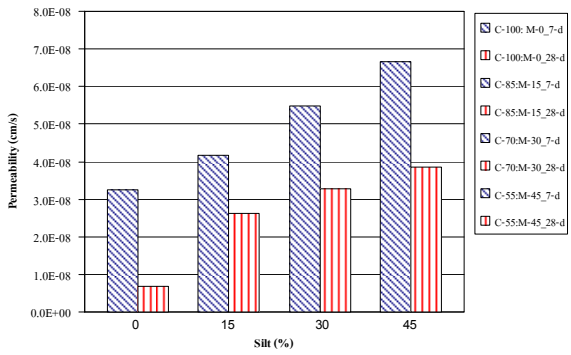
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของปริมาณทรายแป้งที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การไหลซึมของดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ 15%



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของปริมาณทรายแป้งที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การไหลซึมของดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ 20%

3.1.2 อิทธิพลของระยะเวลาในการบ่ม ที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน

ระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำลดลงทุกตัวอย่างการทดสอบ ดังรูปที่ 5 ตัวอย่างที่บ่ม 7 วัน จะมีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านของน้ำในดินมากกว่า การบ่มตัวอย่างที่ 28 วัน เนื่องจากซีเมนต์ที่เป็นส่วนผสมในก้อนตัวอย่างที่อายุการบ่ม 28 วัน มีระยะเวลาเกิดปฏิกิริยา Hydration มากกว่าตัวอย่างที่บ่ม 7 วัน ซึ่งความสามารถในการซึมผ่านของน้ำจะถูกควบคุมโดยความพรุนของซีเมนต์เพสต์ โดยความพรุน (Capillary Porosity) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ และความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Degree of Hydration) [3] จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยวิธี X-Ray Diffraction (ASTM D5357) พบผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเรียกว่า Ettringite และ CSH gel มีลักษณะเป็นผลึกเส้นใย จะมีขนาดใหญ่กว่า 2 เท่า ของซีเมนต์ก่อนการเกิดปฏิกิริยา ทำให้ก้อนตัวอย่างที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นนี้จะเข้าอุดช่องว่างระหว่างเม็ดซีเมนต์ และเกิดผิวสัมผัสก่อให้เกิดการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ เมื่อเวลาผ่านไปความเข้มข้นของตัวอย่างที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะมาก ระยะเวลาการเกิดและการขยายตัวเพิ่มขึ้นทำให้ความพรุนของเพสต์ลดลง จำกัดการเคลื่อนที่ของเม็ดซีเมนต์ ทำให้ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำลดลง [4]

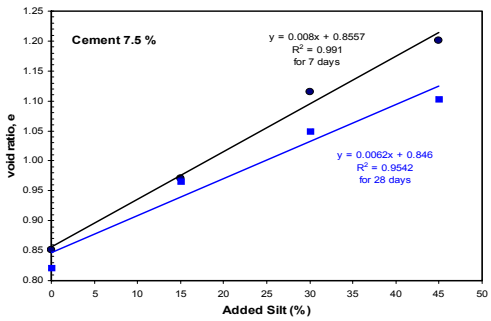


รูปที่ 5 ระยะเวลาการบ่มที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การไหลซึมของดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์

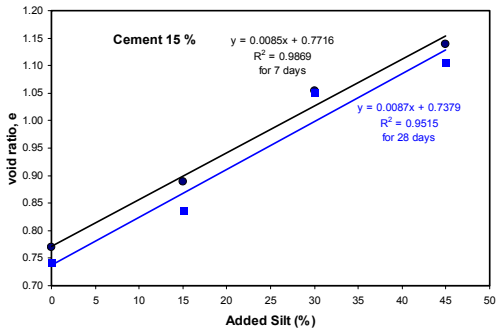
3.2 ผลการทดสอบหาอัตราส่วนช่องว่างของดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์

3.2.1 อิทธิพลของปริมาณทรายแป้งที่มีผลต่ออัตราส่วนช่องว่างในดิน

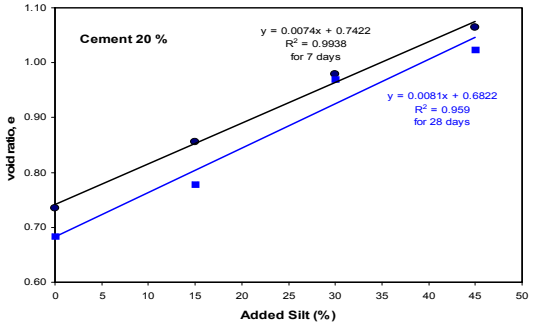
เมื่อผสมทรายแป้งในตัวอย่างที่ปริมาณทรายแป้งเพิ่มขึ้นจากรูปที่ 6 รูปที่ 7 และรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าปริมาณช่องโพรงของดินตัวอย่างจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณทรายแป้งด้วย แต่อย่างไรก็ตามจาก



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทรายแป้งกับอัตราส่วนช่องว่างในดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ 7.5%



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทรายแป้งกับอัตราส่วนช่องว่างในดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ 15%



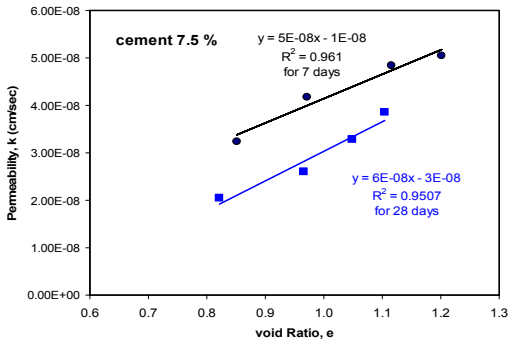
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทรายแป้งกับอัตราส่วนช่องว่างในดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ 20%

ผลการทดสอบนี้ แสดงให้เห็นว่าปริมาณช่องโพรงในดินเพิ่มขึ้นตามปริมาณทรายแป้งนั้น เนื่องจากดินที่ใช้ในการศึกษาเป็นดินเหนียวซึ่งเป็นดินเม็ดละเอียด เดิมดินเหนียวซึ่งได้มาจากธรรมชาตินั้นจะมีช่องโพรงค่อนข้างเล็กมาก เพราะการจัดเรียงตัวของอนุภาคดินที่แบนเป็นแผ่น และการมีอนุภาคขนาดเล็กจึงทำให้ก้อนตัวอย่างที่เป็นดินเหนียวธรรมชาตินั้นมีความแน่นมากพอสมควร เมื่อผสมทรายแป้งซึ่งมีขนาดอนุภาคที่ใกล้เคียงกันแต่มีลักษณะสามมิติและมีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย ทำให้เกิดช่องโพรงมากขึ้นเนื่องจากการจัดเรียงตัวใหม่หลังผสมจะเกิดช่องโพรงมากกว่าเดิมเนื่องจากอิทธิพลของทรายแป้ง

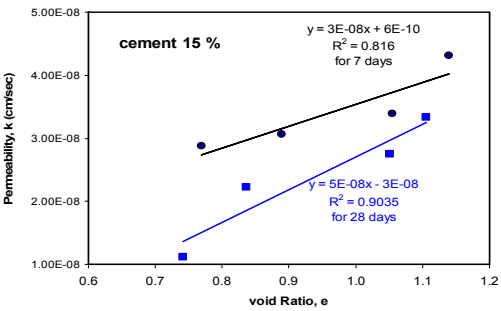
4. บทสรุป

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าปริมาณทรายแป้งที่เพิ่มมากขึ้นทำให้น้ำในดินเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากทรายแป้งมีลักษณะกลมเมื่อนำมาผสมแทรกเข้าไปในดินเหนียวที่ผนึกตัวแน่นจะทำให้มวลดินมีความพรุนมากขึ้นเมื่อผสมซีเมนต์ลงไปจะทำให้ความสามารถในการซึมผ่านลดลง แต่เมื่อพิจารณาปริมาณซีเมนต์และระยะเวลาการบ่ม พบว่าหากผสมซีเมนต์มากขึ้นจะทำให้ตัวอย่างของเนื้อดินทึบน้ำมากขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา Hydration ก่อเกิดคุณสมบัติ Ettringite และ CSH gel แต่เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการบ่มพบว่ายิ่งบ่มนานความทึบน้ำยิ่งเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยา Hydration มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่กล่าว

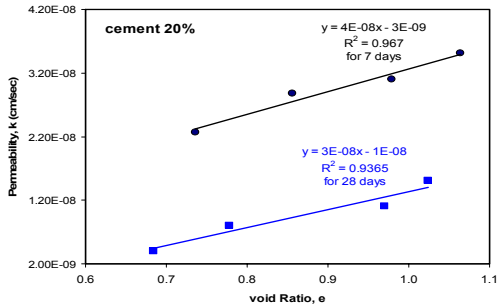
ทั้งหมดแล้ว นำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่างและความสามารถในการซึมผ่านที่ปริมาณซีเมนต์แตกต่างกันพบว่าตัวอย่างที่ผสมซีเมนต์มากจะมีค่าอัตราส่วนช่องว่าง (e) น้อยที่สุดและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณซีเมนต์ลดลง โดยที่ปริมาณซีเมนต์ 20% ที่อายุการบ่ม 28 วัน มีค่าระหว่าง 0.68-1.03 ที่ปริมาณซีเมนต์ 15% มีค่าระหว่าง 0.73-1.10 และที่ปริมาณซีเมนต์ 15% มีค่าระหว่าง 0.80-1.10 และเมื่อ



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่างกับสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ที่ 7.5%



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่างกับสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ 15%



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนช่องว่างกับสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์ 20%

เปรียบเทียบระหว่างอายุการบ่ม 7 วันและ 28 วัน พบว่าเมื่อบ่ม 7 วัน อัตราส่วนช่องว่างจะมีมากกว่าบ่ม 28 วัน ในทุกตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 9, 10 และ11 กล่าวได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการซึมผ่านของดินเม็ดละเอียดผสมซีเมนต์เกิดจากปริมาณทรายแป้ง ปริมาณซีเมนต์และระยะเวลาในการบ่ม

สำหรับปริมาณทรายแป้งนั้นจะมีปะปนอยู่ตามธรรมชาติแต่ปริมาณซีเมนต์และระยะเวลาในการบ่มเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นในการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวด้วยวิธีการนี้จึงควรเจาะสำรวจและวิเคราะห์ปริมาณทรายแป้งตามธรรมชาติก่อน จากนั้นจึงวางแผนเพื่อกำหนดปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Ruenkrairergsa, T., (1982), "A Research on Types of Soil for Stabilization Suitable for Cement or Lime." Group Training in Road Construction, Department of Highways, Bangkok, Thailand, pp.20-25.

[2] Finno, R.J., Chung, K.Y., Yin, J., and Feldkamp, J.R. (1996). "Coefficient of permeability from AC electroosmosis experiments. II; Results." J.Geotech, Engrg., ASCE, Vol.122, No.5, pp.355-364.

[3] Fratalocchi, E.and Pasqualini, E., (1998). “Permeability over time of cement-bentonite slurry walls.” Environmental Geotechnics, Seco e Pinto (ed), pp.509-514.

[4] Felt,E.J., (1955). “Factors influencing physical properties of soil cement mixture.” Highway Research BOARD Bull.108, National Research Council Washington.D.C., U.S.A., P.P.136-166.