

โครงการวิศวกรรมศาสตร์

(02207499)

ที่ 3/2562

เรื่อง

การลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรัง โดยผสม ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าถ่าน และมูลวัว
Reduction of hydraulic conductivity of lateritic soil by mixing with rice hull
ashes, ashes, and cow dung.

โดย

นายกันตพัฒน์ คุณนิชารณวัฒน์
นายพลวิชัย ประยูรจตุพร
นายวิวัฒน์ กาญจนเอกรินทร์

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)
พุทธศักราช 2562

การลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรัง โดยผสม ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าถ่าน และมูลวัว

Reduction of hydraulic conductivity of lateritic soil by mixing with rice hull ashes, ashes, and cow dung.

โดย

นายกันตพัฒน์ คุณนิษารณะวัฒน์ 5920500298

นายพลวิชัย ประยูรจตุพร 5920500476

นายวิวัฒน์ กาญจนเอกรินทร์ 5920503246

โครงการวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมชลประทาน

ใบรับรองโครงการวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง : การลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรัง โดยผสม ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าถ่าน และมูลวัว

Title : Reduction of hydraulic conductivity of lateritic soil by mixing with rice hull ashes, ashes, and cow dung.

นามผู้จัดทำ

นายกันตพัฒน์

คุณณิชานะวัฒน์

นายพลวิชัย

ประยูรจตุพร

นายวิวัฒน์

กาญจนเอกรินทร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ



(รศ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์)

23 / 04 / 63

กรรมการ



(อ.ดร.ทรงศักดิ์ ภัทราวุฒิชัย)

23 / 04 / 63

กรรมการ



(อ.ดร.เกศวรา สิทธิโชค)

23 / 04 / 63

หัวหน้าภาควิชา

.....

(ผศ.นิมิตร เฉิดฉันทพิพัฒน์)


...../...../.....

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรัง โดยผสม ชี้เถ้าแกลบ ชี้เถ้าถ่าน และมูลวัว

โดย : นายกันตพัฒน์ คุณณิชาธนะวัฒน์
นายพลวิชัย ประยูรจตุพร
นายวิวัฒน์ กาญจนเอกรินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา :



(รศ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์)

.....
23 / 04 / 63
.....

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสามารถในการลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังโดยการผสมด้วยชี้เถ้าแกลบ ชี้เถ้าถ่าน หรือมูลวัวด้วยวิธีระดับน้ำคงที่ การทดลองนี้ได้ใช้ดินลูกรังบดอัดที่มีค่าความนำชลศาสตร์เฉลี่ยอยู่ที่ 1.76 cm day^{-1} ซึ่งมีการรั่วซึมอยู่ในเกณฑ์สูง ดินลูกรังได้ถูกผสมกับชี้เถ้าแกลบ ชี้เถ้าถ่าน หรือมูลวัวในอัตราส่วน 5,10,15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากการทดลองพบว่าค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับ ดินลูกรังกับชี้เถ้าแกลบ ชี้เถ้าถ่าน และมูลวัว คือ 10, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าความนำชลศาสตร์ $0.092 \text{ cm day}^{-1}$, $0.426 \text{ cm day}^{-1}$ และ $1.590 \text{ cm day}^{-1}$ ตามลำดับ การศึกษาวิจัยครั้งนี้ยังพบว่าดินลูกรังที่ผสมชี้เถ้าแกลบ หรือชี้เถ้าถ่านในทุกอัตราส่วนผสมมีค่าความนำชลศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการนำไปใช้คาดสระเก็บน้ำ

คำสำคัญ : ความนำชลศาสตร์, ดินลูกรัง, การรั่วซึม

Abstract

Title : Reduction of hydraulic conductivity of lateritic soil by mixing with rice hull ashes, ashes, and cow dung.

By : Kantapat Kunnichartanawat

Ponlawit Prayurachatuporn

Wiwat Kanjanaekkarin

Project Adviser :



(Assoc Prof.Somchai Donjadee)

.....23...../.....04...../.....63.....

The objective of this study is to reduce the hydraulic conductivity of lateritic soil using the mix of rice husk ash, ashes or cow manure by the constant head method. This experiment used compacted lateritic soil with an average hydraulic conductivity of 1.76 cm day⁻¹, presenting high level of leakage. Lateritic soil was mixed with rice husk ash, ashes or cow dung at a ratio of 5, 10, 15 and 20 percentage by weight. The results shown that the suitable ratios for lateritic soil mixed with rice husk, ashes, and cow dung were 10, 10 and 15 percentage, with hydraulic conductivity of 0.092 cm day⁻¹, 0.426 cm day⁻¹ and 1.590 cm day⁻¹, respectively. This research also found that the hydraulic conductivity of lateritic soil mixed with rice husk and ash for all percentage rates were in an acceptable standard for pave of farm pond.

Keywords: *Hydraulic conductivity, lateric Soil, Seepage*

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์ ที่ปรึกษาโครงการวิจัยหลัก ที่ให้คำปรึกษาตั้งแต่กระบวนการสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์ผล การสรุปผล และการเขียนเล่มวิจัยให้มีความสมบูรณ์ เพื่อนำงานวิจัยที่ได้ทำทดสอบไปเผยแพร่แก่ผู้ที่สนใจ ทั้งที่ผู้ต้องการนำข้อมูลไปใช้งานจริงหรือผู้ที่นำข้อมูลไปพัฒนาต่อยอดในทางที่เป็นประโยชน์ และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ มิเตอร์ รวมถึงอุปกรณ์ที่จำเป็น ที่เอื้ออำนวยแก่งานวิจัย

| | |
|--------------|-----------------|
| นายกนต์พัฒน์ | คุณณิชานะวัฒน์ |
| นายพลวิชัย | ประยูรจตุพร |
| นายวิวัฒน์ | กาญจนาเอกรินทร์ |
| | ผู้จัดทำ |

สารบัญ

| | หน้า |
|-------------------------------------|------|
| สารบัญ | vii |
| สารบัญตาราง | viii |
| สารบัญภาพ | ix |
| บทที่1 บทนำ | |
| 1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2. วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3. ขอบเขตการวิจัย | 2 |
| 1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| บทที่3 ระเบียบวิธีการวิจัย | 7 |
| บทที่4 ผลและวิจารณ์ | 13 |
| บทที่5 สรุปและข้อเสนอแนะ | 15 |
| เอกสารอ้างอิง | 16 |
| ภาคผนวก | 17 |
| ภาคผนวก ก. | 18 |
| ภาคผนวก ข. | 47 |
| ภาคผนวก ค. | 52 |

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 2.1 วิธีทดสอบหาค่าความชื้นน้ำที่เหมาะสม | 4 |

สารบัญภาพ

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 การไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน | 3 |
| รูปที่ 2.2 การทดสอบความชื้นน้ำโดยวิธีความดันคงที่ | 5 |
| รูปที่ 2.3 อัตราการไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน | 5 |
| รูปที่ 2.4 การทดสอบความชื้นน้ำ โดยวิธีความดันเปลี่ยน | 6 |
| รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานวิจัย | 9 |
| Figure 1. <i>Permeameter</i> | 10 |
| Figure 2. <i>Grain size distributions</i> | 11 |
| Figure 3. <i>Flow rate measuremen</i> | 12 |
| Figure 4. <i>Hydraulic Conductivity of Sandy soil mixed with Cement (or Lime)</i> | 13 |
| Figure5. <i>Best Hydraulic Konductivity</i> | 14 |

บทที่ 1

1.1.ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาจากภัยแล้ง จากแนวทางแก้ไขปัญหาภัยแล้งซึ่งมีหลายวิธี หนึ่งในวิธีนั้นคือการขุดสระขึ้นมาเพื่อกักเก็บน้ำโดยเฉพาะพื้นที่นอกเขตชลประทาน และหน่วยงานของรัฐได้สนับสนุนงบประมาณในการขุดสระดังกล่าว เช่นโครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทานของกรมพัฒนาที่ดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 โดยส่งเสริมให้มีการขุดสระน้ำขนาด 1,260 m³ เพื่อบรรเทาสภาพปัญหาภัยแล้ง การขาดแคลนน้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำในพื้นที่ของการเกษตร ซึ่งเกษตรกรเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายเพียง 2,500 บาท จำนวน 45,000 สระ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2560) ดังนั้นจึงทำให้มีสระเก็บน้ำกระจายอยู่ทั่วประเทศ ซึ่งบางพื้นที่ไม่เหมาะสำหรับการขุดสระน้ำเนื่องจากสภาพดินไม่เหมาะสม จากรายงานของสำนักเศรษฐกิจการเกษตร พบว่ามีสระเก็บน้ำนอกเขตชลประทานร้อยละ 18 ไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ใช้ได้ตามที่ออกแบบไว้เนื่องจากสภาพดินที่มีการรั่วซึมสูง สาเหตุจากสภาพดินที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะหากขุดสระในบริเวณพื้นที่ที่เป็นดินลูกรัง ซึ่งดินลูกรังมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้น้อยมาก เพราะดินลูกรังมีกรวด หรือเศษหินปะปน ทำให้น้ำเกิดการซึมได้อย่างรวดเร็วแนวทางการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพทางหนึ่งคือการปรับปรุงดินบริเวณพื้นผิวสระให้มีค่าความชื้นน้ำลดลงจนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ การลดการรั่วซึมดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปูด้วยแผ่นพลาสติก การตาดด้วยดินซีเมนต์ (Jin et al., 2018) การตาดด้วยดินโคลน (Bouwer et al., 2001) การตาดด้วยผ้าใบคอนกรีต (Donjadee et al., 2017) การใช้น้ำยางธรรมชาติ (Nakasun et al., 2007) และการปรับปรุงดินให้มีคุณสมบัติในการเพิ่มประสิทธิภาพลดการรั่วซึมของน้ำ เช่น การบดอัดดิน (Bouwer et al., 2001; Kolawole et al., 2005) โดยผสมวัสดุบางชนิดเข้าไปในดิน เช่น เบนโทไนท์ (Gleason et al., 1997; Malusis et al., 2009) ปูนซีเมนต์ (Tipmontree, 2009) เป็นต้น อย่างไรก็ตามหลายวิธีมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ส่งผลให้สระเก็บน้ำเหล่านั้นไม่ได้รับการปรับปรุงสภาพดินจากเกษตรกร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการลดการรั่วซึมโดยใช้วัสดุจากธรรมชาติ ได้แก่ มูลวัว ชี้เถ้าแกลบ และชี้เถ้าถ่าน ซึ่งวัสดุเหล่านี้มีราคาถูกและสามารถหาได้โดยทั่วไป งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการลดอัตราการรั่วซึมของวัสดุที่นำมาผสมกับดินลูกรัง โดยพิจารณาค่าความนำคลศาสตร์กับอัตราการผสมของวัสดุเหล่านั้น โดยนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีความดันคงที่ ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการใช้งานกับสระเก็บน้ำในไร่นาต่อไป

1.2. วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาความสามารถในการลดอัตราส่วนการรั่วซึมของวัสดุที่นำมาผสมกับดินลูกรังโดยพิจารณาค่าความนำชลศาสตร์กับอัตราส่วนผสมของวัสดุเหล่านั้นโดยนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีความดันคงที่ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการใช้งานกับสระเก็บน้ำในไร่นา

1.3. ขอบเขตการศึกษา

1. ดินลูกรังที่นำมาใช้งานวิจัยนี้มาจากดินลูกรังขนาดคละกันดีตามมาตรฐาน ASTM
2. มุลวูจากฟาร์มควายบอยแลนด์ เกษตร ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
3. ซีเมนต์และซีเมนต์กลบที่นำมาใช้ในการผสมเพื่อลดการซึมได้มาจากแปลงทดลองภาควิศวกรรมชลประทานในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
4. ปริมาณของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบต้องไม่เกินร้อยละ 20 ต่อปริมาตร

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบความหนาแน่นระหว่างอัตราส่วนที่เหมาะสมของส่วนผสม สามารถนำมาใช้ปรับปรุงดินให้สามารถอุ้มน้ำได้ดีขึ้นในพื้นที่ที่เป็นดินลูกรัง
2. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำ และลดการสูญน้ำเนื่องจากการซึมลงดิน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน เป็นแบบ “Laminar Flow” ผ่านช่องคดเคี้ยวระหว่างเม็ดดิน ในขณะที่เดียวกัน แรงดันของน้ำก็จะเสียไปเพราะแรงเสียดทานของผิวช่องเม็ดดิน Darcy นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้เสนอกฎแห่งการไหลซึมไว้ว่า “ความเร็วของการไหลซึมของของเหลวผ่านตัวกลางพรุน (เช่นมวลดิน) จะเป็นปฏิภาคกับกับไฮดรอลิกเกรเดียนต์ (Hydraulic Gradient)”



รูปที่ 2.1 การไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน

$$v \propto i$$

หรือ $v = ki$ (1)

เมื่อ v = ความเร็วของการไหล (LT^{-1})

$$i = \text{ไฮดรอลิกเกรเดียนต์} = \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

k = ความซึมน้ำของตัวกลาง ซึ่งเป็นค่าคงที่ (LT^{-1})

Δh = ความต่างของระดับน้ำ (Head Difference) ในช่วงความยาวของการซึม ΔL

จากสมการที่ 1 นี้จะนำไปใช้ในงานวิเคราะห์ปัญหาทางการไหลซึมของน้ำผ่านชั้นดิน ได้เกือบทุกแบบ สิ่งสำคัญคือ ค่าคงที่ที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะของชั้นดินที่เรียกว่า ค่าความซึมน้ำ (Permeability) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งต่อไปนี้

1. ขนาดและรูปร่างของเม็ดดิน (Grain Size and Shape) แท้ที่จริงแล้วค่าความซึมน้ำควรจะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของช่องว่างระหว่างเม็ดดินมากกว่าแต่คุณสมบัติทั้งสองของมวลดินมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด เช่น ดินที่มีเม็ดเล็กบางและเป็นแผ่น ช่องว่างที่น้ำซึมผ่านก็มักจะมีลักษณะเช่นเดียวกัน Allen Hazen ได้เสนอว่าในทรายและกรวด ค่าความซึมน้ำสามารถสัมพันธ์กับขนาดเม็ดดังนี้

$$K = 100 D_{10}^2 \quad \text{ชม./วินาที} \quad (2)$$

2. ความหนืดของของเหลวที่ซึมผ่าน (Viscosity of Pore Fluid) ในทางวิศวกรรมโยธามักเกี่ยวข้องกับน้ำเท่านั้น แต่ความหนืดของน้ำก็อาจเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากอุณหภูมิ และมักจะยึดถือเอาความหนืดที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเกณฑ์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความหนืดจะลดลง ทำให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย ดังนั้น ค่าความซึมน้ำ ณ. อุณหภูมิต่าง ๆ อาจมีความสัมพันธ์กับที่ 20°C ดังนี้

$$k_T = k_{20} \times \frac{\eta_{20}}{\eta_T} \quad (3)$$

เมื่อ η_{20} , η_T เป็นความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ 20°C และ $T^\circ\text{C}$ ตามลำดับ

3. อัตราส่วนของช่องว่าง (Void Ratio) คืออัตราส่วนของช่องว่างระหว่างดินต่อปริมาตรเม็ดดิน เช่นในทรายหลวม น้ำย่อมไหลสะดวกกว่าทรายอัดแน่น มีผู้พยายามค้นคว้าหาความสัมพันธ์ของค่าความซึมน้ำ กับอัตราส่วนช่องว่าง เช่น

$$k = C \times \frac{e^3}{1+e} \quad (4)$$

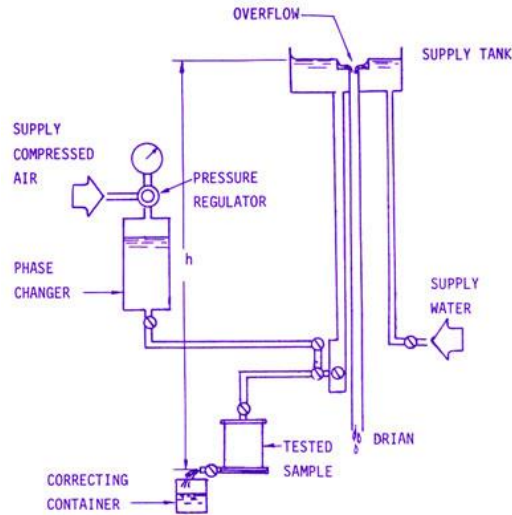
4. ความอิ่มตัวของมวลดิน (Degree of Saturation) เมื่อมวลดินไม่อิ่มตัว ย่อมจะมีฟองอากาศคอยกั้นช่องว่าง ทำให้น้ำไหลซึมไม่สะดวก ดังนั้นในการทดลองในห้องปฏิบัติการจึงมักใช้ตัวอย่างดินที่อิ่มตัว เพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลนี้

ในการทดลองหาค่าความซึมน้ำอาจทำได้หลายวิธี เช่น แบบความดันน้ำคงที่ (Constant head) หรือความดันน้ำเปลี่ยนแปลง (Variable head) หรือแม้แต่ทดสอบในสนาม ดังนั้นการเลือกใช้วิธีทดลองจึงมีส่วนสำคัญ ซึ่งพอจะแนะนำได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 วิธีทดสอบหาค่าความซึมน้ำที่เหมาะสม

| ลักษณะดิน | ช่วงค่าความซึมน้ำ ซ.ม. / วินาที | วิธีที่ควรใช้ |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| ดินเหนียวคงสภาพ | $10^{-5} - 10^{-9}$ | Variable head Consolidometer |
| ดินทราย | $10^{-1} - 10^{-4}$ | Constant head |
| ดินลูกรังบดอัด | $10^{-3} - 10^{-8}$ | Constant head โดยใช้ความดันเข้าช่วย |
| ดินเหนียวบดอัด | $10^{-4} - 10^{-9}$ | Constant head หรือ Consolidometer |

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะวิธีใช้ความดันคงที่ (Constant head) และวิธีความดันน้ำเปลี่ยนแปลง (Variable head) เท่านั้น



รูปที่ 2.2 การทดสอบความซึมน้ำโดยวิธีความดันคงที่

รูปที่ 1 แสดงการทดลองหาค่าความซึมน้ำโดยวิธีความดันคงที่ จากสมการที่ 1 ถ้าพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดินเท่ากับ A ดังนั้นปริมาณน้ำที่ไหลผ่านตัวอย่างดินจะเท่ากับ



รูปที่ 2.3 อัตราการไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน

$$Q = vA = kiA \quad (5)$$

เมื่อ K = ค่าความซึมน้ำของตัวอย่างดิน ซึ่งต้องการทราบ

$$i = \text{ไฮดรอลิกเกรดเดียน} = \frac{h}{l}$$

เมื่อแทนค่า i แล้วหาค่า k ในเทอมตัวแปรต่าง ๆ จะได้

$$k_T = k_{20} \times \frac{QL}{Ah} \quad (6)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่วัดระหว่างการทดสอบ, ซม.³ / วินาที

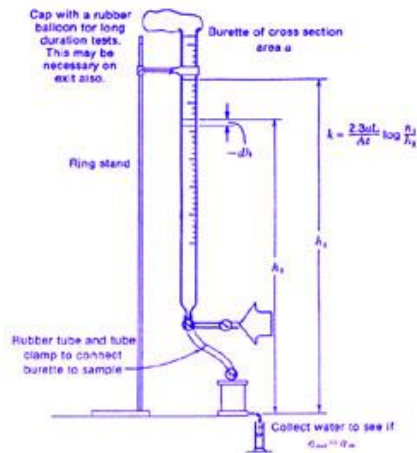
L = ความยาวของตัวอย่างดิน, ซม.

A = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดิน, ซม.²

h = ความต่างของระดับน้ำ (ดังรูปที่ 1), ซม.

ในกรณีที่ใช้ความดันเข้าช่วย $h = \frac{P}{\gamma_w}$ ดังนั้นสมการ 6 จะเป็น

$$K = \frac{QL\gamma_w}{AP} \quad (7)$$



รูปที่ 2.4 การทดสอบความซึมน้ำ โดยวิธีความดันเปลี่ยนแปลง

รูปที่ 2 แสดงการทดลองหาค่าความซึมน้ำโดยวิธีความดันเปลี่ยนแปลง โดยใช้ความดันจากความสูงของระดับน้ำในหลอดแก้ว (Burette) ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด a และระดับน้ำจะลดลงเรื่อย ๆ ในระหว่างการทดลอง ถ้าเราพิจารณาที่ช่วงเวลาใดๆ dt โดยระดับน้ำในหลอดแก้วลดลง dt จากสมการ 1

$$q = k i A$$

$$- \int_{h_2}^{h_1} \frac{1}{h} \cdot dh = \frac{Ak}{aL} \cdot \int_0^T dt$$

$$- a \cdot \frac{dh}{dt} = k \cdot \frac{h}{L} \cdot A$$

$$- \ln h \Big|_{h_1}^{h_2} = \frac{Ak}{aL} \cdot t \Big|_0^T$$

$$\ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right) = \frac{Ak}{aL} \cdot T$$

$$k = \frac{aL}{AT} \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

หรือ

$$k = 2.3 \frac{aL}{AT} \log \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

เมื่อ a, A = พื้นที่หน้าตัดของหลอดแก้วและตัวอย่างดิน ตามลำดับ, ซม.²

L = ความยาวของตัวอย่างดิน, ซม.

T = เวลาที่ทำการทดลองปล่อยให้ระดับน้ำตกจาก ระดับ h_1 ถึงระดับ h_2 , วินาที

h_1, h_2 = ระดับน้ำเมื่อเริ่มจับเวลา และระดับน้ำเมื่อเวลาผ่านไป 0 และ T วินาที ตามลำดับ, ซม

บทที่ 3

ระเบียบการวิจัย

3.1 สมมติฐาน

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบหาความหนาแน่นระหว่างอัตราส่วนของดินลูกรังต่อ มูลวัว ชี้เถ้าแกลบ ชี้เถ้าถ่านและดินเหนียวบดละเอียด ที่เหมาะสมในการลดอัตราการซึมของน้ำผ่านดินลูกรัง จึงได้ตั้งสมมติฐานการทดสอบเพื่อปรับปรุงดินให้มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดีขึ้นโดยการหาอัตราส่วนของสารผสมและความหนาแน่นที่เหมาะสมมาใช้ลดอัตราการซึมของน้ำผ่านดินลูกรัง เพื่อช่วยให้เกษตรกรที่ต้องการขุดสระเก็บน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำของสระ

จากสมมติฐานข้างต้นได้สร้างกรอบแนวคิดในการทดลองหาอัตราส่วนและความหนาแน่นที่เหมาะสมการซึมของน้ำผ่านผิวดินลูกรังโดยวิธีที่เหมาะสมและทดสอบได้ง่ายคือ “การทดลองหาความชื้นน้ำของดิน” โดยใช้วิธี “ระดับน้ำคงที่”

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

- 3.2.1.1 ดินลูกรัง
- 3.2.1.2 ชี้เถ้าถ่าน
- 3.2.1.3 ชี้เถ้าแกลบ
- 3.2.1.4 มูลวัว
- 3.2.1.5 น้ำประปา

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

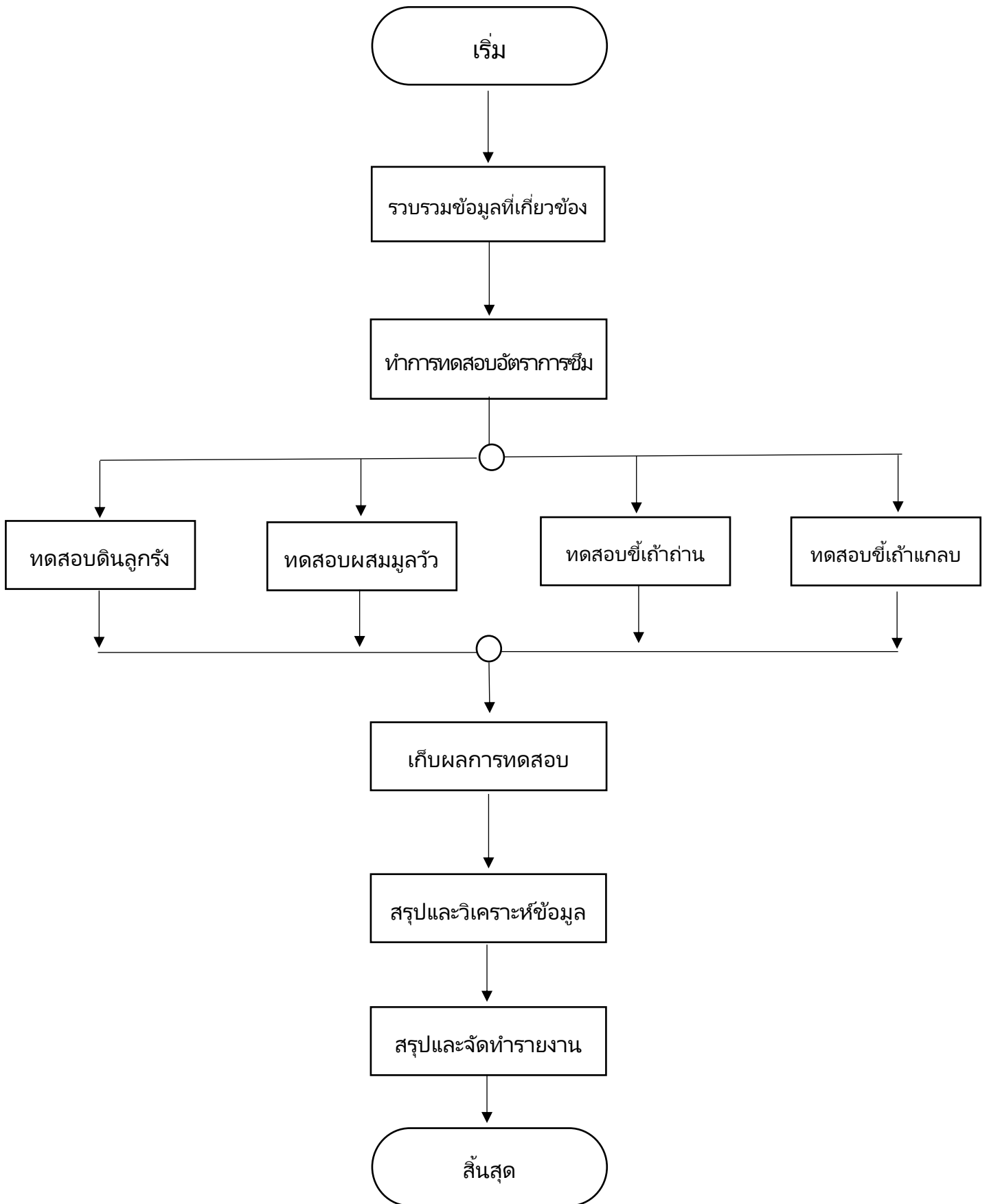
- 3.2.2.1 เครื่องเพอร์เมียมิเตอร์
- 3.2.2.2 เครื่องชั่งดิจิตอล
- 3.2.2.3 ค้อนบดอัดดิน
- 3.2.2.4 พรอทวัดอุณหภูมิ
- 3.2.2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการผสม

3.3 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วยขั้นตอนหลักๆทั้งสิ้น 7 ขั้นตอน มีรูปประกอบแสดงขั้นตอนการดำเนินงานและมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

- 1) รวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) ศึกษารายละเอียดวิธีสร้างและจัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง
 - 2.1) กระบอกร PVC ขนาด 4 นิ้ว สูง 30 เซนติเมตร
 - 2.2) ถังน้ำทรงกระบอกร ขนาด 200 ลิตร
 - 2.3) เทอร์โมมิเตอร์
 - 2.4) เครื่องน้ำหนักแบบดิจิตอล
 - 2.5) วาล์วน้ำ
- 3) ทำการทดสอบหาขนาดของดินลูกรัง

- 4) ทำการทดลองหาอัตราการซึมของดินกับส่วนผสมที่กำหนดดังนี้
 - 4.1) ดินลูกรัง ขนาดละเอียด
 - 4.2) มูลวัว
 - 4.3) ชี้เถ้าแกลบ
 - 4.4) ชี้เถ้าถ่าน
- 5.) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
- 6.) สรุปและเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดลอง
- 7.) สรุปและจัดทำรายงาน
- 8.) จัดเตรียมต้นฉบับและนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการ



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานวิจัย

รายละเอียดการทดสอบ

การทดสอบหาค่าความนำชลศาสตร์จะใช้เพอร์เมียมิเตอร์ (permeameter) แบบความดันคงที่เป็นเครื่องมือที่เลียนแบบมาจากการทดลองของดาร์ซี (Figure 1) ซึ่งชุดเครื่องมือดังกล่าว ทักชัยและคณะฯ (2562) ได้ใช้ในการศึกษาเรื่องการลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินทรายโดยผสมกับปูนขาวและปูนซีเมนต์ ซึ่งอุปกรณ์จะประกอบด้วยภาชนะทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10 cm วางในแนวตั้ง สูง 30 cm ซึ่งตัวอย่างที่จะทำการทดสอบจะถูกบรรจุอยู่ในทรงกระบอกนี้ ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 cm ได้ถูกติดตั้งพร้อมวาล์วควบคุมไว้ด้านบนเพื่อให้น้ำไหลเข้าและด้านล่างเพื่อให้น้ำไหลออกจากตัวอย่างทดสอบ ถังน้ำขนาด 200 liters ได้ถูกติดตั้งไว้ด้านบนโดยมีระบบควบคุมระดับให้คงที่ตลอดการทดลอง เนื่องจากเพอร์เมียมิเตอร์ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีமானอมิเตอร์สำหรับวัดหาค่าความดันที่จุด 2 จุดตามแนวการไหลจึงอนุโลมให้ใช้ระดับเข้ากับระดับน้ำออกแทนและถือเอาตลอดความยาวของตัวอย่างเป็นระยะการไหล L ซึ่งมีค่าเท่ากับ 30 cm ส่วนค่าเฮดคงที่ h เท่ากับ 400 cm

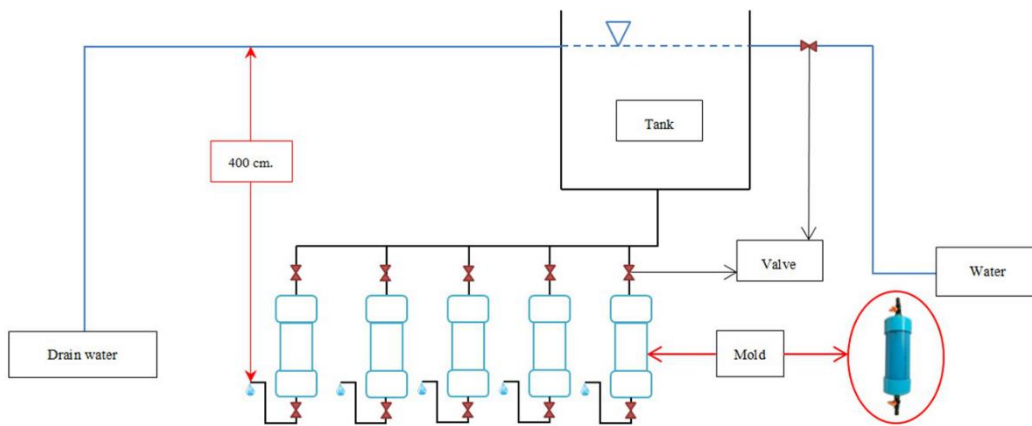


Figure 1. Permeameter

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

ดินลูกรังที่ขุดขึ้นจากธรรมชาติได้ถูกนำมาทดสอบในครั้งนี้ จากการวิเคราะห์หาขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อน (sieve analysis) สามารถแสดงขนาดคละกันของเม็ดดินได้ใน Figure 2 โดยมีค่า d_{10} , d_{30} และ d_{60} เท่ากับ 0.612 , 1.641 และ 3.850 mm ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (coefficient of uniformity, C_u) เท่ากับ 6.292 และสัมประสิทธิ์ความโค้ง (coefficient of curvature, C_c) เท่ากับ 1.144 ซึ่งเป็นดินลูกรังมีขนาดคละกันดีตามมาตรฐานของ ASTM D422 ในการทดลองนี้ได้นำดินลูกรังไปตากแดดให้แห้งก่อนนำมาทำการทดลองพบว่าดินลูกรังมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 5.77 และเมื่อทดสอบค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังบดอัดพบว่ามีค่าเท่ากับ 1.76 cm day^{-1} ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง ทำให้ไม่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการขังน้ำ โดยสระน้ำควรมีค่าความนำชลศาสตร์ไม่เกิน 0.86 cm day^{-1} (Srithawat et al., 1999)

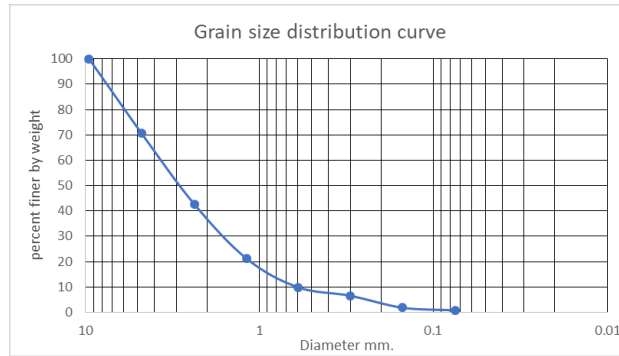


Figure 2. Grain size distributions

สำหรับการลดการค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรัง งานวิจัยนี้ได้ใช้ซีเมนต์ซีเมนต์ซีเมนต์ และมูลวัวผสมกับดินลูกรังในอัตราส่วนที่ไม่เกินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก โดยมีอัตราส่วนดังนี้ ดินลูกรัง:วัสดุผสม (ซีเมนต์ซีเมนต์ซีเมนต์ หรือ มูลวัว) คือ 80:20, 85:15, 90:10 และ 95:5 การผสมวัสดุได้ดำเนินการในขณะที่ดินลูกรังและวัสดุผสมอยู่ในสถานะปกติ โดยวัสดุมีค่าความชื้นของมูลวัว ซีเมนต์ซีเมนต์ซีเมนต์ และซีเมนต์ซีเมนต์ซีเมนต์ มีค่าร้อยละเท่ากับ 4.87, 0.60 และ 26.02 ตามลำดับ โดยคลุกเคล้าจนมั่นใจในความเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อผสมกันแล้ววัสดุตั้งกล่าวจะถูกบรรจุในกระบอกตัวอย่างด้วยวิธีการบดอัด จะดำเนินการบดอัดวัสดุผสมด้วยค้อนบดอัดดิน โดยการบดอัดจะแบ่งเป็น 5 ชั้น และบดอัดชั้นละ 25 ครั้ง ทำในกระบอกทดสอบต่อหนึ่งกระบอกต่อหนึ่งตัวอย่าง เพื่อให้แต่ละตัวอย่างทดลองมีความหนาแน่นที่เท่ากัน จากนั้นนำมาทดสอบหาค่าความสามารถในการลดความชื้นน้ำของดินหรือค่าความนำชลศาสตร์ (hydraulic conductivity, K) โดยใช้วิธีความดันคงที่ (constant head) ซึ่งเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับดินที่มีความสามารถในการซึมผ่านของน้ำได้ง่าย และสามารถคำนวณหาค่าความนำชลศาสตร์ได้ดังสมการที่ 1 ซึ่งจะเป็นไปตามกฎของดาร์ซี (Darcy's law) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$K = \frac{QL}{Ah} \quad (1)$$

โดย K คือ ค่าความนำชลศาสตร์ (cm day⁻¹), L คือ ระยะห่างของจุดวัดความดัน (h) ในแนวการไหล (cm), H คือ ความต่างระดับน้ำ (cm), A คือ พื้นที่หน้าตัด (cm²), Q คือ อัตราการไหล (cm³ s⁻¹)

วิธีการทดสอบ

กระบอกทดสอบที่บรรจุดินลูกรังผสมกับวัสดุที่ช่วยลดค่าความนำชลศาสตร์ซึ่งจะถูกเรียกว่ากระบอกตัวอย่าง จะถูกนำมาติดตั้งบนตะแกรงลวดในแนวตั้ง เรียงเป็นแถวตั้งรูปที่ 3 ระดับน้ำจะถูกควบคุมให้มีค่าคงที่ด้วยถัง 200 Liters และควบคุมระดับน้ำให้คงที่ด้วยท่อระบายน้ำดัง Figure 1 การทดสอบหาค่าความนำชลศาสตร์ได้ดำเนินการปล่อยน้ำเข้าไปในถัง 200 Liters ซึ่งได้มีการควบคุมระดับน้ำให้สูงกว่าระดับน้ำที่ไหลออกจากตัวอย่าง 400 cm จากนั้นทำการวัดปริมาณน้ำที่ไหลออกจากกระบอกตัวอย่างพร้อมทั้งจับเวลาตามช่วงเวลาที่กำหนด โดยแต่ละครั้งที่ทำการตรวจวัดจะทำการซ้ำไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง ซึ่งสามารถหาค่าอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านตัวอย่างในแต่ละครั้งได้ การทดสอบจะหยุดเมื่อพบว่าอัตราการไหลในการตรวจวัด 3 ครั้งล่าสุดมีค่าคงที่ และถือว่าค่าเฉลี่ย 3 ครั้งสุดท้ายเป็นค่าอัตราการไหลที่จะนำมาคำนวณหาค่าความนำชลศาสตร์ของตัวอย่างนั้น ๆ แล้วจึงบันทึกอุณหภูมิของน้ำ



Figure 3. Flow rate measurement

การคำนวณค่าความนำชลศาสตร์

ค่าความนำชลศาสตร์สามารถหาได้จากสมการที่ 1 เมื่อมีอัตราการไหลเฉลี่ย Q ที่ได้จากการทดสอบแต่ละตัวอย่าง ซึ่งมีค่า L คือความยาวของตัวอย่างเท่ากับ 30 cm ส่วน A คือพื้นที่หน้าตัดของการไหลมีค่าเท่ากับ 78.54 cm^2 และ h เป็นค่าความแตกต่างระหว่างเสตของมานอมิเตอร์ที่ต่อเชื่อมกับภาชนะบรรจุตัวอย่าง 2 จุด ห่างกัน L ตามทิศทางการไหล แต่เนื่องจากเพอร์เมียมิเตอร์ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีมานอมิเตอร์จึงถือเอาความแตกต่างในแนวตั้งของระดับน้ำเข้าและออกเป็นค่า h ซึ่งมีค่าเท่ากับ 400 cm ทำให้สมการที่ 2 สามารถเขียนได้เป็น

$$K_T = 9.55 \times 10^{-4} Q \quad (3)$$

โดย Q เป็นอัตราการไหลในหน่วย $\text{m}^3\text{ s}^{-1}$ จะได้ K_T ที่อุณหภูมิตรวจวัด T ในหน่วย cm s^{-1} เนื่องจากค่า K แปรผันตามค่าความหนืด (viscosity) ของน้ำ ซึ่งความหนืดแปรผันตามอุณหภูมิ ดังนั้นเพื่อให้การเปรียบเทียบมีความถูกต้อง จึงต้องปรับค่า K ให้เป็นค่าที่ได้จากการไหลของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกันปกติใช้ 20 องศาเซลเซียส ดังสมการต่อไปนี้

$$K_{20} = K_T \frac{\eta_{20}}{\eta_T} \quad (4)$$

โดย η_{20} และ η_T ค่าความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิ T ใดๆ

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาหาความสามารถในการลดการรั่วซึมของน้ำในดินลูกรังที่ผสมซีเมนต์ ซีเถ้าถ่าน และมูลวัว จะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการปรับปรุงผิวดินที่ทำการขุดสระน้ำในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นดินลูกรังเช่น ในพื้นที่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกษตรกรที่มีปัญหาในการกักเก็บน้ำในสระในช่วงฤดูแล้งสามารถเก็บกักน้ำได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการทดสอบหาค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังหลังจากที่ทำการบดอัดแล้วโดยวิธีความดันคงที่ พบว่ามีค่าความนำชลศาสตร์ (K) เฉลี่ยอยู่ที่ 1.76 cm day^{-1} เมื่อทำการเปรียบเทียบ K ของสารผสม ดินลูกรังผสมกับซีเมนต์ ซีเถ้าถ่าน และมูลวัว จะมีค่า K ลดลงเมื่อสัดส่วนของซีเมนต์ ซีเถ้าถ่าน และมูลวัว มากขึ้น อย่างไรก็ตามสำหรับซีเถ้าถ่านพบว่า เมื่อส่วนผสมของซีเถ้าถ่านเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า K เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยมีความสัมพันธ์แสดงใน Figure 4 และสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 5 สมการที่ 6 และสมการที่ 7 สำหรับ ดินลูกรังผสมมูลวัว ซีเถ้าถ่าน หรือซีเมนต์ตามลำดับ

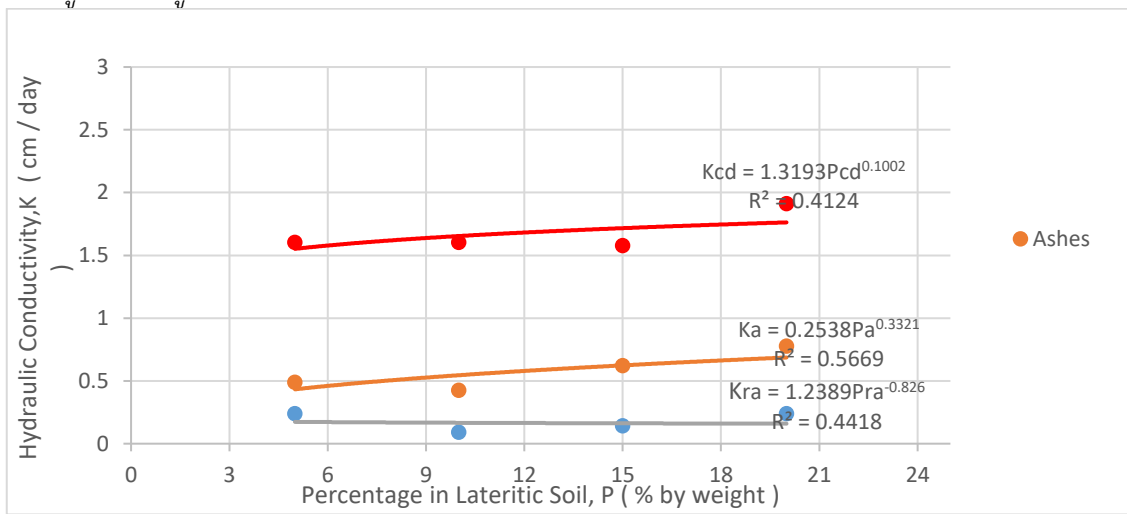


Figure 4. Hydraulic Conductivity of Sandy soil mixed with Cement (or Lime)

$$K_{cd} = 1.3193P_{cd}^{0.1002} \quad (5)$$

$$K_a = 0.2538P_a^{0.3321} \quad (6)$$

$$K_{ra} = 1.2389P_{ra}^{-0.826} \quad (7)$$

โดย K_{cd} , K_a และ K_{ra} คือความนำชลศาสตร์ในหน่วย (cm day^{-1}) P_{cd} , P_a และ P_{ra} คือ เปอร์เซ็นต์มูลลวูวที่ใช้ผสมในดินลูกรัง ตัวห้อย cd , เปอร์เซ็นต์ซี้เ้าถ่านที่ใช้ผสมในดินลูกรัง ตัวห้อย a , เปอร์เซ็นต์ซี้เ้ากลบที่ใช้ผสมในดินลูกรัง ตัวห้อย ra

จาก Figure4 แสดงค่า K ของดินลูกรังผสมกับมูลลวูว โดยตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีค่าความหนาแน่นเมื่อทำการบดอัดอยู่ระหว่าง 1.16 g cm^{-3} ถึง 1.81 g cm^{-3} โดยดินที่มีส่วนผสมของมูลลวูวร้อยละ 15 มีค่า K เท่ากับ 1.59 cm day^{-1} เป็นอัตราส่วนผสมของมูลลวูวต่อน้ำหนักที่มีค่าน้อยที่สุด และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมไปเป็นร้อยละ 20 จะทำให้ค่า K ของตัวอย่างเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นเป็น $1.912 \text{ cm day}^{-1}$

ค่า K ของดินลูกรังผสมกับซี้เ้าถ่าน โดยตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีค่าความหนาแน่นเมื่อทำการบดอัดอยู่ระหว่าง 1.5 g cm^{-3} ถึง 2.0 g cm^{-3} โดยดินที่มีส่วนผสมของซี้เ้าถ่านร้อยละ 10 มีค่า K เท่ากับ $0.426 \text{ cm day}^{-1}$ เป็นอัตราส่วนผสมของซี้เ้าถ่านที่มีค่าน้อยที่สุด และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมไปเป็นร้อยละ 20 จะทำให้ค่า K ของตัวอย่างเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นเป็น $0.778 \text{ cm day}^{-1}$

ค่า K ของดินลูกรังผสมกับซี้เ้ากลบ โดยตัวอย่างที่นำมาทดสอบมีค่าความหนาแน่นเมื่อทำการบดอัดอยู่ระหว่าง 1.46 g cm^{-3} ถึง 1.65 g cm^{-3} โดยดินที่มีส่วนผสมของซี้เ้ากลบร้อยละ 10 มีค่า K เท่ากับ $0.092 \text{ cm day}^{-1}$ เป็นอัตราส่วนผสมของซี้เ้ากลบที่มีค่าน้อยที่สุด และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมไปเป็นร้อยละ 20 จะทำให้ค่า K ของตัวอย่างเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นเป็น $0.238 \text{ cm day}^{-1}$

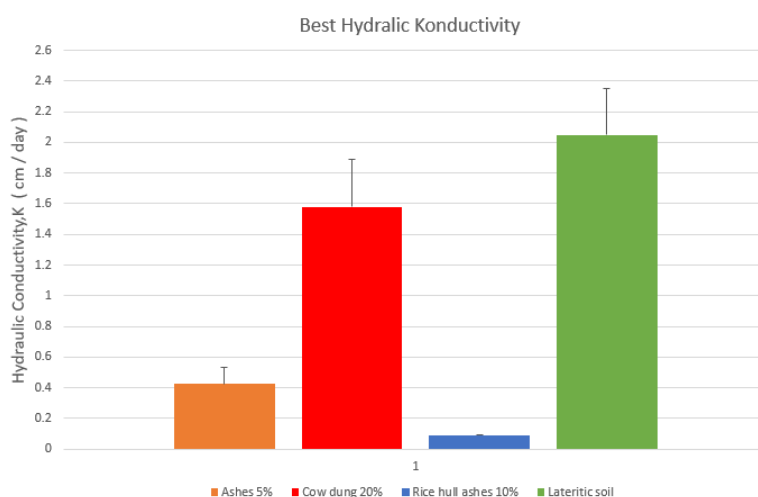


Figure5. Best Hydralic K conductivity

ภาพที่ Figure 5 แสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนผสมของวัสดุที่ดีที่สุดในแต่ละชนิดซึ่งจากการทดลองพบว่าดินลูกรังเปล่าที่ผ่านการบดอัด ซี้เ้ากลบร้อยละ 10 ซี้เ้าถ่านร้อยละ 10 และมูลลวูวร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก โดยมีค่า K คือ $2.048 \text{ cm day}^{-1}$, $0.092 \text{ cm day}^{-1}$, $0.426 \text{ cm day}^{-1}$ และ $1.578 \text{ cm day}^{-1}$ โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation : SD) เท่ากับ 0.302, 1.699×10^{-17} , 0.108 และ 0.311 ตามลำดับ

บทที่ 5 สรุป

การลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังที่ได้โดยการผสมมูลวัวเป็นวิธีหนึ่งที่ได้ผลดีรองจากซีเถ้าแกลบ และซีเถ้าถ่านซึ่งสามารถลดค่าความนำชลศาสตร์ลงได้ โดยที่ค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังที่ผสมกับมูลวัวร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก มีค่า K อยู่ที่ $1.578 \text{ cm day}^{-1}$ ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด เมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนผสมลงไปค่าความนำชลศาสตร์จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยที่ค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังที่ผสมมูลวัวร้อยละ 25 โดยน้ำหนักมีค่า K อยู่ที่ $1.821 \text{ cm day}^{-1}$ ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 5

การลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังโดยการผสมซีเถ้าถ่านเป็นวิธีหนึ่งที่ได้ผลดีสามารถลดค่าความนำชลศาสตร์ลงได้ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังมีค่าลดลงเมื่อมีการผสมซีเถ้าถ่าน โดยที่ค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังที่ผสมกับซีเถ้าถ่านร้อยละ 10 โดยน้ำหนักมีค่า K อยู่ที่ $0.426 \text{ cm day}^{-1}$ ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด เมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนผสมลงไปค่าความนำชลศาสตร์จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยที่ค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังที่ผสมซีเถ้าถ่านร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก มีค่า K อยู่ที่ $0.739 \text{ cm day}^{-1}$ ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 6

การลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังโดยการผสมซีเถ้าแกลบเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดค่าความนำชลศาสตร์ลงได้ดีที่สุดจากวัสดุผสมทั้งหมด โดยจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังมีค่าลดลงเมื่อมีการผสมซีเถ้าแกลบ โดยที่ค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังที่ผสมกับซีเถ้าแกลบร้อยละ 10 โดยน้ำหนักมีค่า K อยู่ที่ $0.092 \text{ cm day}^{-1}$ ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด เมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนผสมลงไปค่าความนำชลศาสตร์จะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยที่ค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังที่ผสมซีเถ้าแกลบร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก มีค่า K อยู่ที่ $0.084 \text{ cm day}^{-1}$ ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 7

เมื่อนำค่าความนำชลศาสตร์ของสารผสมทั้งสามชนิดมาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าการลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินลูกรังด้วยซีเถ้าแกลบ ซีเถ้าถ่าน และมูลวัว นั้นมีประสิทธิภาพเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่า การนำวัสดุผสม มาผสมกับดินลูกรังเพื่อลดค่าความนำชลศาสตร์นั้นซีเถ้าแกลบเหมาะสมที่สุดจากวัสดุทั้งหมด โดยค่าความนำชลศาสตร์ที่เหมาะสมที่จะใช้ชุดสระไว้สำหรับการกักเก็บที่เหมาะสมควรมีค่าไม่เกิน 0.86 cm day^{-1} (Srithawat et al., 1999) ซึ่งการศึกษานี้พบว่าค่าความนำชลศาสตร์จากการทดสอบโดยที่อัตราส่วนซีเถ้าแกลบร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ที่มีค่าความนำชลศาสตร์น้อยที่สุดอยู่ที่ $0.092 \text{ cm day}^{-1}$ และซีเถ้าถ่านร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ที่มีค่าความนำชลศาสตร์อยู่ที่ $0.426 \text{ cm day}^{-1}$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าความนำชลศาสตร์ที่เหมาะสมที่ไม่ควรเกิน 0.86 cm day^{-1} ทั้งนี้สามารถเลือกใช้ซีเถ้าแกลบและซีเถ้าถ่าน อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก มีค่า K อยู่ที่ $0.240 \text{ cm day}^{-1}$ และ $0.490 \text{ cm day}^{-1}$ ตามลำดับ เพื่อประหยัดต้นทุนเนื่องจากค่า K ที่ร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และร้อยละ 10 โดยน้ำหนักค่าการซึมผ่านของน้ำในดินต่างกันไม่มากและมีค่าไม่เกินค่าความนำชลศาสตร์ที่เหมาะสมในการชุดสระ

เอกสารอ้างอิง

- Bouwer, H., Ludke, J., Rice R.C. 2001. Sealing pond bottoms with muddy water. *Ecological Engineering*. 18: 233-238.
- Donjadee, S., Vudthivanich, V., and Sanguanduan, N. 2017. Application of Concrete Fabric for Irrigation. Cholakorn Books. 4 January 2017: 167-166. (in Thai)
- Gleason, M.H., Daniel, D.E. and Eykholt, G.R. 1997. Calcium and sodium bentonite for hydraulic containment applications. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. 123(5): 438-445.
- Jin, L., Song, W., Shu, X., and Huang, B. 2018. Use of water reducer to enhance the mechanical and durability properties of cement-treated soil. *Construction and Building Materials*. 159: 690-694.
- Kolawole, J., Osinubi, M., Charles, M.O., Nwaiwu, A.M. 2005. Hydraulic conductivity of compacted Lateritic soil. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. 131(8): 1034-1041.
- Malusis, M.A., Barben, E. J., and Evans, J.C. 2009. Hydraulic conductivity and compressibility of soil-bentonite backfill amended with activated carbon. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. 135(5): 664-672.
- Nakasun, C., Kaesaman, A., and Rungvichaniwit, A. 2007. Prototype of using natural latex to pave pond. Full research reports. Bangkok: Thailand Research Fund. (in Thai)
- Srithawat Na Ayudhaya, S., Nilpunt, S., Oonthuam, S., and Chanthawatcharakorn, N. 1999. Assessment of water loss by leakage of ponds dug in various soil series on high ground. Academic documents:502. Soil Survey and Classification Division. Land Development Department. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2560). โครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน. สืบค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2561, จาก http://www.ddd.go.th/WEB_Water/index.html
- ทักษ์ชัย ใจอุ้น และคณะ. (2562). การลดค่าความนำชลศาสตร์ของดินทรายโดยผสมกับปูนขาวและปูนซีเมนต์. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 20.
- เชิดพันธุ์ อมรกุล และ ผศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรีสัมพันธ์. (มปป.) ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สืบค้นวันที่ 28 พฤษภาคม 2561, จาก http://www.gerd.eng.ku.ac.th/Cai/Ch11/ch113_theory.htm

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ภาคผนวก ก.1 ข้อมูลมูลวัว

ตารางผนวกที่ ก.1.1 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมมูลวัวกับดินลูกรัง (day 1)

| เปอร์เซ็นต์ | day1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|--------------------------|---|--------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold d ไม รวมฝา | Wt.Mold ไมรวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Cow dung | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ประณี} | ถึง | ไม้ บรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>=4cm. ใน>=2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 1ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 409.1 | 120 | 16 | 0.1333 | 0.000116439 | 0.000100976 | 0 | 6.4 | 26.000 |
| 5 | 2ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 3 | 409.1 | 120 | 16 | 0.1333 | 0.000116439 | 0.000100976 | 0 | 6.4 | 26.000 |
| 5 | 3ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 409.1 | 120 | 16 | 0.1333 | 0.000116439 | 0.000100976 | 0 | 6.4 | 26.000 |
| 10 | 1ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 409.1 | 120 | 16 | 0.1333 | 0.000116439 | 0.000100976 | 0 | 6.4 | 26.000 |
| 10 | 2ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4596 | 3510 | 1.39 | 5 | 409.1 | 120 | 10 | 0.0833 | 7.27746E-05 | 6.31097E-05 | 0 | 6.4 | 26.000 |
| 10 | 3ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1114 | 4420 | 3306 | 1.31 | 5 | 409.1 | 120 | 7.52 | 0.0627 | 5.47265E-05 | 4.74585E-05 | 0 | 6.4 | 26.000 |
| 15 | 1ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1070 | 4433 | 3363 | 1.33 | 5 | 409.1 | 120 | 38 | 0.3167 | 0.000276543 | 0.000239817 | 0 | 6.4 | 26.000 |
| 15 | 2ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4433 | 3353 | 1.33 | 5 | 409.1 | 120 | 120 | 1 | 0.000873295 | 0.000757317 | 0 | 6.4 | 26.000 |
| 15 | 3ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4417 | 3337 | 1.32 | 5 | 409.1 | 120 | 58 | 0.4833 | 0.000422092 | 0.000366037 | 0 | 6.4 | 26.000 |
| 20 | 1ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1084 | 4447 | 3363 | 1.33 | 5 | 408.2 | 120 | 27 | 0.225 | 0.000196925 | 0.000170772 | 1 | 5.3 | 26.000 |
| 20 | 2ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4366 | 3285 | 1.30 | 5 | 408.2 | 120 | 21 | 0.175 | 0.000153164 | 0.000132823 | 1 | 5.3 | 26.000 |
| 20 | 3ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4393 | 3312 | 1.31 | 5 | 408.2 | 120 | 20 | 0.1667 | 0.00014587 | 0.000126498 | 1 | 5.3 | 26.000 |

ตารางผนวกที่ ก1.2 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมมูลวัวกับดินลูกรัง (day 2)

| เปอร์เซ็นต์ | day2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|------------------|--|--------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|---------------|-------------------------------|------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวมฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Cow dung | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | Kปรับเื้อ | ถึง | ไม้ บรรตัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 1ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 2 | 409.8 | 120 | 2 | 0.0167 | 1.453E-05 | 1.17796E-05 | 0 | 5.7 | 29.000 |
| 5 | 2ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 3 | 409.8 | 120 | 2 | 0.0167 | 1.453E-05 | 1.17796E-05 | 0 | 5.7 | 29.000 |
| 5 | 3ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 4 | 409.8 | 120 | 2 | 0.0167 | 1.453E-05 | 1.17796E-05 | 0 | 5.7 | 29.000 |
| 10 | 1ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 409.8 | 120 | 2 | 0.0167 | 1.453E-05 | 1.17796E-05 | 0 | 5.7 | 29.000 |
| 10 | 2ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4596 | 3510 | 1.39 | 5 | 409.8 | 120 | 9 | 0.075 | 6.53852E-05 | 5.3008E-05 | 0 | 5.7 | 29.000 |
| 10 | 3ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1114 | 4420 | 3306 | 1.31 | 5 | 409.8 | 120 | 10 | 0.0833 | 7.26502E-05 | 5.88978E-05 | 0 | 5.7 | 29.000 |
| 15 | 1ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1070 | 4433 | 3363 | 1.33 | 5 | 409.8 | 120 | 34 | 0.2833 | 0.000247011 | 0.000200253 | 0 | 5.7 | 29.000 |
| 15 | 2ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4433 | 3353 | 1.33 | 5 | 409.8 | 120 | 139 | 1.1583 | 0.001009838 | 0.00081868 | 0 | 5.7 | 29.000 |
| 15 | 3ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4417 | 3337 | 1.32 | 5 | 409.8 | 120 | 41 | 0.3417 | 0.000297866 | 0.000241481 | 0 | 5.7 | 29.000 |
| 20 | 1ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1084 | 4447 | 3363 | 1.33 | 5 | 408.9 | 120 | 21 | 0.175 | 0.000152901 | 0.000123958 | 1 | 4.6 | 29.000 |
| 20 | 2ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4366 | 3285 | 1.30 | 5 | 408.9 | 120 | 10 | 0.0833 | 7.28102E-05 | 5.90275E-05 | 1 | 4.6 | 29.000 |
| 20 | 3ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4393 | 3312 | 1.31 | 5 | 408.9 | 120 | 13 | 0.1083 | 9.46532E-05 | 7.67357E-05 | 1 | 4.6 | 29.000 |

ตารางผนวกที่ ก.1.3 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมมูลวัวกับดินลูกรัง (day 3)

| เปอร์เซ็นต์ | day3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|------------------|--|--------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวมฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Cow dung | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับ} | ถึง | ค่าไม้ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>=4cm. ใน>=2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 1ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.2 | 180 | 17 | 0.0944 | 8.22567E-05 | 6.97021E-05 | 0 | 5.3 | 27.000 |
| 5 | 2ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.2 | 180 | 17 | 0.0944 | 8.22567E-05 | 6.97021E-05 | 0 | 5.3 | 27.000 |
| 5 | 3ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.2 | 180 | 17 | 0.0944 | 8.22567E-05 | 6.97021E-05 | 0 | 5.3 | 27.000 |
| 10 | 1ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.2 | 180 | 17 | 0.0944 | 8.22567E-05 | 6.97021E-05 | 0 | 5.3 | 27.000 |
| 10 | 2ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4596 | 3510 | 1.39 | 5 | 410.2 | 180 | 8 | 0.0444 | 3.8709E-05 | 3.2801E-05 | 0 | 5.3 | 27.000 |
| 10 | 3ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1114 | 4420 | 3306 | 1.31 | 5 | 410.2 | 180 | 7 | 0.0389 | 3.38704E-05 | 2.87009E-05 | 0 | 5.3 | 27.000 |
| 15 | 1ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1070 | 4433 | 3363 | 1.33 | 5 | 410.2 | 180 | 38 | 0.2111 | 0.000183868 | 0.000155805 | 0 | 5.3 | 27.000 |
| 15 | 2ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4433 | 3353 | 1.33 | 5 | 410.2 | 180 | 229 | 1.2722 | 0.001108046 | 0.000938929 | 0 | 5.3 | 27.000 |
| 15 | 3ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4417 | 3337 | 1.32 | 5 | 410.2 | 180 | 47 | 0.2611 | 0.000227415 | 0.000192706 | 0 | 5.3 | 27.000 |
| 20 | 1ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1084 | 4447 | 3363 | 1.33 | 5 | 409.2 | 300 | 11 | 0.0367 | 3.2013E-05 | 2.7127E-05 | 1 | 4.3 | 27.000 |
| 20 | 2ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4366 | 3285 | 1.30 | 5 | 409.2 | 300 | 11 | 0.0367 | 3.2013E-05 | 2.7127E-05 | 1 | 4.3 | 27.000 |
| 20 | 3ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4393 | 3312 | 1.31 | 5 | 409.2 | 300 | 12 | 0.04 | 3.49233E-05 | 2.9593E-05 | 1 | 4.3 | 27.000 |

ตารางผนวกที่ ก1.4 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมมูลวัวกับดินลูกรัง (day 4)

| เปอร์เซ็นต์ | day4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|------------------|--|--------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวมฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Cow dung | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับ} | ถึง | ไม้ บรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 1ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.4 | 300 | 13 | 0.0433 | 3.77229E-05 | 2.92736E-05 | 0 | 5.1 | 31.000 |
| 5 | 2ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.4 | 300 | 13 | 0.0433 | 3.77229E-05 | 2.92736E-05 | 0 | 5.1 | 31.000 |
| 5 | 3ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.4 | 300 | 13 | 0.0433 | 3.77229E-05 | 2.92736E-05 | 0 | 5.1 | 31.000 |
| 10 | 1ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.4 | 300 | 13 | 0.0433 | 3.77229E-05 | 2.92736E-05 | 0 | 5.1 | 31.000 |
| 10 | 2ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4596 | 3510 | 1.39 | 5 | 410.4 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32141E-05 | 1.80145E-05 | 0 | 5.1 | 31.000 |
| 10 | 3ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1114 | 4420 | 3306 | 1.31 | 5 | 410.4 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32141E-05 | 1.80145E-05 | 0 | 5.1 | 31.000 |
| 15 | 1ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1070 | 4433 | 3363 | 1.33 | 5 | 410.4 | 300 | 95 | 0.3167 | 0.000275667 | 0.000213922 | 0 | 5.1 | 31.000 |
| 15 | 2ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4433 | 3353 | 1.33 | 5 | 410.4 | 300 | 274 | 0.9133 | 0.000795083 | 0.000616997 | 0 | 5.1 | 31.000 |
| 15 | 3ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4417 | 3337 | 1.32 | 5 | 410.4 | 300 | 91 | 0.3033 | 0.00026406 | 0.000204915 | 0 | 5.1 | 31.000 |
| 20 | 1ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1084 | 4447 | 3363 | 1.33 | 5 | 409.2 | 300 | 36 | 0.12 | 0.00010477 | 8.1303E-05 | 1 | 4.3 | 31.000 |
| 20 | 2ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4366 | 3285 | 1.30 | 5 | 409.2 | 300 | 9 | 0.03 | 2.61924E-05 | 2.03257E-05 | 1 | 4.3 | 31.000 |
| 20 | 3ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4393 | 3312 | 1.31 | 5 | 409.2 | 300 | 9 | 0.03 | 2.61924E-05 | 2.03257E-05 | 1 | 4.3 | 31.000 |

ตารางผนวกที่ ก1.5 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมมูลวัวกับดินลูกรัง (day 5)

| เปอร์เซ็นต์ | day5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|-----------------|--|--------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวมฝ | Wt.Mold รวม ฝ + mixed material | Wt.Laterite +Cow dung | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ถึง | ค่าไม้ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 1ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.6 | 300 | 12 | 0.04 | 3.48042E-05 | 2.82159E-05 | 0 | 4.9 | 29.000 |
| 5 | 2ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.6 | 300 | 12 | 0.04 | 3.48042E-05 | 2.82159E-05 | 0 | 4.9 | 29.000 |
| 5 | 3ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.6 | 300 | 12 | 0.04 | 3.48042E-05 | 2.82159E-05 | 0 | 4.9 | 29.000 |
| 10 | 1ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.6 | 300 | 12 | 0.04 | 3.48042E-05 | 2.82159E-05 | 0 | 4.9 | 29.000 |
| 10 | 2ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4596 | 3510 | 1.39 | 5 | 410.6 | 300 | 7 | 0.0233 | 2.03024E-05 | 1.64593E-05 | 0 | 4.9 | 29.000 |
| 10 | 3ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1114 | 4420 | 3306 | 1.31 | 5 | 410.6 | 300 | 9 | 0.03 | 2.61031E-05 | 2.11619E-05 | 0 | 4.9 | 29.000 |
| 15 | 1ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1070 | 4433 | 3363 | 1.33 | 5 | 410.6 | 300 | 80 | 0.2667 | 0.000232028 | 0.000188106 | 0 | 4.9 | 29.000 |
| 15 | 2ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4433 | 3353 | 1.33 | 5 | 410.6 | 300 | 132 | 0.44 | 0.000382846 | 0.000310375 | 0 | 4.9 | 29.000 |
| 15 | 3ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4417 | 3337 | 1.32 | 5 | 410.6 | 300 | 70 | 0.2333 | 0.000203024 | 0.000164593 | 0 | 4.9 | 29.000 |
| 20 | 1ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1084 | 4447 | 3363 | 1.33 | 5 | 409.5 | 300 | 65 | 0.2167 | 0.000189029 | 0.000153247 | 1 | 4 | 29.000 |
| 20 | 2ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4366 | 3285 | 1.30 | 5 | 409.5 | 300 | 10 | 0.0333 | 2.90814E-05 | 2.35764E-05 | 1 | 4 | 29.000 |
| 20 | 3ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4393 | 3312 | 1.31 | 5 | 409.5 | 300 | 9 | 0.03 | 2.61732E-05 | 2.12187E-05 | 1 | 4 | 29.000 |

ตารางผนวกที่ ก1.6 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมมูลวัวกับดินลูกรัง (day 6)

| เปอร์เซ็นต์ | day6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|---------------------------|--|--------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold d ไม้ รวมฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Cow dung | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ถึง | ค่าไม้ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 1ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.4 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32141E-05 | 1.84056E-05 | 0 | 5.1 | 30.000 |
| 5 | 2ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.4 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32141E-05 | 1.84056E-05 | 0 | 5.1 | 30.000 |
| 5 | 3ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.4 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32141E-05 | 1.84056E-05 | 0 | 5.1 | 30.000 |
| 10 | 1ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.4 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32141E-05 | 1.84056E-05 | 0 | 5.1 | 30.000 |
| 10 | 2ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4596 | 3510 | 1.39 | 5 | 410.4 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32141E-05 | 1.84056E-05 | 0 | 5.1 | 30.000 |
| 10 | 3ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1114 | 4420 | 3306 | 1.31 | 5 | 410.4 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32141E-05 | 1.84056E-05 | 0 | 5.1 | 30.000 |
| 15 | 1ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1070 | 4433 | 3363 | 1.33 | 5 | 410.4 | 300 | 63 | 0.21 | 0.000182811 | 0.000144944 | 0 | 5.1 | 30.000 |
| 15 | 2ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4433 | 3353 | 1.33 | 5 | 410.4 | 300 | 58 | 0.1933 | 0.000168302 | 0.000133441 | 0 | 5.1 | 30.000 |
| 15 | 3ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4417 | 3337 | 1.32 | 5 | 410.4 | 300 | 54 | 0.18 | 0.000156695 | 0.000124238 | 0 | 5.1 | 30.000 |
| 20 | 1ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1084 | 4447 | 3363 | 1.33 | 5 | 409.5 | 300 | 75 | 0.25 | 0.00021811 | 0.000172932 | 1 | 4 | 30.000 |
| 20 | 2ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4366 | 3285 | 1.30 | 5 | 409.5 | 300 | 17 | 0.0567 | 4.94384E-05 | 3.91979E-05 | 1 | 4 | 30.000 |
| 20 | 3ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4393 | 3312 | 1.31 | 5 | 409.5 | 300 | 17 | 0.0567 | 4.94384E-05 | 3.91979E-05 | 1 | 4 | 30.000 |

ตารางผนวกที่ ก1.7 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมมูลวัวกับดินลูกรัง (day 9)

| เปอร์เซ็นต์ | day9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|------------------|--|--------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวมฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Cow dung | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับ} | ถึง | ไม้ บรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>=4cm. ใน>=2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 1๗5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 5 | 2๗5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 5 | 3๗5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 10 | 1๗10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 10 | 2๗10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4596 | 3510 | 1.39 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 10 | 3๗10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1114 | 4420 | 3306 | 1.31 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 15 | 1๗15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1070 | 4433 | 3363 | 1.33 | 5 | 410.5 | 300 | 10 | 0.0333 | 2.90105E-05 | 2.25126E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 15 | 2๗15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4433 | 3353 | 1.33 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 15 | 3๗15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4417 | 3337 | 1.32 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 20 | 1๗20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1084 | 4447 | 3363 | 1.33 | 5 | 409.5 | 300 | 23 | 0.0767 | 6.68872E-05 | 5.19055E-05 | 1 | 4 | 31.000 |
| 20 | 2๗20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4366 | 3285 | 1.30 | 5 | 409.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32651E-05 | 1.80541E-05 | 1 | 4 | 31.000 |
| 20 | 3๗20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4393 | 3312 | 1.31 | 5 | 409.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32651E-05 | 1.80541E-05 | 1 | 4 | 31.000 |

ตารางผนวกที่ ก1.8 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมมูลวัวกับดินลูกรัง (day 10)

| เปอร์เซ็นต์ | day10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|------------------|--|--------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวมฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Cow dung | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ถ้ำ | ค่าไม้ บรรทัด บนถ้ำ | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก>= ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 1ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.96662E-05 | 0 | 5 | 27.000 |
| 5 | 2ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.96662E-05 | 0 | 5 | 27.000 |
| 5 | 3ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.96662E-05 | 0 | 5 | 27.000 |
| 10 | 1ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.96662E-05 | 0 | 5 | 27.000 |
| 10 | 2ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4596 | 3510 | 1.39 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.96662E-05 | 0 | 5 | 27.000 |
| 10 | 3ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1114 | 4420 | 3306 | 1.31 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.96662E-05 | 0 | 5 | 27.000 |
| 15 | 1ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1070 | 4433 | 3363 | 1.33 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.96662E-05 | 0 | 5 | 27.000 |
| 15 | 2ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4433 | 3353 | 1.33 | 5 | 410.5 | 300 | 7 | 0.0233 | 2.03074E-05 | 1.72079E-05 | 0 | 5 | 27.000 |
| 15 | 3ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4417 | 3337 | 1.32 | 5 | 410.5 | 300 | 7 | 0.0233 | 2.03074E-05 | 1.72079E-05 | 0 | 5 | 27.000 |
| 20 | 1ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1084 | 4447 | 3363 | 1.33 | 5 | 409.5 | 300 | 10 | 0.0333 | 2.90814E-05 | 2.46428E-05 | 1 | 4 | 27.000 |
| 20 | 2ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4366 | 3285 | 1.30 | 5 | 409.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32651E-05 | 1.97142E-05 | 1 | 4 | 27.000 |
| 20 | 3ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4393 | 3312 | 1.31 | 5 | 409.5 | 300 | 7 | 0.0233 | 2.0357E-05 | 1.725E-05 | 1 | 4 | 27.000 |

ตารางผนวกที่ ก1.9 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมมูลวัวกับดินลูกรัง (day 11)

| เปอร์เซ็นต์ | day11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|-----------------|---|--------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวมฝ | Wt.Mold ไม่รวม ฝ + mixed material | Wt.Laterite +Cow dung | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับ} | ถึง | ค่าไม่ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 1ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 5 | 2ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 5 | 3ว5% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 10 | 1ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4657 | 3571 | 1.42 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 10 | 2ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1086 | 4596 | 3510 | 1.39 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 10 | 3ว10% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1114 | 4420 | 3306 | 1.31 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 15 | 1ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1070 | 4433 | 3363 | 1.33 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 15 | 2ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4433 | 3353 | 1.33 | 5 | 410.5 | 300 | 7 | 0.0233 | 2.03074E-05 | 1.57588E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 15 | 3ว15% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1080 | 4417 | 3337 | 1.32 | 5 | 410.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32084E-05 | 1.80101E-05 | 0 | 5 | 31.000 |
| 20 | 1ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1084 | 4447 | 3363 | 1.33 | 5 | 409.5 | 300 | 8 | 0.0267 | 2.32651E-05 | 1.80541E-05 | 1 | 4 | 31.000 |
| 20 | 2ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4366 | 3285 | 1.30 | 5 | 409.5 | 300 | 7 | 0.0233 | 2.0357E-05 | 1.57973E-05 | 1 | 4 | 31.000 |
| 20 | 3ว20% | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1081 | 4393 | 3312 | 1.31 | 5 | 409.5 | 300 | 7 | 0.0233 | 2.0357E-05 | 1.57973E-05 | 1 | 4 | 31.000 |

ภาคผนวก ก.2 ข้อมูลชี้ให้เห็น

ตารางผนวกที่ ก.2.1 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 1 เริ่มเก็บค่า)

| เปอร์เซ็นต์ | day1 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|----------------|------------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|-------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไม่รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับ} | ถึง | ค่าไม่ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409.5 | 300 | 30 | 0.1 | 8.72442E-05 | 6.77029E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409.5 | 300 | 24 | 0.08 | 6.97953E-05 | 5.41623E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409.5 | 300 | 23 | 0.0767 | 6.68872E-05 | 5.19055E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409.5 | 300 | 52 | 0.1733 | 0.000151223 | 0.000117352 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409.5 | 300 | 29 | 0.0967 | 8.4336E-05 | 6.54461E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409.5 | 300 | 53 | 0.1767 | 0.000154131 | 0.000119608 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409.5 | 300 | 17 | 0.0567 | 4.94384E-05 | 3.8365E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409.5 | 300 | 31 | 0.1033 | 9.01523E-05 | 6.99596E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 408 | 300 | 37 | 0.1233 | 0.000107997 | 8.38072E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 408 | 300 | 10 | 0.0333 | 2.91883E-05 | 2.26506E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 408 | 300 | 39 | 0.13 | 0.000113834 | 8.83373E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 408 | 300 | 28 | 0.0933 | 8.17273E-05 | 6.34216E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 408 | 300 | 29 | 0.0967 | 8.46461E-05 | 6.56867E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 408 | 300 | 31 | 0.1033 | 9.04837E-05 | 7.02168E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 408 | 300 | 31 | 0.1033 | 9.04837E-05 | 7.02168E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 408 | 300 | 36 | 0.12 | 0.000105078 | 8.15421E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.2 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 1 หลังเก็บค่าแรก 15 นาที)

| เปอร์เซ็นต์ | day1.2 จับหลังรอบแรก 15 นาที | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------------------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|----------------|------------------------------------|--------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไม่รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{แรงเฉือน} | ถึง | ได้ไม่ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>=4cm. ใน>=2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409.5 | 300 | 28 | 0.0933 | 8.14279E-05 | 6.31893E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409.5 | 300 | 29 | 0.0967 | 8.4336E-05 | 6.54461E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409.5 | 300 | 34 | 0.1133 | 9.88767E-05 | 7.67299E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409.5 | 300 | 61 | 0.2033 | 0.000177396 | 0.000137662 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409.5 | 300 | 26 | 0.0867 | 7.56116E-05 | 5.86758E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409.5 | 300 | 62 | 0.2067 | 0.000180305 | 0.000139919 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409.5 | 300 | 14 | 0.0467 | 4.07139E-05 | 3.15947E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409.5 | 300 | 30 | 0.1 | 8.72442E-05 | 6.77029E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 408 | 300 | 37 | 0.1233 | 0.000107997 | 8.38072E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 408 | 300 | 14 | 0.0467 | 4.08636E-05 | 3.17108E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 408 | 300 | 37 | 0.1233 | 0.000107997 | 8.38072E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 408 | 300 | 27 | 0.09 | 7.88084E-05 | 6.11566E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 408 | 300 | 29 | 0.0967 | 8.46461E-05 | 6.56867E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 408 | 300 | 26 | 0.0867 | 7.58896E-05 | 5.88915E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 408 | 300 | 31 | 0.1033 | 9.04837E-05 | 7.02168E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 408 | 300 | 33 | 0.11 | 9.63214E-05 | 7.47469E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.3 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 1 หลังเก็บค่าแรก 30 นาที)

| เปอร์เซ็นต์ | day1.3 จับหลังรอบแรก 30 นาที | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------------------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|------------------|---|-----------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|----------------------|-------------------------------|------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Moldรวม ฝา | Wt.Moldรวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ถึง | ไม้ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm/s | cm/s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409.5 | 300 | 31 | 0.1033 | 9.01523E-05 | 6.99596E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409.5 | 300 | 26 | 0.0867 | 7.56116E-05 | 5.86758E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409.5 | 300 | 39 | 0.13 | 0.000113417 | 8.80137E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409.5 | 300 | 52 | 0.1733 | 0.000151223 | 0.000117352 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409.5 | 300 | 18 | 0.06 | 5.23465E-05 | 4.06217E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409.5 | 300 | 57 | 0.19 | 0.000165764 | 0.000128635 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409.5 | 300 | 13 | 0.0433 | 3.78058E-05 | 2.93379E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409.5 | 300 | 29 | 0.0967 | 8.4336E-05 | 6.54461E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 408 | 300 | 36 | 0.12 | 0.000105078 | 8.15421E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 408 | 300 | 14 | 0.0467 | 4.08636E-05 | 3.17108E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 408 | 300 | 35 | 0.1167 | 0.000102159 | 7.92771E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 408 | 300 | 26 | 0.0867 | 7.58896E-05 | 5.88915E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 408 | 300 | 29 | 0.0967 | 8.46461E-05 | 6.56867E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 408 | 300 | 25 | 0.0833 | 7.29708E-05 | 5.66265E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 408 | 300 | 30 | 0.1 | 8.75649E-05 | 6.79518E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 408 | 300 | 32 | 0.1067 | 9.34026E-05 | 7.24819E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.4 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 1 หลังเก็บค่าแรก 1 ช.ม.)

| เปอร์เซ็นต์ | day1.4 จับหลังรอบแรก 60 นาที | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------------------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|----------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|-----------------------|--------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ทราย + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ถึง | ค่าไม่บรรทัดบนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>=4cm. ใน>=2cm. | องศาเซลเซียส |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409.5 | 600 | 28 | 0.0467 | 4.07139E-05 | 3.15947E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409.5 | 600 | 27 | 0.045 | 3.92599E-05 | 3.04663E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409.5 | 600 | 39 | 0.065 | 5.67087E-05 | 4.40069E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409.5 | 600 | 52 | 0.0867 | 7.56116E-05 | 5.86758E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409.5 | 600 | 19 | 0.0317 | 2.76273E-05 | 2.14392E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409.5 | 600 | 39 | 0.065 | 5.67087E-05 | 4.40069E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409.5 | 600 | 11 | 0.0183 | 1.59948E-05 | 1.24122E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409.5 | 600 | 27 | 0.045 | 3.92599E-05 | 3.04663E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 408 | 600 | 32 | 0.0533 | 4.67013E-05 | 3.62409E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 408 | 600 | 10 | 0.0167 | 1.45942E-05 | 1.13253E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 408 | 600 | 36 | 0.06 | 5.25389E-05 | 4.07711E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 408 | 600 | 22 | 0.0367 | 3.21071E-05 | 2.49156E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 408 | 600 | 25 | 0.0417 | 3.64854E-05 | 2.83132E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 408 | 600 | 24 | 0.04 | 3.5026E-05 | 2.71807E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 408 | 600 | 29 | 0.0483 | 4.2323E-05 | 3.28434E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 408 | 600 | 31 | 0.0517 | 4.52419E-05 | 3.51084E-05 | 1 | 5.5 | 31.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.5 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 1 หลังเก็บค่าแรก 2 ช.ม.)

| เปอร์เซ็นต์ | day1.5 จับหลังรอบแรก 120 นาที | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|----------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|------------------------|------------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไม้มรวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ถึง | ไม้ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409.5 | 300 | 42 | 0.14 | 0.000122142 | 9.4784E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409.5 | 300 | 27 | 0.09 | 7.85197E-05 | 6.09326E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409.5 | 300 | 29 | 0.0967 | 8.4336E-05 | 6.54461E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409.5 | 300 | 35 | 0.1167 | 0.000101785 | 7.89867E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409.5 | 300 | 11 | 0.0367 | 3.19895E-05 | 2.48244E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409.5 | 300 | 18 | 0.06 | 5.23465E-05 | 4.06217E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409.5 | 300 | 12 | 0.04 | 3.48977E-05 | 2.70811E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409.5 | 300 | 19 | 0.0633 | 5.52546E-05 | 4.28785E-05 | 0 | 6 | 31.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 408 | 300 | 28 | 0.0933 | 8.17273E-05 | 6.21257E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 408 | 300 | 12 | 0.04 | 3.5026E-05 | 2.66253E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 408 | 300 | 35 | 0.1167 | 0.000102159 | 7.76571E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 408 | 300 | 23 | 0.0767 | 6.71331E-05 | 5.10318E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 408 | 300 | 28 | 0.0933 | 8.17273E-05 | 6.21257E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 408 | 300 | 15 | 0.05 | 4.37825E-05 | 3.32816E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 408 | 300 | 29 | 0.0967 | 8.46461E-05 | 6.43444E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 408 | 300 | 28 | 0.0933 | 8.17273E-05 | 6.21257E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.6 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 1 หลังเก็บค่าแรก 4 ช.ม.)

| เปอร์เซ็นต์ | day1.6 จับหลังรอบแรก 240 นาที | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|------------------|---|-----------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------------------------|------------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Moldรวม ฝา | Wt.Moldรวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ถึง | ไม้ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm/s | cm/s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409.5 | 300 | 35 | 0.1167 | 0.000101785 | 7.73726E-05 | 0 | 6 | 32.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409.5 | 300 | 23 | 0.0767 | 6.68872E-05 | 5.08449E-05 | 0 | 6 | 32.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409.5 | 300 | 22 | 0.0733 | 6.39791E-05 | 4.86342E-05 | 0 | 6 | 32.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409.5 | 300 | 33 | 0.11 | 9.59686E-05 | 7.29513E-05 | 0 | 6 | 32.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409.5 | 300 | 10 | 0.0333 | 2.90814E-05 | 2.21065E-05 | 0 | 6 | 32.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409.5 | 300 | 12 | 0.04 | 3.48977E-05 | 2.65278E-05 | 0 | 6 | 32.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409.5 | 300 | 11 | 0.0367 | 3.19895E-05 | 2.43171E-05 | 0 | 6 | 32.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409.5 | 300 | 17 | 0.0567 | 4.94384E-05 | 3.7581E-05 | 0 | 6 | 32.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 408 | 300 | 23 | 0.0767 | 6.71331E-05 | 5.10318E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 408 | 300 | 10 | 0.0333 | 2.91883E-05 | 2.21877E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 408 | 300 | 33 | 0.11 | 9.63214E-05 | 7.32195E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 408 | 300 | 26 | 0.0867 | 7.58896E-05 | 5.76881E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 408 | 300 | 19 | 0.0633 | 5.54578E-05 | 4.21567E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 408 | 300 | 10 | 0.0333 | 2.91883E-05 | 2.21877E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 408 | 300 | 26 | 0.0867 | 7.58896E-05 | 5.76881E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 408 | 300 | 24 | 0.08 | 7.00519E-05 | 5.32506E-05 | 1 | 5.5 | 32.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.7 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 1 หลังเก็บค่าแรก 8 ชม.)

| เปอร์เซ็นต์ | day1.7 จับหลังรอบแรก 480 นาที | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|--------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไมรวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ประณิ} | ถึง | ค่าไม่ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409.5 | 420 | 24 | 0.0571 | 4.98538E-05 | 3.95273E-05 | 0 | 6 | 30.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409.5 | 420 | 21 | 0.05 | 4.36221E-05 | 3.45864E-05 | 0 | 6 | 30.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409.5 | 420 | 20 | 0.0476 | 4.15448E-05 | 3.29394E-05 | 0 | 6 | 30.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409.5 | 420 | 26 | 0.0619 | 5.40083E-05 | 4.28212E-05 | 0 | 6 | 30.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409.5 | 420 | 10 | 0.0238 | 2.07724E-05 | 1.64697E-05 | 0 | 6 | 30.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409.5 | 420 | 11 | 0.0262 | 2.28497E-05 | 1.81167E-05 | 0 | 6 | 30.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409.5 | 420 | 10 | 0.0238 | 2.07724E-05 | 1.64697E-05 | 0 | 6 | 30.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409.5 | 420 | 8 | 0.019 | 1.66179E-05 | 1.31758E-05 | 0 | 6 | 30.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 408 | 420 | 21 | 0.05 | 4.37825E-05 | 3.47135E-05 | 1 | 5.5 | 30.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 408 | 420 | 9 | 0.0214 | 1.87639E-05 | 1.48772E-05 | 1 | 5.5 | 30.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 408 | 420 | 39 | 0.0929 | 8.13103E-05 | 6.4468E-05 | 1 | 5.5 | 30.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 408 | 420 | 24 | 0.0571 | 5.00371E-05 | 3.96726E-05 | 1 | 5.5 | 30.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 408 | 420 | 17 | 0.0405 | 3.54429E-05 | 2.81014E-05 | 1 | 5.5 | 30.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 408 | 420 | 11 | 0.0262 | 2.29337E-05 | 1.81833E-05 | 1 | 5.5 | 30.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 408 | 420 | 29 | 0.069 | 6.04615E-05 | 4.79378E-05 | 1 | 5.5 | 30.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 408 | 420 | 22 | 0.0524 | 4.58673E-05 | 3.63666E-05 | 1 | 5.5 | 30.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.8 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 2)

| เปอร์เซ็นต์ | day2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|----------------|-------------------------------------|--------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไม้มรวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{แรงเฉือน} | ถึง | ไม้ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>=4cm. ใน>=2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409.5 | 600 | 13 | 0.0217 | 1.89029E-05 | 1.56619E-05 | 0 | 6 | 28.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409.5 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16326E-05 | 9.63807E-06 | 0 | 6 | 28.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409.5 | 600 | 13 | 0.0217 | 1.89029E-05 | 1.56619E-05 | 0 | 6 | 28.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409.5 | 600 | 22 | 0.0367 | 3.19895E-05 | 2.65047E-05 | 0 | 6 | 28.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409.5 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16326E-05 | 9.63807E-06 | 0 | 6 | 28.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409.5 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16326E-05 | 9.63807E-06 | 0 | 6 | 28.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409.5 | 600 | 9 | 0.015 | 1.30866E-05 | 1.08428E-05 | 0 | 6 | 28.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409.5 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16326E-05 | 9.63807E-06 | 0 | 6 | 28.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 408 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16753E-05 | 9.67351E-06 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 408 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16753E-05 | 9.67351E-06 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 408 | 600 | 43 | 0.0717 | 6.27549E-05 | 5.19951E-05 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 408 | 600 | 30 | 0.05 | 4.37825E-05 | 3.62757E-05 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 408 | 600 | 14 | 0.0233 | 2.04318E-05 | 1.69286E-05 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 408 | 600 | 11 | 0.0183 | 1.60536E-05 | 1.33011E-05 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 408 | 600 | 27 | 0.045 | 3.94042E-05 | 3.26481E-05 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 408 | 600 | 10 | 0.0167 | 1.45942E-05 | 1.20919E-05 | 1 | 5.5 | 28.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.9 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 3)

| เปอร์เซ็นต์ | day3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|----------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไม้มรวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ถึง | ไม้ บรกรัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm/s | cm/s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 407.5 | 900 | 8 | 0.0089 | 7.7931E-06 | 5.92399E-06 | 0 | 8 | 32.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 407.5 | 900 | 8 | 0.0089 | 7.7931E-06 | 5.92399E-06 | 0 | 8 | 32.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 407.5 | 900 | 12 | 0.0133 | 1.16896E-05 | 8.88599E-06 | 0 | 8 | 32.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 407.5 | 900 | 8 | 0.0089 | 7.7931E-06 | 5.92399E-06 | 0 | 8 | 32.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 407.5 | 900 | 8 | 0.0089 | 7.7931E-06 | 5.92399E-06 | 0 | 8 | 32.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 407.5 | 900 | 9 | 0.01 | 8.76724E-06 | 6.66449E-06 | 0 | 8 | 32.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 407.5 | 900 | 10 | 0.0111 | 9.74137E-06 | 7.40499E-06 | 0 | 8 | 32.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 407.5 | 900 | 8 | 0.0089 | 7.7931E-06 | 5.92399E-06 | 0 | 8 | 32.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 407 | 900 | 7 | 0.0078 | 6.82734E-06 | 5.0816E-06 | 1 | 6.5 | 33.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 407 | 900 | 8 | 0.0089 | 7.80267E-06 | 5.80754E-06 | 1 | 6.5 | 33.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 407 | 900 | 50 | 0.0556 | 4.87667E-05 | 3.62971E-05 | 1 | 6.5 | 33.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 407 | 900 | 22 | 0.0244 | 2.14573E-05 | 1.59707E-05 | 1 | 6.5 | 33.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 407 | 900 | 9 | 0.01 | 8.77801E-06 | 6.53348E-06 | 1 | 6.5 | 33.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 407 | 900 | 9 | 0.01 | 8.77801E-06 | 6.53348E-06 | 1 | 6.5 | 33.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 407 | 900 | 26 | 0.0289 | 2.53587E-05 | 1.88745E-05 | 1 | 6.5 | 33.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 407 | 900 | 10 | 0.0111 | 9.75334E-06 | 7.25942E-06 | 1 | 6.5 | 33.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.10 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 4)

| เปอร์เซ็นต์ | day4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|-----------------------|--|-----------------------|---------|----------------|------|-----------------|--------------------|--------|-------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mol d รวม ฝา | Wt.Mold ไม่รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ถึง | □ บรרכת บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409 | 1200 | 12 | 0.01 | 8.73508E-06 | 7.40188E-06 | 0 | 6.5 | 27.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409 | 1200 | 11 | 0.0092 | 8.00716E-06 | 6.78506E-06 | 0 | 6.5 | 27.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409 | 1200 | 12 | 0.01 | 8.73508E-06 | 7.40188E-06 | 0 | 6.5 | 27.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409 | 1200 | 7 | 0.0058 | 5.09546E-06 | 4.31776E-06 | 0 | 6.5 | 27.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409 | 1200 | 10 | 0.0083 | 7.27924E-06 | 6.16823E-06 | 0 | 6.5 | 27.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409 | 1200 | 8 | 0.0067 | 5.82339E-06 | 4.93459E-06 | 0 | 6.5 | 27.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409 | 1200 | 8 | 0.0067 | 5.82339E-06 | 4.93459E-06 | 0 | 6.5 | 27.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409 | 1200 | 7 | 0.0058 | 5.09546E-06 | 4.31776E-06 | 0 | 6.5 | 27.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 408 | 1200 | 8 | 0.0067 | 5.83766E-06 | 4.83675E-06 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 408 | 1200 | 8 | 0.0067 | 5.83766E-06 | 4.83675E-06 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 408 | 1200 | 42 | 0.035 | 3.06477E-05 | 2.5393E-05 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 408 | 1200 | 22 | 0.0183 | 1.60536E-05 | 1.33011E-05 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 408 | 1200 | 10 | 0.0083 | 7.29708E-06 | 6.04594E-06 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 408 | 1200 | 8 | 0.0067 | 5.83766E-06 | 4.83675E-06 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 408 | 1200 | 27 | 0.0225 | 1.97021E-05 | 1.6324E-05 | 1 | 5.5 | 28.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 408 | 1200 | 12 | 0.01 | 8.75649E-06 | 7.25513E-06 | 1 | 5.5 | 28.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.11 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 5)

| เปอร์เซ็นต์ | day5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|-----------------------|--|-----------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mol d รวม ฝา | Wt.Mold ไม่รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ตั้ง | ค่าไม่ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409.5 | 1800 | 28 | 0.0156 | 1.35713E-05 | 1.15E-05 | 0 | 6 | 27.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409.5 | 1800 | 11 | 0.0061 | 5.33159E-06 | 4.51785E-06 | 0 | 6 | 27.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409.5 | 1800 | 9 | 0.005 | 4.36221E-06 | 3.69642E-06 | 0 | 6 | 27.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409.5 | 1800 | 9 | 0.005 | 4.36221E-06 | 3.69642E-06 | 0 | 6 | 27.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409.5 | 1800 | 10 | 0.0056 | 4.8469E-06 | 4.10713E-06 | 0 | 6 | 27.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409.5 | 1800 | 8 | 0.0044 | 3.87752E-06 | 3.28571E-06 | 0 | 6 | 27.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409.5 | 1800 | 9 | 0.005 | 4.36221E-06 | 3.69642E-06 | 0 | 6 | 27.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409.5 | 1800 | 8 | 0.0044 | 3.87752E-06 | 3.28571E-06 | 0 | 6 | 27.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 408.2 | 1800 | 8 | 0.0044 | 3.88987E-06 | 3.22292E-06 | 1 | 5.3 | 28.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 408.2 | 1800 | 9 | 0.005 | 4.3761E-06 | 3.62579E-06 | 1 | 5.3 | 28.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 408.2 | 1800 | 48 | 0.0267 | 2.33392E-05 | 1.93375E-05 | 1 | 5.3 | 28.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 408.2 | 1800 | 34 | 0.0189 | 1.65319E-05 | 1.36974E-05 | 1 | 5.3 | 28.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 408.2 | 1800 | 15 | 0.0083 | 7.2935E-06 | 6.04298E-06 | 1 | 5.3 | 28.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 408.2 | 1800 | 8 | 0.0044 | 3.88987E-06 | 3.22292E-06 | 1 | 5.3 | 28.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 408.2 | 1800 | 48 | 0.0267 | 2.33392E-05 | 1.93375E-05 | 1 | 5.3 | 28.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 408.2 | 1800 | 11 | 0.0061 | 5.34857E-06 | 4.43152E-06 | 1 | 5.3 | 28.000 |

ตารางผนวกที่ ก2.12 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 6)

| เปอร์เซ็นต์ | day6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|----------------|-------------------------------------|--------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไม้มรวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite +Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{แรงเฉือน} | ถึง | ไม้ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>=4cm. ใน>=2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 5ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5588 | 4231 | 1.68 | 5 | 409.6 | 1800 | 10 | 0.0056 | 4.84571E-06 | 4.10613E-06 | 0 | 5.9 | 27.000 |
| 5 | 5ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5538 | 4185 | 1.66 | 5 | 409.6 | 1800 | 11 | 0.0061 | 5.33029E-06 | 4.51674E-06 | 0 | 5.9 | 27.000 |
| 5 | 5ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1350 | 5560 | 4210 | 1.67 | 5 | 409.6 | 1800 | 8 | 0.0044 | 3.87657E-06 | 3.2849E-06 | 0 | 5.9 | 27.000 |
| 5 | 5ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5572 | 4216 | 1.67 | 5 | 409.6 | 1800 | 7 | 0.0039 | 3.392E-06 | 2.87429E-06 | 0 | 5.9 | 27.000 |
| 10 | 10ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5388 | 4035 | 1.60 | 5 | 409.6 | 1800 | 18 | 0.01 | 8.72229E-06 | 7.39104E-06 | 0 | 5.9 | 27.000 |
| 10 | 10ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5367 | 4002 | 1.59 | 5 | 409.6 | 1800 | 10 | 0.0056 | 4.84571E-06 | 4.10613E-06 | 0 | 5.9 | 27.000 |
| 10 | 10ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1357 | 5449 | 4092 | 1.62 | 5 | 409.6 | 1800 | 8 | 0.0044 | 3.87657E-06 | 3.2849E-06 | 0 | 5.9 | 27.000 |
| 10 | 10ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 356 | 5387 | 5031 | 2.00 | 5 | 409.6 | 1800 | 18 | 0.01 | 8.72229E-06 | 7.39104E-06 | 0 | 5.9 | 27.000 |
| 15 | 15ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5306 | 3946 | 1.57 | 5 | 409.6 | 1800 | 7 | 0.0039 | 3.392E-06 | 2.87429E-06 | 1 | 3.9 | 27.000 |
| 15 | 15ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1351 | 5321 | 3970 | 1.58 | 5 | 409.6 | 1800 | 8 | 0.0044 | 3.87657E-06 | 3.2849E-06 | 1 | 3.9 | 27.000 |
| 15 | 15ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1347 | 5297 | 3950 | 1.57 | 5 | 409.6 | 1800 | 52 | 0.0289 | 2.51977E-05 | 2.13519E-05 | 1 | 3.9 | 27.000 |
| 15 | 15ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5288 | 3935 | 1.56 | 5 | 409.6 | 1800 | 24 | 0.0133 | 1.16297E-05 | 9.85471E-06 | 1 | 3.9 | 27.000 |
| 20 | 20ชด1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5165 | 3809 | 1.51 | 5 | 409.6 | 1800 | 10 | 0.0056 | 4.84571E-06 | 4.10613E-06 | 1 | 3.9 | 27.000 |
| 20 | 20ชด2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5197 | 3836 | 1.52 | 5 | 409.6 | 1800 | 11 | 0.0061 | 5.33029E-06 | 4.51674E-06 | 1 | 3.9 | 27.000 |
| 20 | 20ชด3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1361 | 5212 | 3851 | 1.53 | 5 | 409.6 | 1800 | 56 | 0.0311 | 2.7136E-05 | 2.29943E-05 | 1 | 3.9 | 27.000 |
| 20 | 20ชด4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5144 | 3781 | 1.50 | 5 | 409.6 | 1800 | 14 | 0.0078 | 6.784E-06 | 5.74858E-06 | 1 | 3.9 | 27.000 |

ภาคผนวก ก.3 ข้อมูลชี้เ้า้แกลบ

ตารางผนวกที่ ก3.1 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมชี้เ้า้แกลบกับดินลูกรัง (day 1 เริ่มเก็บค่า)

| เปอร์เซ็นต์ | day1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|----------------|------------------------------------|-------------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite + Rice hull Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับเ้า้} | ถึง | □ □ □ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 5ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5533 | 4169 | 1.65 | 5 | 409.5 | 120 | 40 | 0.3333 | 0.000290814 | 0.00021213 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5480 | 4121 | 1.64 | 5 | 409.5 | 120 | 65 | 0.5417 | 0.000472573 | 0.000344711 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5458 | 4105 | 1.63 | 5 | 409.5 | 120 | 29 | 0.2417 | 0.00021084 | 0.000153794 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1366 | 5472 | 4106 | 1.63 | 5 | 409.5 | 120 | 21 | 0.175 | 0.000152677 | 0.000111368 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5213 | 3857 | 1.53 | 5 | 409.5 | 120 | 70 | 0.5833 | 0.000508924 | 0.000371227 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5211 | 3853 | 1.53 | 5 | 409.5 | 120 | 17 | 0.1417 | 0.000123596 | 9.01552E-05 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5420 | 4062 | 1.61 | 5 | 409.5 | 120 | 183 | 1.525 | 0.001330474 | 0.000970494 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5468 | 4108 | 1.63 | 5 | 409.5 | 120 | 25 | 0.2083 | 0.000181759 | 0.000132581 | 0 | 6 | 34.000 |
| 15 | 15ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5365 | 4001 | 1.59 | 5 | 408.2 | 120 | 96 | 0.8 | 0.000700176 | 0.000521142 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 15 | 15ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5285 | 3922 | 1.56 | 5 | 408.2 | 120 | 82 | 0.6833 | 0.000598067 | 0.000445142 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 15 | 15ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5390 | 4025 | 1.60 | 5 | 408.2 | 120 | 87 | 0.725 | 0.000634535 | 0.000472285 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 15 | 15ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1362 | 5364 | 4002 | 1.59 | 5 | 408.2 | 120 | 109 | 0.9083 | 0.000794992 | 0.000591713 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5040 | 3681 | 1.46 | 5 | 408.2 | 120 | 18 | 0.15 | 0.000131283 | 9.77141E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5030 | 3670 | 1.46 | 5 | 408.2 | 120 | 239 | 1.9917 | 0.001743147 | 0.001297426 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5230 | 3872 | 1.54 | 5 | 408.2 | 120 | 55 | 0.4583 | 0.000401143 | 0.000298571 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5055 | 3695 | 1.47 | 5 | 408.2 | 120 | 183 | 1.525 | 0.001334711 | 0.000993427 | 1 | 5.3 | 33.000 |

ตารางผนวกที่ ก3.2 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 1 หลังเก็บค่าแรก 30 นาที)

| เปอร์เซ็นต์ | day1.2 จับหลังรอบแรก 30 นาที | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------------------------------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|----------------------|--|-------------------------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|-------------------|---------------|-------------------------------|------------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mol d รวม ฝ | Wt.Mold ไมรวม ฝ + mixed material | Wt.Laterite + Rice hull Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ประณ} | ถึง | ค่าไม่ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส |
| 5 | 5ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5533 | 4169 | 1.65 | 5 | 409.5 | 120 | 33 | 0.275 | 0.000239921 | 0.000175007 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5480 | 4121 | 1.64 | 5 | 409.5 | 120 | 52 | 0.4333 | 0.000378058 | 0.000275769 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5458 | 4105 | 1.63 | 5 | 409.5 | 120 | 17 | 0.1417 | 0.000123596 | 9.01552E-05 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1366 | 5472 | 4106 | 1.63 | 5 | 409.5 | 120 | 14 | 0.1167 | 0.000101785 | 7.42454E-05 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5213 | 3857 | 1.53 | 5 | 409.5 | 120 | 34 | 0.2833 | 0.000247192 | 0.00018031 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5211 | 3853 | 1.53 | 5 | 409.5 | 120 | 12 | 0.1 | 8.72442E-05 | 6.3639E-05 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5420 | 4062 | 1.61 | 5 | 409.5 | 120 | 28 | 0.2333 | 0.00020357 | 0.000148491 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5468 | 4108 | 1.63 | 5 | 409.5 | 120 | 14 | 0.1167 | 0.000101785 | 7.42454E-05 | 0 | 6 | 34.000 |
| 15 | 15ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5365 | 4001 | 1.59 | 5 | 408.2 | 120 | 17 | 0.1417 | 0.00012399 | 9.22856E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 15 | 15ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5285 | 3922 | 1.56 | 5 | 408.2 | 120 | 22 | 0.1833 | 0.000160457 | 0.000119428 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 15 | 15ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5390 | 4025 | 1.60 | 5 | 408.2 | 120 | 22 | 0.1833 | 0.000160457 | 0.000119428 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 15 | 15ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1362 | 5364 | 4002 | 1.59 | 5 | 408.2 | 120 | 24 | 0.2 | 0.000175044 | 0.000130285 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5040 | 3681 | 1.46 | 5 | 408.2 | 120 | 16 | 0.1333 | 0.000116696 | 8.6857E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5030 | 3670 | 1.46 | 5 | 408.2 | 120 | 13 | 0.1083 | 9.48155E-05 | 7.05713E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5230 | 3872 | 1.54 | 5 | 408.2 | 120 | 29 | 0.2417 | 0.000211512 | 0.000157428 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5055 | 3695 | 1.47 | 5 | 408.2 | 120 | 8 | 0.0667 | 5.8348E-05 | 4.34285E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |

ตารางผนวกที่ ก3.3 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 1 หลังเก็บค่าแรก 1 ชม.)

| เปอร์เซ็นต์ | day1.3 จับหลังรอบแรก 1 ชม. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------------------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|----------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite + Rice hull Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ตั้ง | ค่าไม้บรรทัดบนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศาเซลเซียส |
| 5 | 5ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5533 | 4169 | 1.65 | 5 | 409.5 | 120 | 32 | 0.2667 | 0.000232651 | 0.000169704 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5480 | 4121 | 1.64 | 5 | 409.5 | 120 | 29 | 0.2417 | 0.00021084 | 0.000153794 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5458 | 4105 | 1.63 | 5 | 409.5 | 120 | 12 | 0.1 | 8.72442E-05 | 6.3639E-05 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1366 | 5472 | 4106 | 1.63 | 5 | 409.5 | 120 | 11 | 0.0917 | 7.99738E-05 | 5.83357E-05 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5213 | 3857 | 1.53 | 5 | 409.5 | 120 | 23 | 0.1917 | 0.000167218 | 0.000121975 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5211 | 3853 | 1.53 | 5 | 409.5 | 120 | 11 | 0.0917 | 7.99738E-05 | 5.83357E-05 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5420 | 4062 | 1.61 | 5 | 409.5 | 120 | 22 | 0.1833 | 0.000159948 | 0.000116671 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5468 | 4108 | 1.63 | 5 | 409.5 | 120 | 18 | 0.15 | 0.000130866 | 9.54584E-05 | 0 | 6 | 34.000 |
| 15 | 15ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5365 | 4001 | 1.59 | 5 | 408.2 | 120 | 13 | 0.1083 | 9.48155E-05 | 7.05713E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 15 | 15ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5285 | 3922 | 1.56 | 5 | 408.2 | 120 | 18 | 0.15 | 0.000131283 | 9.77141E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 15 | 15ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5390 | 4025 | 1.60 | 5 | 408.2 | 120 | 18 | 0.15 | 0.000131283 | 9.77141E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 15 | 15ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1362 | 5364 | 4002 | 1.59 | 5 | 408.2 | 120 | 19 | 0.1583 | 0.000138577 | 0.000103143 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5040 | 3681 | 1.46 | 5 | 408.2 | 120 | 10 | 0.0833 | 7.2935E-05 | 5.42856E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5030 | 3670 | 1.46 | 5 | 408.2 | 120 | 9 | 0.075 | 6.56415E-05 | 4.88571E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5230 | 3872 | 1.54 | 5 | 408.2 | 120 | 27 | 0.225 | 0.000196925 | 0.000146571 | 1 | 5.3 | 33.000 |
| 20 | 20ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5055 | 3695 | 1.47 | 5 | 408.2 | 120 | 8 | 0.0667 | 5.8348E-05 | 4.34285E-05 | 1 | 5.3 | 33.000 |

ตารางผนวกที่ ก3.4 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 2)

| เปอร์เซ็นต์ | day2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|----------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite + Rice hull Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ตั้ง | ค่าไม้บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส |
| 5 | 5ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5533 | 4169 | 1.65 | 5 | 409.2 | 600 | 19 | 0.0317 | 2.76476E-05 | 2.01671E-05 | 0 | 6.3 | 34.000 |
| 5 | 5ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5480 | 4121 | 1.64 | 5 | 409.2 | 600 | 9 | 0.015 | 1.30962E-05 | 9.55284E-06 | 0 | 6.3 | 34.000 |
| 5 | 5ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5458 | 4105 | 1.63 | 5 | 409.2 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16411E-05 | 8.49141E-06 | 0 | 6.3 | 34.000 |
| 5 | 5ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1366 | 5472 | 4106 | 1.63 | 5 | 409.2 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16411E-05 | 8.49141E-06 | 0 | 6.3 | 34.000 |
| 10 | 10ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5213 | 3857 | 1.53 | 5 | 409.2 | 600 | 25 | 0.0417 | 3.63784E-05 | 2.65357E-05 | 0 | 6.3 | 34.000 |
| 10 | 10ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5211 | 3853 | 1.53 | 5 | 409.2 | 600 | 16 | 0.0267 | 2.32822E-05 | 1.69828E-05 | 0 | 6.3 | 34.000 |
| 10 | 10ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5420 | 4062 | 1.61 | 5 | 409.2 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16411E-05 | 8.49141E-06 | 0 | 6.3 | 34.000 |
| 10 | 10ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5468 | 4108 | 1.63 | 5 | 409.2 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16411E-05 | 8.49141E-06 | 0 | 6.3 | 34.000 |
| 15 | 15ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5365 | 4001 | 1.59 | 5 | 407.9 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16782E-05 | 8.51848E-06 | 1 | 5.6 | 34.000 |
| 15 | 15ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5285 | 3922 | 1.56 | 5 | 407.9 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16782E-05 | 8.51848E-06 | 1 | 5.6 | 34.000 |
| 15 | 15ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5390 | 4025 | 1.60 | 5 | 407.9 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16782E-05 | 8.51848E-06 | 1 | 5.6 | 34.000 |
| 15 | 15ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1362 | 5364 | 4002 | 1.59 | 5 | 407.9 | 600 | 9 | 0.015 | 1.3138E-05 | 9.58329E-06 | 1 | 5.6 | 34.000 |
| 20 | 20ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5040 | 3681 | 1.46 | 5 | 407.9 | 600 | 13 | 0.0217 | 1.8977E-05 | 1.38425E-05 | 1 | 5.6 | 34.000 |
| 20 | 20ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5030 | 3670 | 1.46 | 5 | 407.9 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16782E-05 | 8.51848E-06 | 1 | 5.6 | 34.000 |
| 20 | 20ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5230 | 3872 | 1.54 | 5 | 407.9 | 600 | 9 | 0.015 | 1.3138E-05 | 9.58329E-06 | 1 | 5.6 | 34.000 |
| 20 | 20ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5055 | 3695 | 1.47 | 5 | 407.9 | 600 | 8 | 0.0133 | 1.16782E-05 | 8.51848E-06 | 1 | 5.6 | 34.000 |

ตารางผนวกที่ ก3.5 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 3)

| เปอร์เซ็นต์ | day3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|----------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|-------------------------|--------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold รวม ฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite + Rice hull Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ตั้ง | ค่าไม้บรรทัดบนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศาเซลเซียส |
| 5 | 5ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5533 | 4169 | 1.65 | 5 | 408.8 | 3600 | 13 | 0.0036 | 3.15588E-06 | 2.30201E-06 | 0 | 6.7 | 34.000 |
| 5 | 5ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5480 | 4121 | 1.64 | 5 | 408.8 | 3600 | 7 | 0.0019 | 1.69932E-06 | 1.23954E-06 | 0 | 6.7 | 34.000 |
| 5 | 5ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5458 | 4105 | 1.63 | 5 | 408.8 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45656E-06 | 1.06247E-06 | 0 | 6.7 | 34.000 |
| 5 | 5ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1366 | 5472 | 4106 | 1.63 | 5 | 408.8 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45656E-06 | 1.06247E-06 | 0 | 6.7 | 34.000 |
| 10 | 10ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5213 | 3857 | 1.53 | 5 | 408.8 | 3600 | 148 | 0.0411 | 3.59285E-05 | 2.62075E-05 | 0 | 6.7 | 34.000 |
| 10 | 10ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5211 | 3853 | 1.53 | 5 | 408.8 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45656E-06 | 1.06247E-06 | 0 | 6.7 | 34.000 |
| 10 | 10ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5420 | 4062 | 1.61 | 5 | 408.8 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45656E-06 | 1.06247E-06 | 0 | 6.7 | 34.000 |
| 10 | 10ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5468 | 4108 | 1.63 | 5 | 408.8 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45656E-06 | 1.06247E-06 | 0 | 6.7 | 34.000 |
| 15 | 15ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5365 | 4001 | 1.59 | 5 | 407.7 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.46049E-06 | 1.1102E-06 | 1 | 5.8 | 32.000 |
| 15 | 15ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5285 | 3922 | 1.56 | 5 | 407.7 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.46049E-06 | 1.1102E-06 | 1 | 5.8 | 32.000 |
| 15 | 15ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5390 | 4025 | 1.60 | 5 | 407.7 | 3600 | 15 | 0.0042 | 3.65122E-06 | 2.77551E-06 | 1 | 5.8 | 32.000 |
| 15 | 15ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1362 | 5364 | 4002 | 1.59 | 5 | 407.7 | 3600 | 7 | 0.0019 | 1.7039E-06 | 1.29524E-06 | 1 | 5.8 | 32.000 |
| 20 | 20ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5040 | 3681 | 1.46 | 5 | 407.7 | 3600 | 42 | 0.0117 | 1.02234E-05 | 7.77142E-06 | 1 | 5.8 | 32.000 |
| 20 | 20ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5030 | 3670 | 1.46 | 5 | 407.7 | 3600 | 8 | 0.0022 | 1.94732E-06 | 1.48027E-06 | 1 | 5.8 | 32.000 |
| 20 | 20ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5230 | 3872 | 1.54 | 5 | 407.7 | 3600 | 17 | 0.0047 | 4.13805E-06 | 3.14558E-06 | 1 | 5.8 | 32.000 |
| 20 | 20ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5055 | 3695 | 1.47 | 5 | 407.7 | 3600 | 8 | 0.0022 | 1.94732E-06 | 1.48027E-06 | 1 | 5.8 | 32.000 |

ตารางผนวกที่ ก3.6 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 4)

| เปอร์เซ็นต์ | day4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|---------|------------------|-----|------------------|------------------------|--|-------------------------------------|-------------------|----------------|-------|------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------|---------------|---------------------------|------------------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold d รวม ฝา | Wt.Mold ไม้รวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite + Rice hull Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ตั้ง | ค่าไม้ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>=4cm. ใน>=2cm. | องศา เซลเซียส |
| 5 | 5ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5533 | 4169 | 1.65 | 5 | 409.5 | 3600 | 10 | 0.0028 | 2.42345E-06 | 1.76775E-06 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5480 | 4121 | 1.64 | 5 | 409.5 | 3600 | 8 | 0.0022 | 1.93876E-06 | 1.4142E-06 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5458 | 4105 | 1.63 | 5 | 409.5 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45407E-06 | 1.06065E-06 | 0 | 6 | 34.000 |
| 5 | 5ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1366 | 5472 | 4106 | 1.63 | 5 | 409.5 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45407E-06 | 1.06065E-06 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5213 | 3857 | 1.53 | 5 | 409.5 | 3600 | 260 | 0.0722 | 6.30097E-05 | 4.59615E-05 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5211 | 3853 | 1.53 | 5 | 409.5 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45407E-06 | 1.06065E-06 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5420 | 4062 | 1.61 | 5 | 409.5 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45407E-06 | 1.06065E-06 | 0 | 6 | 34.000 |
| 10 | 10ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5468 | 4108 | 1.63 | 5 | 409.5 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45407E-06 | 1.06065E-06 | 0 | 6 | 34.000 |
| 15 | 15ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5365 | 4001 | 1.59 | 5 | 408.1 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45906E-06 | 1.10912E-06 | 1 | 5.4 | 32.000 |
| 15 | 15ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5285 | 3922 | 1.56 | 5 | 408.1 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45906E-06 | 1.10912E-06 | 1 | 5.4 | 32.000 |
| 15 | 15ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5390 | 4025 | 1.60 | 5 | 408.1 | 3600 | 28 | 0.0078 | 6.80894E-06 | 5.17587E-06 | 1 | 5.4 | 32.000 |
| 15 | 15ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1362 | 5364 | 4002 | 1.59 | 5 | 408.1 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45906E-06 | 1.10912E-06 | 1 | 5.4 | 32.000 |
| 20 | 20ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5040 | 3681 | 1.46 | 5 | 408.1 | 3600 | 34 | 0.0094 | 8.26799E-06 | 6.28499E-06 | 1 | 5.4 | 32.000 |
| 20 | 20ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5030 | 3670 | 1.46 | 5 | 408.1 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45906E-06 | 1.10912E-06 | 1 | 5.4 | 32.000 |
| 20 | 20ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5230 | 3872 | 1.54 | 5 | 408.1 | 3600 | 14 | 0.0039 | 3.40447E-06 | 2.58794E-06 | 1 | 5.4 | 32.000 |
| 20 | 20ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5055 | 3695 | 1.47 | 5 | 408.1 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45906E-06 | 1.10912E-06 | 1 | 5.4 | 32.000 |

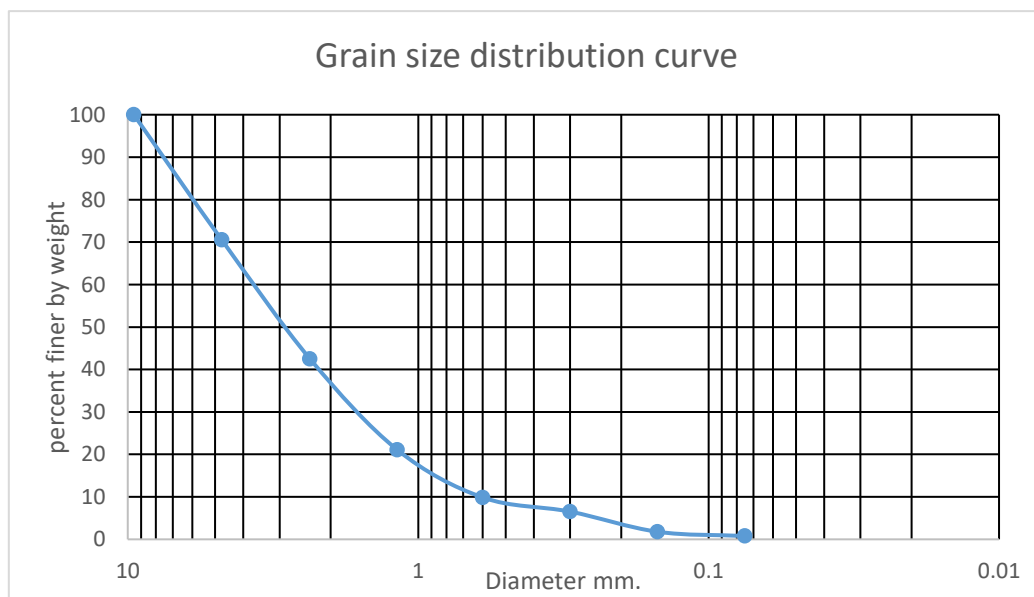
ตารางผนวกที่ ก3.7 ข้อมูลการทดสอบของวัสดุผสมซีเมนต์กับดินลูกรัง (day 5)

| เปอร์เซ็นต์ | day5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------|---------|------------------------|---|-------------------------------------|---------|----------------|-------|-----------------|--------------------|--------|-------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|--------|
| | โมล | D | | | Dเฉลี่ย | A | L | V | Wt.Mold d รวม ฝา | Wt.Mold ไม้มรวม ฝา + mixed material | Wt.Laterite + Rice hull Ashes | Density | จำนวนชั้นบดอัด | H | Time | Volume | Q | K | K _{ปรับแก้} | ตั้ง | ค่าไม้ บรรทัด บนถึง | T |
| | | D1 | D2 | D3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| % | mm | mm | mm | cm | cm. ² | cm. | cm. ³ | g. | g. | g. | g/cm ³ | ชั้น | cm. | sec. | cm ³ | cm ³ /s | cm./s | cm./s | นอก=0 ใน=1 | นอก>= 4cm. ใน>= 2cm. | องศา เซลเซียส | |
| 5 | 5ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5533 | 4169 | 1.65 | 5 | 409.3 | 3600 | 96 | 0.0267 | 2.32765E-05 | 1.73247E-05 | 0 | 6.2 | 33.000 |
| 5 | 5ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5480 | 4121 | 1.64 | 5 | 409.3 | 3600 | 16 | 0.0044 | 3.87941E-06 | 2.88745E-06 | 0 | 6.2 | 33.000 |
| 5 | 5ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1353 | 5458 | 4105 | 1.63 | 5 | 409.3 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45478E-06 | 1.08279E-06 | 0 | 6.2 | 33.000 |
| 5 | 5ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1366 | 5472 | 4106 | 1.63 | 5 | 409.3 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45478E-06 | 1.08279E-06 | 0 | 6.2 | 33.000 |
| 10 | 10ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1356 | 5213 | 3857 | 1.53 | 5 | 409.3 | 3600 | 545 | 0.1514 | 0.000132143 | 9.83538E-05 | 0 | 6.2 | 33.000 |
| 10 | 10ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5211 | 3853 | 1.53 | 5 | 409.3 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45478E-06 | 1.08279E-06 | 0 | 6.2 | 33.000 |
| 10 | 10ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5420 | 4062 | 1.61 | 5 | 409.3 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45478E-06 | 1.08279E-06 | 0 | 6.2 | 33.000 |
| 10 | 10ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5468 | 4108 | 1.63 | 5 | 409.3 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45478E-06 | 1.08279E-06 | 0 | 6.2 | 33.000 |
| 15 | 15ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1364 | 5365 | 4001 | 1.59 | 5 | 408 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45942E-06 | 1.13253E-06 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1363 | 5285 | 3922 | 1.56 | 5 | 408 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45942E-06 | 1.13253E-06 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1365 | 5390 | 4025 | 1.60 | 5 | 408 | 3600 | 8 | 0.0022 | 1.94589E-06 | 1.51004E-06 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 15 | 15ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1362 | 5364 | 4002 | 1.59 | 5 | 408 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45942E-06 | 1.13253E-06 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชก1 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1359 | 5040 | 3681 | 1.46 | 5 | 408 | 3600 | 25 | 0.0069 | 6.0809E-06 | 4.71887E-06 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชก2 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5030 | 3670 | 1.46 | 5 | 408 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45942E-06 | 1.13253E-06 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชก3 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1358 | 5230 | 3872 | 1.54 | 5 | 408 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45942E-06 | 1.13253E-06 | 1 | 5.5 | 31.000 |
| 20 | 20ชก4 | 103.6 | 103.1 | 103.5 | 10.340 | 83.971 | 30 | 2519.14 | 1360 | 5055 | 3695 | 1.47 | 5 | 408 | 3600 | 6 | 0.0017 | 1.45942E-06 | 1.13253E-06 | 1 | 5.5 | 31.000 |

ภาคผนวก ข.

ตารางผนวกที่ ข.1 แสดงขนาดคละดินลูกรัง

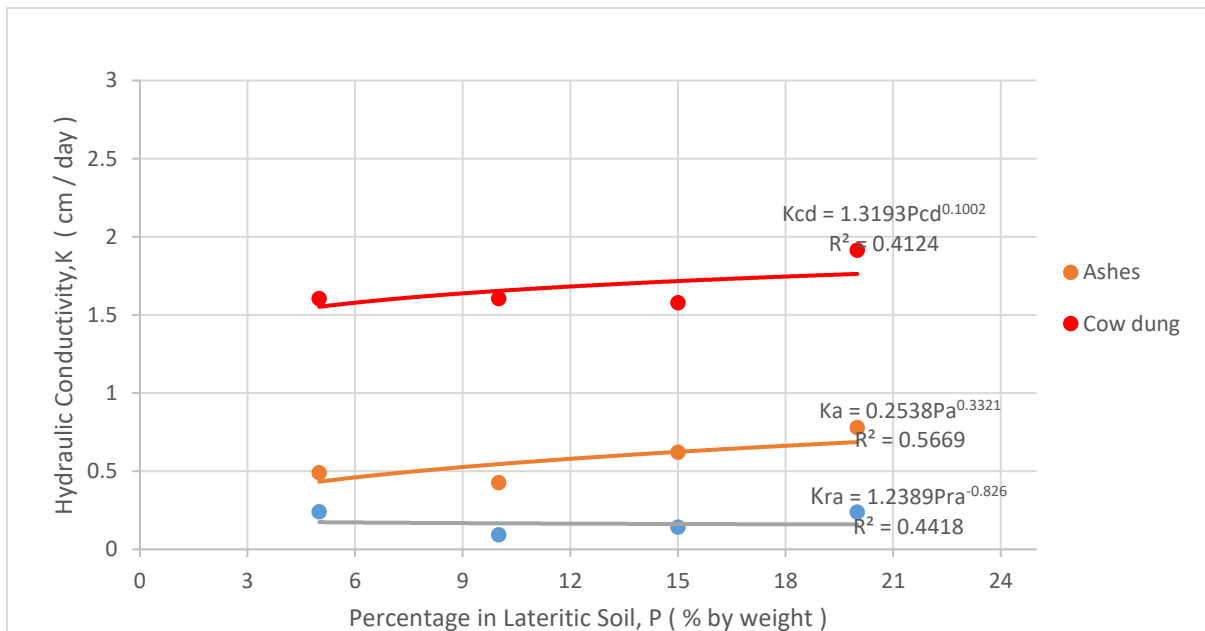
| Sieve NO. | % finer |
|-----------|---------|
| 3/8 | 100.000 |
| 4 | 70.550 |
| 8 | 42.528 |
| 16 | 21.080 |
| 30 | 9.869 |
| 50 | 6.532 |
| 100 | 1.781 |
| 200 | 0.778 |
| Pan | 0.000 |



ภาพผนวกที่ ข.1 Grain size distribution curve

ตารางผนวกที่ ข.2 ผลการทดสอบค่านำชลศาสตร์ที่ดีที่สุดของแต่ละวัสดุที่นำมาผสม

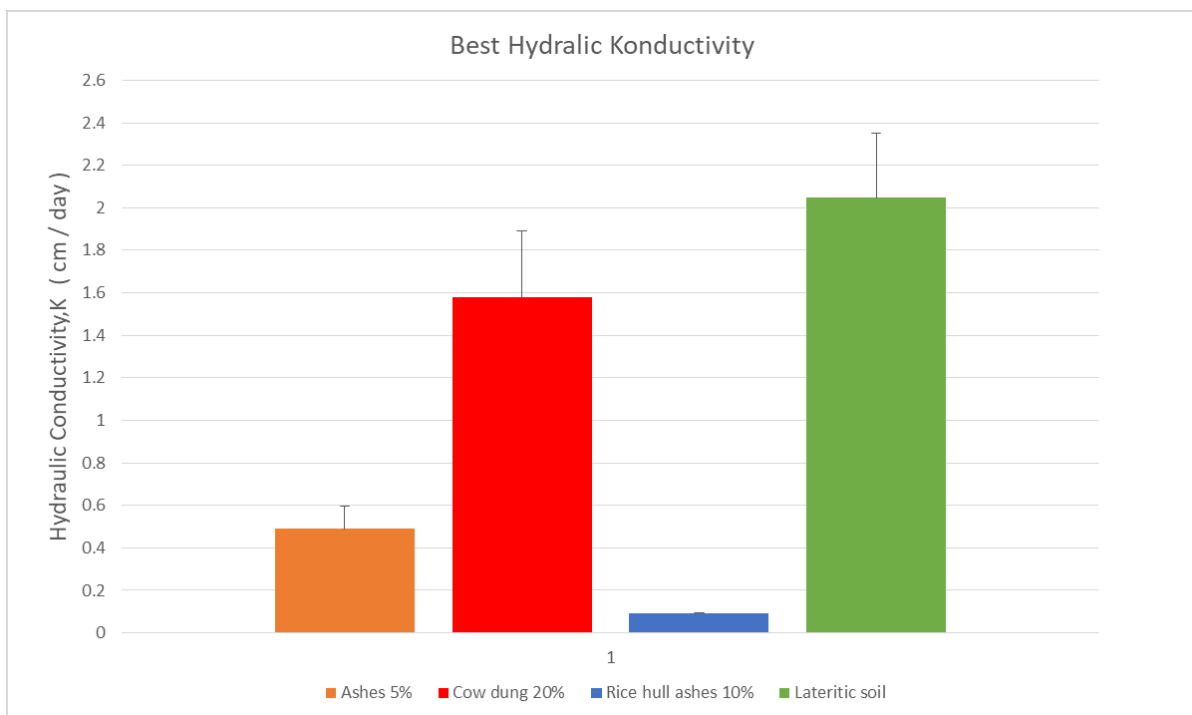
| สรุป | | | | |
|---------------------|-------------|------|----------|--------|
| ค่านำชลศาสตร์ต่ำสุด | | | | |
| Rice hull ashes 10% | 1.06864E-06 | cm/s | 0.09233 | cm/day |
| Ashes 5% | 5.67233E-06 | cm/s | 0.490089 | cm/day |
| Cow dung 20% | 1.8266E-05 | cm/s | 1.578183 | cm/day |
| Lateritic soil | 2.37025E-05 | | 2.047895 | cm/day |
| เกณฑ์ | | | 0.86 | cm/day |



ภาพผนวกที่ ข.2 Hydraulic Conductivity of Sandy soil mixed with Cement (or Lime)

ตารางผนวกที่ ข.3 แสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง

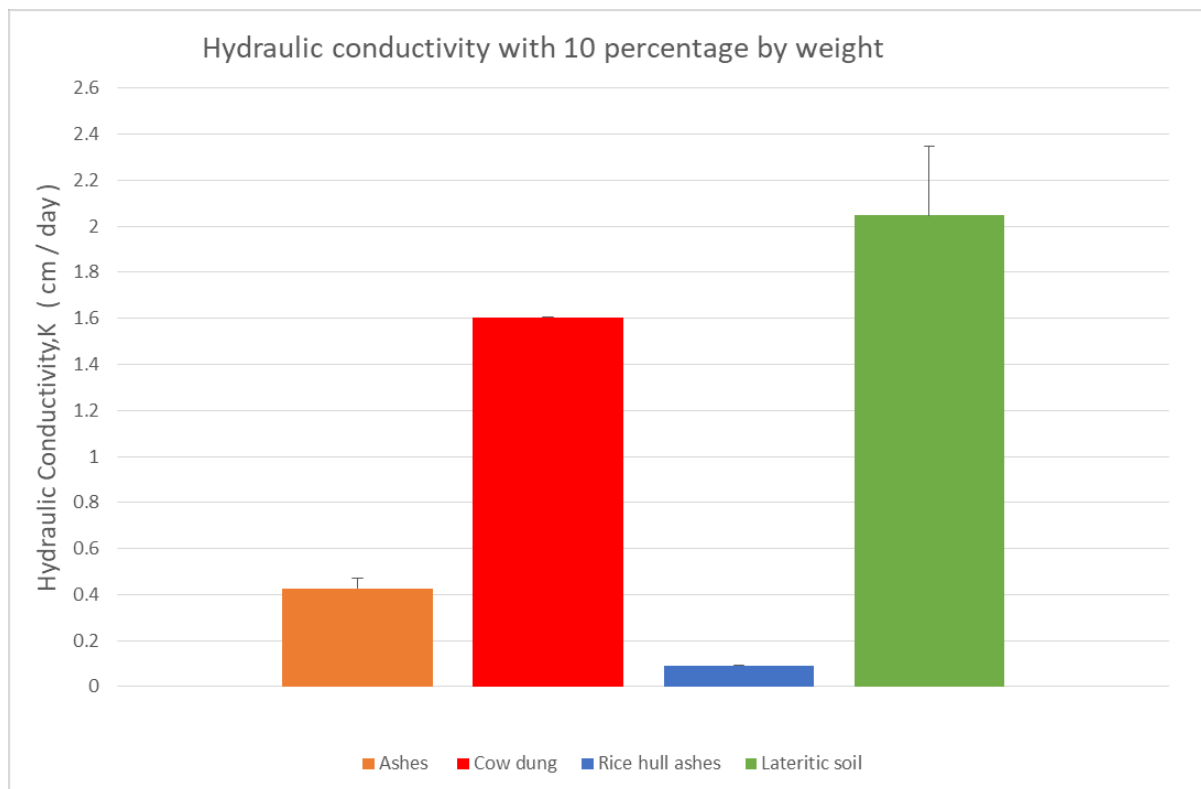
| วัสดุ | | S.D. |
|-------|---------------------|----------|
| 10% | Rice hull ashes 10% | 1.7E-17 |
| 5% | Ashes 5% | 0.107812 |
| 15% | Cow dung 20% | 0.310886 |
| | Lateritic soil | 0.301949 |



ภาพผนวกที่ ข.3 Best Hydralic Konductivity

ตารางผนวกที่ ข.4 เปรียบเทียบที่ 10% โดยน้ำหนักของวัสดุผสม

| กราฟที่ 10% | | | S.D. |
|-----------------|-------------|--------|----------|
| Rice hull ashes | 0.092330186 | cm/day | 1.7E-17 |
| Ashes | 0.426458209 | cm/day | 0.045351 |
| Cow dung | 1.603769602 | cm/day | 2.72E-16 |
| Lateritic soil | 2.047894646 | cm/day | 0.301949 |



ภาพผนวกที่ ข.4 Hydraulic conductivity with 10 percentage by weight

ภาคผนวก ค.



ภาพผนวกที่ ค.1 ดินลูกรัง



ภาพผนวกที่ ค.2 ซีเมนต์ถ่าน



ภาพผนวกที่ ค.3 ซีเมนต์แกลบ



ภาพผนวกที่ ค.4 มูลวัว



ภาพผนวกที่ ค.5 ค้อนบดอัดดิน



ภาพผนวกที่ ค.6 กระจบอกทดลอง



ภาพผนวกที่ ค.7 แลปทดลอง



ภาพผนวกที่ ค.8 การเก็บค่าตัวอย่าง



ภาพผนวกที่ ค.9 ขั้นตอนการชั่งสวนผสม



ภาพผนวกที่ ค.10 ขั้นตอนการผสม



ภาพผนวกที่ ค.11 ขั้นตอนการบรรจุดินเพื่อทำการ
บดอัด



ภาพผนวกที่ ค.12 การบดอัดดิน



ภาพผนวกที่ ค.13 การปิดปิดกระบอกตัวอย่าง



ภาพผนวกที่ ค.14 การทำซิลิโคนปิดรอยต่อ

ประวัติของผู้วิจัย

ชื่อผู้วิจัย นายกันพัฒน์ คุณนิชาธนะวัฒน์ รหัสบัณฑิต 5920500298 อายุ 22 ปี ตำแหน่ง นิสิต
ภาควิชา วิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ 92 ต.บ้านหมี่ อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี 15110
โทรศัพท์ 090-245-9495

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2558 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จ.ลพบุรี
พ.ศ. 2562 กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา - ชลประทาน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ชื่อผู้วิจัย นายพลวิชญ์ ประยูรจตุพร รหัสบัณฑิต 5920500476 อายุ 22 ปี ตำแหน่ง นิสิต
ภาควิชา วิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ 224/23 ถนนลาดพร้าว แขวงคลองเจ้าคุณสิงห์ เขตวังทองหลาง จ.กรุงเทพมหานคร 10310
โทรศัพท์ 084-761-0225

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2558 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนโยธินบูรณะ จ.กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2562 กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา - ชลประทาน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ชื่อผู้วิจัย นายวิวัฒน์ กาญจนเอกรินทร์ รหัสบัณฑิต 5920503246 อายุ 23 ปี ตำแหน่ง นิสิต
ภาควิชา วิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ 34/1 หมู่ 1 ต.ระแหง อ.ลาดหลุมแก้ว จ.ปทุมธานี 12140
โทรศัพท์ 091-458-7450

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2558 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนปทุมวิไล จ.ปทุมธานี
พ.ศ. 2562 กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา - ชลประทาน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน