

สรุป

จากการศึกษาพฤติกรรมของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ เมื่อทำการปรับปรุงด้วยความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีขอบเขตในการศึกษาวิจัยคือติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนกับน้ำที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยคงที่อุณหภูมิน้ำร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส การติดตั้งอุปกรณ์ศึกษาพฤติกรรมในชั้นดิน ทำการติดตั้งภายในรัศมี 30 ซม. และศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแนวรัศมีที่ชั้นความลึกเดียวกันที่เวลาต่างๆ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความลึกในแนวรัศมีเดียวกัน ณ เวลาต่างกัน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำส่วนเกินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ เวลาต่างกัน สำหรับชั้นดินเหนียวอ่อนที่อยู่ในสภาพดินเหนียวถูกอัดตัวปกติ และศึกษาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำกับการขยายปริมาตรของน้ำ รวมทั้งคุณสมบัติของดินเหนียวอ่อนหลังจากได้รับการปรับปรุงด้วยความร้อนแล้ว ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความร้อนที่ส่งถ่ายในกับชั้นดินเหนียวอ่อนทำให้อุณหภูมิภายในดินที่ระดับความลึกเดียวกันเกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่เกิดอุณหภูมิในชั้นดินสูงในบริเวณใกล้เคียงตำแหน่งที่ให้ความร้อน (ท่อทองแดง) และมีค่าอุณหภูมิลดลงเมื่อมีระยะรัศมีไกลมากขึ้น

2. ผลของการศึกษาพฤติกรรมการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ด้วยความร้อนทำให้ทราบได้อย่างชัดเจนว่า การเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำส่วนเกินในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ มีปัจจัยหลักเกิดจากการขยายปริมาตรของน้ำในมวลดิน เมื่อมวลดินได้รับความร้อน และเริ่มแผ่กระจายความร้อนในแนวราบ น้ำในมวลดินบริเวณแหล่งให้ความร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเกิดการขยายปริมาตรมากกว่าของแข็ง (ดิน) ถึงประมาณ 38 – 52 เท่า ส่งผลให้เกิดแรงดันแบบไม่ระบายน้ำซึ่งทำให้เกิดแรงดันน้ำส่วนเกินในดินที่ระยะรัศมีต่างๆ ถึงแม้ว่าความร้อนจะยังไม่แผ่กระจายมาถึงจุดในแนวราบนั้นก็ตาม และเมื่อความร้อนแผ่กระจายมาถึงจุดนั้นแรงดันน้ำส่วนเกินได้เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

3. จากการติดตั้งอุปกรณ์วัดพฤติกรรมดินที่ถูกปรับปรุงด้วยความร้อนภายในรัศมี 30 ซม. ทำให้ทราบว่าท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เป็นจุดศูนย์กลางที่ทำหน้าที่ส่งถ่ายความร้อน สามารถแผ่กระจายไปได้ไกลถึงระยะรัศมี 30 ซม. จากผิวท่อทองแดง ส่วนที่เกินกว่าระยะรัศมี 30 ซม. ไม่มีค่าผลการทดสอบที่สามารถยืนยันการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของดินในการวิจัยในครั้งนี้ได้

4. สมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำส่วนเกินกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในช่วง 32 ถึง 70 องศาเซลเซียส แสดงได้ดังนี้

$$\Delta U_i = 0.2916(T_i) - 11.46$$

ΔU_i = แรงดันน้ำส่วนเกินที่เกิดขึ้น, (ตัน/ตร.ม.)

T_i = อุณหภูมิใดๆ มีค่าอยู่ในช่วง 38 ถึง 70, (°C)

5. สมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำส่วนเกินกับปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง ในช่วงอุณหภูมิ 32 ถึง 70 องศาเซลเซียสแสดงได้ดังนี้

$$\Delta U_i = 0.2916(\Delta V_T / (\alpha_w \cdot V_{w0} + \alpha_s \cdot V_{s0})) + 0.2916(T_0) - 11.46$$

ΔU_i = แรงดันน้ำส่วนเกินที่เกิดขึ้น, (ตัน/ตร.ม.)

T_0 = อุณหภูมิเริ่มต้น ณ ช่วงเวลาที่พิจารณา, (°C)

6. งานวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้เครื่องทำความร้อน (Heater) ช่วยในการรักษาอุณหภูมิภายในถังผลิตน้ำร้อนที่ประมาณ 90 องศาเซลเซียส และตัวเครื่องผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตน้ำร้อนได้มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 70 องศาเซลเซียส ดังนั้นเครื่องทำความร้อนจะทำงานโดยการเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำภายในถังผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 20 องศาเซลเซียส ภายในถังสามารถบรรจุน้ำได้ 150 ลิตร ดังนั้นพลังงานที่ใช้สำหรับการรักษาค่าอุณหภูมิภายในถังมีค่าประมาณ 3,487 วัตต์-ชั่วโมง โดยที่ใช้เวลาในการเปิดปั้มน้ำจำนวน 35 วัน และใน 1 วัน ปั้มน้ำทำงาน 18 ชั่วโมง พลังงานที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 2,196,617.57 วัตต์ คิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 6,347 บาทต่อการปรับปรุงคุณภาพดินปริมาตร 0.35 ลบ.ม.

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบราคาการปรับปรุงคุณภาพดิน

วิธีการปรับปรุง	ราคา/ลบ.ม.	กำลังรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น
Soil Cement Column	1,000	700%
Heat	18,142	30 – 70 %

7. คุณสมบัติพื้นฐานของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพทั้งก่อน และหลังการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน ค่าที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

8. แนวโน้มเบื้องต้นของการทดสอบหาค่าอัตราส่วนช่องว่างภายในชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ก่อนและหลังจากได้รับการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยความร้อนแล้วปรากฏว่า ค่าอัตราส่วนช่องว่างในดินหลังการปรับปรุงด้วยความร้อนมีค่าลดลงประมาณ 3-9%

9. แนวโน้มการทดสอบเบื้องต้นของการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินก่อนและหลังการปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อน โดยวิธีแรงกดแบบไม่มีแรงดันด้านข้างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง แบ่งเป็นผลของดินที่ได้รับการปรับปรุงด้วยความร้อน 4 ตัวอย่างต่อความลึกทั้งหมด 5 เมตร และดินที่ไม่ได้รับการปรับปรุงด้วยความร้อน 4 ตัวอย่างต่อความลึกทั้งหมด 5 เมตร ผลที่ได้คือ ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่มีการระบายน้ำหลังการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 30-70%

10. การวัดการทรุดตัวทำการวัดที่ระยะรัศมี 15 ซม. และระยะ 30 ซม. ที่ความลึก 1 เมตร 3 เมตร และ 5 เมตร แนวโน้มที่ได้การทรุดตัวไม่เกิดขึ้น อาจเนื่องมาจากการศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินเหนียวอ่อนในครั้งนี้ทำการศึกษาแค่ภายในรัศมี 30 ซม. เท่านั้นจึงทำให้ไม่สามารถอ่านค่าการทรุดตัวที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน

11. จากผลการทดสอบที่ได้แสดงให้เห็นว่า การส่งถ่ายความร้อนให้กับชั้นดินเป็นระยะเวลานานที่ต่อเนื่องกัน (การคงที่อุณหภูมิ) ไม่ส่งผลต่อค่าแรงดันน้ำในระยะยาว ซึ่งแรงดันน้ำที่เกิดขึ้น เกิดเนื่องจากการขยายปริมาตรของน้ำในช่วงการให้ความร้อนในช่วงแรกเกือบทั้งหมด ดังนั้นในการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และประหยัดพลังงาน จึงควรทำการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ในลักษณะที่ให้ความร้อนในแบบเพิ่ม – ลด ในระยะเวลาดังนั้น จึงเหมาะสมที่สุด

12. จากผลการทดสอบในสนามทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าช่วงการให้ความร้อนตลอดเวลาเป็นระยะเวลานาน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและแรงดันน้ำส่วนเกินมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับในช่วงการให้ความร้อนเป็นรอบในระยะสั้น ค่าสูงสุดของทั้งอุณหภูมิ และแรงดันน้ำส่วนเกินในแต่ละรอบของการให้ความร้อนมีแนวโน้มลดลง และในการทดสอบช่วงสุดท้ายได้ทำการหยุดให้

ความร้อน เพื่อให้ดินเย็นตัวลงจนเกือบเท่าอุณหภูมิในดินปกติเป็นเวลานานหลังจากนั้นจึงให้ความร้อนใหม่ พบว่าค่าอุณหภูมิ และค่าแรงดันน้ำส่วนเกินสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าไม่เท่ากับค่าสูงสุดที่เกิดในช่วงแรก (ช่วงให้ความร้อนคงที่) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในชั้นดินเหนียวอ่อน ภายหลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนในระยะแรกมาแล้ว