

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบในสนามแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มได้ดังนี้

1. อุปกรณ์ในการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์และท่อสำหรับการส่งถ่ายความร้อนลงไปดิน แสดงดังภาพที่ 38 ถึง 44

1.1. เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ยี่ห้อ SOLASON (Solar Heater, SOLASON)	จำนวน	1 ชุด
--	-------	-------

1.2. เครื่องทำความร้อนไฟฟ้าแบบขด

ขนาด 4500 วัตต์ (Heater)	จำนวน	1 เครื่อง
--------------------------	-------	-----------

1.3. เครื่องควบคุมอุณหภูมิย่านการวัด

30-90 องศาเซลเซียส (Thermostat)	จำนวน	1 เครื่อง
---------------------------------	-------	-----------

1.4. ปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP

จำนวน	1 เครื่อง
-------	-----------

1.5. ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 5 ม.

จำนวน	1 ท่อน
-------	--------

1.6. ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว ยาว 6 ม.

จำนวน	1 ท่อน
-------	--------

2. อุปกรณ์สำหรับวัดพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การทรุดตัว แรงดันน้ำ แสดงดังภาพที่ 45 ถึง 50

2.1. สายไฟวัดอุณหภูมิ (Thermocouple)

จำนวน	100 เมตร
-------	----------

2.2. อุปกรณ์วัดการทรุดตัวระดับลึกของชั้นดิน

(Deep Settlement Plate)	จำนวน	6 ชุด
-------------------------	-------	-------

2.3. อุปกรณ์วัดการทรุดตัวที่ผิวดิน

(Surface Settlement Plate)	จำนวน	1 ชุด
----------------------------	-------	-------

2.4. อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำด้วยระบบไฟฟ้า

แบบเกษตรศาสตร์ (KU Piezometer)	จำนวน	6 ชุด
--------------------------------	-------	-------

2.5. อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำแบบ AIT

(AIT Type Piezometer)	จำนวน	3 ชุด
-----------------------	-------	-------

3. อุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลในสนามและประมวลผล แสดงดังภาพที่ 51

3.1. เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติรุ่น DL 2100

(Data Logger DL 2100)	จำนวน	2 เครื่อง
-----------------------	-------	-----------

3.2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DLManager 2.7

จำนวน	1 ชุด
-------	-------

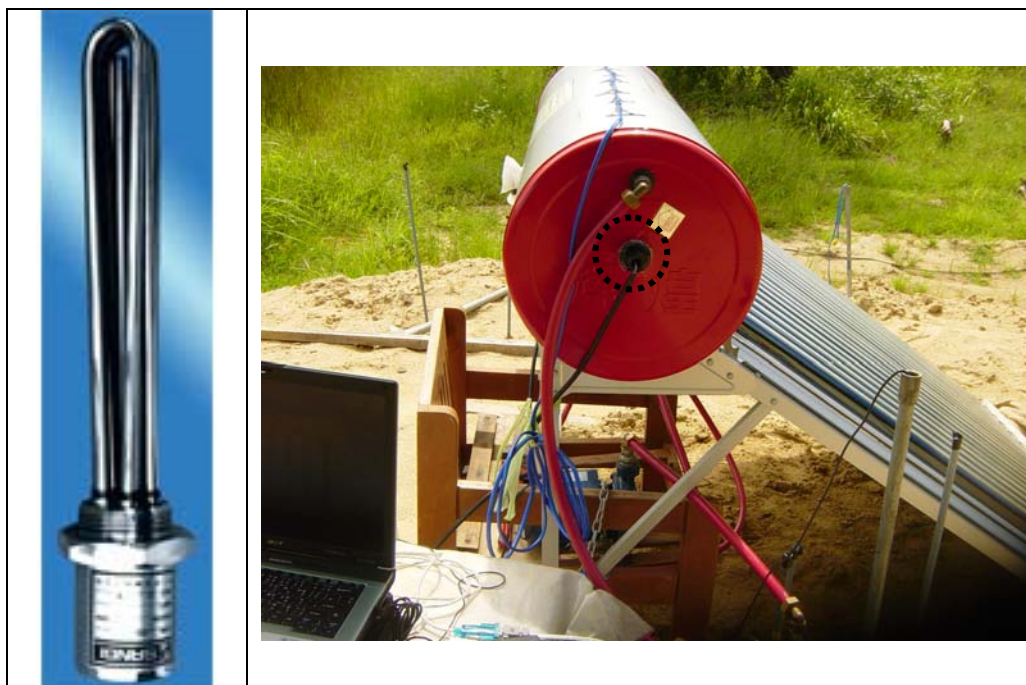
4. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบในสนามเพื่อดูค่ากำลังรับน้ำหนักของดิน และแรงดันน้ำ
ส่วนเกินแสดงดังภาพที่ 52

4.1. Cone Penetration Test (CPT)	จำนวน	1 ชุด
----------------------------------	-------	-------

4.2 ชุดอุปกรณ์สำรวจและเก็บตัวอย่างดิน	จำนวน	1 ชุด
---------------------------------------	-------	-------



ภาพที่ 38 เครื่องผลิตความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater)



ภาพที่ 39 เครื่องทำความร้อนไฟฟ้าแบบขด 4500 วัตต์ (Heater)



ภาพที่ 40 เครื่องควบคุมอุณหภูมิย่านอุณหภูมิ 30-90 องศาเซลเซียส (Thermostat)



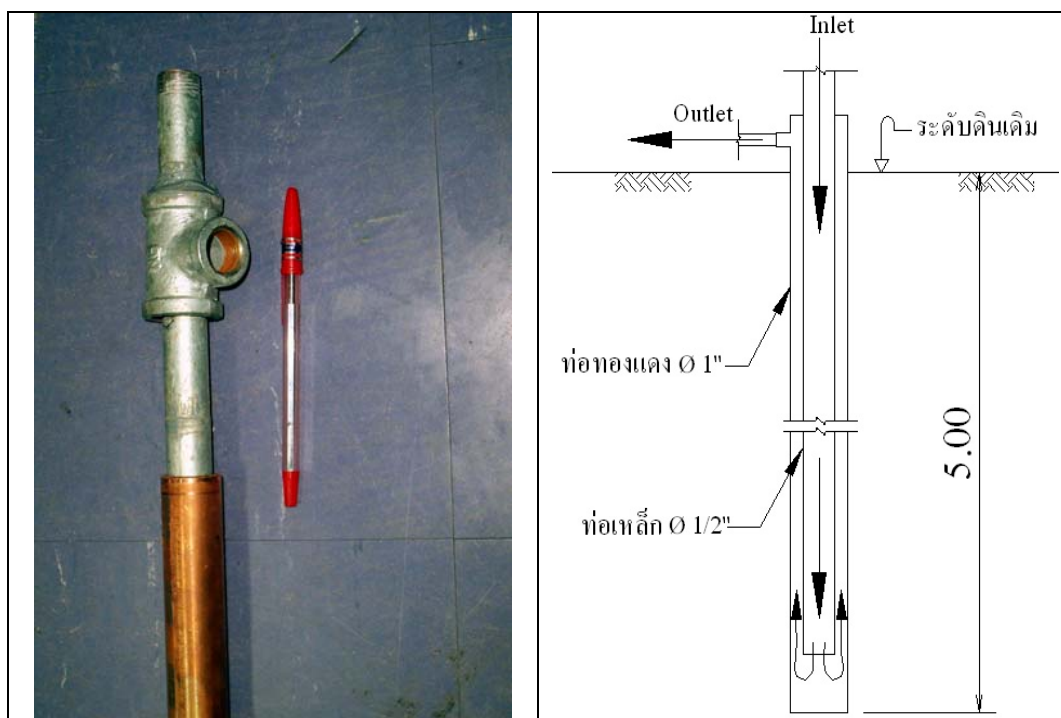
ภาพที่ 41 ปั้มน้ำขนาด 0.5 HP



ภาพที่ 42 ท่อทองแดงสำหรับส่งผ่านน้ำร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว



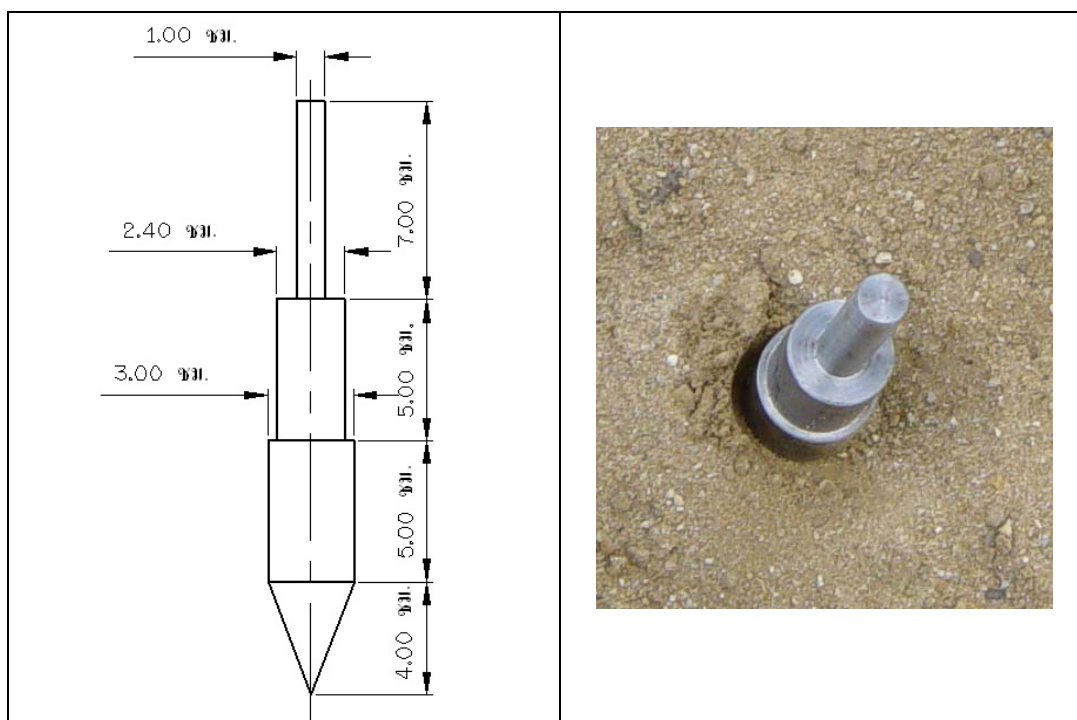
ภาพที่ 43 ท่อเหล็กภายในท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว



ภาพที่ 44 การประกอบระบบส่งน้ำร้อนลงดิน



ภาพที่ 45 สายไฟวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) และท่อนำการติดตั้ง



ภาพที่ 46 อุปกรณ์วัดการทรุดตัวระดับลึกของชั้นดิน (Deep Settlement Plate)



ภาพที่ 47 อุปกรณ์วัดการทรุดตัวที่ผิวดิน (Surface Settlement Plate)



ภาพที่ 48 อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำด้วยระบบไฟฟ้าแบบเกษตรศาสตร์ (KU Piezometer)



ภาพที่ 49 ส่วนประกอบอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำด้วยระบบไฟฟ้าแบบเกษตรศาสตร์ (KU Piezometer)



ภาพที่ 50 อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำแบบ AIT (AIT Type Piezometer)



ภาพที่ 51 เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติรุ่น DL 2100 (Data Logger DL 2100)

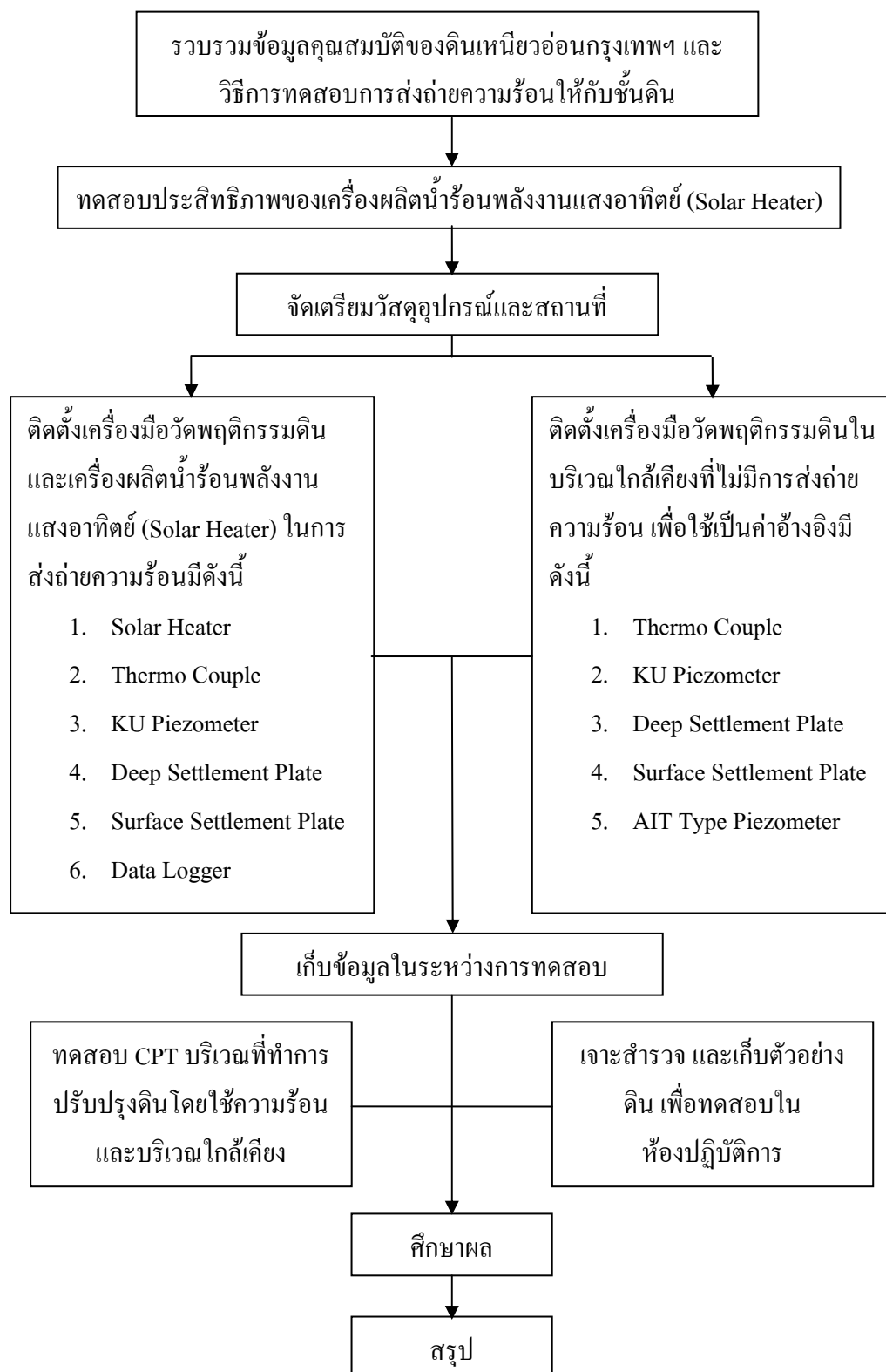


ภาพที่ 52 เครื่องทดสอบ Cone Penetration Test (CPT)

วิธีการ

ขั้นตอนการทดสอบการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ในสนามแสดงดังภาพที่ 53 การทดสอบดำเนินการโดยการติดตั้งเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมคุณภาพดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ผลจากการวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวด้วยความร้อนจะมีผลกับดินที่เป็นดินเหนียวที่ถูกอัดตัวปกติ (NC Clay) มากกว่าดินเหนียวที่ถูกอัดตัวมากกว่าปกติ (OC Clay) ดังนั้นในการทดสอบครั้งนี้ จึงพิจารณาชั้นดินที่เป็นลักษณะที่เป็นดินเหนียวถูกอัดตัวปกติเท่านั้น

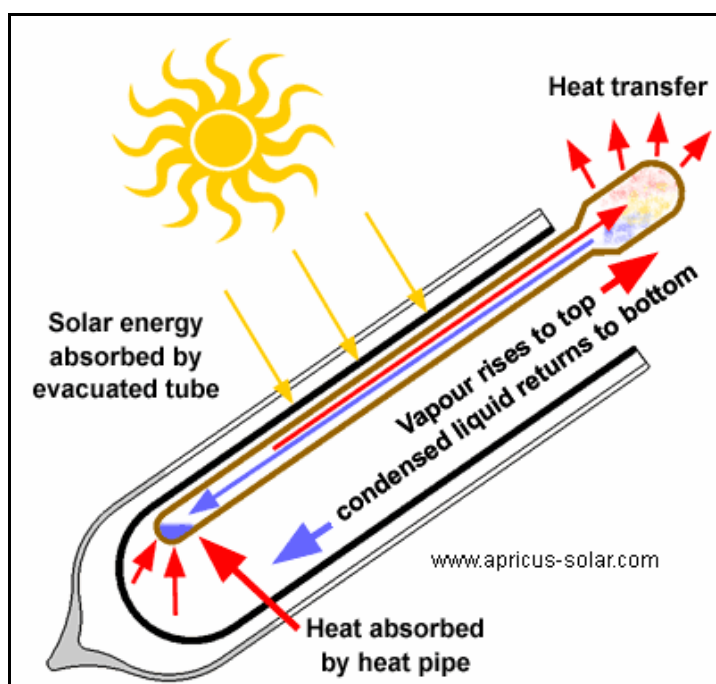


ภาพที่ 53 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบในสนาม

2. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater)
เครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ยี่ห้อ SOLARSON มีคุณสมบัติดังนี้

2.1. ระบบทำน้ำร้อน ใช้หลักการของหลอดแก้วสุญญากาศ โดยอาศัยระบบหมุนเวียนความร้อนตามธรรมชาติที่เรียกว่า Thermosiphon หลอดแก้วสุญญากาศมีประสิทธิภาพในการดูดซับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์สูงกว่า 93% ทำให้ผลิตน้ำร้อนได้อย่างรวดเร็ว

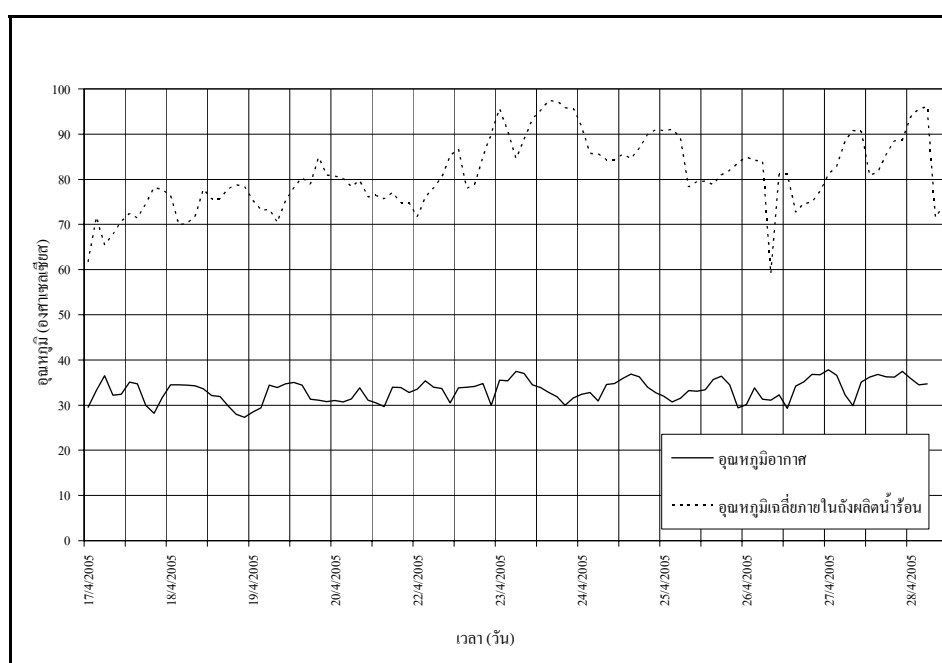
2.2. หลอดแก้วสุญญากาศเป็นหลอดแก้วที่ผิวภายนอกหลอดชั้นในเคลือบด้วยสารพิเศษที่บดแสงสีดำ (Selective absorber) สามารถดูดซับความร้อนได้สูง เก็บรักษาความร้อนได้ดี ดังภาพที่ 54



ภาพที่ 54 ลักษณะหลอดแก้วสุญญากาศทำหน้าที่รับแสงอาทิตย์ และกักความร้อนออกจากหลอดแก้ว

2.3. ถังเก็บน้ำร้อนเป็นถังสแตนเลส 2 ชั้น ระหว่างถังมีฉนวนรักษาความร้อน สามารถเก็บรักษาน้ำร้อนได้ยาวนาน

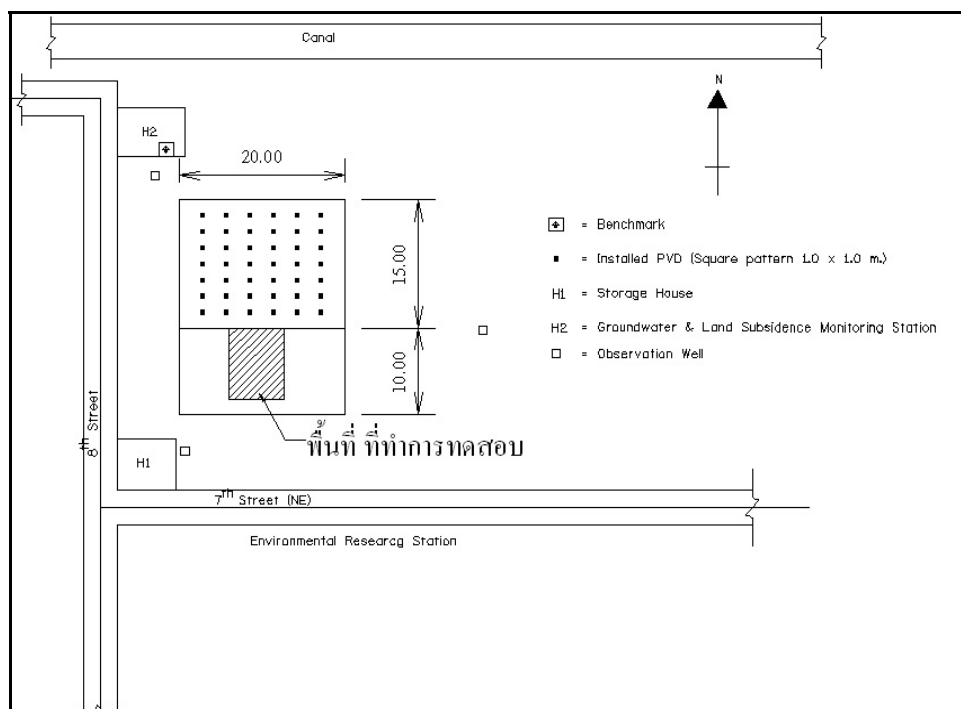
การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ทำการทดสอบ ตั้งแต่วันที่ 17 เมษายน 2548 ถึง วันที่ 29 เมษายน 2548 เป็นระยะเวลา 13 วัน ระหว่างการทดสอบมีฝนตก ในวันที่ 19 และ 21 เมษายน 2548 ส่วนในวันที่เหลือมีแดดออกทุกวัน ผลที่ได้ค่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ย ภายในถังผลิตน้ำร้อน มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 70 ถึง 90 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 55 อย่างไรก็ตามเนื่องจากการทดสอบในสนามต้องการควบคุมอุณหภูมิภายในถังผลิตน้ำร้อนมีอุณหภูมิคงที่ประมาณ 90 องศาเซลเซียส จึงจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อน (Heater) เพิ่มเข้าไปในเครื่องผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater) เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการ พร้อมทั้งติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) ไว้ที่ 90 องศาเซลเซียส



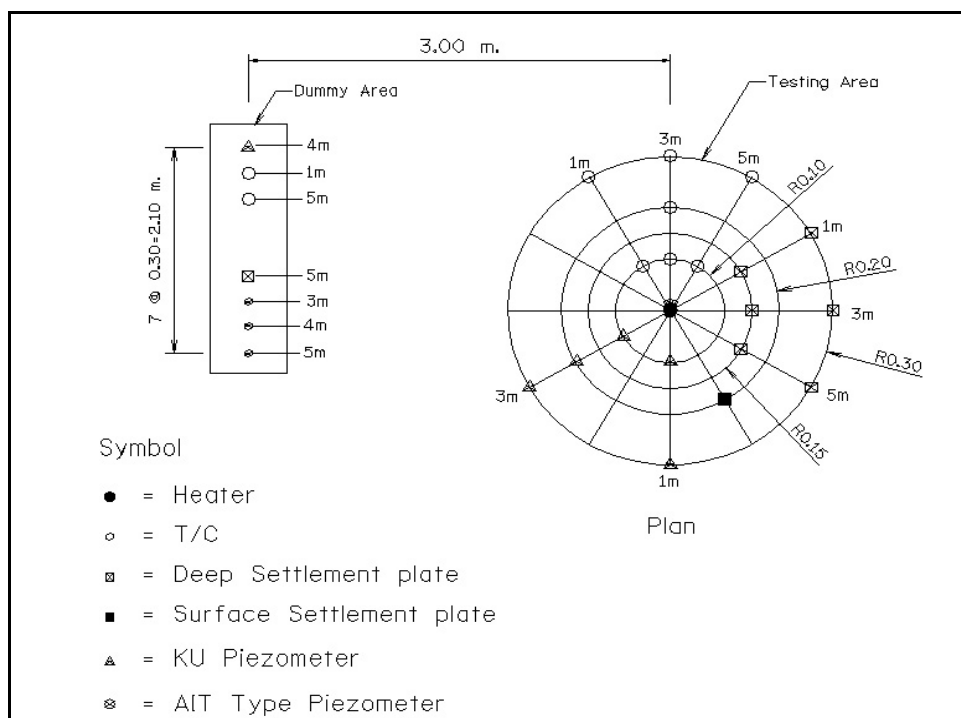
ภาพที่ 55 อุณหภูมิภายในถังผลิตน้ำร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์(เปิด Heater) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ

3. การติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบ ภายในสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ตามตำแหน่งดังภาพที่ 56 ถึง 60 มีขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ ดังนี้

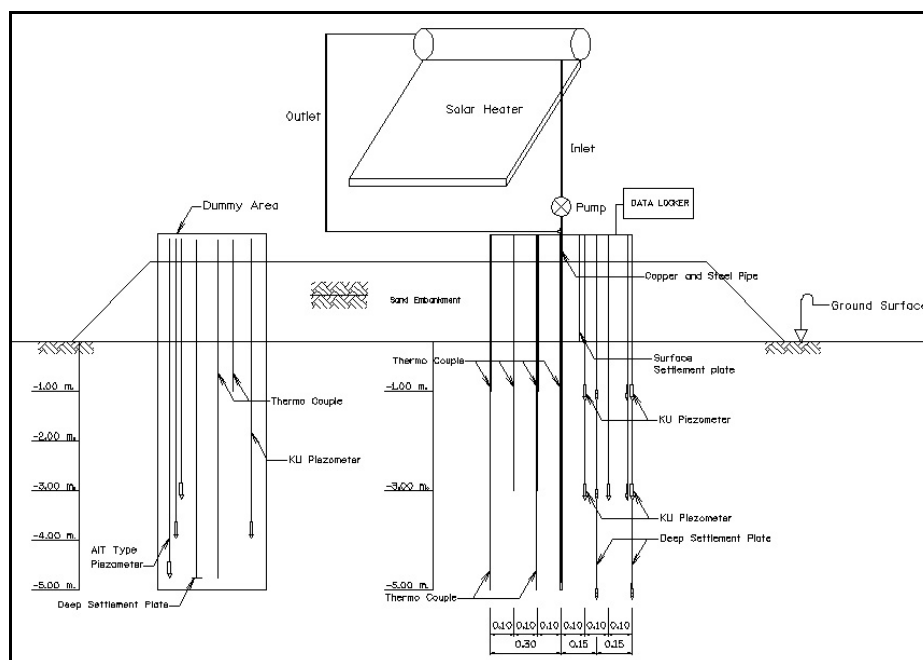
3.1. ติดตั้งท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1 นิ้ว ยาว 5 เมตร ที่ตำแหน่งศูนย์กลางบริเวณที่ทำการทดสอบดังภาพที่ 61 ท่อดังกล่าวเป็นท่อชั้นนอกของระบบหมุนเวียนน้ำร้อน เพื่อส่งถ่ายความร้อนให้กับชั้นดิน



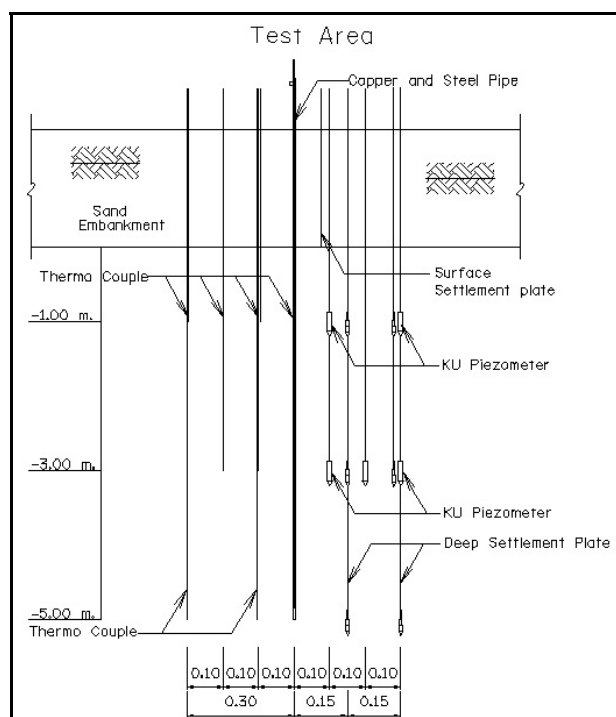
ภาพที่ 56 พื้นที่ ที่ทำการทดสอบการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยความร้อน



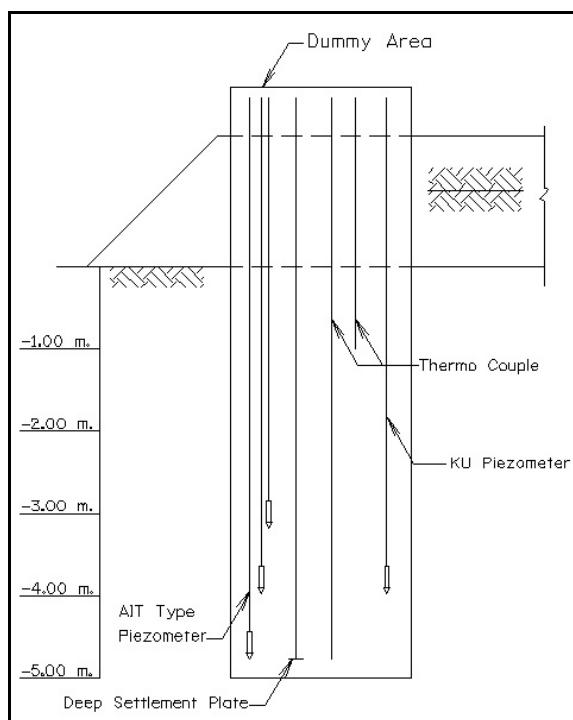
ภาพที่ 57 รูปด้านบนตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือทดสอบวัดพฤติกรรม



ภาพที่ 58 รูปตัดการติดตั้งอุปกรณ์วัดพฤติกรรม และระบบการให้ความร้อน



ภาพที่ 59 รูปตัดการติดตั้งอุปกรณ์วัดพฤติกรรมบริเวณพื้นที่ทดสอบ



ภาพที่ 60 รูปตัดการติดตั้งอุปกรณ์วัดพฤติกรรมบริเวณพื้นที่อ้างอิง

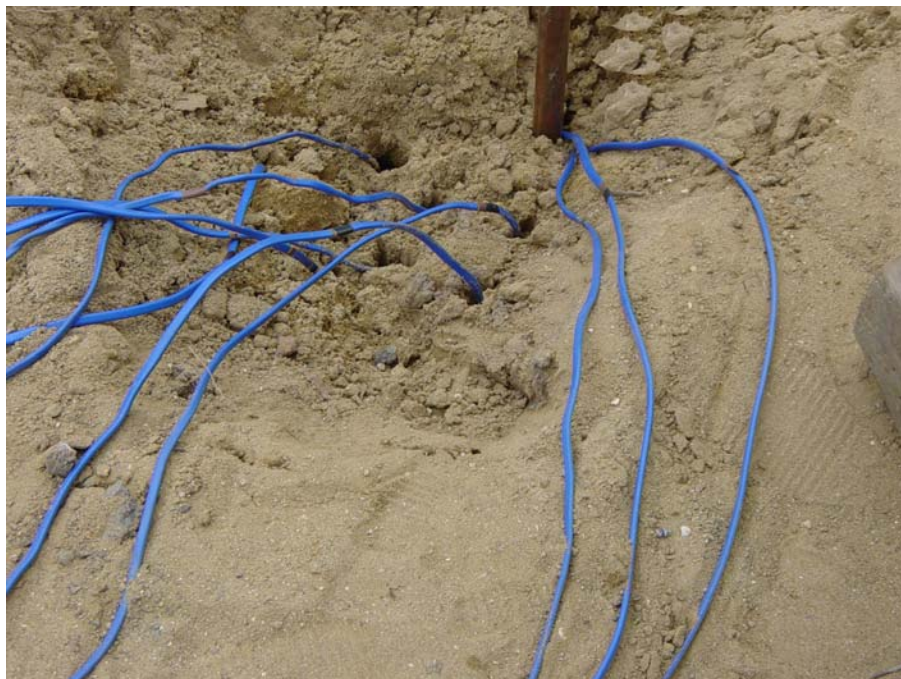


ภาพที่ 61 การติดตั้งท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว

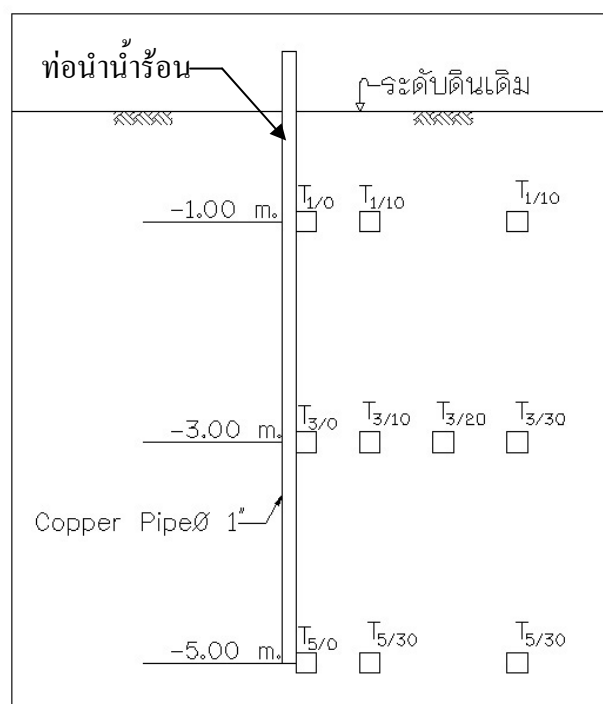
3.2. ติดตั้งสายไฟวัดอุณหภูมิ (Thermo Couple) ภายในดินที่ความลึก และระยะต่างๆ ดังแสดงในดั่งภาพที่ 62 ถึง 63 และแสดงข้อมูลในตารางที่ 5 การติดตั้งสายไฟวัดอุณหภูมิดำเนินการติดตั้งที่ความลึกจากผิวดินลงไปเป็นระยะ 1 เมตร 3 เมตร และ 5 เมตร ณ ตำแหน่งติดกับผิวท่อทองแดง รวมทั้งในแนวรัศมีที่ระยะ 10 ซม. 20 ซม. และ 30 ซม.จากผิวท่อทองแดง ทั้งหมด 10 ตำแหน่ง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความลึก และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามแนวรัศมีในชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ

ตารางที่ 5 ตำแหน่งความลึกและระยะในแนวรัศมีที่ติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรมดินบริเวณปรับปรุงด้วยความร้อน

ลำดับที่	รายการเครื่องมือ	ระยะรัศมีจากผิวท่อทองแดง (ซม.)				
		0	10	15	20	30
1.	สายไฟวัดอุณหภูมิ (Thermo Couple)					
	ความลึก 1 เมตร	✓	✓			✓
	ความลึก 3 เมตร	✓	✓		✓	✓
	ความลึก 5 เมตร	✓	✓			✓
2.	อุปกรณ์วัดการทรุดตัวที่ผิวดิน(Surface Settlement Plate)					
	ระดับผิวดินเดิม				✓	
3.	อุปกรณ์วัดการทรุดตัวระดับลึกของชั้นดิน (Deep Settlement Plate)					
	ความลึก 1 เมตร			✓		✓
	ความลึก 3 เมตร			✓		✓
	ความลึก 5 เมตร			✓		✓
4.	อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำด้วยระบบไฟฟ้า แบบเกษตรศาสตร์(KU Piezometer)					
	ความลึก 1 เมตร		✓			✓
	ความลึก 3 เมตร		✓		✓	✓



ภาพที่ 62 ลักษณะการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermo couple)



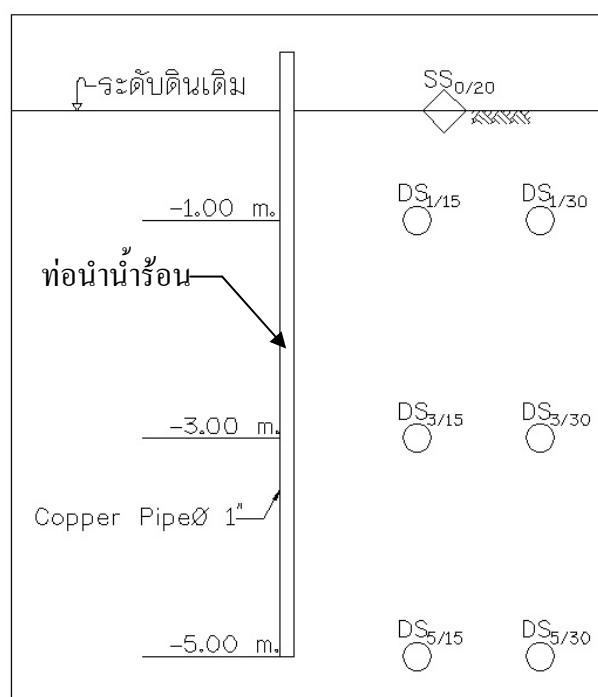
ภาพที่ 63 รูปตัดตำแหน่งการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermo couple)

3.3. ติดตั้งอุปกรณ์วัดการทรุดตัวระดับลึกของชั้นดิน(Dep Settlement Plate) (ภาพที่ 64 ถึง 65 และตารางที่ 5) ดำเนินการติดตั้งที่ระดับความลึก 1 เมตร 3 เมตร และ 5 เมตร ที่ระยะรัศมี 15 และ 30 ซม.จากผิวท่อทองแดง ทั้งหมดจำนวน 6 ตำแหน่ง เพื่อศึกษาการทรุดตัวในชั้นดิน หลังจากการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯด้วยความร้อน

3.4. ติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำด้วยระบบไฟฟ้าแบบเกษตรศาสตร์ (KU Piezometer) ที่ระดับความลึก 1 เมตร และ 3 เมตร ในแนวรัศมี 10 ซม. 20 ซม. และ 30 ซม.จากผิวท่อทองแดง ทั้งหมด 5 ตำแหน่ง (ระยะ 1 เมตรติดตั้งที่ระยะ 10 ซม. และ 30 ซม. เท่านั้น) เพื่อวัดแรงดันน้ำ ส่วนเกินที่เกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในชั้น ก่อนทำการติดตั้งจะต้องทำการแซะหัวเครื่องวัดแรงดันในน้ำไว้ก่อนเพื่อให้หินปูนอิมมิดด้วยน้ำ และทำการสวมถุงยางคลุมหินปูนที่หัวเครื่องมือวัดแรงดันน้ำ เพื่อป้องกันน้ำในอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำไหลออกขณะทำการติดตั้ง และ ป้องกันค่าแรงดันที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัดแรงดันเกิดความผิดพลาดเนื่องจากอากาศที่เข้าไปในหินปูน รูปการติดตั้งแสดงดังภาพที่ 66 ถึง 68 และข้อมูลการติดตั้งแสดงดังตารางที่ 5



ภาพที่ 64 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์วัดการทรุดตัวระดับลึกของชั้นดิน (Deep Settlement Plate)



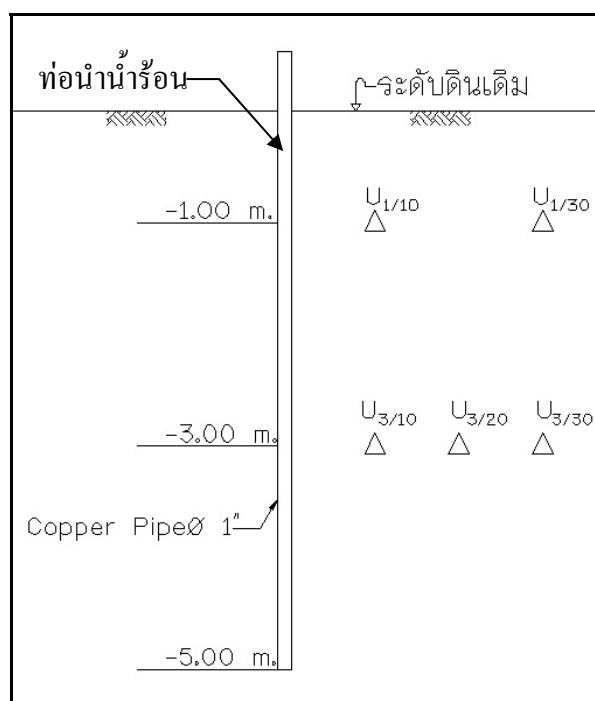
ภาพที่ 65 รูปตัดตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดการทรุดตัวที่ผิวดิน (Surface Settlement) และอุปกรณ์วัดการทรุดตัวระดับลึกของชั้นดิน (Deep Settlement Plate)



ภาพที่ 66 การควบคุมหินพรุนให้อิ่มตัวตลอดเวลาโดยใช้ถุงยางป้องกัน KU Piezometer



ภาพที่ 67 การติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำด้วยระบบไฟฟ้าแบบเกษตรศาสตร์ (KU Piezometer)



ภาพที่ 68 รูปตัดตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำด้วยระบบไฟฟ้าแบบเกษตรศาสตร์ (KU Piezometer)

3.5. ติดตั้งอุปกรณ์วัดพฤติกรรมดินในบริเวณที่ไม่มีผลกระทบเนื่องจากการให้ความร้อน (พื้นที่อ้างอิง) อุปกรณ์ประกอบด้วย สายไฟวัดอุณหภูมิ (Thermo Couple) อุปกรณ์วัดการทรุดตัวระดับลึกของชั้นดิน (Deep Settlement Plate) อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำด้วยระบบไฟฟ้าแบบ เกษตรศาสตร์ (KU Piezometer) และอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำแบบ AIT (AIT Type Piezometer) รูปแบบการติดตั้งแสดงดังภาพที่ 69 ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลอุปกรณ์วัดพฤติกรรม ภาพรวมตำแหน่ง การติดตั้งในพื้นที่ทดสอบแสดงดังภาพที่ 57 และภาพที่ 59

3.6. ติดตั้งอุปกรณ์วัดการทรุดตัวที่ผิวดินที่ระยะ 20 ซม. จากผิวท่อทองแดง (Surface Settlement) ดังภาพที่ 65

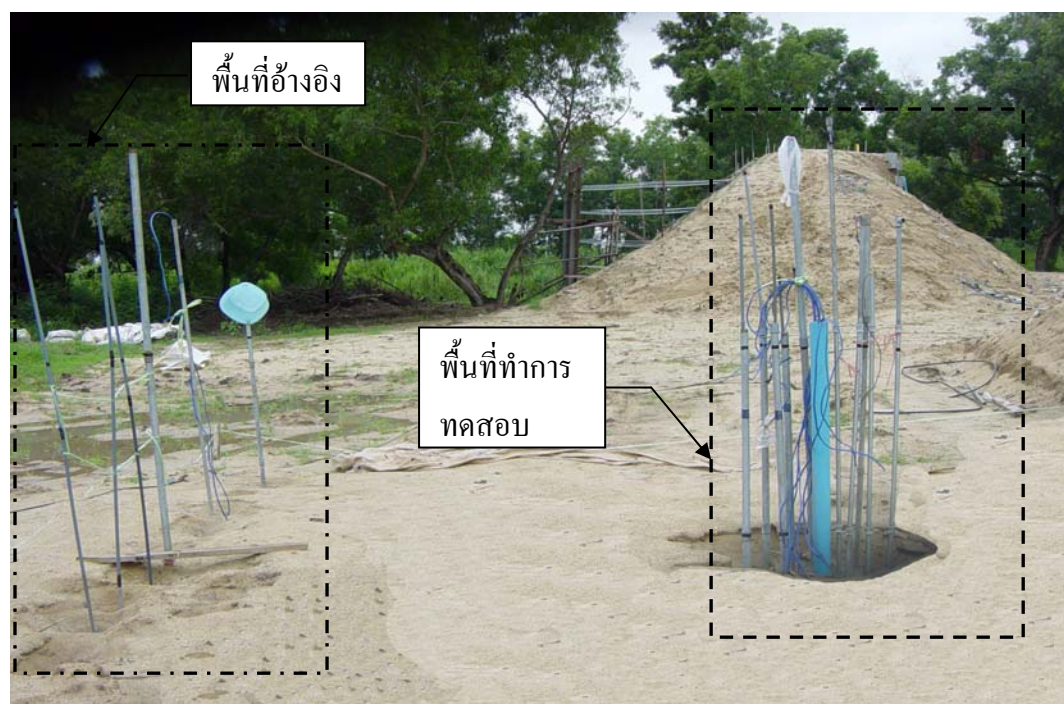
3.7. หลังจากติดตั้งอุปกรณ์วัดพฤติกรรมเสร็จสิ้น ดำเนินการถมทรายในพื้นที่ทดสอบ และพื้นที่อ้างอิงความสูง 1 เมตร ขนาดกว้าง 10 เมตร และยาว 10 เมตร เพื่อให้ดินอยู่ในสภาพที่ถูกอัดตัวปกติ ซึ่งเป็นสภาพดินเดิม แสดงในดังภาพที่ 70

3.8. ติดตั้งท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว ภายในท่อทองแดง ซึ่งทำหน้าที่ในการหมุนเวียนน้ำร้อนจากเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่ 71

3.9. หลังจากติดตั้งอุปกรณ์วัดพฤติกรรมดินพร้อมทั้งถมทรายเรียบร้อยแล้ว ทำการติดตั้งเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heater) ร่วมกับปั๊มน้ำขนาด 0.5 HP และต่อเข้ากับระบบท่อหมุนเวียนความร้อนในข้อ 3.8 (ภาพที่ 72) จากนั้นจึงเริ่มเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ และแรงดันน้ำ โดยต่ออุปกรณ์เข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger) ซึ่งทำการเก็บค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งหมด 11 ตำแหน่ง เป็นค่าอุณหภูมิในดิน 10 ตำแหน่ง กับค่าอุณหภูมิที่ถังเก็บน้ำร้อนของเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 1 ตำแหน่ง และเก็บค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งหมด 5 ตำแหน่ง โดยทำการเก็บค่าทุก 1 นาที ตั้งแต่วันที่ 5 สิงหาคม 2548 ถึง วันที่ 23 สิงหาคม 2548 เป็นระยะเวลา 19 วัน และเก็บค่าทุก 5 นาที ตั้งแต่วันที่ 23 สิงหาคม 2548 ถึงวันที่ 5 พฤศจิกายน 2548 เป็นระยะเวลา 75 วัน ดังแสดงในภาพที่ 73

ตารางที่ 6 ตำแหน่งความลึกที่ติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรมดินบริเวณพื้นที่อ้างอิง (Dummy Area)

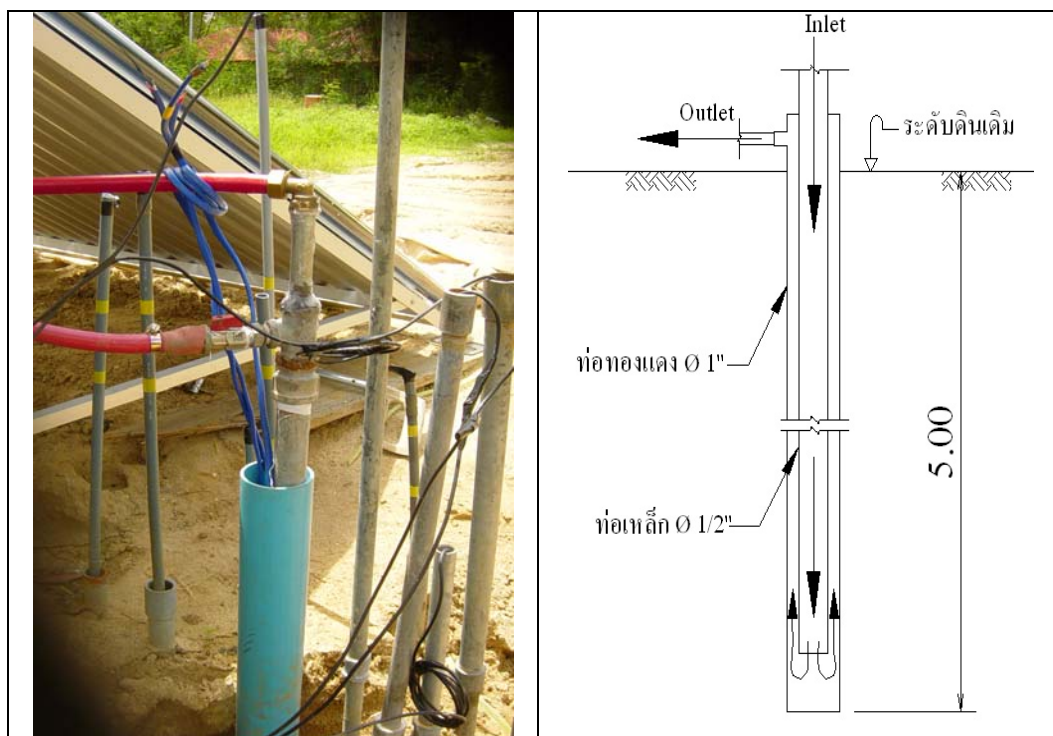
ลำดับที่	รายการ	ความลึกที่ติดตั้ง (ม.)
1	อุปกรณ์วัดการทรุดตัวระดับลึกของชั้นดิน (Deep Settlement Plate)	1
2	สายไฟวัดอุณหภูมิ (Thermo Couple)	1,5
3	อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำด้วยระบบไฟฟ้า แบบเกษตรศาสตร์ (KU Piezometer)	4
4	อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำแบบ AIT (AIT Type Piezometer)	3,4,5



ภาพที่ 69 ตำแหน่งการตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ที่ทำการทดสอบ และพื้นที่อ้างอิง



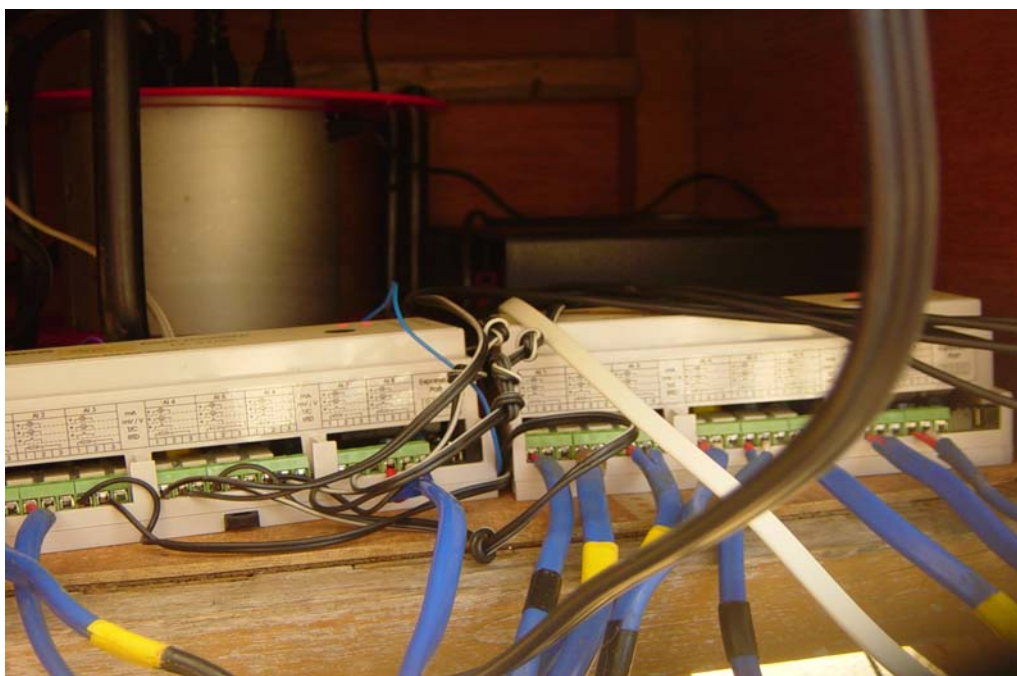
ภาพที่ 70 การถมทรายเพื่อปรับสภาพพื้นดินให้อยู่ในสภาพ OCR = 1



ภาพที่ 71 ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว ภายในท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว



ภาพที่ 72 การวางเครื่องผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์หลังจากถมทราย



ภาพที่ 73 เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger) สำหรับบันทึก อุณหภูมิ และแรงดันน้ำ ระหว่างการทดสอบ

4. ทดสอบโดยการให้ความร้อน และเก็บบันทึกข้อมูลต่างๆ โดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger) เพื่อบันทึกค่าอุณหภูมิในดิน (Thermo Couple) และแรงดันน้ำในดิน (KU Piezometer) ส่วนค่าการทรุดตัวที่ความลึกและระยะต่างๆ ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้กล้องระดับ การทดสอบปรับปรุงคุณภาพดินด้วยความร้อนในครั้งนี้จะใช้ปั้มน้ำเป็นอุปกรณ์สำหรับหมุนเวียนความร้อนผ่านน้ำร้อนให้กับชั้นดิน ซึ่งการทำงานของปั้มแสดงดังตารางที่ 7 รูปแบบของการให้ความร้อนในการทดสอบสามารถแยก ออกเป็น 3 รูปแบบคือ

4.1. การให้ความร้อนคงที่โดยการรักษาระดับอุณหภูมิคงที่ (ตารางที่ 7 ลำดับที่ 1) เป็นการทดสอบโดยการให้ความร้อนตลอดเวลา การทำงานจริงของการให้ความร้อนขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของปั้มน้ำ ซึ่งไม่สามารถให้ปั้มน้ำทำงานตลอดระยะเวลาได้ ดังนั้นการทำงานของปั้มน้ำใน 1 วัน แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ช่วง คือ ทุกๆ 8 ชั่วโมง ปั้มทำงาน 6 ชั่วโมงและหยุด 2 ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 วัน ปั้มทำงาน 18 ชั่วโมง และหยุด 6 ชั่วโมง ทั้งนี้การให้ความร้อนแก่ดินแบบคงที่ดำเนินการ เพื่อศึกษาการแผ่กระจายความร้อนในชั้นดิน และแรงดันน้ำที่เกิดขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนในระยะเวลานาน

4.2. การให้ความร้อนเป็นวงจรในระยะสั้นโดยเปิด – ปิดปั้มน้ำในระยะเวลาสั้น (ตารางที่ 7 ลำดับที่ 2 - 15) ลักษณะการทำงานของปั้มน้ำในวันที่เปิดเหมือนกับการทดสอบแบบคงที่ อุณหภูมิ และหยุดการให้ความร้อนโดยปิดการทำงานของปั้มน้ำตลอดเวลา เพื่อศึกษาผลของการเพิ่ม – ลดอุณหภูมิ และแรงดันน้ำในชั้นดิน ในช่วงการให้ความร้อนในช่วงสั้นๆ

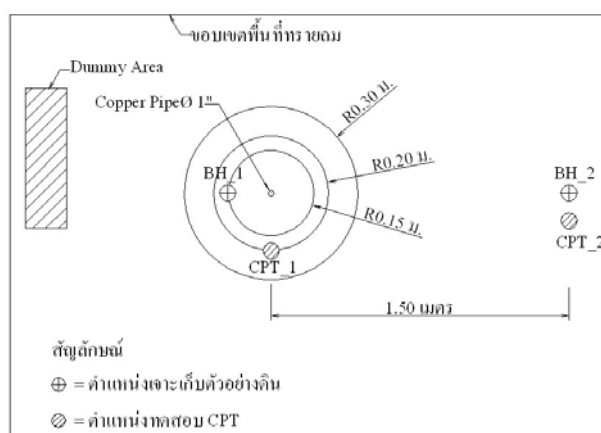
4.3. การให้ความร้อนเป็นวงจรในระยะยาวโดยเปิด – ปิดปั้มน้ำในระยะเวลายาว (ตารางที่ 7 ลำดับที่ 16-24) ลักษณะการทำงานของปั้มน้ำเหมือนการทดสอบ การเพิ่ม – ลด อุณหภูมิ ในระยะเวลาสั้น แต่มีระยะการเปิด และปิดที่นานกว่า เพื่อศึกษาผลของการเพิ่ม – ลดอุณหภูมิ และแรงดันน้ำในชั้นดิน ในช่วงการให้ความร้อนในช่วงนานมากขึ้น

ตารางที่ 7 การเปิด – ปิดปั้มน้ำในระหว่างการทดสอบ

ลำดับ ที่	วันที่ทำการทดสอบ	การทำงานของปั้ม		ระยะเวลาการ ทำงานของปั้มน้ำ (วัน)	รูปแบบการ ทดสอบ
		เปิด	ปิด		
1	5/08/05 – 1/09/05	✓		28	การคงที่ อุณหภูมิ
2	2/09/05 – 5/09/05		✓	4	
3	6/09/05 – 10/09/05	✓		5	การเพิ่ม – ลด อุณหภูมิใน ระยะเวลาสั้น
4	11/09/05		✓	1	
5	12/09/05	✓		1	
6	13/09/10 – 14/09/05		✓	2	
7	15/09/05	✓		1	
8	16/09/05 – 17/09/05		✓	2	
9	18/09/05	✓		1	
10	19/09/05		✓	1	
11	20/09/05	✓		1	
12	21/09/05		✓	1	
13	22/09/05	✓		1	
14	23/09/05 – 25/09/05		✓	2	
15	26/09/05	✓		1	
16	27/09/05 – 10/09/05		✓	14	การเพิ่ม – ลด อุณหภูมิใน ระยะเวลายาว
17	11/10/05 – 12/09/05	✓		2	
18	13/10/05 – 14/09/05		✓	2	
19	15/10/05 – 16/09/05	✓		2	
20	17/10/05 – 19/10/05		✓	3	
21	20/10/05 – 22/10/05	✓		3	
22	23/10/05 – 29/10/05		✓	7	
23	30/10/05 – 1/11/05	✓		3	
24	2/11/05 – 5/11/05		✓	4	

5. หลังจากสิ้นสุดการปรับปรุงคุณภาพดินโดยใช้ความร้อน ทำการปล่อยให้ดินมีอุณหภูมิ ลดลงสู่สภาพเดิม จากนั้นจึงทำการทดสอบ Cone Penetration Test (CPT) ในตำแหน่งห่างจากท่อ ทองแดง 20 ซม. และตำแหน่งบริเวณพื้นที่อ้างอิง ทั้งนี้เพื่อนำค่าที่ได้มาศึกษาการเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติดินเนื่องจากความร้อน นอกจากนั้นยังได้ทำการเจาะสำรวจ และเก็บตัวอย่างดิน เพื่อ ทดสอบในห้องปฏิบัติการ ตำแหน่งของการทดสอบ Cone Penetration Test (CPT) และเจาะเก็บ ตัวอย่างดินแสดงในรูปที่ 74 การทดสอบในห้องปฏิบัติการประกอบด้วยการสอบดังต่อไปนี้

- การทดสอบหาค่า พิกัดเหลว (Liquid Limit, L.L.) (ASTM.D4318-00)
- การทดสอบหาค่า พิกัดพลาสติก (Plastic Limit, P.L.) (ASTM.D4318-00)
- การทดสอบหาค่า ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific gravity of solid particle) (ASTM.854-00)
- การทดสอบแรงอัดแบบ ไม่มีแรงดันด้านข้าง (Unconfined Compression Test) (ASTM.2166-00)
- การทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test) (ASTM.2345-96)



ภาพที่ 74 ตำแหน่งการทดสอบ CPT และ การเจาะเก็บตัวอย่างดินภายหลังการให้ความร้อน

6. การวิเคราะห์ และศึกษาผลการทดสอบ ได้ดำเนินการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรดังต่อไปนี้

- ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ กับ เวลา
- ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำ กับ เวลา
- พฤติกรรม ระหว่างการเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำ กับ อุณหภูมิ
- ความสัมพันธ์ในรูปของสมการ ระหว่างแรงดันน้ำ กับ อุณหภูมิ
- ความสัมพันธ์ในรูปของสมการ ระหว่างแรงดันน้ำ กับ การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

7. สรุปและข้อเสนอแนะผลการทดสอบที่ได้ทั้งหมด ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยการปรับปรุงฐานรากคุณภาพดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯโดยความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

สถานที่ทำการวิจัย

พื้นที่ ในการวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพดินอ่อนกรุงเทพฯโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ใช้พื้นที่ภายในสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี

ระยะเวลาการทดสอบในสนาม

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เริ่มตั้งแต่ วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2548 ถึง วันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548 เป็นระยะเวลา 3 เดือน

แหล่งเงินทุน

ทุนรัฐบาลไทย งบประมาณปี 2548 ร่วมวิจัยระหว่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กับ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) (RTG Joint Research Fund-Fiscal Year 2005)