บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

การออกแบบและเตรียมเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของปัจจัยและตัวแปรที่มีผลต่อการทดลองในรูปแบบ "การลดอุณหภูมิอากาศโดยการผ่านท่อใต้ดิน" ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 2 ชนิดคือ

ก. ท่อสำหรับให้อากาศผ่าน และพัดลมดูดอากาศ

ข. เครื่องวัดอุณหภูมิ และเครื่องวัดความเร็วลม

1. ท่อ

การพิจารณาเลือกท่อ พิจารณาจากคุณสมบัติดังนี้

1. คุณสมบัติของการไหล
2. แนวโน้มของการเกิดออกซิเดชั่น หรือ การผุกร่อน
3. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

1.1 คุณสมบัติของการไหล

ปกติการไหลของของไหลในท่อมักจะเป็นการไหลแบบอยู่ตัว หมายถึงการไหลที่มีอัตราเร็วคงที่และอยู่ตัวปริมาณของไหลที่ไหลผ่านจุดใดจุดหนึ่งจะเท่ากับที่จุดอื่นๆ ในระบบ

ดังนั้นการพิจารณาจึงเลือกท่อที่มีค่าความเสียดทานที่ผิวภายในน้อย

1.2 แนวโน้มการเกิดออกซิเดชั่น หรือการผุกร่อน

การเกิดออกซิเดชั่น คือ การเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้โลหะเกิดสนิม และเกิดการ ผุกร่อนได้โลหะบางชนิดอาจจะเกิดก๊าซพิษ ดังนั้นวัสดุที่นำมาทำท่อในระบบจึงต้องเป็นวัสดุที่ไม่เกิดสนิม

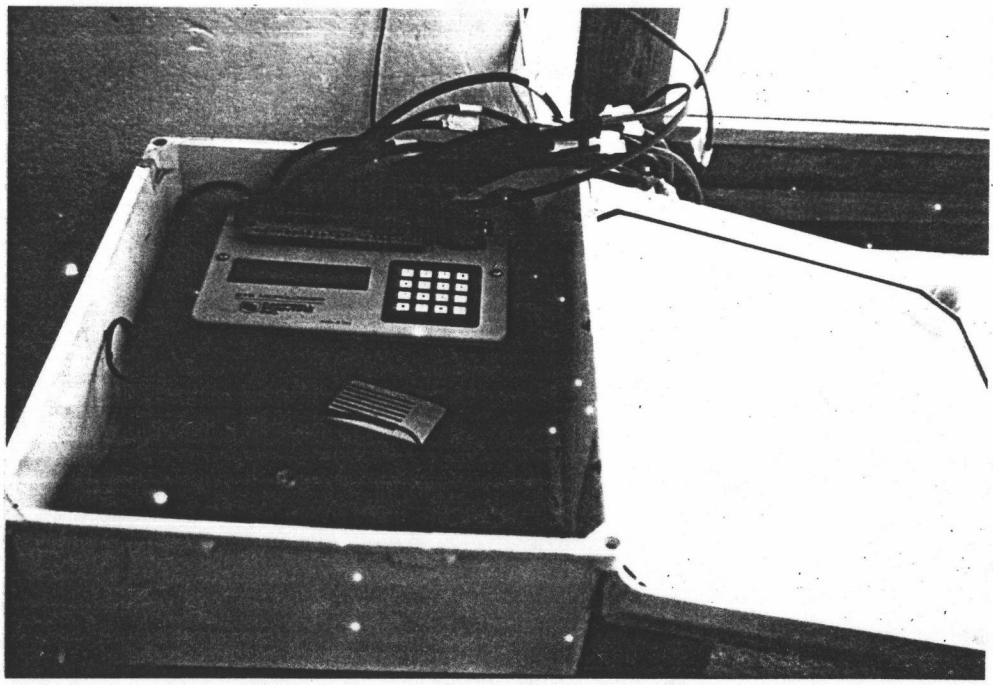
1.3 ค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน

ในการพิจารณาเลือกท่อสำหรับการทดลอง ต้องการท่อที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง เพื่อให้เป็นไปตามแนวคิดในการแลกเปลี่ยน หรือการถ่ายเทความร้อนของอากาศภายในท่อ กับผิวท่อที่สัมผัสดินอยู่โดยอากาศจะถ่ายเทความร้อนให้กับดินโดยผ่านท่อที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง ถ้าเลือกท่อที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนน้อย หรือฉนวน อุณหภูมิภายในท่อจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ต้องการ ดังนั้นการทดลองนี้ได้พิจารณาเลือกใช้ท่อสแตนเลส เป็นท่อทดลอง เนื่องจากมีตามต้องการ อีกทั้งราคาค่อนข้างถูก

2. พัดลม

เนื่องจากความเร็วลมเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการทดลองนี้ โดยเลือกพัดลมที่ให้ความเร็วลมคงที่ และสามารถปรับค่าความเร็วได้ เพื่อหาความสัมพันธ์ต่อการเคลื่อนตัวของอากาศภายในท่อกับการแลกเปลี่ยนหรือเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในท่อแต่กำลังของพัดลมจะต้องมีค่าสูงกว่าความเสียดทานรวมของการไหล โดยเลือกความเร็วลมในการทดลองที่ปากท่อทางเข้าของลม (Inlet) ที่ 150 FPM. และ 100 FPM.

พัดลมที่นำมาใช้จะเป็นพัดลมชนิด พัดลมแอ็กเซียล หรือที่ใช้เป็นพัดลมดูดอากาศซึ่งติดตั้งไว้ที่ปากท่อลมออก (Outlet) และใช้เครื่องลดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Dimmer) เป็น



รูปที่ 6 ลักษณะเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ เรียกว่า MICROLOGGER

อุปกรณ์ในการลดความเร็วของพัดลม

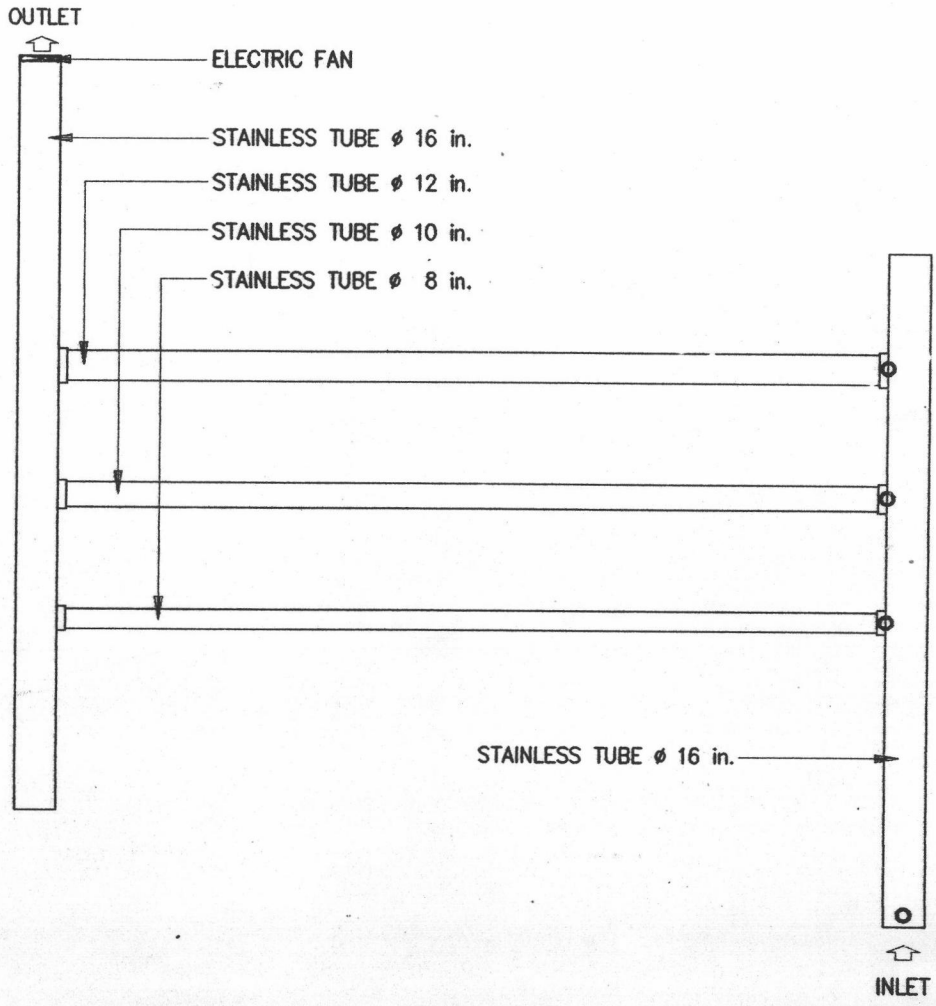
3. เครื่องวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ไมโครล็อกเกอร์ ดังรูป 6 พร้อมติดตั้งสายเทอร์โมคับเปิ้ล (Thermocouple) เข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ โดยสายเทอร์โมคับเปิ้ล จะต้องเชื่อมติดกันที่ปลายสัมผัสกับอากาศที่ต้องการจะวัดเมื่อมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน สายเทอร์โมคับเปิ้ลเนื่องจากการขยายตัวของวัสดุทำสายไม่เท่ากันทำให้เกิดความต่างศักย์ ทำให้สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้ สายเทอร์โมคับเปิ้ล ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นชนิดเจ (J) ซึ่งสายหนึ่งเป็น Chromel และอีกสายหนึ่งเป็น Alumel

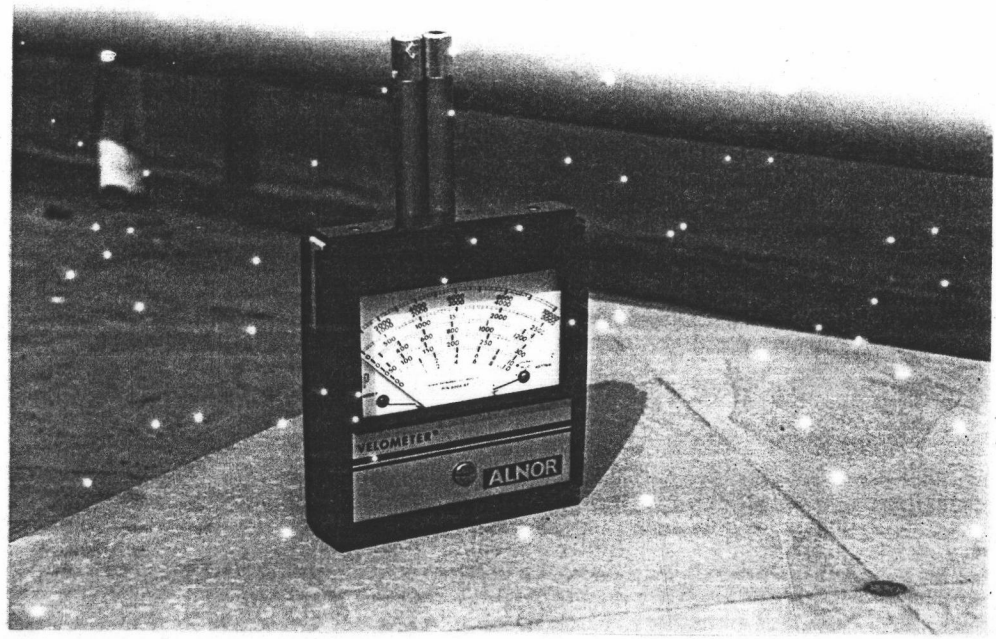
Micrologger นี้อ่านค่าเป็นระบบตัวเลข (Digital) เป็นของบริษัท CAMPBELL SCIENTIFIC รุ่น 21X สามารถติดตั้งสายวัดได้ทั้งหมด 16 จุดพร้อมกัน ตำแหน่งที่ติดสาย Thermocouple ตามตำแหน่งดังรูป 12 และสื่อข้อมูลทุกจุดที่ได้เป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งสิ้น โดยทำการเก็บผลทุก 15 นาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมงติดต่อกัน

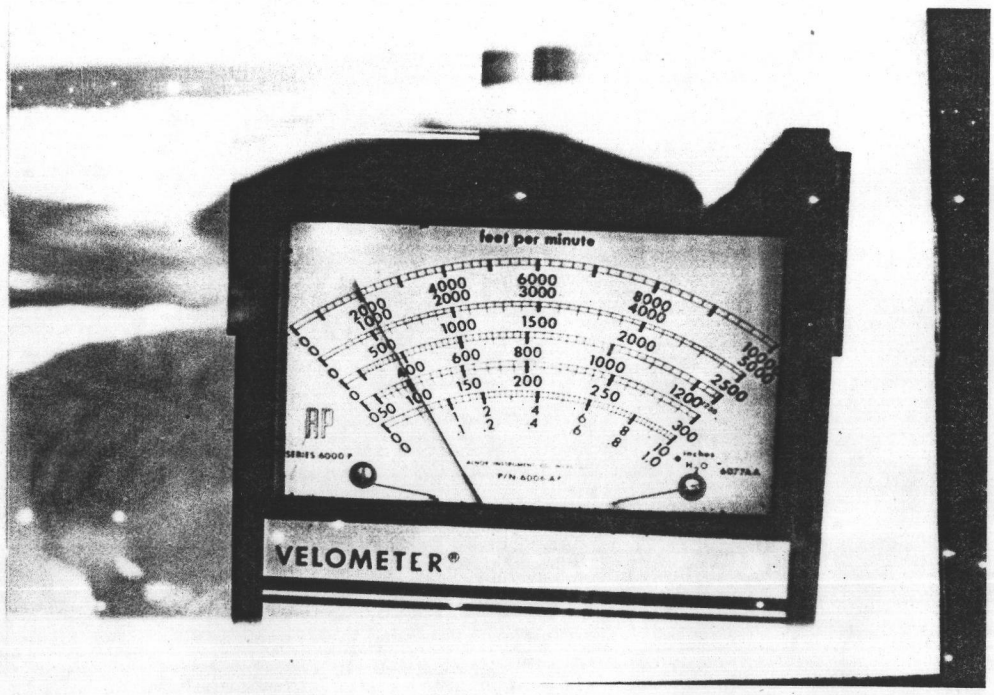
4. เครื่องวัดความเร็วลม

การวัดความเร็วลม จะวัดที่ปลายท่อทางเข้าของลม (Inlet) ของท่อหลัก (Main Tube) และวัดที่ปลายท่อทางเข้าของท่อย่อย ทั้งสามท่อ ดังรูป 7 โดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วลม (Velometer)ของบริษัท ALNOR INSTRUMENT COMPANY ซึ่งเครื่องวัดนี้เป็นระบบเข็ม ดังรูป 8 ซึ่งสามารถวัดความเร็วลมได้สูงถึง 10,000 FPM ในการทดลองนี้ ได้เลือก Prob ที่ใช้วัดความเร็วลมต่ำ (Low Flow Prob) ลักษณะจะเป็นโลหะทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร ประกบคู่กันอยู่ดังรูปโดยจะมีรูรับลมที่ปลายยอดสุด ดังนั้นค่าความเร็วลมที่วัดได้จากเครื่องมือจะเป็นค่าเฉลี่ยที่หน้าตัดนั้นๆโดยการทดลอง นี้วัดความเร็วลมที่ระยะห่างจากปลายท่อทางเข้าลม (Inlet) 60



รูปที่ 7 ตำแหน่งแสดงจุดที่วัดความเร็วลมในท่อ





รูปที่ 8. เครื่องวัดความเร็วลมในท่อ

เซนติเมตร โดย กำหนดความเร็วลมที่ 150 FPM และ 100 FPM

การออกแบบระบบท่อที่ใช้ในการทดลอง

ท่อที่ใช้ในการทดลองเป็นท่อสแตนเลสซึ่งประยุกต์จากแผ่นสแตนเลสหนา 0.55 มิลลิเมตร นำมาดัดและม้วนให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามต้องการ คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 นิ้ว 12 นิ้ว 10 นิ้ว และ 8 นิ้ว เนื่องจากขนาดของแผ่นสแตนเลส 1.20 x 2.40 เมตร ดังนั้นท่อกลมที่จัดทำสำหรับการทดลองนี้จึงเป็นท่อสั้นมาต่อกันให้ได้ความยาวต่างๆ ดังนี้

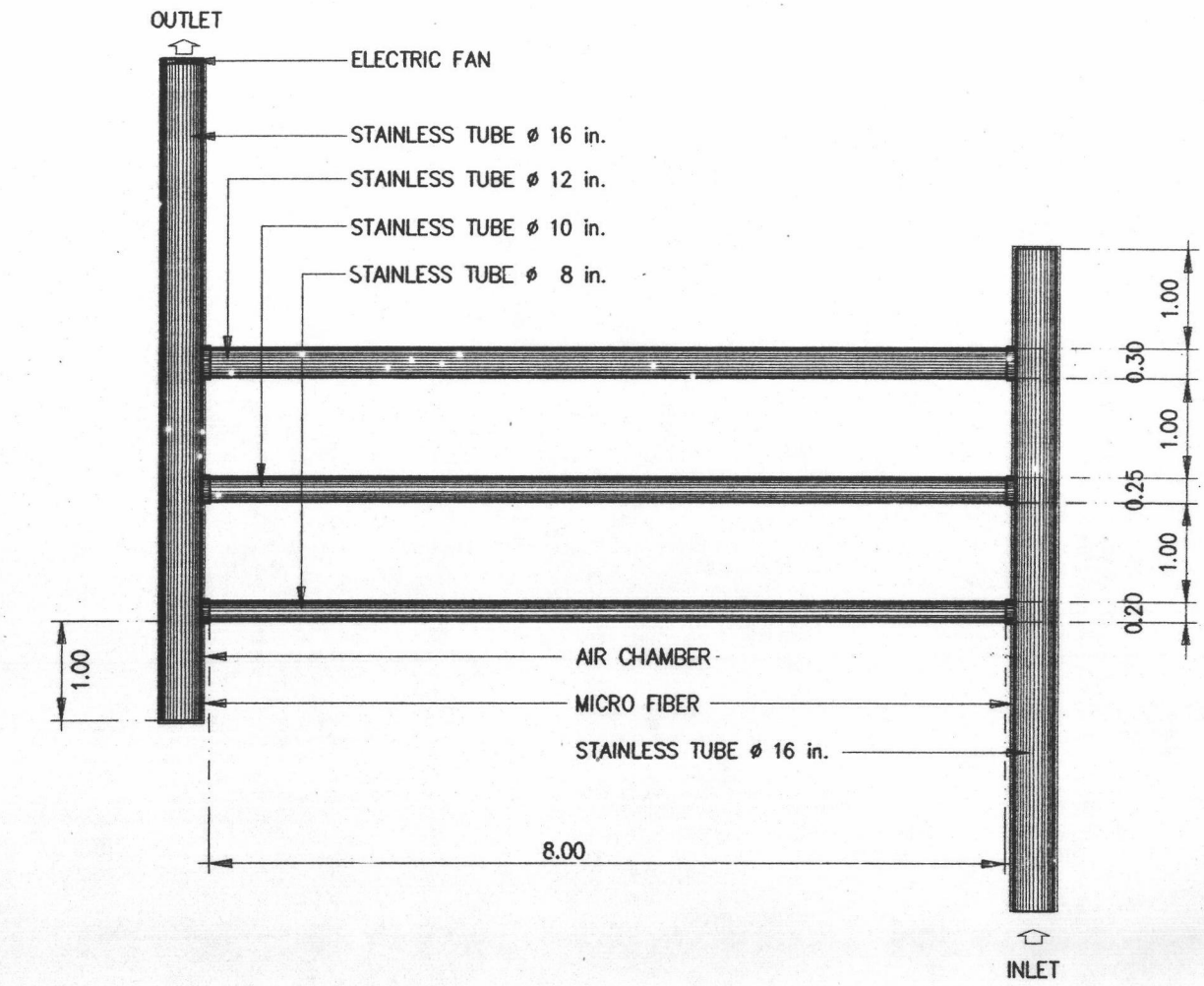
ท่อย่อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว 10 นิ้ว และ 8 นิ้ว ใช้ความยาว 8 เมตร

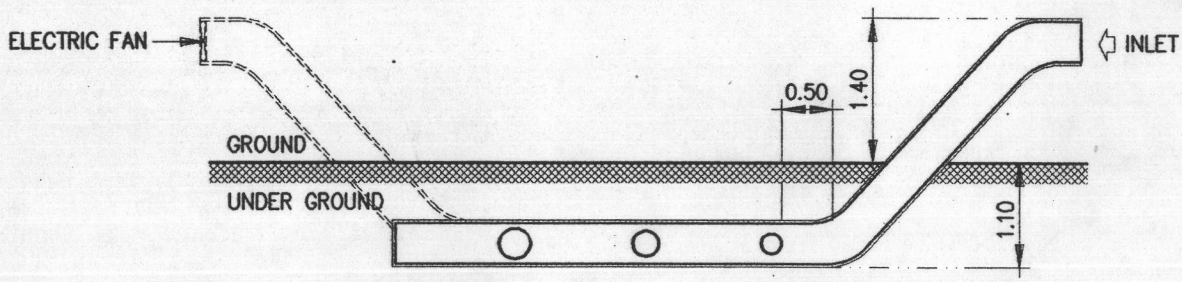
ท่อย่อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 นิ้ว ใช้ความยาว 7เมตร2 ท่อ

ท่อทั้งระบบ ดังรูป 10 จะถูกฝังอยู่ใต้ดินที่ความลึก 1.10 เมตร โดยที่ปลายท่อหลักทั้ง 2 ท่อ จะงอพ้นเหนือพื้นดิน โดยปลายท่อหลักด้านหนึ่งจะติดตั้งพัดลมดูดอากาศ เพื่อดูดอากาศออก ส่วนที่ปลายท่อหลักอีกท่อหนึ่งจะปล่อยโล่งเพื่อให้อากาศผ่าน ดังรูป 11

ท่อย่อยแต่ละท่อจะมีระยะห่างจากผิวท่อหนึ่งไปอีกผิวท่อหนึ่งเป็นระยะ 1 เมตร เพื่อให้มีระยะเพียงพอสำหรับดินที่จะรับการถ่ายเทความร้อนจากอากาศภายในท่อย่อยทั้ง 3 ท่อ และความร้อนที่ดินได้รับจากปลายท่อหนึ่งๆจะไม่ไปรบกวนอีกท่อหนึ่ง ในส่วนปลายของท่อหลักอีกด้านหนึ่งที่ฝังอยู่ในดิน จะมีการจัดทำห้องอากาศ (Air Chamber) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ดูดซับการกระดอนกลับของอากาศที่มีอยู่ในระบบท่อ เป็นการช่วยขจัดการกระดอนกลับของอากาศ เนื่องจากการกระแทกกลับของอากาศที่ถูกดูดเข้ามาในท่อหลัก

การจัดวางระบบท่อ โดยท่อย่อยจะวางตั้งฉากกับท่อหลัก และท่อหลักจะวางขนานกันและมีท่อย่อยเป็นตัวเชื่อมท่อหลักทั้งสอง เพื่อสร้างสภาพความสมดุลทางระยะทางให้กับระบบท่อ





รูปที่ 10 แสดงลักษณะท่อที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนการติดตั้งระบบการทดลอง

1. ระบบท่อถูกติดตั้งโดยกำหนดให้ท่อหลักวางอยู่ในแนวเหนือ - ใต้ โดยหันปลายท่อทางลมเข้าไปทางทิศใต้ และปลายท่อลมออกซึ่งติดตั้งพัดลมดูดอากาศไว้ทางทิศเหนือ ส่วนท่อย่อยถูกวางตามแนวทิศตะวันออก - ตะวันตก ดังนั้น ทิศทางลมจะพัดทางทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก

2. ความลึกในการติดตั้งท่อ โดยกำหนดให้ท่อหลักอยู่ที่ความลึก 1.1 เมตร ซึ่งวัดจากระดับฐานรากของอาคารขนาดเล็กทั่วไป เพื่อเป็นระยะที่นำมาใช้งานได้จริง และประหยัดค่าแรงงานในการติดตั้ง

3. เนื่องจากท่อที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นท่อที่ประกอบจากสแตนเลสแผ่น ที่นำมาผลิตเป็นท่อสแตนเลสตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามต้องการ จึงได้ท่อสั้นนำมาต่อกันจนได้ความยาวที่ต้องการในการทดลอง และเพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศ ตามแนวรอยต่อจึงได้มีการทาด้วยซิลิโคน

4. หุ้มท่อหลัก ด้วยฉนวนกันความร้อนไมโครไฟเบอร์ที่มีความหนา 16 ปอร์ด/นิ้ว หนา 2 นิ้ว เพื่อเป็นการควบคุมอุณหภูมิภายในท่อหลักให้เท่ากันหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่วัดจากปากท่ออากาศเข้า ก่อนที่จะแยกเข้าสู่ท่อย่อย จากนั้นต้องหุ้มด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันความชื้นจากดินเข้าสู่ ฉนวนกันความร้อนไมโครไฟเบอร์

5. หลังจากติดตั้งระบบท่อทั้งหมดลงดิน จำเป็นต้องติดตั้งท่อ พีวีซี ขนาด 3/4 นิ้ว ยาว 1 เมตร เชื่อมต่อเข้ากับท่อสแตนเลส ดังรายละเอียดรูป 13 ตามตำแหน่งต่างๆที่จะติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ ดังรูป 12 เพื่อเป็นการง่ายต่อการเปลี่ยนสายวัดอุณหภูมิโดยไม่กระทบกระเทือนกับระบบท่อที่ทำการทดลอง เมื่อระบบท่อทั้งหมดถูกฝังใต้ดิน

6. ทำการวัดค่าอุณหภูมิ หลังจากกลบดินฝังท่อแล้ว 5 วัน ทั้งนี้เพราะให้ความร้อนที่สะสมอยู่ที่ผิวภายในบ่อดินที่ขุดคายความร้อน และรักษาสมดุลย์ของอุณหภูมิที่ระดับความลึกของดิน

7. บริเวณท่อหลัก ที่อยู่เหนือพื้นดินขึ้นมาสำหรับติดตั้งพัดลมและปลายท่อลมเข้า จำเป็นต้องทำหลังคาปกคลุมท่อเหล่านี้เพื่อป้องกันท่อเหล่านี้ไม่ให้โดนแสงแดด เป็นการป้องกันการนำความร้อนที่เกิดจากผิวท่อผ่านเข้าไปในระบบ

8. ติดตั้งสายวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่อง Micrologger และปลายอีกข้างหนึ่งติดตั้งที่ตำแหน่งที่ต้องการเก็บข้อมูล ดังตำแหน่งที่แสดงไว้ในรูป 12 โดยมีตำแหน่งการวัดดังนี้

A ตำแหน่งหัวท่อย่อยเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว

B ตำแหน่งกลางท่อย่อยเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว

C ตำแหน่งปลายท่อย่อยเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว

D ตำแหน่งหัวท่อย่อยเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว

E ตำแหน่งกลางท่อย่อยเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว

F ตำแหน่งปลายท่อย่อยเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว

G ตำแหน่งหัวท่อย่อยเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว

H ตำแหน่งกลางท่อย่อยเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว

I ตำแหน่งปลายท่อย่อยเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว

J อุณหภูมิดินที่ความลึก 30 เซนติเมตร จากผิวดิน

K อุณหภูมิดินที่ความลึก 70 เซนติเมตร จากผิวดิน

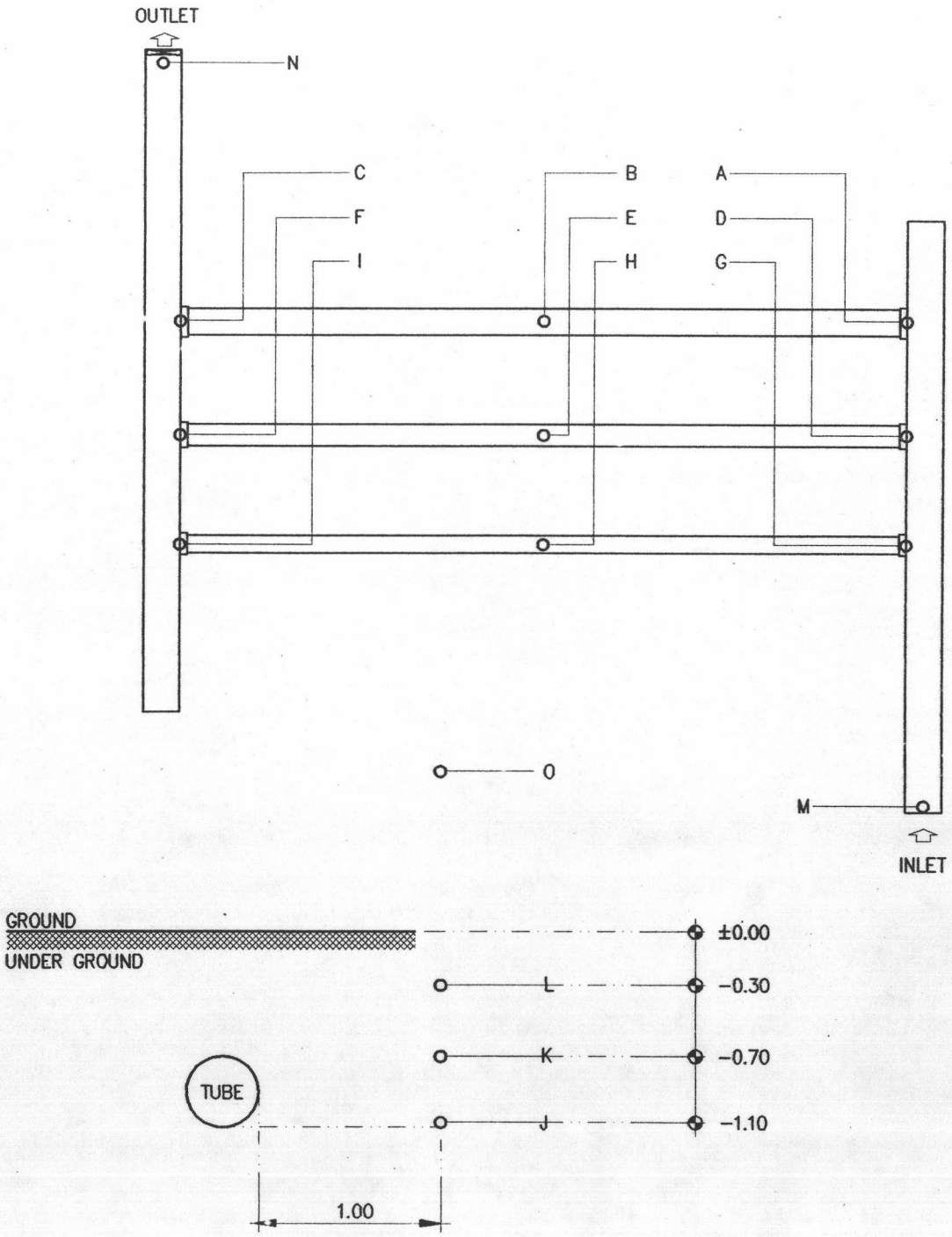
L อุณหภูมิดินที่ความลึก 110 เซนติเมตร จากผิวดิน

M ตำแหน่งปลายท่อลมเข้า (Inlet)

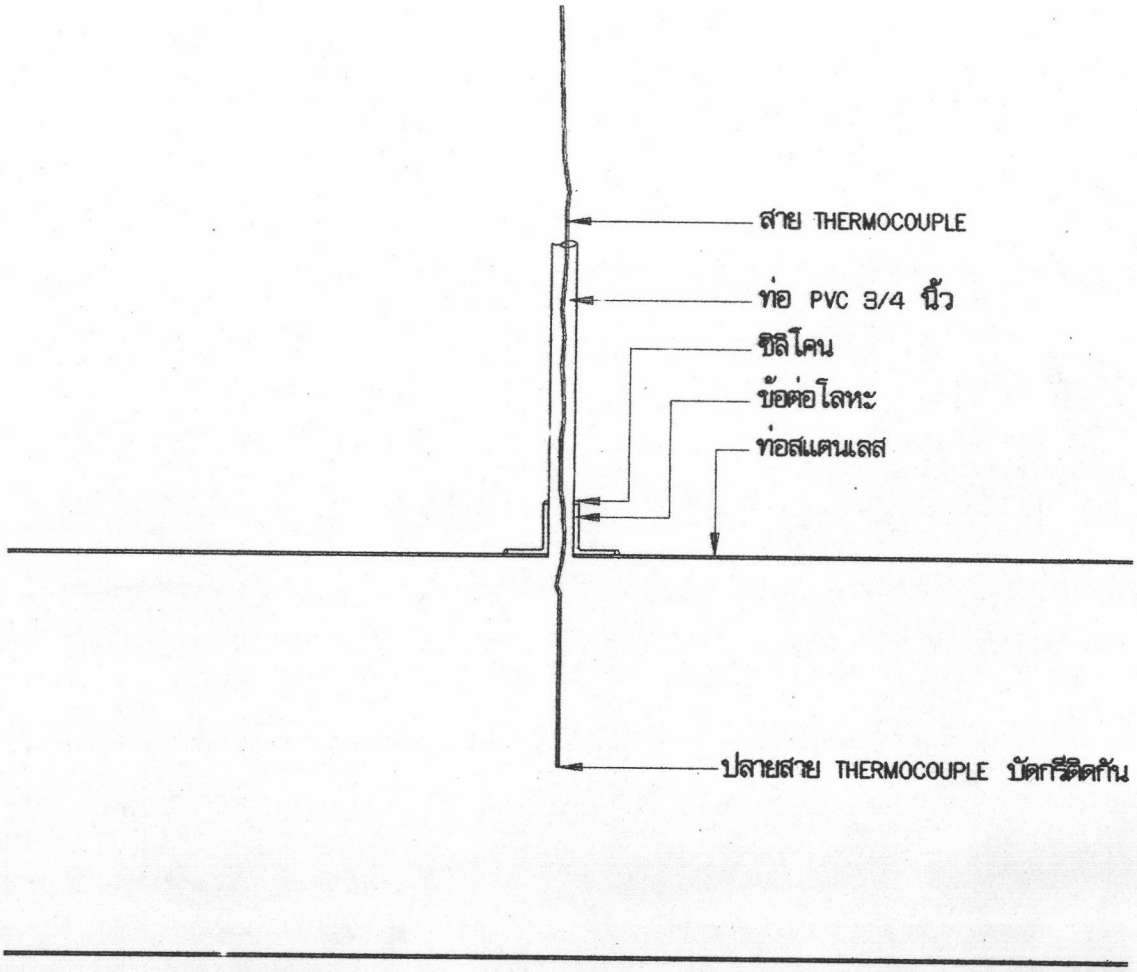
N ตำแหน่งปลายท่อลมออก (Outlet)

O อุณหภูมิอากาศ (Out Side Air)

ที่ตำแหน่ง A-I จะติดตั้งสายวัดอุณหภูมิโดยปลายสายจะอยู่จุดศูนย์กลางของท่อ



รูปที่ 12 แสดงตำแหน่งการต่อสาย THERMOCOUPLE



รูปที่ 13. การต่อท่อ PVC กับท่อสแตนเลสเพื่อร้อยสาย THERMOCOUPLE

9. ช่วงเวลาของการวัดค่านี้อยู่ในระหว่างเดือน มีนาคม-เมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศร้อนมากพอสมควร การวัดค่าอุณหภูมิ จะวัดและเก็บข้อมูล 48 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาที โดยช่วงแรกจะใช้ความเร็วที่ปากทางเข้าของลม เท่ากับ 150 FPM หลังจากเสร็จสิ้นการเก็บผลช่วงแรกจะหยุดพักเป็นเวลา 4 วัน และทำการเก็บข้อมูลรอบสองตลอดเวลา 48 ชั่วโมง แต่ความเร็วจะเปลี่ยนเป็น 100 FPM ที่ปลายท่อลมเข้า