# บทที่ 3

## ลักษณะทางกายภาพของวัสดุทดลอง และเครื่องมือที่เลือกใช้ในการศึกษาวิจัย

### 3.1 ผนังที่ใช้ทดสอบ

3.1.1 ผนังคอนกรีต

ผนังคอนกรีตถูกเลือกให้เป็นตัวแทนของวัสดุที่มีมวลสารมาก คอนกรีตเป็นวัสดุหลักชนิดหนึ่งในการก่อสร้าง เป็นวัสดุ Homogeneous ที่สามารถทำเป็นรูปร่างที่ต้องการได้ง่าย

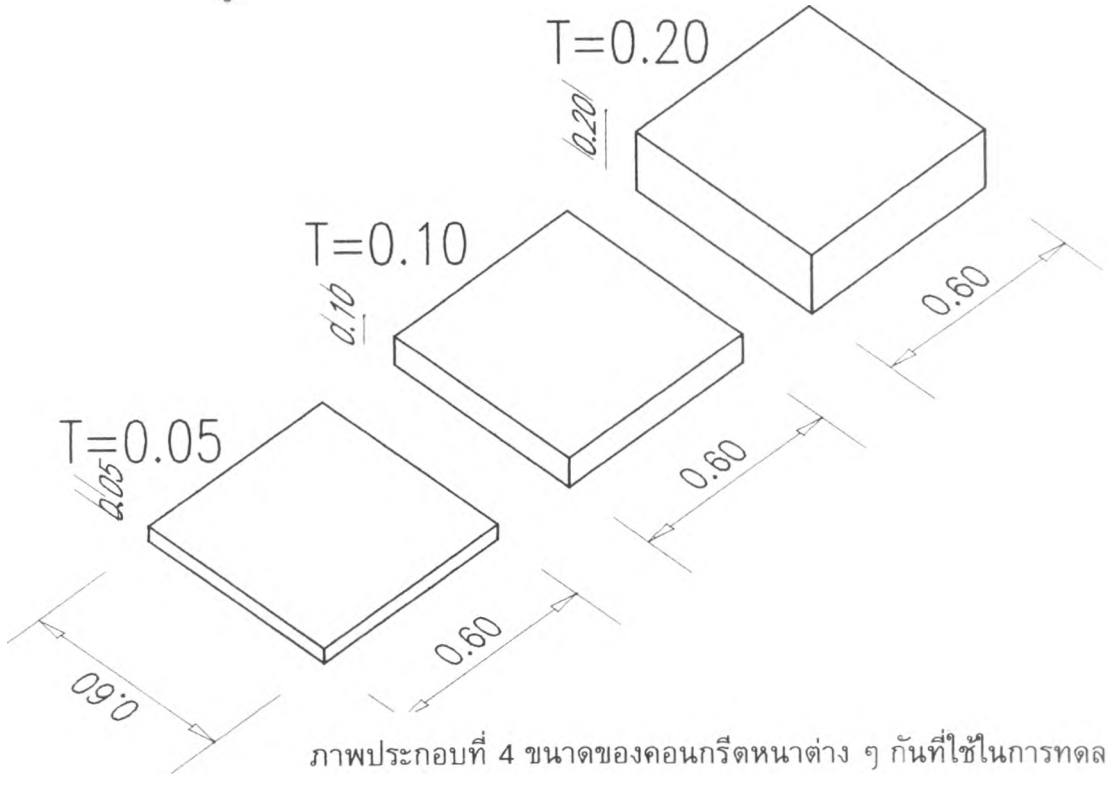
ปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของคอนกรีตคุณสมบัติของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพและปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมเป็นสำคัญ คอนกรีตที่ผลิตมาใช้งานทั่ว ๆ ไปนั้น โดยทั่วไปเป็นวัสดุผสมที่ได้จากการผสมปูนซีเมนต์ กับวัสดุผสมได้แก่ ทราย หินหรือกรวด (Aggregates) และนำมาผสมเข้าด้วยกันตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ให้ได้สัดส่วนที่เหลวพอเทได้สะดวก

คอนกรีตที่ผสมและแข็งตัวแล้ว จะต้องมีความแข็งแรงและมีกำลังไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ต้องไม่หดตัวมากเกินไป น้ำไม่ซึมและทนทานต่ออากาศได้ เนื้อคอนกรีตสามารถทนต่อการกัดกร่อนต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศหรืออุณหภูมิในขอบเขตจำกัด

คอนกรีตที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นคอนกรีตที่ผสมจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราเพชรซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ประเภทที่ให้กำลังได้สูง เหมาะแก่การทำงานโครงสร้างทั่วไป ผสมกับทรายละเอียดในอัตราส่วนทราย 8 ปุ้งกี๋ ต่อปูนซีเมนต์ 1 ถุง และหินกรวด (Aggregate) เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 2 เซนติเมตร (เบอร์ 4) 1 ถุงปุ๋ย อัตราส่วนทั้งหมดโดยปริมาตร ปูนซีเมนต์ : หินกรวด : ทราย ประมาณ 1:2:3 ซึ่งเป็นอัตราส่วนปกติที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป

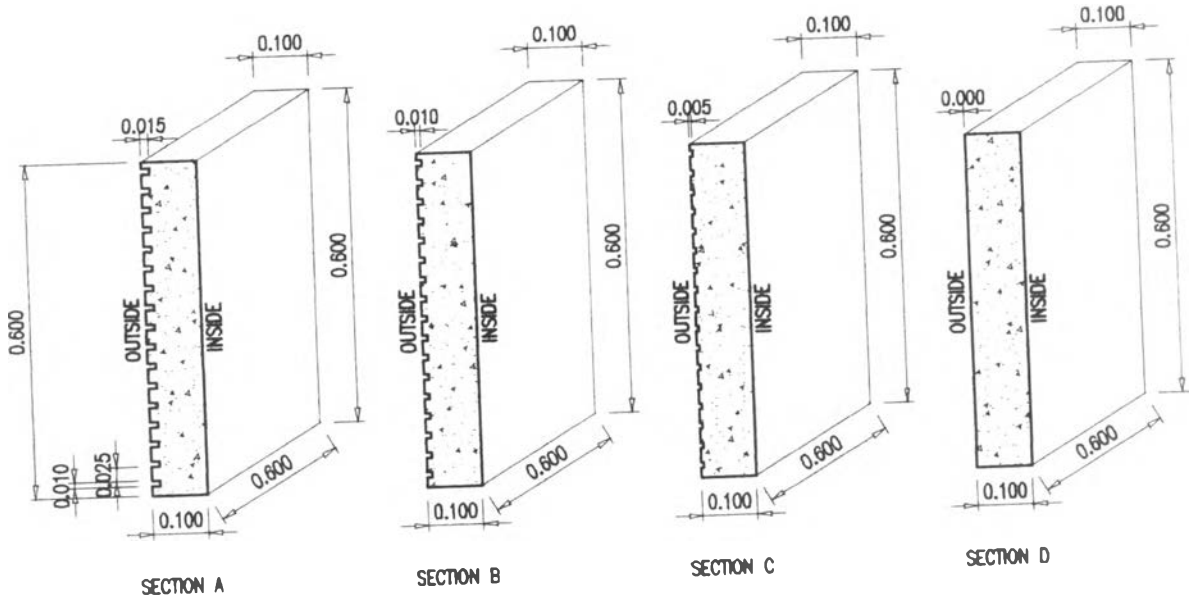
ขนาดของคอนกรีตที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ 0.6 เมตร x 0.6 เมตร มีความหนาเท่า ๆกันคือ 10 เซนติเมตร ลักษณะของพื้นผิวเหมือนกันเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ยกเว้นกรณีต่อไปนี้

-การทดสอบสมมติฐานปัจจัยด้านมวลสารที่เปลี่ยนแปลงไปที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวของผนัง (กรณีผนังที่มีมวลสารมาก) ใช้คอนกรีตความหนา 2" ( 5 cm.) 4" (10 cm.) 8" (20 cm) ซึ่งเป็นความหนาทั่วไปตามการใช้งานเพื่อเป็นผนังอาคารเปรียบเทียบกัน ดังรูป




ภาพประกอบที่ 4 ขนาดของคอนกรีตหนาต่าง ๆ กันที่ใช้ในการทดลอง

-การทดสอบสมมติฐานเรื่องปัจจัยด้านพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวของผนัง ใช้คอนกรีตขนาด 0.6 เมตร x 0.6 เมตร ความหนาและขนาดของพื้นผิว ดังรูปต่อไปนี้

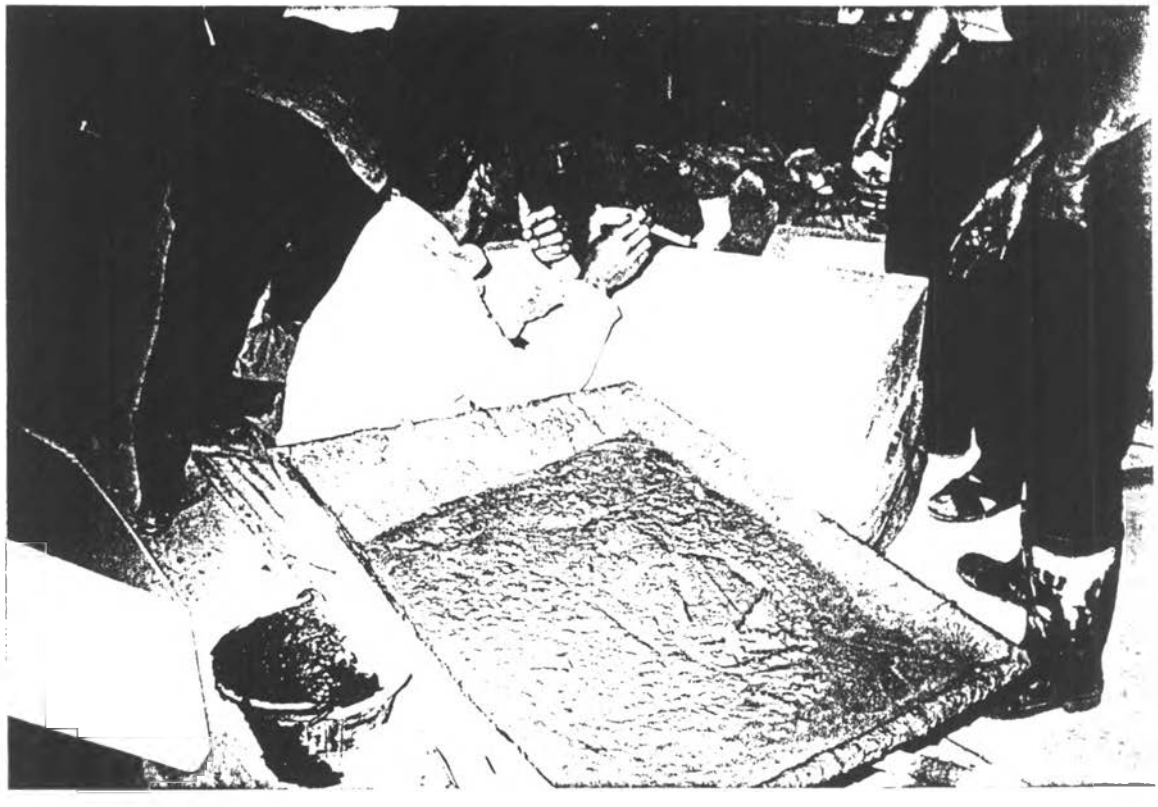



ภาพประกอบที่ 5 ลักษณะของคอนกรีตพื้นผิวต่าง ๆที่ใช้ในการทดลอง

ผนังทดสอบทั้ง 4 อันที่นำมาทดสอบนั้น ควบคุมมวลสารให้เท่ากันโดยใช้วิธีการผสมคอนกรีตที่ใช้หล่อผนังทดลองทุกชิ้นในคราวเดียวกัน และตวงแบ่งคอนกรีตปริมาณเท่า ๆ กัน เทลงในแต่ละแบบหล่อออกมาเป็นผนังทดลองที่มีพื้นผิวต่าง ๆ กันแต่มีปริมาณคอนกรีตเท่ากัน ความหนาโดยประมาณของผนังทดลองทุกอันประมาณ 10 เซนติเมตร

การติดตั้งผนังทดลองของผนังในลักษณะนี้สามารถติดตั้งได้ในแนวดั้งและแนวนอนซึ่งจะเกิดผลของการบังเงาของสันและร่องผนังในลักษณะที่ใกล้เคียงกันระหว่างที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปในแต่ละวัน ไม่ว่าทั้งในแนวนอนและในแนวตั้ง ในกรณีนี้ทำการติดตั้งให้ร่องอยู่ในแนวนอนเพียงกรณีเดียว

ภาพที่ 6 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 7 การผสมคอนกรีตด้วยอัตราส่วนที่คงที่ในครั้งเดียวเพื่อหล่อคอนกรีตเป็นผนังทดลองทุกชิ้นที่ใช้เปรียบเทียบกันในแต่ละสมมติฐาน

ภาพที่ 8 ผนังทดลองที่เป็นคอนกรีตซึ่งหล่อเสร็จแล้ว ควบคุมปริมาตรของคอนกรีตให้เท่ากันโดยการตวงเทลงแบบหล่อในจำนวนเท่า ๆ กัน

3.1.2 ผนังโฟม

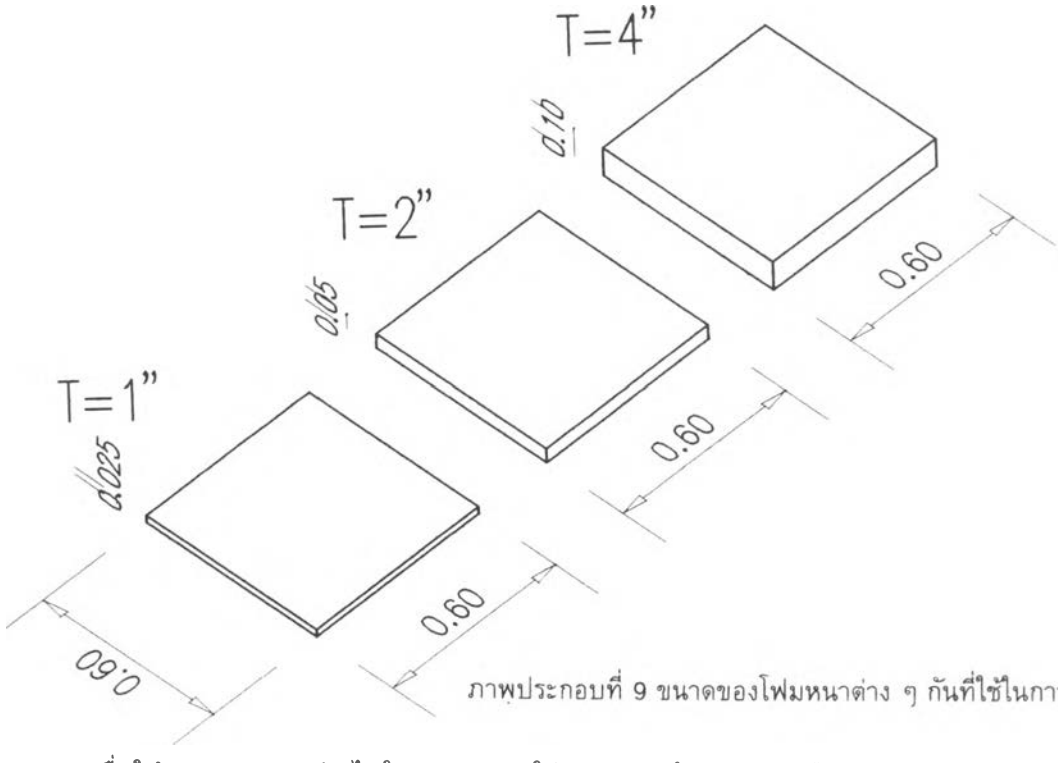
ผนังโฟมถูกเลือกให้เป็นตัวแทนของวัสดุที่มีมวลสารน้อย จากความเป็นจริงในปัจจุบัน โฟมได้ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของวัสดุก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นเนื้องจากเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถผลิตในรูปแบบอุตสาหกรรมได้คราวละมาก ๆ ราคาไม่แพง และเป็นฉนวนความร้อนที่ดี

ในที่นี้ผู้ทำวิจัยเลือกใช้โฟมชนิด Expanded Polystyrene Foam ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีที่ชื่อว่า Polystyrene ขบวนการผลิตเป็นการทำให้ Polystyrene ขยายตัวจนเกิดช่องอากาศภายในเซล ผนังเซลติดกันแน่นน้ำซึมผ่านได้ยาก และจากการที่มีอากาศอยู่ภายในเซลมากจึงทำให้มีคุณสมบัติกันความร้อนได้ดี และเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายเพราะมีการผลิตสำเร็จรูปเป็นแผ่นสามารถสั่งขนาดต่าง ๆ ได้ตามต้องการ โดยสามารถเลือกความหนาแน่นต่าง ๆ กันได้อีกด้วยโดยโฟมที่มีความหนาแน่นสูงก็ยิ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนสูงขึ้นและมีราคาแพงขึ้นอีกด้วย ในที่นี้ โฟมที่ใช้เลือกในการทำวิจัยนี้มีความหนาแน่น 1 ปอนด์/ลบ. ฟุต ซึ่งเป็นความหนาแน่นในระดับทั่ว ๆไปที่นำมาใช้ในการกันความร้อนสำหรับอาคาร

ขนาดของผนังโฟมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ 0.6 เมตร x 0.6 เมตร มีความหนาเท่ากันคือ 5 เซนติเมตร (2 นิ้ว) ลักษณะพื้นผิวเหมือนกันเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ยกเว้นกรณีต่อไปนี้

1.การทดสอบสมมติฐานเรื่องปัจจัยด้านมวลสารที่เปลี่ยนแปลงที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวของผนัง (กรณีที่มีมวลสารน้อย) ใช้โฟมความหนา 2.5 เซนติเมตร (1 นิ้ว)

5.0 เซนติเมตร (2 นิ้ว) 10.0 เซนติเมตร (4 นิ้ว) ซึ่งเป็นความหนาทั่วไปตามการใช้งาน เพื่อเป็นผนังอาคารเปรียบเทียบกัน ดังรูป



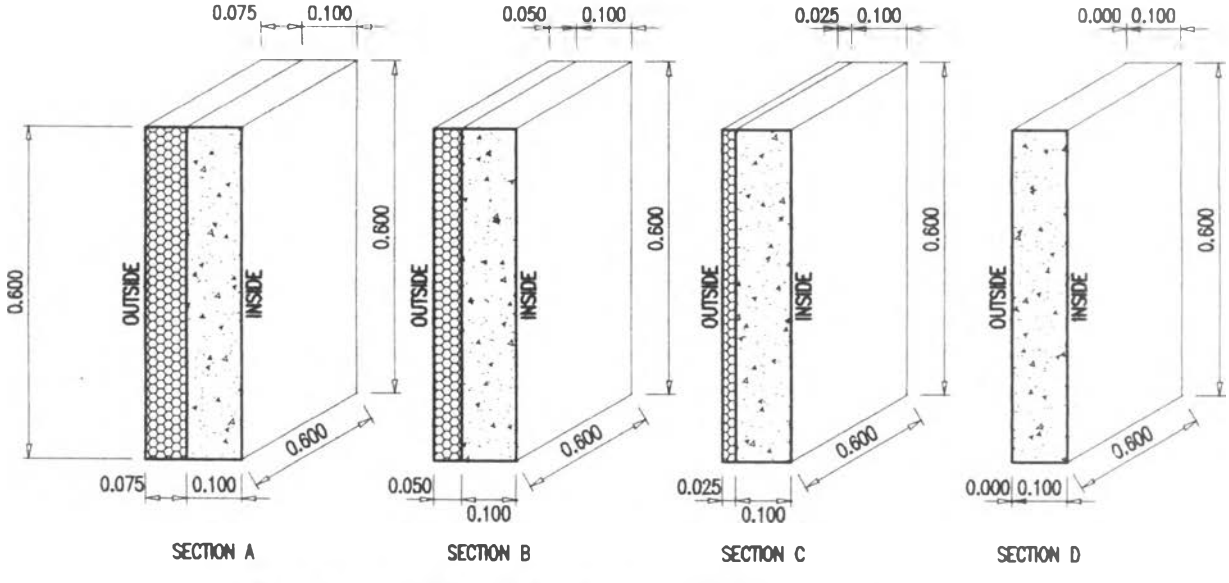

ภาพประกอบที่ 9 ขนาดของโฟมหนาต่าง ๆ กันที่ใช้ในการทดลอง

เพื่อให้การทดสอบเป็นไปในสภาพการใช้งานจริง จึงทำการเคลือบผิวภายนอกของผนังทดสอบที่เป็นโฟมทุกชิ้นด้วย ปูนฉาบผสมน้ำยายึดเกาะพิเศษ เสริมด้วยตาข่ายไฟเบอร์กลาส เนื่องจากการใช้งานจริงนั้นผนังโฟมต้องมีการปกปิดผิวเพราะโฟมเป็นวัสดุที่บอบบางชำรุดเสียหายได้ง่ายและจะถูกทำลายโดยแสงอาทิตย์ในระยะเวลาอันสั้น

ปูนฉาบที่ใช้เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราเพชรผสมกับน้ำยา Adhesived base coated ในอัตราส่วน 1:1โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ Armour wall ของบริษัทไทย-เยอรมัน ยิปซัมจำกัด

3.1.3ผนังคอนกรีตติดโฟม

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ผนังคอนกรีตหนา 10 Cm. ติดโฟมหนา 2" ด้านนอก และด้านใน เปรียบเทียบกัน ในกรณีที่เปรียบเทียบความหนาของโฟมที่เปลี่ยนไป ใช้โฟมหนา 1" , 2" และ 3 " ตามลำดับ ดังรายละเอียดดังรูป




ภาพประกอบที่ 10 ลักษณะการติดโฟมกับผนังคอนกรีตในลักษณะต่าง ๆที่ใช้ในการทดลอง

3.1.4 ผนังคอนกรีตเบา

ผนังคอนกรีตเบาถูกเลือกให้เป็นตัวแทนของวัสดุที่มีมวลสารปานกลางคอนกรีตเบาเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่เพิ่งจะรู้จักกันในประเทศไทยไม่นาน และในขณะนี้ได้เริ่มมีการนำคอนกรีตเบาเข้ามาใช้ในงานก่อสร้างกันบ้างแล้วพอสมควร

คอนกรีตเบาเป็นวัสดุที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิต จากตัวอย่างวัสดุที่ได้รับมานั้นมีขนาด 0.6 เมตร x 0.25 เมตร x 0.1 เมตร เมื่อชั่งน้ำหนักแล้วได้ประมาณ 7 กิโลกรัม คำนวณความหนาแน่นออกมาได้ประมาณ 475 kg/ m ซึ่งเมื่อเทียบกับคอนกรีตและโฟมแล้ว ค่าความหนาแน่นจะอยู่ระหว่างวัสดุทั้งสองจึงจัดได้ว่าเป็นวัสดุที่มีมวลสารปานกลาง

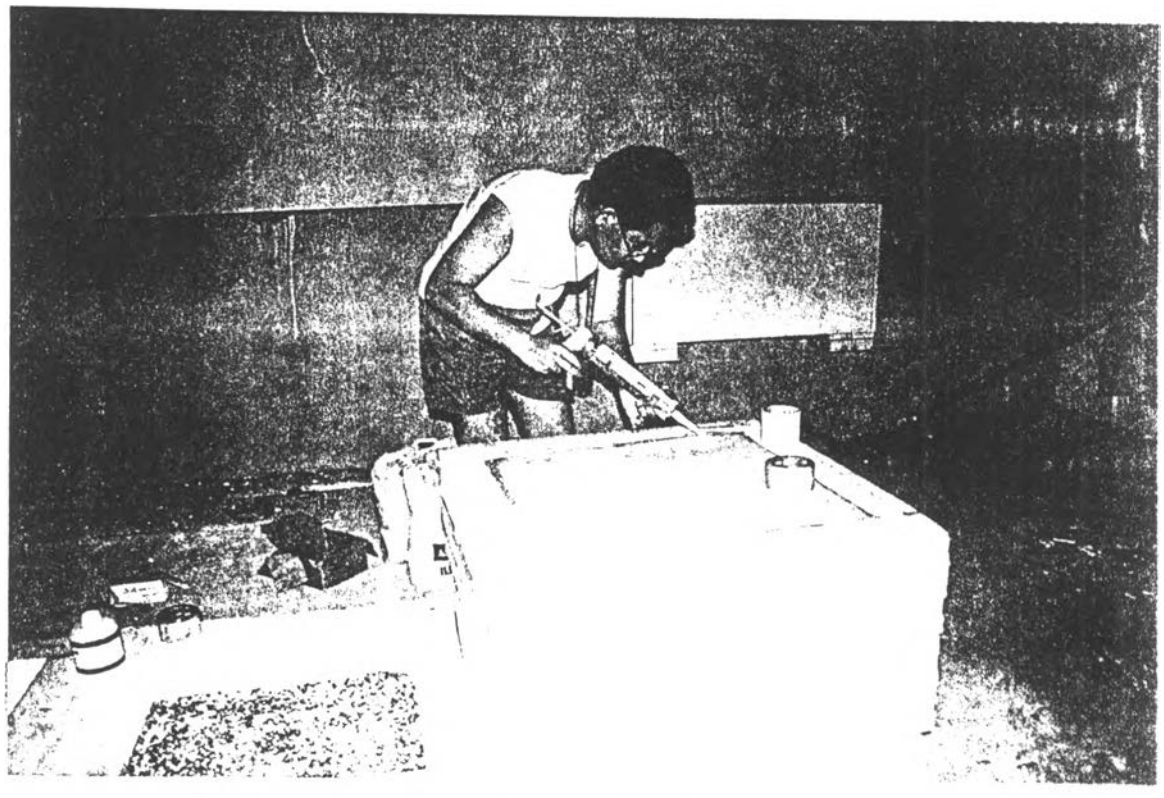
เนื่องจากตัวอย่างวัสดุที่ได้รับมาจากบริษัทผู้ผลิตมีจำนวนจำกัดและมีแต่ขนาดดังกล่าวเท่านั้น ในที่นี้ผู้ทำการวิจัยจึงทำการเปรียบเทียบเฉพาะกรณีวัสดุที่ความหนาเท่ากัน แต่ความหนาแน่นต่างกันเท่านั้น

3.2 สีที่ใช้ทาวัสดุ

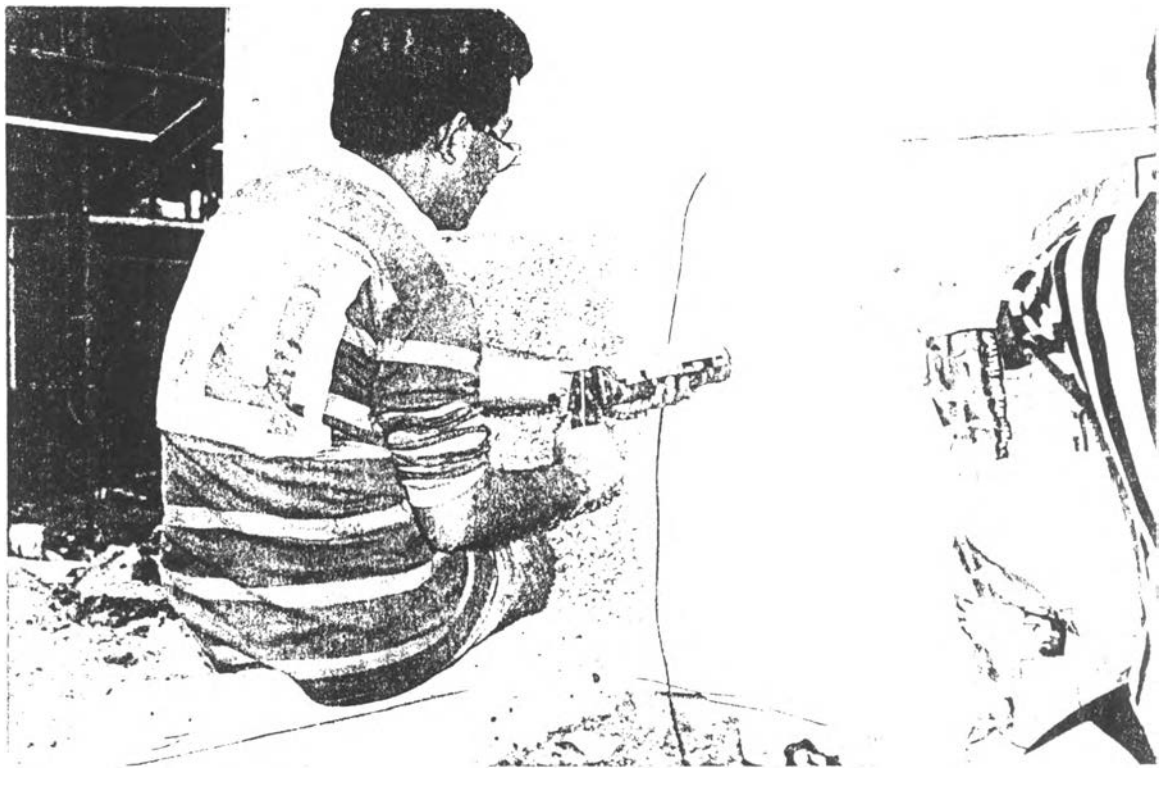
จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพบว่าค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (Solar absorbtance) จะลดลง และค่าการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์(Solar reflectance) จะสูงขึ้นเมื่อวัสดุมีสีอ่อนลงและอุณหภูมิที่ผิววัสดุยังขึ้นอยู่กับค่าอัตราส่วนของค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์กับค่าการแผ่รังสีความร้อน ( $\varepsilon$ ) ดังนั้น จึงเลือกใช้สีดำ และ สีขาวเพราะเป็นสีที่มีค่า $\alpha / \varepsilon$ สูง และ ต่ำตามลำดับ

การเปรียบเทียบพื้นผิวที่มีค่า Emittance ต่างกันใช้สี Aluminium ซึ่งมีค่า Emittance = 0.5 เปรียบเทียบกับผิววัสดุธรรมชาติไม่ทาสี ซึ่งค่า Emittance ประมาณ 0.8 - 0.9 ( ASHRAE , 1992)

ประเภทของสีที่ใช้ สำหรับสีดำและสีขาวใช้สีพลาสติกทาภายนอก ส่วนสี Aluminium ใช้สีสเปรย์สีเงินพิเศษ (Aluminized Metallic Lacquer)



ภาพที่ 12 การอุดรอยต่อระหว่างวัสดุทดลองกับฉนวนทั้ง 4 ด้านด้วยซิลิโคน

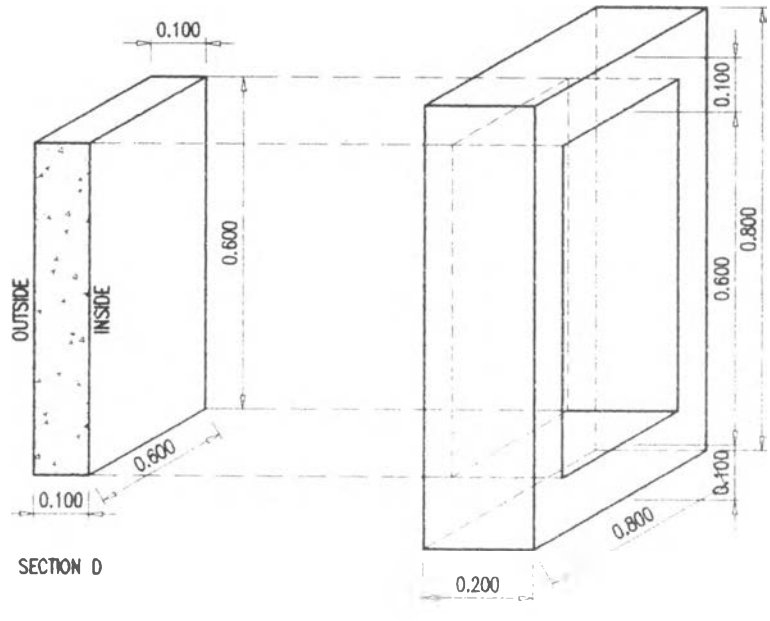


ภาพที่ 13 การอุดรอยรั่วของคาคารทดลองด้วยซิลิโคนหลังการติดตั้งผนังทดลอง

3.3 ลักษณะโดยรวมของแต่ละ Unit ทดลอง

เนื่องจากการทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิผิวภายนอกที่เกิดขึ้นจากการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุที่ใช้ทำผนังและทิศทางของความร้อนที่ได้รับอยู่ในแนวนอนเท่านั้น ดังนั้น แต่ละ Unit ทดลองจึงต้องมีวัสดุที่เป็นฉนวนติดตั้งเพื่อป้องกันการได้รับความร้อนจากทิศทางที่ไม่ต้องการ

ในที่นี้ผู้ทำวิจัยเลือกใช้ Polystyrene foam ทำเป็นกรอบล้อมรอบวัสดุทดลองทั้ง 4 ด้าน เพื่อป้องกันไม่ให้ได้รับความร้อนจากด้านข้าง ดังภาพประกอบ



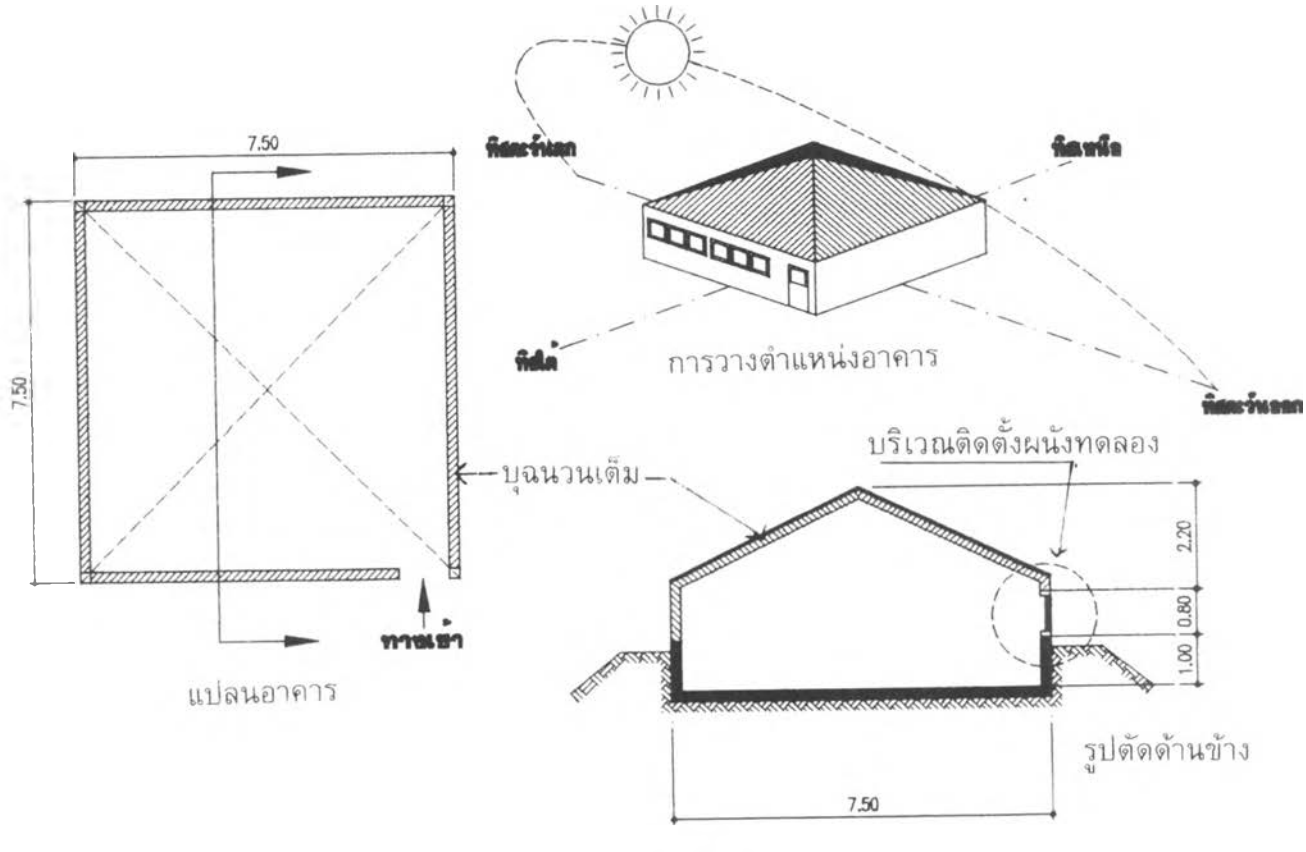

ภาพประกอบที่ 11 การติดตั้งฉนวนกับวัสดุทดลองเพื่อป้องกันความร้อนด้านข้าง

เมื่อประกอบ Unit ทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีขนาด 0.8 เมตร x 0.8 เมตร x 0.2 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถติดตั้งเข้ากับอาคารทดลองได้พอดี และสะดวกในการเคลื่อนย้ายเมื่อมีการยกเปลี่ยนเพื่อทำการทดลองครั้งต่อ ๆ ไป

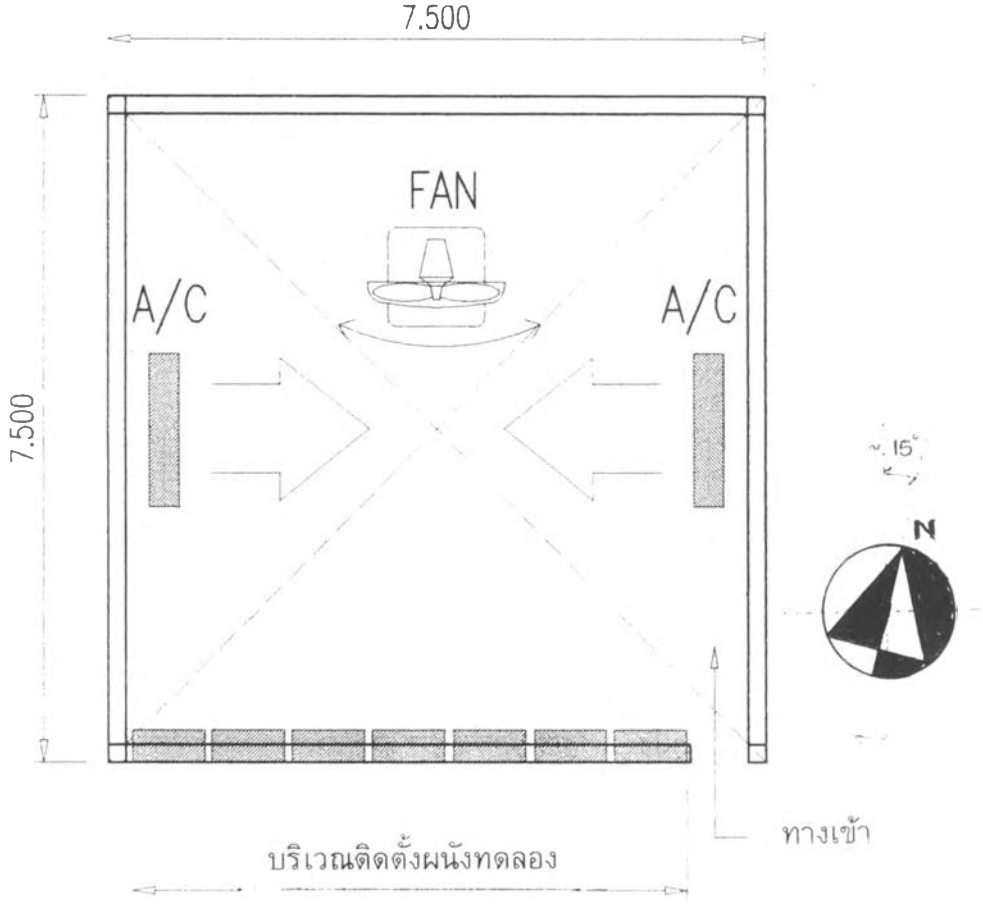
I17375174

3.4 อาคารทดลอง

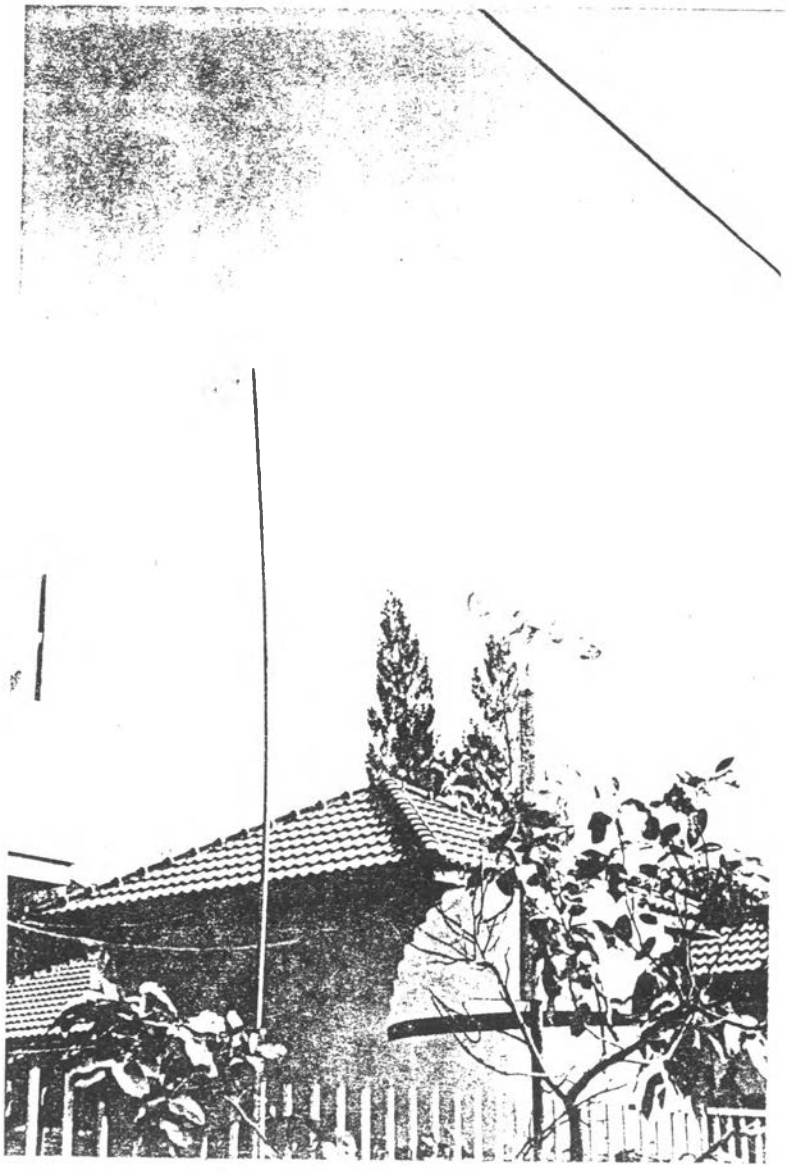
อาคารทดลองที่ใช้ทำการทดลองนั้นเป็นอาคารชั้นเดียว ขนาด 7.5*7.5 เมตร หลังคาทรงปั้นหยา (Hip roof) ผนังGypsum boardบนโครงเคร่าเหล็กหนา 20 เซนติเมตร ติดตั้งฉนวนไยแก้วกันความร้อนระหว่างแผ่น Gypsum board จนเต็ม นอกจากนั้น ผู้ทำการวิจัยได้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 9,000 BTU จำนวน 2 เครื่อง เข้ากับอาคารดังกล่าวเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในให้คงที่ตามต้องการ ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศคือภายในอาคารด้านทิศตะวันออกและตะวันตก ดังรูป และมีพัดลมตั้งพื้น 1 ตัว ติดตั้งตรงกลางอาคารระหว่างเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 เพื่อกระจายความเย็นไปทุก ๆ จุดในอาคารให้เท่า ๆ กันที่สุด ดังภาพประกอบต่อไปนี้



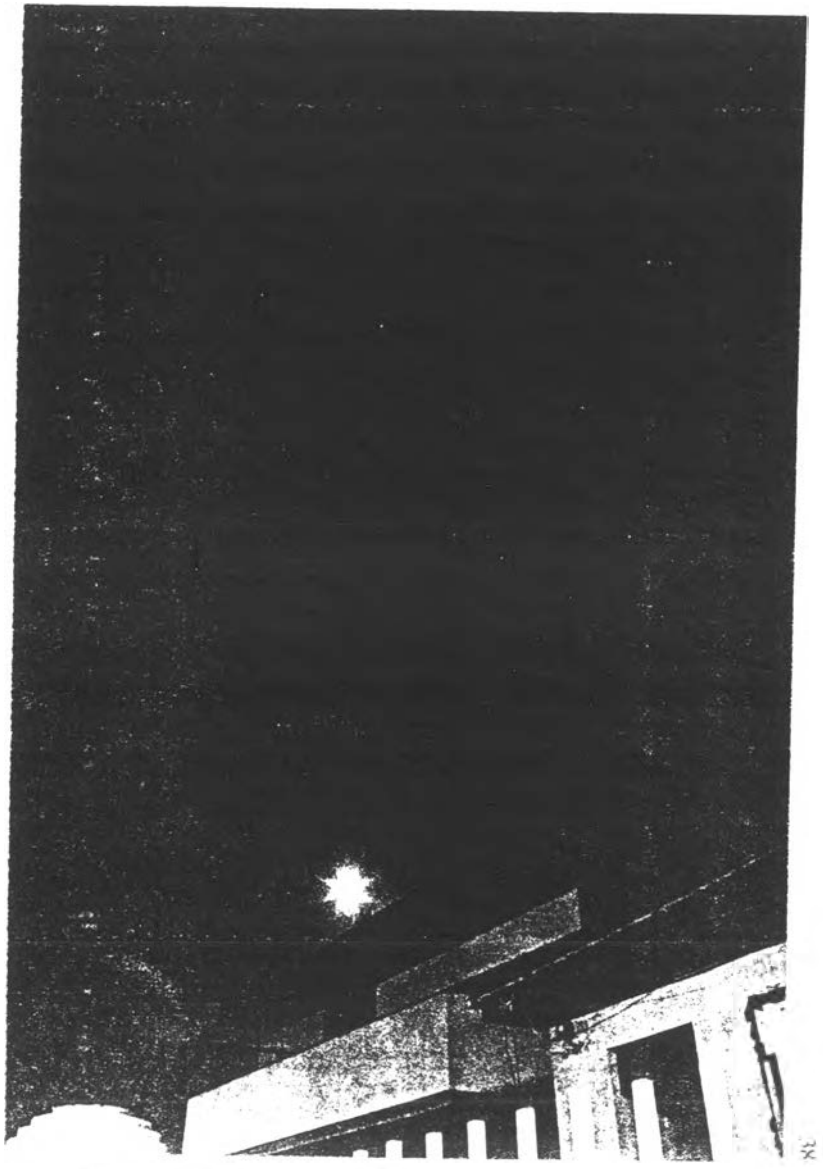

ภาพประกอบที 14 ลักษณะทั่วไปของอาคารทดลอง



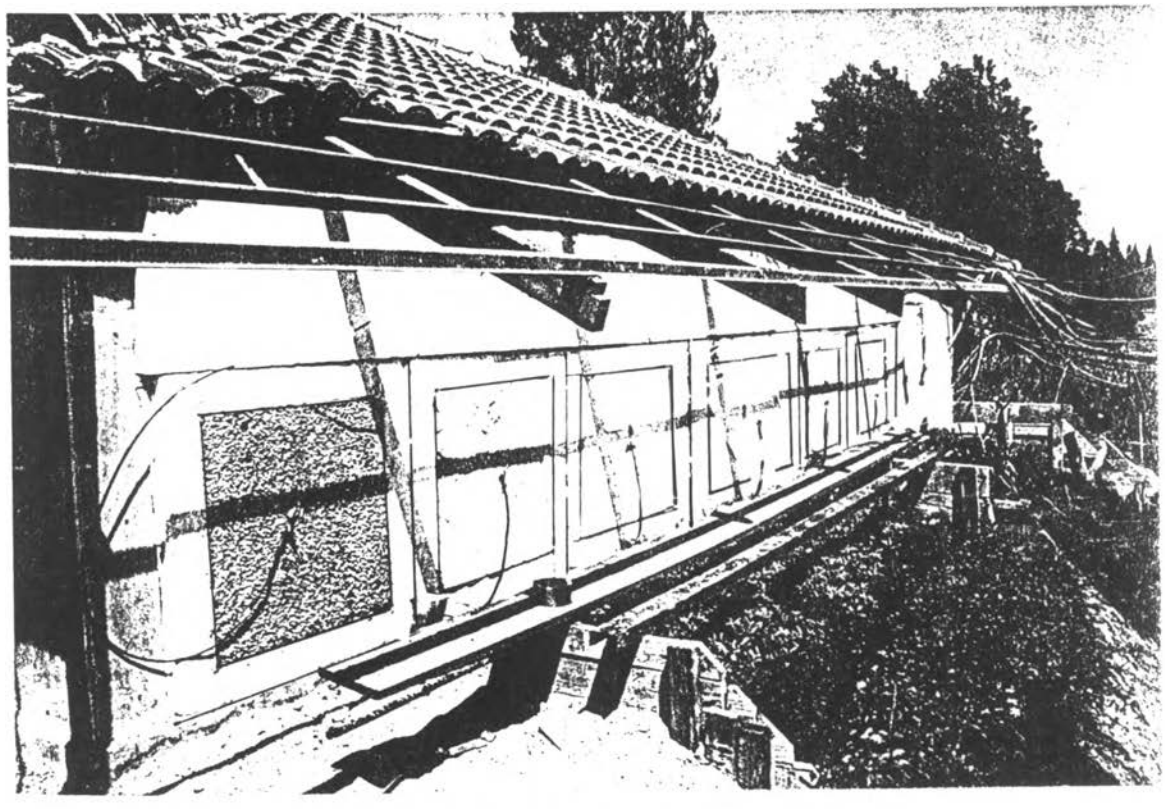

รูปประกอบที่ 15 ลักษณะภายในอาคารทดลอง



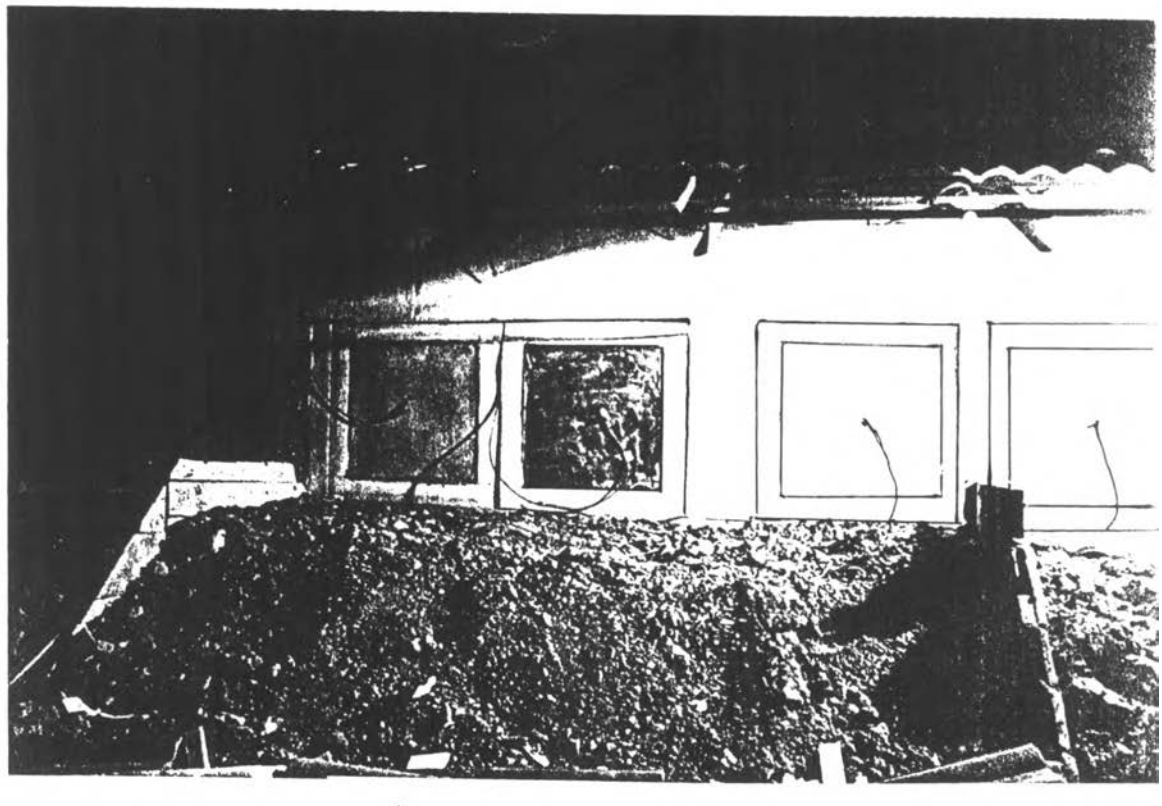
ภาพที่ 16 สภาพท้องฟ้าในตอนกลางวันโดยทั่วไประหว่างทำการทดลอง



ภาพที่ 17 สภาพท้องฟ้าตอนกลางคืนโดยทั่วไประหว่างทำการทดลอง



ภาพที่ 18 การทำการเก็บข้อมูลในเวลากลางวัน

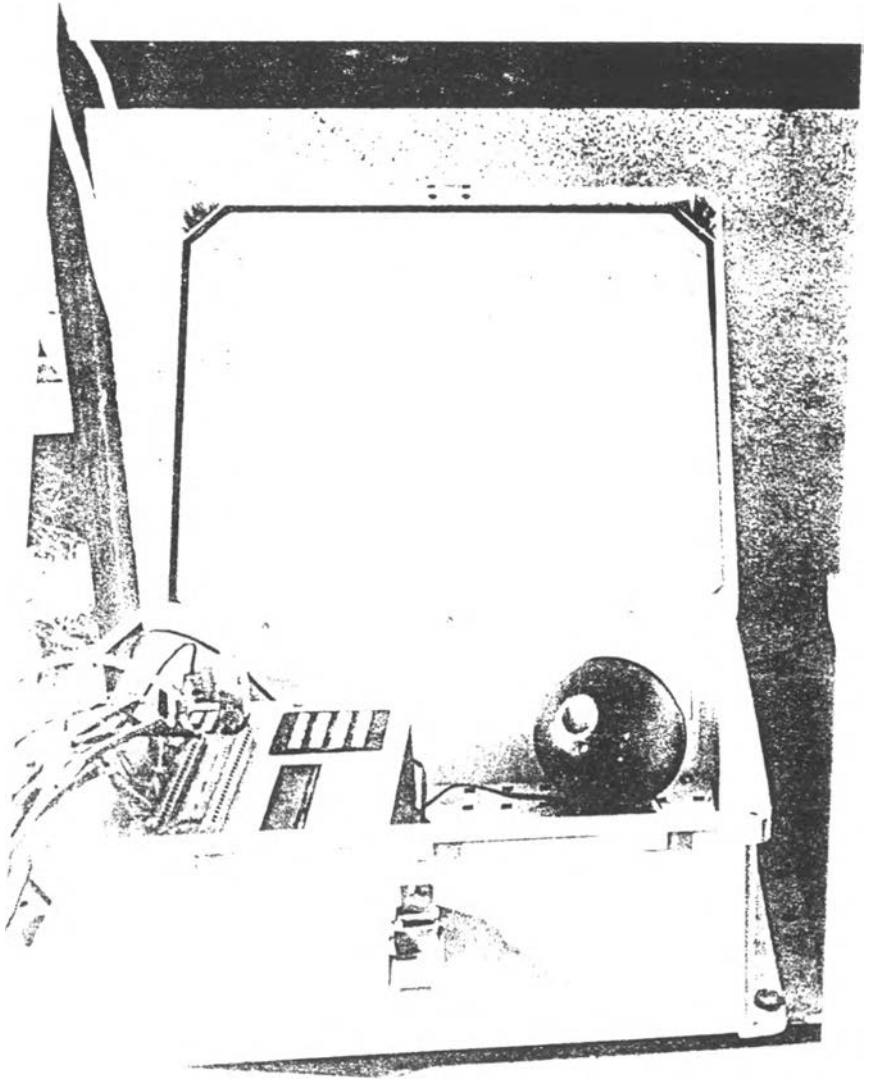


ภาพที่ 19 การทำการเก็บข้อมูลในเวลากลางคืน

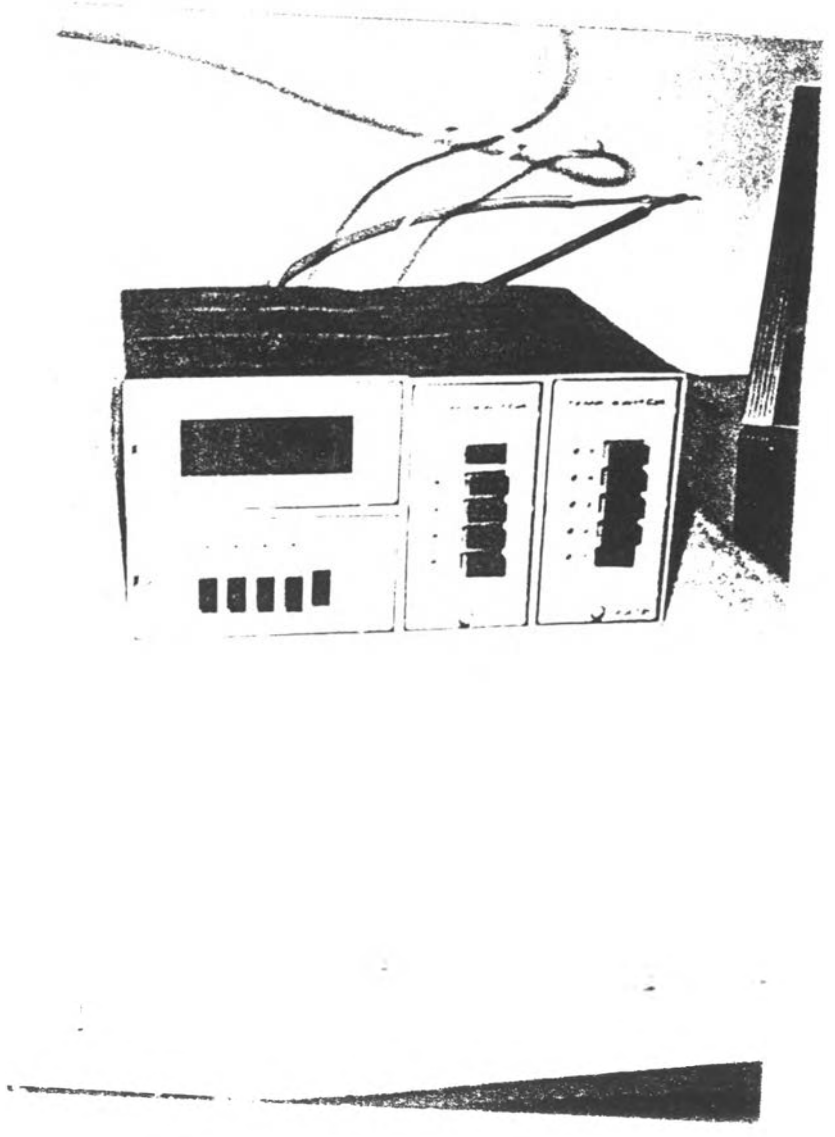
3.5 เครื่องมือเก็บข้อมูล

ในการทดลองนี้ใช้เครื่องมือ Campbell scientific data logger เป็นตัวอ่านค่าของอุณหภูมิที่ได้จากสายวัดทั้งหมด สายวัดอุณหภูมิให้สาย Thermo couple type J ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการทำงานโดยใช้หลักของความต่างศักย์ของแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกันตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (ภายในสาย Thermo couple ประกอบด้วยโลหะ 2 ประเภท คือ ทองแดง และเหล็ก เมื่อนำโลหะทั้ง 2 ชนิดมาเชื่อมกันจะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า) โดยนำปลายสายที่เชื่อมกันสัมผัสกับจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ เครื่อง Campbell scientific data logger นี้จะแปลงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้านี้ออกมาในค่าของอุณหภูมิเป็นองศา Celsius โดยแสดงค่าออกมาเป็นตัวเลข (Digital display)

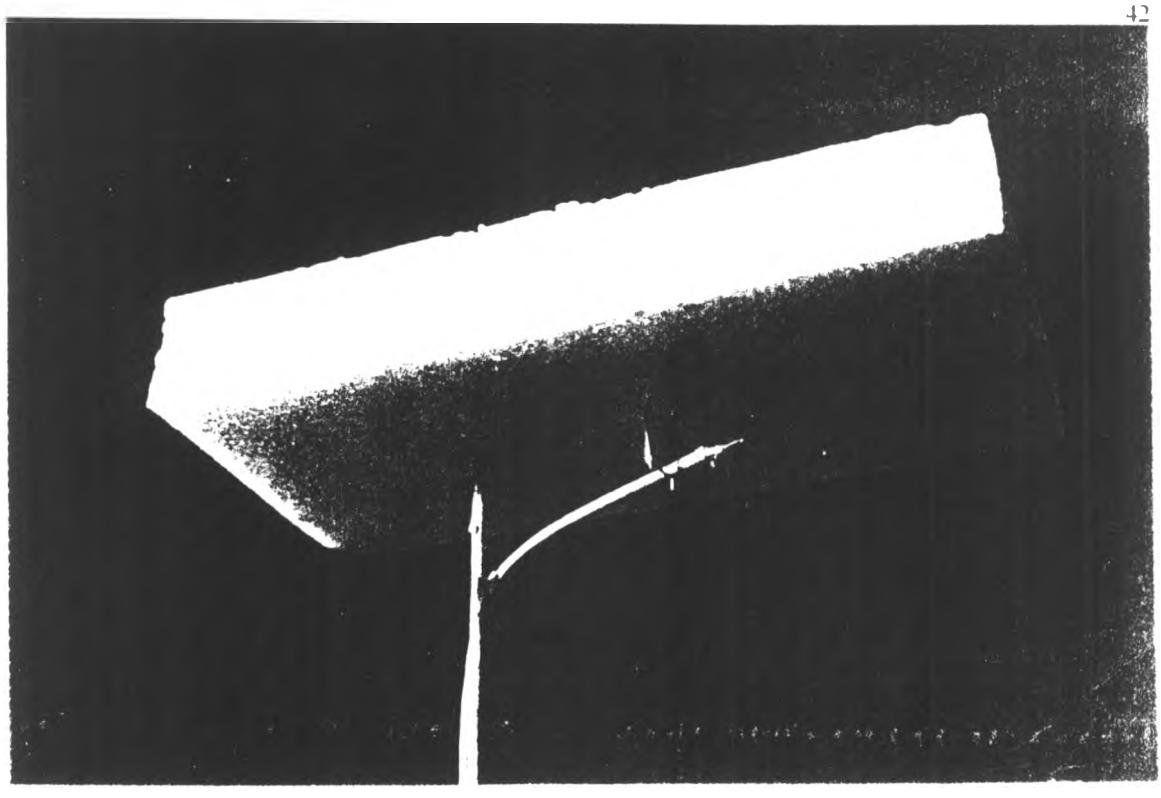
เนื่องจากเครื่องมือ Campbell scientific data logger นี้มีจำนวน Channel ที่ใช้ในการอ่านค่าอุณหภูมิเพียง 16 Channel เท่านั้น ดังนั้น จึงต้องใช้เครื่องมือ Temperature switch ประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้มากขึ้นในเวลาเดียวกัน เครื่องมือ Temperature switch ที่ใช้นี้คือ Digicon Temperature Switcher รุ่น TS-85Hและ TS-85V ใช้ปุ่มกดเพื่อเลือกอ่านค่าอุณหภูมิจาก Thermo couple จุดต่าง ๆ



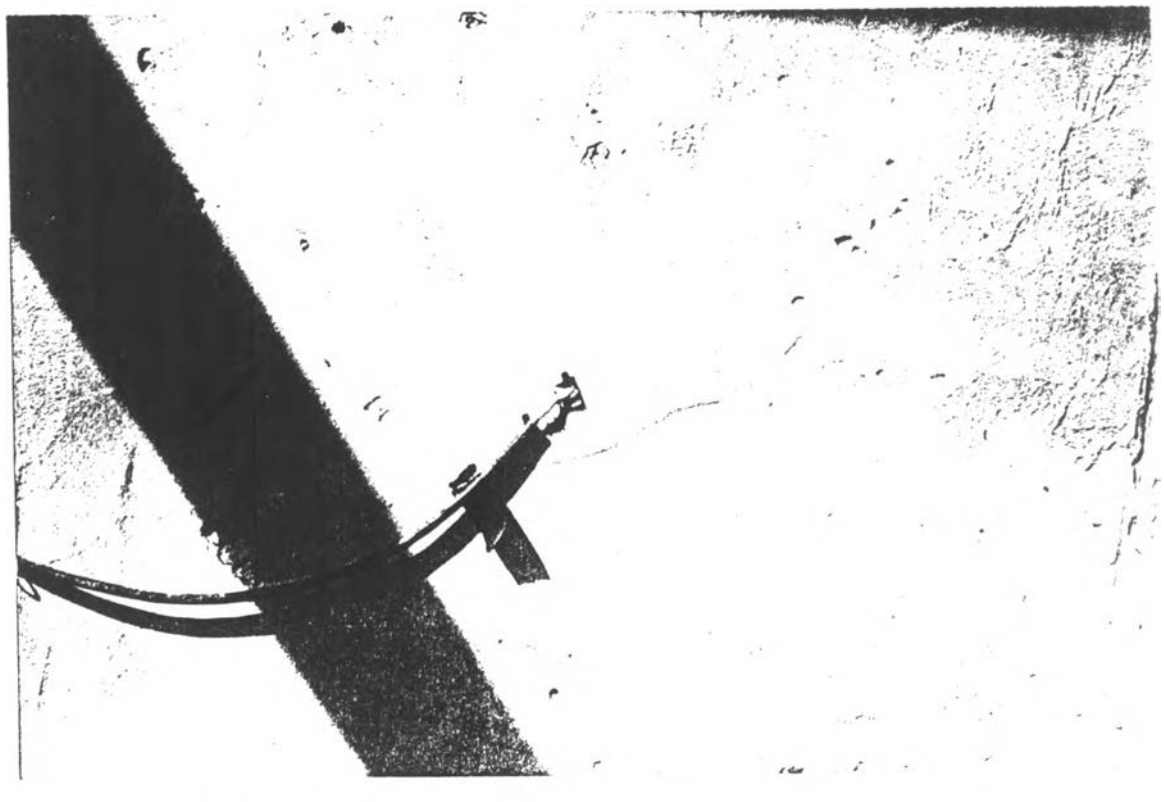
ภาพที่ 20 เครื่องมือ Campbell Scientific Data Logger



ภาพที่ 21 เครื่องมือ Temperature Switcher ที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 22 การติดตั้งสายวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก



ภาพที่ 23 การติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type "J" กับผนังทดลอง

การติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ

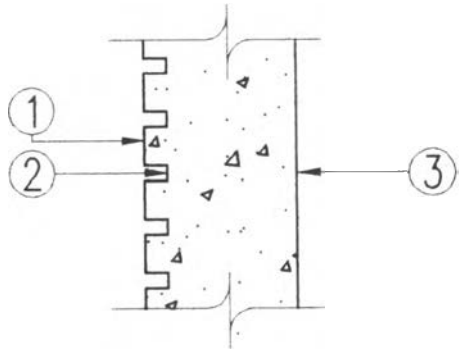
สาย Thermo couple type J ที่ใช้เป็นสาย Vinyl ซึ่งมีลวดโลหะต่างกัน 2 ชนิดอยู่ภายใน เวลาใช้ต้องนำเอาสายโลหะทั้ง 2 ชนิดมาเชื่อมกันโดยการพันขมวดเข้าด้วยกัน ดังรูป

รูปประกอบ 24 ขั้นตอนการพันสาย Thermo couple

การติดตั้งสายวัดอุณหภูมิที่จุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิทำโดยติดสาย Thermo couple ที่พันเข้าด้วยกันแล้ว ให้บริเวณปลายที่พันสัมผัสกับบริเวณที่ต้องการและใช้กาว Super glue ชนิดแห้งเร็วติดปลายสายนั้น เพื่อให้สายที่ติดมั่นคงไม่หลุดจากบริเวณที่วัดโดยง่าย หลังจากนั้น ใช้เทปกาวที่ทึบแสงปิดทับปลายสาย กรณีที่จุดวัดอุณหภูมิต้องโดนแสงอาทิตย์โดยตรง มิฉะนั้น ค่าของอุณหภูมิที่ใช้จะไม่ใช่ค่าของอุณหภูมิวัสดุที่จุดนั้นจริงแต่เป็นค่าความร้อนจากแสงแดดเข้ามาปะปนด้วย

ข้อควรระวังในการติดสาย Thermo couple ด้วยกาวกับวัสดุที่ต้องการวัดอุณหภูมิ คือจะต้องทำความสะอาดปลายสายที่พันแล้วทุกครั้งเมื่อแกะออกจากจุดที่ติดตั้งและขมวดสายใหม่ก่อนใช้งานครั้งต่อไป มิฉะนั้น กาวที่แห้งแล้วจะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างจุดสัมผัสของปลายสายที่ขมวดกันทำให้ค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นผิดพลาด สังเกตได้จากค่าที่อ่านได้ครั้งต่อไปจากเครื่อง Data logger จะผิดปกติคือเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ ตลอดเวลา หรืออ่านค่าออกมาเป็นค่าลบ ซึ่งเป็นค่าที่เป็นไปไม่ได้ในสภาวะเช่นนี้

การติดสายวัดอุณหภูมิทำโดยติดสายวัดอุณหภูมิกับผิวของวัสดุทดลองที่บริเวณประมาณกึ่งกลางของแผ่น ทั้งภายนอกและภายใน ในกรณีที่พื้นผิวของผนังทดลองไม่เรียบ การวัดอุณหภูมิภายนอกที่ผิวไม่เรียบติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ 2 จุด คือบริเวณสันนอกของผนัง และบริเวณร่องที่เว้าเข้าไปของผนัง ค่าที่อ่านได้นำมาเฉลี่ยกันเป็นค่าของอุณหภูมิผิวของวัสดุนั้น




1. = ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิที่สันผนังด้านนอก

2.= ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิที่ร่องผนังด้านนอก

3.= ผนังด้านใน

รูปประกอบที่ 25 แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิกับผนังที่ผิวไม่เรียบ

การวัดค่า Solar radiation ใช้เครื่องมือ Incident solar energy แบบ Portable วัดค่า Solar radiation ในระนาบเดียวกันกับผนัง คือ ในแนวนอน