บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนาอิฐมวลเบาและปรับปรุงผนังอาคารโดยใช้สารเปลี่ยนสถานะให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและความชื้นของประเทศไทย เป็นแนวทางหนึ่งในการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคาร และช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้ ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

งานวิจัยดังกล่าวแบ่งการศึกษาออกเป็นขั้นตอนหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับ PCM และการประยุกต์ใช้งาน
2. ศึกษาวิธีการนำ PCM มาใช้งานร่วมกับผนังคอนกรีตมวลเบา
3. พัฒนาผนังอิฐมวลเบาโดยใช้สารเปลี่ยนสถานะเป็นส่วนประกอบเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมโดยการสร้างผนัง 3 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

3.1 size 3-7 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ชนิด S32 ผสมกับปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 3.0 เซนติเมตร และผนังด้านใน 7.0 เซนติเมตร ตามลำดับ

3.2 size 5-5 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ชนิด S32 ผสมกับปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 5.0 เซนติเมตร และผนังด้านใน 5.0 เซนติเมตร ตามลำดับ

3.3 size 7-3 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ชนิด S32 ผสมกับปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 7.0 เซนติเมตร และผนังด้านใน 3.0 เซนติเมตร ตามลำดับ

4. ทดสอบสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ มอก. 1505 – 2541

4.1 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Compressive Density)

4.2 ค่าต้านทานแรงอัด (Compressive strength)

4.3 ค่าต้านทานแรงดัด (Flexural strength)

4.4 ค่าการดูดกลืนน้ำ (Absorption water)

5. วิเคราะห์สัดส่วนที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ PCM ร่วมกับผนังอิฐมวลเบาและประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ PCM เป็นส่วนประกอบในการผลิตผนังหลายชั้นควบคู่กับผนังอิฐมวลเบา

6. ทำการทดสอบในสภาวะการจำลองภูมิอากาศ

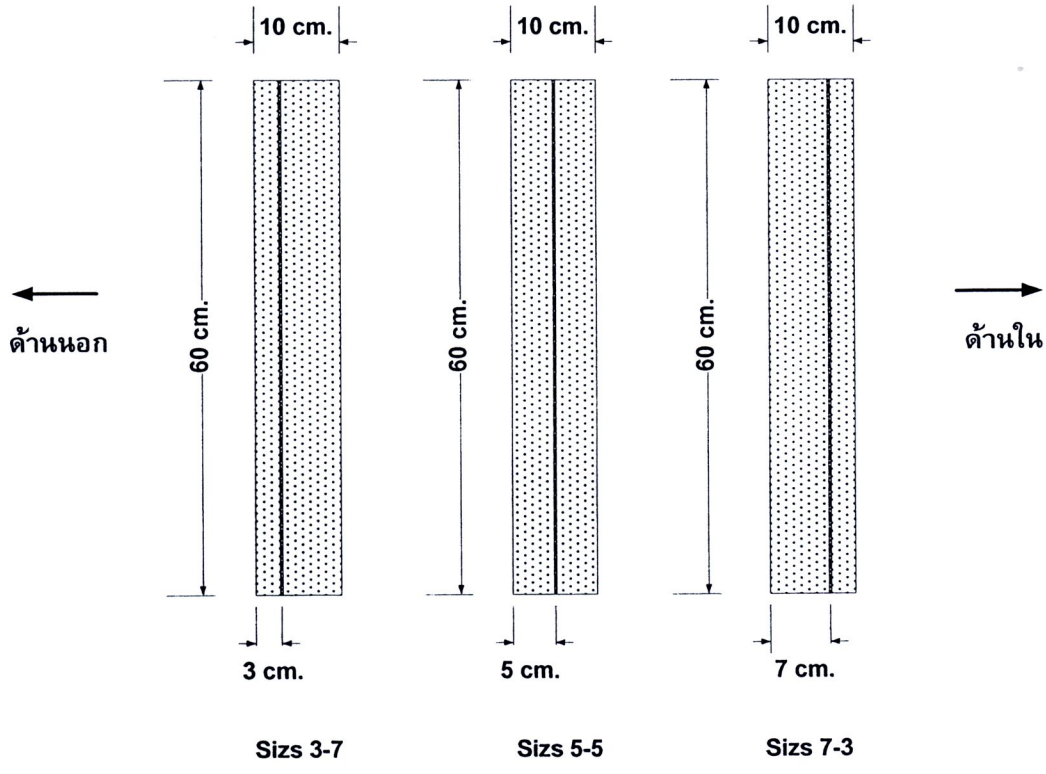
7. เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

8. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการนำ PCM มาใช้งานร่วมกับผนังคอนกรีตมวลเบา

9. สรุปผลและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

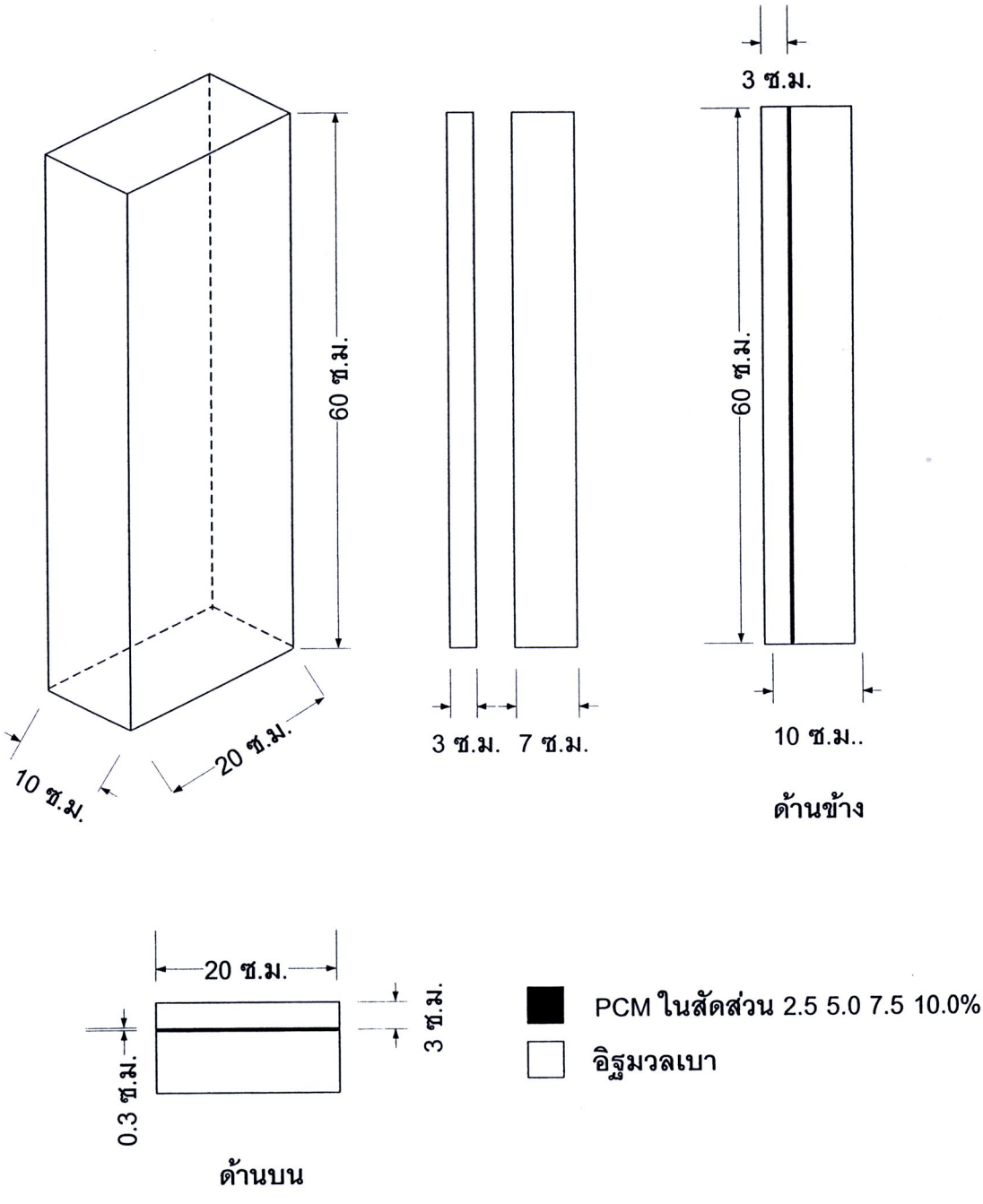
การพัฒนาสารเปลี่ยนสถานะร่วมกับผนังอิฐมวลเบา

การพัฒนาสารเปลี่ยนสถานะร่วมกับผนังอิฐมวลเบาเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพเป็นหลัก โดยทำการผสม PCM ชนิด S32 กับปูนก่อในสัดส่วน 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) PCM ผสมปูนก่อหนา 3 มิลลิเมตร แบ่งรูปแบบอิฐมวลเบาออกเป็น 3 แบบ ดังต่อไปนี้



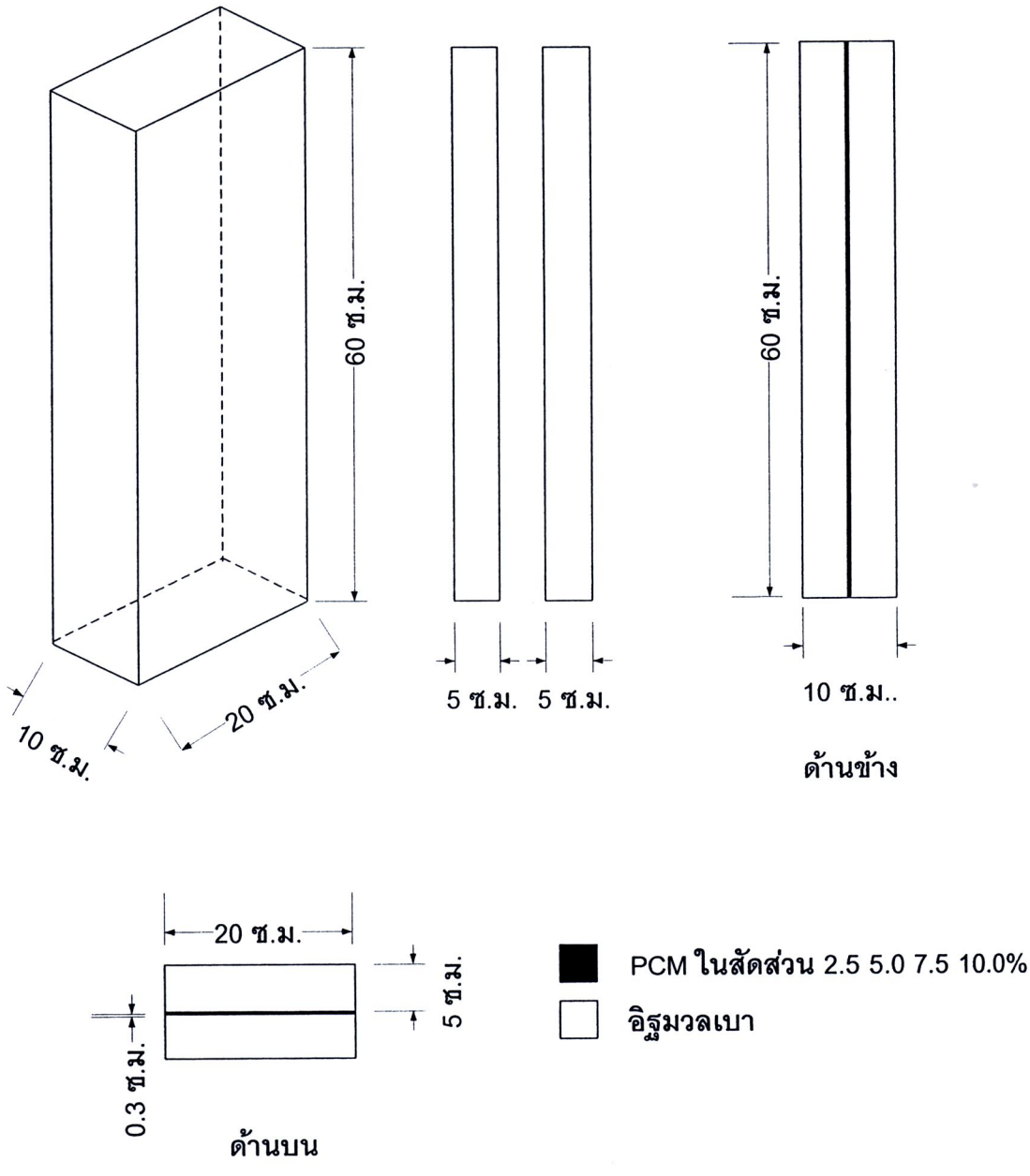
ภาพ 26 ตำแหน่งการติดตั้ง PCM ในการทดสอบ

1. size 3-7 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ชนิด S32 ผสมปูนก่อ ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 3.0 เซนติเมตร และผนังด้านใน 7.0 เซนติเมตร ตามลำดับ



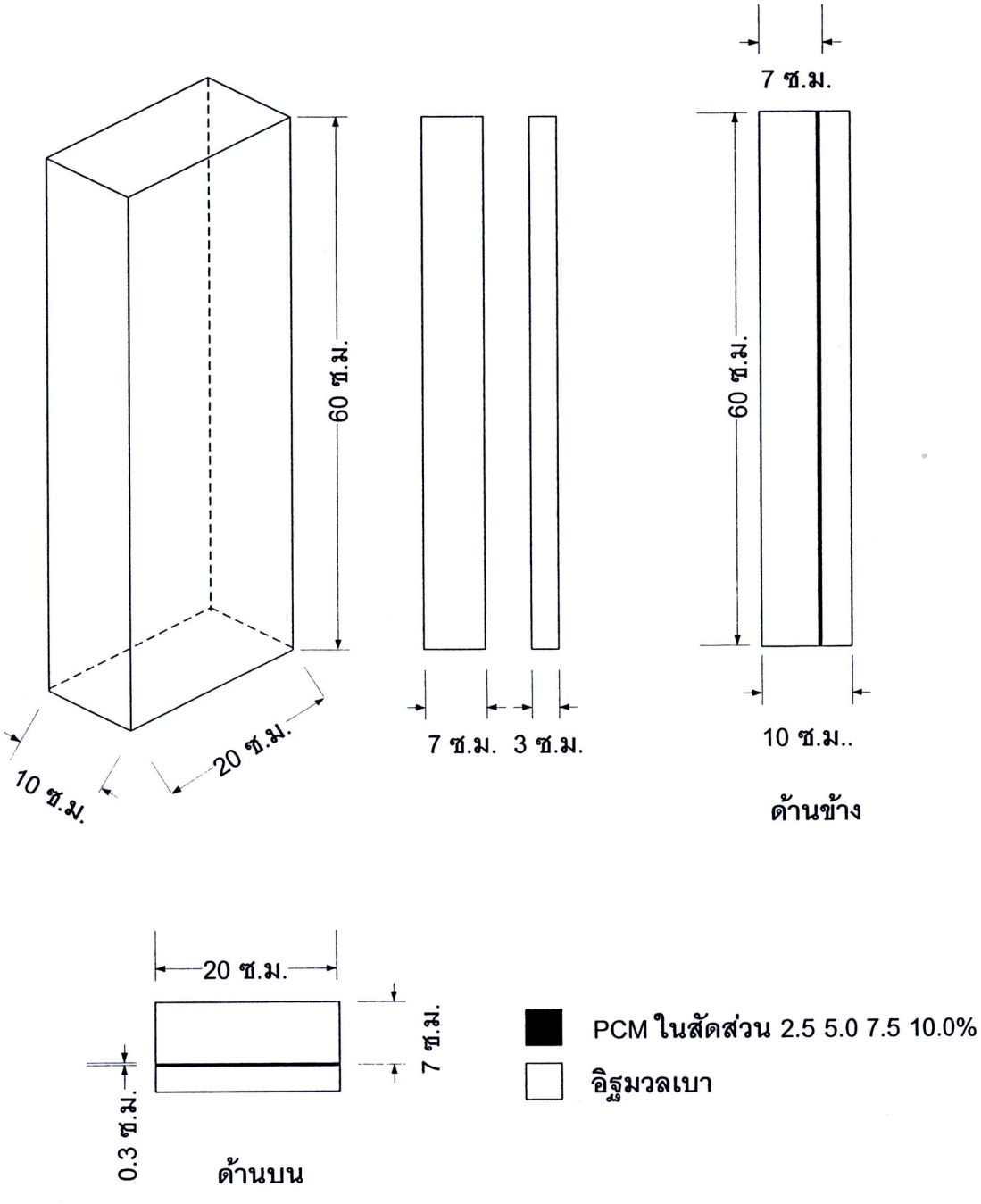
ภาพ 27 รูปแบบผนังอิฐมวลเบา (3-7 PCM อยู่ผนังด้านนอก)

2. size 5-5 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ชนิด S32 ผสมปูนก่อ ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 5.0 เซนติเมตร และผนังด้านใน 5.0 เซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพ 28 รูปแบบผนังอิฐมวลเบา (5-5 PCM อยู่ผนังด้านนอก)

3. size 7-3 ประกอบด้วย อิฐมวลเบา 2 ชั้น ตรงกลางใส่ PCM ชนิด S32 ผสมปูนก่อ ที่ตำแหน่งห่างจากผนังด้านนอก 7.0 เซนติเมตร และผนังด้านใน 3.0 เซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพ 29 รูปแบบผนังอิฐมวลเบา (7-3 PCM อยู่ผนังด้านนอก)

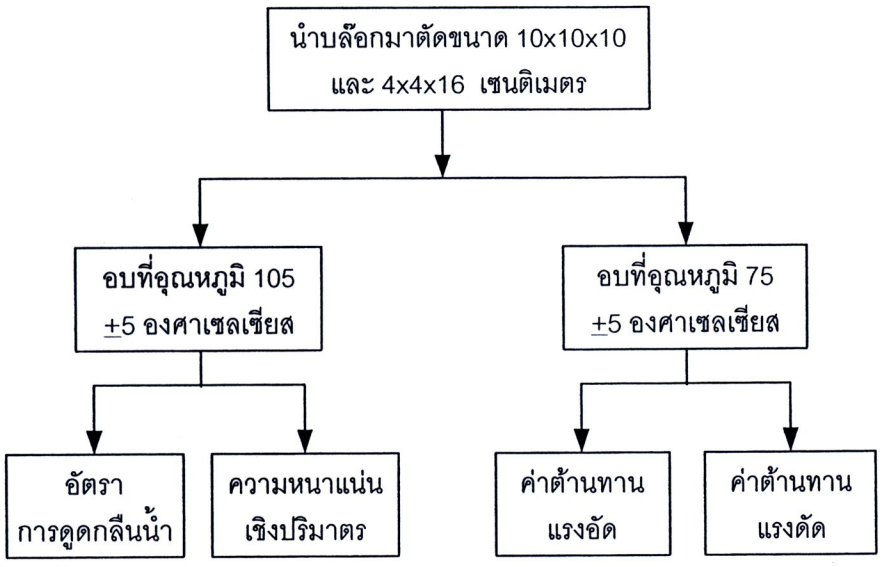
ตาราง 2 แสดงปริมาตรของผนัง PCM ชนิด S32 ใน 1 ก้อน ขนาด 60 x 20 x 10 เซนติเมตร

อิฐมวลเบา (ซ.ม.^{3})	PCM (ซ.ม.^{3})	รวม (ซ.ม.^{3})	ปูนก่อ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	PCM ชนิด S32 (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
11,640	360	12,000	97.5	2.5
11,640	360	12,000	95.0	5.0
11,640	360	12,000	92.5	7.5
11,640	360	12,000	90.0	10.0

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ได้แก่ ความหนาแน่นแห้งเชิงปริมาตร ค่าต้านทานแรงอัด ค่าต้านทานแรงดัด และอัตราการดูดกลืนน้ำ เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ที่ส่งผลให้อิฐมวลเบามีสมบัติที่ดีตามมาตรฐานของอุตสาหกรรม มอก.1505-2541 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

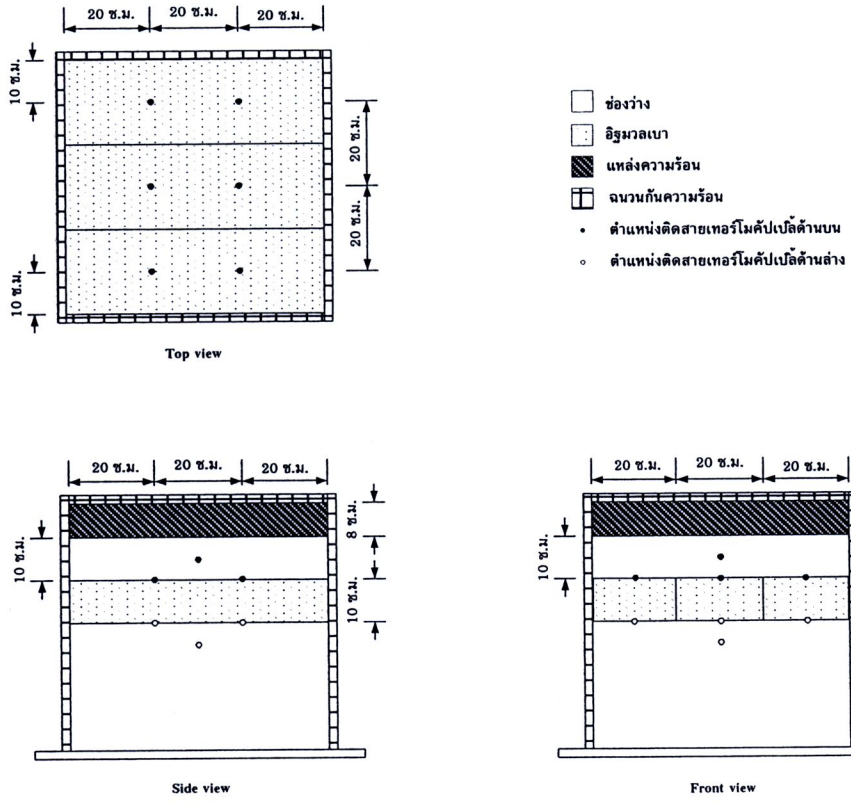
1. นำบล๊อกมาตัดเพื่อนำไปทดสอบ โดยตัดขนาด 10x10x10 และ 4x4x16 เซนติเมตร
2. ทำการวัดมิติบล๊อกทุกก้อนด้วยเวอร์เนียและทำการบันทึกผลลงในแผ่นบันทึกผล
3. ทำการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้งเชิงปริมาตรก้อนตัวอย่างขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ทำการอบที่อุณหภูมิ 105 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาความหนาแน่นแห้ง และนำบล๊อกแช่น้ำ 24 ชั่วโมงเพื่อหาอัตราการดูดกลืนน้ำ
4. ทำการทดสอบแรงอัดก้อนตัวอย่างขนาด 10x10x10 เซนติเมตร ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 75 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. ทำการทดสอบแรงดัดก้อนตัวอย่างขนาด 4x4x16 เซนติเมตร ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 75 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพ 30 ขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบการหน่วงความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM

ทดสอบการหน่วงความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM โดยใช้แหล่งทำความร้อน (heater) ที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งในการเลือกช่วงอุณหภูมิในการทดสอบ 40-60 องศาเซลเซียส นั้นผู้วิจัยได้ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับอุณหภูมิผนังอาคารพบว่าผนังอาคารจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงดังกล่าว (เอกชัย บุญสุวรรณ์, 2549; สุพัชชา ลอยขจร, 2554; อรไท แจ่มจำรัส, 2554) โดยทำการทดสอบดังภาพ 31

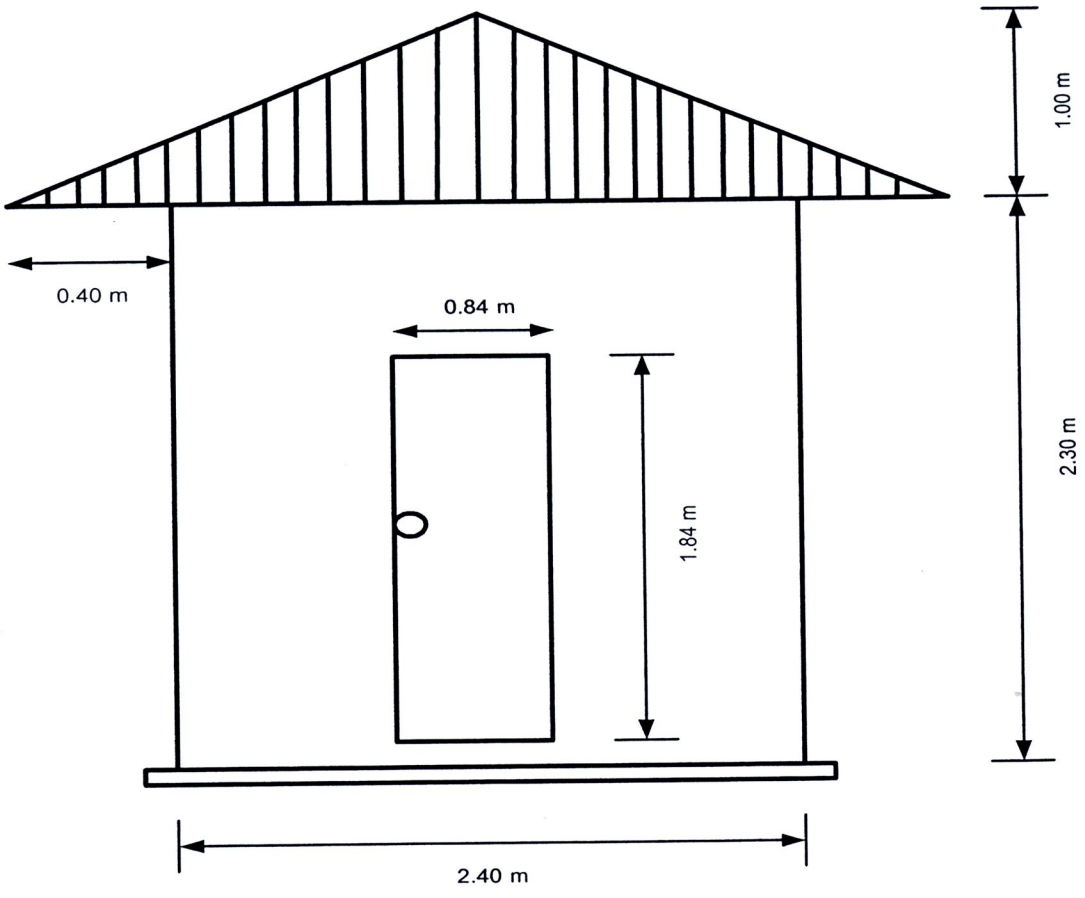


ภาพ 31 ตำแหน่งทดสอบการหน่วงความร้อน

บ้านทดสอบ

ทำการออกแบบบ้านทดสอบโดยจำลองมาจากบ้านจริง 4 หลัง สร้างด้วยผนังอิฐมวลเบา ผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM ผนังอิฐมอญ และผนังอิฐบล๊อก บ้านที่สร้างประกอบด้วยหลังคาปูกระเบื้องซีแพ็คสีเทา ทำมุมเอียง 30 องศา และบุด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์สะท้อนความร้อน ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ดมีความหนา 1 เซนติเมตร ขนาดของบ้านทดสอบ ดังต่อไปนี้

- กว้าง 2.4 เมตร
- ยาว 2.4 เมตร
- สูง 2.3 เมตร
- หลังคาบ้านสูง 1.0 เมตร
- ชายคาบ้าน 0.4 เมตร
- ประตูบ้านยาว 1.84 เมตร
- ประตูบ้านกว้าง 0.84 เมตร



ภาพ 32 แบบบ้านทดสอบ

การเก็บรวมรวมข้อมูล

ทำการทดสอบในเวลากลางวันและกลางคืนเพื่อศึกษาค่าการนำความร้อนของผนังบ้านทดสอบทั้ง 3 หลัง รวมถึงการดูดซับและคายความร้อนของอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. วิธีการทดสอบ

1.1 สร้างบ้านทดสอบทั้งหมด 3 หลัง คือ ผนังอิฐมวลเบา ผนังอิฐมวลเบาที่มีส่วนประกอบของ PCM และผนังอิฐมอญ

1.2 ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลแบบ เค ด้านในและด้านนอกบ้านทดสอบ

1.3 ติดตั้งไพรานอมิเตอร์ในบริเวณโล่งแจ้ง

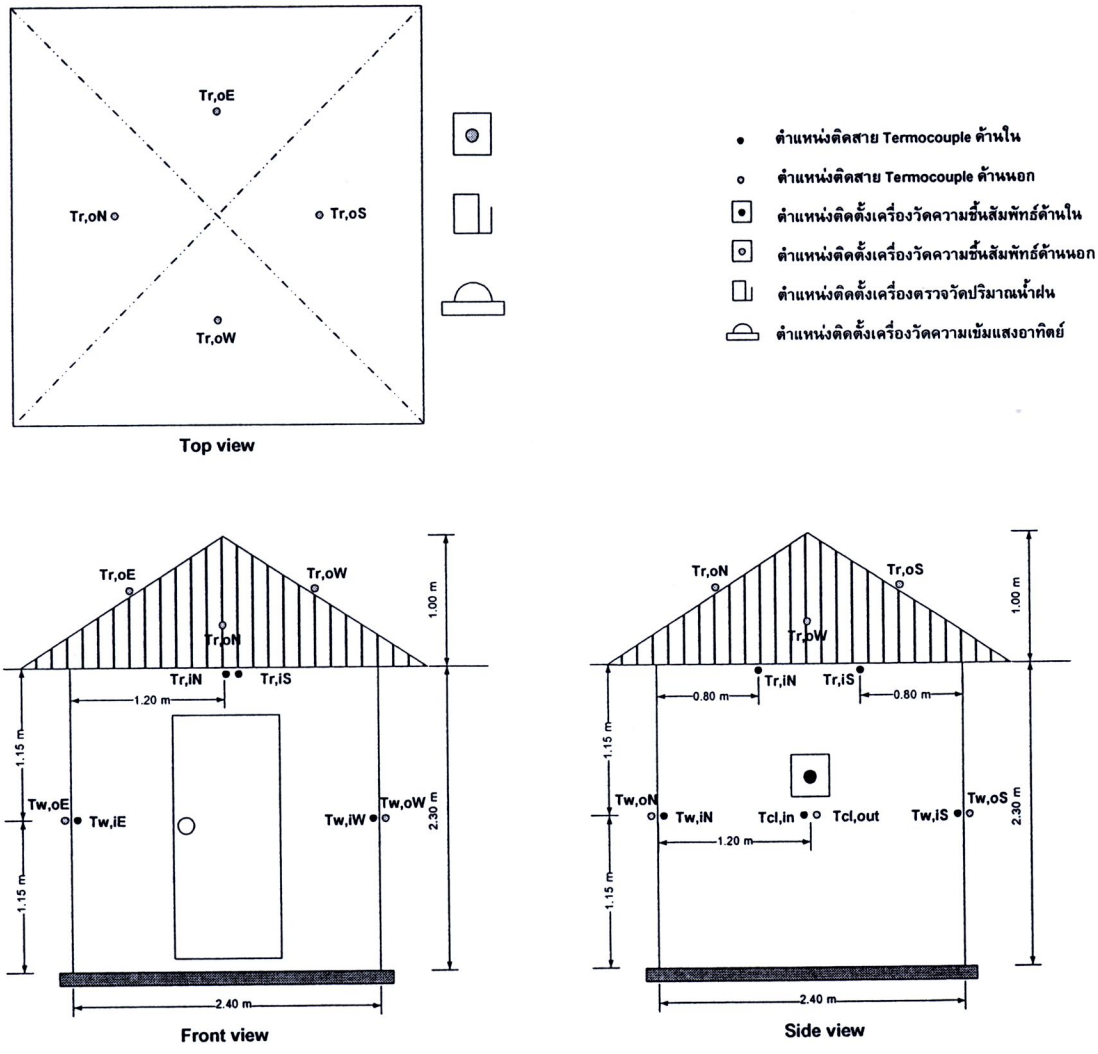
1.4 ติดตั้งเครื่องทดสอบความชื้นภายในบ้านทั้งสี่หลัง และภายนอก

1.5 ทำการทดสอบตั้งแต่เวลา 06.00 จนถึง 06.00 ของวันถัดไป

1.6 เก็บข้อมูลการทดสอบทุก 1 นาที

2. ตำแหน่งวัดอุณหภูมิ

ทำการติดสายสายเทอร์โมคัปเปิ้ลแบบ เค ด้านในและด้านนอก ณ จุดต่างๆ เพื่อวัดอุณหภูมิ พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลม เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ เครื่องวัดอุณภูมิและความชื้นอากาศแวดล้อม รวมถึงเครื่องตรวจวัดปริมาณน้ำฝน (จำลองฤดูฝน)



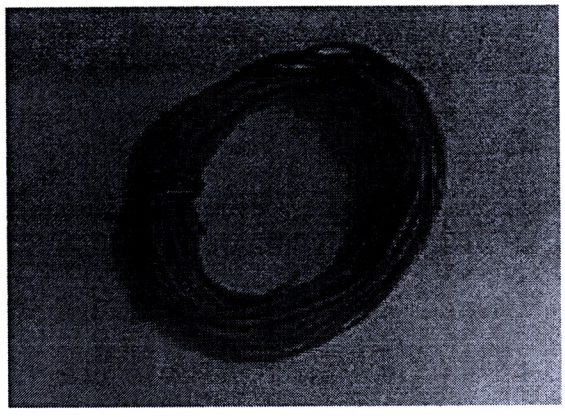
ภาพ 33 ตำแหน่งการตรวจวัดที่บ้านทดสอบ

ตาราง 3 ตำแหน่งการตรวจวัดที่บ้านทดสอบ

สัญลักษณ์	ความหมาย
Tw,Ni	อุณหภูมิผนังด้านใน ทิศเหนือ
Tw,Ei	อุณหภูมิผนังด้านใน ทิศตะวันออก
Tw,Si	อุณหภูมิผนังด้านใน ทิศใต้
Tw,Wi	อุณหภูมิผนังด้านใน ทิศตะวันตก
Tw,No	อุณหภูมิผนังด้านนอก ทิศเหนือ
Tw,Eo	อุณหภูมิผนังด้านนอก ทิศตะวันออก
Tw,So	อุณหภูมิผนังด้านนอก ทิศใต้
Tw,Wo	อุณหภูมิผนังด้านนอก ทิศตะวันตก
Tr,Ni	อุณหภูมิหลังคาด้านใน ทิศเหนือ
Tr,Si	อุณหภูมิหลังคาด้านใน ทิศใต้
Tr,No	อุณหภูมิหลังคาด้านนอก ทิศเหนือ
Tr,Eo	อุณหภูมิหลังคาด้านนอก ทิศตะวันออก
Tr,So	อุณหภูมิหลังคาด้านนอก ทิศใต้
Tr,Wo	อุณหภูมิหลังคาด้านนอก ทิศตะวันตก
Ta,in	อุณหภูมิอากาศแวดล้อมภายในบ้าน
Ta,out	อุณหภูมิอากาศแวดล้อมภายนอกบ้าน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. สายเทอร์โมคัปเปิลแบบ เค (thermocouple type K) วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -200 ถึง 1,370 องศาเซลเซียส ต่อเข้ากับช่องสัญญาณของเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger)

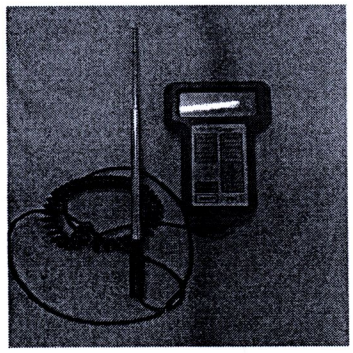


ภาพ 34 สายเทอร์โมคัปเปิ้ลแบบเค

2. เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger) ยี่ห้อ HIOKI รุ่น 8422-51 เป็นเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ มีช่องสัญญาณจำนวน 32 ช่องสัญญาณ ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้า

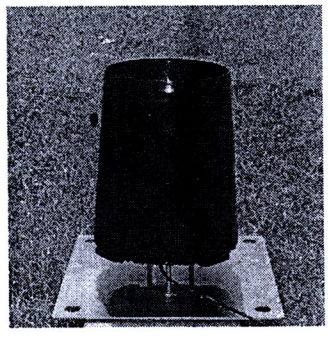
ภาพ 35 เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

3. เครื่องวัดความเร็วลม ใช้สำหรับวัดความเร็วลมภายนอกบ้านทอสอบ



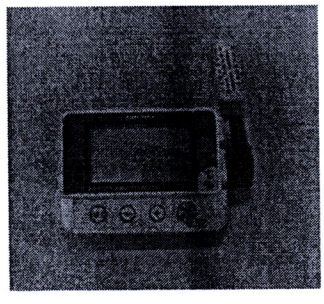
ภาพ 36 เครื่องวัดความเร็วลม

4. เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน ใช้ในกรณีทำการทดสอบสภาพแวดล้อมจากการจำลองฤดูฝนในบริเวณบ้านทดสอบ



ภาพ 37 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน

5. เครื่องวัดอุณภูมิและความชื้นอากาศแวดล้อม ยี่ห้อ HIOKI รุ่น LR5001 เป็นเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นอากาศแวดล้อม

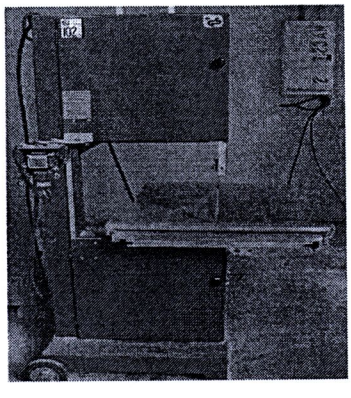


ภาพ 38 เครื่องวัดอุณภูมิและความชื้นอากาศแวดล้อม

6. ไพรานอมิเตอร์ (pyranometer) ติดตั้งในที่โล่งแจ้ง ใช้สำหรับวัดความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ในแต่ละวันที่ทำการทดสอบ

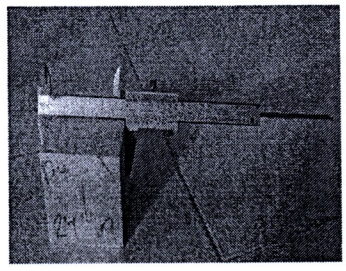
ภาพ 39 ไพรานอมิเตอร์

7. เครื่องสำหรับตัดขนาดความกว้างของบล็อกทดลองให้มีขนาดต่างๆ เพื่อใช้ในการทดสอบสมบัติทางกายภาพ



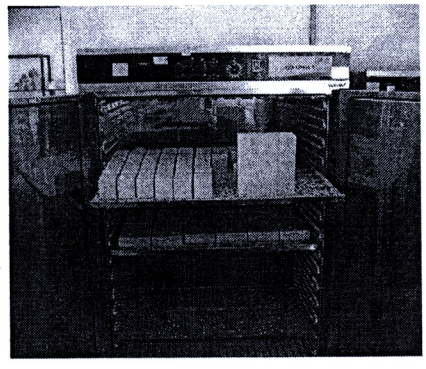
ภาพ 40 เครื่องที่ใช้ในการตัดขนาดของอิฐมวลเบาที่ใช้ในการทดสอบต่างๆ

8. เวอร์เนียร์ ใช้สำหรับวัดขนาดของก้อนอิฐมวลเบาเพื่อใช้ในการคำนวณพื้นที่และผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ โดยมีความละเอียดที่ 0.1 มิลลิเมตร



ภาพ 41 การวัดโดยเวอร์เนียร์

9. ตู้อบความร้อน อบความร้อนที่ 75 และ 105 องศาเซลเซียส ใช้ในการไล่ความชื้นและการยืดหดตัวของอิฐตัวอย่าง เพื่อใช้ในการทดสอบตัวอย่างตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

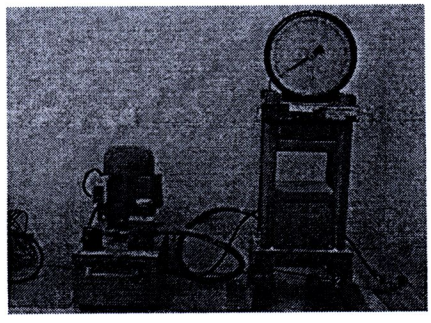


ภาพ 42 ตู้อบความร้อนใช้ในการอบอิฐมวลเบาตัวอย่างที่ทดสอบ

10. เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักของอิฐมวลเบาก่อนอบ หลังอบและหลังจากแช่น้ำ 24 ชั่งโมง

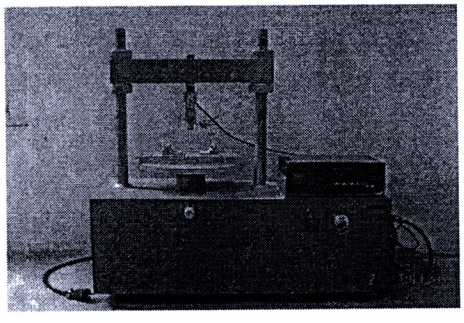
ภาพ 43 การชั่งน้ำหนักของอิฐมวลเบา

11. เครื่องทดสอบแรงอัด ใช้ทดสอบแรงอัดของบล๊อกตัวอย่างที่มีขนาด 10 x 10 x 10 เซนติเมตร โดยเครื่องสามารถรับแรงอัดได้สูงสุดที่ 10 ตัน



ภาพ 44 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบแรงอัด

12. เครื่องทดสอบแรงดัด ใช้ทดสอบแรงดัดของบล๊อกตัวอย่างที่มีขนาด 4 x 4 x 160 เซนติเมตร โดยเครื่องสามารถรับแรงดัดได้สูงสุดที่ 500 กิโลกรัม



ภาพ 45 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบแรงดัด