



รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกโรงอบแห้ง
ด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์

The concrete block development in heat storage system for postharvest
building by solar cell

ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธรรมมา เจียรธรวานิช

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2561

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้คงสำเร็จลุล่วงลงด้วยดีไม่ได้หากขาดการสนับสนุนจากบุคคลหรือหน่วยงานต่าง ๆ ต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ หน่วยงานที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2561

เกษตรชุมชนดอนสวรรค์ ชุมชนทุ่งศรีเมืองพัฒนา และชุมชนเกษตรสมบูรณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่คอยช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัย

อาจารย์ศุภกิจ เคิกศิริ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อาจารย์สุวิมล เจียรธรวาณิช อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ช่วยดูแลแนะนำและให้คำปรึกษาต่าง ๆ ในการทำงานวิจัย

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สำหรับความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

กองคลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สำหรับความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ ๆ ทุกคนที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา ให้กำลังใจและเข้าใจตลอดระยะเวลาการทำวิจัย จนกระทั่งผู้วิจัยสามารถทำงานวิจัยสำเร็จลงได้

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาาระบบสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกโอบหุ้มด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพื่อสร้างโอบหุ้มระบบหมุนเวียนอากาศด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการสะสมความร้อนในโอบหุ้ม และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการอบแห้งของตัวอย่างในการทดลอง โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาจากการสร้างโอบหุ้ม 2 โอบ คือ 1) โอบที่สร้างจากบล็อกคอนกรีตธรรมดาทั่วไป และ 2) โอบที่สร้างจากบล็อกคอนกรีตที่มีพาราฟินอยู่ตรงกลางเพื่อช่วยสะสมความร้อนพร้อมกับติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่ใช้ระบบ Solar cell ในการให้พลังงานไฟฟ้าแก่พัดลมระบายอากาศภายใน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการวัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นเพื่อนำมาทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของโอบหุ้มทั้ง 2 โอบ พบว่าประสิทธิภาพการสะสมความร้อนในโอบหุ้มนั้น จะใช้ค่าอุณหภูมิเป็นตัวแทน และต้องการทดสอบสมมติฐานว่าประสิทธิภาพด้านการสะสมความร้อนของโอบหุ้มทดลองดีกว่าโอบหุ้มปกติหรือไม่ โดยผลการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวข้างต้น พบว่า ค่า P-Value เท่ากับ 0.003 เมื่อเปรียบเทียบค่า P-Value กับค่าระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ค่า P-Value น้อยกว่า ให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของโอบหุ้มทดลองดีกว่าโอบหุ้มปกติอย่างมีนัยสำคัญ และประสิทธิภาพการอบแห้งของตัวอย่างในการทดลองนั้น จะใช้ค่าความชื้นเป็นตัวแทน และต้องการทดสอบสมมติฐานว่าประสิทธิภาพด้านการอบแห้งของตัวอย่างของโอบหุ้มทดลองดีกว่าโอบหุ้มปกติหรือไม่ โดยผลการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวข้างต้น พบว่า ค่า P-Value เท่ากับ 0.996 เมื่อเปรียบเทียบค่า P-Value กับค่าระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ค่า P-Value มากกว่า จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพการอบแห้งของโอบหุ้มทดลองไม่แตกต่างกับโอบหุ้มปกติอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าโอบหุ้มทดลองจะติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่ใช้ระบบ Solar cell ในการให้พลังงานไฟฟ้าแก่พัดลมระบายอากาศภายในและจากการทดลองก็ให้ค่าความชื้นต่ำกว่าโอบหุ้มปกติทั่วไปก็ตาม แต่จากการทดสอบสมมติฐานพบว่าโอบหุ้ม 2 โอบไม่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะปัจจัยอื่นที่อาจส่งผล เช่น ทำเลทดสอบเป็นจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จุดตั้งโอบหุ้มทดสอบเป็นบริเวณลานกลางแจ้ง จึงอาจทำให้ค่าความชื้นไม่สูงมาก รวมทั้งการใช้ค่าความชื้นอย่างเดียวเป็นตัวแทนวัดประสิทธิภาพการอบแห้งอาจจะยังไม่เพียงพอ

Abstract

The research about the development of heat accumulation system of concrete blocks for drying chambers using solar cells aimed to construct a drying chamber with air circulation system using solar cells, to investigate the efficiency of heat accumulation in the drying chambers and to study the drying efficiency of the samples. The 2 drying chambers including: 1) the drying chamber constructed by general concrete blocks and: 2) the drying chamber constructed by concrete blocks with paraffin inside the blocks to accumulate heat were investigated. Ventilating fans using solar cells as an electric power were installed. The data was collected through temperature and humidity measurement to test the hypothesis that compared the efficiency of 2 drying chambers. The findings showed that the temperatures represented the heat accumulation efficiency of the drying chambers. The research tested the hypothesis that whether the efficiency of heat accumulation of the drying chambers was better than normal drying chambers. The findings showed that the P-Value was 0.003. When comparing the P-Value with the significant value ($\alpha = 0.05$), the P-Value was lower. The hypothesis was rejected. Therefore, the efficiency of the heat accumulation sample drying chambers was significantly better. The humidity represented the drying efficiency of the samples. The research tested the hypothesis that whether the drying efficiency of the samples in the sample drying chambers was better than normal drying chambers. The findings showed that the P-Value was 0.996. When comparing the P-Value with the significant value ($\alpha = 0.05$), the P-Value was higher. The hypothesis was accepted. The drying efficiency of sample drying chambers was not significantly different from normal drying chambers though the ventilating fans using solar cells as an electric power were installed. Based on the hypothesis testing, it was found that the 2 drying chambers were not different. This was possibly due to other factors such as the test locations in the north eastern region and the indoor installing sites of the drying chambers, resulting in low humidity. In addition, only humidity could not represent the drying efficiency sufficiently.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....	ข
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ

บทที่

1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ.....	3
2 การทบทวนวรรณกรรม.....	4
2.1 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน.....	4
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงอาทิตย์.....	9
2.3 เทคโนโลยีคอนกรีต.....	11
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับคอนกรีตบล็อก.....	13
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการนำความร้อนของคอนกรีต.....	14
2.6 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell).....	15
2.7 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	18
2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 เนื้อหาการวิจัย.....	28
3.1 ข้อมูลทั่วไป.....	28
3.2 สูตรผสมของคอนกรีต.....	28
3.3 ขั้นตอนการผสม.....	30
3.4 การทดสอบสมบัติ.....	32
3.5 การสร้างห้องต้นแบบในการทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นคอนกรีต.....	37
3.6 รายละเอียดการดำเนินงานวิจัย.....	44
4 ผลการวิจัย.....	47
4.1 ผลการทดสอบด้านมิติ.....	47
4.2 ผลการทดสอบความต้านแรงดัดตามขวาง.....	47
4.3 ผลจากการทดสอบการดูดซึมน้ำ.....	49
4.4 การทดสอบค่าการสะสมความร้อน.....	49
4.5 การสร้างโรงอบแห้งระบบหมุนเวียนอากาศด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์.....	54
4.6 ผลการทดสอบอุณหภูมิโรงอบ.....	60
4.7 ผลการทดสอบความชื้นโรงอบ.....	62
4.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโรงอบ.....	65
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	68
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	68
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	70
บรรณานุกรม.....	71
ภาคผนวก.....	73
ภาคผนวก ก.....	74
ภาคผนวก ข.....	87

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ความเข้มแสง และศักยภาพเชิงพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วประเทศ.....	10
2.2 สรุปการเกิดความคลาดเคลื่อน.....	26
3.1 สัดส่วนการผสมคอนกรีตโดยน้ำหนัก.....	29
3.2 ตารางผลการทดลองการวัดค่าความชื้นของคอนกรีต.....	32
3.3 แบบรายงานผลการทดสอบแรงอัดคอนกรีต.....	34
4.1 แสดงผลการตรวจสอบมิติของแผ่นคอนกรีตบล็อกปูพื้น.....	47
4.2 แสดงค่าความต้านแรงดัดตามขวางของคอนกรีตปูพื้น มาตรฐานบ่มที่ 28 วัน.....	48
4.3 ค่าความต้านแรงดัดตามขวางของคอนกรีตปูพื้นพาราฟิน ร้อยละ 40 บ่มที่ 28 วัน.....	48
4.4 ค่าความต้านแรงดัดตามขวางของคอนกรีตปูพื้นพาราฟิน ร้อยละ 60 บ่มที่ 28 วัน.....	48
4.5 แสดงการทดสอบการดูดซึมน้ำ.....	49
4.6 ค่าอุณหภูมิของแผ่นคอนกรีตในห้องทดลองขนาด 390x390x190 มิลลิเมตร.....	49
4.7 ค่าเฉลี่ยการรับแรงกดของแผ่นคอนกรีตบล็อกโดยผสมเกล็ดต่อผงไฟเบอร์ ที่พาราฟิน ร้อยละ 40.....	51
4.8 ค่าการนำความร้อนของแผ่นคอนกรีตบล็อกโดยผสมเกล็ดต่อผงไฟเบอร์.....	51
4.9 ค่าอุณหภูมิของแผ่นคอนกรีตในห้องทดลองขนาด 390x390x190 มิลลิเมตร.....	53
4.10 แสดงค่าอุณหภูมิของโรงอบทั้ง 2 โรง.....	60
4.11 แสดงค่าความชื้นของโรงอบทั้ง 2 โรง.....	63
4.12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของโรงอบ.....	65
4.13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบ.....	66

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ

หน้า

2.1	โครงสร้างของระบบอบแห้งแบบ Direct solar drying (DSD).....	5
2.2	โครงสร้างของระบบอบแห้งแบบ Indirect solar drying (ISD).....	7
2.3	Reverse absorber cabinet dryer (a) แบบ Indirect และ (b) แบบ Mixed.....	8
2.4	แผนที่รังสีดวงอาทิตย์.....	10
2.5	อิฐบล็อกที่มีรูตรงกลางเป็นอิฐที่ใช้รับน้ำหนัก.....	13
2.6	อิฐบล็อกที่มีรูตรงกลางและไม่มีรูตรงกลางเป็นอิฐที่ใช้ไม่รับน้ำหนัก.....	13
3.1	ลักษณะของแผ่นคอนกรีตบล็อก.....	28
3.2	ร่อนหินผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และล้างทำความสะอาดหิน.....	30
3.3	เตรียมหินแกรนิตบดและการเตรียมแผ่นพาราฟิน.....	30
3.4	การผสมและถอดแบบคอนกรีตตามมาตรฐาน มอก. 378-2531.....	31
3.5	การแกะออกจากแบบ.....	31
3.6	การแช่น้ำเพื่อวัดค่าความชื้น.....	32
3.7	การทดสอบแรงอัดคอนกรีต.....	34
3.8	แผนการทดลองวัดค่าความร้อน.....	35
3.9	แสดงการทดสอบวัดค่าความร้อนจากแผ่นตัวอย่าง.....	36
3.10	เตรียมห้องทดสอบเพื่อหาค่าความร้อนของแผ่นทดสอบ.....	36
3.11	ภาพของห้องอบที่ปูพื้นด้วยแผ่นคอนกรีตบล็อกและก่อผนังด้วยอิฐบล็อกโรงอบมาตรฐาน.....	38
3.12	ภาพของห้องอบที่ปูพื้นด้วยแผ่นคอนกรีตบล็อกและก่อผนังด้วยอิฐบล็อกโรงอบที่มีพัดลมระบายอากาศ.....	39
3.13	แบบรายละเอียดโรงต้นแบบ.....	40
3.14	แบบรายละเอียดโรงต้นแบบพร้อมขนาด ด้านหน้า.....	41
3.15	แบบรายละเอียดโรงต้นแบบพร้อมขนาด ด้านข้าง.....	42
3.16	แบบรายละเอียดโรงต้นแบบพร้อมขนาด ด้านบน.....	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.1 ผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่อแผ่นคอนกรีตโดยทดลองในห้องปิด.....	50
4.2 การวัดอุณหภูมิและการสะสมความร้อนของแผ่นคอนกรีตบล็อกในแต่ละช่วงเวลา.....	54
4.3 โรงอบแห้งจำลองมาตรฐานและโรงอบแห้งจำลองที่มีระบบระบายอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์.....	55
4.4 โรงอบแห้งจำลองมาตรฐาน.....	55
4.5 โรงอบแห้งจำลองที่มีระบบระบายอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์.....	56
4.6 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 100 วัตต์.....	56
4.7 หลักรังของโรงอบแห้งจำลองเพื่อให้แสงแดดส่องถึงพื้นคอนกรีตบล็อก.....	57
4.8 ตะแกรง 3 ชั้น.....	57
4.9 ตะแกรง 3 ชั้น ใช้ในการตากพริกชี้ฟ้า.....	58
4.10 การวัดค่าอุณหภูมิตามจุดทดสอบต่าง ๆ ของคอนกรีตบล็อกในโรงอบจำลอง.....	58
4.11 การวัดค่าความชื้นตามจุดทดสอบต่าง ๆ ของคอนกรีตบล็อกในโรงอบจำลอง.....	59
4.12 การวัดค่าอุณหภูมิของพริกชี้ฟ้า.....	59
4.13 การวัดค่าความชื้นของพริกชี้ฟ้า.....	60
4.14 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกและภายในโรงอบทั้ง 2 โรงตามช่วงเวลา.....	62
4.15 ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอกและภายในโรงอบทั้ง 2 โรงตามช่วงเวลา.....	64

บทที่ 1

บทนำ

การศึกษาวิจัยเริ่มต้นมาจากการเห็นถึงความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นและนำมาวิเคราะห์หาคำตอบหรือหนทางแก้ไขปัญหาโดยใช้หลักทฤษฎีประกอบ ซึ่งต้องเริ่มจากการวางกรอบการวิจัย กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการศึกษา ระบุขั้นตอนการดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการศึกษาวิจัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตศูนย์สูตร ซึ่งได้รับพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยต่อปีประมาณ $18 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ซึ่งมีศักยภาพเพียงพอต่อการพัฒนาระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรต่าง ๆ ในปัจจุบันระบบอบแห้งที่ห้องปฏิบัติการพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ร่วมมือกับ กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้มีการแนะนำเกษตรกรให้ทดลองใช้และเป็นประโยชน์อย่างมาก แต่ในระบบดังกล่าวยังพบข้อจำกัดในหลายประการเช่น ไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ตากบนพื้น ไม่เหมาะสมกับชั้นอบแห้งที่มีหลายชั้น และผลิตภัณฑ์ที่มีความหนามาก อีกทั้งการเทพื้นยังพบปัญหาเรื่องความชื้นที่แผ่ขึ้นมาจากผิวดิน และพบการท่วมขังของน้ำเมื่อฝนตก ดังนั้นโรงเรือนจึงจำเป็นต้องมีระบบระบายน้ำเพื่อรองรับการท่วมขัง และทำให้พื้นคอนกรีตโรงอบแห้งดูดซับความชื้นมีผลรบกวนกับความชื้นในโรงเรือนได้ และโรงอบอีกแบบหนึ่งได้อาศัยความร้อนจากเตาผลิตก๊าซจากเชื้อเพลิงชีวมวลแบบ Fixed bed ในการลดความชื้นในอุตสาหกรรมการทำไม้ และเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงสีข้าว ซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ต่อมาในปี พ.ศ. 2533 ได้มีการพัฒนาและเริ่มใช้เตาผลิตก๊าซ แบบ Circulating fluidized bed gasifier (CFBG) ในอุตสาหกรรมการทำไม้ และได้มีการพัฒนาขยายขนาดใหญ่ขึ้น สู่ระดับอุตสาหกรรมและตลาดพลังงานระดับท้องถิ่น ซึ่งระบบดังกล่าวถูกนำมาพัฒนาในการช่วยอบแห้ง ลดระยะเวลาในการอบแห้งได้มากยิ่งขึ้น แต่ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมยังต้องคำนึงถึงจากค่าเสียของการเผาไหม้รวมถึงการผลิตแก๊สที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมออกมา ดังนั้นการควรรวบรวมแบบชีวมวล เพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์และยืดอายุการเก็บรักษานั้นจึงต้องออกแบบระบบบำบัดของเสียเพื่อให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยการศึกษารายงานวิจัยเบื้องต้นนี้ได้เห็นถึงข้อจำกัดของระบบอบแห้งต่างๆ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษานำเทคโนโลยีวัสดุมาประกอบการวิจัยโดยการทำให้คอนกรีตและผนังดูดความร้อนเก็บไว้ในตัวเอง และ

สามารถส่งผ่านความร้อนจากผนังเข้าไปสู่ห้องอบอย่างรวดเร็ว อีกทั้งบนพื้นก็สะสมความร้อนโดยกระจายความร้อนไปทั่วบริเวณห้องอบ ในช่วงเวลาที่หมดแสงอาทิตย์ ความร้อนยังคงสะสมอยู่และแผ่กระจายเข้าสู่ห้องอบ ทั้งนี้ยังสามารถใช้ พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้เปิดพัดลมให้อากาศหมุนเวียนและนำพาความชื้นออกไปจากโรงอบด้วยอีกทางหนึ่ง ซึ่งระบบการสะสมความร้อนโดยอาศัยหลักการสะสมความร้อนของวัสดุเปลี่ยนเฟสและการดูดซึมความชื้นของคอนกรีตเพื่อลดภาระในการอบแห้งและผสมผสานกับระบบระบายอากาศด้วย

จากแนวคิดดังกล่าวเพื่อลดช่องว่างและกำจัดข้อจำกัดของระบบอบแห้ง พร้อมทั้งมีระบบระบายอากาศโดยมุ่งเน้นที่เลือกใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานเป็นกระแสไฟฟ้า เพื่อสร้างระบบไหลเวียนภายในห้องโรงเก็บอีกทางหนึ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อสร้างโรงอบแห้งระบบหมุนเวียนอากาศด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการสะสมความร้อนในโรงอบแห้ง
- 1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการอบแห้งของตัวอย่างในการทดลอง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 วัสดุที่ใช้แผ่นบล็อกคอนกรีตสะสมความร้อนขนาด 30x30x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยออกแบบให้มีพาราฟินอยู่ตรงกลางเพื่อสะสมความร้อนของพื้นโรงอบ

1.3.2 วัสดุก่อผนังใช้ อิฐบล็อกสะสมความร้อนและดูดความชื้น โดยให้ขนาดของบล็อกมีความกว้าง 90 มิลลิเมตร ความยาว 390 มิลลิเมตร และความสูง 190 มิลลิเมตรทั้งนี้ยังอาศัยพาราฟินเป็นสารที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของผนังด้วย

1.3.3 โรงอบแห้ง ขนาดความกว้าง 1.50 เมตร ความยาว 1.50 เมตร และความสูง 2.40 เมตร จำนวน 2 โรง

1.3.4 การวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของโรงอบแห้งใช้การวัดแบบ 3 ระดับ

1.3.5 การวัดค่าอุณหภูมิของโรงอบแห้งใช้การวัดแบบ 3 ระดับ

1.3.6 ใช้ชั้นตากแห้ง 3 ชั้น 3 ถาด ติดตั้งตำแหน่งตรงกลางโรงอบแห้ง เพื่อใช้ตากพืชผลทางการเกษตร

1.3.7 ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

1.3.8 ติดตั้งระบบ Solar cell ในการให้พลังงานไฟฟ้าแก่พัดลมระบายอากาศภายใน

1.3.9 การทดลองใช้ตัวอย่างในการอบแห้งเป็นพริกชี้ฟ้า และทำการสร้างติดตั้งโรงอบแห้งในบริเวณใกล้แหล่งเพาะปลูก คือ จังหวัดในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 การเตรียมข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.4.2 การติดต่อสถานที่ที่จะดำเนินการทดสอบเก็บข้อมูล

1.4.3 การตั้งสมมติฐานการวิจัย เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาระบบสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกในการเก็บพืชผลทางการเกษตร และออกแบบผลการทดสอบที่ครอบคลุมปัจจัยดังกล่าว

1.4.4 การทดสอบเก็บรวบรวมข้อมูล

1.4.5 ประมวลผลด้วยเครื่องมือทางสถิติวิจัยเพื่อสรุปผลการวิจัย

1.4.6 นำเสนอผลการวิจัยเมื่อดำเนินการวิจัยแล้วเสร็จ ต่อที่ประชุมคณะกรรมการฝ่ายวิจัย

1.4.7 ผู้วิจัยตีพิมพ์เผยแพร่งานวิจัยต่อสาธารณชน เพื่อเป็นประโยชน์ในวงกว้างต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ

เกษตรกรชุมชนดอนสวรรค์ ชุมชนทุ่งศรีเมืองพัฒนา และชุมชนเกษตรสมบูรณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ร่วมโครงการสร้างแบบจำลองโรงเก็บพืชผลทางการเกษตรระบบหมุนเวียนอากาศด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้เป็นโรงเก็บพืชผลทางการเกษตรของชุมชน

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาวิจัยหลังจากกำหนดกรอบของการวิจัยแล้ว ต้องศึกษาข้อมูลทั่วไปของงานที่จะทำการวิจัย และทบทวนงานวรรณกรรมที่เคยมีผู้ศึกษาวิจัยไว้ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดต่างๆ ได้ดังนี้

2.1 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน

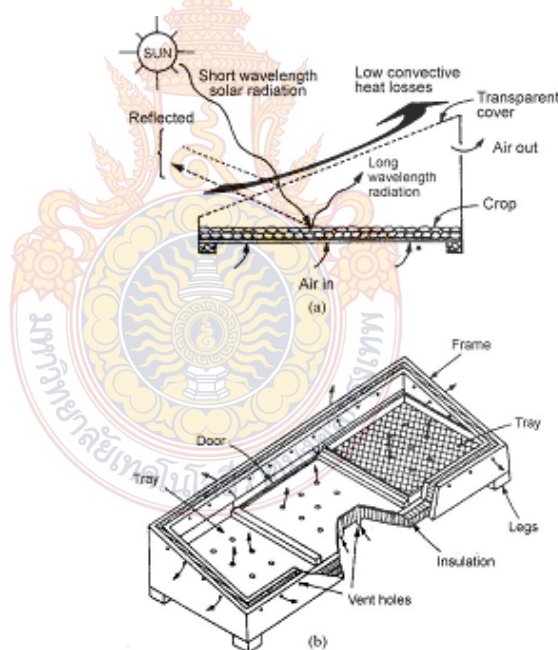
เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน ได้แก่ การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 ลักษณะ คือ

- **การอบแห้งระบบ Passive** เป็นระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่พัดผ่าน
- **การอบแห้งระบบ Active** เป็นระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น มีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ
- **การอบแห้งระบบ Hybrid** เป็นระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ หรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ที่มีใช้กันอยู่ในประเทศไทยคือ การไล่ความชื้นออกจากวัสดุโดยการถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุด้วยวิธีการพาด้วยอากาศ (convection) หรือการแผ่รังสี (radiation) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุให้ความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไป โดยเริ่มต้นที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจนเกิดการแพร่ความชื้นภายในเนื้อวัสดุมาสู่พื้นผิว และจะถูกไล่ออกไปด้วยวิธีการพาด้วยอากาศต่อไป ทำให้ความชื้นโดยรวมของวัสดุลดลง โดยที่ความสามารถของอากาศในการทำให้เกิดการระเหยจากวัสดุ (drying potential) จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศรวมถึงความเร็วลมที่นำพาความร้อน ซึ่งกระบวนการในการอบแห้ง เป็นการระเหยน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ออกไปให้เหลือปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีค่าความชื้นสุดท้ายไม่เท่ากัน โดยอาศัยพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยความร้อนดังกล่าวจะอยู่ในรูปของรังสีดวงอาทิตย์

2.1.1 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ แบ่งตามวิธีการรับรังสีอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งสามารถจำแนกออกเป็น 3 แบบ ดังนี้ (จารุวัฒน์ เจริญจิต ,2012.)

2.1.1.1 รับรังสีอาทิตย์โดยตรง (Direct solar drying; DSD) การอบแห้งแบบรับรังสีอาทิตย์โดยตรง การอบแห้งด้วยวิธีนี้ วัสดุอบแห้งรับรังสีอาทิตย์โดยตรงวัสดุอบแห้งมักจะอยู่ในวัสดุโปร่งใส อากาศภายในเครื่องอบแห้ง ได้รับความร้อน และจะพาความชื้นออกจากวัสดุและหมุนเวียนตามหลักการพาความร้อนตามธรรมชาติ เครื่องอบแห้งแบบนี้อุณหภูมิภายในอาจสูงกว่าบรรยากาศประมาณ 30 องศาเซลเซียส ทำให้เวลาในการอบแห้งจะสั้นลง มีโครงสร้างพื้นฐาน ส่วนใหญ่เป็นตู้อบแห้ง (Cabinet solar dryer) ประกอบด้วยวัสดุโปร่งใสเพื่อให้รังสีอาทิตย์ส่งผ่านไปยังวัสดุอบแห้งในตู้อบ โดยรังสีอาทิตย์ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับสู่บรรยากาศ ที่เหลือส่วนใหญ่จะผ่านกระจกเข้าไปในตู้และถูกดูดกลืน



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของระบบอบแห้งแบบ Direct solar drying (DSD)

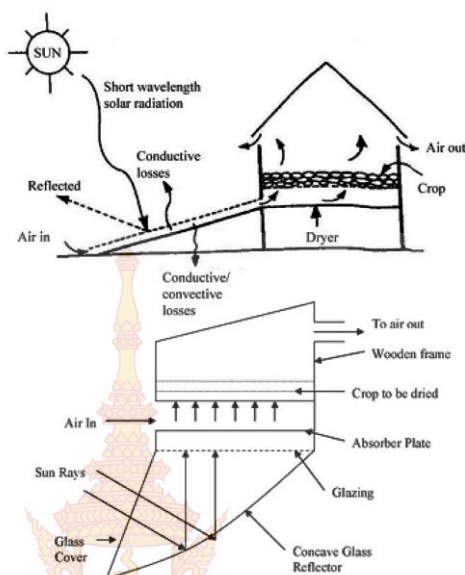
(ที่มา : Sharma A. et.al. 2009)

โดยวัสดุอบแห้งและแผ่นดูดกลืนรังสีทาด้วยสีดำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตามลำดับ จนมีอุณหภูมิสูงขึ้นและเปล่งรังสีความร้อนออกมาจากตัวมันเอง ซึ่งรังสีความ

ร้อนดังกล่าวอยู่ในยานอินฟราเรด ซึ่งมีความยาวคลื่นยาวกว่ารังสีอาทิตย์ ไม่สามารถสะท้อนทะลุผ่านกระจกออกไปได้เกิดเป็นปรากฏการณ์สภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) ส่งผลให้อุณหภูมิในห้องอบสูงขึ้น ตามลำดับ โดยมีกระจกใสปิดเพื่อช่วยลดความร้อนที่สูญเสียความร้อนออกจากตู้อบสู่บรรยากาศโดยตรง อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวมีการสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อน และการระเหยตัวของความชื้นเสมอ เนื่องจากการเจาะรูที่ฐานและที่ด้านบนของตู้อบเพื่อก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศภายใน เพื่อพาความชื้นออกจากวัสดุอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้เหมาะสมกับการใช้งานในเขตที่อากาศร้อนและค่อนข้างแห้ง โดยที่สามารถก่อสร้างและใช้งานได้ง่าย โดยข้อจำกัดของตู้อบแห้งแบบ Cabinet dryer คือ ส่วนใหญ่มีความจุขนาดเล็ก สีของวัสดุอบแห้งซีดจางลงเนื่องจากสัมผัสกับรังสีอาทิตย์โดยตรง ความชื้นกลั่นตัวเป็นหยดบริเวณกระจกทำให้ค่าส่งผ่านรังสีอาทิตย์ลดลง ประสิทธิภาพการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่ำเนื่องจากมีวัสดุอื่นมาบังแผ่นดูดกลืนรังสี ซึ่งปัจจุบันเครื่องอบแห้งแบบนี้ได้รับการพัฒนาให้มีรูปแบบและวัสดุโปร่งใสให้มีประสิทธิภาพสูง เช่นวัสดุที่ใช้ทำหลังคาต้องโปร่งใสทนทานรังสีอัลตราไวโอเลต รังสีอาทิตย์ผ่านเข้าง่ายและสะท้อนออกยากทำให้เก็บสะสมความร้อนได้เป็นอย่างดี และมีน้ำหนักเบาเพื่อลดน้ำหนักโครงสร้าง ปัจจัยสำคัญในการพิจารณาปัจจัยหนึ่งคือราคาของวัสดุที่เลือกใช้กระจกถือว่า เป็นวัสดุที่มีการเลือกใช้กันมากเนื่องจาก มีคุณสมบัติที่ตีราคาถูก แต่มีปัญหาเรื่องการแตกหักง่าย เครื่องอบแห้งแบบโดยตรงที่มีใช้ในปัจจุบันมีหลายรูปแบบด้วยกัน เช่นแบบตู้อบแห้งอุโมงค์ หลังคาโค้งหรืออาจเป็นหลังคาทรงจั่ว

2.1.1.2 รับรังสีอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect solar drying; ISD)

เครื่องอบแห้งแบบนี้วัสดุอบแห้งไม่ได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรง ทำให้ลดการเปลี่ยนสี และผลกระทบอื่นๆ ของวัสดุอบแห้ง ซึ่งเป็นผลมาจากการสัมผัสรังสีโดยตรง

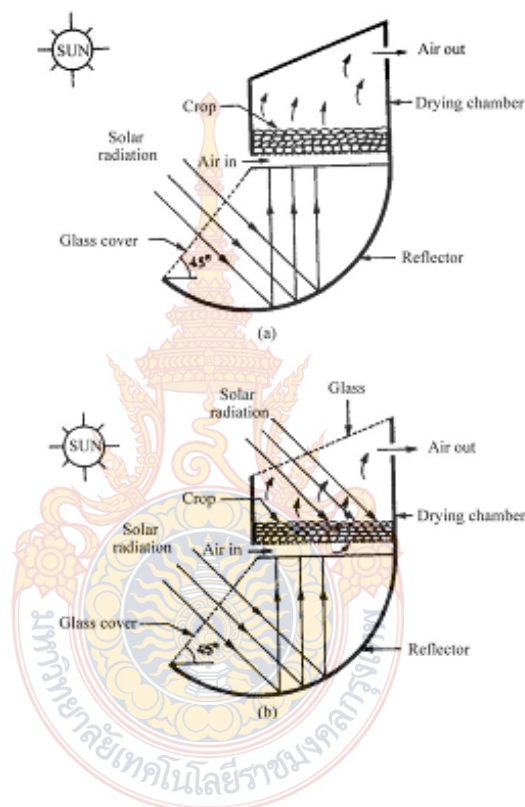


ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของระบบอบแห้งแบบ Indirect solar drying (ISD)

(ที่มา : Goyal RK และ Tiwari GN. 1997)

โดยระบบดังกล่าวจะมีส่วนของอุปกรณ์ผลิตอากาศร้อนแบบต่างๆ สำหรับใช้ในห้องอบแห้ง ที่หุ้มฉนวนไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกภายนอก ภายในห้องอบแห้งอาจทำเป็นชั้นหลายๆ ชั้นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการอบแห้งได้มากขึ้น ลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบนี้สามารถแสดงในภาพที่ 2.2 ประกอบด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ระบบอากาศ (Solar air system collector) หรือใช้หลักการสะท้อนรังสีอาทิตย์ไปยังแผ่นดูดกลืนรังสี สำหรับผลิตอากาศร้อน ในการให้ความร้อนกับวัสดุเพื่อระเหยความชื้นออกจากวัสดุ โดยหลักการถ่ายเทความร้อนโดยการพา ระหว่างอากาศร้อน และวัสดุเปียก บนพื้นฐานของความแตกต่างความเข้มข้นของความชื้น ระหว่างอากาศที่ใช้ออบแห้งกับความชื้นของอากาศบริเวณผิวของวัสดุเปียก ในส่วนของการถ่ายโอนความร้อนและมวล

2.1.1.3 รับรังสีอาทิตย์แบบผสม (Mixed Solar Dryers) เครื่องอบแห้งแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับแบบ ISD ต่างกันตรงที่ห้องอบแห้งจะทำด้วยวัสดุโปร่งใสด้วยเพื่อให้ห้องอบแห้งสามารถรับรังสีอาทิตย์แบบ DSD ด้วย เป็นการรับรังสีอาทิตย์สองแหล่ง



ภาพที่ 2.3 Reverse absorber cabinet dryer (a) แบบ Indirect และ (b) แบบ Mixed
(ที่มา : Goyal RK และ Tiwari GN. 1999)

คือความร้อนจากแหล่งภายนอก และ ภายในห้องอบแห้ง โดยการเลือกใช้งาน พิจารณาตามคุณสมบัติของวัสดุอบแห้งว่าได้รับผลกระทบจากการรับรังสีอาทิตย์โดยตรงได้หรือไม่ เช่นสีของวัสดุอบแห้ง มีความสำคัญมากน้อยเพียงใด ซึ่งเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ แบบ Reverse absorber cabinet dryer (RACD) รับรังสีอาทิตย์แบบผสม ดังภาพที่ 2.3 พบว่าห้องอบแห้งแตกต่างกันในส่วนอง แบบมีกระจก และไม่มีการกระจก ซึ่งออกแบบให้มีห้องอบแห้งอยู่เหนือแผ่นดูดซับรังสีซึ่งติดตั้งบริเวณด้านล่างของตู้อบ โดยส่วนล่างสุดของระบบดังกล่าว ติดตั้งแผ่นสะท้อน

รังสีทรงกระบอก เพื่อสะท้อนรังสีไปยังแผ่นคูคกลืนรังสี รวมถึงติดตั้งกระจกลิปิด บริเวณแผ่นสะท้อนรังสีเพื่อลดการสูญเสียความร้อนโดยการพาบริเวณแผ่นคูคกลืนรังสี อากาศร้อนจะลอยตัวขึ้นจากแผ่นคูคกลืนรังสีอาทิตย์ไปยังตู้อบแห้ง โดยอากาศเย็นจากด้านล่างจะเข้ามาทดแทนทางช่องอากาศเข้าของตู้อบ เพื่อทำการไล่ความชื้นจากชั้นวัสดุอบแห้ง แล้วถูกปล่อยทิ้งไปทางด้านบนของตู้อบแห้ง

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงอาทิตย์

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ดำเนินโครงการพัฒนาเครือข่ายสถานีวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย เมื่อปีพ.ศ. 2543 เพื่อให้ได้รับข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่มีความละเอียดถูกต้องและสามารถตอบสนองต่อความต้องการในด้านการวิจัย พัฒนา และประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจตรวจวัด ได้แก่ เครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์ เป็นการวัดรังสีรวมของความเข้มแสงอาทิตย์ เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า ไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) ซึ่งปัจจุบันที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานใช้วัดมี 2 ชนิด คือ

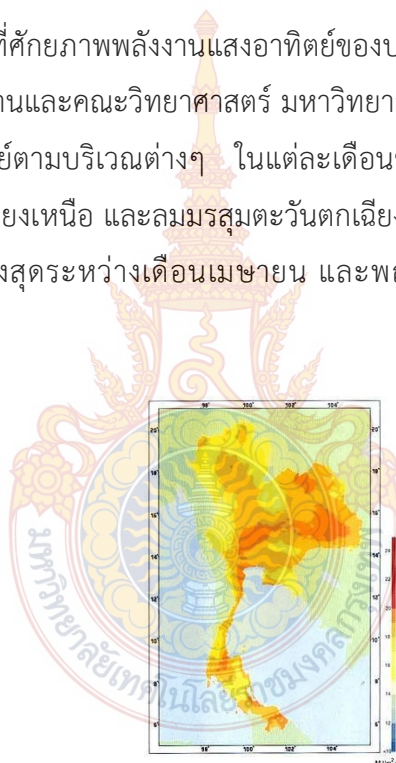
1. ไพราโนมิเตอร์ ที่ใช้ Thermomechanical Sensor หรือแบบ Bimetallic ซึ่งมี sensor เป็นแถบโลหะ 2 แถบ โดยแถบหนึ่งเป็นสีขาว และอีกแถบหนึ่งเป็นสีดำ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบบนแถบสีดำจะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ และขยายตัวได้มากกว่าแถบสีขาว แรงที่เกิดจากการขยายตัวดังกล่าวจะไปขับเคลื่อนหัวปากกาให้บันทึกข้อมูลเป็น ลายเส้นลงบนกระดาษกราฟ ซึ่งพันติดรอบกระบอกกลมที่มีการขับเคลื่อนด้วยระบบโซลาน หรือระบบนาฬิกาใช้แบตเตอรี่

2. ไพราโนมิเตอร์ ที่ใช้ Thermoelectric Sensor หรือแบบ Thermopile ซึ่งมี sensor ทำด้วยโลหะ 2 ชนิด ซึ่งเชื่อมปลายทั้งสองติดกันโดยปลายข้างหนึ่งทำหน้าที่เป็น hot junction และอีกข้างหนึ่งเป็น cold junction เมื่อ hot junction ถูกรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบบจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของ junction ทั้งสอง และก่อให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force) ขึ้นในวงจรที่ประกอบด้วยโลหะทั้งสองจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสามารถนำไปคำนวณหาความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบได้

ตารางที่ 2.1 ความเข้มแสง และศักยภาพเชิงพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วประเทศ

แหล่งทางภูมิศาสตร์	ความเข้มแสงเฉลี่ยรายปี (เมกะจูล/ตารางเมตร.วัน)	ศักยภาพเชิงพลังงาน (พินตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)
ทั่วประเทศ	18.2	554,070.6

จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ในแต่ละเดือนของประเทศ ได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 MJ/m²-day



ภาพที่ 2.4 แผนที่รังสีดวงอาทิตย์

เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมบางส่วนของจังหวัด นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อ่างทอง และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์ทั้งปี 19 ถึง 20 MJ/m²-day พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 14.3 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่าร้อยละ 50.2 ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ในช่วง 18-19 MJ/m²-day

จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ $18.2 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

2.3 เทคโนโลยีคอนกรีต

คอนกรีตสามารถแยกพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นตัวประสาน ได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต
2. ส่วนที่เป็นมวลรวม ได้แก่ ทราย หิน หรือ กรวด

เมื่อนำวัสดุต่างๆ ของคอนกรีตมาผสมกัน คอนกรีตจะเป็นของเหลวมีความหนืดเวลาหนึ่งซึ่งสามารถนำไปเทลงแบบหล่อตามต้องการได้ เมื่ออายุมากขึ้นคอนกรีตก็จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวมาเป็นกึ่งเหลวกึ่งแข็ง และในเวลาต่อมาก็จะเป็นของแข็งในที่สุดซึ่งสามารถรับกำลังอัดได้มากขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจนถึงช่วงเวลาหนึ่งความสามารถรับกำลังอัดก็จะเริ่มคงที่การที่ปูนซีเมนต์รวมตัวกับน้ำแล้วเกิดการก่อตัวและแข็งตัวของปูนซีเมนต์ขึ้น เราเรียกลักษณะเช่นนี้ว่า “การเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน” ซึ่งเกิดจากสารประกอบในซีเมนต์ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ดังนั้นจึงรู้สึกว่าร้อนขึ้นเมื่อสัมผัสกับปูนซีเมนต์ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำ สามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ง่าย ๆ ได้ดังนี้



คำอธิบาย

Cement	= แทนสารประกอบต่าง ๆ ในปูนซีเมนต์
Water	= แทนน้ำ
C-S-H gel	= แทนแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate) เป็นองค์ประกอบที่ทำให้กำลังกับคอนกรีต
Ca (OH) ₂	= เป็นผลที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ทำให้ซีเมนต์เฟสมีคุณสมบัติเป็นด่างอย่างมาก pH ประมาณ 12.5 ช่วยป้องกันการกัดกร่อนของเหล็กเสริมได้อย่างดีมาก
Heat	= เป็นความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน

และองค์ประกอบของการสร้างเป็นคอนกรีตขึ้นมาใช้งานได้แก่

1. ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างต้องเป็นปูนซีเมนต์ที่บรรจุถุงเรียบร้อยตามมาตรฐาน ม.อ.ก. หรือเป็นปูนซีเมนต์ที่เก็บในภาชนะบรรจุของบริษัทผู้ผลิตห้ามใช้ปูนซีเมนต์เสื่อมคุณภาพ เช่น ปูนซีเมนต์ซึ่งแข็งตัวจับกันเป็นก้อน เป็นต้น

2. มวลรวมละเอียด ส่วนมากจะเป็นทราย ทรายที่ใช้ผสมคอนกรีตจะต้องมีความละเอียดพอดี ๆ โดยมี Fineness Modulus ระหว่าง 2.3 และ 3.1 ถ้าน้อยกว่า 2.3 จะเข้าลักษณะทรายละเอียดต้องสะอาดไม่มีฝุ่นหรือขยะปะปนมากเกินไป

3. มวลรวมหยาบ ธรรมดาเราใช้ทั้งหินย่อยและกรวดเป็นมวลรวมหยาบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการหาวัสดุ ปกติวิศวกรจะระบุไว้ในข้อกำหนดว่าให้ใช้อย่างใด ผู้ควบคุมงานจะต้องคอยตรวจสอบวัสดุที่ส่งเข้ามาอยู่เสมอเป็นประจำเพราะอาจไม่ใช่วัสดุจากแหล่งเดียวกัน และอาจมีสิ่งแปลกปนได้ เช่น หินผุ หรือหินอื่นที่มีคุณภาพต่ำกว่าที่กำหนด

4. น้ำ ในข้อกำหนดต้องเป็นน้ำสะอาดสามารถใช้ดื่มได้ ซึ่งโดยมากมักหมายถึงน้ำประปา ในกรณีที่ไม่สามารถหาน้ำที่สะอาดได้ จำเป็นต้องใช้น้ำที่ขุ่นในการผสมคอนกรีต ต้องทำให้ใสก่อนจึงจะนำมาใช้ได้ โดยอาจใช้ปูนซีเมนต์ 1 ลิตร ต่อน้ำขุ่น 200 ลิตร ผสมทิ้งไว้ 5 นาที หรือจนตกตะกอนนอนก้นหมดแล้ว จึงตักเอาน้ำใสมาใช้ได้ แต่ทั้งนี้ต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติอื่น ๆ ก่อนนำมาใช้

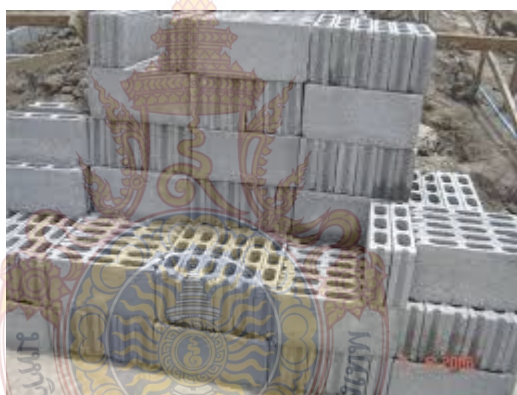
5. บางกรณีข้อกำหนดระบุไว้ให้ใช้สารผสมเพิ่มบางชนิด เช่น สารกันซึม สารกระจายกักฟองอากาศ สารหน่วง และสารเร่งการก่อตัว เป็นต้น ผู้ควบคุมงานจะต้องดูว่าสารผสมเพิ่มที่นำมาใช้จะต้องตรงกับชนิดที่ได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้รับผิดชอบแล้ว

การผสมคอนกรีต ในโครงการก่อสร้างขนาดเล็ก อาจทำการผสมคอนกรีตในสถานที่ก่อสร้าง อาจผสมด้วยมือ หรือเครื่องผสมคอนกรีตก็ได้ ถ้าใช้เครื่องผสมคอนกรีต ที่มีความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือน้อยกว่า ต้องใช้เวลาผสมนานอย่างน้อย 1.5 นาที และให้เพิ่มระยะเวลาผสม 15 วินาที ทุก ๆ ความจุที่เพิ่มขึ้น 0.5 ลูกบาศก์เมตร ใส่วัสดุผสมแห้งก่อนและทำการผสมวัสดุแห้ง จากนั้นจึงค่อยใส่น้ำประมาณ ร้อยละ 10 ลงไปในเครื่องผสม ส่วนวัสดุและน้ำที่เหลือค่อย ๆ ใส่อย่างสม่ำเสมอ และอีกร้อยละ 10 สุดท้ายค่อยเติมไปหลังจากใส่วัสดุผสมหมดแล้ว โดยที่เครื่องผสมต้องหมุนด้วยความเร็วสม่ำเสมอตามที่

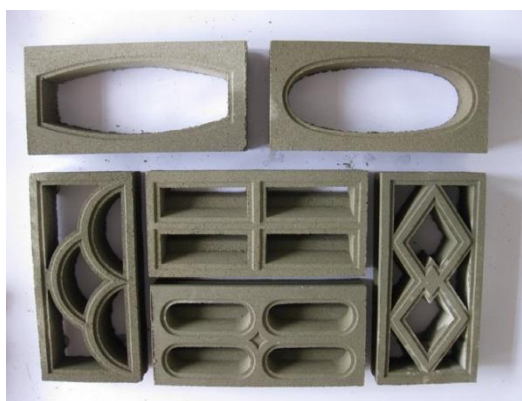
ผู้ผลิตกำหนดอัตราความเร็ว การผสมคอนกรีตส่วนใหญ่ จะใช้นับถังก็ ซึ่งทำให้ส่วนผสมคลาดเคลื่อนได้
ควรทำกะบะตวง หิน ทราย

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับคอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก (Concrete Block) เป็นวัสดุก่อสร้างอีกประเภทหนึ่งที่มีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดโดยประมาณ 20 x 40 ซม. หนาระหว่าง 7 – 20 ซม. ซึ่งลักษณะของการใช้งานก่ออิฐจะก่อเหมือนงานอิฐมอญ แต่จะมีข้อดีกว่า คือ สามารถที่จะก่อได้เร็วกว่าและมีขนาดที่มาตรฐานกว่าทำให้สามารถที่จะทำการ ประมาณการจำนวนของวัสดุได้ง่ายกว่า และเมื่อรวมค่าแรงในงานก่อสร้างแล้วจะถูกกว่าการก่ออิฐมอญ



ภาพที่ 2.5 อิฐบล็อกที่มีรูตรงกลางเป็นอิฐที่ใช้รับน้ำหนัก



ภาพที่ 2.6 อิฐบล็อกที่มีลวดลายและไม่มีรูตรงกลางเป็นอิฐที่ใช้ไม่รับน้ำหนัก

คอนกรีตบล็อกที่ทำการผลิตนั้นสามารถที่จะเลือกใช้ได้ทั้ง 2 ประเภท คือ คอนกรีตบล็อก ชนิดที่รับน้ำหนัก และไม่รับน้ำหนัก ซึ่งคอนกรีตบล็อกแบบชนิดรับน้ำหนักจะมีลักษณะเป็นแท่งผิวเรียบมีรูตรงกลางในแนวตั้ง ส่วนแบบที่ไม่รับน้ำหนัก หรือที่เรียกว่า Screen Block

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการนำความร้อนของคอนกรีต

ค่า R หรือ R-value คือค่าแสดงความสามารถในการต้านการไหลของความร้อนของวัสดุต่างๆ ตามมาตรฐานการทดสอบของทวีปอเมริกาเหนือ มีหน่วยเป็น $K \cdot m^2/W$ หรือ $ft^2 \cdot ^\circ F \cdot hr/Btu$ ซึ่งยังมีค่าสูงก็ยิ่งกันการไหลผ่านของความร้อนได้ดีขึ้น ค่า R นี้คิดคำนวณได้จากค่ายู หรือ U-factor หรือ U-value ซึ่งก็คือค่าความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุโดย $R=1/U$ หรือ $U=1/R$ นั่นเอง

ตัวอย่างค่า R ของวัสดุต่างๆ มีดังนี้

- แผ่นโฟมโพลีเอทิลีน (Polyethylene Foam) = R-2
- แผ่นโฟมยูเรีย ฟอรัลดีไฮด์ (Urea-formaldehyde Foam) = R-4 ถึง R-4.6
- แผ่นโพลียูรีเทน (Polyurethane rigid panel) = R-6.8 ถึง R-8
- กระดาษแข็ง (Cardboard) = R-3 ถึง R-4
- แผ่นไม้ (Wood panel) = R-2.5
- ฟางมัด (Straw bale) = R-1.45
- กระจกหน้าต่าง 1 ชั้น (Single pane glass) = R-1
- ส่วนวัสดุเช่น อิฐมวลเบา, หิน, ทราาย หรือคอนกรีต จะมีค่า R ต่ำ น้อยกว่า 1 อย่างไรก็ตามก็ไม่ได้จะเป็นวัสดุกันความร้อนไม่ดี เพราะความสามารถในการป้องกันความร้อนของวัสดุ มีได้ขึ้นอยู่กับความต้านทานการไหลผ่านความร้อนของวัสดุนั้นอย่างเดียว

การหาค่า R ของคอนกรีตก็สามารถหาได้ดังนี้ โดยเอาความหนาของคอนกรีตคูณกับค่าความต้านทานความร้อนของคอนกรีต ในกรณีของคอนกรีตทั่วไปที่ใช้ในประเทศ ซึ่งมีหินปูนเป็นมวลรวมหยาบและไม่ใส่สารกักอากาศ (non-air entrained) ค่าความต้านทานความร้อน (Heat Resistivity) จะอยู่ที่ประมาณ $0.035 ft^2 \cdot ^\circ F \cdot hr/Btu \cdot cm$ เช่นถ้าคอนกรีตที่มีความหนา 20 ซม. จะมีค่า $R = R-0.71$ เท่านั้นเอง แต่เมื่อเทียบกับกระจกหน้าต่าง 1 ชั้น (R-1) ถึงแม้ว่าคอนกรีตจะมีค่า R ที่ต่ำกว่า

แต่ในความเป็นจริงแล้วจะเห็นได้ว่าคอนกรีตกันความร้อนได้ดีกว่ากระจกแน่นอน สาเหตุก็เนื่องมาจากมาตรฐานในการทดสอบนั้น กำหนดอุณหภูมิไว้ที่ 24°C , ความชื้นสัมพัทธ์เพียงร้อยละ 50 และห้ามมิให้มีอากาศถ่ายเท ซึ่งมีได้สะท้อนให้เห็นถึงลักษณะหรือสภาพของการใช้งานจริง

เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท ออยุธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง $20 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 14.3 ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่าร้อยละ 50.2 ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ในช่วง $18\text{-}19 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีความเท่ากับ $18.2 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

2.6 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

"เซลล์แสงอาทิตย์" เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงาน ไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลก นำมาผ่านกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และในทันทีที่มีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของ พลังงานประกอบ ที่เรียกว่า Proton จะถ่ายเทพลังงานให้กับ Electron ในสารกึ่งตัวนำ จนมีพลังงานมากพอที่จะ กระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของ Atom และสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่อ Electron มีการเคลื่อนที่ครบ วงจรก็จะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น

เซลล์แสงอาทิตย์แบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน แบ่งตามลักษณะของรูปผลึกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) แบบ ผลึก รวม (Polycrystalline) และ แบบ ไม่มีรูปผลึก (Amorphus) ซึ่งบางครั้งอาจเรียกว่า เซลล์ แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell)

2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบ เช่น สารประกอบแกลเลียมอาร์เซไนด์ แคดเมียมเทลลูไรด์ คอปเปอร์ อินเดียมไดอาร์เซไนด์ เป็นต้น ซึ่งมีทั้งแบบผลึกเดี่ยว และผลึกรวม ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพสูง ข้อเสียของเซลล์ ชนิดนี้คือ มีราคาแพง บางชนิดทำจากสารที่เป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อม และยังมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งานอีก ด้วย

ในปัจจุบันได้มีการวิจัยพัฒนา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ของเซลล์แสงอาทิตย์ ให้สูงขึ้น เช่น การเคลือบวัสดุลด การสะท้อนแสงที่ผิวหน้า การทำพื้นผิวของเซลล์แสงอาทิตย์ ให้ขรุขระเพื่อเพิ่มพื้นที่รับแสง และการสร้างเซลล์แสง อาทิตย์แบบซ้อนกัน (Tandem Solar Cell) ซึ่งมีผลให้เซลล์แสงอาทิตย์ มีประสิทธิภาพขึ้นกว่าเดิมร้อยละ 2-5 (อีก แนวคิดหนึ่งกล่าวเกี่ยวกับการเกิดไฟฟ้าในแผ่นโซลาร์เซลล์คือ: ในแสงจะมี อนุภาคทาง quantum mechanic ที่เรียกว่า photon อยู่ photon เป็นอนุภาคที่มีพลังงาน แต่มี momentum น้อย (ที่Room Temperature) และยังมี อนุภาคที่ เรียกว่า phonon ที่มีพลังงานต่ำ แต่ทำให้ momentum เปลี่ยนแปลงได้ เมื่อแสงตกกระทบ silicon ซึ่งเป็น indirect (bandgap) semiconductor ก็จะทำให้ electron จาก valence band มีพลังงานและ momentum ที่จะไปสู่ conduction band ได้ และ จะเหลือ hole ไว้ที่ valence band ตอนนี้ technology ของ cell ในห้องวิจัยกำลังก้าวไปสู่ third generation

first generation = เซลล์ที่เป็น wafer ปกติจะมีความหนา 400 micron มีปัญหาเรื่องการสูญเสีย silicon มาก ไปในการผลิต เซลล์ในท้องตลาดปัจจุบัน อยู่ใน ขั้นนี้

second generation = จะเป็น thin film บน substrate ซึ่งยังอยู่ใน pilot production line อยู่

third generation = เป็น thin film ที่ทำบน Crystalline Silicon Superlattice ซึ่งเพิ่งเป็นที่สนใจไม่นาน คาด ว่าอีก 20-30 ปีจะพร้อมใช้)

การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ประเทศไทยได้เริ่มมีการใช้งานจากเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อปี พ.ศ. 2519 โดยหน่วยงานกระทรวงสาธารณสุข และมูลนิธิแพทย์อาสาฯ มีจำนวนประมาณ 300 แผง แต่ละแผงมีขนาด 15/30 วัตต์ และนับเป็นครั้งแรกที่ได้มีนโยบาย และแผนระดับชาติด้านเซลล์แสงอาทิตย์ บรรจุลงใน แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2520-2524) การติดตั้งแผงเซลล์ แสงอาทิตย์ ได้ติดตั้ง ใช้งาน อย่าง จริงจัง ในปลายปีของ แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) โดยมี กรม พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กรมโยธาธิการ การไฟฟ้า

ส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่เป็นหน่วย งานหลัก ในการนำเซลล์แสงอาทิตย์ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้งานในด้านแสงสว่าง ระบบโทรคมนาคม และเครื่อง สูดน้ำ

ข้อมูลของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อใช้งานในประเทศไทย จนถึงปี พ.ศ. 2540 มีหน่วยงานต่างๆ ได้ติดตั้ง เซลล์ ขึ้นสาธิตใช้งานในลักษณะต่างๆ รวมกันแล้วประมาณ 3,734 กิโลวัตต์ ลักษณะการใช้งาน จะเป็นการติดตั้ง ใช้งานใน พื้นที่ที่ห่างไกล เป็นสถานีเดิม ประจุแบตเตอรี่ 39% ระบบสื่อสารหรือ สถานีทวนสัญญาณ ของ องค์การ โทรศัทพ์แห่งประเทศไทย 28% ระบบสูบน้ำด้วย พลังงานแสงอาทิตย์ 22% ระบบไฟฟ้าหมู่บ้านที่ห่างไกล 5% และ สัดส่วนที่เหลือจะติดตั้งใน โรงเรียนประถมศึกษา สาธารณสุข และ ไฟสัญญาณไฟกระพริบ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 เพื่อใช้งานใน กิจการต่างๆ ของ กฟผ. ปัจจุบันติดตั้งใช้งานไปแล้ว ประมาณ 70 กิโลวัตต์ โดย กฟผ. ได้ทำการ สาธิตการผลิตไฟฟ้า โดยใช้ เซลล์แสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานชนิดอื่นๆ เช่น พลังน้ำ พลังงานลม แล้วส่ง พลังงานที่ผลิตได้เข้าระบบ จำหน่ายของการไฟฟ้าภูมิภาคต่อไป กฟผ. ยังได้สาธิตการผลิตไฟฟ้า จากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยไม่ใช้แบตเตอรี่ใน ระบบ บ้านแสงอาทิตย์ เป็นหลังแรกของประเทศไทย ตั้งอยู่ในบริเวณ สถานีพลังงาน แสงอาทิตย์สันกำแพง หมู่บ้าน สหกรณ์ 2 อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ โดยทำการติดตั้งแผง เซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 44 แผง รวมกำลังการผลิต 2.5 กิโลวัตต์

การบำรุงรักษาเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งาน

อายุการใช้งาน เซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปยาวนานกว่า 20 ปี และเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ ไม่มี ส่วนใดที่เคลื่อนไหว เป็นผลให้ลดการดูแลและบำรุงรักษาระบบดังกล่าว จะมีเพียงในส่วนของการทำความสะอาด แผง เซลล์แสงอาทิตย์ ที่เกิดจาก ฝุ่นละอองเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับ การดูแลระบบปรับอากาศ ขนาดเล็กตาม บ้านพัก อาศัยแล้ว จะพบว่างานนี้ดูง่ายกว่า

เทคโนโลยีของ เซลล์แสงอาทิตย์ ในปัจจุบัน มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ประกอบกับการนำ ระบบ ควบคุมที่ดี มาใช้ในการผลิต ทำให้ เซลล์แสงอาทิตย์ สามารถที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ประมาณ 1,600-1,800 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อกิโลวัตต์ สูงสุดต่อปี พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากบ้าน 1 หลัง ประมาณ 3,750-4,500 หน่วย/ปี สามารถ ลดการใช้ น้ำมัน ในการผลิต ไฟฟ้าลงได้ 1,250-1,500 ลิตร/ปี

ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ใช้เชื้อเพลิง โครงการนี้จึงมีส่วนช่วยลด CO_2 , SO_x และ NO_x ที่เกิดจากโรงไฟฟ้าที่ผลิตอยู่ในปัจจุบัน และ ช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการกำจัดสารต่างๆ ดังกล่าวนั้นด้วย

2.7 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาและวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาโรงอบแห้งด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์แบบระบบไฮบริดพึ่งพาตนเอง ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น ได้มีผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาโรงอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์และพลังงานแสงอาทิตย์ในหลายรูปแบบ ในหลักการดังกล่าวนี้เองมีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ทางคณะสนใจศึกษาว่า จากรูปแบบที่ได้มีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษามา มีความเกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ใช้ได้จึงได้ศึกษาจากงานวิจัยต่างๆ ดังนี้คือ

จารุวัฒน์ เจริญจิต (2555) [1] ได้เขียนบทความวิชาการปริทรรศน์เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเครื่องอบแห้งด้วยอาทิตย์ในประเทศไทยพบว่าสามารถแบ่งตามวิธีการรับรังสีอาทิตย์ได้ 3 แบบคือรับรังสีอาทิตย์โดยตรง, โดยอ้อมและแบบผสมมีลักษณะการหมุนเวียนอากาศภายใน 2 ลักษณะคือหมุนเวียนตามธรรมชาติ (passive system) และหมุนเวียนแบบบังคับ (active system) โดยปัจจัยหลักของการเพิ่มสมรรถนะการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์คืออุณหภูมิ, ความเร็วและความชื้นของ อากาศในระบบ รวมถึงการพัฒนาระบบให้มีความสม่ำเสมอและเพิ่มระยะเวลาการอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากรังสี อาทิตย์เป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้รังสีอาทิตย์มีความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์มากขึ้นตามลำดับโดยการประยุกต์ใช้ ระบบทำน้ำร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ที่มีถึงสะสมน้ำร้อน ทำงานร่วมกับโรงเรือนกระจกเป็นแนวทางที่ควรศึกษาเพื่อพัฒนาการผลิตอากาศร้อนในกระบวนการอบแห้งแบบMixed active solar dryingและMixed passive solar drying ตามลำดับโดยอุณหภูมิที่สามารถผลิตได้แปรผันตามสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แต่ละชนิดโดยใช้น้ำร้อนเป็นตัวกลางสะสมความร้อนหรือทำงานร่วมกับระบบฮีตปั๊ม ตามความเหมาะสมของวัสดุอบแห้งชนิดต่างๆ

ธวัชชัย เทพนวล และคณะ (2553) [3] งานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาอุณหภูมิและการสิ้นเปลืองพลังงานเนื่องจากการอบหึ่งปลา ใช้เวลาในการอบ 72 ชั่วโมงตั้งแต่ เวลา 9:00 น วันที่ 22 มีนาคม 2552 ถึงเวลา 08:00 น วันที่ 25 มีนาคม 2552 โรงอบยางแผ่นดิบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์ และชีวมวล ได้ออกแบบให้บริเวณด้านล่างของโรงอบมีการสะสมความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลและ

บริเวณใต้หลังคาถูกออกแบบให้มีการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงอบยาง พลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล และอัตราการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลมีค่าเท่ากับ 53.55 ± 0.09 องศาเซลเซียส 680 กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ

พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2550) [4] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการอบแห้งยางพาราแผ่น 2 วิธี คือ แบบการรมควัน และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่ Moisture content อุณหภูมิภายในห้องความร้อนสูญเสีย และความชื้นจากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงของความชื้นของยางแผ่นรมควันและยางแผ่น พลังงานแสงอาทิตย์ จะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งเกิดจากการระเหยของความชื้นที่ผิวของแผ่นยางอย่างรวดเร็วช่วงที่สองอัตราการอบแห้งลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากการแพร่ ของน้ำในเนื้อยางและเมื่อทำการเปรียบเทียบการลดความชื้นของทั้ง 2 วิธี การลดความชื้นแบบการรมควันจะสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าการลดความชื้นแบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องรมควันและห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันมีค่า 60 องศาเซลเซียสและ 50 องศาเซลเซียสตามลำดับ

Serm Janjai et al., (2006) [7] ได้สร้างโรงอบแห้งชื่อ โรงอบแห้งศิลปากร โดยพัฒนาจากโรงอบแห้งเดิมที่อาศัยการแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน และได้ออกแบบให้พื้นโรงอบแห้งเป็นพื้นคอนกรีตที่เป็นสีดำสามารถดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์และใช้เป็นแหล่งความร้อนภายในโรงอบแห้ง นอกจากนี้ยังประยุกต์ใช้พัดลมที่ใช้ไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวช่วยระบายอากาศภายในโรงอบแห้งอีกด้วย จากผลการศึกษาพบว่าโรงอบแห้งนี้สามารถอบแห้งพริกที่มีความชื้นร้อยละ 80 ให้เหลือร้อยละ 10 ในเวลา 3 วันได้เป็นอย่างดี

Koyuncu (2006) [8] ได้สร้างโรงอบแห้งขนาดใหญ่โดยอาศัยหลักการทางธรรมชาติคือการไหลเวียนของอากาศร้อน ซึ่งอากาศร้อนนี้สามารถนำพาความชื้นที่ผิวของผลผลิตทางการเกษตรออกไปได้ง่ายและเป็นการใช้พลังงานราคาถูก โดยอาศัยแหล่งพลังงานคือแสงอาทิตย์ ทั้งนี้ยังพบว่าการสร้างโรงอบแห้งจากหลักการดังกล่าวนี้สามารถเพิ่มอุณหภูมิของห้องให้สูงขึ้นจากเดิม 5-6 องศาเซลเซียส

Madhlopa et al., (2002) [9] ได้พัฒนาการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ โดยอาศัยการใช้หลักการวัสดุคอมโพสิตที่ทำหน้าที่หลายอย่างในแผ่นเดียวกัน ประกอบด้วยแผ่นเพลทนำความร้อน ตะแกรงเหล็ก

และแผ่นกระจก ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า การที่มีตะแกรงเหล็กนี้ช่วยเพิ่มความร้อนให้แก่ตู้อบสูงขึ้นมากกว่า 40 องศาเซลเซียสและยังพบว่า มีประสิทธิภาพในการอบแห้งสูงเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 21

Pangavhane et al., (2002) [10] ได้ออกแบบระบบการอบแห้งด้วยการระบายความร้อนแบบมีอากาศหมุนเวียนซึ่งมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วนคือชุดให้ความร้อน และชุดตู้อบ โดยที่ชุดให้ความร้อนทำเป็นช่องทางไหลของอากาศร้อนที่ทำจากอะลูมิเนียมเป็นรูปตัวยู และชุดนี้สัมผัสแสงแดดโดยตรงทำให้ความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์สัมผัสผิวอะลูมิเนียมและทำให้เกิดการนำความร้อนอากาศภายในห้องตัวร้อนขึ้นและไหลตัวเข้าไปสู่ชุดห้องอบทำให้อุณหภูมิของห้องอบสูงขึ้น

Zhang et al., (2004) [13] ได้ศึกษาการสะสมความร้อนของคอนกรีตเพื่อนำไปใช้ในการอบตู้อบแห้ง โดยได้อาศัยหลักการการเปลี่ยนแปลงสถานะของซีเมนต์พาราฟินเหลวที่ถูกไหลแพร่ซึมเข้าไปในวัสดุพูนที่นำไปใช้สร้างเป็นแผ่นคอนกรีต ผลการศึกษาพบว่า วัสดุพูนที่เกิดในวัสดุนี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของพาราฟินเหลว เนื่องจากปริมาณและขนาดที่พาราฟินเหลวใช้ดูดซับเอาความร้อนในปริมาณสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสที่ช้าลง

และจากงานวิจัยที่ได้อ้างถึงมา มีความเป็นไปได้และมีความน่าสนใจที่จะนำเอาแนวคิดของการโรงอบแห้งระบบไฮบริด ถือเป็นโรงอบแห้งที่สามารถอยู่ได้ด้วยระบบที่พึ่งพาตนเองได้ และมีราคาไม่สูงนัก โดยอาศัยหลักการสะสมความร้อนของแผ่นคอนกรีตและผนัง มาใช้ในการสร้างความร้อนในโรงอบแห้งเพื่อผลทางการเกษตรในการพัฒนางานวิจัย เพื่อเป็นแนวทางให้เกิดประโยชน์ต่อไป

2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีการทางสถิติ

การทดสอบในขั้นตอนนี้ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง โดยในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีการทางสถิติ คือ การวิเคราะห์ค่าทางสถิติเบื้องต้น การวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม และการทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ดังนี้

1. การวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยใช้วิธีการเลือกตัวแปรอิสระเพื่อให้ได้สมการถดถอยที่เหมาะสม ซึ่งในการศึกษาจะใช้วิธี Stepwise Regression ซึ่งจะเป็นวิธีที่คัดเลือกตัวแปรเข้าไปทีละ 1 ตัวแปร โดยจะทำการคัดเลือกจนกระทั่งไม่มีตัวแปรอิสระตัวใด สามารถเข้าไปและถูกคัดออกจากตัวแบบได้อีก

การทดสอบสมมติฐาน

จะเป็นการตรวจสอบทางสถิติภายใต้เกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดว่าสมการที่ใช้อยู่มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์หรือไม่ โดยจะพิจารณาจากตัวแบบดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_k X_k + \varepsilon$$

Y คือ ค่าของตัวแปรตาม

X คือ ค่าของตัวแปรอิสระ

β_0 คือ ค่าคงที่ของสมการถดถอย

β_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระตัวที่ 1

k คือ จำนวนตัวแปรอิสระที่ใช้ในสมการถดถอย

ε คือ ความคลาดเคลื่อน

โดยสามารถกำหนดสมมติฐานเพื่อทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ β_i ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวโดยกำหนดสมมติฐาน ได้ดังนี้คือ

H_0 : ตัวแปรอิสระตัวที่ i ไม่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ($\beta_i = 0$)

H_1 : ตัวแปรอิสระตัวที่ i มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ($\beta_i \neq 0$)

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบคือ t-test ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้คือ

$$t = \frac{b - 0}{S(b_i)}$$

เมื่อ b คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)

$$S^2_{yx} = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - (k + 1)}$$

$$S(b) = S_{yx} \sqrt{\frac{1}{\sum (x - \bar{x})^2}}$$

S_{yx} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น จากการใช้ค่า x ประมาณค่า y

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของ x

$\bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของ y

k คือ จำนวนตัวแปรอิสระ

โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า t ที่เปิดได้จากตารางสถิติ ด้วย $df = (n - k - 1)$ ที่ระดับนัยสำคัญ α ถ้าปฏิเสธสมมติฐานแสดงว่า ตัวแปรอิสระตัวที่ i นั้นควรอยู่ในตัวแบบ

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 มีสูตรดังนี้

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}$$

และ $\overline{R^2}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับปรุงแล้วของ R^2 เป็นดังนี้

$$\overline{R^2} = 1 - \left[\frac{n - 1}{n - k - 1} \right] \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}$$

$\frac{R^2}{R^2}$ คือ อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนที่อธิบายได้กับความแปรปรวนทั้งหมด
 R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับปรุงแล้วของ R^2
 $\hat{y}$ คือ ค่าทำนาย

โดยในการพิจารณาควรที่จะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับปรุงแล้ว

2. การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม (One-sample test for the mean)

การทดสอบนี้ใช้กับข้อมูลในมาตราอันตรภาคและมาตราอัตราส่วน โดยนำค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม ($\bar{X}$) ซึ่งสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเป็นปกติไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร (μ) หรือเปรียบเทียบกับ “เกณฑ์” ซึ่งผู้วิจัยตั้งขึ้นแทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร สถิติที่ใช้สำหรับการทดสอบนี้ได้แก่ การทดสอบค่าซี (Z-test) และการทดสอบค่าที (t-test)

ในการทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีของกลุ่มตัวอย่างมี 1 กลุ่มจะเป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่ผู้วิจัยสนใจที่ต้องการเปรียบเทียบ ซึ่งค่าคงที่นี้อาจได้มาจากการกำหนดขึ้นหรือการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในเรื่องนั้นๆ ซึ่งการใช้สถิติทดสอบ t – test ทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} \rightarrow t = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} ; df_2 = n_2 - 1$$

2.1 ในกรณีที่ทราบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร (σ)

ใช้ Z- test สูตร $Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$

เมื่อ $\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร หรือ เกณฑ์ที่ตั้งขึ้น

σ แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร

n แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างได้รับการสุ่มมาจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงเป็นปกติ
- 2) ค่าของตัวแปรตามที่ได้มาแต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน
- 3) ทราบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร

2.2 ในกรณีที่ไม่ทราบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร ต้องพิจารณาถึงขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

2.2.1 ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ (การวิจัยที่สามารถควบคุมตัวแปรเกินได้เป็นอย่างดี อาจถือว่า $n \geq 30$ เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่)

ใช้ Z- test สูตร
$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร หรือ เกณฑ์ที่ตั้งขึ้น

S แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างได้รับการสุ่มมาจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงเป็นปกติ
- 2) ค่าของตัวแปรตามแต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน
- 3) ไม่ทราบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร
- 4) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่

2.2.2 ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

ใช้ t- test สูตร $t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$ โดยมี $df = n - 1$

เมื่อ $\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร หรือ เกณฑ์ที่ตั้งขึ้น

S แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

df แทนขั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างได้รับการสุ่มมาจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงเป็นปกติ
- 2) ค่าของตัวแปรตามแต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน
- 3) ไม่ทราบค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร
- 4) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก

การกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ในการทดสอบสมมติฐานนั้น จะต้องมีการตัดสินใจว่า สมมติฐานที่เป็นกลางหรือสมมติฐานไร้นัยสำคัญ (H_0) ถูกหรือผิด ผลจากการตัดสินใจมี 2 อย่าง คือ

- 1) ยอมรับ H_0 (Accept H_0)
- 2) ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 (Reject H_0 Accept H_1)

ถ้าผลการทดสอบได้ว่า ปฏิเสธ H_0 ทั้ง ๆ ที่ H_0 เป็นจริง เรียกว่าเกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (Type I error) ความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์ α (อัลฟา) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ระดับนัยสำคัญ” (Level of significance)

ถ้าผลการทดสอบได้ว่า ยอมรับ H_0 ทั้ง ๆ ที่ H_0 ไม่เป็นจริง เรียกว่าเกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (Type II error) ความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 แทนด้วยสัญลักษณ์ β (เบต้า)

ตารางที่ 2.2 สรุปการเกิดความคลาดเคลื่อน

		สภาพของ H_0	
		H_0 เป็นจริง	H_0 ไม่เป็นจริง
การตัดสินใจ	ยอมรับ H_0	ตัดสินใจถูกต้อง $1-\alpha$	ความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 β
	ปฏิเสธ H_0	ความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 α	ตัดสินใจถูกต้อง $1-\beta$

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 เรียกว่า ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ (Level of significance of a test) ใช้สัญลักษณ์ α

ในการวิจัยนิยมกำหนด $\alpha = .05$ และ $\alpha = .01$

ค่า α แสดงถึงพื้นที่หรือขอบเขตของความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้น ซึ่งเรียกว่า เขตวิกฤต (Critical region) หรือ เขตปฏิเสธ (Rejection region)

3. การทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

ในการทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มนั้นจะพิจารณาว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเป็นอิสระจากการหรือไม่ เพื่อเลือกใช้สูตรของสถิติทดสอบให้ถูกต้อง นอกจากนี้ยังพิจารณาอีกว่าความแปรปรวนของประชากรของกลุ่มตัวอย่างเท่ากันหรือไม่ ซึ่งในการใช้สถิติ t-test ทดสอบกรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกันนั้นมีสูตรที่ใช้ทดสอบอยู่ 2 สูตรด้วยกัน กล่าวคือ สูตรที่ใช้ในกรณีความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มมีค่าเท่ากัน ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$) หรือในกรณีกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากัน (t-test แบบ Pooled variance) และสูตรที่ใช้ในกรณีความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม มีค่าไม่เท่ากัน ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$) (t-test แบบ Separated variance) ดังนั้นเมื่อผู้วิจัยจะใช้ t-test กรณีดังกล่าวจะต้องทำการทดสอบก่อนว่า ความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มมีค่าเท่ากันหรือไม่ โดยใช้ F-test เพื่อจะได้เลือกใช้สูตรของ t-test ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

3.1 เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระจากกัน มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มี

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad df = n_1 + n_2 - 2$$

ค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 ความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งไม่ทราบค่า แต่ทราบว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ โดย n_1 และ n_2 น้อยกว่า 30 ใช้สูตร t - test (t-test แบบ Pooled variance) เมื่อ

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

3.2 เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระจากกัน มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ_1 และ μ_2 ความแปรปรวนเท่ากับ σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งไม่ทราบค่าแต่ทราบว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ โดย n_1 และ n_2 น้อยกว่า 30 ใช้สูตร t - test (t-test แบบ Separated variance)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad : df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}}$$

เนื่องจากการทดสอบทั้ง 2 กรณีข้างต้นเกี่ยวข้องกับการทราบค่าของความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ว่า เท่ากันหรือไม่ ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่ม เราจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนโดยใช้สถิติทดสอบ F-test ก่อนเพื่อเลือกใช้ให้ถูกต้อง ดังนี้

$$F = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2} ;$$

$df_1 = n_1 - 1$ เมื่อ n_1 = จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า S^2 มีค่ามาก

$df_2 = n_2 - 1$ เมื่อ n_2 = จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า S^2 มีค่าน้อย

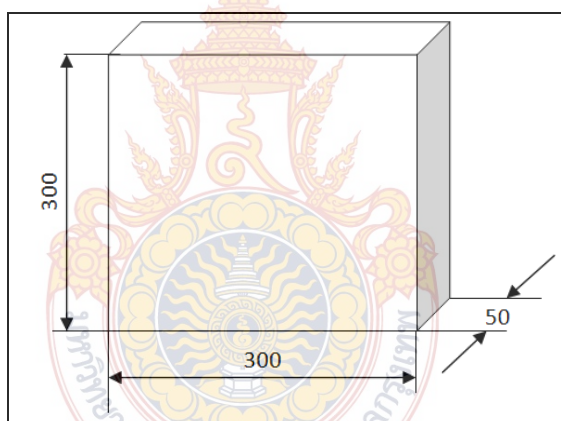
บทที่ 3

เนื้อหาการวิจัย

หลักการวิจัยเป็นการศึกษาในรูปแบบการวิจัยเชิงประยุกต์ โดยการตั้งสมมติฐานการวิจัย มีการศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารและการทบทวนวรรณกรรม การทดสอบเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

3.1 ข้อมูลทั่วไป

ในการทดสอบวัดค่าความชื้นและการขึ้นรูปเป็นแผ่นบล็อกคอนกรีตนั้น กำหนดขนาดของคอนกรีตให้มีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร และความสูง 300 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ลักษณะของแผ่นคอนกรีตบล็อก

ทั้งนี้ในส่วนของผิวหน้าคอนกรีตผสมกับหินแกรนิตสีดำนั้น โดยสัดส่วนได้ผสมส่วนของเกล็ดแกล่งลงไปเพื่อศึกษาการดูดความชื้นที่เกิดขึ้น และที่ด้านล่างของแผ่นได้ผสมส่วนของผงไฟเบอร์ลงเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนลงสู่พื้นล่างของแผ่นคอนกรีต

3.2 สูตรผสมของคอนกรีต

3.2.1 สูตรทั่วไป คือคอนกรีตเทหล่อทั่วไป ปูน : ทราย : หิน : น้ำ = 1 : 2 : 4 : 1

สูตรมาตรฐาน สัดส่วนผสมคอนกรีตและปูนอย่างง่าย (โดยน้ำหนักหรือสัดส่วน) การผสมคอนกรีตโดยน้ำหนัก (By weight) หรือโดยสัดส่วนนั้น หมายถึง การผสมคอนกรีตโดยการชั่งน้ำหนักของส่วนผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดการผสมคอนกรีตโดยวิธีนี้จะทำให้ค่าที่แน่นอน สะดวกต่อการปรับปรุงส่วนผสมเมื่อมีความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปในวัสดุผสม ส่วนใหญ่การผสมคอนกรีตโดยน้ำหนักมักจะผสมในโรงงานผลิตคอนกรีตที่มีอุปกรณ์พร้อม เช่น ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ (Ready-mixed concrete) ผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป

3.2.2 สูตรคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง

เราเลือกใช้การผสมคอนกรีตโดยน้ำหนักเพราะคอนกรีตที่ได้จะมีคุณภาพดีและมีความแน่นอนของค่ากำลังอัดที่ได้ เหมาะสำหรับงานก่อสร้างคอนกรีตที่มีการควบคุมคุณภาพ และต้องการค่ากำลังอัดปานกลางสูง หรือ สูงมาก

จากตารางกำหนดสัดส่วนผสมคอนกรีตและปูนอย่างง่าย โดยน้ำหนัก การใช้ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ตราช้าง มาตรฐานปูนหล่อ ASTM C150 ดังนั้นจึงใช้สัดส่วนของมาตรฐาน คอนกรีตเทหล่อทั่วไป ปูน : หิน : ทราย : น้ำ = 1 : 2 : 4 : 1 การออกแบบส่วนผสมของแผ่นคอนกรีตเพื่อใช้ในการทดลองดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนการผสมคอนกรีตโดยน้ำหนัก

ร้อยละของปูนซีเมนต์	น้ำหนักปูน(กรัม)	น้ำหนักเกล็ด(กรัม)	น้ำหนักไฟเบอร์กลาส (กรัม)
5	2000	100	100
10	2000	200	200
15	2000	300	300

3.2.3 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างแผ่นเก็บความร้อน ขนาด 300 x 300 x 50 มิลลิเมตร จำนวน 36 ตัวอย่างแบ่งเป็น 2 แบบ แบบละ 9 ตัวอย่าง ในแต่ละชั้นของแผ่นประกอบด้วย ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบเป็นการหาหน่วยแรงดัดตามมาตรฐาน มอก.2531-378 ที่กำลังอัดประลัย 250 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

- แบบที่ 1 แบ่งออก 3 ชั้น ในชั้นที่ 1 คอนกรีตหนา 30 มิลลิเมตร ชั้นที่ 2 พาราฟิน ร้อยละ 40 ของหน้าตัด ชั้นที่ 3 ซีเมนต์แกรนิตหนา 15 มิลลิเมตร
- แบบที่ 2 แบ่งออก 3 ชั้น ในชั้นที่ 1 คอนกรีตหนา 30 มิลลิเมตร ชั้นที่ 2 พาราฟิน ร้อยละ 60 ของหน้าตัด ชั้นที่ 3 ซีเมนต์แกรนิตหนา 15 มิลลิเมตร

3.3 ขั้นตอนการผสม

ขั้นตอนการผสมได้ผสมและเทลงในแบบเหล็ก โดยวางแผ่นพาราฟินสำเร็จรูปลงบนคอนกรีตเหลวที่ยังไม่แข็งตัว จากนั้นจึงเททับด้วยผิวหน้าหินแกรนิตผสมเกลือลงไป จากนั้นในขั้นตอนการบ่มนั้นได้ทำการบ่มในน้ำเพื่อนำค่าที่ได้ไปทดสอบความแข็งแรงทั้งนี้ยังต้องทำการทดสอบต่างๆ เพื่อหาคุณลักษณะเฉพาะของคอนกรีต

3.3.1 ขั้นตอนของการเตรียมตัวอย่าง

3.3.1.1 ร่อนหินผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และล้างทำความสะอาดหิน



ภาพที่ 3.2 ร่อนหินผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว และล้างทำความสะอาดหิน

3.3.1.2 เตรียมทรายเพื่อที่จะนำไปซัง

3.3.1.3 ล้างฝุ่นออกจากหินแกรนิตบด



ภาพที่ 3.3 เตรียมหินแกรนิตบดและการเตรียมแผ่นพาราฟิน

3.3.1.4 เตรียมปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1

3.3.1.5 นำพาราฟินที่ยังเป็นแท่งไปต้มให้ละลายแล้วเทลงในพิมพ์และตัดให้ได้ตามขนาดที่คำนวณไว้

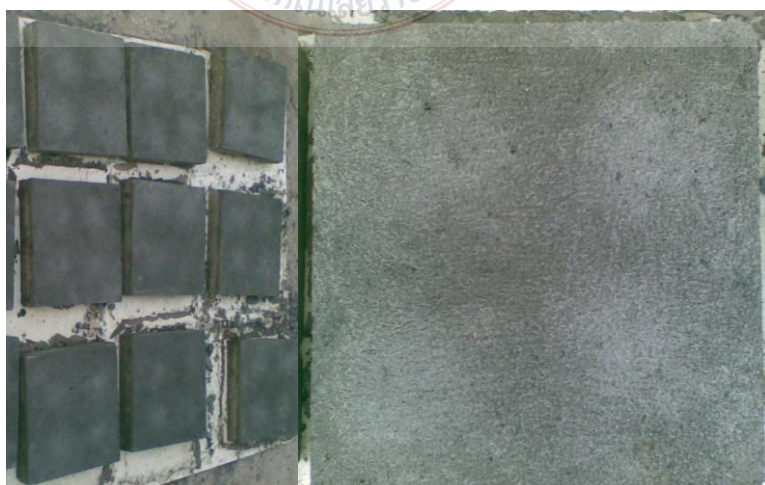
3.3.1.6 ประกอบแบบกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่จัดทำไว้ ทาน้ำมันเครื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้ก้อนตัวอย่างติดกับแบบหล่อ

3.3.2 ขั้นตอนการทำตัวอย่างแผ่นกระเบื้องคอนกรีต

3.3.2.1 ผสมคอนกรีตตามมาตรฐานมอก. ในอัตราส่วนที่ได้คำนวณไว้ตามรายการคำนวณ และเทคอนกรีตลงในแบบหล่อที่เตรียมไว้โดยคอนกรีตมีความหนา 50 มิลลิเมตร ทิ้งไว้จนแผ่นตัวอย่างแห้งหรือ 24 ชั่วโมงแล้วค่อยถอดออกจากแบบ



ภาพที่ 3.4 การผสมและถอดแบบคอนกรีตตามมาตรฐาน มอก. 378-2531



ภาพที่ 3.5 การแกะออกจากแบบ

3.4 การทดสอบสมบัติ

3.4.1 การทดสอบหาค่าความชื้นของคอนกรีต

โดยใช้ เครื่องวัดความชื้น GENERAL รุ่น MM1E ในการวัดความชื้นคอนกรีต

ขั้นตอนการทดสอบ 1) กดปุ่มเปิดเครื่องวัดความชื้น

2) นำขาวัดความชื้นจิ้มลงบนคอนกรีตบล็อกโดยสุ่มจุดที่วัดเป็น

จำนวน10 จุดต่อบล็อก เพื่อหาค่าเฉลี่ยของความชื้น

3) บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 3.2



ภาพที่ 3.6 การแช่น้ำเพื่อวัดค่าความชื้น

ตารางที่ 3.2 ตารางผลการทดลองการวัดค่าความชื้นของคอนกรีต

ร้อยละของน้ำหนักปูนซีเมนต์	น้ำหนัก (กิโลกรัม)			ร้อยละค่าความชื้น ที่อ่านได้			ค่า เฉลี่ยของน้ำ หนัก (กิโลกรัม)	ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ความชื้นที่ อ่านได้
	1	2	3	1	2	3		
ครั้งที่								
คอนกรีตทั่วไป								
คอนกรีตผสมไฟเบอร์กลาส ร้อยละ15 + เกลือร้อยละ 5								
คอนกรีตผสมไฟเบอร์กลาส ร้อยละ10 + เกลือร้อยละ 10								
คอนกรีตผสมไฟเบอร์กลาส ร้อยละ5 + เกลือร้อยละ 15								

จากนั้นทำการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตเพื่อดูความสามารถในการดูดซึมน้ำ โดยการวัดน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปก่อนและหลังการนำคอนกรีตแช่ลงในน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

วิธีการทดลอง

- 1) นำคอนกรีตซึ่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
- 2) นำคอนกรีตแช่ลงในน้ำโดยให้จมลงไปทั้งหมดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นยกคอนกรีตขึ้นมาชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
- 3) นำคอนกรีตที่บันทึกน้ำหนักแล้วมาวางไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 4) หลังจากครบ 24 ชั่วโมงให้นำคอนกรีตมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง แล้วบันทึกผลการทดลอง

3.4.2 การทดสอบหาค่าความแข็งแรง (การทดสอบแรงอัดหรือกำลังอัดของคอนกรีต)

อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบแรงอัดคอนกรีต ดังนี้

- 1) เครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต มาตรฐานเครื่อง BS1610 Part1:1992 (UNIT TEST SCIENTIFIC)
- 2) เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 3) เวอร์เนียคาลิเปอร์
- 4) ตลับเมตร

วิธีการทดสอบแรงอัดคอนกรีต มีลำดับขั้นตอนดังนี้

- 1) วัดขนาดมิติของแท่งทดสอบด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์
 - แท่งทดสอบรูปทรงลูกบาศก์ พิจารณาด้านคู่ขนานที่ผิวหน้าเรียบ นำเวอร์เนียคาลิเปอร์วัดขนาดความกว้าง ยาว และสูงของแท่งทดสอบ ที่ตำแหน่งกึ่งกลาง
 - นำแท่งทดสอบขึ้นชั่งน้ำหนัก
 - ทำความสะอาดผิวทั้งด้านบนและด้านล่างของเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต นำแท่งทดสอบเข้าเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต
 - แท่งทดสอบรูปทรงลูกบาศก์ นำด้านที่เลือกเข้าไว้วางบนแท่นของเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต
 - ตำแหน่งของแนวแกนของแท่งทดสอบต้องตรงกับแนวศูนย์กลางของน้ำหนักกดและผิวแท่งต้องสัมผัสกับแท่งทดสอบแนบสนิท
 - การควบคุมอัตราการกดของเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีตอย่างสม่ำเสมอและไม่กระตุก เครื่องทดสอบแบบหมุนเกลียว (Screw-type) จะต้องเป็นเครื่องที่หัวกดสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 1.3 มิลลิเมตร/นาที เครื่องทดสอบแบบ

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) แบบรายงานผลการทดสอบแรงอัดคอนกรีต

ร้อยละของ น้ำหนัก ปูนซีเมนต์	น้ำหนักเฉลี่ย (ก)	หน่วยปริมาตร	stress (MPa)				Peak load (kN)			
			ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย
			1	2	3		1	2	3	
คอนกรีตผสมไฟเบอร์กลาส ร้อยละ 5 + เกลือ ร้อยละ 15										
คอนกรีตผสมไฟเบอร์กลาส ร้อยละ 15 + เกลือ ร้อยละ 5										

3.4.3 การทดสอบหาสมบัติทางความร้อนของชั้นคอนกรีต

การทดสอบหาสมบัติทางความร้อนของชั้นคอนกรีตที่ผสมด้วยวัสดุต่างๆ ในการศึกษาสมบัติทางความร้อนได้ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM 177 C



Run to 30 min before testing



Put concrete slab in the chamber



Close the chamber



Operating for 30 min until the thermal conductivity is constant



ภาพที่ 3.8 แผนการทดลองวัดค่าความร้อน

3.4.4 การวัดอุณหภูมิของแผ่นคอนกรีต

3.4.4.1 เตรียมแผ่นคอนกรีตตัวอย่างทั้ง 3 แผ่นไปตากแดดจนแห้ง

3.4.4.2 วัดแผ่นคอนกรีตตัวอย่างเพื่อจุดศูนย์กลางและเจาะรู ความลึก 250 มิลลิเมตร

3.4.4.3 นำแผ่นคอนกรีตตัวอย่างทั้ง 3 แผ่นไปตากแดดเพื่อวัดหาอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อหาอุณหภูมิสูงสุด

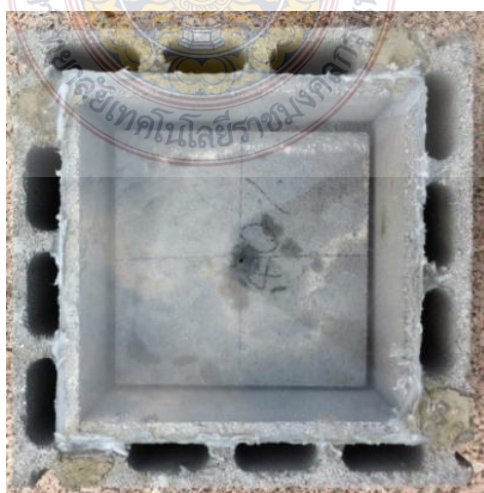


ภาพที่ 3.9 แสดงการทดสอบวัดค่าความร้อนจากแผ่นตัวอย่าง

3.4.4.4 นำกระเบื้องคอนกรีตตัวอย่างทั้ง 3 แผ่นที่วัดอุณหภูมิแล้วไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิสูงสุด เพื่อวัดหาการคายความร้อนของกระเบื้องคอนกรีตตัวอย่างทั้ง 3 แผ่น

3.4.4.6 สร้างกล่องขนาด 390x390x190 มิลลิเมตร เพื่อนำกระเบื้องคอนกรีตไปทดสอบหาค่าความร้อน

3.4.4.7 เตรียมอิฐบล็อกเพื่อสร้างเป็นกล่องสี่เหลี่ยมเพื่อวางแผ่นกระเบื้องคอนกรีต



ภาพที่ 3.10 เตรียมห้องทดสอบเพื่อหาค่าความร้อนของแผ่นทดสอบ

3.4.4.7 เจาะรูที่กลางแผ่นอะคริลิคขนาด 5 มิลลิเมตรเพื่อใส่เครื่องวัดอุณหภูมิ

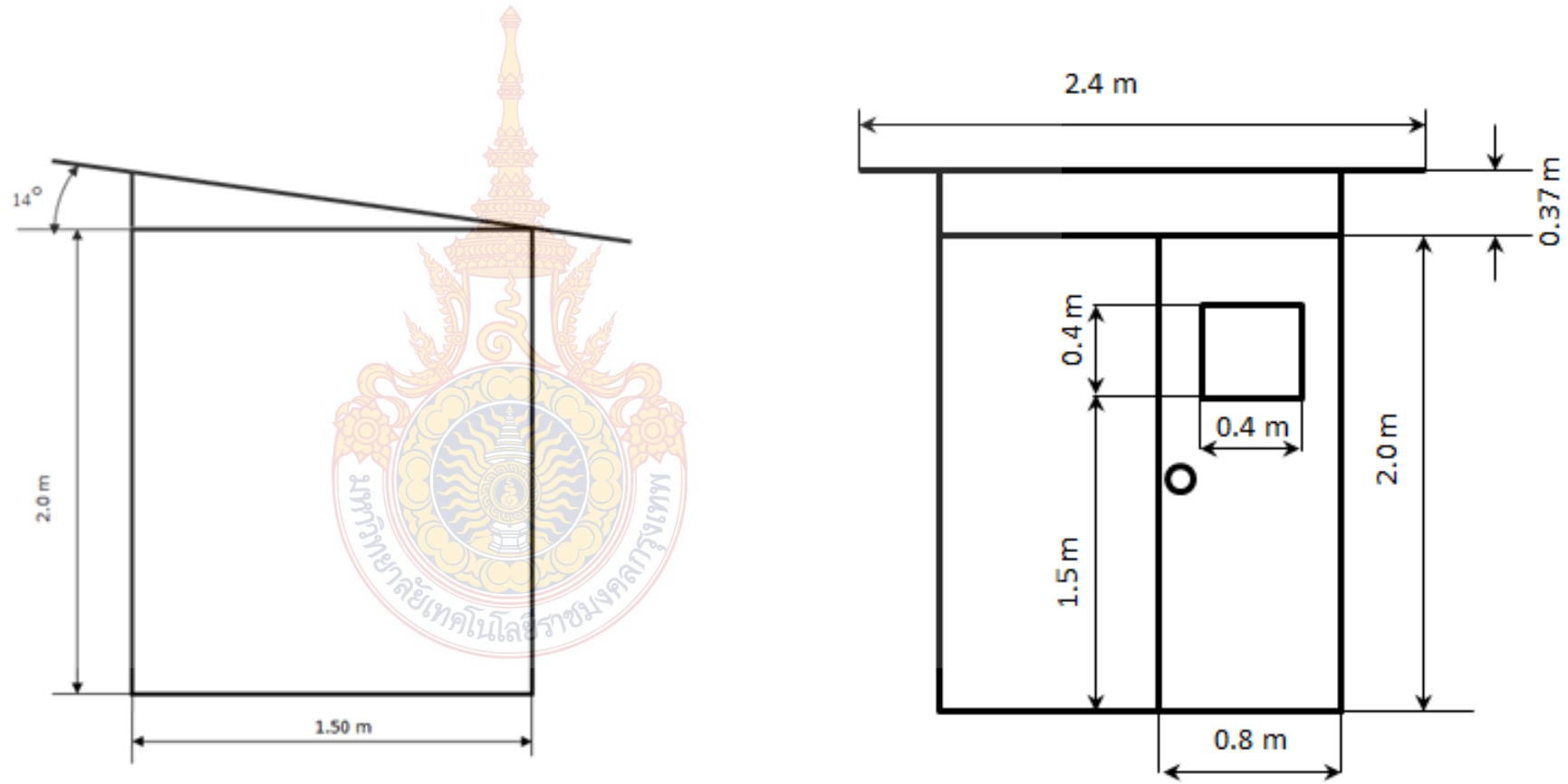
3.4.4.8 นำแผ่นอะคริลิควางปิดด้านบนกล่องอิฐบล็อกแล้วนำซิลิโคนอุดแนวที่สัมผัสกับกล่องอิฐบล็อกให้สนิท

3.4.4.9 ทำการวัดอุณหภูมิภายในกล่องตัวอย่างและภายนอกกล่องในช่วงเวลาต่างๆ

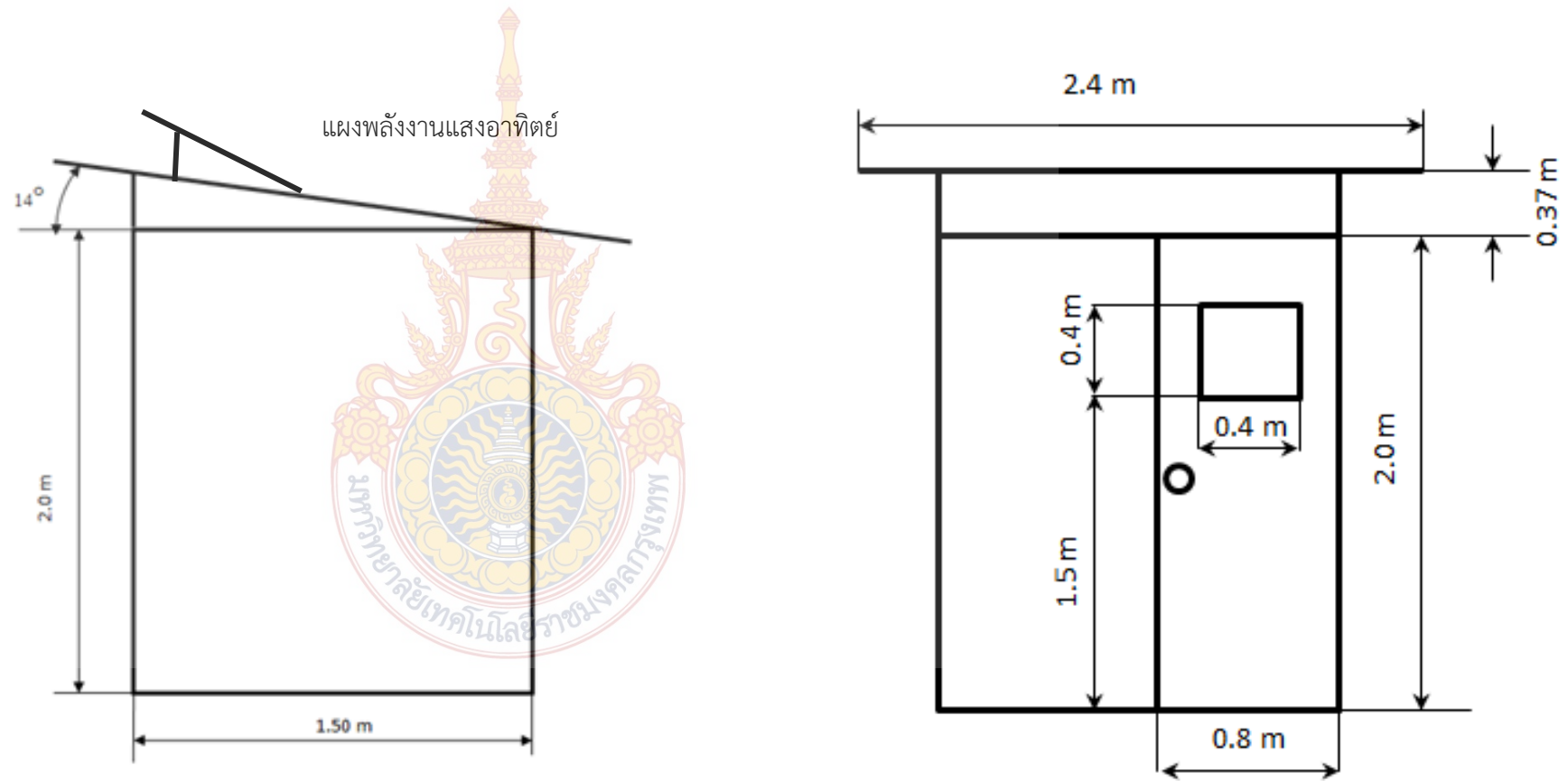
3.5 การสร้างห้องต้นแบบในการทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นคอนกรีต

คอนกรีตที่ผ่านการทดสอบในส่วนผสมที่ถูกต้องและมีค่าที่เหมาะสมจากการทดลอง จะนำมาใช้วางเป็นแผ่นปูพื้นในโรงต้นแบบเพื่อทำการวัดค่าปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นภายในห้องอบ โดยกำหนดให้มีขนาดของพื้นที่ในการวางคือ 1.5×1.5 เมตร และผนังของห้องต้นแบบก่อด้วยอิฐบล็อกตามขนาดมาตรฐานในการก่อสร้างทั่วไป โดยมีการกำหนดความสูงเป็น 2 เมตร โดยรายละเอียด ดังแสดงในภาพที่ 3.11





ภาพที่ 3.11 ภาพของห้องอบที่ปูพื้นด้วยแผ่นคอนกรีตบล็อกและก่อผนังด้วยอิฐบล็อกโรงอบมาตรฐาน

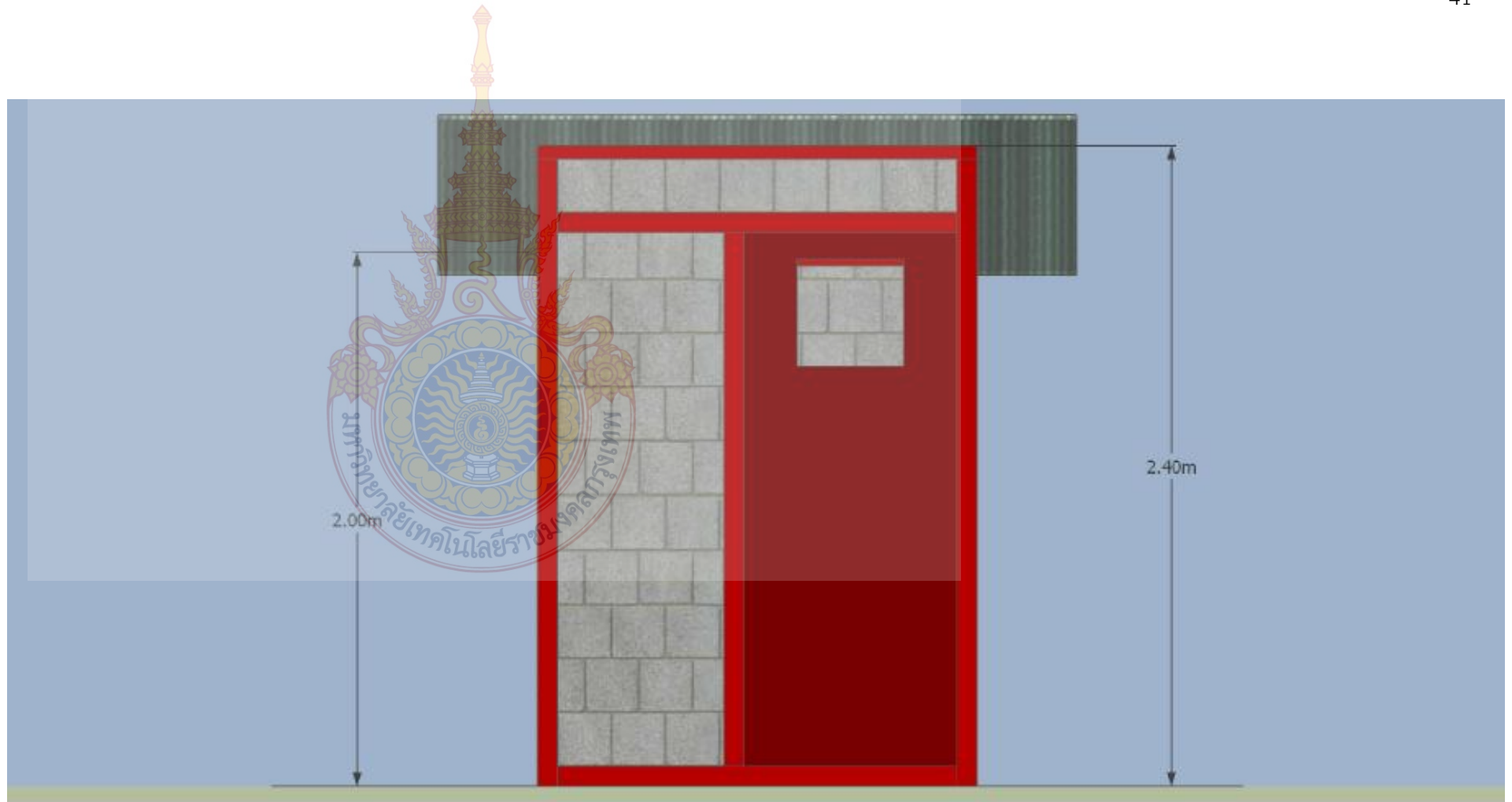


ภาพที่ 3.12 ภาพของห้องอบที่ปูพื้นด้วยแผ่นคอนกรีตบล็อกและก่อผนังด้วยอิฐบล็อกโรงอบที่มีพัดลมระบายอากาศ

แบบรายละเอียดโรงต้นแบบ



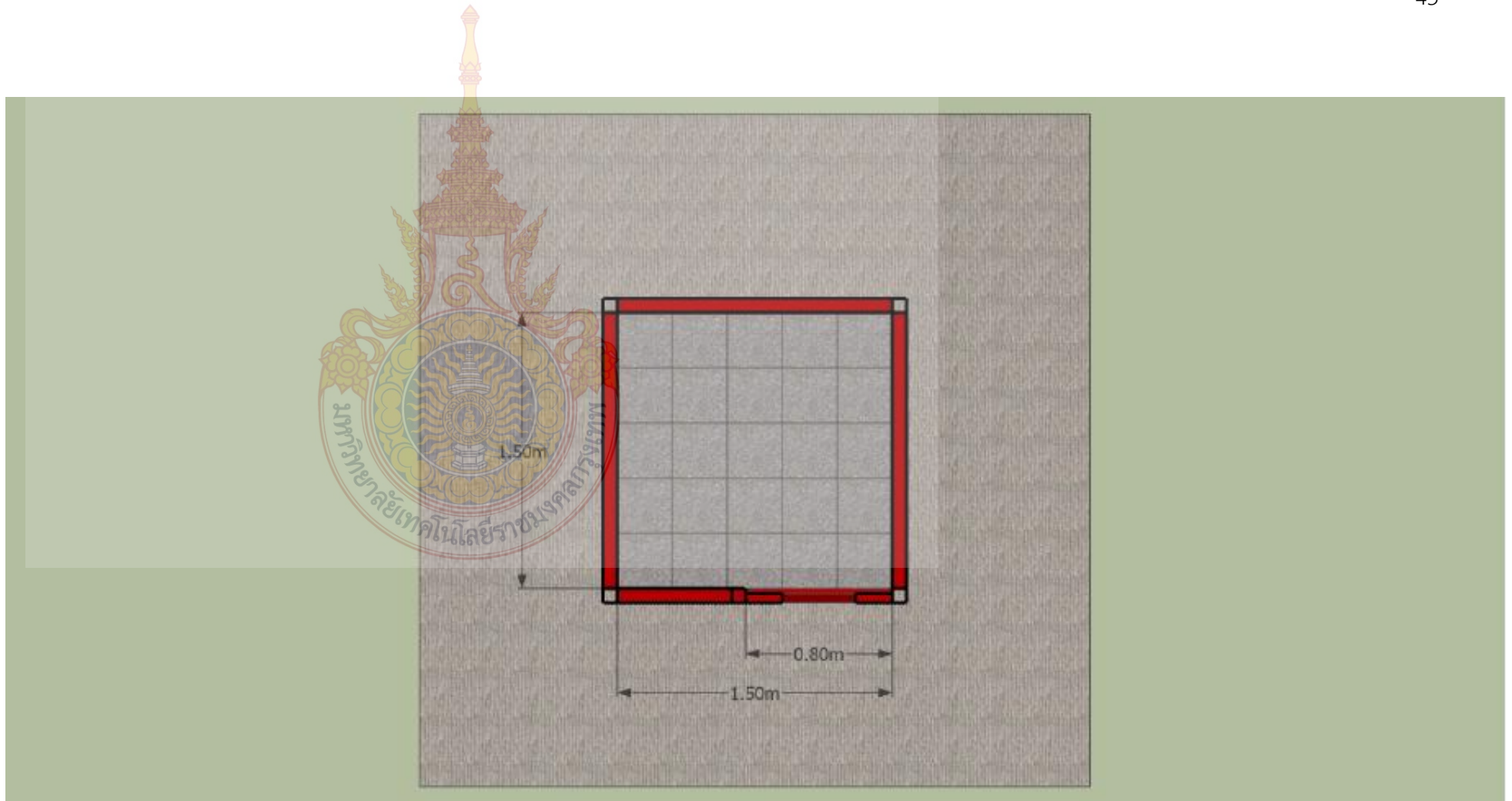
ภาพที่ 3.13 แบบรายละเอียดโรงต้นแบบ



ภาพที่ 3.14 แบบรายละเอียดโรงต้นแบบพร้อมขนาด ด้านหน้า



ภาพที่ 3.15 แบบรายละเอียดโรงต้นแบบพร้อมขนาด ด้านข้าง



ภาพที่ 3.16 แบบรายละเอียดโรคงต้นแบบพร้อมขนาด ด้านบน

3.6 รายละเอียดการดำเนินงานวิจัย

1. ขั้นตอนในการศึกษาสมบัติทางความร้อน ด้านการสะสมความร้อนของรูปแบบโรงอบต่างๆ ดังนี้
 - ขั้นที่ 1 ตำแหน่งของความร้อนภายในโรงอบ
 - ขั้นที่ 2 ความชื้นภายในโรงอบ
 - ขั้นที่ 3 ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการอบแห้ง ได้แก่
 - ความชื้นมาตรฐานแห้งของตัวอย่างในการทดลอง
 - อุณหภูมิของอากาศร้อนภายในห้องอบแห้ง
2. สร้างโรงอบจำลอง 2 โรง ประกอบด้วย โรงที่ไม่มีการระบายอากาศ และโรงที่มีการระบายอากาศ
3. วัดค่าความชื้นและค่าอุณหภูมิในตำแหน่งต่างๆ ของโรงอบทั้ง 4 ด้าน โดยวัดออกเป็น 3 ระดับ
4. วัดค่าความชื้นและค่าอุณหภูมิของตะแกรงตากแห้งทั้ง 3 ชั้นในแต่ละชั้น
5. สร้างความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในโรงอบ ตำแหน่ง และความชื้น
6. ทดลองอบแห้งและวัดค่าความชื้นในผลิตภัณฑ์
7. สถานที่เก็บผลการทดลอง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

โดยมีรายละเอียดในการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาความร้อนของโรงอบและระบบระบายความชื้นภายใน
2. การหาประสิทธิภาพของการระบายอากาศ พร้อมกับศึกษาความชื้นที่ผนังในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวันและช่วงเวลากลางคืน
3. สร้างโรงอบแห้งและทดสอบประสิทธิภาพของระบบอบแห้งในพื้นที่และสภาพแวดล้อมจริง
4. ผลที่ได้สามารถนำมาแปรผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

1. การศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) และคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสม ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เมื่อทำการศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระดังกล่าวข้างต้นเรียบร้อยแล้ว จะทำการคัดเลือกตัวแปรต่าง ๆ ที่มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่อไป โดยรายละเอียดการแบ่งชุดของข้อมูลที่คัดเลือกจะแบ่งเป็น 2 ชุดข้อมูลดังนี้

1. วิธีการคัดเลือกตัวแปรที่มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เหมาะสม ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ (Y กับ X) ซึ่งมีรายละเอียดการคัดเลือกตัวแปรดังนี้

1.1 กรณีที่ตัวแปร Y มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับ X จะเลือกตัวแปรอิสระที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกว่ามาใช้

1.2 กรณีที่ตัวแปร Y ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับ X จะเลือกตัวแปรอิสระที่มีค่า P-value ที่ต่ำ ยกเว้นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน หรือมีเครื่องหมาย (+) และมีค่า P-value ที่ต่ำ

2. การคัดเลือกตัวแปรที่มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เหมาะสม ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ (Y กับ X) ซึ่งมีรายละเอียด การคัดเลือกตัวแปรเช่นเดียวกับข้อ 1

3. การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปแล้วการพัฒนาแบบจำลองจะประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ คือ การสร้างแบบจำลอง (Model building) การปรับเทียบแบบจำลอง (Model calibrating) และการตรวจสอบแบบจำลอง (Model validating) การพัฒนาแบบจำลองขึ้นมาใหม่ จำเป็นจะต้องทำการปรับเทียบกับข้อมูลที่ศึกษา โดยการหาค่าคงที่ใหม่ หรือเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับผลที่ทำการตรวจวัดจริงเพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ และพื้นที่ที่ทำการศึกษา เมื่อทำการปรับเทียบแบบจำลองแล้วก็เข้าสู่ขั้นตอนการนำแบบจำลองไปตรวจสอบ เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่าแบบจำลองที่ได้มานั้นมีความเหมาะสมสามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ได้จริง (กิตติศักดิ์ ณ หนองคาย. 2547 : 72)

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เชิงสถิติ ซึ่งหมายถึง สมการทางคณิตศาสตร์ ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากสมการความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างตัวแปรที่นิยมใช้และถูกเลือกใช้ งาน คือ แบบจำลองจากสมการความถดถอย (Regression model) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ที่แสดงออกมาในรูปเชิงคณิตศาสตร์ ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว คือ x เรียกว่าการถดถอยของ y บน x หรือเรียกว่าการถดถอยอย่างง่าย (Simple regression) การศึกษานี้ จะแบ่งการวิเคราะห์ความถดถอยออกเป็น 2 แบบ คือ

1. การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent variable) ส่วน X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent variable) และ e คือ ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (Random error)

2. การวิเคราะห์ความถดถอยไม่เชิงเส้น (Nonlinear regression Analysis) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เมื่อตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระในรูปไม่เชิงเส้นแต่สามารถวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นได้ตามปกติ และเมื่อตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระในรูปไม่เชิงเส้น และไม่สามารถวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นได้ ในการวิเคราะห์ความถดถอยทั้งสองแบบดังกล่าว จะมีวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอย 3 วิธี ได้แก่

2.1 Enter เป็นเทคนิคการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอยในขั้นตอนเดียว ผู้ใช้จะต้องเป็นผู้ตัดสินใจว่า ตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่ควรอยู่ในสนามความถดถอย

โดยพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบ หรือค่า Significance ของสถิติทดสอบ นอกจากนั้นผู้ใช้งานจะต้องเป็นผู้ตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2551 : 379)

2.2 Backward เป็นวิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอย โดยให้สมการถดถอยประกอบด้วยตัวแปรอิสระ k ตัว ที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y แล้วใช้สถิติ T ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X ที่ละตัว

2.3 Stepwise เป็นวิธีการนำตัวแปรอิสระตัวแรกเข้าสมการครั้งละ 1 ตัว โดยเลือกตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดเข้าสมการซึ่งจะต้องผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ การคำนวณจะคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X_i ที่ละตัว (r_{yxi}) แล้วเลือกตัวแปร X_i ที่มีค่า (r_{yxi}) สูงสุดโดยการพิจารณาจากสถิติทดสอบ T

3. การทดสอบสมการความถดถอยเชิงพหุเป็นการทดสอบสมการที่เราได้พัฒนาขึ้นมา ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y จริงหรือไม่จะต้องทดสอบสมมติฐาน โดยจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว (one-way ANOVA)

4. การวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อน การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน (Residual analysis) ในการวิเคราะห์การถดถอย สามารถคำนวณได้หลายวิธีโดย Residual มีหลายชนิดในการพิจารณา ในการศึกษานี้จะเลือกใช้การวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนด้วยชนิด Standardized residuals โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Spss for windows หรือ Minitab และในการคัดเลือกสมการจะใช้ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานนี้ในการเปรียบเทียบ โดยเลือกสมการที่มีค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0 หรือใกล้เคียง 0 มากที่สุด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 หรือใกล้เคียง 1 มากที่สุด (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2551 : 377)

5. ประเมินและทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาโดยวิธีทางสถิติ เมื่อทำการพัฒนาแบบจำลองเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะต้องมีการทดสอบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นดังกล่าว มีความเป็นไปได้ในทางสถิติที่จะนำไปใช้งานหรือไม่ หรือจะต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้แบบจำลองสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ โดยรายละเอียดในการประเมินและทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ มีดังนี้

หลักทางสถิติด้วยวิธี T -test (Paired sample test) เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยวิธี Paired t -test นี้ เป็นการทดสอบหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่างสองกลุ่ม ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยในการวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Spss for windows หรือ Minitab ในการทำการทดสอบ Paired t -test (เกียรติกุล คำศิริพิทักษ์. 2544 : 59-60.)

เมื่อทำการทดสอบความถูกต้องของทุกสมการที่ได้ศึกษาเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปทำการคัดเลือกสมการที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากการคัดเลือกจากการทดสอบทางสถิติ T -test (Paired sample test) โดยจะเลือกจากสมการที่มีค่า P -Value ที่สูงที่สุด และมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการวิจัยโดยการสร้างโรงอบแห้ง 2 โรง คือ 1) โรงที่สร้างจากบล็อกคอนกรีตธรรมดาทั่วไป และ 2) โรงที่สร้างจากบล็อกคอนกรีตที่มีพาราฟินอยู่ตรงกลางเพื่อช่วยสะสมความร้อนพร้อมกับติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่ใช้ระบบ Solar cell ในการให้พลังงานไฟฟ้าแก่พัดลมระบายอากาศภายใน โดยข้อมูลการทดสอบด้านมิติ การทดสอบความต้านแรงดัดตามขวาง การทดสอบการดูดซึมน้ำ และการทดสอบค่าการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อก ได้นำผลการวิจัยมาจากโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกในอาคารเก็บพืชผลทางการเกษตร และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการวัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นเพื่อนำมาทดสอบสมมติฐานการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของโรงอบแห้งทั้ง 2 โรง ข้อมูลดังนี้

4.1 ผลการทดสอบด้านมิติ

การเปรียบเทียบมิติแผ่นคอนกรีตบล็อกปูพื้นกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 ต้องมีเกณฑ์การคลาดเคลื่อนไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการตรวจสอบมิติของแผ่นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

ค่าเฉลี่ย	มาตรฐาน	พาราฟินร้อยละ 40	พาราฟินร้อยละ 60
ค่าเฉลี่ยความหนา (มิลลิเมตร)	50.78	49.67	50.89
ค่าเฉลี่ยความกว้างความยาว (มิลลิเมตร)	300.83	299.78	300.06

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

4.2 ผลการทดสอบความต้านแรงดัดตามขวาง

การทดสอบความต้านแรงดัดตามขวาง ผลที่ได้จากการทดสอบค่าเฉลี่ยรับแรงได้ ดังนี้

แผ่นตัวอย่างมาตรฐานที่ไม่มีวัสดุพาราฟินได้ 7.24 เมกะพาสคัล แผ่นตัวอย่างที่มีวัสดุพาราฟินร้อยละ 40 ของหน้าตัดได้ค่าเฉลี่ย 7.82 เมกะพาสคัล แผ่นตัวอย่างที่มีวัสดุพาราฟินร้อยละ 60 ของหน้าตัดได้ค่าเฉลี่ย 7.74 เมกะพาสคัล

โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 กำหนดไว้คือการรับแรงดัดตามขวางของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัลและค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3 เมกะพาสคัล โดยที่แผ่นคอนกรีตปูพื้นมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.07 เมกะพาสคัล

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความต้านแรงดัดตามขวางของคอนกรีตปูพื้น มาตรฐานบ่มที่ 28 วัน

ตัวอย่าง	แรงที่กดได้ (P) (นิวตัน)	ความหนา (t)	ความกว้าง (b)	ความยาว (l) = 2L/3	ค่า $f = \frac{3Pl}{2bt^2}$	ค่าเฉลี่ย (f) 3 แผ่น
1	18700	50	300	201.33	7.52	7.24
2	19000	52	300	201.33	7.07	
3	18400	51	300	201.33	7.12	

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

ตารางที่ 4.3 ค่าความต้านแรงดัดตามขวางของคอนกรีตปูพื้นพาราฟิน ร้อยละ 40 บ่มที่ 28 วัน

ตัวอย่าง	แรงที่กดได้ (P) (นิวตัน)	ความหนา (t)	ความกว้าง (b)	ความยาว (l) = 2L/3	ค่า $f = \frac{3Pl}{2bt^2}$	ค่าเฉลี่ย (f) 3 แผ่น
1	19000	48	300	200.67	8.27	7.82
2	18800	50	297	200.00	7.59	
3	18900	50	300	201.33	7.61	

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

ตารางที่ 4.4 ค่าความต้านแรงดัดตามขวางของคอนกรีตปูพื้นพาราฟิน ร้อยละ 60 บ่มที่ 28 วัน

ตัวอย่าง	แรงที่กดได้ (P) (นิวตัน)	ความหนา (t)	ความกว้าง (b)	ความยาว (l) = 2L/3	ค่า $f = \frac{3Pl}{2bt^2}$	ค่าเฉลี่ย (f) 3 แผ่น
1	19400	51	298	200.00	7.50	7.74
2	19500	50	301	200.67	7.80	
3	18900	49	298	200.00	7.92	

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

4.3 ผลจากการทดสอบการดูดซึมน้ำ

การดูดซึมน้ำของคอนกรีตปูพื้นตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

แผ่นตัวอย่างมาตรฐานที่ไม่มีวัสดุพาราฟินได้ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.126

แผ่นตัวอย่างที่มีวัสดุพาราฟินร้อยละ 40 ของหน้าตัด ได้ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.425

แผ่นตัวอย่างที่มีวัสดุพาราฟินร้อยละ 60 ของหน้าตัด ได้ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.311

ตารางที่ 4.5 แสดงการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตัวอย่างที่	แผ่นตัวอย่างมาตรฐาน	พาราฟินร้อยละ 40	พาราฟินร้อยละ 60
1	1.138	1.397	1.341
2	1.495	1.538	1.251
3	1.127	1.339	1.340
ค่าเฉลี่ย 3 แผ่น	1.126	1.425	1.311

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

4.4 การทดสอบค่าการสะสมความร้อน

โดยในการทดลองได้ทดลองสร้างห้องจำลองทดลองและวัดอุณหภูมิกลางแสงแดด ซึ่งพบว่าการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบกับการวัดในอากาศปกติ

ตารางที่ 4.6 ค่าอุณหภูมิของแผ่นคอนกรีตในห้องทดลองขนาด 390x390x190 มิลลิเมตร

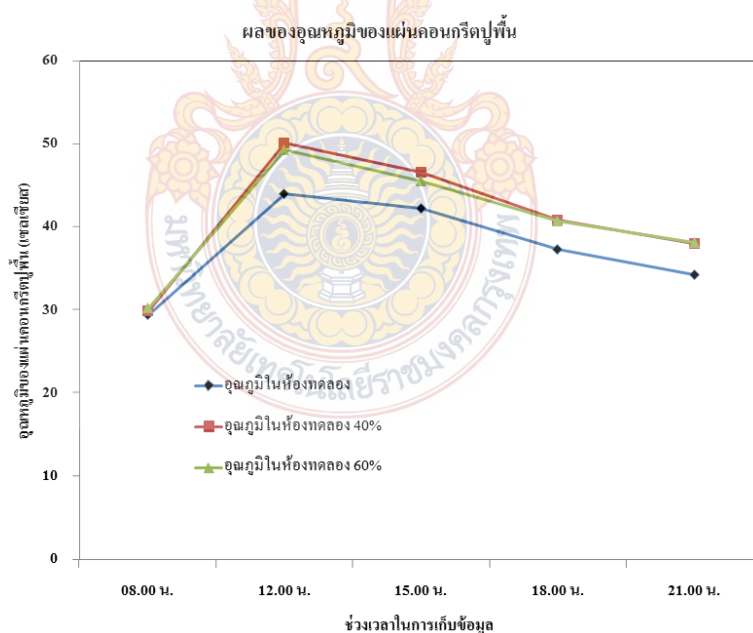
เวลา	มอก.		พาราฟินร้อยละ 40		พาราฟินร้อยละ 60	
	อุณหภูมิปกติ	อุณหภูมิในห้องทดลอง	อุณหภูมิปกติ	อุณหภูมิในห้องทดลอง	อุณหภูมิปกติ	อุณหภูมิในห้องทดลอง
08.00 น.	29.90	29.50	29.80	29.90	30.00	30.30
12.00 น.	40.70	44.00	41.70	50.10	41.90	49.30
15.00 น.	36.40	42.30	36.70	46.60	37.10	45.50

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ค่าอุณหภูมิของแผ่นคอนกรีตในห้องทดลองขนาด 390x390x190 มิลลิเมตร

เวลา	มอก.		พาราฟินร้อยละ 40		พาราฟินร้อยละ 60	
	อุณหภูมิปกติ	อุณหภูมิในห้องทดลอง	อุณหภูมิปกติ	อุณหภูมิในห้องทดลอง	อุณหภูมิปกติ	อุณหภูมิในห้องทดลอง
18.00 น.	32.30	37.30	32.40	40.90	32.30	40.70
21.00 น.	28.80	34.30	28.60	38.00	28.40	38.20

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

จากตารางที่ 4.6 พบว่าแผ่นคอนกรีตที่มีการใส่พาราฟินข้างในนั้น ในอากาศปกติที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างของแผ่นคอนกรีต แต่เมื่อทำการวัดภายในห้องจำลองที่สร้างขึ้นพบว่า พาราฟินที่ใส่เข้าไปในแผ่นคอนกรีตส่งผลต่อการสะสมความร้อน ดังแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและอุณหภูมิที่วัดได้ในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่อแผ่นคอนกรีตโดยทดลองในห้องปิด

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

จากภาพที่ 4.1 พบว่าการสะสมความร้อนของแผ่นคอนกรีตที่มีพาราฟินนั้นให้ค่าการสะสมความร้อนที่สูงกว่าแผ่นคอนกรีตโดยทั่วไป และยังพบว่าการใส่พาราฟินมากถึงร้อยละ 60 นั้นไม่ได้

ช่วยทำให้การสะสมความร้อนดีกว่า แผ่นที่มีพาราฟินร้อยละ 40 นั้นเป็นเพราะพื้นผิวคอนกรีตมีความเป็นรูพรุนสูง

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยการรับแรงกดของแผ่นคอนกรีตบล็อกโดยผสมเกล็ดต่อผงไฟเบอร์ ที่พาราฟินร้อยละ 40

ตัวอย่างสูตร เกล็ด : ผงไฟเบอร์	ค่าเฉลี่ยแรงกดที่แผ่นคอนกรีตสามารถทนได้ (นิวตัน)			
	ตัวอย่างที่			
	1	2	3	เฉลี่ย
5 : 5	14,000	16,000	15,000	15,000
10 : 5	14,550	14,650	14,300	14,500
15 : 5	18,680	18,220	18,600	18,500
5 : 10	15,040	14,820	15,140	15,000
10 : 10	13,200	12,800	13,000	13,000
15 : 10	15,620	15,900	14,980	15,500

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

ตารางที่ 4.8 ค่าการนำความร้อนของแผ่นคอนกรีตบล็อกโดยผสมเกล็ดต่อผงไฟเบอร์

สูตรที่	ตัวอย่าง เกล็ด : ผงไฟเบอร์	Thermal Resistance ($m^2 \cdot K$)/W	Thermal Conductivity W/($m \cdot K$)
1	5 : 5	0.105	0.335
2	10 : 5	0.119	0.342
3	15 : 5	0.124	0.371
4	5 : 10	0.236	0.213
5	10 : 10	0.218	0.220
6	15 : 10	0.198	0.254
7	พาราฟินร้อยละ 40	0.098	0.385
8	พาราฟินร้อยละ 60	0.081	0.390

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

พาราฟินสามารถละลายเมื่อได้รับความร้อนและซึมออกมาที่ผิวของคอนกรีต ทำให้สูญเสียการสะสมความร้อน และทั้งนี้ยังพบว่าจากการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตตัวอย่าง ผลการทดสอบทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 378-2531 โดยที่ แผ่นตัวอย่างมาตรฐานที่ไม่มีวัสดุพาราฟินได้ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.126 ผ่านมาตรฐาน แผ่นตัวอย่างที่มีวัสดุพาราฟินร้อยละ 40 ของหน้าตัดได้ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.425 ผ่านมาตรฐาน และแผ่นตัวอย่างที่มีวัสดุพาราฟินร้อยละ 60 ของหน้าตัดได้ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.311 ผ่านมาตรฐาน การทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องจะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 378-2531 ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้พาราฟินที่ร้อยละ 40 เป็นตัวอย่างในการใส่ในแผ่นคอนกรีตบล็อก จากนั้นได้นำแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้หล่อเป็นแผ่นคอนกรีตโดย ผิวหน้าผสมเกล็ดและชั้นล่างผสมผงไฟเบอร์กลาส ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสะสมความร้อนขึ้น โดยทดลองแปรผลสัดส่วนของ เกล็ดและผงไฟเบอร์เป็น 5:5 10:5 15:5 5:10 10:10 และ 15:10 ตามลำดับ และได้ทดลองในสัดส่วน 5: 15 เพิ่มเติมด้วยซึ่งให้ผลค่าความแข็งแรงต่ำจึงไม่ได้ทดลองต่อ และผลของค่าความแข็งแรงที่วัดได้ดังแสดงในตารางที่ 4.12 เมื่อนำไปหาค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) แล้วพบว่าพาราฟินไม่ใส่เกล็ดและผงไฟเบอร์นั้นนำความร้อนได้ดี ซึ่งการนำความร้อนนี้เป็นผลทำให้เกิดการแผ่ความร้อนลงสู่พื้นล่างและทุกทิศทางของแผ่นคอนกรีต ทำให้ไม่เหมาะต่อการนำไปปูพื้นโรงอบแห้ง เนื่องจากความร้อนจะถูกส่งถ่ายไปยังพื้นล่างทำให้สูญเสียสมบัติการสะสมความร้อนไป และเมื่อผสมเกล็ดและ ผงไฟเบอร์ลงไปโดยที่มีพาราฟินอยู่ตรงกลางร้อยละ 40 ดังแสดงในตารางที่ 4.13 ตัวอย่างที่ 1 ถึง 6 พบว่ามีค่าการสะท้อนความร้อนที่ดีขึ้น และนำความร้อนได้ไม่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัดส่วนที่มีเกล็ดผสม ร้อยละ 5 และผงไฟเบอร์ผสมด้านล่างร้อยละ 10 พบว่ามีค่าการสะท้อนความร้อนที่ดี ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับค่าความแข็งแรงที่วัดได้ จึงเหมาะสมต่อการนำไปใช้เพื่อปูพื้นโรงอบแห้งต่อไป

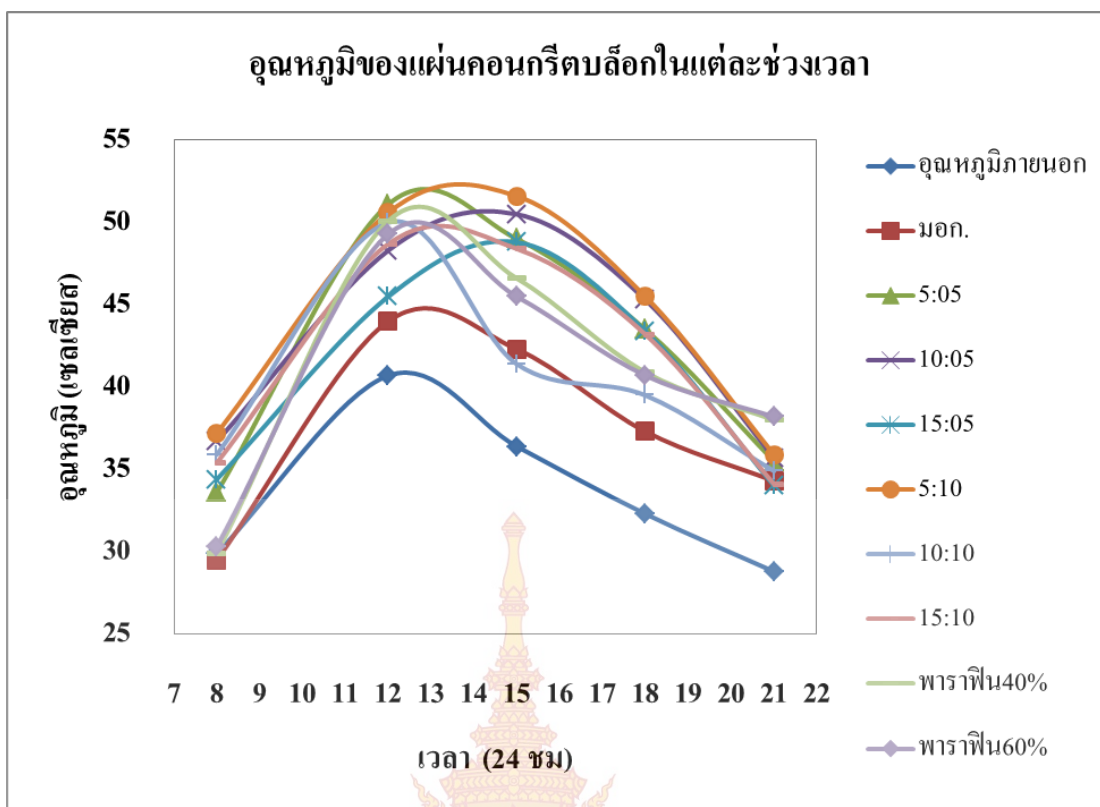
จากผลดังกล่าวที่วัดได้ในตารางที่ 4.7 และ 4.8 นั้นทำให้เราทราบว่าเกล็ดที่ผสมลงไปผิวหน้าคอนกรีต และผงไฟเบอร์ที่ผสมลงไปชั้นล่างมีผลต่อความแข็งแรงและการลดการนำความร้อนของแผ่นคอนกรีตลงไปได้ และเมื่อทดลองค่าการสะสมความร้อนในกล่องจำลองแล้วพบว่าค่าการสะสมความร้อนที่วัดได้มีค่าที่สูงและยาวนานขึ้นกว่าแผ่นคอนกรีตทั่วไปดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าอุณหภูมิของแผ่นคอนกรีตในห้องทดลองขนาด 390x390x190 มิลลิเมตร

เวลา	อุณหภูมิที่วัดได้									
	อุณหภูมิ ภายนอก	มอก.	5:5	10:5	15:5	5:10	10:10	15:10	พาราฟิน ร้อยละ 40	พาราฟิน ร้อยละ 60
08.0 0	29.90	29.50	33.6 0	36.70	34.4	37.20	35.90	35.40	29.90	30.30
12.0 0	40.70	44.00	51.1 0	48.30	45.50	50.60	50.00	48.70	50.10	49.30
15.0 0	36.40	42.30	49.0 0	50.50	48.80	51.60	41.40	48.40	46.60	45.50
18.0 0	32.30	37.30	43.5 0	45.30	43.40	45.50	39.50	43.20	40.90	40.70
21.00	28.80	34.30	35.50	35.70	34.00	35.90	34.90	34.10	38.00	38.20

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

ผลการวิเคราะห์จะเห็นว่าได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.00 เมื่อเปรียบเทียบค่า P-Value กับค่าระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ได้ค่า P-Value น้อยกว่าให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เพราะฉะนั้นอุณหภูมิสะสมของแผ่นคอนกรีตแต่ละเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ สอดคล้องและเป็นไปตามทฤษฎีที่เกิดขึ้นจริง ทำให้อุณหภูมิเกิดขึ้นแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 การวัดอุณหภูมิและการสะสมความร้อนของแผ่นคอนกรีตบดล็อกในแต่ละช่วงเวลา

ที่มา : ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556

4.5 การสร้างโรงอบแห้งระบบหมุนเวียนอากาศด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์

จากการวิเคราะห์ผลและทดสอบสมบัติของแผ่นคอนกรีตดังกล่าวทำให้เราทราบว่า แผ่นคอนกรีตดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานได้จริงโดยที่นำไปวางปูพื้นบนโรงเรือนจำลองอบแห้ง ขนาด 1.5 x 1.5 x 2 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ถึง ภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.3 โรงอบแห้งจำลองมาตรฐานและโรงอบแห้งจำลองที่มีระบบระบายอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.4 โรงอบแห้งจำลองมาตรฐาน



ภาพที่ 4.5 โรงอบแห้งจำลองที่มีระบบระบายอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.6 แผงพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 100 วัตต์



ภาพที่ 4.7 หลังคาโรงอบแห้งจำลองใส่เพื่อให้แสงแดดส่องถึงพื้นคอนกรีตบล็อก



ภาพที่ 4.8 ตะแกรง 3 ชั้น



ภาพที่ 4.9 ตะแกรง 3 ชั้น ใช้ในการตากพริกชี้ฟ้า



ภาพที่ 4.10 การวัดค่าอุณหภูมิตามจุดทดสอบต่าง ๆ ของคอนกรีตบล็อกในโรงอบจำลอง



ภาพที่ 4.11 การวัดค่าความชื้นตามจุดทดสอบต่าง ๆ ของคอนกรีตบล็อกในโรงอบจำลอง



ภาพที่ 4.12 การวัดค่าอุณหภูมิของพริกชี้ฟ้า



ภาพที่ 4.13 การวัดค่าความชื้นของพริกชี้ฟ้า

4.6 ผลการทดสอบอุณหภูมิโรงอบ

การเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิของโรงอบทั้ง 2 โรง เป็นเวลา 10 วันๆ ละ 5 เวลา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.10

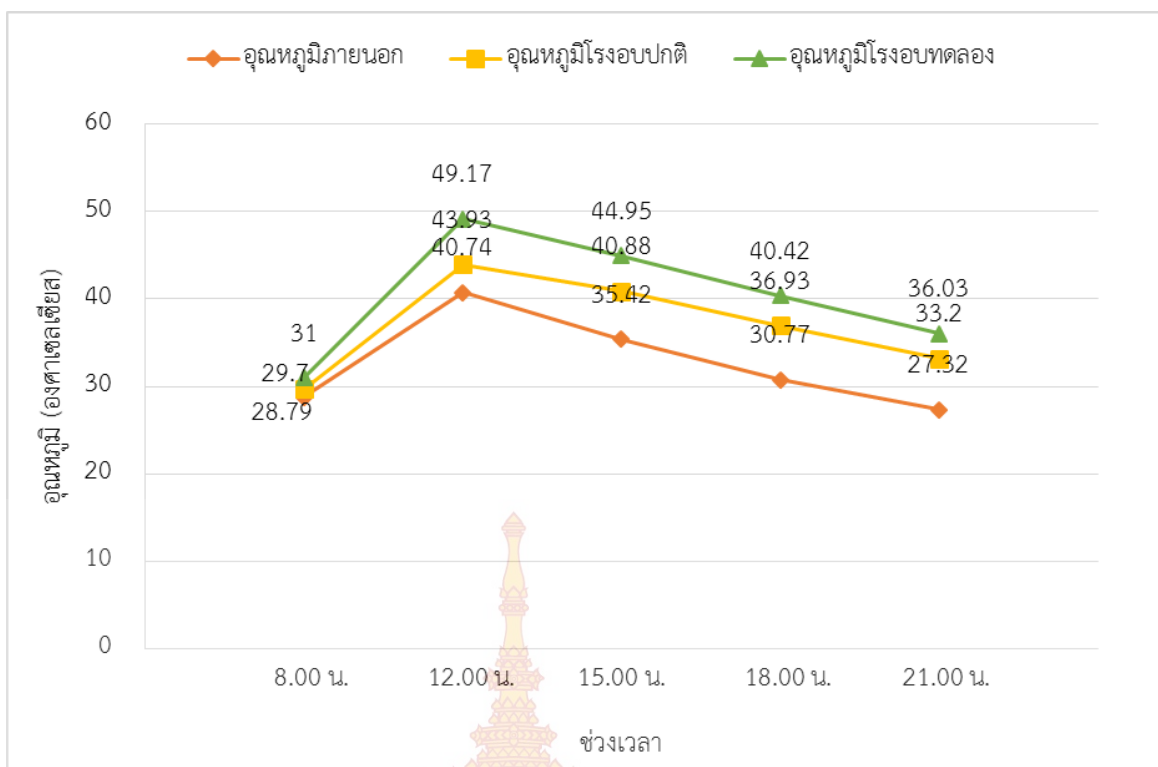
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าอุณหภูมิของโรงอบทั้ง 2 โรง

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		ภายนอก	โรงอบ ปกติ	โรงอบ ทดลอง			ภายนอก	โรงอบ ปกติ	โรงอบ ทดลอง
1	08.00 น.	29.80	29.50	30.20	6	08.00 น.	28.50	30.40	31.90
	12.00 น.	40.50	44.00	49.30		12.00 น.	41.70	43.70	46.60
	15.00 น.	36.50	42.30	45.40		15.00 น.	35.80	38.40	43.60
	18.00 น.	32.10	37.30	40.50		18.00 น.	30.30	36.70	39.50
	21.00 น.	28.90	34.30	38.20		21.00 น.	26.50	32.80	34.60
2	08.00 น.	29.90	28.30	29.90	7	08.00 น.	29.60	29.50	30.90
	12.00 น.	41.10	43.20	50.10		12.00 น.	42.40	44.20	48.20
	15.00 น.	36.40	41.50	45.60		15.00 น.	35.10	40.70	42.80
	18.00 น.	30.30	38.10	41.90		18.00 น.	32.60	36.40	40.10
	21.00 น.	27.80	34.30	36.60		21.00 น.	27.90	33.30	35.70

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) แสดงค่าอุณหภูมิของโรงอบทั้ง 2 โรง

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
		ภายนอก	โรงอบ ปกติ	โรงอบ ทดลอง			ภายนอก	โรงอบ ปกติ	โรงอบ ทดลอง
3	08.00 น.	27.70	29.10	29.90	8	08.00 น.	28.20	31.10	33.20
	12.00 น.	39.80	45.10	49.70		12.00 น.	40.60	44.30	49.40
	15.00 น.	34.80	40.20	46.10		15.00 น.	33.40	40.10	44.10
	18.00 น.	29.70	36.50	40.80		18.00 น.	30.20	36.80	40.50
	21.00 น.	26.50	33.10	37.10		21.00 น.	26.40	32.20	35.20
4	08.00 น.	28.20	29.60	30.40	9	08.00 น.	29.20	30.90	32.10
	12.00 น.	42.50	44.10	49.70		12.00 น.	40.10	43.70	50.60
	15.00 น.	35.80	42.30	45.20		15.00 น.	37.20	42.40	46.10
	18.00 น.	31.10	36.90	40.30		18.00 น.	32.60	37.20	39.50
	21.00 น.	27.20	33.10	35.70		21.00 น.	28.30	33.10	36.20
5	08.00 น.	26.90	30.30	31.90	10	08.00 น.	29.90	28.30	29.60
	12.00 น.	37.60	43.80	48.60		12.00 น.	41.10	43.20	49.50
	15.00 น.	32.80	39.40	45.40		15.00 น.	36.40	41.50	45.20
	18.00 น.	28.50	35.30	39.50		18.00 น.	30.30	38.10	41.60
	21.00 น.	25.90	31.50	35.20		21.00 น.	27.80	34.30	35.80

จากตารางที่ 4.10 พบว่าอุณหภูมิภายในโรงอบปกติมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกในทุกช่วงเวลา ที่ทำการวัดค่า เนื่องจากภายในโรงอบมีการสะสมความร้อนในระดับหนึ่ง ในทางเดียวกันกับอุณหภูมิ ภายในโรงอบทดลองก็มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายในโรงอบปกติเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าโรงอบ ทดลองที่สร้างจากบล็อกคอนกรีตที่มีพาราฟินอยู่ตรงกลางนั้นสามารถช่วยสะสมความร้อนจาก ภายนอกที่เข้าสู่ภายในโรงอบได้ โดยได้นำข้อมูลมาแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่วัดได้ของภายนอกและภายในโรงอบทั้ง 2 โรงดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกและภายในโรงอบทั้ง 2 โรงตามช่วงเวลา

จากภาพที่ 4.14 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของทั้ง 2 โรงอบและอุณหภูมิภายนอกตามช่วงเวลา ซึ่งจะเห็นว่าโรงอบมีการสะสมความร้อนจากภายนอกทำให้อุณหภูมิสูงกว่า และโรงอบทดลองให้ค่าอุณหภูมิสูงที่สุด แสดงให้เห็นถึงการสะสมความร้อนภายใน ในช่วงเวลาเช้าค่าอุณหภูมิต่ำที่สุด และในช่วงกลางวันให้ค่าความร้อนสูงที่สุดและค่อยๆ ลด เพราะการสะสมความร้อนของโรงอบ

4.7 ผลการทดสอบความชื้นโรงอบ

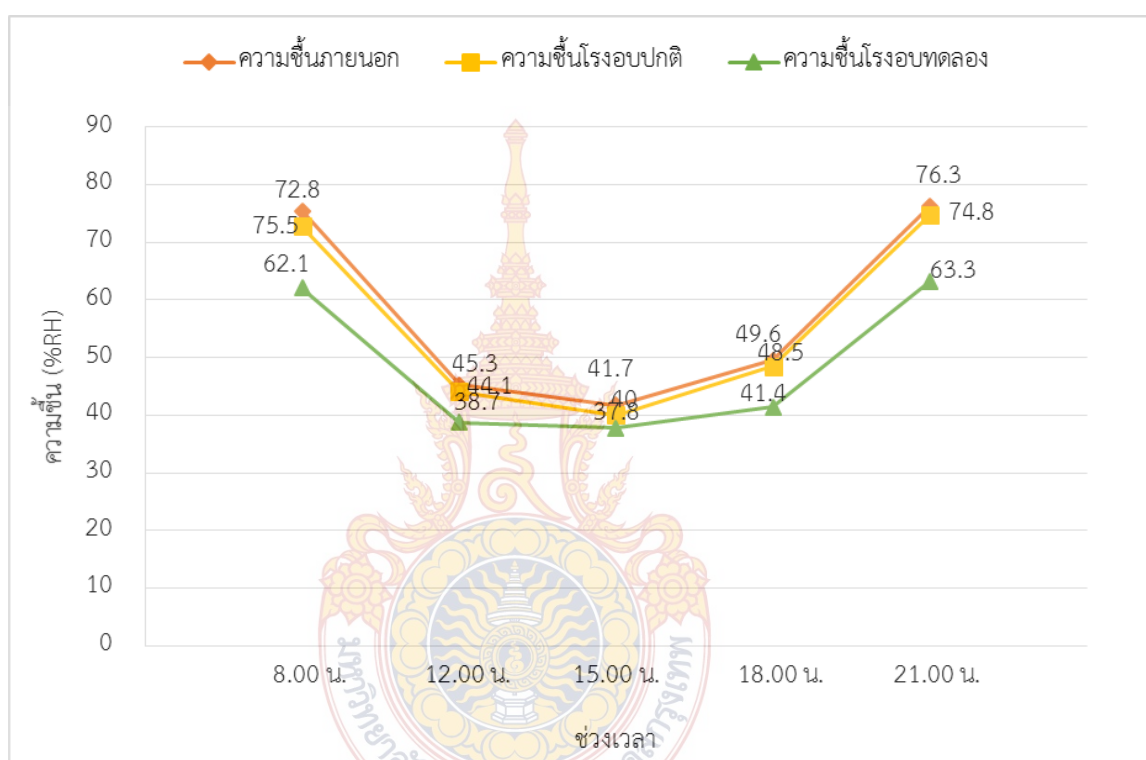
การเก็บข้อมูลค่าความชื้นของโรงอบทั้ง 2 โรง เป็นเวลา 10 วันๆ ละ 5 เวลา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความชื้นของโรงอบทั้ง 2 โรง

วันที่	เวลา	ความชื้น (%RH)			วันที่	เวลา	ความชื้น (%RH)		
		ภายนอก	โรงอบ ปกติ	โรงอบ ทดลอง			ภายนอก	โรงอบ ปกติ	โรงอบ ทดลอง
1	08.00 น.	72	71	60	6	08.00 น.	74	72	63
	12.00 น.	43	42	39		12.00 น.	44	42	39
	15.00 น.	40	40	39		15.00 น.	41	40	37
	18.00 น.	50	49	43		18.00 น.	48	46	42
	21.00 น.	74	72	62		21.00 น.	76	77	63
2	08.00 น.	73	71	62	7	08.00 น.	77	72	60
	12.00 น.	45	44	37		12.00 น.	44	42	38
	15.00 น.	40	39	37		15.00 น.	41	40	39
	18.00 น.	52	50	44		18.00 น.	48	46	41
	21.00 น.	77	73	61		21.00 น.	78	77	61
3	08.00 น.	74	71	62	8	08.00 น.	75	70	58
	12.00 น.	47	45	39		12.00 น.	46	43	38
	15.00 น.	41	39	38		15.00 น.	40	40	35
	18.00 น.	51	59	41		18.00 น.	46	45	41
	21.00 น.	75	73	62		21.00 น.	79	77	71
4	08.00 น.	76	74	61	9	08.00 น.	75	73	73
	12.00 น.	45	42	39		12.00 น.	48	45	40
	15.00 น.	45	41	37		15.00 น.	44	40	39
	18.00 น.	50	49	42		18.00 น.	50	46	41
	21.00 น.	74	72	63		21.00 น.	77	77	65
5	08.00 น.	79	77	61	10	08.00 น.	80	77	61
	12.00 น.	46	43	38		12.00 น.	45	53	40
	15.00 น.	43	40	40		15.00 น.	42	41	37
	18.00 น.	52	50	41		18.00 น.	49	45	38
	21.00 น.	75	73	62		21.00 น.	78	77	63

จากตารางที่ 4.11 พบว่าค่าความชื้นภายในโรงอบปกติมีค่าต่ำกว่าความชื้นภายนอกในทุกช่วงเวลาที่ทำกรวัดค่า เนื่องจากภายในโรงอบมีการสะสมความร้อนในระดับหนึ่งจึงอาจทำให้ค่า

ความชื้นลดลงได้มากกว่าภายนอก ในทางเดียวกันกับค่าความชื้นภายในโรงอบทดลองก็มีค่าต่ำกว่า อุณหภูมิภายในโรงอบปกติเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าโรงอบทดลองที่สร้างจากบล็อกคอนกรีตที่มี พาราฟินอยู่ตรงกลางเพื่อช่วยสะสมความร้อนพร้อมกับติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่ใช้ระบบ Solar cell ในการให้พลังงานไฟฟ้าแก่พัดลมระบายอากาศภายในนั้นสามารถช่วยทำให้อากาศไหลเวียนจึง สามารถช่วยลดความชื้นภายในโรงอบได้ โดยได้นำข้อมูลมาแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่าง ช่วงเวลาและค่าเฉลี่ยของความชื้นที่วัดได้ของภายนอกและภายในโรงอบทั้ง 2 โรงดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยของความชื้นภายนอกและภายในโรงอบทั้ง 2 โรงตามช่วงเวลา

จากภาพที่ 4.15 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของค่าความชื้นในโรงอบของทั้ง 2 โรงและภายนอก ตามช่วงเวลา เนื่องจากโรงอบมีการสะสมความร้อนจากภายนอกทำให้ค่าความชื้นต่ำกว่า และโรงอบ ทดลองให้ค่าความชื้นต่ำที่สุด แสดงให้เห็นถึงการติดตั้งระบบระบายอากาศภายในนั้นสามารถช่วยทำให้อากาศไหลเวียนทำให้อากาศภายในโรงอบไม่ชื้น ในช่วงเวลาเช้าและกลางคืนค่าความชื้นจะมีค่า มากเนื่องจากอุณหภูมิที่ลดต่ำลง และในช่วงกลางวันค่าความชื้นจะมีค่าน้อยเพราะอากาศมีอุณหภูมิที่ สูง

4.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโรงอบ

การทดสอบประสิทธิภาพของโรงอบแห้งในงานวิจัยนี้ จะวิเคราะห์เป็น 2 กรณี คือ ประสิทธิภาพการสะสมความร้อนในโรงอบแห้ง และประสิทธิภาพการอบแห้งของตัวอย่างในการทดลอง โดยใช้การทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ยของสองประชากร ซึ่งก็คือ โรงอบปกติ และโรงอบทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.8.1 ประสิทธิภาพการสะสมความร้อนในโรงอบแห้ง

ประสิทธิภาพการสะสมความร้อนในโรงอบแห้งนั้น จะใช้ค่าอุณหภูมิเป็นตัวแทน และต้องการทดสอบสมมติฐานว่าประสิทธิภาพด้านการสะสมความร้อนของโรงอบทดลองดีกว่าโรงอบปกติหรือไม่ ซึ่งสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบได้ดังนี้

ตั้งสมมติฐาน

H_0 : ประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของโรงอบทดลองไม่แตกต่างจากโรงอบปกติ

H_1 : ประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของโรงอบทดลองดีกว่าโรงอบปกติ

หรือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ หรือ $\mu_1 - \mu_2 = 0$

$H_1 : \mu_1 > \mu_2$ หรือ $\mu_1 - \mu_2 > 0$

โดย μ_1 คือ ประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของโรงอบทดลอง

μ_2 คือ ประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของโรงอบปกติ

ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$)

ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของโรงอบ

ประเภทโรงอบ	N	Mean	StDev	SE Mean	T-Value	DF	P-Value
โรงอบทดลอง	50	40.31	6.55	0.93	2.85	98	0.003
โรงอบปกติ	50	36.93	5.25	0.74			

ผลการทดสอบสมมติฐานดังตารางข้างต้น พบว่า ค่า P-Value เท่ากับ 0.003 เมื่อเปรียบเทียบค่า P-Value กับค่าระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ค่า P-Value น้อยกว่าให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของโรงอบทดลองดีกว่าโรงอบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

4.8.2 ประสิทธิภาพการอบแห้งของตัวอย่างในการทดลอง

ประสิทธิภาพการอบแห้งของตัวอย่างในการทดลองนั้น จะใช้ค่าความชื้นเป็นตัวแทน และต้องการทดสอบสมมติฐานว่าประสิทธิภาพด้านการอบแห้งของตัวอย่างของโรงอบทดลองดีกว่าโรงอบปกติหรือไม่ ซึ่งสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบได้ดังนี้

ตั้งสมมติฐาน

H_0 : ประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบทดลองไม่แตกต่างจากโรงอบปกติ

H_1 : ประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบทดลองดีกว่าโรงอบปกติ

หรือ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{หรือ} \quad \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2 \quad \text{หรือ} \quad \mu_1 - \mu_2 > 0$$

โดย μ_1 คือ ประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบทดลอง

μ_2 คือ ประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบปกติ

ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$)

ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบ

ประเภทโรงอบ	N	Mean	StDev	SE Mean	T-Value	DF	P-Value
โรงอบทดลอง	50	48.7	11.9	1.7	-2.71	98	0.996
โรงอบปกติ	50	56.0	15.2	2.1			

ผลการทดสอบสมมติฐานดังตารางข้างต้น พบว่า ค่า P-Value เท่ากับ 0.996 เมื่อเปรียบเทียบค่า P-Value กับค่าระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ค่า P-Value มากกว่า จึงไม่สามารถ

ปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบทดลองไม่แตกต่างกับโรงอบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

ถึงแม้ว่าโรงอบทดลองจะติดตั้งพัฒนาระบายอากาศที่ใช้ระบบ Solar cell ในการให้พลังงานไฟฟ้าแก่พัฒนาระบายอากาศภายในและจากการทดลองก็ให้ค่าความชื้นต่ำกว่าโรงอบปกติทั่วไปก็ตาม แต่จากการทดสอบสมมติฐานพบว่าโรงอบ 2 โรงไม่แตกต่างกัน



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนตามมาตรฐาน มอก. 378-2531

จากการทดสอบมิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน จากตัวอย่างแผ่นคอนกรีตปูพื้นที่ค่าส่วนผสมต่างๆ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 ผลที่ได้จากการทดสอบหรือวัดชิ้นส่วน จากการทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวางโดยใช้วัสดุทดแทนมวลละเอียดในอัตราส่วน 3 อัตราส่วน การทดสอบค่าเฉลี่ย 3 แผ่นตัวอย่าง ผลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการค่าที่ได้ผ่านมาตรฐาน มอก. 378-2531

- แผ่นตัวอย่างที่มีวัสดุพาราฟินอยู่ร้อยละ 40 ของหน้าตัดได้ค่าเฉลี่ย 7.82 เมกะพาสคัล ผ่านมาตรฐาน
- แผ่นตัวอย่างที่มีวัสดุพาราฟินอยู่ร้อยละ 60 ของหน้าตัดได้ค่าเฉลี่ย 7.74 เมกะพาสคัล ผ่านมาตรฐาน

การทดสอบแรงดัดในแนวตามขวาง จะเห็นได้ว่าวัสดุทดแทนมวลละเอียดในแผ่นคอนกรีตปูพื้น ผ่านมาตรฐาน มอก.375-2531 ที่ได้กำหนดความต้านทานแรงดัดตามขวางแต่ละแผ่นต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 3 เมกะพาสคัล (ธรรมมา เจริญรวานิษ, 2556)

5.1.2 ประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของแผ่นคอนกรีตบล็อก

จากการทดลองพบว่าเกลียวที่ผสมลงไปผิวหน้าคอนกรีต และผงไฟเบอร์ที่ผสมลงไปทั้งชั้นล่าง มีผลต่อความแข็งแรงและการลดการนำความร้อนของแผ่นคอนกรีตลงไปได้ และเมื่อทดลองค่าการสะสมความร้อนในกล่องจำลองแล้วพบว่าค่าการสะสมความร้อนที่วัดได้มีค่าที่สูงและยาวนานขึ้นกว่าแผ่นคอนกรีตทั่วไป และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่า เกลียวและผงไฟเบอร์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแผ่นคอนกรีตบล็อกให้มีความสามารถในการสะสมความร้อนได้ยาวนานขึ้นกว่าคอนกรีตธรรมดาโดยทั่วไป นั่นเป็นเพราะการทำงานของพาราฟินและเกลียวส่งเสริมกันเป็นอย่างดี และเมื่อได้ทดลองนำมาปูพื้นสร้างโรงอบแห้งจำลองพบว่า การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ทำให้ตัวอย่างคือ พริกมีความแห้งมากขึ้นช่วยลดความชื้นและป้องกันการปนเปื้อนจากฝุ่นละอองและแมลงจากภายนอก อีกทั้งยังเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติคือแสงแดดได้อย่างมีคุณค่า

ดังนั้น แผ่นพื้นคอนกรีตที่มีวัสดุพาราฟินร้อยละ 40 ของพื้นที่หน้าตัดและผสมเกล็ดที่ผิวหน้า ร้อยละ 5 พร้อมกับแผ่นไฟเบอร์ด้านล่างของแผ่นคอนกรีตบล็อก เหมาะสำหรับการใช้ในโรงอบแห้ง ของพืชผลทางการเกษตร (ธรรมมา เจียรธรวานิช, 2556)

5.1.3 ผลการทดสอบอุณหภูมิโรงอบ

จากผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิภายในโรงอบปกติมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกในทุกช่วงเวลา ที่ทำการวัดค่า เนื่องจากภายในโรงอบมีการสะสมความร้อนในระดับหนึ่ง ในทางเดียวกันกับอุณหภูมิ ภายในโรงอบทดลองก็มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายในโรงอบปกติเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าโรงอบ ทดลองที่สร้างจากบล็อกคอนกรีตที่มีพาราฟินอยู่ตรงกลางนั้นสามารถช่วยสะสมความร้อนจาก ภายนอกที่เข้าสู่ภายในโรงอบได้

5.1.4 ผลการทดสอบความชื้นโรงอบ

จากผลการวิจัย พบว่าค่าความชื้นภายในโรงอบปกติมีค่าต่ำกว่าความชื้นภายนอกในทุก ช่วงเวลาทำการวัดค่า เนื่องจากภายในโรงอบมีการสะสมความร้อนในระดับหนึ่งจึงอาจทำให้ค่า ความชื้นลดลงได้มากกว่าภายนอก ในทางเดียวกันกับค่าความชื้นภายในโรงอบทดลองก็มีค่าต่ำกว่า อุณหภูมิภายในโรงอบปกติเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าโรงอบทดลองที่สร้างจากบล็อกคอนกรีตที่มี พาราฟินอยู่ตรงกลางเพื่อช่วยสะสมความร้อนพร้อมกับติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่ใช้ระบบ Solar cell ในการให้พลังงานไฟฟ้าแก่พัดลมระบายอากาศภายในนั้นสามารถช่วยทำให้อากาศไหลเวียนจึง สามารถช่วยลดความชื้นภายในโรงอบได้ ในช่วงเวลาเช้าและกลางคืนค่าความชื้นจะมีค่ามาก เนื่องจากอุณหภูมิที่ลดต่ำลง และในช่วงกลางวันค่าความชื้นจะมีค่าน้อยเพราะอากาศมีอุณหภูมิที่สูง

5.1.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของโรงอบ

5.1.5.1 ประสิทธิภาพการสะสมความร้อนในโรงอบแห้ง

ประสิทธิภาพการสะสมความร้อนในโรงอบแห้งนั้น จะใช้ค่าอุณหภูมิเป็นตัวแทน และ ต้องการทดสอบสมมติฐานว่าประสิทธิภาพด้านการสะสมความร้อนของโรงอบทดลองดีกว่าโรงอบ ปกติหรือไม่ โดยผลการทดสอบสมมติฐานดังตารางข้างต้น พบว่า ค่า P-Value เท่ากับ 0.003 เมื่อ เปรียบเทียบค่า P-Value กับค่าระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ค่า P-Value น้อยกว่าให้ปฏิเสธ สมมติฐานหลัก เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพการสะสมความร้อนของโรงอบทดลองดีกว่าโรงอบปกติ อย่างมีนัยสำคัญ

5.1.5.2 ประสิทธิภาพการอบแห้งของตัวอย่างในการทดลอง

ประสิทธิภาพการอบแห้งของตัวอย่างในการทดลองนั้น จะใช้ค่าความชื้นเป็นตัวแทน และต้องการทดสอบสมมติฐานว่าประสิทธิภาพด้านการอบแห้งของตัวอย่างของโรงอบทดลองดีกว่าโรงอบปกติหรือไม่ โดยผลการทดสอบสมมติฐานดังตารางข้างต้น พบว่า ค่า P-Value เท่ากับ 0.996 เมื่อเปรียบเทียบค่า P-Value กับค่าระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ค่า P-Value มากกว่า จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพการอบแห้งของโรงอบทดลองไม่แตกต่างกับโรงอบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

ถึงแม้ว่าโรงอบทดลองจะติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่ใช้ระบบ Solar cell ในการให้พลังงานไฟฟ้าแก่พัดลมระบายอากาศภายในและจากการทดลองก็ให้ค่าความชื้นต่ำกว่าโรงอบปกติทั่วไปก็ตาม แต่จากการทดสอบสมมติฐานพบว่าโรงอบ 2 โรงไม่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะปัจจัยอื่นที่อาจส่งผล เช่น ทำเลทดสอบเป็นจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จุดตั้งโรงอบทดสอบเป็นบริเวณลานกลางแจ้ง จึงอาจทำให้ค่าความชื้นไม่สูงมาก รวมทั้งการใช้ค่าความชื้นอย่างเดียวเป็นตัวแทนวัดประสิทธิภาพการอบแห้งอาจจะยังไม่เพียงพอ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการศึกษาวิจัย พบว่ามีประเด็นที่น่าศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อเนื่อง คือ ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการอบแห้ง

5.2.2 งานวิจัยลักษณะตรงข้ามกัน คือ เปลี่ยนจากโรงอบแห้งเป็นโรงยัดอายุผลิตผลทางการเกษตร เนื่องจากมีเกษตรกรที่ขายผลิตผลทางการเกษตรที่ต้องการยืดอายุผลิตภัณฑ์ให้สามารถขายได้ราคามากขึ้น เช่น ผักผลไม้ เป็นต้น

บรรณานุกรม

1. จารุวัฒน์ เจริญจิต, 2555. เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ และแนวทางการพัฒนา, KKU Res. J. 2012; 17(1):(110-124).
2. ธรรมมา เจียรธรวานิซ, 2556. การพัฒนาระบบสะสมความร้อนของคอนกรีตบล็อกในอาคารเก็บพืชผลทางการเกษตร, โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
3. ธวัฒน์ชัย เทพนวล, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, ชุลิกิพลี กาซอ, พรศักดิ์ สมประสงค์, และ ภรพนา บัวเพชร 2553. การใช้พลังงานของโรงอบยางแผ่นดิบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล, วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 ตุลาคม 2552 - มกราคม 2553
4. พงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น, ศิริชัย เทพา และพิชัย นามประกาย., 2550 การเปรียบเทียบการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยการรมควันและอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์, การประชุมวิชาการ ด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ ครั้งที่ 1, 31 สิงหาคม 2550 โรงแรมเดอะทวินทาวเวอร์ กรุงเทพฯ.
5. Goyal RK, Tiwari GN. Parametric study of a reverse flat plate absorber cabinet dryer: a new concept. Solar Energy. 1997; 60:41–8.
6. Goyal RK, Tiwari GN. Performance of a reverse flat plate absorber cabinet dryer: a new concept. Energy Convers Manage. 1999; 40(4):385–92.
7. Janjai, S., Intawee, P., Chaichoet, C., Sawatdisawanee, Y., 2006. Development and dissemination of the SILPAKORN-TYPE solar greenhouse dryer. In. **International conference on Green and Sustainable Innovation**. November 29 -December 1, 2006 Amora Tapae Hotel, Chiangmai Thailand.
8. Koyuncu, T., 2006. An investigation on the performance improvement of greenhouse- type agricultural dryers. **Renewable Energy**.31:1055–71.
9. Madhlopa, A., Jones, SA., Saka, JDK., 2002. A solar air heater with composite-absorber systems for food dehydration. **Renewable Energy**.27:27–37.
10. Pangavhane, DR., Sawhney, RL., Sarsavadia, PN., 2002. Design, development and performance testing of a new natural convection solar dryer. **J. Energy**.27:579–90.

11. Sarachitti, R., Chotetanorm, C., Lertsatitthanakorn, C., Rungsiyopas, M., 2010. Thermal performance analysis and economic evaluation of roof-integrated solar concrete collector, **Energy Buildings**.
12. Sharma A, Chen CR, Vu Lan N. Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2009; 13:1185–210.
13. Zhang, D., Li, Z., Zhou, J., Wu, K., 2004. Development of thermal energy storage Concrete. **Cement and Concrete Research**. 34: 927–934.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมทางสถิติ



ผลทางสถิติประสิทธิภาพการสะสมความร้อนในโรงอบแห้ง

โรงอบปกติ	โรงอบทดลอง
29.5	30.2
44.0	49.3
42.3	45.4
37.3	40.5
34.3	38.2
28.3	29.9
43.2	50.1
41.5	45.6
38.1	41.9
34.3	36.6
29.1	29.9
45.1	49.7
40.2	46.1
36.5	40.8
33.1	37.1
29.6	30.4
44.1	49.7
42.3	45.2
36.9	40.3
33.1	35.7
30.3	31.9
43.8	48.6
39.4	45.4
35.3	39.5
31.5	35.2
30.4	31.9
43.7	46.6
38.4	43.6



36.7	39.5
32.8	34.6
29.5	30.9
44.2	48.2
40.7	42.8
36.4	40.1
33.3	35.7
31.1	33.2
44.3	49.4
40.1	44.1
36.8	40.5
32.2	35.2
30.9	32.1
43.7	50.6
42.4	46.1
37.2	39.5
33.1	36.2
28.3	29.6
43.2	49.5
41.5	45.2
38.1	41.6
34.3	35.8



WORKSHEET 1

Test and CI for Two Variances: อุณหภูมิ vs ประเภทโรงอบ

Method

σ_1 : standard deviation of อุณหภูมิ when ประเภทโรงอบ = โรงอบทดลอง

σ_2 : standard deviation of อุณหภูมิ when ประเภทโรงอบ = โรงอบปกติ

Ratio: σ_1/σ_2

F method was used. This method is accurate for normal data only.

Descriptive Statistics

ประเภทโรงอบ	N	StDev	Variance	95% CI for σ
-------------	---	-------	----------	---------------------

โรงอบทดลอง	50	6.550	42.898	(5.471, 8.162)
โรงอบปกติ	50	5.248	27.545	(4.384, 6.540)

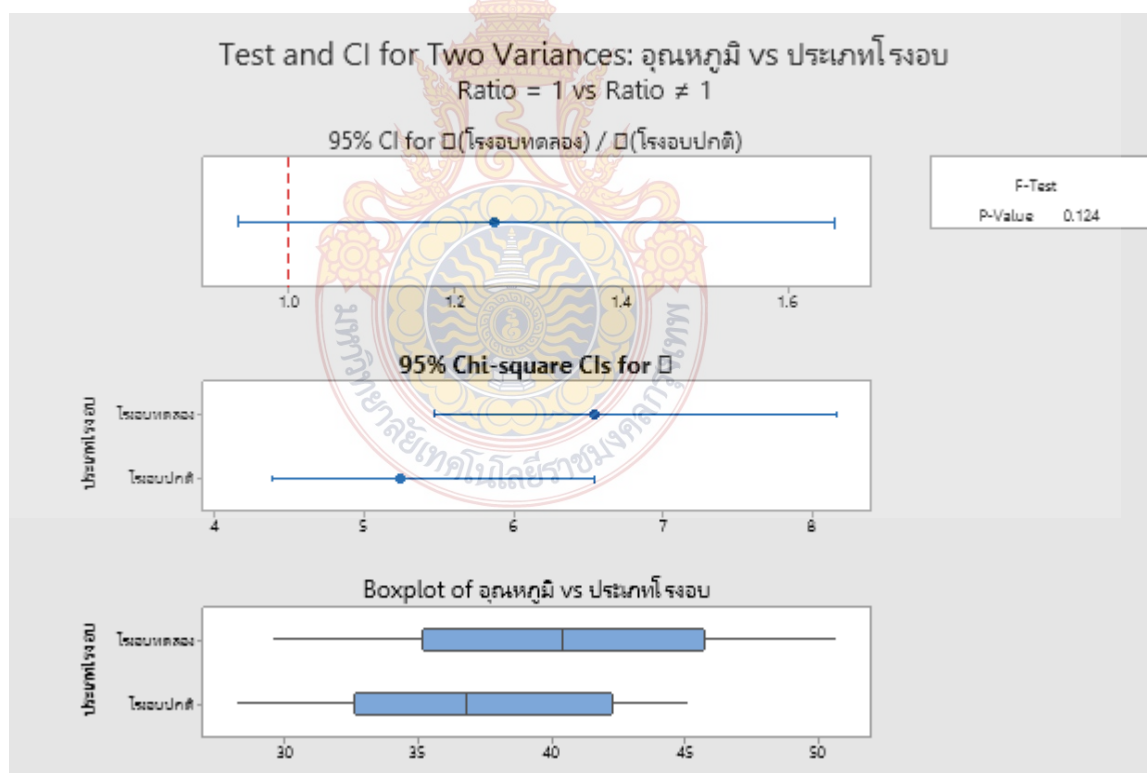
Ratio of Standard Deviations

95% CI for Estimated Ratio using	
Ratio	F
1.24794	(0.940, 1.657)

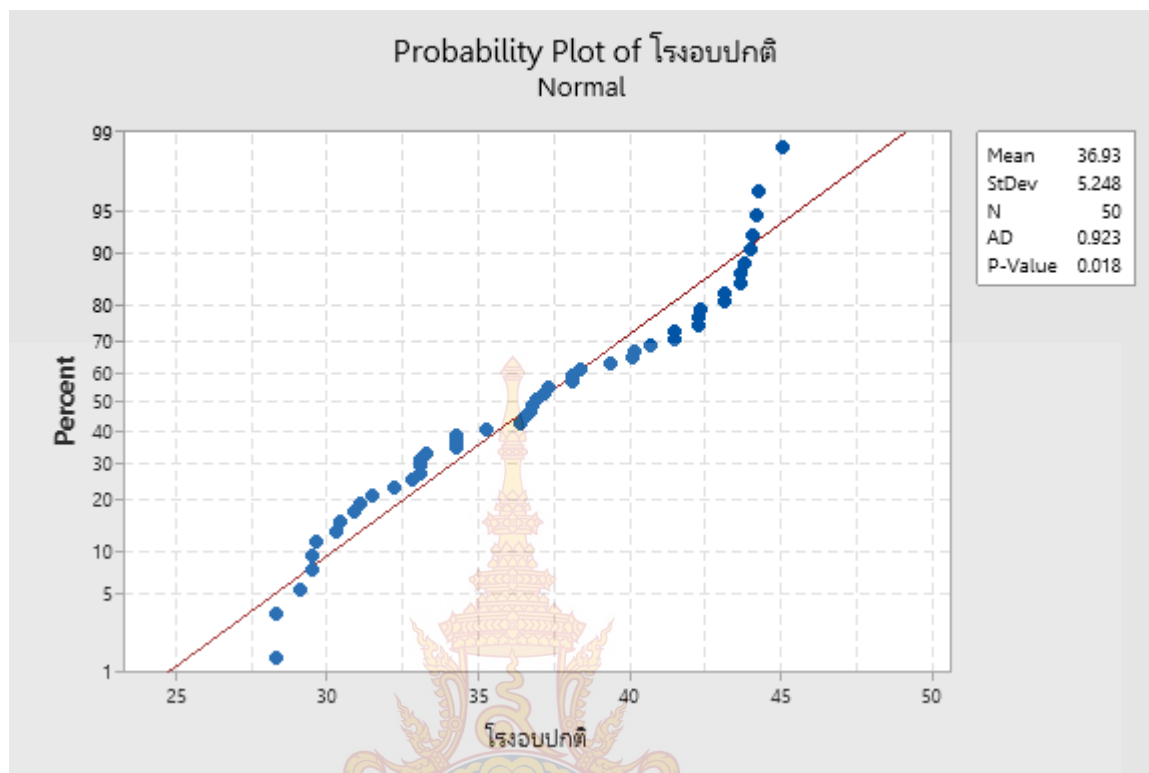
Test

Null hypothesis	$H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$
Alternative hypothesis	$H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$
Significance level	$\alpha = 0.05$

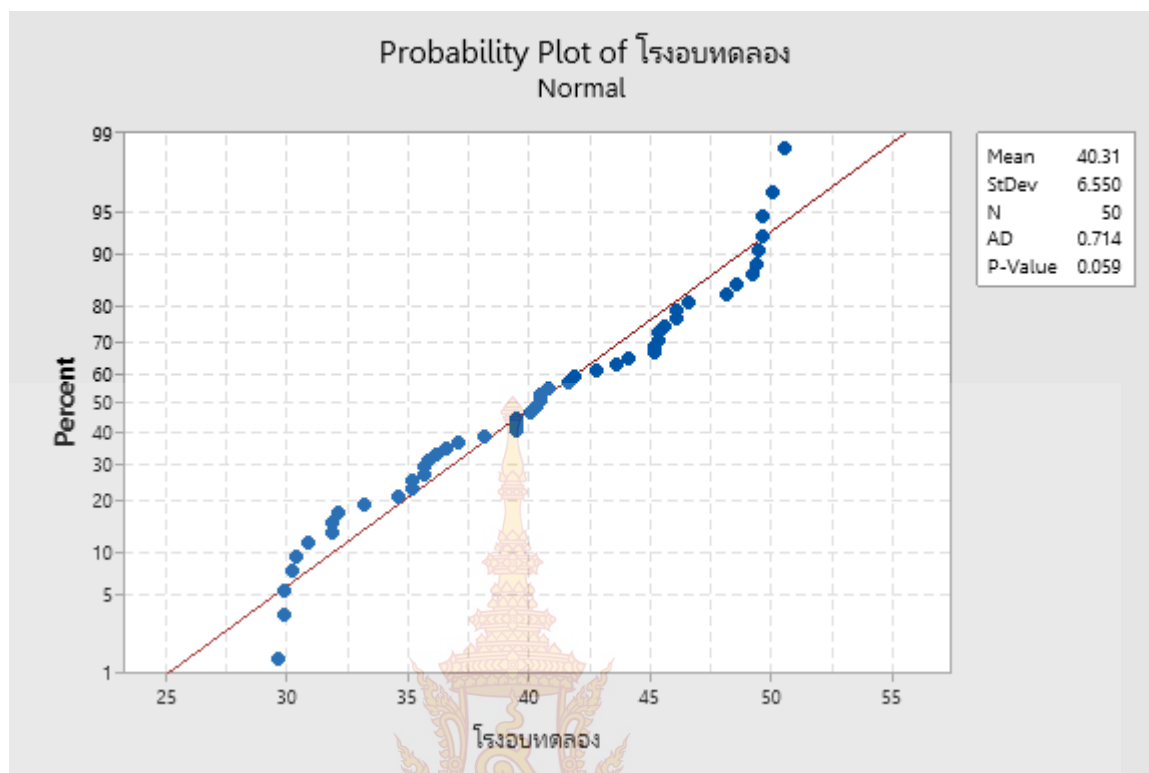
Test		DF1	DF2	P-Value
Method	Statistic			
F	1.56	49	49	0.124



WORKSHEET 1

Probability Plot of โรงอบปกติ

WORKSHEET 1

Probability Plot of โรงอบทดลอง

ผลทางสถิติประสิทธิภาพการอบแห้งของตัวอย่างในการทดลอง

โรงอบปกติ	โรงอบทดลอง
71	60
42	39
40	39
49	43
72	62
71	62
44	37
39	37
50	44
73	61
71	62
45	39
39	38
59	41
73	62
74	61
42	39
41	37
49	42
72	63
77	61
43	38
40	40
50	41
73	62
72	63
42	39
40	37



46	42
77	63
72	60
42	38
40	39
46	41
77	61
70	58
43	38
40	35
45	41
77	71
73	73
45	40
40	39
46	41
77	65
77	61
53	40
41	37
45	38
77	63



WORKSHEET 2

Test and CI for Two Variances: ความชื้น vs ประเภทโรงอบ

Method

σ_1 : standard deviation of ความชื้น when ประเภทโรงอบ = โรงอบทดลอง

σ_2 : standard deviation of ความชื้น when ประเภทโรงอบ = โรงอบปกติ

Ratio: σ_1/σ_2

F method was used. This method is accurate for normal data only.

Descriptive Statistics

ประเภทโรงอบ	N	StDev	Variance	95% CI for σ
โรงอบทดลอง	50	11.888	141.331	(9.931, 14.814)
โรงอบปกติ	50	15.162	229.876	(12.665, 18.893)

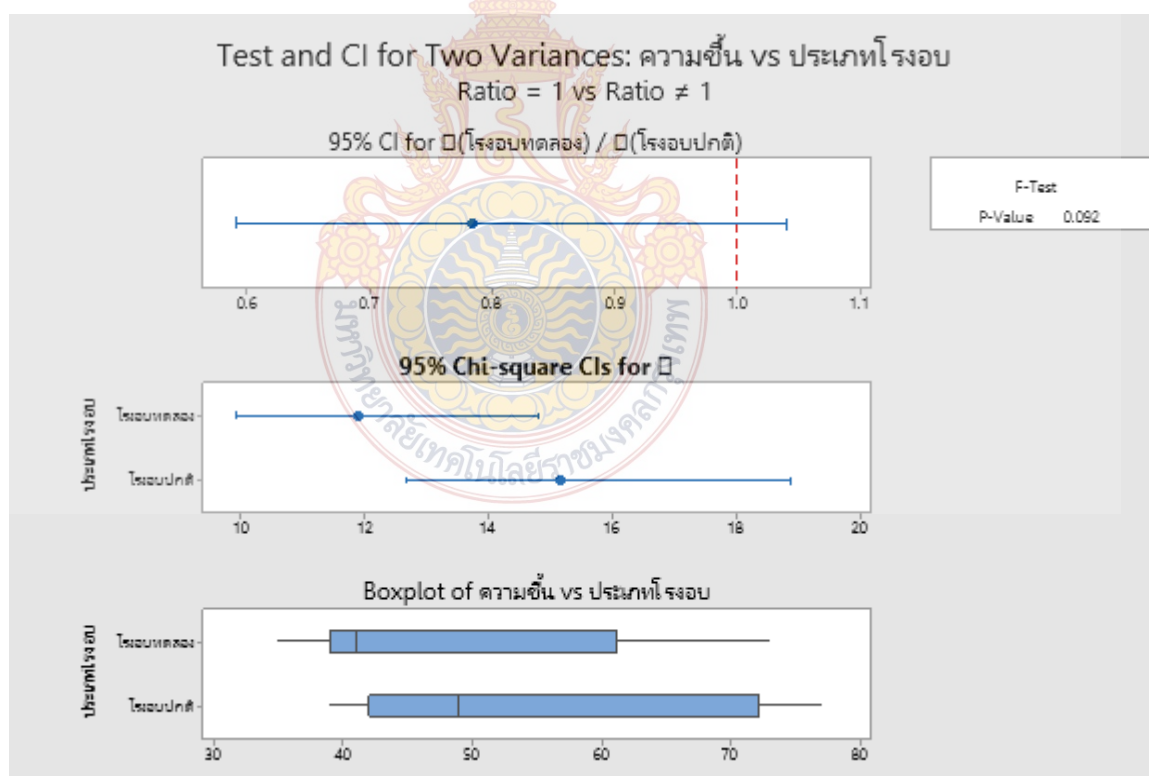
Ratio of Standard Deviations

Estimated Ratio	95% CI for Ratio using F
0.784101	(0.591, 1.041)

Test

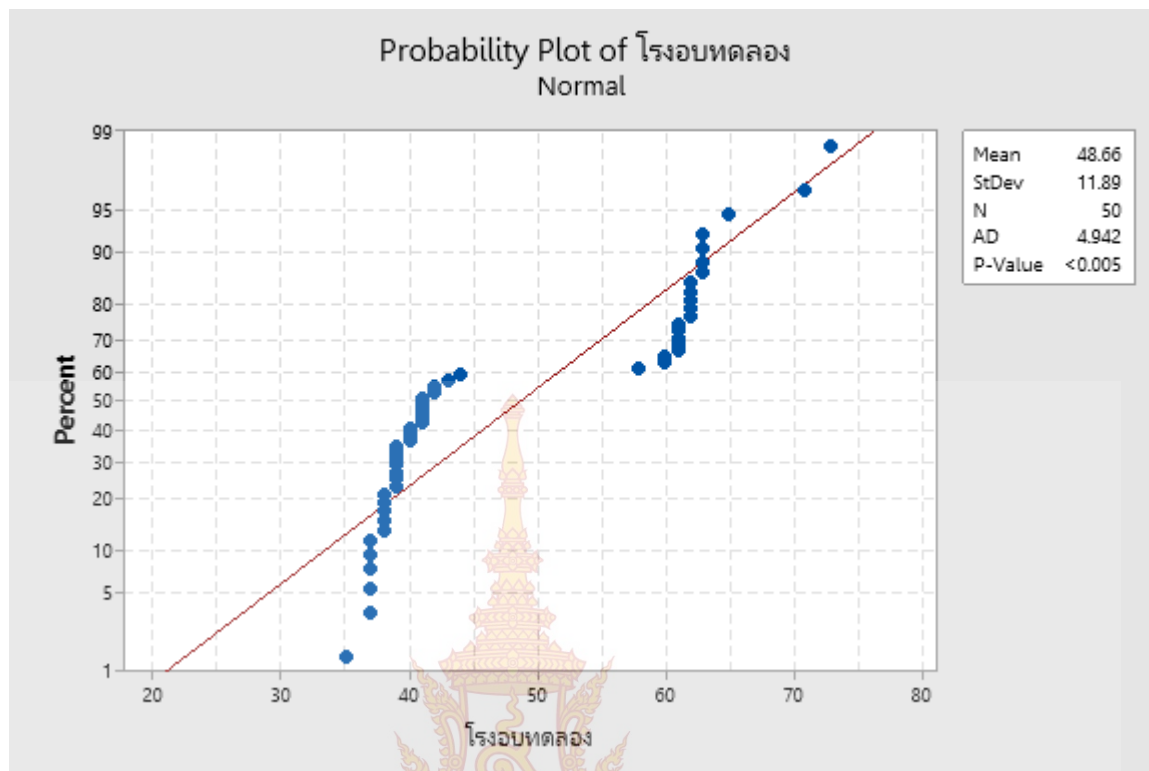
Null hypothesis	$H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$
Alternative hypothesis	$H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$
Significance level	$\alpha = 0.05$

Method	Test Statistic	DF1	DF2	P-Value
F	0.61	49	49	0.092



WORKSHEET 2

Probability Plot of โรงอบทดลอง



WORKSHEET 2

Two-Sample T-Test and CI: ความชื้น, ประเภทโรงอบ

Method

μ_1 : mean of ความชื้น when ประเภทโรงอบ = โรงอบทดลอง

μ_2 : mean of ความชื้น when ประเภทโรงอบ = โรงอบปกติ

Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are assumed for this analysis.

Descriptive Statistics: ความชื้น

ประเภทโรงอบ	N	Mean	StDev	SE Mean
โรงอบทดลอง	50	48.7	11.9	1.7
โรงอบปกติ	50	56.0	15.2	2.1

Estimation for Difference

Difference	Pooled StDev	95% Lower Bound for Difference
-7.38	13.62	-11.90

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$

T-Value	DF	P-Value
-2.71	98	0.996

ภาคผนวก ข

มาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น 378-2531



มาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น 378-2531

มิติ

ความกว้างและความยาว

ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วัดความกว้างและความยาวของกระเบื้องตัวอย่างอย่างน้อยด้านละ 2 แห่งแต่ละแห่งต้องขนานและห่างจากขอบไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตรแล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

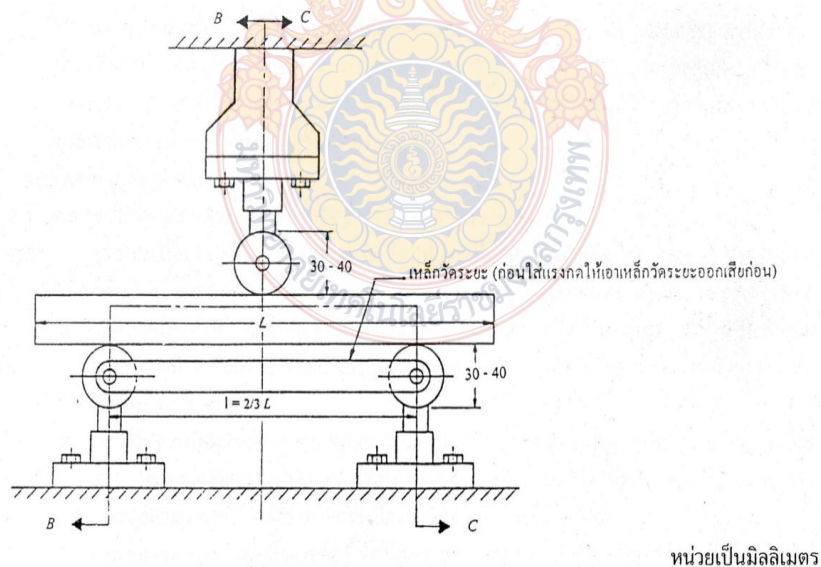
ความหนา

ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วัดความหนาของกระเบื้องตัวอย่าง 2 แห่ง แล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด

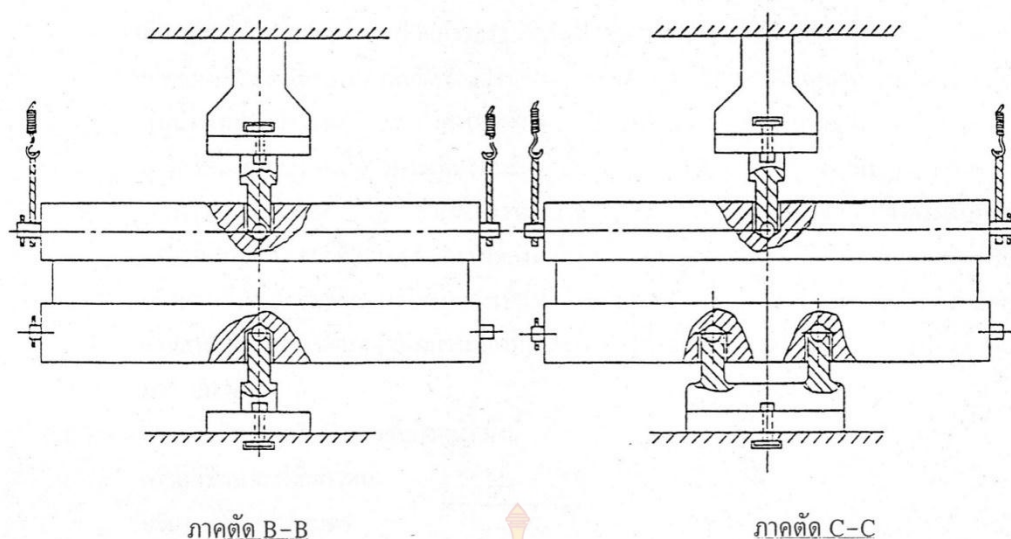
กระเบื้องที่ชั้นผิวหน้าเป็นลอน เป็นลวดลาย หรืออื่นๆ ให้วัดความหนาของส่วนที่บางที่สุดโดยรวมความหนาของชั้นผิวหน้ากระเบื้องที่ชั้นผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอ ให้วัดความหนาโดยรวมของชั้นผิวหน้า

ความต้านแรงดัดตามขวาง

เครื่องมือ



ภาพที่ ข.1 แสดงตัวอย่างเครื่องทดสอบความต้านแรงดัด



ภาพที่ ข.1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างเครื่องทดสอบความต้านแรงดัด

วิธีทดสอบ

วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของกระเบื้องตัวอย่าง ตามลำดับ

แช่กระเบื้องตัวอย่างในน้ำที่มีอุณหภูมิ 23 ± 6 องศาเซลเซียส โดยให้ผิวน้ำอยู่เหนือผิวบนของกระเบื้องตัวอย่างไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร และไม่เกิน 50 มิลลิเมตรเป็นเวลา $24 \pm \frac{1}{2}$ ชั่วโมง นำกระเบื้องตัวอย่างขึ้นจากน้ำใช้ผ้าซับผิวภายนอกให้แห้ง

วางกระเบื้องตัวอย่างบนที่รองรับเครื่องทดสอบโดยให้ชั้นผิวน้ำอยู่ข้างบน และให้ด้านกว้างขนานกับที่รองรับ

เพิ่มแรงกดบนกระเบื้องตัวอย่างด้วยอัตราที่เท่ากันและสม่ำเสมอไม่เกิน 1,960 นิวตันต่อความกว้าง 1 เมตร (วัดตามความยาวของที่รองรับ) ต่อนาทีจนกระทั่งกระเบื้องตัวอย่างวิบัติ บันทึกค่ากดที่ทำให้กระเบื้องตัวอย่างแตกหัก

วิธีคำนวณ

คำนวณหาค่าความต้านแรงดัดตามขวาง จากสูตร

$$f = \frac{3Pl}{2bt^2}$$

เมื่อ f คือ ความต้านทานแรงดัดตามขวาง เป็นเมกะพาสคัล

P คือ แรงกดที่ทำให้กระเบื้องคอนกรีตปูพื้นตัวอย่างแตกหัก เป็นนิวตัน

l คือ ระยะห่างของที่รองรับ $= 2/3L$ เป็นมิลลิเมตร

เมื่อ L คือ ความยาวของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นตัวอย่าง เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นตัวอย่าง เป็นมิลลิเมตร

t คือ ความหนาของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นตัวอย่าง เป็นมิลลิเมตร

การดูดซึมน้ำ

วิธีทดสอบ

แช่กระเบื้องตัวอย่างในน้ำที่มีอุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส โดยให้ผิวน้ำอยู่เหนือผิวบนของกระเบื้องตัวอย่างไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร และไม่เกิน 50 มิลลิเมตร เป็นเวลา $24 \pm \frac{1}{2}$ ชั่วโมง นำกระเบื้องตัวอย่างขึ้นจากน้ำใช้ผ้าซับผิวภายนอกให้แห้ง แล้วนำไปชั่งเป็นค่า (M_2) วางกระเบื้องตัวอย่างในตู้อบโดยที่กระเบื้องตัวอย่างต้องห่างจากผิวที่ให้ความร้อน หรือกระเบื้องตัวอย่างแผ่นอื่นอย่างน้อย 25 มิลลิเมตร และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่งเป็นค่า (M_1)

วิธีคำนวณ

คำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำเป็นร้อยละ ให้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 1 จากสูตร

$$\text{การดูดซึมน้ำร้อยละ} = \frac{M_2 - M_1}{M_2} \times 100$$

เมื่อ M_2 = คือ มวลกระเบื้องตัวอย่างเมื่ออิมน้ำ เป็นกรัม

M_1 = คือ มวลกระเบื้องตัวอย่างเมื่ออบแห้ง เป็นกรัม

ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของกระเบื้องให้เป็นไปตามตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 แสดงมิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของกระเบื้อง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

มิติ	เกณฑ์ที่กำหนด	เกณฑ์ความคลาด เคลื่อน
ความกว้างและ ความยาว	เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.2531-378	± 3 มม.
ความหนา	$\frac{1}{10} \times$ ความยาวของกระเบื้องแต่ ต้องไม่ต่ำกว่า 20 มิลลิเมตร	

คุณลักษณะที่ต้องการ

ลักษณะทั่วไป

กระเบื้องที่ผิวหน้าเรียบความหนาต้องเท่ากันโดยตลอด และกระเบื้องที่ผิวหน้าเป็นลอน ความหนาของลอนแต่ละลอนต้องเท่ากันโดยตลอด กระเบื้องต้องไม่ร้าว มีความได้ฉาก ขอบเรียบคมและตรง (ยกเว้นลบบุม) สีของชั้นผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ และไม่ละลายน้ำ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

ความต้านแรงดัดตามขวาง

ความต้านแรงดัดตามขวางของกระเบื้องแต่ละแผ่นต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 3 เมกะพาสคัลการทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ

การดูดซึมน้ำ

การดูดซึมน้ำของกระเบื้องแต่ละแผ่นต้องไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนัก