

บทที่ 4

ผลการทดลอง และผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาคูณสมบัติและการนำไปใช้ของวัสดุกระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์เส้นใยแผ่นเรียบที่ผสมเส้นใยธรรมชาติอันได้แก่ เส้นใยจากมะพร้าว (Coconut Coir Fiber) และกากเยื่อไผ่ปาล์ม (Oil Palm Sludge) โดยได้ทำการศึกษาใน 3 ลักษณะ คือ

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และทางความร้อนของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยธรรมชาติที่ศึกษา

4.2 คุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลของกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติแผ่นเรียบ

4.3 การนำไปใช้โดยการจำลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานระหว่างอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์ที่มุงกระเบื้องหลังคาซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติที่ศึกษา

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และทางความร้อน ของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยธรรมชาติที่ศึกษา

ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยจากมะพร้าว และกากเยื่อไผ่ปาล์ม ตามมาตรฐาน ASTM C 20-00 และคุณสมบัติทางความร้อนตามมาตรฐาน JIS R 2618 โดยปริมาณสัดส่วนร้อยละเส้นใยที่ผสมนั้น ได้แก่ 0 0.5 1 1.5 2 5 10 และ 15 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์

4.1.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลเบื้องต้น

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลเบื้องต้นตามมาตรฐาน ASTM C 20-00 นี้ ประกอบด้วยผลจากการหาค่าความหนาแน่น (Density) และกำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength) เบื้องต้น เพื่อดูแนวโน้มผลการทดสอบที่ได้จากการผสมก้อนซีเมนต์เพสต์กับสัดส่วนร้อยละของเส้นใยที่ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ในตัวอย่างขนาด 5 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1
ค่าความหนาแน่นและกำลังต้านทานแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง

สัญลักษณ์	ความหนาแน่นเฉลี่ย (กรัม/ลบ.ซม.)	กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (กก./ตร.ซม.)
OPC	2.100	575.4
C 0.5	2.196	367.0
C 1	2.032	322.6
C 1.5	1.967	497.2
C 2	1.983	540.1
P 0.5	2.036	527.5
P 1	2.026	398.6
P 1.5	2.024	368.9
P 2	1.967	375.8

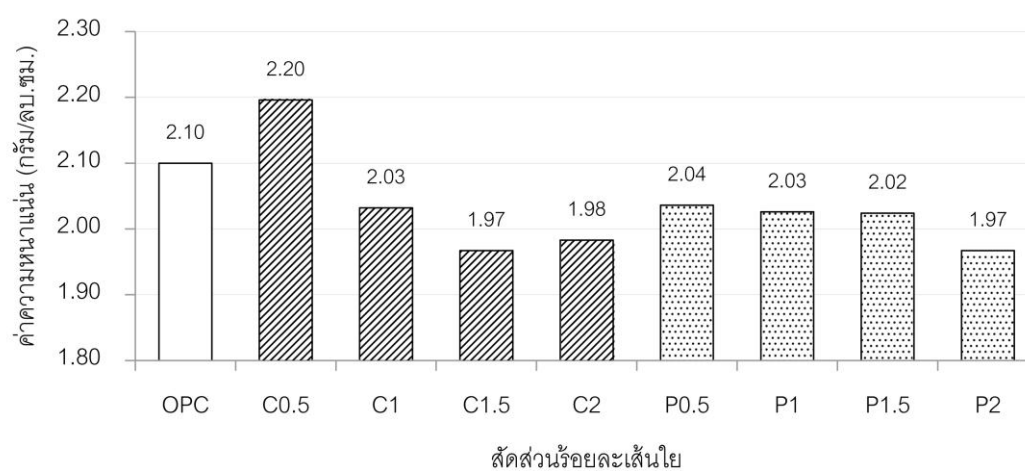
หมายเหตุ: OPC หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ควบคุม

Cx หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมเส้นใยกาบมะพร้าว

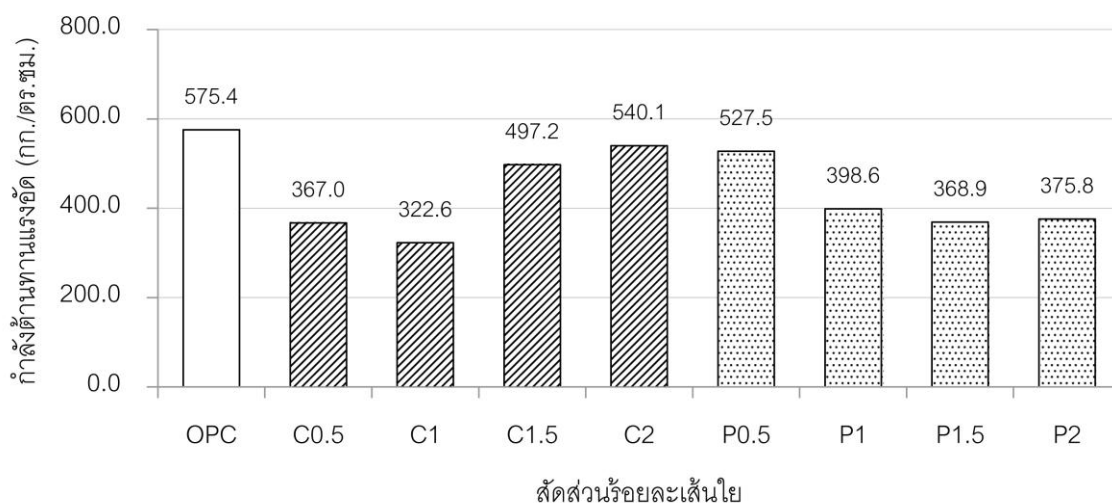
Px หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมกากเยื่อไผ่

x หมายถึง สัดส่วนการผสมเส้นใยที่ศึกษา

ภาพที่ 4.1
ค่าความหนาแน่นของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง



ภาพที่ 4.2
กำลังต้านทานแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง



จากผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยที่ศึกษาในสัดส่วนร้อยละของเส้นใยที่ 0 0.5 1 1.5 และ 2 พบว่า ค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใย และมีค่าต่ำกว่าซีเมนต์เพสต์ที่ไม่มีวัสดุอื่นผสม หรือซีเมนต์เพสต์ควบคุม แต่ผลการทดสอบค่ากำลังต้านทานแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยแล้วพบว่า ค่าความต้านทานแรงอัดจะลดลงในสัดส่วนเส้นใยร้อยละ 0.5 จาก 575.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ของซีเมนต์เพสต์ควบคุม ลดลงถึง 367.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่เมื่อเพิ่มสัดส่วนเส้นใยมากขึ้นผลค่าความต้านทานแรงอัดกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ในส่วนค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ผสมกากเยื่อไผ่ปาล์มนั้นมีแนวโน้มลดลงเช่นกันเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของเส้นใยลงในส่วนผสม และมีค่าต่ำกว่าซีเมนต์เพสต์ควบคุม ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดก็มีแนวโน้มลดลงอย่างไม่มีคงที่

จึงคิดที่จะเพิ่มสัดส่วนผสมเส้นใยให้มากขึ้นเพื่อดูแนวโน้มของผลการทดสอบคุณสมบัติที่น่าเชื่อถือ ประกอบกับเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หลัก คือ ต้องการแทนที่ปริมาณปูนซีเมนต์ด้วยเส้นใยธรรมชาติที่ศึกษาให้ได้มากที่สุด แต่ยังคงมีคุณภาพที่สามารถใช้งานในรูปแบบกระเบื้องมุงหลังคาแผ่นเรียบได้ โดยเพิ่มสัดส่วนร้อยละของเส้นใยเป็นร้อยละ 0-15 เพื่อให้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bentchikou (2004) ที่ศึกษาขอบเขตของสัดส่วนเส้นใยธรรมชาติที่เหมาะสมในการทำวัสดุซีเมนต์เส้นใยที่สามารถรับน้ำหนักขนาดเบาได้ (Hollow non-load bearing concrete masonry)

4.1.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์เพสต์ตามมาตรฐาน ASTM C 20-00 นี้ ประกอบด้วยผลจากการหาค่าปริมาตร (Volumes) ปริมาตรของรูพรุนอากาศและปริมาตรของส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (Volumes of Open Pores and Impervious Portions) ค่าความพรุน (Apparent Porosity) ค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) และค่าความหนาแน่น (Bulk Density) จากการผสมก้อนซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าว 1 ชุด และกากเยื่อไผ่ 1 ชุดในสัดส่วนร้อยละของเส้นใยที่ 0 5 10 และ 15 ตัวอย่างขนาด 5 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

คุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง

ซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	ปริมาตรรูพรุนอากาศ (ลบ.ซม.)	ปริมาตรของส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (ลบ.ซม.)	ค่าความพรุน (%)	ความสามารถในการดูดซึมน้ำ (%)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)
OPC	129.00	0.63	128.37	0.49	0.23	2.14
C5	126.97	19.07	107.90	15.02	8.66	1.73
C10	137.63	31.77	105.87	23.08	16.03	1.44
C15	137.93	50.33	87.60	36.49	29.84	1.22
P5	131.10	6.37	124.73	4.86	2.60	1.87
P10	134.03	16.97	117.07	12.66	7.29	1.74
P15	162.67	55.90	106.77	34.36	29.11	1.18

หมายเหตุ: OPC หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ควบคุม

Cx หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมเส้นใยกาบมะพร้าว

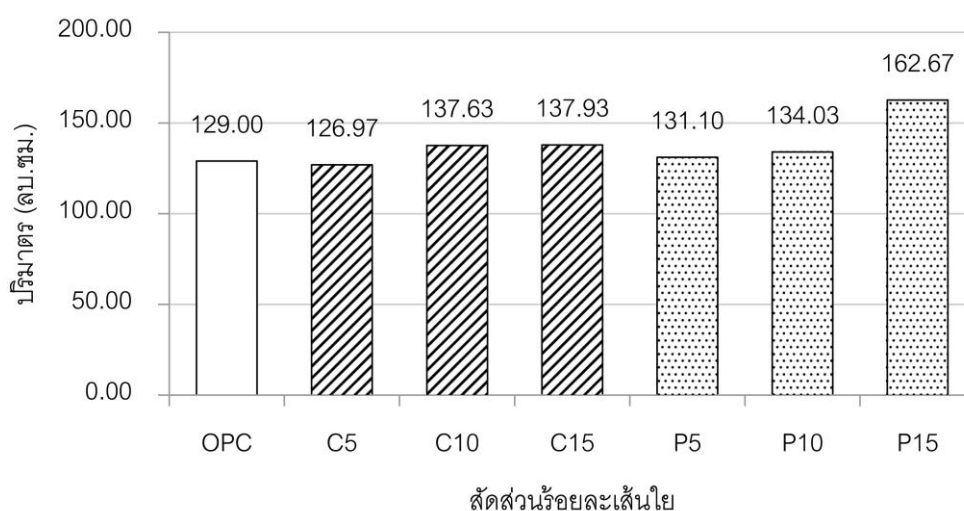
Px หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมกากเยื่อไผ่

x หมายถึง สัดส่วนการผสมเส้นใยที่ศึกษา

จากตารางที่ 4.2 สามารถสรุปผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์เพสต์ ตัวอย่าง ได้ผลดังภาพที่ 4.3-4.7 พบว่า ซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวมีปริมาตรของวัสดุ ปริมาตรของรูพรุนอากาศ ค่าความพรุน และความสามารถในการดูดซึมน้ำในปริมาณที่มากกว่า ซีเมนต์เพสต์ที่ผสมกากเยื่อไผ่ปาล์ม ในขณะที่ปริมาตรของส่วนที่ไม่ละลายน้ำ และค่าความหนาแน่นของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวมีปริมาณที่น้อยกว่า อันเนื่องมาจากเส้นใย กาบมะพร้าวมีค่าความหนาแน่นเส้นใยที่น้อยกว่า ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของวัสดุซีเมนต์เพสต์ น้อยกว่าและส่งผลต่อตัวแปรตามอื่นๆ ด้วย

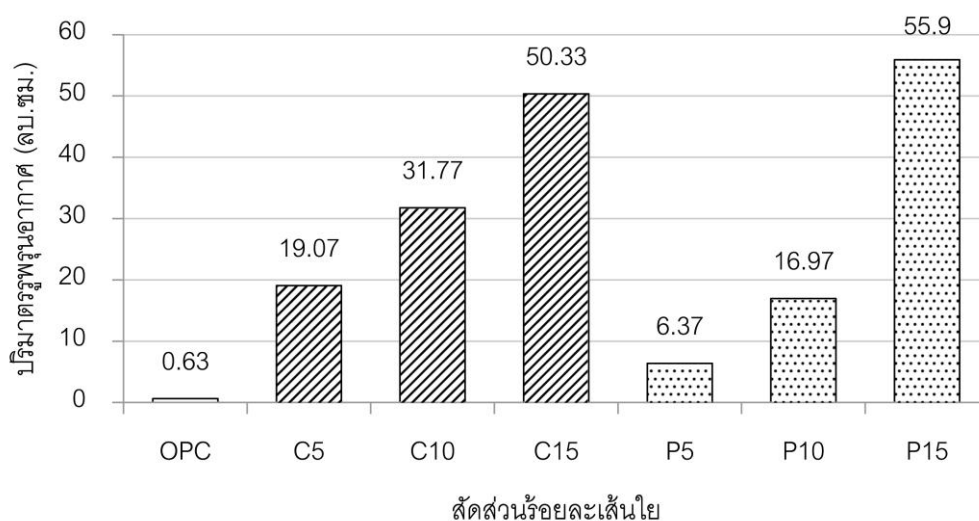
ภาพที่ 4.3

ปริมาตรของวัสดุ (Volumes)



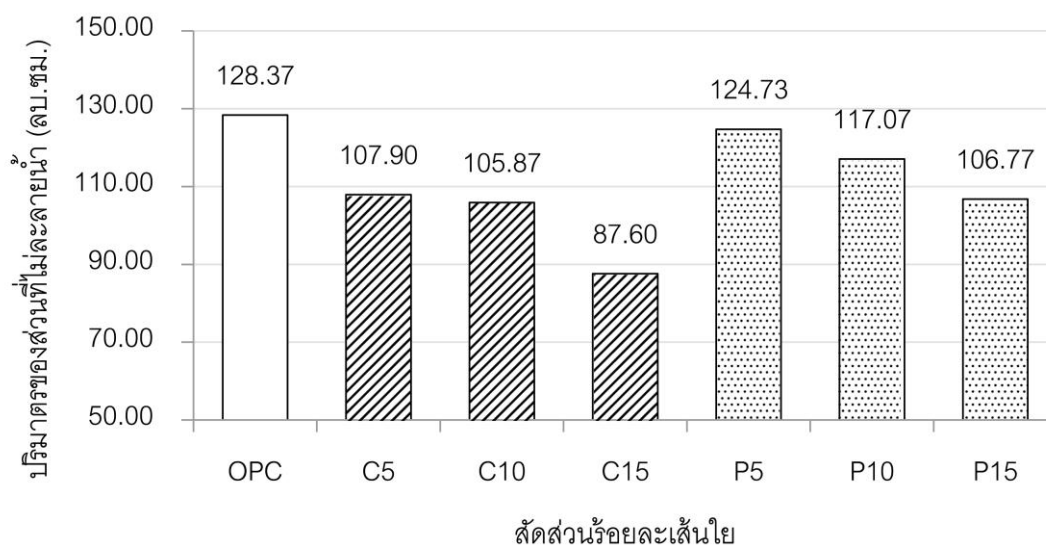
ภาพที่ 4.4

ปริมาตรของรูพรุนอากาศ (Volumes of Open Pores)



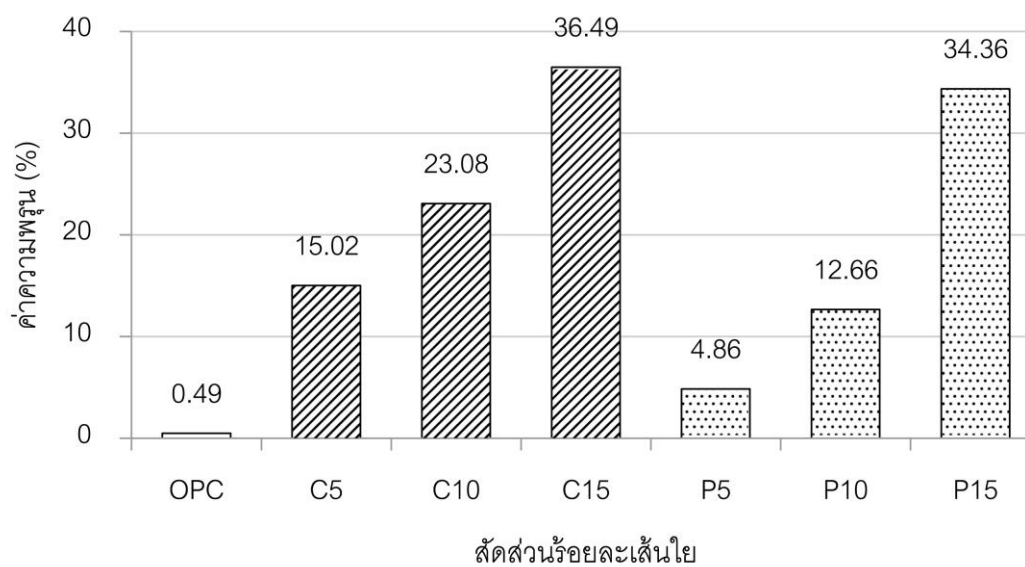
ภาพที่ 4.5

ปริมาตรของส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (Volumes of Impervious Portions)

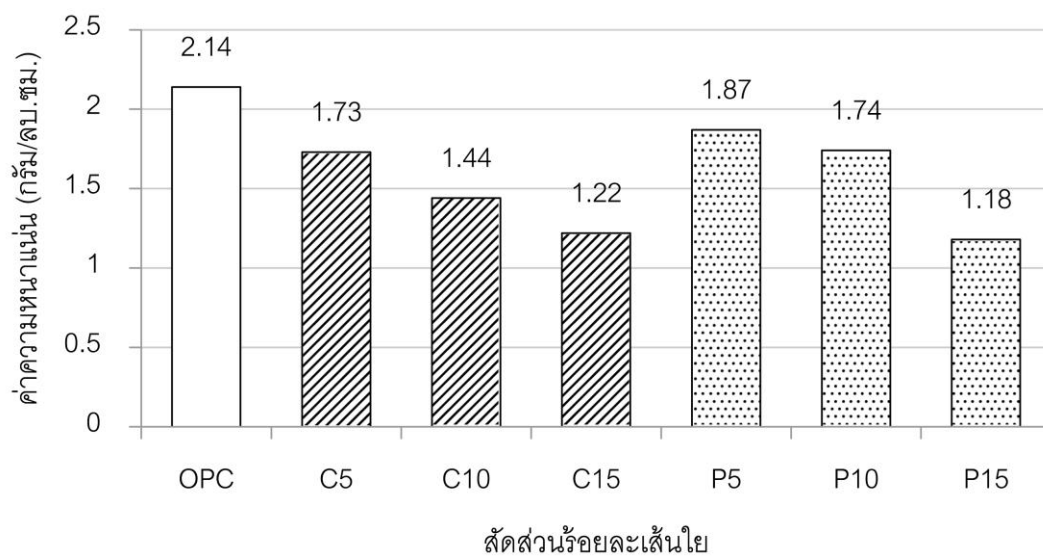


ภาพที่ 4.6

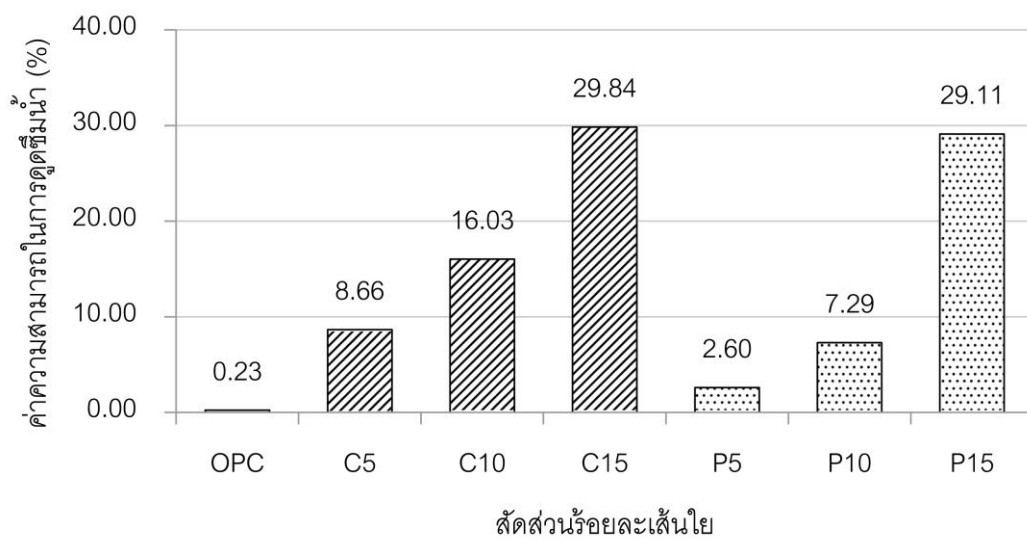
ค่าความพรุน (Apparent Porosity)



ภาพที่ 4.7
ค่าความหนาแน่น (Bulk Density)



ภาพที่ 4.8
ค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)



ในส่วนคุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยทั้งสองประเภทนั้นมีปริมาตรของส่วนที่ไม่ละลายน้ำและค่าความหนาแน่นลดลง และปริมาตรรูพรุนอากาศ ค่าความพรุน และค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนเส้นใยซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น (Cook, 1978 Khedari, 2000 Kriker, 2005 และ Chanakan, 2009) คือ เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยในซีเมนต์เพสต์ เส้นใยจะเข้าไปแทนที่ปูนซีเมนต์ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของวัสดุซีเมนต์เพสต์ลดลง ปริมาตรรูพรุนเพิ่ม และความสามารถในการดูดซึมน้ำเพิ่มมากกว่าซีเมนต์เพสต์ที่ไม่ผสมเส้นใย

4.1.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง

ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM C 109 โดยนำก้อนซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าว 1 ชุด และกากเยื่อไผ่ปาล์ม 1 ชุด ในสัดส่วนร้อยละของเส้นใยที่ 0 5 10 และ 15 ขนาด 5 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร ที่ผ่านการบ่มน้ำ 28 วัน ตัวอย่างละ 3 ก้อน วัดขนาดความยาว ความกว้าง และความสูง ในหน่วยเซนติเมตร ก่อนทำการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด นำค่าเฉลี่ยแรงอัดสูงสุดที่ได้แทนค่าในสมการที่ 3.6 ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.3

ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัย หรือค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าว และที่ผสมกากเยื่อไผ่ปาล์มมีแนวโน้มลดลง เมื่อเพิ่มสัดส่วนเส้นใยมากขึ้น และค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันมาก ดังภาพที่ 4.8 เนื่องจากผลของคุณสมบัติทางกายภาพ โดยเฉพาะค่าความหนาแน่นของวัสดุที่มีความแตกต่างกันไม่มาก และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khedari (2001) เมื่อเปรียบเทียบกับซีเมนต์เพสต์ควบคุม ค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงอัดต่ำลงมากที่สุดถึงร้อยละ 92 ในขณะที่ซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยทั้งสองประเภทมีค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงอัดที่ใกล้เคียงกัน คือ 183.40 131.53 และ 126.27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับเส้นใยมะพร้าว และ 178.41 160.05 และ 75.45 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับกากเยื่อไผ่ปาล์ม ตามสัดส่วนผสมร้อยละของเส้นใย 5 10 และ 15 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3
กำลังต้านทานแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง

ซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงอัด (กิโลกรัมต่อตร.ซม.)
OPC	575.41
C5	183.40
C10	131.53
C15	73.30
P5	178.41
P10	160.05
P15	74.60

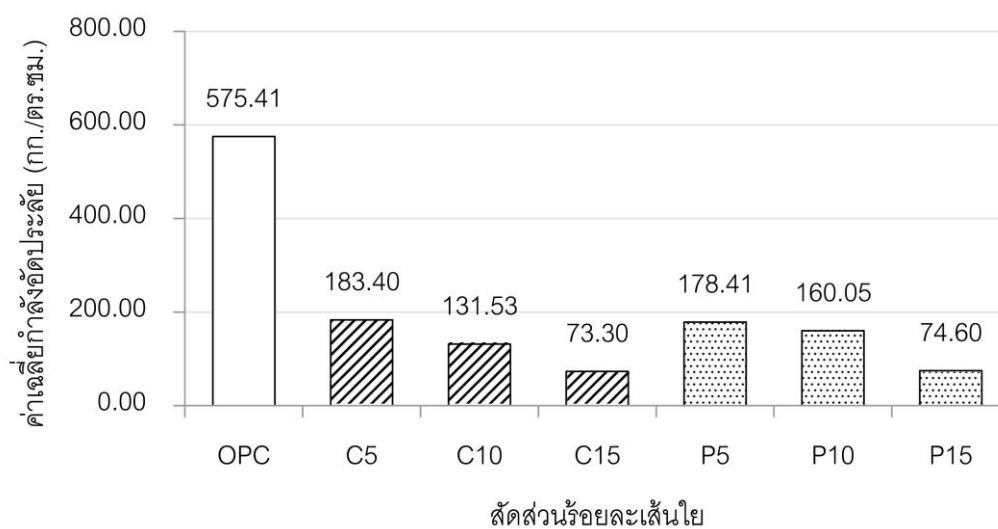
หมายเหตุ: OPC หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ควบคุม

Cx หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมเส้นใยกาบมะพร้าว

Px หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมกากเยื่อไผ่

x หมายถึง สัดส่วนการผสมเส้นใยที่ศึกษา

ภาพที่ 4.9
ค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัย (Compressive Strength)



ภาพที่ 4.10

ซีเมนต์เพสต์ตัวอย่างเมื่อผ่านการบ่มน้ำ และผ่านการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด



หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 17 มกราคม 2554

4.1.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่างตามมาตรฐาน JIS R 2618 โดยนำก้อนซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าว 1 ชุด และกากเยื่อไผ่ปาล์ม 1 ชุด ในสัดส่วนร้อยละของเส้นใยที่ 0 5 10 และ 15 ขนาด 5 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร x 2.5 เซนติเมตร วัดขนาดความยาว ความกว้าง และความสูง ในหน่วยเซนติเมตร ก่อนทำการทดสอบโดยเทคนิค TCA (Thermal Constant Analysis) ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

คุณสมบัติทางความร้อนของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง

ซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง	ความหนาวัสดุ (เมตร)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำ ความร้อน (วัตต์ต่อเมตร เคลวิน)	ค่าความต้านทาน ความร้อน (ตร.เมตร เคลวินต่อวัตต์)
OPC	0.040	0.942	0.04
C5	0.040	0.684	0.06
C10	0.040	0.555	0.07
C15	0.040	0.741	0.03
P5	0.040	0.687	0.06
P10	0.040	0.643	0.06
P15	0.040	0.518	0.08

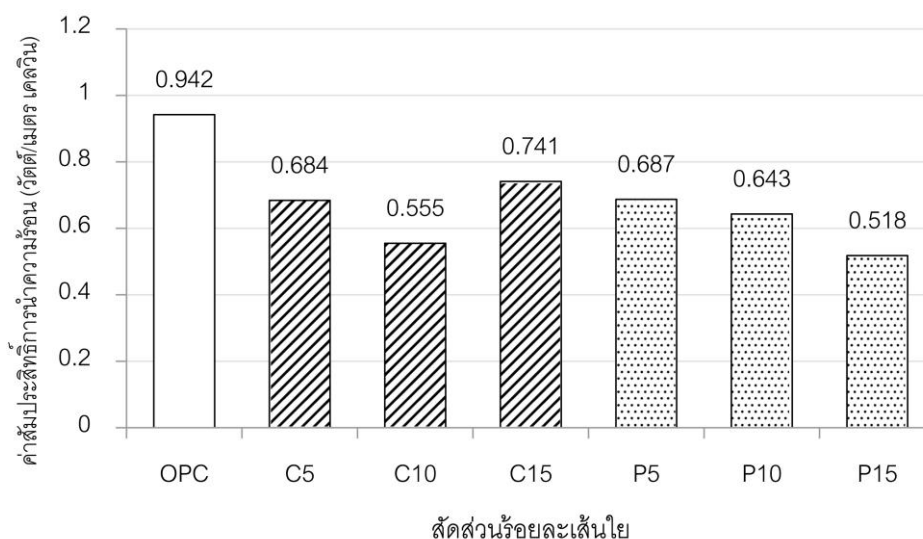
หมายเหตุ: OPC หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ควบคุม

Cx หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมเส้นใยกาบมะพร้าว

Px หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมกากเยื่อไผ่ปาล์ม x หมายถึง สัดส่วนการผสมเส้นใยที่ศึกษา

การทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนพบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนเส้นใยทั้งสองประเภท ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนจะลดลง โดยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำที่สุดมีค่าต่ำกว่าซีเมนต์เพสต์ควบคุมถึงร้อยละ 27.4 และเส้นใยทั้งสองประเภทส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ใกล้เคียงกัน คือ 0.684 0.555 และ 0.741 วัตต์ต่อเมตร เคลวิน สำหรับเส้นใยมะพร้าว และ 0.687 0.643 และ 0.518 วัตต์ต่อเมตร เคลวิน สำหรับกากเยื่อไผ่ปาล์ม ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับผลคุณสมบัติทางกายภาพข้างต้น โดยเฉพาะค่าความหนาแน่นของซีเมนต์เพสต์ที่มีค่าแปรผันตรงกับค่าการนำความร้อน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khedari (2000), Asasutjarit (2005) และ Chanakan (2009) ถึงแม้จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ต่างประเภทกัน

ภาพที่ 4.11
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง



4.2 คุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลของกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติแผ่นเรียบ

4.2.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติแผ่นเรียบ

ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของแผ่นกระเบื้องตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM C 1185-03 โดยนำแผ่นกระเบื้องตัวอย่างที่ผสมเส้นใยจากมะพร้าว 1 ชุด และกากเยื่อไผ่ปาล์ม 1 ชุด ในสัดส่วนร้อยละของเส้นใยที่ 5 และ 10 ขนาด 30 เซนติเมตร x 15 เซนติเมตร x 0.5 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 3 แผ่น ชั่งน้ำหนัก ในหน่วยกรัม วัดขนาดความยาว ความกว้าง และความหนา

ในหน่วยเซนติเมตร ก่อนทำการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัด นำค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดที่ได้แทนค่าในสมการที่ 3.8 เพื่อหาค่าความต้านทานแรงดัด ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.5

ค่ากำลังต้านทานแรงดัดในสภาวะแห้ง คือ การนำแผ่นกระเบื้องไปทดสอบโดยไม่มีการปรับสภาพของวัสดุใดๆ ทั้งสิ้น ส่วนค่าความต้านทานแรงดัดในสภาวะบ่ม คือ การนำแผ่นกระเบื้องไปทดสอบโดยผ่านการบ่มน้ำเป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ เป็นการจำลองสภาวะอากาศที่ต้องสัมผัสกับแดดและฝน เนื่องจากเป็นวัสดุกระเบื้องมุงหลังคาที่จะต้องมีความแข็งแรงและคงทนต่อสภาวะดังกล่าว

ตารางที่ 4.5
ค่ากำลังต้านทานแรงดัดของแผ่นกระเบื้องตัวอย่าง

แผ่นกระเบื้องตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงดัด ในสภาวะแห้ง (เมกะปาสคาล)	ค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงดัด ในสภาวะบ่ม (เมกะปาสคาล)
C5	4.71	4.03
C10	2.25	2.02
P5	4.15	2.72
P10	2.06	1.63

หมายเหตุ: OPC หมายถึง ซีเมนต์โพสต์ควมคุม

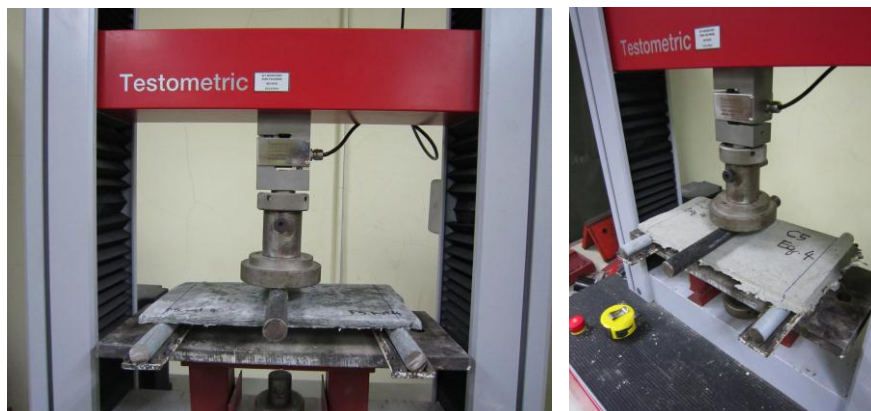
Cx หมายถึง ซีเมนต์โพสต์ที่มีการผสมเส้นใยกาบมะพร้าว

Px หมายถึง ซีเมนต์โพสต์ที่มีการผสมกากเยื่อไผ่ปาล์ม

x หมายถึง สัดส่วนการผสมเส้นใยที่ศึกษา

ภาพที่ 4.12

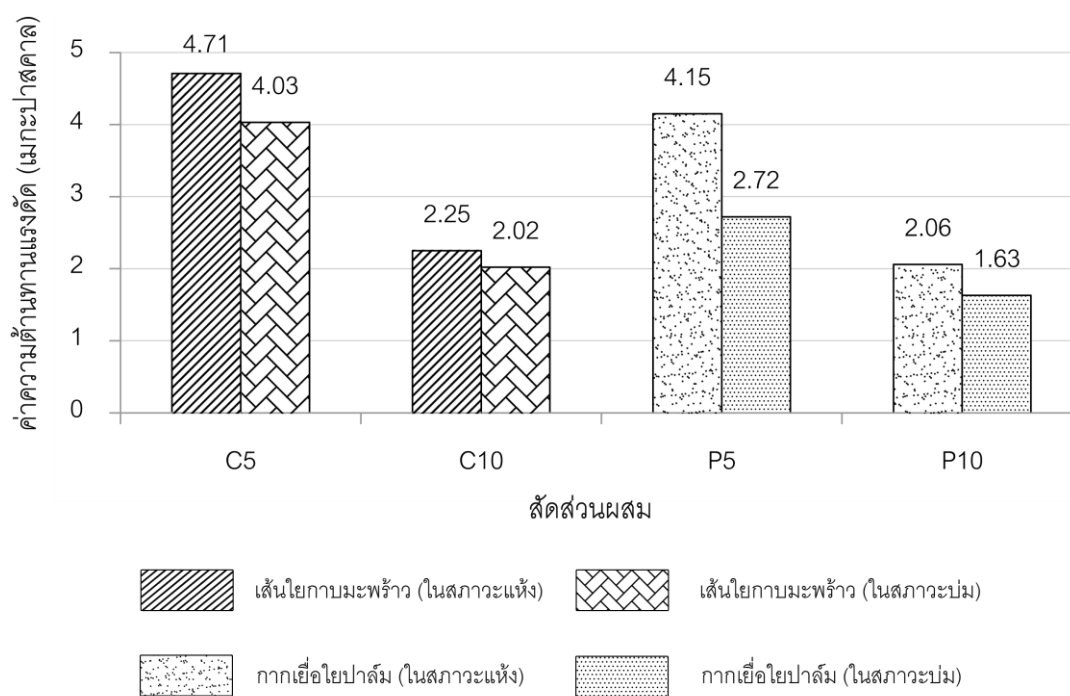
การทดสอบหาค่าแรงกดสูงสุดและค่าความต้านทานแรงดัด



หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 26 มกราคม 2554

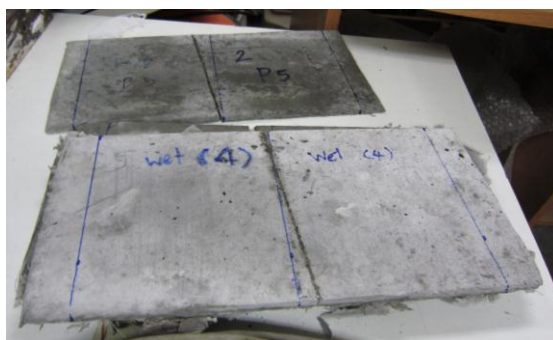
ภาพที่ 4.13

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงดัดของแผ่นกระเบื้องตัวอย่าง



ภาพที่ 4.14

แผ่นกระเบื้องตัวอย่างหลังผ่านการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด



หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 26 มกราคม 2554

จากการทดสอบพบว่า สามารถผสมเส้นใยที่ศึกษาและหล่อขึ้นรูปเป็นแผ่นตัวอย่าง กระเบื้องมุงหลังคาแบบเรียบได้เพียงแค่ 2 อัตราส่วน คือ ร้อยละ 5 และ 10 ประกอบกับผลการทดสอบค่ากำลังต้านทานแรงดัด พบว่า ค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงดัดของกระเบื้องที่ศึกษาทั้งสองประเภทในสัดส่วนเส้นใยร้อยละ 5 มีค่าใกล้เคียงค่ากำลังต้านทานแรงดัดที่น้อยที่สุดซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 4 เมกะปาสคาล ตามมาตรฐาน ASTM C 1186-02 ดังแสดงในตารางที่ 3.8

หากเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Agopyan, 2005 และ Kriker, 2005) พบว่ามีความสอดคล้องกัน คือ ปริมาณสัดส่วนเส้นใยในช่วงร้อยละ 2-5 ทั้งเส้นใยกาบมะพร้าวและกากเยื่อไผ่ให้ผลในเรื่องค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงดัดที่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ในกรณีที่กระเบื้องมุงหลังคานั้นถูกผลิตขึ้นโดยไม่ได้ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยแรงดัน ดังนั้นตัวอย่างแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่สัดส่วนเส้นใยร้อยละ 5 เป็นสัดส่วนที่สามารถนำมาใช้งานได้ โดยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASTM C 1186-02 ในระดับที่ 1 ในขั้นตอนทดสอบลำดับต่อไปจึงทดสอบเฉพาะสัดส่วนนี้

4.2.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระเบื้องซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติ

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกระเบื้องแผ่นเรียบตัวอย่าง ตามมาตรฐาน ASTM C 1185-03 นี้ ประกอบด้วยผลจากการหาค่าความหนาแน่น (Density) การเปลี่ยนรูปเนื่องจากความชื้น (Moisture Movement) ปริมาณความชื้น (Moisture Content) และการตรวจสอบการไม่รั่วซึม (Water Tightness) จากแผ่นกระเบื้องตัวอย่างที่ผสมเส้นใยกาบ

มะพร้าว 1 ชุด และกากเยื่อไผ่ปาล์ม 1 ชุดในสัดส่วนของเส้นใยร้อยละ 5 ตัวอย่างขนาดดังแสดงในตารางที่ 3.2 ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.6-4.9

จากผลการทดสอบ พบว่า กระเบื้องแผ่นเรียบตัวอย่างในสัดส่วนเส้นใยร้อยละ 5 มีความหนาแน่นของวัสดุที่ลดลงจากแผ่นกระเบื้องควบคุมที่ 2,140.00 กิโลกรัมต่อลบ.ม. ต่ำถึง 1,928.66 กิโลกรัมต่อลบ.ม. และ 1855.43 กิโลกรัมต่อลบ.ม. สำหรับเส้นใยจากมะพร้าวและกากเยื่อไผ่ปาล์ม ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความหนาแน่น (Bulk Density) ของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเส้นใยที่ศึกษาข้างต้น

ตารางที่ 4.6

ค่าความหนาแน่นของกระเบื้องแผ่นเรียบตัวอย่าง

ซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง	ค่าความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลบ.ม.)
OPC	2,140.00
C5	1,928.66
P5	1,855.43

หมายเหตุ: OPC หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ควบคุม

Cx หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมเส้นใยจากมะพร้าว

Px หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมกากเยื่อไผ่ปาล์ม

x หมายถึง สัดส่วนการผสมเส้นใยที่ศึกษา

ตารางที่ 4.7

การเปลี่ยนรูปเนื่องจากความชื้นของกระเบื้องแผ่นเรียบตัวอย่าง

ซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง	ความยาวเฉลี่ยของแผ่นทดสอบ (มม.)		การเปลี่ยนรูป (%)
	ที่ RH 30%	ที่ RH 90%	
C5	297.11	297.48	0.12
P5	297.89	298.28	0.13

หมายเหตุ: RH x หมายถึง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ x%

Cx หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมเส้นใยจากมะพร้าว

Px หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมกากเยื่อไผ่ปาล์ม

x หมายถึง สัดส่วนการผสมเส้นใยที่ศึกษา

เมื่อได้ความยาวเฉลี่ยของแผ่นทดสอบหลังจากเก็บไว้ในสภาวะห้องที่มีความชื้น 30 % และ 90% แล้วนำค่าที่ได้แทนค่าในสมการที่ 3.10 พบว่า เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนรูปเนื่องจากความชื้นของแผ่นกระเบื้องตัวอย่างที่ผสมเส้นใยทั้งสองประเภทมีค่า 0.12 และ 0.13 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ปริมาณความชื้น

ซีเมนต์เพสต์ตัวอย่าง	น้ำหนักเฉลี่ยของแผ่นทดสอบ (กิโลกรัม)		ปริมาณความชื้น (%)
	น้ำหนักตั้งต้น	น้ำหนักแห้ง	
C5	738.10	718.93	2.667
P5	748.83	731.30	2.397

หมายเหตุ: Cx หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมเส้นใยจากมะพร้าว

Px หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมกากเยื่อไผ่

x หมายถึง สัดส่วนการผสมเส้นใยที่ศึกษา

จากการนำแผ่นทดสอบซึ่งน้ำหนักตั้งต้นก่อนที่จะอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักแห้ง นำค่าที่ได้แทนค่าในสมการที่ 3.11 ได้ค่าปริมาณความชื้นของแผ่นกระเบื้องตัวอย่างที่ผสมเส้นใยจากมะพร้าว 2.667 % และ 2.397 % สำหรับแผ่นกระเบื้องตัวอย่างที่ผสมกากเยื่อไผ่

ตารางที่ 4.9 การตรวจสอบการไม่รั่วซึมน้ำ

ซีเมนต์เพสต์ ตัวอย่าง	เวลาในการทดสอบ (ชั่วโมง)	ลักษณะบริเวณใต้แผ่นทดสอบ
C5 a	24	บริเวณใต้แผ่นกระเบื้อง ไม่มีหยดน้ำ และการซึมผ่าน
C5 b	24	บริเวณใต้แผ่นกระเบื้อง มีน้ำซึมเล็กน้อย แต่ไม่ถึงกับเป็นหยดน้ำ
P5 a	24	บริเวณใต้แผ่นกระเบื้อง ไม่มีหยดน้ำ และการซึมผ่าน
P5 b	24	บริเวณใต้แผ่นกระเบื้อง ไม่มีหยดน้ำ และการซึมผ่าน

หมายเหตุ: Cx หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมเส้นใยกาบมะพร้าว
 Px หมายถึง ซีเมนต์เพสต์ที่มีการผสมกากเยื่อไผ่ปาล์ม
 X หมายถึง สัดส่วนการผสมเส้นใยที่ศึกษา
 a และ b หมายถึง ตัวอย่างของแผ่นทดสอบจำนวน 2 แผ่น ตามลำดับ

ภาพที่ 4.15
การทดสอบการไม่รั่วซึมน้ำ ในช่วงเริ่มการทดสอบ



หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2554

ภาพที่ 4.16
แผ่นกระเบื้องตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบการซึมน้ำ



หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2554

จากการตรวจสอบการไม่รั่วซึมนี้ เนื่องจากได้แผ่นกระเบื้องตัวอย่างหลังจากผ่านกระบวนการทดสอบ พบว่าแผ่นกระเบื้องตัวอย่าง 3 แผ่น บริเวณใต้แผ่นกระเบื้อง ไม่มีหยดน้ำ และการซึมนี้ ส่วนอีกหนึ่งแผ่นซึ่งเป็นกระเบื้องแผ่นที่สองที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าว พบว่ามีน้ำซึมแต่ไม่ถึงกับเป็นหยดน้ำ โดยสังเกตจากปริมาณน้ำในกรอบเหนือแผ่นที่มีปริมาณเท่าเดิม

4.3 ผลการจำลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงาน

ผลจากการศึกษาการนำไปใช้โดยการจำลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานระหว่างอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์ที่มุงกระเบื้องหลังคาซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติที่ศึกษา และกระเบื้องมุงหลังคาประเภทอื่นๆ

4.3.1 ศึกษาอิทธิพลของกระเบื้องมุงหลังคาแต่ละประเภทที่มีคุณสมบัติทางความร้อนที่ต่างกันต่ออาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์

(1) จากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 1 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQUEST 3.6 นำผลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้กระเบื้องมุงหลังคาต่างประเภทกันมาเปรียบเทียบ พบว่า บ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 1 ที่ใช้กระเบื้องดินเผาหลังคาใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศสูงสุด คือ 28,339 kWh ต่อปี รองลงมา คือ กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์ใยหิน 28,286 kWh ต่อปี กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา 28,264 kWh ต่อปี กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยกาบมะพร้าว และกากเยื่อไผ่ปาล์มซึ่งมีค่าเท่ากันที่ 28,257 kWh ต่อปี และกระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์ 28,166 kWh ต่อปี เป็นประเภทที่ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศน้อยที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.17 ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ เนื่องจากกระเบื้องดินเผาหลังคาเป็นกระเบื้องที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำสุด เท่ากับ $0.03 \text{ h-ft}^2/\text{BTU}$ แต่กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์มีค่าความต้านทานความร้อนสูงสุดถึง $0.78 \text{ h-ft}^2/\text{BTU}$ ในส่วนของกระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์เส้นใยกาบมะพร้าว และกากเยื่อไผ่ปาล์มนั้นส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เท่ากัน เนื่องมาจากค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุที่เท่ากัน $0.33 \text{ h-ft}^2/\text{BTU}$

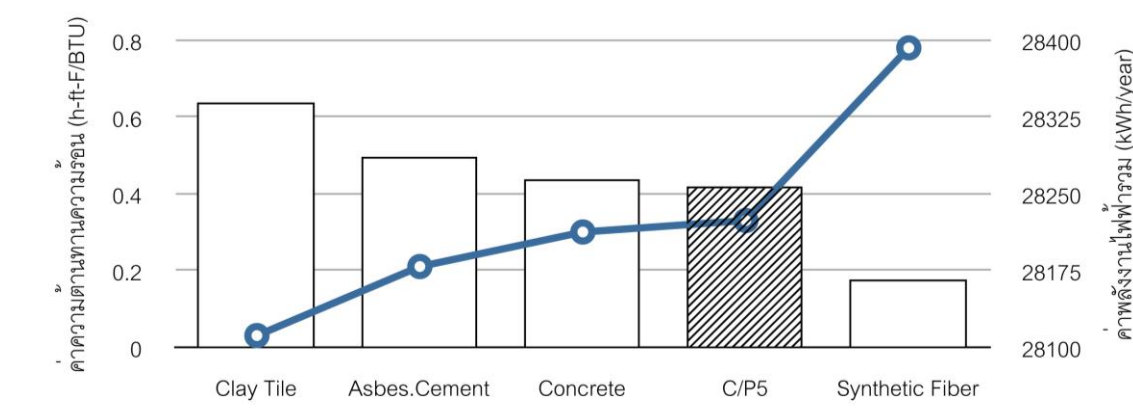
ตารางที่ 4.10

ค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในอาคารพักอาศัย ประเภทบ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 1

บ้านเดี่ยว รูปแบบที่ 1	ค่าความต้านทานความร้อน	ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม	ค่าพลังงานในการปรับอากาศ	ค่าพลังงานในการระบายอากาศ
วัสดุผนังหลังคา				
กระเบื้องดินเผา	0.03	28,339	21,433	2,849
กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	0.21	28,286	21,420	2,810
กระเบื้องคอนกรีต	0.30	28,264	21,413	2,794
กระเบื้องที่ศึกษา	0.33	28,257	21,411	2,789
กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์	0.78	28,166	21,391	2,718

ภาพที่ 4.17

ค่าพลังงานที่ใช้ในอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 1



หมายเหตุ: Clay Tile หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาดินเผา
 Asbes. Cement หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาซีเมนต์ใยหิน
 Concrete หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาคอนกรีต
 C5 หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาซีเมนต์ผสมเส้นใยกบมะพร้าวในสัดส่วนร้อยละ 5
 P5 หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาซีเมนต์ผสมกากเยื่อไผ่ในสัดส่วนร้อยละ 5
 Synthetic Fiber หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาซีเมนต์ผสมเส้นใยสังเคราะห์

(2) จากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 2 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQUEST 3.6 นำผลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้กระเบื้องมุงหลังคาต่างประเภทกันมาเปรียบเทียบ พบว่า บ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 2 ที่ใช้กระเบื้องดินเผาหลังคาใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศสูงสุด คือ 28,987 kWh ต่อปี รองลงมา คือ กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์ใยหิน 28,986 kWh ต่อปี กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา 28,986 kWh ต่อปี กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยกาบมะพร้าว และกากเยื่อไผ่ปาล์มซึ่งมีค่าเท่ากันที่ 28,986 kWh ต่อปี และกระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์ 28,982 kWh ต่อปี เป็นประเภทที่ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศน้อยที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.18 ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ เนื่องจากกระเบื้องดินเผาหลังคาเป็นกระเบื้องที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำสุด เท่ากับ $0.03 \text{ h-ft}^2/\text{BTU}$ แต่กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์มีค่าความต้านทานความร้อนสูงสุดถึง $0.78 \text{ h-ft}^2/\text{BTU}$ ในส่วนของกระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์เส้นใยกาบมะพร้าว และกากเยื่อไผ่ปาล์มนั้นส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เท่ากัน เนื่องมาจากค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุที่เท่ากัน $0.33 \text{ h-ft}^2/\text{BTU}$

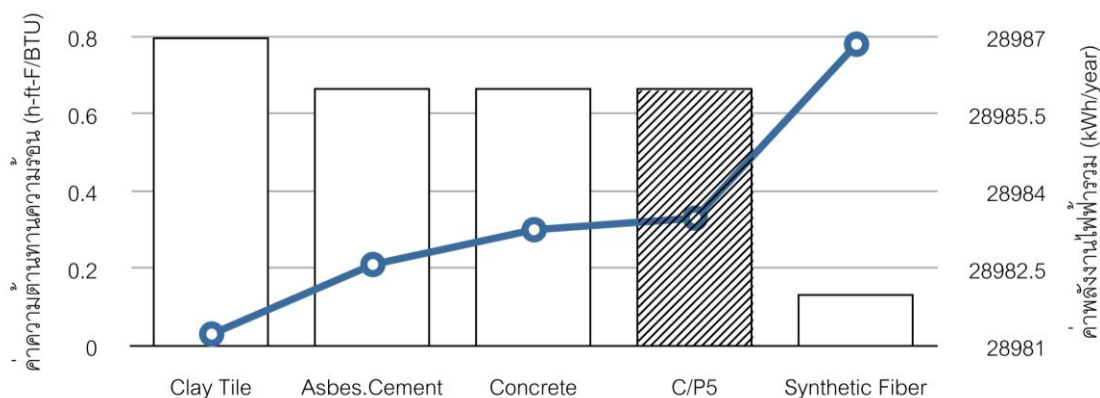
ตารางที่ 4.11

ค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในอาคารพักอาศัย ประเภทบ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 2

บ้านเดี่ยว รูปแบบที่ 2	ค่าความต้านทานความร้อน	ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม	ค่าพลังงานในการปรับอากาศ	ค่าพลังงานในการระบายอากาศ
วัสดุหลังคา				
กระเบื้องดินเผา	0.03	28,987	21,391	2,502
กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	0.21	28,986	21,390	2,502
กระเบื้องคอนกรีต	0.30	28,986	21,391	2,501
กระเบื้องที่ศึกษา	0.33	28,986	21,391	2,501
กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์	0.78	28,982	21,392	2,496

ภาพที่ 4.18

ค่าพลังงานที่ใช้ในอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 2



หมายเหตุ:	Clay Tile	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาดินเผา
	Asbes. Cement	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ใยหิน
	Concrete	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต
	C5	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวในสัดส่วนร้อยละ 5
	P5	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ผสมกากเยื่อไผ่ในสัดส่วนร้อยละ 5
	Synthetic Fiber	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ผสมเส้นใยสังเคราะห์

(3) จากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์รูปแบบที่ 1 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQUEST 3.6 นำผลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้กระเบื้องมุงหลังคาต่างประเภทกันมาเปรียบเทียบ พบว่า ทาวน์เฮ้าส์รูปแบบที่ 1 ที่ใช้กระเบื้องดินเผาหลังคา ใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศสูงที่สุด คือ 54,257 kWh ต่อปี รองลงมา คือ กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์ใยหิน 54,143 kWh ต่อปี กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา 54,082 kWh ต่อปี กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยกาบมะพร้าว และกากเยื่อไผ่ที่มีค่าเท่ากันที่ 54,064 kWh ต่อปี และกระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์ 53,819 kWh ต่อปี เป็นประเภทที่ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศน้อยที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.19 ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ เนื่องจากกระเบื้องดินเผาหลังคาเป็นกระเบื้องที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำสุด เท่ากับ 0.03 h-ft²/F/BTU แต่กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์มีค่าความต้านทานความร้อนสูงสุดถึง 0.78 h-ft²/F/BTU ในส่วนของกระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์เส้นใยกาบมะพร้าว และกากเยื่อไผ่นั้นส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เท่ากัน เนื่องมาจากค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุที่เท่ากัน 0.33 h-ft²/F/BTU

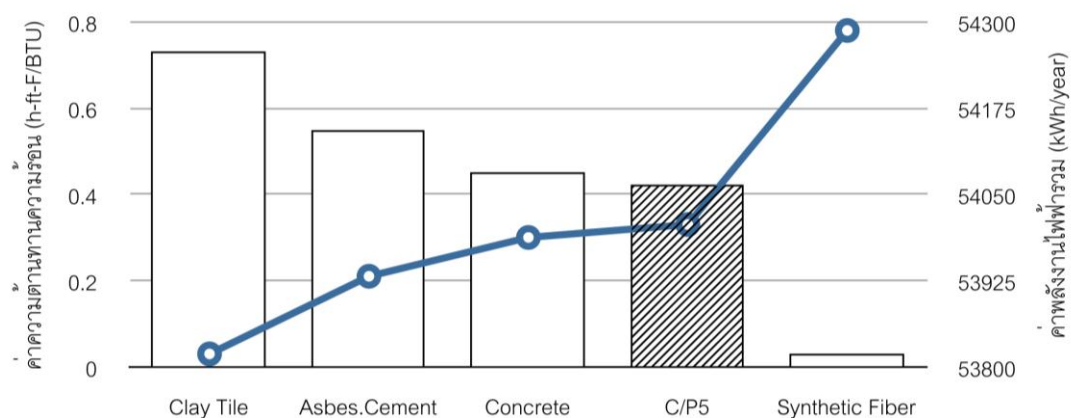
ตารางที่ 4.12

ค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในอาคารพักอาศัย ประเภททวนน์เข้าสู่รูปแบบที่ 1

ทวนน์เข้าสู่รูปแบบที่ 1	ค่าความต้านทานความร้อน	ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม	ค่าพลังงานในการปรับอากาศ	ค่าพลังงานในการระบายอากาศ
วัสดุผนังหลังคา				
กระเบื้องดินเผา	0.03	54257	34323	7322
กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	0.21	54143	34256	7275
กระเบื้องคอนกรีต	0.3	54082	34223	7247
กระเบื้องที่ศึกษา	0.33	54064	34212	7240
กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์	0.78	53819	34071	7136

ภาพที่ 4.19

ค่าพลังงานที่ใช้ในอาคารพักอาศัยประเภททวนน์เข้าสู่รูปแบบที่ 1



หมายเหตุ: Clay Tile หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาดินเผา
 Asbes. Cement หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาซีเมนต์ใยหิน
 Concrete หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาคอนกรีต
 C5 หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาซีเมนต์ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวในสัดส่วนร้อยละ 5
 P5 หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาซีเมนต์ผสมกากเยื่อไผ่ในสัดส่วนร้อยละ 5
 Synthetic Fiber หมายถึง กระเบื้องผนังหลังคาซีเมนต์ผสมเส้นใยสังเคราะห์

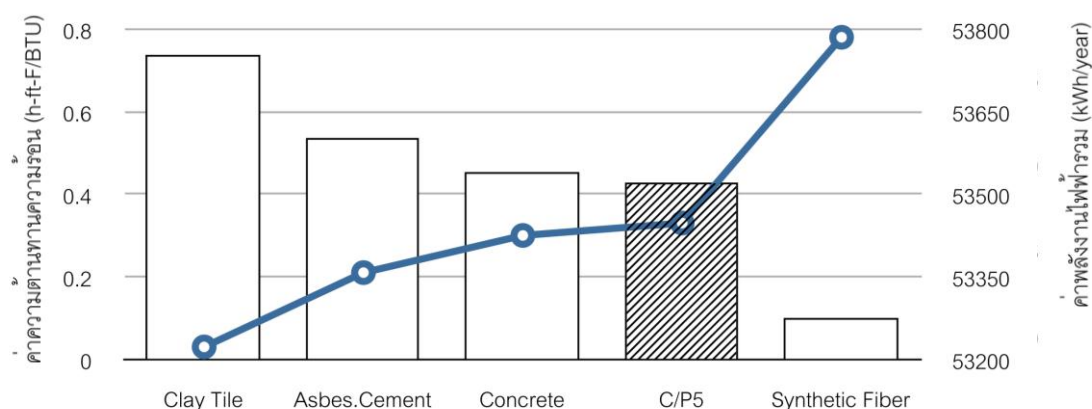
(4) จากการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์รูปแบบที่ 2 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQUEST 3.6 นำผลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้กระเบื้องมุงหลังคาต่างประเภทกันมาเปรียบเทียบ พบว่า ทาวน์เฮ้าส์รูปแบบที่ 2 ที่ใช้กระเบื้องดินเผา มุงหลังคา ใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศสูงสุด คือ 53,753 kWh ต่อปี รองลงมา คือ กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์ใยหิน 53,602 kWh ต่อปี กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา 53,540 kWh ต่อปี กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยกาบมะพร้าว และกากเยื่อไผ่ปาล์มซึ่งมีค่าเท่ากันที่ 53,521 kWh ต่อปี และกระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์ 53,275 kWh ต่อปี เป็นประเภทที่ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศน้อยที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.20 ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ เนื่องจากกระเบื้องดินเผา มุงหลังคาเป็นกระเบื้องที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำสุด เท่ากับ $0.03 \text{ h-ft}^2/\text{BTU}$ แต่กระเบื้องมุงหลังคาประเภทซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์มีค่าความต้านทานความร้อนสูงสุดถึง $0.78 \text{ h-ft}^2/\text{BTU}$ ในส่วนของกระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์เส้นใยกาบมะพร้าว และกากเยื่อไผ่ปาล์มนั้นส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เท่ากัน เนื่องมาจากค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุที่เท่ากัน $0.33 \text{ h-ft}^2/\text{BTU}$

ตารางที่ 4.13

ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมภายในอาคารพักอาศัย ประเภททาวน์เฮ้าส์รูปแบบที่ 2

ทาวน์เฮ้าส์ รูปแบบที่ 2	ค่าความต้านทานความร้อน	ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม	ค่าพลังงานในการปรับอากาศ	ค่าพลังงานในการระบายอากาศ
วัสดุหลังคา				
กระเบื้องดินเผา	0.03	53753	34294	7497
กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	0.21	53602	34215	7424
กระเบื้องคอนกรีต	0.3	53540	34183	7395
กระเบื้องที่ศึกษา	0.33	53521	34172	7386
กระเบื้องซีเมนต์เส้นใยสังเคราะห์	0.78	53275	34030	7282

ภาพที่ 4.20
ค่าพลังงานที่ใช้ในอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์รูปแบบที่ 2



หมายเหตุ:	Clay Tile	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาดินเผา
	Asbes. Cement	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ใยหิน
	Concrete	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต
	C5	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวในสัดส่วนร้อยละ 5
	P5	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ผสมกากเยื่อไผ่ในสัดส่วนร้อยละ 5
	Synthetic Fiber	หมายถึง กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์ผสมเส้นใยสังเคราะห์

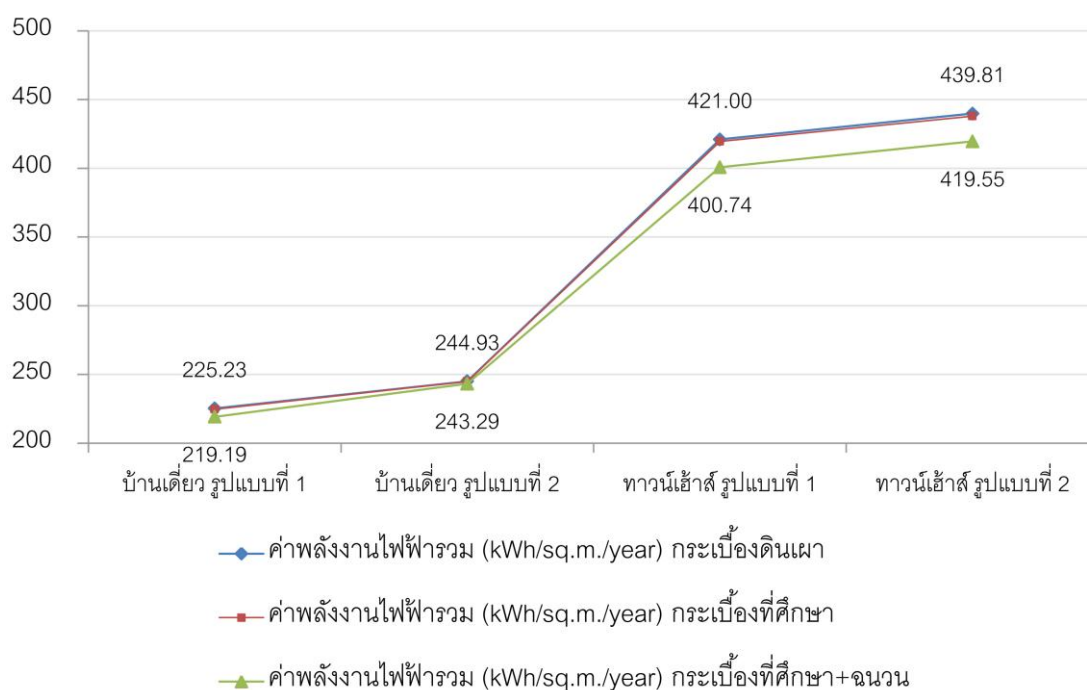
4.3.2 ศึกษาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานระหว่างอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์

การศึกษาศักยภาพการประหยัดพลังงานระหว่างอาคารพักอาศัยประเภทบ้านเดี่ยวและทาวน์เฮ้าส์ เพื่อเสนอแนวทางในการใช้กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติที่ศึกษาให้เหมาะสมกับประเภทของอาคารพักอาศัยที่ส่งผลต่อการประหยัดพลังงานสูงสุด โดยการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพักอาศัยทั้ง 4 ประเภท ที่ใช้กระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์เส้นใยธรรมชาติและคำนวณกันความร้อนโพลียูรีเทน พบว่า ค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้ารวมต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปีจากมากไปน้อย คือ 419.55 400.74 243.29 และ 219.19 kWh/m²/ปี สำหรับอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์รูปแบบที่ 2, ทาวน์เฮ้าส์รูปแบบที่ 1 บ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 2 และบ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 1 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14
ค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้ารวมต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี

ประเภทอาคารพักอาศัย	ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/sq.m./year)		
	กระเบื้องดินเผา	กระเบื้องที่ศึกษา	กระเบื้องที่ศึกษา+ฉนวน
บ้านเดี่ยว รูปแบบที่ 1	225.23	224.58	219.19
บ้านเดี่ยว รูปแบบที่ 2	244.93	244.92	243.29
ทาวน์เฮ้าส์ รูปแบบที่ 1	421.00	419.50	400.74
ทาวน์เฮ้าส์ รูปแบบที่ 2	439.81	437.91	419.55

ภาพที่ 4.21
ค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้ารวมต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี



ผลค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์และบ้านเดี่ยวทั้ง 4 รูปแบบนั้นสอดคล้องกับปริมาณสัดส่วนพื้นที่ที่รอบอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารจากมากไปน้อยของแต่ละประเภทอาคาร โดยสัดส่วนพื้นที่ที่รอบอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารพักอาศัย

ประเภททาวน์เฮ้าส์รูปแบบที่ 2 ทาวน์เฮ้าส์รูปแบบที่ 1 บ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 2 และบ้านเดี่ยวรูปแบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 3.09 3.15 3.20 และ 3.36 ตามลำดับ เนื่องจากสัดส่วนพื้นที่ที่ครอบอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยที่มากกว่า มีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อนที่สามารถถ่ายเทเข้ามาสู่ภายในอาคารทางครอบอาคารได้มากกว่า (สุนทร บุญญะธิการ, 2545) ส่งผลต่อค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้าที่มากขึ้นด้วยเช่นกัน