



รายงานการดำเนินงานโครงการวิจัย

เรื่อง

ผนังอิฐบล็อกจากวัสดุเหลือทิ้ง
Brick Block Walls Derived from Wastes

ชื่อ-สกุล

1. นายพรนรายณ์ บุญราศรี
2. นายมนัส อนุศิริ
3. นายนนทชัย ชูศิลป์

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้/งบประมาณ ประจำปี พ.ศ. 2559

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	๗
สารบัญตาราง	๘
สารบัญรูป	๑
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อก	3
2.2 ปาล์มน้ำมัน	5
2.3 มวลรวม	6
2.4 ทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การเตรียมตัวอย่าง	9
3.2 การออกแบบส่วนผสม	12
3.3 วิธีการทดสอบตัวอย่าง	13
3.4 การนำความร้อนของอิฐบล็อก	19
3.5 การก่อบนึ่งอิฐบล็อก	21
3.5 การทดสอบบนึ่งอิฐบล็อก	23
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม	25
4.2 ลักษณะทางกายภาพของกะลาปาล์มน้ำมัน	25
4.3 ลักษณะทางกายภาพผิวของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันรูปทรงลูกบาศก์	27
4.4 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อความหนาแน่นของรูปทรงลูกบาศก์	27
4.5 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันรูปทรงลูกบาศก์	29
4.6 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อการทดสอบกำลังรับแรงอัดของรูปทรงลูกบาศก์	29
4.7 อิทธิพลของความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของรูปทรงลูกบาศก์	32
4.8 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อความหนาแน่นของอิฐบล็อก	35
4.9 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก	37
4.10 อิทธิพลของความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก	38

๒. ๒๑๑.๓

พ 175

๒๕๕๙

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.11 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก	39
4.12 อิทธิพลของความหนาแน่นกับกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก	41
4.13 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อการนำความร้อนของอิฐบล็อก	42
4.14 ผลการทดสอบการรับแรงอัดของผนังอิฐบล็อก	44
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดสอบ	45
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก ก	
ผลการทดสอบการคุณสมบัติเบื้องต้นและหาขนาดของวัสดุเหลือทิ้งที่	48
ภาคผนวก ข	
ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน	53
ภาคผนวก ค	
ผลการทดสอบการรับกำลังของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน	62



สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ลักษณะพินธุ์ปาล์มน้ำมัน	6
3.1	ส่วนผสมของตัวอย่างลูกบาศก์ ขนาด 10 × 10 × 10 เซนติเมตร	12
3.2	ส่วนผสมของตัวอย่างอิฐบล็อก ขนาด 20 × 60 × 7.5 เซนติเมตร	13
4.1	ผลการทดสอบความหนาแน่นและน้ำหนักของรูปทรงลูกบาศก์ ที่อายุบ่ม 28 วัน	28
4.2	ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของรูปทรงลูกบาศก์	30
4.3	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของรูปทรงลูกบาศก์	31
4.4	ความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของรูปทรงลูกบาศก์	32
4.5	ผลการทดสอบความหนาแน่นของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน	35
4.6	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน	37
4.7	ความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน	39
4.8	ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน	40
4.9	ความหนาแน่นกับกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน	41
4.10	ผลการวัดค่าอุณหภูมิของอิฐบล็อก	42
4.11	ค่าการนำความร้อนของอิฐบล็อก	43



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	อิฐบล็อกมวลเบา	3
2.2	ตัวอย่างบ้านที่ก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อก	4
2.3	ลักษณะเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน	5
3.1	ลักษณะกะลาปาล์มน้ำมันที่ผ่านตะแกรง 1 นิ้ว ค้างเบอร์ 4	9
3.2	ทราย	9
3.3	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	10
3.4	เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด	10
3.5	เครื่องทดสอบบอเนกประสงค์	11
3.6	แบบหล่ออิฐบล็อก	11
3.7	แบบหล่อคอนกรีต และเหล็กกระทุ้ง	11
3.8	การบ่มก้อนตัวอย่างทรงลูกบาศก์	14
3.9	การหล่ออิฐบล็อก	14
3.10	การบ่มก้อนตัวอย่างอิฐบล็อก	15
3.11	การวัดขนาดของก้อนตัวอย่างอิฐบล็อก	16
3.12	การเคลือบผิวด้วยปูนพลาสติก	18
3.13	การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก	18
3.14	การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก	18
3.15	ชุดเครื่องมือทดสอบการนำความร้อน	19
3.16	การติดตั้งการทดสอบการนำความร้อน	20
3.17	เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับก่อผนังอิฐบล็อก	21
3.18	การก่อผนังอิฐบล็อก	22
3.19	เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบผนังอิฐบล็อก	23
3.20	การติดตั้งชุดทดสอบผนังอิฐบล็อก	24
4.1	ขนาดคละของวัสดุมวลรวมผ่านตะแกรงมาตรฐาน	26
4.2	ลักษณะผิวของกะลาปาล์มน้ำมัน	26
4.3	ลักษณะผิวของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน	27
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับความหนาแน่น	28
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับความหนาแน่น ที่อายุบ่ม 28 วัน	29
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับร้อยละการดูดซึมน้ำ	30
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับกำลังรับแรงอัด	31
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับกำลังรับแรงอัด ที่อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน	32
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัด	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัด ที่อายุบ่ม 7 วัน	34
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัด ที่อายุบ่ม 14 วัน	34
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัด ที่อายุบ่ม 28 วัน	35
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับความหนาแน่นของอิฐบล็อก	36
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับความหนาแน่นของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน	36
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน	38
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน	39
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับกำลังต้านทานแรงดัด ที่อายุบ่ม 28 วัน	40
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังต้านทานแรงดัด ที่อายุบ่ม 28 วัน	41
4.19	ความสัมพันธ์การวัดค่าอุณหภูมิของอิฐบล็อกระหว่างเวลากับอุณหภูมิ	43
4.20	ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ของผนังอิฐบล็อก	44



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

สถานการณ์ขยะของไทยตามรายงานของกรมควบคุมมลพิษระบุว่า มีขยะเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งทางภาคใต้ของประเทศไทยมีการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว และข้าว จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 3.68 ล้านไร่ และมีผลผลิตประมาณ 11.33 ล้านตันต่อปี [1] ทำให้มีวัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม ได้แก่ ทะลายปาล์ม ใบจากเปลือก และกะลาหุ้มเนื้อ ประมาณ 5.66 ล้านตันต่อปี ได้หาทางกำจัดโดยการนำกะลาปาล์มน้ำมันมาทำเป็นมวลรวมหยาบในคอนกรีต [2]

คณะผู้วิจัยมีแนวคิดว่าจะลดปัญหาดังกล่าว จึงนำกะลาปาล์มน้ำมันที่เหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรม ชุมชน มาพัฒนาเป็นอิฐบล็อกมวลเบาสำหรับใช้ทำผนัง เพื่อศึกษาการรับกำลังอัด ความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ที่เหมาะสมในการทำผนัง ผลที่ได้คือผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกมวลเบา ทางด้านสิ่งแวดล้อมช่วยลดปริมาณขยะ ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่จะตามมา ทางด้านเศรษฐศาสตร์เพิ่มมูลค่าของ กะลาปาล์ม อิฐบล็อกมวลเบาและลดต้นทุนวัสดุก่อสร้าง ทางด้านวิศวกรรมมีข้อดีทำให้คอนกรีตมีค่าหน่วยน้ำหนักลดลง สะดวกในการก่อสร้าง ผนังช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนาอิฐบล็อกมวลเบาจากวัสดุกะลาปาล์มน้ำมัน
- 2) เพื่อศึกษาด้านคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐบล็อก ได้แก่ มิติ รูปร่าง ความหนาแน่น ค่าการดูดซึมน้ำ และการนำความร้อน เป็นต้น
- 3) เพื่อศึกษาการรับกำลังอัดของอิฐบล็อก

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1) ศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นและหาขนาดของวัสดุเหลือทิ้งที่เหมาะสมในการผลิตอิฐบล็อกกะลาปาล์ม
ใช้กะลาปาล์มน้ำมันที่เหลือจากการผลิตน้ำมันปาล์มจาก บริษัท ปาล์มไทยพัฒนา จำกัด ตำบลอุโตเจริญ อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล นำมาร่อนผ่านตะแกรง 1 นิ้ว ค้างเบอร์ 4
- 2) ผลิตอิฐบล็อกมวลเบาจากกะลาปาล์มน้ำมัน ขนาดของอิฐบล็อกมีขนาด สูง 20 ซม. ยาว 60 ซม. และหนา 7.5 ซม.
- 3) ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐบล็อกกะลาปาล์ม ได้แก่ มิติ รูปร่าง ความหนาแน่น ค่าการดูดซึมน้ำ และการนำความร้อน เป็นต้น

- (1) ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของก้อนตัวอย่างลูกบาศก์ขนาด 10×10×10 ซม. อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน
 - ความหนาแน่น ตามมาตรฐาน ASTM C596
 - การดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน ASTM C1403
 - กำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐาน ASTM C109
- (2) ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของอิฐบล็อก อายุบ่ม 28 วัน
 - ความหนาแน่น ตามมาตรฐาน ASTM C596
 - กำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐาน ASTM C109
 - กำลังต้านทานแรงดัด ตามมาตรฐาน ASTM C78
- 4) ผลิตอิฐบล็อกตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58/2530 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) มีนวัตกรรมใหม่ทางด้านอิฐบล็อกจากวัสดุเหลือทิ้ง
- 2) ลดการทำลายภูเขา เพื่อนำวัสดุธรรมชาติมาใช้ในงานก่อสร้าง
- 3) ลดวัสดุเหลือทิ้งและขยะ ช่วยลดภาวะโลกร้อน ที่เกิดจากกระบวนการผลิตภาคอุตสาหกรรมและชุมชน ที่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อน
- 4) ช่วยลดน้ำหนักของผนัง ส่งผลให้ขนาดของโครงสร้างหลักของอาคารลดลงเช่นกัน ทั้งนี้ช่วยลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายให้กับเจ้าของอาคาร เพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้ง ลดขยะให้กับภาคอุตสาหกรรม



บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

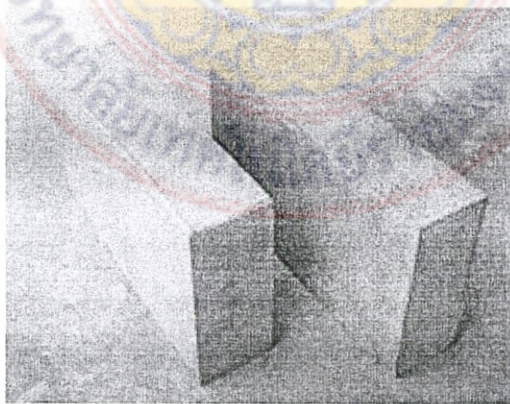
2.1 คอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อก

คอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อก ทำจากซีเมนต์ผสมกับมวลรวม (Aggregates) [3] ที่มีขนาดพอดี เช่น ทราย กรวด หินย่อย Cinders Burned หรือ Slag และผสมกับน้ำสร้างเป็นแบบต่างๆ ใช้สำหรับสร้างผนังหรือทำโครงสร้างอื่น ดังรูปที่ 2.1

คอนกรีตบล็อกเป็นงานก่อสร้าง (Construction) ที่น่าสนใจมาก คาดว่าจะเป็นที่ยอมรับในโอกาสต่อไป ในเมื่อการสร้างโดยใช้อิฐซึ่งมีค่าแรงงานในการสร้างสูง และใช้เวลานานกว่าด้วย แต่การสร้างด้วยคอนกรีตบล็อกง่ายแก่การก่อสร้าง กรรมวิธีก็ไม่ยุ่งยาก ประหยัดเวลา แข็งแรงทนทาน ง่ายต่อการวางแผนออกแบบ สามารถเข้าใจและทำการสร้างได้สำหรับช่างก่อสร้างที่มีความชำนาญไม่มากนัก

1) คุณลักษณะของคอนกรีตบล็อก ดังได้กล่าวแล้วว่า คอนกรีตบล็อกมีความคงทนถาวรดี มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมมุมได้ฉากกันตลอด หน้าเรียบไม่แอ่นหรือบิด ตาม Specification ของ The American Society for Testing Materials (ASTM) ได้กำหนดคุณลักษณะที่ผลิตจากโรงงาน อันเป็นมาตรฐานไว้ดังนี้

- บล็อกตันและกลวง (Solid and Hollow Block) สำหรับคอนกรีตบล็อกตันจะต้องมีช่องกลวง (Core Area) ไม่มากกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของก้อน ส่วนคอนกรีตบล็อกกลวงมีช่องว่างมากกว่าร้อยละ 25 แต่โดยทั่วไปจะมีช่องกลวงประมาณร้อยละ 40-50 ของพื้นที่ทั้งหมดโดยประมาณ
- บล็อกชนิดหนักและเบา (Heavy Weight and Light Weight Block) คอนกรีตบล็อกกลวงขนาด $8 \times 8 \times 16$ นิ้วน้ำหนักประมาณ 40-50 ปอนด์ สำหรับบล็อกที่หล่อแห้งด้วยมวลรวมที่มีน้ำหนักชนิดมาก น้ำหนักประมาณ 25-35 ปอนด์ สำหรับบล็อกที่หล่อแห้งด้วยมวลรวมชนิดน้ำหนักเบา

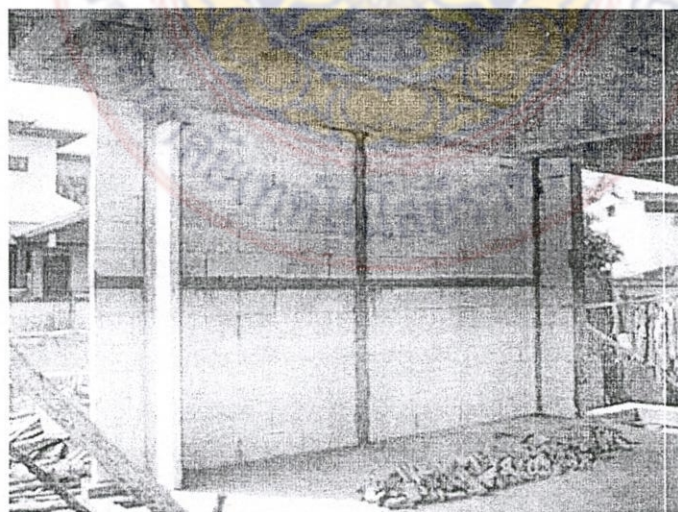


รูปที่ 2.1 อิฐบล็อกมวลเบา [4]

มวลรวมที่มีน้ำหนักมาก เช่น ทราย หินบด (Crushed Stone) และ Slag ส่วนมวลรวม น้ำหนักเบา เช่น Coal, Cinder, Shale และพวก Natural Light Weight Material เช่น Volcanic Cinders, Pumice และ Scoria

บล็อกพวกน้ำหนักเบา จะพิเศษตรงที่สามารถป้องกันความร้อน หรือกัภูมิอากาศหนาวเย็นได้ดี ในการใช้ก่อเป็นผนังเพราะช่องกลวงมีอากาศเป็นตัวกัน (Insulation) และยังมีลักษณะที่จะเชื่อมประสานกับโครงสร้างอื่นได้แน่นหนาแข็งแรงด้วย

- ขนาดคอนกรีตบล็อก (Size of Concrete Block) ตามมาตรฐานที่โรงงานผู้ผลิต จำหน่าย จะทำตามขนาดปกติ (Nominal Size) เช่น $7(5/8) \times 7(5/8) \times 15(5/8)$ นิ้ว ซึ่งทั่วไปเรียกกันว่า ขนาด $8 \times 8 \times 8$ นิ้ว คือรวมรอยต่อมอร์ต้า (Mortar Joint) หนา $3/8$ นิ้วเข้าไปด้วย
- 2) การนำคอนกรีตบล็อกไปใช้งาน
- บ้านคอนกรีตบล็อก (Concrete Block Home) การสร้างผนังภายในหรือภายนอก หรือทำผนังกันส่วเพื่อตกแต่ง นิยมใช้คอนกรีตบล็อกเนื่องจากสร้างได้สะดวก สวยงาม และรวดเร็ว ทั้งยังสามารถทำเป็นผนังทำหน้าที่เป็น Foundations ห้องใต้ดิน ทำให้ต้านทานได้สูง อายุคงทนถาวรด้วย ตามรูปที่ 2.2
 - อาคารกสิกรรมคอนกรีตบล็อก (Concrete Block Farm Building) การสร้างตาม โครงการปศุสัตว์ โรงงาน โกดังเก็บของ มีความเหมาะสมที่จะพิจารณาใช้ เพราะมีความ คงทนต้านทานต่อสภาพธรรมชาติ นอกจากนี้จะทำให้ต้นทุนการสร้างต่ำ มีความงาม เพียงพอ
 - กำแพงกันดิน (Retaining Wall) เหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้สร้างกำแพงกันดิน มีความ แข็งแรง โดยเฉพาะในการสร้างห้องใต้ดินด้วยแล้ว บล็อกสามารถต้านทานความชื้นจาก ใต้ดินได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น เพิ่มอีกถ้ามีการเสริมเหล็กด้วย จะสามารถต้านทานการเลื่อน ตัวของดินได้ดี



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างบ้านที่ก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อก [5]

- กำแพงอื่นๆ (Other Wall) รั้วหรือกำแพงที่สร้างด้วยไม้หรือลวดหนาม สร้างด้วยความยุ่งยากไม่มีความสวยงาม ควรพิจารณาใช้คอนกรีตบล็อก สามารถตกแต่งให้สีสันทันหรือเรียงซ้อนได้หลายวิธีหรือแบบต่างๆ เกิดความงาม ซึ่งจะประกอบหรือสัมพันธ์กับอาคารได้

2.2 ปาล์มน้ำมัน

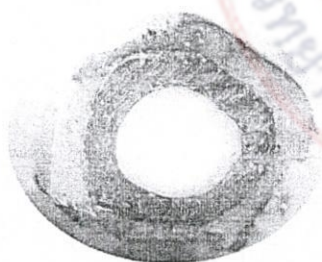
ปาล์มน้ำมันเป็นพืชตระกูลปาล์มที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา เป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันทุกชนิด 640 - 800 กิโลกรัมน้ำมันต่อพื้นที่ปลูก 1 ไร่ และเป็นพืชน้ำมันที่มีการผลิตทั่วโลกเป็นอันดับสอง รองจากน้ำมันถั่วเหลือง โดยมีประเทศมาเลเซีย เป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดของโลก (ร้อยละ 52) และอินโดนีเซียอันดับสอง (ร้อยละ 32) ส่วนประเทศไทยถึงแม้จะมีอันดับการผลิตอยู่อันดับที่ 4 ของโลก แต่มีสัดส่วนการผลิตร้อยละ 2 เท่านั้น ดังนั้นการเลือกใช้พันธุ์มีความสำคัญมาก ต่อการผลิตน้ำมันปาล์มและแปรรูปปาล์มน้ำมัน ซึ่งสามารถแบ่งแบบพันธุ์ปาล์มได้ 3 ลักษณะ ตามลักษณะของผลปาล์ม ตามตาราง 2.1 ซึ่งได้แก่ ความหนาของกะลา ปริมาณเนื้อของผลปาล์ม และเส้นใยรอบกะลาปาล์ม [6] ดังนี้

1) พันธุ์ดูรา เป็นปาล์มที่มีกะลาหนา (2-8 มม.) มีปริมาณของเนื้อปาล์มน้อย (ร้อยละ 30-70) ไม่มีเส้นใยรอบกะลา ตามรูปที่ 2.3 (ก) พันธุ์นี้จะใช้ในการเป็นแม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกผสมทางการค้า

2) พันธุ์พิสิเฟอรา เป็นปาล์มที่มีกะลาบางมากหรือไม่มีกะลา มีเส้นใยสีน้ำตาลรอบกะลาหรือในเนื้อเมล็ด ผลส่วนใหญ่มีเนื้อปาล์มมากกว่าร้อยละ 90 ตามรูปที่ 2.3 (ข) พันธุ์นี้จะใช้เป็นพ่อพันธุ์ในการผลิตลูกผสมทางการค้า

3) พันธุ์เทนอรา เป็นลูกผสมที่เกิดจากพันธุ์ดูรากับพันธุ์พิสิเฟอรา จะได้พันธุ์เทนอราอาจเรียกอีกอย่างว่า DXP พันธุ์นี้จะมีลักษณะกะลาบาง (หนา 0.5-4 มม.) มีเนื้อปาล์ม (ร้อยละ 60-95) มากกว่าพันธุ์ดูรา และมีเส้นใยรอบกะลา ตามรูปที่ 2.3 (ค)

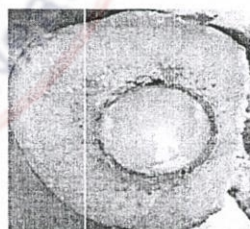
งานวิจัยนี้ใช้วัตถุดิบจากพันธุ์เทนอรา เป็นพันธุ์ที่ผลิตเพื่อปลูกในทางการค้าเป็นหลัก



(ก) พันธุ์ดูรา



(ข) พันธุ์พิสิเฟอรา



(ค) พันธุ์เทนอรา

รูปที่ 2.3 ลักษณะเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมัน

ตาราง 2.1 ลักษณะพันธุ์ปาล์มน้ำมัน [7]

ลักษณะ	ดูรา	เทนอรา	ฟิสิเฟอรา
1. ความหนากะลา (มิลลิเมตร)	2-8	0.5-4	บางมาก
2. เส้นใยรอบกะลา	ไม่มี	มี	มี
3. ผล/ทะลาย (%)	60	60	มักเป็นหมัน
4. เปลือกนอก/ผล (%)	60-65	60-90	92-97
5. กะลา/ผล (%)	25-30	8-15	บางมาก
6. เนื้อใน/ผล (%)	4-20	3-28	3-8
7. น้ำมัน/เปลือกนอก (%)	50	50	30
8. น้ำมัน/ทะลาย (%)	18-19.5	22.5-25.5	25-30

2.3 มวลรวม

มวลรวม (Aggregate) คือ วัสดุแทรกในคอนกรีต เช่น หิน กรวด และทรายที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีต เนื่องจากมวลรวมมีปริมาณมากถึงร้อยละ 70-80 ของปริมาณคอนกรีตทั้งหมด ซึ่งมวลรวมมีความสำคัญ คือ มวลรวมมีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทนและปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก คุณภาพของมวลรวมจึงมีผลกระทบต่อสมบัติของคอนกรีตอย่างมาก

มวลรวมแบ่งตามแหล่งกำเนิด ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

- 1) มวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติจากกระบวนการกัดกร่อนและเสียดสีตามธรรมชาติ
- 2) มวลรวมที่มนุษย์ทำขึ้น เช่น มวลรวมน้ำหนักเบาที่ได้จากเศษวัสดุเหลือใช้

มวลรวมแบ่งตามขนาด สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ

1) มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) คือ หินหรือกรวดที่มีขนาดใหญ่กว่า 4.75 มม. (ค้ำบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4) โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลรวมผสมคอนกรีต (มอก. 566) ยอมให้มวลรวมหยาบมีส่วนที่ละเอียดกว่านี้ผสมอยู่บ้าง

2) มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) คือ ตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 4.75 มม. (ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4) แต่ไม่เล็กกว่า 0.075 มม. (ผ่านตะแกรงเบอร์ 200) โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลรวมผสมคอนกรีต (มอก. 566) ยอมให้มวลรวมละเอียดมีส่วนที่หยาบกว่านี้ผสมอยู่บ้างทรายสำหรับผลิตคอนกรีตควรมีค่าโมดูลัสความละเอียดตั้งแต่ 2.3-3.2 ส่วนที่มีขนาดเล็กกว่ามวลรวมละเอียด ซึ่งมีอยู่ปริมาณน้อยมากในมวลรวมสามารถแบ่งได้เป็นทรายแป้ง (Silt) มีขนาดประมาณ 0.07 มม. และดินเหนียว (Clay) มีขนาดอยู่ในช่วง 0.02-0.06 มม.

2.4 ทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

دنول ต้นนโยบาย และ อภิชาติ พ่วงพี [8] ได้ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของมวลรวมกะลาปาล์มน้ำมัน พบว่ามีรูปทรงแบบไม่สมมาตรมีทั้งโค้งเว้าและนูน ค่อนข้างเรียบมีเส้นใยติดหลงเหลืออยู่

บ้าง มีความหนาในช่วง 2.3-3.0 มม. เฉลี่ย 2.8 มม. ขอบรอยแตกแหลมและคมขึ้นการแตกตอนหีบ ผลปาล์ม การดูดซึมน้ำค่อนข้างมาก ค่ากระแทกของกะลาปาล์มที่สดมีค่าน้อยกว่าที่แห้งถึงร้อยละ 60 จัดเป็นมวลรวมประเภทแข็งมาก ค่าการสึกหรอแบบลอสแองเจลีส์ มีค่าน้อยมากเช่นกัน (4.64-4.76) และค่าตัวประกอบภาวะเอกรูป (UF) มีค่า 0.19-0.20 ค่าความหนาแน่นแบบหลวมและแบบแน่นมีค่าเท่ากับ 580 และ 648 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ

ศักดิ์ดา บุญเพชร, อโณทัย สมชาติ และธวัชชัย บัวเนียม [9] ศึกษาความเป็นไปได้ของอิฐมอญที่จะนำมาเป็นวัสดุผสมในการทำบล็อกประสาน และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมมา ทำการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ให้เป็นไปตาม มอก.57-2530 ซึ่งมีโพลีและเศษอิฐมอญเป็นวัสดุผสมเพิ่มใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : เศษอิฐมอญและโพลี เท่ากับ 1 : 3 โดยใช้โพลีร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 ของเศษอิฐมอญเทียบโดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.8, 0.9 และ 1.0 ตัวอย่างขนาด 5×5×5 เซนติเมตร บ่มที่ 3, 7, 14 และ 28 วัน จากนั้นเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสม จัดทำบล็อกประสานขนาด 9×12.5×25 เซนติเมตร โดยใช้ความหนาแน่น 1,000 - 1,600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการจัดทำบล็อกประสานผสมโพลี และเศษอิฐมอญมีอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : เศษอิฐมอญและโพลีเท่ากับ 1 : 3 โดยใช้โพลีร้อยละ 2 ของเศษอิฐมอญโดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1.0 และค่าความหนาแน่น 1,500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยอายุการบ่มที่ 28 วัน มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 6.02 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 13.93 ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.93 ซึ่งค่ากำลังอัด และการดูดซึมน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (มอก.57-2530) ชั้นคุณภาพ ค ใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายในและกำแพงภายนอก เหนือระดับดินที่มีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากลมฟ้าอากาศ

มูฮัมหมัด สามะอาลี และอานูวา เจ๊ะสมอเจ๊ะ [10] ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกะลาปาล์มมาแทนที่หินฝุ่นบางส่วนในการผลิตคอนกรีตบล็อก เพื่อลดปริมาณการใช้หินฝุ่น โดยใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ทรายละเอียด : หินฝุ่น 1 : 3.15 : 3.15 แทนที่หินฝุ่นด้วยกะลาปาล์มร้อยละ 20, 25, 30, 35 และ 40 โดยน้ำหนัก แล้วผึ่งไว้ในอากาศอายุ 28 วัน นำมาทดสอบตาม มอก.57-58/2530 และทดสอบความสามารถในการกันความร้อน พบว่าการแทนที่หินฝุ่นด้วยกะลาปาล์มไม่เกินร้อยละ 30 ผ่าน มอก.57/2530 ชนิดรับน้ำหนัก และการแทนที่ร้อยละ 35 และ 40 ผ่าน มอก.58/2530 ชนิดไม่รับน้ำหนัก ส่วนผลกระทบจากการแทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยกะลาปาล์ม พบว่าการเพิ่มกะลาปาล์มจะทำให้คอนกรีตบล็อกมีการดูดกสิ่นน้ำเพิ่มขึ้น และความหนาแน่น กำลังอัดจะลดลง ในส่วนการกันความร้อนการเพิ่มปริมาณของกะลาปาล์มจะทำให้การกันความร้อนดีขึ้น

นันทชัย ชูศิลป์, พรนราชนันท์ บุญราศรี และอัมพร หมดแสละ [11] งานวิจัยการนำกะลาปาล์ม น้ำมันผสมในคอนกรีตเพื่อผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบา โดยใช้กะลาปาล์มขนาดตั้งแต่ 1.18 ถึง 9.50 มม. ผสมคอนกรีตในอัตราร้อยละ 20 40 60 80 และ 100 โดยน้ำหนักของมวลรวม หลังจากหล่อคอนกรีตตัวอย่างเป็นรูปทรงกระบอก ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมกะลาปาล์มน้ำมันที่ อายุ 3 7 14 28 60 90 และ 180 วัน เปรียบเทียบผลการทดสอบกับคอนกรีตควบคุมที่ได้ออกแบบกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 240 กก./ตร.ซม. จากการทดสอบพบว่าคอนกรีตควบคุมมีกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 257 กก./ตร.ซม. เมื่อนำกะลาปาล์มน้ำมัน

ผสมคอนกรีตในอัตราร้อยละ 20 40 60 80 และ 100 โดยน้ำหนักของมวลรวม กำลังรับแรงอัดลดลง คิดเป็นร้อยละ 60 29 24 11 และ 3 ของคอนกรีตควบคุมตามลำดับ สำหรับหน่วยน้ำหนักของ คอนกรีต มีค่าเท่ากับ 2,080 กก./ลบ.ม. เมื่อนำกะลาปาล์มน้ำมันผสมคอนกรีตในอัตราร้อยละ 20 40 60 80 และ 100 โดยน้ำหนักของมวลรวม ส่งผลให้หน่วยน้ำหนักมีค่าลดลงโดยคิดเป็นร้อยละ 86 70 69 61 และ 61 ของคอนกรีตควบคุมตามลำดับ งานวิจัยนี้พบว่าคอนกรีตผสมกะลาปาล์มน้ำมัน สามารถใช้ผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบาเพื่อใช้ในการก่อสร้างได้ โดยการออกแบบต้องคำนึงถึง ความสามารถในการรับกำลังอัดของคอนกรีตที่มีค่าลดลงด้วย



บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

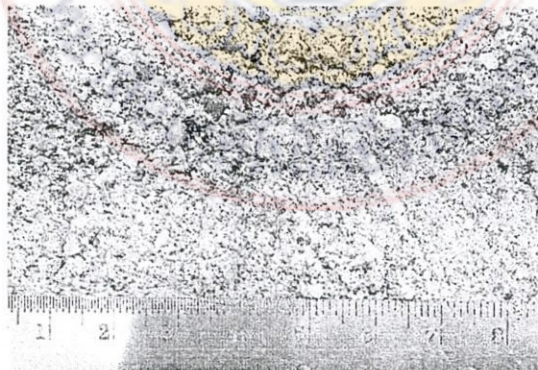
3.1 การเตรียมตัวอย่าง

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) กะลาปาล์มน้ำมัน กะลาปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการทดสอบนั้น ใช้ส่วนที่ผ่านตะแกรง 1 นิ้ว ค้างเบอร์ 4 จากนั้นล้างทำความสะอาด และอบจนแห้ง ตามรูปที่ 3.1
- 2) ทราย ใช้ทรายแม่น้ำที่มีจำหน่ายทั่วไป นำมาล้างให้สะอาด เพื่อเอาเศษฝุ่นและดินออก แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 ± 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ค้างเบอร์ 200 ตามรูปที่ 3.2
- 3) ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามรูปที่ 3.3
- 4) น้ำที่ใช้ในการทดสอบเป็นน้ำประปาสะอาด



รูปที่ 3.1 ลักษณะกะลาปาล์มน้ำมันที่ผ่านตะแกรง 1 นิ้ว ค้างเบอร์ 4



รูปที่ 3.2 ทราย



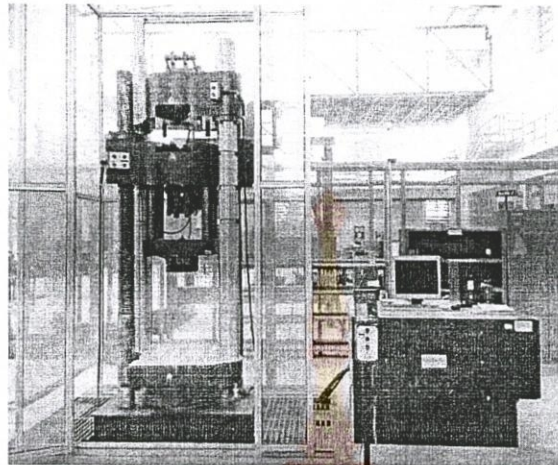
รูปที่ 3.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1



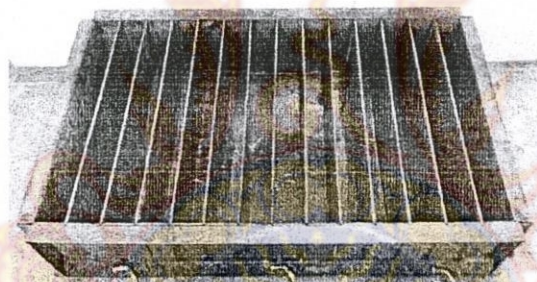
รูปที่ 3.4 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

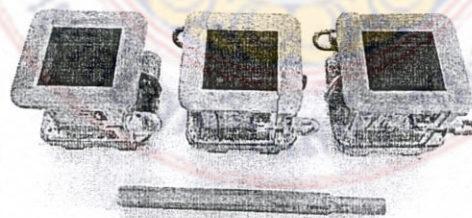
- 1) เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compression Testing Machine) ขนาด 5,000 กิโลนิวตัน ตามรูปที่ 3.4
- 2) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine, UTM) ขนาด 2,000 กิโลนิวตัน ตามรูปที่ 3.5
- 3) แบบหล่ออิฐบล็อก ขนาด 20× 60 × 7.5 เซนติเมตร จำนวน 14 ช่อง ตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบแรงดึง



รูปที่ 3.6 แบบหล่ออิฐบล็อก



รูปที่ 3.7 แบบหล่อคอนกรีต และเหล็กกระทุ้ง

4) แบบหล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ (Concrete Cube Mold) สำหรับตัวอย่างทดสอบ ตามมาตรฐานอังกฤษ ขนาด $10 \times 10 \times 10$ เซนติเมตร ตามรูปที่ 3.7

5) เหล็กกระทุ้ง (Tapping Rod) มีหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2.5×2.5 เซนติเมตร ความยาว 38 เซนติเมตร ตามรูปที่ 3.7

6) ถาดเหล็ก

7) ช้อนตัก

8) เกรียงเหล็ก

9) เครื่องผสมคอนกรีต ขนาด 94.50 ลิตร

10) เครื่องชั่งน้ำหนักระบบอิเล็กทรอนิกส์ ขนาด 15 กก. ความละเอียด 0.1 ก.

11) เวอร์เนียคาลิเปอร์ขนาด 150 มม. อ่านละเอียด 0.02 มม.

12) ตะแกรงมาตรฐาน ขนาด 1 นิ้ว และเบอร์ 4

13) ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ

3.2 การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบส่วนผสมโดยใช้อัตราส่วนผสม 1:4 (ซีเมนต์ : มวลรวม) และกะลาปาล์มแทนที่ทราย ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 40 60 และ 80 โดยปริมาตร ทำการทดลองหล่อตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วน พิจารณาจากการคงรูปร่างและกำลังรับแรงอัด เพื่อหาอัตราส่วน W/C ได้ค่าเท่ากับ 0.500 0.533 0.567 และ 0.600 ได้ผลการออกแบบดังนี้

ตาราง 3.1 ส่วนผสมของตัวอย่างลูกบาศก์ ขนาด $10 \times 10 \times 10$ เซนติเมตร

ส่วนผสม ร้อยละ	W/C	ปริมาณของวัสดุที่ใช้ในการผลิตก้อนตัวอย่าง ต่อ 1 ลบ.ม.			
		ซีเมนต์ (กก.)	ทราย (กก.)	กะลาปาล์ม (กก.)	น้ำ (กก.)
QPS-20	0.500	205.4	1034.9	131.2	102.7
QPS-40	0.533	205.4	776.2	262.4	109.5
QPS-60	0.567	205.4	517.4	393.6	116.5
QPS-80	0.600	205.4	258.7	524.8	123.2

หมายเหตุ : QPS-xx หมายถึง รูปทรงลูกบาศก์มอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันร้อยละ xx และทราย ร้อยละ 100-xx โดยปริมาตรมวลรวม

ตาราง 3.2 ส่วนผสมของตัวอย่างอิฐบล็อก ขนาด 20 × 60 × 7.5 เซนติเมตร

ส่วนผสม ร้อยละ	W/C	ปริมาณของวัสดุที่ใช้ในการผลิตก้อนตัวอย่าง ต่อ 1 ก้อน			
		ซีเมนต์ (ก.)	ทราย (ก.)	กะลาปาล์ม (ก.)	น้ำ (ก.)
BPS-20	0.500	1848	9314	1180	924
BPS-40	0.533	1848	6985	2361	985
BPS-60	0.567	1848	4656	3542	1048
BPS-80	0.600	1848	2328	4723	1109

หมายเหตุ : BPS-xx หมายถึง อิฐบล็อกมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันร้อยละ xx และทรายร้อยละ 100-xx โดยปริมาตรรวม

3.3 วิธีการทดสอบตัวอย่าง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

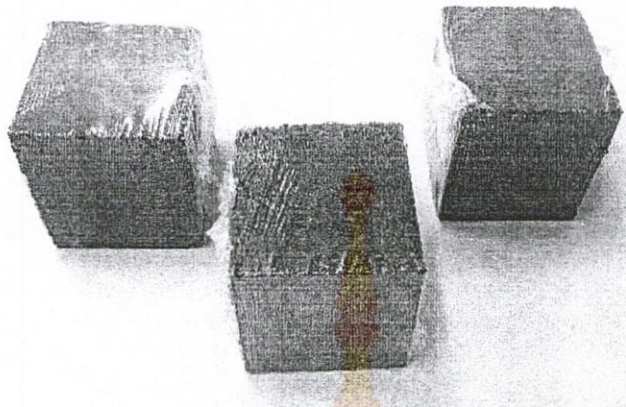
3.3.1.1 ตัวอย่างทรงลูกบาศก์

1) ทำการประกอบแบบหล่อตัวอย่างทดสอบเข้าด้วยกันโดยการยึดสกรูให้แน่น ใช้แปรงชุบน้ำมันบางๆ ภายในแบบหล่อตัวอย่างเพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตติดกับแบบหล่อตัวอย่าง แล้วจึงนำไปวางบนพื้นราบ

2) นำวัสดุที่เตรียมไว้ตามตาราง 3.1 ผสมให้เข้ากันในเครื่องผสม โดยผสมน้ำกับซีเมนต์ใช้เวลาผสม 1 นาที เติมทรายใช้เวลาผสม 1 นาที สุดท้ายเติมกะลาปาล์มน้ำมันใช้เวลาผสม 5 นาที (เวลาโดยประมาณ)

3) เทมอร์ต้าลงในแบบหล่อตัวอย่าง โดยแบ่งใส่ชั้นเป็น 2 ชั้น ในแต่ละชั้นจะมีปริมาตร 1/2 ของปริมาตรมอร์ต้าทั้งหมด กระทุ้ง 25 ครั้งในแต่ละชั้น โดยกระทุ้งให้ทั่วพื้นที่หน้าตัดของมอร์ต้า ชั้นบนใส่มอร์ต้าให้สูงกว่าขอบแบบหล่อตัวอย่าง หลังจากนั้นปาดผิวให้เรียบ ควรใช้มอร์ต้าให้หมดภายใน 10 นาที ปล่อยให้แห้งในแบบหล่อประมาณ 12 ชั่วโมง

4) ทำการถอดตัวอย่างออกจากแบบหล่อตัวอย่างทดสอบ นำก้อนตัวอย่างห่อแผ่นพลาสติกใส ป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อมอร์ต้า เป็นเวลา 7 14 และ 28 วัน ตามรูปที่ 3.8

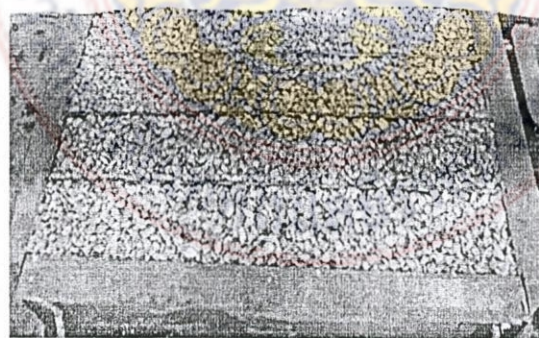


รูปที่ 3.8 การบ่มก้อนตัวอย่างทรงลูกบาศก์



(ก) กรอกมอร์ต้าลงในแบบ

(ข) กระทบมอร์ต้า



(ค) แต่งผิวมอร์ต้า

รูปที่ 3.9 การหล่ออิฐบล็อก

3.3.1.2 ตัวอย่างอิฐบล็อก

1) ใช้แปร่งชุบน้ำมันบางๆ ภายในแบบหล่อตัวอย่างเพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตติดกับแบบหล่อตัวอย่าง

2) นำวัสดุที่เตรียมไว้โดยตวงวัดหน่วยเป็นน้ำหนักตามตาราง 3.2 ผสมให้เข้ากันในเครื่องผสมมาตรฐาน โดยผสมน้ำกับซีเมนต์ใช้เวลาผสม 1 นาที เติมหทรายใช้เวลาผสม 1 นาที สุกท้ายเติมกะลาปาล์มน้ำมันใช้เวลาผสม 5 นาที (เวลาโดยประมาณ)

3) เมื่อผสมเข้ากันดี นำวัสดุที่ได้ใส่แบบหล่ออิฐบล็อก โดยแบ่งใส่ชั้นเป็น 3 ชั้น ในแต่ละชั้นจะมีปริมาตร $\frac{1}{3}$ ของปริมาตรมอร์ต้าทั้งหมด กระทุ้ง 60 ครั้งในแต่ละชั้น โดยกระทุ้งให้ทั่วพื้นที่หน้าตัดของมอร์ต้า ชั้นบนใส่มอร์ต้าให้สูงกว่าขอบแบบหล่ออิฐบล็อก ควรใช้มอร์ต้าให้หมดภายใน 10 นาที หลังจากนั้นแต่งผิวให้เรียบ ปลดทิ้งไว้ในแบบประมาณ 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง สำหรับ BPS-80 ตามรูปที่ 3.9

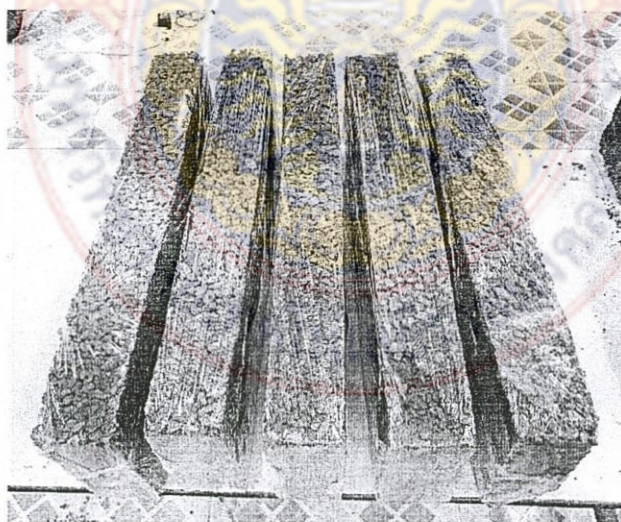
4) ทำการถอดอิฐบล็อกออกจากแบบหล่อ นำอิฐบล็อกห่อแผ่นพลาสติกใส ป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อมอร์ต้า จนอายุครบ 28 วัน ตามรูปที่ 3.10

3.3.2 วิธีการทดสอบกำลังรับแรงอัดของลูกบาศก์

1) วัดขนาดมิติของตัวอย่างทดสอบด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ โดยพิจารณาด้านคู่ขนานที่ผิวหน้าเรียบ นำเวอร์เนียคาลิเปอร์วัดขนาดความกว้าง ยาว และสูงของตัวอย่างทดสอบ

2) นำตัวอย่างทดสอบขึ้นชั่งน้ำหนัก

3) ทำความสะอาดผิวแท่นธารทั้งด้านบนและด้านล่างของเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compression Testing Machine) แล้วนำตัวอย่างทดสอบเข้าเครื่องทดสอบ โดยนำด้านที่เรียบวางบนแท่นธารของเครื่องทดสอบ



รูปที่ 3.10 การบ่มก้อนตัวอย่างอิฐบล็อก

4) เปิดเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compression Testing Machine) โดยจะต้องควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสม่ำเสมอระหว่าง 1.4-3.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที

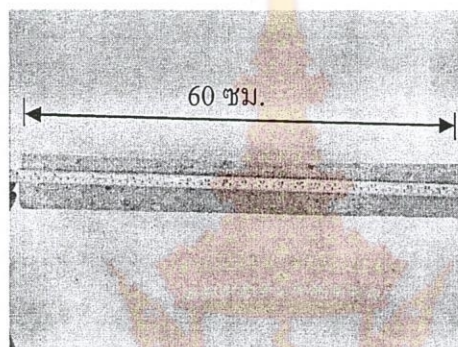
5) กดตัวอย่างทดสอบจนวิบัติ แล้วบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้

6) นำค่าน้ำหนักและพื้นที่หน้าตัดที่ได้มาหาค่ากำลังอัด

3.3.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก

1) นำตัวอย่างทดสอบมาชั่งน้ำหนัก และเขียนหมายเลขของแต่ละก้อนตัวอย่าง

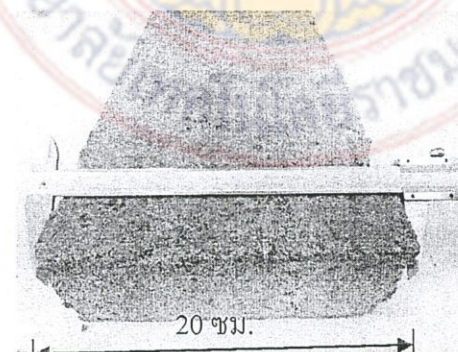
2) วัดขนาดของตัวอย่าง โดยการวัดความยาว ความหนาและความกว้างของก้อนตัวอย่าง ตามรูปที่ 3.11



(ก) วัดความยาว



(ข) วัดความหนา



(ค) วัดความกว้าง

รูปที่ 3.11 การวัดขนาดของก้อนตัวอย่างอิฐบล็อก

3) นำก้อนตัวอย่างมาเคลือบผิวด้วยปูนปลาสเตอร์ทั้งด้านบนและด้านล่างให้หน้าเรียบ แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง ตามรูปที่ 3.12

4) นำก้อนตัวอย่างมาวางในเครื่องทดสอบวัสดุ (Universal Testing Machine, UTM) กดตัวอย่างจนเกิดการวิบัติ บันทึกค่าที่ได้ ตามรูปที่ 3.13

5) นำค่าน้ำหนักและพื้นที่หน้าตัดที่ได้มาหาค่ากำลังอัด

3.3.4 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก

1) นำตัวอย่างทดสอบมาชั่งน้ำหนัก และเขียนกำหนดหมายเลขของแต่ละก้อนตัวอย่าง

2) วัดขนาดของตัวอย่าง โดยการวัดความยาว ความหนาและความกว้างของก้อน

ตัวอย่าง

3) นำก้อนตัวอย่างมาเคลือบผิวด้วยปูนปลาสเตอร์ทั้งด้านบนและด้านล่างหน้าให้เรียบ แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

4) นำก้อนตัวอย่างมาวางในเครื่องทดสอบวัสดุ (Universal Testing Machine, UTM) กดตัวอย่างโดยใช้แรงกดหนึ่งจุดที่กลางก้อนตัวอย่างจนเกิดการวิบัติ บันทึกค่าที่ได้ ตามรูปที่ 3.14

5) นำค่าที่ได้มาหาค่ากำลังต้านทานแรงดัด

3.3.5 วิธีการทดสอบหาความหนาแน่น

บ่มโดยการห่อพลาสติกใส และนำก้อนตัวอย่างมาทำการชั่งน้ำหนักและวัดขนาดตามระยะเวลาบ่มที่กำหนดคือ 7 และ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบทั้ง 4 อัตราส่วนคือ มอร์ต้าผสมกะลา ปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายร้อยละ 20 40 60 และ 80 ของปริมาตรมวลรวม

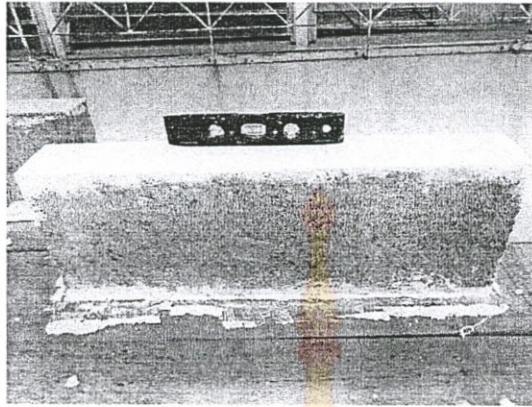
3.3.6 วิธีการทดสอบการดูดซึมน้ำ

1) อบตัวอย่างทดสอบทั้ง 4 อัตราส่วนคือ มอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันที่ทรายร้อยละ 20 40 60 และ 80 โดยปริมาตรมวลรวม ที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงชั่งน้ำหนักแต่ละตัวอย่างโดยอ่านละเอียดถึง 0.01 กรัม

2) แช่ตัวอย่างทดสอบให้จมในน้ำนาน 1/2 ชั่วโมง เอาขึ้นมาแล้วเช็ดให้แห้งโดยรอบอย่างรวดเร็วและชั่งน้ำหนัก

3) นำตัวอย่างทดสอบไปแช่น้ำอีก 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและอบอีกครั้ง

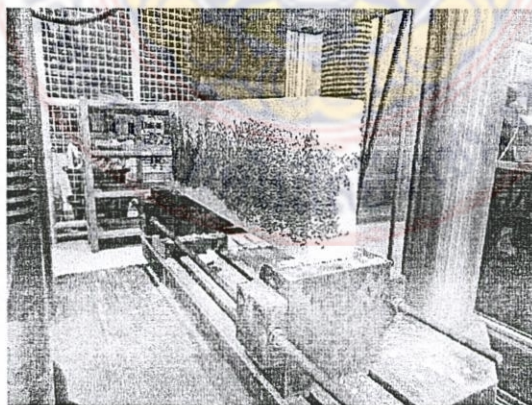
4) คำนวณร้อยละการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 3.12 การเคลือบผิวด้วยปูนปลาสเตอร์



รูปที่ 3.13 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก



รูปที่ 3.14 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของอิฐบล็อก

3.4 การนำความร้อนของอิฐบล็อก

เกิดจากการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงไปยังโมเลกุลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เกิดขึ้นในสารที่มีสภาพเป็นของแข็ง ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะยอมให้อุณหภูมิของผ่านต่างกัน ในการทดสอบการนำความร้อน ใช้ชิ้นทดสอบขนาด 200 × 200 มม. หนา 7.5 มม.

3.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ตามรูปที่ 3.15

- 1) เครื่องวัดอุณหภูมิ Xplorer GLX - PS2002
- 2) กล่องทึบ โดยบุแผ่นกันความร้อนภายใน
- 3) หลอดไฟขนาด 20 วัตต์

3.4.2 วิธีการทดสอบ

- 1) ตัดตัวอย่างอิฐบล็อก ขนาด 200 × 200 มม. หนา 7.5 มม. และประกอบเข้ากับกรอบกันถ่ายเทความร้อน ตามรูปที่ 3.16 (ก)
- 2) ติดตั้งชุดตัวอย่างในกล่องทึบให้อยู่กึ่งกลางของกล่องทึบ ตามรูปที่ 3.16 (ข)
- 3) ติดหลอดไฟพร้อมสายวัดอุณหภูมิอยู่กึ่งกลางด้านให้ความร้อน และติดสายวัดอุณหภูมิอีกเส้นอยู่ด้านหลบร้อน ปิดฝากล่องและเทปปิดขอบฝากับกล่อง เพื่อป้องกันความร้อนถ่ายเทออก 3.15 (ข)
- 4) ต่อสายวัดทั้งสองเส้นเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ Xplorer GLX เปิดหลอดไฟให้ความร้อนตลอด 360 นาที บันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที ของด้านให้ความร้อนและด้านหลบร้อนลงเครื่องวัดอุณหภูมิ และโหลดข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ต่อไป ตามรูปที่ 3.16 (ค)

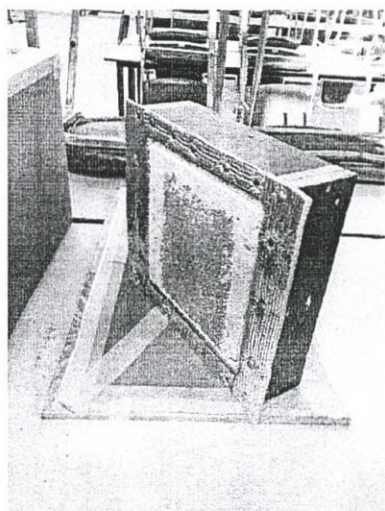


(ก) เครื่องวัดอุณหภูมิ

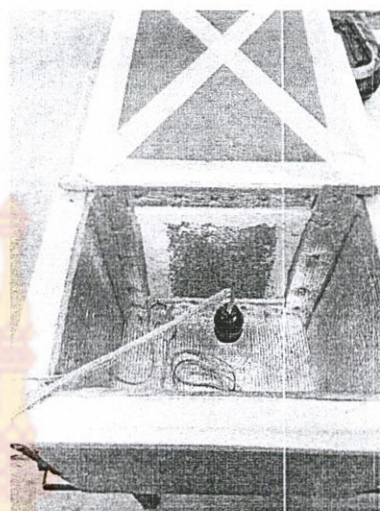


(ข) กล่องทึบ

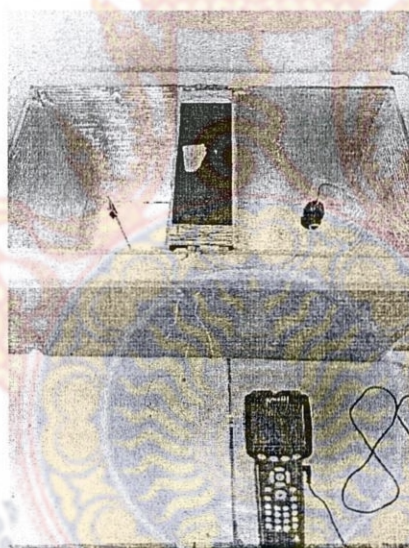
รูปที่ 3.15 ชุดเครื่องมือทดสอบการนำความร้อน



(ก) การติดกรอบตัวอย่าง



(ข) การติดตั้งตัวอย่างในกล่อง



(ค) การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 3.16 การติดตั้งการทดสอบการนำความร้อน

3.5 การก่อผนังอิฐบล็อก

ผลการศึกษาใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อวัสดุผสม 1:4 กะลาปาล์มแทนที่ทรายร้อยละ 40 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.533 ใช้วิธีการบ่มโดยใช้พลาสติกใสบางห่อหุ้ม หลังจากถอดออกจากแบบซึ่งจะทดสอบที่อายุบ่ม 28 วัน ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุดในเชิงวิศวกรรมและการใช้งาน

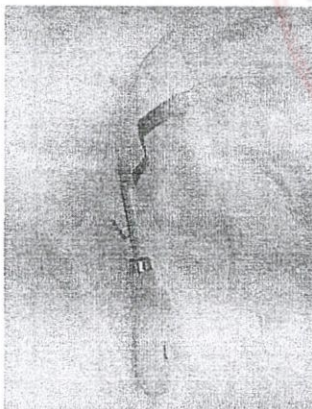
3.5.1 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับก่อผนัง ตามรูปที่ 3.17

- 1) เกียงก่ออิฐมวลเบา
- 2) เกียงก่อปูน และลาดก่อปูน
- 3) ฆ้อนยาง
- 4) ไม้ระดับน้ำ
- 5) เครื่องผสมมอร์ต้า ความจุ 5 ลิตร
- 6) ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป สำหรับงานก่ออิฐมวลเบา

๑ ๖๑๑
พ ๑๗๕
๒๕๕๑

3.5.2 วิธีการก่อผนังอิฐบล็อก

- 1) ผสมปูนก่อ ใส่ลงในหม้อผสม ค่อยๆ ตักปูนลงในน้ำที่เตรียมไว้ ดูเนื้อปูน ถ้าเหลวไปให้เติมปูนทีละนิดเพื่อให้ปูนข้นพอดี และผสมปูนก่อด้วยเครื่องผสมมอร์ต้า จนกว่าจะเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีฟอง ตามรูปที่ 3.17 (ข)
- 2) ทำความสะอาดพื้นและหาแนวระดับ และปรับระดับด้วยปูนก่อหรือปูนทรายทั่วไป
- 3) ป้ายปูนก่อที่อิฐบล็อกบริเวณที่อิฐสัมผัสกับปูนก่อที่พื้น ตามรูปที่ 3.18 (ก)
- 4) การก่อชั้นแรกควรใช้ระดับน้ำช่วยในการจัดแนวอิฐบล็อก และให้จับเป็นแถวๆ ในชั้นแรก จะช่วยให้งานง่ายขึ้น ตามรูปที่ 3.18 (ข)
- 5) ป้ายปูนก่อบนหลังอิฐบล็อกชั้นแรก วางอิฐชั้นที่ 2 ใช้ระดับน้ำช่วยในการจัดแนวอิฐบล็อกและก่อต่อเนื่องจนจบชั้นที่ 2 ตามรูปที่ 3.18 (ค)
- 6) ทำการก่อจนเสร็จ ตามข้อ 5) จำนวน 5 ชั้น และแต่งรอยก่อตามรูปที่ 3.18 (จ, ฉ)



(ก) เกียงก่ออิฐมวลเบา



(ข) เครื่องผสมมอร์ต้า

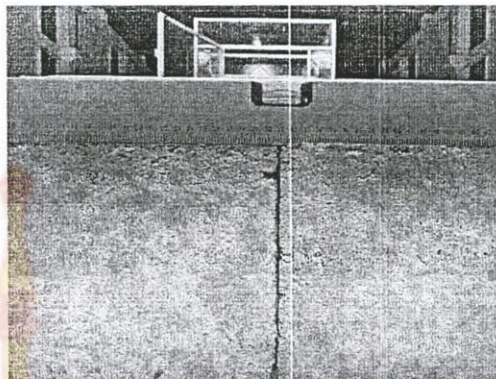


(ค) ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป

รูปที่ 3.17 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับก่อผนังอิฐบล็อก



(ก) ป้ายปูนก่อนที่อิฐบล็อก



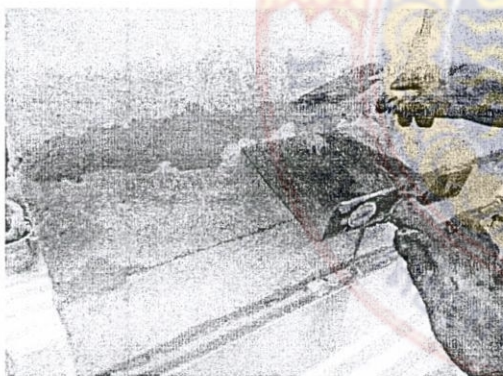
(ข) การก่อชั้นแรกและใช้ระดับน้ำการจัดแนว



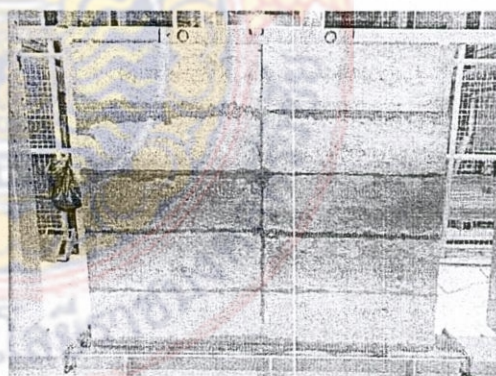
(ค) ป้ายปูนก่อนหลังอิฐบล็อก



(ง) การก่อชั้นต่อไปและการจัดแนว



(จ) การแต่งรอยก่อ



(ฉ) ผนังอิฐบล็อก

รูปที่ 3.18 การก่อผนังอิฐบล็อก

3.6 การทดสอบผนังอิฐบล็อก

เมื่อก่อผนังอิฐบล็อกเสร็จ ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วดำเนินการติดตั้งเครื่องมือ และทำการทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้

3.6.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ ตามรูปที่ 3.19

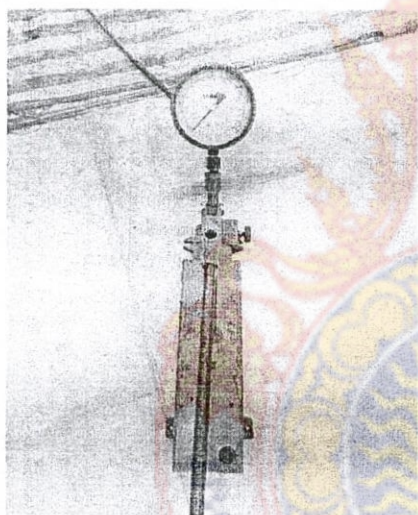
- 1) ชุดแม่แรงพร้อมเกจวัดแรง
- 2) เกจวัดการยุบตัว
- 3) โครงเหล็กสำหรับทดสอบ

3.6.2 วิธีการทดสอบผนังอิฐบล็อก

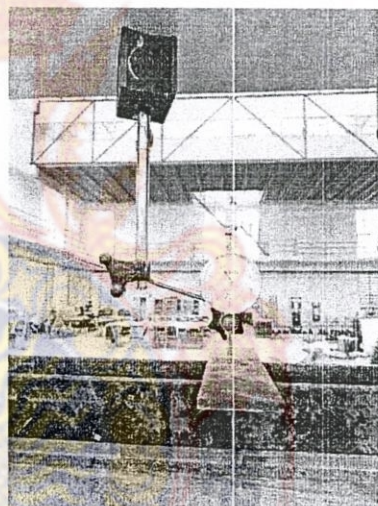
1) ชั่งน้ำหนักแผ่นเหล็ก วางแผ่นเหล็กชั้นบนสุด และติดตั้งเกจวัดการยุบตัว ด้านบนตามรูปที่ 3.20 (ก) เพื่อวัดการยุบตัวแนวตั้ง

2) ติดตั้งชุดแม่แรง เพื่อให้แรงกด ตามรูปที่ 3.20 (ข)

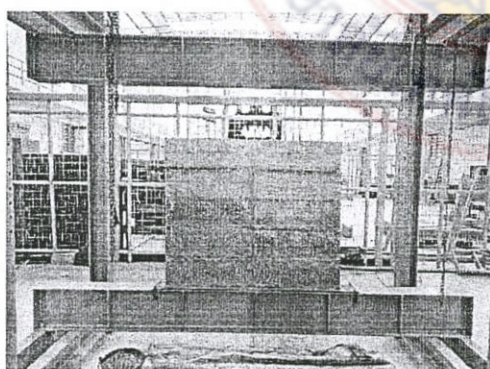
3) ให้แรงกดที่ละ 5 กิโลนิวตัน แล้วอ่านค่าเกจวัดการยุบตัว จนผนังรับแรงสูงสุด



(ก) ชุดแม่แรงพร้อมเกจวัดแรง

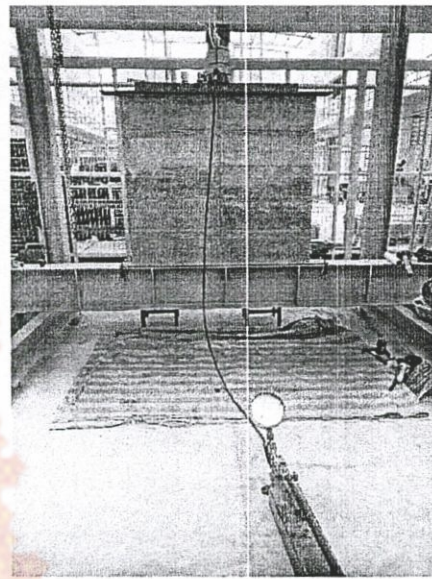
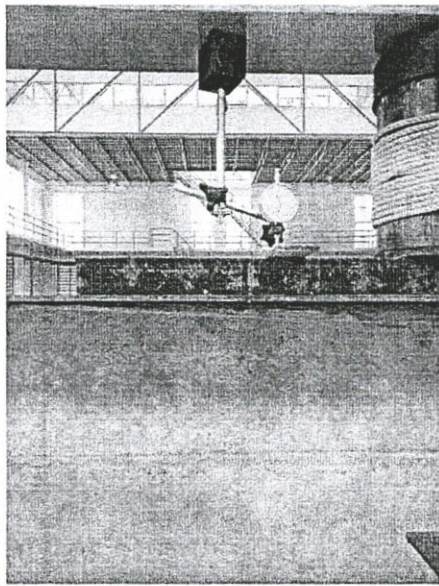


(ข) เกจวัดการยุบตัว



(ค) โครงเหล็กสำหรับทดสอบ

รูปที่ 3.19 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบผนังอิฐบล็อก



(ก) วางแผ่นเหล็กและติดตั้งเกจวัดการยุบตัว

(ข) การติดตั้งชุดแม่แรง

รูปที่ 3.20 การติดตั้งชุดทดสอบผนังอิฐบล็อก



บทที่ 4 ผลการวิจัย

การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม ได้แก่ การทดสอบหาขนาดคละของทราย การทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์และการดูดซึมน้ำของทราย การทดสอบหาขนาดคละของกะลาปาล์ม น้ำมัน การทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์และการดูดซึมน้ำของกะลาปาล์มน้ำมัน การทดสอบหาความต้านทานต่อการสึกกร่อนของกะลาปาล์มน้ำมัน กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์ม น้ำมัน และกำลังต้านทานแรงดัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อวัสดุผสม 1:4 กะลาปาล์มน้ำมันที่ผ่านการล้างจนสะอาดจะนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 นิ้ว ค้างตะแกรงเบอร์ 4 นำไปแทนที่ทรายร้อยละ 20 40 60 และ 80 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.500 0.533 0.567 0.600 ตามลำดับ ใช้วิธีการบ่มโดยใช้พลาสติกใสบางห่อหุ้ม หลังจากถอดออกจากแบบซึ่งจะทดสอบที่อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน ในส่วนของทรงลูกบาศก์ และทดสอบที่อายุบ่ม 28 วัน สำหรับอิฐบล็อก

4.1 การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม

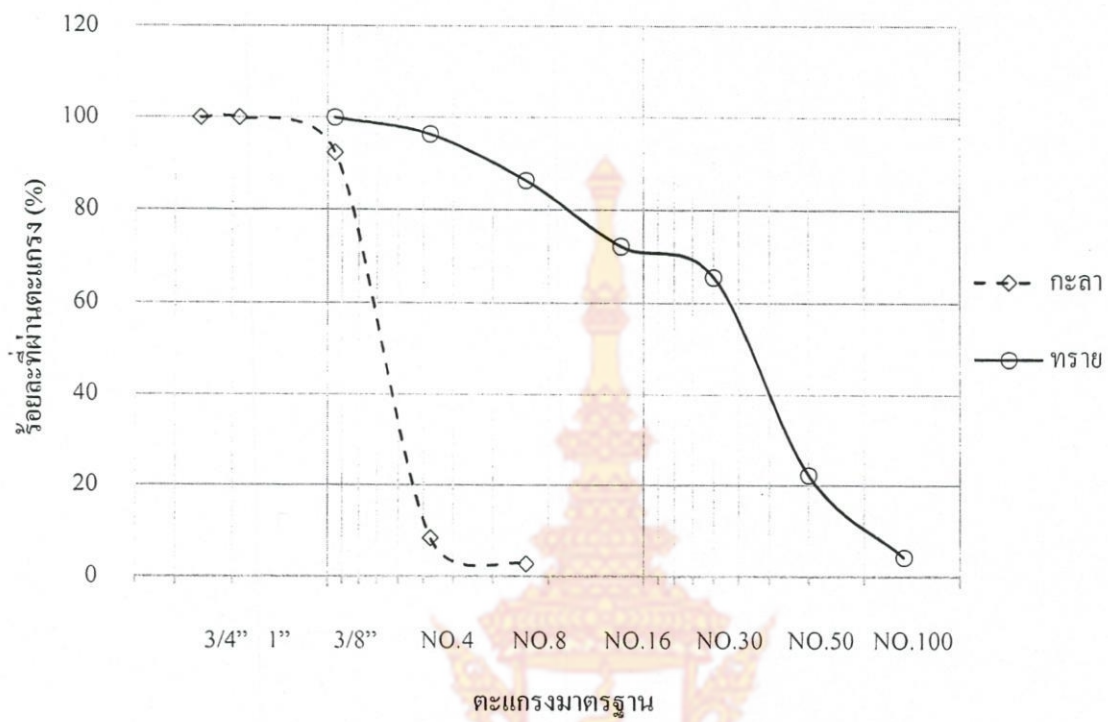
ผลทดสอบขนาดคละของมวลรวม ตามมาตรฐาน มยผ.1201-50 เพื่อหาขนาดคละที่จะนำมาผสมกับมอร์ต้าในแต่ละอัตราส่วนผสมได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบหาขนาดคละของทรายเป็นดังแสดงในรูปที่ 4.1 มีค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus, F.M.) เท่ากับ 2.53 อยู่ในช่วงตามมาตรฐาน 2.3-3.2 แสดงว่าทรายมีขนาดคละที่ดีสามารถนำมาผสมในการทำมอร์ต้าต่อไป ความถ่วงจำเพาะและค่าดูดซึมน้ำเท่ากับ 2.66 และ 1.95 ตามลำดับ

ผลการทดสอบหาขนาดคละของกะลาปาล์มน้ำมันดังแสดงในรูปที่ 4.1 มีค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.) เท่ากับ 1.96 เนื่องจากการคัดแยกโดยผ่านตะแกรง 1 นิ้ว (25.4 มิลลิเมตร) และค้างตะแกรงเบอร์ 4 (4.76 มิลลิเมตร) ทั้งนี้สามารถนำมาผสมในมอร์ต้าได้ ความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 1.45 และ 22.6 ตามลำดับ และมีความต้านทานต่อการสึกกร่อน ร้อยละ 9.44 ของน้ำหนักกะลาปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดสอบ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ ดนุพล ตันโยภาส และกัลป์ยานี คุปตานนท์ [21]

4.2 ลักษณะทางกายภาพของกะลาปาล์มน้ำมัน

จากการสังเกตด้วยสายตา จะเห็นว่ามอร์ต้ามีลักษณะภายนอกโดยทั่วไปเป็นผิวขรุขระ และค่อนข้างมีน้ำหนัก แต่เมื่อสังเกตอย่างละเอียดจะมีเส้นใยอยู่รอบๆกะลาปาล์มน้ำมัน



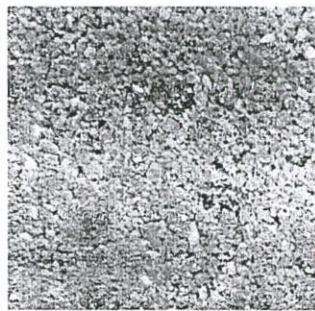
รูปที่ 4.1 ขนาดคละของวัสดุรวมผ่านตะแกรงมาตรฐาน



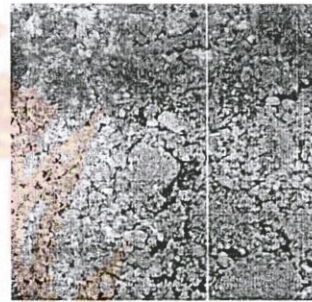
รูปที่ 4.2 ลักษณะผิวของกะลาปาล์มน้ำมัน

4.3 ลักษณะทางกายภาพผิวของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันรูปทรงลูกบาศก์

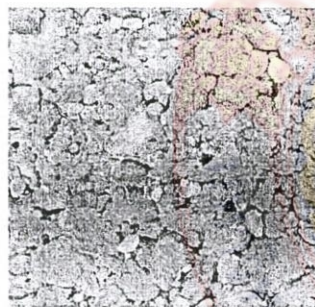
จากการศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพผิวของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันในแต่ละอัตราส่วนผสม จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าการผสมกะลาปาล์มน้ำมันในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ตามอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 40 60 และ 80 สังเกตด้วยสายตาจะเห็นว่าที่อัตราส่วนผสมต่างๆจะมีผิวที่หยาบขึ้นเห็นกะลาปาล์มน้ำมันที่ผิว ตามรูปที่ 4.3 (ก) ถึง 4.3 (ง) ตามปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันที่ผสมลงในมอร์ต้า เนื่องจากการเรียงตัว ขนาดคละของกะลาปาล์มน้ำมันที่เป็นเม็ดโค้งเว้าทำให้เกิดช่องว่างภายในเนื้อมอร์ต้าจะส่งผลให้มีช่องว่างมากขึ้นคือ จากผิวเรียบก็เริ่มหยาบขึ้นตามปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันที่ผสมลงไป ในมอร์ต้า ซึ่งกะลาปาล์มน้ำมันและปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันเป็นตัวแปรที่ทำให้ลักษณะทางกายภาพต่างๆ ของมอร์ต้าเปลี่ยนแปลง เช่น ลักษณะพื้นผิวหยาบขรุขระ และขนาดคละของกะลาปาล์มน้ำมันที่เป็นเม็ดโค้งเว้าทำให้เกิดช่องว่างภายในมอร์ต้า



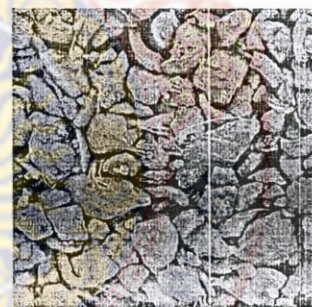
(ก) QPS-20



(ข) QPS-40



(ค) QPS-60



(ง) QPS-80

รูปที่ 4.3 ลักษณะผิวของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน

4.4 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อความหนาแน่นของรูปทรงลูกบาศก์

จากการทดสอบหาความหนาแน่นของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันอัตราส่วนแทนที่ทรายร้อยละ 20 40 60 และ 80 ที่อายุบ่มต่างๆ ได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบการหาค่าความหนาแน่นดังตาราง 4.1 รูปที่ 4.4 และ 4.5 จะเห็นได้ว่ามอร์ต้าจะมีความหนาแน่นลดลง เมื่อมีการผสมกะลาปาล์มน้ำมันลงไปแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละการแทนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มที่ลดน้อยลงตามไปด้วย และพบว่ามอร์ต้าที่

ผสมกะลาปาล์มน้ำมันจะมีความหนาแน่นน้อยกว่ามอร์ต้าที่ไม่ผสมกะลาปาล์มน้ำมันในทุกอัตราส่วนผสม เนื่องจากกะลาปาล์มน้ำมันมีความหนาแน่นสัมพัทธ์น้อยกว่าทราย

จากรูปที่ 4.5 สามารถสร้างสมการเชิงเส้นคำนวณหาค่าความหนาแน่นได้จากอัตราส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนตามสมการที่ 4.1

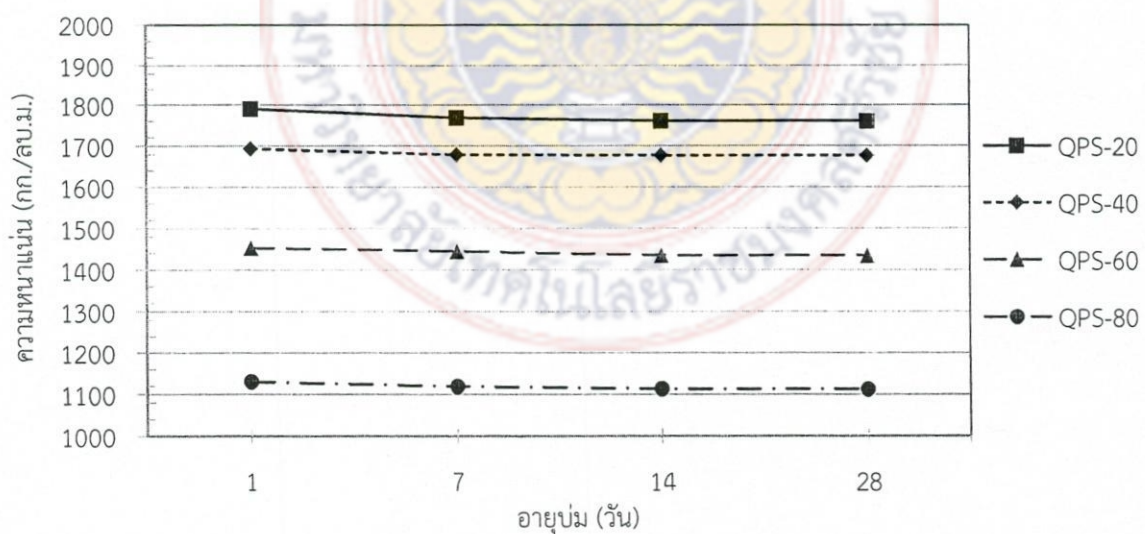
$$D_0 = -218.3x + 2042.5 \quad (4.1)$$

$$R^2 = 0.9432$$

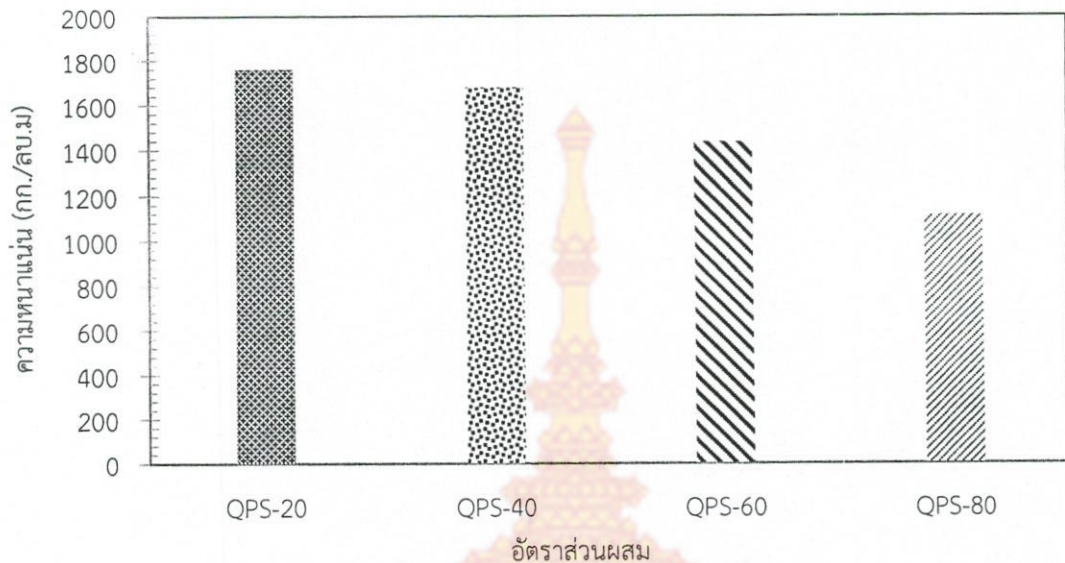
เมื่อ D_0 คือ ความหนาแน่น ที่อายุบ่ม 28 วัน (กก./ลบ.ม.)
 x คือ อัตราส่วนผสมอยู่ระหว่างร้อยละ 20-80
 R^2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 4.1 ผลการทดสอบความหนาแน่นและน้ำหนักของรูปทรงลูกบาศก์ ที่อายุบ่ม 28 วัน

อัตราส่วน	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	น้ำหนัก (กก.)	ร้อยละความหนาแน่นที่ลดลง
QPS-20	1761	1.794	-
QPS-40	1677	1.712	4.77
QPS-60	1435	1.467	18.51
QPS-80	1114	1.139	36.74



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับความหนาแน่น



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับความหนาแน่น ที่อายุบ่ม 28 วัน

4.5 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันรูปทรงลูกบาศก์

จากผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของอัตราส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนที่แช่น้ำ 1/2 ซม. และ 24 ซม. ได้ผลการทดสอบดังนี้ ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันดังแสดงในตาราง 4.2 รูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มการแทนที่อัตราส่วนกะลาปาล์มน้ำมันมากขึ้นก็จะทำให้การดูดซึมน้ำมีแนวโน้มมากขึ้นตามปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันเนื่องจากอัตราส่วนผสมที่มีกะลาปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดช่องว่างในตัวอย่างทดสอบเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยซึ่งจะส่งผลให้การดูดซึมน้ำในแต่ละอัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้นทั้ง 1/2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงเมื่อเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำแต่ละอัตราส่วนจากเวลา 1/2 ชั่วโมง ถึง 24 ชั่วโมงของอัตราส่วน 20 40 60 และ 80 จะมีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1/2 ชั่วโมงเป็นร้อยละ 10.2 10.4 8.5 และ 3.8 ตามลำดับ

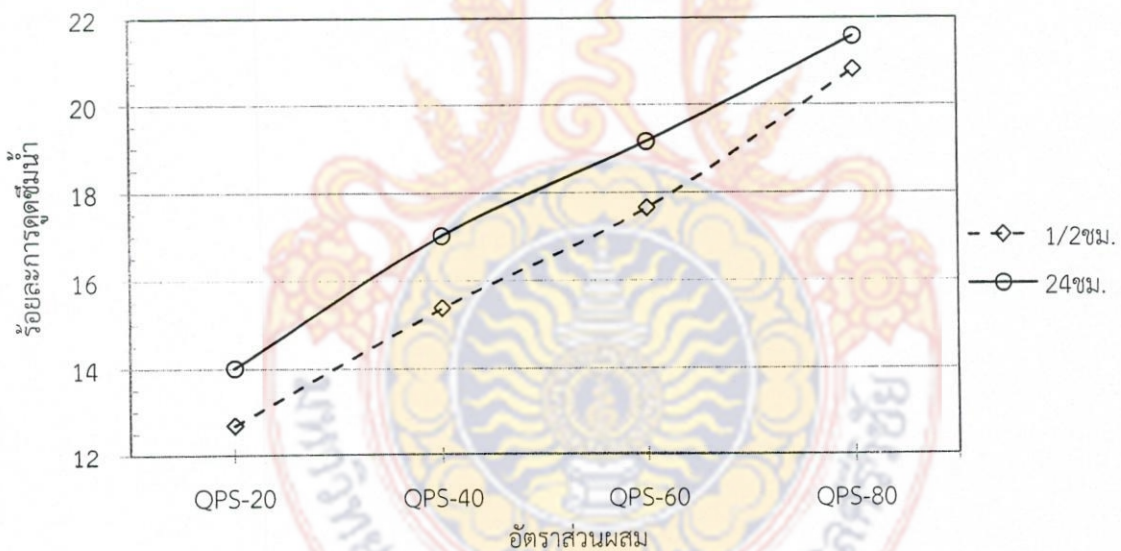
4.6 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อการทดสอบกำลังรับแรงอัดของรูปทรงลูกบาศก์

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าของรูปทรงลูกบาศก์ ในอัตราส่วนกะลาปาล์มน้ำมันแทนที่ที่ร้อยละ 20 40 60 และ 80 ที่อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน ได้ผลการทดสอบดังตาราง 4.3 ซึ่งผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันในแต่ละอัตราส่วนมีการพัฒนา กำลังเพิ่มขึ้นตามอายุบ่ม ดังแสดงในรูปที่ 4.7 พบว่า การผสมกะลาปาล์มน้ำมันไปแทนที่ที่ร้อยละ 20 ในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันลดลงตามอัตราส่วนร้อยละการแทนที่ เนื่องจากความสามารถในการรับแรงของกะลาปาล์มน้ำมันน้อยกว่าทราย เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระหว่างอัตราส่วนผสมที่มีกะลาปาล์มน้ำมันมากกับอัตราส่วนผสม

ที่มีกะลาปาล์มน้ำมันน้อย และพบว่าแต่ละอัตราส่วนที่ผสมกะลาปาล์มน้ำมันเมื่อมีระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการรับกำลังเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ตาราง 4.2 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของรูปทรงลูกบาศก์

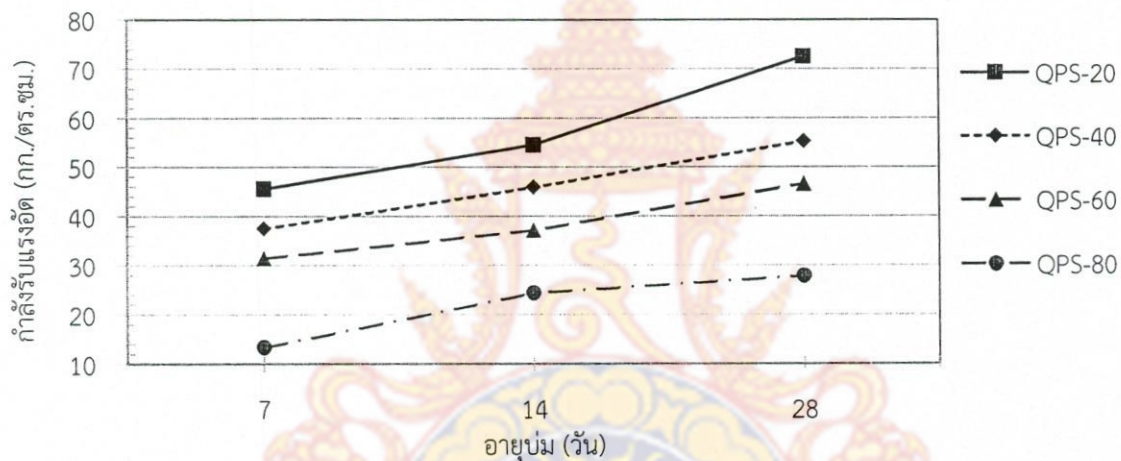
อัตราส่วน	น้ำหนักหลังอบ 24 ชม., (ก.)	น้ำหนักหลัง แช่น้ำ 1/2 ชม., (ก.)	น้ำหนักหลัง แช่น้ำ 24 ชม., (ก.)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	
				1/2 ชม.	24 ชม.
QPS-20	1714.0	1931.7	1954.3	12.7	14.0
QPS-40	1557.7	1797.3	1823.0	15.4	17.0
QPS-60	1257.7	1479.7	1498.7	17.7	19.2
QPS-80	914.7	1105.0	1112.0	20.8	21.6



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับร้อยละการดูดซึมน้ำ

ตาราง 4.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของรูปทรงลูกบาศก์

อัตราส่วน	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.), ดัชนี (ร้อยละ)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
QPS-20	45.64 (100)	54.54 (100)	72.64 (100)
QPS-40	37.53 (82.23)	45.96 (84.27)	55.29 (76.12)
QPS-60	31.49 (69.00)	37.19 (68.19)	46.66 (64.23)
QPS-80	13.43 (29.43)	24.44 (55.19)	27.90 (38.41)



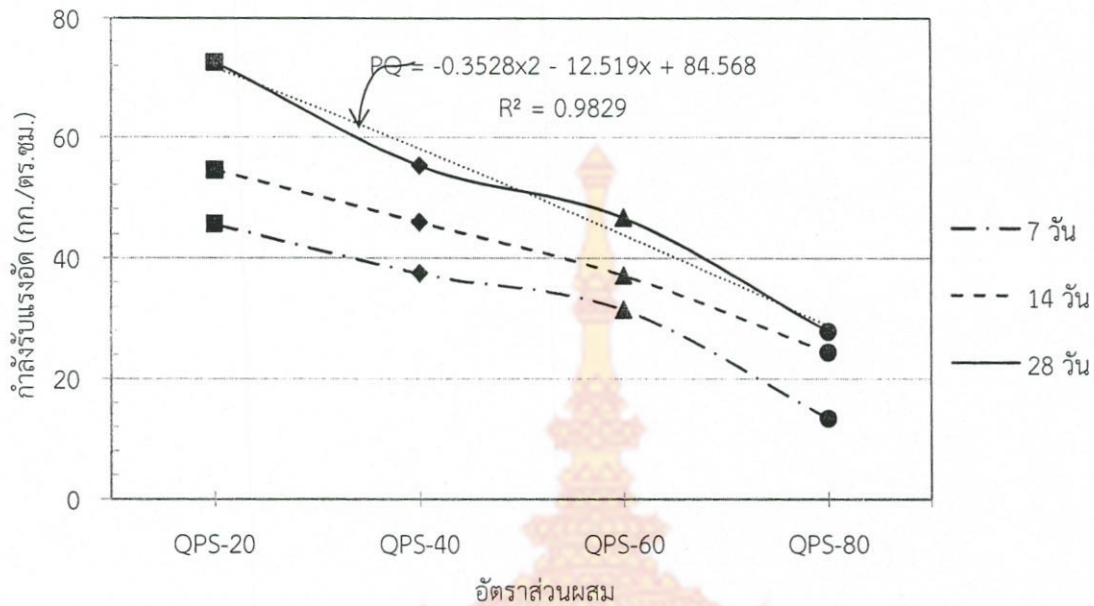
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับกำลังรับแรงอัด

จากรูปที่ 4.8 เมื่อสังเกตที่เส้นแนวโน้มที่อายุบ่ม 28 วัน จะพบว่า มีแนวโน้มไม่คงที่เนื่องจากความชื้นจะมีผลต่อการดูดซึมน้ำของส่วนผสมที่มีเกลาปาล์มน้ำมันมากในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์เพื่อคำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุบ่ม 28 วัน ได้ตามที่ต้องการจากอัตราส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนตามสมการที่ 4.2

$$P_Q = -0.3528x^2 - 12.519x + 84.568 \quad \text{ที่อายุบ่ม 28 วัน} \quad (4.2)$$

$$R^2 = 0.9829$$

เมื่อ P_Q คือ ค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุบ่ม 28 วัน (กก./ตร.ซม.)



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับกำลังรับแรงอัด ที่อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน

4.7 อิทธิพลของความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของรูปทรงลูกบาศก์

จากการทดสอบเบื้องต้นของรูปทรงลูกบาศก์ความหนาแน่นของรูปทรงลูกบาศก์จะมีผลต่อกำลังรับแรงอัดโดยตรง ซึ่งจะได้ผลการทดสอบดังตาราง 4.4

ผลการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดดังแสดงในตาราง 4.4 และ รูปที่ 4.9 พบว่า เมื่อความหนาแน่นลดลง กำลังรับแรงอัดก็ลดลงตามอัตราส่วน 20 40 60 และ 80 ลดลงร้อยละ 0 23.9 35.8 และ 61.6 ตามลำดับ ซึ่งกะลาปาล์มน้ำมันเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้เกิดช่องว่างมากขึ้น ทำให้ความหนาแน่นลดลง มีน้ำหนักเบาและกำลังรับแรงอัดลดลงตามไปด้วย

ตาราง 4.4 ความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของรูปทรงลูกบาศก์

อัตราส่วน	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)			กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน
QPS-20	1769	1762	1761	45.64	54.54	72.64
QPS-40	1679	1677	1677	37.53	45.96	55.29
QPS-60	1446	1436	1435	31.49	37.19	46.66
QPS-80	1120	1114	1114	13.43	24.44	27.90

จากรูปที่ 4.9 พบว่าสูตรส่วนผสมที่ร้อยละ 20 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงไม่เป็นไปตามแนวโน้มเนื่องจากมอร์ต้าจะมีการดูดซึมน้ำน้อยเนื่องจากมีส่วนผสมของกะลาปาล์มน้ำมันน้อยทำให้กำลังรับแรงอัดมากขึ้น

จากรูปที่ 4.10 4.11 และ 4.12 สามารถสร้างสมการตามความสัมพันธ์ เพื่อคำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัดหรือค่าความหนาแน่นได้เมื่อรู้ค่าใดค่าหนึ่ง ที่อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน ตามสมการที่ 4.3 4.4 และ 4.5

$$P_{Q7} = 1.9103e^{0.0018}D_{Q7} \quad \text{ที่อายุบ่ม 7 วัน} \quad (4.3)$$

$$R^2 = 0.9488$$

$$P_{Q14} = 6.5683e^{0.0012}D_{Q14} \quad \text{ที่อายุบ่ม 14 วัน} \quad (4.4)$$

$$R^2 = 0.99$$

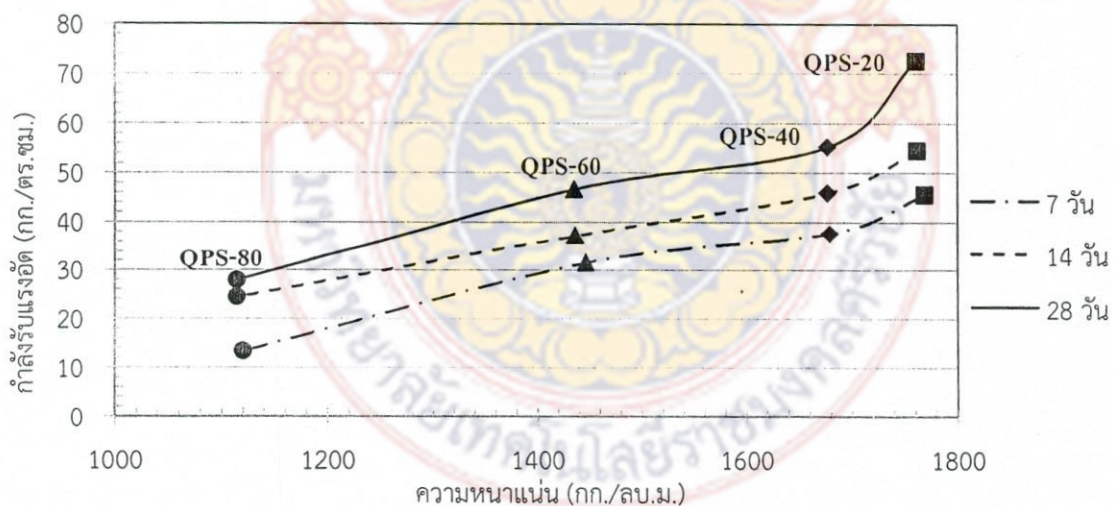
$$P_{Q28} = 6.2185e^{0.0014}D_{Q28} \quad \text{ที่อายุบ่ม 28 วัน} \quad (4.5)$$

$$R^2 = 0.9644$$

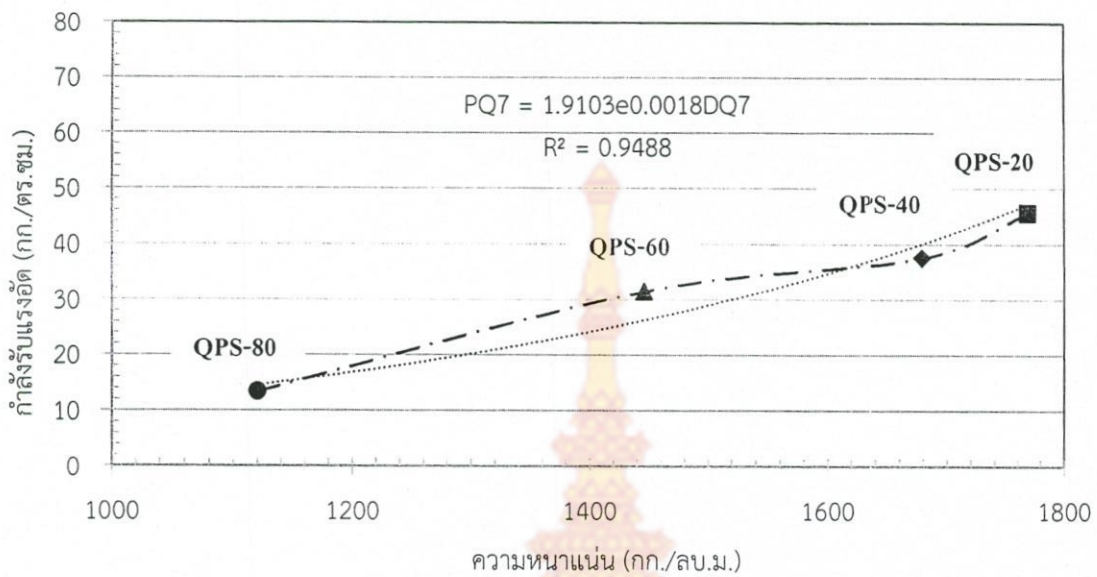
เมื่อ P_{Qx} คือ ค่ากำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)

D_{Qx} คือ ค่าความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)

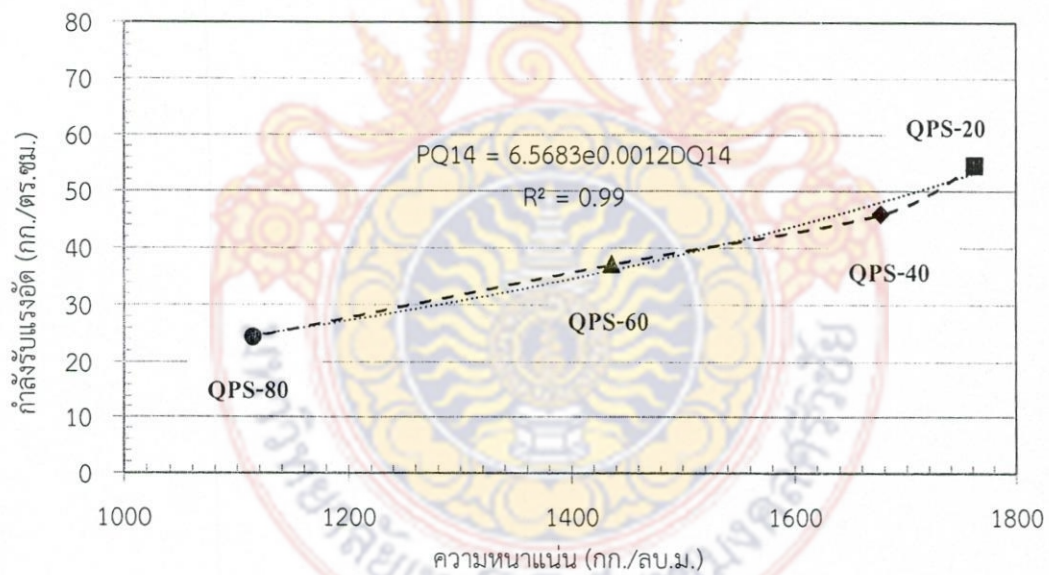
Qx คือ ค่าวันที่ 7 14 และ 28 วัน



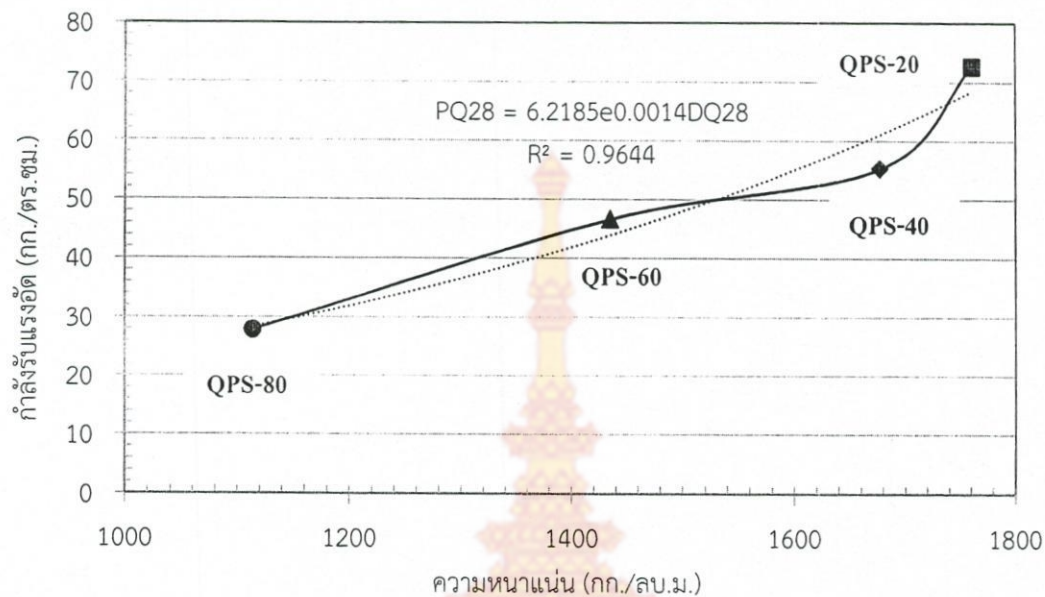
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัด



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัด ที่อายุบ่ม 7 วัน



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัด ที่อายุบ่ม 14 วัน



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัด ที่อายุบ่ม 28 วัน

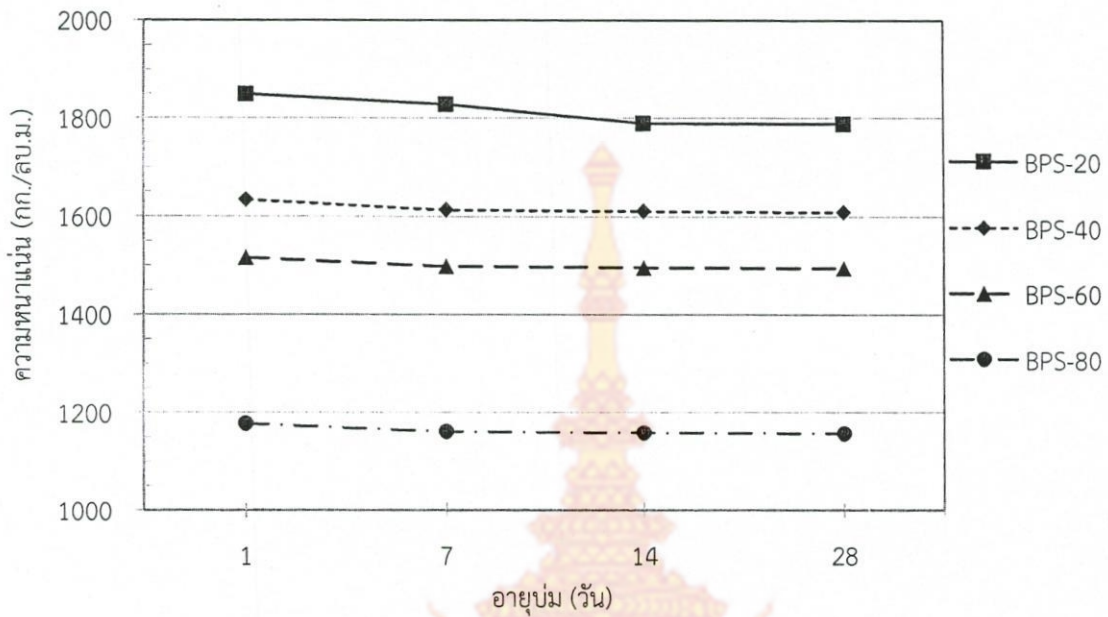
4.8 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อความหนาแน่นของอิฐบล็อก

จากการทดสอบหาความหนาแน่นของอิฐบล็อกผสมกะลาปาล์มน้ำมันอัตราส่วนแทนที่ทรายร้อยละ 20 40 60 และ 80 ที่อายุบ่มต่างๆ โดยใช้วิธีบ่มโดยการห่อหุ้มด้วยพลาสติกใสบาง ได้ผลการทดสอบดังนี้

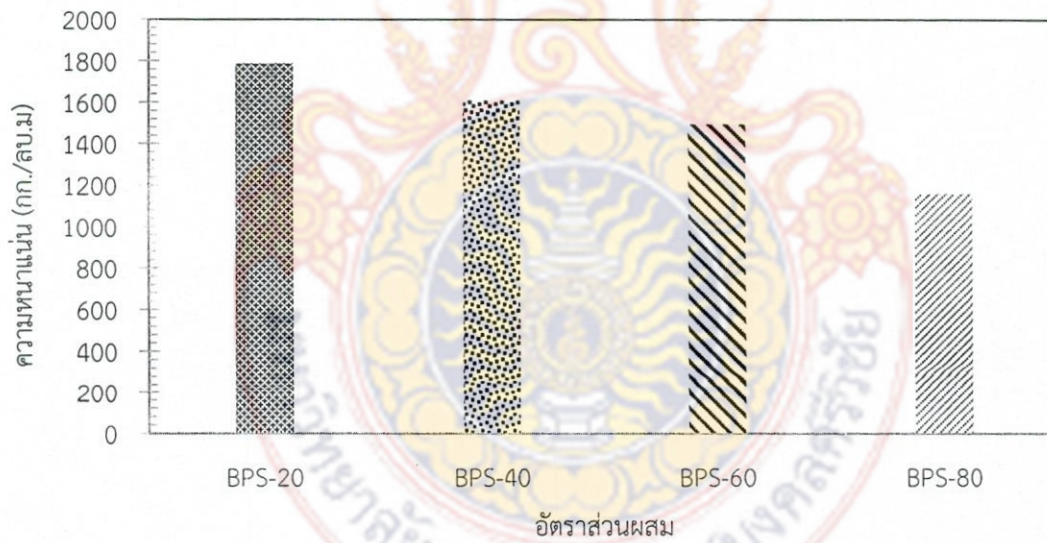
ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นดังตาราง 4.5 และรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่ามอร์ต้าจะมีความหนาแน่นลดลง เมื่อมีการผสมกะลาปาล์มน้ำมันลงไปแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละการแทนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มที่ลดน้อยลงตามไปด้วย เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของกะลาปาล์มน้ำมันมีค่าเท่ากับ 1.45 น้อยกว่าทรายที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.60

ตาราง 4.5 ผลการทดสอบความหนาแน่นของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน

อัตราส่วน	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	น้ำหนัก (กก.)	ร้อยละความหนาแน่นที่ลดลง
BPS-20	1788	16.59	-
BPS-40	1609	14.57	10.0
BPS-60	1495	13.47	16.4
BPS-80	1157	10.27	35.3



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับความหนาแน่นของอิฐบล็อก



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับความหนาแน่นของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน

จากรูปที่ 4.14 สามารถสร้างสมการตามความสัมพันธ์ เพื่อดำเนินหาค่าความหนาแน่นได้จากอัตราส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนตามสมการที่ 4.6

$$D_B = -200.7x + 2014 \quad (4.6)$$

$$R^2 = 0.9505$$

เมื่อ D_B คือ ความหนาแน่นของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน (กก./ลบ.ม.)
 x คือ อัตราส่วนผสมอยู่ระหว่างร้อยละ 20-80
 R^2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.9 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน ในอัตราส่วนแทนที่ทราย ร้อยละ 20 40 60 และ 80 ที่อายุบ่ม 28 วัน ได้ผลการทดสอบดังตาราง 4.6

ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ดังแสดงในตาราง 4.6 และรูปที่ 4.15 พบว่าการผสมกะลาปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกลดลงตามอัตราส่วนร้อยละการแทนที่ เนื่องจากความสามารถในการรับแรงของกะลาปาล์มน้ำมันน้อยกว่าทรายเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระหว่างอัตราส่วนผสมที่มีกะลาปาล์มน้ำมันมากกับอัตราส่วนผสมที่มีกะลาปาล์มน้ำมันน้อย

จากผลการทดสอบเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.779/2548 บล็อกก่อไม่รับน้ำหนัก ซึ่งมีเกณฑ์กำลังรับแรงอัด ต้องไม่น้อยกว่า 20.39 กก./ตร.ซม.(2 MPa) มีอัตราส่วนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือ ร้อยละ 20 40 และ 60 สูงกว่าเกณฑ์ 13.59 10.77 และ 4.63 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งทุกอัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกจะมีกำลังรับแรงอัดน้อยกว่ารูปทรงลูกบาศก์เนื่องจากอิฐบล็อกมีรูปทรงและมิติที่มีความชะลุดกว่ารูปทรงลูกบาศก์

จากรูปที่ 4.15 สามารถสร้างสมการจากความสัมพันธ์เพื่อคำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน ได้ตามต้องการ จากอัตราส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนตามสมการที่ 4.7

$$P_B = -0.9617x^2 - 0.4937x + 35.578 \quad \text{ที่อายุบ่ม 28 วัน} \quad (4.7)$$

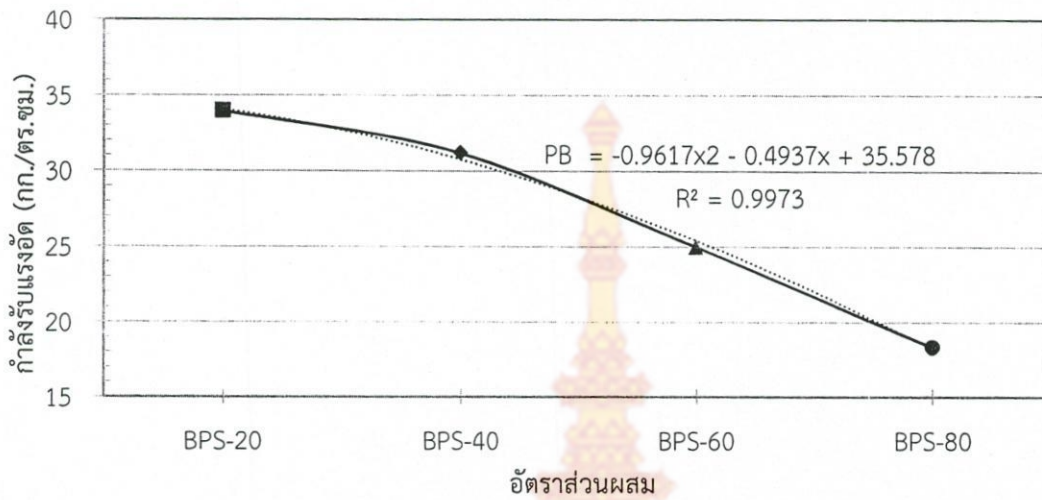
$$R^2 = 0.9973$$

เมื่อ P_B คือ ค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน (กก./ตร.ซม.)

ตาราง 4.6 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน

อัตราส่วน	กำลังรับแรงอัด(กก./ตร.ซม.), ดัชนี (ร้อยละ)	ร้อยละที่เทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มผช.779/2548
BPS-20	33.98 (100)	+66.7
BPS-40	31.16 (91.7)	+52.8
BPS-60	25.02 (73.6)	+22.7
BPS-80	18.36 (54.0)	-10.0

หมายเหตุ : + คือ มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน
 - คือ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน

4.10 อิทธิพลของความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก

จากการทดสอบเบื้องต้นของอิฐบล็อกผสมกะลาปาล์มน้ำมัน ความหนาแน่นของอิฐบล็อกจะมีผลต่อการรับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกโดยตรง ซึ่งจะได้ผลการทดสอบดังตาราง 4.7

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดดังแสดงในตาราง 4.7 และรูปที่ 4.16 พบว่า เมื่อความหนาแน่นลดลงกำลังรับแรงอัดก็ลดลงตามลำดับในทุกอัตราส่วนผสม ซึ่งกะลาปาล์มน้ำมันเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้เกิดช่องว่างมากขึ้น ทำให้ความหนาแน่นลดลง มีน้ำหนักเบา และกำลังรับแรงอัดลดลงตามไปด้วย

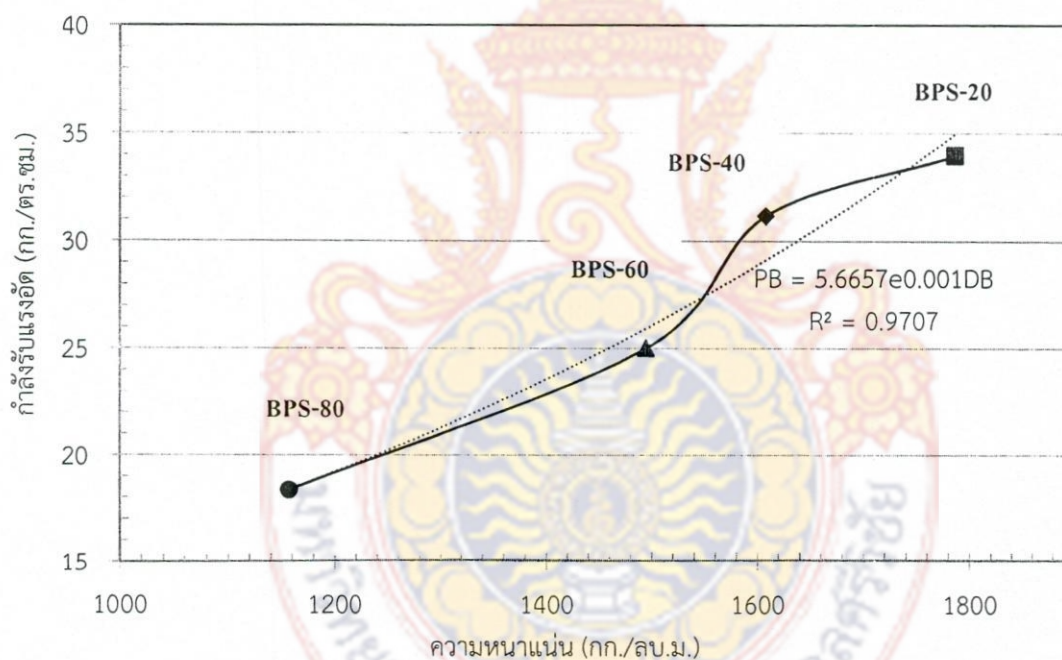
จากรูปที่ 4.16 พบว่าสูตรส่วนผสมที่ร้อยละ 20 และ 40 มีกำลังรับแรงอัดที่สูงไม่เป็นไปตามแนวโน้มเนื่องจากมีปริมาณกะลาปาล์มน้อยปริมาณการดูดซึมน้ำก็น้อยตามไปด้วย และสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความหนาแน่น กับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วันได้ เมื่อรู้ค่าใดค่าหนึ่ง ตามสมการที่ 4.8

$$P_B = 5.6657e^{0.001D_B} \quad \text{ที่อายุบ่ม 28 วัน} \quad (4.8)$$

$$R^2 = 0.9707$$

ตาราง 4.7 ความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน

อัตราส่วน	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)
BPS-20	1788	33.98
BPS-40	1609	31.16
BPS-60	1495	25.02
BPS-80	1157	18.36



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน

4.11 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก

จากผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน ในอัตราส่วนแทนที่ทรายร้อยละ 20 40 60 และ 80 ที่อายุบ่ม 28 วัน ได้ผลการทดสอบดังตาราง 4.8

ผลการทดสอบค่ากำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก ดังแสดงในตาราง 4.8 และรูปที่ 4.17 พบว่า การผสมกะลาปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อกลดลงตามอัตราส่วนร้อยละการแทนที่ เนื่องจากความสามารถในการเป็นวัสดุประสานของกะลาปาล์มน้ำมันน้อยกว่าทรายเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันระหว่างอัตราส่วนผสม

ที่มีกะลาปาล์มน้ำมันมากกับอัตราส่วนผสมที่มีกะลาปาล์มน้ำมันน้อย และพบว่าอิฐบล็อกผสมกะลาปาล์มน้ำมันมีค่ากำลังต้านทานแรงดัดน้อย

จากรูปที่ 4.17 สามารถสร้างสมการจากความสัมพันธ์เพื่อคำนวณหาค่ากำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน ได้ตามต้องการ จากอัตราส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนตามสมการที่ 4.9

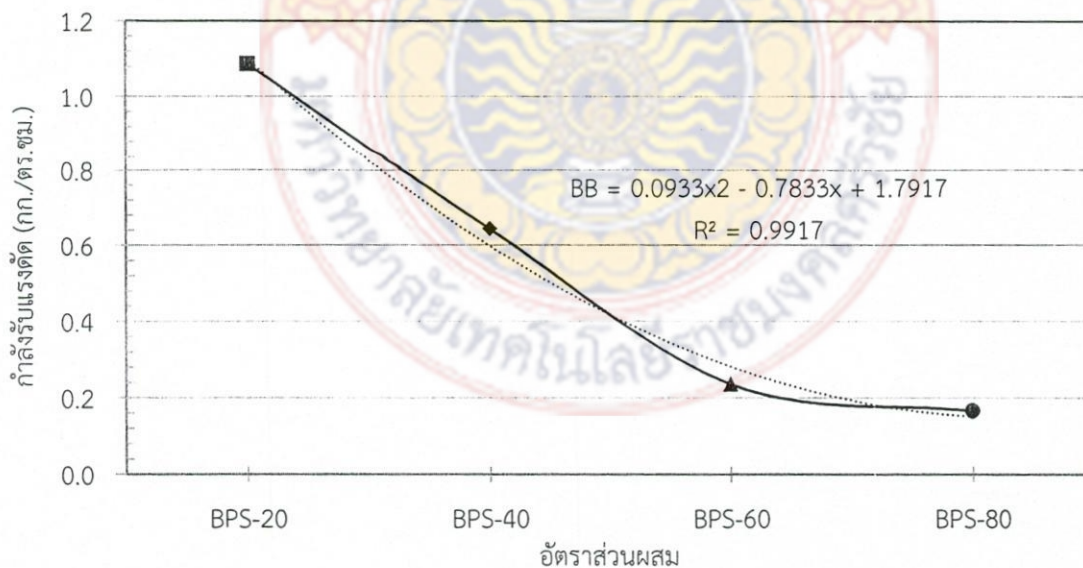
$$B_b = 0.0933x^2 - 0.7833x + 1.7917 \quad \text{ที่อายุบ่ม 28 วัน} \quad (4.9)$$

$$R^2 = 0.9917$$

เมื่อ B_b คือ ค่ากำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน (กก./ตร.ซม.)

ตาราง 4.8 ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน

อัตราส่วน	กำลังต้านทานแรงดัด (กก./ตร.ซม.), ดัชนี (ร้อยละ)
BPS-20	1.09 (100)
BPS-40	0.64 (58.7)
BPS-60	0.24 (22.0)
BPS-80	0.17 (15.6)



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับกำลังต้านทานแรงดัด ที่อายุบ่ม 28 วัน

4.12 อิทธิพลของความหนาแน่นกับกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก

จากการทดสอบเบื้องต้นของอิฐบล็อกผสมกะลาปาล์มน้ำมัน ความหนาแน่นของอิฐบล็อกจะมีผลต่อการรับกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อกโดยตรง ซึ่งจะได้ผลการทดสอบดังตาราง 4.9

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นกับกำลังต้านทานแรงดัด ดังแสดงในตาราง 4.9 และรูปที่ 4.18 พบว่า เมื่อความหนาแน่นลดลงกำลังต้านทานแรงดัดก็ลดลงตามลำดับในทุกอัตราส่วนผสม ซึ่งกะลาปาล์มน้ำมันเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้เกิดช่องว่างมากขึ้น ทำให้ความหนาแน่นลดลง มีน้ำหนักเบาและกำลังต้านทานแรงดัดลดลงตามไปด้วย

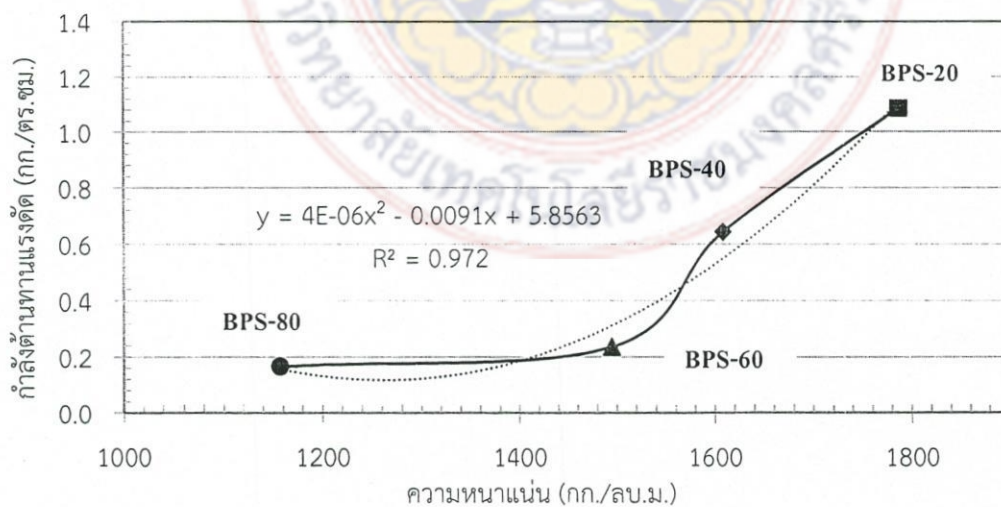
จากรูปที่ 4.18 สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความหนาแน่นกับกำลังต้านทานแรงดัดที่อายุบ่ม 28 วันได้เมื่อรู้ค่าใดค่าหนึ่ง ตามสมการที่ 4.10

$$B_b = (4 \times 10^{-6}) D_b^2 - 0.0091 D_b + 5.8563 \quad \text{ที่อายุบ่ม 28 วัน} \quad (4.10)$$

$$R^2 = 0.972$$

ตาราง 4.9 ความหนาแน่นกับกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน

อัตราส่วน	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	กำลังต้านทานแรงดัด (กก./ตร.ซม.)
BPS-20	1788	1.09
BPS-40	1609	0.64
BPS-60	1495	0.24
BPS-80	1157	0.17



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังต้านทานแรงดัด ที่อายุบ่ม 28 วัน

4.13 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อการนำความร้อนของอิฐบล็อก

จากการทดสอบการนำความร้อนของอิฐบล็อกผสมกะลาปาล์มน้ำมันทุกอัตราส่วน และทดสอบเทียบผลกับอิฐมวลเบาที่ขายตามท้องตลาด (Q-con) โดยใช้ชิ้นทดสอบขนาด 200 × 200 มม.หนา 7.5 มม. การวัดความร้อนโดยด้านติดหลอดไฟให้ป็นด้านให้ความร้อน และอีกด้านให้ป็นด้านหลบร้อน และเปิดหลอดไฟเพื่อให้ความร้อนตลอด 360 นาที บันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที

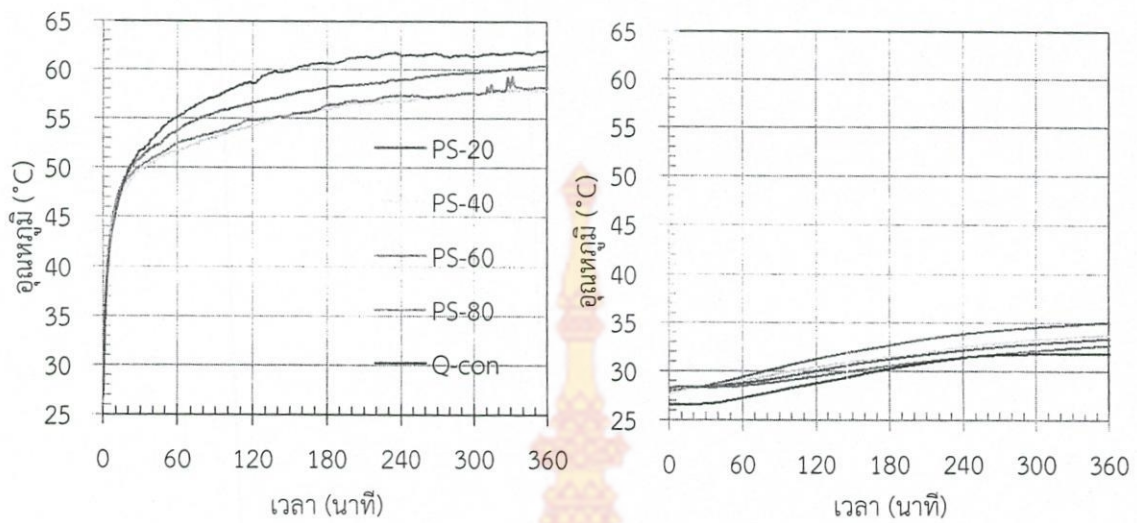
ผลการวัดค่าการนำความร้อนของอิฐบล็อก ตาราง 4.10 เมื่อพิจารณาที่เวลา 360 นาที ค่าอุณหภูมิด้านให้ความร้อนจะพบว่าอิฐมวลเบาที่ขายตามท้องตลาดจะมีค่าสูงกว่าอิฐบล็อกกะลาปาล์มน้ำมันที่อัตราส่วนร้อยละ 20 40 60 และ 80 อยู่ร้อยละ 6.77 6.77 2.58 และ 6.13 ตามลำดับ ซึ่งว่ามีค่าใกล้เคียงที่สามารถรับความร้อนได้ดี ส่วนด้านหลบร้อนจะมีค่าต่ำกว่าอยู่ร้อยละ 10.06 5.97 4.72 และ 2.52 ตามลำดับ แสดงว่าอิฐบล็อกกะลาปาล์มน้ำมันมีการนำความร้อนสูงกว่าและพบว่ากะลาปาล์มน้ำมันมีผลต่อการนำความร้อนเมื่อปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้นการนำความร้อนลดลง

และจากรูปที่ 4.19 (ก) พิจารณาที่อุณหภูมิด้านให้ความร้อนของทุกตัวอย่าง แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิในช่วงเวลา 0-60 นาทีแรก หลังจากนั้น อุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามเวลา ส่วนด้านหลบร้อนอุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามเวลาเช่นกันตามรูปที่ 4.19 (ข)

ตาราง 4.10 ผลการวัดค่าอุณหภูมิของอิฐบล็อก

เวลา (นาที)	Q-con		BPS-20		BPS-40		BPS-60		BPS-80	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
0	26.6	26.6	27.8	27.8	27.6	27.6	28.2	28.2	28.2	28.2
30	51.7	26.7	49.7	28.5	49.7	28.3	50.9	28.4	50.1	28.4
60	55.1	27.3	51.6	29.4	51.7	29.0	53.7	28.7	52.4	28.5
90	57.2	28.0	53.0	30.3	53.1	29.8	55.6	29.3	53.6	28.9
120	58.6	28.8	54.2	31.2	54.2	30.4	56.6	30.0	54.8	29.5
150	59.8	29.5	55.4	32.0	55.4	31.0	57.4	30.7	55.3	30.0
180	60.7	30.2	56.0	32.6	56.0	31.4	58.2	31.2	56.3	30.5
210	61.3	30.8	56.5	33.3	56.5	32.0	58.5	31.7	56.8	31.0
240	61.5	31.4	56.7	33.8	56.7	32.5	59.0	32.1	57.4	31.4
270	61.6	31.7	57.1	34.2	57.1	32.9	59.4	32.5	57.2	31.8
300	61.4	31.8	57.5	34.5	57.5	33.2	59.7	32.8	57.6	32.1
330	61.7	31.8	57.8	34.8	57.8	33.5	60.1	33.1	58.2	32.4
360	62.0	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.4	33.3	58.2	32.6

หมายเหตุ : T1 คือค่าอุณหภูมิด้านให้ความร้อน (°C) , T2 คือค่าอุณหภูมิด้านหลบร้อน (°C)



(ก) ด้านให้ความร้อน

(ข) ด้านหลบร้อน

รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์การวัดค่าอุณหภูมิของอิฐบล็อกระหว่างเวลา กับอุณหภูมิ

ตาราง 4.11 ค่าการนำความร้อนของอิฐบล็อก

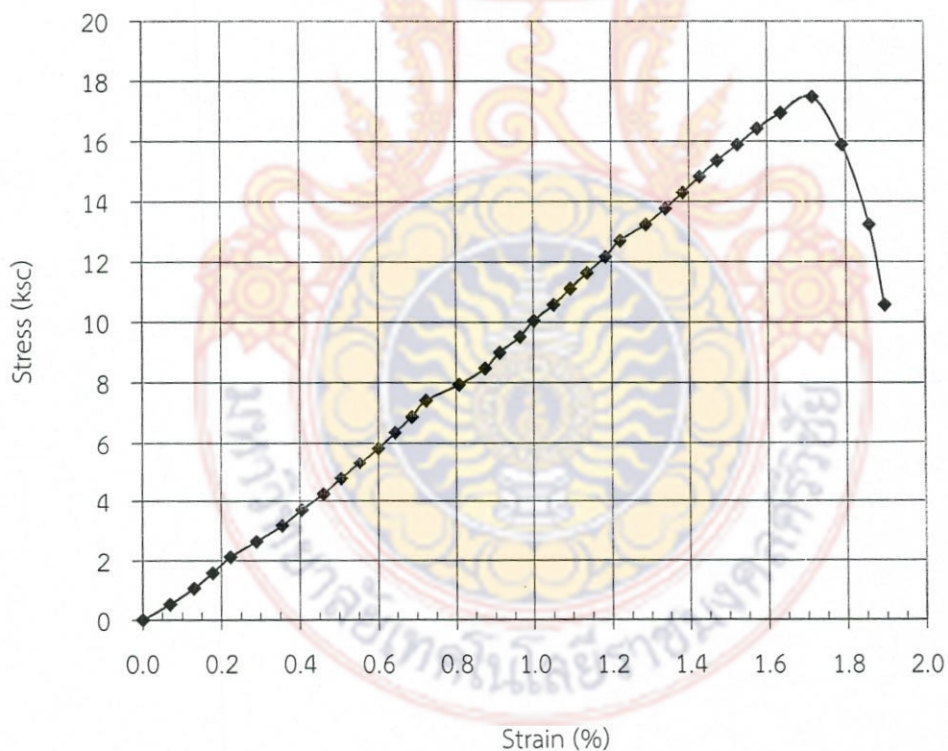
อัตราส่วน	ค่าการนำความร้อนเฉลี่ย (W/mk)	ร้อยละการนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น
Q-con	3.776	-
BPS-20	4.558	20.73
BPS-40	4.348	15.16
BPS-60	4.082	8.11
BPS-80	4.147	9.83

ผลจากการทดสอบการนำความร้อนของอิฐบล็อกผสมกะลาปาล์มน้ำมัน นำมาคำนวณหาค่าการนำความร้อนซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย โดยคิดที่ช่วงเวลา 60 ถึง 360 นาที เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าว อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงน้อย และเป็นค่าบ่งชี้ถึงวัสดุนั้นนำความร้อนมากน้อยอย่างไร ค่าการนำความร้อนน้อยแสดงว่ามีการนำความร้อนต่ำ เมื่อพิจารณาค่าการนำความร้อนของอิฐบล็อกตามตาราง 4.11 จะพบว่าอิฐมวลเบาที่ขายตามท้องตลาดเทียบกับอิฐบล็อกกะลาปาล์มน้ำมันทุกอัตราส่วนมีค่าร้อยละการนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น และที่อัตราส่วนร้อยละ 60 และ 80 มีค่าไม่เกินร้อยละ 10 ถือว่ามีการนำความร้อนที่ต่ำ ทั้งนี้พบว่ากะลาปาล์มน้ำมันมีผลต่อการนำความร้อนเมื่อปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้นค่าการนำความร้อนลดลง

4.14 ผลการทดสอบการรับแรงอัดของผนังอิฐบล็อก

การทดสอบใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อวัสดุผสม 1:4 กะลาปาล์มแทนที่ทรายร้อยละ 40 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.533 ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุดในเชิงวิศวกรรมและการใช้งาน โดยใช้ชิ้นทดสอบขนาดของอิฐบล็อกสูง 20 ซม. ยาว 60 ซม. และหนา 7.5 ซม. ก่อชั้นละ 2 ก้อน จำนวน 5 ชั้น ตามรูปที่ 3.20 (ข)

ผลการทดสอบการรับแรงอัดของผนังอิฐบล็อก สามารถรับแรงอัดได้สูงสุด 17.47 กก./ตร. ซม. และมีค่าการยุบตัว 1.715 เซนติเมตร จากรูปที่ 4.20 จะเห็นว่า Strain มีความสัมพันธ์กับ Stress ทำมุม 45 องศา บ่งบอกถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของการยุบตัวสัมพันธ์กับแรงที่กระทำและผนังอิฐบล็อกเป็นวัสดุเปราะ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพข.779/2548 บล็อกก่อไม่รับน้ำหนัก ซึ่งมีเกณฑ์กำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 20.39 กก./ตร. ซม. (2 MPa) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ 2.92 กก./ตร. ซม. คิดเป็นร้อยละ 14.32 เนื่องจากเป็นการก่อแบบผนังมีความขรุขระ ทำให้รับแรงอัดได้น้อยกว่าอิฐบล็อกแบบก้อนเดียว และจากการทดสอบจะพบการวิบัติตรงรอยก่อปูนระหว่างอิฐบล็อก ทั้งนี้อิฐบล็อกแบบก้อนเดียว มีค่าการรับแรงอัดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่อัตราส่วนร้อยละ 20 40 และ 60 สูงกว่าเกณฑ์



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strain กับ Stress ของผนังอิฐบล็อก

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันของทรงลูกบาศก์ และอิฐบล็อกกะลาปาล์มน้ำมัน ในการวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนผสมซีเมนต์ต่อวัสดุผสม 1:4 นำกะลาปาล์ม น้ำมันผ่านตะแกรง 1 นิ้ว ค้างตะแกรงเบอร์ 4 มาแทนที่ทรายในอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 40 60 และ 80 ของปริมาตรมวลรวม ได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.500 0.533 0.567 และ 0.600 ตามลำดับ และทดสอบรูปทรงลูกบาศก์ที่อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน ส่วนอิฐบล็อกทดสอบที่อายุบ่ม 28 วัน

5.1 สรุปผลการทดสอบ

ในการศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงกำลังรับแรงอัด กำลังต้านทานแรงดัด และคุณสมบัติทางกายภาพของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน สรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ลักษณะของกะลาปาล์มน้ำมันที่นำมาผสมในมอร์ต้า กะลาปาล์มน้ำมันมีลักษณะแข็ง ผิวขรุขระ ขนาดคละของกะลาปาล์มน้ำมันเท่ากับ 1.96 เมื่อผสมกะลาปาล์มน้ำมันในมอร์ต้า ส่งผลให้เกิดช่องว่างมากขึ้นตามปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วน

5.1.2 ลักษณะทางกายภาพของมอร์ต้า

1) ความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์และอิฐบล็อกผสมกะลาปาล์มน้ำมัน ที่อายุบ่ม 28 วัน ซึ่งรูปทรงลูกบาศก์มีค่าเท่ากับ 1,761 1,677 1,435 และ 1,114 กก./ลบ.ม. และอิฐบล็อกผสมกะลาปาล์มน้ำมันมีค่าเท่ากับ 1,788 1,609 1,495 และ 1,157 กก./ลบ.ม.

2) การดูดซึมน้ำของรูปทรงลูกบาศก์ ผลทดสอบการดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 14.0 17.0 19.2 และ 21.6 ตามลำดับ เนื่องจากกะลาปาล์มน้ำมันมีการดูดซึมน้ำมากกว่าทราย และทำให้เกิดช่องว่าง ซึ่งจะทำให้การดูดซึมน้ำของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น

5.1.3 กำลังรับแรงอัดของรูปทรงลูกบาศก์ และอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน มีค่ากำลังรับแรงอัด มีค่าเท่ากับ 72.64 55.29 46.66 และ 27.90 กก./ตร.ซม. และมีค่าเท่ากับ 33.98 31.16 25.02 และ 18.36 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

5.1.4 กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่อัตราส่วนกะลาปาล์มน้ำมันแทนทรายร้อยละ 20 40 และ 60 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกก่อไม่รับน้ำหนัก มผช.779/2548

5.1.5 กำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน มีค่าเท่ากับ 1.09 0.64 0.24 และ 0.17 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

จะเห็นว่าเมื่อผสมกะลาปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อกำลังรับแรงอัด และกำลังต้านทานแรงดัดให้ลดลงตามปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันที่มากขึ้นตามอัตราส่วน

5.1.6 การนำความร้อนของอิฐบล็อกกะลาปาล์มน้ำมัน พบว่ากะลาปาล์มน้ำมันมีผลต่อการนำความร้อนเมื่อปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้นค่าการนำความร้อนลดลง

5.1.7 การรับแรงอัดของผนังอิฐบล็อก สามารถรับแรงอัดได้สูงสุด 17.47 กก./ตร.ซม. และมีค่าการยุบตัว 1.715 เซนติเมตร

สรุป อีฐบลีอกที่อัตราส่วนกะลาปาล์มน้ำมันแทนทรายร้อยละ 40 มีความเหมาะสมที่สุด ลดต้นทุนวัสดุ น้ำหนักเบา และรับกำลังได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ที่สำคัญสามารถขนหรือเคลื่อนย้ายได้สะดวกต่อการก่อสร้าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

อีฐบลีอกกะลาปาล์มน้ำมันที่อัตราส่วนร้อยละ 60 และ 80 ควรระมัดระวังในการเคลื่อนย้ายเนื่องจากจะมีความเปราะและแตกหักได้ง่าย



บรรณานุกรม

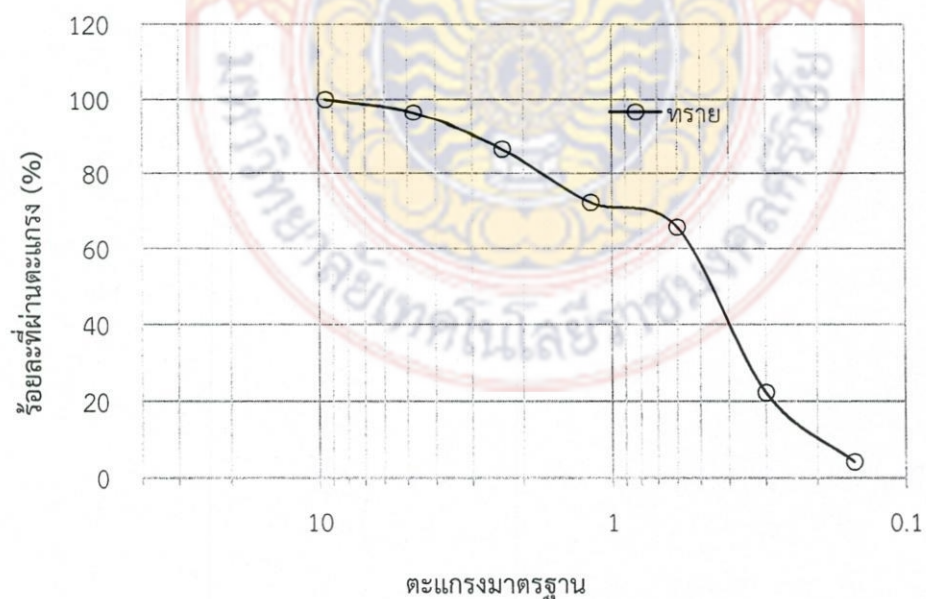
- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.agriinfo.doae.go.th/5year/> (วันที่ค้นข้อมูล : 10 มกราคม 2557)
- [2] ดนุพล ตันนโยภาส และอภิชาติ พ่วงพี, “คอนกรีตมวลรวมกะลาปาล์มน้ำมันผสมหินฝุ่นแกรนิต”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12, พิษณุโลก, ประเทศไทย, 2-4 พ.ค. 2550: Vol. 5 (MAT): 175-180.
- [3] พิภพ สุนทรสมัย. (2542). ช่างปูนก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่15. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี. (ไทย-ญี่ปุ่น)
- [4] “อิฐมวลเบา”, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaicontractors.com/content/cmenu/3/97/426.html> (วันที่ค้นข้อมูล : 8 สิงหาคม 2557)
- [5] วัสดุก่อสร้าง (2557). “อิฐมอญ VS อิฐมวลเบา”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.prakard.com/default.aspx?q=posts&t=267107> (วันที่ค้นข้อมูล : 8 สิงหาคม 2557)
- [6] อีระพงศ์ จันทนิยม. (2550). “ปาล์มน้ำมัน ชุดอบรมสำหรับวิทยากรปาล์มน้ำมัน”. สถาบันวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมันคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา. หน้า 21-23.
- [7] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. (ม.ป.ป.). ปาล์มน้ำมัน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.arda.or.th> (วันที่ค้นข้อมูล : 28 มีนาคม 2559).
- [8] ดนุพล ตันนโยภาส และ อภิชาติ พ่วงพี (2548). “คอนกรีตมวลรวมกะลาปาล์มน้ำมันผสมหินฝุ่นแกรนิต”. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12.
- [9] ศักดิ์ดา บุญเพชร, อโนทัย สมชาติ และธวัชชัย ช่อเนียม (2555). “ศึกษาความเป็นไปได้ของเศษอิฐมอญที่จะนำมาเป็นวัสดุผสมในการทำบล็อกประสาน”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://uc.thailis.or.th/cgi-bin/gw/chameleon?sessionid=2009081612202807352>
- [10] มุฮัมหมัด สามะอาลี และอานูวา เจ๊ะสมอเจ๊ะ (2555). “คอนกรีตบล็อกผสมกะลาปาล์มเพื่อความสวยงาม”. สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
- [11] นันทชัย ชูศิลป์, พรนรายณ์ บุญราศรี และอัมพร หมดแสละ (2555). “การนำกะลาปาล์มมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในคอนกรีตมวลเบา”. ทูนิวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2554
- [12] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). มผช.779/2548. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://law.resource.org/pub/th/ibr/th.ps.779.2548.pdf> (วันที่ค้นข้อมูล : 30 มีนาคม 2559).

ภาคผนวก ก
ผลการทดสอบการคุณสมบัติเบื้องต้นและหาขนาดของวัสดุเหลือทิ้งที่



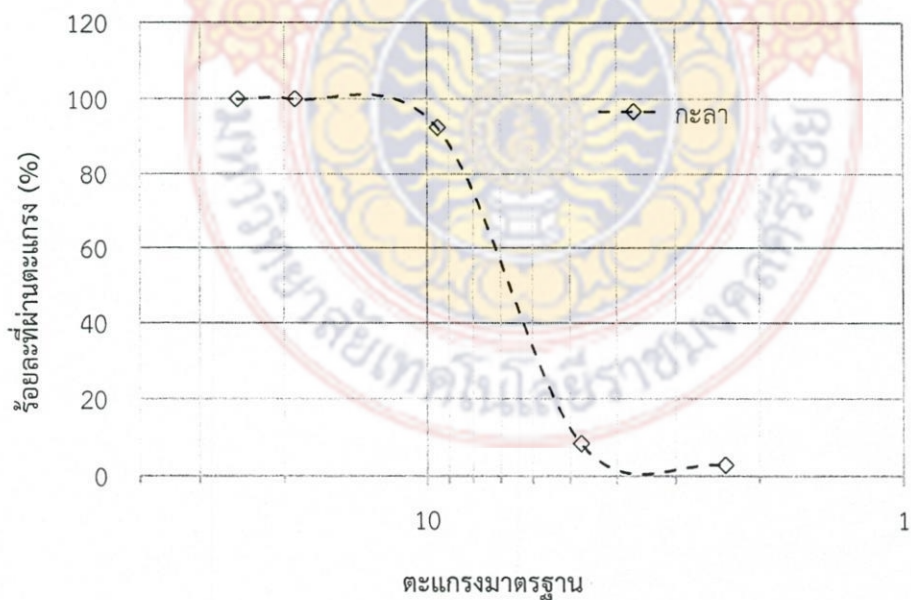
ตาราง ก.1 ผลการทดสอบขนาดคละของทราย

เบอร์ ตะแกรง	ขนาด ตะแกรง (มิลลิเมตร)	มวลของ ตะแกรง (กรัม)	มวลของ ตะแกรง + มวล รวม (กรัม)	มวลของ มวลรวมที่ ค้างบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละ โดยมวล ของมวล รวมที่ ค้างบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละ สะสม โดยมวล ของมวล รวมที่ ค้างบน ตะแกรง (ร้อยละ)	ร้อยละ โดยมวล รวมที่ ผ่าน ตะแกรง (ร้อยละ)
3/8"	9.500	486.32	491.93	5.61	0.28	0.28	100.00
4	4.750	471.04	537.43	66.39	3.32	3.60	96.40
8	2.360	431.38	631.31	199.93	10.00	13.60	86.40
16	1.180	651.37	932.24	280.87	14.05	27.64	72.36
30	0.600	619.60	752.58	132.98	6.65	34.29	65.71
50	0.300	546.63	1414.94	868.31	43.42	77.71	22.29
100	0.150	306.44	667.12	360.68	18.04	95.75	4.25
Pan		487.24	572.22	84.98	4.25	100.00	0.00
Total				1999.75		252.88	



ตาราง ก.2 ผลการทดสอบขนาดคละของกะลาปาล์มน้ำมัน

เบอร์ ตะแกรง	ขนาด ตะแกรง (มิลลิเมตร)	มวลของ ตะแกรง (กรัม)	มวลของ ตะแกรง + มวล รวม (กรัม)	มวลของ มวลรวมที่ ค้างบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละ โดยมวล ของมวล รวมที่ ค้างบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละ สะสม โดยมวล ของมวล รวมที่ ค้างบน ตะแกรง (ร้อยละ)	ร้อยละ โดยมวล รวมที่ ผ่าน ตะแกรง (ร้อยละ)
1"	25.000	825.00	825.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	503.00	503.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	763.00	915.00	152.00	7.60	7.60	92.40
4	4.750	757.00	2437.00	1680.00	84.00	91.60	8.40
8	2.360	705.00	818.00	113.00	5.65	97.25	2.75
Pan		481.00	536.00	55.00	2.75	100.00	0.00
Total				2000.00		196.45	



ตาราง ก.3 ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมน้ำของทราย

ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของทราย			
คุณลักษณะ	ตัวอย่าง		
	1	2	3
น้ำหนักขวดทดสอบ (กรัม)	141.90	141.95	141.93
น้ำหนักของวัสดุอิ่มตัวผิวแห้ง (กรัม)	500	500	500
น้ำหนักของขวดทดสอบ+น้ำ+วัสดุ (กรัม)	947.93	947.84	948.02
น้ำหนักของวัสดุอบแห้ง (กรัม)	490.44	490.40	490.50
ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอบแห้ง)	2.52	2.53	2.53
	2.53		
ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง)	2.58	2.58	2.58
	2.58		
ความถ่วงจำเพาะแบบแอฟแพเรนต์	2.66	2.66	2.66
	2.66		
การดูดซึมน้ำ	1.94	1.96	1.94
	1.95		

ตาราง ก.4 ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมน้ำของกะลาปาล์มน้ำมัน

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง
มวลของตัวอย่างอบแห้ง A (กรัม)	2447.00
มวลของตัวอย่างอิ่มตัวผิวแห้ง B (กรัม)	3000.00
มวลของตัวอย่างในน้ำ C (กรัม)	756.40
ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอบแห้ง)	1.091
ความถ่วงจำเพาะแบบบัลค์ (สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง)	1.337
ความถ่วงจำเพาะแบบแอฟแพเรนต์	1.447
การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	22.60

ตาราง ก.5 ผลการทดสอบความต้านทานการสึกกร่อนของกะลาปาล์มน้ำมัน

ขนาดตะแกรง (ม.ม.)		มวลของตัวอย่าง (กรัม)
ผ่าน	ค้ำ	1
9.5	6.3	2500
6.3	4.75	2500
มวลของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (กรัม)		5000
มวลของตัวอย่างที่ค้ำบนตะแกรงเบอร์ 12 (กรัม)		4527
ความสึกกร่อน (ร้อยละ)		9.44



ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน



ตาราง ข.1 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของรูปทรงลูกบาศก์

อัตราส่วนผสม	น้ำหนักหลัง อบ 24 ชม. (กรัม)	น้ำหนักหลัง แช่ น้ำ 1/2 ชม. (กรัม)	น้ำหนักหลัง แช่น้ำ 24 ชม. (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	
				ที่ 1/2 ชม.	ที่ 24 ชม.
QPS-20	1714.0	1931.7	1954.3	12.70	14.02
QPS-40	1557.7	1797.3	1823.0	15.39	17.03
QPS-60	1257.7	1479.7	1498.7	17.65	19.16
QPS-80	914.7	1105.5	1112.0	20.81	21.57

ตาราง ข.2 ความหนาแน่นของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันของรูปทรงลูกบาศก์ ที่อายุบ่ม 1 วัน

อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
QPS-20	20/11/2559	Q1	10.034×10.050×10.132	1021.73	1.854	1814
		Q2	10.022×10.014×10.130	1016.65	1.797	1767
	21/11/2559	Q3	10.026×10.032×10.140	1019.89	1.824	1788
		เฉลี่ย			1.825	1789
QPS-40	20/11/2559	Q1	10.046×10.062×10.100	1020.94	1.718	1682
		Q2	10.110×10.042×10.120	1027.43	1.734	1687
	21/11/2559	Q3	10.066×10.032×10.088	1018.71	1.738	1706
		เฉลี่ย			1.730	1691
QPS-60	21/11/2559	Q1	10.044×10.020×10.140	1020.50	1.467	1437
		Q2	10.048×10.012×10.158	1021.90	1.489	1457
	22/11/2559	Q3	10.064×10.004×10.182	1025.13	1.504	1467
		เฉลี่ย			1.487	1454
QPS-80	21/11/2559	Q1	10.066×10.080×10.102	1025.00	1.154	1125
		Q2	10.038×10.046×10.162	1024.75	1.147	1119
	22/11/2559	Q3	10.084×10.020×10.130	1023.55	1.173	1146
		เฉลี่ย			1.158	1130

ตาราง ข.3 ความหนาแน่นของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันของรูปทรงลูกบาศก์ ที่อายุบ่ม 7 วัน

อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ความ หนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
QPS-20	20/11/2559 27/11/2559	Q1	10.040×10.036×10.142	1021.92	1.832	1793
		Q2	10.024×10.044×10.104	1017.28	1.774	1743
		Q3	10.028×10.032×10.122	1018.28	1.801	1768
		เฉลี่ย			1.802	1769
QPS-40	20/11/2559 27/11/2559	Q1	10.046×10.062×10.100	1018.91	1.702	1667
		Q2	10.090×10.042×10.082	1020.53	1.719	1682
		Q3	10.048×10.032×10.104	1018.50	1.722	1690
		เฉลี่ย			1.714	1679
QPS-60	21/11/2559 28/11/2559	Q1	10.046×10.028×10.134	1020.91	1.459	1430
		Q2	10.076×10.012×10.158	1024.75	1.480	1443
		Q3	10.074×10.012×10.148	1023.54	1.496	1464
		เฉลี่ย			1.478	1446
QPS-80	21/11/2559 28/11/2559	Q1	10.098×10.002×10.096	1019.70	1.144	1121
		Q2	10.036×10.048×10.204	1028.99	1.135	1103
		Q3	10.084×10.020×10.086	1019.11	1.159	1136
		เฉลี่ย			1.146	1120

ตาราง ข.4 ความหนาแน่นของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันของรูปทรงลูกบาศก์ ที่อายุบ่ม 14 วัน

อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ความ หนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
QPS-20	20/11/2559 4/12/2559	Q1	10.066×10.034×10.122	1022.34	1.825	1786
		Q2	10.032×10.052×10.078	1016.28	1.767	1739
		Q3	10.068×10.012×10.102	1018.29	1.793	1761
		เฉลี่ย			1.795	1762
QPS-40	20/11/2559 4/12/2559	Q1	10.058×10.022×10.138	1021.92	1.700	1665
		Q2	10.108×10.036×10.090	1023.57	1.718	1680
		Q3	10.084×10.032×10.074	1019.11	1.721	1688
		เฉลี่ย			1.713	1677
QPS-60	21/11/2559 5/12/2559	Q1	10.038×10.026×10.142	1020.70	1.447	1419
		Q2	10.088×10.030×10.130	1024.98	1.469	1433
		Q3	10.066×10.048×10.104	1021.95	1.488	1456
		เฉลี่ย			1.468	1436
QPS-80	21/11/2559 5/12/2559	Q1	10.058×10.022×10.118	1019.91	1.142	1119
		Q2	10.064×10.054×10.162	1028.23	1.131	1100
		Q3	10.014×10.028×10.156	1019.87	1.147	1125
		เฉลี่ย			1.140	1114

ตาราง ข.5 ความหนาแน่นของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันของรูปทรงลูกบาศก์ ที่อายุป่ม 28 วัน

อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ความ หนาแน่น (กก./ลบ. ม.)
QPS-20	20/11/2559 18/12/2559	Q1	10.050×10.027×10.142	1022.02	1.824	1785
		Q2	10.012×10.034×10.116	1016.26	1.765	1737
		Q3	10.034×10.024×10.124	1018.18	1.793	1761
		เฉลี่ย			1.794	1761
QPS-40	20/11/2559 18/12/2559	Q1	10.064×10.036×10.110	1021.23	1.699	1664
		Q2	10.100×10.024×10.102	1022.75	1.718	1680
		Q3	10.076×10.022×10.098	1019.71	1.720	1687
		เฉลี่ย			1.712	1677
QPS-60	21/11/2559 19/12/2559	Q1	10.054×10.032×10.114	1020.22	1.446	1417
		Q2	10.066×10.022×10.160	1025.06	1.467	1431
		Q3	10.046×10.030×10.138	1021.82	1.487	1455
		เฉลี่ย			1.467	1435
QPS-80	21/11/2559 19/12/2559	Q1	10.088×10.008×10.108	1020.81	1.141	1116
		Q2	10.074×10.074×10.136	1028.55	1.131	1100
		Q3	10.058×10.010×10.128	1019.79	1.146	1124
		เฉลี่ย			1.139	1114

ตาราง ข.6 ความหนาแน่นของอิฐบล็อกกะลาปาล์มน้ำมัน ที่อายุบ่ม 1 วัน

อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ความ หนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
BPS-20	20/11/2559	B1	7.684×60.2×20.164	9327.40	17.118	1839
		B2	7.672×60.3×20.112	9304.25	17.265	1868
	21/11/2559	B3	7.538×60.8×20.180	9248.70	17.072	1842
		เฉลี่ย			17.152	1850
BPS-40	20/11/2559	B1	7.686×60.2×20.122	9310.39	14.754	1586
		B2	7.448×60.2×20.210	9061.55	14.926	1646
	21/11/2559	B3	7.240×60.6×20.124	8829.28	14.685	1667
		เฉลี่ย			14.788	1633
BPS-60	21/11/2559	B1	7.438×60.1×20.162	9008.61	13.578	1504
		B2	7.612×60.0×20.186	9335.39	13.612	1477
	22/11/2559	B3	7.186×60.9×20.138	8790.87	13.784	1569
		เฉลี่ย			13.658	1516
BPS-80	21/11/2559	B1	7.254×60.6×20.112	8841.08	10.820	1225
		B2	7.386×60.1×20.152	8945.44	10.148	1133
	22/11/2559	B3	7.274×60.5×20.164	8873.71	10.404	1174
		เฉลี่ย			10.457	1178

ตาราง ข.7 ความหนาแน่นของอิฐบล็อกกะลาปาล์มน้ำมัน ที่อายุบ่ม 7 วัน

อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ความ หนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
BPS-20	20/11/2559 27/11/2559	B1	7.536×60.4×20.258	9220.92	16.920	1818
		B2	7.720×60.1×20.042	9314.40	17.068	1846
		B3	7.542×60.4×20.160	9183.62	16.868	1820
		เฉลี่ย			16.952	1828
BPS-40	20/11/2559 27/11/2559	B1	7.562×60.1×20.150	9157.70	14.573	1566
		B2	7.372×60.3×20.120	8943.98	14.756	1628
		B3	7.344×60.3×20.224	8956.06	14.500	1646
		เฉลี่ย			14.610	1613
BPS-60	21/11/2559 28/11/2559	B1	7.172×60.3×20.034	8664.14	13.420	1486
		B2	7.400×60.3×20.180	9004.72	13.455	1460
		B3	7.288×60.5×20.272	8937.53	13.628	1551
		เฉลี่ย			13.501	1499
BPS-80	21/11/2559 28/11/2559	B1	7.332×60.4×20.234	8960.68	10.675	1208
		B2	7.576×60.8×20.424	9407.72	10.004	1117
		B3	7.286×60.4×20.252	8912.39	10.257	1158
		เฉลี่ย			10.312	1161

ตาราง ข.8 ความหนาแน่นของอิฐบล็อกกลาปาล์มน้ำมัน ที่อายุบ่ม 14 วัน

อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ความ หนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
BPS-20	20/11/2559 4/12/2559	B1	7.756×60.2×20.232	9446.55	16.898	1816
		B2	7.638×60.2×20.122	9252.25	16.051	1736
		B3	7.762×60.4×20.260	9324.62	16.845	1817
		เฉลี่ย			16.598	1790
BPS-40	20/11/2559 4/12/2559	B1	7.688×60.3×20.220	9373.72	14.554	1564
		B2	7.660×60.5×20.408	9457.68	14.733	1625
		B3	7.234×60.4×20.330	8882.86	14.478	1643
		เฉลี่ย			14.588	1611
BPS-60	21/11/2559 5/12/2559	B1	7.546×60.2×20.262	9204.40	13.401	1484
		B2	7.712×60.2×20.166	8643.63	13.432	1457
		B3	7.286×60.6×20.174	9609.20	13.605	1548
		เฉลี่ย			13.479	1497
BPS-80	21/11/2559 5/12/2559	B1	7.256×60.4×20.314	8902.86	10.658	1206
		B2	7.464×60.4×20.138	9078.73	9.981	1115
		B3	7.144×60.5×20.294	8771.31	10.231	1155
		เฉลี่ย			10.290	1159

ตาราง ข.9 ความหนาแน่นของอิฐบล็อกกลาปาล์มน้ำมัน ที่อายุบ่ม 28 วัน

อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ความ หนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
BPS-20	20/11/2559 18/12/2559	B1	7.648×60.4×20.146	9306.23	16.886	1814
		B2	7.626×60.2×20.134	9243.97	16.038	1735
		B3	7.582×60.7×20.142	9270.66	16.832	1816
		เฉลี่ย			16.585	1788
BPS-40	20/11/2559 18/12/2559	B1	7.678×60.2×20.132	9304.86	14.529	1561
		B2	7.466×60.1×20.202	9065.54	14.721	1624
		B3	7.214×60.6×20.150	8811.13	14.463	1641
		เฉลี่ย			14.571	1609
BPS-60	21/11/2559 19/12/2559	B1	7.474×60.0×20.136	9028.58	13.394	1484
		B2	7.600×60.1×20.178	9217.72	13.418	1456
		B3	7.168×60.7×20.192	8785.93	13.592	1547
		เฉลี่ย			13.468	1495
BPS-80	21/11/2559 19/12/2559	B1	7.244×60.6×20.122	8834.06	10.643	1205
		B2	7.378×60.3×20.124	8953.48	9.966	1113
		B3	7.254×60.5×20.184	8858.87	10.213	1153
		เฉลี่ย			10.274	1155

ภาคผนวก ค
ผลการทดสอบการรับกำลังของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน



ตาราง ค.1 กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันของรูปทรงลูกบาศก์ ที่อายุบ่ม 7 วัน

อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ซม ²)	น้ำหนัก (กรัม)	แรงอัด (กก.)	กำลังรับแรงอัด (กก./ซม ²)
QPS-20	6/12/2559 13/12/2559	Q1	10.060×10.046×10.124	101.07	1837	4925.69	48.73
		Q2	10.012×10.036×10.118	100.48	1800	4701.63	46.79
		Q3	10.100×10.022×10.102	101.22	1725	4189.60	41.39
		เฉลี่ย			1787		45.64
QPS-40	6/12/2559 13/12/2559	Q1	10.024×10.040×10.086	100.65	1710	3910.60	38.85
		Q2	10.070×10.012×10.012	100.82	1660	3749.24	37.19
		Q3	10.022×10.100×10.110	101.22	1667	3700.20	36.56
		เฉลี่ย			1679		37.53
QPS-60	7/12/2559 14/12/2559	Q1	10.046×10.174×10.384	102.22	1485	3367.89	32.95
		Q2	10.010×10.160×10.346	101.70	1452	3032.82	29.82
		Q3	10.038×10.080×10.296	101.18	1480	3206.32	31.69
		เฉลี่ย			1472		31.49
QPS-80	7/12/2559 14/12/2559	Q1	10.084×10.086×10.674	101.72	1137	1556.07	15.30
		Q2	10.054×10.082×10.452	101.37	1122	1283.49	12.66
		Q3	10.040×10.088×10.366	101.28	1098	1247.50	12.32
		เฉลี่ย			1119		13.43

ตาราง ค.2 กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันของรูปทรงลูกบาศก์ ที่อายุบ่ม 14 วัน

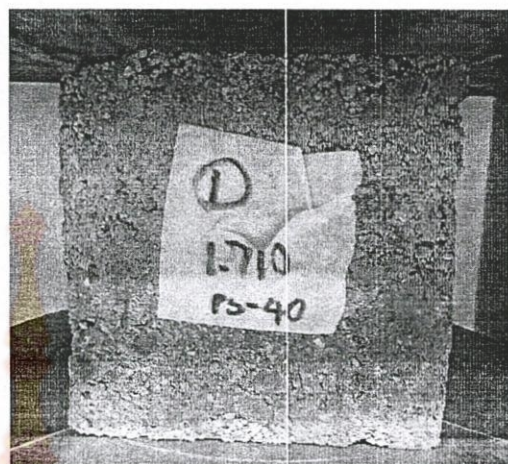
อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ซม ²)	น้ำหนัก (กรัม)	แรงอัด (กก.)	กำลังรับแรงอัด (กก./ซม ²)
QPS-20	25/11/2559 9/12/2559	Q1	10.100 × 10.096 × 10.300	101.98	1830	5416.41	53.11
		Q2	10.020 × 10.066 × 10.186	100.87	1803	5583.28	55.35
		Q3	10.128 × 10.100 × 10.128	102.30	1844	5643.83	55.17
		เฉลี่ย			1826		54.54
QPS-40	25/11/2559 9/12/2559	Q1	10.100 × 10.096 × 10.158	101.97	1696	4622.83	45.34
		Q2	10.060 × 10.028 × 10.128	100.88	1717	4895.31	48.53
		Q3	10.100 × 10.068 × 10.240	101.69	1696	4475.54	44.01
		เฉลี่ย			1703		45.96
QPS-60	26/11/2559 10/12/2559	Q1	10.082 × 10.102 × 10.300	101.86	1488	3827.83	37.58
		Q2	10.074 × 10.152 × 10.258	102.27	1489	3571.87	34.93
		Q3	10.032 × 10.138 × 10.340	101.70	1490	3973.60	39.07
		เฉลี่ย			1489		37.19
QPS-80	26/11/2559 10/12/2559	Q1	10.086 × 10.130 × 10.300	102.18	1166	2699.08	26.41
		Q2	10.046 × 10.092 × 10.270	101.39	1162	2170.34	21.40
		Q3	10.090 × 10.144 × 10.196	102.42	1168	2610.70	25.49
		เฉลี่ย			1165		24.44

ตาราง ค.3 กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันของรูปทรงลูกบาศก์ ที่อายุบ่ม 28 วัน

อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ซม ²)	น้ำหนัก (กรัม)	แรงอัด (กก.)	กำลังรับแรงอัด (กก./ซม ²)
QPS-20	22/11/2559 20/12/2559	Q1	10.000×10.020×10.216	100.21	1844	7537.21	75.21
		Q2	10.176×10.104×10.296	102.83	1874	7286.44	70.86
		Q3	10.060×10.118×10.300	101.80	1867	7313.46	71.84
		เฉลี่ย			1862		72.64
QPS-40	22/11/2559 20/12/2559	Q1	10.152×10.096×10.300	102.50	1714	5594.50	54.58
		Q2	10.078×10.102×10.222	101.82	1706	5937.82	58.32
		Q3	10.156×10.088×10.378	102.45	1708	5427.62	52.98
		เฉลี่ย			1709		55.29
QPS-60	24/11/2559 22/12/2559	Q1	10.076×10.130×10.186	102.07	1389	4141.49	40.58
		Q2	10.044×10.018×10.128	100.63	1417	4991.03	49.60
		Q3	10.026×10.100×10.128	101.27	1380	5045.57	49.82
		เฉลี่ย			1395		46.66
QPS-80	24/11/2559 22/12/2559	Q1	10.076×10.080×10.674	101.58	1151	2852.80	28.09
		Q2	10.062×10.080×10.452	101.44	1203	2911.72	28.71
		Q3	10.046×10.074×10.336	101.21	1097	2725.08	26.92
		เฉลี่ย			1150		27.90



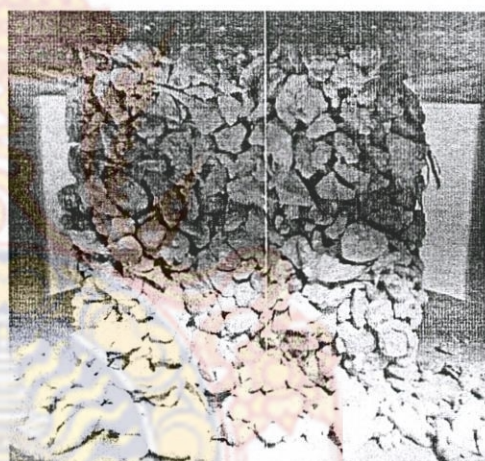
(ก) QPS-20 วิบัติแบบยุบตัว



(ข) QPS-40 วิบัติแบบยุบตัว



(ค) QPS-60 วิบัติแบบผ่าซีก

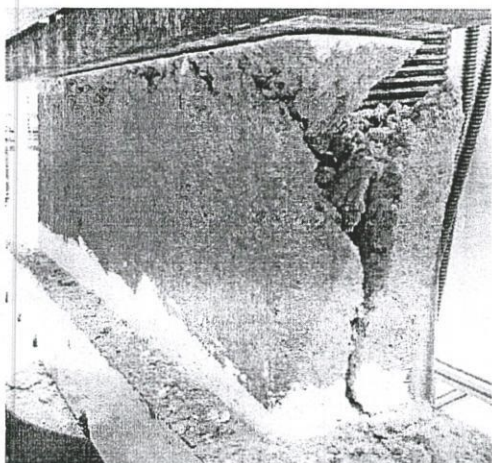


(ง) QPS-80 วิบัติแบบพีระมิต

รูปที่ ค.1 การวิบัติของกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันของรูปทรงลูกบาศก์

ตาราง ค.4 กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกกลาปาล์มน้ำมัน ที่อายุบ่ม 28 วัน

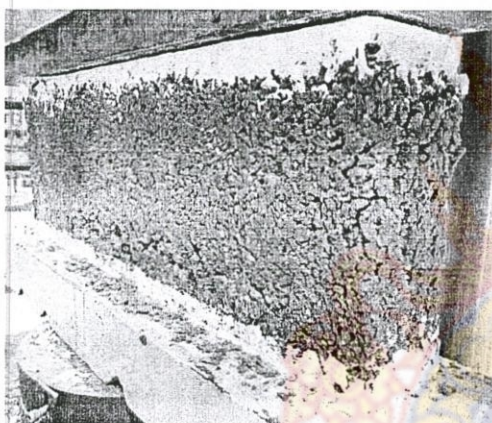
อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ซม ²)	น้ำหนัก (กรัม)	แรงอัด (กก.)	กำลังรับ แรงอัด (กก./ซม ²)
BPS-20	18/12/2559 15/1/2560	B1	7.668×60.4×20.150	463.15	16896	15195.86	32.81
		B2	7.600×60.3×20.148	458.34	16686	15372.73	33.54
		B3	7.844×60.6×20.114	475.35	16836	16922.33	35.60
		เฉลี่ย			16806		33.98
BPS-40	19/12/2559 16/1/2560	B1	7.832×60.2×20.154	471.49	14563	14267.18	30.26
		B2	7.574×60.5×20.112	458.23	14716	15066.50	32.88
		B3	7.644×60.6×20.134	463.23	14467	14058.92	30.35
		เฉลี่ย			14582		31.16
BPS-60	21/12/2559 18/1/2560	B1	7.458×60.8×20.096	453.20	13385	11747.03	25.92
		B2	7.754×60.5×20.126	469.12	13434	10634.88	22.67
		B3	7.544×60.5×20.144	456.47	13605	12087.39	26.48
		เฉลี่ย			13475		25.02
BPS-80	22/12/2559 19/1/2560	B1	7.242×60.2×20.206	435.97	10678	8553.70	19.62
		B2	7.388×60.6×20.154	447.71	9978	7602.16	16.98
		B3	7.354×60.5×20.164	444.37	10245	8207.56	18.47
		เฉลี่ย			10300		18.36



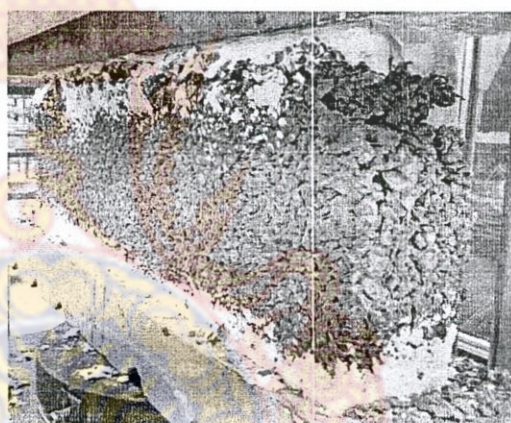
(ก) BPS-20 วิบัติแบบผ่าซีก



(ข) BPS-40 วิบัติแบบผ่าซีก



(ค) QPS-60 วิบัติแบบยุบตัว

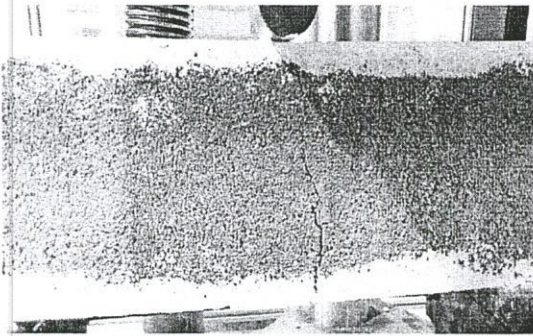


(ง) QPS-80 วิบัติแบบยุบตัว

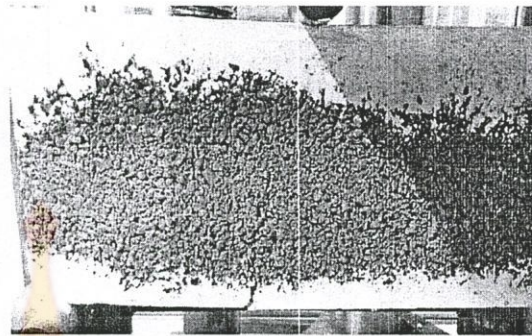
รูปที่ ค.2 การวิบัติของกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกกละลาปาล์มน้ำมัน

ตาราง ค.5 กำลังต้านทานแรงตัดของอิฐบล็อกกลาปาล์มน้ำมัน ที่อายุบ่ม 28 วัน

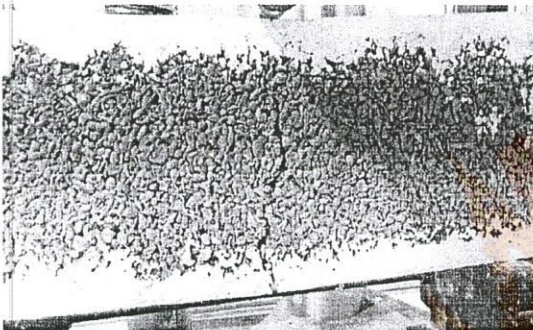
อัตราส่วน	วันที่ทำ วันที่ทดสอบ	สัญลักษณ์	ขนาด (เซนติเมตร)	พื้นที่หน้าตัด (ซม ²)	น้ำหนัก (กรัม)	แรงอัด (กก.)	กำลังรับแรงตัด (กก./ซม ²)
BPS-20	24/12/2559 21/1/2560	B1	7.562×60.6×20.126	458.26	16754	522.41	1.14
		B2	7.420×60.8×20.156	451.14	16548	491.74	1.09
		B3	7.738×60.1×20.120	465.05	16682	479.01	1.03
		เฉลี่ย			16661		1.09
BPS-40	25/12/2559 22/1/2560	B1	7.612×60.0×20.112	456.72	14345	333.41	0.73
		B2	7.466×60.1×20.168	448.71	14658	269.22	0.60
		B3	7.664×60.8×20.142	465.97	14572	279.58	0.60
		เฉลี่ย			14525		0.64
BPS-60	26/12/2559 23/1/2560	B1	7.574×60.4×20.102	457.47	13428	123.52	0.27
		B2	7.630×60.7×20.160	463.14	13365	101.89	0.22
		B3	7.468×60.2×20.182	449.57	13721	98.91	0.22
		เฉลี่ย			13505		0.24
BPS-80	26/12/2559 23/1/2560	B1	7.424×60.7×20.198	450.64	9967	76.61	0.17
		B2	7.454×60.1×20.186	447.99	9997	67.20	0.15
		B3	7.212×60.2×20.174	434.16	9981	78.15	0.18
		เฉลี่ย			9982		0.17



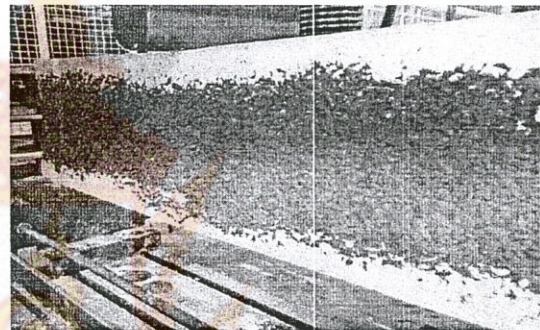
(ก) BPS-20



(ข) BPS-40



(ค) BPS-60



(ง) BPS-80

รูปที่ ค.3 การวิบัติของกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อกกะลาปาล์มน้ำมัน



ตาราง ค.6 การวัดอุณหภูมิ เพื่อหาค่าการนำความร้อนของอิฐบล็อกกลาปาล์มน้ำมัน

เวลา (นาที)	Q-con		BPS-20		BPS-40		BPS-60		BPS-80	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
0	26.6	26.6	27.8	27.8	27.6	27.6	28.2	28.2	28.2	28.2
1	31.9	26.6	33.4	27.8	32.4	27.7	33.2	28.2	33.0	28.2
2	36.8	26.6	36.5	27.9	35.6	27.7	37.0	28.3	36.9	28.3
3	38.8	26.6	38.5	27.9	38.5	27.8	39.6	28.3	39.2	28.3
4	40.6	26.6	40.1	28.0	39.5	27.8	41.7	28.3	41.3	28.3
5	41.7	26.6	41.3	28.0	41.3	27.8	42.7	28.4	42.7	28.3
6	42.6	26.6	42.3	28.0	42.3	27.9	43.7	28.4	44.0	28.3
7	43.5	26.6	43.2	28.0	43.2	27.9	44.7	28.4	44.6	28.4
8	44.2	26.6	43.9	28.0	43.9	27.9	45.3	28.4	45.2	28.4
9	44.7	26.6	44.6	28.0	44.6	27.9	45.9	28.4	45.5	28.4
10	45.4	26.6	45.1	28.1	45.1	28.0	46.4	28.4	45.9	28.4
11	46.0	26.6	45.5	28.1	45.5	28.0	46.9	28.4	46.4	28.4
12	46.5	26.6	45.9	28.1	45.9	28.0	47.3	28.4	46.7	28.4
13	47.0	26.6	46.4	28.1	46.4	28.0	47.6	28.4	46.9	28.4
14	47.5	26.6	46.8	28.1	46.8	28.0	48.0	28.4	47.3	28.4
15	47.8	26.6	47.0	28.2	47.1	28.1	48.2	28.4	47.5	28.4
16	48.2	26.6	47.3	28.2	47.3	28.1	48.5	28.4	47.9	28.4
17	48.5	26.6	47.5	28.2	47.5	28.1	48.7	28.4	48.2	28.4
18	48.8	26.6	47.7	28.2	47.9	28.1	49.0	28.4	48.4	28.4
19	49.1	26.6	47.9	28.2	48.0	28.1	49.2	28.4	48.6	28.4
20	49.6	26.6	48.1	28.2	48.1	28.2	49.4	28.4	48.8	28.4
21	49.9	26.6	48.4	28.3	48.4	28.2	49.6	28.4	48.9	28.4
22	50.1	26.6	48.5	28.3	48.5	28.2	49.8	28.4	49.1	28.4
23	50.3	26.6	48.7	28.3	48.7	28.2	50.0	28.4	49.2	28.4
24	50.4	26.6	48.8	28.3	48.8	28.2	50.1	28.4	49.4	28.4
25	50.7	26.6	49.0	28.3	49.0	28.2	50.2	28.4	49.5	28.4
26	50.9	26.6	49.1	28.4	49.1	28.2	50.5	28.4	49.7	28.4
27	51.1	26.6	49.2	28.4	49.2	28.3	50.6	28.4	49.8	28.4
28	51.3	26.7	49.4	28.4	49.4	28.3	50.7	28.4	49.9	28.4
29	51.6	26.7	49.6	28.4	49.6	28.3	50.8	28.4	50.0	28.4
30	51.7	26.7	49.7	28.5	49.7	28.3	50.9	28.4	50.1	28.4
31	51.8	26.7	49.8	28.5	49.8	28.4	51.1	28.4	50.2	28.3
32	51.8	26.7	49.9	28.5	49.9	28.4	51.2	28.4	50.3	28.3
33	51.9	26.7	49.9	28.5	50.0	28.4	51.4	28.5	50.4	28.3
34	52.1	26.7	50.0	28.6	50.0	28.4	51.5	28.5	50.5	28.3
35	52.2	26.7	50.1	28.6	50.1	28.4	51.6	28.5	50.5	28.3
36	52.3	26.7	50.2	28.6	50.2	28.5	51.7	28.5	50.6	28.3
37	52.4	26.7	50.3	28.7	50.3	28.5	51.8	28.5	50.7	28.3
38	52.7	26.8	50.4	28.7	50.4	28.5	51.9	28.5	50.8	28.3
39	52.8	26.8	50.4	28.7	50.4	28.5	52.0	28.5	50.9	28.3
40	52.9	26.8	50.5	28.7	50.5	28.5	52.0	28.5	51.0	28.4
41	53.0	26.8	50.5	28.8	50.6	28.6	52.1	28.5	51.0	28.4
42	53.1	26.8	50.6	28.8	50.6	28.6	52.2	28.5	51.1	28.4
43	53.4	26.8	50.7	28.8	50.7	28.6	52.2	28.5	51.1	28.4

เวลา (นาที)	Q-con		BPS-20		BPS-40		BPS-60		BPS-80	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
44	53.4	26.9	50.8	28.9	50.8	28.6	52.3	28.5	51.2	28.4
45	53.5	26.9	50.9	28.9	50.9	28.6	52.3	28.5	51.3	28.4
46	53.6	26.9	51.0	28.9	51.0	28.7	52.3	28.5	51.3	28.4
47	53.8	26.9	51.0	29.0	51.0	28.7	52.4	28.6	51.4	28.4
48	54.0	27.0	51.1	29.0	51.1	28.7	52.6	28.6	51.5	28.4
49	54.1	27.0	51.1	29.0	51.2	28.7	52.8	28.6	51.6	28.4
50	54.2	27.0	51.2	29.1	51.2	28.7	52.9	28.6	51.6	28.4
51	54.3	27.0	51.3	29.1	51.3	28.8	53.0	28.6	51.7	28.4
52	54.4	27.1	51.3	29.1	51.3	28.8	53.1	28.6	51.8	28.4
53	54.6	27.1	51.4	29.2	51.4	28.8	53.2	28.6	51.8	28.4
54	54.6	27.1	51.4	29.2	51.4	28.8	53.3	28.6	51.9	28.4
55	54.7	27.1	51.5	29.2	51.5	28.8	53.4	28.7	52.0	28.4
56	54.8	27.2	51.6	29.2	51.6	28.9	53.5	28.7	52.1	28.4
57	54.9	27.2	51.6	29.3	51.6	28.9	53.5	28.7	52.2	28.5
58	55.0	27.2	51.6	29.3	51.6	28.9	53.5	28.7	52.3	28.5
59	55.0	27.2	51.6	29.3	51.6	29.0	53.6	28.7	52.3	28.5
60	55.1	27.3	51.6	29.4	51.7	29.0	53.7	28.7	52.4	28.5
61	55.2	27.3	51.6	29.4	51.7	29.0	53.8	28.8	52.5	28.5
62	55.2	27.3	51.7	29.4	51.7	29.0	53.9	28.8	52.5	28.5
63	55.4	27.3	51.8	29.5	51.8	29.0	54.0	28.8	52.6	28.5
64	55.4	27.4	51.8	29.5	51.8	29.0	54.1	28.8	52.6	28.5
65	55.4	27.4	51.9	29.5	51.9	29.1	54.2	28.8	52.7	28.6
66	55.6	27.4	51.9	29.6	51.9	29.1	54.3	28.8	52.7	28.6
67	55.7	27.4	52.0	29.6	52.0	29.1	54.4	28.9	52.7	28.6
68	55.8	27.5	52.0	29.6	52.0	29.2	54.4	28.9	52.8	28.6
69	55.9	27.5	52.1	29.7	52.1	29.2	54.5	28.9	52.8	28.6
70	56.0	27.5	52.2	29.7	52.2	29.2	54.5	28.9	52.8	28.6
71	56.0	27.5	52.2	29.7	52.2	29.2	54.6	28.9	52.9	28.6
72	56.1	27.6	52.3	29.8	52.3	29.2	54.6	29.0	52.9	28.6
73	56.1	27.6	52.3	29.8	52.3	29.3	54.7	29.0	52.9	28.7
74	56.3	27.6	52.4	29.8	52.4	29.3	54.8	29.0	53.0	28.7
75	56.3	27.6	52.4	29.9	52.4	29.3	54.8	29.0	53.1	28.7
76	56.4	27.7	52.4	29.9	52.5	29.3	54.9	29.0	53.1	28.7
77	56.5	27.7	52.5	29.9	52.5	29.4	55.0	29.0	53.1	28.7
78	56.5	27.7	52.6	30.0	52.6	29.4	55.0	29.1	53.1	28.7
79	56.6	27.7	52.6	30.0	52.6	29.4	55.1	29.1	53.2	28.8
80	56.7	27.8	52.7	30.0	52.7	29.4	55.1	29.1	53.3	28.8
81	56.8	27.8	52.7	30.1	52.7	29.5	55.2	29.1	53.3	28.8
82	56.8	27.8	52.7	30.1	52.7	29.5	55.2	29.1	53.3	28.8
83	56.9	27.8	52.8	30.1	52.8	29.5	55.3	29.2	53.3	28.8
84	57.0	27.9	52.8	30.2	52.8	29.6	55.3	29.2	53.3	28.8
85	57.1	27.9	52.9	30.2	52.9	29.6	55.3	29.2	53.4	28.8
86	57.0	27.9	52.9	30.2	52.9	29.6	55.4	29.2	53.4	28.9
87	57.1	27.9	53.0	30.3	52.9	29.7	55.4	29.3	53.4	28.9
88	57.1	28.0	53.0	30.3	53.0	29.7	55.5	29.3	53.5	28.9
89	57.1	28.0	53.0	30.3	53.0	29.7	55.5	29.3	53.5	28.9

เวลา (นาที)	Q-con		BPS-20		BPS-40		BPS-60		BPS-80	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
90	57.2	28.0	53.0	30.3	53.1	29.8	55.6	29.3	53.6	28.9
91	57.2	28.1	53.1	30.4	53.1	29.8	55.6	29.3	53.6	29.0
92	57.3	28.1	53.1	30.4	53.1	29.8	55.6	29.4	53.6	29.0
93	57.3	28.1	53.2	30.4	53.2	29.8	55.7	29.4	53.6	29.0
94	57.4	28.1	53.2	30.5	53.2	29.8	55.7	29.4	53.7	29.0
95	57.5	28.2	53.3	30.5	53.3	29.9	55.8	29.4	53.7	29.0
96	57.5	28.2	53.3	30.5	53.3	29.9	55.8	29.4	53.7	29.0
97	57.6	28.2	53.4	30.6	53.4	29.9	55.8	29.5	53.8	29.0
98	57.7	28.2	53.4	30.6	53.4	29.9	55.9	29.5	53.8	29.1
99	57.8	28.3	53.5	30.6	53.5	29.9	55.8	29.5	53.8	29.1
100	57.8	28.3	53.5	30.7	53.5	30.0	55.8	29.5	53.9	29.1
101	57.9	28.3	53.6	30.7	53.6	30.0	55.9	29.6	54.0	29.1
102	58.0	28.3	53.6	30.7	53.6	30.0	56.0	29.6	54.1	29.1
103	58.0	28.4	53.6	30.7	53.6	30.0	56.0	29.6	54.1	29.2
104	58.0	28.4	53.7	30.8	53.7	30.0	56.0	29.6	54.2	29.2
105	58.1	28.4	53.7	30.8	53.7	30.1	56.1	29.6	54.2	29.2
106	58.2	28.4	53.7	30.8	53.7	30.1	56.1	29.7	54.2	29.2
107	58.3	28.5	53.8	30.9	53.8	30.1	56.1	29.7	54.3	29.2
108	58.3	28.5	53.8	30.9	53.8	30.1	56.2	29.7	54.3	29.2
109	58.4	28.5	53.8	30.9	53.8	30.2	56.2	29.7	54.4	29.3
110	58.4	28.5	53.9	30.9	53.9	30.2	56.2	29.8	54.4	29.3
111	58.4	28.5	53.9	31.0	53.9	30.2	56.3	29.8	54.5	29.3
112	58.5	28.6	53.9	31.0	53.9	30.2	56.3	29.8	54.6	29.3
113	58.6	28.6	54.0	31.0	54.0	30.2	56.3	29.8	54.7	29.3
114	58.6	28.6	54.0	31.1	54.0	30.2	56.4	29.8	54.7	29.4
115	58.6	28.6	54.0	31.1	54.0	30.3	56.4	29.9	54.8	29.4
116	58.6	28.7	54.1	31.1	54.1	30.3	56.4	29.9	54.8	29.4
117	58.7	28.7	54.1	31.1	54.1	30.3	56.4	29.9	54.8	29.4
118	58.7	28.7	54.1	31.2	54.1	30.3	56.5	29.9	54.8	29.4
119	58.6	28.7	54.2	31.2	54.2	30.3	56.5	30.0	54.8	29.4
120	58.6	28.8	54.2	31.2	54.2	30.4	56.6	30.0	54.8	29.5
121	58.6	28.8	54.2	31.3	54.2	30.4	56.6	30.0	54.8	29.5
122	58.6	28.8	54.3	31.3	54.3	30.4	56.6	30.0	54.8	29.5
123	58.7	28.8	54.3	31.3	54.3	30.4	56.6	30.1	54.8	29.5
124	58.8	28.8	54.4	31.3	54.4	30.4	56.7	30.1	54.8	29.5
125	58.9	28.9	54.4	31.4	54.4	30.5	56.7	30.1	54.8	29.6
126	59.0	28.9	54.5	31.4	54.5	30.5	56.7	30.1	54.9	29.6
127	59.1	28.9	54.5	31.4	54.5	30.5	56.7	30.2	54.9	29.6
128	59.3	28.9	54.5	31.4	54.5	30.5	56.8	30.2	54.9	29.6
129	59.3	29.0	54.5	31.5	54.5	30.5	56.8	30.2	54.9	29.6
130	59.4	29.0	54.6	31.5	54.6	30.6	56.8	30.2	55.0	29.6
131	59.4	29.0	54.6	31.5	54.6	30.6	56.9	30.2	55.0	29.7
132	59.5	29.0	54.7	31.5	54.7	30.6	56.9	30.3	55.0	29.7
133	59.6	29.0	54.7	31.6	54.7	30.7	56.9	30.3	55.0	29.7
134	59.6	29.1	54.8	31.6	54.8	30.7	57.0	30.3	55.0	29.7
135	59.6	29.1	54.8	31.6	54.8	30.7	57.0	30.3	55.0	29.7

เวลา (นาที)	Q-con		BPS-20		BPS-40		BPS-60		BPS-80	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
136	59.7	29.1	54.9	31.6	54.9	30.7	57.0	30.4	55.0	29.8
137	59.8	29.1	54.9	31.7	54.9	30.8	57.0	30.4	55.1	29.8
138	59.8	29.2	55.0	31.7	55.0	30.8	57.0	30.4	55.1	29.8
139	59.8	29.2	55.1	31.7	55.1	30.8	57.0	30.4	55.1	29.8
140	59.7	29.2	55.1	31.7	55.1	30.8	57.1	30.4	55.1	29.8
141	59.7	29.2	55.1	31.8	55.1	30.8	57.1	30.5	55.2	29.8
142	59.7	29.3	55.1	31.8	55.1	30.9	57.1	30.5	55.2	29.9
143	59.7	29.3	55.2	31.8	55.2	30.9	57.2	30.5	55.2	29.9
144	59.7	29.3	55.2	31.8	55.2	30.9	57.2	30.5	55.2	29.9
145	59.7	29.4	55.2	31.9	55.2	30.9	57.3	30.5	55.2	29.9
146	59.8	29.4	55.2	31.9	55.2	30.9	57.3	30.6	55.2	29.9
147	59.8	29.4	55.3	31.9	55.3	30.9	57.4	30.6	55.2	30.0
148	59.8	29.4	55.3	31.9	55.3	30.9	57.4	30.6	55.2	30.0
149	59.8	29.5	55.4	32.0	55.4	31.0	57.4	30.6	55.2	30.0
150	59.8	29.5	55.4	32.0	55.4	31.0	57.4	30.7	55.3	30.0
151	59.9	29.5	55.4	32.0	55.4	31.0	57.4	30.7	55.4	30.0
152	60.0	29.5	55.4	32.0	55.4	31.0	57.5	30.7	55.5	30.0
153	60.0	29.6	55.4	32.0	55.4	31.0	57.5	30.7	55.5	30.1
154	60.1	29.6	55.4	32.1	55.4	31.0	57.5	30.7	55.5	30.1
155	60.1	29.6	55.4	32.1	55.4	31.1	57.6	30.8	55.5	30.1
156	60.2	29.6	55.5	32.1	55.5	31.1	57.6	30.8	55.5	30.1
157	60.3	29.7	55.5	32.1	55.5	31.1	57.6	30.8	55.6	30.1
158	60.3	29.7	55.5	32.2	55.5	31.1	57.7	30.8	55.5	30.2
159	60.3	29.7	55.5	32.2	55.5	31.1	57.7	30.8	55.5	30.2
160	60.3	29.8	55.6	32.2	55.6	31.1	57.7	30.9	55.6	30.2
161	60.4	29.8	55.6	32.2	55.6	31.1	57.7	30.9	55.6	30.2
162	60.4	29.8	55.6	32.2	55.6	31.2	57.8	30.9	55.6	30.2
163	60.4	29.8	55.6	32.3	55.6	31.2	57.8	30.9	55.6	30.2
164	60.4	29.9	55.6	32.3	55.6	31.2	57.8	30.9	55.6	30.3
165	60.4	29.9	55.6	32.3	55.6	31.2	57.8	30.9	55.6	30.3
166	60.5	29.9	55.7	32.3	55.7	31.2	57.8	31.0	55.6	30.3
167	60.6	29.9	55.7	32.4	55.7	31.2	57.8	31.0	55.7	30.3
168	60.6	30.0	55.7	32.4	55.7	31.3	57.8	31.0	55.7	30.3
169	60.6	30.0	55.7	32.4	55.7	31.3	57.9	31.0	55.7	30.3
170	60.6	30.0	55.7	32.4	55.7	31.3	57.9	31.0	55.7	30.4
171	60.6	30.0	55.7	32.4	55.7	31.3	57.9	31.1	55.8	30.4
172	60.6	30.1	55.7	32.5	55.7	31.3	58.0	31.1	55.8	30.4
173	60.7	30.1	55.8	32.5	55.8	31.3	58.0	31.1	55.9	30.4
174	60.6	30.1	55.8	32.5	55.8	31.3	58.0	31.1	55.9	30.4
175	60.7	30.1	55.8	32.5	55.8	31.4	58.0	31.1	56.0	30.4
176	60.7	30.2	55.8	32.5	55.8	31.4	58.1	31.1	56.1	30.5
177	60.7	30.2	55.9	32.6	55.9	31.4	58.1	31.2	56.2	30.5
178	60.6	30.2	55.9	32.6	55.9	31.4	58.1	31.2	56.2	30.5
179	60.7	30.2	55.9	32.6	55.9	31.4	58.1	31.2	56.3	30.5
180	60.7	30.2	56.0	32.6	56.0	31.4	58.2	31.2	56.3	30.5
181	60.6	30.3	56.0	32.7	56.0	31.5	58.2	31.2	56.3	30.5

เวลา (นาที)	Q-con		BPS-20		BPS-40		BPS-60		BPS-80	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
182	60.7	30.3	56.0	32.7	56.0	31.5	58.3	31.3	56.4	30.6
183	60.6	30.3	56.0	32.7	56.0	31.5	58.3	31.3	56.4	30.6
184	60.6	30.3	56.0	32.7	56.0	31.5	58.3	31.3	56.4	30.6
185	60.6	30.4	56.1	32.8	56.1	31.5	58.3	31.3	56.4	30.6
186	60.6	30.4	56.1	32.8	56.1	31.5	58.3	31.3	56.4	30.6
187	60.7	30.4	56.2	32.8	56.2	31.6	58.3	31.3	56.4	30.6
188	60.7	30.4	56.2	32.8	56.2	31.6	58.3	31.4	56.4	30.7
189	60.7	30.4	56.2	32.9	56.2	31.6	58.3	31.4	56.4	30.7
190	60.8	30.4	56.2	32.9	56.2	31.6	58.3	31.4	56.4	30.7
191	60.8	30.5	56.3	32.9	56.3	31.6	58.3	31.4	56.5	30.7
192	60.8	30.5	56.3	32.9	56.3	31.7	58.3	31.4	56.5	30.7
193	60.9	30.5	56.3	33.0	56.3	31.7	58.3	31.4	56.5	30.7
194	60.9	30.5	56.3	33.0	56.3	31.7	58.4	31.5	56.6	30.8
195	61.0	30.5	56.3	33.0	56.3	31.7	58.3	31.5	56.6	30.8
196	61.1	30.6	56.4	33.0	56.4	31.7	58.4	31.5	56.7	30.8
197	61.1	30.6	56.4	33.0	56.4	31.7	58.4	31.5	56.7	30.8
198	61.2	30.6	56.4	33.1	56.4	31.8	58.4	31.5	56.7	30.8
199	61.2	30.6	56.4	33.1	56.4	31.8	58.4	31.5	56.7	30.8
200	61.2	30.6	56.4	33.1	56.4	31.8	58.4	31.6	56.7	30.8
201	61.2	30.7	56.4	33.1	56.4	31.8	58.4	31.6	56.8	30.9
202	61.2	30.7	56.5	33.1	56.5	31.8	58.5	31.6	56.8	30.9
203	61.2	30.7	56.5	33.2	56.5	31.9	58.4	31.6	56.8	30.9
204	61.3	30.7	56.5	33.2	56.5	31.9	58.4	31.6	56.8	30.9
205	61.3	30.7	56.5	33.2	56.5	31.9	58.4	31.6	56.8	30.9
206	61.3	30.8	56.4	33.2	56.4	31.9	58.4	31.6	56.7	30.9
207	61.3	30.8	56.4	33.2	56.4	31.9	58.5	31.7	56.7	30.9
208	61.3	30.8	56.4	33.3	56.4	31.9	58.5	31.7	56.7	31.0
209	61.3	30.8	56.5	33.3	56.5	32.0	58.4	31.7	56.7	31.0
210	61.3	30.8	56.5	33.3	56.5	32.0	58.5	31.7	56.8	31.0
211	61.4	30.9	56.5	33.3	56.5	32.0	58.6	31.7	56.8	31.0
212	61.4	30.9	56.5	33.3	56.5	32.0	58.5	31.7	56.8	31.0
213	61.4	30.9	56.5	33.4	56.5	32.0	58.5	31.8	56.8	31.0
214	61.3	30.9	56.5	33.4	56.5	32.0	58.6	31.8	56.8	31.0
215	61.3	30.9	56.5	33.4	56.5	32.1	58.7	31.8	56.8	31.1
216	61.2	31.0	56.5	33.4	56.5	32.1	58.6	31.8	56.8	31.1
217	61.2	31.0	56.6	33.4	56.6	32.1	58.6	31.8	56.8	31.1
218	61.2	31.0	56.6	33.5	56.6	32.1	58.6	31.8	56.8	31.1
219	61.3	31.0	56.6	33.5	56.6	32.1	58.6	31.8	56.9	31.1
220	61.3	31.0	56.6	33.5	56.6	32.1	58.7	31.9	56.9	31.1
221	61.3	31.0	56.6	33.5	56.6	32.2	58.7	31.9	57.0	31.1
222	61.3	31.1	56.7	33.5	56.7	32.2	58.6	31.9	57.0	31.2
223	61.4	31.1	56.7	33.5	56.7	32.2	58.6	31.9	57.1	31.2
224	61.5	31.1	56.6	33.6	56.6	32.2	58.7	31.9	57.1	31.2
225	61.5	31.1	56.6	33.6	56.6	32.2	58.7	31.9	57.1	31.2
226	61.5	31.1	56.6	33.6	56.6	32.2	58.8	31.9	57.2	31.2
227	61.6	31.2	56.7	33.6	56.7	32.3	58.7	32.0	57.2	31.2

เวลา (นาที)	Q-con		BPS-20		BPS-40		BPS-60		BPS-80	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
228	61.6	31.2	56.7	33.6	56.7	32.3	58.7	32.0	57.2	31.2
229	61.6	31.2	56.7	33.6	56.7	32.3	58.8	32.0	57.3	31.3
230	61.7	31.2	56.7	33.7	56.7	32.3	58.9	32.0	57.2	31.3
231	61.7	31.2	56.7	33.7	56.7	32.3	58.9	32.0	57.3	31.3
232	61.7	31.2	56.6	33.7	56.6	32.4	59.0	32.0	57.3	31.3
233	61.7	31.3	56.6	33.7	56.6	32.4	59.0	32.0	57.3	31.3
234	61.7	31.3	56.7	33.7	56.7	32.4	59.0	32.1	57.4	31.3
235	61.8	31.3	56.7	33.7	56.7	32.4	58.9	32.1	57.3	31.3
236	61.7	31.3	56.7	33.7	56.7	32.4	58.9	32.1	57.3	31.3
237	61.7	31.3	56.7	33.8	56.7	32.5	58.9	32.1	57.4	31.4
238	61.6	31.3	56.7	33.8	56.7	32.5	59.0	32.1	57.3	31.4
239	61.6	31.4	56.7	33.8	56.7	32.5	59.0	32.1	57.4	31.4
240	61.5	31.4	56.7	33.8	56.7	32.5	59.0	32.1	57.4	31.4
241	61.4	31.4	56.7	33.8	56.7	32.5	59.0	32.1	57.3	31.4
242	61.5	31.4	56.8	33.8	56.8	32.5	59.0	32.2	57.3	31.4
243	61.5	31.4	56.8	33.9	56.8	32.6	59.0	32.2	57.4	31.4
244	61.5	31.5	56.8	33.9	56.8	32.6	59.1	32.2	57.3	31.5
245	61.5	31.5	56.8	33.9	56.8	32.6	59.0	32.2	57.3	31.5
246	61.5	31.5	56.7	33.9	56.7	32.6	59.0	32.2	57.3	31.5
247	61.5	31.5	56.7	33.9	56.7	32.6	59.0	32.2	57.3	31.5
248	61.6	31.5	56.8	33.9	56.8	32.6	59.0	32.2	57.3	31.5
249	61.5	31.5	56.8	33.9	56.8	32.6	59.0	32.3	57.4	31.5
250	61.5	31.5	56.8	33.9	56.8	32.6	59.1	32.3	57.4	31.5
251	61.5	31.5	56.8	34.0	56.8	32.7	59.1	32.3	57.3	31.5
252	61.5	31.5	56.8	34.0	56.8	32.7	59.1	32.3	57.3	31.6
253	61.4	31.6	56.9	34.0	56.9	32.7	59.2	32.3	57.4	31.6
254	61.5	31.6	56.9	34.0	56.9	32.7	59.2	32.3	57.3	31.6
255	61.5	31.6	56.9	34.0	56.9	32.7	59.2	32.3	57.3	31.6
256	61.5	31.6	56.9	34.0	56.9	32.7	59.2	32.3	57.3	31.6
257	61.5	31.6	57.0	34.0	57.0	32.8	59.2	32.4	57.2	31.6
258	61.5	31.6	57.0	34.1	57.0	32.8	59.2	32.4	57.2	31.6
259	61.4	31.6	57.0	34.1	57.0	32.8	59.3	32.4	57.2	31.6
260	61.6	31.6	57.0	34.1	57.0	32.8	59.3	32.4	57.2	31.7
261	61.5	31.6	57.0	34.1	57.0	32.8	59.3	32.4	57.2	31.7
262	61.6	31.6	57.0	34.1	57.0	32.8	59.3	32.4	57.2	31.7
263	61.6	31.6	57.0	34.1	57.0	32.8	59.3	32.4	57.1	31.7
264	61.6	31.6	57.0	34.1	57.0	32.8	59.3	32.4	57.2	31.7
265	61.6	31.6	57.1	34.1	57.1	32.8	59.4	32.4	57.2	31.7
266	61.6	31.7	57.1	34.2	57.1	32.9	59.4	32.5	57.2	31.7
267	61.7	31.7	57.1	34.2	57.1	32.9	59.4	32.5	57.3	31.7
268	61.7	31.7	57.1	34.2	57.1	32.9	59.4	32.5	57.2	31.8
269	61.7	31.7	57.1	34.2	57.1	32.9	59.4	32.5	57.3	31.8
270	61.6	31.7	57.1	34.2	57.1	32.9	59.4	32.5	57.2	31.8
271	61.6	31.7	57.1	34.2	57.1	32.9	59.5	32.5	57.2	31.8
272	61.6	31.7	57.2	34.2	57.2	32.9	59.5	32.5	57.3	31.8
273	61.6	31.7	57.2	34.2	57.2	32.9	59.5	32.5	57.3	31.8

เวลา (นาที)	Q-con		BPS-20		BPS-40		BPS-60		BPS-80	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
274	61.5	31.7	57.2	34.3	57.2	33.0	59.5	32.6	57.3	31.8
275	61.4	31.7	57.2	34.3	57.2	33.0	59.5	32.6	57.3	31.8
276	61.4	31.7	57.2	34.3	57.2	33.0	59.5	32.6	57.3	31.8
277	61.4	31.7	57.2	34.3	57.2	33.0	59.5	32.6	57.4	31.9
278	61.4	31.7	57.2	34.3	57.2	33.0	59.5	32.6	57.4	31.9
279	61.4	31.7	57.2	34.3	57.2	33.0	59.5	32.6	57.4	31.9
280	61.3	31.7	57.2	34.3	57.2	33.0	59.6	32.6	57.4	31.9
281	61.3	31.7	57.3	34.3	57.3	33.0	59.6	32.6	57.4	31.9
282	61.4	31.7	57.3	34.3	57.3	33.0	59.6	32.6	57.4	31.9
283	61.4	31.7	57.3	34.4	57.3	33.1	59.6	32.6	57.4	31.9
284	61.5	31.7	57.3	34.4	57.3	33.1	59.6	32.7	57.4	31.9
285	61.5	31.7	57.3	34.4	57.3	33.1	59.6	32.7	57.4	31.9
286	61.5	31.7	57.3	34.4	57.3	33.1	59.6	32.7	57.5	32.0
287	61.4	31.7	57.3	34.4	57.3	33.1	59.6	32.7	57.5	32.0
288	61.4	31.7	57.4	34.4	57.4	33.1	59.6	32.7	57.5	32.0
289	61.5	31.7	57.4	34.4	57.4	33.1	59.6	32.7	57.5	32.0
290	61.5	31.7	57.4	34.4	57.4	33.1	59.6	32.7	57.6	32.0
291	61.5	31.7	57.4	34.4	57.4	33.1	59.6	32.7	57.6	32.0
292	61.5	31.7	57.4	34.5	57.4	33.2	59.7	32.7	57.6	32.0
293	61.5	31.7	57.4	34.5	57.4	33.2	59.7	32.7	57.6	32.0
294	61.6	31.8	57.4	34.5	57.4	33.2	59.7	32.8	57.6	32.0
295	61.5	31.8	57.4	34.5	57.4	33.2	59.7	32.8	57.6	32.1
296	61.5	31.8	57.5	34.5	57.5	33.2	59.7	32.8	57.6	32.1
297	61.4	31.8	57.5	34.5	57.5	33.2	59.7	32.8	57.6	32.1
298	61.4	31.8	57.5	34.5	57.5	33.2	59.7	32.8	57.6	32.1
299	61.4	31.8	57.5	34.5	57.5	33.2	59.7	32.8	57.6	32.1
300	61.4	31.8	57.5	34.5	57.5	33.2	59.7	32.8	57.6	32.1
301	61.5	31.8	57.5	34.5	57.5	33.2	59.7	32.8	57.6	32.1
302	61.4	31.8	57.5	34.6	57.5	33.3	59.7	32.8	57.6	32.1
303	61.4	31.8	57.5	34.6	57.5	33.3	59.7	32.8	57.5	32.1
304	61.5	31.8	57.5	34.6	57.5	33.3	59.7	32.9	57.5	32.1
305	61.5	31.8	57.5	34.6	57.5	33.3	59.8	32.9	57.5	32.2
306	61.5	31.8	57.6	34.6	57.6	33.3	59.8	32.9	57.6	32.2
307	61.6	31.8	57.6	34.6	57.6	33.3	59.8	32.9	57.6	32.2
308	61.6	31.8	57.6	34.6	57.6	33.3	59.8	32.9	57.6	32.2
309	61.6	31.8	57.6	34.6	57.6	33.3	59.8	32.9	57.6	32.2
310	61.6	31.8	57.6	34.6	57.6	33.3	59.8	32.9	57.6	32.2
311	61.6	31.8	57.6	34.6	57.6	33.3	59.8	32.9	58.2	32.2
312	61.6	31.8	57.6	34.6	57.6	33.3	59.8	32.9	57.8	32.2
313	61.7	31.8	57.6	34.7	57.6	33.4	59.8	32.9	57.8	32.2
314	61.7	31.8	57.6	34.7	57.6	33.4	59.8	33.0	58.5	32.2
315	61.7	31.8	57.6	34.7	57.6	33.4	59.8	33.0	58.2	32.3
316	61.7	31.8	57.6	34.7	57.6	33.4	59.9	33.0	57.8	32.3
317	61.7	31.8	57.6	34.7	57.6	33.4	59.8	33.0	57.8	32.3
318	61.6	31.8	57.7	34.7	57.7	33.4	59.9	33.0	57.9	32.3
319	61.7	31.8	57.6	34.7	57.6	33.4	59.9	33.0	57.9	32.3

เวลา (นาที)	Q-con		BPS-20		BPS-40		BPS-60		BPS-80	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
320	61.6	31.8	57.7	34.7	57.7	33.4	59.9	33.0	57.9	32.3
321	61.6	31.8	57.7	34.7	57.7	33.4	59.9	33.0	57.9	32.3
322	61.6	31.8	57.7	34.7	57.7	33.4	59.9	33.0	57.9	32.3
323	61.6	31.8	57.7	34.7	57.7	33.4	60.0	33.0	57.8	32.3
324	61.6	31.8	57.8	34.8	57.8	33.5	60.0	33.0	57.9	32.3
325	61.7	31.8	57.8	34.8	57.8	33.5	60.0	33.0	57.8	32.4
326	61.6	31.8	57.7	34.8	57.7	33.5	60.0	33.1	57.8	32.4
327	61.7	31.8	57.7	34.8	57.7	33.5	60.0	33.1	58.2	32.4
328	61.7	31.8	57.8	34.8	57.8	33.5	60.0	33.1	59.2	32.4
329	61.7	31.8	57.8	34.8	57.8	33.5	60.1	33.1	58.7	32.4
330	61.7	31.8	57.8	34.8	57.8	33.5	60.1	33.1	58.2	32.4
331	61.7	31.8	57.8	34.8	57.8	33.5	60.1	33.1	58.8	32.4
332	61.8	31.8	57.9	34.8	57.9	33.5	60.1	33.1	59.3	32.4
333	61.8	31.8	57.9	34.8	57.9	33.5	60.1	33.1	58.6	32.4
334	61.8	31.8	57.9	34.8	57.9	33.5	60.1	33.1	58.3	32.4
335	61.8	31.8	57.9	34.8	57.9	33.5	60.1	33.1	58.2	32.4
336	61.8	31.8	57.8	34.9	57.8	33.6	60.1	33.1	58.3	32.4
337	61.8	31.8	57.8	34.9	57.8	33.6	60.2	33.1	58.2	32.5
338	61.8	31.8	57.8	34.9	57.8	33.6	60.2	33.2	58.2	32.5
339	61.8	31.8	57.9	34.9	57.9	33.6	60.2	33.2	58.2	32.5
340	61.8	31.8	57.9	34.9	57.9	33.6	60.2	33.2	58.1	32.5
341	61.8	31.8	57.9	34.9	57.9	33.6	60.2	33.2	58.1	32.5
342	61.7	31.8	57.8	34.9	57.8	33.6	60.2	33.2	58.1	32.5
343	61.7	31.8	57.8	34.9	57.8	33.6	60.2	33.2	58.1	32.5
344	61.7	31.8	57.8	34.9	57.8	33.6	60.3	33.2	58.0	32.5
345	61.7	31.8	57.8	34.9	57.8	33.6	60.3	33.2	58.1	32.5
346	61.7	31.8	57.8	34.9	57.8	33.6	60.3	33.2	58.1	32.5
347	61.6	31.8	57.8	34.9	57.8	33.6	60.3	33.2	58.1	32.5
348	61.6	31.8	57.8	34.9	57.8	33.6	60.3	33.2	58.1	32.5
349	61.7	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.3	33.2	58.1	32.6
350	61.7	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.3	33.3	58.2	32.6
351	61.8	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.3	33.3	58.2	32.6
352	61.9	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.3	33.3	58.2	32.6
353	61.9	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.4	33.3	58.2	32.6
354	61.9	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.4	33.3	58.2	32.6
355	61.9	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.4	33.3	58.2	32.6
356	61.9	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.4	33.3	58.2	32.6
357	61.9	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.4	33.3	58.2	32.6
358	62.0	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.4	33.3	58.2	32.6
359	62.0	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.4	33.3	58.2	32.6
360	62.0	31.8	57.8	35.0	57.8	33.7	60.4	33.3	58.2	32.6

หมายเหตุ : T1 คือค่าอุณหภูมิด้านให้ความร้อน (°C) , T2 คือค่าอุณหภูมิด้านหลบร้อน (°C)

ตาราง ค.8 การทดสอบการรับแรงอัดของผนังอิฐบล็อกกละลาปาล์มน้ำมันที่อัตราส่วนร้อยละ 40

Vertical Displacement (Div., X 0.01mm)	DL (mm)	Strain (%)	Axial Load (kg)	Stress (kg/cm ²)
0	0.00	0.000	0	0.000
70	0.70	0.070	476	0.529
130	1.30	0.130	953	1.059
178	1.78	0.178	1429	1.588
223	2.23	0.223	1906	2.117
290	2.90	0.290	2382	2.647
355	3.55	0.355	2858	3.176
405	4.05	0.405	3335	3.705
460	4.60	0.460	3811	4.235
505	5.05	0.505	4288	4.764
552	5.52	0.552	4764	5.293
600	6.00	0.600	5240	5.823
644	6.44	0.644	5717	6.352
688	6.88	0.688	6193	6.881
723	7.23	0.723	6670	7.411
808	8.08	0.808	7146	7.940
875	8.75	0.875	7622	8.469
912	9.12	0.912	8099	8.999
965	9.65	0.965	8575	9.528
1001	10.01	1.001	9052	10.057
1052	10.52	1.052	9528	10.587
1095	10.95	1.095	10004	11.116
1138	11.38	1.138	10481	11.645
1185	11.85	1.185	10957	12.175
1222	12.22	1.222	11434	12.704
1288	12.88	1.288	11910	13.233
1340	13.40	1.340	12386	13.763
1384	13.84	1.384	12863	14.292
1428	14.28	1.428	13339	14.821
1472	14.72	1.472	13816	15.351
1525	15.25	1.525	14292	15.880
1575	15.75	1.575	14768	16.409
1635	16.35	1.635	15245	16.939
1715	17.15	1.715	15721	17.468
1790	17.90	1.790	14292	15.880
1859	18.59	1.859	11910	13.233
1897	18.97	1.897	9528	10.587