

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 การศึกษาเอกสารเกี่ยวกับงานวิจัยเพื่อนำเอาปาล์มน้ำมันมาใช้ประโยชน์	6
2.2 การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้เถ้าชนิดต่าง ๆ ในงานที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง	8
2.2.1 เถ้าลอย	8
2.2.2 เถ้ากินเตา	13
2.2.3 เถ้าที่ได้จากวัสดุธรรมชาติอื่นๆ	14
2.3 อิฐคอนกรีต	16
2.4 คอนกรีตเบา	19
บทที่ 3 วิธีวิจัย	22
3.1 ศึกษาคุณสมบัติทั่วไปของตัวอย่างเถ้าปาล์มน้ำมัน	22
3.1.1 สีและรูปร่างอนุภาคของเถ้าปาล์ม	22
3.1.2 ความถ่วงจำเพาะและการกระจายของขนาดอนุภาคเถ้าปาล์ม	22
3.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าปาล์ม	23
3.2 หาปฏิภาคของส่วนผสมโดยวิธีการทดลองผสม	23
3.2.1 การทดลองหาปริมาณการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันเพื่อแทนที่ซีเมนต์ในมอร์ต้า	23

3.2.2 การทดลองหาปริมาณการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทน มวลรวมบางส่วนในคอนกรีต	23
3.2.3 การทดลองหาปริมาณการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันเพื่อเป็นมวลรวม	24
3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน	24
3.4 การวิเคราะห์ราคาต้นทุนการผลิต	25
3.5 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย	27
3.6 สถานที่ทำการวิจัย	27
3.7 ข้อจำกัดของการวิจัย	27
บทที่ 4 ผลการวิจัย	28
4.1 การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของเถ้าปาล์ม	28
4.1.1 สีและรูปร่างของอนุภาคเถ้าปาล์ม	28
4.1.2 ความถ่วงจำเพาะและขนาดอนุภาค	29
4.1.3 องค์ประกอบทางเคมี	31
4.2 การทดลองหาส่วนผสมที่เหมาะสมโดยใช้เถ้าปาล์ม มาเป็นส่วนผสมในมอร์ต้าและคอนกรีต	32
4.2.1 การทดลองนำเถ้าปาล์มมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลานเพื่อทดแทน ปูนซีเมนต์	32
4.2.2 การทดลองนำเถ้าปาล์มมาใช้เป็นวัสดุทดแทนมวลรวม	37
4.2.3 การทดลองปรับส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ ทราช และเถ้าปาล์ม	44
4.3 การทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ	53
4.3.1 การทดสอบการนำความร้อน	53
4.3.2 การทดสอบการต้านทานความร้อนโดยกล่องทดสอบ	54
4.3.3 การประมาณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารสมมติ	56
4.4 เปรียบเทียบราคาของอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน	57
4.4.1 ราคาต่อหน่วยของอิฐคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมัน	57
4.4.2 การเปรียบเทียบราคาผนัง	58
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม	63

ลิขสิทธิ์ในผลงานวิจัยของใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก	67
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ขนาด การกระจายตัวของอนุภาค และองค์ประกอบทางเคมี	68
ภาคผนวก ข เครื่องมือและขั้นตอนในการวิจัย	71
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำและ ความสามารถในการรับแรงอัดของวัสดุ	76
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของวัสดุ	78
ภาคผนวก จ มาตรฐานคอนกรีตมวลเบา	79
ภาคผนวก ฉ คุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุ	82
ประวัติผู้เขียน	84

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ประมาณการวัสดุเหลือทิ้งจากปาล์มน้ำมันและพลังงานที่ได้	3
2.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุปอชโซลาน Class N ตามมาตรฐาน ASTM C618-94a	6
2.2 การแบ่งชั้นคุณภาพของเถ้าลอยตามมาตรฐาน ASTM C618-94a	10
2.3 คุณสมบัติของคอนกรีตเบาเปรียบเทียบกับคอนกรีตทั่วไป	19
2.4 เกณฑ์ขนาดคละของมวลรวมเบาที่ใช้สำหรับอิฐคอนกรีต	20
4.1 เปรียบเทียบขนาดคละของมวลรวมกับค่ามาตรฐานตาม ASTM C33	30
4.2 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และเถ้าปาล์มน้ำมันจากโรงงานต่างๆกัน	31
4.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของเถ้าปาล์มกับสารปอชโซลานตามมาตรฐาน ASTM C 618	32
4.4 อัตราส่วนผสมและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของมอร์ต้า	33
4.5 แสดงค่าความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าผสมเถ้าปาล์มที่อายุ 28 วัน	33
4.6 แสดงกำลังอัดและร้อยละของกำลังอัดของมอร์ต้าผสมเถ้าปาล์มแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15, 20 และ 25 ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน	35
4.7 อัตราส่วนผสมและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มแทนที่ทรายบางส่วน	37
4.8 แสดงค่าความหนาแน่นและค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมเถ้าปาล์มแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนักที่อายุ 28 วัน	38
4.9 แสดงกำลังอัดและร้อยละของกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าปาล์มแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนักที่อายุ 28 วัน	39
4.10 อัตราส่วนผสมและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของคอนกรีตที่ใช้เถ้าปาล์มแทนที่ทรายบางส่วน	41

ตาราง	หน้า
4.11 แสดงค่าความหนาแน่นและค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมเถ้าปาล์ม แทนที่หินฝุ่นในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนักที่อายุ 28 วัน	41
4.12 แสดงกำลังอัดและร้อยละของกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์ม แทนที่หินฝุ่นที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน	43
4.13 อัตราส่วนผสมและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของคอนกรีตที่ใช้เถ้าปาล์มเป็นมวลรวม	45
4.14 แสดงค่าความหนาแน่นและค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน	46
4.14 (ต่อ) แสดงค่าความหนาแน่นและค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน	47
4.15 แสดงค่าความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ ร้อยละ 30, 25, 20 และ 15 เถ้าปาล์มร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก ที่อายุ 28 วัน	49
4.15 (ต่อ) แสดงค่าความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ ร้อยละ 30, 25, 20 และ 15 เถ้าปาล์มร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก ที่อายุ 28 วัน	50
4.16 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ	53
4.17 แสดงอุณหภูมิของกล่องทดสอบที่สร้างจากวัสดุต่างชนิดกัน	55
4.18 เปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารและการใช้พลังงาน ในอาคารของผนังที่ใช้วัสดุต่างชนิดกัน	57
4.19 เปรียบเทียบประมาณการต้นทุนผนัง (บาท/ตร.ม.)	58
4.19 (ต่อ) เปรียบเทียบประมาณการต้นทุนผนัง (บาท/ตร.ม.)	59
5.1 คุณสมบัติเปรียบเทียบของวัสดุก่อผนังชนิดต่างๆและอิฐคอนกรีตผสมเถ้าปาล์ม	61

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 ผลผลิตปาล์มน้ำมัน ปีพ.ศ. 2540-2548	1
1.2 ปริมาณผลผลิตปาล์มน้ำมันในภาคใต้ ปีพ.ศ. 2546 แยกตามจังหวัด	2
1.3 ทะลายปาล์มเปล่าที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล	3
1.4 การนำเถ้าปาล์มออกจากเตาเผา	4
1.5 การกองเก็บเถ้าปาล์มของโรงงานอุตสาหกรรม	4
2.1 การเรียงตัวของมวลรวมขนาดคละต่างๆกัน	16
2.2 แผนภาพส่วนคละของมวลรวม	17
2.3 ลักษณะของคอนกรีตเบา	19
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและค่าการนำความร้อนของคอนกรีตมวลเบา	20
3.1 ลักษณะโปรแกรมวิเคราะห์ค่า OTTV	25
3.2 ลำดับขั้นตอนการวิจัย	26
4.1 ภาพขยายอนุภาคของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และเถ้าปาล์มที่กำลังขยาย 750 เท่า	29
4.2 ภาพขยายอนุภาคของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และเถ้าปาล์มที่กำลังขยาย 2000 เท่า	29
4.3 การกระจายขนาดอนุภาคเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตาม ASTM C33	30
4.4 ความหนาแน่นของมอร์ต้าที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มต่างกัน	34
4.5 ค่าการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มต่างกัน	34
4.6 เครื่องทดสอบวัสดุเอนกประสงค์และการทดสอบมอร์ต้า	35
4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดและอายุของมอร์ต้าที่ผสมเถ้าปาล์มแทนที่ ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนัก ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน	36
4.8 แสดงความหนาแน่นของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มแทนที่ทรายต่างกัน	38
4.9 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มแทนที่ทรายต่างกัน	39
4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดและอายุของคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มแทนที่ ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนัก ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน	40
4.11 แสดงความหนาแน่นของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มแทนที่หินปูนต่างกัน	42

ภาพ	หน้า
4.12 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มแทนที่ทรายต่างกัน	42
4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดและอายุของคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มแทนที่หินฝุ่นในอัตราส่วนร้อยละ 10, 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนัก ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน	43
4.14 เปรียบเทียบความหนาแน่นของคอนกรีตที่มีอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 30, 25, 20 และ 15 เถ้าปาล์มร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักที่อายุ 28 วัน	48
4.15 เปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่มีอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 30, 25, 20 และ 15 เถ้าปาล์มร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักที่อายุ 28 วัน	48
4.16 แสดงค่าการรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 และมีอัตราส่วนเถ้าปาล์มร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วันตามลำดับ	51
4.17 แสดงค่าการรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์ร้อยละ 25 และมีอัตราส่วนเถ้าปาล์มร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วันตามลำดับ	51
4.18 แสดงค่าการรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 และมีอัตราส่วนเถ้าปาล์มร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วันตามลำดับ	52
4.19 แสดงค่าการรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์ร้อยละ 15 และมีอัตราส่วนเถ้าปาล์มร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วันตามลำดับ	52
4.20 กล้องตัวอย่างเพื่อทดสอบอุณหภูมิภายนอกและภายใน	54
4.21 แสดงอุณหภูมิเปรียบเทียบของกล้องทดสอบจากวัสดุต่างชนิดกัน	56
5.1 ลักษณะของอิฐคอนกรีตเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อก	60