

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 เถ้าแกลบและคุณสมบัติของเถ้าแกลบ	9
2.2 ปูนซีเมนต์	12
2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเถ้าแกลบมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์	13
บทที่ 3 การกำหนดวัตถุประสงค์และการออกแบบกระบวนการวิจัย	17
3.1 การสำรวจภาคสนามโรงงานผลิตบัวซีเมนต์มอนด์สำเร็จรูป	17
3.2 การทดลองเบื้องต้นในการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบเพื่อเปรียบเทียบกำลังอัด-กำลังดึงของมอนด์ที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบจากแหล่งต่าง ๆ กัน	31
3.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	34
3.4 กระบวนการวิจัย	35
บทที่ 4 การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม	38
บทที่ 5 การทดลองขึ้นรูปและทดสอบการรับแรงค้ำ	53
บทที่ 6 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต	66

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	69
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	76
ประวัติผู้เขียน	



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ข้อกำหนดทางเคมีของสารปอชโซลาน CLASS N ตามมาตรฐาน ASTM 618-97a	11
2.2 ข้อกำหนดทางกายภาพของสารปอชโซลาน CLASS N ตามมาตรฐาน ASTM 618-97a	11
3.1 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นและ Strength ของแท่งมอดต้าที่อายุ 3 วัน ของการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบจากแหล่งที่มาของเถ้าแกลบต่างกัน	32
4.1 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นและ Strength ของแท่งมอดต้าที่อายุ 1 วัน ของแต่ละสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ	45
4.2 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นและ Strength ของแท่งมอดต้าที่อายุ 2 วัน ของแต่ละสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ	45
4.3 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นและ Strength ของแท่งมอดต้าที่อายุ 3 วัน ของแต่ละสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ	46
4.4 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นและ Strength ของแท่งมอดต้าที่อายุ 7 วัน ของแต่ละสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ	46
4.5 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นและ Strength ของแท่งมอดต้าที่อายุ 14 วัน ของแต่ละสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ	47
4.6 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นและ Strength ของแท่งมอดต้าที่อายุ 28 วัน ของแต่ละสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ	47
4.7 อัตราส่วนผสมซีเมนต์ : ทราย : เถ้าแกลบ : น้ำ ของมอดต้าที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ ในสัดส่วนต่าง ๆ กัน โดยมีค่าการยุบตัวคงที่เท่ากับ 5 ซม.	50
4.8 ร้อยละความต้องการน้ำของมอดต้าที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบในสัดส่วนต่าง ๆ กัน เปรียบเทียบกับมอดต้าที่ไม่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ โดยมีค่าการยุบตัวคงที่เท่ากับ 5 ซม.	50
5.1 ความสามารถในการรับแรงดัดเฉลี่ยของบั้งซีเมนต์ขนาดหน้าตัดเล็ก	59
5.2 ความสามารถในการรับแรงดัดเฉลี่ยของบั้งซีเมนต์ขนาดหน้าตัดใหญ่	60
6.1 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบั้งธรรมดา กับบั้งที่ผสมเถ้าแกลบร้อยละ 25 โดยปริมาตร โดยสมมุติให้โรงงานผลิตบั้งซีเมนต์สำเร็จรูปแห่งหนึ่งใช้ปูนซีเมนต์สูงสุด 100 ถุงต่อวัน	67

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 ตัวอย่างบัวสำเร็จรูปที่ผลิตจากซีเมนต์มอนต้าและการนำไปติดตั้งรอบวงกบหน้าต่าง	1
1.2 โรงงานที่ผลิตบัวซีเมนต์มอนต้าสำเร็จรูปแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่	2
1.3 ภาพแสดงเนื้อที่เพาะปลูกข้าวนาปรังทั่วประเทศไทยปี 2547 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2547)	3
1.4 แกลบที่เหลือจากการสีข้าว	4
1.5 โรงสีข้าวของสหกรณ์การเกษตรสันป่าตอง สาขาป่าจี้	5
1.6 แล้งแกลบที่ผ่านตะแกรงออกมา	5
1.7 แล้งแกลบที่ได้จากการนำแกลบสดไปอบข้าว	5
2.1 แล้งแกลบที่ได้จากการเผา (บุญมาก รุ่งเรือง, 2541)	10
2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติการต้านทานแรงอัดของ OPC กับ RHA Cement (Bronzeoak Ltd, 2003)	14
3.1 การผสมวัสดุคิปลินในถังเปิด	18
3.2 การขึ้นรูปฐานทรายด้วยกบ	19
3.3 ฐานทรายยาว 2.10 ม.	19
3.4 การหยอดมอนต้าบนฐานทราย	20
3.5 กบสำหรับขึ้นรูปบัว	20
3.6 การใช้กบไสมอนต้า	20
3.7 การไสมอนต้ายาว 2.10 ม.	21
3.8 การหยอดมอนต้าเพิ่ม	21
3.9 การไสด้วยกบอีกครั้งเพื่อให้เต็มรูป	22
3.10 การตัดลวดอัดแรงยาว 2.10 ม.	22
3.11 การตัดลวดให้ตรง	23
3.12 การวางลวดบนบัวซีเมนต์มอนต้า	23
3.13 การหยอดมอนต้าเพิ่ม	24
3.14 การใช้กบไสให้เต็มรูปอีกครั้ง	24

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
3.15 การโรยผงปูนเพื่อให้ชิ้นงานหมาดเร็วขึ้น	25
3.16 การหยอดน้ำปูน	25
3.17 การทิ้งชิ้นงานไว้บนโต๊ะ 24 ชม.	26
3.18 การแกะชิ้นงานออกจากโต๊ะ	26
3.19 การยกชิ้นงานแบบตะแคงข้าง	27
3.20 การวางชิ้นงานบนพื้นที่ราบเรียบ	27
3.21 การกองเก็บชิ้นงานที่แห้งสนิทแล้ว	27
3.22 การเจาะรูที่บัวด้วยสว่าน	28
3.23 การทาบบัวกับผนัง การใส่เหล็ก และการตอกเพื่อสร้างตำแหน่งการเจาะผนัง	28
3.24 การเจาะรูที่ผนังตามตำแหน่งที่สร้างไว้ และการใช้สว่านกระแทกผิวผนังปูน	29
3.25 การโปะมอด้านบริเวณด้านล่างของบัวตลอดแนว	29
3.26 การติดตั้งบัว และการตอกเหล็กเข้าไปตามตำแหน่งที่เจาะไว้	30
3.27 การฉาบแต่งรอยต่อ	30
3.28 ถ้ำเกลบที่ได้จากโรงงานเผาอิฐมอญ	31
3.29 ถ้ำเกลบที่ได้จากโรงสีข้าว	31
3.30 แสดงกำลังอัดของมอด้าที่เกิดจากการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยถ้ำเกลบจากแหล่งต่าง ๆ กัน ที่อายุ 3 วัน	33
3.31 แสดงกำลังดึงของมอด้าที่เกิดจากการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยถ้ำเกลบจากแหล่งต่าง ๆ กัน ที่อายุ 3 วัน	33
3.23 กระบวนการวิจัย	37
4.1 กรวยโลหะสำหรับทดสอบค่าการยุบตัวของมอด้า	39
4.2 ปูนซีเมนต์ซิลิกา	39
4.3 ทรายละเอียด	40
4.4 ถ้ำเกลบ	40
4.5 น้ำสะอาด	40
4.6 มอด้าที่หล่อในแบบ PVC รูปทรงกระบอก	41
4.7 แผงมอด้าที่ถอดแบบหล่อ PVC ออกแล้ว	41
4.8 Load Measuring Ring	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.9 Hydraulic Press Hand Operate	42
4.10 การทดสอบการรับแรงอัดของแท่งมอดต้า	43
4.11 การทดสอบการรับแรงดึงของแท่งมอดต้าแบบกดด้านข้าง (Split Tensile Test)	43
4.12 ลักษณะการแตกหักของแท่งมอดต้าเมื่อทำการทดสอบการรับแรงอัด	44
4.13 ลักษณะการแตกหักของแท่งมอดต้าเมื่อทำการทดสอบการรับแรงดึงแบบกดด้านข้าง (Split Tensile Test)	44
4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุของมอดต้าที่ผสมเถ้ากลบแทนที่ปูนซีเมนต์ในสัดส่วนร้อยละ 0, 25, 30, 35, 40 และ 45 โดยปริมาตรที่อายุ 1, 2, 3, 7, 14 และ 28 วัน	48
4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงและอายุของมอดต้าที่ผสมเถ้ากลบแทนที่ปูนซีเมนต์ในสัดส่วนร้อยละ 0, 25, 30, 35, 40 และ 45 โดยปริมาตรที่อายุ 1, 2, 3, 7, 14 และ 28 วัน	48
4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและอายุของมอดต้าที่ผสมเถ้ากลบแทนที่ปูนซีเมนต์ในสัดส่วนร้อยละ 0, 25, 30, 35, 40 และ 45 โดยปริมาตร ที่อายุ 1, 2, 3, 7, 14 และ 28 วัน	49
4.17 แสดงค่าความต้องการน้ำของมอดต้าที่มีส่วนผสมของเถ้ากลบในสัดส่วนที่ต่างกันโดยเปรียบเทียบกับมอดต้าที่ไม่มีส่วนผสมของเถ้ากลบ	51
5.1 หน้าตัดบัวขนาดเล็กเสริมลวดอัดแรงปกติ 1 จุด (หน่วยเป็นเซนติเมตร)	54
5.2 หน้าตัดบัวขนาดใหญ่เสริมลวดอัดแรงปกติ 2 จุด (หน่วยเป็นเซนติเมตร)	54
5.3 หน้าตัดบัวขนาดเล็กเสริมลวดอัดแรงพิเศษรวม 2 จุด (หน่วยเป็นเซนติเมตร)	54
5.4 หน้าตัดบัวขนาดใหญ่เสริมลวดอัดแรงพิเศษรวม 3 จุด (หน่วยเป็นเซนติเมตร)	55
5.5 บัวซีเมนต์มอดต้าธรรมดาขนาดหน้าตัดเล็กที่จะนำไปทดสอบ	56
5.6 บัวซีเมนต์มอดต้าผสมเถ้ากลบขนาดหน้าตัดเล็กที่จะนำไปทดสอบ	56
5.7 บัวซีเมนต์มอดต้าธรรมดาขนาดหน้าตัดใหญ่ที่จะนำไปทดสอบ	57
5.8 บัวซีเมนต์มอดต้าผสมเถ้ากลบขนาดหน้าตัดใหญ่ที่จะนำไปทดสอบ	57
5.9 การทดสอบความสามารถในการรับแรงดัดของบัวซีเมนต์มอดต้า	58
5.10 ลักษณะการแตกหักของบัวซีเมนต์มอดต้า	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
5.11 ค่าตัวเลข (Gauge Reading) ที่เข็มของ Load Measuring Ring อ่านขณะที่บิวเกิดการแตกหักจนเสียสภาพ ซึ่งเข็มไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้	59
5.12 แสดงความสามารถในการรับแรงค้ำของบิวซีเมนต์มอนต้าขนาดหน้าตัดเล็ก แต่ละชนิด ที่อายุ 1 , 2 และ 3 วัน	60
5.13 แสดงความสามารถในการรับแรงค้ำของบิวซีเมนต์มอนต้าขนาดหน้าตัดใหญ่ แต่ละชนิด ที่อายุ 1 , 2 และ 3 วัน	61
5.14 แสดงกำลังอัดของแท่งมอนต้ารูปทรงกระบอกที่บ่มน้ำและไม่บ่มน้ำ	63
5.15 แสดงกำลังดึงของแท่งมอนต้ารูปทรงกระบอกที่บ่มน้ำและไม่บ่มน้ำ	63
5.16 แสดงการเจาะรูเพื่อฝากเหล็ก	64
5.17 แสดงการหาระดับการติดตั้ง	64
5.18 บิวที่ติดตั้งกับผนังแล้วก่อนทาสี	64
5.19 บิวที่ติดตั้งกับผนัง ทาสีแล้วเสร็จ	64