

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญแผนภูมิ	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ฒ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหา	1
1.2 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การศึกษาเอกสารเกี่ยวกับกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	4
2.1.1 ลักษณะทั่วไป	4
2.1.2 ลักษณะการมุง	5
2.1.3 ปัญหาต่างๆที่พบ	7
2.2 การศึกษาเอกสารเกี่ยวกับกระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีระบบบัวค้ำน้ำ	12
2.2.1 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีระบบบัวค้ำน้ำด้านเดียว	12
2.2.2 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีระบบบัวค้ำน้ำ 2 ด้าน	13
2.2.3 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีระบบบัวค้ำน้ำรอบตัว	13
2.2.4 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดที่ผลิตจากคอนกรีต	14
2.2.5 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดที่ผลิตจากดินเหนียว	16
2.3 กระเบื้องดินเผา	18
2.3.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิต	18
2.3.2 ขั้นตอนการผลิต	18
2.3.3 ความแข็งแรง	19

	หน้า
2.4 ทฤษฎีคานอย่างง่าย (Simple Beam)	19
2.4.1 การวิเคราะห์โครงสร้างประเภทคาน	19
2.5 วิธีไฟไนต์ เอलिเมนต์(Easy FEM)	20
บทที่ 3 วัสดุประสงค์และวิธีวิจัย	22
3.1 วัสดุประสงค์ของงานวิจัย	22
3.2 วิธีวิจัย	22
3.2.1 ศึกษาที่มาของปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนที่เกิดขึ้น ของกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	22
3.2.2 การเพิ่มความยาวและความหนาของกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	22
3.2.3 การออกแบบรูปทรงและสวดลายของกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	23
3.2.4 การวิเคราะห์ราคาค่าดำเนินการเปรียบเทียบกับวัสดุมุงหลังคาชนิดอื่น	23
3.2.5 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิต	23
3.3 เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย	25
3.4 สถานที่ทำการวิจัย	25
3.5 ข้อจำกัดของการวิจัย	25
บทที่ 4 ผลการวิจัย	26
4.1 การศึกษาที่มาของปัญหาการรั่วซึมของน้ำฝนของกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	26
4.1.1 ขั้นตอนการทดสอบ	28
4.1.2 การเก็บข้อมูล	30
4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	35
4.2 การเพิ่มขนาดความยาวและความหนาของกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	37
4.2.1 การหาค่าโมดูลัสแตกหัก (Modulus of Rupture) ของกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	37
4.2.2 การเก็บข้อมูล	40
4.2.3 ผลการทดลอง	42
4.2.4 การหาค่าความหนาที่เหมาะสมของแผ่นกระเบื้อง	48

	หน้า
4.2.5 การออกแบบรูปตัดขวางและการหาค่าความหนาที่เหมาะสม ของแผ่นกระเบื้องชนิดใหม่	57
4.3 การออกแบบลวดลายของกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	61
4.4 การวิเคราะห์ราคาดำเนินการเปรียบเทียบกับวัสดุมุงหลังคาชนิดอื่น	72
4.4.1. กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตที่มีระบบบัวค้ำน้ำชนิดลอน	72
4.4.2. กระเบื้องมุงหลังคาดินเผาที่มีระบบบัวค้ำน้ำชนิดลอน	73
4.4.3. กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	74
4.4.4. กระเบื้องมุงหลังคาดินเผาที่ได้รับการพัฒนาแล้วจากงานวิจัยนี้	75
4.5 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิต	76
4.5.1 การผลิตกระเบื้องด้วยระบบอัดแรง (Pressing)	76
4.5.2 การผลิตกระเบื้องด้วยแบบหล่อพิมพ์ปูนพลาสติก	78
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	85
5.1 บทสรุปของงานวิจัย	85
5.2 ข้อเสนอแนะ	87
บรรณานุกรม	88
ประวัติผู้เขียน	90

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ระเบียบแต่ละชนิดกับความเสี่ยงต่อการถูกลมพัดปลิวหลุดจากโครงสร้างหลังคา	8
2.2 ราคาค่าก่อสร้างหลังคาของกระเบื้องลอนคู่	10
2.3 ราคาค่าก่อสร้างหลังคาของกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอน	11
2.4 ราคาค่าก่อสร้างหลังคาของกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	11
4.1 ค่าโมดูลัสแตกหักของกระเบื้องชนิดเผาพื้น	42
4.2 ค่าโมดูลัสแตกหักของกระเบื้องชนิดเผาแก้ว	46
4.3 ค่าโมดูลัสแตกหักและความหนาที่เหมาะสมของกระเบื้องทั้งสองชนิด	51
4.4 ค่าดำเนินการของการทำงานกระเบื้องมุงหลังคาดินเผาชนิดลอน	74
4.5 ค่าดำเนินการของการทำงานกระเบื้องมุงหลังคาดินเผาที่พัฒนารูปแบบแล้ว	75
5.1 ราคาเปรียบเทียบต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร	85

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ	หน้า
4.1 แผนภูมิกำโมดูลัสแตกหักของกระเบื้องชนิดเผาพื้น ตัวอย่างที่ 1	43
4.2 แผนภูมิกำโมดูลัสแตกหักของกระเบื้องชนิดเผาพื้น ตัวอย่างที่ 2	43
4.2 แผนภูมิกำโมดูลัสแตกหักของกระเบื้องชนิดเผาพื้น ตัวอย่างที่ 3	44
4.4 แผนภูมิกำโมดูลัสแตกหักของกระเบื้องชนิดเผาพื้น ตัวอย่างที่ 4	44
4.5 แผนภูมิกำโมดูลัสแตกหักของกระเบื้องชนิดเผาแก๊ส ตัวอย่างที่ 1	47
4.8 แผนภูมิกำโมดูลัสแตกหักของกระเบื้องชนิดเผาแก๊ส ตัวอย่างที่ 2	47
4.7 แผนภูมิกำโมดูลัสแตกหักของกระเบื้องชนิดเผาแก๊ส ตัวอย่างที่ 3	48
4.8 แผนภูมิกำโมดูลัสแตกหักของกระเบื้องชนิดเผาแก๊ส ตัวอย่างที่ 4	48
4.9 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่า Allowable กับค่าความหนาของกระเบื้องที่มีความยาวเท่ากับ 0.3338 ม, 0.4338 ม. และ 0.5338 ม.	52

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 อาคารพักอาศัยที่มุงด้วยกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	1
1.2 การติดตั้งวัสดุมุงหลังคาที่ทำมาจากพืช	2
2.1 กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	4
2.2 การมุงหลังคาแบบ Double-lab Tilling	5
2.3 การมุงหลังคาแบบ Crown Tilling	6
2.4 กระเบื้องมุงหลังคาลอนคู่	9
2.5 อุปกรณ์ยึดแผ่นกระเบื้องแบบต่างๆ	9
2.6 หลังคาแบบ Wire-cut Interlocking Clay Tiles	12
2.7 หลังคาแบบ Flat Clay Roof tiles with Deep Side and Tail Ribs	13
2.8 หลังคาแบบ Flat Clay Roof Tiles with Ribs all Sides	13
2.9 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดลอน	15
2.10 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดกริดชนิดแผ่นเรียบ	15
2.11 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดลอน	17
2.12 คานธรรมดา	19
2.13 แบบจำลองการตรวจสอบหน่วยแรงในแผ่นกระเบื้อง	21
2.14 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นภายในสามารถอธิบายด้วยแถบสีต่างๆ	21
3.1 ลำดับขั้นตอนการวิจัย	24
4.1 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดผิวเรียบ 2 ด้าน	26
4.2 กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ (จศ.)	27
4.3 กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ(ผิวหน้าเรียบ ด้านหลังเป็นสายทาง)	27
4.4 การทดสอบความสามารถต่อการป้องกันความเสียหายจากความเย็น	28
4.5 พัฒลมและพื้นหลังคากระเบื้องดินขอ	29
4.6 เครื่องมือวัดความเร็วลม	29
4.7 การมุงหลังคากระเบื้องมุงหลังคาชนิดเรียบ 2 ด้าน	30
4.8 การพ่นน้ำกระทบพื้นหลังคาชนิดเรียบ 2 ด้าน	30
4.9 รอยน้ำที่เกิดขึ้นใต้แผ่นกระเบื้องจากแรงตึงผิว	31

ภาพ	หน้า
4.10 รอยหยดน้ำที่ค้างอยู่หลายจุดตามแผ่นกระเบื้อง	31
4.11 การมุงหลังคากระเบื้องมุงหลังคาดินขอ ชนิด จศ.	32
4.12 กระเบื้องมีการบิดงอ เกิดช่องว่างหลายแห่ง	32
4.13 การพ่นน้ำกระทบพื้นหลังคาชนิด จศ.	33
4.14 แสดงรอยน้ำที่เกิดขึ้นใต้แผ่นกระเบื้องจากแรงลมพัดย้อน	33
4.15 กระเบื้องที่มีรอยใหม่และบิดงอมาก	34
4.16 ลวดลายหลังการมุงไม่เป็นระเบียบเนื่องจากการบิดงอ	34
4.17 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดดินขอชนิดเผาด้วยเตาพื้น	38
4.18 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดดินขอชนิดเผาด้วยเตาแก๊ส	38
4.19 Measuring Ring	39
4.20 เครื่องอัดไฮดรอลิก	39
4.21 ชุดทดสอบแรงดัด	40
4.22 การกดน้ำหนักผ่าน Measuring Ring	40
4.23 น้ำหนักที่กระทำบนแผ่นกระเบื้อง	50
4.24 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดเผา ชนิดมีระบบบัวดักน้ำ	53
4.25 ภาพฉายหลังการมุง	53
4.26 ภาพแสดงระยะแปและการรูปตัดกระเบื้องมุงหลังคาชนิดเผา	54
4.27 ซอฟต์แวร์ Easy Finite Element อย่างง่าย	55
4.28 รูปตัดขวางของกระเบื้องมุงหลังคาชนิดเผา	55
4.29 การเปลี่ยนรูปของแผ่นกระเบื้อง	56
4.30 การมุงหลังคากระเบื้องดินขอ	57
4.31 รูปตัดขวางของกระเบื้องมุงหลังคาชนิดขึ้นบันได	57
4.32 รูปตัดขวางของกระเบื้องมุงหลังคาชนิดเรียบ	58
4.33 รูปตัดขวางของกระเบื้องมุงหลังคาชนิดขึ้นบันไดที่เพิ่มคานรับแรง	58
4.34 แรงภายในที่เกิดในกระเบื้องแบบท้องเรียบ	59
4.35 แรงภายในที่เกิดในกระเบื้องแบบเสริมคาน	59
4.36 แรงภายในที่เกิดในกระเบื้อง หน้า 1.8 ซม.	60
4.37 แรงภายในที่เกิดในกระเบื้อง หน้า 2.0 ซม.	61
4.38 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดดินขอขนาด 10 x 20 ซม.	61

ภาพ	หน้า
4.39 ลวดลายที่ได้ภายหลังการมุงของกระเบื้องมุงหลังคาดินขอขนาด 10 x 20 ซม.	62
4.40 การจัดเรียงกระเบื้องมุงหลังคาดินขอแบบที่ 1	63
4.41 การจัดเรียงกระเบื้องมุงหลังคาดินขอแบบที่ 2	64
4.42 แนวร่องที่เกิดขึ้นบนแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	65
4.43 กระเบื้องมุงหลังคาดินขอขนาด 15 x 20 ซม.	66
4.44 ลวดลายที่ได้ภายหลังการมุงของกระเบื้องมุงหลังคาดินขอขนาด 15 x 20 ซม.	66
4.45 การจัดเรียงกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	67
4.46 รูปด้านบนของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	68
4.47 รูปด้าน ด้านซ้ายของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	69
4.48 รูปด้าน ด้านขวาของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	69
4.49 รูปตัดด้านยาวของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	69
4.50 รูปตัดด้านสั้นส่วนล่างของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	70
4.51 รูปตัดด้านสั้นส่วนบนของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา	70
4.52 แสดงการมุงหลังคาและระยະแป	70
4.53 ภาพเปรียบเทียบลวดลายที่ได้ภายหลังการมุงหลังคาของกระเบื้องมุงหลังคาแบบใหม่และแบบดั้งเดิม	71
4.54 แสดงขนาด ระยະ และวัสดุในการติดตั้งกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตที่มีระบบบัวค้ำน้ำชนิดลอน	72
4.55 แสดงขนาด ระยະ และวัสดุในการติดตั้งกระเบื้องมุงหลังคาดินเผาที่มีระบบบัวค้ำน้ำชนิดลอน	73
4.56 แสดงขนาด ระยະ และวัสดุในการติดตั้งกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	74
4.57 แสดงขนาด ระยະ และวัสดุในการติดตั้งกระเบื้องมุงหลังคาดินเผาที่ได้รับการพัฒนาแล้ว	75
4.58 Accessory tile press	76
4.59 Swivel table press	77
4.60 แม่พิมพ์ปูนพลาสติกเทอร์พอสเมอริค	77
4.61 ถาดรองแผ่นกระเบื้อง	78
4.62 ดันแบบบีคิง	79
4.63 กระเบื้องที่ผลิตจากปูนพลาสติกเทอร์พอสเมอริค	79



ภาพ	หน้า
4.64 การนำกระเบื้องที่ผลิตด้วยปูนพลาสติกอร์มาบุงบน โครงสร้างเหล็ก	80
4.65 ความยาวของร่องระบายน้ำยาวไม่คลุมเหนือกระเบื้องแผ่นล่าง	81
4.66 กระเบื้องที่ได้รับการแก้ไขส่วนบัวค้ำน้ำ	81
4.67 แม่พิมพ์เพื่อหล่อหน้าดิน	82
4.68 รูกรอกหน้าดิน	82
4.69 ขั้นตอนการเตรียมหน้าดิน	82
4.70 การตีดินให้เข้ากัน	83
4.71 การกรอกหน้าดินเข้าไปในแม่พิมพ์	83
4.72 กระเบื้องดินเผาที่นำออกจากแม่พิมพ์	84
5.1 ภาพกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ	86
5.2 ภาพกระเบื้องมุงหลังคาที่พัฒนารูปแบบแล้ว	86
5.3 แสดงบริเวณที่ต้องลบเหลี่ยมมุม	87

## อักษรย่อและสัญลักษณ์

w	น้ำหนักบรรทุกบนแผ่นกระเบื้องที่ใช้ออกแบบ
l	ระยะห่างของแปที่รองรับแผ่นกระเบื้อง
$\sigma$	กำลังรับแรงคด (Bending Strength) ของกระเบื้อง
b	ความกว้างของแผ่นกระเบื้อง
d	ความหนาของแผ่นกระเบื้อง
h	ความหนาของกระเบื้อง
I	Moment of Inertia
L	ระยะค้ำได้แผ่นกระเบื้อง
M	Moment
P	น้ำหนักรวมของวัสดุที่อยู่กระเบื้อง
W	น้ำหนักของกระเบื้อง
y	ระยะจากแกนสะเทินถึงจุดขอบวัตถุ
$\Sigma$	Allowable stress (โมดูลัสแตกหัก)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved