การประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดเถ้าชีวมวล

Application of sandstone powder in bio-mass ash compressed brick production

ปริญญานิพนธ์

ของ

สุปราณี	สีพรมติ่ง	54010320054
พรศุลี	ป้องคำแสน	55010370027

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

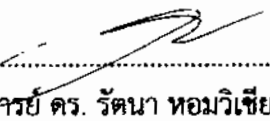
Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

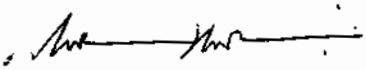
..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์นบปนม แก้วหานาม)



..... กรรมการ

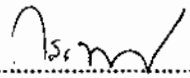
(อาจารย์ ดร. รัตนา หอมวิเชียร)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สหลาภ หอมวุฒิวงศ์)

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้อนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกสร วงศ์เกษม)

หัวหน้าสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

Mahasarakham University

ม 388 | 57

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา แนะนำ ความคิดเห็น และกำลังใจแก่ผู้จัดทำ

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สหลาภ หอมวุฒิวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้ความช่วยเหลือ ให้แนวคิดความรู้ทางวิชาการ แนะแนวทางในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ตรวจสอบปริญญานิพนธ์ ทุกขั้นตอน ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำ ซึ่งเป็นผลให้ผู้จัดทำมีความสามารถในการทำและพัฒนาปริญญานิพนธ์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ดร. รัตนา หอมวิเชียร และ ท่านอาจารย์นบปนม แก้วหานาม กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะ แก้ไข ให้แนวคิดต่างๆ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิศวกรรมโยธา ที่ได้ให้คำแนะนำและอบรมสั่งสอนตลอดมา ขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดหาวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งเป็นสถานที่ในการจัดสร้างการทดสอบและจัดทำปริญญานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ นายมีศักดิ์ พัวพิทยาธร นายณัฐพล ราชบัด พี่น้องและเพื่อนๆตลอดจนบุคคลต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากมาย ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้จัดทำ ที่ได้ช่วยส่งเสริมสนับสนุน กระตุ้นเตือน คอยเอาใจใส่ดูแล ให้กำลังใจและทุนทรัพย์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

นางสาวสุปราณี สีพรมติ่ง
นางสาวพรศุลี ป้องคำแสน

Mahasarakham University

ชื่อเรื่อง การประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดเถ้าชีวมวล
ผู้วิจัย นางสาวสุปราณี สีพรมติ่ง
นางสาวพรศุลี ป้องคำแสน
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สหลาภ หอมวุฒิวงศ์
ปริญญา วศ.บ. **สาขาวิชา** วิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2558

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ นี้เป็นการศึกษา คุณสมบัติของวัสดุก่อผนังที่ได้จากการประยุกต์ใช้ผงหินทราย ในการผลิตอิฐอัดเถ้าชีวมวล ซึ่งได้นำผงหินทรายมาแทนทรายในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ส่วนผสมใน การศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วย เถ้าชีวมวล , ปูนซีเมนต์ , ทราย , ตะกอนน้ำประปา และผงหินทรายที่ ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 และขึ้นรูปก้อนตัวอย่างโดยเครื่องอัดที่ใช้แรงคน แล้วทำการบ่มชื้นใน อากาศจนครบอายุการทดสอบซึ่งได้แก่ 7 , 14 และ 28 วัน คุณสมบัติของอิฐอัดที่ทำการทดสอบคือ กำลังรับแรงอัด การดูดซึมน้ำ และการนำความร้อน

จากผลการวิจัยพบว่าการใช้ผงหินทรายเป็นส่วนผสมที่อัตราส่วนร้อยละ 60 แทนทราย มี คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัดเทียบเท่ากำลังรับแรงอัดของอิฐมอญ โดยที่คุณสมบัติการดูดซึมน้ำไม่อยู่ใน เกณฑ์มาตรฐาน มอก.77-2545 สำหรับการทดสอบการนำความร้อน พบว่าอิฐอัดมีค่าการนำความร้อน ใกล้เคียงกับค่าการนำความร้อนของอิฐมวลเบา นอกจากนี้พบว่าอิฐอัดมีค่าการส่งผ่านความร้อนต่ำเมื่อ เปรียบเทียบกับวัสดุอื่นๆ

Mahasarakham University

TITLE Application of sandstone powder in bio-mass ash compressed brick production

AUTHOR Ms. Supranee seepromting
Ms. Pornsulee Pongkamsean
ADVISORS Asst.Prof. Sahalaph Homwottiwong, Ph.D.

DEGREE **B.Eng.** (Civil Engineering)
UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2015

Abstract

This project aims to study properties of masonry unit, which made from sandstone powder and water slugde walste. The sandstone powder were employed to mixture with various ratios. Bio – mass ash, Portland cement, sand, water slugde waste and sandstone poweder passing sieve number 200 ware mixed and cast a sample by human compression machine. Sample properties were investigated, namely, compressive strength at the ages of 7, 14 and 28 day, water absorption and heat conductivity.

From the results, it was found that the use of sandstone powder at 60% to replace sand in the mixture gave the slightly different compressive strength as compare to clay burned brick. The water absorption was lower than the value of Standard TIS.77-2545 For heat conductivity, The clay burned brick was similar to the light – weight concrete block. Otherwise, the compressed brick from this study had the high value of heat conductivity as compare to those two materials.

Mahasarakham University

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ที่มาและความสำคัญ	1
	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	ขอบเขตการศึกษา	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	แผนการดำเนินการศึกษา	3
2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
	อิฐมอญ	4
	อิฐอัด	7
	ปูนซีเมนต์	8
	เถ้าชีวมวล	13
	ตะกอนน้ำประปา	14
	น้ำ	14
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
3	การดำเนินการศึกษา	17
	วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย	17
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	17
	อัตราส่วนผสม	17
	ขั้นตอนทำอิฐอัด	18
	การบ่มอิฐอัด	19
	การทดสอบคุณบัติของอิฐ	19
4	ผลการศึกษา	22
	ผลการศึกษาเงื่อนไขและปัจจัย	22
	ทดสอบกำลังรับแรงอัด	22
	การทดสอบการดูดซึมน้ำ	24
	การทดสอบการนำความร้อน	26

Mahasarakham University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	29
สรุปผลการศึกษา	29
ข้อเสนอแนะ	29
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก	32
ภาคผนวก ก ตารางการทดลอง	33
ประวัติย่อผู้วิจัย	70

Mahasarakham University

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 แผนการดำเนินการศึกษา 3
2 แสดงขนาดของอิฐมอญ 6
3 เปรียบเทียบกำลังอัดของปูนซีเมนต์ทั้งห้าประเภท 11
4 อัตราส่วนผสม 17
5 แรงอันต่ำสุดของอิฐ 20
6 การดูดซึมของอิฐ 21
7 ค่ากำลังอัดเฉลี่ย จากการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัด ผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปา 22
8 ค่าการดูดซึมน้ำจากการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลและตะกอนน้ำประปา 25
9 การนำความร้อนของวัสดุประกอบโครงสร้าง 27
10 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0 (ครั้งที่ 1) 34
11 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0 (ครั้งที่ 2) 36
12 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0 (ครั้งที่ 3) 38
13 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 (ครั้งที่ 1) 40
14 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 (ครั้งที่ 2) 42
15 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 (ครั้งที่ 3) 44
16 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 (ครั้งที่ 1) 46
17 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 (ครั้งที่ 2) 48
18 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 (ครั้งที่ 3) 50
19 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60 (ครั้งที่ 1) 52

Mahasarakham University

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

21 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหิน ทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60 (ครั้งที่ 2) 54

21 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหิน ทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60 (ครั้งที่ 3) 56

22 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหิน ทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 (ครั้งที่ 1) 58

23 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหิน ทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 (ครั้งที่ 2) 60

24 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหิน ทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 (ครั้งที่ 3) 62

25 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหิน ทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 100 (ครั้งที่ 1) 64

26 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหิน ทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 100 (ครั้งที่ 2) 66

27 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหิน ทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 100 (ครั้งที่ 3) 68

Mahasarakham University

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 อิฐอัด 6
2 อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวล 8
3 ฝุ่นหินที่เหลือจากการย่อย 13
4 เถ้าชีวมวล 14
5 การผสมวัสดุด้วยมือ 18
6 เครื่องอัดอิฐด้วยแรงคน 19
7 กราฟค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ย ของการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปา 23
8 กราฟค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปาที่อัตราส่วนผสมเทียบกับเวลา 24
9 กราฟค่าการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน 25
10 เครื่องทดสอบการนำความร้อน 26
11 กราฟแสดงค่าการนำความร้อน 27

Mahasarakham University

บทที่ 1

บทนำ

หลักการและเหตุผล

อิฐมอญเป็นวัสดุก่อสร้างที่มนุษย์รู้จักนำวัสดุจากธรรมชาติมาทำเป็นก้อน ใช้ในการก่อสร้างมาเป็นพันปีแล้ว การใช้อิฐครั้งแรกนั้นใช้ในสมัยอียิปต์โบราณ ในสมัยนั้นใช้โคลนในแม่น้ำไนท์มาย่ำและปั้นให้เป็นก้อนตามขนาดที่ต้องการนำไปตากแดดให้แห้งโดยมิได้มีการเผาให้สุก อิฐชนิดนี้ใช้ในการก่อสร้างกำแพงของอาคารบางประเภท และเนื่องจากภูมิประเทศในแถบนั้นในปีหนึ่งๆฝนตกน้อยมาก จึงไม่มีปัญหาในเรื่องอิฐละลายเพราะการชะล้างออกของน้ำฝน

ปัจจุบันความนิยมในการก่อสร้างอาคาร บ้านเรือน วัสดุหลายชนิดในการก่อสร้าง เช่นอิฐมอญหรืออิฐดินเหนียวเผา บล็อกคอนกรีต บล็อกซีเมนต์ บล็อกดินประสาน บล็อกมวลเบา ฯลฯ แต่ส่วนใหญ่แล้วจะใช้อิฐมอญหรือคอนกรีตบล็อก ซึ่งเป็นวัสดุที่หาง่าย และมีราคาประหยัด เนื่องจากอิฐมอญเป็นที่รู้จักและแพร่หลายกว้างไกลออกไปจึงเป็นที่นิยมใช้ในหมู่คนส่วนมากในการสร้างบ้าน แต่ในการผลิตวัตถุดิบจะใช้ดินเหนียวจากแหล่งธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในกระบวนการผลิตอิฐมอญ ประกอบด้วยต้นทุนสูง และดินเหนียวที่นำมาเป็นวัตถุดิบเริ่มหายากและในการผลิตอิฐมอญจะมีการเผาอิฐก่อนนำมาใช้งานซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้สูงขึ้นทำให้ราคาอิฐมอญเริ่มสูงขึ้น จึงทำให้ผู้คิดค้นหาวัตถุดิบทดแทนขึ้น

จากเหตุผลการทำอิฐมอญดังกล่าวจึงมีความคิดที่จะนำผงหินทราย และเถ้าชีวมวลซึ่งเป็นวัสดุที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายในท้องถิ่น วัสดุนี้เป็นวัสดุที่เหลือจากการร่อนผ่านตะแกรงแล้วนำไปทิ้งอาจจะมีปัญหาที่ตามมาเช่น ฝุ่นละอองที่สามารถเข้าสู่ร่างกายเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ เป็นต้น ซึ่งผงหินทรายได้จากแหล่งจังหวัดอุดรธานีมาพัฒนาเพื่อใช้ในการทำอิฐอัดต้นอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนเถ้าชีวมวลสามารถหาได้จากโรงงานผลิตน้ำตาลทั่วไปและนำตะกอนน้ำประปามาพัฒนาในการทำอิฐอัดต้นด้วยเพื่อเอาไปเปรียบเทียบกำลัง

เนื่องจากเถ้าชีวมวลเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งส่วนใหญ่จะได้จากการเกษตรซึ่งเถ้าชีวมวลมีน้ำหนักเบาและฟุ้งกระจายในอากาศก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมจึงได้มีการนำเถ้าชีวมวลเป็นส่วนผสมของการทำอิฐอัดจะทำให้ช่วยลดต้นทุนสามารถหาง่ายในท้องถิ่น และผงหินทราย เป็นวัสดุที่ยังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายนักดังนั้น งานวิจัยนี้ได้มีแนวความคิดที่จะนำฝุ่นหินทรายแป้ง มาเป็นส่วนผสมของอิฐอัดต้น โดยแทนที่ทรายบางส่วนเพื่อศึกษากำลังแรงอัดและสมบัติอื่นๆ

Mahasarakham University

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้ผงหินทรายผสมกับเถ้าชีวมวลและตะกอนน้ำประปาต่อคุณสมบัติของอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวล
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของอิฐอัดที่ทำจากผงหินทรายโดยผสมกับเถ้าชีวมวลและตะกอนน้ำประปา กับมาตรฐาน มอก.77-2545
3. เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของอิฐอัดที่ทำจากผงหินทราย เถ้าชีวมวล และตะกอนน้ำประปา

ขอบเขตการศึกษา

1. ฝุ่นหินทรายแป้ง จากจังหวัดอุดรธานี
2. ตะกอนน้ำประปา จากโรงผลิตน้ำประปาจังหวัดมหาสารคาม
3. ส่วนผสมซึ่งได้นำผงหินทรายมาแทนที่ทรายด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0 20 40 60 80 และ 100 โดยน้ำหนัก
4. การทดสอบกำลังรับแรงอัด ที่อายุ 7 14 และ 28 วัน
5. การทดสอบการดูดซึมน้ำ ที่อายุ 28 วัน
6. การทดสอบการนำความร้อน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ให้ทราบถึงสัดส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำอิฐอัดจากผงหินทราย
2. สามารถนำตะกอนน้ำประปาที่ไม่ได้ใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
3. สามารถนำเถ้าชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อลดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม
4. เป็นแนวทางในการลดต้นทุนในการผลิตอิฐมอญ

Mahasarakham University

แผนการดำเนินการศึกษา

ตาราง 1 แผนการดำเนินการศึกษาแสดงระยะเวลาการปฏิบัติงาน

รายการ	ระยะเวลา									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	←	→								
2.เตรียมวัสดุอุปกรณ์		←	→	→						
3.ทำการขึ้นรูปอัดอิฐ				←	→	→				
4.บ่มตัวอย่างอิฐอัด					←	→				
5.ทดสอบกำลังอัด						←	→	→		
6.ทดสอบการซึมน้ำ							←	→	→	
7.สรุปและวิเคราะห์ผล									←	→
8.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									←	→

Mahasarakham University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อิฐมอญ

อิฐมอญ เป็นวัตถุก่อสร้างที่มนุษย์นำมาใช้ในสมัยโบราณประมาณ 2,000 ปีมาแล้ว และยังคงใช้กันมากจนปัจจุบัน อียิปต์เป็นชาติแรกซึ่งนำโคลนจากลำน้ำไนล์มาทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมแล้วผึ่งด้วยแดด เรียกว่า "Sun Baked Bricks" อิฐสามารถต้านทานน้ำหนักบรรทุกได้มาก ดังเช่น อาคารเก่าที่สุดในโลกยังเหลืออยู่ในอียิปต์ และอาณาจักรโรมัน โบราณสถานส่วนใหญ่ก็มีการก่อสร้างด้วยอิฐ และที่ทำกันมากก็มักใช้อิฐก่อเรียงฉาบหน้าแต่ภายในเข้าไปใช้ตัวคอนกรีตเป็นตัวกำลัง ในประเทศที่มีฝนตกชุกการใช้การตากอิฐก็ไม่ได้ผล ต้องใช้วิธีเผาเพื่อให้สุกแล้วจึงนำไปใช้ก่อ ปัจจุบันงานคอนกรีตเสริมเหล็กนิยมกันมาก อิฐจึงมีหน้าที่ก่อปิดกั้นเป็นผนังเพียงแต่รองรับน้ำหนักของตัวเองและส่วนอื่นเล็กน้อยเท่านั้น สามารถนำเหล็กมาเสริมกำลังให้แก่เสาหรือผนังอิฐได้

อิฐสามารถแบ่งเป็นประเภทต่างๆได้ดังนี้

1. อิฐสามัญ เรียกกันทั่วไปว่า อิฐมอญ คืออิฐที่ทำมาจากดินเหนียวผสมแกลบหรือวัสดุอื่นผสมน้ำ นวดเคล้าให้เข้าเนื้อเดียวกันแล้วใส่เข้าแม่พิมพ์ โดยโรยแกลบบนลานดินภายในแม่พิมพ์ก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้ดินผสมติดกับแม่พิมพ์ ปาดให้เรียบ ตัดทำเป็นแผ่น ผึ่งให้แห้งหรือพอหมาด แล้วเอาเข้าเตาเผาจนสุก

2. อิฐขาว ทำจากปูนขาวและทรายผสมกัน อัดด้วยเครื่องทดสอบ 500 ตัน แล้วอบด้วยความร้อนสูงอิฐขาวเป็นอิฐที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ พัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนอิฐมอญและอิฐบล็อก เหมาะสำหรับงานก่อสร้างทุกชนิด เป็นอิฐที่แพร่หลายมานานกว่า 100 ปีในยุโรปและอเมริกา อิฐขาวเป็นอิฐที่มีความแข็งแรงคงทนถาวรกว่าอิฐมอญหรืออิฐบล็อกโดยทั่วไป ไม่ต้องฉาบปูน เนื้ออิฐมีความหนาแน่นมาก น้ำจึงไม่สามารถซึมผ่าน ไม่อมความชื้น ป้องกันความร้อนได้ดี มีน้ำหนักเบา ประหยัดโครงสร้าง ผนังอิฐขาวสามารถกันไฟไม่ให้ลุกลามต่อไปได้ มีความสวยงามตามธรรมชาติโดยไม่ต้องทาสีทับ

3. อิฐโปร่ง หรืออิฐกลวง เป็นวัสดุก่อที่มีส่วนผสมในการผลิต เช่นเดียวกับอิฐสามัญ แต่ภายในจะเจาะรู หรือทำช่องภายในให้กลวงเพื่อให้มีน้ำหนักเบา

4. อิฐประดับ เป็นการผลิตด้วยหินเกร็ด กรวด ทราย ซิลิก้าสีต่างๆ ซีเมนต์และสารเคมีหลายชนิดผสมกันแล้วอัดด้วยเครื่องอัดแรง มีคุณสมบัติแข็งแกร่ง ไม่แตกง่ายเป็นฉนวนกันความร้อนและเก็บเสียงได้ดี

5. อิฐทนไฟ ผลิตจากมอร์ต้า ผ่านการเผาที่อุณภูมิสูงทำให้มีค่าปริมาตรคงตัวและไม่หดตัวที่อุณภูมิสูง สามารถรักษารูปทรงได้ดี รับน้ำหนักได้ดีที่อุณภูมิสูง ทนต่อการชัดสีและการกัดกร่อน ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณภูมิอย่างเฉียบพลันไม่มีการร้าวล่อ

Mahasarakham University

2.2 ชนิดของอิฐ

การแบ่งชนิดของอิฐตามกรรมวิธีการผลิต

1. อิฐที่ทำด้วยมือ อิฐที่ทำด้วยมืออาจจะทำให้ขนาดของอิฐแต่ละแผ่นไม่เท่ากัน อาจจะมีการคลาดเคลื่อนของขนาดได้ ซึ่งมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น แบบไม่เท่ากัน การอัดดินเข้าแบบแน่นไม่เท่ากัน การหดตัวของโคลน เพราะส่วนผสมไม่สม่ำเสมอ แต่ยังใช้ในการก่อสร้างได้ และเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน

2. อิฐที่อัดด้วยเครื่อง อิฐที่อัดด้วยเครื่องมือกลเป็นอิฐที่มีความแน่นดี กรรมวิธีผลิตดีกว่าอิฐธรรมดาที่ทำด้วยมือเรียกในวงการก่อสร้างว่า "อิฐมอญ" แบบอัดของอิฐชนิดนี้เป็นแบบเหล็กทำให้มีขนาดสม่ำเสมอทำให้มีความหนาแน่นเสมอกันดี

2.3 ดินเหนียวที่ใช้ทำอิฐ

การแบ่งดินเหนียวที่ใช้ทำอิฐออกตามส่วนผสมและคุณภาพ

1. ดินเหนียวปูน (Marl) มีธาตุปูนผสมอยู่มาก โดยลักษณะเป็นดินขาวหรือหินปูน ดินชนิดนี้เมื่อทำอิฐแล้วจะมีสีเหลืองและสีอื่นๆมักจะละลายเชื่อมแผ่นอิฐ

2. ดินเหนียวปนทราย (Loam) มีส่วนผสมที่เป็นทรายผสมอยู่มาก ทรายนี้ถ้าผสมอยู่ไม่เกินร้อยละ 25 แล้วจะช่วยให้อิฐคงรูปอยู่ได้ ถ้าเกินจากนั้นไปจะทำให้อิฐเปราะและไม่แข็งแรง

3. ดินเหนียวแก่ (Shale) ดินเหนียวที่ผสมกองอยู่นานมีคุณภาพคล้ายหิน ดินชนิดนี้มักทำให้อิฐมีสีแดง

4. ดินเหนียวทนไฟ (Fire Clay) ดินเหนียวที่มีคุณภาพต้านทานความร้อนได้มากๆ มักนิยมนำมาทำอิฐทนไฟ เศษหินและสนิมเหล็กและทำให้อิฐแข็ง มีกำลัง และมีสีแดง และสีจะอ่อนแก่แล้วแต่จำนวนส่วนผสมของธาตุเช่น อิฐทนไฟ

2.4 ขั้นตอนการทำอิฐ

1. การเตรียมดินนำดินมาตากไว้ทำให้ดินเหนียวดี กองดินหนาระหว่าง 2 – 3 ฟุต ควรใช้เวลา 2 – 3 เดือน ถึง 2 ปี ทำให้ดินอ่อนนุ่ม สำหรับดินเหนียวแก่ (Shale) แข็งต้องนำเข้าเครื่องบด ดินอ่อนนำมาย่ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2. การปั้นดินเป็นรูปแผ่นอิฐมีการทำด้วยมือ โดยต้องมีแบบพิมพ์เมื่ออัดดินลงไปในแบบแล้วใช้ไม้ปาดให้ด้านบนเรียบจึงนำมาพลิกคว่ำลงบนกระดานและถอดแบบออกนำไปผึ่งให้หมาด เพื่อทำการเผาต่อไป ส่วนการใช้เครื่องจักรนั้น จะทำให้รวดเร็วและได้ขนาดที่เป็นมาตรฐาน ไม่บิดงอมาก

3. การผึ่งให้แห้งหรือเพียงหมาด ถ้าอิฐยังเปียกอยู่แล้วใช้ความร้อนเผาความชื้นที่ผิวจะออกเร็วเกินควร อาจทำให้อิฐแตกเนื่องจากหดตัวเร็ว จึงมีการผึ่งให้ผิวหรือตอนมุมของแผ่นแห้งแล้วเข้าเตาเผาโดยเพิ่มความร้อนทีละน้อย จนถึงความร้อนสูงสุดและลดต่ำลงเป็นลำดับ จนเย็นแล้วจึงนำอิฐออกจากเตาเผา

Mahasarakham University

การเผาแต่ละครั้งต้องใช้อิฐมอญดิบจำนวนมาก ๆ เพราะค่าใช้จ่ายในการเผาสูงมากเนื่องจากแกลบที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงนั้นมีราคาสูงมาก และการเผาแต่ละครั้งต้องใช้เวลาประมาณ 15 วัน โดยการเผาต้องคอยเติมแกลบทุกวัน จึงจำเป็นต้องเก็บรักษาอิฐมอญดิบที่แห้งสนิทแล้วเอาไว้อย่างดีโดยไม่ไว้ในที่ชื้น โดยวางเรียงซ้อนกันเอาไว้ในสภาพที่พร้อมเผา การเผาอิฐมอญจะใช้อิฐดิบก่อเรียงเป็นเตาเผา โดยวางเรียงสลับกันเป็นช่อง พอที่จะให้เชื้อเพลิงหล่นลงไปได้ อิฐที่สุกได้ที่แล้วจะออกสีส้มตลอดทั้งก้อน พร้อมที่จะขายสู่ท้องตลาด

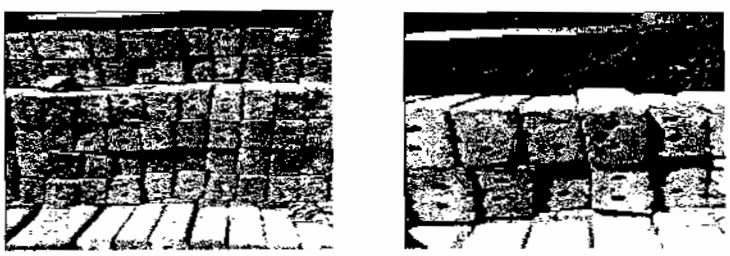
เกณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไปต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว แต่อาจจะบิ่นได้เล็กน้อย มีความคลาดเคลื่อนของความกว้าง ความยาว และความหนา ไม่เกิน ± 5 มิลลิเมตร มีความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 3.5 เมกะพาสคัล และการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 25

ตาราง 2 แสดงขนาดของอิฐมอญ

ประเภทที่	หนา (มม.)	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)
1	40	65	140
	40	65	160
	40	90	190
2	65	90	190
	90	90	190

ลักษณะของอิฐที่ดี

1. มีรูปร่างเรียบร้อยดี ไม่แอ่นปิดหรือไม่มีขอบขรุขระมากทุกเหลี่ยมได้ฉาก
2. สุกสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น
3. มีความเหนียวไม่แตกหักง่าย
4. มีขนาดโตเท่ากันทุกก้อน (โดยเฉลี่ย)
5. เมื่ออิฐหักออกจะเห็นเนื้อภายในคล้ายหินและแน่นมากไม่มีรูพรุนหรือรอยแตกร้าว
6. มีสีสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น
7. ไม่ดูดน้ำเกินร้อยละ10 ของน้ำหนักอิฐเมื่อแช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมง



ภาพประกอบ 1 อิฐมอญ

Mahasarakham University

2.5 อิฐอัด

อิฐอัดเป็นอิฐที่มีลักษณะคล้ายอิฐมอญ ใช้มาตรฐานเดียวกับอิฐมอญ (มอก.77-2545) อิฐอัดเป็นการดัดแปลงส่วนผสมมาจากอิฐมอญโดยมีการนำเถ้าชีวมวลและตะกอนน้ำประปามาแทนดินเหนียว ซึ่งเถ้าชีวมวลและตะกอนน้ำประปา เป็นวัสดุที่เหลือใช้จากโรงงาน และส่วนใหญ่การกำจัดทิ้งนั้นจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการกำจัดพอสมควร จึงมีการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ เถ้าชานอ้อยเป็นวัสดุชีวมวลที่ได้จากโรงงานน้ำตาลหรือโรงหีบอ้อย ชานอ้อยจะถูกนำมาเผาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานที่ใช้ในโรงงาน โดยทั่วไปปริมาณเถ้าชานอ้อยที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกนำมาเผาเพื่อผลิตพลังงานแล้ว จะทำให้เกิดเถ้าชานอ้อยสูงสุดประมาณ 400,000 ตันต่อปี ส่วนใหญ่การกำจัดเถ้าชานอ้อยถูกกำจัดทิ้งด้วยการวิธีฝังกลบ โดยจากการวิเคราะห์ทางเคมีในเบื้องต้น พบว่า มีสมบัติของวัสดุปอซโซลาน (Pozzolan) และจากการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าชานอ้อย เป็นวัสดุปอซโซลาน พบว่าเถ้าชานอ้อยที่ผ่านการบดละเอียดในระดับที่ค้างตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 0-12 เมื่อผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของวัสดุประสานต้องการปริมาณน้ำมากกว่าปูนซีเมนต์ร้อยละ13 และมีดรรชนีความเป็นปอซโซลานที่อายุ 7 วัน เท่ากับร้อยละ 98-104 ที่อายุ 28 มีดรรชนีความเป็นปอซโซลานเท่ากับ ร้อยละ 102-108 เมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่มา: (สุวิมล สัจจวาณิชย์ และ อาทิมา ดวงจันทร์,2547)

วัสดุปอซโซลาน (Pozzolanic materials) ตามมาตรฐาน ASTM C618 ให้คำจำกัดความไว้ว่า “วัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุที่มีซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้ววัสดุปอซโซลานจะไม่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน แต่ถ้าวัสดุปอซโซลานมีความละเอียดมากและมีน้ำหรือความชื้นที่เพียงพอ จะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณภูมิปกติ ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสานตะกอนน้ำประปาคือ ตะกอนดินที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยเป็นอนุภาคดินขนาดเล็กที่ลอยปะปนกับน้ำดิบ แล้วถูกทำให้ตกตะกอนก่อนที่เข้าสู่กระบวนการต่อไป ลักษณะตะกอนน้ำประปาจะคล้ายดินเหนียว คือมีอนุภาคที่ละเอียดเมื่อผสมน้ำจะเหนียว เมื่อแห้งจะแตกร้าวและจับตัวกันเป็นก้อน

คุณสมบัติทั่วไปของตะกอนน้ำประปา ที่มา: (กฤษดา นุ่มนวล,2540.)

1. มีสารอนินทรีย์เป็นองค์ประกอบปริมาณสูง
2. ขาดสารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช
3. .ขาดสารกลุ่มไฟเบอร์
4. มีปริมาณสารอลูมิเนียมสูงกว่าดินทั่วไป สารอลูมิเนียมดังกล่าวได้มาจากการใช้สารส้มเป็นตัวตะกอน
5. ปริมาณมวลสารที่มีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน
6. มีปริมาณมวลสารตะกอนดินปริมาณมากเพียงพอที่จะเป็นวัตถุดิบในเชิงอุตสาหกรรม
7. ตะกอนดินมีสมบัติเป็นเนื้อดินเบา อุ้มน้ำ จะพองตัวเมื่ออุ้มน้ำ

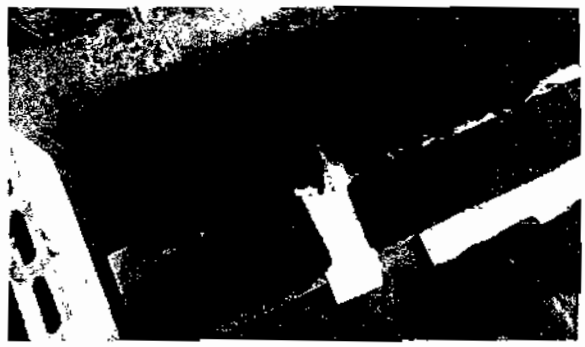
Mahasarakham University

2.6 วัสดุที่ใช้ในการผลิตอิฐอัด

-ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
-เถ้าชีวมวล
-ตะกอนน้ำประปา ซึ่งได้จากโรงงานผลิตน้ำประปาจากจังหวัดมหาสารคาม
-น้ำประปา

2.7 ขั้นตอนการผลิตอิฐอัด

ใช้อัตราส่วนที่ผสมที่ได้ออกแบบไว้ นำมาผสมเพื่อขึ้นรูปก้อนตัวอย่างอิฐอัด โดยทำการผสมด้วยแรงคนจากนั้นเมื่อตัวอย่างเริ่มคลุกเคล้าเข้ากันได้ดี ทดสอบโดยใช้มือปั้นเป็นก้อนถ้าส่วนผสมที่ผสมสามารถปั้นเป็นก้อนได้ก็ถือว่าสัดส่วนผสมนั้นใช้ได้ หลังจากนั้นนำวัสดุไปชั่งน้ำหนักเพื่อที่จะให้ได้ขนาดและน้ำหนักของก้อนตัวอย่างสม่ำเสมอกันแล้วนำไปกรอกใส่ลงในเครื่องอัดอิฐ แล้วทำการอัดด้วยแรงคน หลังจากนั้นนำก้อนอิฐออกจากแบบอัดแล้วนำไปบ่ม เพื่อทดสอบกลสมบัติด้านต่างๆต่อไปที่อายุ 7 14 และ 28 วัน



ภาพประกอบ 2 อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวล

2.8 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งมีชื่อเต็มว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) ลักษณะเป็นผงละเอียดสีเทา สามารถก่อตัวและแข็งตัวได้ในน้ำ จึงใช้หล่อในแบบให้เป็นรูปร่างต่างๆ ตามที่ต้องการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ดังนี้

1. วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของปูนขาว (Line Component) เป็นวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate. $CaCo_3$) ซึ่งมีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ

Mahasarakham University

85 – 95 ตัวอย่างวัตถุเหล่านี้ตามธรรมชาติ ได้แก่ หินปูน (Limestone) ชอล์ก (Chalk) และดินขาว (Marl)

2. วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของดินดำ (Clay) เป็นวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบทางเคมีของซิลิคอนไดออกไซด์ (Silicon Dioxide, SiO_2) อะลูมินัมออกไซด์ (Aluminum Oxide, Al_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Ferric Oxide, Fe_2O_3) ตัวอย่างวัตถุเหล่านี้ตามธรรมชาติได้แก่ ดินดำ (Clay) และดินดาน (Shale)

3. วัตถุดิบปรับแต่งคุณสมบัติ (Correetive Materials) เป็นวัตถุดิบที่ใช้สำหรับเพิ่มเติมสารประกอบบางตัว ซึ่งมีไม่เพียงพอในดินดำ หรือดินดาน วัตถุดิบเหล่านี้ได้แก่ ทราย (ในกรณีที่ต้องการซิลิคอนไดออกไซด์) แร่เหล็กหรือดินลูกรัง (ในกรณีที่ต้องการเฟอร์ริกออกไซด์) และดินอะลูมินา (ในกรณีที่ต้องการอะลูมินัมออกไซด์) เป็นต้น

2.9 กรรมวิธีในการผลิตปูนซีเมนต์

กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. แบบเปียก (Wet Process)

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต คือ ดินขาว (Marl) และดินเหนียว (Clay) สำหรับดินขาวมีอยู่ในระดับพื้นดินหรือใต้ดินตามธรรมชาติ โดยปกติจะมีความชื้นสูง การผลิตเริ่มจากนำวัตถุดิบทั้งสองชนิดมาผสมกับน้ำในบ่อตีดิน (Wash Mill) กวนให้เข้ากัน นำไปบดให้ละเอียดในหม้อบดดิน (Slury Mill) จนได้น้ำดิน (Slurry) แล้วกรองเอาเศษหินและส่วนที่ไม่ละลายน้ำออก เหลือแต่น้ำดินที่ละลายเข้ากันดี จากนั้นนำไปเก็บพักไว้ในยุ้งเก็บ (Silo) เพื่อตรวจสอบคุณภาพและปรับแต่งส่วนผสมให้ได้คุณภาพตามที่กำหนดน้ำดินที่มีส่วนผสมที่ถูกต้องแล้ว จะถูกนำไปรวมกันที่บ่อกวนดิน (Slury Basin) เพื่อให้มีปริมาณเพียงพอ และกวนให้ส่วนผสมรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะนำไปเผาในหม้อเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) ความร้อนในหม้อเผาจะทำให้น้ำระเหยออกสู่บรรยากาศ เหลือแต่เม็ดดินซึ่งเมื่อให้ความร้อนต่อไปจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกลายเป็นปูนเม็ด (Clinker) ขั้นตอนการบดปูนเม็ดให้กลายเป็นปูนซีเมนต์ ทำโดยนำปูนเม็ดมาผสมกับยิปซัม (Gypsum) แล้วบดให้ละเอียดเป็นผงในหม้อบดซีเมนต์ (Cement Mill) ความละเอียดในการบดและอัตราส่วนระหว่างปูนเม็ดกับยิปซัมต้องเลือกอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ จากนั้นจะลำเลียงปูนซีเมนต์ไปเก็บไว้ในยุ้งเก็บปูนซีเมนต์ผง (Cement Silo) เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป การผลิตปูนซีเมนต์แบบเปียกนี้ไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจากต้องใช้เชื้อเพลิงปริมาณมากในการผลิตปูนเม็ด และยังมีอัตราการผลิตต่ำ ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูง

2. แบบแห้ง (Dry Process)

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตคือ หินปูน (Limestone) ซึ่งได้จากการระเบิดหินจากภูเขาหินปูน แต่หินปูนที่ได้ยังมีขนาดใหญ่ จึงต้องนำมาลดขนาดโดยเครื่องย่อย (Crusher) เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตขั้นต่อไป วัตถุดิบอื่นคือ ดินดาน (Shale) และวัตถุดิบปรับแต่งคุณสมบัติ (Corrective Materials) ซึ่งใช้เฉพาะบางตัว เพื่อให้ได้ส่วนประกอบทางเคมีตามค่ามาตรฐานที่กำหนด วัตถุดิบอื่นเหล่านี้ก็ต้องผ่านเครื่องย่อยเพื่อลดขนาดให้เหมาะสมเช่นกัน วัตถุดิบที่ผ่านการย่อยแล้วจะถูกนำมาเก็บไว้ที่กองเก็บวัตถุดิบ (Storage Yard) จากนั้นก็จะลำเลียงไปยังหม้อบดวัตถุดิน (Raw Mill)

Mahasarakham University

ต่อไป หม้อบดวัตถุดิบ (Raw Mill) มีหน้าที่บดหินปูน ดินดานและวัตถุดิบปรับแต่งคุณสมบัติให้เป็นผงละเอียดซึ่งเรียกว่า วัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal) การควบคุมอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่หม้อบดวัตถุดิบมีความสำคัญ เนื่องจากอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมจะทำให้วัตถุดิบสำเร็จมีคุณสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมกับการเผา หลังจากผ่านกระบวนการบดแล้ว จึงส่งวัตถุดิบสำเร็จไปยังยุ้งผสมวัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal Homogenizing Silo) เพื่อเก็บและผสมวัตถุดิบสำเร็จให้เป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนส่งไปเผาในหม้อเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) กระบวนการเผาช่วงแรกเป็น ชุดเพิ่มความร้อน (Preheater) จะค่อยๆ เพิ่มความร้อนให้แก่วัตถุดิบสำเร็จแล้วส่งวัตถุดิบสำเร็จไปเผาในหม้อเผา ซึ่งมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนถึงประมาณ 1,200 - 1,400 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีตามลำดับจนในที่สุดกลายเป็นปูนเม็ด (Clinker) จากนั้นทำให้ปูนเม็ดเย็นลงแล้วจึงลำเลียงปูนเม็ดไปเก็บไว้ที่ยุ้งเก็บเพื่อรอการบดปูนเม็ดต่อไป สำหรับการบดปูนเม็ดให้กลายเป็นปูนซีเมนต์นั้น มีขั้นตอนดังที่กล่าวมาแล้วในการผลิตแบบเปียก การผลิตปูนซีเมนต์แบบแห้ง ไม่ต้องใช้น้ำในการผสมวัตถุดิบ ดังนั้น จึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตโดยเฉพาะค่าเชื้อเพลิงและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

2.10 ประเภทของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะผลิตตามมาตรฐานของอเมริกา (ASTM C. 150) และของอังกฤษ (British Standard ; B.S.) ซึ่งตามมาตรฐาน มอก.15 ของไทยได้แบ่งปูนซีเมนต์ออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. ประเภท 1 (Normal Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะกับงานก่อสร้างคอนกรีตทั่วๆไปที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม เช่น คาน เสา พื้นถนน ค.ส.ล. เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องสัมผัสกับเกลือซัลเฟตผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราช้างเพชร(เม็ดเดียว) พญานาคเขียว TPI(แดง) ภูเขา และดาวเทียม

2. ประเภท 2 (Modified Portland Cement)เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดัดแปลงเพื่อให้สามารถต้านทานเกลือซัลเฟตได้ปานกลาง และจะเกิดความร้อนปานกลางในช่วงหล่อ เหมาะกับงานโครงสร้างขนาดใหญ่ เช่น ตอม่อ สะพาน ท่าเทียบเรือ เขื่อนเป็นต้น ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่เคยมีจำหน่ายได้แก่ ตราพญานาคเจ็ดเศียร (ปัจจุบันเลิกผลิตแล้ว)

3. ประเภท 3 (High-early Strength Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่สามารถให้กำลังได้รวดเร็วในเวลาอันสั้น หลังจากเทแล้วสามารถใช้งานได้ภายใน 3-7 วัน เหมาะกับงานที่เร่งด่วน เช่น คอนกรีตอัดแรง เสาเข็ม พื้นถนนที่จราจรคับคั่ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราเอราวัณ สามเพชร TPI(ดำ) และพญานาคแดง

4. ประเภท 4 (Low-heat Portland Cementb) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดพิเศษที่มีอัตราความร้อนต่ำกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งส่งผลดีทำให้การขยายตัวน้อยช่วยลดการแตกร้าว เหมาะกับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตจำหน่าย

5. ประเภท 5 (Sulfate-resistant Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่ทนต่อเกลือซัลเฟตได้สูงเหมาะกับงานก่อสร้างบริเวณดินเค็ม หรือใกล้กับทะเล ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราปลาฉลาม TPI (ฟ้า) และตราช้างฟ้า(ปัจจุบันเลิกผลิตแล้ว) นอกจากปูนซีเมนต์ทั้ง

Mahasarakham University

5 ประเภทแล้ว ยังมีปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นมาโดยดัดแปลงเพื่อให้เหมาะกับงาน และราคาถูกลง ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปได้แก่

5.1 ปูนซีเมนต์ผสม(Mixed Cement)เป็นการนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ผสมกับทรายหรือหินบดละเอียด ประมาณร้อยละ25-30ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้งาน ลดการแตกร้าว เหมาะกับงานก่ออิฐ ฉาบปูน ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ตราเสือ งูเห่า นกอินทรีย์ TPI (เขียว)

5.2 ปูนซีเมนต์ขาว(White Portland Cement)เป็นปูนซีเมนต์ที่มีส่วนผสมหลัก คือ หินปูนและวัตถุดิบอื่นๆที่มีปริมาณของแร่เหล็กน้อยกว่าร้อยละ1ลักษณะของผงสีปูนที่ได้จะเป็นสีขาว สามารถผสมกับสีฝุ่นเพื่อทำให้เป็นปูนซีเมนต์สีต่างๆ ตามต้องการจึงนิยมใช้ในงานตกแต่งต่าง ๆ เพื่อความสวยงาม ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตในประเทศไทย ได้แก่ ตราช้างเผือก ตราเสือเผือกและ ตรามังกร

จากการทดสอบเปรียบเทียบหากำลังอัดของปูนซีเมนต์ ทั้ง 5 ประเภท ในสภาพปัจจัยเดียวกัน ที่อายุคอนกรีต 1 7 28 และ 90 วัน ตามลำดับโดยกำหนดให้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นตัวเปรียบเทียบที่ร้อยละ 100 ผลที่ได้ดังตาราง

ตาราง 3 เปรียบเทียบกำลังอัดของปูนซีเมนต์ ทั้ง 5 ประเภท

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	กำลังอัดเป็นเปอร์เซ็นเมื่อเทียบกับประเภท 1			
	1 วัน	7 วัน	28 วัน	90 วัน
ประเภท 1	100	100	100	100
ประเภท 2	75	85	90	100
ประเภท 3	190	120	110	100
ประเภท 4	55	55	75	100
ประเภท 5	65	75	85	100

2.11 ฝุ่นหินทรายแป้ง

เกิดจากการทับถม และสะสมตัวของตะกอนต่างๆได้แก่ เศษหิน แร่ กรวด ทราย ดินที่ผุพังหรือสึกกร่อนถูกละลายมาจากหินเดิม โดยตัวการธรรมชาติคือธารน้ำ ลม พัดพาไปทับถมและแข็งตัวเป็นหินในแอ่งแล้วสะสมตัว พบมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่นจังหวัดขอนแก่น จังหวัดอุดรธานี จังหวัดหนองบัวลำภู และจังหวัดนครพนม เป็นต้น ที่มา: (กรมทรัพยากรธรณี. หิน และวัฏจักรของหิน : Available from :URL//www.dmr.go.th)

Mahasarakham University

2.12 การทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน

หินชนิดต่างๆซึ่งมีต้นกำเนิดตามธรรมชาติจะมีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีแตกต่างกันไป อันมีผลทำให้คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินแตกต่างกันแม้แต่หินชนิดเดียวกันแต่มีแหล่งกำเนิดต่างกันอาจมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์แตกต่างกันได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำเอาหินจากแหล่งต่างๆไปใช้ประโยชน์มีความจำเป็นต้องนำเอาตัวอย่างหินจากแหล่งนั้นไปทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ก่อนว่าหินมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นหินก่อสร้างสำหรับการใช้งานในด้านต่างๆหรือไม่ สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินที่เป็นวัสดุมวลรวมหรือหินบด (Aggregates) เป็นการทดสอบคุณสมบัติทางด้านความคงทน (Durability Test) โดยตามข้อกำหนดการควบคุมคุณภาพวัสดุจะมีการกำหนดคุณสมบัติทางด้านความคงทนของวัสดุไว้เพื่อให้แน่ใจว่าวัสดุมวลรวมนั้นจะไม่เกิดการแตกสลายเปลี่ยนสภาพไปในขณะก่อสร้างหรือตลอดช่วงอายุการใช้งาน โดยการทดสอบคุณสมบัติทางด้านความคงทนของวัสดุมวลรวมหรือหินบดที่สำคัญ มีดังนี้
ที่มา: (กรมทรัพยากรธรณี:2556)

2.13 การทดสอบหาค่าการสึกหรอ (Los Angeles Abrasion Value)

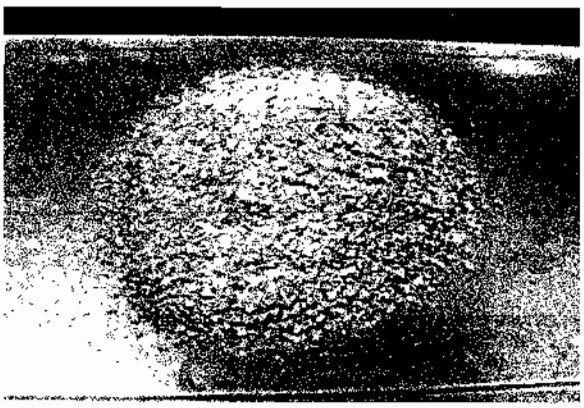
การทดสอบหาค่าการสึกหรอของหิน เป็นวิธีการทดสอบกลสมบัติตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) ซึ่งเป็นการทดสอบแบบพื้นบ้านที่ใช้กับการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินก่อสร้างทุกชนิด จัดเป็นการทดสอบทางกลสมบัติ (Mechanical test) เพื่อหาค่าความสึกหรอของวัสดุมวลรวม โดยทั่วไปแล้ววัสดุมวลรวมควรมีค่าความสึกหรอไม่เกินร้อยละ 30 – 45
ที่มา: (กรมทางหลวง) การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน(Soundness Value) โดยใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟต (Na2SO4) การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness Value) เป็นวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าของมวลรวมหินที่มีการสลายตัวหรือการแตกสลาย (Disintegration) หลังการแช่สารละลาย (Sodium Sulfate) ผลการทดสอบเป็นข้อมูลที่ช่วยในการพิจารณาถึงความคงทนหรือการคงตัวของมวลรวมเมื่อผ่านกระบวนการผุสลายการทดสอบโดยทำการแช่ตัวอย่างในสารละลายเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 18 ชั่วโมง นำตัวอย่างออกจากสารละลายแล้วนำไปอบจนมีมวลคงที่ทำการทดสอบซ้ำโดยการแช่ตัวอย่างในสารละลายและอบให้แห้งจนครบ 5 รอบ จากนั้นล้างตัวด้วยน้ำจนสะอาดนำไปอบและร่อนผ่านตะแกรงบันทึกค่าแล้วนำไปเปรียบเทียบกับมวลก่อนแช่ในสารละลาย ค่าที่แตกต่างกันคือค่าของส่วนที่ไม่คงทนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ ค่ามาตรฐานที่กำหนดใช้ในการควบคุมคุณภาพของวัสดุคือปริมาณของส่วนที่ไม่คงทน(Soundness)จะต้องไม่เกินร้อยละ 12

2.14 การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงบด (Aggregate Crushing Value)

เป็นวิธีการทดสอบทางกลสมบัติ ตามมาตรฐาน (BS 812 : part 110 : 1990) เพื่อหาปริมาณการแตกหักของวัสดุมวลรวมเมื่อถูกแรงบดอัด โดยใช้วัสดุมวลรวมที่มีขนาดผ่านตะแกรง 12.25 มิลลิเมตร และค้างตะแกรงขนาด 3.25 มิลลิเมตร ประมาณ 10 กิโลกรัม บรรจุในแบบหล่อเหล็กทรงกระบอกแล้วใช้แรงกดอย่างต่อเนื่องจนถึง 40 ตัน เป็นเวลา 10 นาที ปริมาณร้อยละของวัสดุมวล

Mahasarakham University

รวมแตกหักและมีขนาดเล็กกว่า 2.40 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับมวลวัสดุเริ่มต้นเป็นค่าการแตกหักจากแรงบดโดยปกติแล้วค่าการแตกหักจากแรงบดของหินจะมีค่ามากกว่าการแตกหักกระแทก
ที่มา: (ธวัชชัย ลาสูงยางและสุมงคล นาทัน,2556.)



ภาพประกอบ 3 ผงหินที่เหลือจากการย่อย

2.15 เถ้าชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ โดยที่ชีวมวลนั้นประกอบด้วยธาตุหลัก ๆ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน รวมทั้งมีปริมาณของไนโตรเจนและธาตุอื่น ๆ อีกเล็กน้อย ชีวมวลนั้นมีอยู่มากมายทั้งที่ได้จากสิ่งมีชีวิต (ยกเว้นที่ได้กลายเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติไปแล้ว) และยังรวมไปถึงสิ่งต่าง ๆ ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก

2.16 องค์ประกอบของชีวมวล

องค์ประกอบของชีวมวลหรือสสารทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก คือ

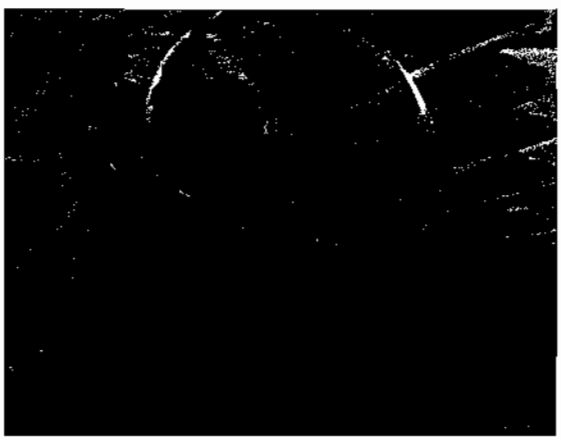
1. ความชื้น (Moisture) หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ชีวมวลส่วนมากจะมีความชื้นค่อนข้างสูงเพราะเป็นผลผลิตทางการเกษตร ถ้าต้องการนำชีวมวลเป็นพลังงานโดยการเผาไหม้ความชื้นไม่ควรเกิน 50 เปอร์เซ็นต์

2. คาร์บอนคงที่ (Fixed Carbon) เป็นส่วนที่เสถียรของโครงสร้างโมเลกุลของชีวมวล ประกอบด้วย คาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ชีวมวลที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนคงที่ หรือน้อยจะสันดาปได้ไม่ดีมีอุณหภูมิจุดติดไฟต่ำความเร็วในการติดไฟช้าเนื่องจากความชื้นมาก

3. สารระเหย (Volatile Matter) คือ ส่วนที่โมเลกุลลุกเผาไหม้ได้ง่าย ดังนั้น ชีวมวลใดมีค่า Volatile Matter สูง แสดงว่าติดไฟได้ง่าย

Mahasarakham University

4. ขี้เถ้า (Ahs) เป็นส่วนประกอบอนินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในชีวมวลที่ถูกออกซิไดส์สมบูรณ์ชีวมวลส่วนใหญ่จะมีขี้เถ้าประมาณร้อยละ 1 – 3 ยกเว้นแกลบและฟางข้าวจะมีสัดส่วนขี้เถาประมาณร้อยละ 10 – 20 ซึ่งจะมีปัญหาในการเผาไหม้ เถ้าชีวมวลเป็นเถ้าที่เหลือจากวัสดุทางการเกษตรที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและต้องนำไปกำจัดทิ้งเพราะมีปริมาณมาก ซึ่งอาจเป็นการทิ้งเพื่อถมที่หรือทิ้งในบ่อทิ้งที่เตรียมไว้ นอกจากการนำไปทิ้งแล้ว เถ้าชีวมวลบางชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานคอนกรีต เถ้าชีวมวลที่มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในงานคอนกรีตได้ต้องมีลักษณะดังนี้คือ เป็นเถ้าที่มีออกไซด์ของซิลิกาหรือซิลิกาและอลูมินาออกไซด์สูง ซึ่งโดยทั่วไปควรมากกว่าร้อยละ 50 ของทั้งหมดมีความละเอียดสูงหรือสามารถทำให้มีความละเอียดสูงได้และไม่เป็นผลึกคือสามารถทำปฏิกิริยากับด่าง (แคลเซียมไฮดรอกไซด์) ได้ ซึ่งเถ้าชีวมวลที่เข้าข่ายในลักษณะข้างต้นได้แก่ เถ้าจากการเผากากปาล์มน้ำมัน (Palm oil fuel ash) เถ้าจากการเผาแกลบ (rice husk ash) หรือเถ้าจากการเผาแกลบร่วมกับเปลือกไม้ (rice husk-bark ash) และเถ้าจากการเผาชานอ้อย (bagasse ash)



ภาพประกอบ 4 เถ้าชีวมวล

2.17 ตะกอนน้ำประปา

คืออนุภาคคอลลอยด์ที่รวมตัวกันเป็นฟล็อค มีส่วนประกอบของสารอนินทรีย์ซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการทำความสะอาดน้ำที่มากับน้ำดิบ ลักษณะตะกอนน้ำประปาจะคล้ายกับดินเหนียว คือมีขนาดอนุภาคที่ละเอียดเมื่อผสมกับน้ำจะเหนียวเมื่อแห้งจะแตกร้าวและจับตัวเป็นก้อนตะกอนประปาเป็นวัสดุที่ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์มากนัก จึงมีปริมาณสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การกำจัดตะกอนน้ำประปาทำได้โดยการนำไปทิ้งในบริเวณพื้นที่รองรับตะกอน เมื่อเวลาผ่านไปไม่สามารถรองรับตะกอนได้หมด จึงก่อให้เกิดปัญหาในพื้นที่รับตะกอน

Mahasarakham University

2.18 น้ำ (Water)

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับงานคอนกรีต โดยทำหน้าที่ 3 ประการ ได้แก่ น้ำผสมคอนกรีต น้ำล้างมวลรวมและน้ำบ่มคอนกรีต คุณภาพและปริมาณของน้ำผสมคอนกรีตเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อความแข็งแรงและความคงทนของคอนกรีต
น้ำผสมคอนกรีตควรสะอาด ใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และสามารถดื่มได้ หรือถ้าไม่สามารถดื่มได้ก็ควรมีคุณสมบัติผ่านข้อกำหนดของน้ำผสมคอนกรีต นอกจากนี้น้ำผสมคอนกรีตจะต้องมีสิ่งเจือปนต่างๆ ที่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของคอนกรีต เช่น ความสามารถเทได้ ระยะเวลาการก่อตัว การแข็งตัว กำลัง และการเปลี่ยนแปลงปริมาตร อีกทั้งต้องไม่มีผลทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิม

2.19 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วีระ อำนวยพร (2542) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรายงานอิทธิพลของเถ้าแกลบที่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของอิฐการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีพบว่า ทั้งเถ้าแกลบและดินปนทรายมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO2) เป็นส่วนประกอบหลักเคมี และผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าแกลบและดินปนทรายด้วยเครื่อง X– Ray Diffraction พบว่าเถ้าแกลบจะมีโครงสร้างผลึกจำพวกควอร์ตซ์และคริสโทบาไลต์ ส่วนดินปนทรายจะมีโครงสร้างผลึกจำพวกควอร์ตซ์มอนต์มอริลโลไนต์และอิลไลต์ทั้งสารประกอบทางเคมีและโครงสร้างผลึกต่างๆ เหล่านี้เมื่อได้รับความร้อนจากการเผาจะแปรรูปผลึกเป็นเนื้อแก้วห่อหุ้มควอร์ตซ์เป็นผลให้อิฐมีความแข็งแกร่งขึ้นผลการทดสอบพบว่าอิฐที่มีเถ้าแกลบบดละเอียดเป็นส่วนผสมในปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนักจะมีความหนาแน่นโมดูลัสแตกร้าวและกำลังรับแรงอัดสูงที่สุด

เอก ช่อประดับ (2547) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแกลบต่อคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐสามัญที่ทำจากดินเหนียวผสมแกลบโดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นและวิธีการผลิตในระดับพื้นบ้านอิฐทำจากดินเหนียวผสมแกลบโดยใช้วิธีโคลนอ่อน(Soft mud process) มีอัตราส่วนของแกลบต่อดินเหนียวโดยน้ำหนักแห้งที่ร้อยละ 0 3.4 4.9 และ7.8 เผาที่อุณหภูมิสูงสุด 800 1000 และ 1200° C โดยคงอุณหภูมิสูงสุดไว้ 1 ชม. ผลการวิจัยพบว่าแกลบมีผลทำให้อิฐมีกำลังรับแรงอัดลดลงและลดลงในอัตราที่รวดเร็วกว่าการเพิ่มขึ้นของความพรุนเมื่ออิฐมีความพรุนมากขึ้นจะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และมีค่าความนำความร้อนลดลงเมื่อปริมาณแกลบเพิ่มขึ้นอิฐจากการทดลองที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างมากที่สุดในด้านคุณสมบัติทางกายภาพการประหยัดและพลังงานในการผลิตคืออิฐที่ผลสมแกลบร้อยละ 2.2 เผาที่อุณหภูมิ 800° C ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงอัด 35 กก/ซม^2 การดูดซึมน้ำร้อยละ 24 และประหยัดค่าไฟฟ้าในการปรับอากาศร้อยละ 12 เมื่อเทียบกับอิฐที่ไม่ผสมแกลบและเผาที่อุณหภูมิ 800° C

วิวัฒน์ นวนนุกูล และอนุสรณ์ พรหมมา (2549) ได้ศึกษาการนำตะกอนประปามาผสมแทนที่ดินเหนียว ในปริมาณร้อยละ 0 10 20 30 40 และ 60 โดยน้ำหนัก ซึ่งในแต่ละสัดส่วนจะมีทั้งแบบที่มีการผสมเถ้าแกลบร้อยละ 5 และแบบไม่มีการผสมเถ้าแกลบ พบว่า เมื่อปริมาณตะกอนน้ำประปาเพิ่มขึ้น กำลังอัดอิฐมอญจะลดลง ตรงข้ามกันการดูดซึมน้ำและความคลาดเคลื่อนของขนาดจะเพิ่มขึ้น การผสมเถ้าแกลบร้อยละ 5 ในส่วนผสม จะทำให้อิฐมีกำลังลดลงและความคลาดเคลื่อนของขนาดมี

Mahasarakham University

แนวโน้มลดลง การใช้ตะกอนดินเหนียวไม่เกินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก จะให้กำลังอัด ความคลาดเคลื่อนของขนาด และการดูดซึมน้ำผ่านข้อกำหนด มอก.77-2545

มีศักดิ์ พัวพิทยาธร(2555) เป็นการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุก่อผนังที่ได้จากเถ้าชีวมวลเป็นส่วนผสมหลัก โดยขนาดตัวอย่างเท่ากันกับวัสดุก่อผนังที่มีใช้โดยทั่วไป ส่วนผสมในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย เถ้าชีวมวล, ปูนซีเมนต์, และทรายแม่น้ำ นำมาผสมขึ้นรูปก้อนตัวอย่างด้วยแรงอัดจากเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (UTM) แล้วทำการบ่มชื้นในอากาศจนครบอายุการทดสอบ คุณสมบัติของอิฐอัดที่ทำการทดสอบได้แก่ กำลังอัดแบบก้อนเดี่ยว กำลังอัดแบบปริซึม การนำความร้อน การทนไฟ การดูดซึมน้ำ การหดตัวเมื่อแห้ง และอิฐอัดยังถูกนำไปใช้ในการก่อ – ฉาบจริง เพื่อประเมินผลเป็นระยะเวลา 1 ปี จากผลการวิจัยพบว่าการใช้เถ้าชีวมวลเป็นส่วนผสมร้อยละ 74 ในการผลิตอิฐอัด และให้คุณสมบัติด้านกำลังอัดเทียบเท่าอิฐมอญ โดยที่คุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำ และการหดตัวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด สำหรับการทดสอบการนำความร้อน พบว่าอิฐอัดให้ค่าค่อนข้างต่ำและใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา แต่อิฐอัดกลับมีค่าการส่งผ่านความร้อนที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุชนิดอื่น และพบผลการทดสอบอีกว่าอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวล สามารถนำไปใช้งานได้ดีในสภาพการ ก่อ – ฉาบจริงได้

สมัครเกียรติ พรหมศรและสุภาพร ไชยพอ (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิฐอัดที่ทำจากเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปาใช้ตะกอนประปาแทนที่น้ำในส่วนผสม ร้อยละ 0 – 100 โดยน้ำหนัก ผลิตอิฐตัวอย่างขนาด 6.5 × 16.0 × 4.0 เซนติเมตร ทำการอัดขึ้นรูปโดยใช้กำลังจากไฮดรอลิคขนาด 3 ตัน ตัวอย่างที่ถูกนำไปบ่มชื้น ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุ 7 14 และ 28 วัน และทดสอบการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า กำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม และอัตราส่วนผสมที่แทนที่ด้วยตะกอนน้ำประปาร้อยละ 40 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงที่สุด มีค่าประมาณ 180 กิโลกรัมต่อตาราง เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน ส่วนค่าดูดซึมน้ำของก้อนอิฐนั้น มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของตะกอนน้ำประปาในส่วนผสม

Mahasarakham University

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 วัสดุที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- เถ้าชีวมวล
- ผงหินทราย โดยการนำมาย่อยร่อนผ่านตะแกรงซึ่งได้มาจากจังหวัดอุดรธานี
- ตะกอนน้ำประปา ซึ่งได้จากโรงงานผลิตน้ำประปาจากจังหวัดมหาสารคาม
- น้ำประปา

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine
- ตู้อบแห้ง
- กระบะผสมปูน
- เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล
- ถาดรอง
- ตะแกรงเบอร์ 4 8 และ 16
- เครื่องอัดอิฐดันแบบใช้แรงงานคน ขนาดเต็มก้อน 4.0 x 6.5 x 14 เซนติเมตร

3.3 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางส่วนผสมของอิฐอัดจากเถ้าชีวมวลดังแสดงในตาราง 3.1 ซึ่งผงหินทรายจะนำมาแทนที่ทรายด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0 20 40 60 80 และ 100 โดยน้ำหนัก

ตาราง 4 อัตราส่วนผสม

ส่วนผสม	ปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)	ทราย (ร้อยละ)	ผงหินทราย (ร้อยละของทราย)	เถ้าชีวมวล (ร้อยละ)	น้ำ (ร้อยละของเถ้าชีวมวล)	ตะกอนน้ำประปา (ร้อยละของเถ้าชีวมวล)
1	13	13	0	74	60	40
2	13	13	20	74	60	40
3	13	13	40	74	60	40
4	13	13	60	74	60	40
5	13	13	80	74	60	40
6	13	13	100	74	60	40

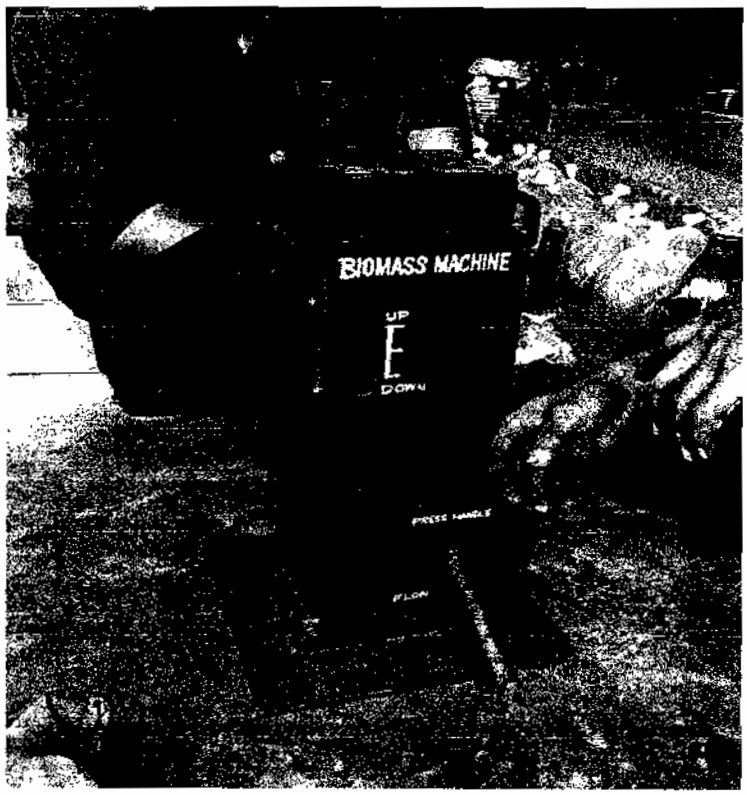
Mahasarakham University

3.4 ขั้นตอนการทำอิฐอัด

ใช้อัตราส่วนที่ผสมที่ได้ออกแบบไว้ นำมาผสมเพื่อขึ้นรูปก้อนตัวอย่างอิฐอัด โดยทำการผสมด้วยแรงคน จากนั้นเมื่อตัวอย่างเริ่มคลุกเคล้าเข้ากันได้ดี ทดสอบโดยใช้มือปั้นเป็นก้อนถ้าส่วนผสมที่ผสมสามารถปั้นเป็นก้อนได้ก็ถือว่าสัดส่วนผสมนั้นใช้ได้ หลังจากนั้นนำวัสดุไปชั่งน้ำหนักเพื่อที่จะให้ได้ขนาดและน้ำหนักของก้อนตัวอย่างสม่ำเสมอกันแล้วนำไปกรอกใส่ลงในเครื่องอัดอิฐ แล้วทำกรอัดด้วยแรงคน หลังจากนั้นนำก้อนอิฐออกจากแบบอัดแล้วนำไปบ่ม เพื่อทดสอบกลสมบัติด้านต่างๆต่อไปที่อายุ 7 14 และ 28 วัน

ภาพประกอบ 5 การผสมวัสดุด้วยมือ

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 6 เครื่องอัดอิฐด้วยแรงคน

3.5 การบ่มอิฐอัด

หลังจากนำอิฐออกจากเครื่องอัดแล้วนำมาจัดเรียงในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วันเริ่มบ่มโดยการรดน้ำด้วยฝักบัวหรือฉีดพ่นเป็นละอองให้ชุ่มแล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก ทิ้งไว้จนมีอายุครบ 7 14 และ 28 วันแล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ไม่ควรเคลื่อนย้ายก่อนกำหนดเพราะจะทำให้ก้อนบิ่นหรือเกิดการแตกร้าวได้ง่ายการบ่มไม่ควรให้น้ำมากเกินไปควรบ่มด้วยปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดคือเพียงแค่ให้มีความชื้นก็เพียงพอในการบ่ม

3.6 การทดสอบคุณสมบัติของอิฐ

หลังจากการอัดขึ้นรูปของอิฐมอญดันและทำการบ่มอิฐมอญดันแล้ว จากนั้นนำไปทดสอบการรับกำลังด้วยเครื่อง Universal Testing Machine การหากำลังอัดนั้นทำได้โดยการนำเอาอิฐตัวอย่างมาเข้าเครื่อง Universal Testing Machineทดสอบด้วยความเร็วสม่ำเสมอกดจนกว่าอิฐนั้นเกิดการวิบัติบันทึกค่าไว้แล้วนำไปเปรียบเทียบกับอิฐมอญดันตามท้องตลาดที่ทำการกดอัดเช่นกันเพื่อดูค่ากำลังอัดของทั้งสอง

1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength) เพื่อหาความสามารถในการรับน้ำหนักอิฐมอญดันโดยจะทดสอบหลังจากการบ่ม เป็นการทดสอบตามมาตรฐานทั่วไปซึ่งโดยทั่วไปการทดสอบของเราจะทดสอบที่อายุ 7 14 และ 28 วัน จะทดสอบตามอิฐแต่ล่ะปริมาณ

Mahasarakham University

สัดส่วน โดยจะหาค่าจากการทดสอบตัวอย่างที่ดีที่สุด ในทางปฏิบัติแล้วอิฐมอญตันสามารถ รับแรงอัดใน 2 ทิศทางหรือมากกว่านั้นก็ได้ จากนั้นจะนำมาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ โดยกำลังรับแรงอัดสามารถหาได้จากสมการที่ 1

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ σ คือ กำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

P คือ แรงที่กระทำลงบนตัวอย่างทดสอบ (กิโลกรัม)

A คือ พื้นที่หน้าตัดส่วนที่รับแรงอัด (ตารางเซนติเมตร)

สำหรับความสามารถในเกณฑ์มาตรฐานการรับแรงอัดอิฐมอญตัน มอก. 77-2545 กำหนดค่าแรงอัดต่ำสุดของอิฐแต่ละประเภทไว้ดังนี้

ตาราง 5 แรงอัดต่ำสุดของอิฐ

ประเภทที่	หนา ×กว้าง × ยาว (มม.)	แรงอัดต่ำสุด (เมกะปาสคาล)
1	40 × 65 × 140	3.5
	40 × 65 × 160	3.5
	40 × 90 × 190	3.5
2	65 × 90 × 190	15
	90 × 90 × 190	15

2. การทดสอบการดูดซึมน้ำ (water absorption) เพื่อหาปริมาณการดูดซึมน้ำของอิฐแต่ละก้อนและตรวจการชำรุดที่ผิวเป็นการทดสอบมาตรฐานทั่วไปสำหรับการหาปริมาณของน้ำที่แฝงตัวอยู่ในอิฐ ที่มีผลให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นหรือลดลง ขึ้นอยู่กับปริมารของน้ำที่เปลี่ยนไปโดยการนำอิฐก้อนตัวอย่างเมื่อมีอายุครบกำหนดที่ 28 วัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส หลังจากที่เรานำก้อนอิฐไปอบแล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิปกติ แล้วนำมาแยกชั่งทีละก้อน ให้ได้ค่าละเอียดถึง 10 กรัม น้ำหนักที่เราชั่งได้นี้ถือว่าเป็นน้ำหนักแห้งที่ผ่านการอบแล้ว จากนั้นนำก้อนอิฐดังกล่าวไปแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องปกติแล้วนำขึ้นมาซับด้วยผ้าที่สะอาดหมาดๆพอประมาณแล้วนำไปชั่งน้ำหนักทันทีเพื่อป้องกันการแห้งระเหย อ่านค่าที่ได้ให้ละเอียดที่สุด น้ำหนักที่ได้ถือว่าเป็นน้ำหนักหลังจากการแช่น้ำ สามารถหาค่าร้อยละการดูดซึมจากสมการที่ 2

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำ} \quad \frac{Ws - Wd}{Wd} \times 100 \quad \text{.....(2)}$$

Mahasarakham University

เมื่อ Ws คือ น้ำหนักชิ้นงานหลังจากแช่น้ำ (กรัม)
Wd คือ น้ำหนักชิ้นงานแห้ง (กรัม)

ตาราง 6 การดูดซึมน้ำของอิฐ

ประเภทที่	หนา ×กว้าง × ยาว (มม.)	การดูดซึมน้ำสูงสุดร้อยละของน้ำหนักอิฐ
1	40 × 65 × 140	25
	40 × 65 × 160	25
	40 × 90 × 190	25
2	65 × 90 × 190	15
	90 × 90 × 190	15

3. การทดสอบการนำความร้อน ทดสอบโดยเครื่องทดสอบการนำความร้อนของวัสดุเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อน โดยการปล่อยรังสีความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุโดย ที่หัวเซ็นเซอร์จะจับอุณหภูมิวัดค่าความต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้าน และนำไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ตัวอย่างในการทดสอบ คือ อิฐอัดเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปาที่อายุ 28 วัน จำนวนอย่างละ 3 ก้อน ดังนั้นสามารถหาค่าการทดสอบการนำความร้อนจากสมการที่ 3

$$q_x = -kA\frac{dt}{dx} \quad \text{.....(3)}$$

เมื่อ q_x คือ ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนในทิศทาง x หน่วย W,Btu/hr

A คือ พื้นที่ที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ความร้อน หน่วย m^2,ft^2

$\frac{dt}{dx}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณภูมิกับระยะทาง

K คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity)

หน่วย W/m K, Btu/ ft hr F

Mahasarakham University

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาเงื่อนไขและปัจจัย

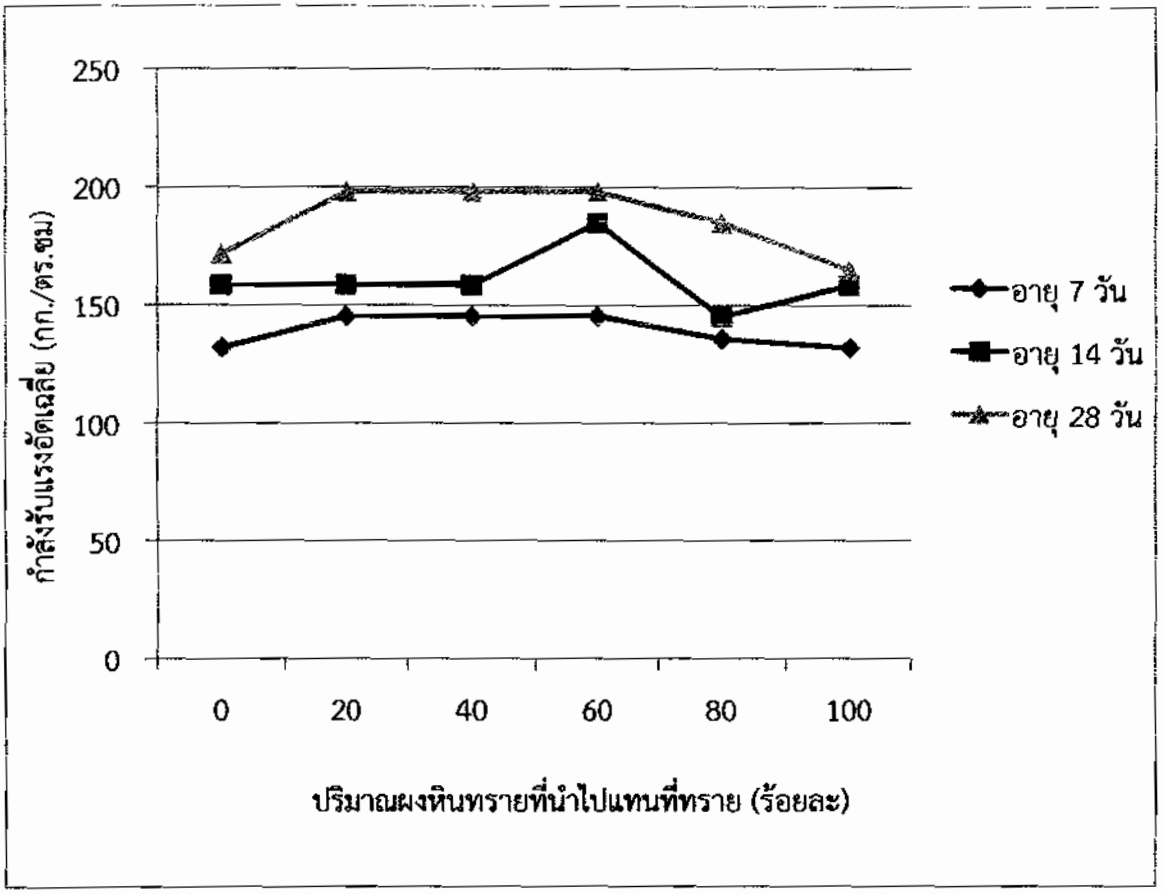
4.1.1 ทดสอบกำลังรับแรงอัด

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปา ในการทดสอบใช้ก้อนตัวอย่างที่มีขนาด 4.0 × 6.5 × 14 เซนติเมตร มาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยใช้เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ ซึ่งแต่ละอัตราส่วนผสม (จากตาราง 4) ได้ทำการทดสอบที่อายุ 7 , 14 และ 28 วัน จะได้ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยดังแสดงไว้ในตาราง 7

ตาราง 7 ค่ากำลังอัดเฉลี่ยจากการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปา

ส่วนผสม (ร้อยละ)	อายุ 7 วัน (กก./ตร.ซม)	อายุ 14 วัน (กก./ตร.ซม)	อายุ 28 วัน (กก./ตร.ซม)
0	132.01	158.41	171.61
20	145.21	158.53	198.01
40	145.21	158.41	198.01
60	145.21	184.81	198.13
80	135.61	145.21	184.81
100	132.01	158.41	165.01

Mahasarakham University

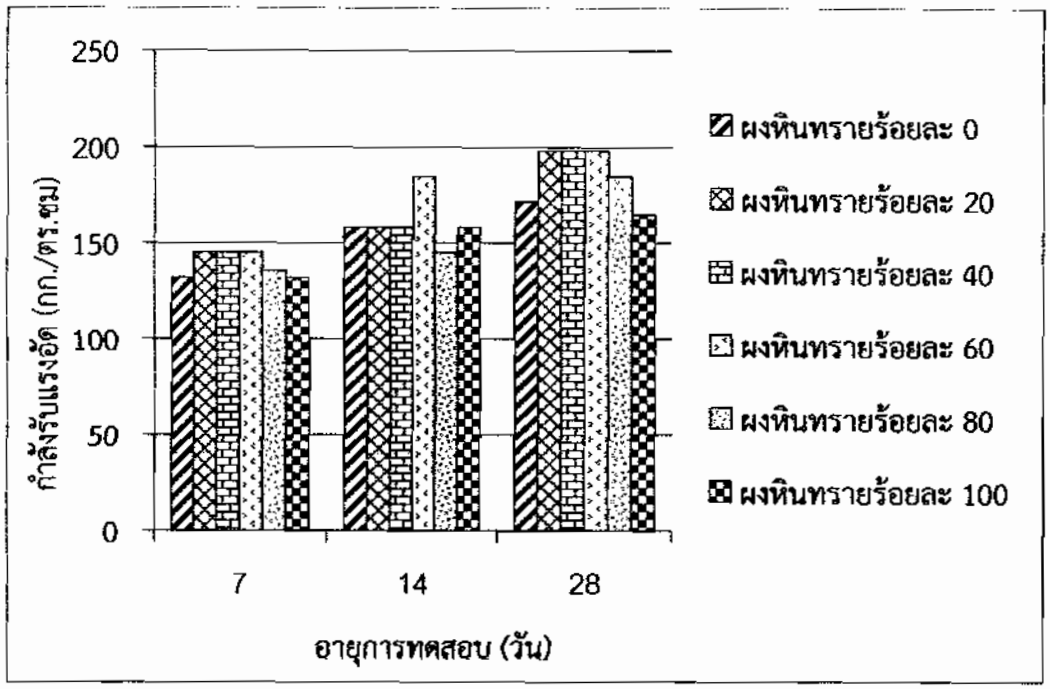


ภาพประกอบ 7 กราฟค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปา

จากภาพประกอบ 7 จะเห็นได้ว่า ที่อายุ 7 วัน กำลังรับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง ในช่วงอัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 20, ร้อยละ 40 และร้อยละ 60 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงที่สุด และกำลังแรงอัดจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มผงหินทรายขึ้น โดยมีแนวโน้มของกำลังรับแรงอัดคือ จะมีค่าต่ำสุดเมื่ออัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 0 และจะมีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มผงหินทราย จนมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงที่สุดที่อัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 60 และกำลังรับแรงอัดจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงหินทรายเกินร้อยละ 60 และที่อายุ 14 วัน แนวโน้มของกำลังรับแรงอัดจะเหมือนการทดสอบที่อายุ 7 วัน คือมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่อัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 60 และจะมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงหินทรายจนถึงอัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 100 และที่อายุ 28 วัน แนวโน้มของกำลังรับแรงอัดจะเหมือนอายุการทดสอบที่อายุ 7 วัน และ 14 วัน คือมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่อัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 60 และจะมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงหินทราย เมื่อดูภาพรวมทุกช่วงอายุการทดสอบจะเห็นอัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 60 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงที่สุด โดยในช่วงของอัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 0 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณผงหินทราย และจะมีค่ากำลังอัดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงหินทรายเกินร้อยละ 60 ที่ช่วงอายุทดสอบเดียวกัน ซึ่งเกิดจากการเพิ่มปริมาณผงหินทรายเป็นจำนวนมากแล้วทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง เกิดจากผงหินทรายดูดน้ำมากเกินไปอาจทำให้ก้อนตัวอย่างแห้งเปราะทำให้

Mahasarakham University

การทำปฏิกิริยาของส่วนผสมต่างๆ มีประสิทธิภาพลดลงด้วย แต่การทดสอบกำลังรับแรงอัดทุกอัตราส่วนผสม ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 77-2545 ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีกำลังรับแรงอัดขั้นต่ำที่ 3.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



ภาพประกอบ 8 กราฟค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปาที่อัตราส่วนผสมเทียบกับเวลา

จากภาพประกอบ 8 จะเห็นได้ว่า ก้อนตัวอย่างที่ผสมผงหินทรายทุกอัตราส่วนจะมีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการทดสอบเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการพัฒนากำลังโดยแต่ละอัตราผสมกำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน เพราะมีผลมาจากอัตราส่วนผสมนั้นๆ แต่มีแนวโน้มของกำลังรับแรงอัดที่เพิ่มขึ้น

4.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

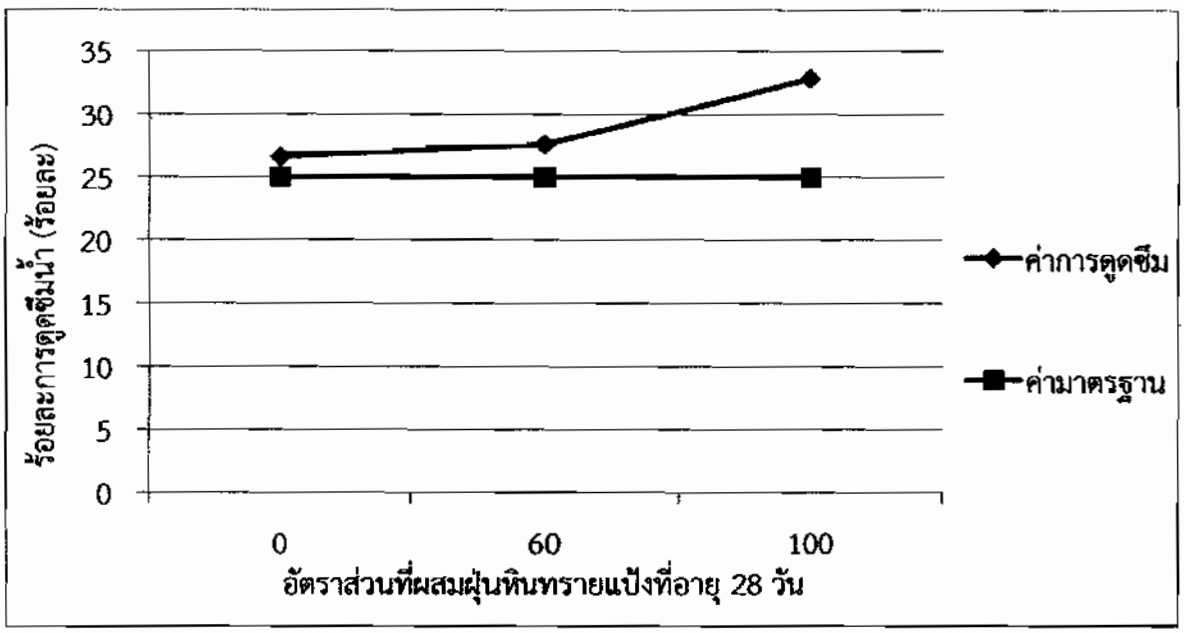
การทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวล ตะกอนน้ำประปา และผงหินทราย ทำการทดสอบตัวอย่างที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 0 ตัวอย่างที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 60 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ได้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดและตัวอย่างที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 100 โดยทำการทดสอบที่อายุ 28 วัน ค่าการดูดซึมของการทดสอบแสดงไว้ในตาราง 8

Mahasarakham University

ตาราง 8 ค่าการดูดซึมน้ำจากการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลและตะกอนน้ำประปา

ผงหินทราย (ร้อยละ)	ก้อนที่ 1			ก้อนที่ 2			ก้อนที่ 3			เฉลี่ย
	W_1 (กรัม)	W_2 (กรัม)	ร้อยละ	W_1 (กรัม)	W_2 (กรัม)	ร้อยละ	W_1 (กรัม)	W_2 (กรัม)	ร้อยละ	ร้อยละ
0	470	622	32.34	470	590	25.53	470	573	21.91	26.60
60	370	490	32.43	370	478	29.19	390	473	21.28	27.63
100	370	499	34.86	370	490	32.43	380	499	31.32	32.87

หมายเหตุ เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักก่อนแช่น้ำ
W_2 คือ น้ำหนักหลังแช่น้ำ



ภาพประกอบ 9 กราฟค่าการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน

จากภาพประกอบ 9 จะเห็นได้ว่า ค่าการดูดซึมน้ำของอัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายทุกอัตราส่วนมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน มอก.77-2545 ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 25 ทั้งนี้ เนื่องจากก้อนตัวอย่างทำมาจากเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปาและผงหินทรายทำให้ก้อนตัวอย่างมีช่องว่างของอากาศมาก และผงหินทรายดูดซึมน้ำค่อนข้างมาก ทำให้สามารถรับน้ำซึมผ่านเข้ามาได้มาก ซึ่งทำให้ก้อนตัวอย่างอุ้มน้ำ

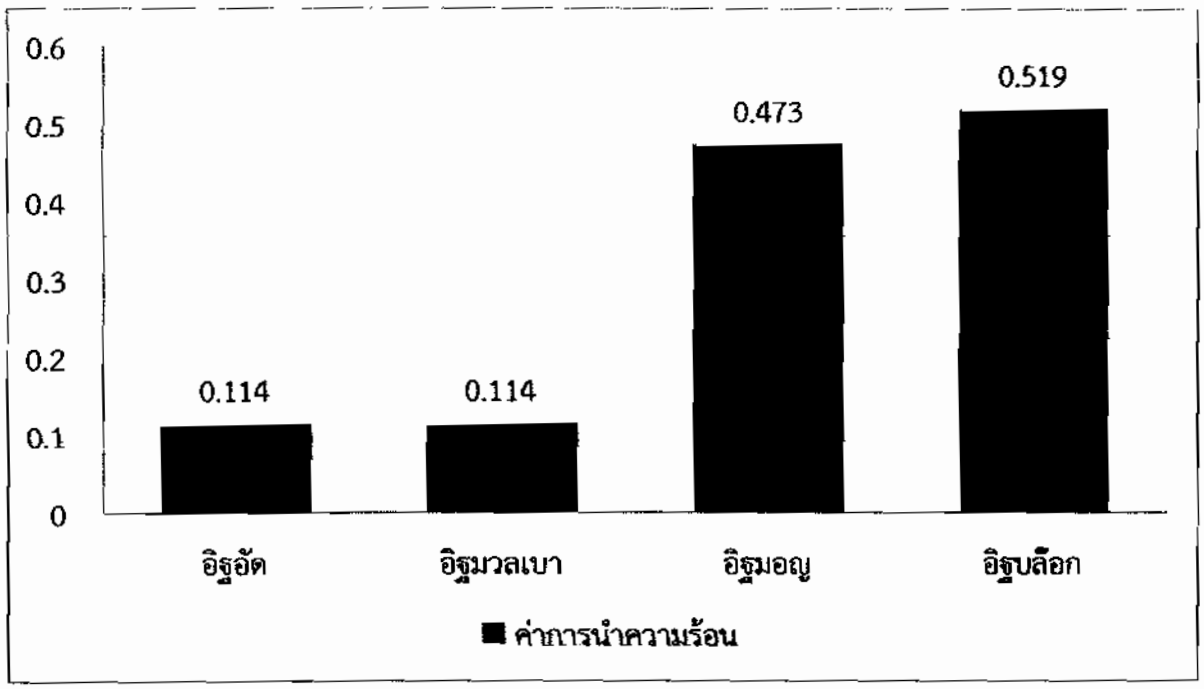
ก้อนตัวอย่างที่นำมาทำการทดลอง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำทั้ง 3 อัตราส่วน อัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 0 จะมีค่าการดูดซึมที่ต่ำที่สุด อัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 60 จะมีค่าการดูดซึมเพิ่มขึ้นมา และอัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 100 จะมีค่าการดูดซึมน้ำสูง

Mahasarakham University

ตาราง 9 การนำความร้อนของวัสดุประกอบโครงสร้าง

รายการวัสดุ	อิฐมอญ ½ แผ่น	อิฐมอญเต็มแผ่น	คอนกรีตบล็อก	คอนกรีตมวลเบา
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity – K value) (วัตต์/เมตร.เคลวิน)	*0.473	*0.473	*0.519	*0.089 – 0.132

หมายเหตุ : *มีการอ้างอิงจากสำนักการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน



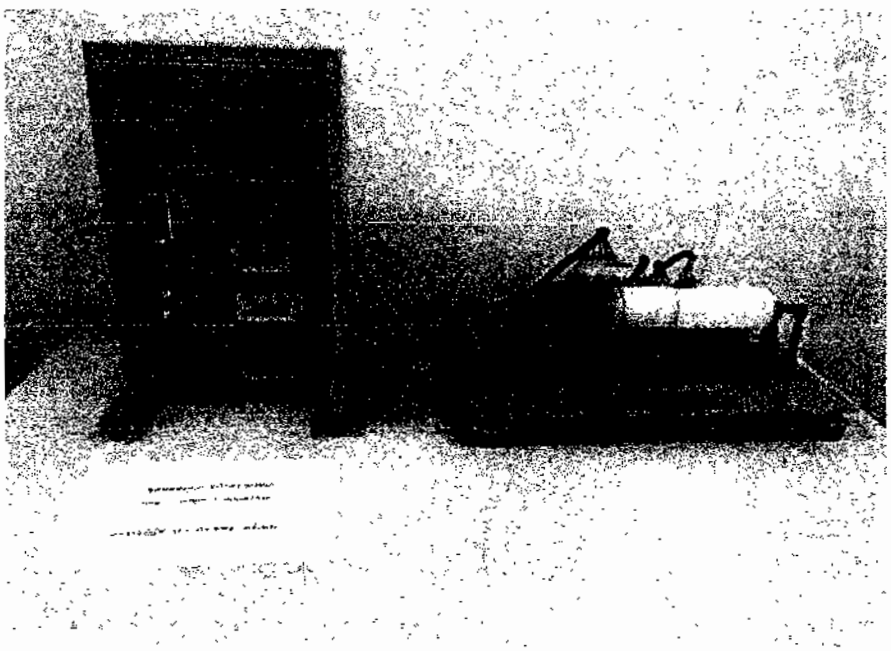
ภาพประกอบ 11 กราฟแสดงค่าการนำความร้อน

Mahasarakham University

ที่สุด เนื่องจากก้อนตัวอย่างที่ไม่มีมีส่วนผสมของผงหินทรายเป็นส่วนผสมจะมีช่องว่างของอากาศ ทำให้รับน้ำซึมผ่านได้ดีในระดับหนึ่ง แต่จะแตกต่างจากก้อนตัวอย่างที่มีผงหินทรายเป็นส่วนผสม เนื่องจากผงหินทรายแป้งมีคุณสมบัติของการดูดซึมน้ำค่อนข้างมาก และจากการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปา ได้มีการนำผงหินทรายมาแทนที่ทรายในอัตราส่วนผสมต่างๆ เมื่อเพิ่มปริมาณผงหินทรายมากขึ้นจึงทำให้การดูดซึมน้ำมากขึ้น

4.3 การทดสอบการนำความร้อน

การทดสอบการนำความร้อนจะทดสอบโดยเครื่องนำความร้อนของวัสดุ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในการปล่อยรังสีความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุโดยที่หัวเซ็นเซอร์จะจับอุณหภูมิวัดค่าความต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านและนำไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ตัวอย่างในการทดสอบ คือ อิฐอัดจากเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปาและผงหินทรายที่อายุ 28 วัน จำนวน ตัวอย่างละ 3 ก้อน จากการศึกษาพบว่าค่าการนำความร้อนเฉลี่ยของวัสดุ เท่ากับ 0.114 วัตต์/เมตร.เคลวิน ดังภาพประกอบ 4.5 จะเห็นได้ว่าค่าการนำความร้อนของอิฐอัดเถ้าชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปา และผงหินทราย มีค่าต่ำกว่าอิฐชนิดอื่น เนื่องจากผิวของตัวอย่างมีความพรุนจึงทำให้มีการส่งผ่านความร้อนได้ดีกว่าอิฐชนิดอื่น ดังแสดงในภาคผนวก ก โดยค่าการนำความร้อนของวัสดุประกอบโครงสร้างจะอ้างอิงเปรียบเทียบจากการทดสอบของสำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ดังตาราง 9



ภาพประกอบ 10 เครื่องทดสอบการนำความร้อน

Mahasarakham University

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปของงานวิจัยเรื่องกำลังรับแรงอัด ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการนำความร้อนของการประยุกต์ใช้ผงหินทรายในการผลิตอิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลและตะกอนน้ำประปา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆที่มีประโยชน์สำหรับการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับหัวข้องานวิจัยนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

1. แนวโน้มของกำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณผงหินทรายถึงร้อยละ 60 และจะมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงหินทรายขึ้นเรื่อยๆจนถึงร้อยละ 100 และเส้นแนวโน้มมีลักษณะเป็นโค้งคว่ำ
2. อัตราส่วนที่ได้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดคืออัตราส่วนที่ผสมผงหินทรายร้อยละ 60
3. เมื่ออายุการทดสอบเพิ่มขึ้น กำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นด้วย
4. ทุกอัตราส่วนผสมได้ค่ากำลังรับแรงอัดผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 77-2545
5. ค่าการดูดซึมน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณผงหินทราย แต่ไม่สามารถผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.77-2545
6. ค่าการนำความร้อนของอิฐอัดต่ำกว่าค่าการนำความร้อนของอิฐชนิดอื่นๆ จากคุณสมบัติดังกล่าวอิฐอัดเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทราย สามารถพัฒนาใช้เป็นวัสดุก่อผนังได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาวิธีการบ่มก้อนตัวอย่างด้วยวิธีอื่นเพื่อมาเปรียบเทียบกันว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด
2. ควรศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มสารที่อาจจะสามารถช่วยเพิ่มกำลังรับแรงอัด และช่วยลดค่าการดูดซึมน้ำลงได้
3. หากนำก้อนตัวอย่างไปใช้ในการก่อสร้าง ควรนำไปใช้เป็นผนังภายในเนื่องจากอิฐอัดที่ได้ไม่เหมาะสมกับสภาพอากาศที่ชื้น
4. ควรมีการพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปให้เป็นแบบระบบไฟฟ้าไฮดรอลิกส์เพื่อลดการเสียรูป และควรมีการออกแบบให้สามารถผลิตได้มากกว่า 2 ก้อน

Mahasarakham University

บรรณานุกรม

Mahasarakham University

บรรณานุกรม

ธวัชชัย ลาสูงยาง และสุมงคล นาทัน. *การศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแป้ง*. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2556.

มีศักดิ์ พัวพิทยาธร. อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวล. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,2556.

วีระ อำนวยพร. *อิทธิพลของเถ้าแกลบที่มีต่อคุณสมบัติทางกลของอิฐ*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต, 2542.

วิวัฒน์ นวนนุกูล และอนุสรณ์ พรหมมา. *การศึกษาคุณสมบัติของอิฐมอญผสมตะกอนน้ำประปา*. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2549.

สมัครเกียรติ ชมศักดิ์ และสุดารัตน์ ไชยพร. *การศึกษาอิฐอัดจากวัสดุชีวมวลผสมตะกอนน้ำประปา*. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2556.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. *อิฐก่อสร้างสามัญ มอก.77 – 2545*. ราชกิจจานุเบกษา 2545; 46[120]: 9.

เอก ช่อประดับ. *คุณสมบัติทางเชิงกายภาพของอิฐสามัญที่ทำจากดินเหนียวผสมแกลบ*. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547.

Mahasarakham University

ภาคผนวก

Mahasarakham University

ภาคผนวก ก
ตารางผลการทดลอง

Mahasarakham University

Mahasarakham University

ตาราง 10 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0 (ครั้งที่ 1)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0 (ครั้งที่ 1)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	39	40	39	37	36	34	35	34	33	5	5
3	51	51	40	39	39	36	32	32	31	10	15
4	64	63	46	41	42	37	32	32	32	15	30
5	78	77	61	59	57	38	32	32	32	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.089 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 2 w

ΔT = 5.17 K

ΔX = 0.028 m

Mahasarakham University

ตาราง 11 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0 (ครั้งที่ 2)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0 (ครั้งที่ 2)											
ลำดับ	จุดวัดอุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	47	45	37	33	33	32	32	31	31	5	5
3	57	56	44	39	37	33	33	33	32	10	15
4	73	68	56	41	40	37	35	35	35	15	30
5	82	80	59	47	44	39	35	35	35	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.12 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 2 w

ΔT = 3.8 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 12 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0 (ครั้งที่ 3)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 0 (ครั้งที่ 3)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	42	40	37	36	35	34	32	31	30	5	5
3	49	49	43	37	37	35	33	33	31	10	15
4	62	58	53	46	44	42	35	34	33	15	30
5	73	71	63	57	51	47	35	34	33	20	50

Mahasarakham University

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.153 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 2 w

ΔT = 3 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 13 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 (ครั้งที่ 1)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 (ครั้งที่ 1)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	44	43	37	36	33	32	32	32	32	5	5
3	52	51	44	38	34	32	32	32	32	10	15
4	74	70	53	49	36	33	32	32	32	15	30
5	87	83	57	52	37	34	32	32	32	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.046 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.8 w

ΔT = 8.8 K

ΔX = 0.028 m

Mahasarakham University

ตาราง 14 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 (ครั้งที่ 2)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 (ครั้งที่ 2)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	35	35	33	35	34	31	31	31	32	5	5
3	47	46	33	36	36	32	31	31	32	10	15
4	66	65	43	41	39	34	32	32	32	15	30
5	74	72	47	43	37	36	32	32	32	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.093 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.8 w

ΔT = 4.4 K

ΔX = 0.028 m

Mahasarakham University

ตาราง 15 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 (ครั้งที่ 3)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 20 (ครั้งที่ 3)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	42	41	34	32	35	31	31	31	31	5	5
3	54	53	39	34	37	32	32	32	32	10	15
4	73	73	45	40	42	35	33	33	33	15	30
5	81	79	54	42	39	36	34	34	34	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.146 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.8 w

ΔT = 2.8 K

ΔX = 0.028 m

Mahasarakham University

ตาราง 16 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 (ครั้งที่ 1)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 (ครั้งที่ 1)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	38	36	32	30	33	31	32	32	31	5	5
3	46	45	39	36	34	32	32	32	31	10	15
4	59	57	42	40	35	33	32	32	31	15	30
5	70	67	47	38	36	33	32	32	31	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.137 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.8 w

ΔT = 3 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 17 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 (ครั้งที่ 2)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 (ครั้งที่ 2)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	39	35	31	31	31	31	31	31	30	5	5
3	47	43	41	34	32	32	32	31	31	10	15
4	60	56	41	34	35	33	32	31	31	15	30
5	71	66	48	46	40	33	33	32	32	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.128 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.8 w

ΔT = 3.2 K

ΔX = 0.028 m

Mahasarakham University

ตาราง 18 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 (ครั้งที่ 3)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 (ครั้งที่ 3)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	44	41	35	35	33	31	30	30	30	5	5
3	47	44	41	37	34	31	31	31	31	10	15
4	58	57	45	43	37	34	33	32	31	15	30
5	67	65	52	49	45	35	34	32	31	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.062 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.8 w

ΔT = 6.6 K

ΔX = 0.028 m

Mahasarakham University

ตาราง 19 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60 (ครั้งที่ 1)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60 (ครั้งที่ 1)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	40	40	35	34	33	32	32	32	32	5	5
3	51	50	41	36	34	33	32	32	33	10	15
4	65	64	48	41	35	34	33	33	33	15	30
5	81	80	57	43	37	35	33	33	33	20	50

Mahasarakham University

K **อิฐอัด** = 0.119 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 2.1 w

ΔT = 4 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 20 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60 (ครั้งที่ 2)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60 (ครั้งที่ 2)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	36	36	33	35	33	33	32	32	33	5	5
3	48	47	43	35	34	33	33	33	34	10	15
4	61	60	48	37	35	35	33	33	34	15	30
5	79	77	54	43	37	35	33	33	34	20	50

Mahasarakham University

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.126 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 2.1 w

ΔT = 3.8 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 21 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60 (ครั้งที่ 3)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 60 (ครั้งที่ 3)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	40	39	34	31	33	32	32	33	31	5	5
3	50	49	39	39	35	33	32	32	32	10	15
4	64	62	46	39	37	33	32	32	32	15	30
5	80	78	55	47	42	35	33	32	32	20	50

Mahasarakham University

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.104 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 2.1 w

ΔT = 4.6 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 22 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 (ครั้งที่ 1)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 (ครั้งที่ 1)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	35	35	33	31	30	30	30	30	30	5	5
3	46	44	42	33	31	31	30	31	31	10	15
4	51	51	46	35	31	31	30	32	30	15	30
5	69	66	60	58	33	31	30	31	32	20	50

Mahasarakham University

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.200 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.8 w

ΔT = 2.1 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 23 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 (ครั้งที่ 2)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 (ครั้งที่ 2)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	37	36	36	34	31	30	30	30	30	5	5
3	48	45	44	38	31	31	30	30	31	10	15
4	52	52	49	44	33	31	30	30	31	15	30
5	71	67	52	49	33	31	31	30	31	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.060 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.8 w

ΔT = 7 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 24 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 (ครั้งที่ 3)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 80 (ครั้งที่ 3)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	38	38	33	32	32	31	30	30	30	5	5
3	46	46	37	34	33	31	30	30	30	10	15
4	54	53	40	38	35	32	31	30	30	15	30
5	70	69	48	48	36	33	31	30	31	20	50

Mahasarakham University

K **อิฐอัด** = 0.100 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.8 w

ΔT = 4.17 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 25 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 100 (ครั้งที่ 1)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 100 (ครั้งที่ 1)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	34	33	34	33	33	31	30	31	30	5	5
3	44	43	41	41	33	33	33	32	30	10	15
4	55	53	44	42	39	33	33	32	30	15	30
5	62	57	49	45	41	34	33	33	30	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.088 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.9 w

ΔT = 5 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 26 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 100 (ครั้งที่ 2)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 100 (ครั้งที่ 2)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	34	33	34	33	33	31	30	30	30	5	5
3	40	40	39	41	38	32	31	31	31	10	15
4	50	50	44	42	41	33	31	31	31	15	30
5	58	57	49	47	41	34	31	31	31	20	50

Mahasarakham University

Mahasarakham University

K **อิฐอัด** = 0.080 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.9 w

ΔT = 5.5 K

ΔX = 0.028 m

ตาราง 27 ตารางการทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 100 (ครั้งที่ 3)

ทดสอบการนำความร้อน อิฐอัดผสมเถ้าชีวมวลผสมตะกอนประปา และผงหินทรายที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 100 (ครั้งที่ 3)											
ลำดับ	อุณภูมิ °C									เวลา (นาที)	เวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ (นาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0
2	39	37	34	32	32	32	30	30	30	5	5
3	44	43	42	42	39	36	31	30	30	10	15
4	52	50	47	44	42	40	33	30	30	15	30
5	62	62	48	47	47	44	34	33	31	20	50

Mahasarakham University

K อิฐอัด = 0.201 W/m.K

D = 0.025 m

A = 0.0004 m^2

Q = 1.9 w

ΔT = 2.17 K

ΔX = 0.028 m

ประวัติย่อผู้วิจัย

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวสุปราณี สีพรมติ่ง
วันเกิด	วันที่ 26 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2532
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 68 หมู่ 6 ตำบลเหล่าบัวบาน อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44160

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2548	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ.2551	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเชียงยืนพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ.2557	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวพรศุลี ป้องคำแสน
วันเกิด	วันที่ 4 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534
สถานที่เกิด	อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 71 หมู่ 2 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44150

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2549	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนท่าขอนยางพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ.2552	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาการก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด
พ.ศ.2554	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคนิคการก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด
พ.ศ.2557	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mahasarakham University