อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

ผลกระทบของวัสดุทางธรรมชาติต่อความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ

EFFECT OF NATURAL MATERIALS ON COMPRESSIVE STRENGTH OF ADOBE BRICK

นายกัมพล เพ็ชรล้อมทอง รหัส 49360051

นายปิยพงษ์ ฉลูทอง รหัส 49361157

นางสาวประวีณา นาโควงค์ รหัส 49364677

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันลงทะเบียน 15 ส.ค. 2555

เลขทะเบียน 1587354X

เลขเรียกหนังสือ ว TA 498 ก994ผ 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน ผลกระทบของวัสดุทางธรรมชาติต่อความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ

ผู้ดำเนินโครงงาน นายกัมพล เพ็ชรล้อมทอง รหัส 49360051

นายปิยพงษ์ ฉลูทอง รหัส 49361157

นางสาวประวีณา นาโควงค์ รหัส 49364677

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์ปิยนันท์ บุญพยัคฆ์

สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์ปิยนันท์ บุญพยัคฆ์)

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์นพวรรณ โม้ทอง)

.....กรรมการ

(อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ศิริกาญจน์ ขันสัมฤทธิ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ชุลีพรย์ ป่าไร่)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ผลกระทบของวัสดุทางธรรมชาติต่อความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ			
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายกัมพล	เพ็ชรล้อมทอง	รหัส	49360051
	นายปิยพงษ์	ฉลูทอง	รหัส	49361157
	นางสาวประวีณา	นาโควงค์	รหัส	49364677
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์ปิยนันท์	บุญพยัคฆ์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ			
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ			
ปีการศึกษา	2552			

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของวัสดุทางธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อยที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ ได้แก่รูปทรง ความชื้น ความหนาแน่น การหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ และความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ โดยใช้วัสดุทางธรรมชาติดังกล่าวแทนที่ดินเหนียวในส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบในอัตราส่วน 0 - 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบกับอิฐควบคุมที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ โดยอิฐดินดิบที่ขึ้นรูปแล้วถูกปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ และทางกล พบว่าขี้เลื่อย และชานอ้อย สามารถเพิ่มความต้านทานแรงกด และลดการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ แต่ในส่วนผสมที่มีขี้เลื่อยแทนที่เกินกว่า 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และส่วนผสมที่มีชานอ้อยแทนที่เกินกว่า 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก นั้นส่งผลให้กำลังรับแรงกดมีค่าลดลง และในด้านความหนาแน่นของก้อนอิฐดินดิบ พบว่าการแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อย และชานอ้อยในส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบ ทำให้ค่าความหนาแน่นต่ำลงเมื่อเทียบกับก้อนอิฐดินดิบควบคุม เมื่อพิจารณาสัดส่วนผสมที่เหมาะสม พบว่าก้อนอิฐดินดิบที่ผสมขี้เลื่อย 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าความต้านทานแรงกดเท่ากับ 3.1 เมกกะปาสคาล, เปอร์เซ็นต์ค่าการหดตัวเท่ากับ 11.62, ความหนาแน่นเท่ากับ 1.31 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 30.50 และก้อนอิฐดินดิบที่ผสมชานอ้อย 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าความต้านทานแรงกดเท่ากับ 3.8 เมกกะปาสคาล, เปอร์เซ็นต์ค่าการหดตัวเท่ากับ 9.88, ความหนาแน่นเท่ากับ 1.42 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 23.29 ผลจากงานวิจัยนี้พบว่า วัสดุทางธรรมชาติได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อย สามารถเพิ่มสมบัติทางกลของอิฐดินดิบได้ และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาในการก่อสร้างบ้านดินให้เป็นสถาปัตยกรรมทางเลือกที่มีมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี เพราะได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ปิยนันท์ บุญพยัคฆ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ และแก้ไขข้อบกพร่องของการวิจัยด้วยดีตลอดมาทำให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์ และถูกต้อง

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณ อาจารย์นพวรรณ โม้ทอง อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์ อาจารย์ศิริกาญจน์ ขันสัมฤทธิ์ และอาจารย์ชุลีพรย์ ป่าไร่ ที่กรุณาสละเวลาเป็นอาจารย์สอบโครงงาน พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้โครงงานนี้

ครูช่างประเทือง โมรารายย ครูช่างธวัชชัย ชุลบุตร ครูช่างรณกฤต แสงผ่อง และครูช่างชัยวัฒน์ กล่ำแย้ม ที่คอยเอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ในการทำโครงงาน อีกทั้งยังคอยแนะนำการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ อย่างถูกต้องอีกด้วย

ขอขอบคุณเพื่อนทุกคนที่คอยช่วยเหลือให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาในการทำโครงงานนี้สำเร็จลุลวงได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และอาจารย์ทุกท่าน

คุณอนุชิต เรืองวิทยานนท์ เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของการทดสอบ

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจ และความช่วยเหลือทุกด้านจนประสบความสำเร็จในการศึกษา

ผู้ดำเนินโครงงาน
กัมพล เพ็ชรล้อมทอง
ปิยพงษ์ ฉลูทอง
ประวีณา นาโควงค์

เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญรูป.....ช

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 หลักการ และเหตุผล.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output).....2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย.....2
1.6 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย.....2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย.....3
1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินงาน.....3

บทที่ 2 หลักการ และทฤษฎีเบื้องต้น.....4
2.1 บ้านดิน.....4
2.2 อิฐ.....5
2.3 วัตถุดิบที่ใช้.....10
2.4 อิฐดินดิบที่ผสมกับวัสดุทางธรรมชาติ.....17
2.5 ข้อดีของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ.....17
2.6 ข้อเสียของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ.....17
2.7 ทฤษฎีการทดสอบสมบัติของวัตถุดิบ.....18
2.8 ทฤษฎีการทดสอบสมบัติของอิฐดินดิบ.....20
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน....30

3.1 สำรวจงานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง....30

3.2 วัสดุ และอุปกรณ์....30

3.3 การศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ....30

3.4 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานวิจัย....32

3.5 การทดสอบสมบัติของอิฐดินดิบ....35

บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์....37

4.1 การศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ....37

4.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของอิฐดินดิบ....42

4.3 การทดสอบสมบัติทางกลของอิฐดินดิบ....47

บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ....49

5.1 บทสรุปของโครงงาน....49

5.2 ข้อเสนอแนะ และการพัฒนา....49

5.3 ปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหา....49

เอกสารอ้างอิง....50

ภาคผนวก ก....52

ภาคผนวก ข....56

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน....59

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ....3

2.1 เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบในชานอ้อย....15

3.1 อัตราส่วนการแทนที่ดินเหนียวด้วยวัสดุทางธรรมชาติของก้อนอิฐดินดิบ....33

4.1 ผลการวิเคราะห์การหาการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน....38

4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของวัสดุทางธรรมชาติ....40

4.3 ผลสำรวจการทดสอบทางกายภาพด้วยสายตาของลักษณะก้อนอิฐดินดิบที่ใช้ขี้เลื่อย
เป็นวัสดุผสมหลังจากการอบที่ 110 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง....42

4.4 ผลสำรวจการทดสอบทางกายภาพด้วยสายตาของลักษณะก้อนอิฐดินดิบที่ใช้ชานอ้อย
เป็นวัสดุผสมหลังจากการอบที่ 110 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง....42

ก.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อย
ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก....53

ก.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยชานอ้อย
ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก....53

ก.3 ความหนาแน่นของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อย
ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก....53

ก.4 ความหนาแน่นของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยชานอ้อย
ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก....54

ก.5 เปอร์เซ็นต์การหดตัวของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อย
ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก....54

ก.6 เปอร์เซ็นต์การหดตัวของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยชานอ้อย
ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก....54

ก.7 ค่าความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อย
ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก....55

ก.8 ค่าความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยชานอ้อย
ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก....55

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แผนผังการผลิตอิฐดินดิบ....7
2.2 แผนผังการผลิตอิฐดินเผา....9
2.3 ลักษณะของดินเหนียว....11
2.4 ลักษณะของขี้เลื่อย....14
2.5 ลักษณะของชานอ้อย....16
2.6 น้ำที่หยดลงบนลูกแก้วสองลูก (โดยใช้ลูกแก้วแทนอนุภาคของดิน)....21
2.7 น้ำที่หยดลงบนลูกแก้วหลายลูก (โดยใช้ลูกแก้วแทนอนุภาคของดิน)....21
2.8 แรงตึงผิวของน้ำบนลูกแก้ว (โดยใช้ลูกแก้วแทนอนุภาคของดิน)....22
2.9 การทดสอบความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ....27
3.1 แผนผังการผลิตอิฐดินดิบผสมกับวัสดุทางธรรมชาติ....34
4.1 พีค XRD ของดิน....37
4.2 เส้นกราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน....39
4.3 ลักษณะพื้นผิวของขี้เลื่อย....41
4.4 ลักษณะพื้นผิวของชานอ้อย....41
4.5 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของก้อนอิฐดินดิบ....43
4.6 ค่าความหนาแน่นของก้อนอิฐดินดิบ....45
4.7 ค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ....46
4.8 ค่ากำลังรับแรงกดของก้อนอิฐดินดิบ....47
ข.1 ลักษณะของก้อนอิฐดินดิบที่แทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อยในอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยน้ำหนัก....57
ข.2 ลักษณะของก้อนอิฐดินดิบที่แทนที่ดินเหนียวด้วยชานอ้อยในอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยน้ำหนัก....58

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการ และเหตุผล

ในปัจจุบันมีผู้ที่หันมาสนใจในการสร้างบ้านดินเพิ่มมากขึ้น และเริ่มเป็นสถาปัตยกรรมทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่มีรายได้น้อย เนื่องจากเล็งเห็นว่าบ้านดินสามารถสร้างได้ด้วยตนเอง และใช้งบประมาณในการก่อสร้างไม่สูงมากนักที่สำคัญ คือวัสดุที่ใช้ในการสร้างบ้านดินนั้นไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากการก่อสร้างบ้านดินพัฒนาขึ้นจากภูมิปัญญาของชาวบ้านที่มีการถ่ายทอดต่อๆ กันมาโดยการลองผิดลองถูก ซึ่งวิธีการก่อสร้างเหล่านี้ไม่ได้ผ่านการวิเคราะห์ตามหลักวิศวกรรมหรือถูกออกแบบตามหลักสถาปัตยกรรมจึงส่งผลให้เกิดปัญหาในการก่อสร้าง เช่นการพังทลายลงมาของโครงสร้าง และปัญหาระยะยาวของอาคารหลังจากสร้างเสร็จแล้ว ซึ่งทำให้อาคารไม่สามารถคงอยู่ได้นานตามที่ควรจะเป็น หรือต้องมีการซ่อมแซมบ่อยครั้ง ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเพื่อแก้ไขในส่วนต่างๆ เช่น ความแข็งแรง การหดตัว การดูดซึมน้ำ การทนทานต่อการชะล้างของน้ำฝน เพื่อให้ประชาชนในท้องถิ่นสามารถนำไปสร้างด้วยตัวเองได้ (ไพริน, 2539)

ปัจจุบันอิฐดินดิบมีบทบาทเป็นอย่างมากในงานด้านก่อสร้าง เช่นการก่อผนัง หรือปูพื้นสามารถทำได้ง่ายมาก และแทบจะไม่มีค่าใช้จ่ายใด และยังมีกลุ่มคนจำนวนไม่น้อยที่คำนึงถึงเรื่องความแข็งแรงของอิฐดินดิบจึงมีการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของอิฐดินดิบที่ใช้ในการก่อสร้างโดยการทดสอบกำลังรับแรงกด (Compressive Strength), การหดตัว (Shrinkage) เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมใช้เป็นมาตรฐานเพื่อแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจ (ภูษิต และจตุพร, 2550) และได้มีการศึกษาแนวทางสำหรับนำวัสดุทางธรรมชาติมาผสมกับอิฐดินดิบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอิฐดินดิบมากขึ้น

ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้ได้นำเอาวัสดุทางธรรมชาติ ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อยมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอิฐดินดิบ เช่นการหดตัว การแตกร้าว และความแข็งแรง เนื่องจากในภูมิภาคเหนือตอนล่างมีการปลูกอ้อย และไม้เป็นจำนวนมากจึงมีเศษจากวัสดุดังกล่าวที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และวัสดุดังกล่าวนี้ก็มีลักษณะที่เป็นเส้นใย ซึ่งมีงานวิจัยที่เคยศึกษาวัสดุที่เป็นเส้นใยสามารถช่วยลดการแตกร้าว ลดการหดตัว และช่วยเพิ่มความต้านทานแรงกดของก้อนอิฐดินดิบได้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษา และเปรียบเทียบอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติกับอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติแตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อยที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ ได้แก่รูปทรง ความชื้น ความหนาแน่น การหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ และความต้านทานแรงกดของก้อนอิฐดินดิบ

1.2.2 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับกำหนดสัดส่วนการผสมของวัสดุทางธรรมชาติดังกล่าวในการผลิตก้อนอิฐดินดิบให้มีมาตรฐาน และเหมาะสมในการนำไปใช้ในการออกแบบก่อสร้างบ้านดิน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

อิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อยที่อัตราส่วนแทนที่ดินเหนียว 0 – 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

สมบัติเชิงกลของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติที่อัตราส่วนแทนที่ดินเหนียว 0 – 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

1.5 ขอบเขตของโครงงาน

1.5.1 วัตถุดิบ ได้แก่ดินเหนียวที่มีขนาดคละกันดีอยู่ในช่วงระหว่างขนาด 0.075 – 3.360 มิลลิเมตร ทรายเม็ดขนาด 0.420 มิลลิเมตร และวัสดุทางธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อยขนาด 3.360 มิลลิเมตร

1.5.2 ศึกษา และเปรียบเทียบอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติกับอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติแตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อย โดยนำส่วนผสมวัสดุทางธรรมชาติมาทดแทนในดินเหนียวในอัตราส่วน 0 - 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้ทราย 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุแห้ง เท่ากับ 0.4 มิลลิลิตรต่อกรัมตามลำดับ ที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ ได้แก่รูปทรง ความชื้น ความหนาแน่น การหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ และความต้านทานแรงกดของก้อนอิฐดินดิบ

1.6 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

อาคารปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

อาคารปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะในการดำเนินงานวิจัย

มิถุนายน 2552 – เมษายน 2554

1.8 ขั้นตอน และแผนดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ

ลำดับ	การดำเนินงาน	ต.ค.		พ.ย.		ธ.ค.		ม.ค.		ก.พ.		มี.ค.		เม.ย.	
1	ศึกษา และรวบรวมข้อมูล	←	→												
2	ศึกษา และวางแผนขั้นตอนการผลิต	←					→								
3	ดำเนินงาน และทดสอบวัสดุหรือชิ้นงาน							←			→				
4	รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผล									←		→			
5	เขียนรูปเล่มโครงงาน											←		→	

บทที่ 2
หลักการ และทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 บ้านดิน

บ้านดิน คือบ้านธรรมชาติบ้านที่สามารถหาวัสดุจากรอบข้างนำมาสร้างเป็นบ้าน บ้านหนึ่งหลังอาจใช้ดินที่อยู่ข้างบ้านกับแรงกายค่อยๆ ลงแรงสร้างจนกลายเป็นบ้านคุณภาพ โดยใช้ทุนเพียงเล็กน้อยบ้านดินที่สำคัญ คือวัสดุที่ใช้ในการสร้างบ้านดินนั้นไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากการสร้างบ้านดินพัฒนาขึ้นจากภูมิปัญญาชาวบ้านที่มีการถ่ายทอดต่อๆ กันมาโดยการลองผิดลองถูก ซึ่งวิธีการก่อสร้างเหล่านี้ไม่ได้ผ่านตามหลักการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม หรือถูกออกแบบตามหลักสถาปัตยกรรม จึงก่อให้เกิดปัญหาในการก่อสร้าง เช่นการพังทลายของโครงสร้าง และปัญหาระยะยาวของอาคารหลังจากสร้างเสร็จแล้ว ซึ่งทำให้อาคารไม่สามารถอยู่ได้ตามที่ควรจะเป็น หรือต้องมีการซ่อมแซมบ่อยครั้ง ดังนั้นจึงน่าจะมีการพัฒนาเพื่อแก้ไขในส่วนต่างๆ เพื่อให้ประชาชนในท้องถิ่นสามารถนำไปสร้างด้วยตัวเองได้ (ไพริน, 2539)

2.1.1 รูปแบบวิธีต่างๆ ในการสร้างบ้านดิน (บ้านธรรมชาติ)

ในการสร้างบ้านจากวัสดุธรรมชาติจะต้องเข้าใจเป็นพื้นฐานเสียก่อนว่าเป็นการสร้างที่อยู่อาศัยเพื่อการใช้ชีวิตอย่างเรียบง่ายผสานกลมกลืนกับธรรมชาติรอบๆ ตัว ดังนั้นในแต่ละขั้นตอนของการทำจึงต้องอาศัยความใจเย็นไม่รีบร้อน โดยคำนึงถึงความสมดุลของหลายๆ ปัจจัยควบคู่กันไป

วิธีที่ 1 ปั้นดินเหนียวขึ้นเป็นบ้านดิน โดยใช้วัสดุผสมจากโคลน และฟางจากต้นข้าวต่างๆ ที่มีสัดส่วนไม่แน่นอนแล้วแต่สภาพของดินโคลน (Cob) จากนั้นก็ค่อยๆ ปั้นขึ้นรูปเป็นผนัง และส่วนต่างๆ ของบ้าน วิธีนี้จะได้บ้านซึ่งเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหลังเมื่อแห้งจะมีความแข็งแรงมาก และยังพลิกแพลงรูปร่างได้ง่ายกว่าเพราะไม่ต้องคำนึงถึงรูปอิฐแต่ก็ต้องใช้เวลา และความละเอียดมาก วิธีนี้จะก่อให้เกิดความรู้สึกด้านจิตวิญญาณกับผู้สร้างได้มาก

วิธีที่ 2 ก่ออิฐดิน การขึ้นรูปดินโดยวิธีการปั้นขึ้นรูปเป็นอิฐ (Adobe) นำดินเหนียวผสมทราย และแกลบ (หรือฟางสั้น) ในอัตราส่วน 1:1:2 ทำเป็นอิฐดินไม่เผา วิธีนี้จะทำได้เร็ว และทำง่ายกว่า มีความยืดหยุ่นตัวค่อนข้างมากกว่าแบบใช้วัสดุผสมจากโคลน และฟางจากต้นข้าวต่างๆ ที่มีสัดส่วนไม่แน่นอน แล้วแต่สภาพของดินโคลน (Cob) (ขนาดอิฐดิน 8"x14"x4")

วิธีที่ 3 ผนังดินเสริมโครงไม้ไผ่ ให้ทำโครงไม้ไผ่ขึ้นมาก่อนแล้วนำดินเหนียวผสมแกลบมาโปะเข้าไป ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับการทำยุ้งข้าวของชาวบ้าน

วิธีที่ 4 ทำแบบผนังขึ้นมาก่อนแล้วนำดินเหนียวมาใส่แล้วกระทุ้งให้แน่น

วิธีที่ 5 เรียงกระสอบนำดินเหนียวมายัดใส่กระสอบแล้วจึงนำมาวางเรียงต่อกันเป็นผนัง

วิธีที่ 6 ใช้ฟางอัดแน่น (บ้านฟาง)

วิธีที่ 7 เพิ่มซีเมนต์ หรือวัสดุยึดเกาะอื่นๆ รวมทั้งการผสมผสานวัสดุชนิดอื่น เช่นไม้เสาปูน

2.2 อิฐ

อิฐ (Brick) เป็นวัสดุก่อสร้างที่ทำจากทรายและดินเหนียว หรือทรายและหินแข็งสมบัติทางฟิสิกส์ขึ้นอยู่กับสัดส่วน และชนิดของวัสดุต่างๆ ที่ใช้วิธีที่ใช้การผลิต เวลา และอุณหภูมิในการเผา เมื่ออุณหภูมิในการเผาเพิ่มขึ้น อิฐจะมีสีคล้ำ ความพรุนจะลดลง และความแข็งแรงของอิฐจะเพิ่มขึ้น (บุญ-ธรรม, 2550)

2.2.1 ส่วนประกอบของอิฐ

2.2.1.1 ดินเหนียว (Clay) ธรรมชาติของดินเหนียว คือเมื่อแห้งจะหดตัว ถ้าอิฐดินดิบที่ทดลองทำมีการแตกร้าวแสดงว่าส่วนผสมที่ใช้มีดินเหนียวมากเกินไปต้องเพิ่มส่วนผสมอื่นเพื่อลดการแตกร้าว ดินเหนียวเป็นดินที่มีเนื้อดินละเอียดเมื่อแห้งจะแข็ง แต่เมื่อเปียกจะเหนียวลื่น อุ้มน้ำได้ดี แต่ระบายน้ำได้ยาก

2.2.1.2 ทราย เป็นส่วนผสมที่จะช่วยลดการหดตัวของดินเหนียว และลดการแตกร้าว ทรายจะช่วยทำให้อิฐมีความแกร่ง แต่ถ้าผสมทรายมากเกินไปจะทำให้ถูกฝนชะดินออกได้ง่าย

2.2.1.3 น้ำ เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด เมื่อโมเลกุลของน้ำอยู่รวมตัวกัน ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยมีแรงที่ชื่อว่า “อิเล็กโตรสแตติก” (Electrostatic Forces) นอกจากโมเลกุลของน้ำจะเชื่อมต่อกันเองแล้ว โมเลกุลของน้ำยังสามารถยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลอื่นได้ด้วย

2.2.1.4 ขี้เลื่อย คุณสมบัติของไม้ หรือขี้เลื่อยมีความแข็ง ความเหนียวขึ้นอยู่กับชนิดของขี้เลื่อย เป็นฉนวนไฟฟ้า และความร้อน อีกทั้งมีความหนาแน่นสูง

2.2.1.5 ชานอ้อย มีสมบัติ คือ เป็นสารที่เพิ่มความหนืด และช่วยในการยึดเกาะ ละลายได้ในน้ำ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ ไม่เปลี่ยนแปลงความหนืด เมื่อทิ้งไว้นานๆ ทำหน้าที่เป็นตัวคงสภาพ สารแขวนลอย และสารยึดเกาะ ให้ฟิล์มที่ใส และแข็งแรง ไม่ละลายในน้ำมัน ไขมัน และสารอินทรีย์ มีความคงทนต่อสารเคมี และเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าสารธรรมชาติ ไม่เปลี่ยนแปลงสมบัติแม้เก็บไว้เป็นเวลานาน

2.2.2 วิธีการขึ้นรูปก้อนอิฐสามารถทำได้ 2 วิธี

2.2.2.1 การทำด้วยแรงคน วิธีนี้จะต้องมีแม่พิมพ์ หรือแบบซึ่งอาจจะทำด้วยไม้ หรือโลหะ เมื่ออัดดินลงไปในแบบแล้ว ใช้ไม้หรือมือปาดให้ด้านบนเรียบเสมอ แล้วจึงนำแบบออก (พื้นล่างจะใช้ขี้เถ้าเพื่อป้องกันอิฐติดกับพื้น) จากนั้นผึ่งอิฐให้แห้งหมาดๆ แล้วนำมาตบแต่งให้เรียบร้อยอีกครั้งหนึ่ง

2.2.2.2 การทำด้วยเครื่อง วิธีนี้นำดินเหนียวใส่เข้าไปในเครื่องอัดเครื่องจะทำการอัดดินออกมาเป็นแท่งได้ขนาดเท่ากันทุกก้อน มีผิวเรียบ นำไปผึ่งให้แห้งหมาดและแห้งด้วยอากาศ

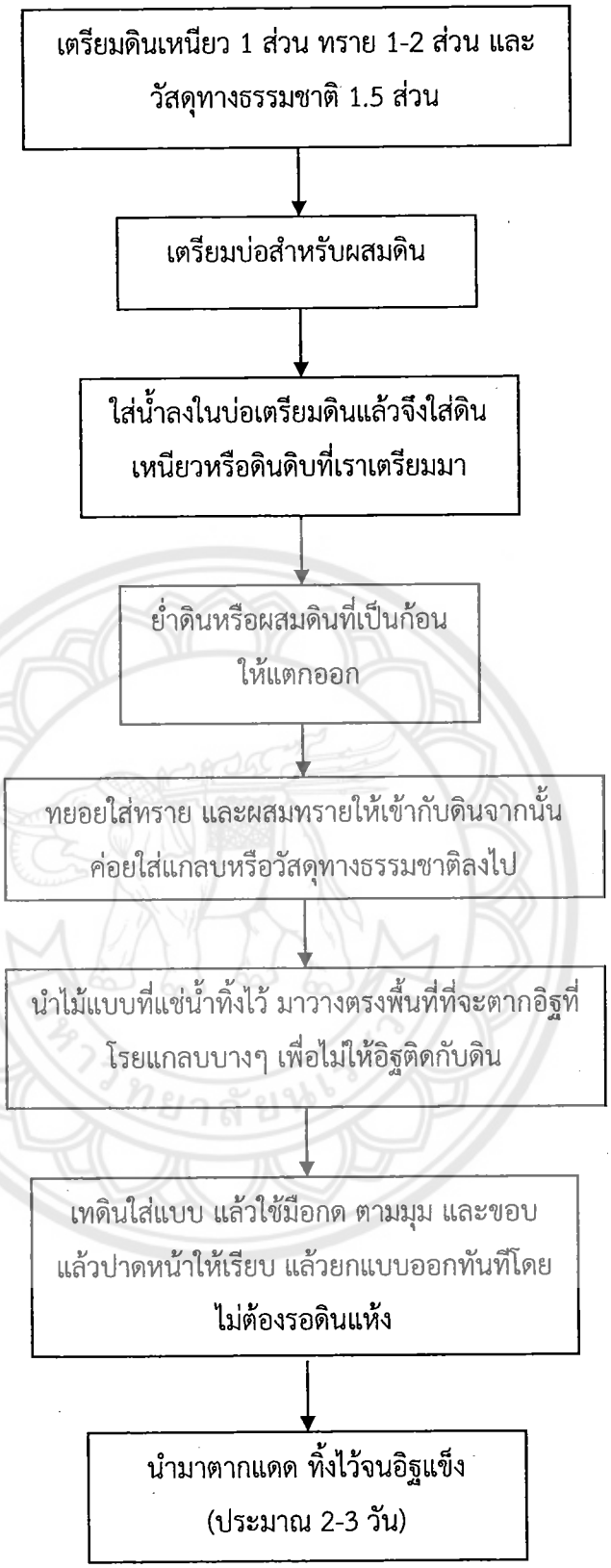
2.2.3 อิฐมีอยู่ 2 ประเภท

อิฐมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่อิฐที่ไม่ผ่านการเผา หรือเรียกว่า อิฐดินดิบ (Adobe brick) และอิฐที่ผ่านการเผา (Firing brick)

2.2.3.1 อิฐที่ไม่ผ่านการเผา หรืออิฐดินดิบ (Adobe brick) คืออิฐที่ปั้นด้วยดินเหนียวโดยไม่ได้นำไปเผา ส่วนมากจะนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างบ้านดินที่ผสมกับเส้นใย หรือวัสดุทางธรรมชาติเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ และช่วยเพิ่มคุณสมบัติของอิฐดินดิบที่ดียิ่งขึ้น โดยอิฐดินดิบมี 2 ประเภทได้แก่

ก. ชนิด Sabilized เป็นอิฐดินดิบที่จะมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ไม่น้อยกว่า 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีสารผสมเพิ่ม (Admixture) คือสารเคมีอื่นๆที่นอกเหนือไปจากปูนซีเมนต์ วัสดุมวลรวม และน้ำที่ให้เติมลงในส่วนผสมของคอนกรีตเพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำ และด้วยจุดประสงค์เพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต

ข. ชนิด Unsabilized เป็นอิฐดินดิบ 100 เปอร์เซ็นต์ วัสดุที่ใช้ในการผลิตก้อนอิฐดินดิบนั้นต้องใช้ดินเหนียวเป็นวัสดุหลักซึ่งมีข้อจำกัดตามธรรมชาติหลายประการ คือเมื่อนำมาผลิตเป็นก้อนอิฐแล้วมักเกิดการแตกร้าว และเกิดการหดตัวของวัสดุลักษณะการใช้งานโดยทั่วไปอิฐดินดิบจะไม่ใช้งานในลักษณะอิฐดินดิบ 100 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุเพราะอิฐดินดิบที่ไม่ผสมอะไรเลยมีข้อเสียหลายอย่าง เช่นความแข็งแรง การแตกร้าวจะมีมากกว่าอิฐดิบดิบที่ผสมกับวัสดุทางธรรมชาติ ความพรุนตัว การหดตัว เป็นต้น ดังนั้นในการใช้งานอิฐดินดิบจึงนิยมใช้วัสดุที่เป็นเส้นใยธรรมชาติผสมกับอิฐดินดิบ เช่นฟาง แกลบ เปลือกไม้ หรือวัสดุประเภทใยต่างๆ เป็นส่วนผสมเพิ่มเพื่อช่วยในการยึดเกาะตัวของดินเหนียว และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานของก้อนอิฐดินดิบ เช่นการเพิ่มความแข็งแรง การลดการหดตัว และการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีขึ้นได้



รูปที่ 2.1 แผนผังการผลิตอิฐดินดิบ

ที่มา : จิตร (2550)

2.2.3.2 อิฐที่ผ่านการเผา (Firing Brick) คืออิฐที่ผลิตจากส่วนผสมของดินเหนียว ทราย แกลบ และน้ำ สำหรับอิฐพิเศษอื่นๆ จะผสมสารหรือวัสดุพิเศษเพิ่มเพื่อการใช้งานเฉพาะด้านกรรมวิธีการผลิตโดยทั่วไป คือการนำดินเหนียวมาหมัก และนวดผสมจนได้ที่แล้วเอามาปั้นหรือพิมพ์ให้ได้ขนาดตามที่ต้องการเสร็จแล้วจึงเอาไปผึ่งลมหรือแดด เมื่อแห้งจึงนำไปเผาในเตาเผาอิฐจนสุกแล้วปิดเตาเพื่อให้ความร้อนค่อยๆ เย็นลง เมื่อเตาเย็นแล้วจึงขนอิฐออกมาเพื่อนำไปใช้งานต่อไปสีของอิฐที่เผาแล้วจะมีสีแตกต่างกันออกไป อันเนื่องมาจากสาเหตุ ได้แก่ส่วนผสมของเหล็ก ออกไซด์ หรือแมงกานีสออกไซด์ในเนื้อดินเหนียว ความแห้งของเนื้อดินก่อนที่จะเผา เช่นอิฐมอญ หรืออิฐดินเผา คืออิฐที่ทำจากดินเหนียวผสมกับแกลบ หรือวัสดุอื่นผสมน้ำนวดเคล้าให้เข้าเนื้อเดียวกันแล้วใส่เข้าแม่พิมพ์ โดยโรยเถ้าแกลบบนลานดินภายในแม่พิมพ์ก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้ดินผสมติดกับแม่พิมพ์ปาดให้เรียบ ตัดทำเป็นแผ่นผึ่งให้แห้ง หรือพอหมาดแล้วเอาเข้าเตาเผาจนสุก

รูปที่ 2.2 แผนผังการผลิตอิฐดินเผา

ที่มา : จิตร (2550)

อิฐดินดิบ และอิฐดินเผามีลักษณะการใช้งาน และคุณสมบัติที่แตกต่างกัน คืออิฐดินเผาย่อมมีความแข็งแรงมากกว่าอิฐดินดิบ เพราะมีการผ่านกระบวนการเผาซึ่งทำให้ความพรุนตัวของอิฐลดลง การหดตัวต่ำ ความแข็งแรงสูงกว่าอิฐดินดิบเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการความแข็งแรงสูง ส่วนอิฐดินดิบนั้นเป็นอิฐที่ไม่ผ่านกระบวนการเผาจึงมีค่าความแข็งแรงต่ำกว่าอิฐที่เผา แต่อิฐดินดิบมีกระบวนการผลิตที่ง่าย และต้นทุนไม่สูงจึงเป็นที่นิยมในการใช้งานก่อสร้างบ้านดินโดยการผสมวัสดุทางธรรมชาติลงไปด้วยเพื่อเพิ่มสมบัติให้กับอิฐดินดิบในการก่อสร้างบ้านดินให้มีความแข็งแรงเหมาะกับการใช้งาน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของอิฐดินดิบมากขึ้นด้วย

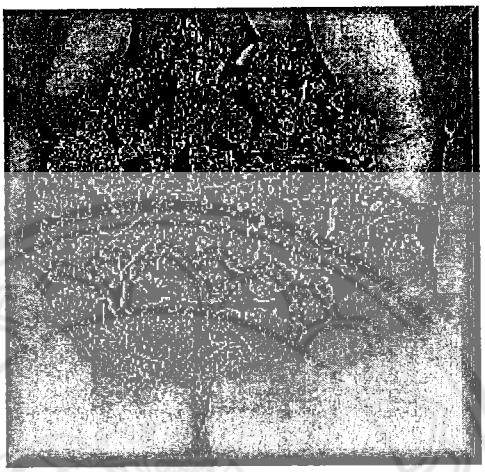
2.3 วัตถุดิบที่ใช้

2.3.1 ดินเหนียว เป็นดินที่เกิดจากตะกอนที่พัดพามาทับถมกันธรรมชาติของดินเหนียวประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์ (Kaolinite) เป็นส่วนใหญ่ โดยแร่เคโอลิไนต์ที่พบในดินเหนียวมักมีผลึกที่ไม่สมบูรณ์ และมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังพบแร่ดินชนิดอื่นๆ เช่นมอนมอริลโลไนต์ (Monmorillonite) อิลไลต์ (Illite) ควอร์ทซ์ (Quartz) แร่ไมกา (Mica) และแร่เหล็กออกไซด์ (Iron oxide) รวมทั้งมักมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่เสมอ ดินเหนียวมีสีต่างๆ เกิดจากการมีแร่ธาตุชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน อาทิ สีดำ เทา ครีม และน้ำตาล ดินเหนียวที่มีสีเทาหรือดำนั้น จะมีอินทรียวัตถุปนมาก ส่วนดินเหนียวสีครีมหรือน้ำตาล มาจากแร่เหล็กที่ปะปนอยู่ (ปรีดา, 2532)

ดินเหนียว เป็นดินเนื้อละเอียด ซึ่งมีคุณสมบัติ ทึบน้ำ เหนียว เมื่อให้น้ำในปริมาตรที่เหมาะสม จะสามารถนำมาปั้นเป็นรูปทรงต่างๆ ได้ เมื่อนำไปเผาจะแปรสภาพเป็นวัตถุแข็ง ไม่เปลี่ยนรูปดินเหนียวมีสมบัติเด่นในการนำมาขึ้นรูป คือ มีความเหนียว และเมื่อแห้งมีความแข็งแรงสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังแห้งมีความแข็งแรง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อแห้ง ดินเหนียวมักมีการหดตัวสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการแตกร้าว ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้เนื้อดินเหนียวล้วนๆ ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ แต่ต้องมีการผสมวัสดุที่ไม่มีความเหนียว อาทิ ดินเชื้อ หรือทราย เพื่อลดการดึงตัว และการหดตัว ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการแตกร้าว เนื่องจากการหดตัวของดินได้ ดินเหนียวหลายชนิด มีช่วงอุณหภูมิที่จะเปลี่ยนไปเป็นเนื้อแก้วกว้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ คือช่วยปรับปรุงเนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผาให้ดีขึ้น ในการใช้ประโยชน์จากดินเหนียวนั้นนอกจากใช้เป็นเนื้อดินปั้นสำหรับหัตถกรรมพื้นบ้านแล้ว ยังนิยมนำมาใช้ผสมกับดินขาวเพื่อเพิ่มความเหนียว หรือช่วยให้น้ำดินมีการไหลตัวดีขึ้น

ในปัจจุบันประเทศไทยมีแหล่งดินเหนียวอยู่หลายแหล่ง ที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเซรามิก อาทิ ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปราจีนบุรี ลำปาง เชียงใหม่ นอกเหนือจากนี้ ดินเหนียวที่มีอยู่ในแหล่งพื้นบ้านทั่วไป อย่างไรก็ตามแม้ว่าดินเหนียวจะมีอยู่ในหลายพื้นที่ก็ตามการนำดินเหนียวจากแหล่งต่างๆ มาใช้ก็ควรใช้อย่างมีคุณค่า และใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพราะเมื่อดินเหนียวหมดไปแล้วก็จะต้องใช้เวลานานเป็นร้อยล้านปี กว่าที่จะมีการทับถมเพื่อให้เกิดทดแทนใหม่ได้ (ไพริน, 2539)

ดินเหนียว (Clay) ธรรมชาติของดินเหนียว คือเมื่อแห้งจะหดตัวถ้าอิฐดินดิบที่ทดลองทำมีการแตกร้าวแสดงว่าส่วนผสมที่ใช้มีดินเหนียวมากเกินไป ต้องเพิ่มส่วนผสมอื่นเพื่อลดการแตกร้าว ดินเหนียวเป็นดินที่มีเนื้อดินละเอียดเมื่อแห้งจะแข็งแต่เมื่อเปียกจะเหนียวลื่น อุ้มน้ำได้ดี แต่ระบายน้ำได้ยาก อนุภาคดินเหนียวซึ่งเกิดจากการสังเคราะห์แร่ดั้งเดิมที่สลายตัวผุพังแล้วทับถมอยู่ในดินจัดเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่สุด และไม่สามารถมองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดธรรมดา



รูปที่ 2.3 ลักษณะของดินเหนียว
ที่มา : http://web.ku.ac.th (2554)

อนุภาคของดินเหนียวมีลักษณะเป็นแผ่นของสารประกอบที่เรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ เมื่อเปียกน้ำ หรือมีความชื้นเหมาะสมจะสามารถยึดเกาะสารอื่นได้ดี โดยมีลักษณะเหนียว และลื่น สามารถปั้นเป็นรูปต่างๆ ได้ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และเมื่อแห้งจะเกาะยึด หรือมีความเชื่อมแน่นได้ดี โดยมีลักษณะเป็นก้อนแข็งสากมือคล้ายเม็ดทราย ดินเหนียวไม่ปรากฏตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว แต่จะเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน และดินเหนียวบางชนิดสามารถพองตัวเมื่อได้รับน้ำ และหดตัวเมื่อสูญเสียน้ำ ทั้งนี้อนุภาคดินเหนียวเมื่อเรียงตัวกันเป็นก้อนดินจะเกิดช่องระหว่างอนุภาคที่มีขนาดเล็ก และมีปริมาตรรวมของช่องว่างเป็นปริมาณมาก จึงมีความพรุนสูง และอุ้มน้ำได้มาก แต่มีความสามารถต่ำในการระบายน้ำ และอากาศ (ภูษิต และจตุพร, 2550)

2.3.1.1 การจำแนกกลุ่มดิน ดินเหนียวถูกจัดอยู่ในประเภทดินเนื้อละเอียด (Fine Texture Soils) หมายถึงดินที่มีดินเหนียวปนอยู่มาก และมีคำขึ้นต้นหรือลงท้ายว่า ดินเหนียว ได้แก่ ดินเหนียว (Clay), ดินเหนียวปนทราย (Sandy Clay), ดินเหนียวปนทรายแป้ง (Silty Clay) และดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loam)

2.3.1.2 สภาพของดินเหนียว เป็นดินที่มีเนื้อละเอียดในสภาพดินแห้งจะแตกออกเป็นก้อนแข็งมาก เมื่อเปียกน้ำแล้วจะมีความยืดหยุ่น สามารถปั้นเป็นก้อน หรือคลึงเป็นเส้นยาวได้ เหนียว

เหนอะหนะติดมือ เป็นดินที่มีการระบายน้ำ และอากาศไม่ดี แต่สามารถอุ้มน้ำ ดูดยึด และแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ดีเหมาะที่จะใช้ทำนาปลูกข้าวเพราะเก็บน้ำได้นาน

2.3.1.3 วิธีการตรวจสอบดินเหนียวแบบง่าย

- ปั้นเป็นก้อนกลมได้
- มีลักษณะเหนียวมาก ติดมือ และเป็นมัน
- สามารถรีดเป็นเส้นยาว ไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ได้โดยไม่แตก

2.3.1.4 ประโยชน์ของดินเหนียว

- ด้านการเกษตร เหมาะสำหรับการทำนา ปลูกข้าว แต่ไม่เหมาะสำหรับพืชชนิดอื่น

- ด้านศิลปะ ใช้ในการทำเครื่องปั้นดินเผา ทำภาชนะ เครื่องใช้ต่างๆ ใช้ขึ้นรูปในงานปั้น สร้างผลงานทางด้านประติมากรรม

- ด้านวิศวกรรม ใช้เป็นส่วนประกอบในการทำอิฐ ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง แกนดินเหนียวสำหรับเขื่อนดิน และเขื่อนหินทิ้งใช้เป็นวัสดุดิบในการผลิตเซรามิกเพื่อใช้ในงานวิศวกรรมและอุตสาหกรรม

2.3.2 ทราย เป็นส่วนผสมที่จะช่วยลดการหดตัวของดินเหนียว และลดการแตกร้าว ทรายจะช่วยทำให้อิฐมีความแกร่ง แต่ถ้าผสมทรายมากเกินไปจะทำให้ถูกฝนชะดินออกได้ง่าย ทรายเป็นตัวอย่างหนึ่งของวัสดุจำพวก สสารแบบเม็ด (Granular Matter) ตามธรรมชาติแล้ว ทรายเกิดจากหินที่ถูกย่อยเป็นเม็ดละเอียด ซึ่งหมายถึงทรายทั่วๆ ไปที่เราพบเห็นตามชายหาด แต่อีกความหมายหนึ่งในแง่วิทยาศาสตร์ (โดยเฉพาะทางธรณีวิทยา) แล้ว หมายถึงชื่อขนาดของอนุภาคขนาดเม็ด "ทราย" ที่มีขนาดอนุภาคหรือเม็ดตะกอนระหว่าง 0.0625 - 2 มิลลิเมตร อนุภาคหนึ่งๆ ของทรายนั้น เรียกว่า "เม็ดทราย" ขนาดของอนุภาคที่เล็กถัดลงไป เรียกว่าทรายแป้ง (Silt) เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.0625 - 0.004 มิลลิเมตร ส่วนขนาดของอนุภาคที่ใหญ่กว่าขนาดอนุภาคของทราย เรียกว่ากรวด (Gravel) อนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า 2 ถึง 64 มิลลิเมตร (ท่านสามารถศึกษาการแบ่งขนาดของอนุภาคทางธรณีวิทยาได้จาก Grain Size) เมื่อใช้นิ้วถูเบาๆ ขนาดอนุภาคทรายนั้นจะให้ความรู้สึกสาก ส่วนอนุภาคทรายแป้งนั้นจะรู้สึกเหมือนนิ้วถูผงแป้ง แต่จะรู้สึกสากๆ เพียงเล็กน้อย) (ทราย, 2552)

2.3.2.1 ทรายถูกจัดอยู่ในประเภท ดินเนื้อหยาบ (Coarse Texture Soils) ได้แก่พวกดินที่มีเนื้อหยาบ และอยู่ในประเภทที่ไม่มีคำว่าดินเหนียว และทรายแป้งปนอยู่ ได้แก่ดินทราย (Sand) ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) และดินทรายปนดินร่วน (Loamy Sand)

2.3.2.2 เป็นดินที่มีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าร้อยละ 85 เนื้อดินมีการเกาะตัวกันหลวมๆ มองเห็นเป็นเม็ดเดี่ยวๆ ได้ ถ้าสัมผัสดินที่อยู่ในสภาพแห้งจะรู้สึกสากมือ เมื่อลองกำดินที่แห้งนี้ไว้ในอุ้งมือแล้วคลายมือออกดินก็จะแตกออกจากกันได้ แต่ถ้ากำดินที่อยู่ในสภาพชื้นจะสามารถทำให้เป็นก้อนหลวมๆ ได้ แต่พอสัมผัสจะแตกออกจากกันทันที ดินทราย เป็นดินที่มีการ

ระบายน้ำ และอากาศดีมาก แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเพราะความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารพืชมีน้อย พืชที่ขึ้นบนดินทรายจึงมักขาดทั้งธาตุอาหารและน้ำ

2.3.3 น้ำ เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด เมื่อโมเลกุลของน้ำอยู่รวมตัวกัน ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยมีแรงที่ชื่อว่า "อิเล็กโตรสแตติก" (Electrostatic forces) นอกจากโมเลกุลของน้ำจะเชื่อมต่อกันเองแล้วโมเลกุลของน้ำยังสามารถยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลอื่นได้ด้วย โมเลกุลของสารประกอบบางชนิดยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิก (Ionic Bonds) โดยมีแรงอิเล็กโตรสแตส-ติกระหว่างประจุบวก และประจุลบของอะตอมแต่ละตัว แรงอิเล็กโตรสแตติกของโมเลกุลเหล่านี้จะลดลงเหลือเพียง 1 ต่อ 80 เมื่อถูกรบกวนจากแรงอิเล็กโตรสแตติกของน้ำ น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีเนื่องจากแรงอิเล็กโตรสแตกติกของโมเลกุลน้ำจะมีพลังมากกว่าแรงอิเล็กโตรสแตกติกของโมเลกุลอื่นเสมอ ตัวอย่างเช่นเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มีโมเลกุลของโซเดียม (Na^+) เป็นประจุบวก ยึดติดกับโมเลกุลของคลอรีน (Cl^-) ซึ่งเป็นประจุลบ เมื่อใส่ผลึกเกลือลงในน้ำ แรงอีเล็กโตรสแตติกระหว่างโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์จะถูกลดลง 80 เท่า ทำให้ขั้วบวกของโมเลกุลน้ำ (ไฮโดรเจน) ดึงดูด Cl^- ไว้ และขั้วลบของโมเลกุลน้ำ (ออกซิเจน) ดึงดูด Na^+ ไว้ (สารานุกรมเสรี, 2552)

2.3.4 วัสดุทางธรรมชาติ ส่วนผสมที่เป็นเส้นใยและมีความเหนียว โดยปกติจะใช้แกลบ หรือฟางเส้นสั้นๆ (ถ้าเป็นส่วนผสมที่เป็นวัสดุธรรมชาติควรจะมีความสด และเหนียว) ส่วนผสมที่เป็นเส้น-ใยนี้จะช่วยยึดดินเข้าด้วยกัน ลดการแตกร้าว และป้องกันการชะล้างของน้ำฝน (ไพริน, 2539)

2.3.4.1 ขี้เลื่อย คือ "ส่วนที่ใช้การไม่ได้จากการเลื่อย" ได้มาจากโรงงานอุตสาหกรรมเลื่อย โรงงานเฟอร์นิเจอร์ หรือโรงไม้ ประโยชน์ของขี้เลื่อยส่วนใหญ่ก็เอาไปทำเชื้อเพลิงสำหรับสร้างกำลังงานของโรงเลื่อยนั่นเอง เพราะขี้เลื่อยซึ่งได้จากโรงเลื่อยนั้นมีมากมาย จึงพยายามใช้มันให้เกิดประโยชน์ให้มากที่สุด ขี้เลื่อยได้ทำหน้าที่เป็นฉนวน (Insulator) คอยป้องกันความร้อนจากภายนอกไม่ให้เข้าไปข้างใน และในขณะเดียวกันก็ป้องกันความเย็นจากข้างในไม่ให้ออกมาข้างนอกด้วย เพราะไม้เป็นวัตถุที่ยอมให้ความร้อนถ่ายเทไปได้ไม่ดี หรือไม่ยอมให้ความร้อนถ่ายเทไปได้เลย การใช้ขี้เลื่อยโรยหนาๆ นั้นก็เพื่อป้องกันความชื้นของดินไม่ให้ระเหยออกไปมาก นอกจากนั้นเวลาฝนตก หรือเวลาเรารดน้ำขี้เลื่อยซึ่งติดตามมาก็คือช่วยกำจัดหญ้าและกลายเป็นปุ๋ยของต้นผลไม้เมื่อขี้เลื่อยผุเปื่อยลง ขี้-เลื่อยเป็นวัตถุดิบอีกอย่างหนึ่งก็ คือ การทำธูปซึ่งโดยมากเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนสูง (สมโภชน์, 2550)

ลักษณะของขี้เลื่อย เส้นใยที่ได้จากขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน เช่นต้นสน ต้นยูคาลิปตัส จะมีเส้นใยยาวมีความแข็งแรงและเหนียว ส่วนขี้เลื่อยที่ได้จากไม้เนื้อแข็งจำพวก ต้นเต็ง ต้นรัง และต้นประดู่ เส้นใยจะได้เส้นใยที่สั้นกว่า ความเหนียวที่ได้จะต่ำกว่า

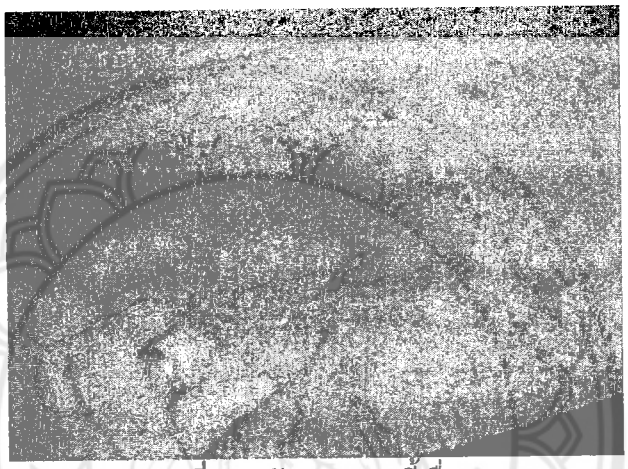
องค์ประกอบทางเคมีของขี้เลื่อยประกอบด้วยสารที่สำคัญอยู่สองประเภท คือสารพวกโพลีแซดคาไรด์ ซึ่งเรียกรวมๆ ว่าไฮโลเซลลูโลส ประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส อีกประเภทหนึ่งได้แก่ ลิกนิน นอกจากนั้นยังมีสารอินทรีย์อื่นๆ ที่เป็นองค์ประกอบส่วนน้อยอีก เช่นยางน้ำมันไม้

เทนนิน แอลคาลอยด์ และสารที่มีสีอื่นๆ อีกหลายชนิด เป็นต้น สารเหล่านี้จัดอยู่ในประเภทสารแทรก หรือสารที่สกัดได้ ส่วนสารประกอบอินทรีย์นั้นก็คือส่วนที่เป็นขี้เถ้า

สมบัติของไม้หรือขี้เลื่อยมักจะมีความแข็ง ความเหนียวขึ้นอยู่กับชนิดของขี้เลื่อย ไม่นำไฟฟ้า ไม่นำความร้อน มีความหนาแน่นสูง

ประโยชน์ของขี้เลื่อย

- ใช้เป็นเชื้อเพลิง อาจให้มีคุณภาพมากขึ้นด้วยการอัดเป็นแท่ง
- นำไปใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ
- นำไปทำหัวเชื้อเห็ด



รูปที่ 2.4 ลักษณะของขี้เลื่อย
ที่มา : สมโภชน์ (2550)

2.3.4.2 อ้อย เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยโดยเป็นวัตถุดิบหลัก ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย ชานอ้อยส่วนใหญ่ได้ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการต้มน้ำและเดินเครื่องจักรตามโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มีผู้คิดค้นหาวิธีนำชานอ้อยไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่นการผลิตเยื่อ และกระดาษ อย่างไรก็ตามการใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงก็ยังจัดว่าเป็นการใช้ประโยชน์ที่ไม่คุ้มค่าเท่าที่ควร และกระดาษที่ผลิตขึ้นจากชานอ้อยก็ยังอยู่ในเกณฑ์คุณภาพต่ำ เนื่องจากกระบวนการเตรียมเยื่อได้ทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดลงไปจากเดิม

ในอดีตใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงสำหรับต้มน้ำในหม้อน้ำให้เดือดแล้วใช้กำลังไอน้ำสำหรับเดินเครื่องจักรไอน้ำ และสำหรับกำเนิดไฟฟ้าในระยะเวลาต่อมาชานอ้อยในยุคก่อนๆ ยังมีน้ำตาลที่หีบออกไม่หมดหลงเหลืออยู่มาก และเป็นการสะดวกในการที่ป้อนชานอ้อยจากลูกหีบลูกสุดท้ายเข้าสู่เตาต้มน้ำ หรือ Boiler ได้ทันที ถึงกระนั้นก็ตามชานอ้อยก็ยังคงเหลืออยู่อีกมาก เนื่องจากหม้อน้ำใช้ไม่หมดทำให้เกิดปัญหาในการกำจัด และทำลายให้หมดไปจากบริเวณโรงงาน แม้ว่าบางโรงงานในแถบเวสต์อินดีส จะดัดแปลงไปใช้กลั่นเหล้ารัม หรือแอลกอฮอล์บ้าง ชานอ้อยก็ยังคงเหลือมากมายมีการนำชานอ้อยไปอัดเป็นแผ่นคล้ายไม้อัด และใช้ทำเยื่อกระดาษตลอดจนพลาสติก และ

สารเฟอร์ฟิวราล (Furfural) คือปฏิกิริยาของวิตามินอันเนื่องมาจากออกซิเจนที่ให้สีน้ำตาล พบมากในน้ำผลไม้ และน้ำผลไม้เข้มข้น และมีสมบัติของกระดาษชานอ้อย คือเก็บเสียงได้ดี และใช้ทำฝ้าเพดานตลอดจนใช้บุผนังห้องในบ้านหรือแม้แต่ในเรือ และรถยนต์ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 5, 2540)

องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อย ประกอบด้วยเซลลูโลส ลิกนิน เพนโตแซน เถ้า (SiO_2 (Fe_2O_2) CaO) และแมกนีเซียม (Magnesium: MgO)

ชานอ้อย หมายถึงส่วนของลำต้นอ้อยที่บีบเอาน้ำอ้อยหรือน้ำตาลออกแล้ว มีส่วนประกอบอย่างหยาบๆ คิดเป็นค่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชานอ้อยเปียกดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบในชานอ้อย

สารประกอบ	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	48
เส้นใย	48.5
น้ำ	48
น้ำตาล	3
สารประกอบอื่นๆ	0.5

ที่มา : สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 5 (2540)

ลักษณะของชานอ้อย เป็นเศษของลำดับอ้อยที่เหลือจากการหีบเอาน้ำอ้อยออกจากท่อนอ้อยแล้ว เมื่อท่อนอ้อยผ่านลูกหีบชุดแรกอาจจะมีน้ำอ้อยตกค้างเหลืออยู่ยังหีบออกไม่หมด แต่พอผ่านลูกหีบชุดที่ 3 - 4 ก็จะมีน้ำอ้อยตกค้างอยู่น้อยมาก หรือแทบจะไม่เหลืออยู่เลย คือเหลือแต่เส้นใยล้วนๆ

ลักษณะของเส้นใย หรือไฟเบอร์ที่ได้จากชานอ้อยก็ยังไม่เป็นที่ถูกใจของผู้ใช้มากนัก หรือแม้แต่โรงงานทำเยื่อกระดาษห่อของก็ยังต้องการให้ชานอ้อยมีเส้นใยยาวกว่านี้ในแง่พลังงาน ถึงแม้จะมีลักษณะที่ยาวอยู่แล้ว ชานอ้อยแม้ว่าจะให้พลังงานน้อยกว่าน้ำมันหรือถ่านหิน แต่ก็เป็นผลพลอยได้ที่โรงงานน้ำตาลไม่ต้องลงทุนซื้อหามาเหมือนน้ำมันปิโตรเลียม มีผู้คำนวณไว้ว่า ชานอ้อย 6 ตันที่มีความชื้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ มีไฟเบอร์ประมาณ 46 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำตาลเหลืออยู่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ จะมีความร้อนเทียบเท่ากับน้ำมันเตาหนึ่งตัน ทั้งนี้ ถ้ากากอ้อยยิ่งมีความชื้นน้อย มีเปอร์เซ็นต์ไฟเบอร์สูง และมีน้ำตาลซูโครสที่เหลืออยู่สูงก็จะให้ความร้อนสูงมากยิ่งขึ้น โดยวัดค่าความร้อนออกมาเป็น L.C.V. (lower calorific value) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 2,800 ถึง 3,700 B.T.U. ต่อปอนด์

ประโยชน์ของชานอ้อย

- ใช้เป็นเชื้อเพลิง สำหรับผลิตไอน้ำ และกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ภายในโรงงานน้ำตาลนั่นเองชานอ้อยสามารถใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Oil) ได้ดี ชานอ้อยที่มีความชื้นร้อยละ 50 มีน้ำหนัก 3 ตัน เมื่อเผาจะให้พลังงานไล่เลี่ยกับน้ำมันเชื้อเพลิงหนัก 1 ตัน

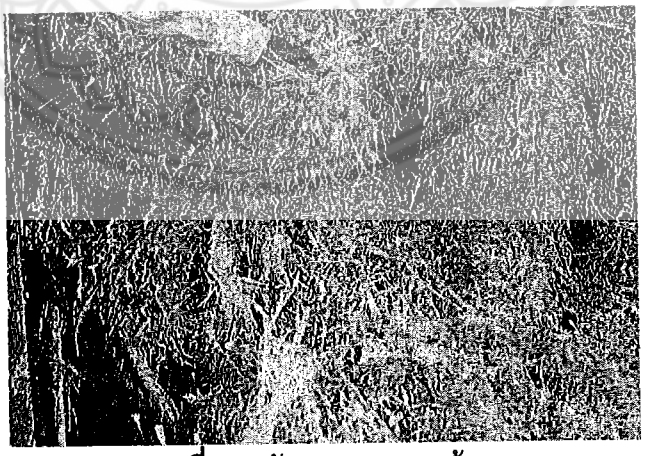
- ใช้ผลิตวัสดุก่อสร้างโดยอาศัยกาว เช่นอัดเป็นแผ่น (Particle Board) ไม้อัดผิวเส้นใย (Fiber-Overlaid-Plywood) และแผ่นกันความร้อน (Insulating-Board) เป็นต้น

- ใช้ผลิตเยื่อกระดาษ (Pulp) และกระดาษชนิดต่างๆ ชานอ้อยส่วนใหญ่ประกอบด้วยลิกนิน (Lignin) และมีเซลลูโลสอยู่บ้างเล็กน้อย ไฟเบอร์ของชานอ้อยค่อนข้างสั้น คือ มีความยาวเฉลี่ยเพียง 1.4 มิลลิเมตรเท่านั้น ในขณะที่เยื่อใยของไม้ไผ่เฉลี่ย 2.5 - 4.0 มิลลิเมตร

- ใช้เป็นอาหารสัตว์ ชานอ้อยถ้าให้สัตว์กินโดยตรงมักจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับรสชาติ การย่อยของสัตว์ ตลอดจนมีอัตราส่วนต่ำระหว่างอาหารที่สัตว์กินกับน้ำหนักตัวที่เพิ่ม วิธีที่ดีก็ คือ นำมาหมักก่อนที่จะให้สัตว์กิน วัสดุที่หมักประกอบด้วยชานอ้อย 1 ตัน (ความชื้นร้อยละ 55.3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง กากน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์ ยูเรีย 0.8 เปอร์เซ็นต์และข้าวโพด 12 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ผสมแล้วทำให้มีความชื้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ หมักไว้ 4 - 6 สัปดาห์ จึงให้สัตว์กิน

- ใช้ทำปุ๋ยหมัก โดยหมักร่วมกับปุ๋ยคอกกากตะกอน หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังใช้ปูคอกสัตว์ เพื่อรองรับมูลสัตว์และทำปุ๋ยหมักต่อไป

- ใช้เป็นวัตถุคลุมดินเพื่อรักษาความชื้นของดิน และป้องกันวัชพืช



รูปที่ 2.5 ลักษณะของชานอ้อย

ที่มา : ไพริน (2539)

2.4 อิฐดินดิบที่ผสมกับวัสดุทางธรรมชาติ

อิฐดินดิบที่ผสมกับวัสดุทางธรรมชาติจัดเป็นวัสดุประกอบ (Composite Materials) ชนิดหนึ่ง ซึ่งวัสดุประกอบ คือเป็นวัสดุผสมตั้งแต่ 2 กลุ่มวัสดุหลักขึ้นไป ได้แก่โลหะ พอลิเมอร์ และเซรามิก โดยที่วัสดุไม่ละลาย และไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันโดยที่วัสดุเชิงประกอบ จะประกอบด้วย

2.4.1 วัสดุหลัก หรือเนื้อประสาน (Matrix) ได้แก่ดินเหนียวทำหน้าที่ห่อหุ้ม และยึดส่วนเสริมแรงเข้าไว้ด้วยกันเป็นตัวกำหนดทิศทางการจัดเรียงตัว (Reinforcement) ปกป้องส่วนเสริมแรงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเป็นตัวกลางในการถ่ายเทแรงที่ได้รับไปสู่ส่วนเสริมแรง (Reinforcement)

2.4.2 วัสดุเสริมแรง (Reinforcement) ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อย เป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่รับแรงหลักของวัสดุ ประเภทของวัสดุเสริมแรง (Reinforcement) ได้แก่แบบเส้นใยเสริมแรง (Fibers Reinforcement) เป็นเส้นใยสั้น และเส้นใยยาวตามลำดับ วัสดุเชิงประกอบด้วยเส้นใยเสริมแรงเชื่อมอยู่กับสารพื้น (Matrix) เส้นใยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กมากเมื่อเทียบกับความยาว เส้นใยเสริมแรงนี้จะมีความแข็งแรง และมีความแข็งแกร่งสูง เมื่ออยู่ภายใต้แรงดึงในแนวตามความยาว และโดยทั่วไปแล้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยที่มีขนาดเล็กลงก็จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งของเส้นใยในวัสดุเชิงประกอบน้อยลงทำให้วัสดุมีเสถียรภาพ และความแข็งแรงมากขึ้นด้วย โดยที่เส้นใยเสริมแรงจะกระจายตัวทั่วไปในสารพื้นแบบเรียงสุ่ม (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2551)

2.5 ข้อดีของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ

2.5.1 วัตถุดิบที่ใช้สามารถหาได้ง่าย

2.5.2 ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

2.5.3 ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับบ้านดิน

2.5.4 สามารถค่อยๆ ทยอยทำก้อนอิฐไว้ได้

2.5.5 สามารถทำการสร้างได้เร็ว เมื่อมีจำนวนก้อนอิฐที่เพียงพอแล้ว

2.5.6 ผนังแห้งเร็ว เมื่อก่อเสร็จสามารถฉาบได้ทันที

2.6 ข้อเสียของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ

2.6.1 ไม่สามารถทำผนังที่มีความโค้งมากๆได้

2.6.2 ในการทำก้อนอิฐต้องมีสถานที่ในการเก็บอิฐพอสมควร

2.7 ทฤษฎีการทดสอบสมบัติของวัตถุดิบ

2.7.1 การวิเคราะห์วัฏภาค (Phase)

เครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) เป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่างใช้วิเคราะห์ และศึกษาคุณลักษณะความเป็นผลึกของวัสดุพร้อมทั้งใช้ในการระบุแร่ธาตุ โดยจะใช้บอกองค์ประกอบและตรวจวัดความสัมพันธ์ของธาตุที่มีอยู่ในสารผสมรวมทั้งสามารถแยกแยะความแตกต่างของเฟสของอะตอมที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในตัวอย่างได้

โดยทั่วไปแล้วการวิเคราะห์วัฏภาค (Phase) จะใช้เทคนิคที่เรียกว่าเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray Diffraction: XRD) ซึ่ง (XRD) นั้นเป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ และระบุองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของสารที่มีลักษณะเป็นผลึก (Crystalline) และวัสดุที่มีความเป็นผลึกสูงจะให้ลักษณะของพีค (Peak) ที่สูง และแคบ ในขณะที่วัสดุที่มีความเป็นผลึกต่ำ หรือเป็นอสัณฐาน (Amorphous) นั้นจะให้ลักษณะของพีค (Peak) ที่ต่ำ และกว้าง ซึ่งเทคนิค XRD นั้นสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งผง (Powders) และผลึกเดี่ยวๆ (Single Crystals)

2.7.2 การวิเคราะห์การหาการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน

การวิเคราะห์การหาการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน คือความพยายามที่จะหาความสัมพันธ์ที่เป็นสัดส่วนของเม็ดดินขนาดต่างๆ ที่มีอยู่ในมวลดินนั้นเองซึ่งเป็นคุณสมบัติเด่น ที่บ่งบอกพฤติกรรมของดินเม็ดหยาบ เป็นการทดสอบหาขนาดของเม็ดของดินเพื่อประโยชน์ในการจำแนกดิน และเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของดิน

การวิเคราะห์การหาการกระจายขนาดคละของเม็ด จะทำการทดสอบตามมาตรฐานของ American Standard Test Method (ASTM D 422)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ค้างบนตะแกรง} = \frac{\text{น้ำหนักของดินค้างตะแกรง} \times 100}{\text{น้ำหนักของดิน}} \quad (2.1)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม} = \text{ผลรวมสะสมของเปอร์เซ็นต์ของดินค้างบนตะแกรงขนาดช่องใหญ่กว่า} \quad (2.2)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรง} = 100\% - \text{เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม} \quad (2.3)$$

เขียนเส้นความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเม็ดดินกับจำนวนเปอร์เซ็นต์ของขนาดเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่าโดยน้ำหนัก (% Fine) ในกระดาษ Semi-Log ก็จะได้เส้นกราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน นำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิความสม่ำเสมอของเม็ดดิน (Uniformity Coefficient: C_u) ดังสมการที่ 2.4 และการกระจายตัวของเม็ดดิน (Concavity: C_c) ดังสมการที่ 2.5

Uniformity Coefficient $$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \textbf{(2.4)}$$

Concavity $$C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{10}.D_{60})} \quad \textbf{(2.5)}$$

เมื่อ D_{10} = ขนาดเม็ดดินที่ผ่านตะแกรงในช่วง 10 เปอร์เซ็นต์

D_{30} = ขนาดเม็ดดินที่ผ่านตะแกรงในช่วง 30 เปอร์เซ็นต์

D_{60} = ขนาดเม็ดดินที่ผ่านตะแกรงในช่วง 60 เปอร์เซ็นต์

ดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Graded Soil) เป็นดินที่มีที่มีทั้งขนาดเล็ก และใหญ่คละกันอยู่ ซึ่งจะมีค่าความต้านทานแรงเฉือนสูง ความหนาแน่นสูงเมื่อถูกบดอัด และระบายน้ำได้ไม่ดี จะมีค่า

$C_u \geq 4$

$C_c = 1\text{-}3$

ดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี (Uniform Soil) เป็นดินที่มีขนาดเท่าๆ กันหมดคละกันอยู่ ซึ่งจะมีค่าความต้านทานแรงเฉือนต่ำ ความหนาแน่นต่ำเมื่อถูกบดอัด และระบายน้ำได้ดี จะมีค่า

$C_u \leq 4$

$C_c \neq 1\text{-}3$

2.7.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของวัสดุทางธรรมชาติ

ปริมาณความชื้นมีผลกับคุณสมบัติทางกายภาพของสาร เช่นน้ำหนัก ความหนาแน่น ความหนืด ค่าดัชนีการหักเหของแสง การนำไฟฟ้า และอื่นๆเทคนิคทางเคมี เทคนิคทางกายภาพด้วยความร้อน หรือเทคนิคการวิเคราะห์หาน้ำหนักที่สูญเสียไปเมื่อให้ความร้อน จะถูกนำมาวิเคราะห์ดังสมการที่ 2.6

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น } (W_c) = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_2}\right) \times 100 \qquad \textbf{(2.6)}$$

เมื่อ W_C = เปอร์เซ็นต์ความชื้น

W_1 = น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักหลังอบ (กรัม)

2.7.4 การศึกษาพื้นผิวของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM)

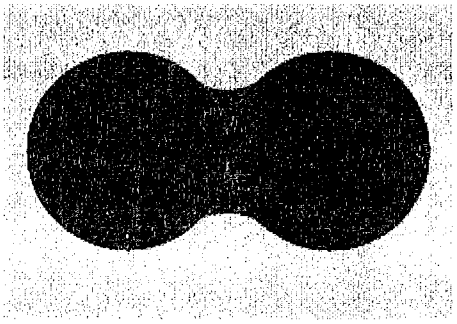
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเป็นเครื่องมือวิทยาศาสตร์ช่วยสายตาประเภทกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ลำแสงอิเล็กตรอนฉาย หรือส่องกราดไปบนผิวของตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบให้ได้ข้อมูลของลักษณะพื้นผิวปรากฏเป็นภาพขยายที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรืออาจบันทึกภาพที่บนแผ่นฟิล์มได้

2.8 ทฤษฎีการทดสอบสมบัติของอิฐดินดิบ

2.8.1 การทดสอบความชื้นในก้อนอิฐดินดิบ

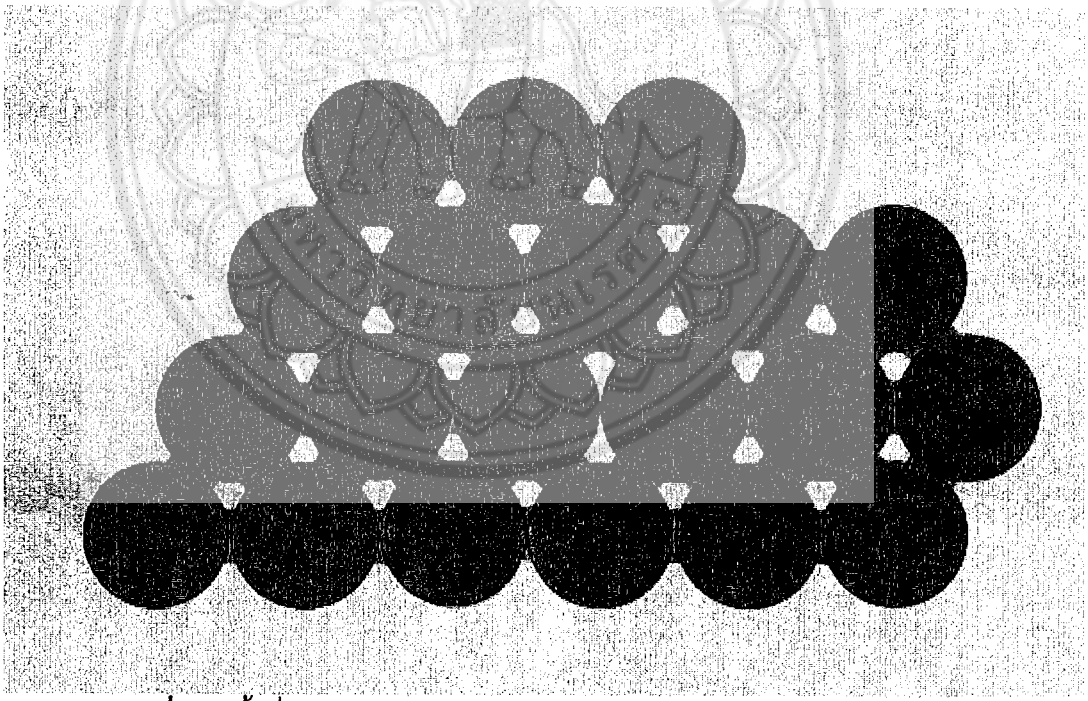
ความชื้น เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีผลกระทบต่อปัญหาของอิฐของอาคารโดยทั่วไปความชื้นจะมีส่วนขององค์ประกอบแร่ธาตุจำพวกเกลือที่มีอยู่ในดินซึ่งสามารถที่จะแทรกซึมขึ้นมาตามผนังรูพรุน (Capillaries) ซึ่งเสมือนหนึ่งเป็นไส้ของตะเกียงของเนื้อมวลสาร ความชื้นที่ถูกดูดซึมขึ้นมาตามรูพรุนเหล่านี้จะส่งผลต่อความแข็งแรงของอิฐ และผนังลดลง

จากรูปที่ 2.6 แสดงความชื้นที่เกิดจากน้ำโดยน้ำมีสมบัติในการดึงดูดอนุภาคของดินเข้าด้วยกันซึ่งเป็นผลมาจากแรงตึงผิวของน้ำ สามารถทดลองได้โดยการนำลูกแก้วซึ่งในที่นี้แทนอนุภาคของดินขนาดเท่ากันมาสองลูกวางชิดกันแล้วหยดน้ำลงไประหว่างลูกแก้วสองลูกนั้น น้ำที่หยดลงไปจะทำให้ลูกแก้วทั้งสองนั้นติดกันเมื่อเราจับลูกแก้วลูกใดลูกหนึ่งลากไปลูกแก้วอีกลูกก็จะถูกดูดตามไปด้วย



รูปที่ 2.6 น้ำที่หยดลงบนลูกแก้วสองลูก (โดยใช้ลูกแก้วแทนอนุภาคของดิน)
ที่มา : ธนา (2550)

หรือเราอาจทดลองได้อีกอย่างจากรูปที่ 2.7 โดยการนำถาดที่มีขอบแล้วใส่ลูกแก้วลงไปหลายๆลูกหยดน้ำลงไปจำนวนหนึ่ง แล้วค่อยๆ สั่นถาดนั้นน้ำที่หยดลงไปจะดึงเอาลูกแก้วแต่ละลูกมาชิดติดกันจนทำให้เกิดเป็นแพ ซึ่งก็คือสภาพที่ลูกแก้วแต่ละลูกจะถูกดูดมาใกล้กันมากที่สุดเหมือนกับดินที่ถูกผสมกับน้ำจะทำให้อนุภาคของดินรวมตัวกัน และยึดเกาะขึ้น

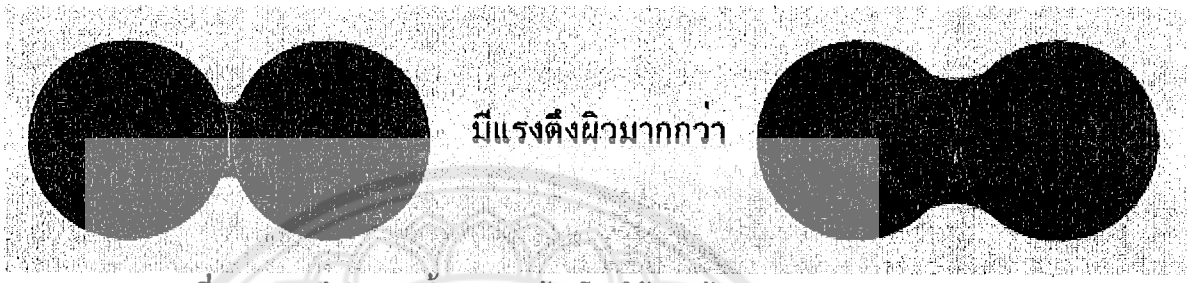


รูปที่ 2.7 น้ำที่หยดลงบนลูกแก้วหลายลูก (โดยใช้ลูกแก้วแทนอนุภาคของดิน)
ที่มา : ธนา (2550)

เมื่อน้ำผสมกับดิน การนำดินผสมน้ำแล้วย่ำก็คือการทำให้การจัดเรียงตัวของอนุภาคดินแน่นมากขึ้น และทำให้ดินมีความแข็งแรงมากขึ้น เราสามารถทดสอบได้ง่ายๆ โดยการนำก้อนดินที่มีอยู่มา 2 ก้อนจากรูปที่ 2.8 (ดินที่ว่านี้ควรจะมีส่วนผสมของดินเหนียวอยู่สักเล็กน้อย) ก้อนหนึ่งรูป

ทางด้านซ้ายไม่ต้องทำอะไรกับมัน ส่วนก้อนที่สองรูปทางด้านขวาให้ผสมกับน้ำเล็กน้อยนวดให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง เราจะพบว่าก้อนดินที่ผ่านการนวดจะแข็งแรงกว่าก้อนดินปกติตามธรรมชาติมากทีเดียว

ในความเป็นจริงแม้ว่าดินที่เรานวดไว้จะแห้งสนิทเท่าที่เราเห็นด้วยตาแต่ความจริงแล้วในระหว่างอนุภาคนั้นก็ยังคงมีน้ำยึดแต่ละอนุภาคไว้อยู่ยิ่งสัดส่วนของน้ำในดินนั้นน้อยเท่าไหร่แรงตึงผิวก็จะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 2.8 แรงตึงผิวของน้ำบนลูกแก้ว (โดยใช้ลูกแก้วแทนอนุภาคของดิน)

ที่มา : ธนา (2550)

การที่ดินเหนียวแข็งแรงกว่าดินตะกอน หรือทรายนั้นก็เพราะขนาดของอนุภาคดินที่เล็กทำให้พื้นที่ผิวมีมาก ทำให้แรงที่ยึดระหว่างอนุภาคมีมาก (ลองจินตนาการถึงขนาดที่แตกต่างกันของดินแต่ละชนิด ปริมาณน้ำ และแรงตึงผิวที่จะเกิดขึ้นในปริมาตรของดินที่เท่ากัน) ยิ่งถ้าเรานำก้อนดินนั้นไปอบให้แห้งกว่าอุณหภูมิปรกติก็จะยิ่งทำให้ดินก้อนนั้นแข็งมากขึ้น ซึ่งหมายความว่าการนำอิฐดินดิบที่แห้งแล้วไปอบจะทำให้อิฐดินดิบแข็งแรงมากขึ้นด้วยเหตุผลอย่างที่กล่าวไว้ด้านบน แต่อาจไม่เป็นเช่นนั้นเสมอไป ก็เพราะว่าอากาศโดยทั่วไปมีความชื้นอยู่เมื่อก้อนอิฐที่แห้งเป็นพิเศษจากการอบถูกนำมาวางไว้ภายนอกความชื้นในอากาศก็จะเข้าไปแทรกอยู่ในอนุภาคดินจนในที่สุดก็จะมีความชื้นเท่ากับอิฐที่ไม่ผ่านการอบ (ซึ่งต่างจากอิฐดินเผา เพราะเมื่อให้ความร้อนจนถึงระดับหนึ่ง ดินจะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีจะไม่สามารถที่จะคืนรูปกลับไปเป็นดินได้อีก)

สรุปก็คือ จากหลักการที่กล่าวมาจึงทำให้บ้านดินนั้นมีความแข็งแรงเมื่อแห้ง และจะอ่อนแอเมื่อถูกน้ำ โดยความชื้นมีผลต่อความแข็งแรงของบ้านดิน เมื่อถูกน้ำหรือมีความชื้นที่มากบ้านดินก็จะพังง่ายเช่นกัน เพราะความชื้นจะทำให้ก้อนดินนั้นสูญเสียแรงตึงผิวของน้ำไปและทำให้อนุภาคแยกออกจากกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของดินเหนียวที่ผสมยิ่งดินเหนียวมากเท่าไหร่ก็จะยิ่งสามารถทนน้ำได้มากเท่านั้น

ในปัจจุบันในหลายประเทศที่มีการสร้างบ้านดินได้ใช้ปูนซีเมนต์ผสมในดิน เพื่อให้อนุภาคของปูนนั้นช่วยยึดอนุภาคของดินเข้าไว้ด้วยกันทำให้สามารถกันฝนได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะผสมในอัตราส่วนไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งสาเหตุที่ใส่ปูนซีเมนต์ในปริมาณไม่มากนั้นก็เพื่อให้ดินยังคงคุณสมบัติในการ "หายใจ" คือการที่ความชื้นสามารถที่จะซึมและระเหยออกไปได้

สำหรับผู้สร้างบ้านดินทั่วไปนั้นความรู้เหล่านี้อาจจะไม่ได้มีความจำเป็นมากนัก แต่สำหรับนักศึกษา และนักวิชาการที่สนใจที่จะพัฒนาบ้านดิน เพื่อให้เป็นทางเลือกของวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมความรู้พื้นฐานเหล่านี้จะช่วยทำให้เราสามารถพัฒนาบ้านดินให้สามารถเป็นทางเลือกที่แท้จริงได้ในอนาคต และช่วยทำให้คนส่วนใหญ่ในสังคมที่จำเป็นต้องใช้เวลามากกว่าครึ่งหนึ่งของชีวิตที่จะหาเงินมาซื้อบ้าน ได้มีความมั่นคงในปัจจัย 4 ลดความเคร่งเครียดลง ในช่วงที่เศรษฐกิจย่ำแย่ดังเช่นปัจจุบันนี้ (ธนา, 2550)

สำหรับการคำนวณความชื้นในก้อนอิฐดินดิบ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.7

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นก้อนอิฐ } (W_M) = \left(\frac{W_1 - W_T}{W_T}\right) \times 100 \qquad \textbf{(2.7)}$$

เมื่อ W_M = เปอร์เซ็นต์ความชื้นของก้อนอิฐ

W_1 = น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)

W_T = น้ำหนักหลังอบ (กรัม)

2.8.2 การทดสอบความหนาแน่นของก้อนอิฐดินดิบ

ความหนาแน่น (Density) คืออัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรโดยจำแนก ความหนาแน่นออกเป็น 4 ชนิด คือความหนาแน่นคริสตัลโลกราฟิก ความหนาแน่นจริง ความถ่วงจำเพาะ และความหนาแน่นปรากฏ ซึ่งความหนาแน่นแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันดังต่อไปนี้

2.8.2.1 ความหนาแน่นคริสตัลโลกราฟิก (Crystallographic Density) เป็นความหนาแน่น ที่คำนวณได้จากโครงสร้างของผลึกที่ไม่มีจุดบกพร่องใดเลย แต่เนื่องจากวัสดุทุกชนิดในโลกจะต้องมีความบกพร่องเกิดขึ้นในเนื้อวัสดุ เช่นมีฟองอากาศ มีแร่หรือมลทินอื่นเจือปน มีโครงสร้างทางผลึกที่ผิดปกติจากที่ควรจะเป็น เป็นต้น ดังนั้นความหนาแน่น ที่คำนวณจากโครงสร้างของผลึกของวัสดุที่ถือว่าไม่มีจุดบกพร่องใดเลยนี้จึงเรียกว่า ความหนาแน่นในอุดมคติ

2.8.2.2 ความหนาแน่นจริง (True Density) เป็นความหนาแน่นของเนื้อวัสดุ ที่สามารถทดสอบทดลองหาค่าได้จริงๆ จากอัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของสารทั้งของแข็ง และของเหลว เนื่องมาจากแต่ละโมเลกุลของสารจะมีมวลคงที่ไม่ว่าจะอยู่ในสถานะของแข็งของเหลว หรือก๊าซ ดังนั้นความหนาแน่นจึงเป็นสัดส่วนของจำนวนโมเลกุลของสารนั้นในหนึ่งหน่วยปริมาตร ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.8

ความหนาแน่นจริง $(\rho) = \frac{M}{V}$ **(2.8)**

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

M = น้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)

V = ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

2.8.2.3 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ใช้สัญลักษณ์ S หรือ S.G. หรือ Sp.G. หรือ Sp.Gr. หรือ ถพ. เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของวัตถุ เมื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของของไหลมาตรฐาน ซึ่งของไหลมาตรฐานนั้นสำหรับของเหลวใช้น้ำเป็นของไหลมาตรฐานส่วนก๊าซใช้ไฮโดรเจน (Hydrogen) หรืออากาศที่อุณหภูมิ และความดันที่กำหนดเป็นมาตรฐาน

เนื่องจากค่าของความหนาแน่นของวัตถุ และความหนาแน่นของของไหลมาตรฐาน จะแปรเปลี่ยนได้ตามอุณหภูมิ ดังนั้นในการใช้ค่าความถ่วงจำเพาะที่ต้องการความละเอียดรอบคอบ หรือต้องการค่าที่ถูกต้อง จึงต้องระบุไว้ด้วยว่าเป็นค่าความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิเท่าใด และน้ำที่ใช้เป็นของไหลมาตรฐานกำหนดให้มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะน้ำจะมีความหนาแน่นสูงที่สุด ที่อุณหภูมิดังกล่าวเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความหนาแน่นจะลดลง

2.8.2.4 ความหนาแน่นปรากฏ (Apparent Density) เป็นความหนาแน่นที่รวมช่องว่างที่เกิดขึ้นทั้งหมดในโครงสร้าง (ปรีดา, 2532)

2.8.3 การทดสอบการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ

การหดตัว หมายถึงการมีขนาดเล็กลงซึ่งในทางกายภาพสามารถวัดได้ทั้งเชิงเส้น อันได้แก่ความยาว ความกว้าง ความสูง ที่มีขนาดลดลงกว่าเดิม หรือสามารถวัดได้ในเชิงปริมาตร นั่นคือความจุ ซึ่งสาเหตุของการหดตัวนี้อาจเนื่องมาจากการสูญเสียองค์ประกอบ หรือโครงสร้าง ทำให้องค์ประกอบอื่น เข้ามาใกล้ชิดกันเป็นผลให้ขนาดในภาพรวมลดลงหรืออาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในทำให้เกิดความแน่นขึ้นส่งผลให้ขนาดที่พิจารณาได้จากภายนอกลดลง ในทางเซรามิกนั้นการหดตัวเกิดขึ้นจากทั้งสองสาเหตุ คือการสูญเสียองค์ประกอบ และการรวมตัวกันของโครงสร้างภายใน (ปรีดา, 2532)

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส่วนมากมีดินในอัตราส่วนผสมเพื่อให้เกิดความเหนียว รวมทั้งใช้น้ำเพื่อช่วยเพิ่มความเหนียวไม่ว่าจะเป็นน้ำดิน ดินเหนียว หรือแม้กระทั่งดินผงก็จะต้องมีความชื้นมาก

1.58735AX

สำนักหอสมุด
15 ส.ค. 2555

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส่วนมากมีดินในอัตราส่วนผสมเพื่อให้เกิดความเหนียว รวมทั้งใช้น้ำเพื่อช่วยเพิ่มความเหนียวไม่ว่าจะเป็นน้ำดิน ดินเหนียว หรือแม้กระทั่งดินผงก็จะต้องมีความชื้นมากน้อยแตกต่างกัน เมื่อน้ำที่ใช้เพื่อช่วยสำหรับการขึ้นรูปนี้ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ทำให้อนุภาคของวัตถุดิบเข้ามาใกล้ชิดกันเป็นผลให้ขนาดของผลิตภัณฑ์เล็กลง หรือผลิตภัณฑ์หดตัว เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่แห้งสนิทไปเผาผลิตภัณฑ์จะเสียน้ำ และสารประกอบบางชนิด เช่นสารประกอบคาร์บอน ที่อยู่ในสูตรโครงสร้างทางเคมี รวมทั้งเมื่อถึงอุณหภูมิการหลอมของวัตถุดิบชนิดใดก็จะมีการหลอมตัวเป็นของไหลส่งผลให้ขนาดของผลิตภัณฑ์เล็กลงอีกครั้ง ซึ่งผลของการหดตัวเมื่อแห้ง และหลังเผาอาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการชำรุด แตกร้าว หรือบิดเบี้ยวได้ อีกทั้งขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจเล็กกว่าที่ต้องการ ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแห้งตัวและสามารถทดสอบเพื่อหาค่าการหดตัวได้

ความเหนียวของเนื้อดิน และการหดตัวของดินความเหนียวของเนื้อดิน (Plasticity of Clay) ความเหนียวเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการขึ้นรูป ดินที่มีความเหนียวน้อยจะทำให้ขึ้นรูปได้ยาก เนื่องจากอณูของเม็ดดินที่ใหญ่ และมีความพรุนตัวสูง ดินที่มีความเหนียวมากจะทำให้ผลงานเกิดการหดตัวสูงและเกิดการแตกร้าวตามมาเนื่องจากอณูของเม็ดดินที่เล็ก และมีความพรุนตัวต่ำนั่นเอง

การหดตัวของดินเกิดจากการระเหยของน้ำในโครงสร้างของดิน ทำให้อนุภาคของดินมีขนาดที่เล็กลง และบีบตัวเข้าหากัน การหดตัวของดินทำให้เกิดผล 2 ประการ

- ทำให้ขนาดของผลงานเกิดความผิดพลาด
- ทำให้ผลงานเกิดการแตกร้าว

การหดตัวของดินเกิดขึ้นได้ 2 ระยะ คือ

- การระเหยของน้ำออกจากรอบๆ เม็ดดินไปทางผิวด้านนอกเม็ดดินเรียงตัวใหม่หดตัวลง และเรียงตัวแน่นชิดกันการผึ่งแห้งในระยะแรกนี้เนื้อดินหดตัวลงมาก

- การระเหยของน้ำที่แทรกอยู่ในเม็ดดิน ดินที่มีเม็ดดินเรียงตัวแน่นชิดกัน แต่ยังมีน้ำถูกกักอยู่ในเม็ดดินระเหยไม่หมดเรียกว่า ดินชื้นแต่แข็งแบบเนยแข็ง (Cheese Hard) การแห้งตัวในระยะที่ 2 นี้แห้งตัวช้าลงมาก น้ำที่อยู่ลึกลงไปจากผิวดินค่อยๆ ถ่ายเทความชื้นออกจากผิวดินช้าๆ ในระยะนี้การหดตัวน้อย หรือไม่มีการหดตัวเพิ่มขึ้นจากเดิม ดินบริเวณผิวด้านนอกจะมีความชื้นน้อยกว่าดินส่วนกลาง (Fraser, 1986) การหดตัวของดินสามารถแก้ไขได้โดยการนำดินชนิดอื่นที่หดตัวน้อยกว่ามาผสมการนำทรายละเอียดมาผสม หรือการนำวัสดุทางธรรมชาติมาผสมก็สามารถใช้ได้ ผลกระทบที่เกิดจากการอบแห้ง (Drying Reflects) ได้แก่การแตกร้าว บิดเบี้ยวโค้งงอ

สำหรับการคำนวณเปอร์เซ็นต์การหดตัวก้อนอิฐดินดิบ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.9

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบ} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100 \qquad \textbf{(2.9)}$$

เมื่อ L_1 = ความยาวก่อนอบ (เซนติเมตร)

L_2 = ความยาวหลังอบ (เซนติเมตร)

2.8.4 การทดสอบกำลังรับแรงกดของก้อนอิฐดินดิบ (Compressive Strength)

เป็นการทดสอบความแข็งแรงของอิฐดินดิบที่ทำการผลิตเพื่อทำการเปรียบเทียบความแข็งแรงในการเลือกใช้อิฐดินดิบให้เหมาะสมกับการใช้งานในการวิเคราะห์ความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ จะทำการทดสอบตามมาตรฐานของ American Standard Test Method (ASTM C 39) ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Mechine: UTM)

ความแข็งแรง (Strength) หมายถึงความสามารถในการรับแรงในขณะที่เกิดความเค้น (Stress) ขึ้นภายในวัสดุ การศึกษาเกี่ยวกับความแข็งแรงของวัสดุศึกษาเกี่ยวกับแรงภายในวัสดุกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และขนาดของวัสดุนั้นหรืออาจกล่าวได้ว่าความแข็ง คือความสามารถที่จะต้านทานแรงที่มากระทำโดยไม่เกิดการแตกหักนั่นเอง

แรงที่เกิดขึ้นภายในของวัสดุที่พยายามต้านทานแรงภายนอกที่มากระทำ เพื่อไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่าง เรียกว่าแรงเค้น (Stress) วัดเป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่ ส่วนอัตราส่วนระหว่างความยาวของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปต่อความยาวเดิมก่อนถูกแรงมากระทำ เรียกว่าความเครียด (Strain) ทั้งความเค้น และความเครียดนี้มีผลต่อความแข็งแรง ทั้งนี้เพราะการวัดความแข็งแรงจะได้จากการหาค่าความเค้นสูงสุดที่ทำให้เกิดการแตกหักเสียรูปทรง หรือจะออกมาในรูปของค่ามอดูลัสของการแตกหัก (Modulus) หน่วยที่ใช้ คือปอนด์ต่อตารางฟุต (lb/ft^2) หรือ psf ในระบบอังกฤษ และใช้นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือ ปาสคาล (Pa) ในระบบสากลโดยที่ 1 psf มีค่าเท่ากับ 47.88 Pa นอกจากนี้หน่วยของความแข็งแรงอาจเป็น ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in^2) หรือ psi โดยที่ 1 psi มีค่าเท่ากับ 6.895 กิโลนิวตัน ต่อตารางเมตร (kN/m^2) (1 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (N/mm^2) เท่ากับ 1 เมกกะปาสคาล (MPa))

ความแข็งเป็นสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของวัสดุที่สามารถใช้เป็นข้อมูลแสดงถึงความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่าง และการเกิดความเสียหายที่ผิวของวัสดุซึ่งความหมายของความแข็งมีหลายลักษณะคือความต้านทานการขัดถู (Abrasion Resistance) ความต้านทานการขูด-ขีด (Scratching) และความต้านทานการกด (Indentation) สำหรับความแข็งของวัสดุที่มีการเคลือบผิว เช่นผลิตภัณฑ์เซรามิก โลหะเคลือบ หรือวัสดุฉาบผิวอื่นๆ นั้น ความแข็งจะหมายถึงความสามารถ

ของสารเคลือบผิวที่ฉาบ หรือเคลือบอยู่บนผิววัสดุที่ทนต่อการเกิดรอยจากการกด หรือขูดขีดด้วยของแข็ง

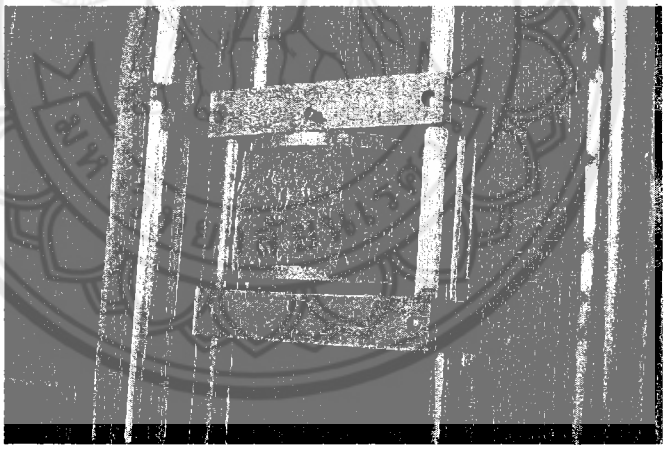
แรงกดเป็นแรงตรงเช่นเดียวกับแรงอัด และแรงดึงโดยมีลักษณะการทดสอบความแข็งแรงคล้ายแรงดัด หากต่างกันที่แรงกดใช้แรงอยู่กับที่ และเพิ่มขนาดของแรงอย่างช้าๆ จนกระทั่งชิ้นงานที่ทดสอบแตกหัก หรือขาดออกจากกันเช่นเดียวกับแรงดัดแต่ชิ้นทดสอบที่รองรับแรงที่มากระทำจะอยู่บนพื้นราบ การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงกดจะมีความนิยมน้อยที่สุด เนื่องจากมีลักษณะของการทดสอบในลักษณะเดียวกับความแข็งแรงประเภทอื่นรวมทั้งการทดสอบความแข็ง (ปรีดา, 2532)

สำหรับการคำนวณความต้านทานแรงกดก้อนอิฐดินดิบสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.10

$$\text{ความต้านทานแรงกด} = \frac{F}{A} \qquad \textbf{(2.10)}$$

เมื่อ F = แรงที่กระทำจนชิ้นงานแตกหัก (นิวตัน)

A = พื้นที่หน้าตัด (ตารางมิลลิเมตร)



รูปที่ 2.9 การทดสอบความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ

ที่มา : ปรีดา (2532)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในฝัน และคณะ (2546) "การผลิตวัสดุผนังภายในด้วยวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรกรณีศึกษากาบมะพร้าว และฟางข้าว" โดยการนำมาอัดแบบเปียกร่วมกับเยื่อกระดาษ 2 ชนิด จากงานวิจัยพบว่า การผสมขุยมะพร้าวนั้นมีความแข็งแรง และมีความคงตัวกว่าการผสมฟางข้าว และในส่วนของฟางข้าวเองนั้น การผสมฟางข้าวขนาดใหญ่กับขนาดเล็กพบว่าฟางข้าวขนาดเล็กจะสามารถรับแรงได้ดีกว่าชิ้นงานที่มีฟางข้าวขนาดใหญ่ ได้ผลศึกษาดังนี้ที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพของก้อนดิฐรับแรงที่ทำจากดินเหนียวผสมฟางข้าว พบว่าการใส่ฟางลงไปในอิฐดินดิบสามารถเพิ่มความแข็งแรง และลดการหดตัวของอิฐดินดิบ ถ้าสรุปง่ายๆ จากงานวิจัยนี้ก็ คือถ้าดินหนัก 10 กิโลกรัม เราควรใส่ฟางประมาณ 1.5 ขีด ถ้าใส่เกินนั้นอาจจะทำให้อิฐอ่อนแอลง

ภูษิต และจตุพร (2549) "ผลของวัสดุทางธรรมชาติที่มีต่อคุณสมบัติของก้อนอิฐดินดิบสำหรับการก่อสร้างบ้านดิน"มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของวัสดุทางการเกษตร ได้แก่แกลบและขุย-มะพร้าวที่มีต่อคุณสมบัติต่างๆ ของก้อนอิฐดินดิบ ได้แก่กำลังรับแรงอัด การหดตัว และการเป็นฉนวนกันความร้อนโดยใช้ดินเหนียว 2 ชนิดจากแหล่งที่แตกต่างกันมาผลิตก้อนอิฐดินดิบ และใช้วัสดุทางการเกษตรดังกล่าวแทนที่ดินเหนียวในส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบในอัตราส่วน 1, 2, 3, 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบกับก้อนอิฐดินดิบควบคุมซึ่งไม่มีส่วนผสมของวัสดุอื่นโดยก้อนอิฐที่ขึ้นรูปเสร็จแล้วถูกนำมาทำให้แห้งด้วย 2 วิธีการ คือการตากแดดเป็นเวลา 7 วัน และการอบหลังจากตากแดดแล้วเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากผลการทดสอบพบว่าแกลบ และขุยมะพร้าวสามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัด และลดการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ แต่ในส่วนผสมที่มีแกลบแทนที่เกินกว่า 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักนั้น ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลง และการอบก้อนอิฐในตู้อบทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของดินเหนียว พบว่าดินเหนียวชนิดที่ 2 มีปริมาณทรายมากกว่าซึ่งส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่า และการหดตัวต่ำกว่าก้อนอิฐที่ทำจากดินเหนียวชนิดที่ 1 และในด้านการนำความร้อนของก้อนอิฐพบว่าการแทนที่ดินเหนียวด้วยแกลบในส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบทำให้ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐต่ำลงเมื่อเทียบกับก้อนอิฐควบคุม แต่การแทนที่ดินเหนียวด้วยขุยมะพร้าวในส่วนผสมของก้อนอิฐดินดิบ ทำให้ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับก้อนอิฐควบคุม เมื่อพิจารณาสัดส่วนผสมที่เหมาะสมทั้งในด้านสมบัติเชิงกลและการเป็นฉนวนกันความร้อน ได้ผลศึกษาดังนี้การใช้วัสดุทางธรรมชาติ ได้แก่แกลบ และขุย-มะพร้าวเป็นส่วนผสมในการผลิตก้อนอิฐดินดิบส่งผลในการเพิ่มความสามารถในด้านสมบัติเชิงกลและการเป็นฉนวนกันความร้อนของก้อนอิฐดินดิบซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของบ้านดิน และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาในการก่อสร้างบ้านดินให้เป็นสถาปัตยกรรมทางเลือกที่มีมาตรฐาน

จตุพร (2550) "การประยุกต์ใช้วัตถุดิบทางธรรมชาติในการเพิ่มประสิทธิภาพของก้อนอิฐดิน-ดิบเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านดิน" โดยผสมทรายในสัดส่วน 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก โดยอ้างอิงจากงานวิจัยข้างต้น โดยดินที่ใช้ทดลองมี 2 ชนิด โดยดินเหนียวชนิดแรกมีสัดส่วนระหว่าง ดินเหนียว : ทรายแป้ง : ทราย = 61 : 17 : 22 และดินเหนียวชนิดที่สอง 47 : 23 : 30 และทดลองใส่แกลบ

และขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 1, 2, 3, 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ได้ผลศึกษาดังนี้การใส่แกลบและขุยมะพร้าวจะช่วยทำให้อิฐสามารถรับแรงได้มากขึ้น โดยแกลบจะรับน้ำหนักได้สูงสุดเมื่อใส่แกลบ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และขุยมะพร้าวจะรับน้ำหนักได้สูงสุดเมื่อใส่ 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่สิ่งที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่งก็ คือความสามารถในการรับน้ำหนักของอิฐดินทั้ง 2 ชนิด ที่ผสมแกลบหรือขุยมะพร้าวในสัดส่วนที่เท่ากันกลับรับน้ำหนักได้ต่างกันมาก หมายความว่าเรายังสรุปไม่ได้ว่าการผสมทรายที่ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะช่วยทำให้ดินมีความแข็งแรงที่สุดสำหรับทุกกรณี

พนิดา (2550) “การผลิตอิฐดินเชิงประกอบจากแกลบ และน้ำยางธรรมชาติ” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตอิฐดินเชิงประกอบจากแกลบ และน้ำยางธรรมชาติ อิฐดินเผาเป็นวัสดุพื้นฐานที่ใช้ในงานก่อสร้างซึ่งได้จากการผสมกันของดินเหนียว ทราย และแกลบ โดยอัดขึ้นรูปแล้วเผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,000 องศาเซลเซียสนานประมาณ 40-150 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักของดินเหนียวต่อแกลบดิบที่เหมาะสมต่อการนำไปขึ้นรูปอิฐดินเชิงประกอบ คือ 3 : 1 และพบว่าปริมาณน้ำยางธรรมชาติพรีวัลคาไนซ์ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของของเหลวรวมทำให้อิฐดินเชิงประกอบที่อัตราส่วนนี้มีค่าความต้านทานแรงดัดมากที่สุด คือ 570 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีค่าความต้านทานแรงอัดเป็น 955 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความต้านทานแรงดัดของอิฐดินเชิงประกอบมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำยางธรรมชาติพรีวัลคาไนซ์ การเพิ่มปริมาณแกลบ และน้ำยางธรรมชาติพรีวัลคาไนซ์ในอิฐดินเชิงประกอบส่งผลให้ความหนาแน่นของอิฐลดลง เมื่อเทียบกับอิฐดินเปล่าได้ผลศึกษาดังนี้อิฐดินเชิงประกอบจากแกลบ และน้ำยางธรรมชาติสามารถนำไปใช้ในงานโครงสร้างที่รองรับแรงดัดได้ นอกจากนี้อิฐดินเชิงประกอบจากแกลบและน้ำยางธรรมชาติพรีวัลคาไนซ์ยังสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงในการขึ้นรูปจึงเหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้กับสิ่งก่อสร้างเชิงอนุรักษ์ได้ เช่นบ้านดิน เป็นต้น

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.1 สำรวจงานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตอิฐดินดิบ

3.1.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับผลกระทบของวัสดุทางธรรมชาติต่อความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ

3.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่อิฐดินดิบ ขี้เลื่อย และชานอ้อย

3.1.4 ศึกษาอัตราส่วนของวัสดุทางธรรมชาติที่มีผลต่อสมบัติของอิฐดินดิบ

3.2 วัสดุ และอุปกรณ์

3.2.1 ดินเหนียวจากร้านเครื่องปั้นดินเผา ที่มีขนาดคละกันดีอยู่ในช่วงระหว่างขนาด 3.360 ถึง 0.075 มิลลิเมตร

3.2.2 ขี้เลื่อยจากโรงเลื่อยไม้ ขนาด 3.360 มิลลิเมตร

3.2.3 ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล ขนาด 3.360 มิลลิเมตร

3.2.4 น้ำ

3.2.5 ทราย ขนาด 0.420 มิลลิเมตร

3.2.6 ตะแกรงร่อนขนาด 3.360 มิลลิเมตร ถึง 0.075 มิลลิเมตร

3.2.7 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Mechine: UTM)

3.2.8 เครื่องวิเคราะห์วัฏภาค (X-Ray Diffractometer: XRD)

3.2.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM)

3.2.10 เครื่องมือวัด (ไม้บรรทัดเหล็ก)

3.2.11 ตู้อบไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้ 110 ± 5 องศาเซลเซียส

3.3 การศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ

3.3.1 การวิเคราะห์วัฏภาค (Phase)

ในการเตรียมตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ ถ้าเป็นของแข็งตัวอย่างต้องผ่านการบดด้วยโกร่ง (Grinding Mortar) หรือลูกบด เพื่อทำให้เป็นผงละเอียดก่อนจะทำการวิเคราะห์ หลังจากนั้นทำการอัดผงตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ลงในที่ใส่ตัวอย่าง (Sample Holder) แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD (Siemens D500, Siemens AG, Germany) โดยใช้ Ni เป็นตัวกรองรังสี CuK_{α}, λ เท่ากับ 1.5406 Å, 2θ เท่ากับ 10-80° และ Scan Speeds เท่ากับ 0.5 sec/step

และใช้เปรียบเทียบกับ Joint Committee Powder Diffraction Standards (JCPDS) ของควอร์ทซ์ (Quartz) หมายเลข 046-1045 Quartz และหมายเลข 001-0527 เคโอลิไนต์ (Kaolinite)

3.3.1.1 ทำการบดดินเหนียวให้ละเอียดเป็นผง

3.3.1.2 นำดินเหนียวที่บดมาใส่ใน Sample Holder อัดดินเหนียวด้วยกระจกให้แน่น ไม่ให้ล้นออกจาก Sample holder

3.3.1.3 นำ Sample Holder ที่ใส่ดินเหนียวเรียบร้อยนำเข้าสู่เครื่อง XRD

3.3.2 การวิเคราะห์การหาการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน

3.3.2.1 นำดินที่ต้องการหาขนาดใส่ลงในตะแกรงมาตรฐาน แล้วเขย่าตะแกรงที่ใช้ร่อนมีหลายขนาด ตั้งแต่เบอร์ 6 ถึง เบอร์ 200 โดยเรียงตั้งแต่ใหญ่จนไปถึงเล็กสุด

3.3.2.2 เมื่อร่อนแล้วนำมาชั่งก็จะคำนวณหาส่วนที่ค้างหรือผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ เป็นเปอร์เซ็นต์กับน้ำหนักทั้งหมด ดังสมการที่ 2.1, 2.2 และ 2.3

3.3.2.3 นำความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเม็ดดินกับจำนวนเปอร์เซ็นต์ขนาดเม็ดดินผ่านตะแกรง มาพล็อตในกระดาษกราฟ Semi-Log

3.3.2.4 นำไปคำนวณดังสมการที่ 2.4 และ 2.5

3.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของวัสดุทางธรรมชาติ

3.3.3.1 ชั่งน้ำหนักวัสดุทางธรรมชาติ 500 กรัมให้เป็นน้ำหนักก่อนอบ

3.3.3.2 เอาเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3.3.3 ชั่งน้ำหนักวัสดุทางธรรมชาติให้เป็นน้ำหนักหลังอบ

3.3.3.4 นำไปคำนวณดังสมการ 2.6

3.3.4 การศึกษาพื้นผิวของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM)

3.3.4.1 นำเทปกาวใสสองหน้ามาติดกับ Stub

3.3.4.2 ทำการโรยผงวัสดุทางธรรมชาติ ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อย ลงบน Stub ที่ติดด้วยเทปกาวใสสองหน้า

3.3.4.3 เป่าผิวหน้าผงวัสดุทางธรรมชาติ ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อยด้วยลมให้ผิวหน้าเรียบ ติดแน่นกับเทปกาวใส

3.3.4.4 ทำการฉาบผิว (Coating) โดยการปล่อยก๊าซ Argon ฉาบผิวด้วยทองด้วยเครื่องเคลือบผิวตัวอย่างด้วยไอออน (Ion Sputtering Device) รุ่น JEOL (JFC-1100E) โดยใช้กระแสไฟฟ้า เท่ากับ 10 mA เป็นเวลา 8 นาที

3.3.4.5 จากนั้นเก็บใส่กล่องเก็บตัวอย่างในตู้ Vacuum ระหว่างรอการส่องด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scaning Eletron Microscopy; SEM)

3.3.4.6 นำตัวอย่างเข้ากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM) รุ่น JEOL (JSM-6400) ในสภาวะ 20 กิโลโวลต์ (kV) ถ่ายที่กำลังขยาย 200 เท่า

3.3.4.7 เมื่อได้ภาพที่ต้องการทำการเซฟข้อมูลลงใน Floppy Disk เพื่อนำออกมาปริ้น

3.4 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 นำดินเหนียว Ball clay มาบดให้มีขนาดคละกันดีอยู่ในช่วงระหว่างขนาดเบอร์ 6 (3.360 มิลลิเมตร) ถึง เบอร์ 200 (0.075 มิลลิเมตร) และวัสดุเหลือใช้ทางธรรมชาติ ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อยมาทำให้เป็นผงแล้วแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 6 (3.360 มิลลิเมตร) และทรายร่อนผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 40 (0.420 มิลลิเมตร) การร่อนผ่านตะแกรงจะสามารถบอกค่าความละเอียดของดินเหนียว ทราย และวัสดุทางธรรมชาติ ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อยได้ แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.4.2 การผสมก้อนอิฐดินดิบ เริ่มจากการนำดินเหนียวและวัสดุทางธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ ขี้เลื่อย และชานอ้อยตามอัตราส่วนแทนที่ดินเหนียวในอัตรา 0 - 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยผสมในอัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุแห้งเท่ากับ 0.4 มิลลิลิตรต่อกรัม และทราย 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปตามขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 10x10x10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อนำไปทดสอบต่อไป

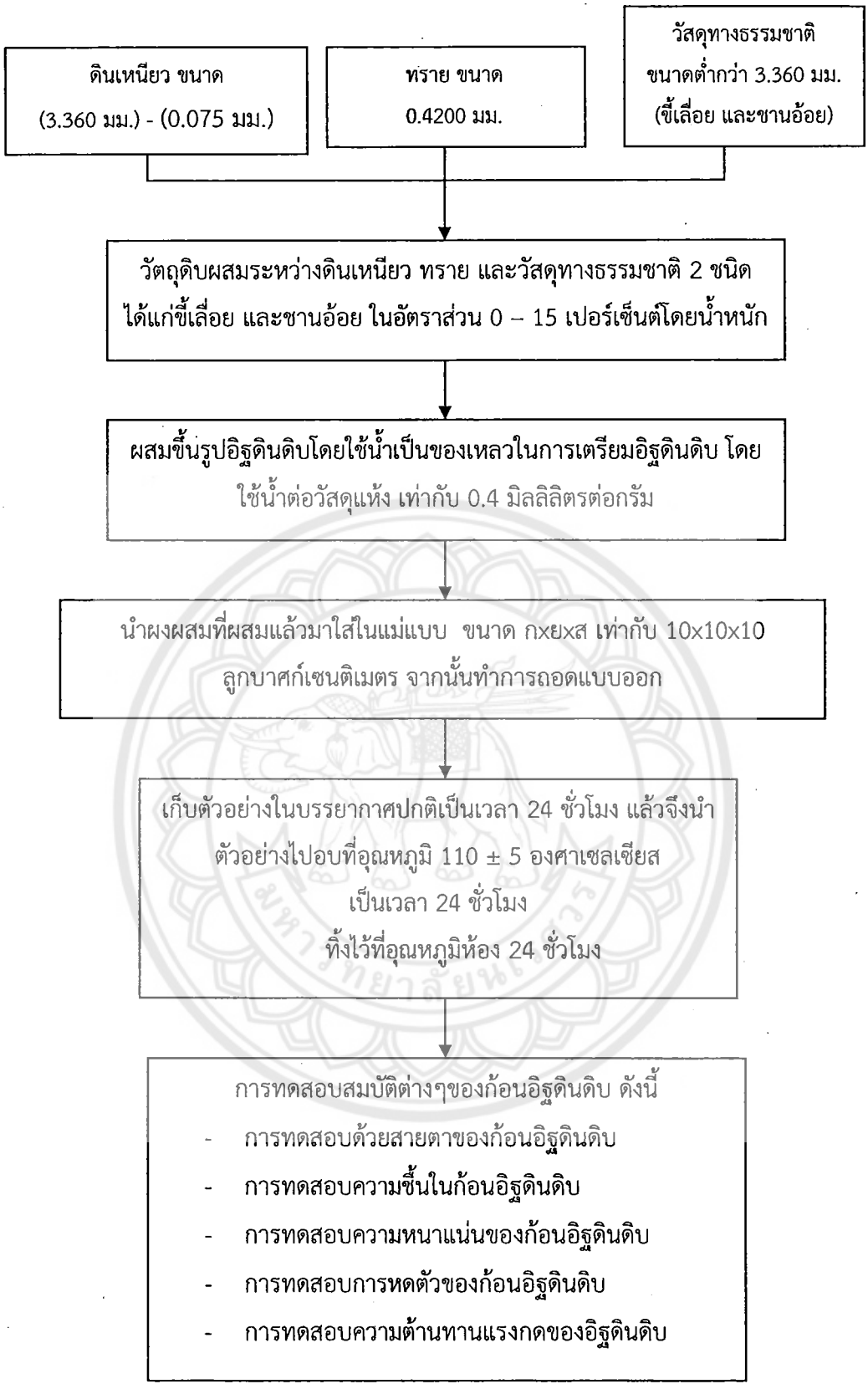
3.4.3 นำส่วนผสมลงในแบบ จากนั้นถอดออกจากแบบทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการวัดขนาด และชั่งน้ำหนักของอิฐแต่ละก้อนทำการผสมมาอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ของอิฐดินดิบ

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนการแทนที่ดินเหนียวด้วยวัสดุทางธรรมชาติของก้อนอิฐดินดิบ

อัตราส่วน โดยน้ำหนัก	ดิน (กรัม)	ทราย (กรัม)	วัสดุทางธรรมชาติ (กรัม)	น้ำ (กรัม)
0	5000	500	0	2000
3	4850	500	150	2000
6	4700	500	300	2000
9	4550	500	450	2000
12	4400	500	600	2000
15	4250	500	750	2000

หมายเหตุ : น้ำหนัก 7500 กรัม ต่ออิฐดินดิบ 3 ก้อน

มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 3.1 แผนผังการผลิตอิฐดินดิบผสมกับวัสดุทางธรรมชาติ

3.5 การทดสอบสมบัติของอิฐดินดิบ

3.5.1 การทดสอบด้วยสายตา

3.5.1.1 ดูลักษณะของการบิดโค้ง เว้า ของก้อนอิฐดินดิบ

3.5.1.2 ดูลักษณะผิวของก้อนอิฐดินดิบ

3.5.2 การทดสอบความชื้นในก้อนอิฐดินดิบ

3.5.2.1 ทำการเตรียมตัวอย่างขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 10x10x10 ลูกบาศก์-เซนติเมตร

3.5.2.2 ทำการชั่งน้ำหนักก้อนอิฐดินดิบ ให้เป็นน้ำหนักก่อนอบ

3.5.2.3 นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส

3.5.2.4 ทำการชั่งน้ำหนักก้อนอิฐดินดิบให้เป็นน้ำหนักหลังอบ

3.5.2.5 นำไปคำนวณดังสมการที่ 2.7

3.5.3 การทดสอบความหนาแน่นของก้อนอิฐดินดิบ

3.5.3.1 ทำการเตรียมตัวอย่างขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 10x10x10 ลูกบาศก์-เซนติเมตร

3.5.3.2 นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.5.3.4 ทำการชั่งน้ำหนักก้อนอิฐดินดิบให้เป็นน้ำหนักอิฐแห้ง

3.5.3.5 นำไปคำนวณดังสมการที่ 2.8

3.5.4 การทดสอบการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ

3.5.4.1 ทำการเตรียมตัวอย่างขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 10x10x10 ลูกบาศก์-เซนติเมตร

3.5.4.2 ทำการวัดความยาวก้อนดินดิบให้เป็นความยาวก่อนอบ

3.5.4.3 นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส

3.5.4.4 ทำการวัดความยาวก้อนดินดิบให้เป็นความยาวหลังอบ

3.5.4.5 นำไปคำนวณดังสมการที่ 2.9

3.5.5 การทดสอบกำลังรับแรงกดของก้อนอิฐดินดิบ (Compressive Strength)

3.5.5.1 ทำการเตรียมตัวอย่างขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 10x10x10 ลูกบาศก์-เซนติเมตร

3.5.5.2 นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส

3.5.5.3 จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM) โดยทำซ้ำ 3 ชิ้นต่อ 1 ตัวอย่าง

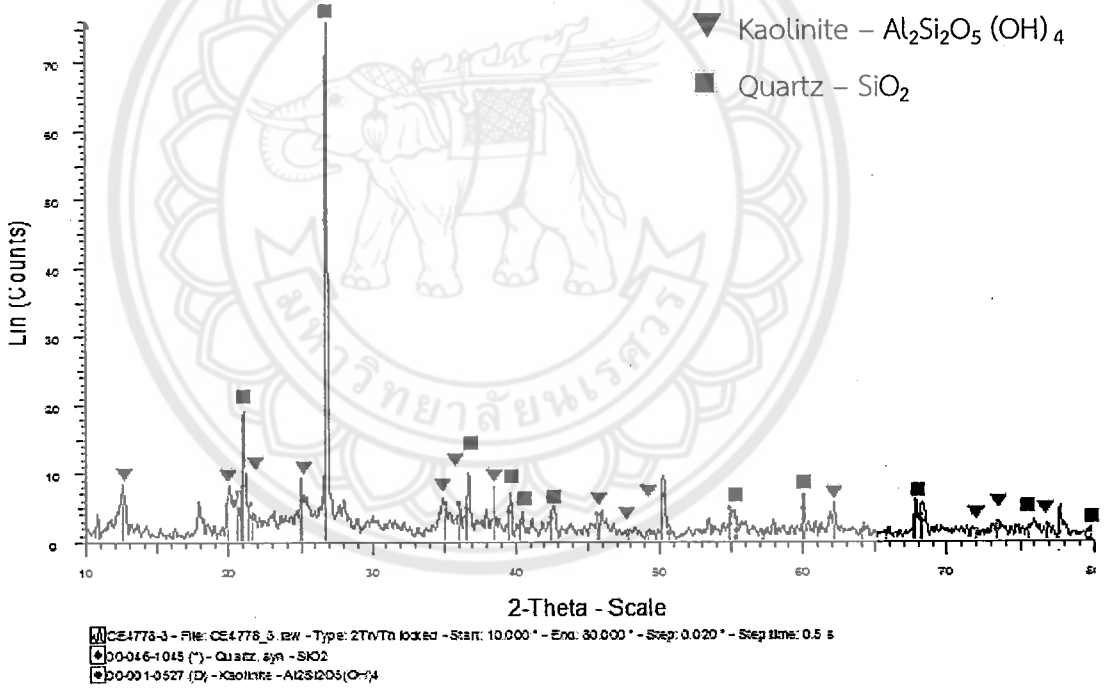
3.5.5.4 นำไปคำนวณดังสมการที่ 2.10

บทที่ 4
ผลการทดลอง และการวิเคราะห์

โครงงานนี้ได้ศึกษาผลกระทบของวัสดุทางธรรมชาติต่อความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบระหว่างขี้เลื่อย และขานอ้อยตามอัตราส่วนแทนที่ดินเหนียวในอัตรา 0 – 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยผสมในอัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุแห้งเท่ากับ 0.4 มิลลิลิตรต่อกรัม และทราย 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 10x10x10 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยได้ศึกษาถึงการวิเคราะห์ดิน การวิเคราะห์วัสดุทางธรรมชาติ และสมบัติของอิฐดินดิบ ได้ผลดังต่อไปนี้

4.1 การศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ

4.1.1 การวิเคราะห์วัฏภาคของดิน



รูปที่ 4.1 พีค XRD ของดิน

จากรูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ธาตุ และสารประกอบในดิน พบว่าดินชนิดนี้ประกอบด้วยควอร์ทซ์ (Quartz) มีสูตรทางเคมีเป็น SiO_2 และประกอบด้วย เคโอลิไนต์ (Kaolinite) มีสูตรทางเคมีเป็น $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ โดยใช้เปรียบเทียบกับ Joint Committee Powder Diffraction Standards (JCPDS) ของควอร์ทซ์ (Quartz) คือหมายเลข 046-1045 และเคโอลิไนต์ (Kaolinite) คือหมายเลข 001-0527

4.1.2 การวิเคราะห์การหาการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน

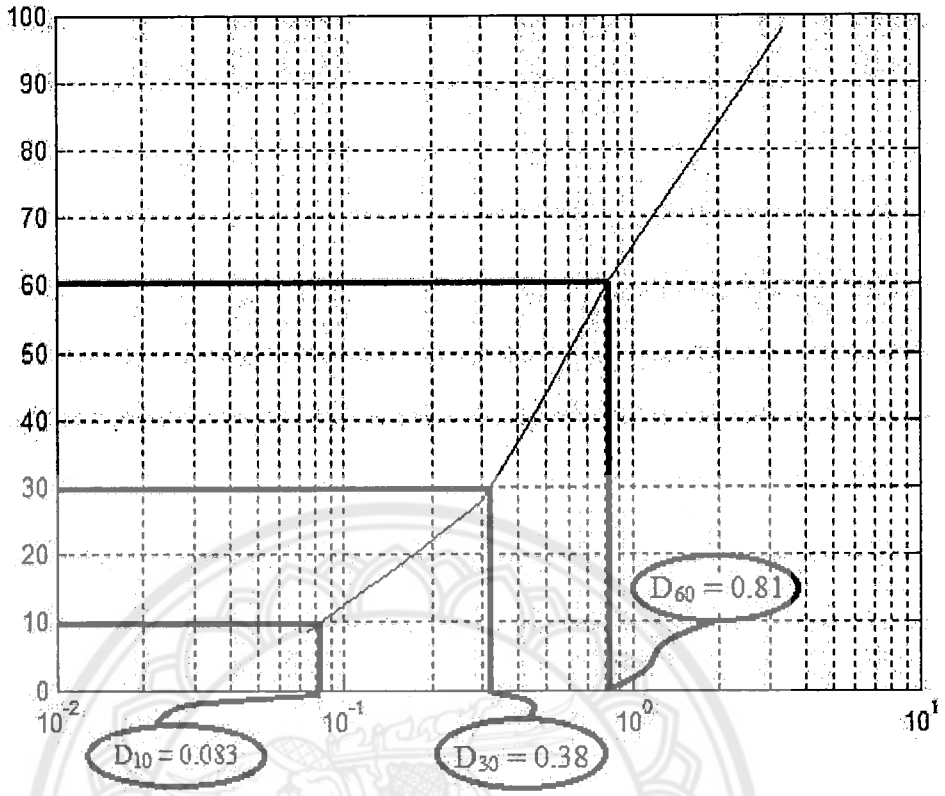
การวิเคราะห์การหาการกระจายขนาดคละของเม็ดดินทำได้โดยการใช้วิธีตะแกรงร่อน (Sieve Analysis) โดยพิจารณาจากการกระจายขนาดคละของเม็ดดินเหนียวปริมาณ 500 กรัม นำมาคำนวณหาการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน

จากการศึกษาการกระจายขนาดคละของเม็ดดินเหนียวปริมาณ 500 กรัม ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์การหาการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน

ตะแกรงเบอร์	ขนาดรูเปิด (mm)	นน.ดินค้างตะแกรง (g)	% ค้างตะแกรง	% ค้างตะแกรงสะสม	% ผ่านตะแกรง
6	3.36	10.5	2.1	2.1	97.9
20	0.84	184.5	36.9	39	61
30	0.595	57.5	11.5	50.5	49.5
40	0.425	55.5	11.1	61.6	38.4
50	0.297	53	10.6	72.2	27.8
100	0.15	49	9.8	82	18
200	0.075	47	9.4	91.4	8.6
pan	0	43	8.6	100	0

จากตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้ตะแกรง คือปริมาณของดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 และค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวกับการกระจายของเม็ดดินมาเขียนเส้นความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเม็ดดินกับจำนวนเปอร์เซ็นต์ขนาดเม็ดดินผ่านตะแกรงในกระดาษ Semi-log ก็จะได้เส้นกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 เส้นกราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน

จากรูปที่ 4.2 เส้นความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเม็ดดินกับจำนวนเปอร์เซ็นต์ขนาดเม็ดดินผ่านตะแกรงในกระดาษ Semi-log ก็จะได้เส้นกราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน D_{10} = 0.083, D_{30} = 0.038 และ D_{60} = 0.81 นำค่าที่ได้ไปคำนวณ ดังสมการ 2.4

จากสมการที่ 2.4 $$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

แทนค่า $$C_u = \frac{0.81}{0.083}$$

$$C_u = 9.7$$

จากสมการที่ 2.5 $$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}.D_{60}}$$

แทนค่า $$C_c = \frac{0.83^2}{0.083X0.81}$$

$$C_c = 2.14$$

จากการคำนวณ พบว่าดินที่นำมาทำอิฐดินดิบมีค่าสัมประสิทธิความสม่ำเสมอ (Uniformity Coefficient: C_u) เท่ากับ 9.7 และมีค่าการกระจายตัวของเม็ดดิน (Concavity: C_c) เท่ากับ 2.14

$C_u \geq 4.0$ หมายความว่า ดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Graded Soil)

C_c อยู่ระหว่าง 1 – 3 หมายความว่า ดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Graded Soil)

แสดงให้เห็นว่าดินชนิดนี้มีการคละขนาดกันดี ซึ่งตามทฤษฎีการแพ็คตัวของอนุภาคจะมีค่าความต้านทานแรงเฉือนสูง ความหนาแน่นสูงเมื่อถูกบดอัด และระบายน้ำได้ไม่ดี

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

โดยการนำเอาวัสดุทางธรรมชาติชั่งน้ำหนักจากนั้นเอาไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักวัสดุทางธรรมชาตินำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสมการที่ 2.6

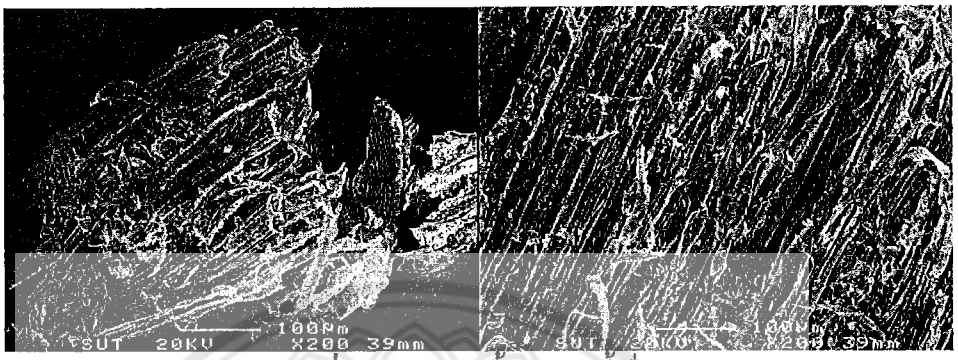
ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของวัสดุทางธรรมชาติ

วัสดุทางธรรมชาติ	เปอร์เซ็นต์ความชื้น
ชานอ้อย	0.063
ขี้เลื่อย	0.041

จากตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของวัสดุทางธรรมชาติ พบว่าปริมาณความชื้นของชานอ้อยมีค่ามากกว่าปริมาณความชื้นของขี้เลื่อย โดยชานอ้อยมีปริมาณความชื้น 0.063 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขี้เลื่อยมีปริมาณความชื้น 0.041 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากลักษณะของชานอ้อยมีช่องว่างภายในเส้นใย จึงทำให้เก็บกักความชื้นได้ดีกว่าขี้เลื่อย ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งความชื้นที่ไม่เท่ากันนี้จะส่งผลในการขึ้นรูปมีความชื้นของส่วนต่างๆ ในชิ้นงานไม่เท่ากัน ทำให้การหดตัวต่างกันเมื่อมีการอบก้อนอิฐดินดิบความชื้นเหล่านี้ก็จะระเหยออกไป สำหรับวัสดุทางธรรมชาติที่มีความชื้นมากก็จะมีการระเหยของความชื้นออกไปมาก ทำให้เกิดช่องว่าง เกิดเป็นรูพรุนเป็นจำนวนมาก ส่งผลทำให้ความหนาแน่นของก้อนอิฐดินดิบลดลง

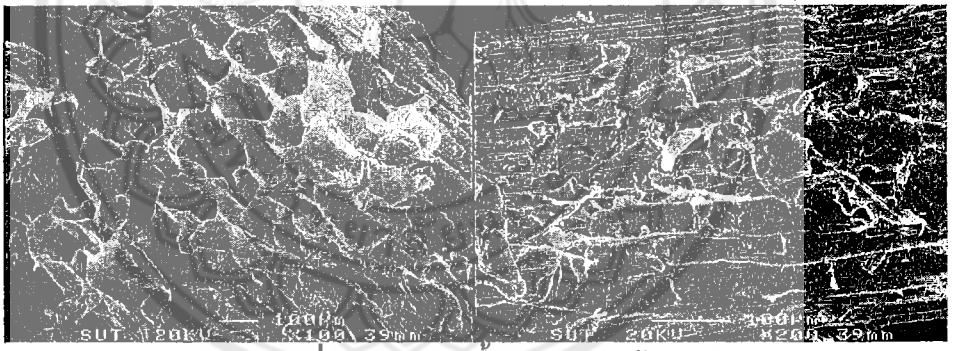
4.1.4 การศึกษาพื้นผิวของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM)

นำตัวอย่างเข้าเครื่อง (Scanning Electron Microscopy : SEM) ปรับกำลังขยาย และโฟกัสของภาพให้ชัดเจน และขนาดตามที่ต้องการ



รูปที่ 4.3 ลักษณะพื้นผิวของขี้เลื่อย

จากรูปที่ 4.3 ภาพถ่ายของ SEM จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยที่เตรียมได้ลักษณะของเส้นใยยังไม่เป็นเนื้อเดียวกันเท่าที่ควรจะเห็นได้ว่าช่องว่างระหว่างเส้นใยมีมาก แต่ไม่มีรูพรุนภายใน



รูปที่ 4.4 ลักษณะพื้นผิวของชานอ้อย

จากรูปที่ 4.4 ภาพถ่ายของ SEM จะเห็นได้ว่าชานอ้อยที่เตรียมได้ลักษณะของเส้นใยค่อนข้างเป็นเนื้อเดียวกัน ช่องว่างระหว่างเส้นใยมีน้อย แต่จะมีรูพรุนภายในเส้นใย

4.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของอิฐดินดิบ ได้แก่

4.2.1 ผลการทดสอบด้วยสายตา

ทำการอัดขึ้นรูปอิฐดินดิบขนาด 10X10X10 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นถอดแบบออก ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเอาไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบดูลักษณะการบิดโค้ง เว้า และลักษณะผิวของก้อนอิฐดินดิบ โดยทำการเปรียบเทียบกับก้อนอิฐดินดิบก่อนอบ

ตารางที่ 4.3 การทดสอบทางกายภาพด้วยสายตาของลักษณะก้อนอิฐดินดิบที่ใช้ขี้เลื่อยเป็นวัสดุผสมหลังจากการอบที่ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

%ขี้เลื่อย	รูปทรง	ลักษณะผิว
0%	เว้า	แตกร้าว
3%	ไม่โค้ง ไม่เว้า	เรียบ
6%	ไม่โค้ง ไม่เว้า	หยาบ
9%	ไม่โค้ง ไม่เว้า	หยาบ
12%	ไม่โค้ง ไม่เว้า	ขรุขระเล็กน้อย
15%	ไม่โค้ง ไม่เว้า	ขรุขระเล็กน้อย

ตารางที่ 4.4 การทดสอบทางกายภาพด้วยสายตาของลักษณะก้อนอิฐดินดิบที่ใช้ชานอ้อยเป็นวัสดุผสมหลังจากการอบที่ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

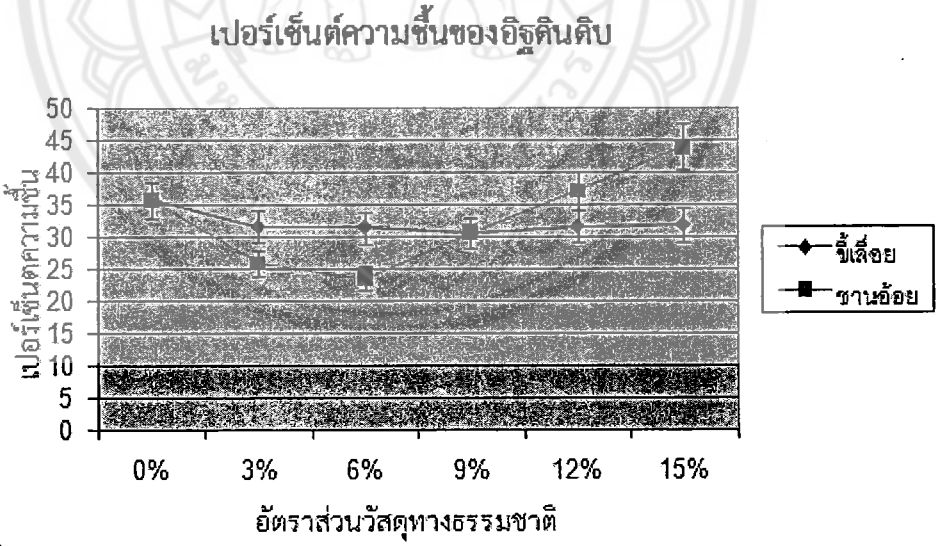
%ชานอ้อย	รูปทรง	ลักษณะผิว
0%	เว้า	แตกร้าว
3%	ไม่โค้ง ไม่เว้า	หยาบ
6%	ไม่โค้ง ไม่เว้า	ขรุขระเล็กน้อย
9%	ไม่โค้ง ไม่เว้า	ขรุขระเล็กน้อย
12%	โก่งตัวเล็กน้อย	ขรุขระมาก
15%	โก่งตัวเล็กน้อย	ขรุขระมาก

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพพื้นผิวภายนอกของก้อนอิฐดินดิบในแต่ละอัตราส่วนผสมวัสดุทางธรรมชาติในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าวัสดุทางธรรมชาติสามารถช่วยลดการแตกร้าวของก้อนอิฐดินดิบได้

ก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนผสมของขี้เลื่อยที่แทนที่ดินเหนียว เมื่อมีปริมาณขี้เลื่อยสูงขึ้นจะทำให้พื้นผิวภายนอกของก้อนอิฐมีลักษณะเป็นผิวขรุขระเล็กน้อย ลักษณะรูปทรงดี ส่วนก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนผสมของชานอ้อย เมื่อมีปริมาณชานอ้อยสูงขึ้นจะทำให้พื้นผิวภายนอกของก้อนอิฐมีลักษณะเป็นผิวขรุขระเป็นส่วนใหญ่ และมีเนื้อชานอ้อยปรากฏอยู่บริเวณพื้นผิวเป็นจำนวนมาก ก้อนอิฐมีการโก่งตัวเล็กน้อย เนื่องจากมีปริมาณชานอ้อยที่สูงกว่าดินเหนียว เมื่อเปรียบเทียบก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนผสมของขี้เลื่อย และก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนผสมของชานอ้อย พบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของวัสดุทางธรรมชาติที่สูงขึ้น ก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนผสมของชานอ้อยจะมีพื้นผิวที่ขรุขระ และมีการผิดรูปทรงมากกว่าก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนผสมของขี้เลื่อย

4.2.2 ผลการทดสอบความชื้นในก้อนอิฐดินดิบ

โดยการชั่งน้ำหนักก้อนอิฐดินดิบให้เป็นน้ำหนักก่อนอบ จากนั้นเอาไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักก้อนอิฐดินดิบให้เป็นน้ำหนักหลังอบ จากนั้นนำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นดังสมการที่ 2.7



รูปที่ 4.5 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของก้อนอิฐดินดิบ

รูปที่ 4.5 ค่าความชื้นของก้อนอิฐดินดิบที่ทำการผสมวัสดุทางธรรมชาติทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ชานอ้อย และขี้เลื่อย พบว่าเมื่อมีการแทนที่ด้วยวัสดุทางธรรมชาติในปริมาณที่ไม่สูงมากค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจะลดลง เนื่องจากการแทนที่ด้วยวัสดุทางธรรมชาติที่เป็นเส้นใยทำให้ความพรุนตัวของอิฐมี

ค่าสูง เมื่อมีการอบก้อนอิฐที่มีความพรุนตัวสูง การระเหยของความชื้นก็จะมีค่าสูงด้วย ทำให้ค่าความชื้นมีค่าต่ำลง แต่เมื่อมีการแทนที่ด้วยวัสดุทางธรรมชาติในปริมาณที่สูงมากเปอร์เซ็นต์ความชื้นจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากวัสดุทางธรรมชาติมีค่าความชื้นค่อนข้างสูง เมื่อมีการเพิ่มวัสดุทางธรรมชาติมากขึ้นก็จะทำให้ค่าความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย

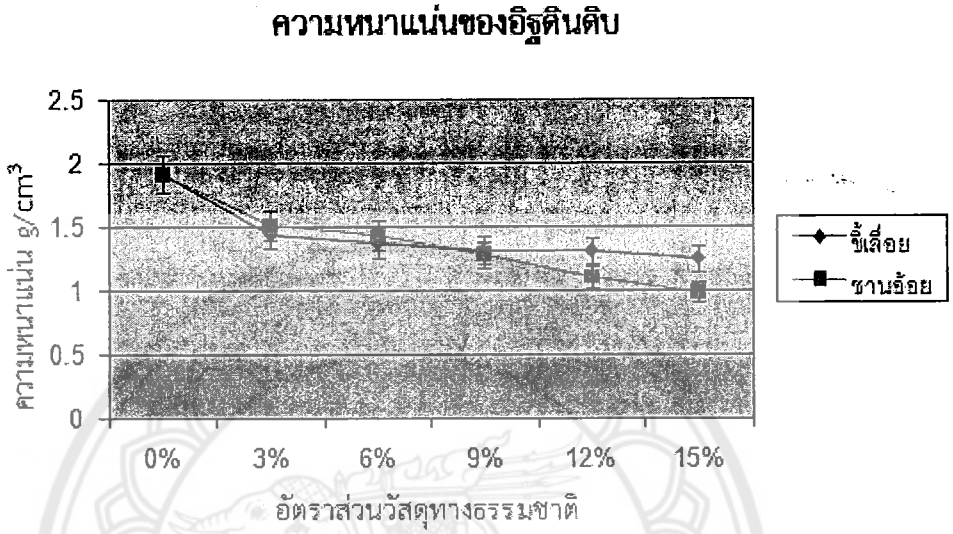
สำหรับก้อนอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของขี้เลื่อย พบว่ามีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำกว่าก้อนอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับผลของ SEM พบว่าขี้เลื่อยมีลักษณะที่ไม่มีรูพรุนภายในเส้นใยจึงทำให้น้ำไม่สามารถแทรกตัวอยู่ภายในได้ ดังนั้นจึงมีความชื้นที่ต่ำ

สำหรับก้อนอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของชานอ้อย พบว่ามีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำมากกว่าก้อนอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อมีการแทนที่ด้วยวัสดุทางธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับผลของ SEM พบว่าชานอ้อยมีลักษณะที่มีรูพรุนภายในเส้นใย จึงทำให้น้ำสามารถแทรกตัวอยู่ภายในได้ ดังนั้นอิฐที่มีการขึ้นรูปโดยมีส่วนผสมของชานอ้อยจึงมีความชื้นที่สูงกว่าอิฐที่มีส่วนผสมของขี้เลื่อย

เมื่อเปรียบเทียบก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนผสมของขี้เลื่อย และก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนผสมของชานอ้อย พบว่าก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนผสมของชานอ้อยที่มีความชื้นที่ต่ำกว่าก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนผสมของขี้เลื่อยจะส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของก้อนอิฐนั้นมากกว่า เนื่องจากในความเป็นจริงแม้ว่าดินที่เราอัดไว้จะแห้งสนิทเท่าที่เราเห็นด้วยตา แต่ความจริงแล้วในระหว่างอนุภาคนั้นก็ยังคงมีน้ำยึดแต่ละอนุภาคไว้อยู่ ยิ่งสัดส่วนของน้ำในดินนั้นน้อยเท่าไหร่ แรงตึงผิวก็จะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าก้อนอิฐดินดิบที่มีความชื้นน้อยจะมีแรงตึงผิวที่มากกว่าอิฐที่มีความชื้นมาก จากหลักการที่กล่าวมาจึงทำให้อิฐดินดิบนั้นมีความแข็งแรงเมื่อมีความชื้นน้อย และจะอ่อนแอเมื่อมีความชื้นมาก หรือถูกน้ำ เพราะจะทำให้ก้อนดินนั้นสูญเสียแรงตึงผิวของน้ำไป และทำให้อนุภาคแยกออกจากกัน

4.2.3 การทดสอบความหนาแน่น

โดยการวัดปริมาตรก้อนอิฐดินดิบ จากนั้นนำก้อนอิฐดินดิบไปอบจากนั้นเอาไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักก้อนอิฐดินดิบให้เป็นน้ำหนักอิฐแห้ง จากนั้นนำไปหาความหนาแน่นดังสมการที่ 2.8

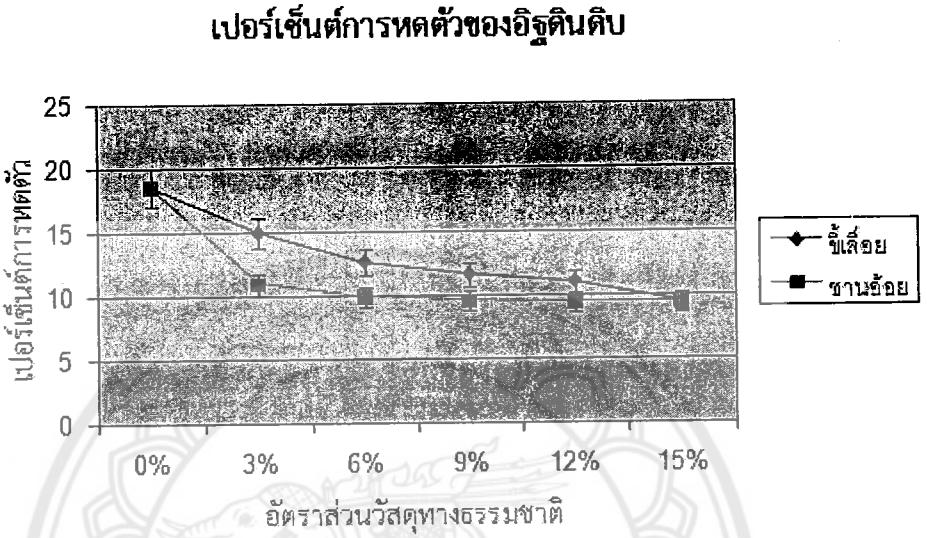


รูปที่ 4.6 ค่าความหนาแน่นของก้อนอิฐดินดิบ

จากรูปที่ 4.6 ค่าความหนาแน่นของก้อนอิฐดินดิบ ที่ทำการผสมวัสดุทางธรรมชาติทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ชานอ้อย และขี้เลื่อย พบว่าก้อนอิฐดินดิบที่ผสมวัสดุทางธรรมชาติทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ชาน-อ้อย และขี้เลื่อยจะมีแนวโน้มค่าความหนาแน่นต่ำลง เมื่อมีปริมาณวัสดุทางธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการแทนที่ด้วยวัสดุที่เป็นเส้นใยที่มีความพรุนตัวในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในส่วนผสม ทำให้ค่าความพรุนของก้อนอิฐมีค่าสูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบทั้งขี้เลื่อย และชานอ้อย พบว่าลักษณะเส้นใยของขี้เลื่อยเป็นลักษณะเส้นใยสั้น ซึ่งมีความพรุนตัวที่ต่ำกว่าเส้นใยของชานอ้อย (จากผลการทดลอง SEM) จึงส่งผลให้อิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนแทนที่ดินเหนียวด้วยชานอ้อยมีความหนาแน่นต่ำกว่าก้อนอิฐ-ดินดิบที่มีอัตราส่วนแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อย

4.2.4 การทดสอบการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ

โดยการวัดขนาดก้อนอิฐดินดิบให้เป็นขนาดก่อนอบ จากนั้นเอาไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดขนาดก้อนอิฐดินดิบให้เป็นขนาดหลังอบ จากนั้นนำไปหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวดังสมการที่ 2.9



รูปที่ 4.7 ค่าการหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ

จากรูปที่ 4.7 ค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวของก้อนอิฐดินดิบ ที่ทำการผสมวัสดุทางธรรมชาติทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ชานอ้อย และขี้เลื่อย พบว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนแทนที่ดินเหนียวด้วยวัสดุทางธรรมชาติทั้ง 2 ชนิด มีผลทำให้ค่าการหดตัวของอิฐดินดิบมีแนวโน้มลดลง เนื่องจาก ดินเหนียวมีอนุภาคของเม็ดดินที่เล็กมาก เมื่อผสมกับน้ำจะทำให้น้ำแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดิน และเมื่อนำไปอบให้แห้งจะทำให้น้ำที่แทรกอยู่ระหว่างเม็ดดินระเหย ส่งผลให้อนุภาคของดินเหนียวมีการจัดเรียงตัวแน่นยิ่งขึ้น ทำให้มีการหดตัวสูง ดังนั้นเมื่อมีการแทนที่ดินเหนียวด้วยวัสดุทางธรรมชาติเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ดินเหนียวมีปริมาณลดลงทำให้ค่าการหดตัวลดลงไปด้วย

4.3 การทดสอบสมบัติเชิงกลของอิฐดินดิบ ได้แก่

4.3.1 การทดสอบการทดสอบความต้านทานแรงกด

โดยการอัดขึ้นรูปอิฐดินดิบขนาด 10X10X10 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นเอาไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำก้อนอิฐดินดิบไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine: UTM)

รูปที่ 4.8 ค่ากำลังรับแรงกดของก้อนอิฐดินดิบ

จากรูปที่ 4.8 ค่ากำลังรับแรงกดของก้อนอิฐดินดิบ ที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ 2 ชนิดแตกต่างกัน ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อย โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ และอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ 2 ชนิดแตกต่างกัน พบว่าอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติทั้งขี้เลื่อย และชานอ้อย มีค่ากำลังรับแรงกดสูงกว่าอิฐที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ เนื่องจากวัสดุทางธรรมชาติไปช่วยลดการแตกร้าวของอิฐดินดิบ จึงทำให้ลดความบกพร่องของอิฐดินดิบ จึงส่งผลทำให้อิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติสามารถรับแรงกดได้สูงขึ้น

การรับแรงกดของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติแตกต่างกัน 2 ชนิด พบว่าอัตราส่วนแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อยที่ทำให้ก้อนอิฐดินดิบรับแรงกดได้สูงสุด คือ 9 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเท่ากับ 3.1 เมกกะปาสคาล เนื่องจากขี้เลื่อยมีลักษณะเป็นเส้นใยสั้นจึงต้องใช้ในอัตราส่วนที่สูงเพื่อช่วยในการยึดเกาะกับอนุภาคของดิน แต่เมื่อเพิ่มวัสดุทางธรรมชาติในก้อนอิฐดินดิบมากกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะทำให้ไปขัดขวางการยึดติดกันของอนุภาคดินเหนียว ทำให้ก้อนอิฐดินดิบมีค่ากำลังรับแรงกดลดลง ส่วนอัตราส่วนแทนที่ดินเหนียวด้วยชานอ้อยที่ทำให้ก้อนอิฐดินดิบรับแรงกดได้สูงสุด คือ 6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเท่ากับ 3.8 เมกกะปาสคาล เนื่องจากชานอ้อยมีลักษณะเป็น

ยาว และมีน้ำหนักเบา จึงไม่ต้องใช้ในอัตราส่วนที่สูง เมื่อเพิ่มเข้าไปมากจะทำให้ให้เกิดการยึดเกาะระหว่างอนุภาคดินได้ไม่ดี ส่งผลทำให้ค่ากำลังรับแรงกดของก้อนอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนแทนที่ดินเหนียว 9, 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักลดลงตามลำดับ

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 เมื่อมีการเพิ่มวัสดุทางธรรมชาติ 2 ชนิด ได้แก่ขี้เลื่อย และชานอ้อยมีผลทำให้สมบัติของก้อนอิฐดินดิบ ได้แก่รูปทรงมีลักษณะการโค้งการเว้าของก้อนอิฐดินดิบลดลง เมื่อใส่วัสดุทางธรรมชาติที่เป็นขี้เลื่อยทำให้เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลง ส่วนวัสดุทางธรรมชาติที่เป็นชานอ้อยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงเมื่อใส่ชานอ้อยในอัตราส่วน 3 และ 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่สูงขึ้นเมื่อใส่ชานอ้อยในอัตราส่วน 9, 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ค่าความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์การหดตัวต่ำลงเมื่อมีปริมาณวัสดุทางธรรมชาติทั้ง 2 ชนิดที่เพิ่มขึ้น และมีค่าความต้านทานแรงกดที่สูงขึ้นเมื่อใส่วัสดุทางธรรมชาติทั้ง 2 ชนิด เมื่อเทียบกับอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติ

5.1.2 สัดส่วนที่เหมาะสมในการแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อยในปริมาณร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก และการแทนที่ดินเหนียวด้วยชานอ้อยในปริมาณ 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะให้ค่าความต้านทานแรงกด เท่ากับ 3.1 เมกกะปาสคาล และ 3.8 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ สำหรับก้อนอิฐดินดิบในอัตราส่วนอื่นที่สามารถนำไปใช้งานได้ คือก้อนอิฐดินดิบที่มีปริมาณขี้เลื่อยในอัตราส่วน 9, 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และก้อนอิฐดินดิบที่มีปริมาณชานอ้อยในอัตราส่วน 3, 6, 9, และ 12 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยผ่านมาตรฐานของอิฐดินดิบที่จะต้องรับแรงกดได้ไม่ต่ำกว่า 2.1 เมกกะ-ปาสคาล (ธนา, 2550)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ศึกษาและทดสอบการดูดซึมน้ำของก้อนอิฐดินดิบ

5.2.2 ศึกษาและปรับปรุงสมบัติของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางธรรมชาติชนิดอื่นๆ

5.3 ปัญหา และแนวทางแก้ปัญหา

เนื่องจากเมื่อมีการแทนที่ดินเหนียวด้วยวัสดุทางธรรมชาติในอัตราส่วนที่สูง จะทำให้ปริมาตรของก้อนอิฐดินดิบเพิ่มขึ้นจนล้นแม่แบบจึงจำเป็นต้องปาดออก

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2554. **ทรัพยากรดิน**. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 มีนาคม 2554. http://web.ku.ac.th

จิตร ภูมิศักดิ์. 2550. **อิฐ**. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2552. http://th.wikipedia.org/wiki.

ธนา อุทัยภัตรากูร. 2550. **การประยุกต์ใช้วัตถุดิบทางธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอิฐดินดิบ**.สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2552. http://banndin.org/web/index.

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. 2550. **อิฐ**. หนังสือวัสดุช่าง. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2552. http://school.net.th/library/snet7/brick.htm.261-266.

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2532. **เซรามิก**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2552. http://www.material.chula.ac.th

พนิดา หิญชีระนันทน์. 2550. **การผลิตอิฐดินเชิงประกอบจากแกลบและน้ำยางธรรมชาติ**. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2552

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และจตุพร ตั้งศิริกุล. 2550. **การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินดิบ**.คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2552. จาก http://eng.swu.ac.th/civil/

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2552. **ทราย**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2552. http://th.wikipedia.org/wiki/.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2551. **โพลิเมอร์คอมโพสิต**. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม 2552. http://www.mtec.or.th/index.

สมโภชน์ จารุสกุล. 2550. **ขี้เลื่อย**. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2552. http://www.fiocoth/artcle/aumnuay/aumnuay28.html.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 5. 2540. **อ้อย**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2552. http://kanchanapisek.or.th/kp6/chpter3/t5-3-l4.htm.

อานัส พรหมบุญ. 2550. **วัสดุสำหรับก่อสร้าง**. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม 2552. http://www.supradit.com/contents/engineer/block.htm.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ไพริน พงษ์สุระ. 2539. **วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านดิน**. บริษัท สยามบ้านดิน. สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2552. จาก http://www.arch.tu.ac.th

ในฝัน แว่วสอน. 2546. **การผลิตวัสดุผนังภายในด้วยวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร.** สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2552. จาก http://www.baandin.org

Fraser, Harry (1986) **Ceramic Faults and Their Remedies**. A&C Black, London.

ภาคผนวก ก

เปอร์เซ็นต์ความชื้น ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์การหดตัว และความต้านทานแรงกด

ตารางที่ ก.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อย ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

ลำดับ/อัตราส่วน	0%	3%	6%	9%	12%	15%
1	31.888	31.101	31.354	30.812	31.788	31.374
2	42.950	31.649	31.546	30.582	31.706	32.891
3	32.222	31.576	31.207	30.128	30.923	30.922
ค่าเฉลี่ย	35.686	31.442	31.369	30.507	31.472	31.729
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.292	0.297	0.170	0.348	0.477	1.031

ตารางที่ ก.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยชานอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

ลำดับ/อัตราส่วน	0%	3%	6%	9%	12%	15%
1	31.888	26.450	23.631	30.910	37.633	42.754
2	42.950	25.795	22.616	31.138	37.210	43.555
3	32.222	24.778	23.638	29.524	36.372	45.479
ค่าเฉลี่ย	35.686	25.674	23.295	30.524	37.071	43.929
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.292	0.842	0.588	0.873	0.641	1.400

ตารางที่ ก.3 ความหนาแน่นของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อย ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

ลำดับ/อัตราส่วน	0%	3%	6%	9%	12%	15%
1	1.97	1.42	1.33	1.28	1.35	1.24
2	1.88	1.41	1.43	1.32	1.28	1.21
3	1.89	1.47	1.32	1.32	1.28	1.27
ค่าเฉลี่ย	1.91	1.43	1.36	1.31	1.30	1.24
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.049	0.032	0.060	0.023	0.040	0.030

ตารางที่ ก.4 ความหนาแน่นของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขานอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

ลำดับ	0%	3%	6%	9%	12%	15%
1	1.97	1.49	1.41	1.28	1.07	1.00
2	1.88	1.47	1.43	1.27	1.11	0.97
3	1.89	1.54	1.43	1.28	1.12	0.96
ค่าเฉลี่ย	1.91	1.50	1.42	1.27	1.10	0.98
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.049	0.360	0.011	0.005	0.026	0.020

ตารางที่ ก.5 เปอร์เซ็นต์การหดตัวของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อย ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

ลำดับ	0%	3%	6%	9%	12%	15%
1	18.597	14.589	11.620	11.563	9.906	9.750
2	18.408	18.271	11.033	11.680	11.667	9.862
3	18.408	11.894	15.264	11.620	11.600	8.818
ค่าเฉลี่ย	18.410	14.918	12.639	11.621	11.057	9.476
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.109	3.201	2.292	0.058	0.997	0.573

ตารางที่ ก.6 เปอร์เซ็นต์การหดตัวของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขานอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

ลำดับ	0%	3%	6%	9%	12%	15%
1	18.597	9.963	8.917	10.795	8.761	10.624
2	18.408	11.846	10.835	8.877	7.869	8.790
3	18.408	10.960	9.893	8.907	11.620	8.818
ค่าเฉลี่ย	18.410	10.923	9.881	9.526	9.416	9.410
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.109	0.942	0.959	1.098	1.959	1.050

ตารางที่ ก.7 ค่าความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อย ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

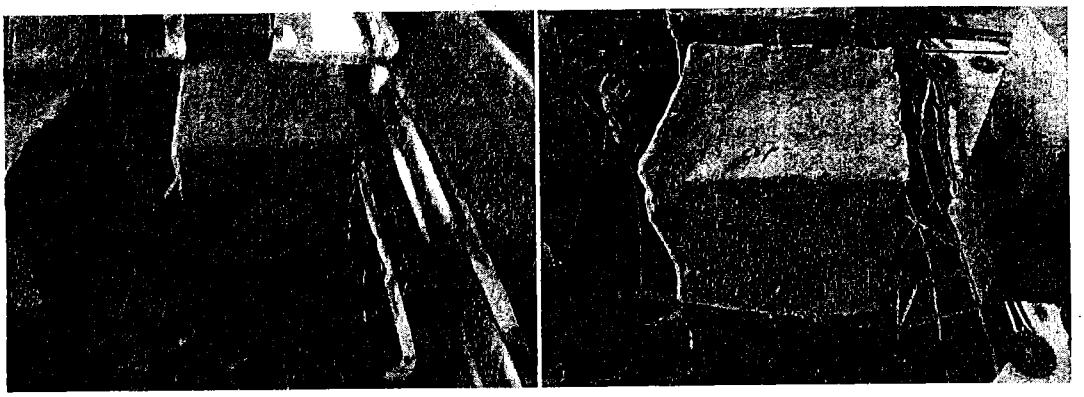
ลำดับ	0%	3%	6%	9%	12%	15%
1	13.000	14.000	25.000	28.000	29.000	26.000
2	12.000	19.000	18.000	27.000	30.000	21.000
3	13.000	18.000	17.000	38.000	25.000	29.000
ค่าเฉลี่ย	12.660	17.000	20.000	31.000	28.000	25.330
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.577	2.64575	4.358	6.082	2.645	4.041

ตารางที่ ก.8 ค่าความต้านทานแรงกดของอิฐดินดิบ ที่มีการแทนที่ดินเหนียวด้วยขานอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

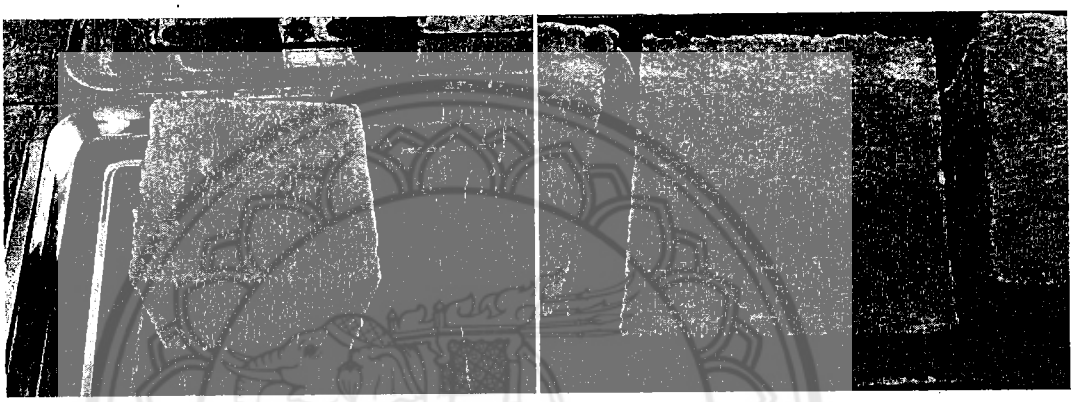
ลำดับ	0%	3%	6%	9%	12%	15%
1	13.000	20.000	46.000	33.000	26.000	16.000
2	12.000	23.000	35.000	33.000	25.000	18.000
3	13.000	26.000	34.000	33.000	25.000	17.000
ค่าเฉลี่ย	12.660	23.000	38.330	33.000	25.330	17.000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.577	3.000	6.658	0.000	0.577	1.000

ภาคผนวก ข

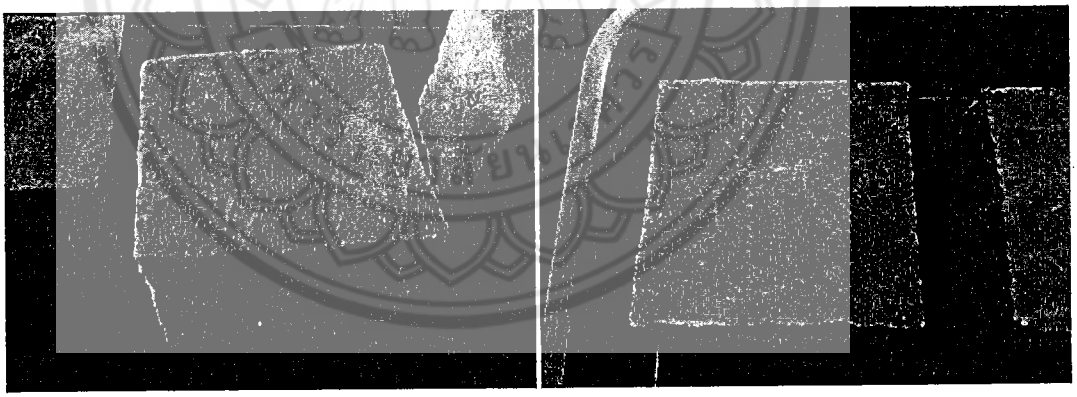
ลักษณะของก้อนอิฐดินดิบ



ก) ข)



ค) ง)



จ) ฉ)

รูปที่ ข.1 ลักษณะของก้อนอิฐดินดิบที่แทนที่ดินเหนียวด้วยขี้เลื่อยในอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยน้ำหนัก

ก) 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของขี้เลื่อย

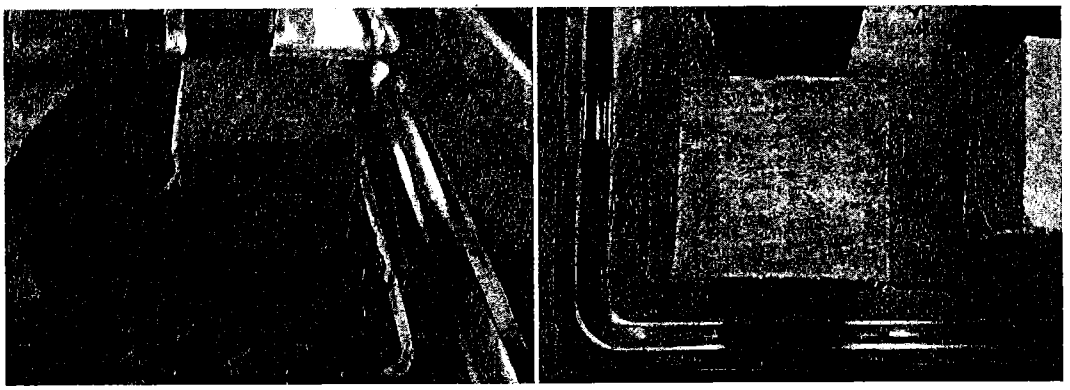
ข) 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของขี้เลื่อย

ค) 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของขี้เลื่อย

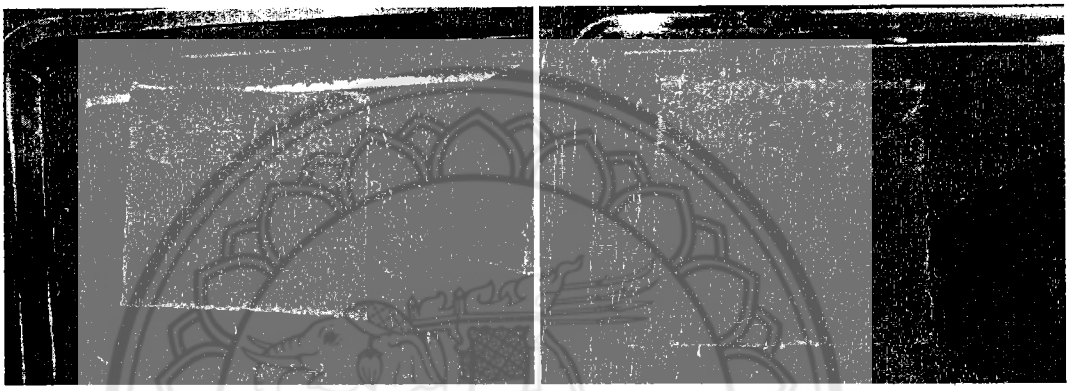
ง) 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของขี้เลื่อย

จ) 12 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของขี้เลื่อย

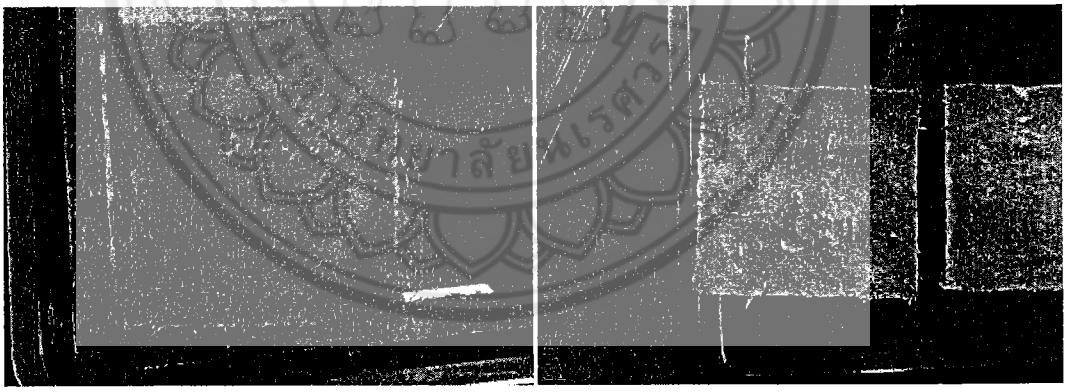
ฉ) 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของขี้เลื่อย



ก)　　ข)



ค)　　ง)



จ)　　ฉ)

รูปที่ ข.2 ลักษณะของก้อนอิฐดินดิบที่แทนที่ดินเหนียวด้วยชานอ้อยในอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยน้ำหนัก

ก) 0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชานอ้อย

ข) 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชานอ้อย

ค) 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชานอ้อย

ง) 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชานอ้อย

จ) 12 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชานอ้อย

ฉ) 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของชานอ้อย