การศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำ

Fabrication of Concrete Block from mixing of Kaolin and Rice Husk

ปกรณ์ เกตุอินทร์

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
จากงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562
พฤศจิกายน 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำ ศึกษาหาสภาวะ และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำ โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ เช่น ส่วนประกอบที่ใช้ ปริมาณที่ใช้ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นต้น และ ศึกษาสมบัติด้านต่างๆ ของแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีตที่ผลิตได้ เช่น สี ความหนาแน่น การทนต่อแรงอัด การดูดซับน้ำ เปอร์เซ็นต์รุพรุน เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ ใช้แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 50×50×50 มม^3 เพื่อการเตรียมซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ ในอัตราส่วนต่างๆ

ผลการทดสอบหาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของซีเมนต์มอร์ต้า ทั้ง 6 สูตร โดยมีอัตราส่วน ปูน : น้ำ : กากดินขาว : แกลบดำ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ต่างๆ กัน พบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุดคือ ปูน 1 กิโลกรัม น้ำ 2.2 กิโลกรัม กากดินขาว 9.5 กิโลกรัม และ แกลบดำ 0.5 กิโลกรัม ที่ระยะบ่ม 28 วัน โดยมีความต้านทานแรงอัด 580 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม 57-2530 (25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) มีความหนาแน่น 3.254 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ร้อยละการดูดน้ำ 14.037 และ ร้อยละความชื้น 9.320 โดยสามารถนำไปใช้งานได้จริง

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำ งานวิจัยนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนทั้งในเรื่องสถานที่และเครื่องมือวิจัยที่จำเป็นต่างๆ จากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อ ความร่วมมือ ช่วยเหลือ และสนับสนุนให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

ปกรณ์ เกตุอินทร์

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ก

บทคัดย่อ ข

สารบัญ ค

สารบัญภาพ จ

สารบัญตาราง ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหางานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัยงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แกลบดำ 4

2.2 ปูนซีเมนต์ 7

2.3 น้ำสำหรับผสมคอนกรีต 9

2.4 มวลรวม 11

2.5 คอนกรีต 13

2.6 มอร์ต้า 15

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนการดำเนินงาน 20

3.2 การออกแบบการทดลอง 20

3.3 วัสดุ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 21

หน้า

3.4 การกำหนดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ 22
3.5 วิธีการเตรียมชิ้นงานซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ 22
3.6 การทดสอบสมบัติของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผมแกลบดำ 24

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 แผนการดำเนินงาน 28
4.2 ผลการทดสอบสมบัติของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผมแกลบดำ 29

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล 32
5.2 อภิปรายผล 33
5.3 ข้อเสนอแนะ 33

บรรณานุกรม 34

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.4	องค์ประกอบของคอนกรีต	14
3.1	นำส่วนผสมที่ผสมกันจนเข้ากันดีเข้าแบบหล่อขนาด 50x50x50 มม^3 ปาดผิวหน้าชิ้นงานให้เรียบด้วยเกรียง	23
3.2	ปิดผิวหน้าให้เรียบด้วยฟิล์มพลาสติก	23
3.3	ชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์สำหรับทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกล	24
3.4	การชั่งชิ้นงานสำหรับการหาค่าความหนาแน่น	25
3.5	การอบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110 $^{\circ}$C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนชั่งน้ำหนัก	26
3.6	ชั่งชิ้นงานและเอาไปแช่น้ำสะอาด	26
3.7	เครื่องทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ต้า	27

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	การทดสอบชิ้นงานทดลอง	21
3.2	ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองอัตราส่วน ปูน : ดินขาว : น้ำ : แกลบดำ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	22
4.1	ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองอัตราส่วน ปูน: ดินขาว: น้ำ: แกลบดำ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	28
4.2	ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ	29
4.3	ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ	30
4.4	ผลการทดสอบค่าร้อยละความชื้นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ	30
4.5	ผลการทดสอบค่าการต้านทานแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ	31

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันในงานก่อสร้างอิฐบล็อกประสานนิยมใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะงานก่อสร้างอาคาร งานตกแต่ง เนื่องจากอิฐบล็อกประสานมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากคอนกรีตบล็อกและอิฐดินเหนียวเผา ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “อิฐมอญ” ที่มีใช้กันมานานตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อิฐบล็อกประสานมีลักษณะเด่น คือ มีความแข็งแรง ทนทาน มีความสวยงามตามธรรมชาติโดยไม่ต้องทาสี ผนังหนา กันความร้อน เก็บความเย็น ทำให้ประหยัดพลังงาน ลดขั้นตอนการก่อสร้าง คงทนแข็งแกร่ง สวยงาม สามารถก่อสร้างได้หลายรูปแบบ เช่น รั้วบ้าน กำแพง บ้านพักอาศัย และแต่งจัดสวนสไตล์ธรรมชาติ บรรยากาศรีสอร์ท ก่อสร้างง่าย รวดเร็ว โดยไม่ต้องใช้ทั้งเสา คานเอ็นหรือทับหลัง และการฉาบปูน อิฐบล็อกประสานสามารถฉาบปูนได้ ปูกระเบื้องผนังได้ ประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ไม่ต้องใช้ปูนก่อทีละชั้น เหมือนก่ออิฐมอญหรืออิฐบล็อก ไม่ต้องทำต้นเสา ไม่มีไม้แบบหล่อทำเสา ลดเหล็กในการก่อสร้าง เพราะอิฐประสานสามารถทำเสา ก่อหักมุมตามมุมห้องแทนเสาในตัวได้เลย เหมือนมีเสารอบบ้าน ลดไม้แบบทำคานหรือทับหลัง เพราะอิฐประสานเป็นร่องตัวยู (U) สามารถเรียงกันแล้วใส่เหล็กตามแนวนอนและเททับเป็นคาน หรือทับหลังได้เลย ซ้อนกันหลายๆชั้นแทนคานคอนกรีตได้ ส่วนบล็อกโค้งสามารถสร้างถังเก็บน้ำได้

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศ การปลูกข้าวจึงเป็นวิถีชีวิตดั้งเดิมของคนไทยที่มีมาช้านานและยังคงอยู่จนถึงปัจจุบัน ข้าวเป็นแหล่งอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในการดำรงชีวิตของประชากร ทั้งนี้เพราะการเกษตรส่วนใหญ่ของประเทศ จะปลูกข้าวเป็นพืชหลักปัจจุบันข้าวยังเป็นที่ต้องการของตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ แต่ข้าวที่ผลิตได้ต่อไร่ ส่วนมากยังมีผลผลิตต่อไร่ต่ำอยู่ ประเทศไทยมีพื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่เหมาะสมกับการทำนาปลูกข้าว โดยมีพื้นที่นาปีและนาปรังรวมกันประมาณ 65 ล้านไร่ หรือร้อยละ 57 ของพื้นที่ทำเกษตรทั้งหมด มีครัวเรือนเกษตรกรทำนา 3.7 ล้านครัวเรือน หรือร้อยละ 66 ของครัวเรือนเกษตรกรทุกประเภทในแต่ละปี และประเทศไทยครองความเป็นอันดับหนึ่งในการส่งข้าวไปเลี้ยงประชากรเกือบจะทั่วโลก จากการส่งออกแม้แต่องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติได้ให้ความสำคัญกับประเทศไทยในการเป็นผู้นำในด้านการส่งออกข้าว เพื่อป้อนพลเมืองโลกในอีก 20 ปีข้างหน้า จังหวัดอุตรดิตถ์เป็นจังหวัดที่ประชากรในจังหวัดมีการประกอบอาชีพที่หลากหลาย ทั้งภาคเกษตร และภาคอุตสาหกรรม โดยมีการทำเกษตรกรรมหลากหลายชนิด เช่น ทำไร่ ทำสวน ปลูกข้าว จึงมีเศษวัสดุเหลือใช้เป็นจำนวนมาก เช่น แกลบดำที่ได้จากการเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการอบไล่ความชื้นของเมล็ดข้าว อีกทั้งยังมีภาคอุตสาหกรรมดินขาว ซึ่งแหล่งแร่ดินขาวของจังหวัดอุตรดิตถ์เป็นแร่ดินขาวที่มีคุณภาพที่ดีของประเทศ ในกระบวนการผลิตหรือแต่งแร่ดินขาว จึงทำให้เกิดกากดินขาวเป็นจำนวนมาก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาสมบัติทางกายภาพ (เช่น ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำ) และสมบัติเชิงกล (เช่น ความต้านทานต่อแรงอัด) ของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ เนื่องจากคุณภาพวัสดุมวลรวมที่นำมาผลิตบล็อกประสาน ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย ซึ่งในแต่ละแหล่ง วัตถุดิบ มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็น ขนาดส่วนคละของเม็ดดิน เนื่องจากส่วนคละมี ความสำคัญต่อการรับกำลังอัด ปริมาณน้ำหรือความชื้น ก็มีผลต่อความหนาแน่น ปริมาณน้ำที่เหมาะสมจะสามารถอัดบล็อกประสานให้ได้ความหนาแน่นสูง ส่งผลทำให้ก้อนบล็อกประสานมีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น และเพื่อเป็นแนวทางในการนำกากดินขาว และแกลบดำที่เป็นวัสดุเหลือใช้มาประยุกต์ใช้ (Recycle) ในการผลิตอิฐบล็อกประสานดินขาวผสมแกลบดำ เพื่อลดปัญหาการกำจัดเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม และสร้างอาชีพให้แก่ประชาชนในท้องถิ่น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำ

1.2.2 ศึกษาหาสภาวะ และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำ โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ เช่น ส่วนประกอบที่ใช้ ปริมาณที่ใช้ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นต้น

1.2.3 ศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆ ของอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำที่ผลิตได้ เช่น สี ความหนา การทนต่อแรงอัด การดูดซับน้ำ เปอร์เซ็นต์รูพรุน เป็นต้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ในการวิจัยนี้ได้มุ่งความสนใจในการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ โดยแทนที่แกลบดำในอัตราส่วนต่างๆ ตั้งแต่ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25% โดยน้ำหนักของดินขาว บ่มในน้ำเป็นระยะเวลานาน 7, 14 และ 28 วัน แล้วนำซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำที่ผลิตได้ มาทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (เช่น ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำ) คุณสมบัติเชิงกล (เช่น ความต้านทานต่อแรงอัด)

1.3.2 ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาดำเนินงานตั้งแต่เดือนมกราคม 2562 – เดือนมกราคม 2563

1.3.3 ขอบเขตด้านพื้นที่

ทำการเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง การทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ ที่ศูนย์บริการวิชาการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ต. ท่าอิฐ อ. เมือง จ. อุตรดิตถ์

1.3.4 ขอบเขตด้านวัสดุ

ดินขาว จาก บริษัท หล่อวัฒนา จำกัด ต. งิ้วงาม อ. เมือง จ.อุตรดิตถ์

แกลบดำ จาก โรงสีข้าว ต ประเสริฐ อ. เมือง จ.อุตรดิตถ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 ได้แนวทางในการนำซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำเพื่อผลิตบล็อกประสาน

1.4.2 สร้างอาชีพและรายได้ให้แก่ชุมชน

1.4.3 ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการทำลายหรือย่อยแกลบดำ

1.4.4 เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของกากดินขาวและแกลบดำ

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ คือ เป็นส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ กากดินขาว แกลบดำ และน้ำ

1.5.2 แกลบดำ คือ แกลบที่ถูกความร้อนจนสุกดำ เกิดจากการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการอบไล่ความชื้นของข้าวสด

1.5.3 กากดินขาว คือ กากดินขาวที่เกิดจากกระบวนการล้างแร่ ดินขาว เป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งที่ตกตะกอนอยู่ในรางซิกแซก หรือกองทิ้งจากเครื่องไฮโดรไซโคน มีอนุภาคหลากหลายขนาด ส่วนมากมีขนาดใหญ่ และไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ในการล้างดินแต่ละครั้ง จะมีปริมาณกากดินค่อนข้างมาก บางครั้งสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินขาวที่นำมาล้าง

1.5.4 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หมายถึง ซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำที่ผ่านการแช่ในน้ำ เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง จนกระทั่งอิ่มตัวสมบูรณ์แล้ว มาชั่งน้ำหนักและนำไปวางในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เกิดการระเหย (Desorption State) และชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป

1.5.5 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) หมายถึง ค่าความแตกต่างของน้ำหนักก่อนอบและหลังอบของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำที่ผลิตได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

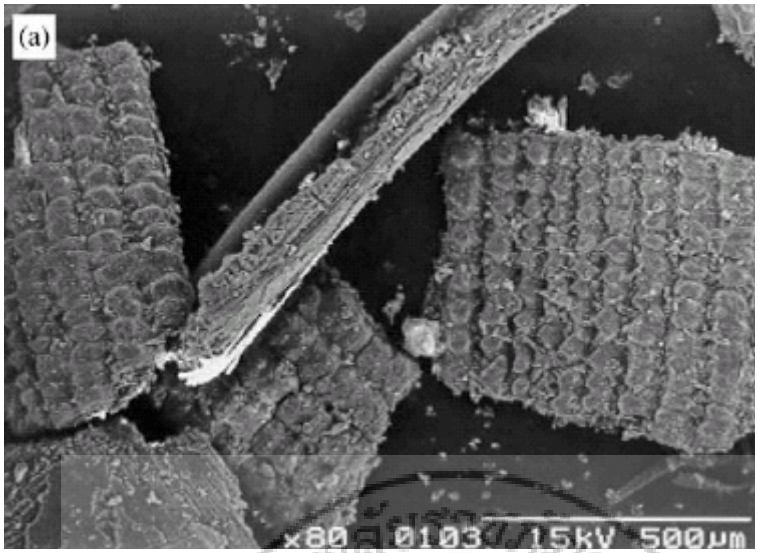
การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ ซึ่งผู้วิจัยได้ค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎีจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตที่ผ่านมา โดยมีสาระสำคัญดังนี้

2.1 แกลบดำ (Rice Husk)

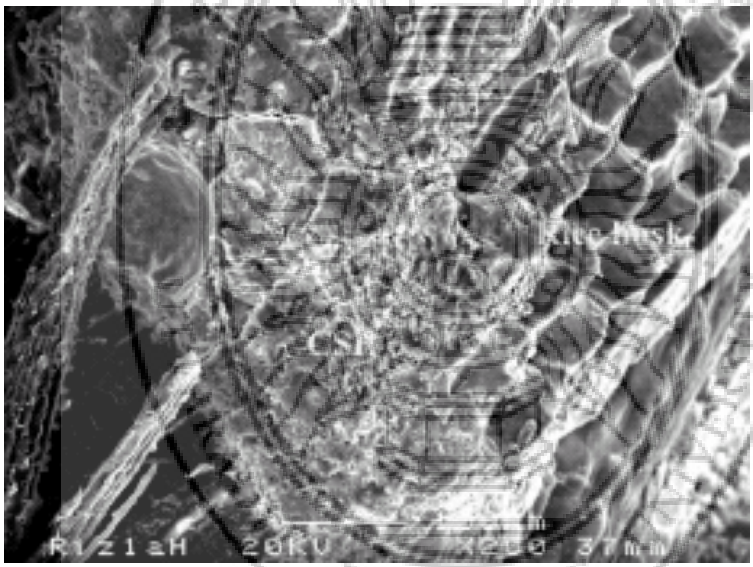
2.1.1 ลักษณะของแกลบ

แกลบทำหน้าที่ห่อหุ้มเมล็ดขาวอยู่ภายนอก ได้จากการสีข้าว แสดงดังภาพที่ 2.1 เป็นสารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน และซิลิคอนไดออกไซด์หรือซิลิกา เมื่อพิจารณาแกลบให้ชัดขึ้น โดยนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะมีลักษณะผิวเป็นร่องเรียงกัน แสดงดังภาพที่ 2.2 และผิวแกลบมีความพรุนมาก แสดงดังภาพที่ 2 .3

ภาพที่ 2.1 ลักษณะของแกลบ กำลังขยาย 1×1 เท่า



ภาพที่ 2.2 พื้นผิวของแกลบที่มีลักษณะเป็นร่องเรียงกันกำลังขยาย 80 เท่า (Park et. al, 2003)



ภาพที่ 2.3 พื้นผิวของแกลบที่มีความพรุนมากกำลังขยาย 200 เท่า (Jauberthie et. al, 2003)

2.1.2 องค์ประกอบของแกลบ

แกลบมีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ แสดงดังตารางที่ 2.1 และส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารประกอบออกไซค์ โดยมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีขนาดเล็กระดับนาโนเมตร มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าและไม่นำความร้อน แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ที่พบในแกลบ (Patel et. al, 2003)

สารอินทรีย์	ร้อยละโดยน้ำหนัก
Cellulose	43.30
Lignin	22.00
D – Xylose	17.52
L – Arabinose	6.53
Methyl glucoronic acid	6.53
D - galactose	2.37

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบที่เป็นสารอนินทรีย์ (โลหะออกไซด์) ที่พบในแกลบ (Patel et. al, 2003)

สารอินทรีย์	น้ำหนัก (Wt%)
SiO_2	21 - 25
Al_2O_3	1.23
Fe_2O_3	1.23
CaO	1.24
MgO	0.21
MnO_2	0.07

2.1.3 ประโยชน์ของแกลบ

แกลบเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่ได้จากกระบวนการสีข้าว ในปีหนึ่งๆ มีปริมาณแกลบสูงถึงประมาณ 5,878.14 พันตัน จากการสำรวจโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปี 2540 นั้นคือ ถ้ามีการสีข้าว 1 ตัน จะมีแกลบออกมาประมาณ 220 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 22 สำหรับประเทศไทยมีการประเมินได้ว่าแต่ละปีจะมีแกลบประมาณ 4.4 ถึง 4.6 ล้านตัน (สมศักดิ์, 2545) ของเหลือทิ้งเหล่านี้บางส่วน ถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ย วัสดุปูรองนอนในโรงเรือนเลี้ยงเป็ด เลี้ยงไก่ และในยุคที่ประเทศ มีความต้องการพลังงานสูง แกลบถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนพลังงานจากน้ำมันดิบ จากสถิติการใช้พลังงานในประเทศไทย ในรายงานพลังงานของประเทศไทย ปี 2545 โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พบว่า ทดแทนพลังงานได้เทียบเท่าน้ำมันดิบ 0.89 ล้านตัน นอกจากนี้ขี้เถ้า ที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบ ยังสามารถส่งออกขายต่างประเทศได้อีกในราคากิโลกรัมละ 3-4 บาท ซึ่งนับว่าเป็นผลพลอยได้ นอกเหนือจากการใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน ใน

อนาคตอันใกล้ ด้วยเหตุผลด้านวิกฤตพลังงาน ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านคุณภาพชีวิตชาวนา หรือด้านความสามารถ ในการแข่งขัน ตลอดจนการเกิดตลาดใหม่ที่มีผลตอบแทนคุ้มค่า อาจทำให้มีความต้องการแกลบสูงมาก โดยสรุปแล้วการใช้ประโยชน์จากแกลบ มีหลากหลายประการได้แก่ ใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงาน ใช้เป็นวัสดุการเกษตร ใช้สกัดสารซิลิกา ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ใช้เป็นสารสำหรับใช้ในการกรอง และอื่นๆ

2.2 ปูนซีเมนต์ (Cement)

ปูนซีเมนต์ เป็นผลผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเป็นดินผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมของหินปูน (หรือดินปูนขาว) กับดินเหนียว (หรือดินดาน) จนรวมตัวกันสุกพอดี ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ แคลเซียม และอะลูมิเนียมซิลิเกต คำว่า ปูนซีเมนต์ ที่กล่าวนี้หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydravlic Cement) เมื่อผสมกับน้ำตามสัดส่วน จะสามารถก่อตัวและแข็งตัวในน้ำได้ปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับส่วนประกอบของปูนซีเมนต์เรียกว่า “ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น” (Hydration)

ในการผลิตปูนซีเมนต์วัตถุดิบหลักสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ประเภท 1. เป็นประเภททำให้ธาตุคัลเซียม (Calcarcous Materials) อยู่ในรูปของ $CaCo_3$ ได้แก่ หินปูน (Lime Stone) ดินขาว (Marl) ดินสอพองหรือชอล์ค (Chalk) ประเภทที่ 2. เป็นประเภทที่ให้ออกไซด์ของธาตุซิลิกอน (SiO_2) และอะลูมิเนียม (Al_2O_3) (Argillaccous Materrials) ได้แก่ หินเชล (Shale) หินชนวน (Slate)ประเภทที่ 3. Check ดินเหนียว (Clay) สารประกอบหลักที่สำคัญของปูนซีเมนต์ มีอยู่ 4 ชนิดคือ

2.2.1 Tricalcium Silicate (C_3S)

2.2.2 Dicalcium Silicate (C_2S)

2.2.3 Tricalcium Aluminate(C_3A)

2.2.4 Tetracalcium Aluminoferrite (C_4 AF)

สมาคมทดสอบวัสดุอเมริกา (The American Society for Testing Materials , ASTM C 150) ได้แบ่งประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่มีผลิตใช้มากที่สุด เหมาะสำหรับผลิตคอนกรีตทั่วไป ที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดาได้แก่ปูนปอร์ตแลนด์ ตราช้าง ตราเพชร ตราพญานาคเขียว เป็นต้น

ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) เหมาะสำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลางซึ่งในปัจจุบันไม่มีการผลิตใช้ในประเทศไทย

ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว (High – Early Portland Cement) ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ให้กำลังอัดสูงในระยะแรก เพราะมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะสำหรับสารทำคอนกรีตที่ต้องการใช้งานเร็ว หรือถอดไม้แบบในเวลาอันสั้น ได้แก่ปูนปอร์ตแลนด์ ตราเอราวัณ ตราสามเพชร ตราพญานาคสีแดง ข้อควรระวังคือ ไม่ควรใช้ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในงานโครงสร้างคอนกรีต

ขนาดใหญ่เพราะความร้อนอยู่ในปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะเกิดสูงมากในช่วงต้นอาจก่อให้เกิดโครงสร้างแตกร้าวได้

ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เกิดความร้อนต่ำ (Low – Heat Porland Cement) ได้ถูกพัฒนาขึ้นใช้ครั้งแรกในอเมริกา เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนที่เหมาะสำหรับงานคอนกรีตหลา (Mass Concrete) เช่น การสร้างเขื่อน เนื่องจากทำให้อุณหภูมิของคอนกรีตขณะก่อสร้างต่ำกว่าปูนซีเมนต์ชนิดอื่น ซึ่งเป็นการลดปัญหาความเสี่ยงจากการแตกร้าวเนื่องจากความร้อน (Thermal Cracking) ในประเทศไทยไม่มีการผลิตปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในปัจจุบันปูนประเภทนี้ถูกทดแทนโดยการใช้ปูนปอร์ตแลนด์ ประเภทที่1 ผสมกับ Pulerlized Fuel Ash (PFA) และ Ground Granular Blast Furnace Slay (GGBS) ซึ่งจะอธิบายละเอียดในเรื่องวัสดุใหม่ในงานก่อสร้าง

ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตได้สูง (Sulfate- Resistant Portland Cement) ปูนประเภทนี้มี C3A ต่ำเพื่อจะป้องกันไม่ให้ซัลเฟตจากภายนอกมาทำลายเนื้อคอนกรีตหมาะสำหรับโครงสร้างที่มีการกระทำของซัลเฟต ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้กำลังอัดช้าและให้ความร้อนต่ำกว่าปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตราช้างฟ้า และตราปลาฉลาม

ส่วนประกอบสำคัญที่มีอยู่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในงานก่อสร้างโดยทั่วไป มักจะนิยมใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่1 ซึ่งจะมีส่วนประกอบทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 2.3 Cheek โดยเมื่อผสมปูนซีเมนต์กับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ผลผลิตเป็น Calcium Silicate Hydrates ซึ่งจะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น (วรชัยและอนุภาค, 2529)

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (วินิต, 2544)

ชื่อส่วนประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
Tricalcium silicate	$3\,CaO \cdot SiO_2$	C_3S
Dicalcium silicate	$2\,CaO \cdot SiO_2$	C_2S
Tricalcium alumina□e	$3\,CaO \cdot Al_2O_3$	C_3A
Tetracalcium aluminoferrite	$4\,CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF

2.3 น้ำสำหรับผสมคอนกรีต (Mixing water)

น้ำเป็นส่วนผสมที่สำคัญเพราะนอกจากจะเป็นตัวทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่น(Hydration) กับปูนซีเมนต์ แล้วน้ำยังมีผลต่อความสามารถได้ (Workability) ของคอนกรีตสด กำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength) และความทนทานของคอนกรีต เมื่อแข็งตัวแล้วน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

2.3.1 น้ำสำหรับผสมคอนกรีตให้มีความเข้มข้นเหลวทำงานง่าย

2.3.2 น้ำสำหรับบ่มคอนกรีตให้แข็งตัวและมีกำลังรับแรงตามต้องการ

2.3.3 น้ำสำหรับล้างมวลรวมให้สะอาดก่อนนำไปผสมคอนกรีต

ในการผสมคอนกรีตเพื่อให้ได้คุณภาพที่ดี จะต้องใช้น้ำที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณน้ำเหมาะสม น้ำที่ใช้สำหรับผสมคอนกรีต คือ น้ำที่ดื่มได้ แต่ในทางปฏิบัติจะใช้น้ำประปาหน้าที่หลักของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต คือ เข้าผสมกับปูนซีเมนต์ และทำปฏิกิริยาทางเคมีให้เกิดความร้อน (Heat of Hydration) ทำให้ผงซีเมนต์กลายเป็นวุ้น (Gel) และเป็นซีเมนต์เหนียว ซึ่งจะเป็นตัวประสานผิวระหว่างกันของมวลรวมเพื่อให้สามารถรัดเกาะกันแน่นเมื่อแข็งตัวแล้ว ทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียก เพื่อให้ปูนซีเมนต์เข้าเกาะโดยรอบทำหน้าที่หล่อลื่นให้คอนกรีตเกิดความเหลว และสามารถเทและกระทุ้งหลังเขย่าเข้าสู่แบบหล่อ ให้ได้รูปตามต้องการ

ปัญหาที่พบอยู่เสมอเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตคือ ในขณะที่ยังเป็นคอนกรีตสด คอนกรีตมีความต้องการน้ำในปริมาณที่เพียงพอเพื่อให้สามารถลื่นไหลเข้าสู่แบบหล่อได้ แต่ในการปฏิบัติผู้ผสมคอนกรีตมักจะเติมน้ำในปริมาณมากเพื่อให้คอนกรีตมีสภาพเหลว สะดวกต่อการเข้าแบบ แต่จะมีผลทำให้กำลังอัดของคอนกรีตต่ำลง และในทางตรงกันข้ามเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วคอนกรีตมีความต้องการน้ำในปริมาณมากสำหรับบ่ม เพื่อให้เกิดความชื้น ซึ่งจะทำให้คอนกรีตมีการพัฒนากำลังเพิ่มขึ้นตามเวลา แต่ในทางปฏิบัติ การบ่มหลังการให้น้ำเพื่อคงสภาพความชื้นแก่คอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้วมักจะถูกละเลยหรือทำได้ไม่ทั่วถึง ทำให้คอนกรีตมีระยะเวลาในการพัฒนากำลังต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้นไม่มากเท่าที่ควร

2.3.4 สารผสมเพิ่ม (Admixtures) หมายถึง สารเคมีอื่นๆ นอกเหนือไปจาก ปูนซีเมนต์ วัสดุมวลรวม และน้ำที่ใช้เติมลงในส่วนผสมของคอนกรีต ด้วยจุดประสงค์เพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต สารผสมเพิ่มจะให้ผลแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ที่ใช้ ขนาด รูปร่าง และส่วนขนาดคละของวัสดุมวลรวม น้ำ และอุณหภูมิ ดังนั้นการใช้สารผสมเพิ่มจึงควรได้ทราบถึงข้อมูลตลอดจนข้อแนะนำในการใช้ของบริษัทผู้ผลิตโดยละเอียด นอกจากนี้สารผสมเพิ่มจะให้ผลดีต่อเมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสม สารผสมเพิ่มที่นิยมใช้กันทั่วไปได้แก่

2.3.5 สารเร่งการก่อตัว (Accelerators) สารเร่งการก่อตัว จะทำให้คอนกรีตก่อตัว และแข็งตัวเร็วขึ้นกว่าปกติ นอกจากนี้ผลพลอยได้ของการใช้สารเร่งการก่อตัว คือ จะทำให้คอนกรีตมีกำลังในระยะแรกสูงกว่าคอนกรีตธรรมดา โดยทั่วไปแล้ว สารเร่งการก่อตัวจะใช้เมื่อต้องการเร่งเวลาในการถอดแบบหล่อ หรือเมื่อต้องการให้คอนกรีตรับแรงได้เร็วกว่าปกติ เช่น การทำเสาเข็มธรรมดา และเสาคอนกรีตอัดแรงใช้อุดรูรั่วในเนื้อคอนกรีตสารที่นิยมใช้เป็นตัวเร่งการก่อตัวคือแคลเซี่ยมคลอไรด์และโซเดี่ยมซิลิเกต

2.3.6 สารหน่วงการก่อตัว (Retarders) สารหน่วงการก่อตัว มีคุณสมบัติช่วยให้คอนกรีตก่อตัวช้ากว่าธรรมดา (เกินกว่า 1 ½ ชั่วโมง) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ ในกรณีที่ต้องเสียเวลาเคลื่อนย้ายคอนกรีตที่ผสมแล้วไปยังจุดเทที่อยู่ไกลๆ หรือในกรณีที่ต้องใช้เวลาในการเคลื่อนย้าย และการเทนานๆ ข้อเสียของการใช้สารหน่วงการก่อตัว คือจะทำให้กำลังคอนกรีตลดต่ำไปในช่วง 3 วันแรก แต่ผลพลอยได้คือ ช่วยลดปริมาณน้ำได้ประมาณ 5 – 15 % ซึ่งเป็นผลทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงในระยะเวลาหลัง และมีกำลังเท่ากับหรือสูงกว่าคอนกรีตธรรมดาเมื่อ อายุ 28 วัน สารชนิดนี้ได้แก่ แคลเซียม หรือยิบซัม ซึ่งบริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์ทั้งหลายก็ได้ใช้ปนอยู่แล้วในปูนซีเมนต์ที่ผลิต

2.3.7 สารลดปริมาณน้ำ (Water Reducing Admixture) สารลดปริมาณน้ำ ช่วยลดปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีต แต่ยังได้ความข้นเหลวเทียบเท่ากับคอนกรีตธรรมดา เมื่อใช้น้ำในส่วนผสมคอนกรีตน้อยลง (อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยลง) จะมีผลในการเพิ่มกำลังของคอนกรีตสารชนิดนี้เป็นสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่ทำมาจากเกลือลิกโนซัลโฟนิค (Lignosulfonic Acid) หรือเกลือ และสารประกอบของกรดไฮดรอกซี่ คาร์บอซีลิค (Hydroxycarboxylic Acid) หรือสารประกอบโพลีเมอร์บางชนิด เช่น โพลิเมอร์ไฮดรอกซีเลต (Hydroxylated Polymers)

2.3.8 สารป้องกันน้ำ (Waterproofing) สารป้องกันน้ำจะทำให้คอนกรีตทึบน้ำ กันน้ำไม่ให้น้ำซึมผ่านได้ สารป้องกันน้ำจะเข้าไปแทรกอุดรูเล็กๆ ในคอนกรีต ทำให้คอนกรีตทึบน้ำ ถ้าสามารถออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้พอดี และสามารถผสมคอนกรีตได้ตามที่ออกแบบ เมื่อนำคอนกรีตไปหล่อแล้วคอนกรีตจะแน่นทึบกันน้ำ แต่ในกรณีไม่สามารถทำได้ก็จำเป็นต้องใช้สารชนิดนี้ช่วย สารป้องกันน้ำมักจะใช้กับคอนกรีตที่ต้องกันไม่น้ำซึมผ่านได้ เช่น โครงสร้างที่กั้นน้ำห้องใต้ดินอุโมงค์ สระน้ำ หลังคา พื้นห้องน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้สารป้องกันน้ำยังสามารถนำมาใช้กับมอร์ต้า (ปูน+ทราย+น้ำ) ที่ใช้โบกกำแพง หรือเทพื้นเพื่อกันมิให้ความชื้นซึมเข้าไปได้ และป้องกันราขึ้น

สารชนิดนี้เป็นพวกอัลคาไลน์ซิลิเกต (Alkaline Silicates) เช่น โซเดียมซิลิเกต หรืออลูมิเนียมและสังกะสีซัลเฟต (Zinc Sulphates)

2.3.9 สารกระจายกักฟองอากาศ (Air-Entraining Admixtures) สารกระจายกักฟองอากาศจะช่วยให้เกิดฟองอากาศเล็กๆ มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น แผ่ปนอยู่ทั่วเนื้อคอนกรีต โดยฟองเหล่านี้จะไม่ทะลุถึงกันได้ ในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตรอาจมีฟองอากาศเล็กๆ นี้ ประมาณ 3 – 6 % ของเนื้อคอนกรีตทั้งหมดโดยปริมาตร การที่ในเนื้อคอนกรีตมีฟองอากาศขนาดเล็กๆเหล่านี้ จะช่วยทำให้คอนกรีตมีความสามารถในการเทได้มากขึ้น แม้ว่าจะมีปริมาณน้ำน้อยก็ตาม เพราะฟองอากาศเหล่านี้จะช่วยทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นแทนน้ำ นอกจากนี้ช่วยมิให้น้ำในคอนกรีตแข็งเป็นน้ำแข็ง ก่อนที่คอนกรีตจะก่อตัว ซึ่งเป็นประโยชน์ในการหล่อคอนกรีตในฤดูหนาว หรือในเมืองที่มีอากาศหนาวเย็นมาก

สารกระจายกักฟองอากาศยังช่วยลดการแยกตัว การสูญเสียน้ำ ไม่รั่วซึม รวมทั้งเพิ่มความต้านทานซัลเฟตด้วย ข้อเสียของการใช้สารนี้ก็คือ ทำให้คอนกรีตมีกำลังต่ำลง เนื่องจากคอนกรีตมีรูพรุนมาก และในการใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตเพื่อทำให้คอนกรีตแน่นตัว ต้องระวังให้มากกว่าเดิมเพราะถ้าเขย่ามากแล้ว จะทำให้จำนวนฟองอากาศลดน้อยลงไปเกือบ 50 เปอร์เซ็นต์

สารกระจายกักฟองอากาศมีหลายชนิดซึ่งอาจทำมาจากยางไม้ ไขมัน น้ำมันสัตว์ – พืช นอกจากการใช้สารเคมีกระจายกักฟอกอากาศมาผสมในคอนกรีตแล้ว ปัจจุบันยังมีคอนกรีตกระจายกักฟองอากาศ ซึ่งผลิตขึ้นโดยใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกระจายกักฟองอากาศ (Air Enrraining Cement) ซึ่งให้คุณสมบัติเช่นเดียวกันกับการเติมสารดังได้กล่าวมาแล้ว

2.4 มวลรวม (Aggregates)

มวลรวม คือ วัสดุเฉื่อย ที่ใช้เป็นวัสดุแทรกในคอนกรีต เช่น ทราย กรวดหรือหินปูน ซึ่งเป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีต เนื่องจากมวลรวมมีปริมาตร 70 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ หรือ 3 ใน 4 ส่วนของคอนกรีต ดังนั้น คุณภาพของมวลรวมจึงมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต มวลรวมสามารถแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ ได้หลายลักษณะดังนี้

มวลรวมที่แบ่งออกตามความหนาแน่น ได้แก่ มวลรวมเบา (Light Weight Aggregate) มีความหนาแน่นตั้งแต่ 300 ถึง 1,000 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร มวลรวมปกติ (Normal Weight Aggregate)มีความหนาแน่นตั้งแต่ 2,400 กับ 3,000 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร มวลรวมหนัก (Heavy Weight Aggregate) มีความหนาแน่นมากกว่า 4,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มวลรวมแบ่งตามขนาดได้แก่ มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มิลลิเมตร หรือผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ต้องไม่เล็กกว่า 0.07 มิลลิเมตร หรือผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มิลลิเมตร ขึ้นไป หรือตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

มวลรวมที่ดีเมื่อผสมเป็นคอนกรีตแล้ว จะต้องทำให้คอนกรีตนั้นมีความสามารถเทได้ง่ายแข็งแรง ทนทาน และราคาประหยัด นอกจากนั้นรวมควรจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

2.4.1 ความแข็งแกร่ง (Strength) มวลรวมจะต้องสามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่ากำลังของคอนกรีต หินทรายที่อยู่ในสภาพดี ไม่ผุ เปื่อยสามารถ รับกำลังอัดได้ 700-3500กก./ตร.ซม.ถ้าต้องการคอนกรีตกำลังอัดสูงก็ต้องใช้หินที่ทนกำลังอัดสูงด้วย

2.4.2 ความต้านทานต่อการขัดสี (Abrasion Resistance) มวลรวมที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องทนต่อการขัดสีพื้นคอนกรีตสำหรับโรงงาน ถนนคอนกรีตทดสอบตาม ASTM C131 Angeles Abrasion Test เครื่อง Los Angeles Abrasion Machineเข้าเครื่องบด 500 รอบ นำตัวอย่างไปล้างผ่านตะแกรงเบอร์ 12เอาส่วนที่ค้างไปอบแห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก

2.4.3 ความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability) มวลรวมต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ หรือสิ่งแวดล้อมภายนอก มีมวลรวมบางประเภทจะทำปฏิกิริยากับด่างเรียกว่า Alkalis-Aggregate Reaction (AAR)จะเกิดเป็นวุ้น_และขยายตัวทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้หากเลี่ยงไม่ได้ ให้มีปริมาณ Na_2O K_20 ไม่เกิน 0.6%รูปร่างและลักษณะผิว (Particle Shape and Surface Texture) รูปร่างและลักษณะผิว มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสดโดยมวลรวมผิวหยาบ รูปร่างแบนยาว ต้องการปริมาณซีเมนต์มากลักษณะผิว มีผลโดยตรงกับแรงยึดเหนี่ยว

2.4.4 ความสะอาด (Cleanness) สิ่งเจือปนต่างๆ ได้แก่ ดินเหนียว ฝุ่นหรือผงละเอียด เปลือกหอย

เศษไม้ เป็นตัวที่ทำให้กำลัง ความคงทนของคอนกรีตลดลง การกำจัดฉีดล้างด้วยน้ำร่อนผ่านตะแกรงนิยมสุดใส่ในภาชนะแล้วล้างการตรวจสอบสารอินทรีย์ในทรายเช่น ตะไคร่น้ำ เศษไม้เน่าเปื่อย ซากพืช ใช้มาตรฐาน ASTM C40 24 ชั่วโมง มี 5 สี เหลืองจาง เหลืองอ่อน เหลือ น้ำตาลอ่อน น้ำตาลเข้ม NaOH 3% เปลี่ยนสี ไม่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตการตรวจสอบปริมาณฝุ่นตะกอนในทรายเช่น ฝุ่น ผง โคลน ที่สามารถลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ได้ส่งผลให้ความแข็งแรงและความคงทนของคอนกรีตลดลงควรมีไม่เกิน 3% - 5%

2.4.5 คุณสมบัติที่ต้องใช้พิจารณา ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ผู้ออกแบบต้องการทราบถึงคุณสมบัติของมวลสารดังนี้

1) ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมที่ใช้ (Maximum Size of Aggregate) วัดจากขนาดตะแกรงอันที่ใหญ่กว่าถัดไปจากตะแกรงที่มีเปอร์เซ็นต์ของมวลรวมที่คางมากกวาหรือเทากับ 15% ตะแกรงที่มีเปอร์เซ็นต์ของมวลรวมที่ค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 15% คือ ตะแกรงเบอร์1/2 นิ้ว ดังนั้นขนาดใหญ่สุดของมวลคือขนาดของตะแกรงเบอร์ใหญ่กว่าถัดไป ดังนั้นขนาดใหญ่สุดของหินนี้คือ ¾ มวลรวมขนาดใหญ่ต้องการปริมาณน้ำน้อยกว่ามวลรวมที่มีขนาดเล็กเพื่อให้การเทได้ (Workability) เท่ากัน เนื่องจากมีพื้นที่ผิวสัมผัสโดยรอบน้อยกว่าเมื่อน้ำหนักของมวลรวมเท่ากันดังนั้นถ้าให้ปริมาณซีเมนต์และค่ายุบตัว(Slump)เท่ากันคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมขนาดใหญ่ก็จะให้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่ามวลรวมขนาดเล็กแต่ทั้งนี้คุณภาพของหินต้องเป็นไปตามข้อกำหนดควรระวังเรื่องของ Micro - cracking ซึ่งมีลักษณะเป็นรอยร้าวขนาดเล็กๆ เกิดจากกรรมวิธีการผลิตหินมักจะเกิดขึ้นกับหินที่มีขนาดใหญ่หินที่มี Micro - cracking เมื่อนำมาผสมทำคอนกรีตก็จะทำให้กำลังของคอนกรีตต่ำลงได้ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปมักจะมีขนาดไม่เกิน 40 มิลลิเมตร

2) ขนาดคละ (Gradation) คือ การกระจายของขนาดต่างๆ ของอนุภาคมวลรวมในคอนกรีตประกอบด้วย มวลรวมหยาบ มวลรวมละเอียด ซึ่งจะต้องมีขนาดใหญ่ เล็กคละกันไป คอนกรีตที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดคละดีจะมีส่วนผสมที่เข้ากันสม่ำเสมอเทเข้าแบบได้ง่ายไม่ออกหินออกทรายทำให้แน่นได้ง่ายการปาดแต่งผิวหนา กำลังอัดและความทนทานยังเป็นไปตามข้อกำหนดมวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 4 ประมาณ 95-100% เราเรียกว่า “ มวลรวมหยาบ ” ซึ่งได้แก่ หิน กรวด เป็นต้น มวลรวมที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 4 ประมาณ 95-100% เราเรียกว่า “ มวลรวมละเอียด ” ซึ่งได้แก่ ทราย หินบดละเอียด เป็นต้น

3) ปริมาณความชื้นและการดูดซึม (Moisture and Absorption) มวลรวมมีรูพรุนภายในบางส่วนติดต่อกับผิวนอกจึงสามารถดูดความชื้นและน้ำบางส่วน ดังนั้นมวลรวมที่เก็บอยู่ในสภาพธรรมชาติจึงมีความชื้นต่างๆ กันไปหากมวลรวมอยู่ในสภาพแห่งก็จะดูดน้ำผสมเข้าไปทำให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จริงลดลงหากเปียกชื้นก็ทำให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จริงสูงกว่าที่ควรจะเป็น

4) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของมวลรวมต่อความหนาแน่นของน้ำ หรือ ถ.พ. ของมวลรวม = น้ำหนักมวลรวม / น้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน

ถ.พ. ทราย = 2.65

ถ.พ. หิน = 2.70

ถ.พ. ซีเมนต์ = 3.15

5) หน่วยน้ำหนักและช่องว่าง (Unit weight and Void) หน่วยน้ำหนัก คือ น้ำหนักของมวลรวมในขนาดคละที่ตองการต่อหน่วยปริมาตร หน่วยน้ำหนักจะบอกถึงปริมาตรและช่องว่างระหว่างมวลรวมที่มวลรวมนาหนักหนึ่งๆ จะบรรจุลงได้หน่วยน้ำหนักของมวลรวมที่ใช้อยู่ทั่วๆไปในประเทศไทยมีค่า 1,400-1,600 กก./ลบ.เมตร การนำเอามวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดมาผสมกันด้วยอัตราส่วนต่างๆ จะมีผลต่อหน่วยน้ำหนักของมวลรวมผสม

2.5 คอนกรีต

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน เพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่างๆ คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน อันได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ผสมกับวัสดุผสมอันได้แก่ ทราย หินหรือกรวด เมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง พอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็ง มีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นคอนกรีตผสมเสร็จคอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันมานาน ในอดีตการที่จะใช้คอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างนั้น ผู้รับเหมาจะต้องเริ่มจาก การสั่งซื้อ หิน ทราย ปูนซีเมนต์ และน้ำยาผสมคอนกรีต จากนั้นจะต้องจัดการหาเครื่องผสมและทีมงาน แต่ในปัจจุบันคอนกรีตผสมเสร็จซึ่งคือ คอนกรีตที่ผสมเสร็จเรียบร้อยจากโรงงาน

2.5.1 องค์ประกอบของคอนกรีต

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ หินทราย และน้ำ โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำเรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement paste)

2) ซีเมนต์เพสต์ผสมกับทรายเรียกว่า มอร์ต้า (Mortar)

3) มอร์ต้าผสมกับหินหรือกรวดเรียกว่า คอนกรีต (Concrete)

2.5.2 หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

(1) ซีเมนต์เพสต์มีหน้าที่และคุณสมบัติดังนี้

1) เสริมช่องว่าระหว่างมวลราม

2) หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเทหล่อ

3) ให้กำลังเมื่อคอนกรีตแข็งตัวรวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

4) คุณภาพของปูนซีเมนต์

5) อัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์

6) ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

(2) มวลรวม หน้าที่คุณสมบัติของมวลรวมที่สำคัญดังนี้

1) เป็นตัวแทรกประสานที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์

2) ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

3) มีความแข็งแรง

4) การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำ

5) คงทนต่อปฏิกิริยาเคมี

6) ความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี

(3) น้ำหน้าที่หลักของน้ำสำหรับงานคอนกรีตมี 3 ประการคือ

1) ใช้ล้างวัสดุรวมต่าง ๆ

2) ใช้ผสมทำคอนกรีต

3) ใช้บ่มคอนกรีต

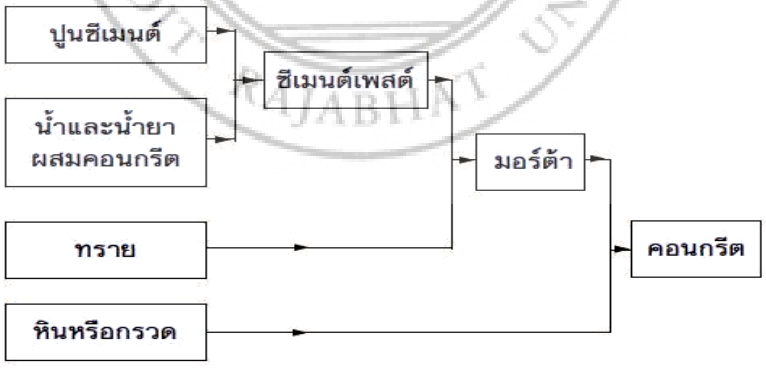
(4) หน้าที่หลักของน้ำในฐานะที่ใช้ผสมทำคอนกรีตยังแบ่งได้อีก 3 ประการ

1) ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์

2) ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้

3) เคลือบ หิน ทราย ให้เปียกเพื่อซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยรอบ

(5) น้ำยาผสมคอนกรีต มีหน้าที่สำคัญ คือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทั้งคอนกรีตทีเหลว และคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วในด้านต่างๆ เช่น เวลาในการก่อตัว ความสามารถเทได้ กำลังอัด ความทนทาน เป็นต้น (ชัชวาล เครษฐบุตร.2521 : 1-5)



ภาพที่ 2.4 องค์ประกอบของคอนกรีต

ที่มา: องค์ประกอบของคอนกรีต, ออนไลน์ , 2560

2.5.3 คุณสมบัติของคอนกรีตสด

เมื่อได้พิจารณาวัสดุองค์ประกอบของคอนกรีตแล้ว จะกล่าวถึงคุณสมบัติของคอนกรีตสดซึ่งมี

ความสำคัญมาก เนื่องจากมีความสำคัญมาก แม้ว่าคอนกรีตสดจะเป็นเพียงสภาพชั่วคราวของคอนกรีตก่อนการแข็งตัว แต่เนื่องจากคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้วที่ดีได้แก่ รูปร่างและความสวยงาม กำลัง การเปลี่ยนรูปร่าง ความต้านทางการซึมผ่านของน้ำ และความอดทน เหล่านี้เป็นผลมาจากการอัดแน่นคอนกรีตสดที่ดี รวมถึงการลำเลียง การเท และการแต่งผิวหน้า ล้วนแต่เป็นผลมาจากคุณสมบัติ “ความสามารถในการเทได้” ของคอนกรีตสดที่ดีทั้งสิ้น

ความสามารถเทได้ คือ ความง่ายของการเทคอนกรีตโดยที่ไม่ทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว ความสามารถเทได้ของคอนกรีตสำหรับงานแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับขนาดของคอนกรีตที่เท ความซับซ้อนของรูปร่างของคอนกรีต ปริมาณเหล็กเสริม ลักษณะความข้นเหลว ของคอนกรีตสด ชนิดและประเภทของการใช้เครื่องสั่นคอนกรีต ปริมาณงานที่ใช้ในการอัดคอนกรีตให้แน่นโดยปราศจากการแยกตัวช่องว่างในเนื้อคอนกรีตมี 2 ประเภทคือ

1) ช่องว่างเนื่องจากการจี้เขย่าไม่ดี (Entrapped Air)
2) ช่องว่างที่เกิดจากน้ำส่วนเกิน (Excess Water) ที่ระเหยออกไป

ช่องว่างที่อยู่ในเนื้อคอนกรีตจะทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลงและส่งผลให้กำลังอัดลดลงอย่างมาก โดยช่องว่าง 5 %ทำให้กำลังอัดลดลงถึง 30 %

2.6 มอร์ต้า (Mortar)

มอร์ต้า (Mortar) ได้จากปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำและทรายซึ่งหล่อในแบบกลายเป็นก้อนแข็งปัจจุบันได้มีการใช้วัสดุปอซโซลานผสมรวมกับปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานผสมรวมกับน้ำและทรายเป็นมอร์ตา วัสดุปอซโซลานที่มีอยู่ในประเทศไทยได้จากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เช่น เถ้าถ่านหิน (Fly Ash) เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash) เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ (Rice Husk-Bark Ash) เถ้าชานอ้อย (Bagasse Ash) และเถ้าปาล์มน้ำมัน (Palm Oil Fuel Ash) เป็นต้น ในการศึกษาบางครั้งอาจใช้มอร์ตาเพื่อเป็นผลสะท้อนต่อการผลิตคอนกรีตได้ทั้งนี้เมื่อต้องการทราบเกี่ยวกับผลของการใช้วัสดุประสานหรือหากต้องการนำวัสดุข้างต้นบางชนิดมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน และต้องการทราบว่าวัสดุดังกล่าวสามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานสำหรับแทนที่ปูนซีเมนต์ได้หรือไม่กล่าวคือเมื่อพิจารณามาตรฐาน ASTM C618 ที่กำหนดไว้ว่าเมื่อใช้วัสดุปอซโซลานแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน หากพบว่ามีค่าดัชนีกำลังอัดเกินร้อยละ 75 ของมอร์ตาปูนซีเมนต์ที่อายุ 7 หรือ 28 วัน จึงถือว่าวัสดุดังกล่าวสามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานได้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Colomna, VB. (1974) ได้ศึกษาผลของเถ้าแกลบในปูนซีเมนต และสวนผสมคอนกรีต พบวาความต้านการอัดและกำลังแรงดึงผาซีก (Splitting tensile strength) ของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบลดลง หาก

เพิ่มปริมาณเถ้าแกลบในสวนผสม และจะมีความต้านการอัดเพิ่มขึ้นหากเพิ่มอัตราสวนน้ำตอวัสดุผง (w/b ratio) จนถึงระดับพอดี

Mehta, PK. (1975) ได้ศึกษาคุณภาพของซีเมนตเถ้าแกลบ และความต้านทานตอกรด พบวา การผสมเถ้าแกลบในปูนซีเมนตปอรตแลนด ทำให้ได้วัสดุซีเมนตที่มีกำลังรับแรงอัดของมอรต้า และ คอนกรีตที่อายุ 28 วัน มากกวา 800 psi

Mujib, F. (1987) ได้ศึกษาทางเลือกใหม่ในการออกแบบสวนผสมสำหรับคอนกรีตผสมเถ้า แกลบ พบวาเมื่ออัตราการแทนที่ปูนซีเมนตด้วยเถาแกลบเพิ่มขึ้น การพัฒนาความต้านการอัดจากอายุ 14 วัน ถึง 28 วัน มีคาเพิ่มขึ้นนอยมาก

Rahman, MA. (1987) ได้ศึกษาการผลิตคอนกรีตบล็อกโดยใชขี้เถาแกลบ พบวาขี้เถ้าแกลบ สามารถแทนที่ปูนซีเมนตได้ถึง 40 เปอรเซ็นต โดยไมมีผลตอคาความแข็งแรงในการรับแรงกดซึ่ง สามารถที่จะประยุกตใชเปนอิฐบล็อกที่ไมรับน้ำหนักและรับน้ำหนักได้

We, AB. (1981) ได้ศึกษาการผลิตเถ้าแกลบ และการประยุกตใชในมอรต้าและคอนกรีต พบวา ที่อัตราการแทนที่ปูนซีเมนตด้วยเถ้าแกลบไมเกินรอยละ 35 ความต้านการอัดที่อายุ 28 วัน ของมอรต้า มีคาใกลเคียงกับมอรต้าปูนซีเมนตปอรตแลนด สวนในกรณีของคอนกรีต พบวาที่อายุและสัดสวน ปูนซีเมนตแตกตางกันสำหรับคอนกรีตผสมเถ้าแกลบ การผสมเถ้าแกลบไมมีผลทำให้ความต้านการอัด ของคอนกรีตลดลง

Zhang, MH. และ Malhotra VM. (1996) ได้ศึกษาคอนกรีตสมรรถนะสูง (High performance concrete) เมื่อผสมเถ้าแกลบเปนวัสดุเสริมซีเมนต พบวาคอนกรีตผสมเถ้าแกลบที่การแทนที่ปูนซีเมนตด้วยเถ้าแกลบรอยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดสูงกวาคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนตปอรตแลนดควบคุม โดยที่กำลังของคอนกรีตผสมเถาแกลบมีคาเพิ่มขึ้น เมื่อลดอัตราสวนเถ้าตอวัสดุผสม (w/(c+RHA))

ธวัชชัย (2531) ได้ศึกษาการผลิตคอนกรีตแนวใหม โดยการประยุกตใชวัสดุเหลือใชทาง การเกษตรมาเปนวัสดุผสม เชน ฟางขาว ใยปาลม ขี้เถาแกลบ โดยนำไปใชในการกอสรางเปนผนัง ภายนอกและภายในบานพักเชนเดียวกับแผนเรียบ จากการศึกษาสมบัติทางกลและฟสิกส พบวาให สมบัติที่ใกลเคียงกับแผนซีเมนตผสมใยไม ที่มีใชทั่วไป นับเปนอีกแนวทางหนึ่งที่จะนำวัสดุเหลือใช ทางการเกษตรมาทดแทนวัสดุกอสรางราคาแพงได โดยใหสมบัติตางๆ ที่ใกลเคียงกัน

บุรฉัตรและพิชัย (2537) ได้ศึกษาคอนกรีตผสมขี้เถ้าแกลบ โดยการใชขี้เถ้าแกลบแทนที่ปูน ซีเมนตในสวนผสมสำหรับการหลอคอนกรีต พบวาการเพิ่มขึ้นของคาความละเอียดของขี้เถ้าแกลบจะทำให้ได้ค่าความต้านการอัดเพิ่มขึ้น แตจะทำให้ความสามารถในการเทลดลง ตลอดจนศึกษาความ ต้านทานตอสภาพความเปนกรด พบวาขี้เถาแกลบมีความสำคัญในการปรับปรุงความตานทานดังกลาว เปนอยางมาก

บุรฉัตรและพิชัย (2538) ได้ศึกษาการประยุกตใชขี้เถาแกลบ เพื่อผลิตคอนกรีตกำลังสูง โดย ศึกษาสมบัติทางกายภาพและกลศาสตรของคอนกรีตผสมขี้เถาแกลบ โดยมีตัวแปรหลัก คือ ปริมาณขี้เถ้า แกลบและ

อายุของขี้เถ้าแกลบที่ใช้ พบว่าสามารถใช้ขี้เถ้าแกลบแทนปูนซีเมนต์ได้สูงสุดถึง 60 % และ อายุของขี้เถ้าแกลบไม่มีผลต่อการพัฒนาความต้านการอัด และความคงทนต่อสภาพกรด ด่างของ คอนกรีตกำลังสูง บุรฉัตรและพิชัย (2538) ได้ศึกษาการผลิตขี้เถ้าแกลบที่ไวต่อการทำปฏิกิริยา และการ ประยุกต์ใช้ในบล็อกซีเมนต์ผสมดินแบบอัดแน่นเพื่อหาตัวแปรที่จำเป็นต่อการทำปฏิกิริยา พบว่า ความ ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาขึ้นกับสภาพอากาศระหว่างการเผาและอัตราการปล่อยให้เย็นตัวลงรวมทั้งเวลา การเผา การบด และอุณหภูมิการเผา

บุรฉัตรและพิชัย (2538) ได้ศึกษาคอนกรีตผสมขี้เถ้าแกลบเสริมใยปาล์ม พบว่าส่วนผสมที่ เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ คือ อัตราส่วนเส้นใยต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.300 โดยน้ำหนัก และมีหน่วยมวลต่อ ปริมาตร เท่ากับ 750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งให้สมบัติทางด้านความต้านการอัดและกำลังดัดมาก ที่สุด และมีความทนทานของผลิตภัณฑ์มากขึ้น เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เสริมเส้นใยไม้ที่มีขายตาม ท้องตลาด ฉัตรชัย (2542) ได้ศึกษาคอนกรีตผสมขี้เถ้าแกลบ พบว่าขี้เถ้าแกลบผสมทรายในสัดส่วน 60 ต่อ 40 เป็นสัดส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุด เมื่อนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ในช่วง 3 ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าการผสมขี้เถ้าแกลบและทรายในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่ลดลง โดย ความแข็งแรงของขี้เถ้าแกลบผสมปูนซีเมนต์หรือคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม

ฌานิกาและมนตรี (2543) ได้ศึกษาอัตราส่วนของแกลบในการผลิตอิฐมวลเบา จากการศึกษาสมบัติต่างๆ พบว่าสามารถใช้แกลบแทนทรายได้มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าคอนกรีตที่ได้จะมีค่าความต้านทานต่อแรงอัดต่ำกว่ามาตรฐาน แต่มีน้ำหนักลดลงมากกว่าคอนกรีตธรรมดามาก จึงน่าจะ นำไปใช้ในการก่อสร้างที่ไม่ต้องการการรับแรงอัดสูงได้

ชุมพล (2549) ได้ศึกษาสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมขี้เถ้าแกลบและขี้เถ้าลอย จาก การทดลอง พบว่าส่วนผสมที่มีขี้เถ้าแกลบมากจะมีความต้านการอัดสูงในช่วงแรก เพราะขี้เถ้าแกลบมี ความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา แต่ส่วนผสมของคอนกรีตจะมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีพื้นที่ ผิวมาก อนุชิต (2522) ได้ศึกษาการทำปูนซีเมนต์จากเถ้าแกลบ พบว่ามอร์ต้าและคอนกรีตที่การแทนที่ ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบเท่ากับร้อยละ 30 มีความต้านการอัดที่อายุ 28 วัน ใกล้เคียงกับคอนกรีตผสม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยที่กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบขาว มีความต้าน การอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบดำ

ศตวรรษ หฤหรรษพงศ์ ทวิช พูลเงิน และสมชาย ชูชีพสกุล (บทคัดย่อ : 2544) ได้ทำการวิจัยเรื่องกำลังอัดและโครงสร้างจุลภาคของซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมนาโนซิลิกาโดยเน้นไปที่การศึกษาผลของขนาดอนุภาคและปริมาณการแทนที่ของนาโนซิลิกาต่อการพัฒนากำลังของซีเมนต์มอร์ต้าโดยแปรเปลี่ยนขนาดอนุภาคของนาโนซิลิกาตั้งแต่ 7, 12, และ 40 นาโนเมตรและแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย นาโนซิลิกาในปริมาณร้อยละ 3, 5, 8, 10 ,และ 12 ตามลำดับ นอกจากนี้เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มีความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์มากขึ้นจะใช้นาโนซิลิกา ร่วมกับซิลิกาฟูมโดยแทนที่นาโนซิลิกาด้วยซิลิกาฟูมในสัดส่วนร้อยละ 0,30, 50, 70, และ 100 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าขนาดอนุภาคของนาโนซิลิกาส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนากำลังอัดของ

มอร์ต้า ที่ปริมาณนาโนซิลิการ้อยละ 3 และปริมาณน้ำต่อวัสดุประสาน 0.65 มอร์ต้าที่ใช้นาโนซิลิกาที่มีขนาดอนุภาค 7, 12, และ 40 นาโนเมตร ให้กำลังอัดที่อายุ 28 วัน สูงกว่าซีเมนต์มอร์ต้าควบคุม1.11, 1.21, และ 1.69 เท่าตามลำดับโครงสร้างจุลภาคของมอร์ต้าที่ใช้นาโนซิลิกาขนาด 40 นาโนเมตรจะมีความแน่นความสม่ำเสมอและเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่ากำลังอัดที่ได้กำลังอัดของซีเมนต์มอร์ต้าสูงขึ้นตามปริมาณการแทนที่ในช่วงร้อยละ 0, 3, 5, และ 8 โดยที่ปริมาณการแทนที่ร้อยละ 8 ค่ากำลังอัดสูงสุดจะมากกว่ามอร์ต้าควบคุมถึง 2.32 เท่า และค่ากำลังของมอร์ต้าจะลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่ร้อยละ 10 และ 12 ทั้งนี้เนื่องจากการแทนที่ซีเมนต์ในส่วนผสมด้วยนาโนซิลิกาเป็นการลดปริมาณรวมของปูนซีเมนต์ ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันได้น้อยลงและมีปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์น้อยลงซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลาน ทำให้กำลังรวมของซีเมนต์มอร์ต้าลดลง โครงสร้างจุลภาคที่การแทนที่ร้อยละ 8 มีความแน่น ความสม่ำเสมอและเป็นเนื้อเดียวกันสอดคล้องกับค่ากำลังที่ได้การใช้นาโนซิลิการ่วมกับซิลิกาฟูมพบว่า อัตราส่วนระหว่างนาโนซิลิกาและซิลิกาฟูมส่งผลโดยตรงต่อค่ากำลังอัดและโครงสร้างจุลภาคเมื่อสัดส่วนของนาโนซิลิกามากขึ้นกำลังอัดของมอร์ต้า ความแน่น ความสม่ำเสมอ และเป็นเนื้อเดียวกันของโครงสร้างจุลภาคจะมากขึ้นด้วย

ชลินธร ชานะมัย และคณะ (บทคัดย่อ : 2546) ได้ทำงานวิจัยการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ตาผสมเถ้าแกลบและสารเร่งปฏิกิริยาที่ไม่มีองค์ประกอบของคลอไรด์ (ACC) ในด้านระยะเวลาการก่อตัวต้น การรับกำลังอัด และการรับกำลังดึง เพื่อหาปริมาณเถ้าแกลบ และสาร ACC ที่เหมาะสมนำไปสร้าง เป็นอัตราส่วนผสมเพื่อใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีต โดยยังคงมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับมอร์ตาปกติ

สุชาติ ภาคภูมิเกียรติคุณ และอิทธิพร ศิริสวัสดิ์ (บทคัดย่อ : 2550) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าซีเมนต์ผสมฝุ่นหินปูนโดยเมื่อวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติต่างๆของมอร์ต้าซีเมนต์เมื่อแทนที่ปริมาณปูนซีเมนต์บางส่วนด้วยผงฝุ่นหินปูนแคลเซียมคาร์บอเนต โดยศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของผงฝุ่นหินปูนและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่เปลี่ยนไปคือ ความถ่วงจำเพาะ ระยะเวลาการก่อตัว การไหลแผ่ ปริมาณฟองอากาศ กำลังรับ แรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงดึง และการหดตัว โดยเปรียบเทียบกับคุณสมบัติที่ได้จากปนซีเมนต์เพียงอย่างเดียว โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 ในการดำเนินงานวิจัยได้กำหนดขอบเขตของส่วนผสมไว้ คือ อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อผงฝุ่นหินปูนเท่ากับ 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 และ 75:25 โดยน้ำหนักทำการบ่มน้ำเป็นเวลา 1, 3, 7, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ และใช้สารผสมเพิ่มชนิดลดการใช้น้ำปริมาณมากประเภท F ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของวัสดุผงโดยทำการหล่อตัวอย่าง อัตราส่วนละ 3 ตัวอย่าง ผลจากการวิจัยพบว่าการนำผงฝุ่นหินปูนมาแทนที่ปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนร้อยละต่างๆ จะส่งผลทำให้การหดตัวและร้อยละการไหลแผ่จะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณผงฝุ่นหินปูนที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่ปริมาณฟองอากาศและความสามารถในการก่อตัวจะลดลงเล็กน้อยตามปริมาณผงฝุ่นหินปูนที่เพิ่มขึ้น ในส่วนคุณสมบัติด้าน กำลังรับแรงอัด, แรงดัด และแรงดึงจะลดลงตามปริมาณผงฝุ่นหินปูน เพิ่มขึ้นในการแทนที่ปูนซีเมนต์ และพบว่าเมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มมากขึ้นกำลังรับแรงอัด, แรงดัด และแรงดึง ที่ร้อยละผงฝุ่นหินปูน 5 และ 10 จะมีการพัฒนากำลังเข้าใกล้กำลังรับแรงของมอร์ต้าที่ใช้ปูนซีเมนต์เพียงอย่างเดียว ส่วนที่ร้อยละผงฝุ่นหินปูน 15, 20, และ 25 จะมีการพัฒนากำลังต่ำกว่ากำลังรับ

แรงของมอร์ต้าที่ใช้ปูนซีเมนต์เพียงอย่างเดียว อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อผงฝุ่นหินปูนที่เหมาะสมที่สุดคือร้อยละ 90:10 โดยน้ำหนัก

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ เพิ่มพล ศรีนวล า (บทคัดย่อ : 2555) ได้ทำการศึกษาสมบัติของมอร์ต้าร์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ประเภทที่5 ผสมเถ้าแกลบบดและผงหินปูนงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติของมอร์ต้าปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ประเภทที่ 5 ผสมเถ้าแกลบบดและผงหินปูน2ชนิด โดยสมบัติที่ศึกษาประกอบด้วยสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 เถ้าแกลบบดและผงหินปูน สมบัติของมอร์ต้าได้แก่ความต้องการน้ำกำลังอัดการสูญเสียกำลังอัด และการหดตัว แบบแห้งสารละลายที่ใช้ได้แก่สารละลายโซเดียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ5โดยน้ำหนักตามมาตรฐาน ASTMC1012 โดยใช้เถ้าแกลบบดและผงหินปูน 2 ชนิดที่มีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยเท่ากับ 29, 12 และ 128 ไมโครเมตรในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20 และ40 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ที่ค่าการไหลแผ่ ร้อยละ110±5 จากการทดสอบพบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 5 ด้วยเถ้าแกลบบดและผงหินปูนเพิ่มมากขึ้นทำให้ค่ากำลังอัดของมอร์ต้า ลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบบดผสมผงหินปูนที่เพิ่มขึ้นโดยกำลังอัดของมอร์ต้าที่ อายุ 180 วันทุกชุดทดสอบต่ำกว่าชุดควบคุม มอร์ต้าผสมเถ้าแกลบและผงหินปูนในอัตราส่วนร้อยละ20 (C80R10LS110)มีการพัฒนากำลังอัดดีที่สุดและใกล้เคียงกับมอร์ต้าปกติส่วนการทดสอบความทนทานต่อซัลเฟตพบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 ด้วยเถ้าแกลบบดและผงหินปูนเพิ่มมากขึ้นทำให้การสูญเสียกำลังอัดและการหดตัวแห้งมีค่าลดลง การสูญเสียกำลังอัดของมอร์ต้าที่แช่ในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต มีค่าการสูญเสียกำลังอัดมากกว่ามอร์ต้าที่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

การวิจัย ครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง ผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ ขั้นตอนที่ 2 ทำการเตรียมซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ และมาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล โดยมีขั้นตอน คือ

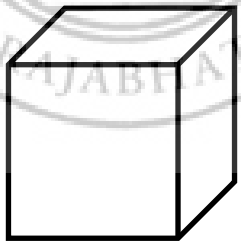
3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการศึกษาและดำเนินงานวิจัยซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ ได้ดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ด้วยกันคือ ขั้นตอนที่ 1 การหาอัตราส่วนของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำเพื่อเลือกอัตราส่วน แกลบดำ ต่อ ปูนซีเมนต์ต่อ ดินขาวที่เหมาะสม และขั้นตอนที่ 2 นำอัตราส่วนที่เหมาะสมในขั้นตอนที่ 1 มาทดสอบ ทดสอบความหนาแน่น (Density) ทดสอบกำลังอัด (Compressive Strength) ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption

3.2 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบชิ้นงานทดลองแบ่งตามชิ้นงานที่จะใช้ทดสอบ คือ ชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ใช้ทดสอบ ทดสอบความหนาแน่น,ทดสอบกำลังอัด, ทดสอบการดูดซึมน้ำ

ชิ้นงานทรงลูกบาศก์ ขนาด 50 x 50 x50 มม^3



ตารางที่ 3.1 การทดสอบชิ้นงานทดลอง

การทดสอบ	มาตรฐาน	ระยะเวลาทำการทดสอบ
ทดสอบความหนาแน่น	ASTM C 109	7 วัน 14 วัน และ 28 วัน
ทดสอบกำลังอัด	ASTM C 642	7 วัน 14 วัน และ 28 วัน
ทดสอบการดูดซึมน้ำ	ASTM C 642	7 วัน 14 วัน และ 28 วัน
การทดสอบความชื้น	ASTM C 642	7 วัน 14 วัน และ 28 วัน

3.3 วัสดุ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 วัสดุ สารเคมี

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ซึ่งผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1- 2532 หรือมาตรฐานอเมริกาASTM C 150
2. กากดินขาว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จาก บริษัท หล่อวัฒนา จำกัด
3. แกลบดำ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงสีข้าว ต ประเสริฐ อ. เมือง จ. อุตรดิตถ์
4. น้ำสะอาด

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 50×50×50 มม^3
2. เครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด 0.01 กรัม ยี่ห้อ ZEPPER รุ่น ES-1000HA
3. กระบอกตวง ช้อนตักสาร และเกรียงเหล็ก
4. ฟิล์มพลาสติกห่อชิ้นงาน (Wrapped Plastic Film)
5. เครื่องทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้า ขนาด 100 ตัน ยี่ห้อ TECHNOTEST
6. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-5910LV
7. เวอร์เนียร์วัดขนาดชิ้นงานความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร

3.4 การกำหนดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองอัตราส่วน ปูน: ดินขาว: น้ำ: แกลบดำ (แทนที่ในอัตราร้อยละโดยน้ำหนักของดินขาว)

ส่วนผสม	สัดส่วนโดยปริมาตร			
	ปูนซีเมนต์ (กก)	น้ำ (กก)	ดินขาว (กก)	แกลบดำ (กก)
0.00	1.00	2.20	10.00	0.00
5.00	1.00	2.20	9.50	0.50
10.00	1.00	2.20	9.00	1.00
15.00	1.00	2.20	8.50	1.50
20.00	1.00	2.20	8.00	2.00
25.00	1.00	2.20	7.50	2.50

3.5 วิธีการเตรียมชิ้นงานซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ

ทำการเตรียมชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ สำหรับการทดสอบกำลังอัด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ โดยขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานดังนี้

1. เตรียมแบบหล่อ โดยนำมาล้างทำความสะอาดก่อนใช้งาน
2. ชั่งส่วนผสมวัสดุ ได้แก่ ปูนซีเมนต์, กากดินขาว , แกลบดำ , น้ำ ตามอัตราส่วนต่างๆที่ออกแบบไว้ในตารางที่ 3.2
3. นำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันได้ดี เทเข้าแบบหล่อขนาด 50×50×50 มม^3 จนเต็ม ทำการปาดผิวหน้าชิ้นงานให้เรียบด้วยเกรียงและปิดผิวหน้าด้วยฟิล์มพลาสติกทันที (เพื่อบ่มเนื้อมอร์ต้า)
4. แกะชิ้นงานออกจากแบบ นำไปห่อด้วยฟิล์มพลาสติก หลังผสมไปแล้ว 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานไปบ่มไว้น้ำ โดยการแช่ในน้ำสะอาด วางไว้บริเวณที่อากาศถ่ายเทได้ดี หลังจากนั้นเมื่อครบอายุ 7, 14 วัน และ 28 วัน ก็นำซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาว ไปทำการทดสอบ สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล ต่อไป

ภาพที่ 3.1 นำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันได้ดีเข้าแบบหล่อขนาด 50×50×50 มม^3 ปาดผิวหน้าชิ้นงานให้เรียบด้วยเกรียง

ภาพที่ 3.2 ปิดผิวหน้าด้วยฟิล์มพลาสติก

ภาพที่ 3.3 ชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์สำหรับทดสอบสมบัติทางกายภาพ และ สมบัติเชิงกล

3.6 การทดสอบสมบัติของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ

3.6.1. การทดสอบค่าความหนาแน่น (Density)

การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักหรือความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ เป็นสมบัติทางกายภาพของมอร์ต้า เพื่อต้องการทราบความหนาแน่นของคอนกรีตในแต่ละส่วนผสมที่ได้เติมแกลบดำเข้าไป โดยจะทำการทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง 5 ก้อนตัวอย่าง ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน โดยวิธีการทดสอบมีดังนี้

1.1 นำชิ้นงาน ที่ครบอายุการทดสอบมาชั่งหาน้ำหนัก

1.2 วัดขนาดของชิ้นงานโดยใช้เวอร์เนียร์ ทุกด้าน ด้านละ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยของด้าน แล้วคำนวณหาปริมาตรของก้อนชิ้นงาน

1.3 นำน้ำหนัก และปริมาตรที่ได้มาคำนวณตามสมการ (1)

$$D = \frac{M}{V} \qquad (1)$$

เมื่อ

D = ความหนาแน่นของชิ้นงาน (กรัม/ซม^3)

M = น้ำหนักของชิ้นงาน (กรัม)

V = ปริมาตรของชิ้นงาน (ซม^3)

ภาพที่ 3.4 การชั่งชิ้นงานสำหรับการหาค่าความหนาแน่น

3.6.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

การทดสอบการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ เพื่อต้องการทราบแกลบดำมีผลต่อการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าในแต่ละส่วนผสมที่ได้เติมแกลบดำเข้าไป โดยจะทำการทดสอบ 5 ก้อนตัวอย่าง ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน โดยวิธีการทดสอบมีดังนี้

1. นำชิ้นงานที่จะทำการทดสอบไปอบที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง
2. ปิดเตาและรอให้ชิ้นงานเย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า
3. นำชิ้นงานที่ผ่านการอบไปแช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง
4. นำชิ้นงานออกจากน้ำ เช็ดบริเวณผิวชิ้นงานด้วยผ้าหมาด แล้วทำการชั่งบันทึกค่า
5. คำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำโดยใช้สมการ (3) ดังนี้

$$AB = \frac{(W_d - W_s)}{W_d} \times 100 \qquad (3)$$

เมื่อ

AB = ค่าการดูดซึมน้ำ (เปอร์เซนต์)

W_d = น้ำหนักชิ้นงานหลังอบ (กรัม)

W_s = น้ำหนักชิ้นงานหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง (กรัม)

ภาพที่ 3.5 การอบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนชั่งน้ำหนัก

ภาพที่ 3.6 ชั่งชิ้นงาน และเอาไปแช่น้ำสะอาด

3.6.3 การทดสอบความต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)

การทดสอบหาค่ากำลังอัดของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำเป็นสมบัติที่บอกถึงความสามารถการทนต่อแรงอัดของมอร์ต้าในแต่ละส่วนผสม ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบกำลังอัดของชิ้นงานที่ระยะเวลาในการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ซึ่งจะทำการทดสอบอัตราส่วนละ 5 ก้อน ตัวอย่างด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ย โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. วัดหาพื้นที่หน้าตัดของด้านที่จะใช้อัดของก้อนตัวอย่างทดสอบ
2. นำก้อนตัวอย่างวางบนกึ่งกลางของแท่นทดสอบโดยให้แกนอยู่ในแนวศูนย์กลางของแท่งกด
3. เปิดเครื่องทดสอบ โดยการทดสอบจะควบคุมน้ำหนักที่กดให้สม่ำเสมอ
4. บันทึกค่าแรงอัดสูงสุดที่ทำให้ก้อนตัวอย่างจนพังทลาย นำพื้นที่หน้าตัดที่ได้มาหาค่ากำลังอัด
5. นำค่าแรงกด และพื้นที่หน้าตัดที่ได้มาคำนวณหาค่ากำลังต้านทานแรงอัดตามสมการ (2) ดังนี้

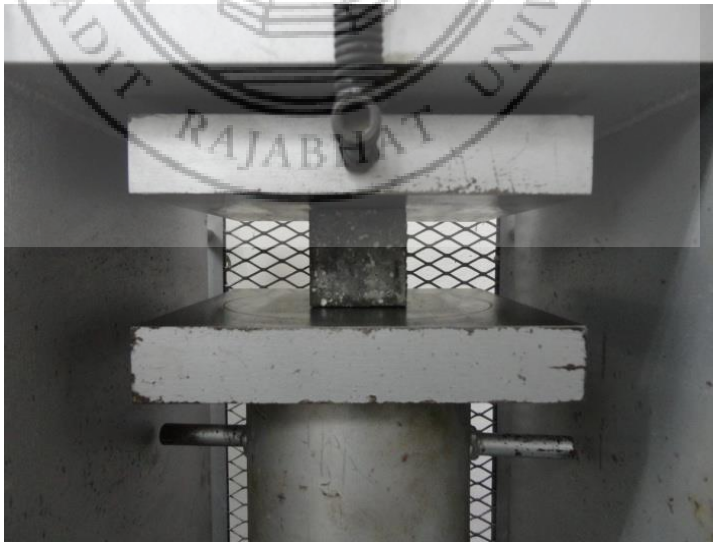
$$P = \frac{F}{A} \qquad (2)$$

เมื่อ

P = กำลังอัด (กก/ซม^2 หรือ ksc)

F = น้ำหนักกด (กก)

A = พื้นที่หน้าตัดของก้อนตัวอย่าง (ซม^2)



ภาพที่ 3.7 เครื่องทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ต้า

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

การวิจัย ครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง คณะผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ ขั้นตอนที่ 2 ทำการเตรียมซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ และมาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล โดยมีผลการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

4.1 แผนการดำเนินงาน

ในการศึกษาและดำเนินงานวิจัยซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ ได้ดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ด้วยกันคือ ขั้นตอนที่ 1 การหาอัตราส่วนของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำเพื่อเลือกอัตราส่วน แกลบดำ ต่อ ปูนซีเมนต์ต่อ ดินขาวที่เหมาะสม และขั้นตอนที่ 2 นำอัตราส่วนที่เหมาะสมในขั้นตอนที่ 1 มาทดสอบความหนาแน่น (Density) ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ทดสอบเปอร์เซ็นต์ความชื้น ทดสอบกำลังอัด (Compressive Strength) โดยกำหนดอัตราส่วนผสมของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ

ตารางที่ 4.1 ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองอัตราส่วน ปูน: ดินขาว: น้ำ: แกลบดำ (แทนที่ในอัตราร้อยละโดยน้ำหนักของดินขาว)

อัตราส่วนผสม (ร้อยละ)	สัดส่วนโดยปริมาตร			
	ปูนซีเมนต์ (กก.)	น้ำ (กก.)	ดินขาว (กก.)	แกลบดำ (กก.)
0.00	1.00	2.20	10.00	0.00
5.00	1.00	2.20	9.50	0.50
10.00	1.00	2.20	9.00	1.00
15.00	1.00	2.20	8.50	1.50
20.00	1.00	2.20	8.00	2.00
25.00	1.00	2.20	7.50	2.50

4.2 ผลการทดสอบสมบัติของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ

4.2.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น (Density)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ

อัตราส่วนผสม (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
0.00	3.432	3.485	3.352
5.00	3.183	3.389	3.254
10.00	2.980	2.906	2.854
15.00	2.667	2.883	2.758
20.00	2.421	2.352	2.258
25.00	1.763	1.737	1.667

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ ที่ระยะเวลาบ่ม 7 14 และ 28 วัน อยู่ในช่วง 1.763 – 3.432 , 1.737 – 3.485 และ 1.667 – 3.352 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ โดยเมื่อมีปริมาณของแกลบดำเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำจะมีค่าลดลง และ ในอัตราส่วนผสมเดียวกัน เมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำที่เตรียมได้จะมีค่าลดลง เนื่องจากแกลบดำมีน้ำหนักเบา มีความเป็นรูพรุนสูง จึงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าที่เตรียมได้มีค่าลดลง

4.2.2 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ ที่ระยะเวลาบ่ม 7 14 และ 28 วัน อยู่ในช่วง 9.552 – 37.232, 13.165 – 38.341 และ 13.458 – 38.773 ตามลำดับ โดยเมื่อมีปริมาณของแกลบดำเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากแกลบดำมีน้ำหนักเบา มีความเป็นรูพรุนสูง จึงส่งผลให้น้ำสามารถแทรกเข้าไปอยู่ในรูพรุนของแกลบดำได้ ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าที่เตรียมได้จึงมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำที่เตรียมได้จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแสดงผลในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ

อัตราส่วนผสม (ร้อยละ)	ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
0.00	12.552	13.165	13.458
5.00	14.842	14.291	14.037
10.00	17.419	18.209	16.902
15.00	21.005	19.837	20.700
20.00	21.415	21.683	22.515
25.00	37.232	38.341	38.773

4.2.3 ผลการทดสอบร้อยละความชื้น (Moisture Content)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบค่าร้อยละความชื้นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ

อัตราส่วนผสม (ร้อยละ)	ร้อยละความชื้น		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
0.00	7.341	6.614	5.723
5.00	11.874	11.099	9.320
10.00	10.070	9.690	7.044
15.00	8.356	8.829	7.815
20.00	4.875	4.573	5.508
25.00	4.675	3.214	2.901

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าร้อยละความชื้นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ ที่ระยะเวลาบ่ม 7 14 และ 28 วัน อยู่ในช่วง 4.675 – 11.874, 3.214 – 11.099 และ 2.901 – 9.320 ตามลำดับ โดยเมื่อมีปริมาณของแกลบดำเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละความชื้นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำจะมีค่าลดลง และเมื่อพิจารณาจากระยะเวลาบ่มที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนเดียวกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาบ่มนานขึ้น ค่าร้อยละความชื้นของซีเมนต์มอร์ต้าที่เตรียมได้มีค่าลดลง

4.2.4 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ

อัตราส่วนผสม (ร้อยละ)	ความต้านทานแรงอัด (กก./ซม^3)		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
มอก. 57-2533	-	-	25
ท้องตลาด (ไม่ระบุยี่ห้อ)	-	-	105
0.00	576	676	684
5.00	426	444	580
10.00	326	358	420
15.00	180	238	270
20.00	126	118	198
25.00	78	84	98

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ ที่ระยะเวลาบ่ม 7 14 และ 28 วัน อยู่ในช่วง 78 – 576, 84 – 676 และ 98 – 684 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ โดยเมื่อมีปริมาณของแกลบดำเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำจะมีค่าลดลง เนื่องจากแกลบดำมีลักษณะโครงสร้างจุลภาคที่เป็นอสัณฐาน มีความเป็นรูพรุนสูง มีความแข็งแรงต่ำ เมื่อมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจึงไม่สามารถต้านทานแรงอัดได้ น้ำหนักเบา ในขณะที่เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำที่เตรียมได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากระยะเวลาที่นานขึ้นในบ่มของซีเมนต์มอร์ต้า โดยมีค่าสูงกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก 57-2533) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 ที่ระยะเวลาบ่ม 28 วัน พบว่า ค่าความต้านทานแรงอัดมีค่า 580 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื่องจาก ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 นี้ มีปริมาณปูน : น้ำ : ดินขาว: แกลบดำ เท่ากับ 1.00 : 2.20 : 9.50 : 0.50 กิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสม โดยถ้ามีปริมาณแกลบดำเพิ่มขึ้น จะทำให้ปูนไม่สามารถแทรกเข้าไประหว่างแกลบดำและดินขาวได้ดี ค่าการความต้านทานแรงอัดจึงมีค่าลดลง

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเป็นการศึกษาเรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำ โดยใช้กากดินขาว และแกลบดำ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้เป็นมวลรวม แล้วนำซีเมนต์มอร์ต้าที่เตรียมได้มาทำการตรวจสอบ สมบัติกายภาพ (เช่น ความหนาแน่น น้ำหนัก) สมบัติเชิงกล (เช่น การทนต่อแรงอัด การดูดซับน้ำ) ตามลำดับ สามารถสรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำ ศึกษาหาสภาวะ และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำ โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ เช่น ส่วนประกอบที่ใช้ ปริมาณที่ใช้ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นต้น และ ศึกษาสมบัติด้านต่างๆ ของแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีตที่ผลิตได้ เช่น สี ความหนาแน่น การทนต่อแรงอัด การดูดซับน้ำ เปอร์เซ็นต์รุพรุน เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ ใช้แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 50×50×50 มม^3 เพื่อการเตรียมซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำ ในอัตราส่วนต่างๆ

ผลการทดสอบหาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของซีเมนต์มอร์ต้า ทั้ง 6 สูตร โดยมีอัตราส่วน ปูน : น้ำ : กากดินขาว : แกลบดำ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ต่างๆ กัน พบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุด คือ ปูน 1 กิโลกรัม น้ำ 2.2 กิโลกรัม กากดินขาว 9.5 กิโลกรัม และ แกลบดำ 0.5 กิโลกรัม ที่ระยะบ่ม 28 วัน โดยมีความต้านทานแรงอัด 580 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม 57-2530 (25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) มีความหนาแน่น 3.254 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ร้อยละการดูดน้ำ 14.037 และ ร้อยละความชื้น 9.320 โดยสามารถนำไปใช้งานได้จริง และเมื่อพิจารณาต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกประสานจากกากดินขาวผสมแกลบดำ พบว่า มีต้นทุนต่อก้อนเพียง 4-5 บาท เมื่อเทียบกับราคาตามท้องตลาด ที่มีราคา 7-8 บาท รวมทั้งสามารถลดปริมาณกากดินขาวและแกลบดำลงได้

5.2 อภิปรายผล

จากการทดสอบหา และใช้แรงกดขนาด 2,000 lb/in^2 จากการทดสอบ พบว่า ค่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ จะมีค่าลดลง เมื่อมีปริมาณของแกลบดำเพิ่มขึ้น และ ในอัตราส่วนผสมเดียวกัน เมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำที่เตรียมได้จะมีค่าลดลง เนื่องจากแกลบดำมีน้ำหนักเบา มีความเป็นรูพรุนสูง จึงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ต้าที่เตรียมได้มีค่าลดลง ส่วนผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ ที่ระยะเวลาบ่ม 7 14 และ 28 วัน พบว่า เมื่อมีปริมาณของแกลบดำเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากแกลบดำมีน้ำหนักเบา มีความเป็นรูพรุนสูง จึงส่งผลให้น้ำสามารถแทรกเข้าไปอยู่ในรูพรุนของแกลบดำได้ ค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าที่เตรียมได้จึงมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำที่เตรียมได้จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

ในขณะที่ผลการทดสอบค่าร้อยละความชื้นของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำในอัตราส่วนผสมต่างๆ จะมีค่าลดลง เมื่อมีปริมาณของแกลบดำเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะแกลบดำมีความเป็นรูพรุนสูง เมื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ความชื้นจึงสามารถระเหยออกไปได้หมด (ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม 109-2517) และจากการทดสอบความต้านทานแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าจากกากดินขาวผสมแกลบดำพบว่า ความต้านทานแรงอัด อยู่ในช่วง 78 – 580 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตรับน้ำหนักตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก 57-2530) มีค่าความต้านทานแรงอัดเพียง 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีเครื่องสำหรับผสมคอนกรีต เพื่อเพิ่มความรวดเร็วและเพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันเป็นอย่างดี

5.3.2 วัตถุดิบที่ผ่านการผสมแล้ว คือ กากดินขาว และแกลบดำ ควรมีความละเอียดสม่ำเสมอเพราะจะมีผลต่อสมบัติของซีเมนต์มอร์ต้าที่เตรียมได้

บรรณานุกรม

1. ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร และคณะ **“ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน” ,** กรุงเทพฯ : บริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด, 2548.
2. บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ เพิ่มพล ศรีนวล, “การศึกษาสมบัติของมอร์ต้าร์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภทที่ 5 ผสมเถ้าแกลบบดและผงหินปูน” วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ : 35 ฉบับที่ : 2 เลขหน้า : 201-218 , 2555
3. ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, “**ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต**”, พิมพ์ครั้งที่ 1, สมาคมคอนกรีตไทย, 2547.
4. ปริญญา จินดาประเสริฐ, “**คอนกรีตเทคโนโลยี**”, เอกสารประกอบการสอนวิชาคอนกรีตเทคโนโลยีขั้นสูง, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2528.
5. ประวัติ ตั้งศิริวัฒนกุล, **ระบบกำแพงคอนกรีตบล็อกรับแรงในแนวแกน**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,สาขาวิศวกรรมโยธา,คณะวิศวกรรมศาสตร์,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534
6. วัชรพงษ์ วงค์เขียว, **“การนำเถ้าหนักมาใช้เป็นวัสดุทดแทนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ในคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตมวลเบา: สมบัติเชิงกลและสมบัติการนำความร้อน”,** วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.
7. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ , **มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ**. กรุงเทพฯ:วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2518
8. ศตวรรษ หฤหรรษพงศ์ ทวิช พูลเงิน และสมชาย ชูชีพสกุล, “กำลังอัดและโครงสร้างจุลภาคของซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมนาโนซิลิกา” , วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 34, 3, 231-244, 2554
9. สมบูรณ์ คงสมศักดิ์ศิริ และจำรูญ หฤทัยพันธ์ **“การใช้เศษโฟมเก่าในคอนกรีตบล็อกประดับ”,** วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, หน้า 20-25, 2548.
10. สิทธิชัย แสงอาทิตย์ **การทดสอบวัสดุ.** นครราชสีมา:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี,2545, บทที่ 6 หน้า 17-18
11. สุชาติ ภาคภูมิเกียรติคุณ และ อิทธิพร ศรีสวัสดิ์ , “การศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าซีเมนต์ผสมฝุ่นหินปูน”, การประชุมวิชาการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, 31 สิงหาคม, โรงแรมเดอะทวิน – ทาวเวอร์, กรุงเทพ, 2550.
12. องค์ประกอบของคอนกรีต http://xn2cfn5csu9and2eb2a1i6g9d.blogspot.com, ออนไลน์, สืบค้นเมื่อ 21 มิถุนายน 2561
13. มาตรฐานอุตสาหกรรม 109-2517 (2517). สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
14. มาตรฐานอุตสาหกรรม 57-2533 (2533). สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.