

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยทำการออกแบบสูตรผสม ขึ้นรูป ทดสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทดสอบการใช้งานจริง ณ บริเวณศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงาน และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และการสรุปผลการวิจัยเพื่อพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 สมมติฐาน

จากทางเลือกและแนวทางการแก้ไขปัญหาที่นำเสนอผ่านทฤษฎี องค์ความรู้ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปเป็นสมมติฐานได้ ดังนี้

- 1) เถ้าแกลบ เป็นอนุภาคที่มีความกลม เล็ก แข็ง และน้ำหนักเบา สามารถทำปฏิกิริยากับ Ca(OH)_2 ของปูนซีเมนต์ได้เป็น CSH ที่สามารถช่วยปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของอิฐบล็อกผสมเถ้าแกลบ ให้ดีขึ้น และมีน้ำหนักที่เบาลงกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป
- 2) น้ำยางธรรมชาติ สามารถแทรกตัวในช่องว่างของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบเกิดเป็นชั้นฟิล์มที่มีความคงรูป ทึบน้ำ ซึ่งช่วยลดการดูดซึมน้ำและลดสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐบล็อกได้
- 3) ผลจากการใช้น้ำยางธรรมชาติเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวล จะสามารถพัฒนาตัวอย่างของคอนกรีตบล็อกมวลเบาให้มีความทึบน้ำ ต้นทุนการผลิตต่ำ และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

3.2 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

3.2.1 น้ำยางธรรมชาติ เป็นน้ำยางชั้นร้อยละ 60 รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย

โดยที่การคำนวณเพื่อแปรปริมาณของเนื้อยางที่อยู่ในน้ำยางพารา จะอยู่บนฐานของค่า % TSC (Total Solid Content) เป็นหลัก ดังสมการที่ (3) เนื่องจากมีความสะดวกในการทดสอบมากกว่าค่า % DRC (Dry Rubber Content) [22]

$$\%TSC = \{1 - [(W_1 - W_2) / (W_1)]\} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ %TSC คือ ร้อยละของสารที่เป็นของแข็งทั้งหมด
 W_1 คือ น้ำหนักของยางธรรมชาติสดก่อนอบ (กรัม)
 W_2 คือ น้ำหนักของยางธรรมชาติหลังอบ (กรัม)

3.2.2 ถ้ำกลบ จากโรงไฟฟ้าชีวมวลนำมาอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 เพื่อแยกกลบที่เผาไหม้ไม่หมดออกไป

3.2.3 ทราเยละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 50 และ 100 อย่างละครึ่ง

3.2.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

3.2.5 น้ำประปา

3.2.6 สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Nonionic Surfactants) หรือชื่อทางเคมี Alkyl phenol polyethylene glycol ether เพื่อให้ น้ำยางธรรมชาติ เข้ากับคอนกรีตได้เหมาะสม เนื่องจากสารดังกล่าวละลายน้ำจะไม่มีประจุทำให้เกิดฟองน้อย และมีสมบัติในการรวมตัวเป็นไมเซลล์ที่ ความเข้มข้นต่ำ จึงป้องกันการรวมตัวกันของอนุภาคส่วนผสมได้ดี

3.2.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.8 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกกลางขนาด $7 \times 19 \times 39$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.2.9 เครื่องผสมคอนกรีต

3.2.10 เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

3.2.11 เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (XRF)

3.2.12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

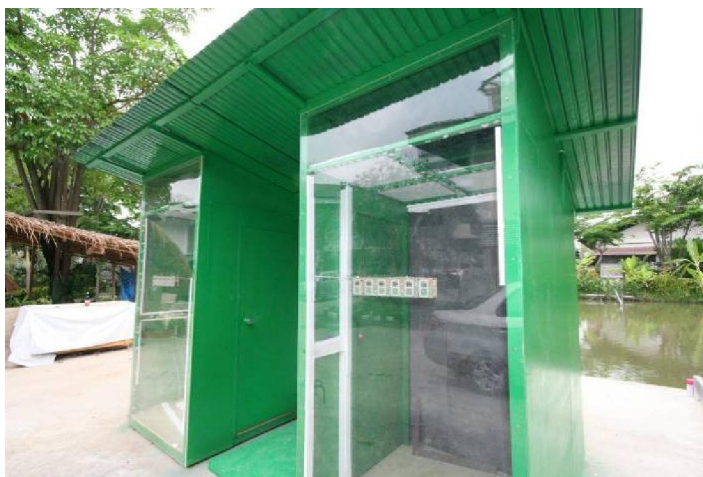
3.2.13 เครื่องอัดไฮดรอลิก (แบบเดียวกับที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกทั่วไป) รูปที่ 3.1

3.2.14 อุปกรณ์ก่อสร้างอื่นๆ เช่น กระบองปูน, พลั่ว, ค้อน และเกียงก่อ เป็นต้น



รูปที่ 3.1 เครื่องอัดไฮดรอลิก

3.2.15 ห้องทดสอบอุณหภูมิกาศนาม (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 ห้องทดสอบอุณหภูมิกาศนาม ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.3 การกำหนดอัตราส่วนผสม

ทำการออกแบบอัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกแก้วผสมน้ำยางธรรมชาติโดยการกำหนดปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่เหมาะสมต่อคอนกรีตบล็อกผสมแก้วกลม ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกแก้วผสมน้ำยางธรรมชาติสำหรับการทดสอบ (เทียบจากน้ำหนักปูนซีเมนต์)

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทราย	หินฟูน	แก้วกลม	น้ำ	น้ำยาง	สารลดแรงตึงผิว ชนิดไม่มีประจุ
R3 P0.00	1	1.5	1.5	3	2	0.00	0.0000
R3 P0.05	1	1.5	1.5	3	2	0.05	0.0025
R3 P0.10	1	1.5	1.5	3	2	0.10	0.0050
R3 P0.15	1	1.5	1.5	3	2	0.15	0.0075
R4 P0.00	1	1.5	1.5	4	2	0.00	0.0000
R4 P0.05	1	1.5	1.5	4	2	0.05	0.0025
R4 P0.10	1	1.5	1.5	4	2	0.10	0.0050
R4 P0.15	1	1.5	1.5	4	2	0.15	0.0075
R5 P0.00	1	1.5	1.5	5	2	0.00	0.0000
R5 P0.05	1	1.5	1.5	5	2	0.05	0.0025
R5 P0.10	1	1.5	1.5	5	2	0.10	0.0050
R5 P0.15	1	1.5	1.5	5	2	0.15	0.0075

หมายเหตุ น้ำยางที่นำมาใช้เป็นน้ำยางชั้น ร้อยละ 60 ทั้งนี้การกำหนดอัตราส่วนผสมจะไม่คำนึงถึงปริมาณสารเคมีอื่นๆ

3.4 การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก

สำหรับการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกเก้าเกลบผสมน้ำยางธรรมชาติ จะเน้นการขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการที่ใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกโดยทั่วไปให้มากที่สุด ดังนี้

3.4.1 ตวงส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกเก้าเกลบเสริมน้ำยางธรรมชาติตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1: เก้าเกลบ: หทรายละเอียด: น้ำ: น้ำยางวัลคาไนซ์: สารลดแรงตึงผิว โดยน้ำหนัก

3.4.2 เริ่มนำวัสดุประสาน (ปูนซีเมนต์ และเก้าเกลบ) มาคลุกเคล้าให้เข้ากันทั้งหมด

3.4.3 แบ่งน้ำที่จะผสมออกเป็น 3 ส่วน โดยกำหนดให้ 2 ส่วนจาก 3 ส่วนนำไปผสมรวมกับน้ำยางธรรมชาติและสารลดแรงตึงผิว ส่วนน้ำที่เหลืออีก 1 ส่วนให้เก็บไว้สำหรับผสมในช่วงต้นเพื่อทำการเคลือบโม

3.4.4 ทำการผสมของเหลวจากน้ำยางธรรมชาติ, สารลดแรงตึงผิว และน้ำ (2 ส่วนจาก 3 ส่วน) ให้เข้ากันทั้งหมด

3.4.5 เตรียมเครื่องผสมคอนกรีตหรือโม่ผสมและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะสัมผัสกับคอนกรีตสดให้อยู่ในสภาพชื้นเพื่อป้องกันการดูดความชื้นจากส่วนผสม

3.4.6 แบ่งวัสดุประสานที่ผสมออกเป็น 3 ส่วน แล้วจึงนำวัสดุประสานส่วนที่ 1 และน้ำ (ส่วนที่ไม่ได้ผสมน้ำยางธรรมชาติและสารลดแรงตึงผิว) ใส่ลงในโม่ตามลำดับ เพื่อทำการเคลือบโม

3.4.7 เติมหทรายประมาณครึ่งหนึ่งของที่ตวงไว้ลงไป แล้วทำการผสมให้เข้ากัน

3.4.8 จากนั้นเติมหทรายส่วนที่เหลือทั้งหมดลงไปพร้อมกับวัสดุประสานส่วนที่ 2 แล้วจึงสเปรย์ของเหลว (ส่วนที่ผสมน้ำยางธรรมชาติและสารลดแรงตึงผิว) ประมาณครึ่งหนึ่งของของเหลวทั้งหมดลงไปให้ทั่ว

3.4.9 ขณะที่ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน ให้ทยอยเติมวัสดุประสานส่วนที่เหลือทั้งหมดลงไปตลอดจนสเปรย์ของเหลวส่วนสุดท้ายลงไป

3.4.10 ทำการผสมจนเข้ากันโดยให้ใช้เวลาผสมไม่เกิน 10 นาที และขณะที่ทำการผสมควรมีการหยุดเครื่องเพื่อชะคอนกรีตที่ติดอยู่ข้างโม่ออก แล้วจึงทำการเดินเครื่องผสมต่อ



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการผสมวัตถุดิบของคอนกรีตบล็อกเก่าเคลบด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

3.4.11 ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกเก่าเคลบโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก เพื่อให้การบดอัดเข้าแบบมีค่าเท่ากันโดยใช้แบบหล่ออิฐบล็อกกลวงขนาด $7 \times 19 \times 39$ ลูกบาศก์เซนติเมตร



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกเก่าเคลบด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกเก้าแกลบที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

3.4.12 จากนั้นทิ้งไว้ 1 วัน จึงถอดแบบและยกตัวอย่างคอนกรีตบล็อกเก้าแกลบที่ขึ้นรูปไปบ่มในอากาศและร่ม เป็นเวลา 7 วัน ในระหว่างนี้ห้ามเคลื่อนย้ายบล็อกทดสอบเป็นเวลา 2 วัน นับตั้งแต่วันที่เข้าแบบ แล้วจึงทำการทดสอบในขั้นตอนต่างๆ ต่อไป

อย่างไรก็ตามหากมีปัญหาในกระบวนการขึ้นรูปดังกล่าว ผู้วิจัยจะดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุและปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสม เพื่อให้ตัวอย่างธรรมชาติที่ผสมเสริมเข้าไปเกิดประโยชน์ต่อสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเก้าแกลบมากที่สุด

3.5 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล

การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกเก้าแกลบผสมน้ำยางธรรมชาติ จะเป็นการทดสอบโดยใช้มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก [23] หรือมาตรฐาน มอก.1505-2541 เรื่องชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบา แบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ [24] เป็นตัวกำหนด เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกเก้าแกลบผสมน้ำยางธรรมชาติมากที่สุด โดยมาตรฐานทั้ง 2 เรื่อง กำหนดให้ทำการทดสอบ ดังนี้

- ความต้านทานแรงอัด ที่อายุ 7, 14, 21, และ 28 วัน จำนวน 30 ตัวอย่าง ต่ออัตราส่วน
- การดูดซึมน้ำ ที่อายุ 14 วัน จำนวน 30 ตัวอย่าง ต่ออัตราส่วน
- การหดตัวแห้ง ที่อายุ 14 วัน จำนวน 30 ตัวอย่าง ต่ออัตราส่วน
- ความหนาแน่นเชิงปริมาตร ที่อายุ 14 วัน จำนวน 30 ตัวอย่าง ต่ออัตราส่วน

3.6 การทดสอบความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

ในการทดสอบความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกเถ้าแกลบผสมน้ำยางธรรมชาติ นั้น จะดำเนินการทดสอบใน 2 ส่วน คือ

3.6.1 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน โดยการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกให้มีขนาดประมาณ $1.5 \times 30 \times 30$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามที่มาตรฐาน ASTM C177-04 ซึ่งดำเนินการทดสอบโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการกำหนด

3.6.2 การทดสอบในห้องทดสอบอุณหภูมิภาคสนาม ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการขนาด $1 \times 2 \times 2.5$ ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 ห้อง ผนังห้องผลิตจากไม้อัดและสังกะสีบุด้วยฉนวนป้องกันความร้อน 5 ด้าน ด้านหน้าเป็นแผ่นอะคริลิกใส ภายในติดตั้งแหล่งกำเนิดความร้อน และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความชื้น และมาตรวัดอื่น ๆ

3.7 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้านต้นทุน

ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกเถ้าแกลบผสมน้ำยางธรรมชาติ คอนกรีตบล็อกปกติ และคอนกรีตบล็อกมวลเบาอบไอน้ำ เพื่อสรุปว่า น้ำยางธรรมชาติที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบ สามารถพัฒนาสมบัติในด้านต่างๆ ได้คุ้มค่างกับต้นทุนหรือไม่ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ Sensitivity analysis กับราคาน้ำยางธรรมชาติอีกด้วย