

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อย โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางกล และคุณสมบัติทางเคมี จากอัตราส่วนซีเมนต์ต่อเถ้าขานอ้อยที่ปริมาณต่าง ๆ จากนั้น นำมาหาปริมาณการชะละลายของธาตุและปริมาณธาตุที่คงค้างในน้ำในคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อยที่มาจากการบดเปื้อนหรือการแพร่กระจายของธาตุจากเถ้าขานอ้อย แพร่กระจายในดินหรือน้ำ เพื่อเป็นแนวทางในการนำเถ้าขานอ้อยไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

3.1 ระเบียบวิธีการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

วิธีการดำเนินงานวิจัย แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การเตรียมวัสดุและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของวัสดุ ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ การดูดซึม วิเคราะห์ขนาดคละ และหน่วยน้ำหนัก วัสดุที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

- 1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- 1.2 เถ้าขานอ้อย จากโรงงานน้ำตาลนครบุรี อำเภอนครบุรี จังหวัดนครราชสีมา
- 1.3 หินเกล็ด ทราย
- 1.4 น้ำประปา

การวิเคราะห์ผลส่วนที่ 1 ผลจากการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นเพื่อเตรียมวัสดุเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับผลิตเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบและนำไปผลิตเป็นตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบหรือสร้างก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกต่อไป

ส่วนที่ 2 การทดสอบเพื่อหาความต้องการน้ำในส่วนผสมของมอร์ตาร์ ตามมาตรฐาน ASTM C230 ซึ่งเป็นการทดสอบใช้โต๊ะการไหล (Flow Table) ทดสอบการไหลตัวของซีเมนต์มอร์ตาร์ ทดสอบเพื่อหาปริมาณน้ำที่นำไปทดสอบหาค่าการไหลแผ่ (Percent Flow) ต้องมีค่าระหว่างร้อยละ 110 ± 5 จึงจะนำไปหล่อเป็นก้อนทดสอบเพื่อนำไปทดสอบกำลังอัดต่อไปและนำไปเป็นอัตราส่วนผสมเริ่มต้น เพื่อนำเถ้าขานอ้อยมาแทนที่ปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนผสมที่ร้อยละต่าง ๆ ซึ่งจะได้แสดงในรายละเอียดการผสมต่อไป

การเตรียมตัวอย่างวัสดุ วัตถุดิบที่นำมาศึกษาได้จาก โรงงานน้ำตาลนครบุรี เป็นโรงงานผลิตน้ำตาลบริเวณ อำเภอนครบุรี จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ขานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง นำเถ้าที่ได้มาร้อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 เพื่อแยกสิ่งเจือปนที่มีอนุภาคขนาดใหญ่เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ออก และทำการทดสอบหาปริมาณน้ำโดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C230 ปริมาณเถ้าขานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ทดสอบกำลังอัดที่แนะนำโดย ASTM C109/C109M ทดสอบกำลังอัดที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน รายละเอียดการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3.1 นำผลทดสอบมอร์ตาร์ ทำการ

ทดสอบดัชนีกำลัง (Strength Activity Index) ของมอร์ตาร์ ตามมาตรฐาน ASTM C311-02 ค่าดัชนีกำลังนี้ใช้เพื่อตรวจสอบกำลังรับแรงอัดในกรณีของการใช้วัสดุปอซโซลาน ผลการทดสอบจากค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดสูงที่รับกำลังได้ในลำดับที่ 1 และ 2 จะส่วนผสมไปขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกและนำก้อนตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบในส่วนการทดสอบในลำดับถัดไป

การวิเคราะห์ผลส่วนที่ 2 ผลจากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C230 ทำให้ทราบปริมาณเถ้าขานอ้อยและความต้องการน้ำเมื่อนำเถ้าขานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ และทราบค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผง (น้ำต่อซีเมนต์และน้ำต่อซีเมนต์และเถ้าขานอ้อย) เพื่อใช้ในการควบคุมการไหลของมอร์ตาร์และทราบว่าอัตราส่วนผสมใดให้กำลังรับแรงอัดสูงที่รับกำลังสูงสุดใน 2 ลำดับแรก เพื่อนำไปเป็นส่วนผสมกับหินเกล็ดเพื่อทราบปริมาณที่ใช้ในการขึ้นรูปบล็อกตัวอย่างในขั้นตอนลำดับถัดไป

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทดสอบการไหลตามมาตรฐาน ASTM C230

การทดสอบมอร์ตาร์							
ตัวอย่างที่	เถ้าขานอ้อย (ร้อยละ)	การทดสอบตาม ASTM C230	การทดสอบกำลังรับแรงอัด (วัน)				จำนวน ตัวอย่าง
			3	7	14	28	
M-1	0	110 ± 5	5	5	5	5	20
M-2	10	110 ± 5	5	5	5	5	20
M-3	20	110 ± 5	5	5	5	5	20
M-4	30	110 ± 5	5	5	5	5	20
M-5	40	110 ± 5	5	5	5	5	20
M-6	50	110 ± 5	5	5	5	5	20
รวม							120

หมายเหตุ ผลการทดสอบจากค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดสูงที่รับกำลังได้ในลำดับที่ 1 และ 2

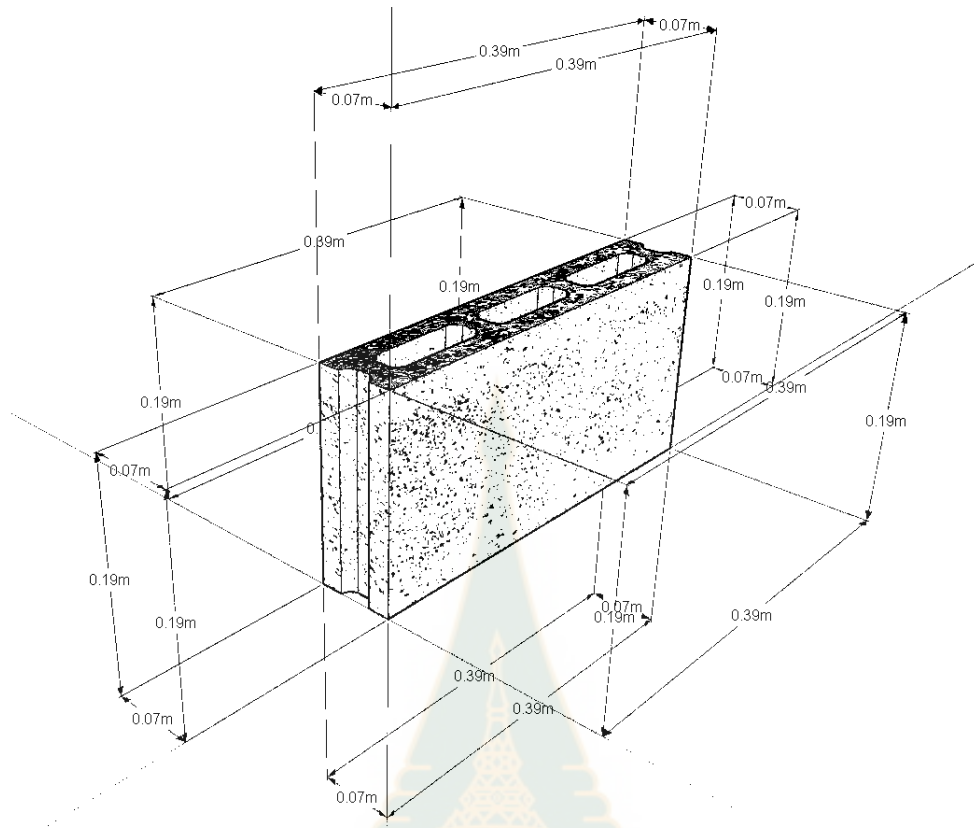
ส่วนที่ 3 การหาอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม (W/B) ก่อนนำไปขึ้นรูปตัวอย่าง โดยขนาดของตัวอย่างมีขนาดตามมาตรฐานอุตสาหกรรม จากกระทรวงอุตสาหกรรม เลขที่ มอก.57-2560 ประเภทคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก และ เลขที่ มอก. 58-2560 ประเภทคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก รายละเอียดวิธีการทดสอบเป็นไปตามภาคผนวก ก คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุผสมซึ่งทำมาจากซีเมนต์ หินเกล็ด ทรายหยาบ และน้ำ ซึ่งจะม้น้ำหนักมาก จึงได้ออกแบบให้มีรูกลวงเพื่อลดน้ำหนักลง คอนกรีตบล็อกที่ผลิตและใช้งานทั่วไปในท้องตลาด จะมีขนาด 7x19x39 ซม. ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ในส่วนที่ 3 นี้จะมุ่งเน้นไปที่การขึ้นรูปเพื่อให้ได้อัตราส่วนของมอร์ตาร์ต่อหินเกล็ด โดยควบคุมค่าการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต ตามมาตรฐานที่ ASTM C143 การทดสอบหาค่ายุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) เป็นวิธีที่ดีและสะดวกมากที่สุดสำหรับการทดสอบในสนาม เพราะว่าวิธีนี้ทำได้ง่าย และเครื่องมือที่ใช้ทำได้ไม่ยากนัก ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่วัดได้จะมีค่า

น้อยหรือมากขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต การวัดหาค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่ใช้ในงานต่าง ๆ ควรทำเป็นประจำ เพื่อจะได้เนื้อคอนกรีตที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอทั้งหมดที่ขึ้นรูปได้สมบูรณ์ และนำไปทดสอบวิธี (Vebe Test) ของคอนกรีตบล็อก ตามมาตรฐาน BS EN 12350-3 รายละเอียดวิธีการทดสอบเป็นไปตามภาคผนวก ข เป็นการทดสอบเพื่อวัดความสามารถเทได้ของคอนกรีตที่มีความชื้นเหลวต่ำ ดังตัวอย่างของคอนกรีตที่นำไปขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกที่มีค่าการยุบตัวที่มีค่าต่ำ ส่วนที่ 3 ทำการหาร้อยละของปริมาณเพสต์ต่อปริมาณของหินเกล็ดที่อัตราส่วนต่าง ๆ โดยกำหนดอัตราส่วนซีเมนต์มอร์ตาร์ต่อหินเกล็ด เพื่อใช้ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก นำตัวอย่างของส่วนผสมไปทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C39 ด้วยเครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล และนำอัตราส่วนผสมที่มีค่ากำลังรับแรงอัดที่ดีที่สุดในระดับที่ 1 และ 2 ไปทำการหล่อตัวอย่างเพื่อดูแนวโน้มของการพัฒนากำลังต่อไป การทดสอบในขั้นตอนนี้จะใช้ตัวอย่างทั้งแบบหล่อคอนกรีต (Metal Cube Mould) ขนาด 10x10x10 ซม. และคอนกรีตบล็อกขนาด 7x19x39 ซม. จำนวนตัวอย่างแสดงในตารางส่วนผสมที่ 3.2

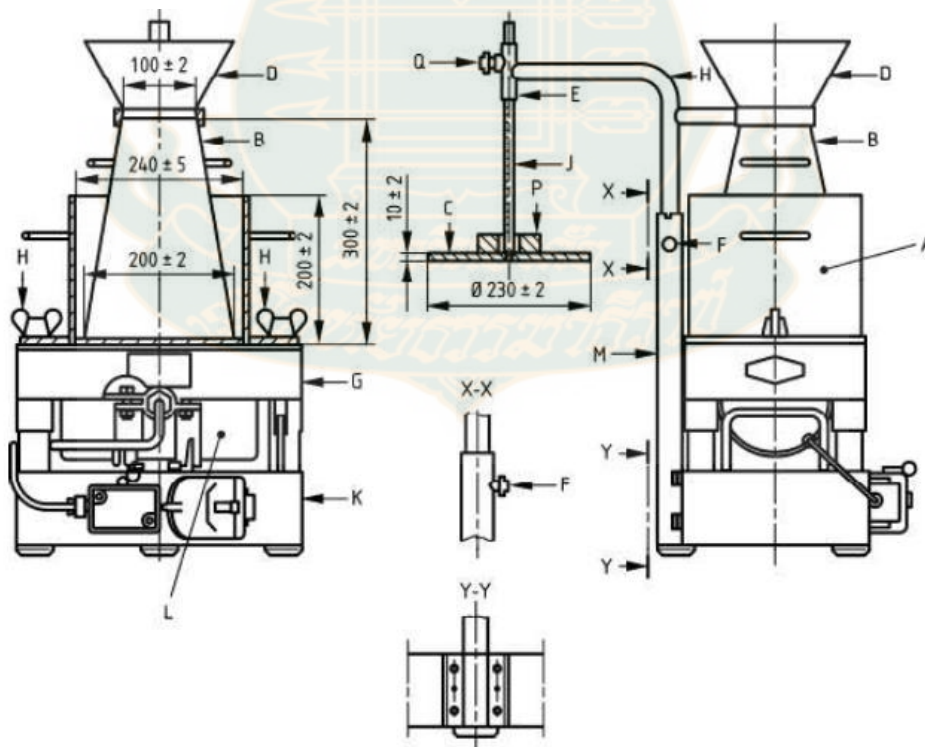
ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมและปริมาณของตัวอย่างทดสอบการขึ้นรูปของคอนกรีตบล็อก

การทดสอบการขึ้นรูปของคอนกรีตบล็อก								
W/B	เถ้าขานอ้อย (ร้อยละ)	ร้อยละของ ปริมาณ เพสต์ต่อหิน เกล็ด	ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต (วัน)				จำนวน ตัวอย่าง	
			3	7	14	28		
อัตราส่วน น้ำต่อวัสดุ	0	Trial 1 Min	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	
		Trial 2	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	
		Trial 3	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	
		Trial 4	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	
		Trial 5 Max	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	
	ประสานที่ ค่าการไหล ร้อยละ 110±5 (ASTM C 230)	ค่ากำลังรับ แรงอัดที่ดีที่สุด ในลำดับที่ 1	Trial 1 Min	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20
			Trial 2	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20
			Trial 3	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20
			Trial 4	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20
			Trial 5 Max	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20
	ค่ากำลังรับ แรงอัดที่ดีที่สุด ในลำดับที่ 2	Trial 1 Min	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	
		Trial 2	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	
		Trial 3	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	
		Trial 4	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	
		Trial 5 Max	5/5	5/5	5/5	5/5	20/20	
รวม							300/300	

การวิเคราะห์ผลส่วนที่ 3 ผลการทดสอบในส่วนนี้ทำให้ทราบผลกระทบของปริมาณเถ้าขานอ้อยต่อความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตสดในการขึ้นรูป ซึ่งวัดได้ด้วยค่าการยุบตัวและค่าเวลาวิบี รวมถึงผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกตัวอย่างแบบลูกบาศก์และแบบคอนกรีตบล็อก เพื่อนำไปทดสอบค่าอื่น ๆ ในลำดับถัดไป



ภาพที่ 3.1 ลักษณะและมิติของตัวอย่างของคอนกรีตบล็อกก้อนตัวอย่างที่ทำการทดสอบ



ภาพที่ 3.2 เครื่องทดสอบ Vebe Test ตามมาตรฐาน BS EN 12350-3

ส่วนที่ 4 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกที่อัตราส่วนและอายุการบ่ม 3, 7, 14 และ 28 วัน โดยเทียบกับมาตรฐาน มอก.57-2560 คือ มาตรฐานอุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกผนังรับน้ำหนัก การรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเฉลี่ย 5 ก้อน ไม่น้อยกว่า 140 ksc การดูดซึมความชื้น (สำหรับคอนกรีตบล็อกที่ควบคุมความชื้น) ไม่เกินกว่าร้อยละ 5 มิติพิกัดของคอนกรีตบล็อกคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 มิลลิเมตร โดยหลักเกณฑ์สำคัญดังกล่าวอ้างอิงจากมาตรฐานอเมริกา ASTM C140 และ ASTM C90 และ มอก.58-2560 คอนกรีตบล็อกผนังไม่รับน้ำหนัก โดยกำหนดหลักเกณฑ์คอนกรีตบล็อกที่สำคัญ 2 เรื่อง คือ การรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเฉลี่ย 5 ก้อน ไม่น้อยกว่า 25 ksc และมิติพิกัดของคอนกรีตบล็อกคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 มิลลิเมตร อ้างอิงจากมาตรฐานอเมริกา ASTM เช่นเดียวกัน

นำการวิเคราะห์ผลส่วนที่ 4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อก มาเทียบกับมาตรฐาน มอก.57-2560 และ มอก.58-2560 เพื่อให้ทราบว่าคอนกรีตบล็อกที่ได้จากงานวิจัยนี้อยู่ในมาตรฐาน มอก. กลุ่มใด

ส่วนที่ 5 ส่วนของการทดสอบคุณภาพทางเคมี ประกอบด้วย

1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์และเถ้าขานอ้อย ทดสอบคุณสมบัติทางเคมีเพื่อจำแนก Class ของวัสดุปอซโซลานตามมาตรฐาน ASTM C618-05 ประกอบด้วย SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , K_2O , MgO , P_2O_5 , Na_2O และ SO_3 ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (X-Ray Fluorescence) และถ่ายภาพขยายด้วยเครื่องถ่ายภาพกำลังสูง (Scanning Electron Microscope) เพื่อศึกษาลักษณะรูปร่างของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา และค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (loss on ignition, LOI)

2. เมื่อได้คอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุดแล้ว จะนำตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าขานอ้อยมาแช่น้ำ เป็นระยะเวลา 3, 7, 14 และ 28 วัน จากนั้น นำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ร้อยละของสารประกอบเคมีในรูปของการละลายน้ำ และอัตราการชะละลายของธาตุจากคอนกรีตบล็อก เพื่อศึกษาปริมาณของธาตุต่างๆ เมื่อปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมจากการนำตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าขานอ้อยมาใช้

การวิเคราะห์ผลส่วนที่ 5 นำผลทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเถ้าขานอ้อยไปจำแนก Class ของวัสดุปอซโซลานตามมาตรฐาน ASTM C618-05 และนำผลไปวิเคราะห์ร่วมกับค่าดัชนีกำลัง ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่าเถ้าชนิดนี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะใช้ทดแทนซีเมนต์

3.2 ขั้นตอนการวิจัย



3.3 สถานที่ทำการวิจัย

1. ทำการทดสอบ การเตรียมวัสดุ และทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ ณ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
2. ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยส่งตัวอย่างไปทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และกรมวิทยาศาสตร์บริการ
3. ทำการวิเคราะห์และสรุปผลข้อมูล ที่สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช