บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. ปูนซีเมนต์

ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement Type I, OPC) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มอก.15-2547 โดยเป็นปูนซีเมนต์ที่ใหม่ บรรจุไว้ในถุงพลาสติก และชั่งน้ำหนักเตรียมไว้ก่อนการผสมคอนกรีต

2. เถ้าแกลบ

ใช้ตัวอย่างเถ้าแกลบได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวลร้อยเอ็ดกรีน จังหวัดร้อยเอ็ด ดังแสดงในภาพประกอบ 10 จากนั้นนำตัวอย่างมาอบเพื่อลดความชื้นให้น้อยกว่าร้อยละ 3 ของน้ำหนัก ตามมาตรฐาน ASTM C618

3. ทราย

ใช้ทรายแม่น้ำล้างเอาส่วนที่เป็นดินตะกอน และสิ่งเจือปนอื่น ๆ จนสะอาด นำมาอบเพื่อลดความชื้น และร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 โดยมีการกระจายขนาดคละของทรายตามมาตรฐาน ASTM C136

4. หิน

ใช้หินปูนย่อยขนาดโตสุด 3/4 นิ้ว ล้างเอาส่วนดินตะกอน และสิ่งเจือปนอื่น ๆ จนสะอาด นำมาอบเพื่อลดความชื้น โดยมีการกระจายขนาดคละของหินตามมาตรฐาน ASTM C136

5. สารเคมี

เตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 0.1 N หมายถึงในสารละลาย 1000 กรัม ต้องมีน้ำ 996 กรัม และมี $AgNO_3$ เท่ากับ 4 กรัม

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

1. เครื่องบดแบบตกกระทบ
2. เครื่องทดสอบกำลังอัด
3. เครื่องผสมคอนกรีต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4. ชุดทดลองหาความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์
5. ชุดตะแกรงร่อนมาตรฐาน
6. ชุดทดลองหาค่าการยุบตัว
7. แบบหล่อคอนกรีต
8. ตู้อบ

ภาพประกอบ 10 สถานที่เก็บตัวอย่างเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าชีวมวลร้อยเอ็ดกรีน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ขั้นตอนการทดสอบ

1. การทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของวัสดุ

1.1 ความถ่วงจำเพาะ

โดยใช้ขวดมาตรฐานเลอชาเตอลิเอร์ (Le Chatelier Flask) ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 188 (1997 C : 149-150) โดยหลักการแทนที่ในของเหลวซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ เช่น น้ำมันก๊าด (Kerosene) ซึ่งความหนาแน่นหาได้จากน้ำหนักของตัวอย่างหารด้วยปริมาตรของน้ำมันก๊าดที่เปลี่ยนแปลงไปโดยการถูกแทนที่ และนำความหนาแน่นของตัวอย่างหารด้วยความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 4 °C จะได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง

1.2 ความละเอียดของอนุภาคด้วยการร่อนแบบเปียก

โดยการทดสอบตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 430 (1997 E : 149-150) นำตัวอย่างมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 เพื่อแยกส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนออกไป และนำส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 มาบดด้วยเครื่องบดแบบตกกระทบ จากนั้นนำตัวอย่างมาทดสอบความละเอียดด้วยการร่อนแบบเปียก (Wet Sieve) โดยใช้ตัวอย่างปริมาณ 50 กรัม ใส่ลงบนตะแกรงเบอร์ 325 (ขนาดช่องเปิด 45 ไมโครเมตร) แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อให้ส่วนที่ละเอียดผ่านตะแกรงจนหมด หรือจนกระทั่งน้ำที่ผ่านตะแกรงใส และนำส่วนที่ค้างไปอบแห้ง 24 ชั่วโมง นำออกมาชั่งน้ำหนักส่วนที่ค้าง โดยจะทดสอบ 3 ตัวอย่าง คำนวณหาร้อยละเฉลี่ยของอนุภาคค้างบนตะแกรง ซึ่งกำหนดไว้ให้น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก

1.3 การทดสอบหาพื้นที่ผิวจำเพาะ

โดยวิธีแอร์เพอร์มีอะบิลิตี้แบบเบลน (Blaine Fineness Air Permeability) ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 204 (1997 D : 155-160) โดยเป็นการวัดหาพื้นที่ผิวจำเพาะโดยหาได้จากพื้นที่ผิวนอกทั้งหมดของตัวอย่างต่อหน่วยน้ำหนักตัวอย่าง หน่วยที่วัดได้จะเป็น ซม.^{2}/ก.

1.4 วิเคราะห์ขนาดและการกระจายตัว

โดยหาขนาดของอนุภาคโดยใช้เครื่อง Laser Particle Size Analyzer ซึ่งขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่ได้จะมีหน่วยเป็นไมครอน

1.5 ภาพขยายกำลังสูง

เพื่อศึกษาลักษณะรูปร่างของวัสดุ ทำการถ่ายภาพโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

2. การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

2.1 การออกแบบส่วนผสม

คอนกรีตที่ใช้ในการวิจัยออกแบบกำลังอัดที่อายุ 28 วัน ของคอนกรีตควบคุม (Control concrete, CC) ที่ 300 กก./ซม.^{2} การออกแบบปฏิภาคส่วนผสมให้ออกแบบตามวิธีของสถาบันคอนกรีตอเมริกา American Concrete Institute : ACI 211.1-91 (2000 : 1-38) โดยกำหนดค่าการยุบตัวอยู่ในช่วง 10 - 12 ซม. จากนั้นหล่อตัวอย่างคอนกรีตควบคุมซึ่งไม่ผสมเถ้าแกลบบดละเอียด และหล่อตัวอย่างคอนกรีตผสมเถ้าแกลบบดละเอียด โดยใช้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เถ้าแกลบบดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน และใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับคอนกรีตควบคุมในแต่ละกำลังอัดที่ออกแบบโดยไม่ควบคุมค่าการยุบตัว ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตควบคุม

Concrete	Mix Proportion (kg/m^3)					$\frac{W}{C+RHA}$
	Water	Cement	GRHA	Sand	Stone	
CC	195	315	0	740	1024	0.62
10-GRHA	195	284	32	738	1021	0.62
20-GRHA	195	252	63	736	1018	0.62
30-GRHA	195	221	95	734	1015	0.62
40-GRHA	195	189	126	732	1012	0.62

CC = Control concrete of ordinary Portland cement (Type I)

GRHA = Ground rice husk ash (Retained on sieve No. 325 less than 5%)

2.2 สัญญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

CC (Control Concrete) หมายถึง คอนกรีตควบคุมที่ 300 กก./ซม.^{2} ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ที่ไม่ผสมเถ้าแกลบบดละเอียด

GRHA (Ground Rice Husk Ash) หมายถึง เถ้าแกลบบดละเอียดที่มีปริมาณอนุภาคค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 อยู่ในช่วงร้อยละ 4 - 5 โดยน้ำหนัก

ส่วนตัวเลขก่อนสัญญลักษณ์ 10, 20, 30 และ 40 หมายถึง ร้อยละอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบบดละเอียด

2.3 การหล่อตัวอย่างคอนกรีต

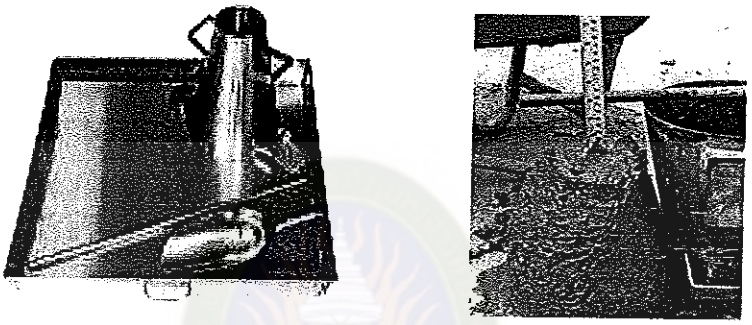
ส่วนผสมหล่อด้วยเครื่องผสมแบบกะทะ โดยใช้แบบหล่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. สูง 200 มม. จำนวน 9 ก้อนตัวอย่างต่อ 1 ส่วนผสมของคอนกรีต

2.4 การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีต

การทดสอบหาค่ายุบตัว (Slump Test) ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 143 (1997 B : 89-91) โดยควบคุมความข้นเหลวให้อยู่ระหว่าง 10

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

- 12 ซม. โดยแบบใช้แบบกรวยมีเส้นผ่านศูนย์กลางตอนบน 102 มม. และมีเส้นผ่านศูนย์กลางตอนล่าง 203 มม. สูง 305 มม. มีหูจับ บรรจุคอนกรีตลงในแบบ 3 ชั้น ๆ ละประมาณเท่ากันโดยปริมาตร แต่ละชั้นกระทุ้งด้วยเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 600 มม. ปลายกลมมน จำนวน 25 ครั้ง กระจายให้ทั่วถึงตลอดหน้า เมื่อครบ 3 ชั้นใช้เหล็กกระทุ้งปาดหน้าคอนกรีตให้ได้ระดับกับขอบกรวย แล้วยกแบบกรวยขึ้นในแนวนิ่งจึงวัดค่าการยุบตัวดังแสดงในภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 การวัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต

2.5 การบ่มคอนกรีต

หลังจากถอดแบบคอนกรีตที่มีอายุ 1 วัน จากนั้นนำคอนกรีตตัวอย่างไปบ่มโดยการแช่ในน้ำที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ 23±2 °C อีก 1 วัน จากนั้นนำคอนกรีตตัวอย่างไปทิ้งไว้ที่บริเวณที่มีดินเค็ม ได้แก่ อำเภอกันทรวิชัย และอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม เมื่อครบอายุตามการทดสอบ จึงนำขึ้นมาทำการทดสอบ

3. การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

การทดสอบกำลังอัด ตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials C 39 (1997 A : 17-21) ก่อนทำการทดสอบกำลังอัดจะทำการหล่อผิวหน้าให้สม่ำเสมอด้วยกำมะถันตาม ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ

4. การทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์

โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบสี (Colorimetric Method) ใช้คอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาด 100 x 200 มม. นำมาตัดให้เป็นทรงกระบอกขนาด 100 x 50 มม. เคลือบผิวด้วยอี

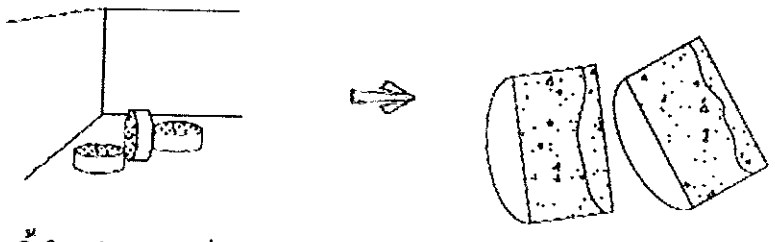
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

พอกซีให้เหลือผิวหน้าหนึ่งด้านไว้ ทิ้งไว้ในอากาศ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทิ้งไว้ในสถานที่จริง คือ บริเวณที่มีดินเค็ม ได้แก่ อำเภอกันทรวิชัย และอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จากนั้นนำแท่งตัวอย่างของ โดยวัดจากกึ่งกลางตำแหน่งของความสูงของตัวอย่างคอนกรีต ใช้จำนวน 2 ตัวอย่างต่ออัตราส่วนผสม จึงนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตไปผ่าแยกออก และพ่นสเปรย์สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 0.1 N ไปที่ผิวคอนกรีตที่ถูกผ่าใหม่ ๆ จะเกิดรูปลักษณะของบริเวณที่มีสีขาวและสีดำ โดยถูกแบ่งแยกขอบเขตอย่างชัดเจน บริเวณขอบเขตที่เป็นสีขาวเกิดเนื่องจากการเกิดตะกอนของซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) ดังนั้นแสดงว่าบริเวณนี้ประกอบด้วยคลอไรด์ ส่วนบริเวณขอบเขตที่เป็นสีดำบ่งบอกลักษณะว่าเป็นบริเวณที่ไม่มีคลอไรด์ "No chloride zone" และจากส่วนที่มีสีขาวเกิดขึ้นถูกวัดเพื่อหาความลึกที่คลอไรด์แทรกซึมเข้าไปในคอนกรีต (Otsuki. 1992 : 587-592) ขั้นตอนการทดลอง ดังแสดงในภาพประกอบ 12

ก) หล่อคอนกรีต ข) ถอดแบบที่อายุ 1 วัน ค) บ่มในน้ำที่อายุ 1 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ง) ตัดคอนกรีตที่อายุ 3 วัน จ) ทาอีพอกซีที่อายุ 4 วัน



ฉ) ทิ้งในบริเวณดินเค็มครบอายุทดสอบ ช) ฉีดซิลเวอร์ไนเตรท หาค่าของคลอไรด์

ภาพประกอบ 12 ขั้นตอนการทดสอบวิธีเปรียบเทียบสี