การผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต

Fabrication of Concrete Block from Waste Concrete

ปกรณ์ เกตุอินทร์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ประจำปีงบประมาณ 2559
พศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย เรื่อง การผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต งานวิจัยนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนทั้งในเรื่องสถานที่และเครื่องมือวิจัยที่จำเป็นต่างๆ จากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อ ความร่วมมือ ช่วยเหลือ และสนับสนุนให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

ปกรณ์ เกตุอินทร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต โดยใช้เศษคอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้เป็นมวลรวม แล้วศึกษาหาสภาวะ และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ เช่น ส่วนประกอบที่ใช้ ปริมาณที่ใช้ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นต้น และ ศึกษาสมบัติด้านต่างๆ ของแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีตที่ผลิตได้ เช่น สี ความหนาแน่น การทนต่อแรงอัด การดูดซับน้ำ เปอร์เซ็นต์รุพรุน เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ ใช้เครื่องอัดบล็อกแผ่นคอนกรีตทางเดิน มีมอเตอร์เป็นต้นกำลังในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดิน ใช้มอเตอร์ 5 แรงม้า ใช้กำลังไฟฟ้าผลิต 220v มีขนาดของเครื่อง 55 x 83 x 233 เซนติเมตร แม่พิมพ์รูปทรงสี่เหลี่ยม มีขนาด 40 x 40 x 5 เซนติเมตร สามารถผลิตบล็อกคอนกรีตทางเดินได้ครั้งละ 1 ก้อนและสามารถผลิตได้วันละ 300 - 350 ก้อน ต่อวัน

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของบล็อกคอนกรีตทางเดินที่มีอัตราส่วนที่ดีที่สุด คือ ซีเมนต์ 1.5 กิโลกรัม หินฝุ่น 8 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 4 กิโลกรัม น้ำ 1,000 มิลลิลิตร โดยแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดิน มีความต้านทานแรงอัด 120.40 ksc ซึ่งสูงกว่าเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก) และ แผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดินที่จำหน่ายตามท้องตลาด (25 และ 105 ksc) มีความหนาแน่น 103.92 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ 7.44 % เปอร์เซ็นต์รูพรุน 776.34 % โดยผิวหน้าบล็อกเรียบเนียนมีความสวยงามและตัวบล็อกมีการจับตัวของหน้าผิวตัวบล็อกได้ดีมีความแข็งแรง สามารถนำไปใช้งานได้จริง

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ประเภทของบล็อกทางเดิน	3
2.2 ปูนซีเมนต์	4
2.3 น้ำสำหรับผสมคอนกรีต	5
2.4 มวลรวม	7
2.5 คอนกรีตคืออะไร	9
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 การดำเนินงาน	
3.1 แผนการดำเนินการ	14
3.2 การออกแบบการทดลอง	14
3.3 วัสดุ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	15
3.4 การกำหนดอัตราส่วนผสมของแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต	15
3.5 วิธีการเตรียมชิ้นงานแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต	16
3.6 การทดสอบสมบัติของชิ้นงานตัวอย่าง	18

RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผล

4.1 บล็อกคอนกรีตทางเดิน 23
4.2 การกำหนดอัตราส่วนผสมของแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต 24
4.3 ประสิทธิภาพในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดิน 32

บทที่ 5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล 34
5.2 อภิปรายผล 35
5.3 ข้อเสนอแนะ 35

บรรณานุกรม 36

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพ	ชื่อภาพ	หน้า
2.1	แสดงภาพองค์ประกอบของคอนกรีต	11
3.1	แสดงภาพนำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันได้ดีเข้าแบบหล่อขนาด 50 x 50 x 50 มม ปาดผิวหน้าชิ้นงานให้เรียบด้วยเกรียง	16
3.2	ปิดผิวหน้าด้วยฟิล์มพลาสติก	17
3.3	ชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์สำหรับทดสอบสมบัติทางกายภาพ และ สมบัติเชิงกล	17
3.4	การชั่งชิ้นงานสำหรับการหาค่าความหนาแน่น	18
3.5	การอบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110 $^{\circ}C$ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนชั่งน้ำหนัก	20
3.6	ชั่งชิ้นงาน และเอาไปแช่น้ำสะอาด	20
3.7	เครื่องทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ต้า	22
4.1	ลักษณะทั่วไปของบล็อกคอนกรีตทางเดินตามท้องตลาด	23

สารบัญตาราง

ตาราง	ชื่อตาราง	หน้า
2.1	ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	5
3.1	การทดสอบชิ้นงานทดลอง	13
3.2	ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองอัตราส่วน ปูน : น้ำ : หินฝุ่น : เศษคอนกรีต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	15
4.1	บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 1 ขนาดบล็อกที่อัดได้ 40 X 40 X 5 เซนติเมตร	25
4.2	บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 2	26
4.3	บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 3	27
4.4	บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 4	28
4.5	บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 5	29
4.6	บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 6	30
4.7	บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 7	31
4.8	ผลเฉลี่ยความหนาแน่น , เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ, เปอร์เซ็นต์รูพรุน	32
4.9	การทดสอบความต้านทานแรงอัดของส่วนผสมบล็อกคอนกรีตทางเดิน	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คอนกรีตมีความสำคัญกับงานก่อสร้างซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในประเภทเดียวกันเช่น ไม้ เหล็ก ซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างหลักในสมัยก่อนและปัจจุบันไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่หายากและเริ่มไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ เนื่องจากว่าคอนกรีตมีความคงทน แข็งแรง สามารถปรับปรุงส่วนผสมเพื่อให้ตรงกับการใช้งานได้อย่างเหมาะสม และตอบสนองความต้องการ คอนกรีตได้มีการนำใช้ในงานก่อสร้างหลายชนิด ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน เช่น บ้าน อาคาร ถนน เขื่อน สะพาน และยังสามารถเทในแบบหล่อตามรูปทรงที่ต้องการได้ ซึ่งเป็นที่นิยมมากในงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่างๆได้ดี คุณสมบัติพิเศษของคอนกรีต คือ การรับแรงอัดได้สูง แต่สามารถรับแรงดึงได้ต่ำ เป็นวัสดุผสมของหิน ทราย ปูนซีเมนต์ และน้ำ ซึ่งอาจใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มคุณสมบัติอื่นๆ คอนกรีตจึงเป็นวัสดุที่ใช้งานอย่างแพร่หลายและมีความต้องการใช้งานมากในปัจจุบัน

แต่ในการก่อสร้างโดยทั่วไป มักก่อให้เกิดปัญหาและอุปสรรคแก่สภาพแวดล้อมจากงานก่อสร้างที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการปลูกสร้าง มากกว่าวัสดุก่อสร้างอย่างอื่น เนื่องจากเป็นวัสดุที่ไม่ได้เกิดตามธรรมชาติจึงยากแก่การกำจัดและทิ้ง ซึ่งส่วนมากจะสังเกตได้ว่าจะนำไปทิ้งตามที่ดินว่างและข้างทางสัญจรซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาต่างๆตามมาในภายหลังไม่ว่าจะเป็นปัญหาชุมชน ปัญหาสิ่งแวดล้อม

จากปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาในการกำจัดคอนกรีตที่ใช้แล้วจึงมีแนวคิดที่จะผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต ที่ได้จากการรื้อถอนมาเป็นส่วนผสม เพื่อลดปัญหาการกำจัดและทิ้งคอนกรีต และเพิ่มมูลค่าจากคอนกรีตที่ได้มาจากการรื้อถอนต่างๆ อย่างไรก็ตาม การผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตทางเดินชนิดไม่รับแรงจากเศษคอนกรีต จำเป็นอย่างยิ่งต้องมีการวิจัยและพัฒนาหากนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการนำมาผลิตแผ่นพื้นคอนกรีตทางเดินชนิดไม่รับแรงใช้ในงานตกแต่ง ซึ่งไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ และสร้างรายได้ให้เกษตรกรในชุมชนท้องถิ่นได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต

1.2.2 เพื่อศึกษาสภาวะ และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ เช่น ส่วนประกอบที่ใช้ ปริมาณที่ใช้ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นต้น

1.2.3 เพื่อศึกษาสมบัติด้านต่างๆ ของแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีตที่ผลิตได้ เช่น สี ความหนาแน่น การทนต่อแรงอัด การดูดซับน้ำ เปอร์เซ็นต์รูพรุน เป็นต้น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้มุ่งความสนใจในการศึกษาการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต โดยใช้เศษคอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้เป็นมวลรวม แล้วนำแผ่นบล็อกคอนกรีตที่เตรียมได้มาทำการตรวจสอบสมบัติกายภาพ (เช่น ความหนาแน่น น้ำหนัก) สมบัติเชิงกล (เช่น การทนต่อแรงอัด การดูดซับน้ำ) และโครงสร้างจุลภาค ตามลำดับ พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับแผ่นบล็อกคอนกรีตที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ได้แผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต

1.4.2 สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่วัสดุเหลือใช้

1.4.3 ได้สร้างองค์ความรู้พื้นฐานให้กับหน่วยงานและบุคลากรของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งจะได้เตรียมความพร้อม และพัฒนาทั้งบุคลากรและหน่วยงานให้คุ้นเคยและ เข้าใจงานวิจัยนี้ และปรับระดับคุณภาพให้เป็นที่ยอมรับ ทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติได้

1.4.4 เพื่อนำผลงานวิจัยที่ได้ไปนำเสนอในที่ประชุมวิชาการระดับชาติหรือระดับนานาชาติและเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติหรือระดับนานาชาติ

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

แผ่นบล็อกคอนกรีต หมายถึง บล็อกปูพื้นทางเดิน คือ วัสดุก่อได้ทำการพัฒนารูปแบบให้บนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการปูพื้น ใช้งานง่าย มีน้ำหนักเบากว่า 2 เท่า ทำงานได้สะดวก มีสีสันเป็นธรรมชาติ

เศษคอนกรีต หมายถึง คอนกรีตที่ได้จากการบดหรือลดขนาดจากคอนกรีตที่ผ่านการใช้งานหรือทำลายแล้ว

การต้านทานต่อแรงอัด คือ ความสามารถของวัสดุ หรือโครงสร้างที่ต้านทานแรงที่กระทำในทิศทางอัดตัวของวัสดุนั้น เมื่อแรงที่กระทำมีค่าเท่ากับกำลังต้านทานแรงอัดของวัสดุ วัสดุนั้นจะแตกหัก กำลังต้านแรงอัดจะอยู่ในหน่วย เมกะปาสคาล (MPa) หรือ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ksc)

ความหนาแน่น คือ อัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรหนึ่งหน่วยของสาร

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

ปริมาณความชื้น (Moisture Content) หมายถึง ค่าความแตกต่างของน้ำหนักก่อนอบและหลังอบของแผ่นบล็อกคอนกรีตที่ผลิตได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต ศึกษาหาสภาวะ และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต รวมทั้งศึกษาสมบัติด้านต่างๆ ของแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีตที่ผลิตได้ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎีจากเอกสารที่เกี่ยวข้องในรายละเอียดด้านต่างๆและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีสาระและเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

2.1 ประเภทของบล็อกทางเดิน

2.1.1 บล็อกปูพื้นตัวหนอน หรือบล็อกปูถนน หรือเรียกกันว่าตัวหนอน แต่เดิมมีแค่สีเทากับสีแดง ปัจจุบันมีหลายสีสันและรูปทรงให้เลือกมากมายยิ่งขึ้น และมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยออกแบบลวดลายต่างๆให้สารสามารถมองเห็นภาพจริงได้ก่อนลงมือปูพื้น เพื่อให้สามารถเลือกได้ว่าลายไหนที่เหมาะกับพื้นของบ้านเราส่วนเรื่องลูกเล่นเรื่องความสวยงามนั้นบล็อกปูพื้นสามารถเติมลูกเล่นสร้างลวดลายได้มากมาย ไม่ว่าเป็นการวางแบบสลับสีสันหรือจะใช้สีเป็นตัวแบ่งสัดส่วนพื้นที่ใช้งานก็ดูเข้าท่าไม่น้อย ถ้าเราอยากมีลวดลายสวยๆที่ไม่ซ้ำใครควรปรึกษาทีมงานออกแบบและติดตั้งที่เป็นมืออาชีพจะดีกว่า แค่นี้คุณก็จะได้ลวดลายของพื้นที่สวยงามตรงใจได้ไม่ยาก

2.1.2 บล็อกปูพื้นตราช้าง รุ่นบล็อกพรุน (พอรัสบล็อก) สำหรับพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำท่วม น้ำขังบนพื้นบ่ายๆ บล็อกปูพื้นพอรัสบล็อกจะมีระบบพื้นระบายน้ำที่สามารถช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ คุณสมบัติเด่นช่วยที่ช่วยลดปัญหาน้ำท่วมขัง เพราะตัวก้อนมีความพรุน จึงสามารถระบายน้ำได้เร็วด้วยอัตราการไหลผ่านของน้ำหนักที่มากกว่า 15 ลิตร/นาที/ตร.ม รับน้ำหนักได้ดีโดนผลิตจากเครื่องจักรที่ได้มาตรฐานสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 200-250 ksc การดูแลรักษาก็ง่ายเพียงใช้เครื่องฉีดน้ำแรงดันสูงฉีดทำความสะอาดเมื่อมีสิ่งสกปรกอุดตันบริเวณผิวหน้าบล็อก บล็อกปูพื้นพอรับบล็อกยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพราะสามารถระบายน้ำลงพื้นดินชั้นล่างได้เร็วกว่า จึงช่วยให้รากต้นไม้สามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้ทำให้พื้นสะสมความร้อนน้อยกว่าด้วย เนื่องจากตังก้อนมีช่องว่างอากาศมากกว่าจึงเก็บความร้อนน้อยกว่าเมื่อแสงส่องกระทบ

2.1.3 บล็อกปูพื้นสนามหญ้า (Turf Stone) บล็อกปูพื้นที่สร้างความสวยงามที่เข้ากันได้ดีกับความแข็งแกร่ง ทนทาน ด้วยการผสมผสานสีเขียวสดใสของธรรมชาติ และความแข็งแกร่งของบล็อกปูพื้นเข้าด้วยกันโดยตัวบล็อกปูพื้นจะมีช่องว่างสำหรับปลูกหญ้าเพิ่มความเขียวสดใสให้กับทุกพื้นที่ เช่น พื้นที่ภายนอกอาคาร สนามหญ้า และลานจอดรถ โดยมีคุณสมบัติเด่นดังนี้ ทนทาน แข็งแกร่ง ผลิตจากคอนกรีตที่ได้มาตรฐาน ทั้งส่วนผสมและคุณภาพวัตถุดิบผ่านกรรมวิธีที่ทันสมัย เครื่องจักรมีกำลังอัดสูงคอนกรีตจึงอัดแน่นเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้แข็งแรงทนทานรับน้ำหนักได้เทียบเท่ากับพื้นคอนกรีต สะดวกต่อการติดตั้งง่าย สะดวกรวดเร็ว ประหยัดเวลาและสามารถใช้งานได้ทันทีที่ติดตั้ง

2.1.4 บล็อกปูพื้นคอนกรีตทางเดิน เป็นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้ในการปูถนนทางเดิน หรือพื้นโรงรถ มีลักษณะเป็นก้อนคอนกรีตหนามีรูปทรงและสีสันต่างๆ เวลาปูพื้นสามารถนำบล็อกคอนกรีตที่มีรูปทรงและสีสันต่างๆมาเรียงสลับหรือเรียงต่อให้เป็นลวดลายสลับสีสวยงามได้ โดยแต่ละก้อนจะวางเข้ามุมกันอย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย และการวางสามารถวางบนพื้นดินหรือพื้นทรายที่มีการปรับระดับ และ

อัดแน่นแล้ว โดยไม่จำเป็นต้องเทพื้นคอนกรีตรองรับข้างใต้ สามารถใช้งานในลักษณะเดียวกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดเทหล่อกับที่ แล้วบล็อกปูพื้นคอนกรีตทางเดินมีข้อดีคือให้ความสวยงามโดยมีสีสันและลวดลายที่แปลกตา ง่าย และสะดวก เพียงแต่ปรับพื้นและวางบล็อกปูพื้นคอนกรีตทางเดินลงไปเท่านั้น สามารถเปลี่ยนแปลงตามลวดลายได้ เมื่อใช้ไปนานปี ซ่อมแซมไดสะดวกเมื่อเกิดการชำรุด ส่วนข้อเสียคือไม่มีความคงรูปเมื่อใช้งานไปสักระยะหนึ่งผิวพื้นจะมีลักษณะเป็นคลื่นไม่ได้ระดับเนื่องจากน้ำหนักที่กดทับในแต้ละจุดจะไม่เท่ากัน ยิ่งถ้ามีการปรับพื้นด้านล่างไม่ดีในตอนแรกอาจมีลักษณะเป็นหลุมเป็นบ่อได้ บล็อกปูพื้นทางเดินมักจะให้ประโยชน์ในแง่ความสวยงามมากกว่า แต่จะต้องคอยติดตามดูแลรักษาในภายหลังขณะที่การทำพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่ออยู่กับที่จะมีความคงทนแข็งแรงและการใช้สอยที่สะดวกสบายมากกว่า

2.2 ปูนซีเมนต์ (Cement)

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

ในการผลิตปูนซีเมนต์วัตถุดิบหลักสามารถแบ่งออกได้เป็น3ประเภท ประเภทแรกเป็นประเภททำให้ธาตุคัลเซียม (Calcarcous Materials) อยู่ในรูปของ $CaCo_3$ ได้แก่ หินปูน (Lime stone) ดินขาว (Marl) ดินสอพองหรือชอล์ค (Chalk) ประเภทที่สองเป็นประเภทที่ให้ออกไซด์ของธาตุซิลิกอน (SiO_2) และอะลูมิเนียม (Al_2O_3) (Argillaceous Materials) ได้แก่ หินเชล (Shale) หินชนวน (Slate) ดินเหนียว (Clay) สารประกอบหลักที่สำคัญของปูนซีเมนต์ มีอยู่ 4 ชนิดคือ

2.2.1 ไตรแคลเซียม ซิลิเกต (C_3S)
2.2.2 ไดแคลเซียม ซิลิเกต (C_2S)
2.2.3 ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต (C_3A)
2.2.4 เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ (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 เพราะมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ธรรมดา เหมาะสำหรับสารทำคอนกรีตที่ต้องการใช้งานเร็ว หรือถอดไม้แบบในเวลาอันสั้น ได้แก่ปูนปอร์ตแลนด์ ตราเอราวัณ ตราสามเพชร ตราพญานาคสีแดง ข้อควรระวังคือ ไม่ควรใช้ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในงานโครงสร้างคอนกรีตขนาดใหญ่เพราะความร้อนอยู่ในปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะเกิดสูงมากในช่วงต้นอาจก่อให้เกิดโครงสร้างแตกร้าวได้

ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เกิดความร้อนต่ำ (Low – Heat Porland Cement) ได้ถูกพัฒนาขึ้นใช้ครั้งแรกในอเมริกา เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนที่เหมาะสำหรับงานคอนกรีตหลา (Mass Concrete) เช่น การสร้างเขื่อน เนื่องจากทำให้อุณหภูมิของคอนกรีตขณะก่อสร้างต่ำกว่าปูนซีเมนต์ชนิดอื่นซึ่งเป็นการลดปัญหาความเสี่ยงจากการแตกร้าวเนื่องจากความร้อน (Thermal Cracking) ในประเทศไทยไม่มีการผลิตปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในปัจจุบันปูนประเภทนี้ถูกทดแทนโดยการใช้ปูนปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 ผสมกับ เถ้าลอย (Pulverized Fuel Ash : PFA) และตะกรันเหล็ก (Ground Granular Blast Furnace Slag : GGBS) ซึ่งจะอธิบายละเอียดในเรื่องวัสดุใหม่ในงานก่อสร้าง

ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตได้สูง (Sulfate- Resistant Portland Cement) ปูนประเภทนี้มี C_3A ต่ำเพื่อจะป้องกันไม่ให้ซัลเฟตจากภายนอกมาทำลายเนื้อคอนกรีตเหมาะสำหรับโครงสร้างที่มีการกระทำของซัลเฟต ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้กำลังอัดซ้ำและให้ความร้อนต่ำกว่าปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 ได้แก่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตราช้างฟ้าและตราปลาฉลามสำหรับในการทดสอบครั้งนี้จะเลือกให้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เท่านั้น

ส่วนประกอบสำคัญที่มีอยู่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในงานก่อสร้างโดยทั่วไป ตารางที่ 2.1 มักจะนิยมใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ซึ่งจะมีส่วนประกอบทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยเมื่อผสมปูนซีเมนต์กับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ผลผลิตเป็น แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ซึ่งจะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น (วรชัยและอนุภาค, 2529)

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (วินิต, 2544)

ชื่อส่วนประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
ไตรแคลเซียม ซิลิเกต	$3\ CaO \cdot SiO_2$	C_3S
ไดแคลเซียม ซิลิเกต	$2\ CaO \cdot SiO_2$	C_2S
ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต	$3\ CaO \cdot Al_2O_3$	C_3A
เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์	$4\ CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF

2.3 น้ำสำหรับผสมคอนกรีต (Mixing water)

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

2.3.1 น้ำสำหรับผสมคอนกรีตให้มีความเข้มข้นเหลวทำงานง่าย

2.3.2 น้ำสำหรับบ่มคอนกรีตให้แข็งตัวและมีกำลังรับแรงตามต้องการ

2.3.3 น้ำสำหรับล้างมวลรวมให้สะอาดก่อนนำไปผสมคอนกรีต

ในการผสมคอนกรีตเพื่อให้ได้คุณภาพที่ดี จะต้องใช้น้ำที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณน้ำเหมาะสม น้ำที่ใช้สำหรับผสมคอนกรีต คือน้ำที่ดื่มได้ แต่ในทางปฏิบัติจะใช้น้ำประปา หน้าที่หลักของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต คือ เข้าผสมกับปูนซีเมนต์ และทำปฏิกิริยาทางเคมีให้เกิดความร้อน (Heat of Hydration) ทำให้ผงซีเมนต์ กลายเป็นวุ้น (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 และเสาคอนกรีตอัดแรงใช้อุดรูรั่วในเนื้อคอนกรีตสารที่นิยมใช้เป็นตัวเร่งการก่อตัวคือแคลเซียมคลอไรด์ และโซเดียมซิลิเกต

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 ส่วนใหญ่ทำมาจากเกลือลิกโนซัลโพนิค (Lignosulfonic acid) หรือเกลือ และสารประกอบ

ของกรดไฮดรอกซี่ คาร์บอซีลิค (Hydroxycarboxylic Acid) หรือสารประกอบโพลีเมอร์บางชนิด เช่น โพลิเมอร์ ไฮดรอกซีเลต (Hydroxylated Polymers)

2.3.8 สารป้องกันน้ำ (Waterproofing) สารป้องกันน้ำจะทำให้คอนกรีตทึบน้ำ กันน้ำไม่ให้น้ำซึมผ่านได้ สารป้องกันน้ำจะเข้าไปแทรกอุดรูเล็กๆ ในคอนกรีตทำให้คอนกรีตทึบน้ำถ้าสามารถออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้พอดี และสามารถผสมคอนกรีตได้ตามที่ออกแบบ เมื่อนำคอนกรีตไปหล่อแล้วคอนกรีตจะแน่นทึบกันน้ำ แต่ในกรณีไม่สามารถทำได้ก็จำเป็นต้องใช้สารชนิดนี้ช่วย สารป้องกันน้ำมักจะใช้กับคอนกรีตที่ต้องกันไม่น้ำซึมผ่านได้ เช่น โครงสร้างที่กั้นน้ำห้องใต้ดินอุโมงค์ สระน้ำ หลังคา พื้นห้องน้ำเป็นต้น นอกจากนี้สารป้องกันน้ำยังสามารถนำมาใช้กับมอร์ต้า (ปูน+ทราย+น้ำ) ที่ใช้โบกกำแพง หรือเทพื้นเพื่อกันมิให้ความชื้นซึมเข้าไปได้ และป้องกันราชื้น สารชนิดนี้เป็นพวกอัลคาไลน์ซิลิเกต (Alkaline Silicates) เช่น โซเดียมซิลิเกต หรืออลูมิเนียม และสังกะสีซัลเฟต (Zinc Sulphates)

2.3.9 สารกระจายกักฟองอากาศ (Air-Entraining Admixtures) สารกระจายกักฟองอากาศจะช่วยให้เกิดฟองอากาศเล็กๆ มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น แผ่ปนอยู่ทั่วเนื้อคอนกรีต โดยฟองเหล่านี้จะไม่ทะลุถึงกันได้ ในคอนกรีต 1 ลบ.ม. อาจมีฟองอากาศเล็กๆ 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 - Entraining 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 แต่ต้อง

ไม่เล็กกว่า 0.07 มิลลิเมตร หรือผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มิลลิเมตร ขึ้นไป หรือตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

มวลรวมที่ดีเมื่อผสมเป็นคอนกรีตแล้ว จะต้องทำให้คอนกรีตนั้นมีความสามารถเทได้ง่ายแข็งแรงทนทาน 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 การกำจัดฉีดล้างด้วยน้ำร่อนผ่านตะแกรงนิยมสุด ใส่ในภาชนะแล้วล้างการตรวจสอบสารอินทรีย์ในทรายเช่น ตะไคร่น้ำ เศษไม้เน่าเปื่อย ซากพืช ใช้มาตรฐาน ASTM C40 24 ชั่วโมง มี 5 สี เหลืองจาง เหลืองอ่อน เหลือ น้ำตาลอ่อน น้ำตาลเข้ม NaOH 3% เปลี่ยนสี ไม่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตการตรวจสอบปริมาณฝุ่นตะกอนในทรายเช่น ฝุ่น ผงโคลน ที่สามารถลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ได้ส่งผลให้ความแข็งแรงและความคงทนของคอนกรีตลดลงควรมีไม่เกิน 3% - 5%

2.4.5 คุณสมบัติที่ต้องใช้พิจารณา ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ผู้ออกแบบต้องการทราบถึงคุณสมบัติของมวลสารดังนี้

1) ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมทีใช้ (Maximum Size of Aggregate) วัดจากขนาดตะแกรงอันที่ใหญ่กว่าถัดไปจากตะแกรงที่มีเปอร์เซ็นต์ของมวลรวมที่คางมากกวาหรือเทากับ 15% ตะแกรงที่มีเปอร์เซ็นต์ของมวลรวมที่ค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 15% คือ ตะแกรงเบอร์1/2 นิ้ว ดังนั้นขนาดใหญ่สุดของมวลคือขนาดของตะแกรงเบอร์ใหญ่กว่าถัดไป ดังนั้นขนาดใหญ่สุดของหินนี้คือ ¾ มวลรวมขนาดใหญ่ต้องการปริมาณน้ำน้อยกว่ามวลรวมที่มีขนาดเล็กเพื่อให้การเทได้ (Workability) เท่ากัน เนื่องจากมีพื้นที่ผิวสัมผัสโดยรอบน้อยกว่าเมื่อน้ำหนักของมวลรวมเท่ากันดังนั้นถ้าให้ปริมาณซีเมนต์และค่ายุบตัว (Slump)เท่ากันคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมขนาดใหญ่ก็จะให้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่ามวลรวมขนาดเล็ก แต่ทั้งนี้คุณภาพของหินต้องเป็นไปตามข้อกำหนดควรระวังเรื่องของ 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

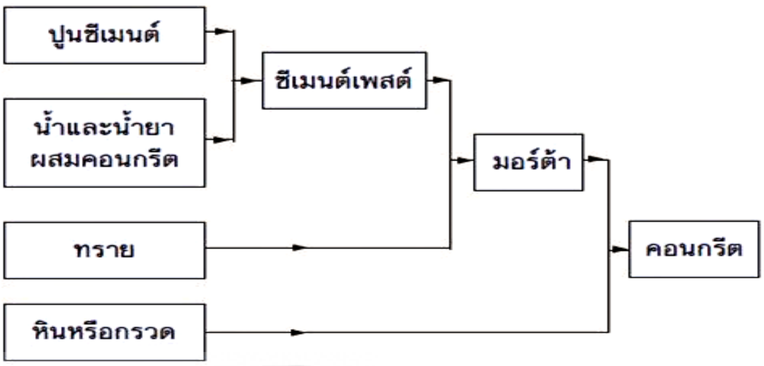
(3) น้ำหน้าที่หลักของน้ำสำหรับงานคอนกรีตมี 3 ประการคือ

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 เศรษฐบุตร.2521 : 1-5)



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบของคอนกรีต
ที่มา: องค์ประกอบของคอนกรีต, ออนไลน์ , 2560

2.5.3 คุณสมบัติของคอนกรีตสด

เมื่อได้พิจารณาวัสดุองค์ประกอบของคอนกรีตแล้ว จะกล่าวถึงคุณสมบัติของคอนกรีตสดซึ่งมีความสำคัญมาก เนื่องจากมีความสำคัญมาก แม้ว่าคอนกรีตสดจะเป็นเพียงสภาพชั่วคราวของคอนกรีตก่อนการแข็งตัว แต่เนื่องจากคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้วที่ดีได้แก่ รูปร่างและความสวยงาม กำลังการเปลี่ยนรูปร่าง ความต้านทางการซึมผ่านของน้ำ และความอดทน เหล่านี้เป็นผลมาจากการอัดแน่นคอนกรีตสดที่ดี รวมถึงการลำเลียง การเท และการแต่งผิวหน้า ล้วนแต่เป็นผลมาจากคุณสมบัติ "ความสามารถในการเทได้" ของคอนกรีตสดที่ดีทั้งสิ้น

ความสามารถเทได้ คือ ความง่ายของการเทคอนกรีตโดยที่ไม่ทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว ความสามารถเทได้ของคอนกรีตสำหรับงานแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับขนาดของคอนกรีตที่เท ความซับซ้อนของรูปร่างของคอนกรีต ปริมาณเหล็กเสริม ลักษณะความข้นเหลว ของคอนกรีตสด ชนิดและประเภทของการใช้เครื่องสั่นคอนกรีต ปริมาณงานที่ใช้ในการอัดคอนกรีตให้แน่นโดยปราศจากการแยกตัวช่องว่างในเนื้อคอนกรีต มี 2 ประเภทคือ

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

ช่องว่างที่อยู่ในเนื้อคอนกรีตจะทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลงและส่งผลให้กำลังอัดลดลงอย่างมาก โดยช่องว่าง 5 %ทำให้กำลังอัดลดลงถึง 30 %

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ เพิ่มพล ศรีนวล (2555) ได้ทำการศึกษาสมบัติของมอร์ต้าร์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ประเภทที่ 5 ผสมเถ้าแกลบบดและผงหินปูน งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติของมอร์ต้าปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ประเภทที่ 5 ผสมเถ้าแกลบบดและผงหินปูน 2 ชนิด โดยสมบัติที่ศึกษาประกอบด้วยสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 เถ้าแกลบบดและผงหินปูน สมบัติของมอร์ต้าได้แก่ ความต้องการน้ำ กำลังอัด การสูญเสียกำลังอัด และการหดตัว แบบแห้ง สารละลายที่ใช้ได้แก่

สารละลายโซเดียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟต ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักตามมาตรฐาน 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)มีการพัฒนากำลังอัดดีที่สุดและใกล้เคียงกับมอร์ต้าปกติส่วนการทดสอบความทนทานต่อซัลเฟต พบว่า การแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 ด้วยเถ้าแกลบบดและผงหินปูนเพิ่มมากขึ้นทำให้การสูญเสียกำลังอัดและการหดตัวแห้งมีค่าลดลงการสูญเสียกำลังอัดของมอร์ต้าที่แช่ในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต มีค่าการสูญเสียกำลังอัดมากกว่ามอร์ต้าที่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต

สุชาติ ภาคภูมิเกียรติคุณ และอิทธิพร ศิริสวัสดิ์ (2550) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าซีเมนต์ผสมฝุ่นหินปูน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติต่างๆของมอร์ต้าซีเมนต์ เมื่อแทนที่ปริมาณปูนซีเมนต์บางส่วนด้วยผงฝุ่นหินปูนแคลเซียมคาร์บอเนต 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 อัดตราส่วนละ 3 ตัวอย่าง ผลจากการวิจัยพบว่าการนำผงฝุ่นหินปูนมาแทนที่ปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนร้อยละต่างๆ จะส่งผลทำให้การหดตัวและร้อยละการไหลแผ่จะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณผงฝุ่นหินปูนที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่ปริมาณฟองอากาศและความสามารถในการก่อตัวจะลดลงเล็กน้อยตามปริมาณผงฝุ่นหินปูนที่เพิ่มขึ้น ในส่วนคุณสมบัติด้าน กำลังรับแรงอัด, แรงดัดและแรงดึงจะลดลงตามปริมาณผงฝุ่นหินปูน เพิ่มขึ้นในการแทนที่ปูนซีเมนต์ และพบว่าเมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มมากขึ้นกำลังรับแรงอัด, แรงดัด และแรงดึง ที่ร้อยละผงฝุ่นหินปูน 5 และ 10 จะมีการพัฒนากำลังเข้าใกล้กำลังรับแรงของมอร์ต้าที่ใช้ปูนซีเมนต์เพียงอย่างเดียว ส่วนที่ร้อยละผงฝุ่นหินปูน 15, 20, และ 25 จะมีการพัฒนากำลังต่ำกว่ากำลังรับแรงของมอร์ต้าที่ใช้ปูนซีเมนต์เพียงอย่างเดียว อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อผงฝุ่นหินปูนที่เหมาะสมที่สุดคือร้อยละ 90:10 โดยน้ำหนัก

ศตวรรษ หฤหรรษพงศ์ ทวิช พูลเงิน และสมชาย ชูชีพสกุล (2544) ได้ทำการวิจัยเรื่องกำลังอัดและโครงสร้างจุลภาคของซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมนาโนซิลิกา โดยเน้นไปที่การศึกษาผลของขนาดอนุภาคและปริมาณการแทนที่ของนาโนซิลิกาต่อการพัฒนากำลังของซีเมนต์มอร์ต้าโดยแปรเปลี่ยนขนาดอนุภาคของนาโนซิลิกาตั้งแต่ 7, 12, และ 40 นาโนเมตรและแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย นาโนซิลิกาในปริมาณ ร้อยละ 3, 5, 8, 10 ,และ 12 ตามลำดับ นอกจากนี้เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มีความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์มากขึ้นจะใช้นาโนซิลิกา ร่วมกับซิลิกาฟูมโดยแทนที่นาโนซิลิกาด้วยซิลิกาฟูมในสัดส่วนร้อยละ 0,30, 50, 70, และ 100 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ขนาดอนุภาคของนาโนซิลิกาส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนากำลังอัดของมอร์ต้า ที่ปริมาณนาโนซิลิการ้อยละ 3 และปริมาณน้ำต่อวัสดุประสาน 0.65 มอร์ต้าที่ใช้นาโนซิ

ลิกาที่มีขนาดอนุภาค 7, 12, และ 40 นาโนเมตร ให้กำลังอัดที่อายุ 28 วัน สูงกว่าซีเมนต์มอร์ต้าควบคุม 1.11, 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

UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลองการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต คณะผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ศึกษาหาสภาวะ และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต จากนั้นทำการเตรียมแผ่นบล็อกคอนกรีตจาก เศษคอนกรีต และมาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล ของแผ่นบล็อกคอนกรีตจาก เศษคอนกรีตที่ผลิตได้ โดยมีขั้นตอน คือ

3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการศึกษาและดำเนินงานวิจัยการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต ได้ดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ด้วยกันคือ ขั้นตอนที่ 1 การหาอัตราส่วนการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต เพื่อเลือกอัตราส่วน ปูน: น้ำ: หินฝุ่น: เศษคอนกรีต ที่เหมาะสม และขั้นตอนที่ 2 นำอัตราส่วนต่างๆ ในขั้นตอนที่ 1 มาทดสอบ ทดสอบความหนาแน่น (Density) ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) เปอร์เซ็นต์รูพรุน และทดสอบกำลังอัด (Compressive Strength)

3.2 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบชิ้นงานทดลองแบ่งตามชิ้นงานที่จะใช้ทดสอบ คือ ชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 50 x 50 x 50 มม ใช้ทดสอบ ทดสอบความหนาแน่น, ทดสอบการดูดซึมน้ำ เปอร์เซ็นต์รูพรุน และ ทดสอบกำลังอัด

ตารางที่ 3.1 การทดสอบชิ้นงานทดลอง

การทดสอบ	มาตรฐาน	ระยะเวลาทำการทดสอบ
ทดสอบความหนาแน่น	ASTM C 109	28 วัน
ทดสอบกำลังอัด	ASTM C 642	28 วัน
ทดสอบการดูดซึมน้ำ	ASTM C 642	28 วัน
การทดสอบเปอร์เซ็นต์รูพรุน	ASTM C 642	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. หินฝุ่น
3. เศษคอนกรีต
4. น้ำสะอาด

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 50 x 50 x 50 มม
2. เครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด 0.01 กรัม ยี่ห้อ ZEPPER รุ่น ES-1000HA
3. กระบอกตวง ช้อนตักสาร และเกรียงเหล็ก
4. ฟิล์มพลาสติกห่อชิ้นงาน (Wrapped Plastic Film)
5. เครื่องทดสอบกำลังอัด ขนาด 100 ตัน ยี่ห้อ TECHNOTEST
6. เวอร์เนียร์วัดขนาดชิ้นงานความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร

3.4 การกำหนดอัตราส่วนผสมของแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองอัตราส่วน ปูน: น้ำ: หินฝุ่น: เศษคอนกรีต (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

ส่วนผสม	สัดส่วนโดยปริมาตร ปูนซีเมนต์ (กก)	น้ำ (กก)	หินฝุ่น (กก)	เศษคอนกรีต (กก)
1	1.5	1.0	12.0	0.0
2	1.5	1.0	10.0	2.0
3	1.5	1.0	8.0	4.0
4	1.5	1.0	6.0	6.0
5	1.5	1.0	4.0	8.0
6	1.5	1.0	2.0	10.0
7	1.5	1.0	0.0	12.0

UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

3.5 วิธีการเตรียมชิ้นงานแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต

ทำการเตรียมชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ สำหรับการทดสอบกำลังอัด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ โดยขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานดังนี้

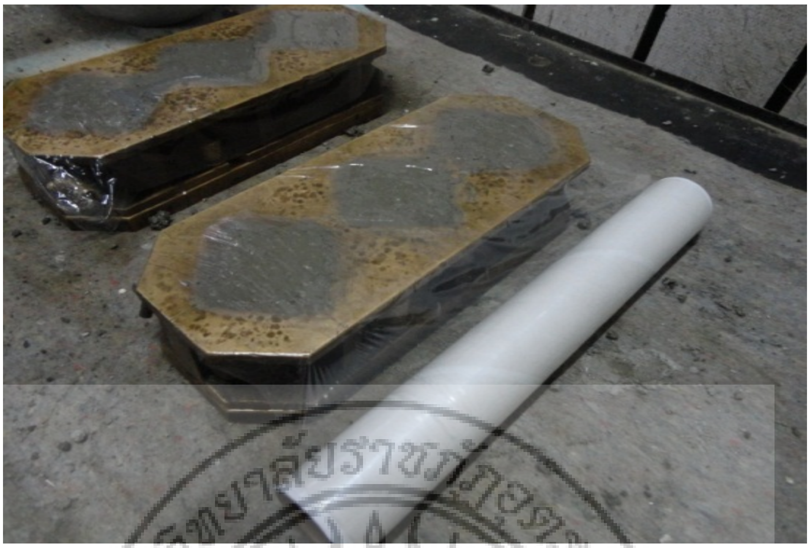
1. เตรียมแบบหล่อ โดยนำมาล้างทำความสะอาดก่อนใช้งาน

2. ชั่งส่วนผสมวัสดุ ได้แก่ ปูนซีเมนต์, น้ำ , หินฝุ่น , เศษคอนกรีต ตามอัตราส่วนต่างๆที่ออกแบบไว้ในตารางที่ 3.2

3. นำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันได้ดี เทเข้าแบบหล่อขนาด 50 x 50 x 50 มม จนเต็ม ทำการปาดผิวหน้าชิ้นงานให้เรียบด้วยเกรียงและปิดผิวหน้าด้วยฟิล์มพลาสติกทันที (เพื่อบ่มชิ้นงานตัวอย่าง)

4. แกะชิ้นงานออกจากแบบ นำไปห่อด้วยฟิล์มพลาสติก หลังผสมไปแล้ว 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานไปวางไว้บริเวณที่อากาศถ่ายเทได้ดี หลังจากนั้นเมื่อครบอายุ 28 วัน ก็นำชิ้นงานตัวอย่างไปทำการทดสอบ สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล ต่อไป

ภาพที่ 3.1 นำส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันได้ดีเข้าแบบหล่อขนาด 50 x 50 x 50 มม
ปาดผิวหน้าชิ้นงานให้เรียบด้วยเกรียง



ภาพที่ 3.2 ปิดผิวหน้าด้วยฟิล์มพลาสติก

ภาพที่ 3.3 ชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์สำหรับทดสอบสมบัติทางกายภาพ และ สมบัติเชิงกล

3.6 การทดสอบสมบัติของชิ้นงานตัวอย่าง

3.6.1. การทดสอบค่าความหนาแน่น (Density)

การทดสอบสมบัติทางกายภาพหาหน่วยน้ำหนักหรือความหนาแน่นของชิ้นงานตัวอย่างที่เตรียมได้ เพื่อต้องการทราบความหนาแน่นของคอนกรีตในแต่ละส่วนผสมที่ได้เติมเศษคอนกรีตเข้าไป โดยจะทำการทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง 5 ก้อนตัวอย่าง ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน โดยวิธีการทดสอบมีดังนี้

1. นำชิ้นงาน ที่ครบอายุการทดสอบมาชั่งหาน้ำหนัก
2. วัดขนาดของชิ้นงานโดยใช้เวอร์เนียร์ ทุกด้าน ด้านละ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยของด้าน แล้วคำนวณหาปริมาตรของก้อนชิ้นงาน
3. นำน้ำหนัก และปริมาตรที่ได้มาคำนวณตามสมการ (1)

$$D = \frac{M}{V} \tag{1}$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นของชิ้นงาน (กรัม/ซม^3)
M = น้ำหนักของชิ้นงาน (กรัม)
V = ปริมาตรของชิ้นงาน (ซม^3)

ภาพที่ 3.4 การชั่งชิ้นงานสำหรับการหาค่าความหนาแน่น

3.6.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

การทดสอบการดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่างที่เตรียมได้ เพื่อต้องการทราบถึงผลของการดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่างในแต่ละส่วนผสมที่ได้เติมเศษคอนกรีตเข้าไป โดยจะทำการทดสอบ 5 ก้อนตัวอย่าง ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน โดยวิธีการทดสอบมีดังนี้

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

$$AB = \frac{(W_d - W_s)}{W_d} \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ AB = ค่าการดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์)

W_d = น้ำหนักชิ้นงานหลังอบ (กรัม)

W_s = น้ำหนักชิ้นงานหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง (กรัม)

3.6.*3* สูตรการหาเปอร์เซ็นต์รูพรุน ความพรุนตัว (Porosity*)* คือ อัตราส่วนของปริมาตรของรูของวัสดุกับปริมาตรของวัสดุทั้งหมด โดยการพิจารณาความพรุนตัวจะพิจารณาได้จากหลายด้านตามลักษณะของวัสดุ

$$\text{เปอร์เซ็นต์รูพรุน} = \frac{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักลอยน้ำ}} \times 100\ \% \qquad (3)$$

ภาพที่ 3.5 การอบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110 ℃ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนชั่งน้ำหนัก

ภาพที่ 3.6 ชั่งชิ้นงาน และเอาไปแช่น้ำสะอาด

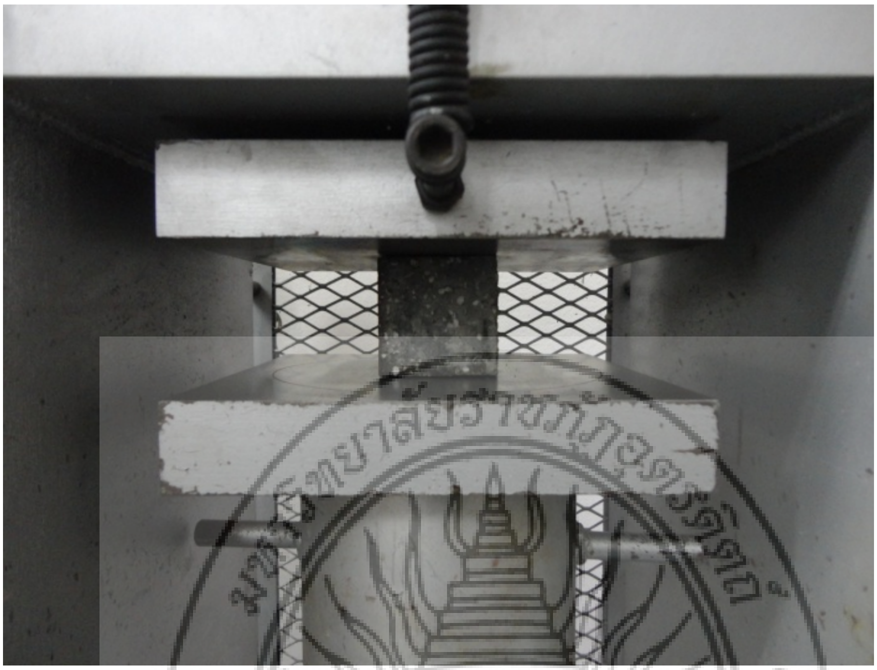
3.6.4 การทดสอบความต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)

การทดสอบหาค่ากำลังอัดของชิ้นงานตัวอย่าง เป็นสมบัติที่บอกถึงความสามารถการทนต่อแรงอัดในแต่ละส่วนผสม ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบกำลังอัดของชิ้นงานที่ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน ซึ่งจะทำการทดสอบอัตราส่วนละ 5 ก้อน ตัวอย่างด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ย โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

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

$$P = \frac{F}{A} \quad (4)$$

เมื่อ P = กำลังอัด (กก/ซม^2 หรือ ksc)
F = น้ำหนักกด (กก)
A = พื้นที่หน้าตัดของก้อนตัวอย่าง (ซม^2)



ภาพที่ 3.7 เครื่องทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ต้า

บทที่ 4

การวิเคราะห์ผล

ในการวิจัยนี้ให้ความสนใจในการศึกษาการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต โดยใช้เศษคอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้เป็นมวลรวม แล้วนำแผ่นบล็อกคอนกรีตที่เตรียมได้มาทำการตรวจสอบ สมบัติกายภาพ (เช่น ความหนาแน่น น้ำหนัก) สมบัติเชิงกล (เช่น การทนต่อแรงอัด การดูดซับน้ำ) ตามลำดับ พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับแผ่นบล็อกคอนกรีตที่ใช้อยู่ ในปัจจุบัน จากผลการทดสอบ พบว่า

4.1 บล็อกคอนกรีตทางเดิน

ลักษณะทั่วไปของบล็อกคอนกรีตทางเดิน มีขนาด 40 X 40 X 5 ซม ตามท้องตลาดทั่วไปดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 ลักษณะทั่วไปของบล็อกคอนกรีตทางเดินตามท้องตลาด

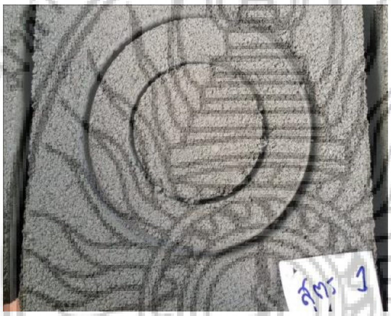
4.2 การกำหนดอัตราส่วนผสมของแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต

จาก ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองอัตราส่วน ปูน: น้ำ: หินฝุ่น: เศษคอนกรีต (ร้อยละโดยน้ำหนัก) โดยใช้แรงกดขนาด 2,000 lb/in^2

ส่วนผสม	สัดส่วนโดยน้ำหนัก ปูนซีเมนต์ (กก)	น้ำ (กก)	หินฝุ่น (กก)	เศษคอนกรีต (กก)
1	1.5	1.0	12.0	0.0
2	1.5	1.0	10.0	2.0
3	1.5	1.0	8.0	4.0
4	1.5	1.0	6.0	6.0
5	1.5	1.0	4.0	8.0
6	1.5	1.0	2.0	10.0
7	1.5	1.0	0.0	12.0

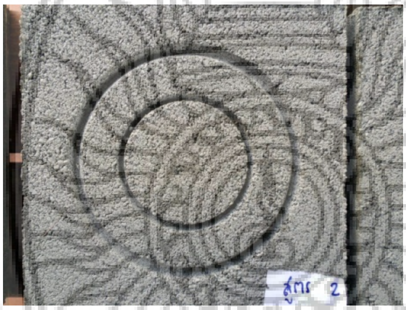
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 4.1 บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 1 ขนาดบล็อกที่อัดได้ 40 X 40 X 5 เซนติเมตร

สูตร / ก้อน	บล็อกคอนกรีตทางเดิน	ลักษณะผิวหน้าบล็อก
สูตรที่ 1 ก้อนที่ 1		ผิวหน้าของบล็อกเรียบเนียน และไม่มีรอยแตก
สูตรที่ 1 ก้อนที่ 2		ผิวหน้าของบล็อกเรียบเนียน และไม่มีรอยแตก
สูตรที่ 1 ก้อนที่ 3		ผิวหน้าของบล็อกเรียบเนียน และไม่มีรอยแตก

จากการศึกษาและหาประสิทธิภาพในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดินจากสูตรส่วนผสม คือ ปูน 1.5 กิโลกรัม หินฝุ่น 12 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 0 กิโลกรัม น้ำ 1,000 มิลลิลิตร มีขนาดบล็อกที่ได้ 40 x 40 x 5 เซนติเมตร มีผิวหน้าผิวหน้าของบล็อกเรียบเนียนและไม่มีรอยแตก

ตารางที่ 4.2 บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 2

สูตร / ก้อน	บล็อกคอนกรีตทางเดิน	ลักษณะผิวหน้าบล็อก
สูตรที่ 2 **ก้อนที่ 1**		ผิวหน้าของบล็อกเรียบเนียน และการจับตัวได้ดี
สูตรที่ 2 **ก้อนที่** 2		ผิวหน้าของบล็อกเรียบเนียน และการจับตัวได้ดี
สูตรที่ 2 **ก้อนที่** 3		ผิวหน้าของบล็อกเรียบเนียน และมีการจับตัวได้ดี

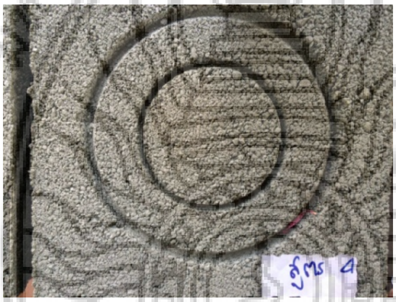
จากการศึกษาและหาประสิทธิภาพในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดินจากสูตรส่วนผสม คือ ปูน 1.5 กิโลกรัม หินฝุ่น 10 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 2 กิโลกรัม น้ำ 1,000 มิลลิลิตร มีขนาดบล็อกที่ได้ 40 x 40 x 5 เซนติเมตร ผิวหน้าของบล็อกเรียบเนียนและการจับตัวได้ดี

ตารางที่ 4.3 บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 3

สูตร / ก้อน	บล็อกคอนกรีตทางเดิน	ลักษณะผิวหน้าบล็อก
สูตรที่ 3 ก้อนที่ 1		ผิวหน้าของบล็อกมีความเรียบเนียน และไม่มีรอยแตก
สูตรที่ 3 ก้อนที่ 2		ผิวหน้าของบล็อกไม่เรียบเนียน
สูตรที่ 3 ก้อนที่ 3		ผิวหน้าของบล็อกเรียบเนียน และไม่มีรอยแตก

จากการศึกษาและหาประสิทธิภาพในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดินจากสูตรส่วนผสม คือ ปูน 1.5 กิโลกรัม หินฝุ่น 8 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 4 กิโลกรัม น้ำ 1,000 มิลลิลิตร มีขนาดบล็อกที่ได้ 40 x 40 x 5 เซนติเมตร ผิวหน้าของบล็อกเรียบเนียนและไม่มีรอยแตก

ตารางที่ 4.4 บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 4

สูตร / ก้อน	บล็อกคอนกรีตทางเดิน	ลักษณะผิวหน้าบล็อก
สูตรที่ 4 ก้อนที่ 1		ผิวหน้าของบล็อกไม่เรียบเนียน และหักบริเวณหัวมุม
สูตรที่ 4 ก้อนที่ 2		ผิวหน้าบล็อกเรียบเนียน แต่มีรอยแตก
สูตรที่ 4 ก้อนที่ 3		ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียน

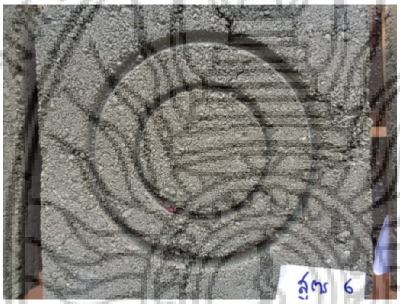
จากการศึกษาและหาประสิทธิภาพในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดินจากสูตรส่วนผสม คือ ปูน 1.5 กิโลกรัม หินฝุ่น 6 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 6 กิโลกรัม น้ำ 1,000 มิลลิลิตร มีขนาดบล็อกที่ได้ 40 x 40 x 5 เซนติเมตร ผิวหน้าของบล็อกไม่มีความเรียบเนียนและแตกร้าว

ตารางที่ 4.5 บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 5

สูตร / ก้อน	บล็อกคอนกรีตทางเดิน	ลักษณะผิวหน้าบล็อก
สูตรที่ 5 ก้อนที่ 1		ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียน และมีรอยแตกที่ขอบข้างของบล็อก
สูตรที่ 5 ก้อนที่ 2		ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียน และมีรอยแตกร้าว
สูตรที่ 5 ก้อนที่ 3		ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียน และขอบข้างบล็อกแตก

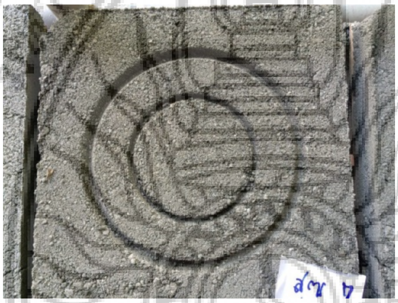
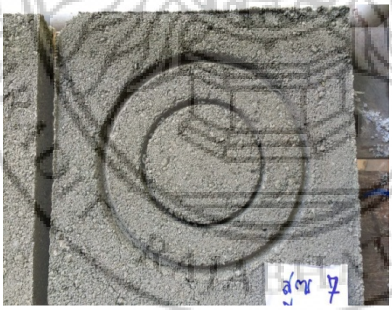
จากการศึกษาและหาประสิทธิภาพในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดินจากสูตรส่วนผสม คือ ปูน 1.5 กิโลกรัม หินฝุ่น 4 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 8 กิโลกรัม น้ำ 1,000 มิลลิลิตร มีขนาดบล็อกที่ได้ 40 x 40 x 5 เซนติเมตร ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียนและมีรอยแตกที่ขอบข้างของบล็อก

ตารางที่ 4.6 บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 6

สูตร / ก้อน	บล็อกคอนกรีตทางเดิน	ลักษณะผิวหน้าบล็อก
สูตรที่ 6 ก้อนที่ 1		ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียน และบล็อกแตก
สูตรที่ 6 ก้อนที่ 2		ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียน และมีรอยแตกร้าว
สูตรที่ 6 ก้อนที่ 3		ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียนขอบข้างแตก และมีรอยแตกร้าว

จากการศึกษาและหาประสิทธิภาพในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดินจากสูตรส่วนผสม คือ ปูน 1.5 กิโลกรัม หินฝุ่น 2 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 10 กิโลกรัม น้ำ 1,000 มิลลิลิตร มีขนาดบล็อกที่ได้เท่ากับ 40 x 40 x 5 เซนติเมตร ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียนขอบข้างแตก และมีรอยแตกร้าว

ตารางที่ 4.7 บล็อกคอนกรีตทางเดินสูตรที่ 7

สูตร / ก้อน	บล็อกคอนกรีตทางเดิน	ลักษณะผิวหน้าบล็อก
สูตรที่ 7 **ก้อนที่ 1**		ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียน และมีรอยแตกร้าว
สูตรที่ 7 **ก้อนที่** 2		ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียน และขอบข้างมีการแตกร้าว
สูตรที่ 7 **ก้อนที่** 3		ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียน และมีรอยแตกร้าว

จากการศึกษาและหาประสิทธิภาพในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดินจากสูตรส่วนผสม คือ ปูน 1.5 กิโลกรัม หินฝุ่น 0 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 12 กิโลกรัม น้ำ 1,000 มิลลิลิตร มีขนาดบล็อกที่ได้เท่ากับ 40 x 40 x 5 เซนติเมตร ผิวหน้าบล็อกไม่เรียบเนียนและมีรอยแตกร้าว

4.3 ประสิทธิภาพในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดิน (ที่อัดด้วยเครื่องอัดบล็อกคอนกรีตทางเดิน)

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดิน ได้แก่ ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ เปอร์เซ็นต์รูพรุน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ผลเฉลี่ยความหนาแน่น , เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ, เปอร์เซ็นต์รูพรุน

สูตรที่	ความหนาแน่น (kg/m^3)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)	เปอร์เซ็นต์รูพรุน (%)
ตามท้องตลาด	10.39	21.09	218.22
สูตร 1	260.94	6.77	174.31
สูตร 2	104.30	13.66	194.93
สูตร 3	103.92	7.44	776.34
สูตร 4	189.73	15.69	3038.00
สูตร 5	118.14	10.02	1222.99
สูตร 6	122.15	16.11	1947.48
สูตร 7	157.12	15.98	2564.98

จากตารางที่ 4.9 พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดินที่ผลิตขึ้น อยู่ในช่วง 103.92 – 260.94 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดินที่จำหน่ายในท้องตลาดที่มีค่าความหนาแน่นเพียง 10.39 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยสูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณหินฝุ่นมากที่สุด มีความหนาแน่นมากที่สุด จึงอาจสรุปได้ว่าเป็นความหนาแน่นของหินฝุ่น ในขณะที่สูตรที่ 4 ซึ่งมีการเติมเศษคอนกรีตเข้าไปแทนหินฝุ่น (หินฝุ่น 6 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 6 กิโลกรัม) มีค่าความหนาแน่นสูงถึง 189.73 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 6.77 – 16.11 % ซึ่งต่ำกว่า เมื่อเทียบกับแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดินที่จำหน่ายในท้องตลาดที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงถึง 21.09 % นอกจากนี้ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์รูพรุนอยู่ในช่วง 174.31 – 3,038.00 % ขณะที่เปอร์เซ็นต์รูพรุนของแผ่นพื้นบล็อกคอนกรีตที่จำหน่ายในท้องตลาด เท่ากับ 218.22 %

จากการทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดิน โดยทดสอบความต้านทานแรงอัดของบล็อกคอนกรีต สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.10

ตาราง 4.9 การทดสอบความต้านทานแรงอัดของส่วนผสมบล็อกคอนกรีตทางเดิน

สูตร	กำลังอัด (ksc)
มอก. 58-2533	25
ท้องตลาด(ไม่ระบุยี่ห้อ)	105
สูตร 1	153.47
สูตร 2	119.23
สูตร 3	120.40
สูตร 4	87.07
สูตร 5	86.93
สูตร 6	40.45
สูตร 7	40.37

จากตารางที่ 4.10 พบว่า ความต้านทานแรงอัดของแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดิน อยู่ในช่วง 40.37 – 153.47 ksc ซึ่งสูงกว่าแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดินตามมาตรฐานอุตสาหกรรมที่มีค่าความต้านทานแรงอัดเพียง 25 ksc แสดงว่าทุกสูตรมีกำลังการรับกำลังอัดผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยสูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณหินฝุ่นมากที่สุด มีความต้านทานแรงอัดมากที่สุด จึงอาจสรุปได้ว่าเป็นความความต้านทานแรงอัดของหินฝุ่น ในขณะที่สูตรที่ 3 ซึ่งมีการเติมเศษคอนกรีตเข้าไปแทนหินฝุ่น (หินฝุ่น 8 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 4 กิโลกรัม) มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงถึง 120.40 ksc

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเป็นการศึกษาเรื่อง การผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต โดยใช้เศษคอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้เป็นมวลรวม แล้วนำแผ่นบล็อกคอนกรีตที่เตรียมได้มาทำการตรวจสอบสมบัติกายภาพ (เช่น ความหนาแน่น น้ำหนัก) สมบัติเชิงกล (เช่น การทนต่อแรงอัด การดูดซับน้ำ) ตามลำดับ พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับแผ่นบล็อกคอนกรีตที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน สามารถสรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต ศึกษาหาสภาวะ และวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีต โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ เช่น ส่วนประกอบที่ใช้ ปริมาณที่ใช้ในอัตราส่วนต่างๆ เป็นต้น และ ศึกษาสมบัติด้านต่างๆ ของแผ่นบล็อกคอนกรีตจากเศษคอนกรีตที่ผลิตได้ เช่น สี ความหนาแน่น การทนต่อแรงอัด การดูดซับน้ำ เปอร์เซ็นต์รุพรุน เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ ใช้เครื่องอัดบล็อกแผ่นคอนกรีตทางเดิน มีมอเตอร์เป็นต้นกำลังในการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดิน ใช้มอเตอร์ 5 แรงม้า ใช้กำลังไฟฟ้าผลิต 220v มีขนาดของเครื่อง 55 x 83 x 233 เซนติเมตร แม่พิมพ์รูปทรงสี่เหลี่ยมมีขนาด 40 x 40 x 5 เซนติเมตร สามารถผลิตบล็อกคอนกรีตทางเดินได้ครั้งละ 1 ก้อนและสามารถผลิตได้วันละ 300 - 350 ก้อน ต่อวัน

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของบล็อกคอนกรีตทางเดินที่มีอัตราส่วนที่ดีที่สุด คือ ปูน 1.5 กิโลกรัม หินฝุ่น 8 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 4 กิโลกรัม น้ำ 1,000 มิลลิลิตร โดยแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดิน มีความต้านทานแรงอัด 120.40 ksc ซึ่งสูงกว่าเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก) และ แผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดินที่จำหน่ายตามท้องตลาด (25 และ 105 ksc) มีความหนาแน่น 103.92 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำ 7.44 % เปอร์เซ็นต์รูพรุน 776.34 % โดยผิวหน้าบล็อกเรียบเนียนมีความสวยงามและตัวบล็อกมีการจับตัวของหน้าผิวตัวบล็อกได้ดีมีความแข็งแรง สามารถนำไปใช้งานได้จริง

5.2 อภิปรายผล

จากการทดสอบหาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดินทั้ง 7 สูตร โดยมีอัตราส่วน ปูน: น้ำ: หินฝุ่น: เศษคอนกรีต (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ต่างๆ กัน และใช้แรงกดขนาด 2,000 lb/in^2 จากการทดสอบ พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดิน อยู่ในช่วง 103.92 – 260.94 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดินที่จำหน่ายในท้องตลาดที่มีค่าความหนาแน่นเพียง 10.39 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยสูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณหิน

ฝุ่นมากที่สุด มีความหนาแน่นมากที่สุด จึงอาจสรุปได้ว่าเป็นความหนาแน่นของหินฝุ่น ในขณะที่สูตรที่ 4 ซึ่งมีการเติมเศษคอนกรีตเข้าไปแทนหินฝุ่น (หินฝุ่น 6 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 6 กิโลกรัม) มีค่าความหนาแน่นสูงถึง 189.73 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 6.77 – 16.11 % ซึ่งต่ำกว่า เมื่อเทียบกับแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดินที่จำหน่ายในท้องตลาดที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงถึง 21.09 % นอกจากนี้ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์รูพรุนอยู่ในช่วง 174.31 – 3038.00 % ขณะที่เปอร์เซ็นต์รูพรุนของแผ่นพื้นบล็อกคอนกรีตที่จำหน่ายในท้องตลาด เท่ากับ 218.22 % และจากการทดสอบความต้านทานแรงอัด พบว่า ความต้านทานแรงอัดของแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดิน อยู่ในช่วง 40.37 – 153.47 ksc ซึ่งสูงกว่าแผ่นบล็อกคอนกรีตทางเดินตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก) มีค่าความต้านทานแรงอัดเพียง 25 ksc โดยสูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณหินฝุ่นมากที่สุด มีความต้านทานแรงอัดมากที่สุด จึงอาจสรุปได้ว่าเป็นความความต้านทานแรงอัดของหินฝุ่น ในขณะที่สูตรที่ 3 ซึ่งมีการเติมเศษคอนกรีตเข้าไปแทนหินฝุ่น (หินฝุ่น 8 กิโลกรัม เศษคอนกรีต 4 กิโลกรัม) มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงถึง 120.40 ksc

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีเครื่องสำหรับผสมคอนกรีต เพื่อเพิ่มความรวดเร็วและเพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันเป็นอย่างดี

5.3.2 วัตถุดิบที่ผ่านการผสมแล้ว คือ ปูน เศษคอนกรีต หินฝุ่น น้ำ ควรมีความละเอียดสม่ำเสมอเพราะจะมีผลต่อการอัดบล็อกคอนกรีตทางเดิน

RAJABHAT UNIVERSITY

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