



การใช้หินฝุ่นแทนทรายในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จ*

รัฐสุวรรณ กิ่งแก้ว** ปณิตริดา ไชยจิตร** วีรพงศ์ โชติช่วย*** และ จรรยา ใจหาญ****

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบมวลรวมของทรายและหินฝุ่น ออกแบบส่วนผสมใหม่โดยใช้น้ำหนักของหินฝุ่นแทนทรายในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จ ในสัดส่วนของหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 รวมทั้งหมด 11 สัดส่วน โดยมีสัดส่วนของหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 0 เป็นสัดส่วนควบคุม กำหนดค่ายุบตัวที่ 7.5 ± 2.5 เซนติเมตร และทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีตผสมเสร็จที่ออกแบบใหม่ 3 ประเภท ดังนี้ กำลังอัดที่ 210, 240 และ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุ 7, 14, และ 28 วัน ตามลำดับ

ผลการทดสอบมวลรวมพบว่า ทรายและหินฝุ่น มีค่าโมดูลัส ค่าความละเอียด ความถ่วงจำเพาะ การดูดซึมน้ำ หน่วยน้ำหนัก และความชื้น ใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด สามารถนำไปใช้ในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จได้ ผลการทดสอบค่าการรับกำลังอัดที่เหมาะสมที่สุด มีดังนี้ (1) ค่าการรับกำลังอัดที่ 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ใช้สัดส่วนหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 90 (2) ค่าการรับกำลังอัดที่ 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ใช้สัดส่วนหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 80 และ (3) ค่ากำลังอัดที่ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรใช้สัดส่วนหินฝุ่นแทนทรายที่ร้อยละ 100

คำสำคัญ : หินฝุ่น ทราย มวลรวม คอนกรีตผสมเสร็จ

* ได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และบริษัท ผาทอง 24 จำกัด

** อาจารย์ประจำ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้ จังหวัดนครศรีธรรมราช

*** ผู้ช่วยอธิการบดี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

**** พนักงาน บริษัท ผาทอง 24 จำกัด จังหวัดนครศรีธรรมราช



The Substitution of Sand by Stonedust in Ready Mixed Concrete*

Ratsawat Kingkaew** Phantarida Chaijit** Veerapong Chotchuay***
and Janya Chaihan****

Abstract

This research project was aimed at examining the aggregated weights of sand and stonedust in ready mixed concrete. The concrete mixture was redesigned in varying degrees of stonedust concentration to substitute sand as 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 percent, while the control value of stonedust as substitution of sand was 0 percent. The slump value was set between 7.5 ± 2.5 centimeters. The three compressive strength values of the newly designed ready mixed concrete of 210, 240, and 280 kilograms per square centimeter were examined at the age of 7, 14 and 28 days, respectively.

The results showed that the aggregated weights of sand and stonedust in terms of fineness modulus, specific gravity, absorption, unit weight of aggregate and moisture content were about the same and at the acceptable level. Therefore, stonedust can be used to substitute sand in preparing ready mixed concrete. With regards to compressive strength per square centimeter, (1) it was found that there were 3 strengths of 210, 240 and 280 kilograms be suitable for substituted stonedust instead of sand at concentration of 90, 80 and 100 percent, respectively.

Key words: Stonedust; Sand; Aggregated Weight; Ready Mixed Concrete

* This Research was funded from the Commission on Higher Education and Phathong 24 Company Ltd.

** Faculty Member, Southern College of Technology, Nakhon Si Thammarat Province.

*** Assistant to the President, Walailak University, Nakhon Si Thammarat Province.

**** Staff, Phathong 24 Company Ltd., Nakhon Si Thammarat Province.



บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมบริการ ประเภทการก่อสร้าง มีบทบาทอย่างสูงในการพัฒนาประเทศ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการก่อสร้างที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม ถนน และสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ โดยการดำเนินงานทั้งหมดจะต้องใช้คอนกรีตเป็นองค์ประกอบหลัก เพราะคอนกรีตเป็นวัสดุที่สามารถออกแบบให้รับน้ำหนักสิ่งก่อสร้างให้มีความคงทนและมีอายุการใช้งานยาวนานได้ตามความต้องการ คอนกรีตผสมเสร็จมีข้อดี คือ ช่วยให้ความสะดวกรวดเร็วในการทำงานและประหยัดต้นทุนมากกว่าการผสมคอนกรีตด้วยแรงงานคน ตลอดจนสามารถกำหนดปริมาณในการใช้ปูนได้อย่างถูกต้องแน่นอน ดังนั้นถ้าสามารถลดต้นทุนในแต่ละกระบวนการได้ก็ถือว่าการประกอบธุรกิจประสบความสำเร็จ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำหินฝุ่นที่ได้จากกระบวนการผลิตหินในอุตสาหกรรมโรงโม่หินมาใช้แทนทรายในส่วนผสมของคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่ม (บริษัท ทีพีโอ คอนกรีต จำกัด, 2551) ในอุตสาหกรรมโรงโม่หิน หินฝุ่น (Stonedust) เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่มีการจำหน่ายให้ลูกค้า เพื่อนำไปใช้งานต่าง ๆ เช่น ใช้ในการถมที่เป็นส่วนผสมในการทำแอสฟัลต์ ปรับสภาพหน้าดิน และเป็นส่วนผสมของการผลิตคอนกรีตบล็อก การนำหินฝุ่นมาใช้แทนทรายในส่วนผสมของคอนกรีตผสมเสร็จนั้นเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่อุตสาหกรรมโรงโม่หินอีกทางหนึ่ง (ทรายเป็นวัตถุดิบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่นับวันใกล้จะหมดลงทุกที) และยังสามารถลดต้นทุนในการดำเนินงานของธุรกิจการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

จากการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการศึกษาการนำหินฝุ่นไปเป็นส่วนผสมของคอนกรีต ผลการศึกษาพบว่าหินฝุ่นสามารถนำไป

เป็นส่วนผสมของคอนกรีตได้และไม่ทำให้คุณภาพคอนกรีตลดลง (ประชุม คำพุ่ม และ สัจจะชาญ พรีตมะลิ, 2549) แต่สมบัติของหินฝุ่นจะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ทำให้อัตราส่วนของส่วนผสมในผลิตภัณฑ์จะแตกต่างกัน (ธีระเทพพรหม, 2552) ซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตด้วย และที่สำคัญ คือ ยังไม่มีการวิจัยที่สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบของคอนกรีตผสมเสร็จขึ้น โดยออกแบบส่วนผสมโดยน้ำหนักในการใช้หินฝุ่นแทนการใช้ทราย ซึ่งจะทำให้ลดต้นทุนในการดำเนินการ เนื่องจากราคาหินฝุ่นจะถูกกว่าทราย อีกทั้งแหล่งวัตถุดิบหินฝุ่นอยู่ใกล้ สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของขนส่งลงได้ คาดว่าผลการวิจัยที่ได้จะสามารถนำไปขยายผลในเชิงพาณิชย์ต่อบริษัทที่ร่วมดำเนินการได้ใน 2 ด้าน คือ ด้านผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรมใหม่ และด้านผลตอบแทนทางการเงินที่สูงขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ออกแบบส่วนผสมโดยน้ำหนักในการเพิ่มสัดส่วนของหินฝุ่นแทนทรายในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จ
2. ทดสอบคุณภาพคอนกรีตผสมเสร็จตามส่วนผสมที่ออกแบบขึ้น ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

วิธีการวิจัย

ออกแบบส่วนผสมโดยน้ำหนักของหินฝุ่นแทนทรายในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จ ในสัดส่วนของหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 และ 10 รวมทั้งหมด 10 สัดส่วน โดยมีสัดส่วนของหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 0 เป็นสัดส่วนควบคุม

(1) ใช้ Mix Design ที่ Strength 240 กก./ตร.ซม. แบบ Cube ที่อายุ 28 วัน



ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมของคอนกรีตผสมเสร็จ

รายละเอียดส่วนผสม	สัดส่วนผสม
สัดส่วนปูนซีเมนต์	15.25 กิโลกรัม
สัดส่วนหิน	63.75 กิโลกรัม
สัดส่วนน้ำ	9.25 ลิตร
สัดส่วนน้ำยา	76.25 ซีซี

โดยสัดส่วนหิน เท่ากับ หินฝุ่นแทนทราย ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100

ในการผสมสัดส่วนจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อความสามารถเทได้ของคอนกรีต ได้แก่ ปริมาณน้ำในส่วนผสม สมบัติของหิน-ทราย ส่วนผสมของคอนกรีต ชนิดของปูนซีเมนต์ และสารผสมเพิ่ม (บริษัท ผาทอง 24 จำกัด, 2550)

มาตรฐานการออกแบบคอนกรีตจะต้องออกแบบคอนกรีตให้มีความแข็งแรงมากกว่ากำลังอัดของงานที่กำหนดไว้ ดังสมการ $f_{cr} = f_c + k_s$ (Concrete Technology, 2010)

(2) กำหนดค่ายุบตัว (Slump) ที่ 7.5 ± 2.5 ซม. ทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบและการวัดการผสมคอนกรีต (ขอขยายการรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบ, 2010)

(3) ในแต่ละสัดส่วนจะทดสอบลูกปูนชนิด Cube $15 \times 15 \times 15$ ซม. จำนวนสัดส่วนละ 30 ตัวอย่าง ที่อายุ 28 วัน

(4) นำค่าที่ได้มา Plot กราฟ เพื่อหาค่าสัดส่วนที่เหมาะสม 3 ค่า

การทดสอบค่าการรับกำลังอัด โดยนำสัดส่วนที่เหมาะสม 3 ค่า มาทดสอบ

(1) กำลังอัดที่ 210 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน

(2) กำลังอัดที่ 240 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน

(3) กำลังอัดที่ 280 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน

ผลการวิจัย

จากการทดสอบค่าการรับกำลังอัดที่ 240 กก./ตร.ซม. โดยใช้สัดส่วนทั้งหมด 11 สัดส่วน เพื่อหาค่าสัดส่วนที่เหมาะสม 3 ค่า ผลการทดสอบค่าการรับกำลังอัด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่ 240 กก./ตร.ซม. (เพื่อหาค่าสัดส่วนที่เหมาะสม 3 ค่า)

ลำดับ	สัดส่วนหินฝุ่นแทนทราย (ร้อยละ)	ผลการทดสอบค่าการรับกำลังอัด (กก./ตร.ซม.)			เปรียบเทียบ กับ สัดส่วนควบคุม
		7 วัน	14 วัน	28 วัน	
1	0	281.47	296.29	333.75	0
2	100	284.05	309.01	332.24	-1.51
3	90	286.64	301.73	335.26	1.51
4	80	281.47	296.29	329.22	-4.53
5	10	281.47	290.89	325.16	-8.59
6	70	294.38	309.88	344.32	10.57
7	60	275.02	289.50	321.67	-12.08
8	50	275.02	306.57	321.67	-12.08
9	30	296.97	320.60	347.34	13.59
10	20	272.44	286.78	318.65	-15.10
11	40	302.18	329.93	353.38	19.38

จากผลการทดสอบค่ากำลังอัดเพื่อหาค่าสัดส่วนที่เหมาะสม 3 ค่า พบว่าค่าสัดส่วนที่เหมาะสม 3 ค่า คือ สัดส่วนหินฝุ่นแทนทรายที่ร้อยละ 100, 90 และ 80 ตามลำดับ ซึ่งพิจารณาจากผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่มีค่าใกล้เคียงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนควบคุม จากนั้นนำค่าสัดส่วนที่เหมาะสม 3 ค่า ไปทดสอบค่ากำลังอัดเพื่อหาค่าสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด ผลการทดสอบค่าการรับกำลังอัด (ตารางที่ 3-5)



ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่ 210 กก./ตร.ซม.

ลำดับ ส่วนที่	สัดส่วน หินฝุ่น แทนทราย (ร้อยละ)	ผลการทดสอบค่าการรับกำลังอัด (กก./ตร.ซม.)			เปรียบเทียบกับ สัดส่วน ควบคุม
		7 วัน	14 วัน	28 วัน	
1	0	281.93	314.65	322.17	0
2	90	271.57	312.30	326.59	4.42
3	80	297.33	329.27	331.07	8.90
4	100	276.91	302.39	308.86	-13.31

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่ 240 กก./ตร.ซม.

ลำดับ ส่วนที่	สัดส่วน หินฝุ่น แทนทราย (ร้อยละ)	ผลการทดสอบค่าการรับกำลังอัด (กก./ตร.ซม.)			เปรียบเทียบกับ สัดส่วน ควบคุม
		7 วัน	14 วัน	28 วัน	
1	0	314.80	338.17	351.06	0
2	80	293.15	345.78	353.32	2.26
3	90	334.31	356.31	356.90	5.84
4	100	316.94	312.44	342.97	-8.09

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่ 280 กก./ตร.ซม.

ลำดับ ส่วนที่	สัดส่วน หินฝุ่น แทนทราย (ร้อยละ)	ผลการทดสอบค่าการรับกำลังอัด (กก./ตร.ซม.)			เปรียบเทียบกับ สัดส่วน ควบคุม
		7 วัน	14 วัน	28 วัน	
1	0	343.69	378.26	396.67	0
2	100	341.10	356.81	396.61	0.24
3	90	355.81	386.93	390.91	-5.76
4	80	334.17	382.04	402.51	5.84

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดสอบมวลรวมของทรายและหินฝุ่น พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าหินฝุ่น สามารถนำไปใช้ในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จได้ และจากผลการทดสอบค่าการรับกำลังอัด โดยนำสัดส่วนที่

เหมาะสม 3 ค่า มาทดสอบค่ากำลังอัดที่ 210, 240 และ 280 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน โดยเลือกค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน เนื่องจากเป็นเกณฑ์มาตรฐานของอายุการบ่มแท่งคอนกรีตผสมเสร็จเพื่อใช้ในการทดสอบกำลังอัด สามารถอธิบายผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. ผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่ 210 กก./ตร.ซม. พบว่า ค่าการรับกำลังอัดของสัดส่วนหินฝุ่นแทนทรายที่ร้อยละ 90 มีค่าใกล้เคียงกับสัดส่วนควบคุมมากที่สุด สรุปได้ว่าการใช้สัดส่วนหินฝุ่นแทนทรายที่ร้อยละ 90 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด

2. ผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่ 240 กก./ตร.ซม. พบว่า ค่าการรับกำลังอัดของสัดส่วนหินฝุ่นแทนทรายที่ร้อยละ 80 มีค่าใกล้เคียงกับสัดส่วนควบคุมมากที่สุด สรุปได้ว่าการใช้สัดส่วนหินฝุ่นแทนทรายที่ร้อยละ 80 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด

3. ผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่ 280 กก./ตร.ซม. พบว่า ค่าการรับกำลังอัดของสัดส่วนหินฝุ่นแทนทรายที่ร้อยละ 100 มีค่าใกล้เคียงกับสัดส่วนควบคุมมากที่สุด สรุปได้ว่าการใช้สัดส่วนหินฝุ่นแทนทรายที่ร้อยละ 100 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด

สอดคล้องกับการศึกษาของ ประชุม คำพุ่ม และ สัจจะชาญ พรีดมะลิ (2549) ศึกษา กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวมละเอียดแทนทรายและใส่สารผสมเพิ่มประเภทลดปริมาณน้ำและเร่งเวลาการก่อตัว ที่ศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวมละเอียดแทนทรายบางส่วนและแทนที่ทั้งหมดโดยใส่สารผสมเพิ่มประเภทลดน้ำและเร่งเวลาการก่อตัว ใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์: มวลรวมละเอียด: หินเท่ากับ 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.45 พบว่า เมื่อไม่ใส่สารผสมเพิ่มที่อายุ 7 วัน คอนกรีตที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 70, 90,



100 (ร้อนผ่านตะแกรง) และ 100 (ไม่ร้อนผ่านตะแกรง) โดยน้ำหนักมีกำลังอัดเท่ากับ 275, 260, 241 และ 234 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ และเมื่อใส่สารผสมเพิ่ม ได้ค่ากำลังอัดเท่ากับ 292, 287, 276 และ 258 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ และมีค่าการยุบตัวโดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.25 ซม. ซึ่งมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มอยู่ 2 ซม. และพบว่าที่อายุ 28 วัน คอนกรีตที่ใช้หินปูนแทนทรายร้อยละ 70 มีค่ากำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 407 กก./ตร.ซม. ในขณะที่คอนกรีตปกติมีค่ากำลังอัดเท่ากับ 348 กก./ตร.ซม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ผสมหินปูนแทนทรายทั้งหมด จากผลการทดสอบแสดงว่าสามารถนำหินปูนไปใช้ในงานคอนกรีตทั่วไปได้

สอดคล้องกับธีระ เทพพรหม (2552) ศึกษา กำลังอัดของคอนกรีตโดยใช้หินปูนเป็นส่วนผสมแทนทรายหยาบ ใช้หินปูนโรงโมหินนราธิวาสที่ศึกษา กำลังอัดของคอนกรีต โดยใช้หินปูนเป็นส่วนผสมแทนทรายหยาบที่ร้อยละ 0, 40, 60, 80, 90 และ 100 ที่ค่าการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังอัด 250 และ 350 กก./ตร.ซม. ค่ายุบตัว 8-10 ซม. และหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่างขนาด 15x15x15 ซม. บ่มคอนกรีตโดยวิธีแช่น้ำตลอดอายุคอนกรีตที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน พบว่า ที่ค่าการออกแบบกำลังอัดประลัย 250 กก./ตร.ซม. พบว่าแท่งคอนกรีตตัวอย่างที่ผสมหินปูนบางส่วนและทั้งหมด มีค่ากำลังอัดประลัยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.99-1.07 เท่าของกำลังอัดประลัยเฉลี่ยจากการผสมด้วยทรายหยาบทั้งหมด และที่ค่าการออกแบบกำลังอัดประลัย 350 กก./ตร.ซม. พบว่าแท่งคอนกรีตตัวอย่างที่ผสมหินปูนบางส่วนและทั้งหมด มีค่ากำลังอัดประลัยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.00-1.06 เท่าของกำลังอัดประลัยเฉลี่ยจากการผสมด้วยทรายหยาบทั้งหมด จากผลการทดสอบในทั้งสองค่าการออกแบบแสดงว่า คอนกรีตที่ผสมหินปูนจากโรงโมหินนราธิวาสเป็นส่วนผสมประเภทมวลรวมละเอียดแทนทรายหยาบ สามารถรับกำลังอัดได้ใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ผสมด้วยทรายหยาบ

จากแม่น้ำยะกังเป็นมวลรวมละเอียดทั้งหมด ดังนั้นจึงถือได้ว่าหินปูนจากโรงโมหินนราธิวาส สามารถใช้แทนทรายหยาบในการทำคอนกรีตโครงสร้างทั่วไปได้ และสอดคล้องกับสารวจน์ ดำรงค์สีล (2015) ศึกษาผลกระทบของการใช้เถ้าแกลบผสมเถ้าลอยต่อสมบัติเชิงกลของคอนกรีต ที่ศึกษาผลกระทบของการใช้เถ้าแกลบผสมเถ้าลอยต่อสมบัติเชิงกลของคอนกรีต ได้แก่ กำลังอัดและกำลังดัดของคอนกรีต โดยมีตัวแปรในการศึกษาคือ ปริมาณเถ้าแกลบผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 และร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน เปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วน เถ้าแกลบผสมเถ้าลอย ด้วยวิธีการบดรวมในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ผลจากการทดสอบ พบว่า ค่ากำลังอัดและกำลังดัดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบร่วมกับเถ้าลอย จะลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบผสมเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่า การใช้เถ้าแกลบผสมเถ้าลอยในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก อาจใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในการทำคอนกรีตได้ถึงร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน โดยยังคงมีสมบัติเชิงกลเทียบเท่ากับคอนกรีตควบคุมที่ทำจากปูนซีเมนต์ล้วน

สรุป

ผลการทดสอบมวลรวมพบว่าทรายและหินปูน มีค่าโมดูลัส ค่าความละเอียด ความถ่วงจำเพาะ การดูดซึมน้ำ หน่วยน้ำหนัก และความชื้น ใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดสามารถนำไปใช้ในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จได้ ผลการทดสอบค่าการรับกำลังอัดที่เหมาะสมที่สุดมีดังนี้ (1) ค่าการรับกำลังอัดที่ 210 กก./ตร.ซม. สัดส่วนหินปูนแทนทรายร้อยละ 90 (2) ค่าการรับกำลังอัดที่ 240 กก./ตร.ซม. สัดส่วนหินปูนแทนทรายที่ร้อยละ 80 และ (3) ค่ากำลังอัดที่ 280 กก./ตร.ซม. สัดส่วนหินปูนแทนทรายที่ร้อยละ 100



ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดสอบทรายและหินฝุ่น จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของทรายและหินฝุ่นให้อยู่ในค่าที่ใกล้เคียงกัน เพราะหากไม่มีการควบคุมจะมีผลต่อผลการทดสอบ
2. ขนาดและรูปร่างของลูกปูนทดสอบจะมีผลต่อการทดสอบค่าการรับกำลังอัด
3. ผลการวิจัยทั้งหมดนั้นเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้หินฝุ่นจากแหล่งเดียวเท่านั้น ซึ่งหากใช้หินฝุ่นจากแหล่งอื่น ๆ ซึ่งมีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างไป ก็จะทำให้ผลการทดสอบเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะ ชนิด และสมบัติของหินฝุ่นแหล่งนั้น ๆ โดยจะต้องมีการศึกษาต่อไป
4. ถ้าได้นำผลวิจัยนี้ไปใช้จริง ควรมีการเก็บข้อมูลเพื่อแสดงให้เห็นถึงการนำไปใช้ และผลที่เกิดขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

- บริษัท ทีพีไอ คอนกรีต จำกัด. (2551). *คอนกรีตเทคโนโลยี*. ทีพีไอ คอนกรีต.
- บริษัท ผาทอง 24 จำกัด. (2550). *คอนกรีตผสมเสร็จ*. ผาทอง 24.
- ธีระ เทพพรหม. (2552). การศึกษากำลังอัดของคอนกรีตโดยใช้หินฝุ่นเป็นส่วนผสมแทนทรายหยาบ กรณีศึกษา: หินฝุ่นโรงโม่หินนราธิวาส. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 1(2), 28-41.
- ประชุม คำพุ่ม และ สัจจะชาญ พรัดมะลิ. (2549). การศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวมละเอียดแทนทรายและใส่สารผสมเพิ่มประเภทลดปริมาณน้ำและเร่งเวลาการก่อตัว. *วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง*, 14(1), 26-33.
- สาโรจน์ ดำรงค์สีล. (2015). ผลกระทบของการใช้แก้วกลบผสมแก้วลอยต่อคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต. *RMUTP Research Journal*, 9(1), 125-133.
- ขอขยายการรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบ. (2010). Receive, from http://www.tisi.go.th/lab/testing/test11_t.htm.
- Concrete Technology. (2010). Receive, from http://www.thai-engineering.com/i-ready_mixed_concrete_th.php.7