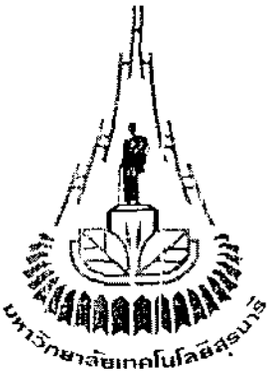


รายงานการวิจัย

การพัฒนาคอนกรีตวัสดุมวลรวมเบาจากดินเผา Silty Sand

Developement of Light-weight Aggregate Concrete from Baked Silty Sand

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ดร. มงคล จิรวัชรเดช

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

สำนักวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ผู้ร่วมวิจัย

1. นาย พรเทพ พวงประโคน
2. นาย ชาญชัย ชำนาญ
3. นาย ศุภฤกษ์ กาลเขว้า
4. นาย อัษฎาวุธ พิชัยศรีสวัสดิ์
5. นาย ชวลิต มีสวัสดิ์
6. นาย ณัฐพล กอกุลจันทร์

ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2541

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2542

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินโครงการวิจัย เรื่อง "การพัฒนาคอนกรีตวัสดุมวลรวมเบาจากดินเผา Silty Sand" ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเป็นทุนอุดหนุนการวิจัยทั้งหมดจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2541

สำหรับความสำเร็จของโครงการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจาก

1. ผศ.ดร.วีรพันธ์ ศรีบุญลือ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และคณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและปรึกษาทางวิชาการมาโดยตลอด

2. รศ.ดร.วรพจน์ ขำพิศ ผู้อำนวยการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือที่เกี่ยวข้องทุกคน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย

3. นักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธาชั้นปีที่สี่ผู้ร่วมวิจัยทั้ง 6 คน ที่ทำงานด้วยความขยันขันแข็งมาตลอดระยะเวลาการวิจัย

    1. นาย พรเทพ พวงประโคน
    2. นาย ชาญชัย ชำนาญ
    3. นาย ศุภฤกษ์ กาลเขว้า
    4. นาย อัษฎาวุธ พิชัยศรีสวัสดิ์
    5. นาย ชวลิต มีสวัสดิ์
    6. นาย ณัฐพล กอกุลจันทร์

ผู้วิจัยจึงใคร่ขอแสดงความขอบคุณต่อสถาบัน และบุคคลต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นทุกท่าน ที่มีส่วนสนับสนุนให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ดร. มงคล จิรวัชรเดช
หัวหน้าโครงการวิจัย
พฤษภาคม 2542

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำดินเผา Silty Sand มาใช้วัสดุมวลรวมหยาบทดแทนหินในการผสมคอนกรีตเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาในราคาประหยัดซึ่งสามารถผลิตในท้องถิ่น วัสดุดินเผาที่ใช้มีสองชนิดคือ ดินเผาด่านเกวียน ซึ่งเป็นดิน Silty Sand เนื้อละเอียดจากแหล่งในจังหวัดนครราชสีมา และเศษอิฐหักซึ่งเป็นเศษวัสดุก่อสร้าง วัสดุดินเผาจะถูกนำมาบดย่อยเพื่อให้ได้ขนาดคละมวลรวมที่เหมาะสม การออกแบบผสมคอนกรีตจะทำตามวิธีออกแบบของ American Concrete Institute(ACI) ตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกขนาด ϕ15 × 30 ซม. ถูกหล่อขึ้นและบ่มในน้ำที่อิ่มตัวด้วยปูนขาว การทดสอบกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดึงแบบ Splitting จะทำที่อายุการบ่ม 3 7 14 และ 28 วัน การวัดหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตจะทำทุกครั้งก่อนทำการทดสอบกำลัง หลังจากนั้นจึงคำนวณอัตราส่วนของกำลังต่อหน่วยน้ำหนักมาเปรียบเทียบกับคอนกรีตน้ำหนักปกติ

This study is aimed to investigate the possibility to use a baked silty sand as the coarse aggregate in substitution of rock in the mixing of concrete to obtain a low-price light-weight concrete that can be produce in the local area. There are two types of baked silty sand materials used in this study; a baked *Dam Kwian which is the* selected fine grain silty sand from the source in Nakhon Ratchasima province and the crushed masonry that is the wasted construction material. The materials are crushed for the suitable gradation. The mix-design of concrete is carried out according to the design method of the American Concrete Institute (ACI). The ϕ15 × 30 cm cylindrical specimens are produced and cured in the lime-saturated water. The tests for compressive strength and tensile strength are conducted at 3, 7, 14, and 28 days curing age. The unit weight measurement is performed every time before the strength test. After that the strength per unit weight ratios are computed and compared to those of the normal weight concrete.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
สารบัญ ..... ค
สารบัญตาราง ..... จ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 2
ขอบเขตของการวิจัย 2
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 2
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย
การเตรียมวัสดุ 3
การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต 3
วิธีการทดสอบกำลังรับแรงอัดคอนกรีต 5
วิธีการทดสอบกำลังรับแรงดึงคอนกรีต 5
วิธีการวิเคราะห์ผลการทดสอบ 5
บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
กำลังรับแรงอัดคอนกรีต 7
กำลังรับแรงดึงคอนกรีต 11
หน่วยน้ำหนักคอนกรีต 12
อัตราส่วนกำลังรับแรงอัดต่อหน่วยน้ำหนักคอนกรีต 13
อัตราส่วนกำลังรับแรงดึงต่อหน่วยน้ำหนักคอนกรีต 14
โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต 15
การอภิปรายผลการวิจัย 19
บทที่ 4 บทสรุป
สรุปผลการวิจัย 22

ข้อเสนอแนะ 22
บรรณานุกรม 24
ประวัติผู้วิจัย 25

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สรุปส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบ	4
2	สรุปส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบ	4
3	สรุปส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบ	4
4	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบ และอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน	7
5	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบ และอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน	8
6	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบ และอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน	9
7	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	10
8	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	11
9	ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	12
10	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	13
11	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	14

12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวม หยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55 15

13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวม หยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55 16

14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวม หยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55 17

15 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55 18

สารบัญภาพ

กราฟที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบ และอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน	7
2	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบ และอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน	8
3	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบ และอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน	9
4	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	10
5	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	11
6	ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	12
7	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	13
8	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	14
9	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55	15

10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55 16

11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55 17

12 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผาเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55 18

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ในปัจจุบันคอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปที่มีส่วนประกอบหลักคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ วัสดุมวลรวมละเอียด(ส่วนมากจะใช้ทราย) วัสดุมวลรวมหยาบ(ส่วนมากเป็นหินหรือกรวด) และน้ำซึ่งจะเป็นตัวทำปฏิกิริยากับปูนต์ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กลายเป็นซีเมนต์เพสต์ซึ่งจะยึดเกาะวัสดุมวลรวมเข้าไว้ด้วยกันเป็นคอนกรีตในที่สุด คอนกรีตปกติจะมีหน่วยน้ำหนักประมาณ 2,400-3,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือว่ามากพอสมควรทำให้โครงสร้างต้องสูญเสียกำลังส่วนหนึ่งไปกับการรองรับน้ำหนักของตัวมันเอง โดยเฉพาะในโครงสร้างขนาดใหญ่เช่นอาคารสูงน้ำหนักของตัวอาคารที่ทับถมลงมาจากชั้นบนสุดจนถึงฐานรากจะมีขนาดใหญ่มากทำให้เกิดปัญหาในการออกแบบ

ดังนั้นถ้าสามารถลดหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตให้น้อยลงโดยที่ยังคงสามารถรับแรงอัดได้ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงไปได้มาก ทั้งทางด้านค่าใช้จ่ายด้านฐานรากและตัวอาคารเอง จากหลักการข้างต้นจึงมีความสนใจในการนำเศษอิฐหัก และ ดินเผา ในการนำมาผสมคอนกรีตแทนมวลรวมหยาบ เพื่อศึกษาหาคุณสมบัติต่างๆไว้ประกอบในการศึกษา เพื่อหาแนวทางในการนำวัสดุดังกล่าวนำไปใช้งานต่อไป

โดยทั่วไปแล้วคอนกรีตมวลเบาจะหมายถึงคอนกรีตที่มีความหนาแน่นภายหลังการอบแห้ง (oven-dry density) อยู่ระหว่าง 1,500-2,000 กก./ลบ.ม. ในทางปฏิบัติแล้วกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่เหมาะสมสำหรับงานโครงสร้างควรจะเกิน 200 กก./ตร.ซม. สำหรับคอนกรีตที่ใช้มวลรวมละเอียดปกติแล้ว ความหนาแน่นในสภาพอัดแน่นของมวลรวมหยาบจะอยู่ระหว่าง 650-1,850 กก./ลบ.ม. เนื่องจากความเบาของมวลรวมหยาบจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต

มวลรวมเบาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิดเช่น หินภูเขาไฟที่มีรูพรุน(volcanic porous rocks) ขี้โลหะ(blastfurnace slag) และดินบางชนิดที่มีการขยายตัวเมื่อถูกเผา เศษอิฐหักที่ใช้ในการศึกษานี้จัดอยู่ในมวลรวมเบาที่ได้จากดินเผา การขยายตัวซึ่งเกิดจากการหลอมรวมตัวกันของเม็ดดินจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,100°C ดินที่เหมาะสำหรับคอนกรีตมวลเบาจะต้องมีส่วนผสมที่จะปล่อยก๊าซได้อย่างเพียงพอ ซึ่งอาจได้มาจากหลายปฏิกิริยาได้แก่ การระเหยของซัลไฟด์ที่ 400 °C การแตกตัวของน้ำที่ 600 °C การเผาไหม้ของสารประกอบคาร์บอนที่ 700 °C การปลดปล่อยสารคาร์บอเนตที่ 850 °C และ ปฏิกิริยาของ Fe_2O_3 ทำให้เกิดการปลดปล่อยออกซิเจนที่ 1,100 °C

เศษขยะจากการก่อสร้างและการรื้อถอนอาคารนับเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ก่อผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งจากอุสาหกรรมการก่อสร้างก็คือการทำโรงโม่หินเพื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งนอกจากจะเปิดหน้าดินทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ ฝุ่นผงจากการโม่หินยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศอีกด้วย ดังนั้นถ้าสามารถนำเศษวัสดุจากการก่อสร้างเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากจะช่วยลดปัญหาจากเศษขยะและการโม่หินแล้ว ยังทำให้คอนกรีตที่ได้มีราคาถูกลงเพราะใช่ส่วนผสมจากเศษวัสดุเหลือใช้ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายจากการขนส่งและการบดย่อยเท่านั้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาหาความเป็นไปได้ในการพัฒนาคอนกรีตมวลรวมเบาจากดินเผา Silty Sand ซึ่งสามารถผลิตได้ง่ายจากวัสดุในท้องถิ่นและมีราคาถูก

1.2.2 เพื่อศึกษาหาความเป็นไปได้ในการพัฒนาคอนกรีตมวลรวมเบาจากเศษอิฐหักซึ่งเป็นวัสดุจากการรื้อถอนอาคาร เพื่อช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ดินที่ใช้ในการผลิตดินเผาเป็นดินประเภทเดียวกับที่ใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน ซึ่งได้มาจากแหล่งดินในเขตจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นดินที่มีขนาดเม็ดดินละเอียดและความเหนียวหนืดสูง ส่วนเศษอิฐหักนั้นได้มาจากเศษผนังอิฐก่อที่ได้จากการรื้อถอนอาคาร โดยจะเก็บตัวอย่างมาจากอิฐหลายประเภทและมีเศษปูนก่อฉาบปะปนมาด้วยเป็นบางส่วน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ทำให้ได้คอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาซึ่งเมื่อนำไปใช้ในงานก่อสร้างจะทำให้ได้โครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา ช่วยให้โครงสร้างสูญเสียกำลังในการรองรับน้ำหนักตัวเองน้อยลง ซึ่งจะทำให้ได้โครงสร้างที่มีราคาถูกลง

1.4.2 วัสดุดินเผาที่ใช้เป็นวัสดุท้องถิ่นมีราคาถูกหาได้ง่าย ชาวบ้านในท้องที่สามารถทำได้โดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีชั้นสูง เป็นการสร้างรายได้ให้แก่คนในท้องถิ่น

1.4.3 เศษอิฐหักที่นำมาใช้เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการรื้อถอนอาคาร ซึ่งถ้านำมาใช้ประโยชน์ได้ก็จะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมวัสดุ

สำหรับวัสดุดินเผา ทำโดยการนำดินจากกองดินที่ด่านเกวียนมาหมักในบ่อหมักเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำดินที่หมักไว้เข้าเครื่องนวดเพื่อนวดดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงนำดินมาใส่ลงในแบบไม้เพื่อให้ดินมีขนาดเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ทิ้งไว้สักครู่แล้วแกะแบบ นำดินไปผึ่งลมให้แห้งในที่ร่ม 14 วัน ให้แห้งสนิท จากนั้นจึงเริ่มนำดินไปอบในตู้อบไฟฟ้า โดยเริ่มอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 วัน อบที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 1 วัน ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงนำดินไปเผาที่อุณหภูมิ 800°C เป็นเวลา 1 วัน ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น สุดท้ายจึงนำมาทุบเพื่อย่อยขนาด แล้วใช้ตะแกรงร่อนเพื่อจัดให้ได้ขนาดคละที่เหมาะสม แช่ในน้ำทิ้งไว้ให้อิ่มตัวเพื่อเตรียมผสมคอนกรีต

สำหรับวัสดุอิฐหัก ทำโดยการทุบบดย่อยเศษผนังอิฐก่อหลายชนิด โดยยอมให้มีเศษปูนก่อฉาบปะปนมาได้บ้างเป็นบางส่วน แล้วใช้ตะแกรงร่อนเพื่อจัดให้ได้ขนาดคละที่เหมาะสม แช่ในน้ำทิ้งไว้ให้อิ่มตัวเพื่อเตรียมผสมคอนกรีต

2.2 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

คอนกรีตที่ทำการผสมจะมีทั้งหมด 3 ชนิดคือ คอนกรีตปกติที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบใช้เป็นตัวอย่างทดสอบควบคุม คอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบ และคอนกรีตที่ใช้เศษอิฐหักเป็นมวลรวมหยาบ สำหรับคอนกรีตแต่ละชนิดจะออกแบบส่วนผสมตามอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55 โดยจะทำการออกแบบส่วนผสมตามวิธีการของ American Concrete Institute (ACI) ทั้งนี้จากการทดสอบขนาดคละของทรายที่ใช้เป็นมวลรวมละเอียดพบว่ามีขนาดคละไม่ได้ตามมาตรฐาน จึงต้องทำการปรับแก้โดยผสมหินขนาดที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 ม.ม.) และทรายขนาดที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 30 (0.60 ม.ม.) ตามสัดส่วนเพื่อให้ได้ขนาดคละที่เหมาะสมตามมาตรฐาน ส่วนผสมของคอนกรีตทั้ง 3 ประเภทเป็นดังแสดงในตารางที่ 1 ถึง 3

ตารางที่ 1 สรุปส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบ

ส่วนผสมที่ใช้ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.							
อัตราส่วน น้ำ/ซีเมนต์	น้ำ (กก.)	ปูน (กก.)	ทราย (กก.)	หิน (กก.)	หิน #4 (กก.)	ทราย #30 (กก.)	รวม (กก.)
0.40	200	500.00	509.50	983.4	39.40	59.10	2291
0.45	200	444.44	543.10	983.4	42.00	62.90	2276
0.50	200	400.00	570.70	983.4	44.10	66.10	2264
0.55	200	363.60	594.40	983.4	46.00	68.90	2256

ตารางที่ 2 สรุปส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบ

ส่วนผสมที่ใช้ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.							
อัตราส่วน น้ำ/ซีเมนต์	น้ำ (กก.)	ปูน (กก.)	ทราย (กก.)	ดินเผา (กก.)	หิน #4 (กก.)	ทราย #30 (กก.)	รวม (กก.)
0.40	200	500.00	458.15	799	35.44	53.10	2046
0.45	200	444.44	493.70	799	38.19	57.22	2033
0.50	200	400.00	521.34	799	40.33	60.44	2021
0.55	200	363.60	545.00	799	44.07	66.04	2018

ตารางที่ 3 สรุปส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบ

ส่วนผสมที่ใช้ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.							
อัตราส่วน น้ำ/ซีเมนต์	น้ำ (กก.)	ปูน (กก.)	ทราย (กก.)	อิฐหัก (กก.)	หิน #4 (กก.)	ทราย #30 (กก.)	รวม (กก.)
0.40	200	500.00	460.13	648	29.90	44.82	1883
0.45	200	444.44	495.70	648	32.22	48.28	1869
0.50	200	400.00	523.30	648	34.02	51.00	1856
0.55	200	363.60	547.02	648	35.57	53.30	1848

2.3 วิธีการทดสอบกำลังรับแรงอัดคอนกรีต

1. สำหรับแท่งคอนกรีตที่บ่มโดยความชื้น ให้ทำการทดสอบทันทีหลังจากนำออกจากที่บ่มและเช็ดผิวให้แห้ง

2. ชั่งแท่งคอนกรีตและวัดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเพื่อใช้ในการคำนวณหน่วยน้ำหนักและพื้นที่รับแรงอัด ก่อนทำการเคลือบปลายแท่งคอนกรีตด้วยกำมะถัน

3. ติดตั้งเครื่องมือวัดการยืดหดตัวเพื่อวัดการเสียรูปทรงของคอนกรีตระหว่างทำการทดสอบ

4. อัตราการเพิ่มน้ำหนัก เพิ่มน้ำหนักอย่างต่อเนื่อง สำหรับเครื่องไฮดรอลิกให้ใช้อัตราความเร็วประมาณ 85-200 ก.ก./ซม.^{2}/นาที อัตราการที่เหมาะสมควรมีค่าเท่ากับ 140 ก.ก./ซม.^{2}/นาที โดยไม่มีการกระแทก บันทึกค่าการยืดหดตัวทุกช่วง 1000-2000 ก.ก. ถอดเครื่องวัดการยืดหดตัวออกเมื่อคอนกรีตเริ่มเกิดการแตกร้าว

2.4 วิธีการทดสอบกำลังรับแรงดึงคอนกรีตโดยวิธี Splitting Tensile Test

1. วางแท่งทดสอบในลักษณะแนวนอน ในระหว่างแท่นกดของเครื่องทดสอบ ซึ่งรองรับด้วยแผ่นเหล็กทั้งข้างบนและข้างล่าง เพื่อให้น้ำหนักกระจายให้ทั่วผิวข้างได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นให้รองผิวแท่งทดสอบด้วยแผ่นไม้อัดขนาด 1/8" × 1" ทั้งบนและล่างแล้วจึงนำแผ่นเหล็กมารองอีกครั้งแล้วจัดให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของเครื่องทดสอบให้เรียบร้อย

2. ทำการเดินเครื่องทดสอบโดยเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ ไม่ควรปรับอัตราการเพิ่มแรงกดในระหว่างแท่งตัวอย่างถึงบริเวณใกล้เคียงจุดคลากจนถึงจุดวิบัติของแท่งทดสอบ ทำการกดจนกระทั่งแท่งทดสอบวิบัติ และบันทึกค่าแรงสูงสุดไว้ พร้อมกับลักษณะการวิบัติและมุมวิบัติที่แตกต่างไปจากปกติ

2.5 วิธีการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

1. สำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต กำลังอัดประลัย(Crushing or Ultimate Strength) ของคอนกรีต (σ_c) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_c = \frac{4P}{\pi d_{avg}^2}$$

เมื่อ P คือน้ำหนักบรรทุกมากที่สุด และ d_{avg} คือเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตทดสอบ

2. สำหรับการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$f_t = 2P / \pi LD$$

เมื่อ f_t = ความต้านทานแรงดึงเป็น กก./ตร.ซม.

P = แรงอัดสูงสุดเป็น กก.

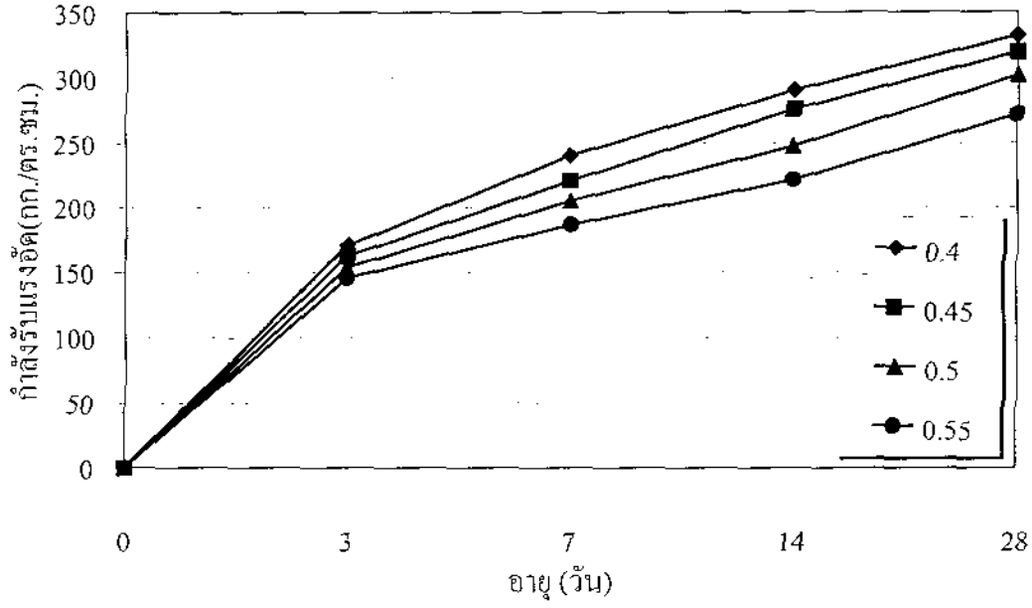
L = ความยาวแท่งทดสอบทรงกระบอกเป็น ซม.

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทดสอบทรงกระบอกเป็น ซม.

บทที่ 3

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

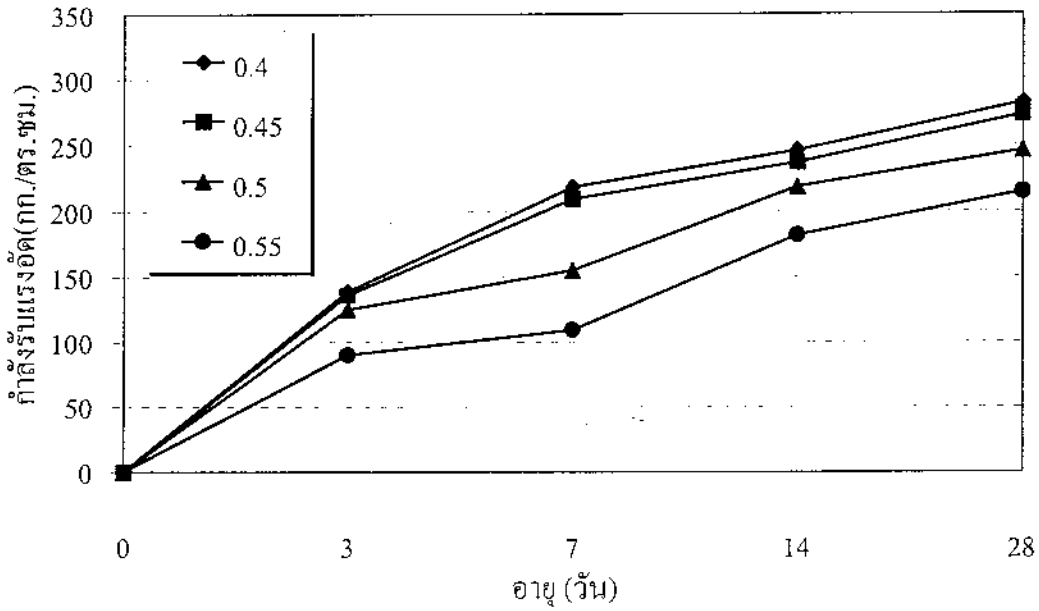
3.1 กำลังรับแรงอัดคอนกรีต



กราฟที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบและอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบและอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน

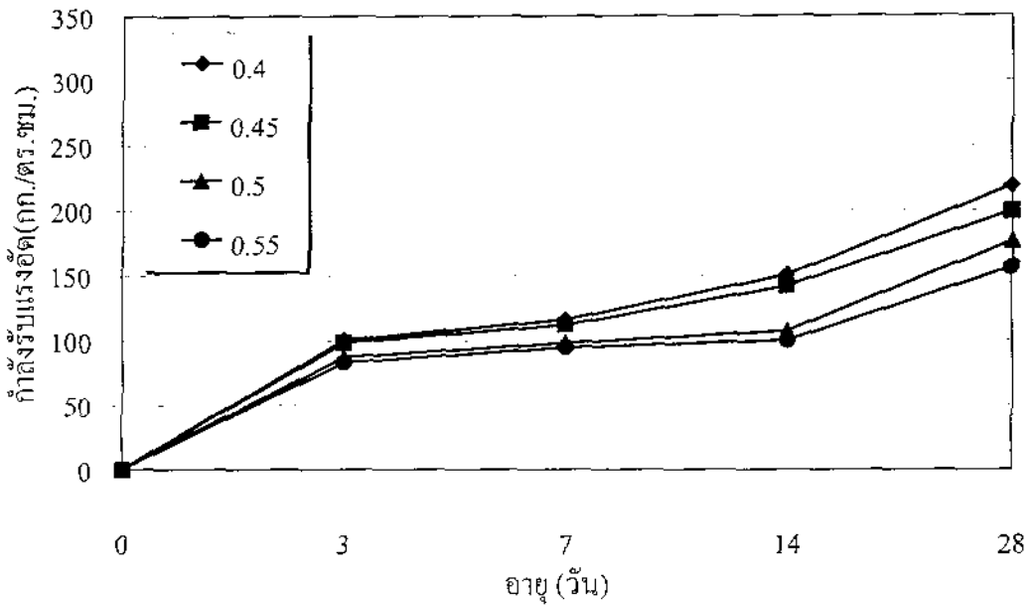
อัตราส่วนน้ำ/ซีเมนต์	อายุในการบ่ม			
	3 วัน	**7 วัน**	**14 วัน**	**28 วัน**
0.40	*170.7*	*240.19*	*290.15*	*331.17*
0.45	162.1	220.58	275.84	319.23
0.50	153.4	205.03	247.47	301.43
0.55	145.5	186.54	221.41	271.50



กราฟที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบและอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบและอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน

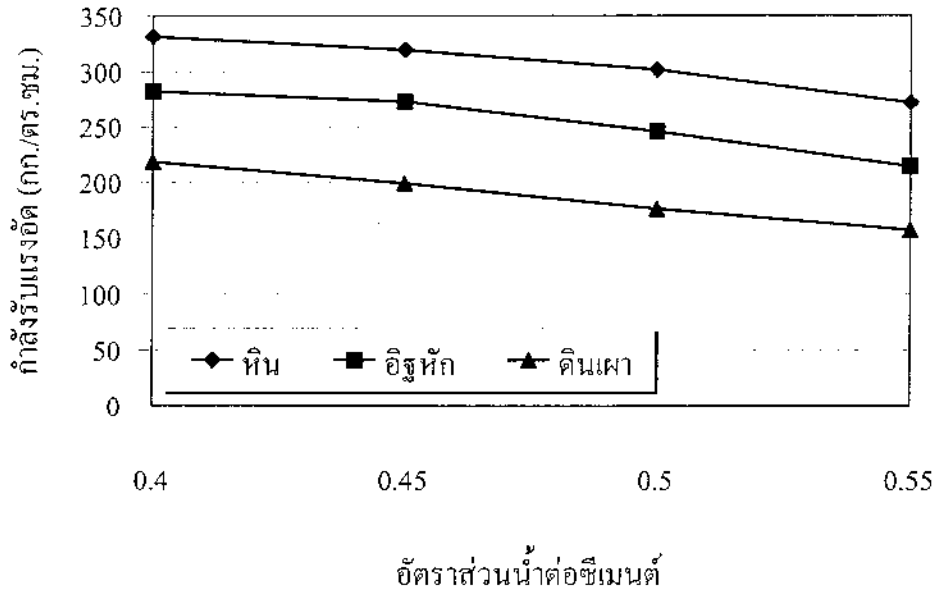
อัตราส่วนน้ำ/ซีเมนต์	**อายุในการบ่ม**			
	3 วัน	**7 วัน**	**14 วัน**	**28 วัน**
0.40	138.8	218.35	245.67	282.06
0.45	135.9	209.08	236.70	272.88
0.50	125.1	154.74	218.35	245.67
0.55	90.1	109.28	181.65	274.41



กราฟที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบและอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบและอายุในการบ่มที่ 3 7 14 และ 28 วัน

อัตราส่วน น้ำ/ซีเมนต์	อายุในการบ่ม			
	3 วัน	**7 วัน**	**14 วัน**	**28 วัน**
0.40	100.7	116.20	150.50	218.40
0.45	98.5	112.10	142.00	199.00
0.50	87.7	98.40	107.50	176.00
0.55	83.2	95.00	100.20	156.60

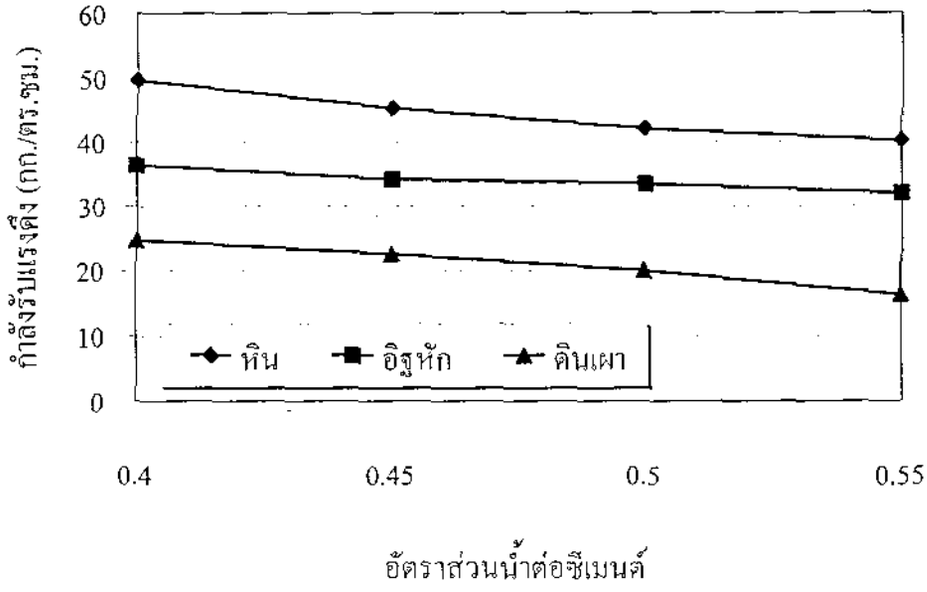


กราฟที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ชนิดคอนกรีต	**อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์**			
	0.4	**0.45**	**0.5**	**0.55**
คอนกรีตผสมหิน	331.17	319.23	301.43	271.5
คอนกรีตผสมดินเผา	218.4	199	176	156.6
คอนกรีตผสมอิฐหัก	282.06	272.88	245.67	214.15

3.2 กำลังรับแรงดึงคอนกรีต

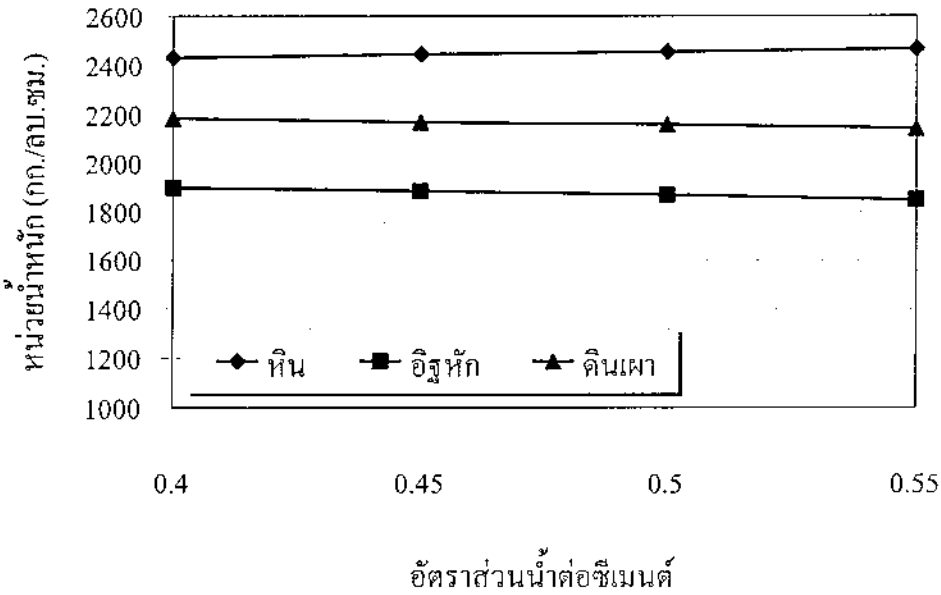


ภราฟที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวม หยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวม หยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ชนิดคอนกรีต	**อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์**			
	0.4	**0.45**	**0.5**	**0.55**
คอนกรีตผสมหิน	49.68	45.31	42.11	40.22
คอนกรีตผสมดินเผา	36.39	34.15	33.47	31.95
คอนกรีตผสมอิฐหัก	24.70	22.50	20.00	16.30

3.3 หน่วยน้ำหนักคอนกรีต

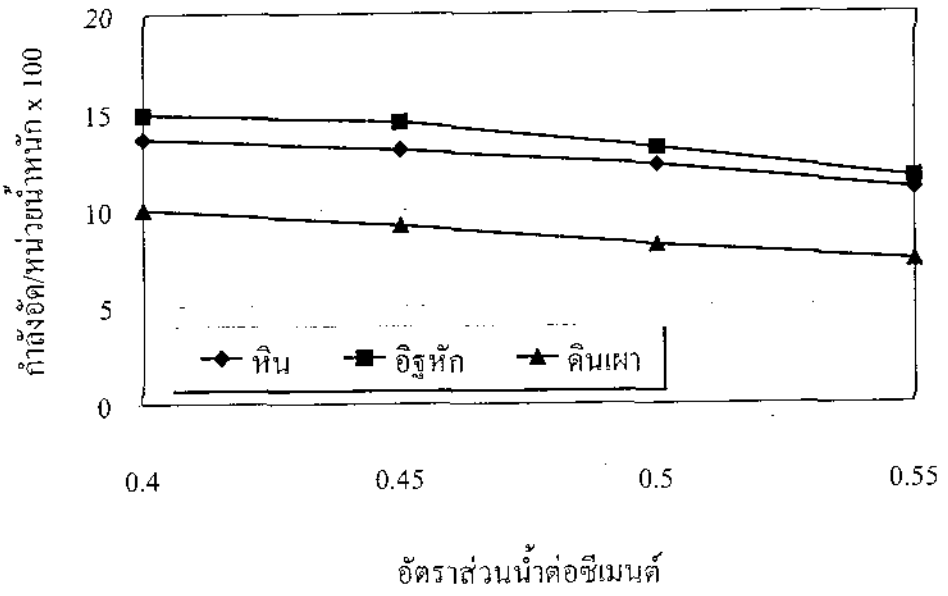


กราฟที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวม หยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวม หยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ชนิดคอนกรีต	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์				เฉลี่ย
	0.4	0.45	0.5	0.55	
คอนกรีตผสมหิน	2,431	2,445	2,454	2,466	**2,450**
คอนกรีตผสมอิฐหัก	1,897	1,884	1,869	1,848	**1,875**
คอนกรีตผสมดินเผา	2,183	2,168	2,158	2,142	**2,163**

3.4 อัตราส่วนกำลังรับแรงอัดต่อหน่วยน้ำหนักคอนกรีต

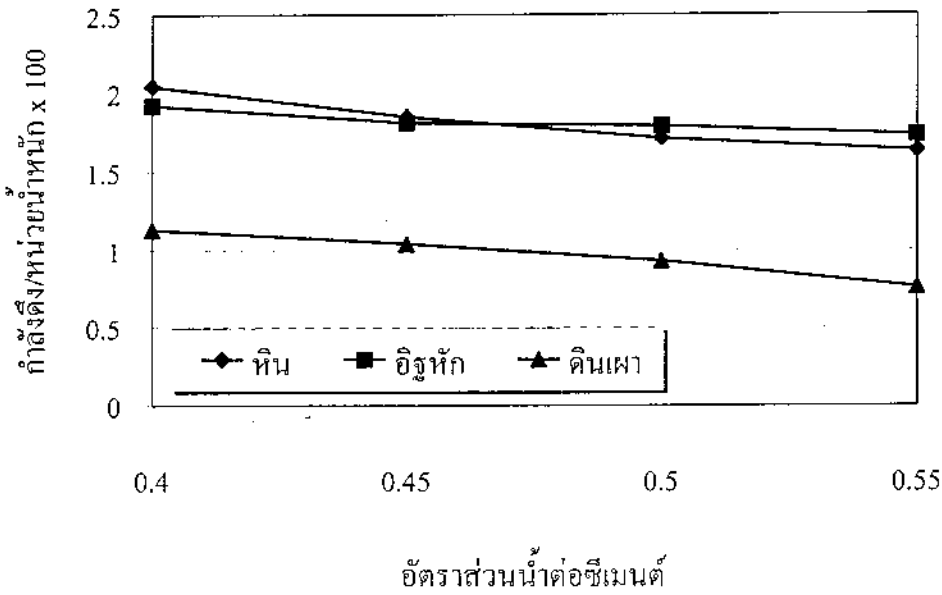


กราฟที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ชนิดคอนกรีต	**อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์**			
	0.4	**0.45**	**0.5**	**0.55**
คอนกรีตผสมหิน	13.62	13.05	12.27	11.00
คอนกรีตผสมอิฐหัก	14.87	14.48	13.14	11.59
คอนกรีตผสมดินเผา	10.00	9.18	8.15	7.31

3.5 อัตราส่วนกำลังรับแรงดึงต่อหน่วยน้ำหนักคอนกรีต

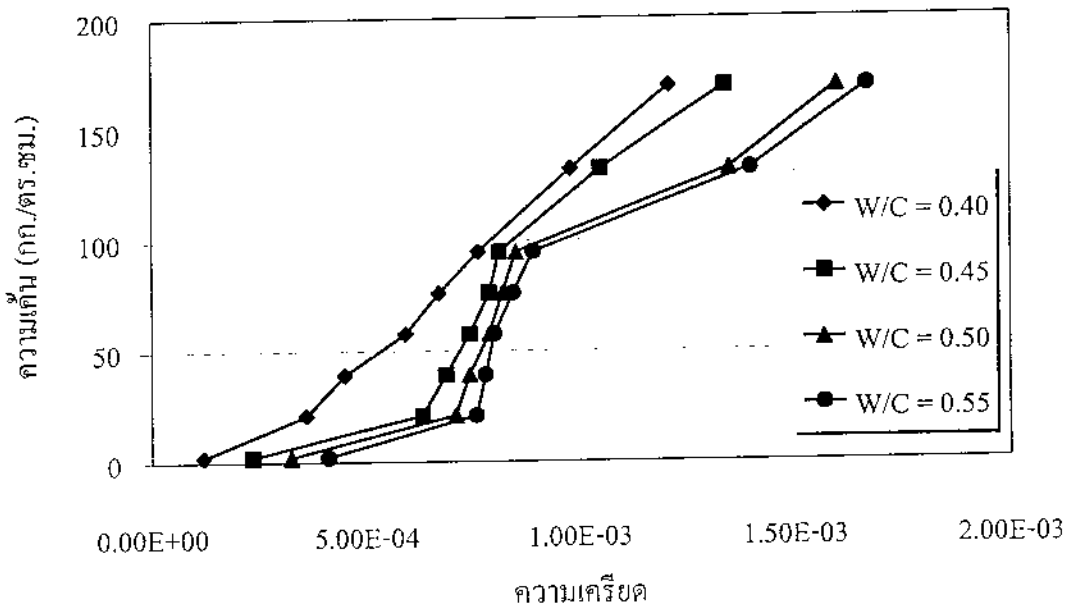


กราฟที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ชนิดคอนกรีต	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์			
	0.4	**0.45**	**0.5**	**0.55**
คอนกรีตผสมหิน	2.04	1.85	1.71	1.63
คอนกรีตผสมอิฐหัก	1.92	1.81	1.79	1.73
คอนกรีตผสมดินเผา	1.13	1.04	0.93	0.76

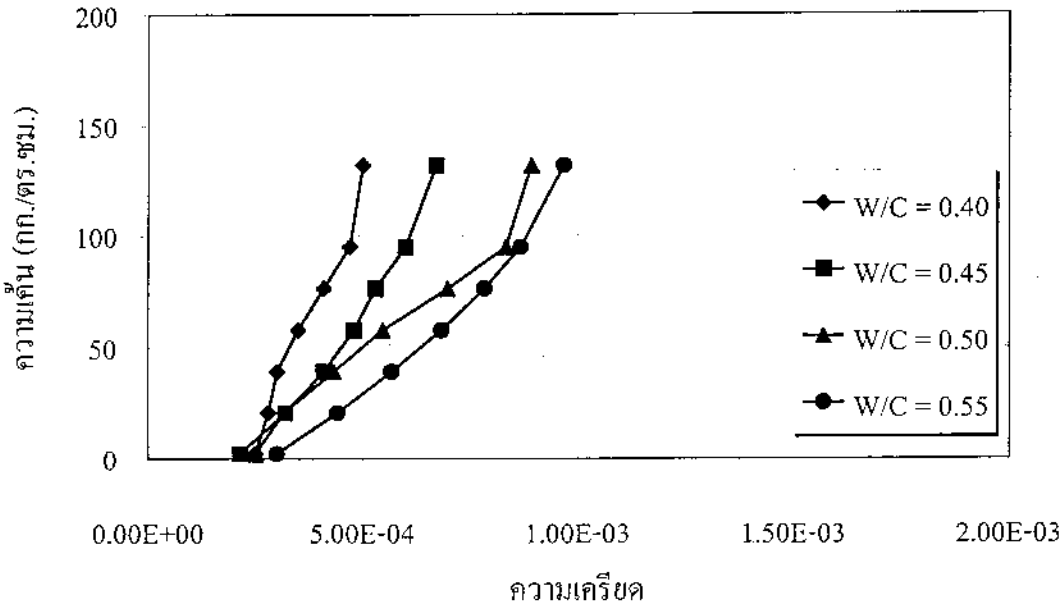
3.6 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต



กราฟที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

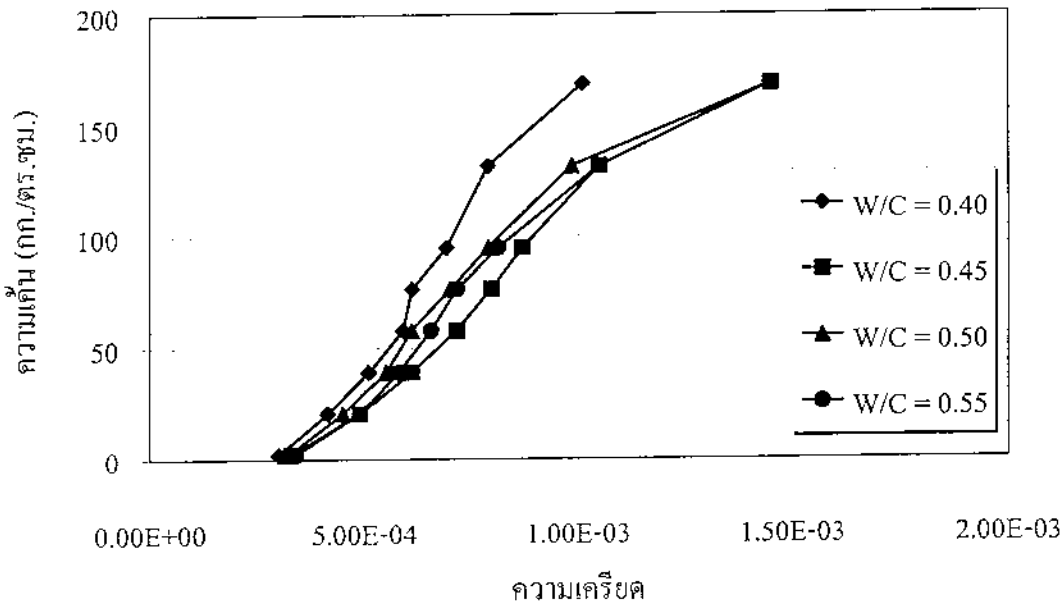
ความเค้น (กก./ตร.ซม.)	ความเครียด			
	W/C = 0.4	W/C = 0.45	W/C = 0.5	W/C = 0.55
2.14	1.20E-04	2.34E-04	3.25E-04	4.12E-04
20.71	3.60E-04	6.32E-04	7.10E-04	7.59E-04
39.18	4.51E-04	6.87E-04	7.43E-04	7.80E-04
57.76	5.92E-04	7.43E-04	7.89E-04	8.01E-04
76.22	6.71E-04	7.89E-04	8.20E-04	8.45E-04
94.80	7.63E-04	8.12E-04	8.52E-04	8.92E-04
131.84	9.80E-04	1.05E-03	1.35E-03	1.40E-03
168.88	1.21E-03	1.34E-03	1.60E-03	1.67E-03



กราฟที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

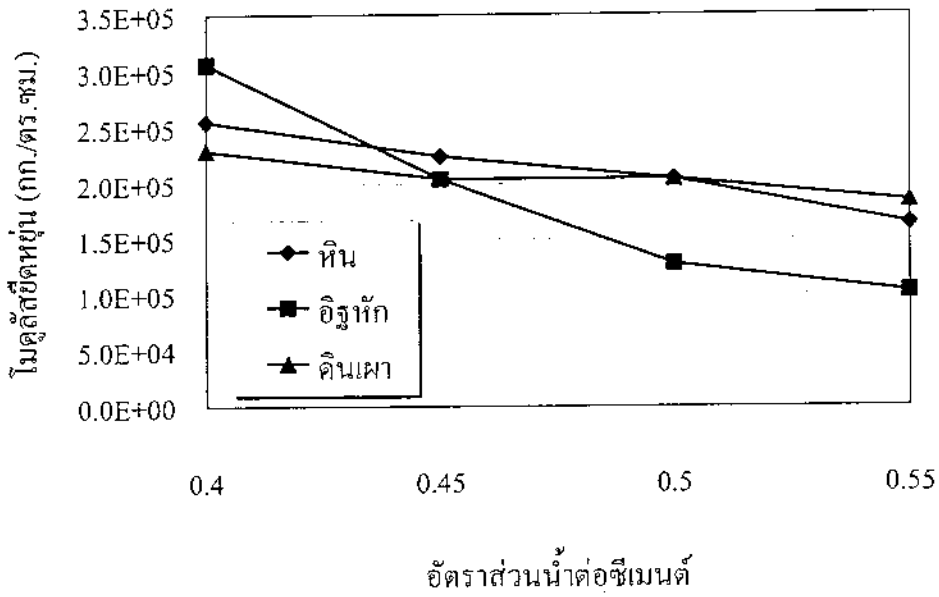
ความเค้น	ความเครียด			
(กก./ตร.ซม.)	W/C = 0.4	W/C = 0.45	W/C = 0.5	W/C = 0.55
2.14	2.50E-04	2.15E-04	2.50E-04	3.00E-04
20.71	2.80E-04	3.20E-04	3.17E-04	4.42E-04
39.18	3.00E-04	4.10E-04	4.33E-04	5.67E-04
57.76	3.50E-04	4.80E-04	5.47E-04	6.83E-04
76.22	4.10E-04	5.30E-04	6.97E-04	7.83E-04
94.80	4.70E-04	6.00E-04	8.33E-04	8.67E-04
131.84	5.00E-04	6.70E-04	8.92E-04	9.67E-04



กราฟที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ตารางที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ความเค้น	ความเครียด			
(กก./ตร.ซม.)	W/C = 0.4	W/C = 0.45	W/C = 0.5	W/C = 0.55
2.14	3.00E-04	3.30E-04	3.23E-04	3.40E-04
20.71	4.15E-04	4.90E-04	4.50E-04	4.90E-04
39.18	5.10E-04	6.10E-04	5.50E-04	5.80E-04
57.76	5.90E-04	7.16E-04	6.10E-04	6.56E-04
76.22	6.11E-04	7.96E-04	7.00E-04	7.16E-04
94.80	6.92E-04	8.70E-04	7.89E-04	8.13E-04
131.84	7.89E-04	1.05E-03	9.85E-04	1.05E-03
168.88	1.01E-03	1.45E-03	1.45E-03	1.45E-03



กราฟที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผา เป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55

ชนิดคอนกรีต	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์			
	0.4	**0.45**	**0.5**	**0.55**
คอนกรีตผสมหิน	2.55E+05	2.24E+05	2.04E+05	1.63E+05
คอนกรีตผสมดินเผา	3.06E+05	2.04E+05	1.28E+05	1.02E+05
คอนกรีตผสมอิฐหัก	2.30E+05	2.04E+05	2.04E+05	1.84E+05

3.7 การอภิปรายผลการวิจัย

<u>กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต</u>

จากผลการทดสอบในข้อ 3.1 เป็นการแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและระยะเวลาในการบ่มของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ ซึ่งพบว่าลักษณะการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตทั้งสามประเภทมีลักษณะใกล้เคียงกัน นั่นคือกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นมากในช่วง 3 วันแรกของการบ่มโดยจะพัฒนากำลังอัดขึ้นถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของกำลังที่ 28 วันและคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยกว่า(ใช้ปริมาณซีเมนต์มากกว่า)จะมีการพัฒนากำลังขึ้นไปสูงกว่าดังแสดงในกราฟที่ 1-3 และตารางที่ 4-6

เมื่อนำกำลังอัดที่ 28 วันของวัสดุทั้งสามชนิดมาเปรียบเทียบกันดังในกราฟที่ 4 และตารางที่ 7 พบว่าคอนกรีตที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะให้ค่ากำลังอัดมากที่สุด รองลงมาได้แก่คอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ ส่วนคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะมีกำลังอัดน้อยที่สุด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือถ้าต้องการผสมคอนกรีตให้ได้ตามค่ากำลังอัดที่ต้องการ คอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นมวลรวมหยาบจะใช้ปูนซีเมนต์มากที่สุด คอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบจะใช้อิฐหักซีเมนต์ใช้มากรองลงมา และคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบจะใช้ปูนซีเมนต์น้อยที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงกำลังอัดที่ต้องการในการใช้งานโดยทั่วไปซึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 150 - 250 กก./ตร.ซม. พบว่าทั้งคอนกรีตที่ใช้อิฐหักและดินเผานั้นมีกำลังเพียงพอที่จะใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปได้

<u>กำลังรับแรงดึงของคอนกรีต</u>

เมื่อพิจารณากำลังรับแรงดึงดังผลที่แสดงในหัวข้อ 3.2 แล้วจะพบว่าคอนกรีตที่ใช้วัสดุมวลรวมทั้งสามชนิดมีกำลังรับแรงดึงที่อายุการบ่ม 28 วัน(กราฟที่ 5 และตารางที่ 8)ในลักษณะเดียวกับกำลังรับแรงอัดนั่นคือกำลังรับแรงดึงจะสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลดลง และคอนกรีตที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะให้ค่ากำลังดึงมากที่สุด รองลงมาได้แก่คอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ ส่วนคอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะมีกำลังดึงน้อยที่สุด

<u>หน่วยน้ำหนักของคอนกรีต</u>

จากการตรวจสอบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตทั้งสามประเภทโดยการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักของแท่งคอนกรีตก่อนทำการกดทดสอบกำลังอัดที่ 28 วันของอายุการบ่ม ปรากฏผลดังแสดงในกราฟที่ 6 และตารางที่ 9 ดังนี้ คอนกรีตที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะมีหน่วยน้ำหนักมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,450 กก./ลบ.ม. รองลงมาได้แก่คอนกรีตที่ใช้ดินเผาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะมีหน่วยน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2,163 กก./ลบ.ม. ส่วนคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะมีหน่วยน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 1,875 กก./ลบ.ม. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์(W/C)มีผลเพียงเล็กน้อย

ต่อค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต โดยคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบจะมีหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ในขณะที่คอนกรีตที่ใช้อิฐหักและดินเผาเป็นมวลรวมหยาบจะมีหน่วยน้ำหนักลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

<u>กำลังรับแรงอัดต่อหน่วยน้ำหนัก</u>

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุโครงสร้างโดยทั่วไปนั้นจะนิยมทำโดยการเปรียบเทียบเป็นกำลังต่อหน่วยน้ำหนัก ดังนั้นเมื่อนำค่าหน่วยน้ำหนักเฉลี่ยที่ได้จากข้อ 3.3 ไปหารกำลังรับแรงอัดในข้อ 3.1 ก็จะได้ผลในข้อที่ 3.4 คือกำลังรับแรงอัดต่อหน่วยคอนกรีตดังแสดงในกราฟที่ 7 และตารางที่ 10 พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมนั้นทีค่าสูงกว่าของคอนกรีตปกติที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวม แต่กำลังอัดต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมดินเผาจะมีค่าต่ำที่สุด และเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดต่อหน่วยน้ำหนักจะลดลง

<u>กำลังรับแรงดึงต่อหน่วยน้ำหนัก</u>

คำนวณได้โดยการนำค่าหน่วยน้ำหนักเฉลี่ยจากข้อ 3.3 ไปหารกำลังรับแรงดึงในข้อ 3.2 ก็จะได้ผลในข้อที่ 3.5 คือกำลังรับแรงดึงต่อหน่วยคอนกรีตดังแสดงในกราฟที่ 8 และตารางที่ 11 พบว่าค่ากำลังรับแรงดึงต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมนั้นทีค่าใกล้เคียงของคอนกรีตปกติที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมโดยของอิฐหักจะต่ำกว่าเล็กน้อยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.40 และ 0.45 แต่จะมากกว่าเล็กน้อยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.50 และ 0.55 ส่วนกำลังดึงต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมดินเผาจะมีค่าต่ำที่สุด และเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นกำลังรับแรงดึงต่อหน่วยน้ำหนักจะลดลง

<u>โมดูลัสความยืดหยุ่น</u>

กราฟที่ 9-11 และตารางที่ 12-14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตที่ใช้หิน อิฐหัก และดินเผาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบตามลำดับ ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วเส้นกราฟในช่วงแรกควรเป็นเส้นตรงออกมาจากค่าศูนย์ทั้งความเค้นและความเครียด แต่จากการทดสอบพบว่าค่าความเครียดที่วัดได้มักจะเริ่มต้นที่ค่าไม่เป็นศูนย์เสมอ เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของผิวเครื่องกดทดสอบและแท่งคอนกรีต เมื่อออกแรงกดไปได้ระยะหนึ่งความไม่สม่ำเสมอจึงหายไปและแรงกดกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งหน้าตัดคอนกรีต เส้นกราฟจึงกลายเป็นเส้นตรง ดังนั้นค่าความเครียดที่เหมาะสมจะหาได้โดยการต่อเส้นกราฟตรงลงมาตัดกับแกนราบ แล้วเลื่อนจุดตัดเป็นค่าศูนย์ของความเครียดแทน เรียกว่าการทำออฟเซต

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นหาได้จากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด ดังจะเห็นได้จากกราฟที่ 12 และตารางที่ 15 พบว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ใช้หินและดินเผาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะใกล้เคียงกันมาก แต่ของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะมีค่ามากกว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.40 และเริ่มต่ำลงกว่าคอนกรีตปกติที่ 0.45 จนถึง 0.55

บทที่ 4
บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบคอนกรีตมวลรวมเบาที่ใช้อิฐหัก และดินเผาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบเปรียบเทียบกับคอนกรีตน้ำหนักปกติที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมหยาบพบว่า

1. กำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักและดินเผามีกำลังเพียงพอสำหรับใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปได้ แม้ว่าจะต้องการปริมาณซีเมนต์มากขึ้นเพื่อให้ได้กำลังเท่ากับคอนกรีตที่ผสมหินก็ตาม

2. หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตมวลเบาที่ได้จากการผสมเศษอิฐหักคือ 1,875 กก./ลบ.ม. จัดเป็นค่าที่เหมาะสมเนื่องจากน้อยกว่า 2,000 กก./ลบ.ม. แต่สำหรับคอนกรีตที่ได้จากการผสมดินเผาคือ 2,163 กก./ลบ.ม. ซึ่งมีค่ามากเกินไป เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาดินนั้นใช้ 800 องศาเซลเซียสนั้นอาจไม่เพียงพอต่อการเกิดฟองแก๊สในเนื้อดิน

3. กำลังต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมหยาบมีค่าสูงกว่าคอนกรีตปกติที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นอย่างสูงในการนำเศษอิฐหักกลับมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมหยาบในคอนกรีตทดแทนหิน สำหรับดินเผานั้นประสิทธิภาพของความเป็นวัสดุโครงสร้างยังต่ำอยู่เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้เผาอาจต่ำเกินไป หรือยังขาดส่วนประกอบในเนื้อดินที่จำเป็น ทำให้เนื้อดินเผาที่ได้ไม่แข็งแรงเท่าที่ควร

4.2 ข้อเสนอแนะ

*โครงการวิจัยคอนกรีตวัสดุมวลเบาจากดินเผา Silty Sand นี้แม้ว่าจะประสบความสำเร็จ แต่ก็*ยังมีแนวทางการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขปัญหาที่พบในโครงการวิจัยนี้

1. เนื่องจากพบว่าดินเผาที่ใช้ยังมีคุณสมบัติไม่เหมาะสม ซึ่งอาจเนื่องมากจากอุณหภูมิที่เผาซึ่งในโครงการวิจัยนี้ใช้ที่ 800 องศาเซลเซียสนั้นต่ำเกินกว่าที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาในเนื้อดินอย่างสมบูรณ์ได้ ดังนั้นในการศึกษาต่อไปจึงควรเผาดินที่อุณหภูมิสูงขึ้น และอาจพิจารณาเพิ่มสารเคมีเพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติของเนื้อดินเผาเพื่อให้มีน้ำหนักเบาและความแข็งแรงทนทานเพียงพอ

2. สำหรับเศษอิฐหักนั้นแม้จะมีแนวโน้มที่ดี แต่ก็ยังมีแนวทางที่ต้องปรับปรุงอยู่ได้แก่ การแยกประเภทของอิฐหักที่ใช้โดยควรใช้เฉพาะเศษอิฐที่มีความแข็งแรง และควรจำกัดเศษปูนก่อฉาบที่ปะปนอยู่ในอิฐหักไม่ให้เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีขึ้น

3. การลดน้ำหนักของคอนกรีตยังอาจทำได้เพิ่มเติมโดยการทดแทนทรายซึ่งใช่เป็นวัสดุมวลรวมละเอียดซึ่งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักมากเช่นกัน ซึ่งอาจทำได้โดยใช้เศษอิฐที่มีขนาดเม็ดเล็ก การใช้เม็ดโฟมซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกชนิดมาช่วยให้เบาขึ้น หรืออาจผสมคอนกรีตโดยไม่ใช้มวลรวมละเอียด

บรรณานุกรม

American Society for Testing and Materials. (1996). 1996 Annual Book of ASTM Standards. Vol.04.02 Concrete and Aggregates. Section 4 Construction. West Conshohocken. PA.

Clarke, J.L.(1993). Structural Lightweight Aggregate Concrete. 1st Edition. Blackie Academic & Professional.

ประวัติผู้วิจัย

ดร.มงคล จิรวัชรเดช เป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุนารี เกิดที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2513 จบการศึกษาระดับปริญญาตรีเกียรตินิยมอันดับหนึ่ง(เหรียญทอง) สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2533 หลังจากนั้นได้รับทุนการศึกษาของรัฐบาลญี่ปุ่น ไปศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษาที่มหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ในสาขาวิศวกรรมโครงสร้าง จบการศึกษาระดับปริญญาโทเมื่อปี พ.ศ. 2536 และระดับปริญญาเอกเมื่อปี พ.ศ. 2539 มีประสบการณ์ในงานวิจัยทางด้าน โครงสร้างพลศาสตร์ และการควบคุมการสั่นสะเทือนในโครงสร้าง *สถานที่ติดต่อคือที่ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม* 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000