การทำคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตา

Utilization of Bottom Ash in Concrete Block

นายชรินทร์ เสนาวงษ์
นายอิทธิพล วิไลลักษณ์

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

โครงงานทางวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีการศึกษา 2550

การทำคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตา

Utilization of Bottom Ash in Concrete Block

นายชรินทร์ เสนาวงษ์
นายอิทธิพล วิไลลักษณ์

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

โครงงานทางวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีการศึกษา 2550

Utilization of Bottom Ash in Concrete Block

Mr. Charin Sanawong

Mr. Ittipol Wilailuk

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

An Engineering Project Submitted in Partial fulfillment of Requirements

for the Degree of Bachelor of Engineering

Department of Civil Engineering

Burapha University

2007

หัวข้อโครงงาน การทำคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตา

โดย นายชรินทร์ เสนาวงษ์

นายอิทธิพล วิไลลักษณ์

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2550

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิเชียร ชาลี

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติโครงงานทางวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

.....หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

(ผศ.ดร. อานนท์ วงษ์แก้ว)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.วิเชียร ชาลี)

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....ประธานกรรมการ

(ดร.วิเชียร ชาลี)

.....กรรมการ

(อาจารย์ชาญยุทธ กาฬกาญจน์)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการทำคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตาโดยตรงจากโรงงานผลิตกระดาษจังหวัดปราจีนบุรี โดยมีอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทั้งหมด 13 ส่วนผสม แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาละเอียดและกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาหยาบ กลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาละเอียดจะใช้เถ้าก้นเตาแทนที่มวลรวมทั้งหมด กลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาหยาบจะใช้เถ้าก้นเตาหยาบแทนที่หินฝุ่น โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาได้แก่ ศึกษากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตา ที่อายุทดสอบ 7, 28 และ 60 วัน ศึกษาคุณสมบัติทางด้านความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำในคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตา ที่อายุทดสอบ 28 วัน

จากผลการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณของเถ้าก้นเตาที่มากขึ้น และเมื่อใช้เถ้าก้นเตาในส่วนผสมคอนกรีตบล็อกมากขึ้นส่งผลให้กำลังอัด และความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกมีค่าลดลงอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่ากำลังสูงกว่าค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 และมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำน้อยกว่าค่ามาตรฐาน มอก. 58-2533 ซึ่งกำหนดไว้ไม่ให้เกินร้อยละ 35 ซึ่งถือว่าคอนกรีตบล็อกมีกำลังอัดที่ดีเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน

คำสำคัญ : เถ้าก้นเตา ; คอนกรีตบล็อก ; กำลังอัด ; ความหนาแน่น ; เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Abstract

This work was to study the utilization of original Bottom ash from paper mill, Prachinburi in making concrete block. A total of 13 mix proportions of concrete block are separated into 2 groups. The first group. finenesses bottom ash was used to replace coarse and fine aggregate, and the second group. coarse bottom ash was used to replace coarse aggregate. All of concrete blocks were tested to determine the compressive strengths at the ages of 7, 28, and 60 days. In addition density and absorption of concrete block were also tested at 28 day of curing in air

The results showed that percentage absorption of concrete block increase with the increasing of bottom ash in concrete block. In addition the increase of bottom ash replacement in concrete block clearly reduce the compressive strength and density of concrete block. However the compressive strength of all concrete block in this study were higher than 25 ksc which was suggested by TISI 58-2533. Throughout, the percentage absorption of concrete block were also lower than 35%. These present the good performance of concrete block when compared to TISI 58-2533.

Keywords: Bottom Ash ; Concrete Block ; Strength ; Density ; Percentage Absorption

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้จะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยได้รับคำปรึกษาจาก ดร. วิเชียร ชาลี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้ความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำ เสนอแนะ และการแก้ปัญหาต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ทำโครงงาน จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทดสอบ และการทำบล็อกคอนกรีต

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณท่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่ รวมถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือแก่ทางคณะผู้จัดทำโครงงานทางวิศวกรรมด้วยดีเสมอมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากโครงงานนี้ล้วนเป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่าน คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างดี จึงใคร่ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
สารบัญสัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 แนวทางการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เถ้าก้นเตา	4
2.2 คอนกรีตบล็อก	6
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีตบล็อก	16
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	18
3.2 อุปกรณ์การทดสอบและเครื่องมือ	18
3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าก้นเตา	20
3.4 การทำคอนกรีตบล็อก	20
3.5 การทดสอบตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าก้นเตา	26

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดสอบ 30

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ เถ้าก้นเตา ทราย และหินฝุ่น 30

4.2 การกระจายตัวของทรายและเถ้าก้นเตา 31

4.3 ความต้องการน้ำของคอนกรีตบล็อก 32

4.4 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าก้นเตา 33

4.5 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก 34

4.6 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อก 35

4.7 วิเคราะห์ภาพรวมของคอนกรีตบล็อกที่ได้จากเถ้าก้นเตา 43

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 45

5.1 สรุปผลงานวิจัย 45

5.2 ข้อเสนอแนะ 45

บรรณานุกรม 46

ภาคผนวก 48

บทความ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก	11
2.2 ความต้านทานแรงอัด	13
2.3 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภท 1)	13
3.1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก	21
3.2 แสดงค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ W/C	23
4.1 ความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมน้ำของทราย หินฝุ่น และเถ้าก้นเตา	31
4.2 แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตา	36
ผ1 แสดงสัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อก	49
ผ2 แสดงผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสม อายุทดสอบ 28 วัน	50
ผ3 แสดงผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสม อายุทดสอบ 28 วัน	51
ผ4 แสดงผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสม อายุทดสอบ 28 วัน	52
ผ5 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่อายุทดสอบ 7 วัน	53
ผ6 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่อายุทดสอบ 28 วัน	54
ผ7 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่อายุทดสอบ 60 วัน	55

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ดีแทคบล็อกชนิดต่างๆ	7
2.2	ดีแทคบล็อกชนิดชาโดว์บล็อก	8
2.3	แสดงการใช้อินเตอร์ล็อคกิ้งบล็อก	9
2.4	แสดงลักษณะและขนาดของอินเตอร์ล็อคกิ้งบล็อก	10
3.1	เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกชนิดซินวา-แรม (Cinva-ram)	18
3.2	เครื่องทดสอบกำลังอัด	19
3.3	เครื่องตัดคอนกรีตบล็อก	19
3.4	แสดงการเตรียมส่วนผสมคอนกรีตบล็อก	22
3.5	แสดงการผสมคอนกรีตบล็อก	22
3.6	แสดงการชั่งวัสดุคอนกรีตบล็อกเพื่อเข้าเครื่องอัด	24
3.7	แสดงการใส่วัสดุคอนกรีตบล็อกเข้าเครื่องอัด	24
3.8	แสดงการอัดคอนกรีตบล็อก	25
3.9	แสดงก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ได้จากการอัด	25
3.10	แสดงการทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตบล็อก	26
3.11	แสดงการวัดขนาดตัวอย่างคอนกรีตบล็อก	27
3.12	แสดงการชั่งน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตบล็อก	27
3.13	แสดงการทดสอบความชื้นของตัวอย่างคอนกรีตบล็อก	28
3.14	แสดงการทดสอบการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตบล็อก	29
4.1	วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย	30
4.2	กราฟการกระจายตัวของอนุภาคของทราย เถ้าก้นเตาละเอียด และเถ้าก้นเตาหยาบ	32
4.3	ความต้องการน้ำของคอนกรีตบล็อก	33
4.4	ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน	34
4.5	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมที่อายุทดสอบ 28 วัน	35
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อก ที่ใช้เถ้าก้นเตาแบบละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด	37
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก ที่ใช้เถ้าก้นเตาละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด อายุ 28 วัน	38

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
ของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาแบบละเอียดที่อายุ 28 วัน 38
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อก
ผสมเถ้าก้นเตาแบบหยาบเมื่อใช้ ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2 40
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อก
ผสมเถ้าก้นเตาแบบหยาบเมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1 40
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก
ผสมเถ้าก้นเตาหยาบที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2 41
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก
ผสมเถ้าก้นเตาหยาบที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1 41
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก
เถ้าก้นเตาหยาบที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2 42
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก
เถ้าก้นเตาหยาบที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1 43
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก
ทุกส่วนผสมที่อายุ 28 วัน เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ มอก.58-2533 44

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญสัญลักษณ์

Al_2O_3	=	อลูมินาออกไซด์
C-A-H	=	แคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต
C-S-H	=	แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต
$Ca(OH)_2$	=	แคลเซียมไฮดรอกไซด์
FeO_3	=	เหล็ก
H_2O	=	น้ำ
SiO_2	=	ซิลิกาออกไซด์
ρ	=	ความหนาแน่น (กก./ม^3)
m	=	มวล หาได้โดยการชั่ง (กก.)
V	=	ปริมาตร (ม^3)
ω	=	ปริมาณความชื้นของคอนกรีตบล็อก (%)
W_w	=	น้ำหนักของน้ำที่มีอยู่คอนกรีตบล็อก (กรัม)
W_s	=	น้ำหนักคอนกรีตบล็อกที่อบแห้ง (กรัม)
W'	=	น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกหลังจากแช่น้ำ (กรัม)
W_s	=	น้ำหนักคอนกรีตบล็อกที่อบแห้ง (กรัม)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

เถ้าลอย(Fly Ash) และเถ้าก้นเตา (Bottom Ash) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า การเผาถ่านหินจะใช้อุณหภูมิประมาณ 900-1000 °C โดยเถ้าลอยจะมีลักษณะเป็นฝุ่นลอยปนออกไปกับก๊าซร้อน ซึ่งสามารถดักจับได้ด้วยเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) โดยทำการแยกฝุ่นออกจากก๊าซร้อนก่อนปล่อยจากปล่องควัน ส่วนเถ้าก้นเตาเกิดจากอนุภาคเล็กๆ ปะทะกันเองหรือปะทะกับผนังเตา แล้วหลอมติดกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่เรียกว่า Slag เมื่อน้ำหนักมากขึ้น Slag จะหล่นลงมาสู่ก้นเตา[1] ซึ่งเถ้าลอยส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการพาณิชย์และมีการทำวิจัยเกี่ยวกับเถ้าลอยอย่างมากมาย ส่วนเถ้าก้นเตาจะนำไปทิ้งหรือถมที่ดิน ยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์แต่อย่างใด แม้จะมีการศึกษาเกี่ยวกับเถ้าก้นเตามาบ้างแล้ว แต่มีการศึกษากันน้อยมาก โดยเรืองรุชดิ์ ชีระโรจท์ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล ได้ศึกษาถึงการใช้เถ้าก้นเตาเป็นวัสดุปอซโซลาน [2] ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมามุ่งเน้นไปในทิศทางที่การนำเถ้าก้นเตามาปรับคุณภาพโดยการบดให้มีความละเอียดมากขึ้นและนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ในงานคอนกรีตเพื่อให้สามารถรับแรงได้แต่ในการศึกษาดังกล่าวจำเป็นต้องมีการบดเถ้าก้นเตาให้ละเอียด ซึ่งทำให้ มีค่าใช้จ่ายในการบดเถ้าก้นเตาก่อนจึงจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีแนวความคิดในการนำเถ้าก้นเตามาเป็นส่วนผสมในการทำคอนกรีตบล็อกโดยที่ใช้เถ้าก้นเตาโดยตรงและไม่เสียค่าใช้จ่ายในการบด ซึ่งในปัจจุบันประชาชนส่วนใหญ่ในประเทศมีความต้องการด้านที่อยู่อาศัยค่อนข้างสูง แต่มีปัญหาเกี่ยวกับราคาวัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่มีราคาค่อนข้างสูง ผู้ที่มีรายได้น้อยจึงไม่สามารถจะมีที่อยู่อาศัยเป็นของตนเองได้ การนำเถ้าก้นเตา ซึ่งเป็นวัสดุที่เป็นผลพลอยได้และมีปัญหาในการกำจัดทิ้ง ใช้เป็นส่วนผสมในการทำคอนกรีตบล็อกเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการทำให้ราคาวัสดุก่อสร้างประเภทคอนกรีตบล็อกลดลง โดยศึกษาหาแนวทางเพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตา ให้สามารถใช้งานได้ภายใต้ความคุ้มค่าทางวิศวกรรม

ในการศึกษานี้ได้นำเถ้าก้นเตาจากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งเป็นเถ้าก้นเตาที่มีสภาพแห้งปราศจากความชื้นและสิ่งเจือปนมาใช้ หากสามารถพัฒนานำมาใช้ได้อย่างจริงจังจะช่วยให้ลดพื้นที่ในการทิ้งเถ้าก้นเตาได้อีกด้วยและลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม อันเกิดจากเถ้าก้นเตา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตลอดจนใช้วัสดุคอนกรีตบล็อกที่สามารถนำมาใช้งานภายใต้ความประหยัดตามหลักการทางวิศวกรรม เพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับงานก่อสร้างต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาคุณสมบัติของเถ้าก้นเตาจากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ

1.2.2 ศึกษากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตา จากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี

1.2.3 ศึกษาคุณสมบัติทางด้านความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำในคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตา

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพของเถ้าก้นเตาจากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ เพื่อนำมากำหนดอัตราส่วนผสมต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตา โดยให้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นส่วนผสมควบคุม ใช้ทราย เถ้าก้นเตาและหินฝุ่นเป็นอัตราส่วนแปรผัน โดยจะเริ่มจากหาอัตราส่วนของน้ำที่เหมาะสม (W/C) เมื่อได้อัตราส่วนของน้ำที่เหมาะสมจึงจะนำมาอัดเข้าบล็อกที่ออกแบบและพัฒนาให้มีลักษณะพิเศษเพื่อการใช้งานที่เหมาะสม โดยมีรูร่องและเดือยบนตัวบล็อกที่สามารถก่อประสานกันทั้งแนวนอนและแนวดิ่ง โดยไม่ต้องใช้ปูนก่อหรือก่อทีละก้อนเหมือนแบบดั้งเดิม สามารถนำมาวางซ้อนกันได้ตลอดความยาวของผนังสูงครั้งละประมาณ 10 แถว แล้วใช้น้ำปูนทรายหยอดลงในรูของบล็อก ซึ่งเรียกว่า “บล็อกประสาน” ขนาดของบล็อกจะเท่ากับ 12.5 x 25 x 10 ซม. โดยจะทำการทดสอบกำลังอัด ที่อายุ 7, 28 และ 60 วัน ทดสอบความหนาแน่น ทดสอบความชื้น และทดสอบการดูดซึมน้ำ ที่อายุ 28 วัน หลังการอัดคอนกรีตบล็อก

1.4 แนวทางการศึกษา

บทที่ 1 กล่าวถึงวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น

บทที่ 2 กล่าวถึงคอนกรีตบล็อก ปฏิกิริยาปอซโซลาน คุณสมบัติของเถ้าก้นเตาและผลงานวิจัยที่ผ่านมา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการศึกษา, วัสดุที่ใช้ทดสอบ, อุปกรณ์การทดสอบ, การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

บทที่ 5 จะเป็นบทสรุป และข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเถ้าก้นเตาจากโรงงานกระดาษจังหวัดปราจีนบุรี

1.5.2 ทราบถึงส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เถ้าก้นเตา

2.1.1 เถ้าก้นเตา (Bottom Ash) และเถ้าลอย (Fly Ash)

เถ้าก้นเตา (Bottom Ash) และเถ้าลอย (Fly Ash) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า ในปัจจุบันโรงไฟฟ้าแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เมื่อเดินเครื่องเต็มที่จะใช้ถ่านหินลิกไนต์ จากเหมืองลิกไนต์แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ประมาณวันละ 40,000 ตัน เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า การเผาถ่านหินลิกไนต์ที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ การเผาถ่านหินจะใช้อุณหภูมิประมาณ 900-1000 °C โดยเถ้าลอยลิกไนต์ (Lignite Fly Ash) จะมีลักษณะเป็นฝุ่นลอยปนออกไปกับก๊าซร้อน ซึ่งสามารถดักจับได้ด้วยเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) โดยทำการแยกฝุ่นออกจากก๊าซร้อนก่อนปล่อยจากปล่องควัน ส่วนเถ้าก้นเตาเกิดจากอนุภาคเล็ก ๆ ปะทะกันเองหรือปะทะกับผนังเตา แล้วหลอมติดกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่เรียกว่า Slag เมื่อน้ำหนักมากขึ้น Slag จะหล่นลงมาสู่ก้นเตาจึงเรียกว่า เถ้าก้นเตา (Bottom Ash)[1]

2.1.2 เถ้าถ่านหินที่ทิ้งแล้วและเถ้าก้นเตา

เถ้าถ่านหินที่ทิ้งแล้วและเถ้าก้นเตาจัดเป็นวัสดุปอซโซลานอย่างหนึ่งเช่นเดียวกับเถ้าถ่านหินเพราะมีปริมาณซิลิก้าและอลูมิน่าในปริมาณที่สูงเป็นผลให้สามารถเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้ [3] จาก ASTM C618 [4] ได้แบ่งประเภทของเถ้าถ่านหินออกตามองค์ประกอบทางเคมีเป็น 2 ชนิดคือ Class F และ Class C โดย Class F จะประกอบด้วย ซิลิก้า (SiO_2) อลูมิน่า (Al_2O_3) และ เหล็ก (FeO_3) รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของน้ำหนัก ส่วน Class C ประกอบด้วย ซิลิก้า (SiO_2) อลูมิน่า (Al_2O_3) และ เหล็ก (FeO_3) รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนัก แต่ไม่เกินร้อยละ 70 ของน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีข้อกำหนดอื่น ๆ ที่เหมือนกันทั้ง Class F และ Class C คือ มีปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ไม่เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนัก มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 3 ของน้ำหนัก มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition , LOI) ไม่เกินร้อยละ 6 ของน้ำหนักแต่ถ้าเป็น Class F อนุโลมให้มีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาไม่เกินร้อยละ 12 ของน้ำหนัก มีปริมาณอนุภาคที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 (ขนาดช่องเปิด 45 ไมโครเมตร) ไม่เกินร้อยละ 34 ของน้ำหนักทั้งหมด มีดัชนีกำลังหรือร้อยละกำลังอัดเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยวัสดุปอซโซลานในอัตราส่วน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ที่อายุ 7 หรือ 28 วัน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของกำลังอัดมอร์ต้าร์ควบคุม (ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานทั้งหมด) และมีความต้องการน้ำ (Water Requirement) ไม่เกินร้อยละ 105 ของมอร์ต้าร์ควบคุม แต่เนื่องจากเถ้าถ่านหินที่ทิ้งแล้วมีคุณภาพที่ไม่แน่นอนเป็นอย่างมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเถ้าถ่านหินที่นำมาทิ้ง สถานที่จัดทิ้งบางแหล่งอาจทิ้งในแอ่งน้ำหรือทิ้งแบบแห้งในที่โล่ง นอกจากนี้เถ้าถ่านหินที่ทิ้งแล้วอาจมีสิ่งเจือปนได้ง่ายเพราะคิดว่าเถ้าถ่านหินที่ทิ้งแล้วไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อะไรได้อีก เช่นโรงไฟฟ้าแม่เมาะนำผลพลอยได้จากการดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาทิ้งรวมกับเถ้าถ่านหิน ส่วนเถ้าก้นเตามีลักษณะการเกิดเช่นเดียวกับเถ้าถ่านหิน แต่มีขนาดใหญ่กว่ามาก ดังนั้นการนำเถ้าก้นเตามาใช้เป็นวัสดุปอซโซลานโดยตรงจึงไม่เหมาะเพราะเถ้าก้นเตามีขนาดใหญ่ทำให้มีพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้น้อยอีกทั้งมีรูพรุนสูงทำให้มีความต้องการน้ำมากขึ้นด้วย

2.1.3 ปฏิกิริยาปอซโซลาน

ปฏิกิริยาปอซโซลานจะเกิดขึ้นหลังจากการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น กล่าวคือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น จะทำปฏิกิริยารวมตัวกับซิลิกา-ออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) ที่มีอยู่ในเถ้าถ่านหิน จนทำให้เกิดสารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C-A-H) ตามลำดับ ดังสมการที่ (2.1) และ (2.2)

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + H_2O \longrightarrow xCaO.ySiO_2.zH_2O \qquad (2.1)$$

$$Ca(OH)_2 + Al_2O_3 + H_2O \longrightarrow xCaO.yAl_2O_3.zH_2O \qquad (2.2)$$

โดยที่ค่า x, y, z เป็นตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C-A-H) ซึ่งสารประกอบทั้งสองมีคุณสมบัติในการยึดประสาน ส่งผลให้เพสต์ที่ผสมเถ้าถ่านหินมีความสามารถในการยึดประสานดีขึ้น และความสามารถในการรับกำลังอัดสูงกว่าซีเมนต์เพสต์ล้วนเพราะเป็นการรวมของสารประกอบทั้งสองดังกล่าวที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นและปฏิกิริยาปอซโซลาน สำหรับการทดสอบหาค่าปฏิกิริยาปอซโซลานที่เกิดขึ้น จะหาได้จากอัตราส่วนร้อยละระหว่างกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าถ่านหินกับมอร์ต้าร์มาตรฐาน ซึ่งค่าดังกล่าวเรียกว่า “ดัชนีกำลัง”

2.1.4 งานวิจัยที่นำเอาเถ้าก้นเตาไปใช้

จากคุณสมบัติของเถ้าก้นเตาดังที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น จึงได้มีงานวิจัยที่นำเอาเถ้าก้นเตาไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น เรืองรุชดิ์ ชีระโรจท์ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล [2] ได้ทำการศึกษาศักยภาพของเถ้าก้นเตาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเพื่อใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน โดยปรับปรุงคุณภาพเถ้าก้นเตาให้มีความละเอียดมากขึ้น ผลการวิจัยพบว่าเถ้าก้นเตาบดละเอียดเป็นวัสดุปอซโซลานที่ดีมากชนิดหนึ่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สิทธาฤทธิ์ ปรีดานนท์ และ ปิติวัฒน์ วัฒนชัย [5] ได้ทำการศึกษาศึกษาถึงความเหมาะสมของการใช้เถ้าลอยและเถ้าก้นเตาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะมาเป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตที่มีการยุบตัวเป็นศูนย์ โดยใช้เถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน และใช้เถ้าก้นเตาทดแทนทรายบางส่วนและทั้งหมด และศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสม ค่ากำลังอัดประลัย อายุคอนกรีต อัตราการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย และสัดส่วนการแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตา ผลการวิจัยพบว่าสัดส่วนการใช้เถ้าก้นเตาเป็นมวลรวมละเอียดทดแทนทรายร้อยละ50 ส่งผลให้มวลรวมมีขนาดคละที่สม่ำเสมอดีที่สุด ส่วนการใช้เถ้าก้นเตาเป็นมวลรวมละเอียดแต่เพียงอย่างเดียวจะทำให้ขนาดคละของมวลรวมมีความละเอียดมากเกินขอบเขตที่มาตรฐาน ASTM C33 ยอมให้ การใช้เถ้าลอยทดแทนปูนซีเมนต์ในส่วนผสมจะทำให้คอนกรีตสดมีความเหลวเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้เถ้าก้นเตาทดแทนทรายในส่วนผสมจะทำให้คอนกรีตสดมีความเหลวลดลง จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด ทำให้สามารถหารูปแบบสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย ร้อยละการแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตา และกำลังอัดประลัยของคอนกรีต โดยมีช่วงขอบเขตการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 30 และมีช่วงขอบเขตการแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 100

2.2 คอนกรีตบล็อก[6]

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อที่ทำจากปูนซีเมนต์ผสมกับทราย หินเล็ก ๆ และน้ำ ผสมให้เข้ากันดีแล้วนำไปใส่เครื่องอัดในแบบเหล็กให้แน่น แล้วนำเอาออกจากแบบไปบ่มในที่ร่มประมาณ 7-14 วัน จึงจะมีความแข็งตัวพอที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้างได้ คอนกรีตบล็อกชนิดนี้มีทั้งแบบรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก ซึ่งมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดรายละเอียดของแต่ละชนิดไว้ดังนี้

มอก. 57-2533 หมายถึงคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

มอก. 58-2533 หมายถึงคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มอก. 59-2516 หมายถึงอิฐคอนกรีต

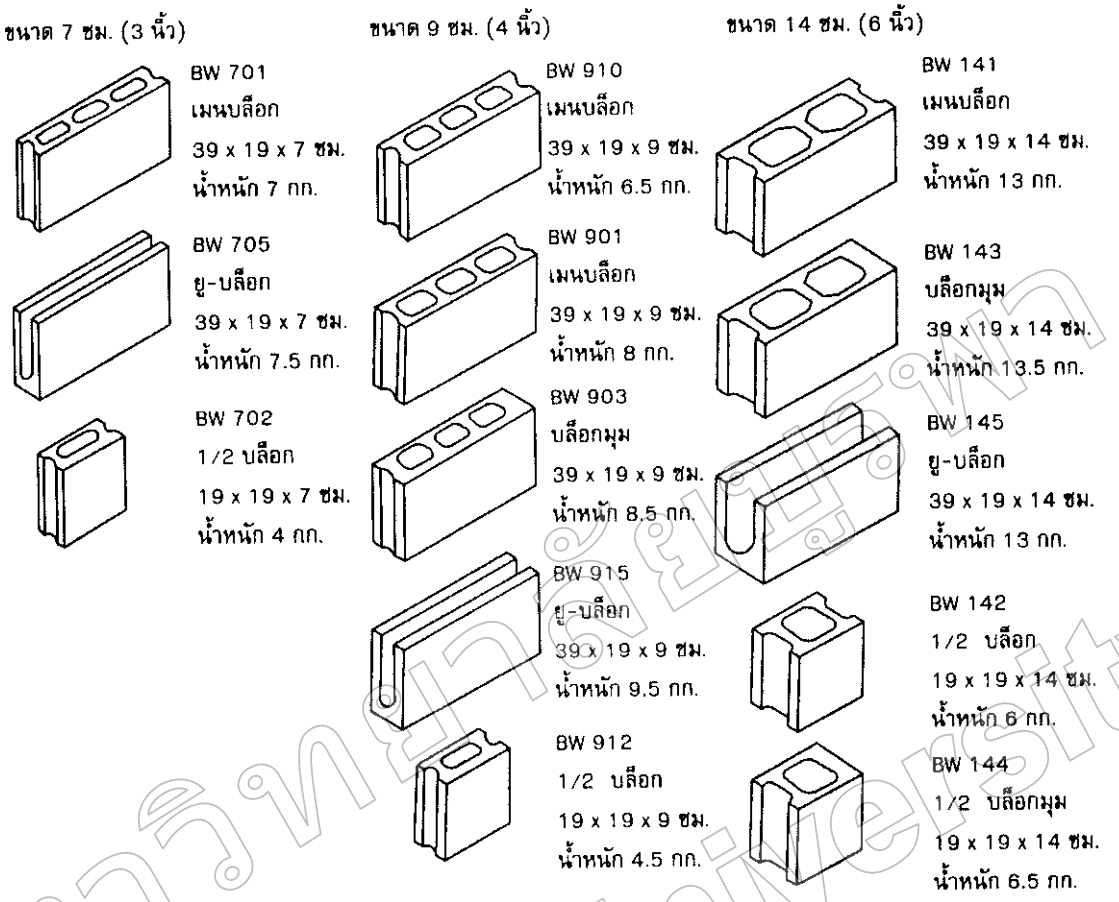
มอก. 60-2516 หมายถึงคอนกรีตบล็อกเชิงตันรับน้ำหนัก

2.2.2 ชนิดของคอนกรีตบล็อก

2.2.2.1 คอนกรีตบล็อกที่เรียกตามชื่อสินค้า

คอนกรีตบล็อกมีบริษัทผลิตจำหน่ายในส่วนกลาง มีชื่อสินค้าต่างๆ กัน เช่น ซีแพคบล็อก ดีแทคบล็อก ดังตัวอย่าง ในรูปที่ 2.1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



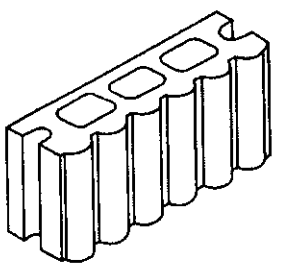
รูปที่ 2.1 ดีแทคบล็อกชนิดต่างๆ

ชาโดว์บล็อก เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ล่าสุด ซึ่งได้วิวัฒนาการมาจากคอนกรีตบล็อกธรรมดาที่ใช้ในวงการก่อสร้างทั่วไป สำหรับก่อกำแพงและตกแต่งเสร็จเรียบร้อยไปในตัว ทำให้ประหยัดค่าตกแต่งลงไปได้อีกมาก เหมาะกับการใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร ชาโดว์บล็อกมีลักษณะเป็นคอนกรีตบล็อกที่มีผิวหน้านูนขึ้นเป็นลวดลาย จากลวดลายนี้สามารถที่จะประสานลายขึ้นใหม่ได้อีกอย่างครบถ้วนตามความประสงค์ของผู้ใช้ ลวดลายเหล่านี้เมื่อกระทบกับแสงแดด เงาที่ตกทอดอย่างสลับซับซ้อนจะก่อให้เกิดความสวยงามอย่างวิจิตรพิสดารยิ่งขึ้น

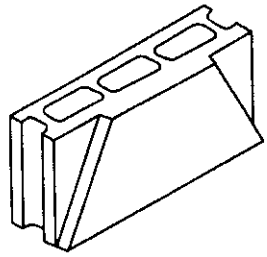
นอกจากนี้ ชาโดว์บล็อกยังมีคุณสมบัติพิเศษในการรับน้ำหนักได้ถึง 5,000 กิโลกรัมต่อ 1 ก้อน ดังนั้นจึงสามารถก่อเป็นกำแพงรับน้ำหนักได้โดยไม่ต้องมีเสา ทำให้ลวดลายของบล็อกประสานต่อเนื่องกันตลอดทั้งผนัง

ตัวอย่างของชาโดว์บล็อกในรูปที่ 2.2 เป็นเพียงบางส่วนเท่านั้น ผู้ใช้สามารถออกแบบให้เกิดลวดลายขึ้นใหม่ได้ และยังสามารถก่อสลับกับคอนกรีตบล็อกชนิดผิวเรียบธรรมดาได้ เมื่อต้องการเน้นลวดลายเป็นบางส่วน

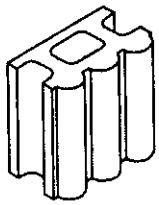
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



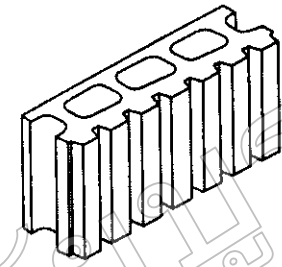
SD-940
39 x 19 x 11ซม.
น้ำหนัก 11 กก.



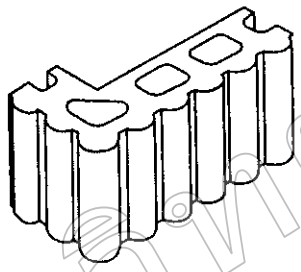
SD-946
39 x 19 x 11 ซม.
น้ำหนัก 9.5 กก.



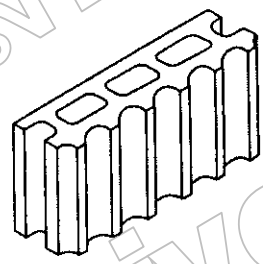
SD-940A
19 x 19 x 11 ซม.
น้ำหนัก 5.5 กก.



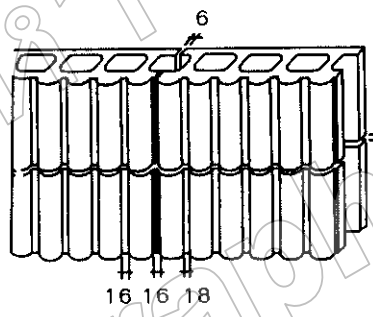
SD-942
39 x 19 x 11 ซม.
น้ำหนัก 11.5 กก.



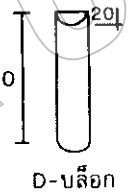
SD-940B
39 x 19 x 19 ซม.
น้ำหนัก 14 กก.



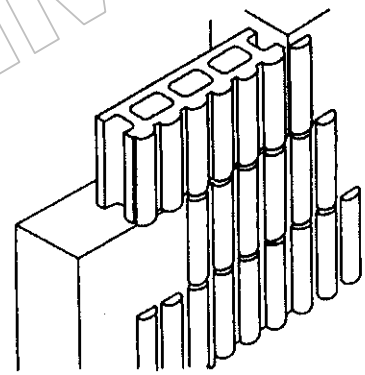
SD-941
39 x 19 x 11 ซม.
น้ำหนัก 11 กก.



แสดงการเว้นช่องแนวปูนก่อทางตั้ง 6 มม.
และทางนอน 10 มม. สำหรับบล็อก SD-940,
SD-941 และ SD-942



D-บล็อก



แสดงการใช้ D-บล็อกปะคานและเสา
เพื่อให้ลายมุมติดต่อกันตลอดสำหรับ
บล็อก SD-940, SD-942 และ SD-946

รูปที่ 2.2 ดีแทคบล็อกชนิดชาโดว์บล็อก

2.2.2.2 อินเตอร์ล็อคกิ้งบล็อก (Inter Locking Block) คือบล็อกที่ได้รับการออกแบบพัฒนาให้มีลักษณะพิเศษตามหน้าที่การใช้งานอย่างแท้จริง ซึ่งมีการใช้งาน 4 ลักษณะดังนี้

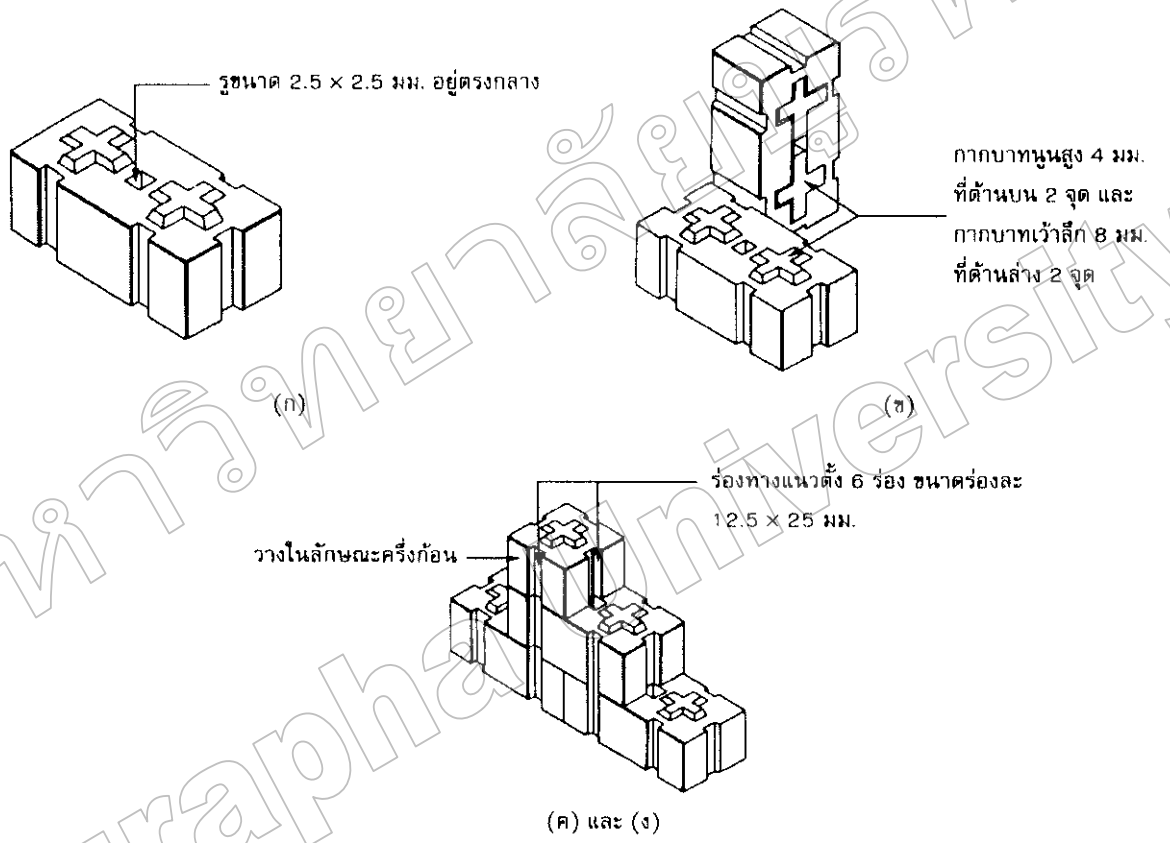
ก. จากรูปที่ 2.3 (ก) มีรูขนาด 2.5 x 2.5 มิลลิเมตรอยู่ตรงกลางสำหรับหยอดน้ำปูนทรายเชื่อมระหว่างก้อนบนและล่างทางแนวดิ่ง และใช้เสริมเหล็กยึดโครงหลังคา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข. จากรูปที่ 2.3 (ข) มีกากบาทนูนสูง 4 มิลลิเมตรที่ด้านบน 2 จุด และมีกากบาทเว้าลึก 8 มิลลิเมตรที่ด้านล่าง 2 จุด เมื่อวางมาซ้อนทับเป็นแนวตรงหรือแนวสลับจะครอบกันได้สนิท (locked block) ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนทางแนวนอนได้

ค. จากรูปที่ 2.3 (ค) มีร่องทางแนวตั้งได้ 6 ร่อง ขนาดร่องละ 12.5 x 25 มิลลิเมตรสำหรับวางบล็อกต่อและหยอดน้ำปูนทรายเชื่อมตามแนวนอน ร่องแต่ละร่องสามารถถอดออกได้

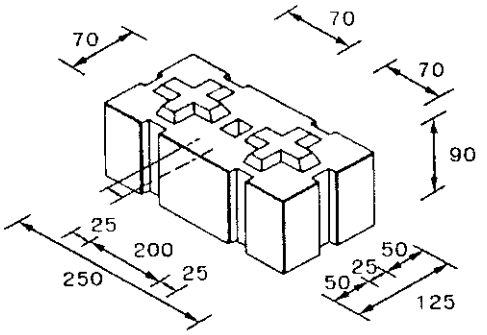
ง. จากรูปที่ 2.3 (ง) สามารถทำครึ่งก้อนได้ เพื่อใช้ในการก่อแบบสลับแนวให้ได้แนวตรงทางแนวดิ่งตรงมุมหรือหัวท้ายผนัง



รูปที่ 2.3 แสดงการใช้อินเตอร์ล็อคกิ้งบล็อก

ขนาดของอินเตอร์ล็อคกิ้งบล็อก ขนาดเต็มก้อน มีความกว้าง 125 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร และสูง 90 มิลลิเมตร และขนาดครึ่งก้อน มีความกว้าง 125 มิลลิเมตร ยาว 125 มิลลิเมตร และสูง 90 มิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะและขนาดของอินเตอร์ล็อคกิ้งบล็อก

2.2.3 ข้อกำหนดเกี่ยวกับคอนกรีตบล็อก [7]

มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กำหนดรายละเอียดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2533 หมายถึงคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ได้กำหนดรายละเอียดไว้ดังนี้

2.2.3.1 ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและสัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินและการทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

2.2.3.2 บทนิยาม

คอนกรีตบล็อก (Hollow concrete block or hollow concrete masonry unit) หมายถึง ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่างๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (Hollow non-load-bearing concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง

เปลือก (Face-shell) หมายถึง ผนังของคอนกรีตบล็อก ซึ่งเชื่อมต่อด้วยผนังกั้นโพรง

2.2.3.3 ประเภทและสัญลักษณ์

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

ก. ประเภท 1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 1

ข. ประเภท 2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 2

2.2.3.4 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน [7]

ก. ความหนาของเปลือกต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข. ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

ให้มีขนาดดังแสดงในตารางที่ 1 โดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก [7]

ขนาด หนา x สูง x ยาว (มม.^{3})
70 x 190 x 140
90 x 190 x 140
140 x 190 x 140
190 x 190 x 140
70 x 190 x 190
90 x 190 x190
140 x 190 x 190
190 x 190 x190
70 x 190 x 290
90 x 190 x 290
140 x 190 x 290
190 x 190 x 290
70 x 190 x 390
90 x 190 x 390
140 x 190 x 390
190 x 190 x 39

หมายเหตุ ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิกัดในการก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมูลฐานให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐานเท่ากับ 10 มิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.3.5 วัสดุ

ก. ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

- ปูนซีเมนต์ผสม ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก. 80

ข. มวลผสมคอนกรีต

-ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีตมาตรฐานเลขที่ มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

ค. ส่วนผสมอื่น ๆ

-ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีต และควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.2.3.6 คุณลักษณะที่ต้องการ

ก. ลักษณะทั่วไป

- คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือคามคงทนถาวร รอยแตกร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ

- คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดี

- คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยปิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่นๆ ถ้าในการสั่งคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

ข. ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

-ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อนต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.2

-การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 109

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2.2 ความต้านทานแรงอัด[7]

ความต้านแรงอัดต่ำสุด เมกะพาสคัล (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน
2.5	2.0

ค. ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภท 1)

-ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภท 1) [7]

ร้อยละของการหดตัวทางยาว[1)]	ความชื้น สูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย ร้อยละ[2)]		
	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35

หมายเหตุ [1)] ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C 426)

[2)] อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

2.2.3.7 เครื่องหมายและฉลาก

ก. ที่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

- สัญลักษณ์แสดงประเภท

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

- ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

ข. ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

2.2.3.8 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

ก. รุ่น ในที่นี้ หมายถึง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทและขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

ข. การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องให้เวลาสำหรับการทดสอบจนครบทุกรายการอย่างน้อย 10 วัน

ค. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

- การชักตัวอย่าง ให้เป็นไปตาม มอก. 109 โดยคัดตัวอย่างที่บกพร่องเนื่องจากการขนส่งออกเสียก่อน แล้วจึงชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันมาทำเป็นตัวอย่างทดสอบ

- เกณฑ์ตันสิน ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 2.2.3.4 และข้อ 2.2.3.6 ทุกข้อ จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ในกรณีที่มีตัวอย่างใดไม่เป็นไปตามข้อ 2.2.3.4 ข้อ 2.2.3.6 (ก.) ข้อ 2.2.3.6 (ข.) ข้อ 2.2.3.6 (ค.) รายการใดรายการหนึ่ง ให้ชักตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันจำนวน 2 เท่าของชุดตัวอย่าง มาทดสอบซ้ำในรายการนั้น ผลการทดสอบซ้ำ ตัวอย่างทุกชุดต้องเป็นไปตามข้อ 2.2.3.4 ข้อ 2.2.3.6 (ก.) ข้อ 2.2.3.6 (ข) หรือข้อ 2.2.3.6 (ค.) แล้วแต่กรณี จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ยกเว้นรายการความต้านแรงอัด ตัวอย่างต้องมีความต้านแรงอัดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 ของเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 3.2 จึงจะยอมให้ทดสอบซ้ำในรายการความต้านแรงอัดได้

2.2.4 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก

2.2.4.1 ความหนาแน่น

ความหนาแน่น หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เมื่อมวลหาได้โดยการชั่ง ซึ่งมีหน่วยเป็น กิโลกรัม ส่วนปริมาตรของคอนกรีตบล็อกนั้น มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร เป็นต้น

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว จะได้ว่า

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{กก./ม}^3 \qquad (2.3)$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่น (กก./ม^3)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

m = มวล หาได้โดยการชั่ง (กก.)

V = ปริมาตร ($ม^3$)

สำหรับค่าความหนาแน่นของน้ำ ρ_W มีค่าเท่ากับ 1,000 กก./$ม^3$

ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเป็นการศึกษาคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์หรือทางด้านกายภาพน้ำหนักขึ้นอยู่กับวัสดุ

2.2.4.2 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นหมายถึง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในคอนกรีตบล็อกต่อน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกที่อบแห้งแล้ว คูณด้วย 100 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เขียนสูตรได้ว่า

$$\omega = \frac{W_W \times 100}{W_S} (\%) \qquad (2.4)$$

โดยที่ ω = ปริมาณความชื้นของคอนกรีตบล็อก (%)

W_W = น้ำหนักของน้ำที่มีอยู่คอนกรีตบล็อก (กรัม) หาได้โดยเอาน้ำหนักคอนกรีตบล็อกชื้นลบด้วยน้ำหนักคอนกรีตบล็อกอบแห้ง

W_S = น้ำหนักคอนกรีตบล็อกที่อบแห้ง (กรัม)

2.2.4.3 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก

การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกสามารถบอกถึงความคงทนของคอนกรีตบล็อก การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกก่อสร้าง ปกติให้แช่คอนกรีตบล็อกในน้ำ 24 ชั่วโมง

การดูดซึมน้ำของอิฐ หมายถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในอิฐหลังจากนำไปแช่น้ำต่อน้ำหนักอิฐอบแห้ง นิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ จึงคูณด้วย 100 เขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก} = \frac{W' - W_S}{W_S} \times 100(\%) \qquad (2.5)$$

โดยที่ W' = น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกหลังจากแช่น้ำ (กรัม)

W_S = น้ำหนักคอนกรีตบล็อกที่อบแห้ง (กรัม)

การดูดซึมน้ำมากน้อยเท่าใดเป็นเครื่องแสดงคุณภาพของคอนกรีตบล็อก เช่น คอนกรีตบล็อกถ้าคอนกรีตบล็อกดูดซึมน้ำมากแสดงว่ามีความพรุนของเนื้อคอนกรีตบล็อกมาก สำหรับงานก่อกำแพงคอนกรีตบล็อกควรนำคอนกรีตบล็อกนั้น ๆ มาชุบน้ำให้ชุ่มและอิ่มตัว และทิ้งไว้ให้ผิวแห้ง ถ้าคอนกรีตบล็อกชุ่มน้ำมากเกินไป จะทำให้ปูนก่อไหลหลุดลงมาได้ การก่อผนังยาก ช่างก่อมักไม่ค่อยทำเพราะยากกว่าก่อคอนกรีตบล็อกแห้ง

2.2.4.4 กำลังอัด

คอนกรีตบล็อกต้องมีความแข็งแรงทนทาน สามารถต้านทานแรงอัดได้ดีพอสมควร หากไม่แน่ใจว่ามีความแข็งแรงทนทาน จำเป็นต้องนำไปทดสอบเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงตามสถาบันของทางราชการที่เชื่อถือได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การทดสอบรับแรงอัด กระทำได้โดยวางคอนกรีตบล็อกบนเครื่องทดสอบแล้วออกแรงกดจนกระทั่งคอนกรีตบล็อกแตก แล้วอ่านค่าน้ำหนักสูงสุดที่คอนกรีตบล็อกรับได้เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

หน่วยแรงอัดสูงสุด หมายถึงอัตราส่วนระหว่างแรงอัดสูงสุดต่อพื้นที่รับแรง มีหน่วยเป็น กก./ซม^2 เขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$\text{หน่วยแรงอัดสูงสุด} = \frac{\text{น้ำหนักกดสูงสุด (กก.)}}{\text{พื้นที่รับแรง (ซม}^2\text{)}} \qquad (2.6)$$

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อที่ทำจากปูนซีเมนต์ผสมกับทราย หินเล็กๆ และน้ำผสมให้เข้ากันดีแล้วนำไปใส่เครื่องอัดในแบบเหล็กให้แน่น แล้วนำเอาออกจากแบบไปเรียงบ่มในที่ร่มประมาณ 7-14 วัน จึงจะมีความแข็งตัวพอที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้างได้ คอนกรีตบล็อกมีทั้งแบบที่รับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก ดังนั้นจึงมีนักวิจัยหลายท่าน ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมการและคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก มีส่วนผสมต่างๆ ที่เหมาะสมในการใช้ในการก่อสร้าง อยู่หลายแบบ ดังนี้

เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์ และ ฉัตรชัย ชูทอง [8] ได้ทำการศึกษาการใช้เถ้าก้นเตาเป็นมวลรวมและใช้เถ้าถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบา โดยใช้เถ้าก้นเตาและเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จากการทดลองสรุปได้ว่า คอนกรีตบล็อกมวลเบาที่ใช้เถ้าถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนและเถ้าก้นเตาเป็นมวลรวม สามารถนำมาผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาได้

นายไชยยันต์ ชัยจักร นายสมิตร ส่งพิริยะกิจ และ กุลพัฒน์ วัฒนกูล [9] ได้ทำการวิจัยความเป็นไปได้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาโดยการใช้ตะกรันจากอุตสาหกรรมรีไซเคิลเหล็กเป็นมวลรวมหยาบเพื่อทดแทนการใช้หิน โดยมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์และเถ้าถ่านหินเป็นวัสดุประสาน ในการทดลองวัสดุประสานจะประกอบด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าถ่านหินในอัตราส่วน 60:40 และ 40:60 และมีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45 นอกจากนี้ยังกำหนดให้วัสดุประสานมีปริมาตรร้อยละ 40, 55 และ 70 ของช่องว่างมวลรวม การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาเป็นไปตาม มอก. 58-2530 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การใช้วัสดุประสานที่มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าถ่านหิน 40:60 แทนที่ช่องว่างระหว่างมวลรวมในอัตราร้อยละ 70 สามารถให้ค่ากำลังอัดได้เท่ากับ 44.80 และ 68.73 กก/ซม^2 ที่อายุ 3 และ 28 วัน ตามลำดับ และมีค่าโมดูลัสการแตกหักเท่ากับ 10.71 กก/ซม^2 ที่อายุ 28 วัน นอกจากนี้ยังมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำเพียง 0.089 วัตต์/เมตร/องศาเซลเซียส โดยมีความหนาแน่นเท่ากับ 1380 กก/ ลบ.ม.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สุรพันธ์ สุคันธปรีย์ จตุพล ตั้งปกาศิต ชัย จาตุรพิทักษ์กุล [10] ได้ทำการวิจัยการศึกษาอิฐคอนกรีตที่มีเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเผาแกลบและเปลือกไม้จาก 3 โรงไฟฟ้ามาใช้ในการศึกษา โดยนำเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ที่มาจากโรงงานโดยตรง และได้รับการบดให้วัสดุค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 25 ถึง 30 มาแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ร้อยละ 10, 20 และ 30 เพื่ออัดอิฐคอนกรีตคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้และทดสอบกำลังอัดของอิฐคอนกรีตที่อายุ 1, 3, 7, 14, 28 และ 60 วัน กำลังอิฐคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ พบว่าขึ้นอยู่กับการแทนที่ปูนซีเมนต์และความละเอียดของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ คือเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์มากกำลังอัดยิ่งต่ำและความละเอียดของเถ้าแกลบ-เปลือกไม้สูงขึ้นยิ่งทำให้กำลังอัดของอิฐคอนกรีตสูงขึ้นตามไปด้วย ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาเถ้าแกลบ- เปลือกไม้โดยการบดอนุภาคให้มีความละเอียดขึ้นทำให้มีคุณสมบัติการเป็นวัสดุปอซโซลานที่ดี สามารถนำมาใช้ผลิตอิฐคอนกรีตได้ดี

จากงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าได้มีการนำเอาวัสดุต่างๆ มาเป็นส่วนผสมเพื่อใช้เป็นวัสดุปอซโซลานและแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในการทำอิฐคอนกรีตและคอนกรีตบล็อกมวลเบา จะทำให้ได้กำลังอัดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาเป็นส่วนผสม งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการใช้เถ้าก้นเตาเป็นมวลรวมและแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน โดยจะเริ่มจากหาอัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม (W/C) เมื่อได้อัตราส่วนของน้ำที่เหมาะสมจึงจะทำการผลิตคอนกรีตบล็อกที่อัตราส่วนผสมต่างๆ นำคอนกรีตบล็อกมาทำการศึกษาหากำลังอัด ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำ ของคอนกรีตบล็อกเพื่อให้ได้คอนกรีตบล็อกที่มีคุณภาพดีเหมาะสมสำหรับใช้งาน เป็นการลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นและลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากเถ้าก้นเตา เป็นการสนับสนุนในการใช้เถ้าก้นเตาให้เป็นประโยชน์มากขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.1 ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม มอก.15-2532

3.1.2 เถ้าก้นเตา ใช้เถ้าก้นเตาจากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี

3.1.3 ทราย ใช้ทรายแม่น้ำ อบแห้ง

3.1.4 หินฝุ่น ใช้หินขนาด 4 – #200 นิ้ว อบแห้ง

3.1.5 น้ำ ใช้น้ำสะอาด การทดลองนี้ใช้น้ำประปา

3.2 อุปกรณ์การทดสอบและเครื่องมือ

3.2.1 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อก ชนิดซินวา-แรม (Cinva-ram)

เป็นเครื่องอัดดินซีเมนต์บล็อกแบบไม่ต้องใช้ไฟฟ้า เคลื่อนย้ายสะดวก แข็งแรงทนทาน สามารถอัดบล็อกได้ด้วยตนเอง คุณสมบัติพิเศษ ใช้แรงคนโยกอัดบล็อกด้วยคานทดแรง อัดได้ครั้งละ 1 ก้อน ทำบล็อกประสานแบบเต็มก้อนและครึ่งก้อน ได้ในเครื่องเดียว อัตราการผลิตประมาณ 300 -400 ก้อน ต่อวัน ตัวเครื่องผลิตจากเหล็กหนา แข็งแรงทนทานต่อการใช้งานหนัก ผลิตก้อนขนาด 10 x 12.50 x 25 ซม^3. โดยใช้ 32 ก้อน ต่อ 1 ตรม.

รูปที่ 3.1 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกชนิดซินวา-แรม (Cinva-ram)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2.2 เครื่องทดสอบกำลังอัด

รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบกำลังอัด

3.2.3 เครื่องตัดคอนกรีตบล็อก

รูปที่ 3.3 เครื่องตัดคอนกรีตบล็อก

3.2.4 เครื่องอบ

3.2.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.6 กะบะผสม ระหว่าง ปูนซีเมนต์ เถ้าก้นเตา หินฝุ่น ทราย น้ำ

3.2.7 ปุ้งกี๋ และจอบ

3.2.8 พลั่ว

3.2.9 ตะแกรงมาตรฐาน

3.2.10 ชุดทดลองหาความถ่วงจำเพาะของเถ้าก้นเตา

3.2.11 ชุดทดลองหาค่าการกระจายตัวของเถ้าก้นเตาและทราย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าก้นเตา

ในงานวิจัยฉบับนี้ ได้แบ่งขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติของเถ้าก้นเตาออกเป็นดังนี้

3.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

เถ้าก้นเตา คือเถ้าก้นเตาที่ทิ้งแล้วจากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี นำมาตากแดดประมาณ 2 วัน เพื่อลดปริมาณความชื้น เพื่อไม่ให้ปริมาณความชื้นสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่ง ASTM C 618 [4] ที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 3 ของน้ำหนัก

3.3.2 การทดสอบเถ้าก้นเตา

3.3.2.1 การทดสอบหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ และเถ้าก้นเตาที่ทิ้งแล้ว ในการทดลองจะทำตาม ASTM C 188 [12] โดยใช้ขวดเลอร์ชาเตริแอร์ (Le Chatelier Flask) บรรจุน้ำมันก๊าด จากนั้นเติมปูนซีเมนต์หรือเถ้าก้นเตาที่ทิ้งแล้วลงในขวด หลักการในการคำนวณอาศัยการแทนที่ของน้ำมันก๊าด ซึ่งหาความหนาแน่นของปูนซีเมนต์หรือเถ้าก้นเตา ได้จากน้ำหนักของตัวอย่างหารด้วยปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปของน้ำมันก๊าด

3.3.2.2 การหาค่าการกระจายตัวของทรายและหินฝุ่น โดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง ตามมาตรฐาน ASTM C 136 [13]

3.4 การทำคอนกรีตบล็อก

3.4.1 ส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

ใช้เถ้าก้นเตาที่ ไม่ผ่านการแยกขนาดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I และมวลรวมที่อัตราส่วนผสมต่างๆ ดังนั้นมีคอนกรีตบล็อกในงานวิจัยนี้ 13 ส่วนผสม แสดงดังตารางที่ 3.1

การใช้สัญลักษณ์ในงานวิจัยนี้

C1.5:S2:CB1

ความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

C	หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I
S	หมายถึง ทราย
R	หมายถึง หินฝุ่นที่มีขนาด 4 - #200 นิ้ว
FB	หมายถึง เถ้าก้นเตาแบบละเอียดที่ไม่ได้ผ่านการคัดแยก
CB	หมายถึง เถ้าก้นเตาแบบหยาบที่ไม่ได้ผ่านการคัดแยก
ตัวเลข	หมายถึง สัดส่วนโดยน้ำหนัก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตัวอย่างการอ่านสัญลักษณ์

C1.5:FB3 หมายถึง คอนกรีตบล็อกที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I มีสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1.5 มีเถ้าก้นเตาแบบละเอียดไม่แยกขนาดสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 3

C1.5:S1:CB2 หมายถึง คอนกรีตบล็อกที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I โดยมีสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1.5 มีทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1.0 มีเถ้าก้นเตาแบบหยาบไม่แยกขนาดสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก

ชุดทดลอง	สัดส่วนโดยน้ำหนัก	จำนวนตัวอย่าง
	ปูน : ทราย : หิน : เถ้าก้นเตา	
1	1.5 : 2.0 : 2.5 : 0	9
2	1.5 : 0 : 0 : 3.0	9
3	1.5 : 0 : 0 : 3.5	9
4	1.5 : 0 : 0 : 4.0	9
5	1.5 : 0 : 0 : 4.5	9
6	1.5 : 2 : 0 : 1.0	9
7	1.5 : 2 : 0 : 1.5	9
8	1.5 : 2 : 0 : 2.0	9
9	1.5 : 2 : 0 : 2.5	9
10	1.5 : 1 : 0 : 2.0	9
11	1.5 : 1 : 0 : 2.5	9
12	1.5 : 1 : 0 : 3.0	9
13	1.5 : 1 : 0 : 3.5	9

3.4.2 ขั้นตอนการทำคอนกรีตบล็อก

3.4.2.1 เตรียมวัสดุ

ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I

เถ้าก้นเตา ใช้เถ้าก้นเตาแบบละเอียด และเถ้าก้นเตาแบบหยาบ จากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี ที่ไม่ผ่านการแยกขนาด นำมาตากแดดประมาณ 2 วัน เพื่อลดปริมาณความชื้น เพื่อ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

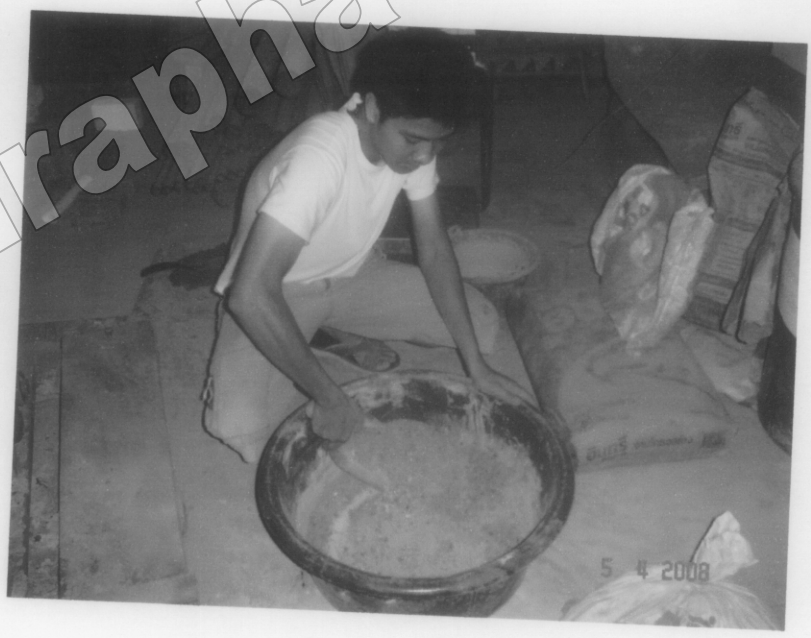
ไม่ให้ปริมาณความชื้นสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่ง ASTM C 618 [4] ที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 3 ของน้ำหนัก

ทราย ใช้ทรายแม่น้ำ อบแห้ง

หินฝุ่น ใช้หินฝุ่นใช้ขนาด 4 - #200 นิ้ว อบแห้ง

น้ำ ใช้น้ำสะอาด หรือน้ำประปา

รูปที่ 3.4 แสดงการเตรียมส่วนผสมคอนกรีตบล็อก



รูปที่ 3.5 แสดงการผสมคอนกรีตบล็อก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.4.3 วิธีผลิตคอนกรีตบล็อก

จะต้องเตรียมวัสดุดังที่กล่าวไว้แล้ว พร้อมทั้งเตรียมเครื่องอัดไว้ให้พร้อม นำปูนซีเมนต์ เถ้าก้นเตา หิน ทราย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่เตรียมไว้ผสมให้เข้ากัน แล้วทำการทดสอบความเหลวของส่วนผสมว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าความเหลวเหมาะสม นำส่วนผสมที่คลุกเคล้ากันดีแล้ว นำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อควบคุมปริมาณและน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก นำส่วนผสมใส่ลงในแบบอัดในเครื่องอัด เมื่อนำส่วนผสมลงในแบบแล้ว อัดให้แน่นโดยโยกคันอัดลงมาแล้วคลายออกโดยยกคันอัดขึ้น นำแท่งคอนกรีตบล็อกออกจากแบบ นำไปผึ่งในที่ร่มเพื่อบ่มให้แข็งตัวในแนวราบขนานกับพื้น ใช้เวลาบ่มที่ 7, 28, และ 60 วัน

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ W/C

ลำดับที่	ส่วนผสม					อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ W/C
	ปูน	ทราย	เถ้าก้นเตา	หิน	สัญลักษณ์	
1	1.5	2.0	-	2.5	CONTROL	0.50
2	1.5	-	3.0	-	C1.5:FB3	0.80
3	1.5	-	3.5	-	C1.5:FB3.5	0.90
4	1.5	-	4.0	-	C1.5:FB4	0.90
5	1.5	-	4.5	-	C1.5:FB4.5	1.00
6	1.5	2.0	1.0	-	C1.5:S2:CB1	0.60
7	1.5	2.0	1.5	-	C1.5:S2:CB1.5	0.70
8	1.5	2.0	2.0	-	C1.5:S2:CB2	0.70
9	1.5	2.0	2.5	-	C1.5:S2:CB2.5	0.75
10	1.5	1.0	2.0	-	C1.5:S1:CB2	0.70
11	1.5	1.0	2.5	-	C1.5:S1:CB2.5	0.75
12	1.5	1.0	3.0	-	C1.5:S1:CB3	0.75
13	1.5	1.0	3.5	-	C1.5:S1:CB3.5	0.80

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 3.6 แสดงการชั่งวัสดุคอนกรีตบล็อกเพื่อเข้าเครื่องอัด

รูปที่ 3.7 แสดงการใส่วัสดุคอนกรีตบล็อกเข้าเครื่องอัด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 3.8 แสดงการอัดคอนกรีตบล็อก

รูปที่ 3.9 แสดงก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ได้จากการอัด

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

3.5 การทดสอบตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าก้นเตา

3.5.1 ทดสอบกำลังอัดโดยทำการตัดตัวอย่างคอนกรีตบล็อกให้มีขนาด 50 x 50 x 50 มม.^{3} แล้วทำการทดสอบหากำลังอัดที่อายุ 7, 28 และ 60 วัน

รูปที่ 3.10 แสดงการทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตบล็อก

3.5.2 การทดสอบหาค่าความหนาแน่น (Density Test) ในการทดลองจะต้องเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ โดยทำการตัดตัวอย่างคอนกรีตบล็อก ให้มีขนาด 50 x 50 x 50 มม.^{3} ทำการวัดขนาดตัวอย่างอีกครั้ง หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง แล้วจดบันทึกผลการชั่งน้ำหนัก คำนวณหาค่าความหนาแน่น จากน้ำหนักหารด้วยปริมาตร โดยทดสอบตัวอย่างที่อายุ 28 วัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปที่ 3.11 แสดงการวัดขนาดตัวอย่างคอนกรีตบล็อก

รูปที่ 3.12 แสดงการชั่งน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตบล็อก

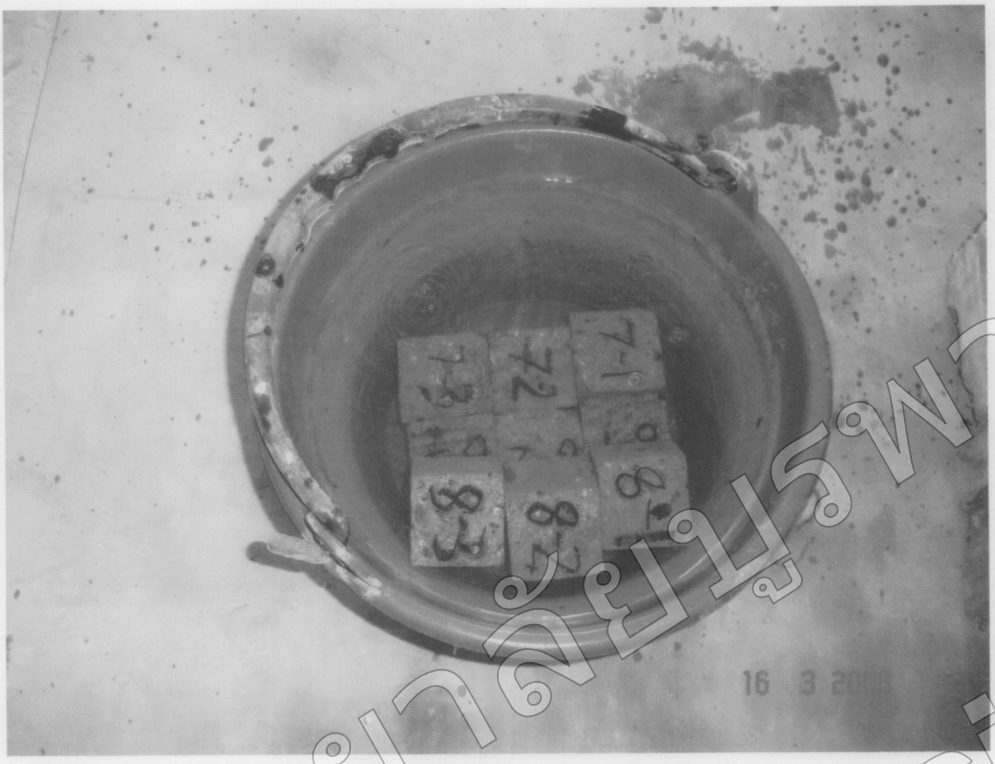
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.5.3 การทดสอบความชื้น (Moisture Content Test) ในการทดลองจะต้องเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ โดยทำการตัดตัวอย่างคอนกรีตบล็อก ให้มีขนาด 50 x 50 x 50 มม.^{3} ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง แล้วจดบันทึกผลการชั่งน้ำหนัก นำตัวอย่างคอนกรีตบล็อกเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 105 – 110 °C นาน 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตบล็อกแห้ง และคำนวณหาปริมาณความชื้นของคอนกรีตบล็อก จากน้ำหนักตัวอย่างหารด้วยน้ำหนักวัสดุที่อบแห้ง แล้วคูณด้วย 100 จะได้ค่าความชื้นของคอนกรีตบล็อกเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยทำการทดสอบตัวอย่างที่อายุ 28 วัน

รูปที่ 3.13 แสดงการทดสอบความชื้นของตัวอย่างคอนกรีตบล็อก

3.5.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Absorption Test) ในการทดลองจะต้องเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ โดยทำการตัดตัวอย่างคอนกรีตบล็อก ให้มีขนาด 50 x 50 x 50 มม.^{3} นำตัวอย่างคอนกรีตบล็อกเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 105 – 110 °C นาน 24 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างและแช่ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกให้จมอยู่ในน้ำนาน 24 ชั่วโมง แล้วใช้ผ้าเช็ดให้แห้งโดยรอบอย่างเร็ว และชั่งน้ำหนัก ภายใน 5 นาที คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ ของคอนกรีตบล็อก จากน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตบล็อกหลังจากแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ลบด้วยน้ำหนักคอนกรีตบล็อกที่อบแห้ง หารด้วยน้ำหนักคอนกรีตบล็อกที่อบแห้ง ทั้งหมดคูณด้วย 100 จะได้ค่าการดูดซึมน้ำเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยทดสอบตัวอย่างที่อายุ 28 วัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 3.14 แสดงการทดสอบการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตบล็อก

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

บทที่ 4
วิเคราะห์ผลการทดสอบ

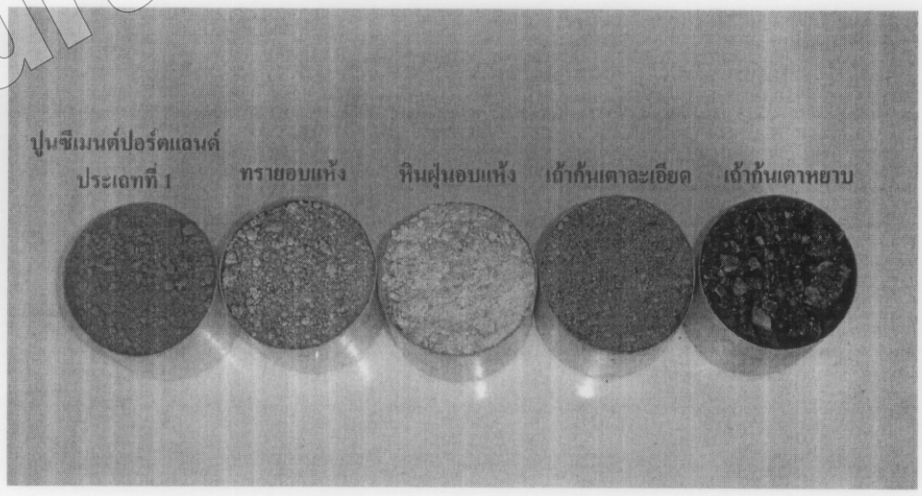
ในบทนี้กล่าวถึงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ สี รูปร่าง ความถ่วงจำเพาะ การกระจายตัวของอนุภาค ผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การดูดซึมน้ำ ที่อายุทดสอบ 28 วัน และผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่อายุ 7, 28 และ 60 วัน

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์, เถ้าก้นเตา ทราย และหินฝุ่น

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ใช้ทำคอนกรีตบล็อกเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและส่งผลต่อคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของคอนกรีตบล็อกโดยตรง เช่น กำลังอัด การดูดซึมน้ำ สี และความหนาแน่น เป็นต้น โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพดังนี้

4.1.1 สีและรูปร่าง

เมื่อเปรียบเทียบสีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 กับสีของเถ้าก้นเตาที่มีความละเอียดและหยาบ จะเห็นได้ว่าสีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีสีเทาอ่อน เถ้าก้นเตาที่ละเอียดจะมีสีเทาแต่จะมีความเข้มอ่อนกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เล็กน้อย ส่วนเถ้าก้นเตาที่หยาบกว่าจะมีสีเทาปนดำ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเถ้าก้นเตา ทำให้มีส่วนของคาร์บอนหรือถ่านสีดำอยู่ ซึ่งลักษณะของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้แสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.1.2 การดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมน้ำของ ทราย หินฝุ่น เถ้าก้นเตาละเอียดและเถ้าก้นเตาหยาบที่ใช้ในการทำคอนกรีตบล็อก ซึ่งพบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของทราย หินฝุ่น เถ้าก้นเตาละเอียดและเถ้าก้นเตาหยาบมีค่าเท่ากับ 2.70 2.67 2.80 และ 1.87 ตามลำดับ สำหรับการดูดซึมน้ำของหินฝุ่นมีค่าสูงกว่าทรายโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 9.58 ในขณะที่ทรายมีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 5.16 การดูดซึมน้ำของเถ้าก้นเตาแบบหยาบมีค่าสูงกว่าเถ้าก้นแบบละเอียดคือมีค่าเท่ากับ 56.96 ขณะที่เถ้าก้นเตาแบบละเอียดมีการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 38.76 ซึ่งความพรุนที่มากในเถ้าก้นเตาแบบหยาบส่งผลให้มีการดูดซึมน้ำที่สูงกว่า

4.1.3 ความถ่วงจำเพาะ

เถ้าก้นเตาแบบละเอียดมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.80 สูงกว่าเถ้าก้นแบบหยาบคือมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.87 ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าก้นเตาที่มีความหยาบกว่าจะมีความพรุนภายในค่อนข้างมาก จึงทำให้ความถ่วงจำเพาะของเถ้าก้นเตาหยาบมีค่าต่ำกว่าเถ้าก้นเตาละเอียด

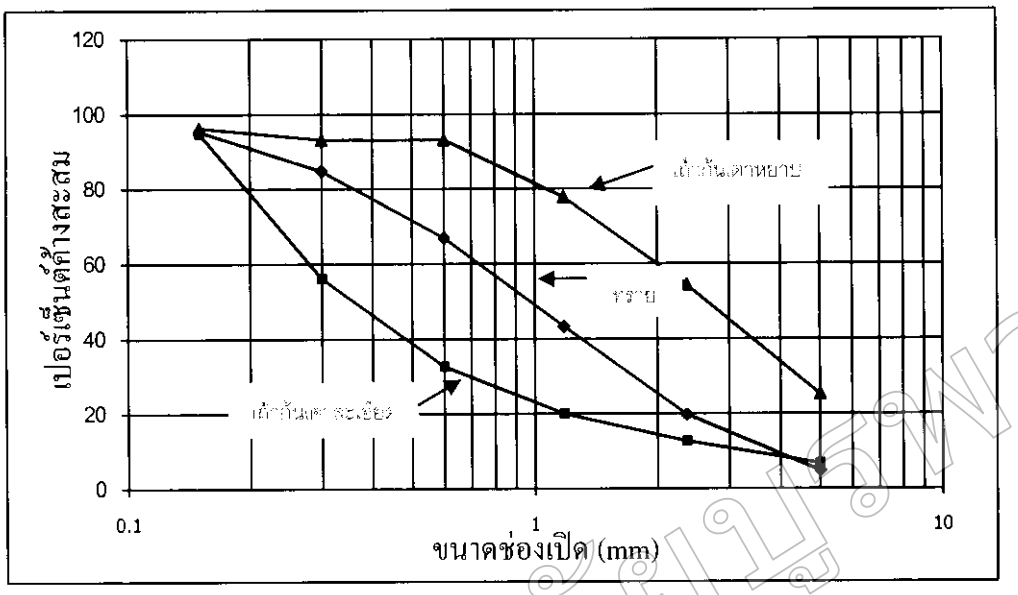
ตารางที่ 4.1 ความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมน้ำของทราย หินฝุ่น และเถ้าก้นเตา

วัตถุ	ความถ่วงจำเพาะ	การดูดซึมน้ำ(%)
ทราย	2.70	5.16
หินฝุ่น	2.67	9.58
เถ้าก้นเตาแบบละเอียด	2.80	38.76
เถ้าก้นเตาแบบหยาบ	1.87	56.96

4.2 การกระจายตัวของทรายและเถ้าก้นเตา

รูปที่ 4.2 แสดงกราฟการกระจายตัวของทราย เถ้าก้นเตาหยาบและเถ้าก้นเตาละเอียด โดยทำการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานตาม ASTM C 136 [13] พบว่าทราย มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.15 และมีค่าการกระจายตัวที่สม่ำเสมอ เถ้าก้นเตาละเอียดมีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.23 มีการกระจายตัวที่ไม่ค่อยสม่ำเสมอ ส่วนมากจะค้างบนถาดเบอร์ 100 เถ้าก้นเตาหยาบมีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 4.40 มีการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอเช่นเดียวกัน ส่วนมากจะค้างบนตะแกรงเบอร์ 30

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

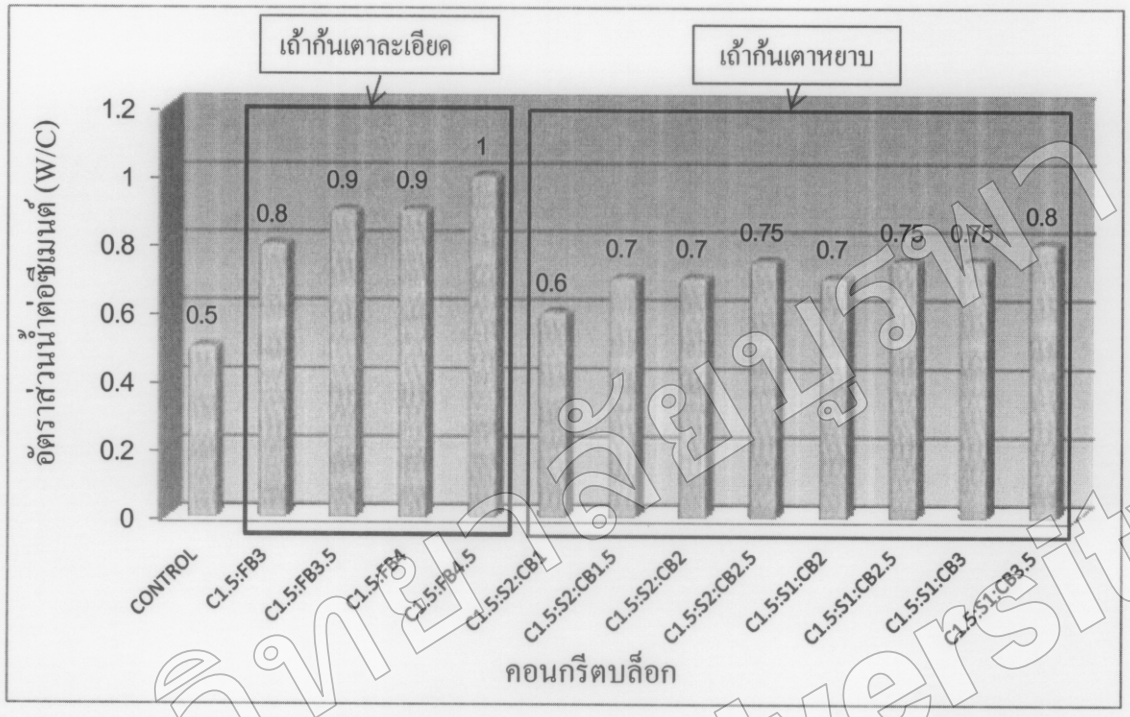


รูปที่ 4.2 กราฟการกระจายตัวของอนุภาคของทราย เถ้าก้นเตาละเอียด และเถ้าก้นเตาหยาบ

4.3 ความต้องการน้ำของคอนกรีตบล็อก

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เถ้าก้นเตาแทนที่มวลรวมในคอนกรีตบล็อกสองลักษณะคือเถ้าก้นเตาแบบละเอียด และเถ้าก้นเตาแบบหยาบ โดยคอนกรีตบล็อกที่ใช้ในงานวิจัยมีทั้งหมด 13 ส่วนผสม โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตัวอย่างคอนกรีตบล็อก CONTROL เป็นส่วนผสมควบคุม กลุ่มตัวอย่างที่ 1 คอนกรีตบล็อก C1.5:FB3, C1.5:FB3.5, C1.5:FB4 และ C1.5:FB4.5 เป็นกลุ่มตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นอัตราส่วนควบคุม กับเถ้าก้นเตาแบบละเอียดเป็นอัตราส่วนแปรผันแทนที่มวลรวมทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่ 2 คอนกรีตบล็อก C1.5:S2:CB1, C1.5:S2:CB1.5, C1.5:S2:CB2 และ C1.5:S2:CB2.5 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นอัตราส่วนควบคุม ทรายอบแห้งอัตราส่วนเท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก และเถ้าก้นเตาแบบหยาบอัตราส่วนแปรผันแทนที่มวลรวมหินฝุ่นอบแห้ง กลุ่มตัวอย่างที่ 3 คอนกรีตบล็อก C1.5:S1:CB2, C1.5:S1:CB2.5, C1.5:S1:CB3 และ C1.5:S2:CB3.5 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นอัตราส่วนควบคุม ทรายอบแห้งอัตราส่วนเท่ากับ 1 โดยน้ำหนัก และเถ้าก้นเตาแบบหยาบอัตราส่วนแปรผันแทนที่หินฝุ่นอบแห้ง ผลการทดลองหาค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) ตามตารางที่ 3.2 และรูปที่ 4.3 กราฟแท่งแสดงความต้องการน้ำในแต่ละส่วนผสม พบว่าส่วนผสมคอนกรีตบล็อกกลุ่มที่ 1 ใช้มวลรวมเป็นเถ้าก้นเตาละเอียดเพียงอย่างเดียวจะมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) ที่สูงกว่าคอนกรีตบล็อกกลุ่มที่ 2 และ คอนกรีตบล็อกกลุ่มที่ 3 ที่ใช้มวลรวมทรายกับเถ้าก้นเตาแบบหยาบ เนื่องจากคอนกรีตบล็อกกลุ่มที่ 1 มีส่วนผสมของปริมาณเถ้าก้นเตามากกว่า และ

คอนกรีตบล็อกกลุ่มที่ 3 มีความต้องการน้ำมากว่าคอนกรีตบล็อกกลุ่มที่ 2 เนื่องจากมีปริมาณของเถ้าก้นเตาที่มากกว่าเช่นกัน



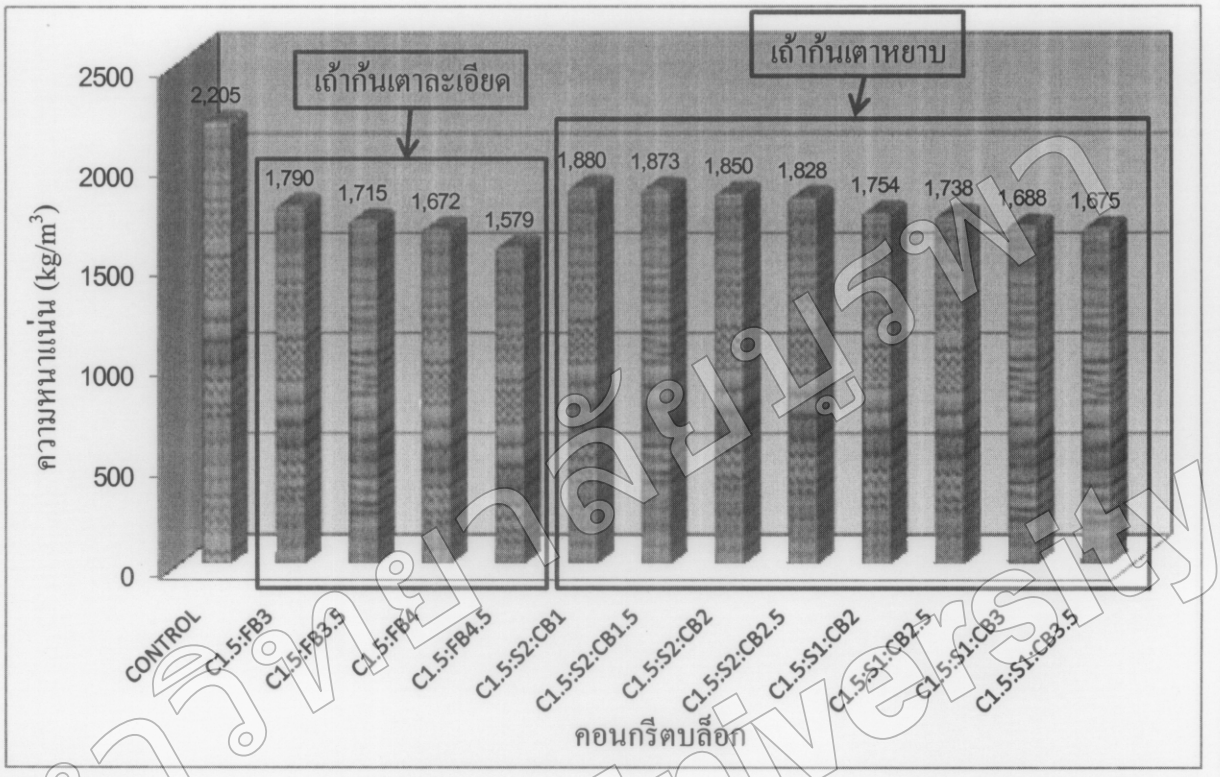
รูปที่ 4.3 ความต้องการน้ำของคอนกรีตบล็อก

4.4 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าก้นเตา

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมที่อายุทดสอบ 28 วัน คอนกรีตบล็อกกลุ่มที่ใช้เถ้าก้นเตาละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด เมื่อผสมเถ้าก้นเตาละเอียดลงในคอนกรีตบล็อกในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้มีปริมาณปูนซีเมนต์ต่อเถ้าก้นเตาลดลง ส่งผลทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลงตามไปด้วย เช่น C1.5:FB3, C1.5:FB3.5, C1.5:FB4 และ C1.5:FB4.5 มีความหนาแน่นเท่ากับ 1790, 1715, 1672 และ 1579 กก/ม^3 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าก้นเตาแบบละเอียดมีความหนาแน่นน้อยกว่าปูนซีเมนต์เมื่อแทนในปริมาณมากขึ้นจึงส่งผลให้ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลงด้วย กลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาหยาบแทนที่มวลรวมหินฝุ่น พบว่าเมื่อผสมเถ้าก้นเตาแบบหยาบในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้มีปริมาณปูนซีเมนต์ต่อเถ้าก้นเตาลดลง ส่งผลให้มีความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลงเช่นกัน เช่น C1.5:S2:CB1, C1.5:S2:CB1.5, C1.5:S2:CB2 และ C1.5:S2:CB2.5 มีความหนาแน่นเท่ากับ 1880, 1873, 1850 และ 1828 กก/ม^3 ตามลำดับ นั่นแสดงให้เห็นว่าปริมาณของเถ้าก้นเตาที่ใช้ผสมในวัสดุคอนกรีตบล็อกมีผล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ชัดเจนต่อความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก และการผสมเถ้าก้นเตาในปริมาณที่สูงขึ้นถึงแม้จะส่งผลดีทำให้น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลดลงแต่ก็จะส่งผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ลดลงด้วย



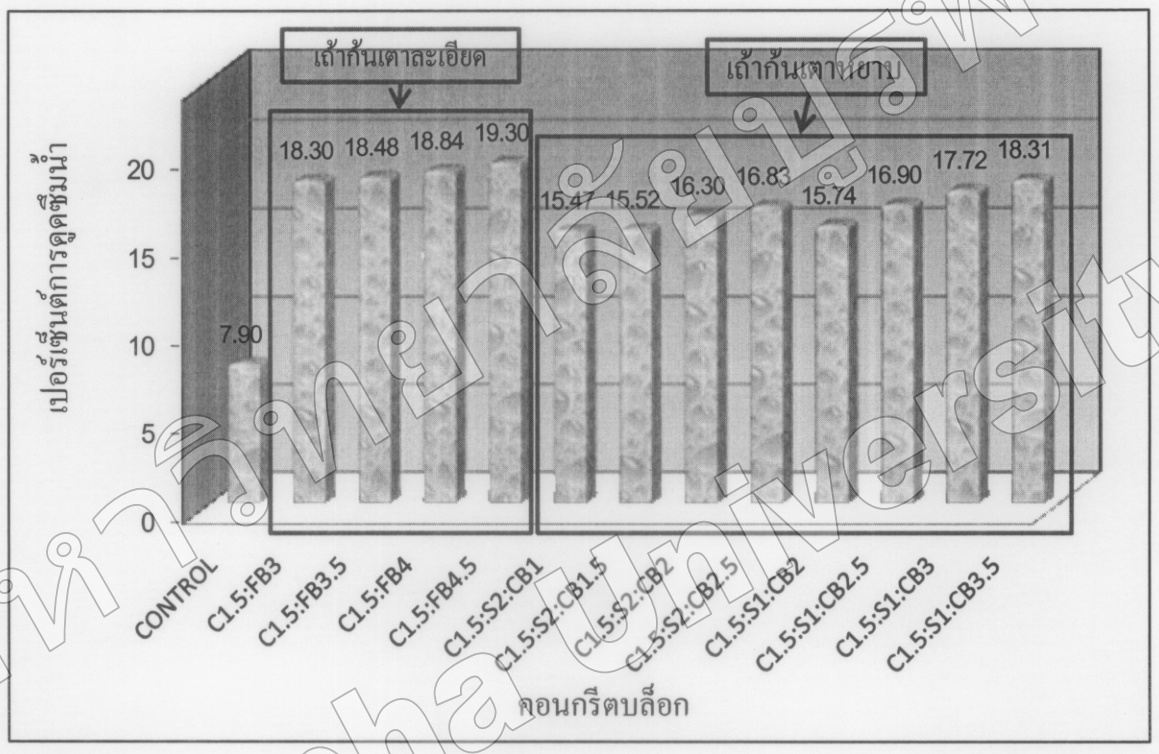
รูปที่ 4.4 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน

4.5 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก

จากรูปที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมที่อายุทดสอบ 28 วัน พบว่ากลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด เมื่อผสมเถ้าก้นเตาละเอียดลงในคอนกรีตบล็อกมากขึ้น คอนกรีตบล็อกมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมากขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากเถ้าก้นเตาแบบละเอียดมีความพรุนค่อนข้างมากและมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมาก เช่น C1.5:FB3, C1.5:FB3.5, C1.5FB4 และ C1.5:FB4.5 มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ เท่ากับ 18.30, 18.48, 18.84 และ 19.30 ตามลำดับ กลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาหยาบแทนที่หินฝุ่น โดยสัดส่วนน้ำหนักของทรายเท่ากับ 2 เมื่อผสมเถ้าก้นเตาหยาบในปริมาณมากขึ้นพบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมากด้วยเช่นกัน เช่น C1.5:S2:CB1, C1.5:S2:CB1.5, C1.5:S2:CB2, C1.5:S2:CB2.5 และ C1.5:S2:CB3 มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเท่ากับ 15.47, 15.52, 16.30 และ 16.83 ตามลำดับ กลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาหยาบแทนที่หินฝุ่น โดยสัดส่วนน้ำหนักของทรายเท่ากับ 1 เมื่อผสมเถ้าก้นเตาหยาบในปริมาณมากขึ้น พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมากขึ้นเช่นเดียวกันกับคอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บล็อกกลุ่มที่ใช้เถ้าก้นเตาละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด และกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาหยาบแทนที่หินฝุ่น โดยสัดส่วนน้ำหนักของทรายเท่ากับ 2 แต่คอนกรีตบล็อกทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 [7] ซึ่งกำหนดให้มีการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกไม่เกินร้อยละ 35 โดยทั่วไปแล้วคอนกรีตบล็อกที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงจะทำให้เกิดเชื้อรา และเหล็กเสริมที่อยู่ภายในผนังคอนกรีตบล็อกเกิดสนิมได้ เร็วกว่าปกติ ซึ่งจะส่งผลให้ อายุการใช้งานคอนกรีตบล็อกสั้นลง



รูปที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมที่อายุทดสอบ 28 วัน

4.6 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 4.2 แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาซึ่งจะเห็นได้ว่าทุกส่วนผสมเมื่อแทนที่เถ้าก้นเตามากขึ้นก็จะส่งผลให้กำลังอัดลดลงและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมโดยสามารถวิเคราะห์แยกตามส่วนผสมต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.6.1 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาแบบละเอียด

รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาแบบละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด โดยเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อใช้เถ้าก้นเตาแบบละเอียดแทนที่มวลรวมในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน เช่น คอนกรีต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บล็อก C1.5:FB3, C1.5:FB3.5, C1.5:FB4 และ C1.5:FB4.5 มีกำลังอัดที่อายุ 28 วันเท่ากับ 150, 116, 106 และ 91 กก/ซม^2 ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากเถ้าก้นเตาแบบละเอียดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ยังถือว่ามีความพรุนค่อนข้างสูงและเถ้าก้นเตาดังกล่าวนี้ยังไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยการบด ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานที่ให้กำลังกับคอนกรีตบล็อกได้ และนอกจากนั้นการแทนที่ในปริมาณที่มากขึ้นก็ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้าก้นเตาลดลงและทำให้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะทำปฏิกิริยาและให้กำลังกับคอนกรีตบล็อกมีปริมาณลดลงด้วย ตลอดจนเถ้าก้นเตามีความพรุนมากจึงทำให้มีการดูดน้ำที่สูงส่งผลให้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นและกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าต่ำลง และเป็นที่น่าสังเกตว่าคอนกรีตบล็อกทั้งสี่ส่วนผสมมีการพัฒนากำลังอัดหลังจากอายุ 28 วัน น้อยมากโดยสังเกตได้จากกำลังอัดที่อายุ 60 วัน จะไม่แตกต่างจากกำลังอัดที่อายุ 28 วันมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าก้นเตาแบบละเอียดที่ผสมลงไปไม่เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานดังที่กล่าวมาแล้วแต่อย่างไรก็ตามพบว่าคอนกรีตบล็อกทั้งสี่ส่วนผสมมีกำลังอัดสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 58-2533 [7]

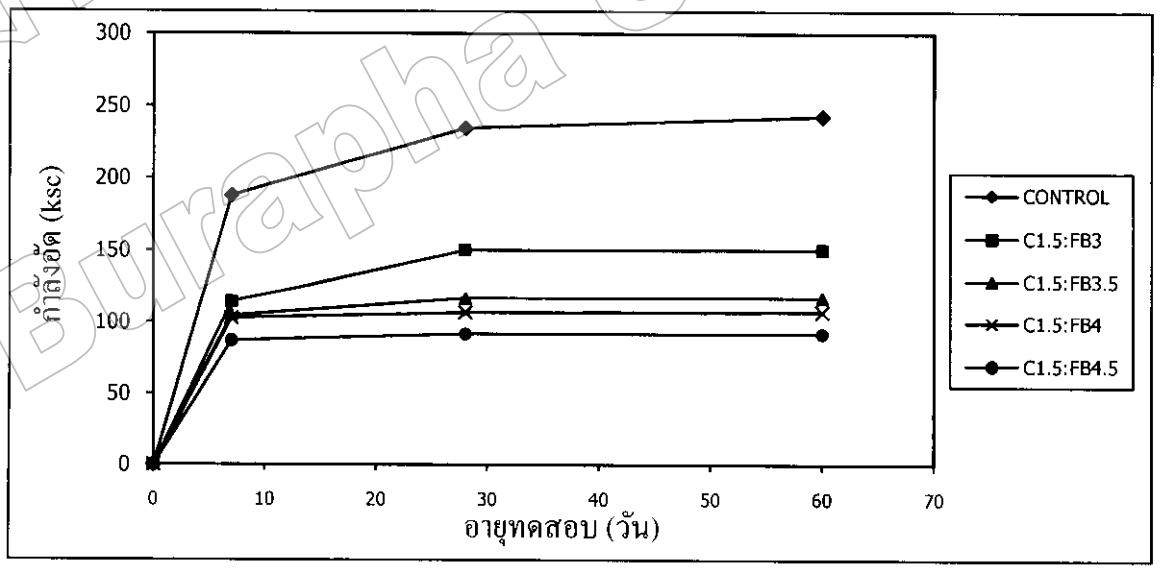
ตารางที่ 4.2 แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตา

สัญลักษณ์	ส่วนผสม				กำลังอัด (กก/ซม^2)		
	ปูน	ทราย	เถ้าก้นเตา	หิน	อายุ 7 วัน	อายุ 28 วัน	อายุ 60 วัน
CONTROL	1.5	2.0	-	2.5	188	235	243
C1.5:FB3	1.5	-	3.0	-	114	151	151
C1.5:FB3.5	1.5	-	3.5	-	105	117	117
C1.5:FB4	1.5	-	4.0	-	103	107	107
C1.5:FB4.5	1.5	-	4.5	-	87	92	92
C1.5:S2:CB1	1.5	2.0	1.0	-	144	167	178
C1.5:S2:CB1.5	1.5	2.0	1.5	-	136	158	162
C1.5:S2:CB2	1.5	2.0	2.0	-	123	151	155
C1.5:S2:CB2.5	1.5	2.0	2.5	-	111	141	149
C1.5:S1:CB2	1.5	1.0	2.0	-	114	137	144
C1.5:S1:CB2.5	1.5	1.0	2.5	-	101	122	128
C1.5:S1:CB3	1.5	1.0	3.0	-	100	112	116
C1.5:S1:CB3.5	1.5	1.0	3.5	-	97	100	104

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

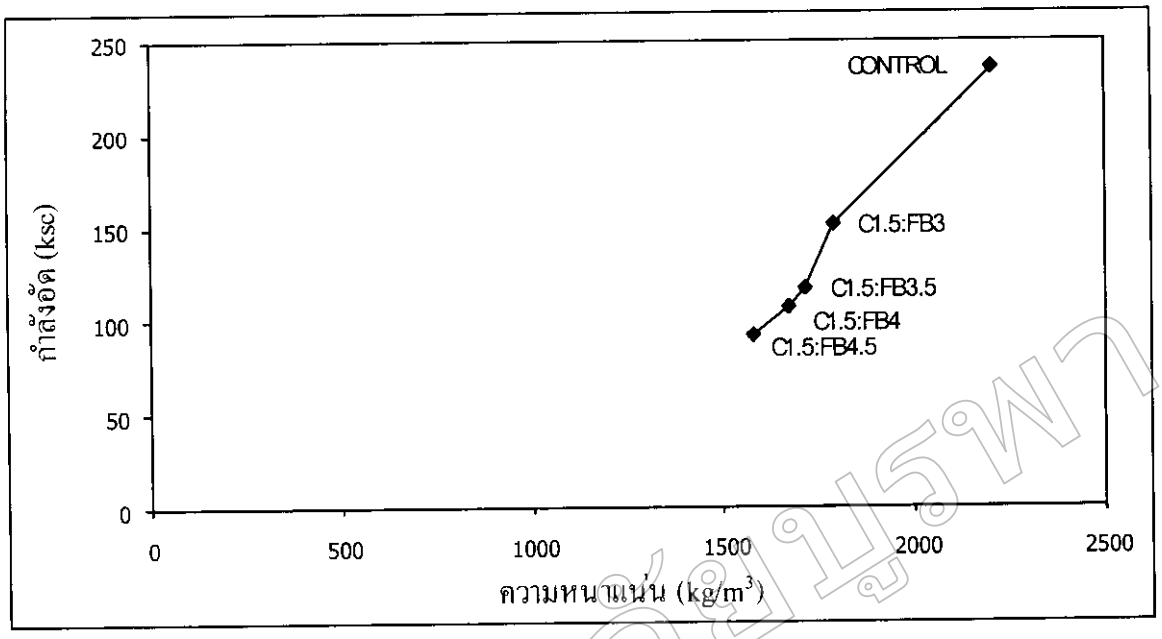
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าเพิ่มตามความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตบล็อกมีความหนาแน่นต่ำ จะมีปริมาณการแทนที่เถ้าก้นเตาที่สูงและส่งผลให้สัดส่วนของปูนซีเมนต์ในส่วนผสมลดลง จึงทำให้กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าลดลงด้วย

รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาแทนที่มวลรวมทั้งหมด จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า กำลังอัดจะลดลงตามเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตบล็อกที่มีค่าการดูดซึมน้ำที่สูง เกิดจากการใช้เถ้าก้นเตาแทนที่ในส่วนผสมมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกลดลงด้วย นอกจากนี้การที่กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าลดลงตามปริมาณการดูดซึมน้ำที่มากขึ้นเป็นเหตุผลที่เป็นไปตามหลักของคอนกรีตเทคโนโลยี ที่ปริมาณความพรุนในเนื้อคอนกรีตมีค่ามากขึ้นก็จะส่งผลให้การดูดซึมน้ำมากขึ้น และโครงสร้างภายในเนื้อของคอนกรีตก็จะมีความแข็งแรงลดลง แต่อย่างไรก็ตาม การลดลงของกำลังอัดในคอนกรีตบล็อกที่จัดอยู่ในประเภทที่ไม่ใช่อิฐรับแรงก็สามารถที่จะยอมรับได้ ถ้ามีค่าสูงกว่ามาตรฐาน มอก.58-2533 [7] ที่ยอมให้กำลังอัดต้องไม่ต่ำกว่า 25 กก/ซม^2 แต่ทั้งนี้การดูดซึมน้ำจะต้องไม่มากจนเกินไป ที่จะส่งผลเสียต่อคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก และเป็นที่น่าสังเกตว่าคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด 4 ส่วนผสมนี้มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าค่ามาตรฐานตาม มอก 58-2533 [7] ซึ่งถือว่าสามารถนำมาใช้งานได้ดี

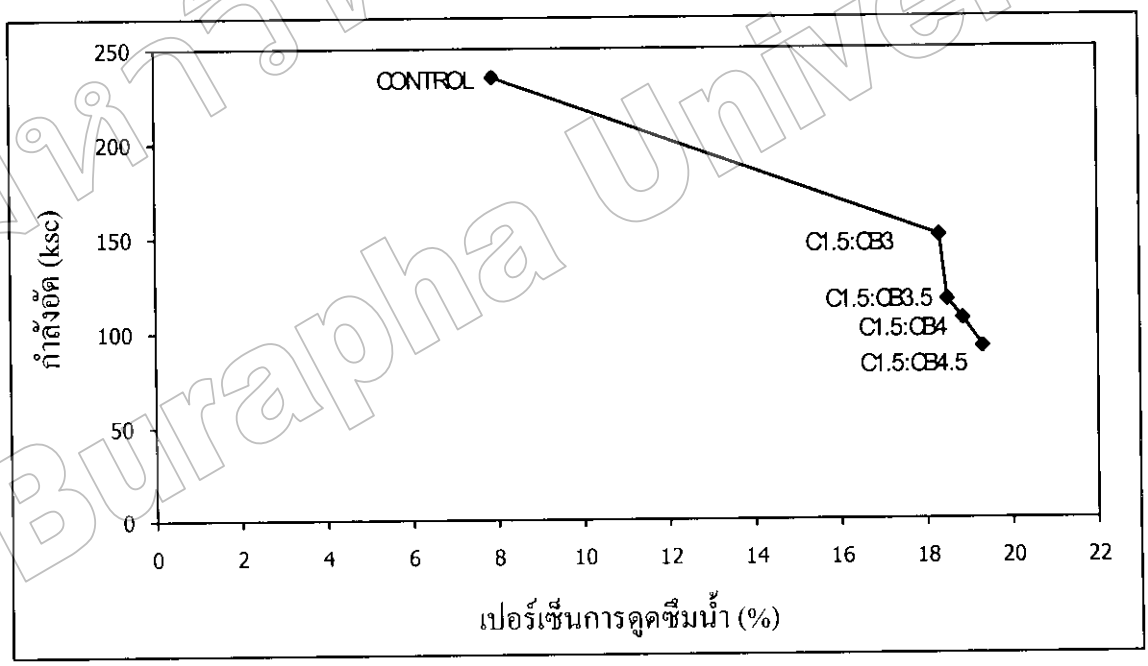


รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาแบบละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด อายุ 28 วัน



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาแบบละเอียดที่อายุ 28 วัน

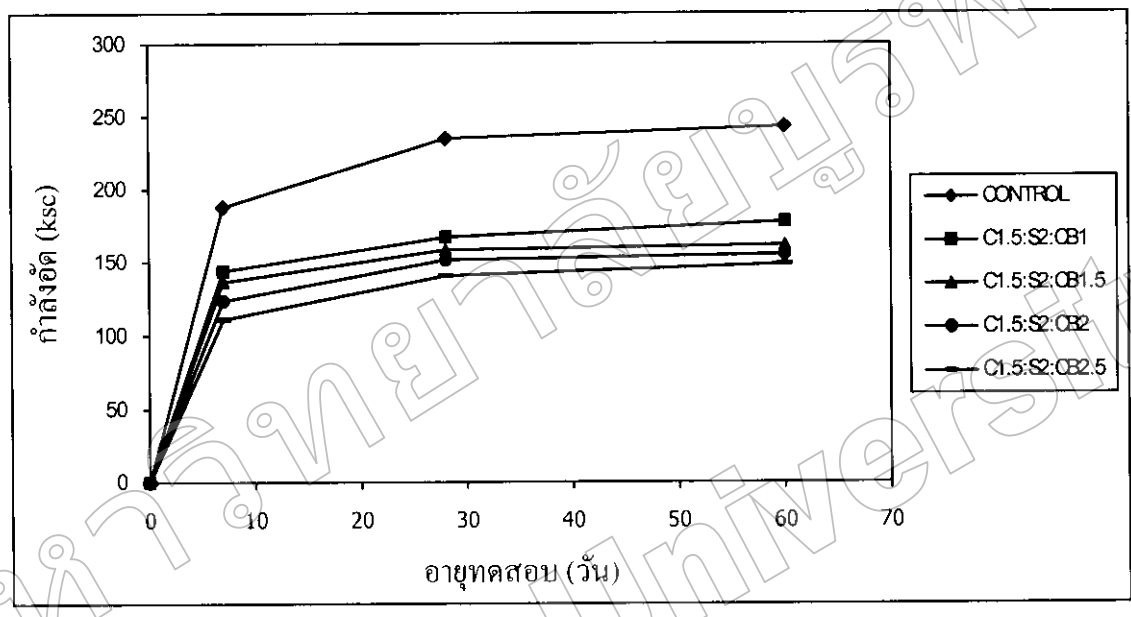
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.6.2 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาแบบหยาบ

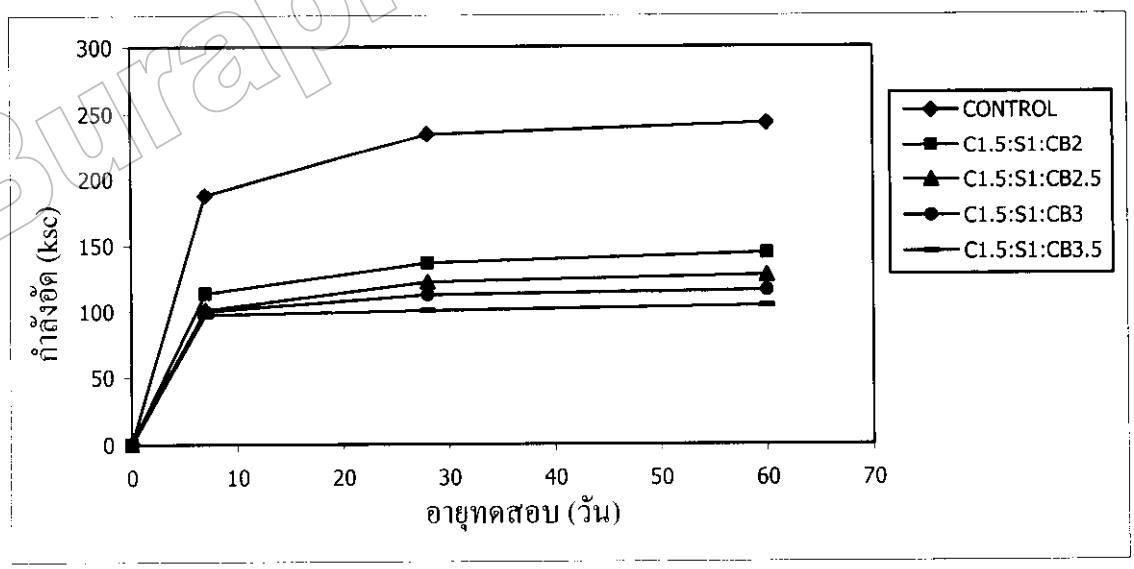
รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาหยาบแทนที่หินฝุ่น เป็นกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทรายโดยสัดส่วนน้ำหนักเท่ากับ 2 ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อใช้เถ้าก้นเตาหยาบแทนที่หินฝุ่นในปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน เช่น คอนกรีตบล็อก C1.5:S2:CB1, C1.5:S2:CB1.5, C1.5:S2:CB2 และ C1.5:S2:CB2.5 มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 167, 158, 151 และ 140 กก/ซม^2 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าก้นเตาหยาบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ยังถือว่ามีความพรุนค่อนข้างสูง และเถ้าก้นเตาหยาบดังกล่าวนี้ยังไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยการบด ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานให้กำลังกับคอนกรีตบล็อกได้ และนอกจากนั้นการแทนที่เถ้าก้นเตาในปริมาณที่มากขึ้นก็ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้าก้นเตาลดลง จึงเป็นเหตุให้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นและให้กำลังกับคอนกรีตบล็อกมีปริมาณลดลงด้วย ตลอดจนเถ้าก้นเตามีความพรุนมาก ทำให้มีการดูดน้ำมากส่งผลให้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นและกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าต่ำลงตามหลักการของคอนกรีตทั่วไป และเป็นที่น่าสังเกตว่าคอนกรีตบล็อกทั้งสี่ส่วนผสมมีการพัฒนากำลังอัดหลังจากอายุ 28 วัน น้อยมากเหมือนกับกลุ่มที่แทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาละเอียด ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าก้นเตาหยาบที่ผสมลงไปไม่เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานดังที่กล่าวมาแล้ว แต่อย่างไรก็ตามพบว่าคอนกรีตบล็อกทั้งสี่ส่วนผสมมีกำลังอัดสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 58-2533 [7] ซึ่งกำหนดให้อิฐที่ไม่รับแรงจะต้องมีกำลังอัดต่ำกว่า 25 กก/ซม^2 นั้นก็หมายถึงว่าการใช้เถ้าก้นเตาแบบหยาบผสมแทนที่หินฝุ่น ในการทำคอนกรีตบล็อกก็สามารถที่จะนำมาใช้งานได้อย่างดีในแง่ของกำลังรับแรงอัด แต่ทั้งนี้ต้องควบคุมปริมาณของเถ้าก้นเตาที่ผสมเข้าไปอย่าให้ส่งผลต่อกำลังอัดที่ต่ำกว่ามาตรฐาน นอกจากนั้นต้องพิจารณาควบคู่ไปกับคุณสมบัติทางด้านอื่น ๆ ด้วย เช่น การดูดซึมน้ำเพราะถ้าใช้เถ้าก้นเตาในปริมาณที่สูงมากไป ก็จะทำให้คอนกรีตบล็อกมีการดูดซึมน้ำที่มากเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการนำไปใช้งานจริง และเมื่อพิจารณาในกลุ่มที่แทนทรายน้อยลงตามรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าการพัฒนากำลังอัดก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกลุ่มที่ใช้ทรายโดยสัดส่วนน้ำหนักเท่ากับ 2

รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาแบบหยาบที่อายุ 28 วัน โดยพิจารณากลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทรายโดยสัดส่วนน้ำหนักเท่ากับ 2 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าเพิ่มตามความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่มากขึ้น เหมือนกับกลุ่มที่ใช้เถ้าก้นเตาแบบละเอียด ทั้งนี้คอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นต่ำลง เนื่องจากมีเถ้าก้นเตาผสมอยู่ในคอนกรีตบล็อกมากกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นสูง จึงส่งผลทำให้กำลังอัดลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนดังเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น และนอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อแทนปริมาณทรายน้อยลงโดยสัดส่วนน้ำหนักเท่ากับ 1 พบว่าแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด กับความหนาแน่นยังเป็นไปในทิศทางเดิมกล่าวคือ ความหนาแน่นที่ลดลงส่งผลต่อกำลังอัดที่ลดลงอย่างชัดเจนดังแสดงใน รูปที่ 4.12 โดยทั่วไปแล้วในการผลิตคอนกรีต

บล็อกเพื่อใช้ในงานผนังมีความต้องการที่จะลดความหนาแน่นลงเพราะต้องการที่จะให้น้ำหนักของผนังที่กระทำบนคานที่รองรับน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามความพยายามที่จะลดน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลงก็จะส่งผลเสียทางด้านการรับแรงของคอนกรีตบล็อกและคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำตามไปด้วย ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้จึงพบว่าการลดความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลงทำได้โดยการเพิ่มปริมาณของเถ้าก้นเตาในส่วนผสมให้มากขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณเถ้าก้นเตาที่มากขึ้นก็จะทำให้การทำคอนกรีตบล็อกเป็นก้อนได้ยากขึ้น

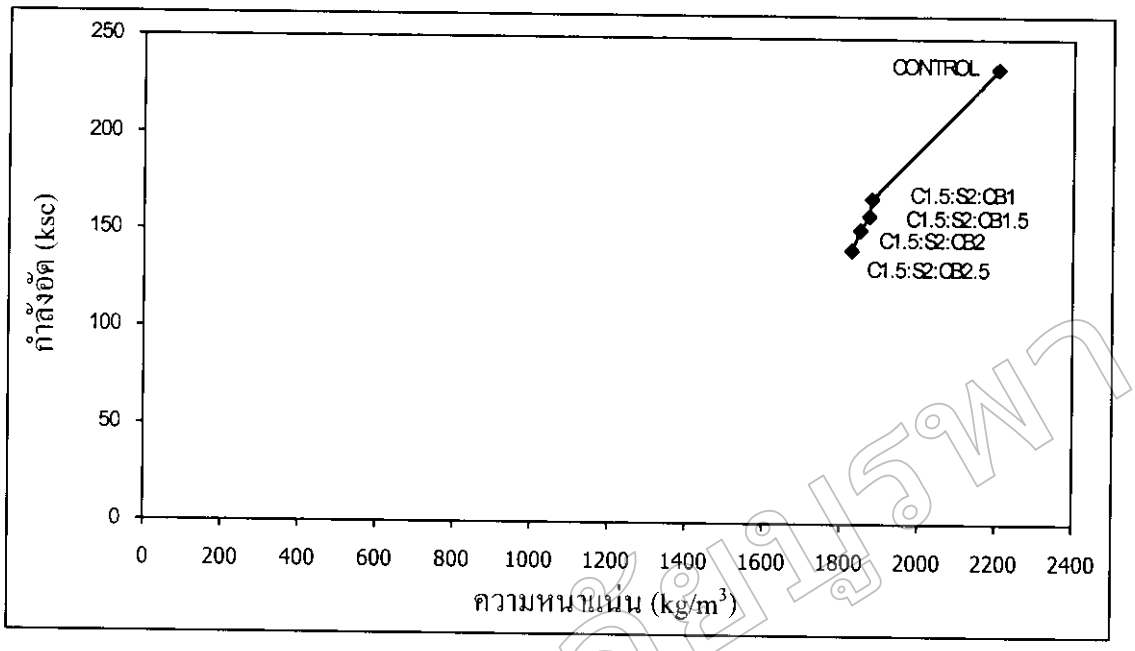


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าก้นเตาแบบหยาบ เมื่อใช้ ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2

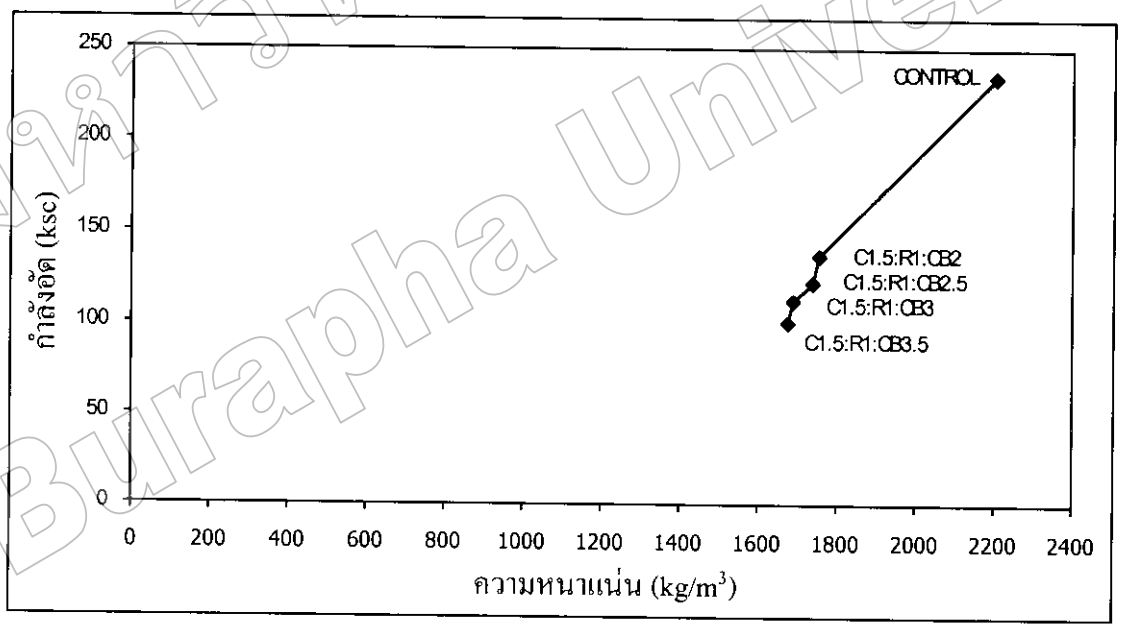


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าก้นเตาแบบหยาบ เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



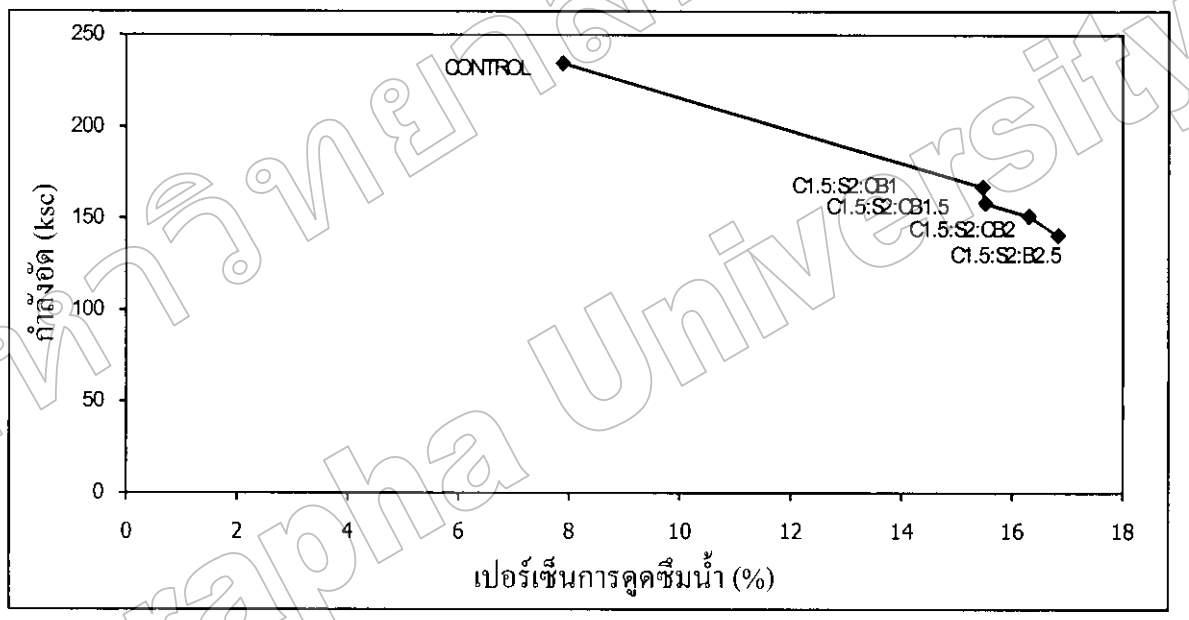
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าก้นเตาหยาบ ที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าก้นเตาหยาบ ที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1

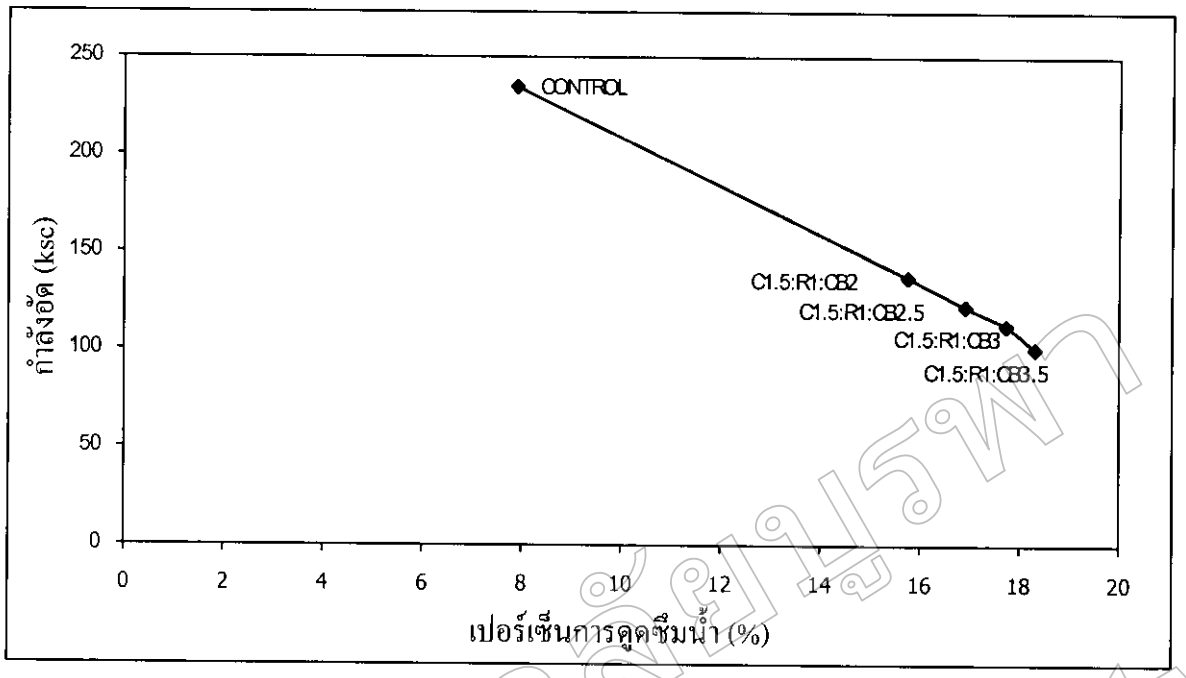
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากรูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเถ้าก้นเตาแบบหยาบที่อายุ 28 วัน โดยพิจารณากลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2 และใช้เถ้าก้นเตาแบบหยาบแทนที่หินฝุ่น จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า กำลังอัดจะลดลงตามเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเหมือนกับกลุ่มที่ใช้เถ้าก้นเตาแบบละเอียด เช่น C1.5:S2:CB1, C1.5:S2:CB1.5, C1.5:S2:CB2 และ C1.5:S2:CB2.5 มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเท่ากับ 15.47, 15.52, 16.30 และ 16.83 ตามลำดับ และมีค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 162, 158, 151 และ 140 กก/ซม^2 ตามลำดับ และรูปที่ 4.14 เป็นกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1 และใช้เถ้าก้นเตาแบบหยาบแทนที่หินฝุ่น จะมีแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเช่นเดียวกันกับกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาแทนที่หินฝุ่นทั้งหมด และกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเถ้าก้นเตาหยาบที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเถ้าก้นเตาหยาบที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1

4.7 วิเคราะห์ภาพรวมของคอนกรีตบล็อกที่ได้จากเถ้าก้นเตา

เมื่อพิจารณาศักยภาพของการนำคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาเป็นส่วนผสมไปใช้งาน โดยพิจารณาในด้านของคุณสมบัติการรับแรงและการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกดังแสดงรูปที่ 4.15 ซึ่งสามารถวิเคราะห์ดังนี้

ZONE (1) คอนกรีตบล็อกมีค่ากำลังอัดและค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 [7] ซึ่งโดยทั่วไปแล้วถ้าคอนกรีตบล็อกที่แสดงค่ากำลังอัด และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำอยู่ในโซนนี้จะถือว่ามีคุณสมบัติที่เหมาะที่จะนำไปใช้งาน เนื่องจากคุณสมบัติด้านกำลังอัดที่ดีและการดูดซึมน้ำต่ำ

ZONE (2) คอนกรีตบล็อกมีค่ากำลังอัดสูงกว่าค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 [7] แต่จะมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 [7] คอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติด้านกำลังอัดและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่อยู่ในโซนนี้ถึงแม้จะมีคุณสมบัติด้านกำลังอัดที่ดีแต่พบว่าการเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำก็ค่อนข้างสูงกว่ามาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าจะไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน ทั้งนี้ถ้ามีการใช้งานในตำแหน่งที่ไม่ได้สัมผัสกับน้ำ เช่น เป็นผนังภายในก็จะสามารถใช้งานได้ดีเช่นกัน

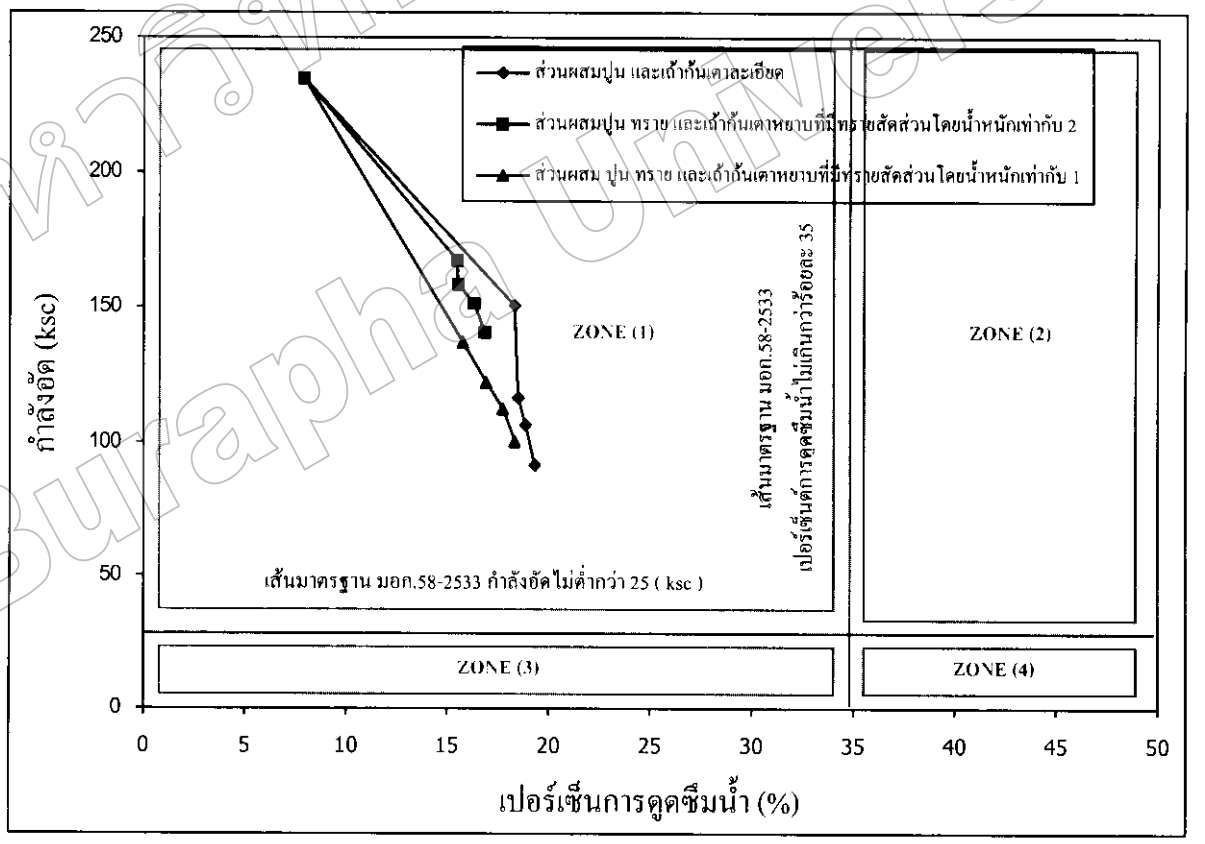
ZONE (3) คอนกรีตบล็อกมีค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มอก.58-2533 [7] แต่จะมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 [7] เมื่อพิจารณาคอนกรีตบล็อกที่มี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

คุณสมบัติในโซนนี้จะเห็นว่ากำลังอัดมีค่ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานถึงแม้คุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำเป็นไปในทิศทางที่ดีแต่ยังถือว่าไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน ทั้งนี้คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงเชิงกลถือว่ามีความสำคัญอับดับ ต้น ๆ ดังนั้นเมื่อกำลังรับแรงที่ได้มีค่าต่ำก็ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

4.7.4 ZONE (4) คอนกรีตบล็อกมีค่ากำลังอัดและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มอก.58-2533 [7] ซึ่งคอนกรีตบล็อกที่มีคุณสมบัติตามกลุ่มนี้จะไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานโดยสิ้นเชิง เนื่องจากมีคุณสมบัติที่แย่ ทั้งทางด้านการรับแรงและเชิงกลและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

จากการศึกษาครั้งนี้เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่ไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานของ มอก.58-2533 [7] จะเห็นได้ว่าคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมในงานวิจัยครั้งนี้มีค่ากำลังอัดและค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำอยู่ใน ZONE (1) ซึ่งมีค่ากำลังอัดและค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 [7] อยู่มากพอสมควร ซึ่งจัดเป็นคอนกรีตบล็อกที่เหมาะแก่การนำไปใช้งานเป็นอย่างยิ่ง เพราะคอนกรีตบล็อกจะทนทานสามารถรับแรงอัดได้ดี ป้องกันการซึมของน้ำที่จะทำให้เหล็กเสริมเกิดสนิมและยังสามารถป้องกันการเกิดเชื้อราได้ดีอีกด้วย



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมที่อายุ 28 วัน เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ มอก.58-2533

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากผลการทดสอบที่ได้ทำการศึกษาทั้งหมด สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 เมื่อผสมเถ้าก้นเตาในปริมาณที่มากขึ้นทำให้คอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมมีกำลังอัดลดลง และความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลงอย่างชัดเจน

5.1.2 เมื่อผสมเถ้าก้นเตาในปริมาณที่มากขึ้น เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสม จะมีค่าสูงขึ้น

5.1.3 ในการศึกษาครั้งนี้คุณสมบัติด้านกำลังอัด และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่ามาตรฐาน มอก.58-2533

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรทำการศึกษาคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก เพราะกำลังอัดที่ได้ในงานวิจัยครั้งนี้มีค่ากำลังอัดที่ดี มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำน้อย

5.2.2 ควรทำการศึกษาคอนกรีตบล็อกจากวัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่นๆ เช่น เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ เถ้าปาล์มน้ำมัน และตะกรันเตาถลุงเหล็ก เป็นต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บรรณานุกรม

1. สถาบันพัฒนาวิชาชีพ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) 2550. เว็ปไซต์มิติใหม่แห่งการศึกษาไร้พรมแดน Learn Online . เทคโนโลยีวัสดุก่อสร้างงานคอนกรีตสมัยใหม่ การใช้เถ้าลอยจากถ่านหิน[Online], Available : URL: http://www.learn.in.th/sample/flyash/031.html,

2. เรืองรุชดิ์ ชีระโรจท์ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. "การใช้เถ้าก้นเตาเป็นวัสดุปอซโซลาน". การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6 ชะอำ เพชรบุรี 10-12 พฤษภาคม 2543 , หน้า MAT13 - MAT18.

3. เรืองรุชดิ์ ชีระโรจท์. การพัฒนาเถ้าถ่านหินที่ทิ้งแล้วและเถ้าก้นเตาเพื่อเป็นวัสดุปอซโซลาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2542

4. American Society for Testing and Materials, 1997, "ASTM C618 : Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete," in 1997 Annual Books of ASTM Standards, Vol. 04.02, Philadelphia, pp. 303-305.

5. สิทธาฤทธิ์ ปรีดานนท์ และ ปีติวัฒน์ วัฒนชัย. "คอนกรีตซีเมนต์ผสมเถ้าลอยที่มีการยุบตัวเป็นศูนย์ที่ใช้เถ้าก้นเตาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นมวลรวมละเอียด". การประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9. ฉบับที่ 9; 2547

6. พงศ์พัน วรสุนทโรสถ และวรพงศ์ วรสุนทโรสถ. วัสดุก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2548

7. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2530 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547

8. เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์ และ ฉัตรชัย ชูทอง[2550]. เว็ปไซต์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัยครั้งที่ 3 กองส่งเสริมและพัฒนางานวิจัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้ง 3 เรื่องการใช้เถ้าก้นเตาและเถ้าถ่านหินในคอนกรีตบล็อกมวลเบา[Online], Available : URL : http://www.research.msu.ac.th/mrc3/detail.php?id=86

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

9. ไชยยันต์ ชัยจักร สมิตร ส่งพิริยะกิจ และ กุลพัฒน์ วัฒนกูล [2550]. การผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากกากอุตสาหกรรมรีไซเคิลเหล็ก [Online], Available : URL : http://www.smith-kmitnb.com/publication/NCC1_28.pdf

10. สุรพันธ์ สุคันธปรีย์ จตุพล ตั้งปกาศิต ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. การศึกษาคอนกรีตที่มีเถ้าแกลบ-เปลือกไม้เป็นส่วนผสม. วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 14 ฉบับที่ 3: หน้า 1-7; 2546

11. American Society for Testing and Materials, 1997, "ASTM C204: Standard Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by Air Permeability," in 1997 Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.01, Philadelphia, ASTM, pp. 155-160.

12. American Society for Testing and Materials, 1997, "ASTM C 188: Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement," in 1997 Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.01, Philadelphia, ASTM, pp. 149-150.

13. American Society for Testing and Materials, 1997, "ASTM C 136: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate," in 1997 Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.01, Philadelphia, ASTM, pp. 78-82.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางที่ ผ1 แสดงสัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

ลำดับที่	ส่วนผสม					อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ W/C
	ปูน	ทราย	เถ้าก้นเตา	หิน	สัญลักษณ์	
1	1.5	2.0	-	2.5	CONTROL	0.50
2	1.5	-	3.0	-	C1.5:FB3	0.80
3	1.5	-	3.5	-	C1.5:FB3.5	0.90
4	1.5	-	4.0	-	C1.5:FB4	0.90
5	1.5	-	4.5	-	C1.5:FB4.5	1.00
6	1.5	2.0	1.0	-	C1.5:S2:CB1	0.60
7	1.5	2.0	1.5	-	C1.5:S2:CB1.5	0.70
8	1.5	2.0	2.0	-	C1.5:S2:CB2	0.70
9	1.5	2.0	2.5	-	C1.5:S2:CB2.5	0.75
10	1.5	1.0	2.0	-	C1.5:S1:CB2	0.70
11	1.5	1.0	2.5	-	C1.5:S1:CB2.5	0.75
12	1.5	1.0	3.0	-	C1.5:S1:CB3	0.75
13	1.5	1.0	3.5	-	C1.5:S1:CB3.5	0.80

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตาราง ผ2 แสดงผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมอายุทดสอบ 28 วัน

สัญลักษณ์	น้ำหนักก่อนอบ(g)			น้ำหนักหลังอบ(g)			เปอร์เซ็นความชื้นที่สภาวะปกติ			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CONTROL	290.4	286.9	283.9	280.1	276.8	274.7	3.68	3.65	3.35	3.56
C1.5:FB3	229.6	245.8	245.5	204.5	219.9	221.7	11.27	11.78	10.74	11.26
C1.5:FB3.5	243.5	235.9	248.8	215.8	208.0	221.7	11.58	11.42	11.22	11.41
C1.5:FB4	230.5	219.1	237.3	207.7	199.3	214.6	11.53	11.22	11.58	11.44
C1.5:FB4.5	227.5	226.4	207.1	207.1	204.8	187.2	11.89	11.55	11.63	11.69
C1.5:S2:CB1	248.5	225.5	239.3	234.2	212.3	225.1	6.11	6.22	6.31	6.21
C1.5:S2:CB1.5	257.3	243.3	268.5	239.4	226.9	250.2	7.48	7.23	7.31	7.34
C1.5:S2:CB2	229.4	257.2	244.7	212.7	238.0	227.0	7.85	8.07	7.80	7.91
C1.5:S2:CB2.5	278.3	240.7	270.0	249.9	218.5	245.2	8.36	8.10	8.11	8.19
C1.5:S1:CB2	222.8	223.1	215.2	204.1	203.0	194.5	7.36	7.45	7.58	7.46
C1.5:S1:CB2.5	227.2	263.9	238.0	210.8	244.0	228.0	7.78	8.16	7.18	7.71
C1.5:S1:CB3	233.6	208.7	224.5	217.2	194.1	207.6	7.98	7.92	8.14	8.01
C1.5:S1:CB3.5	219.6	229.7	215.2	206.6	215.1	203.0	8.53	8.54	8.59	8.55

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตาราง ผ3 แสดงผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมอายุทดสอบ 28 วัน

สัญลักษณ์	ปริมาตร (m^3)			น้ำหนักก่อนอบ(g)			น้ำหนักหลังอบ(g)			ความหนาแน่น(kg/m^3)			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CONTROL	1.33E-04	1.23E-04	1.23E-04	290.4	286.9	283.9	280.1	276.8	274.7	2112	2260	2242	2205
C1.5:FB3	1.21E-04	1.20E-04	1.20E-04	229.6	245.8	245.5	204.5	219.9	221.7	1693	1832	1847	1790
C1.5:FB3.5	1.33E-04	1.23E-04	1.22E-04	243.5	235.9	248.8	215.8	208.0	221.7	1627	1698	1821	1715
C1.5:FB4	1.28E-04	1.23E-04	1.21E-04	230.5	219.1	237.3	207.7	199.3	214.6	1629	1617	1770	1672
C1.5:FB4.5	1.32E-04	1.24E-04	1.24E-04	227.5	226.4	207.1	207.1	204.8	187.2	1569	1655	1513	1579
C1.5:S2:CB1	1.18E-04	1.18E-04	1.22E-04	248.5	225.5	239.3	234.2	212.3	225.1	1983	1805	1852	1880
C1.5:S2:CB1.5	1.25E-04	1.28E-04	1.30E-04	257.3	243.3	268.5	239.4	226.9	250.2	1916	1780	1924	1873
C1.5:S2:CB2	1.23E-04	1.20E-04	1.24E-04	229.4	257.2	244.7	212.7	238.0	227.0	1736	1983	1831	1850
C1.5:S2:CB2.5	1.35E-04	1.28E-04	1.28E-04	278.3	240.7	270.0	249.9	218.5	245.2	1848	1714	1923	1828
C1.5:S1:CB2	1.11E-04	1.15E-04	1.16E-04	222.8	223.1	215.2	204.1	203.0	194.5	1833	1758	1670	1754
C1.5:S1:CB2.5	1.30E-04	1.35E-04	1.28E-04	227.2	263.9	238.0	210.8	244.0	228.0	1622	1804	1788	1738
C1.5:S1:CB3	1.20E-04	1.23E-04	1.24E-04	233.6	208.7	224.5	217.2	194.1	207.6	1809	1575	1681	1688
C1.5:S1:CB3.5	1.25E-04	1.24E-04	1.24E-04	219.6	229.7	215.2	206.6	215.1	203.0	1656	1735	1634	1675

ตาราง ผ4 แสดงผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสม อายุทดสอบ 28วัน

สัญลักษณ์	น้ำหนักที่สภาพอิ่มตัว (g)			น้ำหนักอบแห้ง (g)			เปอร์เซ็นดูดซึมน้ำ			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CONTROL	302.0	299.5	296.6	280.9	277.1	274.4	7.51	8.08	8.09	7.90
C1.5:FB3	247.9	265.8	267.4	209.1	224.1	227.1	18.56	18.61	17.75	18.30
C1.5:FB3.5	259.4	254.4	265.1	219.9	211.7	226.0	17.96	20.17	17.30	18.48
C1.5:FB4	249.3	239.0	256.7	210.1	201.0	215.8	18.66	18.91	18.95	18.84
C1.5:FB4.5	250.0	247.3	226.2	209.9	207.5	189.1	19.10	19.18	19.62	19.30
C1.5:S2:CB1	268.8	244.8	258.7	233.3	211.4	224.2	15.22	15.80	15.39	15.47
C1.5:S2:CB1.5	275.5	261.1	288.2	238.4	226.2	249.4	15.56	15.43	15.56	15.52
C1.5:S2:CB2	246.1	275.5	264.6	212.1	237.6	226.3	16.03	15.95	16.92	16.30
C1.5:S2:CB2.5	290.3	254.7	281.6	249.3	216.5	241.9	16.45	17.64	16.41	16.83
C1.5:S1:CB2	248.0	247.6	240.3	212.1	209.8	214.0	16.93	18.02	12.29	15.74
C1.5:S1:CB2.5	244.2	281.5	262.4	208.5	240.8	224.9	17.12	16.90	16.67	16.90
C1.5:S1:CB3	257.9	229.1	244.5	217.8	194.8	208.7	18.411	17.608	17.154	17.72
C1.5:S1:CB3.5	242.9	256.1	239.7	206.2	215.3	202.8	17.80	18.95	18.20	18.31

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตาราง ผ5 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่อายุทดสอบ 7 วัน

สัญลักษณ์	ขนาด (cm^2)			ทดสอบที่ 7 วัน (kN)			ทดสอบที่ 7 วัน (kg)			กำลังอัด(กก/ซม^2)			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
C1.5:S2:R2.5:B0	25.91	25.70	25.60	48	46.6	47.4	4913.354	4750.25	4831.80	190	185	189	188
C1.5:S0:R0:FB3	25.49	25.60	26.01	28.0	29.0	29.3	2854.23	2956.17	2986.75	112	115	115	114
C1.5:S0:R0:FB3.5	24.79	25.75	26.32	27.6	25.6	25.5	2813.456	2609.58	2599.39	114	101	99	105
C1.5:S0:R0:FB4	25.40	25.40	25.55	27.5	24.3	25.1	2803.262	2477.06	2558.61	110	98	100	103
C1.5:S0:R0:FB4.5	24.70	25.40	26.00	22.3	20.6	22.0	2273.191	2099.9	2242.61	92	83	86	87
C1.5:S2:R0:CB1	26.47	26.50	26.30	37.6	36.8	37.5	3832.824	3751.27	3822.63	145	142	145	144
C1.5:S2:R0:CB1.5	27.20	25.60	26.50	35.3	34.9	35.8	3598.369	3557.59	3649.34	132	139	138	136
C1.5:S2:R0:CB2	25.50	26.50	26.30	31.5	31.2	32.0	3211.009	3180.43	3261.98	126	120	124	123
C1.5:S2:R0:CB2.5	26.50	25.60	25.80	28.7	28.1	27.9	2925.586	2864.42	2844.04	110	112	110	111
C1.5:S1:R0:CB2	25.60	26.42	25.30	28.5	28.1	29.5	2905.199	2864.42	3007.14	113	108	119	114
C1.5:S1:R0:CB2.5	26.01	25.70	25.25	24.5	25.9	25.7	2497.452	2640.16	2619.78	96	103	104	101
C1.5:S1:R0:CB3	25.30	24.90	25.50	24.7	23.8	25.7	2517.839	2426.1	2619.78	100	97	103	100
C1.5:S1:R0:CB3.5	25.70	25.50	25.50	24.9	25.1	23.1	2538.226	2558.61	2354.74	99	100	92	97

ตาราง ผ6 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่อายุทดสอบ 28 วัน

สัญลักษณ์	ขนาด (cm^2)			ทดสอบที่ 28 วัน (kN)			ทดสอบที่ 28 วัน (kg)			กำลังอัด (กก/ซม^2)			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
C1.5:S2:R2.5:B0	25.80	25.70	26.00	57.7	58.8	62.0	5881.753	5993.884	6320.08	228	233	243	235
C1.5:S0:R0:FB3	25.90	25.50	24.79	38.4	39.3	34.9	3914.373	4006.116	3557.59	151	157	144	151
C1.5:S0:R0:FB3.5	26.01	25.49	26.11	29.5	30.3	28.9	3007.136	3088.685	2945.97	116	121	113	117
C1.5:S0:R0:FB4	25.01	25.00	26.00	26.0	28.0	25.4	2650.357	2854.23	2589.19	106	114	100	107
C1.5:S0:R0:FB4.5	25.30	25.50	26.21	24.8	22.5	21.9	2528.033	2293.578	2232.42	100	90	85	92
C1.5:S2:R0:CB1	26.47	27.72	26.93	45.5	46.3	41.3	4638.124	4719.674	4209.99	175	170	156	167
C1.5:S2:R0:CB1.5	27.77	25.45	26.78	43.0	38.9	42.5	4383.282	3965.341	4332.31	158	156	162	158
C1.5:S2:R0:CB2	25.70	26.31	26.68	38.9	39.2	38.7	3965.341	3995.923	3944.95	154	152	148	151
C1.5:S2:R0:CB2.5	26.61	26.61	26.32	37.4	36.7	35.7	3812.436	3741.081	3639.14	143	141	138	141
C1.5:S1:R0:CB2	25.60	25.60	25.60	33.5	34.6	35.1	3414.88	3527.013	3577.98	133	138	140	137
C1.5:S1:R0:CB2.5	26.11	26.21	25.15	30.8	30.2	31.8	3139.653	3078.491	3241.59	120	117	129	122
C1.5:S1:R0:CB3	25.60	26.32	25.91	28.9	27.8	29.1	2945.973	2833.843	2966.36	115	108	114	112
C1.5:S1:R0:CB3.5	25.60	25.50	23.62	25.6	24.5	23.5	2609.582	2497.452	2395.51	102	98	101	100

ตาราง ผ7 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่อายุทดสอบ 60 วัน

สัญลักษณ์	ขนาด (cm^2)			ทดสอบที่ 60 วัน (kN)			ทดสอบที่ 60 วัน (kg)			กำลังอัด (กก/ซม^2)			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
C1.5:S2:R2.5:B0	25.70	26.21	25.40	61.8	59.8	62.6	6299.69	6095.82	6381.24	245	233	251	243
C1.5:S0:R0:FB3	25.10	25.50	24.50	38.1	38.8	34.2	3883.79	3955.15	3486.24	155	155	142	151
C1.5:S0:R0:FB3.5	25.40	25.50	25.60	28.3	30.1	29.3	2884.81	3068.30	2986.75	114	120	117	117
C1.5:S0:R0:FB4	25.60	25.10	25.20	25.2	29.1	25.4	2568.81	2966.36	2589.19	100	118	103	107
C1.5:S0:R0:FB4.5	25.80	25.60	25.50	22.6	22.4	24.2	2303.77	2283.38	2466.87	89	89	97	92
C1.5:S2:R0:CB1	25.50	25.70	26.94	45.7	45.2	45.3	4658.51	4607.54	4617.74	183	179	171	178
C1.5:S2:R0:CB1.5	26.60	27.04	28.20	42.8	43.2	43.8	4362.90	4403.67	4464.83	164	163	158	162
C1.5:S2:R0:CB2	26.00	26.24	25.91	39.8	39.7	39.5	4057.08	4046.89	4026.50	156	154	155	155
C1.5:S2:R0:CB2.5	25.81	25.10	26.11	37.4	37.9	37	3812.44	3863.40	3771.66	148	154	144	149
C1.5:S1:R0:CB2	26.21	24.90	26.11	37.8	35.4	36.1	3853.21	3608.56	3679.92	147	145	141	144
C1.5:S1:R0:CB2.5	27.56	25.80	27.13	33.5	33.2	34.1	3414.88	3384.30	3476.04	124	131	128	128
C1.5:S1:R0:CB3	26.31	25.50	25.19	29.8	28.9	28.7	3037.72	2945.97	2925.59	115	116	116	116
C1.5:S1:R0:CB3.5	26.21	26.82	26.52	27.1	26.8	27.3	2762.49	2731.91	2782.87	105	102	105	104

การทำคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตา

Utilization of Bottom Ash in Concrete Block

นายชรินทร์ เสนาวงษ์ และ นายอิทธิพล วิไลลักษณ์
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิเชียร ชาลี
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการทำคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตาโดยตรงจากโรงงานผลิตกระดาษจังหวัดปราจีนบุรี โดยมีอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทั้งหมด 13 ส่วนผสม แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาละเอียดและกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาหยาบ กลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาละเอียดจะใช้เถ้าก้นเตาแทนที่มวลรวมทั้งหมด กลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าก้นเตาหยาบจะใช้เถ้าก้นเตาหยาบแทนที่หินฝุ่น โดยทำการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาได้แก่ ศึกษากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตาที่อายุทดสอบ 7, 28 และ 60 วัน ศึกษาคุณสมบัติทางด้านความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำในคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตา ที่อายุทดสอบ 28 วัน

จากผลการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณของเถ้าก้นเตาที่มากขึ้น และเมื่อใช้เถ้าก้นเตาในส่วนผสมคอนกรีตบล็อกมากขึ้นส่งผลให้กำลังอัด และความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกมีค่าลดลงอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่ากำลังสูงกว่าค่ามาตรฐาน มอก.58-2533 และมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำน้อยกว่าค่ามาตรฐาน มอก. 58-2533 ซึ่งกำหนดไว้ไม่ให้เกินร้อยละ 35 ซึ่งถือว่าคอนกรีตบล็อกมีกำลังอัดที่ดีเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน

คำสำคัญ : เถ้าก้นเตา ; คอนกรีตบล็อก ; กำลังอัด ; ความหนาแน่น ; ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

Abstract

Utilization of Bottom Ash in Concrete Block

This work was to study the utilization of original Bottom ash from paper mill, Prachinburi in making concrete block. A total of 13 mix proportions of concrete block are separated into 2 groups. The first group, finenesses bottom ash was used to replace coarse and fine aggregate, and the second group, coarse bottom ash was used to replace coarse aggregate. All of concrete blocks were tested to determine the compressive strengths at the ages of 7, 28, and 60 days. In addition density and absorption of concrete block were also tested at 28 day of curing in air

The results showed that percentage absorption of concrete block increase with the increasing of bottom ash in concrete block. In addition the increase of bottom ash replacement in concrete block clearly reduce the compressive strength and density of concrete block. However the compressive strength of all concrete block in this study were higher than 25 ksc which was suggested by TISI 58-2533. Throughout, the percentage absorption of concrete block were also lower than 35%. These present the good performance of concrete block when compared to TISI 58-2533.

Keywords: Bottom Ash ; Concrete Block ; Strength ; Density ; Percentage Absorption

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. บทนำ

เถ้าลอย(Fly Ash) และเถ้าก้นเตา (Bottom Ash) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า การเผาถ่านหินจะใช้อุณหภูมิประมาณ 900-1000 °C โดยเถ้าลอยจะมีลักษณะเป็นฝุ่นลอยปนออกไปกับก๊าซร้อน ซึ่งสามารถดักจับได้ด้วยเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) โดยทำการแยกฝุ่นออกจากก๊าซร้อนก่อนปล่อยจากปล่องควัน ส่วนเถ้าก้นเตาเกิดจากอนุภาคเล็กๆ ปะทะกันเองหรือปะทะกับผนังเตา แล้วหลอมติดกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ เรียกว่า Slag เมื่อน้ำหนักมากขึ้น Slag จะหล่นลงมาสู่ก้นเตา[1] ซึ่งเถ้าลอยส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการพาณิชย์และมีการทำวิจัยเกี่ยวกับเถ้าลอยอย่างมากมาย ส่วนเถ้าก้นเตาจะนำไปทิ้งหรือถมที่ดิน ยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์แต่อย่างใด แม้จะมีการศึกษาเกี่ยวกับเถ้าก้นเตามาบ้างแล้ว แต่มีการศึกษากันน้อยมาก โดยเรืองรุชดิ์ ซีระโรจท์ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล ได้ศึกษาถึงการใช้เถ้าก้นเตาเป็นวัสดุปอซโซลาน [2] ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมามุ่งเน้นไปในทิศทางที่การนำเถ้าก้นเตามาปรับคุณภาพโดยการบดให้มีความละเอียดมากขึ้นและนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ในงานคอนกรีตเพื่อให้สามารถรับแรงได้แต่ในการศึกษาดังกล่าวจำเป็นต้องมีการบดเถ้าก้นเตาให้ละเอียด ซึ่งทำให้ มีค่าใช้จ่ายในการบดเถ้าก้นเตาก่อนจึงจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีแนวความคิดในการนำเถ้าก้นเตามาเป็นส่วนผสมในการทำคอนกรีตบล็อกโดยที่ใช้เถ้าก้นเตาโดยตรงและไม่เสียค่าใช้จ่ายในการบด ซึ่งในปัจจุบันประชาชนส่วนใหญ่ในประเทศมีความต้องการด้านที่อยู่อาศัยค่อนข้างสูง แต่มีปัญหาเกี่ยวกับราคาวัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่มีราคาค่อนข้างสูง ผู้ที่มีรายได้น้อยจึงไม่สามารถจะมีที่อยู่อาศัยเป็นของตนเองได้ การนำเถ้าก้นเตา ซึ่งเป็นวัสดุที่เป็นผลพลอยได้และมีปัญหาในการกำจัดทิ้ง ใช้เป็นส่วนผสมในการทำคอนกรีตบล็อกเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการทำให้ราคาวัสดุก่อสร้างประเภทคอนกรีตบล็อกลดลง โดยศึกษาหาแนวทางเพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตา ให้สามารถใช้งานได้ภายใต้ความคุ้มค่าทางวิศวกรรม

ในการศึกษานี้ได้นำเถ้าก้นเตาจากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งเป็นเถ้าก้นเตาที่มีสภาพแห้งปราศจากความชื้นและสิ่งเจือปนมาใช้ หากสามารถพัฒนานำมาใช้ได้อย่างจริงจังจะช่วยให้ลดพื้นที่ในการทิ้งเถ้าก้นเตาได้อีกด้วยและลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม อันเกิดจากเถ้าก้นเตาตลอดจนใช้วัสดุคอนกรีตบล็อกที่สามารถนำมาใช้งานภายใต้ความประหยัดตามหลักการทางวิศวกรรม เพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับงานก่อสร้างต่อไป

2. ขอบเขตของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพของเถ้าก้นเตาจากโรงงานผลิตกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ และเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ เพื่อนำมากำหนดอัตราส่วนผสมต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกจากเถ้าก้นเตา โดยให้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นส่วนผสมควบคุม ใช้ทราย เถ้าก้นเตาและหินฝุ่นเป็นอัตราส่วนแปรผัน โดยจะเริ่มจากหาอัตราส่วนของน้ำที่เหมาะสม (W/C) เมื่อได้อัตราส่วนของน้ำที่เหมาะสมจึงจะนำมาอัดเข้าบล็อกที่ออกแบบและพัฒนาให้มีลักษณะพิเศษเพื่อการใช้งานที่เหมาะสม โดยมีรูร่องและเดือยบนตัวบล็อกที่สามารถก่อประสานกันทั้งแนวนอนและแนวดิ่ง โดยไม่ต้องใช้ปูนก่อหรือก่อทีละก้อนเหมือนแบบดั้งเดิม สามารถนำมาวางซ้อนกันได้ตลอดความยาวของผนังสูงครั้งละประมาณ 10 แถว แล้วใช้น้ำปูนทรายหยอดลงในรูของบล็อก ซึ่งเรียกว่า "บล็อกประสาน" ขนาดของบล็อกจะเท่ากับ 12.5 x 25 x 10 ซม. โดยจะทำการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7, 28 และ 60 วัน ทดสอบความหนาแน่น ทดสอบความชื้น และทดสอบการดูดซึมน้ำ ที่อายุ 28 วัน หลังการอัดคอนกรีตบล็อก

3. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.1 ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม มอก.15-2532

3.1.2 เถ้าก้นเตา ใช้เถ้าก้นเตา จากโรงงาน ผลิตกระดาษ จังหวัดปราจีนบุรี

3.1.3 ทรายใช้ทรายแม่น้ำ อบแห้ง

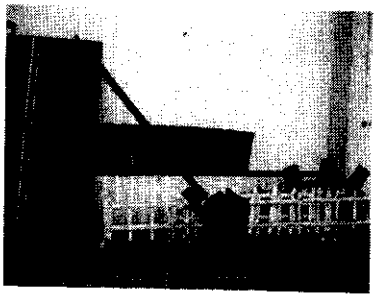
3.1.4 หินฝุ่น ใช้หินขนาด 4 – #200 นิ้ว อบแห้ง

3.1.5 น้ำ ใช้น้ำสะอาด การทดลองนี้ใช้น้ำประปา

3.2 อุปกรณ์การทดสอบและเครื่องมือ

3.2.1 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อก ชนิดซินวา-แรม (Cinva-ram)

เป็นเครื่องอัดดินซีเมนต์บล็อกแบบไม่ต้องใช้ไฟฟ้า เคลื่อนย้ายสะดวก แข็งแรงทนทาน สามารถอัดบล็อกได้ด้วยตนเอง คุณสมบัติพิเศษ ใช้แรงคนโยกอัดบล็อกด้วยคานทดแรง อัดได้ครั้งละ 1 ก้อน ทำบล็อกประสานแบบเต็มก้อนและครึ่งก้อน ได้ในเครื่องเดียว อัตราการผลิตประมาณ 300 -400 ก้อน ต่อวัน ตัวเครื่องผลิตจากเหล็กหนา แข็งแรงทนทานต่อการใช้งานหนัก ผลิตก้อนขนาด 10 x 12.50 x 25 ซม^3.โดยใช้ 32 ก้อน ต่อ 1 ตรม.



รูปที่ 1 เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกชนิดซินวา-แรม(Cinvaram)

3.2.2 เครื่องทดสอบกำลังอัด

3.2.3 เครื่องตัดคอนกรีตบล็อก

3.2.4 เครื่องอบ

3.2.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.6 กะบะผสม ระหว่าง ปูนซีเมนต์ เถ้าก้นเตา หินฝุ่น ทราย น้ำ

3.2.7 บุ้งกี๋ และจอบ

3.2.8 พลั่ว

3.2.9 ตะแกรงมาตรฐาน

3.2.10 ชุดทดลองหาความถ่วงจำเพาะของเถ้าก้นเตา

3.2.11 ชุดทดลองหาค่าการกระจายตัวของเถ้าก้นเตาและทราย

3.3 การทำคอนกรีตบล็อก

3.3.1 ส่วนผสมคอนกรีตบล็อก

ใช้เถ้าก้นเตาที่ ไม่ผ่านการแยกขนาดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I และมวลรวมที่อัตราส่วนผสมต่างๆ ดังนั้นมีคอนกรีตบล็อกในงานวิจัยนี้ 13 ส่วนผสม แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ W/C

ลำดับที่	สัญลักษณ์	ส่วนผสมโดยน้ำหนัก				จำนวนตัวอย่าง	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ W/C
		ปูน	ทราย	เถ้าก้นเตา	หิน		
1	CONTROL	1.5	2.0	-	2.5	9	0.50
2	C1.5:FB3	1.5	-	3.0	-	9	0.80
3	C1.5:FB3.5	1.5	-	3.5	-	9	0.90
4	C1.5:FB4	1.5	-	4.0	-	9	0.90
5	C1.5:FB4.5	1.5	-	4.5	-	9	1.00
6	C1.5:S2:CB1	1.5	2.0	1.0	-	9	0.60
7	C1.5:S2:CB1.5	1.5	2.0	1.5	-	9	0.70
8	C1.5:S2:CB2	1.5	2.0	2.0	-	9	0.70
9	C1.5:S2:CB2.5	1.5	2.0	2.5	-	9	0.75
10	C1.5:S1:CB2	1.5	1.0	2.0	-	9	0.70
11	C1.5:S1:CB2.5	1.5	1.0	2.5	-	9	0.75
12	C1.5:S1:CB3	1.5	1.0	3.0	-	9	0.75
13	C1.5:S1:CB3.5	1.5	1.0	3.5	-	9	0.80

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.3.2 วิธีผลิตคอนกรีตบล็อก

ในการผสมส่วนผสมคอนกรีตบล็อกนำปูนซีเมนต์ เถ้ากันเตา หิน ทราย ตามอัตราส่วนต่างๆ ที่เตรียมไว้ผสมให้เข้ากัน แล้วทำการทดสอบความเหลวของส่วนผสมว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าความเหลวเหมาะสม นำส่วนผสมที่คลุกเคล้ากันดีแล้ว นำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อควบคุมปริมาณและน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก นำส่วนผสมใส่ลงในแบบอัดในเครื่องอัด เมื่อนำส่วนผสมลงในแบบแล้ว อัดให้แน่นโดยโยกคันอัดลงมาแล้วคลายออกโดยยกคันอัดขึ้น นำแท่งคอนกรีตบล็อกออกจากแบบ นำไปผึ่งในที่ร่มเพื่อบ่มให้แข็งตัวในแนวราบขนานกับพื้น ใช้เวลาบ่มที่ 7, 28, และ 60 วัน

3.3.3 การทดสอบตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากันเตา

3.3.3.1 ทดสอบกำลังอัดโดยทำการตัดตัวอย่างคอนกรีตบล็อกให้มีขนาด 50 x 50 x 50 มม.^{3} แล้วทำการทดสอบหากำลังอัดที่อายุ 7, 28 และ 60 วัน

3.3.3.2 การทดสอบหาค่าความหนาแน่น (Density Test) ในการทดลองครั้งนี้เตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ โดยทำการตัดตัวอย่างคอนกรีตบล็อก ให้มีขนาด 50 x 50 x 50 มม.^{3} เพื่อหาค่าความหนาแน่นของตัวอย่างที่อายุ 28 วัน

3.3.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Absorption Test) ในการทดลองได้เตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ โดยทำการตัดตัวอย่างคอนกรีตบล็อก ให้มีขนาด 50 x 50 x 50 มม.^{3} นำตัวอย่างคอนกรีตบล็อกเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 105 – 110 $^{\circ}$C นาน 24 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง แช่ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกอบแห้งให้จมอยู่ในน้ำนาน 24 ชั่วโมง เอาขึ้นมาแล้วใช้ผ้าเช็ดให้แห้งโดยรอบอย่างเร็ว และชั่งน้ำหนัก ภายใน 5 นาที โดยทำการทดสอบตัวอย่างที่อายุ 28 วัน

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 กำลังอัด ของคอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 2 แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้ากันเตาซึ่งจะเห็นได้ว่าทุกส่วนผสมเมื่อแทนที่เถ้ากันเตามากขึ้นก็จะส่งผลให้กำลังอัดลดลงและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมโดยสามารถวิเคราะห์แยกตามส่วนผสมต่าง ๆ ได้ดังนี้

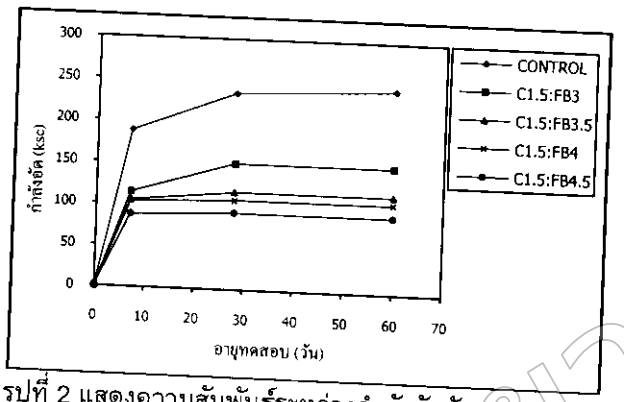
ตารางที่ 2 แสดงกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้ากันเตา

ลำดับที่	สัญลักษณ์	กำลังอัด (กก/ซม^2)		
		อายุ 7 วัน	อายุ 28 วัน	อายุ 60 วัน
1	CONTROL	188	235	243
2	C1.5:FB3	114	151	151
3	C1.5:FB3.5	105	117	117
4	C1.5:FB4	103	107	107
5	C1.5:FB4.5	87	92	92
6	C1.5:S2:CB1	144	167	178
7	C1.5:S2:CB1.5	136	158	162
8	C1.5:S2:CB2	123	151	155
9	C1.5:S2:CB2.5	111	141	149
10	C1.5:S1:CB2	114	137	144
11	C1.5:S1:CB2.5	101	122	128
12	C1.5:S1:CB3	100	112	116
13	C1.5:S1:CB3.5	97	100	104

4.1.1 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้ากันเตาแบบละเอียด

รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้ากันเตาแบบละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด โดยเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อใช้เถ้ากันเตาแบบละเอียดแทนที่มวลรวมในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน เช่น คอนกรีตบล็อก C1.5:FB3, C1.5:FB3.5, C1.5:FB4 และ C1.5:FB4.5 มีกำลังอัดที่อายุ 28 วันเท่ากับ 150, 116, 106 และ 91 กก/ซม^2 ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากเถ้ากันเตาแบบละเอียดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ยังถือว่ามีความพรุนค่อนข้างสูงและเถ้ากันเตาดังกล่าวนี้ยังไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยการบด ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานที่ให้กำลังกับคอนกรีตบล็อกได้ และนอกจากนั้นการแทนที่ในปริมาณที่มากขึ้นก็ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้ากันเตาลดลงและทำให้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะทำปฏิกิริยาและให้กำลังกับคอนกรีตบล็อกมีปริมาณลดลงด้วย ตลอดจนเถ้ากันเตามีความพรุนมากจึงทำให้มีการดูดน้ำที่สูงส่งผลให้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นและกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าต่ำลง และเป็นที่

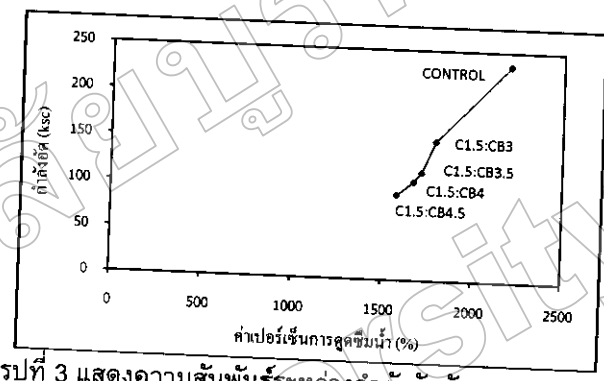
น่าสังเกตว่าคอนกรีตบล็อกทั้งสี่ส่วนผสมมีการพัฒนากำลังอัดหลังจากอายุ 28 วัน น้อยมากโดยสังเกตได้จากกำลังอัดที่อายุ 60 วัน จะไม่แตกต่างจากกำลังอัดที่อายุ 28 วันมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากเถ้ากันเตาแบบละเอียดที่ผสมลงไปไม่เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานดังที่กล่าวมาแล้วแต่อย่างไรก็ตาม พบว่าคอนกรีตบล็อกทั้งสี่ส่วนผสมมีกำลังอัดสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 58-2533 [3]



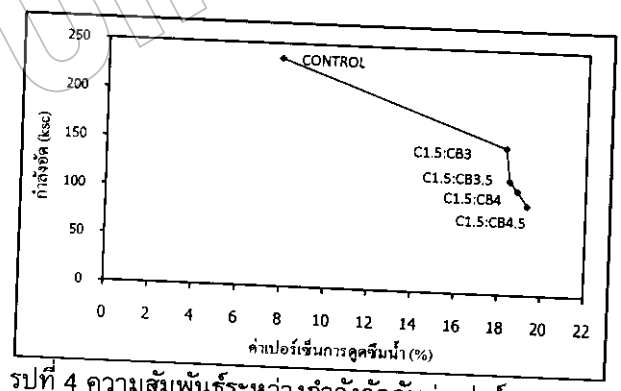
รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้ากันเตาแบบละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้ากันเตาละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าเพิ่มตามความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตบล็อกมีความหนาแน่นต่ำ จะมีปริมาณการแทนที่เถ้ากันเตาที่สูงและส่งผลให้สัดส่วนของปูนซีเมนต์ในส่วนผสมลดลง จึงทำให้กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าลดลงด้วย

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้ากันเตาแทนที่มวลรวมทั้งหมด จากการทดลองแสดงให้เห็นว่ากำลังอัดจะลดลงตามเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตบล็อกที่มีค่าการดูดซึมน้ำที่สูง เกิดจากการใช้เถ้ากันเตาแทนที่ในส่วนผสมมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกลดลงด้วย นอกจากนี้การที่กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าลดลงตามปริมาณการดูดซึมน้ำที่มากขึ้นเป็นเหตุผลที่เป็นไปตามหลักของคอนกรีตเทคโนโลยี ที่ปริมาณความพรุนในเนื้อคอนกรีตมีค่ามากขึ้นก็จะส่งผลให้การดูดซึมน้ำมากขึ้น และโครงสร้างภายในเนื้อของคอนกรีตก็จะมีความแข็งแรงลดลง แต่อย่างไรก็ตามการลดลงของกำลังอัดในคอนกรีตบล็อกที่จัดอยู่ในประเภทที่ไม่ใช่อิฐรับแรงก็สามารถที่จะยอมรับได้ ถ้ามีค่าสูงกว่ามาตรฐาน มอก.58-2533 [3] ที่ยอมให้กำลังอัดต้องไม่ต่ำกว่า 25 กก/ซม^2 แต่ทั้งนี้การดูดซึมน้ำจะต้องไม่มากจนเกินไป ที่จะส่งผลเสียต่อคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก และเป็นที่น่าสังเกตว่าคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้ากันเตาละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด 4 ส่วนผสมนี้มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าค่ามาตรฐานตาม มอก 58-2533 [3] ซึ่งถือว่าสามารถนำมาใช้งานได้ดี



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้ากันเตาละเอียดแทนที่มวลรวมทั้งหมด อายุ 28 วัน



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเถ้ากันเตาละเอียดที่อายุ 28 วัน

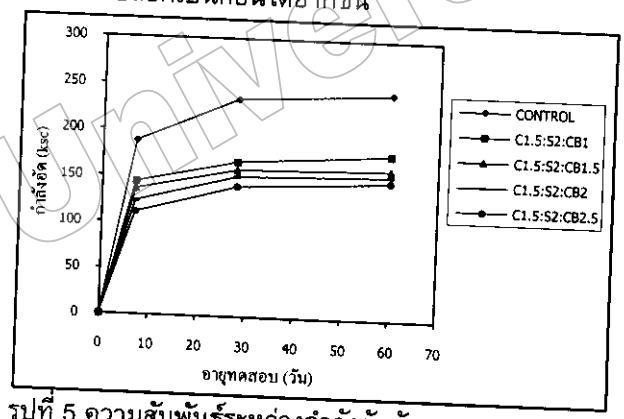
4.1.2 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้ากันเตาแบบหยาบ

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้ากันเตาหยาบแทนที่หินฝุ่น เป็นกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทรายโดยสัดส่วนน้ำหนักเท่ากับ 2 ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อใช้เถ้ากันเตาหยาบแทนที่หินฝุ่นในปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้กำลังอัดของ

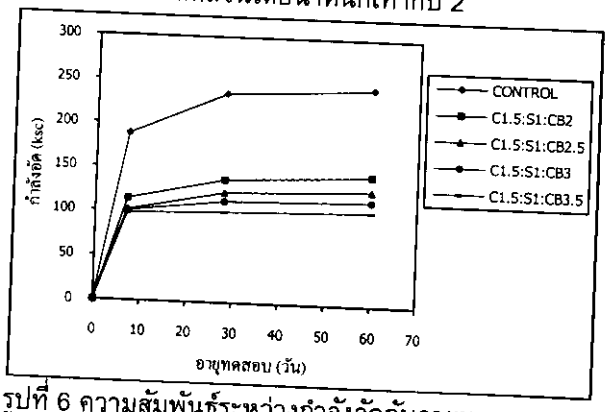
ศูนย์วิทยทรัพยากร
Chulalongkorn University

คอนกรีตบล็อกลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน เช่น คอนกรีตบล็อก C1.5:S2:CB1, C1.5:S2:CB1.5, C1.5:S2:CB2 และ C1.5:S2:CB2.5 มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 167, 158, 151 และ 140 กก/ซม^2 ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากเถ้ากันเตาหยาบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ยังถือว่ามีความพรุนค่อนข้างสูง และเถ้ากันเตาหยาบดังกล่าวนี้ยังไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยการบด ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานให้กำลังกับคอนกรีตบล็อกได้ และนอกจากนั้นการแทนที่เถ้ากันเตาในปริมาณที่มากขึ้นก็ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์กับเถ้ากันเตาลดลง จึงเป็นเหตุให้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นและให้กำลังกับคอนกรีตบล็อกมีปริมาณลดลงด้วย ตลอดจนเถ้ากันเตามีความพรุนมาก ทำให้มีการดูดน้ำมากส่งผลให้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นและกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าต่ำลงตามหลักการของคอนกรีตทั่วไป และเป็นที่น่าสังเกตว่าคอนกรีตบล็อกทั้งสี่ส่วนผสมมีการพัฒนากำลังอัดหลังจากอายุ 28 วัน น้อยมากเหมือนกับกลุ่มที่แทนที่ด้วยเถ้ากันเตาละเอียด ทั้งนี้เนื่องจากเถ้ากันเตาหยาบที่ผสมลงไปไม่เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานดังที่กล่าวมาแล้ว แต่อย่างไรก็ตามพบว่าคอนกรีตบล็อกทั้งสี่ส่วนผสมมีกำลังอัดสูงกว่ามาตรฐาน มอก.58-2533 [3] ซึ่งกำหนดให้อิฐที่ไม่รับแรงจะต้องมีกำลังอัดต่ำกว่า 25 กก/ซม^2 นั้นก็หมายถึงว่าการใช้เถ้ากันเตาแบบหยาบผสมแทนที่หินฝุ่นในการทำคอนกรีตบล็อกก็สามารถที่จะนำมาใช้งานได้อย่างดีในแง่ของกำลังรับแรงอัด แต่ทั้งนี้ต้องควบคุมปริมาณของเถ้ากันเตาที่ผสมเข้าไปอย่าให้ส่งผลต่อกำลังอัดที่ต่ำกว่ามาตรฐาน นอกจากนั้นต้องพิจารณาควบคู่ไปกับคุณสมบัติทางด้านอื่น ๆ ด้วย เช่น การดูดซึมน้ำเพราะถ้าใช้เถ้ากันเตาในปริมาณที่สูงมากไป ก็จะทำให้คอนกรีตบล็อกมีการดูดซึมน้ำที่มากเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการนำไปใช้งานจริง และเมื่อพิจารณาในกลุ่มที่แทนทรายน้อยลงตามรูปที่ 6 จะเห็นว่าการพัฒนากำลังอัดก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกลุ่มที่ใช้ทรายโดยสัดส่วนน้ำหนักเท่ากับ 2

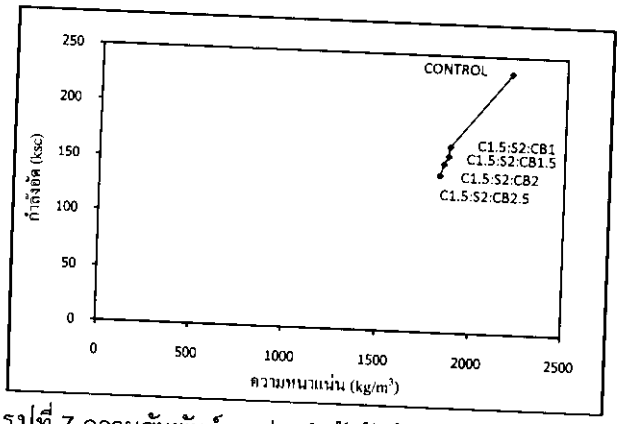
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้ากันเตาแบบหยาบที่อายุ 28 วัน โดยพิจารณากลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทรายโดยสัดส่วนน้ำหนักเท่ากับ 2 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าเพิ่มตามความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่มากขึ้น เหมือนกับกลุ่มที่ใช้เถ้ากันเตาแบบละเอียด ทั้งนี้คอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นต่ำลง เนื่องจากมีเถ้ากันเตาผสมอยู่ในคอนกรีตบล็อกมากกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นสูง จึงส่งผลทำให้กำลังอัดลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนดังเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น และนอกจากนั้นยังพบว่าเมื่อแทนปริมาณทรายน้อยลงโดยสัดส่วนน้ำหนักเท่ากับ 1 พบว่าแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด กับความหนาแน่นยังเป็นไปในทิศทางเดิมกล่าวคือ ความหนาแน่นที่ลดลงส่งผลต่อกำลังอัดที่ลดลงอย่างชัดเจนดังแสดงใน รูปที่ 8 โดยทั่วไปแล้วในการผลิตคอนกรีตบล็อกเพื่อใช้ในงานผนังมีความต้องการที่จะลดความหนาแน่นลงเพราะต้องการที่จะให้น้ำหนักของผนังที่กระทำบนคานที่รองรับน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามความพยายามที่จะลดน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลงก็จะส่งผลเสียทางด้านการรับแรงของคอนกรีตบล็อกและคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำตามไปด้วย ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้จึงพบว่าการลดความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลงทำได้โดยการเพิ่มปริมาณของเถ้ากันเตาในส่วนผสมให้มากขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณเถ้ากันเตาที่มากขึ้นก็จะทำให้การทำคอนกรีตบล็อกเป็นก้อนได้ยากขึ้น



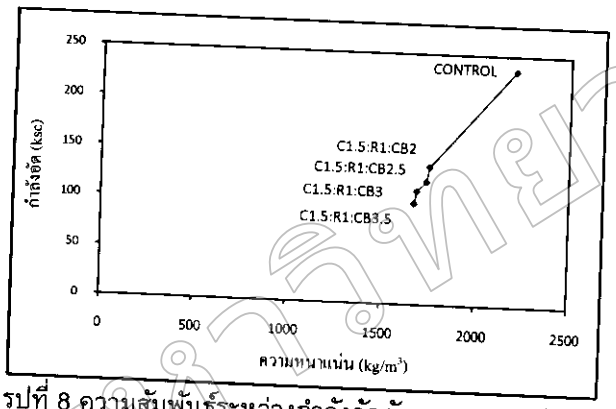
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากันเตาแบบหยาบเมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุทดสอบของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากันเตาแบบหยาบเมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1

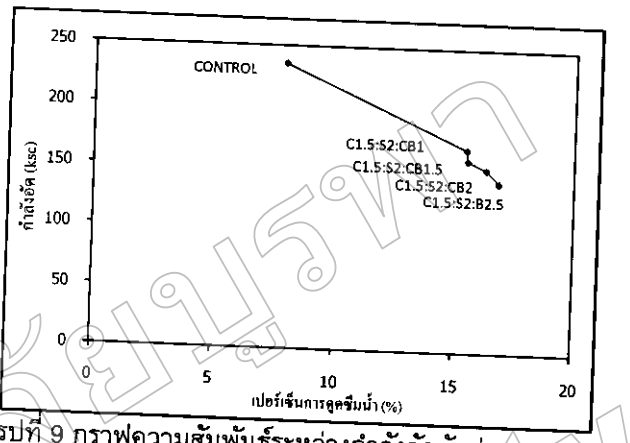


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากันเตาแบบหยาบที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2

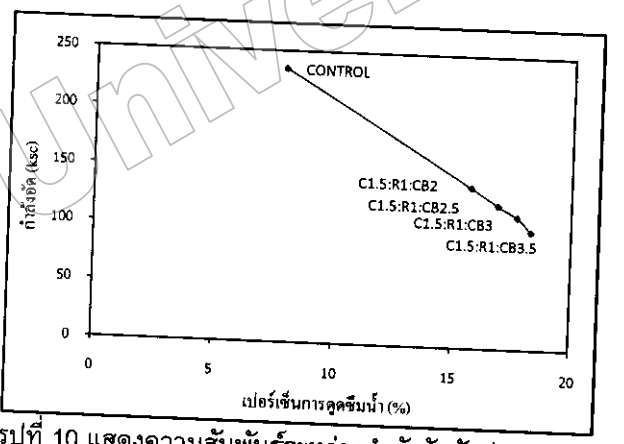


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้ากันเตาแบบหยาบที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2

จากรูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเถ้ากันเตาแบบหยาบที่อายุ 28 วัน โดยพิจารณากลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2 และใช้เถ้ากันเตาแบบหยาบแทนที่หินฝุ่น จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า กำลังอัดจะลดลงตามเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเหมือนกับกลุ่มที่ใช้เถ้ากันเตาแบบละเอียด เช่น C1.5:S2:CB1, C1.5:S2:CB1.5, C1.5:S2:CB2 และ C1.5:S2:CB2.5 มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเท่ากับ 15.47, 15.52, 16.30 และ 16.83 ตามลำดับ และมีค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 162, 158, 151 และ 140 กก/ซม^2 ตามลำดับ และรูปที่ 10 เป็นกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1 และใช้เถ้ากันเตาแบบหยาบแทนที่หินฝุ่น จะมีแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเช่นเดียวกันกับกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้ากันเตาแทนที่หินฝุ่นทั้งหมด และกลุ่มคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2



รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเถ้ากันเตาหยาบที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 2



รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเถ้ากันเตาหยาบที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้ทรายสัดส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1

5. สรุปผลการทดสอบ

5.1 เมื่อผสมเถ้ากันเตาในปริมาณที่มากขึ้นทำให้คอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสมมีกำลังอัดลดลง และความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลงอย่างชัดเจน

5.2 เมื่อผสมเถ้ากันเตาในปริมาณที่มากขึ้น เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสม จะมีค่าสูงขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5.3 ในการศึกษาครั้งนี้คุณสมบัติด้านกำลังอัดและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าก้นเตาอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่ามาตรฐาน มอก.58-2533

บรรณานุกรม

1. สถาบันพัฒนาวิชาชีพ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) 2550. เว็ปไซต์มิติใหม่แห่งการศึกษาไร้พรมแดน Learn Online . เทคโนโลยีวัสดุก่อสร้างงานคอนกรีตสมัยใหม่ การใช้เถ้าลอยจากถ่านหิน[Online], Available : URL: http:// www.learn.in.th/sample/flyash/031.html,

2. เรืองรุชดิ์ ชีระโรจท์ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. "การใช้เถ้าก้นเตาเป็นวัสดุปอซโซลาน". การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6 ชะอำ เพชรบุรี 10-12 พฤษภาคม 2543 , หน้า MAT13 - MAT18.

3. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 58-2530 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University