คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้นผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย

บุรฉัตร ฉัตรวีระ [1] สุธี จริยธีรเวช [2] และ ณัฏฐ์ มากุล [3]
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) คลองหลวง ปทุมธานี 12121

รับเมื่อ 7 กรกฎาคม 2551 ตอบรับเมื่อ 13 พฤศจิกายน 2551

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคุณสมบัติทางกลและความคงทนของคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้นขนาด 70 × 190 × 390 มม.[3] โดยทำการแทนที่หินฝุ่นซึ่งเป็นมวลรวมหลักที่นิยมใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกด้วยแร่ดินเบาจากเหมืองในอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง และเถ้าชานอ้อยจากโรงงานผลิตน้ำตาลที่ใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า คุณสมบัติที่ทำการศึกษาประกอบด้วย องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย คุณสมบัติทางกลและความคงทนของคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักผสมของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย นอกจากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของบล็อกทั้งสองกับข้อกำหนดตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 58-2533 เพื่อประเมินอัตราส่วนการแทนที่ที่เหมาะสมของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยในหินฝุ่นเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบผลิตคอนกรีตบล็อก โดยกำหนดปริมาณการแทนที่ของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยในหินฝุ่นที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 (w/c) มีค่า 0.53-0.64 โดยน้ำหนัก ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการขึ้นรูปได้

ผลการทดสอบพบว่า ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลักของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยและค่าดัชนีกำลังที่อายุ 28 วัน ของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยมีค่าร้อยละ 67 และ 53 ตามลำดับ ส่วนคุณสมบัติของบล็อกคอนกรีตหินฝุ่นผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยพบว่า สัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยมีผลทำให้หน่วยน้ำหนัก ค่าการนำความร้อน ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง การพัฒนากำลังและความคงทนต่อการกัดกร่อนเนื่องจากกรดของคอนกรีตบล็อกหินฝุ่นผสมเถ้าชานอ้อยลดลง ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของคอนกรีตบล็อกหินฝุ่นผสมแร่ดินเบาและปริมาณความชื้นสูงกว่าคอนกรีตบล็อกปกติที่ผสมหินฝุ่นอย่างเดียว นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นเกณฑ์จะสามารถใช้แร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยแทนที่ได้ร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักหินฝุ่น ตามลำดับ

[1] *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์*
[2] *นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์*
[3] *นักวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์*

Properties of Hollow Non-Load Bearing and Non-Moisture Controlling Concrete Block Containing Diatomite and Sugarcane Bagasse Ash

Burachat Chatveera [1], Sutee Jariyateeravate [2], and Natt Makul [3]

Thammasat University, (Rangsit Center), Khlong Luang, Pathum Thani 12121

Received 7 July 2008 ; accepted 13 November 2008

Abstract

This research is to study mechanical and durability of hollow non-load bearing and non-moisture controlling concrete block in a size of 70 × 190 × 390 mm^3. Dusty limestone rock which is a main aggregate and widely used in concrete block production, is replaced with diatomite or sugarcane bagasse ash. The diatomite comes from a quarry in Mae-Tha district, Lampang province. In addition, the bagasse ash comes from a sugar production factory at which sugarcane is used as a fuel for boiling water in electricity-power generating process. The basic properties studied included chemical compositions and physical properties of diatomite and sugarcane bagasse ash. The mechanical and durability properties of hollow non-load concrete block containing diatomite and sugarcane bagasse ash are also investigated. Furthermore, the properties of both materials are compared with the specification criteria in accordance with the Thai Industrial Standard (TIS) 58-2533. The replacements of diatomite and sugarcane bagasse ash in dusty limestone rock were 0, 10, 15 and 20 % by weight and water-to-Portland cement Type I ratios were varied from 0.53 to 0.64 depending on formation conditions.

From the tested results, it was found that silicon dioxide (SiO_2) was a main composition for both diatomite and sugarcane bagasse ash and their strength activity indexes at the age of 28 days were 67% and 53%, respectively. The increase in proportions of diatomite and sugarcane bagasse ash resulted in the decrease of unit weight, thermal conductivity, sound absorption coefficient, strength development rate, and resistance due to acid attacks of dusty limestone rock-sugarcane bagasse ash concrete block. Whereas, the coefficient of sound absorption of dusty limestone rock-diatomite concrete block and moisture content are higher than that of the normal concrete block mixed with dusty limestone rock. Moreover, when comparing to the specification criteria of the TIS 58-2533, it can be concluded that the suitable use of diatomite and sugarcane bagasse ash to replace dusty limestone rock is 10 and 20 % by weight of dusty limestone rock, respectively.

[1] *Associate Professor, Department of Civi Engineering, Faculty of Engineering.*

[2] *Graduate Student, Department of Civi Engineering, Faculty of Engineering.*

[3] *Researcher, Department of Civi Engineering, Faculty of Engineering.*

1. บทนำ

ในปัจจุบันการผลิตคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้น (Non-load bearing and non-moisture controlling concrete block) จำเป็นต้องใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 น้ำ และมวลรวม ซึ่งได้แก่ หินฝุ่นหรือทรายมาผสมรวมกัน ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันดีว่า หินฝุ่น (Dusty limestone rock) ที่นำมาใช้ผสมคอนกรีตบล็อกเป็นหินปูนซึ่งได้มาจากการระเบิดภูเขาเช่นเดียวกับการผลิตปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นการทำลายธรรมชาติ ดังนั้นการพัฒนาคอนกรีตบล็อกโดยใช้วัสดุอื่นมาทดแทนหินฝุ่นจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยจะต้องเลือกวัสดุเหลือใช้ตามธรรมชาติหรือจากกระบวนผลิตที่มีน้ำหนักเบาเพื่อสะดวกในการทำงาน มีความคงทนถาวร และมีปริมาณมากพอกับความต้องการ [1-3] เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ได้มีการนำแร่ดินเบา (Diatomite) และเถ้าชานอ้อย (Sugarcane bagasse ash) มาเป็นวัสดุมวลรวมทดแทนหินฝุ่น โดยวัสดุทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ น้ำหนักเบาและราคาถูกกว่าหินฝุ่น และมีปริมาณมากพอในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยที่แร่ดินเบาที่เกิดตามธรรมชาติในภาคเหนือมีปริมาณมากกว่า 250 ล้านตัน ในพื้นที่ประมาณ 4,000 กม.^{2} ในขณะที่เถ้าชานอ้อยเป็นผลพลอยได้จากโรงผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำเพื่อนำไอน้ำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีปริมาณอยู่ประมาณ 5 แสนตันต่อปี [3] ซึ่งนับได้ว่าวัสดุทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณมากพอที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบได้ในปัจจุบัน จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการศึกษาเพื่อพัฒนาวัสดุดังกล่าว โดยเฉพาะกับการผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตบล็อกที่ผลิตกันในปัจจุบัน

2. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย จากนั้นจึงทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลและความคงทนของคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อกำหนดตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 58-2533 [4] เพื่อประเมินหาอัตราส่วนการแทนที่ของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยในหินฝุ่นที่เหมาะสมสำหรับผลิตคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนัก

ระเบียบวิธีการวิจัยเริ่มจากการนำแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยมาทดสอบองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ ต่อไปจึงทำการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก แล้วขึ้นรูปตัวอย่างและบ่มในน้ำจนถึงเวลาทดสอบ สุดท้ายนำตัวอย่างคอนกรีตบล็อกไปทดสอบคุณสมบัติทั้งทางกลและความคงทน แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 58-2533 [4]

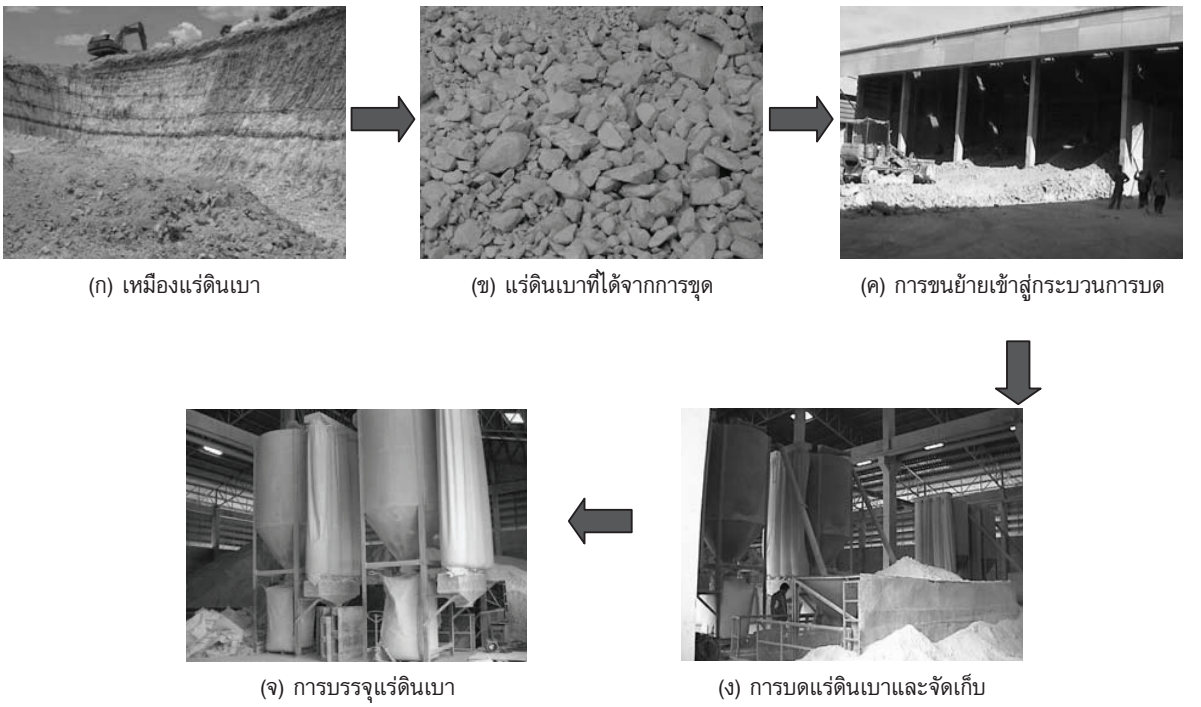
2.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

1) แร่ดินเบา จากอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง มีลักษณะรูพรุน สีครีมหรือขาวอมชมพู และบางแหล่งมีน้ำหนักเบาสามารถลอยน้ำได้จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ตัวกรองน้ำ ฉนวนกัน ความร้อน และฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น [2-3] ซึ่งมีกระบวนการผลิตตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทำเหมือง (รูปที่ 1(ก)) การเตรียมแร่ (รูปที่ 1(ข)) และการลำเลียงแร่ดินเบาที่ได้จากการขุดเจาะมาเก็บและตากให้แห้ง (รูปที่ 1(ค))

ขั้นตอนที่ 2 ทำการบดและแยกขนาดแร่ดินเบา (รูปที่ 1(ง)) เป็นการนำแร่ดินเบาที่ตากแห้งมาย่อยให้มีขนาดเล็กลงและทำการแยกขนาดโดยตะแกรง

ขั้นตอนที่ 3 บรรจุแร่ดินเบา แร่ดินเบาที่ผ่านกระบวนการแยกขนาดจะถูกดูดด้วยลมขึ้นมาเก็บไว้ที่ไซโลเพื่อรอการบรรจุถุงโดยที่ไซโลมีตัวดูดจับฝุ่นแร่ดินเบาเพื่อป้องกันมลภาวะทางอากาศ (รูปที่ 1(จ))



(ก) เหมืองแร่ดินเบา (ข) แร่ดินเบาที่ได้จากการขุด (ค) การขนย้ายเข้าสู่กระบวนการบด

(จ) การบรรจุแร่ดินเบา (ง) การบดแร่ดินเบาและจัดเก็บ

รูปที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมแร่ดินเบา

2) เถ้าชานอ้อยจากจังหวัดสุพรรณบุรี มีลักษณะผิวค่อนข้างเรียบและมีน้ำหนักเบา เถ้าดังกล่าวเป็นผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลที่ใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงและนำไปใช้ในการเกษตรเท่านั้น งานวิจัยนี้นำเถ้าชานอ้อยทั้งที่เป็นเถ้าหนักและเถ้าเบามาศึกษา โดยมีกระบวนการผลิตตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำชานอ้อยที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำตาลมาบดให้มีขนาดเล็กลงและผสมรวมกับแกลบหรือไม้ที่มีขนาดอนุภาคไม่เกิน 150 มม. (รูปที่ 2(ก))

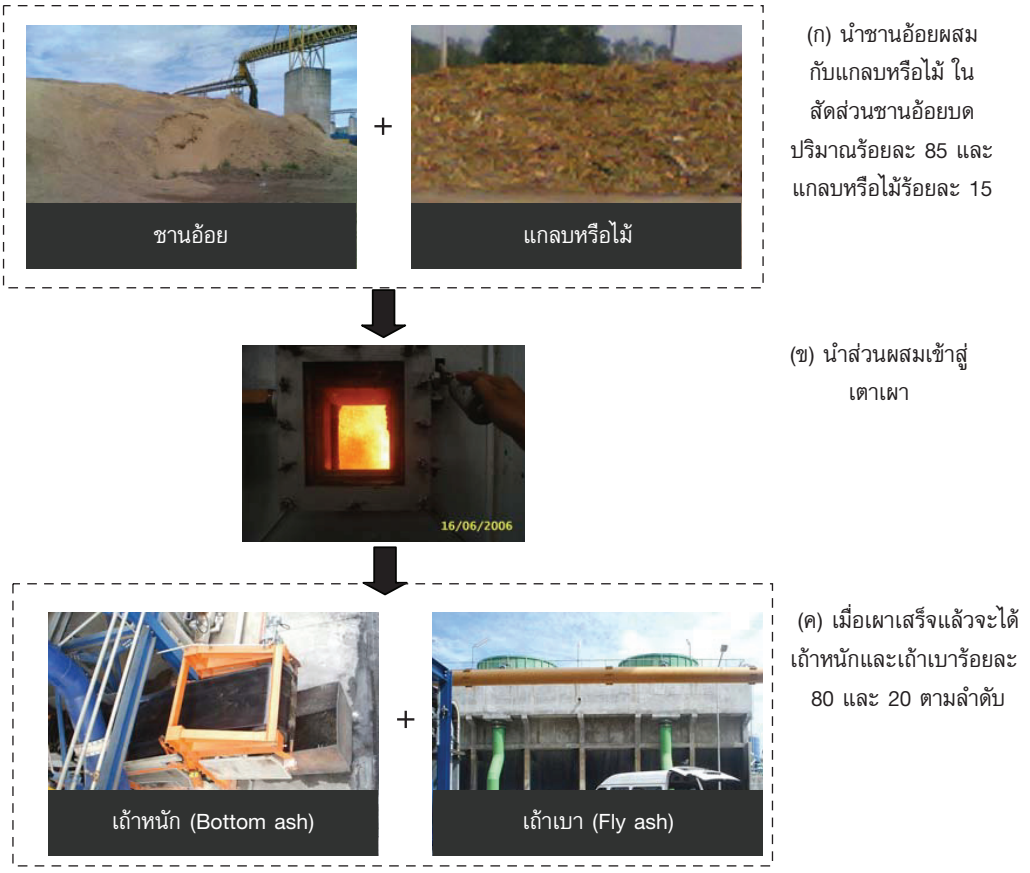
ขั้นตอนที่ 2 นำส่วนผสมเข้าสู่เตาเผาด้วยวิธีเผาเป็นแบบกึ่งลอยตัว โดยมีอุณหภูมิของการเผาอยู่ระหว่าง 1,000 - 1,300 °C เป็นเวลา 5 วินาที (รูปที่ 2(ข))

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อผ่านกระบวนเผาเสร็จแล้วจะได้เถ้าหนัก (Bottom ash) และเถ้าเบา (Fly ash) ในสัดส่วนร้อยละ 80 และ 20 ตามลำดับ โดยเถ้าเบานั้นจะต้องใช้ละอองน้ำช่วยในการจับอนุภาคจึงจะตกลงสู่ส่วนล่างของเตา (รูปที่ 2(ค))

3) หินฝุ่น นำมาจากโรงโม่หิน ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี จากการสังเกตด้วยตาพบว่าอนุภาคมีลักษณะสีเทา

4) ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

5) น้ำ ใช้น้ำประปา



(ก) นำชานอ้อยผสมกับแกลบหรือไม้ ในสัดส่วนชานอ้อยบดปริมาณร้อยละ 85 และแกลบหรือไม้ร้อยละ 15

(ข) นำส่วนผสมเข้าสู่เตาเผา

(ค) เมื่อเผาเสร็จแล้วจะได้เถ้าหนักและเถ้าเบาร้อยละ 80 และ 20 ตามลำดับ

รูปที่ 2 ขั้นตอนของการได้มาซึ่งเถ้าชานอ้อย

2.2 วิธีการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก

2.2.1 สัดส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตบล็อก

สัดส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมของวัสดุต่างๆ ในการผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

วัสดุ	แร่ดินเบา (ร้อยละโดยน้ำหนัก)				เถ้าชานอ้อย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	0	10	15	20	10	15	20
ปูนซีเมนต์ (กก.)	326	326	326	326	326	326	326
น้ำประปา (กก.)	173	187	192	206	179	185	198
หินฝุ่น (กก.)	1,745	1,545	1,420	1,276	1,501	1,357	1,206
แร่ดินเบา (กก.)	0	175	262	349	0	0	0
เถ้าชานอ้อย (กก.)	0	0	0	0	174	262	349

2.2.2 การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก

ก่อนการผสมวัสดุมวลรวมทุกชนิดจะนำมาตากแดดให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อควบคุมปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมให้ถูกต้องมากที่สุด

วิธีการผสม นำหินฝุ่น แร่ดินเบา หรือเถ้าชานอ้อยที่ชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนแทนที่หินฝุ่นร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ลงผสมในเครื่องกวนประมาณ 1 นาที แล้วจึงเติมปูนซีเมนต์ผสมในเครื่องกวนประมาณ 2 นาที เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีแล้วจึงเติมน้ำ ปล่อยให้เครื่องกวนคลุกเคล้าส่วนผสมประมาณ 2 นาที แล้วลำเลียงเข้าเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกเพื่อทำการขึ้นรูปต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 การลำเลียงวัสดุมวลรวมลงผสมในเครื่องกวน

2.3 รายละเอียดวิธีการทดสอบ

2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ

ทดสอบองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค XRF และคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย

2.3.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุมวลรวม

การทดสอบองค์ประกอบทางกายภาพของหินฝุ่น แร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยประกอบด้วย การหาค่าความถ่วงจำเพาะและขนาดคละของวัสดุมีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ความถ่วงจำเพาะของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยตามมาตรฐาน ASTM C 128 [5]

2. สัดส่วนคละของหินฝุ่น แร่ดินเบา และเถ้าชานอ้อยเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 566-2528 [6]

2.3.3 คุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อก

คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของหินฝุ่นและ/หรือแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐานที่มีส่วนผสมของหินฝุ่นอย่างเดียว โดยทำการทดสอบหาค่าหน่วยน้ำหนักคอนกรีตบล็อกตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 [7] กำลังอัดที่อายุ 1, 7, 14, 28, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 [7] โดยทดสอบคอนกรีตบล็อกขนาด 70 x 190 x 390 มม.^{3} ค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 [7] ค่าความพรุนตามมาตรฐาน ASTM C 20 [8] และค่าการนำความร้อนตามมาตรฐาน JIS R 2618 [9]

2.3.4 การทดสอบคุณสมบัติความคงทนของคอนกรีตบล็อก

โดยทำการทดสอบความคงทนต่อการกัดกร่อนของกรดไฮโดรคลอริค (HCl) กรดไนตริก (HNO_3) กรดอะซิติก (CH_3COOH) และกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) ความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 1.0 โดยแช่คอนกรีตบล็อกในสารละลายเป็นระยะเวลา 5, 10, 28, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ

3. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

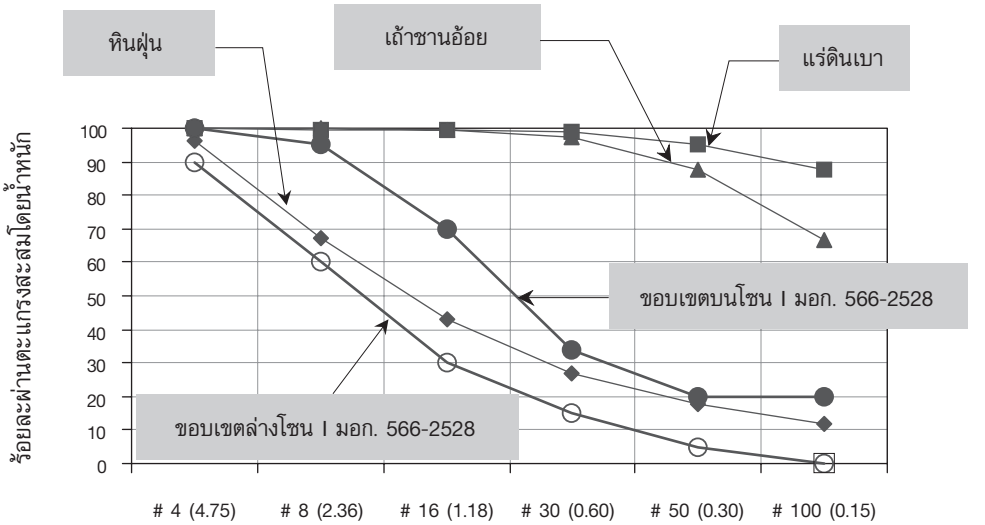
3.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย

จากตารางที่ 2 พบว่าซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลักของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย ในขณะที่ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาไหม้ของเถ้าชานอ้อยมีค่าต่ำมาก ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากเถ้าชานอ้อยได้ผ่านกระบวนการเผาซึ่งช่วยสลายทั้งความชื้นและปริมาณคาร์บอนอิสระออกจากวัสดุที่อุณหภูมิ 1,000 - 1,300 °C ดังนั้น เมื่อนำมาทดสอบหาค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาไหม้ซึ่งทดสอบที่อุณหภูมิ 900 - 1,000 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจึงทำให้ปริมาณความชื้นและคาร์บอนอิสระที่เหลือปริมาณน้อยที่ถูกขับออกมา แต่ในทางตรงกันข้าม แร่ดินเบามีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่สูงกว่าเถ้าชานอ้อย ทั้งนี้น่าจะมาจากการที่แร่ดินเบามีปริมาณคาร์บอนตกค้างอยู่หรือมีสารที่สลายตัวเมื่อทำการเผาทดสอบที่อุณหภูมิสูง ส่วนค่าดัชนีกำลังในกรณีที่ใช้แร่ดินเบาที่อายุ 7 และ 28 วัน มีค่าร้อยละ 54.0 และ 67.3 ในกรณีที่ใช้เถ้าชานอ้อยมีค่าร้อยละ 52.7 และ 52.6 ตามลำดับ ซึ่งนับเป็นค่าที่ต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนด ตามมาตรฐาน ASTM C 618 [10] ดังนั้นแนวทางการใช้งานจึงเป็นไปได้เพียงอย่างเดียว หากไม่มีการปรับปรุงคุณสมบัติเพิ่มเติมคือ การนำไปใช้เป็นมวลรวมในการผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	แร่ดินเบา	เถ้าชานอ้อย
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2)	57.3	88.6
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	13.1	3.8
ไอรอนออกไซด์ (Fe_2O_3)	6.1	2.1
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.4	3.0
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.5	0.9
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	1.6	2.3
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.0	0.0
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	0.3	0.3
องค์ประกอบทางกายภาพ (ร้อยละ)	**แร่ดินเบา**	**เถ้าชานอ้อย**
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาไหม้ (LOI)	20.1	0.2
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	6.2	5.5
ความละเอียด (ค้างบนตะแกรงเบอร์ 325)	40.5	66.1
ดัชนีกำลังเปรียบเทียบกับมอร์ต้าร์ควบคุม		
ที่อายุ 7 วัน (ร้อยละ)	54.0	52.7
ที่อายุ 28 วัน (ร้อยละ)	67.3	52.6
ความต้องการน้ำ (ร้อยละ)	145	111
ความถ่วงจำเพาะ	2.1	1.8
ค่าความละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (ร้อยละ)	73.8	40.1
ค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.)	0.2	0.5

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งที่อาจสามารถนำมาใช้ประเมินศักยภาพในการนำมาใช้ทำเป็นคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักได้ คือ การกระจายขนาดคละในรูปของร้อยละผ่านตะแกรงสะสมขนาดต่างๆ เทียบกับมาตรฐาน มอก. 566-2528 [6] ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่าวัสดุมวลรวมที่ใช้กันอยู่โดยปกติคือหินฝุ่นมีการกระจายขนาดคละ (Gradation) อยู่ในช่วงขอบเขตของโซนที่ I ตามมาตรฐานกำหนด ในขณะที่ทั้งแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยมีค่าการกระจายขนาดคละที่ไม่อยู่ในขอบเขตตามมาตรฐาน โดยส่วนใหญ่อนุภาคของวัสดุทั้งสองมีส่วนละเอียดอยู่เป็นจำนวนมาก (ร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 100 มีค่าสูงกว่าร้อยละ 60) ดังนั้น ความเป็นไปได้หนึ่งคือ การนำวัสดุทั้งสองไปใช้แทนที่ในหินฝุ่นเพื่อเพิ่มอนุภาคส่วนที่ละเอียดในการผลิตคอนกรีตบล็อก



รูปที่ 4 การกระจายขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับผลิตคอนกรีตบล็อก

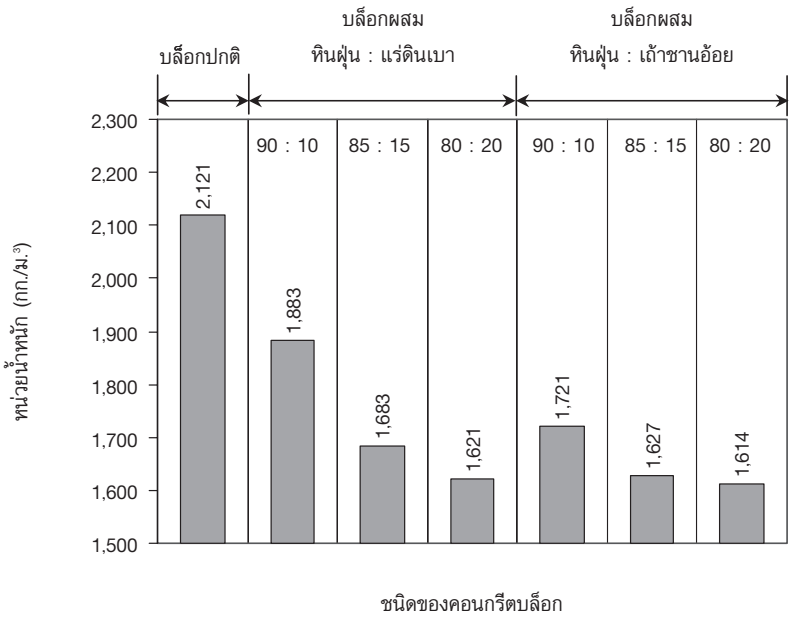
3.2 คุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย

3.2.1 หน่วยน้ำหนัก

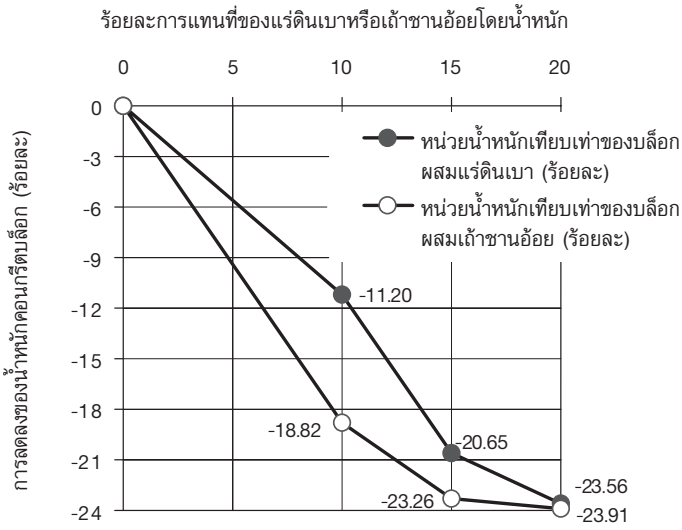
รูปที่ 5 แสดงค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกปกติที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวมทั้งหมด คอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาและผสมเถ้าชานอ้อยในอัตราส่วนการแทนที่ในหินฝุ่นร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ พบแนวโน้มการลดลงของค่าหน่วยน้ำหนักคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยมีทิศทางเดียวกันกล่าวคือ เมื่อทำการแทนที่หินฝุ่นปูนด้วยแร่ดินเบาหรือเถ้าชานอ้อยในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลดลงตามลำดับและมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกปกติ สาเหตุสำคัญของการลดลงดังกล่าวมาจากค่าความถ่วงจำเพาะของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.1 และ 1.8 ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อเงื่อนไขของการคิดเปรียบเทียบอยู่บนฐานของการขึ้นรูปเป็นก้อนบล็อกที่เท่ากัน การแทนที่ในหินฝุ่นด้วยวัสดุทั้งสองจึงมีผลทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลง และมีค่าลดลงมากขึ้น เมื่ออัตราส่วนของการแทนที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยจากรูปที่ 5 จะเห็นว่าเมื่อทำการแทนที่แร่ดินเบาในหินฝุ่นร้อยละ 20 ทำให้น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลดลงเกือบหนึ่งในสี่ของบล็อกผสมหินฝุ่นปูนอย่างเดียว ซึ่งที่อัตราส่วนการแทนที่เดียวกันนี้ทำให้คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อยมีน้ำหนักที่ลดลงในอัตราส่วนใกล้เคียงกัน

ประเด็นหนึ่งที่น่าสังเกตเกี่ยวกับการลดลงของค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยคือ ที่อัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 10 ค่าหน่วยน้ำหนักของบล็อกผสมเถ้าชานอ้อยมีค่าลดลงมากกว่าที่

ผสมแร่ดินเบาหรือมีค่าแตกต่างกันอยู่ที่ประมาณร้อยละ 7.62 ในขณะที่เมื่อการแทนที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 15 และ 20 ค่าความต่างของหน่วยน้ำหนักกลับลดลงเหลือเพียงแค่ร้อยละ 2.16 และ 0.35 ดังแสดงในรูปที่ 6 ทั้งนี้เพราะในช่วงของอัตราส่วนการแทนที่ของแร่ดินเบาในหินฝุ่นร้อยละ 10 อนุภาคของแร่ดินเบาสามารถเติมแทรกเข้าไปภายในช่องว่างระหว่างเม็ดหินฝุ่นได้มากกว่า ในขณะที่กรณีของเถ้าชานอ้อยจะเติมแทรกเข้าไปได้เพียงเล็กน้อย ดังนั้นพื้นที่ช่องว่างภายในบล็อกทั้งสองประเภทจึงแตกต่างกันโดยคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อยจะมีพื้นที่ภายในช่องว่างมากกว่าและจะส่งผลต่อความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักที่ลดลงมากกว่าตามไปด้วย [11]



รูปที่ 5 หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกประเภทต่างๆ

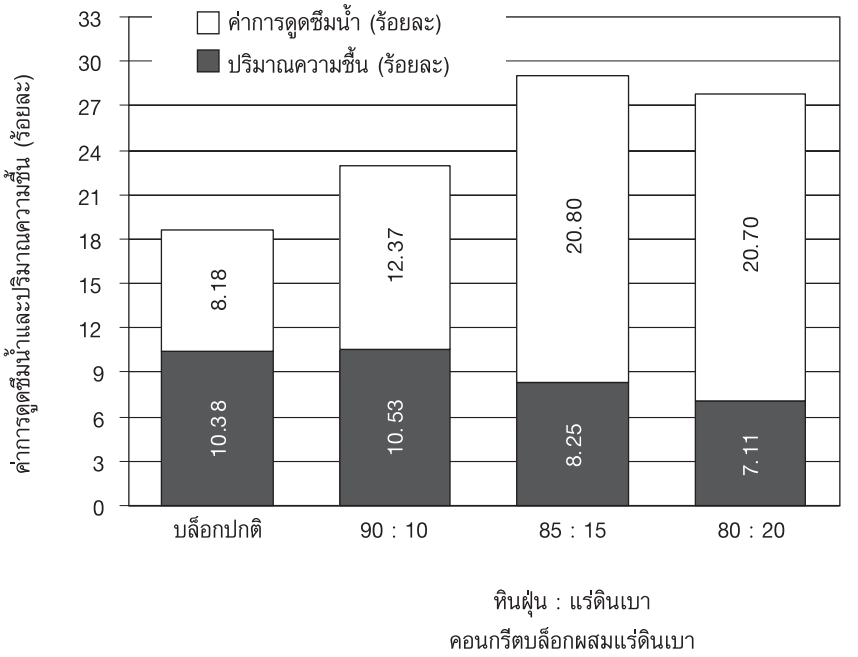


รูปที่ 6 ร้อยละการลดลงของหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย

3.2.2 ปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำ

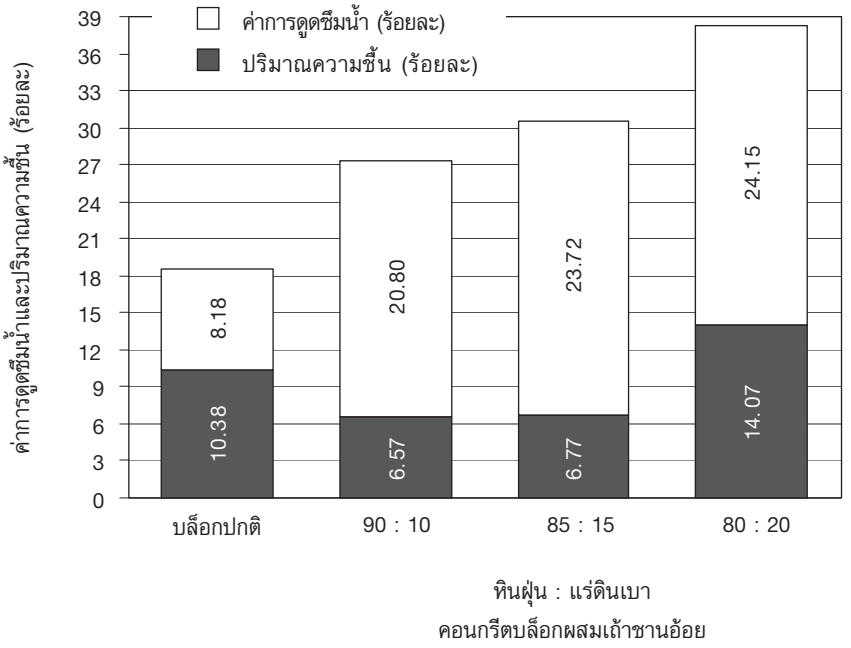
จากผลการทดสอบหาปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบา ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่าปริมาณความชื้นในก้อนคอนกรีตบล็อกไม่แตกต่างจากบล็อกปกติที่ผสมเฉพาะหินฝุ่นเมื่ออัตราส่วนการแทนที่ของแร่ดินเบาในหินฝุ่นเท่ากับร้อยละ 10 แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนการแทนที่เป็นร้อยละ 15 และ 20 พบการลดลงของความชื้นภายในก้อนคอนกรีตบล็อก ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคของแร่ดินเบาอาจจะดูดซับน้ำที่ใช้ในการผสมเข้าไปตรึงอยู่ในช่องว่างระหว่างอนุภาค อีกประการหนึ่งอาจมีผลจากเรื่องของปฏิกิริยาเคมีในแร่ดินเบาที่ต้องใช้โมเลกุลน้ำซึ่งมีผลให้น้ำถูกยึดตรึงกับโครงสร้างภายในบล็อกได้มากขึ้น [12]

เมื่อนำคอนกรีตบล็อกมาทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำพบการเพิ่มขึ้นของความสามารถดังกล่าวตามปริมาณของแร่ดินเบาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคส่วนละเอียดของแร่ดินเบามีส่วนในการดูดซึมน้ำได้ดีและค่าการดูดซึมน้ำที่ปรากฏชี้ให้เห็นถึงระดับความพรุนของคอนกรีตบล็อกที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแร่ดินเบาเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7 ค่าการดูดซึมน้ำและปริมาณความชื้นของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบา

จากรูปที่ 8 เมื่อพิจารณาค่าความชื้นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย พบว่าการแทนที่ของเถ้าชานอ้อยในหินฝุ่นที่ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก มีผลทำให้ความชื้นภายในก้อนคอนกรีตบล็อกลดลงจากคอนกรีตบล็อกปกติที่มีเฉพาะหินฝุ่น ซึ่งหมายถึงอนุภาคเถ้าชานอ้อยสามารถกักเก็บน้ำเข้าไปไว้ภายในลึกเกินกว่าที่โมเลกุลน้ำจะสามารถเคลื่อนที่กลับออกสู่ภายนอกได้ง่าย แต่เมื่อเพิ่มร้อยละของการแทนที่เป็น 15 ไปจนถึงอัตราส่วนร้อยละ 20 ค่าความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณของเถ้าชานอ้อยในก้อนคอนกรีตบล็อกเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งการอัดขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกอาจทำให้เกิดการแตกหักของอนุภาคเถ้าชานอ้อย แล้วปล่อยความชื้นคงค้างบางส่วนออกมาจากภายในอนุภาคจึงมีผลทดสอบที่มีค่าความชื้นเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากค่าการดูดซึมน้ำได้ผลที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่า ความพรุนของบล็อกผสมเถ้าชานอ้อยมีค่าเพิ่มขึ้น และยังพบว่าระดับความอิ่มตัวของเถ้าชานอ้อยในคอนกรีตบล็อกมีค่าต่ำก่อนการทดสอบจึงทำให้มีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้ดี



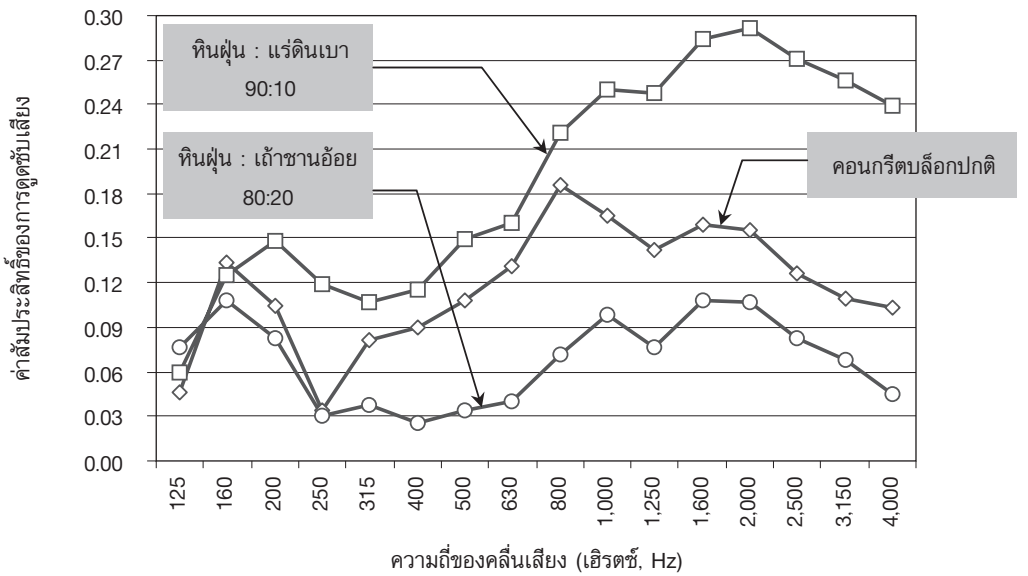
รูปที่ 8 ค่าการดูดซึมน้ำและปริมาณความชื้นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย

3.2.3 ความสามารถในการดูดซับเสียง

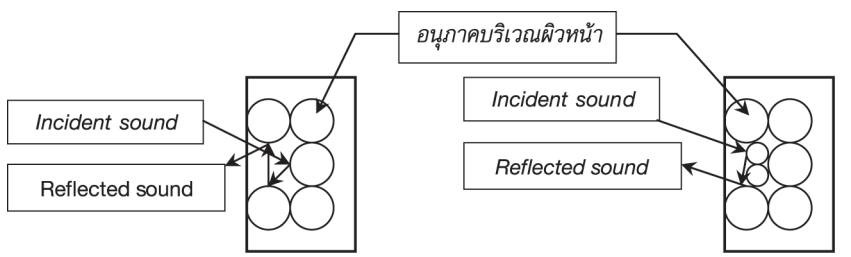
คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่เกี่ยวข้องกับการดูดซับเสียงสามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียงที่ระดับความถี่ต่างๆ ซึ่งเป็นเศษส่วนของระดับพลังงานเสียงที่ตกกระทบวัสดุทดสอบอย่างอิสระและถูกดูดซับไว้ภายใน โดยทำการทดสอบภายในห้องทดสอบชนิด Reverberation room ตามมาตรฐาน ASTM C 423 [13] ดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่าแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของคอนกรีตผสมแร่ดินเบาหรือเถ้าชานอ้อยมีลักษณะเดียวกับในคอนกรีตบล็อกปกติ กล่าวคือ คอนกรีตบล็อกปกติมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงจากระดับความถี่ของเสียงต่ำสุดที่ทำการทดสอบ (125 เฮิรตซ์) เพิ่มขึ้นจนถึงความถี่ 160 เฮิรตซ์ จากนั้นจะลดลงจนถึงความถี่ 250 เฮิรตซ์ ต่อจากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงที่ความถี่ 800 เฮิรตซ์ ที่ค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดซับเสียงเท่ากับ 0.19 ต่อจากนั้นจะลดลงตามลำดับจนถึงที่ความถี่ 4,000 เฮิรตซ์ อันแสดงให้เห็นว่าวัสดุประเภทคอนกรีตบล็อกมีการตอบสนองต่อพลังงานเสียงที่ระดับแต่ละความถี่แตกต่างกัน โดยอาศัยหลักการตามธรรมชาติของลักษณะพื้นผิวคอนกรีตบล็อกและการกระจายของอนุภาคที่ผิวบล็อก รวมทั้งช่องว่างที่บริเวณผิวด้วย ซึ่งหากบล็อกมีอนุภาคที่ผิวซึ่งมีลักษณะสอดคล้องทางเสียง (Particle-sound compatibility) ก็จะมีความสามารถในการสั่นและสลายพลังงานเสียงได้ เนื่องจากเสียงจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางคืออากาศเพื่อการส่งถ่ายพลังงาน โดยการทำให้โมเลกุลของอากาศสั่นอย่างต่อเนื่องกัน ดังนั้นพลังงานเสียงทั้งหมดที่ตกกระทบมีค่าเท่ากับพลังงานเสียงที่สะท้อนออกรวมกับพลังงานเสียงที่ถูกดูดซับ ดังนั้น หากอนุภาคของวัสดุซึ่งเป็นส่วนประกอบบล็อก โดยเฉพาะที่บริเวณผิวบล็อกมีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าคลื่นความยาวเสียงก็จะทำให้มีโอกาสที่เสียงจะถูกดูดกลืนได้มาก แต่ในทางตรงกันข้ามหากเสียงกระทบกับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นเสียง การดูดกลืนพลังงานเสียงก็จะลดลง ซึ่งจากหลักการนี้ทำให้สันนิษฐานว่าบล็อกคอนกรีตมีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นเสียงที่ตกกระทบ ปัจจัยอีกประการหนึ่งคือ ความพรุนของบล็อกซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 10 โดยหากบล็อกมีความพรุนมากจะทำให้โอกาสที่คลื่นเสียงสะท้อนกลับได้มีน้อยลง เนื่องจากเสียงมีการสะท้อนกลับไปกลับมาภายในโครงสร้างบล็อกจนพลังงานลดลงอย่างมากแล้วจึง

สะท้อนกลับออกมาน้อย (เงื่อนไขนี้ใช้ได้กับบริเวณที่มีผิวแห้ง)

สำหรับผลการศึกษาด้านอิทธิพลของแร่ดินเบา พบว่า เมื่อทำการแทนที่หินฝุ่นด้วยแร่ดินเบาที่ร้อยละ 10 ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของคอนกรีตบล็อกมีค่าเพิ่ม ขึ้น และมากกว่าคอนกรีตบล็อกปกติ ทั้งนี้เนื่องมาจากระดับความพรุนของบล็อกมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงมีโอกาสที่พลังงานเสียงจะถูกถ่ายทอดผ่านตัวกลางเข้าไปหักเหและพลังงานลดลงพลังงานที่สะท้อนออกมาจึงมีค่ามากขึ้น ในขณะที่การแทนที่หินฝุ่นด้วยเถ้าชานอ้อยร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก กลับมีผลทำให้ลดค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงลง แต่ยังคงให้แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับบล็อกปกติ ซึ่งแสดงให้เห็นแนวโน้มว่า เมื่อส่วนประกอบมวลรวมหลักของบล็อกยังคงเป็นหินฝุ่น การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์นี้จึงยังขึ้นอยู่กับวัสดุดังกล่าว ส่วนผลที่เกิดขึ้นกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง น่าจะเกิดจากการกระแทกกันในระหว่างการขึ้นรูป แล้วทำให้อนุภาคของเถ้าชานอ้อยแตกละเอียดเล็กลง จึงอาจส่งผลให้ความพรุนบริเวณผิวหน้าบล็อกลดลงและทำให้คลื่นเสียงสะท้อนออกไปได้มากหรือมีการดูดซับเสียงน้อยลง



รูปที่ 9 คุณสมบัติในการดูดซับเสียงของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาหรือเถ้าชานอ้อย



(ก) ความพรุนบริเวณผิวหน้าสูง (ข) ความพรุนบริเวณผิวหน้าต่ำ

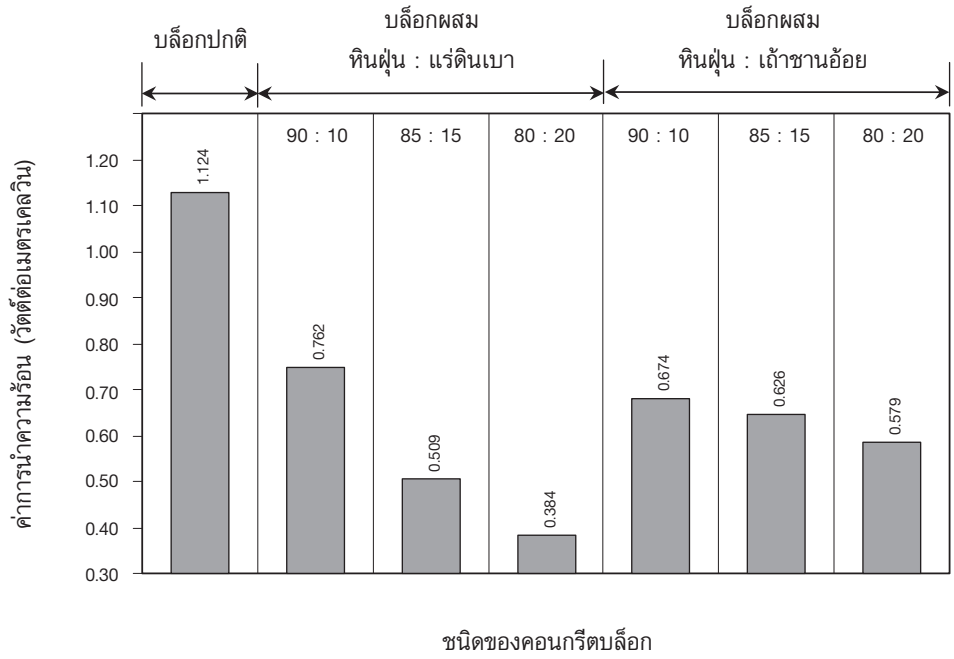
รูปที่ 10 ตัวอย่างไดอะแกรมแสดงอิทธิพลของความพรุนบริเวณผิวหน้าที่มีต่อการสะท้อนของคลื่นเสียง

3.2.4 การนำความร้อน

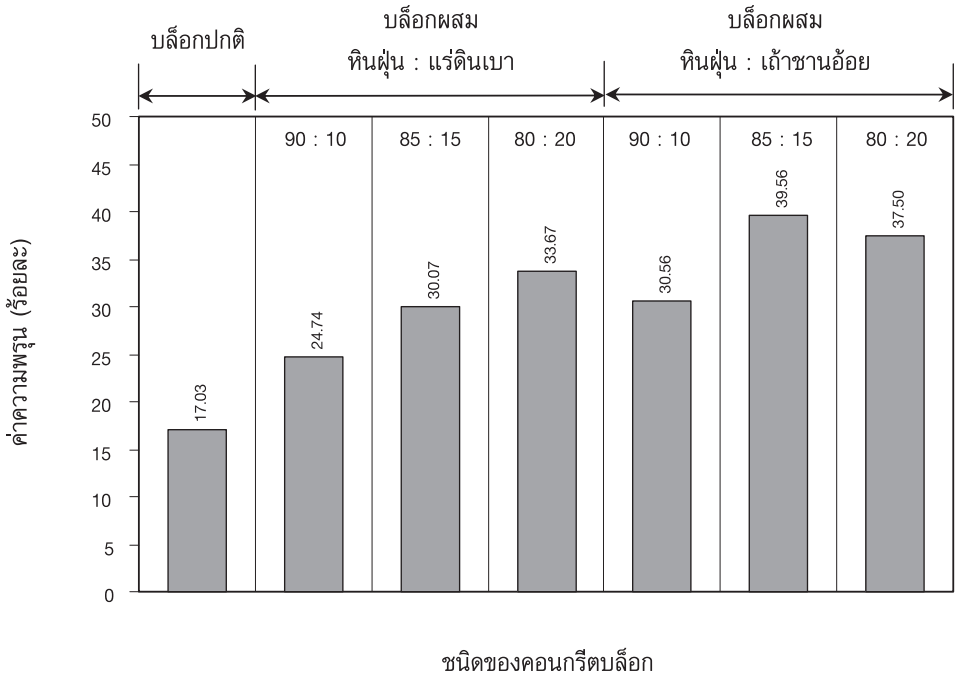
สำหรับผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกประเภทต่างๆ แสดงในรูปที่ 11 พบว่าค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาและผสมเถ้าชานอ้อยยังมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกปกติ และมีค่าลดลงตามลำดับเมื่ออัตราส่วนการแทนที่ของวัสดุทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยคอนกรีตบล็อกปกติมีค่าถึง 1.124 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ในขณะที่เมื่อใช้แร่ดินเบาหรือเถ้าชานอ้อยแทนที่ในหินฝุ่นร้อยละ 20 มีค่าการนำความร้อนอยู่ที่ 0.384 และ 0.579 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ถึงความพรุนของคอนกรีตบล็อกที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น ความร้อนจึงเคลื่อนที่ผ่านที่ว่างภายในมวลผสมได้น้อยกว่า จะเห็นว่า วัสดุทั้งสองมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนอยู่ในตัวเอง จึงส่งผลให้การนำความร้อนโดยรวมของคอนกรีตบล็อกผสมมีค่าลดลง

3.2.5 ค่าความพรุน

เมื่อพิจารณาค่าความพรุนของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกปกติดังแสดงในรูปที่ 12 พบว่าบล็อกคอนกรีตผสมแร่ดินเบามีค่าความพรุนเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการแทนที่ของแร่ดินเบาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแร่ดินเบาเป็นวัสดุพรุน ดังนั้นส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่มีแร่ดินเบาเพิ่มขึ้นจึงทำให้โครงสร้างภายในมีความพรุนเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่กระนั้นจากการบดอัดในระหว่างกระบวนการขึ้นรูปจะเกิดการแตกหักของโครงสร้างอนุภาคได้บ้างแต่ความพรุนโดยรวมยังคงเพิ่มขึ้น ค่าความพรุนโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 17.03 เป็นร้อยละ 24.74, 30.07 และ 33.67 สำหรับคอนกรีตบล็อกที่มีแร่ดินเบาร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ในขณะที่การใช้เถ้าชานอ้อยผสมคอนกรีตบล็อกก็มีผลทำให้คอนกรีตบล็อกมีความพรุนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และยังสูงกว่าคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาด้วยในกรณีแทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยเถ้าชานอ้อยที่ร้อยละ 15 และ 20 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 11 ค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกประเภทต่างๆ



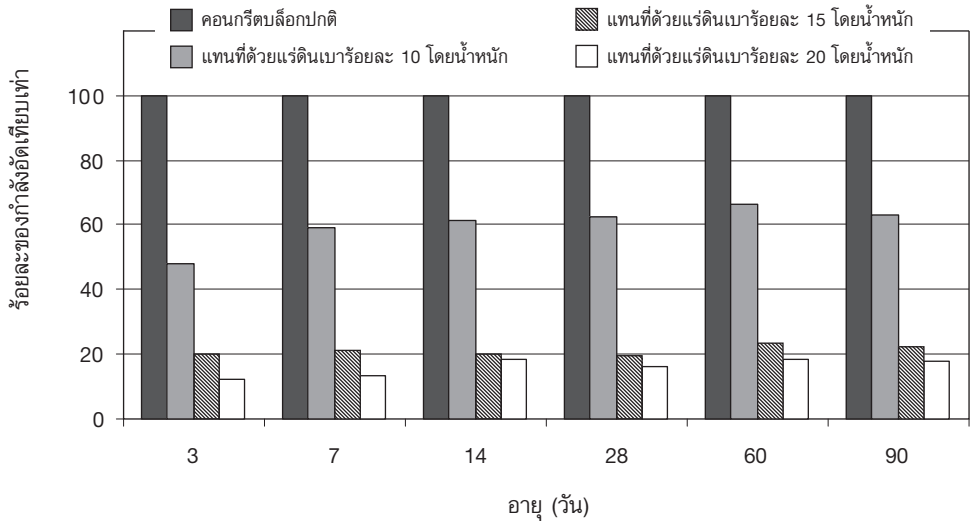
รูปที่ 12 ค่าความพรุนของคอนกรีตบล็อกประเภทต่างๆ

3.2.6 กำลังอัดของบล็อก

3.2.6.1 กำลังอัดของบล็อกผสมแร่ดินเผา

เมื่อพิจารณาการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาแสดงได้ในรูปที่ 13 พบข้อเท็จจริงที่ว่า อัตราการพัฒนากำลังอัดจนถึงที่อายุ 91 วัน มีค่าต่ำมากและค่ากำลังอัดที่ได้มาจากช่วงต้นอาจได้จากการอัดตัวของบล็อกในกระบวนการขึ้นรูป [14] ส่วนค่ากำลังอัดที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะมีค่อนข้างต่ำ เนื่องจากในส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกมีปริมาณปูนซีเมนต์ค่อนข้างต่ำมาก ซึ่งจากผลการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมาตรฐานที่อายุ 28 วัน มีค่าเพียง 41.3 กก./ซม.^{2} ในขณะที่กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่อายุ 91 วัน มีค่าเพียง 44.9 กก./ซม.^{2}

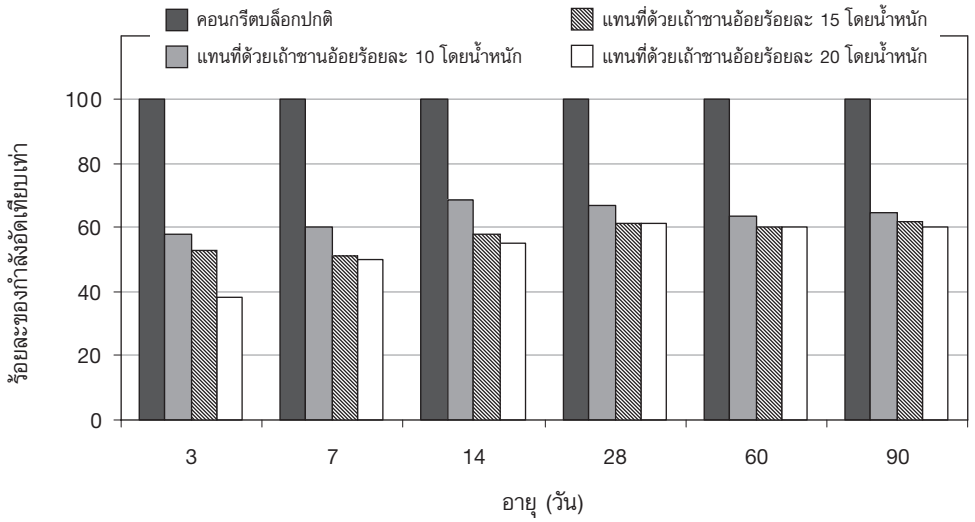
เมื่อเปรียบเทียบการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาพบว่า เมื่ออัตราส่วนการแทนที่ของแร่ดินเบามากขึ้นมีผลต่อค่าการพัฒนากำลังของคอนกรีตบล็อกที่ลดต่ำลงตามลำดับ โดยค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน คอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบามีกำลังอัดเพียงร้อยละ 62.4, 19.7 และ 19.6 ของกำลังคอนกรีตบล็อกปกติที่อัตราส่วนการแทนที่หินฝุ่นด้วยแร่ดินเบาเท่ากับร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังอัดตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดค่ากำลังอัดไว้ไม่น้อยกว่า 25.0 กก./ซม.^{2} [4] จะมีเพียงวัสดุผสมที่อัตราส่วนแร่ดินเบาร้อยละ 10 และอายุการบ่มที่ 28 วัน เท่านั้น ที่มีกำลังอัดเกินกว่าค่าดังกล่าว



รูปที่ 13 ค่ากำลังอัดเทียบเท่าของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบา

3.2.6.2 กำลังอัดของบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย

เช่นเดียวกับแนวโน้มของการพัฒนากำลังของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบา การใช้เถ้าชานอ้อยมาแทนที่ในหินฝุ่นมีผลทำให้การพัฒนากำลังของคอนกรีตบล็อกต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกปกติดังแสดงในรูปที่ 14 กล่าวคือ เมื่อพิจารณาค่ากำลังของคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน พบว่ากำลังของบล็อกที่ได้มีค่าร้อยละ 66.8, 61.2 และ 61.2 เมื่อใช้เถ้าชานอ้อยแทนที่ในหินฝุ่นร้อยละ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ แสดงว่า ค่าร้อยละของกำลังอัดที่อายุ 28 วัน มีค่าใกล้เคียงกันอย่างมีนัยสำคัญ ความไม่แตกต่างดังกล่าวน่าจะเนื่องมาจากในขณะที่ขึ้นรูปบล็อก ค่ากำลังอัดของเครื่องขึ้นรูปมีผลไปทำลายอนุภาคของเถ้าชานอ้อยให้เล็กลง จนได้ความหนาแน่นของโครงสร้างภายในใกล้เคียงกันมาก นอกจากนั้นเมื่อใช้ข้อกำหนดตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นเกณฑ์จะสามารถใช้เถ้าชานอ้อยแทนที่ในหินฝุ่นได้ถึงร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 14 ค่ากำลังอัดเทียบเท่าของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย

3.2.7 ความคงทนต่อการกัดกร่อนเนื่องจากกรด

ผลการทดสอบความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนเนื่องจากกรดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยในอัตราส่วนของการแทนที่ร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักหินฝุ่นแสดงในรูปที่ 15 โดยในการทดสอบจะแช่ก้อนคอนกรีตบล็อกจำนวน 2 ประเภท คือ กรดแก่ประกอบด้วย กรดซัลฟุริก (รูปที่ 15(ก) และ 15(จ)) กรดไนตริก (รูปที่ 15(ข) และ 15(ช)) กรดไฮโดรคลอริก (รูปที่ 15(ค) และ 15(ซ)) และกรดอ่อนคือ กรดอะซิติก (รูปที่ 15(ง) และ 15 (ฌ)) ตามลำดับ โดยพิจารณาผลการทดสอบความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนของกรดในรูปของการสูญเสียน้ำหนัก โดยกำหนดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 1.0 พบว่าคอนกรีตบล็อกที่ผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยในอัตราการแทนที่หินฝุ่นเพิ่มมากขึ้นมีค่าความคงทนต่อการกัดกร่อนของกรดลดต่ำลง ถึงแม้ว่าทั้งแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยจะมีปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) สูง (โดยแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยมีปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) ร้อยละเท่ากับ 57.3 และ 88.6 ตามลำดับ) และสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH_2)$) จึงทำให้ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีอยู่ในคอนกรีตบล็อกลดลงได้ แต่จะเห็นว่าความสามารถในการทำปฏิกิริยาเคมีของวัสดุทั้งสองว่ามีค่าต่ำมากโดยพิจารณาจากค่าดัชนีกำลังของแร่ดินเบาที่อายุ 7 และ 28 วัน มีค่าร้อยละ 54.0 และ 67.3 ในขณะที่เถ้าชานอ้อยมีค่าร้อยละ 52.7 และ 52.6 ตามลำดับ ประกอบกับค่าความพรุนของคอนกรีตบล็อก จะเพิ่มขึ้นเมื่อผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยในอัตราที่สูงขึ้น (รูปที่ 12) ซึ่งมีผลทำให้ไอออนของกรดสามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาให้เกิดการกัดกร่อนได้ง่ายยิ่งขึ้น

เนื่องจากการกัดกร่อนโดยสารละลายกรดเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงสารประกอบแคลเซียมทุกประเภทในคอนกรีตบล็อกให้กลายเป็นเกลือแคลเซียม [15] จะเห็นได้อย่างชัดเจนจากรูปกราฟว่า ค่าการสูญเสียน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมแร่ดินเบาและคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อยล้วนมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของการแช่ในกรดและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีก เมื่อค่าร้อยละของการแทนที่ผงหินฝุ่นปูนด้วยแร่ดินเบาหรือด้วยเถ้าชานอ้อยเพิ่มสูงขึ้น โดยกรดที่มีการกัดกร่อนรุนแรง คือ กรดอะซิติก (CH_3COOH) และกรดที่มีการกัดกร่อนรุนแรงน้อยที่สุดคือ กรดซัลฟุริก (H_2SO_4) เนื่องจากโดยปกติผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาของกรดอะซิติก (กรดอ่อน) คือ แคลเซียมอะซิเตทมีคุณสมบัติที่ละลายน้ำได้ดี ดังนั้น เมื่อแคลเซียมอะซิเตทละลายน้ำจะทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตบล็อกสัมผัสกับกรดได้อย่างต่อเนื่อง [16] และในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรดซัลฟุริก (กรดแก่) คือแคลเซียมซัลเฟตจะมีความสามารถในการละลายน้ำได้ต่ำ เมื่อแคลเซียมซัลเฟตละลายได้น้อยจะทำให้เนื้อของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวส่วนใหญ่เกาะอยู่ที่ผิวของคอนกรีตบล็อกซึ่งจะเป็นผลดี เนื่องจากจะทำให้เนื้อของกรดเข้าไปทำปฏิกิริยากับวัสดุได้ลดลง ผลก็คือปริมาณการสูญเสียน้ำหนักจะลดลงตามไปด้วย

4. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้นที่มีขนาด 70 x 190 x 390 มม.^{3} ซึ่งใช้แร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยแทนที่ในหินฝุ่นที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก โดยกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) มีค่า 0.53 ถึง 0.64 โดยน้ำหนัก ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการขึ้นรูป สรุปผลได้ดังนี้

1. คุณสมบัติของบล็อกคอนกรีตหินฝุ่นผสมแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยพบว่า สัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยมีผลทำให้หน่วยน้ำหนัก ค่าการนำความร้อน ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง การพัฒนากำลังและความคงทนต่อการกัดกร่อนสูงขึ้นเนื่องจากสภาพความเป็นกรดของคอนกรีตบล็อกหินฝุ่นผสมเถ้าชานอ้อยลดลง
2. ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงและปริมาณความชื้นของคอนกรีตบล็อกหินฝุ่นผสมแร่ดินเบามีค่าสูงกว่าคอนกรีตบล็อกปกติที่ผสมหินฝุ่นอย่างเดียว
3. เมื่อพิจารณาตามข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในด้านกำลังอัดเป็นเกณฑ์จะสามารถใช้แร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อยแทนที่หินฝุ่นได้ร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณห้างหุ้นส่วนจำกัด ลำปางภูมิวัฒนา อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง และบริษัท ด่านช้าง ไบโอ-เอ็นเนอร์ยี จำกัด อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์แร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย โรงงานผลิตคอนกรีตบล็อก วี.อาร์. ตำบลสนับทึบ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และบริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินเบาและเถ้าชานอ้อย

6. เอกสารอ้างอิง

1. บุรฉัตร ฉัตรวีระ และคณะ, 2545, *ผลของแร่ดินเบาที่มีต่อคุณสมบัติของมอร์ต้าร์* ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

2. กรมทรัพยากรธรณี, 2542, “ดินเบา”, *วารสารเศรษฐธรณีวิทยา*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 12 ธันวาคม.

3. ชัยวัฒน์ มั่นเจริญ, 2549, “การใช้ประโยชน์และนโยบายการส่งเสริมพลังงานชีวมวลในประเทศไทย”, วิศวกรรมสารปีที่ 59 ฉบับที่ 2 (มีนาคม - เมษายน) : หน้า 22 - 25.

4. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2543, *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : มอก. 58-2533*, กรุงเทพฯ.

5. American Society for Testing Materials, 2003, “ASTM C 128 : Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate”, *Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.02*, Philadelphia, PA, USA.

6. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541, “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : มอก. 566-2528”, กรุงเทพฯ.

7. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541, “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : มอก.109-2517”, กรุงเทพฯ.

8. American Society for Testing Materials, 2003, “ASTM C 20 : Standard Test Methods for Apparent Porosity, Water Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water”, *Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.01*, Philadelphia, PA, USA.

9. Japanese Industrial Standard, 1992, “JIS R 2618 : Testing Method for Thermal Conductivity of Insulating Fire Bricks by Hot Wire”, *The JIS Standard*, Japan.

10. American Society for Testing Materials, 2003, “ASTM C 618 : Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete”, *Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.01*, Philadelphia, PA, USA.

11. Hermandez, J.F.M. and Middendorf, B., 1998, “Use of Waster of The Sugar Industry as Pozzolana in Lime-Pozzolama Binders”, *Cement and Concrete Research Vol. 28*, No. 11 : 1525 - 1536.

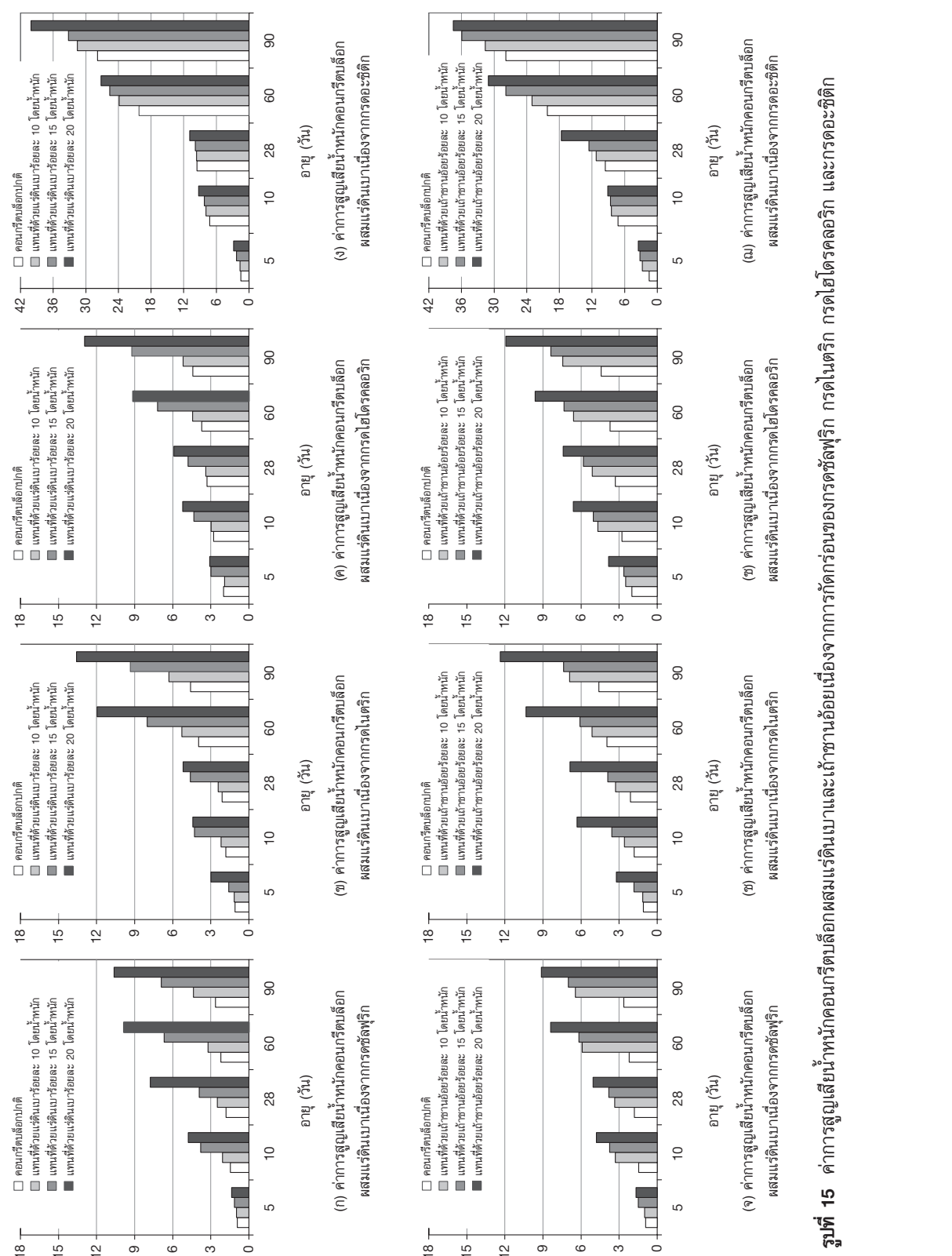
12. Fragoulis, D. and Stamatakis, M.G., 2005, “The Physical and Mechanical Properties of Composite Cements Manufactured with Calcareous and Clayey Greek Diatomite Mixtures”, *Cement and Concrete Composites 27* : 205 - 209.

13. American Society for Testing Materials, 2003, “ASTM C 423 : Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method”, *Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.02*, Philadelphia, PA, USA.

14. สุวิมล สัจจวาณิชย์, 2545, “อิฐบล็อกจากเถ้าชานอ้อย”, *ภูมิปัญญาไทย* ปีที่ 14 ฉบับที่ 290 กรกฎาคม.

15. Neville A. M., Properties of Concrete, Fourth Edition, Pitman Books Limited, London, England, 1995.

16. บัณฑิต รักษาดี, 2548, “การใช้เถ้าแกลบไม่บดในการผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.



รูปที่ 15 ค่าการสูญเสียน้ำหนักคอนกรีตบล็อกผสมเม็ดมะขามเปียกและเถ้าชานอ้อยเนื่องจากการกัดกร่อนของกรดซัลฟูริก กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดอะซิติก