ผลของแร่ดินเบาที่มีต่อคุณสมบัติของปูนฉาบมวลเบา

Effect of Diatomite on Properties of Lightweight Masonry

บุรฉัตร ฉัตรวีระ[1] และ ณรงค์ศักดิ์ มากุล[2]

Burachat Chatveera[1] and Narongsak Makul[2]

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ คลองหลวง ปทุมธานี 12121

โทรศัพท์ : (+662) 564-3001-9 ต่อ 3105 โทรสาร: (+662) 564-3010

Email: [1]cburacha@engr.tu.ac.th and [2]shinomomo7@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของปูนฉาบผสมแร่ดินเบา โดยคุณสมบัติที่ศึกษาได้แก่ คุณสมบัติเชิงกลและการหดตัวแบบแห้ง โดยใช้สัดส่วนการแทนที่ของแร่ดินเบาในฝุ่นหินปูนหรือทรายร้อยละ 0, 5, 8 และ 10 โดยน้ำหนัก จากผลการทดสอบ พบว่าอัตราส่วนการแทนที่ของแร่ดินเบาในฝุ่นหินปูนหรือทรายเพิ่มขึ้นทำให้กำลังอัด กำลังดึงและกำลังยึดเหนี่ยวมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตามกำลังที่เกิดขึ้นในปูนฉาบมวลเบาผสมฝุ่นหินปูนมีค่ามากกว่าที่เกิดขึ้นเมื่อผสมด้วยทราย นอกจากนั้นเมื่ออัตราส่วนการแทนที่ของแร่ดินเบาเพิ่มขึ้น การหดตัวแบบแห้งมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาการก่อตัวมีค่าลดลง

ABSTRACT

The objective of this research was to study the properties of lightweight masonry containing diatomite. The properties studied were the mechanical properties and drying shrinkage. The main parameter was the percentage replacements of diatomite by weight of limestone powder or sand (0, 5, 8, and 10%). From the test results, when the percentage replacements of diatomite in limestone powder or sand increased, the compressive strength, tensile strength, and bonding strength decreased; however, the compressive strength development of lightweight masonry containing limestone powder was higher than that containing sand. Moreover, when percentage replacement of diatomite increased, the drying shrinkage increased, whereas the setting time decreased.

1. บทนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่นับว่าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น เนื่องจากตลาดมีการแข่งขันกันทางธุรกิจเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่มีได้ทั้งคุณภาพและมาตรฐานอย่างต่อเนื่อง ข้อได้เปรียบประการหนึ่งคือ วัสดุที่นำมาใช้ควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายภายในประเทศเพราะจะสามารถช่วยลดต้นทุนในการนำเข้าและการขนส่ง และสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตปูนฉาบฉนวนกันความร้อนมวลเบาก็ต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพื่อเพิ่มทางเลือกในการแข่งขันด้วยเช่นกัน

จากการศึกษาข้อมูลด้านแร่และทรัพยากรเบื้องต้น [1] พบว่าแร่ดินเบาเป็นแร่ที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตปูนฉาบฉนวนกันความร้อนมวลเบา เนื่องจากมีลักษณะเด่นคือมีน้ำหนักเบาและเปราะกว่าหินทั่วๆไป อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแร่ดินเบามีความหนาแน่นของน้อยกว่าวัสดุมวลรวมผสมประเภทอื่นๆ ด้วยมีรูพรุนจำนวนมากจึงทำให้มีน้ำหนักเบา จนในบางครั้งสามารถลอยน้ำได้ [2,3,4] แหล่งแร่ดินเบาที่สำคัญของประเทศไทยพบอยู่ในจังหวัดลำปาง ซึ่งมีปริมาณมากกว่า 250 ล้านตัน สำหรับการนำแร่ดินเบามาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นตัวกรอง (Filter) เช่น กรองน้ำ น้ำตาล เหล้า น้ำมัน และสารละลายอื่นๆ [2] และยังใช้เป็นตัวเติม (Filler) ในอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น ทำกระดาษช่วยให้เนื้อกระดาษแน่นและเนียน ใช้ในการทำพลาสติกและยางเทียม [3] ใช้ผสมทำสีทาบ้าน และเนื่องจากมีการนำความร้อนต่ำจึงใช้ผสมทำฉนวนกันความร้อน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นผงผสมเป็นตัวอุ้ม หรือตัวพา (Carrier) ในการผลิตดีดีทีและสารฆ่าแมลง [4,5] แต่ปัจจุบันไม่พบการนำแร่ดินเบามาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตปูนฉาบฉนวนกันความร้อน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แร่ดินเบามาเป็นส่วนผสมในการผลิตปูนฉาบฉนวนกันความร้อนมวลเบา โดยศึกษาในรูปของมอร์ต้าร์ผสมแร่ดินเบา

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้มีขอบเขตดังต่อไปนี้

2.1 หาสัดส่วนผสมของมอร์ต้าร์ผสมแร่ดินเบาที่เหมาะสมดังต่อไปนี้

2.1.1 ปูนซีเมนต์ + ทราย + สารผสมเพิ่ม

2.1.2 ปูนซีเมนต์ + ทราย + แร่ดินเบา + สารผสมเพิ่ม

2.1.3 ปูนซีเมนต์ + ฝุ่นหินปูน + สารผสมเพิ่ม

2.1.4 ปูนซีเมนต์ + ฝุ่นหินปูน + แร่ดินเบา + สารผสมเพิ่ม

2.2 ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของแร่ดินเบาได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพและทางโครงสร้างเชิงจุลภาค

RECEIVED 4 January, 2006

ACCEPTED 9 January, 2007

2.3 ศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าร์ผสมแร่ดินเบา ได้แก่ ค่าความต้องการน้ำและระยะเวลาการก่อตัว คุณสมบัติเชิงกลได้แก่ กำลังอัด ดึง และกำลังยึดเหนี่ยว คุณสมบัติความทนทานคือ การหดตัวแบบแห้ง

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

วัสดุที่ใช้ทดสอบประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ฝุ่นหินปูนเป็นฝุ่นหินปูนประเภทโดโลไมต์ จากอำเภอแก่งคอย จ.สระบุรี ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการโม่หินปูน แร่ดินเบา (ไดอะตอมไมท์) จาก อำเภอแม่ทะ จ.ลำปาง ทรายแม่น้ำตามมาตรฐาน มอก. 1776 [6] น้ำประปา และสารผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำธรรมดา

3.2 วิธีการศึกษาและมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินเบาประกอบด้วย ความถ่วงจำเพาะ ความละเอียด การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา ความต้องการน้ำ ดัชนีกำลัง และปริมาณความชื้น ตามมาตรฐาน ASTM C 618 [7]

3.2.2 คุณสมบัติทางจุลภาคของแร่ดินเบา ได้แก่ Scanning Electron Microscope (SEM), X-Ray Diffraction (XRD), Particle Size Distribution Analysis

3.2.3 คุณสมบัติเบื้องต้นของปูนฉาบ ได้แก่ ความต้องการน้ำของปูนฉาบ ตามมาตรฐาน ASTM C 109 [8] และระยะการก่อตัวตามมาตรฐาน ASTM C 807 [9]

3.2.4 คุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ กำลังอัดและดึง โดยใช้ก้อนตัวอย่างลูกบาศก์ขนาด 50 *X* 50 *X* 50 มม. จำนวน 3 ก้อน ตามมาตรฐาน มอก. 15 เล่มที่ 12 [6] ทำการทดสอบที่อายุ 1, 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ และกำลังยึดเหนี่ยวที่อายุ 28 วัน ตามมาตรฐาน DIN 1015-12 [10]

3.2.5 คุณสมบัติเชิงความทนทาน ได้แก่ การหดตัวแบบแห้งตามมาตรฐาน ASTM C 596 [11]

3.3 สัดส่วนของมอร์ต้าร์ที่ใช้ในการทดสอบ

สัดส่วนของมอร์ต้าร์ที่ใช้ในการทดสอบ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมปูนฉาบผสมแร่ดินเบา (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

ปูนซีเมนต์	แร่ดินเบา	ทราย	ฝุ่นหินปูน	หมายเหตุ
20	0	80	0	สารผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำธรรมดา โดยใช้ในสัดส่วนร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักของทรายไดอะตอมไมต์ และฝุ่นหินปูน
20	5	75	0	
20	8	72	0	
20	10	70	0	
20	0	0	80	
20	5	0	75	
20	8	0	72	
20	10	0	70	

4. ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของแร่ดินเบา

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ

องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ฝุ่นหินปูน และแร่ดินเบา แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า องค์ประกอบหลักของแร่ดินเบาเป็นซิลิคอนออกไซด์ (SiO_2) ถึงร้อยละ 68.5 ส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และฝุ่นหินปูนมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO) (ร้อยละ 66.3 และ 46.7 สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และฝุ่นหินปูน ตามลำดับ) แต่กระนั้นทั้งคุณสมบัติเคมีและกายภาพจะต่างกันเนื่องจากการแปรเปลี่ยนสภาพภายหลังการเผาที่อุณหภูมิสูงของแคลเซียมออกไซด์ในปูนซีเมนต์

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแร่ดินเบา ฝุ่นหินปูน เปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ปูนซีเมนต์	ฝุ่นหินปูน	แร่ดินเบา
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2)	20.8	12.2	68.5
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	5.2	1.0	15.8
ไอรอนออกไซด์ (Fe_2O_3)	3.2	0.4	9.7
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	66.3	46.7	0.6
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.2	0.3	0.1
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.2	0.0	1.9
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.1	0.0	0.0
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	2.4	0.2	0.5
ไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2)	0.3	0.1	0.5
ปูนขาวอิสระ (Free CaO)	0.9	0.0	0.0
คุณสมบัติทางกายภาพ	**ปูนซีเมนต์**	**ฝุ่นหินปูน**	**แร่ดินเบา**
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (ร้อยละ)	0.96	37.19	2.31
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	0.19	0.89	6.19
พื้นที่ผิวจำเพาะ โดยวิธีเบลน (ตร.ซม./ก.)	3250	5100	7600
ความถ่วงจำเพาะ	3.11	2.70	2.30
ความละเอียดสะสม (ขนาดของอนุภาค, ร้อยละค้าง)			
≥ 75 ไมโครเมตร (μm)	0.50	9.36	24.13
75 ไมโครเมตร (μm)	5.25	9.82	12.73
45 ไมโครเมตร (μm)	3.60	2.04	6.07
≤ 36 ไมโครเมตร (μm)	90.62	78.78	57.07
ดัชนีกำลัง (เทียบกับตัวอย่างควบคุม)			
ที่อายุ 7 วัน (ร้อยละ)	100	98	55
ที่อายุ 28 วัน (ร้อยละ)	100	80	71
ความต้องการน้ำ (ร้อยละ)	100	102	136
ความหนาแน่นรวม (กก./ล.)	1.03	0.94	0.51

สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพของแร่ดินเบาได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากเผาอยู่ที่ค่าร้อยละ 2.3 และเป็นที่น่าสังเกตว่าความละเอียดของแร่ดินเบามีค่าสูงถึง 7600 ซม.^{2}/ก. ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของแร่ดินเบาที่มีรูพรุนและกลวงคล้ายกระเปาะท่อน้ำที่ถูกตัดปล้องเป็นจำนวนมากดังแสดงในรูปที่ 1 ทำให้มีผลต่อการกักอากาศไว้ในขณะทำการทดสอบและให้ผลต่อเนื่องถึงการเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีและเมื่อนำผลการทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASTM C 618 [7] พบว่าแร่ดินเบาไม่สามารถจัดเป็นสารปอซโซลานได้เนื่องจากขาดคุณสมบัติในหลายประการ ดังแสดงในตารางที่ 3

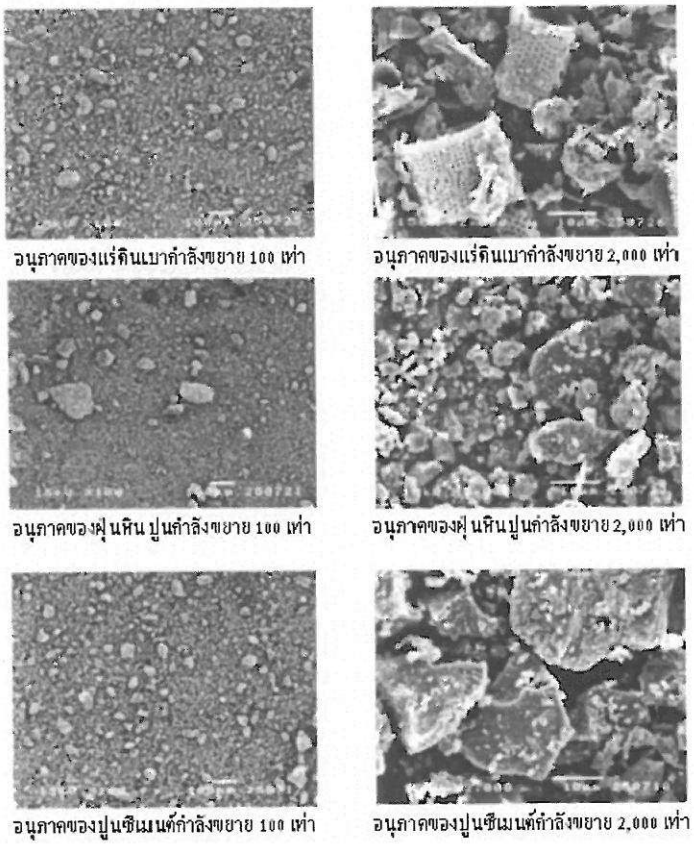
ตารางที่ 3 คุณสมบัติของแร่ดินเบาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASTM C 618 [7]

องค์ประกอบทางเคมี	ปอซโซลาน ประเภท N	แร่ดินเบา
ร้อยละต่ำสุดของ $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$	70.00	94.02
ร้อยละสูงสุดของ SO_3	4.00	0.53
ร้อยละสูงสุดของอัลคาไลน์ในรูป $Na_2O_e = Na_2O + 0.658K_2O$	1.50	0.00
คุณสมบัติทางกายภาพ	**ประเภท N**	**แร่ดินเบา**
ความละเอียด (ร้อยละค้างสูงสุดบนตะแกรงขนาด 45 ไมโครเมตร)	34.00	36.86
ดัชนีกำลัง (เทียบกับตัวอย่างควบคุม) ที่อายุ 7 วัน (ร้อยละ)	75	55
ที่อายุ 28 วัน (ร้อยละ)	75	71
ความต้องการน้ำสูงสุด (ร้อยละ)	115	136
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาไหม้ สูงสุด (ร้อยละ)	10.00	2.31
ปริมาณความชื้น สูงสุด (ร้อยละ)	3.00	6.19

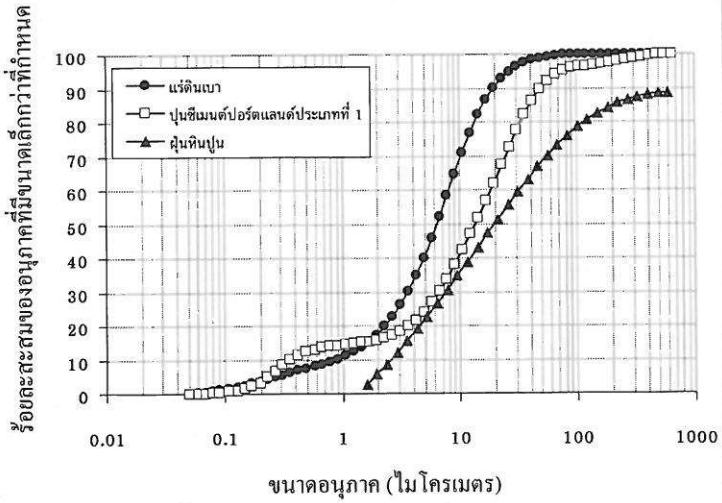
4.1.2 คุณสมบัติทางจุลภาค

อนุภาคของแร่ดินเบามีรูพรุนและกลวงคล้ายกระเปาะท่อน้ำซึ่งถูกตัดเป็นปล้องจำนวนมากจึงเป็นสาเหตุที่แร่ดินเบามีความหนาแน่นรวมน้อย ในขณะที่อนุภาคปูนซีเมนต์มีลักษณะรูปร่างหลายเหลี่ยมไม่แน่นอนและมีพื้นผิวขรุขระ ดังแสดงในรูปที่ 1

การกระจายขนาดอนุภาคของแร่ดินเบาดังแสดงในรูปที่ 2 มีลักษณะการกระจายอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่แคบ โดยที่มีร้อยละสะสมของอนุภาคเล็กกว่าที่กำหนดในช่วงร้อยละ 5 ถึง 95 พบว่าขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 20 ไมโครเมตร ในขณะที่ฝุ่นหินปูนมีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 2.0 ถึง 600 ไมโครเมตร

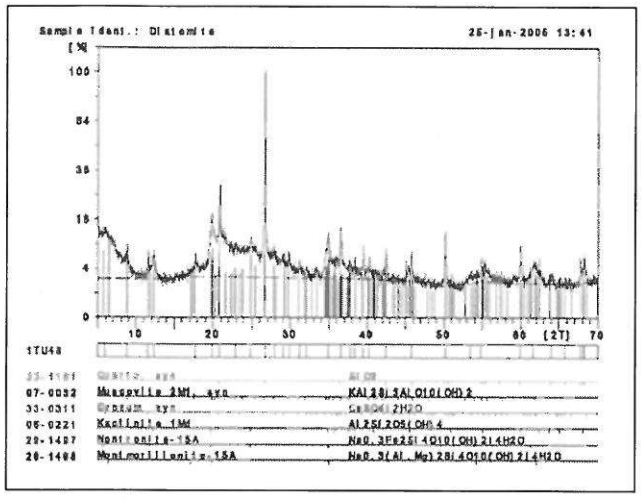


รูปที่ 1 อนุภาคแร่ดินเบา ฝุ่นหินปูน และปูนซีเมนต์



รูปที่ 2 การกระจายขนาดคละสะสมของอนุภาคแร่ดินเบา ปูนซีเมนต์และฝุ่นหินปูน

จากการวิเคราะห์ความเป็นผลึกของแร่ดินเบา พบว่าแร่ดินเบามีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นซิลิคอนไดออกไซด์ ดังแสดงผลการนำจำนวนอิเล็คตรอนที่นับเชิงสัมพัทธ์ (ร้อยละ) ของจำนวนได้ ณ มุมต่างๆ เทียบกับอิเล็คตรอนสูงสุดที่วัดได้ด้วยเทคนิค X-Ray diffraction ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความเป็นผลึกของแร่ดินเบา

4.2 คุณสมบัติของปูนฉาบมวลเบา

4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของปูนฉาบ

4.2.1.1 ความต้องการน้ำ

เมื่อสัดส่วนการแทนที่ของแร่ดินเบาในทรายเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความต้องการน้ำที่ทดสอบด้วยค่าการไหลแผ่ตามมาตรฐาน ASTM C 109 [8] มีค่าลดลงเนื่องจากแร่ดินเบาซึ่งมีอนุภาคที่เป็นกระเปาะ พื้นผิวขรุขระและพรุนเป็นโพรงจึงสามารถในการกักเก็บน้ำได้สูง นอกจากนั้นเมื่อผสมแร่ดินเบาร่วมกับฝุ่นหินปูนซึ่งมีขนาดเล็กและละเอียดกว่าอนุภาคปูนซีเมนต์จึงยิ่งต้องการน้ำในการเคลือบผิวอนุภาคเพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคแร่ดินเบากับปูนซีเมนต์มากขึ้นทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4

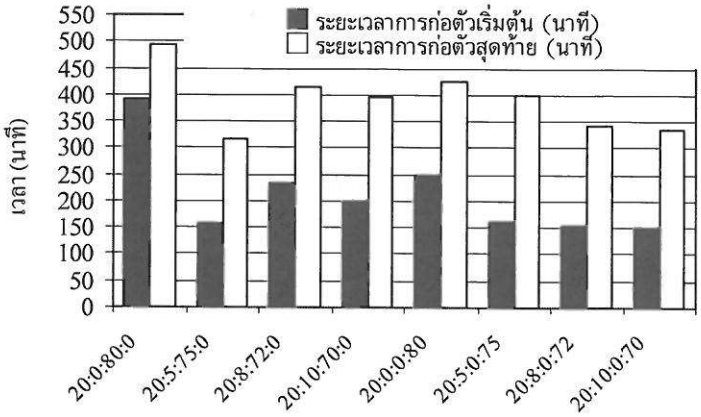


สัดส่วนผสมของปูนฉาบที่ใช้ในการทดสอบ

รูปที่ 4 ค่าความต้องการน้ำของมอร์ต้าร์ผสมแร่ดินเบาและฝุ่นหินปูน

4.2.1.2 ระยะเวลาก่อตัว

ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้ายของมอร์ต้าร์ปูนฉาบแสดงในรูปที่ 5 พบว่าระยะเวลาในการก่อตัวมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนการแทนที่แร่ดินเบาในมอร์ต้าร์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะการแทนที่แร่ดินเบาในปริมาณที่เพิ่มขึ้นซึ่งแร่ดินเบาทำหน้าที่ดูดน้ำมาเก็บไว้ภายในอนุภาคและเป็นผลพวงให้อนุภาคของปูนซีเมนต์ที่กระจายอยู่สามารถรวมตัวได้เร็วขึ้นและเกิดปฏิกิริยาทำให้ความสามารถในการยึดหน่วงได้ดีขึ้น



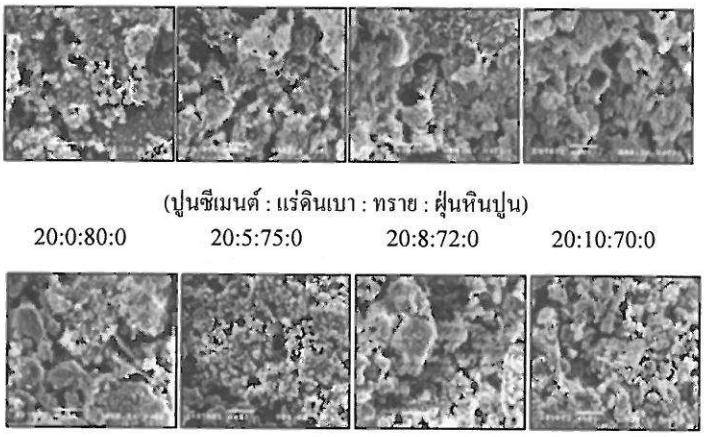
สัดส่วนผสมของปูนฉาบที่ใช้ในการทดสอบ

(ปูนซีเมนต์ : แร่ดินเบา : ทราย : ฝุ่นหินปูน)

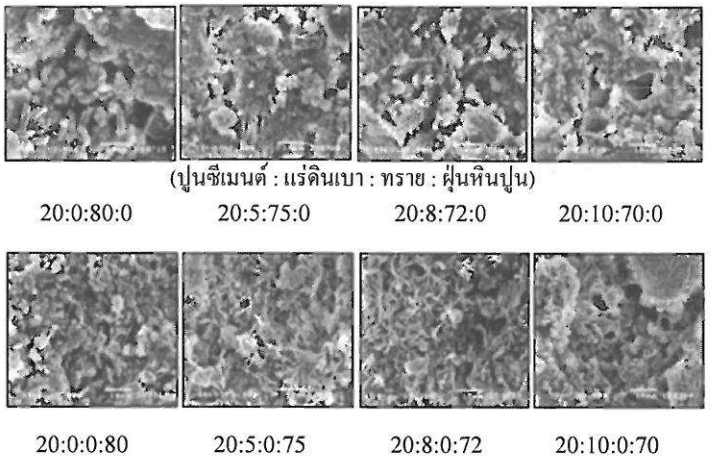
รูปที่ 5 ระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ต้าร์ผสมแร่ดินเบา ทรายและฝุ่นหินปูน

4.2.1.3 ลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาค

จากภาพขยายลักษณะโครงสร้างที่อายุ 1 และ 3 วัน ในรูปที่ 6 และ 7 เมื่อสารประกอบหลักในปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นอย่างต่อเนื่องกับน้ำได้สารเชื่อมประสานแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และเอ็ททริงไกท์ (Ettringite) ขึ้น และเข้าไปอุดช่องว่างระหว่างปูนซีเมนต์และมวลรวม (ทราย / แร่ดินเบา /ฝุ่นหินปูน) ทำให้ความพรุนของมอร์ต้าร์ลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ซึ่งดูได้จากลักษณะโครงสร้างมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปูนฉาบผสมแร่ดินเบาซึ่งโครงสร้างภายในประกอบด้วยปล้องทรงกระบอกที่มีรูพรุนและกลวง เมื่อเวลาผ่านไปทั้งจำนวนและความกว้างของโพรงในโครงสร้างมีปริมาณลดลงซึ่งหมายถึงความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 6 ภาพขยายอนุภาคมอร์ต้าร์ที่ส่วนผสมต่างๆ ขนาดกำลังขยาย 2,000 เท่า ที่อายุ 1 วัน



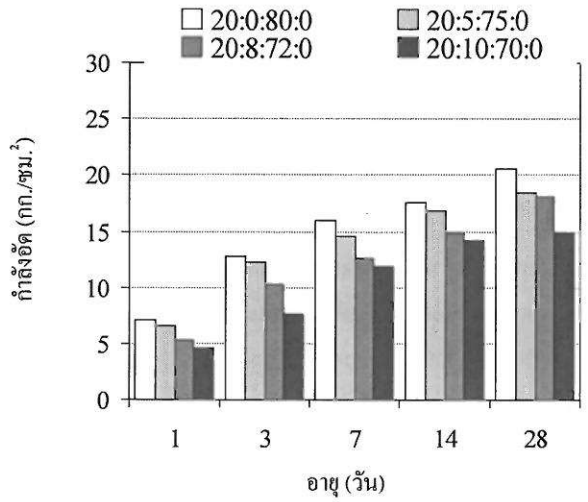
รูปที่ 7 ภาพขยายอนุภาคมอร์ต้าร์ที่ส่วนผสมต่างๆ ขนาดกำลังขยาย 2,000 เท่า ที่อายุ 3 วัน

4.2.2 คุณสมบัติเชิงกลของมอร์ต้าร์

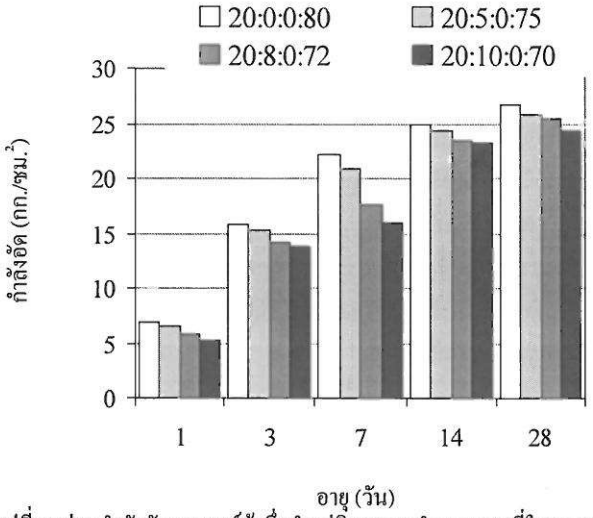
4.2.2.1 กำลังอัด

การพัฒนากำลังอัดของมอร์ต้าร์ปูนฉาบแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ในช่วงเริ่มต้นถึงอายุ 14 วัน พบว่ามอร์ต้าร์มีอัตราการเพิ่มกำลังอัดสูง เนื่องจากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นระหว่างปูนซีเมนต์และน้ำทำให้เกิดแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานเพิ่มขึ้นทำให้ความพรุนในเนื้อมอร์ต้าร์ลดลงส่งผลให้กำลังอัดพัฒนามากขึ้นตามลำดับ และในช่วงอายุ 14 ถึง 28 วัน ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นมีอัตราลดลงเนื่องจากปริมาณสารประกอบหลักที่มีปริมาณลดลง

นอกจากนั้นการแทนที่สัดส่วนของแร่ดินเบาในทรายเพิ่มขึ้นมีผลทำให้กำลังอัดมีค่าลดลงเนื่องจากแร่ดินเบามีลักษณะเป็นกระเปาะซึ่งมีรูกลวงและพรุน ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งโพรงที่เพิ่มขึ้นและความสามารถในการทำปฏิกิริยาที่ต่ำมีผลทำให้มอร์ต้าร์มีกำลังอัดลดลง



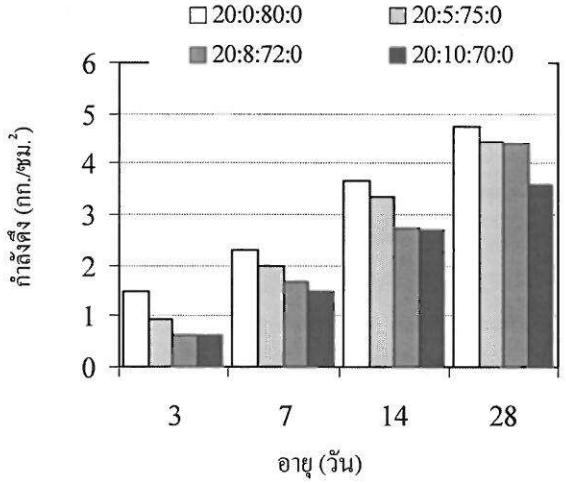
รูปที่ 8 กำลังอัดของมอร์ต้าซึ่งนำแร่ดินเบามาทำการแทนที่ในทราย และฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนต่างๆ กัน (ปูนซีเมนต์ : แร่ดินเบา : ทราย : ฝุ่นหินปูน)

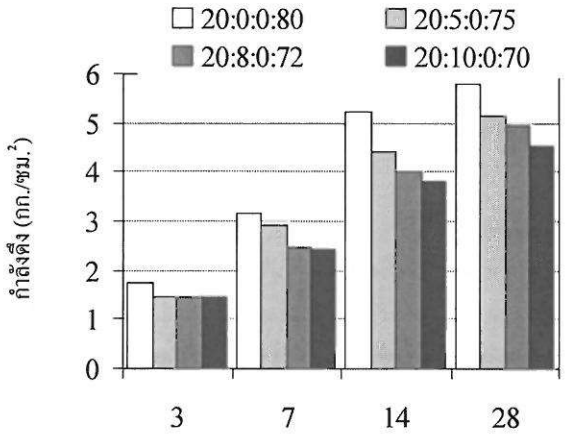


รูปที่ 8 (ต่อ) กำลังอัดของมอร์ต้าซึ่งนำแร่ดินเบามาทำการแทนที่ในทราย และฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนต่างๆกัน (ปูนซีเมนต์ : แร่ดินเบา : ทราย : ฝุ่นหินปูน)

4.2.2.2 กำลังดึง

กำลังดึงที่เกิดขึ้นในปูนฉาบปกติและมอร์ต้าร์ผสมแร่ดินเบาและ/หรือฝุ่นหินปูนแสดงในรูปที่ 9 พบว่ากำลังดึงมีแนวโน้มเดียวกับการพัฒนากำลังอัดของมอร์ต้าร์

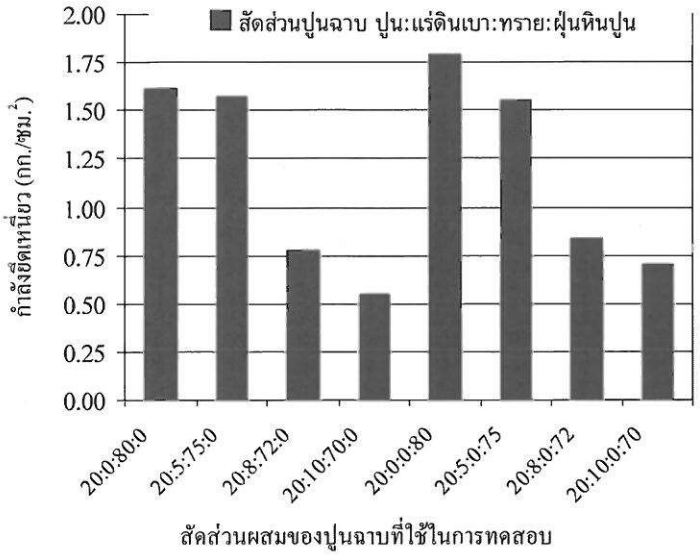




รูปที่ 9 กำลังดึงของมอร์ต้าซึ่งนำแร่ดินเบามาทำการแทนที่ในทราย และฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนต่างๆ กัน (ปูนซีเมนต์ : แร่ดินเบา : ทราย : ฝุ่นหินปูน)

4.2.2.3 กำลังยึดเหนี่ยวที่อายุ 28 วัน

ในรูปที่ 10 แสดงผลทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของมอร์ต้าร์ปูนฉาบที่อายุ 28 วัน โดยปูนฉาบผสมแร่ดินเบาทั้งที่มีทรายหรือ/และฝุ่นหินปูนเป็นส่วนผสมมีผลทำให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง เมื่อสัดส่วนการแทนที่ของแร่ดินเบาเพิ่มขึ้นเนื่องจากแร่ดินเบามีลักษณะที่เป็นโพรงมีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนแร่ดินเบาเพิ่มขึ้นทำให้มอร์ต้าร์มีโพรงน้ำภายในมากอันส่งผลต่อกำลังที่ลดลง



รูปที่ 10 กำลังยึดเหนี่ยวของมอร์ต้าร์ซึ่งนำแร่ดินเบามาทำการแทนที่ในทราย และ ฝุ่นหินปูนในอัตราส่วนต่างๆ กัน (ปูนซีเมนต์ : แร่ดินเบา : ทราย : ฝุ่นหินปูน)

4.2.3 คุณสมบัติเชิงความทนทาน

4.2.3.1 การหดตัวแบบแห้ง

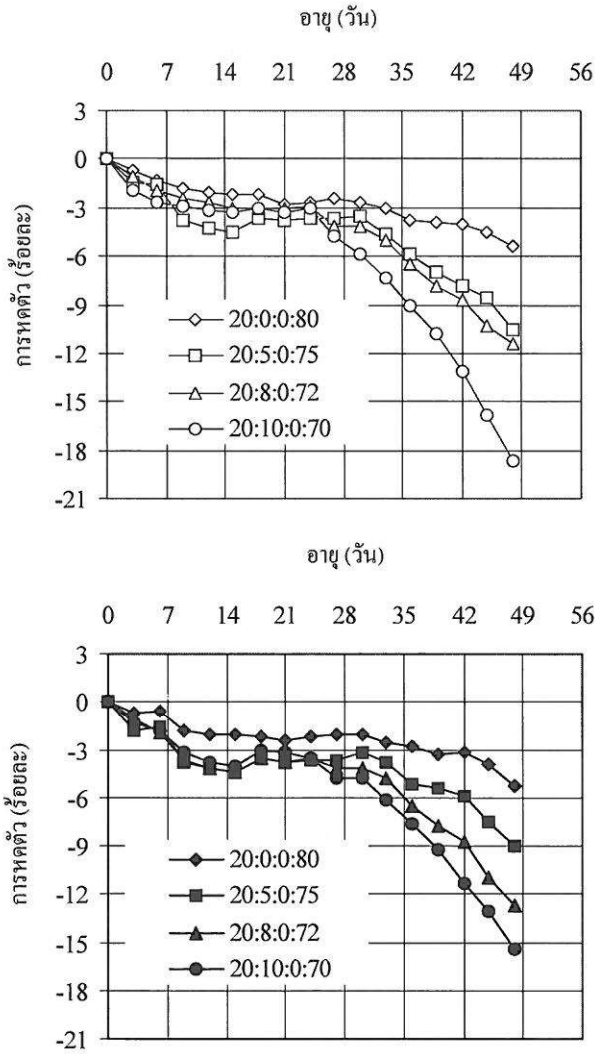
การหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบผสมแร่ดินเบามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนการแทนที่แร่ดินเบาในทรายเพิ่มขึ้นเนื่องจากลักษณะโครงสร้างของแร่ดินเบามีรูพรุนมากและมีความสามารถในการกักเก็บน้ำทำให้มีโพรงน้ำและช่องว่างภายในมอร์ต้าร์มากทำให้เกิดการหดตัวมากเมื่อน้ำเหล่านั้นระเหยออก [12] ดังแสดงผลทดสอบในรูปที่ 11

5. สรุปผลการศึกษา

5.1 แร่ดินเบามีปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละ 68.5 และ 15.8 ตามลำดับ

5.2 แร่ดินเบามีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา ปริมาณความชื้น พื้นที่ผิวจำเพาะซึ่งทดสอบโดยวิธีเบลน และความต้องการน้ำมากกว่าปูนซีเมนต์ ในขณะที่ค่าดัชนีกำลังที่อายุ 7 และ 28 วัน ลดลง และแร่ดินเบาไม่สามารถจัดเป็นสารปอซโซลาน

5.3 อัตราส่วนการแทนที่แร่ดินเบาในมวลรวมเพิ่มขึ้นทำให้ค่าการไหลแผ่และระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้าย กำลังอัด กำลังดึง และค่าแรงยึดเหนี่ยวลดลง ในขณะที่การหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบผสมแร่ดินเบามีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 11 การหดตัวแบบแห้งของปูนฉาบผสมแร่ดินเบา

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี คณะผู้วิจัยใคร่กราบขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักนโยบายและแผนพลังงานเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน แผนงานภาคความร่วมมือที่ กอ.ร. 87/2547 และห้างหุ้นส่วนจำกัด ลำปางภูมิวัฒนา จังหวัดลำปาง และบริษัท ทีพีไอ โพลีน จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

[1] ดินเบา "วารสารเศรษฐธรณีวิทยา" ปีที่ 1 ฉบับที่ 12 ประจำเดือน ธันวาคม 2542

[2] P.V. Vasconcelos and J.A. Labrincha "Permeability of Diatomite Layers Processed by Different Colloidal Techniques" Journal of the European Ceramic Society 20 (2000) 201-207.

[3] M.A. Al-Ghouti and M.A.M. Khraisheh "The Removals of Dyes from Textile Wastewater: a Study of the Physical Characteristics and Adsorption Mechanisms of Diatomaceous Earth" Journal of Environmental Management 69 (2003) 229-238.

[4] D. Fragoulis and M.G. Stamatakis "The physical and mechanical properties of composite cements manufactured with calcareous and clayey Greek diatomite mixtures" Cement and Concrete Composites 27(2005) 205-209.

[5] A.M. Majeda Khraiseh and Yahya S.Al-degs "Remediation of wastewater containing heavy metals using raw and modified diatomite" Chemical Engineering Journal 99 (2004) 177-184.

[6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม "มอร์ต้าร์สำหรับฉาบ" มอก. 1776 – 2542.

[7] American Society for Testing and Materials, "ASTM C618-05 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, 2005.

[8] American Society for Testing and Materials, "ASTM C109/C109M-05 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars(Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens", Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.01, Philadelphia, PA, USA, 2005.

[9] American Society for Testing and Materials, "ASTM C807-05 Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement Mortar by Modified Vicat Needle", Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.01, Philadelphia, PA, USA, 2005.

[10] European Standard, "EN 1015-12 Determination of Adhesive Strength of Hardened Rendering and Plastering Mortars on Substrates", Germany, 2000.

[11] American Society for Testing and Materials, "ASTM C596-01 Standard Test Method for Drying Shrinkage of Mortar Containing Hydraulic Cement", Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.01, Philadelphia, PA, USA, 2005.

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