

การผลิตอิฐเบาชนิดไม่เผาจากดินเบาแหล่งลำปาง

ชาญยุทธ สีแดง¹⁾ อัมรินทร์ นันทะเสน²⁾ และเกศรินทร์ พิมรักษา^{*3)}

1) และ 2) ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

^{*3)} ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

Email: kpimrakp@science.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

ดินเบาในงานวิจัยนี้มาจากแหล่งลำปาง มีองค์ประกอบหลักคือ ซิลิกา ประมาณ 77.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในรูปไดอะตอมและแร่ดิน มีโครงสร้างทางแร่เป็นกึ่งสัณฐานซึ่งเป็นลักษณะของ “วัสดุพอสโซลาน” ดินเบาจึงถูกพิจารณานำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักเป็นอิฐมวลเบาชนิดไม่เผา โดยใช้หลักการทำให้อิฐมีความแข็งแรงด้วยปฏิกิริยาพอสโซลานและไฮดรอกซิลภายใต้กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล (ที่ความดัน 1.4 บาร์ และอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส) โดยนำดินเบามาสมกับวัสดุซีเมนต์ชนิดแคลเซียมออกไซด์หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยการศึกษาปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ปริมาณวัสดุซีเมนต์, ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสม, ระยะเวลาในการบ่มและการเติมตัวเติม ซึ่งจะใช้สมบัติเชิงกลเป็นตัวศึกษา จากการทดลองได้ส่วนผสมที่เหมาะสม 3 สูตรคือ (1) ดินเบา 85 เปอร์เซ็นต์และแคลเซียมออกไซด์ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ น้ำในการผสม 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (2) ดินเบา 85 เปอร์เซ็นต์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ น้ำในการผสม 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (3) ดินเบา 80 เปอร์เซ็นต์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 15 เปอร์เซ็นต์และยิปซัม 5 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ น้ำในการผสม 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สูตรที่ 1 มีค่าความแข็งแรงต่อการกดอัด 18.5 เมกะปาสคาล ค่าการดูดซึมน้ำ 60.2 เปอร์เซ็นต์ และค่าความหนาแน่น 1.03 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สูตรที่ 2 มีค่าความแข็งแรงต่อการกดอัด 16.4 เมกะปาสคาล ค่าการดูดซึมน้ำ 64.6 เปอร์เซ็นต์ และค่าความหนาแน่น 1.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สูตรที่ 3 มีค่าความแข็งแรงต่อการกดอัด 20.5 เมกะปาสคาล ค่าการดูดซึมน้ำ 55.9 เปอร์เซ็นต์ และค่าความหนาแน่น 0.66 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อีกทั้งอิฐมวลเบาที่ได้สามารถทนต่อการยู่ตัวในน้ำได้จากการทดสอบแช่ในน้ำ 60 จากการพิจารณาสมบัติเชิงกลของอิฐมวลเบาชนิดไม่เผาทั้ง 3 ส่วนผสม มีความแข็งแรงมากกว่าและความหนาแน่นน้อยกว่าอิฐมวลยู่ทั่วไป นอกจากนี้ยังพบว่า ความหนาแน่นของอิฐมวลเบาที่ได้เทียบเท่ากับอิฐคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่มีขายตามท้องตลาด แต่ค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าซึ่งต้องทำการปรับปรุงต่อไป

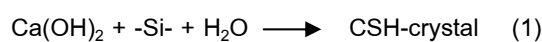
คำสำคัญ : ดินเบา, แคลเซียมไฮดรอกไซด์, แคลเซียมออกไซด์, วัสดุพอสโซลาน, กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล

1. บทนำ

ดินเบาหรือ Diatomaceous earth เป็นวัตถุดิบชนิดที่มาจากการสะสมทับถมของซากสัตว์ชนิดไดอะตอมซึ่งมักพบอยู่ในทะเล องค์ประกอบของซากไดอะตอมประกอบด้วยสารประกอบซิลิกา (SiO_2) เป็นส่วนใหญ่ มักจะอยู่ในรูปกึ่งสัณฐาน ดินเบาจากแหล่งลำปางประกอบด้วยซิลิกาในรูปของไดอะตอมประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์

เซ็นต์ (วิชัย สุภสาริตกุล, 2529) นอกจากนี้ยังพบสารประกอบซิลิกาอยู่รวมในโครงสร้างของดินในรูปอลูมิเนียมซิลิเกต ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ดินเบาแหล่งลำปางมีสีเหลืองอ่อนอันเนื่องมาจากมีเหล็กปะปนอยู่ด้วยจำนวนหนึ่ง (กริชชากร คำทิพย์, 2537) เนื่องจากลักษณะเฉพาะของดินเบาที่กล่าวมาโดยเฉพาะเมื่อพิจารณาถึง

องค์ประกอบทางเคมี ทำให้ดินเบาได้ชื่อว่า วัสดุพอซโซลาน (Pozzolan material) ซึ่งหมายถึงวัสดุที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบจำพวกโลม์ (วัสดุซีเมนต์) ในสภาวะที่มีความชื้นหรือมีน้ำได้ ทำให้ได้สารประกอบใหม่ประเภทไฮเดรต (Hydration products) ที่มีโครงสร้างแข็งแรง เราเรียกปฏิกิริยานี้ว่า “Pozzolan reaction” แสดงปฏิกิริยาดังข้างล่างนี้ (Ma และ Brown, 1997)



CSH คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต

-Si- คือ ซิลิกอนที่ละลายออกมาได้จากดินเบา

ดังนั้นจึงสามารถทำอิฐเบาชนิดไม่เผาได้ด้วยการใช้ปฏิกิริยาดังกล่าว ซึ่งสามารถเร่งปฏิกิริยาได้จากการใช้กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล (Jiang และ Roy, 1992) คล้ายกับการกำเนิดแร่ใหม่ได้พื้นพิภพของโลกในสภาวะที่มีความร้อนและความดันสูง

งานวิจัยที่มีมาก่อนของวิชัย และกริชชากร ได้ศึกษาการทำอิฐเบาโดยใช้ดินเบาแหล่งลำปางเป็นส่วนผสม โดยเผาอิฐที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้อิฐมีความแข็งแรง พบว่าอิฐที่ได้จากงานของวิชัยมีค่าการดูดซึมน้ำระหว่าง 10-40 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการเผา (1150-1250 องศาเซลเซียส) และความละเอียดของถ่านที่ใช้ผสม แต่ไม่มีการศึกษาค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของอิฐที่ได้จากงานวิจัยของกริชชากรมีความแข็งแรงต่ำมากประมาณ 0.5 เมกะปาสคาล สำหรับอิฐที่ผ่านการเผาที่ 1300 องศาเซลเซียส และมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 10-50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับปริมาณดินขาวที่ใช้ผสม

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้หม้ออัดความดันไอน้ำมาใช้ในการทำให้อิฐแข็งแรงแทนที่จะใช้การเผาซึ่งจะทำให้เกิดการประหยัดพลังงานในทางอ้อม และลดการปลดก๊าซเสียออกสู่บรรยากาศ นอกจากนี้การใช้ดินเบาเป็นวัตถุดิบยังมีข้อดีในแง่สภาวะแวดล้อมของที่อยู่อาศัย เพราะว่าดินเบามีคุณสมบัติในการดักจับแมลงจำพวกปลวก จำพวกปลวก มด มอดและแมลงต่างๆ อัน

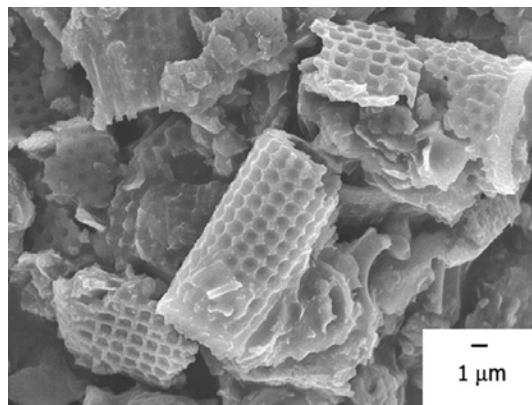
เนื่องมาจากการมีรูพรุนในระดับไมครอนของดินเบา (Mullin, 1999)

การศึกษาการผลิตอิฐเบาจากดินเบาแหล่งลำปางนี้มีเป้าหมายในการใช้อิฐเบาในงานก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัย ซึ่งจะมีประโยชน์ในการเป็นฉนวนความร้อน อีกทั้งยังลดปัญหาสุขภาพของแรงงานก่อสร้างและลดปัญหาการขนส่งเกินอัตราอีกด้วย งานวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามความต้องการของบริษัทพืชมงคลจำกัด ที่ต้องการผลิตอิฐเบาชนิดไม่เผาโดยใช้ดินเบาลำปางเพื่อลดปัญหาการขาดแคลนวัสดุก่อสร้างอิฐเบาซีเมนต์บล็อก

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

ดินเบาจากแหล่งลำปางนี้มาจาก ตำบลนาครัว อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง มีลักษณะทางกายภาพต่อไปนี้เป็นกรวด 5.25 มีความถ่วงจำเพาะ 2.0 (เมื่อแห้งมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.7) มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย (D_{50}) อยู่ในช่วง 50-100 ไมครอน ดินเบานี้มีน้ำหนักเบาอันเนื่องมาจากการมีรูพรุนอยู่ภายในอนุภาคของไดอะตอม ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงรูปร่างอนุภาคของดินเบาแหล่งลำปาง

องค์ประกอบทางเคมีของดินเบา (คิดเป็นร้อยละ) ประกอบด้วยซิลิกา 77.50 อลูมินา 14.16 ไททาเนียม ไดออกไซด์ 0.53 เฟอริกไดออกไซด์ 5.24 แมกนีเซียม

ออกไซด์ 0.46 โซเดียมออกไซด์ 0.20 โพแทสเซียมออกไซด์ 2.08 ฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ 0.25 และซิลเฟอร์ไตรออกไซด์ 0.01

2.2 การเตรียมอิฐตัวอย่าง

อิฐเผาที่ผลิตขึ้นใช้ดินเผาเป็นวัตถุดิบหลักผสมกับวัสดุซีเมนต์สองชนิดคือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์หรือแคลเซียมออกไซด์ โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของอิฐเบานิดไม่เผา โดยมีปัจจัยในการศึกษาดังต่อไปนี้ คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมอิฐ (50, 55 และ 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณของแคลเซียมออกไซด์ (5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มอิฐที่อุณหภูมิห้องก่อนที่จะทำการบ่มด้วยไอน้ำ (3-11 วัน) และชนิดของตัวเติม เช่น เบนโทไนต์ ยิปซัม แกลบและขี้เถ้าแกลบ

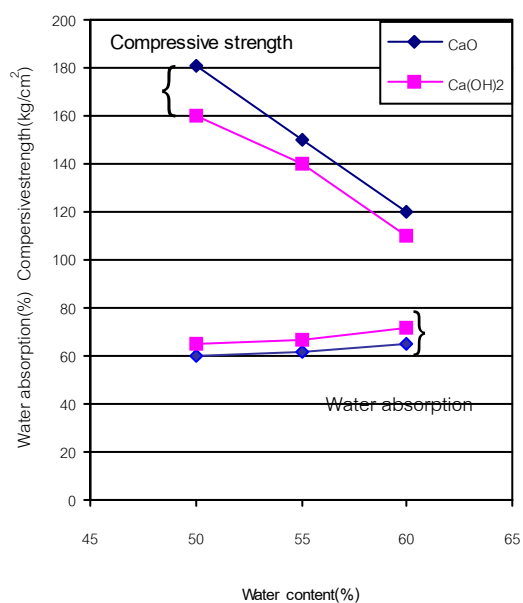
ขั้นตอนในการเตรียมอิฐตัวอย่างมีดังนี้คือ ชั่งน้ำหนักของส่วนผสมระหว่างดินเผาและวัสดุซีเมนต์ทั้งสองชนิด ทำการผสมส่วนผสมดังกล่าวในระบบแห้งจนเข้ากัน จากนั้นให้ตวงน้ำตามอัตราส่วนที่ต้องการใช้เติมลงในส่วนผสมและทำการผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน และให้นำส่วนผสมดังกล่าวไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกให้มีขนาด $7 \times 15 \times 4$ เซนติเมตร จากนั้นนำอิฐที่ขึ้นรูปเสร็จแล้วไปบ่มที่อุณหภูมิห้องภายใต้การควบคุมความชื้นเป็นระยะเวลาหนึ่งจนกว่าอิฐจะมีความแข็งแรงพอที่จะนำเข้ามาบ่มด้วยการอัดไอน้ำ ที่ความดัน 1.4 บาร์และที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง อิฐที่ผ่านการบ่มด้วยไอน้ำจะถูกปล่อยให้เย็นตัวก่อนที่จะนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลต่างๆ อันได้แก่ การทนต่อแรงกดอัด (Compressive strength) ความหนาแน่นของอิฐ (Bulk density) การดูดซึมน้ำของอิฐ (Water absorption) การยุ่ยตัวในน้ำ (Slaking) การทนต่อการกรดและด่าง (Acid-base resistance) นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบทางจุลภาคของโครงสร้างของอิฐเผาที่ผ่านการบ่มด้วยไอน้ำ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบที่อยู่ภายในอิฐก่อนและ

หลังบ่มด้วยไอน้ำ โดยใช้เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ในการสังเกต

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลองได้แบ่งเป็น 4 ข้อดังนี้

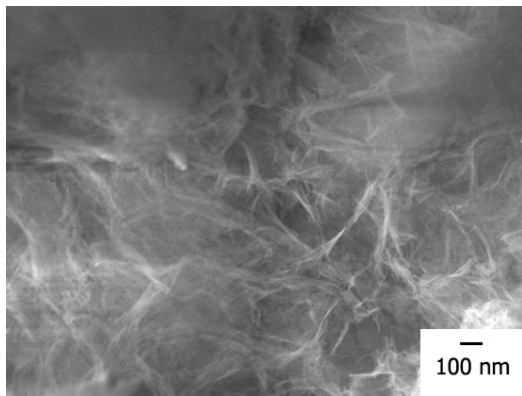
3.1 ผลของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมต่อสมบัติเชิงกลของอิฐ



รูปที่ 2 กราฟแสดงผลของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมที่มีต่อค่าความแข็งแรงต่อแรงกดอัด และค่าการดูดซึมน้ำของอิฐเผาที่ผ่านการบ่มด้วยแรงดันไอน้ำ

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงผลของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในการทำอิฐ พบว่าเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งแรงต่อการกดอัดของอิฐลดลงและค่าการดูดซึมน้ำของอิฐเพิ่มขึ้น โดยอิฐที่ใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์เป็นส่วนผสมให้ผลมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน แต่อิฐที่ใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นส่วนผสมจะมีค่าความแข็งแรงต่อการกดอัดมากกว่า จากผลการทดลองอิฐที่ได้มีความหนาแน่นโดยเฉลี่ยประมาณ 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

จากการสันนิษฐานเบื้องต้น พบว่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมคือ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่ส่งผลให้การเรียงตัวของอนุภาคดินในอิฐมีความแน่นตัวสูง โดยมีผลยืนยันจากค่าความพรุนตัวคือจะมีค่าน้อยที่สุด ความแข็งแรงของอิฐเบาชนิดไม่เผาขึ้นจากการเกิดสารประกอบใหม่อันเนื่องมาจากการปฏิกิริยาปอซโซลานโดยจะให้สารประกอบจำพวกไฮเดรต ซึ่งเป็นตัวรับผิดชอบต่อความแข็งแรงของอิฐชนิดนี้ จากผลการทดลองพบว่าที่ปริมาณน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว เมื่อปริมาณน้ำมากขึ้น คาดว่าจะมีน้ำหลงเหลือจากปฏิกิริยาเป็นจำนวนหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการเกิดรูพรุนระหว่างอนุภาคดินเมื่อน้ำที่เหลือเหล่านี้ระเหยออกไปจากอิฐ วัสดุซีเมนต์ชนิดแคลเซียมออกไซด์เมื่อละลายน้ำจะสามารถแตกตัวได้เร็วกว่าชนิดแคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้จากการแตกตัวจะส่งผลให้ pH ของระบบเพิ่มขึ้นจนเป็นด่าง ซึ่งจะทำให้ซิลิกอนไฮดรอกไซด์และอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ที่มีอยู่ในดินเบาละลายออกมาได้ แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะเข้าทำปฏิกิริยากับซิลิกอนและอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ทำให้เกิดสารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตและแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรตซึ่งเป็นอนุภาคที่มีลักษณะเป็นเส้นใย (Fibrous-like particles) ดังแสดงในรูปที่ 3

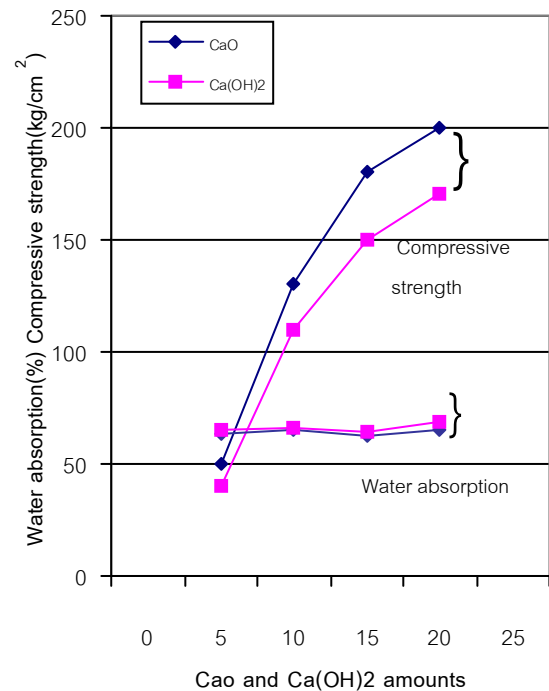


รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างจุลภาคของอิฐเบาหลังจากผ่านการบ่มด้วยแรงดันไอน้ำ

3.2 ผลของปริมาณแคลเซียมออกไซด์และ

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อสมบัติเชิงกลของอิฐ

ปริมาณของวัสดุซีเมนต์มีความสำคัญต่อปริมาณการเกิดสารประกอบไฮเดรต เนื่องจากปริมาณของ



แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะต้องเพียงพอกับปริมาณของซิลิกอน

รูปที่ 4 กราฟแสดงผลของปริมาณวัสดุซีเมนต์ที่ใช้ผสมที่มีต่อค่าความแข็งแรงต่อแรงกดอัด และค่าการดูดซึมน้ำของอิฐเบาที่ผ่านการบ่มด้วยแรงดันไอน้ำ

อิฐเบาที่อยู่ในดินเบา ผลการทดลองแสดงถึงอิทธิพลของปริมาณวัสดุซีเมนต์ที่มีต่อความแข็งแรงของอิฐแสดงในรูปที่ 4

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณของวัสดุซีเมนต์ทั้งสองชนิดมากขึ้นจาก 5 เป็น 20 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแข็งแรงของอิฐจะเพิ่มขึ้นโดยอิฐเบาที่ใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นส่วนผสมจะให้ความแข็งแรงมากกว่าอิฐเบาที่ใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และอิฐเบาที่ได้มีความ

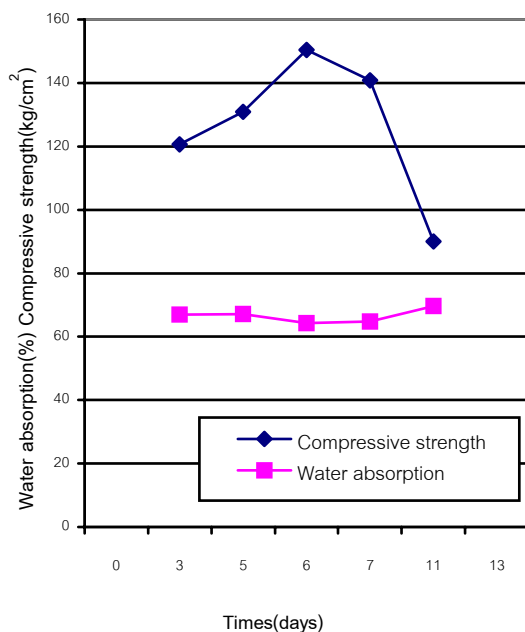
หนาแน่นโดยเฉลี่ยประมาณ 0.9-1.0 กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร

จากกราฟรูปที่ 4 คาดว่าเส้นกราฟยังมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นหากเพิ่มปริมาณของวัสดุซีเมนต์ อาจเป็นเพราะในดินเบามีปริมาณของซิลิกาที่ละลายได้อยู่เป็นจำนวนมาก โดยจะให้สารประกอบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นตัวรับผิดชอบต่อความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นของอิฐ

3.3 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มอิฐที่

อุณหภูมิห้องภายใต้การควบคุมความชื้นก่อน
เข้าบ่มด้วยไอน้ำ

ระยะเวลาในการบ่มอิฐก่อนจะเข้าบ่มด้วยไอน้ำ มีความสำคัญต่อสมบัติเชิงกลของอิฐเบาชนิดไม่เผา เนื่องจากระยะเวลาดังกล่าวแสดงถึงปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ภายในอิฐก่อนนำเข้าบ่มด้วยแรงดันไอน้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยาภายใต้การบ่มด้วยไอน้ำ โดยแสดงผลการทดลองในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแสดงผลของระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มอิฐที่อุณหภูมิห้องภายใต้สภาวะควบคุมความชื้นก่อนเข้าบ่มด้วยไอน้ำที่มีต่อสมบัติเชิงกลของอิฐหลังจากผ่านการอบด้วยไอน้ำแล้ว

จากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการบ่มอิฐที่อุณหภูมิห้องคือ ประมาณ 6 วัน ระยะเวลา ก่อน 6 วันนั้น คาดว่าอิฐมีการพัฒนาความแข็งแรงก่อนเข้าบ่มด้วยไอน้ำยังไม่เพียงพอ ซึ่งจะส่งผลให้อิฐ ภายหลังจากการบ่มด้วยไอน้ำอาจมีรอยแตกร้าวอันเนื่องมาจากแรงดันไอน้ำที่มากเกินไปความแข็งแรงของอิฐที่บ่มที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาน้อยกว่า 6 วัน ระยะเวลาที่มากกว่า 6 วันจะทำให้ค่าความแข็งแรงของอิฐลดลง คาดว่าเนื่องจากการมีปริมาณน้ำที่เหลือในอิฐน้อยลงซึ่งปริมาณที่เหมาะสมมีความจำเป็นสำหรับปฏิกิริยาปอซโซลานภายใต้แรงดันไอน้ำเป็นอย่างมาก จึงส่งผลให้ต่อความแข็งแรงของอิฐ ความหนาแน่นของอิฐเบาที่ได้มีค่าประมาณ 0.9 กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร

3.4 ผลของชนิดของตัวเติมที่มีต่อสมบัติเชิงกลของอิฐ

ตัวเติมบางชนิดที่ใช้เติมในส่วนผสมเพื่อทำอิฐเบา ได้แก่ ซีเมนต์กลบ กลบ เบนโตไนต์ และยิปซัม โดยมีวัตถุประสงค์ในการปรับน้ำหนักของอิฐให้เบาขึ้น ผลปรากฏว่า อิฐที่ใช้ ซีเมนต์กลบ และยิปซัมเป็นส่วนผสม ทำให้อิฐมีน้ำหนักลดลง จาก 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตรเป็น 0.78 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับอิฐที่ใช้ซีเมนต์กลบในส่วนผสมเพื่อทำอิฐ และลดลงจาก 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรเป็น 0.66 0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรเป็น สำหรับอิฐที่ใช้ยิปซัมในส่วนผสมเพื่อทำอิฐ

การทดลองศึกษาสมบัติเชิงกลของอิฐ ยังมีเรื่องของ การยุบตัวของอิฐในน้ำอีกด้วย ซึ่งพบว่าจากการทดสอบในการแช่ในน้ำเป็นเวลา 30 วัน อิฐที่ได้ไม่มีการยุบตัวในน้ำ หากพิจารณาสมบัติเชิงกลของอิฐเบาที่ได้จากการทดลองนี้เทียบกับมาตรฐานของอิฐเบา คอนกรีตบล็อก (Hebel, 2003) พบว่าอิฐเบาจากดินเบา แหล่งลำปางมีค่าความแข็งแรงมากกว่าถึง 3-4 เท่า แต่เมื่อพิจารณาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐเบาจากดินเบา มีค่า

มากกว่าเกือบ 2 เท่า ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องทำการปรับปรุงต่อไปเพื่อให้อิฐสามารถใช้งานได้จริง โดยจะพิจารณาปรับปรุงในแง่ของเนื้อวัสดุให้การดูดซึมน้ำลดลง โดยไม่ต้องมีการใช้น้ำยากันซึม

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านมา สามารถสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

- เมื่อปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมเพิ่มมากขึ้น ค่าความแข็งแรงของอิฐจะลดลง
- เมื่อปริมาณของวัสดุซีเมนต์ทั้งสองชนิด (แคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์) ที่ใช้ในในส่วนผสมทำอิฐ ค่าความแข็งแรงของอิฐจะเพิ่มขึ้น
- เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มอิฐที่อุณหภูมิห้อง ก่อนเข้าบ่มด้วยไอน้ำมากขึ้น ค่าความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้น แต่จะลดลงหลังจาก 6 วัน
- ตัวเติมชนิดซีเมนต์กลบและยิปซัม ทำให้อิฐมีน้ำหนักลดลงและมีค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. กริชชากร คำทิพย์, “อิฐก่อสร้างน้ำหนักเบา”, วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537
2. วิชัย ศุภสาริตกุล, “อิฐเบาไดอะตอมไมท์”, วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2529
3. http://patumdesign.genesis.mweb.co.th/page110_5.html “คอนกรีตมวลเบาQ-CON”, 2003.
4. Jiang W.; Roy D.M. Hydrothermally Processing of New Fly Ash Cement. Ceram. Bull. 1992, 71(4), 642-647.
5. Kuz'vart M. Industrial Mineral and Rock. Charles University, Elsevier Science Publisher, Prague, Czech, 1984.

6. Ma W.; Brown P.W. Hydrothermal Reactions of Fly Ash with Ca(OH)_2 and $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Cem.&Concr.Res. 1997, 27(8), 1237-1248.

7. Mullin J. Diatomaceous Earth Controls Scorpions. Acres Co.Ltd., Arizona, USA,1999.

8. Pimraksa K.; Kurzwil J; Wruss W. Unfired Bricks made of Coal Combustion By-Product. Nineteenth Annual International Pittsburgh Coal Conference Proceedings, September, Pennsylvania, USA, 2002.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 และขอขอบคุณภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการสนับสนุนอุปกรณ์บ่มอิฐด้วยไอน้ำขนาดใหญ่