



การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากเม็ดดินเผาและเถ้าลอย

A Study of the Property of Lightweight Concrete Block made of Expanded Clay Pellets and Fly Ash.

สำเนียง องสุพันธ์กุล¹, วราธร แก้วแสง², จิรัฐิติ บรรจงศิริ*²

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

² สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ กรุงเทพฯ 10160

*E-mail: jiratb@sau.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากเม็ดดินเผาและเถ้าลอย โดยศึกษาถึงกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าที่อัตราส่วนผสมระหว่างเถ้าลอยและปูนซีเมนต์ต่างๆ จากการศึกษาพบว่าเมื่ออัตราส่วนของเถ้าลอยมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้ามีแนวโน้มลดลง หรือมีค่าแปรผกผันกับกำลังอัดเฉลี่ย โดยอัตราส่วนผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 มีค่ากำลังต้านทานแรงอัดที่ใกล้เคียงกัน คือ 225 และ 224 กก./ซม.² ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่สูงเมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ สำหรับอัตราส่วนผสมอื่นๆ ค่ากำลังต้านทานแรงอัดจะลดต่ำลงมาก ดังนั้นหากพิจารณาเฉพาะปัจจัยทางด้านกำลังต้านทานแรงอัด อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์คืออัตราส่วนผสมเถ้าลอยที่ร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนัก

ผลการทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของบล็อกคอนกรีตมวลเบา จากการแทนที่ช่องว่างมวลรวมร้อยละ 70, 80 และ 90 โดยใช้เถ้าลอยที่ร้อยละ 20 ต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก เป็นวัสดุประสานในการหล่อบล็อกคอนกรีตมวลเบา พบว่าการแทนที่ในช่องว่างร้อยละ 90 ขึ้นรูปได้ดีที่สุด และมีการยึดเหนี่ยวที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามค่าแรงต้านทานแรงอัดของอัตราส่วนการแทนที่ในช่องว่างที่ร้อยละ 90 ยังคงมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานมอก.เลขที่ 58-2533

คำสำคัญ: บล็อกมวลเบา, เม็ดดินเผา, เถ้าลอย

Abstract

The research aims to study the property of lightweight concrete block made from expanded clay pellets and fly ash by focusing on the mortar's compression test to the various mixing of fly ash and cement. The results showed that an increased proportion of fly ash resulted to mortar's low compression strength and also lower than the average compression value. The mixtures of fly ash in place of cement at a proportion of 10% and 20% exhibited at 225 and 224 kg/cm² respectively which it's higher than compression strength of cement. It was also found out that other mixtures exhibited low compression due to optimal mixtures of fly ash 10 – 20% in place of cement by weight.

The findings from the tests of the property of the lightweight concrete blocks presented that the replacement of voids at percentages of 70, 80, and 90 at the mixing proportion of fly ash 20% to cement 80% by weight was applicable to build a binder for forming the lightweight concrete blocks. Moreover, when using the replacement of voids at 90% of cement by weight, it showed the best result of forming and bonding in the



testing group. However, the results revealed that the values of the compressive strengths at 90% proportion cannot reach the Industrial Standards referred to no Bearing Load Concrete Blocks TIS 58-2533.

Keywords: Lightweight Concrete Block, Expanded Clay Pellets, Fly Ash

1. บทนำ

ในปัจจุบันคอนกรีตบล็อกที่ใช้ในงานก่อสร้างเป็นวัสดุที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นเวลานานโดยนิยมใช้ในการก่อผนังหรือกำแพงเนื่องจากเป็นวัสดุที่ผลิตได้ง่าย มีราคาถูก มีความคงทนแข็งแรง ใช้เวลาก่อสร้างได้เร็วกว่าอิฐมวลเบาเนื่องจากมีขนาดก้อนที่ใหญ่กว่าจึงทำให้ต้นทุนการก่อสร้างต่ำกว่าการใช้อิฐมวลเบา นอกจากนี้สามารถควบคุมขนาดและคุณภาพได้อย่างสม่ำเสมอ มีค่าการยืดหดตัวและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้เกิดการแตกร้าวน้อยกว่าผนังแบบอื่น[1] และมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าอิฐมวลเบาก็ยังสูงกว่าคอนกรีตมวลเบา แต่เนื่องด้วยราคาที่ถูกลงกว่าคอนกรีตมวลเบาหลายเท่าจึงทำให้คอนกรีตบล็อกยังเป็นที่ยอมรับใช้งานอยู่ในปัจจุบัน โดยทั่วไปลักษณะของคอนกรีตบล็อกจะมีรูกลวงเป็นช่องอากาศภายในซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของการเป็นฉนวน แต่ด้วยวัสดุผสมของคอนกรีตบล็อกนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลให้การนำความร้อนมีค่าสูง ดังนั้นการพัฒนาคอนกรีตบล็อกโดยใช้วัสดุผสมที่มีค่าการนำความร้อนต่ำจะสามารถช่วยลดการนำความร้อนให้กับคอนกรีตบล็อกได้[2]

คอนกรีตบล็อกมวลเบามีคุณสมบัติทางด้านการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดีช่วยลดพลังงานเนื่องจากการใช้เครื่องปรับอากาศ และป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกและยังทนไฟอีกด้วย ซึ่งในกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาในปัจจุบันต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูงและใช้เงินลงทุนในการผลิตอย่างมาก ทำให้ราคาของคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่มีราคาแพงทำให้การใช้คอนกรีตบล็อกมวลเบาดังกล่าวในท้องถื่นไม่สามารถเข้าถึงได้ คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าคอนกรีตบล็อกจะมีน้ำหนักเบาและมีความเป็นฉนวนได้อยู่ที่มวลรวมหยาบของส่วนผสมจึงได้แนวคิดที่จะทดแทนมวลรวมหยาบด้วยเม็ดดินเหนียวเผามวลเบา (Lightweight Expanded Clay Aggregate) ซึ่งเป็นการนำดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่ำมาก มาทำการปั้นเป็นก้อนรูปทรงกลม ให้มีลักษณะคล้ายวัสดุมวลรวม (Aggregates) แล้วนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนสูงภายใต้อุณหภูมิระหว่าง 600-1200 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อดินเหนียวเปลี่ยนสภาพโครงสร้างอย่างถาวรได้ดินเหนียวเผามวลเบา ซึ่งเม็ดดินเหนียวเผามวลเบาจัดเป็นวัสดุมวลรวมหยาบเบา (Lightweight Aggregate) ตามมาตรฐาน ASTM C 331 ที่ระบุให้มีหน่วยน้ำหนักระหว่าง 600 - 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเทียบกับ 1,100 - 1,750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ของมวลรวมปกติ

จากเหตุผลดังกล่าวจึงนำงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาคอนกรีตบล็อกมวลเบาสำหรับอาคารประหยัดพลังงานในอนาคต และเป็นการหาแนวทางในการนำวัสดุพื้นถิ่นมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีคุณภาพเหมาะสม และราคาต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างประเภทเดียวกันที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุที่หาได้ในท้องที่อีกด้วย

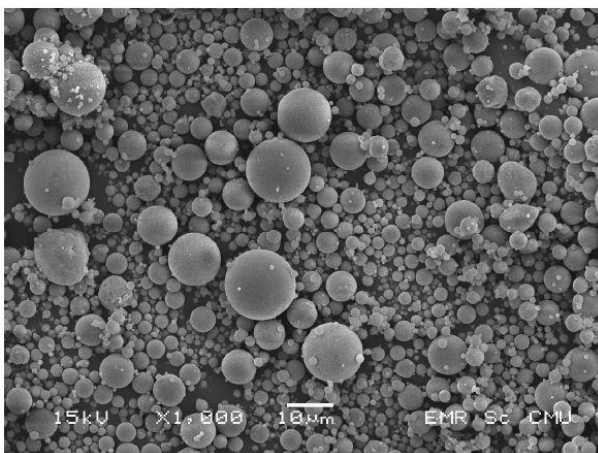
2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาขนาดที่เหมาะสมของเม็ดดินเหนียวเผามวลเบาที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมและด้านกายภาพของคอนกรีตบล็อกมวลเบา
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมและด้านกายภาพของคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากเม็ดดินเหนียวเผามวลเบาที่อัตราส่วนและอายุการบ่มที่แตกต่างกัน
3. เพื่อศึกษาค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกมวลเบาด้วยเม็ดดินเหนียวเผามวลเบา

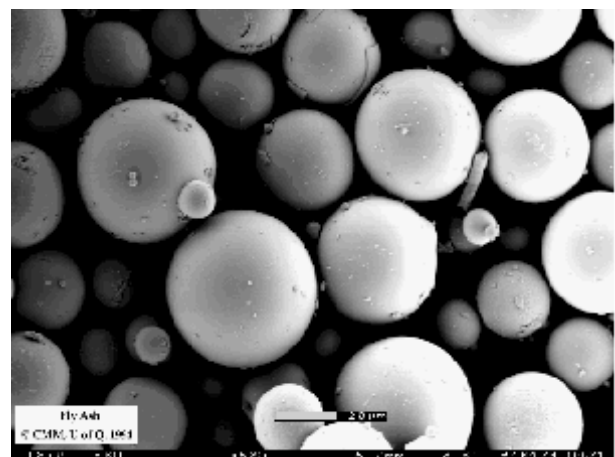
3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1. เถ้าลอย

เถ้าลอยเป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านหินในโรงงานโรงไฟฟ้าถ่านหิน เถ้าลอยจะถูกดักจับไว้ด้วยตัวดักจับแล้วรวบรวมเก็บไว้ในไซโล มีสีเทา เทาดำ หรือน้ำตาล เถ้าลอยมีคุณสมบัติเป็นสารปอซโซลาน (Pozzolan) ซึ่งเศษที่เหลือหนึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นรูปของซิลิกาและอลูมินา เมื่ออยู่ในสภาพแห้งและป่นเป็นฝุ่น ไม่มีคุณสมบัติเชื่อมเกาะระหว่างอนุภาค แต่เมื่อสัมผัสเข้ากับน้ำภายใต้อุณหภูมิปกติจะสามารถทำ ปฏิกิริยาเคมีกับสาร Ca(OH)_2 และเกิดเป็นสารใหม่ที่มีคุณสมบัติเชื่อมประสาน (Cementitious) โดยที่คุณสมบัติดังกล่าวขึ้นอยู่กับประเภทของถ่านหิน อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาและช่วงเวลาการเผา ดังนั้นคุณภาพและความสม่ำเสมอของเถ้าลอยจึงขึ้นอยู่กับแต่ละแหล่งที่เผาถ่านหิน เถ้าลอยลิคนัดแม่เมาะโดยทั่วไปจะมีรูปร่างส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างกลมหรือเกือบกลม ดังแสดงในรูปที่ 1 [3] ซึ่งแตกต่างจากเถ้าลอยจากอุตสาหกรรมอื่นๆแต่บางครั้งอาจพบลักษณะเช่นเดียวกับของเถ้าลอยแม่เมาะ ในระยะแรกการนำเถ้าลอยมาใช้งานยังคงมีปัญหาในเรื่องการควบคุมคุณภาพและความสม่ำเสมอขององค์ประกอบทางเคมี ซึ่งมาจากปัจจัยของคุณภาพถ่านหินที่ใช้และอุณหภูมิในการเผา ทางกรมไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจึงใช้วิธีการควบคุมคุณภาพของถ่านหินก่อนป้อนเข้าโรงไฟฟ้า ซึ่งรวมถึงการควบคุมปริมาณกำมะถันในถ่านหินให้อยู่ระหว่างร้อยละ 1-3 ทำให้ได้เถ้าลอยที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอ มีปริมาณซิลเฟอร์ไดรอกไซด์ในปริมาณที่ไม่เกินเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐาน ASTM C618-98 [4] ซึ่งจากข้อมูลองค์ประกอบเคมีของเถ้าลอย พบว่าปริมาณซิลเฟอร์ไดรอกไซด์ได้ลดลงจากร้อยละ 3.9 ถึง 1.5 จากจุดเด่นทางด้านรูปร่างของเถ้าลอยที่มีทรงกลมหลังจากทดแทนซีเมนต์ในส่วนผสมของคอนกรีตแล้วจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของคอนกรีตทำให้เนื้อคอนกรีตแน่น ทึบ หรือในการเทคอนกรีตในที่แคบๆ ที่ต้องการให้ลื่นไหลได้ซึ่งคอนกรีตบางชนิดจำเป็นต้องอาศัยคุณสมบัติเหล่านี้ ปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหลังจากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์กับน้ำ โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) เป็นสารตั้งต้นทำปฏิกิริยาร่วมกับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาไดรอกไซด์ (Al_2O_3) ในวัสดุปอซโซลาน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลาน คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนียมไฮเดรต (C-A-H)[3]



(ก) รูปร่างของเถ้าลอยแม่เมาะ[3]



(ข) ขยายรูปร่างของเถ้าลอยแม่เมาะ[5]

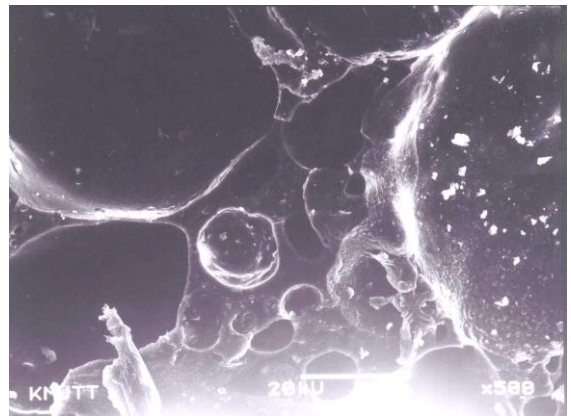
รูปที่ 1: รูปร่างเถ้าลอยแม่เมาะ

3.2. เม็ดดินเหนียวเฝามวลเบา

งานวิจัยเม็ดดินเหนียวเฝามวลเบาครั้งแรกสันนิษฐานว่าได้เริ่มขึ้นในปี คศ.1885 โดยผู้บุกเบิก คือ S.J.Hayde ซึ่งได้ก่อตั้งโรงงานผลิตเม็ดดินเหนียวเฝามวลเบาที่เมืองแคนซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา และต่อมาในช่วงปี คศ.1917-1918 ได้เรียกผลิตภัณฑ์ดังกล่าวว่า “Hayde” ตามชื่อของเขาเอง และในปี คศ.1928 อุตสาหกรรมการผลิตเม็ดดินเฝามวลเบาได้มีการขยายตัวอย่างมาก โดยเฉพาะในทวีปยุโรปได้เริ่มมีการก่อสร้างโรงงานผลิต ตั้งแต่ปี คศ. 1938-1939 โดยเริ่มต้นจากกลุ่มประเทศในแถบทางตอนเหนือ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีภูมิอากาศที่แปรปรวนมาก ทำให้มีความต้องการวัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติในการป้องกันฉนวนสูง ตลอดจนปัญหาการขาดแคลนวัสดุก่อสร้างจากธรรมชาติ การผลิตเม็ดดินเหนียวเฝามวลเบา ควรมีการคัดเลือกวัตถุดิบ โดยมีเงื่อนไขสำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรกความหนืด (Viscosity) และแรงตึงผิว (Surface Tension) ในขณะที่ดินอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนสูง ประการที่สองคือการระเหยของก๊าซที่เกิดขึ้นภายในมวลดินในขณะที่ได้รับความร้อนสูงซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวจะเป็นข้อกำหนดในการคัดเลือกวัตถุดิบที่จะนำมาเผาแล้วขยายตัวได้ดังต่อไปนี้ คือ เป็นดินเหนียวที่มีแร่และสารอินทรีย์ที่จะสลายตัวเป็นก๊าซได้ง่าย และมีปริมาณมากเพียงพอที่อุณหภูมิของการเผาไหม้และ ที่ ณ. อุณหภูมิของการเผาไหม้ ดินเหนียวจะต้องมีความหนืดและแรงตึงผิวสูงเพียงพอที่จะเก็บกักก๊าซที่เกิดขึ้นไว้ในเนื้อดินได้ [6]



(ก) ลักษณะของเม็ดดินเฝามวลเบา



(ข) แสดงภาพ SEM ขยายเนื้อในของเม็ดดินเฝามวลเบา

รูปที่ 2: เม็ดดินเฝามวลเบา [6]

3.3. คอนกรีตผสมมวลรวมเบา

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของดินเหนียวผสมเฝาลอยเฝามวลเบาเพื่อนำมาใช้กับงานคอนกรีตมวลเบาสำเร็จรูปโดยผลิตตัวอย่างเม็ดดินเฝามีขนาดอยู่ในช่วงระหว่าง 1.18-14 มิลลิเมตร โดยคุณสมบัติทางกายภาพพบว่าดินเฝามวลเบา มีค่า หน่วยน้ำหนักรวมเท่ากับ 840 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การนำเม็ดดินเฝามวลเบาดังกล่าวมาผสมแทนวัสดุมวลรวมของคอนกรีตเพื่อหล่อขึ้นส่วนสำเร็จรูป โดยกำหนดให้อัตราส่วนผสมดังนี้ ใช้ปูนซีเมนต์ 420 กิโลกรัม น้ำ 175 กิโลกรัม ทราย 715 กิโลกรัม วัสดุมวลรวมหยาบ 630 กิโลกรัม และเม็ดดินเฝามวลเบา 1000 มิลลิลิตร จากการหล่อขึ้นส่วนสำเร็จรูปพบว่าสามารถลดน้ำหนักของตัวขึ้นส่วนโครงสร้างลงได้กว่าร้อยละ 70 ของโครงสร้างคอนกรีตทั่วไป โดยกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตไม่แตกต่างกัน [7]

การทดสอบค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบประดิษฐ์เทียบเมื่อนำมาเทียบกับมวลรวมหยาบปกติ หน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบประดิษฐ์มีค่าอยู่ในช่วง 1,680.55–1,972.65 กก./ม.³ และค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ทำจากมวลรวมหยาบปกติค่าอยู่ในช่วง 2,134.08 –2,524.06 กก./ม.³ ทำให้เห็นว่า มวลรวมประดิษฐ์มีหน่วยน้ำหนักน้อยกว่า มวลรวมหยาบจากธรรมชาติอยู่ประมาณ



ร้อยละ 25-30 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมวลรวมหยาบประดิษฐ์มีค่าอยู่ในช่วง 99.51-341.02 กก./ซม.² ส่วนกำลังรับแรงอัดของมวลรวมหยาบปกติ มีค่าอยู่ในช่วง 146.18-421.74 กก./ซม.² แสดงให้เห็นว่ามวลรวมหยาบประดิษฐ์สามารถรับกำลังอัดได้น้อยกว่ามวลรวมหยาบประมาณร้อยละ 20-60 และแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันในด้านของกำลังรับแรงอัดค่อนข้างมาก [8]

การทดสอบเม็ดยดินเผาจากดินเหนียวอ่อนกรุงเทพมหานครเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างพบว่า ดินเหนียวอ่อนทั้ง 2 แหล่ง คือ ดินเหนียวบางโพ และ ดินเหนียวพระราม 3 ที่ได้จากการก่อสร้างทำเสาเข็มเจาะ โดยเก็บตัวอย่างดินเหนียวที่ระดับตั้งแต่ 2 - 8 เมตร มีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน และมีความสามารถในการขยายตัวได้ดีเมื่อได้รับความร้อนสูง เม็ดยดินเหนียวเผาจากดินเหนียวสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุก่อสร้างได้นั้นควรเป็นเม็ดยดินเหนียวเผาจากดินเหนียวที่เป็นรูปทรงกลมมีขนาดคละต่างๆ กัน และการผลิตควรใช้อุณหภูมิการเผาตั้งแต่ 1000-1200 องศาเซลเซียส ที่เวลาการเผา 10 นาทีขึ้นไป[9]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้แบ่งวิธีการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วน เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการทดสอบดังนี้ ส่วนที่ 1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ เช่น ตัวอย่างดินเหนียว เตาสำหรับเผาดิน และทำการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุ ส่วนที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติของมอร์ตาร์และการขึ้นรูปบล็อก และส่วนสุดท้ายเราจะได้ส่วนผสมที่เหมาะสมและอัตราส่วนที่ใช้ในการขึ้นรูปบล็อกมวลเบาและนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัดต่อไป

4.1. การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์และทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น

- 1) ค่าคุณสมบัติเบื้องต้นของดินเหนียว
- 2) ค่าคุณสมบัติเบื้องต้นของมวลรวมหยาบประดิษฐ์
- 3) ค่าคุณสมบัติเบื้องต้นของปูนซีเมนต์และเถ้าลอย

4.2. การทดสอบคุณสมบัติของมอร์ตาร์

- 1) การผสมอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ของเถ้าลอย ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50
- 2) การทดสอบแรงอัดของแท่งมอร์ตาร์: มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ ASTM C109 ที่อายุ 28 วัน

4.3. การทดสอบคุณสมบัติของบล็อกมวลเบา

- 1) การทดสอบอัตราการแทนที่มอร์ตาร์ในช่องว่างช่องว่างมวลรวมร้อยละ 70, 80 และ 90
- 2) การทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต: มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ ASTM C143
- 3) การทดสอบรับกำลังแรงอัด: มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ ASTM 14 C192 & 14 C31 อายุ 7, 14 และ 28 วัน
- 4) การทดสอบหน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบประดิษฐ์: มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ ASTM C29

5. ผลและวิจารณ์

5.1. อภิปรายผล

5.1.1 ผลการสร้างมวลรวมเบา

การนำดินเหนียวมาปั้นขึ้นรูปโดยกำหนดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เซนติเมตร และมีน้ำหนัก 4.5-5.5 กรัม จะเห็นได้ว่าผิวของเม็ดยดินเหนียวมีลักษณะกลมซึ่งเม็ดยดินเหนียวที่ขึ้นรูปแล้วจะนำไปอบที่อุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 3(ก) และ 3(ข) ลักษณะของเม็ดยดินเผาที่ผ่านการเผาในอุณหภูมิที่ 1,200 องศาเซลเซียส เวลาในการเผาของดินเหนียว 1 ชั่วโมง 48 นาที เม็ดยดินเหนียวที่ได้มีน้ำหนักที่เบา แข็ง ไม่ละลายน้ำ ภายในมีลักษณะเป็นรูพรุน เป็นฉนวนสามารถทนความร้อนได้ดี



(ก) ลักษณะการขึ้นรูปของเม็ดดิน

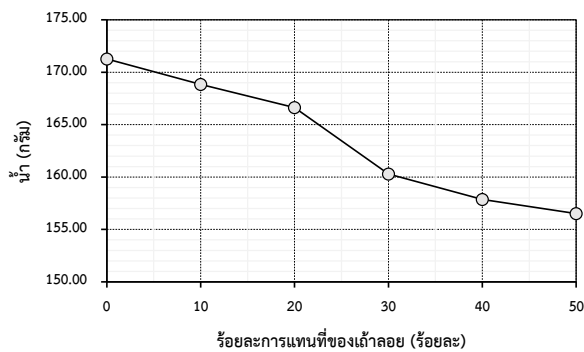


(ข) ลักษณะของเม็ดดินเผาที่ผ่านการเผาในอุณหภูมิที่ 1,200 องศา

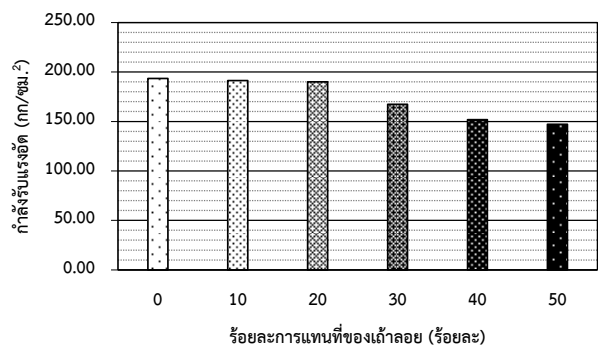
รูปที่ 3: ลักษณะของมวลรวมเบา ก่อนและหลังเผา [10]

5.1.2 ผลทดสอบอัตราการไหลผ่านและกำลังอัดประลัยของมอร์ต้า

การทดสอบมอร์ต้าจึงระบุที่ความชื้นเหลวที่สามารถวัดด้วยการไหลผ่าน (Flow) ตามมาตรฐาน ASTM C1437 ดังแสดงในรูปที่ 6 และผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าดังแสดงใน รูปที่ 4(ก) และ 4(ข) พบว่าเมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่มากขึ้นโดยควบคุมการไหล ร้อยละ 110 ± 5 ตามมาตรฐาน ASTM C 109/C 109M ความต้องการน้ำมีค่าลดลงตามปริมาณของเถ้าลอยที่มีค่ามากขึ้นนอกจากความต้องการน้ำที่ลดลงยังส่งผลทำให้กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้ามีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ของเถ้าที่มากขึ้นด้วย



(ก) ผลทดสอบอัตราการไหลผ่าน



(ข) ผลทดสอบกำลังอัดประลัยของมอร์ต้า

รูปที่ 4: ผลการทดสอบมอร์ต้าที่ร้อยละการแทนที่ต่างๆ ของเถ้าลอย

5.1.3 ผลทดสอบอัตราการแทนที่ในช่องว่างของวัสดุประสาน

จากการศึกษากำลังต้านทานแรงอัดมอร์ต้า โดยมีส่วนผสมมอร์ต้าแทนที่ปูนซีเมนต์ สามารถหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างเถ้าลอยและปูนซีเมนต์ ที่ร้อยละ 10-20 การศึกษาการผลิตบล็อกคอนกรีตมวลเบา โดยใช้เถ้าลอยและเม็ดดินเผา จึงเลือกใช้อัตราส่วนผสมเถ้าลอยที่ร้อยละ 20 ต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 80 เพื่อใช้เป็นอัตราส่วนผสมหลักในการศึกษาอัตราส่วนการแทนที่

ช่องว่างมวลรวม เพื่อใช้เป็นอัตราส่วนผสมในการหล่อคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากเม็ดดินเผาต่อไปโดยกำหนดอัตราส่วนการแทนที่ช่องว่างมวลรวมร้อยละ 70, 80, 90 ตามลำดับ ผลของค่าการยุบตัวแปรผกผันกับอัตราการแทนที่ในช่องว่างมวลรวม โดยเมื่อแทนค่าช่องว่างมากขึ้นค่าการยุบตัวมีค่าลดลงที่ 14, 12 และ 0 ตามลำดับ อัตราการแทนที่ในช่องว่างของวัสดุประสานที่ขึ้นรูปได้ มีการยึดเหนี่ยวที่ดีที่สุด เหมาะแก่การใช้หล่อคอนกรีตบล็อกมวลเบา คือ อัตราการแทนที่ในช่องว่างของวัสดุประสานร้อยละ 90



(ก) การทดสอบค่ายุบตัวที่ช่องว่างร้อยละ 70

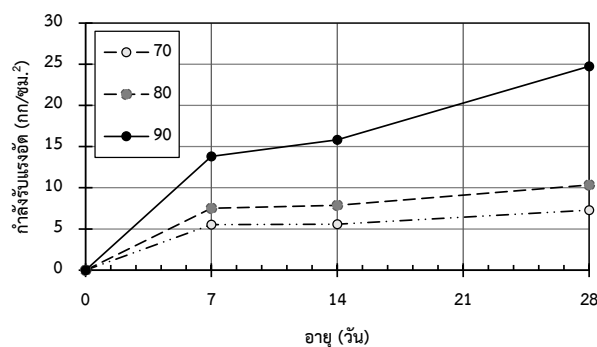


(ข) การทดสอบค่ายุบตัวที่ช่องว่างร้อยละ 90

รูปที่ 5: การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตบล็อกที่อัตราการแทนที่ในช่องว่างต่าง ๆ

5.1.4 ผลทดสอบกำลังรับแรงอัดของอัตราการแทนที่ในช่องว่างของวัสดุประสาน

ผลการศึกษาพบว่าค่ากำลังต้านทานแรงอัด ที่อายุบ่ม 28 วันมีค่าสูงสุดแต่ละอัตราส่วนผสม แปรผันตรงกับอัตราการแทนที่ในช่องว่างมวลรวมของวัสดุประสาน โดยมีค่าดังนี้ อัตราการแทนที่ในช่องว่างของวัสดุประสานร้อยละ 70 ความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 7.28 กก./ซม.² อัตราการแทนที่ในช่องว่างของวัสดุประสานร้อยละ 80 ความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 10.35 กก./ซม.² และสุดท้ายอัตราการแทนที่ในช่องว่างของวัสดุประสานร้อยละ 90 ความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 24.75 กก./ซม.² การพัฒนา กำลังอัดเพิ่มขึ้นตามอายุวันและปริมาณร้อยละของมอร์ต้าร์ในช่องว่างของวัสดุประสานซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณของสารเชื่อมประสานในส่วนผสมซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับกำลังอัดโดยตรงกับอิฐบล็อก นอกจากนี้ยังลดช่องว่างในบล็อกประสานลงอีกด้วย

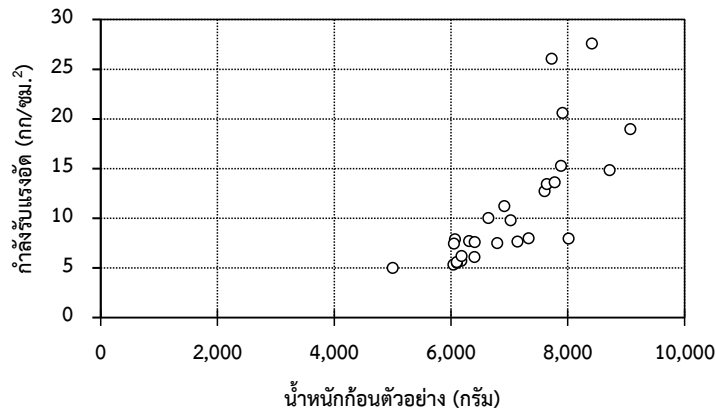


รูปที่ 6: แผนภาพการพัฒนา กำลังรับแรงอัดของอัตราการแทนที่ของมอร์ต้าร์ในช่องว่างของวัสดุประสานที่อัตราส่วนต่าง ๆ



5.1.5 ผลทดสอบกำลังรับแรงอัดและน้ำหนักก้อนตัวอย่าง

ผลการทดสอบแสดงผลการทดสอบการน้ำหนักและกำลังรับแรงอัดของของก้อนคอนกรีตบล็อกมวลเบา ดังแสดงในรูปที่ 7 พบว่าน้ำหนักของก้อนตัวอย่างที่มีน้ำหนักมา มีแนวโน้มจะรับกำลังได้มากกว่าก้อนตัวอย่างที่มีน้ำหนักเบา อาจเนื่องมาจากความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างและปริมาณช่องว่างเหล่านี้แทนที่ด้วยมอร์ตาร์ ทำให้มีน้ำหนักที่มากกว่ารวมถึงมีวัสดุที่เชื่อมประสานมากขึ้นทำให้มีกำลังรับแรงได้มากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 7: แผนภาพแสดงผลการทดสอบการน้ำหนักและกำลังรับแรงอัดของของก้อนคอนกรีตบล็อกมวลเบา

6. สรุปผล

6.1. สรุปผล

สรุปได้ว่าเมื่อผสมเถ้าลอยเข้าไปแทนที่ปูนซีเมนต์ กำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ยจะมีค่าลดลง โดยจะมีค่าลดลงมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อใช้เถ้าลอยผสมแทนที่ปูนซีเมนต์เกินกว่าร้อยละ 30 โดยเมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 พบว่าค่ากำลังต้านทานอัดมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันมาก คือ 225 กก./ซม.² และ 224 กก./ซม.² ตามลำดับ ดังนั้นหากพิจารณาเฉพาะปัจจัยทางด้านกำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์คืออัตราส่วนผสมเถ้าลอยที่ร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนัก ส่วนการแทนที่ในช่องว่างที่ร้อยละ 90 มีแรงต้านทานแรงอัดมากที่สุด เท่ากับ 24.75 กก./ซม.² โดยเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของวัสดุก่อซึ่งทำจากคอนกรีต (Masonry Unit Testing) ค่ากำลังต้านทานแรงอัดเท่ากับ 2.5 MPa หรือเท่ากับ 25.48 กก./ซม.² อ้างอิงตาม มอก.58-2533 [11] พบว่าค่าแรงต้านทานแรงอัดของอัตราส่วนการแทนที่ในช่องว่างที่ร้อยละ 90 มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน อัตราส่วนผสมนี้จึงเป็นอัตราส่วนที่ยังไม่แข็งแรงเพียงพอในการนำไปเป็นวัสดุก่อ [12]

6.2. ข้อเสนอแนะ

ศึกษาสามารถนำข้อจำกัดของขอบเขตมาทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตต่อไป นอกจากนี้ในเรื่องของกระบวนการผลิต เพื่อนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ ผู้ศึกษาสามารถศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องความเรียบของผิวคอนกรีตบล็อก เพื่อให้รูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่สวยงามมากยิ่งขึ้นต่อไป



7. กิตติกรรมประกาศ

การที่งานวิจัยชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ดี ด้ยดี คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณอย่างสูงต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ภายใต้โครงการทุนวิจัยประจำปี 2557 ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณย่าแปลก เหมือนปิว ห้องปฏิบัติการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ที่สนับสนุน อนุเคราะห์เวลาและสถานที่ทำการ ทดสอบ ขอขอบคุณบุคคลเหล่านี้ที่ช่วยให้บทความนี้มีความสมบูรณ์ ผศ.กฤติดา บรรจงศิริ และนักศึกษาประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ประกอบไปด้วย นายไพโรจน์ โคนสีอำนวย, นายวีระชัย เหมือนใจ, นายอำนาจ อุณารักษ์, นายศุภกร ชัยวิจิต, นายอรรถสิทธิ์ธีระธัญวงศ์ และนายอารยะ อาภาเขต รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] สนธยา ทองอรุณศรี, วิไลพร นุ่นภักดี, ศรายุทธิ์ หลีแก้วสาย, อรวรรณ ปัญญาภาค, 2554, การพัฒนาคอนกรีตบล็อกพรุน สำหรับอาคารประหยัดพลังงาน, วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม.
- [2] สุวัฒน์ชัย ปลื้มฤทัย, โยธิน อังกุล, 2554, การพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากผักตบชวา, การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปการ ระดับชาติ/นานาชาติ ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม.
- [3] ปริญญา จินดาประเสริฐ, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2552, ปูนซีเมนต์ ปอซโซลานและคอนกรีต, สมาคมคอนกรีตไทย, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร.
- [4] American Society for Testing and Materials, ASTM C 109/C 109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars, Annual Book of ASTM standard, Vol 04.01., pp74-79, 1999.
- [5] จิรัฐิติ บรรจงศิริ, จักริ ดิยะวงค์สุวรรณ, “การศึกษาผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษที่มีต่อดัชนีกำลังของมอร์ตาร์ผสมเถ้าลอยและคอนกรีตผสมเถ้าลอย”, 2549, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 2, 25-27 ตุลาคม, โรงแรมเจริญศรี แกรนด์ รอยัล, จ.อุดรธานี,
- [6] วิชัย สังวรปทานสกุล, 2523, การผลิตและหาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของเม็ดดินเผาซึ่งทำจากดินเหนียวกรุงเทพฯ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.115.
- [7] Lo,Y., and Cui, H.Z., 2004. Properties of Green Lightweight Aggregate Concrete. International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology. Beijing, China. : 113-118.
- [8] จิรัฐิติ บรรจงศิริ, “การศึกษากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจากมวลรวมหยาบประดิษฐ์”, นำเสนอในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 11 จัดโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม ระหว่างวันที่ 8-9 ธันวาคม 2557
- [9] สำเนียง องสุพันธ์กุล, วราธร แก้วแสง, “เม็ดดินเผามวลเบาจากดินเหนียวอ่อนกรุงเทพมหานครเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง”, นำเสนอในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 10 จัดโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม ระหว่างวันที่ 6-7 ธันวาคม 2556.
- [10] ไพโรจน์ โคนสีอำนวย และคณะ, 2557, “การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากเม็ดดินเผาและเถ้าลอย”, ปริญญานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.
- [11] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533, คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก. มอก. 57-2533.
- [12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533, คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก. มอก. 58-2533.