

การผลิตวัสดุก่อสร้างจากวัสดุเหลือทิ้ง

Production of building material from waste

ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกรรมศาสตร์¹⁾ มณฑล วังเวียง¹⁾ และ ภัทธา เฟงธรรมกิริติ²⁾

1) ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Email : fsciptp@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ตาร์และอิฐบล็อกประสาน โดยกากตะกอนเคมีที่นำมาศึกษานั้นมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ SiO_2 และ Al_2O_3 ซึ่งคล้ายกับองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ ผลการใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ในการทำซีเมนต์มอร์ตาร์พบว่า กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์ที่ผสมกากตะกอนเคมีสามารถใช้งานก่อนและฉาบได้ และซีเมนต์มอร์ตาร์ที่ผสมกากตะกอนเคมีในสัดส่วนต่าง ๆ มีสมบัติในการใช้ทำผนังฐานรากตำแหน่งภายนอกอาคาร ใช้ทำผนังรับน้ำหนักตำแหน่งภายนอกอาคาร ใช้ทำฝ้าประจันไม้รับน้ำหนักภายในอาคาร ใช้ฉาบผิวคอนกรีตและผนังก่อ โดยที่ค่าการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ตาร์สูงขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของกากตะกอนเคมี ส่วนผลการศึกษากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมี พบว่า อิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10-30 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ก (มีความแข็งแรงเป็นพิเศษสามารถทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดีซึ่งใช้ในการก่อสร้างได้ รวมทั้งส่วนที่อยู่ใต้ดินหรือที่เปียกชื้น) ส่วนอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 40-50 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข (มีความแข็งแรง สามารถทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดีในระดับหนึ่ง ควรมีการฉาบป้องกันผิวเมื่อใช้งานในที่เปียกชื้น) และอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 70 ผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกไม้รับน้ำหนัก และค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมี ร้อยละ 10 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ก ส่วนอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 20-50 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข ผลการศึกษาที่ได้ทำให้ทราบว่ากากตะกอนเคมีจากการผลิตน้ำประปาสามารถใช้ทดแทนปูนซีเมนต์การคำนวณก่อนและฉาบได้ และการใช้กากตะกอนในอิฐบล็อกที่ร้อยละ 10-30 มีความเป็นไปได้อย่างมากในการนำไปใช้จริงต่อไป

คำสำคัญ : ปูนซีเมนต์ ซีเมนต์มอร์ตาร์ กากตะกอนเคมี อิฐบล็อกประสาน

KeyWords : Cement; Cement mortars; Chemical sludge; Soil cement block

1. บทนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างมีการขยายตัวสูง เนื่องจากความเจริญของเมืองในปัจจุบัน ทำให้ความต้องการสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นในระดับที่สูงและเพิ่มอย่างต่อเนื่อง ซึ่งวัสดุก่อสร้างที่สำคัญ คือ ปูนซีเมนต์ แต่การที่จะได้ปูนซีเมนต์มานั้นต้องทำลายทรัพยากรธรรมชาติ คือ ภูเขาหินปูน รวมถึงระบบนิเวศที่อยู่บริเวณนั้น อีกทั้งยังส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น มลพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองและมลพิษทาง

เสียง ซึ่งในที่สุดส่งผลกระทบต่อสุขภาพของชุมชนโดยรอบ ดังนั้นหากมีวัสดุเพื่อทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์ จะช่วยลดความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นได้

กากตะกอนเคมีเกิดจากการตกตะกอนของสิ่งที่เป็นเบื้อนอยู่ในน้ำเสียกับสารตกตะกอน โดยขั้นตอนการตกตะกอน ในกระบวนการผลิตน้ำประปานั้น จะใช้สารส้ม และแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตกตะกอน โดยในแต่ละวันนั้นมีตะกอนน้ำประปาเกิดขึ้นในปริมาณที่สูงถึง 320 ตัน (นพปฎล และเรืองรุชดี, 2550)

ในขณะที่การนำตะกอนไปใช้ประโยชน์ยังน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณที่เกิดขึ้น ทำให้พื้นที่รองรับของโรงงานผลิตน้ำประปาไม่เพียงพอ จึงต้องเสียค่าใช้จ่ายมากในการนำไปกำจัด จากงานศึกษาของสุทธิพงศ์และคณะ (2548) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนน้ำประปามีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น SiO_2 และ Al_2O_3 ซึ่งคล้ายกับองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ และจากงานวิจัยของ Wen Yih Kuo (2007) พบว่ากากตะกอนจากน้ำประปาสามารถใช้เป็นส่วนผสมในซีเมนต์มอร์ต้าได้ รวมทั้งงานวิจัยของนพภูฏ และ เรืองรุชดี (2550) ยังพบว่ากากตะกอนน้ำประปาสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอิฐบล็อกประสาน ดังนั้นแนวทางการนำกากตะกอนเคมีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการนำมาเป็นวัสดุในการใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ นอกจากจะเป็นการช่วยลดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตวัสดุก่อสร้างอีกทางหนึ่งด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นตัวทดแทนปูนซีเมนต์ และประเมินคุณภาพของซีเมนต์มอร์ต้าและอิฐบล็อกประสานที่ผสมด้วยกากตะกอนเคมี เปรียบเทียบกับซีเมนต์มอร์ต้าและอิฐบล็อกประสานเชิงการค้า

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 การใช้กากตะกอนเคมีเพื่อลดปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้า

2.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ผึ่งแห้งกากตะกอนเคมี (ตะกอนน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน กรุงเทพมหานคร) และบดให้มีขนาดเท่ากัน จากนั้นศึกษาองค์ประกอบของกากตะกอนด้วยเครื่อง X-ray fluorescence (XRF)

ผึ่งทรายให้แห้ง และนำมาร้อนผ่านตะแกรงให้มีขนาดละเอียดตามมาตรฐาน โดยใช้ทรายที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 และค้ำตะแกรงเบอร์ 80

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ตราช้าง

2.1.2 การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมและกำลังรับแรงอัด

เตรียมส่วนผสมซีเมนต์มอร์ต้า โดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมกับทรายมาตรฐานในอัตราส่วน 1 : 2.75 โดยน้ำหนัก ผสมตามวิธีมาตรฐาน (มอก.15-2516) จากนั้นศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของซีเมนต์มอร์ต้ามาตรฐาน และซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมี โดยใช้กากตะกอนเคมีแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยวิธีทดลองแบบโตะการไหลตามมาตรฐาน (มอก.15-2532)



ภาพที่ 1 โตะทดสอบการไหลแผ่

ศึกษากำลังรับแรงอัดโดยขึ้นรูปตัวอย่างเป็นก้อนทดสอบขนาด $2 \times 2 \times 2$ นิ้ว และทำการบ่มโดยการแช่ในน้ำสะอาดที่ระยะเวลา 3 7 และ 28 วัน



ภาพที่ 2 แบบหล่อตัวอย่างขนาด $2 \times 2 \times 2$ นิ้ว และการบ่มก้อนทดสอบในน้ำ



ภาพที่ 3 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำก้อนตัวอย่างขึ้นจากน้ำเซ็ดผิวให้แห้ง วัดขนาดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างแต่ละก้อนแล้วทดสอบกำลังรับแรงอัดทันทีด้วยเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด รุ่น VERSA TESTER

2.1.3 การศึกษาค่าการดูดซึมน้ำ

นำก้อนตัวอย่างที่ปมครบ 28 วันล้างให้สะอาดอบที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดอย่างละเอียดให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักค่าที่ได้เป็นน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำก้อนตัวอย่างไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง นำก้อนตัวอย่างขึ้นจากน้ำ เซ็ดผิวให้แห้ง ชั่งน้ำหนักทันที ค่าที่ได้เป็นน้ำหนักอิมมersion จากนั้นคำนวณตามวิธีมาตรฐาน (มอก.109-2517)

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ(ร้อยละ)} = \frac{\text{น.น.เปียก} - \text{น.น.แห้ง}}{\text{น.น.แห้ง}}$$

2.2 การใช้กากตะกอนเคมีเพื่อลดปูนซีเมนต์ในอิฐบล็อกประสาน

2.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ดินลูกรัง จากจังหวัดราชบุรี ที่ผ่านการบด

ตะกอนเคมีโดยเตรียมตามข้อ 2.1.1

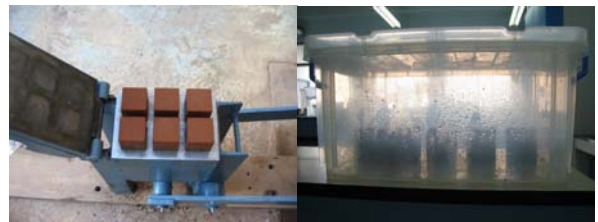
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ประเภท 1

2.2.2 การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมและกำลังรับแรงอัด

เตรียมส่วนผสมอิฐบล็อกประสาน โดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมกับดินลูกรังในอัตราส่วน 1 : 7 โดยน้ำหนัก จากนั้นศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของอิฐบล็อกประสาน และอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมี โดยใช้กากตะกอนเคมีแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 30 40 50 และ 70 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยเติมน้ำลงในส่วนผสมจนส่วนผสมเริ่มมีความชื้น นำส่วนผสมไปอัดบล็อก พร้อมทั้งหาน้ำหนักก้อนที่มากที่สุดที่สามารถอัดได้โดยไม่ใช้แรงมากเกินไป บันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ และน้ำหนักบล็อกสูงสุดทำซ้ำโดยการเพิ่มน้ำ และหาน้ำหนักก้อนสูงสุดจนกระทั่งเมื่ออัดบล็อกแล้วสังเกตเห็นน้ำที่ถูกบีบ

ออกมาออกมา ปริมาณน้ำที่เหมาะสมคือปริมาณน้ำก่อนถึงจุดที่บล็อกจะมีน้ำถูกบีบออกมาจากก้อนโดยใช้น้ำหนักต่อก้อนเท่ากับน้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ (วุฒินัยและพิชิต, ม.ป.ป.)

เมื่อได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมทำการศึกษากำลังรับแรงอัดโดยขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดด้วยแรงคนแบบมือโยก เป็นก้อนทดสอบขนาด 2 x 2 x 2 นิ้ว และทำการบ่มด้วยความชื้น



ภาพที่ 4 การขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน และการบ่มด้วยความชื้น

เมื่อครบ 28 วันนำก้อนตัวอย่างออกจากกล่องทิ้งให้แห้ง วัดขนาดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างแต่ละก้อนแล้วทดสอบกำลังรับแรงอัดด้วยเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด รุ่น VERSA TESTER

2.2.3 การศึกษาค่าการดูดซึมน้ำ

นำบล็อกตัวอย่างแช่น้ำจนอิมมersion นำขึ้นจากน้ำและซับหยดน้ำตามผิวด้านข้าง แล้วทำการชั่งทันที จากนั้นนำน้ำใส่ถังที่มีขีดบอกปริมาตรบันทึกน้ำหนักที่ได้ และใส่บล็อกตัวอย่างลงไปในถังบันทึกน้ำหนัก ทำการดูดน้ำส่วนที่เพิ่มขึ้นให้ลดลงเท่ากับปริมาตรในตอนแรกโดยสังเกตจากขีดบอกปริมาตร และทำการบันทึกน้ำหนักอีกครั้ง จากนั้นคำนวณตามวิธีมาตรฐาน (มอก. 109-2517)

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น.น.เปียก} - \text{น.น.แห้ง}}{\text{น.น.แห้ง}}$$

(กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) (น.น.เปียก - น.น.แขวนจมน้ำ)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 การศึกษาองค์ประกอบของวัตถุดิบ

กากตะกอนเคมีที่ได้จากน้ำประปามีองค์ประกอบของ SiO₂ และ Al₂O₃ เป็นส่วนใหญ่ แสดงดังตารางที่ ซึ่งพบว่ามีองค์ประกอบคล้ายกับองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ที่มีออกไซด์หลัก คือ CaO SiO₂ Al₂O₃ Fe₂O₃ (ชัชวาล, 2537) และกากตะกอนเคมีมีความละเอียดมากกว่าดินลูกรัง แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณองค์ประกอบในรูปออกไซด์ของธาตุต่างๆ ของกากตะกอน (สุทธิพงศ์และคณะ, 2548)

ปริมาณธาตุ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	กากตะกอนเคมี
SiO ₂	47.23
Al ₂ O ₃	20.75
Fe ₂ O ₃	12.71
CaO	1.06
K ₂ O	3.16
P ₂ O ₅	0.48
SO ₃	0.79

ตารางที่ 2 การกระจายขนาดอนุภาคของดินลูกรัง และกากตะกอนเคมี

ขนาดอนุภาค (µm)	ร้อยละของน้ำหนักที่ค้างตะแกรง	
	กากตะกอนเคมี	ดินลูกรัง
> 600	8.59	10.54
600 - 425	13.43	7.25
425 - 300	14.44	16.09
300 - 180	17.22	24.93
180 - 125	17.32	14.45
125 - 53	24.5	18.42
< 53	4.5	8.32

3.2 ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมี

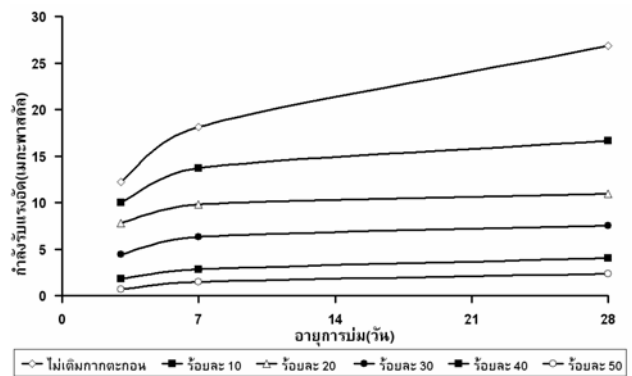
3.2.1 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมและกำลังรับแรงอัด

จากการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการทำซีเมนต์มอร์ต้าพบว่าเมื่อมีการเพิ่มกากตะกอนเคมีทำให้อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) มีค่า

สูงขึ้น ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้จึงเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มกากตะกอนเคมี แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมของซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมี

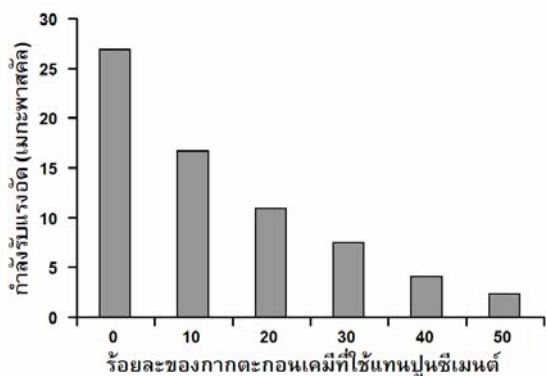
สัดส่วน (ร้อยละ)	เปอร์เซ็นต์การไหลผ่าน	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์
0	109.8	0.79
10	109.5	0.83
20	110.5	0.87
30	112.5	0.94
40	110.0	1.02
50	110.0	1.06



ภาพที่ 5 กำลังรับแรงอัดซีเมนต์มอร์ต้าที่อายุการบ่ม 3 7 และ 28 วัน

จากรูปที่ 5 แสดงกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าที่มีการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมี พบว่ากำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้น และที่อายุการบ่มเดียวกัน ซีเมนต์มอร์ต้าที่มีกากตะกอนเคมีผสมอยู่จะมีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าซีเมนต์มอร์ต้าที่ไม่ผสมกากตะกอนเคมี รวมทั้งกำลังรับแรงอัดจะลดลงเมื่อปริมาณกากตะกอนเคมีเพิ่มมากขึ้น และเนื่องจากมาตรฐานปูนซีเมนต์ที่ใช้สำหรับงานโครงสร้าง (มอก. 15-2532) กำหนดให้ซีเมนต์มอร์ต้าที่อายุการบ่ม 3 7 และ 28 วัน ต้องมีกำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 8.3 14.8 และ 24 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมีพบว่า ค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมีเพียงซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10 ที่อายุการบ่ม 3 วัน

เท่านั้น โดยมีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 102.23 เมกะพาสคัล ทั้งนี้เนื่องจากการผสมกากตะกอนเคมีลงไปนซีเมนต์มอร์ต้า ทำให้ไปขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ กำลังรับแรงอัดจึงมีค่าลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณกากตะกอนเคมีมากขึ้นและลดปริมาณปูนซีเมนต์กำลังรับแรงอัดจะมีแนวโน้มลดลง จึงแสดงให้เห็นว่ากำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าเกิดจากปูนซีเมนต์เป็นสำคัญ



ภาพที่ 6 กำลังรับแรงอัดซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมีที่อายุการบ่ม 28 วัน

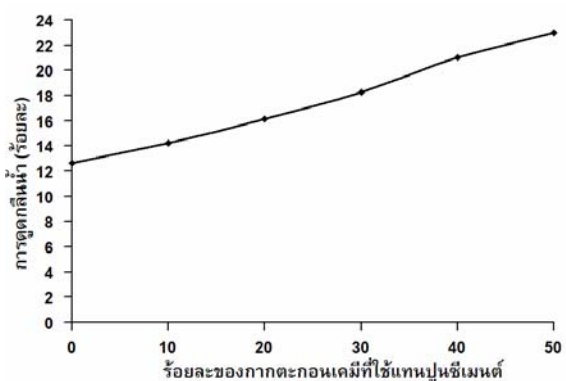
ในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้ากับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนก่อ (มอก.598-2528) พบว่าที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่า ซีเมนต์มอร์ต้าที่ไม่ผสมกากตะกอนเคมีและที่ผสมกากตะกอนร้อยละ 10 มีค่ากำลังรับแรงอัด 26.86 และ 16.67 เมกะพาสคัลตามลำดับ ซึ่งผ่านมาตรฐานปูนก่อ ชนิด 125 โดยสามารถใช้ทำผนังฐานรากตำแหน่งภายนอกอาคารที่ระดับดินและต่ำกว่าระดับดินได้ ซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 20 และ 30 นั้น มีค่ากำลังรับแรงอัด 10.91 และ 7.49 เมกะพาสคัลตามลำดับ ซึ่งผ่านมาตรฐานชนิด 50 โดยสามารถใช้ทำผนังรับน้ำหนักตำแหน่งภายนอกอาคารเหนือระดับดินและภายในอาคาร ส่วนซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 40 นั้นมีค่ากำลังรับแรงอัด 4.04 เมกะพาสคัล ผ่านมาตรฐานชนิด 25 โดยสามารถใช้ทำฝ้าประจันไม่รับน้ำหนัก ภายในอาคารได้ และซีเมนต์มอร์ต้าที่

ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 50 มีค่ากำลังรับแรงอัดเพียง 2.32 เมกะพาสคัล ซึ่งสามารถใช้ทดแทนชนิด 25 ได้

จากนั้นเมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าที่อายุ 28 วัน เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอร์ต้าสำหรับฉาบ (มอก.1776-2542) พบว่า ซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10-30 ผ่านมาตรฐานประเภทฉาบผิวคอนกรีต และซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 40 ผ่านมาตรฐานประเภทฉาบผนังก่อ ส่วนซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 50 ไม่ผ่านมาตรฐาน

3.2.2 ค่าการดูดซึมน้ำ

เมื่อนำซีเมนต์มอร์ต้ามาทดสอบการดูดซึมน้ำได้ผลดังรูปที่ 7 พบว่า เมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมีจะทำให้ซีเมนต์มอร์ต้ามีการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ซีเมนต์มอร์ต้าที่ไม่มีการผสมกากตะกอนเคมีมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 12.63 และเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมีเป็นจำนวนร้อยละ 50 ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 22.98

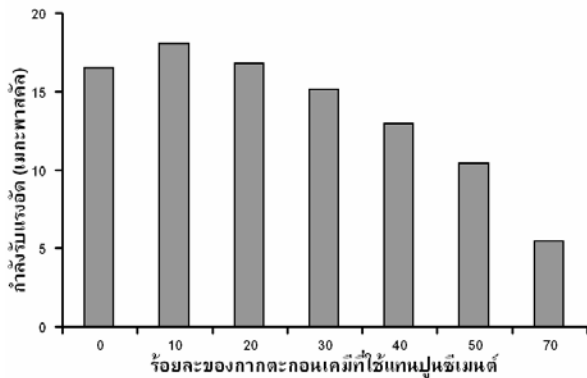


ภาพที่ 7 การดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมี

3.3 ผลการทดสอบอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมี

3.3.1 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมและกำลังรับแรงอัด

จากการทดลองปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับอิฐบล็อกประสาน พบว่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 11 ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีคือปริมาณน้ำที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง ร้อยละ 10-15 (ณัชพล และคณะ, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 8 กำลังรับแรงอัดอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมีที่อายุการบ่ม 28 วัน

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดอิฐบล็อกประสานเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก (มอก 57-2530 และ 58-2530) พบว่า อิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10 20 และ 30 มีกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย 18.04 16.81 และ 15.12 เมกะพาสคัลตามลำดับ ซึ่งผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ก คือเป็นผนังรับน้ำหนัก ชนิดผนังฐานรากและผนังชั้นฐาน มีความแข็งแรงเป็นพิเศษสามารถทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดีซึ่งใช้ในการก่อสร้างได้ แม้ในส่วนใต้ดิน หรือที่เปียกชื้น โดยเฉพาะอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10 และ 20 ยังมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าอิฐบล็อกประสานที่ไม่ผสมกากตะกอนเคมี ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงอัด 16.49 เมกะพาสคัล ทั้งนี้เนื่องจากกากตะกอนเคมีมีขนาดอนุภาคที่ละเอียดกว่าดินลูกรัง ดังนั้นกากตะกอนเคมีจึงเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างอนุภาคของดินลูกรัง ทำให้มีการกระจายตัวของอนุภาคของส่วนผสมที่ดีขึ้น ส่งผลให้เพิ่มความหนาแน่นและความแข็งแรง (วุฒินัยและพิชิต, ม.ป.ป.) แต่เมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมีมากขึ้น ทำให้ความสามารถในการยึดเหนี่ยวกันของอนุภาคดินด้วย

ปูนซีเมนต์นั้นลดลง ดังนั้นกำลังรับแรงอัดจึงลดลง ส่วนอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 40 และ 50 มีกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย 12.96 และ 10.41 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข คือเป็นผนังรับน้ำหนัก ชนิดผนังฐานรากและผนังชั้นฐาน มีความแข็งแรง สามารถทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดีในระดับหนึ่ง ควรมีการฉาบป้องกันผิวเมื่อใช้งานในที่เปียกชื้นและอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 70 มีกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยจากพื้นที่สุทธิ 5.44 เมกะพาสคัล คือ ผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

3.3.2 ค่าการดูดซึมน้ำ

มาตรฐานค่าการดูดซึมน้ำอิฐบล็อกประสาน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) แบ่งชั้นคุณภาพ เช่นเดียวกับค่ากำลังรับแรงอัด คือ มาตรฐานชั้นคุณภาพ ก และมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข โดยค่าที่มาตรฐานนั้นขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นแห้งของบล็อกประสานด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4

ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสาน พบว่า เมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมีมากขึ้น ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น โดยอิฐบล็อกประสานที่ผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 10 เท่านั้นที่ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ก ส่วนอิฐบล็อกประสานที่ผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 30 40 และ 50 นั้นผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข

ตารางที่ 4 ค่าการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมี

ตะกอนเคมี (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	การดูดกลืนน้ำ (กก./ลบ.ม.)	มาตรฐาน
0	1,917	159	ก
10	1,900	175	ก
20	1,936	189	ข
30	1,787	216	ข
40	1,857	212	ข
50	1,881	224	ข
70	1,853	264	ไม่ผ่าน

หมายเหตุ:

สำหรับความหนาแน่น 1,761-1,840 กก./ลบ.ม.
กำหนดให้มาตรฐาน ก มีค่าการดูดซึมน้ำไม่ต่ำกว่า
208 กก./ลบ.ม. และมาตรฐาน ข มีค่าการดูดซึมน้ำไม่
ต่ำกว่า 256 กก./ลบ.ม.

สำหรับความหนาแน่น 1,841-1,920 กก./ลบ.ม.
กำหนดให้มาตรฐาน ก มีค่าการดูดซึมน้ำไม่ต่ำกว่า
192 กก./ลบ.ม. และมาตรฐาน ข มีค่าการดูดซึมน้ำไม่
ต่ำกว่า 240 กก./ลบ.ม.

สำหรับความหนาแน่น 1,921-2,000 กก./ลบ.ม.
กำหนดให้มาตรฐาน ก มีค่าการดูดซึมน้ำไม่ต่ำกว่า
176 กก./ลบ.ม. และมาตรฐาน ข มีค่าการดูดซึมน้ำไม่
ต่ำกว่า 224 กก./ลบ.ม.

4. สรุป

การนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิต
น้ำประปามาใช้เป็นวัสดุในการทดแทนปูนซีเมนต์ใน
ซีเมนต์มอร์ต้าและอิฐบล็อกประสาน มีความเป็นไปได้
โดยเมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมี
มากขึ้นทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลงและค่าการดูด
ซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกาก
ตะกอนเคมีร้อยละ 10-50 สามารถใช้ในงานก่อและ
ซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10-40 ใช้
ในงานฉาบได้ โดยทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับประเภทของงาน
ที่ใช้ทำ และอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมี
ร้อยละ 10-40 นั้นมีค่ากำลังรับแรงอัดที่ผ่านมาตรฐาน
คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก และอิฐบล็อกประสานที่ผสม
กากตะกอนเคมีร้อยละ 70 ผ่านมาตรฐานคอนกรีต
บล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อก
ประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีนั้นถึงแม้จะผ่าน
มาตรฐาน แต่มีแนวโน้มที่สูงขึ้น ดังนั้นสำหรับการ
นำไปใช้จึงควรทาน้ำยากันซึม เพื่อการใช้งานที่มี
ประสิทธิภาพมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุน
สนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการ

อุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2550
ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร
ศาสตร์, ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชนบท สถาบันวิจัย
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย วว. ที่ให้
ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และ
เครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย รวมถึงวิสาหกิจชุมชน
คุณมานะ สุวรรณคำ ที่ให้คำชี้แนะและความร่วมมือ
สนับสนุนโครงการนี้

6. เอกสารอ้างอิง

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. 2537. **คอนกรีต เทคโนโลยี.**
พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง
จำกัด.

ณัชพล คำประชม, พงศ์พล สิริโรจนากร และ ศิริชัย ชำ
สุวรรณ. ม.ป.ป. **การศึกษาการใช้ผงยางพารา
สำหรับอุตสาหกรรมอิฐบล็อกประสาน.**
โครงการให้ทุนสนับสนุนโครงการอุตสาหกรรม
สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี, มหาวิทยาลัย
สยาม.

นพปฎล เสี่ยงมศักดิ์ และเรืองรุทธ์ ชีระโรจน์. 2550.
การใช้ตะกอนน้ำประปาเพื่อเป็นส่วนผสมใน
บล็อกประสาน, น. 195-198. ใน **การประชุม
วิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12.**
โรงแรมอมรินทร์ลากูน, พิษณุโลก.

วุฒินัย กกท่าแหง และพิชิต เจนบรรจง. ม.ป.ป.
**เอกสารประกอบการอบรมการผลิตบล็อก
ประสาน วว. การผลิตบล็อกประสานให้ได้
คุณภาพ.** ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชนบท
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง
ประเทศไทย (วว.)

สุทธิพงศ์ ลาภอนันต์, อารีย์ แซ่ตั้ง และ พัฒนา
อนุรักษ์พงศธร. 2549. **การเตรียมโคแอกกู
แลนต์จากกากตะกอนเพื่อใช้ในการแยก
น้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสีย.** โครงการให้
ทุนสนับสนุนโครงการอุตสาหกรรมสำหรับ
นักศึกษาปริญญาตรี, มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์. 2516.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์. มอก. 17-2516.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์. 2517.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชัก
ตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำ
ด้วยคอนกรีต. มอก. 109-2517.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์. 2529.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนก่อ.
มอก. 598-2528.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์. 2531.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีต
บล็อกรับน้ำหนัก. มอก. 57-2530.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์. 2531.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีต
บล็อกไม่รับน้ำหนัก. มอก. 58-2530.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์. 2532.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนด
คุณภาพ. มอก. 15-2532.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์. 2532.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 12 วิธีทดสอบ
ความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮ
ดรอลิก. มอก. 15-2532.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์. 2542.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอร์ตาร์
สำหรับฉาบ. มอก. 1776-2542.

Kuo, W.-Y., J.-S. Huang. and T.-E. Tan. 2007.

Organo-modified reservoir sludge as fine
aggregates in cement mortars.
Construction and Building Materials. 21:
609-615.