

ความเป็นไปได้ของการใช้กากตะกอนเคมีจากการผลิตน้ำประปาร่วมกับปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้าและอิฐบล็อกประสาน

ณิชาดา ฉัตรสถาปัตย์กุล มณฑล วังเวียง และ ปัทธา เพ่งธรรมกิริติ*

คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

corresponding author e-mail : patthra@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้าและอิฐบล็อกประสาน องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของกากตะกอนเคมีที่ใช้ คือ SiO_2 และ Al_2O_3 ซึ่งคล้ายกับองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ ผลการศึกษาการใช้ตะกอนเคมีทดแทนปูนซีเมนต์ในการทำซีเมนต์มอร์ต้าพบว่ากำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีสามารถใช้งานก่อและฉาบได้ ซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีนี้สามารถใช้งานที่ไม่ใช้โครงสร้างได้ เช่น ผนังฐานรากและผนังรับน้ำหนักตำแหน่งภายนอกอาคาร เป็นต้น ค่าการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าสูงขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วนของกากตะกอนเคมี อิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10-30 ผ่านมาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (TISTR) ชั้นคุณภาพ ก ที่มีความแข็งแรงและทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดี ส่วนอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 40-50 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข ที่มีความแข็งแรงและทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดีปานกลาง อิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 70 ผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ผลการศึกษาที่ได้ทำให้ทราบว่ากากตะกอนเคมีจากการผลิตน้ำประปาสามารถใช้ทดแทนปูนซีเมนต์การก่อในงานก่อและฉาบได้ และการใช้กากตะกอนในอิฐประสานที่ร้อยละ 10-30 มีความเป็นไปได้อย่างมากในการนำไปใช้จริงต่อไป

คำสำคัญ : ปูนซีเมนต์ ซีเมนต์มอร์ต้า กากตะกอนเคมี อิฐบล็อกประสาน

Potential use of chemical sludge from water treatment system with cement in cement mortar and soil cement block

Nichada Chatsatapattayakul Monton Wangwiang and Patthra Pengthamkeerati*

Faculty of Environment, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

corresponding author e-mail : patthra@yahoo.com

Abstract

This research investigated the possible use of chemical sludge from a water treatment system as a cement-substitute material in cement mortar and soil cement blocks. The major composition of the chemical sludge used in this study was SiO_2 and Al_2O_3 , which is similar to the chemical composition of cement. The result of substituting chemical sludge for cement in the cement mortar, showed that compressive strength of cement mortar mixed with chemical sludge could be used in brickwork and plastering. This sludge-mixed mortar was suitable for non-structural work, e.g., foundation wall and bearing wall outside the building. Water absorption was increased by an increasing the chemical sludge ratio. The soil cement block when mixed with 10-30% and 40-50% of chemical sludge met the “ก” and “ข” standards of the Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) for having a good strength and water resistance and moderate strength and water resistance respectively. Soil cement blocks with 70% chemical sludge could only be used in non-structural work. These results suggest that chemical sludge from water treatment can be a substitute for commercial cement for brickwork and

plastering and that the use of 10-30% chemical sludge for making soil cement block has a high potential for real application.

keywords : cement, cement mortars, chemical sludge, soil cement block

บทนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างมีการขยายตัวสูง เนื่องจากความเจริญของเมืองในปัจจุบัน ทำให้ความต้องการสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นในระดับที่สูงและเพิ่มอย่างต่อเนื่อง ซึ่งวัสดุก่อสร้างที่สำคัญ คือ ปูนซีเมนต์ แต่การที่จะได้ปูนซีเมนต์มานั้นต้องทำลายทรัพยากรธรรมชาติ คือภูเขาหินปูน รวมถึงระบบนิเวศที่อยู่บริเวณนั้น อีกทั้งยังส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมหลายประการ เช่น มลพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองและมลพิษทางเสียง ซึ่งในที่สุดส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของชุมชนโดยรอบ ดังนั้นหากมีวัสดุเพื่อทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์จะช่วยลดความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นได้

กากตะกอนเคมีเกิดจากการตกตะกอนของสิ่งปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียกับสารตกตะกอน โดยขั้นตอนการตกตะกอน ในกระบวนการผลิตน้ำประปานั้นจะใช้สารส้มและแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตกตะกอน โดยในแต่ละวันนั้นมีตะกอนน้ำประปาเกิดขึ้นในปริมาณที่สูงถึง 320 ตัน (นพปฎล และเรืองรุชต์, 2550) ในขณะที่การนำตะกอนไปใช้ประโยชน์ยังน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณที่เกิดขึ้น ทำให้พื้นที่รองรับของโรงงานผลิตน้ำประปาไม่เพียงพอ จึงต้องเสียค่าใช้จ่ายมากในการนำไปกำจัด จากงานศึกษาของสุทธิพงศ์และคณะ (2548) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนน้ำประปามีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น SiO_2 และ Al_2O_3 ซึ่งคล้ายกับองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ และจากงานวิจัยของ Kuo et al. (2007) พบว่ากากตะกอนจากน้ำประปาสามารถใช้เป็นส่วนผสมในซีเมนต์มอร์ต้าได้ รวมทั้งงานวิจัยของนพปฎล และเรืองรุชต์ (2550) ยังพบว่ากากตะกอนน้ำประปาสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอิฐบล็อกประสาน ดังนั้นแนวทางการนำกากตะกอนเคมีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการนำมาเป็นวัสดุในการใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ นอกจากจะเป็นการช่วยลดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตวัสดุก่อสร้างอีกทางหนึ่งด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ และประเมินคุณภาพของซีเมนต์มอร์ต้าและอิฐบล็อกประสานที่ผสมด้วยกากตะกอนเคมีเปรียบเทียบกับซีเมนต์มอร์ต้าและอิฐบล็อกประสานเชิงการค้า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การใช้กากตะกอนเคมีเพื่อลดปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้า

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ผึ่งแห้งกากตะกอนเคมี (ตะกอนประปาจากโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน กรุงเทพมหานคร) และบดให้กากตะกอนเคมีที่จับตัวเป็นก้อนตะกอนแตกออกจากนั้นศึกษาองค์ประกอบของกากตะกอนด้วยเครื่อง X-ray fluorescence (XRF) ส่วนทรายให้ผึ่งแห้งและนำมาร่อนผ่านตะแกรงให้มีขนาดคละตามมาตรฐาน โดยใช้ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 และค้ำตะแกรงเบอร์ 80 และใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ประเภท 1

1.2 การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมและกำลังรับแรงอัด

เตรียมส่วนผสมซีเมนต์มอร์ต้า โดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมกับทรายมาตรฐานในอัตราส่วน 1:2.75 โดยน้ำหนัก ผสมตามวิธีมาตรฐาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2516) จากนั้นศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของซีเมนต์มอร์ต้ามาตรฐาน และซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมี โดยใช้กากตะกอนเคมีแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยวิธีทดลองแบบโต๊ะการไหลตามมาตรฐาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) และศึกษากำลังรับแรงอัดโดยขึ้นภาพตัวอย่างเป็นก้อนทดสอบขนาด $2 \times 2 \times 2$ นิ้ว และทำการบ่มโดยการแช่ในน้ำสะอาดที่ระยะเวลา 3 7 และ 28 วัน เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดนำก้อนตัวอย่างขึ้นจากน้ำเช็ดผิวให้แห้งวัดขนาดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างแต่ละก้อนแล้วทดสอบกำลังรับแรงอัดทันทีด้วยเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด รุ่น VERSA TESTER (Soiltest Inc., USA)

1.3 การศึกษาค่าการดูดซึมน้ำ

นำก้อนตัวอย่างที่บ่มครบ 28 วันล้างให้สะอาดอบที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักค่าที่ได้เป็นน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำก้อนตัวอย่างไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง นำก้อนตัวอย่างขึ้นจากน้ำ เช็ดผิวให้แห้ง ชั่งน้ำหนักทันที ค่าที่ได้เป็นน้ำหนักอิ่มน้ำ จากนั้นคำนวณตามวิธีมาตรฐาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2517) ตามสมการที่ 1

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)} = (\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}) / \text{น้ำหนักแห้ง} \quad (1)$$

2. การใช้กากตะกอนเคมีเพื่อลดปูนซีเมนต์ในอิฐบล็อกประสาน

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ใช้ดินลูกรังจากจังหวัดราชบุรีที่ผ่านการบดกากตะกอนเคมีที่เตรียมตามข้อ 1.1 และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตราช้าง ประเภท 1

2.2 การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมและกำลังรับแรงอัด

เตรียมส่วนผสมอิฐบล็อกประสาน โดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมกับดินลูกรังในอัตราส่วน 1:7 โดยน้ำหนัก จากนั้นศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของอิฐบล็อกประสานและอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมี โดยใช้กากตะกอนเคมีแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 30 40 50 และ 70 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยเติมน้ำลงในส่วนผสมจนส่วนผสมเริ่มมีความชื้น นำส่วนผสมไปอัดบล็อก พร้อมทั้งหาน้ำหนักก้อนที่มากที่สุดที่สามารถอัดได้โดยไม่ใช้แรงมากเกินไป บันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ และน้ำหนักบล็อกสูงสุด ทำซ้ำโดยการเพิ่มน้ำ และหาน้ำหนักก้อนสูงสุด จนกระทั่งเมื่ออัดบล็อกแล้วสังเกตเห็นน้ำที่ถูกบีบ

ออกมา ปริมาณน้ำที่เหมาะสมคือปริมาณน้ำ ก่อนถึงจุดที่บล็อกจะมีน้ำถูกบีบออกมาจากก้อนโดยใช้น้ำหนักต่อก้อนเท่ากับน้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ (วุฒินัย และพิชิต, 2555) เมื่อได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมทำการศึกษากำลังรับแรงอัดโดยขึ้นภาพด้วยเครื่องอัดด้วยแรงคนแบบมือโยกเป็นก้อนทดสอบขนาด $2 \times 2 \times 2$ นิ้ว และทำการบ่มด้วยความชื้น เมื่อครบ 28 วัน นำก้อนตัวอย่างออกจากกล่องทิ้งให้แห้ง วัดขนาดและชั่งน้ำหนักตัวอย่างแต่ละก้อนแล้วทดสอบกำลังรับแรงอัดด้วยเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดรุ่น VERSA TESTER

2.3 การศึกษาค่าการดูดซึมน้ำ

นำบล็อกตัวอย่างแช่น้ำจนอิ่มตัว นำขึ้นจากน้ำและซับหยดน้ำตามผิวด้านข้าง แล้วทำการชั่งทันที จากนั้นนำน้ำใส่ถังที่มีขีดบอกปริมาตรบันทึกน้ำหนักที่ได้และใส่บล็อกตัวอย่างลงไปในถังบันทึกน้ำหนัก ทำการดูดน้ำส่วนที่เพิ่มขึ้นให้ลดลงเท่ากับปริมาตรในต่อนแรกโดยสังเกตจากขีดบอกปริมาตร และทำการบันทึกน้ำหนักอีกครั้ง จากนั้นคำนวณตามวิธีมาตรฐาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2517) ตามสมการที่ 2

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = (\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}) / \text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแขวนจมน้ำ} \quad (2)$$

ผลการวิจัย

1. การศึกษาองค์ประกอบของวัตถุดิบ

กากตะกอนเคมีที่ได้จากน้ำประปามีองค์ประกอบของ SiO_2 และ Al_2O_3 เป็นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 47 และ 21 ตามลำดับ) ซึ่งพบว่ามีองค์ประกอบคล้ายกับองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ที่มีออกไซด์หลัก คือ CaO SiO_2 Al_2O_3 Fe_2O_3 (ชัชวาลย์, 2537) และกากตะกอนเคมีมีความละเอียดมากกว่าดินลูกรังแสดงดังตารางที่ 1

2. ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมี

2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำต่อสัดส่วนของกากตะกอนเคมีในซีเมนต์มอร์ต้า

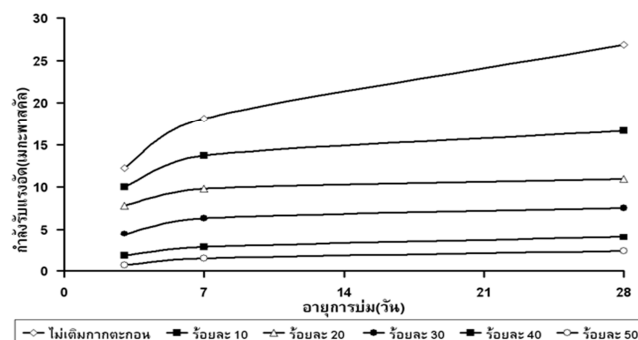
ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำต่อสัดส่วนของกากตะกอนเคมีในการทำซีเมนต์มอร์ต้า พบว่าการเพิ่มกากตะกอนเคมีทำให้อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) มีค่าสูงขึ้น ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้จึงเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มกากตะกอนเคมี (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 การกระจายขนาดอนุภาคของดินลูกรังและกากตะกอนเคมี

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

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำต่อสัดส่วนของกากตะกอนเคมีในซีเมนต์มอร์ต้า

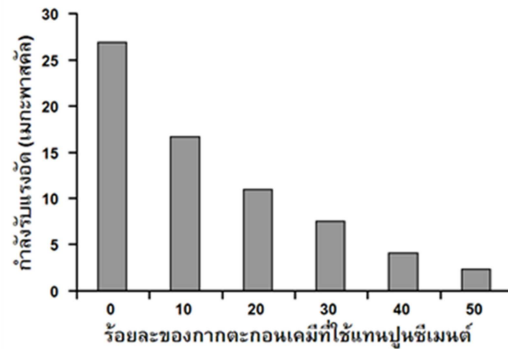
สัดส่วน (ร้อยละ)	การไหลแผ่ (ร้อยละ)	อัตราส่วนน้ำ ต่อซีเมนต์ (โดยน้ำหนัก)
0	109.8	0.79
10	109.5	0.83
20	110.5	0.87
30	112.5	0.94
40	110.0	1.02
50	110.0	1.06



ภาพที่ 1 กำลังรับแรงอัดซีเมนต์มอร์ต้าที่อายุการบ่ม 3 7 และ 28 วัน

ภาพที่ 1 แสดงกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าที่มีการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมี โดยกำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้น และที่อายุการบ่มเดียวกัน ซีเมนต์มอร์ต้าที่มีกากตะกอนเคมีผสมอยู่จะมีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าซีเมนต์มอร์ต้าที่ไม่ผสมกากตะกอนเคมี รวมทั้งกำลังรับแรงอัดจะลดลง เมื่อปริมาณกากตะกอนเคมีเพิ่มมากขึ้น และเนื่องจากมาตรฐานปูนซีเมนต์ที่ใช้สำหรับงานโครงสร้าง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532) กำหนดให้ซีเมนต์มอร์ต้าที่อายุการบ่ม 3 7 และ 28 วัน ต้องมีกำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 8.3 14.8 และ 24 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมี พบว่าค่าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมีเพียงซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10 ที่อายุการบ่ม 3 วัน เท่านั้น โดยมีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 10.23 เมกะพาสคัล ทั้งนี้เนื่องจากการผสมกากตะกอนเคมีลงไปในซีเมนต์มอร์ต้าขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ กำลังรับแรงอัดจึงมีค่าลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณกากตะกอนเคมีมากขึ้นและลดปริมาณปูนซีเมนต์ กำลังรับแรงอัดจะมีแนวโน้มลดลง จึงแสดงให้เห็นว่ากำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าเกิดจากปูนซีเมนต์เป็นสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้ากับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนก่อ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2529) ที่อายุการบ่ม 28 วัน (ภาพที่ 2) พบว่าซีเมนต์มอร์ต้าที่ไม่ผสมกากตะกอนเคมีและที่ผสมกากตะกอนร้อยละ 10 มีค่ากำลังรับแรงอัด 26.86 และ 16.67 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งผ่านมาตรฐานปูนก่อ ชนิด 125 โดยสามารถใช้ทำผนังฐานรากตำแหน่งภายนอกอาคารที่ระดับดินและต่ำกว่าระดับดินได้ ซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 20 และ 30 นั้น มีค่ากำลังรับแรงอัด 10.91 และ 7.49 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งผ่านมาตรฐานชนิด 50 โดยสามารถใช้ทำผนังรับน้ำหนักตำแหน่งภายนอกอาคารเหนือระดับดินและภายในอาคาร ส่วนซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 40 นั้นมีค่ากำลังรับแรงอัด 4.04 เมกะพาสคัล ผ่านมาตรฐานชนิด 25 โดยสามารถใช้ทำฝาประจันไม่รับน้ำหนักภายในอาคารได้ และซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 50 มีค่ากำลังรับแรงอัดเพียง 2.32 เมกะพาสคัล ซึ่งสามารถใช้ทดแทนปูนก่อ ชนิด 25 ที่ใช้ทำผนังไม่รับน้ำหนักภายนอกอาคารระดับเหนือดินและใช้ทำฝาประจันไม่รับน้ำหนักภายในอาคาร



ภาพที่ 2 กำลังรับแรงอัดซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมีที่อายุการบ่ม 28 วัน

เมื่อนำค่ากำลังรับอัดของซีเมนต์มอร์ต้าที่อายุ 28 วัน เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอร์ต้าสำหรับฉาบ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2542) พบว่าซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10-30 ผ่านมาตรฐานประเภทฉาบผิวคอนกรีต และซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 40 ผ่านมาตรฐานประเภทฉาบผนังก่อ ส่วนซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 50 ไม่ผ่านมาตรฐาน

2.2 ค่าการดูดซึมน้ำ

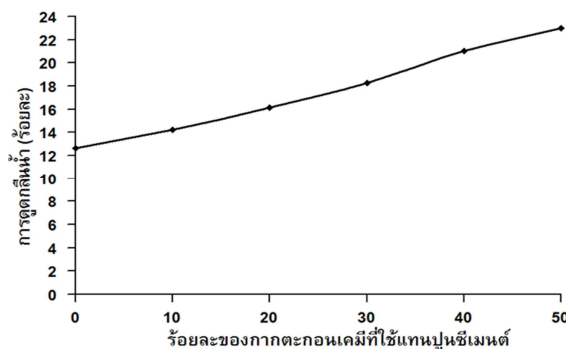
เมื่อนำซีเมนต์มอร์ต้ามาทดสอบการดูดซึมน้ำ ได้ผลดังภาพที่ 3 พบว่าเมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกาก

ตะกอนเคมีจะทำให้ซีเมนต์มอร์ต้ามีการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น เช่น ซีเมนต์มอร์ต้าที่ไม่มีการผสมกากตะกอนเคมีมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 12.63 และเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมีเป็นร้อยละ 50 ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 22.98

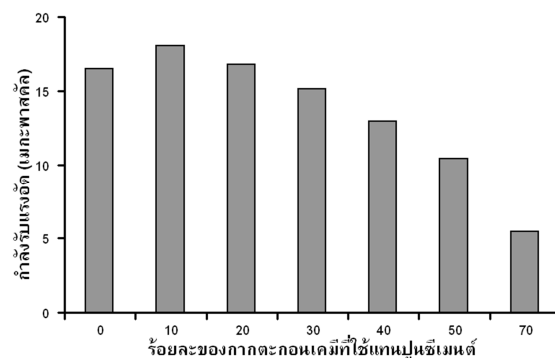
3. ผลการทดสอบอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมี

3.1 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมและกำลังรับแรงอัด

การทดลองปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับอิฐบล็อกประสานพบว่าปริมาณน้ำที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 11 (ข้อมูลไม่แสดง) ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีคือ ปริมาณน้ำที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงร้อยละ 10-15



ภาพที่ 3 การดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ต้าผสมกากตะกอนเคมี



ภาพที่ 4 กำลังรับแรงอัดอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมีที่อายุการบ่ม 28 วัน

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดอิฐบล็อกประสานเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2531a; 2531b) พบว่าอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10 20 และ 30 มีกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย 18.04 16.81 และ 15.12 เมกะพาสคัล ตามลำดับ (ภาพที่ 4) ซึ่งผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ก คือเป็นผนังรับน้ำหนัก ชนิดผนังฐานรากและผนังชั้นฐาน มีความแข็งแรงเป็นพิเศษสามารถทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดีซึ่งใช้ในการก่อสร้างได้ แม้ในส่วนใต้ดินหรือที่เปียกชื้นโดยเฉพาะอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10 และ 20 ยังมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าอิฐบล็อกประสานที่ไม่ผสมกากตะกอนเคมี ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงอัด 16.49 เมกะพาสคัล ทั้งนี้เนื่องจากกากตะกอนเคมีมีขนาดอนุภาคที่ละเอียดกว่าดินลูกรัง ดังนั้นกากตะกอนเคมีจึงเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างอนุภาคของดินลูกรัง ทำให้มีการกระจายตัวของอนุภาคของส่วนผสมที่ดีขึ้น ส่งผลให้เพิ่มความหนาแน่นและความแข็งแรง (วุฒินัย และพิชิต, 2555) แต่เมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมีมากขึ้น ทำให้ความสามารถในการยึดเหนี่ยวกันของอนุภาคดินด้วยปูนซีเมนต์นั้นลดลง ดังนั้นกำลังรับ

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

3.2 ค่าการดูดซึมน้ำ

มาตรฐานค่าการดูดซึมน้ำอิฐบล็อกประสาน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) แบ่งชั้นคุณภาพเช่นเดียวกับค่ากำลังรับแรงอัด คือ มาตรฐานชั้นคุณภาพ ก และมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข โดยค่าที่มาตรฐานนั้นขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นแห้งของบล็อกประสานด้วย ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสาน พบว่า เมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมีมากขึ้น ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น โดยอิฐบล็อกประสานที่ผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 10 เท่านั้นที่ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ก ส่วนอิฐบล็อกประสานที่ผสมปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 30 40 และ 50 นั้นผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข

ตารางที่ 3 ค่าการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมี*

สัดส่วนกากตะกอนเคมีต่อ ซีเมนต์ (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	การดูดซึมน้ำ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์ เมตร)	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

*ความหนาแน่น 1,761-1,840 1,841-1,920 และ 1,921-2,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร กำหนดให้มาตรฐาน ก มีค่าการดูดซึมน้ำไม่ต่ำกว่า 208 192 และ 176 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และมาตรฐาน ข มีค่าการดูดซึมน้ำไม่ต่ำกว่า 256 240 และ 224 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นวัสดุในการทดแทนปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้าและอิฐบล็อกประสานมีความเป็นไปได้ โดยเมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเคมีมากขึ้นทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลงและค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10-50 สามารถใช้งานก่อและซีเมนต์มอร์ต้าที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 10-40 ใช้ในงานฉาบได้ โดยทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับประเภทของงานที่ใช้ทำ และอิฐบล็อกประสานที่ผสม

กากตะกอนเคมีร้อยละ 10-40 นั้นมีค่ากำลังรับแรงอัดที่ผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก และอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 70 ผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีนั้นถึงแม้จะผ่านมาตรฐาน แต่มีแนวโน้มที่สูงขึ้น ดังนั้นสำหรับการนำไปใช้จึงควรผสมน้ำยากันซึมเพื่อการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2550 ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคุณวุฒินัย กกก้าแหง ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนบทสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย รวมถึงวิสาหกิจชุมชนคุณมานะ สุวรรณคำ ที่ให้คำชี้แนะและความร่วมมือสนับสนุนโครงการนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. 2537. คอนกรีต เทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด.
- นพปฎล เสี่ยมศักดิ์ และเรืองรุชดี ชีระโรจน์. 2550. การใช้ตะกอนน้ำประปาเพื่อเป็นส่วนผสมในบล็อกประสาน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12. โรงแรมอมรินทร์ลากูน พิษณุโลก. 195-198.
- วุฒินัย กกก้าแหง และพิชิต เจนบรรจง. 2555. เอกสารประกอบการอบรมการผลิตบล็อกประสาน วว. การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ. ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนบทสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว). <http://technologyblockprasan.com/information1.php> (16 ตุลาคม 2555).
- สุทธิพงษ์ ลาภอนันต์, อารีย์ แซ่ตั้ง และพัฒนา อนุรักษพงษ์ธร. 2548. การเตรียมโคแอกกูแลนต์จากกากตะกอนเพื่อใช้ในการแยกน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสีย. โครงการให้ทุนสนับสนุนโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2516. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์. มอก. 17-2516.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2517. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต. มอก. 109-2517.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนก่อ. มอก. 598-2528.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2531a. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก. มอก. 57-2530.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2531b. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก. มอก. 58-2530.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดคุณภาพ. มอก. 15-2532.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก. มอก. 15-2532.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2542. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอร์ตาร์สำหรับฉาบ. มอก. 1776-2542.
- Kuo WY, Huang JS, Tan TE. 2007. Organo-modified reservoir sludge as fine aggregates in cement mortars. Construction and building Materials. 21: 609-615.