



การศึกษาคุณสมบัติของมวลรวมประดิษฐ์ที่ทำจากตะกอนน้ำประปา

THE STUDY OF PROPERTIES OF ARTIFICIAL AGGREGATES MADE FROM WATER SUPPLY SLUDGE

นพปฎล เสงี่ยมศักดิ์ (Noppadol Sangiumsak)¹

เรืองรุชดี ชีระโรจน์ (Raungrut Cheerarot)²

¹อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม email : g_noppadol@hotmail.com

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม email : Raungrut@hotmail.com

บทคัดย่อ : วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติของมวลรวมประดิษฐ์ที่ทำจากตะกอนน้ำประปา โดยนำตะกอนน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำบางเขนผสมกับดินเหนียวในอัตราส่วน 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 และ 0:100 โดยน้ำหนัก นำไปขึ้นรูปและเผาที่อุณหภูมิ 800, 1000 และ 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น ทดสอบกำลังอัดของมวลรวม เมื่อทราบผลของกำลังอัดแล้ว ได้คัดเลือกบางส่วนผสมเพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติอื่นๆ ได้แก่ ความต้านทานการสึกกร่อน ความคงตัวในสารละลายโซเดียมซัลเฟต และการดูดซึมน้ำ ในลำดับสุดท้าย ได้นำมวลรวมประดิษฐ์ไปใช้เป็นมวลรวมหยาบในคอนกรีตและทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน โดยเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมซึ่งใช้หินธรรมชาติเป็นมวลรวมหยาบ

ผลการศึกษาพบว่า กำลังอัดของมวลรวมประดิษฐ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณตะกอนและอุณหภูมิในการเผาเพิ่มขึ้น มวลรวมประดิษฐ์ที่มีอัตราส่วนระหว่างตะกอนต่อดินเหนียวเท่ากับ 60:40 และเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส มีกำลังอัดสูงที่สุด คือ 490 กก./ตร.ซม. การเผาที่อุณหภูมิ 800 และ 1000 องศาเซลเซียส ทำให้มวลรวมมีกำลังอัดแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาเป็น 1200 องศาเซลเซียส มวลรวมมีกำลังอัดสูงชันอย่างมาก เมื่อปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น มวลรวมประดิษฐ์มีการดูดซึมน้ำ ความต้านทานการสึกกร่อน และความคงตัวในสารละลายโซเดียมซัลเฟตลดลง มวลรวมที่ผสมตะกอนทุกอัตราส่วนมีการดูดซึมน้ำมากกว่าหินธรรมชาติ แต่มีความต้านทานการสึกกร่อนและความคงตัวในสารละลายโซเดียมซัลเฟตต่ำกว่า คอนกรีตที่ผสมมวลรวมประดิษฐ์ที่ทำจากตะกอนน้ำประปาทุกอัตราส่วนมีกำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินธรรมชาติที่ทุกอายุการทดสอบ

ABSTRACT : The objective of this research was to study the properties of artificial aggregates made from water supply sludge. The aggregates containing various proportion between the sludge and clay, 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 and 0:100 by weight, were prepared by moulding and firing at 800, 1000, and 1200 °C with 24 hour firing time. Then compressive strength of an artificial aggregate was tested. After testing of compressive strength, some mixes were chosen to test abrasion, stability in sodium sulfate, and absorption. Finally, compressive strength of concrete containing the artificial aggregates was tested.

The results were shown that the compressive strength of the artificial aggregates increased with increasing firing temperature and amount of sludge. The aggregates with the ratio between sludge and clay of 60:40 that were fired at 1200 °C had the highest compressive strength, that was 490 ksc. The aggregate fired at 1200 °C had the highest compressive strength while the aggregate fired at 800 and 1000 °C gave similar compressive strength. When the amount of sludge increased, the water absorption,



abrasion, and stability in sodium sulfate of the aggregates decreased. Comparing with natural aggregates, the water absorption of all proportion of the artificial aggregates were higher than that of natural aggregates, while the abrasion and stability in sodium sulfate were lower. Concrete containing the artificial aggregates had more compressive strength than concrete containing natural aggregates.

KEYWORDS : Water supply sludge, Artificial aggregate, Compressive strength, Concrete.

1. บทนำ

ตะกอนน้ำประปา เป็นตะกอนดินที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำประปาซึ่งยังไม่มีนำไปใช้ประโยชน์มากนัก โดยจะถูกนำไปทิ้งหรือฝังกลบในบริเวณพื้นที่ว่างเปล่า จากการเติบโตของชุมชนอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ทำให้การหาพื้นที่ในการทิ้งตะกอนเป็นเรื่องยาก ปัญหาของตะกอนน้ำประปาจึงเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของโรงงานผลิตน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่โรงงานผลิตน้ำบางเขน กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นโรงงานผลิตน้ำที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ในแต่ละปีมีปริมาณตะกอนเกิดขึ้นสูงถึง 100,000 – 120,000 ตัน ตะกอนเหล่านี้ถูกขนใส่รถบรรทุกไปทิ้งข้างนอกโดยก่อนนำไปทิ้ง ต้องผ่านกระบวนการที่ยุ่งยากและใช้ระยะเวลาอันนานเพื่อให้ตะกอนที่อยู่ในสภาพเหลวเริ่มแห้งตัวเสียก่อน

แนวทางหนึ่งในการลดปัญหาที่เกิดจากตะกอนน้ำประปา คือการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ศึกษาการนำตะกอนจากแหล่งต่างๆ มาใช้ในทางวิศวกรรมเป็นจำนวนมาก เช่น การนำตะกอนไปใช้ในงานคอนกรีต ทั้งการนำไปแทนที่มวลรวมละเอียด [1, 2] หรือผสมเพิ่มลงในคอนกรีต [3, 4] ซึ่งพบว่า การนำตะกอนมาเป็นส่วนผสมในคอนกรีต ทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งไม่เหมาะในการทำเป็นคอนกรีตของโครงสร้างรับแรง นอกจากนี้ ยังมีการนำตะกอนมาทำเป็นวัสดุก่อสร้างที่ต้องผ่านการเผา เช่น อิฐมอญ [5] อิฐปูทางเท้า [6] หรือมวลรวมหยาบมวลเบา [7] เป็นต้น ซึ่งพบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ เพราะวัสดุที่ได้มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยเฉพาะทางด้านกำลัง

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำตะกอนน้ำประปามาทำเป็นมวลรวมหยาบ โดยนำมาผสมกับดินเหนียวและเผาที่อุณหภูมิต่างๆ แล้วทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ทั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางนำตะกอนน้ำประปามาใช้ให้เกิดประโยชน์ และทำมวลรวมประคิษฐ์ทดแทนหินธรรมชาติที่ได้จากการระเบิดภูเขา ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. วัสดุและการทดสอบ

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

วัสดุที่ใช้ แยกเป็นวัสดุที่ใช้ทำมวลรวมประคิษฐ์และวัสดุส่วนผสมคอนกรีต วัสดุที่ใช้ทำมวลรวมประคิษฐ์ประกอบด้วย ตะกอนน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน กรุงเทพมหานคร ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.51 นำมาตากแดดจนเริ่มหมาดแล้วนำไปอบให้แห้ง จากนั้น ทำการบดจนกระทั่งอนุภาคที่จับกันเป็นก้อนแยกตัวออกจากกัน ดินเหนียวจากโรงงานผลิตอิฐมอญในท้องถิ่น ซึ่งเป็นดินเหนียวที่ใช้ในการทำอิฐมอญ ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.64 ทำการเตรียมเช่นเดียวกับตะกอนน้ำประปา สำหรับวัสดุที่เป็นส่วนผสมในคอนกรีตประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราชมอเตอร์ที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และหินปูนย่อย นำมาล้างให้สะอาดและตากให้แห้ง นอกจากนี้ ยังมีน้ำที่ใช้ทำทั้งมวลรวมประคิษฐ์และใช้ผสมคอนกรีตซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้น้ำประปา

การกระจายขนาดอนุภาคของตะกอนน้ำประปาและดินเหนียวแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าตะกอนน้ำประปามีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยใหญ่กว่าดินเหนียว ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนน้ำประปา ซึ่งประกอบด้วยออกไซด์ของซิลิกาและอลูมินาเป็นส่วนใหญ่

ตารางที่ 1 การกระจายขนาดอนุภาคของดินเหนียวและตะกอนน้ำประปา

ขนาดอนุภาค	ร้อยละโดยน้ำหนัก	
	ตะกอนน้ำประปา	ดินเหนียว
เล็กกว่า 1 μm	2.50	4.93
1 – 10 μm	26.9	36.67
10 – 100 μm	31.7	54.7
100 – 1000 μm	38.9	3.7

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีในรูปออกไซด์ของตะกอนน้ำประปา

สารประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
SiO ₂	52.65
Al ₂ O ₃	22.82
Fe ₂ O ₃	6.94
TiO ₂	0.74
CaO	0.81
MgO	1.27
K ₂ O	2.12
Na ₂ O	0.33
LOI	11.42

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก) ของบล็อกประสาน

ส่วนผสม	อัตราส่วนวัสดุโดยน้ำหนัก	
	ตะกอน	ดินเหนียว
S100	100	0
S80	80	20
S60	60	40
S40	40	60
S20	20	80
S0	0	100

2.2 การทำมวลรวมประคิษฐ์

วัสดุผสมในมวลรวมประคิษฐ์ประกอบด้วยตะกอนน้ำประปา ดินเหนียว และน้ำ ส่วนผสมของมวลรวมประคิษฐ์ที่ใช้สำหรับทดสอบกำลังอัดมีทั้งหมด 6 ส่วนผสม ดังแสดงในตารางที่ 3 ขั้นตอนการทำมวลรวมประคิษฐ์เริ่มจากการ โดยผสมตะกอนน้ำประปา ดินเหนียว และน้ำด้วยเครื่องผสมมอร์ตาร์จนเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้ น้ำในปริมาณที่ทำให้ส่วนผสมสามารถปั้นเป็นก้อนได้พอดี ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 25 โดยน้ำหนักของดิน จากนั้น นำส่วนผสมไปใส่ลงในแบบขนาด 5 x 5 x 5 ซม.³ โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น ในแต่ละชั้นกระทุ้งด้วยแท่งเหล็ก 32 ครั้ง และ ปาดหน้าให้เรียบเสมopakแบบในชั้นสุดท้าย จากนั้น ทำการแกะออกจากแบบแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น ในลำดับสุดท้าย จึงนำไปเผาที่อุณหภูมิ 800, 1000 และ 1200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก็จะได้มวลรวมประคิษฐ์สำหรับทดสอบกำลังอัดดังรูปที่ 1

สำหรับมวลรวมประคิษฐ์ที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติอื่นๆ จะทำเป็นก้อนให้คล้ายกับหินธรรมชาติโดยการคลึงส่วนผสมให้เป็นเส้น แล้วตัดเป็นท่อนให้มีความยาวใกล้เคียงกัน ในแต่ละท่อนใช้มือบีบ 3 ครั้ง จากนั้นนำไปอบและเผาตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น จะได้มวลรวมประคิษฐ์ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 มวลรวมประคิษฐ์ทรงลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 ซม.³ สำหรับทดสอบกำลังอัด



รูปที่ 2 มวลรวมประคิษฐ์ที่ปั้นด้วยมือสำหรับทดสอบความต้านทานการสึกกร่อน ความคงตัว และการดูดซึมน้ำ

2.3 การทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดใช้มวลรวมทรงลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 ซม.³ ดังรูปที่ 1 ส่วนการทดสอบอื่นๆ ใช้มวลรวมที่ปั้นเป็นก้อนดังรูปที่ 2 การทดสอบความต้านทานการสึกกร่อนใช้วิธีทดสอบแองเจลิส โดยใช้มวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 12 ไปทดสอบในเครื่องทดสอบที่มีลูกเหล็กตกกระทบมวลรวม จากนั้น นำออกมาร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 12 นำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 12 ไปชั่งน้ำหนัก ความต้านทานการสึกกร่อนหาได้จาก



$$\text{ร้อยละการสูญเสีย} = 100 \times (A-B)/A \quad (1)$$

เมื่อ A คือน้ำหนักมวลรวมทั้งหมดก่อนทดสอบ และ B คือน้ำหนักมวลรวมหลังการทดสอบที่ล้างตะแกรงเบอร์ 12

การทดสอบความคงตัวในที่นี้ เป็นการทดสอบความคงตัวของมวลรวมในสารละลายโซเดียมซัลเฟต ทำได้โดยแช่มวลรวมในสารละลายโซเดียมซัลเฟตเป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำออกมาอบให้แห้งแล้วแช่น้ำไปแช่อีก ทำจนครบ 5 รอบ แล้วชั่งน้ำหนักแห้งของมวลรวม ความคงตัวพิจารณาได้จากการสูญเสียน้ำหนักของมวลรวมหลังแช่สารละลายต่อน้ำหนักของมวลรวมก่อนแช่สารละลาย

ส่วนการดูดซึมน้ำทำได้โดยนำมวลรวมไปแช่น้ำ แล้วนำขึ้นมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนัก แล้วทำการคำนวณร้อยละการดูดซึมน้ำจาก

$$\text{การดูดซึมน้ำ} = (B-A) \times 100/A \quad (2)$$

เมื่อ A คือน้ำหนักของอบแห้งของมวลรวม และ B คือน้ำหนักของมวลรวมหลังจากแช่น้ำ

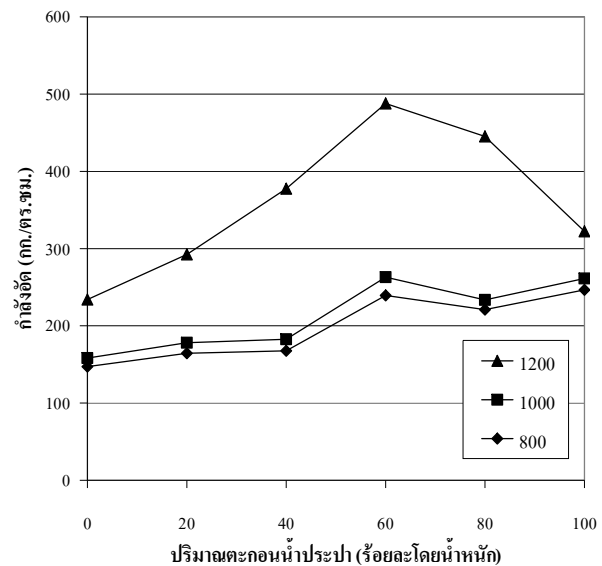
สำหรับการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ที่ใช้มวลรวมประคิษฐ์เป็นมวลรวมหยาบ ได้ออกแบบคอนกรีตควบคุมให้มีกำลังอัด 250 กก./ตร.ซม. และทำการทดสอบกับก้อนตัวอย่างขนาด $10 \times 10 \times 10$ ซม.³ ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน

2.4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

2.4.1 กำลังอัดของมวลรวมประคิษฐ์

ผลการทดสอบกำลังอัดของมวลรวมประคิษฐ์แสดงได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่าเมื่อปริมาณตะกอนและอุณหภูมิในการเผาเพิ่มขึ้น กำลังอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ส่วนผสมที่มีปริมาณตะกอนร้อยละ 60 และเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส มีกำลังอัดสูงสุด คือ 490 กก./ตร.ซม. สำหรับการเผาที่อุณหภูมิ 800 และ 1000 องศาเซลเซียส ส่วนผสมที่มีกำลังอัดสูงสุดคือ ส่วนผสมที่มีปริมาณตะกอนร้อยละ 100 และร้อยละ 60 ตามลำดับ ซึ่งมีกำลังอัด 250 และ 260 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ การเผาที่อุณหภูมิ 800 และ 1000 องศาเซลเซียส ทำให้อายุการมีกำลังอัดแตกต่างกันไม่มาก แต่เมื่อเผาที่อุณหภูมิเป็น 1200 องศาเซลเซียส มวลรวมจะมีกำลังอัดสูงขึ้นอย่างมาก มวลรวมประคิษฐ์ที่มีตะกอนอยู่ระหว่างร้อยละ 60 – 100 เผาที่อุณหภูมิ 800 และ 1000

องศาเซลเซียส และมวลรวมประคิษฐ์ที่มีตะกอนทุกอัตราส่วน เผาที่ 1200 องศาเซลเซียส มีกำลังอัดเกิน 200 กก./ตร.ซม. ซึ่งเพียงพอต่อกำลังของคอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป



รูปที่ 3 กำลังอัดของมวลรวมประคิษฐ์เมื่อเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

2.4.2 ความต้านทานการสึกกร่อน ความคงตัว และการดูดซึมน้ำของมวลรวมประคิษฐ์

หลังจากได้ผลของกำลังอัดแล้ว ได้คัดเลือกส่วนผสมที่มีกำลังอัดสูงได้แก่ ส่วนผสมที่มีปริมาณตะกอนตั้งแต่ร้อยละ 40 ถึง 100 นั่นคือ S40, S60, S80 และ S100 และเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ไปทำการทดสอบความต้านทานการสึกกร่อน ความคงตัวในสารละลายโซเดียมซัลเฟต และการดูดซึมน้ำ โดยเปรียบเทียบกับหินธรรมชาติ (NA) ซึ่งใช้หินปูนย่อย ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของมวลรวมประคิษฐ์

ส่วนผสม	ความถ่วงจำเพาะ	ร้อยละการสึกกร่อน	ร้อยละการสูญเสีย น้ำหนัก	ร้อยละการดูดซึมน้ำ
S100	2.31	33.56	4.93	2.46
S80	2.28	29.76	4.28	2.62
S60	2.24	26.24	3.44	3.43
S40	2.21	24.54	2.68	5.07
NA	2.70	22.04	1.50	1.41

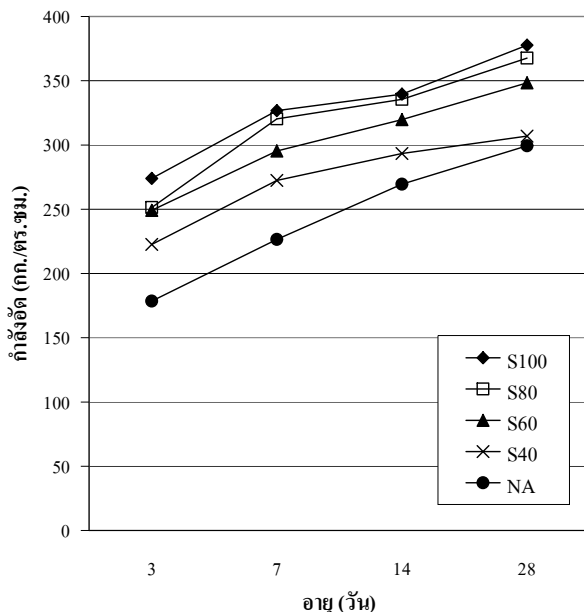
จากตารางที่ 3 เห็นได้ว่าเมื่อปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น ความถ่วงจำเพาะ การสึกกร่อน และการสูญเสียน้ำหนักจากการแช่ใน



สารละลายโซเดียมซัลเฟตมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่การดูดซึมน้ำมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับหินธรรมชาติพบว่า มวลรวมประติษฐ์ทุกส่วนผสมมีการสึกกร่อน การสูญเสียน้ำหนักจากการแช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต และการดูดซึมน้ำมากกว่าหินธรรมชาติ แต่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า ส่วนผสมที่มีตะกอนร้อยละ 40 มีการสึกกร่อนและการสูญเสียน้ำหนักจากการแช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตน้อยที่สุด แต่มีการดูดซึมน้ำสูงที่สุด

2.4.3 กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมประติษฐ์เป็นมวลรวมหยาบ

กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมประติษฐ์เป็นมวลรวมหยาบที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมประติษฐ์เป็นมวลรวมหยาบที่อายุต่างๆ

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่า เมื่ออัตราส่วนของตะกอนในมวลรวมประติษฐ์เพิ่มขึ้น กำลังของคอนกรีตจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยคอนกรีตที่ใช้มวลรวมประติษฐ์ที่มีอัตราส่วนตะกอนร้อยละ 100 มีกำลังสูงสุด โดยมีกำลังอัดที่อายุ 28 เท่ากับ 377.64 กค./ตร.ซม. กำลังอัดของคอนกรีตทุกส่วนผสมมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ และทุกส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมประติษฐ์มีกำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินธรรมชาติ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากมวลรวมประติษฐ์สามารถยึดเหนี่ยวกับซีเมนต์เพสต์ได้ดีกว่าหินธรรมชาติ

จากผลการทดสอบทั้งหมดเห็นได้ว่า กำลังอัดของมวลรวมประติษฐ์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และคอนกรีตที่ใช้มวลรวมประติษฐ์เป็นมวลรวมหยาบมีกำลังอัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และสูงกว่าคอนกรีต

ที่ใช้หินธรรมชาติเป็นมวลรวมหยาบ ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะกำลังอัดแล้ว อาจกล่าวได้ว่า มวลรวมประติษฐ์ที่ทำจากตะกอนน้ำประปาสามารถนำไปเป็นส่วนผสมในคอนกรีตสำหรับโครงสร้างต่างๆ ไปได้ นอกจากนี้ มวลรวมประติษฐ์มีสีค่อนข้างแดงซึ่งมีความสวยงามอยู่ในตัว ดังนั้น อาจนำไปประยุกต์ใช้ในงานคอนกรีตตกแต่ง เช่น นำไปเทเป็นทางเดินเท้าซึ่งจะทำให้เห็นลายของมวลรวมประติษฐ์ หรือทำเป็นแผ่นปูทางเท้าสำเร็จรูป เป็นต้น จุดเด่นอย่างหนึ่งของมวลรวมประติษฐ์คือสามารถทำให้มีขนาดเท่าใดก็ได้ ซึ่งจะสามารถจัดขนาดของมวลรวมได้ตามที่ต้องการ นอกจากนี้ ยังสามารถทำให้เป็นรูปร่างตามที่ต้องการได้

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาขึ้นเป็นการศึกษาเบื้องต้นของความเป็นไปได้ในการนำตะกอนน้ำประปามาทำเป็นมวลรวมประติษฐ์ จึงกำหนดอุณหภูมิในการเผาค่อนข้างสูง และระยะเวลาเผาก็ค่อนข้างนาน ในการศึกษาครั้งต่อไป จะทำการศึกษาในแง่ของการหาอุณหภูมิและระยะเวลาในการเผาที่เหมาะสมที่ทำให้ได้มวลรวมประติษฐ์ที่มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ในขณะที่เดียวกันก็ประหยัดพลังงานในการเผาด้วย และหาวิธีในการทำมวลรวมประติษฐ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ คุณสมบัติอื่นๆ ของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมประติษฐ์เป็นมวลรวมหยาบ โดยเฉพาะคุณสมบัติทางด้านความทนทาน ก็เป็นอีกสิ่งที่ควรศึกษาต่อไป

3. สรุป

- เมื่อปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้น กำลังอัดและความถ่วงจำเพาะของมวลรวมประติษฐ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ความต้านทานการขัดสี ความคงตัวในสารละลายโซเดียมซัลเฟต และการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มลดลง
- เมื่ออุณหภูมิในการเผาเพิ่มขึ้น มวลรวมประติษฐ์จะมีกำลังอัดสูงขึ้น โดยการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส มวลรวมประติษฐ์จะมีกำลังอัดสูงกว่าการเผาที่อุณหภูมิ 800 และ 1000 องศาเซลเซียส เป็นอย่างมาก
- เมื่อเปรียบเทียบกับหินธรรมชาติ มวลรวมประติษฐ์มีความต้านทานการขัดสี ความคงตัวในสารละลายโซเดียมซัลเฟต และความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าหินธรรมชาติ และมีการดูดซึมน้ำมากกว่า
- คอนกรีตที่ใช้มวลรวมประติษฐ์เป็นมวลรวมหยาบทุกส่วน ผสมมีกำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้หินธรรมชาติเป็นมวล



รวมหายา โดยเมื่อมวลรวมมีปริมาณตะกอนสูงขึ้น กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าเพิ่มขึ้น คอนกรีตที่ใช้มวลรวมประคิษฐ์ที่มีตะกอนในอัตราส่วนร้อยละ 100 มีกำลังอัดสูงสุด โดยที่อายุ 28 วัน มีกำลังอัดเท่ากับ 380 กก./ตร.ซม.

4. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย และให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

5. เอกสารอ้างอิง

[1] B. Ahmadi and W. Al-Khaj. 2001. Utilization of paper waste sludge in the building construction industry. Resources conservation and recycling, 32 : 105 - 113.

[2] S. Valls, A. Yague, E. Vazquez and C. Mariscal. 2004. Physical and mechanical properties of concrete with added dry sludge from a sewage treatment plant. Cement and concrete research, 34 : 2203 - 2208.

[3] A. Yague, S. Valls, E. Vazquez and F. Albareda. 2005. Durability of concrete with addition of dry sludge from waste water treatment plants. Cement and concrete research, 35 : 1064 - 1073.

[4] W.Y. Kuo, 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.

[5] C.H. Weng, D.F. Lin and P.C. Chiang. 2003. Utilization of sludge as brick materials. Advances in environmental research, 7 : 679 - 685.

[6] C.F. Lin , C.H. Wu and H.M. Ho. 2005. Recovery of municipal waste incineration bottom ash and water treatment sludge to water permeable pavement materials. Waste management, 34 : 2203 - 2208.

[7] K.J. Mun. 2007. Development and tests of lightweight aggregate using sewage sludge for nonstructural concrete. Construction and building materials, 21 : 1583 - 1588.

[8] K. Laursen, T.J. White, D.J.F. Cresswell, P.J. Wainwright and J.R. Barton. 2006. Recycling of an industrial sludge and marine clay as light-weight aggregates. Environmental management, 80 : 208 - 213.