ชื่อวิทยานิพนธ์ การผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน จังหวัดนครราชสีมา

ผู้วิจัย นางสาวรัชนี คงเมือง **รหัสนักศึกษา** 2515000830 **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร. ศริศักดิ์ สุนทรไชย (3) รองศาสตราจารย์ ดร. มัลลิกา ปัญญาคะโป **ปีการศึกษา** 2553

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษา (1) สมบัติของกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานที่ผลิตจากกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่อายุการบ่ม 28 วัน (2) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนในมวลรวมกับกำลังรับแรงอัด และร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอน (3) ชนิดและสมบัติที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์จากบล็อกประสานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ และ (4) เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนเป็นส่วนผสมกับบล็อกทั่วไปตามท้องตลาด

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยทำการศึกษาการนำกากตะกอนที่เป็นของเสียจากอุตสาหกรรมที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในสูตรที่มีอัตราการแทนที่ร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 ตามลำดับ และนำมาผสมกับดินและน้ำประปาในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยน้ำหนัก อัดขึ้นรูปบล็อกประสานขนาด 12.5 X 25 X 10 เซนติเมตร จำนวนสูตรละ 10 ก้อน ทำการบ่มที่ 28 วัน นำตัวอย่าง 5 ก้อนต่อสูตรมาทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำตาม มอก.109 และนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มผช.602/2547 มอก.57-2533 และมอก. 58-2533 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่า ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสหสัมพันธ์เพียร์สัน

จากผลการวิจัยพบว่า (1) บล็อกประสานในสูตรที่มีอัตราการแทนที่ร้อยละ 0 5 10 15 20 และ 40 นั้น ให้ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยสูงกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และมีค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.40 – 12.63 (2) ปริมาณตะกอนในมวลรวมกับกำลังรับแรงอัดมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหากมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าการรับแรงอัดลดลง และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนในมวลรวมกับร้อยละการดูดกลืนน้ำนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (3) บล็อกประสานในสูตรที่มีอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนร้อยละ 0 5 10 15 20 และ 40 นั้น เป็นไปตามมาตรฐาน มผช. 602/2547 คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก และมอก 58-2533 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักซึ่งเหมาะสำหรับก่อผนังกั้นห้องภายในอาคารที่ไม่ต้องรองรับน้ำหนักโครงสร้าง หรือก่อกำแพง ส่วนต่าง ๆ ที่ไม่ต้องรองรับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง ส่วนในอัตราการแทนที่ร้อยละ 60 นั้นไม่ผ่านมาตรฐาน จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้าง และ (4) สูตรที่มีอัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 40 เป็นอัตราส่วนสูงสุดที่สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างได้ และสามารถลดต้นทุนการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานทั่วไปได้ถึงร้อยละ 17.48

คำสำคัญ กากตะกอน กระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ บล็อกประสาน

Thesis title: A Production of Interlocking Block Made of Sludge from Brine Purification of a Rock Salt Factory in Nakhon Ratchasima Province
Researcher: Miss Ratchanee Kongmuang; **ID:** 2515000830; **Degree:** Master of Public Health (Industrial Environment Management) ; **Thesis advisors:** (1) Sudaw Lertwisuttipaiboon, Associate Professor; (2) Dr. Sarisak Soontornchai, Associate Professor (3) Dr. Mallika Panyakapo, Associate Professor; **Academic year:** 2010

Abstract

The purposes of this research were : (1) to find compressive strength and water absorption percentage of interlocking block made of sludge from brine purification and kept in 28 days; (2) to find the relation between mass sludge quantity with compressive strength and water absorption percentage of the interlocking block; (3) to identify type and appropriate property in use of the interlocking block according to the block standard ; and (4) to compare production cost between the interlocking block and general interlocking blocks in the market.

This experimental research was conducted by using sludge which was industrial waste affected to environment from brine purification of a rock salt factory replacing type I Portland cement in appropriate weight proportion of 0, 5, 10, 15, 20, 40, and 60% , repectively, by mixing them with soil and tap water to produce interlocking blocks in size of 12.5 X 25 X 10 cm., 10 pieces each. The blocks were kept for 28 days and five of them were sampled out of each proportion to test of compressive strength and water absorption percentage based on TIS (Thai Industrial Standard) 109. The sample blocks were then compared with TPCS.602/2547, TIS.57-2533, and TIS.58-2533 Data were analyzed by percentage, mean, standard deviation, and Pearson correlation.

The results of this research were that: (1) the blocks in the proportion of 0, 5, 10, 15, 20, and 40 % had average compressive strength more than 2.5 Mpa. Moreover, water absorption percentage were between 8.40 -12.63; (2) mass sludge quantity were related with compressive strength with statistical significant level at 0.05. Increasing replacementof Portland cement with the sludge resulted in decreasing compressive strength and relationship between mass sludge quantity and water absorption percentage were not significant different; (3) the blocks in the proportion of 0, 5, 10, 15, 20, and 40 % were complied with the standard of TPCS. 602/2547 (concrete block with non weight loading) and TIS.58-2533 (concrete block with non weight loading) which was used for construct wall in the building without supporting structural weight or wall, and various parts without any loading weight apart from their own weight. . The block proportion of 60 % was not pass any standards, therefore, this proportion block was not suitable for construction; and (4) the best proportion that suitable for construction was 40%. It could reduce the production cost compared with general interlocking block up to 17.48 %.

Keywords: Sludge, Process of brine purification, Interlocking block

การผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน จังหวัดนครราชสีมา

นางสาวรัชนี คงเมือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2553

A Production of Interlocking Block Made of Sludge from Brine Purification of a Rock Salt Factory in Nakhon Ratchasima Province

Miss Ratchanee Kongmuang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Public Health in Industrial Environment Management

School of Health Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2010

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน จังหวัดนครราชสีมา

ชื่อและนามสกุล นางสาวรัชนี คงเมือง

แขนงวิชา สาธารณสุขศาสตร์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์

2. รองศาสตราจารย์ ดร. ศริศักดิ์ สุนทรไชย

3. รองศาสตราจารย์ ดร. มัลลิกา ปัญญาคะโป

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 20 เมษายน 2554

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.กิตต์สิริ แก้วพิพัฒน์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศริศักดิ์ สุนทรไชย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มัลลิกา ปัญญาคะโป)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุจินต์ วิศวธีรานนท์)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์ รองศาสตราจารย์ ดร. ศริศักดิ์ สุนทรไชย และรองศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา ปัญญาคะโป ที่ท่านกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และแก้ไขข้อบกพร่อง จนรายงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ ขอบคุณเจ้าหน้าที่และเพื่อนนักศึกษาที่ให้การช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้อง ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงงาน บริษัทเกลือพิมาย จำกัด คุณอรุณ อินเจริญศักดิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนข้อมูล ให้คำปรึกษา สนับสนุนงบประมาณ ในการศึกษาครั้งนี้ ขอบคุณเจ้าหน้าที่ และพนักงานของบริษัท ฯ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคุณเขมชาติ แคพิมาย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่โรงผลิตบล็อกประสาน และอนุเคราะห์ข้อมูล และให้ความรู้ ข้อเสนอแนะในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคุณสมทรง อัครไกรสีห์ วิศวกรผู้ควบคุมการทดสอบ และคณะทำงานสาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้ข้อมูลและให้คำปรึกษา รวมถึงควบคุมการทดสอบจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณประโยชน์ที่พึงมีจากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอกราบบูชาบุพการี บูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประศาสตร์วิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย และหากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัย ขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านบ้างไม่มากก็น้อย

รัชนี คงเมือง

เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 3
ขอบเขตการวิจัย 3
กรอบแนวคิดในการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 7
การผลิตเกลือ 7
กากตะกอน 10
ปูนซีเมนต์ 11
ความรู้เกี่ยวกับบล็อกประสาน 15
การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ 15
ขั้นตอนการผลิตบล็อกประสาน 28
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 31
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 42
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 44
คุณสมบัติของกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ 44
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 44
วัสดุที่ใช้ในการทดลอง 46
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 46
สถานที่ในการทดลอง 47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การดำเนินการทดลอง 47
การวิเคราะห์ข้อมูล 57
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 58
ผลการวิเคราะห์หาโลหะหนักในกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ 58
ผลการศึกษากำลังรับแรงอัดและค่าการดูดกลืนน้ำ 59
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ร้อยละการดูดกลืนน้ำกับปริมาณกาก
ตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ในมวลรวม 75
การจำแนกเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ 76
ต้นทุนการผลิตบล็อกประสาน 77
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 80
สรุปการวิจัย 80
อภิปรายผล 83
ข้อเสนอแนะ 85
บรรณานุกรม 87
ภาคผนวก 91
ก รายงานผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ 92
ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 103
ค มาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบและมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 106
ประวัติผู้วิจัย 140

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของดินที่เหมาะสมในการผลิตดินซีเมนต์ 16
ตารางที่ 2.2 ขนาดและส่วนผสมของดินที่เหมาะในการนำมาผลิตดินซีเมนต์ 17
ตารางที่ 2.3 สารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 21
ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของน้ำที่ยอมรับได้สำหรับใช้ในงานคอนกรีต 25
ตารางที่ 2.5 การดูดกลืนน้ำ 32
ตารางที่ 2.6 กำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำตามมาตรฐานคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก 35
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง 45
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ 58
ตารางที่ 4.2 การจำแนกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์เพื่อการนำมาใช้ประโยชน์ 76
ตารางที่ 4.3 น้ำหนักส่วนผสมของบล็อกประสานแต่ละก้อน 77
ตารางที่ 4.4 สรุปค่าใช้จ่ายในการผลิตบล็อกประสานเปรียบเทียบแบบใช้เครื่องอัดแบบแรงงานคน 78
ตารางที่ 4.5 สรุปค่าใช้จ่ายในการผลิตบล็อกประสานเปรียบเทียบแบบใช้เครื่องอัดแบบไฮดรอลิค 79

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการศึกษาการใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์เป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกประสาน 4
ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตเหมืองแร่เกลือหินโดยวิธีทำเหมืองละลาย 9
ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์ 14
ภาพที่ 2.3 การกระจายตัวของดิน 20
ภาพที่ 2.4 ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาในคอนกรีตของสารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 22
ภาพที่ 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง กากตะกอนจากการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ 46
ภาพที่ 3.2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ 48
ภาพที่ 3.3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ 49
ภาพที่ 3.4 การบดร่อนดินจากนิคมพัฒนาผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกประสาน 50
ภาพที่ 3.5 การร่อนกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์เพื่อแยกเอาเศษวัสดุอื่นที่ปะปนออกก่อนทำการผสม 51
ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการผสม ก่อนนำมาขึ้นรูปอัดบล็อกประสานโดยใช้เครื่องโม่ผสม 52
ภาพที่ 3.7 การขึ้นรูปอัดบล็อกประสานโดยใช้เครื่องอัดแบบใช้แรงคน 52
ภาพที่ 3.8 การบ่มบล็อกประสานโดยบ่มในโรงผลิตป้องกันการสัมผัสแสงแดดและลมโดยตรง 53
ภาพที่ 3.9 การทดสอบกำลังรับแรงอัด 55
ภาพที่ 3.10 การชั่งน้ำหนักบล็อกประสานเพื่อหาค่าการดูดกลืนน้ำ 56
ภาพที่ 4.1 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 0 59
ภาพที่ 4.2 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 5 60
ภาพที่ 4.3 กำลังรับรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 10 61
ภาพที่ 4.4 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 15 ที่อายุการบ่ม 28 วัน 62

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.5 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 20 63
ภาพที่ 4.6 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 40 64
ภาพที่ 4.7 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 60 65
ภาพที่ 4.8 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของบล็อกประสานที่อาบุการบ่ม 28 วัน 66
ภาพที่ 4.9 ร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 0 67
ภาพที่ 4.10 ร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 5 68
ภาพที่ 4.11 ร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 10 69
ภาพที่ 4.12 ร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 15 70
ภาพที่ 4.13 ร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 20 71
ภาพที่ 4.14 ร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 40 72
ภาพที่ 4.15 ร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนกากตะกอนร้อยละ 60 73
ภาพที่ 4.16 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของบล็อกประสานในแต่ละ
อัตราส่วนผสม 74

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความเจริญทางเศรษฐกิจมักมาพร้อมกับการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งก็เป็นดัชนีชี้วัดตัวหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าสภาวะเศรษฐกิจและสังคมของชุมชนนั้นดีขึ้น แต่ในความเจริญด้านเศรษฐกิจและสังคมนั้น ก็แฝงไปด้วยความเสื่อมโทรมในด้านอื่น ๆ ที่ตามมาเช่นกัน อาทิเช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาสุขอนามัยของชุมชน และโดยเฉพาะปัญหาการจัดการกากของเสีย หรือสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ที่เกิดจากกิจกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ๆ หากขาดการบริหารจัดการที่ดีพอล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อชุมชนในพื้นที่ทั้งทางตรงและทางอ้อมทั้งสิ้น ดังจะเห็นได้จากสถิติการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะอุตสาหกรรมประเภทอันตราย มีปริมาณ 3.5 ล้านตัน/ปี และขยะอุตสาหกรรมประเภทไม่อันตรายมีปริมาณ 23.5 ล้านตัน/ปี ซึ่งเป็นสถิติที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปี ถึงร้อยละ 5 (ประชาชาติธุรกิจ 2553: 6) นับว่าเป็นสถิติที่ค่อนข้างสูง และจากปัญหาดังกล่าวจะเห็นว่าเป็นปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมที่ยากจะหาทางแก้ไข หากเราสามารถนำกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรมเหล่านั้นนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งก็จะเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในภาคอุตสาหกรรมที่กำลังประสบปัญหาอยู่ได้ไม่น้อย เช่นเดียวกับโรงงานอุตสาหกรรมเหมืองแร่เกลือหิน ในเขตพื้นที่อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีกำลังการผลิตเฉลี่ยสูงถึง 1.5 ล้านตัน/ปี และเป็นโรงงานผลิตเกลือเพียงแห่งเดียวในประเทศไทยที่มีการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการทำเหมืองละลาย (Solution Mining for Salt) และ การใช้เครื่องระเหย (Evaporator) ซึ่งในขั้นตอนการสูบอัดน้ำจืดลงไปละลายชั้นเกลือหินใต้ดิน ที่ระดับความลึกประมาณ 200 เมตร จะได้น้ำเกลือเข้มข้นก่อนถูกสูบขึ้นมา เพื่อเข้าสู่กระบวนการทำให้น้ำเกลือบริสุทธิ์ (Purified Brine) และในขั้นตอนการทำน้ำเกลือบริสุทธิ์นั้นทำให้เกิดกากตะกอนจากกระบวนการนี้เป็นจำนวนมาก ซึ่งในแต่ละปีนั้นพบว่ามีปริมาณเฉลี่ยสูงถึงปีละ 10,000 – 12,000 ตันต่อปี (บริษัทเกลือพิมาย จำกัด 2553 : 5-74) และพบว่า ณ ปัจจุบันนี้ยังไม่ได้มีการนำกากตะกอนเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ เมื่อศึกษาคุณสมบัติของตะกอนแล้วพบว่ามีส่วนผสมของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และแคลเซียมซัลเฟต($CaSO_4$) ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักที่สำคัญในปูนซีเมนต์

จากข้อมูลการศึกษาของนัฐวุฒิ ทิพย์โยธา และคณะ (2549) ซึ่งได้ทำการทดลองใช้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตในการผลิตคอนกรีตมวลเบา พบว่าหน่วยน้ำหนักและกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่อายุ 28 วัน ส่วนผสมที่ดีที่สุดของ ปูนซีเมนต์ : แคลเซียมคาร์บอเนต : โซเดียมไฮดรอกไซด์ : สารลดน้ำพิเศษ เท่ากับ 35 : 40 : 25 : 2 ซึ่งสามารถรับกำลังอัดได้สูงสุดเท่ากับ 47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 1,170 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากผลการวิจัยดังกล่าว พบว่าแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถใช้ในงานคอนกรีตได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่า หากมีการนำเอาตะกอนดังกล่าว ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือธาตุแคลเซียม ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตปูนซีเมนต์ และเมื่อนำมาผสมกับดินหรือทราย ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุอะลูมิเนียม เหล็ก และซิลิกอนแล้วนั้น จะมีคุณสมบัติที่คล้ายปูนซีเมนต์ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบแคลเซียมซิลิเกต แคลเซียมอะลูมิเนตและแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์ และหากสามารถนำมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกประสานได้จริง จะส่งผลดีต่อระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงาน จึงได้ทำการศึกษาในอัตราการแทนที่ร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 ตามลำดับ เพื่อประยุกต์ใช้สำหรับผลิตบล็อกประสาน ซึ่งเป็นบล็อกที่ได้รับการส่งเสริมและพัฒนาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เทคโนโลยีบล็อกประสาน โดยเป็นบล็อกที่เน้นในการใช้วัสดุในท้องถิ่น มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเป็นวัสดุทดแทนในงานก่อสร้าง ซึ่งมีความจำเป็นและเป็นที่ต้องการของตลาดอย่างมาก อันจะเห็นได้จากในสภาวะปัจจุบันประเทศไทยมีประชากรเป็นจำนวนมากและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการด้านปัจจัย 4 เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งอาหาร ยารักษาโรค เครื่องนุ่งห่ม และที่อยู่อาศัย ซึ่งความต้องการที่อยู่อาศัยนั้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลสถิติความต้องการปลูกสร้างที่อยู่อาศัยในปี พ.ศ. 2551 มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 50 ส่วนที่ ต้องการปลูกสร้างบ้านภายในครึ่งปีแรก ของปี 2552 มีสูงถึงร้อยละ 25 และเมื่อนำไป เปรียบเทียบกับผลการสำรวจในปีที่ผ่านมาในช่วงเดียวกันเท่ากับร้อยละ 67 สะท้อนว่าความต้องการสร้างบ้านในปี 2551-2552 เพิ่มสูงขึ้น โดยคาดว่าส่วนหนึ่งน่าจะมาจากสถานการณ์ราคาวัสดุที่ปรับเพิ่มขึ้น จึงกลายเป็นตัวเร่งให้ ผู้บริโภคตัดสินใจในการปลูกสร้างบ้าน (Home Builder Focus 2551) ซึ่งในการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ณ ปัจจุบันนี้ นิยมใช้คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุในการก่อสร้าง และตัวแปรที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้วัสดุประเภทคอนกรีตบล็อกมีราคาสูงคือต้นทุนจากปูนซีเมนต์

ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าหากสามารถนำกากตะกอนมาใช้ผลิตบล็อกประสานโดยใช้เป็นส่วนผสมทดแทนปูนซีเมนต์ได้จริงจะสามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้ และยังสามารถช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในการจัดการกากของเสียจากอุตสาหกรรมได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสมบัติของกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานที่ผลิตจากกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน

2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกากตะกอนในมวลรวมกับกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

2.3 เพื่อศึกษาชนิดและคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ จากบล็อกประสานตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์

2.4 เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนเป็นส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์กับบล็อกประสานทั่วไปตามท้องตลาด

3. ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยกระทำภายใต้ขอบเขตของการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 ขนาดของบล็อกประสานที่ใช้ในการทดสอบ คือ $12.5 \times 25 \times 10$ เซนติเมตร

3.2 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

3.3 ใช้อัตราส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ : ดิน เท่ากับ 1 : 7

3.4 ปริมาณกากตะกอนที่ใช้ในการผสมเพื่อผลิตบล็อกประสาน ที่ร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 โดยเทียบแทนที่ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ จำนวนชิ้นตัวอย่าง 5 ชิ้นต่อปริมาณกากตะกอนในแต่ละอัตราส่วน รวมจำนวนชิ้นตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับ 35 ชิ้น

3.5 ตัวแปรที่ศึกษา

3.5.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ อัตราส่วนผสมกากตะกอน จำนวน 7 อัตราส่วนผสม

3.5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อกประสานผสมกากตะกอน

1) กำลังรับแรงอัด
2) ร้อยละการดูดกลืนน้ำ

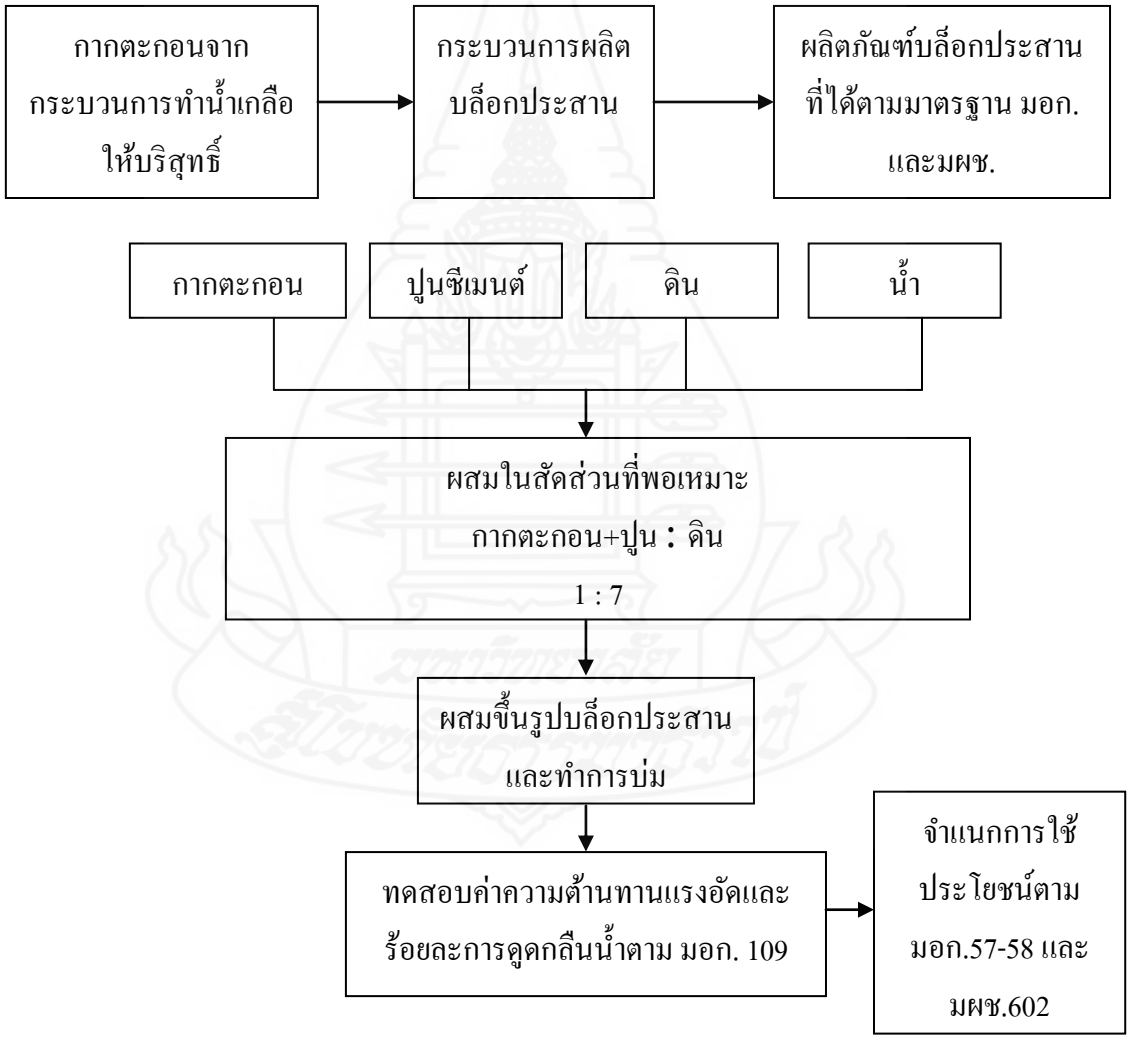
3.5.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่ สัดส่วนดินผสม น้ำใช้สำหรับผสมคอนกรีต ระยะเวลาในการผสม วิธีการบ่ม ระยะเวลาในการบ่ม

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

3.6.1 โรงผลิตบล็อกประสานสวนประเสริฐเมืองทอง ซึ่งเป็นโรงงานผลิตบล็อกประสาน โดยได้รับการส่งเสริมจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และผลิตเพื่อจำหน่ายในเขตพื้นที่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา

3.6.2 ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำ ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา

4. กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการศึกษาการใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์เป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกประสาน

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 บล็อกประสาน (Interlocking Block) หมายถึง ก้อนคอนกรีตบล็อกที่ได้จากการนำกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นผงแคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมซัลเฟตมาผสมกับปูนซีเมนต์ ดิน และน้ำในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อผลิตขึ้นรูปเป็นบล็อกประสาน

5.2 ประสิทธิภาพของบล็อกประสาน คือ ความสามารถของบล็อกประสานที่ได้จากการนำกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหินมาขึ้นรูปตามแบบพิมพ์ที่กำหนด และนำมาทำการทดสอบด้านความต้านทานแรงอัด และร้อยละการดูดกลืนน้ำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

5.3 ปูนซีเมนต์ (Portland cement Type I) หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ตราช้าง ผลิตโดยบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด

5.4 กากตะกอน (Sludge) หมายถึง กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน โดยในกระบวนการนี้จะมีการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เพื่อไปกำจัดอนุมูลของแคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟตในน้ำเกลือที่ได้จากการละลายแร่เกลือหินจากชั้นใต้ดินที่ระดับความลึกประมาณ 200 เมตร และหลังจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วจะตกตะกอนเป็นกากตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ดังสมการ

$$Mg^{2+} + 2NaOH \longrightarrow 2Na^{+} + Mg(OH)_2\,(s)$$

$$Ca^{2+} + Na_2CO_3 \longrightarrow 2Na^{+} + CaCO_3(s)$$

$$SO_4^{2-} + CaCl_2 \longrightarrow 2Cl + CaSO_4(s)$$

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 สามารถลดปริมาณกากของเสียจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์โดยการนำกลับมาใช้ใหม่

6.2 สามารถลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกประสานได้ และยังเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

6.3 ผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการวิจัยและพัฒนาการผลิตบล็อกประสาน เพื่อพัฒนาให้ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

6.4 อาจใช้เป็นวัสดุทดแทนในงานก่อสร้างได้ ทำให้ลดปริมาณการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรธรรมชาติแบบสิ้นเปลือง

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการนำกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์มาใช้ผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกประสาน และทำการทดสอบคุณสมบัติของบล็อกประสานในด้านกำลังต้านทานแรงอัด และร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานที่ได้เปรียบเทียบกับบล็อกประสานทั่วไปที่มีวางขายตามท้องตลาด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยได้ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา วารสาร ข้อมูลแนวคิด และทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจำแนกตามหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) การผลิตเกลือ
2) กากตะกอน
3) ปูนซีเมนต์
4) ความรู้เกี่ยวกับบล็อกประสาน
5) การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ
6) ขั้นตอนการผลิตบล็อกประสาน
7) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
8) วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. การผลิตเกลือ

ในปัจจุบันนี้การผลิตเกลือภายในประเทศ เพื่ออุตสาหกรรมและบริโภค มีอยู่ 3 ประเภท คือ

1.1 การทำเกลือสมุทร พบในแถบภาคกลางบริเวณริมฝั่งทะเลของอ่าวไทย ตั้งแต่จังหวัดสมุทรสงคราม สมุทรสาคร ชลบุรี ลงไปจนถึงเพชรบุรี

1.2 การทำเหมืองเกลือสินเธาว์ โดยการสูบน้ำเกลือธรรมชาติจากใต้ดินขึ้นมาตากหรือต้ม ซึ่งมีอยู่ในจังหวัดต่าง ๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา มหาสารคาม สกลนคร อุดรธานี และหนองคาย หรือเรียกว่า เกลือบาดาล ซึ่งเป็นเกลือที่พบในระดับความลึกประมาณ 5- 30 เมตรจากชั้นผิวดิน และในกระบวนการผลิตเกลือจากน้ำเกลือบาดาลนี้ ทำได้โดยขุด

หรือเจาะลงไปใต้ดินและสูบน้ำเกลือขึ้นมา แล้วนำน้ำเกลือที่ได้ไปต้มในกระทะเหล็กใบใหญ่เพื่อระเหยน้ำออกให้เกลือตกผลึก หรืออาจใช้วิธีการตาก ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก เพราะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในเรื่องเชื้อเพลิง และการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้น้ำระเหยไป จะได้เกลือตกผลึกออกมา วิธีนี้เรียกว่า การทำนาตากโดยสูบน้ำจากบ่อเกลือบาดาลมาใส่ในนาตาก ซึ่งทำเป็นลานดินหรือลานซีเมนต์

1.3 การทำเหมืองแร่เกลือหิน โดยวิธีเหมืองละลายแร่ ซึ่งมีอยู่ 2 แห่งในจังหวัดนครราชสีมา ภายใต้กฎหมายว่าด้วยแร่ โดยการทำเหมืองแร่เกลือหินของบริษัท เกลือพิมาย จำกัด ซึ่งเป็นหนึ่งในสองของผู้ประกอบการดังกล่าว และเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดของประเทศ ซึ่งเป็นเกลือที่พบในชั้นใต้ดินมีลักษณะเป็นชั้นหินเกลือที่ระดับความลึกประมาณ 200 เมตร มีความบริสุทธิ์มากกว่าเกลือบาดาล ซึ่งวิธีการทำเหมืองแร่เกลือหินโดยวิธีการอัดน้ำจืดเพื่อลงไปละลายแร่เกลือหินนั้นเรียกว่าการทำเหมืองละลาย (Solution Mining) ซึ่งอาศัยเทคโนโลยีชั้นสูงในการผลิต โดยมีกรรมวิธีการผลิต ดังนี้

1.3.1 การละลายแร่ เป็นการทำเหมืองเกลือโดยใช้วิธีการอัดน้ำจืดลงไปเพื่อละลายเกลือในชั้นเกลือหินที่ระดับความลึกประมาณ 200 เมตร เพื่อนำน้ำเกลือที่ได้จากการละลายเข้าสู่กระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ โดยวิธีการออกแบบจะต้องเป็นไปตามหลักวิศวกรรมขั้นสูง

1.3.2 การทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ (Brine Purification) น้ำเกลือที่ได้จากกระบวนการละลายชั้นเกลือหินจะถูกส่งมายังกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์โดยการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) กับโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เพื่อกำจัดแคลเซียมไอออนและแมกนีเซียมไอออน ดังปฏิกิริยา

$$Mg^{2+}(aq) + 2OH^{-}(aq) \longrightarrow Mg(OH)_2(s)$$

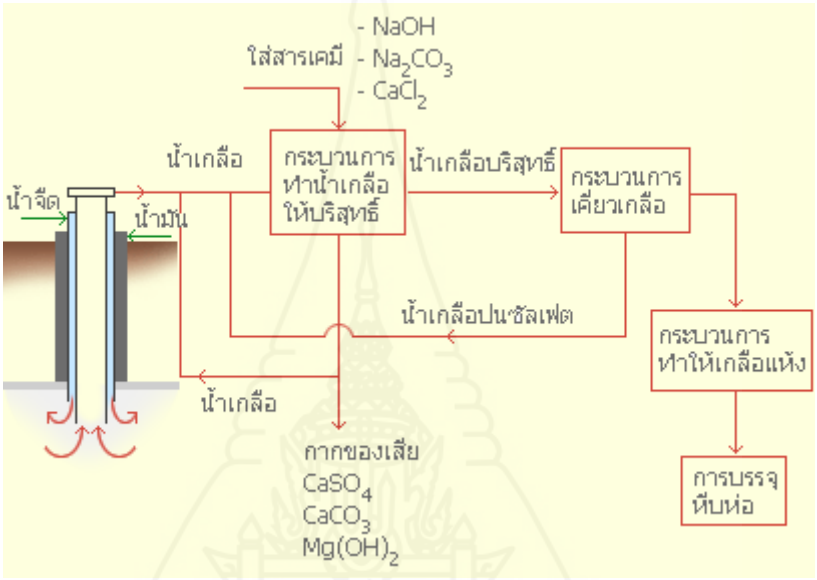
$$Ca^{2+}(aq) + CO^{2-}_{3}(aq) \longrightarrow CaCO_3(s)$$

และหลังจากทำการกรองแล้วก็จะนำสารละลายเกลือที่ได้ไปตกผลึก จนได้ผลึกโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เมื่อตกผลึกไปนานๆผลึกโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในสารละลายจะมีปริมาณลดลง แต่ในสารละลายจะยังมีโซเดียมฟอสเฟต และโซเดียมคาร์บอเนตละลายอยู่ ซึ่งเป็นเกลือที่ไม่ต้องการ เรียกสารละลายนี้ว่า น้ำขม จึงต้องกำจัดไอออนต่าง ๆ ออก โดยเติมแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ในปริมาณที่พอเหมาะลงไปจะเกิดตะกอนแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งไม่ละลายน้ำ ดังสมการ

$$Ca^{2+}(aq) + SO^{2-}_{4}(aq) \longrightarrow CaSO_4(s)$$

$$Ca^{2+}(aq) + CO^{2-}_{3}(aq) \longrightarrow CaCO_3(s)$$

สารละลายที่ได้สามารถนำไปตกผลึกเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ได้อีก กระบวนการผลิตเกลือแบบทำเหมืองละลาย (Solution Mining) แสดงได้ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตเหมืองแร่เกลือหินโดยวิธีการทำเหมืองละลาย

ที่มา : http://www.cmw.ac.th/elibrary/fileselibrary/Science/phuangphet004/sec3page1.2.htm

1.3.3 การเคี่ยวเกลือด้วยระบบสุญญากาศ จะใช้พลังงานความร้อนเข้าไปตกผลึกโดยผ่านหม้อเคี่ยวเกลือ (Evaporator) จนตกผลึกได้เกลือบริสุทธิ์ก่อนทำการเติมไอโอดีนหรืออบแห้งก่อนส่งขายไปยังท้องตลาด

จากขั้นตอนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์จะมีกากตะกอนของเสียจากกระบวนการนี้เกิดขึ้นดังนี้ กากตะกอนแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) คิดเป็นร้อยละ 99 และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) คิดเป็นร้อยละ 1 ของปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่เกิดขึ้น (บริษัท เกลือพิมาย จำกัด 2549 : 2-57)

จากการศึกษาข้อมูลผู้ทำการวิจัยเห็นว่ากากตะกอนเหล่านี้ยังไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ จึงมีความสนใจในการศึกษากากตะกอนจากกระบวนการนี้ โดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติเพื่อนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในด้านอุตสาหกรรมก่อสร้าง

2. กากตะกอน

กากตะกอนที่ได้จากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์มีสารประกอบหลัก ๆ คือ ผงแคลเซียมคาร์บอเนตและผงแคลเซียมซัลเฟตร้อยละ 99 ของปริมาณกากตะกอนทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งสารประกอบเหล่านี้มีคุณสมบัติที่สามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ได้ดังนี้

2.1 แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

หินปูนจัดอยู่ในกลุ่มของหินชั้น ซึ่งประกอบขึ้นจากแร่แคลไซต์ หรือแคลเซียมคาร์บอเนต และสารตกตะกอน หินปูนเกิดจาก การทับถมของสารอนินทรีย์และซากสิ่งมีชีวิตในท้องทะเลภายใต้ความกดดัน เช่น ปะการัง และกระดองสัตว์ เป็นต้น จากนั้นซากฟอสซิล เหล่านี้จึงตกผลึกใหม่กลายเป็นแร่แคลไซต์

ในปัจจุบันมีการใช้นำผงแคลเซียมคาร์บอเนตมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหลาย ๆ ประเภท เนื่องจากมีคุณสมบัติที่บดให้ละเอียดได้ง่าย โดยผงละเอียดของแคลเซียมคาร์บอเนต มีความเสถียรทางเคมีและไม่เป็นพิษ นอกจากนี้คุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ เช่น ความขาว (Brightness) การดูดซับน้ำมัน (Oil Absorption) ยังเอื้อประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมพลาสติกและยาง อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมการผลิตแก้ว เป็นต้น และที่สำคัญใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ และใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น การผลิตกระเบื้องหลังคา การผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปต่าง ๆ เช่น เสาเข็ม แผ่นพื้นสำเร็จรูป ผนังคอนกรีต ท่อคอนกรีต คอนกรีตมวลเบา ตลอดจนชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปขนาดใหญ่ต่าง ๆ แต่ก็ยังไม่แพร่หลายมากนักเหมือนกับการใช้เถ้าลอย เนื่องจากยังไม่ค่อยเป็นที่รู้จัก ถึงแม้ว่าราคาจะถูกกว่าปูนซีเมนต์ก็ตาม จากการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของเพสต์ มอร์ต้าร์ และคอนกรีตที่ผสมผงหินปูนหรือผลแคลเซียมคาร์บอเนต ของ กฤติยา แก้วมณี และ สมนึก ตั้งเติมสิริกุล (2549) พบว่าผงหินปูนหรือผงแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์อีกชนิดหนึ่งที่สามารถหาได้ในประเทศไทย และมีจุดเด่นแตกต่างจากเถ้าลอยอยู่หลายประการ จุดเด่นที่สำคัญคือ ทำให้การก่อตัวของคอนกรีตเร็วขึ้น กำลังในระยะต้นสูงขึ้น จึงเป็นวัสดุที่เหมาะเป็นอย่างยิ่งสำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการการก่อตัวเร็ว และเร่งกำลัง ผงหินปูนหรือผงแคลเซียมคาร์บอเนตยังสามารถปรับปรุงคุณสมบัติหลายอย่างของ คอนกรีตได้ เช่น ลดการเยิ้มน้ำ ลดการหดตัว เพิ่มความต้านทานซัลเฟตและความต้านทานกรด เป็นต้น

2.2 แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$)

ยิปซั่ม (Gypsum) หรือแก้วแกลบหรือเกลือจืด คือ แคลเซียมซัลเฟตซึ่งมีน้ำรวมอยู่ด้วย (Natural Hydrated Sulphate of Calcium) มีสูตรเคมีว่า $CaSO_4.2H_2O$ ประกอบด้วยซัลเฟอร์ไทรออกไซด์ (SO_3) ร้อยละ 46.5 แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 32.6 และน้ำ (H_2O) ร้อยละ 20.9 คุณสมบัติทางกายภาพคือ มีความแข็ง 1.5-2.5 ความถ่วงจำเพาะ 2.35 ดัชนีหักเหของแสง 1.53 ยิปซั่มที่พบมาหลายรูปแบบ แต่โดยทั่วไปพบเป็นรูปแบบเฉพาะตัวที่รู้จักกันเรียกว่า ซีลีไนต์ (Selenite) เป็นยิปซั่มที่มีรูปเป็นผลึกใส ส่วนยิปซั่มที่มีลักษณะเป็นก้อนและมีลาย เรียกว่า อะลาบาสเตอร์ (Alabaster) และยิปซั่มที่มีลักษณะเป็นเส้นใยเรียกว่า ซาตินสปาร์ (Satin Spar) ยิปซั่มที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจมักเกิดในรูปของหินยิปซั่ม (Rock Gypsum) และยิปไซต์ (Gypsite) ซึ่งประกอบด้วยยิปซั่มที่สลายตัวเป็นดิน

ยิปซั่มเป็นแร่ที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์โดยส่วนใหญ่ ร้อยละ 65 และอีกร้อยละ 5 จะใช้ในการ ผลิตแผ่นยิปซั่มบอร์ด ปูนปลาสเตอร์ คอนกรีตมวลเบา และด้านการเกษตร โดยเฉพาะในปัจจุบันนี้มีการนำมาผลิตคอนกรีตมวลเบาและวัสดุในอุตสาหกรรมก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น

3. ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานที่ได้จากการบดปูนเม็ด (Clinker) ซึ่งเกิดจากการเผาวัตถุดิบจำพวกหินปูน (Lime Stone) ดินมาร์ล (Marl) ดินเหนียว (Clay) หินดินดาน (Shale) ในสัดส่วนที่เหมาะสมอาจมีการเติมแร่เหล็กหรือยิปซั่ม ตามความจำเป็น เพื่อปรับปรุงให้มีคุณสมบัติตามต้องการ ในการผลิตปูนซีเมนต์นั้นยิปซั่มจะถูกเติมลงในปูนเม็ด ประมาณร้อยละ 3- 5 ของน้ำหนักปูน ก่อนจะนำไปบรรจุถุง โดยยิปซั่มจะเป็นตัวหน่วง (Retarder) เพื่อชะลอการแข็งตัวของปูนซีเมนต์และทำให้จับตัวกับวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ เช่น หิน กรวด ทราย ได้ดี มีกำลังอัดสูง ปูนซีเมนต์เมื่อผสมกับน้ำและวัสดุผสมอื่น ๆ จำพวกหินย่อยหรือทรายจะเกิดความแข็งแรงและมีความทนทานคล้ายหินจึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในงานก่อสร้างต่าง ๆ หรือเมื่อผสมกับน้ำ ทราย และปูนขาวจะสามารถใชเป็นปูนก่อหรือปูนฉาบที่ใช้ในงานก่ออิฐ และฉาบปูน ปูนซีเมนต์ที่ผลิตใช้มากที่สุดในปัจจุบันคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ แบ่งออกเป็น 3 ชนิดหลัก ๆ ดังนี้

3.1.1 วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของปูนขาว (Lime Component) เป็นวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate. $CaCO_3$) ซึ่งมีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 85 - 95 ตัวอย่างวัตถุเหล่านี้ตามธรรมชาติ ได้แก่ หินปูน (Limestone) ชอล์ก (Chalk) และดินขาว (Marl)

3.1.2 วัตถุดิบที่มีส่วนประกอบของดินดำ (Clay) เป็นวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบทางเคมีของซิลิคอนไดออกไซด์ (Silicon Dioxide, SiO_2) อะลูมินัมออกไซด์ (Aluminum Oxide, Al_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Ferric Oxide, Fe_2O_3) ตัวอย่างวัตถุเหล่านี้ตามธรรมชาติ ได้แก่ ดินดำ (Clay) และดินดาน (Shale)

3.1.3 วัตถุดิบปรับแต่งคุณสมบัติ (Corrective Materials) เป็นวัตถุดิบที่ใช้สำหรับเพิ่มเติมสารประกอบบางตัว ซึ่งมีไม่เพียงพอในดินดำ หรือดินดาน วัตถุดิบเหล่านี้ ได้แก่ ทราย (ในกรณีที่ต้องการซิลิคอนไดออกไซด์) แร่เหล็กหรือดินลูกรัง (ในกรณีที่ต้องการเฟอร์ริกออกไซด์) และดินอะลูมินา (ในกรณีที่ต้องการอะลูมินัมออกไซด์) เป็นต้น

3.2 กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

3.2.1 แบบเปียก (Wet Process)

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต คือ ดินขาว (Marl) และดินเหนียว (Clay) สำหรับดินขาวมีอยู่ในระดับพื้นดินหรือใต้ดินตามธรรมชาติ โดยปกติจะมีความชื้นสูง การผลิตเริ่มจากนำวัตถุดิบทั้งสองชนิดมาผสมกับน้ำในบ่อตีดิน (Wash Mill) กวนให้เข้ากัน นำไปบดให้ละเอียดในหม้อบดดิน (Slurry Mill) จนได้น้ำดิน (Slurry) แล้วกรองเอาเศษหินและส่วนที่ไม่ละลายน้ำออก เหลือแต่น้ำดินที่ละลายเข้ากันดี จากนั้นนำไปเก็บพักไว้ในยุ้งเก็บ (Silo) เพื่อตรวจสอบคุณภาพและปรับแต่งส่วนผสมให้ได้คุณภาพตามที่กำหนดน้ำดินที่มีส่วนผสมที่ถูกต้องแล้ว จะถูกนำไปรวมกันที่บ่อกวนดิน (Slurry Basin) เพื่อให้มีปริมาณเพียงพอ และกวนให้ส่วนผสมรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะนำไปเผาในหม้อเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) ความร้อนในหม้อเผาจะทำให้น้ำระเหยออกสู่บรรยากาศ เหลือแต่เม็ดดินซึ่งเมื่อให้ความร้อนต่อไปจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกลายเป็นปูนเม็ด (Clinker) ขั้นตอนการบดปูนเม็ดให้กลายเป็นปูนซีเมนต์ ทำโดยนำปูนเม็ดมาผสมกับยิปซัม (Gypsum) แล้วบดให้ละเอียดเป็นผงในหม้อบดซีเมนต์ (Cement Mill) ความละเอียดในการบดและอัตราส่วนระหว่างปูนเม็ดกับยิปซัมต้องเลือกอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ จากนั้นจะลำเลียงปูนซีเมนต์ไปเก็บไว้ในยุ้งเก็บปูนซีเมนต์ผง (Cement Silo) เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

การผลิตปูนซีเมนต์แบบเปียกนี้ไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจากต้องใช้เชื้อเพลิงปริมาณมากในการผลิตปูนเม็ด และยังมีอัตราการผลิตต่ำ ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูง

3.2.2 แบบแห้ง (Dry Process)

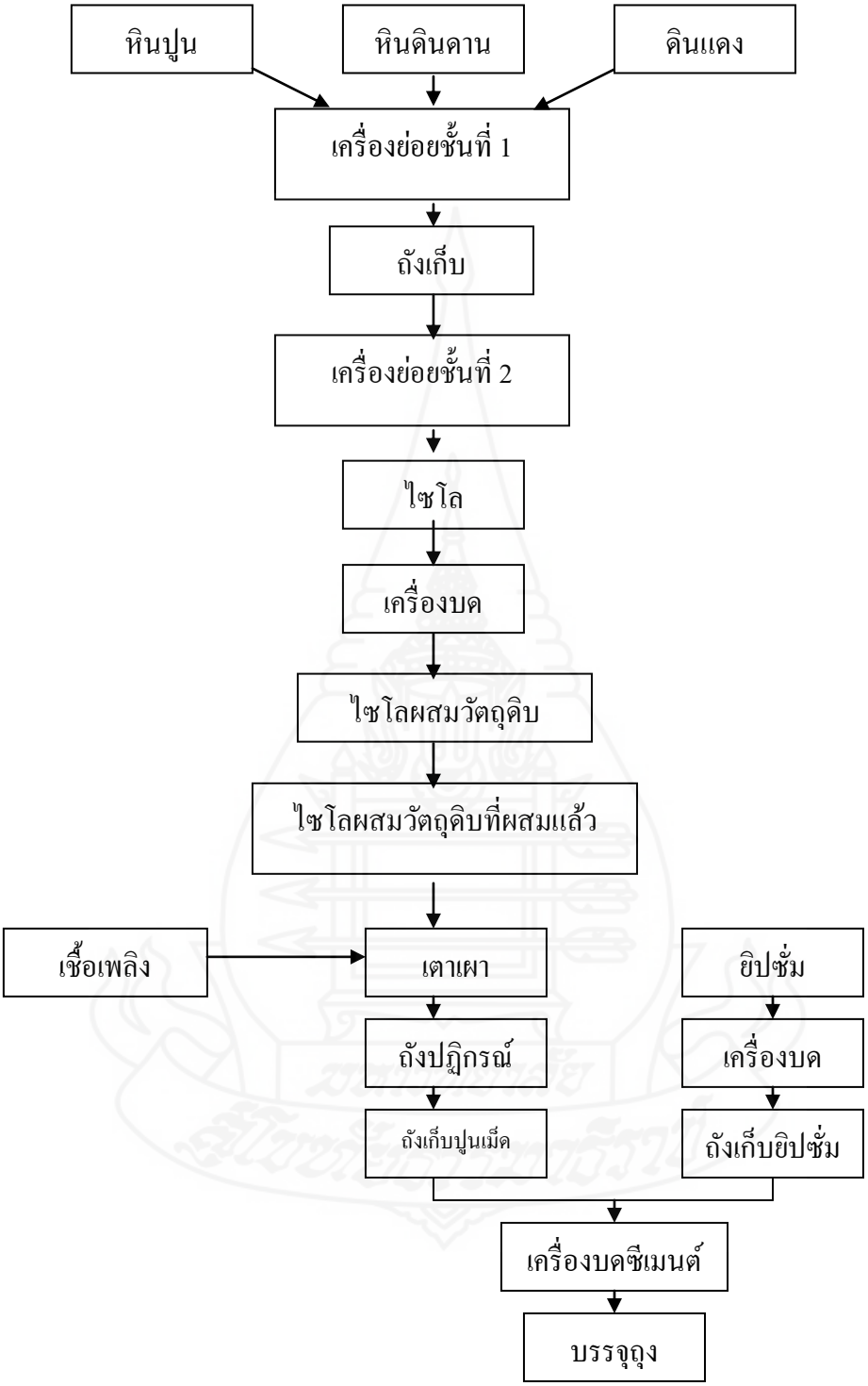
วัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตคือ หินปูน (Limestone) ซึ่งได้จากการระเบิดหินจากภูเขาหินปูน แต่หินปูนที่ได้ยังมีขนาดใหญ่ จึงต้องนำมาลดขนาดโดยเครื่องย่อย (Crusher) เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตขั้นต่อไป วัตถุดิบอื่นคือ ดินดาน (Shale) และวัตถุดิบปรับแต่งคุณสมบัติ (Corrective Materials) ซึ่งใช้เฉพาะบางตัว เพื่อให้ได้ส่วนประกอบทางเคมีตามค่ามาตรฐานที่กำหนด วัตถุดิบอื่นเหล่านี้ก็ต้องผ่านเครื่องย่อยเพื่อลดขนาดให้เหมาะสมเช่นกัน วัตถุดิบที่ผ่านการย่อยแล้วจะถูกนำมาเก็บไว้ที่กองเก็บวัตถุดิบ (Storage Yard) จากนั้นก็จะลำเลียงไปยังหม้อบดวัตถุดิบ (Raw Mill) ต่อไป

หม้อบดวัตถุดิบ (Raw Mill) มีหน้าที่บดหินปูน ดินดาน และวัตถุดิบปรับแต่งคุณสมบัติให้เป็นผงละเอียดซึ่งเรียกว่า วัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal) การควบคุมอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่หม้อบดวัตถุดิบมีความสำคัญ เนื่องจากอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมจะทำให้วัตถุดิบสำเร็จมีคุณสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมกับการเผา

หลังจากผ่านกระบวนการบดแล้ว จึงส่งวัตถุดิบสำเร็จไปยังยุ้งผสมวัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal Homogenizing Silo) เพื่อเก็บและผสมวัตถุดิบสำเร็จให้เป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนส่งไปเผาในหม้อเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) กระบวนการเผาช่วงแรกเป็น ชุดเพิ่มความร้อน (Pre Heater) จะค่อย ๆ เพิ่มความร้อนให้แก่วัตถุดิบสำเร็จ แล้วส่งวัตถุดิบสำเร็จไปเผาในหม้อเผา ซึ่งมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนถึงประมาณ 1,200 - 1,400 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีตามลำดับ จนในที่สุดกลายเป็นปูนเม็ด (Clinker) จากนั้นทำให้ปูนเม็ดเย็นลง แล้วจึงลำเลียงปูนเม็ดไปเก็บไว้ที่ยุ้งเก็บเพื่อรอการบดปูนเม็ดต่อไป สำหรับการบดปูนเม็ดให้กลายเป็นปูนซีเมนต์นั้น มีขั้นตอนดังที่กล่าวมาแล้วในการผลิตแบบเปียก

การผลิตปูนซีเมนต์แบบแห้ง ไม่ต้องใช้น้ำในการผสมวัตถุดิบ ดังนั้นจึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต โดยเฉพาะค่าเชื้อเพลิง และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ดังแสดงในภาพที่ 2-1

กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์

ที่มา : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) อ้างในมยุรี ปาลวงศ์(2552) “ ประโยชน์ของยิปซัม” กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ : 5

4. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับบล็อกประสาน

อิฐบล็อกประสาน หมายถึง วัสดุก่อรับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรู และเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคมวลรวมประเภทดินลูกรัง (Lateritic Soil) รวมทั้งวัสดุผสมอื่น ๆ ที่มีขนาด (Grain) และสัดส่วน (Texture)ที่เหมาะสม ซึ่งสามารถใช้วัตถุดิบที่หาได้ในพื้นที่ เช่น ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือ วัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ นำไปผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม คลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปอัดขึ้นรูป และบ่มด้วยความชื้นและผึ่งให้แห้งจนครบ 28 วัน (ศรัณย์ กำจัดโรค และ เสรี กำจัดโรค 2551: 1 พันธ์ศักดิ์ ดาวเรือง 2549 :15 วุฒินัย กกกำแหง และ วิทยา วุฒิจำนงค์ 2550 : 1)

โดยสรุป บล็อกประสาน หมายถึง การนำวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น ดินลูกรัง ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม มาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงวัสดุที่ใช้จะต้องมีความเหมาะสมทั้งคุณลักษณะทางกายภาพ และเคมี อีกทั้งยังหาง่ายในท้องถิ่น เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิต และสามารถนำมาใช้ในงานก่อสร้างได้ โดยวิธีการอัดขึ้นรูป แต่ยังคำนึงถึงความแข็งแรงและการใช้ประโยชน์เป็นหลัก

5. การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ

การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลัก 2 ประการ คือ ขั้นตอนในการคัดเลือกวัตถุดิบ และขั้นตอนการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการผลิต ซึ่งหากสามารถคัดเลือกเครื่องมือและวัตถุดิบในการผลิตได้เหมาะสมแล้วนั้น จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของกำลังรับแรงอัดสูงขึ้น ซึ่งรายละเอียดของการผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ เป็นดังนี้

5.1 ขั้นตอนการเลือกใช้วัตถุดิบในการผลิต

การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพนั้น การเลือกวัตถุดิบมีความสำคัญมาก เพราะกรณีที่ใช้วัตถุดิบที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้ หรือทำให้กำลังแรงอัดต่ำและค่าการดูดกลืนน้ำสูงเกินไป ไม่เหมาะในการนำมาใช้เป็นวัสุดก่อสร้าง ซึ่งวัตถุดิบหลัก ๆ ในการผลิตบล็อกประสานได้แก่

5.1.1 ดิน

ดินที่เหมาะสมในการนำมาผลิตดินซีเมนต์นั้นจะต้องพิจารณาขนาดของมวลผสม (Composition & Grain) ได้แก่ ดินลูกรัง (Laterite Soil) และดินทราย (Sandy Skeleton soil) ซึ่งจะต้องเป็นดินร่วน ไม่มีเศษหิน กรวด และลูกรังที่มีขนาดใหญ่กว่า 4 มิลลิเมตร ปะปนอยู่มาก

เนื่องจากจะทำให้มีผลต่อมวลรวมและความแข็งแรงของบล็อกประสาน (Stabilized Compressed Soil-Cement Block) หรือดินที่ใช้อาจเปรียบเทียบได้จากการแบ่งชั้นคุณภาพดินสำหรับทำถนน (ASTM D3282 Standard Classification of Soil and Soil-Aggregate Mixture for Highway Construction Purposes) คือ มีฝุ่นดินน้อย มีมวลละเอียดแข็งตั้งแต่ร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก ขึ้นไป โดยคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมในการนำมาผลิตบล็อกประสานสามารถพิจารณาได้จาก

1) คุณสมบัติของดิน

คุณสมบัติของดินที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกประสานนั้นสามารถพิจารณาได้จาก 3 ปัจจัย ดังนี้

(1) ทางกายภาพ

ก. *ปริมาณความชื้นของดิน*(Natural Moisture Content) ดินผ่านการตากแห้งในอากาศร้อยละ 4-6 หรือดินที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ ร้อยละ 1.5 – 2.0

ข. *การหดตัวทางความยาว (Shrinkage)* เพื่อหาความอยู่ตัวและสังเกตุการจับยึดของเนื้อดินและการเกิดรอยร้าว ไม่เกินร้อยละ 1

ค. *ค่าดัชนี (พิกัด)ความยืดหยุ่น (Plastic Index)* non-plastic เพื่อการทดลองหาความเหนียวและแรงยึดเกาะของเนื้อดิน การทดสอบตามมาตรฐานทั่วไป

ง. *อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter)* ร้อยละ 1-2

(2) *ทางเคมี* ดินที่เหมาะสำหรับใช้ทำดินซีเมนต์จะต้องมีคุณสมบัติตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของดินที่เหมาะสมในการใช้ผลิตดินซีเมนต์

สารประกอบ	ปริมาณส่วนผสม
ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2)	ร้อยละ 75-85
อลูมินัมออกไซด์ (Al_2O_3)	ร้อยละ 8-12
เฟอร์ริคออกไซด์ (FeO_3)	ร้อยละ 1.5 – 3.5
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	น้อยกว่าร้อยละ 0.5
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	น้อยกว่าร้อยละ 0.5
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	น้อยกว่าร้อยละ 0.6
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 ^{0}C	ไม่เกินร้อยละ 5

ที่มา : พันธ์ศักดิ์ ดาวเรือง 2549 : 14

(3) ขนาดและส่วนผสมของดิน ขนาดและสัดส่วนของดินผสมก็เป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของบล็อก เนื่องจากขนาดของดินที่แตกต่างกันมีผลต่อการยึดเหนี่ยวหรือจับตัวของบล็อกประสานในขณะขึ้นรูป ขนาดและสัดส่วนที่เหมาะสมของดินแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดและส่วนผสมของดินที่เหมาะในการนำมาผลิตดินซีเมนต์

องค์ประกอบของส่วนผสม	ขนาด (มิลลิเมตร)	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
ทรายหยาบ(Coarse Sand)	2 – 0.2	75-85
ทรายละเอียด (Fine Sand)	0.0 – 0.02	-
ฝุ่น ผงดิน (Silts)	002 – 0.002	10-25
ดินเหนียว เลน(Clay)	0.002 – 0	-
อินทรีย์วัตถุ	-	ต้องไม่มากกว่า 1-2

ที่มา : พันธ์ศักดิ์ ดาวเรือง (2549 : 4)

2) วิธีการทดสอบดิน เป็นการพิจารณาคัดเลือกดินที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตบล็อกประสานนั้น จะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติของดินก่อน เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าดินที่ใช้นั้นสามารถผลิตบล็อกประสานที่มีคุณภาพ และมีความคงทนแข็งแรงได้ โดยสามารถทำการทดสอบได้ ดังนี้

(1) การทดสอบด้วยตนเอง ดินที่ใช้ในการทดสอบจะต้องเป็นดินแห้งซึ่งไม่มีหิน (Stone) กรวด (Gravel) และทรายหยาบ (Coarse Sand) ปะปนอยู่มาก ซึ่งสามารถทำการทดสอบได้ ดังนี้

ก. การประเมินจากสัดส่วนของทรายและฝุ่นละเอียดจากมวลดิน (Stand & Fine Fraction) วิธีการทดสอบ ใช้วิธีการสังเกตุด้วยตาเปล่า*เพื่อคัดแยกปริมาณส่วนผสมในมวลรวม*

ข. *การดมเพื่อสังเกตกลิ่น (Smell Test)* สามารถทดสอบได้โดยการดมในทันทีหลังจากที่เตรียมตัวอย่าง และ ถ้ามีกลิ่นอับหืน แสดงว่ามีอินทรียสารค่อนข้างมาก ถ้าให้ความร้อนหรือทำให้เปียกจะทำให้มีกลิ่นรุนแรงมากยิ่งขึ้น

ค. *การสัมผัสดิน (Touch Test)* ให้ใช้ตัวอย่างดินประมาณ 1/2 กำมือ และใช้นิ้วและฝ่ามือบีบขยี้ดิน และให้สังเกตุการสัมผัส ดังนี้

ก) ถ้าเป็นดินทราย (Sandy) จะมีความรู้สึกสาก และถ้าทำให้ดินชื้นจะไม่มีความรู้สึกเหนียวติดมือ

ข) ถ้าเป็นดินร่วน (Silty) จะมีความรู้สึกสากเล็กน้อย และถ้าทำให้ดินชื้นจะมีความรู้สึกเหนียวหนืบเล็กน้อย (Moderately Cohesion)

ค) ถ้าเป็นดินเหนียว (Clayey) ดินจะจับกันเป็นก้อนซึ่งบีบไม่ค่อยแตก ถ้าทำให้ดินชื้นจะมีลักษณะปั้นได้และเหนียวหนืบ (Plastic and Sticky)

ง. *การล้าง (Washing Test)* หลังจากทำการทดสอบโดยวิธีการสัมผัสดินแล้ว ให้ใช้น้ำล้างออก และสังเกตุ ดังนี้

ก) ถ้าเป็นดินทราย (Sandy) จะสามารถล้างออกให้สะอาดได้โดยง่าย

ข) ถ้าเป็นดินร่วน (Silty) จะรู้สึกเป็นแป้ง และล้างออกสะอาดโดยไม่ลำบาก

ค) ถ้าเป็นดินเหนียว (Clayey) จะรู้สึกถึงความเหนียว และล้างออกได้ยากกว่าดินร่วนและดินทราย

จ. *ความวาว (Luster Test)* ทำการทดสอบได้โดยวิธีการให้ความชื้นแก่ดินแล้วปั้นเป็นก้อน ใช้มีดผ่าครึ่งก้อนดิน และสังเกตุลักษณะของพื้นผิวบริเวณรอยตัด หากรอยตัดมีลักษณะด้านถือว่าเป็นดินร่วน หากรอยตัดมีลักษณะมันแสดงว่าเป็นดินเหนียว

ฉ. *การยึดเกาะ (Adhesion Test)* ทำการทดสอบโดยวิธีการให้ความชื้นแก่ดินและปั้นดินเป็นก้อน หลังจากนั้นให้ใช้มีดแทงก้อนดิน และสังเกตการรับความรู้สึกขณะแทง หากเป็นดินเหนียวจะรู้สึกถึงความฝืดและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเนื้อดินและใบมีด การแทงไม่ต้องใช้แรงมาก ถึงแม้ดินจะติดตามใบมีดออกมาบ้างแสดงว่าเป็นดินร่วน

ช. *การตกตะกอน (Sedimentation Test)* เป็นการพิจารณาขนาดของมวลและปริมาณสัดส่วนของแต่ละขนาด (Texture & Size at Different Frations) รวมทั้งคุณภาพของ fine fraction อุปกรณ์ที่ใช้มีเพียงขวดปากกว้างความจุประมาณ 1 ลิตร น้ำสะอาด และดินสำหรับทดสอบ และขั้นตอนการทดสอบการตกตะกอนสามารถทำได้ ดังนี้

ก) ใส่ดินที่จะทดสอบลงในขวดประมาณ 1/3 ขวด

ข) เติมน้ำลงไปประมาณ 3/4 ของขวด

ค) ปล่อยให้ดินชุ่มน้ำโดยอาจคนเบา ๆ ให้ทั่ว

ง) ปิดฝาเขย่าอย่างแรง ประมาณ 1-2 นาที

จ) ปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอน ประมาณ 30-45 นาที (โดยปกติจะ

สมบูรณ์ประมาณ 6-8 ชั่วโมง) ตอนบนของน้ำจะมีพวกสารอินทรีย์ลอยอยู่ และอาจมีผงละเอียด (Fine Colloids) ลอยแขวนตัวอยู่ในน้ำ

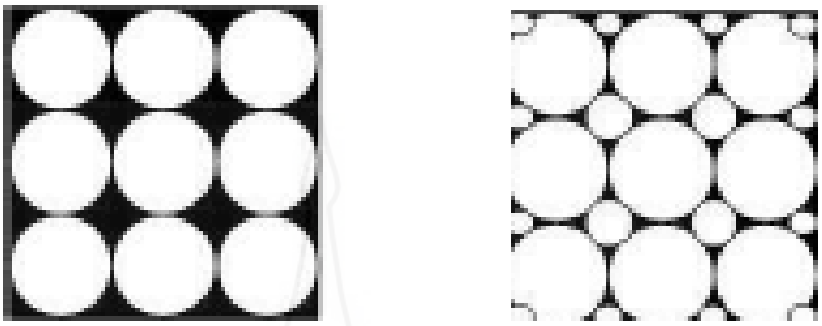
ฉ) การตกตะกอนจะแยกเป็นชั้น ๆ ล่างสุดได้แก่ กรวด ทราย ถัดขึ้นมาเป็นผงทราย ดิน ชั้นบนสุดจะเป็นพวกดินเลน การคำนวณปริมาณของวัสดุคิดเทียบกับความสูงของวัสดุทั้งหมดเท่ากับ 100 อย่างไรก็ตามความสูงของวัสดุแต่ละชั้นอาจคลาดเคลื่อนบ้างเล็กน้อย โดยเฉพาะชั้นของฝุ่น ผงดิน (Silt) และดินเหนียว เลน(Clay) ซึ่งมีการขยายตัวเนื่องจากชุ่มน้ำ หรืออาจจะทำการคำนวณร้อยละจากสัดส่วนของตะกอนได้เลยจากการนำดินที่ต้องการทดสอบใส่ลงในขวดใสครึ่งขวด แล้วเติมน้ำให้เต็ม ปิดฝา และเขย่าให้เข้ากัน หลังจากนั้นให้ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ตกตะกอน และคำนวณหาร้อยละของปริมาณตะกอนที่ตกตะกอน หากพบว่าตะกอนแข็งที่ตกตะกอนมีค่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 65 โดยปริมาตรถือว่าเป็นดินที่มีคุณภาพดี มีความเหมาะสมสามารถนำมาผลิตบล็อกประสานได้

ช. *การหดตัว (Shrinkage)* ทดสอบโดยการอัดดินซึ่งมีความชื้นสูงสุด (Optimum Moisture Contents) ลงในกล่องไม้ทดสอบขนาดยาว 60 เซนติเมตร สูง 4 เซนติเมตร ปล่อยทิ้งไว้ให้ตากแดด 3 วัน หรือวางทิ้งไว้ในที่ร่ม 7 วัน เมื่อดันดินที่แห้งแข็งตัวไปรวมกันทางด้านใดด้านหนึ่งของกล่อง แล้ววัดช่องว่างส่วนที่เหลือ จะสามารถคำนวณสัดส่วนของการหดตัวของดินที่ทำการทดสอบได้ โดยปกติดินที่เหมาะสม จะมีอัตราการหดตัวไม่เกินร้อยละ 1

หากดินที่ทำการทดสอบมีส่วนผสมของดินเหนียวมากเกินเกณฑ์ จากกรณีใด กรณีหนึ่งที่กล่าวมาข้างต้น ถือว่าเป็นดินที่ไม่เหมาะสมในการนำมาผลิตบล็อกประสาน

(2) การทดสอบในห้องปฏิบัติการ เป็นการทดสอบอย่างละเอียดเพื่อหาขนาดคละโดยวิธี (Sieve Analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D421, D1140 เพื่อตรวจสอบว่าขนาดคละของดินที่ใช้มีความเหมาะสม ดินที่มีขนาดคละดีจะมีสัดส่วนของของดินขนาดเม็ดใหญ่ ขนาดเม็ดกลาง และขนาดเม็ดเล็กปะปนกันอยู่อย่างเหมาะสม เม็ดดินขนาดเล็กจะเข้าไปแทรกตัวระหว่างเม็ดใหญ่ทำให้เกิดความหนาแน่น และความแข็งแรง

ขนาดคละของดินที่เหมาะสมในการนำมาผลิตดินซีเมนต์ จะมีขนาดคละกันดีซึ่งจะส่งผลต่อความแข็งแรงของบล็อกประสาน ซึ่งขนาดคละของดิน ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ก. ดินที่มีการกระจายตัวได้ไม่ดี ข. ดินที่มีการกระจายตัวได้ดี

ภาพที่ 2.3 การกระจายตัวของดิน

ที่มา : วุฒินัย กกกำแหง และพิชิต เจนบรรจง (2551:5) เอกสารประกอบการอบรมการผลิตบล็อกประสาน “การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ” สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นอกจากนั้นในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ยังสามารถวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เพื่อประเมินความเหมาะสมของคุณสมบัติของดินที่จะใช้ในการผลิตบล็อกประสานต่อไป ซึ่งรายการวิเคราะห์สามารถดูได้จากรายละเอียดข้างต้นที่กล่าวไว้แล้ว

5.1.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement)

1) ความหมายของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หมายถึง ผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเป็นผลึกที่ได้จากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ จนรวมตัวกันสุกพอดี มีส่วนผสมที่สำคัญ คือ ไฮดรอลิกคัลเซียมซิลิเกต (Hydraulic calcium silicates) (มอก.15 เล่ม 1-2514)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นวัตถุที่พบครั้งแรกที่เมืองปอร์ตแลนด์ ในประเทศอังกฤษ ซึ่งประกอบด้วย หินปูน (Limestone) และดินเหนียว (clay) เป็นส่วนใหญ่ และนอกจากยังมีส่วนผสมของเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) และโคโลไมต์ ($MgCO_3$) เป็นจำนวนเล็กน้อย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาที่นิยมใช้กันทั่วไป เช่น ตราเสือ ตราช้าง ตรางูเห่า โดยปกติจะมีสีเทาแกมเขียว (Greenish Gray) และมีน้ำหนักประมาณ 92 ปอนด์/ฟุต^3 เมื่อเผาวัตถุดิบของปูนซีเมนต์

ซึ่งได้แก่สารออกไซด์ของธาตุแคลเซียมซิลิกอน อลูมิเนียม และ เหล็ก สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันทางเคมีและรวมตัวกันเป็นสารประกอบอยู่ในปูนเม็ด ในรูปของผลึกที่ละเอียดมาก

2) คุณสมบัติของสารประกอบในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

เมื่อเผาวัตถุดิบของปูนซีเมนต์ จะได้สารประกอบออกไซด์ของธาตุแคลเซียม ซิลิกอน อลูมิเนียมและเหล็ก ซึ่งสารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากัน ได้สารประกอบสำคัญ 4 ชนิด ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชื่อของสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ	ร้อยละ
ไตรแคลเซียม ซิลิเกต	$3CaO.\ SiO_2$	C_3S	33-35
ไดแคลเซียม ซิลิเกต	$2CaO.\ SiO_2$	C_2S	15-35
ไตรแคลเซียม อะลูมิเนต	$3CaO.\ Al_2O_3$	C_3A	7-15
เตตตราแคลเซียม อะลูมิโน เฟอไรต์	$4CaO.\ Al_2O_3.\ Fe_2O_3$	C_4AF	5-10

คุณสมบัติของส่วนประกอบในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

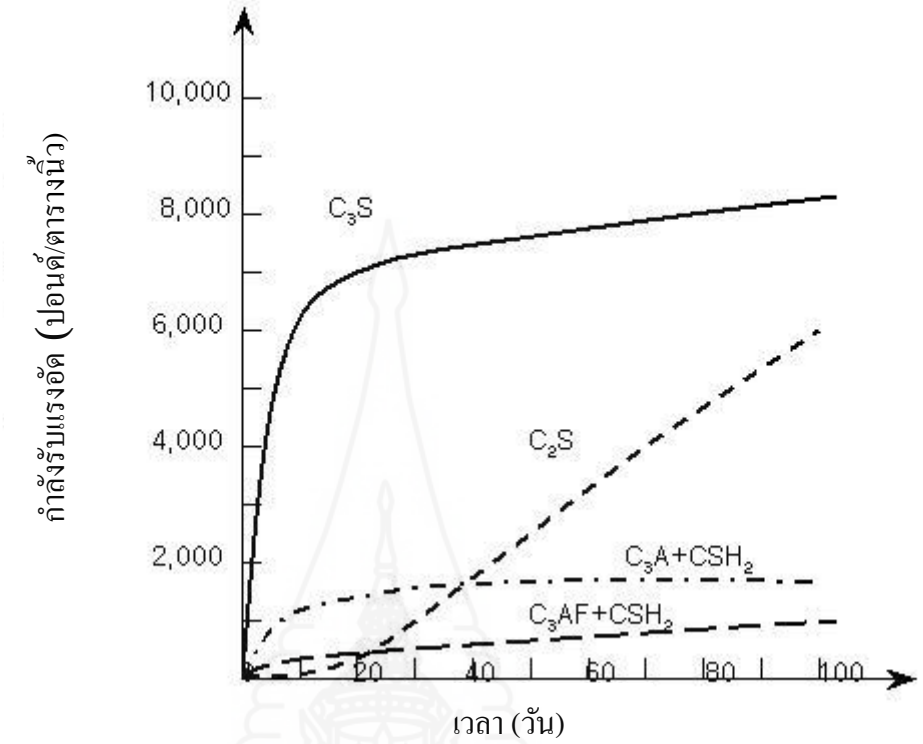
C_3S มีคุณสมบัติทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้เร็วภายใน 14 วัน

C_2S มีคุณสมบัติทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังรับแรงได้ช้า ความร้อนเกิดขึ้นบ่อย

C_3A มีคุณสมบัติทำให้ปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาเริ่มแข็งตัวเกิดความร้อนสูง มีกำลังรับแรงเร็ว

C_4AF มีผลเพียงเล็กน้อย ให้ความแข็งแรงเล็กน้อย เติมเข้าไปเพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้น

สารประกอบที่สำคัญในปูนซีเมนต์มีผลต่อระยะเวลาการบ่มคอนกรีตและกำลังรับแรงอัด ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาในคอนกรีตของสารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ที่มา: http://www.industrial.cmru.ac.th/Civil/wechsawan/materials/ch10/ch10.htm

สมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (ATM.C.150) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทย (ม.อ.ก. 15) ได้แบ่งประเภทปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 5 ดังนี้

(1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Normal Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะกับงานก่อสร้างคอนกรีตทั่ว ๆ ไปที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม เช่น คาน เสา พื้น ถนน ค.ส.ล. เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องสัมผัสกับเกลือซัลเฟต ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่าย ได้แก่ ตราช้าง เพชร (เม็ดเดียว) พญานาคเขียวTPI (แดง) ภูเขา และดาวเทียม

(2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 2 (Modified Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดัดแปลงเพื่อให้สามารถต้านทานเกลือซัลเฟตได้ปานกลาง และจะเกิดความร้อนปานกลางในช่วงหล่อ เหมาะกับงานโครงสร้างขนาดใหญ่ เช่น ตอม่อ สะพาน ท่าเทียบเรือ เขื่อน เป็นต้น

(3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 (High-early Strength Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่สามารถให้กำลังได้รวดเร็วในเวลาอันสั้น หลังจากเทแล้ว สามารถใช้งานได้ภายใน 3-7 วัน เหมาะกับงานที่เร่งด่วน เช่น คอนกรีตอัดแรง เสาเข็ม พื้นถนน ที่จราจรคับคั่ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราเอราวัณ สามเพชร TPI (ดำ) และพญานาคแดง

(4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 4 (Low-heat Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดพิเศษที่มีอัตราความร้อนต่ำกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งส่งผลดีทำให้การขยายตัวน้อยช่วยลดการแตกร้าว เหมาะกับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตจำหน่าย

(5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 (Sulfate-resistant Portland Cement)

เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่ทนต่อเกลือซัลเฟตได้สูงเหมาะกับงานก่อสร้างบริเวณดินเค็ม หรือใกล้กับทะเล ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราปลาฉลาม TPI (ฟ้า) และตราช้างฟ้า(ปัจจุบันเลิกผลิตแล้ว)

โดยปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมในการใช้ผลิตบล็อกประสานต้องเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ที่ใหม่ ยังไม่เสื่อมสภาพ และมีคุณภาพตามมอก.15-2532

5.1.3 น้ำ

น้ำ เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งในงานคอนกรีต โดยน้ำจะมีหน้าที่ช่วยให้ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ หิน และทรายผสมกันเป็นคอนกรีตขึ้นมา โดยน้ำจะทำปฏิกิริยากับปูน ทำให้มีการก่อตัวและแข็งตัวขึ้น ซึ่งน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีตนี้สามารถจำแนกออกไปเป็น 3 ส่วน คือ น้ำที่ใช้สำหรับผสมคอนกรีต น้ำสำหรับล้างวัสดุผสม และน้ำที่ใช้สำหรับบ่มคอนกรีต ซึ่งน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีตนั้นมีผลต่อคุณภาพของคอนกรีต ทั้งในด้านความแข็งแรง และการรับกำลังแรงอัด ดังนั้น น้ำที่ใช้จะต้องเป็นน้ำที่สะอาด ไม่มี กรด ด่าง น้ำมันหรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อคอนกรีตและเหล็ก ซึ่งสามารถทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผลิตจากน้ำทั่วไปเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ผลิตจากน้ำดื่มได้ เพื่อเปรียบเทียบหากำลังแรงอัดได้ หากยังไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำที่ใช้ในการผลิตคอนกรีต (ชัชวาล เศรษฐบุตร 2542 : 80) ซึ่งคุณสมบัติของน้ำที่ใช้ควรเป็น ดังนี้

1) คุณสมบัติของน้ำในการผสมคอนกรีตและสำหรับล้างวัสดุผสม

(1) ต้องมีความสะอาดและมีความขุ่นไม่เกิน 2,000 ppm. (ส่วนในล้านส่วน)

(2) ไม่มีความเป็นกรด- ด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่น ๆ เจือปน ถ้ามีก็ต้องน้อยมาก เพราะซัลเฟตที่ปนอยู่จะมีผลต่อคุณสมบัติของบล็อกประสาน

(3) น้ำทะเลไม่เหมาะในการใช้ในงานคอนกรีต

(4) อาจใช้น้ำดื่มแทนได้

2) คุณสมบัติของน้ำในการบ่มคอนกรีต

(1) ต้องไม่มีฝุ่น น้ำมันและเกลือ ผสมอยู่มากต้องระวังไม่ให้มีสารอินทรีย์ เช่น กรดแทนนิคเจือปน เพราะจะทำให้คอนกรีตมีรอยเปื้อน ล้างออกยากและถ้าบ่มนานน้ำจะซึมเข้าไปในคอนกรีต ทำให้เหล็กเกิดสนิมขึ้นมาได้

(2) น้ำที่ใช้ต้องไม่มีกลิ่นรุนแรงที่จะทำลายสุขภาพ และกลิ่นนั้นต้องไม่เกาะติดผิวคอนกรีตได้ในระยะเวลายาวนาน

(3) ไม่มีสิ่งเจือปนที่จะทำปฏิกิริยากับบล็อกที่แข็งตัวแล้ว เช่น สารจำพวกซัลเฟต

(4) สารที่ทำให้เกิดคราบสกปรก อันจะส่งผลให้ผิวบล็อกเกิดรอยเปื้อน

3) หน้าที่ของน้ำในการผลิตบล็อกประสาน

น้ำ เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ ยังเป็นเสมือนสารหล่อลื่นเพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างเม็ดดิน ทำให้สามารถการบดอัดดินลงในเครื่องอัดทำได้ง่าย หากน้ำที่ใช้มีสารเจือปน จะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของการก่อตัวและค่ากำลังแรงอัด ตลอดจนความทนทานของบล็อกประสานได้ (ศรัณย์ อนุกูลพันธ์ 2548 . 31-33) คุณสมบัติของน้ำที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของน้ำที่ยอมรับได้ สำหรับใช้ในงานคอนกรีต

สารเจือปน	ปริมาณที่ยอมให้สูงสุด (ส่วนต่อล้านส่วน)
เกลือ	
โซเดียมคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต	1,000
แคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนต	400
แมกนีเซียมซัลเฟตและคลอไรด์	40,000
โซเดียมคลอไรด์	20,000
โซเดียมซัลเฟต	10,000
กรด	10,000
เกลือของเหล็ก	40,000
ฝุ่นหรือผงหรืออนุภาคลอยตัว	2,000
น้ำทะเล	35,000
น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	4,000
น้ำโสโครก	400
น้ำตาล	500
ตะไคร่น้ำ	1,000

ที่มา : วินิต ช่อวิเชียร (2539) อ้างในศรัณย์ อนุกูลพันธ์ (2548 :32) คอนกรีตเทคโนโลยี

ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างน้ำกับซีเมนต์อย่างเพียงพอและสมบูรณ์ ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 25-30 ของน้ำหนักซีเมนต์ ถ้ามีปริมาณน้ำมากเกินไปอาจทำให้กำลังแรงอัดลดลง (ศรัณย์ อนุกูลพันธ์ 2548 :33)

สัดส่วนระหว่างน้ำและปูนซีเมนต์ (W/C) เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความแข็งแรง (Strength) และความเป็นรูพรุน (Porosity) ของคอนกรีต โดยทั่วไปใช้ค่า W/C เท่ากับ 0.3-0.8 (มัลลิกา ปัญญาคะโป 2551)

5.1.4 กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

กากตะกอน (Sludge) หมายถึง ตะกอนที่ได้จากกระบวนการตกตะกอนน้ำเกลือในถังปฏิกิริยา โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เพื่อกำจัดอนุมูลของแคลเซียมแมกนีเซียมและซัลเฟตในน้ำเกลือจะได้ตะกอนหินปูน ($CaCO_3$) แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) และยิปซั่ม($CaSO_4$) ดังสมการต่อไปนี้

$$Mg^{2+} + 2NaOH \rightarrow 2Na^{+} + Mg(OH)_2\,(s)$$

$$Ca^{2+} + Na_2CO_3 \rightarrow 2Na^{+} + CaCO_3\,(s)$$

$$SO_4^{2-} + CaCl_2 \rightarrow 2Cl + CaSO_4\,(s)$$

หลังจากทำปฏิกิริยาแล้วตะกอนที่ได้จะถูกสูบไปยังถังตกตะกอน(Thickener Tank) เพื่อแยกเอาตะกอนที่เป็นกากของแข็งไปฝังกลบ และแยกส่วนที่เป็นน้ำเกลือไปเก็บในถังน้ำเกลือใส เพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป และสำหรับกากตะกอนที่ได้จากกระบวนการนี้จะมีลักษณะเป็นผงสีขาว และมีลักษณะร่วน ไม่จับกันเป็นก้อน ซึ่งมีส่วนผสมหลักเป็นตะกอนหินปูนและยิปซั่ม

หินปูน ($CaCO_3$) จัดอยู่ในกลุ่มของหินชั้น ซึ่งประกอบขึ้นจากแร่แคลไซต์ (แคลเซียมคาร์บอเนต) และสารตกตะกอน หินปูนเกิดจาก การทับถมของสารอินทรีย์และซากสิ่งมีชีวิตในท้องทะเลภายใต้ความกดดัน เช่น ปะการัง และกระดองสัตว์ จากนั้นซากฟอสซิล เหล่านี้จึงตกผลึกใหม่กลายเป็นแร่แคลไซต์เมื่อหยดน้ำส้มสายชูลงบนหินปูน จะเกิดฟองฟู่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแร่ชนิดนี้ ละลายได้ดีในกรด หรือแช่หินปูนในกระปุก น้ำส้มสายชู ปิดฝาทิ้งไว้ จะสังเกตเห็นฟองที่เกิดจาก แคลเซียมคาร์บอเนต และหลังจากนั้นสองสามวัน จะพบว่า ก้อนหินละลายออกเป็นส่วน ๆ ชอล์กนับว่าเป็นหินปูนชนิดหนึ่งซึ่งทำมาจากอินทรีย์สาร ที่มีขนาดเล็กมาก ชอล์กมักมีสีขาวและเทาหินปูนเป็นแร่ที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง เนื่องจาก ใช้ผสมคอนกรีต ทำซีเมนต์ ปูนหรือใช้เป็นหิน สำหรับก่อสร้างได้ นอกจากนี้ยังนำหินปูนมาใช้ในอุตสาหกรรม การผลิตแก้ว เป็นสารฟิลเลอร์ ผงขัด สารบำรุงดิน หรือผลิตสารเคมีอื่น ๆ ส่วนปูนขาวเกิดจากกระบวนการ แคลซิเนชั่น (Calcination) กล่าวคือ ทำให้หินปูนมีอุณหภูมิสูง ถึงจุดที่คาร์บอเนตหลอมละลาย (402- 898 องศาเซลเซียส) จนกระทั่งเกิดก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ นอกจากคำว่า “ปูน” จะหมายถึง หินปูนบดแล้วยังหมายถึง ปูนขาวและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้อีกด้วย

รักติพงษ์ สหมิตรมงคล และสมนึก ตั้งเติมสิริกุล (2550) ได้กล่าวไว้ในวารสารเพื่อความก้าวหน้าในวงการก่อสร้างและอสังหาริมทรัพย์ ว่าในการพัฒนาเทคโนโลยีการก่อสร้างนั้นสามารถใช้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวช่วยเร่งระยะเวลาก่อตัวและกำลังระยะต้นของคอนกรีต และนอกจากนั้นยังสามารถใช้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตและเถ้าลอยในงานคอนกรีตได้ในกรณีที่ต้องการเพิ่มความต้านทานต่อซัลเฟต หากพิจารณาปัจจัยด้านความคงทนของโครงสร้างแล้วนั้นการใช้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ก็จะเหมาะสมสำหรับอาคารที่แตกต่างกันด้วย

5.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อการผลิตบล็อกประสาน

ในการผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานนั้น เครื่องจักร และอุปกรณ์ก็ถือว่ามีความสำคัญยิ่ง ดังนั้นในการพิจารณาเลือกซื้อควรศึกษารายละเอียดของเครื่องจักรนั้น ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของผู้ใช้งานเป็นหลัก โดยหลักการทำงานของเครื่องจักร เป็นดังนี้

5.2.1 เครื่องบดร่อนวัตถุดิบ เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับบดร่อนวัตถุดิบที่มีเนื้อกรวดหินจำนวนมากหรือเกาะกันเป็นก้อน เพื่อให้ได้ขนาดของวัตถุดิบเนื้อละเอียด มีขนาดที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกประสาน ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะขนาดของวัตถุดิบมีผลต่อปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ และขนาดของเม็ดดินที่ใหญ่ที่สุดที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตบล็อกประสานได้ควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 มม. และจากข้อมูลวิชาการพบว่าถ้าขนาดมวลใหญ่กว่า 5 มม. ถ้ามีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้น อาจส่งผลให้กำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength) ลดลงกว่าร้อยละ 50 (พันธ์ศักดิ์ ดาวเรือง 2549 :5)

5.2.2 เครื่องผสม เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับกวนเนื้อของมวลสารให้เป็นเนื้อเดียว ซึ่งคุณสมบัติของบล็อกจะคงทน สวยงามนั้นขึ้นอยู่กับขั้นตอนการผสมด้วย และข้อดีของการผสมโดยใช้เครื่องคือ ทำให้สัดส่วนผสมเข้ากันได้ดีและทำให้ประหยัดปูนซีเมนต์มากกว่าผสมด้วยมือ (พันธ์ศักดิ์ ดาวเรือง 2549:6)

โดยทั่วไปหากไม่สามารถใช้เครื่องในการผสมได้ก็ใช้แรงงานคนในการผสม แต่ต้องมั่นใจว่าผสมได้พอเหมาะ

5.2.3 เครื่องอัดบล็อก ใช้สำหรับอัดขึ้นรูปบล็อกประสานตามขนาดและรูปร่างที่ต้องการ แล้วแต่ประเภทของการใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปเครื่องอัดบล็อกสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) เครื่องอัดด้วยคน เป็นเครื่องแบบมือโยกใช้แรงงานคน โดยใช้หลักการคานงัดคานดีด โดยทั่วไปกำลังการผลิตต่อเฉลี่ยวันละประมาณ 400-800 ก้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนแรงงานและความชำนาญด้วย (วุฒินัย กกกำแหง และ พิชิต เจนบรรจง 2551: 2)

2) เครื่องอัดไฮดรอลิค ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับน้ำมันสร้างแรงดันในระบบไฮดรอลิก โดยปกติกำลังการผลิตเฉลี่ยต่อวันประมาณ 1,000 – 2,600 ก้อน (วุฒินัย กกกำแหง และ พิชิต เจนบรรจง 2551:2)

6. ขั้นตอนการผลิตบล็อกประสาน

ในขั้นตอนการผลิตบล็อกประสานนั้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ๆ ที่สำคัญ ดังนี้ สัดส่วนผสม การผสม การอัดขึ้นรูป และการบ่ม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

6.1 สัดส่วนผสม

สัดส่วนผสมที่ใช้จะต้องเหมาะสมและไม่เป็นอันตรายต่อความคงทนของดินซีเมนต์และคอนกรีต ซึ่งจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

6.1.1 อัตราส่วนปูนซีเมนต์และดิน วิธีทดสอบในห้องปฏิบัติการให้ใช้วิธีการปริมาณผล CaO ที่มีอยู่ในดินแล้วเติม CaO ที่มีอยู่ในปูนซีเมนต์เพิ่มเข้าไปตามที่จำเป็น

6.1.2 น้ำ ในทางวิชาการให้ความชื้นในส่วนผสม (Moisture Content) จะเท่ากับความชื้นสูงสุด (Optimum Moisture Content : OMC) โดยปกติค่าจะใกล้เคียงกับ OMC โดยต่างกันไม่เกินร้อยละ 4 ถ้าเป็น Sandy Soil ควรใช้น้ำน้อยกว่า OMC เล็กน้อย และสำหรับ Soil white High Clay (Clayey Soil) ควรใช้น้ำมากกว่า OMC เล็กน้อย โดยปกติการเติมน้ำจะอยู่ร้อยละ 10-15

สัดส่วนระหว่างน้ำและปูนซีเมนต์ (W/C) เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความแข็งแรง (Strength) และความเป็นรูพรุน (Porosity) ของคอนกรีต โดยทั่วไปใช้ค่า W/C เท่ากับ 0.3-0.8 เมื่อนำปูนซีเมนต์มาผสมน้ำจะเกิดกระบวนการไฮเดรชัน (Hydration) ได้โครงสร้าง Calcium Aluminosilicate เรียกว่า คอนกรีต ดังสมการที่ (1) – (3)

$$2\,(3CaO.SiO_2) + 6\,H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3\,Ca(OH)_2 \quad (1)$$

$$2\,(2CaO.SiO_2) + 4\,H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2 \quad (2)$$

$$3\,CaO.Al_2O_3 + 6\,H_2O \longrightarrow 3\,CaO.Al_2O_3.6H_2O + \text{ความร้อน} \quad (3)$$

สารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรท ($3CaO.2SiO_2.3H_2O$) ทำให้ซีเมนต์เพสท์ (Cement paste) เกิดเป็นวุ้น (Gel) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวประสาน มีความเหนียวคล้ายกาว ก่อตัวแข็งตัว ยึดเกาะแน่นกับวัสดุผสม มีผลอย่างมากต่อการรับแรงอัดของคอนกรีต สารประกอบ $Ca(OH)_2$ ทำให้ซีเมนต์เพสท์มีคุณสมบัติเป็นด่าง สาร $Ca(OH)_2$ นี้ อาจทำปฏิกิริยาต่อไปกับวัสดุที่มีธาตุซิลิกาและอะลูมินาเป็นองค์ประกอบ เช่น วัสดุปอซโซลาน เป็นต้น สารประกอบ $3CaO.Al_2O_3.6H_2O$ มีผลต่อการรับแรงอัดในระยะแรกเท่านั้น แต่ไม่มีผลต่อการรับแรงอัดในระยะยาวปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์ธรรมดากับน้ำจะหยุดเมื่อน้ำระเหยหมดจากซีเมนต์เพสท์แล้ว นอกจากนั้นสมการที่ 1

และ 2 เป็นสมการที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ส่วนสมการที่ 3 จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (มัลลิกา ปัญญาคะโป 2551)

6.2 การผสม

6.2.1 ขึ้นอยู่กับประเภทและเครื่องมือที่ใช้ในการผสมโดยปกติใช้เครื่องมือจะให้ผลดีกว่าการผสมโดยใช้แรงคน

6.2.2 โดยปกติถ้าใช้เครื่องผสมระยะเวลาที่ใช้ไม่ควรน้อยกว่า 3-4 นาที นับตั้งแต่เติมน้ำ หากน้อยกว่าที่กำหนดอาจทำให้กำลังรับแรงอัดของบล็อกต่ำลงจนถึงร้อยละ 20

6.2.3 ในการผสมให้เติมดินลงในเครื่องผสมก่อนแล้วตามด้วยปูนซีเมนต์ ผสมจนเข้ากัน จึงเติมน้ำตามลำดับ

6.3 การอัดขึ้นรูป

โดยปกติดินส่วนผสมที่ใช้อัดจะมีความหนาแน่นประมาณ 1,000 – 1,400 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ภายหลังการอัดควรมีความหนาแน่นอย่างต่ำประมาณ 1700 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร บล็อกที่ถูกอัดแล้วควรมีน้ำหนักระหว่าง 4.75 – 5.0 กิโลกรัม และมีความหนาแน่นระหว่าง 1,740-1,900 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งปกติจะให้ค่าความต้านทานแรงอัดได้ถึง 70 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน

การอัดขึ้นรูปบล็อกประสานให้มีรูปร่างต่าง ๆ ตามท้องตลาดต้องการนั้นขึ้นอยู่กับแม่พิมพ์ มีทั้งแบบตรงและแบบโค้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน และเครื่องอัดบล็อกประสานที่ใช้มี 2 แบบ ดังนี้

6.3.1 เครื่องอัดบล็อกประสานแบบใช้แรงงานคน มีทั้งชนิดอัดก้อนเดียวและอัดหลายก้อนพร้อมกัน

6.3.2 เครื่องอัดบล็อกประสานแบบไฮดรอริกส์ ซึ่งปกติจะตั้งแรงอัดไว้สูงสุด 2,000 psi แต่ส่วนใหญ่จะตั้งให้ตัดที่ประมาณ 1200-1500 psi แต่ก็ยังต้องคำนึงถึงน้ำหนักต่อก้อน กำลังอัดที่ตั้งไว้ต่ำสุด สูงสุด และความสูงในการอัด เพื่อให้บล็อกประสานมีความแข็งแรงมากที่สุด

6.4 วิธีการบ่ม (Method)

การบ่มคอนกรีต (Curing) เป็นการป้องกันการสูญเสียน้ำในคอนกรีต เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ เช่น ถ้าบ่มคอนกรีตเป็นเวลา 1 เดือน ปูนซีเมนต์จะทำปฏิกิริยากับน้ำได้ประมาณร้อยละ 80 และยังสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำฝนหรือความชื้นในอากาศต่อไปได้อีก ความร้อนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดากับน้ำ (Heat of hydration) ประมาณ 85-100 แคลอรีต่อกรัม ถ้าความร้อนนี้ไม่ถูกระบายออกจากเนื้อคอนกรีตแต่เก็บอยู่ภายใน

เนื้อคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตเสียความแข็งแรง และอาจเกิดการแตกร้าวได้ (มัลลิกา ปัญญาคะโป 2551)

6.4.1 การบ่ม ระยะเวลาในการบ่มและวิธีการบ่ม มีความสำคัญมากต่อคุณภาพ คุณสมบัติและการประหยัดปูนซีเมนต์ ซึ่งอาจจำแนกได้ 4 วิธี ซึ่งให้ผลดีจากน้อยที่สุดไปหามากที่สุด ดังนี้

1) การบ่ม โดยทิ้งไว้ในที่โล่ง (Expose to Sun and Wind) คือ การบ่มไว้กลางแจ้งสัมผัสแดด และลมโดยตรง โดยที่ไม่มีการปิดหรือปกคลุมก้อนคอนกรีตบล็อก ซึ่งประสิทธิภาพของบล็อกที่ได้จะค่อนข้างต่ำ

2) การบ่ม ในที่ร่มป้องกันจากแดดและลม (Protected from Sun and Wind) เป็นการบ่มไว้ในที่ร่มใต้ชายคา หรือในอาคารที่ไม่มีแสงแดดหรือลมเข้าถึง

3) การบ่มโดยคลุมด้วยกระสอบขึ้นรดน้ำ (Covered by wet bag) คือ การบ่มหลังจากนำบล็อกออกจากเครื่องอัดแล้ว 12 ชั่วโมง ให้บ่มโดยใช้น้ำ พรมหรือราดให้ชุ่มติดต่อกันอย่างน้อย 3 วัน เมื่อพ้น 3 วันแล้ว ให้นำไปวาง ซ้อนกันบนพื้นที่เรียบ คลุมด้วยกระสอบ แฝกฟาง หรือใบไม้จนมีอายุครบอย่างน้อย 14 วัน จึงนำไปใช้งานได้ ถ้าจะให้ได้กำลังสูงสุด ควรบ่มต่อไปจนครบ 28 วัน

4) การบ่ม โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 100 (100 % Relative humidity) เป็นการบ่มโดยคลุมด้วยผ้าใบหรือพลาสติก เพื่อป้องกันการคลายน้ำ และไม่ให้สัมผัสกับอากาศและแสงแดด ซึ่งการบ่มวิธีนี้ทำให้บล็อกประสานที่ได้มีความแข็งแรง

6.4.2 ระยะเวลาในการบ่ม โดยปกติบล็อกประสานเมื่อบ่มที่อายุ 28 วัน จะสามารถรับกำลังได้ประมาณร้อยละ 60-70 ของกำลังสูงสุด ในระยะยาว (กำลังอัดหลังจาก 1 ปี จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 40 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 ภายใน 1 ปี) ดังนั้นจึงควรบ่มประมาณ 28 วัน และอย่างน้อยที่สุด 14 วัน

6.4.3 ข้อแนะนำในการบ่ม

1) การใช้ปริมาณซีเมนต์ในการบ่มค่อนข้างสูง และ/หรือมีการอัดแน่นมากขึ้น จะเพิ่มคุณภาพของบล็อก

2) หากใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่เหมาะสม การบ่มโดย 3 วิธีแรกจะให้ผลที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และหากใช้การบ่มตามวิธีที่ 4 กำลังอัดเพิ่มขึ้น 1/3 เท่า

3) ควรหลีกเลี่ยงการบ่มโดยวิธีที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากใช้สัดส่วนปูนซีเมนต์ที่น้อย

7. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ในการผลิตบล็อกประสานที่ใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน อ้างอิงตามมาตรฐาน ดังนี้

7.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช.602/2547)

7.1.1 ขอบข่าย มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะอิฐบล็อกประสานที่มีดินลูกรังและปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลัก

7.1.2 ความหมาย ของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

1) อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่น ๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่อง และเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว

2) อิฐบล็อกประสาน ชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้เช่น ก่อเสา ก่อผนัง

3) อิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร

7.1.3 ชนิด อิฐบล็อกประสาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) ชนิดรับน้ำหนัก
2) ชนิดไม่รับน้ำหนัก

7.1.4 คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป ต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย

7.1.5 กำลังรับแรงอัด

1) ชนิดรับน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะพาสคัล
2) ชนิดไม่รับน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล

7.1.6 การดูดกลืนน้ำ (เฉพาะชนิดรับน้ำหนัก) ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การดูดกลืนน้ำ

น้ำหนักอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้ง กิโลกรัม	การดูดกลืนน้ำสูงสุด เฉลี่ยจากอิฐบล็อกประสาน 5 ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
1680 และ น้อยกว่า	288
1681 ถึง 1760	272
1761 ถึง 1840	256
1841 ถึง 1920	240
1921 ถึง 2000	224
มากกว่า 2000	208

ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช.602/2547) หน้า 2

7.1.7 การบรรจุ หากมีการบรรจุ ให้บรรจุอิฐบล็อกประสานในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอิฐบล็อกประสานได้

7.1.8 เครื่องหมายและฉลาก ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุอิฐบล็อกประสาน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

1) ชื่อผลิตภัณฑ์

2) มิติ

3) เดือน ปีที่ทำ

4) ข้อแนะนำในการใช้และการดูแลรักษา

5) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7.1.9 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

1) รุ่น ในที่นี้ หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

2) การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

(1) การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป มิติ การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 ตัวอย่าง

เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 5.1.4 ข้อ 5.1.7 . และข้อ 5.1.8 จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(2) การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความต้านแรงอัด ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ก) แล้ว จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 5.1.5 จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(2) การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการดูดกลืนน้ำ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 5.1.6 จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3) เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างอิฐบล็อกประสาน ต้องเป็นไปตามข้อ 1) ข้อ 2) และข้อ 3) ทุกข้อ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

7.1.20 การทดสอบ

1) การทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

2) การทดสอบมิติให้ใช้เครื่องวัดที่เหมาะสม

3) การทดสอบกำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 57 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 58

7.2 มาตรฐานการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มอก.57-2533

7.2.1 ขอบข่าย

มาตรฐานนี้ กำหนด ประเภท ชั้น คุณภาพและสัญญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสินใจ และการทดสอบคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

***7.2.2* ความหมาย** คำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

1) คอนกรีตบล็อก (Hollow Concrete Block or Hollow Concrete Masonry Unit) หมายถึง ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

2) คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก หมายถึง คอนกรีตบล็อกที่ใช้สำหรับก่อสร้างผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง ประกอบด้วยเปลือก (Face-shell) และผนังกั้นโพรง (Web)

7.2.3 ประเภทชั้นคุณภาพ และสัญญลักษณ์

1) คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) ประเภท 1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น

(2) ประเภท 2 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น

2) คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแต่ละประเภทแบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ

(1) ชั้นคุณภาพ ก ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยไม่ต้องมีการป้องกันผิวแต่อย่างใด

(2) ชั้นคุณภาพ ข ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยไม่ต้องมีการป้องกันผิว

(3) ชั้นคุณภาพ ค ใช้สำหรับกำแพงภายนอกเหนือระดับดิน โดยต้องมีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากลม ฟ้า อากาศ และใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายใน

7.2.4 วัสดุ

1) ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

(1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1

(2) ปูนซีเมนต์ผสม ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก.80

2) มวลผสมคอนกรีต ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

3) ส่วนผสมอื่น ๆ ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับงานคอนกรีต และควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

7.2.5 คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป

(1) คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้

สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีการผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับ

(2) คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน ต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบ หรือปูนแต่งได้อย่างดี

(3) คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือรอยตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสั่งคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุของการไม่ยอมรับ

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

2) กำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักให้เป็นไปตามตารางที่ 2.6 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 กำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำตามมาตรฐานคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

ชั้นคุณภาพ	กำลังรับแรงอัด ต่ำสุด เมกะพาสคัล				การดูดกลืนน้ำ สูงสุด เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร					
	เฉลี่ยจากพื้นที่รวม		เฉลี่ยจากพื้นที่สุทธิ		น้ำหนักคอนกรีตเมื่ออบแห้ง กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร					
	เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน	เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน	1680 และน้อยกว่า	1681-1760	1761-1840	1841-1920	1921-2000	> 2000
ก	7	5.5	14	11	240	224	208	192	176	160
ข	7	5.5	-	-	288	272	256	240	224	208
ค	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มอก.57 (2533 : 13)

3) การทดสอบ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 109

4) การชักตัวอย่าง ให้เป็นไปตาม มอก. 109 โดยคัดตัวอย่างที่บกพร่องเนื่องจากการขนส่งออกเสียก่อน แล้วจึงชักตัวอย่างโดย วิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันมาทำเป็นตัวอย่างทดสอบ

7.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533

7.3.1 ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนด ประเภทและสัญญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสินใจ และการทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

7.3.2 คำนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

1) คอนกรีตบล็อก (Hollow Concrete Block or Hollow Concrete Masonry Unit) หมายถึง ป้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

2) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก หมายถึง คอนกรีตบล็อกที่ใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง

7.3.3 ประเภท คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนกตามมาตรฐานนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น

2) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น

7.3.4 คุณลักษณะที่ต้องการ

1) กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประเภทไม่ควบคุมความชื้นเฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อนต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล โดยคิดเฉลี่ยจากพื้นที่รวม และบลิกแต่ละก้อนต้องไม่ต่ำกว่า 2.0 เมกะพาสคัล

2) การทดสอบ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 109

3) การชักตัวอย่าง ให้เป็นไปตาม มอก. 109 โดยคัดตัวอย่างที่บกพร่องเนื่องจากการขนส่งออกเสียก่อน แล้วจึงชักตัวอย่างโดย วิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันมาทำเป็นตัวอย่างทดสอบ

7.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 109-2517 วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต

7.4.1 ขอบข่าย

1) มาตรฐานนี้กำหนดวิธีการชักตัวอย่าง และการทดสอบกำลังรับแรงอัด การดูดกลืนน้ำ น้ำหนัก ปริมาณความชื้น และการวัดขนาด วัสดุงานก่อคอนกรีต

7.4.2 คำนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

1) กำลังรับแรงอัด (Compressive strength) หมายถึง แรงเค้นอัดขณะที่ทำให้ชิ้นทดสอบเริ่มเสียหาย

2) การดูดกลืนน้ำ (Absorption) หมายถึง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละของวัสดุแห้ง หลังแช่ไว้ในน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด

3) ปริมาณความชื้น (Moisture Content) หมายถึง ปริมาณของน้ำในเนื้อวัสดุเป็นร้อยละของน้ำหนักเมื่อแห้ง

4) แรงธาร (Bearing load) หมายถึง แรงอัดบนผิวหน้าที่สัมผัสกัน

7.4.3 การทดสอบ

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัด

(1) เครื่องมือ

ก. เครื่องกด ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีรับรองเครื่องกด ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในระหว่างที่ยังไม่มีประกาศกำหนดให้ใช้ตาม ASTM E 4) เครื่องนี้จะต้องมีแท่นธารเป็นเหล็กสองแท่น (แท่นบนมีบ่ารับน้ำหนักรูปทรงกลม ซึ่งทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักไปยังผิวบนของก้อนตัวอย่าง เมื่อพื้นที่ธารของแท่นเหล็กไม่พอคลุมพื้นที่ธารของก้อนตัวอย่าง ก็จะต้องวางแผ่นธารเหล็กตามเกณฑ์กำหนดในข้อ ข. เข้าไประหว่างแท่นธารกับก้อนตัวอย่างที่ได้เคลือบผิวธารเรียบร้อยแล้ว หลังจากที่ได้ปรับให้แกนศูนย์ถ่วงของพื้นที่ธารของก้อนให้อยู่ในแนวเดียวกับศูนย์ของแรงอัดของแท่นธาร)

ข. แท่นธารและแผ่นธารเหล็ก ผิวของแท่นธารจะต้องไม่เอียงจากแนวระนาบเกิน 0.025 มิลลิเมตร ทุกระยะ 158 มิลลิเมตรของมิติ ศูนย์กลางของทรงกลมในบ่ารับทรงกลมของแท่นธารแท่นบนจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับศูนย์กลางของผิวธารของก้อน ถ้าใช้แผ่นธาร ศูนย์กลางของทรงกลมในบ่ารับทรงกลมของแท่นธารจะต้องอยู่ในแนวดิ่ง และผ่านศูนย์เนื้อที่ของพื้นที่ธารของก้อนตัวอย่าง แท่นทรงกลมจะต้องจับชิดอยู่ในบ่าและต้องพร้อมที่จะหมุนไปในทิศทาง

อื่น ๆ ด้าน หน้าแท่นธารต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร เมื่อใช้แท่นธารระหว่างแท่นธารกับก้อนตัวอย่าง

(2) ภาวะการณ์ทดสอบ

ก. หลังจากได้ส่งตัวอย่างถึงห้องทดสอบแล้ว ให้เก็บตัวอย่างอยู่ในสภาพอากาศปกติของห้องทดสอบ และให้ทำการทดสอบตัวอย่างเต็มก้อนจำนวน 5 ก้อน ภายใน 72 ชั่วโมง

ข. ก้อนที่ทำให้มีขนาดรูปร่างหรือกำลังผิดกว่าปกติ อาจเลื่อยออกเป็นชิ้น ๆ แล้วนำบางชิ้นหรือทุกชิ้นมาทดสอบ โดยวิธีเดียวกับการทดสอบเต็มก้อน กำลังของก้อนเต็มให้คำนวณจากผลเฉลี่ยกำลังของชิ้นต่าง ๆ

(3) การเคลือบผิวตัวอย่าง ให้เคลือบผิวก้อนโดยวิธีการใด วิธีการหนึ่งดังต่อไปนี้

ก. เคลือบด้วยกำมะถันกับวัสดุเป็นเม็ดใช้สารสำเร็จรูป หรือเตรียมห้องทดลองโดยผสมกำมะถันร้อยละ 40 ถึง 60 ของน้ำหนัก ส่วนที่เหลือใช้ดินทนไฟบด หรือวัสดุเฉื่อยอื่น ๆ ที่เหมาะสมซึ่งผ่านแร่งขนาด 149 ไมครอน (เบอร์ 100) โดยผสมสารหล่อง่ายเข้าไปด้วยหรือไม่ก็ได้ เกลี่ยให้เรียบเสมอกันบนพื้นผิวที่ไม่ดูดน้ำ ทาด้วยน้ำมันบาง ๆ (ถ้าปรากฏว่าผ่าหล่อกับก้อนตัวอย่างแยกออกจากกันได้โดยไม่ทำความเสียหายแก่ผิวเคลือบ ก็ไม่ต้องใช้น้ำมันทาแผ่นหล่อเคลือบ) ให้คงวามร้อนสารผสมกำมะถันในหม้อควบคุมความร้อนพอที่จะให้หลอมเป็นของเหลวอยู่ได้ และสัมผัสกับก้อนตัวอย่างนานพอสมควร ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดความร้อนสูงจนเกินไปและให้กวนของเหลวในหม้อก่อนใช้งาน พื้นผิวหน้าที่จะฉาบจะต้องเรียบภายในเกณฑ์ 0.07 มิลลิเมตร ในระยะ 400 มิลลิเมตร และต้องยึดไว้ไม่ให้เอียงระหว่างทำการเคลือบ นำเหล็กรูปสี่เหลี่ยมขนาด 25 มิลลิเมตร สี่แท่งวางลงบนแผ่นเหล็กผิวเรียบเพื่อทำเป็นแบบหล่อรูปสี่เหลี่ยมโตกว่าขนาดก้อนด้านละ 12 มิลลิเมตร เทกำมะถันที่หลอมเหลวนั้นลงในแบบหล่อหนาประมาณ 6 มิลลิเมตร รีบนำก้อนตัวอย่างหย่อนลงให้ผิวที่จะเคลือบสัมผัสกับของเหลวนั้น จับก้อนตัวอย่างให้แกนได้ตั้งฉากกับผิวของของเหลว ต้องไม่ให้ก้อนตัวอย่างได้รับการกระทบกระเทือนจนกว่าของเหลวจะแข็งตัว ปล่อยให้เย็นอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ ไม่อนุญาตให้ทำการซ่อมผิวที่เคลือบแล้ว ผิวเคลือบที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์ต้องรื้อออกแล้วเคลือบใหม่

ข. เคลือบด้วยปูนพลาสเตอร์ ใช้ปูนพลาสเตอร์พิเศษกำลังสูงล้วน (ใช้ไฮโดรสโตน (Hydro stone) และไฮโดรคัลไวท์ (Hydro cal white) เท่านั้นไม่ควรใช้ปูนพลาสเตอร์ชนิดอื่น นอกจากทำการทดสอบแล้วได้กำลังตามต้องการ) ผสมน้ำ เกลี่ยให้เรียบเสมอกันบนผิวพื้นที่ไม่ดูดน้ำ และทาด้วยน้ำมันบาง ๆ (ถ้าปรากฏว่าผ่าหล่อกับก้อนตัวอย่างแยกออกจากกันได้

โดยไม่ทำความเสียหายแก่ผิวเคลือบ ก็ไม่ต้องใช้น้ำมันทาแผ่นหล่อเคลือบ) ปูนพลาสเตอร์ที่ผสมกับน้ำจนเหลวพอเหมาะในการใช้เคลือบ เมื่อครบ 2 ชั่วโมงจะมีกำลังต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 245 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร โดยการทดสอบก้อนลูกบาศก์ขนาด 50 มิลลิเมตร ผิวพื้นของแผ่นที่ใช้ในการหล่อจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ ก. นำผิวหน้าก้อน ซึ่งจะทำให้การเคลือบลงไปสัมผัสกับปูนพลาสเตอร์ จับก้อนตัวอย่างให้แกนตั้งได้ฉากกับผิวธารที่จะเคลือบและกดลงไปครั้งเดียว ความหนาเฉลี่ยของปูนเคลือบจะต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ผิวธารที่เคลือบแล้วต้องทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ก่อนนำก้อนตัวอย่างไปทดสอบ ไม่อนุญาตให้ทำการซ่อมผิวที่เคลือบแล้ว ผิวเคลือบที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์ต้องรื้อออกแล้วเคลือบใหม่

(4) วิธีทดสอบ

ก. ตำแหน่งทดสอบ จะต้องทำการทดสอบโดยให้ศูนย์เนื้อที่ของผิวธารทั้งสองหน้าอยู่ในแนวดิ่งกับศูนย์แรงกดจากแท่นธารในบ่าทรงกลมของเครื่องกด (สำหรับวัสดุที่เป็นเนื้อเดียวตลอด ศูนย์เนื้อของผิวธารถือว่าอยู่ในแนวดิ่งเหนือจุดศูนย์ถ่วงของก้อนได้) นอกจากการทดสอบก้อน ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูอยู่ตามแนวระดับแล้ว การทดสอบบล็อกจะต้องทำการทดสอบโดยให้รูตั้งอยู่ในแนวดิ่ง สำหรับก้อนวัสดุก่อซึ่งตันร้อยละ 100 และก้อนกลวง ซึ่งมีลักษณะพิเศษประสงค์ใช้ในลักษณะที่ให้รูอยู่ตามแนวระดับ อาจทำการทดสอบตามลักษณะการใช้งาน

ข. ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ บรรทุกน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักที่คิดว่าจะทดสอบด้วยอัตราความเร็วสะดวก หลังจากนั้นจะต้องคลุมเครื่องทดสอบโดยปรับให้หัวกดเคลื่อนที่สม่ำเสมอ จนทำให้น้ำหนักบรรทุกส่วนที่เหลือบรรทุกได้ในเวลาไม่เร็วกว่า 1 นาที แต่ไม่เกิน 2 นาที

(5) วิธีการคำนวณและรายงานผล

ก. กำลังรับแรงอัดของวัสดุก่อคอนกรีต คำนวณได้จากแรงสูงสุดเป็นกิโลกรัม หารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน วัดเป็นตารางเซนติเมตร พื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน หมายถึง พื้นที่รวมของภาคตัดในแนวตั้งฉากกับทิศทางของน้ำหนักบรรทุกโดยรวมพื้นที่ภายในช่องว่างทั้งหมด รวมทั้งส่วนที่เว้าออกจากเนื้อที่ส่วนนี้เมื่อก่อตัวแล้วส่วนของก้อนที่ก่อชิดกันจะสอดเข้ามาจนเต็ม

ข. ในกรณีที่ต้องการทราบค่ากำลังรับแรงอัด ต่ำสุดจากพื้นที่สุทธิเฉลี่ยเช่นเดียวกับพื้นที่รวมเฉลี่ย ให้คำนวณโดยเอาน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเป็นกิโลกรัมหารด้วยพื้นที่สุทธิเฉลี่ยรวมเข้าไปในรายงานด้วย

ค. พื้นที่สุทธิ – คำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สุทธิของก้อน (การคำนวณพื้นที่สุทธิ อาศัยค่าที่ได้ในการทดสอบการดูดกลืนน้ำ และการหาหน่วยน้ำหนัก) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{พื้นที่สุทธิเฉลี่ยร้อยละ} = \frac{A}{B} X\ 100$$

$$\text{ปริมาตรสุทธิ A เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร} = \frac{C}{D}$$

$$\text{ปริมาตรรวม B เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร} = W \times H \times L$$

หน่วยน้ำหนัก D เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

$$= \frac{C}{E - F} x100^{-3}$$

เมื่อ A คือ ปริมาตรสุทธิของก้อน เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

B คือ ปริมาตรรวมของก้อน เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

C คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแห้ง เป็นกิโลกรัม

D คือ หน่วยน้ำหนัก เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

W คือ ความกว้างของก้อนเป็นเซนติเมตร

H คือ ความสูงของก้อน

L คือ ความยาวของก้อน

E คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแขวนแช่ในน้ำ เป็นกิโลกรัม

(6) การรายงานผล ให้รายงานผลการทดสอบละเอียดถึง 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับการทดสอบแต่ละก้อน และผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อน

1) การทดสอบการดูดกลืนน้ำ

(1) เครื่องมือ

ก. เครื่องชั่ง เครื่องชั่งที่ใช้อย่างน้อยต้องอ่านได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักก้อนตัวอย่างที่เล็กที่สุดที่ทำการทดสอบ

(2) จำนวนและลักษณะตัวอย่าง ใช้ก้อนตัวอย่างเต็มก้อนจำนวน 5 ก้อน

(3) วิธีทดสอบ

ก. การอิ่มตัว ก้อนตัวอย่างที่นำมาทดสอบจะต้องแช่จมอยู่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องที่ 16 ถึง 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำก้อนตัวอย่างขึ้น โดยแขวนด้วยลวดโลหะ และจมอยู่ในน้ำทั้งก้อน ยกก้อนตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ทิ้งไว้ให้ระบายน้ำออกเป็นเวลา 1 นาที วางก้อนตัวอย่างลงบนแร่งขนาด 9 มิลลิเมตร หรือหยาบกว่า หยดน้ำตามผิวที่มองเห็นด้วยตาเปล่าให้ซับออกด้วยผ้าซับแล้วทำการชั่งทันที

ข. การทำให้แห้ง หลังจากอิ่มน้ำ ทำก้อนตัวอย่างให้แห้งในตู้อบระบายอากาศที่อุณหภูมิ 110 ถึง 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง และจนกว่าการชั่งน้ำหนัก 2 ครั้ง ห่างกัน 2 ชั่วโมง แสดงน้ำหนักที่สูญเสียเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักตัวอย่างในการชั่งครั้งก่อน

(4) วิธีการคำนวณรายงานผล

ก. การคำนวณหากการดูดกลืนน้ำ

การดูดกลืนน้ำ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร $= \frac{A-B}{A-C} x1000$

การดูดกลืนน้ำ ร้อยละ $= \frac{A-B}{B} x100$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

B คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่อแห้ง

C คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่อแขวนจมในน้ำ เป็นกิโลกรัม

ข. การคำนวณหาปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้น ร้อยละ $= \frac{A-B}{C-B} x100$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเป็นกิโลกรัม

B คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแห้งเป็นกิโลกรัม

C คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

ค. การรายงานผล

ให้รายงานผลลัพธ์ของแต่ละก้อน และผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อน

8. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุล มณฑล วังเวียง และภัทรา เพ่งธรรมกีรติ (2550) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในในการผลิตอิฐบล็อกประสาน พบว่าอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 40-50 ผ่านมาตรฐานคุณภาพชั้น ข (มีความแข็งแรง สามารถทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดีในระดับหนึ่ง ควรมีการฉาบเพื่อป้องกันผิวเมื่อใช้งานในที่เปียกชื้น) และอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 70 ผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก และค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกากาตะกอนเคมีร้อยละ 10 ผ่านมาตรฐานคุณภาพชั้น ก ส่วนอิฐบล็อกประสานผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ 20-50 ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข

สมบูรณ์ คงสมศักดิ์ศิริ และอดิสรณ์ พงษ์สุวรรณ (2551) ได้ทำการศึกษาบล็อกประสานปูพื้นผสมตะกอนดินจากน้ำประปา พบว่าบล็อกประสานปูพื้นผสมดินตะกอนจากน้ำประปา ร้อยละ 10 มีค่าน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.6 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผลการทดสอบที่อายุ 28 วัน มีค่าแรงอัดประลัยเท่ากับ 358 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หน่วยน้ำหนักมีค่า 2312 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าร้อยละ 5 ซึ่งจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ตะกอนดินจากน้ำประปาสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมในการทำบล็อกประสานปูพื้นได้

นัฐวุฒิ ทิพย์โยธา และคณะ (2549) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตในคอนกรีตมวลเบา ซึ่งใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น และพบว่าอัตราส่วนผสมที่อัตราส่วนผสมของปริมาณปูนซีเมนต์ : แคลเซียมคาร์บอเนต : โซเดียมไฮดรอกไซด์ : สารลดน้ำพิเศษ เท่ากับร้อยละ35 : 40 : 25 : 2 ตามลำดับ ซึ่งสามารถรับกำลังแรงอัดได้สูงสุดเท่ากับ 47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 1,170 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

กิตติพง เกียรติวรยศ และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาคอนกรีตบล็อกมวลเบา ที่ผลิตจากกากอุตสาหกรรม โดยได้ทำการทดลองนำเอาเถ้าลอย กากแคลเซียมคาร์ไบด์และตะกรันเหล็กมาผลิตบล็อกมวลเบา โดยใช้สัดส่วนปูนซีเมนต์น้อยมาก และพบว่าอัตราส่วนปูนซีเมนต์ ต่อเถ้าลอยต่อกากแคลเซียมคาร์ไบด์เท่ากับ 10 : 65 : 25 ให้ค่าแรงอัดประลัยเท่ากับ 89.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน มีค่าการดูดกลืนน้ำร้อยละ 4.01 แสดงว่ากากตะกอนจากอุตสาหกรรมสามารถสามารถนำมาผลิตบล็อกได้

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2542) ได้แนะนำว่า ดินที่เหมาะสมในการทำอิฐดินซีเมนต์ คือดินลูกรังที่มีความร่อนไม่เหนียวติดมือ ดินที่ใช้ถ้ายังจับตัวกันเป็นก้อนอยู่ควรย่อยและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (ตะแกรงที่มีตาห่างประมาณ 4 มม.) แล้วตากให้แห้งเสียก่อน การคัดเลือกดินที่จะนำมาใช้ในการผลิตอิฐดินซีเมนต์มีความสำคัญมาก โดยปกติแล้วดินที่ใช้ควรได้รับการตรวจสอบคุณสมบัติในห้องทดลองเพื่อให้ทราบถึงส่วนผสมของแร่หรือสารในดิน การหดตัว ส่วนผสมของขนาดเม็ดต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตาม หากไม่สามารถนำตัวอย่างดินไปทดสอบในห้องทดลองได้ อาจทำการตรวบสอบเฉพาะการหดตัวก็ได้ โดยการนำดินมาผสมน้ำพอหมาด ๆ ปั้นเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 25 X 25 X 50 มิลลิเมตร ทิ้งไว้ในร่มประมาณ 7 วัน สังเกต หากไม่มีรอยแตกเกิดขึ้นถือว่าเป็นดินที่พอจะนำไปใช้ทำอิฐดินซีเมนต์ได้

กฤติยา แก้วมณี และ สมนึก ตั้งเติมสิริก (2551) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานและความคงทนของคอนกรีตและคอนกรีตผสมเถ้าลอยที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ และเถ้าลอยด้วยผงแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) พบว่าผงหินปูนหรือผงแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ที่มีจุดเด่นในการเร่งการก่อตัว และเร่งการพัฒนากำลังของคอนกรีต ทั้งยังมีข้อดีในเรื่องการลดการเยิ้มน้ำ ลดการหดตัว เพิ่มความต้านทานซัลเฟต และความต้านทานกรด

International Expert Group Meeting (2548) สรุปให้เห็นว่าในประเทศอินเดียได้มีการนำของเสียประเภทยิปซั่ม กากตะกอนหินปูน และผลพลอยได้อื่น ๆ จากของเสียประเภทอนินทรีย์วัตถุจากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมปลาสเตอร์ งานคอนกรีต ผลิตคอนกรีตบล็อก ปูนซีเมนต์ ยิปซั่มบอร์ด และปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ อีกทั้งยังมีการนำกากตะกอนมาประยุกใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และการผลิตคอนกรีตบล็อก

Md. Safiuddin,Mohd Zamin jumaat ,M.A.Salam ,M.S.Islam and R. Hashim (2553) ได้ทำการศึกษาของเสียประเภทของแข็งเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้าง พบว่า ของแข็งประเภทยิปซั่ม ตะกอนจากปูนขาว ของเสียจากหินปูน สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมผลิตคอนกรีตบล็อก อิฐ เผาซีเมนต์ ยิปซั่มบอร์ด อุตสาหกรรมปลาสเตอร์ และซีเมนต์ชนิดซัลเฟตสูงได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยประเภทเชิงทดลอง (Experimental Research) เป็นการศึกษาการนำกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์มาเป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกประสาน โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. คุณสมบัติของกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

ศึกษากากตะกอนโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างเทียบเคียงกับมาตรฐาน มอก.2086-2544 เกลือบริโภคบริสุทธิ์ โดยทำการชักตัวอย่างจากกองกากตะกอนที่ระดับความสูงต่าง ๆ และตำแหน่งต่าง ๆ รอบกอง จำนวน 10 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 1 กิโลกรัม และนำมาผสมรวมกันเป็นกองเดียวกัน หลังจากนั้นแบ่งออกเป็น 4 ส่วนย่อย และทำการเก็บตัวอย่างจากแต่ละส่วนย่อย ส่วนละ 500 กรัม นำมาผสมกันใช้เป็นตัวอย่างในการทดสอบรวมจำนวนทั้งสิ้น 2 กิโลกรัม และนำตัวอย่างส่งห้องปฏิบัติการทางเคมี บริษัทเกลือพิมาย จำกัด เลขทะเบียน ร-240 เพื่อวิเคราะห์

1.1 หาค่าความชื้น วิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric Method)

1.2 วิเคราะห์ค่าโลหะหนัก ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การจัดการสิ่งปฏิกูลที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างคือ บล็อกประสานที่ได้จากการผลิตในรุ่นเดียวกัน โดยใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมือแร่เกลือหิน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราช้าง ดินนิคมพัฒนา และน้ำในสัดส่วนที่ออกแบบไว้จำนวน 7 สูตร การทดลองอัดขึ้นรูปบล็อกขนาด 12.5 × 25 × 10 เซนติเมตร จำนวน 10 ก้อนต่อสูตรการทดลอง รวมทั้งหมด 70 ก้อน และทำการชักตัวอย่างตาม มผช.602 โดยคัดเลือกเฉพาะก้อนตัวอย่างที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่แตก บิ่น ร้าว หรือเสียรูปทรง จำนวนสูตรทดลองละ 5 ก้อน รวมทั้งหมด 35 ก้อน

2.1 บล็อกประสานที่ใช้ในการทดลองเป็นบล็อกขนาด 12.5 X 25 X 10 เซนติเมตร โดยออกแบบสูตรการทดลองทั้งหมด 7 สูตร จำนวนสูตรละ 10 ก้อน รวมทั้งสิ้น 70 ก้อน ซึ่งอัตราส่วนที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างที่	ร้อยละกากตะกอน (แทนที่ปูน)	ร้อยละกากตะกอนต่อส่วนผสมทั้งหมด	* กากตะกอน (กรัม)	ปูนซีเมนต์ (กรัม)	ดิน (กรัม)	น้ำ (กรัม)
1	0	0.00	0	7,000	49,000	3,700
2	5	0.63	350	6,650	49,000	3,700
3	10	1.25	700	6,300	49,000	3,700
4	15	1.88	1,050	5,950	49,000	3,700
5	20	2.50	1,400	5,600	49,000	3,700
6	40	5.00	2,800	4,200	49,000	3,700
7	60	7.50	4,200	2,800	49,000	3,700

หมายเหตุ : * ปริมาณความชื้นของกากตะกอนที่ใช้ในการทดลองเท่ากับร้อยละ 11.88 โดยน้ำหนัก (ก่อนทำให้แห้ง) และปริมาณตะกอนรวมกับปูนซีเมนต์ทั้งหมดเท่ากับ 7,000 กรัม

2.2 ตัวแปรที่ศึกษา

2.2.1 ตัวแปรต้น อัตราส่วนผสมเชิงปริมาตร

1) ปูนและกากตะกอน : ดิน เท่ากับ 1 : 7

2) ปริมาณน้ำ

2.2.2 ตัวแปรตาม ประสิทธิภาพของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

1) ความสามารถของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ในการรับกำลังแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

2) ความสามารถของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ในการดูดกลืนน้ำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

3. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.1 ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราช้าง

3.2 กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ทำการตากแดดให้แห้ง และร่อนผ่านตะแกรงเพื่อเอาเศษวัสดุอื่นออก

3.3 ดินจากตำบลนิคมพัฒนา อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา บดร่อนผ่านเครื่องร่อนเบอร์ 4

3.4 น้ำประปาของเขตองค์การบริหารส่วนตำบลพิมาย

วัสดุที่ใช้ในการทดลองควรเป็นวัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น ดังแสดงในภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง กากตะกอนจากการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ (ซ้าย) ดินจากนิคมพัฒนา (กลาง) และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราช้าง (ขวา)

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 เครื่องอัดบล็อกประสานแบบใช้แรงงานคนขนาดอัดบล็อก 1 ก้อน

4.2 เครื่องบด/ร่อนดิน ขนาด 2 แรงม้า

4.3 เครื่องผสม ขนาด 3 แรงม้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.10 เมตร

4.4 เครื่องชั่งน้ำหนักค่าความละเอียด ± 0.01 กรัม

4.5 บัวรดน้ำ

4.6 ตะแกรงร่อน

4.7 กระบะสำหรับใส่ดินที่ผสมแล้ว

4.8 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compression Machine) ยี่ห้อ TINIUS OLSEN Serial No.176885

4.9 เวอร์เนียร์ค่าความละเอียด ± 0.1 มิลลิเมตร

4.10 อ่างสำหรับแช่บล็อกประสาน

4.11 เครื่องอบระบายอากาศ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 110 ± 5 องศาเซลเซียส

5. สถานที่ในการทดลอง

5.1 สถานที่ผลิตบล็อกประสาน ใช้สถานที่ที่โรงงานผลิตบล็อกประสานสวนประเสริฐเมืองทอง ตั้งอยู่ที่ ตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา

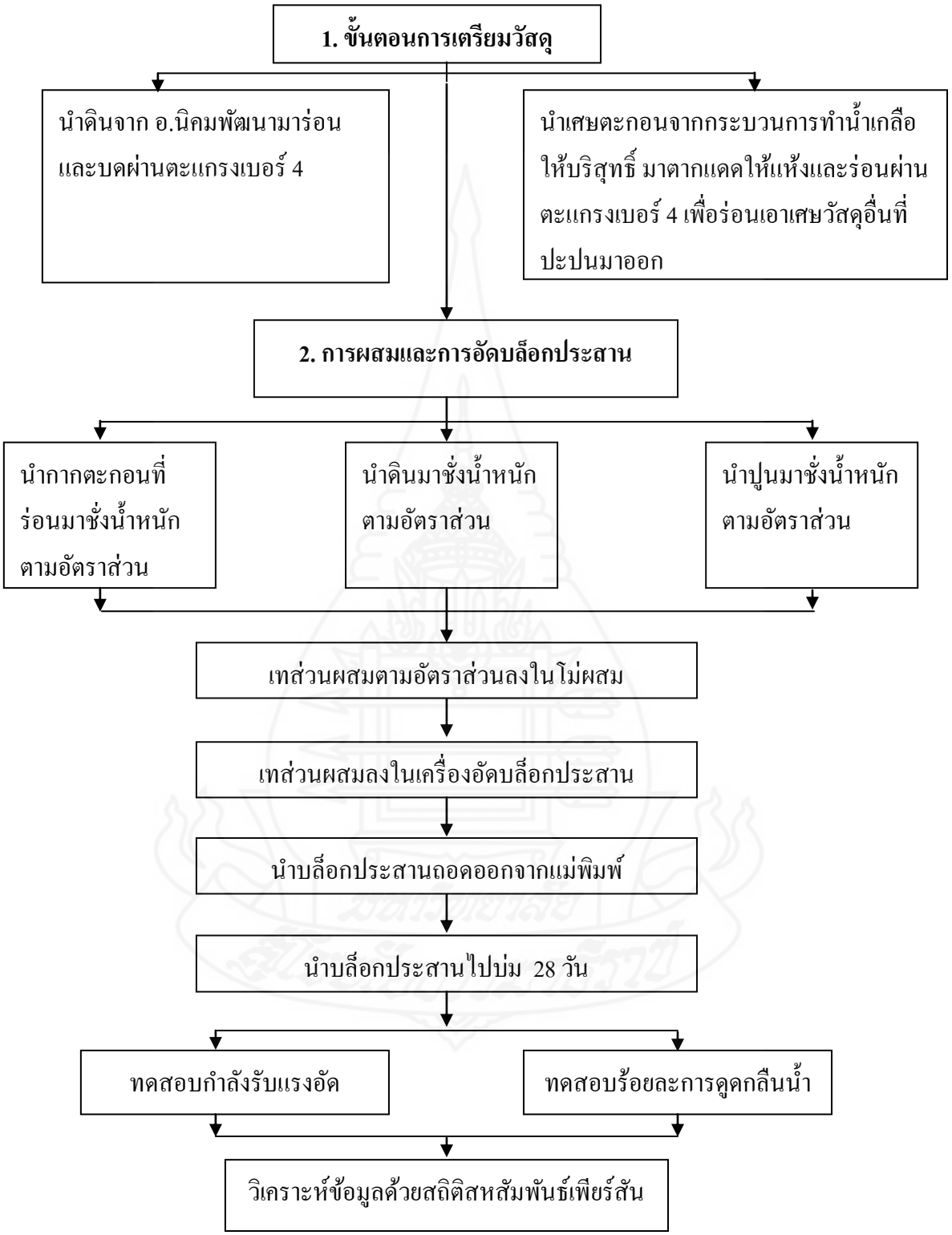
5.2 สถานที่ทำการทดสอบบล็อกประสาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา

6. การดำเนินการทดลอง

6.1 ขั้นตอนการผลิตบล็อกประสาน

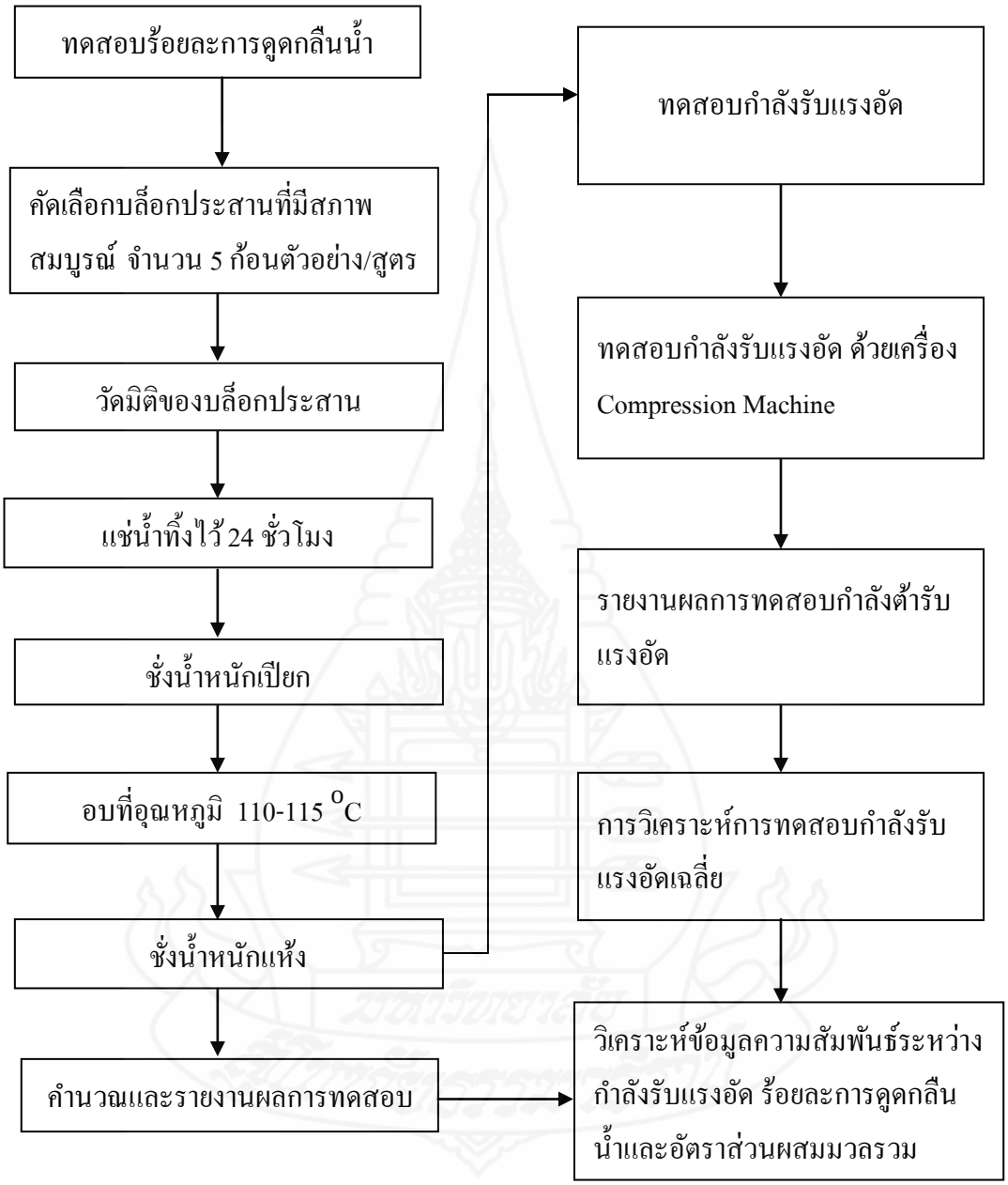
ในการดำเนินการวิจัยบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยแบ่งขั้นตอนของการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังแสดงในแผนภูมิที่ 3.1 และ3.2 ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การผลิตบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์



ภาพที่ 3.2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

ขั้นตอนที่ 2 วิธีดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์



ภาพที่ 3.3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

จากภาพที่ 3.2 และ 3.3 สามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินการทดสอบ และการวิเคราะห์ผลการทดสอบ พร้อมทั้งหาประสิทธิภาพของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ได้ดังนี้

6.1.1 ขั้นเตรียมวัสดุ

6.1.2 การผสมและการอัดก้อนบล็อกประสาน

6.1.3 วิธีการบ่มบล็อกประสาน

6.1.4 วิธีการทดสอบกำลังรับแรงอัด

6.1.5 วิธีการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำ

6.1.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ

1) นำดินจากอำเภอนิคมพัฒนา อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา มาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เพื่อแยกเอาเศษกรวด ขยะ ใบไม้ กิ่งไม้ออก และผึ่งให้แห้ง ใส่ภาชนะบรรจุเพื่อเตรียมการผสม ดังแสดงในภาพที่ 3.4

2) นำกากตะกอนไปตากแดดให้แห้ง และร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เพื่อเอาเศษวัสดุปะปนอื่น ๆ ออก และจัดเก็บในภาชนะเพื่อเตรียมการผสม ดังแสดงในภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.4 การบดร่อนดินจากนิคมพัฒนาผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกประสาน

ภาพที่ 3.5 การร่อนกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์เพื่อแยกเอาเศษวัสดุอื่นที่ปะปนออกก่อนทำการผสม

6.1.2 การผสมและอัดขึ้นรูปบล็อกประสาน

1) ชั่งน้ำหนักกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์และดินต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามสูตรผสมผสม 1 : 7

2) นำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดิน และกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ตามสูตรใส่ลงในโม่ผสมพร้อมกัน โดยยังไม่ต้องเติมน้ำ และสังเกตดูว่าสีของวัสดุทั้งหมดคลุกเคล้าจนเป็นเนื้อเดียวกัน

3) เติมน้ำตามอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.3 – 0.8 ผสมลงในโม่ผสมคอนกรีต และทำการผสมต่อไปประมาณ 3-4 นาที โดยสังเกตได้จากการปั้นดิน หากปั้นเป็นก้อนได้โดยไม่แตกและไม่เหนียวเป็นน้ำแสดงว่าสามารถนำไปอัดขึ้นรูปได้

4) เทส่วนผสมใส่ถังพลาสติกเพื่อลำเลียงสู่กระบะใส่คอนกรีต เพื่อสะดวกในการเข้าเครื่องอัดบล็อก

5) อัดขึ้นรูปบล็อกประสานโดยใช้เครื่องอัดบล็อกประสานแบบใช้แรงคน

6) แกะบล็อกประสานออกจากแม่พิมพ์และนำบล็อกประสานที่ได้ไปทำการบ่ม

ขั้นตอนการผสมและการอัดขึ้นรูปบล็อกประสาน ดังแสดงในภาพที่ 3.6 และ 3.7

ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการผสม ก่อนนำมาขึ้นรูปอัดบล็อกประสานโดยใช้เครื่องโม่ผสม

ภาพที่ 3.7 การขึ้นรูปอัดบล็อกประสานโดยใช้เครื่องอัดแบบใช้แรงคน

6.1.3 วิธีการบ่มบล็อกประสาน

1) เรียงบล็อกประสานไว้บนพื้นที่แห้งและสะอาด ห้ามวางซ้อนกันในช่วง 3 วันแรก เพื่อป้องกันการแตกร้าว เสียรูป และหลีกเลี่ยงการสัมผัสแสงแดดและลมโดยตรงเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลต่อค่ากำลังรับแรงอัด และทิ้งไว้ประมาณ 28 วัน แสดงการบ่มดังแสดงในภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8 การบ่มบล็อกประสานโดยบ่มในโรงผลิตป้องกันการสัมผัสแสงแดดและลมโดยตรง

6.1.4 วิธีการทดลองค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength)

1) เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

(1) เครื่อง Compression Test Machine or Universal Testing Machine ยี่ห้อ TINIUS OLSEN Serial No.176885

(2) เวอร์เนีย ความละเอียด ± 0.1 มิลลิเมตร

(3) เครื่องชั่ง ยี่ห้อ Excell ที่สามารถอ่านค่าได้ละเอียดถึง ± 0.01 กรัม

2) การเตรียมตัวอย่าง

(1) นำตัวอย่างที่จะทำการทดสอบไปวัดขนาดด้วย เวอร์เนียร์ ที่มีความละเอียดถึง ± 0.1 มิลลิเมตร และชั่งน้ำหนักเป็นกรัม

(2) บันทึกขนาด น้ำหนักของบล็อกประสาน

(3) ผสมปูนปลาสเตอร์ให้เหลวพอสมควร นำไปละเลงบนแผ่นกระจกเรียบ ซึ่งเตรียมไว้วางในแนวระดับพื้นราบ

(4) นำก้อนบล็อกประสานวางทับลงบนปูนซีเมนต์ให้ได้ระดับ โดยให้มีความหนาระหว่างอิฐกับแผ่นกระจกประมาณ 3 มิลลิเมตร ตัดปูนปลาสเตอร์ที่ล้นเกินก้อนบล็อกออก

(5) ทำตัวอย่างละ 5 ชุด ของแต่ละสูตรการทดลองโดยปฏิบัติเช่นเดียวกันกับตัวอย่างชุดแรก ตามข้อ 1) – 4) และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมงเพื่อให้ปูนปลาสเตอร์แห้ง

3) การทดสอบกำลังรับแรงอัด

(1) ติดตั้งอุปกรณ์ Transverse Test โดยจัดให้น้ำหนักที่จะกระทำกับตัวอย่างอยู่กึ่งกลางระหว่าง Support ทั้งสองที่รองรับก้อนตัวอย่าง ดังแสดงในภาพ 3.9

(2) นำตัวอย่างที่เตรียมไว้วางบน Support ให้ปลายทั้งสองข้างอยู่ห่าง Support เท่า ๆ กัน

(3) ปรับเข็มบนหน้าปัทม์น้ำหนักให้ค่าเป็นศูนย์ และเริ่มให้น้ำหนักกระทำกับตัวอย่างอย่างช้า ๆ ด้วยความเร็วไม่มากกว่า 0.05 นิ้วต่อนาที หรือ 1,000 กิโลกรัมต่อนาที จนกระทั่งตัวอย่างเริ่มเสียหาย

(4) คำนวณค่ากำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานต่อก้อน

$$P = \frac{F}{A}$$

เมื่อ P คือ กำลังรับแรงอัด เป็น กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

F คือ แรงกดสูงสุดที่บล็อกตัวอย่างรับได้เป็นกิโลกรัม

A คือ พื้นที่ผิวที่รับแรงกดของบล็อกตัวอย่าง เป็นตารางเซนติเมตร

(5) รายงานผลการทดสอบจากค่าที่ได้ และคำนวณค่าเฉลี่ยทั้ง 5 ก้อน หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

(6) ทำการแปลงหน่วยจากกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรเป็นเมกะพาสคัล เพื่อใช้เปรียบเทียบกับมอก. และ มผช. ดังนี้

1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร = 0.098 เมกะพาสคัล

ภาพที่ 3.9 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

6.1.5 การทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำ (Percentage of Absorption)

1) เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

(1) เครื่องชั่ง ยี่ห้อ Excell ที่สามารถอ่านค่าความละเอียดได้ถึง ± 0.01 กรัม

(2) เครื่องอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 110± 5 องศาเซลเซียส

(3) ภาชนะสำหรับแช่บล็อกประสาน

2) วิธีการทดลอง

(1) นำตัวอย่างไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง โดยแช่ให้น้ำท่วมก้อนตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

(2) เมื่อครบ 24 ชั่วโมงให้ยกบล็อกประสานขึ้นจากน้ำทิ้งไว้ให้น้ำระบายออกประมาณ 1 นาที สังเกตุการหยดของน้ำ แล้วใช้ผ้าซับน้ำบนผิวให้แห้งโดยสังเกตไม่ให้มีน้ำหยด และนำไปชั่งน้ำหนักทันทีตาม มอก.109 และบันทึกผลเป็นน้ำหนักเปียก ดังแสดงในภาพที่ 3.10

(3) หลังจากทำการชั่งน้ำหนักเรียบร้อยในข้อ ข. แล้วให้นำตัวอย่างเข้าเครื่องอบที่อุณหภูมิ 110± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และหลังจากนั้นก็ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง และนำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อบันทึกเป็นน้ำหนักบล็อกแห้ง

(4) คำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำของบล็อกแต่ละตัวอย่าง และค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ ดังนี้

$$\text{ค่าการดูดกลืนน้ำ ร้อยละ} = \frac{A - B}{B} x100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่อเปียก ภายหลังจากแช่น้ำแล้ว 24 ชั่วโมง เป็นกรัม

B คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่อแห้ง เป็นกรัม

ภาพที่ 3.10 การชั่งน้ำหนักบล็อกประสานเพื่อหาร้อยละการดูดกลืนน้ำ

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 กำลังรับแรงอัดและค่าการดูดกลืนน้ำ ใช้สถิติในการหาความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย หรือค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย โดยใช้สูตร

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ความกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย / ร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของกำลังรับแรงอัดทั้งหมด / ผลรวมของร้อยละการดูดกลืนน้ำทั้งหมด

N แทน จำนวนก้อนทดสอบ

7.2 วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ร้อยละการดูดกลืนน้ำกับอัตราส่วนผสม โดยมวลรวมใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้สูตร

$$\gamma_{xy} = \frac{N\Sigma XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(N\sum x^2 - (\sum X)^2)(N\sum Y^2 - (\sum Y^2))}}$$

เมื่อ

N แทน จำนวนสูตรทดลอง

$\sum X$ แทน ผลรวมของกำลังรับแรงอัด/ผลรวมของร้อยละการดูดกลืนน้ำ

$\sum Y$ แทน ผลรวมของน้ำหนักกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

$\sum X^2$ แทน ผลรวมกำลังรับแรงอัด/ร้อยละการดูดกลืนน้ำแต่ละสูตรทดลองยกกำลังสอง

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมของน้ำหนักกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แต่ละสูตรทดลองยกกำลังสอง

$\sum XY$ แทน ผลรวมของผลคูณกำลังรับแรงอัด/ร้อยบะการดูดกลืนน้ำกับน้ำหนักของกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาการนำกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์มาผลิตบล็อกประสานสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ ดังนี้

1. ผลวิเคราะห์หาโลหะหนักในกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน เลขทะเบียน ร-240 และได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 แสดงในตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

โลหะหนัก	เกณฑ์กำหนด (mg/kg)	ผลการวิเคราะห์ (mg/kg)
As	500	ND
Ba	10,000	12.82
Cd	100	ND
Cr	2,500	1.51
Cu	2,500	2.12
Pb	1,000	ND
Hg	20	ND
Ni	2,000	2.25
Se	100	ND
Ag	500	ND
Zn	5,000	6.07

หมายเหตุ : ND = Not Detected

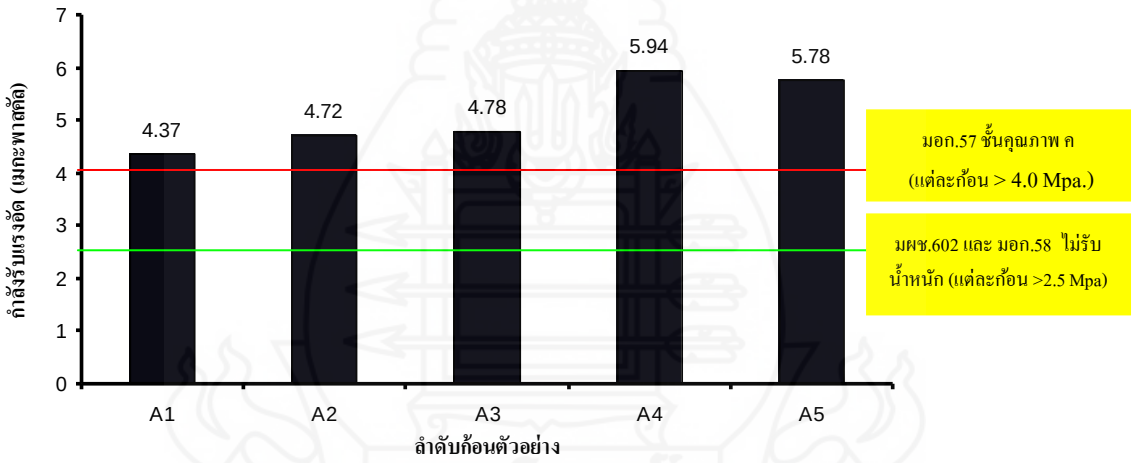
ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ พบว่ามีปริมาณโลหะหนักต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด แสดงว่ากากตะกอนจากกระบวนการที่ศึกษานี้เป็นของเสียประเภททั่วไป (Non Hazardous waste) ไม่เข้าข่ายเป็นของเสียอันตราย ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548

2. ผลการศึกษากำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของบล็อกประสานที่ได้จากกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน เป็นดังนี้

2.1 กำลังรับแรงอัด

2.1.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 0 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.1

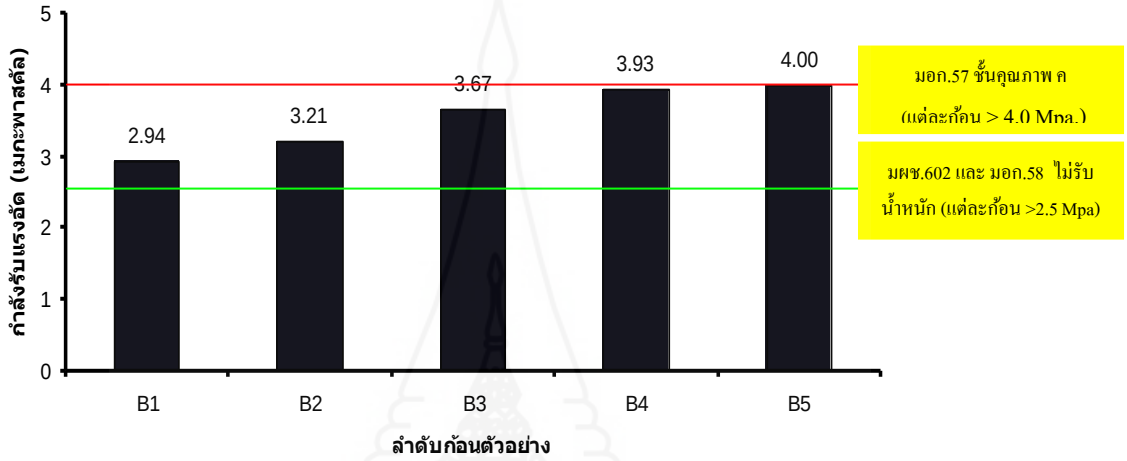


ภาพที่ 4.1 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 0

จากภาพจะเห็นได้ว่าในสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่ร้อยละ 0 มีกำลังรับแรงอัดอยู่ระหว่าง 4.37 – 5.94 เมกะพาสคัล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 5.12 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสานมผช.602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533 และเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มอก.57-2533 ชั้นคุณภาพ ค ซึ่งกำหนดให้มีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล

สำหรับ มผช.602/2547 และ มอก.58-2533 และ ค่าเฉลี่ย 5 ก้อนเท่ากับ 5 เมกะพาสคัลและแต่ละก้อนต้องไม่ต่ำกว่า 4 เมกะพาสคัล สำหรับชั้นคุณภาพ ค ของ มอก.57-2533

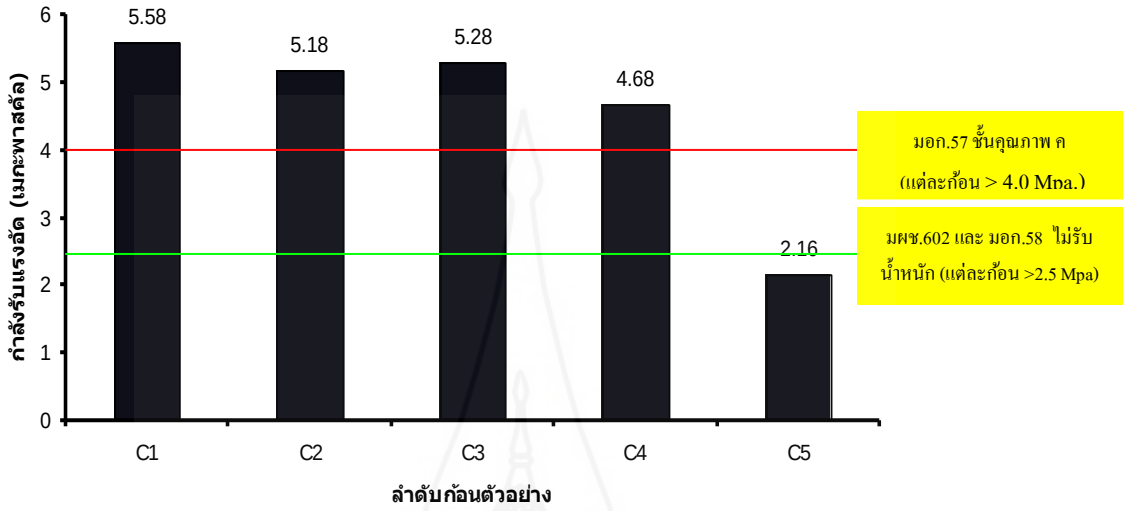
2.1.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 5 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 5

จากข้อมูลจะเห็นว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่ร้อยละ 5 มีกำลังรับแรงอัดอยู่ระหว่าง 2.94 – 4.00 เมกะพาสคัล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 3.55 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช.602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533 ซึ่งกำหนดให้มีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล สำหรับ มผช.602/2547 และ มอก.58-2533

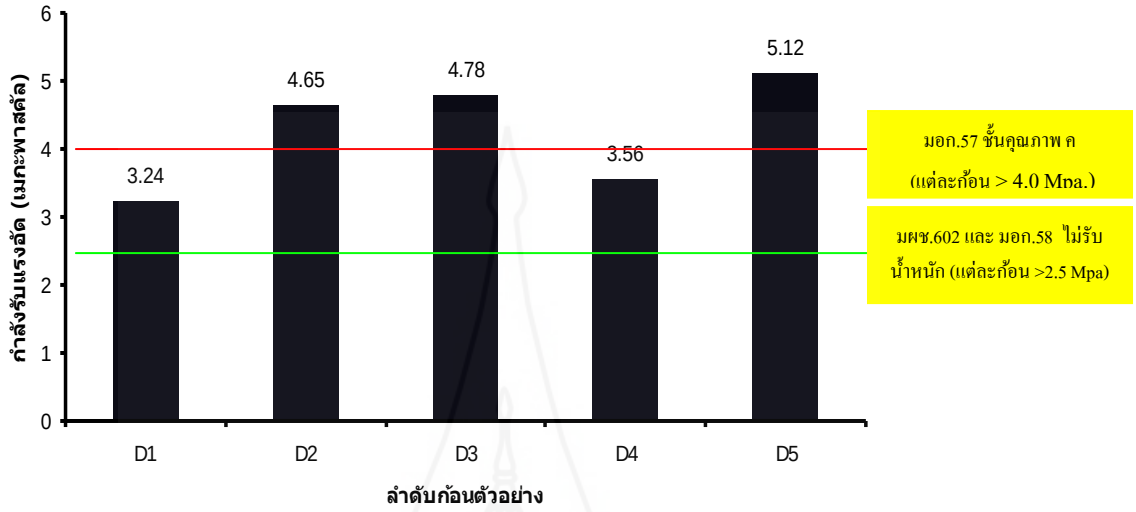
2.1.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 10 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 10

จากข้อมูลจะเห็นว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่ร้อยละ 10 มีกำลังรับแรงอัดอยู่ระหว่าง 2.16 – 5.58 เมกะพาสคัล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 4.57 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช.602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533 ซึ่งกำหนดให้มีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล สำหรับ มผช.602/2547 และ มอก.58-2533

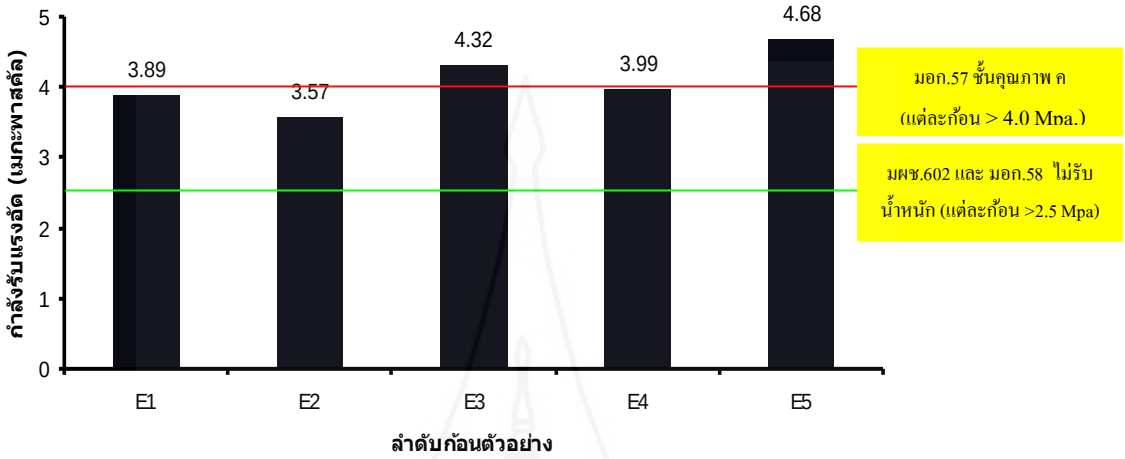
2.1.4 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 15 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 15 ที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากข้อมูลจะเห็นว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่ร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดอยู่ระหว่าง 3.24 – 5.12 เมกะพาสคัล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 4.27 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช.602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533 ซึ่งกำหนดให้มีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล สำหรับ มผช.602/2547 และ มอก.58-2533

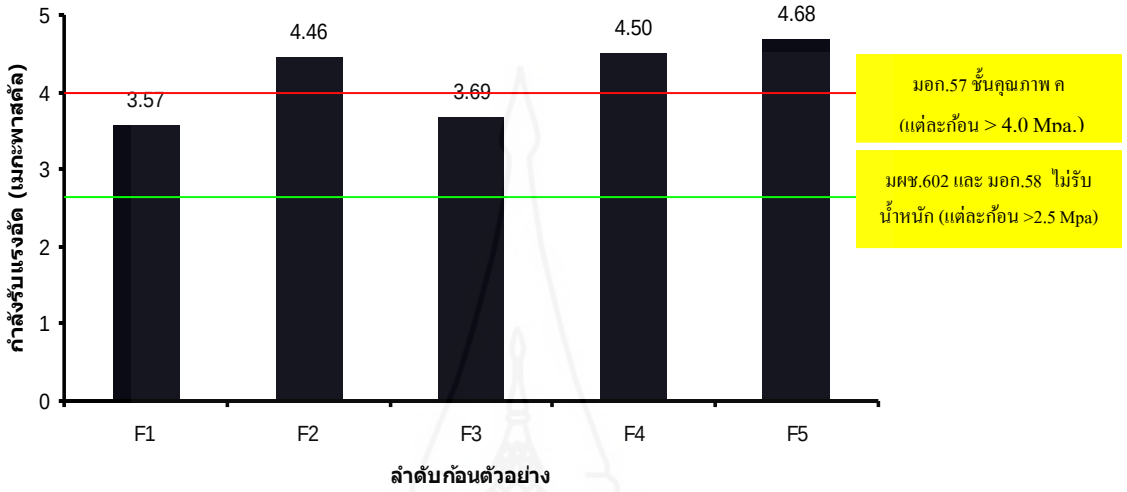
2.1.5 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 20 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 20

จากข้อมูลจะเห็นว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่ร้อยละ 20 มีกำลังรับแรงอัดอยู่ระหว่าง 3.57 – 4.68 เมกะพาสคัล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 4.09 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช.602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533 ซึ่งกำหนดให้มีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล สำหรับ มผช. 602/2547 และ มอก.58-2533

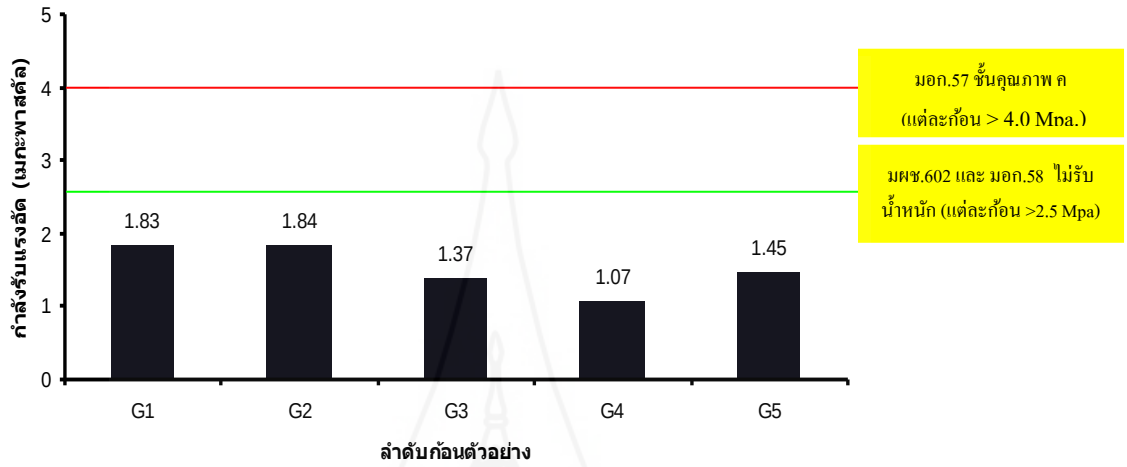
2.1.6 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 40 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 40

จากข้อมูลจะเห็นว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่ร้อยละ 40 มีกำลังรับแรงอัดอยู่ระหว่าง 3.57 – 4.68 เมกะพาสคัล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 4.18 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช.602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533 ซึ่งกำหนดให้มีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล สำหรับ มผช.602/2547 และ มอก.58-2533

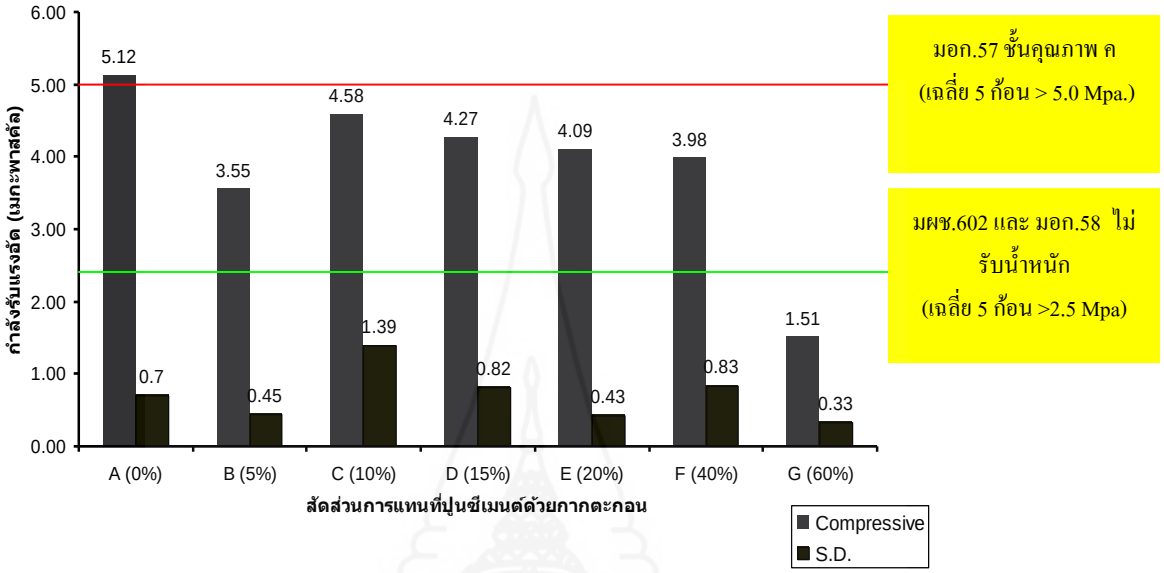
2.1.7 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 60 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 60

จากข้อมูลจะเห็นว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่ร้อยละ 60 มีกำลังรับแรงอัดอยู่ระหว่าง 1.07 – 1.84 เมกะพาสคัล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 1.51 เมกะพาสคัล ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์

2.1.8 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานผสมกากตะกอนเฉลี่ย 5 ก้อน หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.8

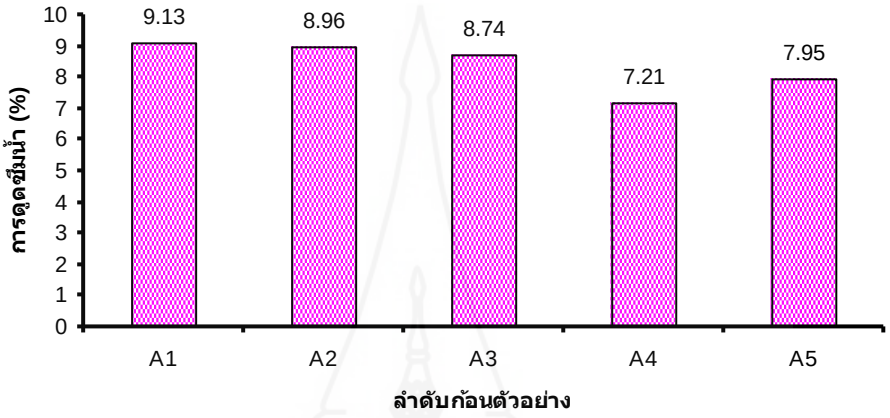


ภาพที่ 4.8 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของบล็อกประสานที่อายุการบ่ม 28 วัน

จากภาพสามารถสรุปได้ว่าค่ากำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ในอัตราส่วนผสมที่ร้อยละ 0 , 5 , 10 , 15 , 20 และ 40 ตามลำดับ มีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 5.12 3.55 4.57 4.23 4.09 และ 3.98 เมกะพาสคัล ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.33 – 1.51 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช. 602/2547 และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2533 ซึ่งกำหนดไว้ที่กำลังรับแรงอัดของค่าเฉลี่ย 5 ก้อนต้องไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และพบว่าอัตราส่วนผสมของกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่แทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 60 นั้นมีค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 1.51 เมกะพาสคัล ซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐาน

2.2 ร้อยละการดูดกลืนน้ำ

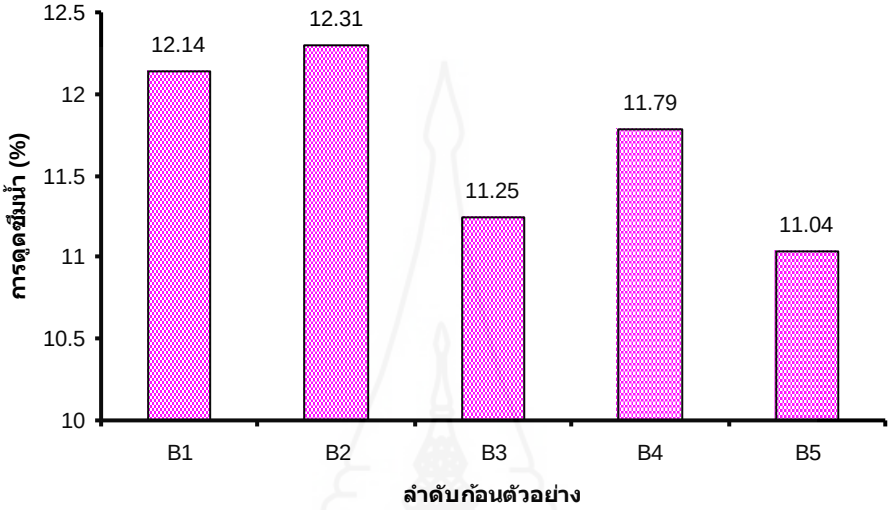
2.2.1 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 0 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 0

จากภาพที่ 4.9 พบว่าร้อยละการกลืนน้ำของบล็อกประสานที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ร้อยละ 0 มีค่าอยู่ระหว่าง 7.21 – 9.13 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.40

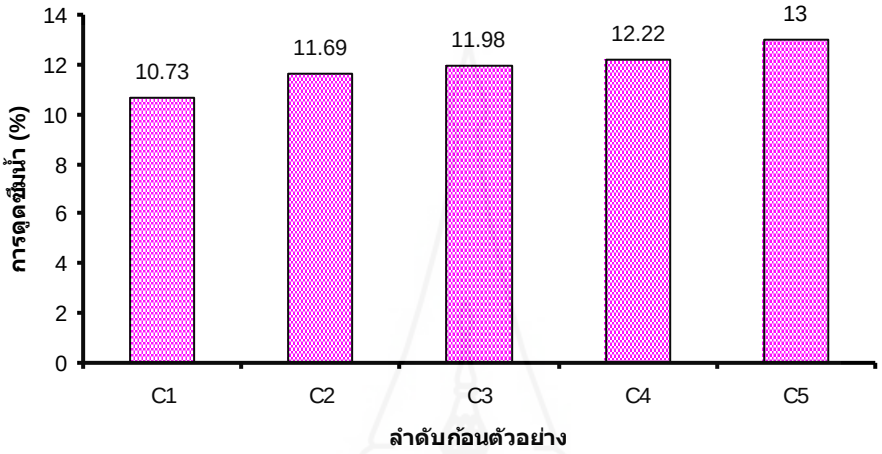
2.2.2 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 5 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 5

จากภาพที่ 4.10 พบว่าร้อยละการกลืนน้ำของบล็อกประสานที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ร้อยละ 5 มีค่าอยู่ระหว่าง 11.04 – 12.31 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.71

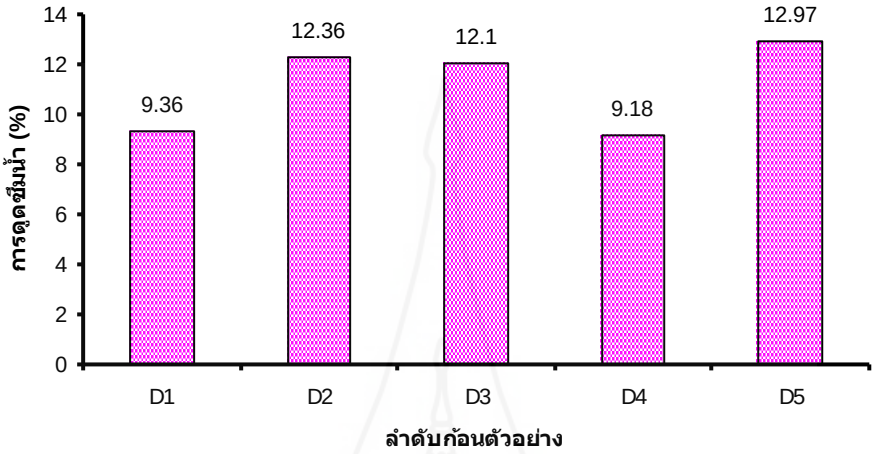
2.2.3 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 10 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 10

จากภาพที่ 4.11 พบว่าร้อยละการกลืนน้ำของบล็อกประสานที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ร้อยละ 10 มีค่าอยู่ระหว่าง 10.73 – 13.00 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.92

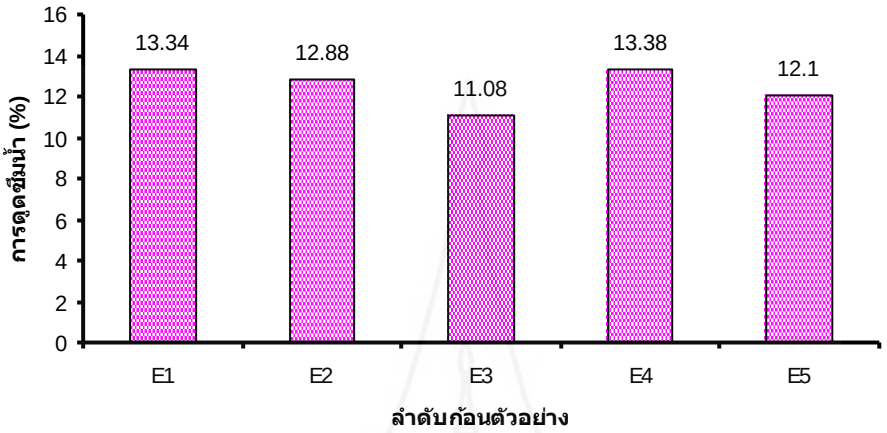
2.2.4 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 10 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 15

จากภาพที่ 4.12 พบว่าร้อยละการกลืนน้ำของบล็อกประสานที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ร้อยละ 15 มีค่าอยู่ระหว่าง9.18 – 12.97 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.20

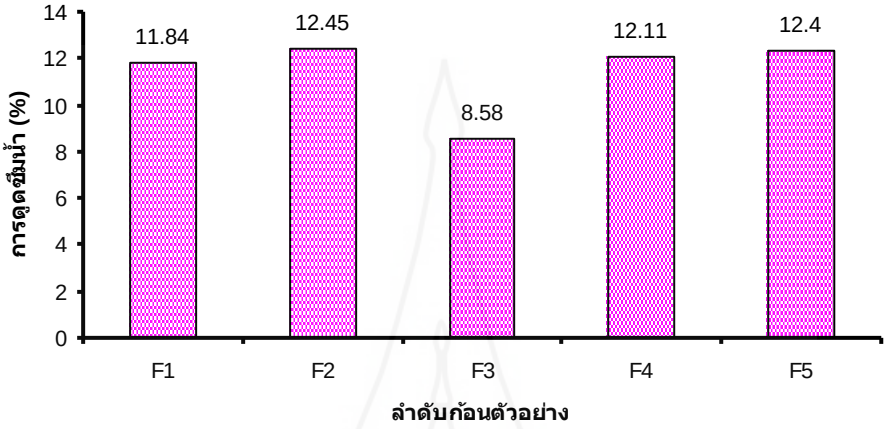
2.2.5 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 20 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 20

จากภาพที่ 4.13 พบว่าร้อยละการกลืนน้ำของบล็อกประสานที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ร้อยละ 20 มีค่าอยู่ระหว่าง 11.08 – 13.38 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.50

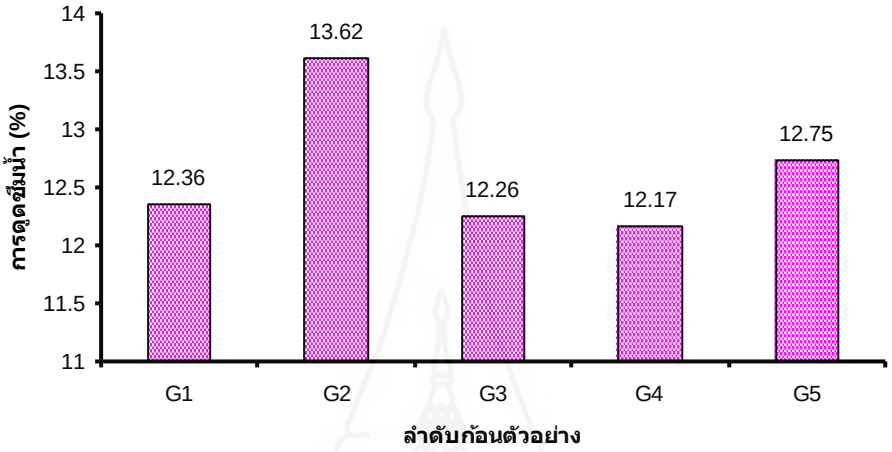
2.2.6 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 40 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 40

จากภาพที่ 4.14 พบว่าร้อยละการกลืนน้ำของบล็อกประสานที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ร้อยละ 40 มีค่าอยู่ระหว่าง 8.58 – 12.45 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.48

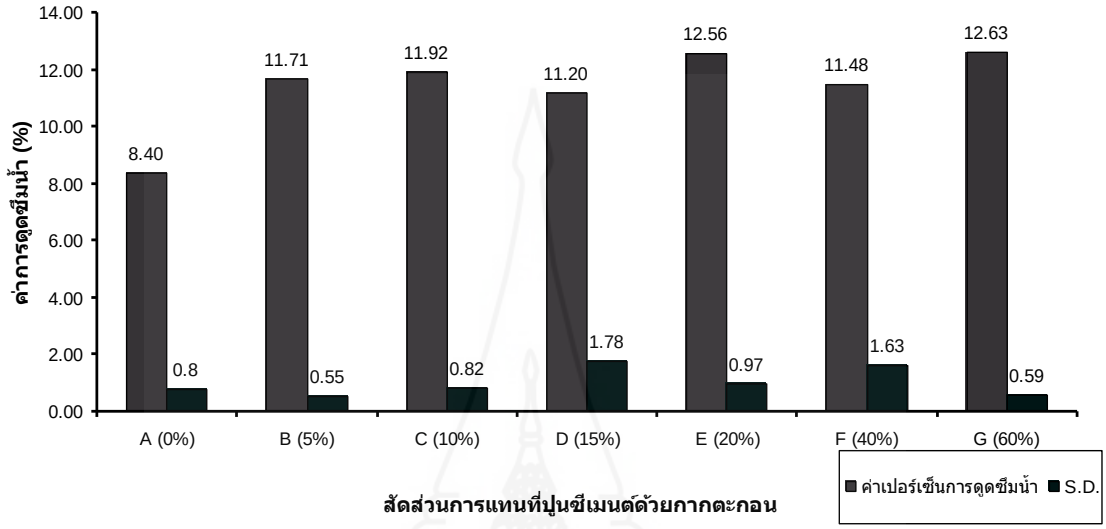
2.2.7 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนที่ร้อยละ 60 หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมกากตะกอนร้อยละ 60

จากภาพที่ 4.15 พบว่าร้อยละการกลืนน้ำของบล็อกประสานที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ร้อยละ 60 มีค่าอยู่ระหว่าง 12.17 – 13.62 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.63

2.2.8 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนเฉลี่ย 5 ก้อน หลังจากระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เป็นดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของบล็อกประสานในแต่ละอัตราส่วนผสม

จากภาพที่ 4.16 พบว่าร้อยละการกลืนน้ำของบล็อกประสานที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ในอัตราส่วนผสมที่ร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 นั้นพบว่ามีค่าร้อยการดูดกลืนน้ำอยู่ระหว่าง 8.40 – 12.56 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.55 – 1.78

3. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ร้อยละการดูดกลืนน้ำกับปริมาณกากตะกอนในมวลรวม

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกากตะกอนกับกำลังรับแรงอัด

จากข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment Correlation) เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสองทางเท่ากับ -0.823 ค่า P-value เท่ากับ 0.023 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์มีผลทำให้ค่าความสามารถในการรับกำลังต้านทานแรงอัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกากตะกอนกับร้อยละการดูดกลืนน้ำ

จากข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment Correlation) เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดกลืนน้ำกับปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสองทางเท่ากับ 0.556 ค่า P-value เท่ากับ 0.195 ซึ่งมากกว่า 0.05 สรุปว่าปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์กับค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

4. การจำแนก เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

จากผลการทดลองสามารถนำมาจำแนกและสรุปความสัมพันธ์กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์เพื่อสะดวกในการนำไปใช้ประโยชน์สามารถสรุปในรูปแบบของตารางได้ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การจำแนกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

สูตรผสม	กำลังรับแรงอัด (เมกะพาสคัล)	มผช.602/2547 ผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสาน	มอก.57-2533 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก	มอก.58-2533 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
A (0%)	5.12	*	*	*
B (5%)	3.55	*	-	*
C (10%)	4.58	*	-	*
D (15%)	4.27	*	-	*
E (20%)	4.09	*	-	*
F (40%)	3.98	*	-	*
G (60%)	1.51	-	-	-

จากตารางที่ 4.2 พบว่าได้นำเฉพาะค่ากำลังรับแรงอัดมาพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานเนื่องจาก กำลังรับแรงอัดที่ได้จากการทดสอบผ่านเกณฑ์เฉพาะมาตรฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก จึงไม่ต้องนำค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำมาพิจารณาร่วมด้วย ดังนั้นสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่าบล็อกประสานที่อัตราส่วนผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่ร้อยละ 0 เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช. 602/2547) ชนิดไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 57-2533) คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ชั้นคุณภาพ ค และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.58-2533) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในงานก่อสร้าง ประเภทก่อกำแพงภายใน ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่น ๆ ภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนรับน้ำหนักของโครงสร้างอาคาร และยังพบว่าสามารถใช้ก่อกำแพงภายนอกเหนือระดับดินได้ แต่ต้องมีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากลมฟ้า อากาศ

สำหรับบล็อกประสานในอัตราส่วนการแทนที่กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์แทนปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนร้อยละ 5 10 10 15 20 และ 40 ผลการวิเคราะห์พบว่า

เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช. 602/2547) ชนิดไม่รับน้ำหนัก และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 57-2533) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งเหมาะสำหรับก่อผนัง กั้นห้อง ก่อส่วนอื่นๆ ภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรองรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร หรือก่อกำแพงที่ไม่ต้องรองรับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง

และสำหรับอัตราส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 60 พบว่าไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้าง

5. ต้นทุนการผลิตบล็อกประสาน

การคำนวณต้นทุนของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ แสงสัดส่วนน้ำหนักของส่วนผสมต่อก้อน ดังตารางที่ 4.3 และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของการผลิตบล็อกประสานแบบใช้เครื่องอัดแบบใช้แรงงานคน และใช้เครื่องอัดแบบไฮดรอลิคดังแสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.3 น้ำหนักส่วนผสมของบล็อกประสานต่อก้อน

อัตราส่วนผสม	ปูนซีเมนต์ (กก.)	กากตะกอน (กก.)	ดิน (กก.)
0 %	0.96 *	-	5.5 *
5%	0.91	0.05	5.5
10%	0.86	0.10	5.5
15%	0.82	0.14	5.5
20%	0.77	0.19	5.5
40%	0.58	0.38	5.5
60%	0.38	0.58	5.5

ที่มา : * อัตราส่วนต่อก้อนของบล็อกประสาน 1: 7 จาก อรพิน ขวัญศรี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน้า 53

จากตารางที่ 4.3 พบว่าบล็อกประสานที่ผลิตได้ในสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่ร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 นั้น มีปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ในสัดส่วนที่ลดลงเท่ากับ 0.96 0.92 0.86 0.82 0.77 0.58 และ 0.38 กิโลกรัมต่อก้อน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 สรุปค่าใช้จ่ายในการผลิตบล็อกประสานเปรียบเทียบแบบใช้เครื่องอัดแบบแรงงานคน

ร้อยละของกากตะกอน	ปูน (บาท)	กากตะกอน (บาท)	ดิน* (บาท)	ราคาน้ำ * (บาท)	ราคาไฟฟ้า* (บาท)	ค่าแรง* (บาท)	ต้นทุนคงที่* (บาท)	รวมต้นทุน/ก้อน (บาท)
0 %	1.88*	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	4.29*
5 %	1.79	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	4.20
10 %	1.69	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	4.10
15 %	1.60	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	4.01
20 %	1.50	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	3.91
40 %	1.13	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	3.54
60 %	0.75	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	3.16

* ที่มา : ต้นทุนการผลิตบล็อกประสาน อรพิน ขวัญศรี (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) วารสารวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าใช้จ่ายในการผลิตบล็อกประสานโดยใช้เครื่องอัดแบบใช้แรงงานคนนั้น มีต้นทุนการผลิตต่อก้อนเท่ากับ 4.29 4.20 4.10 4.01 3.91 3.54 และ 3.16 บาท ตามลำดับ และสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนที่สูงที่สุดที่สามารถใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างได้คือที่ร้อยละ 40 นั้น พบว่าสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ถึงร้อยละ 17.48 เมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานสูตรทั่วไป (ร้อยละกากตะกอนเท่ากับ 0)

ตารางที่ 4.5 สรุปค่าใช้จ่ายในการผลิตบล็อกประสานเปรียบเทียบแบบใช้เครื่องอัดแบบไฮดรอลิค

ร้อยละของกากตะกอน	ปูน (บาท)	กากตะกอน (บาท)	ดิน* (บาท)	ราคาน้ำ * (บาท)	ราคาไฟฟ้า* (บาท)	ค่าแรง* (บาท)	ต้นทุนคงที่* (บาท)	รวมต้นทุน/ก้อน (บาท)
0 %	1.88*	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.99*
5 %	1.79	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.90
10 %	1.69	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.80
15 %	1.60	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.71
20 %	1.50	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.61
40 %	1.13	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.24
60 %	0.75	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	2.86

* ที่มา : ต้นทุนการผลิตบล็อกประสาน อรพิน ขวัญศรี (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) วารสารวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี

จากตารางที่ 4.5 พบว่าค่าใช้จ่ายในการผลิตบล็อกประสานโดยใช้เครื่องอัดแบบไฮดรอลิคนั้น มีต้นทุนการผลิตต่อก้อนเท่ากับ 3.99 3.90 3.80 3.71 3.61 3.24 และ 2.86 บาท ตามลำดับ และสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนที่สูงที่สุดที่สามารถใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างได้คือที่ร้อยละ 40 นั้น พบว่าสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ถึงร้อยละ 18.79 เมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานสูตรทั่วไป (ร้อยละกากตะกอนเท่ากับ 0)

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตบล็อกประสานจากกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือบริสุทธิ์พบว่าปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่สามารถใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างได้ในสัดส่วนสูงที่สุดคือร้อยละ 40 ซึ่งถ้าคิดเป็นต้นทุนการผลิตโดยใช้เครื่องอัดแบบใช้แรงงานคนแล้วสามารถลดต้นทุนในการผลิตบล็อกประสานต่อก้อน เมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานสูตรทั่วไป ถึงร้อยละ 17.48 และเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตแบบใช้เครื่องอัดไฮดรอลิคสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ถึงร้อยละ 18.79

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ จากอุตสาหกรรมการผลิตเกลือสินเธาว์จากแร่เกลือหินมาใช้ประโยชน์ โดยนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ โดยสรุปผลที่ได้จากการศึกษามีดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อศึกษาสมบัติของกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานที่ใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์แทนที่ปูนซีมเมนต์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน ด้วยการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำตามมาตรฐาน มอก.109

1.1.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกากตะกอนในมวลรวมกับกำลังรับแรงอัด และร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ด้วยวิธีศึกษากำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยทั้ง 5 ก้อนและหาค่าความสัมพันธ์กับอัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ในแต่ละสูตรการทดลอง

1.1.3 เพื่อศึกษาชนิดและคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ จากบล็อกประสานตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ ด้วยการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.57-2533 มอก.58-2533 และมผช.602/2547

1.1.4 เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนเป็นส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์กับบล็อกประสานทั่วไปตามท้องตลาด

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อนำกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหินนำกลับมาใช้ประโยชน์ โดยใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกประสานที่อัตราส่วนต่างกัน 7 สูตรผสม ดังนี้ สัดส่วนการแทนที่ร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 ตามลำดับ และทำการบ่มที่ 28 วัน หลังจากนั้นนำมาทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำตามมาตรฐาน มอก.109 และนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 57-2533 มอก.58-2533

และ มผช.602/2547 เพื่อจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ และทำการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลรวมของร้อยละการแทนที่ในแต่ละสูตรผสมกับค่าความต้านทานแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำด้วยสถิติสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson product moment Correlation)

1.3 ผลการวิจัย

จากการทดลองผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์แทนที่ปูนซีเมนต์ในสัดส่วนร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 นั้น พบว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

1.3.1 สมบัติกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำ

1) กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) สมบัติของบล็อกประสานในอัตราการแทนที่ร้อยละ 0 มีค่าอยู่ระหว่าง 4.37 – 5.94 เมกะพาสคัล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.12 เมกะพาสคัล อัตราการแทนที่ร้อยละ 5 มีค่าอยู่ระหว่าง 2.94 – 4.00 เมกะพาสคัล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.55 เมกะพาสคัล อัตราการแทนที่ร้อยละ 10 มีค่าอยู่ระหว่าง 2.16 – 5.58 เมกะพาสคัล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 เมกะพาสคัล อัตราการแทนที่ร้อยละ 15 มีค่าอยู่ระหว่าง 3.24 – 5.12 เมกะพาสคัล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 เมกะพาสคัล อัตราการแทนที่ร้อยละ 20 มีค่าอยู่ระหว่าง 3.57 – 4.68 เมกะพาสคัล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.09 เมกะพาสคัล อัตราการแทนที่ร้อยละ 40 มีค่าอยู่ระหว่าง 3.57 – 4.68 เมกะพาสคัล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 เมกะพาสคัล และอัตราการแทนที่ร้อยละ 60 อยู่ระหว่าง 1.07 – 1.84 เมกะพาสคัล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 เมกะพาสคัล

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พบว่าบล็อกประสานที่ผลิตได้ ในอัตราการแทนที่ร้อยละ 0 นั้นเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 57-2533 มอก.58-2533 และ มผช. 602/2547 ในอัตราการแทนที่ร้อยละ 5 10 15 20 และ 40 นั้น ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 57-2533 แต่เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 และ มผช. 602/2547 และสำหรับอัตราการแทนที่ร้อยละ 60 ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.57-2533 มอก.58-2533 และมผช.602/2547

2) ร้อยละการดูดกลืนน้ำ (Percentage of Absorption) สมบัติของบล็อกประสานในอัตราการแทนที่ร้อยละ 0 มีค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำอยู่ระหว่าง 7.21 – 9.13 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.40 อัตราการแทนที่ร้อยละ 5 มีค่าอยู่ระหว่าง 11.04 – 12.31 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.71 อัตราการแทนที่ร้อยละ 10 มีค่าอยู่ระหว่าง 10.73 – 13.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.92 อัตราการแทนที่ร้อยละ 15 มีค่าอยู่ระหว่าง 9.18 – 12.97 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.20 อัตราการแทนที่ร้อยละ 20 มีค่าอยู่ระหว่าง 11.08 – 13.38 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.50 อัตราการแทนที่ร้อยละ 40 มีค่าอยู่ระหว่าง 8.58 – 12.45 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.48 และอัตราการแทนที่ร้อยละ 60 มีค่าอยู่ระหว่าง 12.17 – 13.62 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.63

1.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลรวมกับกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำ

1) ความสัมพันธ์ระหว่างมวลรวมกับกำลังรับแรงอัด จากการศึกษาโดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment Correlation) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดในอัตราการแทนที่ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน ในสัดส่วนต่างกัน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสองทางเท่ากับ -0.823 ค่า P-value เท่ากับ 0.023 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์มีผลทำให้ค่าความสามารถในการรับกำลังแรงอัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2) ความสัมพันธ์ระหว่างมวลรวมกับร้อยละการดูดกลืนน้ำ จากการศึกษาโดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment Correlation) เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดกลืนน้ำกับปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสองทางเท่ากับ 0.556 ค่า P-value เท่ากับ 0.195 ซึ่งมากกว่า 0.05 สรุปว่าปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์กับค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

1.3.3 ศึกษาชนิดและคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษาพบว่าบล็อกประสานที่ผลิตจากกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์นั้นมีค่ารับกำลังแรงอัดอยู่ระหว่าง 1.51 – 4.58 เมกะพาสคัล ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานแล้วนั้น พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ซึ่งไม่ต้องผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำมาประกอบการพิจารณาจำแนกการใช้ประโยชน์ ดังนั้นการทดลองสรุปได้ว่าในอัตราการแทนปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนร้อยละ 5 10 15 20 และ 40 นั้น เป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช. 602/2547) ชนิดไม่รับน้ำหนัก และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก 57-2533) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งเหมาะสำหรับก่อผนัง กั้นห้อง ก่อส่วนอื่น ๆ ภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรองรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร หรือก่อกำแพงที่ไม่ต้องรองรับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง ส่วนบล็อกประสานในอัตราการแทนที่ร้อยละ 60 นั้น ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จึงไม่เหมาะนำมาใช้ในงานก่อสร้าง

1.3.4 ต้นทุนการผลิตบล็อกประสาน

จากการศึกษาพบว่าต้นทุนการผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 นั้น เมื่อเปรียบเทียบราคาต้นทุนการผลิตแบบใช้แรงคนแล้วพบว่าราคาต้นทุนการผลิตต่อก้อนเท่ากับ 4.29 4.20 4.10 4.01 3.91 3.54 และ

3.16 ตามลำดับ และหากเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตแบบใช้เครื่องอัดบล็อกประสานแบบไฮดรอลิค แล้วพบว่าราคาต้นทุนการผลิตต่อก้อนเท่ากับ 3.99 3.90 3.80 3.71 3.61 3.24 และ 2.86 บาท ตามลำดับ ซึ่งการทดลองพบว่าในอัตราการแทนที่ร้อยละ 40 นั้นเป็นอัตราการแทนที่ที่สูงที่สุดที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างได้ จึงทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้เมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานทั่วไปที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนกับการผลิตแบบใช้เครื่องอัดบล็อกแบบใช้แรงคน สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้คิดเป็น 0.75 บาท/ก้อน หรือลดลงถึงร้อยละ 17.48 และหากนำมาเปรียบเทียบกับการผลิตแบบใช้เครื่องอัดบล็อกแบบไฮดรอลิคแล้วนั้น สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้คิดเป็น 0.74 บาท/ก้อน หรือลดลงร้อยละ 18.79

2. อภิปรายผล

2.1 สมบัติกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำ

จากผลการทดลองพบว่ากำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ในอัตราการแทนที่ร้อยละ 5 10 15 20 และ 40 ซึ่งผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรมและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงนั้นให้ค่ากำลังอัดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.55-4.58 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมบล็อกไม่รับน้ำหนัก จากผลการศึกษานี้พบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ นัฐวุฒิ ทิพย์โยธา ศรัณย์ โตไทยะ ชวิน ยิ่งไพบูลย์และดนัย เหมืองทอง (2549) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตในคอนกรีตมวลเบา ซึ่งใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น และพบว่าอัตราส่วนผสมที่อัตราส่วนผสมของปริมาณปูนซีเมนต์ : แคลเซียมคาร์บอเนต : โซเดียมไฮดรอกไซด์ : สารลดน้ำพิเศษเท่ากับร้อยละ35 : 40 : 25 : 2 ตามลำดับ ซึ่งสามารถรับกำลังแรงอัดได้สูงสุดเท่ากับ 47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 4.6 เมกะพาสคัล และมีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ 1,170 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งกำลังรับแรงอัดที่ได้ไม่แตกต่างกัน และจากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า การใช้เครื่องมือในการผลิตที่เหมาะสมก็มีผลต่อประสิทธิภาพของบล็อกประสานด้วยเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากในขั้นตอนการอัดขึ้นรูปบล็อกประสานหากใช้เครื่องอัดแบบโยกใช้แรงงานคน กำลังรับแรงอัดที่ได้จะมีค่าต่ำและไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจเกิดจากการความเมื่อยล้าของตัวผู้ปฏิบัติงานที่ต้องทำงานต่อเนื่อง จึงส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดที่ได้ต่ำ ดังนั้นหากใช้เครื่องอัดแบบไฮดรอลิค จะทำให้กำลังรับแรงอัดที่ได้มีความสม่ำเสมอและให้ค่าสูงกว่าการใช้เครื่องอัดขึ้นขึ้นรูปแบบใช้แรงงานคน

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลรวมกับกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำ

สัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสองทางเท่ากับ -0.823 ค่า P-value เท่ากับ 0.023 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์มีผลทำให้ค่าความสามารถของกำลังรับแรงอัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งจะเห็นได้ว่ายิ่งมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเพิ่มขึ้น และใช้ปูนซีเมนต์ในสัดส่วนที่น้อยลง จะทำให้บล็อกประสานที่ได้มีค่ากำลังรับแรงอัดลงลง ส่งผลให้บล็อกประสานที่ได้มีความแข็งแรงลดลง ในทางกลับกันถ้าเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้นและลดสัดส่วนกากตะกอนลงจะทำให้ความแข็งแรงของคอนกรีตเพิ่มขึ้น เนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะทำให้เกิดกระบวนการไฮเดรชัน (Hydration) ได้โครงสร้าง Calcium Aluminosilicate เรียกว่า คอนกรีต ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้คอนกรีตที่ได้มีความแข็งแรงและยิ่งใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่สูงขึ้นก็จะทำให้คอนกรีตที่ได้มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ส่วนกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ถึงแม้จะมีธาตุแคลเซียม ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของปูนซีเมนต์ ก็ตามหากขาดปฏิกิริยาเคมีเพื่อให้ได้ สารไตรแคลเซียม ซิลิเกต ($3\ CaO.\ SiO_2$) ไดแคลเซียม ซิลิเกต ($2\ CaO.\ SiO_2$) ไตรแคลเซียม อะลูมิเนต ($3\ CaO.\ Al_2O_3$) และเตตตราแคลเซียม อะลูมิโนเฟอไรต์ ($4\ CaO.\ Al_2O_3.\ Fe_2O_3$) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แล้ว ก็ทำให้บล็อกประสานที่ได้จากการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์นั้นมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลง

จากผลการทดลองและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดกลืนน้ำกับปริมาณกากตะกอนพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสองทางเท่ากับ 0.555 ค่า P-value เท่ากับ 0.196 ซึ่งมากกว่า 0.05 สรุปว่าปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์กับค่าร้อยละการดูดซึมน้ำไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นไม่ว่าจะมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยสัดส่วนใด ๆ ก็ตาม ก็ไม่มีผลทำให้ค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำลดลง หรือเพิ่มขึ้นจึงไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงของบล็อกประสานที่ผลิตได้ และในทางกลับกันหากร้อยละการดูดกลืนน้ำมีนัยสำคัญทางสถิติแล้วนั้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพความแข็งแรงของบล็อกประสานลดลง การดูดกลืนน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้บล็อกประสานที่ได้อ่อนตัว และเนื้อดินเปื่อยยุ่ยไม่เหมาะในการนำมาใช้ประโยชน์

2.3 ศึกษาชนิดและคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์

บล็อกประสานในอัตราส่วนการแทนที่กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์แทนปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนร้อยละ 5 10 10 15 20 และ 40 พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช. 602/2547) ชนิดไม่รับน้ำหนัก และมาตรฐานผลิตภัณฑ์

อุตสาหกรรม (มอก 57-2533) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งเหมาะสำหรับก่อผนัง กั้นห้อง ก่อส่วนอื่นๆ ภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรองรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร หรือก่อกำแพงที่ไม่ต้องรองรับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง ซึ่งนอกเหนือจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ตามมาตรฐานแล้วนั้น ปัจจัยแวดล้อมและลักษณะการนำไปใช้งานก็มีผลต่อประสิทธิภาพของบล็อกประสานด้วยเช่นกัน และด้วยกำลังรับแรงอัดที่ต่ำกว่าบล็อกประสานทั่วไป อาจทำให้ต้องพิจารณาความแข็งแรงของฐานราก เพื่อให้เกิดความแข็งแรงของโครงสร้างยิ่งขึ้น ทำให้ต้องพิจารณาต้นทุนในการทำฐานรากเพิ่มเติม

สำหรับผลการทดลองในอัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ร้อยละ 60 นั้น พบว่าไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้าง

2.4 ต้นทุนการผลิตบล็อกประสาน

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตบล็อกประสานจากกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือบริสุทธิ์ พบว่าปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ที่สามารถใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างได้ในสัดส่วนสูงที่สุดคือร้อยละ 40 ซึ่งหากคิดเป็นต้นทุนการผลิตโดยใช้เครื่องอัดแบบใช้แรงงานคนแล้วนั้น สามารถลดต้นทุนในการผลิต เมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานสูตรทั่วไป ถึงร้อยละ 17.48 และเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตแบบใช้เครื่องอัดไฮดรอลิคสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ถึงร้อยละ 18.79 และหากนำมาคำนวณต้นทุนที่ลดลงต่อก้อนแล้วนั้นพบว่าทั้งแบบใช้แรงงานคนและแบบไฮดรอลิคนั้นสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ 0.75 บาทต่อก้อน ซึ่งหากใช้ในการก่อสร้างเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรนั้น จะต้องใช้บล็อกประสานจำนวน 32 ก้อน ถ้าคำนวณจากต้นทุนที่ผลิตทั้ง 2 แบบนั้นสามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างลงได้ 24 บาท/ตารางเมตร แต่อาจต้องพิจารณาต้นทุนในการทำฐานรากเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความแข็งแรงของโครงสร้างยิ่งขึ้น เนื่องจากบล็อกประสานที่ผลิตได้มีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าบล็อกประสานทั่วไป

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

3.1.1 บล็อกประสานที่ผลิตได้ยังมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์หลงเหลืออยู่ แนะนำว่าหากนำมาใช้งานควรหลีกเลี่ยงในการใช้เป็นวัสดุก่อหรือโครงสร้างที่ต้องมีการสัมผัสกับเหล็กหรือโลหะโดยตรงเพราะอาจทำให้เกิดสนิมได้ง่ายมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างได้

3.1.2 บล็อกประสานที่ผลิตจากการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ เนื่องจากมีปริมาณปูนซีเมนต์ค่อนข้างน้อยจึงไม่เหมาะในการนำมาใช้ก่อผนังภายนอกที่มีการสัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอกโดยตรง และไม่เหมาะในการนำมาใช้กับงานก่อสร้างประเภทที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างใด ๆ ยกเว้นรับน้ำหนักตัวเอง

3.1.3 บล็อกประสานที่ได้จากผลการทดลองนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริง โดยไม่เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์ เนื่องจากเป็นกากของเสียไม่อันตรายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548

3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ในการบ่มบล็อกประสาน แนะนำให้ใช้วิธีการบ่มแบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อให้ได้บล็อกประสานที่มีคุณภาพและมีความแข็งแรงยิ่งขึ้น ซึ่งหากนำมาใช้ในงานก่อสร้างจะทำให้อายุการใช้งานนานกว่าการบ่มแบบวิธีอื่น

3.2.2 การวิจัยในครั้งนี้ใช้ดินลูกรังจากตำบลนิคมพัฒนา อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งในการนำดินแต่ละท้องที่มาเป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกประสานนั้นอาจทำให้ประสิทธิภาพของบล็อกประสานที่ได้มีความแตกต่างกัน ดังนั้นควรมีการทดสอบคุณภาพของดินแต่ละแหล่งเพื่อหาปริมาณซิลิกอนไดออกไซด์และอลูมินัมออกไซด์ เพื่อคำนวณสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกประสานให้ได้มาตรฐาน และหากเป็นไปได้แนะนำให้ใช้ดินทรายซึ่งจะให้กำลังอัดที่สูงกว่าดินประเภทอื่น เนื่องจากมีปริมาณซิลิกอนและอลูมิเนียมสูง ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์และดินได้ดี

3.2.3 การวิจัยนี้ใช้เครื่องผลิตบล็อกประสานแบบโยกใช้แรงงานคน ซึ่งในระหว่างอัดขึ้นรูป อาจทำผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้า จึงทำให้กำลังอัดที่ได้ต่ำและไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปแนะนำให้ใช้เครื่องอัดขึ้นรูปบล็อกประสานแบบไฮดรอลิค ซึ่งจะให้กำลังรับแรงอัดที่สม่ำเสมอและสูงกว่าแบบใช้แรงงานคน

3.2.4 การวิจัยนี้ทำการทดสอบตัวอย่างเพียงชุดเดียว และเพื่อให้ผลการศึกษาที่ได้จากการทดลองมีข้อมูลในการเปรียบเทียบ ในการวิจัยครั้งต่อไปแนะนำให้ทำการทดสอบจำนวนตัวอย่างต่อสูตรการทดลองอย่างน้อย 2 ตัวอย่างขึ้นไป

3.2.5 การวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณกากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการทั้งหมด ดังนั้นเสนอแนะให้ทำการศึกษาคุณสมบัติอื่น ๆ ของกากตะกอนเพิ่มเติมเพื่อศึกษาแนวทางที่หลากหลายในการนำไปใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายงานผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

1. ผลการวิเคราะห์ความชื้นของกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

QC SECTION
LABORATORY
PIMAI SALT CO.,LTD.

รายงานผลการวิเคราะห์ตะกอน $CaCO_3$

หมายเลขเอกสาร : E-02/10

โครงการ : วิเคราะห์คุณภาพตะกอน $CaCO_3$
ที่ตั้ง : เลขที่ 146 ม.3 ถนนตลาดแก-พิมาย
ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย
จังหวัดนครราชสีมา 30110

วันที่เก็บตัวอย่าง : 13 / 01 / 2010
วันที่รับตัวอย่าง : 14 / 01 / 2010
วันที่วิเคราะห์ : 14 / 01 /2010

วิธีเก็บตัวอย่าง :
ผู้เก็บตัวอย่าง : แผนกบริหาร

วันที่พิมพ์รายงาน : 14 / 01 / 2010

ITEM	METHOD	UNIT	ACTUAL RESALT
NaCl	Mohr titration	% w/w	3.81
p H	ELECTROMETRIC METHOD	-	10.34
MOITURE CONTENT	GRAVIMETRIC METHOD	% w/w	11.88

รับรองผลการวิเคราะห์เฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการวิเคราะห์เท่านั้น ห้ามคัดถ่ายรายงานผลการวิเคราะห์เฉพาะเพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับอนุญาตจากห้องปฏิบัติการเป็นลายลักษณ์อักษร

ลงชื่อ ..... ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

ว. -240 ง. - 2241 ว. -240 ค. - 2239 ว. -240 ค. - 2337

(นางสาวหนมพร ชื่นทองหลาง) (นางสุพิณ อันอามาตย์) (นางนภาพร เย็นเหลือ)

เจ้าหน้าที่ทดสอบ ผู้จัดการวิชาการ ผู้จัดการคุณภาพ

2. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

QC SECTION LABORATORY PIMAI SALT CO., LTD

146 Moo.3, Pimai-Talad Kae Road., T. Krabeung-Yai, A. Pimai,
Nakornratchasima Thailand 30110

TEL.0-4420-1303-9 FAX. 0-4420-1038

REPORT No. : 001-Mud-11 Page 1 of 1

CERTIFICATE OF ANALYSIS

PRODUCT NAME : Mud (VDF system)

RECEIVED DATE : 25/4/2011

ANALYSIS DATE : 29/4/2011 - 3/5/2011

RESULT

ITEM	UNIT	ACTUAL RESULT
ARSENIC (As)	mg/kg	ND
BARIUM (Ba)	mg/kg	12.82
CADMIUM (Cd)	mg/kg	ND
CHROMIUM (Cr)	mg/kg	1.51
COPPER (Cu)	mg/kg	2.12
LEAD (Pb)	mg/kg	ND
MERCURY (Hg)	mg/kg	ND
NICKEL (Ni)	mg/kg	2.25
SELENIUM (Se)	mg/kg	ND
SILVER (Ag)	mg/kg	ND
ZINC (Zn)	mg/kg	6.07

ANALYZED BY..... APPROVED BY.....

DATE 3/5/11 DATE 4.5.11

NOTE : ND = Not Detected

The above results are valid only for the analyzed / tested sample (s) as indicated in this report.
No part of this certificate may be reproduced in any form without written consent from the
QC section laboratory Pimai salt Co., Ltd.

3. รายงานผลการวิเคราะห์กำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำ

ที่..ปส..425../.53..

ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโครงสร้าง
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ถ.สุรนารายณ์ ต.ในเมือง อ.เมือง
นครราชสีมา 30000

23 สิงหาคม 2553

เรื่อง แจ้งรายงานผลการทดสอบวัสดุ

เรียน กรรมการผู้จัดการ บริษัท เกลือพิมาย จำกัด

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบรายงานผลการทดสอบ จำนวน 7 ชุด.

ตามที่ บริษัท เกลือพิมาย จำกัด ได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากทางมหาวิทยาลัยฯ ให้ทำการทดสอบการทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์ (Compressive Strength Of Cement Brick) และการทดสอบการดูดซึมน้ำ(Percentage of Absorption) จำนวน 35 กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการศึกษากากตะกอนจากการทำน้ำเกลือบริสุทธิ์มาผสมในการผลิตบล็อก(บริษัท เกลือพิมาย จำกัด) ต.พิมาย อ.พิมาย จ.นครราชสีมา นั้น

บัดนี้ทางห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโครงสร้าง ได้ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ ที่จัดส่งมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงขอรายงานผลการทดสอบให้ทราบตามรายละเอียดในแบบรายงานผลการทดสอบ ที่แนบมาพร้อมหนังสือฉบับนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายสมชาย อรรคไกรสีห์)
วิศวกรผู้ควบคุมการทดสอบ
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
โทร. 0-4427-1312-3 ต่อ 3220

3.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของการแทนที่ด้วยกากตะกอนร้อยละ 0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

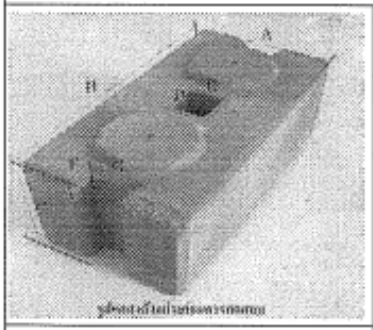
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ISAN

โทรศัพท์ 044 - 271312-3 242978-9 ต่อ 3220 โทรสาร 242217

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์

(Compressive Strength Of Cement Brick)

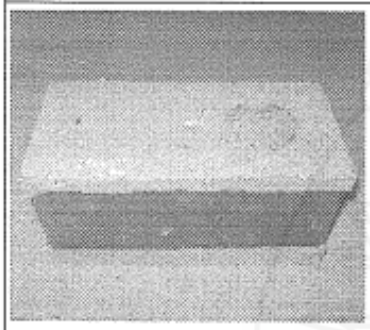
โครงการ	ศึกษาและทดสอบการนำกากตะกอนจากอุตสาหกรรมมาใช้ทดแทนในการผลิตอิฐ	เจ้าของตัวอย่าง	บริษัท ทดลองจำกัด จังหวัด
เจ้าของโครงการ	บริษัท ทดลอง จำกัด		
สถานที่ก่อสร้าง	ต.ทับยอง อ.ทับยอง จ.นครราชสีมา		
รายละเอียดวัสดุ	อิฐซีเมนต์ ขนาดยาว 5 ตัวอย่าง	ผู้ทดสอบ	นายเกรียง ศรีโสมเงินดูกา
วันที่ทดสอบ	22 เดือนตุลาคม 2553	วิธีการ	มอก.58-2516



รูปตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการตรวจสอบมิติอิฐซีเมนต์

SAMPLE	A	B	C	D	E	F		G		H
ตัวอย่าง	ความสูง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความหนา (ซม.)	ขนาดช่องลม(ซ.ม.)		ขนาดช่องลม(ซ.ม.)				มิติสี่เหลี่ยมผืนผ้า
				กว้าง	ยาว	กว้าง		ยาว		
1-1	12.45	23.35	10.10	2.91	2.98	1.80	1.81	4.35	4.35	275.79
1-2	12.50	23.33	10.00	2.91	2.96	1.82	1.81	4.35	4.30	276.87
1-3	12.55	23.36	10.00	2.95	2.99	1.80	1.80	4.33	4.31	277.82
1-4	12.50	23.35	10.08	2.95	3.00	1.81	1.80	4.36	4.33	276.88
1-5	12.48	23.37	10.10	2.91	2.98	1.79	1.80	4.35	4.35	276.75



รูปหลังตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการคำนวณการดูดซึมน้ำ(Percentage of Absorption)

SAMPLE	I	J	K (ร้อยละ)	
ตัวอย่าง	น้ำหนักอิ่มน้ำ 24 ชั่วโมง (กรัม)	น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	การดูดซึมน้ำ (%)	หมายเหตุ
1-1	5451.0	4969.0	9.13	
1-2	5443.0	4995.5	8.96	
1-3	5421.0	4985.5	8.74	
1-4	5396.0	5031.0	7.21	
1-5	5335.0	4942.0	7.95	

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์(Compressive Strength Of Cement Brick)

SAMPLE	L-K	M-H	N	O=N/H
ตัวอย่าง	การดูดซึมน้ำ(%)	พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง(ซ.ม.^{2})	แรงอัด(ก.ก.)	ค่าความอัดประลัย(ก.ก./ซ.ม.^{2})
1-1	9.13	275.79	12300	44.60
1-2	8.96	276.87	13350	48.22
1-3	8.74	277.82	13560	48.81
1-4	7.21	276.88	16800	60.68
1-5	7.95	276.75	16345	59.06

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับมาเท่านั้น

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ

(นายเกรียง ศรีโสมเงินดูกา)

ลงชื่อ.....วิธีการ

(นายเกรียง ศรีโสมเงินดูกา มอก.58-2516)

3.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของการแทนที่ด้วยกากตะกอนร้อยละ 5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

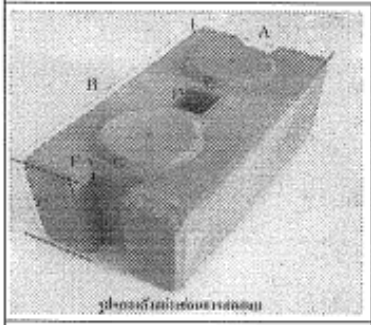
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ISAN

โทรศัพท์ 044 - 271312-3 , 242978-9 ต่อ 3220 โทรสาร 242217

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์

(Compressive Strength Of Cement Brick)

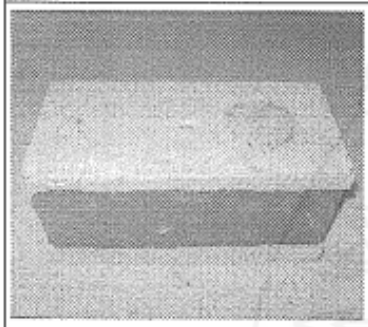
โรงงาน	[illegible]	เจ้าของตัวอย่าง	บริษัท [illegible] จำกัด
เลขที่ของโรงงาน	บริษัท [illegible] จำกัด		
สถานที่ก่อสร้าง	อ.เมือง จ.[illegible]		
รายละเอียดวัสดุ	อิฐซีเมนต์ จำนวน 5 ตัวอย่าง	ผู้ทดสอบ	นายเดชวีร์ ศรีวัฒนไพบูลย์
วันที่ทดสอบ	22 กันยายน 2553	วิทยากร	นายเมธรงค์ อรรถไกรรัตน์ เลขที่ 5016



รูปตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการตรวจสอบมิติอิฐซีเมนต์

SAMPLE	A	B	C	D	E	F		G		H
ตัวอย่าง	ความยาว (ซ.ม.)	ความกว้าง (ซ.ม.)	ความหนา (ซ.ม.)	ขอบล่องลอย (ซ.ม.)		ขอบล่องแขน (ซ.ม.)				พื้นที่หน้าตัด
				ด้านใน	ด้านนอก	ด้านใน		ด้านนอก		
2-1	12.51	23.41	9.98	2.90	3.00	1.80	1.80	1.32	1.36	278.02
2-2	12.48	23.37	9.97	2.87	3.00	1.80	1.83	1.39	1.35	276.88
2-3	12.51	23.39	10.07	2.95	3.00	1.80	1.80	1.47	1.35	277.31
2-4	12.53	23.33	9.92	2.95	2.96	1.79	1.81	1.35	1.37	277.43
2-5	12.47	23.35	10.20	2.93	2.99	1.79	1.81	1.45	1.36	276.21



รูปตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการทดสอบการดูดซึมน้ำ (Percentage of Absorption)

SAMPLE	I	J	K-ค่าเฉลี่ย
ตัวอย่าง	น้ำหนักอิฐแห้งเตาอบที่ 24 ชั่วโมง (กรัม)	น้ำหนักอิฐหลังแช่น้ำ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ (%)	หมายเหตุ
2-1	5409.5	6824.0	12.14	
2-2	5392.2	6765.5	12.31	
2-3	5459.0	6907.0	11.25	
2-4	5435.0	6802.0	11.79	
2-5	5487.5	6892.0	11.04	

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์ (Compressive Strength Of Cement Brick)

SAMPLE	L-ร้อยละ	M-ค่า	N	O-ค่าเฉลี่ย	
ตัวอย่าง	การดูดซึมน้ำ (%)	พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง (ซ.ม.^{2})	แรงอัด (ก.ก.)	กำลังอัดประลัย (ก.ก./ซ.ม.^{2})	หมายเหตุ
2-1	12.14	278.02	8358	30.06	
2-2	12.31	276.88	9072	32.77	
2-3	11.25	277.31	10397	37.49	
2-4	11.79	277.43	11131	40.12	
2-5	11.04	276.21	11280	40.84	

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับมาเท่านั้น

ลงชื่อ.....ผู้ทดสอบ

(นายเดชวีร์ ศรีวัฒนไพบูลย์)

ลงชื่อ.....วิทยากร

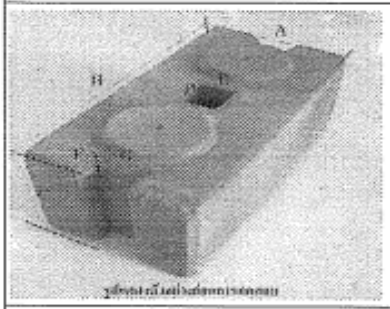
(นายเมธรงค์ อรรถไกรรัตน์ เลขที่ 5016)

3.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของการแทนที่ด้วยกากตะกอนร้อยละ 10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ISAN
โทรศัพท์ 044 - 271312-3 , 242978-9 ต่อ 3220 โทรสาร 242217

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์
(Compressive Strength Of Cement Brick)

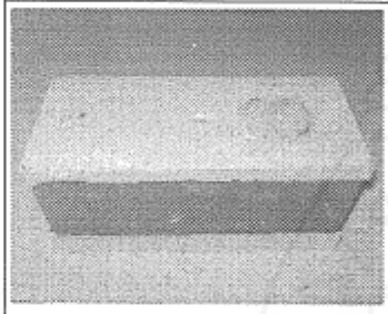
โครงการ	ผลของการแทนที่ด้วยกากตะกอนร้อยละ 10	เจ้าของตัวอย่าง	บริษัท เกริงเทียน จำกัด
เจ้าของโครงการ	บริษัท เกริงเทียน จำกัด		
สถานที่ก่อสร้าง	อ.เมือง จ.เมือง จ.มหาสารคาม		
รายละเอียดโครงการ	อิฐซีเมนต์ จำนวน 5 ตัวอย่าง	ผู้ทดสอบ	นายเดชวีร์ ศรีวิเชษฐ์ไกรกูร
วันที่ทดสอบ	22 กันยายน 2563	วิทยาการ	นายสมชาย เกรกไกรวิทย์ กม.5046



รูปแสดงตำแหน่งที่ทดสอบการดูดซึม

รายการตรวจสอบอิฐซีเมนต์

SAMBO ลำดับตัวอย่าง	A ความยาว (ซ.ม.)	B ความกว้าง (ซ.ม.)	C ความหนา (ซ.ม.)	D ขอบล่องลึก (ซ.ม.) ด้านใน	D ขอบล่องลึก (ซ.ม.) ด้านนอก	F ขอบล่องกว้าง (ซ.ม.) ด้านใน	F ขอบล่องกว้าง (ซ.ม.) ด้านนอก	G ขอบล่องกว้าง (ซ.ม.) ด้านใน	G ขอบล่องกว้าง (ซ.ม.) ด้านนอก	H พื้นที่หน้าตัด
3-1	12.86	23.28	10.00	2.86	2.97	1.80	1.88	1.35	1.39	275.41
3-2	12.89	23.26	10.00	2.88	2.95	1.80	1.83	1.91	1.80	275.86
3-3	12.83	23.36	10.00	3.00	2.98	1.80	1.80	1.80	1.35	277.59
3-4	12.83	23.30	9.80	3.00	2.90	1.79	1.81	1.36	1.36	277.09
3-5	12.84	23.30	10.00	3.00	2.96	1.79	1.81	1.38	1.39	277.12


รูปแสดงตำแหน่งที่ทดสอบ

รายการทดสอบการดูดซึมน้ำ (Percentage of Absorption)

SAMBO ลำดับตัวอย่าง	J ค่าเฉลี่ยน้ำหนักอิฐหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (กรัม)	J ค่าเฉลี่ยน้ำหนักอิฐแห้ง (กรัม)	K การดูดซึมน้ำ (%)	หมายเหตุ
3-1	5475.0	4961.5	10.73	
3-2	5493.0	4918.0	11.69	
3-3	5436.5	4855.0	11.98	
3-4	5580.0	4791.0	12.22	
3-5	5515.5	4701.0	13.00	

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์(Compressive Strength Of Cement Brick)

SAMBO ลำดับตัวอย่าง	L การดูดซึมน้ำ(%)	M พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง(ซ.ม.²)	N แรงอัด(ก.ก.)	O ค่ากำลังประลัย(ก.ก./ซ.ม.²)	หมายเหตุ
3-1	10.73	275.41	15698	57.00	
3-2	11.69	275.86	14597	52.91	
3-3	11.98	277.59	14980	53.97	
3-4	12.22	277.09	13251	47.82	
3-5	13.00	277.12	6116	22.07	

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับมาเท่านั้น

ลงชื่อ.....ผู้ทดสอบ
(นายเดชวีร์ ศรีวิเชษฐ์ไกรกูร)

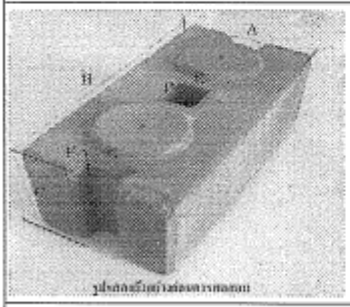
ลงชื่อ.....โครงการ
(นายสมชาย เกรกไกรวิทย์ กม.5046)

3.4 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของการแทนที่ด้วยกากตะกอนร้อยละ 15

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ISAN
โทรศัพท์ 044 - 271312-3 242978-9 ต่อ 3220 โทรสาร 242217

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีมเนต์
(Compressive Strength Of Cement Brick)

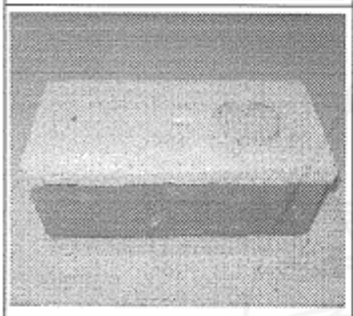
โครงการ	ศึกษาและทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของกากตะกอนในการผลิตอิฐ	เจ้าของตัวอย่าง	บริษัท เอเชี่ยนเทค จำกัด
ลักษณะโครงการ	บริษัท เอเชี่ยนเทค จำกัด		
สถานที่ก่อสร้าง	อ.เมือง จ.เมือง จ.นครราชสีมา		
ขนาดเนื้อสร้าง	อิฐซีมเนต์ ขนาด 5 ล้านก้อน	ผู้ทดสอบ	นายพงศ์ศิริ ศรีวัฒนไพบูลย์
วันที่ทดสอบ	22 เดือน เมษายน 2553	วิศวกร	นายสมชาย เกรดโกรเด็ด เลขที่ 5046



รูปแสดงชิ้นตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการตรวจสอบมิติอิฐซีมเนต์

SAMBO	A	B	C	D	E	F		G		H
ลำดับตัวอย่าง	ความยาว (ซ.ม.)	ความกว้าง (ซ.ม.)	ความหนา (ซ.ม.)	ขนาดช่องลม (ซ.ม.)		ขนาดช่องบาก (ซ.ม.)				มิติอิฐที่ดี
				กว้าง	ยาว	กว้าง		ยาว		
4/1	12.50	25.00	9.80	2.90	3.05	1.79	1.80	1.25	1.36	277.61
4/2	12.41	25.60	9.81	2.87	2.98	1.76	1.78	1.29	1.36	278.95
4/3	12.50	25.59	9.88	2.90	3.00	1.80	1.76	1.33	1.31	280.03
4/4	12.40	25.58	9.95	2.90	2.86	1.80	1.79	1.27	1.39	277.99
4/5	12.53	25.80	9.90	3.00	2.93	1.77	1.79	1.29	1.36	278.31


รูปแสดงชิ้นตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการทดสอบการดูดซึมน้ำ(Percentage of Absorption)

SAMBO	I	J	K
ลำดับตัวอย่าง	น้ำหนักชิ้นตัวอย่างหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (กรัม)	น้ำหนักชิ้นตัวอย่างหลังอบแห้ง (กรัม)	ค่าการดูดซึมน้ำ (%)	หมายเหตุ
4/1	5484.0	4940.0	9.99	
4/2	5435.5	4837.5	12.36	
4/3	5455.5	4866.5	12.10	
4/4	5380.5	4928.0	9.18	
4/5	5354.5	4722.0	12.97	

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีมเนต์(Compressive Strength Of Cement Brick)

SAMBO	L	M	N	O
ลำดับตัวอย่าง	การดูดซึมน้ำ(%)	พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง(ซ.ม.^{2})	แรงอัด(ก.ก.)	ค่ากำลังอัดประลัย(ก.ก./ซ.ม.^{2})	หมายเหตุ
4/1	9.39	277.61	9174	33.05	
4/2	12.36	278.95	13251	47.50	
4/3	12.10	280.03	13659	48.78	
4/4	9.18	277.99	10091	36.30	
4/5	12.97	278.31	14576	52.37	

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับมาทำการทดสอบ

ลงชื่อ ..... ผู้ทดสอบ
(นายพงศ์ศิริ ศรีวัฒนไพบูลย์)

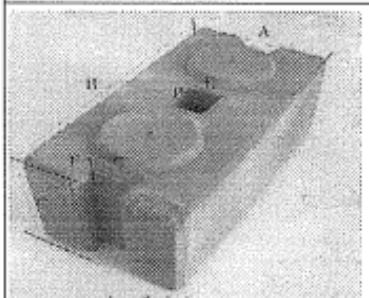
ลงชื่อ ..... วิศวกร
(นายสมชาย เกรดโกรเด็ด เลขที่ 5046)

3.5 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของการแทนที่ด้วยกากตะกอนร้อยละ 20

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ISAN

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์
(Compressive Strength Of Cement Brick)

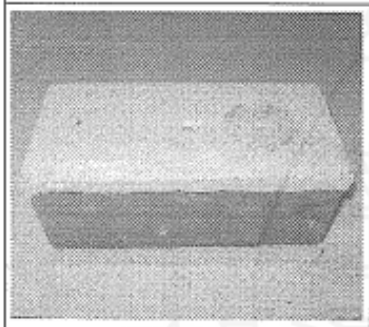
โครงการ		เจ้าของตัวอย่าง	บริษัท กรีนเทียน จำกัด
เจ้าของสัตรงการ	บริษัท กรีนเทียน จำกัด		
สถานที่ก่อสร้าง	ต.หินเหล็กไฟ อ.หินเหล็กไฟ จ.นครราชสีมา		
รายละเอียดวัสดุ	อิฐซีเมนต์ จำนวน 5 ตัวอย่าง	ผู้ทดสอบ	นายเสรีวัฒน์ ศรีวิลัยปิโลกยุรา
วันที่ทดสอบ	22 กันยายน 2553	วิธีการ	มอก.ISO 9001:2008



รูปตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการตรวจสอบมิติอิฐซีเมนต์

SAMPLE	A	B	C	D	E	F		G		H
ลำดับตัวอย่าง	ความยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความหนา (ซม.)	ขนาดช่องเจาะ(ซ.ม.)		ขนาดร่องเจาะ(ซ.ม.)				พื้นที่หน้าตัด
				ด้านกว้าง	ด้านยาว	ด้านกว้าง		ด้านยาว		
S-1	12.56	23.50	10.00	3.00	2.91	1.85	1.78	3.30	4.80	280.19
S-2	12.59	23.46	9.90	3.15	2.97	1.80	1.79	3.25	4.29	279.93
S-3	12.54	23.55	10.10	3.10	2.98	1.78	1.75	3.32	3.35	279.98
S-4	12.57	23.49	10.00	2.95	3.01	1.81	1.80	3.36	4.39	280.12
S-5	12.56	23.57	9.88	2.99	3.00	1.79	1.76	3.29	4.16	281.10


รูปตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการทดสอบการดูดซึมน้ำ(Percentage of Absorption)

SAMPLE	I	J	K=(I-J)/J*100	
ลำดับตัวอย่าง	น้ำหนักอิฐแห้งหลังเข้าเตา 24 ชั่วโมง (กรัม)	น้ำหนักอิฐหลังแช่น้ำ (กรัม)	การดูดซึมน้ำ (%)	หมายเหตุ
S-1	5552.0	6881.0	13.34	
S-2	5129.5	6810.0	12.88	
S-3	5556.5	6822.0	11.08	
S-4	5417.0	6803.0	13.38	
S-5	5307.5	6823.0	12.10	

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์(Compressive Strength Of Cement Brick)

SAMPLE	L=K	M=a	N	O=N/M	
ลำดับตัวอย่าง	การดูดซึมน้ำ(%)	พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง(ซ.ม.^{2})	แรงอัด(ก.ก.)	ค่าหังอัดประลัย(ก.ก./ซ.ม.^{2})	หมายเหตุ
S-1	13.34	280.19	11111	39.66	
S-2	12.88	279.93	10195	36.41	
S-3	11.08	279.98	12334	44.05	
S-4	13.38	280.12	11416	40.75	
S-5	12.10	281.10	13455	47.87	

ผลการทดสอบเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับมาเท่านั้น

ลงชื่อ.....ผู้ทดสอบ
(นายเสรีวัฒน์ ศรีวิลัยปิโลกยุรา)

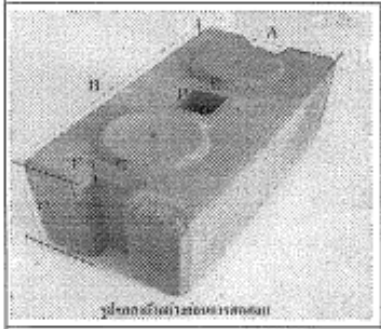
ลงชื่อ.....วิธีการ
(นายเสรีวัฒน์ ศรีวิลัยปิโลกยุรา มอก.ISO 9001)

3.6 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของการแทนที่ด้วยกากตะกอนร้อยละ 40

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ISAN

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์
(Compressive Strength Of Cement Brick)

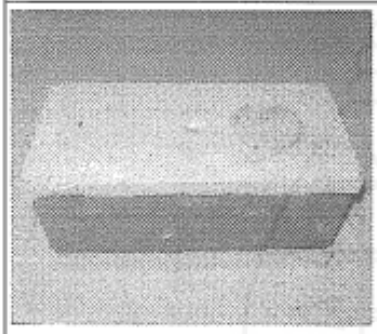
โครงการ	ศึกษาและทดสอบคุณสมบัติของอิฐมอญผสมกากตะกอนน้ำ	ชื่อของตัวอย่าง	บริษัท กลึงเดียว จำกัด
เจ้าของโครงการ	บริษัท กลึงเดียว จำกัด		
สถานที่ก่อสร้าง	ต. เดียว อ. เดียว จ. นครราชสีมา		
รายละเอียดวัสดุ	อิฐซีเมนต์ จำนวน 5 ตัวอย่าง	ผู้ทดสอบ	นายสมชาย ศรีวิลัยเดินดูก
วันที่ทดสอบ	22 มีนาคม 2553	วิศวกร	นายนรงค์ ศรีวิลัยเดินดูก ท.ป.5016



รูปตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการตรวจสอบมิติอิฐซีเมนต์

SAMBO	A	B	C	D	E	F		G		H
ตัวอย่าง	ความสูง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความหนา (ซม.)	ขอบล่องลอย (ซ.ม.)		ขอบล่องลอย (ซ.ม.)				น้ำหนัก (กก.)
				ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย	ขวา	
6-1	12.60	25.30	9.86	3.17	3.00	1.80	1.77	1.26	1.28	2.36.02
6-2	12.50	25.41	9.85	3.00	3.00	1.79	1.75	1.22	1.36	277.57
6-3	12.58	25.47	9.90	3.00	3.08	1.78	1.79	1.39	1.11	280.01
6-4	12.58	25.46	9.97	3.11	2.98	1.85	1.73	1.29	1.29	279.79
6-5	12.59	25.38	10.20	2.98	2.87	1.71	1.71	1.08	1.11	279.77


รูปตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการทดสอบการดูดซึมน้ำ (Percentage of Absorption)

SAMBO	I	J	K
ตัวอย่าง	น้ำหนักอิฐแห้ง หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (กรัม)	น้ำหนักอิฐแห้ง หลังอบแห้ง (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ (%)	หมายเหตุ
6-1	5499.0	4933.0	11.51	
6-2	5489.0	4830.0	12.15	
6-3	5493.0	5022.0	8.58	
6-4	5386.0	4804.0	12.11	
6-5	5422.0	4821.0	12.40	

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์ (Compressive Strength Of Cement Brick)

SAMBO	L	M	N	O
ตัวอย่าง	การดูดซึมน้ำ (%)	พื้นที่หน้าตัดรับน้ำหนัก (ซ.ม.^{2})	แรงอัด (ก.ก.)	กำลังอัดประลัย (ก.ก./ซ.ม.^{2})	หมายเหตุ
6-1	11.84	278.02	10116	36.39	
6-2	12.45	277.57	12645	45.56	
6-3	8.58	280.01	7747	27.67	
6-4	12.11	279.70	12841	45.91	
6-5	12.40	279.77	13353	47.73	

ผลการทดสอบรับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับมาทดสอบนั้น

ลงชื่อ.....ผู้ทดสอบ
(นายนรงค์ ศรีวิลัยเดินดูก)

ลงชื่อ.....วิศวกร
(นายนรงค์ ศรีวิลัยเดินดูก ท.ป.5016)

3.7 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของการแทนที่ด้วยกากตะกอนร้อยละ 60

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

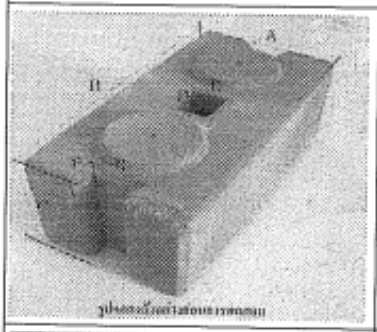
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ISAN

โทรศัพท์ 044 - 271312-3 , 242978-9 ต่อ 3220 โทรสาร 242217

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์

(Compressive Strength Of Cement Brick)

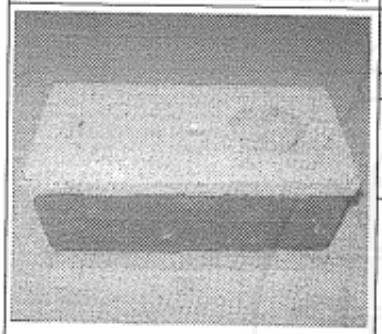
โครงการ	ผลการแทนที่ด้วยกากตะกอนร้อยละ 60	เจ้าของตัวอย่าง	บริษัท เหมืองหิน จำกัด
เจ้าของโครงการ	บริษัท เหมืองหิน จำกัด		
สถานที่ก่อสร้าง	ต.หินลาด อ.หินลาด จ.นครราชสีมา	ผู้ทดสอบ	นายเกรียงศักดิ์ ศรีวิสมปีใหญ่รา
ชนิดวัสดุที่ทดสอบ	อิฐซีเมนต์ ขนาด 10 x 5 ซม.	วิศวกร	นายสมชาย เจริญไพรวัลย์ กม.5046
วันที่ทดสอบ	22 เมษายน 2553		



รูปตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการตรวจสอบมิติอิฐซีเมนต์

SAMPLE	A	B	C	D	E	F		G		H
ลำดับตัวอย่าง	ความยาว (ซม.)	ความสูง (ซม.)	ความหนา (ซม.)	ขนาดช่องลม1 (ซ.ม.)		ขนาดช่องลม2 (ซ.ม.)				ปริมาตร (ลบ.ซม.)
				กว้าง	ยาว	กว้าง		ยาว		
7-1	12.35	23.30	10.00	2.87	2.86	1.75	1.81	4.30	4.35	273.11
7-2	12.48	23.42	10.03	2.91	2.91	1.78	1.83	4.25	4.38	277.16
7-3	12.45	23.50	9.60	2.89	2.95	1.71	1.81	4.36	4.42	277.52
7-4	12.59	23.37	10.00	2.95	3.00	1.76	1.76	4.28	4.28	279.80
7-5	12.46	23.38	10.00	2.95	3.00	1.74	1.73	4.31	4.33	276.28



รูปตัวอย่างก่อนการทดสอบ

รายการทดสอบการดูดซึมน้ำ(Percentage of Absorption)

SAMPLE	I	J	K=a-g-n-o-r-s-t
ลำดับตัวอย่าง	น้ำหนักอิฐแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (กรัม)	น้ำหนักอิฐหนักหนึ่ง (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ (%)
7-1	5476.0	4873.5	12.36
7-2	5518.0	4880.5	13.62
7-3	5459.0	4815.0	12.26
7-4	5511.5	4913.5	12.17
7-5	5431.0	4817.0	12.75

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐซีเมนต์(Compressive Strength Of Cement Brick)

SAMPLE	L=c	M=d	N	O=e=w
ลำดับตัวอย่าง	ร้อยละการดูดซึมน้ำ(%)	พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง(ซ.ม.²)	แรงอัด(ต.ก.)	กำลังอัดประลัย(ก.ก./ซ.ม.²)
7-1	12.36	273.44	5104	18.67
7-2	13.62	277.16	5198	18.75
7-3	12.26	277.52	3873	13.96
7-4	12.17	279.80	3058	10.93
7-5	12.75	276.28	4077	14.76

ผลการทดสอบขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่ได้รับมาเท่านั้น

ลงชื่อ.....ผู้ทดสอบ

(นายเกรียงศักดิ์ ศรีวิสมปีใหญ่รา)

ลงชื่อ.....วิศวกร

(นายสมชาย เจริญไพรวัลย์ กม.5046)

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยของบล็อกประสานแต่ละสูตรผสม

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation
FORMULA	5	3.00	1.581
COMP_A	5	5.1240	.70141
COMP_B	5	3.5520	.45741
COMP_C	5	4.5840	1.39326
COMP_D	5	4.2740	.82412
COMP_E	5	4.0920	.42816
COMP_F	5	3.9840	.83242
COMP_G	5	1.5120	.32714
Valid N (listwise)	5		

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation
FORMULA	5	3.00	1.581
ABSO_A	5	8.3980	.80322
ABSO_B	5	11.7060	.55039
ABSO_C	5	11.9240	.82597
ABSO_D	5	11.1940	1.78566
ABSO_E	5	12.5560	.97277
ABSO_F	5	11.4760	1.63735
ABSO_G	5	12.6320	.59495
Valid N (listwise)	5		

2. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสูตรผสม ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ในมวลรวม

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
FORMULA	21.43	21.353	7
COMPRESS	3.8714	1.15174	7

Correlations

		FORMULA	COMPRESS
FORMULA	Pearson Correlation	1	-.823*
	Sig. (2-tailed)	.	.023
	N	7	7
COMPRESS	Pearson Correlation	-.823*	1
	Sig. (2-tailed)	.023	.
	N	7	7

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
FORMULA	21.43	21.353	7
ABSORB	11.4143	1.43003	7

Correlations

		FORMULA	ABSORB
FORMULA	Pearson Correlation	1	.556
	Sig. (2-tailed)	.	.195
	N	7	7
ABSORB	Pearson Correlation	.556	1
	Sig. (2-tailed)	.195	.
	N	7	7

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
FORMULA	21.43	21.353	7
COMPRESS	3.8714	1.15174	7
ABSORB	11.4143	1.43003	7

Correlations

		FORMULA	COMPRESS	ABSORB
FORMULA	Pearson Correlation	1	-.823*	.556
	Sig. (2-tailed)	.	.023	.195
	N	7	7	7
COMPRESS	Pearson Correlation	-.823*	1	-.627
	Sig. (2-tailed)	.023	.	.132
	N	7	7	7
ABSORB	Pearson Correlation	.556	-.627	1
	Sig. (2-tailed)	.195	.132	.
	N	7	7	7

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ภาคผนวก ค

มาตรฐานการทดสอบและมาตรฐานอุตสาหกรรม

1. มาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบ

ที่ อก ๐๓๑๘/(๖) ๑๕๓๗

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
ถนนพระรามที่ ๖ เขตราชเทวี
กรุงเทพมหานคร ๑๐๔๐๐

๓ ก.พ. ๒๕๕๔

เรื่อง ต่ออายุหนังสืออนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน

เรียน ผู้รับอนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน บริษัท เกลือพิมาย จำกัด

อ้างถึง คำขอต่ออายุหนังสืออนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน
ลงวันที่ ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๕๓

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแนบท้ายหนังสืออนุญาตต่ออายุขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน
บริษัท เกลือพิมาย จำกัด จำนวน ๑ แผ่น

ตามหนังสือที่อ้างถึง บริษัท เกลือพิมาย จำกัด ขอต่ออายุหนังสืออนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน เลขทะเบียน ร-๒๔๐ สถานที่ตั้ง เลขที่ ๑๔๖ หมู่ที่ ๓ ถนนพิมาย-ตลาดแค ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม นั้น

กรมโรงงานอุตสาหกรรมพิจารณาแล้ว อนุญาตให้ต่ออายุหนังสืออนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน โดยมีองค์ประกอบ ดังนี้

ก. ผู้ควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการวิเคราะห์
- ๑) นางนภาพร เย็นเหลือ ทะเบียนเลขที่ ร-๒๔๐-ค-๒๓๓๗
- ๒) นางยุพิณ สาระคร ทะเบียนเลขที่ ร-๒๔๐-ค-๒๒๓๙

ข. เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์
- ๑) นางสาวพนมพร จีนทองหลาง ทะเบียนเลขที่ ร-๒๔๐-จ-๒๒๔๑
- ๒) นางสาวนิภาพร กลั่นหมอ ทะเบียนเลขที่ ร-๒๔๐-จ-๒๓๓๘
- ๓) นายวีระศักดิ์ ทอบอุดม ทะเบียนเลขที่ ร-๒๔๐-จ-๔๔๖๕

ค. สารมลพิษที่อนุญาตให้วิเคราะห์ในน้ำ/น้ำเสียและดิน จำนวน ๑๕ รายการ ตามสิ่งที่ส่งมาด้วย

หนังสืออนุญาตฉบับนี้จะหมดอายุในวันที่ ๑๘ มกราคม ๒๕๕๗ หากประสงค์จะต่ออายุหนังสืออนุญาตขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน ให้ยื่นคำขอต่ออายุพร้อมเอกสารประกอบคำขอต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมก่อนวันที่หนังสืออนุญาตจะหมดอายุไม่น้อยกว่า ๓๐ วัน ซึ่งคำขอต่ออายุดังกล่าวขอรับได้ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาววัฒเพ็ญ โรจนธรรม)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน
ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน
ศูนย์วิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
โทร. ๐ ๔๓๒๔ ๖๓๒๖-๗
โทรสาร ๐ ๔๓๒๔ ๖๓๒๕

เอกสารแนบท้ายหนังสืออนุญาตต่ออายุขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน

บริษัท เกลือพิมาย จำกัด เลขทะเบียน ร-๒๔๐

ที่ อก ๐๓๑๘/(b) ๑ ๕ ๓ ๗ ลงวันที่ ๓ ก.พ. ๒๕๕๔

สารมลพิษที่อนุญาตให้วิเคราะห์ จำนวน ๑๕ รายการ

น้ำ/น้ำเสีย จำนวน ๑๑ รายการ

ลำดับที่	ชนิดสารมลพิษ	วิธีวิเคราะห์
1	Biochemical Oxygen Demand	5-Day BOD Test, Azide Modification Method[3]
2	Chemical Oxygen Demand	Closed Reflux, Titrimetric Method [3]
3	Chloride	Potentiometric Method[3]
4	Conductivity	Laboratory Method[4]
5	Oil and Grease	Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method [3]
6	pH	Electrometric Method[3]
7	Sulfate	Turbidimetric Method[3]
8	Sulfide	Iodometric Method[3]
9	Suspended Solids	Dried at 103-105 °C[1]
10	Total Dissolved Solids	Dried at 103-105 °C[1] ; Dried at 180 °C[3]
11	Total Kjeldahl Nitrogen	Macro-Kjeldahl Method[1]

ดิน จำนวน ๔ รายการ

ลำดับที่	ชนิดสารมลพิษ	วิธีวิเคราะห์
1	Chloride	Titration Method[3]
2	Conductivity	Electrical Conductivity Method[3]
3	pH	Electrometric Method [2]
4	Sulfate	Turbidimetric Method[3]

เอกสารอ้างอิง

1. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2547.
2. Annual Book of ASTM Standard. Standard Test D 4972-01
3. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington, DC: APHA, 2005.
4. 2004. Test Method for Evaluation Solid Waste, Physical /Chemical Methods SW-846. US EPA
5. United States Department of Agriculture 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Investigation Report No.42.

ที่ วท 0303/14753

หนังสือรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ

หนังสือฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

ห้องปฏิบัติการ บริษัท เกสือพิมาย จำกัด
เลขที่ 146 หมู่ที่ 3 ถนนพิมาย-ตลาดแค ตำบลกระเบื้องใหญ่
อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา 30110

ได้ผ่านการประเมินความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 : 2005
และข้อกำหนด กฎระเบียบ และเงื่อนไขการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ
ของสำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

หมายเลขการรับรองระบบงานที่ ทดสอบ – 0018

รายละเอียดการรับรองดังขอบข่ายการรับรองแนบท้าย

ออกให้ ณ วันที่ : *21 กันยายน 2553*
หมดอายุ วันที่ : *24 กันยายน 2556*
ลงชื่อ :
(นายเกษม พิฤทธิ์บูรณะ)
ประธานกรรมการรับรองระบบงานห้องปฏิบัติการ

สำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ

ชื่อห้องปฏิบัติการ : ห้องปฏิบัติการ บริษัท เกลือพิมาย จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 146 หมู่ที่ 3 ถนนพิมาย-ตลาดแด ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา 30110

หมายเลขการรับรองระบบงานที่ : ทดสอบ - 0018

สถานะของห้องปฏิบัติการ : ☑ ถาวร ☐ นอกสถานที่ ☐ ชั่วคราว ☐ เคลื่อนที่

ลำดับที่	วัสดุ / ผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ	รายการที่ทดสอบ / ช่วงของการทดสอบ	วิธีทดสอบ / เทคนิคที่ใช้
1	เกลือบริสุทธิ์	- แคลเซียม 4.0 mg/kg ถึง 60.0 mg/kg	In - house method : W-QC-129 based on ASTM : E534-08
		- แมกนีเซียม 0.5 mg/kg ถึง 6.0 mg/kg	In - house method : W-QC-130 based on ASTM : E534-08
		- เหล็ก 0.4 mg/kg ถึง 14.0 mg/kg	In - house method : W-QC-150 based on JTS Method, May 1982
		- ความชื้น 0.02 g/100 g ถึง 3.9 g/100 g	In - house method : W-QC-133 based on ASTM : E534-08
		- เฟอร์โรไซยาไนด์ 1.0 mg/kg ถึง 12.7 mg/kg	In - house method : W-QC-128 based on EuSalt/AS 004-2005 (Direct Method)

ออกครั้งแรก ณ วันที่ 25 กันยายน 2550 ฉบับที่ 4

สำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ

ชื่อห้องปฏิบัติการ : ห้องปฏิบัติการ บริษัท เกลือพิมาย จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 146 หมู่ที่ 3 ถนนพิมาย-ตลาดแค ตำบลกระเบื้องใหญ่
อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา 30110

หมายเลขการรับรองระบบงานที่ : ทดสอบ - 0018

สถานะของห้องปฏิบัติการ : ☑ ถาวร ☐ นอกสถานที่ ☐ ชั่วคราว ☐ เคลื่อนที่

ลำดับที่	วัสดุ / ผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ	รายการที่ทดสอบ / ช่วงของการทดสอบ	วิธีทดสอบ / เทคนิคที่ใช้
1 (ต่อ)	เกลือบริสุทธิ์	- ซัลเฟต 150 mg/kg ถึง 500 mg/kg	In - house method : W-QC-519 based on JTS Method, 1982
		- ตะกั่ว 1.0 mg/kg ถึง 26.2 mg/kg - ทองแดง 0.26 mg/kg ถึง 26.4 mg/kg - แคดเมียม 0.20 mg/kg ถึง 27.00 mg/kg	In - house method : W-QC-148 based on EuSalt/AS 015-2005
2	เกลือบริโภคบริสุทธิ์	- ไอโอดีน 5 mg/kg ถึง 200 mg/kg	In - house method : W-QC-513 based on Titration Methodology for salt Iodine Analysis, PAMM 1995

ออกครั้งแรก ณ วันที่ 25 กันยายน 2550 ฉบับที่ 4

สำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ

ชื่อห้องปฏิบัติการ : ห้องปฏิบัติการ บริษัท เกลือพิมาย จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 146 หมู่ที่ 3 ถนนพิมาย-ตลาดแค ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา 30110

หมายเลขการรับรองระบบงานที่ : ทดสอบ - 0018

สถานะของห้องปฏิบัติการ : ☑ ถาวร ☐ นอกสถานที่ ☐ ชั่วคราว ☐ เคลื่อนที่

ลำดับที่	วัสดุ / ผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ	รายการที่ทดสอบ / ช่วงของการทดสอบ	วิธีทดสอบ / เทคนิคที่ใช้
3	น้ำผิวดิน	- สารที่ละลายได้ทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 180° C 25 mg/dm^3 ถึง 20,000 mg/dm^3	In - house method : W-QC-612 based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA & WEF, 21st ed., 2005, part 2540 C
		- สารแขวนลอยทั้งหมด 1.5 mg/dm^3 ถึง 200 mg/dm^3	In - house method : W-QC-605 based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA & WEF, 21st ed., 2005, part 2540 D
4	น้ำเสีย	- ซีโอดี 15 mg/dm^3 ถึง 1,800 mg/dm^3	In - house method : W-QC-610 based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA & WEF, 21st ed., 2005, part 5220 C

ออกครั้งแรก ณ วันที่ 25 กันยายน 2550 ฉบับที่ 4

สำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ขอบข่ายการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ

ชื่อห้องปฏิบัติการ : ห้องปฏิบัติการ บริษัท เกลือพิมาย จำกัด

สถานที่ตั้ง : เลขที่ 146 หมู่ที่ 3 ถนนพิมาย-ตลาดแค ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา 30110

หมายเลขการรับรองระบบงานที่ : ทดสอบ - 0018

สถานะของห้องปฏิบัติการ : ☑ ถาวร ☐ นอกสถานที่ ☐ ชั่วคราว ☐ เคลื่อนที่

ลำดับที่	วัสดุ / ผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ	รายการที่ทดสอบ / ช่วงของการทดสอบ	วิธีทดสอบ / เทคนิคที่ใช้
4 (ต่อ)	น้ำเสีย	- สารที่ละลายได้ทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 180° C 25 mg/dm^3 ถึง 20,000 mg/dm^3	In - house method : W-QC-612 based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA & WEF, 21st ed., 2005, part 2540 C
		- สารแขวนลอยทั้งหมด 1.5 mg/dm^3 ถึง 200 mg/dm^3	In - house method : W-QC-605 based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA & WEF, 21st ed., 2005, part 2540 D

ออกให้ ณ วันที่ : 21 กันยายน 2553

ลงชื่อ :

(นายเกษม พิฤทธิบูรณะ)

ประธานกรรมการรับรองระบบงานห้องปฏิบัติการ

ออกครั้งแรก ณ วันที่ 25 กันยายน 2550 ฉบับที่ 4

2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (มอก.57-2553)

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๑๖๑๙ (พ.ศ. ๒๕๓๓)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (แก้ไขครั้งที่ ๑)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๗ – ๒๕๓๐

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๗–๒๕๓๐ ท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๑๒๘๔ (พ.ศ. ๒๕๓๐) ลงวันที่ ๒๔ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๓๐ ดังต่อไปนี้

1. ให้แก้หมายเลขมาตรฐานเลขที่ "มอก. 57–2530" เป็น "มอก. 57 – 2533"
2. ให้ยกเลิกความในข้อ 1.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภท ชั้น คุณภาพและสัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก"

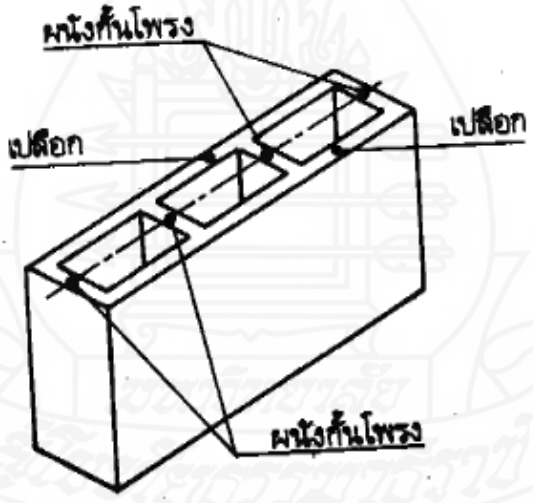
3. ให้ยกเลิกความในข้อ 2.2 ข้อ 2.3 และข้อ 2.4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"2.2 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก หมายถึง คอนกรีตบล็อกที่ใช้สำหรับก่อสร้างผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง ประกอบด้วยเปลือก (face-shell) และผนังกั้นโพรง (web) ดังรูปที่ 1

2.3 เปลือก หมายถึง ผนังของคอนกรีตบล็อก ซึ่งเชื่อมต่อด้วยผนังกั้นโพรง ดังแสดงในรูปที่ 1

2.4 ผนังกั้นโพรง หมายถึง ผนังซึ่งเชื่อมต่อเปลือกทั้ง 2 ข้างของคอนกรีตบล็อก ดังแสดงในรูปที่ 1"

4. ให้เพิ่มรูปต่อไปนี้เป็นรูปที่ 1



รูปที่ 1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก
(ข้อ 2.2 ข้อ 2.3 และข้อ 2.4)

5. ให้ยกเลิกความในข้อ 3. และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"3. ประเภท ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์

3.1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1.1 ประเภท 1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 1

3.1.2 ประเภท 2 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 2

3.2 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแต่ละประเภท แบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ

3.2.1 ชั้นคุณภาพ ก ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยไม่ต้องมีการป้องกันผิวแต่อย่างใด ใช้สัญลักษณ์ ก

3.2.2 ชั้นคุณภาพ ข ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยต้องมีการป้องกันผิว ใช้สัญลักษณ์ ข

3.2.3 ชั้นคุณภาพ ค ใช้สำหรับกำแพงภายนอกเหนือระดับดิน โดยต้องมีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากลมฟ้าอากาศ และใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายใน ใช้สัญลักษณ์ ค"

6. ให้แก้ความจาก "รูปที่ 1" เป็น "รูปที่ 2" ทุกแห่ง

7. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.2 และข้อ 6.3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"6.2 ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักต้องเป็นไปตามตารางที่ 3

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 109

6.3 ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท 1) ต้องเป็นไปตามตารางที่ 4"

8. ให้ยกเลิกชื่อตารางที่ 4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ตารางที่ 4 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท 1)"

9. ให้ยกเลิกความในหมายเหตุ [1] ท้ายตารางที่ 4 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"หมายเหตุ [1] ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426)"

10. ให้ยกเลิกความในข้อ 7.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"7.1 ที่คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อน อย่างน้อยต้องมีเลขอักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(1) สัญลักษณ์แสดงประเภทและชั้นคุณภาพ

ตัวอย่าง คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท 1 ชั้นคุณภาพ ก ใช้สัญลักษณ์เป็น 1-ก

(2) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น"

11. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"8.2 การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องให้เวลาสำหรับการทดสอบจนครบทุกรายการอย่างน้อย 10 วัน"

12. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.3.1 และข้อ 8.3.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"8.3.1 การชักตัวอย่าง

ให้เป็นไปตาม มอก. 109 โดยคัดตัวอย่างที่บกพร่องเนื่องจากการขนส่งออกเสียก่อน แล้วจึงชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันมาทำเป็นตัวอย่างทดสอบ

8.3.2 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักต้องเป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6. ทุกข้อ จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ในกรณีที่มีตัวอย่างใดไม่เป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 หรือข้อ 6.3 รายการใดรายการหนึ่งให้ชักตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันจำนวน 2 เท่าของชุดตัวอย่าง มาทดสอบซ้ำในรายการนั้นผลการทดสอบซ้ำ ตัวอย่างทุกชุดต้องเป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 หรือข้อ 6.3 แล้วแต่กรณี จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ยกเว้นรายการความต้านแรงอัด

ตัวอย่างต้องมีความต้านแรงอัดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 ของเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 3 จึงจะยอมให้ทดสอบซ้ำในรายการความต้านแรงอัดได้"

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด ๒๗๐ วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๔ มิถุนายน ๒๕๓๓

พลตำรวจเอก ประมาณ อดิเรกสาร

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

3. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก.58-2553)

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
ฉบับที่ ๑๖๑๕ (พ.ศ. ๒๕๓๓)
ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ. ๒๕๑๑
เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
(แก้ไขครั้งที่ ๑)

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 58–2530

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศแก้ไขเพิ่มเติมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘–๒๕๓๐ ท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๑๒๘๕ (พ.ศ ๒๕๓๐) ลงวันที่ ๒๔ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๓๐ ดังต่อไปนี้

1. ให้แก้หมายเลขมาตรฐานเลขที่ "มอก. 58–2530" เป็น "มอก. 58–2533"

2. ให้ยกเลิกความในข้อ 1.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

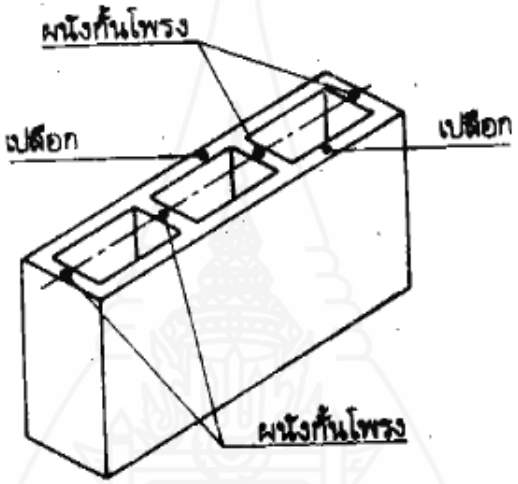
"1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและสัญลักษณ์ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชัก

ตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินและการทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก"

3. ให้ยกเลิกความในข้อ 2.3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"2.3 เปลือก (face-shell) หมายถึง ผนังของคอนกรีตบล็อกซึ่งเชื่อมต่อด้วยผนังกั้นโพรง ดังแสดงในรูปที่ 1"

4. ให้เพิ่มรูปต่อไปนี้เป็นรูปที่ 1



รูปที่ 1 เปลือกของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
(ข้อ 2.3)

5. ให้ยกเลิกความในข้อ 3. และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"3. ประเภทและสัญลักษณ์

3.1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1.1 ประเภท 1 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 1

3.1.2 ประเภท 2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น ใช้สัญลักษณ์ 2"

6. ให้แก้ความจาก "รูปที่ 1" เป็น "รูปที่ 2" ทุกแห่ง

7. ให้ยกเลิกความในข้อ 6.2 และข้อ 6.3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"6.2 ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าแต่ละก้อนต้องเป็นไปตามตารางที่ 2 การทดสอบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 109

6.3 ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภท ๑) ต้องเป็นไปตามตารางที่ 3"

8. ให้ยกเลิกชื่อตารางที่ 3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ตารางที่ 3 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภท 1)"

9. ให้ยกเลิกความในหมายเหตุ [1] ท้ายตารางที่ 3 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"หมายเหตุ [1] ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426)"

10. ให้ยกเลิกความใน (1) ของข้อ 7.1 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"(1) สัญลักษณ์แสดงประเภท"

11. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"8.2 การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องให้เวลาสำหรับการทดสอบจนครบทุกรายการอย่างน้อย 10 วัน"

12. ให้ยกเลิกความในข้อ 8.3.1 และข้อ 8.3.2 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"8.3.1 การชักตัวอย่าง

ให้เป็นไปตาม มอก. 109 โดยคัดตัวอย่างที่บกพร่องเนื่องจากการขนส่งออกเสียก่อน แล้วจึงชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันมาทำเป็นตัวอย่างทดสอบ

8.3.2 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6. ทุกข้อ จึงจะถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ในกรณีที่มีตัวอย่างใดไม่เป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 หรือข้อ 6.3 รายการใดรายการหนึ่ง ให้ชักตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันจำนวน 2 เท่าของชุดตัวอย่าง มาทดสอบซ้ำในรายการนั้น ผลการทดสอบซ้ำ ตัวอย่างทุกชุดต้องเป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 หรือข้อ 6.3 แล้วแต่กรณี จึงจะถือว่า

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ยกเว้นรายการความต้านแรงอัด ตัวอย่างต้องมีความต้านแรงอัดไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๘๕ ของเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 2 จึงจะยอมให้ทดสอบซ้ำในรายการความต้านแรงอัดได้"

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด ๒๗๐ วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๔ มิถุนายน ๒๕๓๓

พลตำรวจเอก ประมาณ อดิเรกสาร

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

4. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช.602/2547)

มผช.๖๐๒/๒๕๔๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
อิฐบล็อกประสาน

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะอิฐบล็อกประสานที่มีดินลูกรังและปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลัก

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่นๆ เช่น หินฝุ่น ทราย ควนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่อง และเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว

๒.๒ อิฐบล็อกประสาน ชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้ เช่น ก่อเสา ก่อผนัง

๒.๓ อิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร

๓. ชนิด

๓.๑ อิฐบล็อกประสาน แบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ

๓.๑.๑ ชนิดรับน้ำหนัก

๓.๑.๒ ชนิดไม่รับน้ำหนัก

๔. คุณลักษณะที่ต้องการ

๔.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย

๔.๒ มิติ

ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยแต่ละมิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± ๒ มิลลิเมตร

๔.๓ ความต้านแรงอัด

๔.๓.๑ ชนิดรับน้ำหนัก

ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า ๗.๐ เมกะพาสคัล

๔.๓.๒ ชนิดไม่รับน้ำหนัก

ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า ๒.๕ เมกะพาสคัล

๔.๔ การดูดกลืนน้ำ (เฉพาะชนิดรับน้ำหนัก)

ต้องเป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ การดูดกลืนน้ำ

(ข้อ ๔.๔)

น้ำหนักอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้ง กิโลกรัม	การดูดกลืนน้ำสูงสุด เฉลี่ยจากอิฐบล็อกประสาน ๕ ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
๑ ๖๘๐ และ น้อยกว่า	๒๘๘
๑ ๖๘๑ ถึง ๑ ๗๖๐	๒๗๒
๑ ๗๖๑ ถึง ๑ ๘๔๐	๒๕๖
๑ ๘๔๑ ถึง ๑ ๙๒๐	๒๔๐
๑ ๙๒๑ ถึง ๒ ๐๐๐	๒๒๔
มากกว่า ๒ ๐๐๐	๒๐๘

๕. การบรรจุ

๕.๑ หากมีการบรรจุ ให้บรรจุอิฐบล็อกประสานในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอิฐบล็อกประสานได้

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุอิฐบล็อกประสาน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อผลิตภัณฑ์

(๒) มิติ

(๓) เดือน ปีที่ทำ

(๔) ข้อแนะนำในการใช้และการดูแลรักษา

(๕) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนใน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป มิติ การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๔ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๑ ข้อ ๔.๒ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความต้านแรงอัด ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว จำนวน ๔ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๓ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการดูดกลืนน้ำ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๔ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๔ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างอิฐบล็อกประสานต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ และข้อ ๗.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก

ให้ตรวจพินิจ

๘.๒ การทดสอบมิติ

ให้ใช้เครื่องวัดที่เหมาะสม

๘.๓ การทดสอบความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ

ให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๗ และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘

5. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อที่ทำด้วยคอนกรีต (มอก.109-2517)

มอก. 109-2517

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
วิธีการชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ กำหนดการชักตัวอย่าง และการทดสอบกำลังต้านแรงอัด การดูดกลืนน้ำ น้ำหนัก ปริมาณความชื้น และการวัดขนาด วัสดุงานก่อคอนกรีต

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 กำลังต้านแรงอัด (compressive strength) หมายถึง แรงเค้นอัดขณะที่ทำให้ชิ้นทดสอบเริ่มเสียหาย

2.2 การดูดกลืนน้ำ (absorption) หมายถึง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละของวัสดุแห้ง หลังจากแช่ไว้ในน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด

2.3 ปริมาณความชื้น (moisture content) หมายถึง ปริมาณของน้ำในเนื้อวัสดุเป็นร้อยละของน้ำหนักเมื่อแห้ง

2.4 การอิ่มตัว (saturation) หมายถึง การดูดกลืนน้ำจนอิ่มตัวของวัสดุ เมื่อนำวัสดุไปแช่จมในน้ำตามอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด

2.5 แรงธาร (bearing load) หมายถึง แรงอัดบนผิวหน้าที่สัมผัสกัน

3. การชักตัวอย่าง

3.1 วิธีการชักตัวอย่าง

ให้ชักตัวอย่างวัสดุงานก่อคนอรกีตทั้งก้อนเพื่อการทดสอบ ตัวอย่างที่ชักขึ้นมาให้ใช้เป็นตัวแทนสำหรับวัสดุทั้งรุ่น จะต้องป้องกันไม่ให้ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบนั้นถูกฝนหรือถูกความชื้นอื่น ๆ จนกระทั่งถึงเวลาที่จะทำการทดสอบ

3.2 ขนาดตัวอย่าง

สำหรับการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด การดูดกลืนน้ำ และปริมาณความชื้น จะต้องชักตัวอย่าง 10 ก้อนต่อขนาดของรุ่นที่ 10 000 ก้อน หรือน้อยกว่า และเลือกชักตัวอย่าง 20 ก้อนต่อขนาดของรุ่นที่เกิน 10 000 ก้อนถึง 100 000 ก้อน ถ้าขนาดของรุ่นเกิน 100 000 ก้อน ขึ้นไปให้ชักตัวอย่างสิบก้อนทุก ๆ 50 000 ก้อนและเศษที่เหลือ และอาจชักตัวอย่างเพิ่มอีกได้เมื่อมีเหตุผลสมควร

3.3 ขนาดตัวอย่างดังที่กล่าวในข้อ 3.2 อาจตดลงเหลือครึ่งหนึ่งก็ได้ ถ้าต้องการทดสอบกำลังต้านแรงอัดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

3.4 การทำเครื่องหมายสำหรับการทดสอบ

3.4.1 ตัวอย่างแต่ละก้อนที่ชักมาแล้วจะต้องทำเครื่องหมายเพื่ออ้างถึงได้เมื่อต้องการ เครื่องหมายต้องโตไม่เกินร้อยละห้าของพื้นที่ผิวหน้าของก้อนตัวอย่าง

3.4.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหาปริมาณความชื้นจะต้องชั่งน้ำหนักทันทีที่ชักออกมา และทำเครื่องหมายแล้ว

4. การทดสอบ

4.1 การทดสอบกำลังต้านแรงอัด

4.1.1 เครื่องมือ

4.1.1.1 เครื่องกดต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีรับรองเครื่องกด ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในระหว่างที่ยังไม่มีประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้ใช้ตาม ASTM E 4) เครื่องนี้จะต้องมีแท่นธารเป็นเหล็กสองแท่น (หมายเหตุ 1) แท่นบนมีบ่ารับรูปทรงกลมซึ่งทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักไปยังผิวบนของก้อนตัวอย่าง อีกแท่นหนึ่งเป็นแผ่นเรียบแข็งสำหรับรองรับก้อนตัวอย่าง เมื่อพื้นที่ธารของแท่นเหล็กไม่พอคลุมพื้นที่ธารของก้อนตัวอย่างก็จะต้องวางแผ่นธารเหล็กตามเกณฑ์กำหนดในข้อ 4.1.1.2 เข้าไประหว่างแท่นธารกับก้อนตัวอย่างที่ได้เคลือบผิวธารเรียบร้อยแล้ว หลังจากได้ปรับให้แกนศูนย์ถ่วงของพื้นที่ธารของก้อนให้อยู่ในแนวเดียวกับศูนย์ของแรงอัดของแท่นธาร (ข้อ 4.1.4.1)

หมายเหตุ 1. ในการทดสอบกำลังต้านแรงอัดของวัสดุงานก่อคอนกรีต หน้าอัดของแท่นธารกับแผ่นธารเหล็กต้องมีความ แข็งไม่น้อยกว่า RC 60 (หรือ BHN 620)

4.1.1.2 แท่นธารและแผ่นธารเหล็ก

ผิวของแท่นธารจะต้องไม่เอียงจากระนาบเกิน 0.025 มิลลิเมตร ทุกระยะ 150 มิลลิเมตรของมิติศูนย์กลางของทรงกลมในบ่ารับทรงกลมของแท่นธารแท่นบนจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับศูนย์กลางของผิวธารของก้อน ถ้าใช้แผ่นธารศูนย์กลางของทรงกลมในบ่ารับทรงกลมของแท่นธารจะต้องอยู่ในแนวดิ่ง และผ่านศูนย์เนื้อที่ของพื้นที่ธารของก้อนตัวอย่าง แท่นทรงกลมจะต้องจับชิดอยู่ในบ่าและต้องพร้อมที่จะหมุนไปในทิศทางอื่นได้ หน้าแท่นธารต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร เมื่อใช้แผ่นธารระหว่างแท่นธารกับก้อนตัวอย่าง (ข้อ 4.1.4.1) แผ่นธารจะต้องมีความหนาอย่างน้อยเท่ากับหนึ่งในสามของระยะจากแท่นธารถึงมุมแห่งตัวอย่างที่ไกลที่สุด ไม่ว่ากรณีใด ๆ ความหนาของแผ่นธารต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร

4.1.2 ภาวะการทดสอบ

4.1.2.1 หลังจากได้ส่งตัวอย่างถึงห้องทดสอบแล้ว ให้เก็บตัวอย่างอยู่ในสภาพอากาศปกติของห้องทดสอบ และให้ทำการทดสอบตัวอย่างเต็มก้อนจำนวนห้าก้อนภายในเวลา 72 ชั่วโมง

4.1.2.2 ก้อนที่ทำให้มีขนาดรูปร่างหรือกำลังผิดกว่าปกติ อาจเลื่อยออกเป็นชิ้น ๆ แล้วนำบางชิ้นหรือทุกชิ้นมาทดสอบ โดยวิธีเดียวกับที่กล่าวในการทดสอบเต็มก้อน กำลังของก้อนเต็มให้คำนวณจากผลเฉลี่ยกำลังของชิ้นต่าง ๆ

4.1.3 การเคลือบผิวก้อนตัวอย่าง

ให้เคลือบผิวธารของก้อนโดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

4.1.3.1 เคลือบด้วยกำมะถันกับวัสดุเป็นเม็ด

ใช้สารสำเร็จรูป หรือเตรียมจากห้องทดลองโดยผสมกำมะถันร้อยละ 40 ถึง 60 ของน้ำหนักส่วนที่เหลือใช้ดินทนไฟบด หรือวัสดุเฉื่อยอื่น ๆ ที่เหมาะสมซึ่งผ่านแร่งขนาด 149 ไมครอน (เบอร์ 100) โดยผสมสารหล่อง่ายเข้าไปด้วยหรือไม่ก็ได้ เกลี่ยให้เรียบเสมอกันบนพื้นผิวที่ไม่ดูดน้ำ ทาด้วยน้ำมันบาง ๆ (หมายเหตุ 2) ให้ความร้อนสารผสมกำมะถันในหม้อควบคุมความร้อนพอที่จะให้หลอมจนเป็นของเหลวอยู่ได้ และสัมผัสกับก้อนตัวอย่างนานพอสมควร ต้องระมัดระวังไม่ให้ความร้อนสูงเกินไปและให้กวนของเหลวในหม้อก่อนใช้งาน พื้นผิวหน้าที่จะฉาบจะต้องเรียบภายในเกณฑ์ 0.07 มิลลิเมตร ในระยะ 400 มิลลิเมตร และต้องยึดไว้ไม่ให้เอียงระหว่างทำการเคลือบ นำเหล็กรูปสี่เหลี่ยมขนาด 25 มิลลิเมตร สีแท่งวางลงบนแผ่นเหล็กผิวเรียบเพื่อทำเป็นแบบหล่อรูปสี่เหลี่ยมโตกว่าขนาดก้อน ด้านละ 12 มิลลิเมตร เทกำมะถันที่หลอมเหลวนั้นลงในแบบหล่อหนา 6 มิลลิเมตร รีบนำก้อนตัวอย่างหย่อนลงให้ผิวที่จะเคลือบสัมผัสกับของเหลวนั้น จับก้อนตัวอย่างให้แกนตั้งได้ฉากกับผิวของเหลวต้องไม่ให้ก้อนตัวอย่างกระทบกระเทือนจนกว่าของเหลวจะแข็งตัว ปล่อยให้เย็นอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ ไม่อนุญาตให้ทำการซ่อมผิวที่เคลือบแล้ว ผิวเคลือบที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์ต้องรื้อออกแล้วเคลือบใหม่

หมายเหตุ 2. ถ้าปรากฏว่าแผ่นหล่อกับก้อนตัวอย่างแยกออกจากกันได้โดยไม่ทำความเสียหายแก่ผิวเคลือบ ก็ไม่ต้องใช้น้ำมันทาแผ่นหล่อเคลือบ

4.1.3.2 เคลือบด้วยปูนปลาสเตอร์

ใช้ปูนปลาสเตอร์พิเศษกำลังสูงล้วน (หมายเหตุ 3) ผสมน้ำ เกลี่ยให้เรียบเสมอกันบนผิวพื้นที่ไม่ดูดน้ำและทาด้วยน้ำมันบาง ๆ (หมายเหตุ 2) ปูนปลาสเตอร์ที่ผสมกับน้ำจนเหลวพอเหมาะในการ ใช้เคลือบเมื่อครบ 2 ชั่วโมงจะมีกำลังต้านแรงอัดไม่น้อยกว่า 245 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร โดยการทดสอบก้อนลูกบาศก์ขนาด 50 มิลลิเมตร ผิวพื้นของแผ่นที่ใช้ในการหล่อจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 4.1.3.1 นำผิวหน้าก้อนซึ่งจะทำการเคลือบลงไปสัมผัสกับปูนปลาสเตอร์ จับก้อนตัวอย่างให้แกนตั้งได้ฉากกับผิวธารที่จะเคลือบ และกดลงไปครั้งเดียว ความหนาเฉลี่ยของปูนเคลือบต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ผิวธารที่เคลือบแล้วต้องทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ก่อนนำก้อนตัวอย่างไปทดสอบ ไม่อนุญาตให้ทำการซ่อมผิวที่เคลือบแล้ว ผิวเคลือบที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์ต้องรื้อออกแล้วเคลือบใหม่

หมายเหตุ 3. ใช้ไฮโดรสโตน (hydrostone) และไฮโดรคัลไวต์ (sydrocal white) เท่านั้นไม่ควรใช้ปูนปลาสเตอร์ชนิดอื่น นอกจากทำการทดสอบแล้วว่าได้กำลังตามต้องการ

4.1.4 วิธีการทดสอบ

4.1.4.1 ตำแหน่งทดสอบ

จะต้องทำการทดสอบก้อนตัวอย่างโดยให้ศูนย์เนื้อที่ของผิวธารทั้งสองหน้าอยู่ในแนวดิ่งกับศูนย์แรงกดจากแท่นธาร ในบ่าทรงกลมของเครื่องกด (หมายเหตุ 4) นอกจากการทดสอบก้อนซึ่งมีลักษณะพิเศษที่ประสงค์จะใช้ในลักษณะที่รูอยู่ตามแนวระดับแล้ว การทดสอบคอนกรีตบล็อกจะต้องทดสอบโดยให้รูตั้งอยู่ในแนวดิ่ง สำหรับก้อนวัสดุก่อซึ่งตันร้อยละ 100 และก้อนกลวงซึ่งมีลักษณะพิเศษ ประสงค์ใช้ในลักษณะที่ให้รูอยู่ตามแนวระดับ อาจทำการทดสอบตามลักษณะการใช้งาน

หมายเหตุ 4. สำหรับวัสดุที่เป็นเนื้อเดียวตลอด ศูนย์เนื้อที่ของผิวธารถือว่าอยู่ในแนวดิ่งเหนือจุดศูนย์ถ่วงของก้อนได้

4.1.4.2 ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ

บรรทุกน้ำหนักครึ่งหนึ่งของน้ำหนักสูงสุดที่คาดว่าจะทดสอบด้วยอัตราเร็วตามสะดวก หลังจากนั้นจะต้องคุมเครื่องทดสอบโดยปรับให้หัวกดเคลื่อนในอัตราสม่ำเสมอจนทำให้น้ำหนักบรรทุกส่วนที่เหลือบรรทุกได้ในเวลาไม่เร็วกว่า 1 นาที แต่ไม่เกิน 2 นาที

4.1.5 วิธีคำนวณและการรายงานผล

4.1.5.1 กำลังต้านแรงอัดของก้อนวัสดุก่อคอนกรีต คำนวณได้จากแรงสูงสุดเป็นกิโลกรัม หารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน วัดเป็นตารางเซนติเมตร พื้นที่ภาคตัดขวางรวมของก้อน หมายถึงพื้นที่รวมของภาคตัดในแนวตั้งฉากกับทิศทางของน้ำหนักบรรทุก โดยรวมพื้นที่ภายในช่องว่างทั้งหมด รวมทั้งส่วนที่เว้าออกนอกจากเนื้อที่ส่วนนี้เมื่อก่อตัวแล้ว ส่วนของก้อนที่ก่อชิดกันจะสอดเข้ามาจนเต็ม

4.1.5.2 ในกรณีซึ่งต้องการทราบค่ากำลังต้านแรงอัดต่ำสุดจากพื้นที่สุทธิเฉลี่ยเช่นเดียวกับจากพื้นที่รวมเฉลี่ยให้คำนวณโดยเอาน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเป็นกิโลกรัมหารด้วยพื้นที่สุทธิเฉลี่ยรวมเข้าไปในรายงานด้วย

4.1.5.3 พื้นที่สุทธิ–คำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละของพื้นที่สุทธิของก้อนดังนี้ (หมายเหตุ 5)

$$\text{พื้นที่สุทธิเฉลี่ย ร้อยละ} = \frac{A}{B} \times 100$$

ปริมาตรสุทธิ A เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร $= \frac{C}{D}$

ปริมาตรสุทธิ B เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร $= W \times H \times L$

ปริมาตรสุทธิ D เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

$$= \frac{C}{E-F} \times 10^{-3}$$

เมื่อ A คือ ปริมาตรสุทธิของก้อน เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร
B คือ ปริมาตรรวมของก้อน เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร
C คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแห้ง เป็นกิโลกรัม
D คือ หน่วยน้ำหนัก เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
W คือ ความกว้างของก้อน เป็นเซนติเมตร
H คือ ความสูงของก้อน เป็นเซนติเมตร
L คือ ความยาวของก้อน เป็นเซนติเมตร
E คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม
F คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแขวนแช่ในน้ำ เป็นกิโลกรัม

หมายเหตุ 5. การคำนวณพื้นที่สุทธิ อาศัยค่าที่ได้ในการทดสอบการดูดกลืนน้ำ และการหาหน่วยน้ำหนักในข้อ 4.2.1

4.1.5.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลการทดสอบละเอียดถึง 0.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรสำหรับการทดสอบแต่ละก้อนและผลเฉลี่ยจากห้าก้อน

4.2 การทดสอบการดูดกลืนน้ำ

4.2.1 เครื่องมือ

4.2.1.1 เครื่องชั่ง

เครื่องชั่งที่ใช้อย่างน้อยจะต้องอ่านได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักก้อนตัวอย่างที่เล็กที่สุดที่ทำการทดสอบ

4.2.2 จำนวนและลักษณะตัวอย่าง

ใช้ก้อนตัวอย่างเต็มก้อนจำนวนห้าก้อน

4.2.3 วิธีทดสอบ

4.2.3.1 การอิ่มตัว

ก้อนตัวอย่างที่นำมาทดสอบจะต้องแช่จมอยู่ในน้ำ ที่อุณหภูมิห้องที่ 16 ถึง 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำก้อนตัวอย่างขึ้นชั่งโดยแขวนด้วยลวดโลหะและจมอยู่ในน้ำทั้งก้อน ยกก้อนตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ทิ้งไว้ให้น้ำระบายออกเป็นเวลา 1 นาที วางก้อนตัวอย่างลงบนแร่งขนาด 9 มิลลิเมตร หรือหยาบกว่า หยดน้ำตามผิวที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ให้ซับออกด้วยผ้าซับ แล้วทำการชั่งทันที

4.2.3.2 การทำให้แห้ง

หลังจากการอิ่มน้ำ ทำก้อนตัวอย่างให้แห้งในตู้อบระบายอากาศที่มีอุณหภูมิ 110 ถึง 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง และจนกว่าการชั่งน้ำหนักสองครั้งห่างกัน 2 ชั่วโมง แสดงน้ำหนักที่สูญเสียเพิ่มขึ้นไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักตัวอย่างในการชั่งครั้งก่อน

4.2.4 วิธีคำนวณและการรายงานผล

4.2.4.1 การคำนวณหาการดูดกลืนน้ำ

$$\text{การดูดกลืนน้ำ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{A-B}{A-C} \times 1\,000$$

$$\text{การดูดกลืนน้ำ ร้อยละ} = \frac{A-B}{B} \times 100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่างเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

B คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแห้ง เป็นกิโลกรัม

C คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

4.2.4.2 การคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละ} = \frac{A-B}{C-B} \times 100$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของก้อนตัวอย่าง เป็นกิโลกรัม

B คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อแห้ง เป็นกิโลกรัม

C คือ น้ำหนักของก้อนเมื่อเปียก เป็นกิโลกรัม

4.2.4.3 การรายงานผล

ให้รายงานผลลัพธ์ของแต่ละก้อน และผลเฉลี่ยจากห้าก้อน

4.3 การวัดขนาด

4.3.1 เครื่องมือ

ขนาดภายนอกให้วัดด้วยบรรทัดเหล็กซึ่งแบ่งละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงให้วัดด้วยคาลิเปอร์ซึ่งแบ่งละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร และมีปากขนานกันยาวไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร และไม่เกิน 25 มิลลิเมตร

4.3.2 จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง

ใช้ก้อนตัวอย่างเต็มก้อนจำนวนห้าก้อน

4.3.3 วิธีวัด

4.3.3.1 ความยาว ความกว้าง และความสูง ของแต่ละก้อนให้วัดอ่านละเอียดเท่าที่บรรทัดหรือคาลิเปอร์ที่อ่านได้ สำหรับก้อนที่มีรูให้วัดความหนาของเปลือก และผนังกั้นโพรงส่วนที่บางที่สุด (หมายเหตุ 6) บันทึกผลเฉลี่ยไว้

หมายเหตุ 6. ก้อนตัวอย่างนี้นำไปใช้ในการทดสอบอย่างอื่นได้

4.3.3.2 ความยาว L ต้องวัดที่เส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละหน้าความกว้าง W วัดผ่านผิวธารด้านบนและล่างที่กึ่งกลางความยาว และวัดความสูง H บนผิวหน้าทั้งสองที่กึ่งกลางความยาว ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงให้วัดส่วนที่บางที่สุดสูง 12 มิลลิเมตรจากระนาบที่ก้อนวางบนปูนก่อในกรณีที่เปลือกด้านตรงกันข้ามมีความหนาแตกต่างกันน้อยกว่า 3 มิลลิเมตรให้ใช้ค่าเฉลี่ยได้ รางกรอบหน้าต่าง รอยต่อหลอก และรายละเอียดอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกันนี้ ไม่ต้องคำนึงถึงวัดขนาด

4.3.4 การรายงานผล

ในรายงานควรแสดงค่าความยาว กว้าง และสูงเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละก้อนและความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงที่บางที่สุดและความหนาของผนังกั้นโพรงเทียบเท่าที่ได้จากการเฉลี่ยจากตัวอย่างห้าก้อน (หมายเหตุ 7)

หมายเหตุ 7. ความหนาของผนังกั้นโพรงเทียบเท่า (วัดเป็นมิลลิเมตรต่อความยาว 1 เมตร ของก้อนตัวอย่าง) คือผลบวกของความหนาผนังกั้นโพรงที่วัดได้ทั้งหมดรวมกันทุกผนังคูณด้วย 1 000 และหารด้วยความยาวของก้อนวัดเป็นมิลลิเมตร

6. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภค (มอก.2086-2544)

มอก. 2086-2544

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เกลือบริโภคบริสุทธิ์

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ชั้นคุณภาพ คุณลักษณะที่ต้องการ วัตถุเจือปนอาหาร สารปนเปื้อน การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบเกลือบริโภคบริสุทธิ์

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะเกลือบริโภคบริสุทธิ์ที่ได้จากน้ำทะเล เกลือหินจากใต้ดิน หรือเกลือสินเธาว์จากน้ำเกลือธรรมชาติ โดยไม่รวมถึงเกลือซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเคมี และเกลือบริสุทธิ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมยา

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

2.1 เกลือบริโภคบริสุทธิ์ ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “เกลือบริสุทธิ์” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์เป็นส่วนสำคัญ เหมาะสำหรับใช้บริโภค มีลักษณะเป็นผงหรือผลึกละเอียดสีขาว ได้จากน้ำทะเล เกลือหินจากใต้ดิน หรือจากน้ำเกลือธรรมชาติ และผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์

3. ชั้นคุณภาพ

เกลือบริสุทธิ์แบ่งออกเป็น 2 ชั้นคุณภาพ คือ

3.1 ชั้นคุณภาพพิเศษ

3.1.1 ชั้นคุณภาพพิเศษ I

3.1.2 ชั้นคุณภาพพิเศษ II

3.2 ชั้นคุณภาพที่หนึ่ง

8. เครื่องหมายและฉลาก

8.1 ที่ภาชนะบรรจุเกลือบริสุทธิ์ทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามชื่อมาตรฐาน

(2) ชั้นคุณภาพ

(3) ชนิดและแหล่งกำเนิดของวัตถุดิบ ตามที่ระบุไว้ในข้อ 1.2

(4) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัม หรือกิโลกรัม

(5) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(6) เดือน ปี ที่ทำ

(7) ชื่อผู้ทำ หรือโรงงานที่ทำ หรือชื่อผู้บรรจุ หรือชื่อผู้จำหน่าย พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

9. การชักตัวอย่าง และเกณฑ์ตัดสิน

9.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

10. การทดสอบ

10.1 ขนาด

10.1.1 เครื่องมือ

10.1.1.1 แร่ง 710 ไมโครเมตร

10.1.1.2 ตู้อบไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 100 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส

10.1.2 วิธีทดสอบสำหรับเกลือบริสุทธิ์ชั้นคุณภาพพิเศษ I

ชั่งเกลือตัวอย่างประมาณ 50 กรัมให้ทราบมวลแน่นอน ใส่บนแร่ง 710 ไมโครเมตร เขย่าแร่งเป็นเวลา 5 ถึง 10 นาที แล้วชั่งหามวลของเกลือตัวอย่างที่ค้างอยู่บนแร่ง บันทึกผลแล้วคำนวณหามวลของเกลือตัวอย่างที่ผ่านแร่ง เป็นร้อยละ

10.1.3 วิธีทดสอบสำหรับเกลือบริสุทธิ์ ชั้นคุณภาพพิเศษ II

นำเกลือตัวอย่างมาอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปล่อยไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ชั่งเกลือตัวอย่างประมาณ 50 กรัม ให้ทราบมวลแน่นอน ใส่บนแร่ง 710 ไมโครเมตร เขย่าแร่งเป็นเวลา 5 ถึง 10 นาที แล้วชั่งหามวลของเกลือตัวอย่างที่ค้างอยู่บนแร่งบันทึกผลแล้วคำนวณหามวลของเกลือตัวอย่างที่ผ่านแร่ง เป็นร้อยละ

10.2 ความชื้น

10.2.1 เครื่องมือ

ตู้อบไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 145 องศาเซลเซียส ± 5 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ก.

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 9.1)

ก.1 รุ่น ในที่นี้หมายถึง เกลือบริสุทธิ์ชนิดเดียวกัน ที่ท้าหรือส่งมอบ หรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

ก.2 การชักตัวอย่าง และการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ก.2.2 กรณีส่งโดยที่ไม่บรรจุหีบห่อ

ก.2.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป ขนาด คุณลักษณะทางฟิสิกส์และเคมี วัตถุเจือปนอาหาร และสารปนเปื้อน

(1) ให้ชักตัวอย่างขณะล้าเลียงตลอดเวลาที่ล้าเลียงตัวอย่าง โดยชักตัวอย่างตามช่วงเวลาที่สม่ำเสมอ ปริมาณตัวอย่างที่ชักแต่ละครั้งและช่วงเวลานั้นต้องได้สัดส่วนกัน หรือใช้เครื่องมือที่เหมาะสมชักตัวอย่างจากกองหรือรถที่ระดับและต้าแหน่งต่าง ๆ ไม่น้อยกว่า 10 ต้าแหน่ง ต้าแหน่งละเท่า ๆ กัน น้าตัวอย่างที่ได้มาผสมกันให้ได้มวลรวมไม่น้อยกว่าที่กำหนดในตารางที่ 4 แล้วลดปริมาณตัวอย่างโดยวิธีแบ่งสี่จนเหลือตัวอย่างไม่น้อยกว่า 900 กรัม

(2) ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.1 ข้อ 4.2 ข้อ 4.3 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่าเกลือบริสุทธิ์รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 4 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบ คุณลักษณะทางฟิสิกส์และเคมี วัตถุเจือปนอาหาร และสารปนเปื้อน

ข้อ ก.2.1.2 (1) และข้อ ก.2.2.1 (1)

มวลของรุ่น กิโลกรัม	มวลของตัวอย่าง กิโลกรัม
ไม่เกิน 800	3
801 ถึง 22 000	4
เกิน 22 000	5

ก.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างเกลือบริสุทธิ์ต้องเป็นไปตามข้อ ก.2.1.1 (2) และข้อ ก.2.1.2 (3) ทุกข้อหรือเป็นไปตามข้อ ก.2.2.1 (2) แล้วแต่กรณี จึงจะถือว่าเกลือบริสุทธิ์รุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กลุ่มประสานงาน 3 กองประสานการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม " การผลิตเกลือโดยวิธีทำเหมือง" ค้นวันที่ 8 มกราคม 2554 จาก www.onep.go.th/naturalresource/soil/salt/salt01b.htm

กิตติพงษ์ เกียรติวรยศ เกรียงศักดิ์ ห้วยน้ำ วันชัย โง้วประเสริฐ และสมิตร ส่งพิริยะกิจ (2547) คอนกรีตบล็อกมวลเบาจากกากอุตสาหกรรม เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตแห่งชาติครั้งที่ 2 ตุลาคม 2547 เชียงใหม่

ชัยทัต สมิตินนท์ (2546) *เหมืองละลายแร่และการทรุดตัว* กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ

ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุล มณฑล วังเวียง และภัทรา เพ่งธรรมกีรติ (2550) " การผลิตวัสดุก่อสร้างจากวัสดุเหลือทิ้ง " ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นัฐวุฒิ ทิพย์โยธา ศรัณย์ โตไทยะ ชวินยิ่งไพบูลย์และดนัย เหมืองทอง (2549) " ศึกษาผงแคลเซียมคาร์บอเนตในการผลิตคอนกรีตมวลเบา" วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

บริษัทเกลือพิมาย จำกัด (2553) *รายงานประกอบการสมัครคัดเลือกอุตสาหกรรมดีเด่น ประจำปี 2553 ประเภทการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม* เทสโก้

_____.(2549)รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการเหมืองแร่เกลือหิน " คำขอประทานบัตรที่ 8/2545 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 28793" เกลือพิมาย

"ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 15 (พ.ศ.2514) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1" (2514, 23 ธันวาคม) *ราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ* เล่ม 88 ตอนที่ 145 หน้า 4-15

"ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1618 (พ.ศ.2533) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (แก้ไขครั้งที่ 1) " (2533, 10 กรกฎาคม) *ราชกิจจานุเบกษา* เล่ม 107 ตอนที่ 119 หน้า 5390-5395

"ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1619 (พ.ศ.2533) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (แก้ไขครั้งที่ 1)" (2533, 10 กรกฎาคม) *ราชกิจจานุเบกษา* เล่ม 107 ตอนที่ 119 หน้า 5396-5400

"ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548

ปูนซีเมนต์ ค้นคืนวันที่ 4 พฤษภาคม 2554 จาก http://www.industrial.cmru.ac.th/Civil/wechsawan/materials/ch10/ch10.htm

โครงการบัณฑิตศึกษา (2552) *แผนธุรกิจบล็อกประสาน สาขา MBA* คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พันธ์ศักดิ์ ดาวเรือง (2549) " การศึกษาสัดส่วนผสมมวลรวมในการผลิตบล็อกประสาน" รายงานการวิจัยแหล่งทุนสนับสนุนนักวิจัยรุ่นใหม่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พัชรินทร์ สังเจริญ (2549) "คอนกรีตบล็อกผสมเมลามีน" ครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

มยุรี ปาลวงศ์ (2552) *ประโยชน์ของยิปซัม* สำนักบริหารยุทธศาสตร์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กลุ่มงานเผยแพร่และอำนวยการสำนักบริหารกลาง กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม

มัลลิกา ปัญญาคะโป (2551) การจัดการของเสียอันตราย พิมพ์ครั้งที่ 2 จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์ กรุงเทพมหานคร

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช.602/2547

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 109-2517 วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุซึ่งทำด้วยคอนกรีต

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2545) เกลือบริโภคบริสุทธิ์ มอก.2086-2544 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 119 ตอนพิเศษ 98ง วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2545 หน้า 12-13

รักติพงษ์ สหมิตรมงคล และสมนึก ตั้งเติมสิริก (2551) บทความพิเศษ " แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุก่อสร้างเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมการก่อสร้างของประเทศไทยอย่างยั่งยืน" วารสารเพื่อความก้าวหน้าในวงการอสังหาริมทรัพย์ ค้นคืนวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2554 จาก http://www.constructionandproperty.net/article.php?m_id=10

วุฒินัย กกกำแหงและวิทยา วุฒิจำนงค์ (2550) “การประยุกต์ใช้ยิปซั่มในการผลิตบล็อกประสาน” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12 โรงแรมอมรินทร์ลากูน วันที่ 2-4 พฤษภาคม 2550 จังหวัดพิษณุโลก

วินิต ช่อวิเชียร (2539) *คอนกรีตเทคโนโลยี* กรุงเทพมหานคร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วุฒินัย กกกำแหง และพิชิต เจนบรรจง(2551) เอกสารประกอบการอบรมการผลิตบล็อกประสาน วว. การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) หน้า 1-8

ศรัณย์ กำจัดโรคและเสรี กำจัดโรค (2551) “ การผลิตบล็อกประสาน จากกากอุตสาหกรรมหินแกรนิต” โครงการวิจัยทุนสนับสนุนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก

ศรัณย์ อนุกูลพันธ์ (2548) “ การศึกษาการรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกธรรมดากับคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน” ปัญหาพิเศษ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาโยธา ภาควิชาครุศาตร์โยธา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สมบูรณ์ คงสมศักดิ์ศิริ และอดิสรณ์ พงษ์สุวรรณ (2551) “บล็อกประสานปูพื้นผสมตะกอนดินจากน้ำประปา” ประชุมวิชาการครั้งที่ 1 พ.ศ. 2551 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

หนังสือพิมพ์ประชาชาติ (2553) "ดัชนีขยะ กรมโรงงานฯ ใช้ 3 R รับมือกากอุตสาหกรรม"ธุรกิจ ปีที่ 34 ฉบับที่ 4245 หน้า 6 ค้นคืนวันที่ 16 กันยายน 2554 จาก http://www.prachachat.net/view_news. php?newsid=02inv02160953&sectionid=0203&day=2010-09-16

Home Builder Focus (2551) "รับสร้างบ้านไตรมาสแรกสอบผ่าน โพลสำรวจชี้ดีมานด์มีสูง" ข่าวเศรษฐกิจ/วงการก่อสร้าง ค้นคืนวันที่ 8 มกราคม 2554 จาก http://www.freesplans.com/FP_cons_news/cons_news_view.asp?id=2636

International Expert Group Meeting on Appropriate Technologies for Sustainable Building in Developing Countries (2005) Bangalore ,India Building Materials & Technology Promotion Council paper no 10-15.

Md. Safiuddin,Mohd Zamin jumaat ,M.A.Salam ,M.S.Islam and R. Hashim (2010) “Utilization of solid waste in construction materials ” *International Journal of the Physical Science* Vol.5(13) , 1952-1963.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวรัชนี คงเมือง
วัน เดือน ปีเกิด	20 ธันวาคม 2521
ประวัติการศึกษา	22 มีนาคม 2544 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (วทบ.) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม การจัดการทรัพยากร เกรดเฉลี่ย 2.72
สถานที่ทำงาน	บริษัท เกลือพิมาย จำกัด
ตำแหน่ง	นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (Environmental Scientist)
รายละเอียดของงาน	จัดทำรายงานติดตามผลกระทบสิ่งแวดล้อม และควบคุมระบบการจัดการมลพิษโรงงาน