รหัสโครงการ SUT7-702-59-12-48

รายงานวิจัย

การรีไซเคิลเศษเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์โดยใช้เป็นมวลรวมละเอียดในบล็อกประสาน

(Recycling of Melamine Formaldehyde Waste as Fine Aggregate in Interlocking Block)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT7-702-59-12-48

รายงานวิจัย

การรีไซเคิลเศษเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์โดยใช้เป็นมวลรวมละเอียดในบล็อกประสาน

(Recycling of Melamine Formaldehyde Waste as Fine Aggregate in Interlocking Block)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

อาจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

สำนักวิชาวิศวกรรมการผลิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นายเฉลิมชัย ไชยธงรัตน์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ.2559

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยเล่มนี้สำเร็จได้เพราะได้รับความร่วมมือจากคณะผู้วิจัย,คณะอาจารย์ และบุคลากรศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความรู้ในการใช้เครื่องมือและอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณบริษัทศรีไทยซุปเปอร์แวร์จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในส่วนของวัสดุในการทำวิจัย อีกทั้งยังให้ความรู้และให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี

นอกจากนี้ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ผู้วิจัย

กรกฎาคม 2561

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

งานวิจัยเล่มนี้นำเสนอการรีไซเคิลเศษเมลามีนฟอร์มาดีไฮด์ซึ่งเป็นเศษของเสียจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เมลามีน นำมาใช้เป็นเป็นมวลรวมละเอียดมาแทนที่ทรัพยากรทางธรรมชาติอย่างดินซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในบล็อกประสาน วัตถุประสงค์หลักคือศึกษาการนำเศษเมลามีนไปแทนที่ดินในอัตราการแทนที่ดินด้วยเศษเมลามีนร้อยละ 0 15 25 และ 35 และกำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:5 1:6 และ 1:7 ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด และทำการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน จากผลการทดลองพบว่า การนำเศษเมลามีนมาแทนที่ดินในอัตราส่วนร้อยละ 0 15 25 และ 35 สามารถขึ้นรูปบล็อกประสานได้ จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดพบว่า การแทนที่ดินด้วยเมลามีนในอัตราส่วนร้อยละ 25 และอัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:5 ให้ค่าการรับแรงอัดมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ค่าเฉลี่ย 2.5 MPa พบว่าเป็นไปตามมาตรฐาน การทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำซึ่งพบว่าค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการแทนที่ดินด้วยเศษเมลามีนเพิ่มขึ้น การใช้เศษเมลามีนมาแทนที่ดินก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ทั้งยังสามารถนำเศษของเสียมาทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังสามารถนำมาพัฒนาและต่อยอดในเชิงพานิชย์ต่อไปในอนาคตได้ โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินไม่เกิน 1:6 ที่อัตราส่วนผสมเศษเมลามีนร้อยละ 25

คำสำคัญ: บล็อกประสาน, เศษเมลามีนฟอร์มาดีไฮด์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ABSTRACT

This paper present the Recycling of Melamine Formaldehyde waste that it was scraped from melamine product manufacturing. It was used as fine aggregate to replace natural resource like a soil this is the main admixture in Interlocking Block. The main purpose of this paper was studied the replacement of soil by melamine formaldehyde waste with a melamine content of 0, 15, 25 and 35%. The ratio of cement to soil was determined 1: 5, 1: 6 and 1: 7. The samples was tested the compressive strength test and water absorbtion at 28 curing day. The result is shown that the soil was replced by melamine formaldehyde waste could be fabricated interloking block. From test results, it was found that the replacement of soil by melamine formaldehyde at 25 % and the ratio of cement to soil at 1:5 get to the highest compressive strength. The compressive strength could meet to the brick weightless type standard as 2.5 MPa. The water absorption test results is shown water absorbtion were increased when the replacement of soil by melamine formaldehyde waste were increased too. The use of Melamine formaldehyde waste to replaced soil contributes to reducing the use of natural resourcesthe including waste could bring value added and. In addition, this research can also be developed and to continue to commercial in the future. The recommended recycled fomula was cement to soil mot over than 1:6 with replacement of 25% of soil by melamine waste.

Keywords: interlocking block, melamine formaldehyde waste

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... จ
สารบัญรูป ..... ฉ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 3
2.2 ปูนซีเมนต์ 4
2.3 น้ำ 4
2.4 ทรายละเอียด หินฝุ่น 4
2.5 ขั้นตอนการผลิตบล็อกประสาน 4
2.6 ความสำคัญของขนาดคละ 5
2.7 การคัดเลือกวัตถุดิบ 5
2.8 วัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับทำบล็อกประสาน 5
2.9 การผสมน้ำ 6
2.10 การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมด้วยถังบัวรดน้ำ 6
2.11 การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ 7
2.12 วิธีการบ่ม 7
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 10
3.1 วัสดุ (Materials) 10
3.1.1 เมลามีนฟอร์มาดีไฮด์ 10
3.1.2 ปูนซีเมนต์ 10
3.1.3 ดิน 11
3.1.4 น้ำ 11
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 11
3.2.1 เครื่องอัดบล็อกประสานด้วยแรงคน 11
3.2.2 เครื่องบดย่อยพลาสติก 12
3.2.3 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด 12
3.2.4 ตู้อบลมร้อน 13
3.3 การขึ้นรูปชิ้นทดสอบบล็อกประสาน 13
3.3.1 อัตราส่วนผสมของบล็อกประสาน 13
3.3.2 ขั้นตอนการผสมบล็อกประสาน 13
3.3.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัด 14
3.3.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ 14
4 ผลลัพธ์และการอภิปรายผล 15
4.1 ส่วนผสมของบล็อกประสาน 15
4.2 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน 16
4.3 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน 19
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 22
5.1 สรุป 22
5.2 ข้อเสนอแนะ 22
รายการอ้างอิง 23
ประวัติผู้วิจัย 25

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ตารางแสดงลักษณะทางกายภาพของเมลามีน....3
3.1 ตารางแสดงอัตราส่วนผสมของบล็อกประสาน....13

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

3.1 เมลามีนเรซิน (Melamine resin) หรือ เมลามีนฟอมัลดีไฮด์ (melamine formaldehyde) 10
3.2 ปูนซีเมนต์ 10
3.3 ดินลูกรัง 11
3.4 เครื่องอัดบล็อกประสานด้วยแรงคน 11
3.5 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด 12
3.6 ตู้อบลมร้อน 12
4.1 ส่วนผสมของบล็อกประสาน 14
4.2 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:5 16
4.3 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:6 16
4.4 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:7 17
4.5 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน 18
4.6 ภาพจำลองการยึดเกาะตัวกันของปูนซีเมนต์ ดิน และเศษเมลามีน 18
4.7 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:5 19
4.8 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:6 19
4.9 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:7 20
4.10 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน 21

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการใช้งานพลาสติกมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพลาสติกสามารถขึ้นรูปได้ง่ายและใช้งานได้หลากหลาย ทำให้ปริมาณขยะพลาสติกเพิ่มจำนวนขึ้น การกำจัดขยะพลาสติกบางประเภทก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะพลาสติกเทอร์โมเซตติ้งที่ไม่สามารถหลอมและนำกลับมาใช้ได้อีก อย่างเช่นพลาสติกเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ที่ส่วนใหญ่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน ซึ่งนำไปสู่ปริมาณเศษเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์จำนวนมาก การรีไซเคิลเป็นหนึ่งในวิธีการที่ดีสำหรับจัดการกับขยะพลาสติก เนื่องจากมีข้อดีในทางเศรษฐศาสตร์และทางสิ่งแวดล้อม การรีไซเคิลขยะพลาสติกด้วยวิธีการแปรสภาพแล้วนำไปเป็นวัสดุเติมในซีเมนต์มอร์ต้าร์หรือบล็อกประสานทำให้เกิดวัสดุใหม่ เป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการรีไซเคิลเศษเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์โดยใช้เป็นวัสดุมวลรวมในบล็อกประสาน โดยมีสัดส่วนการผสมโดยน้ำหนักที่ร้อยละ 0 15 25 และ 35 และอัตราส่วนซีเมนต์ต่อมวลรวมละเอียดเท่ากับ 1:5 1:6 และ 1:7 โดยทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดที่อายุ 3 7 14 และ 28 วัน นอกจากนี้ยังทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้เพื่อเป็นแนวทางในการรีไซเคิลเศษเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์โดยไม่ต้องถูกฝังกลบ และเพื่อศึกษาปริมาณเศษเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างจุลภาคของบล็อกประสาน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ การรีไซเคิลเศษเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์โดยใช้เป็นมวลรวมละเอียดในบล็อกประสาน โดยใช้เป็นวัสดุมวลรวมในการแทนที่ดินบางส่วน โดยแบ่งเป็นวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

1) เพื่อศึกษาแนวทางการรีไซเคิลเศษเมลามีน โดยใช้เป็นวัสดุมวลรวมละเอียดในบล็อกประสาน

2) เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการใช้เศษเมลามีนผสมในบล็อกประสาน

3) เพื่อศึกษาสมบัติทางกล สมบัติทางความร้อน สัณฐานวิทยาและการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานผสมเศษเมลามีน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาแนวทางการรีไซเคิลเศษเมลามีน โดยใช้เป็นวัสดุมวลรวมละเอียดในบล็อกประสาน โดยใช้เป็นวัสดุมวลรวมในการแทนที่ดิน ปริมาณเศษเมลามีนที่ใช้เป็นวัสดุมวลรวมในบล็อกประสานร้อยละ 0 15 25 และ 35 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนซีเมนต์ต่อมวลรวมละเอียดเท่ากับ 1:5 1:6 และ 1:7 ในช่วงอายุการบ่ม 3 7 14 และ 28 วัน

รวมทั้งศึกษาสมบัติต่างๆของงานวิจัยประกอบด้วยกำลังรับแรงอัดและการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานผสมเศษเมลามีน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจถึงสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานที่ผสมเศษเมลามีน พร้อมทั้งเป็นแนวทางในการรีไซเคิลและเพิ่มมูลค่าเศษเมลามีน อีกทั้งสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ต่อยอดไปสู่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้

2. เข้าใจถึงการนำบล็อกประสานที่ผสมเศษเมลามีนไปประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างที่เหมาะสมกับการใช้งานและประสิทธิภาพการรีไซเคิลจากเศษเมลามีนในสัดส่วนที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมสำหรับผลิตบล็อกประสาน หรืออุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน

เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์มีสูตรโครงสร้างเคมีมอนอเมอร์ คือ C3H6N6 เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาคอนเดนเซชันของเมลามีนกับฟอร์มาลดีไฮด์ โดยมีโครงสร้างเป็นโครงข่ายร่างแหหนาแน่นทั้งสามมิติ แข็งแรงคล้ายฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ จัดเป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมเซ็ตติง คือ ไม่สามารถหลอมละลายโดยการให้ความร้อนได้อีกเมื่อผ่านกระบวนการขึ้นรูปแล้ว ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพลาสติกเทอร์โมเซ็ตติงนี้จะเหมาะสำหรับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ร้อน [1]

สมบัติทั่วไปของเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์พลาสติก คือ มีเนื้อแข็งมาก ทนทานต่อการขีดข่วน เหนียวไม่แตกง่าย ผสมสีได้ดี ทนทานต่อน้ำยาฟอกสี ผงซักฟอกน้ำมัน ไม่ติดไฟ ไม่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน แต่เมื่อถูกความร้อนสูงจะไหมเกรียม เป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่ดูดความชื้น ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่ทำจากเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ ได้แก่ ใช้ทำจาน ชาม ถ้วยกาแฟ เครื่องใช้ภายในครัว เครื่องประดับบ้าน เครื่องผสมอาหาร สวิตช์ไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า ทำเป็นกาวในอุตสาหกรรมไม้อัด เคลือบไม้ ผ้าและกระดาษ

จากข้อมูลข้างต้นที่ได้นำเสนอไปนั้นพบว่า เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์นั้นถูกใช้อย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์บรรจุอาหาร เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนต่อการขีดข่วนได้ดี อีกทั้งไม่ติดไฟ และยังพบว่า หากเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ได้ผ่านการขึ้นรูปแล้วจะไม่สามารถให้ความร้อนแล้วนำไปขึ้นรูปใช้งานได้อีก โดยสมบัติทางกลและทางกายภาพของเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงลักษณะทางกายภาพของเมลามีน [12]

ลักษณะคุณสมบัติ	คุณสมบัติ
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	1.48
ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength), MPa	60
การยืดตัวแรงดึง (Tensile elongation), %	0.79
ความทนแรงกระแทก (Notched izod impact), J/m	16.0
ความต้านทานอุณหภูมิ (Temperature resistance), °C	300
การดูดซึมน้ำ (Water absorption), %	5.6

2.2 ปูนซีเมนต์

ในการผลิตบล็อกประสานนั้น ปูนซีเมนต์ที่ใช้คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (ปูนที่ใช้ในงานโครงสร้าง เทเสา คาน) สาเหตุที่เลือกใช้ปูนประเภท 1 นั้นเพราะความคุ้มค่าต่อราคาสูงสุด สามารถผลิตบล็อกให้ได้กำลังตามมาตรฐานโดยใช้ปูนซีเมนต์ไม่มากเกินไป และที่สำคัญคือสะดวกสามารถหาได้ทุกที่ทั่วไทย การใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 จะให้ก้อนบล็อกประสานมีความแข็งแกร่ง ทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดี การใช้ปูนซีเมนต์ผสม (ปูนก่อฉาบ) คุณภาพจะต่ำกว่าทำให้ต้องใช้ปูนมากขึ้นถึงสองเท่าเพื่อให้ได้คุณภาพเท่ากัน ซึ่งจะทำให้ต้นทุนสูงขึ้น [5]

2.3 น้ำ

น้ำที่ใช้ในการผสมดินซีเมนต์ต้องเป็นน้ำสะอาดปราศจากสารเจือปน หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไม่มีความเป็นกรดหรือด่าง หรือคราบน้ำมัน น้ำจะเป็นตัวเข้าไปทำปฏิกิริยากับซีเมนต์โดยตรง ดังนั้นถ้าในน้ำมีสารอินทรีย์หรือมีสภาพเป็นกรดหรือด่าง จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ไม่เต็มที่ ทำให้ได้กำลังไม่สูงมากเท่าที่ต้องการบล็อกที่ผลิตออกมาจะไม่ได้มาตรฐาน

2.4 ทรายละเอียด หินฝุ่น

ใช้ในกรณีที่ดินที่เป็นแหล่งวัตถุดิบมีสภาพไม่เหมาะสมและต้องมีการปรับปรุงคุณภาพก่อนนำมาผลิตเพื่อปรับสัดส่วนขนาดคละใหม่ให้มีความเหมาะสม วัสดุที่นำมาใช้ผสมเพื่อปรับขนาดคละ ต้องทราบแหล่งของวัตถุดิบที่แน่นอน เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละที่คุณสมบัติจะแตกต่างกันทำให้เกิดความแปรปรวนได้ถ้าใช้จากคนละแหล่ง

2.5 ขั้นตอนการผลิตบล็อกประสาน

- เก็บตัวอย่างวัตถุดิบ ทดสอบแหล่งวัตถุดิบเพื่อหาแหล่งที่เหมาะสมที่สุดและกำหนดส่วนผสมที่เหมาะสม

- เตรียมวัตถุดิบ ถ้ามีความชื้นมากควรนำไปตากให้แห้งและกองเก็บวัตถุดิบในที่ร่มให้มากเพียงพอที่จะทำการผลิตตลอดฤดูฝน หากดินเป็นก้อนหรือมีมวลหยาบน้อยควรร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2-4 มิลลิเมตร ไม่ควรใช้ตาละเอียดเพราะจะทำให้ได้แต่เนื้อฝุ่นดิน ทำให้ก้อนบล็อกไม่มีความแข็งแรง ถ้าเนื้อดินมีก้อนใหญ่หรือมวลหยาบมากควรใช้เครื่องบดร่อน กองเก็บในที่ร่มเพื่อรอผลิต

- ในการตวงวัตถุดิบสามารถตวงส่วนผสมได้ 2 วิธีคือ ตวงด้วยปริมาตรและการตวงวัดด้วยน้ำหนัก การตวงด้วยน้ำหนักจะทำให้การผลิตสามารถควบคุมคุณภาพได้แน่นอน แต่อาจตวงโดย

ปริมาตรได้ซึ่งจะสะดวกรวดเร็วกว่า โดยการหาน้ำหนักของดินเต็มภาชนะตวง เช่นถังปูนแล้วคำนวณแปลงอัตราส่วนโดยน้ำหนักเป็นโดยปริมาตร

- ในการผสมให้คลุกเคล้าส่วนผสมแห้งหรือมวลรวมกับซีเมนต์ให้เข้ากันก่อน ในกรณีที่ดินชื้นเกาะกันเป็นก้อนการผสมกับซีเมนต์จะทำให้ส่วนผสมไม่เข้ากันดีหรือซีเมนต์ไม่สามารถแทรกเข้าไปในก้อนดินที่จับตัวเป็นก้อนได้ ทำให้ความแข็งแรงลดลง เมื่อโดนฝนจะทำให้บล็อกเป็นรูขนาดเท่าก้อนกินที่ไม่มีปูนเข้าไปผสมจึงเป็นจุดที่ต้องให้ความสำคัญ

- ในการอัดบล็อก ควรใช้ส่วนผสมให้หมดภายใน 30 นาที หลังจากผสมน้ำเพื่อป้องกันปูนเสื่อมก่อนอัดขึ้นรูป

- บล็อกประสานที่อัดเป็นก้อนแล้วควรผึ่งในที่ร่มอย่างน้อย 1 วัน จึงเริ่มบ่มจนอายุครบตามกำหนด

2.6 ความสำคัญของขนาดคละ

ดินที่มีขนาดคละดี คือจะมีสัดส่วนของดินขนาดเม็ดใหญ่ ขนาดเม็ดกลาง และขนาดเม็ดเล็กปนกันอยู่อย่างเหมาะสมเม็ดดินที่มีขนาดเล็กก็จะเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดใหญ่ทำให้เกิดความแน่น และความแข็งแรงตามมา ลองเปรียบเทียบง่าย ๆ กับการนำลูกปืนมาวางเรียงในกล่องจะเห็นได้ว่า จะมีช่องว่างระหว่างเม็ดลูกปืนอยู่มาก แต่ถ้าเราหาลูกปืนซึ่งมีขนาดเล็ก ๆ เพิ่มลงไป ช่องว่างก็จะลดลงเนื่องจากลูกปืนเม็ดเล็กจะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างลูกปืนเม็ดใหญ่ [5]

2.7 การคัดเลือกวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกประสาน ต้องเป็นวัสดุที่มีความแข็งแกร่งของเม็ดดินและมีค่าพลาสติกซิตี้ต่ำ ๆ เพราะดินที่มีค่าพลาสติกซิตี้สูงจะมีการเสียรูปร่างมากเมื่อมีความชื้นแตกต่างกัน และอาจทำให้เกิดการแตกร้าวภายในบล็อกประสานซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในการรับกำลัง ดังนั้นการคัดเลือกวัตถุดิบจึงอาศัยการจำแนกตามมาตรฐานของ AASHTO โดยวัตถุดิบที่มีความเหมาะสมในการผลิตจะจัดอยู่ในชั้นคุณภาพตั้งแต่ A-1 จนถึง A-5 ส่วนวัตถุดิบชั้นคุณภาพ A-6 และ A-7 ไม่มีความเหมาะสมเพราะมีความเป็นดินเหนียวมากเกินไป [2]

2.8 วัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับทำบล็อกประสาน

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม หรือ มวลรวมละเอียดของบล็อกประสานควรมีขนาดเล็กกว่า 4 มม. ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย และเถ้าลอยจากโรงงานผลิตไฟฟ้า โดยมวลรวมละเอียดที่ใช้ควรมีลักษณะตามมาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพดินและมวลรวม สำหรับงานก่อสร้างทางหลวง

(ASTM D3282 Standard Classification of Soils and Soil Aggregate Mixture for Highway Construction Purposes) [9] คือมีฝุ่นดินไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนักหรือทดสอบเบื้องต้นโดยนำดินใส่ขวดครึ่งหนึ่ง เติมน้ำแล้วเขย่าให้เข้ากัน เมื่อหยุดเขย่า สังเกตส่วนที่ตกตะกอนทันทีแล้วขีดเส้นไว้ รอจนตกตะกอนทั้งหมดจนน้ำใส แล้ววัดตะกอนฝุ่นไม่ควรเกินร้อยละ 15 โดยปริมาตร ถ้าวัตถุดิบมีมวลรวมหยาบผสมอยู่สูงมากสามารถใช้เครื่องบดร่อนจะทำให้ผิวบล็อกเรียบขึ้น [3]

2.9 การผสมน้ำ

น้ำที่ใช้ผสมมีหน้าที่หลักคือเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ นอกจากนั้นหน้าที่หลักที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือน้ำจะเป็นเสมือนสารหล่อลื่นทำให้แรงเสียดทานระหว่างเม็ดดินลดลง ทำให้การบดอัดดินลงในเครื่องอัดทำได้ง่ายขึ้น

ปริมาณน้ำที่เหมาะสมการเรียงตัวของเม็ดดินในกรณีนี้จะไม่แน่นมาก เพราะแรงเสียดทานระหว่างเม็ดดินมีมากทำให้การบดอัดดินทำได้ยากเมื่อทำได้ยากทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดดินมากเมื่อบดอัดลงในเครื่องอัดทำให้บล็อกที่ผลิตได้มีช่องว่างมากทำให้กำลังต่ำลง ถ้าปริมาณน้ำพอดีคือมีปริมาณน้ำคลุกเคล้าในวัตถุดิบอย่างทั่วถึงทำให้การบดอัดดินทำได้ง่ายเพราะมีแรงเสียดทานต่ำในกรณีนี้ช่องว่างทั้งหมดจะถูกแทนที่ด้วยน้ำซึ่งถือว่าเป็นกรณีที่การบดอัดทำได้แน่นมากที่สุดทำให้บล็อกที่ผลิตได้มีช่องว่างน้อยที่สุดจึงมีความแข็งแรงมาก และถ้ามีปริมาณน้ำมากเกินพอดีเมื่อมีน้ำมากเกินจะทำให้น้ำเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดินทำให้เม็ดดินแยกตัวออกจากกันเมื่อบดอัดดินลงในเครื่องอัดทำให้น้ำที่แทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดินถูกบีบออกมา เมื่ออัดก้อนบล็อกทำให้น้ำส่วนเกินถูกบีบออกมาจึงมีน้ำเยิ้มออกมาเมื่ออัดก้อนบล็อก และบล็อกจะมีความแข็งแรงต่ำจึงมองเห็นก้อนบล็อกอ่อนตัวเมื่อยกออกมาจากเครื่องอัด

การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมต้องหาทุกครั้งที่เปลี่ยนแหล่งดินเพราะดินแต่ละชนิดต้องการปริมาณน้ำเท่ากัน แต่ถ้าใช้แหล่งดินเดิมอนุโลมให้ใช้ปริมาณน้ำที่เหมาะที่เคยหาไว้ก่อนได้ แต่วัตถุดิบที่ใช้ต้องอยู่ในสภาพที่แห้ง เพราะถ้าวัตถุดิบเปียกปริมาณน้ำที่เติมจะไม่เท่าเดิมโดยจะต้องหักน้ำหนักน้ำที่มีอยู่ในมวลดินออกไปซึ่งหาได้ยาก ดังนั้นการใช้วัตถุดิบที่แห้งจะเหมาะสมกว่า

2.10 การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมด้วยถังบัวรดน้ำ

เติมน้ำให้เกือบเต็มถังบัวรดน้ำ ชั่งน้ำหนักบันทึกผลเติมน้ำลงในส่วนผสม จนส่วนผสมเริ่มมีความชื้น นำส่วนผสมไปอัดบล็อก พร้อมกับหาน้ำหนักก้อนที่มากที่สุดที่สามารถอัดได้โดยไม่ใช้แรงมากเกินไป บันทึกผลน้ำหนักถังบัวรดน้ำ และน้ำหนักบล็อกสูงสุด ทำซ้ำโดยการเติมน้ำเพิ่มและหาน้ำหนักก้อนสูงสุด ทำซ้ำจนกระทั่งเมื่ออัดบล็อกแล้วจะมีน้ำถูกบีบออกมากจาก

ก้อนซึ่งจะเป็นจุดที่มีปริมาณน้ำในก้อนมากเกินพอดี ที่จุดนี้ก้อนบล็อกที่อัดได้จะเสียรูปขณะที่ยกออกมาจากเครื่องอัด หรือเกิดการแอ่นตัวอย่างเห็นได้ชัด เมื่อได้จุดที่มีปริมาณน้ำมากเกินพอดีให้บันทึกค่าไว้ ส่วนปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตคือปริมาณน้ำ ก่อนถึงจุดที่บล็อกจะมีน้ำถูกบีบออกมาจาก้อนโดยใช้น้ำหนักต่อก้อนเท่ากับน้ำหนักที่ได้จากการทดสอบ

2.11 การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ

ความแข็งแรงของบล็อกประสานนั้นมีหลักการคล้าย ๆ กับการรับกำลังของดินซีเมนต์ (Soil cement) คือความสามารถในการรับกำลังจะขึ้นอยู่กับคุณภาพมวลรวม ขนาดคละ และปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ถึงแม้ว่าบล็อกประสานจะถูกอัดด้วยเครื่องอัดกำลังสูงแต่ก็ยังคงมีช่องว่างระหว่างอนุภาคอยู่ และการเชื่อมประสานด้วยซีเมนต์ไม่ได้เติมเต็มในช่องว่างระหว่างมวลดินดังเช่นคอนกรีต แต่จะเกิดการเชื่อมประสานกันที่จุดสัมผัสและส่งถ่ายกำลังไปสู่อนุภาคของมวลดิน ดังนั้นถ้ามวลดินมีขนาดคละที่ดี และมีอนุภาคที่แข็งแกร่ง รวมถึงการผสมปูนซีเมนต์ให้เข้ากันอย่างทั่วถึงในปริมาณที่พอดีก็จะทำให้ความสามารถในการรับกำลังของก้อนบล็อกประสานสูงตามไปด้วย

2.12 วิธีการบ่ม

หลังจากนำบล็อกออกจากเครื่องอัดแล้ว บ่มในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน ไม่ควรตากแดดเพราะน้ำจะระเหยเร็ว ทำให้ปูนซีเมนต์ขาดน้ำส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดไม่เต็มที่ บล็อกที่ได้จะไม่แข็งแรงตามที่ต้องการ หรืออาจเกิดรอยแตกร้าวที่ผิวจากการแห้งเร็ว เมื่อบ่มจนครบ 1 วัน นำมาจัดเรียงแล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก บ่มด้วยความชื้นทิ้งไว้อีก 7 วัน บล็อกประสานจะมีความแข็งแรงพร้อมส่งออกจำหน่ายหรือใช้งานได้ ในดินบางประเภทการรดน้ำในช่วง 1-3 วันแรก น้ำอาจกลายเป็นเกลือ หรือด่างต่าง ๆ ในปูนที่ใช้ผสมกับดินให้ไหลออกมาจนเกิดคราบสีขาวแข็งติดผิวจนบล็อกไม่สวย จึงควรพิจารณารดน้ำตามความเหมาะสม โดยให้มีความชื้นอยู่ตลอดเวลาแต่อย่าให้น้ำมากจนชุ่มโชก [5]

ข้อดีของอาคารที่สร้างด้วยบล็อกประสาน

- ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น มีความแข็งแรง ทนทาน
- ก่อสร้างง่าย รวดเร็ว โดยไม่ต้องใช้ทั้งเสา ไม้แบบและการฉาบปูน
- ประหยัดราคาในการก่อสร้างเพราะลดเวลาและค่าแรงงานในการก่อสร้าง
- มีความสวยงามตามธรรมชาติ โดยไม่ต้องทาสี
- สร้างงานและอาชีพเสริมให้แห่ประชาชนทั้งในเมืองและในชนบท

- ช่วยอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยลดการตัดไม้ทำลายป่า เพื่อนำมาใช้ในการก่อสร้าง

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ วุฒินัย กกกำแหง และ วิทยา วุฒิจำนงค์ [7] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ยิปซั่มที่เป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าในการผลิตบล็อกประสาน ผลการวิจัยทำให้ทราบว่า กำลังอัดของบล็อกประสานขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบและปริมาณปูนซีเมนต์ที่ผสมและการผสมยิปซั่มลงในมวลรวม 5% สามารถเพิ่มค่าการรับกำลังอัดของบล็อกประสานได้ดีที่สุด โดยเมื่อเทียบกับที่กำลังอัดเดียวกัน อีกทั้งการผสมยิปซั่ม 5% จะสามารถประหยัดปูนซีเมนต์ลงได้ประมาณ 10% คิดเป็นมูลค่าต่อก้อนประมาณ 0.20 บาท หรือประมาณ ร้อยละ 5 ของราคารวม ซึ่งสำหรับอุตสาหกรรมบล็อกประสานที่มีกำลังการผลิตสูง ๆ จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก รวมทั้งยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์แทนการนำไปทิ้งอีกทางหนึ่งด้วย

งานวิจัยของ รัชนี คงเมือง และคณะ [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิจัยทำให้ทราบว่า ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นมีผลให้กำลังรับแรงอัดลดลง แต่ร้อยละการดูดกลืนน้ำไม่แตกต่างกัน เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตกับบล็อกทั่วไปพบว่าอัตราการแทนที่สูงสุดร้อยละ 40 สามารถลดต้นทุนลงได้ถึงร้อยละ 17.48

งานวิจัยของ ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุล, มณฑล วังเวียง และ ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ [4] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้าร์และบล็อกประสาน จากผลการศึกษาพบว่า กากตะกอนเคมีจากการผลิตน้ำประปาสามารถใช้ทดแทนปูนซีเมนต์การค้าในงานก่อและฉาบได้ และการใช้กากตะกอนในอิฐประสานที่ร้อยละ 10-30 มีความเป็นไปได้อย่างมากในการนำไปใช้จริงต่อไป

งานวิจัยของ วุฒินัย กกกำแหง และ นรา รัตนวงศ์ [2] ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการรับกำลังอัดของบล็อกประสานที่ผลิตจากหน้าดินจากเหมืองดินขาว จากการวิจัยพบว่าบล็อกประสานที่ผลิตได้จากหน้าดินขาวมีค่าความสามารถในการรับกำลังอัดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับบล็อกประสาน (มาตรฐานในการรับแรงอัดของบล็อกประสานต้องไม่ต่ำกว่า 70 กก./ตร.ซม.) ซึ่งสามารถนำดินขาวมาใช้ผลิตบล็อกประสานได้เป็นอย่างดีซึ่งนับว่าเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาสร้างมูลค่าเพิ่มและเป็นการลดวัสดุเหลือทิ้งทำให้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

งานวิจัยของ Albano et al. [11] ได้รายงานว่า คอนกรีตที่มีเศษ PET 10% แสดงให้เห็นว่ากำลังอัดที่ตรงกับมาตรฐานความแข็งแรง สำหรับคอนกรีตที่มีค่าความแข็งแรงในระดับปานกลาง (ระหว่าง 21 และ 30 MPa สำหรับเวลาการบ่ม 28 วัน) โดยค่ากำลังอัดที่อายุการบ่ม 28 วัน มีค่าใกล้เคียงกับ 60 วัน โดยได้รับการยอมรับจากปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของความเสียหาย ความสามารถเทได้ต่ำ (Low workability) ขนาดอนุภาค (Particle size) ซึ่งการตอบสนองสำหรับกำลังอัดของคอนกรีตผสมมวลรวมพลาสติก PET ต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมมวลรวมธรรมชาติทั่วไป การลดลงของกำลังอัดในคอนกรีตที่ผสมมวลรวม PET แผ่นใหญ่มากกว่าแผ่นเล็ก

และงานวิจัยของ Batayneh et al. [12] ยังพบการลดลงของกำลังอัดของคอนกรีตเนื่องจากการเติมเศษพลาสติกโดยการแทนที่มวลรวมละเอียดบางส่วน สำหรับ การแทนที่ 20% แสดงให้เห็นถึงกำลังอัดลดลงอย่างชัดเจนถึง 72% ของความแข็งแรงเดิม และสำหรับการแทนที่ 5% กำลังอัดลดลง 23%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ (Materials)

3.1.1 เมลามีนฟอร์มาดีไฮด์

เศษเมลามีน (melamine formaldehyde waste; MFW) คือเศษเมลามีนที่ได้จากการบดย่อยเศษครีบเมลามีน (melamine scrap) ตรงบริเวณขอบผลิตภัณฑ์เมลามีนจากกระบวนการผลิตของบริษัทศรีไทยซุปเปอร์แวร์ จำกัด (มหาชน)

รูปที่ 3.1 เมลามีนเรซิน (Melamine resin) หรือ เมลามีนฟอมัลดีไฮด์ (melamine formaldehyde)

3.1.2 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่งหรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทั่วไป (ordinary portland cement; OPC) ตามมาตรฐาน ASTM C150

รูปที่ 3.2 ปูนซีเมนต์

3.1.3 ดิน

ดินที่ใช้ในการผลิตบล็อกประสานจะใช้ดินลูกรัง มีสีแดง เนื้อละเอียด เป็นมวลรวมละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่า 4 มม.

รูปที่ 3.3 ดินลูกรัง

3.1.4 น้ำ

น้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตคือ น้ำประปาสะอาด

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องอัดบล็อกประสานด้วยแรงคน

เครื่องอัดบล็อกประสานด้วยแรงคนเป็นเครื่องอัดด้วยแรงคนแบบมือโยกใช้การทดแรงแบบคานงัดคานดีด สามารถผลิตได้วันละประมาณ 400-800 ก้อนขึ้นอยู่กับจำนวนแรงงานและความชำนาญ

รูปที่ 3.4 เครื่องอัดบล็อกประสานด้วยแรงคน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.2 เครื่องบดย่อยพลาสติก

เครื่องบดย่อยพลาสติก (plastic recycling machinery) รุ่น DK-5953 ใช้ในการบดย่อยเศษครีบเมลามีน เพื่อบดย่อยเศษครีบเมลามีนให้มีขนาดเล็กลง

3.2.3 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด

การทดสอบกำลังรับแรงอัด ใช้เครื่องทดสอบรุ่น ELE กำลังสูงสุด 200 ตัน ทดสอบโดยให้แรงกดที่ผิวด้านหน้าในทิศตั้งฉากกับแนวแรง ที่อัตราความเค้นคงที่ 0.4 เมกะพาสคัลต่อวินาที แสดงดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด

รูปที่ 3.6 ตู้อบลมร้อน

3.2.4 ตู้อบลมร้อน

ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น BE-200 สามารถตั้งอุณหภูมิและเวลาสำหรับการอบวัสดุหรือชิ้นทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบการดูดซึมน้ำ แสดงดังรูปที่ 3.6

3.3 การขึ้นรูปชิ้นทดสอบบล็อกประสาน

3.3.1 อัตราส่วนผสมของบล็อกประสาน

ส่วนผสมของบล็อกประสานประกอบไปด้วย ดินลูกรัง ซีเมนต์ น้ำ ในงานวิจัยนี้จะนำเอาเศษเมลามีนมาแทนที่ดินลูกรัง ตามสัดส่วนที่กำหนดในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของบล็อกประสาน

ปูนซีเมนต์:ดิน	ชื่อสูตรการผสม	อัตราส่วนเมลามีนในดิน	ซีเมนต์ (kg)	ดิน (kg)	เมลามีน (kg)	น้ำ (kg)
1:5	BMF01:5	เมลามีน 0 %	7	35	0	5.6
	BMF151:5	เมลามีน 15 %	7	29.8	5.8	5.6
	BMF251:5	เมลามีน 25 %	7	26.3	8.8	5.6
	BMF351:5	เมลามีน 35 %	7	22.8	12.3	5.6
1:6	BMF01:6	เมลามีน 0 %	7	42	0	5.6
	BMF151:6	เมลามีน 15 %	7	35.7	6.3	5.6
	BMF251:6	เมลามีน 25 %	7	31.5	10.5	5.6
	BMF351:6	เมลามีน 35 %	7	27.3	14.7	5.6
1:7	BMF01:7	เมลามีน 0 %	7	49	0	5.6
	BMF151:7	เมลามีน 15 %	7	41.7	7.4	5.6
	BMF251:7	เมลามีน 25 %	7	36.8	12.3	5.6
	BMF351:7	เมลามีน 35 %	7	31.9	17.2	5.6

3.3.2 ขั้นตอนการผสมบล็อกประสาน

เตรียมดินลูกรังด้วยการอบดินลูกรังให้แห้งแล้วบดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2-4 มม. เริ่มผสมโดยนำดินผสมกับปูนซีเมนต์ ทดสอบด้วยอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมละเอียด 1:5 1:6 และ 1:7 จากนั้นผสมเศษเมลามีนคลุกเคล้าส่วผสมให้เข้ากัน หลังจากส่วนผสม

เข้ากันดีแล้วจะทำการเติมน้ำทีละน้อยโดยใช้ฝักบัวพร้อมทั้งคลุกส่วนผสมจนกระทั่งส่วนผสมเริ่มจับตัว จากนั้นนำส่วนผสมไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดบล็อกประสานด้วยแรงคน บ่มด้วยสภาพที่มีความชื้น แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุบ่ม 3 7 14 และ 28 วัน พร้อมทดสอบสมบัติทางกล เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังอัดที่เกิดขึ้นที่ช่วงอายุบ่มต่าง ๆ และการดูดซึมน้ำที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์เปรียบเทียบผลการวิจัยที่ได้กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (Standard for Hollow Load-Bearing Concrete Masonry, มอก.57-2530)

3.3.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

การทดสอบกำลังรับแรงอัด (compressive strength test) คือการให้น้ำหนักกระทำแก่บล็อกประสานใช้อัตราคงที่จนกระทั่งบล็อกประสานวิบัติและไม่สามารถรับแรงที่สูงขึ้นได้ต่อไปอีก งานวิจัยนี้ใช้ชิ้นทดสอบบล็อกประสานขนาด 100×100×100 มม. ทดสอบที่มีอายุบ่ม3 7 14 28 และ 60 วัน

3.3.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

การทดสอบการดูดซึมน้ำ (water absorption) ของคอนกรีตมวลเบาสามารถทำได้โดยการแช่ชิ้นทดสอบขนาด 100×100×100 มม. ที่อายุบ่ม 28 วัน ทำการอบชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบ ค่าที่ได้คือน้ำหนักอบแห้ง (dry weight) ของชิ้นทดสอบ จากนั้นนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดให้เอาขึ้นจากน้ำแล้วใช้ผ้าซับน้ำส่วนเกินที่ผิวของชิ้นทดสอบและชั่งน้ำหนักภายในเวลา 30 วินาที ซึ่งค่าที่ได้คือน้ำหนักเปียก (wet weight) โดยทำการทดสอบ 3 ชิ้นทดสอบเป็นอย่างน้อย รายละเอียดวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 109-2517

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

ในการรีไซเคิลเศษเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์โดยใช้เป็นวัสดุมวลรวมละเอียดในการแทนที่ทรายบางส่วนของบล็อกประสาน ซึ่งผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

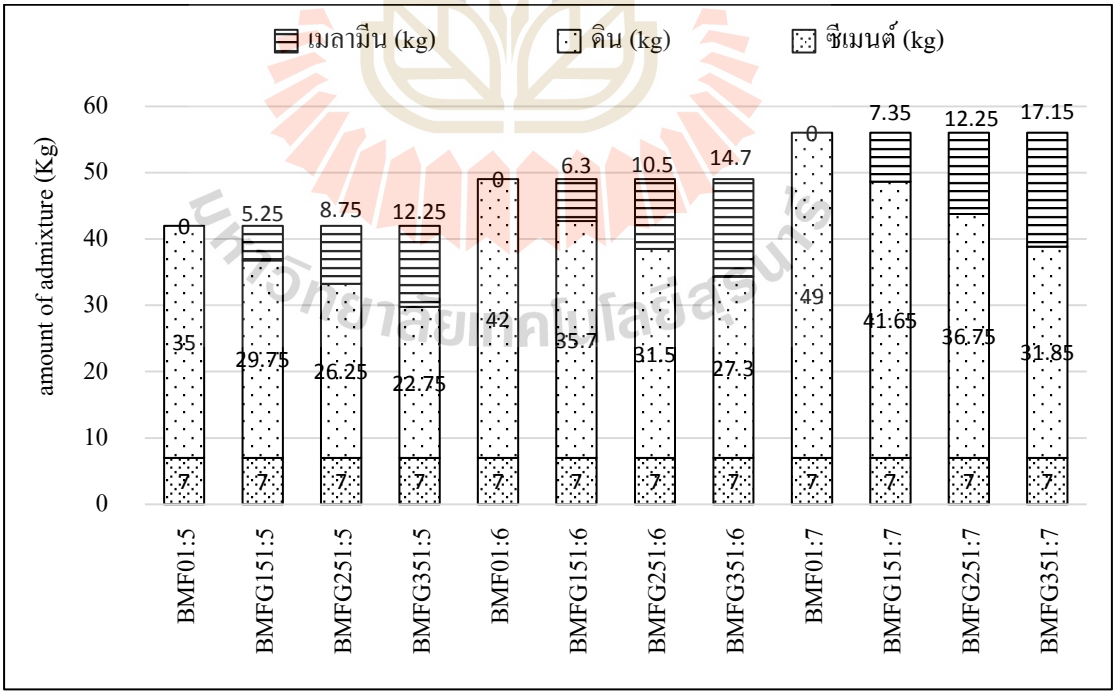
4.1 ส่วนผสมของบล็อกประสาน

4.2 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน

4.3 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน

4.1 ส่วนผสมของบล็อกประสาน

บล็อกประสานของงานวิจัยนี้มีส่วนผสมหลักคือ เศษเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ ดิน และปูนซีเมนต์ โดยการผสมกำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินที่ 1:5 1:6 และ 1:7 ตามลำดับ ในการผสมหนึ่งครั้งต้องการชิ้นทดสอบขนาด 100 x 100 x 100 ม. จำนวน 23 ก้อน จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าปูนซีเมนต์มีค่าคงที่ ทำการแปรผันอัตราส่วนดินต่อเศษเมลามีนที่การแทนที่ร้อยละ 15 25 และ 35

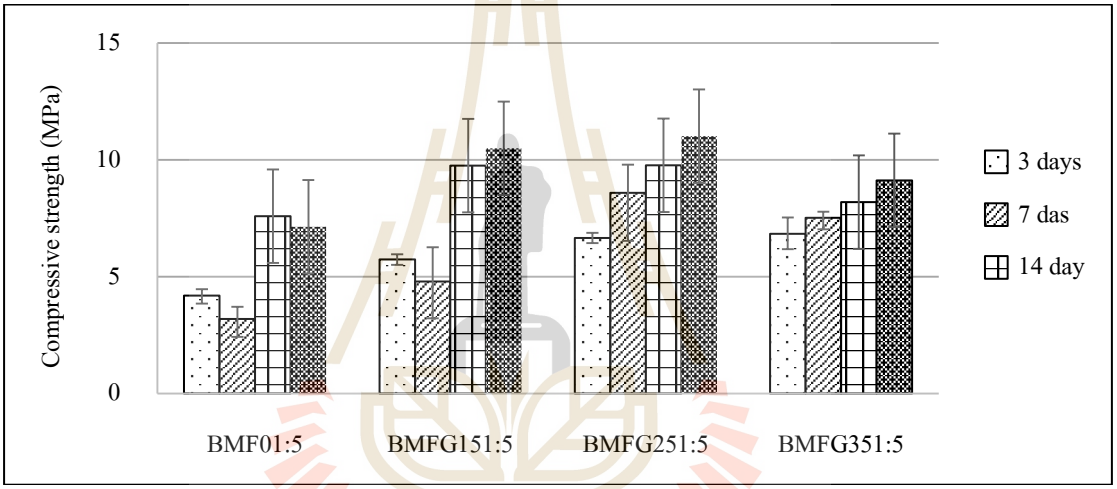


รูปที่ 4.1 ส่วนผสมของบล็อกประสาน

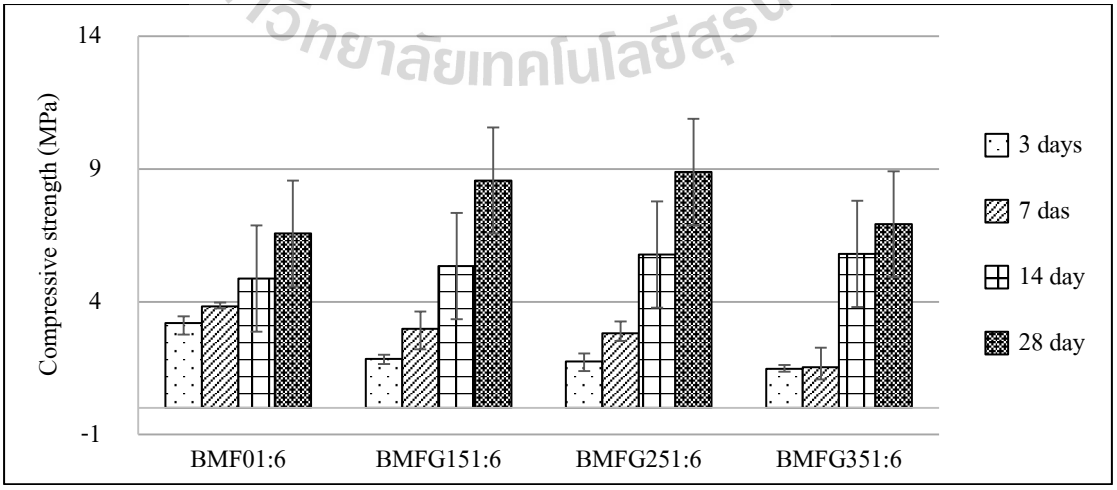
4.2 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน

รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานที่อายุ 3 7 14 และ 28 วัน จากการทดสอบพบว่าบล็อกประสานผสมเศษเมลามีนในการแทนที่ร้อยละ 25 (BMFG25 1:5) มีค่ากำลังรับแรงอัด 11 MPa ที่อายุ 28 วัน มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานปกติ 7.14 MPa

รูปที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานที่อายุ 3 7 14 และ 28 วัน จากการทดสอบพบว่าบล็อกประสานผสมเศษเมลามีนในการแทนที่ร้อยละ 25 (BMFG25 1:6) มีค่ากำลังรับแรงอัด 8.89 MPa ที่อายุ 28 วัน มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานปกติ 6.57 Mpa

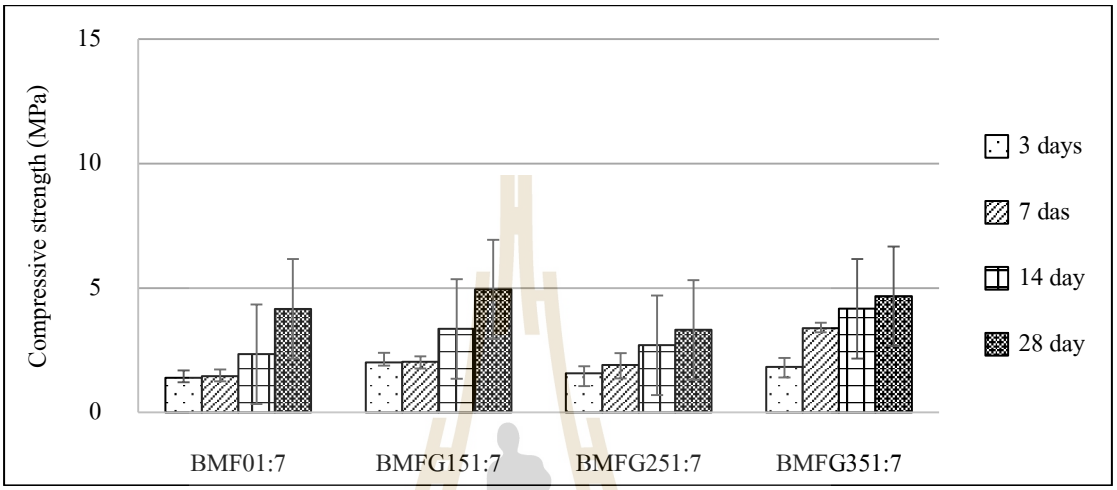


รูปที่ 4.2 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:5



รูปที่ 4.3 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:6

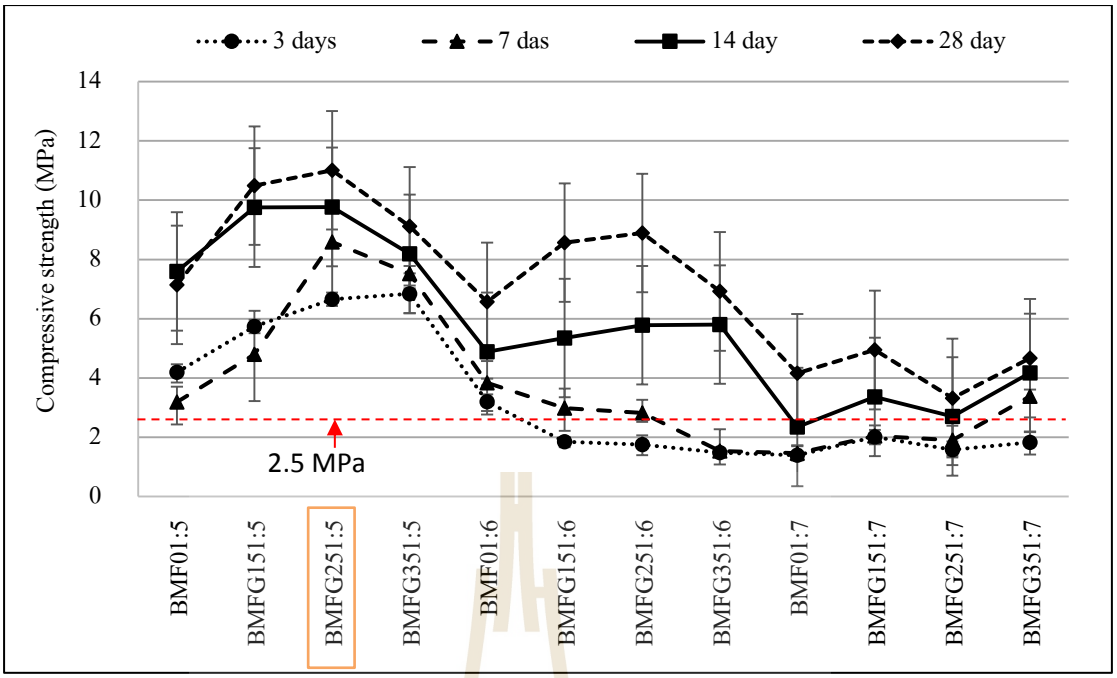
รูปที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานที่อายุ 3 7 14 และ 28 วัน จากการทดสอบพบว่าบล็อกประสานผสมเศษเมลามีนในการแทนที่ร้อยละ 15 (BMFG15 1:7) มีค่ากำลังรับแรงอัด 4.94 MPa ที่อายุ 28 วัน มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานปกติ 4.16 MPa



รูปที่ 4.4 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:7

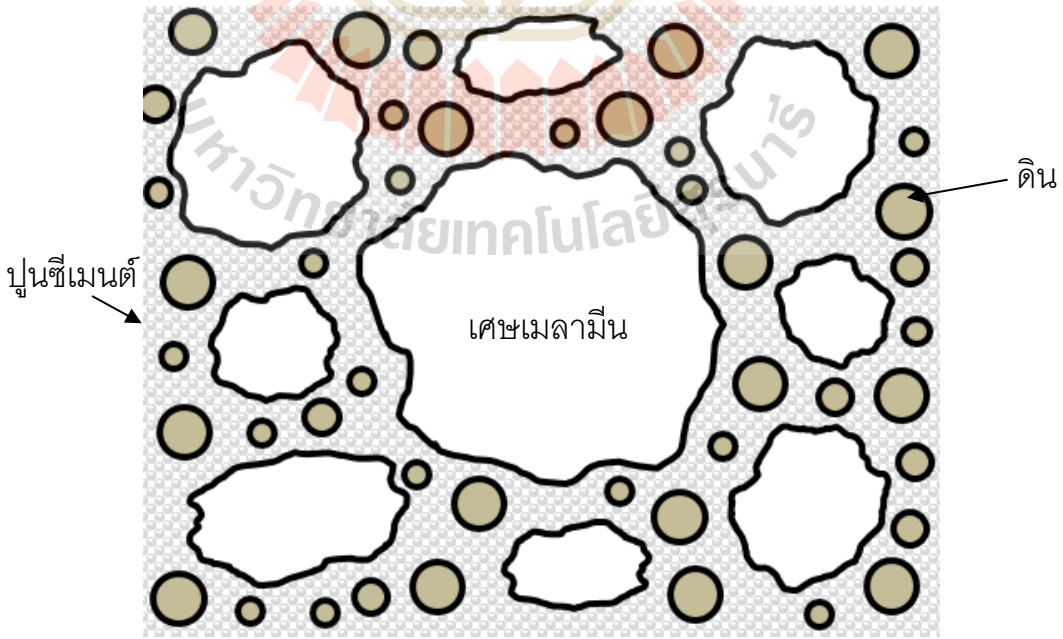
รูปที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานที่อายุ 3 7 14 และ 28 วัน จากการทดสอบพบว่าบล็อกประสานมีค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุบ่ม ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดิน 1:5 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงกว่า 1:6 และ 1:7 อันเนื่องมาจากปูนซีเมนต์เป็นสารยึดเกาะ หากมีปริมาณมากยิ่งทำให้สามารถยึดเกาะได้ดี ที่อัตราส่วน 1:5 มีปริมาณปูนซีเมนต์เพียงพอที่จะสามารถยึดเกาะกับส่วนผสมอื่นมากกว่า จึงส่งผลให้มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าสูตรอื่น บล็อกประสานผสมเศษเมลามีนในการแทนที่ร้อยละ 25 (BMFG25 1:5) มีค่ากำลังรับแรงอัด 11 MPa ที่อายุ 28 วัน ซึ่งมีค่าสูงที่สุด และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน บล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่กำหนดค่ากำลังรับแรงอัดต้องมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 2.5 MPa

สำหรับการแทนที่ดินด้วยเศษเมลามีนหากเติมในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลให้ความสามารถในการรับแรงอัดลดลง เนื่องจากเศษเมลามีนมีขนาดใหญ่กว่าดินที่มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 2 มม. และมีพื้นที่ในการยึดเกาะกับปูนซีเมนต์เพียงบริเวณขอบของเศษเมลามีนมีน้อยกว่าดินที่มีพื้นที่ผิวยึดเกาะมากกว่า ความสามารถในการยึดเกาะกันของส่วนผสมจึงลดลง รวมถึงปริมาณปูนซีเมนต์ที่ไม่เพียงพอต่อการยึดเกาะ



รูปที่ 4.5 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน

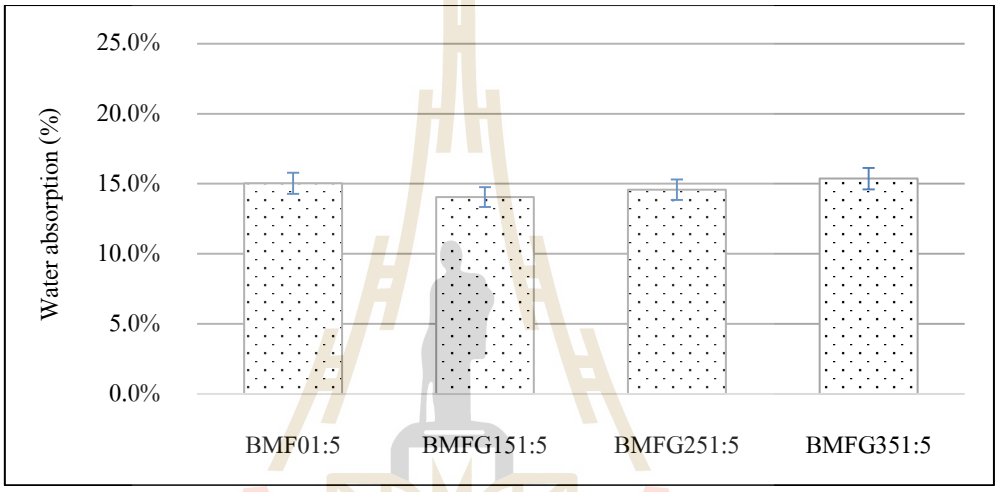
การแทนที่ดินด้วยเศษเมลามีนร้อยละ 25 ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดิน 1:5 มีการรวมกันระหว่างมวลรวมละเอียดดินและเศษเมลามีน ส่งผลให้เกิดขนาดคละของมวลรวมที่ดี ทำให้ช่องว่างของบล็อกประสานลดลง เกาะตัวกันดี ไม่แยกตัว (segregation) ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดดีขึ้น



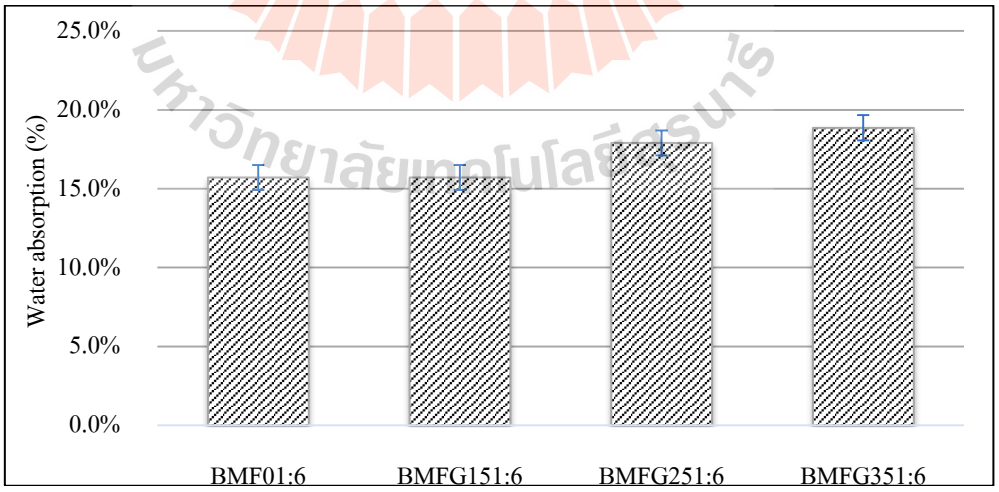
รูปที่ 4.6 ภาพจำลองการยึดเกาะตัวกันของปูนซีเมนต์ ดิน และเศษเมลามีน

4.3 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน

รูปที่ 4.7 แสดงผลทดสอบการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานผสมเศษเมลามีนอายุ 28 วัน ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดิน 1:5 จากการทดสอบพบว่าบล็อกประสานผสมเศษเมลามีนในการแทนที่ดินร้อยละ 15 (BMFG151:5) และ 25 (BMFG251:5) มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 14.1 และ 14.6 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าบล็อกประสานปกติ (MF01:5) ที่มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 15.0 ที่การแทนที่ดินร้อยละ 35 (BMFG351:5) มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 15.4 ซึ่งสูงกว่าบล็อกประสานปกติ

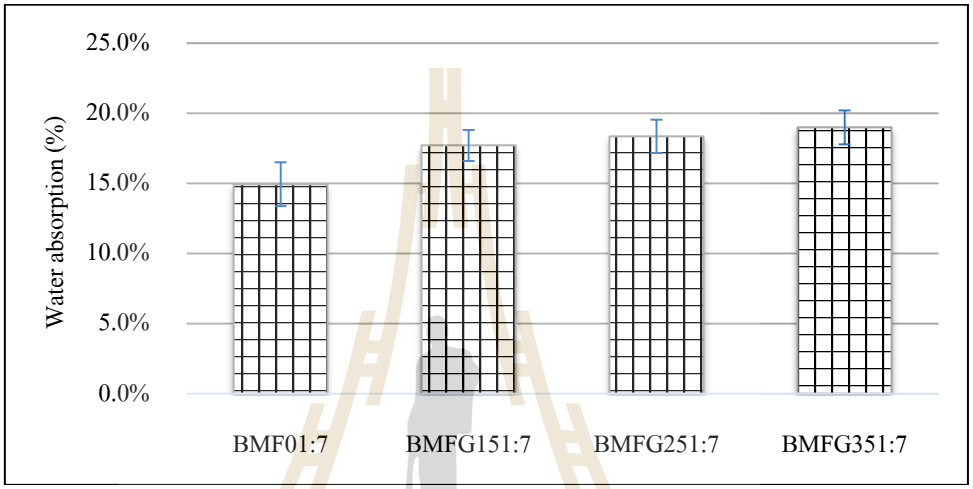


รูปที่ 4.7 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:5



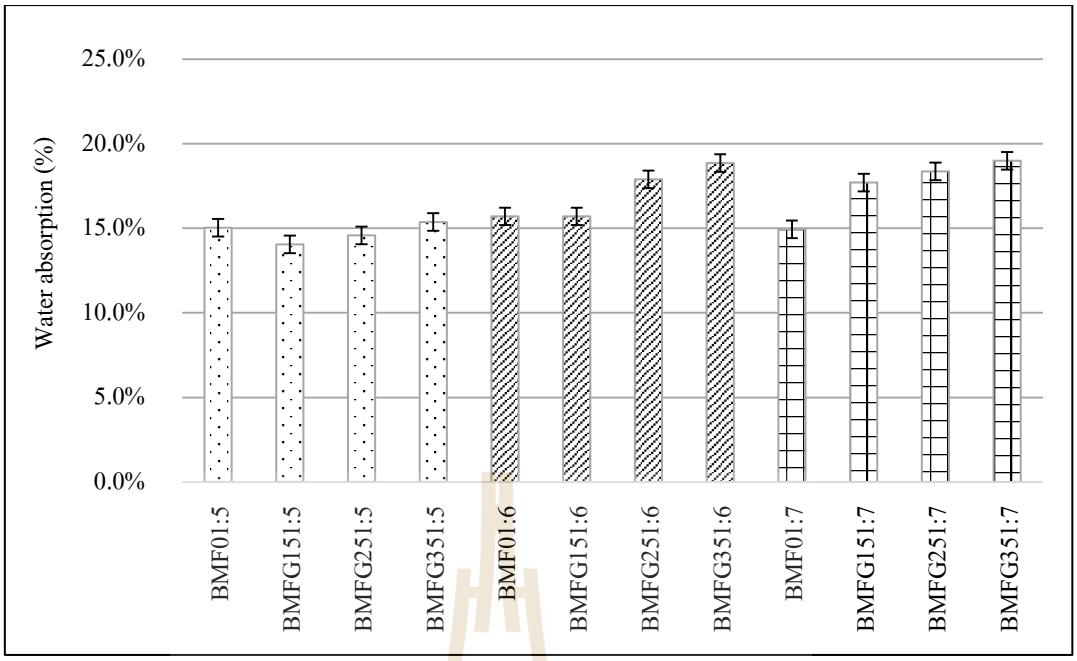
รูปที่ 4.8 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6

รูปที่ 4.8 แสดงผลทดสอบการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานผสมเศษเมลามีนอายุ 28 วัน ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดิน 1:6 จากการทดสอบพบว่าบล็อกประสานผสมเศษเมลามีนในการแทนที่ดินร้อยละ 25 (BMFG251:6) และ 35 (BMFG351:6) มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 17.9 และ 18.9 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าบล็อกประสานปกติ (MF01:6) ที่มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 15.7 การแทนที่ดินร้อยละ 15 (BMFG151:6) มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 15.7 ซึ่งเท่ากับบล็อกประสานปกติ



รูปที่ 4.9 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน อัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:7

รูปที่ 4.9 แสดงผลทดสอบการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานผสมเศษเมลามีนอายุ 28 วัน ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดิน 1:7 จากการทดสอบพบว่าบล็อกประสานผสมเศษเมลามีนในการแทนที่ดินร้อยละ 15 (BMFG151:7), 25 (BMFG251:7) และ 35 (BMFG351:7) มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 17.7, 18.4 และ 19 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าบล็อกประสานปกติ (MF01:6) ที่มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 14.9



รูปที่ 4.10 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน

จากผลทดสอบการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานผสมเศษเมลามีนอายุ 28 วัน (รูปที่ 4.9) พบว่าการแทนที่ดินด้วยเศษเมลามีน ส่งผลให้การดูดซึมน้ำของบล็อกประสานเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกประสานปกติ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณการแทนที่ดินด้วยเศษเมลามีนเพิ่มมากขึ้น การดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้นของบล็อกประสานเนื่องจากคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำของเศษเมลามีนมีค่าการดูดซึมน้ำสูง ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศึกษาการนำเศษเมลามีนไปแทนที่ดินในอัตราการแทนที่ดินด้วยเศษเมลามีน จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ การรีไซเคิลเศษเมลามีนฟอร์มาดีไฮด์ซึ่งเป็นเศษของเสียจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เมลามีน นำมาใช้เป็นเป็นมวลรวมละเอียดมาแทนที่ทรัพยากรทางธรรมชาติอย่างดินซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในบล็อกประสาน วัตถุประสงค์หลักคือศึกษาการนำเศษเมลามีนไปแทนที่ดินในอัตราการแทนที่ดินด้วยเศษเมลามีนร้อยละ 0 15 25 และ 35 และกำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:5 1:6 และ 1:7 ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดและทำการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน

จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดพบว่า การแทนที่ดินด้วยเมลามีนในอัตราส่วนร้อยละ 25 และอัตราส่วนปูนซีเมนต่อดินเท่ากับ 1:5 ให้ค่าการรับแรงอัดมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่ค่าเฉลี่ย 2.5 MPa เนื่องจากการรวมกันระหว่างมวลรวมละเอียดดินและเศษเมลามีน ส่งผลให้เกิดขนาดคละของมวลรวมที่ดี ทำให้ช่องว่างของบล็อกประสานลดลง เกาะตัวกันดี ไม่แยกตัว (segregation) ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดดีขึ้น อีกทั้งยังเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก

การทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำซึ่งพบว่าค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการแทนที่ดินด้วยเศษเมลามีนเพิ่มขึ้น การดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้นของบล็อกประสานเนื่องจากคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำของเศษเมลามีนมีค่าการดูดซึมน้ำสูง ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

บล็อกประสานผสมเศษเมลามีนสามารถใช้เป็นแนวทางในการรีไซเคิลเศษเมลามีน โดยใช้เป็นมวลรวมในการแทนที่ดินบางส่วน และจากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยแนะนำสูตรผสม BMFG251:5 เนื่องจากให้ค่ากำลังรับแรงอัดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนักสามารถนำสูตรผสมไปพัฒนาเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ สำหรับการผสมในเชิงพาณิชย์ควรคำนึงถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสม เนื่องจากเศษเมลามีนมีความสามารถในการดูดซึมน้ำและมีรูปร่างแบนเหลี่ยม ทำให้ความหนาแน่นแปรปรวน ส่งผลต่อความแข็งแรงและการดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

[1] อุทัย มีคำ. การทดสอบวัสดุพอลิเมอร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2] วุฒินัย กกกำแหง, นรา รัตนวงศ์. บล็อกประสานจากหน้าดินขาว. ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชนบท สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

[3] เทคโนโลยีบล็อกประสาน เพื่อการสร้างอาคารราคาประหยัด, ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ (ฝนว.), สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.).

[4] ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุล, มณฑล วังเวียง และ ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ. การผลิตวัสดุก่อสร้างจากวัสดุเหลือทิ้ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[5] วุฒินัย กกกำแหง, พิชิต เจนบรรจง. เอกสารประกอบการอบรมการผลิตบล็อกประสาน วว. การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ.ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ (ฝนว.), สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.).

[6] รัชนี คงเมือง และคณะ. การผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน จังหวัดนครราชสีมา. การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 1, 26 สิงหาคม 2554.

[7] วุฒินัย กกกำแหง, วิทยา วุฒิจำนง. การประยุกต์ใช้ยิปซั่มในการผลิตบล็อกประสาน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12, 2-4 พฤษภาคม 2550.

[8] วุฒินัย กกกำแหง, พิชิต เจนบรรจง และอดิศร แพงสร้อย. การทดสอบการรับกำลังดัดของบล็อกประสาน. ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชนบท สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

[9] Annual Book of ASTM Standard, Standard Classification of Soils and Soil Aggregate Mixture for Highway Construction Purposes, ASTM D3282.

[10] Albano C, Camacho N, Hernandez M, Matheus A, Gutierrez A. Influence of content and particle size of pet waste bottles on concrete behavior at different w/c ratios. Waste Manage (Oxford) 29:2707-16.

[11] Batayneh M, Marie I, Ibrahim A. Use of selected waste materials in concrete mixes. Waste Manage 27:1870-6.

[12] Panyakapo P, Panyakapo M. Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete, Waste manage 28:1581-8.

ประวัติผู้วิจัย

somsaksi@sut.ac.th

อ. ดร. สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์

Dr. Somsak Siwadamrongpong

ID: 3 9599 00436 89 6

การศึกษา/คุณวุฒิ

2538 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วศ.บ. เครื่องกล)
เกียรตินิยมอันดับ 2, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2544 Master of Engineering (M.Eng, Environmental System Engineering), Nagaoka University of Technology, Japan

2547 Doctor of Engineering (D.Eng, Energy and Environment Science), Nagaoka University of Technology, Japan

ตำแหน่งปัจจุบัน

รองคณบดีฝ่ายบริหาร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทร. 044-224-286 แฟกซ์. 044-224-613 e-mail. somsaksi@sut.ac.th

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2538	วิศวกร บริษัท เอ บี บี เพาเวอร์ จำกัด
พ.ศ. 2539 - 2542	วิศวกรโครงการ ส่วนบำรุงรักษา บริษัท สยามยูไนเต็ดสตีล (1995) จำกัด
พ.ศ. 2548	ผู้ช่วยผู้จัดการ ฝ่ายวิศวกรรม บริษัท สยามยูไนเต็ดสตีล (1995)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

	จำกัด
พ.ศ. 2549 - 2555	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
พ.ศ.2554-ปัจจุบัน	ดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยทคโนโลยีสุรนารี

เกียรติประวัติที่ได้รับ

พ.ศ.2542 – 2547	ได้รับทุนรัฐบาลญี่ปุ่นเพื่อศึกษาต่อในระดับปริญญาโทและเอก ณ ประเทศญี่ปุ่น

งานวิจัยในปัจจุบัน

1. การออกแบบต้นแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างที่นั่งสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่ด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนต์, สถานภาพ : หัวหน้าโครงการ
2. การรีไซเคิลเศษเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์โดยใช้เป็นมวลรวมละเอียดในบล็อกประสาน สถานภาพ : หัวหน้าโครงการ
3. การศึกษาการเชื่อมเสียดทานแบบกวน และออกแบบอุปกรณ์ในการเชื่อม สถานภาพ : หัวหน้าโครงการ
4. การศึกษาการอบบ่มเทียมสองระยะวัสดุอะลูมิเนียมเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกล สถานภาพ : หัวหน้าโครงการ

ผลงานวิชาการ

บทความวิชาการระดับชาติและนานาชาติ

1. Sasiprapa Srichaiyo, Somsak Siwadamrongpong and Chalermchai Chaitongrat, Mechanical properties of lightweight concrete containing melamine formaldehyde waste using full factorial design, Materials Transactions, 2018 (in press)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. Apiwat Muttamara, Natta Naulpring and Somsak Siwadamrongpong, Improvement of Electrolytic Etching on Stainless Steel Grade SUS 304, International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies, Vol.8 (1), 49-55, 2017
3. Chalermchai Chaitongrat and Somsak Siwadamrongpong, Recycling of Melamine Formaldehyde Waste as Fine Aggregate in Lightweight Concrete, Songklanakarin Journal of Science and Technology, Vol. 40 No. 1, pp 39-45 (2018) DOI: 10.14456/sjst-psu.2018.25
4. **Somsak Siwadamrongpong** and Usawadee Ongarjwutichai*, Simulation and Design of Jigs for Bus's Chassis Production,* INTERNATIONAL JOURNAL OF MECHANICS, Issue 4 Volume 4, pp 87-93, 2010
5. **S. Siwadamrongpong**, M. Koide and K. Matusita, *Structure of ternary alumino-silicate glasses – condition of the existence of triclusters*, J. Ceram. Soc. Japan, 112(11), 590-593 (2004).
6. **S. Siwadamrongpong**, M. Koide and K. Matusita, *Prediction of chloride solubility in CaO-Al_2O_3-SiO_2 glass systems*, J. Non-Cryst. Solids, 347, 114-120 (2004).
7. **S. Siwadamrongpong**, M. Koide and K. Matusita, *Electrical conductivity of glass melts containing chloride*, J. Ecotech. Res., 9 (1), 15-20 (2003).
8. TAKEDA DAI, TAKEHANA NAOTO, SIWADAMRONGPONG S, TOISHI MASASHI, KOIDE MANABU and MATSUSHITA KAZUMASA, *Structure of glasses containing a large amount of chlorine*, Kotai no HannoseiToronkaiKoenYokoshu, VOL.11 PAGE 4-6, 2000.
9. เศรษฐ์ อุดมบุญญานุภาพ, ธงชัย เพ็งจันทร์ดี, อภิวัฒน์ มุตตามระ และสมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์, การศึกษาแรงสั่นสะเทือนอัลตร้าโซนิคช่วยในการตัดอะลูมิเนียมหล่อ, วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีที 34 ฉบับที่ 1 เดือนมิถุนายน 2561, (In press)
10. ศศิประภา ศรีไชโย, เฉลิมชัย ไชยธงรัตน์ และ **สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์**, การใช้ประโยชน์เศษเมลามีนเป็นมวลรวมละเอียดในคอนกรีตมวลเบา, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 หน้า 19-24 เดือน กรกฎาคม-ธันวาคม 2560
11. เฉลิมชัย ไชยธงรัตน์ ฐวิสณี ปัทมประดิษฐ์ และ **สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์**, *ผลกระทบของความร้อนและเวลาต่อคุณสมบัติของพอลิคาร์บอเนตผสม*. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-มีนาคม 2555

12. ฐวิสณี ปัทมประดิษฐ์ เฉลิมชัย ไชยธงรัตน์ และ **สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์**,*การวิเคราะห์ความเสียหายชิ้นงานโพลีคาร์บอเนตโดยใช้แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์*, วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 38 ฉบับที่ 4 ประจำเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2554
13. อุษาวดี องอาจวุฒิชัย และ **สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์**,*การออกแบบและวิเคราะห์ชุดจับยึดสำหรับการผลิตโครงสร้างหลักรถโดยสาร*, วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 37 ฉบับที่ 4 หน้า 319-328 ประจำเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2553

ผลงานอื่นๆ

1. ผู้เชี่ยวชาญในการดำเนินโครงการ “การบริหารการจัดการองค์กรและปรับปรุงกระบวนการผลิตใหม่” บริษัท เอเชีย คาบิเนต จำกัด จ.สุรินทร์ ภายใต้โครงการ CF ของศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาค 6, มกราคม – สิงหาคม 2551
2. ผู้ดำเนินโครงการ “E-learning for Seagate” ในการจัดสร้างระบบฐานข้อมูลและสื่อการเรียนอิเล็กทรอนิกส์ให้กับบริษัทซีเกท ในด้านพื้นฐานความรู้ การติดตั้งเครื่อง และแก้ไขปัญหาของเครื่องจักรของบริษัท
3. วิทยากรบรรยายเรื่อง Hard Disk Drive Manufacturing, Recording Head Manufacturing, TPM ของสถาบัน SUT-HDDI Hard Disk Drive Training Center (NECTEC)
4. กรรมการในคณะกรรมการ Technical Program Committee ของการประชุมวิชาการนานาชาติ DST-CON 2009, Bangkok Thailand
5. ประธานฝ่ายวิชาการ และคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20, จ.นครราชสีมา

งานวิจัยที่สนใจ

1. Heat treatment processes and Material properties (Metal, Ceramic and Polymers)
2. Reliability of Product, Processes and Parts.
3. Jig & Fixture Design for Manufacturing / Maintenance

ความเชี่ยวชาญ

1. การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานและอาคาร
2. Maintenance System

3. Productivity Improvement
4. Jig & Fixture Design for Manufacturing / Maintenance
5. Material Sciences (Glasses)

แบบประวัติส่วนตัว

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 0 4422 4566 โทรสาร 0 4422 4494

ton-phai@hotmail.com
เฉลิมชัย ไชยธงรัตน์
Chalermchai Chaitongrat
ระบุเลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 26608 00017332

การศึกษา/คุณวุฒิ

2559 วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2553 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2550 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2546 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนศรีธวัชวิทยาลัย จ.ร้อยเอ็ด
2543 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอาจสามารถวิทยา จ.ร้อยเอ็ด

ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกลและยานยนต์
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง

ประวัติการฝึกงาน

2550 บริษัท สหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน)
ตำแหน่ง ผู้ช่วยวิศวกรแผนก Hydraulic
หน้าที่ที่รับผิดชอบ ศึกษาปรับปรุงและซ่อมแซมชิ้นงานในระบบไฮดรอลิก

งานวิจัยที่สนใจ

-Material properties

-Process improvement

-Recycled materials

ประสบการณ์งานวิจัย

ผู้ช่วยโครงการวิจัย: Study of comb life time due to mechanical failure and chemical/thermal factor แหล่งทุนสนับสนุน: บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

ผลงานทางวิชาการ

งานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

1. Chalermchai Chaitongrat and Somsak Siwadumrongpong. Recycling of melamine formaldehyde waste as fine aggregate in lightweight concrete. Songklanakarin Journal of Science and Technology, Vol. 40 No. 1 (January-February, 2018).
2. Sasiprapa Srichaiyo, Somsak Siwadumrongpong and Chalermchai Chaitongrat. Mechanical properties of lightweight concrete containing melamine formaldehyde waste using full factorial design. Materials Transactions. (In press)

งานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

1. ฐวิสณี ปัทมประดิษฐ์ เฉลิมชัย ไชยธงรัตน์ และสมศักดิ์ ศิวดำรง (2554) การวิเคราะห์ความเสียหายชิ้นงานโพลีคาร์บอเนตโดยใช้แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ วารสารวิจัย มข. ปีที่ 38 ฉบับที่ 4 ประจำเดือน ตุลาคม-ธันวาคม 2554
2. เฉลิมชัย ไชยธงรัตน์ ฐวิสณี ปัทมประดิษฐ์ และสมศักดิ์ ศิวดำรง (2555) ผลกระทบของความร้อนและเวลาต่อคุณสมบัติของพอลิคาร์บอเนตผสม วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-มีนาคม 2555
3. ศศิประภา ศรีไชโย เฉลิมชัย ไชยธงรัตน์ และสมศักดิ์ ศิวดำรง (2560) การใช้ประโยชน์เศษเมลามีนเป็นมวลรวมละเอียดในคอนกรีตมวลเบา วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 ประจำเดือน กรกฎาคม-ธันวาคม 2560

งานวิจัยที่นำเสนอในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

1. Chalermchai Chaitongrat and Somsak Siwadumrongpong (2011). Heat and time effect on properties of polycarbonate composites. The 2th Thai Society of Mechanical Engineers (TSME), International Conference of Mechanical Engineering. 19-21 October 2011, Krabi, Thailand.

2. Thawisanee Pattamapradit, Chalermchai Chaitongrat and Somsak Siwadumrongpong (2011). Product development process improvement by using finite element simulation. The 2th Thai Society of Mechanical Engineers (TSME), International Conference of Mechanical Engineering. 19-21 October 2011, Krabi, Thailand.

3. Chalermchai Chaitongrat, Somsak Siwadumrongpong, Metinee Mahai and Krittiya Wonglane (2015). Thermal properties of recycled materials from waste melamine formed by hot molding processes. The 7th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium. 4-6 March 2013, Bandung, Indonesia.

4. Chalermchai Chaitongrat and Somsak Siwadumrongpong (2015). Recycling of
melamine formaldehyde waste in lightweight concrete as aggregate replacement. The 9th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium. 27-30 July 2015, Nakorn Ratchasima, Thailand.

5. Sasiprapa Srichaiyo Chalermchai Chaitongrat and Somsak Siwadumrongpong (2017). Compressive strength and water absorption of celluclar lightweight concrete containing melamine formaldehyde waste. The 11th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium. 13-14 March 2017, Ho Chi Minh, Vietnam.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

งานวิจัยที่เสนอในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ

1. เฉลิมชัย ไชยธงรัตน์ และสมศักดิ์ ศิวดำรง (2558) การรีไซเคิลเศษเมลามีนโดยใช้เป็นวัสดุมวลรวมละเอียดในคอนกรีตมวลเบา ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน - 3 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา