



คอนกรีตบล็อกกลวงกันความร้อนมวลรวมกากเถ้าปาล์มน้ำมันผสม หน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94

ปรีชา สะแลแม กฤติยา อ่องวุฒิวัฒน์ และ อาบีเต็ง ฮาวา*

หน่วยวิจัยโครงสร้างพื้นฐานและนวัตกรรมวัสดุ, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: abideng.hawa@gmail.com; dr.abideng@pnu.ac.th

วันที่รับบทความ: 23 มกราคม 2568; วันที่ทบทวนบทความ: 17 มิถุนายน 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 26 มิถุนายน 2568

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 19 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีเป้าหมายของการนำวัสดุเหลือทิ้งมาค้นหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการประยุกต์เป็นคอนกรีตบล็อกกลวงกันความร้อน โดยใช้มวลรวมกากเถ้าปาล์มน้ำมันและแทนที่บางส่วนด้วยหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของกากเถ้าปาล์มน้ำมัน ทำการทดสอบกำลังอัด ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ ความต้านทานไฟฟ้า และโครงสร้างระดับจุลภาค ของตัวอย่างซีเมนต์มอร์ตาร์ และทดสอบความสามารถในการกันความร้อนในรูปของคอนกรีตบล็อกกลวงขนาด 70x190x390 มิลลิเมตร ผลการทดสอบพบว่าส่วนผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ส่งผลให้กำลังอัดและความหนาแน่นลดลง เมื่อทำการทดสอบตัวอย่างหล่อเป็นคอนกรีตบล็อกกลวง พบว่าคอนกรีตบล็อกกลวงมวลรวมกากเถ้าปาล์มน้ำมันสามารถกันความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกกลวงที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอย่างชัดเจน และเมื่อผสมหน้ากากอนามัยและหน้า KF94 ประสิทธิภาพกันความร้อนเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย ดังนั้นคอนกรีตบล็อกกลวงมวลรวมกากเถ้าปาล์มน้ำมันผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 สามารถใช้เป็นแนวทางนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกกลวงที่ไม่รับน้ำหนักและมีสมบัติเพิ่มเติมในการกันความร้อนได้

คำสำคัญ: กากเถ้าปาล์มน้ำมัน; หน้ากากอนามัย; หน้ากาก KF94; คอนกรีตบล็อกกลวง

Thermal Insulation Hollow Concrete Blocks using Palm Oil Clinker Containing Surgical Face Masks and KF94 Masks as Aggregate

Preecha Salaemae, Krittiya Ongwuttiwat and Abideng Hawa*

Infrastructure and Materials Innovation Research Unit, Department of Civil Engineering,
Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University

* Corresponding author, E-mail: abideng.hawa@gmail.com, dr.abideng@pnu.ac.th

Received: 23 January 2025; Revised 17 June 2025; Accepted: 26 June 2025

Online Published: 19 August 2025

Abstract: This study aimed to utilize waste materials to identify suitable compositions for developing thermally insulating hollow concrete blocks. The research incorporated palm oil clinker aggregates as the base material, partially replaced by surgical face masks and KF94 masks at substitution rates of 0%, 2%, 4%, and 6% by weight of the palm oil clinker. This study evaluated the compressive strength, density, water absorption, electrical resistivity, and microstructure of cement mortar specimens. Additionally, the thermal insulation performance was assessed using 70x190x390 millimeters hollow concrete blocks. The experimental results indicated that incorporating the surgical face and KF94 masks reduced the compressive strength and density. However, when tested in hollow concrete block form, palm oil clinker aggregate blocks demonstrated significantly superior thermal insulation compared to commercially available hollow concrete blocks. Furthermore, the inclusion of surgical face and KF94 masks slightly enhanced the thermal insulation performance. In conclusion, hollow concrete blocks composed of palm oil clinker aggregates blended with surgical face masks and KF94 masks present a viable approach for manufacturing nonloadbearing hollow concrete blocks with enhanced thermal insulation properties.

Keywords: Palm oil clinker; Surgical face masks; KF94 masks; Hollow concrete blocks



1. บทนำ

การกำจัดวัสดุที่ใช้แล้วที่มีปริมาณมากและยังเป็นวัสดุที่สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงนั้น การนำกลับมาใช้ใหม่จะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาวัสดุเหลือทิ้งหลายชนิดได้ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ในการผสมเข้าไปในมอร์ตาร์หรือคอนกรีตเพื่อใช้เป็นมวลรวม เช่น พลาสติก และเศษคอนกรีตเหลือทิ้ง เป็นต้น ซึ่งเป็นการช่วยลดปริมาณของเหลือทิ้งในสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง โดยยังสามารถรักษาสมบัติของคอนกรีตให้อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถใช้งานได้ นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มสมบัติบางประการของคอนกรีตให้ดียิ่งขึ้น

จากสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ที่ผ่านมามีหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้วถูกทิ้งเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปแล้วการผลิตหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้งนั้นต้องใช้พอลิเมอร์เป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อไหลลงสู่ทะเลเมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งทำให้เกิดไมโครพลาสติกจากการย่อยสลายของหน้ากากอนามัยเหล่านี้ การที่หน้ากากอนามัยถูกผลิตและใช้งานมากขึ้นนี้เป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของหน้ากาก KF94 เข้ามาแทนที่หน้ากากอนามัยหน้ากาก KF94 สามารถป้องกันฝุ่น PM2.5 ได้ถึงร้อยละ 94 ได้รับมาตรฐานจากองค์กรความปลอดภัยและชีวอนามัยแห่งสาธารณรัฐเกาหลี ในขณะที่ฝุ่นขนาดมากกว่า 3 ไมครอน สามารถป้องกันได้ร้อยละ 100 ในขณะที่ละอองไอ จาม มีละอองขนาดใหญ่กว่า 3 ไมครอน [1] จึงทำให้ได้รับความนิยม

ในทางวิชาการและอุตสาหกรรมก่อสร้างได้ให้ความสนใจในการใช้เส้นใยในงานคอนกรีตและวัสดุซ่อมแซม เนื่องจากทำให้สมบัติด้านการรับแรงดึงและแรงอัดดีกว่าคอนกรีตปกติที่ไม่มีการผสมเส้นใย เช่นเดียวกับกับการผสมเส้นใยจากหน้ากากอนามัย Lynch และคณะ [2] ที่แสดงให้เห็นว่าเส้นใยหน้ากากอนามัยสามารถเพิ่มค่ากำลังอัดของคอนกรีตได้เป็นอย่างดี และในการศึกษาของ Thoudam และคณะ [3] ถึงการใช้เส้นใยหน้ากากอนามัยผสมเข้าไปในคอนกรีตบล็อก พบว่าคอนกรีตบล็อกสามารถรับแรงอัดและแรงดัดได้ดีขึ้นเมื่อผสมเส้นใยหน้ากากอนามัยมากขึ้น อย่างไรก็ตาม นักวิจัยได้มีการศึกษาการนำหน้ากากอนามัยผสมซีเมนต์มอร์ตาร์เตรียมหน้ากากอนามัยโดยการตัดเป็นชิ้นขนาดกว้าง 5 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร จากการศึกษาพบว่าเมื่อแทนที่หน้ากากอนามัยเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้กำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์ลดลง แต่กำลังดัดมีค่ามากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของขนาดหน้ากากอนามัยพบว่าหน้ากากอนามัยที่มีขนาดยาวรับแรงอัดและแรงดัดได้น้อยกว่าหน้ากากอนามัยขนาดที่สั้นกว่า [4] Aziz และคณะ [5] ใช้หน้ากากอนามัยขนาดกว้าง 5 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร ผสมในคอนกรีตและพบว่าการใช้หน้ากากอนามัยทั้งสองขนาดมีผลให้กำลังอัดลดลงเมื่อเพิ่มหน้าก

ากาถ้าปาล์มน้ำมัน (Palm Oil Clinker) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและโรงไฟฟ้าชีวมวล พบมากในพื้นที่ที่มีการปลูกปาล์มจำนวนมาก โดยเฉพาะทางภาคใต้ของประเทศไทย ถ้าถ้าปาล์มน้ำมันหลังจากผ่านกระบวนการเผาไหม้ออกมาพร้อม



เถ้าปาล์มน้ำมัน (Palm Oil Ash) ด้วยสมบัติที่มีน้ำหนักเบาและเป็นวัสดุเหลือทิ้ง ทั้งยังสร้างปัญหาทางสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่มีการทิ้งรอบ ๆ อุตสาหกรรม ทำให้นักวิจัยมีการศึกษาการนำกากเถ้าปาล์มกลับมาใช้ประโยชน์ทางด้านการก่อสร้างคอนกรีตบล็อกกลวง (Hollow concrete blocks) แบ่งเป็น 2 ชนิด 1. คอนกรีตบล็อกกลวงรับน้ำหนัก (Hollow loadbearing concrete blocks) มาตรฐาน มอก. 57-2560 [6] 2. คอนกรีตบล็อกกลวงไม่รับน้ำหนัก (Hollow nonloadbearing concrete blocks) มาตรฐาน มอก. 58-2560 [7] โดยกำหนดกำหนดความสามารถรับแรงอัดเฉลี่ยได้ไม่น้อยกว่า 13.8 เมกะพาสคัล และ 4.14 เมกะพาสคัล ตามลำดับ นอกจากนี้มาตรฐาน มอก. ยังพิจารณาถึงความหนาแน่น มิตยของก้อนตัวอย่าง เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการใช้กากเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นมวลรวมผสมด้วยหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 โดยศึกษาถึงอิทธิพลของหน้ากากทั้งสองต่อ กำลังอัด ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ ความต้านทานไฟฟ้า ความสามารถในการกันความร้อนเมื่อทำการหล่อเป็นคอนกรีตบล็อกกลวง และศึกษาการโครงสร้างระดับจุลภาคของซีเมนต์มอร์ตาร์ เพื่อศึกษาถึงแนวทางความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือทิ้งและขยะมาประยุกต์ใช้เป็นคอนกรีตบล็อกกลวงกัน ความร้อน ซึ่งการศึกษานี้เน้นสมบัติด้านความสามารถในการกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกกลวงเป็นหลัก

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 วัสดุ

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดจะมีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นองค์ประกอบทางเคมีหลัก มีสีเทาเข้ม มีลักษณะเป็นเหลี่ยม และรูปร่างไม่แน่นอน มีสมบัติการยึดประสานที่ดีเมื่อได้ผสมกับน้ำ

กากเถ้าปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นกากเถ้าปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส กากเถ้าปาล์มน้ำมันหลังจากการเผาไหม้ทะลายปาล์ม กะลาปาล์ม และเปลือกปาล์ม ปะปนออกมาพร้อมเถ้าปาล์มน้ำมัน นำมาอบแห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงเพื่อแยกกากเถ้าปาล์มและเถ้าปาล์ม นำกากเถ้าปาล์มที่ผ่านการแยกไปล้างน้ำสะอาด แล้วนำกากเถ้าปาล์มน้ำมันไปตากแดดให้แห้งแล้วนำไปเก็บไว้ในถังพลาสติก สมบัติของกากเถ้าปาล์มน้ำมันดังแสดงในตารางที่ 1 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.89 น้อยกว่าทรายแม่น้ำปกติทั่วไป แต่มีการดูดซึมน้ำสูงถึงร้อยละ 5.20 และมีความหนาแน่น 730 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร นับว่าเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งเพื่อประยุกต์เป็นวัสดุก่อผนัง ซึ่งจะทำให้ผนังมีน้ำหนักเบาส่งผลการรับน้ำหนักต่อโครงสร้างอาคาร เมื่อทำการวิเคราะห์โดยการสูบล้างกากเถ้าปาล์มน้ำมันทดสอบจำนวน 3 ครั้ง การกระจายขนาดของกากเถ้าปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASTM C33/C33M [8] ที่จัดเป็นมวลรวมละเอียดจัดรูปที่ 1



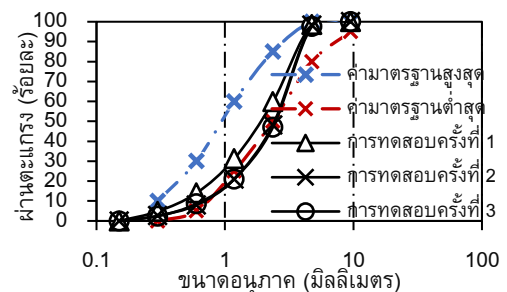
ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของกากถั่วปาล์มน้ำมัน หน้ากากอนามัย และหน้ากาก KF94

สมบัติ	กากถั่วปาล์มน้ำมัน	หน้ากากอนามัย	หน้ากาก KF94
ความถ่วงจำเพาะ	1.89	-	-
การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	5.20	5.91	6.20
ความหนาแน่นหลวม (กก./ลบ.ม.)	675	-	-
ความหนาอัดแน่น (กก./ลบ.ม.)	730	-	-

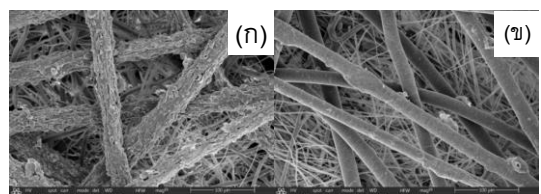
หน้ากากอนามัย (Surgical Face Mask) และหน้ากาก KF94 ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ เป็นหน้ากากอนามัยที่ผ่านการใช้งาน นำหน้ากากอนามัยไปตากแดด 1 วัน จากนั้นนำเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทำการเอาสายคล้องและเหล็กออกจากหน้ากาก ตัดด้วยตัดหน้ากากให้ได้ขนาด 5x5 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการผสม โดยการแทนที่กากถั่วปาล์มน้ำมันโดยน้ำหนัก ซึ่งหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ผลได้จากวัสดุเส้นใยโพลิโพรพิลีน Polypropylene สมบัติทางกายภาพของหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ดังแสดงในตารางที่ 1 ลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของหน้ากากทั้งสองแสดงดังรูปที่ 2 โดยรูปที่ 2(ก) ลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของหน้ากากอนามัยของแผ่นชั้นนอก (3 ชั้น) มีลักษณะเส้นใยขนาดใหญ่และมีผิวขรุขระ ในขณะที่เส้นชั้นในจะมีขนาดเล็กและมีผิวเรียบ ซึ่งมีความแตกต่างกับลักษณะจุลภาคของหน้ากาก KF94 ที่เส้นชั้นนอกมีผิวลักษณะราบเรียบเช่นเดียวกันกับเส้นชั้นในดังรูปที่ 2 (ข)

2.2 ส่วนผสมและการเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างซีเมนต์มอร์ตาร์ตามอัตราส่วนผสมดังตารางที่ 2 ใช้อัตราส่วนซีเมนต์ต่อมวลรวมละเอียด 1:2.75 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7 โดยน้ำหนัก และเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมของ



รูปที่ 1 การกระจายขนาดคละของกากถั่วปาล์มน้ำมัน



รูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของหน้ากาก

(ก) หน้ากากอนามัย และ (ข) หน้ากาก KF94

หน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ที่ใช้การแทนที่กากถั่วปาล์มน้ำมันร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนัก ผสมซีเมนต์มอร์ตาร์ด้วยเครื่องผสมมอร์ตาร์จากนั้นเทเข้าแบบหล่อขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C109/C109M [9] วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแกะแบบก่อนตัวอย่างแล้วนำไปบ่มอากาศจนครบอายุ 1, 7 และ 28 วัน สำหรับการทดสอบกำลังอัดประลัย



ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมซีเมนต์มอร์ตาร์

สัญลักษณ์	วัสดุผสมซีเมนต์มอร์ตาร์ (กรัม)				
	ซีเมนต์	กากเถ้าปาล์มน้ำมัน	หน้ากากอนามัย	หน้ากาก KF94	น้ำ
CT	100	275	0	-	70
2SF	100	269.5	5.5	-	70
4SF	100	265	11	-	70
6SF	100	258.8	16.5	-	70
2KF	100	269.5	-	5.5	70
4KF	100	264	-	11	70
6KF	100	258.5	-	16.5	70

เมื่อได้ข้อมูลการทดสอบกำลังอัดประลัยทั้งหมด ทำการเลือกอัตราส่วนผสมที่ให้กำลังอัดที่สูง เมื่อผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 มาหล่อเป็นคอนกรีตบล็อกกลวงขนาด 70x190x390 มิลลิเมตร เท่ากันกับขนาดคอนกรีตบล็อกกลวงที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด เพื่อการทดสอบความสามารถในการกันความร้อนเทียบกับคอนกรีตบล็อกกลวงทั่วไป

2.3 การทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดตัวอย่างซีเมนต์มอร์ตาร์ หลังจากแกะแบบหล่อที่ผ่านการหล่ออยู่ในแบบ 24 ชั่วโมง ก่อนตัวอย่างจะถูกบ่มต่อที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) ถึงอายุ 1, 7 และ 28 วัน เมื่อครบอายุบ่มนำไปทดสอบกำลังอัดตามมาตรฐาน ASTM C109/C109M [9] ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine การทดสอบการดูดซึมน้ำใช้ก้อนตัวอย่างขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร ที่ผ่านการบ่มอากาศที่อุณหภูมิห้องอายุ 28 วัน เริ่มจากการนำก้อนตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วยกก้อนตัวอย่าง ขึ้นมาเช็ดผิวให้แห้งก่อนนำไปชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นนำตัวอย่างแช่น้ำต่ออีก 5 ชั่วโมง รวมเป็น 6 ชั่วโมง ทำต่อเนื่องที่อายุ 12 และ 24 ชั่วโมง

โดยรวมระยะเวลาแช่ก่อนหน้า นำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณการดูดซึมน้ำดังสมการที่ (1)

$$\left(\frac{W_x - W_{28}}{W_{28}} \right) \times 100 \quad (1)$$

W_{28} = น้ำหนักก่อนแช่น้ำ

W_x = น้ำหนักหลังแช่น้ำที่แต่ละอายุ

การทดสอบความต้านทานไฟฟ้าใช้ตัวอย่างซีเมนต์มอร์ตาร์ขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร ทดสอบตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องที่ผ่านการบ่ม 28 วัน ใช้เครื่อง UNI-T รุ่น UT210D โดยการใช้หัวจี้ที่ผิวของซีเมนต์มอร์ตาร์ 2 ด้าน ที่ตรงกันข้ามและอยู่ในแนวเดียวกันเป็นเวลา 2 นาที ดังรูปที่ 3 นำค่าที่ได้ไปคูณกับความหนาของก้อนตัวอย่างดังสมการที่ (2)

$$\rho = R \times L \quad (2)$$

ρ = ความต้านทานไฟฟ้า (เมกะโอม-เซนติเมตร)

R = ความต้านทานไฟฟ้า (เมกะโอม) ค่าจากเครื่อง

L = ความหนาตัวอย่าง (เซนติเมตร)



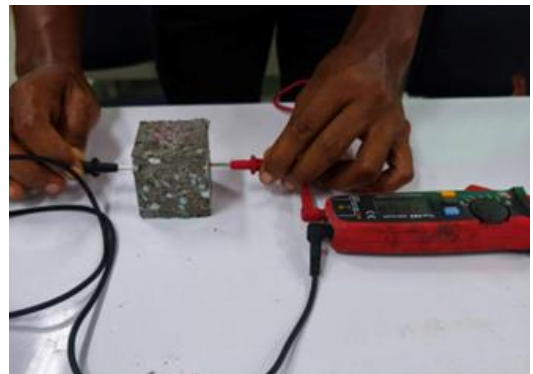
การทดสอบความสามารถในการกันความร้อนในลักษณะเดียวกันกับการทดสอบของ Salaemae และคณะ [10] ใช้ตัวอย่างขนาด 70x190x390 มิลลิเมตร ขนาดเดียวกันกับคอนกรีตบล็อกกลวงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยทำการทดสอบในกล่องโฟมดังแสดงรูปที่ 4 ทำการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ 5 ตำแหน่ง เพื่อทำการวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละตำแหน่งในแต่ละช่วงเวลา เป็นเวลา 5 ชั่วโมง คอนกรีตบล็อกกลวงกันความร้อนมวลรวมกากเถ้าปาล์มน้ำมันมีลักษณะดังรูปที่ 5

การวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคของซีเมนต์มอร์ตาร์ ถ่ายรูปด้วยกล้องถ่ายภาพอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) รุ่น JSM 5800 ทั้งหน้ากากอนามัยและซีเมนต์มอร์ตาร์ที่อายุ 28 วัน โดยใช้เศษตัวอย่างที่แตกหลังจากทดสอบกำลังอัด

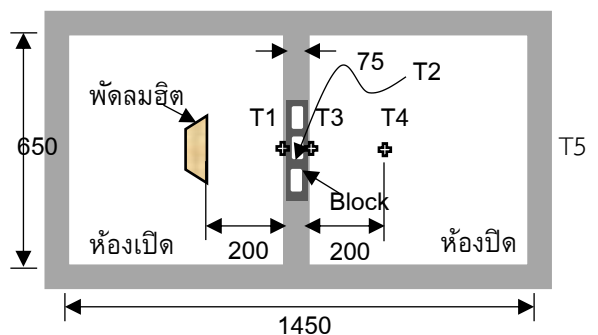
3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 กำลังอัดซีเมนต์มอร์ตาร์

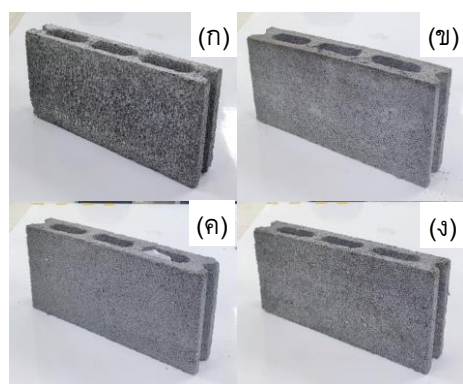
รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์ผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 แทนที่กากเถ้าปาล์มน้ำมัน (POC) ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนัก (CT, 2SF, 4SF, 6SF, 2KF, 4KF และ 6KF) ดังตารางที่ 2 ผลการทดสอบการแทนที่ด้วยหน้ากากอนามัยดังรูปที่ 6(ก) พบว่าเมื่อผสมหน้ากากอนามัยค่ากำลังอัดมีค่าลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากการผสมหน้ากากอนามัยที่ไม่มีความแข็งในตัวมันเองเมื่อเทียบกับกากเถ้าปาล์มน้ำมัน จึงมีผลให้ซีเมนต์มอร์ตาร์สามารถรับแรงได้น้อย และด้วยลักษณะทางกายภาพของหน้ากากอนามัยที่ได้ผ่าน



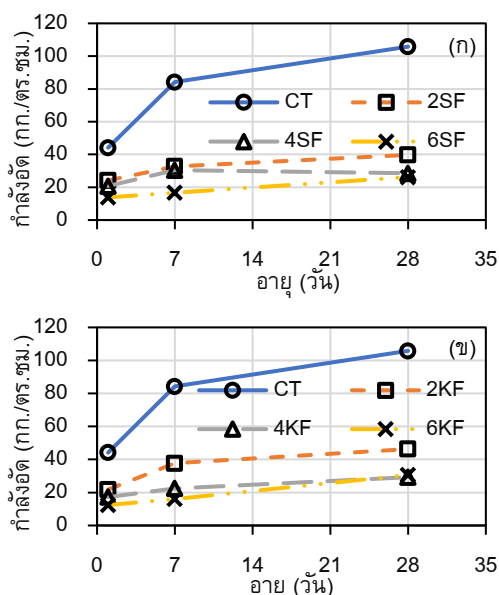
รูปที่ 3 การทดสอบความต้านทานไฟฟ้า



รูปที่ 4 การวางตำแหน่งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและชุดทดสอบกันความร้อนคอนกรีตบล็อกกลวง



รูปที่ 5 ลักษณะทางกายภาพคอนกรีตบล็อกกลวง (ก) ทั่วไป (ข) CT (ค) 2SF และ (ง) 2KF



รูปที่ 6 กำลังอัดซีเมนต์มอร์ตาร์ (ก) ผสมหน้ากากอนามัย และ (ข) ผสมหน้ากาก KF94

การตัดให้ได้ขนาด 5x5 มิลลิเมตร นับว่าเป็นมวลรวมที่มีลักษณะแบนอย่างชัดเจน และเป็นที่น่าสังเกตว่าซีเมนต์มอร์ตาร์ที่ผสมหน้ากากอนามัยมีลักษณะที่แห้งในระหว่างการผสม ซึ่งจะแตกต่างกับซีเมนต์มอร์ตาร์ที่ไม่มีการผสมหน้ากากอนามัย เนื้อมอร์ตาร์มีความชุ่มเปียกทำให้ซีเมนต์เฟสสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันทำให้เกิดการแข็งตัวและมีการยึดเกาะระหว่างมวลรวมทำให้ได้กำลังอัดที่สูง แต่ด้วยการใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงถึง 0.7 โดยน้ำหนัก ส่งผลให้ซีเมนต์มอร์ตาร์ควบคุม (CT) มีค่ากำลังอัดไม่สูง การผสมหน้ากากอนามัยเข้าไปทำให้เกิดการดูดซึมน้ำมากขึ้น จากที่มวลรวมกากเก่าปาล์มน้ำมันสามารถดูดซึ่มปริมาณมาก เมื่อผสมหน้ากากอนามัยส่งผลให้เกิดการดูดซึมน้ำมากยิ่งขึ้นไปอีกจากหน้ากากที่มีการดูดซึมน้ำสูง

ดังตารางที่ 1 เมื่อเกิดการดูดซึมน้ำมากขึ้นในระหว่างการผสมส่งผลให้เนื้อซีเมนต์มอร์ตาร์แห้ง ด้วยน้ำในซีเมนต์ถูกดูดจากกากเก่าปาล์มน้ำมันและหน้ากากอนามัยนั้น ทำให้ซีเมนต์ขาดน้ำในการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันส่งผลให้กำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์ผสมหน้ากากอนามัยมีกำลังลดลงในทุกอัตราส่วน และเป็นที่น่าสังเกตว่าซีเมนต์มอร์ตาร์ที่ผสมหน้ากากอนามัยค่ากำลังอัดมีการพัฒนาเล็กน้อยจาก 1 วัน ถึง 28 วัน โดยเฉพาะจาก 7 วัน ถึง 28 วัน เช่นเดียวกันกับซีเมนต์มอร์ตาร์ผสมหน้ากาก KF94 ดังรูปที่ 6(ข) ค่ากำลังอัดที่ได้มีลักษณะคล้ายกันกับซีเมนต์มอร์ตาร์ผสมหน้ากากอนามัย Miah และคณะ [11] รายงานว่าการผสมหน้ากากอนามัยในซีเมนต์มอร์ตาร์ทำให้กำลังอัดลดลง เนื่องจากมอร์ตาร์ที่ผสมหน้ากากอนามัยจะเพิ่มรูพรองให้มากยิ่งขึ้นมีผลโดยตรงต่อกำลังอัด Ghoniem และคณะ [12] กล่าวว่าเมื่อมีการผสมหน้ากากอนามัยจะส่งผลให้กำลังอัดคอนกรีตลดลงร้อยละ 34 และกำลังดึงผ่าซีกลดลงร้อยละ 24 จากตัวอย่างการศึกษาที่ผ่านมาจะมีผลเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการศึกษาครั้งนี้

3.2 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นซีเมนต์มอร์ตาร์ผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ได้แสดงในรูปที่ 7 เป็นการทดสอบที่อายุ 28 วัน ของก้อนตัวอย่างที่บ่มอากาศ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ส่งผลให้ความหนาแน่นซีเมนต์มอร์ตาร์ลดลง ปริมาณหน้ากากมากขึ้นความหนาแน่นลดลงมากขึ้นเนื่องจากหน้ากากทั้งสองมีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่ากากเก่าปาล์มน้ำมัน นอกจากนั้นการผสม



หน้ากากยังมีผลทำให้ก้อนตัวอย่างมีรูพรongเพิ่มมากขึ้น [11] ด้วยนี้จึงส่งผลให้ตัวอย่างที่ผสมหน้าอนามัยหรือ หน้ากาก KF94 มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าตัวอย่าง CT และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 พบว่าความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ตาร์ผสมหน้ากาก KF94 มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างที่ผสมหน้ากากอนามัย เป็นไปได้ว่าลักษณะทางกายภาพของหน้ากาก KF94 มีความหนามากกว่า หน้ากากอนามัยอย่างชัดเจน มีผลทำให้เกิดรูพรongและช่องว่างระหว่างกากเก็บปาล์มน้ำมันได้มากกว่า ซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ กล่าวคือตัวอย่างที่มีการผสมหน้ากาก KF94 มีการดูดซึมน้ำมากกว่าตัวอย่างที่ผสมหน้ากากอนามัย อย่างไรก็ตามซีเมนต์มอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมกากเก็บปาล์มน้ำมันมีค่าน้อย เนื่องจากลักษณะทางกายภาพที่มีรูพรongทำให้น้ำหนักน้อย Win และคณะ [4] พบว่าการเพิ่มปริมาณ หน้ากากอนามัยมีผลให้ความหนาแน่นลดลง โดยให้เหตุผลว่าเกิดจากค่าความถ่วงจำเพาะที่มีค่าน้อยกว่ามวลรวม หากพิจารณาจากโครงสร้างระดับจุลภาคในรูปที่ 13 แสดงอย่างชัดเจนว่ามอร์ตาร์ที่ผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 เนื้อภายในมอร์ตาร์มีรูพรong และความไม่เป็นเนื้อเดียวกันมากกว่ามอร์ตาร์ที่ไม่มีการผสมหน้ากาก และด้วยการใช้กากเก็บปาล์มน้ำมันเป็นมวลรวมหลักทำให้ความหนาแน่นน้อยกว่าซีเมนต์มอร์ตาร์ปกติที่ใช้ทรายแม่น้ำ

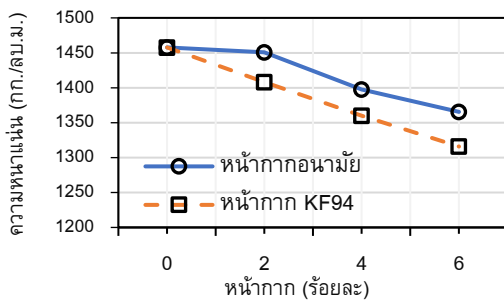
3.3 การดูดซึมน้ำ

การทดสอบการดูดซึมน้ำใช้ตัวอย่างขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร โดยการบ่มอากาศที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 28 วัน ผลการทดสอบพบว่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น

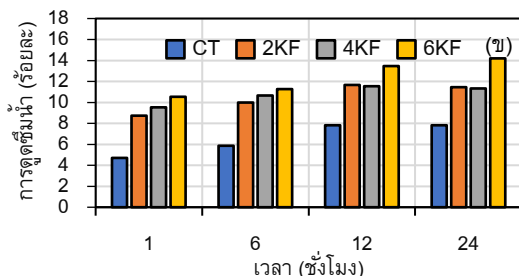
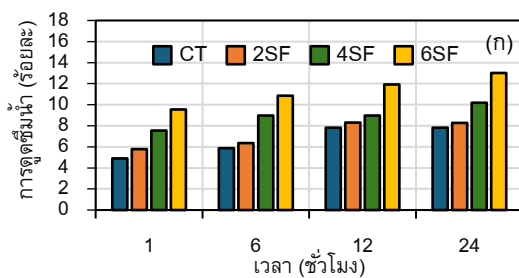
อย่างชัดเจนเมื่อระยะเวลาบ่มน้ำมากขึ้นในทุกอัตราส่วนผสม เนื่องจากระยะเวลาแช่น้ำยิ่งนานทำให้ก้อนตัวอย่างมีเวลาในการดูดซึมน้ำมากขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งการผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ดังรูปที่ 8 เมื่อพิจารณาจากผลของปริมาณหน้ากากอนามัยพบว่า การเพิ่มปริมาณ หน้ากากอนามัยมากขึ้นทำให้ค่าการดูดซึมน้ำยิ่งมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อใช้หน้ากากอนามัยร้อยละ 6 การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 66.5 ที่การแช่น้ำ 24 ชั่วโมงเช่นเดียวกันกับอย่างที่ยผสมหน้ากาก KF94 การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 81.6 การเพิ่มขึ้นของค่าการดูดซึมน้ำเมื่อเพิ่มปริมาณหน้ากาก เนื่องจากหน้ากากทั้งสองมีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่ากากเก็บปาล์มน้ำมันดังตารางที่ 1 การดูดซึมน้ำที่มากขึ้นยังสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาค ที่แสดงให้เห็นว่าการผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ยังส่งผลให้เนื้อซีเมนต์มอร์ตาร์มีรูพรongมากขึ้น เนื้อมอร์ตาร์ไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผสม หน้ากาก ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำมีลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Win และคณะ [4] ที่พบว่าการเพิ่มปริมาณหน้ากากอนามัยจะเพิ่มความพรุนและการดูดซึมน้ำมากขึ้น และยังพบอีกว่าหน้ากากอนามัยที่มีขนาดใหญ่กว่ามีผลทำให้การดูดซึมน้ำมากกว่า Ajam และคณะ [13] พบว่าซีเมนต์มอร์ตาร์ที่ผสมหน้ากากอนามัยทำให้น้ำไหลผ่านเนื้อมอร์ตาร์ได้มากขึ้น

3.4 ความต้านทานไฟฟ้า

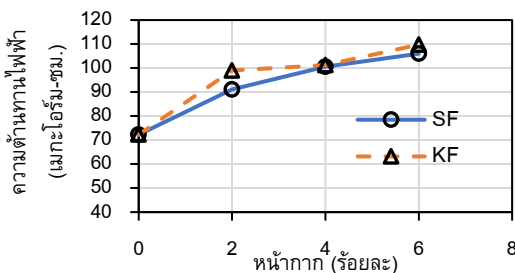
ความต้านทานไฟฟ้าของซีเมนต์มอร์ตาร์ดังรูปที่ 9 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่มปริมาณหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ค่าความต้านไฟฟ้ามีค่า



รูปที่ 7 ความหนาแน่นซีเมนต์มอร์ตาร์



รูปที่ 8 ค่าการดูดซึมน้ำซีเมนต์มอร์ตาร์ (ก) ผสม หน้ากากอนามัย และ (ข) ผสมหน้ากาก KF94



รูปที่ 9 ค่าความต้านทานไฟฟ้าซีเมนต์มอร์ตาร์

เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างที่ผสมหน้ากากร้อยละ 2 (2SF และ 2KF) กับตัวอย่างที่ไม่ผสมหน้ากาก พบว่าเมื่อผสมหน้ากากอนามัยร้อยละ 2 ความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 26.18 และเมื่อผสมหน้ากาก KF94 ร้อยละ 2 ค่าความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 36.96 การเพิ่มขึ้นของความต้านทานไฟฟ้าเมื่อผสมหน้ากากทั้งสองพบว่าได้สร้างความพรุนของซีเมนต์มอร์ตาร์จากการแทรกตัวของหน้ากากระหว่างซีเมนต์เฟสด้วยกันและระหว่างซีเมนต์เฟสกับมวลรวม ความพรุนและความไม่เป็นเนื้อเดียวสามารถยืนยันจากการวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคดังรูปที่ 13 ยิ่งไปกว่านั้นวัสดุหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 จะเป็นพอลิโพรไพลีน Polypropylene ซึ่งเป็นผ้าใยสังเคราะห์ที่ไม่ผ่านการถักทอสามารถต้านทานไฟฟ้าได้ดี Horsakulthai [14] ได้แสดงให้เห็นว่าคอนกรีตที่มีความพรุนสูงค่าความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

3.5 ความสัมพันธ์ของกำลังอัดกับความต้านทานไฟฟ้า

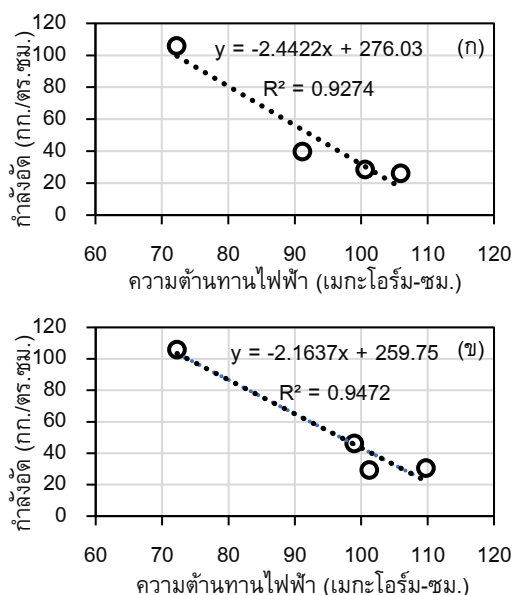
ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของค่ากำลังอัดและค่าความต้านทานไฟฟ้าของซีเมนต์มอร์ตาร์ผสมหน้ากากที่มีกากเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นมวลรวมละเอียดดังรูปที่ 10 รูปที่ 10(ก) แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงกำลังอัดต่อการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้ามอร์ตาร์ที่อัตราส่วนหน้ากากอนามัยแตกต่างกัน ในขณะที่รูปที่ 10(ข) เปลี่ยนเป็นการใช้หน้ากาก KF94 แทนที่กากเถ้าปาล์มน้ำมัน ในทั้งสองกรณี กำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความ



ต้านทานไฟฟ้าดังรูปที่ 10(ก) และ 10(ข) เมื่อความต้านไฟฟ้าเพิ่มขึ้นกำลังอัดจะมีค่าลดลง ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นถูกประมาณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่สูง (R^2) เท่ากับ 0.9274 และ 0.9472 สำหรับตัวอย่างที่ผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ตามลำดับ ความสัมพันธ์ของความต้านทานไฟฟ้าและกำลังอัด สามารถใช้ในการคาดการณ์คุณสมบัติหนึ่งจากอีกคุณสมบัติหนึ่งได้

3.6 ความสามารถกันความร้อน

การทดสอบความสามารถกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกกลวงจากการศึกษาครั้งนี้ ใช้ตัวอย่างขนาดเดียวกันกับตัวอย่างคอนกรีตบล็อกกลวงที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่มีขนาด $70 \times 190 \times 390$ มิลลิเมตร 3 ช่องว่างอากาศ ผลการทดสอบดังแสดงดังรูปที่ 11 เมื่อพิจารณาเส้นการกระจายตัวของอุณหภูมิของคอนกรีตบล็อกกลวงทั่วไปดังรูปที่ 11(ก) พบว่าเมื่อให้ความร้อนที่ตำแหน่งผิวคอนกรีตบล็อกกลวง T1 (ผิวด้านที่รับความร้อน) ความร้อนจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่เร็วในช่วง 1 ชั่วโมง แรก แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้าไปจนถึง 3 ชั่วโมง ในขณะที่คอนกรีตบล็อกกลวงที่ใช้มวลรวมเก่าปาล์มน้ำมันอัตราเพิ่มของอุณหภูมิจะเกิดขึ้นที่ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นอุณหภูมิเริ่มคงที่ แต่คอนกรีตบล็อกกลวงที่ผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 อุณหภูมิเริ่มคงที่หลังจากสองชั่วโมงผ่านไป เป็นไปได้ว่าการผสมหน้ากาทั้งสองชนิดทำให้คอนกรีตบล็อกกลวงมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และเมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของอุณหภูมิของผิวคอนกรีตบล็อกกลวงทั้งสองด้าน คือด้านที่รับความร้อน (T1) และด้านตรงกันข้าม (T3) พบว่าคอนกรีตบล็อกกลวงทั่วไปมีช่วงความต่างที่แคบกว่าคอนกรีต



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ของความต้านทานไฟฟ้ากับกำลังอัด (ก) หน้ากากอนามัย และ(ข) หน้ากาก KF94

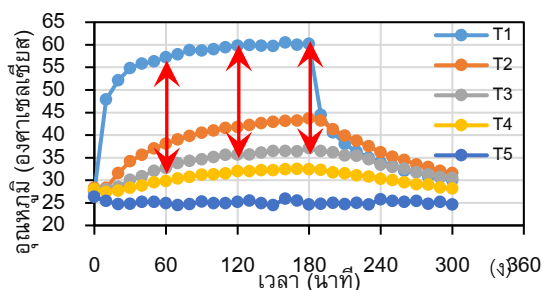
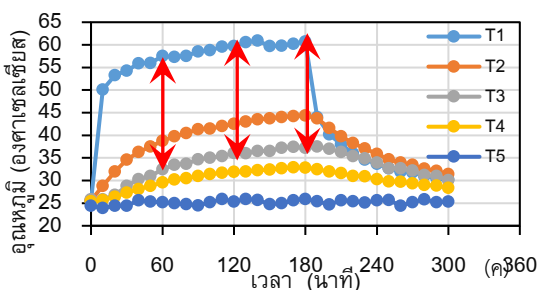
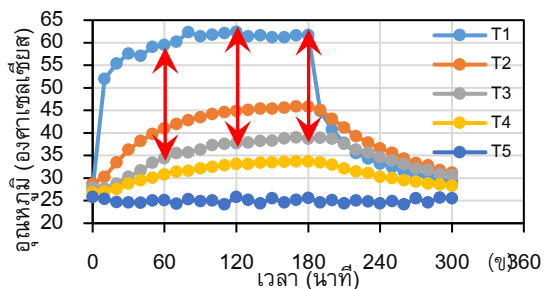
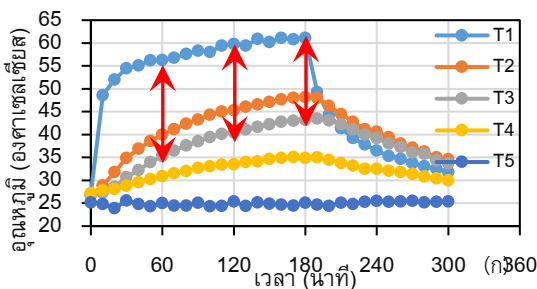
บล็อกกลวงมวลรวมกากเก่าปาล์มน้ำมันอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าการใช้มวลรวมกากเก่าปาล์มน้ำมันที่มีรูพรุนจำนวนมากสามารถป้องกันความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกกลวงทั่วไปที่ใช้หินเกล็ดเป็นมวลรวม ซึ่งเป็นมวลรวมที่มีความหนาแน่นสูง ไม่มีรูพรุนทำให้ความร้อนสามารถไหลผ่านได้ดี นอกจากนั้นยังพบอีกว่าระหว่างช่องว่างของคอนกรีตบล็อกกลวง (T2) กับผิวด้านเย็น (T3) เส้นกราฟของคอนกรีตบล็อกกลวงทั่วไปมีความแคบ แสดงถึงความสามารถในการกันความร้อนได้น้อย ในขณะที่ผลการทดสอบของคอนกรีตบล็อกกลวงมวลรวมกากเก่าปาล์มน้ำมันกราฟทั้งสองเส้นมีระยะห่างกันอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อกกลวงทั่วไป จากการทดสอบของ Singh และคณะ [15] พบว่าการทำให้ก้อนตัวอย่างมี



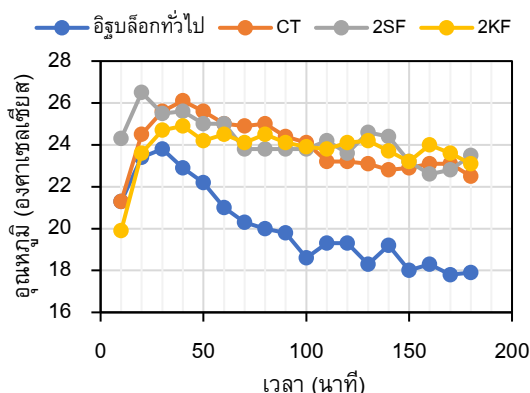
รูปทรงปริมาณมากขึ้นจะส่งผลให้การนำความร้อนลดลง หลังจากหยุดให้ความร้อนที่ผิวเมื่อเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง พบว่าที่ผิวด้านร้อน (T1) อุณหภูมิมีลดลงอย่างรวดเร็วในทุกตัวอย่างทดสอบเนื่องจากที่ตำแหน่ง T1 จะสัมผัสกับอุณหภูมิห้อง ในขณะที่ตำแหน่งอื่น ๆ อุณหภูมิมีลดลงอย่างช้า ๆ

รูปที่ 12 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในความสามารถกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกกลวงทั่วไปและอิฐบล็อกมวลรวมกากแก้วปาล์มน้ำมัน คอนกรีตบล็อกกลวงทั่วไปเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลา 40 นาที ความสามารถในการกันความร้อนลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อกกลวง และลดลงอย่างรวดเร็วไปจนถึง 100 นาที หลังจากนั้นความสามารถในการกันความร้อนเริ่มคงที่ ในขณะที่ตัวอย่าง CT, 2SF และ 2KF ความสามารถในการกัน

ความร้อนลดลงอย่างช้า ๆ ตั้งเวลา 40 นาที ความแตกต่างของความร้อนที่ผิวตำแหน่งร้อน (T1) มีอุณหภูมิมีลดลง (กันความร้อนได้น้อย) เมื่อเทียบกับผิวคอนกรีตบล็อกกลวงด้านตรงข้าม (T3) นั้นแสดงให้เห็นพิจารณาระหว่างคอนกรีตบล็อกกลวงมวลรวมกากแก้วปาล์มน้ำมันด้วยกัน พบว่าการผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 สามารถกันความร้อนได้ดีขึ้นเล็กน้อยเมื่อเวลาผ่านไป 100 นาที ดังนั้นในการศึกษาความสามารถกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกกลวงสามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ามวลรวมกากแก้วปาล์มน้ำมันที่มีความพรุนสูง มีผลกระทบต่อความสามารถกันความร้อนได้มาก ในขณะที่หน้ากากอนามัยและหน้า KF94 ส่งผลกระทบบ้างเล็กน้อย



รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแต่ละตำแหน่ง (ก) คอนกรีตบล็อกกลวงทั่วไป (ข) CT (ค) 2SF และ (ง) 2KF

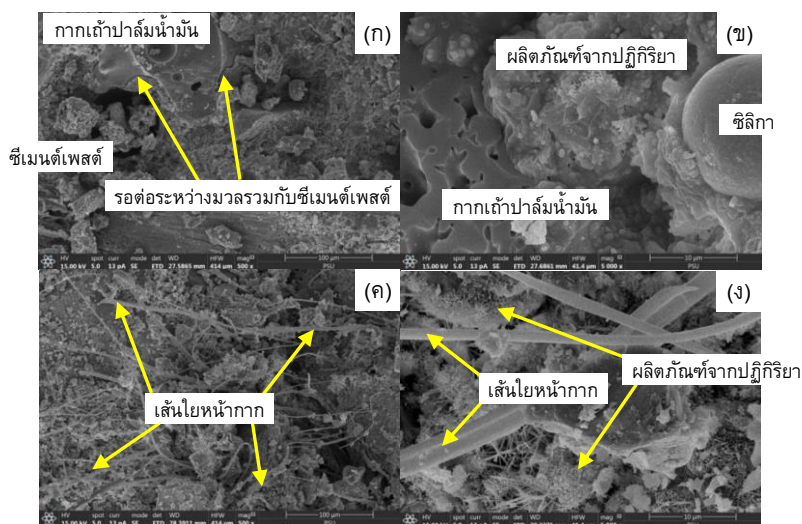


รูปที่ 12 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงระหว่าง T1 และ T3

3.7 โครงสร้างระดับจุลภาค

การวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคของตัวอย่างมอร์ตาร์ ใช้ชิ้นส่วนตัวอย่างที่แตกหักหลังจากการทดสอบกำลังอัดที่ 28 วัน โดยทำการวิเคราะห์โครงสร้างที่กำลังขยาย 500 เท่า และ 5,000 เท่า ดังรูปที่ 13 รูปกำลังขยายสูงแสดงถึงภาพรวมของ

เนื้อในของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ไม่ผสมหน้ากาก (รูปที่ 13(ก)) แสดงให้เห็นซีเมนต์เฟส และกากแก้วปาล์มน้ำมัน และยังสามารถแสดงให้เห็นความเป็นเนื้อเดียวกันของมอร์ตาร์ กล่าวคือ เนื้อมีความทึบแน่น มีรูพรองของซีเมนต์เฟสเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำดังรูปที่ 7 และ รูปที่ 8ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างจะเห็นรูพรองอย่างชัดเจนจำนวนหนึ่งในรูปที่ 13(ข) ที่เกิดจากมวลรวมกากแก้วปาล์มน้ำมัน รูปที่ 13(ข) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนของผลิตภัณฑ์หลังจากเกิดปฏิกิริยาแสดงการยึดเกาะที่กระหว่างกากแก้วปาล์มน้ำมันกับซีเมนต์เฟสตัวอย่างใดก็ตามเมื่อซีเมนต์มอร์ตาร์มีการผสมหน้ากากอนามัย เมื่อทำการวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคแล้วพบว่า ตัวอย่างมอร์ตาร์โดยภาพรวมมีชิ้นส่วนคล้ายเกล็ดบริเวณผิวเป็นจำนวนมาก ซึ่งแสดงถึงความไม่เป็นเนื้อเดียวกันอย่างชัดเจน



รูปที่ 13 โครงสร้างระดับจุลภาคซีเมนต์มอร์ตาร์ (ก) CT 200x (ข) CT 5000x (ค) 2SF 200x และ (ง) 2SF 5000x



ดังรูปที่ 12(ค) และยังพบอีกว่าเส้นใยหน้ากากอนามัยไม่มีการยึดเหนี่ยวกับซีเมนต์เพสต์ สิ่งเหล่านี้สามารถอธิบายได้เป็นอย่างดีถึงผลกระทบด้านลบต่อกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์ ผิวของเส้นใยหน้ากากแทบไม่มีซีเมนต์เข้ามายึดเหนี่ยว โดยการศึกษาครั้งนี้ความสอดคล้องกับการทดสอบของ Win และ คณะ [4] ที่มีการใช้หน้ากากอนามัยผสมซีเมนต์มอร์ตาร์ในอัตราส่วนต่าง ๆ

4. สรุปผล

หน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ที่ผ่านการตัดให้มีขนาดเล็ก เมื่อนำมาผสมกับมวลรวมกากแก้วปาล์มน้ำมันบางส่วนในซีเมนต์มอร์ตาร์ ถึงแม้ว่าค่ากำลังอัดที่ได้มีค่าน้อยแต่ยังสามารถประยุกต์ใช้เป็นวัสดุที่ไม่ต้องรับแรงเช่น ผนัง คอนกรีตบล็อกกลวง เป็นต้น

1. การใช้หน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ส่งผลให้ค่ากำลังอัดซีเมนต์มอร์ตาร์มีค่าลดลงทั้งสอง โดยกำลังอัดที่อายุ 28 วันอยู่ในช่วง 26.2-39.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สำหรับการผสมหน้ากากอนามัยร้อยละ 2-6 โดยน้ำหนัก ในขณะที่การใช้หน้ากาก KF94 กำลังอัดที่ได้อยู่ในช่วง 29.2-46.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2. ความหนาแน่นของซีเมนต์มอร์ตาร์มวลรวมกากแก้วปาล์มน้ำมันมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มหน้ากากทั้งสองชนิด อย่างไรก็ตามค่าความหนาแน่นที่ลดลงในอัตราส่วนน้อยเมื่อเทียบกับกำลังอัด

3. การเพิ่มขึ้นของหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ทำให้การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และเมื่อแช่นานขึ้นการดูดซึมน้ำยิ่งมากขึ้น

4. ความต้านทานไฟฟ้าของซีเมนต์มอร์ตาร์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 มากขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับค่ากำลังอัด กล่าวคือ เมื่อความต้านทานไฟฟ้ามากขึ้นค่ากำลังอัดซีเมนต์มอร์ตาร์ลดลง

5. คอนกรีตบล็อกกลวงมวลรวมกากแก้วปาล์มน้ำมันผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 สามารถให้เห็นถึงความสามารถในการกักความร้อน (อุณหภูมิจากการแผ่รังสี) ได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกกลวงทั่วไปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดอย่างชัดเจน ในขณะที่คอนกรีตบล็อกกลวงผสมหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ร้อยละ 2 เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 100 นาที ขึ้นไปพบว่าสามารถกักความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกกลวงไม่ผสมหน้ากาก

6. การวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงเส้นใยหน้ากากเป็นตัวยับยั้งการยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์เพสต์กับกากแก้วปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้มอร์ตาร์ไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน และทำให้เกิดโพรงมากขึ้น ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการลดลงของกำลังอัด

จากผลการทดสอบสมบัติซีเมนต์มอร์ตาร์มวลรวมกากแก้วปาล์มน้ำมันและหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 ถึงแม้ว่าค่ากำลังอัดที่ได้มีค่าไม่สูงมากนัก แต่มีความหนาแน่นต่ำและมีความสามารถในการกักความร้อนได้ดี และยังไปกว่านั้นมวลรวมเป็นวัสดุเหลือทิ้งทั้งหมด มวลรวมกากแก้วปาล์มน้ำมันจากโรงไฟฟ้าชีวมวล และหน้ากากอนามัยและหน้ากาก KF94 วัสดุเหลือทิ้งจากการใช้งานในชีวิตประจำวัน การใช้วัสดุเหล่านี้จะเป็นการช่วยลดปริมาณขยะได้อีกทางหนึ่ง



5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว) ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณหน่วยวิจัยโครงสร้างพื้นฐานและนวัตกรรมวัสดุ และสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ให้การสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] https://www.tcc.or.th/tcc_media/maskkf94-infographic-3/ (Accessed on 8th June 2025)
- [2] S.K. Lynch, M. Saberian, J. Li, R. Poychand and G. Zhang, Preliminary evaluation of the feasibility of using polypropylene fibres from COVID-19 single-use face masks to improve the mechanical properties of concrete, *Journal of Cleaner Production*, 2021, 296, 126460.
- [3] K. Thoudam, N. Hossiney, S.L. Kumar, J. Alex, A. Bhakikar and A. Fathima, Assessing performance of alkali-activated bricks incorporated with processed surgical masks, *Journal of Materials Research and Technology*, 2023, 25, 6432-6445.
- [4] T.T. Win, P. Jongvivatsakul, T. Jirawattanasomkul, L. Prasittisopin and S. Likitlersuang, Use of polypropylene fibers extracted from recycled surgical face masks in cement mortar, *Construction and Building Materials*, 2023, 391, 131845.
- [5] M.T. Aziz, M.S.S. Hossain, M.A. Hasan and M.A. Mohiuddin, Utilization of face masks and ladle furnace slag in concrete: Insights from experimental study, *Cleaner Engineering and Technology*, 2023, 100653.
- [6] TIS 57-2560, Hollow Loadbearing Concrete Masonry Unit, 2560. (in Thai)
- [7] TIS 58-2560, Hollow Non-loadbearing Concrete Masonry Unit, 2560. (in Thai)
- [8] ASTM C33/C33M-23, Standard Specification for Concrete Aggregates, 2023.
- [9] ASTM C109/C109M-21, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50 mm] Cube Specimens), 2021.
- [10] P. Salaemae, A. Abdulmatin, W. Prachasaree and A. Hawa, Enhancing geopolymers mortars: The role of surgical face masks in modifying mechanical and thermal properties, *Engineering and Applied Science Research*, 2025, 52(1), 1-16.
- [11] M.D.J. Miah, J. Pei, H. Kim, R. Sharma, J.G. Jang and J. Ahn, Property assessment of an eco-friendly mortar reinforced with recycled mask fiber derived from COVID-19 single-use face masks, *Journal of Building Engineering*, 2023, 66, 105885.

- [12] A.G. Ghoniem, L.A. Nour, M. Zelenáková, E. Dolníková, D. Katunský and M.H. El-Feky, Axial compressive and cyclic lateral behavior of a structural masonry prism constructed from crushed COVID-19 face masks concrete bricks, *Engineering Reports*, 2024, e12895.
- [13] L. Ajam, A. Trabelsi and Z. Kammoun, Valorisation of face mask waste in mortar, *Innovative Infrastructure Solutions*, 2022, 7, 130.
- [14] V. Horsakulthai, Effect of recycled concrete powder on strength, electrical resistivity, and water absorption of self-compacting mortars, *Case Studies in Construction Material*, 2021, 15, e00725.
- [15] R.J. Singh, A. Raut, A.L. Murmu and M. Jameel, Influence of Glass Powder Incorporated Foamed Geopolymer Blocks on Thermal and Energy Analysis of Building Envelope, *Journal of Building Engineering*, 2021, 43, 102520.