บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกายภาพ (ความหนาแน่นและปริมาณความชื้น) คุณสมบัติเชิงความร้อน และคุณสมบัติเชิงกล (กำลังรับแรงอัด) ของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คปริมาณ 160 360 และ 700 มิลลิกรัม ตามลำดับ

คุณสมบัติเชิงกายภาพของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของอิฐดินลูกรัง (LB) อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (LBT) อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (LBZ) และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค (LBC) ปริมาณ 160 360 และ 700 มิลลิกรัม โดยการอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์เหล็กขนาด 4.0×16.0×4.0 เซนติเมตร พบว่า อิฐดินลูกรังมีความหนาแน่นต่ำกว่าอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโดน โดยมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1,643±4.71 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าความหนาของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ชนิดของอิฐดินลูกรัง ปริมาณอนุภาคนาโน ความหนาแน่นและร้อยละปริมาณความชื้นของอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน

ชนิดของอิฐ	ปริมาณอนุภาคนาโน (มิลลิกรัม)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) $\times 10^3$	ร้อยปริมาณความชื้น (%)
อิฐดินลูกรัง	0	1,643±4.71	18.76 ±0.23
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน	160	1,663±4.71	17.56 ±0.34
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (LBT)	360	1,673±4.71	16.91 ±0.13
	700	1,683±4.71	15.92 ±0.34
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาค	160	1,683±4.71	16.01 ±0.22
นาโนซิงค์ออกไซด์(LBZ)	360	1,687±4.71	15.83 ±0.34
	700	1,703±4.71	14.68 ±0.21
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน	160	1,693±4.71	15.38 ±0.33
คาร์บอนแบล็ค(LBC)	360	1,703±4.71	14.68 ±0.21
	700	1,717±4.71	13.64 ±0.21

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

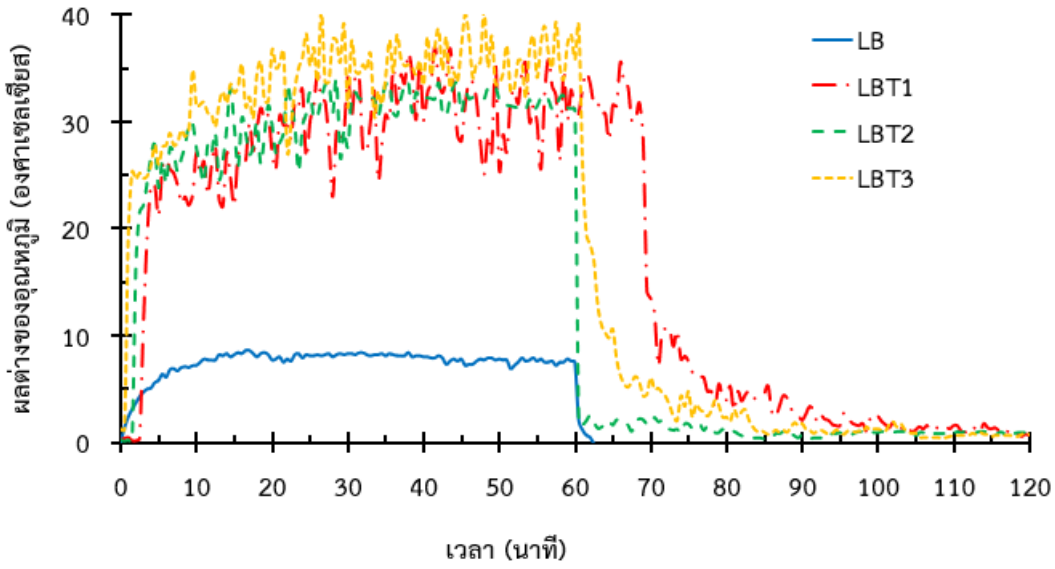
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของอิฐดินลูกรัง (LB) และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ (LBT) อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (LBZ) และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค (LBC) พบว่า อนุภาคนาโนมีผลต่อปริมาณความชื้นของอิฐดินลูกรัง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่า อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนทั้งสามชนิดมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าปริมาณความชื้นของอิฐดินลูกรัง โดยที่อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าปริมาณความชื้นของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณอนุภาคนาโนยังมีผลต่อปริมาณความชื้นของอิฐด้วยเช่นกันโดยปริมาณความชื้นของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนมีค่าลดลงเมื่อปริมาณอนุภาคนาโนเพิ่มขึ้น

คุณสมบัติเชิงความร้อนของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน

ผลการวัดอุณหภูมิที่ระยะห่าง 10.0 เซนติเมตร จากด้านที่รับความร้อนกับด้านที่ไม่ได้ความร้อนที่ทำอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน ดังแสดงในภาพที่ 3.5 โดยใช้หลอดไฟ 100 วัตต์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน เป็นเวลา 60 นาที สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1 อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์

ผลการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ระยะห่าง 10.0 เซนติเมตร จากอิฐดินลูกรัง (LB) และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ เมื่อ LBT1 LBT2 และ LBT3 หมายถึง อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ ปริมาณ 160 360 และ 700 มิลลิกรัม ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิที่ระยะห่าง 10.0 เซนติเมตร จากอิฐดินลูกรัง (LB) และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (LBT1 LBT2 LBT3) มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.1

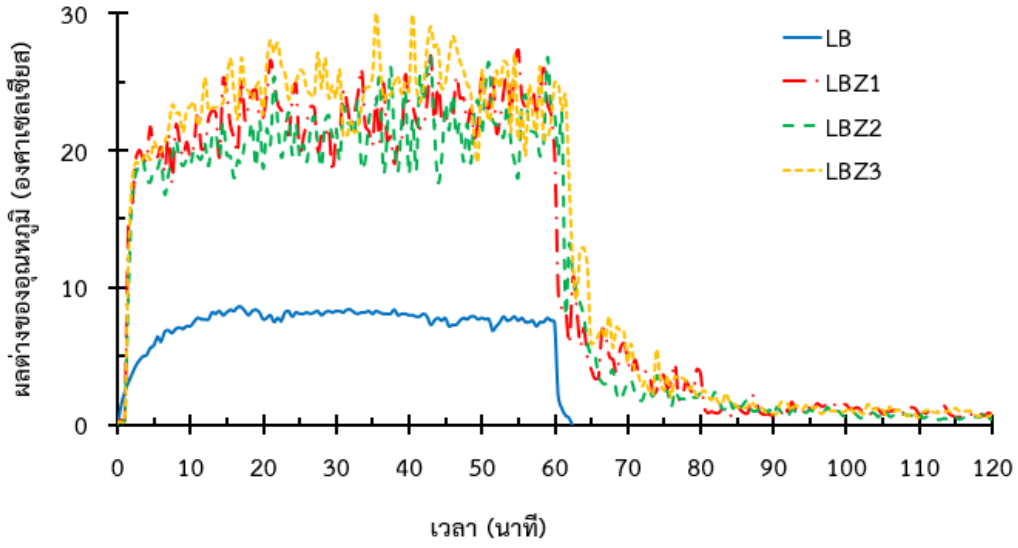


ภาพที่ 4.1 ผลต่างอุณหภูมิของอิฐดินลูกรังกับอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์

ภาพที่ 4.1 แสดงการเปรียบผลต่างของอุณหภูมิที่ระยะห่าง 10.0 เซนติเมตร จากด้านรับความร้อนกับด้านที่ไม่ได้รับความร้อนของอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ เมื่อพิจารณาช่วงรับความร้อน ตั้งแต่นาทีที่ 20 ถึงนาทีที่ 60 จะเห็นได้ว่า อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (LBT3) ปริมาณ 700 มิลลิกรัม มีผลต่างของอุณหภูมิของด้านรับความร้อนกับด้านที่ไม่ได้รับความร้อนประมาณ 30–40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลต่างของอุณหภูมิของอิฐดินลูกรัง (LB) ที่มีค่าประมาณ 8.0 องศาเซลเซียส และอิฐ LBT1 และ LBT3 ซึ่งมีผลต่างของอุณหภูมิใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 25-35 องศาสเซสเซียส ทั้งนี้อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์มีสมบัติในการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตได้ดี ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์มีผลต่อคุณสมบัติเชิงความร้อนของอิฐดินลูกรัง

2 อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

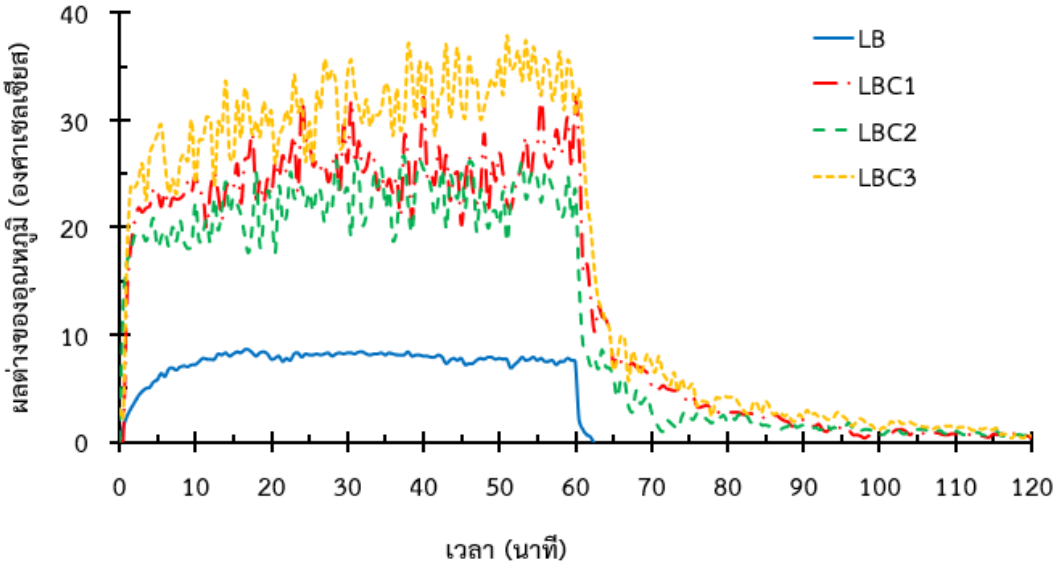
ผลการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ระยะห่าง 10.0 เซนติเมตร จากอิฐดินลูกรัง (LB) และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ เมื่อ LBZ1 LBZ2 และ LBZ3 คืออิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ปริมาณ 160 360 และ 700 มิลลิกรัม ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิที่ระยะห่าง 10.0 เซนติเมตร จากอิฐมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.2 จะเห็นว่าอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (LBZ1 LBZ3 และ LBZ3) มีผลต่างของอุณหภูมิของด้านรับความร้อนกับด้านที่ไม่ได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 20 - 30 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลต่างของอุณหภูมิของอิฐดินลูกรัง LB ทั้งนี้น่าจะเกิดจากการที่อนุภาคนาโนซิงออกไซด์สามารถดูดซับแสงอัลตราไวโอเล็ตซึ่งทำให้ผิววัตถุได้รับแสงอัลตราไวโอเล็ตน้อยลงทั้งในส่วนของยูวีเอ (ความยาวคลื่น 320-400 นาโนเมตร) และยูวีบี (ความยาวคลื่น 290-320 นาโนเมตร) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มีผลต่อคุณสมบัติเชิงความร้อนของอิฐดินลูกรังเช่นเดียวกับอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์



ภาพที่ 4.2 ผลต่างอุณหภูมิของอิฐดินลูกรังกับอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

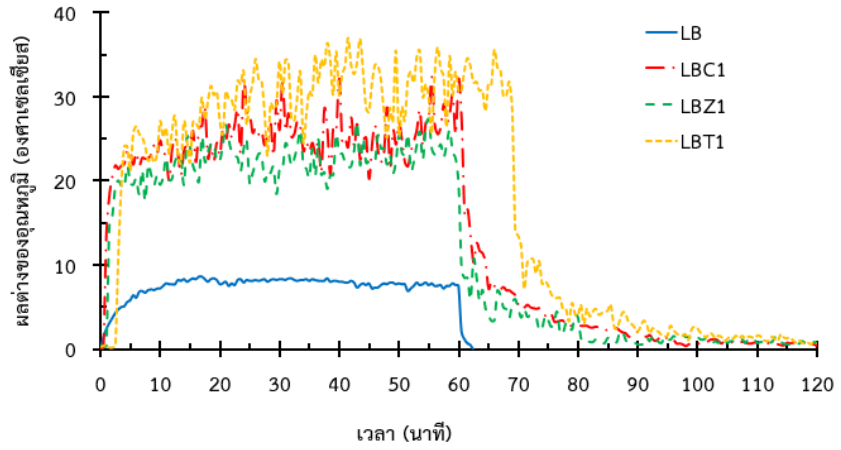
3 อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค

ภาพที่ 4.3 แสดงการเปรียบผลต่างของอุณหภูมิที่ระยะห่าง 10.0 เซนติเมตร จากด้านรับความร้อนกับด้านที่ไม่ได้รับความร้อนของอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค เมื่อ LBC1 LBC2 และ LBC3 คือ อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คปริมาณ 160 360 และ 700 มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาช่วงรับความร้อน ตั้งแต่นาทีที่ 20 ถึงนาทีที่ 60 จะเห็นได้ว่าอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค (LBC3) ปริมาณ 700 มิลลิกรัม มีผลต่างของอุณหภูมิของด้านรับความร้อนกับด้านที่ไม่ได้รับความร้อนประมาณ 30 – 35 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลต่างของอุณหภูมิของอิฐดินลูกรัง (LB) ที่มีค่าประมาณ 8.0 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คผลต่อคุณสมบัติเชิงความร้อนของอิฐดินลูกรัง

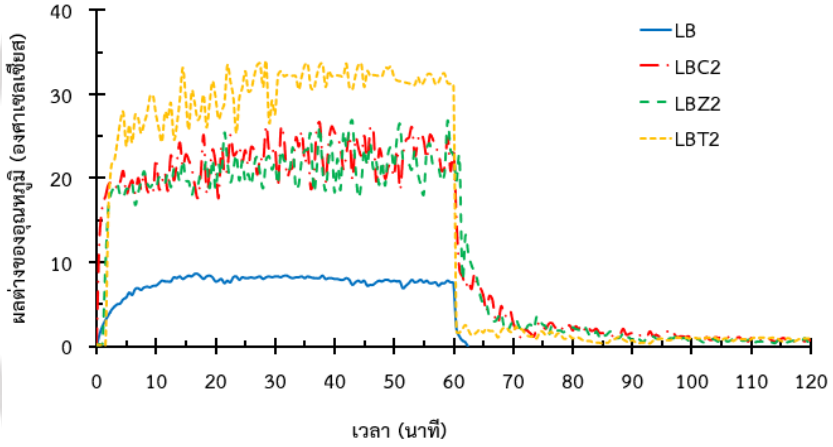


ภาพที่ 4.3 ผลต่างอุณหภูมิของอิฐดินลูกรังกับอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค

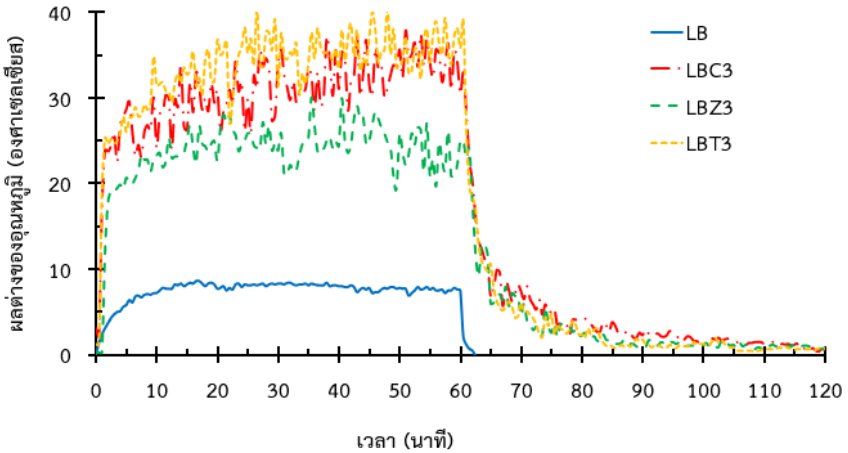
ผลการเปรียบเทียบผลต่างอุณหภูมิของอิฐดินลูกรังที่ผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค ปริมาณ 160 360 และ 700 มิลลิกรัม ดังแสดงในภาพที่ 4.4 (ก) – (ค) จะเห็นว่า อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์มีผลต่างอุณหภูมิซิงค์ออกไซด์มากกว่าผลต่างอุณหภูมิของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค ในขณะที่อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คปริมาณ 160 มิลลิกรัม มีผลต่างของอุณหภูมิสูงกว่ากับอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ปริมาณ 160 มิลลิกรัม เล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 4.4 (ก) แต่อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค ปริมาณ 360 มิลลิกรัมมีผลต่างของอุณหภูมิใกล้เคียง โดยมีค่าประมาณ 20 - 25 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 4.4(ข) และภาพที่ 4.4 (ค) แสดงปริมาณอนุภาคนาโน 700 มิลลิกรัม จะเห็นว่าอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์มีผลต่างอุณหภูมิใกล้เคียงกับอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คโดยมีค่าประมาณ 30 – 38 องศาเซลเซียส



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบปริมาณของอนุภาคนาโนต่อผลต่างอุณหภูมิของอิฐดินลูกรังกับอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน (ก) 160 มิลลิกรัม (ข) 360 มิลลิกรัม และ (ค) 700 มิลลิกรัม

4 สภาพต้านความร้อนของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน

เมื่อนำผลต่างของอุณหภูมิของอิฐดินลูกรัง (LB) และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน ปริมาณ 160 360 และ 700 มิลลิกรัม มาคำวณค่าสภาพต้านทานความร้อน พบว่า อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนทั้งสามชนิดมีค่าสภาพต้านทานความร้อนสูงกว่าอิฐดินลูกรังซึ่งมีค่าสภาพต้านทานความร้อนเฉลี่ย 1.797 ± 0.001 ตารางเมตร-เควินต่อวัตต์ ทั้งนี้อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์มีค่าสภาพต้านทานความร้อนมีค่ามากกว่าอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ทั้งนี้ค่าสภาพต้านทานความร้อนของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปริมาณอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไวด์และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสภาพต้านทานความร้อนเฉลี่ย 1.957 ± 0.015 และ 1.890 ± 0.017 ตารางเมตร-เควินต่อวัตต์ ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสภาพต้านทานความร้อนของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คเพิ่มขึ้นโดยมีค่าสภาพต้านทานความร้อนเฉลี่ย 1.863 ± 0.005 ตารางเมตร-เควินต่อวัตต์

ตารางที่ 4.2 ชนิดของอิฐ ปริมาณอนุภาคนาโนและสภาพต้านทานความร้อนของอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน

ชนิดของอิฐ	ปริมาณอนุภาคนาโน (มิลลิกรัม)	สภาพต้านความร้อน (ตารางเมตร-เควินต่อวัตต์)
อิฐดินลูกรัง	0	1.797
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน ไทเทเนียมไดออกไซด์ (LBT)	160	1.946
	360	1.949
	700	1.974
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาค นาโนซิงค์ออกไซด์(LBZ)	160	1.872
	360	1.892
	700	1.907
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน คาร์บอนแบล็ค(LBC)	160	1.869
	360	1.861
	700	1.860

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน ซึ่งอิฐดินลูกรังหนึ่งก้อนประกอบด้วยดินลูกรังละเอียด 5,000 มิลลิกรัม โฟมปั่นละเอียด 1,700 มิลลิกรัม แกลบบดละเอียด 850 มิลลิกรัม และน้ำสะอาด 50 มิลลิลิตร ในขณะที่อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนจะเจืออนุภาคนาโนผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค ปริมาณ 160 360 และ 700 มิลลิกรัม ทั้งนี้อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนทั้งหมดจะมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันโดยมีค่า 1.70 ± 0.20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน(มผช.602/2547) พบว่า อิฐดินลูกรัง อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และ อนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คปริมาณ 700 มิลลิกรัม มีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ย เท่ากับ 32.40±0.92 36.12±0.92 44.08±0.92 และ 54.70±0.92 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนมีค่ามากกว่าค่ากำลังรับแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602/2547) ที่กำหนดค่ามาตรฐานของกำลังรับแรงอัดไว้ที่ 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ตารางที่ 4.3 ชนิดของอิฐ ปริมาณอนุภาคนาโนและกำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน

ชนิดของอิฐ	ปริมาณอนุภาคนาโน (มิลลิกรัม)	กำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
อิฐดินลูกรัง	0	32.40±0.92
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน ไทเทเนียมไดออกไซด์ (LBT)	160	43.34±0.41
	360	39.88±0.11
	700	36.12±0.92
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์(LBZ)	160	40.36±0.92
	360	41.35±0.13
	700	44.08±0.92
อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค(LBC)	160	47.27±0.92
	360	51.52±0.92
	700	54.70±0.92

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 4.3 แสดงค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรังและอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโน ซึ่งเราจะเห็นได้ว่าอิฐดินลูกรัง มีกำลังรับแรงอัดต่ำที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ย 32.40±0.92 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์จะมีค่ากัลรับแรงอัดลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณอนุภาคนาโนไทเทเนียมเพิ่มขึ้น ในขณะที่ อิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คมีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณอนุภาคนาโน

ทั้งนี้เราน่าจะสามารถสรุปได้ว่าอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็ค อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และอนุภาคนาโนไทเทเนียมมีผลต่อค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐดินลูกรัง โดยอนุภาคนาโนคาร์บอนแบล็คมีผลทำให้อิฐดินลูกรังมีค่ากำลังรับแรงอัดมากที่สุด ในขณะที่อนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์และอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามเราจะเห็นได้ว่าอิฐดินลูกรังและอิฐลูกรังผสมผสมอนุภาคนาโนมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602/2547) ที่กำหนดค่ามาตรฐานของกำลังรับแรงอัดไว้ที่ 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้นสรุปได้ว่าอิฐดินลูกรังผสมอนุภาคนาโนจากงานวิจัยมีคุณสมบัติเทียบเคียงกับวัสดุก่อสร้างชนิดอื่นและสามารถนำไปใช้ได้จริง

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี