การพัฒนาคุณสมบัติด้านฉนวนป้องกันความร้อนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีต โดยใช้น้ำยางพารา

นายกิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล

ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2560

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

การพัฒนาคุณสมบัติด้านฉนวนป้องกันความร้อนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีต โดยใช้น้ำยางพารา

นายกิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล

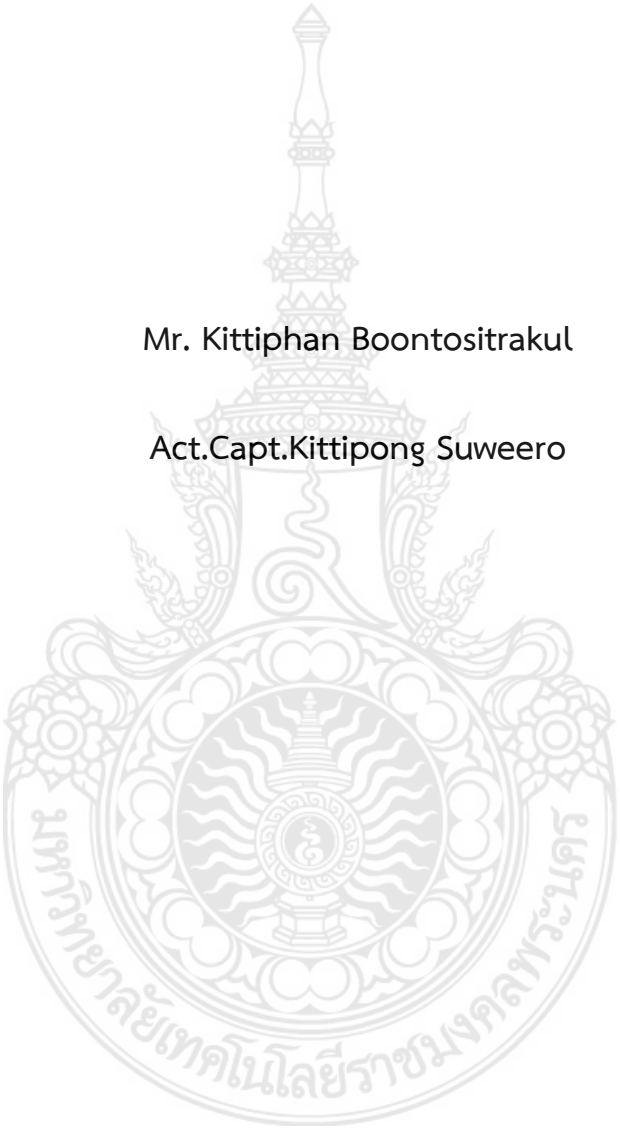
ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2560
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

Development of Thermal Insulation Properties of Concrete Roof Tile by Using Para Latex

Mr. Kittiphan Boontositrakul

Act.Capt.Kittipong Suweero



This Report is Funded by Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Faculty of Industrial Education Fiscal 2017

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาคุณสมบัติด้านฉนวนป้องกันความร้อนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีต
โดยใช้น้ำยางพารา
ผู้วิจัย : นายกิตติพันธ์ บุญโตสิตระกูล
ผู้ร่วมวิจัย : ว่าที่ร้อยเอกกิตติพงษ์ สุวีโร
พ.ศ. : 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น โดยโดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: ทรายละเอียด : น้ำยากันซึม : น้ำประปา: สารเร่งการก่อตัว : สารลดแรงตึงผิว เท่ากับ 1 : 2.75 : 0.03 : 0.30 : 0.03 : 0.04 โดยน้ำหนัก และเติมน้ำยางธรรมชาติในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1: น้ำยางธรรมชาติ เท่ากับ 1 : 0 , 1 : 0.025 , 1 : 0.05 , 1 : 0.075 และ 1 : 0.10 ขึ้นรูปด้วยเครื่องกดอัดที่อุณหภูมิปกติ พบว่า ปริมาณที่เหมาะสมของน้ำยางธรรมชาติ สำหรับผสมเสริมในแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีต คือ อัตราส่วน 1 : 0.025 โดยการทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.535-2556 มีการทดสอบ 4 ด้านคือ การทดสอบมิติ การทดสอบความต้านแรงกดตามขวาง การทดสอบการดูดซึมน้ำ และการทดสอบความไม่รั่วซึมน้ำ ซึ่งค่าที่ได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และมีสภาพนำความร้อนต่ำ เพิ่มความเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับแผ่นหลังคาได้เป็นอย่างดี สามารถนำต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ และสามารถนำน้ำยางธรรมชาติหรือน้ำยางพาราที่มีจำนวนมากในท้องถิ่น มาใช้เกิดประโยชน์และมีมูลค่าได้มากขึ้น

คำสำคัญ : กระเบื้องหลังคาคอนกรีต, น้ำยางพารา, ปูนซีเมนต์, ฉนวนป้องกันความร้อน, ความหนาแน่น

Abstract

The purpose of this research is to improve the physical and mechanical qualities of natural rubber latex tiles. Water: surfactant: surfactant: 1: 2.75: 0.03: 0.30: 0.03: 0.04 by weight and added with natural latex. In the ratio of Portland Cement Type 1: Natural Latex is 1: 0, 1: 0.025, 1: 0.05, 1: 0.075 and 1: 0.10. Formed with compression presses at normal temperatures, it was found that the optimum amount of natural latex For concrete reinforced concrete tiles, the ratio is 1: 0.025. The tests in accordance with Thai Industrial Standard TIS 535-2556 are tested in 4 aspects. Dimensional stress test Water absorption test And waterproofness testing The value has passed the benchmark. And low thermal conductivity. Increasing the insulation of the roof as well. Can be used as a prototype product tile, concrete roof, natural latex. To produce commercially And there can be many local latex or rubber latex. To be more useful and valuable.

Keywords: concrete roof tiles, rubber, cement, insulation, heat resistance, density

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎี	5
2.2 รังสีดวงอาทิตย์และความร้อน	5
2.3 ต้นกำเนิดและการถ่ายเทรังสีความร้อน	6
2.4 การแลกเปลี่ยนความร้อน	6
2.5 กระเบื้องหลังคาคอนกรีต	8
2.6 ปูนซีเมนต์	11
2.7 คอนกรีต	14
2.8 น้ำยางพารา	14
2.9 กรอบแนวความคิด	17
2.10 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	21
3.2 การออกแบบตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีต	25
3.3 การเตรียมตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีต	25
3.4 การทดสอบชิ้นวัสดุตัวอย่าง	25
3.5 การทดสอบชิ้นวัสดุตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ	26
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	
4.1 ผลการทดสอบความหนาแน่น	30
4.2 ผลการทดสอบดูดซึมน้ำ	31
4.3 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัด	31
4.4 ผลการทดสอบสภาพนำความร้อน	32
4.5 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไป	33
4.6 การวัดขนาดกว้างใช้งานของกระเบื้องและความยาว	34
4.7 ทดสอบส่วนเกาะระแนงและความได้ฉาก	35

4.8 ทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้อง (distortion) 35
4.9 ทดสอบแรงกดแตกตามขวาง 36
4.10 ทดสอบสภาพการซึมผ่านได้ของแผ่นกระเบื้อง 37
4.11 ทดสอบการใช้งานจริงเปรียบเทียบวัดอุณหภูมิ 38
4.12 ผลการเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่ 38
บทที่ 5 สรุป และ ข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผล 39
5.2 ข้อเสนอแนะ 39
เอกสารอ้างอิง 40
ภาคผนวก 42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	หลังคากระเบื้องคอนกรีต (โมเนีย)	1
1.2	ลักษณะของหลังคากระเบื้องคอนกรีต	2
1.3	การติดตั้งแผ่นฉนวนกันความร้อนใต้หลังคากระเบื้องคอนกรีต	2
1.4	ปฏิกิริยาของน้ำยางพาราที่มีต่อส่วนผสมของคอนกรีต	3
2.1	ตัวอย่างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตที่ได้รับรองมาตรฐานคุณภาพ	9
2.2	ตัวอย่างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตที่ได้รับรองมาตรฐานคุณภาพ	9
2.3	ส่วนประกอบของกระเบื้องคอนกรีต	10
2.4	กรอบแนวความคิด	17
3.1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	21
3.2	น้ำยางข้น 60%	21
3.3	สารลดแรงตึงผิว ชนิดไม่มีประจุ	22
3.4	แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)	22
3.5	น้ำยากันซึม	23
3.6	สีทาหลังคา	23
3.7	แบบหล่อแผ่นกระเบื้องคอนกรีต	24
3.8	เครื่องชั่งน้ำหนัก	24
3.9	การดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ	26
3.10	การทดสอบความต้านทานแรงอัดของก้อนตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ	26
3.11	การตรวจสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ	27
3.12	การทดสอบวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อน	27
3.13	ทดสอบส่วนเกาะระแนงและความได้ฉาก	28
3.14	ทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้องหลังคา	28
3.15	ทดสอบแรงกดแตกตามขวางของแผ่นกระเบื้องหลังคา	29
4.1	ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ที่อัตราส่วนต่างๆ	30
4.2	การดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ	31
4.3	การทดสอบความต้านทานแรงอัด ของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ	32
4.4	ผลทดสอบสภาพนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ	33
4.5	ลักษณะทั่วไปของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ	34
4.6	การทดสอบส่วนเกาะระแนงและความได้ฉาก ของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีต	35
4.7	การทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติตามมาตรฐาน มอก.535-2556	36

4.8 ผลการทดสอบแรงกดแตกตามขวางของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ 37
4.9 ทดสอบการใช้งานจริงเปรียบเทียบวัดอุณหภูมิ 38

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องกระเบื้องหลังคาคอนกรีต (มอก.535-2540) 10
2.2 สารประกอบและสมบัติของ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ถึง 5 12
3.1 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตโดยใช้น้ำยางพารา 25
4.1 การทดสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ 34
4.2 ผลการทดสอบการวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ 34
4.3 ผลการทดสอบทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ 36

ตารางผนวกที่

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาอัตราการใช้พลังงานในประเทศไทยเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 13 ต่อปี และมีแนวโน้มว่าจะยังคงเพิ่มขึ้นต่อไปในอัตราสูง ด้วยเหตุที่ความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับแหล่งพลังงานภายในประเทศมีจากัด จึงจำต้องอาศัยการนาเข้าเป็นจำนวนมาก ทำให้สัดส่วนการพึ่งพาจากต่างประเทศสูงกว่าร้อยละ 60 เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานทั่วทั้งประเทศคิดเป็นเงินตราต่างประเทศที่สูญเสียไปกว่าปีละ 155,000 ล้านบาท (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) โดยส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากภาวะโลกร้อน (ดิเรกฤทธิ์, 2544) ที่ส่งผลภาระงานของเครื่องปรับอากาศที่สิ้นเปลืองมากขึ้น จากการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ พบว่า การลดอุณหภูมิภายในตัวอาคาร 1 องศาเซลเซียสจะช่วยให้สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้กว่าร้อยละ 10 (เฉลิมเดช, 2546) โดยเฉพาะการป้องกันความร้อนจากหลังคา ซึ่งเป็นส่วนของออาคารที่รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (วินัย, 2537) และเกิดการส่งผ่านความร้อนมากที่สุด (ทัต, 2545)

รูปที่ 1.1 หลังคากระเบื้องคอนกรีต (โมเนีย)

หลังคาของอาคารในปัจจุบัน มีอยู่หลายชนิดแบ่งตามลักษณะและเนื้อของวัสดุ เช่น กระเบื้องลูกฟูก กระเบื้องลอนคู่ กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องดินเผา กระเบื้องสังกะสี เป็นต้น (พงศ์พัน และ วรพงศ์, 2548) แต่หลังคาที่นิยมมากที่สุด คือ หลังคากระเบื้องคอนกรีต (โมเนีย) (รูปที่ 1 และ 2) เนื่องจากหลังคาชนิดนี้ มีสีสันสวยงาม คงทน เก็บเสียงดี และสามารถติดตั้งได้ง่าย แต่ปัญหาของหลังคาชนิดนี้ คือ ความร้อนที่ส่งผ่านลงมาในอาคารมีค่อนข้างมาก เพราะเนื้อหลังคาผลิตมาจากคอนกรีต ซึ่งมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ไม่ดี จึงทำให้หลังคาชนิดนี้ มักมีการติดฉนวนกันความร้อนพร้อมกันไปด้วย (รูปที่ 3) ซึ่งแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ติดก็มีหลายชนิดให้เลือกตามแต่คุณภาพและราคา เช่น ฉนวนใยแก้วหุ้มฟอยล์ที่สามารถกันน้ำและลดการส่งผ่านความร้อนได้ ราคาประมาณ 350 บาทต่อตารางเมตร แต่มีอายุการใช้งานเพียง 5 ปี หรือฉนวนโพลียูเรเทนที่มีคุณภาพดีกว่าแต่ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากกว่า คือ ประมาณ 500 บาทต่อตารางเมตร เป็นต้น จะเห็น

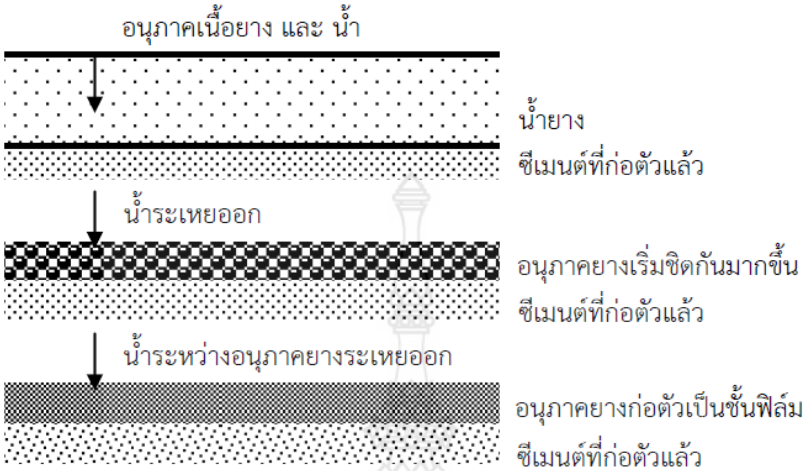
ว่า การติดตั้งฉนวนกันความร้อนนั้น จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง และเสียระยะเวลาในการก่อสร้างที่ยาวนานขึ้นด้วย

รูปที่ 1.2 ลักษณะของหลังคากระเบื้องคอนกรีต

รูปที่ 1.3 การติดตั้งแผ่นฉนวนกันความร้อนใต้หลังคากระเบื้องคอนกรีต

จากสมบัติของน้ำยางพาราหรือน้ำยางธรรมชาติที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน น้ำหนักเบา ยืดหยุ่นสูง และทึบน้ำ (ประชุม, 2549) ประกอบกับปัญหาด้านราคายางพาราตกต่ำต่อเนื่อง ทำให้เกษตรกรที่เพาะปลูกมากกว่า 12.3 ล้านไร่ ต้องขาดทุน (ชวลิต, 2554) ทั้งนี้ เป็นผลมาจากการส่งออกยางพาราของไทยเกือบทั้งหมด เป็นการส่งออกยางพาราเป็นวัตถุดิบ ทำให้ราคายางพาราต้องขึ้นกับราคายางสังเคราะห์และไม่มีเสถียรภาพ (สด, 2550) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีการนายางพารามาเป็นส่วนประกอบ จึงเป็นเรื่องจาเป็นเร่งด่วนและเป็นนโยบายของรัฐบาล เหล่านี้ นำมาสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หลังคากระเบื้องคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ที่สามารถใช้งานมุงหลังคาได้ โดยไม่ต้องติดตั้งแผ่นฉนวนป้องกันความร้อนเพิ่มเติม ซึ่งน้ำยางพาราที่ผสมนี้ จะทำปฏิกิริยาแบบเสริมกันกับส่วนผสมของคอนกรีต เพื่อให้ได้แผ่นกระเบื้องคอนกรีตที่ทึบน้ำ เป็นฉนวนป้องกันความร้อน และน้ำหนักเบา ในขณะที่ยังคงแข็งแรงไม่ต่างจากกระเบื้องคอนกรีตทั่วไป โดยสามารถแบ่งปฏิกิริยาดังกล่าว ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) จากซีเมนต์ผสมกับน้ำ ทำให้ได้เนื้อคอนกรีตที่มีความแข็ง รับแรงต่างๆ ได้ดี และส่วนปฏิกิริยาการก่อตัวเป็นฟิล์ม (Film) ของ

ยางพารา ซึ่งเกิดจากอนุภาคของโพลิเมอร์มารวมตัวกัน (Coalesce) การก่อตัวของชั้นฟิล์มนี้ จะทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานหรือตัวยึด (Binder) และอุดช่องว่างระหว่างมวลรวมได้ดี ช่วยให้เนื้อคอนกรีตทึบน้ำ และเป็นฉนวนป้องกันความร้อน (Ohama, 1987) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 1.4 ปฏิกิริยาของน้ำยางพาราที่มีต่อส่วนผสมของคอนกรีต

ดังนั้น โครงการการพัฒนาคุณสมบัติด้านฉนวนป้องกันความร้อนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตโดยใช้น้ำยางพารา จึงเป็นโครงการที่ตอบสนองนโยบายรัฐบาลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำยางพารา รวมทั้งเป็นการปรับปรุงและพัฒนาสมบัติของกระเบื้องหลังคาคอนกรีต (โมเนีย) ในปัจจุบันให้มีสมบัติที่ดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการทึบน้ำที่สูงขึ้น น้ำหนักที่เบาลง ตลอดจนประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งมีส่วนช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคาร และทำให้ประหยัดพลังงานจากการใช้งานเครื่องปรับอากาศได้ดี นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนายังมีบริษัทเอกชนให้การสนับสนุนเพื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

1.2.2 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

1.2.3 เพื่อศึกษาผลการใช้งานจริงของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางพาราเปรียบเทียบกับกระเบื้องหลังคอนกรีตทั่วไป

1.2.4 เพื่อส่งเสริมการนำน้ำยางพารามาใช้ประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์ตามนโยบายของรัฐบาล

1.2.5 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางพาราให้แก่ผู้สนใจสาหรับนำไปใช้เชิงพาณิชย์

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ออกแบบอัตราส่วนผสมของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (โมเนีย) จำนวนไม่น้อยกว่า 5 อัตราส่วน

1.3.2 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นวัสดุประสานสำหรับการขึ้นรูปกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

1.2.3 ใช้น้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ สูตรถุงมือแพทย์ จากกรมวิชาการเกษตร เป็นสารผสมเพิ่มสำหรับพัฒนาสมบัติของกระเบื้องหลังคาคอนกรีต

1.3.4 ใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้ากันได้ของปูนซีเมนต์และน้ำยางพารา สำหรับกระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องหลังคาคอนกรีต

1.3.5 ใช้น้ำยากันซึม หรือปูนขาว ในการช่วยให้กระเบื้องหลังคาคอนกรีตทึบน้ำ

1.3.6 ใช้สีน้ำมันทาเคลือบผิวชั้นบน เพื่อความสวยงาม และเพิ่มอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น

1.3.7 ใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดกระเบื้องหลังคาคอนกรีต

1.3.8 ทดสอบสมบัติทางกล และสมบัติทางกายภาพของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ตามมาตรฐาน มอก.535-2540 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา (สมอ., 2540)

1.3.9 ทดสอบความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน โดยอ้างอิงจากค่าสัมประสิทธิ์การนาความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C177 (ASTM, 2013)

1.3.10 ทดสอบการใช้งานจริง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางพารา และกระเบื้องหลังคาคอนกรีตทั่วไป ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบกระบวนการผลิตแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตที่มีน้ำยางพาราเป็นสารผสมเพิ่ม

1.4.2 สามารถขึ้นรูปต้นแบบแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตที่มีน้ำยางพาราเป็นสารผสมเพิ่มได้

1.4.3 ทราบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ที่มีน้ำยางพาราเป็นสารผสมเพิ่ม

1.4.4 ทราบประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตที่มีน้ำยางพาราเป็นสารผสมเพิ่ม

1.4.5 ทราบผลการใช้งานจริงของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางพารา เปรียบเทียบกับกระเบื้องหลังคาคอนกรีตทั่วไป

1.4.6 ได้ผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตที่มีน้ำยางพาราเป็นสารผสมเพิ่มไปผลิตใช้ในเชิงพาณิชย์

1.4.7 สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับน้ำยางพารา

1.4.8 พัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านวัสดุในงานก่อสร้างที่ช่วยประหยัดพลังงาน

1.4.9 สร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ จากยางพารา

1.4.10 ช่วยลดปัจจัยเสี่ยงและชะลอการเกิดสภาวะโลกร้อน

1.4.11 ได้นักวิจัยหน้าใหม่ด้านวัสดุศาสตร์และเทคโนโลยีการยาง

1.4.12 ได้บทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ/การประชุมสัมมนาวิชาการ ทั้งในประเทศหรือต่างประเทศ

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

งานวิจัยครั้งนี้เกี่ยวข้องกับแหล่งที่มาของความร้อน การป้องกันความร้อนของอาคาร และวัสดุผสมเพิ่มที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน เป็นหลัก จึงได้รวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าวมา 3 เรื่องหลักๆ พอเข้าใจ ดังต่อไปนี้

- รังสีดวงอาทิตย์และความร้อน
- กระเบื้องหลังคาคอนกรีต (โมเนีย)
- ปูนซีเมนต์
- น้ำยางพารา

2.2 รังสีดวงอาทิตย์และความร้อน

พลังงานที่ได้พบหรือได้ยินในชีวิตประจาวันต่างๆ ทั้งหมดจะอยู่ในรูปของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีรูปแบบต่างๆ กัน และมีชื่อเรียกตามรูปแบบของพลังงานโดยเรียงตามลำดับความถี่ของพลังงานจากความถี่ต่ำไปถึงความถี่สูงได้ดังต่อไปนี้ คือ ไฟฟ้า เสียง คลื่นวิทยุโทรทัศน์ รังสี อินฟราเรด แสงที่มองเห็นได้ รังสีอัลตราไวโอเลตหรือรังสียูวี และรังสีแกมมา และรังสีคอสมิก และเป็นที่รู้กันโดยทั่วไปว่า แหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญของโลกและมนุษย์ก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นรังสีคลื่นสั้น ซึ่งก็เป็นพลังงานในรูปสนามแม่เหล็กเช่นกัน และจะได้อธิบายในรายละเอียดต่อไปในเรื่องประเภทของรังสี (กฤษณ์ และคณะ, 2548)

1) ประเภทของรังสีความร้อน

ประเภทของรังสี สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ รังสีคลื่นสั้น และรังสีคลื่นยาว

1.1) รังสีคลื่นสั้น (Short wave) คือ รังสีความร้อนที่อยู่ในแสงสว่าง เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ รังสีชนิดนี้มีคุณสมบัติ คือ มีอุณหภูมิสูง สามารถทะลุผ่านกระจก และสามารถสะท้อนได้ดีสาหรับวัสดุที่มีผิวมันและสีอ่อน ส่วนวัสดุสีดำสามารถดูดซับรังสีประเภทนี้ได้ดี รังสีคลื่นสั้นหรือแสงจากดวงอาทิตย์ สามารถแยกออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1.1.1) รังสีอัลตร้าไวโอเลต (Ultra Violet) หรือรังสี UV

- เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.29-0.4 ไมโครเมตร (μm) หรือไมครอน
- เป็นรังสีที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผิวหนัง และทำให้สีของเครื่องใช้ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป
- มีสัดส่วนเป็น 9% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด

1.1.2) รังสีที่มนุษย์สามารถมองเห็น (Visible Light)

- เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.4-0.7 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่สายตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้
- เป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของแสง ได้แก่ สีม่วง สีคราม สีน้าเงิน สีเขียว สีเหลือง สีแสด และสีแดง ซึ่งทาให้มนุษย์เรามองเห็นวัตถุต่างๆ ได้
- มีสัดส่วนเป็น 38% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด

1.1.3) รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (Near Infrared Ray; NIR)

- เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.7-3.5 ไมโครเมตร
- เป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของความร้อนซึ่งเรารู้จักกันดี และเป็นพลังงานส่วนใหญ่ของพลังงานจากแสงอาทิตย์ กล่าวคือ มีสัดส่วนถึง 53% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อเราสัมผัสกับแสงอาทิตย์เราจึงรู้สึกร้อน

1.2) รังสีคลื่นยาว (Long Wave) คือ รังสีที่เกิดขึ้นเมื่อรังสีคลื่นสั้นกระทบกับวัสดุทึบแสง หรือส่งผ่านวัสดุไป รังสีคลื่นสั้นจะเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว โดยมีความยาวคลื่นประมาณ 3,000 นาโนเมตรขึ้นไป เป็นผลทำให้วัสดุนั้นๆ มีอุณหภูมิสูงขึ้น การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (Conductivity) รังสีนี้มีคุณสมบัติคือ เป็นรังสีที่ไม่สามารถมองเห็น แต่สามารถสะท้อนได้ดีกับวัสดุที่มีผิวมัน

2.3 ต้นกำเนิดและการถ่ายเทรังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่ออาคาร มีอยู่หลายลักษณะตามชนิดของต้นกำเนิดและลักษณะการถ่ายเท

1) คลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์
2) รังสีคลื่นสั้นแผ่กระจาย
3) คลื่นรังสีสะท้อนจากพื้นดิน หรือสิ่งใกล้เคียงที่ร้อน
4) คลื่นรังสียาวที่อาคารแผ่กลับให้บรรยากาศ

คลื่นรังสีจากดวงอาทิตย์กับคลื่นรังสีแผ่กระจาย รวมกันเรียกว่า คลื่นรังสีรวม หรือการแผ่รังสีรวม (Total Radiation) ซึ่งมีความสำคัญในการพิจารณาเรื่อง ความร้อนด้านต่างๆ ของอาคาร SOL-AIR และการควบคุมอุณหภูมิของอาคาร เป็นต้น

ส่วนการแผ่รังสีความร้อนจากสิ่งที่อยู่ใกล้เคียง โดยปกติพื้นที่แนวนอนจะได้รับรังสีเป็น 2 เท่า ของทางแนวตั้ง ในช่วงเวลาที่เกิดความร้อนวิกฤติ (Overheat Period) เช่น จาก 14.00 น.-16.00 น. ฉะนั้นอาคารข้างเคียง ส่วนของอาคารหรือแนวพื้นระดับนอน จะสะท้อนความร้อนจานวนมหาศาลเข้ามาในอาคารโดยง่าย

ดังนั้นพื้นผิวในแนวนอนจึงเป็นแหล่งสะท้อนความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวที่ได้รับรังสีและความสามารถในการสะท้อนรังสีของสภาพแวดล้อมเหล่านั้น ในการออกแบบอาคารที่ต้องการลดปริมาณความร้อนที่จะสะท้อนเข้าสู่อาคาร จึงควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนรังสีต่ำทาพื้นผิวบริเวณรอบอาคาร

2.4 การแลกเปลี่ยนความร้อน

การแลกเปลี่ยนความร้อนมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

1) การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากแหล่งที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าระหว่างโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงกัน หรือสสารที่สัมผัสกัน โดยการสั่นสะเทือนของโมเลกุล เมื่อโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเกิดการสั่นสะเทือน และถ่ายเทพลังงานไปสู่โมเลกุลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยตัวกลาง

ไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนเกิดขึ้นทุกทิศทุกทางไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก และจะเกิดขึ้นจนกว่าทุกจุดจะมีอุณหภูมิเท่ากัน

การนำความร้อนจะแปรผันตามความหนาแน่นของวัสดุ วัสดุที่มีความหนาแน่นสูงจะมีค่าการนำความร้อนสูงตามไปด้วย คือเป็นวัสดุที่นำความร้อนดีด้วย เช่น คอนกรีต อิฐหิน ที่มีการนำความร้อนสูง แต่ยังต่ำกว่าวัสดุจำพวกโลหะ วัสดุ เช่น ไม้ วัสดุที่มีรูพรุน (Porous Material) อากาศ จะมีการนำความร้อนที่ต่ำ

$$\text{Thermal Conductance} = K * D \qquad (1)$$

เมื่อ Thermal Conductance = ค่าการนาความร้อนของวัสดุ (Btu/hr.ft2)

K = ค่า Thermal Conductivity (Btu/hr.lb.°F)

D = ค่าความหนาแน่นของวัสดุ (lb.°F)

ค่า Thermal Conductance คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุชนิดหนึ่ง หรือที่ประกอบกัน มีความหนาแน่นค่าหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา ในที่นี้คือ จานวนบีทียูต่อชั่วโมง คือ ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีพื้นที่หนึ่งตารางฟุต เมื่ออุณหภูมิลดลงหนึ่งองศาฟาเรนต์ไฮต์

ค่า Thermal Conductivity คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน ผ่านวัสดุชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นหนึ่งในหน่วยเวลาหนึ่ง ในที่นี้คือจานวนบีทียูต่อชั่วโมงที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีพื้นที่หนึ่งตารางฟุต หนาแน่นหนึ่งนิ้ว เมื่ออุณหภูมิลดลงหนึ่งองศาฟาเรนไฮต์

2) การพาความร้อน (Convection) คือ การที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านตัวการกลาง เช่น อากาศ น้ำ ซึ่งจะเป็นตัวกลางทำหน้าที่พาเอาความร้อนมากระทบที่ผิวของวัสดุ ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น

ข้อแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อน คือ ชนิดของโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ ในกระบวนการนำความร้อนโมเลกุล ไม่มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่ง แต่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับโมเลกุลอื่นๆ โดยการสั่นสะเทือนหรือการชนต่อเนื่องกันไป สำหรับการพาพลังงานความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับโมเลกุลอื่นๆ โดยการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของโมเลกุลของของไหลที่เป็นตัวกลางเมื่อได้รับความร้อน ตัวอย่างการพาความร้อนที่พบได้ทั่วไป (Natural Convection) ได้แก่การไหลเวียนของอากาศภายในห้อง เมื่ออากาศได้รับความร้อนโมเลกุลของมันจะเกิดการเคลื่อนที่ห่างออกจากกันมากขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศลดลง อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะไหลเข้าไปแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า และเนื่องจากการพาความร้อนขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก ทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจึงไหลขึ้นบนเสมอ

ดังนั้นจะพบว่า ลมเป็นตัวการที่สำคัญที่สุดในการพาความร้อนไปสู่ที่ต่างๆ จากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ และอาจตั้งสมมติฐานได้ว่า ลมเป็นตัวกลางที่ทำให้อุณหภูมิผิววัสดุต่ำลง

3) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือการที่ความร้อนจากแหล่งกำเนิด เช่น ดวงอาทิตย์ แผ่คลื่นความร้อนออกมากระทบผิวของวัสดุ โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางใด การแผ่รังสีความร้อน คือการถ่ายเทรังสีความร้อนโดยไม่อาศัยตัวกลาง รังสีความร้อนสามารถถูกสกัดกั้นโดยการใช้วัสดุที่มีผิวมันเงา วัสดุต่างชนิดกันจะมีค่าการดูดซับและการสะท้อนรังสีแตกต่างกัน เมื่อวัสดุหนึ่งมีค่าการดูดซับมากจะมีค่าการสะท้อนรังสีต่ำ

4) การกระทำความร้อนของผิววัสดุ

เมื่อรังสีความร้อน ตกกระทบที่พื้นผิววัสดุ วัสดุจะมีพฤติกรรมตอบต่อรังสีความร้อน ซึ่งโดยปกติวัสดุจะมีคุณสมบัติด้านการกระทาความร้อน ดังนี้

- ความสามารถในการดูดซับรังสีความร้อน α (Absorptivity) คือคุณสมบัติผิวและเนื้อของวัสดุที่กักเก็บความร้อนไว้

- ความสามารถในการสะท้อนรังสีความร้อน ρ (Reflectivity) คือคุณสมบัติที่ผิวของวัสดุที่สามารถสะท้อนรังสีความร้อนกลับออกไปเมื่อรังสีมากระทบกับวัสดุ

- ความสามารถในการแผ่รังสีความร้อน ε (Emissivity) คือคุณสมบัติที่วัสดุสามารถกักเก็บความร้อนไว้แล้วแผ่รังสีกลับออกมากระทบกับวัสดุ หรือเรียกว่า Re-Radiation

- ความสามารถในการส่งผ่านรังสีความร้อน τ (Tranmitivity) คือคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถถ่ายเทความร้อนผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้

และโดยปกติแล้ว วัสดุเนื้อเดียวกัน (Homogeneous Body) เมื่อได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ จะมีการดูดซับ (α) การสะท้อนกลับ (ρ) และการส่งผ่าน (τ) รังสีพลังงานที่มีความยาวคลื่น ผลรวมของรังสีเท่ากับ 1 ดังสมการ

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \qquad (2)$$

ρ = การสะท้อนรังสีจากพื้นผิว (ไม่มีหน่วย)
α = การดูดซับรังสีโดยพื้นผิว (ไม่มีหน่วย)
τ = การส่งผ่านรังสีผ่านวัสดุ (ไม่มีหน่วย)

ตัวอย่างเช่น เมื่อวัตถุทึบแสง (Opaque Body) ได้รับรังสีความร้อนจนมีอุณหภูมิถึงจุดหนึ่งโดยรังสีที่ถูกดูดซับ (Solar Absorptance) ส่วนหนึ่งจะแปลงเป็นพลังงานความร้อนและมีการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น ความร้อนที่เติมเข้าไปจะทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากนั้นบางส่วนจะคายรังสีคลื่นยาว (Long-wave Emittance) ออกผิวของวัตถุ ซึ่งเป็นผลจากการเปล่งรังสีที่ระดับความลึกใกล้ผิวเท่านั้น เรียกว่า “Surface Phenomenon” เช่น ความลึกจากผิว 1 μm. ได้แก่ โลหะ ไม้ และหิน ฉะนั้นผลรวมรังสีความร้อนของวัตถุทึบแสงดังสมการ

เมื่อโลกไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์แล้ว ความร้อนบนผิววัสดุจะส่งพลังงานกลับสู่ท้องฟ้า หรือ เรียกว่า การคายรังสีความร้อนสู่ท้องฟ้า (ε) ตามสมดุลของอุณหภูมิของโลกและบรรยากาศ ดังนั้นคุณสมบัติ อีกประการหนึ่งของวัสดุได้แก่ การคายรังสีความร้อน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ผิววัสดุ ซึ่งได้กักเก็บความร้อนไว้ใน ช่วงเวลากลางวัน การคายรังสีกลับคืนสู่ท้องฟ้า หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Re-radiation ซึ่งจะเกิดขึ้นใน ช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีรังสีดวงอาทิตย์

เมื่อการสูญเสียรังสีคลื่นยาวหรือความร้อนออกจากวัสดุบนพื้นโลกเกิดขึ้นในช่วงเวลา กลางคืน มีผลทาให้วัสดุมีอุณหภูมิลดลงได้มากที่สุด ดังนั้นค่าการคายรังสีคลื่นยาวจึงมีอิทธิพลมากที่สุดต่อ พื้นผิววัสดุ ค่าการคายความร้อนขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผิววัสดุซึ่งมีค่าต่างกันไป

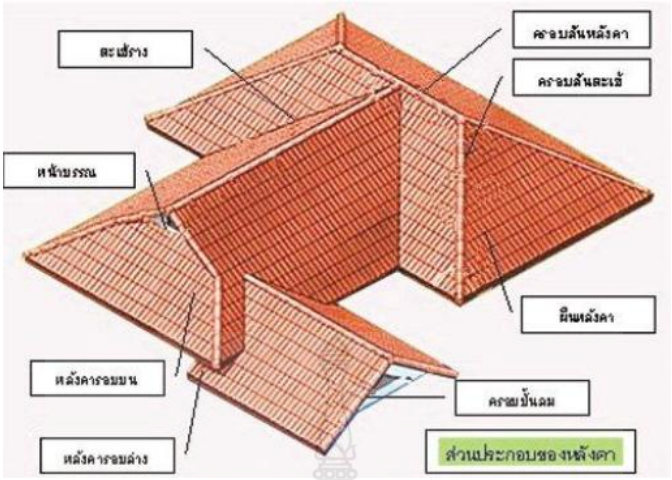
2.5 กระเบื้องหลังคาคอนกรีต

กระเบื้องหลังคาคอนกรีต หมายถึง กระเบื้องที่ทำมาจากทรายผสมกับซีเมนต์และน้ำ เมื่อ คลุกเคล้าให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำมาเข้าเครื่องอัดให้เป็นรูปร่างที่ต้องการ การอัดด้วยแรงคน โดย ใช้เครื่องที่มีก้านโยกเพื่อผ่อนแรง หรือเครื่องจักร ส่วนผสมระหว่างซีเมนต์ต่อทราย อยู่ระหว่าง 1: 3 ถึง 1: 4 โดยปริมาตร เมื่ออัดและนำออกจากเครื่องแล้ว จะต้องนำมาวางบ่มให้ซีเมนต์แข็งตัว ประมาณ 3-7 วัน จึงจะ นำไปใช้การได้ รูปลักษณะ

ของกระเบื้องซีเมนต์มีทั้งรูปสี่เหลี่ยม ที่ส่วนบนของแผ่นมีสันเป็นแนวตลอดยกสูง ประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร เพื่อให้ยึดเกาะกับระแนงในเวลาที่มุงแล้ว กระเบื้องซีเมนต์อาจมีทั้งสีซีเมนต์ สีน้ำ เงิน สีแดง สีเหลือง สีเขียว เมื่อต้องการจะให้เป็นสีใด ก็ให้ทำสีลงไปเมื่ออัดเป็นแผ่นแล้วและปาดให้สีเรียบ เสมอกัน

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตที่ได้รับรองมาตรฐานคุณภาพ

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตที่ได้รับรองมาตรฐานคุณภาพ



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของกระเบื้องคอนกรีต

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม ได้ออก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องกระเบื้องหลังคาคอนกรีต (มอก.535-2540) (สมอ., 2540) โดยมีรายละเอียดการทดสอบและค่ามาตรฐาน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องกระเบื้องหลังคาคอนกรีต (มอก.535-2540)

การทดสอบ	**ค่ามาตรฐาน**
1. การทดสอบมิติ	1. ความกว้างและความยาวต้องไม่ต่างจากขนาดที่ผู้ทำกำหนดไว้เกิน ± 3 มิลลิเมตร 2. ความหนาวัดที่ภาคตัดขวางใด ๆ ต้องไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร ยกเว้นรางลิ้นที่ขอบด้านข้างต้องหนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร 3. ระยะซ้อนทับของรางลิ้น ที่ขอบด้านข้าง ต้องไม่น้อยกว่า 2 5 มิลลิเมตร 4. ส่วนเกาะระแนงต้องมี 2 แห่ง แต่ละแห่งต้องมีฐานกว้างไม่น้อยกว่า 32 มิลลิเมตรและหนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร 5. ความลึกของส่วนเกาะระแนง วัดจากผิวล่าง ต้องไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร 6. หากมีการเจาะรูระแนง รูตะปูต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 5 ถึง 8 มิลลิเมตร ตำแหน่งศูนย์กลางของรูตะปูห่างจากเส้นฐานด้านในของส่วนเกาะระแนง ต้องไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 16 มิลลิเมตร และห่างจากขอบด้านข้าง

	ของกระเบื้องไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร
2. การทดสอบความต้านแรงกดตามขวาง	ต้องไม่น้อยกว่า 450 นิวตัน
3. การทดสอบการดูดซึมน้ำ	ไม่เกินร้อยละ 10
4. การทดสอบความไม่รั่วซึมน้ำ	ต้องไม่ปรากฏหยดน้ำใต้แผ่นกระเบื้อง

2.6 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ เป็นวัตถุดิบที่นิยมมากที่สุดของวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่ง โดยนำมาผสมเข้ากับมวลมวลละเอียด มวลรวมหยาบ และน้ำ จะได้เป็นคอนกรีต ทั้งนี้รายละเอียดของปูนซีเมนต์ สามารถแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ ได้ ดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามมาตรฐาน ASTM C 150 ได้กำหนดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับงานก่อสร้างได้ 5 ชนิด (ชัชวาล, 2552) ดังนี้

1.1) ชนิด 1 Normal Portland Cement บางที่เรียก Standard Portland cement เป็นชนิดมาตรฐานเหมาะที่จะให้กับงานก่อสร้างทั่งไปโดยเฉพาะงานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete) ในงานอาคาร สะพาน ผิวถนน ลานบิน และอื่นๆ ได้ ประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้างตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว ตราเพชร และตราดอกชิกปูนซีเมนต์

1.2) ชนิด 2 Modified Portland cement เป็นชนิดที่ผลิตขึ้นเพื่อต้านทานเกลือซัลเฟต เมื่อปูนซีเมนต์มีปฏิกิริยากับน้ำ (Hydration) จะเกิดความร้อนต่ำ และเพิ่มขึ้นช้ากว่าปูนซีเมนต์ชนิด 1 เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานคอนกรีตหลา (Mass Concrete) อุณหภูมิจะค่อยเพิ่มไม่ทำให้ เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนในคอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร

1.3) ชนิด 3 High-early strength Portland cement เป็นชนิดของปูนซีเมนต์ ที่ให้กำลังรวดเร็วในช่วงอายุ 24 ชั่วโมง จะมีความแข็งแรงของคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ชนิดที่ I ที่อายุ 3 วัน และอายุ 7 วัน เท่ากับปูนซีเมนต์ชนิด I อายุ 28 วัน เป็นต้น จึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับงานที่ต้องการเร่งด่วน เช่น ถนนที่มีการสัญจรคับคั่ง สนามบินจะต้องเปิดใช้ และยังเหมาะสมที่จะนำมาใช้ กับช่วงที่มีอากาศหนาว(Cold weather) เพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว ได้อย่างรวดเร็วก่อนที่น้ำที่ผสมจะแข็งตัวเสียก่อน ได้แก่ ปูนซีเมนต์ของไทยตราเอราวัณตราสามเพชร และตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง

1.4) ชนิด 4 Low – Heat Portland Cement เป็นปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ มีอัตราความร้อนต่ำและกำลังก็เพิ่มขึ้นช้า ๆ เหมาะที่จะเลือกใช้กับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่

1.5) ชนิด 5 Sulfate – resistant Portland cement เป็นการจงใจที่ให้ต้านทานซัลเฟต เช่น การสร้างในบริเวณใกล้ทะเล หรือมิฉะนั้นก็อยู่ในดินเค็ม เทียบปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ได้กับตามปลาฉลามของบริษัทปูนซีเมนต์เอเชีย

ตารางที่ 2.2 สารประกอบและสมบัติของ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ถึง 5

ข้อกำหนดทางเคมีเพิ่มเติม	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท				
	1	2	3	4	5
C_3S	49	46	56	25	43
C_2S	25	29	15	50	36
C_3A	12	6	12	5	5
C_4AF	8	12	8	12	13
ความละเอียด (เบลน,ตร.ซม/กรัม)	3000	3000	4500	3000	3000
กำลังอัด (3 วัน,กก/ซม)	180	150	310	80	120
ความร้อนปฏิกิริยา (28 วัน, จูล/กรัม)	400	330	430	270	310

หมายเหตุ กำลังอัดวัดจากลูกบาศก์มอร์ต้าร์ ขนาด 50 มิลลิเมตร

ส่วนปูนซีเมนต์ตราเสือ ตรางูเห่า และตรานกอินทรีย์ เป็นพวกซิลิก้าซีเมนต์ โดยนำทราย หรือหินบดให้ละเอียด ผสมเข้าไปในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด ประมาณร้อยละ 25 – 30 เพื่อให้มีคุณสมบัติง่ายต่อการใช้งาน ลดการหดตัวเมื่อเกิดการก่อตัวของปูนซีเมนต์ ทำให้ไม่เกิดการแตกร้าว ราคาถูก เหมาะสำหรับอาคารเล็กและงานก่ออิฐฉาบปูน เพราะไม่รับกำลังมากนัก

2) องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วยออกไซด์หลัก (Major Oxides) และออกไซด์รอง(Minor Oxides) ออกไซด์หลักได้แก่แคลเซียมออกไซด์ (CaO), ซิลิก้า (SiO_2), อลูมินา (Al_2O_3) และเฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3) รวมกันได้กว่าร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์รอง (Minor Oxide) ได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ออกไซด์ของอัลคาไล (Na_2O) และ (K_2O) ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และยังมีส่วนประกอบของออกไซด์อื่นผสมอยู่บ้าง เช่น ไทเทเนียมออกไซด์ (TiO_2) และฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ (P_2O_5) นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่แปลกปลอมและส่วนประกอบอื่นซึ่งจะจัดรวมอยู่ในการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition) และกากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง (Insoluble residue) ออกไซด์เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันและรวมตัวกันอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่างๆ ขึ้นอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่างๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบการเผาและการเย็นลงของปูนเม็ด ขนาดและรูปร่างของสารประกอบสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาส่องดู ได้สารประกอบที่สำคัญมีอยู่ 4 ชนิด คือ

2.1) ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium Silicate) $3CaO.SiO_2$ (C_3S)

2.2) ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate) $2CaO.SiO_2$ (C_2S)

2.3) ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium Alumnate) $3CaO.Al_2O_3$ (C_3A)

2.4) เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ (Tetracalcium Aluminoferrite) $4CaO.Al_2O.Fe_2O_3$(C_4AF)

3) สมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตามข้อกำหนดเพื่อการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ความต้องการที่เป็นข้อกำหนด เพื่อใช้สำหรับทดสอบตามมาตรฐานให้มีคุณสมบัติเทียบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ ดังนี้

3.1) ความละเอียด (Fineness) ASTM C 115 หรือ C 204 เป็นคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ (Hydration) ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดมากจะทำให้เกิดกำลังได้เร็ว เพียง 7 วันก็สามารถรับกำลังได้เต็มที่

3.2) ความถ่วงจาเพาะ (Specific Gravity) ASTM C 188, C 204 การทดลองซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พบว่าอยู่ในค่าเฉลี่ยประมาณ 3.12 ถึง 3.16 แต่ปูนซีเมนต์ตราเสือ 2.90 ตราเอราวัณ และตราช้าง 3.05 ค่าเหล่านี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Mixed Design)

3.3) ความอยู่ตัว (Soundness) ASTM C 151 เป็นการทดสอบทางกายภาพ โดยการหาความสามารถในการแข็งตัวของซีเมนต์เพสท์ (Hardened Cement Paste) ที่คงอยู่ในสภาปริมาตรภายหลังการก่อตัวแล้ว

3.4) เวลาของการก่อตัว (Time of Setting) ASTM C 226 หรือ C 191 การก่อตัวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของปูนซีเมนต์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา เป็นความจำเป็น ที่จะต้องให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวนานพอที่จะทำการเทแต่งผิว ในช่วงเวลาดังกล่าว จึงต้องกระทำงานให้เสร็จก่อน การทดลองการก่อตัวได้แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ การก่อตัวครั้งแรก (Intial set) การทดสอบไวแคท (Vicat) ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 45 นาที แต่การทดสอบแบบกิลล์มอร์ (Gilmore) ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 60 นาที ส่วนการก่อตัวครั้งสุดท้าย (Final Set) เกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 10 ชม. แต่ปูนซีเมนต์ตราช้างหรือตราเสือ มีเวลาก่อตัวครั้งแรก 90 นาที นับว่าให้ประโยชน์ที่จะลำเลียงคอนกรีตหรือปูนก่อแม้กระทั่งการตกแต่งได้นานขึ้น

3.5) กำลัง (Strength) ASTM C 109 หมายถึง ความสามารถในการรับกาลังอัด (Compressive strength) ปูนซีเมนต์ในลักษณะที่เป็นคอนกรีตประการหนึ่ง กับการทดสอบกาลังอัดด้วยก้อนลูกบาศก์ของมอร์ต้าร์ (Mortar) ตามมาตรฐาน ASTM 109 โดยนำก้อนตัวอย่างทดลองไปกดตามอายุ 7 และ 28 วัน ผลลัพธ์จะเป็นการรับกำลังต่อหน่วยพื้นที่ เช่น กก./ตร.ซม. เป็นต้น ส่วนการทดสอบการรับแรงดึง (Tensile Strength) หล่อมอร์ต้าร์ รูปบริเคท (Briquettes) เป็นรูปโค้งหัวมน 2 ข้าง เพื่อการจับยึดตอนกลางมีพื้นที่ 1 ตารางนิ้ว มีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 190 และ BS 12 กำลังต่อหน่วยพื้นที่เช่นเดียวกัน

3.6) ความร้อนที่เกิดเนื่องจากปฏิกิริยากับน้ำ (Heat of Hydration) เป็นความร้อน ที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ในปูนซีเมนต์ธรรมดา (Normal) ชนิด 1 มีค่าระหว่าง 85 -100 แคลอรี่ต่อกรัม ส่วนปูนซีเมนต์ (Low – Heat) ชนิดIV เกิดความร้อนขึ้นประมาณ 60 – 70 แคลอรี่ต่อกรัม เมื่อเกิดความร้อนสะสมมากขึ้นเป็นอันตรายต่อคอนกรีต จึงได้มีการควบคุมความร้อน โดยใช้น้ำแข็งทำให้มวลรวมเย็นลง แต่ในการหล่อคอนกรีต เขื่อนใหญ่ ๆ ใช้ท่อน้ำเย็น (Cooling Pipe) วิ่งผ่าน นอกจากนี้อาจต้องปรับจำนวนไตรแคลเซียมซิลิเกตและไตรแคลเซียมอลูมิเนตด้วย เป็นต้น

3.7) การทดสอบความข้นเหลว (Consistency test) โดยการทดลองใส่น้ำลงร้อยละ 25 โดยน้ำหนักในปูนซีเมนต์จำนวน 500 กรัม แล้วนำเครื่องทดลองไวแคทด้านที่เรียก Plunger มาปล่อยในซีเมนต์เพสท์ให้จมในเวลา 30 วินาที อ่านค่าทรุดตัว (Penetration) เป็น มิลลิเมตร จากนั้นเพิ่มน้ำขึ้น 1-2 ลูกบาศก์เซนติเมตร จนกระทั่งน้ำรวมทั้งสิ้นที่ทดลองผสมประมาณร้อยละ 30 นำค่ามาเขียนกราฟเส้นนอน เป็นระยะการทรุดตัวของ Plunger ด้านตั้งเป็นจานวนน้ำ ลูกบาศก์เซนติเมตร (CC) ให้ลากเส้น จากส่วนการทรุดตัวที่ 10 มิลลิเมตร ไป

สัมผัสกับเส้นโค้งในกราฟ แล้วขีดเส้นฉากไปทางเส้นตั้งที่แสดงจำนวนน้ำที่ใส่คิดเป็นร้อยละ จากนั้นก็เอาจานวนน้ำตั้ง แล้วหารด้วยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (ตราเดียวกัน) คูณด้วย 100 ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นจำนวน ร้อยละของน้ำที่พอดี สำหรับความข้นเหลวที่พอเหมาะ เพื่อความแข็งแรงมากที่สุด

2.7 คอนกรีต

ปูนซีเมนต์ เป็นส่วนประกอบสำคัญต่อปฏิกิริยาการเกิดคอนกรีต โดยที่ คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันเพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่างๆ คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน ได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ ผสมกับวัสดุผสม ได้แก่ ทราย หิน หรือกรวดเมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่งพอที่จะไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็งมีความแข็งแรง และสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่มากขึ้น

1) องค์ประกอบของคอนกรีต

ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำ โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะ ดังนี้

1.1) ปูนซีเมนต์ ผสมกับ น้ำ เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

1.2) ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้าร์ (Mortar)

1.3) มอร์ต้าร์ ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete)

2) หน้าที่และสมบัติของส่วนผสมที่ใช้ในคอนกรีต

2.1) ซีเมนต์เพสต์ ทำหน้าที่เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเท ให้กำลังแกคอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

2.2) มวลรวม ทำหน้าที่เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

2.3) น้ำ ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่างๆ ใช้ผสมทำคอนกรีต ใช้บ่มทำคอนกรีต ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์ ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้ เคลือบ หิน ทรายให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยตรง

2.4) การก่อตัวและการแข็งตัว ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ ก่อให้เกิดซีเมนต์เพสต์ที่อยู่ในสภาพเหลวช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นเพสต์จะเริ่มแข็งตัวถึงแม้มันจะยังนิ่มอยู่แต่ไม่สามารถลื่นไหลเข้าแบบได้แล้วจุดนี้เราเรียกว่า จุดแข็งตัวเริ่มต้น (Initial Set) เวลาตั้งแต่ซีเมนต์ผสมกับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัวเริ่มต้น เรียกว่า เวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) การก่อตัวของเพสต์จะยังคงดำเนินต่อไปจนถึงสภาพที่เป็นของแข็งหรือจุดแข็งตัวสุดท้าย (Final Setting Time) เพสต์ยังคงแข็งตัวต่อไป และสามารถรับน้ำหนักได้ ขบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การแข็งตัว (Hardening)

2.8 น้ำยางพารา

1) ความหมายของน้ำยาง น้ำยาง (latex) มาจากภาษาละติน หมายถึง ของเหลว (liquid) หรือของไหล (fluid) ในบางครั้งก็มี การให้ความหมายวาเปนของเหลวหรือของไหลที่มีลักษณะคล้ายน้ำนม (milky) โดยเฉพาะของไหลที่มี สวนประกอบของน้ำ ในระยะเวลา 10 ปกอนศตวรรษที่ 19 นักพฤกษศาสตรให้ความหมายของน้ำยาง

วา เปนน้ำจากเนื้อเยื่อพืชที่มีลักษณะคล้ายน้ำนม สีขาว ตอมากลางศตวรรษที่ 19 น้ำยางจึงเปนคำที่ใช้กัน ทั่วไปในอุตสาหกรรมยาง

ความหมายของน้ำยางทางด้านวิทยาศาสตรพอลิเมอรและเทคโนโลยี เปนสารพอลิเมอรที่มีการ กระจายตัวแบบคอลลอยด์ ในตัวกลางที่มีน้ำเปนสวนประกอบ ดังนั้น น้ำยางธรรมชาติที่ได้จากต้นยางพารา Hevea brasiliensis จึงเปนสารพอลิเมอรของอนุภาคยางที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกระจายตัวอยู่ในตัวกลางน้ำ

2) สวนประกอบของน้ำยางสด น้ำยางจากต้นยางพารา ขณะที่ยังสดจะมีสีขาว หรือ สีครีม สามารถไหลได้เองโดยอิสระ มีความ หนืดประมาณ 12 - 15 เซนติพอยส (centipoises) ความหนาแนนประมาณ 0.975 - 0.980 กรัม ตอ ลูกบาศกเซนติเมตร (g/cm3) และ คาความเปนกรดดาง (pH) 6.5 - 7.0 รูปร่างของอนุภาคยางเปนรูปกลมหรือรูปลูกแพรขนาด 0.05 - 5 ไมโครเมตร น้ำยางสด เปนสารแขวนลอยของอนุภาคยางในของเหลวที่เรียกวา ซีรัม (serum) อนุภาคยาง ดังกลาวเปนสารพอลิเมอรไฮโดรคารบอนที่มีชื่อทางเคมีวา 1, 4 - พอลีไอโซพรีน ที่มีโครงสร้างโมเลกุลแบบ ซิส (cis - 1, 4 - polyisoprene) ประกอบ ด้วยมอนอเมอร (monomer) ของไอโซพรีน (isoprene) ซึ่งมี คารบอน (carbon, C) 5 อะตอม กับ ไฮโดรเจน (hydrogen, H) 8 อะตอม ตอกันจำนวนมากเปนสายโซ โมเลกุลยาว น้ำยางพารา เป็นส่วนของไซโตรพลาสซึมที่อยู่ภายในท่อน้ำยางของต้นยางพารา สามารถทำให้ไหลออกมาจากท่อน้ำยางได้โดยวิธีกรีดหรือเจาะ จะพบนิวเคลียสจำนวนมากติดอยู่ข้างๆ ท่อน้ำยาง แต่ไม่ค่อยปะปนอยู่ในส่วนของน้ำยางหลังกรีด เป็นไปได้ว่านิวเคลียสนี้มีส่วนสำคัญในการควบคุมขบวนการสร้างน้ำยางขึ้นมา (บุญธรรม, 2538)

สำหรับส่วนของไมโครคอนเดรีย สามารถตรวจพบปริมาณมากติดอยู่ภายในส่วนของท่อน้ำยางที่ยังอ่อนอยู่ แต่จะมีปริมาณลดลงเมื่อท่อน้ำยางอายุมากขึ้น ในน้ำยางที่กรีดได้จากต้นยางจะพบไมโตรคอนเดรียปริมาณน้อยมาก ส่วนของท่อน้ำยางมีลักษณะเป็นท่อที่เกิดจากเซลต่อกัน โดยตรงปลายของแต่ละเซลจะทะลุถึงกัน และมีส่วนเชื่อมโยงกันเป็นตาข่าย หากดูตามแนวตัดขวางของท่อน้ำยาง จะเห็นเป็นรูปค่อนข้างกลมเรียงอยู่รอบแกนของลำต้น แต่ถ้าดูตามแนวลำต้น จะพบท่อยางเรียงเป็นแนวยาวเชื่อมติดกันหลายๆ ท่อ ซึ่งท่อน้ำยางจากท่อหนึ่งสามารถไหลไปอีกท่อหนึ่งได้ และท่อน้ำยางจะไหลเวียนจากขวาไปซ้าย เมื่อท่อน้ำยางถูกตัดจากการกรีดยาง น้ำยางจึงไหลออกมาสู่ภายนอกเป็นน้ำยางสด

3) สมบัติโดยทั่วไปของน้ำยางพารามีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวเหมือนน้ำนม มีสภาพเป็นคอลลอยด์หรือสารแขวนลอย มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.975 ถึง 0.980 กรัม ต่อ มิลลิเมตร (ดิเรก และคณะ, 2549) มีค่า pH ประมาณ 6.5 ถึง 7.0 ความหนืดของน้ำยางมีค่าประมาณ 12-15 Centipoise (น้ำบริสุทธิ์มีความหนืด 1 Centipoise) และอาจมีค่าแปรปรวนขึ้นอยู่กับปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยาง นอกจากนั้น ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลกรีดยาง เป็นต้น

น้ำยางธรรมชาติเป็นสารไม่บริสุทธิ์เมื่อกรีดมาจากต้นยาง มีปริมาณของเนื้อยางแห้งอยู่ระหว่างร้อยละ 25 ถึง 45 ความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็งและสารที่เป็นเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 3 มีส่วนประกอบดังนี้ สารที่เป็นของแข็งร้อยละ 27-48, เนื้อยางแห้งร้อยละ 25-45, สารพวกโปรตีนร้อยละ 1-1.5, สารพวกเรซินร้อยละ 1-1.25, ขี้เถ้าสูงถึงร้อยละ 1, น้ำตาลร้อยละ 1 และส่วนที่เหลือเป็นน้ำทั้งหมด (เอกชัย, 2547)

4) สวนประกอบของน้ำยางสด แบงได 2 สวนหลัก คือ

1. สวนที่เปนยาง (Dry Rubber Content, DRC) เปนอนุภาคยางของไอโซพรีนที่เชื่อมตอกัน ประมาณ 2000 - 5000 หนวย ตอ 1 โมเลกุล

2. สวนที่ไมใชยาง (Non Rubber Content) เปนสวนประกอบอนๆ ทั้งหมดที่ไมใชยาง มี สารประกอบตางๆ หลายชนิด เชน น้ำตาล โปรตีน ไขมันคาโรทีนอยด์เกลือแร เอนไซมและ สารประกอบ ไนโตรเจน เป็นต้น

ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางสด จะมีสวนที่เปนเนื้อยางแหง (dry rubber) ประมาณ 33% กับ สวนที่ไมใชยาง (non rubber) 3% แตเมื่อปนน้ำยางสดเปนน้ำยางขนแล้ว สวนที่ไมใชยางจะลดลงเหลือ ประมาณ 1% - 2% ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและการปรับเครื่องปั่น ความแปรปรวนของสารตางๆ ในน้ำยาง ขึ้นกับ พันธุยางอายุยางฤดูการกรีดยางและวิธีการกรีดยาง

5) ชนิดของยางธรรมชาติ

- น้ำยางสดที่ได้ จากต้นยางพารา โดยทั่วไปสามารถนำมาแปรรูปเปนยางดิบได 2 แบบ คือ น้ำยางข้น(Concentrated Latex) กับ ยางแหง (Dry Rubber)

- น้ำยางข้น น้ำยางสดจากตนยางพารา มีองคประกอบหลักๆ 2 สวน คือ ปริมาณเนื้อยางแหงซึ่งมีประมาณ 25% - 45% และ สวนที่เปนสารของแข็งที่ไม่ ใช่ยางประมาณ 5% สวนที่เหลือสวนใหญเป็นน้ำ เมื่อมีการนำน้ำยาง สดไปใชงานในการทำผลิตภัณฑยางตางๆ ในโรงงานซึ่งค่อนขางอยู่ไกลจากสวนยางพารา ทำให้เกิดความไมสะดวกและไม่เป็นการประหยัดในการขนส่งน้ำยางสดไปยังโรงงาน นอกจากนี้สารบางอยางที่มีอยู่ในน้ำยางอาจมีผลใหคุณภาพผลิตภัณฑยางไมดีดังนั้น จึงมีการผลิตน้ำยางสดเปนน้ำยางขนที่ มีปริมาณเนื้อยางแหง 60% ซึ่งเปนความเขมข้นที่เหมาะสมกับการนำไปผลิตผลิตภัณฑตางๆ

6) การผลิตนายางข้น มี 4 วิธีคือ

1. การระเหยน้ำ (evaporation) วิธีนี้ตองมีการเติมสารที่ทำให้น้ำยางคงตัว (stabilizer) เชน potassium soap ในถังน้ำยาง แลวให้ความร้อนรอบๆ ถัง เมื่อน้ำระเหยไปนายางข้นที่ได้จะมีปริมาณ ของแข็งทั้งหมด 75% ปริมาณเนื้อยางแหง 60% caustic potash 1.5% และสารที่ทำให้ น้ำยางคงตัวกับ 11 โปรตีนประมาณ 13.5% วิธีนี้เหมาะกับการขนยายนายางไปในระยะทางไกล้ และเหมาะกับการนำไปผลิต ผลิตภัณฑที่ต้องใสสารเพิ่ม (filler) จำนวนมากเชน การผลิตกาว

2. การทำให้เกิดครีม (creaming) วิธีนี้มี การเติมสารทำให้เกิดครีม (creaming agent) เชน sodium alginate, locust bean gum, dum karaya, gum tragacanth เปนต้น สารทำให้เกิดครีมจะพอก หรือเคลือบผิวของอนุภาคยาง ทำให้อุนภาคยางมี ขนาดใหญขึ้นและลอยมาที่ผิวน้ำยาง น้ำยางข้นที่ได้มี ความบริสุทธิ์และมีโปรตีนนอยลงเมื่อผานวิธีการทำให้เกิดครีมหลายๆ ครั้ง แตวิธีนี้มีความยุงยากและ สิ้นเปลืองเวลา

3. การปน (centrifuging) วิธีนี้แยกส่วนที่เปนเนื้อยางออกจากสวนที่เปนน้ำ คือ ซีรัมนั่นเอง โดยใช้เครื่องปนแยก น้ำยางข้นที่ไดมีปริมาณเนื้อยางแหงประมาณ 60% วิธีนี้เปนที่นิยมใชกันอยางกว้างขวาง ในทางการคา

4. การใช้กระแสไฟฟาแยก (electro decantation) วิธีนี้ใช้ไฟฟาเขามาชวยแยกสวนของเนื้อยาง จากสวนของซีรัม โดยจุมขั้วไฟฟ้าที่เปนขั้วบวกลงในน้ำยางที่เติมสารชวยใหนายางคงตัวไว้แล้ว เนื่องจาก อนุภาคยางมีประจุลบหุมอยู จึงคอยๆ เคลื่อนไปรวมที่ขั้วบวกและลอยตัวสูงขึ้นสูผิวของน้ำยาง แตวิธีนี้ไม่สะดวกและ ลงทุนสูง

7) การใช้งานของยางธรรมชาติน้ำยางข้น

1. ผลิตภัณฑจุม เชน ถุงมือผาตัด ถุงมือตรวจโรค ถุงมือแมบาน ถุงมืออุตสาหกรรม ถุงยางอนามัยลูกโปงจุกนมยาง ทอสวนปัสสาวะ เปนตน

2. ผลิตภัณฑน้ำยางในอุตสาหกรรมพรม เชน พรม tufted carpet มีการใชน้ำยางอาบหลังพรมเพื่อ ยึดพรมไวรียกชั้นยางที่ยึดวา anchor coat

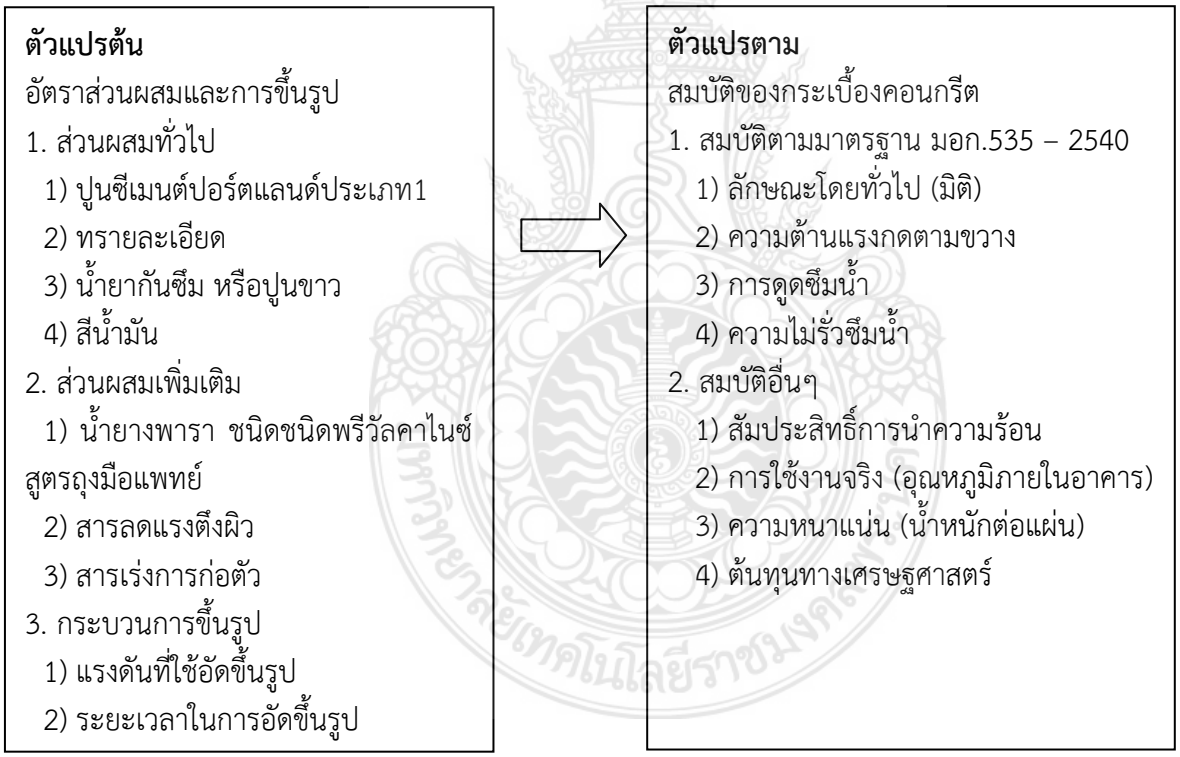
3. ผลิตภัณฑยางฟองน้ำ (latex foam) ใชทำที่นอน หมอน เบาะรองนั่ง เปนตน

4. สายยางยืด เชน ยางยืดขอบกางเกงใน ถุงเทา และเสื้อชั้นใน ยางรัดขาไก ยางรัดปายติดกระเป๋า เปนตน

5. ใชน้ำยางเปนตัวยึดฟูกใยขนสัตวและกาบมะพราว

2.9 กรอบแนวความคิด

จากทฤษฎีและองค์ความรู้ที่ผ่านมา สามารถสรุปกรอบแนวความคิด เพื่อใช้ในการดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางพาราได้ ดังนี้



รูปที่ 2.4 กรอบแนวความคิด

2.10 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีน้ำยางพาราเป็นวัสดุผสมเพิ่มเป็นฉนวนกันความร้อนในวัสดุก่อสร้างต่างๆ นั้น สามารถสรุปนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ ดังต่อไปนี้
ๆ นั้น สามารถสรุปนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ ดังต่อไปนี้

1) จุรีพร โสภาพรอมร (2550) ได้เปรียบเทียบวัสดุกระเบื้องหลังคาชนิดต่างๆที่มีการพัฒนาขึ้นในปัจจุบันและมีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไป ที่นำมาเป็นแบบหลังคาสองชั้นที่เรียกว่า หลังคารับรังสีอาทิตย์ (Roof Solar Collector, RSC) ซึ่งเป็นแนวความคิดที่พัฒนาขึ้นโดยศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ทางด้านอาคาร (Building Scientific Research Center, BSRC) เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof Thermal Transfer Value, RTTV) และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ โดยเลือกศึกษาวัสดุกระเบื้องหลังคาชนิดคอนกรีต เซรามิก เส้นใยธรรมชาติ ซีเมนต์ผสมใยหินแบบลอนคู่ และสามลอน พบว่ากระเบื้องหลังคาชนิดคอนกรีตเหมาะสมที่ใช้เป็นแบบหลังคารับรังสีอาทิตย์มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิใต้แผ่นยิปซั่มที่มีระยะห่างจากกระเบื้องหลังคา 10 เซนติเมตร พบว่าแบบหลังคารับรังสีอาทิตย์นั้นสามารถลดความร้อนได้ดีกว่าแบบหลังคาทั่วไป ได้ถึงประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส และค่า RTTV ที่คำนวณได้จากการวิจัยพบว่า หลังคาชนิดคอนกรีต และชนิดซีเมนต์ผสมใยหินลอนคู่ที่ใช้เป็นแบบหลังคารับรังสีอาทิตย์นั้นมีค่า RTTV ต่ำกว่าแบบหลังคาทั่วไป ประมาณ 32 % และ 27 % ตามลาดับ และเมื่อพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์รวมถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมของระบบหลังคารับรังสีอาทิตย์กับกระเบื้องหลังคาชนิดต่างๆที่เลือกศึกษา พบว่ากระเบื้องหลังคาชนิดคอนกรีตและชนิดซีเมนต์ผสมใยหินลอนคู่ที่เป็นแบบหลังคารับรังสีอาทิตย์ สามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่า และประหยัดพลังงานได้

2) Ohama (1987) ได้อธิบายการก่อตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางไว้ว่า น้ำยางที่ใช้ผสมจะอยู่ในรูปของสารแขวนลอย (Emulsion) โดยอนุภาคของโพลิเมอร์ (Polymer) จะแขวน ลอยอยู่ในน้ำยางเหลว ซึ่งเมื่อผสมน้ำยางเข้ากับคอนกรีตแล้ว จะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น 2 ส่วน คือ ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) จากซีเมนต์ผสมกับน้ำ และปฏิกิริยาการก่อตัวเป็นฟิล์ม (Film) ที่เกิดจากอนุภาคของโพลิเมอร์มารวมตัวกัน (Coalesce) ซึ่งการก่อตัวของชั้นฟิล์มเสมือนเป็นเนื้อเดียวกันกับคอนกรีต ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานหรือตัวยึด (Binder) ระหว่างมวลรวมเข้าด้วยกันเป็นคอนกรีต

3) สิทธิชัย ศิริพันธุ์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาการนำยางธรรมชาติมาใช้พัฒนางานคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยางในคอนกรีตอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาถึงความสามารถเทได้ และกำลังรับแรงของคอนกรีตผสมน้ำยางในสัดส่วน P/C = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 ตามลาดับ ส่วนผสมคอนกรีตใช้ ซีเมนต์: ทราย: หิน เป็น 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก บ่มความชื้น 7 วัน ตามด้วยบ่มแห้งในอากาศที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า น้ำยางผสมกับคอนกรีตได้ ด้วยการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ สัดส่วน 4% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ด้านความสามารถเทได้ พบว่า คอนกรีตจะยุบตัวแบบฮวบทั้งหมด ในด้านกำลัง พบว่า คอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงประมาณ 60% และมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณน้ำยางเพิ่มขึ้น โดยลักษณะการวิบัติ จะมีเส้นใยขนาดเล็กสีขาวยึดรั้งไว้ สำหรับกำลังรับแรงดัดพบว่า ลดลงประมาณ 10% ในแต่ละค่า P/C ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาการบ่มแห้งในอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 14 และ 28 วัน ที่ P/C = 0.15 และ 0.20 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตจะสูงขึ้นมากกว่าคอนกรีตปกติ เนื่องจากอนุภาคเนื้อยางเกาะตัวกันเป็นชั้นฟิล์มที่แข็งแรงขึ้น จากผลการวิจัย เสนอแนะให้เลือกใช้ที่ W/C = 0.4 และ P/C = 0.15 ซึ่งจะได้กำลังรับแรงดัด

มากกว่า 30 ksc ที่อายุบ่มแห้ง 14 วัน ขึ้นไป อย่างไรก็ตามยังไม่เหมาะกับงานโครงสร้างที่ต้องรับแรงอัด แต่อาจเหมาะกับงานซ่อมแซม เนื่องจากการยืดเหนี่ยวของน้ำยาง จะมีประโยชน์ในการเป็นตัวประสานกับคอนกรีตเดิม ทั้งนี้การขจัดฟองอากาศและการก่อตัวช้าในคอนกรีต ยังเป็นปัญหาที่ควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนากำลังคอนกรีต

4) ประชุม คาพุฒ (2549) ได้ศึกษาใช้น้ำยางพาราในคอนกรีตมวลเบาแบบฟองอากาศ-อบไอน้ำ โดยทาการทดลองออกแบบส่วนผสม โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อทรายบดละเอียดเท่ากับ 1: 1 โดยน้ำหนัก ปริมาณผงอลูมิเนียมเท่ากับร้อยละ 0.3 ของส่วนผสมทั้งหมด อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.50 โดยน้ำหนัก (ไม่รวมน้ำหนักของน้ำในน้ำยางพารา) ปริมาณปูนขาวเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และปริมาณยิปซัมเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ในการเตรียมน้ำยางพาราใช้สารแอมโมเนียเหลวเข้มข้นร้อยละ 15 ในสัดส่วนร้อยละ 3 ของน้ำหนักน้ำยางพารา คอนกรีตต้องผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ใช้อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0, 0.10, 0.15 และ 0.20 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ ตามลาดับ ทำการผสมและอบไอน้ำตามมาตรฐาน มอก. นำมาทดสอบค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร ค่ากาลังอัดและค่ากาลังดัด ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ค่าการดูดกลืนน้ำที่อายุ 7 และ 28 วัน ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM ผลการวิจัยพบว่าค่ากาลังอัดของคอนกรีตมวลเบาจะแปรผกผันกับปริมาณอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ในขณะที่ค่ากาลังดัดของคอนกรีตจะแปรผันตรงกับปริมาณอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ โดยที่เมื่อผสมน้ำยางพารามากขึ้นค่ากาลังอัดจะลดลงแต่ค่ากำลังดัดจะเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับปริมาณของอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ค่าการดูดกลืนน้ำจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว (ร้อยละการหดตัว) มีค่าไม่แน่นอนในแต่ละอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมากกว่าคอนกรีตมวลเบาแบบปกติอยู่เล็กน้อย โดยปริมาณน้ำยางที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้คือ การใช้ปริมาณอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ 0.10 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วสามารถนำไปผลิตเป็นวัสดุคอนกรีตมวลเบาแบบปานกลางที่สามารถรับกาลังได้สูง และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี

5) Prachoom Khamput (2006) ได้การศึกษาการใช้น้ำยางพาราในคอนกรีตบล็อก โดยกำหนดให้มีอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.025, 0.050 และ 0.075 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่นเท่ากับ 1: 4 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.40 (ไม่คิดปริมาณน้ำในน้ำยางพารา) และใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุร้อยละ 4 ของน้ำหนักน้ำยางพารา ทำการอัดขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดมือ ได้ก้อนตัวอย่างขนาด 13 × 25 × 14 ซม. นำไปทดสอบหาการดูดซึมน้ำที่อายุ 14 วัน ทดสอบค่าการรับกำลังอัดและการรับกำลังดัดที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน และหล่อชิ้นตัวอย่างขนาด 30 × 30 × 2.5 ซม. เพื่อทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนาความร้อน ผลการวิจัยพบว่า ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกจะลดลงเมื่อปริมาณอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์สูงขึ้น ค่ากำลังอัดมีแนวโน้มลดลง ขณะที่ค่ากำลังดัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำยางพารา และในด้านของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนนั้นมีค่าต่ำมากเท่ากับ 0.139-0.188 วัตต์/เมตร.องศาเคลวิน โดยที่จะแปรผกผันกับอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกปกติที่มีค่าเท่ากับ 0.502 วัตต์/เมตร.องศาเคลวินแล้ว แสดงว่าสามารถนำน้ำยางพารามาใช้เป็นสารผสมเพิ่มช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีความสามารถในการรับกาลังได้สูงขึ้นและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี

6) ประชุม คาพุฒ (2550) ได้ศึกษาผลจากการผสมน้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์หรือชนิดวัลคาไนซ์ด้วยอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.000, 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.175, 0.200,

0.225, 0.250, 0.275 และ 0.300 โดยน้ำหนัก ลงในมอร์ต้าร์ปูนทราย (อัตราส่วนปูนซีเมนต์:ทราย:สารลดแรงตึงผิว:น้ำ เท่ากับ 1:2.75:0.04:0.5 โดยน้ำหนัก) และมอร์ต้าร์ปูนทรายหินฝุ่น (อัตราส่วนปูนซีเมนต์:ทราย:หินฝุ่น:สารลดแรงตึงผิว:น้ำ เท่ากับ 1:2:2:0.04:0.5 โดยน้ำหนัก) แล้วทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล พบว่า การผสมน้ำยางพาราสามารถพัฒนาสมบัติทางกายภาพของมอร์ต้าร์ปูนทรายและมอร์ต้าร์ปูนทรายหินฝุ่นให้ดีขึ้น ได้แก่ ความหนาแน่น, การดูดซึมน้ำ, การเปลี่ยนแปลงความยาว และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ทั้งนี้เป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำยางพาราและปูนซีเมนต์ที่กลายเป็นแผ่นฟิล์ม ซึ่งมีการดูดซึมน้ำ, ความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำ นอกจากนี้มอร์ต้าร์ปูนทรายหินฝุ่นที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ไม่เกิน 0.050 โดยน้ำหนัก ยังมีสมบัติทางกลที่ดีขึ้นด้วย ได้แก่ ความต้านทานแรงอัด และความต้านทานแรงดัด เนื่องจากน้ำยางพาราชนิดวัลคาไนซ์เป็นน้ำยางพาราที่ถูกพัฒนาสมบัติต่างๆ ให้ดีกว่าน้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์ แต่สำหรับมอร์ต้าร์ที่ผสมน้ำยางพาราอื่นๆ กลับมีสมบัติทางกลที่แย่ลง ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า มอร์ต้าร์ปูนทรายหินฝุ่น จะมีสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดีกว่ามอร์ต้าร์ปูนทราย และการผสมน้ำยางพาราชนิดวัลคาไนซ์ในมอร์ต้าร์ จะให้สมบัติทางกลที่ดีกว่าน้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์ ส่วนสมบัติทางกายภาพจะใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่า น้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์หรือชนิดวัลคาไนซ์ที่ลงในมอร์ต้าร์ปูนทรายและมอร์ต้าร์ปูนทรายหินฝุ่นนั้น มีแนวโน้มที่จะพัฒนาเป็นสารผสมเพิ่มสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสมหลัก เพื่อพัฒนาสมบัติด้านความหนาแน่น ความทึบน้ำ และการเป็นฉนวนป้องกันความร้อน อย่างไรก็ตามน้ำยางพาราดังกล่าวก็ยังมีปัญหาต่อความต้านทานแรงอัด และความต้านทานแรงดัดที่ลดลงในหลายๆ อัตราส่วน ดังนั้นการพัฒนาต่อไปจึงควรเพิ่มวัสดุจาพวกเส้นใยเข้าไปในส่วนผสมเพื่อแก้ไขปัญหาด้านสมบัติทางกล

7) ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร (2557) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกเถ้าปาล์มน้ำมันผสมน้ำยางธรรมชาติ โดยกำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์: เถ้าปาล์ม: หินฝุ่น: น้ำ (น้ำประปา+ของเหลวในน้ำยาง) เท่ากับ 1: 0.4: 8: 0.8โดยน้ำหนัก อัตราส่วนยางธรรมชาติ (ของแข็งในน้ำยาง) ต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45 โดยน้ำหนัก ผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ ร้อยละ 2 ของน้ำหนักยางธรรมชาติ (เนื้อยาง) ขึ้นรูปตัวอย่างและทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.58-2533 จากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนน้ำยางธรรมชาติที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกเถ้าปาล์ม แล้วสามารถปรับปรุงสมบัติต่างๆ ได้ดีที่สุด คือ อัตราส่วน 0.05 รองลงมาคือ 0.10, 0.00, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45 ตามลาดับ ซึ่งปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่เหมาะสม สามารถเพิ่มความต้านทานแรงอัด รวมทั้งลดความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และสัมประสิทธิ์การนาความร้อนให้ต่ำลงได้เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกเถ้าปาล์มทั่วไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

2) ทรายละเอียด

3) น้ำยางพารา ชนิดชนิดพรีวัลคาไนซ์

รูปที่ 3.2 น้ำยางข้น 60%

4) น้ำประปา

5) สารลดแรงตึงผิว ชนิดไม่มีประจุ (Nonionic Surfactants) ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 สารลดแรงตึงผิว ชนิดไม่มีประจุ

6) สารเร่งการก่อตัวแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

7) น้ำยากันซึม

รูปที่ 3.5 น้ำยากันซึม

8) สีทาหลังคา

รูปที่ 3.6 สีทาหลังคา

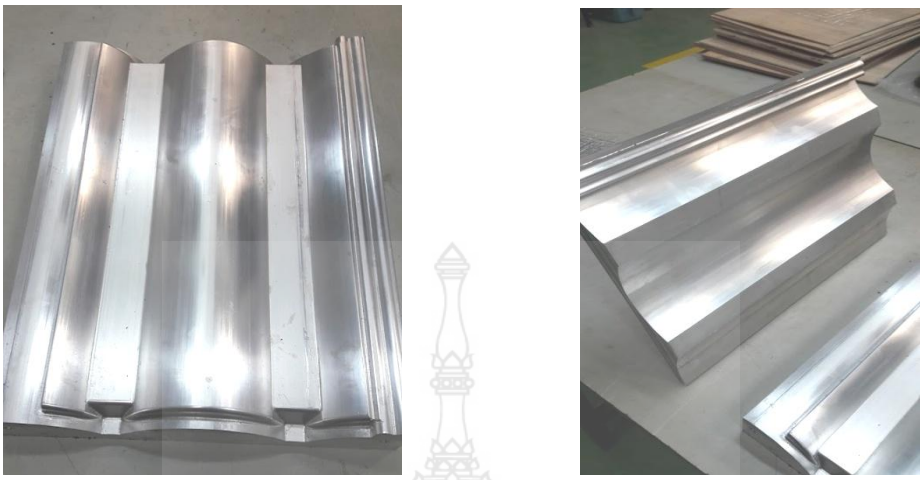
9) เครื่องผสมคอนกรีต

10) แบบหล่อสำหรับทดสอบความต้านทานแรงอัด ขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

11) แบบหล่อสำหรับทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ขนาด 30×30×1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

12) ตู้อบปรับอุณหภูมิได้

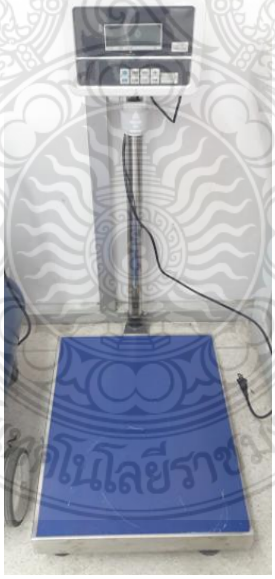
13) แบบหล่อแผ่นกระเบื้องคอนกรีต



รูปที่ 3.7 แบบหล่อแผ่นกระเบื้องคอนกรีต

14) เครื่องอัดกระเบื้องหลังคาคอนกรีต (โมเนีย)

15) เครื่องชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 3.8 เครื่องชั่งน้ำหนัก

16) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)

3.2 การออกแบบตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีต

สำหรับอัตราส่วนผสมของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตโดยใช้น้ำยางพารา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตโดยใช้น้ำยางพารา

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทราย	น้ำยากันซึม	น้ำ	น้ำยาง	สาร $CaCl_2$	สารลดแรงตึงผิว
ที่ 1	1	2.75	0.03	0.3	0	0.03	0.04
ที่ 2	1	2.75	0.03	0.3	0.025	0.03	0.04
ที่ 3	1	2.75	0.03	0.3	0.05	0.03	0.04
ที่ 4	1	2.75	0.03	0.3	0.075	0.03	0.04
ที่ 5	1	2.75	0.03	0.3	0.10	0.03	0.04

3.3การเตรียมตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีต

การเตรียมตัวอย่างในทดสอบสมบัติทางกล และสมบัติทางกายภาพของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ มีดังนี้

1) การเตรียมตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ

วิธีการเตรียมตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ เริ่มผสมส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากันไม่เกิน 5 นาที เนื่องจากน้ำยางธรรมชาติจะจับตัวกันเป็นก้อนได้ง่าย ดังนี้

1.1) ผสมปูนซีเมนต์และน้ำ ด้วยเครื่องผสมแบบอัตโนมัติ จนส่วนผสมเข้ากันดี

1.2) เติมสารเร่งการก่อตัว สารลดแรงตึงผิวและน้ำยางธรรมชาติลงในส่วนผสม

1.3) จากนั้นเติมทรายลงไปในส่วนผสม ผสมจนส่วนเข้ากันดี

1.4) นำส่วนผสมเทลงในแบบหล่อตามแต่ละมาตรฐานการทดสอบ

1.5) นำตัวอย่างบ่มตัวอย่างในอุณหภูมิห้อง

3.4 การทดสอบชิ้นวัสดุตัวอย่าง

ทดสอบสมบัติทางกล และสมบัติทางกายภาพของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติตามมาตรฐาน มอก.535-2540 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ประกอบด้วย

1) การทดสอบความหนาแน่น ที่อายุการบ่ม 28 วัน ทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง ต่อ 1 อัตราส่วน

2) การทดสอบการดูดซึมน้ำ ที่อายุการบ่ม 28 วัน ทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง ต่อ 1 อัตราส่วน ดังรูปที่ 3.3และ 3.4

รูปที่ 3.9 การดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ

3) การทดสอบความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 3, 7, 14 และ 28 วัน ทำการทดสอบ จำนวน 5 ตัวอย่าง ต่อ 1 อัตราส่วน

รูปที่ 3.10 การทดสอบความต้านทานแรงอัดของก้อนตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ

4) การทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่อายุการบ่ม 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C177-04 โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังรูปที่ 3.6

3.5 การทดสอบชิ้นวัสดุตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ

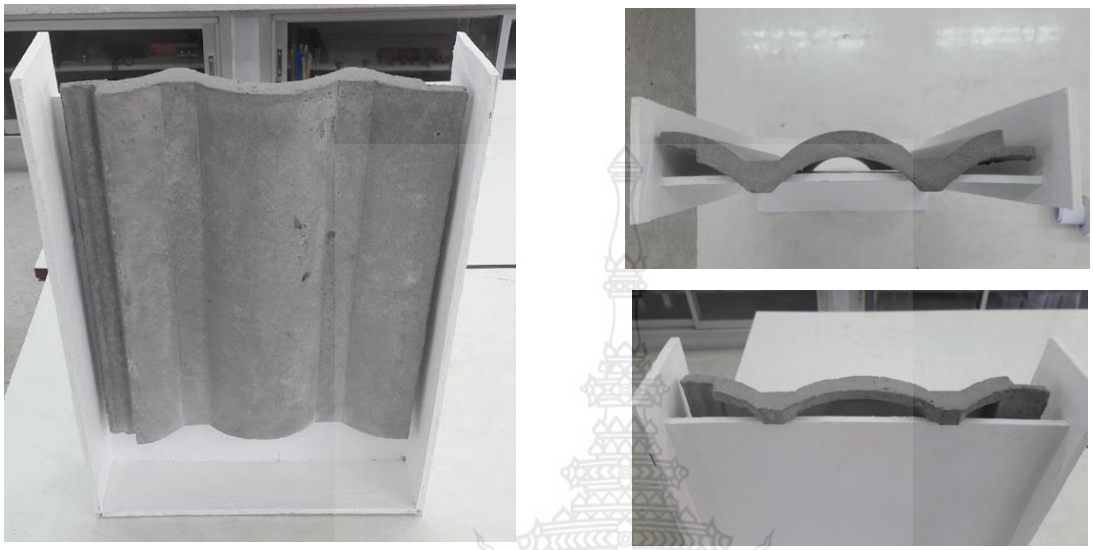
1) ตรวจสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ จำนวน 12 แผ่น ตามมาตรฐาน มอก.535-2556

รูปที่ 3.11 การตรวจสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ

2) วัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ จำนวน 12 แผ่น ตามมาตรฐาน มอก.535-2556

รูปที่ 3.12 การทดสอบวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อน

3) ทดสอบส่วนเกาะระแนงและความได้ฉาก ของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก.535-2556

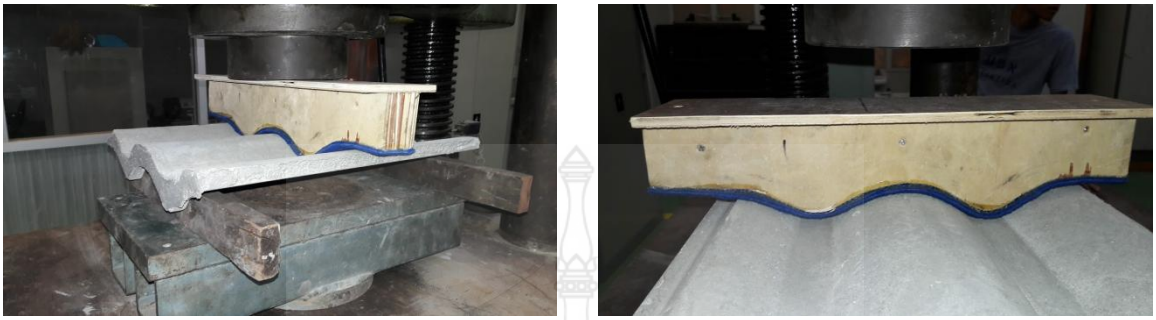


รูปที่ 3.13 ทดสอบส่วนเกาะระแนงและความได้ฉาก

4) ทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก. 535-2556

รูปที่ 3.14 ทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้องหลังคา

5) ทดสอบแรงกดแตกตามขวางของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก.535-2556



รูปที่ 3.15 ทดสอบแรงกดแตกตามขาวงของแผ่นกระเบื้องหลังคา

6) ทดสอบสภาพการซึมผ่านได้ของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก.535-2556

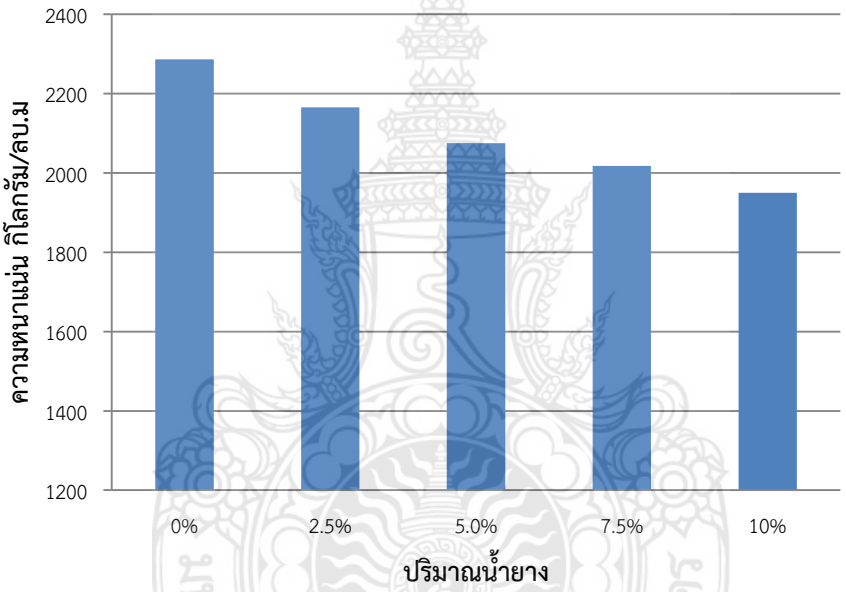
7) ทดสอบการใช้งานจริงเปรียบเทียบวัดอุณหภูมิ

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร สามารถสรุปผลแบ่งตามประเภทของการทดสอบได้ ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบความหนาแน่น

ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.1

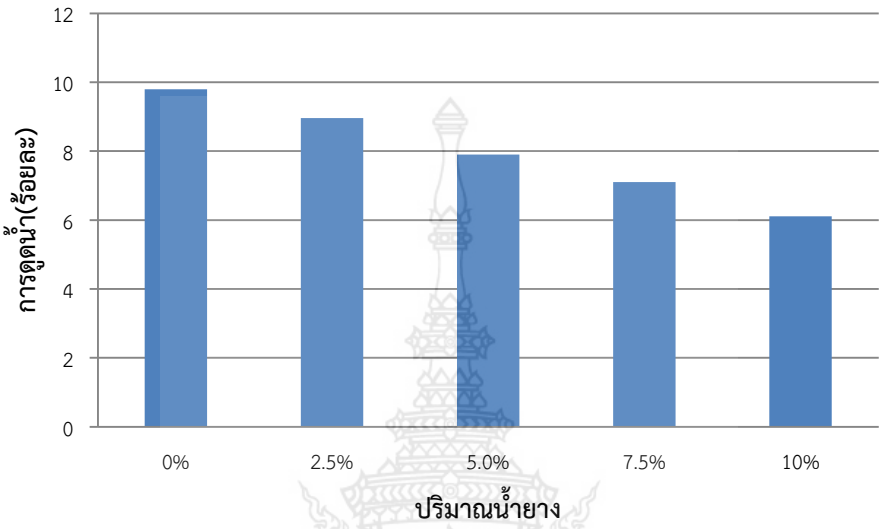


รูปที่ 4.1ความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 4.1จากผลการทดลอง พบว่าความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ลดลงตามปริมาณของน้ำยางที่นำมาผสมลงในส่วนผสม ทั้งนี้เนื่องจากเกิดฟองอากาศจำนวนมากในเนื้อแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ เมื่อใส่สารลดแรงตึงผิว น้ำยางธรรมชาติจะทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์กลายเป็นแผ่นฟิล์ม เข้าไปแทรกอยู่ในช่องว่างของมอร์ตาร์ ซึ่งความหนาแน่นของมอร์ต้าร์นั้นมากกว่าแผ่นฟิล์มยาง อัตราส่วนที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด คือ อัตราส่วนน้ำยาง 0 % รองลงมาคือ อัตราส่วน น้ำยาง 2.5 % น้ำยาง 5.0 % น้ำยาง 7.5 % และอัตราส่วน น้ำยาง 10 % มีความหนาแน่นต่ำที่สุด ตามลำดับ

4.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

การทดสอบการดูดซึมน้ำ ที่อายุการบ่ม 28 วัน ทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง ต่อ 1 อัตราส่วน ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.2

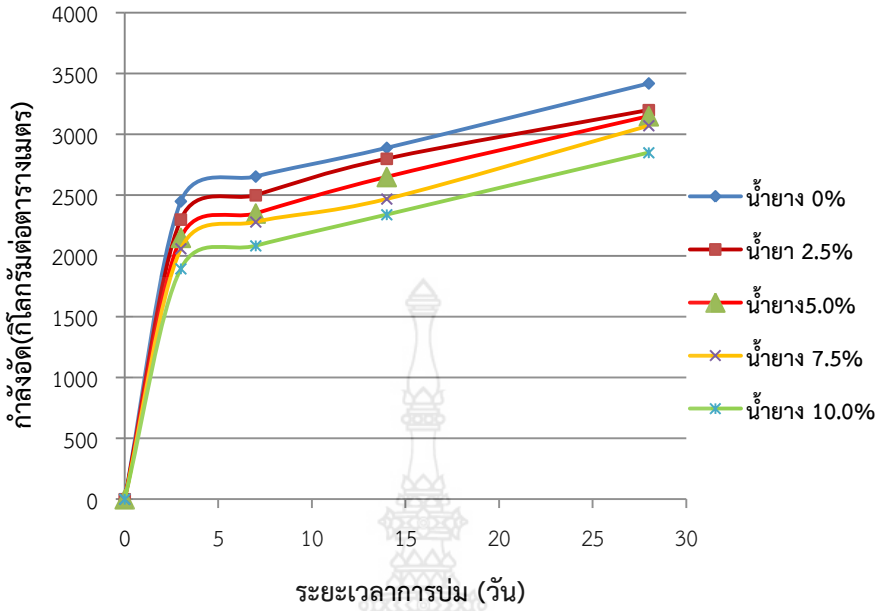


รูปที่ 4.2การดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ

จากรูปที่ 4.2 จากการทดสอบดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ พบว่า แผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ มีแนวโน้มการดูดซึมน้ำลดลง โดยมอร์ต้าร์กระเบื้องหลังคาในอัตราส่วน น้ำยาง 10% มีการดูดซึมน้ำรองลงมาอัตราส่วน น้ำยาง 7.5% , อัตราส่วน น้ำยาง 5.0%, อัตราส่วน น้ำยาง 2.5% และมากที่สุดคืออัตราส่วน น้ำยาง 0% ซึ่งเป็นผลมาจาก น้ำยางธรรมชาติได้ทำปฏิกิริยากลายเป็นแผ่นฟิล์ม กระจายตัวอยู่ในช่องว่างของมอร์ต้าร์ ซึ่งคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มยางนี้ ไม่ดูดซับน้ำ ทำให้การดูดซึมน้ำลดลงตามปริมาณน้ำยางที่ผสม ตามมาตรฐานกำหนดไม่เกิน 10% ซึ่งทุกอัตราส่วน ไม่เกินมาตรฐาน

4.3 การทดสอบความต้านทานแรงอัด

ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 3, 7, 14 และ 28 วัน ทำการทดสอบ จำนวน 5 ตัวอย่าง ต่อ 1 อัตราส่วน สรุปได้ดังรูป ที่ 4.3

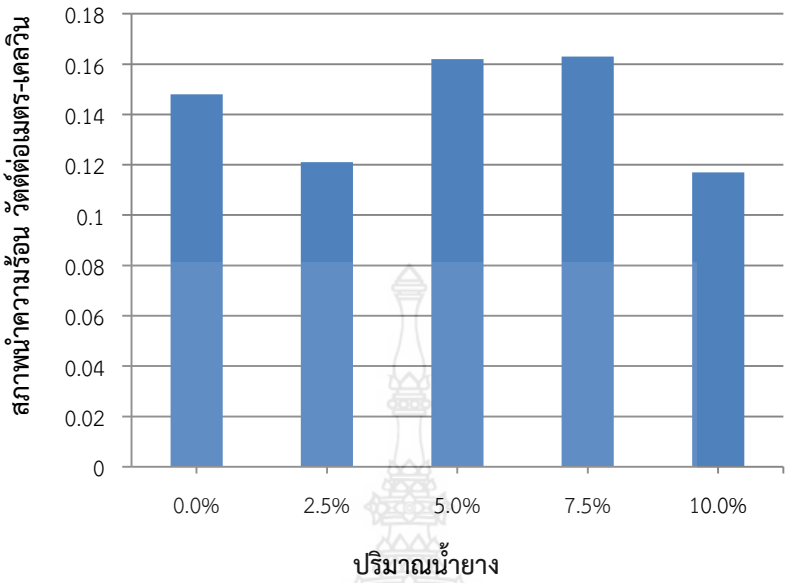


รูปที่ 4.3การทดสอบความต้านทานแรงอัด ของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ

จากรูปที่ 4.3 จากการทดสอบความต้านทานแรงอัดของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ พบว่า แผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ มีแนวโน้มค่าความต้านทานแรงอัด ลดลง ตามปริมาณน้ำยางที่เพิ่มขึ้น โดยมอร์ต้าร์กระเบื้องหลังคาในอัตราส่วน น้ำยาง 0% มีค่าความต้านทานแรงอัด รองลงมา อัตราส่วน น้ำยาง 2.5% , อัตราส่วน น้ำยาง 5.0%, อัตราส่วน น้ำยาง 7.5% และมากที่สุดคืออัตราส่วน น้ำยาง 10% ซึ่งเป็นผลมาจาก น้ำยางธรรมชาติได้ทำปฏิกิริยากลายเป็นแผ่นฟิล์ม กระจายตัวอยู่ในช่องว่างของมอร์ต้าร์ ซึ่งคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มยางนี้ มีความยืดหยุ่นสูงและไม่มีความสามารถยึดเกาะกับของแข็ง จึงทำให้ไม่สามารถช่วยรับแรงอัดได้

4.4 ผลการทดสอบสภาพนำความร้อน

การทดสอบสภาพนำความร้อน ของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.4



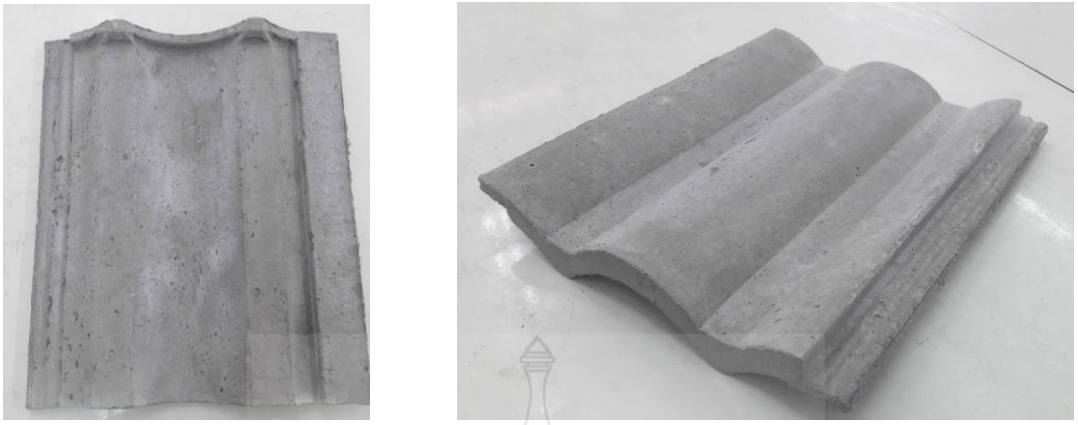
รูปที่ 4.4ผลทดสอบสภาพนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ

จากรูปที่ 4.4 ผลทดสอบสภาพนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยาธรรมชาติ พบว่า การผสมน้ำยางธรรมชาติลงในส่วนผสม มีผลให้ค่าสภาพนำความร้อน มีแนวโน้มว่า ลดต่ำลง ทั้งนี้ สภาพนำความร้อนที่ได้ เป็นผลมาจากน้ำยางที่เปลี่ยนสภาพเป็นแผ่นฟิล์มมีกระจายตัวอยู่ในเนื้อของมอร์ต้าร์ของแผ่นกระเบื้อง ซึ่งน้ำยางธรรมชาตินี้มีคุณสมบัติ มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้เป็นอย่างดี จะเห็นได้จาก ค่าสภาพนำความร้อนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.117 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ที่อัตราส่วนน้ำยางที่มากที่สุด เท่ากับ ปริมาณน้ำยาง 10%

4.5 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไป

เมื่อพิจารณาลักษณะทั่วไปของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ โดยวิธีการสังเกต ทั้ง 5 อัตราส่วน สามารถนำมาประกอบเป็นผลการทดสอบลักษณะทั่วไปได้ ดังรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.1

.



รูปที่ 4.5ลักษณะทั่วไปของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ

อัตราส่วน	**ลักษณะทั่วไป**
มอก. 535-2556	ผิวของกระเบื้องจะเรียบหรือหยาบก็ได้ แต่ต้องไม่แตก ไม่นูน ไม่เว้า หรือมีตำหนิอื่นใด ที่เป็นอุปสรรคต่อการใช้งาน
ที่ 1	ผ่าน
ที่ 2	ผ่าน
ที่ 3	ผ่าน
ที่ 4	ผ่าน
ที่ 5	ผ่าน

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ทุกอัตราส่วน มีลักษณะทั่วไป ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.535-2556 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา โดยกำหนดขอบข่ายดังนี้ ผิวของกระเบื้องจะเรียบหรือหยาบก็ได้ แต่ต้องไม่แตก ไม่นูน ไม่เว้า หรือมีตำหนิอื่นใด ที่เป็นอุปสรรคต่อการใช้งาน

4.6 การวัดขนาดกว้างใช้งานของกระเบื้องและความยาว

การวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ จำนวน 12 แผ่น ตามมาตรฐาน มอก.535-2556

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ

อัตราส่วน	**ค่าจากการทดสอบขนาดมิติและความคลาดเคลื่อน**	**เกณฑ์**
มอก. 535-2556	กำหนดขนาด 300x400x10 มิลลิเมตร ไม่เกิน $\pm$2%	
ที่ 0%	เฉลี่ย 310x405x9 มิลลิเมตร	ผ่าน
ที่ 2.5%	เฉลี่ย 304x408x11 มิลลิเมตร	ผ่าน

ที่ 5.0%	เฉลี่ย 311x410x11 มิลลิเมตร	ผ่าน
ที่ 7.5%	เฉลี่ย 309x412x13 มิลลิเมตร	ผ่าน
ที่ 10%	เฉลี่ย 314x407x9 มิลลิเมตร	ผ่าน

จากตารางที่ 4.2 จากการกำหนดขนาดการใช้งานของแผ่นกระเบื้อง เท่ากับ300x400x10 มิลลิเมตร พบว่า ทุกอัตราส่วน มีขนาดและความคลาดเคลื่อน ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.535-2556 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา โดยกำหนดขอบข่ายดังนี้ ความกว้างใช้งานและความยาว คลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$2%

4.7 ทดสอบส่วนเกาะระแนงและความได้ฉาก

จากรูปที่ 4.6 การทดสอบส่วนเกาะระแนงและความได้ฉาก ของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก.535-2556 พบว่า ทุกอัตราส่วนผ่าน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ของส่วนเกาะระแนงและความได้ฉาก ของแผ่นกระเบื้อง มีความแข็งแรง สามารถแขวนบนแท่นได้เป็นอย่างดี และมีระยะเบี่ยงเบนด้านข้างตามแนวระดับ ไม่เกิน 2%

รูปที่ 4.6การทดสอบส่วนเกาะระแนงและความได้ฉาก ของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีต ผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก.535-2556

4.8 ทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้อง (distortion)

การทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก. 535-2556 จำนวน 12 แผ่น

รูปที่ 4.7การทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก.535-2556

จากรูปที่ 4.6 การทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก.535-2556 นำแผ่นกระเบื้องอ้างอิงมาวางที่แท่นรองรับ ซ้อนแผ่นกระเบื้องที่ใช้ทดสอบ ตามรูป กระเบื้องสัญลักษณ์ A ยึดกับที่รองรับ มุมเอียง 45 องศา จำนวน 12 แผ่น

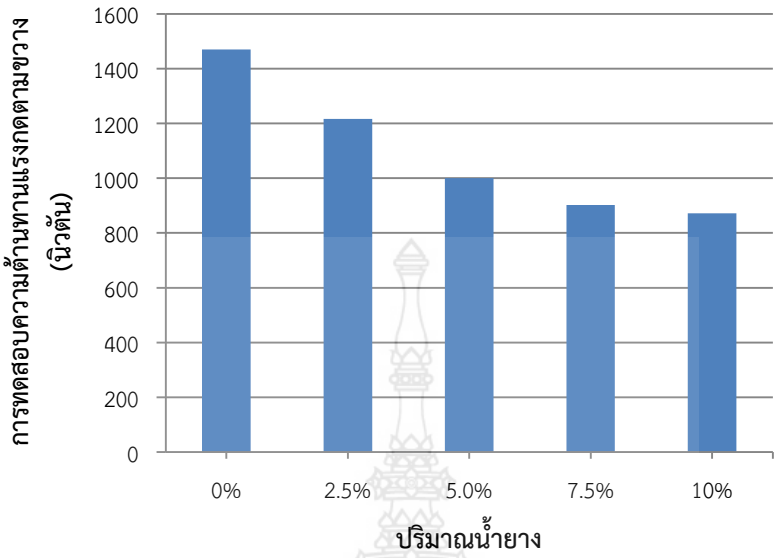
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบทดสอบความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ

รายการทดสอบ	**ระยะ (มิลลิเมตร)**
ระยะห่างสูงสุดในแนวตั้งฉากระหว่างผิวแผ่นกระเบื้องที่ใช้ทดสอบกับกระเบื้องอ้างอิงที่ซ้อนกันส่วนบนส่วนล่าง	ส่วนบน 1.5 ส่วนล่าง 1.7
ระยะห่างสูงสุดในแนวระดับระหว่างขอบแผ่นกระเบื้องที่ใช้ทดสอบกับกระเบื้องอ้างอิงที่ชนกันด้านข้างทั้งสองด้าน	ขอบด้านขวา 2.5 ขอบด้านซ้าย 2.2

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ระยะห่างในแนวตั้งฉากสูงสุดและระยะห่างขอบสูงสุดแผ่นกระเบื้องเท่ากับ 1.7 และ 2.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การผลิตแผ่นกระเบื้อง ได้แผ่นที่มีคุณภาพดี มีผิวเรียบและขอบแผ่นกระเบื้องได้ฉาก

4.9 ทดสอบแรงกดแตกตามขวาง

การทดสอบแรงกดแตกตามขวางของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก.535 - 2556 จำนวน ตัวอย่างละ 6 แผ่น ต่อ 1 อัตราส่วน



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบแรงกดแตกตามขวางของแผ่นกระเบื้องหลังคา คอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ

จากรูปที่ 4.7 จากผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยแรงกดแตกตามขวางของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ลดลงตามปริมาณของน้ำยางที่นำมาผสมลงในส่วนผสม โดยแผ่นกระเบื้องหลังคาที่มีแรงกดแตกตามขวางที่สูงสุด คือ อัตราส่วนน้ำยาง 0 % รองลงมาคือ อัตราส่วน น้ำยาง 2.5 %, น้ำยาง 5.0 % น้ำยาง 7.5 % และอัตราส่วน น้ำยาง 10 % ซึ่งค่าแรงกดแตกตามขวางของแผ่นกระเบื้องหลังคาต่ำสุด ตามมาตรฐาน มอก.535-2556 กำหนด มีค่าเท่ากับ 997.5 นิวตัน โดยมีอัตราส่วนที่ผ่านมาตรฐาน 3 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนน้ำยาง 0% , 2.5% และ 5.0% ที่ไม่ผ่านตามมาตรฐาน คือ อัตราส่วนน้ำยาง 7.5% และ 10% เนื่องมาจากเนื้อยางที่เปลี่ยนเป็นฟิล์มบางๆที่แทรกตัวอยู่ตามช่องว่าง จะเข้าไปเคลือบอณุภาคของปูนซีเมนต์ ทำให้แรงยึดเกาะระหว่างอนุภาคลดลง จึงส่งผลให้แรงกดแตกตามขวางของแผ่นกระเบื้องหลังคาลดลง ซึ่งจะสอดคล้องกับค่ากำลังต้านทานแรงอัด

4.10 ทดสอบสภาพการซึมผ่านได้ของแผ่นกระเบื้อง

ทดสอบสภาพการซึมผ่านได้ของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ตามมาตรฐาน มอก. 535-2556 การทดสอบความไม่รั่วซึมน้ำ โดยกักน้ำไว้เหนือผิวกระเบื้อง สูง 50 มิลลิเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าไม่ปรากฏหยดน้ำใต้แผ่นกระเบื้อง แสดงให้เห็นว่าส่วนผสมอัตราส่วน ปริมาณน้ำยางที่ 2.5% ของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถป้องกันน้ำซึมได้

4.11 ทดสอบการใช้งานจริงเปรียบเทียบวัดอุณหภูมิ

จากผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ที่ผ่านมา พบว่า อัตราส่วนหรือปริมาณที่เหมาะสมของน้ำยางธรรมชาติสำหรับผสมเสริมในแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีต คือ อัตราส่วน ปริมาณน้ำยางที่ 2.5% เมื่อนำไปแผ่นกระเบื้องไปมุงหลังคางานจริง และเปรียบเทียบวัดอุณหภูมิ แสดงให้เห็นว่าแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถลดอุณหภูมิ ได้เฉลี่ย 1-1.5 องศา ซึ่งมีความเป็นฉนวนกันความร้อนได้เป็นอย่างดี และจากการใช้งานจริง จะเห็นว่า กระเบื้องหลังคาสามารถนำไปขึ้นรูปและใช้งานได้จริง

รูปที่ 4.9 ทดสอบการใช้งานจริงเปรียบเทียบวัดอุณหภูมิ

4.12 ผลการเขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่

ได้ร่างบทความเรื่อง “การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด” เพื่อตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการหรือวารสารทางวิชาการ ระดับชาติหรือนานาชาติ

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของ แผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติที่อัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

จากผลการดำเนินงานทั้งหมดของโครงการ สามารถสรุปผล ดังนี้

5.1 แผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ สามารถผลิตได้โดยการผสมน้ำยางธรรมชาติการผสมส่วนผสมให้เข้ากันการอัดขึ้นรูปด้วยกดอัด และได้กระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ที่แข็งแรงทนทาน

5.2 อัตราส่วนหรือปริมาณที่เหมาะสมของน้ำยางธรรมชาติ สำหรับผสมเสริมในแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีต คือ อัตราส่วน ปริมาณน้ำยางที่ 2.5% โดยอ้างอิงวิธีทดสอบและผลการทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.535-2556 โดยมีการทดสอบ 4 ด้านคือ การทดสอบมิติ การทดสอบความต้านแรงกดตามขวาง การทดสอบการดูดซึมน้ำ และการทดสอบความไม่รั่วซึมน้ำ พบว่าค่าที่ได้อยู่ในมาตรฐาน และมีสภาพนำความร้อนต่ำ เพิ่มความเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับแผ่นหลังคาได้เป็นอย่างดี

5.3 จากผลการวิจัย สามารถได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์แผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ที่ผ่านตามมาตรฐาน มอก.535-2556 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา สำหรับนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

5.4 การผลการวิจัยของแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ มีแนวโน้มที่จะสามารถนำน้ำยางธรรมชาติหรือน้ำยางพาราที่มีจำนวนมากในท้องถิ่น มาใช้เกิดประโยชน์และมีมูลค่ามากขึ้นได้มากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรพัฒนาแผ่นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมน้ำยางธรรมชาติ ด้วยวัสดุอื่นๆ ที่ช่วยเพิ่มความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดีขึ้น โดยการผสมสารที่สามารถช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนได้

เอกสารอ้างอิง

กฤษณ์ สุขยฤกษ์, เรวัต คุณทะวงค์, ศรายุทธ กันพ้นภัย และสิรงค์ พลากุลมนฑล, 2548. **การใช้น้ำยางพารามาปรับปรุงคุณสมบัติด้านกาลัง และการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตบล็อก**. ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554. **การอนุรักษ์พลังงานตาม พรบ.**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.dede.go.th. 10 สิงหาคม 2554.

จุรีพร โสภาพรอมร, 2550. **เปรียบเทียบสมรรถนะของหลังคารูปแบบต่างๆ เชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์**. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เฉลิมเดช เฉลิมลาภอัศดร, 2546. **คู่มือสาระน่ารู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงานเรื่องการประหยัดพลังงานในบ้าน**. พิมพ์ครั้งที่ 5. สานักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

ชัชวาล เศรษฐบุตร, 2552. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน**. บริษัท ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จากัด. กรุงเทพฯ.

ชวลิต หุ่นแก้ว, 2554. **การปลูกยางพารา**. กองทุนส่งเสริมพืชสวน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.yupparaj.ac.th. 25 สิงหาคม 2554.

ดิเรก ยิ่งสุขผล, ธีระวัฒน์ ภูอากาศ และบุญชนะ ทวีรัตน์, 2549. **การใช้น้ำยางพาราปรับปรุงสมบัติด้านรับกาลังอัดและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศอบไอน้ำ**. ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช, 2544. **นิเวศวิทยา**. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ทัต สัจจะวาที, 2545. **Building Construction Illustrated ก่อสร้างอาคารบรรยายด้วยภาพ**. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จากัด (มหาชน). กรุงเทพฯ.

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ และวรพงศ์ วรสุนทโรสถ, 2548. **วัสดุก่อสร้าง**. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จากัด (มหาชน). กรุงเทพฯ.

บุญธรรม นิธิอุทัย, 2538. **เทคโนโลยีน้ำยาง**. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 1-2.

ประชุม คาพุฒ, 2549. **การศึกษาการใช้น้ำยางธรรมชาติผสมเพิ่มในคอนกรีตมวลเบาแบบปานกลาง**. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 2. โรงแรมเจริญศรี แกรนด์ รอยัล อุดรธานี เมวันที่ 25-27 ตุลาคม 2549. หน้า MAT 73-MAT 81.

ประชุม คาพุฒ, 2550. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมน้ำยางพารา. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.** โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม, สานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

ปราโมทย์ วีรานุกูล และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2557. การใช้น้ำยางธรรมชาติพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม.** ทุนสนับสนุนงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

วินัย วีระวัฒนานนท์, 2537. **คู่มือปฏิบัติการ เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)**. บริษัทส่องศยาม จากัด. กรุงเทพฯ.

สด วิปุลานุสาสน์, 2550. **103 ปี ยางพาราไทย**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก HTTP://WWW.MUANGLUNG. com/ yangpara.html. 23 สิงหาคม 2550.

สิทธิชัย ศิริพันธุ์, พิทักษ์ บุญนุ่น, กิจถาวร โลหะ และอนุรักษ์ กำเนิดว้า, 2548. **การใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนางานคอนกรีต**. เอกสารการประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10. ชลบุรี. หน้า MAT-205 – MAT-210.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2540. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องกระเบื้องหลังคาคอนกรีต (มอก.535-2540)**. สานักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกาหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานบังคับ (มอก.15-2547 เล่ม 1)**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

เอกชัย พฤกษ์อาไพ, 2547. **คู่มือยางพารา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท เพ็ท-แพลน พับลิชชิ่ง จากัด. กรุงเทพฯ.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2013. **Annual Book of ASTM Standards**, Vol 04.02, Philadelphia.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2013. **Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus (ASTM C177)**. Philadelphia.

Ohama, Y., 1987. **Principle of Latex Modification and Some Typical Properties of Latex-Modified Mortars and Concretes**. ACI Materials Journal. Title No.84-M45. pp511-518.

Prachoom Khamput, 2006. **Using Latex from Para-Rubber for Developing Strength and Thermal Insulation Properties of Concrete Block**. Asian Symposium on Materials and Processing 2006 (ASMP 2006), Bangkok, Thailand, November 9-10, 2006, pp. 23.

ภาคผนวก

ก มาตรฐาน มอก.535-2556 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๕๙๑ (พ.ศ. ๒๕๕๖)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มาตรฐานเลขที่ มอก.535-2540

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒๒๘๔ (พ.ศ. ๒๕๔๐) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา ลงวันที่ ๑๗ กันยายน ๒๕๔๐ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา มาตรฐานเลขที่ มอก.535-2556 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด ๒๗๐ วัน นับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๖ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๖

ประเสริฐ บุญชัยสุข

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดกระเบื้องมุงหลังคาแบบแผ่นลอนและแผ่นเรียบสำหรับใช้มุงหลังคาในแนวลาดเอียงโดยไม่จำกัดสีผิวกระเบื้อง

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมกระเบื้องที่ไม่มีส่วนเกาะระแนง รางลิ้น และบัวกันน้ำ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

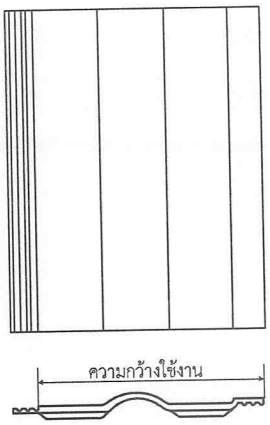
2.1 กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา (concrete roofing tiles) ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “กระเบื้อง” หมายถึง วัสดุแผ่นแบบเกาะเกยสำหรับใช้มุงหลังคา ทำจากคอนกรีตซึ่งเป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์ มวลผสมคอนกรีต และน้ำ มีลักษณะเป็นแผ่นลอนหรือแผ่นเรียบ มีส่วนเกาะระแนงที่ส่วนบนด้านหลังของแผ่นกระเบื้อง ขอบด้านข้างของแผ่นกระเบื้องมีรางลิ้นเพื่อเกาะเกยกันระหว่างแผ่นต่อแผ่น ส่วนล่างด้านหลังมีขอบเป็นบัวกันน้ำไหลย้อนเข้าใต้แผ่นกระเบื้อง และอาจมีรูยึดกระเบื้องด้วยก็ได้ ตัวอย่างดังรูปที่ 1

2.2 ส่วนเกาะระแนง (batten lugs) หมายถึง ส่วนบนด้านหลังของกระเบื้องที่ใช้เกาะระแนง

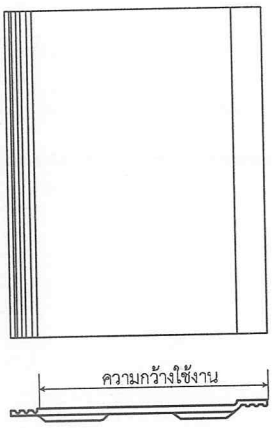
2.3 รางลิ้น (weather channels) หมายถึง ขอบด้านข้างของกระเบื้องที่ใช้เกาะเกยกันระหว่างแผ่น

2.4 บัวกันน้ำ (ribs) หมายถึง ส่วนล่างด้านหลังของกระเบื้องที่ใช้กันน้ำไหลย้อนเข้าใต้แผ่นกระเบื้อง

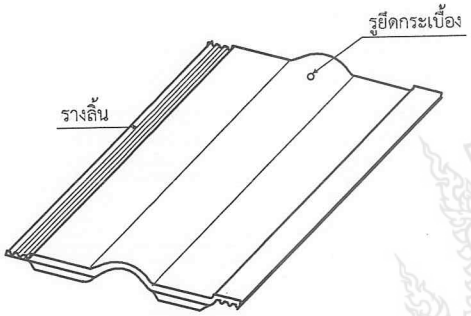
2.5 ความกว้างใช้งานของกระเบื้อง (exposed width) หมายถึง ความกว้างของกระเบื้องเฉพาะด้านที่สัมผัสกับลมฟ้าอากาศเมื่อติดตั้ง ตัวอย่างดังรูปที่ 1



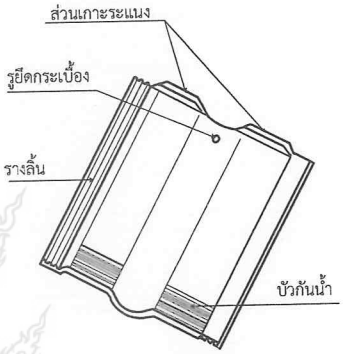
กระเบื้องแบบแผ่นลอน



กระเบื้องแบบแผ่นเรียบ

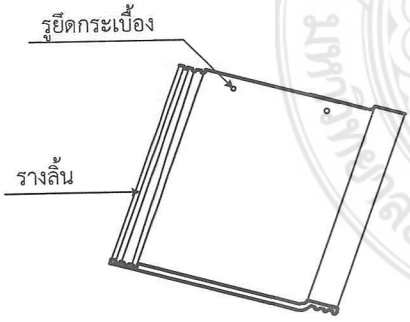


ด้านหน้า

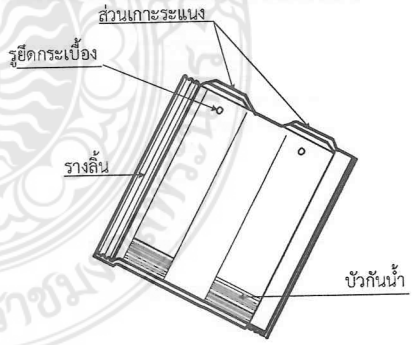


ด้านหลัง

ส่วนประกอบของกระเบื้องแบบแผ่นลอน



ด้านหน้า



ด้านหลัง

ส่วนประกอบของกระเบื้องแบบแผ่นเรียบ

รูปที่ 1 ชื่อเรียกส่วนต่างๆของกระเบื้องแบบแผ่นลอนและแบบแผ่นเรียบ

(ข้อ 2.1 ถึงข้อ 2.5)

3. แบบ

2.1 กระเบื้องแบ่งตามรูปร่างเป็น 2 แบบ คือ

2.1.1 แบบแผ่นลอน (profile tile)

2.1.2 แบบแผ่นเรียบ (flat tile)

4. มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความกว้างใช้งานของกระเบื้อง

ความกว้างใช้งานเฉลี่ยของกระเบื้องต้องไม่แตกต่างจากขนาดความกว้างใช้งานของกระเบื้องที่ผู้ทำกำหนดไว้เกิน ± 2 %

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.1

4.2 ความยาวของกระเบื้อง

ความยาวเฉลี่ยของกระเบื้องต้องไม่แตกต่างจากขนาดความยาวที่ผู้ทำกำหนดไว้เกิน ± 2 %

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.1

4.3 ส่วนเกาะระแนงและความได้ฉาก

เมื่อทดสอบตามข้อ 9.2 กระเบื้องต้องแขวนบนแท่นได้ และระยะเบี่ยงเบนของขอบด้านข้างตามแนวระดับต้องไม่เกิน 2 % ของความกว้างใช้งานของกระเบื้อง

4.4 ความบิดเบี้ยวของกระเบื้อง

เมื่อทดสอบตามข้อ 9.3 ระยะห่างสูงสุดในแนวตั้งฉากระหว่างผิวกระเบื้องที่ใช้ทดสอบกับผิวกระเบื้องอ้างอิงที่ซ้อนกันส่วนบนและส่วนล่าง และระยะห่างสูงสุดในแนวระดับระหว่างขอบกระเบื้องที่ใช้ทดสอบกับกระเบื้องอ้างอิงที่ชนกันด้านข้างทั้งสองด้าน ต้องไม่เกิน 5 mm

5. วัสดุและการทำ

5.1 วัสดุ

5.1.1 ปูนซีเมนต์ ให้ใช้ปูนซีเมนต์อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

(1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตาม มอก.15 เล่ม 1

(2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน ตาม มอก.849

(3) ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ตาม มอก.2594

5.2 มวลผสมคอนกรีต (aggregate)

มวลผสมคอนกรีตที่ใช้ต้องเป็นทราย กรวด หินย่อย หรือวัสดุอย่างอื่น ที่มีสมบัติเหมาะในการทำกระเบื้อง หรือตาม มอก.566

5.3 น้ำ

ต้องเป็นน้ำปราศจากสารใดที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของกระเบื้อง

5.4 ส่วนผสมอื่นๆ (ถ้ามี)

สี สารกันซึม หรือสารอื่นๆ ที่นำมาใช้ต้องเป็นสารที่เหมาะสำหรับใช้กับคอนกรีต และต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง สำหรับสีนั้นต้องปราศจากตะกั่วหรือสิ่งที่เป็นพิษซึ่งเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคน้ำฝนซึ่งรองจากหลังคา

5.5 การทำ

5.5.1 ต้องผสมคอนกรีตด้วยเครื่องผสมคอนกรีต เพื่อให้เนื้อคอนกรีตมีส่วนผสมสม่ำเสมอ และต้องขึ้นรูปต่อเนื่องกันทั้งแผ่น

5.5.2 ให้ชั่งวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตทุกครั้ง ส่วนน้ำอาจวัดเป็นปริมาตรได้

5.5.3 ต้องใช้เครื่องเขย่า (vibrator) หรือเครื่องมืออื่นๆเพื่อทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

ผิวของกระเบื้องจะเรียบหรือหยาบก็ได้ แต่ต้องไม่แตก ไม่นูน ไม่เว้า หรือมีตำหนิอื่นใด ที่เป็นอุปสรรคต่อการใช้งาน

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 แรงกดแตกตามขวาง (transverse breaking load)

เมื่อทดสอบตามข้อ 9.4 แล้ว แรงกดแตกตามขวางแต่ละแผ่นต้องไม่น้อยกว่า 3.325 N ต่อความกว้างใช้งานของกระเบื้อง 1 mm

6.3 การดูดซึมน้ำ (water absorbtion)

เมื่อทดสอบตามข้อ 9.5 แล้ว กระเบื้องทุกแผ่นต้องมีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกิน 10 %

6.4 สภาพการซึมผ่านได้ (permeability)

เมื่อทดสอบตามข้อ 9.6 แล้ว กระเบื้องทุกแผ่นต้องไม่ปรากฏหยดน้ำใต้แผ่นกระเบื้อง

6.5 ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำ

ปริมาณสารพิษที่ยอมให้มีได้ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดสูงสุดในตารางที่ 1

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม BS 6920 : Section 2.6

ตารางที่ 1 ปริมาณสารพิษที่ยอมให้มีได้

(ข้อ 6.5)

สารพิษ	เกณฑ์ปริมาณสารพิษที่ยอมให้มีได้ สูงสุด (mg/dm^3)
ปรอท	0.001
ตะกั่ว	0.05
สารหนู	0.05
ซีลีเนียม	0.01
โครเมียม	0.05
ไซยาไนด์	0.2
แคดเมียม	0.01
แบเรียม	1.0

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่กระเบื้องทุกแผ่น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร

(1) ชื่อผู้ทำ หรือโรงงานที่ทำหรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

7.2 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศด้วย ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามภาคผนวก ก

9. การทดสอบ

9.1 ความกว้างใช้งานของกระเบื้อง และความยาว

9.1.1 เครื่องมือ

เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 mm และมีความยาวเพียงพอที่จะวัดกระเบื้องตัวอย่างได้ทั้งแผ่นในครั้งเดียว

9.1.2 วิธีทดสอบ

9.1.2.1 ความกว้างใช้งานของกระเบื้อง

วัดความกว้างใช้งานของกระเบื้องทั้งแผ่น 3 ตำแหน่ง ที่ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง แล้วหาค่าเฉลี่ย

9.1.2.1 ความยาว

วัดความยาวของกระเบื้อง 3 ตำแหน่ง ที่ขอบทั้งสองข้าง และตรงกลาง แล้วหาค่าเฉลี่ย

9.1.3 การรายงานผล

รายงานความกว้างใช้งานเฉลี่ย และความยาวเฉลี่ยของกระเบื้องแต่ละแผ่น

9.2 ส่วนเกาะระแนง และความได้ฉาก

9.2.1 เครื่องมือ

9.2.1.1 แท่นทดสอบตามรูปที่ 2

9.2.1.2 เครื่องวัดหรือคาลิปเปอร์ ที่อ่านได้ละเอียดถึง 1 mm

A หมายถึง ความกว้างของกรอบของแท่นทดสอบ ซึ่งเท่ากับความกว้างของกระเบื้องทั้งแผ่น + 20 mm

B หมายถึง ความยาวของกระเบื้องทั้งแผ่น + 10 mm ถึง 30 mm

C หมายถึง ความกว้างของกรอบด้านข้าง

$C > 2 \times T$

T หมายถึง ความสูงของลอนกระเบื้องวัดจากจุดกึ่งกลางของตัวอย่าง

รูปที่ 2 แท่นทดสอบส่วนเกาะระแนง และความได้ฉาก

(ข้อ 9.2.1.1)

9.2.2 วิธีทดสอบ

9.2.2.1 วางแท่นทดสอบบนพื้นที่อยู่ในแนวระดับ

9.2.2.2 แขวนกระเบื้องตัวอย่างบนแท่นทดสอบให้ส่วนเกาะระแนงแขวนอยู่บนขอบบนของแท่นทดสอบเต็มความยาวส่วนเกาะระแนง

9.2.2.3 วัดระยะห่างตามแนวระดับระหว่างมุมบนกับมุมล่างของกระเบื้องกับด้านข้างของแท่นทดสอบด้านเดียวกันเป็นมิลลิเมตร และบันทึกค่าความแตกต่าง

9.2.3 การรายงานผล

รายงานว่ากระเบื้องแขวนบนแท่นได้หรือไม่ได้ และหาระยะเบี่ยงเบนของขอบด้านข้างตามแนวระดับเป็นร้อยละของความกว้างใช้งานของกระเบื้อง

9.3 ความบิดเบี้ยวของกระเบื้อง (distortion)

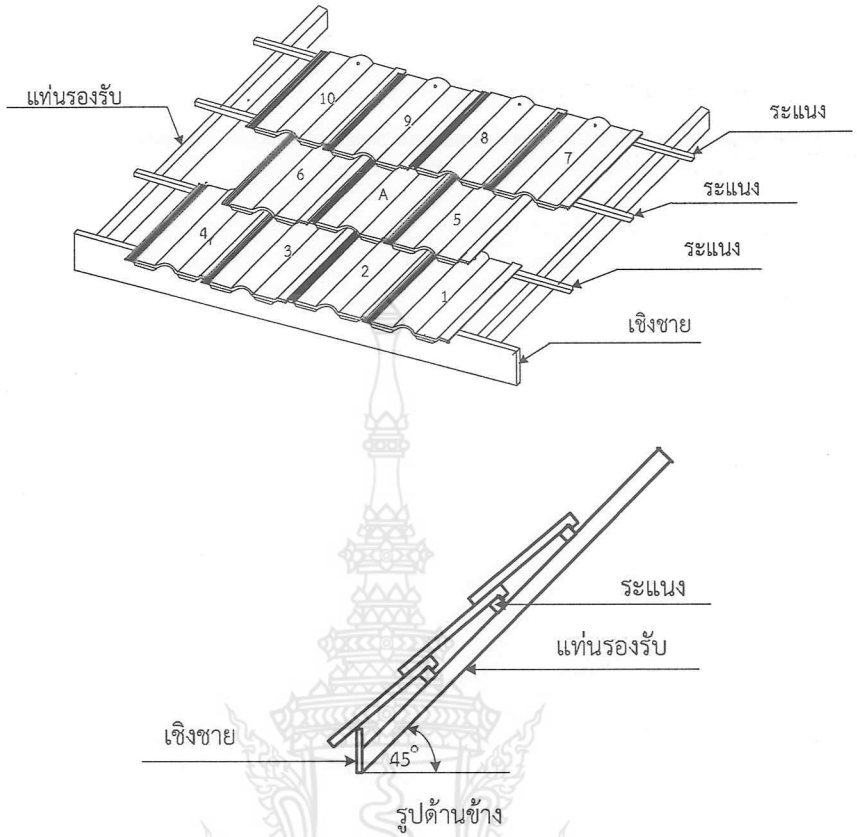
9.3.1 เครื่องมือ

9.3.1.1 แท่นรองรับ

แท่นซึ่งวางกระเบื้องซ้อนได้ 3 แถว แต่ละแถววางแผ่นกระเบื้องได้ 4 แผ่น ยึดกับที่รองรับในแนวเอียง 45° จากแนวระดับ และมีพื้นที่เพียงพอสำหรับทดสอบกระเบื้องได้ ตามรูปที่ 3

9.3.1.2 แผ่นกระเบื้องอ้างอิง

ประกอบด้วยกระเบื้อง 10 แผ่นแบบเดียวกับที่ใช้ทดสอบ ทำขึ้นตามข้อกำหนดของโรงงาน และโรงงานต้องรับรองว่าแผ่นกระเบื้องแบบนั้นบิดเบี้ยวน้อยที่สุด หรือทำขึ้นจากวัสดุอื่นที่มีความคงทนกว่า



หมายเหตุ 1) 1 ถึง 10 หมายถึง แผ่นกระเบื้องอ้างอิง

2) A หมาย ถึง แผ่นกระเบื้องที่ใช้ทดสอบ

รูปที่ 3 ความบิดเบี้ยวของกระเบื้อง

(ข้อ 9.3.1.1)

9.3.2 วิธีทดสอบ

9.3.2.1 วางแท่นรองรับในที่ที่ติดตั้งและวัดแผ่นกระเบื้องได้ง่าย

9.3.2.2 ยึดแผ่นกระเบื้องแถวแรกโดยใช้แผ่นกระเบื้องอ้างอิง 4 แผ่น

9.3.2.3 ยึดแถวที่สองโดยใช้แผ่นกระเบื้องทดสอบ 1 แผ่นวางไว้ตรงกลาง และแผ่นกระเบื้องอ้างอิง 2 แผ่นวางไว้ด้านข้างทั้งสอง

9.3.2.4 ยึดแถวที่สามด้วยแผ่นกระเบื้องอ้างอิง 4 แผ่น

9.3.2.5 วัดระยะห่างสูงสุดในแนวตั้งฉากระหว่างผิวแผ่นกระเบื้องที่ใช้ทดสอบกับผิวแผ่นกระเบื้องอ้างอิงที่ซ้อนกันส่วนบนและส่วนล่าง และระยะห่างสูงสุดในแนวระดับระหว่างขอบกระเบื้องที่ใช้ทดสอบกับแผ่นกระเบื้องอ้างอิงที่ชนกันด้านข้างทั้งสองด้านเป็นมิลลิเมตร แล้วบันทึกผล

9.3.2.6 ทำเช่นเดียวกับข้อ 9.3.2.2 ถึง ข้อ 9.3.2.5 กับแผ่นกระเบื้องทดสอบอีก 11 แผ่น

9.3.3 การรายงานผล

รายงานระยะห่างสูงสุดในแนวตั้งฉากระหว่างผิวแผ่นกระเบื้องที่ใช้ทดสอบกับผิวแผ่นกระเบื้องอ้างอิงที่ซ้อนกันส่วนบนและส่วนล่าง และระยะห่างสูงสุดในแนวระดับระหว่างขอบแผ่นกระเบื้องที่ใช้ทดสอบกับแผ่นกระเบื้องอ้างอิงที่ชนกันด้านข้างทั้งสองด้านทุกแผ่นเป็นมิลลิเมตร

9.4 แรงกดแตกตามขวาง

9.4.1 เครื่องมือ

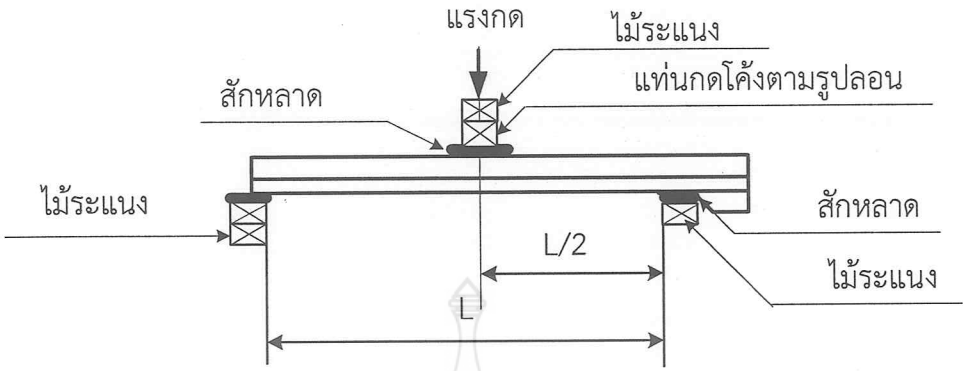
เครื่องกดที่อ่านได้ละเอียดถึง 1 นิวตัน

9.4.2 วิธีเตรียมตัวอย่าง

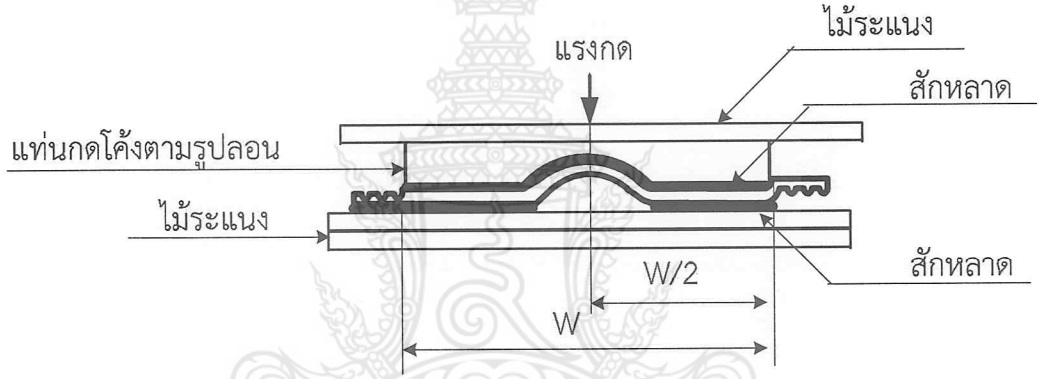
นำแผ่นกระเบื้องตัวอย่างจำนวน 6 แผ่น แช่ลงในน้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 h เมื่อครบแล้วยกออกทดสอบกระเบื้องในภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำทันที

9.4.3 วิธีทดสอบ

ใช้ไม้ระแนงที่เป็นชิ้นตรงและมีผิวหน้าเรียบ 2 ชิ้น แต่ละชิ้นกว้าง 50 mm หนาไม่น้อยกว่า 25 mm วางหนุนไว้ใต้แผ่นกระเบื้องให้ชิดกับส่วนเกาะระแนงของแผ่นกระเบื้อง และให้แผ่นกระเบื้องวางอยู่ในลักษณะที่มุงหลังคาในแนวราบ ปลายของแผ่นกระเบื้องจะต้องวางให้อยู่ตรงแนวกึ่งกลางของไม้ระแนงขนาดเดียวกัน สำหรับแผ่นกระเบื้องที่มีบัวกันน้ำต้องระวังไม่ให้บัวกันน้ำกดกับไม้ระแนง วางแผ่นกระเบื้องบนไม้ระแนงทั้งสองและปรับให้ได้ระดับ แล้วจึงใช้มวลกดเป็นแนวตลอดความกว้างของแผ่นกระเบื้อง โดยมีไม้ระแนงและแท่นกดโค้งตามรูปลอนความกว้าง 50 mm รองรับแรงกดที่กึ่งกลาง ให้ขนานกับไม้ระแนงที่รองรับแผ่นกระเบื้องตามรูปที่ 4 ผิวหน้าของไม้ระแนงที่สัมผัสกับแผ่นกระเบื้องให้รองรับด้วยสักหลาดหนา 6 mm 1 ชั้น เพิ่มแรงกดด้วยอัตราสม่ำเสมอไม่เกิน 100 N/s จนกระทั่งแผ่นกระเบื้องแตก บันทึกค่าเป็นแรงกดแตกตามขวาง แต่ละแผ่น แล้วหาค่าเฉลี่ย



(ก) รูปด้านยาว



(ข) รูปด้านขวาง

L คือ ความยาวของแผ่นกระเบื้องช่วงที่ทดสอบ

W คือ ความกว้างของแผ่นกระเบื้องช่วงที่ทดสอบ

รูปที่ 4 การทดสอบแรงกดแตกตามขวาง

(ข้อ 9.4.3)

9.4.4 การคำนวณแรงกดแตกตามขวางที่ต้องการ

9.4.4.1 แรงกดแตกตามขวางต่ำสุดแต่ละแผ่นที่ต้องการ เป็นนิวตัน = 3.325 x ความกว้างใช้งานของกระเบื้องแต่ละแผ่น เป็นมิลลิเมตร

9.4.5 การรายงานผล

ให้รายงานค่าแรงกดแตกตามขวางต่ำสุดแต่ละแผ่นที่ต้องการ และแรงกดแตกตามขวางแต่ละแผ่น เป็นนิวตัน

9.5 การดูดซึมน้ำ

9.5.1 เครื่องมือ

9.5.1.1 ตู้อบ ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 100°C ถึง 110°C และมีที่ระบายอากาศออกสู่ภายนอก

9.5.1.2 เครื่องชั่ง ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 g

9.5.2 ชิ้นทดสอบ

9.5.2.1 ใช้ชิ้นทดสอบจากกระเบื้อง 6 แผ่นที่ทดสอบแรงกดแตกตามขวางแล้วแผ่นละ 1 ชิ้น มวลไม่น้อยกว่า 1 000 g มาทดสอบการดูดซึมน้ำในขณะที่ชิ้นทดสอบยังอยู่ในภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำทันที

9.5.3 วิธีทดสอบ

9.5.3.1 ชั่งชิ้นทดสอบที่อิ่มตัวด้วยน้ำแต่ละชิ้น แล้วบันทึกมวลไว้เป็นมวลเมื่ออิ่มตัว

9.5.3.2 อบชิ้นทดสอบในตู้อบระบายอากาศที่อุณหภูมิ 100 °C ถึง 110 °C เป็นเวลา 24 h

9.5.3.3 นำออกมาวางให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ชั่งอีกครั้งหนึ่ง แล้วบันทึกมวลไว้เป็นมวลเมื่อแห้ง

9.5.4 การคำนวณและรายงานผล

9.5.4.1 การคำนวณหาการดูดซึมน้ำ

$$A = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1}$$

เมื่อ A คือ การดูดซึมน้ำ เป็นร้อยละ (เศษส่วนโดยมวล)

m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบเมื่อแห้ง เป็นกรัม

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบเมื่ออิ่มตัว เป็นกรัม

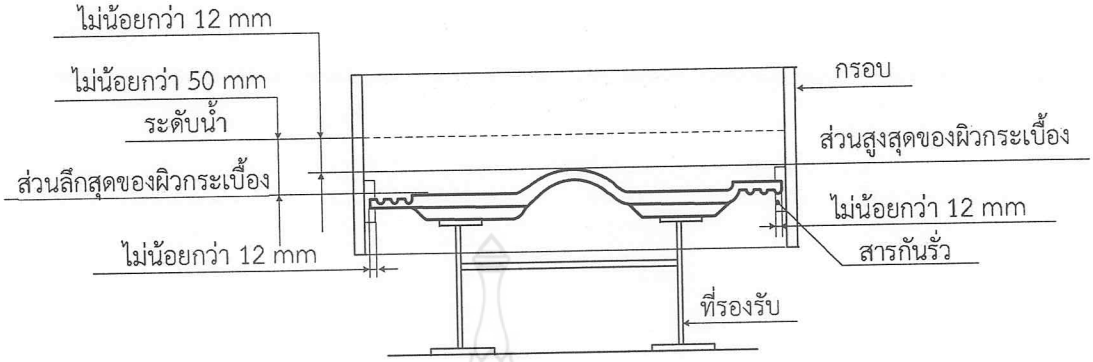
9.5.4.2 การรายงานผล

ให้รายงานการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบทุกแผ่น

9.6 สภาพการซึมผ่านได้

9.6.1 วิธีเตรียมตัวอย่าง

นำกระเบื้องตัวอย่างแต่ละแผ่นใส่ในกรอบที่ทำจากวัสดุไม่ดูดซึมน้ำ แล้วยาแนวด้วยสารกันรั่ว (sealing compound) โดยรอบ เพื่อป้องกันน้ำรั่วตามรูปที่ 5 ความสูงของกรอบต้องคลุมผิวล่างของขอบกระเบื้อง และสูงกว่าส่วนลึกสุดของผิวกระเบื้องด้านบนไม่น้อยกว่า 50 mm หรือสูงกว่าส่วนสูงสุดของผิวกระเบื้องด้านบนไม่น้อยกว่า 12 mm แล้วแต่ระดับใดจะสูงกว่า ต้องระวังไม่ให้สารกันรั่วไปปิดส่วนลึกสุดของผิวด้านบนของร่องน้ำในแผ่นกระเบื้อง และถ้าเป็นกระเบื้องที่มีรูยึดกระเบื้อง ให้ใช้สารกันรั่วอุดรูยึดกระเบื้องด้วย



รูปที่ 5 การทดสอบความไม่รั่วซึม
(ข้อ 9.6.1)

9.6.2 วิธีทดสอบ

9.6.2.1 นำกระเบื้องที่ใส่ในกรอบแล้ว ไปวางในแนวระดับบนที่รองรับ ต้องระวังไม่ให้กรอบสัมผัสกับที่รองรับ ที่รองรับต้องสูงพอที่จะตรวจดูผิวล่างของกระเบื้องได้สะดวก

9.6.2.2 ใส่น้ำและควบคุมระดับให้สูงกว่าส่วนลึกสุดของผิวกระเบื้องด้านบน 50 mm หรือสูงกว่าส่วนสูงสุดของผิวกระเบื้องด้านบน 12 mm แล้วแต่ระดับใดจะสูงกว่า ตลอดเวลาจนครบ 2 h

9.6.3 การรายงานผล

เมื่อครบ 2 h ให้ตรวจดูผิวด้านล่างของแผ่นกระเบื้องตัวอย่าง ถ้าไม่มีหยดน้ำที่ผิวด้านล่างของแผ่นกระเบื้องตัวอย่าง ให้รายงานว่าเป็นไปตามข้อกำหนด

ภาคผนวก ก.
การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน
(ข้อ 8.1)

ก.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง กระเบื้องคอนกรีตแบบ ลักษณะ สี และขนาดเดียวกัน ที่ทำขึ้นหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

ก.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ก.2.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน

ก.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างกระเบื้องโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 12 แผ่น เพื่อการทดสอบ ดังนี้

(1) ลักษณะทั่วไป	จำนวน 12 แผ่น
(2) มิติ ให้ใช้ตัวอย่างที่ทดสอบแล้วจากข้อ(1)	จำนวน 12 แผ่น
(3) แรงกดแตกตามขวาง ให้ใช้ตัวอย่างที่ทดสอบแล้วจากข้อ (2)	จำนวน 6 แผ่น
(4) การดูดซึมน้ำ ให้ใช้ตัวอย่างที่ทดสอบแล้วจากข้อ (3)	จำนวน 6 แผ่น
(5) สภาพการซึมผ่านได้ ให้ใช้ใช้ตัวอย่างที่ทดสอบแล้วจากข้อ (2)	จำนวน 3 แผ่น
(6) ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำ ให้ใช้ตัวอย่างที่ทดสอบแล้วจากข้อ (2)	จำนวน 3 แผ่น

ก.2.1.2 เกณฑ์การตัดสิน

(1) ตัวอย่างเมื่อนำไปตรวจสอบและทดสอบ มิติ และลักษณะทั่วไปแล้ว ต้องเป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6.1 ทุกแผ่น จึงจะถือว่ากระเบื้องรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด

(2) ตัวอย่างเมื่อนำไปทดสอบแรงกดแตกตามขวางแล้ว ต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 ทุกแผ่น (6 แผ่น) หากมีกระเบื้องแผ่นใดแผ่นหนึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้ทดสอบซ้ำโดยใช้ตัวอย่างใหม่ 12 แผ่นจากรุ่นเดียวกัน ผลการทดสอบซ้ำของตัวอย่างทุกแผ่น (12 แผ่น) ต้องเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด จึงจะถือว่ากระเบื้องรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(3) ตัวอย่างเมื่อนำไปทดสอบการดูดซึมน้ำแล้ว ต้องมีค่าการดูดซึมน้ำทุกแผ่น (6 แผ่น) เป็นไปตามข้อ 6.3 จึงจะถือว่ากระเบื้องรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(4) ตัวอย่างเมื่อนำไปทดสอบสภาพการซึมผ่านได้แล้ว ต้องเป็นไปตามข้อ 6.4 ทุกแผ่น (3 แผ่น) หากมีกระเบื้องแผ่นใดไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด ให้ทดสอบซ้ำโดยใช้ตัวอย่างใหม่ 6 แผ่นจากรุ่นเดียวกัน ผลการทดสอบซ้ำของตัวอย่างทุกแผ่น (6 แผ่น) ต้องเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด จึงจะถือว่ากระเบื้องรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(5) ตัวอย่างเมื่อนำไปทดสอบผลที่เกิดขึ้นกับน้ำแล้ว ปริมาณสารพิษต้องไม่เกินเกณฑ์กำหนดตามข้อ 6.5 ทุกแผ่น (3 แผ่น) หากมีกระเบื้องแผ่นใดแผ่นหนึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้ทดสอบซ้ำโดยใช้ตัวอย่างใหม่ 6 แผ่นจากรุ่นเดียวกัน และผลการทดสอบซ้ำของตัวอย่างทุกแผ่น (6 แผ่น) ต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จึงจะถือว่ากระเบื้องรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

(6) ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ (1) ข้อ (2) ข้อ (3) ข้อ (4) และข้อ (5) ทุกข้อ จึงจะถือว่ากระเบื้องรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้