รายงานวิจัยฉบับร่าง

โครงการ กลุ่มโครงการวิจัยขนาดเล็กการประยุกต์ใช้น้ำยางพารา
ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง-ม.ส.(1)

ชื่อโครงการ คุณสมบัติของกำแพงอิฐมอญที่ก่อด้วยปูนทรายผสมน้ำยางพารา

โดย ดร.ต่อศักดิ์ เลิศศรีสกุลรัตน์

มีนาคม 2549

แบบสรุปโครงการวิจัย

สัญญาเลขที่ RDG4850062 **ชื่อโครงการ** คุณสมบัติของกำแพงอิฐมอญที่ก่อด้วยปูนทรายผสมน้ำยางพารา
กลุ่มโครงการวิจัยขนาดเล็กการประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง-ม.ส.(1)
ผู้วิจัย ดร.ต่อศักดิ์ เลิศศรีสกุลรัตน์ **สถาบัน** ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
โทรศัพท์ 02-457-0068 ต่อ 128 **โทรสาร** 02-457-0068 ต่อ 128 **E-mail** torsak.l@siam.edu

ความสำคัญ/ความเป็นมา

จากความพยายามในการนำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางพาราซึ่งมีการผลิตเป็นจำนวนมากในประเทศไทยมาประยุกต์ใช้ในหลายๆวงการด้วยวิธีการที่แตกต่างกันเพื่อก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มของตัวน้ำยาง รวมทั้งก่อให้เกิดประโยชน์ในงานต่างๆที่นำน้ำยางพารานั้นไปใช้นั้น ประกอบกับประเด็นปัญหาสำคัญที่ผู้วิจัยนำมาเป็นวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาในครั้งนี้ที่สืบเนื่องมาจากปัญหาการแตกร้าวของผนังอิฐมอญก่อที่พบเห็นได้ตามอาคารบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ซึ่งสาเหตุของการแตกร้าวมาจากความเปราะและขาดการยืดหยุ่นของปูนทรายที่ใช้ในการก่อกำแพง และผลพวงจากการแตกร้าวนี้อาจนำไปสู่ความรำคาญเดือดร้อนของผู้พักอาศัยกับปัญหาที่ตามมาได้เช่น ปัญหาการซึมน้ำ และการแตกร้าวที่ขยายตัวขึ้นดูไม่สวยงาม รวมไปถึงอาจก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆในแง่ของความแข็งแรงปลอดภัยของโครงสร้างอาคารตามมาได้ในอนาคต

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทดลองนำน้ำยางพาราคงรูป (Prevulcanized latex) และกาวยางพารา (Rubber cement) มาผสมในปูนทรายที่ใช้สำหรับการก่อ (Mortar) โดยมุ่งหวังเพื่อให้เกิดการพัฒนาความยืดหยุ่นของกำแพงก่อที่ได้ โดยได้ทดลองใส่ส่วนผสมของน้ำยางพาราคงรูปหรือกาวยางพาราเข้าไปในปูนทรายที่ใช้ในการก่อและฉาบทั่วไป โดยการแทนที่น้ำหรือซีเมนต์ในปริมาณที่แตกต่างกัน และทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆทั้งในแง่ของกำลังการรับแรง (แรงอัด แรงอัด และแรงดึง) และความสามารถในการดูดซึมน้ำ จากนั้นปูนทรายที่มีสัดส่วนผสมของน้ำยางพาราคงรูปโดยการแทนที่น้ำร้อยละ 1 และปูนทรายที่มีส่วนผสมของกาวยางพาราโดยการแทนที่ซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 5 ได้ถูกนำไปใช้ในการทดลองก่อและฉาบกำแพงเพื่อทำการทดสอบกำลังการรับแรงอัดและแรงดัดของแผงกำแพง รวมทั้งทำการทดสอบการดูดซึมน้ำของกำแพงก่อที่ได้

วัตถุประสงค์โครงการ

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงอัด แรงดัดและแรงดึง ของปูนทราย (มอร์ตาร์) ที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราคงรูปและกาวยางพารา
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงทั้งแรงอัดและแรงดัด (แนวแรงอยู่ในแนวตั้งฉากกับระนาบของผนัง) ของผนังก่ออิฐมอญที่ทำจากปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราคงรูปและกาวยางพารา
3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดูดซึมน้ำของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราคงรูปและกาวยางพารา รวมทั้งการดูดซึมน้ำของผนังก่ออิฐมอญที่ทำจากปูนทรายดังกล่าว

ผลที่ได้รับ	บรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่...	โดยทำให้...
1. การใส่น้ำยางพาราคงรูปหรือกาวยางพาราเข้าไปในส่วนผสม จะทำให้กำลังการรับแรงดัดและแรงดึงของปูนทรายที่ได้สูงขึ้น ในขณะที่กำลังรับแรงอัดจะลดลง	1	ทำให้ทราบว่าการใส่น้ำยางพาราคงรูปหรือกาวยางพาราเข้าไปในปูนทรายจะทำให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น
2. ปูนทรายผสมน้ำยางพาราคงรูปจะส่งผลให้กำลังรับแรงดัดของกำแพงมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปูนทรายโดยทั่วไปที่มีการผสมน้ำยาก่อ	2	ทำให้ทราบว่ากำแพงที่ก่อโดยปูนทรายผสมน้ำยางพาราคงรูปจะมีความยืดหยุ่นมากขึ้นตามไปด้วย
3. ปูนทรายผสมกาวยางพารานั้นทำให้ปูนทรายที่ได้มีการก่อตัวเร็วและแห้งเร็วขึ้น ทำให้การทำงานก่อฉาบนั้นทำได้ยากขึ้นอันเป็นผลให้กำลงการรับแรงในแง่ต่างๆของกำแพงที่ได้มีค่าลดลง	2	ทำให้ทราบว่าแทนที่กำแพงที่ก่อด้วยปูนทรายผสมกาวยางพาราจะมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จะกลับทำให้กำลังลดลงอันเป็นผลมาจากการแข็งตัวเร็วและทำงานยาก
4. การดูดซึมน้ำของก้อนปูนทรายที่ทำการทดสอบไม่ว่าจะผสมน้ำยางพาราคงรูปหรือกาวยางพาราหรือไม่พบว่าไม่แตกต่างกัน ในขณะที่กำแพงที่ก่อด้วยปูนทรายผสมกาวยางพาราจะมีแนวโน้มการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด	3	ทำให้ทราบว่าโดยรวมพฤติกรรมการดูดซึมน้ำจะไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับกำแพงแต่ละแบบ แต่กำแพงที่ก่อด้วยปูนทรายผสมกาวยางพารามีแนวโน้มในการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด
5. พบกว่าการผสมน้ำยางพาราคงรูปแทนที่น้ำในปริมาณร้อยละ 1 จะทำให้ได้ปูนทรายที่มีความลื่นขณะทำงานและมีกำลังดัดและกำลังรับแรงดึงดีขึ้นเทียบกับปูนทรายมาตรฐาน แต่หากผสมมากเกินไปจะเกิดการจับตัวเป็นก้อน ไม่สามารถใช้งานได้	3 (ตามในสัญญา)	ได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะที่สุดของปูนทราย ผสมน้ำยางพาราคงรูปที่เหมาะสมจะใช้ในการก่อกำแพงอิฐมอญ
6. พบกว่าการผสมกาวยางในปูนทรายโดยการแทนที่ซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 5 จะทำให้ได้ปูนทรายที่มีกำลังดัดและกำลังรับแรงดึงดีที่สุดเมื่อเทียบกับการผสมในอัตราส่วนร้อยละ 8 และร้อยละ 10 หรือเมื่อเทียบกับปูนทรายมาตรฐาน	3 (ตามในสัญญา)	ได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะที่สุดของปูนทราย ผสมกาวยางที่เหมาะสมจะใช้ในการก่อกำแพงอิฐมอญ

สัญญาเลขที่ RDG4850062

รายงานวิจัยฉบับร่าง

โครงการ กลุ่มโครงการวิจัยขนาดเล็กการประยุกต์ใช้น้ำยางพารา ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง-ม.ส.(1)

คณะผู้วิจัย

1. ดร.ต่อศักดิ์ เลิศศรีสกุลรัตน์
2. นายวินัย เปาเล้ง
3. นายเอกพล ขุนศรี

ชุดโครงการ คุณสมบัติของกำแพงอิฐมอญที่ก่อด้วยปูนทรายผสมน้ำยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่าการผสมน้ำยางพาราคงรูปเข้าไปในปูนทรายที่ใช้ในการก่อหรือฉาบจะทำให้เกิดการยึดเกาะกันระหว่างอิฐและปูนก่อมากขึ้น อีกทั้งพฤติกรรมโดยรวมของกำแพงจะมีความยืดหยุ่นรับแรงดัดได้มากขึ้น ซึ่งหากมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของการใช้งานในระยะยาวก็จะสามารถทำให้เกิดความมั่นใจในการนำไปใช้งานจริงมากขึ้น ส่วนปูนทรายที่ผสมกาวยางพารายังคงต้องมีการปรับปรุงในแง่ของการใช้ในงานจริงเพราะปูนทรายที่ได้มีการก่อตัวค่อนข้างเร็ว ซึ่งอาจจะทำให้ทำงานได้ไม่ทันและเกิดการแข็งตัวของปูนทรายก่อน

การประชาสัมพันธ์

- เผยแพร่ผลงาน โดยเขียนบทความการวิจัย โดยตีพิมพ์ในวารสารเชิงวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
- เผยแพร่ผลงาน โดยการแสดงนำเสนอผลงาน เข้าสัมมนาและประชุมวิชาการในระดับชาติและนานาชาติ
- เผยแพร่ผลงาน โดยการจัดทำแผ่นประชาสัมพันธ์โครงการฯ ในนิทรรศการต่างๆที่เกี่ยวข้อง

บทคัดย่อ

จากแนวคิดของความพยายามในการนำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางพารามาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานก่อสร้าง คณะผู้วิจัยได้ทดลองนำน้ำยางพาราคงรูป (Prevulcanized latex) และกาวยางพารา (Rubber cement) มาผสมในปูนทรายที่ใช้สำหรับการก่อ (Mortar) โดยได้ทดลองผสมในปูนทรายโดยการแทนที่น้ำหรือซีเมนต์ในปริมาณที่แตกต่างกัน และทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆทั้งในแง่ของกำลังการรับแรง (แรงอัด แรงอัด และแรงดึง) และความสามารถในการดูดซึมน้ำ จากการทดลองพบว่า การใส่น้ำยางพาราคงรูปหรือกาวยางพาราเข้าไปในส่วนผสม จะทำให้กำลังการรับแรงดัดและแรงดึงของปูนทรายที่ได้สูงขึ้น ในขณะที่กำลังรับแรงอัดจะลดลง

จากนั้นปูนทรายที่มีสัดส่วนผสมของน้ำยางพาราคงรูปโดยการแทนที่น้ำร้อยละ 1 หรือกาวยางพาราโดยการแทนที่ซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 5 ได้ถูกนำไปใช้ในการทดลองก่อและฉาบกำแพงเพื่อทำการทดสอบกำลังการรับแรงอัดและแรงดัดของแผงกำแพง ซึ่งพบว่าน้ำยางพาราคงรูปในส่วนผสมของปูนทรายจะส่งผลให้กำลังรับแรงดัดของกำแพงมีค่าสูงขึ้น เพราะช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะระหว่างอิฐกับปูนทรายได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปูนทรายโดยทั่วไปที่มีการผสมน้ำยาก่อ ในขณะที่ผลของปูนทรายผสมกาวยางพารานั้นทำให้ปูนทรายที่ได้มีการก่อตัวเร็วและแห้งเร็วขึ้น ทำให้การทำงานก่อฉาบนั้นทำได้ยากขึ้นอันเป็นผลให้กำลงการรับแรงในแง่ต่างๆของกำแพงที่ได้มีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตาม หากมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งานของปูนทรายที่ได้ มีความเป็นไปได้ที่จะนำปูนทรายที่ได้ไปใช้ในงานจริงอย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

คำสำคัญ: ปูนทราย (มอร์ตาร์), กำแพงก่อ, น้ำยางคงรูป, กาวยางพารา, ความแข็งแรง

Abstract

The attempt to utilize para rubber products in construction industry has been made by mixing various amount of the prevulcanized latex and rubber cement into mortar paste to study the load resisting behavior as well as the water absorption capacity. The results of mortar tests revealed that the bending and tensile strengths of the modified mortar are improved compared with the conventional mortar used at construction site (standard mortar).

Subsequently, the mortar with 1 percent of prevulcanized latex and 5 percent rubber cement were used in casting masonry walls and tested for compressive and bending strengths. The obtained results showed that the bending strength of the walls compared with standard mortar is improved because the bonding between mortar and brick increased when para rubber exists in the mixture. On the other hand, the rubber cement resulted in shorter setting time of cement mortar which affected the workability and caused the reduction on strength. If this advantage can be improved, there is high potential in utilizing this kind of modified mortar in practical masonry work.

Keywords: Mortar, Masonry wall, Prevulcanized latex, Rubber cement, Strength

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำทั่วไป	4-1
1.2 ที่มาของโครงงานวิจัย	4-1
1.3 แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้อง	4-2
1.4 วัตถุประสงค์และขอบข่ายโครงงานวิจัย	4-2
1.5 ตัวแปรต่างๆในการทดสอบ	4-3
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ปูนทรายสำหรับการก่อ	4-4
2.2 ผลของน้ำยางพาราต่อกำลังของซีเมนต์เพสท์ มอร์ตาร์ และคอนกรีต	4-5
2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับยางพารา	4-5
บทที่ 3 วัสดุและการทดสอบ	
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	4-13
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	4-14
3.3 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของอิฐที่ใช้ในการก่อผนัง	4-14
3.4 การเตรียมตัวอย่างผนังก่ออิฐ	4-17
3.5 การทดสอบตัวอย่างผนังก่ออิฐ	4-18
3.6 การทดสอบการซึมน้ำ	4-22
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	
4.1 ผลการทดสอบ	4-23
4.2 ตัวอย่างปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ	4-23
4.3 ตัวอย่างกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ	4-26
บทที่ 5 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง	
5.1 วิเคราะห์ผล	4-31
5.2 ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบกับปูนทรายที่ใช้โดยทั่วไป	4-31
5.3 กำแพงที่ก่อด้วยปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบกับกำแพงก่อมาตรฐาน	4-32
5.4 ความยากง่ายของการทำงานและคุณสมบัติด้านราคา	4-35

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลการนำน้ำยางพารามาเป็นส่วนผสมปูนทรายที่ใช้ในงานก่อและฉาบกำแพง	
6.1 ผลของการผสมน้ำยางพาราคงรูป	4-37
6.2 ผลของการผสมกาวยางพารา	4-37
6.3 ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง	4-37
6.4 ข้อเสนอแนะ	4-38
เอกสารอ้างอิง	4-39

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำทั่วไป

ผนังก่ออิฐในตัวอาคารโดยทั่วๆ ไปนั้นได้พิจารณาเพื่อใช้ประโยชน์ในทางสถาปัตยกรรมมากกว่าทางด้านวิศวกรรม การออกแบบอาคารหลายๆชั้น (Multistory Building) ที่รับแรงลมหรือแรงด้านข้างให้ถือว่าตัวอาคารเป็นเสมือนโครงข้อแข็ง (Frame) ทำหน้าที่รับแรงด้านข้างโดยตรง โดยละทิ้งการพิจารณาผนังก่ออิฐเข้ามาเป็นส่วนของโครงสร้างรับกำลังทั้งๆที่ในขณะเดียวกันมีการก่อบ่อน้ำไม่ว่าจะเป็นจากอิฐมอญหรืออิฐบล็อกที่ใช้ขังน้ำไว้ และสามารถรับแรงทางด้านข้างได้อย่างปลอดภัย ซึ่งในระยะต่อมาความก้าวหน้าทางวิชาการซึ่งเกี่ยวกับงานก่ออิฐ (Brickwork) ได้มีการพัฒนาขึ้นโดยอาศัยทฤษฎีการวิเคราะห์และการทดสอบควบคู่กันไปและมีการนำผนังก่ออิฐนี้ไปใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกันไป จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการที่จะคำนึงถึงการรับแรงในรูปแบบต่างๆของผนังก่ออิฐ เพื่อนำเข้ามาร่วมพิจารณาในขั้นตอนของการออกแบบสิ่งปลูกสร้างๆต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้การออกแบบที่ได้มีความประหยัด และปลอดภัยในการรับแรงมากยิ่งขึ้น

กำลังรับแรงผนังก่ออิฐซึ่งทำหน้าที่รับแรงอัดและแรงดัดสามารถประมาณอย่างหยาบๆได้ โดยใช้ทฤษฎีกำลังของวัสดุ (Strength of Material) พฤติกรรมของผนังก่ออิฐขณะวิบัติจะเกิดรอยแตกร้าวที่อิฐในการรับแรงอัดและเกิดรอยแตกร้าวระหว่างปูนก่อกับอิฐในการรับแรงดัดอันเนื่องมาจากแรงดึง ทั้งนี้เพราะว่าอิฐและปูนก่อเป็นวัสดุเปราะ (Brittle Material) รับแรงดึงได้ต่ำมากเมื่อเทียบกับกำลังรับแรงอัด ดังนั้นการพิจารณากำลังของวัสดุในแง่กำลังดึงจึงเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งในขณะเดียวกันยังจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุในด้านอื่นๆ ด้วย อย่างไร ก็ตามในการทำนายถึงพฤติกรรมของผนังก่ออิฐด้วยทฤษฎีกำลังของวัสดุ อาจให้ค่าความคลาดเคลื่อนได้มาก เนื่องจากผนังก่ออิฐมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องด้วยหลายตัวในแง่ของความเป็นเนื้อเดียวกันของวัสดุ ไม่ว่าจะเป็นอันเนื่องมาจากส่วนประกอบของวัสดุเช่น อิฐ ปูนก่อ หรือแม้กระทั่งฝีมือการก่ออิฐ (Workmanship) เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้ในขั้นต้นจะทำการทดสอบคุณสมบัติด้านกำลังต่างๆของก้อนตัวอย่างปูนทราย (มอร์ตาร์) ที่มีส่วนผสมของกาวยางพารา (Rubber Cement) และน้ำข้นทำให้คงรูป (Prevulcanized latex) และหลังจากนั้นจะทำการทดสอบผนังก่ออิฐที่ก่อโดยใช้ปูนทรายที่ได้จากการทดสอบในขั้นต้น เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมในการรับแรงด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นกำลังการรับแรงอัด แรงดัด แรงดึง และยังรวมไปถึงการศึกษาการซึมผ่านของน้ำที่อาจส่งผลต่อความคงทนของกำแพงในระยะยาวอีกด้วย และผลการทดลองที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของปูนทราย หรือกำแพงมาตรฐานที่ในปูนทรายมิได้มีส่วนผสมของยางพาราอยู่

1.2 ที่มาของโครงงานวิจัย

ในปัจจุบันนโยบายในภาพรวมของรัฐบาลไทยมีการมุ่งเน้นการวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพและเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตประเทศ ซึ่งหนึ่งในผลผลิตหลักของประเทศที่มีการนำมาแปรรูปเพิ่มมูลค่ากันอย่างกว้างขวางคือน้ำยางพาราซึ่งได้จากต้นยางพาราที่เป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศเป็นมูลค่าหลายล้านบาทในแต่ละปี และมีหลายครั้งที่เกิดปัญหาน้ำยางพาราตกต่ำสร้างปัญหาให้แก่เกษตรกรชาวสวนอย่างพาราเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงได้ความพยายามนำผลผลิตจากน้ำยางพาราไปใช้ประโยชน์กันในหลายด้านอย่างแพร่หลายรวมถึงในด้านงานก่อสร้างด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังมีการ

นำมาใช้ในวงที่จำกัด โดยส่วนมากจะออกมาในรูปของการนำไปผสมในสีที่ใช้ทาอาคารเพิ่มความยืดหยุ่นแก่เนื้อสีเพื่อปกปิดรอยแตกร้าวเล็กๆ ของอาคาร

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้มีความมุ่งหวังที่จะประยุกต์น้ำยางพารามาใช้ในในงานก่อสร้างอีกด้านหนึ่งซึ่งน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งได้แก่ การนำมาใช้เป็นส่วนผสมในปูนทรายซึ่งเป็นวัสดุประสานหลักงานก่อกำแพงอิฐ ซึ่งพบเห็นได้ในงานก่อสร้างทั่วๆ ไป ไม่ว่าจะเป็นบ้านพักอาศัยหรืออาคารพาณิชย์ ลักษณะทั่วไปของกำแพงก่อโดยทั่วไปนั้นมีอิฐมอญหรืออิฐบล็อกเป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการก่อ ร่วมกับการใช้ปูนทรายที่ใช้ในงานก่อฉาบทั่วไปเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดการยึดติดกันระหว่างอิฐแต่ละก้อนเป็นแผงกำแพง แต่ทั้งนี้ปัญหาหลักประการหนึ่งซึ่งพบได้บ่อยคือการแตกร้าวกำแพงอิฐก่อที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และการสูญเสียน้ำของปูนก่อดังกล่าวและเมื่อกำแพงมีการแตกร้าวปัญหาที่ตามมาคือการรั่วซึมของน้ำ ความสวยงามของการในการใช้งาน รวมทั้งการเสื่อมลดของกำแพงก่อนั้น ๆ ทำให้ต้องมีการซ่อมบำรุงบ่อยครั้งเป็นการสูญเสียทรัพยากรโดยใช่เหตุ ซึ่งสาเหตุของปัญหาดังกล่าว เกิดจากความเปราะ และการขาดความยืดหยุ่นของปูนทรายที่นำมาใช้

1.3 แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมในการรับแรงรูปแบบต่างๆ ของผนังก่ออิฐที่ใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้นทำให้คงรูปและกาวยางพาราในปริมาณต่างๆ ภายใต้แรงที่มากระทำเพื่อศึกษาว่าสามารถรับแรงได้มากน้อยเพียงใดจึงจะทำให้เกิดรอยแตกร้าวหรือเกิดการวิบัติของผนังก่ออิฐ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับปูนทรายมาตรฐานที่ใช้น้ำยาผสมปูนก่อในการทำงานว่ามีความแตกต่างกันในรูปแบบต่างๆอย่างไร อีกทั้งความรู้ที่ได้อาจมีส่วนช่วยในการเลือกใช้ผนังก่ออิฐในการรับแรงทดแทนวัสดุบางประเภทหากกำแพงก่ออิฐนั้นสามารถรับแรงกระทำได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย หรือแม้กระทั่งการใช้ผนังก่ออิฐมาทดแทนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กบางประเภท

ในปี 2544 [1,2] ได้มีผู้ทำการศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์มอร์ต้า (ปูนทราย) และคอนกรีตที่ได้ผสมกาวยางพาราโดยใช้ซีเมนต์ กาวยางพารา ทราย และน้ำเป็นส่วนผสมของซีเมนต์มอร์ต้าเพื่อทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมนำไปทำเป็นแท่งทดสอบคอนกรีต และทำการศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงดึง แรงอัดและแรงยึดเหนี่ยว และความสามารถในการดูดซับน้ำของตัวอย่างที่ได้ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทที่ 2 ต่อไป

1.4 วัตถุประสงค์และขอบข่ายของโครงงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงทั้งแรงอัดและแรงดัด (แนวแรงอยู่ในแนวตั้งฉากกับระนาบของผนัง) ของผนังก่ออิฐรวมทั้งการซึมผ่านของน้ำที่เกิดขึ้นโดยที่ปูนก่อและฉาบมีอัตราส่วนผสมของกาวยางพาราและน้ำยางข้นทำให้คงรูปตามที่กำหนด

ในการวิจัยนี้ จะมีขอบข่ายครอบคลุมเฉพาะผนังก่ออิฐรับแรงอัดขนาด 30×30 ซม. (ไม่ฉาบ) ส่วนผนังก่ออิฐรับแรงดัดมีขนาด 40×60 ซม. ผนังก่ออิฐเป็นชนิดแผงตัน (Solid Brick Wall) ไม่มีช่องเปิดภายใน (มีทั้งที่ไม่ฉาบ ฉาบหนึ่งด้านและฉาบสองด้าน) โดยอิฐที่ใช้คืออิฐมอญที่มีแนวการก่ออิฐเป็นการก่ออิฐครึ่งแผ่น (Running Bond) มีแนวปูนก่อหนาโดยเฉลี่ย 1.50 ซม.

1.5 ตัวแปรต่างๆในการทดสอบ

1.5.1 รูปแบบของการก่อผนังก่ออิฐในการทดสอบ

ก. สำหรับการทดสอบแรงอัด

- ก่ออิฐครึ่งแผ่นไม่ฉาบ

ข. สำหรับการทดสอบแรงดัด

- ก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบเรียบ 1 ด้าน
- ก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบเรียบ 2 ด้าน
- ก่ออิฐครึ่งแผ่นไม่ฉาบ

1.5.2 ส่วนผสมปูนทรายที่ใช้ในการก่อและฉาบ

- *ปูนก่อมาตรฐาน (STD)*

อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ต่อทราย 1:1:3 (ผสมน้ำยาผสมปูนก่อและฉาบ) ซึ่งนิยมใช้โดยทั่วไป

- *ปูนทรายผสมกาวยางพารา (RC)*

อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ต่อทราย 1:1:3 (ผสมกาวยางพาราโดยการแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 5, 8 และ 10)

- *ปูนทรายผสมน้ำยางข้นทำให้คงรูป (PV)*

อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ต่อทราย 1:1:3 (ผสมน้ำยางพาราข้นทำให้คงรูปโดยการแทนที่น้ำร้อยละ 1)

1.5.3 ขนาดของตัวอย่างผนังก่ออิฐที่ใช้ทดสอบ

- ขนาด 30×30 ซม. สำหรับการทดสอบแรงอัด
- ขนาด 40×60 ซม. สำหรับการทดสอบแรงดัด

บทที่ 2
ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปูนทรายสำหรับการก่อ

เป็นส่วนผสมระหว่างทราย ตัวเชื่อมประสานเช่นซีเมนต์หรือปูนขาว และน้ำ โดยที่ปูนเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความแข็งแรงและความทนทาน ขณะที่ปูนขาวเป็นส่วนช่วยให้ทำงานง่ายและก่อให้เกิดความยืดหยุ่น รวมทั้งความสามารถในการกักเก็บน้ำ แต่ในปัจจุบันนิยมผสมน้ำยาผสมปูนเพื่อการก่อหรือฉาบมากกว่าการผสมปูนขาวซึ่งทำกันมาในอดีต ส่วนทรายทำหน้าที่เป็นส่วนเติมเต็ม (Filler) และมีส่วนช่วยในการให้กำลังรับแรงอัด และลดการหดตัว (Shrinkage) ในขณะที่น้ำเป็นของเหลวที่ผสมลงไปเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์ [3]

หน้าที่หลักของปูนทรายคือเป็นส่วนเติมเต็มในช่องว่างระหว่างอิฐก่อไม่ว่าจะเป็นอิฐมอญ (Bricks) หรืออิฐบล็อค (Blocks) และควรที่จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ [4]

2.1.1 มีความแข็งแรงเพียงพอ

กำลังที่สำคัญของปูนทรายในการก่อที่สำคัญมีด้วยกัน 2 ด้านคือ กำลังรับแรงอัด (Compressive strength) และความสามารถในการยึดเหนี่ยว (Bond strength) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วกำลังรับแรงอัดของปูนทรายที่ใช้มักไม่ใช่ปัญหาหากแต่เป็นคุณสมบัติหรือกำลังในการยึดเหนี่ยวที่ปูนทรายที่แข็งแล้วจะยึดติดกับก้อนอิฐโดยที่ไม่ทำให้เกิดการแตกร้าวขึ้น ทั้งนี้ความสามารถในการยึดเหนี่ยวยังเกี่ยวพันกับความสามารถในการทำงานได้ในแง่ที่สามารถทำให้เกิดผิวสัมผัสที่ดีระหว่างก้อนอิฐและปูนทรายด้วย

2.1.2 ยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ได้เมื่อโครงสร้างกำแพงก่อรับแรง

โดยจะต้องไม่เกิดความเสียหายในก้อนอิฐ แต่จะเป็นรอยแตกเล็กๆในปูนทรายนั้นแทน

2.1.3 มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของประเทศหนาว หรือบริเวณที่มีช่วงของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูง จนในบางกรณีอาจต้องมีการใส่สารกระจายกักฟองอากาศเข้าไปในงานก่อบางพื้นที่

2.1.4 มีความต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำ

คุณสมบัติของปูนทรายที่ใช้ในการก่อที่สำคัญอีกประการคือความสามารถทำให้ทำงานที่ดี (Workability) และก่อให้เกิดการยึดเหนี่ยวที่ดีพอในขณะทำงาน (ขณะที่ยังไม่แข็งตัว) และจัดวางระยะและตำแหน่งของอิฐได้โดยง่าย

ความสามารถในการกักเก็บน้ำเป็นตัวที่บ่งชี้ถึงความสามารถของปูนทรายที่จะคงสถานภาพพลาสติกเอาไว้ได้ในขณะที่สัมผัสกับพื้นผิวที่มีความดูดซึมอย่างก้อนอิฐ ทั้งนี้เพื่อที่จะให้มีเวลาพอในการก่อก่อนที่ปูนทรายจะเกิดการแข็งตัว ซึ่งความสามารถในการกักเก็บน้ำนี้สามารถทำให้ดีขึ้นได้โดยใช้ประมาณปูนขาวที่มากขึ้น หรือการเติมสารประเภทกักกระจายฟองอากาศเข้าไป

มาตรฐาน BS5628 ส่วนที่ 3 ได้แบ่งส่วนผสมของปูนทรายออกเป็นประเภทที่ (1) จนถึง (5) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประเภทของปูนทรายที่ใช้ในงานก่อ (มาตรฐาน BS5628 ส่วนที่ 3)

		ประเภท	อัตราส่วนโดยปริมาตร (ปูน:ปูนขาว:ทราย)	การใช้งาน
กำลังและความทนทานสูงขึ้น	ยอมให้เกิดการเคลื่อนที่จากการเปลี่ยนอุณหภูมิและความชื้นมากขึ้น	(1)	1:0-1/4:3	● ให้กำลังและความคงทนสูงที่สุด
		(2)	1:1/2:4-4½	● เหมาะสำหรับงานก่อทั่วๆไป (ฤดูหนาว) กำลังต่ำกว่าประเภท (1) มีปูนขาวช่วยในการยึดเหนี่ยวและการป้องกันซึมผ่านของน้ำ
		(3)	1:1:5-6	
		(4)	1:2:8-9	● ใช้ได้ทั่วๆไป (ฤดูร้อน)
		(5)	1:3.10-12	● เหมาะสำหรับงานภายในเพราะความคงทนต่ำ

2.2 ผลของน้ำยางพาราต่อกำลังของซีเมนต์เพสท์ มอร์ตาร์ และคอนกรีต

ในปี 2544 ได้มีผู้ทำการศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์มอร์ตาร์และคอนกรีตที่ได้ผสมกาวยางพารา [1] โดยใช้ซีเมนต์ กาวยางพารา ทราย และน้ำเป็นส่วนผสมของซีเมนต์มอร์ตาเพื่อทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมนำไปทำเป็นแท่งทดสอบคอนกรีต และทำการศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงดึง แรงอัด และแรงยึดเหนี่ยว และความสามารถในการดูดซึมน้ำของตัวอย่างที่ได้

จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่า เมื่อมีการผสมกาวยางพาราในส่วนผสมของซีเมนต์เพสท์ และคอนกรีตจะทำให้กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดัดเพิ่มมากขึ้นเทียบกับซีเมนต์เพสท์และคอนกรีตธรรมดา ในขณะที่กำลังรับแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำจะมีค่าลดลง ในขณะที่คอนกรีตที่ผสมกาวยางพารา จะมีกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยที่ปริมาณของกาวยางพาราในส่วนผสมอยู่ในช่วงร้อยละ 0-30

และในปีต่อมาได้มีผู้ทดลองซึ่งระบุว่านำน้ำยางพาราสดมาผสมในซีเมนต์เพสท์และมอร์ตาร์ [2] เพื่อที่จะทำการศึกษาความสามารถในการรับแรงดึงที่เปลี่ยนแปลงไป โดยใช้การผสมโดยการแทนที่น้ำในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด ซึ่งพบว่าเมื่อมีการผสมน้ำยางพาราสดในอัตราส่วนที่มากขึ้นจะส่งผลให้ความสามารถในการรับแรงดึงทั้งในช่วงต้นและในระยะยาวของซีเมนต์เพสท์และมอร์ตาร์มีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

นอกจากคุณสมบัติหลักๆดังกล่าวข้างต้นแล้ว ปูนทรายที่ใช้ในงานก่อและฉาบกำแพงยังควรที่จะทำให้เกิดความสวยงามขึ้นด้วย

2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับยางพารา [5, 6]

ยางพาราเป็นพืชเกษตรที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม เป็นอันดับ 2 รองจากข้าว ซึ่งผลิตได้มากในภาคใต้ของประเทศไทย ยางพารามีคุณสมบัติพิเศษกว่าวัตถุธรรมชาติอื่นๆ คือ ยางพาราจะทำให้อ่อน ให้นุ่ม ยืดหยุ่น หรือแข็ง ถึงขนาดใช้แทนโลหะบางชนิดก็ได้ เก็บน้ำได้ อัดลมไว้ได้ ไม่รั่ว และยังเป็นฉนวนไฟฟ้าอีกด้วย

2.3.1 ส่วนประกอบของน้ำยาง

น้ำยางสดจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวหรือสีครีม โดยมีอนุภาคยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในตัวกลางที่เรียกว่าเซรุ่ม (Serum) อนุภาคยางมีรูปร่างกลมหรือรูปลูกแพร์ มีขนาด 0.05 - 5 ไมครอน ความหนาแน่น 0.975 - 0.980 กรัม/มิลลิลิตร มีความเป็นกรด - ด่างประมาณ 6.5 - 7.0 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

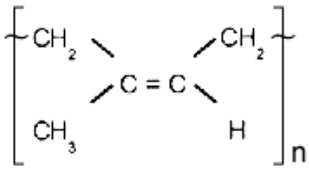
ตารางที่ 2.2 ร้อยละของส่วนประกอบในน้ำยาง

ส่วนประกอบ	ร้อยละ (โดยน้ำหนัก)
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content, TSC)	36
เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)	33
สารกลุ่มโปรตีนและไขมัน	1 - 1.5
สารกลุ่มคาร์โบไฮเดรท	1
เถ้า	สูงถึง 1

ผิวของอนุภาคยางมีเยื่อหุ้ม (Membrane) ที่ประกอบด้วยไขมันและโปรตีนโดยแต่ละอนุภาคมีอนุมูลลบของโปรตีนอยู่รอบนอก ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคยาง ซึ่งมีผลให้น้ำยางสามารถคงสภาพเป็นของเหลวได้ ดังนั้นเมื่อมีการทำลายเยื่อหุ้มอนุภาคหรือมีการสะเทินอนุมูลลบ จะทำให้อนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลาง เกิดการรวมตัวจับกันเป็นก้อน

2.3.2 โครงสร้างเคมี

ยางธรรมชาติเป็นสารประกอบในกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยหน่วยย่อยชนิดเดียวที่ซ้ำๆ กัน (Repeating Unit) เป็นจำนวนมาก มีสมบัติที่สำคัญคือความยืดหยุ่น โครงสร้างทางเคมีของหน่วยย่อยของยางธรรมชาติประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม C_5H_8 มีชื่อทางเคมีว่า ไอโซพรีน (Isoprene) หน่วยย่อยดังกล่าวเมื่อเกิดการเชื่อมโยงเป็นโมเลกุลจะ เรียงตัวกันในแบบ CIS-Configuration



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของยางพารา

เรียกชื่อโมเลกุลยางว่าเป็น CIS-1,4-Polyisoprene มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ หนึ่งล้าน พืชที่ให้น้ำยาง สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงการค้าในรูปน้ำยางคือยางพารา และ ยางวายยูเล่ แต่ที่ใช้ประโยชน์เชิงการค้ามากคือ ยางพารา

2.3.3 การผลิตน้ำยางข้น

น้ำยางสดจากสวนมีปริมาณเนื้อยางเฉลี่ยประมาณร้อยละ 35 มีส่วนของพวกสารที่ไม่ใช่ยาง 5 % นอกจากนั้นเป็นน้ำเสียส่วนใหญ่ ซึ่งไม่เป็นการประหยัดในการขนส่ง และการซื้อขาย นอกจากนั้น ยังไม่เหมาะสมที่จะนำไปเข้ากระบวนการผลิตเพื่อทำผลิตภัณฑ์ ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอได้ ดังนั้นจึง ต้องทำให้อยู่ในรูปของน้ำยางข้นที่มีเนื้อยางอย่างน้อยร้อยละ 60

วิธีผลิตน้ำยางข้น มี 4 วิธี คือ

1. วิธีระเหยน้ำ (Evaporation)
2. วิธีทำให้เกิดครีม (Creaming)
3. วิธีปั่น (Centrifuging)
4. วิธีแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation)

2.3.4 การรักษาสภาพน้ำยางข้น

ในปัจจุบันมีใช้อยู่ 5 ระบบ คือ

1. น้ำยางข้นแอมโมเนียสูง ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.7
2. น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.2 ร่วมกับสารละลายโซเดียมเพนตะคลอโรฟีเนต ปริมาณร้อยละ 0.2
3. น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.2 ร่วมกับสาร ละลายกรดบอริค ปริมาณร้อยละ 0.24
4. น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.2 ร่วมกับ ซิงค์ไดเอธิลไดไธโอคาร์บาเมท (ในรูปดิสเพิสชัน) ปริมาณร้อยละ 0.1

2.3.5 ข้อกำหนด

องค์การมาตรฐานสากลระหว่างประเทศ (ISO, International Standard Organisation) ได้กำหนดคุณภาพมาตรฐานของน้ำยางข้นดังแสดงตามตารางที่ 3 ซึ่งมาตรฐานนี้มีความเป็นกลางระหว่างผู้ใช้และผู้ผลิตทั่วไป อย่างไรก็ตามผู้ใช้อาจมีการกำหนดมาตรฐานอื่นๆ ขึ้น ตามความต้องการในงานนั้นๆ และตกลงกับผู้ผลิต

2.3.6 การทดสอบ

วิธีการทดสอบสมบัติต่างๆของน้ำยางธรรมชาติ โดยทั่วไปจะใช้วิธีการที่ ISO ได้กำหนดขึ้น วิธีการละเอียดของการทดสอบต่างๆ ศึกษาได้จากมาตรฐาน ISOหมายเลขต่างๆตามที่ระบุในตารางที่... และวิธีการทดสอบที่สถาบันวิจัยยางได้ปรับและประยุกต์เพื่อความเหมาะสม มีรายละเอียดในเอกสารวิชาการของสถาบันวิจัยยางฉบับที่ 2/2532

ตารางที่ 2.3 ข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐาน ISO 2004 สำหรับน้ำยางข้นจากการปั่น

สมบัติ / ลักษณะ	ขีดจำกัด		วิธีทดลองตามมาตรฐาน ISO
	ชนิด HA	ชนิด LA	
ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด, %(มวล/มวล), ต่ำสุด (1)	61.5	61.5	124
ปริมาณเนื้อยางแห้ง, %(มวล/มวล), ต่ำสุด	60.0	60.0	126
ปริมาณสารของแข็งที่ไม่ใช่ยาง,%(มวล/มวล), สูงสุด (2)	2.0	2.0	-
ความเป็นด่าง(ในรูปของแอมโมเนีย) %(มวล/มวล) ของน้ำยาง	0.60	0.29	125
ความเสถียรต่อแรงกด, วินาที, ต่ำสุด (3)	650	650	35
ปริมาณของยางจับตัว, % (มวล/มวล), สูงสุด	0.05	0.05	706
ปริมาณธาตุทองแดง, มก./กก. ของปริมาณสารของแข็งทั้งหมด, สูงสุด	8	8	ISO/R1654
ปริมาณแมงกานีส, มก./กก. ของปริมาณสารของแข็งทั้งหมด, สูงสุด	8	8	1655
ปริมาณตม % (มวล/มวล), สูงสุด	0.10	0.10	2005
จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA NO.)	ตามที่ตกลงระหว่างการซื้อ-ขาย แต่ต้องไม่เกิน 0.20		506
จำนวนโปแต๊สเซียมไฮดร๊อกไซด์ (VON NO.) (4)	ตามที่ตกลงระหว่างการซื้อ-ขาย แต่ต้องไม่เกิน 0.10		127
สีเมื่อตรวจด้วยตาเปล่า	ไม่เป็นสีฟ้าหรือสีเทา		-
การตรวจกลิ่นภายหลังจากการทำให้น้ำยางเป็นกลางด้วยกรดบอริก	ไม่มีกลิ่นบูดเน่า		-

(1) เป็นปริมาณที่เลือกได้ตามแต่ความต้องการ

(2) ผลต่างระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้อยางแห้ง

(3) เวลาความเสถียรต่อแรงกลอาจสูงหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดได้

(4) ถ้าน้ำยางมีกรดบอริกอยู่ด้วย จำนวนโปแต๊สเซียมไฮดร๊อกไซด์อาจเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ได้ โดยปริมาณที่เกินไปนั้นมีสมดุลย์พอดีกับกรดบอริกที่ทดลองด้วยวิธีของ ISO 1802

การทดสอบคุณภาพน้ำยาง จะเริ่มจากการเก็บตัวอย่างน้ำยาง เพราะน้ำยางมีลักษณะการเกิดครีมแยกชั้นได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องมาจากสถานะของน้ำยางเป็นสถานะที่อนุภาคยางกระจัดกระจายอยู่ในตัวกลาง คือ น้ำหรือที่เรียกว่า ซีรั่ม (serum) อนุภาคยางและซีรั่มมีความหนาแน่นแตกต่างกัน คืออนุภาคยางมีความหนาแน่น 0.93 Mg.m-3 ส่วนซีรั่มมีความหนาแน่น 1.02 Mg.m-3 ดังนั้น ยางจึงมีแนวโน้มลอยหน้าแยกชั้นจากส่วนของซีรั่มได้ ดังนั้นการเก็บตัวอย่างที่ดีจะต้องเก็บเมื่อได้ทำการกวนผสมให้น้ำยางมีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันอย่างทั่วถึง เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่สามารถเป็นตัวแทนที่ถูกต้องของน้ำยางทั่วถังบรรจุได้ หลักการโดยสังเขปของการทดสอบสมบัติต่างๆของน้ำยางมีดังนี้

1. ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด (TSC, Total Solid Content) คือ เปอร์เซนต์น้ำหนักของสารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (ยางและสารอื่นๆที่ไม่ใช่ยางซึ่งมีอยู่ในน้ำยาง) ทดสอบโดยการอบแห้งน้ำยางที่ทราบน้ำหนักแน่นอนที่อุณหภูมิและเงื่อนไขตามที่กำหนด แล้วชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์มยางแห้งคำนวณเปอร์เซนต์
2. ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC, Dry Rubber Content) คือ เปอร์เซนต์ของเนื้อยาง(สารไฮโดรคาร์บอนพวกโพลีไอโซพรีน)ในน้ำยาง ทดสอบโดยทำให้น้ำยางที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจับตัว(co-auglate) ด้วยกรมอซิติกเจือจาง รีดแผ่นยางให้บาง อบแห้งที่อุณหภูมกำหนด แล้วหาเปอร์เซนต์ของน้ำหนักแผ่นยางที่อบแห้งต่อน้ำหนักน้ำยาง
3. ความเป็นด่าง (Alkalinity) หมายถึง เปอร์เซนต์น้ำหนักของด่างที่ทดสอบโดยการไตเตรตกับสารละลายกรดไฮดรอคลอริคมาตรฐาน น้ำยางส่วนใหญ่จะรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย ดังนั้น ความเป็นด่างจึงระบุเป็นเปอร์เซนต์ของแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยาง หน้าที่ของแอมโมเนียในน้ำยางคือทำการป้องกันจุลินทรีย์เข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆในน้ำยาง ซึ่งจะทำให้น้ำยางบูดเน่า สูญเสียสภาพการเป็นของเหลว และจับตัวกันเป็นก้อนได้
4. จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA No., Volatile Fatty Acid Number) คือ จำนวนกรัมของโปแต็กเซี่ยมไฮดร็อกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันซึ่งกลั่นด้วยไอน้ำได้ และมีอยู่ในน้ำยางที่มีเนื้อสารของแข็ง 100 กรัม ค่า VFA No. จึงเป็นค่าที่ใช้วัดสถานะการรักษาสภาพน้ำยาง นั้นคือค่าที่ต่ำจะมีสถานะการรักษาสภาพน้ำยางยิ่งดี
5. จำนวนโปแต๊สเซี่ยมไฮดร๊อกไซด์ (KOH No., Potassium Hydroxide Number) คือ จำนวนกรัมของโปแต๊สเซี่ยมไฮดร๊อกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับอนุมูลของกรดที่เชื่อมกับแอมโมเนียซึ่งอยู่ในน้ำยางที่มีสารของแข็ง 100 กรัม การทราบผลแตกต่างระหว่างค่า VFA No. กับ KOH No. เป็นเรื่องจำเป็น เพราะสามารถบอกถึงคุณภาพของน้ำยางได้
6. เวลาความคงตัวต่อแรงกล (Mechanical Stability Time) วัดเป็นวินาทีโดยการปั่นน้ำยางด้วยความเร็วสูง แล้วจับเวลาที่น้ำยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ด สถานะการปั่น(ขนาดและรูปร่างของโรโต้ที่ใช้ปั่น ความเร็วของการปั่น ขนาดถ้วยบรรจุน้ำยาง ปริมาณของแข็งในน้ำยาง และอุณหภูมิ) จะต้องกำหนดอย่างถูกต้องหรือตามข้อกำหนดมาตรฐานการทดสอบ การทดสอบนี้จะใช้ระบุถึงความเสถียรของน้ำยางผสมเคมีเพื่อใช้เป็นการทดสอบคุมคุณภาพในระหว่างกระบวนการผลิตได้
7. ปริมาณตม (Sludge Content) คือ ปริมาณของสารเจือปนวัดเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำยาง ซึ่งสามารถจะแยกจากน้ำยางออกได้โดยการปั่นตามข้อกำหนดที่ระบุ ปริมาณสารเหล่านี้มีน้อยมาก ปกติในน้ำยางปั่นข้นจะมีประมาณ 0.01 เปอร์เซนต์ ตมส่วนใหญ่จะเป็นสารพวกไม่ละลายน้ำ มีความหนาแน่นมากกว่าซีรั่ม ซึ่งมักพบว่าเป็นสารพวกแมกนีเซียมแอมโมเนียฟอสเฟต
8. ปริมาณยางจับตัว (Coagulum Content) คือ ปริมาณของสาร(เป็นเปอร์เซนต์ของ TSC) ที่ค้างอยู่บนแร่งขนาด 180 ไมโครมิเตอร์ เมื่อกรองน้ำยางผ่าน สารเหล่านี้ประกอบด้วยเม็ดเล็กๆของยางที่จับตัวกัน ผู้ใช้น้ำยางส่วนใหญ่มักไม่ค่อยทำการทดสอบ เพราะปกติจะมีค่าต่ำมาก

9. ทองแดงและแมงกานีส ข้อกำหนดเกี่ยวกับปริมาณธาตุบางตัวในน้ำยาง โดยเฉพาะธาตุทองแดงและธาตุแมงกานีส (8 ppm ต่อน้ำหนักสารของแข็งในน้ำยาง) เนื่องจากธาตุทั้งสองเป็นตัวเร่งการเสื่อมสภาพของน้ำยางอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่น อย่างไรก็ตามน้ำยางธรรมชาติโดยปกติจะมีปริมาณธาตุทั้งสองน้อยมาก (1-2 ppm)
10. สีของน้ำยาง มีการระบุในมาตรฐานน้ำยางทั้งๆที่ไม่มีการทดสอบสีที่แน่นอน ข้อกำหนดระบุไว้ว่าน้ำยางต้องมีสีขาวและไม่มีลักษณะของสีฟ้าหรือสีเทา
11. กลิ่นของน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย การตรวจสอบกลิ่น จะทำเมื่อทำให้น้ำยางเป็นกลางด้วยกรดบอริคเสียก่อนและข้อกำหนดระบุไว้ว่าน้ำยางจะต้องปราศจากกลิ่นบูดเน่า
12. ความหนืด (Viscosity) น้ำยางแสดงค่าของความหนืดที่ขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วของแรงเฉือนขณะการทดสอบและอาจขึ้นอยู่กับแรงเฉือนที่น้ำยางได้ถูกกระทบกระเทือนมาก่อน(shear history) การเปรียบเทียบค่าความหนืดจะต้องทำที่อุณหภูมิเดียวกัน เพราะความหนืดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นอย่างมาก
13. ขนาดอนุภาคยาง (Particle Size) อนุภาคยางในน้ำยางที่แขวนลอยกระจัดกระจายมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.01-5 ไมโครมิเตอร์ เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 0.25-0.8 ไมโครมิเตอร์ ทั้งนี้ขึ้นกับวิธีการที่ใช้คำนวณขนาดส่วนใหญ่ประมาณ 5 ไมโครมิเตอร์ หรือเล็กกว่านี้ความกระจายของขนาดอนุภาคยางในน้ำยางค่อนข้างคงที่และการกระจายของขนาดอนุภาคของยางเป็นปัจจัยสำคัญในการวัดหาค่าความหนืดของน้ำยาง
14. ความนำไฟฟ้า (Conductivity) เนื่องจากน้ำยางธรรมชาติมีสารพวกเกลือละลายอยู่ในของซีรั่ม ฉะนั้นจึงสามารถวัดค่าความนำไฟฟ้าได้ น้ำยางปั่นข้นมีค่าความนำไฟฟ้าตั้งแต่ 3.0 ถึง 5.0 mS ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส น้ำยางที่ปั่นหลายๆครั้งจะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าต่ำลงมาก
15. การเป็นครีมของน้ำยางข้น จะปรากฏเมื่อตั้งน้ำยางไว้นิ่งๆ โดยไม่กระทบกระเทือนเป็นเวลานานกว่าสัปดาห์ น้ำยางจะข้นมากขึ้นที่ผิวหน้า ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องกวนให้น้ำยางผสมเป็นเนื้อเดียวอย่างทั่วถึง ก่อนการเก็บตัวอย่างหรือก่อนนำไปผสมสารเคมี การเก็บน้ำยางไว้ที่อุณหภูมิสูงจะเป็นการเร่งการเป็นครีมของน้ำยาง
16. ความสามารถในการผ่านกรอง (Filterability) หมายถึง ปริมาณน้ำยางที่ผ่านกรองซึ่งมีข้อกำหนดมาตรฐานก่อนที่จะมีการอุดตันกรอง การทดสอบความสามารถที่น้ำยางข้นธรรมชาติผ่านกรองได้พบว่าผลการทดสอบขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความเสถียร การจับเป็นเม็ด และปริมาณยางจับตัวในน้ำยาง ฉะนั้นผลการทดสอบนี้จึงเป็นข้อมูลที่จำกัดสำหรับใช้เป็นการควบคุมหรือสังเกตุในระหว่างกระบวนการผลิตเท่านั้น

2.3.7 ชนิดของน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรม เป็นน้ำยางที่ได้ผ่านกระบวนการทำเป็นน้ำยางข้น (Concentrating Process) แล้วจากวิธีใดวิธีหนึ่งซึ่งได้แก่ การทำครีม(Creaming Process) การระเหยน้ำ(Evaporation Process) และการใช้เครื่องปั่น(Centrifuging Process) เป็นต้น อย่างไรก็ตามน้ำยางข้นที่ผลิตจากกรรมวิธีการใช้เครื่องปั่นจะเป็นน้ำยางข้นที่มีปริมาณการผลิตมากกว่า 90 เปอร์เซนต์ของปริมาณการผลิตน้ำยางข้นทั้งหมด และโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำยางข้นที่ผลิตในประเทศไทย จะเป็นน้ำยางข้นจากกรรมวิธีผลิตโดยใช้เครื่องปั่นเพียงอย่างเดียว น้ำยางข้นจากการปั่น (Centrifuge Concentrated Latex) ของไทยในปัจจุบันเป็นชนิดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียมาก (HA, High Ammonia) และรักษาสภาพด้วยแอมโมเนียน้อย (LA, Low Ammonia)

ตารางที่ 2.4 ชนิดของน้ำยางและสารรักษาสภาพน้ำยาง

ชนิดน้ำยาง	สารรักษาสภาพน้ำยาง(Preservatives),% *
High Ammonia (HA)	0.7% Ammonia + 0.035% Lauric Acid
Low Ammonia-Tetramethylthiuram disulphide/Zinc Oxide (LA-TZ)	0.2% Ammonia + 0.013% TMTD + 0.013% ZnO + 0.035% Lauric Acid

** เปอร์เซนต์ของสารเคมีที่ใช้เป็นน้ำหนักต่อน้ำหนักน้ำยาง*

2.3.8 คุณสมบัติและการใช้น้ำยางข้นชนิดต่างๆ

1. น้ำยางข้นจากการปั่นชนิดแอมโมเนียมาก (High Centrifuged Latex) เป็นชนิดที่ผลิตกันโดยทั่วไป มีข้อได้เปรียบกว่าน้ำยางข้นชนิดอื่นๆ ในด้านการใช้สารแอมโมเนียซึ่งระเหยง่ายเพียงอย่างเดียวในการรักษาสภาพ ฉะนั้น น้ำยางข้นชนิดนี้จึงนิยมใช้ในงานผลิตผลิตภัณฑ์ที่จะใช้สัมผัสกับอาหารและผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ได้ ข้อเสียของน้ำยางชนิดนี้ คือมีกลิ่นฉุนของแอมโมเนียและจำเป็นต้องไล่แก๊สแอมโมเนียในขนะการนำไปใช้
2. น้ำยางข้นจากการปั่นชนิดแอมโมเนียน้อย (Low Centrifuged Latex) น้ำยางข้นชนิดนี้จะมีการผลิตจำหน่ายในบางประเทศ ซึ่งอยู่ในรูปต่างๆ ดังนี้

   2.1 Tetramethylthiuram Disulphide / Zinc Oxide (LA-TZ) เป็นชนิดแอมโมเนียน้อย ที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดในกลุ่มนี้ การรักษาสภาพใช้สารเคมีผสมระหว่างไทยูแรมกับซิงค์อ๊อกไซด์ช่วยสารเคมีหลัก คือ แอมโมเนีย มีการใช้งานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆจากน้ำยางชนิดนี้

   2.2 Sodium Pentachlorophenate Preserved (LA-SPP) น้ำยางชนิดนี้มีความเสถียรของสถานะคอลลอยด์(Colloid) ของน้ำยางดีที่สุด มีความเสถียรทางกลและความเสถียรทางเคมีมาก (High Mechanical and ZnO Stability) ดังนั้น จึงเหมาะในงานขึ้นรูปที่ในกระบวนการผลิตต้องการสมบัติเหล่านี้ เช่น งานผลิตยางฟองน้ำรองพรม ข้อเสียของน้ำยางชนิดนี้ คือ สีของผลผลิตคล้ำกว่าน้ำยางข้นจากการปั่นที่รักษาด้วยระบบอื่นๆและมีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์บางประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศเยอรมัน

   2.3 Zinc Diethyldithiocarbamate Preseved (LA-ZDC) น้ำยางชนิดนี้มีส่วนคล้ายคลึงกับน้ำยางชนิด HA และมีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางเพราะ ZDC เป็นสารเร่งที่ยอมรับในวงการทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้สัมผัสอาหาร รวมทั้งผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ ซึ่ง ZDC ที่ใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าว จะใช้ในปริมาณที่สูงกว่าปริมาณซึ่งใช้รักษาน้ำยางมาก (โดยปกติ ZDC ใช้รักษาน้ำยาง 0.1% โดยน้ำหนัก)

   2.4 Boric Acid Preserved (LA-BA) น้ำยางชนิดนี้มีสีค่อนข้างจางกว่าประเภท HA หรือ LA-ZDC ดังนั้นจึงมักใช้กันในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีจางๆ แต่น้ำยางชนิดนี้จะมีความเสถียรที่ค่อนข้างต่ำกว่าน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยสารเคมีระบบอื่นๆ
3. น้ำยางข้นจากการปั่นซ้ำ (Doubly Centrifuged Latex) น้ำยางข้นจากการปั่นซ้ำมีสมบัติพิเศษ คือมีส่วนของสารที่ไม่ใช่ยางต่ำ (Low Non-rubber Content) ซึ่งทำให้น้ำยางมีสีจางเหมาะในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เน้นเรื่องสี และโดยเฉพาะเหมาะในงานผลิตภัณฑ์พวกถุงมือใช้งานไฟฟ้า เนื่องจากน้ำยางที่ปั่นซ้ำจะมีปริมาณสารพวกชอบดูดน้ำ (Hydrophilic Substance)น้อย การทำน้ำยางข้นโดยการปั่นซ้ำจะทำให้มีต้นทุนการผลิตสูงขึ้น
4. น้ำยางชนิดครีม (Creamed Latex) ทำมาจากกระบวนการใช้สารช่วยการเป็นครีม (Creaming Agent) ของน้ำยางปกติจะผลิตในระดับปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC, Dry Rubber Content) ไม่ต่ำกว่า 60เปอร์เซนต์ ใช้ระบบการ

รักษาสภาพเช่นเดียวกับน้ำยางข้นจากการปั่น เนื่องจากมักจะผลิตน้ำยางชนิดครีมในระดับ DRC ค่อนข้างสูงกว่า 60 เปอร์เซนต์ จึงเป็นข้อได้เปรียบที่จะนำไปใช้งานผลิตยางด้ายยืด เพราะน้ำยางที่มี DRC สูงจะให้คุณภาพด้านความแข็งแรงของยางที่จับตัวได้ดี (High Gel Strength) แต่เนื่องด้วยราคาต้นทุนการผลิตน้ำยางชนิดครีมสูง ดังนั้นจึงไม่ค่อยนิยมใช้กันในงานผลิตอื่นๆ

5. น้ำยางข้นชนิดระเหยน้ำ (Evaporated Latex) น้ำยางข้นจากการระเหยน้ำออก จะผลิตกันในระดับสารของแข็ง (TSC, Total Solid Content) ประมาณ 62-72 เปอร์เซนต์ และรักษาสภาพด้วยระบบผสมของโปแต๊สเซียมไฮดร๊อกไซด์กับสารสบู่ หรือระบบที่ใช้แอมโมเนีย 0.7 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ข้อดีของน้ำยางระเหย คือมีปริมาณสารของแข็งสูง และมีความเสถียรทางกลและทางเคมีสูง และเนื่องจากตามวิธีการระเหยน้ำออกเพื่อทำให้น้ำยางข้น ดังนั้น จึงมีส่วนของอนุภาคเล็กๆ มากของยางคงเหลืออยู่มากกว่ากรณีการปั่นน้ำยางข้น ซึ่งมักนิยมที่จะใช้น้ำยางระเหยน้ำในงานการทำกาวยาง แต่ข้อเสียของน้ำยางนี้ คือมีสีค่อนข้างคล้ำเนื่องมาจากมีปริมาณสารที่ไม่ใช่ยางค่อนข้างสูง
6. น้ำยางคงรูป หรือน้ำยางวัลคาไนซ์ หรือน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (Prevulcanised Latex) หมายถึง น้ำยางที่โมเลกุลยางได้เกิดพันธะเคมี (Chemical Crosslink) อันเนื่องมาจากการให้ความร้อนกับ น้ำยางที่ได้ผสมสารเคมีที่จำเป็นแล้ว ทำให้คงรูป จะมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานโดยทั่วไป ซึ่งการใช้งานจะต้องมีการเติมสารเคมีอื่นๆอีกเพิ่มเติม มีความสามารถใช้ความร้อนต่ำในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย

น้ำยางผสมสารเคมี (Compounded Latex) หมายถึงน้ำยางที่ได้ผสมสารเคมีต่าง ๆ แล้ว และส่วนใหญ่จะใช้สารเคมีช่วยเร่งให้ยางคงรูป (Accelerator) พวกไดธิโอคาร์บาเมต (Dithiocarbamate) อยู่ด้วย โดยปกติ จะทำการผสมสารเคมีกับยางแล้วบ่มหรือเก็บไว้ (Maturation) ก่อนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องด้วย น้ำยางผสมสารเคมีส่วนใหญ่จะผสมสารในระบบการทำให้ยางคงรูป (เช่น S+ZDC*+ZnO) ไว้แล้ว ดังนั้นขณะการบ่มหรือเก็บน้ำยางจึงอาจเกิดปฏิกริยายางคงรูป-โมเลกุลยางเกิดพันธะเคมีขึ้นได้ ซึ่งการเกิดยางคงรูปจะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับสภาวะการเก็บน้ำยาง และความว่องไวของสารช่วยเร่งยางคงรูป สำหรับการทำน้ำยางคงรูปหรือน้ำยางวัลคาไนซ์อาจพิจาณาว่าเป็นวิธีการพิเศษวิธีหนึ่งของการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี

น้ำยางคงรูปมีบทบาทสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางประเภทจุ่มแบบพิมพ์ (Dipping) และประเภทหล่อเบ้าพิมพ์ (casting) เพราะน้ำยางคงรูปมีข้อได้เปรียบคือขณะที่นำไปใช้อาจมีการเติมสารเคมีบ้างอีกเพียงเล็กน้อย เช่น พวกสารป้องกันยางเสื่อมหรือพวกสีต่าง ๆ และไม่จำเป็นต้องทำให้ยางคงรูป ภายหลัง (Post-Vulcanisation) การขึ้นรูปคือจุ่มแบบพิมพ์หรือหล่อเบ้าพิมพ์

บทที่ 3
วัสดุและการทดสอบ

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.1 อิฐ

ในงานวิจัยนี้ใช้อิฐมอญ โดยอิฐชนิดนี้จัดอยู่ในจำพวกอิฐที่ทำมาจากดินเหนียว (Clay Brick) อิฐมอญเป็นอิฐที่ทำด้วยมือ (Handmaking) โดยใช้ดินเหนียวผสมแกลบเทลงแบบแต่งหน้าให้เรียบแล้วนำไปผึ่งแดดให้แห้งก่อนนำเข้าเตาเผา อิฐที่ใช้ในการทดสอบจะต้องไม่มีรอยแตกร้าวในก้อนอิฐ ตาม ASTM C62-75 [7] และจะต้องเป็นอิฐที่เผาสุกทั่วทั้งก้อน โดยการสุ่มตัวอย่างอิฐเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการทดสอบให้พิจารณาหลักเกณฑ์ต่างๆ ตาม ASTM C67-73 [7] อิฐมอญจัดอยู่ในจำพวกอิฐก้อนตัน (Solid Brick)

3.1.2 ปูนซีเมนต์

ใช้ปูนซีเมนต์ซิลิกา (ตราเสือ) ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ผสมใช้วัสดุเฉื่อยเช่น ซิลิกา ซึ่งไม่ทำ ปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ โดยใช้ซิลิกาประมาณร้อยละ 30 ลงไปบดพร้อมกันกับปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (ตราช้าง) จะได้ปูนซีเมนต์ซึ่งมีการยึดและหดตัวน้อยเหมาะที่จะใช้ในงานก่ออิฐโดยทั่วไป

3.1.3 ทรายหยาบ

ใช้ทรายกลางราชบุรีทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4,8,16 และ 100 จะได้สัดส่วนคละตาม ASTM C144-75 [7] ลักษณะของทรายที่ดีนั้นควรมีเหลี่ยมมุม ไม่มีฝุ่นและปราศจากสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เพื่อช่วยในการยึดเกาะทำให้กำลังดีขึ้นอีกทั้งยังจะต้องไม่มีสภาพเป็นกรดหรือด่างปนอยู่ในเนื้อทราย

3.1.4 น้ำ

น้ำที่ใช้จะต้องสะอาดไม่มีสิ่งเจือปน (Impurity) ไม่มีสภาพความเป็นกรดและด่าง ในงานวิจัยนี้ใช้น้ำประปาในการผสมปูนก่อและปูนฉาบ

3.1.5 น้ำยาผสมปูนก่อและฉาบ (ตราช้าง–พญานาค)

อัตราส่วนของน้ำยาที่ใช้ผสมขึ้นอยู่กับปูนซีเมนต์ โดยใช้น้ำยา 1 ลิตร ต่อ ปูนซีเมนต์ 400 กก. น้ำยาที่ผสมเป็นตัวช่วยทำให้ปูนก่อและปูนฉาบมีลักษณะเหนียวเพื่อช่วยในการยึดหดตัวได้ดีขึ้น

3.1.6 น้ำยางข้นคงรูป หรือน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (Prevulcanized Latex)

คือน้ำยางที่ได้ผสมสารเคมีที่จำเป็นแล้วทำให้คงรูปจะมีความเหมาะสมจะนำไปใช้งานทำแบบหล่อโดยทั่วไป ซึ่งการใช้งานอาจจะต้องมีการเติมสารเคมีอื่น ๆ เพิ่มเติมอีก

3.1.7 กาวยางพารา (Rubber Cement)

กาวยางพารานั้นจัดเป็นโพลีเมอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปแล้วนั้นจะไม่แยกตัวในน้ำ สามารถแห้งตัวได้เร็ว จะมีสีเหลืองอ่อนคล้ายยางไม้ และมีความเข้มข้นตั้งแต่เหลวมากจนถึงข้นมาก ขึ้นอยู่กับปริมาณของยางพาราที่ใช้เป็นส่วนผสม โดยทั่วไปมักจะมีส่วนผสมดังนี้ คือ น้ำยางพารา ยางพาราแผ่น สารทำละลาย (น้ำมันเบนซิน) [1] ซึ่งแตกต่างจากกาวน้ำยาง (Latex Adhesive) ซึ่งมีลักษณะสีขาวที่ใช้กับงานติดหรือเชื่อมทั่วๆไป [6]

กาวยางพาราที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้เป็นผลิตภัณฑ์กาวที่ใช้สำหรับในการทำงานประเภทกราฟิก (For studio and graphic artwork) ยี่ห้อคอมฟอร์ท (Comfort) มีลักษณะใสและกันน้ำได้

3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องทดสอบกำลัง (Universal Testing Machine)
2. เครื่องทดสอบกำลังดึงมอร์ต้า (Tensile Strength Testing Machine)
3. เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)
4. อุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ (Deflection Gage)
5. ชุดทดสอบการไหลตัวของปูนทราย (Flow Test)
6. ชุดหัวกดทดสอบแรงอัดและแรงดัด
7. ชุดฐานรองรับแบบยึดหมุนและแบบเคลื่อนที่ (Hinge ,Roller)
8. แผ่นเหล็กขนาด (20X1200X500) , (20X60X500) และ (20X60X500) ชุดละ 2 แผ่น
9. แบบหล่อมอร์ต้าเพื่อการทดสอบแรงอัด แรงดัด และแรงดึง
10. โครงไม้ , และอุปกรณ์ในการก่ออิฐ

3.3 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของอิฐที่ใช้ในการก่อผนัง

3.3.1 การทดสอบอิฐ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของอิฐซึ่งได้แก่ การดูดซึมเริ่มต้น การดูดซึม กำลังอัด โมดูลัสแตกร้าวและอัตราส่วนปัวซอง โดยการทดสอบดังกล่าวในข้างต้นมีรูปแบบการทดสอบที่แตกต่างกันออกไปดังต่อไปนี้

ก) การดูดซึมเริ่มต้น (Suction) เป็นการวัดการดูดซึมน้ำของอิฐเป็นกรัมในระยะเวลา 1 นาที ต่อ พื้นที่ 30 ตารางนิ้ว ของก้อนอิฐที่สัมผัสกับน้ำ โดยวางก้อนอิฐในแนวราบให้ผิวด้านล่างของก้อนอิฐจมในน้ำ 1/8 นิ้ว ตาม ASTM C67-73 [7] อิฐที่ใช้จะต้องเป็นอิฐแห้ง (Dry Brick) ผลการทดสอบ ค่าการดูดซึมเริ่มต้นของอิฐมอญมีค่าเฉลี่ย 31 กรัม การดูดซึมเริ่มต้นมีผลต่อการก่ออิฐเพราะก้อนอิฐจะดูด น้ำจากปูนก่อและจะทำให้กำลังยึดเหนี่ยวระหว่างอิฐและปูนก่อสูญเสียไปบางส่วน ตามข้อกำหนดของ ASTM C62-75 [7] กำหนดไว้ว่าถ้าก้อนอิฐมีค่าการดูดซึมเริ่มต้นเกิน 30 กรัม จะต้องแช่อิฐในน้ำเป็นระยะเวลาพอสมควรก่อนลงมือก่ออิฐ

ข) การดูดซึม (Absorption) เป็นการวัดเปอร์เซนต์การดูดซึมน้ำของอิฐแห้ง (Dry Brick) โดยแช่อิฐในน้ำทั้งก้อนเป็นระยะเวลา 1/2, 1, 6 และ 24 ชั่วโมง ผลการทดสอบ อิฐมอญมีร้อยละการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 18.70, 18.97, 19.20 และ 19.54 ตามลำดับ

ค) กำลังอัด อิฐที่ใช้ทดสอบให้ใช้อิฐเต็มก้อน (Full Brick) และจะต้องแต่งผิวทั้งสองด้านให้เรียบเสมอกันด้วยปูนปลาสเตอร์ ตาม ASTM C67-73 [7] ปูนปลาสเตอร์จะต้องมีอายุอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ การทดสอบกำลังอัดของอิฐที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องทดสอบกำลัง (Universal Testing Machine) โดยให้อัตรากดสม่ำเสมอพอสมควร โดยอิฐจะต้องวิบัติภายในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 นาที และไม่เกิน 2 นาที วิธีทดสอบกำลังอัดให้ทดสอบทั้งวิธีให้แรงอัดกระทำตั้งฉากกับระนาบปรกติ (Flat Wise) ของก้อนอิฐ และให้แรงอัดกระทำที่ ด้านข้าง (Edge Wise) ของก้อนอิฐ แล้วนำค่ากำลังอัดของอิฐทั้งสองวิธีมาหาค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบแสด อิฐมอญมีค่ากำลังอัดเฉลี่ย 82.5 กก./ซม.^{2} รูปแบบการวิบัติที่เกิดขึ้นเป็นแบบผสมกันทั้งการอัดวิบัติ (Compressive Failure) และการเฉือนวิบัติ (Shear Failure)

ง) โมดูลัสแตกร้าว อิฐที่ใช้ทดสอบให้ใช้อิฐเต็มก้อนและเป็นอิฐแห้ง (Dry Brick) ผิวของอิฐด้านที่รับแรงจะต้องทำให้เรียบเสมอกันด้วยปูนปลาสเตอร์ ทดสอบอิฐในลักษณะของคานมีแรงแบบจุด (Concentrated -Load) กระทำที่กึ่งกลางของตัวอย่างทดสอบในการทดสอบนี้ใช้เครื่องกดทดสอบ (Universal Testing Machine) โดยให้อัตราแรงกดสม่ำเสมอพอสมควร อิฐมอญมีค่าโมดูลัสแตกร้าวเฉลี่ย 15 กก./ซม.^{2}

จ) โมดูลัสยืดหยุ่น การหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐมีวิธีการทดสอบทำนองเดียวกับการทดสอบกำลังอัดของอิฐ แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด

ฉ) อัตราส่วนปัวซอง การทดสอบหาค่าอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's Ratio) หาได้โดยวัดความเครียดในแนวดิ่งตามความหนาของอิฐ แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความเครียดในแนวราบและในแนวดิ่ง อิฐมอญมีค่าอัตราส่วนปัวซองเฉลี่ย 0.20

3.3.2 การทดสอบปูนทรายที่ใช้ในการก่อและฉาบ

ปูนทรายที่ใช้ในการก่อและฉาบในงานวิจัยนี้ มีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบหลักๆคือ

- ปูนก่อมาตรฐาน (STD)

อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ต่อทราย 1:1:3 (ผสมน้ำยาผสมปูนก่อและฉาบ) ซึ่งนิยมใช้โดยทั่วไป

- ปูนทรายผสมกาวยางพารา (RC)

อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ต่อทราย 1:1:3 (ผสมกาวยางพาราโดยการแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 5, 8 และ 10)

- ปูนทรายผสมน้ำยางข้นทำให้คงรูป (PV)

อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ต่อทราย 1:1:3 (ผสมน้ำยางพาราข้นทำให้คงรูปโดยการแทนที่น้ำร้อยละ 1)

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาปริมาณการใช้น้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆเพื่อผสมในปูนทรายนั้นจะเห็นว่าแตกต่างจากงานวิจัยที่เคยมีผู้ทำมาแล้วก่อนหน้านี้ [1,2] ทั้งนี้เนื่องจากหลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองผสมขั้นต้น พบว่าสัดส่วนดังกล่าวจะผสมให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ยาก และใช้งานได้ไม่ดีนัก ทางผู้วิจัยจึงได้ปรับเปลี่ยนปริมาณการผสมให้อยู่ในปริมาณดังกล่าวข้างต้น โดยอาศัยพิจารณาจากการทดลองผสมเป็นหลัก

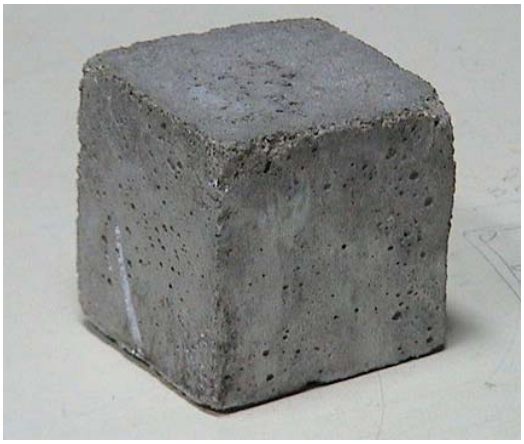
ก) กำลังรับแรงอัด ใช้ตัวอย่างปูนก่อรูปลูกบาศก์ขนาด 2 นิ้ว ตาม ASTM C270-80 [7] ทดสอบกดตัวอย่างปูนก่อด้วยเครื่องทดสอบ โดยให้แรงกดสม่ำเสมอ

ข) กำลังรับแรงดึง ตัวอย่างปูนก่อจะต้องหล่อในแบบหล่อ (Briquet Gang Mold) ตาม ASTM C190-77 [7] สอบกำลังดึงด้วยเครื่องทดสอบ

ค) โมดูลัสแตกร้าว ตัวอย่างปูนก่อจะต้องหล่อในแบบหล่อแรงดัด ทดสอบกดตัวอย่างปูนก่อด้วยเครื่องทดสอบ โดยให้แรงกดสม่ำเสมอ

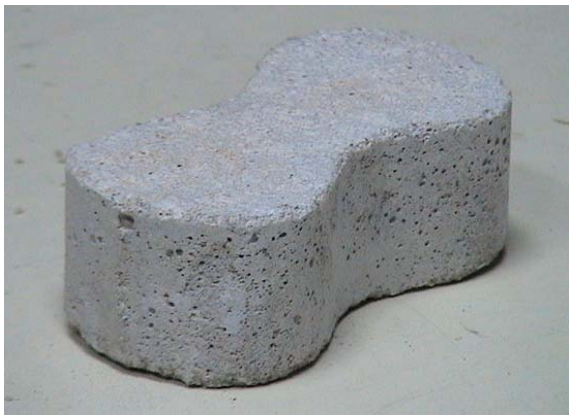
รูปที่ 3.1 (ก) ถึง (ค) แสดงลักษณะของก้อนตัวอย่างสำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัด แรงดัด และแรงดึงก่อนทำการทดสอบ

อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการศึกษาถึงผลกระทบของวิธีการบ่มตัวอย่างที่มีต่อกำลังการรับแรง ตัวอย่างที่ถอดออกจากแบบแล้วจะถูกนำไปบ่มด้วยวิธีการที่ต่างกันสองแบบกล่าวคือ แบบแรกจะบ่มในอากาศ (ปล่อยไว้ ณ สภาพห้องทดสอบ) จนกระทั่งถึงวันที่ทำการทดสอบ (บ่มอากาศ) ในขณะที่อีกวิธีหนึ่งจะนำไปบ่มในน้ำ (แช่น้ำ) เป็นเวลา 8 หรือ 16 วัน ก่อนที่จะนำออกมาปล่อยไว้ในสภาพห้องทดสอบเป็นเวลา 6 หรือ 12 วัน สำหรับก้อนตัวอย่างที่อายุ 14 และ 28 วันตามลำดับ (บ่มน้ำและอากาศ)



(ก) กำลังรับแรงอัด

(ข) กำลังรับแรงดัด



(ค) กำลังรับแรงดึง

รูปที่ 3.1 ก้อนตัวอย่างเพื่อการทดสอบกำลังการรับแรง

3.4 การเตรียมตัวอย่างผนังก่ออิฐ

3.4.1 การก่ออิฐ

โดยทั่วไปความเรียบร้อยและความแข็งแรงของผนังก่ออิฐนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ใช้แล้วยังขึ้นอยู่กับฝีมือการก่ออิฐอีกด้วย ดังนั้นเพื่อลดปัญหาของการก่ออิฐที่เกิดขึ้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำโครงไม้เพื่อใช้พยุงตัวอย่างผนังก่ออิฐ ในการก่ออิฐเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่ดีนั้นจะต้องคัดเลือกอิฐให้มีขนาดที่ใกล้เคียงกันแล้วจัดแยกออกเป็นพวกๆ การผสมปูนก่อที่มีอัตราส่วนผสมของกาวยางพารา ให้ใช้วิธีผสมแห้ง จนกระทั่งปูนซีเมนต์กับทรายเข้ากันดีก่อน จากนั้นจึงเติมกาวยางพาราลงไปตามอัตราส่วนที่กำหนด จากนั้นคลุกให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้งหนึ่ง ปูนก่อหรือฉาบต้องใช้ให้หมดภายในเวลา 45 นาที เนื่องจากกาวยางพาราที่ผสมลงไปในมอร์ต้านั้นจะระเหยออก จะทำให้ปูนทรายที่ได้นั้นแข็งตัวเร็ว จึงทำการก่อหรือฉาบไม่ได้

ส่วนการผสมปูนก่อที่มีอัตราส่วนผสมของน้ำยางข้นคงรูปให้ใช้วิธีผสมแห้งเช่นเดียวกัน จากนั้นทำการผสมน้ำยางข้นคงรูปกับน้ำ ตามอัตราส่วนที่กำหนด คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วค่อย ๆ เติมลงไปในปูนซีเมนต์กับทรายที่ผสมไว้แล้วทีละน้อยเพื่อไม่ให้เหลวเกินไป ซึ่งปูนก่อที่ดีต้องมีลักษณะเหนียวและไม่เกิดการแตกขณะทำการปั้น

ปัญหาของการก่ออิฐที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ปัญหาการดูดซึมเริ่มต้น (Suction) ของอิฐซึ่งจะดูดซึมน้ำจากปูนก่อขณะดำเนินการก่ออิฐและมีผลทำให้ผนังก่ออิฐแตกร้าวได้ภายหลัง นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างอิฐและปูนก่อสูญเสียไปบางส่วนดังนั้น เพื่อลดปัญหานี้จะต้องแช่อิฐในน้ำเป็นเป็นระยะเวลาพอสมควรก่อนทำการก่ออิฐทุกครั้ง สำหรับอิฐมอญให้แช่ในน้ำเป็นระยะเวลา 1 นาที การก่ออิฐจะต้องทำด้วยความระมัดระวังโดยคลุกเคล้าปูนก่อด้วยเกรียงก่อนตักปูนก่อเสมอแล้วตักปูนก่อปาดลงบนโครงไม้ที่จัดไว้พร้อมกับวางอิฐลงบนปูนก่อ จากนั้นใช้ด้ามเกรียงเคาะที่ด้านบนของก้อนอิฐจนได้แนวปูนก่อหนาโดยเฉลี่ย 1.50 ซม. ก่ออิฐก้อนถัดมาด้วยวิธีการทำนองเดียวกันจนกระทั่งเต็มแนว โดยการเคาะอิฐต้องไม่ให้เกิดการเคลื่อนตัวของก้อนถัดไปจนได้ขนาดตามต้องการ

อย่างไรก็ตามปูนทรายที่ใช้ในการก่อและฉาบตัวอย่างแผงกำแพงนั้นมีด้วยกัน 3 รูปแบบเท่านั้นได้แก่ ปูนทรายมาตรฐาน (STD) ปูนทรายที่ผสมน้ำยางพาราคงรูปโดยการแทนที่น้ำร้อยละ 1 (PV1) และปูนทรายผสมกาวยางพาราโดยการแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 5 (RC5) เพื่อเป็นเปรียบเทียบคุณสมบัติที่แตกต่างกันของผลที่เกิดจากน้ำยางพาราแต่ละชนิด

3.4.2 การฉาบ

ก่อนทำการลงมือฉาบทุกครั้งให้พรมน้ำที่ผนังก่ออิฐให้ชุ่มก่อน เพื่อช่วยลดปัญหาการดูดซึมน้ำของอิฐจากปูนฉาบแล้วยังช่วยให้ปูนฉาบไม่หลุดร่อนขณะทำการฉาบ จากนั้นจึงทำการฉาบให้ได้ความหนาโดยเฉลี่ย 1.50 ซม. การแต่งผิวหน้าปูนฉาบนั้นทำได้โดยปล่อยปูนฉาบเซตตัวเล็กน้อยแล้วใช้เกรียงไม้ปั่นที่ผิวปูนฉาบจนเรียบพร้อมกับใช้ฟองน้ำปัดเม็ดทรายออก

3.4.3 การบ่มผนังก่ออิฐ

หลังจากทำการก่อตัวอย่างผนังก่ออิฐได้ตามขนาดที่ต้องการแล้ว ให้ทำการบ่มโดยนำกระสอบชุบน้ำให้ชุ่มมาคลุมตัวอย่างผนังก่ออิฐเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และหลังจากนั้นทำการบ่มโดยการรดน้ำให้ผนังชุ่มชื้นอยู่อย่างสม่ำเสมออย่างน้อย 7 วัน ทั้งนี้เป็นการช่วยให้ปูนก่อ พัฒนาความแข็งแรงอย่างสมบูรณ์ และจะทำให้ตัวอย่างผนังก่ออิฐรับแรงต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น รูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นตัวอย่างกำแพงที่ก่อและฉาบโดยใช้โครงไม้ช่วย และตัวอย่างกำแพงที่นำออกมาจากโครงไม้และผ่านการบ่มแล้ว

(ก) ก่อนถอดโครงไม้

(ข) หลังถอดโครงไม้

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างแผงกำแพงที่ก่อและฉาบแล้ว

3.4.4 อายุของผนังก่ออิฐ

ก่อนทำการศึกษาพฤติกรรมในการรับแรงอัดและแรงดัดของตัวอย่างผนังก่ออิฐ นั้นตัวอย่างจะต้องทำการบ่มชื้นและบ่มอากาศโดยปล่อยตัวอย่างผนังก่ออิฐไว้ในอุณหภูมิปกติจนกระทั่งมีอายุครบ 14 วัน และ 28 วัน จึงจะนำมาทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดและแรงดัด เนื่องจากกำลังอัดของปูนก่อจะเพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัวที่อายุ 28 วัน หลังจากทำการก่อตัวอย่างผนังก่ออิฐเสร็จ

3.5 การทดสอบตัวอย่างผนังก่ออิฐ

3.5.1 การติดตั้งและการวัดค่าผนังก่ออิฐรับแรงอัด

การทดสอบให้เตรียมแผ่นเหล็กขนาด (15X120X500) จำนวน 2 แผ่น เพื่อใช้สำหรับกระจายแรงและเป็นฐานรองตัวอย่างผนังก่ออิฐโดยวางเหล็กแผ่นที่ใช้เป็นฐานให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางตัวเครื่องทดสอบ จากนั้นนำตัวอย่างผนังก่ออิฐที่มีอายุตามที่กำหนดวางลงบนแผ่นเหล็ก พร้อมกับทาสีขาวที่ตัวผนังทั้ง 2 ด้าน เพื่อช่วยในการมองเห็นรอยแตกให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผนังก่ออิฐด้านที่รับแรงกดจะต้องทำให้เรียบเสมอกันด้วยปูนปลาสเตอร์ โดยนำแผ่นเหล็กกดทับลงไปในขณะที่ปูนปลาสเตอร์ยังไม่แข็งตัวพร้อมทำการปรับระดับด้วยระดับน้ำและติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ทั้งหมดจำนวน 4 ตัว โดยที่ตัวที่ 1 และ 2 เป็นการวัดค่าการยุบตัวของผนังก่ออิฐในแนวดิ่งส่วนตัวที่ 3 และ 4 เป็นการวัดค่าการโก่งตัวทางด้านหน้าและด้านหลังของผนังก่ออิฐ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 สำหรับปูนปลาสเตอร์จะต้องมีอายุอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ

() แผงกำแพงตัวอย่างบนแท่นอุปกรณ์การทดสอบพร้อมทั้งติดตั้งมาตรวัดการเคลื่อนที่

() ภาพรวมของการทดสอบ และอุปกรณ์บันทึกขนาดแรงและการเคลื่อนที่

รูปที่ 3.3 การติดตั้งตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด

การวัดค่าการยุบตัวทำได้หลังจากให้แรงกดจากเครื่องทดสอบ ในแนวดิ่งด้วยอัตรากดสม่ำเสมอลงบนตัวอย่างผนังก่ออิฐ โดยผลของมาตรวัดการแอ่นตัวตัวที่ 1,2,3 และ 4 จะแสดงค่าในอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Data Logger) พร้อมทำการบันทึกค่าแรงที่ได้โดยอัตโนมัติทุกๆ 5 วินาที จนกระทั่งตัวอย่างผนังก่ออิฐเกิดการวิบัติจึงจะหยุดการทดสอบและการอ่านค่า แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดกับการยุบตัว

3.5.2 การติดตั้งและการวัดค่าผนังก่ออิฐรับแรงดัด

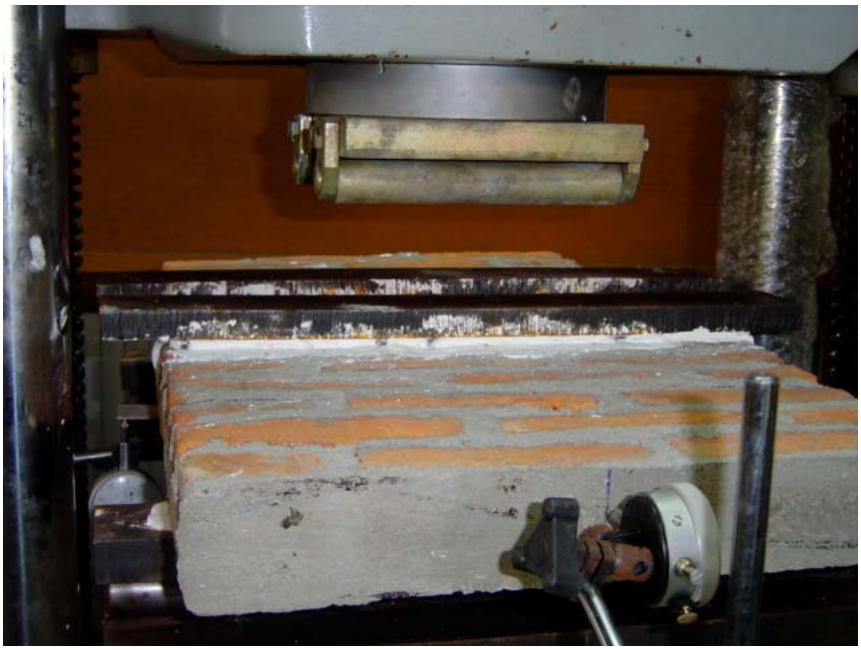
นำชุดรองรับแบบยึดหมุน (Hinge) และแบบเคลื่อนที่ (Roller) วางบนตัวเครื่องทดสอบ ให้ได้ระยะห่างออกจากตำแหน่งกึ่งกลางของตัวเครื่องทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 22.5 ซม. จากนั้นนำตัวอย่างผนังก่ออิฐผ่านการบ่มชื้นที่มีอายุ 28 วัน วางลงบนชุดรองรับแล้วจึงนำแผ่นเหล็กขนาด (25×60×500) สำหรับกระจายแรงจำนวน 2 แผ่นวางลงบนปูนปลาสเตอร์ที่ยังไม่แข็งตัวพร้อมทำการปรับระดับด้วยระดับน้ำ โดยที่แผ่นเหล็กทั้ง 2 แผ่นมีระยะห่างจากตำแหน่งกึ่งกลางตัวเครื่องทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 7.50 ซม. พร้อมกับทาสีขาวที่ผิวด้านล่างของผนังก่ออิฐ การติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ทำได้หลังจากเตรียมตัวอย่างในข้างต้นเสร็จจำนวนทั้งหมด 4 ตัว โดยตัวที่ 1 และ 2 เป็นการวัดค่าการแอ่นตัวของผนังก่ออิฐในแนวดิ่งส่วนตัวที่ 3 และ 4 เป็นการวัดการเคลื่อนที่ในแนวราบ ดังแสดงในรูป 3.4 สำหรับปูนปลาสเตอร์จะต้องมีอายุอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ

การวัดค่าการแอ่นตัวทำได้หลังจากให้แรงกดจากเครื่องทดสอบ ในแนวดิ่งด้วยอัตราแรงกดสม่ำเสมอลงบนตัวอย่างผนังก่ออิฐ โดยผลของมาตรวัดการแอ่นตัวที่ 1,2,3 และ 4 จะแสดงค่าในอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Data Logger) พร้อมทำการจดค่าแรงที่ได้ทุกๆ 5 วินาที จนกระทั่งตัวอย่างผนังก่ออิฐเกิดการวิบัติจึงจะหยุดการทดสอบและการอ่านค่า แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัดกับการยุบตัวเช่นเดียวกันกับการทดสอบกำลังรับแรงอัด

(ก) การติดตั้งตัวอย่างกำแพงเพื่อการทดสอบแรงดัด

รูปที่ 3.4 การติดตั้งตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบกำลังรับแรงดัด

(ข) การรองรับที่ปลาย และการติดตั้งแผ่นเหล็กเพื่อการถ่ายแรงกระทำ



(ค) การวัดการเลื่อนไถลที่ปลายตัวอย่าง

รูปที่ 3.4 การติดตั้งตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบกำลังรับแรงดัด (ต่อ)

3.6 การทดสอบการซึมน้ำ

3.6.1 การทดสอบการดูดซึมน้ำของก้อนปูนทราย

ทำการทดสอบโดยการนำปูนทรายที่หล่อเป็นรูปลูกบาศก์มาตรฐาน (แบบเดียวกับที่ใช้ทดสอบการรับแรงอัด) มาบ่มตามสภาพการบ่มน้ำและอากาศเป็นเวลา 7 วัน กล่าวคือนำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 4 วันก่อนที่จะนำออกมาวางไว้ในสภาพห้องทดสอบเป็นเวลาอีก 3 วัน จากนั้นนำก้อนตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักบันทึกค่า แล้วนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม. เพื่อนำมาหาค่าน้ำหนักหลังการแช่น้ำ เพื่อหาร้อยละของน้ำที่ถูกดูดซึมเข้าไปโดยก้อนปูนทรายตัวอย่างเทียบกับน้ำหนักก่อนแช่น้ำ

3.6.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำของแผงกำแพงก่อ

ขั้นตอนในการทดสอบของกำแพงก่อจะแตกต่างออกไปจากกรณีของก้อนปูนทรายตัวอย่างกล่าวคือ จะใช้อิฐมอญและปูนทรายเพื่อการก่อบ่อน้ำจำลองขนาดเล็กที่มีขนาดของช่องเปิดปริมาตรภายในเป็น 30×30×30 ซม. โดยเป็นการก่ออิฐครึ่งแผ่นโดยรอบ ในขณะที่ที่พื้นของบ่อจะเป็นปูนทรายล้วนหนา 3 ซม. จากนั้นปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นใส่น้ำลงไปจนเต็มแล้วเก็บตัวอย่างไว้ในที่ๆปราศจากการรบกวนเป็นเวลา 7 14 และ 28 วัน จากนั้นจะทำการวัดปริมาตรน้ำที่หายไปเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซึมน้ำต่อไป

อย่างไรก็ตาม การทดสอบการดูดซึมน้ำนี้ได้ทำการทดสอบการดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่างปูนทรายมาตรฐาน ก้อนตัวอย่างที่ผสมน้ำยางพาราคงรูปโดยการแทนที่น้ำร้อยละ 1 และก้อนตัวอย่างผสมกาวยางพาราโดยการแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 5 เท่านั้น

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบ

จากแนวทางในการเตรียมตัวอย่างและการทดสอบทั้งตัวอย่างปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราแบบต่างๆ รวมทั้งการทดสอบกำแพงก่อที่ทำจากปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางที่ได้กล่าวถึงแล้วในบทที่ 3 ในบทนี้จะได้กล่าวถึงผลการทดลองที่ได้ โดยแยกพิจารณาออกเป็นสองส่วนหลักๆด้วยกัน ได้แก่ ผลการทดลองของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ และผลของการทดสอบกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายดังกล่าวในการก่อหรือฉาบ

4.2 ตัวอย่างปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ

4.2.1 ผลการทดสอบด้านกำลังและการดูดซึมน้ำ

จากการทดสอบกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด และกำลังรับแรงดึงของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราข้นที่ทำให้คงรูป (Prevulcanized, PV) และกาวยาวพารา (Rubber Cement, RC) ในปริมาณต่างๆกัน เปรียบเทียบผลกับปูนทรายมาตรฐาน (Standard mortar, STD) ที่นิยมใช้กันทั่วไป อันมีส่วนผสมของปูน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมเพื่อการก่อ ได้สรุปไว้ดังตารางที่ 4.1

และเพื่อให้เห็นความแตกต่างของผลการทดสอบที่ชัดเจนยิ่งขึ้น กำลังการรับแรงของก้อนตัวอย่างปูนทรายมาตรฐาน ก้อนปูนทรายผสมน้ำยางข้นทำให้คงรูป และก้อนปูนทรายผสมกาวยางพารา ได้แสดงไว้ในรูปที่4.1

4.2.2 ลักษณะของส่วนผสมปูนทราย การวิบัติของก้อนตัวอย่างและลักษณะการดูดซึมน้ำ

ข้อสังเกตที่ได้ในขณะทำการผสมปูนทรายมาตรฐานที่ได้คือจะมีความเหลวปานกลางและมีน้ำเยิ้มในส่วนผสมเล็กน้อย ในขณะที่ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้นคงรูปจะมีลักษณะเหลวมาก อีกทั้งปริมาณน้ำเยิ้มในส่วนผสมจะมีมากกว่า และหลังจากที่แกะออกจากแบบหล่อแล้วจะใช้เวลานานจึงจะแห้งสนิท แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผสมกาวยางพาราเข้าไปในส่วนผสมปูนทรายจะทำให้มีความเหลวน้อยลงและมีลักษณะร่วนไม่ค่อยเป็นเนื้อเดียวกัน อีกทั้งปริมาณน้ำเยิ้มในส่วนผสมมีน้อยและเกิดการแห้งตัวเร็ว

เมื่อนำตัวอย่างที่ผ่านการบ่มทั้งในอากาศ และส่วนที่บ่มในน้ำและอากาศมาทำการทดสอบด้านกำลังแล้วพบว่าลักษณะการแตกหักนั้นไม่ต่างจากปูนทรายมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

และจากการทดสอบการดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่างปูนทรายมาตรฐาน รวมทั้งก้อนตัวอย่างปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางข้นที่ทำให้คงรูป (ร้อยละ 1) และกาวยางพารา (ร้อยละ5) อันเป็นส่วนผสมที่จากการพิจารณาด้านกำลังแล้วจะเห็นได้ว่าให้สัดส่วนของกำลังมากที่สุด โดยพิจารณาที่อายุของก้อนตัวอย่าง 7 วันดังแสดงในตารางที่ 4.2 นั้น พบว่าความสามารถในการดูดซึมไม่แตกต่างกันสำหรับก้อนตัวอย่างปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราอยู่ด้วย

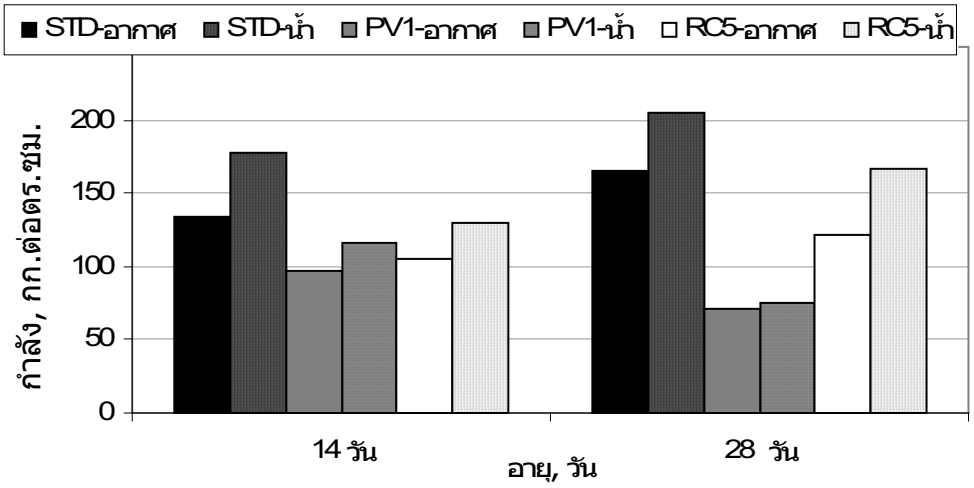
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบด้านกำลังของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบและสัดส่วนต่างๆ (กก.ต่อตร.ซม.)

ตัวอย่าง[1]			STD	PV 1	RC 5	RC 8	RC 10
กำลังรับแรงอัด	14 วัน	บ่มน้ำและอากาศ	133/135[2]	117.96 /116/ 115.48	125.50 /132.70/ 130.84	100.03 /97.54/ 98.20	108.54 /107.73/ 113.40
			134[3]	**116.48**	**129.68**	**98.59**	**108.89**
		บ่มอากาศ	175/181	99 /91.08 /99	106.37 /99/ 110.44	85.10 /79.34/ 76.07	93.26 /98.34/ 110.32
			178	**96.36**	**105.27**	**80.17**	**100.64**
	28 วัน	บ่มน้ำและอากาศ		83.83 /70.45/ 70.45	159.90 /176.96/ 164.11	159.90 /157.91/ 164.11	74.91 /74.91/ 74.91
			165	**74.91**	**166.99**	**160.64**	**74.91**
		บ่มอากาศ		68.46 /71.685/ 71.685	105.36 /121.12/ 136.88	110.62 /105/ 113.06	65.78 /64.15/ 80.91
			205	**70.61**	**121.12**	**109.56**	**70.28**
กำลังรับแรงดัด	14 วัน	บ่มน้ำและอากาศ	29/27	35.11 /37.35/ 32.87	40.51 /32.28/ 37.40	24.37 /24.37/ 24.37	30.79 /29.78/ 28.77
			28	**35.11**	**37.73**	**24.73**	**29.78**
		บ่มอากาศ	25/25	27.07 /27.07/ 27.07	36.36 /35.47/ 33.50	28.77 /30.79/ 29.78	28.24 /30.55/ 30.55
			25	**27.07**	**35.11**	**29.87**	**29.78**
	28 วัน	บ่มน้ำและอากาศ		34.42 /35.445/ 35.445	51 /50.67/ 55.47	40.36 /42.17/ 38.55	29.37 /27.07/ 24.77
			37	**35.11**	**52.38**	**40.36**	**27.07**
		บ่มอากาศ		37.35 /35.11/ 32.87	40.36 /40.36/ 40.36	30.48 /33.35/ 33.37	25.64 /28.62/ 26.95
			32	**35.11**	**40.36**	**32.4**	**27.07**
กำลังรับแรงดึง	14 วัน	บ่มน้ำและอากาศ	19/13	15.03 /15.58/ 16.13	18.68 /17.35/ 17.49	14.57 /21.81/ 18.67	15.58 /15.58/ 15.58
			16	**15.58**	**17.84**	**18.35**	**15.58**
		บ่มอากาศ	9,13	9.81 /11.31/ 11.31	11.06 /11.06/ 11.06	13.24 /11.42/ 11.52	11.81 /11.81/ 11.81
			11	**10.81**	**11.06**	**12.06**	**11.81**
	28 วัน	บ่มน้ำและอากาศ		16.19/ 15.38/ 15.17	23.5 /23.5/ 23.5	18.63 /19.23/ 27.72	15.58 /16.13/ 15.03
			18	**15.58**	**23.5**	**21.86**	**15.58**
		บ่มอากาศ		16.13 /13/ 13.86	18.22 /17.56 / 16.24	10.67 / 13.145/ 13.145	14.36 /15.03 / 16.60
			13	**14.33**	**17.34**	**12.32**	**15.33**

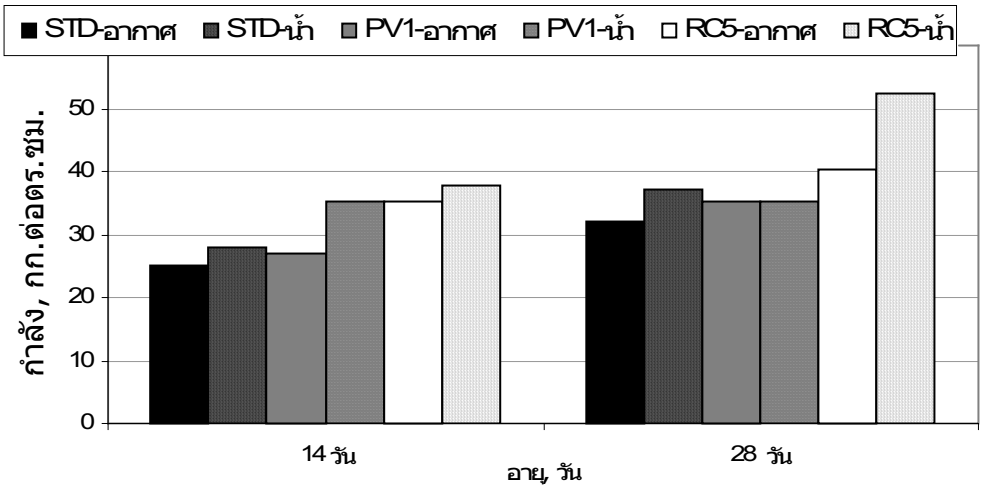
หมายเหตุ *(1) STD=ปูนทรายมาตรฐาน (ผสมน้ำยาก่อ), PV1=ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราข้นที่ทำให้คงรูป (แทนที่น้ำร้อยละ 1 ในส่วนผสม), RC5, RC8, RC10=ปูนทรายที่มีส่วนผสมของกาวยางพารา (แทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 5, 8 และ 10 ในส่วนผสม)*

(2) ผลตัวอย่างแต่ละก้อน

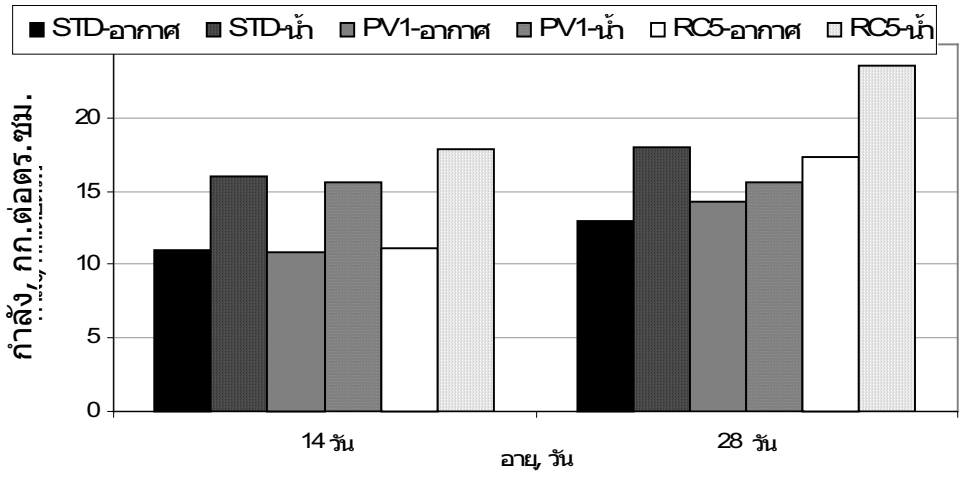
(3) ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบ



() กำลังรับแรงอัด



() กำลังรับแรงดัด



() กำลังรับแรงดึง

รูปที่ 4.1 กำลังรับแรงของก้อนปูนทรายตัวอย่าง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบและสัดส่วนต่างๆ (อายุ 7 วัน)

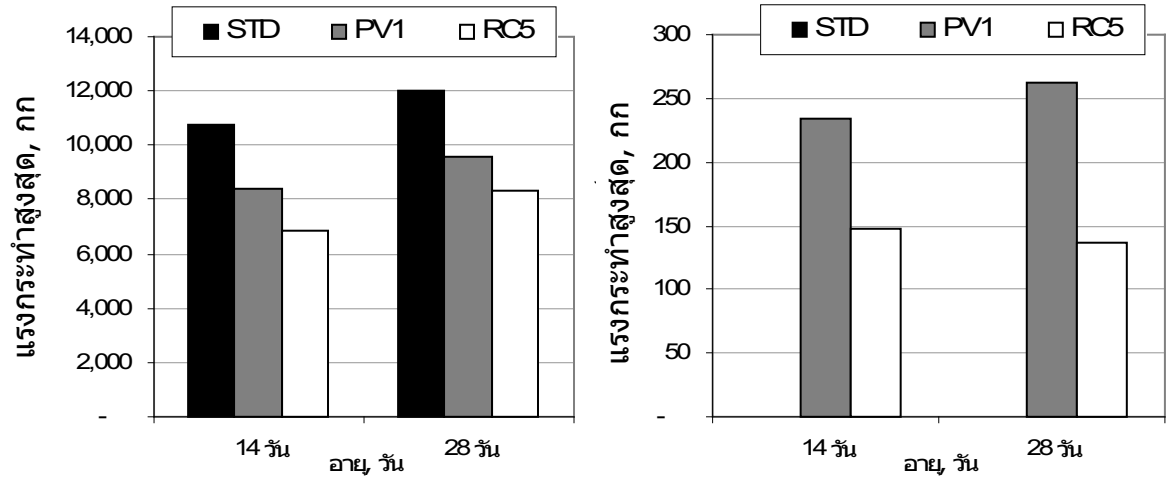
ตัวอย่าง	การดูดซึม %	การดูดซึมสัมพัทธ์(1)
STD	8.14	1.00
PV1	8.08	0.99
RC5	8.21	1.01

หมายเหตุ *(1) เทียบกับปูนทรายมาตรฐาน*

4.3 ตัวอย่างกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ

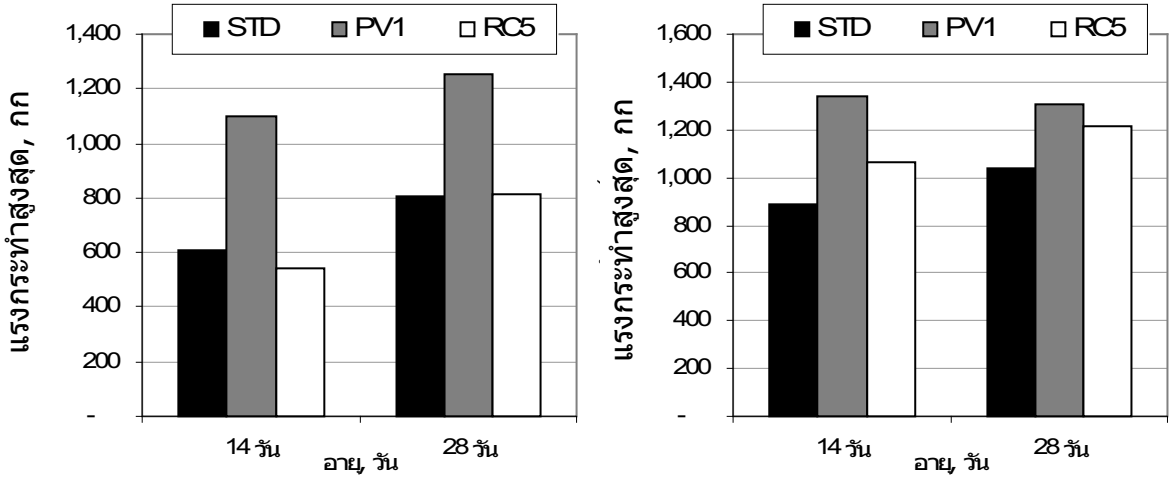
4.3.1 ผลการทดสอบด้านกำลัง

ในทำนองเดียวกันกับการทดสอบก้อนตัวอย่างปูนทราย ผลการทดสอบด้านกำลังของแท่งกำแพงตัวอย่างอันได้แก่กำลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดัดของกำแพง (ทั้งของกำแพงที่ทำการฉาบ และไม่ได้รับการฉาบ) รวมทั้งค่าการยุบตัวที่เกิดขึ้นขณะแผงกำแพงอยู่ภายใต้แรงกระทำสูงสุด ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2



(ก) กำลังรับแรงอัด

(ข) กำลังรับแรงดัด (ไม่ฉาบ)



(ค) กำลังรับแรงดัด (ฉาบ 1 ด้าน)

(ง) กำลังรับแรงดัด (ฉาบ 2 ด้าน)

รูปที่ 4.2 กำลังรับแรงของกำแพงตัวอย่าง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบด้านกำลังของกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ

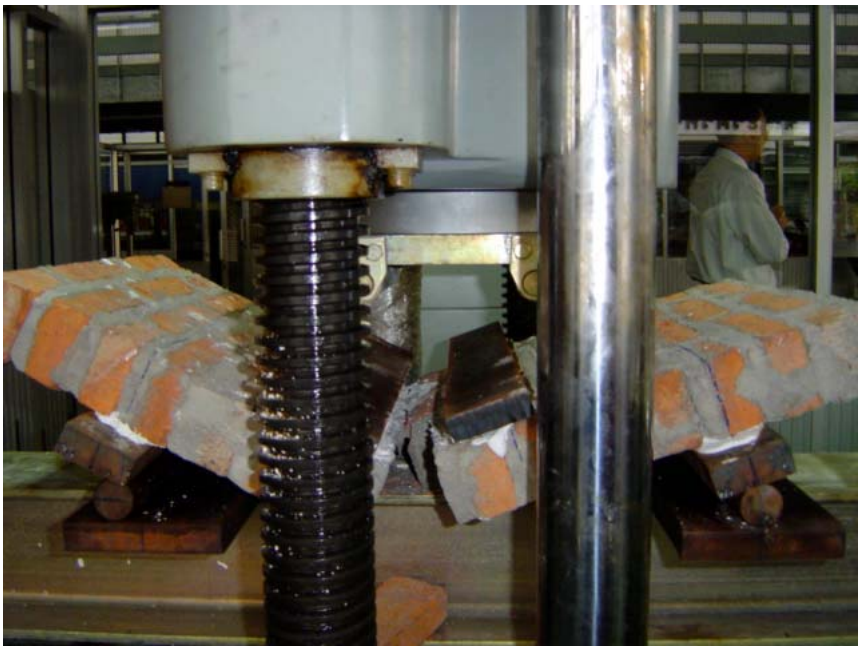
กำลัง	อายุ	ผลการทดสอบ	STD			PV 1			RC 5		
			ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	เฉลี่ย	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	เฉลี่ย	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	เฉลี่ย
กำลังรับแรงอัด	14 วัน	P_{max} (กก.)	10,915	10,618	10,767	7,970	8,787	8,379	6,336	7,426	6,881
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	2.10	2.31	2.21	3.45	2.72	3.09	2.01	2.58	2.30
	28 วัน	P_{max} (กก.)	12,000	12,000	12,000	9,630	9,504	9,567	8,279	8,391	8,335
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	1.65	1.15	1.40	4.45	2.60	3.53	2.35	4.19	3.27
กำลังรับแรงดัด (ไม่ฉาบ)	14 วัน	P_{max} (กก.)	-(1)	-	-	222	247	235	148	148	148
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	-	-	-	0.61	0.63	0.62	0.26	0.11	0.19
	28 วัน	P_{max} (กก.)	-	-	-	267	258	263	173	99	136
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	-	-	-	0.65	0.39	0.52	0.24	0.18	0.21
กำลังรับแรงดัด (ฉาบหนึ่งด้าน)	14 วัน	P_{max} (กก.)	643	569	606	1,116	1,089	1,103	520	569	545
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	0.50	0.54	0.52	0.65	0.58	0.62	0.22	0.37	0.30
	28 วัน	P_{max} (กก.)	816	792	804	1,269	1,237	1,253	805	825	815
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	0.31	0.31	0.31	0.78	0.71	0.75	0.50	0.46	0.48
กำลังรับแรงดัด (ฉาบสองด้าน)	14 วัน	P_{max} (กก.)	841	940	891	1,367	1,320	1,344	1,113	1,014	1,064
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	0.54	0.55	0.55	0.65	0.62	0.64	1.66	0.62	1.14
	28 วัน	P_{max} (กก.)	1,039	1,039	1,039	1,310	-	1,310	1,237	1,188	1,213
		$\triangle_{at\ Pmax}$, (มม)	0.47	0.38	0.43	0.78	-	0.78	0.73	0.71	0.72

หมายเหตุ *(1) ตัวอย่างวิบัติแบบทันทีทันใด ไม่สามารถบันทึกผลการทดลองได้*

4.3.2 ลักษณะการวิบัติของแพงตัวอย่างและลักษณะการดูดซึมน้ำ

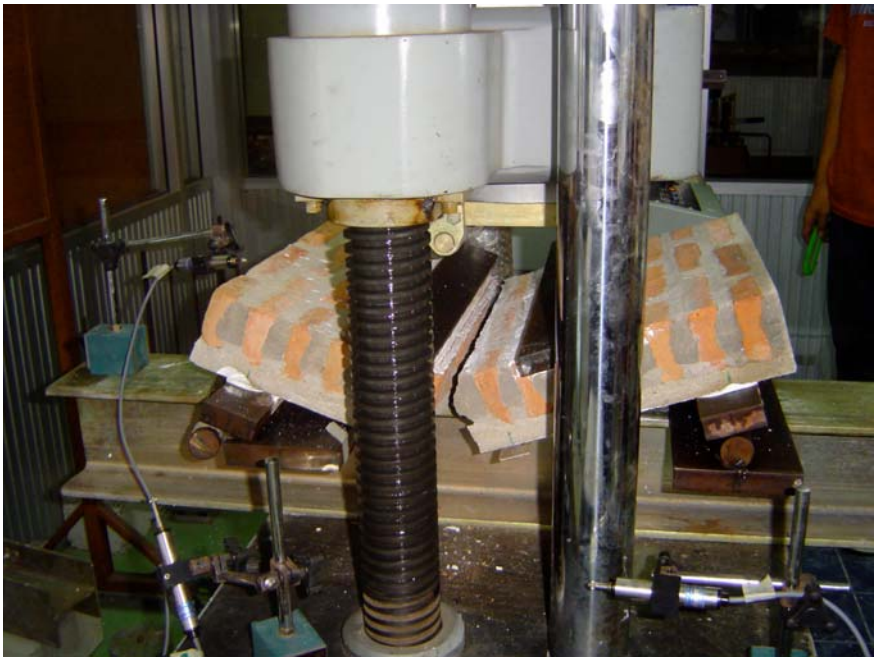
ในกรณีก้อนตัวอย่างถูกแรงอัดกระทำ จากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าจะเริ่มเกิดรอยแตกร้าว ณ บริเวณกึ่งกลางความสูงของก้อนตัวอย่าง และรอยแตกจะกระจายไปเรื่อยๆ จนในที่สุดจะเกิดแนวของรอยแตกร้าวในแนวทแยงแบบแรงเฉือน และเกิดการแตกร้าวผ่านหน้าตัดของอิฐมอญ เหมือนกันหมดทั้งสามแบบ ไม่ว่ากำแพงนั้นจะใช้ปูนทรายรูปแบบใดในการก่อ (รูปที่ 4.3 (ก))

(ก) การทดสอบกำลังรับแรงอัด



(ข) การทดสอบกำลังรับแรงดัด (ไม่ฉาบ)

รูปที่ 4.3 การวิบัติของกำแพงที่ผ่านการทดสอบแล้ว (ปูนทรายมาตรฐาน)



(ค) การทดสอบกำลังรับแรงดัด (ฉาบ 1 ด้าน)

(ง) การทดสอบกำลังรับแรงดัด(ไม่ฉาบ2 ด้าน)

รูปที่ 4.3 การวิบัติของกำแพงที่ผ่านการทดสอบแล้ว (ปูนทรายมาตรฐาน) (ต่อ)

สำหรับการทดสอบแรงดัดกับแผงกำแพงนั้น พบว่าสำหรับตัวอย่างที่ไม่มีการฉาบ การวิบัติจะเกิดทันทีทันใดตามแนวผิวสัมผัสระหว่างอิฐกับปูนก่อทำให้ไม่สามารถวัดค่าแรงกระทำสูงสุดได้ ในขณะที่ตัวอย่างที่มีการฉาบเพียงด้านเดียว พบว่ามีรอยแตกร้าวในแนวเส้นตรงตลอดหน้าตัด โดยเกิดที่บริเวณผิวรอยต่อระหว่างปูนก่อกับอิฐ และมีบางส่วนที่เกิดการแตกร้าวผ่านก้อนอิฐโดยตรง ซึ่งผลไม่ต่างกันมากนักสำหรับการใช้ปูนทรายที่ต่างชนิดกัน (รูปที่ 4.3 (ข) และ (ค))

อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีการฉาบผิวตัวอย่างทั้งสองด้านพบว่าหากใช้ปูนก่อมาตรฐานรอยแตกจะเกิดตามแนวผิวสัมผัสระหว่างก้อนอิฐและปูนก่อ ในขณะที่หากเป็นปูนก่อที่มีส่วนผสมของน้ำยางคงรูปหรือกาวยางพาราแล้วจะทำให้รอยร้าวที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มในการแตกผ่านแนวอิฐมากกว่าที่จะเป็นแนวผิวสัมผัส ดังรูปที่ 4.3 (ง)

ในส่วนของผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของกำแพงตัวอย่างได้แสดงไว้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของกำแพงตัวอย่างที่ใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆในการก่อและฉาบ

ตัวอย่าง	วันที่ตรวจสอบ		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
STD			
น้ำยุบตัว (ซม.)	2.3	3.4	4.1
ปริมาตรน้ำที่หายไป(ซม^3)	5746	8179	9626
ร้อยละของน้ำที่หายไปเทียบกับที่ 28 วัน	*0.60*	*0.85*	*1.00*
PV 1			
น้ำยุบตัว (ซม.)	3.1	4.2	4.7
ปริมาตรน้ำที่หายไป(ซม^3)	7535	9826	10806
ร้อยละของน้ำที่หายไปเทียบกับที่ 28 วัน	*0.70*	*0.91*	*1.00*
RC 5			
น้ำยุบตัว (ซม.)	2.1	3.2	3.9
ปริมาตรน้ำที่หายไป(ซม^3)	5282	7751	9220
ร้อยละของน้ำที่หายไปเทียบกับที่ 28 วัน	*0.57*	*0.84*	*1.00*

บทที่ 5
วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์ผล

จากผลการทดลองทั้งหมดที่ได้รวบรวมและนำเสนอในบทที่ 4 นั้น ในบทนี้จะได้นำผลดังกล่าวมาวิเคราะห์เปรียบเทียบในแง่มุมต่างๆ เพื่อที่จะหาข้อสรุปของคุณสมบัติของปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางในรูปแบบต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไปว่ามีข้อดี หรือข้อด้อยอย่างไรเมื่อเทียบกับปูนทรายที่ใช้ทั่วไปในงานก่อสร้างส่วนใหญ่ ซึ่งได้บทนี้จะแยกวิเคราะห์เป็นส่วนหลัก 2 ส่วนเช่นเดียวกันกับในบทที่ 4 คือผลในส่วนของปูนทราย และผลของกำแพงก่อ และในตอนท้ายของบทจะได้กล่าวถึงแง่มุมอื่นๆที่น่าสนใจเกี่ยวกับปูนทราย หรือกำแพงก่อที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆด้วย

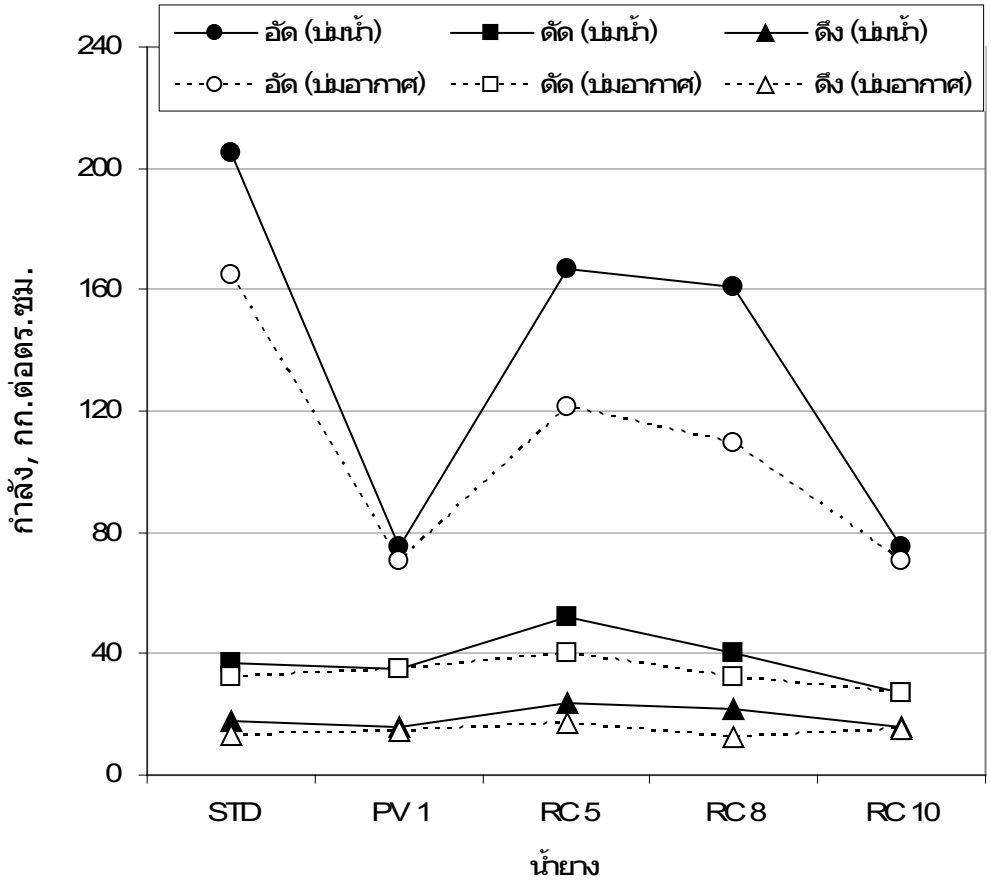
5.2 ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบกับปูนทรายที่ใช้โดยทั่วไป

5.2.1 กำลังการรับแรง

เมื่อพิจารณากำลังการรับแรงในด้านต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไปของปูนทรายที่ในส่วนผสมมีน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆดังแสดงในรูปที่ 4.1 ในบทที่ 4 จะพบว่าในแง่ของกำลังรับแรงอัดนั้นปูนทรายมาตรฐานจะมีความสามารถในการรับแรงได้สูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเป็นคุณสมบัติเด่นในการเชื่อมประสานของตัวซีเมนต์เองอยู่แล้ว แต่เมื่อพิจารณาถึงกำลังรับแรงดัด และแรงดึงจะพบว่า ปูนทรายที่มีส่วนผสมของไม่ว่าจะเป็นน้ำยางคงรูปหรือกาวยางพาราจะมีค่ากำลังการรับแรงที่ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการบ่มในน้ำเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และหากเปรียบเทียบระหว่างการผสมน้ำยางคงรูปและการผสมกาวยางพาราแล้ว พบว่าการผสมกาวยางพารามีแนวโน้มที่จะทำให้กำลังของปูนก่อพัฒนาไปได้มากกว่า

หรือหากจะพิจารณาจากรูปที่ 5.1 ซึ่งแสดงค่ากำลังรับแรงด้านต่างๆของปูนทราย ณ อายุของการทดสอบ28 วัน ก็จะทำให้เห็นแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของกำลังรับแรงอัด แรงดัด และแรงดึงเมื่อส่วนผสมในปูนทรายนั้นต่างกัน อีกทั้งจะเห็นได้ชัดว่าการบ่มมีผลอย่างยิ่งต่อกำลังที่เปลี่ยนไป กล่าวคือไม่ว่าจะใช้ส่วนผสมของน้ำยางพารารูปแบบต่างๆในปริมาณเท่าไรก็ตาม จะพบว่ากำลังของก้อนตัวอย่างไม่ว่าจะในด้านใดก็ตามจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการบ่มด้วยน้ำเนื่องจากมีการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นระหว่างน้ำและซีเมนต์ที่สมบูรณ์มากขึ้น มากกว่าก้อนตัวอย่างที่ผ่านการบ่มในอากาศเพียงอย่างเดียว

นอกจากนั้นรูปดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่า ปริมาณที่เหมาะสมที่สุดของกาวยางพาราที่จะใช้เป็นส่วนผสมหนึ่งในปูนทรายนั้นพบว่าน่าจะเป็นที่ร้อยละ 5 ดังนั้นในขั้นตอนของการก่อกำแพงทางคณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปริมาณของกาวยางพาราดังกล่าวเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของปูนทรายต่อไป



รูปที่ 5.1 ผลการทดสอบกำลังของก้อนตัวอย่างปูนทรายที่อายุตัวอย่าง 28 วัน

5.2.2 ลักษณะการแตกหักและการดูดซึมน้ำ

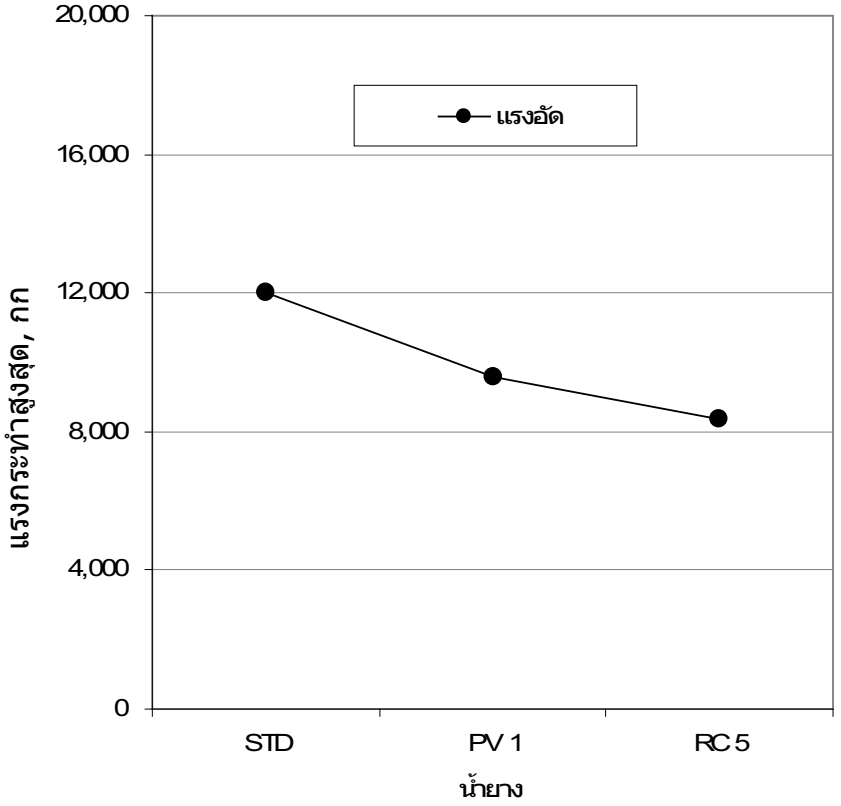
จากการสังเกตด้วยตาเปล่าขณะทำการทดสอบ และจากภาพที่ได้ทำการบันทึกหลังการทดสอบที่ตัวอย่างเกิดการแตกหักแล้วดังได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 4.2.2 พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน รวมไปถึงปริมาณการดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่างก็ไม่เกิดความแตกต่างที่มีนัยสำคัญเท่าใดนัก

5.3 กำแพงที่ก่อด้วยปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบกับกำแพงก่อมาตรฐาน

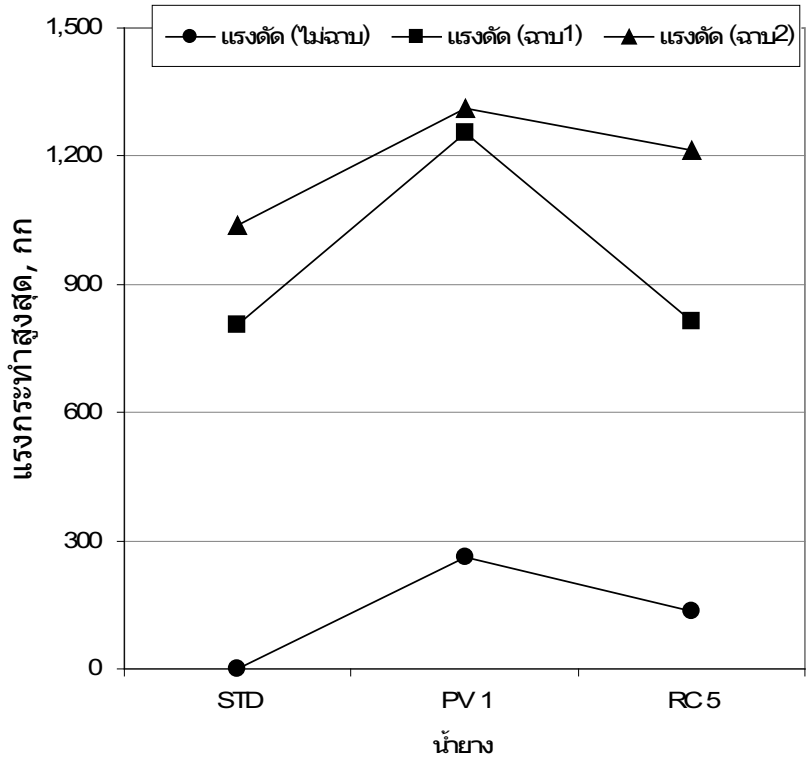
5.3.1 กำลังการรับแรง

หากพิจารณากำลังการรับแรงในด้านต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไปของกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายที่ในส่วนผสมมีการนำน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆรวมเข้าไปเมื่ออายุ 28 วันดังแสดงในรูปที่ 5.2 จะพบว่าในแง่ของการรับแรงอัดแล้ว การใช้ปูนทรายมาตรฐานจะทำให้กำแพงรับแรงกระทำได้สูงสุด แต่หากพิจารณาความสามารถในการรับแรงดัดแล้วไม่ว่าจะฉาบหรือไม่ก็ตามกำลังรับการรับแรงดัดมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเมื่อมีการใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของยางพาราในรูปแบบต่างๆอยู่ด้วย และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้น้ำยางคงรูปนั้น มีแนวโน้มที่จะที่จะทำให้การพัฒนากำลังไปได้ดีที่สุด

จะเห็นว่าผลที่ได้จากการทดสอบกำแพงก่อนั้นมีความแตกต่างจากแนวโน้มที่ได้รับจากการทดสอบปูนทรายเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้สาเหตุหนึ่งที่เป็นไปได้คือคุณสมบัติทางกายภาพของปูนทรายที่ได้ที่จะนำมาใช้เพื่อการก่อนั้นแตกต่างกันจึงส่งผลให้คุณสมบัติของการรับแรงของกำแพงจึงแตกต่างกัน ดังจะได้อธิบายละเอียดในหัวข้อ 5.4 ต่อไป



() กำลังรับแรงอัด



() กำลังรับแรงดัด

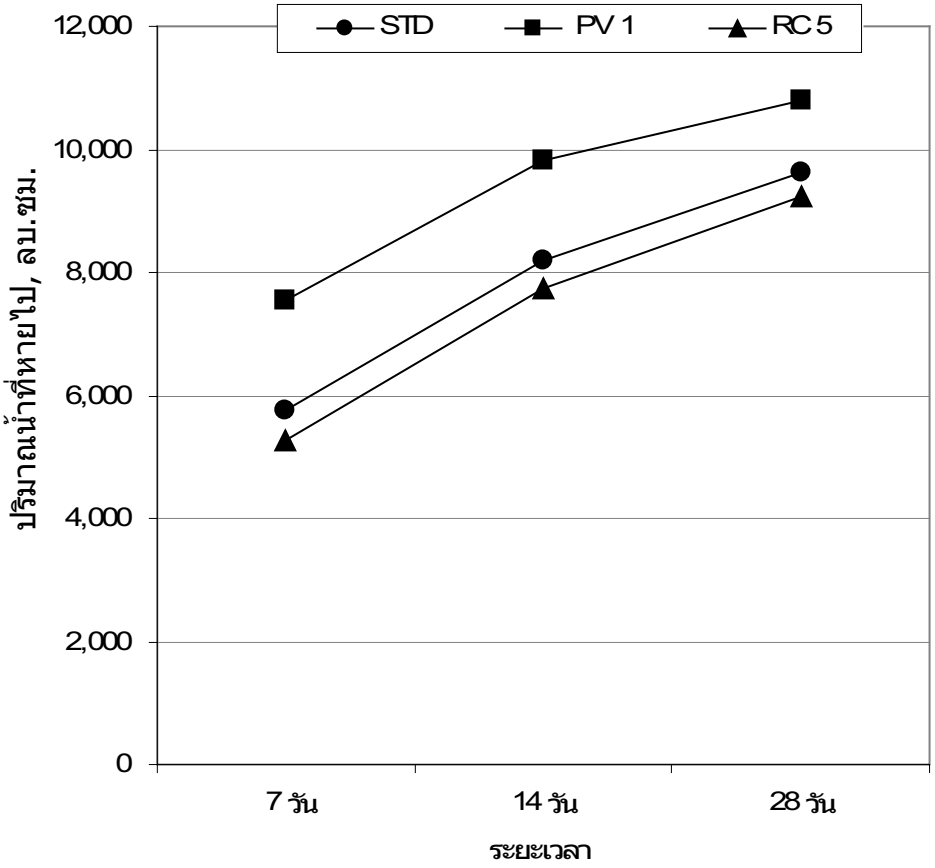
รูปที่ 5.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงสูงสุดของตัวอย่างกำแพงก่อที่อายุ 28 วัน

5.3.2 ลักษณะการแตกหักและการดูดซึมน้ำ

จากลักษณะของการแตกหักและการกระจายตัวของรอยแตกที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ 4.3.2 นั้นจะพบว่าความแตกต่างในการวิบัติอย่างมีนัยสำคัญ ดังสังเกตได้ในกรณีที่มีการใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของยางพาราในรูปแบบต่างๆกับกำแพงก่อที่มีการฉาบสองด้าน ด้วยคุณสมบัติความยืดหยุ่นและการยึดเกาะที่ดีของยางพารานี้เองจะมีผลให้อิฐจับตัวกันได้ดีกับปูนทรายที่ใช้มากขึ้น ดังนั้นการแตกหักเมื่อทำการทดสอบด้วยแรงดัดจึงมิได้เกิดขึ้นจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอิฐและปูนทรายที่มีค่าต่ำดังเช่นกรณีของปูนทรายมาตรฐานอีกต่อไป แต่จะพบว่ารอยแตกจะผ่านเข้าไปยังเนื้ออิฐทั้งนี้เนื่องจากแรกยึดเหนี่ยวระหว่างปูนทรายและอิฐก่อที่ดีขึ้นนั่นเอง

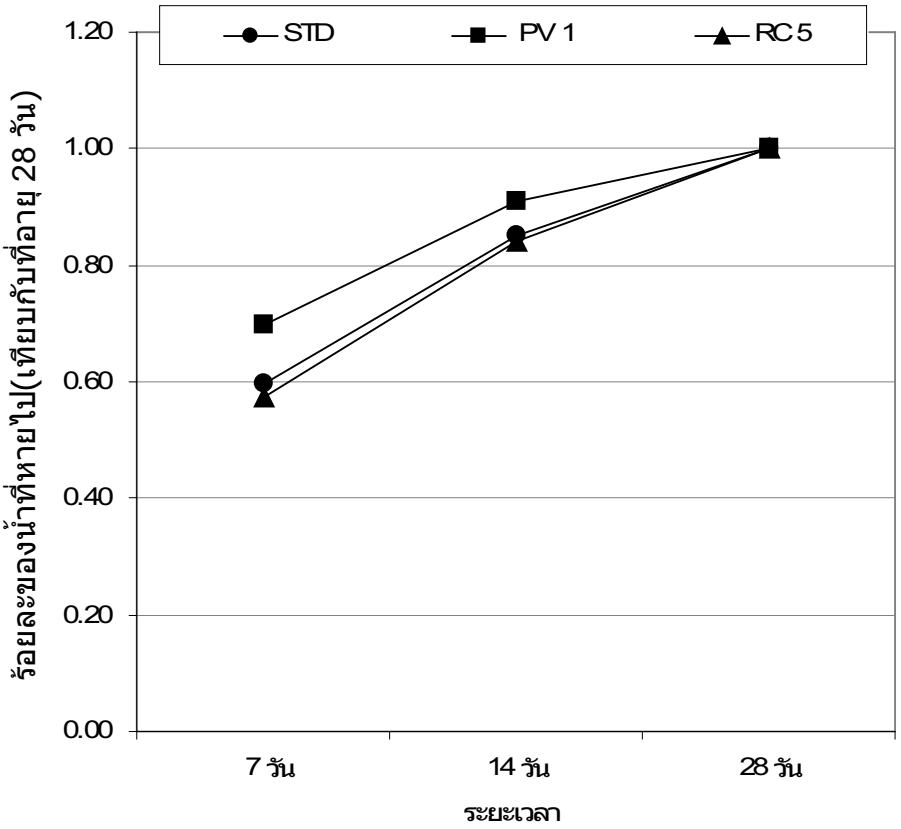
ในแง่ของความสามารถในการดูดซึมน้ำของกำแพงตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 5.3 (ก) แม้ว่าผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของปูนทรายทั้ง 3 ประเภท ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 5.2.2 จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด แต่กรณีของกำแพงที่ก่อและฉาบด้วยปูนทรายที่ผสมน้ำยางคงรูปจะมีปริมาณการดูดซึมน้ำสูงที่สุด ในขณะปูนก่อที่ผสมกาวยางพาราจะมีปริมาณการดูดซึมที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่ากาวยางพารามีส่วนช่วยในการทำหน้าที่ประสานและอุดโพรงเล็กๆระหว่างทรายและซีเมนต์เพสท์ทำให้กำแพงที่ผ่านการฉาบแล้วดังการทดสอบมีการดูดซึมน้ำที่ลดลง

นอกจากนั้นจะพบว่าอัตราการดูดซึมจะน้อยลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยที่ปูนก่อผสมน้ำยางคงรูปจะมีอัตราการดูดซึมในช่วงแรกเทียบกับที่ 28 วันสูงกว่าปูนก่อประเภทอื่นๆ ดังรูปที่ 5.3 (ข)



(ก) ปริมาณน้ำที่หายไปที่ระยะเวลาต่างๆ

รูปที่ 5.3 การดูดซึมน้ำของกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายในการก่อต่างกัน



(ข) ร้อยละของน้ำที่หายไปเทียบกับที่ 28 วัน

รูปที่ 5.3 การดูดซึมน้ำของกำแพงก่อที่ใช้ปูนทรายในการก่อต่างกัน (ต่อ)

5.4 ความยากง่ายของการทำงานและคุณสมบัติด้านราคา

หากพิจารณาถึงความยากง่ายในการทำงานทั้งในแง่ของการก่อและการฉาบแล้วพบว่าสำหรับปูนก่อมาตรฐานทั่วไปก่อนที่จะทำการก่ออิฐที่ใช้ควรแช่น้ำด้วยเวลาที่เหมาะสมเพื่อที่จะทำให้ปูนทรายสามารถเกาะกับอิฐได้ดีในเวลาที่ทำการก่อหรือฉาบ และการทำงานจะง่ายหรือยากนั้นขึ้นอยู่กับส่วนผสม ซึ่งส่วนผสมที่ใช้กันโดยทั่วไปที่มีส่วนผสมกับน้ำยาผสมจะช่วยให้ทำงานได้สะดวกขึ้นในระดับหนึ่ง

อย่างไรก็ตามในการใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางคงรูปซึ่งจะมีความเหลวมากกว่าปูนทรายปกติทั่วไปนั้น อิฐที่ใช้จะต้องไม่แช่น้ำนานเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการเยิ้มเป็นอุปสรรคต่อการทำงาน แต่จะมีข้อดีที่อิฐกับปูนทรายสามารถจับตัวกันได้ดีอีกทั้งสามารถทำงานฉาบได้ง่าย

สำหรับปูนทรายที่มีส่วนผสมของกาวยางพารานั้น แม้ว่าในการทดสอบคุณสมบัติของปูนทรายอย่างเดียวนั้นจะให้ผลเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือมีกำลังอัดที่ไม่ลดลงมากนักเทียบกับปูนทรายมาตรฐาน ในขณะที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้นโดยจะเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงดัดและแรงดึง แต่ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งคือด้วยความเป็นกาวของตัวกาวยางพาราเองทำให้ในการผสมกับปูนทรายจะมีส่วนทำให้ปูนทรายแห้งเร็วขึ้น และทำให้ผสมได้ทั่วถึงยาก และเมื่อนำไปใช้เพื่อการก่อกำแพง จะมีแนวโน้มในการแข็งตัวเร็วทำให้ทำงานไม่ทัน และเมื่อนำไปก่อจะทำให้จับตัวกับอิฐได้ไม่ดีนักอีกทั้งทำงานฉาบได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นก่อนการลงมือฉาบจึงต้องมีการนำอิฐไปแช่น้ำให้นานกว่ากรณีของปูนทรายในรูปแบบอื่นๆ รวมทั้งก่อนฉาบควรจะต้องทำการพรมน้ำบนกำแพงที่ก่อแล้วให้เปียกชุ่มด้วย

ในแง่ของความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆผสมลงในส่วนผสมปูนทรายในการศึกษานี้ เมื่อคำนวณราคาของปูนก่อหรือปูนฉาบที่ได้ในปริมาณ 1 ลบ.ม. (บนพื้นฐานของราคาต่อหน่วยมาตรฐานของวัสดุที่เท่ากัน) เปรียบเทียบระหว่างปูนทรายมาตรฐานที่ใช้น้ำยาก่อ กับปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางคงรูป และกาวซีเมนต์นั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 ทำให้เห็นว่าราคาของปูนทรายที่มีส่วนผสมของกาวยางพาราจะมีราคาสูงที่สุด ในขณะที่ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางคงรูปจะมีราคาใกล้เคียงกับปูนก่อมาตรฐานที่ผสมน้ำยาก่อ จึงน่าที่จะมีความเป็นไปได้มากที่สุดในการนำไปพัฒนาต่อเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมยิ่งขึ้น อีกทั้งยังควรศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานจริงได้เกิดประโยชน์ต่อไป

ตารางที่ 5.1 ราคาของปูนทรายสำหรับงานก่อและฉาบกำแพงรูปแบบต่างๆ (บาท ต่อ ลบ.ม.)

ประเภทของปูนทราย		STD	PV1	RC5
ปูนก่อ	ปริมาณ, ถุง	9.6	9.6	9.1
	ราคา, บาท	1056.0	1056.0	1003.2
ทราย	ปริมาณ, ลบ.ม.	0.6	0.6	0.6
	ราคา, บาท	180.0	180.0	180.0
น้ำ	ปริมาณ, กก.	480.0	475.2	480.0
	ราคา, บาท	7.2	7.1	7.2
น้ำยาก่อ	ปริมาณ, ลิตร	1.2		
	ราคา, บาท	90.0		
น้ำยางคงรูป	ปริมาณ, ลิตร		4.8	
	ราคา, บาท		360.0	
กาวยางพารา	ปริมาณ, ขวด			48.0
	ราคา, บาท			3264.0
ราคารวม, บาท		1,333.20	1,603.13	4,454.40

<u>หมายเหตุ</u> *(1) ราคาต่อหน่วยของวัสดุ: ซีเมนต์ 110 บาทต่อถุง, ทราย 300 บาทต่อลบ.ม., น้ำ 0.015 บาทต่อลิตร, น้ำยาผสมปูนก่อ 75 บาทต่อลิตร, น้ำยางคงรูป 75 บาทต่อลิตร และกาวยางพารา 68 บาทต่อขวด (ขวดละ 0.5 ลิตร)*

บทที่ 6
สรุปผลการนำน้ำยางพารามาเป็นส่วนผสมปูนทรายที่ใช้ในงานก่อและฉาบกำแพง

จากผลการทดลองและบทวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 4 และ 5 พบว่าปูนทรายที่ใช้ในงานก่อและฉาบกำแพงที่มีส่วนผสมของยางพารา จะส่งผลกับคุณสมบัติของปูนทรายที่ได้ไม่ว่าจะเป็นในแง่ของการทำงาน ด้านกำลังการรับแรงต่างๆ หรือแม้กระทั่งความสามารถในการดูดซึมน้ำ ไม่ว่ายางพาราในส่วนผสมจะอยู่ในรูปของน้ำยางคงรูป (Prevulcanized latex) หรือในรูปของกาวยางพารา (Rubber Cement) โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 ผลของการผสมน้ำยางพาราคงรูป

จากผลการทดลองพบว่า การผสมน้ำยางพาราคงรูปโดยการแทนที่น้ำ เข้าไปผสมกับน้ำก่อนที่จะใส่เข้าไปในส่วนผสมของปูนทราย หากใส่ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ส่วนผสมจับตัวเป็นก้อนไม่สามารถนำไปใช้งานได้ แต่หากใส่ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้ปูนทรายที่ได้มีความยืดหยุ่นมากขึ้นอันเป็นผลให้มีกำลังรับแรงดัด และแรงดึงสูงขึ้น อีกทั้งสามารถนำไปใช้งานได้ง่ายเพราะมีความเหลวแต่ต้องระวังการเยิ้มของน้ำในส่วนผสม แต่อย่างไรก็ตามกำลังในการรับแรงอัดจะลดลง อีกทั้งจะทำให้เกิดการดูดซึมน้ำของกำแพงที่เกิดจากการก่อและฉาบจากปูนทรายชนิดนี้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปูนทรายมาตรฐาน

6.2 ผลของการผสมกาวยางพารา

ในกรณีที่ใส่กาวยางพาราเข้าไปในส่วนผสมของปูนทรายนั้น จะใส่เข้าไปแทนที่ซีเมนต์เพื่อทำหน้าที่ในการเชื่อมประสานซึ่งผลที่ได้จะทำให้ปูนทรายที่ได้มีการยึดเกาะที่ดีแต่จะทำให้ส่วนผสมค่อนข้างแห้ง ผสมให้เข้ากันยาก และมีเวลาในการทำงานน้อยเพราะส่วนผสมจะแห้งเร็ว แต่หากพิจารณาในแง่กำลังนั้น กำลังรับแรงอัดลดลงไม่มากนักเทียบกับกรณีปูนทรายมาตรฐาน แต่กำลังรับแรงอัดจะลดลงเป็นอย่างมากหากใช้ในการก่อกำแพง เช่นเดียวกันกับพฤติกรรมการรับแรงดัดและดึงของปูนทราย ที่ดูเหมือนจะดีขึ้นแต่หากนำไปใช้ในการก่อกำแพงจะทำให้กำลังไม่แตกต่างจากปูนทรายมาตรฐานนัก ทั้งนี้สาเหตุน่าจะมาจากการแห้งเร็วและทำงานได้ยากของปูนทรายประเภทนี้นั่นเอง

อย่างไรก็ตาม ข้อดีประการหนึ่งของการใช้กาวยางพาราผสมในปูนทรายเพื่อใช้ในการก่อกำแพงอิฐมอญก็คือจะทำให้มีการดูดซึมน้ำของกำแพงที่ลดลง อันอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยบรรเทาปัญหาการรั่วซึมของน้ำในอาคารได้ต่อไปในอนาคต

6.3 ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง

การใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของยางพาราในงานก่อฉาบจริงนั้นมีความเป็นไปได้สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากได้รับการศึกษาเข้าใจอย่างถ่องแท้มากขึ้นในคุณสมบัติด้านอื่นๆ (หัวข้อ 6.4) อีกทั้งหากสามารถพัฒนาจนได้ลักษณะทางกายภาพของส่วนผสมที่เอื้ออำนวยต่อการทำงานจริงได้ง่ายยิ่งขึ้น

6.4 ข้อเสนอแนะ

จากข้อจำกัดด้านเวลาในการศึกษาพบว่ายังมีอีกหลายแง่มุมที่น่าสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมมากขึ้น ตัวอย่างเช่น

() ความคงทนของปูนทรายที่ได้ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของการใช้งานระยะยาว

() คุณสมบัติด้านอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการป้องกันความร้อน เสียง ซึ่งถือเป็นเป็นคุณสมบัติที่น่าสนใจและสำคัญของกำแพงก่อโดยทั่วๆไป

() ความสามารถในการตกแต่ง เช่นความสามารถในการยึดติดกับเนื้อสีที่อาจมีการนำมาทาทับพื้นผิว

() ในกรณีที่นำไปใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์เหล็ก ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบที่อาจมีต่อการเกิดสนิมในเหล็กได้

เอกสารอ้างอิง

[1] จีรพงษ์ จินุกูล และคณะ, *การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมกาวยางพารา*, ปริญญานิพนธ์, สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา ภาควิชาก่อสร้างและงานไม้ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544

[2] วีรพงษ์ อนุวัตมงคลชัย, *การศึกษาความสามารถในการรับแรงดึงของซีเมนต์เพสต์และมอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา*, โครงงานวิศวกรรมชลประทาน (207499) ที่ 10/2544, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม, 2545

[3] Smith-Andres, *Materials of Construction*, Mc Graw Hill, 1987

[4] G.D.Taylor, *Materials in construction: Principles, Practice and Performance*, Longman, 2002

[5] ข้อมูลวิชาการ สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (Rubber Research Institute) http://www.rubberthai.com, วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ.2546

[6] วิภา เศวตกนิษฐ และคณะ , *การผลิตกาวยางจากน้ำยางเพื่อใช้งานทั่วไป*, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร 2541

[7] American Standard Testing and Materials (ASTM): Specification C62-75, C67-73, C144-75, C270-80, C190-77