



## รายงานวิจัยฉบับร่าง

โครงการ กลุ่มโครงการวิจัยขนาดเล็การประยุกต์ใช้น้ำอย่างพารา  
ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง-ม.ส.(1)

ชื่อโครงการ คุณสมบัติของกำแพงอิฐมอญที่ก่อด้วยปูนทรายผสมน้ำอย่างพารา

โดย ดร.ต่อศักดิ์ เลิศศรีสกุลรัตน์

มีนาคม 2549

### แบบสรุปโครงการวิจัย

**สัญญาเลขที่** RDG4850062      **ชื่อโครงการ** คุณสมบัติของก้ำแพงอิฐมอญที่ก่อด้วยปูนทรายผสมน้ำยางพารา  
 กลุ่มโครงการวิจัยขนาดเล็การประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง-ม.ส.(1)  
**ผู้วิจัย** ดร.ต่อศักดิ์ เลิศศรีสุกุลรัตน์      **สถาบัน** ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม  
**โทรศัพท์** 02-457-0068 ต่อ 128   **โทรสาร** 02-457-0068 ต่อ 128   **E-mail** [torsak.l@siam.edu](mailto:torsak.l@siam.edu)

#### **ความสำคัญ/ความเป็นมา**

จากความพยายามในการนำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางพาราซึ่งมีการผลิตเป็นจำนวนมากในประเทศไทยมาประยุกต์ใช้ในหลายวงการด้วยวิธีการที่แตกต่างกันเพื่อก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มของตัวน้ำยาง รวมทั้งก่อให้เกิดประโยชน์ในงานต่างๆที่นำน้ำยางพารานั้นไปใช้นั้น ประกอบกับประเด็นปัญหาสำคัญที่ผู้วิจัยนำมาเป็นวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาในครั้งนี้ที่สืบเนื่องมาจากปัญหาการแตกร้าวของผนังอิฐมอญก่อที่พบเห็นได้ตามอาคารบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน ซึ่งสาเหตุของการแตกร้าวมาจากความเปราะและขาดการยึดหยุ่นของปูนทรายที่ใช้ในการก่อก้ำแพง และผลพวงจากการแตกร้าวนี้อาจนำไปสู่ความรำคาญเดือดร้อนของผู้พักอาศัยกับปัญหาที่ตามมาได้เช่น ปัญหาการซึมน้ำ และการแตกร้าวที่ขยายตัวขึ้นดูไม่สวยงาม รวมไปถึงอาจก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆในแง่ของความแข็งแรงปลอดภัยของโครงสร้างอาคารตามมาได้ในอนาคต

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทดลองนำน้ำยางพาราคงรูป (Prevulcanized latex) และกาวยางพารา (Rubber cement) มาผสมในปูนทรายที่ใช้สำหรับการก่อ (Mortar) โดยมุ่งหวังเพื่อให้เกิดการพัฒนาความยึดหยุ่นของก้ำแพงก่อที่ได้ โดยได้ทดลองใส่ส่วนผสมของน้ำยางพาราคงรูปหรือกาวยางพาราเข้าไปในปูนทรายที่ใช้ในการก่อและฉาบทั่วไป โดยการแทนที่น้ำหรือซีเมนต์ในปริมาณที่แตกต่างกัน และทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆทั้งในแง่ของกำลังการรับแรง (แรงอัด แรงอัด และแรงดึง) และความสามารถในการดูดซึมน้ำ จากนั้นปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราคงรูปโดยการแทนที่น้ำร้อยละ 1 และปูนทรายที่มีส่วนผสมของกาวยางพาราโดยการแทนที่ซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 5 ได้ถูกนำไปใช้ในการทดลองก่อและฉาบก้ำแพงเพื่อทำการทดสอบกำลังการรับแรงอัดและแรงดัดของก้ำแพง รวมทั้งทำการทดสอบการดูดซึมน้ำของก้ำแพงก่อที่ได้

#### **วัตถุประสงค์โครงการ**

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

ผลที่ได้รับ	บรรลุลัพธ์ประสงค์ข้อที่...	โดยทำให้...
1. การใส่น้ำยางพาราครองรูปหรือกาวยางพาราเข้าไปในส่วนผสม จะทำให้กำลังการรับแรงดัดและแรงดึงของปูนทรายที่ได้สูงขึ้น ในขณะที่กำลังรับแรงอัดจะลดลง	1	ทำให้ทราบว่า การใส่น้ำยางพาราครองรูปหรือกาวยางพาราเข้าไปในปูนทรายจะทำให้มีความยึดหยุ่นมากขึ้น
2. ปูนทรายผสมน้ำยางพาราครองรูปจะส่งผลให้กำลังรับแรงดัดของกำแพงมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปูนทรายโดยทั่วไปที่มีการผสมน้ำยาก่อ	2	ทำให้ทราบว่ากำแพงที่ก่อโดยปูนทรายผสมน้ำยางพาราครองรูปจะมีความยึดหยุ่นมากขึ้นตามไปด้วย
3. ปูนทรายผสมกาวยางพารานั้นทำให้ปูนทรายที่ได้มีการก่อตัวเร็วและแห้งเร็วขึ้น ทำให้การทำงานก่อฉาบนั้นทำได้ยากขึ้นอันเป็นผลให้กำลังการรับแรงในแง่ต่างๆของกำแพงที่ได้มีค่าลดลง	2	ทำให้ทราบว่าแทนที่กำแพงที่ก่อด้วยปูนทรายผสมกาวยางพาราจะมีความยึดหยุ่นมากขึ้น จะกลับทำให้กำลังลดลงอันเป็นผลมาจากการแข็งตัวเร็วและทำงานยาก
4. การดูซึมน้ำของก้อนปูนทรายที่ทำการทดสอบไม่ว่าจะผสมน้ำยางพาราครองรูปหรือกาวยางพาราหรือไม่พบว่าไม่แตกต่างกัน ในขณะที่กำแพงที่ก่อด้วยปูนทรายผสมกาวยางพาราจะมีแนวโน้มการดูซึมน้ำต่ำที่สุด	3	ทำให้ทราบว่าโดยรวมพฤติกรรมการดูซึมน้ำจะไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับกำแพงแต่ละแบบ แต่กำแพงที่ก่อด้วยปูนทรายผสมกาวยางพารามีแนวโน้มในการดูซึมน้ำต่ำที่สุด
5. พบว่าการผสมน้ำยางพาราครองรูปแทนที่น้ำในปริมาณร้อยละ 1 จะทำให้ได้ปูนทรายที่มีความลื่นขณะทำงานและมีกำลังดัดและกำลังรับแรงดึงดีขึ้นเทียบกับปูนทรายมาตรฐาน แต่หากผสมมากเกินไปจะเกิดการจับตัวเป็นก้อน ไม่สามารถใช้งานได้	3 (ตามในสัญญา)	ได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดของปูนทราย ผสมน้ำยางพาราครองรูปที่เหมาะสมจะใช้ในการก่อกำแพงอิฐมอญ
6. พบว่าการผสมกาวยางในปูนทรายโดยการแทนที่ซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 5 จะทำให้ได้ปูนทรายที่มีกำลังดัดและกำลังรับแรงดึงดีที่สุดเมื่อเทียบกับการผสมในอัตราส่วนร้อยละ 8 และร้อยละ 10 หรือเมื่อเทียบกับปูนทรายมาตรฐาน	3 (ตามในสัญญา)	ได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดของปูนทราย ผสมกาวยางที่เหมาะสมจะใช้ในการก่อกำแพงอิฐมอญ

## รายงานวิจัยฉบับร่าง

โครงการ กลุ่มโครงการวิจัยขนาดเล็การประยุกต์ใช้น้ำยางพารา  
ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง-ม.ส.(1)

### คณะผู้วิจัย

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

ชุดโครงการ คุณสมบัติของกำแพงอิฐมอญที่ก่อด้วยปูนทรายผสมน้ำยางพารา

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

### การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่าผลสมน้ำยางพาราครบเข้าไปในปุนทรายที่ใช้ในการก่อหรือฉาบจะทำให้เกิดการยึดเกาะกันระหว่างอิฐและปูนก่อมากขึ้น อีกทั้งพฤติกรรมโดยรวมของกำแพงจะมีความยืดหยุ่นรับแรงดัดได้มากขึ้น ซึ่งหากมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของการใช้งานในระยะยาวก็จะสามารถทำให้เกิดความมั่นใจในการนำไปใช้งานจริงมากขึ้น ส่วนปุนทรายที่ผสมกาวยางพารายังคงต้องมีการปรับปรุงในแง่ของการใช้ในงานจริงเพราะปุนทรายที่ได้มีการก่อตัวค่อนข้างเร็ว ซึ่งอาจจะทำให้ทำงานได้ไม่ทันและเกิดการแข็งตัวของปุนทรายก่อน

### การประชาสัมพันธ์

- เผยแพร่ผลงาน โดยเขียนบทความการวิจัย โดยตีพิมพ์ในวารสารเชิงวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
- เผยแพร่ผลงาน โดยการนำเสนอผลงาน เข้าร่วมและประชุมวิชาการในระดับชาติและนานาชาติ
- เผยแพร่ผลงาน โดยการจัดทำแผ่นประชาสัมพันธ์โครงการฯ ในนิทรรศการต่างๆที่เกี่ยวข้อง

## บทคัดย่อ

จากแนวคิดของความพยายามในการนำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางพารามาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานก่อสร้าง คณะผู้วิจัยได้ทดลองนำน้ำยางพาราผงรูป (Prevulcanized latex) และกาวยางพารา (Rubber cement) มาผสมในปูนทรายที่ใช้สำหรับการก่อ (Mortar) โดยได้ทดลองผสมในปูนทรายโดยการแทนที่น้ำหรือซีเมนต์ในปริมาณที่แตกต่างกัน และทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆทั้งในแง่ของกำลังการรับแรง (แรงอัด แรงอัด และแรงดึง) และความสามารถในการดูดซึมน้ำจากการทดลองพบว่า การใส่น้ำยางพาราผงรูปหรือกาวยางพาราเข้าไปในส่วนผสม จะทำให้กำลังการรับแรงอัดและแรงดึงของปูนทรายที่ได้สูงขึ้น ในขณะที่กำลังรับแรงอัดจะลดลง

จากนั้นปูนทรายที่มีสัดส่วนผสมของน้ำยางพาราผงรูปโดยการแทนที่น้ำร้อยละ 1 หรือกาวยางพาราโดยการแทนที่ซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 5 ได้ถูกนำไปใช้ในการทดลองก่อและฉาบกำแพงเพื่อทำการทดสอบกำลังการรับแรงอัดและแรงดึงของกำแพง ซึ่งพบว่าน้ำยางพาราผงรูปในส่วนผสมของปูนทรายจะส่งผลให้กำลังรับแรงดึงของกำแพงมีค่าสูงขึ้น เพราะช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะระหว่างอิฐกับปูนทรายได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปูนทรายโดยทั่วไปที่มีการผสมน้ำยาก่อ ในขณะที่ผลของปูนทรายผสมกาวยางพารานั้นทำให้ปูนทรายที่ได้มีการก่อตัวเร็วและแห้งเร็วขึ้น ทำให้การทำงานก่อฉาบนั้นทำได้ยากขึ้นอันเป็นผลให้กำลังการรับแรงในแง่ต่างๆของกำแพงที่ได้มีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตาม หากมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งานของปูนทรายที่ได้ มีความเป็นไปได้ที่จะนำปูนทรายที่ได้ไปใช้งานจริงอย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

คำสำคัญ: ปูนทราย (มอร์ตาร์), กำแพงก่อ, น้ำยางผงรูป, 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 ที่มาของโครงการวิจัย	4-1
1.3 แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้อง	4-2
1.4 วัตถุประสงค์และขอบข่ายโครงการวิจัย	4-2
1.5 ตัวแปรต่างๆในการทดสอบ	4-3
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ปุ๋ยทรายสำหรับการก่อ	4-4
2.2 ผลของน้ำยางพาราต่อกำลังของซีเมนต์เพสต์ 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 ตัวอย่างปุ๋ยทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ	4-23
4.3 ตัวอย่างกำแพงก่อที่ใช้ปุ๋ยทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ	4-26
บทที่ 5 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง	
5.1 วิเคราะห์ผล	4-31
5.2 ปุ๋ยทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบับปุ๋ยทรายที่ใช้โดยทั่วไป	4-31
5.3 กำแพงที่ก่อด้วยปุ๋ยทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราในรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบับกำแพงก่อมาตรฐาน	4-32
5.4 ความยากง่ายของการทำงานและคุณสมบัติด้านราคา	4-35

## สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลการนำน้ำยางพารามาเป็นส่วนผสมปูนทรายที่ใช้ในงานก่อและฉาบกำแพง	
6.1 ผลของการผสมน้ำยางพารารูป	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

ผนังก่ออิฐในอาคารโดยทั่วไปนั้นได้พิจารณาเพื่อใช้ประโยชน์ในทางสถาปัตยกรรมมากกว่าทางด้านวิศวกรรม การออกแบบอาคารหลายชั้น (Multistory Building) ที่รับแรงลมหรือแรงดันข้างให้ถือว่าเป็นเสมือนโครงข้อแข็ง (Frame) ทำหน้าที่รับแรงดันข้างโดยตรง โดยละทิ้งการพิจารณาผนังก่ออิฐเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างรับกำลัง ทั้งนี้ในขณะที่เดียวกันมีการก่อบ่อน้ำไม่ว่าจะเป็นจากอิฐมอญหรืออิฐบล็อกที่ใช้ขังน้ำไว้ และสามารถรับแรงทางดันข้างได้อย่างปลอดภัย ซึ่งในระยะต่อมาความก้าวหน้าทางวิชาการซึ่งเกี่ยวกับงานก่ออิฐ (Brickwork) ได้มีการพัฒนาขึ้นโดยอาศัยทฤษฎีการวิเคราะห์และการทดสอบควบคู่กันไปและมีการนำผนังก่ออิฐนี้ไปใช้ในรูปแบบที่แตกต่างกันไป จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการที่จะคำนึงถึงการรับแรงในรูปแบบต่างๆของผนังก่ออิฐ เพื่อนำเข้ามาร่วมพิจารณาในขั้นตอนของการออกแบบสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้การออกแบบที่ได้มีความประหยัด และปลอดภัยในการรับแรงมากยิ่งขึ้น

กำลังรับแรงผนังก่ออิฐซึ่งทำหน้าที่รับแรงอัดและแรงดัดสามารถประมาณอย่างหยาบๆได้ โดยใช้ทฤษฎีกำลังของวัสดุ (Strength of Material) พฤติกรรมของผนังก่ออิฐขณะรับแรงจะเกิดรอยแตกกว้างที่อิฐในการรับแรงอัดและเกิดรอยแตกกว้างระหว่างปูนก่อกับอิฐในการรับแรงดัดอันเนื่องมาจากแรงดัด ทั้งนี้เพราะว่าอิฐและปูนก่อเป็นวัสดุเปราะ (Brittle Material) รับแรงดัดได้ต่ำมากเมื่อเทียบกับกำลังรับแรงอัด ดังนั้นการพิจารณากำลังของวัสดุในแง่กำลังดัดจึงเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งในขณะเดียวกันยังจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุในด้านอื่นๆ ด้วย อย่างไรก็ตามในการทำนายถึงพฤติกรรมของผนังก่ออิฐด้วยทฤษฎีกำลังของวัสดุ อาจให้ค่าความคลาดเคลื่อนได้มาก เนื่องจากผนังก่ออิฐมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องด้วยหลายตัว ในแง่ของความเป็นเนื้อเดียวกันของวัสดุ ไม่ว่าจะเป็นอันเนื่องมาจากส่วนประกอบของวัสดุเช่น อิฐ ปูนก่อ หรือแม้กระทั่งฝีมือการก่ออิฐ (Workmanship) เป็นต้น

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

#### 1.2 ที่มาของโครงการวิจัย

ในปัจจุบันนโยบายในภาพรวมของรัฐบาลไทยมีการมุ่งเน้นการวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพและเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตประเทศ ซึ่งหนึ่งในผลผลิตหลักของประเทศที่มีการนำมาแปรรูปเพิ่มมูลค่ากันอย่างกว้างขวางคือน้ำยางพาราซึ่งได้จากต้นยางพาราที่เป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศเป็นมูลค่าหลายล้านบาทในแต่ละปี และมีหลายครั้งที่เกิดปัญหาน้ำยางพาราคต่ำสร้างปัญหาให้แก่เกษตรกรชาวสวนอย่างพาราเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงได้ความพยายามนำผลผลิตจากน้ำยางพาราไปใช้ประโยชน์กันในหลายด้านอย่างแพร่หลายรวมถึงในด้านการก่อสร้างด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังมีการ

นำมาใช้ในวงที่จำกัด โดยส่วนมากจะออกมาในรูปของการนำไปผสมในสีที่ใช้ทาอาคารเพิ่มความยืดหยุ่นแก่เนื้อสีเพื่อปกปิดรอยแตกร้าวเล็กๆ ของอาคาร

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้มีความมุ่งหวังที่จะประยุกต์น้ำยางพารามาใช้ในงานก่อสร้างอีกด้านหนึ่งซึ่งน่าสนใจเป็นอย่างยิ่งได้แก่ การนำมาใช้เป็นส่วนผสมในปูนทรายซึ่งเป็นวัสดุประสานหลักงานก่อกำแพงอิฐ ซึ่งพบเห็นได้ในงานก่อสร้างทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นบ้านพักอาศัยหรืออาคารพาณิชย์ ลักษณะทั่วไปของกำแพงก่อโดยทั่วไปนั้นมีอิฐมอญหรืออิฐบล็อกเป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการก่อ ร่วมกับการใช้ปูนทรายที่ใช้ในงานก่อฉาบทั่วไปเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดการยึดติดกันระหว่างอิฐแต่ละก้อนเป็นแผงกำแพง แต่ทั้งนี้ปัญหาหลักประการหนึ่งซึ่งพบได้บ่อยคือการแตกร้าวกำแพงอิฐก่อก่อที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และการสูญเสียน้ำของปูนก่อดังกล่าวและเมื่อกำแพงมีการแตกร้าวปัญหาที่ตามมาคือการรั่วซึมของน้ำ ความสวยงามของการในการใช้งาน รวมทั้งการเสื่อมลดของกำแพงกอนั้น ๆ ทำให้ต้องมีการซ่อมบำรุงบ่อยครั้งเป็นการสูญเสียทรัพยากรโดยใช่เหตุ ซึ่งสาเหตุของปัญหาดังกล่าว เกิดจากความเปราะ และการขาดความยืดหยุ่นของปูนทรายที่นำมาใช้

### 1.3 แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมในการรับแรงรูปแบบต่างๆ ของผนังก่ออิฐที่ใช้ปูนทรายที่มีส่วนผสมของน้ำยางขึ้นทำให้ทั้งรูปและกายภาพพาราในปริมาณต่างๆ ภายใต้แรงที่มากระทำเพื่อศึกษาว่าสามารถรับแรงได้มากน้อยเพียงใด จึงจะทำให้เกิดรอยแตกร้าวหรือเกิดการวิบัติของผนังก่ออิฐ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับปูนทรายมาตรฐานที่ใช้ในยาผสมปูนก่อในการทำงานว่ามีความแตกต่างกันในรูปแบบต่างๆอย่างไร อีกทั้งความรู้ที่ได้อาจมีส่วนช่วยในการเลือกใช้ผนังก่ออิฐในการรับแรงทดแทนวัสดุบางประเภทหากกำแพงก่ออิฐนั้นสามารถรับแรงกระทำได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย หรือแม้กระทั่งการใช้ผนังก่ออิฐมาทดแทนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กบางประเภท

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

### 1.4 วัตถุประสงค์และขอบข่ายของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงทั้งแรงอัดและแรงดัด (แนวแรงอยู่ในแนวตั้งฉากกับระนาบของผนัง) ของผนังก่ออิฐรวมทั้งการซึมผ่านของน้ำที่เกิดขึ้น โดยที่ปูนก่อและฉาบมีอัตราส่วนผสมของกายภาพพาราและน้ำยางขึ้นทำให้คงรูปตามที่กำหนด

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

## 1.5 ตัวแปรต่างๆในการทดสอบ

### 1.5.1 รูปแบบของการก่อกวนก่อดึงในการทดสอบ

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)

- ปูนทรายผสมน้ำยางชันทำให้คงรูป (PV)

อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์ต่อทราย 1:1:3 (ผสมน้ำยางพาราชันทำให้คงรูปโดยการแทนที่น้ำร้อยละ 1)

### 1.5.3 ขนาดของตัวอย่างผนังก่ออิฐที่ใช้ทดสอบ

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

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ปูนทรายสำหรับการก่อ

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

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

##### 2.1.1 มีความแข็งแรงเพียงพอ

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

##### 2.1.2 ยอมให้เกิดการเคลื่อนที่ได้เมื่อโครงสร้างกำแพงก่อรับแรง

โดยจะต้องไม่เกิดความเสียหายในก้อนอิฐ แต่จะเป็นรอยแตกเล็กๆในปูนทรายนั้นแทน

##### 2.1.3 มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของประเทศหนาว หรือบริเวณที่มีช่วงของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูง จนในบางกรณีอาจต้องมีการใส่สารกระจายกักฟองอากาศเข้าไปในงานก่อบางพื้นที่

##### 2.1.4 มีความต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำ

คุณสมบัติของปูนทรายที่ใช้ในการก่อที่สำคัญอีกประการคือความสามารถทำให้ทำงานที่ดี (Workability) และก่อให้เกิดการยึดเหนี่ยวที่ดีพอในขณะที่ทำงาน (ขณะที่ยังไม่แข็งตัว) และจัดวางระยะและตำแหน่งของอิฐได้โดยง่าย

ความสามารถในการกักเก็บน้ำเป็นสิ่งที่บ่งชี้ถึงความสามารถของปูนทรายที่จะคงสภาพพลาสติกเอาไว้ได้ในขณะที่สัมผัสกับพื้นผิวที่มีความดูดซึ่มอย่างก้อนอิฐ ทั้งนี้เพื่อที่จะให้มีเวลาพอในการก่อก่อนที่ปูนทรายจะเกิดการแข็งตัว ซึ่งความสามารถในการกักเก็บน้ำนี้สามารถทำให้ดีขึ้นได้โดยใช้ปริมาณปูนขาวที่มากขึ้น หรือการเติมสารประเภทกระจายฟองอากาศเข้าไป

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
<div>กำลังและความทนทานสูงขึ้น↑</div> <div>ยอมให้เกิดการเคลื่อนที่↓</div> <div>จากการเปลี่ยนอุณหภูมิและความชื้นมากขึ้น</div>	(1)	1:0-1/4:3	● ให้กำลังและความทนทานสูงที่สุด	
	(2)	1:1/2:4-4½	● เหมาะสำหรับงานก่อทั่วไป (ฤดูหนาว) กำลังต่ำกว่าประเภท (1) มีปูนขาวช่วยในการยึดเหนี่ยวและการป้องกันซึมผ่านของน้ำ	
	(3)	1:1:5-6		
	(4)	1:2:8-9	● ใช้ได้ทั่วไป (ฤดูร้อน)	
	(5)	1:3:10-12	● เหมาะสำหรับงานภายในเพราะความทนต่ำ	

## 2.2 ผลของน้ำยาพาราต่อกำลังของซีเมนต์เพสต์ มอร์ตาร์ และคอนกรีต

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

จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่า เมื่อมีการผสมกาวยางพาราในส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์ และคอนกรีตจะทำให้กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดัดเพิ่มมากขึ้นเทียบกับซีเมนต์เพสต์และคอนกรีตธรรมดา ในขณะที่กำลังรับแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำจะมีค่าลดลง ในขณะที่คอนกรีตที่ผสมกาวยางพารา จะมีกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยที่ปริมาณของกาวยางพาราในส่วนผสมอยู่ในช่วงร้อยละ 0-30

และในปีต่อมาได้มีผู้ทดลองซึ่งระบุว่าน้ำยาพาราสดมาผสมในซีเมนต์เพสต์และมอร์ตาร์ [2] เพื่อที่จะทำการศึกษาความสามารถในการรับแรงดึงที่เปลี่ยนแปลงไป โดยใช้การผสมโดยการแทนที่น้ำในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด ซึ่งพบว่าเมื่อมีการผสมน้ำยาพาราสดในอัตราส่วนที่มากขึ้นจะส่งผลให้ความสามารถในการรับแรงดึงทั้งในช่วงต้นและในระยะยาวของซีเมนต์เพสต์และมอร์ตาร์มีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

นอกจากคุณสมบัติหลักๆดังกล่าวข้างต้นแล้ว ปูนทรายที่ใช้ในงานก่อและฉาบกำแพงยังควรที่จะทำให้เกิดความสวยงามขึ้นด้วย

## 2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับยางพารา [5, 6]

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม เป็นอันดับ 2 รองจากข้าว ซึ่งผลิตได้มากในภาคใต้ของประเทศไทย ยางพารามีคุณสมบัติพิเศษกว่าวัชพืชธรรมชาติอื่นๆ คือ ยางพาราจะทำให้อ่อน ให้นุ่ม ยืดหยุ่น หรือแข็งถึงขนาดใช้แทนโลหะบางชนิดก็ได้ เก็บน้ำได้ อัดลมไว้ได้ ไม่รั่ว และยังเป็นฉนวนไฟฟ้าอีกด้วย

### 2.3.1 ส่วนประกอบของน้ำยาง

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

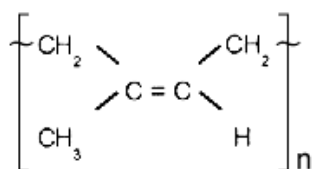
ตารางที่ 2.2 ร้อยละของส่วนประกอบในน้ำยาง

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

ผิวของอนุภาคยางมีเยื่อหุ้ม (Membrane) ที่ประกอบด้วยไขมันและโปรตีน โดยแต่ละอนุภาคมีอนุโมลของโปรตีนอยู่รอบนอก ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคยาง ซึ่งมีผลให้น้ำยางสามารถคงสภาพเป็นของเหลวได้ ดังนั้นเมื่อมีการทำลายเยื่อหุ้มอนุภาคหรือมีการสะเทินอนุโมล 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) หน่วยย่อยดังกล่าวเมื่อเกิดการเชื่อมโยงเป็นโมเลกุลจะเรียงตัวกันในแบบ CIS-Configuration



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของยางพารา

เรียกชื่อโมเลกุลยางว่าเป็น CIS-1,4-Polyisoprene มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณหนึ่งล้าน พืชที่ให้น้ำยาง สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงการค้าในรูปน้ำยางคือยางพารา และ ยางวายุเล แต่ที่ใช้ประโยชน์เชิงการค้ามากคือ ยางพารา

### 2.3.3 การผลิตน้ำยางข้น

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

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 ร่วมกับสารละลายโซเดียมเพนตะคลอโรฟีนีต ปริมาณร้อยละ 0.2
3. น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.2 ร่วมกับสารละลายกรดบอริก ปริมาณร้อยละ 0.24
4. น้ำยางข้นแอมโมเนียต่ำ ใช้สารละลายแอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.2 ร่วมกับ ซิงค์ไดเอทิลไดไฮโอคาร์บาเมท (ในรูปดิสเพชัน) 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 สำหรับน้ำยางขึ้นจากการปั่น

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
ปริมาณตะกั่ว % (มวล/มวล), สูงสุด	0.10	0.10	2005
จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA NO.)	ตามที่ตกลงระหว่างการซื้อ-ขาย แต่ต้องไม่เกิน 0.20		506
จำนวนโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (VON NO.) (4)	ตามที่ตกลงระหว่างการซื้อ-ขาย แต่ต้องไม่เกิน 0.10		127
สีเมื่อตรวจด้วยตาเปล่า	ไม่เป็นสีฟ้าหรือสีเทา		-
การตรวจกลิ่นหลังจากการให้น้ำยางเป็นกลางด้วยกรดบอริก	ไม่มีกลิ่นบูดเน่า		-

- (1) เป็นปริมาณที่เลือกได้ตามแต่ความต้องการ
- (2) ผลต่างระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดกับปริมาณเนื้อยางแห้ง
- (3) เวลาความเสถียรต่อแรงกดอาจสูงหรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดได้
- (4) ถ้าน้ำยางมีกรดบอริกอยู่ด้วย จำนวนโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์อาจเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ได้ โดยปริมาณที่เกินไปนั้นมีสมมูลย์พอดีกับกรดบอริกที่ทดลองด้วยวิธีของ ISO 1802



การทดสอบคุณภาพน้ำยาง จะเริ่มจากการเก็บตัวอย่างน้ำยาง เพราะน้ำยางมีลักษณะการเกิดคริมแยกชั้นได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องมาจากสถานะของน้ำยางเป็นสถานะที่อนุภาคยางกระจัดกระจายอยู่ในตัวกลาง คือ น้ำหรือที่เรียกว่า ซีรัม (serum) อนุภาคยางและซีรัมมีความหนาแน่นแตกต่างกัน คืออนุภาคยางมีความหนาแน่น 0.93 Mg.m-3 ส่วนซีรัมมีความหนาแน่น 1.02 Mg.m-3 ดังนั้น ยางจึงมีแนวโน้มลอยน้ำแยกชั้นจากส่วนของซีรัมได้ ดังนั้นการเก็บตัวอย่างที่ที่จะต้องเก็บเมื่อได้ทำการกวนผสมให้น้ำยางมีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันอย่างทั่วถึง เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่สามารถเป็นตัวแทนที่ถูกต้องของน้ำยางทั่วถึงบรรจุได้ หลักการโดยสังเขปของการทดสอบสมบัติต่างๆของน้ำยางมีดังนี้

1. ปริมาณสารของแข็งทั้งหมด (TSC, Total Solid Content) คือ เปอร์เซนต์น้ำหนักของสารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (ยางและสารอื่นๆที่ไม่ใช่ยางซึ่งมีอยู่ในน้ำยาง) ทดสอบโดยการอบแห้งน้ำยางที่ทราบน้ำหนักแน่นอนที่อุณหภูมิแห้งจนใจตามที่กำหนด แล้วชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์มยางแห้งคำนวณเปอร์เซนต์
2. ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC, Dry Rubber Content) คือ เปอร์เซนต์ของเนื้อยาง(สารไฮโดรคาร์บอนพวกโพลีไอโซพรีน)ในน้ำยาง ทดสอบโดยทำให้น้ำยางที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจับตัว(co-agulate) ด้วยกรอมอซิดิกเจ็จจาง ริดแผ่นยางให้บาง อบแห้งที่อุณหภูมิกำหนด แล้วหาเปอร์เซนต์ของน้ำหนักแผ่นยางที่อบแห้งค่อนน้ำหนักน้ำยาง
3. ความเป็นด่าง (Alkalinity) หมายถึง เปอร์เซนต์น้ำหนักของด่างที่ทดสอบโดยการไตเตรดกับสารละลายกรดไฮดรอกลลอริกมาตรฐาน น้ำยางส่วนใหญ่จะรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย ดังนั้น ความเป็นด่างจึงระบุเป็นเปอร์เซนต์ของแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยาง น้ำที่ของแอมโมเนียในน้ำยางคือทำการป้องกันจุลินทรีย์เข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆในน้ำยาง ซึ่งจะทำให้น้ำยางบูดเน่า สูญเสียสภาพการเป็นของเหลว และจับตัวกันเป็นก้อนได้
4. จำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA No., Volatile Fatty Acid Number) คือ จำนวนกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอกติดกับกรดไขมันซึ่งกลั่นด้วยไอน้ำได้ และมีอยู่ในน้ำยางที่มีเนื้อสารของแข็ง 100 กรัม ค่า VFA No. จึงเป็นค่าที่ใช้วัดสถานะการรักษาสภาพน้ำยาง นั่นคือค่าที่ต่ำจะมีสถานะการรักษาสภาพน้ำยางยิ่งดี
5. จำนวนโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH No., Potassium Hydroxide Number) คือ จำนวนกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาพอกติดกับอนุมูลของกรดที่เชื่อมกับแอมโมเนียซึ่งอยู่ในน้ำยางที่มีสารของแข็ง 100 กรัม การทราบผลแตกต่างระหว่างค่า VFA No. กับ KOH No. เป็นเรื่องจำเป็น เพราะสามารถบอกถึงคุณภาพของน้ำยางได้
6. เวลาความคงตัวต่อแรงกล (Mechanical Stability Time) วัดเป็นวินาทีโดยการปั่นน้ำยางด้วยความเร็วสูง แล้วจับเวลาที่น้ำยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ด สถานะการปั่น(ขนาดและรูปร่างของโรตที่ปั่น ความเร็วของการปั่น ขนาดถ้วยบรรจุน้ำยาง ปริมาณของแข็งในน้ำยาง และอุณหภูมิ) จะต้องกำหนดอย่างถูกต้องหรือตามข้อกำหนดมาตรฐานการทดสอบ การทดสอบนี้จะใช้ระบุถึงความเสถียรของน้ำยางผสมเคมีเพื่อใช้ในการทดสอบคุณภาพในระหว่างกระบวนการผลิตได้
7. ปริมาณตะกอน (Sludge Content) คือ ปริมาณของสารเจือปนวัดเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำยาง ซึ่งสามารถจะแยกจากน้ำยางออกได้โดยการปั่นตามข้อกำหนดที่ระบุ ปริมาณสารเหล่านี้มีน้อยมาก ปกติในน้ำยางปั่นขึ้นจะมีประมาณ 0.01 เปอร์เซนต์ ตะกอนส่วนใหญ่จะเป็นสารพวกไม่ละลายน้ำ มีความหนาแน่นมากกว่าซีรัม ซึ่งมักพบว่าเป็นสารพวกแมกนีเซียมแอมโมเนียฟอสเฟต
8. ปริมาณยางจับตัว (Coagulum Content) คือ ปริมาณของสาร(เป็นเปอร์เซนต์ของ TSC) ที่ค้างอยู่บนแรงขนาด 180 ไมโครเมตร เมื่อกรองน้ำยางผ่าน สารเหล่านี้ประกอบด้วยเม็ดเล็ก ๆ ของยางที่จับตัวกัน ผู้ใช้น้ำยางส่วนใหญ่มักไม่ค่อยทำการทดสอบ เพราะปกติจะมีค่าต่ำมาก

9. ทองแดงและแมงกานีส ข้อกำหนดเกี่ยวกับปริมาณธาตุบางตัวในน้ำยาง โดยเฉพาะธาตุทองแดงและธาตุแมงกานีส ( 8 ppm ต่อน้ำหนักสารของแข็งในน้ำยาง) เนื่องจากธาตุทั้งสองเป็นตัวเร่งการเสื่อมสภาพของน้ำยาง อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน อย่างไรก็ตามน้ำยางธรรมชาติโดยปกติจะมีปริมาณธาตุทั้งสองน้อยมาก ( 1-2 ppm)
10. สีของน้ำยาง มีการระบุในมาตรฐานน้ำยางต่างๆที่ไม่มีการทดสอบสีที่แน่นอน ข้อกำหนดระบุไว้ว่าน้ำยางต้องมีสีขาวและไม่มีลักษณะของสีฟ้าหรือสีเทา
11. กลิ่นของน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย การตรวจสอบกลิ่น จะทำเมื่อทำให้น้ำยางเป็นกลางด้วยกรดบอริก เสียก่อนและข้อกำหนดระบุไว้ว่าน้ำยางจะต้องปราศจากกลิ่นบูดเน่า
12. ความหนืด (Viscosity) น้ำยางแสดงค่าของความหนืดที่ขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วของแรงเฉือนขณะการทดสอบ และอาจขึ้นอยู่กับแรงเฉือนที่น้ำยางได้ถูกกระทบกระเทือนมาก่อน(shear history) การเปรียบเทียบค่าความหนืด จะต้องทำที่อุณหภูมิเดียวกัน เพราะความหนืดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นอย่างมาก
13. ขนาดอนุภาคยาง (Particle Size) อนุภาคยางในน้ำยางที่แขวนลอยจะจัดกระจายมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.01-5 ไมโครมิเตอร์ เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 0.25-0.8 ไมโครมิเตอร์ ทั้งนี้ขึ้นกับวิธีการที่ใช้คำนวณ ขนาดส่วนใหญ่ประมาณ 5 ไมโครมิเตอร์ หรือเล็กกว่านี้ความกระจายของขนาดอนุภาคยางในน้ำยางค่อนข้างคงที่ และการกระจายของขนาดอนุภาคของยางเป็นปัจจัยสำคัญในการวัดหาค่าความหนืดของน้ำยาง
14. ความนำไฟฟ้า (Conductivity) เนื่องจากน้ำยางธรรมชาติมีสารพวกเกลือละลายอยู่ในของซีรัม ฉะนั้นจึงสามารถวัดค่าความนำไฟฟ้าได้ น้ำยางปั่นขึ้นมีค่าความนำไฟฟ้าตั้งแต่ 3.0 ถึง 5.0 mS ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส น้ำยางที่ปั่นหลายๆครั้งจะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าต่ำลงมาก
15. การเป็นครีมของน้ำยางข้น จะปรากฏเมื่อตั้งน้ำยางไว้นิ่งๆ โดยไม่กระทบกระเทือนเป็นเวลานานกว่าสัปดาห์ น้ำยางจะข้นมากขึ้นที่ผิวหน้า ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องกวนให้น้ำยางผสมเป็นเนื้อเดียวอย่างทั่วถึง ก่อนการเก็บตัวอย่าง หรือก่อนนำไปผสมสารเคมี การเก็บน้ำยางไว้ที่อุณหภูมิสูงจะเป็นการเร่งการเป็นครีมของน้ำยาง
16. ความสามารถในการผ่านกรอง (Filterability) หมายถึง ปริมาณน้ำยางที่ผ่านกรองซึ่งมีข้อกำหนดมาตรฐานก่อนที่จะมีการอุดตันกรอง การทดสอบความสามารถที่น้ำยางข้นธรรมชาติผ่านกรองได้พบว่าผลการทดสอบขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความเสถียร การจับเป็นเม็ด และปริมาณยางจับตัวในน้ำยาง ฉะนั้นผลการทดสอบนี้จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการใช้เป็นการควบคุมหรือสังเกตในระหว่างกระบวนการผลิตเท่านั้น

### 2.3.7 ชนิดของน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรม เป็นน้ำยางที่ได้ผ่านกระบวนการทำเป็นน้ำยางข้น (Concentrating Process) แล้วจากวิธีใดวิธีหนึ่งซึ่งได้แก่ การทำครีม(Creaming Process) การระเหยน้ำ(Evaporation Process) และการใช้เครื่องปั่น(Centrifuging Process) เป็นต้น อย่างไรก็ตามน้ำยางข้นที่ผลิตจากกรรมวิธีการใช้เครื่องปั่นจะเป็นน้ำยางข้นที่มีปริมาณการผลิตมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการผลิตน้ำยางข้นทั้งหมด 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

\* เปอร์เซ็นต์ของสารเคมีที่ใช้เป็นน้ำหนักต่อน้ำหนักน้ำยาง

### 2.3.8 คุณสมบัติและการใช้น้ำยางขึ้นชนิดต่างๆ

1. น้ำยางขึ้นจากการปั่นชนิดแอมโมเนียมาก (High Centrifuged Latex) เป็นชนิดที่ผลิตกันโดยทั่วไป มีข้อได้เปรียบกว่าน้ำยางขึ้นชนิดอื่นๆ ในด้านการใช้สารแอมโมเนียซึ่งระเหยง่ายเพียงอย่างเดียวในการรักษาสภาพ ฉะนั้น น้ำยางขึ้นชนิดนี้จึงนิยมใช้ในงานผลิตผลิตภัณฑ์ที่จะใช้สัมผัสกับอาหารและผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ได้ ข้อเสียของน้ำยางชนิดนี้ คือมีกลิ่นของแอมโมเนียและจำเป็นต้องไล่แก๊สแอมโมเนียในขณะการนำไปใช้
2. น้ำยางขึ้นจากการปั่นชนิดแอมโมเนียน้อย (Low Centrifuged Latex) น้ำยางขึ้นชนิดนี้จะมีการผลิตจำหน่ายในบางประเทศ ซึ่งอยู่ในรูปต่างๆ ดังนี้

2.1 Tetramethylthiuram Disulphide / Zinc Oxide (LA-TZ) เป็นชนิดแอมโมเนียน้อย ที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดในกลุ่มนี้ การรักษาสภาพใช้สารเคมีผสมระหว่างไทูเรมกับซิงค์ออกไซด์ช่วยสารเคมีหลัก คือแอมโมเนีย มีการใช้งานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต่างๆจากน้ำยางชนิดนี้

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

2.3 Zinc Diethyldithiocarbamate Preserved (LA-ZDC) น้ำยางชนิดนี้มีส่วนคล้ายคลึงกับน้ำยางชนิด HA และมีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางเพราะ ZDC เป็นสารเร่งที่ยอมรับในวงการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้สัมผัสอาหาร 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. น้ำยางขึ้นจากการปั่นซ้ำ (Doubly Centrifuged Latex) น้ำยางขึ้นจากการปั่นซ้ำมีสมบัติพิเศษ คือมีส่วนของสารที่ไม่ใช่ยางต่ำ (Low Non-rubber Content) ซึ่งทำให้น้ำยางมีสีจางเหมาะในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เน้นเรื่องสี และโดยเฉพาะเหมาะในงานผลิตภัณฑ์พวกถุงมือใช้งานไฟฟ้า เนื่องจากน้ำยางที่ปั่นซ้ำจะมีปริมาณสารพวกชอบดูดน้ำ (Hydrophilic Substance)น้อย การทำน้ำยางขึ้นโดยการปั่นซ้ำจะทำให้มีต้นทุนการผลิตสูงขึ้น
4. น้ำยางชนิดครีม (Creamed Latex) ทำมาจากกระบวนการใช้สารช่วยการเป็นครีม (Creaming Agent) ของน้ำยางปกติจะผลิตในระดับปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC, Dry Rubber Content) ไม่ต่ำกว่า 60เปอร์เซ็นต์ ใช้ระบบการ

รักษาสภาพเช่นเดียวกับน้ำยางข้นจากการปั่น เนื่องจากมักจะผลิตน้ำยางชนิดครีมในระดับ DRC ก่อนข้างสูงกว่า 60 เปอร์เซนต์ จึงเป็นข้อได้เปรียบที่จะนำไปใช้งานผลิตยางดำยัด เพราะน้ำยางที่มี DRC สูงจะให้คุณภาพด้านความแข็งแรงของยางที่จับตัวได้ดี (High Gel Strength) แต่เนื่องด้วยราคาค้นทุนการผลิตน้ำยางชนิดครีมสูง ดังนั้นจึงไม่ค่อยนิยมใช้กันในงานผลิตอื่นๆ

5. น้ำยางข้นชนิดระเหยน้ำ (Evaporated Latex) น้ำยางข้นจากการระเหยนํ้าออก จะผลิตกันในระดับสารของแข็ง (TSC, Total Solid Content) ประมาณ 62-72 เปอร์เซนต์ และรักษาสภาพด้วยระบบผสมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์กับสารสบู่ หรือระบบที่ใช้แอมโมเนีย 0.7 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ข้อดีของน้ำยางระเหย คือมีปริมาณสารของแข็งสูง และมีความเสถียรทางกลและทางเคมีสูง และเนื่องจากตามวิธีการระเหยนํ้าออกเพื่อทำให้นํ้ายางข้น ดังนั้น จึงมีส่วนของอนุภาคเล็กๆ มากของยางคงเหลืออยู่มากกว่ากรณีการปั่นน้ำยางข้น ซึ่งมักนิยมที่จะใช้นํ้ายางระเหยน้ำในงานการทำกาวยาง แต่ข้อเสียของน้ำยางนี้ คือมีสีค่อนข้างคล้ำเนื่องมาจากมีปริมาณสารที่ไม่ใชยางค่อนข้างสูง
6. น้ำยางคงรูป หรือนํ้ายางวัลคาไนซ์ หรือนํ้ายางพรีวัลคาไนซ์ (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 เนื่องจาก น้ำยางผสมสารเคมีส่วนใหญ่จะผสมสารในระบบการทำให้ยางคงรูป (เช่น S+ZDC\*+ZnO) ไว้แล้ว ดังนั้นขณะการบ่มหรือเก็บน้ำยางจึงอาจเกิดปฏิกิริยายางคงรูป-โมเลกุลยางเกิดพันธะเคมีขึ้นได้ ซึ่งการเกิดยางคงรูปจะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับสภาวะการเก็บน้ำยาง และความว่องไวของสารช่วยเร่งยางคงรูป สำหรับการทำน้ำยางคงรูปหรือนํ้ายางวัลคาไนซ์อาจพิจารณาว่าเป็นวิธีการพิเศษวิธีหนึ่งของการบ่มน้ำยางผสมสารเคมี

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

### บทที่ 3

#### วัสดุและการทดสอบ

#### 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

##### 3.1.1 อิฐ

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

##### 3.1.2 ปูนซีเมนต์

ใช้ปูนซีเมนต์ซีลิกา (ตราเสือ) ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ผสมใช้วัสดุละเอียดเช่น ซีลิกา ซึ่งไม่ทำ ปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ โดยใช้ซีลิกาประมาณร้อยละ 30 ลงไปบดพร้อมกันกับปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (ตราช้าง) จะได้ปูนซีเมนต์ซึ่งมีการยึดและหดตัวน้อยเหมาะที่จะใช้ในงานก่ออิฐโดยทั่วไป

##### 3.1.3 ทราหยาบ

ใช้ทรายกลางราชบุรีทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4,8,16 และ 100 จะได้สัดส่วนคละตาม ASTM C144-75 [7] ลักษณะของทรายที่ได้นั้นควรมีเหลี่ยมมุม ไม่มีฝุ่นและปราศจากสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เพื่อช่วยในการยึดเกาะทำให้กำลังดีขึ้น อีกทั้งยังจะต้องไม่มีสภาพเป็นกรดหรือด่างปนอยู่ในเนื้อทราย

##### 3.1.4 น้ำ

น้ำที่ใช้จะต้องสะอาดไม่มีสิ่งเจือปน (Impurity) ไม่มีสภาพความเป็นกรดและด่าง ในงานวิจัยนี้ใช้น้ำประปาในการผสมปูนก่อและปูนฉาบ

##### 3.1.5 น้ำยาผสมปูนก่อและฉาบ (ตราช้าง-พญานาค)

อัตราส่วนของน้ำยาที่ใช้ผสมขึ้นอยู่กับปูนซีเมนต์ โดยใช้ใช้น้ำยา 1 ลิตร ต่อ ปูนซีเมนต์ 400 กก. น้ำยาที่ผสมเป็นตัวช่วยทำให้ปูนก่อและปูนฉาบมีลักษณะเหนียวเพื่อช่วยในการยึดหดตัวได้ดีขึ้น

##### 3.1.6 น้ำยางข้นกรู๊ป หรือน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (Prevulcanized Latex )

คือน้ำยางที่ได้ผสมสารเคมีที่จำเป็นแล้วทำให้กรู๊ปจะมีความเหมาะสมจะนำไปใช้งานทำแบบหล่อโดยทั่วไป 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) ซึ่งมีลักษณะสีขาวที่ใช้กับงานติดหรือเชื่อมทั่วๆ ไป [6]

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

## 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. ชุดหั่วกดทดสอบแรงอัดและแรงคด
7. ชุดฐานรองรับแบบยึดหมุนและแบบเคลื่อนที่ (Hinge, Roller)
8. แผ่นเหล็กขนาด (20X1200X500) , (20X60X500) และ (20X60X500) ชุดละ 2 แผ่น
9. แบบหล่อมอร์ต้าเพื่อการทดสอบแรงอัด แรงคด และแรงดึง
10. โคร่งไม้, 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] กำหนดไว้ว่าถ้าก้อนอิฐมีการดูดซึมเริ่มต้นเกิน 30 กรัม จะต้องแช่อิฐในน้ำเป็นระยะเวลาพอสมควรก่อนลงมือก่ออิฐ

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

ค) กำลั้งอัด อิฐที่ใช้ทดสอบให้ใช้อิฐเต็มก้อน (Full Brick) และจะต้องแต่งผิวทั้งสองด้านให้เรียบเสมอกันด้วยปูนปลาสเตอร์ ตาม ASTM C67-73 [7] ปูนปลาสเตอร์จะต้องมีอายุอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ การทดสอบกำลั้งอัดของอิฐที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องทดสอบกำลั้ง (Universal Testing Machine) โดยให้อัตราการกดสม่ำเสมอสมควร โดยอิฐจะต้องวิบัติภายในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 นาที และไม่เกิน 2 นาที วิธีทดสอบกำลั้งอัดให้ทดสอบทั้งวิธีให้แรงอัดกระทำตั้งฉากกับระนาบปกติ (Flat Wise) ของก้อนอิฐ และให้แรงอัดกระทำที่ ด้านข้าง (Edge Wise) ของก้อนอิฐ แล้วนำค่ากำลั้งอัดของอิฐทั้งสองวิธีมาหาค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบแสดง อิฐมอญมีค่ากำลั้งอัดเฉลี่ย 82.5 กก./ซม.<sup>2</sup> รูปแบบการวิบัติที่เกิดขึ้นเป็นแบบผสมกันทั้งการอัดวิบัติ (Compressive Failure) และการเฉือนวิบัติ (Shear Failure)

ง) โมดูลัสแตกร้าว อิฐที่ใช้ทดสอบให้ใช้อิฐเต็มก้อนและเป็นอิฐแห้ง (Dry Brick) ผิวของอิฐด้านที่รับแรงจะต้องทำให้เรียบเสมอกันด้วยปูนปลาสเตอร์ ทดสอบอิฐในลักษณะของคานมีแรงแบบจุด (Concentrated -Load) กระทำที่กึ่งกลางของตัวอย่างทดสอบในการทดสอบนี้ใช้เครื่องทดสอบ (Universal Testing Machine) โดยให้อัตราแรงกดสม่ำเสมอสมควร อิฐมอญมีค่าโมดูลัสแตกร้าวเฉลี่ย 15 กก./ซม.<sup>2</sup>

จ) โมดูลัสยืดหยุ่น การหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐมีวิธีการทดสอบทำนองเดียวกับการทดสอบกำลั้งอัดของอิฐ แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด

ฉ) อัตราส่วนปัวซอง การทดสอบหาค่าอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's Ratio) หาได้โดยวัดความเครียดในแนวตั้งตามความหนาของอิฐ แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความเครียดในแนวราบและในแนวตั้ง 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] ทั้งนี้เนื่องจากหลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองผสมขึ้นต้น พบว่าสัดส่วนดังกล่าวจะผสมให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ยาก และใช้งานได้ไม่ได้นัก ทางผู้วิจัยจึงได้ปรับเปลี่ยนปริมาณการผสมให้อยู่ในปริมาณดังกล่าวข้างต้นโดยอาศัยพิจารณาจากการทดลองผสมเป็นหลัก

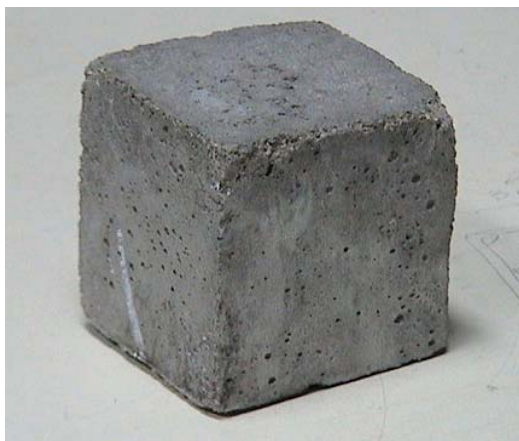
ก) กำลั้งรับแรงอัด ใช้ตัวอย่างปูนก่อรูปลูกบาศก์ขนาด 2 นิ้ว ตาม ASTM C270-80 [7] ทดสอบกดตัวอย่างปูนก่อด้วยเครื่องทดสอบ โดยให้แรงกดสม่ำเสมอ

ข) กำลั้งรับแรงดึง ตัวอย่างปูนก่อจะต้องหล่อในแบบหล่อ (Briquet Gang Mold) ตาม ASTM C190-77 [7] สอนกำลั้งดึงด้วยเครื่องทดสอบ

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 การเตรียมตัวอย่างผนังท่ออิฐ

#### 3.4.1 การก่ออิฐ

โดยทั่วไปความเรียบร้อยและความแข็งแรงของผนังท่ออิฐนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ใช้แล้วยังขึ้นอยู่กับฝีมือการก่ออิฐอีกด้วย ดังนั้นเพื่อลดปัญหาของการก่ออิฐที่เกิดขึ้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำโครงไม้เพื่อใช้พยุงตัวอย่างผนังท่ออิฐ ในการก่ออิฐเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่ดีนั้นจะต้องคัดเลือกอิฐให้มีขนาดที่ใกล้เคียงกันแล้วจัดแยกออกเป็นพวกรๆ การผสมปูนก่อก่อที่มีอัตราส่วนผสมของกาวยางพารา ให้ใช้วิธีผสมแห้ง จนกระทั่งปูนซีเมนต์กับทรายเข้ากันดีก่อน จากนั้นจึงเติมกาวยางพาราลงไปตามอัตราส่วนที่กำหนด จากนั้นคลุกให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้งหนึ่ง ปูนก่อก่อหรือฉาบต้องทำให้หมดภายในเวลา 45 นาที เนื่องจากกาวยางพาราที่ผสมลงไปนั้นจะแห้งเร็ว จะทำให้ปูนทรายที่ได้นั้นแข็งตัวเร็ว จึงทำการก่อหรือฉาบไม่ได้

ส่วนการผสมปูนก่อก่อที่มีอัตราส่วนผสมของน้ำยางข้นรูปไข่ให้ใช้วิธีผสมแห้งเช่นเดียวกัน จากนั้นทำการผสมน้ำยางข้นกับน้ำ ตามอัตราส่วนที่กำหนด คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วค่อย ๆ เติมน้ำลงไปจนปูนซีเมนต์กับทรายที่ผสมไว้แล้วที่ละเอียดเพื่อไม่ให้เหลวเกินไป ซึ่งปูนก่อก่อที่ดีต้องมีลักษณะเหนียวและไม่เกิดการแตกขณะทำการปั้น

ปัญหาของการก่ออิฐที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ปัญหาการดูดซึมเริ่มต้น (Suction) ของอิฐซึ่งจะดูดซึมน้ำจากปูนก่อก่อขณะดำเนินการก่ออิฐและมีผลทำให้ผนังท่ออิฐแตกร้าวได้ภายหลัง นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างอิฐและปูนก่อก่อสูญเสียไปบางส่วน ดังนั้น เพื่อลดปัญหานี้จะต้องแช่อิฐในน้ำเป็นระยะเวลาพอสมควรก่อนทำการก่ออิฐทุกครั้ง สำหรับอิฐมอญให้แช่ในน้ำเป็นระยะเวลา 1 นาที การก่ออิฐจะต้องทำด้วยความระมัดระวังโดยคลุกเคล้าปูนก่อก่อด้วยเกรียงก่อนตักปูนก่อก่อเสมอแล้วตักปูนก่อก่อปาดลงบนโครงไม้ที่จัดไว้พร้อมกับวางอิฐลงบนปูนก่อก่อ จากนั้นใช้ด้ามเกรียงเคาะที่ด้านบนของก้อนอิฐจนได้แนวปูนก่อก่อหนาโดยเฉลี่ย 1.50 ซม. ก่ออิฐก้อนถัดมาด้วยวิธีการทำนองเดียวกันจนกระทั่งเต็มแนว โดยการเคาะอิฐต้องไม่ให้เกิดการเคลื่อนตัวของก้อนถัดไปจนได้ขนาดตามต้องการ

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

#### 3.4.2 การฉาบ

ก่อนทำการลงมือฉาบทุกครั้งให้พรมน้ำที่ผนังท่ออิฐให้ชุ่มก่อน เพื่อช่วยลดปัญหาการดูดซึมน้ำของอิฐจากปูนฉาบแล้วยังช่วยให้ปูนฉาบไม่หลุดร่อนขณะทำการฉาบ จากนั้นจึงทำการฉาบให้ได้ความหนาโดยเฉลี่ย 1.50 ซม. การแต่งผิวหน้าปูนฉาบนั้นทำได้โดยปล่อยปูนฉาบเซตตัวเล็กน้อยแล้วใช้เกรียงไม้ปาดที่ผิวปูนฉาบจนเรียบพร้อมกับใช้ฟองน้ำปิดเมื่อทรายออก

#### 3.4.3 การบ่มผนังท่ออิฐ

หลังจากทำการก่อตัวอย่างผนังท่ออิฐได้ตามขนาดที่ต้องการแล้ว ให้ทำการบ่มโดยนำกระสอบชุบน้ำให้ชุ่มมาคลุมตัวอย่างผนังท่ออิฐเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และหลังจากนั้นทำการบ่มโดยการรดน้ำให้ผนังชุ่มชื้นอย่างสม่ำเสมออย่างน้อย 7 วัน ทั้งนี้เป็นการช่วยให้ปูนก่อ พัฒนาความแข็งแรงอย่างสมบูรณ์ และจะทำให้ตัวอย่างผนังท่ออิฐรับแรงต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น รูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นตัวอย่างกำแพงก่อก่อและฉาบโดยใช้โครงไม้ช่วย 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 เพื่อใช้สำหรับกระจายแรงและเป็นฐานรองตัวอย่างผนังก่ออิฐ โดยวางเหล็กแผ่นที่ใช้เป็นฐานให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางตัวเครื่องทดสอบ จากนั้นนำตัวอย่างผนังก่ออิฐที่มีอายุตามที่กำหนดวางลงบนแผ่นเหล็ก พร้อมกับทาสีขาวที่ตัวผนังทั้ง 2 ด้าน เพื่อช่วยในการมองเห็นรอยแตกให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผนังก่ออิฐด้านที่รับแรงกดจะต้องทำให้เรียบเสมอกันด้วยปูนปลาสเตอร์ โดยนำแผ่นเหล็กกดทับลงไปในขณะที่ปูนปลาสเตอร์ยังไม่แข็งตัวพร้อมทำการปรับระดับด้วยระดับน้ำและติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ทั้งหมดจำนวน 4 ตัว โดยที่ตัวที่ 1 และ 2 เป็นการวัดค่าการยุบตัวของผนังก่ออิฐในแนวตั้งส่วนตัวที่ 3 และ 4 เป็นการวัดค่าการโก่งตัวทางด้านหน้าและด้านหลังของผนังก่ออิฐ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 สำหรับปูนปลาสเตอร์จะต้องมีอายุอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ



0) แผงกำกับตัวอย่างบนแท่นอุปกรณ์การทดสอบพร้อมทั้งติดตั้งมาตรวัดการเคลื่อนที่



0) ภาพรวมของการทดสอบ และอุปกรณ์บันทึกขนาดแรงและการเคลื่อนที่

รูปที่ 3.3 การติดตั้งตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด

การวัดค่าการยุบตัวทำได้หลังจากให้แรงกดจากเครื่องทดสอบ ในแนวดิ่งด้วยอัตราความสม่ำเสมอลงบนตัวอย่างผนังก่ออิฐ 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 ข้างข้างละ 7.50 ซม. พร้อมกับหาสีขาวที่ผิวด้านล่างของผนังก่ออิฐ 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) การติดตั้งตัวอย่างกำแพงเพื่อทดสอบแรงดัด

รูปที่ 3.4 การติดตั้งตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบกำลังรับแรงดัด