บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการ การพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบด้วยน้ำยางธรรมชาติ เป็นการพัฒนาต่อยอดจากผลการวิจัยเกี่ยวกับการผสมน้ำยางพาราในคอนกรีตที่ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการศึกษามาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ซึ่งสามารถสรุปเป็นทฤษฎี ที่แสดงถึงทางเลือกและแนวทางการแก้ไขปัญหาได้ ดังนี้

2.1 คอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อก (Concrete Block) เป็นวัสดุก่อผนังประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายภายในประเทศ โดยมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 20 x 40 เซนติเมตร หนาระหว่าง 7 – 20 เซนติเมตร ซึ่งลักษณะการใช้งานของคอนกรีตบล็อกจะก่อเหมือนงานอิฐมอญ แต่จะมีข้อดีกว่า คือ สามารถก่อได้เร็วกว่า และมีขนาดที่มาตรฐานกว่า ทำให้การประมาณการจำนวนของวัสดุทำได้ง่าย และเมื่อรวมค่าแรงในงานก่อสร้างแล้วจะมีราคาถูกกว่าการก่อผนังด้วยอิฐมอญ โดยคอนกรีตบล็อก สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ คอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก และคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก นอกจากนี้ยังรวมไปถึงคอนกรีตบล็อกที่เมื่อทำการก่อแล้ว จะเกิดเป็นลวดลายให้แดดลมผ่านได้ หรือที่นิยมเรียกว่า บล็อกช่องลม (Screen Block) [2]

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกทั่วไป

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกช่องลมลายดอกไม้

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกช่องลมบานเกล็ด

นอกจากคอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อกจะเป็นวัสดุก่อผนังที่ได้รับความนิยมแล้ว ยังมีวัสดุก่อผนังชนิดอื่นๆ ที่ได้รับความนิยมเช่นเดียวกัน เช่น

1) อิฐมอญ หรืออิฐก่อสร้างสามัญ หรืออิฐมาตรฐานเป็นอิฐที่เกิดจากการนำวัตถุดิบหลายชนิดมาผสมเข้าด้วยกัน เช่น ดินเหนียว, ทราย และเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ฟืน หรือแกลบ จากนั้นทำการขึ้นรูปโดยการปั้นเป็นก้อน หรือการใช้เครื่องจักรในการผลิตสินค้า จากนั้นทำการเผาอิฐ ซึ่งโดยทั่วไปจะนิยมใช้แกลบในการเผา เนื่องจากใช้ระยะเวลาน้อยกว่า

2) คอนกรีตมวลเบา หรืออิฐมวลเบา เป็นวัสดุก่ออีกชนิดหนึ่ง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของวัสดุที่สามารถที่จะใช้งานได้ดีในสภาวะสภาพอากาศที่รุนแรง มีน้ำหนักเบาทำให้สามารถประหยัดขนาดของโครงสร้าง และมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี โดยผลิตมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย, ยิปซัม, น้ำ และผงอลูมิเนียม

3) อิฐประสาน หรืออิฐดินซีเมนต์ อิฐประสานเป็นอิฐที่มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น อิฐ วท., บล็อกประสาน, อิฐดินซีเมนต์, อิฐคงทอง และอิฐดินแดง เป็นต้น เนื่องจากมีผู้ผลิตสินค้าประเภทดังกล่าวอยู่หลายราย และอยู่ในระหว่างการพัฒนาในเรื่องของรูปแบบ และคุณสมบัติ จึงมีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งรูปแบบจะมีลักษณะคล้ายกับอิฐก่อทั่วไป แต่จะมีขนาดใหญ่กว่ามาก เนื่องจากใช้เป็นระบบผนังในการรับน้ำหนัก (Bearing Wall) ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกับวัสดุก่อผนังทั่วไป โดยวัตถุดิบที่นิยมนำมาผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์, หินฝุ่น, ทราย, น้ำ และดินลูกรัง

สำหรับมาตรฐานที่ใช้ในการควบคุมผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ คอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก และคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ซึ่งจะยกตัวอย่างรายละเอียดของมาตรฐาน ที่ใช้ในการควบคุมผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก [3] ดังนี้

1) นิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานบล็อกผนัง

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

1.1) คอนกรีตบล็อก (Hollow concrete block or hollow concrete masonry unit) หมายถึงก้อนคอนกรีตที่ทำมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่างๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับการก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

1.2) คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (Hollow load-bearing concrete masonry unit) หมายถึงคอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง

1.3) เปลือก (Face-shell) หมายถึง ผนังด้านนอกของคอนกรีตบล็อก

1.4) ผนังกั้นโพรง (Web) หมายถึง ผนังภายในซึ่งแบ่งโพรงในคอนกรีตบล็อก

2) ประเภทและชั้นคุณภาพ

2.1) ประเภท

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งทำขึ้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือประเภทควบคุมความชื้น, ประเภทไม่ควบคุมความชื้น

2.2) ชั้นคุณภาพ

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแต่ละประเภท แบ่งออกเป็น 3ชั้นคุณภาพคือชั้นคุณภาพ ก ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยไม่มีการป้องกันผิวแต่อย่างใด เช่น ใช้ในกรณีซึ่งการรั่วซึมจากน้ำใต้ดินหรือฝน ไม่ทำความเสียหายต่องานนั้นชั้นคุณภาพ ข ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน แต่มีการป้องกันผิวชั้นคุณภาพ ค ใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายในและกำแพงภายนอกเหนือระดับดิน ที่มีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากดิน ฟ้า อากาศ

2.3) ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

2.3.1) ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.1 หมายเหตุ คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่ออกแบบพิเศษให้มีโลหะทนต่อการกัดกร่อนเพื่อยึดระหว่างเปลือกของก้อน อาจอนุญาตให้ทำได้ ในเมื่อการทดสอบแสดงว่าโลหะยึดนั้นมีสภาพโครงสร้างเทียบเท่ากับผนังกั้นโพรงคอนกรีตในทางความยึดตัวแข็งกำลังและการยึดกับผนังกั้นโพรง

2.3.1) ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักให้มีขนาดดังแสดงในตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 โดยจะมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.1 ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรง

ความหนาระบุของก้อน	ความหนาของเปลือกต่ำสุด	ความหนาของผนังกั้นโพรง	
		ผนังกั้นโพรงต่ำสุด	ความหนาของผนังกั้นโพรงเทียบเท่าต่ำสุดต่อความยาว 1 เมตร
90	19	19	135
140	25	25	185
190	31	25	185

หมายเหตุ

1) เฉลี่ยจากการวัด 5 ก้อน โดยวัดจากส่วนที่บางที่สุดเมื่อวัดตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อ มาตรฐานเลขที่ มอก.109

2) ผลรวมจากการวัดความหนาของผนังกั้นโพรงทั้งหมดในก้อน คูณด้วย 1,000 หารด้วยความยาวของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักเป็นมิลลิเมตร

ตารางที่ 2.2 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

มิติพิกัด หนาxสูงxยาว	ขนาดที่ทำ หนา x สูง x ยาว (มิลลิเมตรxมิลลิเมตรxมิลลิเมตร)
1 x 2 x 11/2	90 x 190 x 140
11/2 x 2 x 11/2	140 x 190 x 140
2 x 2 x 11/2	190 x 190 x 140
1 x 2 x 2	90 x 190 x 190
11/2 x 2 x 2	140 x 190 x 190
2 x 2 x 2	190 x 190 x 190
1 x 2 x 3	90 x 190 x 290
11/2 x 2 x 3	140 x 190 x 290
2 x 2 x 3	190 x 190 x 290
1 x 2 x 4	90 x 190 x 390
11/2 x 2 x 4	140 x 190 x390
2 x 2 x 4	90 x 190 x 390

หมายเหตุ

ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิกัด ในการก่อสร้างอาคารซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมูลฐานให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐาน เท่ากับ 10 มิลลิเมตร

3) วัสดุ

3.1) ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1ปูนซีเมนต์ผสมควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสมมาตรฐานเลขที่ มอก.80

3.2) มวลผสมคอนกรีตควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีตมาตรฐานเลขที่ มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

3.3) ส่วนผสมอื่น ๆตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีตและควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

4) คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1) ลักษณะทั่วไป

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรต่อการก่อคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวรรอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ยอมรับคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูน ต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดีคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผยด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าวหรือตำหนิอื่น ๆ ถ้าในการสั่งคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.2) ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)

การหดตัวทางยาว (ร้อยละ)	ความชื้นสูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย (ร้อยละ)		
	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	20	30	35

หมายเหตุ

1) ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตามASTM C 426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน 12 เดือน

2) อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

เครื่องหมายและฉลาก

2.1) ที่คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อนอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

2.1.1) ประเภท

2.1.2) ชั้นคุณภาพ

2.1.3) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำหรือเครื่องหมายการค้าในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

2.2) ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมนั้นได้ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมกามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

4.3) ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ

ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักเมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.4 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.109

ตารางที่ 2.4 ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ

	ความต้านแรงอัดต่ำสุด (เมกะพาสคัล)				การดูดกลืนน้ำสูงสุดเฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)					
ชั้นคุณภาพ (1)	เฉลี่ยจากพื้นที่รวม		เฉลี่ยจากพื้นที่สุทธิ		น้ำหนักคอนกรีตเมื่ออบแห้ง (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)					
	เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน	เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน	1680 และน้อยกว่า	1681 ถึง 1760	1761 ถึง 1840	1841 ถึง 1920	1921 ถึง 2000	มากกว่า 2000
ก	7	5.5	14	11	240	224	208	192	176	160
ข	7	5.5	-	-	288	272	256	240	224	208
ค	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-

5) การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

5.1) รุ่นในที่นี้ หมายถึง คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทชั้นคุณภาพและขนาดเดียวกันที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

5.2) การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบให้กระทำ ณ สถานที่ผลิตและต้องให้เวลาอย่างน้อย 10 วันเพื่อทดสอบให้เสร็จ

5.3) การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนั้นหรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้ การชักตัวอย่างให้เป็นไปตาม มอก.109 เกณฑ์ตัดสิน

ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่าน อาจคัดบางส่วนออกแล้วชักตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือ เพื่อทดสอบใหม่ถ้าตัวอย่างจากชุดที่สองนี้ทดสอบแล้วไม่ผ่านอีกให้ถือว่าคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทิ้งรุ่นไม่เป็นไปตามมาตรฐานนี้

ตารางที่ 2.5 วัตถุประสงค์ในการใช้คอนกรีตบล็อกชั้นคุณภาพต่าง ๆ

ลักษณะของกำแพง	ป้องกันผิว	ไม่ป้องกันผิว
กำแพงฐานรากและ กำแพงชั้นฐาน	ชั้นคุณภาพ ก และ ชั้นคุณภาพ ข	ชั้นคุณภาพ ก1
กำแพงภายนอก (เหนือระดับดิน)	ทุกชั้นคุณภาพ	ชั้นคุณภาพ ก1
กำแพงภายใน	ทุกชั้นคุณภาพ	ทุกชั้นคุณภาพ

หมายเหตุ ควรทาผิวด้านนอกของกำแพงด้วยน้ำยากันซึม

6) มาตรฐานในการออกแบบงานบล็อกผนังคอนกรีต

บล็อกผนังโดยทั่วไปมักที่จะถูกออกแบบมาเพื่อที่ใช้ในเรื่องของงานก่อ เพื่อที่จะไม่ต้องทำการรับน้ำหนัก โดยทั่วไปจะมุ่งเน้นในเรื่องของกระบวนการที่ใช้ในการก่ออิฐ และการฉาบปูนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเป็นกระบวนการสำคัญที่สุดที่จะทำให้ผนังมีความแข็งแรง คงทนอยู่ได้ และยังมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการรับน้ำหนักอื่น ๆ ที่วางทับโดยไม่เกิดการเสียหาย หรือพังทลายได้

2.2 ปูนซีเมนต์ (Cement)

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามมาตรฐาน ASTM C 150 The American Society for Testing Material ได้กำหนดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับงานก่อสร้างได้ 5 ชนิด [4] ดังนี้

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

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

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

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

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

ตารางที่ 2.6 สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ถึง 5

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

<u>หมายเหตุ</u> กำลังอัดวัดจากลูกบาศก์มอร์ต้าร์ขนาด 50 มิลลิเมตร

ส่วนปูนซีเมนต์ตราเสือ ตรางูเห่า และตรานกอินทรีย์ เป็นพวกซิลิก้าซีเมนต์ โดยนำทรายหรือหินบดให้ละเอียด ผสมเข้าไปในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด ประมาณร้อยละ 25 – 30 เพื่อให้มีคุณสมบัติง่ายต่อการใช้งาน [12] ลดการหดตัวเมื่อเกิดการก่อตัวของปูนซีเมนต์ ทำให้ไม่เกิดการแตกร้าว ราคาถูก เหมาะสำหรับอาคารเล็กและงานก่ออิฐฉาบปูน เพราะไม่รับกำลังมากนัก

2) องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์

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

residue) ออกไซด์เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันและรวมตัวกันอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่างๆ ขึ้นอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่างๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบการเผาและการเย็นลงของปูนเม็ด ขนาดและรูปร่างของสารประกอบสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาส่องดู ได้สารประกอบที่สำคัญมีอยู่ 4 ชนิด คือ

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

2.2) ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate) $2CaO.SiO_2$ ($C2_S$)

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

2.4) เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ (Tetracalcium Aluminoferrite) $4CaO.A1_2O.Fe_2O_3(C_4AF)$

3) คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามข้อกำหนดเพื่อการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM

ความต้องการที่เป็นข้อกำหนด เพื่อใช้สำหรับทดสอบตามมาตรฐานให้มีคุณสมบัติเทียบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ ดังนี้

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

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

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

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

3.5) กำลัง (Strength) ASTM C 109 หมายถึง ความสามารถในการรับกำลังอัด (Compressive strength) ปูนซีเมนต์ในลักษณะที่เป็นคอนกรีตประการหนึ่ง กับการทดสอบกำลังอัดด้วยก้อนลูกบาศก์ของมอร์ต้าร์ (Mortar) ตามมาตรฐาน ASTM 109 โดยนำก้อนตัวอย่างทดลองไปกด

ตามอายุ 7 และ 28 วัน ผลลัพธ์จะเป็นการรับกำลังต่อหน่วยพื้นที่ เช่น กก./ตร.ซม. เป็นต้น ส่วนการทดสอบการรับแรงดึง (Tensile Strength) หล่อมอร์ต้าร์ รูปบริเคท (Briquettes) เป็นรูปโค้งหัวมน 2 ข้าง เพื่อการจับยึด ตอนกลางมีพื้นที่ 1 ตร.นิ้ว มีการทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM C 190 และ BS 12 กำลังต่อหน่วยพื้นที่เช่นเดียวกัน

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

3.7) การทดสอบความข้นเหลว (Consistency test) โดยการทดลองใส่น้ำลงร้อยละ 25 โดยน้ำหนักในปูนซีเมนต์จำนวน 500 กรัม แล้วนำเครื่องทดลองไวแคทด้านที่เรียก Plunger มาปล่อยในซีเมนต์เพสท์ให้จมในเวลา 30 วินาที อ่านค่าทรุดตัว (Penetration) เป็น มม. จากนั้นเพิ่มน้ำขึ้น 1-2 ลบ.ซม. จนกระทั่งน้ำรวมทั้งสิ้นที่ทดลองผสมประมาณร้อยละ 30 นำค่า มาเขียนกราฟเส้นนอน เป็นระยะการทรุดตัวของ Plunger ด้านตั้งเป็นจำนวนน้ำ ลบ.ซม. (CC) ให้ลากเส้น จากส่วนการทรุดตัวที่ 10 มม. ไปสัมผัสกับเส้นโค้งในกราฟ แล้วขีดเส้นฉากไปทางเส้นตั้งที่แสดงจำนวนน้ำที่ใส่คิดเป็นร้อยละ จากนั้นก็เอาจำนวนน้ำ ตั้ง แล้วหารด้วยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (ตราเดียวกัน) คูณด้วย 100 ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นจำนวน ร้อยละของน้ำที่พอดี สำหรับความข้นเหลวที่พอเหมาะ เพื่อความแข็งแรงมากที่สุด

4) ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทย

ในการก่อสร้างอาคาร ถนน ลานบิน สะพาน เขื่อน และอื่นๆ ที่กำลังสร้างอยู่ในปัจจุบันเกิดขึ้นจากการใช้ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทยทั้งสิ้น เว้นแต่บางปีการผลิตปูนซีเมนต์ไม่ทันกับการใช้ จึงต้องสั่งปูนซีเมนต์จากต่างประเทศเข้ามาใช้ เช่น ปัจจุบันก็มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด 1 ได้ส่งเข้ามาสมทบกับปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศใช้ตราดอกจิกซึ่งสั่งจากไต้หวันโดยสามบริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์ร่วมกัน แต่ละบริษัทได้กำหนดปูนซีเมนต์ไว้ ดังนี้

4.1) บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด เป็นบริษัทแรกที่ผลิตเมื่อ 14 มิถุนายน 2456 (68 ปีมาแล้ว) ปัจจุบันมีผลิตอยู่ 4 ตราดังนี้

- ปูนซีเมนต์ตราเสือ บางทีเรียก ซิลิก้าซีเมนต์ เป็นการนำทรายบดเข้าผสมกับ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ตราช้าง) ด้วยอัตราร้อยละ 30 เพื่อช่วยลดการหดตัว ทำให้ผิวไม่แตกร้าว และลดราคาก่อสร้างลง ทั้งให้กำลังต่ำเหมาะสมกับงานที่ไม่ต้องการ ความแข็งแรงมานัก เช่น หล่อกระเบื้องปูพื้น การผสมทำปูนก่อ – ฉาบ การหล่อคอนกรีตทางเดินภายในอาคารเป็นต้น
- ปูนซีเมนต์ตราช้าง เป็นปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติเทียบได้กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามมาตรฐาน ASTM C 150 -58 ของอเมริกา หรือ BS 12 ของอังกฤษ เป็นปูนซีเมนต์

เนื้อแท้ ที่ใช้ทำงานก่อสร้างทั่วไป มีความแข็งแรงเต็มที่ เวลาการแข็งตัวก็เป็นไปอย่างปกติ เหมาะที่ใช้กับการรับกำลังในโครงสร้าง เช่น หล่อคอนกรีตของฐานราก คาน เสา และโครงหลังคา เป็นต้น

- ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณ เป็นปูนซีเมนต์แข็งตัวได้เร็ว มีอายุของคอนกรีตเพียง 7 วัน ก็มีความแข็งแรงเท่ากับการใช้ปูนซีเมนต์ตราช้างที่มีอายุ 28 วัน เหมาะที่ใช้กับงานเร่งด่วน อาจเป็นการเทพื้นถนนที่มียวดยานคับคั่ง หรือลานบิน หรืออาคารที่ต้องการความแข็งแรงอย่างรวดเร็ว

- ปูนซีเมนต์ตราช้างเผือก ใช้เพื่อตกแต่งและการทำหินขัด หินล้าง หินปูกระเบื้องเคลือบ กระเบื้องโมเสด และงานทางสถาปัตยกรรมอื่น ๆ

4.2) บริษัทชลประทานซีเมนต์ จำกัด เบื้องต้นก็ผลิต เพื่อการก่อสร้างเขื่อน และงานของกรชลประทานเท่านั้น ต่อมาก็ขยายงานออกใช้ทั่วไปดังนี้

- ตรางูเห่า เป็นปูนซีเมนต์ที่นำหินบดเข้าผสมมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับตราเสือ
- ตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับตราช้าง
- ตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง เป็นปูนซีเมนต์แข็งตัวเร็วเช่นเดียวกับตราเอราวัณ
- ตราพญานาค 7 เศียร เทียบได้กับปูนซีเมนต์ชนิด 2 ของ ASTM
- ตราปลาฉลาม เป็นปูนซีเมนต์ต้านทานเกลือซัลเฟต เหมาะที่ใช้กับงานสร้างใกล้ทะเลหรือบริเวณเขื่อนที่ต้องสัมผัสกับน้ำเค็ม เทียบได้กับปูนซีเมนต์ชนิด 5 ของ ASTM

4.3) บริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด มี 3 ตราดังนี้

- ตรานกอินทรีย์ เทียบได้กับตราเสือ
- ตราเพชร เทียบได้กับตราช้าง
- ตราสามเพชร เทียบได้กับตราเอราวัณ

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

องค์ประกอบของคอนกรีต ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำ โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะ ดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ ผสมกับ น้ำ เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

2) ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้าร์ (Mortar)

3) มอร์ต้าร์ ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete)

หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสมที่ใช้ในคอนกรีตสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ซีเมนต์เพสต์ ทำหน้าที่เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเท ให้กำลังแกคอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

2) มวลรวม ทำหน้าที่เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

3) น้ำ ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่างๆ ใช้ผสมทำคอนกรีต ใช้บ่มทำคอนกรีต ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์ ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้ เคลือบ หินทรายให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยตรง

4) การก่อตัวและการแข็งตัว ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ ก่อให้เกิดซีเมนต์เพสต์ที่อยู่ในสภาพเหลวช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นเพสต์จะเริ่มแข็งตัวถึงแม้มันจะยังนิ่มอยู่แต่ไม่สามารถลื่นไหลเข้าแบบได้แล้ว จุดนี้เราเรียกว่า จุดแข็งตัวเริ่มต้น (Initial Set) เวลาตั้งแต่ซีเมนต์ผสมกับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัวเริ่มต้นเรียกว่า เวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) การก่อตัวของเพสต์จะยังคงดำเนินต่อไปจนถึงสภาพที่เป็นของแข็งหรือจุดแข็งตัวสุดท้าย (Final Setting Time) เพสต์ยังคงแข็งตัวต่อไป และสามารถรับน้ำหนักได้ ขบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การแข็งตัว (Hardening)

2.3 เถ้าแกลบ

เถ้าแกลบ ตามมาตรฐาน ASTM C 618-80 ถือได้ว่า เป็นเถ้าชีวมวลที่มีอนุภาคกลม แข็ง ละเอียด ซึ่งลอยขึ้นมาพร้อมกับอากาศที่ร้อนจากการเผาไหม้ของแกลบในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าหรือโรงงานอื่นๆ และถูกจับด้วยเครื่องดักจับ (Precipitator) แล้วจึงส่งต่อไปยังถังเก็บ [5] ทั้งนี้การเผาแกลบที่อุณหภูมิแตกต่างกันก็จะส่งผลต่อสารประกอบต่างๆ ในเถ้าแกลบที่เปลี่ยนไป ไม่ว่าจะเป็นสมบัติทางกายภาพและเคมีโดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในเตาเผาและวิธีการทำให้เย็นตัว [6]

คอนกรีตบล็อกเถ้าแกลบ เป็นวัสดุที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ ทรายละเอียด และน้ำ โดยอาศัยปฏิกิริยาไฮเดรชั่นระหว่างปูนซีเมนต์และน้ำกลายเป็นสารประกอบ 2 ชนิด คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH)

$$\text{ปูนซีเมนต์} + \text{น้ำ} \longrightarrow \text{CSH} + Ca(OH)_2 \qquad (1)$$

CSH จะทำหน้าที่เป็นกาวเชื่อมประสานในส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกจับตัวกัน ส่วน CH ที่เกิดขึ้นนี้ประมาณ 25 % โดยปริมาตร ซึ่งไม่ก่อใช้เกิดประโยชน์อันใด เช่น เกิดเป็นฟิล์มบนผิวของคอนกรีต ทำให้การจับยึดกันระหว่างมวลรวมและมอร์ต้าร์ได้ไม่ดีนัก และเมื่อใส่เถ้าแกลบผสมเข้าไป SiO_2 ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในเถ้าแกลบ จะทำปฏิกิริยากับ CH และก่อให้เกิด CSH เพิ่มขึ้น

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 \text{ จาก PFA} + \text{น้ำ} \longrightarrow \text{CSH} \qquad (2)$$

ซึ่ง CSH จะมีหน้าที่เป็นกาวช่วยปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตให้ดีขึ้น เช่น สมบัติด้านกำลังอัด, ความทนทาน และการต้านการซึมผ่านของน้ำ เป็นต้น ทำให้คอนกรีตบล็อกเถ้าแกลบมีแนวโน้มของการเยิ้ม (Bleeding) และการแยกตัวของคอนกรีตบล็อกลดลง นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่ช้าก็จะลดลงด้วย ตลอดจนความทนทานก็จะเพิ่มขึ้นอีก เนื่องจากสามารถลด

ปริมาณน้ำที่ผสมลง และปฏิกิริยาระหว่างเถ้าแกลบกับ Ca (OH) $_2$ ที่จะช่วยลดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตบล็อกได้ [6]

เถ้าแกลบ (Chaff Fuel Ash) เกิดจากการเผาแกลบที่ได้จากการสีข้าว ซึ่งข้าวในแต่ละตัน (1,000 กิโลกรัม) จะมีแกลบอยู่ประมาณ 200 กิโลกรัม และเมื่อนำแกลบไปเผาจะได้เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash) ประมาณ ร้อยละ 20 ของน้ำหนักของแกลบหรือประมาณ 40 กิโลกรัม และเนื่องจากเถ้าแกลบมีปริมาณซิลิกา (Silica) (SiO_2) สูง จึงเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่เหมาะสำหรับการนำมาพัฒนาทำเป็นวัสดุปอซโซลานทดแทนในปูนซีเมนต์ได้

รูปที่ 2.4 กองแกลบก่อนเผา (ที่มา: www.gmcworkshop.com/new_gme/cons...)

รูปที่ 2.5 กองเถ้าแกลบหลังเผาที่ทิ้งแล้ว
(ที่มา: http://www.trf.or.th/News/Content.asp?Art_ID=948)

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 7 คือ เถ้าแกลบมี SiO_2 สูงมากถึงประมาณร้อยละ 90 ทำนองเดียวกัน ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์ของโซเดียม โปรแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ และค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition หรือ LOI) ซึ่งตามปกติมี LOI อยู่ประมาณร้อยละ 2-5 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแกลบมีผลต่อค่า LOI เพราะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เถ้าแกลบมี LIO สูงขึ้น และ LOI ในเถ้าแกลบส่วนใหญ่จะเป็นธาตุที่ดูดน้ำสูง ซึ่งถ้ามีในปริมาณมากจะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงได้ [6]

ตารางที่ 2.7 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบประเภทต่างๆ

สารประกอบ	เถ้าแกลบ	เถ้าแกลบขาว	เถ้าแกลบดำโรงสี
SiO_2	86.9 - 97.3	88.33	89.95
K_2O	0.6 - 2.5	2.76	1.49
Na_2O	0 - 1.5	0.15	0.07
CaO	0.2 - 1.5	0.56	0.50
MgO	0.12 - 1.96	0.28	0.23
Fe_2O_3	0 - 0.6	3.37	1.89
P_2O_5	0.2 - 2.9	N/A	N/A
SO_3	0.1 - 1.1	0.12	0.02
Cl	0 - 0.4	N/A	N/A
Al_2O_3	N/A	0.48	0.54
LOI	N/A	3.71	4.70

โดยทั่วไปแล้วเถ้าแกลบจะมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.9 - 2.3 ขึ้นอยู่กับวิธีการเผา เนื่องจากเถ้าแกลบที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะมีสิ่งที่เผาไหม้ไม่หมดและคาร์บอนปนอยู่มาก ทำให้มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าเถ้าแกลบที่เผาไหม้ค่อนข้างสมบูรณ์ นอกจากนี้เถ้าแกลบส่วนใหญ่ที่ใช้กันมีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ โดยมีขนาดเฉลี่ยของอนุภาคอยู่ในช่วงประมาณ 5 – 20 ไมครอน

2.4 ยางธรรมชาติหรือยางพารา

ยางพารา เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งทางเคมีจัดเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ (polymer) นั้น มีสมบัติพิเศษประการหนึ่งที่เป็นเอกลักษณ์ คือ มีความยืดหยุ่นสูง ทั่วไปจึงเรียกรวม ๆ ว่า “elastomer” [7] อย่างไรก็ตามตำราบางเล่ม ให้ความหมายคำว่า “elastomer” หมายถึง vulcanised product [8] น้ำยางสดจากต้นยางโดยทั่วไปมีปริมาณเนื้อยางแห้งตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป และอาจถึงร้อยละ 45 (ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย) มีส่วนของสารที่ไม่ใช่ยางประมาณร้อยละ 5 นอกนั้นเป็นน้ำส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อทำการขนย้ายน้ำยางสดจากสวนไปสู่โรงงานที่อยู่ไกล ๆ จึงควรทำให้น้ำยางมีความเข้มข้นมากขึ้น เพื่อความประหยัดการขนส่ง ซึ่งระดับความเข้มข้นที่นิยม คือ ร้อยละ 60 เนื้อยางแห้งโดยทั่วไปเรียกว่า “น้ำยางข้น (concentrated latex)” โดยที่การใช้น้ำยางข้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสม่ำเสมอกว่าการใช้น้ำยางสด ทั้งนี้เนื่องด้วยสารที่ไม่ใช่เนื้อยางบางส่วนได้ถูกแยกออกจากน้ำยางขณะผ่านกรรมวิธีการทำให้น้ำยางข้นขึ้น วิธีการสำคัญสำหรับการผลิตน้ำยางข้นมี 4 วิธี คือ วิธีระเหยน้ำ (evaporation) วิธีการทำให้เกิดครีม (creaming) วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (electro decantation) และวิธีการปั่น (centrifuging) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมและทำกันเป็นการค้ามากที่สุดประมาณร้อยละ 90 ของการผลิตน้ำยางข้นทั้งหมด [9] โดยที่คุณภาพน้ำยางสดเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำยางข้นที่จะผลิต ดังนั้นสมบัติบางประการของน้ำยางสดจึงต้องตรวจสอบและควบคุม [10] การผลิตน้ำยางข้นในประเทศส่วนใหญ่รักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยปริมาณแอมโมเนียมาก (HA) จะมีเพียงส่วนน้อยที่รักษาสภาพด้วยปริมาณแอมโมเนียร่วมกับสารช่วยบางชนิด มักเป็นระบบ LA-TZ อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการรักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยระบบที่อยู่ระหว่าง HA กับ LA ซึ่งเรียกกันว่าน้ำยางชนิด MA (medium ammonia) [11] โดยขณะนี้ได้มีการซื้อน้ำยางชนิดนี้ตามความต้องการของคู่ค้า โดยข้อขีดจำกัดของสมบัติต่าง ๆ ของน้ำยางข้น โดยมาตรฐาน ISO นั้น ได้กำหนดสมบัติที่สำคัญเพื่อใช้ในการคำนวณเพื่อออกส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยางเป็นองค์ประกอบ คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (total solids content; TSC) และปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content; DRC) [12]

ทั้งนี้ยางพาราหรือยางธรรมชาติที่นำมาผสมคอนกรีตบล็อกนั้น เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งทางเคมีจัดเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ (polymer) นั้น มีสมบัติพิเศษประการหนึ่งที่เป็นเอกลักษณ์ คือ มีความยืดหยุ่นสูง ทั่วไปจึงเรียกรวม ๆ ว่า “elastomer” [13] อย่างไรก็ตามตำราบางเล่ม ให้ความหมายคำว่า “elastomer” หมายถึง vulcanized product [14] น้ำยางสดจากต้นยางโดยทั่วไปมีปริมาณเนื้อยางแห้งตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป และอาจถึงร้อยละ 45 (ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย) มีส่วนของสารที่ไม่ใช่ยางประมาณร้อยละ 5 นอกนั้นเป็นน้ำส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อทำการขนย้ายน้ำยางสดจากสวนไปสู่โรงงานที่อยู่ไกล ๆ จึงควรทำให้น้ำยางมีความเข้มข้นมากขึ้น เพื่อความประหยัดการขนส่ง ซึ่งระดับความเข้มข้นที่นิยม คือ ร้อยละ 60 เนื้อยางแห้งโดยทั่วไปเรียกว่า “น้ำยางข้น

(concentrated latex)” โดยที่การใช้น้ำยางข้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสม่ำเสมอกว่าการใช้น้ำยางสด ทั้งนี้เนื่องด้วยสารที่ไม่ใช่เนื้อยางบางส่วนได้ถูกแยกออกจากน้ำยางขณะผ่านกรรมวิธีการทำให้น้ำยางข้นขึ้น วิธีการสำคัญสำหรับการผลิตน้ำยางข้น มี 4 วิธี คือ วิธีระเหยน้ำ (evaporation) วิธีการทำให้เกิดครีม (creaming) วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (electro decantation) และวิธีการปั่น (centrifuging) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมและทำกันเป็นการค้ามากที่สุดประมาณร้อยละ 90 ของการผลิตน้ำยางข้นทั้งหมด โดยที่คุณภาพน้ำยางสดเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำยางข้นที่จะผลิต ดังนั้นสมบัติบางประการของน้ำยางสดจึงต้องตรวจสอบและควบคุม [9]

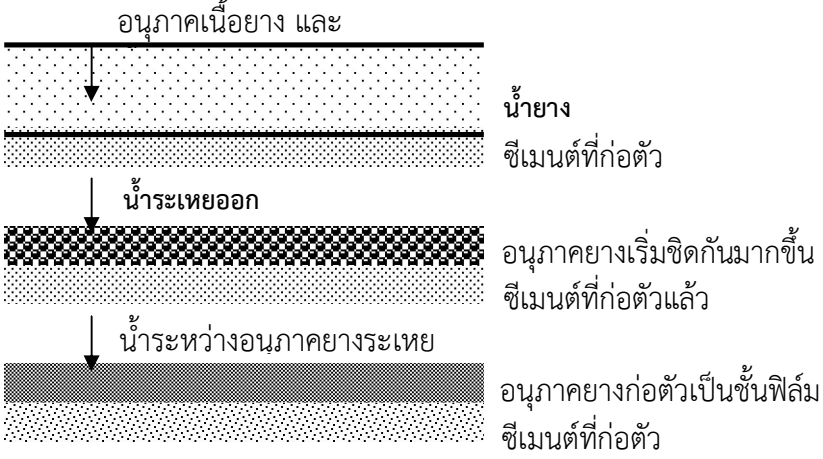
การผลิตน้ำยางข้นในประเทศส่วนใหญ่รักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยปริมาณแอมโมเนียมาก (HA) จะมีเพียงส่วนน้อยที่รักษาสภาพด้วยปริมาณแอมโมเนียร่วมกับสารช่วยบางชนิด มักเป็นระบบ LA-TZ อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการรักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยระบบที่อยู่ระหว่าง HA กับ LA ซึ่งเรียกกันว่าน้ำยางชนิด MA (medium ammonia) โดยขณะนี้ได้มีการซื้อน้ำยางชนิดนี้ตามความต้องการของคู่ค้า โดยข้อขีดจำกัดของสมบัติต่าง ๆ ของน้ำยางข้น โดยมาตรฐาน ISO นั้น ได้กำหนดสมบัติที่สำคัญเพื่อใช้ในการคำนวณเพื่อออกส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยางเป็นองค์ประกอบ คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (total solids content; TSC) และปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content; DRC)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากทฤษฎีหรือองค์ความรู้เรื่องคอนกรีตบล็อก ปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ และยางพารา ซึ่งจะนำไปสู่งานในโครงการวิจัย มีดังต่อไปนี้

1) การก่อตัวระหว่างคอนกรีตและน้ำยางพารา

ในปี ค.ศ. 1987, Ohama [16] ได้อธิบายการก่อตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางไว้ว่า น้ำยางที่ใช้ผสมจะอยู่ในรูปของสารแขวนลอย (Emulsion) โดยอนุภาคของโพลิเมอร์ (Polymer) จะแขวนลอยอยู่ในน้ำยางเหลว ซึ่งเมื่อผสมน้ำยางเข้ากับคอนกรีตแล้ว จะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น 2 ส่วน คือ 1) ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) จากซีเมนต์ผสมกับน้ำ และ 2) ปฏิกิริยาการก่อตัวเป็นฟิล์ม (Film) ที่เกิดจากอนุภาคของโพลิเมอร์มารวมตัวกัน (Coalesce) ซึ่งการก่อตัวของชั้นฟิล์มเสมือนเป็นเนื้อเดียวกันกับคอนกรีต ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานหรือตัวยึด (Binder) ระหว่างมวลรวมเข้าด้วยกันเป็นคอนกรีต ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการก่อตัวของชั้นฟิล์มจากน้ำยางในคอนกรีต

2) การนำยางพารามาใช้พัฒนางานคอนกรีต

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ และคณะฯ [17] ได้ศึกษาการนำยางพารามาใช้พัฒนางานคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยางในคอนกรีตอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาถึงความสามารถเทได้ และกำลังรับแรงของคอนกรีตผสมน้ำยางในสัดส่วน P/C = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนผสมคอนกรีตใช้ ซีเมนต์: ทราย: หิน เป็น 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก บ่มความชื้น 7 วัน ตามด้วยบ่มแห้งในอากาศที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า น้ำยางผสมกับคอนกรีตได้ ด้วยการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ สัดส่วน 4% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ด้านความสามารถเทได้พบว่า คอนกรีตจะยุบตัวแบบฮวบทั้งหมด ในด้านกำลังพบว่า คอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงประมาณ 60% และมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณน้ำยางเพิ่มขึ้น โดยลักษณะการวิบัติจะมีเส้นใยขนาดเล็กสีขาวยึดรั้งไว้ สำหรับกำลังรับแรงดัดพบว่า ลดลงประมาณ 10% ในแต่ละค่า P/C ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาการบ่มแห้งในอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 14 และ 28 วัน ที่ P/C = 0.15 และ 0.20 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตจะสูงขึ้นมากกว่าคอนกรีตปกติ เนื่องจากอนุภาคเนื้อยางเกาะตัวกันเป็นชั้นฟิล์มที่แข็งแรงขึ้น จากผลการวิจัย เสนอแนะให้เลือกใช้ที่ W/C = 0.4 และ P/C = 0.15 ซึ่งจะได้กำลังรับแรงดัดมากกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุบ่มแห้ง 14 วัน ขึ้นไป อย่างไรก็ตามยังไม่เหมาะกับงานโครงสร้างที่ต้องรับแรงอัด แต่อาจเหมาะกับงานซ่อมแซม เนื่องจากการยืดเหนี่ยวของน้ำยาง จะมีประโยชน์ในการเป็นตัวประสานกับคอนกรีตเดิม ทั้งนี้จึงควรศึกษาหาวิธีการพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังของคอนกรีตเพิ่มเติมเพื่อจะได้นำไปใช้งานในด้านอื่นเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งควรศึกษาในด้านของคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนอีกด้วย ว่าเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่

3) การใช้น้ำยางพาราผสมในคอนกรีตมวลเบา

ประชุม คำพุฒ [18] ได้ศึกษาการใช้น้ำยางพาราผสมในคอนกรีตมวลเบา พบว่า คุณสมบัติทางด้านความหนาแน่นและการเป็นฉนวนความร้อนไม่สามารถทำให้ดีกว่าคอนกรีตมวลเบาที่จำหน่ายในท้องตลาดได้ แต่คุณสมบัติด้านกำลังอัดและกำลังดัดสูงขึ้นมาก ซึ่งหากนำสมบัติที่ดีในการดำเนินงานที่ผ่านมาดังกล่าว มาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติที่ด้อยของคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นมาก

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง และความแข็งแรงต่ำได้ ก็จะสามารถผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกแบบใหม่ที่มีจุดเด่นในด้านการป้องกันการดูดซึมน้ำ และการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี ซึ่งถ้าผลการวิจัยสำเร็จตามแนวคิดและแนวโน้มที่ได้จากการลองทดลองในขั้นต้นดังที่กล่าวมาแล้ว คอนกรีตบล็อกนี้จะมีสมบัติด้านการเป็นฉนวนกันความร้อนใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบา (คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีสมบัติการเป็นฉนวนต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบา ประมาณ 4-5 เท่า) มีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบาและคอนกรีตบล็อกทั่วไปมาก (การป้องกันการดูดซึมน้ำนี้นับเป็นจุดเด่นมากๆ) กำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบามาก กล่าวโดยสรุปคือ หากนำน้ำยางพาราผสมในคอนกรีตคาดว่าคุณสมบัติเกือบทุกอย่างจะดีกว่าคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบา ยกเว้นน้ำหนักต่อก้อนเท่านั้นที่ยังสูงกว่าคอนกรีตมวลเบา (หนักเท่ากับคอนกรีตบล็อกทั่วไป) ซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้กับโครงการบ้านจัดสรรมาก เพราะจุดประสงค์หลักที่บ้านจัดสรรใช้คอนกรีตมวลเบาในการก่อสร้างก็เพียงเพื่อการประหยัดพลังงาน ส่วนในเรื่องน้ำหนักที่เบาเป็นจุดประสงค์รอง ซึ่งหากเป็นเช่นนี้คอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราที่ได้ จะน่าใช้งานมากกว่า โดยมีข้อได้เปรียบที่ราคาต่อก้อนถูกกว่าคอนกรีตเบามาก (ราคาใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป)

4) การนำยางพารามาปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ

ประชุม คำพุฒ [19] ได้ศึกษาการนำยางพารามาปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ ทำการทดลองออกแบบส่วนผสมโดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อทรายบดละเอียดเท่ากับ 1: 1 โดยน้ำหนัก ปริมาณผงอลูมิเนียมเท่ากับร้อยละ 0.3 ของส่วนผสมทั้งหมด อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.50 โดยน้ำหนัก (ไม่รวมน้ำหนักของน้ำในน้ำยางพารา) ปริมาณปูนขาวเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และปริมาณยิปซัมเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ในการเตรียมน้ำยางพาราใช้สารแอมโมเนียเหลวเข้มข้นร้อยละ 15 ในสัดส่วนร้อยละ 3 ของน้ำหนักยาง คอนกรีตต้องผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ใช้อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0, 0.10, 0.15 และ 0.20 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ ตามลำดับ ทำการผสมและอบไอน้ำตามมาตรฐาน มอก. นำมาทดสอบค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร, ค่ากำลังอัดและดัด ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ค่าการดูดกลืนน้ำที่อายุ 7 และ 28 วัน ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ ตามมาตรฐาน ASTM พบว่า ค่าการดูดกลืนน้ำจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์เมื่อผสมน้ำยางพารามากขึ้นทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำมากขึ้น ค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับปริมาณของอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ โดยที่เมื่อผสมน้ำยางพารามากขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นลดลง ค่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาจะแปรผกผันกับปริมาณอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ในขณะที่ค่ากำลังดัดของคอนกรีตจะแปรผันตรงกับปริมาณอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ โดยที่เมื่อผสมน้ำยางพารามากขึ้นค่ากำลังอัดจะลดลงแต่ค่ากำลังดัดจะเพิ่มขึ้น ร้อยละการหดตัวจะน้อยลงเมื่อมีอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์มากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาโดยรวมจะยังไม่สามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงความยาวหรือไม่

5) การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมน้ำยางพารา

ประชุม คำพุฒ [20] ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมน้ำยางพารา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำยางธรรมชาติ (ยางพารา) มาผสมในคอนกรีตบล็อกเพื่อพัฒนาคุณสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อน โดยใช้อัตราส่วนยางพาราต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.025, 0.050 และ 0.075 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่น เท่ากับ 1: 4 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.40 (ไม่คิดปริมาณน้ำในน้ำยางพารา) และใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุร้อยละ 4 ของน้ำหนักยางพารา โดยปริมาณยางพาราต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมมากที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ เท่ากับ 0.075 มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 4.80 ค่ากำลังอัดและกำลังดัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 96 กก./ตร.ซม. และ 52 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนนั้นมีค่าต่ำมาก เท่ากับ 0.139 วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วแสดงว่าน้ำยางพาราสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มได้ โดยช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีความสามารถในการรับกำลังดัดได้สูงขึ้น ดูดซึมน้ำต่ำลง และมีสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา

ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราจากผลการวิจัยกับคอนกรีตบล็อก และคอนกรีตมวลเบาที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 2.8 สมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพารา (P/C = 0.075) คอนกรีตบล็อก และคอนกรีตมวลเบา

สมบัติ	คอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพารา	คอนกรีตบล็อกในท้องตลาด	คอนกรีตมวลเบาในท้องตลาด
ค่าความหนาแน่น (ก./ลบ.ซม.)	1.91	2.2	0.7 – 0.9
ค่าการดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)	4.80	6.5	~ 25
ค่ากำลังอัด (กก./ตร.ซม.)	96	128	> 50
ค่าโมดูลัสการแตกร้าว (กก./ตร.ซม.)	52 – 79	14 – 21	8
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์/เมตร.เคลวิน)	0.139	0.502	0.089-0.132

จากตารางที่ 2.8 เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า น้ำยางพาราสามารถพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลได้ดี ซึ่งคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพารานี้ มีความสามารถในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบาและคอนกรีตบล็อกทั่วไปในท้องตลาด แต่ดีกว่าในด้านความทึบน้ำ ความสามารถในการรับแรงอัดและแรงดัดที่สูง ตลอดจนมีราคาที่ถูกพอๆ กับคอนกรีตบล็อกทั่วๆ ไป โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 1 บาท ต่อคอนกรีตบล็อก 1 ก้อน จากผลการวิจัยดังกล่าวจึงสมควรนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก สำหรับใช้ในงานวัสดุก่อที่ต้องการรับกำลังสูง และมีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

6) การศึกษาสมบัติของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

ประชุม คำพุฒ ได้ศึกษาผลจากการผสมน้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์หรือชนิดวัลคาไนซ์ด้วยอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.000, 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.175, 0.200, 0.225, 0.250, 0.275 และ 0.300 โดยน้ำหนัก ลงในมอร์ต้าร์ปูนทราย (อัตราส่วนปูนซีเมนต์:ทราย:สารลดแรงตึงผิว:น้ำ เท่ากับ 1:2.75:0.04:0.5 โดยน้ำหนัก) และมอร์ต้าร์ปูนทรายหินฝุ่น (อัตราส่วนปูนซีเมนต์:ทราย:หินฝุ่น:สารลดแรงตึงผิว:น้ำ เท่ากับ 1:2:2:0.04:0.5 โดยน้ำหนัก) แล้วทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล พบว่า การผสมน้ำยางพาราสามารถพัฒนาสมบัติทางกายภาพของมอร์ต้าร์ปูนทรายและมอร์ต้าร์ปูนทรายหินฝุ่นให้ดีขึ้น ได้แก่ ความหนาแน่น, การดูดซึมน้ำ, การเปลี่ยนแปลงความยาว และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ทั้งนี้เป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำยางพาราและปูนซีเมนต์ที่กลายเป็นแผ่นฟิล์ม ซึ่งมีการดูดซึมน้ำ, ความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำ นอกจากนี้มอร์ต้าร์ปูนทรายหินฝุ่นที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ไม่เกิน 0.050 โดยน้ำหนัก ยังมีสมบัติทางกลที่ดีขึ้นด้วย ได้แก่ ความต้านทานแรงอัด และความต้านทานแรงดัด เนื่องจากน้ำยางพาราชนิดวัลคาไนซ์เป็นน้ำยางพาราที่ถูกพัฒนาสมบัติต่างๆ ให้ดีกว่าน้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์ แต่สำหรับมอร์ต้าร์ที่ผสมน้ำยางพาราอื่นๆ กลับมีสมบัติทางกลที่แย่ลง ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า มอร์ต้าร์ปูนทรายหินฝุ่น จะมีสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดีกว่ามอร์ต้าร์ปูนทราย และการผสมน้ำยางพาราชนิดวัลคาไนซ์ในมอร์ต้าร์ จะให้สมบัติทางกลที่ดีกว่าน้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์ ส่วนสมบัติทางกายภาพจะใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่า น้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์หรือชนิดวัลคาไนซ์ที่ลงในมอร์ต้าร์ปูนทรายและมอร์ต้าร์ปูนทรายหินฝุ่นนั้น มีแนวโน้มที่จะพัฒนาเป็นสารผสมเพิ่มสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสมหลัก เพื่อพัฒนาสมบัติด้านความหนาแน่น ความทึบน้ำ และการเป็นฉนวนป้องกันความร้อน อย่างไรก็ตามน้ำยางพาราดังกล่าวก็ยังมีปัญหาต่อความต้านทานแรงอัด และความต้านทานแรงดัดที่ลดลงในหลายๆ อัตราส่วน ดังนั้นการพัฒนาต่อไปจึงควรเพิ่มวัสดุจำพวกเส้นใยเข้าไปในส่วนผสมเพื่อแก้ไขปัญหาด้านสมบัติทางกล

7) อิฐมวลเบาจากเถ้าแกลบ [6]

ดร.วัชระ เพิ่มชาติ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) ได้ทดสอบสมบัติของอิฐมวลเบาที่ใช้วัตถุดิบต่างชนิด เช่น ปูนซิเมนต์ ทราย โฟม ขี้เถ้าลอยจากแกลบ และขี้เถ้าลอยจากถ่านหิน เปรียบเทียบกับอิฐมอญและอิฐบล็อกธรรมดา ในเรื่องน้ำหนัก กันความร้อน และต้นทุน ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนผสมเถ้าลอยของทั้งถ่านหินและแกลบที่ร้อยละ 12.5 โดยน้ำหนักจะให้ค่าความแข็งแรงของวัสดุสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าหากผสมขี้เถ้าลอยในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การนำความร้อนของอิฐมวลเบาลดลงตามอัตราส่วน ขณะที่อิฐผสมเถ้าลอยแกลบจะให้ค่าการนำความร้อนต่ำกว่าเถ้าลอยถ่านหิน

8) คอนกรีตบล็อกจากเถ้าลิกไนต์ [21]

มนต์ชัย วงศ์สันติราษฎร์, สราวุธ แขวงจันอัด, นพดล แตงฉ่ำ และมาณัติ ภมะราภา สาขาเทคโนโลยีโยธา ภาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เป็นการทดสอบนำเอาเถ้าลอยมาใช้ผสมทำคอนกรีตบล็อก เพื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณสูง โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัด หน่วยแรงดัด อัตราการดูดกลืน และความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอย เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกจากร้านไพศาลวัสดุ อ.เมือง จ.ราชบุรี

จากการทดสอบที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่า การนำเถ้าลอยไปแทนที่ปูนซีเมนต์ในการทำคอนกรีตบล็อกสามารถลดปริมาณปูนซีเมนต์ได้ และสามารถรับกำลังแรงอัด แรงดัด และอัตราการดูดกลืนน้ำมากกว่าคอนกรีตบล็อกจากร้านไพศาลวัสดุ อ.เมือง จ.ราชบุรี

9) คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบ

ประชุม คำพุฒ ได้ศึกษาการใช้เถ้าแกลบในการพัฒนาคอนกรีตบล็อกให้มีน้ำหนักเบา และมีความเป็นฉนวนกันความร้อน โดยการใช้เถ้าแกลบผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ทราย และน้ำ ในอัตราส่วนต่างๆ แล้วอัดขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องไฮโดรลิก จากนั้นจึงทำการทดสอบความต้านทานแรงอัด การดูดซึมน้ำ และความเป็นฉนวนกันความร้อน โดยการใช้ห้องทดสอบภาคสนาม จากการศึกษาพบว่า ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบมีค่าผ่านตามที่มาตรฐาน มอก. กำหนด และมีน้ำหนักที่เบากว่าคอนกรีตบล็อกปกติถึงกว่าร้อยละ 50 แต่สำหรับผลการทดสอบการดูดซึมน้ำกลับเพิ่มขึ้นกว่าคอนกรีตบล็อกปกติ แต่ก็ยังถือว่าต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด ส่วนผลการทดสอบความเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบในห้องทดสอบภาคสนามนั้น คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบจะมีความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปค่อนข้างมาก