



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การใช้น้ำอย่างพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสม
เศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทในงานก่อผนังฉาบปูน

โดย ประชุม คำพุฒ

สิงหาคม 2555

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การใช้น้ำอย่างพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสม
เศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทในงานก่อผนังฉาบปูน

คณะผู้วิจัย

สังกัด

นายประชุม คำพุ่ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ชุดโครงการวิจัยขนาดเล็ก เรื่อง ยางพารา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การใช้น้ำยางพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทในงานก่อผนังฉาบปูน
(ภาษาอังกฤษ) Using of Para-rubber to Develop Properties of Concrete Block Mixed with Ethylene Vinyl Acetate Plastics in Masonry

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล นายประชุม คำพุฒ
หน่วยงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ที่อยู่ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
โทรศัพท์/โทรสาร 0 2549 3417 / 0 2549 3412 E-mail address choomy_gtc@hotmail.com

นักศึกษา / ผู้ร่วมวิจัย ว่าที่ร้อยโทกิตติพงษ์ สุวีโร, นายรัชชัย อริยะสุทธิ, และนางสมพิศ ตันตวรนาท

งบประมาณทั้งโครงการ 120,000 บาท ระยะเวลาดำเนินการ 9 เดือน

ปัญหาที่ทํารว้จ้ยและความสำคัญ

คอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุก่อผนังของอาคารทั่วไปที่มีการฉาบปูนเพื่อความสวยงามและป้องกันการสัมผัสแสงแดด ซึ่งจากโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่อง การใช้น้ำยางพาราพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อก สัญญารับทุนเลขที่ RDG5050069 ประจำปี 2550 ที่ผ่านมา พบว่า น้ำยางพาราสามารถพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกด้านต่างๆ ได้ดี โดยเฉพาะความทึบน้ำ ความต้านทานแรงดึง และความต้านทานแรงดัด ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญของคอนกรีตบล็อกขณะรับแรงในรูปแบบต่างๆ เนื่องจากอนุภาคของน้ำยางพาราที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกสามารถจับตัวเป็นแผ่นฟิล์มหุ้มอนุภาคของคอนกรีต โดยบริษัท เอ.เอ็ม.ที. ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ซึ่งเป็นบริษัท ออกแบบและก่อสร้างอาคาร รวมถึงระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานรายหนึ่งของประเทศ ได้นำไปผลิตจำหน่ายและใช้งานในโครงการก่อสร้างของหน่วยงานต่างๆ ในลักษณะของการผลิตตามใบสั่งซื้อ ซึ่งบริษัทฯ ได้แนะนำเพิ่มเติมในส่วนของการพัฒนาน้ำหนักคอนกรีตบล็อกที่เบากว่าเดิม ในขณะที่ยังสามารถใช้เครื่องจักรและขบวนการผลิตใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราแบบเดิมได้ ดังนั้นวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวจึงต้องแทนที่มวลรวมน้ำหนักมากของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราดั้ววัสดุที่มีน้ำหนักเบา ซึ่งพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทหรืออีวีเอ (EVA, Ethylene Vinyl Acetate) ก็เป็นขยะพลาสติกที่มีน้ำหนักเบา เช่น รองเท้าแตะ และพื้นรองเท้ากีฬา เป็นต้น แม้ว่าปัจจุบันจะมีการนำพลาสติกอีวีเอมาหลอมและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติด้อยลงกว่าเดิม จึงจำเป็นต้องเติมสารเติมแต่งต่างๆ ลงไป ซึ่งจะเพิ่มต้นทุนอย่างมากให้กับภาคอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์รองเท้า ที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกรายใหญ่อันดับที่ 5 ของโลก รองจากจีน เวียดนาม อินโดนีเซีย และบราซิล ในปี 2549 มีจำนวนโรงงานผลิตรองเท้ากว่า 1,000 โรงงาน มีมูลค่าการส่งออกรวมกว่า 3.3 หมื่นล้านบาท จากกระบวนการผลิตรองเท้าดังกล่าวจะเหลือเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจากการขึ้นรูปเป็นปริมาณมาก จากสมบัติของเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่มีความหนาแน่นต่ำ สามารถดูดซับเสียง และมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทดลองนำเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอมาผสมลงในคอนกรีตบล็อก โดยทำเป็นโครงการปริญญานิพนธ์ของนักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พบว่า เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่มีขนาดและความแข็งที่เหมาะสมสามารถผสมรวมกับปูนซีเมนต์ได้ดี ทำให้เนื้อของคอนกรีตบล็อกที่ได้จับตัวกันแน่นเสมือนเป็นมวลรวมชนิดหนึ่ง และยังช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติที่เหนือกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักต่อก้อนที่เบาเพียง 3 กิโลกรัมต่อก้อน หรือคิดเป็นความหนาแน่น 640 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่คอนกรีตบล็อกทั่วไปหนักถึงประมาณ 8 กิโลกรัมต่อก้อน หรือมีความหนาแน่น 1,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือว่าเทียบเท่ากับคอนกรีตมวลเบา รวมทั้งสามารถใช้ร่วมกับปูนก่อฉาบได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป อย่างไรก็ตามคอนกรีตบล็อกผสมเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจะมีความสมบูรณ์และใช้งานได้ดี หากมีการพัฒนาสมบัติในด้านความทึบน้ำต่ำ การรับแรงดึงและดัดด้วยการผสมน้ำยางพาราคับคู่กันไปด้วย

ดังนั้นการใช้น้ำยางพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท จะเป็นนวัตกรรมวัสดุก่อผนังที่มีสมบัติตามที่ผู้ใช้องการ อีกทั้งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ราคาถูก และสามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกได้ โดย บริษัท เอ.เอ็ม.ที. ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ได้ให้ความสนใจ สนับสนุน และพร้อมจะนำไปผลิตใช้ในโครงการและต่อยอดเชิงพาณิชย์ ตลอดจนเป็นการสร้างเสถียรภาพให้กับราคายางพาราและเพิ่มมูลค่าขยะพลาสติกชนิดหนึ่งที่แทบจะไม่มีมูลค่าให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติการลามไฟ สมบัติการนำความร้อน และสมบัติการดูดซับเสียงของคอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวน์ลอะซิเตทผสมน้ำยางพารา
2. เพื่อศึกษากระบวนการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวน์ลอะซิเตทผสมน้ำยางพารา
3. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติก เอทิลีนไวน์ลอะซิเตทผสมน้ำยางพาราในเชิงพาณิชย์

ผลการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินงานที่ผ่านมา พบว่า การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอในปริมาณมากกว่า 0.20 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทำให้ส่วนผสมจับตัวกันเป็นก้อน และไม่สามารถขึ้นรูปได้ ส่วนผลการทดสอบสมบัติต่างๆ สามารถสรุปผลได้ ดังต่อไปนี้

1. ภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 2,000 เท่า เมื่อมีการนำน้ำยางวัลคาไนซ์มาผสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ มีผลทำให้มวลรวมและสารเชื่อมประสานของคอนกรีตบล็อก ได้แก่ มอร์ตาร์, เศษพลาสติกอีวีเอ, และหินฝุ่น ถูกเคลือบและแทรกภายในโพรงหรือช่องว่างต่างๆ ด้วยแผ่นฟิล์มหรือก้อนยาง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำยางวัลคาไนซ์และปูนซีเมนต์ ทั้งนี้การที่อนุภาคของยางวัลคาไนซ์หรือโพลิเมอร์ เกิดการจับตัว (Coalesce) เป็นฟิล์ม (Film) นั้น เป็นผลมาจากการสัมผัสเข้ากับความชื้นที่ต่างกันของปูนซีเมนต์ ได้เป็นแผ่นฟิล์มหรือก้อนยางแทรกอยู่ในเนื้อคอนกรีตบล็อกดังกล่าว มีผลทำให้คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอมีช่องว่างต่อเนื่องลดน้อยลง จึงส่งผลต่อสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ

2. ความหนาแน่น น้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอส่งผลต่อความหนาแน่นที่ลดลง โดยคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์มากมีความหนาแน่นต่ำ และคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์น้อยหรือไม่มีน้ำยางเลยมีความหนาแน่นสูง ดังเห็นได้จากความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์มากที่สุด มีความหนาแน่นต่ำประมาณ 1,150 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอเดียวกันที่ไม่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ กลับมีความหนาแน่นสูงประมาณ 1,250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นฟิล์มหรือก้อนยางจากน้ำยางวัลคาไนซ์ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าคอนกรีตมาก นอกจากนี้หากมีปริมาณของน้ำยางพารามากๆ อาจทำให้แผ่นฟิล์มจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น เกิดช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกมากขึ้นอีก ซึ่งส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่ลดลง หรืออาจส่งผลต่อการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกไม่ได้

3. การดูดซึมน้ำ การเพิ่มปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอมีผลทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง ดังเห็นได้จากคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ไม่มีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีค่าการดูดซึมน้ำประมาณ ร้อยละ 13 แต่เมื่อผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงไป 0.20 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลงเหลือประมาณ ร้อยละ 9 ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นฟิล์มที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์และยางธรรมชาติ ซึ่งแทรกอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอนั้น เป็นวัสดุที่มีความทึบน้ำ ดังนั้นแผ่นฟิล์มดังกล่าวจึงสามารถลดโพรงที่เชื่อมต่อกันภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกได้ ซึ่งมีผลต่อการลดการดูดซึมน้ำได้ดี แม้ว่าน้ำยางวัลคาไนซ์มีผลทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตจนเป็นเหตุให้มีค่าความหนาแน่นลดลง แต่อาจเป็นเพราะอิทธิพลที่มากกว่าของความทึบน้ำในแผ่นฟิล์มที่ช่วยลดโพรงเชื่อมต่อ จึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำจึงลดลง โดยปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอมากที่สุด มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด ส่วนคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ไม่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด อย่างไรก็ตามทั้งหมดมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าที่มาตรฐาน มอก.58-2533 กำหนด คือ ไม่เกินร้อยละ 25 ในทุกสภาวะ

4. การหดตัวแห้ง น้ำยางวัลคาไนซ์สามารถช่วยลดค่าการหดตัวแบบแห้ง (drying shrinkage) หรือการเปลี่ยนแปลงความยาว ซึ่งเป็นการหดตัวเนื่องจากการสูญเสียความชื้นจากคอนกรีตไปสู่สิ่งแวดล้อมผ่านทางโพรงคาปิลารี โดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านความยาวหรือปริมาตรของคอนกรีตบล็อก ปกติเศษพลาสติกอีวีเอเป็นวัสดุที่มีดูดซึมน้ำ ทำให้คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอมีการหดตัวแห้งต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกปกติอยู่แล้ว และเมื่อมีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ ซึ่งอยู่ในลักษณะของแผ่นฟิล์มและก้อนยางแทรกตามเนื้อคอนกรีตบล็อก ทำให้น้ำภายในคอนกรีตบล็อกสูญเสียไปตามโพรงคาปิลารีได้ยากขึ้น ดังนั้นค่าการหดตัวแห้งหรือการขยายตัวอันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำ จึงเกิดน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่ไม่ได้ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ รวมทั้งการที่อนุภาคของยางธรรมชาติที่แทรกเป็นแผ่นฟิล์มในช่องว่างต่างๆ ช่วยให้การยึดหดตัวหรือขยายตัวทำได้ยากยิ่งขึ้น

5. กำลังอัด การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในปริมาณที่เหมาะสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ สามารถปรับปรุงสมบัติอื่นได้ โดยสมบัติด้านกำลังอัดยังคงผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดให้กำลังอัด ต้องไม่ต่ำกว่า 25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์สามารถผสมได้

สูงสุด ไม่เกิน 0.15 เท่าโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และยังคงมีกำลังอัดสูงกว่า 25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ทำให้กำลังอัดลดลงได้ โดยเป็นผลมาจากแผ่นฟิล์มและก้อนยาง ซึ่งเป็นวัสดุจำพวกโพลีเมอร์ที่มีความเหนียวและยืดหยุ่นตัวสูง แต่ไม่มีความแข็งแรงเหมือนกับมวลรวมทั่วไปเช่นเดียวกับยางธรรมชาติ ทำให้พื้นที่การรับแรงอัดลดลงเมื่อผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในปริมาณมาก

6. การลามไฟ คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ และคอนกรีตบล็อก ไม่มีการลามไฟ เนื่องจากเนื้อส่วนใหญ่ของคอนกรีตบล็อกดังกล่าวไม่มีการติดไฟ ส่วนน้ำยางวัลคาไนซ์และเศษพลาสติกอีวีเอถูกแทรกอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตบล็อก ซึ่งไม่ต่อเนื่องกันแม้มีการหลอมละลายบ้าง แต่ไม่มีการลุกติดไฟหรือลามไฟ และยังคงสามารถใช้งานได้ตามปกติ ในการใช้งานจริงคอนกรีตบล็อกทั้งหมด จะถูกก่อเป็นผนังและฉาบด้วยปูนฉาบหนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร ยิ่งทำให้การลุกติดไฟเป็นไปได้ยาก เพราะการติดไฟต้องอาศัยปัจจัย 3 อย่าง คือ ความร้อน เชื้อเพลิง และอากาศ โดยปูนที่ฉาบจะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อนและอากาศให้กับคอนกรีตบล็อกขณะเกิดเพลิงไหม้

7. การดูดซับเสียง จากค่า NRC ของคอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอในการป้องกันเสียงรบกวนที่ดีในระดับปานกลาง และแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับเสียงโดยวิธีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในปริมาณที่มากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ที่แทรกอยู่ภายในคอนกรีตบล็อก ได้แก่ เศษพลาสติกอีวีเอ ก้อนยาง และฟิล์มยาง ซึ่งสามารถช่วยดูดซับพลังงานเสียงได้ดี โดยสามารถเทียบเท่าการใช้พรหมนาๆ มาเป็นวัสดุดูดซับเสียง

8. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน น้ำยางวัลคาไนซ์สามารถช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอลงได้ โดยปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมไปมากที่สุด ช่วยลดสัมประสิทธิ์การนำความร้อนได้ดีที่สุด ดังเห็นได้จากการผสมปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ เท่ากับ 0.20 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าต่ำกว่าที่ปริมาณ 0.05 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และต่ำกว่าที่ไม่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ เนื่องจากยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี ประกอบกับขณะทำการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงไปก็มักจะเกิดฟองอากาศขึ้นภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกขึ้นจำนวนหนึ่ง ซึ่งทำให้ความหนาแน่นและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดต่ำลง

9. ฉนวนป้องกันความร้อน คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีแนวโน้มที่สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องได้ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ไม่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ ประมาณเกือบ 1 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปถึงประมาณ 2 องศาเซลเซียส โดยสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกทั่วไป เนื่องจากยางธรรมชาติที่แทรกอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกมีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดังนั้นความร้อนจึงไม่สามารถที่จะทะลุผ่านเข้ามาในผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติก อีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ได้มากนัก ทำให้อุณหภูมิภายในห้องที่ก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกดังกล่าวต่ำกว่าอุณหภูมิในห้องที่ก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกทั่วไปหรือคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ไม่มีน้ำยางวัลคาไนซ์

10. การเสื่อมสภาพ คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ สามารถก่อเป็นผนังในสถานที่จริง ซึ่งต้องสัมผัสกับลม ฝน และแสงแดด ได้ โดยไม่มีการเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังสามารถฉาบได้ด้วยปูนฉาบหรือมอร์ตาร์ทั่วไปและไม่มีปัญหาแตกร้าวให้เห็น

11. เศรษฐศาสตร์ด้านต้นทุน เปรียบเทียบต้นทุนทั้งหมดของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์, และอิฐมวลเบาในท้องตลาด เห็นได้ว่า ต้นทุนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ (ประมาณ 2.57 – 9.31 บาท/ก้อน) คิดเป็นประมาณ ร้อยละ 10 ถึง 30 ของราคาอิฐมวลเบาในท้องตลาด (ประมาณ 25 – 30 บาท/ก้อน) โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์และปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์เป็นสมการ คือ ต้นทุน = 1.6848 (ปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์เป็นเท่าโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ที่ใช้) + 0.8874

สรุปผลการวิจัย

น้ำยางวัลคาไนซ์ สามารถปรับปรุงสมบัติบางประการของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอได้ดี โดยลดความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การหดตัวแห้ง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน รวมทั้งเพิ่มสมบัติการดูดซับเสียง ฉนวนป้องกันความร้อน และไม่ลามไฟ แต่การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ที่มากเกินไป มีส่วนทำให้กำลังอัดลดลง และต้นทุนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอสูงขึ้นได้ โดยปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ เท่ากับ 0.15 เท่าโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (อัตราส่วน P0.15) มีสมบัติที่ดีขึ้น ผ่านตามมาตรฐาน มอก.58-2533 และต้นทุนไม่สูงมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อผนังในท้องตลาด ได้แก่ คอนกรีตบล็อก, และอิฐมวลเบาพบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีสมบัติที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปในทุกๆ ด้าน โดยมีสมบัติใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา แต่มีต้นทุนต่ำกว่าอิฐมวลเบามาก นอกจากนี้ น้ำยางวัลคาไนซ์ยังช่วยลดปัญหาการดูดซึมน้ำ ทำให้คอนกรีต

บล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฉาบด้วยปูนฉาบหรือมอร์ตาร์ทั่วไปได้ดี ทั้งนี้สามารถสรุปสมบัติและต้นทุนของคอนกรีตบล็อกต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

ตาราง สมบัติของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ 0.15 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อก และอิฐมวลเบาประเภท ACC ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

สมบัติ	คอนกรีตบล็อก เศษพลาสติกอีวีเอ ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์	คอนกรีตบล็อก ในท้องตลาด	อิฐมวลเบา ประเภท ACC ในท้องตลาด	คอนกรีตบล็อก ชนิดไม่รับน้ำหนัก (มอก.58-2533)
ค่าความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	1,169.59	2,177.12	700 – 900	-
ค่าการดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)	9.33	5.06	~ 25	< 25 (ความชื้น น้อยกว่าร้อยละ50)
ค่ากำลังอัด (กก./ตร.ซม.)	25.74	79.44	30 – 50	> 25 (เฉลี่ย5ก้อน), > 20 (แต่ละก้อน)
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์/เมตร.เคลวิน)	0.153	0.432	0.132	-
ต้นทุน (บาท/ก้อน)	7.63	2.91	25 – 30	-

เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีสมบัติต่างๆ ที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกในท้องตลาด และใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบาประเภท ACC แต่คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์มีสมบัติที่ดีกว่าคอนกรีตมวลเบาประเภท ACC ในด้านความทึบน้ำ และมีราคาถูกพอๆ กับคอนกรีตบล็อก จากผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกสำหรับจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ซึ่งมีน้ำหนักเบา ทึบน้ำ กำลังอัดผ่านตามมาตรฐาน และมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะควรวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

สำหรับข้อเสนอแนะของการนำน้ำยางวัลคาไนซ์มาผสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสมบัติในด้านต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกต่อไป มีดังนี้

1. ควรทำการทดสอบสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น การกักกรองของกรดซัลฟูริก และสารละลายซัลเฟต เป็นต้น เพื่อให้ทราบว่า น้ำยางวัลคาไนซ์ สามารถนำไปพัฒนาสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติมได้หรือไม่
2. จากผลการศึกษาคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ พบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำยางวัลคาไนซ์ ไปเป็นวัสดุผสมเพิ่มในคอนกรีตบล็อกชนิดอื่นๆ เพื่อพัฒนาสมบัติในด้านความหนาแน่น การหดตัวแห้ง การดูดซึมน้ำ กำลังอัด และความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ซึ่งจะเป็นจุดเด่นในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงาน

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

1. บทความตีพิมพ์ลงในวารสารวิชาการ
2. บทความการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำยางวัลคาไนซ์มาผสมในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอเพื่อพัฒนาคุณสมบัติ โดยใช้ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเศษพลาสติกอีวีเอต่อหินปูนต่อน้ำ เท่ากับ 1: 0.5: 4: 1.6 อัตราส่วนน้ำยางวัลคาไนซ์ต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, และ 0.45 โดยน้ำหนัก และใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุร้อยละ 4 ของน้ำหนักยางแห้ง อัตราส่วนน้ำยางวัลคาไนซ์ต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมมากที่สุดครั้งนี้ เท่ากับ 0.15 มีความหนาแน่น ที่อายุ 14 วัน 1,169.59 กก./ลบ.ม., การดูดซึมน้ำ ที่อายุ 14 วัน ร้อยละ 9.33, กำลังอัด ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 25.74 กก./ตร.ซม., ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 0.1527 วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน, ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (2,000 เฮิรตซ์) ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 0.38, และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 0.3 เป็นสมบัติที่ดีขึ้นกว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอปกติ

คำสำคัญ: น้ำยางวัลคาไนซ์, คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ, การนำความร้อน, กำลังอัด

ABSTRACT

The aim of this research is to use vulcanized latex as an admixture for improving the properties of EVA plastic waste concrete block. In mix design, cement per EVA plastic waste per quarry dust per water ratio is 1: 0.5: 4: 1.6 w/w, vulcanized latex per cement ratios are 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, and 0.45 (by weight of cement), no-charge surfactant is 4% (by weight of vulcanized latex). The suitable ratio of vulcanized latex per cement in this testing is 0.15 (by weight of cement). The properties are obtained as follows. 1) The average density at 14 days is 1,169.59 kg/cu.m. 2) The average water absorption at 14 days is 9.33%. 3) The average compressive strength at 28 days is 25.74 ksc. 4) The coefficient of thermal conductivity at 28 days is 0.1527 watt / (m. Kelvin). 5) The absorption coefficient (2,000 hertz) at 28 days is 0.38. 6) The noise reduction coefficient at 28 days is 0.3. It can be seen that many properties are better than normal EVA plastic waste concrete blocks.

Keywords: Vulcanized latex, EVA plastic waste concrete block, Thermal conductivity, Compressive strength

สารบัญ

<u>เรื่อง</u>	<u>หน้า</u>
บทสรุปผู้บริหาร	ก
บทคัดย่อ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ซ
ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย	1
วัตถุประสงค์	1
ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง	1
สมมติฐานการดำเนินงาน	9
วิธีการ	11
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	19
สรุปผล	28
ข้อเสนอแนะ	29
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก ก บทความสำหรับการเผยแพร่	
ภาคผนวก ข กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์	
ภาคผนวก ค ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์	
ภาคผนวก ง โพสต์เตอร์	
ภาคผนวก จ แบบสรุปโครงการวิจัย	
ภาคผนวก ฉ คำชี้แจง	

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกทั่วไป	2
2	ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกช่องลมบานเกล็ด	2
3	โครงสร้างของพลาสติกอีวีเอ (EVA, Ethylene Vinyl Acetate)	6
4	ขั้นตอนการก่อตัวของชั้นฟิล์มจากน้ำยางในคอนกรีต	7
5	งานวิจัยและองค์ความรู้ของผู้วิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับคอนกรีตบล็อก พลาสติกอีวีเอ และน้ำยางพารา	10
6	เศษพลาสติกอีวีเอที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	11
7	เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่ย่อยจากการตัดด้วยมีด	12
8	เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่ย่อยด้วยเครื่องย่อยพลาสติก	12
9	แบบหล่อคอนกรีตบล็อกกลางขนาด 7x19x39 ลูกบาศก์เซนติเมตร	13
10	เครื่องผสมคอนกรีตแบบอัตโนมัติ	13
11	เครื่องย่อยพลาสติก	13
12	เครื่องอัดไฮโดรลิก	14
13	ห้องทดสอบอุณหภูมิภาคสนาม ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	14
14	ตัวอย่างการผสมวัสดุดิบของคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องผสมคอนกรีต	17
15	ตัวอย่างการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก	17
16	ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก	17
17	ภาพถ่ายด้วยกล้อง SEM กำลังขยาย 2,000 เท่า ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์	19
18	ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน	20
19	การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน	20
20	การหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน	21
21	กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุต่างๆ	22
22	ลักษณะเนื้อของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์	23
23	ลักษณะเนื้อของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ภายหลังทดสอบการลามไฟและลุกติดไฟ	23
24	ลักษณะเนื้อของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ภายหลังทดสอบการลามไฟและลุกติดไฟ	23
25	ค่า สปส.การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน	24
26	ผลการทดสอบอุณหภูมิภาคสนามของคอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ ณ ศูนย์การเรียนรู้ อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	25
27	ผลการก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์เพื่อทดสอบการเสื่อมสภาพนาน 3 เดือน	26
28	ผลการฉาบผนังที่ก่อจากคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ด้วยปูนฉาบทั่วไปนาน 3 เดือน	26
29	ผลการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ เมื่อ X = ปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ (เท่า โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์)	28

สารบัญญัตินำ

ตารางที่		หน้า
1	สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ถึง 5	4
2	สมบัติของพลาสติกอีวีเอที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณของไวโนลอะซีเตดในโมเลกุล	6
3	สูตรนํ้ายาคงรูปหรือนํ้ายาล้างคาลินซ์ของบริษัท หมิงอังก่ออุตสาหกรรมลาเท็กซ์ จำกัด	7
4	สมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมนํ้ายาล้างคาลินซ์ (P/C = 0.075) คอนกรีตบล็อก และคอนกรีตมวลเบาที่จำหน่ายในท้องตลาด	9
5	สูตรของนํ้ายาล้างคาลินซ์ (นํ้ายาล้างคาลินซ์) ที่ใช้ในการดำเนินงาน	11
6	อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอผสมนํ้ายาล้างคาลินซ์สำหรับการทดสอบ (เทียบจากนํ้าหนักปูนซีเมนต์)	15
7	อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอผสมนํ้ายาล้างคาลินซ์สำหรับการทดสอบ (เทียบจากนํ้าหนักยาง 100 ส่วน, phr)	15
8	อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอผสมนํ้ายาล้างคาลินซ์ตามที่ใช้จริง (เทียบจากนํ้าหนักปูนซีเมนต์)	16
9	สมบัติการลามไฟของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกผสมนํ้ายาล้างคาลินซ์	22
10	สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) และสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) ของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกผสมนํ้ายาล้างคาลินซ์	24
11	ต้นทุนต่อหน่วยของคอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ	27
12	ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอและคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสม นํ้ายาล้างคาลินซ์ ในปริมาณ 0.05 เท่าของนํ้าหนักปูนซีเมนต์ (บาท/ก้อน)	27
13	สมบัติของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมนํ้ายาล้างคาลินซ์ 0.15 เท่าของนํ้าหนักปูนซีเมนต์ เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อก อิฐมวลเบาประเภท ACC ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และมาตรฐานคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับนํ้าหนัก	28

ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

คอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุก่อผนังของอาคารทั่วไปที่มีการฉาบปูนเพื่อความสวยงามและป้องกันการสัมผัสแสงแดด ซึ่งจากโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่อง การใช้น้ำยางพาราพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อก สัญญารับทุนเลขที่ RDG5050069 ประจำปี 2550 ที่ผ่านมา พบว่า น้ำยางพาราสามารถพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกในด้านต่างๆ ได้ดี โดยเฉพาะสมบัติด้านความทึบน้ำ ความต้านทานแรงดึง และความต้านทานแรงดัด ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญต่อความยืดหยุ่นของคอนกรีตขณะรับแรงกระทำในรูปแบบต่างๆ เนื่องจากอนุภาคของน้ำยางพาราที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกสามารถจับตัวกันกลายเป็นแผ่นฟิล์มคอยหุ้มอนุภาคของคอนกรีต โดยบริษัท เอ.เอ็ม.ที. ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ซึ่งเป็นบริษัท ออกแบบและก่อสร้างอาคาร รวมถึงระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานรายหนึ่งของประเทศ ได้นำไปผลิตจำหน่ายและใช้งานในโครงการก่อสร้างของหน่วยงานต่างๆ ในลักษณะของการผลิตตามใบสั่งซื้อ ซึ่งบริษัทฯ ได้แนะนำเพิ่มเติมในส่วนของการพัฒนาน้ำหนักคอนกรีตบล็อกที่เบากว่าเดิม ในขณะที่ยังสามารถใช้เครื่องจักรและขบวนการผลิตใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราแบบเดิมได้ ดังนั้นวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวจึงต้องแทนที่มวลรวมน้ำหนักมากของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราด้วยวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ซึ่งพลาสติก เอทิลีนไวนิลอะซิเตทหรืออีวีเอ (EVA, Ethylene Vinyl Acetate) ก็เป็นหนึ่งในขยะพลาสติกที่มีน้ำหนักเบา เช่น รองเท้าแตะ พื้นรองเท้ากีฬา และกรวยที่กั้นถนนพลาสติก เป็นต้น แม้ว่าปัจจุบันจะมีการนำพลาสติกอีวีเอมาหลอมและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติด้อยลงกว่าเดิม จึงจำเป็นต้องเติมสารเติมแต่งต่างๆ ลงไป ซึ่งจะเพิ่มต้นทุนอย่างมากให้กับภาคอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์รองเท้า ที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกรายใหญ่ อันดับที่ 5 ของโลก รองจากจีน เวียดนาม อินโดนีเซีย และบราซิล ในปี 2549 มีจำนวนโรงงานผลิตรองเท้ากว่า 1,000 โรงงาน มีมูลค่าการส่งออกรวมกว่า 3.3 หมื่นล้านบาท จากกระบวนการผลิตรองเท้าแตะดังกล่าวจะเหลือเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจากการขึ้นรูปเป็นปริมาณมาก จากสมบัติของเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่มีความหนาแน่นต่ำ สามารถดูดซับเสียง และมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่พื้น ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทดลองนำเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอมาผสมลงในคอนกรีตบล็อก โดยทำเป็นโครงการปริญญาโทของนักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พบว่า เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่มีขนาดและความแข็งที่เหมาะสมสามารถผสมรวมกับปูนซีเมนต์ได้ดี ทำให้เนื้อของคอนกรีตบล็อกที่ได้จับตัวกันแน่นเสมือนเป็นมวลรวมชนิดหนึ่ง และยังช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติที่เหนือกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักต่อก้อนที่เบาเพียง 3 กิโลกรัมต่อก้อน หรือคิดเป็นความหนาแน่น 640 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่คอนกรีตบล็อกทั่วไปหนักถึงประมาณ 8 กิโลกรัมต่อก้อน หรือมีความหนาแน่น 1,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือได้ว่าเทียบเท่ากับคอนกรีตมวลเบา รวมทั้งสามารถใช้ร่วมกับปูนก่อฉาบได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป อย่างไรก็ตามคอนกรีตบล็อกผสมเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจะมีความสมบูรณ์และใช้งานได้ดี หากมีการพัฒนาสมบัติในด้านความทึบน้ำต่ำ การรับแรงดึงและดัดด้วยการผสมน้ำยางพาราควบคู่กันไปด้วย

ดังนั้นการใช้น้ำยางพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท จะเป็นนวัตกรรมวัสดุก่อสร้างก่อผนังที่มีสมบัติโดดเด่นในด้านต่างๆ ตามที่ผู้ใช้อย่างกว้างขวางต้องการ อีกทั้งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ราคาถูก และสามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกได้ โดย บริษัท เอ.เอ็ม.ที. ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ได้ให้ความสนใจ สนับสนุน และพร้อมจะนำไปผลิตใช้ในโครงการและต่อยอดเชิงพาณิชย์ ตลอดจนเป็นการสร้างเสถียรภาพให้กับรายทาง พาราและเพิ่มมูลค่าขยะพลาสติกชนิดหนึ่งที่แทบจะไม่มีมูลค่าให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติการลามไฟ สมบัติการนำความร้อน และสมบัติการดูดซับเสียงของคอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทผสมน้ำยางพารา
2. เพื่อศึกษากระบวนการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทผสมน้ำยางพารา
3. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทผสมน้ำยางพาราในเชิงพาณิชย์

ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

โครงการ การใช้น้ำยางพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทในงานก่อผนัง ฉาบปูน เป็นการพัฒนาต่อยอดจากผลการวิจัยเกี่ยวกับการผสมน้ำยางพาราในคอนกรีตบล็อก โดยมีทฤษฎีที่แสดงถึงทางเลือกและแนวทางการแก้ไขปัญหา ดังนี้

1. คอนกรีตบล็อก

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



รูปที่ 1 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกทั่วไป



รูปที่ 2 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกช่องลมบานเกล็ด

นอกจากคอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อกจะเป็นวัสดุก่อผนังที่ได้รับความนิยมแล้ว ยังมีวัสดุก่อผนังชนิดอื่นๆ ที่ได้รับความนิยมเช่นเดียวกัน เช่น

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

2) คอนกรีตมวลเบา หรืออิฐมวลเบา เป็นวัสดุก่ออีกชนิดหนึ่ง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของวัสดุที่สามารถที่จะใช้งานได้ดีในสภาวะสภาพอากาศที่ร้อนแรง มีน้ำหนักเบาทำให้สามารถประหยัดขนาดของ

โครงสร้าง และมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี โดยผลิตมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หินทราย, 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, หินปูน, หินทราย, น้ำ และดินลูกรัง

วัสดุที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อก จะต้องมีความแข็งแรงดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1ปูนซีเมนต์ผสมควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสมมาตรฐานเลขที่ มอก.80

2) มวลผสมคอนกรีตควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีตมาตรฐานเลขที่ มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

3) ส่วนผสมอื่น ๆ ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้กับคอนกรีตและควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

อย่างไรก็ตามบล็อกก่อผนังทั่วไปมักจะถูกออกแบบมาเพื่อที่ใช้ในเรื่องของงานก่อ เพื่อที่จะไม่ต้องทำการรับน้ำหนัก โดยทั่วไปจะมุ่งเน้นในเรื่องของกระบวนการที่ใช้ในการก่ออิฐ และการฉาบปูนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเป็นกระบวนการสำคัญที่สุดที่จะทำให้ผนังมีความแข็งแรง คงทนอยู่ได้ และยังมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการรับน้ำหนักอื่นๆที่วางทับโดยไม่เกิดการเสียหาย หรือพังทลายได้

2. ปูนซีเมนต์ (Cement)

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามมาตรฐาน ASTM C 150-2010 ได้กำหนดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับงานก่อสร้างได้ 5 ชนิด [1] ดังนี้

1.1) ชนิด 1 Normal Portland Cement บางทีเรียก Standard Portland cement เป็นชนิดมาตรฐานเหมาะที่จะใช้กับงานก่อสร้างทั่วไปโดยเฉพาะงานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete) ในงานอาคาร สะพาน ผิวถนน ลานบิน และอื่นๆ ได้ในประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้างตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว ตราเพชร และตราดอกขิกปูนซีเมนต์

1.2) ชนิด 2 Modified Portland cement เป็นชนิดที่ผลิตขึ้นเพื่อดำเนินงานเกลียวซัลเฟต เมื่อปูนซีเมนต์มีปฏิกิริยากับน้ำ (Hydration) จะเกิดความร้อนต่ำ และเพิ่มขึ้นช้ากว่าปูนซีเมนต์ชนิด 1 เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานคอนกรีตมวล (Mass Concrete) อุณหภูมิจะค่อยๆเพิ่มไม่ทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนในคอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร

1.3) ชนิด 3 High-early strength Portland cement เป็นชนิดของปูนซีเมนต์ ที่ให้กำลังรวดเร็วในช่วงอายุ 24 ชั่วโมง จะมีความแข็งแรงของคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ชนิดนี้ ที่อายุ 3 วัน และอายุ 7 วัน เท่ากับปูนซีเมนต์ชนิด 1 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 มีอัตราความร้อนต่ำและกำลังที่เพิ่มขึ้นช้า ๆ เหมาะที่จะเลือกใช้กับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่

1.5) ชนิด 5 Sulfate – resistant Portland cement เป็นการจงใจให้ดำเนินการต้านทานซัลเฟต เช่น การสร้างในบริเวณใกล้ทะเล หรือมีฉนวนกันอยู่ในดินเค็ม เทียบปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ได้กับตามปลาน้ำของ บริษัทปูนซีเมนต์เอเชีย

ตารางที่ 1 สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ถึง 5

ข้อกำหนดทางเคมีเพิ่มเติม	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท				
	1	2	3	4	5
C ₃ S	49	46	56	25	43
C ₂ S	25	29	15	50	36
C ₃ A	12	6	12	5	5
C ₄ AF	8	12	8	12	13
ความละเอียด (เบลน,ตร.ชม/กรัม)	3,000	3,000	4,500	3,000	3,000
กำลังอัด (3 วัน,กก/ชม)	180	150	310	80	120
ความร้อนปฏิกิริยา (28 วัน, จูล/กรัม)	400	330	430	270	310

หมายเหตุ กำลังอัดวัดจากลูกบาศก์มอร์ตาร์ขนาด 50 มิลลิเมตร

ส่วนปูนซีเมนต์ตราเสือ ตราภูเขา และตรานกอินทรี เป็นพวกซิลิกาซีเมนต์ โดยนำทราย หรือหินบดให้ละเอียด ผสมเข้าไปในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด ปริมาณร้อยละ 25 – 30 เพื่อให้มีคุณสมบัติง่ายต่อการใช้งาน [1] ลดการหดตัวเมื่อเกิดการก่อตัวของปูนซีเมนต์ ทำให้ไม่เกิดการแตกร้าว ราคาถูก เหมาะสำหรับอาคารเล็กและงานก่ออิฐฉาบปูน เพราะไม่รับกำลังมากนัก

2) องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วยออกไซด์หลัก (Major Oxides) และออกไซด์รอง (Minor Oxides) ออกไซด์หลักได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ (CaO), ซิลิกา (SiO₂), อลูมินา (Al₂O₃) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe₂O₃) รวมกันได้กว่าร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์รอง (Minor Oxide) ได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ออกไซด์ของอัลคาไล (Na₂O) และ (K₂O) ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO₃) และยังมีส่วนประกอบของออกไซด์อื่นผสมอยู่บ้าง เช่น ไทเทเนียมออกไซด์ (TiO₂) และฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ (P₂O₅) นอกจากนี้ยังมีสิ่งแปลกปลอมและส่วนประกอบอื่นซึ่งจะจัดรวมอยู่ในการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition) และกากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง (Insoluble residue) ออกไซด์เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันและรวมตัวกันอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่างๆ ขึ้นอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่างๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและการเย็นลงของปูนเม็ด ขนาดและรูปร่างของสารประกอบสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาส่องดู ได้สารประกอบที่สำคัญมีอยู่ 4 ชนิด คือ

- 2.1) ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium Silicate) 3CaO.SiO₂ (C₃S)
- 2.2) ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate) 2CaO.SiO₂ (C₂S)
- 2.3) ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium Aluminate) 3CaO.Al₂O₃ (C₃A)
- 2.4) เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ (Tetracalcium Aluminoferite) 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃ (C₄AF)

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 โดยการหาความสามารถในการแข็งตัวของซีเมนต์เพสต์ (Hardened Cement Paste) ที่คงอยู่ในสภาพปริมาตรภายหลังการก่อตัวแล้ว

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

3.5) กำลัง (Strength) ASTM C 109 หมายถึง ความสามารถในการรับกำลังอัด (Compressive strength) ปูนซีเมนต์ในลักษณะที่เป็นคอนกรีตประการหนึ่ง กับการทดสอบกำลังอัดด้วยก้อนลูกบาศก์ของมอร์ตาร์ (Mortar) ตามมาตรฐาน ASTM 109 โดยนำก้อนตัวอย่างทดลองไปกดตามอายุ 7 และ 28 วัน ผลลัพธ์จะเป็นการรับกำลังต่อหน่วยพื้นที่ เช่น กก./ตร.ชม. เป็นต้น ส่วนการ

ทดสอบการรับแรงดึง (Tensile Strength) หล่อมอร์ตาร์ รูปปริเคท (Briquettes) เป็นรูปโค้งห้วน 2 ข้าง เพื่อการจับยึดตอนกลางมีพื้นที่ 1 ตารางนิ้ว มีการทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM C 190 และ BS 12 กำลังต่อหน่วยพื้นที่เช่นเดียวกัน

3.6) ความร้อนที่เกิดเนื่องจากปฏิกิริยากับน้ำ (Heat of Hydration) เป็นความร้อน ที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ในปูนซีเมนต์ธรรมดา (Normal) ชนิด 1 มีค่าระหว่าง 85 -100 แคลอรีต่อกรัม ส่วนปูนซีเมนต์ (Low - Heat) ชนิด IV เกิดความร้อนขึ้นประมาณ 60 - 70 แคลอรีต่อกรัม เมื่อเกิดความร้อนสะสมมากขึ้นเป็นอันตรายต่อคอนกรีต จึงได้มีการควบคุมความร้อน โดยใช้ น้ำแข็งทำให้มวลรวมเย็นลง แต่ในการหล่อคอนกรีต เชื้อเพลิงใหญ่ ๆ ใช้ท่อน้ำเย็น (Cooling Pipe) วังผ่าน นอกจากนี้ อาจต้องปรับจำนวนไตรแคลเซียมซิลิเกตและไตรแคลเซียมอลูมินेटด้วย เป็นต้น

3.7) การทดสอบความชื้นเหลว (Consistency test) โดยการทดลองใส่น้ำลงร้อยละ 25 โดยน้ำหนักในปูนซีเมนต์จำนวน 500 กรัม แล้วนำเครื่องทดสอบไวแคทด้านที่เรียก Plunger มาปล่อยในซีเมนต์เพสต์ให้จมในเวลา 30 วินาที อ่านค่าทรุดตัว (Penetration) เป็น มิลลิเมตร จากนั้นเติมน้ำขึ้น 1-2 ลูกบาศก์เซนติเมตร จนกระทั่งน้ำรวมทั้งเส้นที่ทดลองผสมประมาณร้อยละ 30 นำค่ามาเขียนกราฟเส้นนอน เป็นระยะการทรุดตัวของ Plunger ด้านตั้งเป็นจำนวนน้ำ ลูกบาศก์เซนติเมตร (CC) ให้ลากเส้น จากส่วนการทรุดตัวที่ 10 มิลลิเมตร ไปสัมผัสกับเส้นโค้งในกราฟ แล้วขีดเส้นฉากไปทางเส้นตั้งที่แสดงจำนวนน้ำที่ใส่คิดเป็นร้อยละ จากนั้นก็เอาจำนวนน้ำ ตั้ง แล้วหารด้วยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (ตราเดียวกัน) คูณด้วย 100 ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นจำนวน ร้อยละของน้ำที่พอดี สำหรับความชื้นเหลวที่เหมาะสม เพื่อความแข็งแรงมากที่สุด

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

องค์ประกอบของคอนกรีต ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน หิน หิน และน้ำ โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะ ดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ ผสมกับ น้ำ เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

2) ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ หิน เรียกว่า มอร์ตาร์ (Mortar)

3) มอร์ตาร์ ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete)

หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสมที่ใช้ในคอนกรีตสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ซีเมนต์เพสต์ ทำหน้าที่เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเท ให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

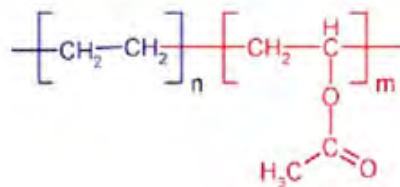
2) มวลรวม ทำหน้าที่เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

3) น้ำ ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่างๆ ใช้ผสมทำคอนกรีต ใช้บ่มทำคอนกรีต ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันกับปูนซีเมนต์ ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้ เคลือบ หิน หิน ให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยตรง

4) การก่อตัวและการแข็งตัว ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ ก่อให้เกิดซีเมนต์เพสต์ที่อยู่ในสภาพเหลวช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นเพสต์จะเริ่มแข็งตัวถึงแม้มันจะยังไม่สามารถขึ้นไหลเข้าแบบได้แล้วจุดนี้เราเรียกว่า จุดแข็งตัวเริ่มต้น (Initial Set) เวลาตั้งแต่ซีเมนต์ผสมกับน้ำจนถึงจุดแข็งตัวเริ่มต้น เรียกว่า เวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) การก่อตัวของเพสต์จะยังคงดำเนินต่อไปจนถึงสภาพที่เป็นของแข็งหรือจุดแข็งตัวสุดท้าย (Final Setting Time) เพสต์ยังคงแข็งตัวต่อไป และสามารถรับน้ำหนักได้ ขบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การแข็งตัว (Hardening)

3. พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท [2]

พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทหรือพลาสติกอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) เป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งได้จากการทำโพลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ของสารเอทิลีนโมโนเมอร์ (Ethylene Monomer) กับสาร ไวนิลอะซิเตทโมโนเมอร์ (VAM, Vinyl Acetate Monomer) โพลิเมอร์อีวีเอเป็นผลงานการวิจัยของบริษัทดูปองท์ (DuPont) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รับการจดสิทธิบัตรไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2499 (ค.ศ.1956) อีวีเอถูกผลิตออกสู่ตลาดในปี พ.ศ. 2503 (ค.ศ.1960) ในชื่อทางการค้าว่า เอลแว็กซ์ (Elvax) ปัจจุบันอีวีเอถูกนำมาประยุกต์ใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมหีบห่อบรรจุภัณฑ์ กาว เส้นลวด พื้นรองเท้า และอื่นๆ



รูปที่ 3 โครงสร้างของพลาสติกอีวีเอ (EVA, Ethylene Vinyl Acetate)

เอทิลีนไวน์อะซีเตทโคโพลิเมอร์ มีลักษณะโมเลกุลเป็นสายยาวของเอทิลีน โดยมีไวน์อะซีเตทเกาะกระจายเป็นหย่อมบนสายโซ่โมเลกุล ในลักษณะโครงสร้างโคโพลิเมอร์แบบไม่เป็นระเบียบ (Random Copolymer) และเนื่องจากสารชนิดนี้เกิดจากการรวมโมโนเมอร์ 2 ชนิด คือ เอทิลีนโมโนเมอร์กับไวน์อะซีเตทโมโนเมอร์ ดังนั้นสมบัติของอีวีเอจึงเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของไวน์อะซีเตทในโมเลกุล โดยปริมาณของสารไวน์อะซีเตทในโมเลกุลมีผลกระทบต่ออีวีเอ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติของพลาสติกอีวีเอที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณของไวน์อะซีเตทในโมเลกุล

สมบัติ	ปริมาณไวน์อะซีเตทมาก	ปริมาณไวน์อะซีเตตน้อย
ความเป็นผลึก (Crystallinity)	ลดลง	มากขึ้น
จุดหลอมเหลว	ลดลง	สูงขึ้น
ค่าโมดูลัส	ลดลง	สูงขึ้น
ความแข็ง (Hardness)	ลดลง	มากขึ้น
สภาพขั้ว (Polarity)	สูงขึ้น	ลดลง
ความสามารถในการกันแก๊สซึมผ่าน	ลดลง	เพิ่มขึ้น
ความทนทานต่อแรงกระแทก	มากขึ้น	ลดลง
ความทนทานต่อตัวทำละลายอินทรีย์	ลดลง	มากขึ้น
ความใส	มากขึ้น	น้อยลง

4. ยางพารา

ยางพารา หรือยางธรรมชาติ เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งทางเคมีจัดเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ (Polymer) นั้น มีสมบัติพิเศษประการหนึ่งที่เป็นเอกลักษณ์ คือ มีความยืดหยุ่นสูง ทั่วไปจึงเรียกรวม ๆ ว่า “Elastomer” [3] อย่างไรก็ตามตำราบางเล่ม ให้ความหมายคำว่า “Elastomer” หมายถึง Vulcanised Product [4] น้ำยางสดจากต้นยางโดยทั่วไปมีปริมาณเนื้อยางแห้งตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไป และอาจถึงร้อยละ 45 (ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย) มีส่วนของสารที่ไม่ใช่ยางประมาณร้อยละ 5 นอกนั้นเป็นน้ำส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อทำการขนย้ายน้ำยางสดจากสวนไปสู่โรงงานที่อยู่ไกล ๆ จึงควรทำให้น้ำยางมีความเข้มข้นมากขึ้น เพื่อความประหยัดการขนส่ง ซึ่งระดับความเข้มข้นที่นิยม คือ ร้อยละ 60 เนื้อยางแห้งโดยทั่วไปเรียกว่า “น้ำยางข้น (Concentrated Latex)” โดยที่การใช้น้ำยางข้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสม่ำเสมอว่าการใช้น้ำยางสด ทั้งนี้เนื่องด้วยสารที่ไม่ใช่เนื้อยางบางส่วนได้ถูกแยกออกจากน้ำยางขณะผ่านกรรมวิธีการทำให้น้ำยางข้นขึ้น วิธีการสำคัญสำหรับการผลิตน้ำยางข้น มี 4 วิธี คือ วิธีระเหยน้ำ (Evaporation) วิธีการทำให้เกิดครีม (Creaming) วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (Electro Decantation) และวิธีการปั่น (Centrifuging) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมและทำกันเป็นการค้ามากที่สุดประมาณร้อยละ 90 ของการผลิตน้ำยางข้นทั้งหมด [5] โดยที่คุณภาพน้ำยางสดเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำยางข้นที่จะผลิต ดังนั้นสมบัติบางประการของน้ำยางสดจึงต้องตรวจสอบและควบคุม [6] การผลิตน้ำยางข้นในประเทศส่วนใหญ่รักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยปริมาณแอมโมเนียมาก (HA) จะมีเพียงส่วนน้อยที่รักษาสภาพด้วยปริมาณแอมโมเนียร่วมกับสารช่วยบางชนิด มักเป็นระบบ LA-TZ อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการรักษาสภาพน้ำยางข้นด้วยระบบที่อยู่ระหว่าง HA กับ LA ซึ่งเรียกกันว่าน้ำยางชนิด MA (Medium Ammonia) [7] โดยขณะนี้ได้มีการซื้อน้ำยางชนิดนี้ตามความต้องการของคู่ค้า โดยข้อขัดจำกัดของสมบัติต่าง ๆ ของน้ำยางข้น โดยมาตรฐาน ISO นั้น ได้กำหนดสมบัติที่สำคัญเพื่อใช้ในการคำนวณเพื่อออกส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยางเป็นองค์ประกอบ คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (Total Solids Content; TSC) และปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content; DRC) [8]

นอกจากนี้การจะนำยางพาราหรือน้ำยางมาใช้ จะต้องผ่านการวัลคาไนซ์น้ำยางเสียก่อนหรือที่เรียกว่า น้ำยางพรีวัลคาไนซ์หรือน้ำยางคงรูป ซึ่งเกิดจาก กระบวนการวัลคาไนเซชัน (Vulcanization) ซึ่งก็คือการทำปฏิกิริยากับสารเคมีสำหรับวัลคาไนซ์ในปริมาณพอเหมาะที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวของสารเคมีสำหรับวัลคาไนซ์ โดยสารเคมีสำหรับวัลคาไนซ์ที่นำมาทำปฏิกิริยานี้ จะสร้างพันธะไคโรเลนต์เชื่อมระหว่างโซ่พอลิเมอร์ให้เป็นโมเลกุลเดียวกัน ทำให้น้ำยางมีคุณภาพคงตัวในอุณหภูมิต่างๆ มี

ความยืดหยุ่นมากขึ้น ทนความร้อน และแสงแดด ละลายในตัวทำละลายได้ยากขึ้น เช่น ปกติยางธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อนจะเหนียวและอ่อนตัว แต่เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจะแข็งและเปราะ ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงคุณภาพของยางธรรมชาติก่อนนำมาใช้ประโยชน์ [9] สำหรับตัวอย่างสารเคมีสำหรับวัลคาไนซ์น้ำยางพารา เช่น บริษัท หมิงอังอุตสาหกรรมการผลิต จำกัด ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สูตรน้ำยางรูปหรือน้ำยางวัลคาไนซ์ของบริษัท หมิงอังอุตสาหกรรมการผลิต จำกัด

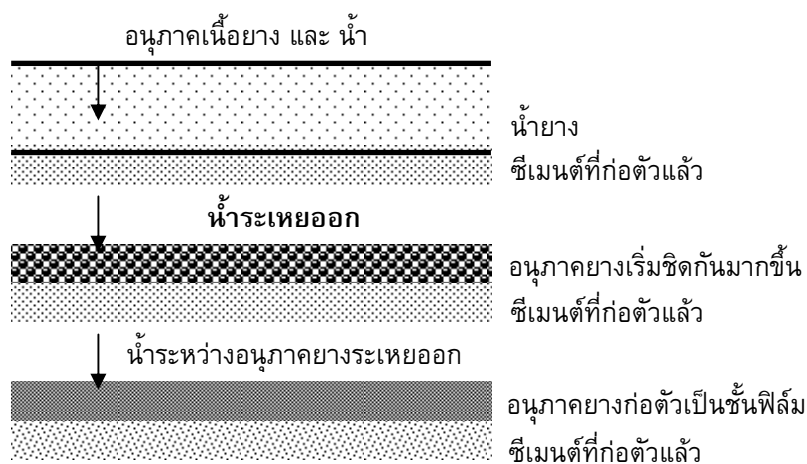
สารต่างๆ	ส่วนโดยน้ำหนักเปียก
น้ำยางพาราชั้น ร้อยละ 60 รักษาด้วยแอมโมเนียสูง	167.0
สารละลายเคซีน (casein) (10%)	5.0
สารช่วยความเสถียร (nonionic stabiliser) (25%)	2.0
โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (10%)	2.5
ซิงค์ออกไซด์ (50%)	2.0
เตตระเมทิลไทอยูเรมไดซัลไฟด์ (TMTD) (33%)	9.0
ซิงไดบิวทิลไดไทโอคาร์บาเมต (ZDBC) (50%)	2.0
สารละลายไทโอยูเรีย (10%)	10.0

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำยางพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทชนิดนี้ดังต่อไปนี้

1) การก่อตัวของคอนกรีตและน้ำยางพารา

ในปี ค.ศ. 1987, Ohama [10] ได้อธิบายการก่อตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางไว้ว่า น้ำยางที่ใช้ผสมจะอยู่ในรูปของสารแขวนลอย (Emulsion) โดยอนุภาคของโพลิเมอร์ (Polymer) จะแขวนลอยอยู่ในน้ำยางเหลว ซึ่งเมื่อผสมน้ำยางเข้ากับคอนกรีตแล้วจะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น 2 ส่วน คือ 1) ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) จากซีเมนต์ผสมกับน้ำ และ 2) ปฏิกิริยาการก่อตัวเป็นฟิล์ม (Film) ที่เกิดจากอนุภาคของโพลิเมอร์มารวมตัวกัน (Coalesce) ซึ่งการก่อตัวของชั้นฟิล์มเสมือนเป็นเนื้อเดียวกันกับคอนกรีต ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานหรือตัวยึด (Binder) ระหว่างมวลรวมเข้าด้วยกันเป็นคอนกรีต ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนการก่อตัวของชั้นฟิล์มจากน้ำยางในคอนกรีต

2) การนำยางพารามาใช้พัฒนางานคอนกรีต

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ และคณะฯ [11] ได้ศึกษาการนำยางพารามาใช้พัฒนางานคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยางในคอนกรีตอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาถึงความสามารถที่ได้ และกำลังรับแรงของคอนกรีตผสมน้ำยางในสัดส่วน $P/C = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20$ และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนผสมคอนกรีตใช้ ซีเมนต์: หยาบ: หิน เป็น 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก บ่มความชื้น 7 วัน ตามด้วยบ่มแห้งในอากาศที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า น้ำยางผสมกับคอนกรีตได้ ด้วยการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ สัดส่วน 4% โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ด้านความสามารถได้พบว่า คอนกรีตจะยุบตัวแบบฮวบทั้งหมด ในด้านกำลังพบว่า คอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงประมาณ 60% และมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณน้ำยางเพิ่มขึ้น โดย

ลักษณะการวิบัติ จะมีเส้นใยขนาดเล็กสีขาวยืดยาวขึ้น สำหรับกำลังรับแรงดัดพบว่า ลดลงประมาณ 10% ในแต่ละค่า P/C ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาการบ่มแห้งในอากาศเพิ่มขึ้นเป็น 14 และ 28 วัน ที่ $P/C = 0.15$ และ 0.20 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตจะสูงขึ้น มากกว่าคอนกรีตปกติ เนื่องจากอนุภาคน้ำอย่างเกาะตัวกันเป็นชั้นฟิล์มที่แข็งแรงขึ้น จากผลการวิจัย เสนอแนะให้เลือกใช้ที่ $w/c = 0.4$ และ $P/C = 0.15$ ซึ่งจะได้กำลังรับแรงดัดมากกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุบ่มแห้ง 14 วัน ขึ้นไป อย่างไรก็ตาม ยังไม่เหมาะกับการใช้งานโครงสร้างที่ต้องรับแรงอัด แต่อาจเหมาะกับการใช้งานซ่อมแซม เนื่องจากการยึดเหนี่ยวของน้ำอย่าง จะมีประโยชน์ในการเป็นตัวประสานกับคอนกรีตเดิม ทั้งนี้จึงควรศึกษาหาวิธีการพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังของคอนกรีตเพิ่มเติมเพื่อจะได้นำไปใช้งานในด้านอื่นเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งควรศึกษาในด้านของคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนว่าเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่

3) การใช้น้ำยางพาราผสมในคอนกรีตมวลเบา

ประชุม คำพูน [12] ได้ศึกษาการใช้น้ำยางพาราผสมในคอนกรีตมวลเบา พบว่า คุณสมบัติทางด้านความหนาแน่นและการเป็นฉนวนความร้อนไม่สามารถทำให้ดีกว่าคอนกรีตมวลเบาที่จำหน่ายในท้องตลาดได้ แต่คุณสมบัติด้านกำลังอัดและกำลังดัดสูงขึ้นมาก ซึ่งหากนำมาสมบัติที่ดีในการดำเนินงานที่ผ่านมาดังกล่าว มาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติที่ด้อยของคอนกรีตบล็อกที่มีความหนาแน่นมาก ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง และความแข็งแรงต่ำได้ ก็จะสามารถผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกแบบใหม่ที่มีจุดเด่นในด้านการป้องกันการดูดซึมน้ำ และการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี ซึ่งถ้าผลการวิจัยสำเร็จตามแนวคิดและแนวโน้มที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว คอนกรีตบล็อกนี้จะมีสมบัติด้านการเป็นฉนวนกันความร้อนใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบา (คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีสมบัติการเป็นฉนวนต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบา ประมาณ 4-5 เท่า) มีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าคอนกรีตมวลเบา และคอนกรีตบล็อกทั่วไปมาก (การป้องกันการดูดซึมน้ำนี้นับเป็นจุดเด่นมากๆ) กำลังดัดสูงกว่าคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบามาก กล่าวโดยสรุปคือ หากนำน้ำยางพาราผสมในคอนกรีตคั่วว่า คุณสมบัติเกือบทุกอย่างจะดีกว่าคอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบา ยกเว้นน้ำหนักต่อก้อนเท่านั้นที่ยังสูงกว่าคอนกรีตมวลเบา (หนักเท่ากับคอนกรีตบล็อกทั่วไป) ซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้กับโครงการบ้านจัดสรรมาก เพราะจุดประสงค์หลักที่บ้านจัดสรรใช้คอนกรีตมวลเบาในการก่อสร้างก็เพียงเพื่อการประหยัดพลังงาน ส่วนในเรื่องน้ำหนักที่เบาเป็นจุดประสงค์รอง ซึ่งหากเป็นเช่นนี้คอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราที่ได้ จะนำใช้งานมากกว่า โดยมีข้อได้เปรียบที่ราคาต่อก้อนถูกกว่าคอนกรีตเบามาก (ราคาใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป)

4) การนำยางพารามาปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ

ประชุม คำพูน [13] 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 คำพูน [14] 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 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 52

กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนนั้นมีค่าต่ำมาก เท่ากับ 0.139 วัตต์ต่อเมตร-องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วแสดงว่าน้ำยางพาราสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มได้ โดยช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีความสามารถในการรับกำลังดัดได้สูงขึ้น ดูดซึมน้ำต่ำลง และมีสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา

ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพาราจากผลการวิจัยกับคอนกรีตบล็อก และคอนกรีตมวลเบาที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพารา (P/C = 0.075) คอนกรีตบล็อก และคอนกรีตมวลเบาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

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

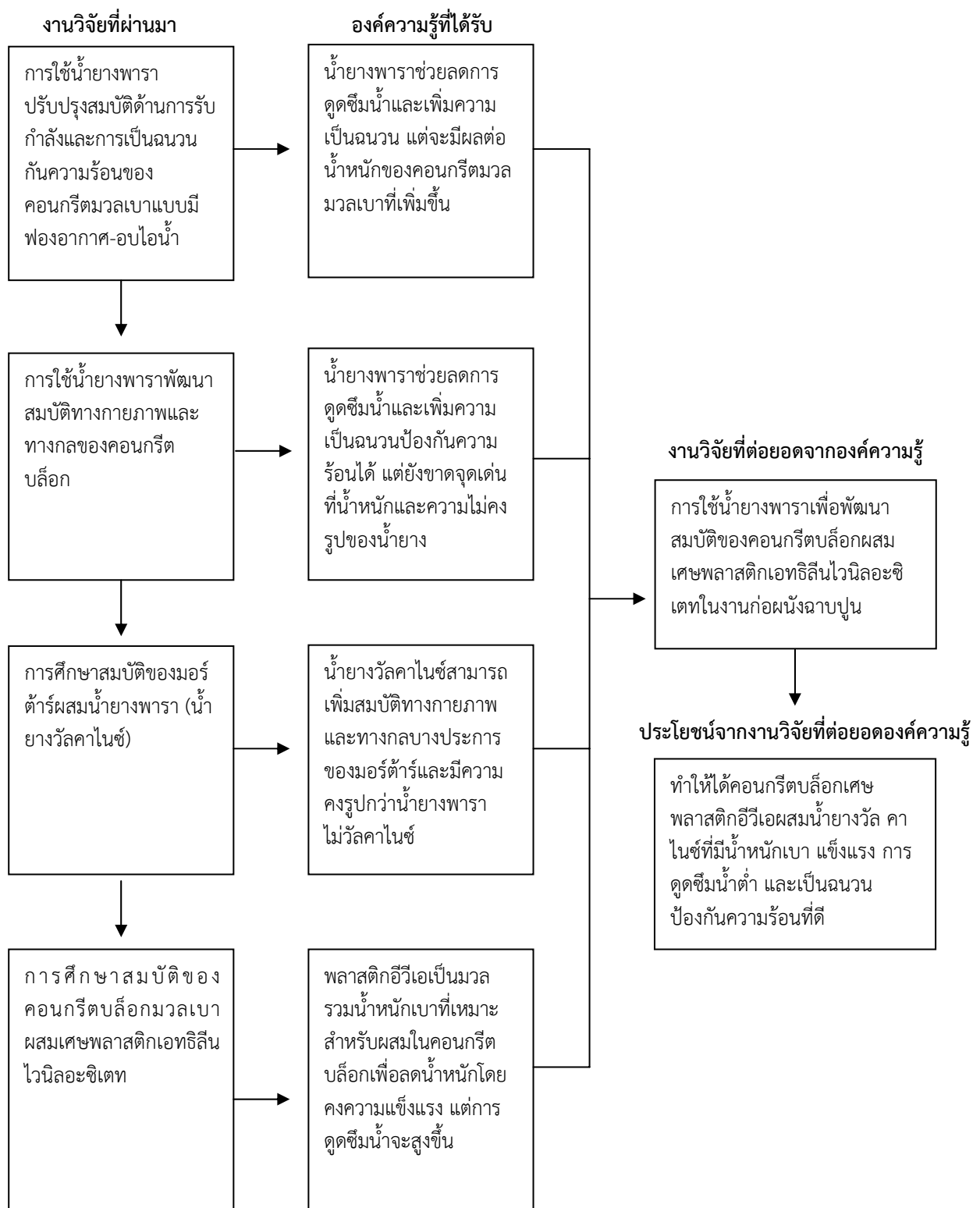
จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่า น้ำยางพาราสามารถพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลได้ดี ซึ่งคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพารานี้ มีความสามารถในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบาและคอนกรีตบล็อกทั่วไปในท้องตลาด แต่ดีกว่าในด้านความทึบน้ำ ความสามารถในการรับแรงอัดและแรงดัดที่สูง ตลอดจนมีราคาที่ถูกพอๆ กับคอนกรีตบล็อกทั่วๆ ไป โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 1 บาท ต่อคอนกรีตบล็อก 1 ก้อน จากผลการวิจัยดังกล่าวจึงสมควรนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก สำหรับใช้ในงานวัสดุก่อที่ต้องการรับกำลังสูง และมีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

6) การศึกษาสมบัติของมอร์ตาร์ผสมน้ำยางพารา

ประชุม คำพูน 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 ลงในมอร์ตาร์ปูนทราย (อัตราส่วนปูนซีเมนต์:ทราย:สารลดแรงตึงผิว:น้ำ เท่ากับ 1:2.75:0.04:0.5 โดยน้ำหนัก) และมอร์ตาร์ปูนทรายหินฝุ่น (อัตราส่วนปูนซีเมนต์:ทราย:หินฝุ่น:สารลดแรงตึงผิว:น้ำ เท่ากับ 1:2:2:0.04:0.5 โดยน้ำหนัก) แล้วทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล พบว่า การผสมน้ำยางพาราสามารถพัฒนาสมบัติทางกายภาพของมอร์ตาร์ปูนทรายและมอร์ตาร์ปูนทรายหินฝุ่นให้ดีขึ้น ได้แก่ ความหนาแน่น, การดูดซึมน้ำ, การเปลี่ยนแปลงความยาว และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ทั้งนี้เป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำยางพาราและปูนซีเมนต์ที่กลายเป็นแผ่นฟิล์ม ซึ่งมีการดูดซึมน้ำ, ความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำ นอกจากนี้มอร์ตาร์ปูนทรายหินฝุ่นที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ไม่เกิน 0.050 โดยน้ำหนัก ยังมีสมบัติทางกลที่ดีขึ้นด้วย ได้แก่ ความต้านทานแรงอัด และความต้านทานแรงดัด เนื่องจากน้ำยางพาราชนิดวัลคาไนซ์เป็นน้ำยางพาราที่ถูกพัฒนาสมบัติต่างๆ ให้ดีกว่าน้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์ แต่สำหรับมอร์ตาร์ที่ผสมน้ำยางพาราอื่นๆ กลับมีสมบัติทางกลที่แย่ลง ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า มอร์ตาร์ปูนทรายหินฝุ่น จะมีสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดีกว่ามอร์ตาร์ปูนทราย และการผสมน้ำยางพาราชนิดวัลคาไนซ์ในมอร์ตาร์ จะให้สมบัติทางกลที่ดีกว่าน้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์ ส่วนสมบัติทางกายภาพจะใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่า น้ำยางพาราชนิดไม่วัลคาไนซ์หรือชนิดวัลคาไนซ์ที่ลงในมอร์ตาร์ปูนทรายและมอร์ตาร์ปูนทรายหินฝุ่นนั้น มีแนวโน้มที่จะพัฒนาเป็นสารผสมเพิ่มสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสมหลัก เพื่อพัฒนาสมบัติด้านความหนาแน่น ความทึบน้ำ และการเป็นฉนวนป้องกันความร้อน อย่างไรก็ตามน้ำยางพาราดังกล่าวก็ยังมีปัญหาต่อความต้านทานแรงอัด และความต้านทานแรงดัดที่ลดลงในหลายๆ อัตราส่วน ดังนั้นการพัฒนาต่อไปจึงควรเพิ่มวัสดุจำพวกเส้นใยเข้าไปในส่วนผสมเพื่อแก้ไขปัญหาด้านสมบัติทางกล

สมมติฐานการดำเนินงาน

นอกจากทฤษฎี องค์ความรู้ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำยางพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทในงานก่อผนังฉาบปูนแล้ว ผู้วิจัยยังมีองค์ความรู้จากการวิจัยที่ผ่านมาแสดงเป็น Flow Chart ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางการตั้งสมมติฐานได้ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 งานวิจัยและองค์ความรู้ของผู้วิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับคอนกรีตบล็อก พลาสติกอีวีเอ และน้ำยาพารา

จากทางเลือกและแนวทางการแก้ไขปัญหาที่นำเสนอผ่านทฤษฎี องค์ความรู้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และองค์ความรู้ที่แสดงเป็น Flow Chart สามารถสรุปเป็นสมมติฐานได้ ดังนี้

1) เศษพลาสติกเอทิลีนโวนิลอะซีเตต เป็นมวลรวมน้ำหนักเบา ราคาถูก และมีความยืดหยุ่นไม่มากจนเกินไป สามารถผสมกับปูนซีเมนต์แล้วขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกคล้ายกับหินปูน แต่มีสมบัติต่างๆ ที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ได้แก่ น้ำหนักเบา ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน และต้นทุนที่ต่ำลง โดยยังคงความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อก ซึ่งจะส่งผลดีต่อการขนส่ง ขนาดโครงสร้างอาคาร และการนำไปใช้งาน

2) น้ำยางวัลคาไนซ์ สามารถแทรกตัวในช่องว่างของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกอีวีเอ เกิดเป็นชั้นฟิล์มที่มีความคงรูปที่บ้น้ำ ซึ่งช่วยลดการดูดซึมน้ำและลดสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกได้

3) ผลจากการใช้น้ำยางวัลคาไนซ์สำหรับพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกอีวีเอ จะสามารถพัฒนาตัวอย่างของคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาให้มีความที่บ้น้ำ/ดูดซึมน้ำต่ำ และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

วิธีการ

1. การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

1.1 น้ำยางวัลคาไนซ์ เป็นน้ำยางพาราชั้น ร้อยละ 60 รักษาด้วยแอมโมเนียสูง หรือ HA (High Ammonia) นำมาทำการวัลคาไนซ์เซชันเป็นน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (น้ำยางคอมปาวด์) ดังสูตรในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สูตรของน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (น้ำยางคอมปาวด์) ที่ใช้ในการดำเนินงาน

สูตรผสมเคมี	ปริมาณ (phr)
น้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA)	167
สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (ความเข้มข้นร้อยละ 10)	2.5
สารละลายโพแทสเซียมลอเรต (ความเข้มข้นร้อยละ 20)	1.3
ดิสเพนชันของกำมะถัน (ความเข้มข้นร้อยละ 50)	2.0
ดิสเพนชันของซิงก์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (ความเข้มข้นร้อยละ 10)	0.8
ดิสเพนชันของซิงก์ออกไซด์ (ความเข้มข้นร้อยละ 50)	0.4

โดยที่การคำนวณเพื่อแปรปริมาณของเนื้อยางที่อยู่ในน้ำยางพารา จะอยู่บนฐานของค่า % TSC (Total Solid Content) ซึ่งเป็นการนำน้ำยางเข้าไปอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดความชื้น แล้วจึงชั่งน้ำหนัก ดังสมการที่ (1) เนื่องจาก % TSC มีความสะดวกในการทดสอบมากกว่าค่า % DRC (Dry Rubber Content) [15]

$$\%TSC = W_1/W_2 \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ %TSC คือ ร้อยละของสารที่เป็นของแข็งทั้งหมด
 W_1 คือ น้ำหนักของฟิล์มยางหลังอบ (กรัม)
 W_2 คือ น้ำหนักของน้ำยางก่อนอบ (กรัม)

1.2 เศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท จากโรงงานผลิตรองเท้าและที่มีอยู่ภายในประเทศมากกว่า 1,000 แห่ง โดยนำมาย่อยด้วยเครื่องบดพลาสติกให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 6 ถึง 8



รูปที่ 6 เศษพลาสติกอีวีเอที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 7 เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่ย่อยจากการตัดด้วยมีด



รูปที่ 8 เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่ย่อยด้วยเครื่องย่อยพลาสติก

1.3 หินฝุ่น ที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4

1.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

1.5 น้ำประปา

1.6 สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Nonionic Surfactants) หรือชื่อทางเคมี Alkyl phenol polyethylene glycol ether เพื่อให้ให้น้ำยางวัลคาไนซ์เข้ากับคอนกรีตได้เหมาะสม เนื่องจากสารดังกล่าวละลายน้ำจะไม่มีประจุทำให้เกิดฟองน้อย และมีสมบัติในการรวมตัวเป็นไมเซลล์ที่ความเข้มข้นต่ำ จึงป้องกันการรวมตัวกันของส่วนผสมได้ดี

1.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก

1.8 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกตันขนาด $1.5 \times 30 \times 30$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.9 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกตันขนาด $7.5 \times 20 \times 60$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.10 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกกลวงขนาด $7 \times 19 \times 39$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกกลวงขนาด 7x19x39 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.11 เครื่องผสมคอนกรีตแบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 เครื่องผสมคอนกรีตแบบอัตโนมัติ

1.12 เครื่องย่อยพลาสติก พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 เครื่องย่อยพลาสติก

1.13 ชุดทดสอบอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ตามมาตรฐาน ASTM C 423-10 [16]

1.14 ชุดทดสอบการลามไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 635-10 [17]

1.15 ชุดทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C 177-10 [18]

1.16 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

1.17 เครื่องอัดไฮโดรลิก (แบบเดียวกับที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกทั่วไป) รูปที่ 12



รูปที่ 12 เครื่องอัดไฮโดรลิก

1.18 อุปกรณ์ก่อสร้างอื่นๆ เช่น กระบองปูน, พลั่ว, ค้อน และเกียงก่อ เป็นต้น

1.19 ห้องทดสอบอุณหภูมิภาคสนาม ขนาด $1 \times 2 \times 2.5$ ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 ห้อง ผนังบุด้วยฉนวนป้องกันความร้อน 5 ด้าน ด้านหน้าเป็นแผ่นอะคริลิกใส ภายในติดตั้งแหล่งกำเนิดความร้อน (หลอดไฟสปอร์ตไลท์ ขนาด 1,000 วัตต์) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ, ความชื้น, และนาฬิกาจับเวลา ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ห้องทดสอบอุณหภูมิภาคสนาม ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2. การกำหนดอัตราส่วนผสม

ทำการออกแบบอัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ โดยการกำหนดปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมต่อคอนกรีตบล็อก ดังตารางที่ 6 และ 7

ตารางที่ 6 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์สำหรับการทดสอบ (เทียบจากน้ำหนักปูนซีเมนต์)

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	เศษอีวีเอ	หินปูน	น้ำ	น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (น้ำหนักยางแห้ง)	สารลดแรงตึงผิว ชนิดไม่มีประจุ
NOR	1	-	10	0.9	-	-
P0.00	1	0.5	4	1.6	-	-
P0.05	1	0.5	4	1.6	0.050	0.002
P0.10	1	0.5	4	1.6	0.100	0.004
P0.15	1	0.5	4	1.6	0.150	0.006
P0.20	1	0.5	4	1.6	0.200	0.008
P0.25	1	0.5	4	1.6	0.250	0.010
P0.30	1	0.5	4	1.6	0.300	0.012
P0.35	1	0.5	4	1.6	0.350	0.014
P0.40	1	0.5	4	1.6	0.400	0.016
P0.45	1	0.5	4	1.6	0.450	0.018

หมายเหตุ คัดอัตราส่วนผสมตามหลักการทางด้านวิศวกรรมโยธา ซึ่งเป็นผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยนี้ โดยเทียบจากน้ำหนักของปูนซีเมนต์ 1 ส่วน และน้ำหนักยางแห้งที่ได้จากการทดสอบหาค่า % TSC ของน้ำยางพรีวัลคาไนซ์

ตารางที่ 7 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์สำหรับการทดสอบ (เทียบจากน้ำหนักยาง 100 ส่วน, phr)

อัตราส่วนที่	ปูนซีเมนต์	เศษอีวีเอ	หินปูน	น้ำ	น้ำยางพรีวัลคาไนซ์	สารลดแรงตึงผิว ชนิดไม่มีประจุ
NOR	1	-	10	0.9	-	-
P0.00	1	0.5	4	1.6	-	-
P0.05	2000	1000	8000	3200	100	4
P0.10	1000	500	4000	1600	100	4
P0.15	667	333	2667	1067	100	4
P0.20	500	250	2000	800	100	4
P0.25	400	200	1600	640	100	4
P0.30	333	167	1333	533	100	4
P0.35	286	143	1143	457	100	4
P0.40	250	125	1000	400	100	4
P0.45	222	111	889	356	100	4

ในการกำหนดอัตราส่วนผสมจะเป็นการหาปริมาณของน้ำยางวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ปรับปรุงสมบัติของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ โดยจะอ้างอิงจากงานของผู้วิจัยที่ผ่านมา ซึ่งคอนกรีตบล็อกที่ได้จะน้ำหนักเบาและมีคุณภาพผ่านตามที่มาตรฐาน มอก. กำหนด

ทั้งนี้จากผลการทดสอบ % TSC (Total Solid Content) ของน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่นำมาใช้ในการดำเนินงานนี้ พบว่า มีค่า % TSC เท่ากับ ร้อยละ 61.58 ทำให้สามารถสรุปอัตราส่วนผสมตามที่ใช้จริงได้ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ตามที่ใช้จริง (เทียบจากน้ำหนักปูนซีเมนต์)

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	เศษอีวีเอ	หินฝุ่น	น้ำ	น้ำยางพรีวัลคาไนซ์	สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ
NOR	1	-	10	0.9	-	-
P0.00	1	0.5	4	1.6	-	-
P0.05	1	0.5	4	1.5688	0.0812	0.002
P0.10	1	0.5	4	1.5376	0.1624	0.004
P0.15	1	0.5	4	1.5064	0.2436	0.006
P0.20	1	0.5	4	1.4752	0.3248	0.008
P0.25	1	0.5	4	1.4440	0.4060	0.010
P0.30	1	0.5	4	1.4128	0.4872	0.012
P0.35	1	0.5	4	1.3816	0.5684	0.014
P0.40	1	0.5	4	1.3504	0.6496	0.016
P0.45	1	0.5	4	1.3192	0.7308	0.018

หมายเหตุ ส่วนของ น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ เป็นปริมาณน้ำหนักของน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ที่ผสมลงไปตามจริง เทียบกับส่วนผสมอื่นๆ โดยอ้างอิงจากผลการทดสอบหาค่า % TSC และอัตราส่วนที่กำหนดไว้แล้ว

3. การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก

สำหรับการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ เน้นการขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการที่ใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกโดยทั่วไปให้มากที่สุด ดังนี้

3.1 ตวงส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1: เศษพลาสติกอีวีเอ: หินฝุ่น: น้ำ: น้ำยางวัลคาไนซ์: สารลดแรงตึงผิว โดยน้ำหนัก

3.2 แบ่งน้ำที่จะผสมออกเป็น 3 ส่วน โดยกำหนดให้ 2 ส่วนจาก 3 ส่วน นำไปผสมรวมกับน้ำยางวัลคาไนซ์และสารลดแรงตึงผิว ส่วนน้ำที่เหลืออีก 1 ส่วน ให้เก็บไว้สำหรับผสมในช่วงต้นเพื่อทำการเคลือบไม้

3.3 เตรียมเครื่องผสมคอนกรีตหรือไม้ผสมและอุปกรณ์ต่างๆที่จะสัมผัสกับคอนกรีตสดให้อยู่ในสภาพชื้น เพื่อป้องกันการดูดความชื้นจากส่วนผสม

3.4 แบ่งปูนซีเมนต์ (หรือวัสดุประสาน) ออกเป็น 3 ส่วน แล้วจึงนำวัสดุประสานส่วนที่ 1 และน้ำ (ส่วนที่ไม่ได้ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์และสารลดแรงตึงผิว) ใส่ลงในไม้ตามลำดับ เพื่อทำการเคลือบไม้

3.5 เติมหินฝุ่นและเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทประมาณครึ่งหนึ่งของที่ตวงไว้ลงไป แล้วทำการผสมให้เข้ากัน

3.6 จากนั้นเติมหินฝุ่นและเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทส่วนที่เหลือทั้งหมดลงไป พร้อมกับปูนซีเมนต์ส่วนที่ 2 แล้วจึงสเปรย์ของเหลว (ส่วนที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์และสารลดแรงตึงผิว) ประมาณครึ่งหนึ่งของของเหลวทั้งหมดลงไปให้ทั่ว

3.7 ขณะที่ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน ให้ทยอยเติมปูนซีเมนต์ส่วนที่เหลือทั้งหมดลงไป ตลอดจนสเปรย์ของเหลวส่วนสุดท้ายลงไป

3.8 ทำการผสมจนเข้ากันโดยให้ใช้เวลาผสมไม่เกิน 10 นาที และขณะที่ทำการผสมควรมีการหยุดเครื่องเพื่อชะคอนกรีตที่ติดอยู่ข้างไม้ออก แล้วจึงทำการเดินเครื่องผสมต่อ



รูปที่ 14 ตัวอย่างการผสมวัตถุดิบของคอนกรีตบดด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

3.9 ขึ้นรูปคอนกรีตบดโดยใช้เครื่องอัดไฮโดรลิก เพื่อให้การบดอัดเข้าแบบมีค่าเท่ากันโดยใช้แบบหล่อคอนกรีตบดล็อกแบบต่างๆ ตามต้องการ



รูปที่ 15 ตัวอย่างการขึ้นรูปคอนกรีตบดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก



รูปที่ 16 ตัวอย่างคอนกรีตบดที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก

3.10 จากนั้นทิ้งไว้ 1 วัน จึงถอดแบบและยกตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ขึ้นรูปไปบ่มในอากาศและร่ม เป็นเวลา 7 วัน ในระหว่างนี้ห้ามเคลื่อนย้ายบล็อกทดสอบเป็นเวลา 2 วัน นับตั้งแต่วันที่เข้าแบบ แล้วจึงทำการทดสอบในขั้นตอนต่างๆ ต่อไป

อย่างไรก็ตามหากมีปัญหาในกระบวนการขึ้นรูปดังกล่าว ผู้วิจัยจะดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุและปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสม เพื่อให้ได้ยางวัลคาไนซ์ที่ผสมเสริมเข้าไปเกิดประโยชน์ต่อสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกอีวีเอมากที่สุด

4. การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล

การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ จะเป็นการทดสอบโดยใช้มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก [19] หรือ มาตรฐาน มอก.1505-2541 เรื่องชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบา แบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ [20] เป็นตัวกำหนด เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์มากที่สุด โดยมาตรฐานทั้ง 2 เรื่อง กำหนดให้ทำการทดสอบ ดังนี้

- 4.1 ถ่ายภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่อายุ 28 วัน
- 4.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร ที่อายุ 14 วัน
- 4.3 ความต้านทานแรงอัด ที่อายุ 7, 14, 21, และ 28 วัน ทำการทดสอบจำนวน 30 ตัวอย่าง ต่ออัตราส่วน
- 4.4 การดูดซึมน้ำ ที่อายุ 14 วัน
- 4.5 การเปลี่ยนแปลงความยาว หรือการหดตัวแห้ง ที่อายุ 14 วัน

5. การทดสอบสมบัติการลามไฟ

ทำการทดสอบสมบัติการลามไฟตามมาตรฐาน ASTM D635-10 [17] โดยหาค่า Burn Rate (หน่วย mm/min)

6. การทดสอบสมบัติการดูดซับเสียง

ทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ ตามมาตรฐาน ASTM C423-10 [16] โดยใช้การตรวจวัดค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (Rate of Decay) แล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α) และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ดังสมการต่อไปนี้

$$\alpha = (A_2 - A_1) / S \quad (2)$$

เมื่อ	A_2	คือ	ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงของห้องหลังจากนำ วัสดุเข้าไปติดตั้งภายใน, m^2
	A_1	คือ	ค่าความสามารถในการดูดซับเสียงของห้องทดลองก่อนนำ แผ่นวัสดุเข้าไปติดตั้ง, m^2
	S	คือ	ขนาดของแผ่นวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ, m^2

โดยค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) เป็นการนำค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุ ที่ความถี่ 250, 500, 1000, และ 2000 Hz มาทำการเฉลี่ย

$$NRC = (\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1,000} + \alpha_{2,000}) / 4 \quad (3)$$

7. การทดสอบความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

ในการทดสอบความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์นั้น จะดำเนินการทดสอบใน 2 ส่วน คือ

7.1 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน โดยการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกให้มีขนาดประมาณ $1.5 \times 30 \times 30$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามที่มาตรฐาน ASTM C177-10 [18] ซึ่งดำเนินการทดสอบโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการกำหนด

7.2 การทดสอบในห้องทดสอบอุณหภูมิภาคสนาม ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการขนาด $1 \times 2 \times 2.5$ ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 ห้อง ผนังห้องผลิตจากไม้อัดและสังกะสีบุด้วยฉนวนป้องกันความร้อน 5 ด้าน ด้านหน้าเป็นแผ่นอะคริลิกใส ภายในติดตั้งแหล่งกำเนิดความร้อน (หลอดไฟสปอร์ตไลท์ ขนาด 1,000 วัตต์) และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความชื้น นาฬิกาจับเวลา และมาตรวัดอื่นๆ

8. การทดสอบการเสื่อมสภาพ

ทำการทดสอบการเสื่อมสภาพด้วยการก่อกวนด้วยคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ในสถานที่จริง ซึ่งต้องสัมผัสฝน แดด และแสงแดด โดยไม่ทำการฉาบใดๆ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของคอนกรีตบล็อกดังกล่าว อย่างน้อย 2 เดือน

9. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้านต้นทุน

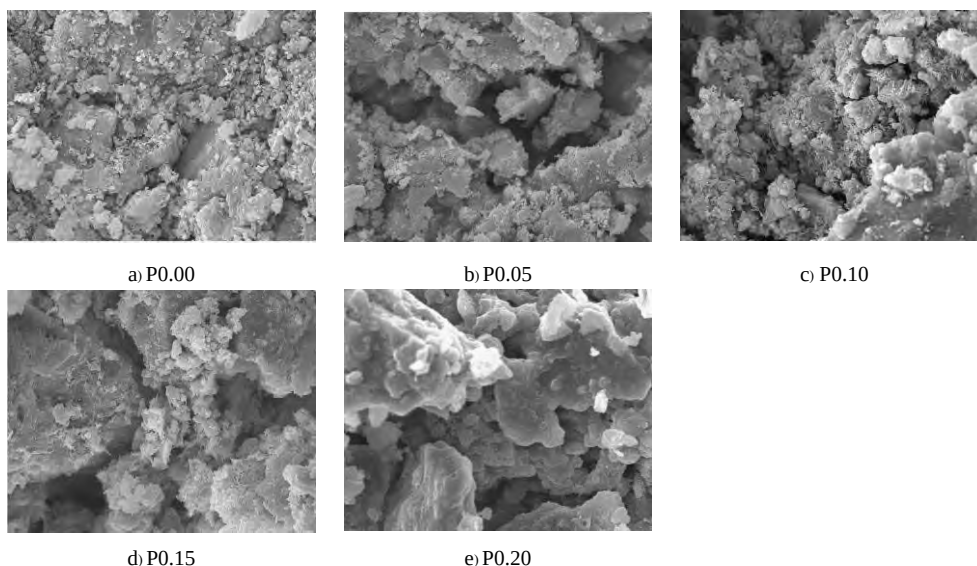
ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและสมบัติด้านต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ คอนกรีตบล็อกปกติ และคอนกรีตบล็อกมวลเบาอบไอน้ำ เพื่อสรุปว่า น้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ สามารถพัฒนาสมบัติในด้านต่างๆ ได้คุ้มค่ากับต้นทุนหรือไม่

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากผลการดำเนินงานที่ผ่านมา พบว่า การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอในปริมาณมากกว่า 0.20 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทำให้ส่วนผสมจับตัวกันเป็นก้อน และไม่สามารถขึ้นรูปได้ ส่วนผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางกล การดูดซับเสียง ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน การเสื่อมสภาพ และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้านต้นทุน สามารถสรุปผลโดยแบ่งตามการทดสอบต่างๆ ได้ ดังต่อไปนี้

1. ภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์

ภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 2,000 เท่า มีดังรูปต่อไปนี้

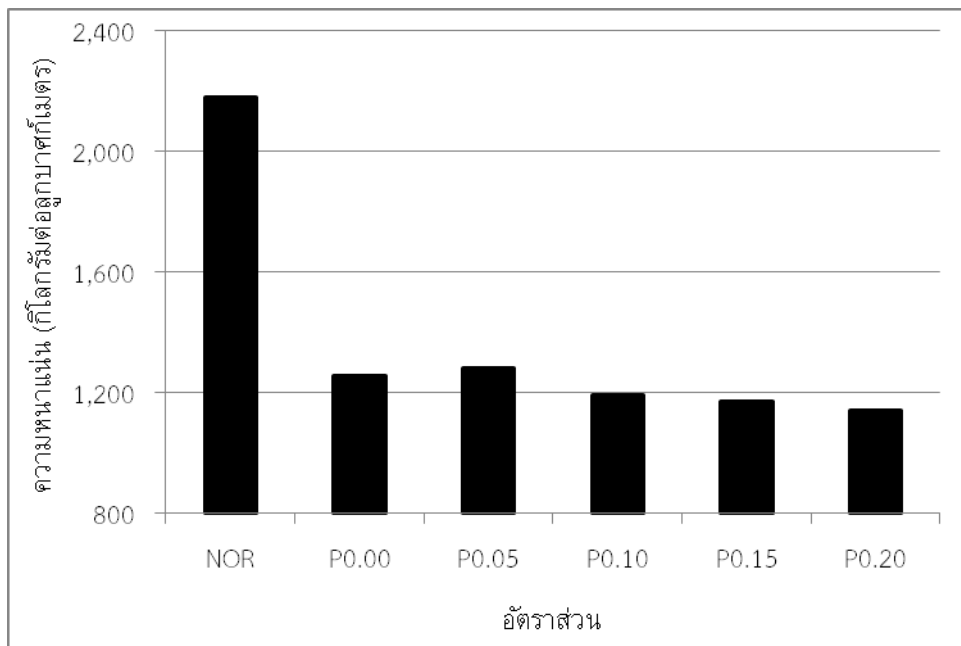


รูปที่ 17 ภาพขยายด้วยกล้อง SEM กำลังขยาย 2,000 เท่า ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์

จากรูปที่ 17 พบว่า เมื่อมีการนำน้ำยางวัลคาไนซ์มาผสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ มีผลทำให้มวลรวมและสารเชื่อมประสานของคอนกรีตบล็อก ได้แก่ มอร์ตาร์, เศษพลาสติกอีวีเอ, และหินปูน ถูกเคลือบและแทรกภายในโพรงหรือช่องว่างต่างๆ ด้วยแผ่นฟิล์มหรือก้อนยาง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำยางวัลคาไนซ์และปูนซีเมนต์ ทั้งนี้การที่อุณหภูมิของยางวัลคาไนซ์หรือโพลิเมอร์ เกิดการจับตัว (Coalesce) เป็นฟิล์ม (Film) นั้น [10] เป็นผลมาจากการสัมผัสเข้ากับความเป็นต่างอ่อนๆ ของปูนซีเมนต์ ได้เป็นแผ่นฟิล์มหรือก้อนยางแทรกอยู่ในเนื้อคอนกรีตบล็อกดังกล่าว มีผลทำให้คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอมีช่องว่างต่อเนื่องลดน้อยลง จึงส่งผลต่อสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ

2. การทดสอบความหนาแน่น

ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอและปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสม สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 18

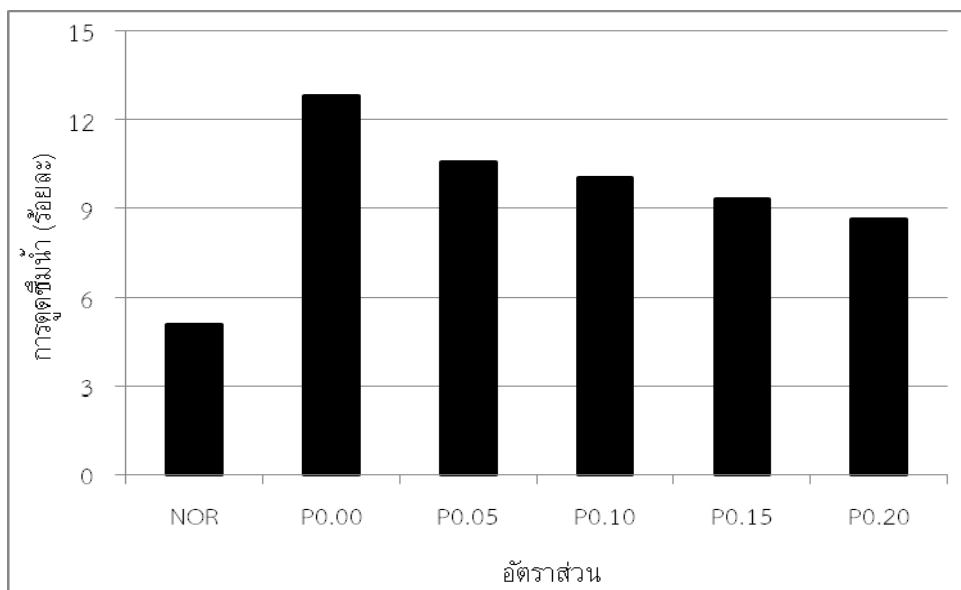


รูปที่ 18 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน

จากรูปที่ 18 พบว่า น้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอส่งผลต่อความหนาแน่นที่ลดลง โดยคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์มากมีความหนาแน่นต่ำ และคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์น้อยหรือไม่มีน้ำยางเลยมีความหนาแน่นสูง ดังเห็นได้จากความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์มากที่สุด มีความหนาแน่นต่ำประมาณ 1,150 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอเดียวกันที่ไม่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ กลับมีความหนาแน่นสูงประมาณ 1,250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นฟิล์มหรือก้อนยางจากน้ำยางวัลคาไนซ์ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าคอนกรีตมาก [10] นอกจากนี้หากมีปริมาณของน้ำยางพารามากๆ อาจทำให้แผ่นฟิล์มจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น เกิดช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกมากขึ้นอีก ซึ่งส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่ลดลง หรืออาจส่งผลการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกไม่ได้

3. การทดสอบการดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำหรือการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงไป ปริมาณต่างๆ กัน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 19

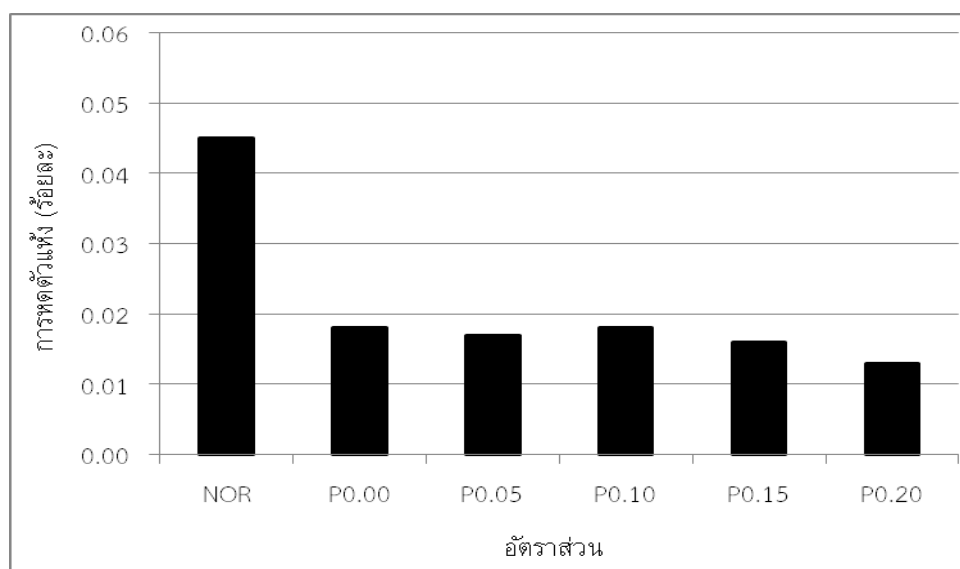


รูปที่ 19 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน

จากรูปที่ 19 พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอมีผลทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง ดังเห็นได้จากคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ไม่มีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีค่าการดูดซึมน้ำประมาณ ร้อยละ 13 แต่เมื่อผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงไป 0.20 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลงเหลือประมาณ ร้อยละ 9 ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นฟิล์มที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์และยางธรรมชาติ ซึ่งแทรกอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอนั้น เป็นวัสดุที่มีความทึบน้ำ [10] ดังนั้นแผ่นฟิล์มดังกล่าวจึงสามารถลดโพรงที่เชื่อมต่อกันภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกได้ ซึ่งมีผลต่อการลดการดูดซึมน้ำได้ดี [14] แม้ว่าน้ำยางวัลคาไนซ์มีผลทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตจนเป็นเหตุให้มีค่าความหนาแน่นลดลง แต่อาจเป็นเพราะอิทธิพลที่มากกว่าของความทึบน้ำในแผ่นฟิล์มที่ช่วยลดโพรงเชื่อมต่อ จึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำจึงลดลง โดยปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอมากที่สุด มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด ส่วนคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ไม่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด อย่างไรก็ตามทั้งหมดมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าที่มาตรฐาน มอก.58-2533 กำหนด คือ ไม่เกินร้อยละ 25 ในทุกสภาวะ [19]

4. การทดสอบการหดตัวแห้ง

การทดสอบการหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่มีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์นั้น สามารถสรุปผลการทดสอบ ที่อายุ 14 วันได้ ดังรูปที่ 20

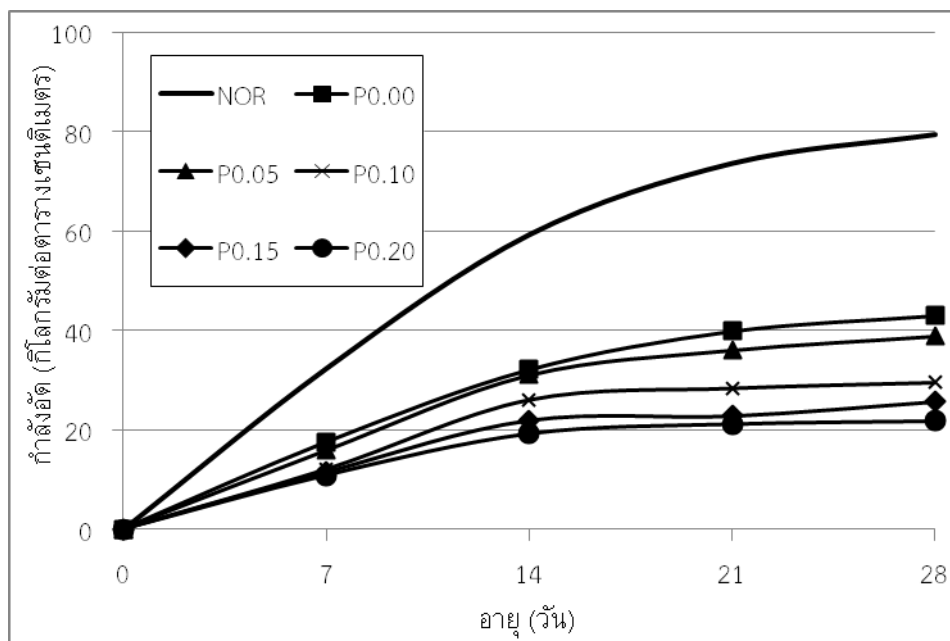


รูปที่ 20 การหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน

จากรูปที่ 20 พบว่า น้ำยางวัลคาไนซ์สามารถช่วยลดค่าการหดตัวแบบแห้ง (drying shrinkage) หรือการเปลี่ยนแปลงความยาว ซึ่งเป็นการหดตัวเนื่องจากการสูญเสียความชื้นจากคอนกรีตไปสู่สิ่งแวดล้อมผ่านทางโพรงคาปิลารี [21] โดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านความยาวหรือปริมาตรของคอนกรีตบล็อก ปกติเศษพลาสติกอีวีเอเป็นวัสดุที่มีดูดซึมน้ำ ทำให้คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอมีการหดตัวแห้งต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกปกติอยู่แล้ว และเมื่อมีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ ซึ่งอยู่ในลักษณะของแผ่นฟิล์มและกั้นยางแทรกตามเนื้อคอนกรีตบล็อก ทำให้น้ำภายในคอนกรีตบล็อกสูญเสียไปตามโพรงคาปิลารีได้ยากขึ้น ดังนั้นค่าการหดตัวแห้งหรือการขยายตัวอันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำ [14] จึงเกิดน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่ไม่ได้ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ รวมทั้งการที่อนุภาคของยางธรรมชาติที่แทรกเป็นแผ่นฟิล์มในช่องว่างต่างก็ช่วยให้การยึดหดตัวหรือขยายตัวทำได้ยากยิ่งขึ้น

5. การทดสอบกำลังอัด

สำหรับผลการทดสอบกำลังอัดหรือความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่มีการใช้น้ำยางวัลคาไนซ์เป็นส่วนผสมนั้น สามารถสรุปโดยแบ่งตามอัตราส่วนผสมต่างๆ ได้ ดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุต่างๆ

จากรูปที่ 21 พบว่า การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในปริมาณที่เหมาะสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ สามารถปรับปรุงสมบัติอื่นได้ โดยสมบัติด้านกำลังอัดยังคงผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดให้กำลังอัด ต้องไม่ต่ำกว่า 25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร [19] ทั้งนี้การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์สามารถผสมได้สูงสุด ไม่เกิน 0.15 เท่าโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และยังคงมีกำลังอัดสูงกว่า 25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ทำให้กำลังอัดลดลงได้ [21] โดยเป็นผลมาจากแผ่นฟิล์มและก้อนยาง ซึ่งเป็นวัสดุจำพวกโพลีเมอร์ที่มีความเหนียวและยืดหยุ่นตัวสูง แต่ไม่มีความแข็งแรงเหมือนกับมวลรวมทั่วไปเช่นเดียวกับยางธรรมชาติ ทำให้พื้นที่การรับแรงอัดลดลงเมื่อผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในปริมาณมาก

6. การทดสอบสมบัติการลามไฟ

จากการทดสอบสมบัติการลามไฟตามมาตรฐาน ASTM D635-10 [17] โดยหาค่า Burn Rate สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สมบัติการลามไฟของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกผสมน้ำยางวัลคาไนซ์

อัตราส่วน	อัตราการลามไฟ (มม./นาที)
NOR	-
P0.00	-
P0.05	-
P0.10	-
P0.15	-
P0.20	-

จากตารางที่ 9 พบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ และคอนกรีตบล็อก ไม่มีการลามไฟ เนื่องจากเนื้อส่วนใหญ่ของคอนกรีตบล็อกดังกล่าวไม่มีการติดไฟ ส่วนน้ำยางวัลคาไนซ์และเศษพลาสติกอีวีเอถูกแทรกอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตบล็อก ซึ่งไม่ต่อเนื่องกันแม้มีการหลอมละลายบ้าง แต่ไม่มีการลุกติดไฟหรือลามไฟ และยังสามารถใช้งานได้ตามปกติ (รูปที่ 22 ถึง 24) ในการใช้งานจริงคอนกรีตบล็อกทั้งหมด จะถูกก่อเป็นผนังและฉาบด้วยปูนฉาบหนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร ยิ่งทำให้การลุกติดไฟเป็นไปได้ยาก เพราะการติดไฟต้องอาศัยปัจจัย 3 อย่าง คือ ความร้อน เชื้อเพลิง และอากาศ โดยปูนที่ฉาบจะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อนและอากาศให้กับคอนกรีตบล็อกขณะเกิดเพลิงไหม้



รูปที่ 22 ลักษณะเนื้อของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฟสมยางวัลคาไนซ์



รูปที่ 23 ลักษณะเนื้อของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฟสมยางวัลคาไนซ์ภายหลังทดสอบการลามไฟและลุกติดไฟ



รูปที่ 24 ลักษณะเนื้อของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฟสมยางวัลคาไนซ์ภายหลังทดสอบการลามไฟและลุกติดไฟ

7. การทดสอบสมบัติการดูดซับเสียง

จากผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α) และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ สามารถสรุปได้ ดังนี้

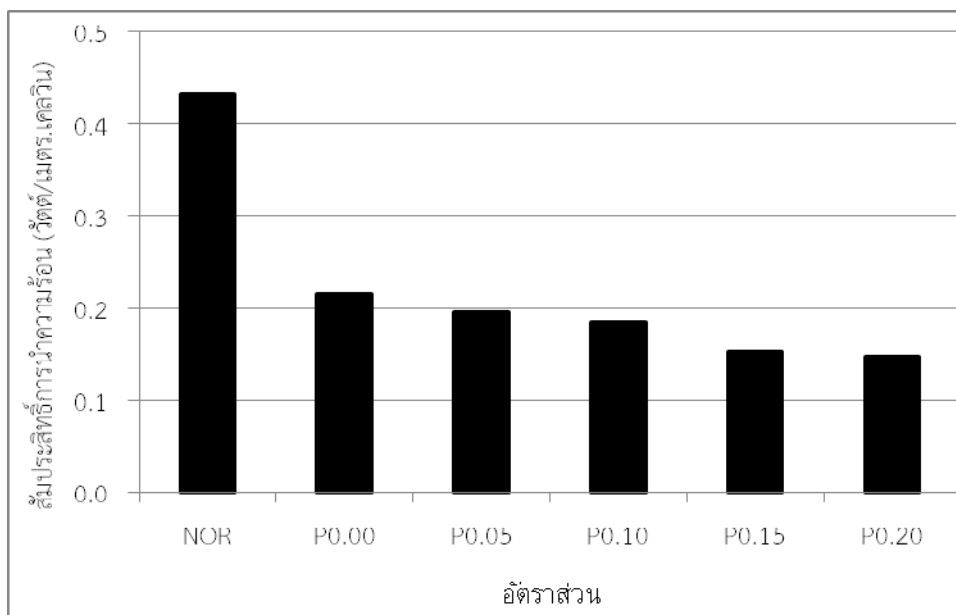
ตารางที่ 10 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) และสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกผสมน้ำยางวัลคาไนซ์

ความหนา (cm)	อัตราส่วน	สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α)				NRC
		250 Hz	500 Hz	1,000 Hz	2,000 Hz	
7.5 (รวมช่องว่าง)	NOR	0.044	0.054	0.097	0.082	0.07
	P0.00	0.17	0.19	0.36	0.38	0.28
	P0.05	0.19	0.25	0.36	0.37	0.29
	P0.10	0.21	0.24	0.36	0.37	0.30
	P0.15	0.22	0.25	0.36	0.38	0.30
	P0.20	0.23	0.26	0.35	0.38	0.31

จากค่า NRC ของคอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอในการป้องกันเสียงรบกวนที่ดีในระดับปานกลาง [16] และแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับเสียงโดยวิธีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในปริมาณที่มากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ที่แทรกอยู่ภายในคอนกรีตบล็อก ได้แก่ เศษพลาสติกอีวีเอ ก้อนยาง และฟิล์มยาง ซึ่งสามารถช่วยดูดซับพลังงานเสียงได้ดี โดยสามารถเทียบเท่าการใช้พรมหนาๆ มาเป็นวัสดุดูดซับเสียง

8. การทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่มีน้ำยางวัลคาไนซ์เป็นส่วนผสม โดยการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกให้มีขนาดประมาณ $1.5 \times 30 \times 30$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามที่มาตรฐาน ASTM C177-10 [18] ซึ่งดำเนินการทดสอบ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 25

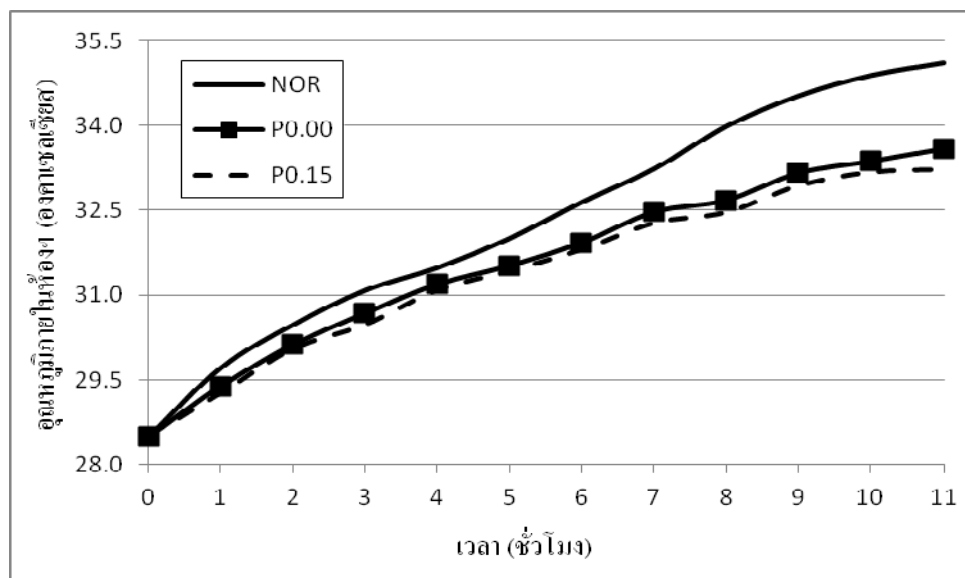


รูปที่ 25 ค่า สปส.การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน

จากรูปที่ 25 พบว่า น้ำยางวัลคาไนซ์สามารถช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอลงได้ โดยปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมไปมากที่สุด ช่วยลดสัมประสิทธิ์การนำความร้อนได้ดีที่สุด ดังเห็นได้จากการผสมปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ เท่ากับ 0.20 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าต่ำกว่าที่ปริมาณ 0.05 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และต่ำกว่าที่ไม่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ เนื่องจากยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี [4] ประกอบกับขณะทำการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงไปก็มักจะเกิดฟองอากาศขึ้นภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกขึ้นจำนวนหนึ่ง [13] ซึ่งทำให้ความหนาแน่นและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดต่ำลง

9. การทดสอบความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

เมื่อทำการทดสอบในห้องทดสอบอุณหภูมิภาคสนาม ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการขนาด $1 \times 2 \times 2.5$ ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 ห้อง ผนังห้องผลิตจากไม้อัดและสังกะสีบุด้วยฉนวนป้องกันความร้อน 5 ด้าน ด้านหน้าเป็นแผ่นอะคริลิกใส ภายในติดตั้งแหล่งกำเนิดความร้อน และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความชื้น และมาตรวัดอื่นๆ โดยใช้คอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ ไปก่อผนัง เมื่อวันที่ 21 – 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 เวลา 19.30 – 06.30 น. สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 26



รูปที่ 26 ผลการทดสอบอุณหภูมิภาคสนามของคอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ ณ ศูนย์การเรียนรู้
อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

จากรูปที่ 26 พบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอทีผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีแนวโน้มที่สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องได้ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอทีที่ไม่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ ประมาณเกือบ 1 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปถึงประมาณ 2 องศาเซลเซียส โดยสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอทีผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกทั่วไป เนื่องจากยวกรรมชาติที่แทรกอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกมีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดังนั้นความร้อนจึงไม่สามารถที่จะทะลุผ่านเข้ามาในผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอทีผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ได้มากนัก ทำให้อุณหภูมิภายในห้องที่ก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกดังกล่าวต่ำกว่าอุณหภูมิในห้องที่ก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกทั่วไปหรือคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอทีที่ไม่มีน้ำยางวัลคาไนซ์

10. การทดสอบการเสื่อมสภาพ

ทำการทดสอบการเสื่อมสภาพด้วยการก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอทีผสมยางวัลคาไนซ์ในสถานที่จริง ซึ่งต้องสัมผัสกับลม ฝน และแสงแดด โดยไม่ทำการฉาบใดๆ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของคอนกรีตบล็อกดังกล่าว ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม 2555 รวมระยะเวลา 3 เดือน ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 27 ผลการก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์เพื่อทดสอบการเสื่อมสภาพนาน 3 เดือน



รูปที่ 28 ผลการฉาบผนังที่ก่อจากคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ด้วยปูนฉาบทั่วไปนาน 3 เดือน

จากรูปที่ 27 และ 28 พบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ สามารถก่อเป็นผนังในสถานที่จริง ซึ่งต้องสัมผัสกับลม ฝน และแสงแดด ได้ โดยไม่มีการเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังสามารถฉาบได้ด้วยปูนฉาบหรือมอร์ตาร์ทั่วไปและไม่มีปัญหาแตกร้าวให้เห็น

11. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้านต้นทุน

จากต้นทุนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในแต่ละอัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 11 และมีตัวอย่างการคำนวณ ดังตารางที่ 12

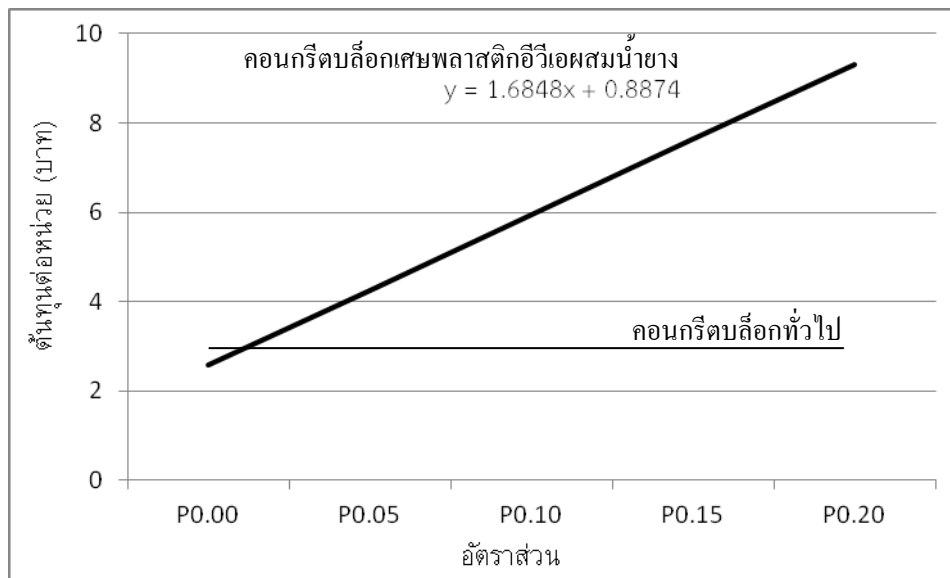
ตารางที่ 11 ต้นทุนต่อหน่วยของคอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ

อัตราส่วน	ต้นทุน (บาท/ก้อน)
NOR	2.91
P0.00	2.57
P0.05	4.26
P0.10	5.94
P0.15	7.63
P0.20	9.31
อิฐมวลเบา	25 – 30

ตารางที่ 12 ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอและคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ ในปริมาณ 0.05 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ (บาท/ก้อน)

ส่วนผสม	คอนกรีตบล็อก พิเศษพลาสติกอีวีเอ	คอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติก อีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 (1 ส่วน)	2.40	2.40
น้ำยางวัลคาไนซ์ (รวมค่าวัลคาไนซ์) (0.05 ส่วน)	-	3.75
เศษพลาสติกอีวีเอ (ค่าขนส่ง+ค่าย่อย) (0.5 ส่วน)	0.50	0.50
หินฝุ่น (4 ส่วน)	0.4	0.4
สารลดแรงตึงผิว (0.0025 ส่วน)	-	0.125
น้ำประปา (1.6 ส่วน)	0.016	0.016
ค่าไฟฟ้า	0.10	0.10
น้ำมันทาแบบ	0.10	0.10
แบบรองขึ้นตัวอย่าง	0.10	0.10
รวมทั้งสิ้น (บาท/ครั้งการผลิต)	3.62	7.49
จำนวน (ก้อน/ครั้งการผลิต)	2.30	2.30
ต้นทุนค่าวัสดุดิบ (บาท)	1.57	3.26
ต้นทุนค่าแรงงาน (บาท)	1	1
ต้นทุนต่อหน่วย (บาท/ก้อน)	2.57	4.26

จากตารางที่ 11 และ 12 พบว่า ต้นทุนส่วนใหญ่ของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำยางที่ใช้ผสม โดยคิดเป็นร้อยละ 40 ถึง 60 ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมนั้นช่วยในการลดต้นทุนของคอนกรีตบล็อกดังกล่าวได้มาก ดังรูปที่ 29



รูปที่ 29 ผลการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟผสมน้ำยางวัลคาไนซ์
เมื่อ X = ปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ (เท่า โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์)

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนทั้งหมดของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟผสมน้ำยางวัลคาไนซ์, และอิฐมวลเบาในท้องตลาด เห็นได้ว่า ต้นทุนของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ (ประมาณ 2.57 – 9.31 บาท/ก้อน) โดยคิดเป็นประมาณ ร้อยละ 10 ถึง 30 ของราคาอิฐมวลเบาในท้องตลาด (ประมาณ 25 – 30 บาท/ก้อน)

สรุปผล

น้ำยางวัลคาไนซ์ สามารถปรับปรุงสมบัติบางประการของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟได้ดี โดยลดความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การหดตัวแห้ง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน รวมทั้งเพิ่มสมบัติการดูดซับเสียง ฉนวนป้องกันความร้อน และไม่ลามไฟ แต่การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ที่มากเกินไป มีส่วนทำให้กำลังอัดลดลง และต้นทุนของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟสูงขึ้นได้ โดยปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ เท่ากับ 0.15 เท่าโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (อัตราส่วน P0.15) มีสมบัติที่ดีขึ้น ผ่านตามมาตรฐาน มอก.58-2533 [19] และต้นทุนไม่สูงมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุคู่แข่งในท้องตลาด ได้แก่ คอนกรีตบล็อก, และอิฐมวลเบา พบว่า คอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีสมบัติที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปในทุกๆ ด้าน โดยมีสมบัติใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา แต่มีต้นทุนต่ำกว่าอิฐมวลเบามาก นอกจากนี้ น้ำยางวัลคาไนซ์ยังช่วยลดปัญหาการดูดซึมน้ำ ทำให้คอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟฉาบด้วยปูนฉาบหรือมอร์ตาร์ทั่วไปได้ดี ทั้งนี้สามารถสรุปสมบัติและต้นทุนของคอนกรีตบล็อกต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 13 สมบัติของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ 0.15 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อก อิฐมวลเบาประเภท ACC ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และมาตรฐานคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สมบัติ	คอนกรีตบล็อก พิเศษพลาสติกอีวีเอฟ ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์	คอนกรีตบล็อก ในท้องตลาด	อิฐมวลเบา ประเภท ACC ในท้องตลาด	คอนกรีตบล็อก ชนิดไม่รับน้ำหนัก (มอก.58-2533)
ค่าความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	1,169.59	2,177.12	700 – 900	-
ค่าการดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)	9.33	5.06	~ 25	< 25 (ความชื้น น้อยกว่าร้อยละ50)
ค่ากำลังอัด (กก./ตร.ซม.)	25.74	79.44	30 – 50	> 25 (เฉลี่ย5ก้อน), > 20 (แต่ละก้อน)
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์/เมตร.เคลวิน)	0.153	0.432	0.132	-
ต้นทุน (บาท/ก้อน)	7.63	2.91	25 – 30	-

จากตารางที่ 13 เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีสมบัติต่างๆ ที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกในท้องตลาด และใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบาประเภท ACC [20] แต่คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์มีสมบัติที่ดีกว่าคอนกรีตมวลเบาประเภท ACC ในด้านความทึบน้ำ และมีราคาถูกพอๆ กับคอนกรีตบล็อก จากผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกสำหรับจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ซึ่งมีน้ำหนักเบา ทึบน้ำ กำลังอัดผ่านตามมาตรฐาน และมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะของการนำน้ำยางวัลคาไนซ์มาผสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสมบัติในด้านต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกต่อไป มีดังนี้

1. ควรทำการทดสอบสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น การกักกร่อนของกรดซัลฟูริก และสารละลายซัลเฟต เป็นต้น เพื่อให้ทราบว่า น้ำยางวัลคาไนซ์ สามารถนำไปพัฒนาสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติมได้หรือไม่

2. จากผลการศึกษาคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ พบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำยางวัลคาไนซ์ ไปเป็นวัสดุผสมเพิ่มในคอนกรีตบล็อกชนิดอื่นๆ เพื่อพัฒนาสมบัติในด้านความหนาแน่น การหดตัวแห้ง การดูดซึมน้ำ กำลังอัด และความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ซึ่งจะเป็นจุดเด่นในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชีवाल เศรษฐบุตร, 2552. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน**, กรุงเทพฯ, บริษัท ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด.
- [2] Jesse Edenbaum, 1992. **Plastics additives and modifiers handbook**, New York: Van Nostrand Reinhold, p.95-101.
- [3] Craig, A.S., 1969. **Dictionary of Rubber Technology**, London Newnes-Butter Worths, p. 59.
- [4] Blow, C.M. and Hepburn C., 1982. **Rubber Technology and Manufacture**, Second Edition., Butterworth Scientific, p. 31.
- [5] วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2549. **ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน**, กรุงเทพฯ, ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์. ISBN 974-94199-8-7.
- [6] Muniandy, Em.V., 1998. "Concentrate Production, Factory Operation and Maintenance in Latex Concentrate & Prevulcanised latex". **Training Manual**, Malaysian Rubber Board, Malaysia, pp.1-2.
- [7] วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2544. **อุตสาหกรรมการผลิตยางธรรมชาติ, เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตร Process and cleaner Technology in the Rubber Industry**, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ, 44-45.
- [8] วราภรณ์ และคณะ, 2544. "วิธีการทดสอบน้ำยางข้น". **เอกสารวิชาการเลขที่ 2/2544**, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, หน้า 1-4.
- [9] อรสา ภัทรไพบูลย์ชัย, 2535. **การผสมสารเคมีลงในน้ำยางเพื่อให้ได้ความต้านทานต่อแรงดึงสูงสุด, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์**.
- [10] Ohama, Y., 1987, **Principle of Latex Modification and Some Typical Properties of Latex-Modified Mortars and Concretes**, ACI Materials Journal, Title No. 84-M45, p 511-518.
- [11] สิทธิชัย ศิริพันธุ์, พิทักษ์ บุญนุ่น, กิจถาวร โลหะ, และอนุรักษ์ กำเนิดว่า. 2548, **การใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนางานคอนกรีต, เอกสารการประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10, ชลบุรี, หน้า MAT-205-210**.
- [12] ประชุม คำพุด, 2550. "การใช้ยางพาราปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ" **วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.**ปีที่ 30, ฉบับที่ 2, 363-376.
- [13] ประชุม คำพุด, 2549. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การใช้ยางพาราปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ, โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่าฝายอุตสาหกรรม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว).**
- [14] ประชุม คำพุด, 2550. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมน้ำยางพารา, โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่าฝายอุตสาหกรรม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว).**
- [15] ประชุม คำพุด, 2550. "การศึกษามอร์ตาร์ผสมน้ำยางข้นแบบแอมโมเนียปานกลาง" **การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3**, ณ โรงแรมลองบีช การ์เดน โฮเทล แอนด์ สปา, พัทยา, ชลบุรี, 168-175.
- [16] American Society for Testing and Materials, 2010, **ASTM C 423**, Philadelphia.

- [17] American Society for Testing and Materials, 2010, **ASTM D 635**, Philadelphia.
- [18] American Society for Testing and Materials, 2010, **ASTM C 177**, Philadelphia.
- [19] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก**, กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [20] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1505-2541 เรื่องชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบา แบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ**, กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [21] กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550, **มาตรฐานงานคอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทนและอายุการใช้งาน (มยผ.1332-50)**, กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.

ภาคผนวก ก

บทความสำหรับการเผยแพร่

การใช้น้ำยางพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท
ในงานก่อผนังฉาบปูน

Using of Para-rubber to Develop Properties of Concrete Block Mixed with Ethylene
Vinyl Acetate Plastics in Masonry

ประชุม คำพุฒ
Prachoom Khamput

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
Department of Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำยางวัลคาไนซ์มาผสมในคอนกรีตบล็อกผสมพลาสติกอีวีเอเพื่อพัฒนาคุณสมบัติ โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเศษพลาสติกอีวีเอต่อหินฝุ่นต่อน้ำ เท่ากับ 1: 0.5: 4: 1.6 อัตราส่วนน้ำยางวัลคาไนซ์ต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, และ 0.45 โดยน้ำหนัก และใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุร้อยละ 4 ของน้ำหนักยางแห้ง อัตราส่วนน้ำยางวัลคาไนซ์ต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมมากที่สุดครั้งนี้ เท่ากับ 0.15 มีความหนาแน่น ที่อายุ 14 วัน 1,169.59 กก./ลบ.ม., การดูดซึมน้ำ ที่อายุ 14 วัน ร้อยละ 9.33, กำลังอัด ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 25.74 กก./ตร.ซม., ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 0.1527 วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน, ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (2,000 เฮิรตซ์) ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 0.38, และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 0.3 เป็นสมบัติที่ดีขึ้นกว่าคอนกรีตบล็อกผสมพลาสติกอีวีเอปกติ

คำสำคัญ: น้ำยางวัลคาไนซ์, คอนกรีตบล็อกผสมพลาสติกอีวีเอ, การนำความร้อน, กำลังอัด

ABSTRACT

The aim of this research is to use vulcanized latex as an admixture for improving the properties of EVA plastic waste concrete block. In mix design, cement per EVA plastic waste per quarry dust per water ratio is 1: 0.5: 4: 1.6 w/w, vulcanized latex per cement ratios are 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, and 0.45 (by weight of cement), no-charge surfactant is 4% (by weight of vulcanized latex). The suitable ratio of vulcanized latex per cement in this testing is 0.15 (by weight of cement). The properties are obtained as follows. 1) The average density at 14 days is 1,169.59 kg/cu.m. 2) The average water absorption at 14 days is 9.33%. 3) The average compressive strength at 28 days is 25.74 ksc. 4) The coefficient of thermal conductivity is 0.1527 watt / (m. Kelvin). 5) The absorption coefficient at 2,000 hertz is 0.38. 6) The noise reduction coefficient is 0.3. It can be seen that many properties are better than normal EVA plastic waste concrete blocks.

Keywords: Vulcanized latex, EVA plastic waste concrete block, Thermal conductivity, Compressive strength

คำนำ

พลาสติกเอทิลีนไวน์อะซิเตทหรืออีวีเอ (EVA, Ethylene Vinyl Acetate) ก็เป็นหนึ่งในขยะพลาสติกที่มีน้ำหนักเบา เช่น รองเท้าแตะ พื้นรองเท้ากีฬา และกรวยที่กั้นถนนพลาสติก เป็นต้น แม้ว่าปัจจุบันจะมีการนำพลาสติกอีวีเอมาหลอมและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติด้อยลงกว่าเดิม จึงจำเป็นต้องเติมสารเติมแต่งต่างๆ ลงไป ซึ่งจะเพิ่มต้นทุนอย่างมากให้กับภาคอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์รองเท้า ที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกรายใหญ่ อันดับที่ 5 ของโลก รองจากจีน เวียดนาม อินโดนีเซีย และบราซิล ในปี 2549 มีจำนวนโรงงานผลิตรองเท้ากว่า 1,000 โรงงาน มีมูลค่าการส่งออกรวมกว่า 3.3 หมื่นล้านบาท จากกระบวนการผลิตรองเท้าแต่ละคู่จะเหลือเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจากการขึ้นรูปเป็นปริมาณมาก จากสมบัติของเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่มีความหนาแน่นต่ำ สามารถดูดซับเสียง และมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ต่ำ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทดลองนำเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอมาย่อยผสมลงในคอนกรีตบล็อกพบว่า เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่มีขนาดและความแข็งที่เหมาะสมสามารถผสมรวมกับปูนซีเมนต์ได้ดี ทำให้เนื้อของคอนกรีตบล็อกที่ได้จับตัวกันแน่นเสมือนเป็นมวลรวมชนิดหนึ่ง และยังช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติที่เหนือกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักต่อก้อนที่เบาเพียง 3 กิโลกรัมต่อก้อน หรือคิดเป็นความหนาแน่น 640 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่คอนกรีตบล็อกทั่วไปหนักถึงประมาณ 8 กิโลกรัมต่อก้อน หรือมีความหนาแน่น 1,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือได้ว่าเทียบเท่ากับคอนกรีตมวลเบา รวมทั้งสามารถใช้ร่วมกับปูนก่อฉาบได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป อย่างไรก็ตามคอนกรีตบล็อกผสมเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจะมีความสมบูรณ์และใช้งานได้ดี หากมีการพัฒนาสมบัติในด้านความทึบน้ำต่ำ การรับแรงดึงและดัด ด้วยการผสมน้ำยาพาราควบคู่กันไปด้วย ดังนั้นการใช้น้ำยาพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวน์อะซิเตท จะเป็นนวัตกรรมวัสดุก่อสร้างก่อผนังที่มีสมบัติโดดเด่นในด้านต่างๆ ตามที่ผู้ใช้อยู่ต้องการ อีกทั้งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ราคาถูก และสามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกได้ โดย บริษัท เอ.เอ็ม.ที. ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ได้ให้ความสนใจ สนับสนุน และพร้อมจะนำไปผลิตใช้ในโครงการและต่อยอดเชิงพาณิชย์ ตลอดจนเป็นการสร้างเสถียรภาพให้กับรายทาง พาราและเพิ่มมูลค่าขยะพลาสติกชนิดหนึ่งที่แทบจะไม่มีมูลค่าให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1.1 น้ำยาล้างคาร์บอน เป็นน้ำยาฟอสฟอรัส ร้อยละ 60 รักษาด้วยแอมโมเนียสูง หรือ HA (High Ammonia) นำมาทำการล้างคาร์บอนเป็นน้ำยาฟอสฟอรัส ดังสูตรในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรของน้ำยาฟอสฟอรัสที่ใช้ในการดำเนินงาน

สูตรผสมเคมี	ปริมาณ (phr)
น้ำยาล้างคาร์บอนแอมโมเนียสูง (HA)	167
สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (ความเข้มข้นร้อยละ 10)	2.5
สารละลายโพแทสเซียมลอร์เรต (ความเข้มข้นร้อยละ 20)	1.3
ดิสเพนเซอร์ของกำมะถัน (ความเข้มข้นร้อยละ 50)	2.0
ดิสเพนเซอร์ของซิงก์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (ความเข้มข้นร้อยละ 10)	0.8
ดิสเพนเซอร์ของซิงก์ออกไซด์ (ความเข้มข้นร้อยละ 50)	0.4

โดยที่การคำนวณเพื่อแปรปริมาณของเนื้อยางที่อยู่ในน้ำยาพารา จะอยู่บนฐานของค่า % TSC (Total Solid Content) ซึ่งเป็นการนำน้ำยาเข้าไปอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดความชื้น แล้วจึงชั่งน้ำหนัก ดังสมการที่ (1) เนื่องจาก % TSC มีความสะดวกในการทดสอบมากกว่าค่า % DRC (Dry Rubber Content) [1]

$$\%TSC = W_1/W_2 \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ	%TSC	คือ	ร้อยละของสารที่เป็นของแข็งทั้งหมด
	W_1	คือ	น้ำหนักของฟิล์มยางหลังอบ (กรัม)
	W_2	คือ	น้ำหนักของน้ำยางก่อนอบ (กรัม)

1.2 เศษพลาสติกเอทิลีนไวโนลอะซิเตท จากโรงงานผลิตรองเท้าแตะที่มีอยู่ภายในประเทศมากกว่า 1,000 แห่ง โดยนำมาย่อยด้วยเครื่องบดพลาสติกให้มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 เศษพลาสติกอีวีเอที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 2 เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่ย่อยด้วยเครื่องย่อยพลาสติก

- 1.3 หินฝุ่น ที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4
- 1.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1
- 1.5 น้ำประปา
- 1.6 สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Nonionic Surfactants) หรือชื่อทางเคมี Alkyl phenol polyethylene glycol ether เพื่อให้ น้ำยางวัลคาไนซ์เข้ากับคอนกรีตได้เหมาะสม เนื่องจากสารดังกล่าวละลายน้ำจะไม่ประจุทำให้เกิดฟองน้อย และมีสมบัติในการรวมตัวเป็นไมเซลล์ที่ความเข้มข้นต่ำ จึงป้องกันการรวมตัวกันของส่วนผสมได้ดี
- 1.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 1.8 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกต้นขนาด $1.5 \times 30 \times 30$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

- 1.9 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกตันขนาด $7.5 \times 20 \times 60$ ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 1.10 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกกลวงขนาด $7 \times 19 \times 39$ ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 1.11 เครื่องผสมคอนกรีตแบบอัตโนมัติ
- 1.12 เครื่องย่อยพลาสติก พร้อมตะแกรงเบอร์ 4
- 1.13 ชุดทดสอบอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง ตามมาตรฐาน ASTM C 423-10 [2]
- 1.14 ชุดทดสอบการลามไฟ ตามมาตรฐาน ASTM D 635-10 [3]
- 1.15 ชุดทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C 177-10 [4]
- 1.16 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)
- 1.17 เครื่องอัดไฮโดรลิก (แบบเดียวกับที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกทั่วไป)
- 1.18 อุปกรณ์ก่อสร้างอื่นๆ เช่น กระจบองปูน, พลั่ว, ค้อน และเกลียงก่อ เป็นต้น
- 1.19 ห้องทดสอบอุณหภูมิภาคสนาม ขนาด $1 \times 2 \times 2.5$ ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 ห้อง ผนังบุด้วยฉนวนป้องกันความร้อน 5 ด้าน ด้านหน้าเป็นแผ่นอะคริลิกใส ภายในติดตั้งแหล่งกำเนิดความร้อน (หลอดไฟสปอร์ตไลท์ ขนาด 1,000 วัตต์) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ, ความชื้น, และนาฬิกาจับเวลา ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ห้องทดสอบอุณหภูมิภาคสนาม ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2. การกำหนดอัตราส่วนผสม

ทำการออกแบบอัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ โดยการกำหนดปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมต่อคอนกรีตบล็อก ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์สำหรับการทดสอบ (เทียบจาก น้ำหนักปูนซีเมนต์)

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	เศษอีวีเอ	หินปูน	น้ำ	น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (น้ำหนักยางแห้ง)	สารลดแรงตึงผิว ชนิดไม่มีประจุ
NOR	1	-	10	0.9	-	-
P0.00	1	0.5	4	1.6	-	-
P0.05	1	0.5	4	1.6	0.050	0.002
P0.10	1	0.5	4	1.6	0.100	0.004
P0.15	1	0.5	4	1.6	0.150	0.006
P0.20	1	0.5	4	1.6	0.200	0.008
P0.25	1	0.5	4	1.6	0.250	0.010
P0.30	1	0.5	4	1.6	0.300	0.012
P0.35	1	0.5	4	1.6	0.350	0.014
P0.40	1	0.5	4	1.6	0.400	0.016
P0.45	1	0.5	4	1.6	0.450	0.018

หมายเหตุ คัดอัตราส่วนตามหลักการทางด้านวิศวกรรมโยธา ซึ่งเป็นผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยนี้ โดยเทียบจากน้ำหนักของปูนซีเมนต์ 1 ส่วน และน้ำหนักยางแห้งที่ได้จากการทดสอบ % TSC ของน้ำยาง

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์สำหรับการทดสอบ (เทียบจาก น้ำหนักยาง 100 ส่วน, phr)

อัตราส่วนที่	ปูนซีเมนต์	เศษอีวีเอ	หินปูน	น้ำ	น้ำยางพรีวัลคาไนซ์	สารลดแรงตึงผิว ชนิดไม่มีประจุ
NOR	1	-	10	0.9	-	-
P0.00	1	0.5	4	1.6	-	-
P0.05	2000	1000	8000	3200	100	4
P0.10	1000	500	4000	1600	100	4
P0.15	667	333	2667	1067	100	4
P0.20	500	250	2000	800	100	4
P0.25	400	200	1600	640	100	4
P0.30	333	167	1333	533	100	4
P0.35	286	143	1143	457	100	4
P0.40	250	125	1000	400	100	4
P0.45	222	111	889	356	100	4

3. การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก

สำหรับการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ เน้นการขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการที่ใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกโดยทั่วไปให้มากที่สุด ดังนี้

3.1 ตรวจสอบส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1: เศษพลาสติกอีวีเอ: หินปูน: น้ำ: น้ำยางวัลคาไนซ์: สารลดแรงตึงผิว โดยน้ำหนัก

3.2 แบ่งน้ำที่จะผสมออกเป็น 3 ส่วน โดยกำหนดให้ 2 ส่วนจาก 3 ส่วน นำไปผสมรวมกับน้ำยางวัลคาไนซ์และสารลดแรงตึงผิว ส่วนน้ำที่เหลืออีก 1 ส่วน ให้เก็บไว้สำหรับผสมในช่วงต้นเพื่อทำการเคลือบไม้

3.3 เตรียมเครื่องผสมคอนกรีตหรือโม่ผสมและอุปกรณ์ต่างๆที่จะสัมผัสกับคอนกรีตสดให้อยู่ในสภาพชื้น เพื่อป้องกันการดูดความชื้นจากส่วนผสม

3.4 แบ่งปูนซีเมนต์ (หรือวัสดุประสาน) ออกเป็น 3 ส่วน แล้วจึงนำวัสดุประสานส่วนที่ 1 และน้ำ (ส่วนที่ไม่ได้ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์และสารลดแรงตึงผิว) ใส่ลงในโม่ตามลำดับ เพื่อทำการเคลือบโม่

3.5 เติมหินฝุ่นและเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทประมาณครึ่งหนึ่งของที่ตวงไว้ลงไป แล้วทำการผสมให้เข้ากัน

3.6 จากนั้นเติมหินฝุ่นและเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทส่วนที่เหลือทั้งหมดลงไป พร้อมกับปูนซีเมนต์ส่วนที่ 2 แล้วจึงสเปรย์ของเหลว (ส่วนที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์และสารลดแรงตึงผิว) ประมาณครึ่งหนึ่งของของเหลวทั้งหมดลงไปให้ทั่ว

3.7 ขณะที่ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน ให้ทยอยเติมปูนซีเมนต์ส่วนที่เหลือทั้งหมดลงไป ตลอดจนสเปรย์ของเหลวส่วนสุดท้ายลงไป

3.8 ทำการผสมจนเข้ากันโดยให้ใช้เวลาผสมไม่เกิน 10 นาที และขณะที่ทำการผสมควรมีการหยุดเครื่องเพื่อชะคอนกรีตที่ติดอยู่ข้างโม่ออก แล้วจึงทำการเดินเครื่องผสมต่อ



รูปที่ 3 ตัวอย่างการผสมวัตถุดิบของคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องผสมคอนกรีต

3.9 ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิก เพื่อให้การบดอัดเข้าแบบมีค่าเท่ากันโดยใช้แบบหล่อคอนกรีตบล็อกแบบต่างๆ ตามต้องการ



รูปที่ 4 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

3.10 จากนั้นทิ้งไว้ 1 วัน จึงถอดแบบและยกตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ขึ้นรูปไปบ่มในอากาศและร่ม เป็นเวลา 7 วัน ในระหว่างนี้ห้ามเคลื่อนย้ายบล็อกทดสอบเป็นเวลา 2 วัน นับตั้งแต่วันที่เข้าแบบ แล้วจึงทำการทดสอบในขั้นตอนต่างๆ ต่อไป

4. การทดสอบสมบัติ

การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ จะเป็นการทดสอบโดยใช้มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก [5] หรือ มาตรฐาน มอก.1505-2541 เรื่องชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบา แบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ [6] เป็นตัวกำหนด และสมบัติอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งาน ดังนี้

- 4.1 ถ่ายภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่อายุ 28 วัน
- 4.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร ที่อายุ 14 วัน
- 4.3 ความต้านทานแรงอัด ที่อายุ 7, 14, 21, และ 28 วัน ทดสอบจำนวน 30 ตัวอย่างต่ออัตราส่วน
- 4.4 การดูดซึมน้ำ ที่อายุ 14 วัน
- 4.5 การเปลี่ยนแปลงความยาว หรือการหดตัวแห้ง ที่อายุ 14 วัน
- 4.6 การทดสอบสมบัติการลามไฟ ทำการทดสอบสมบัติการลามไฟตามมาตรฐาน ASTM D635-10 [3] โดยหาค่า

Burn Rate (หน่วย mm/min)

4.7 การทดสอบสมบัติการดูดซับเสียง ทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) ของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ ตามมาตรฐาน ASTM C423-10 [2] โดยใช้การตรวจวัดค่าอัตราการสลายตัวของพลังงานเสียง (Rate of Decay) แล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α) และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC)

4.8 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน โดยการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกให้มีขนาดประมาณ $1.5 \times 30 \times 30$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามที่มาตรฐาน ASTM C177-10 [4] ซึ่งดำเนินการทดสอบโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการกำหนด

4.9 การทดสอบในห้องทดสอบอุณหภูมิภาคสนาม ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการขนาด $1 \times 2 \times 2.5$ ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 ห้อง ผนังห้องผลิตจากไม้อัดและสังกะสีปูด้วยฉนวนป้องกันความร้อน 5 ด้าน ด้านหน้าเป็นแผ่นอะคริลิกใส ภายในติดตั้งแหล่งกำเนิดความร้อน (หลอดไฟสปอร์ตไลท์ ขนาด 1,000 วัตต์) และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความชื้น นาฬิกาจับเวลา และมาตรวัดอื่นๆ

4.10 การทดสอบการเสื่อมสภาพ ทำการทดสอบการเสื่อมสภาพด้วยการก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟผสมยางวัลคาไนซ์ในสถานที่จริง ซึ่งต้องสัมผัสลม ฝน และแสงแดด โดยไม่ทำการฉาบใดๆ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของคอนกรีตบล็อกดังกล่าว อย่างน้อย 2 เดือน

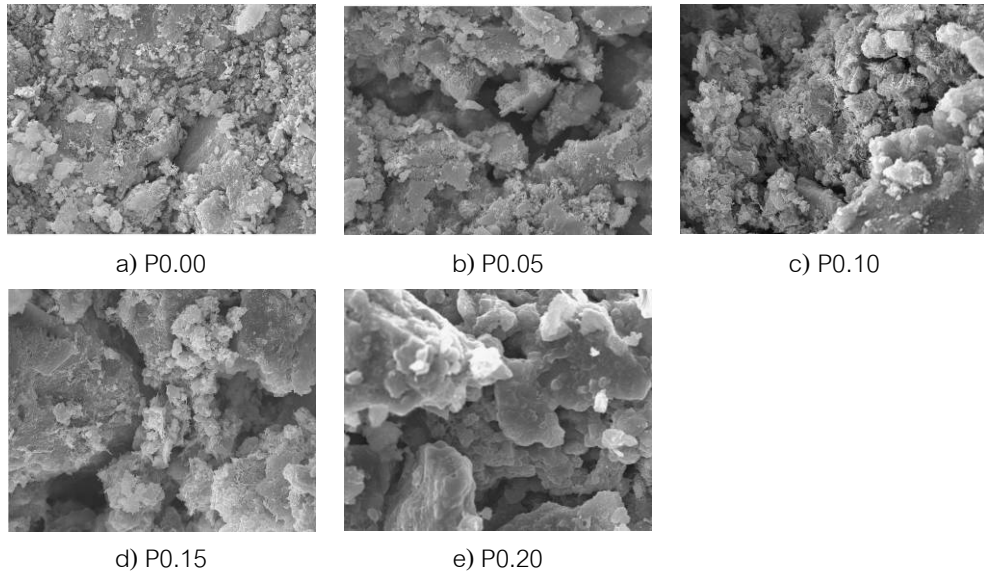
4.11 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้านต้นทุน ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและสมบัติด้านต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟผสมยางวัลคาไนซ์ คอนกรีตบล็อกปกติ และคอนกรีตบล็อกมวลเบาอบไอน้ำ เพื่อสรุปว่า น้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟ สามารถพัฒนาสมบัติในด้านต่างๆ ได้คุ้มค่ากับต้นทุนหรือไม่

ผลและอภิปรายผล

จากผลการดำเนินงานที่ผ่านมา พบว่า การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงในคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอฟในปริมาณมากกว่า 0.20 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทำให้ส่วนผสมจับตัวกันเป็นก้อน และไม่สามารถขึ้นรูปได้ ส่วนผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางกล การลามไฟ การดูดซับเสียง ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน การเสื่อมสภาพ และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ด้านต้นทุน สามารถสรุปผลโดยแบ่งตามการทดสอบต่างๆ ได้ ดังต่อไปนี้

1. ภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์

ภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กำลังขยาย 2,000 เท่า มีดังรูปต่อไปนี้



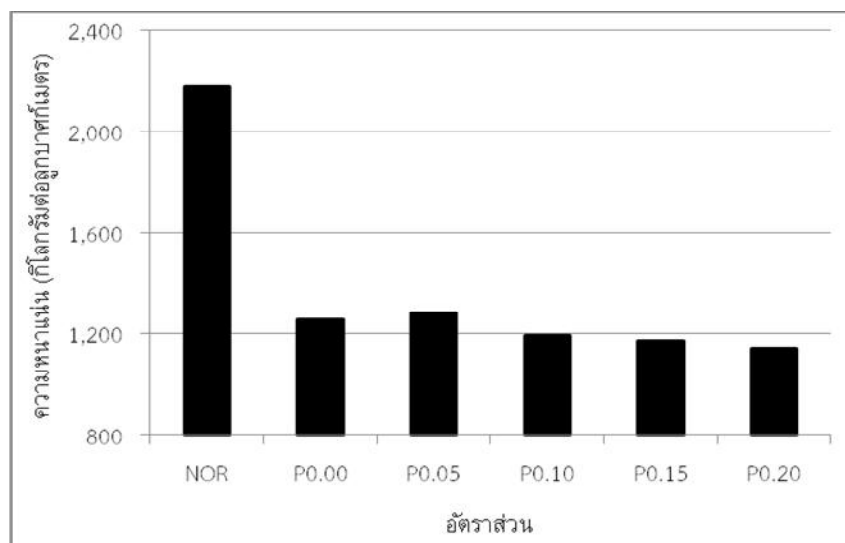
รูปที่ 5

ภาพขยายด้วยกล้อง SEM 2,000 เท่า ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอสผสมน้ำยางวัลคาไนซ์

จากรูปที่ 5 พบว่า เมื่อมีการนำน้ำยางวัลคาไนซ์มาผสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอส มีผลทำให้มวลรวมและสารเชื่อมประสานของคอนกรีตบล็อก ได้แก่ มอร์ตาร์, เศษพลาสติกอีวีเอส, และหินฝุ่น ถูกเคลือบและแทรกภายในโพรงหรือช่องว่างต่างๆ ด้วยแผ่นฟิล์มหรือก้อนยาง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำยางวัลคาไนซ์และปูนซีเมนต์ ทั้งนี้การที่อนุภาคของยางวัลคาไนซ์หรือโพลิเมอร์ เกิดการจับตัว (Coalesce) เป็นฟิล์ม (Film) นั้น [7] เป็นผลมาจากการสัมผัสเข้ากับความเป็นด่างของปูนซีเมนต์ ได้เป็นแผ่นฟิล์มหรือก้อนยางแทรกอยู่ในเนื้อคอนกรีตบล็อกดังกล่าว มีผลทำให้คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอสมีช่องว่างต่อเนื่องลดน้อยลง จึงส่งผลต่อสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอส

2. การทดสอบความหนาแน่น

ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอสผสมยางวัลคาไนซ์ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอสและปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสม สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 6

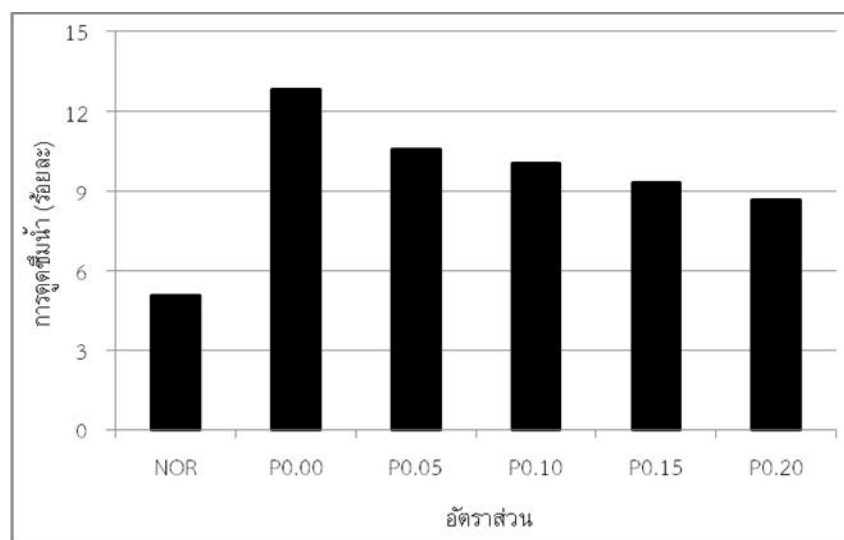


รูปที่ 6 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอสผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน

จากรูปที่ 6 พบว่า น้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสส่งผลต่อความหนาแน่นที่ลดลง โดยคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสที่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์มากมีความหนาแน่นต่ำ และคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์น้อยหรือไม่มีน้ำยางเลยมีความหนาแน่นสูง ดังเห็นได้จากความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสที่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์มากที่สุด มีความหนาแน่นต่ำประมาณ 1,150 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่คอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสเดียวกันที่ไม่มีปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ กลับมีความหนาแน่นสูงประมาณ 1,250 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นฟิล์มหรือก๊อชยางจากน้ำยางวัลคาไนซ์ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าคอนกรีตมาก [7] นอกจากนี้หากมีปริมาณของน้ำยางพารามากๆ อาจทำให้แผ่นฟิล์มจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น เกิดช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกมากขึ้นอีก ซึ่งส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่ลดลง หรืออาจส่งผลต่อการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกไม่ได้

3. การทดสอบการดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำหรือการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงไปเป็นปริมาณต่างๆ กัน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 7

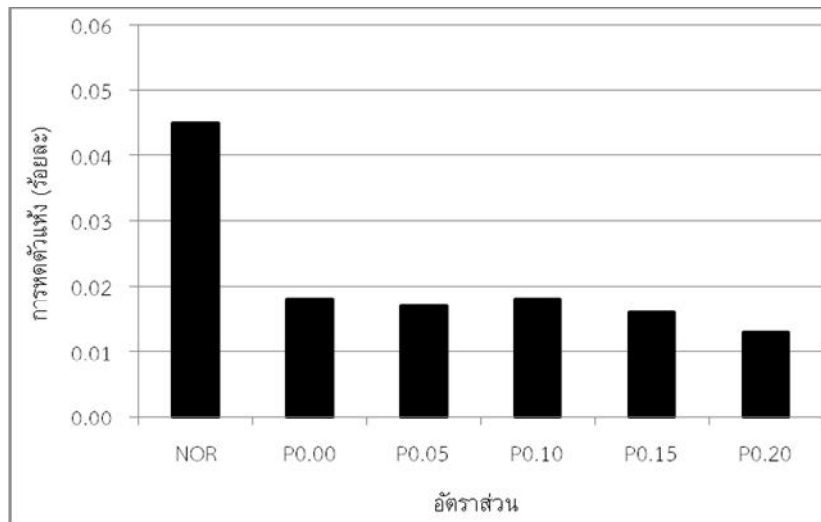


รูปที่ 7 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน

จากรูปที่ 7 พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ในคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสมีผลทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง ดังเห็นได้จากคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสที่ไม่มีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีค่าการดูดซึมน้ำประมาณ ร้อยละ 13 แต่เมื่อผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงไป 0.20 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลงเหลือประมาณ ร้อยละ 9 ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นฟิล์มที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์และยางธรรมชาติ ซึ่งแทรกอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสนั้น เป็นวัสดุที่มีความทึบน้ำ [7] ดังนั้นแผ่นฟิล์มดังกล่าวจึงสามารถลดโพรงที่เชื่อมต่อกันภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกได้ ซึ่งมีผลต่อการลดการดูดซึมน้ำได้ดี [8] แม้ว่าน้ำยางวัลคาไนซ์มีผลทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตจนเป็นเหตุให้มีความหนาแน่นลดลง แต่อาจเป็นเพราะอิทธิพลที่มากกว่าของความทึบน้ำในแผ่นฟิล์มที่ช่วยลดโพรงเชื่อมต่อ จึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำจึงลดลง โดยปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมในคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสมากที่สุด มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด ส่วนคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสที่ไม่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด อย่างไรก็ตามทั้งหมดมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าที่มาตรฐาน มอก.58-2533 กำหนด คือ ไม่เกินร้อยละ 25 ในทุกสภาวะ

4. การทดสอบการหดตัวแห้ง

การทดสอบการหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอสที่มีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์นั้น สามารถสรุปผลการทดสอบ ที่อายุ 14 วันได้ ดังรูปที่ 8

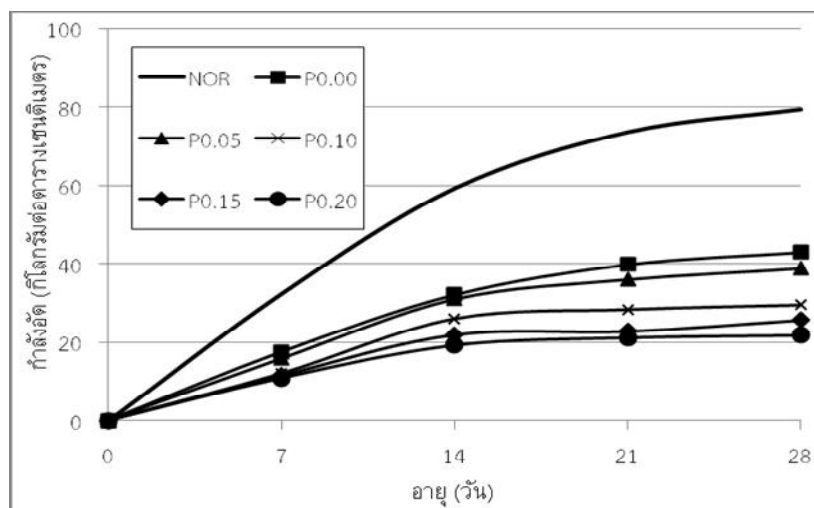


รูปที่ 8 การหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน

จากรูปที่ 8 พบว่า น้ำยางวัลคาไนซ์สามารถช่วยลดค่าการหดตัวแบบแห้ง (drying shrinkage) หรือการเปลี่ยนแปลงความยาว ซึ่งเป็นการหดตัวเนื่องจากการสูญเสียความชื้นจากคอนกรีตไปสู่สิ่งแวดล้อมผ่านทางโพรงคาปิลารี [9] โดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านความยาวหรือปริมาตรของคอนกรีตบล็อก ปกติเศษพลาสติกอีวีเอเป็นวัสดุที่มีดูดซึมน้ำ ทำให้คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอมีการหดตัวแห้งต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกปกติอยู่แล้ว และเมื่อมีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ ซึ่งอยู่ในลักษณะของแผ่นฟิล์มและก๊อปปี้ตามเนื้อคอนกรีตบล็อก ทำให้น้ำภายในคอนกรีตบล็อกสูญเสียไปตามโพรงคาปิลารีได้ยากขึ้น ดังนั้นค่าการหดตัวแห้งหรือการขยายตัวอันเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำ [8] จึงเกิดน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่ไม่ได้ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ รวมทั้งการที่อนุภาคของยางธรรมชาติที่แทรกเป็นแผ่นฟิล์มในช่องว่างต่างก็ช่วยให้การยึดหดตัวหรือขยายตัวทำได้ยากยิ่งขึ้น

5. การทดสอบกำลังอัด

สำหรับผลการทดสอบกำลังอัดหรือความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่มีการใช้น้ำยางวัลคาไนซ์เป็นส่วนผสมนั้น สามารถสรุปโดยแบ่งตามอัตราส่วนผสมต่างๆ ได้ ดังรูปที่ 9 พบว่า การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในปริมาณที่เหมาะสมลงในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ สามารถปรับปรุงสมบัติอื่นได้ โดยสมบัติด้านกำลังอัดยังคงผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดให้กำลังอัด ต้องไม่ต่ำกว่า 25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์สามารถผสมได้สูงสุด ไม่เกิน 0.15 เท่าโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และยังคงมีกำลังอัดสูงกว่า 25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ทำให้กำลังอัดลดลงได้ [9] โดยเป็นผลมาจากแผ่นฟิล์มและก๊อปปี้ ซึ่งเป็นวัสดุจำพวกโพลีเมอร์ที่มีความเหนียวและยืดหยุ่นตัวสูง แต่ไม่มีความแข็งแรงเหมือนกับมวลรวมทั่วไปเช่นเดียวกับยางธรรมชาติ ทำให้พื้นที่การรับแรงอัดลดลงเมื่อผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในปริมาณมาก



รูปที่ 9 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุต่างๆ

6. การทดสอบสมบัติการลามไฟ

จากการทดสอบสมบัติการลามไฟตามมาตรฐาน ASTM D635-10 [3] โดยหาค่า Burn Rate พบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ และคอนกรีตบล็อก ไม่มีการลามไฟ เนื่องจากเนื้อส่วนใหญ่ของคอนกรีตบล็อกดังกล่าวไม่มีการติดไฟ ส่วนน้ำยางวัลคาไนซ์และเศษพลาสติกอีวีเอถูกแทรกอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตบล็อก ซึ่งไม่ต่อเนื่องกันแม้มีการหลอมละลายบ้าง แต่ไม่มีการลุกติดไฟหรือลามไฟ และยังคงสามารถใช้งานได้ตามปกติ (รูปที่ 10 ถึง 12) ในการใช้งานจริงคอนกรีตบล็อกทั้งหมด จะถูกก่อเป็นผนังและฉาบด้วยปูนฉาบหนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร ยิ่งทำให้การลุกติดไฟเป็นไปได้ยาก เพราะการติดไฟต้องอาศัยปัจจัย 3 อย่าง คือ ความร้อน เชื้อเพลิง และอากาศ โดยปูนที่ฉาบจะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อนและอากาศให้กับคอนกรีตบล็อกขณะเกิดเพลิงไหม้



รูปที่ 10 ลักษณะเนื้อของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์



รูปที่ 11 ลักษณะเนื้อของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์
ภายหลังทดสอบการลามไฟและถูกตีไฟ



รูปที่ 12 ลักษณะเนื้อของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์
ภายหลังทดสอบการลามไฟและถูกตีไฟ

7. การทดสอบสมบัติการดูดซับเสียง

จากผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α) และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ สามารถสรุปได้ ดังนี้

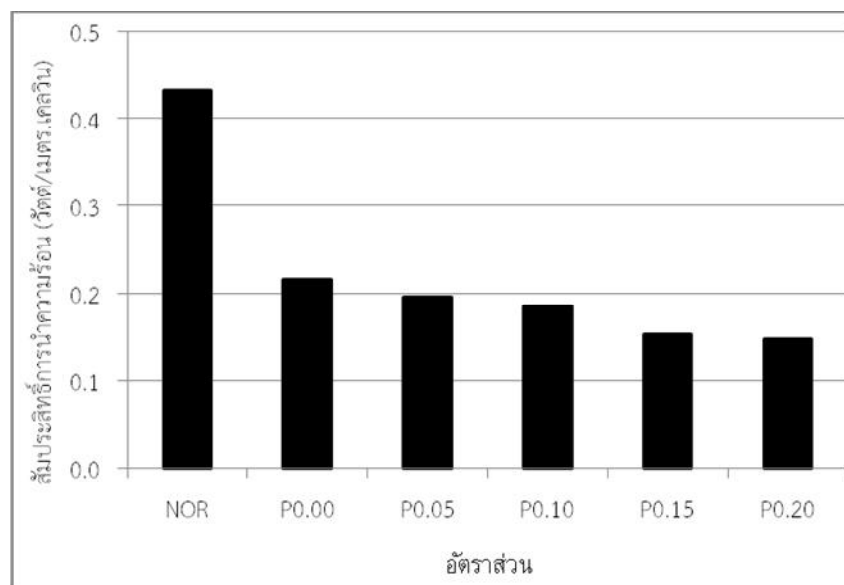
ตารางที่ 4 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (α) และสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) ของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกผสมน้ำยางวัลคาไนซ์

ความหนา (cm)	อัตราส่วน	สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (Absorption Coefficient, α)				NRC
		250	500	1,000	2,000	
7.5 (รวมช่องว่าง)	NOR	0.044	0.054	0.097	0.082	0.07
	P0.00	0.17	0.19	0.36	0.38	0.28
	P0.05	0.19	0.25	0.36	0.37	0.29
	P0.10	0.21	0.24	0.36	0.37	0.30
	P0.15	0.22	0.25	0.36	0.38	0.30
	P0.20	0.23	0.26	0.35	0.38	0.31

จากค่า NRC ของคอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอในการป้องกันเสียงรบกวนที่ดีในระดับปานกลาง และแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับเสียงโดยวิธีการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในปริมาณที่มากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ที่แทรกอยู่ภายในคอนกรีตบล็อก ได้แก่ เศษพลาสติกอีวีเอ ก้อนยาง และฟิล์มยาง ซึ่งสามารถช่วยดูดซับพลังงานเสียงได้ดี โดยสามารถเทียบเท่าการใช้พรมหนาๆ มาเป็นวัสดุดูดซับเสียง

8. การทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่มีน้ำยางวัลคาไนซ์เป็นส่วนผสม โดยการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกให้มีขนาดประมาณ $1.5 \times 30 \times 30$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามที่มาตรฐาน ASTM C177-10 [4] ซึ่งดำเนินการทดสอบ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 13

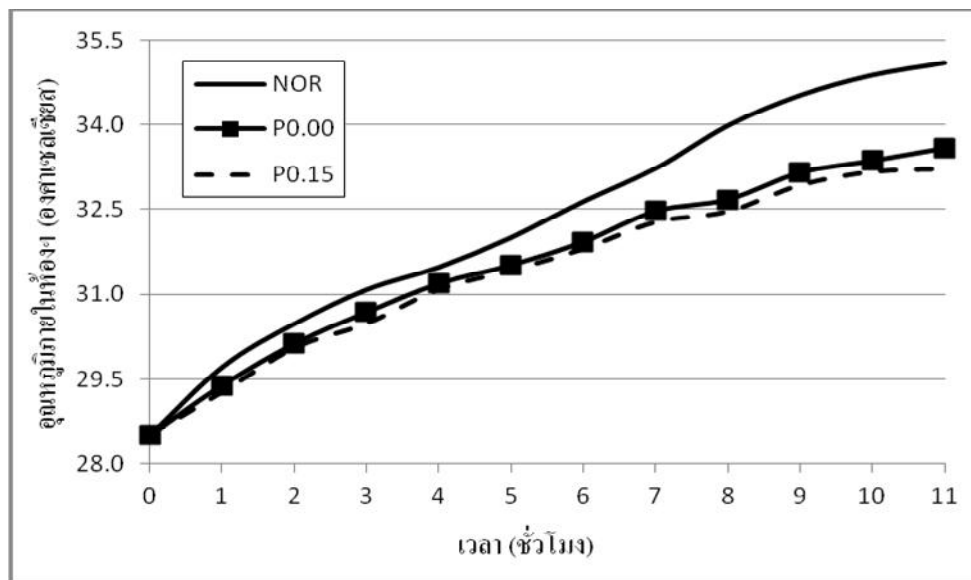


รูปที่ 13 ค่า สปส.การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ ที่อายุ 14 วัน

จากรูปที่ 13 พบว่า น้ำยางวัลคาไนซ์สามารถช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติก อีวีเอลงได้ โดยปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ผสมไปมากที่สุด ช่วยลดสัมประสิทธิ์การนำความร้อนได้ดีที่สุด ดังเห็นได้จากการผสมปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ เท่ากับ 0.20 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าต่ำกว่าที่ปริมาณ 0.05 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และต่ำกว่าที่ไม่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ เนื่องจากยางธรรมชาติเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี [10] ประกอบกับขณะทำการผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ลงไปก็มักจะมีฟองอากาศขึ้นภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกขึ้นจำนวนหนึ่ง [11] ซึ่งทำให้ความหนาแน่นและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดต่ำลง

9. การทดสอบความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

เมื่อทำการทดสอบในห้องทดสอบอุณหภูมิภาคสนาม ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการขนาด $1 \times 2 \times 2.5$ ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 ห้อง ผนังห้องผลิตจากไม้อัดและสังกะสีบุด้วยฉนวนป้องกันความร้อน 5 ด้าน ด้านหน้าเป็นแผ่นอะคริลิกใส ภายในติดตั้งแหล่งกำเนิดความร้อนและเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความชื้น และมาตรวัดอื่นๆ โดยใช้คอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ ไปก่อผนัง เมื่อวันที่ 21 - 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 เวลา 19.30 - 06.30 น. สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 ผลการทดสอบอุณหภูมิภาคสนามของคอนกรีตบล็อกชนิดต่างๆ ณ ศูนย์การเรียนรู้ อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

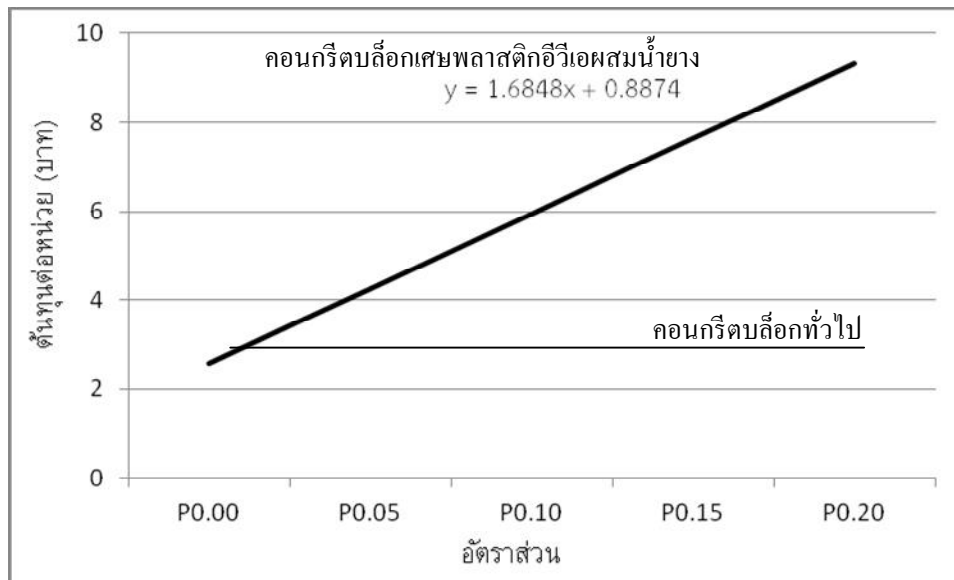
จากรูปที่ 14 พบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีแนวโน้มที่สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องได้ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ไม่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ ประมาณเกือบ 1 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปถึงประมาณ 2 องศาเซลเซียส โดยสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ที่ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกทั่วไป เนื่องจากยางธรรมชาติที่แทรกอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตบล็อกมีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดังนั้นความร้อนจึงไม่สามารถที่จะทะลุผ่านเข้ามาในผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ได้มากนัก ทำให้อุณหภูมิภายในห้องที่ก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกดังกล่าวต่ำกว่าอุณหภูมิในห้องที่ก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกทั่วไปหรือคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ไม่มีน้ำยางวัลคาไนซ์

10. การทดสอบการเสื่อมสภาพ

ทำการทดสอบการเสื่อมสภาพด้วยการก่อผนังด้วยคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์ในสถานที่จริง ซึ่งต้องสัมผัสกับลม ฝน และแสงแดด โดยไม่ทำการฉาบใดๆ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของคอนกรีตบล็อกดังกล่าว ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนสิงหาคม 2555 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมยางวัลคาไนซ์สามารถก่อเป็นผนังในสถานที่จริง ซึ่งต้องสัมผัสกับลม ฝน และแสงแดด ได้ โดยไม่มีการเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังสามารถฉาบได้ด้วยปูนฉาบหรือมอร์ตาร์ทั่วไปและไม่มีปัญหาแตกร้าวให้เห็น

11. การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้านต้นทุน

จากต้นทุนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ในแต่ละอัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 ผลการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฟผสมน้ำยางวัลคาไนซ์
เมื่อ X = ปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ (เท่า โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์)

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนทั้งหมดของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฟที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์, และอิฐมวลเบาในท้องตลาด เห็นได้ว่า ต้นทุนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฟที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ (ประมาณ 2.57 – 9.31 บาท/ก้อน) โดยคิดเป็นประมาณ ร้อยละ 10 ถึง 30 ของราคาอิฐมวลเบาในท้องตลาด (ประมาณ 25 – 30 บาท/ก้อน)

สรุป

น้ำยางวัลคาไนซ์ สามารถปรับปรุงสมบัติบางประการของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฟได้ดี โดยลดความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การหดตัวแห้ง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน รวมทั้งเพิ่มสมบัติการดูดซับเสียง ฉนวนป้องกันความร้อน และไม่ลามไฟ แต่การผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ที่มากเกินไป มีส่วนทำให้กำลังอัดลดลง และต้นทุนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฟสูงขึ้นได้ โดยปริมาณน้ำยางวัลคาไนซ์ เท่ากับ 0.15 เท่าโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (อัตราส่วน P0.15) มีสมบัติที่ดีขึ้น ผ่านตามมาตรฐาน มอก.58-2533 [5] และต้นทุนไม่สูงมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อผนังในท้องตลาด ได้แก่ คอนกรีตบล็อก, และอิฐมวลเบา พบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฟผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีสมบัติที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปในทุกๆ ด้าน โดยมีสมบัติใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา แต่มีต้นทุนต่ำกว่าอิฐมวลเบามาก นอกจากนี้ น้ำยางวัลคาไนซ์ยังช่วยลดปัญหาการดูดซึมน้ำ ทำให้คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอฟอบด้วยปูนฉาบหรือมอร์ตาร์ทั่วไปได้ดี ทั้งนี้สามารถสรุปสมบัติและต้นทุนของคอนกรีตบล็อกต่างๆ ได้ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 สมบัติของคอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอที่ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ 0.15 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ เปรียบเทียบกับ คอนกรีตบล็อก อิฐมวลเบาประเภท ACC ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และมาตรฐานคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

สมบัติ	คอนกรีตบล็อก พิเศษพลาสติกอีวีเอ ผสมน้ำยางวัลคาไนซ์	คอนกรีตบล็อก ในท้องตลาด	อิฐมวลเบา ประเภท ACC ในท้องตลาด	คอนกรีตบล็อก ชนิดไม่รับน้ำหนัก (มอก.58-2533)
ค่าความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	1,169.59	2,177.12	700 – 900	-
ค่าการดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)	9.33	5.06	~ 25	< 25 (ความชื้น น้อยกว่าร้อยละ50)
ค่ากำลังอัด (กก./ตร.ซม.)	25.74	79.44	30 – 50	> 25 (เฉลี่ย5ก้อน), > 20 (แต่ละก้อน)
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์/เมตร.เคลวิน)	0.153	0.432	0.132	-
ต้นทุน (บาท/ก้อน)	7.63	2.91	25 – 30	-

จากตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า คอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์ มีสมบัติต่างๆ ที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกในท้องตลาด และใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบาประเภท ACC แต่คอนกรีตบล็อกพิเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาไนซ์มีสมบัติที่ดีกว่าคอนกรีตมวลเบาประเภท ACC ในด้านความทึบน้ำ และมีราคาถูกพอๆ กับคอนกรีตบล็อก จากผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกสำหรับจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ซึ่งมีน้ำหนักเบา ทึบน้ำ กำลังอัดผ่านตามมาตรฐาน และมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา ภายใต้สัญญาเลขที่ RDG5450087 และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้วิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประชุม คำพูน, 2550. “การศึกษามอร์ตาร์ผสมน้ำยางชั้นแบบแอมโมเนียปานกลาง” การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3, ณ โรงแรมลองบีช การ์เดน โฮเทล แอนด์ สปา, พัทยา, ชลบุรี, 168-175.
- [2] American Society for Testing and Materials, 2010, ASTM C 423, Philadelphia.
- [3] American Society for Testing and Materials, 2010, ASTM D 635, Philadelphia.
- [4] American Society for Testing and Materials, 2010, ASTM C 177, Philadelphia.
- [5] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก, กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1505-2541 เรื่องชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบา แบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ, กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [7] Ohama, Y.. 1987, Principle of Latex Modification and Some Typical Properties of Latex-Modified Mortars and Concretes, ACI Materials Journal, Title No. 84-M45, p 511-518.
- [8] ประชุม คำพูน, 2550. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกที่มี การผสมน้ำยางพารา, โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝายอุตสาหกรรม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- [9] กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550, มาตรฐานงานคอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทนและอายุการใช้งาน (มยผ. 1332-50), กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.

- [10] Blow, C.M. and Hepburn C., 1982. *Rubber Technology and Manufacture*, Second Edition., Butterworth Scientific, p. 31.
- [11] ประชุม คำพูด, 2549. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การใช้น้ำยางพาราปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ, โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่าฝืนอุตสาหกรรม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

ภาคผนวก ข

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

1. เขียนบทความเข้าร่วมนำเสนอในงานประชุมวิชาการคองกริตแห่งชาติ ครั้งที่ 8 วันที่ 22 – 24 ตุลาคม 2555 ณ โรงแรม อมารี โอคิต พทยา จ.ชลบุรี
2. เข้าร่วมงานประกวด Top Ten Innovation Awards ครั้งที่ 3 วันที่ 31 กรกฎาคม – 1 สิงหาคม 2555 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี
3. สอนเพิ่มเติมให้นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในรายวิชาปฏิบัติการทดสอบวัสดุ

ภาคผนวก ค

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์

กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินงาน	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ
1. ออกแบบอัตราส่วน สัดส่วน และชนิดส่วนผสม	ออกแบบอัตราส่วน สัดส่วน และชนิดส่วนผสม	ได้อัตราส่วน สัดส่วน และชนิดส่วนผสมสำหรับการขึ้นรูป
2. ขึ้นรูปก้อนตัวอย่างขนาด 5 x 5 x 5 ลบ.ซม. และทดสอบสมบัติเบื้องต้น	ทดลองขึ้นรูปตัวอย่างขนาด 5 x 5 x 5 ลบ.ซม. และทดสอบสมบัติเบื้องต้น โดยอ้างอิงงานวิจัยของ นศ.ภาควิชากรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ธัญบุรี	ได้ค่าสมบัติต่าง ๆ ของตัวอย่างขนาด 5 x 5 x 5 ลบ.ซม. เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการขึ้นรูปตัวอย่างคอนกรีตบล็อก
3. ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตผสมน้ำยาฟารา	ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตผสมน้ำยาฟารา	ได้ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตผสมน้ำยาฟาราสำหรับใช้ทดสอบสมบัติต่าง ๆ
4. ทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ	ทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ประกอบด้วย - ค่าความหนาแน่น - ค่าการดูดซึมน้ำ - ค่าการหดตัวแห้ง - ค่ากำลังอัด - ค่า ส.ป.ส.การนำความร้อน - สัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง - การเชื่อมสภาพ และการลามไฟ	ทราบผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ประกอบด้วย - ค่าความหนาแน่น - ค่าการดูดซึมน้ำ - ค่าการหดตัวแห้ง - ค่ากำลังอัด - ค่า ส.ป.ส.การนำความร้อน - สัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง - การเชื่อมสภาพ และการลามไฟ
5. สรุปผล และวิเคราะห์ผลการทดสอบ	สรุปผล และวิเคราะห์ผลการทดสอบ	ได้ผลการวิเคราะห์ และได้สรุปผลการทดสอบ
6. ยื่นจดทรัพย์สินทางปัญญา	ปรึกษากับหน่วยงาน TLO ของ มทร.ธัญบุรี ในการยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร	กำลังดำเนินงานร่างคำขอรับอนุสิทธิบัตร
7. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์และโปสเตอร์สำหรับการประชุมวิชาการส่งโครงการ SPR	จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์และโปสเตอร์สำหรับการประชุมวิชาการส่งโครงการ SPR	ได้รายงานฉบับสมบูรณ์และโปสเตอร์สำหรับการประชุมวิชาการส่งโครงการ SPR

ภาคผนวก ง

โปสเตอร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อนำยางวัลคาในซ้ผสมในคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอเพื่อพัฒนาคุณสมบัติ โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเศษพลาสติกอีวีเอต่อหินปูนต้นน้ำ เท่ากับ 1 : 0.5 : 4 : 1.6 อัตราส่วนน้ำยางวัลคาในซ้ต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, และ 0.45 โดยน้ำหนัก และใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุร้อยละ 4 ของน้ำหนักยาแห้ง อัตราส่วนน้ำยางวัลคาในซ้ต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดคือ 1 เท่ากับ 0.15 มีความหนาแน่น ที่อายุ 14 วัน 1,169.59 กก./ลบ.ม., การดูดซึมน้ำ ที่อายุ 14 วันร้อยละ 9.33, กำลังอัด ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 25.74 กก./ตร.ซม., ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 0.1527 วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน, ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (2,000 เฮิรตซ์) ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 0.38, และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง ที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 0.3 เป็นสมบัติที่ดีขึ้นกว่าคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอปกติ

คำสำคัญ: น้ำยางวัลคาในซ้, คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอ, การนำความร้อน, กำลังอัด

ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทหรืออีวีเอ (EVA, Ethylene Vinyl Acetate) ก็เป็นหนึ่งในขยะพลาสติกที่มีน้ำหนักเบา เช่น รองเท้าแตะ พื้นรองเท้าทำ และกรวยที่ใช้ถนนพลาสติก เป็นต้น แม้ว่าปัจจุบันจะมีการนำพลาสติกอีวีเอมาหลอมและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้มีสมบัติด้อยลงกว่าเดิม จึงจำเป็นต้องเริ่มการเดิมตั้งแต่ต่าง ลงไป ซึ่งจะเพิ่มต้นทุนอย่างมากให้กับภาคอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์รองเท้า ที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกรายใหญ่ อันดับที่ 5 ของโลก รองจากจีน เวียดนาม อินโดนีเซีย และบราซิล ในปี 2549 มีจำนวนโรงงานผลิตรองเท้ากว่า 1,000 โรงงาน มีมูลค่าการส่งออกรวมกว่า 3.3 หมื่นล้านบาท จากการบวนการผลิตรองเท้าแต่ละตัวจะเหลือเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจากการขึ้นรูปเป็นปริมาณมาก จากสมบัติของเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่มีความหนาแน่นต่ำ สามารถดูดซับเสียง และมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทดลองนำเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอมาย่อยผสมลงในคอนกรีตบล็อก พบว่า เศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอที่มีขนาดและความแข็งที่เหมาะสมสามารถผสมรวมกับปูนซีเมนต์ได้ดี ทำให้เนื้อของคอนกรีตบล็อกที่ได้จับตัวกันแน่นเสมอกันเป็นเวลารวมชนิดหนึ่ง และช่วยให้อคอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติที่เหนือกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักต่อนักที่เบาเพียง 3 กิโลกรัมต่อนัก หรือคิดเป็นความหนาแน่น 640 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่คอนกรีตบล็อกทั่วไปมีถึงประมาณ 8 กิโลกรัมต่อนัก หรือมีความหนาแน่น 1,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือว่าได้เปรียบเท่ากับคอนกรีตมวลเบา รวมทั้งสามารถใช้ร่วมกับปูนก่อฉาบได้เช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป อย่างไรก็ตามคอนกรีตบล็อกผสมเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกอีวีเอจะมีความสมบูรณ์และใช้งานได้ดี หากมีการพัฒนาสมบัติในด้านความทนน้ำค่า การรับแรงดึงและดัด ด้วยการผสมน้ำยางพาราควบคู่กันไปด้วย ดังนั้นการใช้น้ำยางพาราเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษพลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตท จะเป็นนวัตกรรมวัสดุก่อสร้างก่อผนังที่มีสมบัติโดดเด่นในด้านต่างๆ ตามที่ผู้ใช้อยู่ต้องการ อีกทั้งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ราคาถูก และสามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกได้ โดย บริษัท เอ.เอ็ม.ที. ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ได้ให้ความสนใจ สนับสนุน และพร้อมจะนำไปผลิตใช้ในโครงการและต่อออกเชิงพาณิชย์ ตลอดจนเป็นการสร้างเสถียรภาพให้กับบริษัทฯ พาราและเพิ่มมูลค่าขยะพลาสติกชนิดหนึ่ง ที่แทบจะไม่มีมูลค่าให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน

- วัตถุประสงค์**
- เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติการลามไฟ สมบัติการนำความร้อน และสมบัติการดูดซับเสียงของคอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทผสมน้ำยางพารา
 - เพื่อศึกษากระบวนการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทผสมน้ำยางพารา
 - เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกจากเศษผลิตภัณฑ์พลาสติกเอทิลีนไวนิลอะซิเตทผสมน้ำยางพาราในเชิงพาณิชย์

วิธีการดำเนินงาน

วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ : (1) น้ำยางวัลคาในซ้ เป็นน้ำยางพาราชั้น ร้อยละ 60 รักษาด้วยแอมโมเนียสูง หรือ HA (High Ammonia) นำมาทำการวัลคาในซ้แช่เย็นเป็นน้ำยางพาราวัลคาในซ้ (2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 (3) เศษพลาสติก อีวีเอ (4) หินปูน (5) สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Nonionic Surfactants) (6) น้ำประปา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ : (1) เครื่องผสมคอนกรีตแบบอัตโนมัติ (2) เครื่องอัดไฮดรอลิก (แบบเดียวกับที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกทั่วไป) (3) แบบหล่อคอนกรีตบล็อกกลางขนาด 7 x 19 x 39 ลูกบาศก์เซนติเมตร (4) แบบหล่อคอนกรีตบล็อกต้นขนาด 1.5 x 30 x 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร และขนาด 7.5 x 20 x 60 ลูกบาศก์เซนติเมตร (5) ชุดทดสอบการดูดซับเสียง (6) ชุดทดสอบการลามไฟ (7) ชุดทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (8) เครื่องวัดอุณหภูมิ (9) เครื่องชั่งน้ำหนัก (10) อุปกรณ์ก่อสร้างอื่นๆ เช่น กรอบปูน, พลั่ว, ค้อน และเกลียงก่อ เป็นต้น (11) ห้องทดสอบภาคสนาม

การกำหนดอัตราส่วนผสม : จากการทดลองผสมและขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาในซ้ พบว่า การผสมน้ำยางวัลคาในซ้ปริมาณที่มากกว่า 0.20 เท่าได้น้ำหนักของปูนซีเมนต์ (P0.20) เกิดการจับตัวมาก และขึ้นรูปไม่ได้ จึงสรุปอัตราส่วนผสมได้ ดังนี้

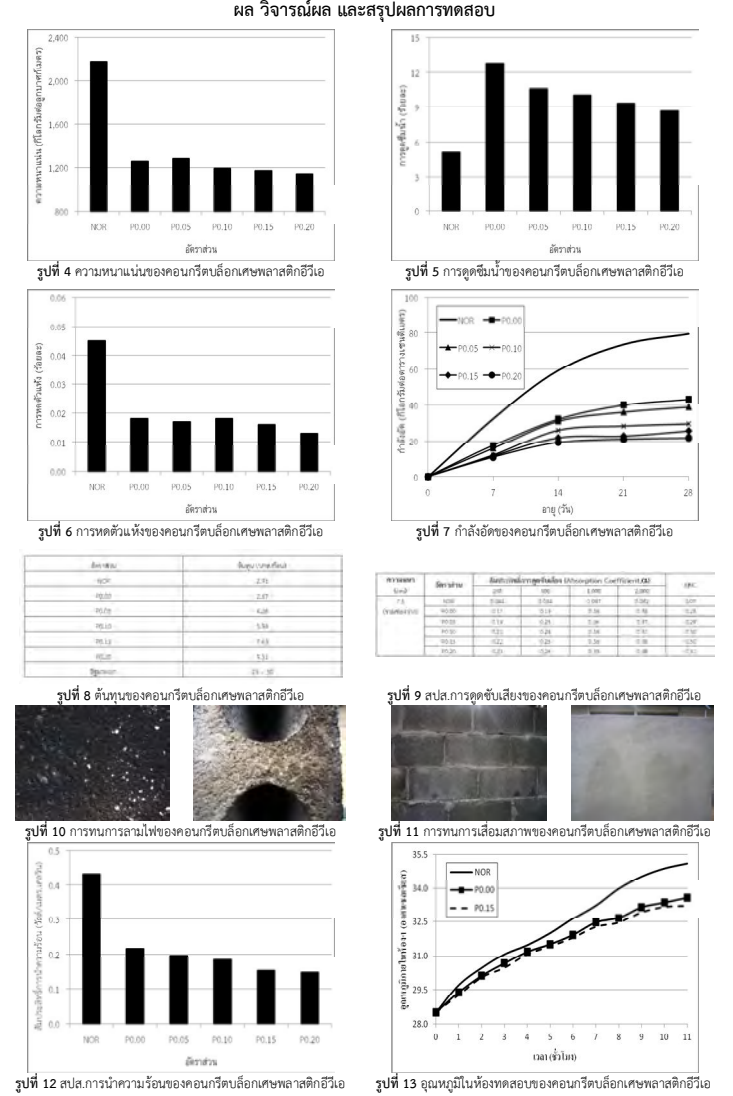
ตารางที่ 1 อัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาในซ้						
อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	เศษอีวีเอ	หินปูน	น้ำ	น้ำยางพาราวัลคาในซ้ (น้ำหนักยางแห้ง)	สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ
NOR	1	-	10	0.9	-	-
P0.00	1	0.5	4	1.6	-	-
P0.05	1	0.5	4	1.6	0.050	0.002
P0.10	1	0.5	4	1.6	0.100	0.004
P0.15	1	0.5	4	1.6	0.150	0.006
P0.20	1	0.5	4	1.6	0.200	0.008

การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตบล็อก

(1) ตวงส่วนผสมตามอัตราส่วนตามที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: เศษพลาสติกอีวีเอ: หินปูน: น้ำ: ยางวัลคาในซ้: สารลดแรงตึงผิว (2) นำวัสดุประสานและมวลรวม (ปูนซีเมนต์, เศษพลาสติกอีวีเอ, และหินปูน) มาคลุกเคล้าให้เข้ากัน (3) ผสมของเหลวทั้งหมดเข้าด้วยกัน (น้ำ, น้ำยางวัลคาในซ้, และสารลดแรงตึงผิว) (4) เตรียมเครื่องผสมคอนกรีตและอุปกรณ์ต่างๆ ให้ขึ้น (5) ผสมวัสดุประสาน, มวลรวม, และของเหลว ทั้งหมด ลงในเครื่องผสม (6) ทำการผสมส่วนผสมให้เข้ากันโดยให้ใช้เวลาผสมไม่เกิน 10 นาที (7) ขึ้นรูปตัวอย่างคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาในซ้ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก (8) บ่มคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกผสมน้ำยางวัลคาในซ้ในภาชนะและร่ม เป็นเวลา 7 วัน แล้วจึงทำการทดสอบต่อไป

การทดสอบ

ทดสอบสมบัติ ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ดังนี้ (1) ความหนาแน่น ที่อายุ 14 วัน (2) การดูดซึมน้ำ ที่อายุ 14 วัน (3) การหดตัวแห้ง ที่อายุ 14 วัน (4) กำลังอัด ที่อายุ 7, 14, 21, และ 28 วัน จำนวน 30 ตัวอย่าง ต่ออัตราส่วน (5) การลามไฟ ตาม ASTM D 635 (6) การดูดซับเสียง ตาม ASTM C 423 (7) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตาม ASTM C 177 (8) ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ณ มหวิทยาัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เป็นห้องปฏิบัติการขนาด 1 x 2 x 2.5 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 ห้อง ผังขั้วด้วยฉนวนป้องกันความร้อน 5 ด้าน ด้านหน้าเป็นฉนวนเคลือบสีเทา ภายในติดตั้งแหล่งกำเนิดความร้อน (หลอดไฟฮาโลเจน) ขนาด 1,000 วัตต์ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ, ความชื้น, และนาฬิกาจับเวลา ดังรูปที่ 2 (9) การเสื่อมสภาพ (10) เศษฐศาสตร์ต้นทุน



น้ำยางวัลคาในซ้ สามารถปรับปรุงสมบัติบางประการของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอได้ดี โดยเฉพาะความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การหดตัวแห้ง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน รวมทั้งเพิ่มสมบัติการดูดซับเสียง ฉนวนป้องกันความร้อน และไม่ลามไฟ แต่การผสมน้ำยางวัลคาในซ้ที่มากเกินไป มีส่วนทำให้กำลังอัดลดลง และต้นทุนของคอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอสูงขึ้นได้ โดยปริมาณน้ำยางวัลคาในซ้ เท่ากับ 0.15 เท่าโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (อัตราส่วน P0.15) มีสมบัติที่ดีขึ้น ผ่านตามมาตรฐาน มอก.58-2533 และต้นทุนไม่สูงมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อผนังในท้องตลาด ได้แก่ คอนกรีตบล็อก, และอิฐมวลเบา พบว่า คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเอผสมน้ำยางวัลคาในซ้ มีสมบัติที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปในทุกๆ ด้าน โดยมีสมบัติใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา แต่มีต้นทุนต่ำกว่าอิฐมวลเบามาก นอกจากนี้ น้ำยางวัลคาในซ้ยังช่วยลดปัญหาการดูดซึมน้ำ ทำให้คอนกรีตบล็อกเศษพลาสติกอีวีเออาจด้วยปูนฉาบหรือมอร์ตาร์ทั่วไปได้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นผู้วิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

เอกสารอ้างอิง

ประชุม คำพูด, 2550. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมน้ำยางพารา, โครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา ฝ่ายอุตสาหกรรม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

วรารณย์ ขจรไชยกุล, 2544. "วิธีการทดสอบน้ำยางขึ้น". เอกสารวิชาการเลขที่ 2/2544, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

วรารณย์ ขจรไชยกุล, 2544. อุตสาหกรรมการผลิตยางธรรมชาติ, เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตร Process and cleaner Technology in the Rubber Industry, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, 44-45.

วรารณย์ ขจรไชยกุล, 2549. ยางธรรมชาติ:การผลิตและการใช้งาน, กรุงเทพฯ, หจก.ซี.เอ็น ดีไซน์. ISBN 974-94199-8-7.

สิทธิชัย ศรีพันธุ์, พิทักษ์ บุญนุ่น, กิจการ โลหะ, และอนุรักษ์ กำเนิดว่า. 2548, การใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนาถนนคอนกรีต, เอกสารการประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่10, ขลุ่ย, หน้า MAT-205-210.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก. 58-2533), กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ (มอก.1505-2541), กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.

American Society for Testing and Materials, 2010, ASTM C 177, Philadelphia.

American Society for Testing and Materials, 2010, ASTM C 423, Philadelphia.

American Society for Testing and Materials, 2010, ASTM D 635, Philadelphia.

Jesse Edenbaum, 1992. Plastics additives and modifiers handbook, New York: Van Nostrand Reinhold, p.95.

Munidiand, Em.V., 1998. "Concentrate Production, Factory Operation and Maintenance in Latex Concentrate & Prevalanized latex". Training Manual, Malaysian Rubber Board, Malaysia, pp.1-2.

Ohama,Y., 1987 "Principle of Latex Modification and Some Typical Properties of Latex-Modified Mortars and Concretes", ACI Materials Journal, Title No. 84-M45, pp 511-518.