วารสารวิชาการ
อุตสาหกรรมศึกษา

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2550 (77-87)

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง , อุปวิทย์ สุวคันธกุล, สุดใจ เหง้าสีไพร

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุสำหรับคอนกรีตบล็อก ชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว มีอัตราส่วนที่จะใช้ในการทดสอบคือการนำเส้นใยมะพร้าวมาผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และทราย เพื่อมาผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3 ของน้ำหนักทราย มีสูตรในการทดลองจำนวน 12 สูตร แต่และสูตรจะทำการผลิตคอนกรีตบล็อกขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร จำนวนสูตรละ 25 ก้อน รวม 300 ก้อน แล้วนำไปเทียบเคียงคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน ผลการทดสอบพบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุดได้แก่ สูตรที่ 8 คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ของมวลรวม ทรายร้อยละ 52.50 ของมวลรวม เส้นใยมะพร้าวร้อยละ 22.50 ของมวลรวม และใช้น้ำร้อยละ 15 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านคุณลักษณะทั่วไปด้านความหนาของเปลือก ขนาด โดยอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 2 มิลลิเมตร ด้านความแข็งแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐานปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อก ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจ ด้านความต้านทานแรงอัด เมื่ออายุก้อนคอนกรีตบล็อกครบ 28 วัน ต้องมีความต้านทานแรงอัดมีเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุดแต่ละก้อน 2.0 เมกะพาสคัล และเฉลี่ยจากก้อนคอนกรีตบล็อกจำนวน 5 ก้อน 2.5 เมกะพาสคัล สูตร 8 มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด คือ ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1 – 5 มีค่า 2.86, 2.91, 2.88, 2.89, 2.90 เมกะพาสคัล ตามลำดับและค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.65 เมกะพาสคัล และร้อยละการดูดซึมอยู่ที่ร้อยละ 14 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือต้องน้อยกว่าร้อยละ 25 และค่าความเป็นฉนวนความร้อนยังมีค่าการนำความร้อนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

คำสำคัญ *: วัสดุผสม คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก เส้นใยมะพร้าว*

ภูมิหลัง

พลังงานมีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาทั้งทางด้านอุตสาหกรรมในโลกปัจจุบันนี้ค่าพลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากแหล่งพลังงานลดน้อยลง รวมถึงค่าน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้น และในขณะเดียวกันการใช้พลังงานก็มีสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ประสบกับปัญหา

ดังกล่าว ดังนั้นจึงต้องมีการคิดวิธีที่จะลดต้นทุนของค่าใช่จ่ายในส่วนต่าง ๆ ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดการค้นคว้าหาวัสดุชนิดใหม่ ๆ และได้มีการนำเอาวัสดุเหลือใช้มาช่วยลดต้นทุนในอุตสาหกรรมงานก่อสร้างลงได้อีกทางหนึ่ง

คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย โดยใช้ในการก่อผนังหรือกำแพงเนื่องจากเป็นวัสดุที่ผลิตง่ายและสะดวกในการก่อสร้าง วัสดุก่อผนังเพื่อทดแทนไม้ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างที่กำลังเป็นที่นิยมในวงการก่อสร้าง เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ ขนาดและคุณภาพที่เป็นมาตรฐาน มีความแข็งแรงและทนทานดี มีคุณสมบัติทนไฟและระบายความร้อนในตัวอาคารให้กับตัวอาคารได้ ทั้งยังง่ายและสะดวกต่อการวางแผน ก่อง่าย ใช้เวลาในการก่อน้อยกว่าการก่ออิฐมาก นอกจากนี้ยังให้ความสวยงามได้อย่างเพียงพอโดยไม่ต้องฉาบปูนหรือทาสี คอนกรีตบล็อกโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก และคอนกรีตบล็อกเชิงตันรับน้ำหนัก ส่วนใหญ่ที่ผลิตขึ้นในประเทศ และใช้กันทั่วไปคือ คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักขนาด 70 × 190 × 390 มิลลิเมตร แต่ละปีมีความต้องการใช้เป็นจำนวนมากทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ ปัจจุบันจึงมีโรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกจำนวนมาก แต่เนื่องจากไม่ได้มีการออกแบบส่วนผสม (Mix Design) ให้เป็นมาตรฐาน ดังเช่นคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้ทั่วไป ผู้ผลิตแต่ละรายจึงใช้อัตราส่วนผสมแตกต่างกัน ส่วนผสมแตกต่าง ส่วนผสมที่ใช้อาจได้จากการสอบถามจากผู้เคยผลิตมาก่อน แล้วนำมาปรับ เพื่อให้การทำงานสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย โดยไม่ได้คำนึงถึงคุณสมบัติด้านวิศวกรรม เช่น กำลังรับแรงอัด และดูดกลืนน้ำ ทำให้คอนกรีตบล็อกที่มีขายอยู่ในปัจจุบันมักไม่ได้มาตรฐาน หรือบางกรณี อาจใช้วัตถุดิบเกินความพอดี ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงเกินความจำเป็น

วิธีการแก้ปัญหาที่กล่าวมาวิธีหนึ่งคือ การประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) มาใช้ประโยชน์เป็นเส้นใยเสริมแรงในวัสดุ ประเทศไทยมีเส้นใยธรรมชาติมากมาย บางชนิดเป็นเศษเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เช่นเส้นใยอ้อยจากอุตสาหกรรมน้ำตาล เส้นใยมะพร้าวจากอุตสาหกรรมกะทิ ขี้เลื่อยจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับไม้อื่น ๆ เช่นอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมการเกษตร ฯลฯ เส้นใยธรรมชาติมีข้อดีหลายประการดังนี้ หาง่าย เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีใช้ไม่หมดสิ้น และมีให้เลือกมากมายหลายชนิด เส้นใยบางชนิดเป็นของเหลือทิ้ง หรือเป็นวัชพืช มีราคาถูก ทำให้สามารถใช้ลดต้นทุนการผลิต เส้นใยมีสมบัติเชิงกลดี บางชนิดมีความแข็งแรงและ มอดุลัสสูง ความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีน้ำหนักเบา ช่วยกำจัดและลดกากของเสียจากเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เป็นต้น

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน ซึ่งจากสำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/คน/ปี และมีแนวโน้มของปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี ซึ่งส่งผลให้ของเหลือใช้ที่ได้จากมะพร้าวก็ยอมมีประมาณมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งถ้าไม่สามารถกำจัดเหลือใช้ที่ได้จากมะพร้าวเหล่านั้นก็จะส่งผลทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม จึงเกิดแนวคิดโดยการนำเส้นใยมะพร้าวมาประยุกต์ ซึ่งเส้นใยมะพร้าวมีส่วนประกอบทางเคมีของลิกนิน (Lignin) และ เซลลูโลส (Cellulose) เป็นองค์ประกอบที่สูง ส่งผลให้เส้นใยมะพร้าวมีความแข็งแรงและเหลียว นำมาใช้เป็นส่วนประกอบของคอนกรีตบล็อก สำหรับใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตคอนกรีตบล็อกและช่วยกำจัดวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากมะพร้าวด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของเส้นใยมะพร้าวที่เป็นของเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปมะพร้าวมาผสมสำหรับผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยมีอัตราส่วนดังกล่าวมีลักษณะทั่วไปและความต้านทานแรงอัดเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาสูตรอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำวัสดุผสม สำหรับทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ที่มีส่วนผสม

ของ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพ ให้เทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้สูตรอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านคุณลักษณะทั่วไป ด้านความต้านทานแรงอัด ค่าการดูดซึม เทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน

2. เป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก และสามารถนำวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาตินำมาดัดแปลงให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การศึกษาคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของเส้นใยมะพร้าวบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตการศึกษาไว้ดังนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

1.2 ทราย

1.3 เส้นใยมะพร้าว

1.4 น้ำใช้ water cement ratio (w/c) 0.6

2. ตัวแปร

ตัวแปรอิสระ

อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราย เส้นใยมะพร้าว และน้ำ โดยกำหนดให้ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และน้ำมีสัดส่วนคงที่ โดยเส้นใยมะพร้าวมาผสมใช้งานในงานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3 ของน้ำหนักทราย โดยแต่ละส่วนผสมจะผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักขนาด 70 × 190 × 390 มิลลิเมตร จำนวน 25 ก้อน

ตัวแปรตาม

สมรรถนะของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย เส้นใยมะพร้าว ทางด้านลักษณะทั่วไป ด้านกำลังอัดประลัย ค่าการดูดซึม ให้เทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน

คุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก. 58 - 2533)

ลักษณะทั่วไป

คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อเสียกำลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดาจะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการย่อมรับ คอนกรีตไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูน คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่น รอยร้าว หรือตำหนิอื่นๆ ถ้าในการสั่งคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับ

ความต้านทานแรงอัด

ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล ค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 2.0 เมกะพาสคัล

คุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน เทียบเคียงกับคอนกรีตบล็อกตามท้องตลาดทั่วไป

สมมติฐานของการวิจัย

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว มีคุณสมบัติเทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 ด้านทางด้านคุณลักษณะทั่วไป ด้านความต้านทาน

แรงอัด ค่าการดูดซึม และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักตามกระบวนการที่กำหนดไว้ โดยใช้เครื่องมืออัดคอนกรีตบล็อกแบบไฮโดรลิคขนาดของคอนกรีตบล็อก คือ 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร จากวัสดุที่นำมาผสมกันระหว่าง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนประเภทที่ 1 ทราย เส้นใยมะพร้าว และน้ำ ตามสูตรการทดลองจำนวน 12 สูตร โดยการทดสอบและตรวจสอบวิธี

1.การเทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (มอก. 58 – 2533)

2. คุณสมบัติฉนวนความร้อน

สามารถวิเคราะห์ขนาด เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป ความต้านทานแรงอัด ค่าการดูดซึม และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน ของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว เมื่อคอนกรีตบล็อกมีอายุครบ 28 วัน ซึ่งความต้านทานแรงอัดมีเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุดแต่ละก้อน 2.0 เมกะพาสคัล และเฉลี่ยการก้อนคอนกรีตบล็อกจำนวน 5 ก้อน 2.5 เมกะพาสคัล และค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตต้องไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ (มอก. 58 – 2533) โดยมีสูตรอัตราส่วนผสมที่ทำการทดสอบก้อนคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดแบบไฮโดรลิคจำนวน 12 สูตรอัตราส่วนผสมได้ดังนี้

สูตรที่ 1 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 75.25 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 2.25

สูตรที่ 2 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 70.50 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 4.50

สูตรที่ 3 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 68.28 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 6.75

สูตรที่ 4 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 66.00 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 9.00

สูตรที่ 5 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 63.75 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 11.25

สูตรที่ 6 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 57.00 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 18.00

สูตรที่ 7 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 54.75 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 20.25

สูตรที่ 8 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 52.50 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 22.50

สูตรที่ 9 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 50.25 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 24.75

สูตรที่ 10 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 48.00 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 27.00

สูตรที่ 11 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 45.75 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 29.25

สูตรที่ 12 มีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 43.50 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 31.50

1. การเทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (มอก. 58 – 2533)

ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์แลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว

ขนาดของคอนกรีตด้านความหนา มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 70 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนไม่

เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สูตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ขนาดของคอนกรีตด้านความกว้าง มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 190 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สูตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ขนาดของคอนกรีตด้านความยาว มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 390 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สูตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ความหนาของแกน มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 12 มิลลิเมตร โดยจะคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร โดยทั้ง 12 สูตรมีความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

ความแข็งแรง มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักก้อนต้องแข็งแรงปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อ คอนกรีตบล็อก ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจทั้ง 12 สูตรผ่านเกณฑ์การตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

ความเหมาะสมในการจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่ง เกณฑ์มาตรฐานกำหนดคือ คอนกรีตบล็อกต้องมีผิวหน้าหยาบพอ ควรแก่การจับยึดของปูนฉาบและปูนแต่งจับยึดได้ดี ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจโดยทั้ง 12 สูตรผ่านเกณฑ์การตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายและเส้นใยมะพร้าว

ความต้านทานแรงอัด ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเมื่อก้อนคอนกรีตบล็อกมีอายุ 28 วัน ซึ่งความต้านทานแรงอัดมีเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุดแต่ละก้อน 2.0 เมกะพาสคัล และเฉลี่ยจากก้อนคอนกรีตบล็อกจำนวน 5 ก้อน 2.5 เมกะพาสคัล ได้ดังนี้

สูตรที่ 1 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.78, 2.76, 2.71, 2.57, 2.65 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.35 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 2 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.75, 2.72, 2.64, 2.64, 2.74 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.30 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 3 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.72, 2.69, 2.68, 2.73, 2.74 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.27 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 4 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.79, 2.74, 2.75, 2.77, 2.75 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.44 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 5 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.78, 2.71, 2.76, 2.77, 2.76 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.39 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 6 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.77, 2.87, 2.86, 2.72, 2.80 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.61 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 7 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.79, 2.78, 2.77, 2.74, 2.71 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.59 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 8 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.86, 2.91, 2.88, 2.89, 2.90 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.65 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 9 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.80, 2.75, 2.77, 2.78, 2.77 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.48 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 10 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.77, 2.81, 2.72, 2.79, 2.75 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.38 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 11 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.79, 2.78, 2.81, 2.75, 2.79 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.39 เมกะพาสคัล

สูตรที่ 12 ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1- 5 มีค่า 2.72, 2.69, 2.73, 2.72, 2.71 เมกะพาสคัลตามลำดับ ส่วนความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.27 เมกะพาสคัล

ค่าการดูดซึมของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยมีเกณฑ์มาตรฐานของคอนกรีตบล็อกตาม มอก. 58 – 2533 ในกรณีที่ถือว่ารุนแรงที่สุด ต่อการหดตัวของคอนกรีตบล็อก ต้องมีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว จำนวน 12 สูตร ผลปรากฏว่า สูตรที่ 1 – 11 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ส่วนสูตรที่ 12 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้

สูตรที่ 1 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 8.54
สูตรที่ 2 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 9.77
สูตรที่ 3 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 10.15
สูตรที่ 4 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 11.22
สูตรที่ 5 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 12.25
สูตรที่ 6 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 12.79
สูตรที่ 7 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 14.10
สูตรที่ 8 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 14.99
สูตรที่ 9 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 16.03
สูตรที่ 10 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 17.84
สูตรที่ 11 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 23.01
สูตรที่ 12 มีค่าการดูดซึมร้อยละ 27.21

2. การเป็นฉนวนความร้อนของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วยผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว

จากการทดสอบคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วยผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยทำการเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาดภายในระยะเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลา 30 นาที ผลการทดสอบปรากฏว่าคอนกรีตทั่วไปที่มีค่าการไหลผ่านของความร้อนน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วยผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวทั้ง 12 สูตร โดยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วยผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวที่มีค่าการไหลผ่านความร้อนน้อย คือ 8, 7, 9, 10 และ6 ตามลำดับ คือ 46, 47, 48, 49, และ49 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ผลการตรวจสอบ ขนาดของเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป ค่าความต้านทานแรงอัด และค่าการดูดซึมของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว เมื่อมีอายุ 28 วัน พบว่า มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ลักษณะทั่วไป ค่าความต้านทานแรงอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดสูตร 1 – 12 และ ค่าการดูดซึมผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือสูตรที่ 1 – 11 ส่วนสูตรที่ 12 มีค่าการดูดซึมสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 โดยคุณสมบัติความเป็นฉนวนความร้อนยังมีค่าการนำความร้อนสูงเมื่อเทียบเคียงกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

ตาราง วิเคราะห์ผลคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผสมระหว่างปูนซีเมนต์แลนด์ ทรายและเส้นใยมะพร้าว

สูตร	ค่าเฉลี่ย				ความต้านทานแรงอัด เมกะพาสคัล					ค่าเฉลี่ย (5 ก้อน) เมกะพาสคัล	ค่าการดูดซึม %	ค่าการต้านทานความร้อน (30 นาที)
	ความหนาของแกน ≥12	ความหนา 70 ±2 มม.	ความสูง 190 ±2 มม.	ความยาว 390 ± 2 มม.	1	2	3	4	5			
1	14	69	189	389	2.78	2.76	2.71	2.57	2.65	2.35	8.54	56
2	14	69	189	389	2.75	2.72	2.64	2.64	2.74	2.30	9.77	54
3	14	69	189	389	2.72	2.69	2.68	2.73	2.74	2.27	10.15	59
4	14	69	189	389	2.79	2.74	2.75	2.77	2.74	2.44	11.22	54
5	14	69	189	389	2.78	2.71	2.76	2.77	2.76	2.39	12.25	52
6	14	69	189	389	2.77	2.87	2.86	2.72	2.80	2.61	12.79	49
7	14	69	189	389	2.79	2.78	2.77	2.74	2.71	2.59	14.10	47
8	14	69	189	389	2.86	2.91	2.88	2.89	2.90	2.65	14.99	46
9	14	69	189	389	2.80	2.75	2.77	2.78	2.77	2.48	16.03	48
10	14	69	189	389	2.77	2.81	2.72	2.79	2.75	2.38	17.84	49
11	14	69	189	389	2.79	2.78	2.81	2.75	2.79	2.39	23.01	53
12	14	69	189	389	2.72	2.69	2.73	2.72	2.71	2.27	27.21	61

อภิปรายผล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยจะทำการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) โดยการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้มาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม 58 – 2533 และศึกษาด้านการเป็นฉนวนความร้อน ที่โปรแกรมวิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ เป็นเกณฑ์ในการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก โดยใช้เครื่องอัดบล็อกคอนกรีตแบบไฮดรอลิคของบริษัทเอกชนในการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก และทำการทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และศึกษาด้านการเป็นฉนวนความร้อน

ความหนาแน่นของแกนคอนกรีต โดยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวทั้งหมด 12 สูตร เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรม 58 – 2533 มีลักษณะของเส้นใยมะพร้าวคละกัน และสามารถทำการแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของทราย และปูนซีเมนต์มีปริมาณเพียงพอในการยึดประสานกันกับมวลรวม

ขนาดของคอนกรีตบล็อกด้านความหนา ความสูง และความยาว ทั้งหมด 12 สูตร เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 เพราะเส้นใยมะพร้าวที่บดเป็นลักษณะเล็กและละเอียดเป็นเช่นเดียวกับหินฝุ่นไม่มีการแบ่งเป็นส่วนละเอียดและส่วนหยาบอย่างชัดเจน ทำให้ก้อนคอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติด้านแรงเกาะยึดภายใน การเกาะยึดของปูนซีเมนต์ ความแข่งแรงและความคงขนาดที่ดีเทียบเท่ากับหินฝุ่น ซึ่งเป็นวัสดุผสมของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักเท่าไป

ความแข็งแรงและความเหมาะสมในการฉาบปูนหรือแต่งปูน โดยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวทั้งหมด 12 สูตร เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533

ความต้านทานแรงอัด โดยคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวทั้งหมด 12 สูตร เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 มีจำนวน 3 สูตร คือ สูตรที่ 6, 7, 8 ทั้งนี้เนื่องจากปูนซีเมนต์ ทราย และเส้นใยมะพร้าวอัตราส่วนที่พอเหมาะทำให้คอนกรีตบล็อกมีปริมาณโพรงอากาศในคอนกรีตบล็อกน้อย ทำให้คอนกรีตบล็อกแน่น แรงแข็ง เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของอัตราส่วนผสม พบว่าความต้านทานแรงอัดในสูตร 8 มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด คือ ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1 – 5 มีค่า 2.86, 2.91, 2.88, 2.89, 2.90 เมกะพาสคัล ตามลำดับและค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.65 เมกะพาสคัล ซึ่งเป็นสูตรที่มีความเหมาะสมที่สุดในการที่จะนำมาใช้ ซึ่งมีอัตราส่วนของวัตถุดิบ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ทรายร้อยละ 52.50 และเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 22.50 สูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5 พบว่ามีปริมาณทรายในอัตราส่วนผสมมากเกินไป และสูตร9, 10, 11, 12 มีเส้นใยมะพร้าวมากในอัตราส่วนผสม พบว่า ส่วนผสมแห้งและมีปริมาณปูนซีเมนต์ไม่เพียงพอที่จะเคลือบทรายและเส้นใยมะพร้าวได้ทั้งหมด ทำให้เกิดโพรงอากาศในคอนกรีตบล็อกมากส่งผลทำให้ความต้านทานแรงอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับส่วนผสมของทรายหยาบ มีความสัมพันธ์แบบตามกัน คือ เมื่อความต้านทานแรงอัดมีค่าสูง อัตราส่วนของทรายจะสูงด้วย เพราะเส้นใยมะพร้าวมีขนาดคละกัน ดังนั้นถ้าอัตราส่วนผสมมีทรายมากจะช่วยให้เส้นใยมะพร้าวมีการจัดเรียงกันได้แน่น มีช่องว่างน้อยมีผลให้ความต้านทานแรงอัดมีค่าสูง แต่ให้หากปริมาณมากเกินไป พอว่าปริมาณของคอนกรีตไม่สามารถห่อหุ้มทรายได้หมด อาจมีผลให้ค่าความต้านทานแรงอัดที่ได้ต่ำลง กล่าวคือ ปริมาณน้อยเกินไปจะเกิดช่องว่างระหว่างมวลรวม และถ้าปริมาณทรายมากเกินไปทรายที่เหลือจากการอุดช่องว่างจะกลายเป็นช่องว่างไป

ค่าการดูดซึม ค่าการดูดซึมของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ต

แลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว และเส้นใยมะพร้าวมีความสัมพันธ์ตามกัน คือ ค่าการดูดซึมเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น และค่าการดูดซึมลดลงเมื่ออัตราส่วนของเส้นใยมะพร้าวลดลง

การเป็นฉนวนกันความร้อน จากการทดสอบคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่มีขายตามท้องตลาด โดยทดสอบในระยะเวลา 30 นาที เมื่อครบระยะเวลา 30 นาที เนื่องมากจากคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมเส้นใยมะพร้าวทำให้เกิดช่องว่างมากกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ทำให้ปริมาณความร้อนทั้งหมดถูกส่งผ่านคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมเส้นใยมะพร้าวทำได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป ผลการทดสอบปรากฏว่าคอนกรีตบล็อกไปมีค่าการไหลผ่านความร้อนน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว โดยสูตรที่มีการไหลผ่านความร้อนน้อยที่สูดใน 12 สูตร คือ สูตร 8 อยู่ที่ 48 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาคุณภาพของคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ ที่เป็นการเพิ่มเติมจากกระบานการวิจัยทำได้โดย

1 ควรศึกษาผลของคอนกรีตบล็อกเมื่อมีการนำสารเคมีมาผสมเพิ่ม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของคอกนกรีตบล็อก

2 ควรเพิ่มระยะเวลาในการทดสอบคอนกรีตบล็อกต่อไปอีก เพื่อให้ได้ผลการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสมในการจะนำมาใช้งาน

3 ควรศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก เช่น ด้านการต้านทานไฟ ด้านการต้านทานสารเคมี และการสึกกรอนของคอนกรีตบล็อก เพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้งานก่อสร้าง

บรรณานุกรม

[1.] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2533). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก. (มอก. 58 – 2533). กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

[2.] กิตติชัย บัลลังก์ทรัพย์, วีรพงษ์ ทองพูล, และ สุทธิ สร้อยคำ. (2541). คอนกรีตผสมกาบมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.

[3.] “คอนกรีตเบา.” (2537 มีนาคม). วารสารเส้นทางก่อสร้าง. 47(20) : 38 – 41.

[4.] ฉัตรชาย จิตรสายธาร, วลาวัต บินอุมาร์, และ สุรชน ลุนพุฒ. (2539). คอนกรีตน้ำหนักเบาโดยวิธีลดสัดส่วนมวลรวมละเอียด. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.

[5.] ชัชวาล เศรษฐบุตร. (2540). คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้างจำกัด.

[6.] ณัฐพล เกตุเหล็ก, ธราพงษ์ พากเพียร และ วีระศักดิ์ มะขามป้อม. (2545). การศึกษาบล็อกปูพื้นคอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าว. ปริญญานิพนธ์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

[7.] เด่นศักดิ์ แสงพุทธเงินธานะ. (2547). ไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพีวีซีและเส้นใยธรรมชาติ (ยูคาลิปตัส และหญ้าแฝก). วิทยานิพนธ์ วศ.ม. . (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[8.] ตระการ ก้าวกสิกรรม. (2537). คู่มือฉนวนความร้อน. กรุงเทพฯ : ซีเอ็นแอนด์อี

[9.] นิรุธ สุขสมเขตร. (2540). คอนกรีตผสมใยมะพร้าว. โครงงานวิศวกรรมชลประทาน. วศ.ม.

(วิศวกรรมชลประทาน) กำแพงแสน. นครปฐม : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ คนอื่น ๆ. (2538, เมษายน - กรกฎาคม). “คอนกรีตผสมขี้เถ้าแกลบ,”. วารสาร TDO QUARTERLY. 2(3) : 37 – 38.

[10.]นิรุธ สุขสมเขตร. (2544, 1 มกราคม - เมษายน). “คุณสมบัติทางกลของซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าฟางข้าว,” วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 24(1) : 98.

[11.]บุรินทร์ โมลิวงษ์, พงศ์ศักดิ์ บุญแสงชัย, และ อนุชา สุเพ็ญพร. (2541). คอนกรีตผสมใยแก้ว. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.

*[12.]*เบญจมาศ บุญดำ. (2542). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมอิฐดินซีเมนต์ โดยใช้ดินลูกรัง เถ้าแกลบ และปูนซีเมนต์. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโวฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

[13.]บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัดมหาชน. (2537). เอกสารเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีสมัยใหญ่. กรุงเทพฯ.

[14.]ประณต กุณประสูตร. (2541). เทคนิคงานปูน – คอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : อัมรินท์พรินติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

[15.]ปริญญา จินดาประเสริฐ, สุราเชษฐ์ มั่งมีศรี และ ธีระพงษ์ แก้วคง. (2541, กรกฎาคม). “คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยคัดขนาด,” วารสารวิจัย มข. 3(2) : 12 – 13.

[16.]ปิยะพงศ์ กี่สวัสดิ์คอน และ สิทธิโชค หอมกระจาย. (2539). คอนกรีตเบา. ภาคนิพนธ์ คศ.ม. (ครุศาสตร์โยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

[17.]พงศ์พัน วรสุนทโรสภ. (2535). วัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : เอช – เอน การพิมพ์.

[18.]พิชัย นามประกาย, จันจิรา อินทร์จันทร์, และพนันท์ นานคงแนบ. (2545). การประเมิณสมรรถนะของการใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ

[19.]พิภพ สุนทรสมัย. (2543). ปฏิบัติการและควบคุมงานคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ : บริษัทที.พี. พริ้นท์ จำกัด.

[20.]ภัทรจิตรา รัตตชู, รณภพ ประพฤติเกษม และ วุฒินิยมทรัพย์. (2543). คอนกรีตบล็อกผสมขี้เลื่อย. ปริญญานิพนธ์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

[21.]มนตรี ยิ่งเจริญ. (2537). การนำความร้อน. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์.

[22.]ยุคนธร พันธ์จบสิงห์. (2539). การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาชนิดไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จากวัตถุดิบปูนซีเมนต์ปอร์แลนด์ ทราย และชิ้นไม้ยูคาลิปตัส. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโวฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

[23.]ศิวกร สุขลังการ. (2546). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสม สำหรับคอนกรีตบล็อกมวลเบาชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่มาส่วนผสมของกากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเถ้าแกลบ. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโวฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

[24.]สุพรรณี มีกศุล. (2540). การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของคอนกรีตกำลังสูงที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์แลนด์ ขี้เถ้าแกลบ เถ้าลอยคัดนิกไนต์ และสารลดน้ำพิเศษ. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิต

วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

[25.] อุดมวิทย์ กาญจนวงค์. (2545). การทดสอบวัสดุ. กรุงเทพฯ : สยามสปอร์ตซินดิเคท จำกัด.

[26.] อรุน ชัยเสรี. (2535). คู่มือการตรวจสอบคอนกรีตของสมาคมคอนกรีตอเมริกา. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศในพระบรมราชูปถัมภ์.

[27.] A.K.Sledzki and J. Gassan. (1999). "Composites reinforced with cellulose based fibers". Pro.Plym.Sci. 24 : 221 – 274

[28.] Sera, E.E, Robies-Austriaco, L. and Pama, R.P. (1990). "Natural Fibers as Reinforcement". Journal of Ferrocement Vol. 20, no.2 : 109 – 124

[29.] Shokry Rashwan, M.M. Hatzinikolas and R. Zmavc. (1992). "Development of a Lightweight, Low – cost Concrete Block Using Wood Residue". Forest Products Research Society. 42(5) : 47 – 64.