

อิฐคอนกรีตผสมยิปซัมสังเคราะห์ Synthetic Gypsum – Concrete Brick

สมบุรณ์ คงสมศักดิ์ศิริ¹ และ นิรัตน์ แยมโหษฐ์²

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาอิฐคอนกรีตผสมยิปซัมสังเคราะห์ โดยศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้าและอิฐคอนกรีตผสมยิปซัมสังเคราะห์ ซึ่งใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1.0 และใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วนทราย 2 ส่วน และยิปซัมสังเคราะห์ 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 และ 6.0 ส่วนโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ เป็นส่วนผสมของมอร์ต้าเพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ และนำอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดมาผลิตอิฐคอนกรีตผสมยิปซัมสังเคราะห์เพื่อให้ได้กำลังรับแรงอัด การดูดกลืนน้ำ และความต้านทานการสึกหรอ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐคอนกรีต (มอก.59-2516) [1] จากการศึกษาพบว่า เมื่อผสมยิปซัมสังเคราะห์ปริมาณมากขึ้น กำลังรับแรงอัดจะมีค่าลดลง แต่ค่าการดูดกลืนน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนผสมของมอร์ต้าที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนยิปซัมสังเคราะห์ 5.5 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดเป็น 10.7 MPa และการดูดกลืนน้ำร้อยละ 15.6 และเมื่อนำไปผลิตเป็นอิฐคอนกรีตขนาด 195x95x65 mm มีค่ากำลังรับแรงอัดเป็น 12.0 MPa การดูดกลืนน้ำมีค่าร้อยละ 15.0 และความต้านทานการสึกหรอมีค่าร้อยละ 95.7 สามารถนำไปผลิตเป็นอิฐคอนกรีต ชั้นคุณภาพ ค-1 ได้

คำสำคัญ : อิฐคอนกรีต, ยิปซัม, ยิปซัมสังเคราะห์

Abstract

The research is aimed to examine the possibility of developing the concrete brick mixed with synthetic gypsum. Initially, the mortar were mixed by w/c in the ratio of 1.0, cement and sand (1:2), and synthetic gypsum in the ratio of 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, and 6.0 by weight of cement respectively. Next, the mortar was tested in order to find out its compressive strength and absorption. As a result, the most appropriate mixing proportion was further taken to produce concrete bricks. Finally, they were tested in terms of compressive strength, absorption, and abrasion resistance in response to Thailand industrial standard of the concrete brick (TIS 59-2516). The research findings indicated that the more quantity the synthetic gypsum had, the less compressive strength but the higher absorption the mortar had. The most appropriate proportion of the synthetic gypsum ratio was 5.5 times of cement weight, the compressive strength was 10.7 MPa, and the absorption was 15.6 %. When producing a 195x95x65 mm brick, the compressive strength was 12.0 MPa, water absorption was 15.0 %, and abrasion resistance was 95.7 %. In conclusion, the mixing proportion of the concrete brick developed can be further produced as concrete bricks with the C-1.

Keywords : concrete brick, gypsum, synthetic gypsum

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ASTM C944-95

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการขาดแคลนพลังงาน และเชื้อเพลิงที่มีราคาสูงขึ้น เป็นปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรม จึงได้มีโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานไอน้ำแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยใช้ถ่านลิกไนต์ (กัมมะถันร้อยละ 13) มาเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะมีกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้า 600 เมกะวัตต์ ก่อให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) จำนวนมาก ทำให้ชุมชนใกล้เคียงได้รับผลกระทบโดยตรง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจึงดำเนินการแก้ไข และควบคุมปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น โดยติดตั้งเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurization , FGD) ซึ่งเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซถึงร้อยละ 95 และทำให้เกิดผลพลอยได้คือ ยิปซัมปริมาณ 26-54 ตันต่อชั่วโมงต่อหนึ่งเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นปริมาณยิปซัมสังเคราะห์ในจำนวนที่มาก

นายอังกูร คงสิทธิ์ชนกร และคณะ [2] จึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ยิปซัมสังเคราะห์มาผสมเป็น คอนกรีตบล็อกปูถนน จากผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : หิน : ยิปซัมสังเคราะห์ เท่ากับ 1:2:2 โดยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.9 ซึ่งยังเป็นการนำยิปซัมสังเคราะห์มาผสมในปริมาณที่ยังไม่มากเท่าที่ควร จึงควรมีการศึกษความเป็นไปได้ในการใช้ปริมาณยิปซัมสังเคราะห์ในปริมาณที่มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

เป็นการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการนำยิปซัมสังเคราะห์เหลือใช้ มาพัฒนาเป็นอิฐคอนกรีตที่สามารถใช้งานได้จริง และเป็นการลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

1.3 ขอบเขต

1. ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราช้าง หินแม่น้ำร้อน ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และยิปซัมสังเคราะห์จากโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะร้อน ผ่านตะแกรงเบอร์ 16 เป็นส่วนผสม

2. ออกแบบอัตราส่วนผสมมอร์ต้า ซึ่งใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1.0 และใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน หิน 2 ส่วน และยิปซัมสังเคราะห์ 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 และ 6.0 ส่วน โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์

3. การศึกษากาลังรับแรงอัดใช้ตัวอย่างมอร์ต้าขนาด 50x50x50 mm ที่อายุการบ่ม 7, 14, 28 และ 60 วัน และใช้คอนกรีตบล็อกปูถนนผสมยิปซัมสังเคราะห์ขนาด 190x90x65 mm ที่อายุการบ่ม 3 และ 28 วัน เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐคอนกรีต (มอก. 59-2516)

4. การศึกษาการดูดกลืนน้ำ ใช้ตัวอย่างมอร์ต้าขนาด 50x50x50 mm ที่อายุการบ่ม 7, 14 และ 28 วัน และใช้อิฐคอนกรีตผสมยิปซัมสังเคราะห์ขนาด 190x90x65 mm ที่อายุการบ่ม 3 และ 28 วัน เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐคอนกรีต (มอก. 59-2516)

5. การศึกษาความต้านทานการสึกหรอ ใช้ตัวอย่างอิฐคอนกรีตผสมยิปซัมสังเคราะห์ขนาด 190x90x65 mm ที่อายุการบ่ม 28 วัน ตาม

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของยิปซัม

ยิปซัม (Gypsum) มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกว่า “gypsos” มีความหมายว่า “ซอสก์” ซึ่งชาวอียิปต์ใช้ยิปซัมระหว่างก่อนอิฐในการก่อสร้างเมื่อก่อนปูนมาแล้ว และในช่วงศตวรรษที่ 13 ชาวฝรั่งเศสได้นำปูนปลาสเตอร์จากยิปซัมมาใช้ในงานหลายอย่าง ซึ่งต่อมาได้แพร่หลายข้ามไปยังประเทศอังกฤษจนได้ชื่อว่า “Plaster of Paris”

ยิปซัมจัดอยู่ในกลุ่มของแร่ไอพอไรต์ (Evaporites) ซึ่งเป็นกลุ่มแร่ที่ตกผลึกจากน้ำเค็ม (Brine) เนื่องจากมีการระเหยของน้ำจำนวนมากออกไปจากแอ่งสะสมตัว ทำให้น้ำที่เหลือมีความเข้มข้นสูงขึ้น จนถึงจุดที่แร่กลุ่มนี้สามารถตกผลึกออกมา ตามลำดับความสามารถในการละลายจากน้อยไปมาก เริ่มจากพวกคาร์บอเนต เช่น หินปูน (CaCO₃) และโดโลไมต์ (CaMg(CO₃)₂) พวกซัลเฟต เช่น ยิปซัมและแอนไฮไดรต์ (CaSO₄) และพวกเฮไลต์ เช่น เกลือหินหรือเฮไลต์ (NaCl) และซิลไวต์ (KCl)

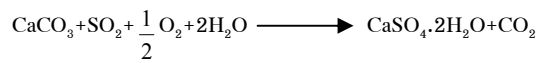
ยิปซัมมีลักษณะเป็นผลึกใส มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.32 ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีส่วนประกอบของธาตุแคลเซียมและกำมะถัน มีชื่อทางเคมีว่า แคลเซียมซัลเฟต (Calciumsulfate, CaSO₄·2H₂O) โดยมีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₃) และน้ำ (H₂O) เป็นส่วนประกอบ 32.6, 46.5 และ 20.9 % ตามลำดับ สีของแร่มักเป็นลักษณะใสไม่มีสี หรือมีโทนสีอ่อนหลายสีตามชนิดและปริมาณของมวลที่ปนอยู่ ลักษณะเด่นของแร่คือการมีความแข็งเพียง 2 จึงสามารถใช้เล็บมือขีดเป็นรอยได้และเมื่อเผาด้วยความร้อนที่ 163 °C จะกลายเป็นปูนปลาสเตอร์หรือแอนไฮไดรต์ยิปซัม ยิปซัมเป็นสารที่ไม่ไหม้ไฟ (Noncombustible) ไม่เป็นพิษต่อสัตว์หรือพืช (Nontoxic) ทั้งยิปซัมและปูนปลาสเตอร์ละลายในน้ำได้น้อยพบได้ในธรรมชาติคือ เป็นแร่และเป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้ปูนขาวเป็นตัวจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อไม่ให้เข้าสู่บรรยากาศ

การค้นพบแร่ยิปซัมในประเทศไทยมีขึ้นในปี พ.ศ. 2498 โดยชาวบ้านได้นำหินสีขาวที่ไหลอยู่ริมห้วย ในเขตบ้านวังกระทะ ตำบลวังจัว อำเภอมูลนา จังหวัดพิจิตร มาตรวจสอบที่กรมทรัพยากรธรณีและพบว่า เป็นแร่ยิปซัม แร่ยิปซัมที่พบในประเทศไทยมักมีลักษณะคล้ายคลึงกันคือเนื้อเป็นเกล็ดเล็ก เหมือนเกล็ดน้ำตาลทรายจำนวนมากสมานกันแน่น เรียกว่า “อะลาบาสเตอร์” (Alabaster) ซึ่งจากการศึกษาทางธรณีวิทยาแหล่งแร่พบว่า เป็นยิปซัมที่ไม่ได้เกิดจากการตกตะกอนทับถมกัน แต่เกิดจากกระบวนการเติมน้ำ (Rehydration) ให้กับมวลของแร่แอนไฮไดรต์เดิม (แคลเซียมซัลเฟตที่ไม่มีน้ำในโมเลกุล) ที่ถูกยกตัวขึ้นมาอยู่ระดับใกล้ผิวดิน

2.2 กระบวนการเกิดยิปซัม

การกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งใช้หินปูนที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่า 90 % มาบดเป็นผงและผสมกับน้ำ แล้วฉีดน้ำหินปูน

ออกจากหัวฉีด เพื่อเป็นตัวดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผ่านเข้ามาในถังดูดซับ ระหว่างนั้นจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ดังสมการ



แร่ยิปซัมที่เกิดขึ้นนั้น จะอยู่ในรูปของผลึกยิปซัมขนาดเล็กที่ปนอยู่กับน้ำ (Gypsum Slurry) และเมื่อทำให้แห้งจะได้ยิปซัมที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้หลายประเภท คุณภาพของยิปซัมที่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น คุณภาพที่เหมาะสมของหินปูนและน้ำที่ใช้ รวมทั้งระบบของเครื่อง FGD เป็นต้น

ยิปซัมสังเคราะห์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ได้มาจากการที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระบบเปียก (Wet Type FGD) โดยการทำงานของเครื่องจะเริ่มตั้งแต่เมื่อก๊าซเสียจากหม้อน้ำ (Boiler) ผ่านเครื่องจับฝุ่น (Electrostatic Precipitator) แล้ว และมีอุณหภูมิประมาณ 163 °C ไหลผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเข้ามาในอุปกรณ์จับก๊าซ (Absorber) อุณหภูมิของก๊าซเสียจะลดลงเหลือ 145 °C ก๊าซเสียดังกล่าวก็จะปะทะและคลุกเคล้ากับน้ำผสมน้ำผสมปูนที่ฉีดออกจากหัวฉีดในอุปกรณ์จับก๊าซ น้ำส่วนหนึ่งจะระเหยกลายเป็นไอปนไปกับก๊าซเสีย และอุณหภูมิของก๊าซเสียในอุปกรณ์จับก๊าซก็จะเย็นลงถึงอุณหภูมิอิ่มตัว (Saturated Temperature) ที่ประมาณ 62 °C แต่เนื่องจากปริมาณน้ำที่พ่นกระจายออกจากหัวฉีดได้ถูกออกแบบไว้ให้มีปริมาณสูงกว่าอัตราการระเหยมาก จึงทำให้มีน้ำผสมน้ำหินปูนบางส่วน ตกกลับลงมายังอ่างด้านล่างของอุปกรณ์จับก๊าซ และน้ำผสมน้ำหินปูนเหล่านี้ จะละลายเอาก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากก๊าซเสียและตกกลับลงมายังบ่อพัก (Sump) ซึ่งสารละลายดังกล่าวจะถูกเติมออกซิเจน เพื่อให้สารละลายบางส่วนเปลี่ยนสภาพเป็นยิปซัม

จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ก๊าซเสียที่ไหลออกมาจากอุปกรณ์จับก๊าซนั้นก็จะมีการซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปนอยู่น้อยมาก ก่อนที่ก๊าซเสียจะออกจากอุปกรณ์จับก๊าซ ก๊าซเสียดังกล่าวจะผ่านตะแกรง เพื่อดักจับเอาน้ำออกไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นประมาณ 80 °C แล้วจึงไหลออกจากอุปกรณ์จับก๊าซ โดยระหว่างอุปกรณ์จับก๊าซกับปล่องควันจะมีพัดลมเป็นตัวดูดเอาก๊าซเสียไปยังปล่องควัน และปล่อยออกสู่บรรยากาศต่อไป ส่วนยิปซัมที่เกิดขึ้นเป็นผลึกปนอยู่กับสารละลายในอ่างของอุปกรณ์จับก๊าซ และสูบส่งไปยังระบบแยกน้ำออกจากยิปซัม

ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะประกอบด้วย $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ประมาณ 93-97 % ดังแสดงในตารางที่ 1 ขนาดของเม็ดแร่ประมาณ 98 μm ความชื้น 18 % สีของยิปซัมสังเคราะห์ที่ได้ส่วนใหญ่มีสีเหลืองน้ำตาลอ่อน ซึ่งหากอบหรือตากให้แห้งเพื่อไล่ความชื้นจะมีสีจางลงขณะนี้มีเครื่องผลิตยิปซัมสังเคราะห์ในโรงไฟฟ้าอยู่ทั้งสิ้น 10 หน่วย คิดเป็นผลผลิตยิปซัมสังเคราะห์โดยรวมประมาณ 3.9 ล้านตันต่อปี ปัจจุบัน โรงงานปูนซีเมนต์ไทย จังหวัดลำปางซื้อยิปซัมนี้เพื่อไปผสมในการทำปูนซีเมนต์ แต่ยังคงอยู่ในขั้นทดลอง สำหรับในต่างประเทศ เช่น อเมริกา ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และเยอรมัน เป็นต้น มีการนำเอายิปซัม

สังเคราะห์ไปใช้ประโยชน์หลายอย่าง ได้แก่ การใช้เป็นยิปซัมผงของเคลือบเซรามิก ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นฝ้าเพดานปูนขาว และปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ยังใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน สร้างปะการังเทียม และเป็นตัวเติมในอุตสาหกรรม เป็นต้น

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีในยิปซัมธรรมชาติและยิปซัมสังเคราะห์

องค์ประกอบ	ร้อยละขององค์ประกอบใน	
	ยิปซัมธรรมชาติ	ยิปซัมสังเคราะห์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	32.6	25-32
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	46.6	43-45
น้ำ (H ₂ O)	20.9	19-20
ยิปซัม (CaSO ₄ ·2H ₂ O)	100	93-97
ซิลิกอนออกไซด์ (SiO ₂ + Insoluble)	<0.2	<0.2

2.3 อิฐคอนกรีต

อิฐคอนกรีต คือ อิฐก่อสร้างทำจากคอนกรีต อาจใช้วัสดุผสมหนักปกติหรือวัสดุผสมเบาอย่างใดอย่างหนึ่ง ตาม มอก. 59-2516 จำแนกประเภทอิฐคอนกรีตเป็น 2 ประเภท คือ

- 1.อิฐคอนกรีตประเภทควบคุมความชื้น แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ ก-1, ข-1 และ ค-1
- 2.อิฐคอนกรีตประเภทไม่ควบคุมความชื้น แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ ก-2, ข-2 และ ค-2

โดยอิฐคอนกรีตจะต้องมีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 105 kg/cm² (10.3 MPa) โดยอิฐคอนกรีตประเภทควบคุมความชื้นจะต้องมีความชื้นไม่เกิน 45 % ของการดูดกลืนน้ำ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศทวฒน์ ผ่องทริญ และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาเพื่อหาวัสดุทดแทนอิฐมอญก่อสร้าง โดยใช้ตัวอย่างดินลูกรังจาก 3 แหล่ง คือ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสระบุรี และจังหวัดอุดรธานี มาผสมปูนซีเมนต์และอัดให้เป็นก้อนอิฐ พบว่า ดินลูกรังที่เหมาะสมคือดินลูกรังจากจังหวัดอุดรธานี และใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ 19 เปอร์เซ็นต์

ภัทรจิตตรา รัตตโร และคณะ [4] ได้ศึกษาการนำเอาซีลี้อยที่เหลือใช้มาผสมลงในคอนกรีตบล็อก เพื่อให้คอนกรีตบล็อกที่มีน้ำหนักเบา โดยการทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น และกำลังรับแรงอัด แรงดึง และแรงดัด กับปริมาตรซีลี้อยใช้ เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกธรรมดา ความหนาแน่น และกำลังรับแรงอัด แรงดึง และแรงดัด มีค่าสูงสุดเมื่อปริมาณซีลี้อยที่ร้อยละ 5 และจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณซีลี้อยมากขึ้น ส่วนค่าดูดกลืนน้ำจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณซีลี้อยที่ผสมใช้งาน

ไชยยนต์ ชัยจักร และคณะ [5] ได้ศึกษาการนำตะกรันที่ได้จากอุตสาหกรรมการรีไซเคิลเหล็ก มาใช้ในการผสมทำคอนกรีตมวลเบาในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้ส่วนผสมที่คาร์ยละเอียดของช่องว่างของมวลรวมเบาเท่ากับ 40, 55 และ 70 โดยมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเนื้อละเอียดในการแทนที่ช่องว่าง 2 อัตราส่วน คือ 60:40 และ 40:60 ส่วนผสมดังกล่าวให้ค่ากำลังอัดเท่ากับ 44.80 และ 68.73 กก./ซม.² ตามลำดับ นอกจากนี้ส่วนผสมดังกล่าวมีค่าโมดูลัสแตกหักเท่ากับ 10.71 กก./ซม.² มีค่าดูดกลืนน้ำร้อยละ 37 มีความสามารถในการทนไฟได้มากกว่า 30 นาที และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.089 วัตต์/มม./องศา

ณัฐพล เกตุเหล็ก และคณะ [6] ได้ศึกษาการทำบล็อกปูพื้นคอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าว เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และการดูดกลืนน้ำ โดยใช้ปริมาณเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 8, 16 และ 24 โดยน้ำหนักเทียบกับหินเกล็ด รวมไปถึงระยะเวลาการบ่มที่แตกต่างกันถึง 7 และ 28 วัน พบว่าเมื่อผสมเส้นใยมะพร้าวร้อยละ 8 มีกำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นสูงที่สุด แต่การดูดกลืนน้ำจะมีค่ามากขึ้น

ศุภชัย อุทัยชัย และณัฐรา เล่าห์สินธุรักษ์ [7] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขี้เถ้าแกลบและสลด มาใช้ในการทำอิฐดินลูกรังซีเมนต์ พบว่า อิฐดินลูกรังผสมแกลบสลดมีกำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับอิฐลูกรังซีเมนต์ผสมขี้เถ้าแกลบ และผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 77-2517 และถ้าแกลบสลดมีปริมาณมากจะทำให้อิฐมีการพองตัวและร้าวง่าย และมีค่าความทนทานน้อยทำให้มีค่าการสึกกร่อนค่อนข้างมาก

อังกูร คงสิทธิ์ชนกร และคณะ [2] ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำยิปซัมสังเคราะห์มาเป็นส่วนผสมบล็อกปูถนน โดยมอร์ต้าผสมยิปซัมสังเคราะห์ ได้มีการควบคุมอัตราส่วนระหว่างทรายกับซีเมนต์คงที่ และพิจารณาที่ปริมาณยิปซัมสังเคราะห์ และน้ำที่แตกต่างกัน พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด 1:2:2 (ปูนซีเมนต์ : ทราย : ยิปซัมสังเคราะห์) และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.9 ให้กำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 28 วัน เท่ากับ 9.19 MPa การดูดกลืนน้ำร้อยละ 12.12 ซึ่งผ่านเกณฑ์ของ มอก. 168-2519 โดยมีความหนาแน่น 1983 กก./ซม.³ และมีความถ่วงจำเพาะ 2.28

กิตติพันธ์ มีมาก และคณะ [8] ทำการศึกษาเพื่อนำเข้าปาล์มน้ำมันมาทำเป็นอิฐคอนกรีต โดยใช้เข้าปาล์มน้ำมันจากกากของเศษกะลาและเส้นใยของปาล์มที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ในการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังไอน้ำ โดยนำมาบดผ่านตะแกรงเบอร์ 325 และนำไปแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก เพื่ออัดขึ้นรูปเป็นอิฐคอนกรีต จากนั้นนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำที่อายุ 7, 28 และ 50 วัน พบว่า อิฐคอนกรีตที่ปริมาณการแทนที่ร้อยละ 30 มีกำลังรับแรงอัดดีที่สุด และอิฐคอนกรีตที่ปริมาณการแทนที่ร้อยละ 50 มีกำลังรับแรงอัดมากกว่า 400 กก./ซม.² ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

พิมลยศ ปุริเกษม และคณะ [9] ทำการศึกษาเพื่อนำเข้าแกลบ-เปลือกไม้มาแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตอิฐคอนกรีต โดยใช้แกลบ-เปลือกไม้ที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังไอน้ำ โดยนำมาบดผ่าน

ตะแกรงเบอร์ 325 และนำไปแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20, 35 และ 50 โดยน้ำหนัก เพื่ออัดขึ้นรูปเป็นอิฐคอนกรีต จากนั้นนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำที่อายุ 7, 28 และ 60 วัน พบว่า ปริมาณการแทนที่ที่ร้อยละ 35 เหมาะสมที่สุด

ผลการศึกษาของ นายอังกูร คงสิทธิ์ชนกร และคณะ ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ยิปซัมสังเคราะห์มาผสมคอนกรีตบล็อกปูถนน โดยใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือ 1:2:2 (ปูนซีเมนต์ : ทราย : ยิปซัมสังเคราะห์) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.9 ซึ่งยังเป็นการนำยิปซัมสังเคราะห์มาใช้ในปริมาณที่น้อยอยู่ แต่ในอัตราส่วนที่มีปริมาณยิปซัมสังเคราะห์เพิ่มขึ้น ค่ากำลังรับแรงอัด และค่าการดูดกลืนน้ำยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จึงควรมีการศึกษาต่อเนื่องในการเพิ่มค่ากำลังอัด และลดค่าการดูดกลืนน้ำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อที่จะได้ใช้ยิปซัมสังเคราะห์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น

3. วิธีการวิจัย

3.1 วิธีการเตรียมวัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยมี 4 ชนิด คือ

1. ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

2. ทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 นำไปผึ่งให้แห้ง หรืออบให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 °C

3. ยิปซัมสังเคราะห์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะนำไปผึ่งให้แห้ง หรืออบให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 °C แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16

4. น้ำเป็นน้ำที่สะอาด (น้ำประปา)

3.2 วิธีการศึกษาคุณสมบัติของยิปซัมสังเคราะห์

1. การทดสอบขนาดผล ใช้วิธีการทดสอบตาม ASTM C136

2. การทดสอบความถ่วงจำเพาะ ใช้วิธีการทดสอบตาม ASTM C150

3.3 วิธีการออกแบบส่วนผสม

การวิจัยครั้งนี้ใช้ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1.0 และใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน และยิปซัมสังเคราะห์ 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 และ 6.0 ส่วน โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ทั้งนี้เพื่อทำการหาอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อยิปซัมสังเคราะห์ ที่ให้กำลังรับแรงอัดประลัยและค่าการดูดกลืนน้ำที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งปริมาณวัสดุแต่ละชนิดในแต่ละอัตราส่วน แสดงในตารางที่ 2

3.4 วิธีการศึกษาคุณสมบัติของมอร์ต้า

1. การผสมและการหล่อมอร์ต้า ใช้วิธีการตาม ASTM C109

2. การทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของมอร์ต้า ใช้วิธีการตาม ASTM C109

3. การทดสอบการดูดกลืนน้ำของมอร์ต้า ใช้วิธีการตาม มอก. 243-2520

3.5 วิธีการศึกษาคุณสมบัติของอิฐคอนกรีต

1. การผสมและการหล่ออิฐคอนกรีต ใช้วิธีการตาม ASTM C116
2. การทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของอิฐคอนกรีต ใช้วิธีการตาม ASTM C116
3. การทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐคอนกรีต ใช้วิธีการตาม มอก. 243-2520
4. การทดสอบความต้านทานการสึกหรอ ใช้วิธีการตาม ASTM C944-95

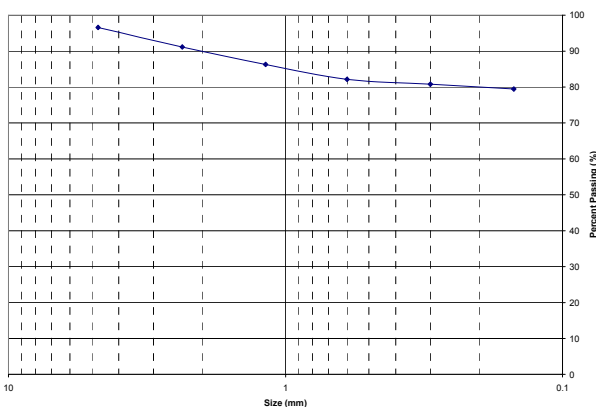
ตารางที่ 2 ปริมาณส่วนผสมของมอร์ต้า

อัตราส่วน	น้ำหนักของส่วนผสม (g)				น้ำ (ml)
	ซีเมนต์	ทราย	ยิปซัม	รวม	
1:2:3.0	100	200	300	600	100
1:2:3.5	100	200	350	650	100
1:2:4.0	100	200	400	700	100
1:2:4.5	100	200	450	750	100
1:2:5.0	100	200	500	800	100
1:2:5.5	100	200	550	850	100
1:2:6.0	100	200	600	900	100

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของยิปซัมสังเคราะห์

1. ผลการทดสอบขนาดผลของยิปซัมสังเคราะห์ แสดงในรูปที่ 1 และได้ค่าพิทความละเอียดเท่ากับ 4.97



รูปที่ 1 ขนาดผลของยิปซัมสังเคราะห์

2. ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของยิปซัมสังเคราะห์ ได้ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.43

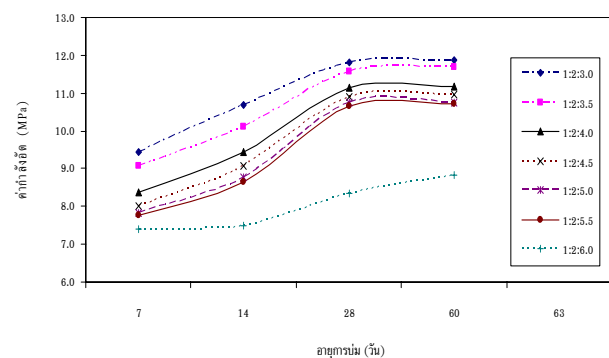
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของมอร์ต้า

1. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างมอร์ต้า เป็นดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า กำลังรับแรงอัดประลัยของมอร์ต้าในแต่ละอัตราส่วนผสมมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม แต่เมื่อใช้ปริมาณยิปซัมสังเคราะห์มากขึ้นในส่วนผสม จะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้ามีค่า

ลดลง แต่ในทุกอัตราส่วนผสมที่ทำการทดสอบ มีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยมากกว่า 10.3 MPa ซึ่งผ่านเกณฑ์ มอก.59-2516 ยกเว้นในอัตราส่วนผสมที่ใช้ปริมาณยิปซัมสังเคราะห์ 6.0 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างมอร์ต้า

อัตราส่วน	กำลังรับแรงอัดประลัยที่อายุการบ่ม (MPa)			
	7 วัน	14 วัน	28 วัน	60 วัน
1:2:3.0	9.44	10.68	11.81	11.88
1:2:3.5	9.19	10.10	11.58	11.69
1:2:4.0	8.37	9.45	11.15	11.18
1:2:4.5	8.00	9.06	10.89	11.97
1:2:5.0	7.81	8.77	10.73	10.76
1:2:5.5	7.77	8.64	10.66	10.71
1:2:6.0	7.41	7.48	8.36	8.82

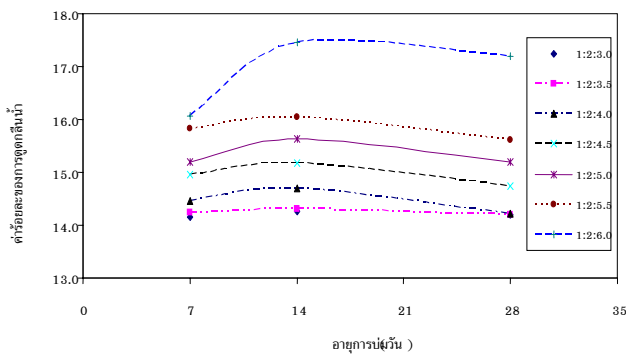


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้ากับอายุการบ่ม

2. ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของตัวอย่างมอร์ต้า เป็นดังตารางที่ 4 พบว่า เมื่อใช้ปริมาณยิปซัมสังเคราะห์ในส่วนผสมที่มากขึ้นจะทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น และในแต่ละอัตราส่วนผสม จะมีค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุดที่อายุการบ่ม 14 วัน แต่จะมีค่าใกล้เคียงกันกับที่อายุการบ่มอื่น และในทุกอัตราส่วนผสมที่ทำการทดสอบ มีค่าการดูดกลืนน้ำน้อยกว่าร้อยละ ซึ่งผ่านเกณฑ์ มอก.59-2516 ยกเว้นในอัตราส่วนผสมที่ใช้ปริมาณยิปซัมสังเคราะห์ 6.0 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ที่อายุการบ่ม 14 และ 28 วัน จะมีค่าการดูดกลืนน้ำร้อยละ 17.46 และ 17.19 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3

จากการพิจารณาผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและการดูดกลืนน้ำพบว่า ตัวอย่างมอร์ต้าที่ใช้ยิปซัมสังเคราะห์ 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 และ 5.5 ส่วน โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ให้ค่ากำลังอัดประลัยที่มากกว่า 10.3 MPa และให้ค่าการดูดกลืนน้ำน้อยกว่าร้อยละ 16 ซึ่งผ่านเกณฑ์ของ มอก.59-2516 โดยอัตราส่วนที่สามารถใช้ปริมาณยิปซัมสังเคราะห์ได้มากที่สุดคือ อัตราส่วนผสมที่ใช้ปริมาณยิปซัมสังเคราะห์ 5.5 เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ จึงทำการเลือกอัตราส่วนผสมนี้มาเป็นสัดส่วนของการ

ทำอิฐคอนกรีต และใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ททราย 2 ส่วน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 1.0



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของการดัดกลืนน้ำของมอร์ต้ากับอายุการบ่ม

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการดัดกลืนน้ำของตัวอย่างมอร์ต้า

อัตราส่วน	ค่าร้อยละของการดัดกลืนน้ำที่อายุการบ่ม		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
1:2:3.0	14.14	14.25	14.20
1:2:3.5	14.23	14.30	14.20
1:2:4.0	14.46	14.69	14.21
1:2:4.5	14.97	15.18	14.75
1:2:5.0	15.96	15.63	15.19
1:2:5.5	15.83	16.05	15.61
1:2:6.0	16.46	17.46	17.19

4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของอิฐคอนกรีต

1. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของอิฐคอนกรีต ที่อายุการบ่ม 3 และ 28 วัน มีค่า 10.98 และ 12.01 MPa ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์ของ มอก. 59-2516

2. ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐคอนกรีตที่อายุการบ่ม 3 และ 28 วัน คิดเป็นร้อยละ 15.61 และ 15.04 ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์ของ มอก. 59-2516

3. ผลการทดสอบความต้านทานการสึกหรอ ของอิฐคอนกรีตที่อายุการบ่ม 28 วัน คิดเป็นร้อยละ 95.69

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัย และการดูดกลืนน้ำของอิฐคอนกรีต พบว่า อิฐคอนกรีตที่ได้ผ่านเกณฑ์ มอก. 59-2516 ชั้นคุณภาพ ค-1

5. สรุปผลการวิจัย

1. ยิปซัมสังเคราะห์ มีค่าพิคัดความละเอียดเท่ากับ 4.97 และค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.43

2. เมื่อใช้ปริมาณยิปซัมสังเคราะห์ในส่วนผสมที่มากขึ้น จะทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น แต่กำลังรับแรงอัดจะมีค่าลดลง

3. ตัวอย่างมอร์ต้าซึ่งใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1.0 และใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ททราย 2 ส่วน และยิปซัมสังเคราะห์ 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 และ 5.5 ส่วนโดยน้ำหนัก ให้ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยที่มากกว่า 10.3 MPa และให้ค่าการดูดกลืนน้ำน้อยกว่า 16 % ผ่านเกณฑ์ มอก.59-2516

4. ตัวอย่างอิฐคอนกรีตซึ่งใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1.0 และใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ททราย 2 ส่วน และยิปซัมสังเคราะห์ 5.5 ส่วน โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ที่อายุการบ่ม 3 และ 28 วัน มีกำลังรับแรงอัดประลัยเท่ากับ 10.98 และ 12.01 MPa ตามลำดับ และมีค่าการดูดกลืนน้ำ 15.61 และ 15.04 % ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์ มอก.59-2516

5. คอนกรีตบล็อกที่ได้สามารถนำไปผลิตเป็นอิฐคอนกรีต ชั้นคุณภาพ ค-1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐคอนกรีต (มอก.59-2516)

6. ข้อเสนอแนะ

การบ่มมอร์ต้าและคอนกรีตบล็อก ไม่ควรบ่มโดยวิธีการแช่ในน้ำ ควรทำการบ่มในหึ่งบ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อทำการบ่มในน้ำจะทำให้ยิปซัมสังเคราะห์ เกิดการขยายตัว และเกิดการหลุดล่อนของก้อนชิ้นงาน

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. “มอก.59-2516: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐคอนกรีต”. 2516.
- [2] อังกูร คงสิทธิ์ธนกร, พิเชษฐ์ สังฆกิจ, และวันชนะ คำป่านรัตน์. “การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ยิปซัมสังเคราะห์มาเป็นส่วนผสมคอนกรีตบล็อกปูถนน”. ปริญญานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาก่อสร้างและงานไม้ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.
- [3] คหาวุฒ ผ่องหิรัญ, ปิยะ สว่างพาณิชย์, และพูนเกียรติ พลอุทัย. “การใช้ดินลูกรังผสมปูนซีเมนต์เป็นวัสดุสำหรับทำอิฐก่อสร้าง”. ปริญญานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาก่อสร้างและงานไม้ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540.
- [4] ภัทรจิตตรา รัตตโร, รณภพ ประพฤติเกษม, และวุฒิ นิยมทรัพย์. “คอนกรีตบล็อกผสมซีลี้อย”. ปริญญานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาก่อสร้างและงานไม้ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543.
- [5] ไชยยันต์ ชัยจักร, ธยา แยมเกษมสุคนธ์, และนราวิทย์ เสวต-สมบุรณ์. “คอนกรีตมวลเบาจากอุตสาหกรรมรีไซเคิลเหล็ก”. ปริญญานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาก่อสร้างและงานไม้ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.
- [6] ณัฐพล เกตุเหล็ก, ธราพงษ์ พากเพียร, และวีระศักดิ์ มะขามป้อม. “การศึกษาบล็อกปูพื้นคอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าว”. ปริญญานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาก่อสร้างและ

งานไม้ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี พระ
จอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

- [7] ศุภชัย อุทัยชัย, และณัฐรา เล่าห์สินธุรักษ์. “การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำซีเมนต์เก่าและเหล็กสตั๊ด มาใช้ในการทำอิฐดินลูกรังซีเมนต์”. ปริญญานิพนธ์ปริญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาก่อสร้างและงานไม้ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.
- [8] กิตติพันธ์ มีมาก, โกศล พลันการ, และศิริพัฒน์ รัตนฉวี. “การศึกษาเพื่อนำเอาปาล์มน้ำมันมาทำเป็นอิฐคอนกรีต”. ปริญญานิพนธ์ปริญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547.
- [9] พิมลยศ ปุริเกษม, ประพันธ์ วิสารทะ, และนันทพร ฤกษ์เกษมสันต์. “การศึกษาอิฐคอนกรีตที่ใช้เอาเหล็ก-เปลือกไม้ แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1”. ปริญญานิพนธ์ปริญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547.