Journal of Thailand Concrete Association
วารสารวิชาการสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

Guideline and development for green material interlocking brick

แนวทางและการพัฒนาการผลิตอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก

อรวรรณ จันทสุทโธ[1*]

[1] อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ARTICLE INFO:

Received July 3, 2020
Received Revised Form: July 9, 2020
Accepted: July 13, 2020

ABSTRACT:

The purpose of this research was to present the guideline and development of green material interlocking brick, where waste and waste materials were recycled into innovative production ingredients by collecting knowledge on characteristics and properties of common block bricks, green building materials for the production of interlocking bricks and guidelines and development of green material interlocking brick. In addition, the focus was on the properties of interlocking bricks, whether it was compressive strength, load type, and non-weight-bearing type, water absorption, thermal conductivity and Community Product Standards(CPS) : Interlocking Brick (602/2547). It could be seen that it was possible to choose green building materials as ingredients for producing interlocking bricks in the appropriate ratio to obtain interlocking bricks according to the standard, and to add value to the waste and waste materials leading to commercial development and innovation in addition to increase the variety in the production of green material interlocking bricks.

KEYWORDS: Interlocking brick, green building materials, compressive strength, absorption, thermal conductivity

บทคัดย่อ:

ความมุ่งหมายของงานวิจัยฉบับนี้เพื่อนำเสนอแนวทางและการพัฒนาการผลิตอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก ซึ่งมีการนำวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตนวัตกรรม โดยมีการรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับลักษณะและสมบัติอิฐบล็อกประสานทั่วไป วัสดุก่อสร้างสีเขียวสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสาน และแนวทางและการพัฒนาอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก อีกทั้งยังมุ่งเน้นศึกษาสมบัติของอิฐบล็อกประสานไม่ว่าจะเป็น ค่าความต้านทานแรงอัดชนิดรับน้ำหนัก และชนิดไม่รับน้ำหนัก ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการนำความร้อน และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสาน มผช. 602/2547 จะเห็นได้ว่า มีความเป็นไปได้ในการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสีเขียวมาเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อกประสานในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้อิฐบล็อกประสานเป็นไปตามมาตรฐาน และเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้ง นำไปสู่การพัฒนาและต่อยอดนวัตกรรมในเชิงพาณิชย์ อีกทั้งเพื่อเพิ่มความหลากหลายในการผลิตอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก

คำสำคัญ: อิฐบล็อกประสาน วัสดุก่อสร้างสีเขียว กำลังรับแรงอัด การดูดซึมน้ำ การนำความร้อน

**Corresponding Author,*
Email address:
i.orawanj@hotmail.com

©2020 J. of TCA All rights reserved

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอยู่ในขั้นวิกฤต ไม่ว่าจะเป็นปัญหาน้ำท่วม ปัญหาภัยแล้ง หรือปัญหาคุณภาพ สถานการณ์เช่นนี้ส่งผลกระทบต่อประเทศและก่อให้เกิดความเสียหายที่ไม่สามารถประเมินค่าได้ และในปี 2563 มีประเด็นทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยที่น่าติดตาม อาทิเช่น ฝุ่น วิกฤตสภาพภูมิอากาศ และการจัดการขยะ โดยการจัดการขยะที่มีอยู่ในประเทศ ไม่ว่าจะเป็นขยะที่นำเข้าและขยะที่เกิดใหม่ภายในประเทศ จึงเป็นเรื่องที่ท้าทายต่อหน่วยงานหรือผู้เกี่ยวข้องที่ต้องคิดค้นหรือหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาระดับประเทศ ทั้งนี้นักวิจัยหลายท่านได้มีการนำวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม [1] และการเผาไหม้ของเสีย (Combustion of Waste) นำมาใช้เป็นส่วนผสมสำหรับการผลิตวัสดุ เช่น อิฐบล็อกประสานดินขาวจากกากตะกอนของกระบวนการผลิตน้ำประปา [2] ค่ากำลังอัดและค่าการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสาน วว. [3] การนำพลาสติกเหลือใช้เพื่อนำมาเป็นส่วนผสมในแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างทาง ซึ่งช่วยเพิ่มความแข็งแรงและยืดอายุการใช้งานของถนน [4] เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการลดมลภาวะและมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

จะเห็นได้ว่า ในตลาดอุตสาหกรรมและวงการงานก่อสร้างแนวโน้มการใช้วัสดุในอนาคตจะเป็นไปในทิศทางที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สังคมและชุมชน รวมทั้งลดปริมาณมลพิษที่มีผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งปัจจุบันราคาวัสดุก่อสร้างมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุก่อสร้างรักษ์โลกหรือเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามในระยะยาวการนำวัสดุที่เหลือใช้กลับมาใช้ใหม่นั้นจะเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่าย อีกทั้งยังเป็นการลดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมและเป็นการประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้น [5] อย่างไรก็ตามการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างจึงจำเป็นต้องพิจารณาหลายองค์ประกอบ ไม่ว่าจะเป็น ราคา น้ำหนัก ความสามารถในการดูดซึมน้ำ ความสามารถในการรับน้ำหนัก สมบัติในการต้านทานความร้อน เป็นต้น ทั้งนี้สมบัติที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ทราบว่า วัสดุบางประเภทที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตจะมีสมบัติแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เช่น วัสดุบางประเภทมีสมบัติช่วยในการเพิ่มกำลังรับน้ำหนัก แต่ไม่ได้มีสมบัติช่วยในเรื่องการต้านทานความร้อน หรือวัสดุบางประเภทช่วยให้มีสมบัติต้านทานความร้อนได้ดี แต่ไม่ได้ช่วยในเรื่องสมบัติการเพิ่มกำลังน้ำหนัก อีกทั้งอาจจะมีราคาแพงและอาจเป็นวัสดุที่หายาก [1]

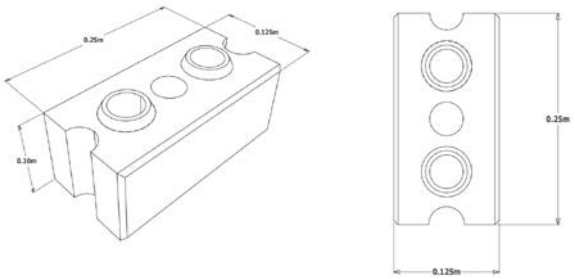
ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการรวบรวมลักษณะและสมบัติอิฐบล็อกประสานทั่วไป วัสดุสีเขียวสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสาน และแนวทางการพัฒนาอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก เพื่อจะได้มีการปรับปรุงและพัฒนาต่อยอดแนวทางและการพัฒนาการผลิตอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก ซึ่งส่งผลให้เกิดองค์ความรู้ที่เพิ่มพูนในการนำวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปแบบการใช้ประโยชน์จากขยะ (Waste Utilization) และการแปรรูปใช้ใหม่ (Recycling)

2. ลักษณะและสมบัติอิฐบล็อกประสานทั่วไป

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสาน มผช. 602/2547 [6] ได้ให้ความหมายของ อิฐบล็อกประสาน ที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังนี้ อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่น ๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่องและเตือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว และได้มีการจำแนกอิฐบล็อกประสานออกเป็น 2 ชนิด คือ

อิฐบล็อกประสาน ชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้ เช่น ก่อเสา ก่อผนัง และมีความต้านแรงอัด ชนิดรับน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะพาสคัล

อิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร และมีความต้านแรงอัดชนิดไม่รับน้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล



รูปที่ 1 แสดงรูปแบบอิฐบล็อกประสานแบบมาตรฐาน

©2020 J. of TCA All rights reserved

คุณลักษณะทั่วไป ต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย ส่วนมิติ ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยแต่ละมิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร และในส่วนการดูดกลืนน้ำ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การดูดกลืนน้ำ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสาน มผช. 602/2547

น้ำหนักอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้ง (กิโลกรัม)	การดูดกลืนน้ำสูงสุดเฉลี่ยจากอิฐบล็อกประสาน 5 ก้อน (กิโลกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร)
1,680 และ น้อยกว่า	288
1,681 ถึง 1,760	272
1,761 ถึง 1,840	256
1,841 ถึง 1,920	240
มากกว่า 2,000	224

การคัดเลือกส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) [7] ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ดิน เกิดจากหินที่ผุพังไปตามกาลเวลาและการกระทำจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งการพัดพาของน้ำ ลำธาร ฝนตก แดดออก และจากน้ำมือของมนุษย์ ดังนั้นดินจากแต่ละภูมิประเทศหรือพื้นที่จะไม่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นขนาดเม็ดดิน รูปร่าง ขนาดคละและแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน เมื่อมีความแตกต่างกัน ดังนั้นอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานก็จะแตกต่างกันออกไป โดยการเลือกดินที่มีคุณภาพ สามารถพิจารณาได้จากการแบ่งชั้นคุณภาพดินสำหรับทำถนน (ASTM D3282 Standard Classification of Soils and Soil Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes) คือ มีฝุ่นดินน้อย มีมวลละเอียดตั้งแต่ร้อยละ 65 ขึ้นไป โดยน้ำหนัก โดยสามารถทำการทดสอบด้วยตนเองเบื้องต้นและการทดสอบในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นการทดสอบอย่างละเอียดเพื่อหาขนาดคละโดยวิธี Sieve Analysis ตามมาตรฐาน ASTM D421 และ D41140

2. ปูนซีเมนต์ ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน จะเลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (ปูนที่ใช้สำหรับงานประเภทงานโครงสร้าง เทเสา คาน) สาเหตุที่เลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เนื่องด้วยคำนึงถึงความคุ้มค่า ซึ่งสามารถผลิตอิฐบล็อกประสานให้ได้กำลังตามมาตรฐานโดยใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ไม่มากเกินไป อีกทั้งอิฐบล็อกประสานที่ได้จะมีความแข็งแกร่ง ความทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดี

3. น้ำ ต้องเป็นน้ำที่สะอาด ปราศจากสารเจือปน หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไม่มีค่าสภาพความเป็นกรดหรือด่าง หรือคราบน้ำมัน

4. ทรายละเอียดและหินฝุ่น จะใช้ในกรณีที่ดินลูกรังมีคุณภาพที่ไม่เหมาะสมในการผลิต ดังนั้นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพเพื่อปรับสัดส่วนขนาดคละใหม่ให้มีขนาดคละดี คือ จะมีสัดส่วนของดินขนาดเม็ดใหญ่ ขนาดเม็ดกลาง และขนาดเม็ดเล็กคละเคล้ากันอย่างเหมาะสม

ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน มีส่วนผสมหลักประกอบด้วย ดินลูกรัง ทรายละเอียด หินฝุ่น และ/หรือ วัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ ที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมที่สามารถผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำสะอาดในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้มีการพัฒนาอิฐบล็อกประสานรูปแบบที่มีรูและเดือยบนตัวบล็อก โดยมีสัดส่วนผสมที่เหมาะสมแล้วทำการอัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัด แล้วผึ่งในที่ร่มอย่างน้อย 1 วัน และบ่มด้วยความชื้นประมาณ 7 วัน [8] เมื่ออายุครบ 28 วัน จะมีกำลังอัดไม่น้อยกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จึงจะสามารถนำไปใช้งานได้ ทั้งนี้สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) อิฐบล็อกประสาน สามารถแบ่งการใช้งานเป็น 2 ประเภท เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน ประเภทแรก บล็อกตรงหรือทรงสี่เหลี่ยมใช้สำหรับก่อสร้างอาคาร ใช้สำหรับการก่อสร้างอาคาร และบ้านพักอาศัยในระบบผนังรับน้ำหนัก ไร้เสา คาน ขนาดมาตรฐานที่ วว. แนะนำให้ใช้สำหรับการก่อสร้างอาคาร คือ ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 12.50 × 25.00 x 10.00 เซนติเมตร และ 15.00 × 30.00 x 10.00 เซนติเมตร แต่ในปัจจุบันยังมีขนาดอื่น ๆ ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดอีก คือ 7.50 x 30.00 x 10.00 เซนติเมตร และ 10.00 × 30.00 x 10.00 เซนติเมตร และประเภทสอง บล็อกโค้งใช้สำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ บล็อกประสานแบบโค้งสำหรับก่อสร้างถังเก็บน้ำ ขนาดมาตรฐานมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เมตร ในปัจจุบันบล็อกประสานแบบโค้งยังมีอีกหลายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งานสำหรับงานตกแต่งจัดสวน [9]

ซึ่งหากแบ่งตามระบบการยึดของก้อนบล็อกประสาน สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้ ประเภทแรก เป็นแบบจำกัดการเคลื่อนที่ในแนวขวางและแนวราบ เช่น Auram Bamba

©2020 J. of TCA All rights reserved

Tanzanian และ Thai แบบนี้ส่วนใหญ่ใช้กับการก่อสร้างอาคารเนื่องจากใช้กับมุมอาคารที่ตัดกันได้ เช่น รูปตัว L หรือ รูปตัว T และมีรูโพรงในก้อนบล็อกสามารถหยอดมอร์ตาร์เหลวเพิ่มความแข็งแรงของผนังได้ และประเภทสอง เป็นแบบยอมให้เคลื่อนที่ในแนวราบได้จำกัด เช่น Alan Hydraform Solbric ส่วนใหญ่ใช้กับการก่อสร้างผนัง กำแพง รั้ว ไม่สามารถใช้กับอาคารได้ ความแข็งแรงของผนังขึ้นอยู่กับก้อนบล็อกเนื่องจากไม่มีรูสำหรับหยอดซีเมนต์มอร์ตาร์เหลว [10]

การนำบล็อกประสานไปใช้งานนั้นสามารถก่อประสานกันได้ทั้งแนวนอนและแนวดิ่ง โดยไม่ต้องใช้ปูนก่อทีละก้อนเหมือนบล็อกแบบดั้งเดิม สามารถจับวางซ้อนกันแบบตามยาวของผนังสูงครั้งละประมาณ 5 แถว แล้วใช้น้ำปูนทรายหยอดลงในรูแทน ทำให้สามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องใช้ช่างฝีมือ ดังนั้นผู้ผลิตอิฐบล็อกประสานจึงได้คิดค้นรูปทรงและขนาดแตกต่างกันไปตามการใช้งานนั้น ๆ เช่น รูปแบบเต็มก้อน มีขนาด 12.50 x 25.00 x 10.00 เซนติเมตร รูปแบบครึ่งก้อน มีขนาด 12.50 x 12.50 x 10.00 เซนติเมตร รูปแบบบล็อกคาน/บล็อก ตัว U มีขนาด 12.50 x 12.50 x 10.00 เซนติเมตร เป็นต้น [11]

รูปที่ 2 แสดงอิฐบล็อกประสานบล็อกตรงและบล็อกโค้ง [9]

สมบัติทางกลของอิฐบล็อกประสานตามมาตรฐานสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ประกอบด้วย การทดสอบหาร้อยละการดูดซึม การทดสอบหาความหนาแน่น การทดสอบความคงทนถาวร การทดสอบกำลังรับแรงอัดต่อก้อน และการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบปริซึม โดยการทดสอบสมบัติดังกล่าวได้มีการนำไปใช้ในการประเมินการสร้างที่อยู่อาศัยด้วยอิฐประสาน ที่ตำบลนาปรือ จังหวัดปราจีนบุรี [8] และมีการทดสอบดินลูกรังที่เป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม โดยมวลละเอียด ที่เลือกใช้นั้นมีลักษณะตามมาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพของดินและมวลรวมสำหรับงานก่อสร้างทางหลวง (ASTM D3282 Standard Classification of Soils and Soil Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes) ซึ่งมีฝุ่นดินไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก ในการศึกษาสมบัติทางกลบล็อกประสานเถ้ากะลามะพร้าว [12]

3. วัสดุก่อสร้างสีเขียวสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสาน

จากหัวข้อที่ผ่านมาพบว่า วัสดุส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานประกอบด้วย ดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ หินฝุ่น ทรายละเอียด และน้ำสะอาด ในสัดส่วนที่เหมาะสม และเข้าเครื่องอัดเป็นก้อนและบ่มให้แข็งตัว เมื่ออายุครบ 28 วัน จึงจะสามารถนำมาใช้ในงานก่อได้นั้น ในปัจจุบันได้มีผู้คิดค้นนำวัสดุก่อสร้างสีเขียว (Green Building Materials) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีส่วนผสมจากวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ บ้างก็มาจากวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายหรือมีส่วนผสมที่ไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อมและผู้อยู่อาศัย ดังตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยวัสดุก่อสร้างสีเขียวสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสาน

ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยวัสดุก่อสร้างสีเขียวสำหรับการผลิตอิฐบล็อกประสาน

ที่	วัสดุก่อสร้างสีเขียว (Green Building Materials)	สัดส่วนในการผลิต	การเตรียมวัสดุและวิธีการผสม	กำลังรับแรงอัด (เมกะพาสคัล)
1	ฟางข้าว [13]	1. ปูนซีเมนต์ต่อมวลรวม 1 : 6 โดยปริมาตร 2. ฟางข้าวแทนที่ดินเหนียว มีอัตราส่วนแทนที่ร้อยละ 0, 5, 10, 15, และ 20 โดยปริมาตร	1. ฟางข้าว นำมาพึ่งแดดเพื่อลดความชื้น จากนั้นนำไปเข้าเครื่องปั่นให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 2. ดิน นำมาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 3. ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก	2.15 - 5.09

©2020 J. of TCA All rights reserved

2	เศษก้านใบยาสูบ [14]	1. ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : เศษก้านใบยาสูบ มีอัตราส่วนดังนี้ 1 : 7 : 0 , 1 : 6 : 1 , 1 : 5.5 : 1.5 , 1 : 5 : 2 , 1 : 4.5 : 2.5 และ 1 : 4 : 3 โดยที่อัตราส่วน น้ำ : ปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.5 โดยน้ำหนัก	1. เศษก้านใบยาสูบ จากโรงอบใบยาเด่นชัย จังหวัดแพร่ การยาสูบแห่งประเทศไทย นำมาบดย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 4 2. ดินลูกรัง นำมาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดย่อยดินลูกรังและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 3. ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก	2.50 - 7.00
3	ขี้เลื่อย ใยมะพร้าว และกากมะพร้าว [15]	1. ปูนซีเมนต์ : ทราย : ขี้เลื่อย มีอัตราส่วนดังนี้ 1 : 2 : 0.1 , 1 : 2 : 0.2 และ 1 : 2 : 0.3 2. ปูนซีเมนต์ : ทราย : ใยมะพร้าว มีอัตราส่วนดังนี้ 1 : 2 : 0.1 , 1 : 2 : 0.2 และ 1 : 2 : 0.3 3. ปูนซีเมนต์ : ทราย : กากมะพร้าว มีอัตราส่วนดังนี้ 1 : 2 : 0.1 , 1 : 2 : 0.2 และ 1 : 2 : 0.3	1. นำอัตราส่วนที่กำหนดไว้มาผสมและขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก	4.32 - 6.14
4	เถ้ากะลามะพร้าว [12]	1. ปูนซีเมนต์ต่อมวลรวม 1 : 6 โดยปริมาตร 2. เถ้ากะลามะพร้าวแทนที่มวลละเอียดตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึง 100	1. ดินลูกรัง นำมาจากพื้นที่จังหวัดปทุมธานี และพบว่า ดินลูกรังมีปริมาณฝุ่นมากเกินไป จึงทำการปรับปรุงคุณสมบัติของดินลูกรัง โดยการผสมกับทรายหยาบในอัตราส่วนดินลูกรังต่อทรายหยาบ เท่ากับ 4 : 2 โดยปริมาตร 2. มวลละเอียด ที่เลือกใช้ควรมีลักษณะตามมาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพดินและมวลรวมสำหรับงานก่อสร้างทางหลวง (ASTM D3282 Standard Classification of Soils and Soil Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes) 3. นำอัตราส่วนที่กำหนดไว้มาผสม และขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก	3.15 - 7.36
5	เถ้ากะลามะพร้าว [16]	1. ปูนซีเมนต์ : ทราย : ดินลูกรัง : เถ้ากะลามะพร้าว มีอัตราส่วนดังนี้ 1 : 2 : 2 : 1 , 1 : 2 : 1 : 2 และ 1 : 2 : 0 : 3 โดยปริมาตร	1. กะลามะพร้าว นำไปเผาเพื่อให้ได้เถ้ากะลามะพร้าวแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4	3.94 - 4.89

©2020 J. of TCA All rights reserved

			2. ดินลูกรัง นำมาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดย่อยดินลูกรัง 3. ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก	
6	เถ้าไม้ยางพารา [17]	1. ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : เถ้าไม้ยางพารา มีอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 3 : 3 โดยน้ำหนัก	1. เถ้าไม้ยางพารา นำมาคัดขนาดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 2. ดิน นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 3. ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดโดยใช้แรงคน	3.10
7	เถ้าไม้ยางพารา [18]	1. ปูนซีเมนต์ : เถ้าไม้ยางพารา : ทราย มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักดังนี้ 50 : 45 : 5 , 60 : 35 : 5 และ 70 : 25 : 5 โดยที่อัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุประสานมีดังนี้ 0.80, 1.07 และ 1.76	1. เถ้าไม้ยางพารา เป็นเถ้าที่เกิดจากการนำเศษไม้ยางพารามาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ากัลฟ์ ยะลา กรีน ตำบลพร่อน อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และนำไปอบด้วยอุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อกำจัดความชื้น 2. นำส่วนผสมที่ออกแบบไว้คลุกเคล้าทั้งหมด และเทใส่ในรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 10.00 x 10.00 x 10.00 เซนติเมตร กระทุ้งเพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดมีความหนาแน่นและลดฟองอากาศภายใน	0.37 - 1.47
8	เถ้าไม้ยางพาราผสมดินขาวนราธิวาส [19]	1. ปูนซีเมนต์ : ทราย : เถ้าไม้ยางพารา และดินขาว : น้ำ โดยเถ้าไม้ยางพาราถูกแทนที่ด้วยดินขาว 2. ดิน : เถ้า : ทราย มีอัตราส่วนดังนี้ 0 : 4 : 2 , 1 : 3 : 2 , 2 : 2 : 2 , 3 : 1 : 2 , 4 : 0 : 2 และ 6 : 0 : 0 โดยน้ำหนัก	1. เถ้าไม้ยางพารา เป็นเถ้าที่เกิดจากการนำเศษไม้ยางพารามาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ากัลฟ์ ยะลา กรีน ตำบลพร่อน อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 2. ขึ้นรูปโดยเครื่องอัดแห้งโยกอัดด้วยแรงคน	0.50 - 5.05
9	เหยื่อกระดาษเหลือทิ้ง [20]	1. ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : เยื่อกระดาษ มีอัตราส่วนดังนี้ 1 : 5 : 0.0 เป็นอัตราส่วนอ้างอิง 1 : 5 : 0.3 , 1 : 5 : 0.6 และ 1 : 5 : 0.9 โดยน้ำหนัก 2. ปูนซีเมนต์ : ทราย : ผงสี : เยื่อกระดาษ มีอัตราส่วนดังนี้ 1 : 5 : 0.02 : 0.00 , 1	1. กากตะกอนเยื่อกระดาษ จากโรงงานผลิตกระดาษลูกฟูก นำมาปรับค่า pH 6 แล้วนำกากตะกอนใส่ตะแกรงตากแดดพอหมาด 2. ดินลูกรัง จังหวัดอุทัยธานี นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8	2.07 - 6.94

©2020 J. of TCA All rights reserved

		: 5 : 0.02 : 0.30 , 1 : 5 : 0.02 : 0.60 และ 1 : 5 : 0.02 : 0.90 โดยน้ำหนัก 3. อัตราส่วนของน้ำเท่ากับ 1 เท่าของน้ำหนักซีเมนต์	3. ทรายแม่น้ำ ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 4. ขึ้นรูป 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ไม่ใช้เครื่องอัด และวิธีที่ 2 ใช้เครื่องอัดบล็อกมือ	
10	ของเสียประเภทฉลากกระดาษ [21]	1. ปูนซีเมนต์ : ทราย : หินเกล็ด โดยใช้ผงหินปูนแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ และใช้สัดส่วนปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน เท่ากับ 1 : 1.2 : 1.8 โดยน้ำหนัก 2. ของเสียประเภทฉลากกระดาษแทนที่ทราย ที่ร้อยละ 0, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 7.5, 10 และ 20 โดยน้ำหนักของทราย และแปรผันอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1	1. ของเสียประเภทฉลากกระดาษนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 2. วัสดุที่นำมาทดลอง นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4	40.00 - 60.00
11	เถ้าลอย [22]	1. ปูนซีเมนต์ : ดินแดง (Cement / Soil) เท่ากับ 1 : 6 และ 1 : 8 2. เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ตามลำดับ	1. ดินแดง นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 2. หาปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) โดยการบดอัดดิน (Compaction Test) ด้วยวิธีการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Test) แล้วนำมาหาค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสม	3.23 - 4.90 สำหรับ 1 : 6 2.74 - 4.41 สำหรับ 1 : 8
12	เถ้าลอยและเถ้าก้นเตา [23]	1. ปูนซีเมนต์ : เถ้าลอย : ดินลูกรัง มีอัตราส่วนดังนี้ 1 : 0 : 7 , 0.95 : 0.05 : 7 , 0.90 : 0.10 : 7 , 0.85 : 0.15 : 7 , 0.80 : 0.20 : 7 , 0.75 : 0.25 : 7 โดยน้ำหนัก ซึ่งสมมุติให้บล็อกมีความหนาแน่นไม่รวมน้ำ 1,800 กิโลกรัม/ลูกบาศ์กเซนติเมตร และใช้น้ำร้อยละ 10 ของวัสดุอื่นทั้งหมด 2. ปูนซีเมนต์ : เถ้าลอย : ดินลูกรัง : เถ้าก้นเตา โดยมีอัตราส่วนดังนี้ 0.75 : 0.25 : 7 : 0 , 0.75 : 0.25 : 6.65 : 0.35 , 0.75 : 0.25 : 6.30 : 0.70 , 0.75 : 0.25 : 5.95 : 1.05 และ 0.75 : 0.25 : 5.60 : 1.40 โดยน้ำหนัก	1. ดินลูกรัง นำมาบดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 2. เถ้าลอยและเถ้าก้นเตา นำมาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง 3. ขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดประสานแบบไฮดรอลิก	9.10 - 11.60

©2020 J. of TCA All rights reserved

13	เถ้าและกะลาของปาล์มน้ำมัน [24]	1. ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ทราย โดยเถ้าปาล์มแทนที่ปูนซีเมนต์ และกะลาปาล์มแทนที่ดินลูกรัง 2. ปูนซีเมนต์ : เถ้าปาล์ม : ดินลูกรัง : กะลาปาล์ม : ทราย มีอัตราส่วนโดยน้ำหนัก (กรัม) ดังนี้ 500 : 0 : 3,000 : 0 : 1,000 , 475 : 25 : 2,850 : 150 : 1,000 , 450 : 50 : 2,700 : 300 : 1,000 , 425 : 75 : 2,550 : 450 : 1,000 , 400 : 100 : 2,400 : 600 : 1,000 , 375 : 125 : 2,250 : 750 : 1,000 , 350 : 150 : 2,100 : 900 : 1,000 , 325 : 175 : 1,950 : 1,050 : 1,000 , 300 : 200 : 1,800 : 1,200 : 1,000	1. ดินลูกรัง นำมาบดด้วยเครื่องบดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 2. กะลาปาล์ม นำมาย่อยด้วยเครื่องลอสแองเจลีส (จำนวนลูกเหล็กทรงกลม 11 ลูก น้ำหนัก 390 - 445 กรัม ความเร็วของการหมุนเครื่อง 30 รอบ/นาที จำนวน 500 รอบ) และร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 3. ทรายละเอียด นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 4. นำอัตราส่วนที่กำหนดไว้มาผสม แล้วเติมน้ำในอัตราส่วนร้อยละ 25 ของปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก 5. ขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดประสานแบบไฮดรอลิก	3.62 - 5.58
14	ดินตะกอนประปาและผักตบชวา [25]	1. ปูนซีเมนต์ : ดินตะกอนประปาและดินตะกอนทราย : ทราย มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักดังนี้ 10 : 70 : 20 , 10 : 60 : 30 และ 10 : 50 : 40 โดยแต่ละอัตราส่วนจะทำการเพิ่มผักตบชวาปริมาณร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก	1. ดินตะกอนประปา นำมาจากโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน กรุงเทพมหานคร ที่ผ่านการบดละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 2. ทรายละเอียดจากธรรมชาติ อยู่ในสภาวะอิ่มตัวแห้ง ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 และค้างตะแกรงเบอร์ 16, 18 และ 20 3. ผักตบชวาธรรมชาติ นำมาล้างทำความสะอาด แล้วนำมาปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นและนำไปตากแดดประมาณ 3-5 วัน หรือเข้าเครื่องอบให้ผักตบชวาแห้ง เพื่อให้ไม่มีความชื้นหลงเหลือจึงสามารถนำมาใช้ได้	1.75 - 4.04
15	ฝุ่นหินแกรนิตผสมป้ายไวนิลเหลือทิ้ง [26]	1. ปูนซีเมนต์ : ฝุ่นหินแกรนิต : ป้ายไวนิลเหลือทิ้ง มีอัตราส่วนดังนี้ 1 : 3 : 0 , 1 : 3 : 1 , 1 : 3 : 1.5 , 1 : 3 : 2.0 และ 1 : 3 : 0 โดยน้ำหนัก	1. ฝุ่นหินแกรนิต เป็นวัสดุเหลือทิ้งนำมาจากอุตสาหกรรมแปรรูปหินแกรนิต ของบริษัทท่าราบก่อสร้าง ตำบลท่าราบ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 ค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 เพื่อร่อนส่วนที่มีขนาดหยาบและสิ่งแปลกปลอมทิ้งไป	3.72 - 6.52

©2020 J. of TCA All rights reserved

			2. ป้ายไวนิล โดยนำมาตัดให้มีขนาดประมาณ 3.00 x 3.00 เซนติเมตร และทำการบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสับ 3. ขึ้นรูปโดยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก	
16	ฝุ่นหินภูเขาไฟ (หินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย) [27]	1. ปูนซีเมนต์ต่อมวลรวม 1 : 6 , 1 : 7 , 1 : 8 , 1 : 9 , 1 : 10 , 1 : 11 โดยน้ำหนัก 2. ปริมาณน้ำประปา ร้อยละ 10 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด	1. ฝุ่นหินภูเขาหรือหินบะซอลล์เนื้อโพรงข่าย ตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 2. ผสมฝุ่นหินภูเขาไฟกับปูนซีเมนต์ให้เข้ากันแล้วค่อยๆ เติมน้ำโดยใช้ฝักบัวหรือหัวฉีดพ่นให้เป็นละอองกว้างในปริมาณที่พอเหมาะและสามารถสังเกตได้ด้วยเครื่องผสม 3. ขึ้นรูปโดยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก	1.80 - 3.05
17	เศษหินแอนไฮไดรต์ [28]	1. ปูนซีเมนต์ : เศษหินแอนไฮไดรต์ : น้ำประปา มีอัตราส่วนดังนี้ 1 : 6 : 0.56 , 1 : 8 : 0.72 และ 1 : 9 : 0.80 โดยน้ำหนัก	1. เศษหินแอนไฮไดรต์ จากจังหวัดนครศรีธรรมราช นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ค้างตะแกรงเบอร์ 200 แล้วนำมาทำความสะอาด 2. ขึ้นรูปโดยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก	5.88 - 11.76
18	เศษหินพัมมิซ [29]	1. ปูนซีเมนต์ : หินฝุ่น : เศษหินพัมมิซ : น้ำประปา โดยเศษหินพัมมิซแทนที่หินฝุ่นมีอัตราส่วนโดยน้ำหนัก (กรัม) ดังนี้ 1 : 7 : 0 : 0.45 , 1 : 6.7 : 0.3 : 0.45 , 1 : 6.4 : 0.6 : 0.45 , 1 : 6.1 : 0.9 : 0.45 , 1 : 5.8 : 1.2 : 0.45 , 1 : 5.5 : 1.5 : 0.45	1. เศษหินพัมมิซ นำมาจากเหมืองหินจังหวัดบุรีรัมย์ นำมาล้างทำความสะอาดและบดย่อย 2. ขึ้นรูปโดยเครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก	3.00 - 11.00
19	หน้าดินขาว [30]	1. ปูนซีเมนต์ : หน้าดินขาว โดยมีอัตราส่วน 1 : 5 , 1 : 7 และ 1 : 9 โดยน้ำหนัก	1. หน้าดินขาว นำมาจากเหมืองแร่ Mineral Resource Development จังหวัดระนอง	สูงกว่า 6.86
20	ดินขาวที่ผสมด้วยกลวิธีโพลิเมอร์ไรเซชั่น [31]	1. ดินขาว : สารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยมีสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักร้อยละ 2, 4, 6 และ 8	1. ดินขาว นำมาจากตำบลโคกไม้ลาย อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี แล้วนำมาตากตัวอย่างให้แห้งด้วยแสงแดด แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ค้าง Pan แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาบรรจุใส่ถุงพลาสติกเพื่อรักษาความชื้นคงที่ 2. ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแห้ง	1.76 - 11.17

©2020 J. of TCA All rights reserved

21	ดินขาวจากกากตะกอนของกระบวนการผลิตน้ำประปา [32]	1. ปูนซีเมนต์ : ดินขาว : กากตะกอน : น้ำประปา มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ : ดินขาว เท่ากับ 1 : 7 และทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนร้อยละ 100 : 0 , 90 : 10 , 80 : 20 , 70 : 30 , 60 : 40 และ 50 : 50 โดยน้ำหนัก	1. ดินขาว นำมาจากตำบลโคกไม้ลาย อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี แล้วนำมาตากตัวอย่างให้แห้งด้วยแสงแดด แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ค้าง Pan แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาบรรจุใส่ถุงพลาสติกเพื่อรักษาความชื้นคงที่ 2. กากตะกอน นำมาจากกระบวนการผลิตน้ำประปา จากโรงน้ำประปามหาสวัสดิ์ ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 3. ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแห้ง	8.33 - 11.27

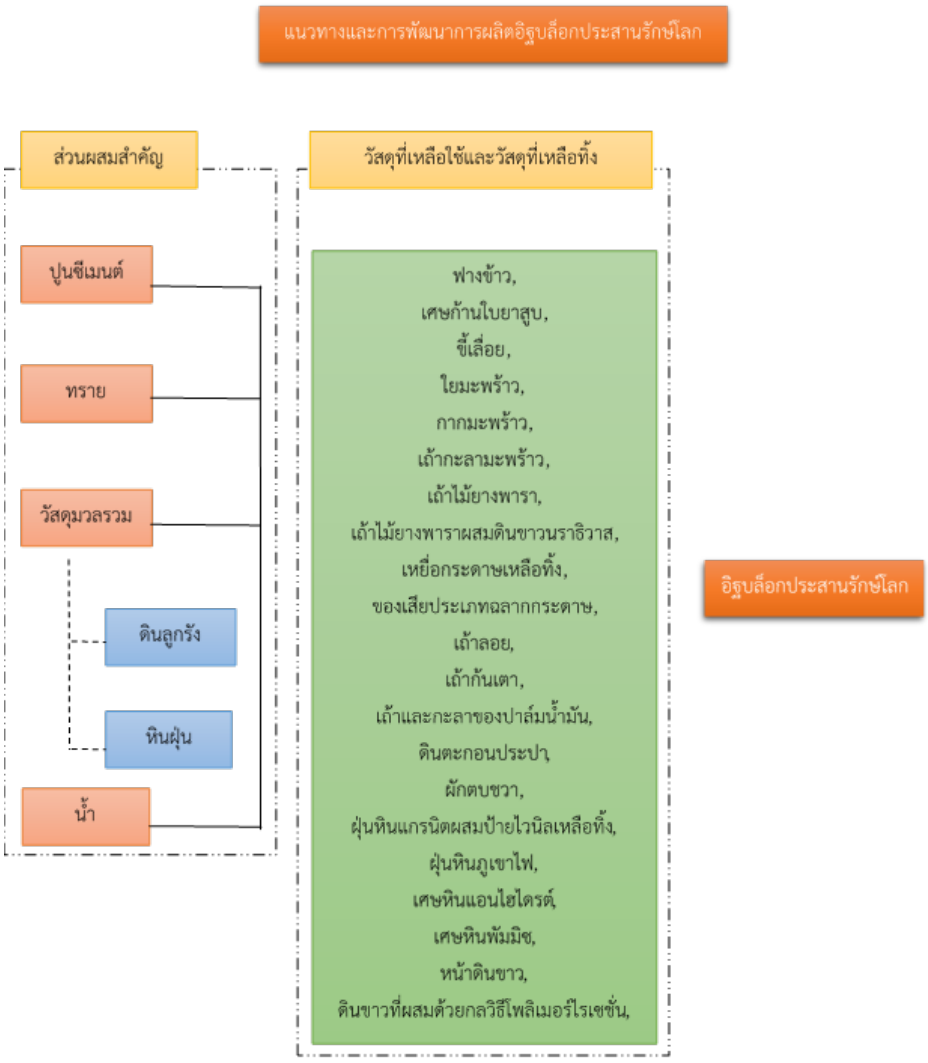
4. แนวทางและการพัฒนาอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก

จากการศึกษาหัวข้อที่ผ่านมาข้างต้นทำให้ทราบว่า การนำวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก สามารถนำมาใช้ในการแทนที่หรือเพิ่มเติมให้กับส่วนผสมหลัก ไม่ว่าจะเป็น ปูนซีเมนต์ ทราย ดินลูกรัง หินฝุ่น ซึ่งส่งผลต่อสมบัติทางกล ได้แก่ สมบัติความหนาแน่น กำลังรับแรงอัด การดูดกลืนน้ำ โดยอิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนักค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะพาสคัล และชนิดไม่รับน้ำหนักค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และจากการศึกษาพบว่า วัสดุมวลรวมที่นำมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน ไม่ว่าจะเป็น ดินลูกรัง ทราย และหินฝุ่น ล้วนมีสมบัติที่ไม่เหมือนกัน หากนำมาจากภูมิประเทศหรือพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไป โดยขนาดส่วนคละของเม็ดดินสามารถส่งผลต่อค่าการรับกำลังอัด และปริมาณน้ำหรือความชื้นก็มีผลต่อค่าความหนาแน่นของอิฐบล็อกประสาน [33] อิฐบล็อกประสานที่มีการใช้ฟางข้าวเป็นส่วนผสมนั้น มีการนำฟางข้าวมาบดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และนำไปแทนที่ดินในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ซึ่งมีอิทธิพลทำให้กำลังอัดอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลง แต่หากผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 อีกทั้งยังพบว่าค่าความหนาแน่นมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ และค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น [13] นอกจากนี้ยังมีการนำขี้เลื่อย ใยมะพร้าว และกากมะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้มาแทนที่และลดการใช้วัสดุผสมอื่น ๆ ผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนที่มีปริมาณวัสดุเหลือใช้มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าการรับแรงอัดลดลงและอัตราการดูดซึมน้ำมากขึ้นตามด้วย [15] ในส่วนอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักจากเถ้าไม้ยางพารา ซึ่งมีอัตราส่วนผสม เถ้าไม้ยางพารา : ดินลูกรัง : ปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1 : 3 : 3 พบว่า อิฐบล็อกประสานสามารถขึ้นรูปเป็นก้อนได้และมีลักษณะสีเป็นสีดำ ซึ่งต่างจากสีของอิฐบล็อกประสานทั่วไป โดยมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1,914 กิโลกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร ค่าอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 342 กิโลกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร และมีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 31.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อีกทั้งได้มีการศึกษาสมบัติการถ่ายโอนความร้อน พบว่า การเพิ่มปริมาณเถ้าไม้ยางพาราในการผลิตอิฐบล็อกประสานส่งผลให้มีลักษณะโครงสร้างภายในเป็นฟองอากาศที่มีรูพรุน และทำให้มีสมบัติต้านทานความร้อนได้สูงและนำความร้อนได้ต่ำ [17] หากเป็นอิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้ากะลามะพร้าว พบว่า มีค่ากำลังรับแรงอัดมากกว่าอิฐบล็อกประสานทั่วไปตามท้องตลาด เนื่องด้วยมีการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณเถ้ากะลามะพร้าวแทนดินลูกรัง โดยอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ทราย : ดินลูกรัง : เถ้ากะลามะพร้าว เท่ากับ 1 : 2 : 2 : 1 มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 49.89 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร [16] นอกจากนี้มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ และกะลาปาล์มน้ำมันแทนที่ดินลูกรัง โดยมีส่วนผสมหลักประกอบด้วย ดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ ทราย เถ้าปาล์ม และกะลาปาล์ม ผลการศึกษาพบว่า ค่าการรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าปาล์มและกะลาปาล์มผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก โดยเถ้าปาล์มและกะลาปาล์มที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานลดลง [24] ทั้งนี้การนำเศษหินของเหมืองแร่แอนไฮไดรต์ที่เป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการบด

©2020 J. of TCA All rights reserved

ย่อยหินมาผลิตอิฐบล็อกประสานโดยแทนมวลรวมปกติทั้งหมด ซึ่งมีส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : เศษหินแอนไฮไดรต์ : น้ำประปา และมีการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 ผลการศึกษาพบว่า ค่าความต้านทานแรงอัดและน้ำหนักแห้งมีค่าลดลงเมื่อผสมเศษหินแอนไฮไดรต์ปริมาณที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งค่าอัตราการดูดกลืนน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าใกล้เคียงกัน แต่หากว่าเศษหินแอนไฮไดรต์ใช้เป็นมวลรวมในการผลิต ซึ่งมีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานและมีสมบัติเป็นฉนวนความร้อน [28] และการศึกษาใช้เศษพัมมิซเป็นมวลรวมในการผลิตอิฐบล็อกประสาน พบว่าเศษหินพัมมิซสามารถนำมาเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาทดแทนหินฝุ่นจำนวนบางส่วน โดยอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : หินฝุ่น : หินพัมมิซ : น้ำประปา ระหว่าง 10 : 6.4 : 0.6 : 0.45 ถึง 10 : 6.1 : 0.9 : 0.45 โดยน้ำหนัก ซึ่งผลให้สมบัติของอิฐบล็อกประสานผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 และแนวโน้มสมบัติพบว่า การดูดกลืนน้ำเฉลี่ยมากขึ้น ความต้านทานแรงดัดตามขวางลดลง และการนำความร้อนลดลง หากมีการเพิ่มปริมาณเศษหินพัมมิซในการผลิต [29]

จากรูปที่ 3 เป็นการนำเสนอแนวทางและการพัฒนาอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก ซึ่งจะเห็นได้ว่า การนำวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานรักษ์โลกที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน จะได้ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานที่ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 ซึ่งสามารถนำมาผลิตและใช้เป็นวัสดุก่อสร้างได้จริง ซึ่งได้นำวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้งมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับการผลิตอิฐบล็อกประสาน อีกทั้งลดการเพิ่มมลพิษและปริมาณขยะในชุมชน และท้ายสุดเพื่อเพิ่มความหลากหลายในการผลิตอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก



รูปที่ 2 แนวทางและการพัฒนาอิฐบล็อกประสานรักษ์โลก

©2020 J. of TCA All rights reserved

5. สรุป

การปรับปรุงและพัฒนาการผลิตอิฐบล็อกประสานจากการนำวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้นั้น มี 3 หัวข้อหลักในการปรับปรุง คือ 1. ค่ารับกำลังแรงอัด 2. ค่าการดูดซึมน้ำ และ 3. ค่าการนำความร้อน ซึ่งแนวทางการปรับปรุงค่ารับแรงอัดคือการให้ความสำคัญกับการเลือกใช้และสัดส่วนการนำวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้กับปูนซีเมนต์ ทราย วัสดุมวลรวม และน้ำ ในสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ค่ารับกำลังแรงอัด ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการนำความร้อน เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 ทั้งชนิดรับน้ำหนักและชนิดไม่รับน้ำหนัก เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดไม่ว่าจะเป็นด้านคุณภาพและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ อีกทั้งเป็นมิตรกับโลกและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามการศึกษาการนำวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานจะไม่เกิดประโยชน์เลยหากไม่มีการนำไปพัฒนาและต่อยอดในเชิงองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการนำวัสดุก่อสร้างสีเขียว (Green Building Materials) หรือวัสดุก่อสร้างรักษ์โลกดังกล่าวมาใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุดังกล่าว ลดต้นทุนของวัสดุก่อสร้าง ลดการเกิดขยะ และช่วยรักษ์โลก รักษ์ธรรมชาติ รักษ์สิ่งแวดล้อม รวมทั้งก่อให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้วัสดุก่อสร้างรักษ์โลกต่อไปในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ได้สนับสนุนในการเผยแพร่บทความงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ณัฐวุฒิ อินทบุตร, 2560, “แนวทางและความเป็นไปได้สำหรับการประยุกต์ใช้ชีวภาพในการผลิตอิฐก่อผนัง,” *วารสารวิชาการสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย*, ปีที่ 5, ฉบับที่ 2, หน้า 1 – 10, กรกฎาคม – ธันวาคม, 2560.

[2] วราธร แก้วแสง, 2557, “อิฐบล็อกประสานดินขาวจากกากตะกอนของกระบวนการผลิตน้ำประปา,” ใน *การประชุมวิชาการครั้งที่ 11 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน*: 2557, หน้า 2094 - 2104.

[3] วุฒินัย กกกำแหง, สุวัฒน์ชัย ทองน้อย, วัฒนพงศ์ หิรัญมาลย์ และพระเทพ พวงประโคน, 2553, “ค่ากำลังอัดและการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสาน วว.. ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 15*: 2553.

[4] กนกพร ประสงค์, “มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จับมือ 4 หน่วยงานศึกษาแนวทางนำพลาสติกเหลือใช้มาทำถนน,” [Online]. Available:http://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TCATG201010160000503. [Accessed: 18 พฤศจิกายน 2563].

[5] K.S. Al-Jabri, A.W. hago, Hago, A.S. Al-Nuaimi, A.H. Al-Saidy., “Concrete blocks for thermal insulation in hot climate.” *Cement and Concrete Research*, No. 35, pp. 1472-1749, 2005.

[6] มาตรฐานอิฐบล็อกประสาน มผช. 602/2547. [Online]. Available: http://tcps.tisi.go.th/pub%5Ctcps602_47.pdf. [Accessed: 18 พฤศจิกายน 2563].

[7] อลิสรา คูประสิทธิ์, “การผลิตอิฐบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ.” [Online]. Available:http://www.tistr.or.th/tistrblog/?=บล็อกประสาน. [Accessed: 18 พฤศจิกายน 2563].

[8] สุบรรณ ตาคำวัน. “การประเมินการสร้างที่อยู่อาศัยด้วยอิฐประสาน กรณีศึกษา ตำบลนาปรือ จังหวัดปราจีนบุรี.” *วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบและการก่อสร้าง.* คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ปีที่ 2. ฉบับที่ 1. มกราคม - เมษายน. 2563.

[9] Station Brick. “ประเภทของอิฐบล็อกประสาน.” [Online]. Available: http://www.stationbrick.com/2019/05/ประเภทของอิฐบล็อกประสาน. [Accessed: 18 พฤศจิกายน 2563].

[10] ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ วว.. “ความหลากหลายทางรูปทรงของเทคโนโลยีบล็อกประสาน.” *ข่าวงานวิจัย*. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย วว..

[11] อิฐบล็อกประสาน. “นครปฐมบล็อกประสาน,” กรุงเทพฯ: โรงงานนครปฐมบล็อกประสาน.

[12] สุบรรณ ตาคำวัน, วิศรุต เรืองฤทธิ์ และอารยา กิ่งหลักเมือง, 2558, “คุณสมบัติทางกลบล็อกประสานผสมเถ้ากะลามะพร้าว,” ใน *การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8 (The 8th national Conference on Technical Education)*: 2558, หน้า 195 - 200.

[13] ปิยะพล สีหาบุตร, เพ็ญชาย เวียงใต้, ภคพล ช่างยันต์, และเจษฎ์ศิริ เถื่อนมูลละ, 2017, “การใช้ฟางข้าวในอิฐบล็อกประสาน

 ©2020 J. of TCA All rights reserved

,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, ปีที่ 36, ฉบับที่ 4, หน้า 478 - 485, กรกฎาคม – สิงหาคม, 2017.

[14] ประชุม คำพุฒ, 2562, “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานจากเศษก้านใบยาสูบ,” ใน *งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2562*: 2562, หน้า 231 – 240.

[15] สัญญา บุรา, สุภาพ เดชคำภู และจักรพงษ์ ศิริชัยราวรรณ์, 2562, “การประยุกต์ใช้ขี้เลื่อยในการผลิตบล็อกประสานซีเมนต์ผสม,” *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา (Vocational Education Innovation and Research Journal (VE-IRJ)*, ปีที่ 3, ฉบับที่ 2, หน้า 55 – 59, กรกฎาคม - ธันวาคม, 2562.

[16] สุกรี เง๊าะยีเละ, อาริฟร์ มาเล๊ะ และโซฟีลาน มะดาแฮ, 25621, “อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้ากะลามะพร้าว,” *วารสารฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป (Journal of Physics and General Science)*, ปีที่ 3, ฉบับที่ 1, หน้า 82 - 89, มกราคม - มิถุนายน, 2562.

[17] โพซี วาจิ, ซูฮายา หะยีหามะ และอาบีดีน ดะแซสาเมาะ, 2556, “การถ่ายเทความร้อนของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา,” *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 1 - 6, มกราคม - มิถุนายน, 2556.

[18] อาบีดีน ดะแซสาเมาะ, จินดา มะเมิง, โนรีสะ ราแดง และยาเซ็ง อาแว, 2554, “สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา,” *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา (Journal of Yala Rajabhat University)*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 1, หน้า 25 – 35, มกราคม – มิถุนายน, 2554.

[19] อาบีดีน ดะแซสาเมาะ, ฮาปือเสาะ มาหะ และฮาลีเมาะ เจ๊ะบือราเฮง, 2557, “สมบัติของอิฐบล็อกประสานจากเถ้าไม้ยางพาราผสมดินขาวนราธิวาส,” *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, ปีที่ 5, ฉบับที่ 2, หน้า 202 - 208, กรกฎาคม - ธันวาคม, 2557.

[20] วชิระ แสงรัศมี, 2555, “การพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง,” ใน *โครงการจัดประชุมวิชาการประจำปี 2555 (Built Environment Research Associates Conference, BERAC, 2012)*: 2555, หน้า 12 - 20.

[21] เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ และนรารัชต์พร นวลสวรรค์, 2555, “การนำของเสียประเภทฉลากกระดาษมาใช้ประโยชน์ในการทำคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นโดยใช้ผงหินปูน-ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน,” *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 22, ฉบับที่ 1, หน้า 99 – 106, มกราคม - เมษายน, 2555.

[22] สำเร็จ สารมาคม, 2556, “*การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกประสาน*,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโยธา, การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 2556.

[23] อนุสรณ์ เดชบุรัมย์ และ กริสน์ ชัยมูล, 2552, “คุณสมบัติของบล็อกประสานที่ผสมเถ้าลอยและเถ้าก้นเตา,” *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (SWU Engineering Journal)*, ปีที่ 14, ฉบับที่ 1, หน้า 99 - 105, มกราคม - เมษายน, 2552.

[24] จรูญ เจริญเนตรกุล, 2557, “อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมเถ้าและกะลาปาล์มน้ำมัน,” *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต*, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, หน้า 103 - 112, มกราคม - เมษายน, 2557.

[25] ณัฐวุฒิ อินทบุตร, 2561, “คุณสมบัติทางกลและการนำความร้อน สำหรับการพัฒนาอิฐบล็อกประสานจากดินตะกอนประปาและผักตบชวา,” *วารสารวิชาการสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (Journal of Thailand Concrete Association)*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 1, หน้า 10 – 19, มกราคม - มิถุนายน, 2561.

[26] ขวัญชัย พิมเพราะ, อภิสิทธิ์ เกษมจิต, อนุวัช แสงจันทร์, อาทร ชูพลสัตย์ และณรงค์ กุหลาบ, 2563, “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานจากฝุ่นหินแกรนิตผสมป้ายไวนิลเหลือทิ้ง,” ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25*: 2563, หน้า MAT07-1 - MAT07-6.

[27] ประชุม คำพุฒ, กิตติพงษ์ สุวีโร, อมเรศ บกสุวรรณ และนิรมล ปั้นลาย, 2558, “การใช้ฝุ่นหินภูเขาไฟในผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน,” *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต*, ปีที่ 3, ฉบับที่ 2, หน้า 239 – 247, พฤษภาคม – สิงหาคม, 2558.

[28] อมเรศ บกสุวรรณ และประชุมคำพุฒ, 2561, “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานเพื่อวิสาหกิจชุมชนจากเศษหินแอนไฮไดรต์,” ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 3*: 2561, หน้า 19 - 26.

[29] ธนันท์ ศัลยวุฒิ, ประชุม คำพุฒ และสัจจะชาญ พรัดมะลิ, 2559, “*การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกประสานลดอุณหภูมิจากเศษหินฟ้มมิซ,*” คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ, 2559.

 ©2020 J. of TCA All rights reserved

[30] วุฒินัย กกกำแหง และนรา รัตนวงศ์, *บล็อกประสานจากหน้าดินขาว*, วิศวกรโยธา ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชนบท. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

[31] วราธร แก้วแสง, 2554, “คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของอิฐบล็อกประสานดินขาวที่ผสมด้วยกลวิธีโพลิเมอร์ไรเซชั่น,” ใน *การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน*: 2554, หน้า 1393 - 1401.

[32] วราธร แก้วแสง, 2557, “อิฐบล็อกประสานดินขาวจากกากตะกอนของกระบวนการผลิตน้ำประปา,” ใน *การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 11 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน*: 2557, หน้า 2094 - 2104.

[33] ณฐพงศ์ จันทร์เพ็ชร์ และ วุฒินัย กกกำแหง, 2559, “การทดสอบความสามารถในการรับกำลังของบล็อกประสานประเทศไทย,” วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, ปีที่ 4, ฉบับที่ 2, หน้า 196 - 206, กรกฎาคม - ธันวาคม, 2559.

 ©2020 J. of TCA All rights reserved