การพัฒนาบล็อกดินซีเมนต์ค่าการนำความร้อนต่ำจากฟางข้าว

Development of Low Thermal Conductivity Soil-Cement Block from Rice Straw

นพนันท์ นานคงแนบ[1], พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร[1], ชัยวัฒน์ พรหมเพชร[1]
[1]ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
222 หมู่ 2 ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93110

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้คือพัฒนาบล็อกดินซีเมนต์ค่าการนำความร้อนต่ำจากฟางข้าว การศึกษานี้พิจารณาที่อัตราส่วนผสมแตกต่างกันหลายอัตราส่วนผสมโดยทำการผลิตส่วนผสมละ 7 ตัวอย่างตามกระบวนการผลิตด้วยมือของท้องถิ่น ซึ่งขอบเขตการศึกษาของชิ้นตัวอย่างประกอบด้วย ค่าการนำความร้อน ค่ากำลังแรงอัด ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความหนาแน่น ผลการทดสอบพบว่าการใช้ฟางข้าวผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร เป็นส่วนผสมสามารถลดค่าการนำความร้อนและน้ำหนักของชิ้นทดสอบ อัตราส่วนที่เหมาะสมของ ดิน ซีเมนต์ และทราย คือ 3:1:1 (โดยปริมาตร) ตามลำดับ ที่อัตราส่วนฟางข้าว 20 % ซึ่งคุณสมบัติของบล็อกดินซีเมนต์มีดังต่อไปนี้ ค่าการนำความร้อน 0.489 W/m.K ค่ากำลังรับแรงอัด 56.324 kg/cm^2 ค่าความหนาแน่น 1,706 kg/m^3 และค่าการดูดซึมน้ำ 17.650 % บล็อกดินซีเมนต์ที่ใช้ฟางข้าวมีค่าการนำความร้อนต่ำน่าสนใจสำหรับการประหยัดพลังงานเมื่อนำไปใช้เป็นผนังฉนวนกันความร้อน

คำสำคัญ: ฟางข้าว/ บล็อกดินซีเมนต์/ ค่ากำลังรับแรงอัด/ ค่าการนำความร้อน

Abstract

The main purpose of this research is to develop low thermal conductivity soil- cement block from rice straw. Various mixture ratios were considered and seven samples per specimen were prepared following local hand-made manufacturing process. Investigation was limited to the thermal conductivity, compressive strength, water absorption, and bulk density of specimens. It was observed that the use of rice straw (Fiber pass through a screen size 4.75 mm in diameter) as an admixture can reduce the thermal conductivity and yield a lightweight of specimen. The optimum mixture ratio of soil, cement and sand is 3:1:1 (by volume), respectively, with 20 % rice straw ratio. The corresponding soil-cement block properties are as follows: thermal conductivity of 0.489 W/m.K, compressive strength of 56.324 kg/cm^2, bulk density of 1,706 kg/m^3 and 17.650% water absorption. The soil-cement block using rice straws have a lower thermal conductivity, that extremely interesting for energy saving when used as wall insulating material.

Keywords: Rice straw/ Soil-cement block/ Compressive Strength/ Thermal Conductivity

1. บทนำ

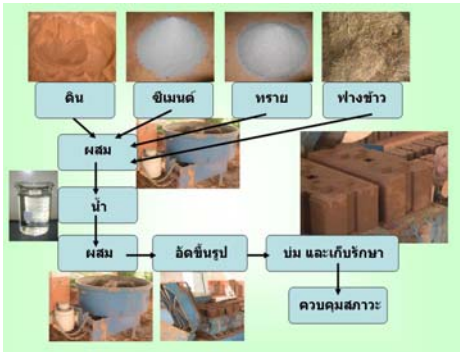
พลังงานมีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาทั้งทางด้านอุตสาหกรรมและธุรกิจในโลกปัจจุบัน ราคาพลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากแหล่งพลังงานลดน้อยลง รวมทั้งราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นและในขณะเดียวกันการใช้พลังงานก็มีสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่ประสบกับปัญหาดังกล่าว ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแสวงหาแนวทางลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน แนวทางหนึ่งคือมีการพิจารณาการประหยัดพลังงานในอาคารและบ้านเรือน ซึ่งการปรับปรุงดังกล่าวจะส่งผลให้การใช้พลังงานลดลง การใช้วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน [1-3] เช่น ความสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าเนื่องจากเครื่องปรับอากาศเนื่องจากลดการถ่ายเทความร้อนภายนอกอาคารเข้าสู่อาคาร จังหวัดพัทลุงเป็นจังหวัดที่ผลิตข้าวปริมาณมาก [4] ในภาคใต้ ทำให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรส่งผลเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมหากไม่มีการกำจัดที่เหมาะสม

มีงานวิจัยมากมายที่นำวัสดุเหลือใช้มาทำวัสดุให้เกิดประโยชน์ [5-9] แนวคิดของงานวิจัยนี้จึงจะพัฒนาบล็อกดินซีเมนต์ที่มีองค์ประกอบของเส้นใยฟางข้าว ซึ่งจะทำให้บล็อกซีเมนต์ที่ได้มีค่าการนำความร้อนต่ำ และน้ำหนักเบา ลดการใช้พลังงานในส่วนบ้านพักอาศัย และได้วัสดุก่อสร้างอาคารราคาถูกและเหมาะสมกับชุมชนในจังหวัดพัทลุงที่มีรายได้ต่อประชากรค่อนข้างต่ำ

2. วิธีการวิจัย

2.1 กระบวนการผลิตบล็อกดินซีเมนต์จากฟางข้าว

รูปที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตบล็อกดินซีเมนต์จากฟางข้าวซึ่งใช้กระบวนการผลิตด้วยมือในภายในท้องถิ่น โดยนำดินในพื้นที่ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง นำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่สาม[10]และทราย ผสมเข้ากันโดยปริมาตร ในเครื่องผสม (Nam Heng มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า) แล้วนำฟางข้าว ผสมเข้าไปในเครื่องผสมซึ่งเทียบกับปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก (ส่วนผสมต่างๆดังแสดงในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4) เปิดเครื่องผสม 15 นาที เติมน้ำเข้าในเครื่องผสม 1 ส่วนโดยปริมาตร แล้วทำการผสมในเครื่องผสมต่ออีก 15 นาที แล้วนำมาอัดขึ้นรูปในเครื่องไฮโดรลิก (Nam Heng กำลังอัด 100-150 BAR) และนำมาบ่ม และเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตและอุปกรณ์การผลิตเพื่อผลิตบล็อกดินซีเมนต์

2.2 การทดสอบบล็อกดินซีเมนต์จากฟางข้าว

การทดสอบบล็อกดินซีเมนต์จากฟางข้าวโดยทำการทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมเพื่อการทดสอบและวัสดุของอเมริกัน (ASTM) [11] เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมญี่ปุ่น (JIS) และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย (มอก.) [12-13] ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ การทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C129 และ มอก. 58-2530 การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ มอก. 77-2545 การทดสอบความหนาแน่น ASTM C90 เนื่องจากการกำหนดมาตรฐานการทดสอบทางกลของบล็อกดินซีเมนต์ในประเทศไทยและต่างประเทศแตกต่างกันจึงทำการทดสอบทั้ง 2 มาตรฐาน ส่วนการทดสอบค่าการนำความร้อน ดำเนินตามมาตรฐานเครื่องมือที่ทำการทดสอบมาตรฐาน JIS C1602

2.3 การเตรียมตัวอย่างส่วนผสม

การเตรียมตัวอย่างส่วนผสมบล็อกดินซีเมนต์ใช้ส่วนผสม ดิน ปูนซีเมนต์ และทราย ที่ใช้ทั่วไปในท้องถิ่นซึ่งมี 2 อัตราส่วนที่นิยมผลิตบล็อกดินซีเมนต์ [14] โดยไม่มีการผสมเส้นใยดังแสดงในตารางที่ 1 แล้วทำการผสมเส้นใยจากฟางข้าวที่ผ่านตะแกรงขนาด 6.10 มิลลิเมตร 5.11 มิลลิเมตร และ 4.75 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยเส้นใยจากฟางข้าวที่ผสมทำการผสมเส้นใยที่ 1%, 5%, 10%, 15% และ 20% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ได้ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ในแต่ละขนาดของเส้นใยจากฟางข้าวที่ผ่านตะแกรงดังแสดงในตารางที่ 2 ถึง ตารางที่ 4 โดย 1 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองผลิตบล็อกดินซีเมนต์จากฟางข้าวในอัตราส่วนนั้นจำนวน 7 ก้อน

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง (ไม่ผสมเส้นใย)

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	ดิน:ปูนซีเมนต์:ทราย
1	3:1:1
2	5:1:1

ตารางที่ 2 ส่วนผสมรวมของบล็อกดินซีเมนต์ที่เส้นใยผ่านตะแกรง ขนาด 6.10 mm

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	อัตราส่วนผสม ดิน:ปูนซีเมนต์:ทราย:เส้นใย (kg)
1	3:1:1:0.125
2	3:1:1:0.625
3	3:1:1:1.25
4*	3:1:1:1.875
5*	3:1:1:2.500
6	5:1:1:0.125
7	5:1:1:0.625
8	5:1:1:1.25
9*	5:1:1:1.875
10*	5:1:1:2.500

หมายเหตุ * ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองที่ 4,5,9 และ 10 ไม่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นบล็อกดินซีเมนต์ได้

ตารางที่ 3 ส่วนผสมรวมของบล็อกดินซีเมนต์ ที่เส้นใยผ่านตะแกรงขนาด 5.11 mm

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	อัตราส่วนผสม ดิน:ปูนซีเมนต์:ทราย:เส้นใย (kg)
1	3:1:1:0.125
2	3:1:1:0.625
3	3:1:1:1.250
4	3:1:1:1.875
5	3:1:1: 2.500
6	5:1:1:0.125
7	5:1:1:0.625
8	5:1:1:1.25
9	5:1:1:1.875
10	5:1:1:2.500

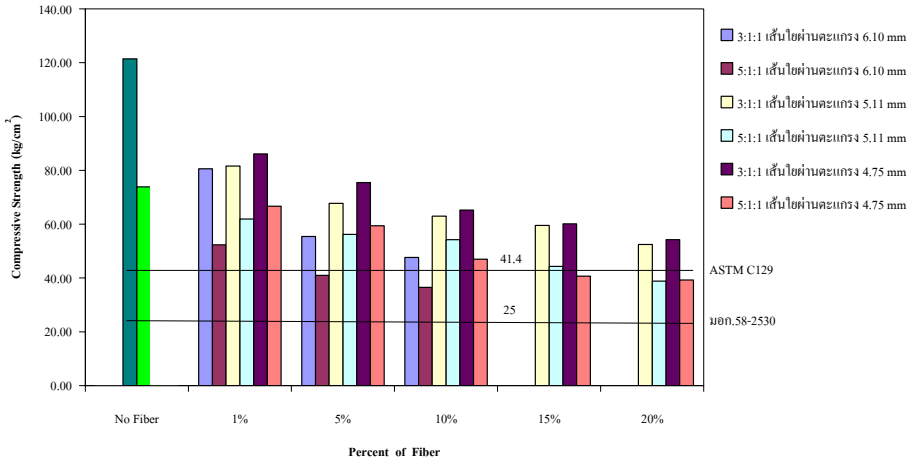
ตารางที่ 4 ส่วนผสมรวมของบล็อกดินซีเมนต์ ที่เส้นใยผ่านตะแกรงขนาด 4.75 mm

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	อัตราส่วนผสม ดิน:ปูนซีเมนต์:ทราย:เส้นใย (kg)
1	3:1:1:0.125
2	3:1:1:0.625
3	3:1:1:1.250
4	3:1:1:1.875
5	3:1:1: 2.500
6	5:1:1:0.125
7	5:1:1:0.625
8	5:1:1:1.25
9	5:1:1:1.875
10	5:1:1:2.500

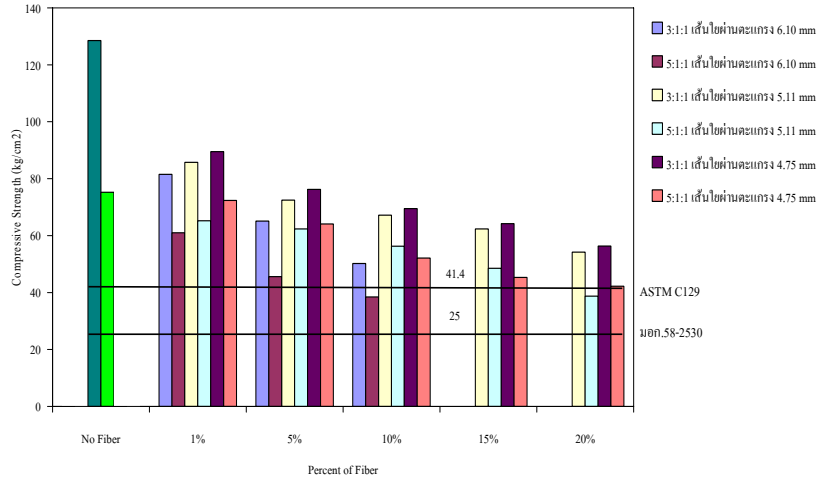
3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด

รูปที่ 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่า กำลังรับแรงอัดของบล็อกดินซีเมนต์ผสมฟางข้าวจะแปรผกผันกับปริมาณดินและเส้นใยที่ใส่คือ เมื่อเพิ่มปริมาณดินและปริมาณเส้นใยในส่วนผสม ค่ารับแรงอัดจะลดลง เนื่องจากปริมาณดินและปริมาณเส้นใยเข้าไปแทนที่ปริมาณของซีเมนต์ จึงทำให้ความสามารถในการยึดเกาะน้อยลงจึงส่งผลให้แรงต้านกำลังรับแรงอัดลดลงด้วย และเมื่อระยะเวลาบ่มมากขึ้นจะทำให้บล็อกดินซีเมนต์แข็งแรงมากขึ้น



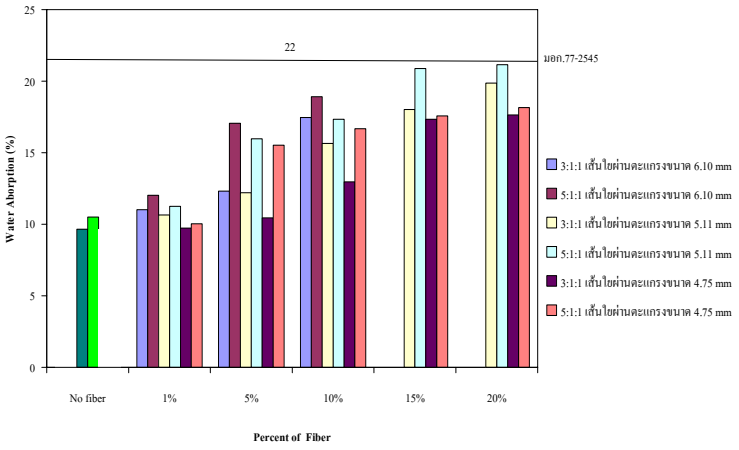
รูปที่ 2 ปริมาณเส้นใยรวม และกำลังรับแรงอัดรวมของบล็อกดินซีเมนต์ เวลาในการบ่ม 7 วัน



รูปที่ 3 ปริมาณเส้นใยรวม และกำลังรับแรงอัดรวมของบล็อกดินซีเมนต์ เวลาในการบ่ม 28 วัน

3.2 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

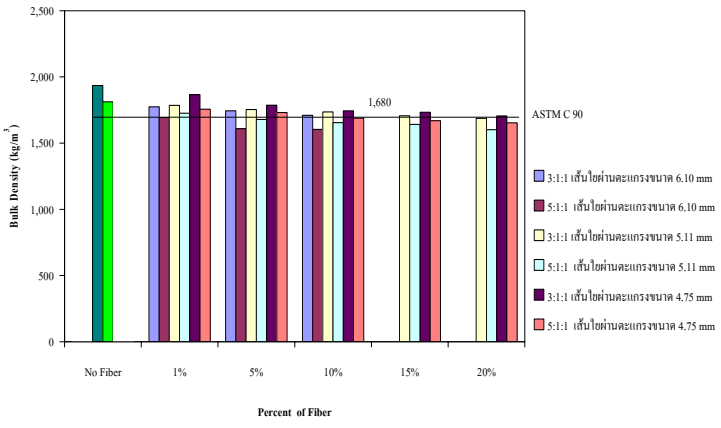
รูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ค่าการดูดซึมน้ำของบล็อกดินซีเมนต์ผสมฟางข้าว จะแปรผกผันกับปริมาณดินที่ใส่และปริมาณร้อยละของเส้นใย คือ เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของปริมาณดินและเปอร์เซ็นต์ของปริมาณเส้นใยในส่วนผสมค่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4 ปริมาณเส้นใยรวม และค่าการดูดซึมน้ำรวมของบล็อกดินซีเมนต์เวลาในการบ่ม 7 วัน

3.3 ผลการทดสอบความหนาแน่น

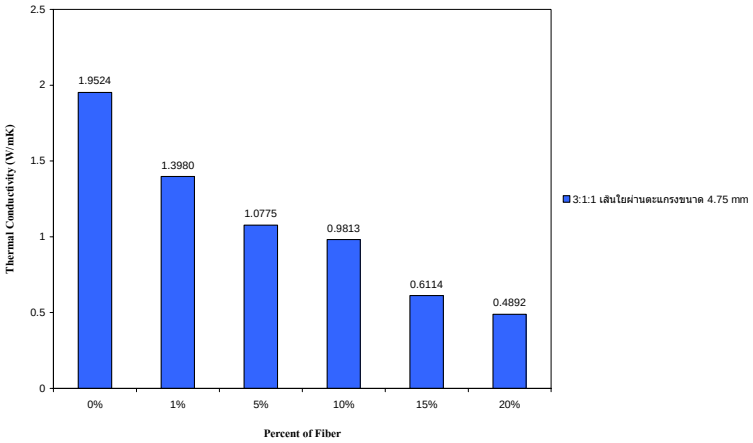
รูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ค่าความหนาแน่นของบล็อกดินซีเมนต์ผสมฟางข้าวจะลดลงเมื่อปริมาณร้อยละของเส้นใยเพิ่มขึ้นเนื่องจากเส้นใยไปแทนที่วัสดุผสมตัวอื่นๆ ซึ่งความหนาแน่นของบล็อกดินซีเมนต์ที่ลดลงเนื่องจากเส้นใยทำให้น้ำหนักของบล็อกดินซีเมนต์เบาขึ้น ในขณะที่ปริมาตรของบล็อกดินซีเมนต์มีขนาดเท่าเดิม



รูปที่ 5 ปริมาณเส้นใย และผลการทดค่าสอบความหนาแน่นของบล็อกดินซีเมนต์ เวลาในการบ่ม 7 วัน

3.4 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน

จากผลการทดสอบหัวข้อที่ 3.1 ถึง 3.4 พบว่าบล็อกดินซีเมนต์ที่เหมาะสมมีอัตราส่วนผสม คือ 3:1:1 โดยใช้เส้นใยจากฟางข้าวผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร สามารถผ่านคุณสมบัติทางกลตามมาตรฐานที่ทำการทดสอบดีกว่าค่าอื่น จึงทำการทดสอบหาอัตราส่วนที่ให้ค่าการนำความร้อนต่ำที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างดังแสดงในรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่า ค่าการนำความร้อนของบล็อกดินซีเมนต์ผสมฟางข้าว จะลดลงตามปริมาณร้อยละของเส้นใยเนื่องจากเส้นใยจากฟางข้าวที่เพิ่มขึ้นทำให้มีเซลลูโลสภายในวัสดุมากขึ้น (เซลลูโลสทำให้วัสดุมีความเป็นฉนวนซึ่งภายในฟางข้าวมีใกล้เคียงกับไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง) [15-16] และยังเพิ่มช่องว่างในบล็อกดินซีเมนต์ทำให้เพิ่มคุณสมบัติการเป็นฉนวนกับบล็อกดินซีเมนต์



รูปที่ 6 ปริมาณเส้นใย และผลการทดค่าการนำความร้อนของบล็อกดินซีเมนต์ เวลาในการบ่ม 7 วัน

4. สรุป

บล็อกดินซีเมนต์ที่เหมาะสมมีอัตราส่วนผสม คือ 3:1:1 โดยใช้เส้นใยจากฟางข้าวผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร ที่ปริมาณเส้นใย 20% ซึ่งให้ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดผ่านมาตรฐาน ASTM C129 และมาตรฐาน มอก.58-2530 ค่าการดูดซึมน้ำผ่านมาตรฐาน มอก.77-2545 ส่วนค่าความหนาแน่นผ่านมาตรฐาน ASTM C 90 และให้ค่าการนำความร้อนน้อยที่สุดคือ 0.489 W/m.K ตามมาตรฐาน JIS C1602

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550 และขอขอบคุณศูนย์วิจัยและสาธิต

ระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่สนับสนุนเครื่องมือเพื่อใช้ในทำการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Fordos, Z., 1998,"Natural or Modified Cellulose of fiber as reinforced in Cement Composites", Natural Fibre Reinforced Cement and Concrete, Swamy, R.N., 1st ed., Blackie and Son Limited, Glasgow and London,pp.173-206.

[2] Agopyan, V., 1988 , "Vegetable Fibre Reinforced Building Materials-Developments in Brazil and Other Latin American Countries", Natural Fibre Reinforced Cement and Concrete, Swamy,R.N., 1st ed., Blackie and Son Limited, Glasgow and London, pp.208-242.

[3] Rehsi,S.S., 1988, "Use of Natural Fibre Concrete in India", Natural Fibre Reinforced Cement and Concrete, Swamy.R.N., 1st ed., Blakie and Son Limited, Glasgow and London, pp.243-255.

[4] http://www.phatthalung.go.th [2007, May 25]

[5] คมกฤช โพธิ์ร่มเย็น, 2548, การนำเรซินเสื่อมสภาพจากโรงงานน้ำตาลมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างประเภทมวลเบา,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 1-18.

[6] วิพล ไชยชนะ, 2545, การทำอิฐมอญดินซีเมนต์ผสมขี้เถ้าแกลบ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม,หน้า 1-12.

[7] พรชัย เกษมกิจวัฒนา, ภาณุพงษ์ นกแก้ว,ศราวรณ์ ทับทิมทอง และอนันต์ สุวรรณสารกุล, 2541, การพัฒนาอิฐดินซีเมนต์,มหาวิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 1-6.

[8] พรนภา วาสนาสถาพร, 2545, การพัฒนาบล็อกดินซีเมนต์ไฟเบอร์เบสที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 1-10.

[9] ปกรณ์ งามพร้อม, วุฒิชัย ศรีนิยม และทวีศักดิ์ ผุดมาก, 2550, บล็อกประสานผสมโฟม, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 1-15.

[10] วินิต ช่อวิเชียร, 2539, คอนกรีตเทคโนโลยี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 14.

[11] American society for testing and materials, 1998, ASTM Chemical-resistant materials, vitrified clay, concrete, fiber-cement products, mortars, masonry, Vol.1, pp. 93-98.

[12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2530, กระทรวงอุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก.58-2530, หน้า 12.

[13] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2545, กระทรวงอุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐก่อสร้างสามัญ มอก.77-2545, หน้า 12.

[14] พิรณพันธ์ ศิริวัฒนา, 2548, แนวความคิดในการออกแบบที่อยู่อาศัยด้วยบล็อกดินซีเมนต์แบบประสาน, วิทยานิพนธ์หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 1-165.

[15] Akihiro, H., et.al., 2009, “Wet disk milling pretreatment without sulfuric acid for enzymatic hydrolysis of rice straw,” Bioresource Technology, Vol. 100, pp. 2706–2711.

[16] Daljit, S.A., Mukesh, C. and Parajit K. G., 2002, “Involvement of lignin peroxidase, mangancse perroxidase and laccase in degradation and selective ligninolysis of wheat staw,” International Biodeterioration & Biodegradation, Vol. 50, pp. 115-20.