

การประยุกต์ใช้เส้นใยผักตบชวาเสริมในแผ่นหลังคา

บุรฉัตร ฉัตรวีระ

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

พิชัย นิมิตรยงสกุล

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปทุมธานี 12120

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ และกลศาสตร์ของเส้นใยผักตบชวารวมไปถึงคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของแผ่นหลังคาเสริมเส้นใยดังกล่าว และมีข้อได้เปรียบผสมด้วย นอกจากนี้ยังใช้น้ำยาลดน้ำพิเศษเป็นสารผสมเพิ่มร่วมกับมอร์ต้าผสมซีเมนต์ในการลดปริมาณน้ำ แต่ยังคงสภาพความสามารถในการเทได้ให้เท่ากับมอร์ต้าที่ไม่ผสมซีเมนต์ได้ ข้อได้เปรียบจากการผลิตพัฒนาจากกลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีที่สำเร็จรูป และการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM ผลทดสอบแสดงให้เห็นว่า ส่วนผสมที่ใช้ปริมาณเส้นใย 2% โดยน้ำหนักของวัสดุผสมซีเมนต์กับซีเมนต์ได้เปรียบเป็นส่วนผสมที่ดีที่สุด ความคงทนของแผ่นหลังคาเสริมเส้นใยดังกล่าวมีค่าสูงกว่าแผ่นหลังคามอร์ต้าธรรมดา การทดสอบยังพบว่า เส้นใยผักตบชวามีความสามารถดูดซึมน้ำสูง แต่ทว่ามีค่าแรงดึง และโมดูลัสความยืดหยุ่นต่ำ วิธีการผลิตที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเหมาะสมกับแนวทางไทย มีลักษณะง่าย และเป็นระบบ

Use of Water Hyacinth Fiber as Randomly-Oriented Reinforcement in Roofing Sheets

B. Chatveera

Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Thammasat University

P. Nimityongskul

Associate Professor
School of Civil Engineering
Asian Institute of Technology

Abstract

This study is aimed at investigating the physical and mechanical properties of water hyacinth fiber and the mechanical properties of fiber reinforced roofing sheet using water hyacinth as fiber and rice husk ash as additive. High-range water reducing agent was used as admixture in the mortar with rice husk ash in order to reduce water content and to maintain the same workability as the mortar without rice husk ash. The fiber content was the main parameter and varied in order to obtain the optimum proportion. The production method adopted in this study was developed by Intermediate Technology Development Group and testing procedures were performed in accordance with the relevant ASTM standards. Test results showed that a mix having 2% fiber content by weight of cementitious material with rice husk ash was the optimum mix of the composite. The ductility of water hyacinth fiber reinforced semi-sheet roofings was significant high compared to that of plain mortar semi-sheet roofings. Test results indicated that water hyacinth fiber is a highly absorptive fiber and its tensile strength and modulus of elasticity are low.

The production method adopted was found to be simple, systematic and suitable for rural development.

Keywords : Composite, High-range water reducing agent, Mortar, Production method, Properties, Rice husk ash, Roofing sheet, Water hyacinth fiber, Workability.

บทนำ

ความต้องการวัสดุหลังการการากูมมากในประเทศกำลังพัฒนา และในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เส้นใยธรรมชาติเสริมในแผ่นคอนกรีตต่างๆ มากมาย เนื่องจากราคาวัตถุดิบถูก และหาได้ง่ายภายในประเทศคอนกรีตโดยพื้นฐานมีจุดด้อยคือ การรับแรงดึง และมีความคงทนในระยะยาวต่ำ อีกทั้งรับแรงกระแทกได้น้อย จึงเป็นประเด็นสำคัญการนำเส้นใยมาเสริมในคอนกรีต เพื่อจะปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต ซึ่งได้แก่ กำลังดึง, กำลังดัดงอ, ความต้านทานต่อแรงกระแทก, การยึดตัวที่จุดแตกหัก และค่าความเหนียวแตกหัก เส้นใยที่เสริมในวัสดุคอนกรีตจะมีสภาพพลาสติกในสภาพคอนกรีตสดหลังจากที่ซีเมนต์ผสมกับน้ำ คุณสมบัติดังกล่าวนี้สามารถจะนำไปหล่อผลิตภัณฑ์รูปทรงต่างๆ ได้ ดังเช่น แผ่นหลังคา, แผ่นกระเบื้องปูพื้น และอิฐ เป็นต้น การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาประเด็นหลัก ดังต่อไปนี้

- ก. ประเมินทางเทคนิคเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ และกลศาสตร์ของเส้นใยผักตบชวาที่ใช้เสริมในมอร์ตาร์
- ข. ประเมินผลกระทบของซีเมนต์แก่กลบที่มีต่อมอร์ตาร์ผสมเส้นใยธรรมชาติ
- ค. ศึกษาทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของแผ่นหลังคาเสริมเส้นใยผักตบชวา และมีซีเมนต์แก่กลบผสมด้วย
- ง. ศึกษาวิธีการผลิตแผ่นหลังคาโดยใช้วิธีแพร์รี่ (Parry Method) การประดิษฐ์เครื่องมือขึ้นมาใช้เอง

ในงานวิจัยนี้ใช้เส้นใยผักตบชวาที่ตากแห้งแล้ว และใช้ซีเมนต์เพสต์ 2 ชนิดคือ ซีเมนต์เพสต์ที่ไม่ผสมซีเมนต์แก่กลบ (ใช้อัตราส่วนซีเมนต์ต่อน้ำเท่ากับ 1:0.5 โดยน้ำหนัก) และซีเมนต์เพสต์ผสมซีเมนต์แก่กลบ (ใช้อัตราส่วนซีเมนต์ต่อซีเมนต์แก่กลบเท่ากับ 7:3 โดยหนัก อัตราส่วนซีเมนต์ต่อน้ำเท่ากับ 1:0.45 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนซีเมนต์ผสมซีเมนต์แก่กลบต่อน้ำยาลดน้ำพิเศษเท่ากับ 1:0.024 โดยน้ำหนัก) ตัวแปรหลักที่กำหนดเป็นค่าคงที่คือ อัตราส่วนวัสดุผสมซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1:2 โดยน้ำหนัก ความยาวเส้นใยเท่ากับ 25 มิลลิเมตร หน่วยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 2,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอัตราส่วนเส้นใยต่อวัสดุผสมซีเมนต์แปรค่าระหว่าง 0% ถึง 3% เส้นใยจะถูกกระจายสม่ำเสมอในเนื้อมอร์ตาร์ การอัดจะใช้เครื่องสั่นของแพร์รี่ (Parry Vibrating Screeding Machine) การผลิตแผ่นหลังคาจะใช้ส่วนผสมที่มีทั้งเส้นใยผักตบชวา และซีเมนต์แก่กลบ โดยใช้วิธีการของแพร์รี่ และขนาดของแผ่นหลังคามีค่า 600x600x8 มิลลิเมตร การทดสอบแบ่งออกได้ 5 ส่วนคือ

- 1) ทดสอบคุณสมบัติของทราย (การวิเคราะห์ขนาด ค่าโมดูลัสความละเอียด ความหนาแน่นสัมพัทธ์ ปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ ละการดูดซึมน้ำ)
- 2) ทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยผักตบชวา (ความถ่วงจำเพาะ ปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ การดูดซึมน้ำ กำลังดึง ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด กำลังยึดเหนียว และความยาววิกฤตของเส้นใย)

- 3) ทดสอบคุณสมบัติของซีเมนต์มอร์ต้าธรรมดา (ความหนาแน่น กำลังอัด และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น)
- 4) ทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มอร์ต้าเสริมเส้นใยผักตบชวา (ปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ การดูดซึมน้ำ และกำลังดัดงอ)
- 5) ทดสอบคุณสมบัติของแผ่นหลังคาเสริมเส้นใยผักตบชวา (ความชื้นน้ำ ความต้านทานต่อแรงกระแทก และความต้านทานแรงดัดงอ)

การเตรียมวัสดุ สัดส่วนผสม และวิธีการผลิต

วัสดุ

ซีเมนต์	ใช้พอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 1 (ตราช้าง) จากบริษัทปูนซีเมนต์ไทย
ซีเมนต์	ได้จากการเผาแคลสในเตาเผา 48 ชั่วโมง และบดอีก 45 นาทีโดยเครื่องบดพิเศษ (We, 1981 และ Islam, 1981) แคลสประมาณ 110 กิโลกรัมเผาได้ซีเมนต์เพียง 20 กิโลกรัม
น้ำ	ใช้น้ำจากห้องปฏิบัติการ
ทราย	ใช้ทรายแม่น้ำ ผ่านตะแกรง ASTM เบอร์ 10 (2 มิลลิเมตร) สารผสมเพิ่ม : ใช้น้ำยาลดน้ำพิเศษ MIGHTY 150 ของบริษัทมินเนอล แอนด์ เคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด โดยกำหนดปริมาณน้ำยาลดน้ำพิเศษที่ต้องใช้ในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 2.4% โดยน้ำหนักของส่วนผสมซีเมนต์
เส้นใยผักตบชวา	ได้มาจากอำเภอบางปะอิน จังหวัดอยุธยา ความยาวเส้นใยอยู่ระหว่าง 650 ถึง 770 มิลลิเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.4 ถึง 2 มิลลิเมตร เส้นใยดังกล่าวจะถูกฉีกให้เหลือเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 0.80 ถึง 1.20 มิลลิเมตร และตัดให้ได้ความยาว 25 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการเสริมมอร์ต้า

สัดส่วนผสม

สัดส่วนผสมที่ใช้สำหรับซีเมนต์เพสต์ไม่ผสมซีเมนต์คือ

$$W_f + W_c + W_s + W_w + W_{aw} = \frac{U_n V_w}{1000} \quad (1)$$

สัดส่วนผสมที่ใช้สำหรับซีเมนต์เพสต์ผสมซีเมนต์คือ

$$W_f + W_c + W_s + W_w + W_{aw} + W_{sp} = \frac{U_n V_w}{1000} \quad (2)$$

เมื่อ

W_f = น้ำหนักของเส้นใยผักตบชวา, กรัม

W_c = น้ำหนักของวัสดุผสมซีเมนต์, กรัม

W_s = น้ำหนักของทราย, กรัม

W_w = ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม, กรัม

W_{aw} = ปริมาณน้ำเพิ่มเติม, กรัม (เนื่องจากสภาพของเส้นใยผักตบชวา)

W_{sp} = ปริมาณน้ำยาลดน้ำพิเศษ, กรัม

U_n = หน่วยน้ำหนัก, กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

V_w = ปริมาตรของตัวอย่าง = 3408 ลูกบาศก์เซนติเมตร

วิธีการผลิตแผ่นหลังคา

ในปี ค.ศ. 1970 ได้มีกลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีสำเร็จรูป (ITDG) ที่จะพัฒนาสร้างวัสดุก่อสร้างในราคาถูกที่เหมาะสมกับประเทศกำลังพัฒนา ดังนั้น กลุ่มนี้จึงได้พยายามประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แผ่นหลังคาที่ผลิตได้เองโดยวิธีเพรี (Nick, 1991) ในงานวิจัยนี้จึงนำวิธีดังกล่าวมาใช้ผลิตแผ่นหลังคาเสริมเส้นใยผักตบชวา ซึ่งถือว่าเป็นวิธีที่ง่าย และถูก

ขั้นตอนการผลิตแผ่นหลังคา สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ การผสม การหล่อ และการบ่มน้ำ และการจัดเก็บ

การผสม

เส้นใยผักตบชวาจะต้องสะอาด และมีความยาว 25 มิลลิเมตร นำเส้นใยผักตบชวา และทรายมาผสมในเครื่องผสมโดยผสมแห้งใช้เวลา 1 นาที หลังจากนั้นใส่ซีเมนต์ และซีเมนต์แกลบ ผสมต่อไปอีก 1 นาที สุดท้ายให้เติมน้ำ และน้ำยาลดน้ำพิเศษลงไป

การหล่อ

การหล่อแผ่นหลังคาจะใช้เครื่องสั่นที่ใช้กำลังไฟกระแสดตรง 12 โวลต์ และจำนวนรอบของเครื่องสั่น 2500 รอบต่อนาที ก่อนจะเริ่มขั้นตอนการหล่อ ต้องตรวจสอบระดับของเครื่องสั่นเพื่อให้ได้ความหนาที่สม่ำเสมอของแผ่นหลังคา จากนั้น นำแผ่นพลาสติกสะอาดมารองบนเครื่องสั่น แล้ววางโครงเหล็กที่มีความหนา 8 มิลลิเมตรทับแผ่นพลาสติกดังกล่าว หลังจากนั้น ทำการยึดโครงเหล็กดังกล่าว ส่วนผสมของมอร์ต้าจะถูกเทลงบนเครื่องสั่น โดยใช้ที่ตักปูน และถูกปาดให้ได้ระดับเดียวกับโครงเหล็ก การสั่นจะถูกกำหนด โดยมอร์ต้าธรรมดาจะใช้เวลาสั่นประมาณ 15 วินาที ในขณะที่มอร์ต้าผสมเส้นใยผักตบชวาจะใช้เวลาสั่นประมาณ 20 ถึง 100 วินาที หลังจากสั่นเสร็จ โครงเหล็กจะถูกยกขึ้น และส่วนผสมจะถูกขนย้ายไปยังแบบโดยแผ่นพลาสติกที่รองบนเครื่องสั่น และใช้แปรงตักแต่งผิวครั้งสุดท้ายด้วย

การบ่มน้ำ และการจัดเก็บ

การบ่มน้ำจะทำทันทีเมื่อหล่อแบบเสร็จประมาณ 24 ชั่วโมง การบ่มน้ำจะบ่มในห้องบ่มที่มีสภาพความชื้น 95 ± 3% และอุณหภูมิ 22 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วันแล้วจึงนำไปทดสอบ

ขบวนการทดสอบ

การทดสอบสามารถแบ่งออกได้เป็นการทดสอบเกี่ยวกับ

คุณสมบัติของวัสดุ

คุณสมบัติของทราย

ทดสอบเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ และกลศาสตร์ตามมาตรฐาน ASTM รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1

การวิเคราะห์ขนาดคละ และคุณสมบัติทางกายภาพ และกลศาสตร์ของทราย

ขนาดตะแกรง		เปอร์เซ็นต์ผ่าน, % (ทรายโซน 2)
ASTM C33-78	BS 882-73	
# 3/8	9.50 มม.	99.35
# 4	4.75 มม.	97.35
# 8	2.36 มม.	92.43
# 16	1.18 มม.	76.78
# 30	0.60 มม.	45.52
# 50	0.30 มม.	8.51
# 100	0.15 มม.	1.18
ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (อบแห้ง)		2.41
ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (อิ่มตัวผิวแห้ง)		2.44
การดูดซึมน้ำ, %		1.25
ปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ, %		0.65
ค่าโมดูลัสความละเอียด		2.79

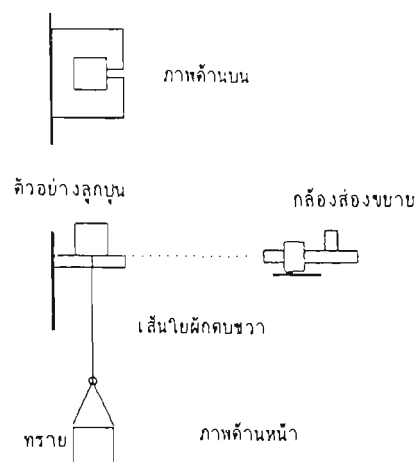
คุณสมบัติของเส้นใยผักตบชวา

การทดสอบความถ่วงจำเพาะ : การทดสอบนี้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D845-83 โดยหลังจากที่นำเส้นใยผักตบชวามาแช่น้ำ ก็ทำการชั่งน้ำหนักของเส้นใยดังกล่าวประมาณ 25 กรัม แล้วนำไปอบในเตาอบประมาณ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำมาใส่ในขวดทดสอบ และเติมน้ำให้เต็ม เขย่าขวดทดสอบประมาณ 20 นาทีเพื่อขับไล่ฟองอากาศ และทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่า เส้นใยผักตบชวาดูดซึมน้ำ โดยสังเกตจากระดับน้ำลดลง เติมน้ำให้เท่าเดิมเหมือนครั้งแรก แล้วทำการชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำขวดทดสอบที่บรรจุน้ำเต็มชั่งน้ำหนักอีกครั้ง คำนวณหาค่าต่างๆ ที่ถูกบันทึกไว้มาหาค่าความถ่วงจำเพาะได้ การทดสอบปริมาณความชื้น : ตัวอย่างเส้นใยผักตบชวาที่ตากแดดแห้งนำมาอบในเตาอบ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นลง แล้วชั่งน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำหนักที่แตกต่างระหว่างน้ำหนักธรรมชาติ และน้ำหนักอบในเตาอบต่อน้ำหนักอบในเตาอบ แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ คือค่าปริมาณความชื้นของเส้นใยผักตบชวา

การทดสอบการดูดซึมน้ำ : นำเส้นใยผักตบชวามาแช่น้ำ 24 ชั่วโมงเพื่อให้ได้สภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ หลังจากนั้น นำมาผึ่งบนผ้าที่ซับน้ำได้ ปริมาณน้ำส่วนเกินจะถูกซึมซับออกไปเพื่อให้ได้สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง จากนั้นชั่งน้ำหนักแล้วนำไปอบในเตาอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาผึ่งให้เย็นตัวลงประมาณ 1 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง อัตราส่วนน้ำหนักที่แตกต่างระหว่างน้ำหนักอิ่มตัวผิวแห้ง และน้ำหนักอบในเตาอบต่อน้ำหนักอบในเตาอบ แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ คือค่าการดูดซึมน้ำของเส้นใยผักตบชวา

การทดสอบแรงดึง : นำเส้นใยผักตบชวาที่มีความยาว 95 มิลลิเมตร ทดสอบจำนวน 10 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องทดสอบ "Shimadzu" ที่ต่อเชื่อมกับเครื่องเก็บข้อมูล (Data Logger TDS-301) อัตราการเคลื่อนตัวของเครื่องกำหนด 5 มิลลิเมตรต่อนาที

การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยว : การทดสอบนี้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C234-71 โดยทำการหล่อลูกปูนทรงลูกบาศก์ขนาด 50 มิลลิเมตร แล้วสอดเส้นใยผักตบชวาลึกประมาณ 25 มิลลิเมตร บ่มน้ำเป็นเวลา 28 วัน แล้วนำมาทดสอบตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยว

คุณสมบัติของซิเมนต์มอร์ต้าธรรมดา และมอร์ต้าผสมซีเอน้ำกลบ

การทดสอบความหนาแน่นบัพ : จัดบันทึกขนาด และน้ำหนักของตัวอย่างลูกปูนทรงลูกบาศก์ หลังจากบ่มน้ำครบ 28 วัน ค่าความหนาแน่นบัพหาได้จากน้ำหนักหารด้วยปริมาตรของตัวอย่างลูกปูนดังกล่าว

การทดสอบกำลังอัด และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น : ตัวอย่างลูกปูนทรงลูกบาศก์ทดสอบรับแรงอัดโดยใช้เครื่องทดสอบ "Shimadzu" ที่ต่อเชื่อมกับเครื่องเก็บข้อมูล (Data Logger TDS-301) ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นได้จากความชันของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด

คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มอร์ต้าเสริมเส้นใยผักตบชวา

ผลิตภัณฑ์มีขนาด 600x710x8 มิลลิเมตร ถูกหล่อตามขบวนการผลิตข้างต้น หลังจากบ่มน้ำ 28 วัน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จะถูกตัดเป็นขนาด 250x100x8 มิลลิเมตร แล้วปล่อยทิ้งไว้ในห้องปฏิบัติการ 1 วัน และทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ซึ่งได้แก่

การทดสอบปริมาณความชื้น : ตัวอย่างในสภาพแห้งจะถูกนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้น ปล่อยให้เย็นตัวลงแล้วชั่งน้ำหนักไว้ ค่าปริมาณความชื้นสามารถหาได้จากอัตราส่วนน้ำหนักที่แตกต่างระหว่างน้ำหนักธรรมชาติ และน้ำหนักอบในเตาอบต่อน้ำหนักอบในเตาอบ แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์

การทดสอบการดูดซึมน้ำ : ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D1037 ตัวอย่างจะถูกแช่น้ำที่มีระดับสูง 25 มิลลิเมตร หลังจากแช่ได้ 24 ชั่วโมง ตัวอย่างถูกปล่อยทิ้งไว้ในสภาพห้องปฏิบัติการ 10 นาที ปริมาณน้ำส่วนเกินจะถูกซับออกโดยใช้ผ้า หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ค่าการดูดซึมน้ำหาได้จากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักหลังจากแช่น้ำ

การทดสอบกำลังดัดงอ : ตัวอย่างจะวางบนที่รองรับที่มีช่วงยาว 225 มิลลิเมตร และรับน้ำหนักกดแบบ 2 จุด อัตราการให้น้ำหนักกำหนดประมาณ 1 กิโลกรัมต่อวินาทีโดยใช้เครื่องทดสอบ "Shimadzu Autograph DCS 5000" การทดสอบจะใช้ตัวเกจวัด กำลังดัดงอ แสดงในรูปของค่าโมดูลัสการแตกหัก นอกจากนี้ยังมีการหาค่าโมดูลัสความเหนียว และค่าโมดูลัส Resilience

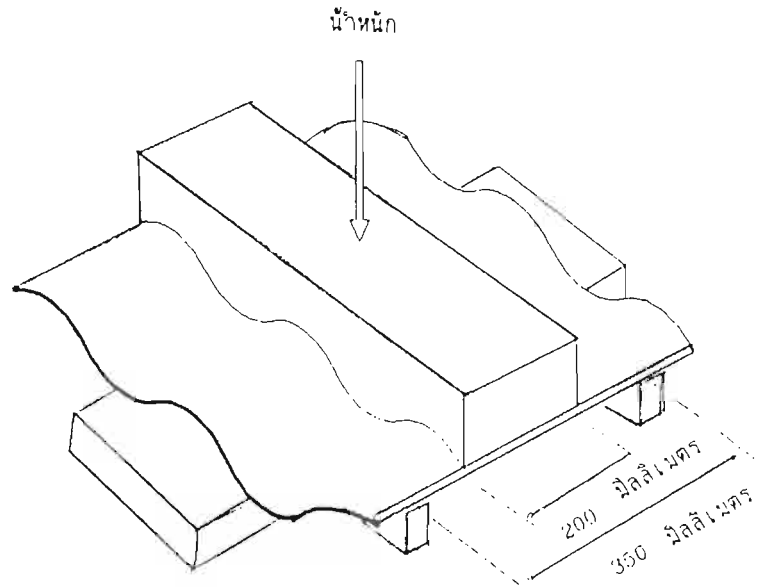
คุณสมบัติของแผ่นหลังคาเสริมเส้นใยผักตบชวา

การทดสอบความชื้นน้ำ : ใช้แผ่นหลังคาที่ผลิตขึ้น และดินเหนียวทำเป็นลักษณะสระน้ำมีความลึกน้ำ 25 มิลลิเมตร โดยมีดินเหนียวเป็นขอบที่กั้นอยู่ทั้งสี่ด้าน หลังจาก 24 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบผิวล่างของแผ่นหลังคาว่ามีการรั่วซึมน้ำหรือไม่

การทดสอบความต้านทานต่อแรงกระแทก : เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM D1037-72a โดยใช้ลูกเหล็กทรงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร และหนัก 530 กรัม แผ่นตัวอย่างถูกวางบนที่รองรับ และจะปล่อยลูกเหล็กตกลงจุดศูนย์กลางของแผ่นดังกล่าว โดยเริ่มที่ความสูง 25 มิลลิเมตร และความสูงจะ

เพิ่มขึ้นทุกๆ 25 มิลลิเมตร จนกระทั่งเห็นรอยแตกร้าว ซึ่งจะปรากฏที่ผิวล่างของตัวอย่างที่ถูกทดสอบ ค่าความสูงของลูกเหล็กดังกล่าวทำให้เกิดรอยร้าวปรากฏครั้งแรกเรียกว่า ค่าดัชนีความต้านทานการกระแทก

การทดสอบความต้านทานต่อการดัดงอ : แผ่นหลังคาถูกวางบนที่รองรับ ที่มีช่วงความยาว 350 มิลลิเมตร น้ำหนักจะกระทำมีความกว้าง 200 มิลลิเมตรช่วงกึ่งกลาง น้ำหนักกระทำจะเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 100 นิวตันต่อวินาที จนกระทั่งตัวอย่างหัก ค่าความต้านทานต่อการดัดงอ หาได้จากอัตราส่วนที่ทำให้ตัวอย่างแผ่นหลังคาหักในหน่วยนิวตันต่อหน้ากว้างของตัวอย่างในหน่วยเมตร รายละเอียดทดสอบแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทดสอบความต้านทานต่อการดัดงอ

ผลการทดสอบ และการวิจารณ์

คุณสมบัติของเส้นใยผักตบชวา

คุณสมบัติทางกายภาพ และกลศาสตร์ของเส้นใยผักตบชวาแสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 3

ผลของน้ำยาลดน้ำพิเศษที่มีต่อความสามารถในการเทได้ และกำลังของมอร์ต้า

เหตุที่ต้องใช้น้ำยาลดน้ำ ก็เพื่อจะรักษาสภาพความสามารถในการเทได้ ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุซีเมนต์ต่ำๆ และให้กำลังสูงในระยะเวลารอสั่น โดยทั่วไป ซีเมนต์จะมีความหนืดที่เล็กน้อย มีความถ่วงจำเพาะต่ำ แต่ต้องการปริมาณน้ำมากกว่าเมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ ดังนั้น มอร์ต้าซีเมนต์ผสมซีเมนต์

เกลบจะแข็งตัวไวมาก และมีความสามารถในการเทได้ต่ำ อีกทั้งเวลาการก่อตัวเร็วมาก เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติดังกล่าวนี้ จึงจำเป็นต้องใช้น้ำยาลดน้ำพิเศษปริมาณ 2.4% โดยน้ำหนักของวัสดุผสมซีเมนต์ ผลทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2

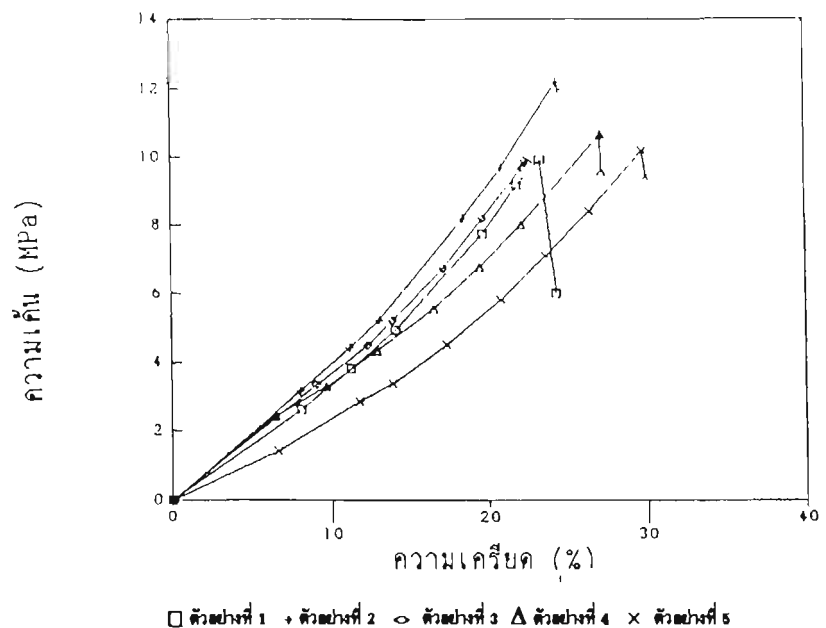
คุณสมบัติทางกายภาพ และกลศาสตร์ของเส้นใยผักตบชวา

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย
เส้นผ่าศูนย์กลาง, มิลลิเมตร	0.80-1.20
ความถ่วงจำเพาะ	0.428
ปริมาณความชื้น, %	8.44
การดูดซึมน้ำ, %	388
กำลังดึงประลัย, MPa	100
การยืดตัวที่จุดประลัย, %	24.63
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น, MPa	255
กำลังยึดเหนี่ยวประลัย, MPa	0.22
ความยาววิกฤต, มิลลิเมตร	217

ตารางที่ 3

ความสามารถในการเทได้ของมอร์ต้าธรรมดา และมอร์ต้าผสมซีเมนต์เกลบ

ชนิดของมอร์ต้า	เปอร์เซ็นต์เส้นใย	การไหล (มิลลิเมตร)
มอร์ต้าธรรมดา	0	204
	1	192
	2	161
	3	150
มอร์ต้าผสมซีเมนต์เกลบ และน้ำยาลดน้ำพิเศษ 2.4%	0	194
	1	166
	2	148
	3	136



รูปที่ 3 : กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียดของเส้นใยผักตบชวาเมื่อรับแรงดึง

คุณสมบัติทางกายภาพของลูกปุ่นทรงลูกบาศก์ของแต่ละส่วนผสมแสดงในตารางที่ 4 จะเห็นว่าถึงแม้กำลัง และความหนาแน่นของมอร์ต้าผสมซีเมนต์กับไม้วสขซีเมนต์จะใกล้เคียงกัน แต่หว่าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จะต่ำกว่ามอร์ต้าธรรมดา กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียดของมอร์ต้าต่างๆ แสดงในรูปที่ 4

คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มอร์ต้าเสริมเส้นใยผักตบชวา

การทดสอบปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำ : ตารางที่ 5 แสดงผลทดสอบเกี่ยวกับปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำพบว่า ผลดังกล่าวมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเส้นใย เมื่อมีปริมาณเส้นใยมาก ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำจะมีค่ามากตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม มอร์ต้าธรรมดาที่มีเส้นใย 1% จะให้ค่าปริมาณความชื้นมากที่สุด นอกจากนี้ การดูดซึมน้ำของมอร์ต้าผสมซีเมนต์จะสูงกว่ามอร์ต้าธรรมดา

การทดสอบการกัด : ผลแสดงไว้ดังตารางที่ 6 พบว่า มอร์ต้าผสมซีเมนต์กับไม้วสขซีเมนต์มีค่ากำลังดัดสูงกว่ามอร์ต้าธรรมดา นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่า มอร์ต้าธรรมดาที่มีปริมาณเส้นใย 1% จะให้ค่ากำลังดัดสูงในขณะที่มอร์ต้าผสมซีเมนต์กับไม้วสขซีเมนต์ที่มีปริมาณเส้นใย 2% จะให้ค่ากำลังดัดสูง

ค่าโมดูลัส Resilience และโมดูลัสความเหนียว สามารถหาได้จากรูปที่ 5 รายละเอียดแสดงในตารางที่ 7 เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มเป็น 2% จะทำให้มอร์ต้าธรรมดา และมอร์ต้าผสมซีเมนต์กับไม้วสขซีเมนต์มีค่าโมดูลัส Resilience สูงสุด เช่นเดียวกับค่าโมดูลัสความเหนียว นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้ปริมาณเส้นใยเพียง 1%

จะทำให้ซีเมนต์เพสต์แตกร้าวได้ง่าย

คุณสมบัติของแผ่นหลังคาเสริมเส้นใยผักตบชวา

การทดสอบความชื้นน้ำ : ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ ไม่มีการรั่วซึมของน้ำตรงบริเวณผิวล่างของแผ่นหลังคา ทั้งนี้เนื่องจากผลของการใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผสมซีเมนต์ต่ำ และการใช้น้ำยาลดน้ำพิเศษ การทดสอบความต้านทานการกระแทก : จากตารางที่ 8 พบว่า ค่าดัชนีความต้านทานการกระแทกมากที่สุด เมื่อใช้ปริมาณเส้นใยผักตบชวา 2% มีค่าเท่ากับ 32 (ที่ความสูง 800 มิลลิเมตร) สภาพการแตกร้าวขึ้นอยู่กับปริมาณเส้นใย เมื่อใช้ปริมาณเส้นใย 0% และ 1% แผ่นหลังคาจะมีลักษณะการแตกร้าวเป็นแนวเส้นตรงผ่านตลอดแผ่น แต่ทว่า เมื่อใช้ปริมาณเส้นใย 2% และ 3% ลักษณะการแตกร้าวจะเป็นลักษณะรูปวงกลมตรงบริเวณกึ่งกลางแผ่นหลังคา

การทดสอบความต้านทานการดัดงอ : จากตารางที่ 9 พบว่า ค่าความต้านทานการดัดงอก่อนการแตกร้าวครั้งแรกของแผ่นหลังคามอร์ตาธรรมดามีค่าสูงกว่าแผ่นหลังคามอร์ตาเสริมเส้นใยผักตบชวา เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานการดัดงอที่จุดแตกหัก จะมีค่าสูงสุดเมื่อใช้ปริมาณเส้นใยผักตบชวา 2% โดยมีค่าเท่ากับ 5627 นิวตันต่อเมตร และจะลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มเป็น 3% ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นหลังคาเสริมเส้นใยผักตบชวา จะพบว่า การแตกร้าวเกิดขึ้น เนื่องจากเส้นใยชะลุดจากเนื้อซีเมนต์มอร์ตา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กำลังการยึดเหนี่ยวของเส้นใยกับเนื้อซีเมนต์มอร์ตาไม่ดี

วิธีการผลิตแผ่นหลังคา : กรรมวิธีการผลิตแผ่นหลังคาโดยวิธีเพรี ง่าย และเป็นระบบ เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการพัฒนาชนบทห่างไกล

สรุป

จากผลการวิจัย สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

1. เส้นใยผักตบชวามีความสามารถดูดซึมน้ำได้สูง และมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นต่ำ
2. ผลิตภัณฑ์มอร์ตาผสมซีเมนต์แก่เกลบให้ค่าโมดูลัสการแตกหัก, ค่าโมดูลัส Resilience และค่าโมดูลัสความเหนียวสูงกว่าผลิตภัณฑ์มอร์ตาธรรมดา
3. ถึงแม้ค่าโมดูลัสการแตกหักของผลิตภัณฑ์มอร์ตาเสริมเส้นใยผักตบชวาท่ำกับผลิตภัณฑ์มอร์ตาธรรมดา แต่ทว่ามีความเหนียวดีกว่า
4. ปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมคือ 2% โดยน้ำหนักของวัสดุผสมซีเมนต์แก่เกลบ จะให้ค่าโมดูลัสการแตกหัก, ค่าโมดูลัส Resilience และค่าโมดูลัสความเหนียวสูงสุด
5. ค่าความต้านทานการดัดงอก่อนการแตกร้าวครั้งแรกของแผ่นหลังคา มอร์ตาธรรมดาจะดีกว่าแผ่นหลังคามอร์ตาเสริมเส้นใยผักตบชวา เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานการดัดงอหลังจากแตกร้าวแล้ว แผ่นหลังคามอร์ตาเสริมเส้นใยผักตบชวา จะสูงกว่าแผ่นหลังคามอร์ตาธรรมดา

6. แผ่นหลังคาเสริมเส้นใยผักตบชวา พบว่า สามารถกันน้ำรั่วซึมได้
7. วิธีการผลิตแบบเพรี ง่าย และเป็นระบบ เหมาะสมกับการพัฒนาชนบททั้งไกล

เอกสารอ้างอิง

- (1) Chatveera, B. 1990. **Mechanical Properties of Sisal Fiber-Mortar Composites Containing Rice Husk Ash**. M.Eng. Thesis No. ST-90-3, AIT., Thailand.
- (2) Islam, S. 1981. **Grinding Methods and Their Effects on Reactivity of RHA**. M.Eng. Thesis No. ST-81-7, AIT., Thailand.
- (3) Nick Hall. 1991. **Tile Trial Fiber-Concrete Roofing. Appropriate Technology**, Vol. 18, No. 2, Quarterl, Intermediate echnology Publications, September.
- (4) Parry, J.P.M. 1981. **Developments and Test of Roof Cladding Materials made of Fiber Reinforced Cement**. Appropriate Technology, Vol. 8, No. 2, September, pp. 20-23.
- (5) Parry, J.P.M. and Carrier, A.W. 1980. **Development and Testing of Roof Cladding Materials made from Fibre Reinforced Cement**. Stage 2 Report, IT Building Materials Workshop, Corngreaves Trading Estate, Overend Road, Cradley Heath, Warley, February.
- (6) Thet, T.T. 1993. Use of Water Hyacinth Fiber as Randomly-Oriented Reinforcement in Roofing Sheets. M.Eng. Thesis No. ST-93-28, AIT., Thailand.
- (7) We, A.B. 1981. Production of RHA and Its Application in Mortar and Concrete. M. Eng. Thesis No. ST-81-20, AIT., Thailand.

ตารางที่ 4

คุณสมบัติทางกายภาพ และกลศาสตร์ของมอร์ต้า

ลักษณะ	มอร์ต้าธรรมดา	มอร์ต้าผสมซีเมนต์เถ้ากลบ
ความหนาแน่นบัพของมอร์ต้า, กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	2.18	2.08
กำลังอัดประลัย, MPa	45.01	45.80
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น, MPa	18,000	9,500

ตารางที่ 5
ปริมาณความชื้นเฉลี่ย และการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เสริมเส้นใยผักตบชวา

ชนิดของมอร์ต้า (250x100x8 มม.)	ปริมาณความชื้น %, ปริมาณเส้นใย			
	0%	1%	2%	3%
มอร์ต้าธรรมดา	0.810	0.949	0.803	0.702
มอร์ต้าผสมซีเมนต์เถ้ากลบ	0.950	1.041	1.741	1.765
ชนิดของมอร์ต้า (250x150x8 มม.)	การดูดซึมน้ำ %, ปริมาณเส้นใย			
	0%	1%	2%	3%
มอร์ต้าธรรมดา	1.256	1.375	1.498	1.686
มอร์ต้าผสมซีเมนต์เถ้ากลบ	2.040	2.609	2.670	2.823

ตารางที่ 6
ค่าโมดูลัสการแตกหักเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เสริมเส้นใยผักตบชวา

ชนิดของมอร์ต้า (250x100x8 มม.)	ค่าโมดูลัสการแตกหัก MPa, ปริมาณเส้นใย			
	0%	1%	2%	3%
มอร์ต้าธรรมดา	4.456	4.174	3.852	3.479
มอร์ต้าผสมซีเมนต์เถ้ากลบ	5.599	4.043	4.279	3.391

ตารางที่ 7
ค่าโมดูลัส Resilience เฉลี่ย และค่าโมดูลัสความเหนียวเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เสริมเส้นใยผักตบชวา

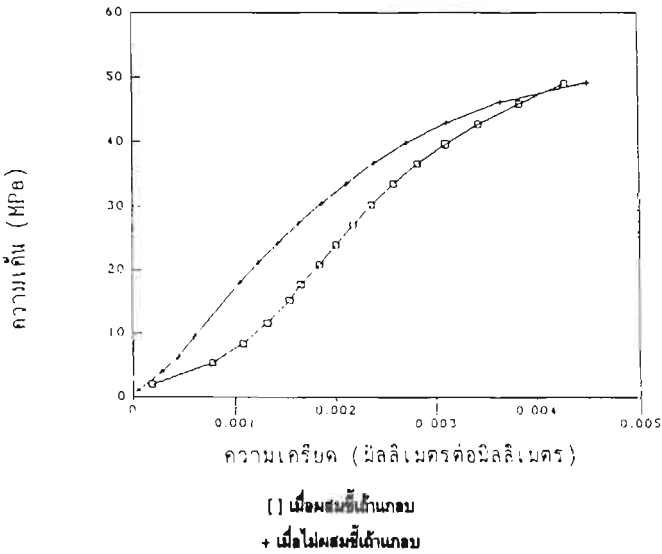
ชนิดของมอร์ต้า (250x100x8 มม.)	ค่าโมดูลัส Resilience นิวตัน-เมตร, ปริมาณเส้นใย			
	0%	1%	2%	3%
มอร์ต้าธรรมดา	0.019	0.024	0.035	0.029
มอร์ต้าผสมซีเมนต์เถ้ากลบ	0.022	0.034	0.052	0.031
ชนิดของมอร์ต้า (250x100x8 มม.)	ค่าโมดูลัสความเหนียว นิวตัน-เมตร, ปริมาณเส้นใย			
	0%	1%	2%	3%
มอร์ต้าธรรมดา	0.040	0.051	0.068	0.056
มอร์ต้าผสมซีเมนต์เถ้ากลบ	0.041	0.060	0.085	0.069

ตารางที่ 8
ค่าดัชนีความต้านทานการกระแทกเฉลี่ยของแผ่นหลังคามอร์ต้าผสมซีเมนต์เถ้ากลบเสริมเส้นใยผักตบชวา

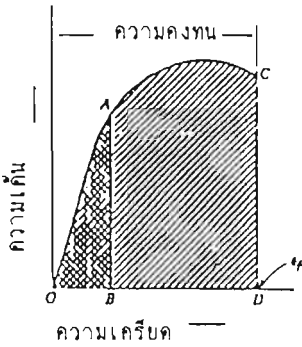
ลักษณะ	ปริมาณเส้นใย			
	0%	1%	2%	3%
ค่าดัชนีความต้านทานการกระแทก	26	31	32	29
ความสูง, มิลลิเมตร	700	775	800	730

ตารางที่ 9
ค่าความต้านทานการดัดงอเฉลี่ยของแผ่นหลังคามอเตอร์ดำสมซีใต้กบเสริมเส้นใยผักตบชวา

ค่าความต้านทานการดัดงอ (นิวตันต่อเมตร)	ปริมาณเส้นใย			
	0%	1%	2%	3%
เริ่มแตกร้าว	1,645	1,156	1,233	1,543
แตกหักแล้ว	4,708	5,084	5,627	4,905



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียดของมอร์ต้าเมื่อรับแรงอัด



พื้นที่ OACD เป็นค่าโมดูลัสความเหนียว
พื้นที่ OAB เป็นค่าโมดูลัส Resilience

รูปที่ 5 : รายละเอียดเกี่ยวกับค่าโมดูลัสความเหนียว และค่าโมดูลัส Resilience