

การศึกษาประสิทธิภาพจากเส้นใยชยะกล่องเครื่องดื่มแบบพันเกลียวในการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด STUDY ON EFFICIENCY OF SPIRAL FIBRE FROM ASEPTIC CARTON WASTE FOR CEMENT-BONDED COMPOSITE BOARD

ปิยรัตน์ เป่าเลี้ยง^{1*}, ปรัชญา ยอดดำรง², ตักดา กตวาทรักษ์³

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพมหานคร

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: piyarat.p@fite.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาประสิทธิภาพจากเส้นใยชยะกล่องเครื่องดื่มแบบพันเกลียวในการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับการใช้งานภายในอาคาร โดยทำการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดความหนาแน่น (Density) 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วนระหว่างพอร์ตแลนด์ซีเมนต์และปริมาณเส้นใยสำหรับการผสมขึ้นรูป 2 ส่วนผสมคือ 80:20 และ 70:30 โดยน้ำหนักและใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.6 ขึ้นรูปจากแบบสำหรับทำแผ่นซีเมนต์บอร์ดขนาด กว้าง 30 ซม. ยาว 30 ซม. หนา 2 ซม. และดำเนินการทดสอบตามข้อกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรม แผ่นซีเมนต์บอร์ดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2532 ประกอบด้วย มอดูลัสแตกหัก (MOR) มอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) การดูดซึมน้ำ (WA) การพองตัว (TS) รวมถึงความต้านทานต่อการเผาไหม้ของแผ่นซีเมนต์บอร์ด จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดพัฒนาจากการผสมเส้นใยชยะกล่องเครื่องดื่มที่มีสัดส่วนซีเมนต์ต่อเส้นใยเท่ากับ 70:30 แบบ 2 เกลียว มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติทางกลและกายภาพมีความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้กับงานภายในอาคาร

คำสำคัญ: ชยะกล่องเครื่องดื่ม, แผ่นซีเมนต์บอร์ด, มอดูลัสความยืดหยุ่น, การพองตัว

Abstract

This research aims to investigate the efficiency of spiral fiber from aseptic carton waste for cement-bonded composite board. The mechanical, and physical properties of aseptic carton waste cement boards (ACWCB) developed were studied. The ACWCB were produced at density of 1,000 kg/m³. The cement-to-fibers ratios by weight of 80:20 and 70:30 were prepared at the same water-to-cement ratio of 0.6. The size of ACWCB is 30 cm in width x 30 cm in length and 2 cm in height. The mechanical and physical properties were evaluated namely, modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), water absorption (WA) and thickness swelling (TS). Based on the result obtained, it can be summarized that the optimum cement-to-fiber ratio was found to be 70:30 with two spiral fibers.

Keywords: Aseptic carton waste, cement-bonded boards, modulus of rupture, modulus of elasticity, thickness swelling

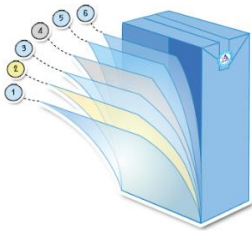
1. บทนำ

แผ่นซีเมนต์บอร์ด (Cement Board) หรือ แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ (Fiber Cement Board) มีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปใช้กับงานฝ้าเพดานรวมถึงผนังภายในและภายนอก ขึ้นรูปโดยใช้ส่วนผสมระหว่างซีเมนต์เส้นใย และน้ำ [1] ในประเทศไทยเริ่มใช้งานประมาณปี พ.ศ. 2499 โดยการผลิตเป็นแผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ และเมื่อปี พ.ศ. 2543 ได้เริ่มต้นการผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ขึ้นโดยใช้เยื่อกระดาษประมาณร้อยละ 10 ผสมเส้นใยหินด้วยเล็กน้อยกับปูนซีเมนต์ร้อยละ 90 โดยทั่วไปแผ่นไม้อัดซีเมนต์มี 3 ประเภทคือ 1) เยื่อไม้อัดซีเมนต์ (Wood Wool Cement Board: WWCB) ใช้ในงานของฝ้าเพดาน ผนังห้องประชุม 2) แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ (Particle Board) ใช้งานได้หลากหลายสามารถ ตัด เจาะ เช่าร่อง ได้เช่นเดียวกับไม้จริงและ 3) แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (Fiber Board) ใช้ในงานผนังและเฟอร์นิเจอร์จำพวกตู้หรือชั้นวางของ ซึ่งในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีต่างๆ ในกระบวนการผลิตสูงขึ้น จนทำให้สามารถพัฒนาวัสดุแผ่นซีเมนต์ผสมเส้นใยออกสู่ตลาดที่ได้รับ ความนิยมอย่างแพร่หลายอาทิเช่น SHERA flexy board, Etherphan และ Smartboard [2]

ในประเทศไทยมีผู้ผลิตแผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ซึ่งดำเนินการอยู่จำนวนไม่มากนัก โดยใช้วัตถุดิบหลักในการผลิต คือ ไม้ยูคาลิปตัสและปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ ปริมาณการผลิตในปี พ.ศ. 2548-2552 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเฉลี่ยร้อยละ 37.88 ต่อปี ปัญหาการผลิตที่พบ ได้แก่ การเก็บไม้ท่อนเพื่อใช้ในการผลิต ขาดแคลนไม้ท่อน เครื่องจักรเก่า และขาดแคลนแรงงาน [3] ทั้งนี้ ข้อมูลเศรษฐกิจระบุว่าในปี พ.ศ. 2560 ผลิตภัณฑ์ประเภทไฟเบอร์ซีเมนต์มีมูลค่าตลาดกว่า 1.45 หมื่นล้านบาท หรือ 20% ของมูลค่าตลาดปูนซีเมนต์ [4] ทั้งนี้ในปัจจุบันการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดจะใช้เส้นใยไม่เพียงพอซึ่งจะพบปัญหาการบวมตัวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดเนื่องจากความชื้น และความเปราะของเส้นใยจากธรรมชาติ ทำให้อายุการใช้งานของแผ่นซีเมนต์บอร์ดสั้น อีกทั้งกระบวนการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดยังใช้พลังงานและวิธีการขึ้นรูปที่ซับซ้อน ยิ่งไปกว่านั้นการขาดแคลนวัตถุดิบสำคัญคือ เยื่อไม้ ทำให้ต้นทุนการผลิตมีค่าสูงขึ้นมากในปัจจุบัน [5] ดังนั้นหากมีการนำเส้นใยธรรมชาติซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและขยะรีไซเคิลที่มีองค์ประกอบของกระดาษซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมาแล้วมาใช้งานร่วมกันเพื่อผลิตแผ่นฝ้าเพดานไฟเบอร์ซีเมนต์ย่อมช่วยลดปัญหาขยะได้อีกทางหนึ่ง และช่วยสร้างทางเลือกในการผลิตวัสดุก่อสร้างที่มีต้นทุนต่ำ [6]

กล่องเครื่องดื่มชนิด ยู เอช ที มีความเหนียว และมีค่ากำลังรับแรงดึงของเส้นใยประมาณ 415 กก./ตร.ซม. [7] โดยมีองค์ประกอบด้วยชั้นวัสดุ 6

ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยกระดาษรีออยละ 80, โพลีเอทิลีน ร้อยละ 15 และอลูมิเนียมฟลอยด์ ร้อยละ 5 มีความแข็งแรงสามารถทนต่อแรงดัน [8] กล่องบรรจุเครื่องดื่ม น้ำผลไม้ หรือกล่องบรรจุนมที่ใช้แล้วเป็นถ้อยขยะที่มีปริมาณมากและต้องกำจัดทิ้ง อีกทั้งยังย่อยสลายได้ยาก จากการสำรวจข้อมูลในปัจจุบันพบว่าจากข้อมูลเปิดเผยของบริษัทผลิตบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่ม Tetra Pak เฉพาะในปี 2562 มีการผลิตและส่งออกทั่วโลกกว่า 160 ประเทศ เฉลี่ยสูงถึงประมาณ 190 พันล้านกล่อง แต่มีการนำกลับมารีไซเคิลได้เพียงประมาณร้อยละ 26 เท่านั้น [9] ทั้งนี้กระบวนการรีไซเคิลกล่องเครื่องดื่มยังต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการแยกกระดาษ พลาสติกและอลูมิเนียมฟลอยด์ ออกจากกันแล้วจึงนำไปรีไซเคิล หรือทำเป็นบอร์ดไม้อัดเทียม เป็นต้น



1. โพลีเอทิลีนป้องกันความชื้นจากภายนอก
2. กระดาษเพื่อความแข็งแรงของกล่อง
3. โพลีเอทิลีนช่วยผนึกกล่องให้แน่นสนิท
4. อลูมิเนียมฟลอยด์ป้องกันภาวะภายนอก
5. โพลีเอทิลีนช่วยผนึกกล่องให้แน่นสนิท
6. โพลีเอทิลีนช่วยยึดติดชั้นของกล่องและป้องกันการรั่วซึมของเหลว

รูปที่ 1 องค์ประกอบของชั้นวัสดุที่ใช้ผลิตกล่องพาสเจอร์ไรส์

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การใช้ประโยชน์จากขยะกล่องเครื่องดื่ม และกระบวนการรีไซเคิลยังได้รับผลตอบรับโดยรวมยังมีจำนวนน้อย และเมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติของเส้นใยขยะกล่องเครื่องดื่มเทียบกับเส้นใยจากไม้ธรรมชาติ น่าจะมีคุณสมบัติที่สามารถทดแทนกันได้ในการแปรรูปเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นซีเมนต์ชนิดผสมเส้นใย [5] รวมถึงการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาจะมีความเป็นไปได้ ในการนำขยะจากกล่องเครื่องดื่มมาพัฒนาแบบและแปรรูปเป็นเส้นใย และใช้ลักษณะเส้นใยแบบ 1 และ 2 เกลียวผสมกับซีเมนต์ขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด โดยทำการศึกษาคูสมบัติหลักของคุณสมบัติทางกล กายภาพ และความต้านทานต่อการเผาไหม้ตาม มอก. 878-2532 เพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้งานต่อไป

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของปริมาณเส้นใยจากจากกล่องบรรจุเครื่องดื่ม ในการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางกล และเชิงความร้อน
- 2.2 เพื่อให้ได้สัดส่วนปริมาณร้อยละเส้นใยที่เหมาะสมสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงภายในอาคารได้

3. การดำเนินงานวิจัย

3.1 การจัดเตรียมวัสดุและการเตรียมตัวอย่างแผ่นซีเมนต์บอร์ด

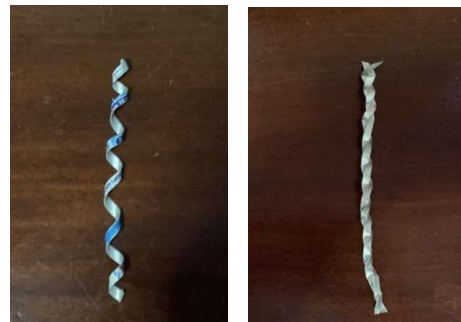
3.1.1 การจัดเตรียมวัสดุ

ขยะจากกล่องเครื่องดื่มที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้กล่องเครื่องดื่มชนิด ยู เอช ที (Aseptic Carton UHT) นำไปย่อยลดขนาดเพื่อให้มีขนาดที่ใกล้เคียงกับเส้นใยจากธรรมชาติที่ใช้ขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดมีความกว้าง 4 มิลลิเมตร มีความยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2 ทั้งนี้วัสดุเชื่อมประสานใช้พอร์ตแลนด์ซีเมนต์ธรรมดา ตามมาตรฐาน ม.อ.ก. 15 (Ordinary Portland Cement)



รูปที่ 2 การเตรียมตัวอย่างเส้นใยจากขยะกล่องเครื่องดื่ม
3.2 อัตราส่วนผสมและการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด

งานวิจัยนี้จะศึกษาประสิทธิภาพจากเส้นใยขยะกล่องเครื่องดื่มแบบพันเกลียว ซึ่งใช้ขยะจากกล่องเครื่องดื่มพันเกลียวแบบ 1 และ 2 เกลียว ในการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดสำหรับการใช้งานภายในอาคาร โดยทำการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วนระหว่างพอร์ตแลนด์ซีเมนต์และปริมาณเส้นใยสำหรับการผสมขึ้นรูป 2 ส่วนผสมคือ 80:20 และ 70:30 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนซีเมนต์ต่อเส้นใยเลือกบนพื้นฐานของอัตราส่วนโดยปกติของ การขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดโดยทั่วไปซึ่งมีช่วงระหว่าง 2.0:1 ถึง 3.0:1 โดยน้ำหนัก [10] สำหรับงานวิจัยนี้ควบคุมอัตราส่วนผสม ของน้ำต่อ ปูนซีเมนต์คงที่เท่ากับ 0.60 และเส้นใยจะถูกปรับให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้งก่อนการผสมและขึ้นรูป



รูปที่ 3 ลักษณะเส้นใยแบบ 1 (ซ้าย) และ 2 เกลียว (ขวา)

การขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดใช้แบบเหล็กขนาด 300 มิลลิเมตร (กว้าง) x 300 มิลลิเมตร (ยาว) x 20 มิลลิเมตร (หนา) ขึ้นรูปโดยเครื่อง อัดไฮโดรลิกขนาด 30 ตันทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4 การติดตั้งชุดเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องอัดไฮโดรลิกขนาด 30 ตัน



รูปที่ 4 การติดตั้งชุดเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องอัดไฮโดรลิกขนาด 30 ตัน

ตัวอย่างที่อัดขึ้นรูปในแบบหล่อจะค้างแรงอัดและทำการถอดแบบที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงก่อนจะบ่มที่อุณหภูมิ 25± 2 องศา เป็นระยะเวลา 28 วัน โดยใช้แผ่นพลาสติกบางพันรอบตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 5 และนำแผ่นตัวอย่างไปทดสอบคุณสมบัติทางกล ทางกายภาพ และ การต้านทานการผาใหม่



รูปที่ 5 การบ่มตัวอย่างแผ่นที่จะดำเนินการทดสอบ

3.3 การดำเนินการทดสอบแผ่นตัวอย่าง

3.3.1 การทดสอบหาค่ามอดูลัสแตกหัก (Modulus of Rupture : MOR)

การทดสอบหาค่ามอดูลัสแตกหักของแผ่นซีเมนต์บอร์ด ดำเนินการทดสอบตาม มอก. 878-2532 [11] โดยจะทำการเตรียมตัวอย่างขนาด 100x300x20 มม. และ ทำการติดตั้งบนชุดเครื่องมือทดสอบดังแสดงในรูปที่ 6 ทั้งนี้คุณสมบัติทางกลที่ได้จะคำนวณจากค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจำนวน 3 ชิ้นตัวอย่าง โดยการทดสอบหาค่ามอดูลัสแตกหักคำนวณตามสมการที่ 1



รูปที่ 6 การติดตั้งแผ่นตัวอย่างสำหรับทดสอบมอดูลัสแตกหักแผ่นซีเมนต์บอร์ด

$$f_m = \frac{3F_{\max}l}{2bt^2} \quad (1)$$

โดยที่ f_m หมายถึง ความต้านแรงดัด (เมกะปาสคาล), F_{\max} หมายถึง แรงกดสูงสุดที่แผ่นทดสอบรับได้ (นิวตัน), l คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ (มิลลิเมตร), b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของแผ่นทดสอบ (มิลลิเมตร) และ t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางแผ่นทดสอบ (มิลลิเมตร)

3.3.2 การทดสอบหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity : MOE)

การทดสอบหาค่ามอดูลัสแตกหักของแผ่นซีเมนต์บอร์ด ดำเนินการทดสอบตาม มอก. 878-2532 โดยนำผลที่ได้จากการทดสอบมอดูลัสความแตกหักมาใช้สำหรับการหาค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นตามสมการที่ 2

$$E_m = \frac{l_1^3(F_2 - F_1)}{4bt^3(a_2 - a_1)} \quad (2)$$

โดยที่ E_m หมายถึง มอดูลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะปาสคาล l_1 คือระยะของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร $F_2 - F_1$ คือแรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวเป็นเส้นตรง b คือความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร $a_2 - a_1$ คือระยะแอ่นตัว ที่เพิ่มขึ้นในช่วงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวเป็นเส้นตรง

3.3.3 การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ดำเนินการทดสอบด้วยระเบียบวิธีตามมาตรฐาน ASTM C127 โดยในการทดสอบการดูดซึมน้ำได้ตัดชิ้นตัวอย่างทดสอบเป็นขนาด 100 มิลลิเมตร (กว้าง) x 100 มิลลิเมตร (ยาว) ดังแสดงในรูปที่ 7 แช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้ว คำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ ตามสมการ 3 โดยค่าการดูดซึมน้ำได้จาก การเฉลี่ยค่าการดูดซึมน้ำจากชิ้นตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง



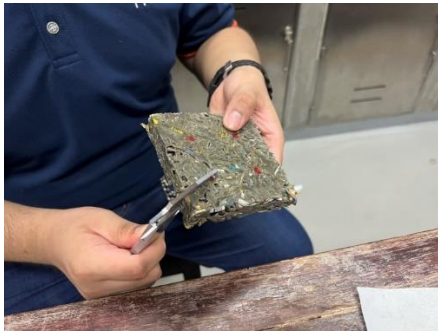
รูปที่ 7 การทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

$$\%W_t = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ $\%W_t$ คือ ร้อยละการดูดซึมน้ำ เป็นเปอร์เซ็นต์, W_1 คือ น้ำหนักแผ่นทดสอบก่อนแช่น้ำ เป็นกรัม และ W_2 คือ น้ำหนักแผ่น ทดสอบ ภายหลังการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เป็นกรัม

3.3.4 การทดสอบหาค่าการพองตัว (Thickness Swelling :TS)

การทดสอบหาค่าการพองตัว หรือ การบวมตัว (Thickness Swelling :TS) ดำเนินการทดสอบการพองตัวทำการทดสอบตามการทดสอบการดูดซึมน้ำ และวัดการพองตัวบริเวณขอบทั้ง 4 ตำแหน่งที่เกิดขึ้นภายหลังการแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 8 แล้วคำนวณหาค่าการพองตัว ตามสมการ 4



รูปที่ 8 การวัดแผ่นหาค่าการพองตัวของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

$$\%Ts = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \quad (4)$$

โดยที่ %Ts คือ ร้อยละการพองตัว เป็นเปอร์เซ็นต์, T_1 คือ ความหนาที่จุดบนแผ่นทดสอบก่อนแช่น้ำ, มิลลิเมตร และ T_2 คือ ความหนาที่จุดบนแผ่นทดสอบภายหลังการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง, มิลลิเมตร

3.3.5. การทดสอบการต้านทานการเผาไหม้ (Rate of Burning)

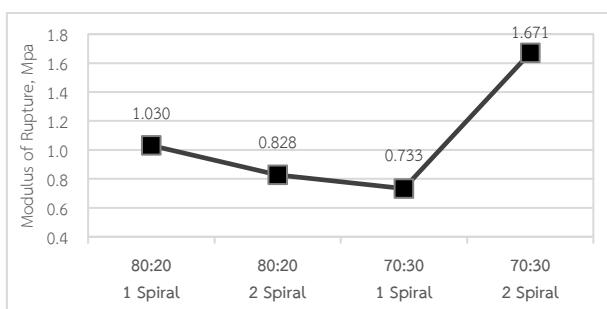
การทดสอบการต้านทานการเผาไหม้ (Rate of Burning) ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D635-98 โดยในการทดสอบจะเตรียมแผ่นตัวอย่างขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร ทำการจ่อเปลวไฟกับแผ่นทดสอบเป็นเวลา 30 วินาทีดังแสดงในรูปที่ 9 แล้วบันทึกผล



รูปที่ 9 การทดสอบหาความต้านทานความร้อน

4. ผลการวิจัย

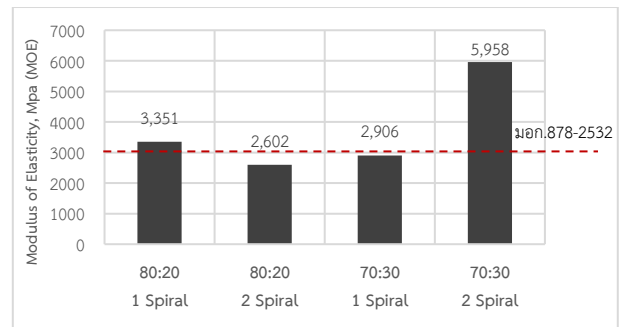
4.1 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสแตกหักของแผ่นซีเมนต์บอร์ด (Modulus of Rupture : MOR)



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ของปริมาณร้อยละเส้นใยกับค่ามอดูลัสแตกหักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเส้นใยชะกลองเครื่องดื่ม

จากรูปที่ 10 ความสัมพันธ์ของปริมาณร้อยละเส้นใยกับค่ามอดูลัสแตกหักของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเส้นใยชะกลองเครื่องดื่มพบว่า ที่อัตราส่วนซีเมนต์ต่อเส้นใย 80:20 ทั้ง 1 เกลียวและ 2 เกลียวค่ามอดูลัสแตกหักแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ในขณะที่อัตราส่วนซีเมนต์ต่อเส้นใย 70:30 แบบ 2 เกลียวมีผลของค่ามอดูลัสแตกหักสูงกว่าแบบ 1 เกลียวถึงประมาณร้อยละ 120 (สูงกว่าประมาณ 2 เท่า) ทั้งนี้ มอก.878-2532 ระบุค่ามอดูลัสแตกหักมีเกณฑ์ที่กำหนดเท่ากับ 9 เมกกะปาสคาล (Mpa)

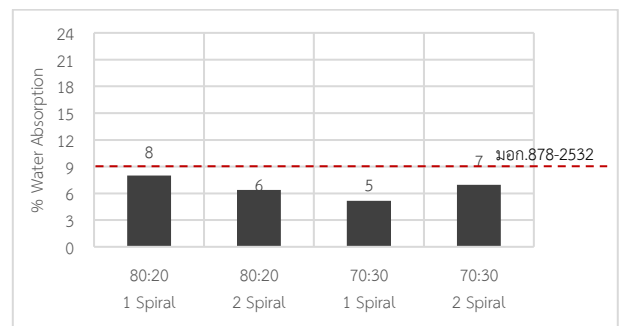
4.2 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ด (Modulus of Elasticity : MOE)



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ของปริมาณร้อยละเส้นใยกับค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเส้นใยชะกลองเครื่องดื่ม

จากรูปที่ 11 ความสัมพันธ์ของปริมาณร้อยละเส้นใยกับค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเส้นใยชะกลองเครื่องดื่มพบว่า ที่อัตราส่วนซีเมนต์ต่อเส้นใย 80:20 ทั้ง 1 เกลียวและ 2 เกลียวค่ามอดูลัสยืดหยุ่นแตกต่างกันประมาณร้อยละ 20 ในขณะที่อัตราส่วนซีเมนต์ต่อเส้นใย 70:30 แบบ 2 เกลียวมีผลของค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแบบ 1 เกลียวถึงประมาณร้อยละ 100 (สูงกว่า 2 เท่า)

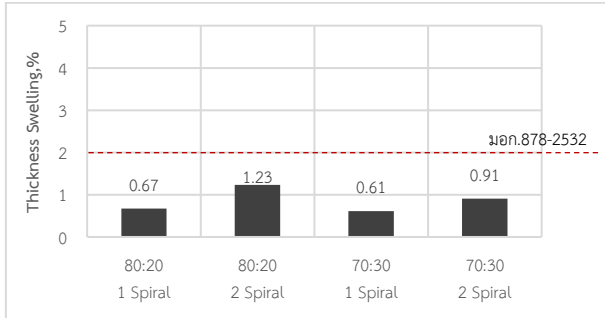
4.3 ผลการทดสอบทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

จากรูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นซีเมนต์บอร์ดพบว่า ที่อัตราส่วนซีเมนต์ต่อเส้นใยมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำอยู่ในระหว่างร้อยละ 5-8 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าอิทธิพลของเส้นใยต่อค่าการดูดซึมน้ำมีผลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามมอก.878-2532 พบว่าทุกอัตราส่วนผสมไม่เกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4.4 ผลการทดสอบการพองตัว (Thickness Swelling :TS)



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละการพองตัวของแผ่นซีเมนต์บอร์ด
จากรูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละการพองตัวของแผ่นซีเมนต์บอร์ดพบว่า อัตราส่วนซีเมนต์ต่อเส้นใยทุกส่วนผสมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.6-1.2 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าอิทธิพลของเส้นใยต่อค่าการพองตัวมีแนวโน้มสอดคล้องกับการดูดซึมน้ำโดยมีผลของค่าร้อยละการพองตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

4.5 ผลการทดสอบการต้านทานการเผาไหม้ (Rate of Burning)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการต้านทานการเผาไหม้ของแผ่นซีเมนต์บอร์ด

อัตราส่วนซีเมนต์:เส้นใย	จำนวนเกลียว	ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (kg)	การต้านทานความร้อน
80:20	1	1	0.243	ไม่ติดไฟ
		2	0.227	ไม่ติดไฟ
		3	0.271	ไม่ติดไฟ
	2	1	0.283	ไม่ติดไฟ
		2	0.277	ไม่ติดไฟ
		3	0.3	ไม่ติดไฟ
70:30	1	1	0.245	ไม่ติดไฟ
		2	0.234	ไม่ติดไฟ
		3	0.245	ไม่ติดไฟ
	2	1	0.246	ไม่ติดไฟ
		2	0.248	ไม่ติดไฟ
		3	0.258	ไม่ติดไฟ

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบการต้านทานการเผาไหม้ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดพบว่า อัตราส่วนซีเมนต์ต่อเส้นใยทุกส่วนผสมภายหลังการทดสอบด้วยการจ่อเปลวไฟเป็นเวลา 30 วินาที ไม่ติดไฟหรือสามารถต้านทานการเผาไหม้ได้ทุกส่วนอัตราผสม

5. บทสรุป

5.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของปริมาณและรูปแบบของเส้นใยจากจากกล่องบรรจุเครื่องดื่มในการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ด ต่อคุณสมบัติทางกล ทางกายภาพ และการต้านทานต่อการเผาไหม้จากทั้ง 12 ตัวอย่างการทดสอบพบว่า การทดสอบคุณสมบัติทางกลประกอบด้วยโมดูลัสแตกหัก (MOR) และโมดูลัสยืดหยุ่น (MOE) ของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเส้นใยจากขยะกล่องเครื่องดื่มความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรแปรผันตรงกับปริมาณเส้นใยพบว่า ที่อัตราส่วนเส้นใยร้อยละ 30 ให้ค่าโมดูลัสแตกหักและโมดูลัสยืดหยุ่นที่ดีที่สุด เท่ากับ 1.67 และ 5.96×10^3 เมกะปาสกาล (MPa) ตามลำดับ และในส่วนของการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ประกอบด้วย การทดสอบการดูดซึมน้ำ (WA) และการพองตัว (TS) พบว่าแผ่นซีเมนต์บอร์ดที่พัฒนาขึ้นมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำและค่าการพองตัวต่ำมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทุกส่วนผสมทั้งนี้ค่าการดูดซึมน้ำและค่าการพองตัวไม่เกินข้อกำหนดตามเกณฑ์มอก.878-2532 ส่วนการทดสอบการต้านทานการเผาไหม้พบว่าไม่ติดไฟทุกส่วนผสม

5.2 จากผลการศึกษาประสิทธิภาพจากเส้นใยขยะกล่องเครื่องดื่มแบบพันเกลียวในการขึ้นรูปแผ่นซีเมนต์บอร์ดพบว่า ที่ปริมาณร้อยละเส้นใย 30 ภายใต้รูปแบบช่องเส้นใยพันกัน 2 เกลียว แม้จะยังไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานของมอก.878-2532 เฉพาะในส่วนของคุณสมบัติการหัก แต่มีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงภายในอาคารได้ เช่น งานตกแต่งผนัง ภายใน ฝ้าเพดาน เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสำหรับงานวิจัยนี้ รวมถึงนักศึกษาที่ดำเนินการภาคินพนธ์จากภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการศึกษาที่ช่วยกันดำเนินงานจนประสบความสำเร็จ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Morteza Khorami and Eshmaiel Ganjian, Comparing flexural behaviour of fibre-cement composites reinforced bagasse: Wheat and eucalyptus. Construction and Building Materials, 2011. 25: p.3661-3667.
- [2] สิริพร วาสนาประเสริฐ, การพัฒนาผนังซีเมนต์เส้นใยพืชสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. สาขาสถาปัตยกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากรนครปฐม, 2551.
- [3] พรพิมล อมรโชติ, สันติ สุขสอาด ทรงกลด จารุสมบัติ และ วรพรรณ หิมพานต์, การตลาดของแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ในประเทศไทย (Marketing of Wood Cement Particleboard in Thailand). วารสารวนศาสตร์, 2553. 29(3): p.45-53.
- [4] SCB. Fiber cement exports: how to crack the market? 2017; Available from: <https://www.scbeic.com/th/detail/3302>.
- [5] ปิยรัตน์ เปาเล้ง, ฐานันท์ ศุภกิจวัฒนา พวงรัตน์ ขจิตวิษยานุกูล และ รัฐภูมิ ปรีชาตปรีชา, การศึกษาคุณสมบัติทางกลและกายภาพของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเส้นใยจากขยะกล่องเครื่องดื่ม. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18, เชียงใหม่, 2556.
- [6] จุฑามาศ ลักษณะกิจ และ นันทชัย ชูศิลป์, อิทธิพลของเส้นใยธรรมชาติจากวัสดุเหลือทิ้งต่อคุณสมบัติของแผ่นฝ้าเพดานไฟเบอร์ซีเมนต์. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 2562. ปีที่ 30, ฉบับที่ 4.
- [7] จารุพร แก้วกล้า, การใช้ประโยชน์จากขยะกล่องเครื่องดื่มเพื่อเป็นเส้นใยเสริมกำลังในคอนกรีต. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, 2010.
- [8] Nadir Ayrimisa, Z., Salim Hiziroglu, Physical and mechanical properties of cardboard panels made from used beverage carton with veneer overlay. Materials and Design, 2008. 29: p. PP.1897-1903.
- [9] Georgiopoulou, I., et al., Recycling of post-consumer multilayer Tetra Pak® packaging with the Selective

Dissolution-Precipitation process. Resources, Conservation and Recycling, 2021. 165: p. 105268.

- [10] Joseph AdeolaFuwape, James Sunday Fabiyi and Edward Olusola Osuntuyi, Technical assessment of three layered cement-bonded boards produced from wastepaper and sawdust. Waste Management, 2007. 27: p. pp.1611-1616.
- [11] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, แผ่นซีเมนต์อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง. http://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS878-2537.pdf, 2537.