การศึกษาประสิทธิภาพของผนังสำเร็จรูปจากคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่า

Study on the efficiency of prefabricated walls of aerated concrete

จารุวัฒน์ ถาวรไพศาลชีวะ

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างผนังคอนกรีตสำเร็จรูปปกติและผนังคอนกรีตสำเร็จรูปมวลเบาระบบเซลลูล่า โดยทางผู้วิจัยได้ทำการหล่อตัวอย่างผนังคอนกรีตสำเร็จรูปขนาด สูง 200 × 60 × 10 เซนติเมตร เพื่อนำมาทำการทดสอบ จำนวน 6 ประเภท ได้แก่ ผนังคอนกรีตปกติ กับคอนกรีตปกติเสริมเหล็ก, ผนังคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่ากับคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าเสริมเหล็กและผนังคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบกับคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบเสริมเหล็ก โดยทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก อัตราการดูดซึมน้ำและความทนการกระแทก ผลการทดสอบหน่วยน้ำหนักพบว่า คอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่ามีหน่วยน้ำหนักออยู่ที่ 1600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบมีหน่วยน้ำหนักอยู่ที่ 1995 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำพบว่าคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่ามีอัตราการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 25.81 และคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบมีอัตราการดูดซึมน้ำร้อยละ 16.32 การทดสอบความทนการกระแทกผนังด้วยลูกตุ้มน้ำหนัก 50 กิโลกรัม ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 2226 – 2548 ผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบผนังทั้ง 6 ประเภท พบว่าคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบและคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบเสริมเหล็ก มีการโก่งตัวสูงที่สุด เนื่องด้วยภายในเนื้อของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่ามีลักษณะเป็นรูพรุน จึงไม่มีความสามารถในการยึดเกาะมวลรวมได้ดี ส่งผลให้คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบมีค่ากำลังรับแรงอัดที่น้อยที่สุด ผลการทดสอบความทนการกระแทกจึงมีค่าการโก่งตัวมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก 2226 – 2548 พบว่าแผ่นผนังอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานซึ่งมีค่าการโก่งตัว ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: ผนัง, คอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่า

Abstract

This research is a comparative study of the performance of precast concrete walls and cellular concrete cell walls. The researcher has made concrete samples of 200 × 60 × 10 cm high to be tested in 6 types normal concrete walls with regular reinforced concrete, lightweight cellular concrete walls with concrete walls and reinforced cellular concrete Cellular with coarse aggregate with a lightweight cellular concrete with reinforced steel coarse aggregate. Tested find unit weight Water absorption and impact resistance

The weight unit test results showed that Aerated concrete has a weight of 1600 kilograms per cubic meter. And cellulosic concrete with a gross aggregate weight of 1995 kg per cubic meter. The water absorption test showed that cellulosic concrete had a water absorption rate of 25.81 percent and cellular concrete with a gross cellulite content had a water absorption rate of 16.32 percent. The 50-kg weight of the pendulum is tested in accordance with TIS 2226 - 2005. The results of the comparison of the six types of wall showed that the aerated concrete with gross mass and mass concrete Obama cellular coarse aggregate with steel reinforcement. The highest deflection. Due to the internal texture of aerated concrete, cellulose is porous. There is no good aggregate adhesion. As a result, the cellulosic concrete with the coarse aggregate had the lowest compressive strength. The impact test results in the highest deflection values. Compared with standard TIS 2226 - 2005, it is found that the wall is in accordance with the standard, with a deflection of not more than 2 mm.

Keywords: Walls, Cellular lightweight concrete

1. คำนำ

ในปัจจุบันมีการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยมากขึ้นซึ่งส่วนประกอบหนึ่งของอาคาร คือ ผนัง โดยระบบทั่วไปจะใช้อิฐในการก่อผนัง เช่น อิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบา ซึ่งอิฐแต่ละชนิดมีขนาดเล็กจึงต้องใช้ระยะเวลาในการก่อและต้องใช้แรงงานจำนวนมากทำให้มีต้นทุนในการจ้างแรงงานสูง เมื่อใช้งานในระยะเวลาหนึ่งจะพบปัญหาเรื่อง รอยแตกและรอยร้าว เกิดขึ้นตามผนัง อีกทั้งงานก่ออิฐ - ฉาบปูน ในปัจจุบันคุณภาพแรงงานมีฝีมือช่างมีคุณภาพลดลงมาก ส่งผลต่อคุณภาพงาน จึงมีการพัฒนาผนังเป็นผนัง

คอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) ข้อดี หรือ จุดเด่นของผนังคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) คือ ต้นทุนการก่อสร้างอาคารที่ลดลงเนื่องจากระยะเวลาในการก่อสร้างที่เร็วขึ้น อีกทั้งผนังคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) เป็นคอนกรีตโครงสร้างเสริมเหล็กที่ทำหน้าที่เป็นทั้งโครงสร้างอาคารและผนังอาคาร จึงทำให้มีความแข็งแรงสามารถรับแรงกระทำด้านข้างได้มากกว่าระบบการก่อสร้างทั่วไป แต่ผนังคอนกรีตสำเร็จรูปใช้คอนกรีตปกติมีหน่วยน้ำหนัก 2400 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จึงทำให้ผนังมีน้ำหนักมาก ยากสำหรับการเคลื่อนย้าย

คอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่า (Cellular Lightweight Concrete : CLC) คือ คอนกรีตที่ไมมีส่วนผสมของมวลรวมหยาบ เป็นการผลิตโดยใช้การผสมฟองอากาศหรือเนื้อโฟมเหลวคงรูปที่มีลักษณะฟองอากาศในส่วนผสมเพื่อให้คอนกรีตมีความหนาแน่นลดลง คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าจะมีน้ำหนักเบา มีความสามารถในการป้องกันความร้อน เสียง และทนไฟได้ดีกว่าคอนกรีตปกติ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุก่อสร้างหรืองานโครงสร้างอาคารทั้งภายในและภายนอก

คุณสมบัติดังกล่าวทำให้งานวิจัยนี้จะนำคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่ามาใช้เป็นวัสดุ ในการทำผนังคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast) เพื่อต้องการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐาน ความแข็งแรงและความทนการกระแทก และการดูดซึมน้ำ เพื่อประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัย

2. ทฤษฎี

2.1 คอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบาคือ คอนกรีตที่มีความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตทั่วไป

2.1.1 คอนกรีตที่ใช้มวลรวมเบา (Light – Weight Aggregate Concrete)

2.1.1.1 มวลรวมที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ หินที่เป็นราวาที่พองตัวโดยธรรมชาติ มวลรวม ชนิดนี้ใช้ผสมคอนกรีตที่ไม่ต้องการกำลังสูงและมวลรวมจะดูดซึมน้ำมาก

2.1.1.2 มวลรวมที่ได้จากการผลิต 3 กระบวนการคือ Expanded Clay Aggregate ได้จาก การนำดินเหนียวผสมกับสารก่อฟองอากาศและนำไปเผาในหม้อเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เกิดเป็นฟองอากาศอยู่ในเนื้อหิน ทำให้ภายในเป็นโพรงอากาศ ขบวนการที่สองคือ Expanded Shale Aggregate ได้จากการนำดินเผาผสมกับถ่านที่บดละเอียดนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส มีความแข็งแรงค่อนข้างดีจึงนิยมนำมาทำคอนกรีตมวลเบา และขบวนการที่สาม Sintered Fly Ash ได้จากการนำเถ้าลอยนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส ทำให้อนุภาคเกาะติดกัน ผิว ของมวลรวมค่อนข้างเรียบ

2.1.2 โฟมคอนกรีต (Aerated or Foam Concrete) คอนกรีตประเภทนี้เป็นคอนกรีตที่ได้จาการทำให้เกิดฟองอากาศหรือที่เรียกว่า “โฟม” ขนาด 0.1 ถึง 1.0 นิลลิเมตร ในเนื้อคอนกรีต มีการผลิต 2 ระบบคือ

2.1.2.1 Cellular Lightweight Concrete(CLC) ฟองอากาศที่ได้เกิดจากการใส่ฟองอากาศหรือสารกักฟองอากาศลงไป และทำการผสมฟองอากาศร่วมกับสัดส่วนผสมคอนกรีตหรือมอร์ต้าเมื่อคอนกรีตหรือมอร์ต้าแข็งตัวจะเกิดโพรงอากาศกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อคอนกรีต

2.1.1.2 คอนกรีตที่ไม่มีส่วนละเอียด (No-Finesse Concrete) คอนกรีตประเภทนี้เป็นคอนกรีตที่ไม่มีมวลรวมละเอียด (ทราย) อยู่ในส่วนผสม ส่วนผสมหลักจะประกอบด้วยปูนซีเมนต์ น้ำ และมวลรวมหยาบ การยึดเกาะติดกันระหว่างมวลรวมหยาบเกิดจากผิวที่ถูกเคลือบด้วยซีเมนต์เพสต์หนาประมาณ 1 ถึง 3 มิลลิเมตร เมื่อคอนกรีตแข็งตัวจะเกิดช่องว่างระหว่างมวลรวมหยาบนั้นและทำให้น้ำหนักของคอนกรีตลดลงหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตประเภทนี้ประมาณ 1,600 ถึง 2,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขึ้นอยู่กับชนิดของมวลรวมที่ใช้ได้แก่ กรวดโม่ หินโม่ เป็นต้น ขนาดของมวลรวมควรมีขนาดเท่าๆกัน ขนาดที่ใช้อยู่ในช่วง 9.5 ถึง 20.0 มิลลิเมตร มีกำลังต้านทานแรงอัด 60 ถึง 140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทั้งนี้กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตประเภทนี้ขึ้นอยู่กับมวล รวมที่ใช้และปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้โดยทั่วไปส่วนผสมที่ใช้จะประมาณ 1:8 โดยปริมาตร และ อัตราส่วนผสมของน้ำต่อปูนซีเมนต์ประมาณ 0.4

2.2 สารเพิ่มฟอง

สารเพิ่มฟอง (foaming agent) จัดเป็นสารลดแรงตึงผิว (surfactants) ชนิดหนึ่ง สามารถแบงออกเป็นสองประเภทคือสารเพิ่มฟองชนิดสังเคราะห (synthetic) และชนิดโปรตีน (protein-based) สามารถนำมาใช้ในการผลิตเป็นโฟมเนื่องจากมีความเป็นไปได้ในการย่อยสลาย โดยแบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตอื่น สารเพิ่มฟองชนิดโปรตีนในธรรมชาติเช่นกรดไขมันของสบู่ (fatty acid soap) ซึ่งไมค่อยได้รับความนิยมในการผลิตเป็นโฟมคอนกรีตสำหรับงานทางด้านวิศวกรรมโยธา อย่างไรก็ตามการวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารเพิ่มฟองชนิดโปรตีนเพื่อพัฒนาความแข็งแรง เป็นการยกระดับของโครงสร้างโฟมคอนกรีตให้สูงขึ้นอีกองค์ประกอบทางเคมีของสารลดแรงตึงผิวต้องมีความมั่นคงในสภาพแวดล้อมที่เป็นด่างของคอนกรีต (pH = 12.5 โดยประมาณ) เพราะว่า สารลดแรงตึงผิวทั้งหมดมีความอ่อนไหวง่ายต่อการเสื่อมสภาพที่อุณหภูมิต่ำดังนั้นการเก็บรักษาสารลดแรงตึงผิวดังกล่าวได้แก่ ชนิดสังเคราะห์ สารลดแรงตึงผิวชนิดสังเคราะห (synthetic surfactant) สามารถจำแนกตาม ลักษณะของกลุ่มพวก Hydrophilic ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโมเลกุลที่สามารถละลายในน้ำได้ และสารเพิ่มฟองชนิดโปรตีน สารละลายลดแรงตึงผิวส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิวหนึ่งส่วนต่อสัดส่วนน้ำ 5 – 40 เท่า อัตราส่วนที่ใช้ให้ได้รับประสิทธิภาพสูงสุดโดยทั่วไปเท่ากับ 1:25 แต่ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือบทบาทการทำงานของประเภทสารลดแรงตึงผิวและผลิตผลที่ได้รับอัตราส่วนในการเจือจางสาร ควรพิจารณาโดยคำนึงถึงความเข้มข้นของ Micelle ของโฟมเป็นสำคัญสารละลายลดแรงตึงผิวคือฟองน้ำ (foam) ความข้นเหลวคล้ายกับของโฟมโกนหนวด (shaving foam) และความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 20 – 90 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความหนาแน่นโฟมจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้ความหนาแน่นของโฟมที่ผลิตด้วยสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ชนิดโปรตีน(protein-based) มักจะประมาณ 50 กิโลกรัมต่อ

ลูกบาศก์เมตร สารเพิ่มฟองชนิดโปรตีนมีขนาดฟองที่เล็กและมีความเสถียรภาพมากกว่า

3. วิธีดำเนินการ

3.1 ส่วนผสมคอนกรีต

คอนกรีตที่ทำการผสมจะมีทั้งหมด 3 ชนิดคือ คอนกรีตมวลรวมปกติใช้เป็นตัวอย่างทดสอบควบคุม คอนกรีตมวลเบาระบบ CLC และคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC ที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบ สำหรับคอนกรีตแต่ละชนิดจะออกแบบส่วนผสมตามอัตราส่วนดังนี้ คอนกรีตมวลรวมปกติ (CC) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.45 ออกแบบตามมาตรฐาน ACI211.3R-97 อายุการบ่ม 14 วัน และ 28 คอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่า (CLC) อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.45 อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ 1:1 ใช้สารกระจายโฟมร้อยละ 30 ต่อลิตร อายุการบ่ม 14 วัน และ 28 วัน คอนกรีตมวลเบาระบบ เซลลูล่า (CLC R) ที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.45 อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ 1:1 อัตราส่วนซีเมนต์ต่อหิน 1:3 ใช้สารกระจายโฟมร้อยละ 30 ต่อลิตร อายุการบ่ม 14 วัน และ 28 วัน

ตารางที่ 1 ส่วนผสมคอนกรีต

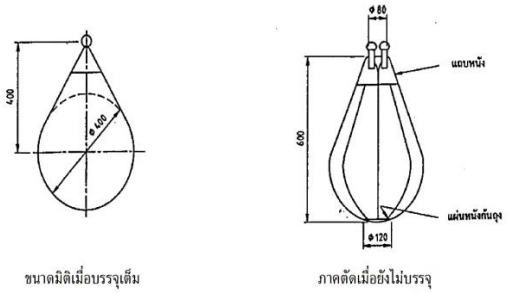
สัญลักษณ์ก้อนตัวอย่าง	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C)	อัตราส่วนโฟมต่อน้ำ (F/W)ลิตร	อัตราส่วนซีเมนต์ต่อทราย (C/S)	อัตราส่วนซีเมนต์ต่อหิน (C/R)	จำนวนก้อนตัวอย่าง	
					14 วัน	28วัน
CC (0.45)	0.45	-	-	-	3	3
CLC (0.45)	0.45	1:30	1:1	-	3	3
CLC R (0.45)	0.45	1:30	1:1	1:3	3	3

3.2 การทดสอบความทนการกระแทก

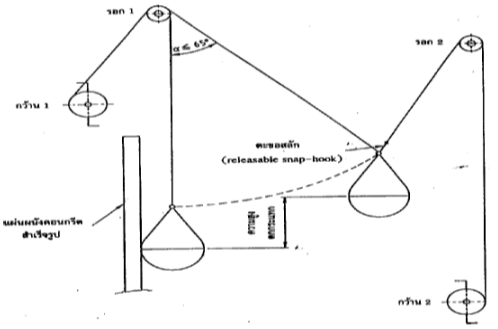
ความทนการกระแทกจากวัสดุนุ่มขนาดใหญ่ตาม มอก. 2226 – 2548 โดยใช้พลังงานกระแทกตามที่กำหนดในตารางที่ 1 พลังงานกระแทก แล้วค่าการโก่งตัวสูงสุดต้องไม่เกิน 2 มิลลิเมตร มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทกให้เป็นไปตาม ตารางมุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทกสำหรับการทดสอบความทนกระแทกตาม มอก. 2226 – 2548

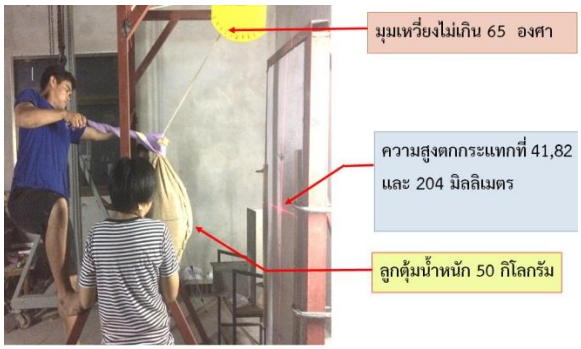
ตารางที่ 2 มุมเหวี่ยงและความสูงตกกระแทกสำหรับการทดสอบความทนกระแทกตาม มอก. 2226 - 2548

พลังงานกระแทก (นิวตัน เมตร)	ความสูงตกกระแทก (มิลลิเมตร)	มุมเหวี่ยง ไม่เกิน (องศา)
20	41	65
40	82	
100	204	



รูปที่ 1 วัสดุนุ่มขนาด 50 กิโลกรัม





รูปที่ 2 ตำแหน่งการทดสอบ

3.3 ผนังมวลเบา

ผนังมวลเบาขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร สูง 200 เซนติเมตร และหนา 10 เซนติเมตร มีจำนวนตัวอย่างผนังทดสอบดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างผนัง

ตัวอย่าผนัง	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C)	อัตราส่วนโฟมต่อน้ำ (F/W)	อัตราส่วนซีเมนต์ต่อทราย (C/S)	อัตราส่วนซีเมนต์ต่อหิน (C/R)	จำนวนตัวอย่าง (อายุบ่ม 28 วัน)
CC	0.45	-	-	-	2
CS	0.45	-	-	-	2
CLC	0.45	1.30	1:1	-	2
CLC S	0.45	1.30	1:1	-	2
CLC R	0.45	1.30	1:1	1:3	2
CLC RS	0.45	1.30	1:1	1:3	2

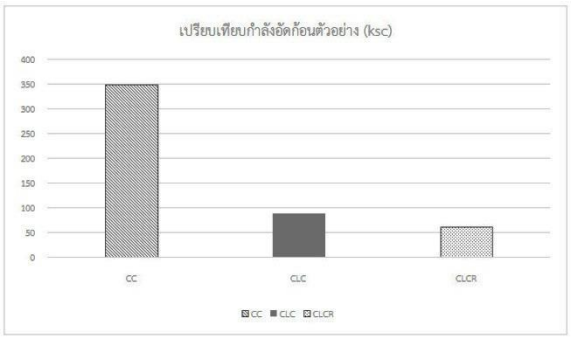
4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

สำหรับบทนี้จะกล่าวถึง ผลการทดสอบการวิเคราะห์การรับแรงกระแทกในรูปแบบพลังงานกระแทกกับผนัง

ผลการทดสอบกำลังรับแรงกระแทกของรอยต่อของผนังมวลเบาการทดสอบแรงกระแทกน้ำหนักกระทำต่อผนัง ขนาด 200 × 60 × 10 เซนติเมตร ประกอบด้วยผนังคอนกรีตธรรมดาเสริมเหล็ก และผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าเสริมเหล็ก ผนังดังกล่าวยึดต่อกันโดยวิธีการเชื่อม และการใช้สลักเกลียว ซึ่งมีอายุการบ่มคอนกรีตที่ 28 วัน จำนวน 8 ตัวอย่าง ในการทดสอบจะมีการกระแทก โดยใช้พลังงานกระแทกมีความสูงตกกระทบที่ 41,82 และ 204 มิลลิเมตร มีมุมเหวี่ยงไม่เกิน 65 องศา น้ำหนักที่กระแทกเท่ากับ 50 กิโลกรัม ได้ผลการทดสอบดังนี้

4.1 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีต ที่อายุการบ่มคอนกรีต 14 วัน และ 28 วัน

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตแบบปกติ (CC) คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (CLC) และคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบ (CLC R) ที่อายุ 14 และ 28 วัน ค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วันให้ค่ากำลังที่มากกว่าทุกประเภทของคอนกรีต คอนกรีตแบบปกติ (CC) มีค่ากำลังอัดมากกว่าคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (CLC) และคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบ (CLC R) และคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (CLC) มีค่ากำลังอัดที่มากกว่าคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบ(CLC R) แสดงในรูปที่ 3



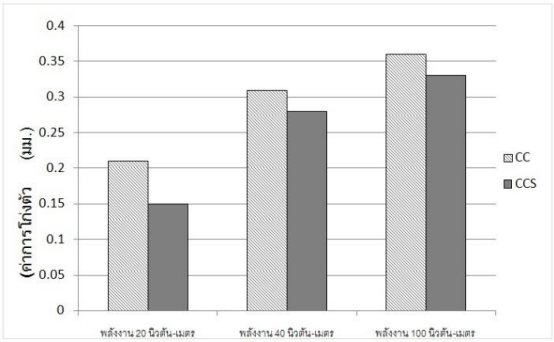
รูปที่ 3 ผลการทดสอบกำลังอัด

4.2 ผลการทดสอบความทนการกระแทกจากวัสดุนุ่มขนาดใหญ่

ในการทดสอบการกระแทกผนังดำเนินการทดสอบจำนวน 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ด้านบน กึ่งกลาง และด้านล่าง โดยตำแหน่งด้านบนอยู่ห่างขอบผนังด้านบน เท่ากับ 62.5 ซม.กึ่งกลางอยู่ห่างจากขอบผนังด้านบน เท่ากับ 100 ซม. และด้านล่างอยู่ห่างจากขอบผนังด้านบน เท่ากับ 137.5 ซม. โดยใช้พลังงานกระแทกที่ 20, 40 และ100 นิวตัน-เมตร ตามลำดับ ผลการทดสอบได้ค่าการโก่งตัวมากสุดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของผนัง ดังตารางที่ 4

4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโก่งตัวแผ่นผนังคอนกรีตแบบปกติไม่เสริมเหล็ก (CC) และเสริมเหล็ก (CCS)

เมื่อเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวของแผ่นผนังคอนกรีตแบบปกติที่ไม่เสริมเหล็ก (CC) กับ เสริมเหล็ก (CCS) แสดงได้ว่า ที่พลังงานกระแทก 20, 40 และ100 นิวตัน-เมตร แผ่นผนังคอนกรีตแบบปกติไม่เสริมเหล็ก (CC) มีค่าการโก่งตัวมากกว่าร้อยละ 28.57, 9.68 และ 8.33 ตามลำดับเนื่องด้วยแผ่นผนังคอนกรีตแบบปกติ (CC) ไม่มีเหล็กเสริมจึงไม่สามารถต้านทานการกระแทกได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก 2226 – 2548 พบว่าแผ่นผนังอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานซึ่งมีค่าการโก่งตัว ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร รูปที่ 4



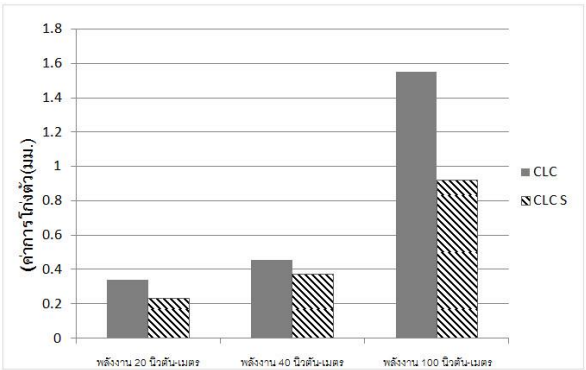
รูปที่ 4 แสดงค่าการโก่งตัวแผ่นผนังคอนกรีตแบบปกติ (CC) และคอนกรีตแบบปกติเสริมเหล็ก(CCS)

4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโก่งตัวแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (CLC) และคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าเสริมเหล็ก (CLC S)

เมื่อเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (CLC) และคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าเสริมเหล็ก (CLC S) แสดงได้ว่า ที่พลังงานกระแทก 20, 40 และ100 นิวตัน-เมตร แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (CLC) มีค่าการโก่งตัวมากกว่าร้อยละ 29.03, 15.56 และ 40.65 ตามลำดับ เนื่องด้วยแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (CLC) ไม่มีเหล็กเสริมจึงไม่สามารถต้านทานการกระแทกได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก 2226 – 2548 พบว่าแผ่นผนังอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานซึ่งมีค่าการโก่งตัว ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร รูปที่ 5

ตารางที่ 4 ค่าการโก่งตัวของแผ่นผนัง

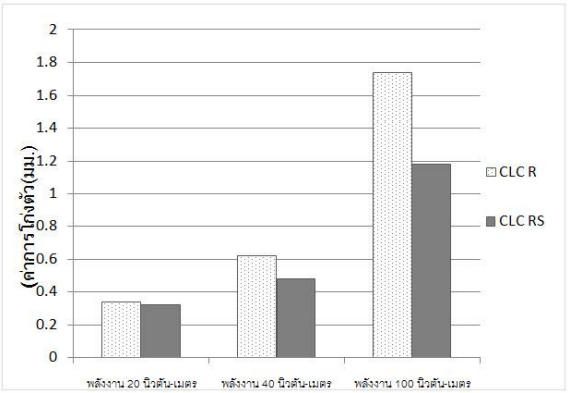
แผ่นผนัง	พลังงานกระแทก (นิวตัน-เมตร)	ค่าการโก่งตัว (มม.)
CC	20	0.21
	40	0.31
	100	0.36
CCS	20	0.15
	40	0.28
	100	0.33
CLC	20	0.31
	40	0.45
	100	1.55
CLC S	20	0.23
	40	0.38
	100	0.92
CLC R	20	0.34
	40	0.62
	100	1.74
CLC RS	20	0.32
	40	0.48
	100	1.18



รูปที่ 5 แสดงค่าการโก่งตัวแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (CLC) และคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าเสริมเหล็ก (CLC S)

4.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโก่งตัวแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า ที่มีมวลรวมหยาบ (CLC R) และมีมวลรวมหยาบ (CLC RS)

เมื่อเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบ (CLC R) และคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบเสริมเหล็ก (CLC RS) แสดงได้ว่า ที่พลังงานกระแทก 20, 40 และ100 นิวตัน-เมตร แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบ (CLC R) มีค่าการโก่งตัวมากกว่า ร้อยละ 5.88, 22.58 และ 32.18 ตามลำดับ เนื่องด้วยแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบ (CLC R) ไม่มีเหล็กเสริมจึงไม่สามารถต้านทานการกระแทกได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก 2226 – 2548 พบว่าแผ่นผนังอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานซึ่งมีค่าการโก่งตัว ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร รูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงค่าการโก่งตัวของแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบ (CLC R) และคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบเสริมเหล็ก (CLC RS)

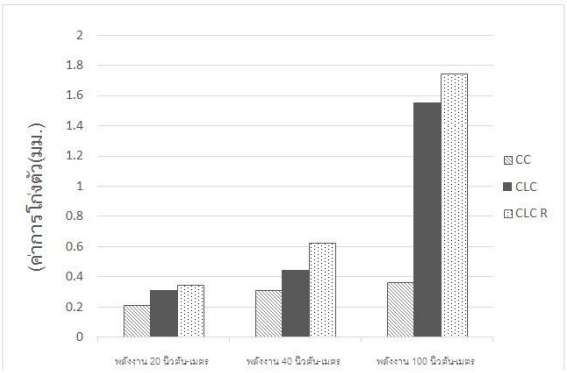
4.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโก่งตัวแผ่นผนังที่ไม่เสริมเหล็ก (CC, CLC, CLC R)

เมื่อเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวของแผ่นผนังที่ไม่เสริมเหล็ก (CC, CLC, CLC R) ดังรูปที่ 7 แสดงได้ว่า ที่พลังงาน 20, 40 และ100 นิวตัน-เมตร แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบ (CLC R) มีค่าการโก่งตัวมากกว่า แผ่นผนังคอนกรีตแบบปกติ (CC) ร้อยละ 38.24, 50 และ 79.31 ตามลำดับ และมีค่าการโก่งตัวมากกว่า แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (CLC) ร้อยละ 8.82, 29.03 และ10.92 ตามลำดับ เนื่องด้วยภายในเนื้อของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่ามีลักษณะเป็นรูพรุน เมื่อผสมมวลรวมหยาบลงไปในเนื้อคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า คอนกรีตจึงไม่มีความสามารถในการยึดเกาะได้ดี ส่งผลให้คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบมีค่ากำลังรับแรงอัดที่น้อยที่สุด เมื่อทดสอบความทนการกระแทกจึงทำให้มีค่าการโก่งตัวมากที่สุด

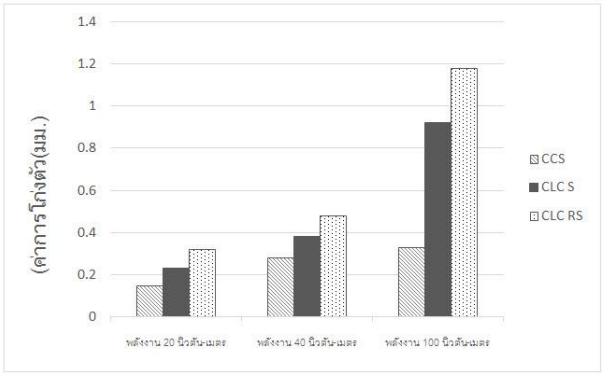
4.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโก่งตัวแผ่นผนังที่เสริมเหล็ก (CCS, CLC S, CLC RS)

เมื่อเปรียบเทียบค่าการโก่งตัวของแผ่นผนังที่เสริมเหล็ก (CCS, CLC S, CLC RS) ดังรูปที่ 8 แสดงได้ว่า ที่พลังงาน 20, 40 และ100 นิวตัน-เมตร แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบเสริมเหล็ก (CLC RS) มีค่าการโก่งตัวมากกว่า แผ่นผนังคอนกรีตปกติเสริมเหล็ก (CCS) ร้อยละ 53.13, 41.67และ72.03 ตามลำดับ และมีค่าการโก่งตัวมากกว่า แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าเสริมเหล็ก (CLC S) ร้อยละ 28.13, 20.83 และ 22.03 ตามลำดับ เนื่องด้วยภายในเนื้อของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่ามีลักษณะเป็นรูพรุน เมื่อผสมมวลรวมหยาบลงไปในเนื้อคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า คอนกรีตจึงไม่มีความสามารถในการยึดเกาะได้ดี ส่งผลให้คอนกรีต

มวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบมีค่ากำลังรับแรงอัดที่น้อยที่สุด เมื่อทดสอบความทนการกระแทกจึงทำให้มีค่าการโก่งตัวมากที่สุด



รูปที่ 7 แสดงค่าการโก่งตัวของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปที่ไม่เสริมเหล็ก (CC, CLC, CLCR)



รูปที่ 8 แสดงค่าการโก่งตัวของแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูปที่เสริมเหล็ก (CCS, CLC S, CLCRS)

5. สรุปผล

จากผลการทดสอบความทนการกระแทก สรุปได้ว่าแผ่นผนังที่เสริมเหล็ก (CCS, CLC S, CLC RS) จะมีค่าการโก่งตัวที่น้อยกว่าแผ่นผนังที่ไม่เสริมเหล็ก (CC, CLC, CLC R) โดยที่พลังงานการกระแทก 20, 40 และ 100 นิวตัน-เมตร

เมื่อเปรียบเทียบแผ่นผนังที่ไม่เสริมเหล็ก สรุปได้ว่าแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบ (CLCR)มีค่าการโก่งตัวมากกว่า แผ่นผนังคอนกรีตแบบปกติ (CC)ร้อยละ 38.24, 50 และ79.31 ตามลำดับ และมีค่าการโก่งตัวมากกว่า แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (CLC)ร้อยละ 8.82, 29.03 และ10.92 ตามลำดับ เนื่องด้วยภายในเนื้อของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่ามีลักษณะเป็น รูพรุน เมื่อผสมมวลรวมหยาบลงไปในเนื้อคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า คอนกรีตจึงไม่มีความสามารถในการยึดเกาะได้ดี ส่งผลให้คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบมีค่ากำลังรับแรงอัดที่น้อยที่สุด ดังตารางที่ 4.1 เมื่อทดสอบความทนการกระแทกจึงทำให้มีค่าการโก่งตัวมากที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบแผ่นผนังที่เสริมเหล็ก สรุปได้ว่าแผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบเสริมเหล็ก (CLCRS) มีค่าการโก่งตัวมากกว่าแผ่นผนังคอนกรีตปกติเสริมเหล็ก (CCS)ร้อยละ 53.13, 41.67และ72.03 ตามลำดับ และมีค่าการโก่งตัวมากกว่า แผ่นผนังคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าเสริมเหล็ก (CLC S)ร้อยละ 28.13, 20.83 และ22.03 ตามลำดับเนื่องด้วยภายในเนื้อของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่ามีลักษณะเป็น รูพรุน เมื่อผสมมวลรวมหยาบลงไปในเนื้อคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า คอนกรีตจึงไม่มีความสามารถในการยึดเกาะได้ดี ส่งผลให้คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่มีมวลรวมหยาบมีค่ากำลังรับแรงอัดที่น้อยที่สุด ดังตารางที่ 4.1 เมื่อทดสอบความทนการกระแทกจึงทำให้มีค่าการโก่งตัวมากที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบแผ่นผนังทั้ง 6 ประเภท ตามมาตรฐาน มอก 2226 – 2548 พบว่าแผ่นผนังอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานซึ่งมีค่าการโก่งตัว ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร

เอกสารอ้างอิง

[1] กฤษณ กิ่งโก้, ปริญญา จินดาประเสริฐ (2553). *คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าผสมสารซุปเปอร์พลาสติกไซเซอร์.* วิทยานิพนธ์ สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2] คำภี จิตชัยภูมิ(2556). การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าผสมเถ้าลอยซีโอไลต์ธรรมชาติและนาโนซิลิก้า. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[3] ผศ.ดร.สำเริง รักช้อนและคณะ(2557). *นวัตกรรมคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าด้วยการใช้วัสดุเหลือทิ้ง.* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

[4] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2226 – 2548). *แผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป*

[5] สุเมธ สัดทัดวัฒนา (2010). *การทำนายคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC จากค่าความหนาแน่นของคอนกรีต*. Thailand Science Research and Innovation (TSRI)

[6] อภัย ชาภิรมย์ (2557). *การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผนังหล่อในที่คอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า.* วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[7] Tam และคณะ, (2007). *Towards Adoption of Prefabrication in construction*. Building and Environment.Vol. 42 : Page 3642-3654

[8] BadirKadir and Hashim,A.H. (2002). *Industrialized Building Systems Construction inMalaysis*. Journal of Architectural Engineering.Vol. 8,No.1:Page19-23.