

สมบัติทางกล การนำความร้อน และโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตผสมแกนกัญชง

วันโชค เครือหงษ์¹ และ ศตวรรษ หฤหรรษ์พงศ์^{1*}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

* Corresponding Author: wat_gus@hotmail.com

¹ อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

ประวัติบทความ :

รับเพื่อพิจารณา : 4 กรกฎาคม 2562

แก้ไข : 20 มกราคม 2563

ตอบรับ : 17 กุมภาพันธ์ 2563

คำสำคัญ :

คอนกรีตกัญชง / สมบัติเชิงกล /
โครงสร้างทางจุลภาค

บทความนี้รายงานผลในแง่ของสมบัติทางกล การนำความร้อน และโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตผสมแกนกัญชง และศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้แกนกัญชงเพื่อแทนมวลรวมหยาบทั้งหมด ทั้งนี้ ใช้แกนกัญชงเป็นมวลรวมหยาบร่วมกับสารละลายอลูมิเนียมซิลิเกต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในการผลิตคอนกรีตกัญชง โดยทำการศึกษาอัตราส่วนผสมแกนกัญชงที่เหมาะสมที่ร้อยละ 0.8 1.2 1.6 2.0 และ 2.4 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และใช้อัตราส่วนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1 ต่อ 2 สารละลายอลูมิเนียมซิลิเกตต่อสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 1 ต่อ 2 และส่วนสารลดน้ำพิเศษที่ร้อยละ 1 ของปูนซีเมนต์ จากผลการทดสอบพบว่า กำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมแกนกัญชงที่อัตราส่วนน้อยที่สุด (ร้อยละ 0.8) มีการรับกำลังอัดและแรงดัดที่สูงกว่ากรณีการผสมแกนกัญชงที่อัตราส่วนที่มากขึ้น ตัวอย่างคอนกรีตซึ่งมีอัตราส่วนผสมของแกนกัญชงสูงที่สุด (ร้อยละ 2.4) มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำกว่าตัวอย่างที่ผสมแกนกัญชงที่อัตราส่วนผสมต่ำกว่า ในแง่ของโครงสร้างทางจุลภาค พบว่า คอนกรีตผสมแกนกัญชงมีลักษณะการกระจายตัวของโพรงอากาศที่ดี และอัตราส่วนผสมของแกนกัญชงที่สูงขึ้นส่งผลให้ความเป็นรูพรุนสูงขึ้น ซึ่งทำให้คอนกรีตมีความพรุนสูง และค่ากำลังอัดมีค่าที่ลดลง ผลการทดสอบโครงสร้างจุลภาคสอดคล้องกับผลค่ากำลังอัด

Mechanical Properties, Thermal Conductivity and Microstructure of Hemp Concretes

Wunchock Kroehong¹ and Sattawat Haruehansapong^{1*}

Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Uthenthawai Campus,
Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok 10330

* Corresponding Author: wat_gus@hotmail.com

¹ Lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture.

Article Info

Article History:

Received: July 4, 2019

Revised: January 20, 2020

Accepted: February 17, 2020

Keywords:

Hemp Concrete /
Mechanical Properties /
Microstructure

Abstract

This paper reports mechanical properties, thermal conductivity and microstructure of hemp concretes as well as the results on the potential of using hemp shiv as coarse aggregate in concrete. Hemp shiv was mineralized with aluminium sulfate and calcium hydroxide prior to being used as coarse aggregate to produce hemp concretes. The ratio of hemp was varied at 0.8%, 1.2%, 1.6%, 2.0% and 2.4% of the weight of cement, while the cement to sand ratio was fixed at 1:2. The ratio of $Al_2(SO_4)_3$ to $Ca(OH)_2$ was 1:2 and the amount of superplasticizer was fixed at 1% by weight of cement. The results illustrated that compressive strength and flexural strength of the sample with the lowest ratio of hemp (0.8%) were higher than those of the sample with the highest ratio of hemp. Thermal conductivity of concrete with the highest ratio of hemp (2.4%) was lower than that of the sample with the lowest ratio of hemp. Sample at the highest ratio of hemp exhibited higher porosity and more extensive pore distributions, resulting in a lower compressive strength. The results on microstructure and those on compressive strength corresponded with each other.

1. บทนำ

กัญชงเป็นไม้ล้มลุกที่มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์คล้าย กัญชา แตกต่างกันคือ ต่อมาน้ำมันของกัญชงมีน้อยกว่า กัญชง จัดเป็นพืชซึ่งให้ประโยชน์หลักทางด้านสิ่งทอ ชาวเขาทางภาคเหนือมีการใช้เส้นใยจากลำต้นกัญชงมาตั้งแต่โบราณ โดยใช้เส้นใยจากลำต้นกัญชงที่ออกดอกใหม่ มีอายุระหว่าง 3-4 เดือน เนื่องจากเป็นช่วงที่เส้นใยมีความเหนียวที่สุด เเบาและเป็นสีขาว เหมาะสำหรับการใช้เป็นเส้นใยทอผ้า เส้นใยกัญชงเป็นเส้นใยที่มีคุณภาพสูงมีความยืดหยุ่น แข็งแรงและทนทานสูง สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากเส้นใยได้มากมาย ตั้งแต่เชือกจนถึงเส้นใยที่ละเอียด จนถึงอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนประกอบยานยนต์ ก็นำใยกัญชงไปใช้ประโยชน์ตั้งแต่ จักรยาน จนถึงเครื่องบิน โดยใช้เส้นใยกัญชงเป็นส่วนประกอบของพลาสติกเพื่อเพิ่มความเหนียว ทนต่อแรงกระแทก และมีความยืดหยุ่นสูง วัสดุที่ผลิตได้มีน้ำหนักเบา รวมทั้งยังสามารถใช้ทำฉนวนกันเสียง และฉนวนกันความร้อนได้ ส่วนแกนลำต้นของกัญชงจากกระบวนการที่นำเส้นใยไปใช้งาน แกนกัญชง หรือ แกนเฮมพ์ มีสีขาว น้ำหนักเบา ไม่มีฝุ่น เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากที่เหลือของการลอกเส้นใย ทำให้เหลือเศษทิ้งเป็นจำนวนมาก มีสมบัติในการดูดซับกลิ่น น้ำหรือน้ำมันได้ดี ซึ่งในต่างประเทศนิยมนำไปผลิตเป็นพลังงานชีวมวลในรูปแบบต่างๆ เช่น ถ่านไม้ ชาร์โคล เมทานอลและสกัดเป็นแอลกอฮอล์ หรือนำไปผลิตเป็นวัสดุก่อสร้างเพื่อการตกแต่งภายในอาคาร เช่น ไม้อัด เฟอร์นิเจอร์ ฉนวนกันความร้อน บล็อกกัญชง ไฟเบอร์ กัญชงอีกทั้งการปลูกกัญชงมีข้อดีคือไม่ทำลายป่าและสิ่งแวดล้อม สามารถเก็บเกี่ยวได้ถึง 3-4 ครั้งต่อปี เห็นได้ว่าประโยชน์ของพืชกัญชงมีมาก นำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งจากใบ เส้นใย และลำต้น

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำกัญชงมาประยุกต์ใช้ในงานด้านก่อสร้างต่างๆ [1-3] โดยการนำเส้นใยกัญชงที่มีความเหนียวมาประยุกต์ใช้ในงานด้านคอนกรีตไปบ้างแล้วบางส่วน โดยในส่วนที่เหลือคือแกนลำต้นของกัญชงที่เหลือจากกระบวนการที่นำเส้นใยไปใช้งาน โดยการนำส่วนของแกนกัญชง ที่มีขนาดเล็กแบน และเรียวยาว ประมาณ 3-5 มิลลิเมตร ซึ่งใช้เป็นวัตถุชีวภาพผสมร่วมกับคอนกรีตโดยใช้เครื่องผสมคอนกรีตทั่วไป โดยจะผสมให้เข้ากันที่สภาวะชั้นเหลวพอเหมาะ สามารถนำไปปั่นอัดก้อนขึ้นรูปในรูปแบบต่างๆ ได้ เช่น รูปแบบสี่เหลี่ยมตัน

สี่เหลี่ยมกลวง อิฐบล็อกประสาน หรือผนังคอนกรีตกัญชงหล่อในที่ สามารถทนต่อการเผาไหม้ได้เป็นอย่างดี [4] หรือการนำมาทำเป็นแผ่นฉนวนหลังคา [5] อีกทั้งคอนกรีตกัญชง (Hemp concrete) ยังสามารถประยุกต์ใช้เป็น สำหรับงานหล่อโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุกไม่มากหรือทำเป็นปูนฉาบผนังคอนกรีตกัญชง [6]

งานวิจัยของ Saksith และคณะ [7] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงคุณภาพแกนกัญชงด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต $Al_2(SO_4)_3$ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$ ก่อนนำมาใช้เป็นมวลรวมหยาบในส่วนผสมคอนกรีต แกนกัญชงส่งผลให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตสูงขึ้นมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ผ่านการควบคุมคุณภาพถึง 4 เท่า คอนกรีตกัญชงที่ใช้แกนกัญชงผ่านการปรับปรุงคุณภาพที่อายุ 28 วัน มีค่ากำลังอัดอยู่ในช่วงระหว่าง 160 ถึง 180 กก/ซม² และค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 14.5-16.5 ในส่วนของงาน Billy และคณะ [8] ได้ศึกษาส่วนผสมและสมบัติของคอนกรีตผสมแกนกัญชง ส่วนผสมที่เหมาะสมในการเติมแกนต้นกัญชงชนิดบดย่อยเข้าไปในคอนกรีต พบว่าคอนกรีตที่ได้มีค่าความต้านทานแรงอัด ค่ากำลังแรงดึง และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นที่สูงกว่าคอนกรีตมาตรฐาน แต่ในมุมมองของการใช้ทดแทนเหล็กเส้นนั้น กัญชงยังคงมีจุดเสียในด้านของความยืดหยุ่น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความแข็งแรงในการนำไปเป็นโครงสร้างหรือพื้นสำเร็จรูป ซึ่งหากจะนำไปใช้ทดแทนเหล็กเส้นได้นั้น ควรมีการปรับปรุงสมบัติในด้านโมดูลัสความยืดหยุ่นของการเสริมแรงด้วยกัญชงก่อนการนำไปใช้งาน [9] Etienne และคณะ [10] ได้ศึกษาผลของอัตราส่วนผสมน้ำต่อสมบัติทางด้านการถ่ายเทความร้อนและการกักเก็บเสียงของคอนกรีตกัญชง พบว่าอัตราส่วนน้ำที่แปรเปลี่ยนของคอนกรีตกัญชงไม่ส่งผลต่อสมบัติการกักเก็บเสียง แต่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน โดยความสัมพันธ์ที่ได้เกือบจะเป็นช่วงเส้นตรง เมื่อมีการใช้อัตราส่วนผสมน้ำที่เพิ่มมากขึ้น Laurent และคณะ [11] ศึกษาผลของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของแกนคอนกรีตกัญชงที่มีขนาดตั้งแต่ 3-9 มม. พบว่า ในการใช้แกนคอนกรีตกัญชงที่มีขนาดที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อสมบัติเชิงกลทั้งทางด้านกำลังรับแรงอัด และแรงดัด ซึ่งการใช้แกนคอนกรีตกัญชงที่มีขนาดประมาณ 3 มม. ทำให้ความพรุนคอนกรีต และกระบวนการก่อตัวของคอนกรีตกัญชงมีค่าที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แกนคอนกรีตกัญชงที่มีขนาดประมาณ 9 มม.

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาทางผู้วิจัยได้เห็นถึงสมบัติที่ดีของกัญชง จึงได้นำวัสดุทางธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ผสมรวมกับคอนกรีต เป็นการนำวัสดุที่มีอยู่และเหลือใช้มาผสมเป็นวัสดุก่อสร้าง เพื่อที่จะช่วยชุมชนในพื้นที่ที่ห่างไกลทางภาคเหนือ ให้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ทั้งยังช่วยส่งเสริมการปลูกพืช ช่วยสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน รวมถึงลดปริมาณการตัดไม้ทำลายป่า ลดการเผาไหม้จากเศษวัสดุเหลือทิ้ง โดยผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปออกแบบผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ ในลักษณะของคอนกรีตเบา เช่น แผ่นฝ้าเพดาน ผ้าม้วน พื้นห้อง และยังเป็นการประยุกต์ใช้วัสดุทางธรรมชาติมาผสมรวมกับคอนกรีตเพื่อนำไปสร้างที่อยู่อาศัย ที่สำคัญยังเป็นการป้องกันรักษาสิ่งแวดล้อม ไม่ให้มีมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาทำลายจากเศษใย กัญชงที่เหลือจากกระบวนการตีเพื่อเอาเส้นใย ที่จะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ อีกทั้งยังเป็นทางเลือกใหม่ที่จะทำให้อุตสาหกรรมการผลิตวัสดุก่อสร้างมีทางเลือกให้มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ในการใช้สอยในการก่อสร้างที่มากขึ้นอีกทางหนึ่ง ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแกนกัญชง สามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในงานคอนกรีตทางด้านก่อสร้างได้ อีกทั้งเป็นวัสดุฉนวนกันความร้อน ทนต่อการเก็บเสียง หรือ ใช้เป็นวัสดุที่ทนไฟ ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นวัสดุธรรมชาติที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักที่เบาขึ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านคอนกรีตต่างๆ ได้ ในขณะที่ประเทศไทยการใช้แกนกัญชงมาประยุกต์ในงานคอนกรีตนั้นยังมีค่อนข้างน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นในเรื่องการพัฒนาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแกนกัญชงในการแทนที่ของมวลรวมหยาบ ต่อสมบัติทั้งทางด้านเชิงกล และการนำความร้อน รวมทั้งศึกษาในเรื่องของโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตผสมแกนกัญชง

2. วิธีการวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- ปูนซีเมนต์ เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (Ordinary Portland Cement Type 1 หรือ OPC)
- แกนกัญชงจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูงจากทางภาคเหนือของประเทศไทย ใช้แทนเป็นมวลรวมหยาบ (หิน) ทั้งหมด และมีค่าความถ่วงจำเพาะ และความหนาแน่นอยู่ที่ 0.6

และ 120 กก/ตร.ม. โดยใช้ที่ขนาดค้ำตะแกรงเบอร์ 4 และ เบอร์ 8

- ทราายน้ที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ตามมาตรฐาน ASTM C33

- สารเคมีที่ใช้ อลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) กับ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ที่อัตราส่วน 1:2 และ สารลดน้ำซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์

2.2 ขั้นตอนการผสม

1. เตรียมส่วนผสมและคัดเลือกแกนกัญชง ขนาดของแกนกัญชงจะมีขนาดคละกั้นโดยการแยกขนาดแกนกัญชง โดยต้องนำมาร่อนใช้ส่วนที่ค้ำในตะแกรงขนาดเบอร์ 4 และ เบอร์ 8 ดังรูปที่ 1 โดยใช้ส่วนที่ค้ำตะแกรงขนาดเบอร์ 4 ที่ ร้อยละ 35 และ ที่ค้ำตะแกรงขนาดเบอร์ 8 ที่ร้อยละ 65 หลักการเตรียมส่วนผสมคล้ายคลึงกับงานวิจัย Saksith และ คณะ [7]

2. ชั่งน้ำหนักของมวลรวมทั้งหมดตามอัตราส่วนผสม ดังตารางที่ 1 โดยใช้แกนกัญชงแทนมวลรวมหยาบทั้งหมดที่ ร้อยละ 0.8 1.2 1.6 2.0 และ 2.4 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ โดยแสดงเป็นสัญลักษณ์ดังนี้ HC08 HC12 HC16 HC20 และ HC24 ปูนซีเมนต์ต่อทรายใช้อัตราส่วนผสม 1:2 ส่วนสารลดน้ำ พิเศษใช้ที่อัตราส่วนร้อยละ 1 ต่อปูนซีเมนต์ ทุกอัตราส่วนผสม ตัวอย่างทั้งหมด

3. นำแกนกัญชงที่ได้เตรียมไว้ทั้ง 2 ขนาดนำมาผสมรวมกับอลูมิเนียมซัลเฟต $Al_2(SO_4)_3$ เป็นเวลา 3 นาที แล้วปล่อยทิ้งไว้ 15 นาที ต่อจากนั้นใส่สารแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$ แล้วผสมให้เข้ากันโดยใช้เวลาอีก 90 วินาที ก่อนที่จะนำไปผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำ ตามลำดับ

4. เมื่อทำการผสมเสร็จแล้วเทลงแบบหล่อขนาด 5x5x5 ซม. สำหรับการทดสอบกำลังอัด ขนาด 35x10x2 ซม. สำหรับการทดสอบกำลังดัด และขนาด 10x10x2 ซม. สำหรับการทดสอบการนำความร้อน แล้วนำไปบ่มแห้ง โดยการหุ้มด้วยพลาสติก เป็นระยะเวลา 7 วัน และ 28 วัน แล้วนำมาทดสอบแรงอัด แรงดัด การนำความร้อน และโครงสร้างทางด้านจุลภาค



รูปที่ 1 แกนกัญชง ที่ค้ำในตะแกรงขนาดเบอร์ 4 กับ 8

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของตัวอย่างทั้งหมด

ตัวอย่าง	ปูน (กรัม)	ทราย (กรัม)	กัญชง (กรัม)	น้ำ (มล.)	$Al_2(SO_4)_3$ (มล.)	$CO(OH)_2$ (มล.)
HC08	1125	2250	9	135	19	38
HC12	1125	2250	13.5	203	28	57
HC16	1125	2250	18	270	38	76
HC20	1125	2250	22.5	338	47	95
HC24	1125	2250	27	405	57	113

3. ผลการวิจัย

3.1 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกัญชง

ผลการทดสอบการรับกำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตกัญชง ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร โดยทำการทดสอบตัวอย่างที่เวลา 7 วันและ 28 วัน นำมาเฉลี่ยจาก 5 ก้อนตัวอย่าง คอนกรีตกัญชงที่อายุตัวอย่าง 7 และ 28 วัน แสดงดังตารางที่ 2

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการรับแรงอัดของตัวอย่างที่ระยะเวลา 7 และ 28 วัน พบว่าสูตร HC08 มีอัตราส่วนผสมของคอนกรีตผสมแกนกัญชงน้อย มีการรับกำลังอัดได้สูงกว่าตัวอย่าง

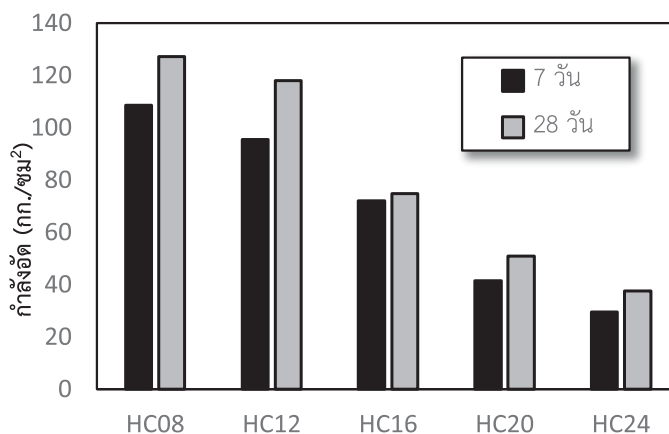
HC24 ซึ่งตัวอย่าง HC24 มีอัตราส่วนของแกนกัญชงมากกว่า HC08 ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกันและกำลังอัดของคอนกรีตบ่มที่ อายุ 28 วัน มีค่าสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มระยะเวลา 7 วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการบ่ม มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต สอดคล้องกับงานของ Laurent และ Etienne [11] จากส่วนผสมตัวอย่าง HC20 และ HC24 ซึ่งผสมแกนกัญชงที่มีปริมาณมากกว่าตัวอย่างอื่น กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมแกนกัญชงเพียงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตาม เฉพาะส่วนผสมตัวอย่าง HC24 จะมีค่ากำลังอัดต่ำกว่าส่วนผสมตัวอย่างอื่น

อย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการใช้อัตราส่วนผสมแกนกัญชงที่มากเกินไป ส่งผลให้คอนกรีตมีความเป็นพรุนสูง ขึ้นอยู่กับการเลือกสมบัติและวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ในงานนั้น

ส่วนการนำไปใช้งานตัวอย่างที่ HC24 นั้นสมบัติของตัวอย่างจะมีน้ำหนักเบาเหมาะกับการใช้ในงานกักเก็บเสียงได้เป็นอย่างดี เช่น ผนังคอนกรีต หรือ คอนกรีตบล็อก [10]

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบแรงอัดของคอนกรีตกัญชง

ตัวอย่าง	กำลังรับแรงอัด (กก./ซม ²)	
	7 วัน	28 วัน
HC08	108.52	127.24
HC12	95.54	117.98
HC16	72.11	74.85
HC20	41.52	50.82
HC24	29.51	37.66



รูปที่ 2 กราฟแสดงการรับกำลังอัดของ

3.2 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตกัญชง

การทดสอบกำลังดัด ได้หล่อตัวอย่างที่มีขนาดแผ่น 35x10x2 เซนติเมตร นำมาเฉลี่ยจาก 5 ชิ้นตัวอย่าง ที่อายุ 28 วัน แสดงดังตารางที่ 3

รูปที่ 3 แสดงกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตกัญชงพบว่ากำลังรับแรงดัดลดลงตามปริมาณการใช้แกนกัญชงในส่วนผสมที่มากขึ้น ดังตัวอย่างที่ HC08 สามารถรับกำลังดัดได้มาก อีกทั้งยังสามารถรับแรงกดช่วงกึ่งกลางคานได้ดีเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่

ผสมแกนกัญชงในปริมาณมากดังตัวอย่าง HC24 พบว่าการรับแรงดัดจะรับแรงได้น้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆอย่างชัดเจน เนื่องจากการใช้แกนกัญชงในปริมาณมาก ส่งผลให้คอนกรีตมีความหนาแน่นต่ำแต่มีความเป็นพรุนสูง ทำให้การรับแรงดัดมีค่าที่ต่ำคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Vincent และ คณะ [6] โดยผลการทดสอบที่ได้จะมีความสอดคล้องกับผลกำลังอัดของคอนกรีตกัญชง

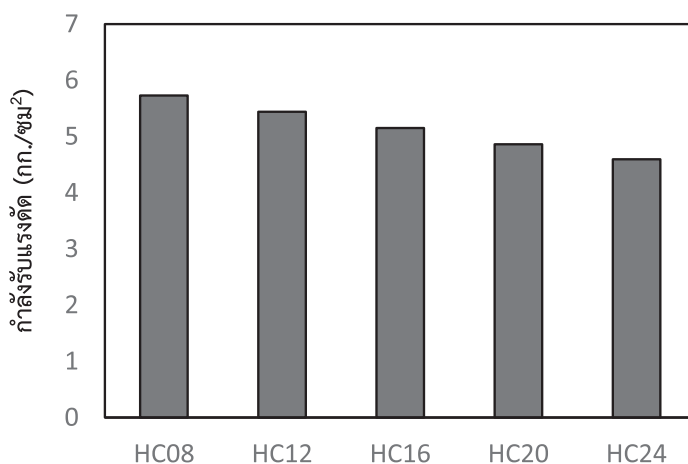
รูปที่ 4 แสดงการโก่งตัวของคอนกรีตกัญชง จากผลการ

ทดสอบพบว่า การโก่งตัวของคอนกรีตกัญชงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณแกนกัญชงที่ใช้ ดังตัวอย่าง HC24 ที่มีการใช้แกนกัญชงที่มากที่สุด พบว่าคอนกรีตกัญชงมีการโก่งตัวที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากแกนกัญชงเป็นวัสดุที่มีความเหนียว และมีความยืดหยุ่น ส่งผลให้คอนกรีตมีความยืดหยุ่นสามารถทนทานต่อแรงดัดได้เป็นอย่างดี [9] ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

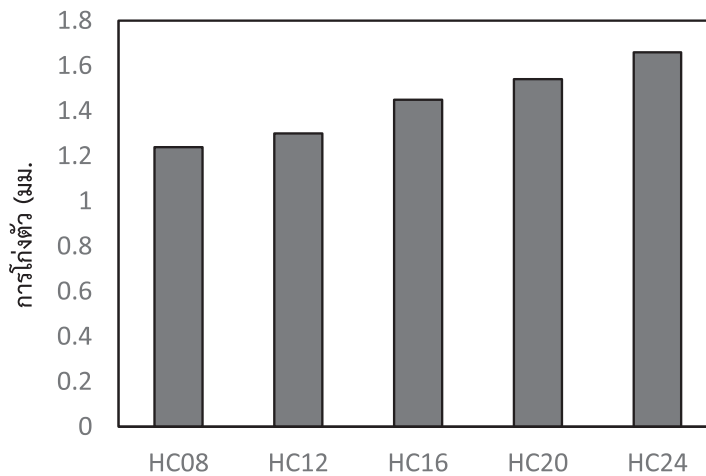
สัดส่วนการผสม รวมถึงขนาดคละและการเชื่อมประสานของคอนกรีตกับแกนกัญชงที่เหมาะสม ซึ่งจะมีผลต่อการปรับปรุงสมบัติทางด้านกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามคอนกรีตโดยปกติทั่วไปที่ไม่มีการเสริมวัสดุเส้นใยสังเคราะห์จะพบว่ามีารวิบัติแบบทันทีทันใด เช่นเดียวกับคอนกรีตกัญชง

ตารางที่ 3 ผลทดสอบการรับกำลังแรงดัด

ตัวอย่าง	กำลังรับแรงดัด (กก./ซม ²)	การโก่งตัว (มม.)
HC08	5.73	1.24
HC12	5.44	1.30
HC16	5.15	1.45
HC20	4.86	1.54
HC24	4.60	1.66



รูปที่ 3 กราฟแสดงกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตกัญชงที่อายุตัวอย่าง 28 วัน



รูปที่ 4 กราฟแสดงการโก่งตัวของคอนกรีตถักยุง

3.3 สมบัติในการนำความร้อนของคอนกรีตถักยุง

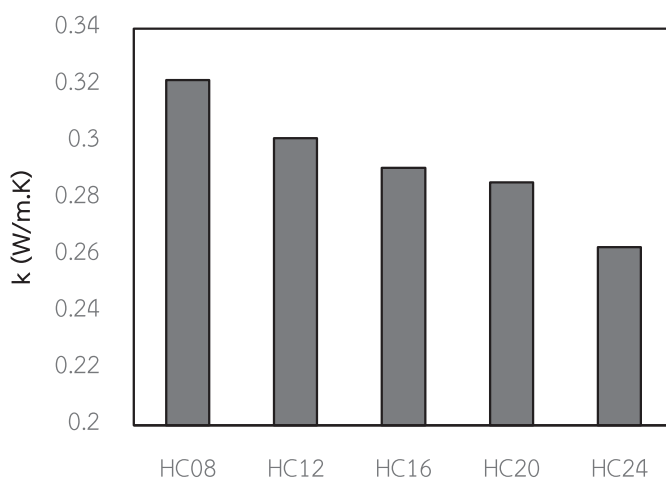
การทดสอบหาค่าสภาพนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนกันความร้อนแบบ Heat flow meter ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C518 [12] โดยใช้หลักการของการถ่ายเทความร้อน คือพลังงานความร้อนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ผลการทดสอบการนำความร้อนของคอนกรีตถักยุงที่อายุ 28 วัน แสดงดังตารางที่ 4

รูปที่ 5 แสดงกราฟการนำความร้อนของคอนกรีตถักยุง พบว่าตัวอย่าง HC24 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของแกนถักยุงที่มากที่สุดนั้น มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ที่ต่ำ การนำพา

ความร้อนต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ จะมีค่าการนำความร้อนที่ 0.2628 W/m.K พบว่าค่าการนำความร้อนนั้น เมื่อนำแกนถักยุงมาผสมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการนำความร้อนลดลง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตถักยุง โดยเฉพาะค่าความหนาแน่นที่แปรผันตรงกับค่า โดยผลการทดสอบที่ได้มีความคล้อยคลึงกับงานของ Pongsak และคณะ [13] จากผลการทดสอบของคอนกรีตถักยุงทั้ง 5 ตัวอย่างนั้น พบว่ามีผลใกล้เคียงกับค่าของไม้อัดซีเมนต์ (อ้างอิง: กระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1999 พ.ศ.2537) ซึ่งสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี ดังนั้นคอนกรีตถักยุงสามารถนำมาใช้งานเป็นฉนวนกันความร้อนได้

ตารางที่ 4 ผลทดสอบการนำความร้อนของคอนกรีตถักยุง

ตัวอย่าง	ความหนา (ซม.)	ค่า k (W/m.K)
HC08	2.21	0.3218 ± 0.004
HC12	2.21	0.3014 ± 0.004
HC16	2.18	0.2908 ± 0.012
HC20	2.67	0.2857 ± 0.002
HC24	2.57	0.2628 ± 0.016



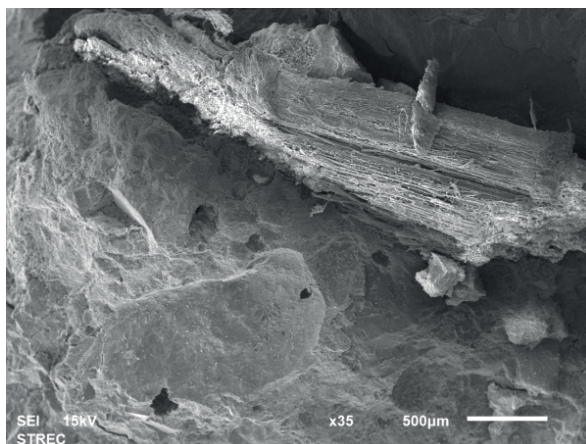
รูปที่ 5 กราฟแสดงการถ่ายเทความร้อนของคอนกรีตกัญชงที่อายุ 28 วัน

3.4 โครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตกัญชง

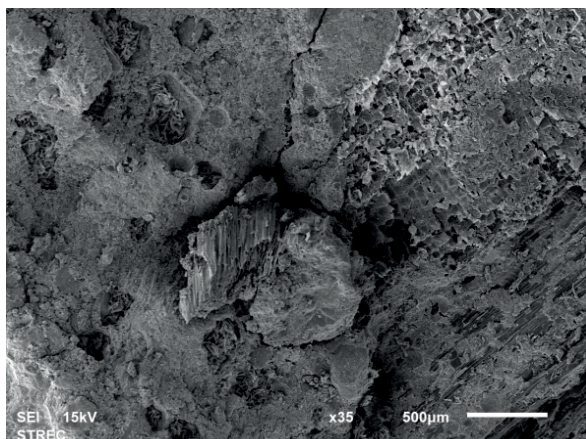
การทดสอบทางด้านโครงสร้างจุลภาค โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) เตรียมชิ้นตัวอย่างของคอนกรีตกัญชงแต่ละตัวอย่างที่อายุ 28 วัน นำมาตัดชิ้นส่วนให้มีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร แล้วนำไปเข้าเครื่องเคลือบทองก่อนเพื่อให้เกิดการเหนียวนำไฟฟ้า จากนั้นจึงนำไปทดสอบเข้าเครื่อง SEM โดยใช้กำลังอัตราขยายที่ 35 เท่า

จากรูปภาพที่ 6-10 เป็นภาพถ่ายจากเครื่อง Scanning electron microscope (SEM) ที่กำลังขยาย 35 เท่า ของคอนกรีตกัญชง ตัวอย่าง HC08 HC12 HC16 HC20 และ HC24 ตามลำดับ จากภาพถ่ายพบว่าโพรงในคอนกรีตกัญชงเป็นโพรงอากาศมีรูปร่างทรงกลมสีดำตามภาพ ซึ่งเป็นโพรงแบบปิด โดยระหว่างโพรงอากาศจะเป็นเนื้อซีเมนต์เพสต์ประกอบด้วยรูพรุนขนาดเล็กที่มีการกระจายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยมีผลต่อการซึม

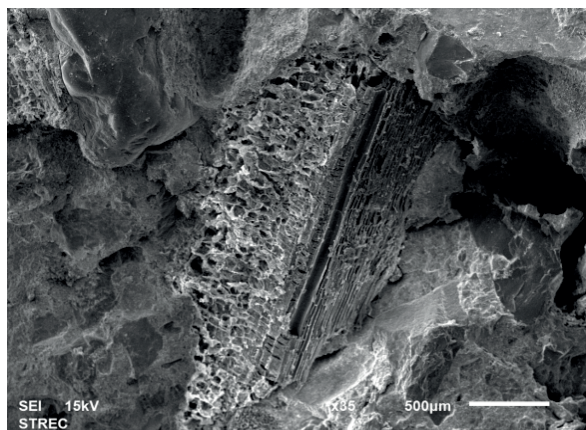
ผ่านของน้ำ เมื่อพิจารณาจากรูปภาพที่ 6-10 ของคอนกรีตกัญชงตามลำดับ พบว่าโครงสร้างโพรงของคอนกรีตกัญชงมีลักษณะการกระจายตัวของโพรงอากาศที่ดี ดังรูปภาพที่ 10 ตัวอย่าง HC24 มีความพรุนมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากมีการใช้แกนกัญชงที่มีสัดส่วนมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ ทำให้เกิดความพรุนที่มากกว่า ส่งผลให้คอนกรีตมีความเป็นรูพรุนสูงทำให้ค่ากำลังอัดที่ได้มีค่าที่ลดลง [14] โดยจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saksith และคณะ [7] ที่พบว่าแกนกัญชงนั้นมีขึ้นลักษณะตัวอย่างโครงสร้างมีความพรุนสูง และจากงานวิจัยของ Seng และคณะ [8] พบว่าเมื่อมีการใช้แกนกัญชงในปริมาณที่มากก็ส่งผลให้ชิ้นตัวอย่างมีความเป็นรูพรุนที่สูง อัตราความพรุนจะแปรผันตามปริมาณการใช้ของแกนกัญชง ซึ่งผลการทดสอบทางด้านโครงสร้างจุลภาคที่ได้ พบว่าสอดคล้องกับผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตกัญชง



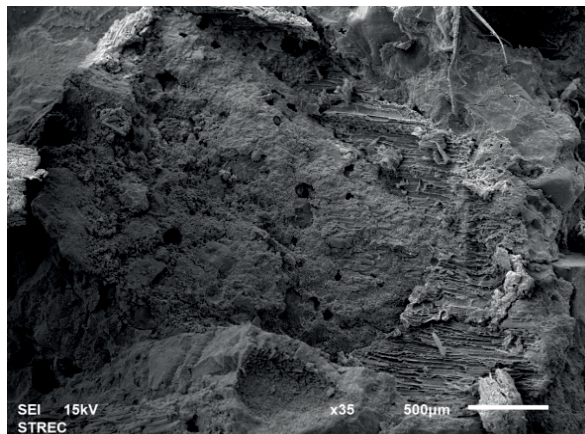
รูปที่ 6 ตัวอย่าง HC08 ที่กำลังขยาย 35 เท่า



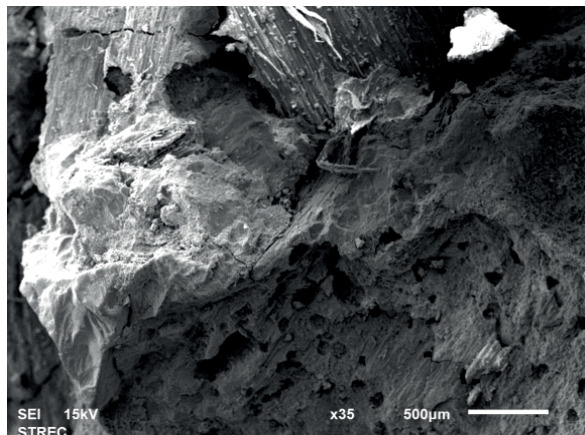
รูปที่ 7 ตัวอย่าง HC12 ที่กำลังขยาย 35 เท่า



รูปที่ 8 ตัวอย่าง HC16 ที่กำลังขยาย 35 เท่า



รูปที่ 9 ตัวอย่าง HC20 ที่กำลังขยาย 35 เท่า



รูปที่ 10 ตัวอย่าง HC24 ที่กำลังขยาย 35 เท่า

4. สรุปผลการทดลอง

1. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกัญชงที่ระยะเวลา 7 และ 28 วัน พบว่าระยะเวลาการบ่ม มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต โดยอัตราส่วนการผสมของคอนกรีตที่ผสมแกนกัญชงที่น้อยนั้น (HC08) มีการรับกำลังอัดที่สูงกว่าอัตราส่วนผสมของแกนกัญชงที่มากกว่า (HC24) ทั้งที่อายุการบ่ม 7 และ 28 วัน

2. กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตกัญชง พบว่าแนวโน้มมีความสอดคล้องกับผลกำลังอัด เห็นได้ว่าตัวอย่าง HC08 สามารถรับแรงดัดได้มากที่สุดแต่มีการโก่งตัวที่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ ซึ่งตัวอย่าง HC08 มีความเหมาะสมใช้งานในการรับแรงดัด ส่วนตัวอย่าง HC24 ที่มีการโก่งตัวที่มากนั้นเหมาะสม

ใช้กับงานที่ทนรับแรงได้เป็นอย่างดี

3. การนำความร้อนของตัวอย่างคอนกรีตกัญชงทั้ง 5 ตัวอย่าง มีผลใกล้เคียงกับค่าของไม้อัดซีเมนต์ โดยตัวอย่าง HC24 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของแกนกัญชงที่มากที่สุดนั้น จะมีการนำพาความร้อนที่ต่ำมีความเป็นฉนวนที่สูง อีกทั้งยังมีความหนาแน่นที่สูง ซึ่งสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานเป็นฉนวนกันความร้อนแทนไม้อัดซีเมนต์ได้

4. การทดสอบทางด้านโครงสร้างจุลภาค พบว่าการเกิดช่องว่างระหว่างแกนคอนกรีตกัญชง เป็นผลมาจากแกนกัญชงที่มีความเหลี่ยมคม และมีขนาดหลากหลาย เป็นส่วนที่ทำให้เกิดโพรง โดยคอนกรีตกัญชงจะมีความพรุนและช่องว่างที่อยู่

ภายในตัวอย่างทดสอบจะมากขึ้นขึ้นอยู่กับการใช้แกน
กัญชงในสัดส่วนผสมของคอนกรีตกัญชง เช่น ตัวอย่าง HC24
มีความพรุนมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ ส่งผลให้คอนกรีตมีความ
พรุนสูงทำให้ค่ากำลังอัดที่ได้จะมีค่าที่ลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลตะวันออก คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรม-
ศาสตร์ วิทยาเขตอุเทนถวาย สาขาวิศวกรรมโยธา ที่อนุเคราะห์
วัสดุและเครื่องมือทดสอบในการดำเนินงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

1. Netinger Grubeša, I., Marković, B., Gojević, A. and Brdarić, J., 2018, "Effect of Hemp Fibers on Fire Resistance of Concrete," *Construction and Building Materials*, 184, pp. 473-484.
2. Çomak, B., Bideci, A. and Salli Bideci, Ö., 2018, "Effects of Hemp Fibers on Characteristics of Cement Based Mortar," *Construction and Building Materials*, 169, pp. 794-799.
3. Ramadan, R., Saad, G., Awwad, E., Khatib, H. and Mabsout, M., 2017, "Short-Term Durability of Hemp Fibers," *Procedia Engineering*, 200, pp. 120-127.
4. Wadi, H., Amziane, S., Toussaint, E. and Taazount, M., 2019, "Lateral Load-Carrying Capacity of Hemp Concrete as a Natural Infill Material in Timber Frame Walls," *Engineering Structures*, 180, pp. 264-273.
5. Seng, B., Magniont, C. and Lorente, S., 2019, "Characterization of a Precast Hemp Concrete Block Part II: Hygric Properties," *Journal of Building Engineering*, 24, pp. 546-568.
6. Dubois, V., Wirquin, E., Flament, C. and Sloma, P., 2016, "Fresh and Hardened State Properties of Hemp Concrete Made up of a Large Proportion of Quarry Fines for the Production of Blocks," *Construction and Building Materials*, 102, pp. 84-93.
7. Pantawee, S., Sinsiri, T., Jaturapitakkul, C. and Chindaprasirt, P., 2017, "Utilization of Hemp Concrete Using Hemp Shiv as Coarse Aggregate with Aluminium Sulfate $[Al_2(SO_4)_3]$ and Hydrated Lime $[Ca(OH)_2]$ Treatment," *Construction and Building Materials*, 156, pp. 435-442.
8. Seng, B., Magniont, C. and Lorente, S., 2019, "Characterization of a Precast Hemp Concrete. Part I: Physical and thermal properties," *Journal of Building Engineering*, 24, pp. 346-356.
9. Niyigena, C., Amziane, S. and Chateauneuf, A., 2019, "Assessing the Impact of Calculation Methods on the Variability of Young's Modulus for Hemp Concrete Material," *Construction and Building Materials*, 198, pp. 332-344.
10. Gourlay, E., Glé, P., Marceau, S., Foy, C. and Moscardelli, S., 2017, "Effect of Water Content on the Acoustical and Thermal Properties of Hemp Concretes," *Construction and Building Materials*, 139, pp. 513-523.
11. Arnaud, L. and Gourlay, E., 2012, "Experimental Study of Parameters Influencing Mechanical Properties of Hemp Concretes," *Construction and Building Materials*, 28 (1), pp. 50-56.
12. American Society for Testing and Material, 2012, "ASTM C518 Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus," *Annual Book of ASTM Standard*, Philadelphia.
13. Jittabut, P., 2019, "The Mechanical Properties and Thermal Conductivity of Concrete Block from Agricultural Wastes," *The Journal of KMUTNB*, 29 (2), pp. 342-351.
14. Sanawung, W., Tangchirapat, W. and Jaturapitakkul, C., 2018, "Strength, Abrasion Resistance, and Chloride Ion Penetration of Concrete Containing Palm Oil Fuel Ash," *KMUTT Research and Development Journal*, 41 (1), pp. 83-96.