การวิจัยศึกษากำลังอัดและกำลังดัดของมอร์ต้าโดยวิธีการอัดขึ้นรูปที่มีการแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่นและเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน

Study of Compressive Strength and Flexural Strength of Mortar by Compression Molding Method by Replacing Sand with Stone Dust and Reinforced with Palm Oil Fibers

อำพล แพรสิน[1] และ มาโนช สรรพกิจทิพากร[2]

[2]นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพฯ
[2] ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพฯ
**Corresponding author; E-mail address: manote.s@eng.kmutnb.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยประยุกต์ใช้วิธีการอัดขึ้นรูปเพื่อผลิตมอร์ต้าที่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน และมีการแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น และศึกษาผลกระทบของการแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่นและการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมันที่มีต่อกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด โดยเตรียมตัวอย่างมอร์ต้าทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.16 เซนติเมตร สูง 11.68 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบกำลังอัด และตัวอย่างคานขนาด 10 10 35 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบกำลังดัด ในการศึกษานี้มีการแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่นในอัตราส่วนร้อยละ 60 และ 100 โดยน้ำหนัก และมีการผสมเส้นใยปาล์มน้ำมันที่อัตราส่วนร้อยละ 2- 4- และ 6 โดยปริมาตร แล้วทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดในอายุการบ่ม 28 วัน จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่ไม่มีการผสมเส้นใยปาล์มน้ำมัน การแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่นที่ร้อยละ 60 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดมากที่สุด แต่เมื่อมีการผสมเส้นใยปาล์มน้ำมัน พบว่าปริมาณเส้นใยปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลง อย่างไรก็ตาม เส้นใยปาล์มน้ำมันนั้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรับแรงดัดอย่างมาก ทั้งค่ากำลังรับแรงดัดคงค้างและความเหนียวดัด

คำสำคัญ: เส้นใยน้ำปาล์มน้ำมัน หินฝุ่น- การแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น- มอร์ต้าเสริมเส้นใย, การขึ้นรูปด้วยการอัด

Abstract

Ui t sftfbsdi b mfe b dpn sfttpo n preoh spdfttup spevdf b npsubs- o xi di b sf nbdfn fou pg tboe x ui nmftupof evtu)bu 7 boe 2 c nbtt pg tboe* boe b sf ogpsdfn fou pg p m bm gcfs)bu 3- 5- boe 7 c vpnmn f gsbdupo* bsf odps psbufe/Ui f fggfdu pg uif evtu boe uif gcfs po uif dpn sfttwf boe grfyvsbmtusfohui pguif n psubs x bt ui fo owftuhbufe/ Gps dpn sfttwf tusfohui uftuoh- uif 2 /27.dn e bn fufs boe 22/79.dn i hi n psubs d nvefs x bt fn mp fe/Gps grfyvsbmtusfohui uftuoh- uif t fdn fo x bt 2 2 46 dn n psubs cfbn /Gpui uftux fsf dpoevdufe bgufs 39 eb t pg dvsoh/ Ui f sftvmat ti px fe ui bu- o dbtf pg op gcfs- uif 7 fsdfou sf nbdfn fou pg tboe c tupof evtu bdi fwft uif i hi ftu dpn sfttwf tusfohui / i fo uif gcfs x bt beefe- uif dpn sfttwf tusfohui x bt efdsfbtfe/ I px fwfs- uif gcfs odnatpo hsfbum f oi bodft uif grfyvsbm fsgpsn bodf tvdi bt sft evbmgrfyvsbmtusfohui boe grfyvsbmupvhi oftt/
Lf x pset: p m bm gcfs- Tupof evtu- Sf nbdf tboe- N psubs sf ogpsdfe gcfs

1. บทนำ

คุณสมบัติทั่วไปของคอนกรีตนั้นแข็งเปราะ รับแรงดึงและแรงดัดได้น้อย จึงมีการเสริมเสมรรถภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตนั้นให้สูงขึ้น การเสริมสมรรถภาพของคอนกรีตนั้นสามารถทำได้โดยใช้ระบบคอนกรีตเสริมแรง โดยการนำวัสดุอื่นที่สามารถรับแรงดึงได้ เช่น เส้นใย มาผสมในคอนกรีตเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรง โดยอาจกล่าวได้ว่าคอนกรีตรับแรงอัดและไฟเบอร์รับแรงดึง ถึงแม้ว่าในช่วงแรกหลังจากที่คอนกรีตเริ่มแข็งตัว คอนกรีตและไฟเบอร์จะร่วมกันรับแรงดึงจนถึงสถาวะที่คอนกรีตไม่สามารถรับแรงดึงได้ โดยประโยชน์ของคอนกรีตเสริมเส้นใยประกอบด้วย การเพิ่มกำลังรับแรง ลดการแตกร้าว จึงพยายามใส่ให้มากขึ้นเพื่อเสริมแรง แต่ว่าการขึ้นรูปปกติด้วยการเทเข้าแบบมีข้อจำกัดการใช้ปริมาณเส้นใย ปกติใช้เส้นใยได้เพียงร้อยละ 1 ถึง 2 โดยปริมาตรเท่านั้น หากต้องการเพิ่มปริมาณเส้นใยให้มากขึ้น จำเป็นต้องอาศัยการกระทำทางกลเข้ามาช่วย ในการศึกษานี้ประยุกต์ใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยการกดอัด ทำให้ในงานวิจัยใช้เส้นใยปริมาณสูงถึงร้อยละ 2- 4- และ 6 โดยปริมาตร

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้เส้นใยปาล์มน้ำมันในการเสริมสมรรถภาพทางคอนกรีต ซึ่งเส้นใยที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็นเส้นใยปาล์ม และมีการ

แทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น โดยใช้การขึ้นรูปเช่นเดียวกับอิฐบล็อค เพื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยที่สามารถใส่เพิ่มลงไปได้

เนื่องจากเส้นใยปาล์มน้ำมันเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำมันจากผลปาล์ม เช่นเดียวกับหินฝุ่นที่เป็นของเหลือจากกระบวนการโม่หิน

N.B./tn bml /Cl bti n)2008) 2 การศึกษาการพัฒนากำลังอัดและกำลังดัดของคอนกรีตด้วยเส้นใยปาล์มน้ำมัน ผลการศึกษาเบื้องต้นชี้ให้เห็นว่าเมื่อความยาวของเส้นใยเพิ่มขึ้นแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของเส้นใย ความยาวเส้นใย 1 ซม. และ 5 ซม. ใช้เส้นใยปาล์มน้ำมัน 0.25% และ 0.50% ของน้ำหนักซีเมนต์ตามลำดับ โดยหล่อก้อนคอนกรีตขนาด 100 y 100 y 100 มิลลิเมตรเพื่อทดสอบการรับกำลังอัด และหล่อก้อนคอนกรีตขนาด 100 y 100 y 500 มิลลิเมตรเพื่อทดสอบกำลังการรับแรงดัด ทดสอบที่อายุ 7,28 และ 90 วัน ผลการทดสอบพบว่าที่ปริมาณเส้นใย 0.25% และ 0.50% ความยาวเส้นใยที่เหมาะสมคือ 5 เซนติเมตร และ 1 เซนติเมตร ตามลำดับความยาวเส้นใยที่เหมาะสมนี้นำไปสู่การพัฒนาความแข็งแรงเพิ่มขึ้น 39%

B./L/Tohi - WTswbtubwb- WD/Bhbsx bm)2015) 3 ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการใช้งาน และกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ทำจากหินฝุ่นเพื่อทดแทนมวลรวมที่ละเอียดในช่วง 10% - 100% คอนกรีตเกรด N 25 ออกแบบโดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน ความสามารถในการใช้งานและกำลังรับแรงอัดถูก กำหนดในระดับการทดแทนที่แตกต่างกันของมวลรวมที่ดี และระดับการทดแทนที่เหมาะสมถูกพิจารณาจากกำลังอัด ผลการศึกษาพบว่าโดยการแทนที่ 60% ของมวลรวมที่ดีด้วยหินฝุ่นคอนกรีตสามารถรับกำลังอัดได้สูงสุดเมื่อ เทียบกับการทดแทนอื่น ๆ ทั้งหมด

2. ขั้นตอนการวิจัย

2.1 วัสดุ

2.1.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ ใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (P se obs psurboe Df n f ou* มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.15 ล.12547 หรือตามมาตรฐาน B TUN D 150

2.1.2 มวลรวมละเอียด

มวลรวมละเอียด (G of Bhhsf hbuf * ใช้ทรายที่มีขนาดประมาณ 0.3-0.6 มม.

2.1.3 หินฝุ่น

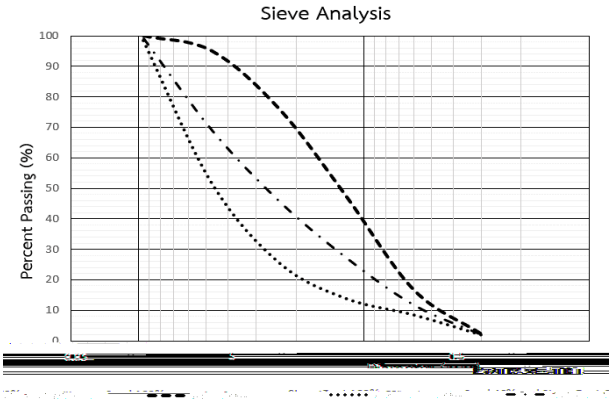
หินฝุ่น (Tup of E vtu* ใช้หินฝุ่นจากโรงโม่หิน อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี ที่มีค่าโมดูลัสความละเอียด 4.10 และมีปริมาณคงค้างในถาดสุดท้ายไม่เกิน ร้อยละ 1.97 โดยน้ำหนัก



รูปที่ 1 หินฝุ่นจากโรงโม่หิน อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของมวลรวมละเอียดและหินฝุ่น

Specification	Sand	Stone dust
ความถ่วงจำเพาะ(อิ่มตัวผิวแห้ง)	2.58	2.87
ความถ่วงจำเพาะ(แห้ง)	2.56	2.84
ความถ่วงจำเพาะ(ปรากฏ)	2.62	2.91
Fineness Modulus	2.63	4.1
การดูดซึมร้อยละ	0.91	0.86



รูปที่ 2 กราฟแสดงขนาดคละของมวลรวมละเอียดของหินฝุ่น 2 ทราย 2 และทราย 5 ผสมกับหินฝุ่น 7

2.1.4 เส้นใยปาล์มน้ำมัน

เส้นใยปาล์มที่ใช้ต้องมีความยาว 5±2 เซนติเมตร ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3 เส้นใยปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยปาล์มน้ำมัน

Chemical constituents	Composition
Df mvmptf	5: /7
Mho o	32/3
I f n df mvmptf	29
f ouptbo	28/9

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของเส้นใยปาล์มน้ำมัน

Properties	Value
E f otu)h dn *	/8. 2/66
Uf ot rfh tusf ohui)N b*	/2 /5
pvoh t n pevmvt)H b*	2:
Fmpohbupo bu csf bl) *	9. 29
E bn fufs) n *	6 .6

2.2 อัตราส่วนผสมของการทดสอบ

3/3/2 สัดส่วนปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมละเอียดคงที่เท่ากับ 1 ต่อ 10 โดยมีการผสมเส้นใยปาล์มที่ร้อยละ 0- 2- 4 และ 6 โดยปริมาตร และมีการแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่นที่ร้อยละ 0- 60 และ 100 โดยน้ำหนัก

3/3/3 ทำการทดสอบ Dpn bdupo uf tu 4 เพื่อหาค่าความหนาแน่นและปริมาณน้ำที่ต้องใช้

ตารางที่ 4 ความหนาแน่นและปริมาณน้ำที่ต้องใช้ของตัวอย่างการทดสอบ

Obn f	E f otu)h dn 4*	P N D) *
T2 G	3/ 4	: /27
T2 G3	2/: 5	23/33
T2 G5	2/99	25/75
T2 G7	2/95	29/5:
T5 G	3/47	8/62
T5 G3	3/42	22/28
T5 G5	3/37	25/34
T5 G7	3/29	28/45
T G	3/59	7/85
T G3	3/48	2 / 9
T G5	3/44	24/2
T G7	3/34	27/4

หมายเหตุ T b G c

T ทราย

b เปอร์เซ็นต์ของทรายที่ใช้ในการทำตัวอย่าง (โดยน้ำหนัก)

G เส้นใยปาล์มน้ำมัน

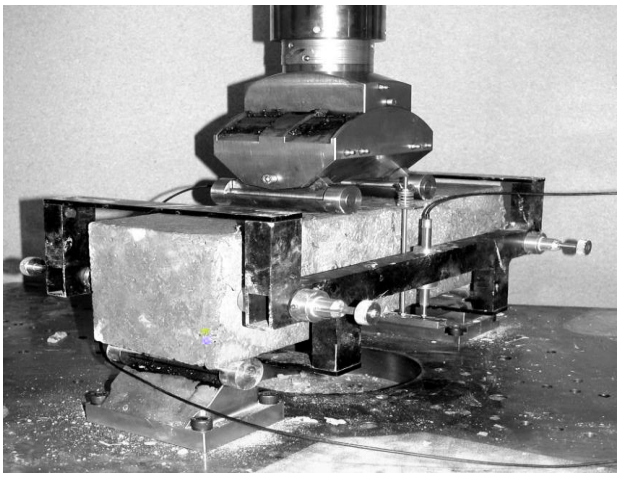
c เปอร์เซ็นต์เส้นใยปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการทำตัวอย่าง (โดยปริมาตร)

2.3 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบ

เตรียมเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานน้ำไปล้างน้ำสะอาด 4 รอบ จากนั้นน้ำไปอบที่อุณหภูมิ 2 6 6 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 35 ชั่วโมง เพื่อไม่ให้มีความชื้นภายในเส้น จากนั้นใส่น้ำตามสัดส่วนข้างต้นแล้วผสมคลุกเคล้าเป็นเวลา : วินาที จึงนำไปอัดขึ้นรูปเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 /27 เซนติเมตร สูง 22/74 เซนติเมตร และตัวอย่างคานขนาด 2 2 46 เซนติเมตร โดยแต่ละชั้นนั้นต้องทำการขูดผิวหน้า เพื่อเพิ่มความขรุขระและป้องกันการแยกชั้นกันของก้อนตัวอย่าง เมื่อครบทั้ง 6 ชั้นแล้วจึงนำเอาออกจากแบบหล่อแล้วห่อหุ้มด้วยพลาสติกใสบาง เพื่อบ่มอากาศเป็นระยะเวลา 39 วัน

2.4 ขั้นตอนการทดสอบ

หลังจากบ่มตัวอย่างทดสอบเป็นเวลา 28 วัน จึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างทดสอบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 /27 เซนติเมตร สูง 22/74 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน B TUN E3277 5 และทดสอบสมรรถนะการรับแรงดัดของตัวอย่างทดสอบรูปทรงคาน ขนาดหน้าตัด 10y10 เซนติเมตร ยาว 35 เซนติเมตร (ระยะพาดจริง 30 เซนติเมตร) ตามมาตรฐาน B TUN D1609-12 6 โดยการติดตั้งเครื่องมือทดสอบดังรูปที่ 5 มาตรวัดน้ำหนักเครื่อง Jbtuspo ขนาด 1500 l O มาตรวัดระยะแอ่นตัว ใช้ MWEU จำนวน 2 ตัว ในแต่ละด้านของตัวอย่าง ติดตั้งตรงตำแหน่งกึ่งกลางคาน เพื่อหาระยะแอ่นตัวเฉลี่ย โดยความคุมอัตราการแอ่นตัวให้เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.05 มม.ต่อนาทีและทำการทดสอบจนกระทั่งตัวอย่างเกิดการวิบัติ โดยปรากฏรอยแตกร้าวเกิดขึ้นจึงเปลี่ยนอัตราการแอ่นตัวให้เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.2 มม.ต่อนาที จนตัวอย่างทดสอบรูปทรงคานมีระยะแอ่นตัวสุทธิ 5 มิลลิเมตร จึงหยุดการทดสอบ

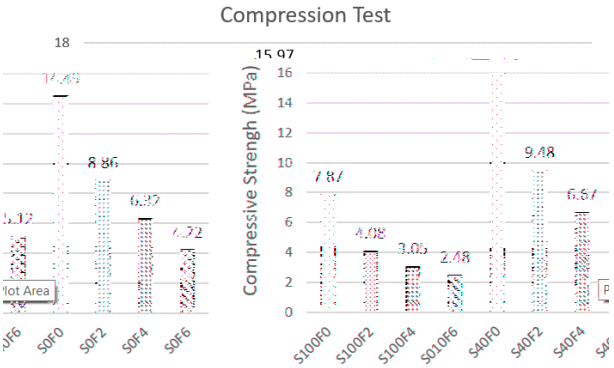


รูปที่ 4 วิธีการติดตั้งเครื่องมือทดสอบการรับแรงดัดตามมาตรฐาน BTUN D1609-12

3.ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

3.1 กำลังรับแรงอัด

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดเป็นไปดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 กราฟแสดงกำลังรับแรงอัดของทราย100% แทนที่ทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60% แทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น100% มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 2% 4% 6% โดยปริมาตร

อย่างไรก็ตาม ในกรณีของการแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่นนั้น พบว่ากำลังอัดกลับมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อสัดส่วนผสมของการแทนที่ด้วยหินฝุ่นเพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อถึงจุดๆหนึ่งนั้นกลับให้กำลังที่ต่ำลง โดยทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60% จะให้ค่ากำลังที่สูงที่สุด รองลงมาคือ การแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น 2 และทราย 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26/ 8- 25/5: และ8/98 N b ตามลำดับ

เมื่อมีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 3- 5 และ 7 โดยปริมาตร พบว่ามีค่ากำลังแรงอัดมีค่าลดลงจาก 26/ 8 N b ไปเป็น : /59- 7/78 และ 6/23 N b ตามลำดับ (เมื่อเปรียบกับทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60%) ทั้งนี้สาเหตุของการลดลงน่าจะมาจากการเกิดช่องว่างภายในอันเนื่องจากการอัดตัวที่ไม่แน่นเมื่อเส้นใยมีปริมาณมากขึ้น รวมถึงปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

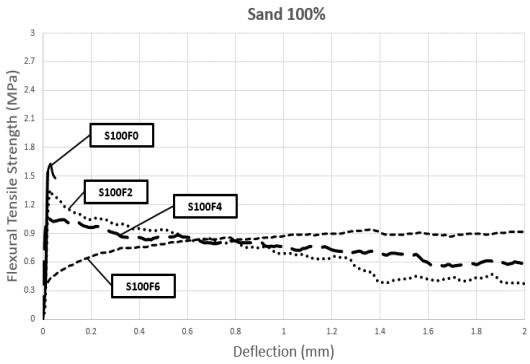
3.2 พฤติกรรมภายใต้แรงดัด

พฤติกรรมภายใต้แรงดัดของตัวอย่างคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ 3- 5 และ 7 โดยปริมาตร แสดงในรูปที่ 7 -8 และ 9 ตามลำดับ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดัดและระยะแอ่นตัวของของคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 2- 4 และ 6% โดยปริมาตร ตามลำดับ

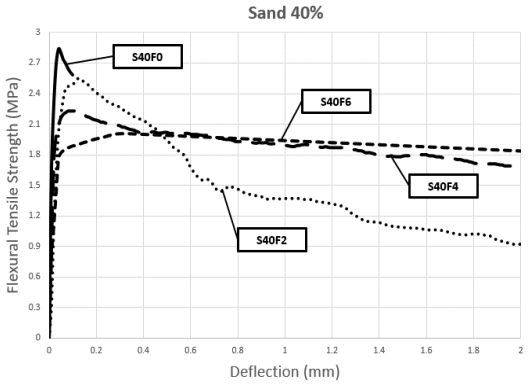
ในส่วนคานคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่ไม่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมันนั้น เมื่อถึงจุดที่คานสามารถรับกำลังได้สูงสุดแล้ว จะไม่สามารถรับกำลังได้อีก ซึ่งคานที่มีทราย 5 สามารถรับกำลังได้สูงที่สุด รองลงมาคือ คานที่มีทราย และ 2 ตามลำดับ

เมื่อมีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน จะทำให้ตัวอย่างคานสามารถรับกำลังหลังการแตกร้าวครั้งแรกได้ ซึ่งการเสริมเส้นใย 7 สามารถรับกำลังหลังการแตกร้าวครั้งแรกได้มากที่สุด รองลงมาคือ 5 และ 3 ตามลำดับ

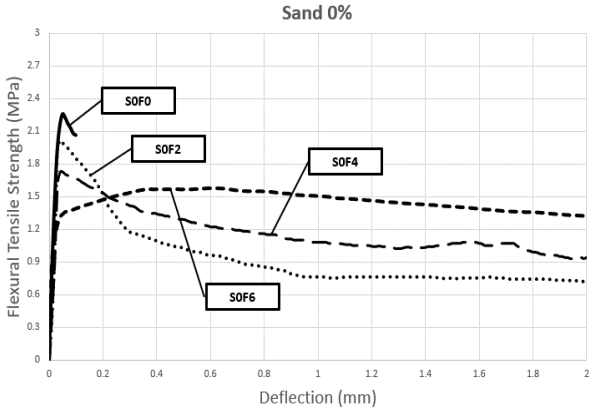
คานที่มีการเสริมเส้นใย 7 โดยปริมาตรนั้น การรับกำลังหลังการแตกร้าวครั้งแรกจะมากกว่าการแตกร้าวครั้งแรก เนื่องจากปริมาณเส้นใยที่มากขึ้น ปริมาณน้ำที่มากขึ้น นั้นก่อให้เกิดช่องว่างภายในมอร์ต้ามากขึ้น ทำให้การรับกำลังช่วงแรกนั้นรับกำลังได้น้อยกว่ากำลังของเส้นใยที่ทำหน้าที่รับกำลังหลังการแตกร้าวครั้งแรก



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและระยะแอ่นตัวสุทธิของคานที่มีทราย 2 และมีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 3- 5 และ 7 โดยปริมาตร



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและระยะแอ่นตัวสุทธิของคานที่มีทราย 5 และมีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 3- 5 และ 7 โดยปริมาตร

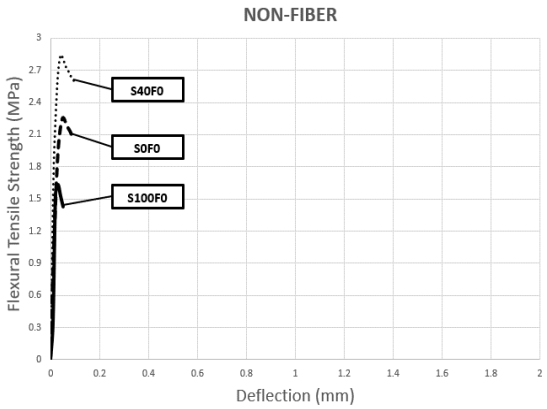


รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและระยะแอ่นตัวสุทธิของคานที่มีทราย และมีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 3- 5 และ 7 โดยปริมาตร

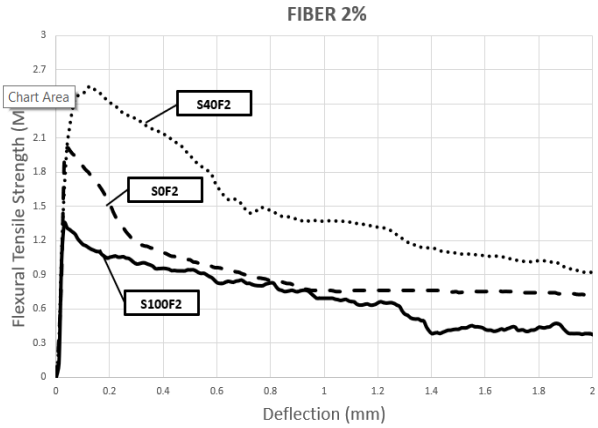
รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและระยะแอ่นตัวสุทธิของคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่ไม่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน ไม่สามารถรับแรงกระทำหลังการแตกร้าวได้ โดยตัวอย่างคานที่มีทราย 5 สามารถรับกำลังช่วงต้นได้ดีที่สุด

รูปที่ : - 2 และ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและระยะแอ่นตัวสุทธิของคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ 3- 5 และ 7 โดยปริมาตร จะเห็นได้ว่าตัวอย่างคานสามารถรับกำลังดัดภายหลังการแตกแล้วได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งความสามารถในการรับแรงดัดในช่วงหลังการแตกหักนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเส้นใยปาล์มน้ำมัน ที่ใส่เพิ่มเข้าไป เมื่อใส่มากขึ้นจะสามารถทำให้รับกำลังได้มากขึ้น แต่จะส่งผลให้ค่ากำลังก่อนการแตกหักนั้นลดลง เนื่องจากการใส่เส้นใยปาล์มน้ำมัน เข้าไปนั้นจะเป็นการเพิ่มช่องว่างของตัวอย่างคานมอร์ต้า ทำให้ไม่สามารถรับกำลังช่วงต้นได้มาก

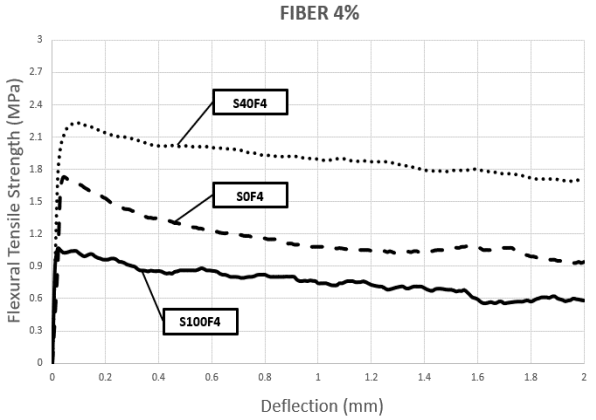
เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการรับกำลังดัดนั้น จะเห็นได้ว่าตัวอย่างคานที่มีทราย 5 จะสามารถรับกำลังดัดช่วงต้นได้ดีที่สุด และเมื่อเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมันที่ 7 โดยปริมาตร จะสามารถรับกำลังดัดหลังการแตกร้าวได้ดีที่สุด



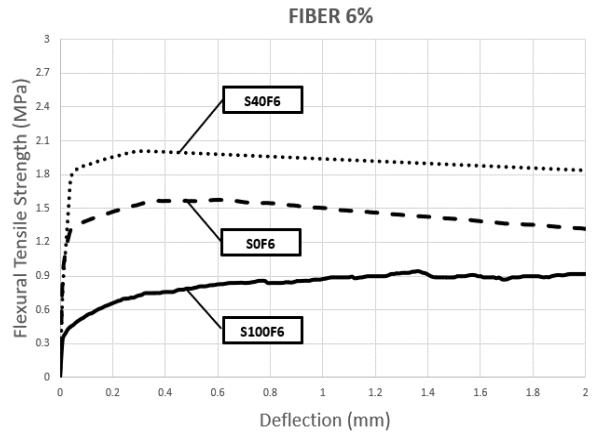
รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและระยะแอ่นตัวสุทธิของคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่ไม่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและระยะแอ่นตัวสุทธิของคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 3 โดยปริมาตร



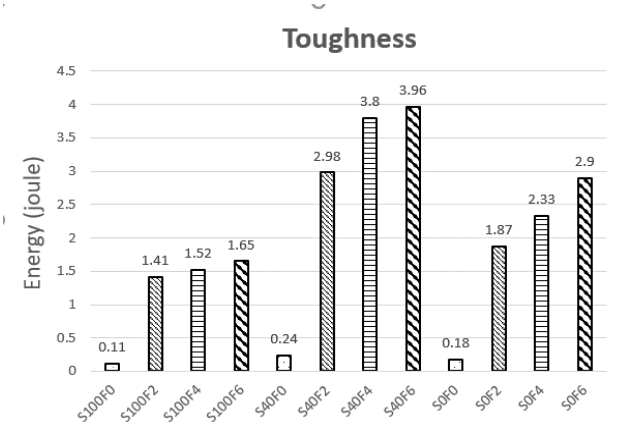
รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและระยะแอ่นตัวสุทธิของคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 5 โดยปริมาตร



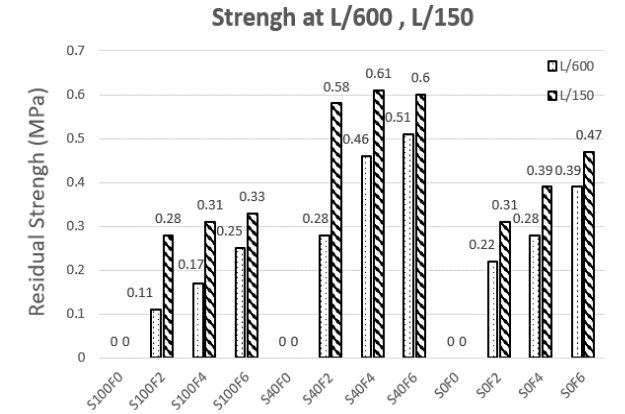
รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและระยะแอ่นตัวสุทธิของคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 7 โดยปริมาตร

3.4 ค่าความเหนียว

จากผลการทดสอบสมรรถนะการรับแรงดัดของตัวอย่างทดสอบรูปทรงคานที่มีทราย 0- 40 และ 100% และมีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน สามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าความเหนียวตามมาตรฐาน BTUN D1609 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นใยปาล์มน้ำมัน ที่เสริมเข้าไปนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้านการรับแรงดัดและความสามารถในการดูดซับพลังงานของคานที่มีทราย 0- 40 และ 100% และมีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมันภายหลังจากการแตกร้าวได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกระทำ (Mbbe* และระยะโก่งตัวกึ่งกลางคานที่ระยะการทรุดตัว (Efgrfdupo* เท่ากับ M600 (0.5 มิลลิเมตร) และ M150 (2 มิลลิเมตร) ดังรูปที่ 23 และ 24



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าความเหนียวของคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่ไม่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน และเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน ที่ 3- 5 และ 7 โดยปริมาตร



รูปที่ 14 กราฟแสดงค่าความเหนียวที่ระยะการโก่งตัว M7 และ M26 ของคานที่มีทราย - 5 และ 2 ที่ไม่มีการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน และเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน ที่ 3- 5 และ 7 โดยปริมาตร

4.สรุปผลการทดสอบ

4.1 กำลังรับแรงอัด

เมื่อทำการทดสอบกำลังอัดแล้วจะพบว่าเมื่อเทียบกันระหว่าง ทราย 100% ทราย 5 ผสมกับหินฝุ่น 7 และการแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น 100% นั้น ทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60% นั้นจะสามารถรับกำลังอัดได้สูงที่สุดและเมื่อทำการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมันลงไป 2- 4 และ 6% โดยปริมาตรแล้วจะพบว่าจะสามารถรับกำลังอัดได้น้อยลงตามสัดส่วนที่เราได้ทำการเพิ่มเส้นใยปาล์มน้ำมันลงไป ยิ่งเพิ่มเส้นใยมากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการรับกำลังอัดลดลง

ทราย 100% จะสามารถรับกำลังอัดได้สูงสุด 7.87 N b เมื่อเพิ่มเส้นใยปาล์มน้ำมันลงไป 2- 4 และ 6% โดยปริมาตร แล้วจะสามารถรับกำลังอัดได้ 4.08- 3.05 และ 2.48 N b ตามลำดับ

เมื่อทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60% จะสามารถรับกำลังอัดได้สูงสุด 15.97 N bเมื่อเพิ่มเส้นใยปาล์มน้ำมันลงไป 2- 4 และ 6% โดยปริมาตร แล้วจะสามารถรับกำลังอัดได้ 9.48- 6.67 และ 3.62 N b ตามลำดับ

และแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น 100% จะสามารถรับกำลังอัดได้สูงสุด 14.49 N b เมื่อเพิ่มเส้นใยปาล์มน้ำมันลงไป 2- 4 และ 6% โดยปริมาตร แล้วจะสามารถรับกำลังอัดได้ 8.86- 6.32 และ 5.22 N b ตามลำดับ

4.2 สมรรถนะการรับแรงดัด

เมื่อทำการทดสอบการรับแรงดัดแล้วจะพบว่าเมื่อเทียบระหว่าง ทราย 100% ทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60% และการแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น 100% นั้น ทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60% นั้นจะสามารถรับกำลังดัดได้สูงที่สุดและจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดัดและระยะแอ่นตัวของตัวอย่างแล้ว เมื่อยังไม่ได้ทำการใส่เส้นใยปาล์มลงไปในตัวอย่างนั้นจะสามารถรับกำลังดัดได้ดีกว่าแต่เมื่อเกิดการแตกหักแล้วจะไม่สามารถรับกำลังดัดได้ แต่เมื่อทำการใส่เส้นใยปาล์มลงไปในตัวอย่างนั้นเมื่อเกิดรอยแตกร้าวจะทำให้เส้นใยช่วยเข้าไปรับแรงทำให้ตัวอย่างนั้นยังสามารถรับแรงดัดได้อยู่ ทราย 100% จะสามารถรับกำลังดัดได้สูงสุด 1.63 N b ทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60% จะสามารถรับกำลังดัดได้สูงสุด 2.84 N b แทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น 100% จะสามารถรับกำลังดัดได้สูงสุด 2.26 *MPa*

เมื่อเพิ่มเส้นใยปาล์มน้ำมันลงไป 2% 4% 6% ตามปริมาตรแล้วจะพบว่ายิ่งทำการเพิ่มเส้นใยปาล์มน้ำมันจะทำให้มีความสามารถในการรับกำลังดัดได้น้อยลงแต่ว่าเมื่อระยะแอ่นตัวยิ่งมากขึ้นเส้นใยจะเข้าไปช่วยรับแรงทำให้เมื่อระยะแอ่นตัวมากขึ้นการใส่เส้นใยปาล์มน้ำมันลงไป 6 % ตามปริมาตรจะสามารถรับแรงได้มากกว่า 2 และ 4%

4.3 ความเหนียวของคานเมื่อเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน

ความเหนียวของคานเมื่อเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นโดยแปรผันตรงตามสัดส่วนเส้นใยเส้นใยปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นยิ่งเพิ่มเส้นใยปาล์มน้ำมันมากค่าความเหนียวของคานจะมาก โดยที่ค่าความเหนียวที่ระยะแอ่นตัว M600 (0.5 มิลลิเมตร) และระยะแอ่นตัว M150 (2 มิลลิเมตร) นั้นค่าความเหนียวจะต่างกันไม่มาก โดยที่เมื่อเทียบระหว่าง ทราย 100% ทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60% และการแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น 100% นั้น ทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60% นั้นจะมีค่าความเหนียวสูงสุด

เมื่อทำการใส่เส้นใยปาล์มน้ำมันลงไป 2% 4% 6% ตามปริมาตรลงไปการเสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 6% ตามปริมาตรนั้นจะให้ค่าความเหนียวที่สูง

ที่สุด เสริมเส้นใยปาล์มน้ำมัน 7% โดยปริมาตร มีค่าความเหนียวสูงสุดเท่ากับ 1.65 N b ทราย 40% ผสมกับหินฝุ่น 60% เสริมเส้นใยปาล์ม 6% โดยปริมาตร มีค่าความเหนียวสูงสุดเท่ากับ 3.96 N b แทนที่ทรายด้วยหินฝุ่น 100% เสริมเส้นใยปาล์ม 6% โดยปริมาตร มีค่าความเหนียวสูงสุดเท่ากับ 2.90 N b

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน รวมถึง คณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ผู้ให้ข้อมูล และคำปรึกษาในด้านวัสดุต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

2 Npi bn fe B/ Jtn b m. boe I /C/ bti n - ” bm P mGcsf Dpodsfuf - Ui f 4se BDG Jbuf sobupobm Dpogf sf odf BDG WDB bhf 5 : .527-)3 9*

3 B/L/Tohi - W/boe Tswbtubwb- WD/Bhbsx bm ”Tupof E vtu o Dpodsfuf Fggf du po Dpn sf tt wf Tusf ohui - Jbuf sobupobm Kpvsobmpg Foh of f s oh boe Ufdi o dbmSf tf bsdi Wpmxn f 4- Jttvf 9-)3 26*

4 B TUN EFTJHOBUJP O E 2668 Tuboebse Uf tu N fui pet gps Mbcpsbups Dpn bdupo Di bsbduf studt pg Tp m Vt oh N pe gf e Fggpsu)67- gu nog gu4)3-8 l O. n n 4**

5 B TUN EFTJHOBUJP O E 3277 E 3277N 27 Tuboebse Uf tu N fui pe gps Vodpogof e Dpn sf tt wf Tusf ohui pg Dpi f t wf Tp m

6 B TUN EFTJHOBUJP O /D1609-10- Tuboebse uf tu n fui pe gps (Gnfyvsbm f sgpsn bodf pg Gcf s . Sf ogpsdf e Dpodsfuf [Vt oh Cf bn x ui Ui se. p ou Mpbe oh */