พฤติกรรมของมอร์ต้าร์ผสมเส้นใยเหล็กชนิดงอปลายปริมาณสูงในการรับกำลังอัด กำลังดึง และกำลังดัด

Behavior of High Volume Hooked-End Steel Fiber Reinforce Mortar in Compressive Strength,Tensile Strength and Flexural Strength

ประเทือง กันธสมาส[1] และ จตุพล ตั้งปกาศิต[2]

บทคัดย่อ

พฤติกรรมของมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูงในการรับแรงอัดแรงดึงและแรงดัดของเส้นใยเหล็กชนิดงอปลาย ขนาด 0.75x50 และ 0.75x60 มิลลิเมตร ผลกระทบของปริมาณทรายในส่วนผสมโดยมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย เท่ากับ 1 : 0 , 1 : 1 และ 1 : 2 โดยใช้ปริมาณเส้นใยเหล็กร้อยละ 7 โดยปริมาตร และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.55 ทำการทดสอบกำลังอัด แรงดึงแบบผ่าซีก และแรงดัด ที่อายุ 28 วัน จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า กำลังอัดของมอร์ต้าร์ลดลงตามส่วนผสมของทรายที่เพิ่มขึ้นแต่กำลังอัดของมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูงมีค่ามากขึ้นตามปริมาณทรายที่เพิ่มขึ้น ส่วนกำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีกและแรงดัดของมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูงมีค่าสูงสุดที่อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 1 มอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็ก ยาว 60 มิลลิเมตร มีกำลังรับแรงดึงมากกว่า 50 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: เส้นใยเหล็กปริมาณสูง, เส้นใยเหล็กชนิดงอปลาย, กำลังรับแรงดึง, กำลังรับแรงดัด

Abstract

Behavior of high volume steel fiber reinforced mortar in compressive tensile and flexural strength by using hooked-end steel fiber size of 0.75 x 50 and 0.75 x 60 mm. The effect of portland cement to sand ratio were investigated at 1 : 0, 1 : 1 and 1 : 2. The maximum of steel fiber is 7% by volume of mortar and w/c was kept at 0.55. The compressive strength, splitting tensile and flexural strength were determined at the age of 28 days . The results showed that the compressive strength of mortar is decreased by increasing ratio of sand in mortar, but steel fiber mortar has higher compressive strength with the increase of sand ratio. The ratio of cement to sand 1:1 of steel fiber mortar has the highest tensile strength of splitting test and flexural strength.The mortar with hooked-end steel fiber of 60 mm. has higher tensile strength than that of 50 mm.

Keywords: High volume steel fiber, Hooked-end steel fiber, Tensile strength , Flexural strength

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. บทนำ

คอนกรีตหรือมอร์ต้าร์เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติที่ดีด้านการรับกำลังอัดซึ่งมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพในการใช้งาน แต่เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุเปราะมีความสามารถรับแรงดึงได้น้อยหรือมีความยืดหยุ่นต่ำ ซึ่งเป็นจุดด้อย จึงมีความพยามยามหาวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติดังกล่าวด้วยการนำวัสดุที่มีความเหนียวมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีต เช่น เส้นใยเหล็ก เส้นใยแก้ว เส้นใยสงเคราะห์อะคลิลิก เส้นใยโพลิโพรพิลีน หรือ กราไฟท์ ซึ่งความสามารถในการรับแรงดึงจะขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้เส้นใยเหล็กเสริมแรง ซึ่งมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูง เป็นหนึ่งในกลุ่มผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความสามารถในการรับแรงได้มากกว่าคอนกรีตธรรมดา จึงสามารถออกแบบให้โครงสร้างมีความหนาน้อยกว่าโครงสร้างคอนกรีตปกติ แต่มีความสามารถในการรับน้ำหนัก การแอ่นตัวและยืดหยุ่นได้มากกว่า [1] จากข้อดีของการใช้คอนกรีตเสริมเส้นใยปริมาณสูง ทำให้เหมาะสำหรับงานก่อสร้างพิเศษหรือก่อสร้างที่มีพื้นที่จำกัด แต่ต้องการรับน้ำหนักได้สูง แต่จากงานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่ได้มีการศึกษาถึงการนำเส้นใยเหล็กที่มีความยาว 50 และ 60 มิลลิเมตร มาใช้ในปริมาณสูง ในการวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของมอร์ต้าร์ผสมเส้นใยปริมาณสูงในการรับกำลังแรงอัด แรงดึง และแรงดัดของเส้นใยเหล็ก ขนาดความยาว 50 และ 60 มิลลิเมตร

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการทดลองเพื่อการศึกษาคุณสมบัติในด้านกำลังอัด กำลังดึง และกำลังดัดของมอร์ต้าร์ที่มีอัตราส่วนผสมแตกต่างกัน เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูง ที่มีความยาว 50 และ 60 มิลลิเมตร

3. การทดสอบ

3.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และทรายแห้งมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.55 และเส้นใยเหล็กชนิดงอปลาย (Hooked-end steel fiber) ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีคุณสมบัติตามในตารางที่ 1 โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) = 0.75 มิลลิเมตร ความยาว (L) = 50 มิลลิเมตร มีอัตราส่วน *L/D* = 67 และ (D) = 0.75 มิลลิเมตร (L) = 60 มิลลิเมตรมีอัตราส่วน *L/D* = 80 โดยมีส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อทรายในอัตราส่วนผสม เท่ากับ 1 : 0, 1 : 1 และ 1 : 2 โดยน้ำหนัก และใช้ปริมาณเส้นใยเหล็กอัตราส่วนร้อยละ 7 โดยปริมาตรซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่สามารถใส่ลงในแบบได้

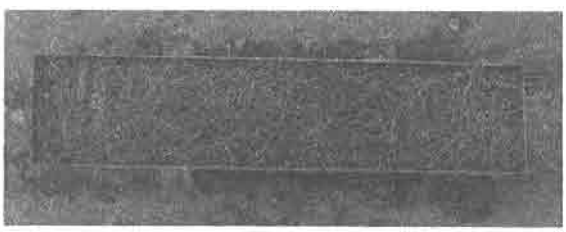
รูปที่ 1 เส้นใยเหล็กชนิดงอปลาย

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเส้นใยเหล็ก

Name	Specific Gravity	Length (mm)	Diameter (mm)	Aspect Ratio (l/d)	Tensile Strength (N/mm^2)
SF-50	7.86	50	0.75	67	1,000
SF-60	7.86	60	0.75	80	1,000

3.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

3.2.1 แบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบแรงอัดและแรงดึงแบบผ่าซีก และแบบหล่อคานขนาด กว้าง 10 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบแรงดัด ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบหล่อเสริมเส้นใยเหล็ก

3.2.2 อัตราส่วนผสมมอร์ต้าร์ สำหรับมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูง ใช้สำหรับการทดสอบแรงอัด แรงดึงแบบผ่าซีกและแรงดัด รายละเอียดส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็ก

สัดส่วน	ปูนซีเมนต์ (%โดยน้ำหนัก)	ทราย (%โดยน้ำหนัก)	เส้นใยเหล็ก (%โดยปริมตร)	
			SF 50	SF 60
C	100	-	-	-
C1S	50	50	-	-
C2S	33.33	66.67	-	-
C–SF 50	100	-	7	-
C1S-SF 50	50	50	7	-
C2S-SF 50	33.33	66.67	7	-
C–SF 60	100	-	-	7
C1S-SF 60	50	50	-	7
C2S-SF 60	33.33	66.67	-	7

C = ปูนซีเมนต์

S = ทราย

- SF 50 = เสริมเส้นใยเหล็ก ยาว 50 มิลลิเมตร

- SF 60 = เสริมเส้นใยเหล็ก ยาว 60 มิลลิเมตร

C1S-SF 50 = ปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 1 เสริมเส้นใยเหล็ก ยาว 50 มิลลิเมตร

C2S-SF 60 = ปูนซีเมนต์ต่อทราย 1 : 2 เสริมเส้นใยเหล็ก ยาว 60 มิลลิเมตร

3.3 วิธีการหล่อตัวอย่าง

การหล่อตัวอย่างของมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูง ดำเนินการโดยการนำเส้นใยเหล็กใส่ลงในแบบหล่อให้เต็ม และจึงนำส่วนผสมมอร์ต้าร์เทลงในแบบหล่อแล้วทำการสั่นสะเทือนให้แน่นเพื่อให้มอร์ต้าร์แทรกซึมลงในช่องว่างของเส้นใยเหล็ก และทำการทดสอบเมื่ออายุครบ 28 วัน โดยวัสดุประสานต้องมีความเหลวพอที่จะแทรกซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างเส้นใยเหล็กโดยมีการไหลตามแรงโน้มถ่วงหรือการสั่นสะเทือน [2]

3.4 วิธีการทดสอบ

3.4.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C 39 [3] โดยใช้ตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร และทำการทดสอบที่อายุ 28 วัน

3.4.2 การทดสอบกำลังดึงแบบผ่าซีกของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C 496 [4] โดยใช้ตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร และทำการทดสอบที่อายุ 28 วัน

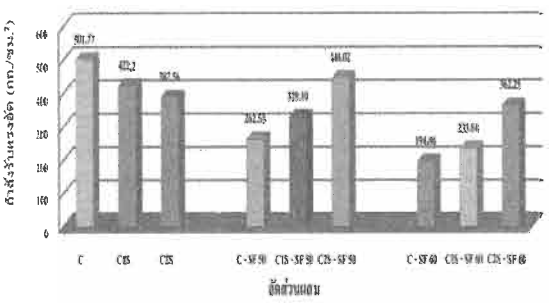
3.4.3 การทดสอบกำลังดัดของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C 78 [5] โดยใช้ตัวอย่างคานขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร และทำการทดสอบที่อายุ 28 วัน

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 มอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูง

4.1.1 กำลังอัด

จากผลการทดลองกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างมอร์ต้าร์ที่ไม่ได้เสริมเส้นใยเหล็ก C, C1S และ C2S มีค่ากำลังอัดลดลง ตามปริมาณสัดส่วนผสมของทรายที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3 เนื่องจากปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมลดลงทำให้กำลังอัดลดลง

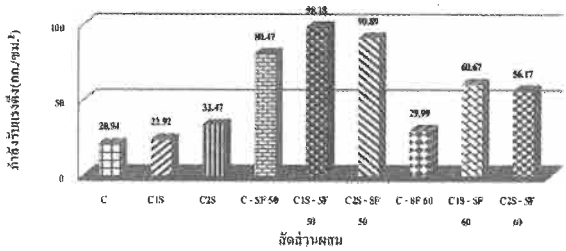


รูปที่ 3 กำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีต

สำหรับกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่เสริมเส้นใยเหล็ก (C–SF50, C – SF60) มีกำลังอัดลดลง เมื่อเทียบกับที่ไม่ได้เสริมเส้นใยเหล็ก เพราะเส้นใยเหล็กที่เสริมจะไปแทนที่มอร์ต้าร์ ทำให้ปริมาณมอร์ต้าร์น้อยลง กำลังรับแรงอัดจึงลดลงตาม ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวีชัย สำราญวานิช และคณะ[6] สำหรับตัวอย่างมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูง C-SF 50, C1S-SF 50 และ C2S-SF 50 จะพบว่าจะมีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของทราย ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ใช้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานคงที่ทำให้ตัวอย่าง C-SF 50 และ C1S-SF 50 มีน้ำส่วนเกินหรือน้ำส่วนที่เหลือที่ใช้ในการหล่อลื่นส่วนผสมมากกว่าซึ่งมีผลต่อกำลังอัดที่ต่ำลง เมื่อพิจารณาตัวอย่าง C-SF 60 , C1S-SF 60 และ C2S-SF 60 ก็พบว่ามีทิศทางไปในทางเดียวกัน คือกำลังอัดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้ทรายที่เพิ่มขึ้นในส่วนผสม

4.1.2 กำลังดึงแบบผ่าซีก

เมื่อพิจารณาการทดสอบกำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีกของตัวอย่างคอนกรีต C, C1S และ C2S ในรูปที่ 4 จะพบว่าค่าแรงดึงแบบผ่าซีกของตัวอย่างมอร์ต้าร์ C, C1S และ C2S จะมีค่าแรงดึงมากขึ้นตามสัดส่วนของทรายที่มากขึ้นในส่วนผสม เนื่องจากทรายที่อยู่ในส่วนผสมอาจจะมีผลทำให้แรงยึดเหนี่ยวของมอร์ต้าร์ ดีขึ้นสำหรับตัวอย่างของมอร์ต้าร์ C-SF 50 และ C-SF 60 มีกำลังรับแรงดึงมากกว่าตัวอย่างมอร์ต้าร์ C ที่เป็นผลมาจากเส้นใยเหล็กที่อยู่ในส่วนผสมมอร์ต้าร์ ทำหน้าที่ในการรับแรงดึงที่เกิดขึ้นซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวีชัย สำราญวานิช และคณะ [6] และงานวิจัยของ ประพนธ์ เฟื่องฟู [7] เมื่อพิจารณามอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูงของตัวอย่าง C-SF 50, C1S-SF 50 และ C2S-SF 50 พบว่า ตัวอย่าง C-SF 50 มีค่าแรงดึงแบบผ่าซีกต่ำที่สุดซึ่งสอดคล้องกับผลของกำลังอัดของตัวอย่าง C ที่ให้กำลังอัดน้อยที่สุดจากสาเหตุของมอร์ต้าร์ที่มีน้ำส่วนเกินหรือน้ำส่วนที่เหลือจากการใช้ในการหล่อลื่นส่วนผสมมากกว่าตัวอย่าง C1S และ C2S จึงมีผลทำให้กำลังดึงแบบผ่าซีกต่ำไปด้วยตัวอย่าง



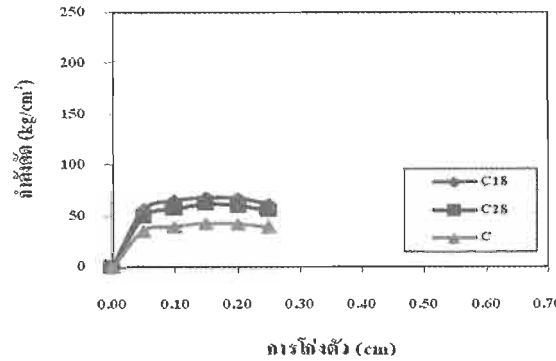
รูปที่ 4 กำลังดึงแบบผ่าซีกของตัวอย่างคอนกรีต

C1S-SF 50 มีค่าแรงดึงแบบผ่าซีกมากที่สุด เนื่องจากอาจเป็นอัตราส่วนผสมที่ทำให้มีการยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุประสานและเส้นใยเหล็กได้ดีที่สุด ในส่วนของตัวอย่าง C2S-SF 50 จะพบว่าค่าแรงดึงแบบผ่าซีกมีค่าน้อยกว่าตัวอย่าง C1S-SF 50 เป็นเพราะตัวอย่าง C2S-SF 50 มีปริมาณทรายที่มากกว่าและมีความข้นเหลวน้อยกว่าของตัวอย่าง C1S-SF 50 ทำให้ความหนาแน่นของตัวอย่างและการยึดจับระหว่างมอร์ต้าร์และเส้นใยเหล็ก ทำได้ไม่ดีเท่ากับตัวอย่าง C1S-SF 50 ซึ่งมีค่าแรงดึงแบบผ่าซีกสูงสุดถึง 98.18 กก./ซม.^{2} เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็กปริมาณต่ำ ร้อยละ 0.5 มีค่าแรงดึงเท่ากับ 41 กก./ซม.^{2} [6] และคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็กร้อยละ 1 มีค่าแรงดึง เท่ากับ 49 กก./ซม.^{2} [7] ซึ่งผลที่ได้ พบว่าเมื่อมีการใช้ปริมาณเส้นใยที่สูงขึ้นค่าแรงดึงก็จะสูงขึ้นด้วย

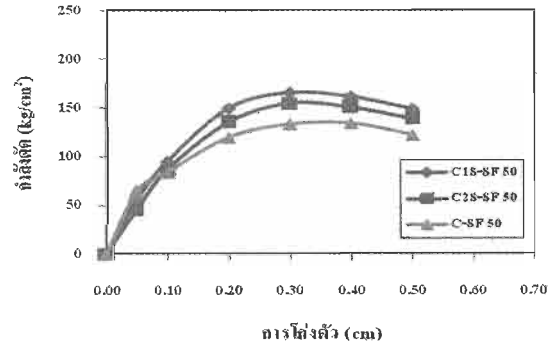
เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการใช้เส้นใยเหล็ก SF 60 พบว่า มีทิศทางไปในทางเดียวกันกับตัวอย่างเส้นใยเหล็ก SF 50 ซึ่งตัวอย่าง C1S-SF 60 จะให้ค่าแรงดึงแบบผ่าซีกมากที่สุด สำหรับตัวอย่างที่เสริมเส้นใยเหล็กยาว 50 มิลลิเมตร มีกำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีกมากกว่าตัวอย่างเสริมเส้นใยเหล็ก ยาว 60 มิลลิเมตร เนื่องจากการเรียงตัวของเส้นใยเหล็กในแบบหล่อขนาดสั้นจะมีการกระจายตัวในแนวตั้งฉากกับทิศทางแรงกดผ่าซีก จากการทดสอบได้ดีกว่าเส้นใยเหล็กที่มีขนาดยาว ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ GILANI [8]

4.1.3 กำลังดัด

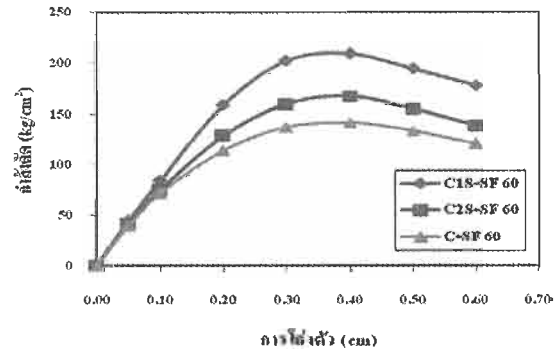
จากผลการทดสอบแรงดัดคานของตัวอย่างมอร์ต้าร์C, C1S และ C2S ในรูปที่ 5 พบว่าค่าหน่วยแรงดึงที่ทดสอบได้จากการทดสอบแรงดัดในคานของตัวอย่าง C1S จะทำให้ค่ากำลังรับแรงดึงสูงสุด แต่ตัวอย่างมอร์ต้าร์ C ให้ค่ากำลังรับแรงดึงต่ำสุด เป็นผลมาจากส่วนผสมของตัวอย่าง C มีน้ำส่วนเกินมาก ทำให้มีผลต่อค่าแรงดึงของคอนกรีตที่ได้มีค่าน้อย เมื่อเทียบกับตัวอย่าง C1S ซึ่งเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมจึงให้ค่าสูงสุด สำหรับการทดสอบแรงดัดของคานตัวอย่าง C-SF 50, C1S-SF 50 และ C2S-SF 50 ในรูปที่ 6 พบว่า มีทิศทางไปในแนวทางเดียวกับตัวอย่างคานมอร์ต้าร์ C, C1S และ C2S คือ ตัวอย่างคาน C1S-SF 50 จะให้ค่าแรงดึงดีที่สุด เนื่องจากตัวอย่าง C-SF 50 มีน้ำส่วนเกินที่เหลือจากการหล่อลื่นส่วนผสมมาก ซึ่งมีผลต่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมอร์ต้าร์และเส้นใยเหล็กสำหรับตัวอย่าง C2S-SF 50 จะพบว่า มีปริมาณทรายอยู่ในส่วนผสมมากซึ่งมีผลต่อกำลังของมอร์ต้าร์ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นไม่แข็งแรง จึงทำให้ค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่าของตัวอย่าง C1S-SF 50 ในรูปที่ 7 ซึ่งแสดงค่าแรงดึงจากการทดสอบแรงดัดของคานของตัวอย่าง C-SF 60, C1S-SF 60 และ C2S-SF 60 พบว่าทิศทางของค่าแรงดึงเป็นไปในทิศทางเดียวกับตัวอย่าง C-SF 50, C1S-SF 50 และ C2S-SF 50 คือตัวอย่าง C1S-SF 60 ให้ค่าแรงดึงจากการทดสอบแรงดัดในคานสูงสุดแต่ตัวอย่าง C-SF 60, C1S-SF 60 และ C2S-SF60 มีค่าแรงดึงจากการทดสอบแรงดัดในคานสูงกว่าตัวอย่าง C-SF 50, C1S-SF50 และ C2S-SF 50 ตามลำดับ และจากรูปที่ 8, 9 และ 10 ตัวอย่างคานมอร์ต้าร์ SF-50 และ SF-60 มีกำลังรับแรงดึงมากกว่าคานมอร์ต้าร์ C เนื่องจากเส้นใยเหล็กช่วยรับแรงดึง โดยที่การเสริมเส้นใยเหล็กยาว60มิลลิเมตร มีกำลังรับแรงดึงมากกว่าการเสริมเส้นใยเหล็ก ยาว 50 มิลลิเมตร เนื่องจากกำลังรับแรงดึงขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยว (Bond) ระหว่างเส้นใยเหล็กกับวัสดุประสานซีเมนต์ เส้นใยเหล็กยาวกว่ามีแรงยึดเหนี่ยวมากกว่า ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงาน วิจัยของ ชูชัย สุจิวรกุล [9]



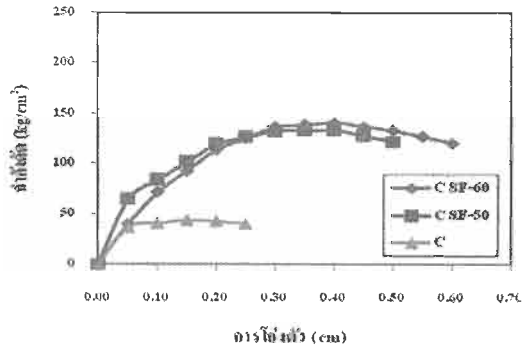
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับการโก่งตัวของคานมอร์ต้าร์ C



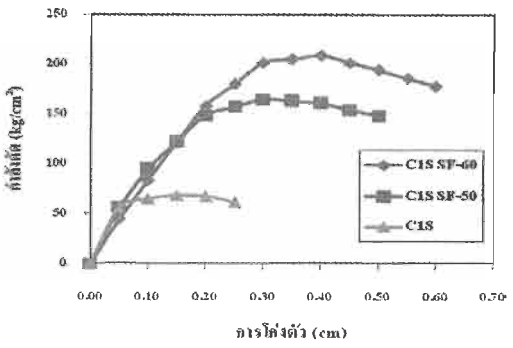
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับการโก่งตัวของคาน SF –50 ผสมเส้นใยร้อยละ 7



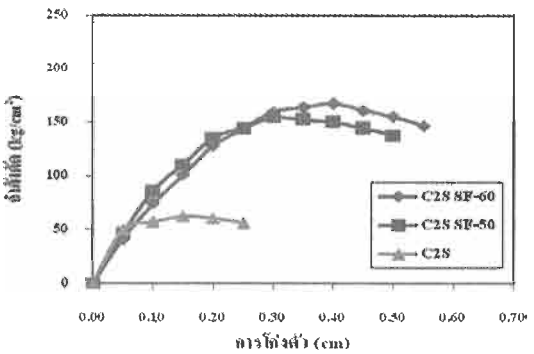
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับการโก่งตัวของคาน SF –60 ผสมเส้นใยร้อยละ 7



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับการโก่งตัวของคานมอร์ต้าร์ อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ : ทราย เท่ากับ 1 : 0



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับการโก่งตัวของคานมอร์ต้าร์ อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ : ทราย เท่ากับ 1 : 1



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับการโก่งตัวของคานมอร์ต้าร์ อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ : ทราย เท่ากับ 1 : 2

5. สรุปผล

จากการวิจัยสามารถสรุปผลดังต่อไปนี้

1. กำลังอัดของมอร์ต้าร์มีกำลังลดลงตามปริมาณส่วนผสมของทรายที่เพิ่มขึ้นกำลังอัดของมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูงมีค่าน้อยกว่ามอร์ต้าร์ที่ไม่ได้เสริมเส้นใยเหล็ก และมีกำลังอัดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของทรายที่เพิ่มขึ้น

2. กำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีกของมอร์ต้าร์มีค่ามากขึ้นตามปริมาณส่วนผสมของทรายที่เพิ่มขึ้นกำลังรับแรงดึงแบบผ่าซีกของมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูงมีค่ามากกว่ามอร์ต้าร์ที่ไม่ได้เสริมเส้นใยเหล็ก และมีกำลังรับแรงดีที่สุดเมื่อใช้ทรายเป็นส่วนผสมในอัตราส่วน 1 : 1

3. กำลังรับแรงดึงที่ได้จากการทดสอบแรงดัดของคานมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็กปริมาณสูงที่ใช้มอร์ต้าร์ปูนซีเมนต์ผสมทรายในอัตราส่วน 1 : 1 มีกำลังรับแรงดัดได้ดีที่สุด และมอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็ก ยาว 60 มิลลิเมตร มีกำลังรับแรงดัดมากกว่ามอร์ต้าร์เสริมเส้นใยเหล็ก ยาว 50 มิลลิเมตร

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณศิริชัย วรรณบูรณ์ จาก บริษัท เอสอาร์ไฟเบอร์ จำกัด และ คุณณรงค์กร เมฆวัฒนา จาก บริษัท สยาม เกเบียน จำกัด ที่สนับสนุนเส้นใยเหล็กสำหรับใช้ในงานวิจัยนี้

7. บรรณานุกรม

1. Sudarsana Rao H., "Performance of steel reinforced sifcon two-way slabs in flexure," 35th Conference on our world in concrete& structures,25-27 August 2010,Singapore.
2. Lankard, D.R., "Preparation , Applications : Slurry Infiltrated Fiber Concrete (SIFCON)," Concrete International , V.6 , No.12 Dec.1984.

3. American Society for Testing and Materials.2012 ASTM C39 / C39 M – 12a Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Spicimens, Annual book of ASTM standards vol.04.02,Philadelphia, USA : American Society for Testing and Materials.

4. American Society for Testing and Materials.2011 ASTM C496 / C496 M – 11 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Spicimens, Annual book of ASTM standards vol.04.02,Philadelphia, USA : American Society for Testing and Materials Specimens.

5. American Society for Testing and Materials.2001 ASTM C78-00, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete , Annual book of ASTM standards vol.04.01,Philadelphia, USA : American Society for Testing and Materials Specimens.

6. ทวีชัย สำราญวานิช, อภินันท์ ภูชัน และ สุรสิทธิ์ หมั่นวิชา, 2550 , พฤติกรรมและวิธีการคำนวณกำลังรับแรงดัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ผสมเส้นใย, วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.ปีที่ 30 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน 2550.

7. ประพนธ์ เฟื่องฟู , 2555,พฤติกรรมของคอนกรีตผสมเส้นใยและการต้านทานแรงกระแทกด้วยวิธีตุ้มน้ำหนัก, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

8. Gilani.O.H. : SEPTEMBER 2007 ;Various Durability Aspect of Slurry Infiltrated Fiber Concrete, Middle East Technical University.

9. ชูชัย สุจิวรกุล, 2548 , อิทธิพลขนาดชิ้นส่วนรับโมเมนต์ดัดของวัสดุผสมซีเมนต์เสริมไฟเบอร์เหล็ก, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 10, 2-4 พฤษภาคม 2548,ชลบุรี.