



ปริญญานิพนธ์

การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก
ที่ใช้แล้วชนิด PET

A STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE
MIXED WITH USED PLASTIC FIBER TYPE PET

นายสิริวิชญ์ บุตรทอง
นายอาเนชา ไหลพานิช
นายพิสิฐพงศ์ พุทธรังสี

วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2564



ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา – ชลประทาน)

เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกที่ใช้แล้วชนิด PET
A STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE MIXED WITH
USED PLASTIC FIBER TYPE PET

นามผู้วิจัย นายสิริวิทย์ บุตรทอง
นายอาเนชา ไหลพานิช
นายพิสิฐพงศ์ พุทธรังสี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ


.....
(.....อาจารย์สุวัฒน์ พาหุสวณโณ, วศ.ม. (โยธา).....)

กรรมการ


.....
(.....อาจารย์เศกสรรค์ ชูทับทิม, วศ.ม. (โยธา).....)

วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รับรองแล้ว

.....
(.....อาจารย์ชัยยะ พึ่งโพธิ์สง.....)

ผู้อำนวยการวิทยาลัยการชลประทาน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกที่ใช้แล้วชนิด PET

A STUDY ON MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE
MIXED WITH USED PLASTIC FIBER TYPE PET

นายสิริวิชญ์ บุตรทอง
นายอาเนชา ไหลพานิช
นายพิสิฐพงศ์ พุทธิรังสี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา – ชลประทาน

วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2564

สิริวิทย์ บุตรทอง อาเนชา ไหลพานิช และพิสิฐพงศ์ พุทธรังษี 2564: โครงการการศึกษา
คุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกที่ใช้แล้วชนิด PET ปริมาณ
วิศวกรรมบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน) วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ประธานกรรมการที่ปรึกษา : อาจารย์ สุวัฒน์ พาหุสุวัฒน์

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกที่ใช้แล้ว
ความเป็นไปได้และผลกระทบที่มีการกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณเส้นใย
พลาสติกที่ผสมในคอนกรีตคือ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 ใส่ปริมาณเส้นใยพลาสติกที่ผสมใน
คอนกรีต ร้อยละ 0, 0.5 และ 1 กิโลกรัม ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์
0.7 ใส่ปริมาณเส้นใยพลาสติกที่ผสมในคอนกรีต ร้อยละ 0, 0.5 และ 1 กิโลกรัม ต่อคอนกรีต 1
ลูกบาศก์เมตร และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.8 ใส่ปริมาณเส้นใยพลาสติกที่ผสมในคอนกรีต ร้อยละ
0, 0.5 และ 1 กิโลกรัม ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร เมื่อกำหนดค่ายุบตัวอยู่ที่ 7.5 – 12.5 ซม. และ
ทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุ 3 วัน และ 28 วัน, กำลังรับแรงดึงที่อายุ 28 วัน และ กำลังรับแรงดัดที่
อายุ 28 วัน

ผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณของเส้นใยพลาสติก มีผลต่อค่าความยุบตัวของคอนกรีตแต่จะ
อยู่ในช่วงเกณฑ์ 7.5 – 9.5 ซม. ในส่วนของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 กับอยู่ในช่วง 7.5 – 8.5 ซม.
ในส่วนของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.7 และอยู่ในช่วง 8 – 9.5 ซม. ในส่วนของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์
0.8 และมีผลต่อกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตในส่วนของ
ผลกระทบจากปริมาณเส้นใยพลาสติก พบว่าจะทำให้คอนกรีตมีค่ากำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง
และกำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อใช้ปริมาณเส้นใยพลาสติกในส่วนผสมที่ร้อยละ 0.5 กิโลกรัม
ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร และนอกจากนี้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6, 0.7 และ 0.8 กับปริมาณ
เส้นใยพลาสติกที่ผสมในคอนกรีต ร้อยละ 0, 0.5 และ 1 กิโลกรัม ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร มีผล
ต่อกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดัด

ดังนั้นเส้นใยพลาสติกจึงเหมาะสมที่จะเป็นทางเลือกกับการนำมาเป็นส่วนผสมเพิ่มในคอนกรีต โดยพิจารณาจากค่ากำลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดึงที่มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ความเหมาะสมในการใช้งานขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และความต้องการของงานที่นำไปใช้

ศิริพงษ์ บทรทอง
อานนท์ ไฉลพพิษฐ์
พิสิฐพงษ์ พงษ์ธรรม์

ลายมือชื่อนิสิต

ศิริพงษ์ บทรทอง

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

18 / 05 / 63

Sirawit Budthong, Arnecha Laiphanich and Pisitpong Phuttharangsee 2021: A Study on Mechanical Properties of Concrete Mixed with Used plastic fiber Type (PET) Royal Irrigation Department, affiliated to Kasetsart University Chairperson of Examination Committee: Profesor : Mr. Suwat Pahusuwananno

This research investigate the concrete properties after mixed with used plastic fiber. Variations and effect of water-cement ratio with percentage of plastic mixing was used to conduct the experimental design. The criteria include the ratio of water-cement of 0.6, with the amount of plastic fiber mixed in concrete percent 0, 0.5 and 1 kilograms per 1 cubic meter of concrete and at the ratio of water to cement of 0.7, add the amount of plastic fiber mixed in concrete percent of 0, 0.5 and 1 kilograms per 1 cubic meter of concrete and at the ratio of water to cement of 0.8, add the amount of plastic fiber mixed in concrete percent 0, 0.5 and 1 kilograms per 1 cubic meter of concrete and testing strength of concrete at the age of 3 days and 28 days.

The results illustrate the amount of plastic fiber does affect the collapse of concrete in range 7.5 - 12.5 designated design. Also affects the compressive strength, tensile strength and the flexural strength of concrete. As for the impact from the amount of plastic fiber used, it way found that compressive strength, tensile strength and flexural strength of concrete will most effective when using the plastic fiber in the mixture at 0.5 percent kilograms per 1 cubic meter of concrete. And Besides, the ratio of water-cement 0.6, 0.7 and 0.8 with the amount of plastic fiber mixed in concrete percent 0, 0.5 and 1 kilograms per 1 cubic meter affects the compressive strength, tensile strength and flexural strength.

In conclusion, plastic fiber are suitable to be added as a mixture in concrete, by considering the tensile strength and the flexural strength which has a greatly increased percentage. However, the suitability of the work depends on the purpose and needs of the work that is used.

Sirawit Bodthong
Arnecha Laiphonich
Pisitpong Phuttharungsee

Student's signature

Suwat.

Thesis Advisor Chairman signature

18 / 05 / 2022

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์สุวัฒน์ พาหุสุวัฒน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาปริญญา
นิพนธ์ อาจารย์เศกสรรค์ ชูทับทิม กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การ
ค้นคว้าและทำการวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์
ขอขอบพระคุณอาจารย์วิทยาลัยการชลประทานทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอน และมอบความรู้อันเป็น
ประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ในการทำงานและพัฒนาประเทศต่อไป ขอขอบพระคุณ บุคลากรใน
ฝ่ายทดสอบและวิเคราะห์คอนกรีตและวัสดุ ส่วนทดสอบและวิเคราะห์วัสดุ สำนักวิจัยพัฒนา กรม
ชลประทาน ทุกท่าน ตลอดจนพนักงานประจำห้องทดลองสำหรับความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำ
ระหว่างการดำเนินงานวิจัย

สุดท้ายนี้ประโยชน์ทั้งหมดและคุณความดีทั้งหลายอันพึงจะได้รับจากโครงการวิศวกรรมเล่
นนี้ทางคณะผู้จัดทำขอมอบแต่ผู้ให้กำเนิด ครูบาอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาท
ความรู้ความสามารถต่าง ๆ แก่คณะของผู้จัดทำจนประสบความสำเร็จในการศึกษา

นายสิริวิชญ์ บุตรทอง

นายอาเนชา ไหลพานิช

นายพิสิฐพงศ์ พุทธรังษี

เมษายน 2564

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(5)
สารบัญภาพ	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 คำถามในการวิจัย	1
1.4 สมมติฐานในการวิจัย	2
1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	2
1.6 ขอบเขตในการวิจัย	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.8 กรอบความคิดในการวิจัย	5
1.9 แผนการดำเนินงาน	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ความรู้และทฤษฎีที่นำมาใช้ในงานวิจัย	7
2.1.1 การเสริมกำลังคอนกรีตโดยใช้เส้นใยชนิดต่างๆ	7
2.1.2 คุณสมบัติของ Polyethylene terephthalate (PET)	9

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.1.3 กำลังรับแรงอัด	10
2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด	11
2.1.4 กำลังรับแรงดัด	13
2.1.5 กำลังดึงผ่าซีก	13
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	19
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	20
3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	20
3.1.2 วัสดุตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย	20
3.2 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ	20
3.2.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์	20
3.2.2 การทดสอบหาขนาดผลของมวลรวมละเอียด	21
3.2.3 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมของมวลรวมละเอียด	21
3.2.4 การทดสอบหาขนาดผลของมวลรวมหยาบ	21
3.2.5 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมของมวลรวมหยาบ	21
3.2.6 การทดสอบหน่วยน้ำหนักและปริมาณช่องว่างของมวลรวมหยาบ	21
3.3 วิธีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	21

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 ปริมาณวัสดุและแท่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	23
3.5 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกในสภาพสด	25
3.6 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกในสภาพแห้งตัว	25
3.6.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	25
3.6.2 การทดสอบกำลังรับแรงดึงผ่าซีกของคอนกรีต	25
3.6.3 การทดสอบกำลังแรงดัดของคานคอนกรีต	25
3.7 สถานที่ทำการทดลอง	26
3.8 ระยะเวลาการทำวิจัย	26
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์	27
4.1 คุณสมบัติของวัสดุ	27
4.1.1 ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	27
4.1.2 คุณสมบัติของมวลรวมละเอียด	27
4.1.3 คุณสมบัติของมวลรวมหยาบ	27
4.1.4 คุณสมบัติของ polyethylene terephthalate (PET)	27
4.2 คุณสมบัติความยุบตัวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกสภาพสด	29
4.3 คุณสมบัติความยุบตัวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกสภาพแห้งตัวแล้ว	30
4.3.1 กำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	30

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.2 กำลังรับแรงดึงผ้าชีกคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	33
4.3.3 กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	34
4.3.4 กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	35
4.3.5 กำลังรับแรงดึงผ้าชีกสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	37
4.3.6 กำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	38
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	47
5.1 คุณสมบัติความยวบตัวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกสภาพสด	47
5.2 คุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกสภาพแข็งตัวแล้ว	47
5.2.1 กำลังแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	47
5.2.2 กำลังแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	48
5.2.3 กำลังแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	48
5.3 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิงและสิ่งอ้างอิง	50
ภาคผนวก	51

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางแผนดำเนินงานในการวิจัย	6
ตารางที่ 3.1 ปริมาณแท่งตัวอย่าง	23
ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร	24
ตารางที่ 3.3 ส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้จริง	24
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างปูนซีเมนต์	28
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ	28
ตารางที่ 4.3 ค่าความยุบตัวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอ	29
ตารางที่ 4.4 ค่ากำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง และกำลังแรงดัด คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่างกัน	40
ตารางที่ 4.5 ค่ากำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่างกัน	41
ตารางที่ 4.6 ค่ากำลังรับแรงอัดเปรียบเทียบ กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่างกัน	42

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
ก1 ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์	53
ก2 ความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมของหินย่อย	53
ก3 หน่วยน้ำหนักและปริมาณช่องว่างของมวลรวมหยาบ	54
ก4 ขนาดคละของมวลรวมหยาบ	54
ก5 ค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมของมวลรวมละเอียด	55
ก6 ขนาดคละของมวลรวมละเอียด	56
ก7 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 3 วัน	57
ก8 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน	59
ก9 กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน	60
ก10 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน	62

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 1.1 กรอบความคิดในการวิจัย	5
ภาพที่ 2.1 การเพิ่มขึ้นของค่ากำลังคอนกรีต	7
ภาพที่ 2.2 ลักษณะเส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอที่ใช้ในการวิจัย	9
ภาพที่ 3.1 แผนผังและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	19
ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเส้นใยพลาสติกกับค่าความยุบตัว	30

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดคอนกรีตกับปริมาณเส้นใยพลาสติก ที่อายุ 3 วัน	43
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดคอนกรีตกับปริมาณเส้นใยพลาสติก ที่อายุ 28 วัน	43
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงคอนกรีตกับปริมาณเส้นใยพลาสติก ที่อายุ 28 วัน	44
ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดคอนกรีตกับปริมาณเส้นใยพลาสติก ที่อายุ 28 วัน	44
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตกับปริมาณเส้นใย พลาสติกอายุ 3 วัน	45
ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตกับปริมาณเส้นใย พลาสติกอายุ 28 วัน	45
ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์ของคอนกรีตกับปริมาณเส้นใย พลาสติกอายุ 28 วัน	46
ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตกับปริมาณเส้นใย พลาสติกอายุ 28 วัน	46

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ข 1 ทำการเตรียม ชั่งวัสดุ สำหรับการผสมคอนกรีต	65
ข 2 นำส่วนผสมคอนกรีตลงในโมล์ผสมคอนกรีตแล้วทำการผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน	65
ข 3 ตักคอนกรีตลงในกรวยทดสอบค่าความยุบตัวโดยแบ่งเป็น 3 ชั้น โดยปริมาตร	66
ข 4 ทำการกระทุ้งด้วยเหล็กกระทุ้งจำนวน 25 ครั้งในแต่ละชั้น	66
ข 5 ยกกรวยทดสอบขึ้นตรง และทำการวัดค่าความยุบตัวของคอนกรีต	67
ข 6 ทำการตักคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วใส่แบบหล่อคอนกรีตที่ทาน้ำยาทาแบบไว้	67
ข 7 ทำให้แน่นโดยการสั่นคอนกรีตแล้วทำการปาดผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ	68
ข 8 ทำการถอดแบบออกและนำคอนกรีตไปบ่มน้ำ	69
ข 9 นำแท่งตัวอย่างคอนกรีตวางบนแท่นกดทดสอบกำลังรับแรงอัด	69
ข 10 นำแท่งตัวอย่างคอนกรีตวางบนแท่นกดทดสอบกำลังรับแรงดึง	70
ข 11 นำแท่งตัวอย่างคอนกรีตวางบนแท่นกดทดสอบกำลังรับแรงดัด	70
ทำการกดแท่งคอนกรีตจนเกิดการวิบัติและบันทึกค่ากำลังรับแรงสูงสุด	
 ภาพผนวก ค	 หน้า
การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คอนกรีตทางวิศวกรรมจะมีหน้าที่รับแรงกด แรงอัด ส่วนเหล็กเสริม มีหน้าที่รับแรงดึง ดังนั้นโครงสร้างที่มีแค่คอนกรีต (หิน+ปูน+ทราย) จะไม่สามารถรับแรงดึงแรงดัด ทำให้เกิดการวิบัติได้ง่ายกว่าโครงสร้างที่เสริมเหล็ก จึงได้มีการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตเสริมเส้นพลาสติกที่ใช้แล้วแบบสั่นจากพลาสติก ได้แก่ polyethylene terephthalate ในรูปของบรรจุภัณฑ์ประเภทขวดน้ำ พบว่าการใช้เส้นใยประเภทต่าง ๆ เสริมในคอนกรีตแม้จะไม่ได้เป็นหลักในการเพิ่มกำลังของคอนกรีต เมื่อเทียบกับคอนกรีตที่ไม่ได้เสริมเส้นใยในการผสมแบบเดียวกันแต่เส้นใยจะเข้ามามีประสิทธิภาพในการควบคุมการแตกร้าวพกรับแรงดึงและแรงอัดให้ความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับงานโครงสร้างที่ต้องรับสภาวะการกระแทก หรืองานที่ต้องควบคุมการแตกร้าว เช่น กระเบื้องปูหลังคา อิฐบล็อก พื้นถนน ผู้วิจัยและคณะจึงมีความคิดที่จะต่อยอดแนวคิดนี้ ซึ่งในงานวิจัยเดิมได้ทดสอบคุณสมบัติเส้นใยในรูปร่างแบบตรงสั้นไปแล้ว โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้สานต่อแนวคิดแต่เปลี่ยนรูปร่างของเส้นใยเป็นแบบโค้งหรือปลายงอแทน และนำผลมาเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลกับคอนกรีตที่ไม่ได้เสริมเส้นใย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของปริมาณเส้นใยพลาสติก ในรูปแบบงอมาเสริมในคอนกรีตสภาพสด

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของปริมาณเส้นใยพลาสติก ที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสภาพแข็งตัว ซึ่งคุณสมบัติทางกลได้แก่ กำลังรับแรงอัด (compressive strength) กำลังรับแรงดัด (flexural strength) และ กำลังดึงผ่าซีก

1.3 คำถามในการวิจัย

1.3.1 อัตราส่วนผสมของเส้นใยพลาสติกมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสภาพสดมากน้อยเพียงใด

1.3.2 เมื่อผสมเส้นใยพลาสติกในสัดส่วนต่างๆกัน คอนกรีตจะมีคุณสมบัติเพิ่มมากขึ้นหรือลดลงเพียงใด

1.3.3 เมื่อผสมเส้นใยพลาสติกในสัดส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่างกันจะส่งผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตอย่างไร

1.4 สมมติฐานในการวิจัย

1.4.1 ปริมาณเส้นใยพลาสติก มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสภาพสด

1.4.2 ปริมาณเส้นใยพลาสติก มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสภาพแข็งตัวแล้ว

1.4.3 คุณสมบัติของเส้นใยพลาสติก สามารถเพิ่มคุณสมบัติและประสิทธิภาพของคอนกรีต

1.4.4 คุณสมบัติคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติก สามารถนำไปใช้เช่นเดียวกับเส้นใยชนิดอื่นๆ

1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1 คอนกรีต เป็นวัสดุผสมที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ปูนซีเมนต์ วัสดุผสม (หินหรือกรวด, หินทราย) และน้ำ โดยอาจจะมีสารเคมีเติมเพิ่มเข้าไปสำหรับคุณสมบัติด้านอื่น ๆ เมื่อผสมเสร็จคอนกรีตจะแข็งตัวอย่างช้า ๆ ความแข็งแรงของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากที่พักผสม และยิ่งแข็งแรงขึ้นหลังจากการแข็งตัวโดยประมาณหลังจากแข็งตัวแล้ว 28 วันความแข็งแรงจะเริ่มคงที่ คุณสมบัติหลักของคอนกรีตคือการรับแรงอัดสูง ในขณะที่สามารถรับแรงดึงได้ต่ำประมาณ 10% ของแรงอัด โดยเมื่อต้องการให้คอนกรีตสามารถรับแรงดึงจะมีการเสริมวัสดุอื่นเพิ่มเข้าไปในคอนกรีตโดยจะเรียกว่าคอนกรีตเสริมแรง หรือคอนกรีตเสริมเหล็กที่เรียกกัน (โดยเสริมแรงด้วยเหล็ก) วัสดุเหล่านี้จะช่วยรับแรงดึงภายในคอนกรีต ซึ่งงานโครงสร้างอาคารส่วนใหญ่ นิยมใช้คอนกรีตเสริมแรงแทนที่คอนกรีตเปลือย

1.5.2 มวลรวมละเอียด หินทรายจากธรรมชาติหรือได้จากการสังเคราะห์ขึ้น โดยทั่วไปขนาดโตสุดจะอยู่ที่ 9.5 มิลลิเมตร

1.5.3 มวลรวมหยาบ เป็นวัสดุที่มีอนุภาคข้างบนตะแกรงขนาด 1.18 มิลลิเมตร ขึ้นไป (ตะแกรงเบอร์ 16) และอาจมีขนาดโตสุด 150 มิลลิเมตร โดยทั่วไปในการระบุขนาดมวลรวมจะระบุเป็นขนาดใหญ่สุดของมวลรวม เช่น 19 มิลลิเมตร หรือ 25 มิลลิเมตร และอาจจะใช้ขนาด 9.5 มิลลิเมตร ในการปรับปรุงขนาดมวลรวมให้ดีขึ้น

1.5.4 กำลังรับแรงอัด (compressive strength) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากที่สุดของคอนกรีตเนื่องจากการออกแบบคอนกรีตส่วนมากมักจะออกแบบให้คอนกรีตรับเฉพาะแรงอัดอย่างเดียวถึงแม้ว่าคอนกรีตจะรับแรงดึงได้บ้างก็มักจะไม่นำมาคิด ในองค์อาคารส่วนที่ต้องรับแรงดึงมักจะให้เหล็กรับแรงส่วนนี้ไป

1.5.5 กำลังรับแรงดึง (tensile strength) โดยทั่วไปจะมีค่าต่ำมากประมาณ 7 – 11% ของกำลังอัดเท่านั้น ดังนั้นในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่ว ๆ ไปแล้วมักจะไม่นับแรงดึงในการคำนวณ อย่างไรก็ตาม ในโครงสร้างบางชนิดที่ไม่ต้องการให้คอนกรีตแตกร้าว เนื่องจากต้องการป้องกันน้ำซึม เช่น ถังน้ำ เชื้อเพลิง หรือในกรณีที่ไม่เสริมเหล็ก เช่น ถนน สนามบิน เป็นต้น จำเป็นต้องใช้กำลังดึงของคอนกรีตช่วยในการออกแบบ

1.5.6 กำลังรับแรงดัด คือความสามารถของคอนกรีตที่จะสามารถทนต่อแรงที่ทำให้โค้งงอได้จะเกิดขึ้นเมื่อคอนกรีตได้รับแรง ไม่ว่าจะเป็นแรงในแนวตั้งฉากหรือตามแนวแกนเส้นศูนย์กลางของชิ้นงาน ทำให้เกิดแรงดึงและแรงอัดในฝั่งตรงกันข้ามกันแล้วเป็นผลให้คอนกรีต เกิดการโค้งงอ จะเรียกว่า คอนกรีตอยู่ภายใต้แรงดัด (bending) ความสามารถในการต้านทานแรงดัดของคอนกรีตมีค่าประมาณ 11-23% ของกำลังรับแรงอัด

1.5.7 เส้นใยพลาสติก ได้จากการตัดขวดน้ำดื่มอัดลม โดยใช้ขนาดเส้นใยพลาสติกแบบเส้นตรง แต่ปลายโค้งงอ มีความยาว 6 ซม. ความกว้าง 4 มม. และความหนา 0.30 มม.

1.6 ขอบเขตการวิจัย

1.6.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

คณะผู้วิจัยได้คำนวณออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน เพื่อนำมาผสมกับเส้นใยพลาสติก PET โดยใช้รูปร่างเส้นใยพลาสติกที่นำมาผสม ยาว 7 ซม. กว้าง 0.5 ซม. หนา 0.50 มม. โดยเลือกใช้ปริมาณเส้นใยพลาสติกร้อยละ 0, 0.5 และ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

ศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัด, กำลังรับแรงดัด และกำลังดึงผ่าซีก นำค่ากำลังรับแรงอัด, กำลังรับแรงดัด และกำลังดึงผ่าซีก ของคอนกรีตไม่ผสมเส้นใยพลาสติก และคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมาเปรียบเทียบกัน

1.6.2 ขอบเขตด้านตัวแปร

ก. ตัวแปรต้น คือ ปริมาณเส้นใยพลาสติกในคอนกรีตและอัตราส่วนน้ำต่อน้ำซีเมนต์

ข. ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัด, กำลังรับแรงดัด และ กำลังดึงผ่าซีกของคอนกรีตที่เปลี่ยนแปลง

ค. ตัวแปรควบคุม คือ ประเภทของปูนซีเมนต์ ขนาดของมวลรวมหยาบ ขนาดของมวลรวมละเอียด และขนาดของเส้นใยพลาสติก

ง. ตัวแปรเกิน คือ สภาพอากาศตอนทำงาน ระยะเวลาการนำคอนกรีตใส่แบบหล่อ

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.7.1 ทราบคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัด, กำลังรับแรงดัด และกำลังดึงผ่าซีกของคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตผสมเส้นใยจากพลาสติกในสัดส่วนต่างกัน

1.7.2 ทราบถึงคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัด, กำลังรับแรงดัด และกำลังดึงผ่าซีกของคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกในสัดส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่ต่างกัน

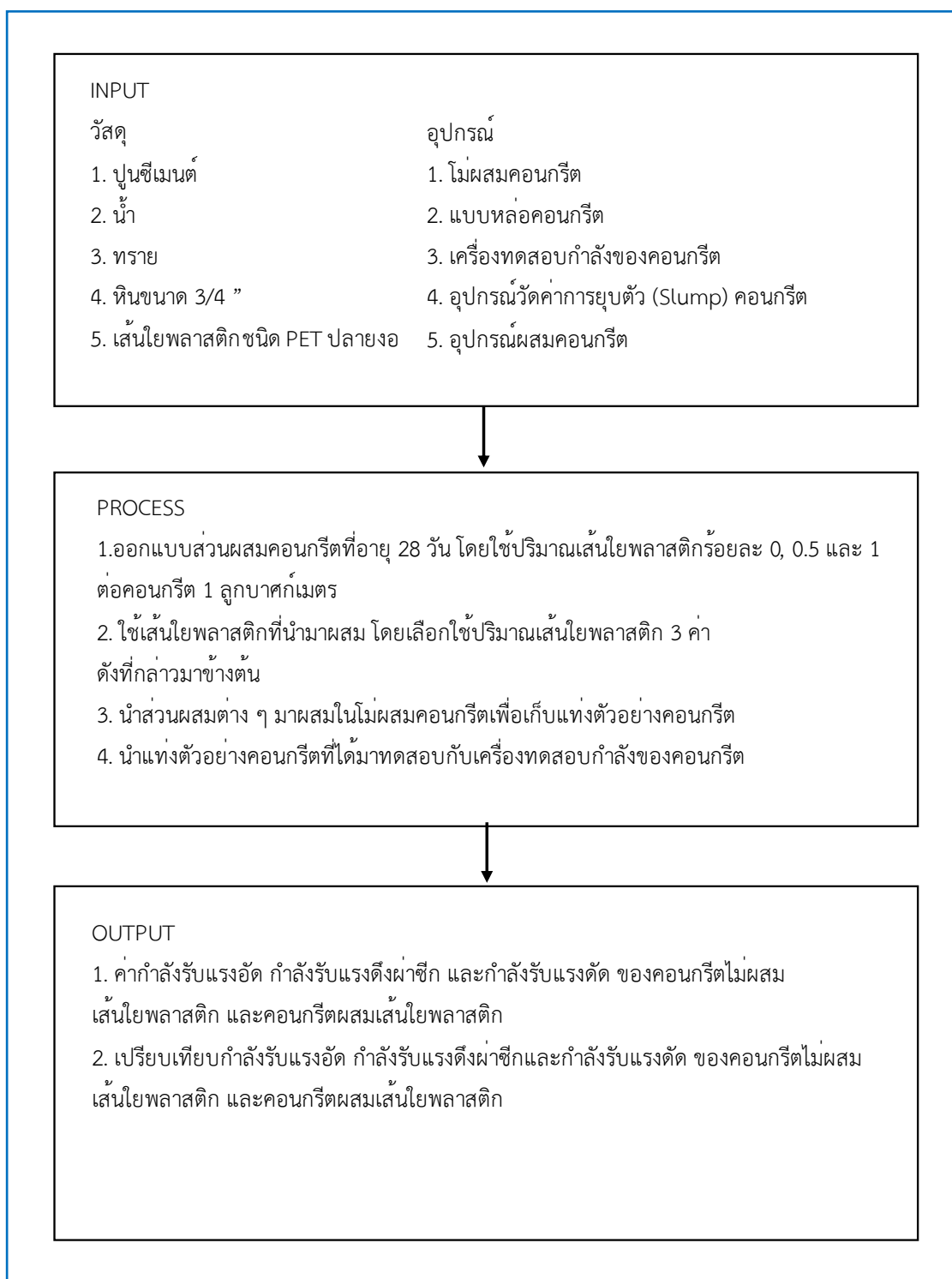
1.7.3 เพิ่มการใช้ประโยชน์จากวัสดุรีไซเคิลให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้นและมีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

1.7.4 ลดปริมาณขยะและพื้นที่ในการจัดการขยะประเภทนี้

1.7.5 ลดการเผาขยะพลาสติกและลดการเกิดภาวะโลกร้อน

1.8 กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบความคิดในงานวิจัย แสดงในภาพที่ 1.1 ดังต่อไปนี้



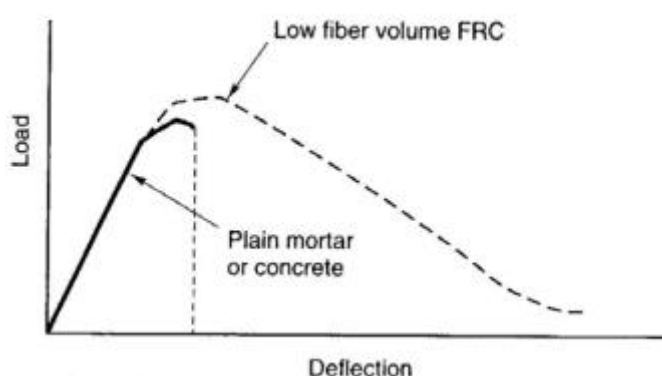
ภาพที่ 1.1 กรอบความคิดในการวิจัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้และทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย

2.1.1 การเสริมกำลังคอนกรีตโดยใช้เส้นใยชนิดต่าง ๆ เทคโนโลยีการใช้เส้นใยเสริมกำลังวัสดุเปราะมีมาตั้งแต่โบราณประมาณ 3,500 ปีก่อน เช่น ใช้เส้นใยจากฟางข้าวเสริมกำลังของอิฐ ใช้ขนสัตว์ผสมในปูนฉาบ และในช่วงที่ผ่านมา ความสนใจในการศึกษาเรื่องของการใช้เส้นใยในการเสริมกำลังมีมากขึ้น มีการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุโครงสร้างร่วมกับคอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุเปราะในงานโครงสร้างแต่เดิม จะมีการเสริมกำลังโดยการวางวัสดุเสริมกำลังที่มีลักษณะเป็นแท่งยาวต่อเนื่องไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อด้านทานหน่วยแรงดึง (tensile stress) และเริ่มมีการใช้เส้นใยที่มีลักษณะสั้น ไม่ต่อเนื่อง และกระจายตัวแบบสุ่มในการเสริมกำลัง จากการศึกษาพบว่า การเสริมกำลังจะขึ้นกับชนิดรูปร่าง และปริมาณของเส้นใย การใช้เส้นใยไม่เพียงพิจารณาการเพิ่มกำลังของคอนกรีตเท่านั้น เส้นใยจะเข้ามาเชื่อมช่องว่าง จึงมีประสิทธิภาพดีในการควบคุมการแตกร้าวและความเหนียวเพิ่มขึ้น ดังรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวและแรงกระทำของคอนกรีตที่มีการเสริมเส้นใยเมื่อคอนกรีตได้รับการเสริมเส้นใยจะรับแรงดึงได้เพิ่มขึ้น สามารถโก่งตัวได้สูงขึ้น เส้นใยที่ใช้การเสริมกำลังมีอยู่หลายชนิด (derucher, 1994)



ภาพที่ 2.1 การเพิ่มขึ้นของค่ากำลังคอนกรีต

belaguru and shah (1992) ได้แบ่งเส้นใยที่ใช้เสริมในคอนกรีตหรือมอร์ตาร์เป็น 4 ชนิด ได้แก่ เส้นใยโลหะ (metallic fibers) เส้นใยเหล็ก เส้นใยสแตนเลส เส้นใยเหล็ก ถูกใช้เป็นวัสดุเสริมกำลังในคอนกรีตเมื่อ 30 ปีที่ผ่านมา เส้นใยเหล็กเป็นเส้นใยที่ได้รับความสนใจมากกว่าเส้นใยชนิดอื่น ๆ ประยุกต์ใช้ในงานเชื่อม สนามบิน วัสดุปูพื้นถนน พื้นโรงงานอุตสาหกรรม มีมาตรฐานในการใช้เส้นใยเหล็กคือ ASTM A820 ซึ่งต้องระบุความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลาง (aspect ratio : 1/d) กำลังรับแรงดึงประลัษณ์น้อยสุด และการเสียเหล็กที่ใช้ทำเส้นใยเหล็กคือ carbon steel และ alloy steel เส้นใยสังเคราะห์ (synthetic fibers) เส้นใยสังเคราะห์ถูกนำมาใช้สำหรับเสริมกำลัง เมื่อไม่นานโดยเริ่มจากใช้ผลิตกระเบื้องปูหลังคาสามารถแบ่งได้ เส้นใยแร่ (mineral fibers) ได้แก่ เส้นใยแก้ว และเส้นใยหิน เส้นใยธรรมชาติ (natural fibers)แนวคิดที่จะใช้เส้นใยธรรมชาติในการเสริมกำลังเกิดขึ้นไม่นานและคาดหวังที่จะช่วยเสริมกำลังของคอนกรีตได้ จากการศึกษาพบว่า เส้นใยธรรมชาติจะกระจายตัวอย่างเป็นแบบโดยใช้เส้นใยที่สั้นและไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยเพิ่มความต้านทานในการแตกร้าว การกระแทก และที่สำคัญราคาถูก

เส้นใยที่จะใช้เสริมในคอนกรีตควรจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ (youjiang, 2000)

- 1.) มีความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมีในคอนกรีต
- 2.) มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำ
- 3.) มีความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี
- 4.) มีลักษณะที่เหมาะสม
- 5.) มีการกระจายตัวเพื่อผสมในคอนกรีตได้อย่างทั่วถึงลักษณะการวิบัติของคอนกรีตและมอร์ตาร์เสริมเส้นใย

swamy (1988) เสนอว่า การเสริมเส้นใยในคอนกรีตหรือมอร์ตาร์ไม่ได้เสริมการแตกร้าวขนาดเล็ก (micro crack) แต่เมื่อคอนกรีตเกิดการแตกร้าวแล้ว เส้นใยจะเข้าไปช่วยยึดคอนกรีตหรือมอร์ตาร์ไว้ไม่ให้รอยแตกร้าวขยายตัวเพิ่มขึ้น และช่วยดูดซับพลังงาน เส้นใยบางชนิดไม่ยึดเกาะกับคอนกรีตเนื่องจากพันธะเคมี (chemical bonds) ระหว่างผิวของเส้นใยกับซีเมนต์เพสต์ คอนกรีตจะถ่ายเทพลังงานบางส่วนให้แก่เส้นใยที่ยึดเกาะกับคอนกรีตได้ เมื่อเส้นใยรับพลังงานถึงจุดแตกหักของเส้นใยก็จะฉีกขาด และถ้ารอยแตกร้าวของคอนกรีตหรือมอร์ตาร์เกิดที่ส่วนปลายของเส้นใย เส้นใยจะไม่สามารถยึดเกาะกับคอนกรีตหรือมอร์ตาร์ได้



ภาพที่ 2.2 ลักษณะเส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอที่ใช้ในการวิจัย

2.1.2 คุณสมบัติของ polyethylene terephthalate (PET)

PET เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกที่สามารถขึ้นรูปได้ด้วยความร้อนและเป็นที่นิยมนำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ โดยมีสัดส่วนถึงร้อยละ 9.3 ของปริมาณพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ (selke, 1997) ความต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก PET ทั่วโลกจากปี 1985 ปริมาณ 0.5 เมกะตันเป็น 1.5 เมกะตันในปี 1990 และ 7 เมกะตันในปี 2000 และคาดว่าจะมีความต้องการเพิ่มร้อยละ 10 ต่อปี (brooks and giles, 2002) จุดเด่นของ PET ที่ทำให้เป็นที่นิยมในการนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ คือ สามารถผลิตได้หลายรูปร่างและมีการเปลี่ยนรูปร่างน้อยเมื่อขึ้นแล้ว PET ยังเป็นวัสดุทางวิศวกรรมที่ดีและมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้มากขึ้นในงานของวิศวกรรมอุตสาหกรรม วิศวกรรมเครื่องกลในการทำเป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักร และวิศวกรรมไฟฟ้า

คุณสมบัติของ PET

- 1) กำลังรับแรงดึงสูงประมาณ 48.3 ถึง 72.4 MPa
- 2) โมดูลัสยืดหยุ่นประมาณ 2.76 ถึง 4.14 GPa
- 3) จุดหลอมเหลวสูงประมาณ 250°C ถึง 260°C
- 4) ความหนาแน่น 0.95 g/cm^3
- 5) เปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงสุดที่จุดแตกหักเท่ากับ 30
- 6) การดูดซึมน้ำต่ำ
- 7) มีความแข็ง (hardness) และความแกร่ง (stiffness) ที่ดี

8) การเปลี่ยนรูปร่างต่ำ

9) ผิวเรียบ โปร่งใสเหนียวและฉีกขาดได้ยาก

10) มีความต้านทานต่อสภาพอากาศ ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และ รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.3 กำลังรับแรงอัด

คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดที่ต้องการของคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้วคือ กำลังต้านทานแรงอัด (compressive strength) เนื่องจากพบว่า กำลังต้านทานหรือกำลังรับแรงแบบอื่นของคอนกรีต เช่น กำลังรับแรงดึง กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงเฉือน และกำลังยึดเหนี่ยว รวมทั้งความทนทานและการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ล้วนเป็นสัดส่วนเทียบได้กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตทั้งสิ้น ซึ่งหมายความว่า เมื่อคอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดสูง กำลังรับแรงอย่างอื่นหรือความทนทานก็จะสูงตามไปด้วย การทดสอบหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตให้ปฏิบัติตามวิธีของ ASTM C39 โดยการกดหรืออัดแรงตามแนวแกนของแท่งทดสอบมาตรฐานอย่างช้า ๆ ด้วยเครื่องทดสอบจนกระทั่งคอนกรีตถูกอัดแตก และเมื่อหารน้ำหนักกดอัดสูงสุดที่ได้ด้วยเนื้อที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างที่รับแรงกระทำจะเป็นค่ากำลังรับแรงกดอัดสูงสุดของแท่งคอนกรีตนั้น กำลังของคอนกรีตจะถือเป็นที่ยอมรับได้เมื่อผลเฉลี่ยกำลังอัดของการทดสอบ 3 ครั้งต่อเนื่องกันให้ค่าเท่ากับหรือมากกว่ากำลังรับแรงกดอัดสูงสุดที่กำหนด โดยที่กำลังอัดของการทดสอบแต่ละครั้ง อาจให้ค่าต่ำกว่ากำลังรับแรงกดอัดสูงสุดได้ไม่เกิน 3.5 Mpa (35 kg/cm^2) แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับค่าความเครียดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่มีกำลังรับแรงอัดต่าง ๆ กันเมื่อรับแรงกดอัดตามแนวแกนอย่างเดียว (uniaxial stress) จนกระทั่งคอนกรีตถูกอัดแตก จะเห็นได้ว่าจากจุดเริ่มต้นที่รับน้ำหนักจนถึงระดับของหน่วยแรงอัดประมาณ 40 - 50 เปอร์เซ็นต์ของกำลังรับแรงกดอัดสูงสุด ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นเส้นโค้งเล็กน้อยซึ่งดูเหมือนเป็นเส้นตรง อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติเมื่อคอนกรีตรับน้ำหนักอยู่ในช่วงใช้งานและกระทำในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (short-time loading) มักจะสมมติว่าคอนกรีตมีค่าความเครียดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับหน่วยแรงอัดที่กระทำ เมื่อหน่วยแรงอัดเพิ่มสูงขึ้นความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็น เส้นโค้ง คล้ายพาราโบลาซึ่งพบว่าที่หน่วยแรงอัดสูงสุดคอนกรีตจะมีความเครียดประมาณ 0.002 mm/mm และแท่งคอนกรีตยังสามารถต้านแรงอัดต่อไปได้ ในขณะที่ความเครียดมีค่าเพิ่ม

มากขึ้น แต่หน่วยแรงอัดจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งสมบัติที่ค่าความเครียดสูงสุดประมาณ 0.003 - 0.004 mm/mm (มาตรฐาน ว.ส.ท.1008-38 กำหนดให้ใช้ค่าความเครียดสูงสุดของคอนกรีตเท่ากับ 0.003 mm/mm)

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด

2.1.3.1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c)

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตส่วนใหญ่ จะถูกควบคุมโดยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ซึ่งอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จะลดรูพรุนของคอนกรีตแข็ง และช่วยเพิ่มความสามารถในการประสานกันของของแข็งในคอนกรีตซึ่งโพลอากาศที่เกิดในคอนกรีตจะลดกำลังของคอนกรีต

2.1.3.2. ประเภทและลักษณะของซีเมนต์

ความละเอียดของปูนซีเมนต์และองค์ประกอบของสารเคมีของปูนซีเมนต์ มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อคอนกรีตมีอายุน้อยกว่า กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะมีค่าแตกต่างกันตามประเภทของปูนซีเมนต์ที่อายุเท่ากัน และเมื่ออายุมากขึ้นเกิน 1 ปีกำลังรับแรงอัดจะมีค่าแตกต่างกันน้อย

2.1.3.3. อายุของคอนกรีต

กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีต ในช่วงอายุ 28 วันแรก กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว และเพิ่มขึ้นน้อยลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ยังพบว่าที่อายุ 7 วันจะมีกำลังเป็นร้อยละ 65 ถึง 70 ของกำลังที่อายุ 28 วัน (macgregor)

2.1.3.4. วัสดุผสม (aggregate)

วัสดุผสมหรือมวลรวม ได้แก่ ทราย หินหรือกรวด เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีต เนื่องจากวัสดุผสมมีปริมาตรร้อยละ 70 ถึง 80 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด คุณสมบัติของวัสดุผสมจะช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน (durability) และปริมาตรที่ไม่เปลี่ยนแปลงมาก (volume stability) ทั้งยังทำหน้าที่ต้านทานน้ำหนัก

ที่กดลงบนคอนกรีต กำลังและคุณสมบัติทางกายภาพยังมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งในสภาพที่เป็นคอนกรีตเหลวและคอนกรีตแข็งตัวแล้ว วัสดุผสมที่ดีซึ่งจะส่งผลให้คอนกรีตมีความทนทานสูงควรมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ดีดังนี้คือ ต้องมีความคงทนไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบในซีเมนต์ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดผลเสียต่อเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีต และวัสดุผสมจะต้องไม่มีสิ่งเจือปนที่มีผลเสียต่อกำลังและความคงตัวของซีเมนต์เพสต์ การยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุผสมกับซีเมนต์เพสต์จะมีผลต่อกำลังของคอนกรีต ซึ่งการยึดเหนี่ยวที่ดีจะขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะขอบมุมของวัสดุผสม วัสดุผสมที่ดีต้องมีรูพรุนน้อย

2.1.3.5. ปริมาณความชื้นและอุณหภูมิระหว่างการบ่ม

กำลังของคอนกรีตจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นระหว่างการบ่ม การเพิ่มความชื้นและการให้ความชื้นอย่างต่อเนื่องในการบ่มจะทำให้กำลังของคอนกรีตดีขึ้น กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเมื่อบ่มด้วยความชื้นขึ้นอย่างต่อเนื่องจะมีค่าสูงกว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มในอากาศ และถ้าอุณหภูมิที่บ่มมีค่าสูงขึ้นแล้ว คอนกรีตจะมีกำลังสูงขึ้น

2.1.3.6. ความชื้นในแท่งทดสอบขณะทำการทดสอบ

ถ้ามีปริมาณความชื้นในแท่งทดสอบขณะทำการทดสอบมีค่าสูงแล้ว กำลังของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบจะมีค่าต่ำลง

2.1.3.7. อัตราของแรงกระทำ

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออัตราของแรงกระทำมีค่าเพิ่มขึ้น ในการทดสอบที่ใช้แท่งตัวอย่างทดสอบทรงกระบอกใช้แรงกระทำประมาณ 0.24 MPa/sec ในเวลา 1.5 ถึง 2 นาทีจะทำให้แรงกระทำสูงสุดในการทดสอบ ถ้าให้อัตราแรงกระทำอย่างช้า ๆ กำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตจะลดลงประมาณร้อยละ 75 ของการทดสอบ ด้วยแรงกระทำ 0.24 MPa/sec และถ้าให้อัตราแรงกระทำอย่างรวดเร็วกำลังรับแรงกดอัดของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 115 ของการทดสอบเดิม (macgregor)

2.1.4 กำลังรับแรงดัด

กำลังรับแรงดัดของคอนกรีต (flexural strength) สามารถวัดจากโมดูลัสแตกร้าว (modulus of rupture), R ซึ่งได้แก่หน่วยแรงดึงสูงสุดในเนื้อคอนกรีต ณ จุดที่เกิดการแตกหักโดยแรงดัด การหาค่าโมดูลัสแตกร้าวให้ปฏิบัติตาม ASTM C78 โดยตัวอย่างทดสอบเป็นคาน ใช้น้ำหนักกดลงบนจุดที่แบ่งคานเป็นสามช่วง เพิ่มน้ำหนักกดลงให้สม่ำเสมอ โดยให้เกิดหน่วยแรงที่ผิวบนประมาณ $8 - 10 \text{ kg/cm}^2$ ต่อหน้าที จากค่าน้ำหนักสูงสุดที่คานสามารถรับได้นำมาคำนวณหาค่าโมดูลัสแตกร้าว ดังแสดงในสมการ

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

เมื่อ P คือ น้ำหนักกดสูงสุด

L คือ ระยะห่างระหว่างฐานรองรับ

b กับ d คือ ความกว้างและความลึกของคานตัวอย่างทดสอบ

พบว่า กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตสูงกว่ากำลังรับแรงดึงประมาณร้อยละ 60 ถึง 100 ค่าโมดูลัสของการแตกหักอยู่ในช่วงร้อยละ 11 ถึง 23 ของกำลังรับแรงอัด การใช้วัสดุผสมที่มีผิวหยาบขรุขระและมีเหลี่ยมมุม จะทำให้กำลังรับแรงดัดสูงขึ้น

2.1.5 กำลังดึงผ่าซีก

การทดสอบแรงดึงโดยวิธีผ่าซีก (splitting tensile test) ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศบราซิล ASTM C495 ได้กำหนดการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. วางนอนเพื่อรับแรงกดที่ส่งผ่านจากแผ่นไม้อัดหนา 3 มม. แรงอัดที่ส่งผ่านไม้อัดจะทำให้เกิดแรงดึงขึ้นซึ่งเกือบคงที่ตลอดหน้าตัด โดยมีแรงอัดที่ผิวสัมผัสระหว่างไม้อัดกับคอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตรับแรงอัดได้สูง ดังนั้นแรงอัดที่เกิดขึ้นจึงไม่ก่อให้เกิดคอนกรีตเสียหาย แต่แรงดึงที่เกิดขึ้นจะเกินกว่าแรงดึงที่คอนกรีตรับได้คอนกรีตจึงแตกออกเป็น 2 ซีก การ

คำนวณค่าแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธีผ่าซีกสามารถหาได้จากสมการ ส่วนแรงอัดที่เกิดขึ้นในคอนกรีตจะเป็นไปตามสมการ โดยสมการทั้งสองใช้ทฤษฎีอีลาสติกในการวิเคราะห์

แรงดึงของคอนกรีต

$$\sigma = \frac{2P}{\pi LD}$$

แรงอัดคอนกรีต

$$\sigma = \frac{2P}{\pi LD} \left(\frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \right)$$

σ_t คือ แรงดึงของคอนกรีตตามแนวราบโดยวิธีผ่าซีก (กก./ซม.².)

σ_c คือ แรงอัดของคอนกรีตตามแนวตั้งโดยวิธีผ่าซีก (กก./ซม.².)

P คือ แรงกดประลัยที่กระทำต่อคอนกรีต (กก.)

L คือ ความยาวของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก (ซม.)

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างคอนกรีต (ซม.)

R คือ ระยะทางวัดจากผิวด้านบนของคอนกรีต (ซม.)

แรงดึงโดยวิธีผ่าซีกจะมีค่าสูงกว่าแรงดึงที่ทดสอบโดยตรงประมาณร้อยละ 15 ขณะที่แรงดึงโดยวิธีผ่าซีกมีค่าประมาณร้อยละ 5 ถึง 75 ของแรงดึงโดยวิธีตัด (โมดูลัสแตกร้าว) สำหรับแรงดึงโดยวิธีผ่าซีกเมื่อคอนกรีตกำลังสูงมีค่าร้อยละ 10 ถึง 12 ในช่วงอายุ 3 วันหลังจากนั้นจะมีค่าต่ำลงเล็กน้อยโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 8 ถึง 9 ของกำลังอัดเมื่ออายุ 60 ถึง 180 วัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อมรรัตน์, ส.ว., & สุริยวิจิตร เสรณี.ทรภณบูรณากาญจน์. (2020). การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตเสริมเส้นพลาสติกที่ไ้แล้วแบบสั้น สมบัติของคอนกรีตที่มีการใช้ขวดพลาสติก polyethylene terephthalate (PET) เป็นส่วนประกอบ Thai Journal of Science and Technology, 9(1), 180-196. ในการศึกษาวิธีนำพลาสติก polyethylene terephthalate (PET) และ high density polyethylene (HDPE) มาเสริมคอนกรีตพบว่า การเสริมเส้นพลาสติกให้กำลังรับแรงอัดและดุมูลัสยืดหยุ่นลดลงเมื่อปริมาณเส้นพลาสติกมากขึ้นและเส้นใยพลาสติกชีกแซกลดกำลังรับแรงอัดมากกว่าเส้นใยพลาสติกตรงแต่ชนิดและรูปร่างของเส้นพลาสติกมีผลต่อโมดูลัสยืดหยุ่นน้อยมากแต่ในการเสริมเส้นพลาสติกจะช่วยให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้น โดยเส้นพลาสติก PET ชีกแซกปริมาณร้อยละ 1.0 โดยปริมาตรให้กำลังรับแรงดัดสูงที่สุด

สุทธิชัย เจริญกิจ, ธนิตเชษฐ์ ดวง โสมมา, & สราวุธ จิตงาม. (2021). การศึกษาการใช้เศษพลาสติก polyethylene terephthalate (PET) ผสมกับแอสฟัลต์ คอนกรีตสำหรับงานทาง. วารสารวิชาการ โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, 19(1), 96-110.ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณสมบัติด้วยเศษพลาสติกรีไซเคิลประเภท polyethylene terephthalate (PET) หรือที่พบเห็นได้ในรูปแบบของขวดน้ำดื่มชนิดใส ผู้วิจัยเล็งเห็นความเป็นไปได้ในการใช้พลาสติกรีไซเคิลที่ปกติแล้วถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญของปัญหาขยะไมโครพลาสติก งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโดยการนำแอสฟัลต์คอนกรีตชนิด AC 60 - 70 ผสมกับพลาสติก PET ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการทดสอบการจิ้มด้วยเข็ม การทดสอบจุดอ่อนตัว การทดสอบจุดวาวไฟ การทดสอบการยึดตัว เพื่อทราบค่าคุณสมบัติเบื้องต้น จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบการรับกำลังและการทำงานโดยการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชล ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าทราบ ค่าเสถียรภาพมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 2,133 lbs. เป็น 2,824 lbs. เมื่อเพิ่มส่วนผสม PET ที่อัตราส่วน ร้อยละ 10 (เสถียรภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.40) ค่าคุณสมบัติดัชนีมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานเมื่อผสมกับเศษพลาสติกในอัตราส่วนที่เหมาะสม กล่าวคือจากการศึกษาทำให้ทราบว่า การใช้เศษพลาสติก PET ผสมกับแอสฟัลต์สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของ แอสฟัลต์คอนกรีตได้อย่างมีนัยสำคัญ สามารถพัฒนาให้มีความเหมาะสมสำหรับใช้งานก่อสร้างทางและส่งผลดีต่อการจัดการปัญหาขยะพลาสติก

มานอชรรพกิจ ทิพากร, อุทัย ฤทธิ์โรจนวิภาต, & ปิติ สุคนธสุขกุล. (2012). วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของเส้นใยสำหรับการเสริมแรง ในคอนกรีต. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระ

นครเหนือ, 22(3), 549-559. ได้ทำการศึกษาคอนกรีตเสริมแรงด้วยเส้นใยได้รับการพัฒนาเพื่อลดทอน การเกิดการแตกร้าวจากการหดตัวของคอนกรีตและเพิ่มพฤติกรรมความเหนียวให้กับคอนกรีตเมื่อมี การแตกร้าวเกิดขึ้น ประสิทธิภาพของเส้นใยที่ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติดังกล่าวของคอนกรีตตรวจสอบ ได้จากการทดสอบ การทดสอบคอนกรีตเสริมแรงด้วยเส้นใยมีอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีความ เหมาะสมและมีข้อจำกัดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะการนำคอนกรีตเสริมแรงด้วยเส้นใยไปใช้งาน บทความนี้ได้รวบรวมแนวคิด วัตถุประสงค์ และวิธีการโดยสังเขปของการทดสอบแบบต่าง ๆ วิธีการ ทดสอบที่กล่าวถึงในที่นี้จะเป็มาตรฐานการทดสอบของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นส่วนใหญ่ (American Society of Testing and Materials; ASTM) สำหรับวัดประสิทธิภาพของคอนกรีต เสริมแรงด้วยเส้นใย โดยแบ่งออกตามวัตถุประสงค์ของการเสริมเส้นใย เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่การเสริม เส้นใยเพื่อลดการแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต และการเสริมเส้นใยเพื่อเพิ่มความเหนียว

ทวีชัย สำราญวานิช, กิตติศักดิ์ นนทเขตขยัน, & ภาณุมาศ ดวงสิทธิโชค. การศึกษา คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตและมอร์ตาร์ที่ผสมไฟเบอร์. ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลซึ่งได้แก่ กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง กำลังรับแรงดัด ค่ายังโมดูลัส อัตราส่วนปัวซองค์และพลังงานการ แตกร้าวคอนกรีตที่ผสมไฟเบอร์เป็นสารผสมเพิ่ม รวมถึงศึกษากำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง กำลัง รับแรงดัดของมอร์ตาร์ผสมไฟเบอร์อีกด้วย คอนกรีตที่อัตราส่วนผสมต่างๆ กัน

วรชัย ใจกาศ, ชยานนท์ หรรษภิญโญ, & อีวรา สุวรรณ. (2020). คุณสมบัติทางกลคอนกรีต เสริมเส้นใยสังเคราะห์ที่ใช้กรวดแม่น้ำเป็นมวลรวมหยาบ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25, 25, MAT08-MAT08. ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกลคอนกรีตเสริมเส้นใยสังเคราะห์ ที่ ใช้กรวดแม่น้ำเป็นมวลรวมหยาบคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติต้านทานแรงดึงและกำลังดัดต่ำเมื่อ เทียบกับกำลังอัด และหากมีการนำกรวดแม่น้ำธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมของมวลรวมหยาบจะทำให้ กำลังดึงยิ่งลดลงไปอีก แนวทางหนึ่งเพื่อเสริมกำลังดึงคือการใช้เส้นใยสังเคราะห์ เสริมคอนกรีต งานวิจัยนี้เลือกใช้เส้นใยสังเคราะห์ 3 ชนิด ได้แก่ เส้นใยแก้ว เส้นใยโพลิโพรพิลีน และเส้นใยโพลีเอ สเตอร์ เพิ่มเข้าไปในคอนกรีตที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ซึ่งใน แต่ละส่วนผสมจะใช้คอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบ 2 ชนิด คือ หินย้อยจากภูเขา และกรวดแม่น้ำ ธรรมชาติ จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่าค่าการยุบตัว (Slump) มีค่าลดลงร้อยละ 50-57 เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ค่ากำลังต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่วนด้านของกำลังรับแรงดึงมี ค่าที่เพิ่มมากที่สุดถึง ร้อยละ 42 เพิ่มขึ้นตามปริมาณที่ใช้ ความสามารถในการแอ่นตัวและความยืดหยุ่น มีเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณเส้นใยสังเคราะห์อย่างเห็นได้ชัด

บวรวิศรากร ญ อยุธยา, ปรีดา จันทวงษ์, & โยธิน อังกุล. (2011). การศึกษาคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำผสมเส้นใยไมโครไฟเบอร์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 21(2), 266-271. ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำแบบผสมไมโครไฟเบอร์ ได้แก่งำลังต้านทานแรงอัด กำลังต้านทานแรงดัด ความหนาแน่นและอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาโดยมีการใช้เส้นใยไมโครไฟเบอร์ เพื่อเป็นส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำไมโครไฟเบอร์มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยซิลิกาและแคลเซียมออกไซด์ เช่นเดียวกับปูนซีเมนต์แต่น้ำหนักเบา จึงได้ทดลองนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10.0 ผลการศึกษาพบว่า ส่วนผสมการแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม มีส่วนช่วยให้กำลังต้านทานแรงอัดและกำลังต้านทานแรงดัดเพิ่มมากขึ้น ผลการเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ที่มีปริมาณอัตราส่วนผสมเท่ากัน และหากเปรียบเทียบผลการทดสอบกับค่าตามมาตรฐานอุตสาหกรรมมอก 1505 - 2541 พบว่าสัดส่วนผสมแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 2.5 ผ่านเกณฑ์โดยจัดอยู่ในชั้นคุณภาพ 4

ฐานี ศุภกิจวัฒนา, ทศไนย สีสด, & นฤตล ช่างประดิษฐ์. คุณสมบัติทางกลของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้มวลรวมหยาบสังเคราะห์จากพลาสติกรีไซเคิล (Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัยนเรศวร). ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ มวลรวมหยาบสังเคราะห์จากพลาสติกรีไซเคิล โดยใช้ประโยชน์จากวัสดุสังเคราะห์ขึ้นรูป (recycle plastic sphere, RPS) ประเภทพลาสติกรีไซเคิล มาแทนที่มวลรวมหยาบบางส่วนลงในส่วนผสมของคอนกรีตทั่วไปเพื่อลดต้นทุนน้ำหนักของคอนกรีต โดยงานวิจัยนี้จะกระทำการศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตทั่วไปกับคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ส่วนผสมของวัสดุสังเคราะห์แทนที่มวลรวมหยาบบางส่วน และควบคุมปริมาณมวลรวมหยาบระหว่างทรายกับวัสดุสังเคราะห์ขึ้นรูป (RPS) ให้มีหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตเป็น 2,000, 1,800, 1,600 และ 1,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตทั่วไปมีค่ากำลังอัด ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และค่ากำลังต้านทานแรงดัดมากกว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุสังเคราะห์ขึ้นรูป (RPS) แทนที่มวลรวมหยาบ จากผลการทดสอบยังพบอีกว่าหน่วยน้ำหนักที่ลดลงจะเป็นปฏิภาคผกผันกับคุณสมบัติทางกลของคอนกรีต การแทนที่มวลรวมหยาบด้วยมวลรวมสังเคราะห์สามารถลดหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตได้ 7-35 % และมีคุณสมบัติทางกลที่สามารถนำไปใช้งานโครงสร้างได้

นันทชัย ชูศิลป์, ชนาภัทร คุ่มภัย, ชาญณรงค์ ศรีแปลก, & วิไล สิตพงศ์. (2013). สมบัติเชิงกลของซีเมนต์เพสต์เสริมเส้นใยตาลโตนด. วารสารการพัฒนารวมชนและคุณภาพชีวิต, 1(2), 89-99. ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยตาลโตนดมาเสริมกำลังให้กับซีเมนต์เพสต์เพื่อให้ซีเมนต์เพสต์มีคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมดีขึ้น โดยใช้ก้อนตัวอย่างขนาด 100x 100x100 มิลลิเมตร นำมาเสริมเส้นใยตาลโตนดที่มีความยาว 2, 4, 6 และ 8 เซนติเมตร เสริมกับซีเมนต์เพสต์ที่อัตราร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.44 คงที่ทุกส่วนผสม เพื่อใช้ทดสอบกำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นที่อายุการบ่ม 7, 14 และ 28 วัน และใช้ก้อนตัวอย่างขนาด 400x100x20 มิลลิเมตร นำมาเสริมเส้นใยตาลโตนดที่มีความยาว 35 เซนติเมตร เสริมกับซีเมนต์เพสต์ในอัตราร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.44 คงที่ทุกส่วนผสม เพื่อใช้ทดสอบแรงดัด และความหนาแน่นของซีเมนต์เพสต์เสริมเส้นใยตาลโตนด โดยผลทั้งหมดจะถูกเปรียบเทียบกับซีเมนต์เพสต์ล้วน ผลการศึกษาพบว่าความยาวและปริมาณของเส้นใยที่เสริมในซีเมนต์เพสต์ในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นของซีเมนต์เพสต์เสริมเส้นใยตาลโตนดมีค่ากำลังรับแรงอัดที่ลดลง และค่าความหนาแน่นที่ลดน้อยลงด้วย โดยกำลังรับแรงอัดลดลงในอัตราร้อยละ 35.3 และความหนาแน่นลดลงในอัตราร้อยละ 5 แต่ในทางตรงกันข้ามซีเมนต์เพสต์ที่เสริมเส้นใยตาลโตนดในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงดัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยกำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 38.9 เนื่องจากเส้นใยตาลโตนดเป็นวัสดุที่ช่วยในการยึดเกาะ ทำให้ซีเมนต์เพสต์ผสมใยตาลไม่แยกขาดออกจากกัน ในขณะที่ซีเมนต์เพสต์นั้นเกิดการแตกร้าว นอกจากนี้ พบว่าอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการรับกำลังอัด และความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นด้วย

Anandan, S., & Alsubih, M. (2021). Mechanical strength characterization of plastic fiber reinforced cement concrete composites. *Applied Sciences*, 11(2), 852.

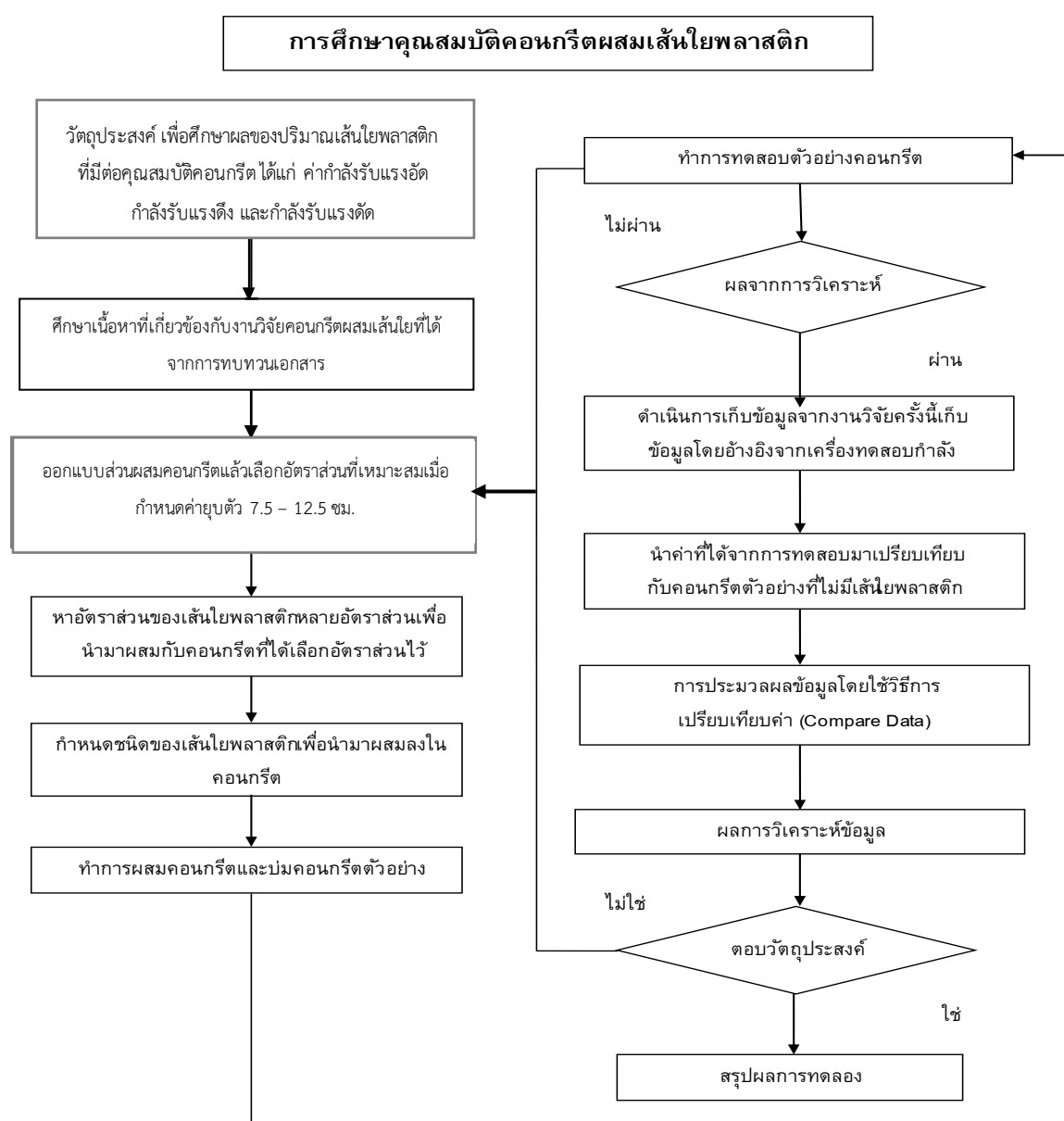
Siddique, R., Khatib, J., & Kaur, I. (2008). Use of recycled plastic in concrete: A review. *Waste management*, 28(10), 1835-1852.

Nibudey, R. N., Nagarnaik, P. B., Parbat, D. K., & Pande, A. M. (2013). Strength and fracture properties of post consumed waste plastic fiber reinforced concrete. *International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development (IJCSE/ERD)*, 3(2), 9-16.

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

วิธีดำเนินงานวิจัย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเรื่องการศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่

- 3.1.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (TPI)
- 3.1.1.2 มวลรวมละเอียด (fine aggregate) เป็นทรายแม่น้ำ
- 3.1.1.3 มวลรวมหยาบ (coarse aggregate) เป็นหินย่อยขนาดโตสุด 3 / 4 นิ้ว
- 3.1.1.4 เส้นใยพลาสติกปลายงอ ขนาดกว้าง 5 มม. ยาว 7 ซม.
- 3.1.1.5 น้ำ น้ำที่ใช้เป็นน้ำประปา

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย

- 3.1.2.1 โม่ผสมคอนกรีต
- 3.1.2.2 ชุดทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต
- 3.1.2.3 เครื่องชั่ง
- 3.1.2.4 แบบหล่อแท่งตัวอย่าง ใช้แบบหล่อเหล็กรูปทรงลูกบาศก์
ขนาด $6 \times 6 \times 6$ นิ้ว
- 3.1.2.5 แบบหล่อเหล็กรูปทรงกระบอก ขนาด $\varnothing-6 \times 12$ นิ้ว
- 3.1.2.6 แบบหล่อเหล็กรูปคาน ขนาด $6 \times 6 \times 24$ นิ้ว
- 3.1.2.7 เครื่องทดสอบกำลังคอนกรีตขนาด 200 ตัน
- 3.1.2.8 เครื่องทดสอบแรงอัดขนาด 2000 กิโลนิวตัน

3.2 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ

3.2.1 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ (specific gravity of portland cement) โดยใช้ขวดแก้วเลอชาเตอลิเยร์มาตรฐาน (standard Le Chatelier Flask) ตาม ASTM C 188 ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของปูนซีเมนต์สามารถหาได้จากน้ำหนัก

ของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลองต่อส่วนปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่ด้วยปูนซีเมนต์โดยปริมาตรของปูนซีเมนต์หาได้จากการแทนที่ในน้ำมันก๊าด

3.2.2 การทดลองหาขนาดคละของมวลรวมละเอียด (sieve analysis of fine aggregate) โดยการนำตัวอย่างอบแห้งมาเข้าเครื่องเขย่าตะแกรงร่อนและนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาร้อยละน้ำหนักผ่านตะแกรง ASTM C 33, C 136

3.2.3 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมของมวลรวมละเอียด (specific gravity and absorption of fine aggregate) นำมวลรวมละเอียดที่ผ่านการแช่น้ำไว้ $24 \pm$ ชั่วโมงแล้ว uthกทิ้งไว้จนกระทั่งอยู่ในสภาพผิวตัวอิมมersionแห้งมา 500 กรัม ใส่ขวดพิกโนมิเตอร์ เติมน้ำและใส่ฟองอากาศจนหมด จากนั้นเติมน้ำจนกระทั่งถึงปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร และนำไปชั่งน้ำหนักและนำตัวอย่างไปอบแห้งและนำมาชั่งน้ำหนัก ตาม ASTM C 128

3.2.4 การทดสอบขนาดคละของมวลรวมหยาบ โดยการนำตัวอย่างมาเข้าเครื่องร่อนตะแกรงไล่จากตะแกรงที่มีขนาดใหญ่สุดจนถึงตะแกรงที่มีขนาดเล็กสุด และนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาร้อยละน้ำหนักผ่านตะแกรง (sieve analysis of coarse aggregate) ตาม ASTM C 33, C 136

3.2.5 การทดสอบความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมของมวลรวมหยาบ (specific gravity and absorption of coarse aggregate) โดยการนำตัวอย่างแช่น้ำทำความสะอาด แล้วจากนั้นเอาไปอบที่อุณหภูมิ 100 – 110 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้เย็นในอากาศให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก และนำไปแช่น้ำทิ้งไว้ $24 \pm$ ชั่วโมง นำหินขึ้นมาแล้วเอาผ้าแห้งซับหินให้อยู่ในสภาพผิวตัวอิมมersionแห้งแล้วทำการชั่งน้ำหนัก ตาม ASTM C 127

3.2.6 การทดสอบหน่วยน้ำหนักและปริมาณช่องว่างของมวลรวมหยาบ (unit weight and voids in aggregate) โดยการนำตัวอย่างใส่ให้เต็มโมลแล้วใช้เหล็กกระทันท์ปาดหน้าให้เรียบแล้วชั่งน้ำหนักแบบนี้คือการทดสอบแบบหลวม ส่วนการนำตัวอย่างใส่ลงไปทีละ $1/3$ ของโมลแล้วกระทันท์ 25 ครั้งจนเต็มโมลแล้วใช้เหล็กกระทันท์ปาดหน้าให้เรียบแล้วชั่งน้ำหนักแบบนี้คือการทดสอบแบบแน่น ตาม ASTM C 29

3.3 วิธีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ในการคำนวณหาอัตราส่วนผสมเพื่อให้มีความสามารถทำได้ และกำลังของคอนกรีตตามวิธีของ ACI ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 เลือกค่าการยุบตัวที่เหมาะสม การวิจัยนี้กำหนดค่าการยุบตัวอยู่ที่ 7.5 - 12.5 ซม.

3.3.2 เลือกใช้หินขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ สำหรับการวิจัยนี้เลือกขนาด 3/4"

3.3.3 ประมาณปริมาณน้ำที่ผสมและปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดโตสุดของหิน รูปร่างและส่วนขนาดคละของวัสดุผสม และให้เหมาะสมกับค่าการยุบตัว

3.3.4 เลือกอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำต่อวัสดุผง ซึ่งขึ้นอยู่กับกำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตที่ต้องการในการทดสอบนี้ เลือกใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อวัสดุประสาน เมื่อเลือกอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อวัสดุประสานได้แล้ว สามารถหาปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการได้จากการนำค่าปริมาณน้ำ หารด้วยอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อวัสดุประสาน

$$\text{cement} = w / (w/c)$$

3.3.5 คำนวณวัสดุผสมหยาบ ในส่วนผสมต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร ขึ้นอยู่กับค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายและขนาดโตสุดของหินที่ใช้ ดังนั้นน้ำหนักวัสดุผสมหยาบ = ปริมาตรของส่วนผสมหยาบ x หน่วยน้ำหนักของส่วนผสมหยาบ

3.3.6 ประมาณปริมาณวัสดุผสมละเอียด ปริมาณเนื้อแท้ของวัสดุผสมละเอียด = ปริมาตรของคอนกรีต - ปริมาณเนื้อแท้ของส่วนผสม (ยกเว้นทราย)

3.3.7 ปรับส่วนผสมเนื่องจากความชื้นของวัสดุผสม ตามปกติวัสดุผสมที่ใช้งานจริงจะมีความชื้นสูงกว่าในสภาวะอิมตัวและผิวแห้ง ดังนั้นจึงต้องแก้ส่วนผสมให้เข้ากับสภาพจริงโดยเพิ่มน้ำหนักของวัสดุขึ้นเท่ากับน้ำหนักที่ติดยาและลดน้ำในส่วนผสมออกในจำนวนเท่ากัน ในกรณีที่วัสดุผสมแห้งกว่าสภาวะอิมตัวและผิวแห้งจะต้องแก้ส่วนผสมเช่นเดียวกันในทางตรงกันข้าม

3.3.8 การปรับส่วนผสมด้วยการทดสอบผสม ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนต่าง ๆ ที่คำนวณได้เป็นเกณฑ์โดยประมาณทั้งสิ้น ซึ่งจะต้องตรวจสอบดูด้วยถึงผลที่ได้ในด้านกำลังของคอนกรีตและความยากง่ายในการทำงานโดยการทดลองผสมจริงด้วย จากนั้นจึงตรวจสอบดูหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตปริมาตรที่ใช้และปริมาณฟองอากาศ แล้วจึงปรับปรุงส่วนผสมต่าง ๆ ให้เหมาะสมอีกครั้ง

3.4 ปริมาณวัสดุและแท่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของคอนกรีตครั้งนี้ ได้เตรียมแท่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ คือ แท่งตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัดคอนกรีตรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส แท่งตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงดึงผ่าซีกคอนกรีตรูปทรงกระบอก และแท่งตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงดัดคอนกรีตรูปคาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 จำนวนแท่งที่ใช้ในการศึกษา

NO	W/C	เส้นใยพลาสติก ร้อยละต่อ ปริมาตร (1 ม ³)	กำลังอัด (6''×6''×6'')		กำลังดึงผ่าซีก (Ø-6''×12'')	กำลังดัด (6''×6''×24'')	รวม
			3 วัน	28 วัน	28 วัน	28 วัน	
1	0.5	0	3	3	3	3	12
2		0.5	3	3	3	3	12
3		1	3	3	3	3	12
5	0.6	0	3	3	3	3	12
6		0.5	3	3	3	3	12
7		1	3	3	3	3	12
9	0.7	0	3	3	3	3	12
10		0.5	3	3	3	3	12
11		1	3	3	3	3	12
	รวมทั้งสิ้น		27	27	27	27	108

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

No	w/c	Cement (kg)	Sand (kg)	C-Agg (kg)	Water (kg)	Plastic fiber %
1	0.6	338.34	699.4	1079.12	203	0
2		338.34	699.4	1079.12	203	0.5
3		338.34	699.4	1079.12	203	1.0
1	0.7	288.57	732.16	1079.12	203	0
2		288.57	732.16	1079.12	203	0.5
3		288.57	732.16	1079.12	203	1.0
1	0.8	253.75	758.68	1079.12	203	0
2		253.75	758.68	1079.12	203	0.5
3		253.75	758.68	1079.12	203	1.0

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้จริง

No	w/c	Cement (kg)	Sand (kg)	C-Agg (kg)	Water (kg)	Plastic fiber (kg)
1	0.6	22	45.54	70.18	13.2	0
2		22	45.54	70.18	13.2	0.426
3		22	45.54	70.18	13.2	0.924
1	0.7	22	55.88	82.28	15.4	0
2		22	55.88	82.28	15.4	0.426
3		22	55.88	82.28	15.4	0.924
1	0.8	22	65.56	93.5	17.6	0
2		22	65.56	93.5	17.6	0.426
3		22	65.56	93.5	17.6	0.924

3.5 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกสภาพสด

การทดสอบการยุบตัว (slump test) เป็นการวัดความสามารถในการเทได้โดยการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสด ASTM 143

3.6 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกในสภาพแข็งตัวแล้ว

3.6.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ASTM C 39 การเตรียมตัวอย่างและการบ่ม ASTM C 192 ด้วยเครื่องทดสอบกำลังคอนกรีตขนาด 200 ตัน (universal testing machine) ในการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกในด้านกำลังรับแรงอัดเพื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโดยนำพลาสติกไปผสมเป็นส่วนผสมเพิ่มในคอนกรีต ปริมาณร้อยละ 0, 0.5 และ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร โดยศึกษาค่ากำลังอัดที่ 3 และ 28 วัน มีขั้นตอนคือนำส่วนผสมคอนกรีตมาชั่งน้ำหนักให้ได้ตามปริมาณที่ออกแบบไว้ ผสมลงในโม่ผสมคอนกรีต ทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตที่ออกแบบมีค่าการยุบตัวตามที่กำหนด คือ 7.5 - 12.5 ซม. นำคอนกรีตเทลงในแบบหล่อแท่งตัวอย่างทรงลูกบาศก์ ขนาด 6x6x6 นิ้ว พักคอนกรีตไว้ประมาณ 24 ชม. แล้วจึงทำการถอดแบบออก แล้วทำการบ่มด้วยการแช่น้ำเพื่อรอการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 3 และ 28 วัน โดยทำการวัดและบันทึก ความกว้าง ความยาว และความสูงของก้อนตัวอย่างทดสอบ และทำการเปิดเครื่องทดสอบ กดก้อนตัวอย่างจนวิบัติ บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ได้และพื้นที่หน้าตัดเพื่อนำมาหาค่ากำลังอัดต่อไป

3.6.2 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตตาม ASTM C 496 การเตรียมตัวอย่างและการบ่มตาม ASTM C 192 ด้วยเครื่องทดสอบกำลังคอนกรีตขนาด 200 ตัน (universal testing machine) ในการวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกใน ด้านกำลังรับแรงดึงเพื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโดยนำพลาสติกไปผสมเป็นส่วนผสมเพิ่มในคอนกรีต ปริมาณร้อยละ 0, 0.5 และ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร โดยศึกษาค่ากำลังอัดที่ 28 วัน มีขั้นตอนคือนำส่วนผสมคอนกรีตมาชั่งน้ำหนักให้ได้ตามปริมาณที่ออกแบบไว้ ผสมลงในโม่ผสมคอนกรีต ทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตที่ออกแบบมีค่าการยุบตัวตามที่กำหนด คือ 7.5 - 12.5 ซม. นำคอนกรีตเทลงในแบบหล่อที่เตรียมไว้ โดยใช้แท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาด $\varnothing$ -6 x 12 นิ้ว พักคอนกรีตไว้ประมาณ 24 ชม. แล้วจึงทำการถอดแบบออก แล้วทำการบ่มด้วยการแช่น้ำเพื่อรอการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึงที่อายุ 28 วัน โดยทำการวัดและบันทึก เส้นผ่าศูนย์กลาง และความสูงของก้อนตัวอย่างทดสอบ และทำการเปิดเครื่องทดสอบ กดก้อนตัวอย่างจนวิบัติ บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ได้และพื้นที่หน้าตัดเพื่อนำมาหาค่ากำลังรับแรงดึงต่อไป

3.6.3 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของคานคอนกรีตตาม ASTM C 78 การเตรียม

ตัวอย่างและการบ่มตาม ASTM C 192 ด้วยเครื่องทดสอบกำลังคอนกรีตขนาด 200 ตัน (universal testing machine) ในการวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกในด้านกำลังรับแรงดัดเพื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตไม่ผสมเส้นใยพลาสติกโดยนำพลาสติกไปผสมเป็นส่วนผสมเพิ่มในคอนกรีตปริมาณร้อยละ 0, 0.5 และ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตรโดยศึกษาค่ากำลังอัดที่ 28 วัน มีขั้นตอนคือนำส่วนผสมคอนกรีตมาซึ่งน้ำหนักให้ได้ตามปริมาณที่ออกแบบไว้ผสมลงในไม่ผสมคอนกรีต ทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตที่ออกแบบมีค่าการยุบตัวตามที่กำหนดคือ 7.5 - 12.5 ซม. นำคอนกรีตเทลงในแบบหล่อที่เตรียมไว้ โดยใช้แท่งตัวอย่างทรงลูกบาศก์ ขนาด 6x6x24 นิ้ว พักคอนกรีตไว้ประมาณ 24 ชม. แล้วจึงทำการถอดแบบออก แล้วทำการบ่มด้วยการแช่น้ำเพื่อรอการทดสอบ หาค่ากำลังรับแรงดัดที่อายุ 28 วัน โดยทำการวัดและบันทึกความกว้าง ความยาว และความสูงของก้อนตัวอย่างทดสอบ และทำการเปิดเครื่องทดสอบ กดก้อนตัวอย่างจนวิบัติ บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ได้และพื้นที่หน้าตัดเพื่อนำมาหาค่ากำลังรับแรงดัดต่อไป

3.7 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการคอนกรีต สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

3.8 ระยะเวลาการทำการวิจัย

การวิจัยเริ่มต้นตั้งแต่เดือน มกราคม 2565 จะสิ้นสุดเดือนมีนาคม 2565

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 คุณสมบัติของวัสดุ

4.1.1 ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทดสอบตาม ASTM C 168 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จากการทำการทดสอบสองครั้ง พบว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.137 และ 3.143 ตามลำดับ ทั้งนี้ ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีค่าเท่ากับ 3.14

4.1.2 คุณสมบัติของมวลรวมละเอียด

ผลการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมละเอียด หรือทราย ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ค่าโมดูลัสความละเอียด (fineness modulus) มีค่าเท่ากับ 2.43 ความถ่วงจำเพาะมีค่าเท่ากับ 2.60 และความดูดซึมน้ำมีค่าร้อยละ 0.61 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การใช้งานตามปกติ

4.1.3 คุณสมบัติของมวลรวมหยาบ

ผลการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมหยาบ หรือหินย่อย ดังแสดงในตาราง 4.2 ที่ค่าขนาดใหญ่สุดของหิน เท่ากับ 3/4 นิ้ว ความถ่วงจำเพาะมีค่าเท่ากับ 2.69 และความดูดซึมน้ำมีค่าร้อยละ 0.52 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การใช้งานตามปกติ

4.1.4 คุณสมบัติของ polyethylene terephthalate (PET)

ผลจากการศึกษาหาความหนาแน่นเส้นใยพลาสติก polyethylene terephthalate (PET) ได้ความหนาแน่น 1400 กก/ม³

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างปูนซีเมนต์

คุณสมบัติ	ปูนซีเมนต์
ความถ่วงจำเพาะ	3.137, 3.147
ค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะ	3.14

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

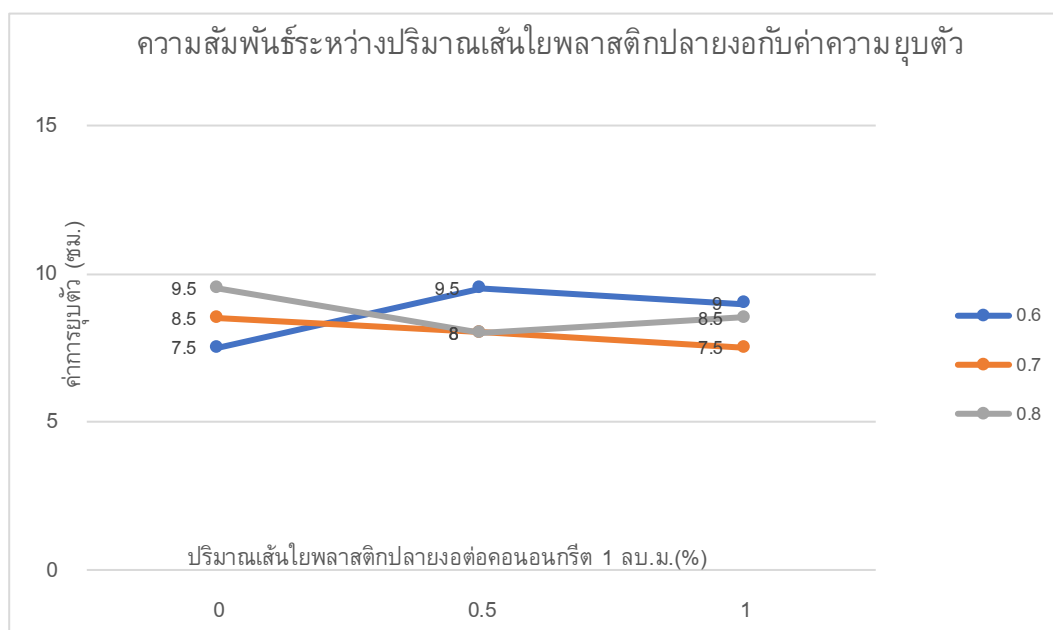
คุณสมบัติ	มวลรวมละเอียด	มวลรวมหยาบ
ขนาดโตสุด (นิ้ว)	-	$\frac{3}{4}$
โมดูลัสความละเอียด (F.M.)	2.43	-
ความถ่วงจำเพาะ	2.60	2.69
ความดูดซึมน้ำ (%)	0.61	0.52
หน่วยน้ำหนัก	-	1634.28

4.2 คุณสมบัติความยวบตัวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอสภาพสด

ผลการทดสอบค่าความยวบตัวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.1 พบว่าเส้นใยพลาสติกปลายงอมีผลต่อความสามารถในการเทหรือความยวบตัวของคอนกรีตในแต่ละอัตราส่วน w/c ใช้น้ำในการผสมคอนกรีตเท่ากันแต่จะได้ค่ายวบตัวไม่เท่ากัน แต่อยู่ในช่วงเกณฑ์ออกแบบที่กำหนดคือ 7.5 - 12.5 เซนติเมตร โดยคอนกรีต 1 ลบ.ม. ผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ปริมาณ 0, 0.5 และ 1 ร้อยละโดยปริมาตร แนวโน้มค่ายวบตัวลดลงเมื่อมีปริมาณเส้นใยในส่วนของการผสมคอนกรีตมากขึ้น

ตารางที่ 4.3 ค่าความยวบตัวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอ

W/C	ร้อยละเส้นใยพลาสติก ต่อคอนกรีต (1 ลบ.ม ³)	ค่าความยวบตัว (slum) (ซม.)	น้ำที่ใช้จริงในการ ทดลอง (โดยใช้ปูน 22 กก.) (กก.)
0.6	0	7.5	13.2
	0.5	9.5	13.2
	1	9	13.2
0.7	0	8.5	15.4
	0.5	8	15.4
	1	7.5	15.4
0.8	0	9.5	17.6
	0.5	8	17.6
	1	8.5	17.6



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเส้นใยพลาสติกปลายงอกกับค่าความยุบตัว

4.3 คุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอสภาพแข็งตัวแล้ว

4.3.1 กำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอ

ก. กำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่อายุ 3 และ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตควบคุมและคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอมีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามอายุคอนกรีตที่มากขึ้น และเส้นใยพลาสติกปลายงอมีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตควบคุมมีที่อายุ 3 วันมีค่า 182.67 กก./ตร.ซม. ในขณะที่อายุ 28 วันกำลังอัดเพิ่มเป็น 277.34 กก./ตร.ซม. คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 194.67 และ 270.94 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 3 วันและ 28 วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่อายุ 28 วันมีค่ามากกว่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 3 วัน กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตควบคุมที่อายุ 28 วัน มีค่าสูงกว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงออยู่ 6.4 กก./ตร.ซม. และกำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.ที่อายุ 3 วัน มีค่า 214 กก./ตร.ซม. และที่อายุ 28 วัน มีค่า 264.27 กก./ตร.ซม. แสดงให้เห็นว่าค่ากำลังรับ

แรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยละ 0.5 และ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าลดลง และเมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดเทียบกับ กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดัด ดังแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่ากำลังรับแรงดึงคิดเป็นร้อยละ 6 ของกำลังรับแรงอัดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานในส่วนของคอนกรีตไม่ใส่เส้นใยพลาสติก แต่ในส่วนของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยละ 0.5 และร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับร้อยละ 8 อยู่ในค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตเทียบกับกำลังรับแรงดึงผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยละ 0.5 และร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเพิ่มขึ้นดีกว่าไม่ใส่เส้นใยพลาสติก และเมื่อนำกำลังรับแรงอัดเทียบกับกำลังรับแรงดัด พบว่ากำลังรับแรงดัดในส่วนของคอนกรีตไม่ใส่เส้นใยพลาสติก และคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยละ 0.5 และร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน คอนกรีตไม่ใส่เส้นใยพลาสติกคิดได้ร้อยละมากที่สุดคือ ร้อยละ 18

ข. กำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.7 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.7 ที่อายุ 3 วัน และ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตควบคุมและคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยมีค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามอายุคอนกรีตที่มากขึ้น เช่นเดียวกับที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 โดยกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตควบคุมมีค่าเท่ากับ 195.33 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 3 วัน ในขณะที่อายุ 28 วันกำลังอัดเพิ่มขึ้นเป็น 242.67 กก./ตร.ซม. คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 195 และ 247.37 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 3 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมพลาสติกปลายจอร์ยที่อายุ 28 วันมีค่ามากกว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมพลาสติกปลายจอร์ยที่อายุ 3 วัน จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตควบคุมที่อายุ 28 วัน มีค่าต่ำกว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยอยู่ 4.7 กก./ตร.ซม. กำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่า 193.67 และ 215.55 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 3 และ 28 วันตามลำดับ แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยที่ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตควบคุม และกำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอร์ยที่ร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าลดลง และเมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดเทียบกับ กำลังรับแรงดึง และ

กำลังรับแรงดัด ดังแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่ากำลังรับแรงดัดคิดเป็นร้อยละ 7 ของกำลังรับแรงอัดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานในส่วนของคอนกรีตไม่ใส่เส้นใยพลาสติก และคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. แต่ในส่วนของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับร้อยละ 8 อยู่ในค่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตเทียบกับกำลังรับแรงดัดผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเพิ่มขึ้นดีกว่าไม่ใส่เส้นใยพลาสติก และคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. และเมื่อนำกำลังรับแรงอัดเทียบกับกำลังรับแรงดัด พบว่ากำลังรับแรงดัดในส่วนของคอนกรีตไม่ใส่เส้นใยพลาสติก และคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน คอนกรีตไม่ใส่เส้นใยพลาสติกคิดได้ร้อยละมากที่สุดคือ ร้อยละ 20

ค. กำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.8 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.8 ที่อายุ 3 วัน และ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตควบคุมและคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอน้ำต่อซีเมนต์มีค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามอายุคอนกรีตที่มากขึ้น เช่นเดียวกับที่อัตราน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.6 และ 0.7 โดยกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตควบคุมมีค่าเท่ากับ 172.34 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 3 วันในขณะที่อายุ 28 วันกำลังอัดเพิ่มขึ้นเป็น 209.78 กก./ตร.ซม. คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 183 และ 189.06 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 3 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมพลาสติกปลายจอน้ำที่อายุ 28 วันมีค่ามากกว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมพลาสติกปลายจอน้ำที่อายุ 3 วัน จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตควบคุมที่อายุ 28 วัน มีค่ามากกว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอย้อยู่ 20.72 กก./ตร.ซม. กำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่า 149 และ 240.97 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 3 และ 28 วันตามลำดับ แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอย้อยู่ที่ร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตควบคุม และกำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจอย้อยู่ที่ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าลดลงตามลำดับควบคุม และเมื่อนำค่ากำลังรับ

แรงอัดเทียบกับ กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดัด ดังแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่ากำลังรับแรงดึงคิดเป็นร้อยละ 9 ของกำลังรับแรงอัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในส่วนของการคอนกรีตไม่ใส่เส้นใยพลาสติก และคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ. แต่ในส่วนของการคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับร้อยละ 6 ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าค่ากำลังรับแรงอัดคอนกรีตเทียบกับกำลังรับแรงดึงไม่ใส่เส้นใยพลาสติก และคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากันแต่จะลดลงเมื่อผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. และเมื่อนำกำลังรับแรงอัดเทียบกับกำลังรับแรงดัด พบว่ากำลังรับแรงดัดในส่วนของการคอนกรีตไม่ใส่เส้นใยพลาสติก และคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ. คิดได้ร้อยละมากที่สุดคือ ร้อยละ 24 มีค่าสูงกว่ามาตรฐานปกติร้อยละ 1

4.3.2 กำลังรับแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ

ก. กำลังรับแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจที่น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 ผลการทดลองกำลังรับแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 ที่อายุ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.4 และภาพที่ 4.5 พบว่ากำลังรับแรงดึงคอนกรีตควบคุมมีค่าเท่ากับ 14.47 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจที่ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 17.97 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจที่ร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 18.07 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจที่ร้อยละ 0.5 และ 1 กิโลกรัมต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ข. กำลังรับแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจที่น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.7 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.7 ที่อายุ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.4 และภาพที่ 4.5 พบว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตควบคุมมีค่าเท่ากับ 13.94 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจที่ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่า 16.18 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจที่ร้อยละ 1

ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่า 13.11 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตควบคุม และกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าลดลงตามลำดับควบคุม

ค. กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.8 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.8 ที่อายุ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.4 และภาพที่ 4.5 พบว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตควบคุมมีค่าเท่ากับ 15.48 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่า 14.08 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่า 12.26 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 0.5 และ 1 ลบ.ม. มีค่าลดลงตามลำดับควบคุม

4.3.3 กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอ

ก. กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 ผลการทดลองกำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.6 ที่อายุ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.6 พบว่ากำลังรับแรงดัดคอนกรีตควบคุมมีค่าเท่ากับ 41.2 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 39.42 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 31.40 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 0.5 และ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าลดลงตามลำดับควบคุม

ข. กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.7 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.7 ที่อายุ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.6 พบว่ากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตควบคุมมีค่าเท่ากับ 39.95 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดัด

คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าลดลงเป็น 37.85 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่า 25.43 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 0.5 และ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าลดลงตามลำดับควบคุม

ค. กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.8 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.8 ที่อายุ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.6 พบว่ากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตควบคุมมีค่าเท่ากับ 36.87 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 38.67 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่า 34.40 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าสูงกว่าคอนกรีตควบคุมและกำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าลดลงตามลำดับควบคุม

4.3.4 กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอ

ก. กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 ผลการทดสอบกำลังอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 ที่อายุ 3 และ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 พบว่าแนวโน้มกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่าลดลงเมื่ออายุคอนกรีตมากขึ้น เมื่อเทียบกับกำลังรับแรงอัดคอนกรีตไม่ใช้เส้นใยพลาสติก (100 เปอร์เซ็นต์) โดยคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 106.57 และ 97.69 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 3 และ 28 วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่อายุ 3 วัน กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่ามากกว่าคอนกรีตไม่ใช้เส้นใยพลาสติก และจะเห็นได้ว่าที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตควบคุมและกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 117.15 และ 95.29 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 3 และ 28 วัน ตามลำดับแสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตผสมเส้นใย

พลาสติกร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตควบคุมจะเห็นได้ว่าเส้นใยพลาสติกส่งผลดีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตไม่มากนัก อีกทั้งการผสมเส้นใยพลาสติกมากเกินไปทำให้คอนกรีตจับตัวกันได้ยากขึ้น

ข. กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.7 ผลการทดสอบกำลังอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.7 ที่อายุ 3 และ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 พบว่าแนวโน้มกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่าลดลงเมื่ออายุคอนกรีตมากขึ้น เมื่อเทียบกับกำลังรับแรงอัดคอนกรีตควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์) คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 99.83 และ 101.94 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 3 และ 28 วัน ตามลำดับจะเห็นได้ว่าที่อายุ 3 วัน กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตควบคุม และจะเห็นได้ว่าที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่ามากกว่าคอนกรีตควบคุมและ กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.มีค่าเท่ากับ 99.15 และ 88.82 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 3 และ 28 วัน ตามลำดับ แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตควบคุมจะเห็นได้ว่าเส้นใยพลาสติกส่งผลดีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตไม่มากนัก อีกทั้งการผสมเส้นใยพลาสติกไม่กระจายทำให้คอนกรีตเปราะและแตกออกจากกันง่ายขึ้น

ค. กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.8 ผลการทดสอบกำลังอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอที่ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.8 ที่อายุ 3 และ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 พบว่าแนวโน้มกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่าลดลงเมื่ออายุคอนกรีตมากขึ้น เมื่อเทียบกับกำลังรับแรงอัดคอนกรีตควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์) คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 107.35 และ 90.12 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 3 และ 28 วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่อายุ 3 วัน กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่ามากกว่าคอนกรีตควบคุม และจะเห็นได้ว่าที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่าน้อยกว่าคอนกรีต

ควบคุมและ กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.มีค่าเท่ากับ 86.46 และ 114.87 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 3 และ 28 วัน ตามลำดับแสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.มีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตควบคุมจะเห็นได้ว่าเส้นใยพลาสติกส่งผลดีต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตไม่มากนัก อีกทั้งการผสมเส้นใยพลาสติกมากเกินไปทำให้คอนกรีตจับตัวกันได้ยากขึ้น

4.3.5 กำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อย

ก. กำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยที่ น้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.6 ผลการทดสอบกำลังดึงสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 ที่ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.8 เมื่อเทียบกับกำลังรับแรงดึงคอนกรีตควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์) คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 124.19 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 124.95 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์ของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตควบคุมจะเห็นได้ว่าเส้นใยพลาสติกส่งผลดีต่อกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

ข. กำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยที่ น้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.7 ผลการทดสอบกำลังดึงสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.7 ที่ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.8 เมื่อเทียบกับกำลังรับแรงดึงคอนกรีตควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์) คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 116.07 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.มีค่าเท่ากับ 94.05 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์ของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตควบคุมจะเห็นได้ว่าเส้นใยพลาสติกส่งผลดีต่อกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

ค. กำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยที่ น้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.8 ผลการทดสอบกำลังดึงสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยที่

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.8 ที่ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.8 เมื่อเทียบกับกำลังรับแรงดึงคอนกรีตควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์) คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 90.96 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.มีค่าเท่ากับ 79.20 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์ของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.

4.3.6 กำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อย

ก. กำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยที่ น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 ผลการทดสอบกำลังดัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 ที่ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.9 เมื่อเทียบกับกำลังรับแรงดัดคอนกรีตควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์) คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 95.68 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.มีค่าเท่ากับ 76.21 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกทั้ง 2 ปริมาณ มีการพัฒนาต่ำกว่าคอนกรีตควบคุมจะเห็นได้ว่าเส้นใยพลาสติกส่งผลเสียต่อกำลังรับแรงดัดของคอนกรีต การผสมเส้นใยพลาสติกทำให้คอนกรีตจับตัวกันได้ยากขึ้น ส่งผลให้คอนกรีตเปราะและแตกออกจากกันง่ายขึ้น

ข. กำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยที่ น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.7 ผลการทดสอบกำลังดัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.7 ที่ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.9 เมื่อเทียบกับกำลังรับแรงดัดคอนกรีตควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์) คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 94.74 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายจ้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.มีค่าเท่ากับ 63.65 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกทั้ง 2 ปริมาณ มีการพัฒนาต่ำกว่าคอนกรีตควบคุมจะเห็นได้ว่าเส้นใยพลาสติกส่งผลเสียต่อกำลังรับแรงดัดของคอนกรีต การผสมเส้นใยพลาสติกทำให้คอนกรีตจับตัวกันได้ยากขึ้น ส่งผลให้คอนกรีตเปราะและแตกออกจากกันง่ายขึ้น

ค. กำลังรับแรงดัดสัมผัสคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอนที่ น้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.8 ผลการทดสอบกำลังดัดสัมผัสคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอนที่ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.8 ที่ 28 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.9 เมื่อเทียบกับกำลังรับแรงดัดคอนกรีตควบคุม (100 เปอร์เซ็นต์) คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอ ร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีค่าเท่ากับ 104.88 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรง ดัดสัมผัสคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอร้อยละ 1 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.มีค่าเท่ากับ 93.30 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 28 วัน แสดงว่าการพัฒนาของกำลังรับแรงดัดสัมผัสของคอนกรีต ผสมเส้นใยพลาสติกร้อยละ 0.5 ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. มีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตไม่ใช้เส้น ใยพลาสติก

ตารางที่ 4.4 ค่ากำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง และกำลังแรงดัด คอนกรีตผสมเส้นใย
พลาสติกที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6, 0.7 และ 0.8

w/c	เส้นใย พลาสติกต่อ คอนกรีต 1 ม ³ (%)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)		กำลังรับแรงดึง (กก./ตร.ซม.)	กำลังรับแรงดัด (กก./ตร.ซม.)
		3 วัน	28 วัน	28 วัน	28 วัน
0.6	0	182.67	277.34	14.47	41.20
	0.5	194.67	270.94	17.97	39.42
	1	214	264.27	18.08	31.4
0.7	0	195.33	242.67	13.94	39.95
	0.5	195	247.37	16.18	37.85
	1	193.67	215.55	13.11	25.43
0.8	0	172.34	209.78	15.48	36.87
	0.5	185	189.06	14.08	38.67
	1	149	240.97	12.26	34.4

ตารางที่ 4.5 ค่ากำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ กำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์ และกำลังรับแรงดัด
สัมพัทธ์ของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกที่อัตราส่วน 0.6, 0.7 และ 0.8

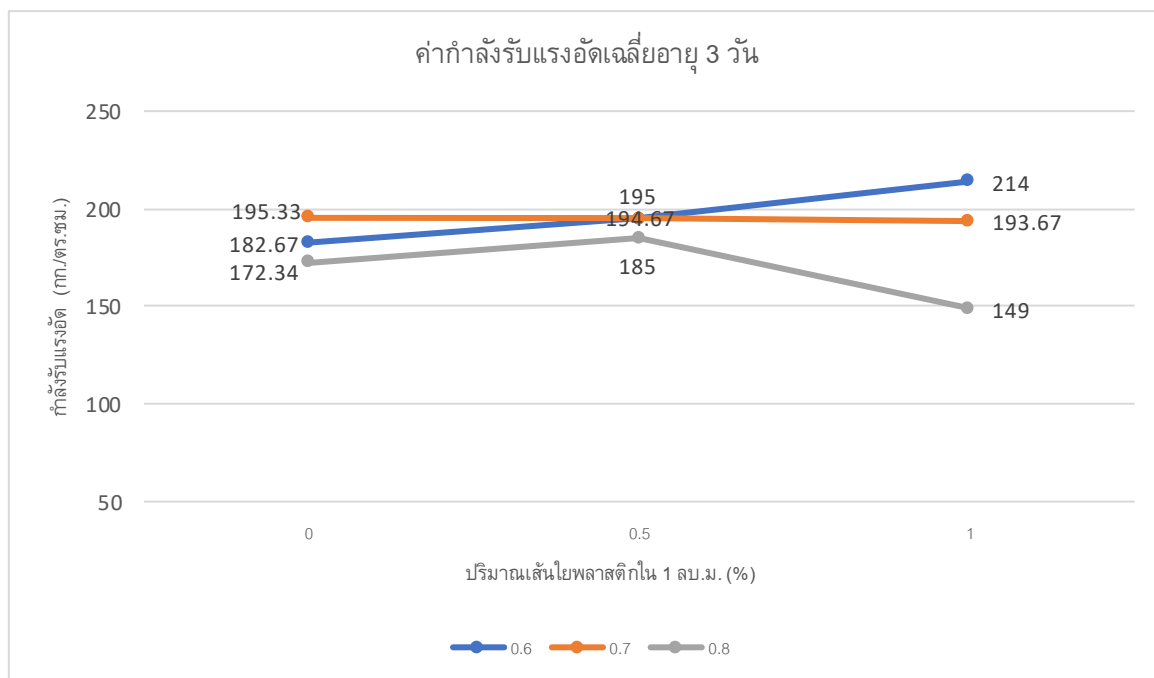
w/c	เส้นใยพลาสติก ต่อคอนกรีต 1 ม ³ (%)	กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ (%)		กำลังรับแรงดึง สัมพัทธ์ (%)	กำลังรับแรงดัด สัมพัทธ์ (%)
		3 วัน	28 วัน	28 วัน	28 วัน
0.6	0	100.00	100.00	100.00	100.00
	0.5	106.57	97.69	124.19	95.68
	1	117.15	95.29	124.95	76.21
0.7	0	100.00	100.00	100.00	100.00
	0.5	99.83	101.94	116.07	94.74
	1	99.15	88.82	94.05	63.65
0.8	0	100	100	100	100
	0.5	107.35	90.12	90.96	104.88
	1	86.46	114.87	79.20	93.30

ตารางที่ 4.6 ค่ากำลังรับแรงอัดเปรียบเทียบ กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดัด
ของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกที่อัตราส่วน 0.6, 0.7 และ 0.8

w/c	เส้นใยพลาสติก ต่อคอนกรีต 1 ม ³ (%)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)		กำลังรับแรงดึง (กก./ตร.ซม.)		กำลังรับแรงดัด (กก./ตร.ซม.)	
		28 วัน	ร้อยละ	28 วัน	ร้อยละ	28 วัน	ร้อยละ
0.6	0	231.02	100	14.47	6	41.20	18
	0.5	225.7	100	17.97	8	39.42	17
	1	220.13	100	18.08	8	31.4	14
0.7	0	202.15	100	13.94	7	39.95	20
	0.5	206.05	100	16.18	8	37.85	18
	1	179.56	100	13.11	7	25.43	14
0.8	0	174.74	100	15.48	9	36.87	21
	0.5	157.5	100	14.08	9	38.67	24
	1	200.72	100	12.26	6	34.4	17

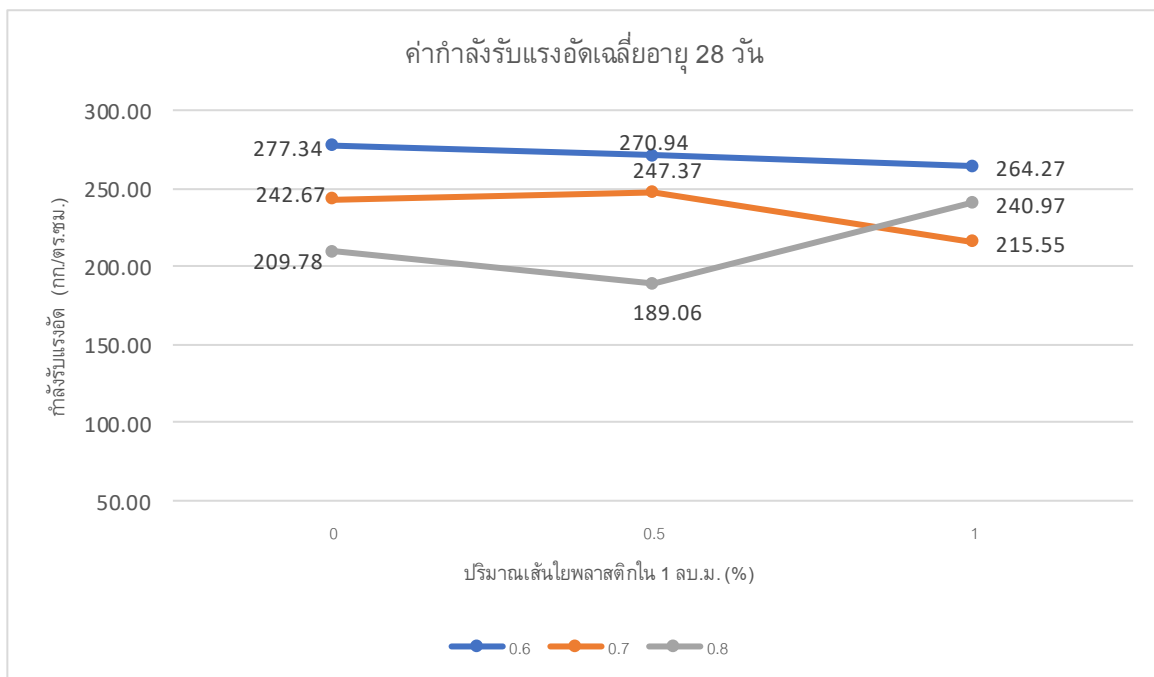
หมายเหตุ: ค่ากำลังอัดรูปทรงกระบอก = $0.833 \times$ ค่ากำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์

ตาม <https://www.yotathai.com/yotanews/concrete-cylinder-cube>



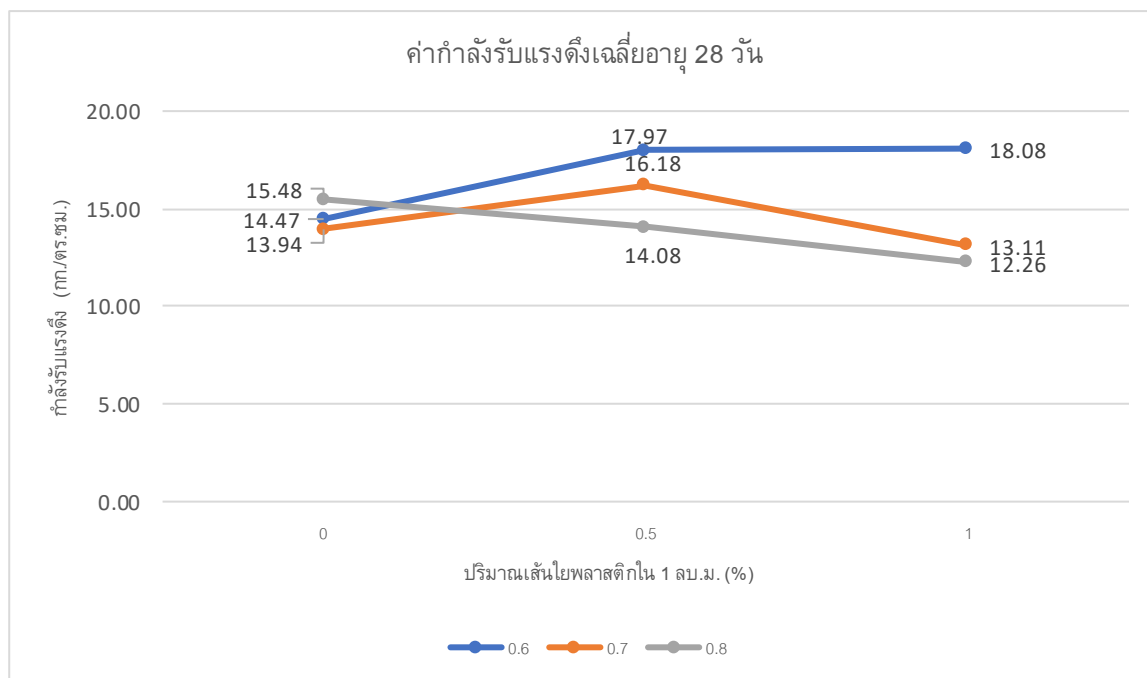
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดคอนกรีตกับปริมาณ

เส้นใยพลาสติกที่อายุ 3 วัน



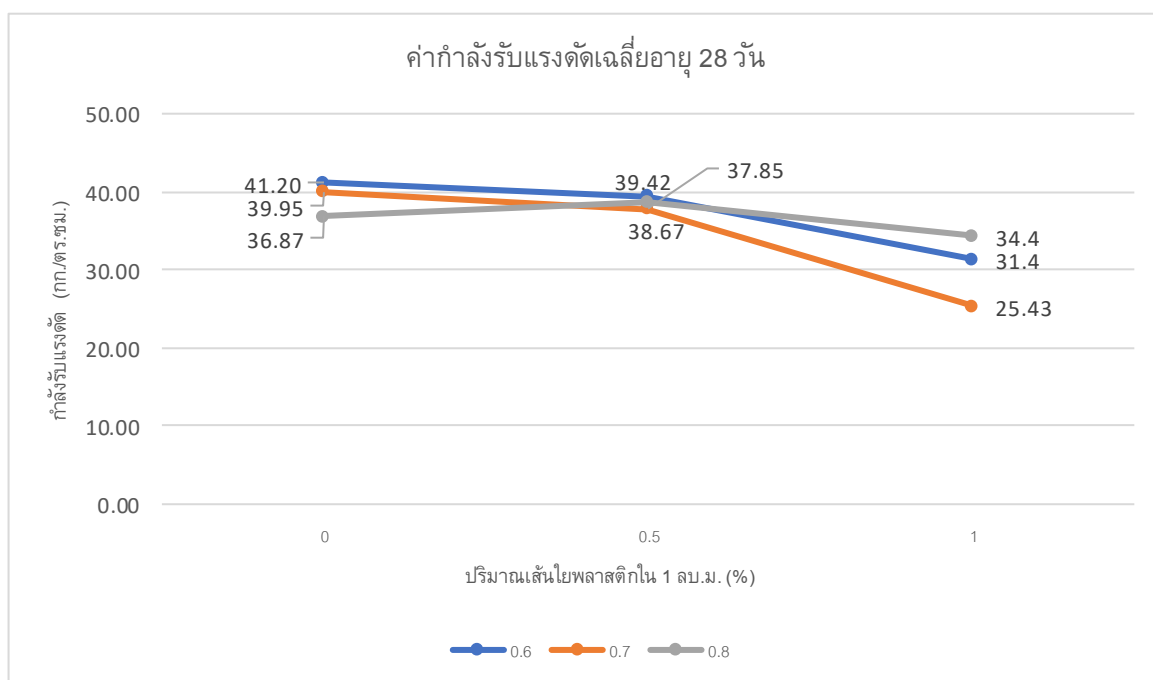
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดคอนกรีตกับปริมาณ

เส้นใยพลาสติกอายุ 28 วัน



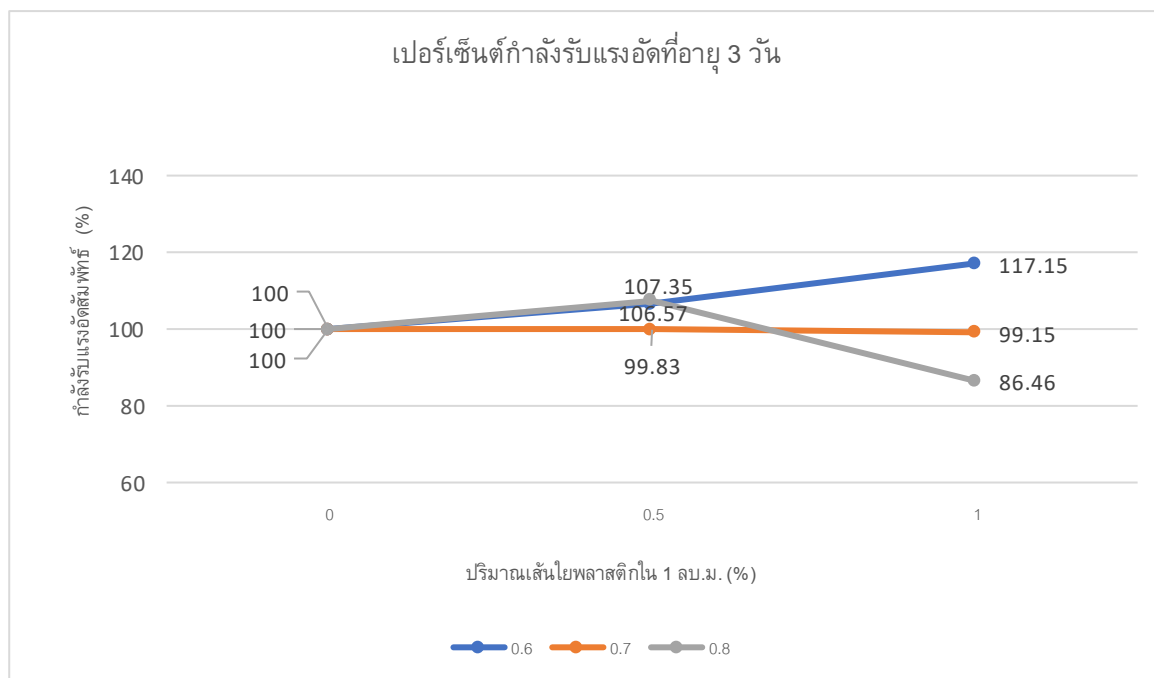
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงคอนกรีตกับ

ปริมาณเส้นใยพลาสติก ที่อายุ 28 วัน

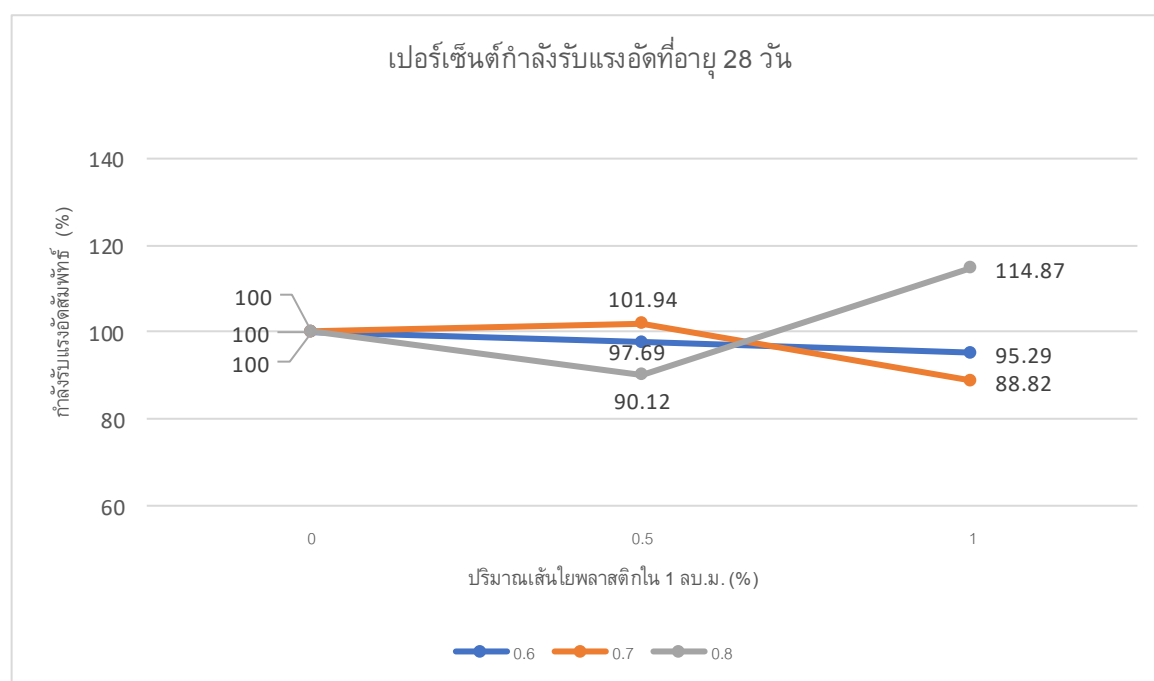


ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดคอนกรีตกับ

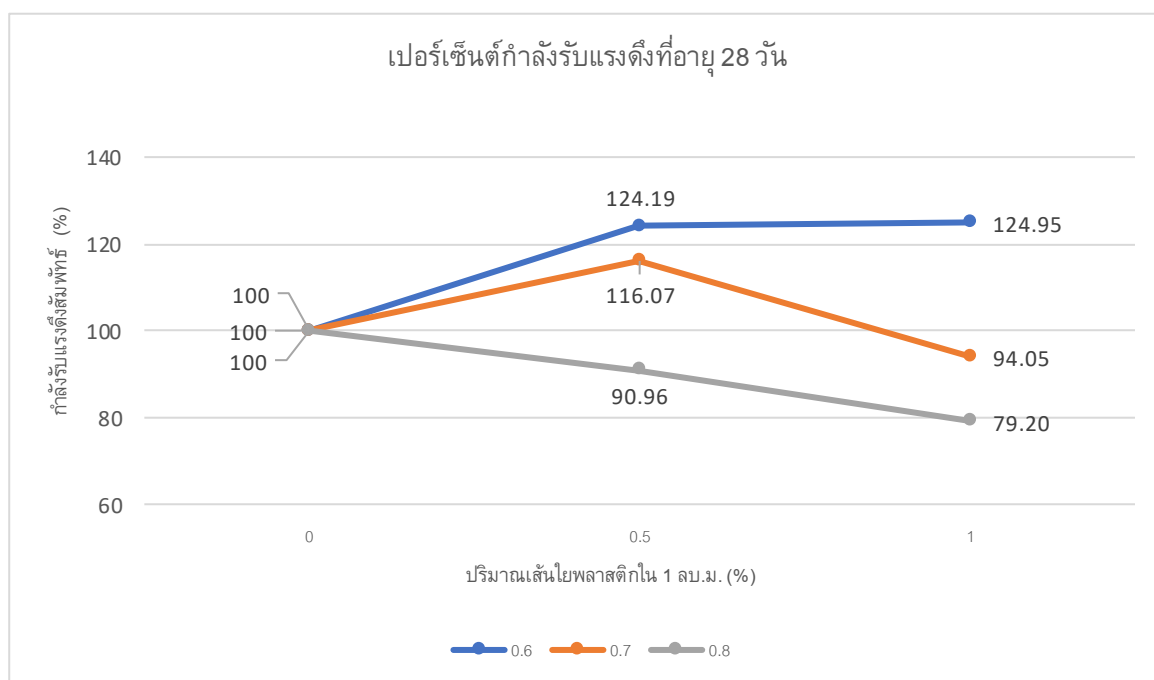
ปริมาณเส้นใยพลาสติก ที่อายุ 28 วัน



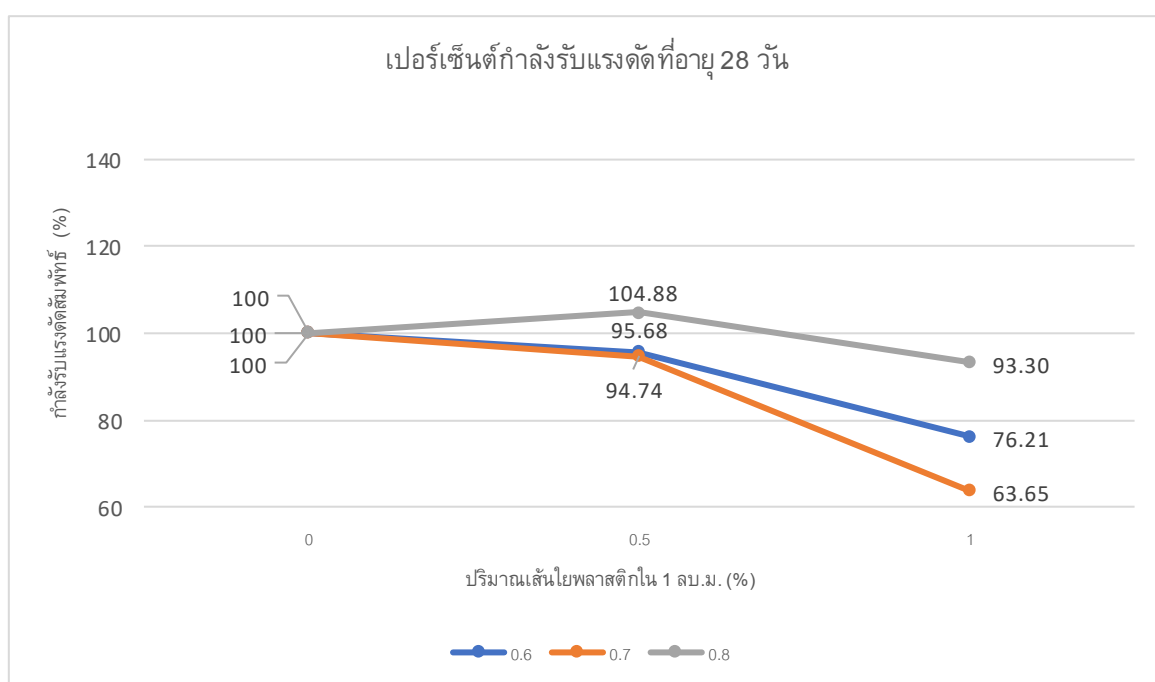
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตกับ
ปริมาณเส้นใยพลาสติก ที่อายุ 3 วัน



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ของคอนกรีต
ปริมาณเส้นใยพลาสติก ที่อายุ 28 วัน



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงสัมพัทธ์ของคอนกรีตกับ
ปริมาณเส้นใยพลาสติกที่อายุ 28 วัน



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสัมพัทธ์ของคอนกรีตกับ
ปริมาณเส้นใยพลาสติกที่อายุ 28 วัน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

ในเนื้อหาของบทนี้เป็นการสรุปผลการวิจัยพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะของผลจากการศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอ โดยสรุปผลการศึกษาและมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 คุณสมบัติความยวบตัวของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอสภาพสด

เส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอมีผลต่อความชันเหลวหรือค่าความยวบตัวของคอนกรีตที่ปริมาณเส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอต่างกัน เนื่องจากทดสอบความยวบตัวก่อนการเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตสภาพแข็งตัวแล้ว ได้ผลค่าความยวบตัวอยู่ระหว่าง 7.5 - 12.5 เซนติเมตร ตามข้อกำหนดค่าความยวบตัวที่ได้กำหนดไว้แต่ปริมาณของเส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอมีผลต่อการผสมคอนกรีตให้เป็นเนื้อเดียวกันในการผสมค่อนข้างไม่ง่าย นักเพราะเส้นใยพลาสติกบางชิ้นมีการโผล่หลุดออกมาจากเนื้อผิวคอนกรีต ซึ่งส่งผลต่อกำลังรับแรงของคอนกรีต

5.2 คุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอสภาพแข็งตัวแล้ว

5.2.1 กำลังรับแรงอัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอ

เส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอมีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดย ที่อายุ 3 วัน กำลังรับแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นที่ปริมาณเส้นใยพลาสติกร้อยละ 0.5 เพิ่มขึ้นสูงสุดที่ร้อยละ 1 แต่ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลงในอัตราส่วน w/c ของ 0.6 แต่กำลังรับแรงอัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราส่วน w/c ของ 0.7 ในปริมาณเส้นใยพลาสติกร้อยละ 0.5 กับในอัตราส่วน w/c ของ 0.8 ในปริมาณเส้นใยพลาสติกร้อยละ 1 และเมื่อเปรียบเทียบก็มีค่ามากกว่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 3 วัน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากอายุการบ่มของคอนกรีตและปริมาณเส้นใยพลาสติกที่เพิ่มขึ้นบางที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตทำให้คอนกรีตรับแรงอัดได้ลดลง ดังนั้นเส้นใยพลาสติกส่งผลดีไม่มากนักต่อความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีต ทั้งนี้ควรพิจารณาผสมเส้นใยพลาสติกในปริมาณที่พอเหมาะสมเพื่อให้ได้ค่ากำลังรับแรงอัดตามที่ต้องการนำไปใช้งาน

5.2.2 กำลังรับแรงดึงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอ

เส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอมีผลต่อกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต โดยที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดึงในอัตราส่วน w/c ของ 0.6 กำลังรับแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้นที่ปริมาณเส้นใยพลาสติกร้อยละ 0.5 และเพิ่มขึ้นปริมาณเส้นใยพลาสติกร้อยละ 1 โดยมีค่าสูงกว่าคอนกรีตไม่ใช้เส้นใยพลาสติก แต่กำลังรับแรงดึงในอัตราส่วน w/c ของ 0.7จะมีค่ากำลังรับแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้นค่าเดียวกับปริมาณเส้นใยพลาสติกร้อยละ 0.5 และกำลังรับแรงดึงในอัตราส่วน w/c ของ 0.8 มีค่ากำลังรับแรงดึงลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยพลาสติกร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากปริมาณเส้นใยพลาสติกที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตรับแรงดึงได้ลดลง และที่ปริมาณเส้นใยพลาสติกมากขึ้นทำให้การจับตัวกันของคอนกรีตและเส้นใยพลาสติกลดลงทำให้เปราะแตกง่ายขึ้น แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผสมเส้นใยพลาสติกที่พอเหมาะ ทั้งนี้ควรพิจารณาผสมเส้นใยพลาสติกในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่ากำลังรับแรงดึงตามที่ต้องการนำไปใช้งาน

5.2.3 กำลังรับแรงดัดคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกชนิด PET แบบปลายงอ

เส้นใยพลาสติกมีผลต่อกำลังรับแรงดัด โดย ที่อายุ 28 วัน กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตในอัตราส่วน w/c ของ 0.6 และอัตราส่วน w/c ของ 0.7 มีค่ากำลังรับแรงดัดลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยพลาสติกร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 ตามลำดับ แต่ในส่วนของอัตราส่วน w/c ของ 0.8 ค่ากำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยพลาสติกร้อยละ 0.5 มีค่าสูงกว่ากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตไม่ใส่เส้นใยพลาสติก ทั้งนี้เป็นผลมาจากปริมาณเส้นใยพลาสติกที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตทำให้คอนกรีตรับแรงดัดได้ลดลง เนื่องจากปริมาณเส้นใยพลาสติกมากขึ้นทำให้การจับตัวกันของคอนกรีตกับเส้นใยพลาสติกลดลงทำให้เปราะแตกง่ายขึ้น ทั้งนี้ควรพิจารณาผสมเส้นใยพลาสติกในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่ากำลังรับแรงดัดตามที่ต้องการนำไปใช้งาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในขั้นตอนการผสมคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก ไม่ควรผสมเส้นใยพลาสติกลงไปทั้งหมดในไม่ครั้งเดียว เพราะจะทำให้เส้นใยพลาสติก ไม่กระจายตัวในเนื้อคอนกรีตอย่างสม่ำเสมอ ควรใส่ลงไปเป็นโมในการผสมโดยปริมาณทีละน้อย ๆ อย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เส้นใยมีการกระจายตัว

5.3.2 งานวิจัยนี้หากมีผู้สนใจนำไปศึกษาวิเคราะห์ต่อ ควรมีการใช้ชนิด รูปร่างและขนาดของเส้นใยพลาสติกที่แตกต่างและศึกษาการใช้ประโยชน์เพิ่มเติม

5.3.3 ควรกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ให้หลากหลายมากขึ้นเพื่อประโยชน์ในการใช้งาน

5.3.4 ควรให้มีการเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีตในปริมาณที่มากขึ้นซึ่งจะทำให้ผลการทดสอบที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.3.5 ความยาวของเส้นพลาสติกควรศึกษามากกว่า 1 ค่าเพื่อให้การศึกษาที่ได้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

เอกสารและอ้างอิง

- ณัฐชนน คุ่มพงษ์พันธ์, พงษ์ภักดิ์ โปธิพิชกุล และ พรทิวา ปาเปี่ยม 2562: **โครงการ การศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตผสมเส้นใยลูมิเนียม** ปรินญาวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา - ชลประทาน) วิทยาลัยการชลประทานสถาบันสมทบ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- อมรรัตน์ สุริยวิจิตรเสรี และ เสรี ทรรณบุรณากาญจน์ 2563. **การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตเสริมเส้นพลาสติกที่ใช้แล้วแบบสั้น** สมบัติของคอนกรีตที่มีการ ใส่ววดพลาสติก polyethylene terephthalate (PET) เป็นส่วนประกอบ Thai Journal of Science and Technology, 9(1), 180-196.
- Polyethylene terephthalate (PET) / พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (ออนไลน์).
เข้าถึงได้จาก Web site :
<https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1912/pet-polyethylene-terephthalate>
- การทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตตาม ASTM C 496
เข้าถึงได้จาก Web site : <https://civil.eng.cmu.ac.th/courses/materials-testing/c4>
- การทดสอบกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตตาม ASTM C 78
เข้าถึงได้จาก Web site : https://research.drr.go.th/wp-content/uploads/2020/02/drr-2020-02-05_02-54-07_068870.pdf
- การแปลงค่ากำลังอัดลูกบาศก์เป็นรูปทรงกระบอก
เข้าถึงได้จาก Web site : <https://www.yotathai.com/yotanews/concrete-cylinder-cube>

.ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ผลการทดสอบ

1.การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ

ตารางภาคผนวกที่ ก1 ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ (ASTM C29)

รายการทดลอง	ปูนซีเมนต์	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1 ชีตระดับน้ำมันก๊าดเริ่มต้น	0.8	0.2
2 อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำมันก๊าด, องศาเซลเซียส	26.5	26.5
3. น้ำหนักของปูนซีเมนต์ (Wc), กรัม	64.04	64.00
4. ชีตระดับน้ำมันก๊าดสุดท้าย	21.3	20.8
5. อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำมันก๊าด, องศาเซลเซียส	26.2	26.2
6. ความถ่วงจำเพาะ	3.124	3.137
7. ค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะ	3.13	

ตารางภาคผนวกที่ ก2 ความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมของหินย่อย (ASTM C128)

DENSITY, SPECIFICATION GRACITY AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATION TEST		
Determination No.		1
น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง (OD), กรัม	A	4667.15
น้ำหนักตัวอย่างสภาพอิ่มตัวผิวหน้าแห้ง (SSD) ชั่งในอากาศ, กรัม	B	4691.60
น้ำหนักตัวอย่างสภาพอิ่มตัวผิวหน้าแห้ง (SSD) ชั่งในอากาศ, กรัม	C	2944.50
น้ำหนัก (B-C), กรัม		1747.10
น้ำหนัก (A-C), กรัม		1722.65
น้ำหนัก (B-A), กรัม		24.45
ความถ่วงจำเพาะอบแห้ง (OD)		2.67
ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวหน้าแห้ง (SSD)		2.69
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent)		
ค่าการดูดซึม		0.52

ตารางภาคผนวกที่ ก3 หน่วยน้ำหนักและปริมาณช่องว่างของมวลรวมหยาบ (ASTM C29)

รายการ	ครั้งที่ 1
การสอบเทียบปริมาตรถังตวง	
1. น้ำหนักน้ำ+ถังตวง+กระจก	23.94 kg
2. น้ำหนักถังตวง+กระจก กก.	9.94 kg
3. น้ำหนักน้ำ กก.	14 kg
การทดสอบหน่วยน้ำหนักและปริมาตรช่องว่างมวลรวม (กก.)	แบบแน่น
4. น้ำหนักมวลรวมพร้อมถังตวง, G+กระจก	31.8
5. น้ำหนักถังตวง+กระจก กก.	9.94 kg
การทดสอบหน่วยน้ำหนักและปริมาตรช่องว่างมวลรวม (กก.)	แบบแน่น
6. น้ำหนักมวลรวม	22.58 23 23.06
6.1 น้ำหนักมวลรวมเฉลี่ย	22.88
7. หน่วยน้ำหนักของมวลรวม. M กก./ลบ.ม.	1634.28

ตารางภาคผนวกที่ ก4 ขนาดคละของมวลรวมหยาบ (ASTM C 136)

GRADATION OF COARSE AGGREGATE TEST				
ขนาดตะแกรง	น้ำหนักค้ำ (กรัม)	ร้อยละน้ำหนัก ค้ำ	ร้อยละน้ำหนัก ค้ำสะสม	ร้อยละน้ำหนักผ่าน ตะแกรง
1"	0	0	0	100.0
¾"	840	8.4	8.4	91.6
½"	5960	59.6	68.0	32.0
⅜"	1340	13.4	81.4	18.6
No.4	1520	15.2	96.6	3.4
No.8	140	1.4	98.0	2.0
Pan	200	2.0	100.0	
Total	10000	100		

ขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ = 3 / 4 นิ้ว

ตารางผนวกที่ ก5 ค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมของมวลรวมละเอียด (ASTM C 128)

DENSITY.SPECIFICATION GRAVITY AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE TEST	
Determination No.	1
1. น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง (OD), กรัม	490.70
2. น้ำหนักพิคโนเมตรที่เติมน้ำจนถึง ขีดที่กำหนด 500 ลบ.ซม.,กรัม	676.15
3. น้ำหนักพิคโนเมตรที่ใส่ตัวอย่างและเติมน้ำ จนถึงขีดที่กำหนด 500 ลบ.ซม., กรัม	983.70
4. น้ำหนักตัวอย่างสภาพอิ่มตัวผิวหน้าแห้ง(SSD), กรัม	500.00
5. น้ำหนัก (B+S-C), กรัม	192.1
6. น้ำหนัก (B+A-C), กรัม	189.05
7. น้ำหนัก (S-A), กรัม	3.05
8. ความถ่วงจำเพาะอบแห้ง (OD)	2.57
9. ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวหน้าแห้ง (SSD)	2.60
10. ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent)	2.63
11. ค่าการดูดซึม	0.61

ตารางภาคผนวกที่ ก6 ขนาดคละของมวลรวมละเอียด (ASTM C 136)

GRADATION OF CROASE AGGREGATE TEST				
ขนาดตะแกรง	น้ำหนักข้าง กรัม	ร้อยละน้ำหนัก ข้าง %	ร้อยละน้ำหนัก ข้างสะสม %	ร้อยละน้ำหนัก ผ่านตะแกรง %
No.4	1.45	0.29	0.29	99.71
No.8	13.75	2.75	3.04	96.96
No.16	60.65	12.13	15.17	84.83
No.30	135.10	42.19	57.36	57.81
No.50	153.65	60.69	118.05	39.31
No.100	99.35	121.38	239.43	
Pan	36.05	7.21	246.64	
Total	500			
F.M.				2.4276

ผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก

ตารางภาคผนวกที่ ๗ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 3 วัน (BS 1881)

ตัวอย่าง	แรงกด สูงสุด (กก.)	ความ กว้าง (ซม.)	ความ ยาว (ซม.)	ความสูง (ซม.)	กำลังรับ แรงอัด (Cube) (กก./ตร. ซม.)	กำลังรับ แรงอัด (Cylinder) (กก./ตร. ซม.)	ค่าเฉลี่ย (Cylinder) (กก./ตร. ซม.)
0.6- PT0%	41400	14.950	15.200	16.126	184	153.3	152.17
	39825	14.990	15.220	16.155	177	147.44	
	42075	15.260	15.223	15.075	187	155.77	
0.6- PT0.5%	42075	15.220	15.150	15.080	187	155.77	162.16
	42075	15.230	15.225	15.0560	187	155.77	
	47250	15.315	15.340	14.980	210	174.93	
0.6- PT1%	47250	15.290	15.420	14.990	210	174.93	178.27
	44775	15.420	15.100	14.920	199	165.77	
	52425	15.050	15.235	15.000	233	194.09	
0.7- PT0%	47925	15.400	15.460	15.075	213	177.43	162.74
	49050	15.130	15.250	15.150	218	181.60	
	34875	15.250	15.340	15.300	155	129.20	
0.7- PT0.5%	46800	15.295	15.325	14.990	208	173.30	162.45
	42975	15.360	15.225	15.080	191	159.10	
	41850	15.075	15.100	14.940	186	154.94	
0.7- PT1%	47250	15.290	15.340	14.980	210	174.93	161.32
	43875	15.320	15.246	15.075	195	162.44	
	39600	15.050	15.275	14.980	176	146.60	

หมายเหตุ: ค่ากำลังอัดรูปทรงกระบอก = $0.833 \times$ ค่ากำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์

ตาม <https://www.yotathai.com/yotanews/concrete-cylinder-cube>

ตารางภาคผนวกที่ ก7 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 3 วัน (BS 1881) (ต่อ)

ตัวอย่าง	แรงกด สูงสุด (กก.)	ความ กว้าง (ซม.)	ความ ยาว (ซม.)	ความสูง (ซม.)	กำลังรับ แรงอัด (Cube) (กก./ตร. ซม.)	กำลังรับ แรงอัด (Cylinder) (กก./ตร. ซม.)	ค่าเฉลี่ย (Cylinder) (กก./ตร. ซม.)
0.8- PT0%	42300	15.260	15.157	15.020	188	156.60	143.56
	36225	15.250	15.340	15.300	161	134.11	
	37800	15.350	15.310	14.980	168	139.95	
0.8- PT0.5%	38475	15.100	15.270	14.950	171	142.45	152.45
	37800	15.350	15.310	14.986	168	139.95	
	47250	15.285	15.322	14.985	210	174.93	
0.8- PT1%	32850	14.990	15.220	16.152	146	121.62	124.13
	35775	15.220	15.348	15.320	159	132.45	
	31950	15.224	15.100	15.173	142	118.30	

หมายเหตุ: ค่ากำลังอัดรูปทรงกระบอก = $0.833 \times$ ค่ากำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์

ตาม <https://www.yotathai.com/yotanews/concrete-cylinder-cube>

ตารางภาคผนวกที่ ๘ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (BS 1881)

ตัวอย่าง	แรงกด สูงสุด (กก.)	ความ กว้าง (ซม.)	ความ ยาว (ซม.)	ความสูง (ซม.)	กำลังรับ แรงอัด (Cube) (กก./ตร. ซม.)	กำลังรับ แรงอัด (Cylinder) (กก./ตร. ซม.)	ค่าเฉลี่ย (Cylinder) (กก./ตร. ซม.)
0.6- PT0%	62220	15.130	15.150	15.230	276	229.91	231
	71350	15.100	15.140	15.220	317	264.02	
	53710	15.050	15.235	15.100	239	199.09	
0.6- PT0.5%	60130	15.100	15.050	15.250	267.3	222.67	225.70
	65920	15.050	15.200	15.100	292.98	244.05	
	56820	15.205	15.700	14.975	252.54	210.40	
0.6- PT1%	56650	15.120	15.200	15.175	251.78	209.73	220.13
	59370	15.200	15.150	15.140	263.87	219.80	
	62360	14.970	15.280	15.150	277.16	230.87	
0.7- PT0%	50250	15.400	15.430	15.040	223	185.76	202.15
	53910	15.100	15.200	15.050	239	199.08	
	60060	15.130	15.120	15.220	266	221.60	
0.7- PT0.5%	57020	14.998	15.400	15.150	253.43	211.10	206.05
	56640	15.050	15.245	15.050	251.74	209.70	
	53310	15.160	15.550	15.250	236.93	197.36	
0.7- PT1%	47090	14.860	15.250	15.400	209.29	174.34	179.56
	47750	15.130	15.270	15.030	212.2	176.76	
	50660	15.200	15.150	15.100	225.16	187.56	

หมายเหตุ: ค่ากำลังอัดรูปทรงกระบอก = $0.833 \times$ ค่ากำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์

ตาม <https://www.yotathai.com/yotanews/concrete-cylinder-cube>

ตารางภาคผนวกที่ ๘ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (BS 1881) (ต่อ)

ตัวอย่าง	แรงกดสูงสุด (กก.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความสูง (ซม.)	กำลังรับแรงอัด (Cube) (กก./ตร.ซม.)	กำลังรับแรงอัด (Cylinder) (กก./ตร.ซม.)	ค่าเฉลี่ย (Cylinder) (กก./ตร.ซม.)
0.8-PT0%	50470	16.050	15.430	15.030	189.74	158.05	174.74
	56560	15.400	15.460	15.070	219.51	182.85	
	55620	15.130	15.100	15.150	220.09	183.34	
0.8-PT0.5%	37890	15.340	15.130	15.400	168.4	140.28	157.5
	42730	15.075	15.200	14.960	189.9	158.20	
	47000	15.080	15.260	15.050	208.89	174.00	
0.8-PT1%	50470	15.160	15.500	15.400	224.31	186.85	200.72
	56560	14.960	15.250	15.200	251.38	209.40	
	55620	15.200	15.050	15.140	247.2	205.91	

หมายเหตุ: ค่ากำลังอัดรูปทรงกระบอก = $0.833 \times$ ค่ากำลังอัดรูปทรงลูกบาศก์

ตาม <https://www.yotathai.com/yotanews/concrete-cylinder-cube>

ตารางภาคผนวกที่ ๙ กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (ASTM 496)

ตัวอย่าง	แรงกดสูงสุด (กก.)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูง (ซม.)	กำลังรับแรงดึง (กก./ตร.ซม.)	ค่าเฉลี่ย (กก./ตร.ซม.)
0.6-PT0%	9960	15.14	30.00	13.96	14.47
	10840	15.33	30.00	15.00	
	10260	15.06	30.00	14.46	
0.6-PT0.5%	12260	15.03	30.00	17.31	17.97
	13760	15.17	30.00	19.25	
	12320	15.06	30.00	17.36	

ตารางภาคผนวกที่ ก9 กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (ASTM 496) (ต่อ)

ตัวอย่าง	แรงกดสูงสุด (กก.)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูง (ซม.)	กำลังรับแรงดึง (กก./ตร.ซม.)	ค่าเฉลี่ย (กก./ตร.ซม.)
0.6-PT1%	10220	14.98	30.00	14.48	18.07
	11060	15.20	30.00	15.44	
	17200	15.03	30.00	24.29	
0.7-PT0%	10740	15.15	30.00	15.04	13.94
	9480	15.07	30.00	13.35	
	9520	15.04	30.00	13.43	
0.7- PT0.5%	10920	15.01	30.00	15.44	16.18
	11820	15.00	30.00	16.72	
	11440	14.82	30.00	16.38	
0.7-PT1%	9620	15.00	30.00	13.60	13.11
	9220	15.03	30.00	13.02	
	9060	15.13	30.00	12.71	
0.8-PT0%	10320	15.00	30.00	14.6	15.48
	13100	14.93	30.00	18.62	
	9400	15.08	30.00	13.23	
0.8- PT0.5%	10120	14.95	30.00	14.36	14.08
	10820	15.03	30.00	15.28	
	8900	15.00	30.00	12.60	
0.8-PT1%	8800	15.2	30.00	12.29	12.26
	8460	15.1	30.00	11.89	
	8960	15.08	30.00	12.61	

ตารางภาคผนวกที่ ก10 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (ASTM 78)

ตัวอย่าง	แรงกด สูงสุด (กก.)	ความ ยาว (ซม.)	ความ กว้าง (ซม.)	ความลึก (ซม.)	กำลังรับแรง ดัด (กก./ตร.ซม.)	ค่าเฉลี่ย (กก./ตร. ซม.)
0.6-PT0%	3433.5	45	15.66	14.90	44.44	41.2
	3001.9	45	15.68	15.02	38.19	
	3296.2	45	15.68	15.22	40.84	
0.6- PT0.5%	3109.8	45	15.50	15.21	39.03	39.42
	3198	45	15.38	15.33	39.81	
	3153.5	45	15.44	15.27	39.42	
0.6-PT1%	3050.9	45	15.41	15.47	37.23	31.40
	2100	45	15.38	15.50	25.57	
	2575.8	45	15.40	15.48	31.41	
0.7-PT0%	2570.2	45	15.93	14.93	32.57	39.95
	3747.4	45	15.21	15.30	47.36	
	3158.8	45	15.57	15.12	39.93	
0.7- PT0.5%	3031.3	45	15.96	15.17	37.14	37.85
	3031.3	45	15.40	15.18	38.44	
	3048.6	45	15.68	15.18	37.97	
0.7-PT1%	2648.7	45	16.33	15.06	32.2	25.43
	1461.7	45	15.70	15.02	18.57	
	2055.2	45	16.02	15.04	25.52	
0.8-PT0%	2815.5	45	15.27	15.43	34.85	36.87
	2933.2	45	15.15	15.13	38.06	
	2972.4	45	14.87	15.45	37.7	
0.8- PT0.5%	2795.9	45	15.40	14.79	37.35	38.67
	3207.9	45	15.81	15.12	39.94	
	3012.9	45	15.60	14.98	38.73	

ตารางภาคผนวกที่ ก10 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (ASTM 78) (ต่อ)

ตัวอย่าง	แรงกด สูงสุด (กก.)	ความ ยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความลึก (ซม.)	กำลังรับแรง ดัด (กก./ตร.ซม.)	ค่าเฉลี่ย (กก./ตร. ซม.)
0.8-PT1%	2805.7	45	15.63	15.16	35.15	34.40
	2580	45	16.05	14.66	33.66	
	2692.9	45	15.84	14.91	34.41	

ภาคผนวก ข.

ภาพการทดลอง

1. การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอในสภาพสด

การทดสอบหาค่าความยุบตัว



ภาพภาคผนวกที่ ข 1 ทำการเตรียม ชั่งวัสดุ สำหรับการผสมคอนกรีต



ภาพภาคผนวกที่ ข2 นำส่วนผสมคอนกรีตลงในโม้ผสมคอนกรีตแล้วทำการผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน



ภาพภาคผนวกที่ ข3 ตักคอนกรีตลงในกรวยทดสอบค่าความยุบตัวโดยแบ่งเป็น 3 ชั้น โดยปริมาตร



ภาพภาคผนวกที่ ข4 ทำการกระทุ้งด้วยเหล็กกระทุ้งจำนวน 25 ครั้งในแต่ละชั้น



ภาพภาคผนวกที่ ข5 ยกกรวยทดสอบ ขึ้นตรง และทำการวัดค่าความยุบตัวของคอนกรีต

2. การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกปลายงอในสภาพแข็งตัว

การทดสอบกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงดัด



ภาพภาคผนวกที่ ข6 ทำการตัดคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วใส่แบบหล่อคอนกรีตที่ทาน้ำยาทาแบบไว้



ภาพภาคผนวกที่ ข7 ทำให้แน่นโดยการสั่นคอนกรีตด้วย concrete vibrator

ทำการปาดผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ



ภาพภาคผนวกที่ ข8 ทำการถอดแบบออกและนำคอนกรีตไปบ่มน้ำในบ่อบ่มคอนกรีต



ภาพภาคผนวกที่ ข9 นำแท่งตัวอย่างคอนกรีตวางบนแท่นทดสอบกำลังรับแรงอัด

ทำการกดแท่งคอนกรีตจนเกิดการวิบัติและบันทึกค่าแรงสูงสุด



ภาพภาคผนวกที่ ข10 นำแท่งตัวอย่างคอนกรีตวางบนแท่นชุดทดสอบกำลังรับแรงดึง

ทำการกดแท่งคอนกรีตจนเกิดการวิบัติและบันทึกค่ารับแรงสูงสุด



ภาพภาคผนวกที่ ข11 นำแท่งตัวอย่างคอนกรีตวางบนชุดทดสอบกำลังรับแรงดัด

ทำการกดแท่งคอนกรีตจนเกิดการวิบัติและบันทึกค่ารับแรงสูงสุด

ภาคผนวก ค.

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตตามมาตรฐาน ACL

ก. ข้อมูลการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

1. เลือกค่ายุบตัว 7.5 – 12.5
2. ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ถพ. = 3.13
3. มวลรวมหยาบขนาดโตสุด 3/4” ถพ. = 2.69, ค่าการดูดซึม 0.52%

หน่วยน้ำหนักแห้งอัดแน่น 1634 kg/m^3

4. มวลรวมละเอียด ถพ.= 2.60, ค่าการดูดซึม 0.61% โมดูลัสความละเอียด 2.43

ข. การคำนวณออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

1. เลือกค่ายุบตัว 7.5 – 12.5 ซม.
2. ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้ข้อมูล มวลรวมหยาบขนาด 3/4” และค่ายุบตัว 7.5-12.5 cm และปริมาณฟองอากาศใช้ร้อยละ 2 ของปริมาตรคอนกรีตเลือกใช้น้ำ = 203 kg
3. $w/c = 0.6$
4. $w/c = 0.6$ จะได้ $c = w/0.6 = 203/0.6 = 338.34 \text{ kg}$
5. หาปริมาณของวัสดุหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีตจากขนาดหิน 3/4” และค่า FM มวลรวมละเอียด = 2.43

$$\text{ปริมาตรมวลรวมหยาบ} = 0.657$$

$$\text{น้ำหนักมวลรวมหยาบ} = 1634 \times 0.657 = 1073.538 \text{ kg}$$

$$\text{ค่าการดูดซึมหินย่อย} = 0.52$$

$$\text{ใช้น้ำหนักมวลรวมหยาบ} = 1075.538 \times (1 + (0.52/100)) = 1079.12 \text{ kg}$$

6. ปริมาณวัสดุ

$$\text{ปริมาตรน้ำ} = (203/1.00 \times 1000) = 0.203 \text{ m}^3$$

$$\text{ปริมาตรซีเมนต์} = 338.34/(3.13 \times 1000) = 0.108 \text{ m}^3$$

$$\text{ปริมาตรเนื้อหิน} = 1079.12 / (2.70 \times 1000) = 0.400 \text{ } m^3$$

$$\text{ปริมาตรของฟองอากาศ} = 2 / 100 \times 1 = 0.0200 \text{ } m^3$$

$$\text{ปริมาตรรวมยกเว้นทราย} = 0.731 \text{ } m^3$$

$$\text{ปริมาตรของทรายที่ต้องใช้} = 1 - 0.731 = 0.269 \text{ } m^3$$

$$\text{ปริมาณทราย (SSD)} = 0.269 \times 2.60 \times 1000 = 699.4 \text{ kg}$$

7. สรุปผลออกแบบส่วนผสมคอนกรีตใน 1 ลูกบาศก์เมตร

$$\text{Cement} = 338.34 \text{ kg}$$

$$\text{Water} = 203 \text{ kg}$$

$$\text{Sand} = 699.4 \text{ kg}$$

$$\text{Coarse} = 1079.12 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 2319.86 \text{ kg}$$

8. ได้อัตราส่วนผสมคอนกรีตโดยน้ำหนัก

$$\text{ปูนซีเมนต์ : มวลรวมละเอียด : มวลรวมหยาบ} = 1 : 2.07 : 3.19, w/c = 0.6$$

