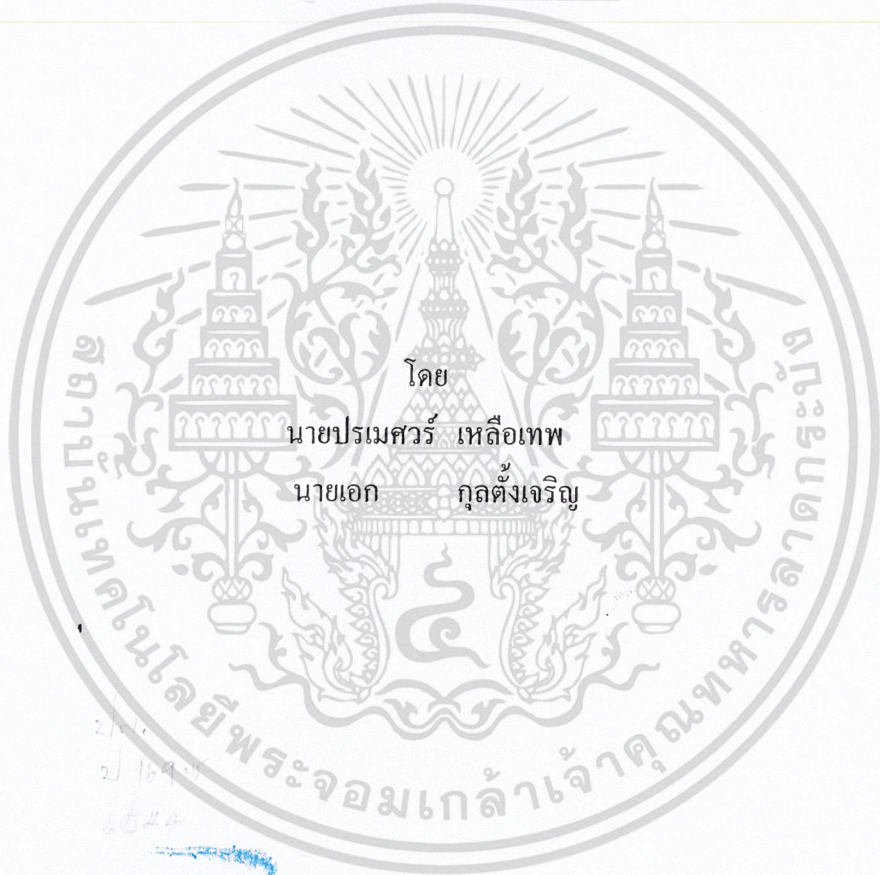


ซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกสำหรับวัสดุตกแต่งสำเร็จรูป  
PLASTIC FIBER-REINFORCED CEMENT  
FOR PREFABRICATED FINISHING PRODUCTS



โดย  
นายปรเมศวร์ เหลือเทพ  
นายเอก กุลตั้งเจริญ

เลขหน้.....  
เลขทะเบียน 45842  
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2546

b.....  
i.....

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**PLASTIC FIBER-REINFORCED CEMENT  
FOR PREFABRICATED FINISHING PRODUCTS**



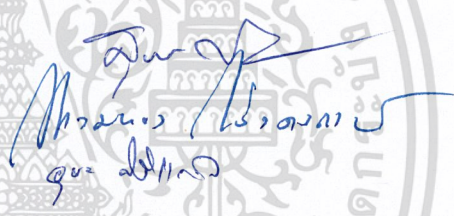
A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ	ซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกสำหรับวัสดุตกแต่งสำเร็จรูป		
นักศึกษา	นายปรเมศวร์ เหลือเทพ	รหัสประจำตัว	41014666
	นายเอก กุลตั้งเจริญ	รหัสประจำตัว	41014812
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุพจน์ ศรีนิล		

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ		ลายมือชื่อ
อ.สุพจน์	ศรีนิล	
อ.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	
อ.อุบะ	ศิริแก้ว	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ.ดร.แดง เกรียงสุวรรณ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 30 เดือน เมษายน พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	ซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกสำหรับวัสดุตกแต่งสำเร็จรูป PLASTIC FIBER-REINFORCED CEMENT FOR PREFABRICATED FINISHING PRODUCTS
นักศึกษา	นายปรเมศวร์ เหลือเทพ นายเอก กุลตั้งเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุพจน์ ศรีนิล
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2544

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการผลิตซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้วมาใช้เป็นวัสดุตกแต่งสำเร็จรูป เช่น บัว คิ้ว เปลือกเสา เป็นต้น แต่เนื่องจากเส้นใยแก้วเป็นวัสดุที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงมีต้นทุนที่สูงมาก ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำเส้นใยพลาสติกชนิดต่างๆ มาแทนเส้นใยแก้ว และศึกษาหาเปอร์เซ็นต์เส้นใยพลาสติกที่ผสมกับซีเมนต์แล้วเพิ่มกำลังรับแรงดึงได้ดีที่สุด

ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของเส้นใยพลาสติก และซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกตามมาตรฐาน British Standard (BS 6432 : 1984) จากการศึกษาพบว่า เส้นใยพลาสติกสามารถเพิ่มกำลังรับแรงดึงได้ 44.74 % โดยปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมที่สุด คือ 1 % และเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์ให้คุณสมบัติในการรับแรงดึงดีที่สุด รวมทั้งมีความเป็นไปได้ที่จะนำเส้นใยพลาสติกมาใช้แทนเส้นใยแก้ว เพื่อใช้ทำวัสดุตกแต่งสำเร็จรูปที่มีต้นทุนต่ำกว่า

Title : PLASTIC FIBER-REINFORCED CEMENT FOR PREFABRICATED  
FINISHING PRODUCTS

Name : MR.PARAMET LUATHEP  
MR.AKE GOOLTANGJAROEN

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : MR.SUPOJ SRINIL

## ABSTRACT

At the present, glass fiber reinforced cement (GRC) is used to make prefabricated finishing products such as fin, curve, mortar liner, rib etc. Due to glass fiber being imported from foreign country, GRC is costly. Hence this research is aimed to do feasibility study on using many types of plastic fiber reinforced cement (PRC) and to find optimum percentage of plastic fiber, which yields the highest strength for PRC.

The mechanic properties of many types of plastic fiber and PRC were tested as specified by British Standard (BS 6432 : 1984). By conclusion, the optimum percentage for plastic fiber was 1 % which increased flexural strength 44.74 % of ordinary cement mortar, and polyester plastic fiber yielded the highest strength of PRC. It was high possibility for using PRC to make cheaper prefabricated finishing products.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้จะสำเร็จมิได้เลยหากขาดบุคคลผู้หนึ่งผู้ใดที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษาโครงการพิเศษให้เกิดประโยชน์ สามารถนำโครงการพิเศษไปใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขอขอบคุณ อาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวร ที่ได้สละเวลาในการให้คำปรึกษาและดูแลโครงการพิเศษอย่างใกล้ชิดทั้งในและนอกเวลาราชการ รวมทั้งดูแลความเรียบร้อยของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณ อาจารย์อุเบะ ศิริแก้ว หนึ่งในคณะกรรมการสอบโครงการพิเศษที่ได้ให้คำชี้แนะและคำสั่งสอนที่มีประโยชน์อย่างมากมาในทุกๆ เรื่อง

ขอขอบคุณ คุณนพดล บุญเสนอ ผู้จัดการฝ่ายผลิตภัณฑ์ซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว บริษัท พี ซี เอ็ม คอนสตรัคชั่น จำกัด ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลการทดสอบและผลิตภัณฑ์ซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว อีกทั้งเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่ง ขอขอบคุณ คุณดำรงศักดิ์ เจนกิจเจริญชัย ผู้จัดการโรงงานและพนักงานฝ่ายโรงงาน บริษัท สยามเน็ท อินดัสทรีส์ จำกัด ที่สนับสนุนวัสดุ ให้ความรู้และข้อมูลเส้นใยพลาสติก ขอขอบคุณ บริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์คอนกรีตสำเร็จรูป

ขอขอบคุณ นายอนันต์ วิริยะกิจชัย นายโสภณ อิงคินันท์ นายวสันต์ ศรีพลากิจ นายศลิพงษ์ บุญเต็ม นายสารรัตน์ เขาวรัตน์ และเพื่อนๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านแรงงานในช่วงของการหล่อตัวอย่างทดสอบ

สุดท้ายนี้จะขาดเสียมิได้สำหรับคำขอบพระคุณแด่บุพการีของผู้จัดทำโครงการ ตั้งแต่การสั่งสอน การเลี้ยงดู ทำให้มีวันนี้ได้ จนถึงความช่วยเหลือที่ท่านมีในระหว่างทำโครงการทั้งเป็นกำลังใจและกำลังทุนทรัพย์ รวมทั้งความรักที่มีให้แก่บุตรเสมอมา

นายปรเมศวร์ เหลือเทพ

นายเอก กุลตั้งเจริญ

ผู้ประพันธ์

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอำนวยการ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ญ
	สารบัญรูป	ฎ
1	บทนำ	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์	2
	1.4. สมมุติฐาน	3
	1.5. ขอบเขตการศึกษา	3
	1.6. วิธีการศึกษา	7
2	วรรณกรรมปริทัศน์	
	2.1. กล่าวนำ	10
	2.2. นิยามและคำจำกัดความ	10
	2.3. การทดสอบกำลังดึงของคอนกรีต	14
	2.3.1. การทดสอบกำลังดึงของคอนกรีตโดยตรง	14
	2.3.2. การทดสอบกำลังดึงของคอนกรีต โดยวิธี Flexural Tensile Test	15
	2.3.3. การทดสอบกำลังดึงของคอนกรีต โดยวิธี Splitting Test	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.4. การประยุกต์ใช้เส้นใยในงานก่อสร้าง	16
3	การศึกษาด้านคุณสมบัติเชิงกล	
	3.1. คุณสมบัติเชิงกลในการรับแรงดึงของเส้นใยพลาสติกและเส้นใยแก้ว	22
	3.2. คุณสมบัติเชิงกลของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกและเส้นใยแก้ว	23
	3.2.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก	23
	3.2.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว	26
	3.2.3. การทดสอบกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยวของซีเมนต์ผสมเส้นใยชนิดต่างๆ	26
	3.3. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต	28
	3.3.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต	28
	3.3.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต	30
	3.3.2.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต โดยวิธี Splitting Test	30
	3.3.2.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต โดยวิธี Flexural Strength Test	33
	3.4. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	35
	3.4.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	36
	3.4.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	37
	3.4.2.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสม เส้นใยพลาสติก โดยวิธี Splitting Test	37
	3.4.2.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสม เส้นใยพลาสติก โดยวิธี Flexural Strength Test	38
	3.5. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
4	ผลการศึกษาและการวิเคราะห์	
	4.1. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ	41
	4.1.1. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์กำลังต้านทานแรงดึง ของเส้นใยชนิดต่าง ๆ	41
	4.1.2. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์กำลังรับแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง ซีเมนต์กับเส้นใยชนิดต่าง ๆ	42
	4.1.3. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์กำลังรับแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้า และซีเมนต์เสริมเส้นใยชนิดต่าง ๆ	42
	4.1.4. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต หน้าตัดกลม	44
	4.2.. การวิเคราะห์เปรียบเทียบราคา	45
5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
	5.1. สรุปผลการศึกษา	48
	5.2. ข้อเสนอแนะในการใช้งานและการผลิตเส้นใยพลาสติก	49
	5.2.1. การใช้งาน	49
	5.2.2. การผลิตเส้นใยพลาสติก	49
	5.3. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	49
	รายการอ้างอิง	51
	ภาคผนวก ก. ตารางแสดงผลการทดสอบกำลังดึงของเส้นใย	ผก1
	ภาคผนวก ข. ตารางแสดงผลการทดสอบซีเมนต์เสริมเส้นใย	ผข1
	ภาคผนวก ค. ตารางแสดงผลการทดสอบคอนกรีตเสริมเส้นใย	ผค1
	ภาคผนวก ง. แผนภูมิและกราฟวิเคราะห์ผลการทดลอง	ผง1
	ภาคผนวก จ. รูปแสดงการทดสอบ	ผจ1

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
1.1.	แสดงจำนวนตัวอย่างเส้นใยสำหรับทดสอบหา Tensile Strength	3
1.2.	แสดงจำนวนแท่งทดสอบหา Flexural Strength ของซีเมนต์เสริมเส้นใยที่ 7 วัน	4
1.3.	แสดงจำนวนตัวอย่างเส้นใยที่ใช้สำหรับทดสอบหา Bonding Strength	5
1.4.	แสดงจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบหาค่ากำลังต่างๆ ของคอนกรีตที่ 28 วัน	6
2.1.	แสดงคุณสมบัติของเส้นใยที่นำมาทดสอบ	13
ผ.ก.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยแก้ว	ผก2
ผ.ก.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ หน้าตัดกลม	ผก3
ผ.ก.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยโพลีโพรพิลีน หน้าตัดแบน	ผก4
ผ.ก.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยโพลีโพรพิลีน หน้าตัดกลม	ผก5
ผ.ก.5.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยโพลีโพรพิลีน หน้าตัดกลมคู่	ผก6
ผ.ข.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้า	ผข2
ผ.ข.2.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว 1 %	ผข3
ผ.ข.2.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว 2 %	ผข4
ผ.ข.2.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว 3 %	ผข5
ผ.ข.2.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว 4 %	ผข6
ผ.ข.3.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 1 %	ผข7
ผ.ข.3.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 2 %	ผข8
ผ.ข.3.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 3 %	ผข9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.3.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 4 %	ผข10
ผ.ข.4.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม 1 %	ผข11
ผ.ข.4.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม 2 %	ผข12
ผ.ข.4.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม 3 %	ผข13
ผ.ข.4.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม 4 %	ผข14
ผ.ข.5.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ 1 %	ผข15
ผ.ข.5.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ 2 %	ผข16
ผ.ข.5.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ 3 %	ผข17
ผ.ข.5.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ 4 %	ผข18
ผ.ข.6.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว 1 %	ผข19
ผ.ข.6.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว 2 %	ผข20
ผ.ข.6.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว 3 %	ผข21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.6.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว 4 %	ผข22
ผ.ข.7.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยแก้ว	ผข23
ผ.ข.7.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยพลาสติก โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม	ผข24
ผ.ข.7.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม	ผข25
ผ.ข.7.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมปลายเป็นปม	ผข26
ผ.ค.1.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0 %	ผค2
ผ.ค.1.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.25 %	ผค3
ผ.ค.1.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.50 %	ผค4
ผ.ค.1.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.00 %	ผค5
ผ.ค.1.5.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.50 %	ผค6
ผ.ค.2.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0 %	ผค7
ผ.ค.2.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.25 %	ผค8
ผ.ค.2.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.50 %	ผค9

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ค.2.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.00 %	ผค10
ผ.ค.2.5.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.50 %	ผค11
ผ.ค.3.1.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงค้ำของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0 %	ผค12
ผ.ค.3.2.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงค้ำของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.25 %	ผค13
ผ.ค.3.3.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงค้ำของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.50 %	ผค14
ผ.ค.3.4.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงค้ำของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.00 %	ผค15
ผ.ค.3.5.	แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงค้ำของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.50 %	ผค16

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1.	แสดงขนาดตัวอย่างซีเมนต์เสริมเส้นใยสำหรับทดสอบหา Flexural Strength	4
1.2.	แสดงแท่งลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ซม. <sup>3</sup> สำหรับทดสอบหา Bonding Strength	5
1.3.	แสดงแท่งคอนกรีตทรงกระบอก ขนาด $\varnothing$ 15 ซม. สูง 30 ซม. สำหรับ Splitting Strength Test	6
1.4.	แสดงแท่งคอนกรีตลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 ซม. <sup>3</sup> สำหรับ Compressive Strength Test	6
1.5.	แสดงคานคอนกรีตลูกบาศก์ ขนาด 15x15x60 ซม. <sup>3</sup> สำหรับ Flexural Strength Test	6
1.6.	แสดงแผนภาพขั้นตอนการศึกษาซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใย	8
1.7.	แสดงแผนภาพขั้นตอนการศึกษาคอนกรีตเสริมเส้นใย	9
2.1.	แสดงการนำเส้นใยพลาสติกไปใช้งาน	11
2.2.	แสดงลักษณะเส้นใยแก้วชนิด AR-GLASS	11
2.3.	แสดงลักษณะเส้นใยแก้วชนิด E-GLASS	12
2.4.	แสดงการนำผนังเบา จี.อาร์.ซี. มาใช้ในงานก่อสร้างอาคาร	18
2.5.	แสดงลวดลายผนังเบา จี.อาร์.ซี. รูปแบบต่างๆ	18
2.6.	แสดงการนำหลังคา จี.อาร์.ซี. มาใช้ในงานก่อสร้าง	20
2.7.	แสดงหลังคา จี.อาร์.ซี. แบบแผ่นเรียบ	21
2.8.	แสดงหลังคา จี.อาร์.ซี. แบบแผ่นมีลอน	21
3.1.	แสดงการทดสอบซีเมนต์ด้วยวิธี Flexural Strength Test	25
3.2.	แสดงก้อนตัวอย่างรูปลูกบาศก์	30
3.3.	แสดงการทดสอบด้วยวิธี Splitting Test	31
3.4.	แสดงการทดสอบคอนกรีตด้วยวิธี Flexural Strength Test	35
ผ.ง.1.	แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงดึงของเส้นใยชนิดต่างๆ	ผง2
ผ.ง.2.	แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่า Elastic Modulus ของเส้นใยชนิดต่างๆ	ผง2
ผ.ง.3.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้วกับกำลังรับแรงดัด	ผง3

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ง.4.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์ หน้าตัดกลมกับกำลังรับแรงดัด	ผง4
ผ.ง.5.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน หน้าตัดกลมกับกำลังรับแรงดัด	ผง5
ผ.ง.6.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน หน้าตัดกลมคู่กับกำลังรับแรงดัด	ผง6
ผ.ง.7.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน หน้าตัดรูปดาวกับกำลังรับแรงดัด	ผง7
ผ.ง.8.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างซีเมนต์ผสมเส้นใยชนิดต่างๆ กับกำลังรับแรงดัด	ผง8
ผ.ง.9.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน หน้าตัดแบนกับกำลังรับแรงอัด	ผง9
ผ.ง.10.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน หน้าตัดแบนกับกำลังรับแรงดึง	ผง10
ผ.ง.11.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน หน้าตัดแบนกับกำลังรับแรงดัด	ผง11
ผ.จ.1.	แสดงเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน	ผจ2
ผ.จ.2.	แสดงเส้นใยแก้ว	ผจ2
ผ.จ.3.	แสดงตัวอย่างเส้นใยชนิดต่างๆที่นำมาทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง	ผจ3
ผ.จ.4.	แสดงการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงเส้นใยชนิดต่างๆ	ผจ3
ผ.จ.5.	แสดงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน	ผจ4
ผ.จ.6.	แสดงการหล่อตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกสำหรับ Splitting Test	ผจ4
ผ.จ.7.	แสดงการหล่อตัวอย่างคานคอนกรีตสำหรับ Flexural Test	ผจ5
ผ.จ.8.	แสดงตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกสำหรับ Splitting Test	ผจ5
ผ.จ.9.	แสดงตัวอย่างคานคอนกรีตสำหรับ Flexural Test	ผจ5

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.จ.10.	แสดงการทดสอบ Splitting Test	ผจ6
ผ.จ.11.	แสดงตัวอย่างคอนกรีตหลังการทดสอบ Splitting Test	ผจ6
ผ.จ.12.	แสดงการทดสอบ Flexural Test ตัวอย่างคานคอนกรีต	ผจ6
ผ.จ.13.	แสดงตัวอย่างคานคอนกรีตหลังการทดสอบ Flexural Test	ผจ7
ผ.จ.14.	แสดงส่วนผสมในการทำตัวอย่างซีเมนต์ผสมเส้นใย	ผจ7
ผ.จ.15.	แสดงเครื่องผสมมอร์ต้า	ผจ8
ผ.จ.16.	แสดงแบบหล่อในการทำแท่งตัวอย่างซีเมนต์ผสมเส้นใย	ผจ8
ผ.จ.17.	แสดงแท่งตัวอย่างซีเมนต์ผสมเส้นใยสำหรับ Flexural Test	ผจ8
ผ.จ.18.	แสดงเครื่องทดสอบ Flexural Test สำหรับแท่งซีเมนต์ผสมเส้นใย	ผจ9
ผ.จ.19.	แสดงแท่งตัวอย่างซีเมนต์ผสมเส้นใยหลังการทดสอบ Flexural Test	ผจ9
ผ.จ.20.	แสดงการหล่อตัวอย่างทดสอบ Bonding Test	ผจ9
ผ.จ.21.	แสดงตัวอย่างสำหรับทดสอบ Bonding Test	ผจ10
ผ.จ.22.	แสดงการทดสอบ Bonding Test	ผจ10
ผ.จ.23.	แสดงตัวอย่างหลังการทดสอบ Bonding Test	ผจ10
ผ.จ.24.	แสดงแบบหล่อสำหรับทำชิ้นงานช่องระบายอากาศ	ผจ11
ผ.จ.25.	แสดงซีเมนต์ผสมเส้นใยสำหรับทำชิ้นงานช่องระบายอากาศ	ผจ11
ผ.จ.26.	แสดงการหล่อชิ้นงานช่องระบายอากาศ	ผจ12
ผ.จ.27.	แสดงชิ้นงานช่องระบายอากาศเมื่อหล่อเสร็จ	ผจ12
ผ.จ.28.	แสดงชิ้นงานช่องระบายอากาศที่ผลิตจากซีเมนต์มอร์ต้า	ผจ13
ผ.จ.29.	แสดงชิ้นงานช่องระบายอากาศที่ผลิตจากซีเมนต์มอร์ต้าผสมเส้นใยแก้ว	ผจ13
ผ.จ.30.	แสดงชิ้นงานช่องระบายอากาศที่ผลิตจากซีเมนต์มอร์ต้าผสมเส้นใยพลาสติก โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม	ผจ13

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. กล่าวนำ

ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่า สิ่งก่อสร้างต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอาคารบ้านเรือน ถนนต่างๆ ส่วนใหญ่ล้วนแล้วแต่มีส่วนประกอบเป็นคอนกรีตทั้งสิ้น เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการรับกำลังอัดได้ดี อีกทั้งราคาถูก คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันมาเป็นเวลาช้านาน จากหลักฐานพบว่ามีการใช้คอนกรีตทำพื้นกระเบื้องในสมัยยุคหินตั้งแต่ 7000 ปีที่ผ่านมา (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2542.) หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาคอนกรีตอย่างต่อเนื่องจนได้ค้นพบระบบ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาจวบจนปัจจุบัน ทั้งยังมีการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อคอนกรีตเอง เช่น การใส่สารผสมเพิ่มในคอนกรีต หรือการพัฒนาวิธีการก่อสร้าง เช่น การใช้โครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ด้วยเหตุนี้เทคโนโลยีในการก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในปัจจุบันจึงมีความทันสมัยและเหมาะสมกับการใช้งานในสภาพต่างๆ มากขึ้น

นอกจากคอนกรีตแล้วยังมีการนำซีเมนต์มอร์ต้ามาทำเป็นวัสดุตกแต่ง โครงสร้างให้มีความสวยงาม ไม่ว่าจะเป็นการฉาบผิว หรือการตกแต่งผิวให้มีลวดลายแกะสลัก หรือทำลายปูนปั้นซึ่งต้องใช้ฝีมือจากช่างที่มีความชำนาญทำให้เปลืองทั้งเวลาและแรงงาน ทั้งยังอาจจะทำให้คุณภาพที่ได้ไม่สม่ำเสมอ จึงได้มีการผลิตวัสดุตกแต่งบัวปูนปั้นสำเร็จรูป ซึ่งเป็นการประหยัดทั้งเวลาและแรงงาน

### 1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สำหรับประเทศไทย ระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กยังคงเป็นที่นิยมใช้กันในการก่อสร้าง เนื่องจากราคาที่ถูกเมื่อเปรียบเทียบกับระบบโครงสร้างเหล็ก อีกทั้งวัสดุที่นำมาใช้ผลิตคอนกรีตสามารถหาได้จากทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศ อย่างไรก็ตามคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีข้อด้อยในเรื่องของกำลังรับแรงดึงต่ำกว่ากำลังรับแรงอัดมาก จึงได้มีการนำเหล็กเส้นมาเสริมเพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึงจึงเกิดเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce Concrete) แต่เนื่องจากคอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงดึงที่ต่ำมาก เมื่อเกิดหน่วยแรงดึงขึ้นในโครงสร้างจากการยึดหดตัวของคอนกรีตเนื่องจากอุณหภูมิ ทำให้เกิดการแตกร้าวขึ้นบนผิวของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะโครงสร้างในส่วนที่มีเหล็กเสริมน้อย เช่น พื้นระบบอัดแรง ส่งผลให้ความแข็งแรงของโครงสร้างลดลง

ในส่วนของงานตกแต่งผิวโครงสร้างได้ใช้ซีเมนต์มอร์ต้าเป็นวัสดุในการตกแต่งผิวให้มีลวดลายแกะสลักหรือลายปูนปั้น เช่น บัว คิ้ว เปลือกเส้า เป็นต้น ต่อมาได้มีการผลิตชิ้นส่วนดังกล่าวเป็นวัสดุสำเร็จรูปเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการก่อสร้าง แต่มักจะประสบปัญหาเรื่องรอยแตกร้าวที่ผิวอันเนื่องมาจากการยึดและหดตัวของซีเมนต์มอร์ต้า ทำให้เกิดแรงดึงที่ผิว

เพื่อลดปัญหาการแตกร้าวของคอนกรีตและซีเมนต์มอร์ต้า จึงได้มีการนำวัสดุต่างๆ เช่น เส้นใยแก้ว เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เส้นใยธรรมชาติ เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึงที่ผิว ลดรอยแตกร้าว และปัจจุบันมีการผลิตซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใยแก้วมาใช้เป็นวัสดุตกแต่งสำเร็จรูป แต่เนื่องจากเส้นใยแก้วเป็นวัสดุที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงมีต้นทุนที่สูงมาก

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำเส้นใยพลาสติกมาแทนเส้นใยแก้ว ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตวัสดุตกแต่งสำเร็จรูป ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ตกแต่งสำเร็จรูปที่ผลิตจากซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใยเป็นที่นิยมมากขึ้น

### 1.3. วัตถุประสงค์

สำหรับวัตถุประสงค์ของการศึกษามีดังนี้

1. ศึกษาหาเปอร์เซ็นต์เส้นใยพลาสติกที่ผสมลงในซีเมนต์มอร์ต้า แล้วทำให้เพิ่มความสามารถในการรับกำลังดึงของซีเมนต์มอร์ต้าได้มากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดรอยแตกร้าวที่เกิดจากหน่วยแรงดึงในซีเมนต์มอร์ต้า
2. ศึกษาความเป็นไปได้ในการที่จะนำเส้นใยพลาสติกไปใช้แทนเส้นใยแก้วในวัสดุซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใยแก้ว เพื่อที่จะลดต้นทุนในการผลิตซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใยแก้ว
3. ศึกษาหาเปอร์เซ็นต์เส้นใยพลาสติกที่ผสมลงในคอนกรีต แล้วทำให้เพิ่มความสามารถในการรับกำลังดึงของคอนกรีตได้มากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดรอยแตกร้าวที่เกิดจากหน่วยแรงดึงในคอนกรีต

## 1.4. สมมุติฐาน

สมมุติฐานของการศึกษามีดังนี้

1. การผสมเส้นใยพลาสติกลงในเนื้อซีเมนต์มอร์ต้าหรือคอนกรีตในปริมาณมาก สามารถที่จะเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึง ได้ดีกว่าการผสมเส้นใยพลาสติกลงในซีเมนต์มอร์ต้าหรือเนื้อคอนกรีตในปริมาณที่น้อย แต่หากผสมเส้นใยพลาสติกในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้ส่วนผสมเกิดการแยกตัวได้
2. การใช้เส้นใยพลาสติกแทนเส้นใยแก้วในวัสดุซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใยแก้ว จะช่วยลดต้นทุนลงได้

## 1.5. ขอบเขตการศึกษา

เพื่อให้การศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ประการข้างต้น จึงได้วางขอบเขตการศึกษาสำหรับวัตถุประสงค์ต่างๆ ไว้ดังนี้

### 1.5.1. สำหรับวัตถุประสงค์ข้อที่ 1.

ในการศึกษาเริ่มจากการทดสอบหาค่ากำลังต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ของเส้นใยชนิดต่างๆ สามารถดูรายละเอียดของจำนวนตัวอย่างเส้นใยที่ใช้ทดสอบได้ตามตารางที่ 1.1.

ตารางที่ 1.1. แสดงจำนวนตัวอย่างเส้นใยสำหรับทดสอบหา Tensile Strength

ชนิดเส้นใย	จำนวนตัวอย่างเส้นใย ยาว 35 ซม.
1. เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม	9
2. เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่	9
3. เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน	9
4. เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม	9
5. เส้นใยแก้ว	9
รวม	45 ตัวอย่าง

สำหรับการศึกษาหาเปอร์เซ็นต์เส้นใยพลาสติกที่ผสมลงในซีเมนต์มอร์ต้า แล้วทำให้เพิ่มความสามารถในการรับกำลังดึงของซีเมนต์มอร์ต้าได้มากที่สุด ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกำลังต้านทานแรงดัด (Flexural Strength) ของแท่งตัวอย่างระหว่างซีเมนต์มอร์ต้า ซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใยพลาสติก และซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใยแก้ว โดยทดลองใช้ปริมาณเส้นใยชนิดต่างๆ ต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0, 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ใช้ระยะเวลาบ่ม 7 วันซึ่งเท่ากับอายุที่จะนำไปใช้งานจริง สามารถดูรายละเอียดของจำนวนและขนาดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบได้จากตารางที่ 1.2. และรูปที่ 1.1. ตามลำดับ

ตารางที่ 1.2. แสดงจำนวนแท่งทดสอบหา Flexural Strength ของซีเมนต์เสริมเส้นใยที่ 7 วัน

เปอร์เซ็นต์เส้นใยในซีเมนต์มอร์ต้า	จำนวนตัวอย่าง					
	0 %	1 %	2 %	3 %	4 %	
1. เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม	9	9	9	9	9	
2. เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่	9	9	9	9	9	
3. เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว	9	9	9	9	9	
4. เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม	9	9	9	9	9	
5. เส้นใยแก้ว	9	9	9	9	9	
	รวม				225	ตัวอย่าง



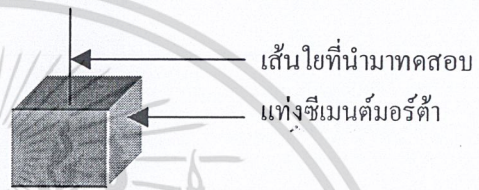
รูปที่ 1.1. แสดงขนาดตัวอย่างซีเมนต์เสริมเส้นใยสำหรับทดสอบหา Flexural Strength

เนื่องจากลักษณะผิวภายนอกของเส้นใยพลาสติกที่มีความลื่น จึงต้องศึกษาผลกระทบจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยชนิดต่างๆ กับซีเมนต์มอร์ต้า ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร สำหรับการศึกษากำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยว (Bonding Strength) ระหว่างเส้นใยชนิดต่างๆ กับซีเมนต์มอร์ต้า สามารถดูรายละเอียดของจำนวนและขนาดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบได้จากตารางที่ 1.3. และรูปที่ 1.2. ตามลำดับ

ตารางที่ 1.3. แสดงจำนวนตัวอย่างเส้นใยสำหรับทดสอบหา Bonding Strength

ชนิดเส้นใย	จำนวนตัวอย่าง
1. เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม	7
2. เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมปลายมีปม	7
3. เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม	7
4. เส้นใยแก้ว	7
รวม	28

ตัวอย่าง



รูปที่ 1.2. แสดงแท่งลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ซม.<sup>3</sup> สำหรับทดสอบหา Bonding Strength

### 1.5.2. สำหรับวัตถุประสงค์ข้อที่ 2.

สำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ในการที่จะนำเส้นใยพลาสติกไปใช้แทนเส้นใยแก้วในวัสดุซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใยแก้ว เพื่อที่จะลดต้นทุนในการผลิตซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใยแก้ว ได้มีการนำเส้นใยพลาสติกชนิด หน้าตัดและปริมาณที่ให้ค่า Tensile Strength และ Flexural Strength ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากเส้นใยแก้ว มาผสมซีเมนต์มอร์ต้าหล่อขึ้นงานจริงซึ่งเป็นช่องระบายอากาศขนาด 5x40x40 ซม.<sup>3</sup> แล้วทำการเปรียบเทียบลักษณะผิว รอยแตกร้าวและราคา ระหว่างขึ้นงานช่องระบายอากาศที่ผลิตจากซีเมนต์มอร์ต้าล้วน ซีเมนต์มอร์ต้าผสมเส้นใยพลาสติก และซีเมนต์มอร์ต้าผสมเส้นใยแก้ว

### 1.5.3. สำหรับวัตถุประสงค์ข้อที่ 3.

การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเส้นใยพลาสติกที่ผสมลงในเนื้อคอนกรีต ใน การศึกษานี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกในปริมาณเส้นใย พลาสติกต่อปูนซีเมนต์ 0.00, 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แล้วนำมาเปรียบเทียบว่า มีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร สำหรับคุณสมบัติเชิงกลที่ทำการศึกษา ได้แก่ การศึกษากำลังด้าน

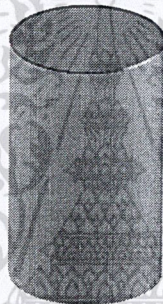
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทานแรงอัด กำลังต้านทานแรงดึง และกำลังต้านทานแรงดัด โดยสามารถดูรายละเอียดของจำนวนและขนาดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบได้จากตารางที่ 1.4. และรูปที่ 1.3., 1.4. และ 1.5. ตามลำดับ

ตารางที่ 1.4. แสดงจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบหาค่ากำลังต่างๆ ของคอนกรีตที่ 28 วัน

การทดสอบคอนกรีตเสริมเส้นใย	จำนวนตัวอย่าง				
	0.00%	0.25%	0.50%	1.00%	1.50%
1.กำลังรับแรงดึง (Splitting Test)	9	9	9	9	9
2.กำลังรับแรงดัด (Flexural Strength Test)	9	9	9	9	9
3.กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength Test)	9	9	9	9	9
	รวม			135	

ตัวอย่าง



รูปที่ 1.3. แสดงแท่งคอนกรีตทรงกระบอก ขนาด  $\varnothing$  15 ซม. สูง 30 ซม. สำหรับ Splitting Strength Test



รูปที่ 1.4. แสดงแท่งคอนกรีตลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 ซม.<sup>3</sup> สำหรับ Compressive Strength Test



รูปที่ 1.5. แสดงคานคอนกรีตลูกบาศก์ ขนาด 15x15x60 ซม.<sup>3</sup> สำหรับ Flexural Strength Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6. วิธีการศึกษา

สำหรับวิธีการศึกษาสามารถแบ่งออกเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

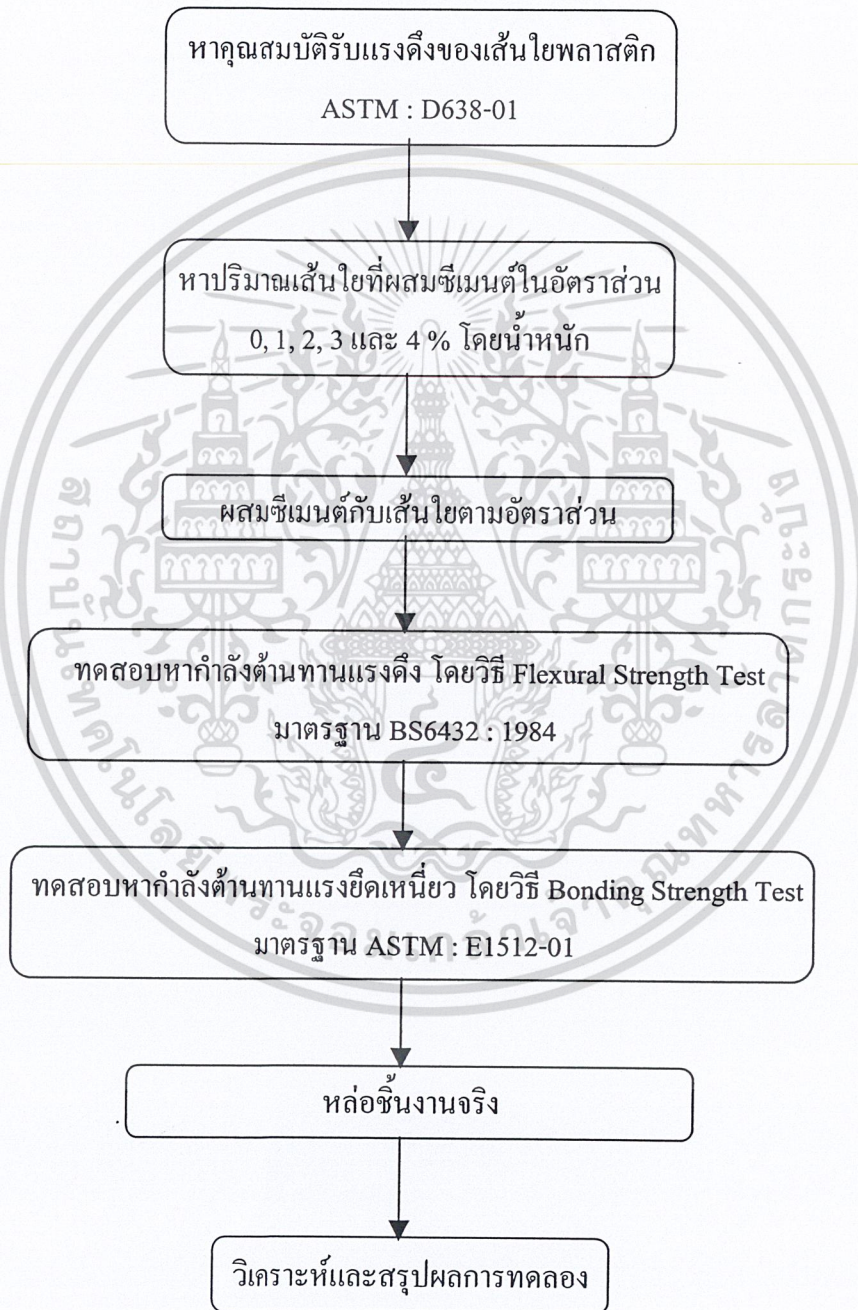
### 1.6.1. วิธีการทดสอบ

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้ คือ การเปรียบเทียบคุณสมบัติกำลังรับแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้าผสมเส้นใยพลาสติกและซีเมนต์มอร์ต้าผสมเส้นใยแก้วในปริมาณเส้นใยต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0, 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมเส้นใยพลาสติกในปริมาณเส้นใยต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.00, 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ซึ่งคุณสมบัติที่ใช้เปรียบเทียบได้จากการทดสอบดังต่อไปนี้

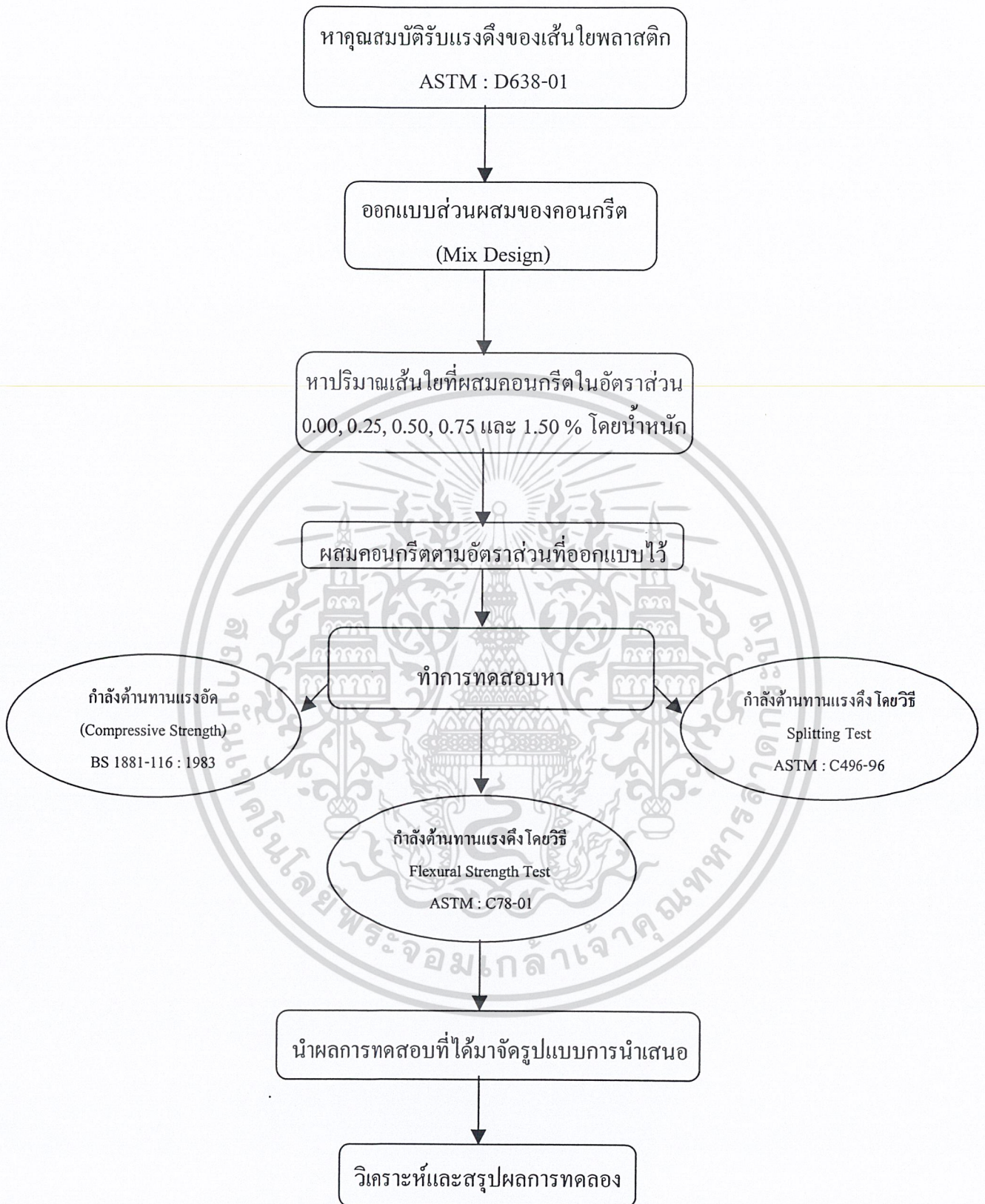
1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ในเส้นใย ตามมาตรฐาน ASTM : D638-01 ; Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics.
2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ในแท่งซีเมนต์มอร์ต้าขนาด 1x5x40 ซม. ตามมาตรฐาน BS6432 : 1984 PART 6 ; Standard Test Methods for Determining Properties of Glass Fiber Reinforced Cement Material.
3. การทดสอบกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยว (Bonding Strength) ในแท่งซีเมนต์มอร์ต้าขนาด 5x5x5 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM : E1512-01 ; Standard Test Methods for Testing Bond Performance of Bonded Anchors.
4. การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength) ในแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. ตามมาตรฐาน BS1881-116:1983; Standard Test Methods for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes.
5. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ในแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM : C496-96 ; Standard Test Methods for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
6. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ในคานคอนกรีตขนาด 15x15x60 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM : C78-01 ; Standard Test Methods for Flexural Strength of Concrete. (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

### 1.6.2. ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษาสามารถแสดงเป็นแผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน (Flow Chart) ได้ดังรูปที่ 1.1. และรูปที่ 1.2. ซึ่งแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนหลักๆ ส่วนรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน สามารถศึกษาได้จากบทต่อๆ ไปในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้



รูปที่ 1.6. แผนภาพขั้นตอนการศึกษาซีเมนต์มอร์ต้าเสริมเส้นใย



รูปที่ 1.7. แผนภาพขั้นตอนการศึกษาคอนกรีตเสริมเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# วรรณกรรมปริทัศน์

### 2.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงคำนิยามและคำจำกัดความ ความหมายของคำต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำการศึกษา มีการรวบรวมประเด็น แนวคิด ระเบียบวิธีของงานวิจัยหรือเอกสาร สิ่งพิมพ์ต่างๆ ที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย หรือวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อให้ผู้ศึกษาได้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ง่ายยิ่งขึ้น

### 2.2. นิยามและคำจำกัดความ

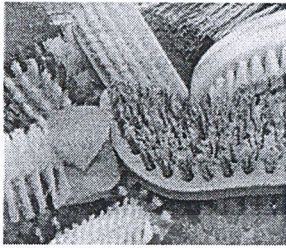
**เส้นใย (Fiber)** เป็นวัสดุผสมเพิ่มในซีเมนต์มอร์ตาร์และคอนกรีต ช่วยให้มีความต้านทานต่อแรงดึงดีขึ้น ลดรอยแตกร้าว (Plastic Shrinkage) ตลอดจนมีความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสีดีขึ้น (ประภคศาสตร์ ประสงค์จรรยา และ สิทธิชัย บังใบ, 2543.)

**เส้นใยพลาสติก (Plastic Fiber)** คือ เส้นใยที่ใช้พลาสติกเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเส้นใยพลาสติกที่ใช้ผสมมีหลายชนิดด้วยกัน สำหรับในการศึกษานี้ได้ใช้เส้นใยพลาสติก 2 ประเภท ประเภทแรก คือ เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน และอีกประเภท คือ เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์ โดยเส้นใยดังกล่าวนิยมนำมาทำแปรงขัดและเชือก เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย มีผลผลิตภายในประเทศจำนวนมาก

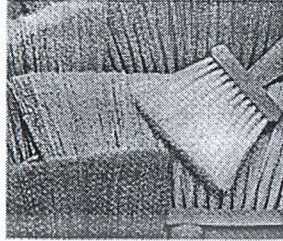
**เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน (Polypropylene)** คือ เส้นใยพลาสติกที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีน ซึ่งสามารถนำมารีไซเคิลได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมีตั้งแต่ 0.1 มิลลิเมตรถึง 1.50 มิลลิเมตร สามารถผลิตให้มีสีตามความต้องการ ทนต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีรูปร่างหน้าตัดหลายแบบเช่น วงกลม สามเหลี่ยม รูปแฉกดาว เป็นต้น มีอายุการใช้งานนานประมาณ 10 ปี (<http://www.kr-plastic.com>.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์ (Polyester) คือ เส้นใยพลาสติกที่พลาสติกที่ผลิตจากเม็ดพลาสติกโพลีเอสเตอร์ ขนาด รูปร่างหน้าตัดและอายุการใช้งานมีลักษณะเหมือนกับโพลีโพรพิลีน (<http://www.kr-plastic.com.>)



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 2.1. แสดงการนำเส้นใยพลาสติกไปใช้งาน (<http://www.kr-plastic.com.>)

### เส้นใยแก้ว (Glass Fiber)

คือ ใยแก้วชนิดพิเศษ ให้ความสามารถในการรับแรงดึง (TENSILE STRENGTH) ได้สูง และหากนำมาประสานเข้ากับสารสังเคราะห์พลาสติกชนิด POLYESTER RESIN หรือ EPOXY RESIN จะได้วัสดุที่มีความแข็งแรงสูง มีคุณสมบัติเฉพาะตัว เรียกว่า F.R.P. (FIBER GLASS REINFORCED PLASTIC) (<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>)

เส้นใยแก้วที่นิยมใช้งาน โดยทั่วไปมี 2 ประเภท คือ

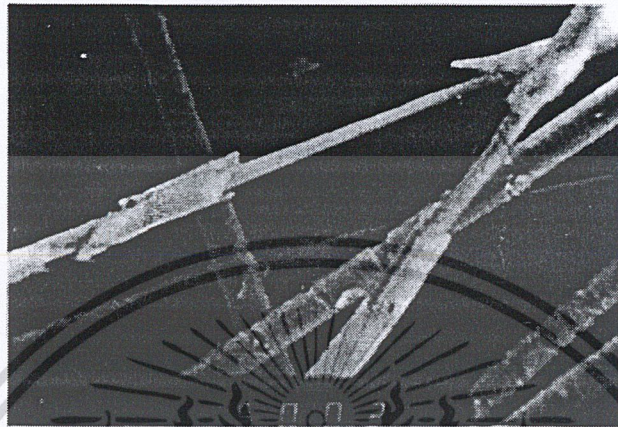
1. เส้นใยแก้วต้านทานอัลคาไลน์ (Alkaline Resistant Glass Fiber หรือ AR-Glass) เป็นเส้นใยแก้วที่สามารถทนต่อความเป็นด่างของปูนซีเมนต์ได้ดี นิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้าง



AR - GLASS FIBRE

รูปที่ 2.2. แสดงลักษณะเส้นใยแก้วชนิด AR-GLASS (<http://www.fiberglass.to/arcs1.htm>) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักผู้เห็นหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เส้นใยแก้วนำไฟฟ้า (Electrical Glass Fiber หรือ E-Glass) เป็นเส้นใยแก้วที่สามารถนำไฟฟ้าได้ดีแต่ไม่ทนต่อความเป็นด่างของปูนซีเมนต์ นิยมนำมาใช้ในงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และเคเบิลใยแก้ว



E - GLASS FIBRE

รูปที่ 2.3. แสดงลักษณะเส้นใยแก้วชนิด E-GLASS (<http://www.fiberglass.to/arcs1.htm>)






คุณสมบัติของไฟเบอร์กลาส (<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>)

1. แข็งแรง, ยืดหยุ่นได้สูง, น้ำหนักเบา, บาง
2. ทนทานการผุกร่อนต่อฤทธิ์สารเคมี, กรด, ด่าง
3. ทนทานสภาพอากาศ, ไม่เป็นสนิม
4. อายุการใช้งานยาวนานกว่าวัสดุชนิดอื่น
5. ใช้เป็นภาชนะบรรจุของเหลว, สารเคมี, อาหาร, ยา
6. ใช้เคลือบผิวโลหะ, ปูนซีเมนต์และไม้
7. สามารถทำรูปร่างซับซ้อน, ขนาดใหญ่, ซ่อมแซม, และดัดแปลงได้
8. มีมาตรฐานการควบคุมและระเบียบวิธีการใช้ที่แน่นอน

ด้วยเหตุที่เส้นใยแก้วมีคุณสมบัติทนต่อแรงดึงได้สูง จึงได้มีการนำเส้นใยแก้วไปใช้เสริมแรงร่วมกับซีเมนต์ แต่ไม่นิยมนำมาผสมกับคอนกรีตเนื่องจากวัสดุมวลรวมหยาบในคอนกรีตจะทำให้เส้นใยแก้วฉีกขาดได้ง่าย โดยคุณสมบัติในการรับแรงดึงของเส้นใยแก้วประสานกับคุณสมบัติในการรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า จึงได้วัสดุใหม่ที่น่าสนใจและนำไปสู่การพัฒนาขึ้นมาเป็นซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass Reinforced Cement, G.R.C.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1. แสดงคุณสมบัติของเส้นใยที่นำมาทดสอบ (บริษัทสยามเน็ท อินดัสทรีส์ จำกัด)

ชนิดเส้นใย	รูปร่างหน้าตัด	พื้นที่หน้าตัด (cm <sup>2</sup> )	จุดหลอมเหลว (°C)	ความถ่วง จำเพาะ
เส้นใยแก้ว		0.00025	< 140	1.40
เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์ หน้าตัดกลม		0.00031	< 130	1.10
เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน หน้าตัดกลม		0.00031	< 110	0.91
เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน หน้าตัดกลมคู่		0.00063	< 110	0.91
เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน หน้าตัดรูปดาว		0.00030	< 110	0.91

ซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว (Glass Reinforced Cement, G.R.C.) (<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>) คือ ส่วนผสมของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย น้ำ และใยแก้วในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งสามารถหล่อให้เป็นรูปลักษณะต่างๆ ได้ง่าย และมีความทนต่อแรงดัดและแรงดึงได้สูง โดยสามารถผลิตชิ้นงานได้หนาตั้งแต่ 6 มม. ขึ้นไป เมื่อเปรียบเทียบกับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งต้องการเนื้อคอนกรีตหุ้มเหล็กอย่างน้อย 2.5 ซม. อาจกล่าวได้ว่า G.R.C. มีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตเสริมเหล็กที่ออกแบบให้รับแรงได้เท่ากันเหมือนวัสดุก่อสร้างซีเมนต์ทั่วไป โดยในโครงการนี้ได้นำเส้นใยแก้วชนิด AR-Glass มาใช้ในการทดลอง

## ลักษณะเด่นของซีเมนต์เสริมใยแก้ว

(<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>)

1. แข็งแรงกว่าคอนกรีตเมื่อเทียบในน้ำหนักที่เท่ากัน จึงทำให้ชิ้นงานมีลักษณะบางและเบา แต่แข็งแรง
2. รับแรงกระทบฉับพลันได้ดีกว่า
3. ง่ายต่อการนำมาทำชิ้นงานในรูปทรงต่างๆ
4. สามารถใช้ร่วมกับวัสดุอื่นๆ ได้โดยไม่มีปัญหา
5. ง่ายต่อการติดตั้ง
6. ง่ายต่อการตัดเจาะ โดยใช้เครื่องมือช่างธรรมดา
7. สามารถทำพื้นผิว (Texture) ได้มากชนิดกว่า
8. ไม่ยุ่งยากในการบำรุงรักษา

**คอนกรีตผสมเส้นใย (Fiber-Reinforced Concrete)** (ประจิตศาสตร์ ประสงค์จรรยาและสิทธิชัย บังใบ, 2543.) คือ คอนกรีตที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพโดยการใส่เส้นใย (Fiber) ชนิดต่างๆ แล้วแต่คุณสมบัติที่ต้องการผสมลงในเนื้อคอนกรีต ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตให้มีค่าสูงขึ้น วัสดุที่นำมาผลิตเป็นเส้นใยมีอยู่หลายประเภทด้วยกัน เช่น เหล็ก, แก้ว, โพลีเมอร์, เซรามิก, โยหิน (Asbestos) และเส้นใยจากธรรมชาติ เป็นต้น

### 2.3. การทดสอบกำลังดึงของคอนกรีต (Tensile Strength Test) (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2540.)

ถึงแม้ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตจะไม่ได้รับแรงดึงโดยตรงก็ตาม แต่การทราบค่ากำลังดึงนี้จะช่วยในการควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตเนื่องจากผลกระทบต่างๆ เช่น อุณหภูมิ และการหดตัว

#### 2.3.1. การทดสอบกำลังดึงของคอนกรีตโดยตรง (Direct Tensile Test)

โดยปกติแล้วการให้แรงดึงโดยตรงกับก้อนตัวอย่างคอนกรีตทำได้ยากเพราะมักเกิดความคลาดเคลื่อนของผลทดสอบ เนื่องจากเกิดการเยื้องศูนย์กลางของก้อนตัวอย่าง ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญมาก และมีหน่วยแรงอื่นแทรกเข้ามาจากหัวจับยึดเกิดเป็นหน่วยแรงเฉพะที่ จนในที่สุดจะเกิดการแตกบริเวณนี้ จากนั้นจะแพร่ขยายไปอย่างรวดเร็ว กำลังดึงที่ได้จะเป็นของบริเวณที่มีกำลังต่ำสุด ซึ่งไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงกับค่ากำลังของเนื้อคอนกรีตจริง จากเหตุผลทั้ง 2 นี้ผลจากการทดลองจึงมีความเชื่อมั่นต่ำ ทำให้ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานวิธีการทดสอบแบบนี้ขึ้น

### 2.3.2. การทดสอบกำลังดึงของคอนกรีตโดยวิธี Flexural Tensile Test

เนื่องจากการหาลำดับดึงของคอนกรีตโดยตรงทำได้ยาก จึงมีความนิยมในการหาลำดับดึงของคอนกรีตจากการทดสอบคานคอนกรีตภายใต้แรงค้ำแทน โดยกำหนดหน่วยแรงดึงจะเกิดสูงสุดที่บริเวณท้องคานที่เรียกว่า โมดูลัสการแตกร้าว (Modulus of Rupture) ซึ่งหาได้ตามสมการ (2.1.) (ซ์ชาวลย์ เศรษฐบุตร, 2540.)

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (2.1.)$$

R = โมดูลัสการแตกร้าว (กก./ตร.ซม.)

P = น้ำหนักกดสูงสุด (กก.)

L = ความยาวของคาน (ซม.)

b = ความกว้างเฉลี่ยของคาน(ซม.)

d = ความลึกเฉลี่ยของคาน(ซม.)

กำลังดึงของคอนกรีตที่คำนวณด้วยวิธีนี้จะมีค่ามากกว่ากำลังดึง โดยตรงของคอนกรีต 50-100 เปอร์เซ็นต์ จากผลกระทบของ Strain Gradient เนื่องจากหน่วยการยึดหดตัวในคอนกรีตที่เกิดขึ้น อยู่ในลักษณะส่วนโค้งมิใช่การยึดหดตัวในลักษณะเส้นตรงอย่างที่สมมติ ซึ่งทำให้โมดูลัสของการแตกร้าวมีค่าแตกต่างกันไปตามขนาดความลึกของคานทดสอบ นอกจากนั้นในกรณีทดสอบกำลังดึงโดยตรง ปริมาตรทั้งหมดของคอนกรีตจะได้รับหน่วยแรงดึงที่กระทำ แต่การทดสอบการค้ำคั้น ปริมาตรของคอนกรีตส่วนน้อยบริเวณท้องคานเท่านั้นที่ได้รับหน่วยแรงดึง แต่อย่างไรก็ตามค่ากำลังค้ำคั้นก็มีประโยชน์สำหรับงานควบคุมคุณภาพคอนกรีตในงานถนนและพื้นสนามบิน เพราะคอนกรีตดังกล่าวต้องรับน้ำหนักในรูปลักษณะของแรงค้ำคั้น

### 2.3.4. การทดสอบกำลังดึงของคอนกรีตโดยวิธี Splitting Test

การทดสอบด้วยวิธีนี้เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ทดสอบหาลำดับดึงของคอนกรีตโดยใช้ก้อนตัวอย่างทรงกระบอกมาตรฐาน วางให้แกนตามยาวอยู่ในแนวอนบนเครื่องทดสอบแรงอัด ก้อนตัวอย่างจะแตกในแนวตั้งตามเส้นผ่านศูนย์กลางจึงสามารถคำนวณกำลังต้านทานแรงดึงบนระนาบแตกนี้ได้ตามสมการ (2.2.) (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2540.)

$$F_s = \frac{2P}{\pi dL} \quad (2.2.)$$

$F_s$  = Splitting Strength

$P$  = น้ำหนักกดสูงสุด (กก.)

$L$  = ความยาวของก้อนตัวอย่างทรงกระบอก (ซม.)

$d$  = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของก้อนตัวอย่าง (ซม.)

กำลังดึงที่ได้จากวิธีนี้จะสูงกว่ากำลังดึงโดยตรง ประมาณ 5-12 เปอร์เซ็นต์ แต่ถือว่าเป็นค่าที่ใกล้เคียงกว่าค่าที่ได้จากค่ากำลังอัด และข้อดีของวิธีนี้ คือ ก้อนตัวอย่างสามารถใช้ทดสอบได้ทั้งกำลังอัดและกำลังดึง

### 2.4. การประยุกต์ใช้เส้นใยในงานก่อสร้าง

ปัจจุบันการนำเส้นใยมาใช้ในการงานคอนกรีตยังไม่เป็นที่นิยม แต่มีการนำเส้นใยมาใช้ในการผลิตชิ้นงานซีเมนต์สำเร็จรูป โดยใช้เส้นใยแก้วมาเสริมในซีเมนต์ เรียกว่า ซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว ในการผลิตชิ้นงานจากซีเมนต์เสริมใยแก้วมีกรรมวิธีในการผลิต 2 ขั้นตอน คือ

1. การพ่น (Spraying) โดยการพ่นซีเมนต์ ทราย และใยแก้ว ซึ่งอยู่ในสภาพของเหลวลงไปบนแบบหล่อ (Mould) รอจนแห้งแข็งตัวแล้วจึงถอดออกจากแบบ นำไปบ่มจนได้ความแข็งแรงเต็มที่ เช่น แผ่นหลังคา ผังสำเร็จรูป เป็นต้น
2. การหล่อ (Premixing) คือ การผสมซีเมนต์ ทราย และใยแก้วให้เข้ากันก่อน แล้วจึงเติมน้ำจนได้สัดส่วนที่ต้องการก่อนจะนำไปหล่อลงในแบบ

GRC สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายประเภท ได้แก่

ผนังเบา จี.อาร์.ซี. (<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>)

เป็นผนังที่มีความหนาเฉลี่ย 12-18 มม. และมีน้ำหนักประมาณ 40-50 กก./ตร.ม. ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับงานก่อสร้าง และสถาปัตยกรรมของอาคารทั่วไป เพราะเป็นผนังที่มีน้ำหนักเบา พร้อมทั้งสามารถสร้างจุดเด่น หรือลักษณะเฉพาะให้กับอาคารนั้นได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของผนังภายนอก และตกแต่งอาคารได้เหนือกว่าวัสดุที่ใช้ทำผนังอาคารอื่นๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

### จุดเด่นและคุณสมบัติ

1. สามารถผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของสถาปนิก หรือวิศวกรผู้ออกแบบ โดยให้มีความสวยงามและเหมาะสมกับการใช้งานของอาคารนั้นๆ
2. เหมาะสำหรับออกแบบให้อยู่ในลักษณะของการก่อสร้างแบบ MODULAR หรือชิ้นงานที่เหมือนกันและมีปริมาณมากๆ ซึ่งจะได้อาคารที่มีคุณสมบัติและรูปร่างเหมือนกันทุกประการ เพราะผลิตออกมาจากแม่แบบชุดเดียวกัน

### ความแข็งแรงและความปลอดภัย

ในการออกแบบมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องคำนวณทางด้านวิศวกรเพื่อพิจารณาถึงความสามารถในการรับแรงที่มากระทำ เช่น แรงลม แรงที่เกิดจากการเคลื่อนย้าย รวมถึงแรงที่มากระทำที่จุดยึดในการติดตั้ง

### รูปแบบของผลิตภัณฑ์

แม่แบบที่ใช้ผลิต ต้องมีการคัดเลือกวัสดุเพื่อให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ เช่น แม่แบบทำด้วยโลหะ, ไม้, ไฟเบอร์กลาส หรือยางสังเคราะห์ ซึ่งสามารถทำให้ผิวได้รูปแบบอย่างอิสระ เช่น มีผิวเรียบ หรือลวดลายต่างๆ ได้แก่

1. ผิวที่มีลวดลายแกะสลัก, ลายปูนปั้น
2. ผิวรูปทรงเรขาคณิต, โคนม่น, บัวเชิงผนัง

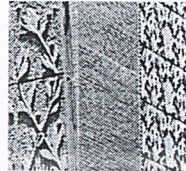
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ผิวลวดลายซับซ้อน,ลายหินตามธรรมชาติ

นอกจากนี้ยังสามารถทำผิวที่บุด้วยกระเบื้องชนิดต่างๆ, ผิวทรายล้าง และกรวดล้าง



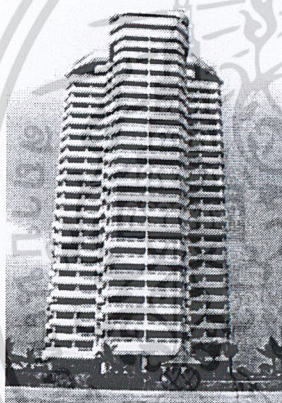
(a)



(b)

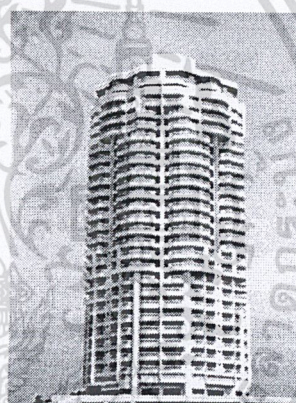
### รูปที่ 2.4. แสดงลวดลายผนังเบา จี.อาร์.ซี. รูปแบบต่างๆ

(<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>)



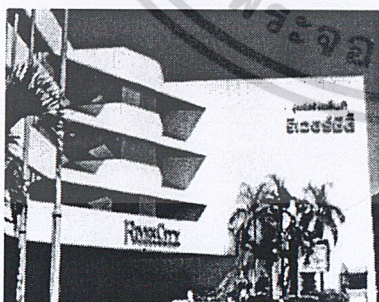
โรงแรมโกลด์แลนด์ แอนด์ พีส

(a)



โรงแรมเซ็นทรัล ซิตี้ บางนา

(b)



ศูนย์สรรพสินค้าริเวอร์ ซิตี้

(b)



อาคารสแกนเนีย

(d)

### รูปที่ 2.5. แสดงการนำผนังเบา จี.อาร์.ซี. มาใช้ในงานก่อสร้างอาคาร

(<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทำสี

โดยทั่วไปผิวของผนังเบา จี.อาร์.ซี. จะเป็นสีเทาของซีเมนต์ ซึ่งสามารถนำมาทาหรือเคลือบทับด้วยสีทาบ้านทั่วไป, สีชนิดพิเศษ เหมือนงานคอนกรีตทั่วไป

## รูปแบบและรูปลักษณะ

การออกแบบที่อิสระและยืดหยุ่นได้ในหลายรูปแบบหลายรูปลักษณะเป็นลักษณะเฉพาะของผนังเบา จี.อาร์.ซี. ทั้งยังมีราคาที่ถูกกว่าการออกแบบที่ใช้วัสดุประเภท โลหะชุบต่างๆ, พลาสติก รวมถึงคอนกรีตที่มีน้ำหนักมากและรูปแบบจำกัด ผนังเบา จี.อาร์.ซี. สามารถช่วยสถาปนิกในการออกแบบได้ทุกรูปแบบอย่างไม่จำกัด โดยไม่มีวัสดุใดๆ ที่สามารถจะเทียบเทียมได้

## ความประหยัด

เนื่องจากเป็นผนังที่เบากว่าผนังชนิดอื่นๆ จึงช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้าง โดยการลดขนาดของคาน เสาเข็ม ซึ่งหากได้มีการกำหนดและออกแบบโดยใช้ผนังเบา จี.อาร์.ซี. ตั้งแต่เริ่มออกแบบและคำนวณโครงสร้าง

## การติดตั้ง

ในการติดตั้ง สามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนย้าย ขนส่ง โดยใช้เครนที่มีขนาดไม่ต้องใหญ่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับผนังคอนกรีต หรือ ผนังอื่นๆ รวมถึงช่วยประหยัดพื้นที่ในการวางของ 3-4 เท่า โดยเปรียบเทียบกับผนังคอนกรีตที่มีน้ำหนักเท่ากัน

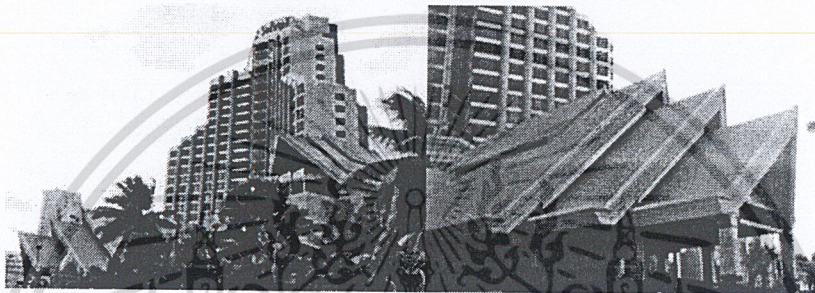
**หลังคา จี.อาร์.ซี.** (<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>)

คุณสมบัติพิเศษของหลังคา จี.อาร์.ซี. มีดังนี้

1. เป็นวัสดุที่สามารถผลิตได้หลายรูปแบบอย่างกว้างขวาง
2. สามารถทำได้ทั้งรูปแบบทันสมัย และ รูปแบบสมัยโบราณ
3. ไม่มีส่วนผสมของ แร่ใยหิน (ASBESTOS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. มีน้ำหนักเบา
5. แข็งแรง ทนทาน
6. รับแรงกระแทกได้ดี
7. ไม่ทำให้เกิดปัญหาเปราะ และ แตกร้าว
8. ไม่ทำให้เกิดมลพิษ
9. ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
10. ติดตั้งง่าย เหมาะสมกับทุกสภาพอากาศ



โรงแรมโซฟีเทล

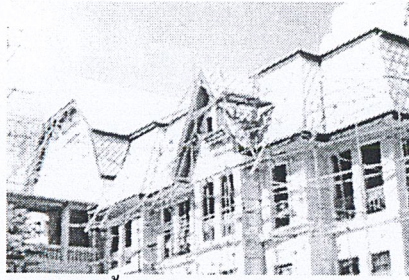
รูปที่ 2.6. แสดงการนำหลังคา จี.อาร์.ซี. มาใช้ในงานก่อสร้าง

(<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>)

#### ประเภทของหลังคา

หลังคา จี.อาร์.ซี. สามารถผลิตได้ 2 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบแผ่นเรียบ จะผลิตเป็นหลังคากระเบื้องว่าวและเป็นแผ่นทางเดินเท้า มีผิว เป็นลวดลายธรรมชาติเหมือนหิน โดยทำให้มีสีหรือเป็นผิวทรายล้าง
2. แบบแผ่นมีลอน สามารถผลิตให้ดูเหมือนหลังคากระเบื้องและทำสีผิวหลังคาให้มอดูเหมือนของจริงสามารถติดตั้งด้วยการตอกตะปูธรรมดาทั่วไปมีความแข็งแรงพอ โดยไม่ให้เกิดการแตกร้าว ขณะดำเนินการติดตั้ง



หลังคากระเบื้องร่วง หนาอาคารแห่งประเทศไทย

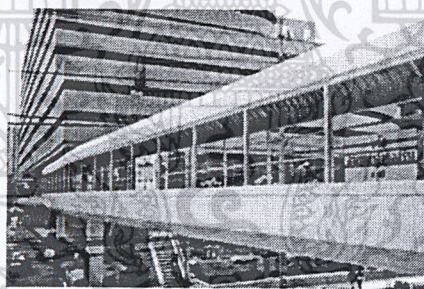
รูปที่ 2.7. แสดงหลังคา จี.อาร์.ซี. แบบแผ่นเรียบ

(<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>)



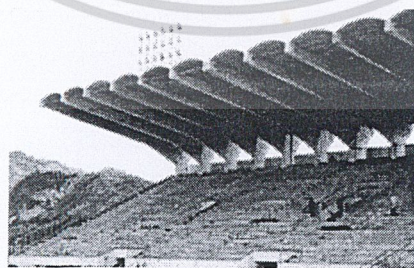
อาคารไทยชาร์โต

(a)



อาคารอดีตไทย

(b)



สนามกีฬา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

(c)

รูปที่ 2.8. แสดงหลังคา จี.อาร์.ซี. แบบแผ่นมีลอน

(<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 21 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การศึกษาด้านคุณสมบัติเชิงกล

คุณสมบัติเชิงกลเป็นคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุ ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามวัสดุแต่ละชนิด เราจะต้องศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุเพื่อสามารถนำไปใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของเส้นใยพลาสติก, ซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก, คอนกรีตและคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM และ British Standard

#### 3.1. คุณสมบัติเชิงกลในการรับแรงดึงของเส้นใยพลาสติกและเส้นใยแก้ว

คุณสมบัติเชิงกลของเส้นใยที่สำคัญ คือ คุณสมบัติในการรับแรงดึงของเส้นใย ซึ่งจะทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดึงของเส้นใย เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM : D638-01 ; Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics. เพื่อเปรียบเทียบกำลังรับแรงดึงของเส้นใยแต่ละชนิด โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ การเตรียมตัวอย่างและขั้นตอนการทดสอบดังนี้

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบกำลังดึง
2. เส้นใยพลาสติก
3. ไม้บรรทัด
4. เวอร์เนีย
5. กรรไกร
6. เส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม, หน้าตัดกลมคู่ และหน้าตัดแบน
7. เส้นใยพลาสติก โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม
8. เส้นใยแก้ว

## การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

การทดสอบความสามารถในการรับแรงดึงของเส้นใยได้ทำการทดสอบเส้นใยทั้งหมด 3 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีน, เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยแก้ว การเตรียมตัวอย่างเส้นใยสำหรับการทดสอบรับแรงดึงมีขั้นตอนดังนี้

1. ตัดเส้นใยเป็นเส้นเดี่ยวยาวประมาณ 35 ซม. ชนิดละ 9 เส้น
2. วัดและบันทึกขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยพลาสติก โดยใช้เวอร์เนียร์
3. นำไปทดสอบกำลังรับแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง อัตราการดึง  $2 \pm 10\%$  in./min.
4. บันทึกค่าแรงดึงประลัยของเส้นใย

$$\text{กำลังดึงประลัยของเส้นใย} = \frac{\text{แรงดึงประลัย}}{\text{พื้นที่หน้าตัดเส้นใย}} \quad (3.1.)$$

### 3.2. คุณสมบัติเชิงกลของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกและเส้นใยแก้ว

#### 3.2.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก

เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน BS6432 : 1984 PART 6 ; Standard Test Methods for Determining Properties of Glass Fiber Reinforced Cement Material. โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ การเตรียมตัวอย่างและขั้นตอนการทดสอบดังนี้

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่อง UTM (Universal Testing Machine)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. เครื่องผสมซีเมนต์
4. แบบหล่อขนาด 1x5x40 ซม.
5. เกรียงเหล็ก
6. ช้อนตัก
7. ปูนซีเมนต์ ประเภทที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ทรายละเอียด
9. น้ำสะอาด
10. เส้นใยพลาสติก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม, หน้าตัดกลมคู่ และหน้าตัดรูปดาว
11. เส้นใยพลาสติก โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม
12. เส้นใยแก้ว

### การเตรียมตัวอย่าง

ใช้มาตรฐาน BS6432 : 1984 PART 3 ; Method of Making and Curing Test Specimens โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตัดเส้นใยพลาสติกทั้ง 4 ชนิดได้แก่ โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม, หน้าตัดกลมคู่, หน้าตัดรูปดาวและโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมเป็นเส้น แต่ละเส้นยาวประมาณ 5 ซม.
2. เตรียมแบบหล่อแท่งตัวอย่างขนาด 1x5x40 ซม. ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
3. นำปูนซีเมนต์ ทรายผสมกันในเครื่องผสม ในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 โดยน้ำหนักใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อน้ำเท่ากับ 0.33
4. ตักซีเมนต์มอร์ต้าลงในแบบหล่อจำนวน 9 ตัวอย่าง สำหรับทดสอบกำลังดึงที่ 7 วัน ปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
5. ทิ้งตัวอย่างไว้ 24 ชม. แล้วนำไปบ่มในบ่อบ่มตามเวลาที่กำหนด
6. ทำซ้ำข้อ 3-5 แต่ผสมเส้นใยพลาสติกในซีเมนต์มอร์ต้าที่ละชนิดโดยใช้อัตราส่วนเส้นใยต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

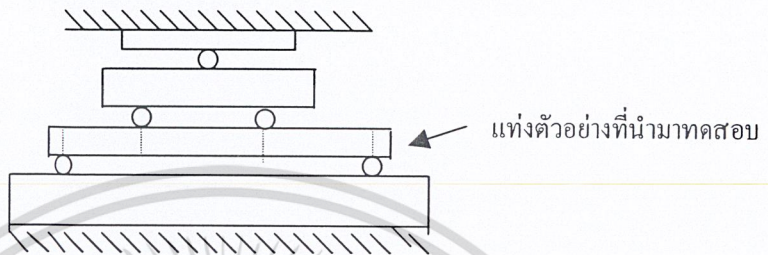
### การทดสอบ

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกโดยวิธี Flexural Strength ใช้มาตรฐาน BS6432 : 1984 PART 6 ; Standard Test Methods for Determining Properties of Glass Fiber Reinforced Cement Material. โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำแท่นทดสอบตัวอย่างคานติดเข้ากับเครื่องทดสอบ
2. แบ่งตัวอย่างตามยาวโดยเหลือบริเวณปลายไว้สองส่วนส่วนละ 7.5 ซม. ส่วนภายในที่เหลือแบ่งเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน ส่วนละ 8.3 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3.1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วางตัวอย่างบนแท่น โดยให้รอยขีดอยู่ตรงกับฐานของแท่น
4. ปรับแท่นกดค้ำบนมาวางบนตัวอย่างโดยให้ตรงรอยขีดเช่นกัน
5. เปิดเครื่องทดสอบโดยควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสม่ำเสมอประมาณ 3 มม./นาที
6. กดก่อนตัวอย่างจนพัง บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้เพื่อนำไปคำนวณหากำลังค้ำ



รูปที่ 3.1. แสดงการทดสอบซีเมนต์ด้วยวิธี Flexural Strength Test

7. คำนวณหากำลังต้านทานแรงค้ำจากสมการ (3.2.) และ (3.3.)

$$R = \frac{P_1 l}{bd^2} \quad (3.2.)$$

R = Limit of Proportionality (LOP, กก./ซม.<sup>2</sup>)

P<sub>1</sub> = น้ำหนักที่ LOP (กก.)

L = ความยาว Span (ซม.)

b = ความกว้างเฉลี่ยของคาน (ซม.)

d = ความลึกเฉลี่ยของคาน (ซม.)

$$R = \frac{P_2 l}{bd^2} \quad (3.3.)$$

R = Modulus of Rupture (MOR, กก./ซม.<sup>2</sup>)

P<sub>2</sub> = น้ำหนักสูงสุด (กก.)

L = ความยาว Span (ซม.)

b = ความกว้างเฉลี่ยของคาน (ซม.)

d = ความลึกเฉลี่ยของคาน (ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว

เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน BS6432 : 1984 PART 6 ; Standard Test Methods for Determining Properties of Glass Fiber Reinforced Cement Material. โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ การเตรียมตัวอย่างและขั้นตอนการทดสอบดังนี้

#### วัสดุและอุปกรณ์

ใช้วัสดุอุปกรณ์เหมือนกับการเตรียมตัวอย่างดังหัวข้อ 3.2.1. แต่เพิ่มเส้นใยแก้วมาแทนเส้นใยพลาสติก

#### การเตรียมตัวอย่าง

ใช้มาตรฐาน BS6432 : 1984 PART 3 ; Method of Making and Curing Test Specimens. การเตรียมตัวอย่างเหมือนกับในหัวข้อ 3.2.1. แต่ใช้เส้นใยแก้วแทนเส้นใยพลาสติก โดยใช้เส้นใยแก้วมาผสมกับซีเมนต์มอร์ตาร์ในอัตราส่วนเส้นใยต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

#### การทดสอบ

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้วโดยวิธี Flexural Strength ใช้มาตรฐาน BS6432 : 1984 PART 6 ; Standard Test Methods for Determining Properties of Glass Fiber Reinforced Cement Material. มีขั้นตอนเหมือนการทดสอบในหัวข้อ 3.2.1. แล้วนำค่าแรงดึงประลัยไปคำนวณหากำลังต้านทานแรงคดตามสมการ (3.2.) และ (3.3.)

### 3.2.3. การทดสอบกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยชนิดต่างๆ

เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM : E1512-01 ; Standard Test Methods for Testing Bond Performance of Bonded Anchors. โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ การเตรียมตัวอย่างและขั้นตอนการทดสอบดังนี้

## วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่อง UTM (Universal Testing Machine)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. เครื่องผสมซีเมนต์
4. แบบหล่อขนาด 5x5x5 ซม.
5. เกรียงเหล็ก
6. ช้อนตัก
7. ปูนซีเมนต์ ประเภทที่ 1
8. ทรายละเอียด
9. น้ำสะอาด
10. เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมและหน้าตัดกลมปลายเป็นปม(โดยใช้ไฟลอนปลาย)
11. เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม
12. เส้นใยแก้ว

## การเตรียมตัวอย่าง

ใช้มาตรฐาน ASTM : E1512-01 ; Standard Test Methods for Testing Bond Performance of Bonded Anchors. โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตัดเส้นใยทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม, เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมปลายเป็นปม, เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมและเส้นใยแก้ว แต่ละเส้นยาวประมาณ 10 ซม.
2. เตรียม แบบหล่อแท่งตัวอย่างขนาด 5x5x5 ซม. ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
3. นำปูนซีเมนต์และทรายผสมกันในเครื่องผสมในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก และใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อน้ำเท่ากับ 0.33
4. ตักซีเมนต์มอร์ต้าลงในแบบหล่อและจุ่มเส้นใย 1 เส้นไว้ตรงกลาง โดยจุ่มให้เส้นใยลึกลงในเนื้อซีเมนต์มอร์ต้าประมาณ 4 ซม. จำนวน 7 ตัวอย่างต่อเส้นใย 1 ชนิด สำหรับทดสอบกำลังดึงที่ 7 วัน ปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
5. ทิ้งตัวอย่างไว้ 24 ชม. แล้วนำไปบ่มในบ่อบ่มตามเวลาที่กำหนด

## การทดสอบ

การทดสอบกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยวของซีเมนต์กับเส้นใย ใช้มาตรฐาน ASTM : E1512-01 ; Standard Test Methods for Testing Bond Performance of Bonded Anchors. มีขั้นตอนดังนี้

1. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปทดสอบกำลังรับแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง
2. บันทึกค่าแรงดึงประลัยของเส้นใยและคำนวณกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยวจากสมการ (3.4.)

$$\text{กำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยว} = \frac{\text{แรงดึงประลัย}}{\text{พื้นที่ผิวของเส้นใยที่ฝังในซีเมนต์}} \quad (3.4.)$$

### 3.3. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต

กำลังของคอนกรีต (Strength) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ซึ่งจะแสดงความสามารถในการรับแรงของคอนกรีต การทดสอบที่สำคัญ คือ การทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัดและการทดสอบหากำลังต้านทานแรงดึง

#### 3.3.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต (Compressive Strength Test)

กำลังต้านทานแรงอัดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต เนื่องจากพบว่ากำลังต้านทานหรือรับแรงแบบอื่นของคอนกรีต เช่น กำลังต้านทานแรงดึง, กำลังต้านทานแรงคด, กำลังต้านทานแรงเฉือนและกำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยวล้วนเป็นสัดส่วนกับกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต และด้วยเหตุที่กำลังต้านทานแรงอัดมีค่ามากกว่ากำลังต้านทานแรงดึงหลายเท่า ดังนั้นในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจึงออกแบบโดยพิจารณาให้คอนกรีตรับแรงอัดเพียงอย่างเดียว ส่วนแรงดึงที่เกิดขึ้นจะให้เหล็กเสริมซึ่งหล่ออยู่ในคอนกรีตทำหน้าที่ต้านทาน

### วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่อง UTM (Universal Testing Machine)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. โม่ผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แบบหล่อมาตรฐานขนาด 15x15x15 ซม. จำนวน 9 อัน
5. เครื่องเหล็ก
6. พลั่ว
7. ช้อนตัก
8. เหล็กค้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ปลายกลมมน
9. ถัง
10. คอนกรีตกำลังอัดประลัย 240 กก./ซม.<sup>2</sup>

### การเตรียมตัวอย่าง

ใช้มาตรฐาน BS 1881 : PART 3 ; Method of Making and Curing Test Specimens. โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมแบบหล่อก่อนตัวอย่างลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
2. นำคอนกรีตที่เตรียมไว้มาตักลงในแบบหล่อจำนวน 9 ตัวอย่าง สำหรับทดสอบกำลังอัดที่ 28 วัน การตักคอนกรีตจะแบ่งเป็น 3 ชั้นเท่าๆ กัน แต่ละชั้นให้ค้ำด้วยเหล็กค้ำ 35 ครั้ง เมื่อค้ำชั้นสุดท้ายเสร็จปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
3. ทิ้งตัวอย่างไว้ 24 ชม. แล้วนำไปบ่มในบ่อบ่มตามเวลาที่กำหนด

### การทดสอบ

การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดใช้มาตรฐาน BS1881-116:1983; Standard Test Methods for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes. โดยมีขั้นตอนดังนี้

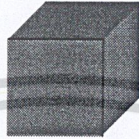
1. วัดและบันทึกค่าความสูง ความกว้าง และความยาวของก้อนตัวอย่างทดสอบ
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบและบันทึกค่า
3. นำแท่งตัวอย่างวางบนกึ่งกลางของแท่นทดสอบ โดยให้แกนอยู่ในแนวศูนย์กลางของแท่งกด
4. เปิดเครื่องทดสอบ โดยในการทดสอบนี้จะต้องควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสม่ำเสมอประมาณ 1.4 –3.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที
5. กดแท่งตัวอย่างจนพัง บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้ นำค่าน้ำหนักดังกล่าวและพื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างที่ได้มาหาค่ากำลังอัดประลัยตามสมการ (3.5.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{กำลังอัดประลัยของคอนกรีต} = \frac{\text{น้ำหนักกดประลัย}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของก้อนตัวอย่าง}} \quad (3.5.)$$

หน่วยที่ใช้วัดทั่วไป คือ

1. กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Ksc.)
2. นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร. (N/mm<sup>2</sup>)



รูปที่ 3.2. แสดงก้อนตัวอย่างรูปลูกบาศก์

### 3.3.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต (Tensile Strength Test)

กำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตมีค่าต่ำมากคือประมาณ 10% ของกำลังอัดประลัย และคอนกรีตยังมีคุณสมบัติที่เปราะด้วย ถึงแม้ว่าในการคำนวณออกแบบ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก จะสมมุติให้คอนกรีตไม่ได้รับแรงดึงเลย แต่การทราบค่ากำลังรับแรงดึงจะช่วยให้สามารถควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตจากผลกระทบต่างๆ เช่น อุณหภูมิ, การหดตัวและมีประโยชน์อย่างมากในงานคอนกรีตอัดแรงงานสิ่งก่อสร้างเก็บของเหลว

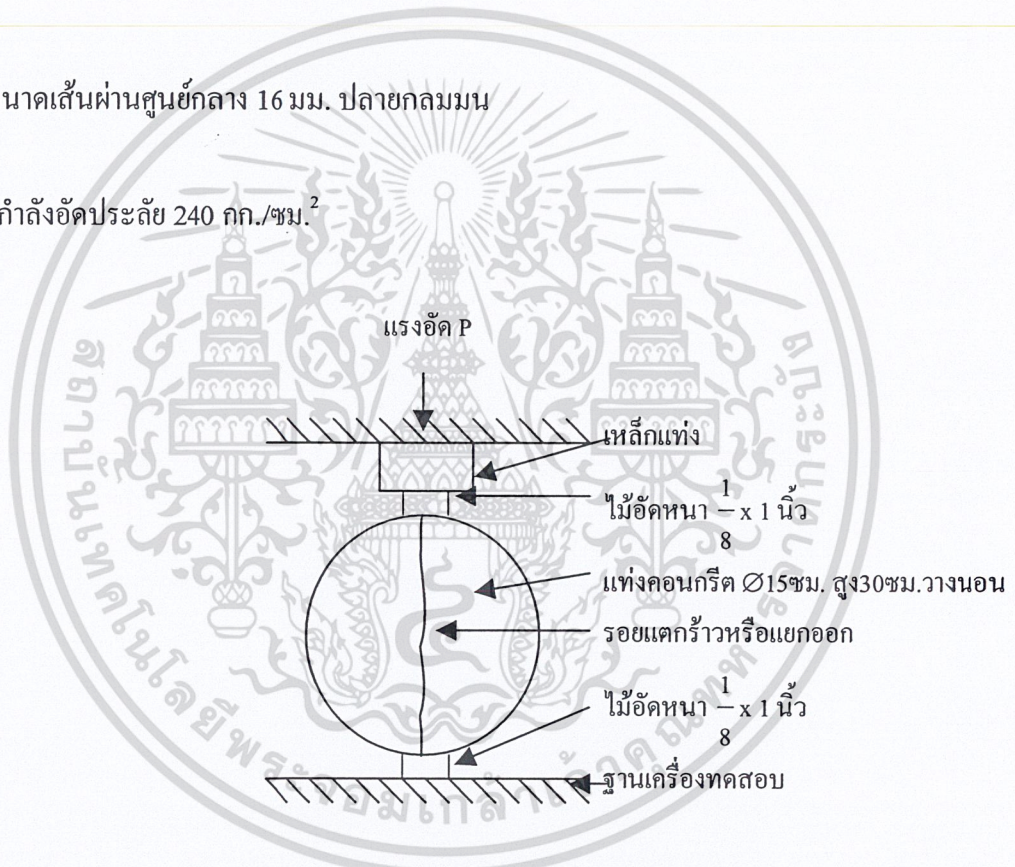
การทดสอบของคอนกรีตทำได้ 3 วิธี คือ Direct Tensile Test, Splitting Test และ Flexural Test แต่ในการทดสอบนี้จะทดสอบเพียงวิธี Splitting Test และ Flexural Test เท่านั้น

#### 3.3.2.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธี Splitting Test

การทดสอบความต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยตรงนั้นไม่สะดวกเหมือนการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต เนื่องจากเครื่องมือทดสอบอาจทำให้เกิดหน่วยแรงอื่นที่ไม่ต้องการขึ้นมาได้ทำให้ผลการทดสอบผิดพลาด โดยทั่วไปการทดสอบความต้านทานแรงดึงของคอนกรีตทำโดยการอัดแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ซึ่งวางให้แกนตามยาวอยู่ในแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 3.3. จนกระทั่งแตกออกจากกันในแนวตั้ง วิธีนี้เรียกว่า Splitting Test

## วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่อง UTM (Universal Testing Machine)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. โม่ผสมคอนกรีต
4. แบบหล่อมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. จำนวน 9 อัน
5. เกรียงเหล็ก
6. พลั่ว
7. ช้อนตัก
8. เหล็กดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ปลายกลมมน
9. ถัง
10. คอนกรีตกำลังอัดประลัย 240 กก./ซม.<sup>2</sup>



รูป 3.3. แสดงการทดสอบด้วยวิธี Splitting Test

## การเตรียมตัวอย่าง

ใช้มาตรฐาน ASTM C192 ; Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. โดยเตรียมจำนวนตัวอย่างทดสอบ 9 ตัวอย่างสำหรับทดสอบกำลังที่ 28 วัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เตรียมแบบหล่อมาตรฐานขนาด  $\varnothing$  15 ซม. สูง 30 ซม. ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
2. ตวงคอนกรีตตามปริมาตรที่ได้คำนวณไว้ ซึ่งเท่ากับ 0.2 ลูกบาศก์เมตรลงในกะละมังที่เตรียมไว้
3. ตักคอนกรีตลงแบบหล่อจำนวน 9 ตัวอย่างเพื่อใช้ทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน การตักคอนกรีตแบ่งเป็น 3 ชั้นเท่าๆ กัน แต่ละชั้นให้ตาดด้วยเหล็กค้ำ 25 ครั้ง เมื่อตาดชั้นสุดท้ายเสร็จปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
4. ทิ้งตัวอย่างไว้ 24 ชม. แล้วนำตัวอย่างไปบ่มในบ่อบ่ม 28 วัน

### การทดสอบ

การทดสอบหาลำดับด้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธี Splitting Test ใช้มาตรฐาน ASTM : C496-96 ; Standard Test Methods for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. นำตัวอย่างวางบนกึ่งกลางแท่นทดสอบในแนวนอนใต้หัวกดโดยรองด้านบนและด้านล่างตัวอย่างด้วยแท่งไม้ดังรูปที่ 3.3.
2. เปิดเครื่องทดสอบโดยควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสม่ำเสมอประมาณ 0.12-0.13 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที
3. กดก่อนตัวอย่างจนฟัง บันทึกค้ำน้ำหนักที่ได้
4. คำนวณหาลำดับด้านทานแรงดึงจาก

$$f_s = \frac{2P}{\pi Ld} \quad (3.6.)$$

$f_s$  = Splitting Strength

$P$  = น้ำหนักกดสูงสุด (กก.)

$L$  = ความยาวของตัวอย่างทรงกระบอก (ซม.)

$d$  = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่าง

### 3.3.2.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธี Flexural Strength Test

เนื่องจากการหาค่ากำลังต้านทานแรงดึงโดยตรงของคอนกรีตทำได้ยาก จึงมีความนิยมในการหาค่ากำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตจากการทดสอบคานคอนกรีตภายใต้แรงดัดแทน โดยค่าหน่วยแรงดึงจะเกิดสูงสุดที่บริเวณท้องคานที่เรียกว่า โมดูลัสการแตกร้าว (Modulus of Rupture)

กำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีนี้จะมีค่ามากกว่ากำลังต้านทานแรงดึงโดยตรงของคอนกรีต 50-100% จากผลกระทบของ Strain Gradient เนื่องจากหน่วยการยืดหดตัวในคอนกรีตที่เกิดขึ้นในลักษณะส่วนโค้งมีใช้การยืดหดในลักษณะเส้นตรงอย่างสมมุติ ซึ่งจะทำให้โมดูลัสของการแตกร้าวมีค่าแตกต่างกันไปตามขนาดความลึกของคานทดสอบ นอกจากนี้ในกรณีทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดปริมาตรของคอนกรีตส่วนน้อยบริเวณท้องคานเท่านั้นที่ได้รับหน่วยแรงดึง แต่อย่างไรก็ตามค่ากำลังต้านทานแรงดัดก็มีประโยชน์สำหรับงานควบคุมคุณภาพคอนกรีตในงานถนนและพื้นสนามบินเพราะคอนกรีตดังกล่าวต้องรับน้ำหนักในลักษณะของแรงดัด

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่อง UTM (Universal Testing Machine)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. โม้ผสมคอนกรีต
4. แบบหล่อมาตรฐานขนาด 15x15x60 ซม.
5. เครื่องเหล็ก
6. พลั่ว
7. ช้อนตัก
8. เหล็กดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม.ปลายกลมมน
9. ถังตวงขนาด 0.02 ลบม.
10. กะบะขนาด 0.2 ลบม.
11. คอนกรีตกำลังอัดประลัย 240 กก./ซม.<sup>2</sup>

## การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างคานใช้มาตรฐาน ASTM C192 ; Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. โดยมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดังนี้

1. เตรียมแบบหล่อมาตรฐานขนาด 15x15x60 ซม. ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
2. ตวงคอนกรีตตามปริมาตรที่ได้คำนวณไว้ซึ่งเท่ากับ 0.2 ลูกบาศก์เมตรลงในกะบะที่เตรียมไว้
3. ตักคอนกรีตลงแบบหล่อจำนวน 9 ตัวอย่างเพื่อใช้ทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน การตักคอนกรีตแบ่งเป็น 3 ชั้นเท่าๆ กัน แต่ละชั้นให้ตาด้วยเหล็กต๋า 112 ครั้ง เมื่อต้ำชั้นสุดท้ายเสร็จปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
4. ทิ้งตัวอย่างไว้ 24 ชม. แล้วนำตัวอย่างไปบ่มในบ่อบ่ม 28 วัน

## การทดสอบ

สำหรับการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธี Flexural Strength Test ใช้มาตรฐาน ASTM : C78-01 ; Standard Test Methods for Flexural Strength of Concrete. (Using Simple Beam with Third-Point Loading) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำแท่นทดสอบตัวอย่างคานติดเข้ากับเครื่องทดสอบ
2. แบ่งตัวอย่างตามยาวโดยเหลือบริเวณปลายไว้สองส่วนส่วนละ 7.5 ซม. ส่วนภายในที่เหลือแบ่งเป็นสามส่วนเท่าๆ กัน ส่วนละ 15 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3.4.
3. วางตัวอย่างบนแท่น โดยให้รอยขีดอยู่ตรงกับฐานของแท่น
4. ปรับแท่นกดด้านบนมาวางบนตัวอย่าง โดยให้ตรงรอยขีดเช่นกัน
5. เปิดเครื่องทดสอบโดยควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสมำเสมอประมาณ 0.14–0.20 กก./ตร.ซม./วินาที
6. กดก่อนตัวอย่างจนพัง บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้เพื่อนำไปคำนวณหาลำกำลังตัด
7. คำนวณหาลำกำลังต้านทานแรงค้ดจาก

กรณีที่ 1 ถ้าก้อนตัวอย่างแตกอยู่ในช่วงกลาง

$$R = \frac{Pl}{bd^2} \quad (3.7.)$$

กรณีที่ 2 ถ้าก้อนตัวอย่างไม่แตกอยู่ในช่วงกลาง

$$R = \frac{3Pa}{bd^2} \quad (3.8.)$$

R = Modulus of Rupture

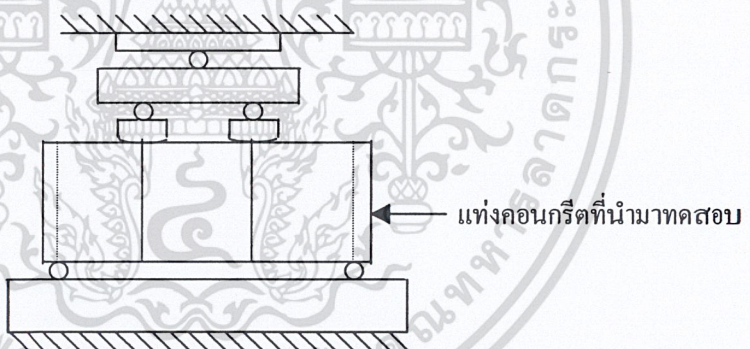
P = Maximum Load

L = ความยาวช่วงคานระหว่างจุดรองรับ

a = ระยะทางเฉลี่ยจากจุดที่แตกไปยังจุดรองรับที่ใกล้กว่าโดยวัดด้านที่รับแรงดึง

b = ความกว้างเฉลี่ยของคาน

d = ความลึกเฉลี่ยของคาน



รูปที่ 3.4. แสดงการทดสอบคอนกรีตด้วยวิธี Flexural Strength Test

### 3.4. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก

การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกทำเช่นเดียวกับ การทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตธรรมดา แต่เมื่อมีการเพิ่มวัสดุเข้าไปในส่วนประกอบ คอนกรีตย่อมทำให้คุณสมบัติเชิงกลเปลี่ยนไป การทดสอบนี้จะทำให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติของคอนกรีตเมื่อผสมเส้นใยพลาสติก เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการนำเส้นใยพลาสติกไป ประยุกต์ใช้ในงานคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก (Compressive Strength Test)

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีการทดสอบตัวอย่างเหมือนกับ การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตล้วนเพียงแต่ต่างกันที่การเตรียมตัวอย่างทดสอบจะมีการผสมเส้นใย พลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนลงไปเนื้อคอนกรีตด้วย

#### วัสดุและอุปกรณ์

ใช้วัสดุอุปกรณ์เหมือนกับการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตล้วนดังหัวข้อ 3.3.1. แต่จะเพิ่ม เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนเข้ามาผสมด้วย

#### การเตรียมตัวอย่าง

ใช้มาตรฐาน BS1881 : PART 3 ; Method of Making and Curing Test Specimens. โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตัดเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนเป็นเส้นแต่ละเส้นยาวประมาณ 5 ซม.
2. เตรียมแบบหล่อมาตรฐานขนาด 15x15x15 ซม. ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
3. ตวงคอนกรีตลงในแม่ผสมคอนกรีต 0.2 ลูกบาศก์เมตร
4. ค่อยๆ เติมเส้นใยพลาสติกในคอนกรีตขณะที่กำลังไม่ให้เส้นใยพลาสติกกระจายในคอนกรีตอย่างทั่วถึงโดยใช้อัตราส่วนผสมเส้นใยพลาสติกต่อปูนซีเมนต์ในคอนกรีต 0.25 % โดยน้ำหนัก
5. ปิดเครื่องแม่คอนกรีตแล้วตักคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกลงในแบบหล่อจำนวน 9 ตัวอย่าง เพื่อใช้สำหรับทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน การตักคอนกรีตจะแบ่งเป็น 3 ชั้นแต่ละชั้นให้ตาดด้วยเหล็กตาด 25 ครั้ง เมื่อตาดชั้นสุดท้ายเสร็จปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
6. ทำซ้ำข้อ 3-5 แต่เพิ่มอัตราส่วนผสมเส้นใยพลาสติกเป็น 0.50, 0.75 และ 1.00 % ตามลำดับ
7. ทิ้งตัวอย่างไว้ 24 ชม. แล้วนำตัวอย่างไปบ่มในบ่อบ่มตามเวลาที่กำหนด

## การทดสอบ

การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดใช้มาตรฐาน BS1881-116 : 1983 ; Standard Test Methods for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes. เหมือนหัวข้อ 3.3.1. และนำค่าแรงอัดประลัยที่ได้ไปคำนวณตามสมการ (3.5.)

### **3.4.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก (Tensile Strength Test)**

เนื่องจากคอนกรีตมีความสามารถในการต้านทานแรงดึงต่ำ ในปัจจุบันจึงมีการนำวัสดุที่มีคุณสมบัติในการรับแรงดึงที่ดีกว่าเข้ามาช่วยในการรับแรงดึง ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางคือการใช้เหล็กเส้นมาช่วยในการรับแรงดึงในคอนกรีต นอกจากนี้ยังมีการนำเส้นใยผสมในคอนกรีตเพื่อช่วยในการรับแรงดึง ในการทดสอบนี้จะใช้เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนมาช่วยในการรับแรงดึง

#### **3.4.2.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโดยวิธี Splitting Test**

เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM : C496-96 ; Standard Test Methods for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. เช่นเดียวกับการทดสอบคอนกรีตล้วน โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ การเตรียมตัวอย่างและขั้นตอนการทดสอบดังนี้

#### วัสดุและอุปกรณ์

ใช้วัสดุและอุปกรณ์เหมือนกับการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตล้วนดังหัวข้อ 3.3.2.1. แต่เพิ่มเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน

#### การเตรียมตัวอย่าง

ใช้มาตรฐาน ASTM C192 ; Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมแบบหล่อมาตรฐานขนาด  $\varnothing 15$  ซม. สูง 30 ซม. ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
2. ตวงคอนกรีตตามปริมาตรที่ได้คำนวณไว้ ค่อยๆ เติมเส้นใยพลาสติกในคอนกรีตในขณะที่กำลังไม่ให้เส้นใยพลาสติกกระจายในคอนกรีตอย่างทั่วถึงโดยใช้อัตราส่วนผสมเส้นใยพลาสติกต่อปูนซีเมนต์ในคอนกรีต 0.25 % โดยน้ำหนัก
3. ตักคอนกรีตลงแบบหล่อจำนวน 9 ตัวอย่างเพื่อใช้ทดสอบกำลังรับแรงดึงที่ 28 วัน การตักคอนกรีตแบ่งเป็น 3 ชั้นเท่าๆ กัน แต่ละชั้นให้ตักด้วยเหล็กตัก 25 ครั้ง เมื่อตักชั้นสุดท้ายเสร็จปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
4. ทำซ้ำข้อ 2-3 แต่เพิ่มอัตราส่วนผสมเส้นใยพลาสติกเป็น 0.50, 0.75 และ 1.00 % ตามลำดับ
5. ทิ้งตัวอย่างไว้ 24 ชม. แล้วนำตัวอย่างไปบ่มในบ่อบ่ม 28 วัน

### การทดสอบ

การทดสอบหาค่ากำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธี Splitting Test ใช้มาตรฐาน ASTM : C496-96 ; Standard Test Methods for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. ซึ่งเหมือนการทดสอบในหัวข้อ 3.3.2.1. แล้วนำค่าแรงดึงประลัยที่ได้ไปคำนวณหาค่ากำลังต้านทานแรงดึงตามสมการ (3.6.)

### **3.4.2.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโดยวิธี Flexural Strength Test**

เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM : C78-01 ; Standard Test Methods for Flexural Strength of Concrete. (Using Simple Beam with Third-Point Loading) เช่นเดียวกับการทดสอบคอนกรีตธรรมดา โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ การเตรียมตัวอย่างและ ขั้นตอนการทดสอบดังนี้

### วัสดุและอุปกรณ์

ใช้วัสดุและอุปกรณ์เหมือนกับการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตในหัวข้อ 3.3.2.2. แต่เพิ่มเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน

## การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างคานเหมือนกับเตรียมตัวอย่างคานในหัวข้อ 3.3.2.2. แต่ใช้แบบหล่อคานขนาด 15x15x60 ซม. โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมแบบหล่อคานมาตรฐานขนาด 15x15x60 ซม. ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
2. ตวงคอนกรีตตามปริมาตรที่ได้คำนวณไว้ ค่อยๆ เติมเส้นใยพลาสติกในคอนกรีตในขณะที่กำลังโม่ให้เส้นใยพลาสติกกระจายในคอนกรีตอย่างทั่วถึงโดยใช้อัตราส่วนผสมเส้นใยพลาสติกต่อปูนซีเมนต์ในคอนกรีต 0.25 % โดยน้ำหนัก
3. ตักคอนกรีตลงแบบหล่อจำนวน 9 ตัวอย่างเพื่อใช้ทดสอบกำลังรับแรงดึงที่ 28 วัน การตักคอนกรีตแบ่งเป็น 3 ชั้นเท่าๆ กัน แต่ละชั้นให้ตักด้วยเหล็กตัก 112 ครั้ง เมื่อตักชั้นสุดท้ายเสร็จปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
4. ทำซ้ำข้อ 2-3 แต่เพิ่มอัตราส่วนผสมเส้นใยพลาสติกเป็น 0.50, 0.75 และ 1.00 % ตามลำดับ
5. ทิ้งตัวอย่างไว้ 24 ชม. แล้วนำตัวอย่างไปบ่มในบ่อบ่ม 28 วัน

## การทดสอบ

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโดยวิธี Flexural Strength Test โดยใช้มาตรฐาน ASTM : C78-01 ; Standard Test Methods for Flexural Strength of Concrete. (Using Simple Beam with Third-Point Loading) มีขั้นตอนเหมือนการทดสอบคานในหัวข้อ 3.3.2.2. แล้วนำค่าแรงดึงประลัยไปคำนวณหาค่ากำลังต้านทานแรงดึงตามสมการ (3.7.) หรือ (3.8.)

### 3.5. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตตามมาตรฐานอเมริกา มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. กำลังที่ต้องผลิต =  $f'_c + k_s$   
=  $240 + (1.645 \times 30)$
2. ใช้ขนาดมวลรวมโตสุด 20 มม. ค่ายุบตัว 8-10 ซม. ไม่ใช่สารกักกระจายฟองอากาศ
3. กำลังคอนกรีต 240 กก./ซม.<sup>2</sup> ได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักเท่ากับ 0.60
4. คำนวณอัตราส่วนผสมของคอนกรีต 1 ลบม.

ปริมาณน้ำ		=	168	ลิตร
ปริมาณซีเมนต์	= 168 / 0.60	=	279	กก.
	= 279 / 3.15	=	88	ลิตร
ปริมาตรซีเมนต์ + ปริมาตรทราย		=	405	ลิตร
ปริมาตรทราย	= 405 - 88	=	317	ลิตร
ปริมาตรฟองอากาศ	= 1.0 x 1000 / 100	=	10	ลิตร
ปริมาตรทั้งหมด		=	1003	ลิตร
ปริมาตรหิน	= 1002 - 405 - 168 - 10	=	419	ลิตร

5. ส่วนผสมคอนกรีตใน 1 ลบม. เป็นดังนี้

ซีเมนต์	= 88 x 3.15	=	280	กก.
น้ำ		=	168	ลิตร
ทราย	= 317 x 2.65 x 1.00	=	840	กก.
หิน	= 419 x 2.70 x 1.00	=	1130	กก.
น้ำยาผสมคอนกรีต	= 280 x 300 / 100	=	840	ลบ.ซม.

## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและการวิเคราะห์

สำหรับผลการศึกษาและการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ โดยส่วนแรก คือ คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ ได้แก่ คุณสมบัติกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยชนิดต่างๆ, กำลังต้านทานแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยชนิดต่างๆ, กำลังรับแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้าและซีเมนต์เสริมเส้นใยชนิดต่างๆ และคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบราคาของซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้วกับซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติก

#### 4.1. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ

สำหรับผลการศึกษาและการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ สามารถแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

##### 4.1.1. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์กำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยชนิดต่างๆ

จากผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยแก้วและเส้นใยพลาสติก 4 ชนิด ได้แก่ เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม, เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน, เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมและเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ ซึ่งดูได้จากตารางที่ ผ.ก.1-ผ.ก.5 โดยพบว่า

เส้นใยพลาสติกที่สามารถรับแรงดึงได้สูงสุด คือ เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม โดยสามารถรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 3429 กก./ตร.ซม. ส่วนเส้นใยแก้วสามารถรับแรงดึงเฉลี่ยเฉลี่ยได้เท่ากับ 3974 กก./ตร.ซม. ซึ่งสูงกว่าเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมเท่ากับ 15.89 เปอร์เซ็นต์ โดยลำดับรองลงมา คือ เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน และเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์กำลังรับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยชนิดต่างๆ

เส้นใยที่นำมาทดสอบมี 4 ชนิดคือ เส้นใยแก้ว เส้นใยโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม เส้นใยโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม เส้นใยโพลีโพรพิลีนปลายทำปม คูณได้จากตาราง ผ.ข.7.1–ผ.ข.7.4

เส้นใยโพลีโพรพิลีนปลายทำปมมีค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยมากที่สุด รองลงมาคือเส้นใยแก้ว เส้นใยโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม และเส้นใยโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม ตามลำดับ สังเกตว่าปมที่ปลายเส้นใยมีผลต่อแรงยึดเหนี่ยว หากสามารถทำให้เส้นใยพลาสติกมีผิวที่ขรุขระก็จะสามารถเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยกับซีเมนต์ได้

#### 4.1.3. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์กำลังรับแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้าและซีเมนต์เสริมเส้นใยชนิดต่างๆ

จากการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าและซีเมนต์เสริมเส้นใยชนิดต่างๆ โดยใช้เส้นใยในอัตราส่วน 1–4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก โดยใช้เวลาบ่มตัวอย่างเป็นเวลา 7 วัน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ ผ.ข.1–ผ.ข.6.4 และสามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

##### - ซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว

ซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้วสามารถเพิ่มกำลังรับแรงดึงได้สูงขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่ผสมลงในซีเมนต์มอร์ต้า เมื่อผสมเส้นใยแก้วในอัตราส่วน 3-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กำลังรับแรงดึงจะคงที่ซึ่งมีค่าประมาณ 125–130 กก./ซม. เนื่องจากปริมาณเส้นใยในอัตราส่วนดังกล่าวจะไปแทนที่เนื้อซีเมนต์ ทำให้หน้าตัดซีเมนต์ที่ทำหน้าที่รับแรงอัดลดลง ส่งผลให้กำลังรับแรงดึงคงที่และมีแนวโน้มที่จะลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับซีเมนต์มอร์ต้าล้วน ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 38 กก./ตร.ซม. พบว่า ซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้วช่วยเพิ่มกำลังรับแรงดึงให้สูงขึ้น 228.95–242.11 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากเส้นใยแก้วเป็นเส้นใยที่สามารถรับกำลังดึงได้สูงและมีลักษณะเป็นเส้นใยเล็กๆ โดยในหนึ่งเส้นสามารถแตกออกเป็นเส้นใยเล็กๆ ได้อีกหลายร้อยเส้น ทำให้เวลานำมาผสมกับซีเมนต์จึงทำให้เส้นใยแก้วมีความสามารถกระจายตัวในเนื้อซีเมนต์ได้อย่างทั่วถึง ทั้งยังเป็นการเพิ่มแรงยึดเกาะกับเนื้อซีเมนต์ได้มากขึ้น ด้วยเหตุนี้ซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้วจึงเป็นวัสดุที่รับกำลังดึงได้สูง

#### - ซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม

เมื่อใส่เส้นใยลงไปประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กำลังรับแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมมีค่าเท่ากับ 54.44 กก./ตร.ซม. ต่อมาเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมลงไปเป็น 2-4 เปอร์เซ็นต์ พบว่ากำลังรับแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมไม่เพิ่มขึ้นแต่จะมีค่าค่อนข้างคงที่โดยมีค่าเท่ากับ 54-55 กก./ตร.ซม. เมื่อเทียบกับซีเมนต์มอร์ต้าล้วน พบว่าซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมในอัตราส่วน 1-4 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มกำลังรับแรงดึงได้ 42.11-44.74 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมเป็นเส้นใยที่สามารถรับกำลังดึงได้ใกล้เคียงกับเส้นใยแก้ว แต่เมื่อนำมาผสมกับซีเมนต์สามารถเพิ่มกำลังรับแรงดึงได้เพียง 44.74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว เพราะลักษณะผิวของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ค่อนข้างเรียบและลื่น จึงมีปัญหาเรื่องการยึดเกาะกับเนื้อซีเมนต์ทำให้ขณะรับแรงเกิดการเลื่อนไถลระหว่างเส้นใยโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมกับเนื้อซีเมนต์ก่อนที่เส้นใยจะรับกำลังดึงได้เต็มที่ จึงทำให้ซีเมนต์เสริมเส้นใยโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมรับกำลังได้น้อยกว่าซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว

#### - ซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม

เมื่อใส่เส้นใยในปริมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ กำลังรับแรงดึงมีค่าใกล้เคียงกันคือ 53-54 กก./ตร.ซม. แต่เมื่อผสมเส้นใยในปริมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้กำลังต้านทานแรงดึงลดลงเหลือ 32 กก./ตร.ซม. เมื่อเทียบกับซีเมนต์มอร์ต้าล้วน พบว่า ซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนสีดำในอัตราส่วน 1-3 เปอร์เซ็นต์สามารถเพิ่มกำลังรับแรงดึงได้ 39.47-42.11 เปอร์เซ็นต์

การที่ซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมมีค่ากำลังรับแรงดึงน้อยกว่าซีเมนต์เสริมใยแก้วก็เนื่องจากมีปัญหาเรื่องแรงยึดเหนี่ยวเช่นเดียวกับเส้นใยโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม และเมื่อผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมในอัตราส่วน 4 เปอร์เซ็นต์ พบว่า กำลังรับแรงดึงลดลงต่ำกว่าซีเมนต์มอร์ต้าเนื่องจากเส้นใยโพลีโพรพิลีนมีความหนาแน่นน้อยจึงมีปริมาตรมากกว่าเส้นใยชนิดอื่นเมื่อผสมด้วยน้ำหนักที่เท่ากัน จึงทำให้ปริมาตรของซีเมนต์ในตัวอย่างทดสอบลดลง เมื่อนำแท่งตัวอย่างมาทดสอบแรงดึง หน้าตัดที่ทำหน้าที่รับแรงอัดลดน้อยลงจึงเป็นเหตุให้ตัวอย่างทดสอบรับกำลังดึงได้น้อยลง

#### - ซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่

กำลังรับแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยในอัตราส่วน 1-4 เปอร์เซ็นต์มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าเท่ากับ 39-43 กก./ตร.ซม. เมื่อเทียบกับซีเมนต์มอร์ต้าล้วน พบว่าซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ในอัตราส่วน 1-4 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มกำลังรับแรงดึงได้เพียงเล็กน้อย คือ 2.63-13.16 เปอร์เซ็นต์

การที่ซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่มีค่ากำลังรับแรงดึงน้อย เนื่องจากเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่มีลักษณะเส้นใยที่แข็งกว่าเส้นใยพลาสติกชนิดอื่น ทำให้เส้นใยกระจายตัวในเนื้อซีเมนต์มอร์ต้าไม่ดีและ โผล่ออกมาจากเนื้อซีเมนต์

#### - ซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว

กำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้าผสมเส้นใยมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าเท่ากับ 53-55 กก./ตร.ซม. เมื่อเทียบกับซีเมนต์มอร์ต้าล้วน พบว่าซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมรูปดาวในอัตราส่วน 1-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สามารถเพิ่มกำลังรับแรงดึง 39.47-44.74 เปอร์เซ็นต์

การที่ซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาวมีค่ากำลังรับแรงดึงน้อยกว่าซีเมนต์เสริมใยแก้วก็เนื่องจากมีปัญหาเรื่องแรงยึดเหนี่ยวเช่นเดียวกับเส้นใยโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม

#### 4.1.4. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต

จากการทดสอบเมื่อใส่เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนลงในเนื้อคอนกรีต โดยใช้เส้นใยในอัตราส่วน 1 - 4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ใช้เวลาบ่มตัวอย่างเป็นเวลา 28 วัน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ ผ.ค.1.1 - ผ.ค.3.5 และสามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

#### - กำลังต้านทานแรงอัดคอนกรีต

จากการทดสอบพบว่าตัวอย่างคอนกรีตที่ 28 วันกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเฉลี่ยของคอนกรีตล้วนมีค่าเท่ากับ 281.04 กก./ตร.ซม. ส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนในอัตราส่วน 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 283.65 กก./ตร.ซม. ซึ่งมีค่ามากกว่าคอนกรีตล้วนเพียงแค่ 0.93 เปอร์เซ็นต์

#### - กำลังต้านทานแรงดึงคอนกรีต

จากการทดสอบพบว่าตัวอย่างคอนกรีตที่ 28 วันกำลังรับแรงดึงเฉลี่ยเฉลี่ยของคอนกรีตล้วนมีค่าเท่ากับ 36.89 กก./ตร.ซม. ส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนในอัตราส่วน 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 38.07 กก./ตร.ซม. ซึ่งมีค่ามากกว่าคอนกรีตล้วน 3.20 เปอร์เซ็นต์

#### - กำลังต้านทานแรงค้ำคอนกรีต

จากการทดสอบพบว่าตัวอย่างคอนกรีตที่ 28 วันกำลังรับแรงค้ำเฉลี่ยเฉลี่ยของคอนกรีตล้วนมีค่าเท่ากับ 38.15 กก./ตร.ซม. ส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนในอัตราส่วน 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังรับแรงค้ำเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 37.93 กก./ตร.ซม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตล้วน 0.58 เปอร์เซ็นต์

สรุปได้ว่าการผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนไม่สามารถเพิ่มทั้งกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง และกำลังรับแรงค้ำของคอนกรีตได้ เนื่องจากมวลรวมหยาบ(หิน)ที่ผสมอยู่ในเนื้อคอนกรีตจะทำให้เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนเกิดการฉีกขาด เสียหายในขณะที่ทำการผสมคอนกรีต ทำให้เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนไม่สามารถรับกำลังได้เต็มที่

#### 4.2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบราคา

จากผลการทดสอบกำลังของซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกต่ำกว่าซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว หากจะนำซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกมาใช้งานจะต้องเพิ่มความหนาของชั้นงานซีเมนต์เสริมเส้นใย

พลาลดิกเพื่อที่จะทำให้ได้กำลังที่สูงขึ้นเท่ากับซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว โดยคำนวณความหนาที่จะต้องเพิ่มได้จากสมการ (3.3)

$$R = \frac{P_1 l}{bd^2} \quad (3.3.)$$

เมื่อกำหนดให้  $P_1, l, b$  คงที่ จะได้

$$\frac{d_{\text{plastic fiber}}}{d_{\text{glass fiber}}} = \frac{\sqrt{\text{MOR}_{\text{GRASS FIBER}}}}{\sqrt{\text{MOR}_{\text{PLASTIC FIBER}}}} \quad (5.1.)$$

จากผลการทดสอบหา Modulus of Rupture ของซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว 3% และซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 1% เท่ากับ 130 และ 55 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ เมื่อทำการคำนวณเปรียบเทียบความหนาของซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว 3% และซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 1% จากค่า MOR ตามสมการ (5.1) จะได้ว่า ความหนาของซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 1% เท่ากับ 1.5 เท่าของซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว 3%

ปัจจุบันเส้นใยแก้วเป็นวัสดุที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงมีราคาค่อนข้างแพง ประมาณกิโลกรัมละ 200 บาท ขณะที่เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมเป็นวัสดุที่ผลิตในประเทศไทยมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 60 บาท สามารถทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบราคาซีเมนต์ผสมเส้นใย โดยคิดราคาต่อตารางเมตรได้ดังนี้

ซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว, G.R.C. (ราคาต่อตารางเมตร)

ถ้าใช้ G.R.C. หนา 1 เซนติเมตร หน้าหนัก G.R.C. =  $100 \times 100 \times 1 \times 2400 = 24$  กิโลกรัม คิดราคาเป็น 2 ส่วนคือ

- ซีเมนต์มอร์ต้า

ใช้น้ำหนักซีเมนต์มอร์ต้า ประมาณ 24 กิโลกรัม (ปูนซีเมนต์ต่อทราย 2 : 1 โดยน้ำหนัก)

แบ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปูนซีเมนต์ 16 กิโลกรัม ราคา = 16 กิโลกรัม x 2.50 บาท/กิโลกรัม = 40.00 บาท

ทราย 8 กิโลกรัม ราคา = 8 กิโลกรัม x 0.10 บาท/กิโลกรัม = 0.80 บาท

- เส้นใยแก้ว

ใช้เส้นใยแก้ว 3% = 16 x 0.03 = 0.48 กิโลกรัม

ราคา = 0.48 กิโลกรัม x 200 บาท/กิโลกรัม = 96.00 บาท

รวม = 40.00 + 0.80 + 96.00 = 136.80 บาท

ซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม, P.R.C. (ราคาต่อตารางเมตร)

ถ้าใช้ G.R.C. หน้า 1 เซนติเมตร ต่อ ตารางเมตร จะต้องใช้ P.R.C. หน้า 1.5 เซนติเมตร น้ำหนัก  
PRC = 100 x 100 x 1.5 x 2400 = 36 กิโลกรัม คิดราคาเป็น 2 ส่วนคือ

- ซีเมนต์มอร์ต้า

ใช้น้ำหนักซีเมนต์มอร์ต้า ประมาณ 24 กิโลกรัม (ปูนซีเมนต์ต่อทราย 2 : 1 โดยน้ำหนัก)

แบ่งเป็น

ปูนซีเมนต์ 24 กิโลกรัม ราคา = 24 กิโลกรัม x 2.5 บาท/กิโลกรัม = 60.00 บาท

ทราย 12 กิโลกรัม ราคา = 12 กิโลกรัม x 0.10 บาท/กิโลกรัม = 1.20 บาท

- เส้นใยพลาสติก

ใช้เส้นใยพลาสติก 1% = 24 x 0.01 = 0.24 กิโลกรัม

ราคา = 0.24 x 60 บาท/กิโลกรัม = 14.40 บาท

รวม = 60.00 + 1.40 + 14.40 = 75.60 บาท

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบราคาซีเมนต์ผสมเส้นใย สามารถสรุปได้ว่า P.R.C. ถูกกว่า G.R.C. 44.74 % ดังนั้นหากจะนำ P.R.C. มาใช้งานจริงก็จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตลงได้

## บทที่ 5

# สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

### 5.1. สรุปผลการศึกษา

ซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม, โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมและโพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว สามารถเพิ่มกำลังรับแรงดึงจากซีเมนต์มอร์ต้าได้ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่เพิ่มกำลังรับแรงดึงจากซีเมนต์มอร์ต้าได้ต่ำสุด แต่กำลังรับแรงดึงของซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกทั้ง 4 ชนิดก็ยังต่ำกว่าซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว เส้นใยที่เหมาะสมกับการนำไปใช้คือเส้นใยโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมเนื่องจากตัวอย่างทดสอบเส้นใยชนิดนี้มีผิวที่สวยงามกว่าชนิดอื่น ๆ และปริมาณเส้นใยพลาสติกที่เหมาะสม คือ 1 เปอร์เซ็นต์

จากการนำซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม ไปทดลองผลิตชิ้นงานบัวปูนปั้นสำเร็จรูป พบว่า ลักษณะผิวของชิ้นงานซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมไม่มีรอยแตกร้าวเกิดขึ้น เช่นเดียวกับชิ้นงานที่ผลิตจากซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว ในขณะที่ชิ้นงานที่ผลิตจากซีเมนต์มอร์ต้าล้วนมีรอยแตกร้าวเกิดขึ้น จึงสรุปได้ว่า เส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลมสามารถนำมาใช้แทนเส้นใยแก้วในการผลิตชิ้นงานตกแต่งสำเร็จรูปได้ โดยใช้ในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ทั้งนี้หากนำไปใช้ในงานที่ต้องรับกำลังหรือแรงกระแทก เช่น ผนังหลังคาและเปลือกเสาสำเร็จรูป ควรจะปรับปรุงลักษณะของเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานมากขึ้น ดังจะกล่าวในข้อเสนอแนะ

ในส่วนของการกรีดเสริมเส้นใยพลาสติกได้นำเส้นใยพลาสติกมาศึกษาเพียง 1 ชนิด คือ เส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน เนื่องจากการศึกษานี้ได้เน้นไปในส่วนของซีเมนต์เสริมเส้นใย และจากผลการทดสอบ พบว่า คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน ไม่สามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดึงได้มากนัก จึงไม่เหมาะสมในการนำเส้นใยชนิดนี้มาใช้ในงานคอนกรีต

นอกเหนือจากคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุตั้งที่กล่าวมาในบทที่ 3 แล้วยังต้องพิจารณาคุณสมบัติอื่นๆ ด้วยว่าเส้นใยพลาสติกมีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ หรือเหมาะกับงานประเภทใดเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุ

## 5.2. ข้อเสนอแนะในการใช้งานและการผลิตเส้นใยพลาสติก

### 5.2.1. การใช้งาน

การนำเส้นใยพลาสติกมาแทนเส้นใยแก้วในงานซีเมนต์เสริมเส้นใย โดยทั่วไปแล้วจะมีลักษณะการใช้งานเส้นใยพลาสติกจะเหมือนกับเส้นใยแก้ว แต่จะแตกต่างตรงที่เส้นใยพลาสติกต้องมีความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร การผสมกับซีเมนต์จะต้องพยายามให้เส้นใยกระจายทั่วในเนื้อซีเมนต์ และจะต้องมีการตกแต่งผิวของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติกให้เรียบร้อย

### 5.2.2. การผลิตเส้นใยพลาสติก

เส้นใยพลาสติกที่ใช้ในการทดสอบเป็นเส้นใยพลาสติกที่ผลิตจากโพลิโพรพิลีนและโพลีเอสเตอร์ซึ่งเป็นเส้นใยที่นำไปใช้ได้ในงานหลายประเภท เช่น ทำไม้กวาด แปรงขัดรองเท้า เชือก เป็นต้น ซึ่งเส้นใยพลาสติกเป็นอุตสาหกรรมในประเทศ จึงสามารถหาซื้อได้ง่าย แต่หากจะมีการผลิตสำหรับงานคอนกรีตหรือซีเมนต์โดยเฉพาะจะต้องมีการปรับเปลี่ยนบางประการ เช่น

- เพิ่มแรงยึดเหนี่ยวบริเวณผิวของเส้นใยพลาสติกเนื่องจากเส้นใยพลาสติกมีผิวที่ค่อนข้างเรียบและลื่นจึงมีปัญหาในเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยกับคอนกรีตหรือซีเมนต์
- ความยาวของเส้นใยพลาสติกจะต้องผลิตให้มีความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร

## 5.3. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เส้นใยพลาสติกที่ใช้ในโครงการพิเศษนี้เป็นวัสดุที่นำมาจากเส้นใยพลาสติกที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตเส้นใยพลาสติก ดังนั้นการนำวัสดุนี้มาใช้จึงเป็นการช่วยรักษาสภาพสิ่งแวดล้อม โดยการนำวัสดุมารีไซเคิล

แต่เมื่ออาคารที่ใช้วัสดุตกแต่งสำเร็จรูปซีเมนต์เสริมเส้นใยพลาสติกเกิดไฟไหม้อาจเป็นผลให้พลาสติกถูกเผาจนก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศซึ่งประเด็นนี้ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดไฟไหม้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายการอ้างอิง

- ดำรงค์ศักดิ์ เจนกิจเจริญชัย, 13 พฤศจิกายน 2544. ผู้จัดการโรงงาน, บริษัท สยามเน็ท จำกัด. สัมภาษณ์.
- นพดล บุญเสนอ, 7 ธันวาคม 2544. ผู้จัดการฝ่ายผลิตภัณฑ์ซีเมนต์เสริมเส้นใยแก้ว, บริษัท พี ซี เอ็ม คอนสตรัคชั่น จำกัด. สัมภาษณ์.
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2542. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ : บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างจำกัด.
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2543. คู่มือการทดสอบหิน ทราายและคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ : บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างจำกัด.
- บริษัท พรีเมียร์ โพรดักส์ จำกัด. BUILDING MATERIAL PRODUCTS DIVISION.  
<URL:<http://www.geocities.com/ppthailand/PPTHAILAND/HOME.htm>>
- ประภคิตาสน์ ประสงค์จรรยา และ สิทธิชัย บังใบ, 2543. แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติก. ปริญญาณิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วินิต ช่อวิเชียร, 2539. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพฯ : วินิต ช่อวิเชียร.
- A.M.Neville, 1995. Properties of concrete. 4<sup>th</sup> Ed., Malaysia : Longman Group Limited.
- ASTM C78-01 ; Standard Test Methods for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading), Annual Book of ASTM Standards Vol 04.02, American Society for Testing and Materials, 2001.
- ASTM C496-96 ; Standard Test Methods for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Annual Book of ASTM Standards Vol 04.02, American Society for Testing and Materials, 2001.
- ASTM D638-01 ; Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics, Annual Book of ASTM Standards Vol 08.01, American Society for Testing and Materials, 2001.
- ASTM E1512-01 ; Standard Test Methods for Testing Bond Performance of Bonded Anchors, Annual Book of ASTM Standards Vol 04.11, American Society for Testing and Materials, 2001.
- BS1881-116 : 1983 ; Standard Test Methods for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes, British Standards Institute, 1983.

## รายการอ้างอิง

- BS6432 : 1984 ; Standard Test Methods for Determining Properties of Glass Fiber Reinforced Cement Material, British Standards Institute, 1984.
- Khon Kaen Fishing Net Factory Co.,Ltd., July 30, 2001. Product List.  
<URL:<http://www.kr-plastic.com/Info/ProductList.html>>
- P.K.mallick, 1993. Fiber-reinforced composites. 2<sup>nd</sup> Ed., New York : Marcel Dekker.
- Texas Fiberglass Group, January 11, 2002. Alkali Resistant Fiberglass Roving For Reinforced Cement.  
<URL:<http://www.fiberglass.to/products.htm>>



## ภาคผนวก ก

### ตารางแสดงผลการทดสอบกำลังดึงของเส้นใย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยแก้ว



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

TENSILE STRENGTH TEST OF FIBER

PROJECT :

SAMPLE FROM : SIAM NET CO., LTD.

TEST METHOD : BS 6432 :1984.

Test Date : 11-Dec-01

TEST SPECIMEN: A Glass Fiber

Spec. No.	Max. Load (kgf.)	Deformation (mm.)	Stress (ksc.)	Strain (mm./mm.)	E (ksc.)
1	0.87	1.00	3,485.60	0.0040	871,400
2	1.14	2.50	4,572.00	0.0100	457,200
3	0.72	1.50	2,886.40	0.0060	481,067
4	1.35	2.30	5,412.00	0.0092	588,261
5	0.93	24.00	3,703.20	0.0960	38,575
6	0.95	2.00	3,818.40	0.0080	477,300
7	0.96	2.05	3,856.40	0.0082	470,293
8	0.86	1.30	3,438.80	0.0052	661,308
9	1.15	1.70	4,596.00	0.0068	675,882
		Ave.	3,974	Ave.	524,587

Denote:

L = Initial length 25.00 cm.

A = Area of section 0.05x0.005 0.00025 cm<sup>2</sup> Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen  
Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 15/12/01

ตารางที่ ผ.ก.2. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
 FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
 LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

TENSILE STRENGTH TEST OF FIBER

PROJECT :

SAMPLE FROM : SIAM NET CO., LTD.

TEST METHOD : BS 6432 :1984.

Test Date : 11-Dec-01

TEST SPECIMEN: Polyester Plastic Fiber

Spec. No.	Max. Load (kgf.)	Deformation (mm.)	Stress (ksc.)	Strain (mm./mm.)	E (ksc.)
1	1.35	26.00	4,300.37	0.1040	41,350
2	1.07	36.00	3,399.55	0.1440	23,608
3	0.88	22.50	2,791.58	0.0900	31,018
4	1.13	40.00	3,609.64	0.1600	22,560
5	1.15	44.00	3,654.20	0.1760	20,763
6	1.07	38.00	3,418.65	0.1520	22,491
7	0.94	17.50	2,998.48	0.0700	42,835
8	1.10	37.00	3,498.23	0.1480	23,637
9	1.00	19.00	3,186.28	0.0760	41,925
		Ave.	3,429	Ave.	30,021

Denote:

L = Initial length 25.00 cm.

A = Area of section  $3.14/4 \times 0.02^2$  0.00031 cm<sup>2</sup>

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen  
 Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 15/12/01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 ผก3

ตารางที่ ผ.ก.3. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
 FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
 LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

TENSILE STRENGTH TEST OF FIBER

PROJECT :

SAMPLE FROM : SIAM NET CO., LTD.

TEST METHOD : BS 6432 :1984.

Test Date : 11-Dec-01

TEST SPECIMEN: Flat Polypropulene Plastic Fiber

Spec. No.	Max. Load (kgf.)	Deformation (mm.)	Stress (ksc.)	Strain (mm./mm.)	E (ksc.)
1	5.25	19.00	3,279.38	0.0760	43,150
2	3.90	17.00	2,436.25	0.0680	35,827
3	4.36	12.00	2,726.25	0.0480	56,797
4	4.39	19.00	2,745.63	0.0760	36,127
5	2.88	11.50	1,798.75	0.0460	39,103
6	4.21	17.50	2,629.38	0.0700	37,563
7	3.03	12.50	1,893.75	0.0500	37,875
8	3.99	21.00	2,494.38	0.0840	29,695
9	4.29	18.00	2,678.75	0.0720	37,205
Ave.			2,520	Ave.	39,260

Denote:

L = Initial length 25.00 cm.

A = Area of section 0.40x0.004 0.00160 cm<sup>2</sup>

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 15/12/01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 ผก4

ตารางที่ ผ.ก.4. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
 FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
 LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

TENSILE STRENGTH TEST OF FIBER

PROJECT :

SAMPLE FROM : SIAM NET CO., LTD.

TEST METHOD : BS 6432 :1984.

Test Date : 11-Dec-01

TEST SPECIMEN: Black Polypropulene Plastic Fiber

Spec. No.	Max. Load (kgf.)	Deformation (mm.)	Stress (ksc.)	Strain (mm./mm.)	E (ksc.)
1	1.01	72.94	3,227.66	0.2918	11,063
2	1.04	79.16	3,297.69	0.3166	10,415
3	1.16	150.00	3,705.13	0.6000	6,175
4	1.05	100.50	3,326.34	0.4020	8,274
5	1.04	65.75	3,319.97	0.2630	12,623
6	0.95	38.16	3,008.03	0.1526	19,707
7	1.09	95.52	3,466.40	0.3821	9,072
8	1.09	96.96	3,479.13	0.3878	8,971
9	0.99	47.77	3,141.72	0.1911	16,442
		Ave.	3,330	Ave.	11,416

Denote:

L = Initial length 25.00 cm.

A = Area of section  $3.14/4 \times 0.02^2$  0.00031 cm<sup>2</sup>

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen  
 Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 15/12/01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 ผก5

ตารางที่ ผ.ก.5. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

TENSILE STRENGTH TEST OF FIBER

PROJECT :

SAMPLE FROM: SIAM NET CO., LTD.

TEST METHOD : BS 6432 :1984.

Test Date : 11-Dec-01

TEST SPECIMEN: Blue Polypropulene Plastic Fiber

Spec. No.	Max. Load (kgf.)	Deformation (mm.)	Stress (ksc.)	Strain (mm./mm.)	E (ksc.)
1	1.54	33.00	2,446.21	0.1320	18,532
2	1.53	35.00	2,431.89	0.1400	17,371
3	1.43	52.00	2,267.96	0.2080	10,904
4	1.56	48.00	2,476.45	0.1920	12,898
5	1.62	37.50	2,578.31	0.1500	17,189
6	1.75	128.00	2,788.40	0.5120	5,446
7	1.18	28.00	1,876.44	0.1120	16,754
8	1.23	26.00	1,949.65	0.1040	18,747
9	1.24	30.00	1,978.30	0.1200	16,486
Ave.			2,310	Ave.	14,925

Denote:

L = Initial length 25.00 cm.

A = Area of section  $3.14/2 \times 0.02^2$  0.00063 cm<sup>2</sup>

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 15/12/01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### ตารางแสดงผลการทดสอบซีเมนต์เสริมเส้นใย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้า



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR CEMENT MORTAR

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD.

วันที่นำส่ง

TEST METHOD BS 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIMEN Mortar

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume $\text{kg/m}^3$	Remarks	
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)			
1		51.50	10.60	400.00	438.82	3/19/02	3/25/02	7	8.31	8.63	35.90	37.28	2,009.62		
2		49.70	10.60	400.00	422.47	3/19/02	3/25/02	7	7.47	9.68	33.44	43.34	2,004.81		
3		51.80	10.40	400.00	444.42	3/19/02	3/25/02	7	5.96	8.18	26.59	36.50	2,062.39		
4		51.20	10.40	400.00	442.08	3/19/02	3/25/02	7	4.61	9.28	20.81	41.89	2,075.57		
5		51.80	10.90	400.00	455.27	3/19/02	3/25/02	7	3.91	8.22	15.88	33.39	2,015.82		
											Ave.	26.53	38.48		

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf

Stress at LOP =  $P_1L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf

Stress at MOR =  $P_2L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Approved By :

Mr. Laemthong Laokhongthavom

Date 25/02/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.2.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว 1 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN A Glass Fibre Reinforced Cement Material (1% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight Volume kg/m <sup>3</sup>	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		50.28	9.12	400.00	385.58	1/18/02	1/24/02	7	3.77	4.37	22.54	26.14	2,102.15	Using
2		49.00	8.70	400.00	352.26	1/18/02	1/24/02	7	7.58	9.18	51.09	61.86	2,065.80	the
3		49.17	8.24	400.00	344.60	1/18/02	1/24/02	7	7.00	7.44	52.43	55.70	2,126.32	cross-
4		48.92	7.64	400.00	332.20	1/18/02	1/24/02	7	4.62	4.70	40.43	41.11	2,222.08	head
5		49.52	8.16	400.00	334.78	1/18/02	1/24/02	7	7.82	7.84	59.25	59.41	2,071.23	speed =
6		49.24	8.00	400.00	337.50	1/18/02	1/24/02	7	7.75	7.84	61.46	62.19	2,141.93	3.00
7		48.00	8.68	400.00	348.58	1/18/02	1/24/02	7	7.35	8.20	50.80	56.67	2,091.61	mm per
8		49.28	10.00	400.00	382.54	1/18/02	1/24/02	7	9.42	12.56	47.80	63.72	1,940.65	minute
9		50.30	10.48	400.00	423.09	1/18/02	1/24/02	7	10.13	16.31	45.84	73.81	2,006.52	

Ave. 47.96 55.62

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality (P<sub>1</sub>), kgf

Stress at LOP = P<sub>1</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) (P<sub>2</sub>), kgf

Stress at MOR = P<sub>2</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 24/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.2.2. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว 2 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN A Glass Fibre Reinforced Cement Material (2% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume $\text{kg/m}^3$	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		50.20	10.60	400.00	400.45	1/18/02	1/24/02	7	12.46	14.22	55.23	63.03	1,881.39	Using
2		49.74	9.68	400.00	392.88	1/18/02	1/24/02	7	10.22	19.18	54.82	102.88	2,039.95	the
3		98.54	9.54	400.00	382.95	1/18/02	1/24/02	7	10.12	23.63	28.21	65.87	1,018.41	cross-
4		48.54	9.22	400.00	374.85	1/18/02	1/24/02	7	11.55	18.49	69.98	112.03	2,093.95	head
5		48.00	9.06	400.00	373.37	1/18/02	1/24/02	7	11.06	12.58	70.18	79.82	2,146.40	speed =
6		49.00	9.52	400.00	381.62	1/18/02	1/24/02	7	11.33	11.33	63.78	53.78	2,045.21	3.00
7		48.16	9.30	400.00	371.95	1/18/02	1/24/02	7	9.13	10.00	54.77	60.02	2,076.13	mm per
8		49.24	9.00	400.00	384.94	1/18/02	1/24/02	7	8.25	9.62	51.74	60.31	2,171.56	minute
9		49.50	10.00	400.00	398.11	1/18/02	1/24/02	7	10.53	16.58	53.18	83.74	2,010.66	

Ave. 55.77 76.83

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf      Stress at LOP =  $P_1 L / (bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf      Stress at MOR =  $P_2 L / (bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 24/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.2.3. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว 3 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN A Glass Fibre Reinforced Cement Material (3% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume $\text{kg/m}^3$	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		49.68	9.82	400.00	394.00	1/18/02	1/24/02	7	14.58	20.77	76.08	108.39	2,019.03	Using
2		50.60	9.52	400.00	375.60	1/18/02	1/24/02	7	14.35	29.08	78.23	158.53	1,949.30	the
3		49.26	9.00	400.00	350.57	1/18/02	1/24/02	7	8.57	13.20	53.70	82.71	1,976.87	cross-
4		49.42	7.56	400.00	348.44	1/18/02	1/24/02	7	3.74	9.11	33.08	80.60	2,331.54	head
5		49.00	7.58	400.00	356.79	1/18/02	1/24/02	7	9.18	15.42	81.53	136.93	2,401.53	speed =
6		49.00	8.00	400.00	343.34	1/18/02	1/24/02	7	8.71	12.88	69.40	102.68	2,189.67	3.00
7		49.20	8.10	400.00	344.01	1/18/02	1/24/02	7	10.55	18.64	81.71	144.36	2,158.05	mm per
8		48.98	8.70	400.00	352.08	1/18/02	1/24/02	7	11.71	20.58	78.97	138.78	2,065.59	minute
9		49.78	10.30	400.00	398.93	1/18/02	1/24/02	7	19.50	36.82	92.31	174.30	1,945.11	

Ave. 71.67 125.25

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf

Stress at LOP =  $P_1L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf

Stress at MOR =  $P_2L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 24/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผ.ข.5 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.2.4. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยแก้ว 4 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN A Glass Fibre Reinforced Cement Material (4% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume $\text{kg/m}^3$	Remarks	
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)			
1		48.88	9.00	400.00	371.20	1/18/02	1/24/02	7	11.50	31.66	72.61	199.91	2,109.47	Using the cross-head speed = 3.00 mm per minute	
2		49.50	8.36	400.00	358.31	1/18/02	1/24/02	7	12.47	21.06	90.11	152.19	2,164.65		
3		48.48	8.56	400.00	348.48	1/18/02	1/24/02	7	12.67	20.59	89.17	144.91	2,099.33		
4		49.80	8.10	400.00	341.38	1/18/02	1/24/02	7	9.78	16.91	74.83	129.39	2,115.75		
5		48.68	7.66	400.00	332.08	1/18/02	1/24/02	7	10.09	13.67	88.31	119.65	2,226.40		
6		49.82	7.86	400.00	344.76	1/18/02	1/24/02	7	10.91	18.59	88.62	151.00	2,201.05		
7		49.36	8.60	400.00	367.48	1/18/02	1/24/02	7	6.19	6.27	42.39	42.93	2,164.21		
8		49.00	9.10	400.00	389.26	1/18/02	1/24/02	7	11.21	18.25	69.07	112.44	2,182.44		
9		50.20	9.68	400.00	418.05	1/18/02	1/24/02	7	12.47	23.26	66.28	123.62	2,150.75		
Ave.											75.71	130.67			

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf      Stress at LOP =  $P_1L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf      Stress at MOR =  $P_2L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 24/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.3.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 1 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Polyester Fibre Reinforced Cement Material (1% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume kg/m <sup>3</sup>	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		49.00	10.25	502.00	525.88	1/3/02	1/9/02	7	11.08	13.34	53.81	64.78	2,085.75	Using
2		49.40	10.05	502.00	523.09	1/3/02	1/9/02	7	10.69	12.42	53.56	62.23	2,098.84	the
3		51.20	10.05	502.00	540.76	1/3/02	1/9/02	7	11.67	11.96	56.42	57.82	2,093.46	cross-
4		50.30	10.05	502.00	534.88	1/3/02	1/9/02	7	7.69	8.31	37.84	40.89	2,107.75	head
5		49.75	10.40	502.00	529.53	1/3/02	1/9/02	7	10.65	11.12	49.48	51.66	2,038.73	speed =
6		50.45	10.75	502.00	546.13	1/3/02	1/9/02	7	14.65	15.13	62.82	64.88	2,005.96	3.00
7		49.90	9.45	502.00	499.10	1/3/02	1/9/02	7	9.16	9.16	51.39	51.39	2,108.39	mm per
8		50.00	10.00	502.00	517.06	1/3/02	1/9/02	7	11.19	11.19	55.95	55.95	2,060.00	minute
9		50.55	10.60	502.00	546.58	1/3/02	1/9/02	7	9.16	9.16	40.32	40.32	2,032.00	

Ave. 51.29 54.44

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality (P<sub>1</sub>), kgf

Stress at LOP = P<sub>1</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) (P<sub>2</sub>), kgf

Stress at MOR = P<sub>2</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 10/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผจก7 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.3.2. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 2 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Polyester Fibre Reinforced Cement Material (2% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume $\text{kg/m}^3$	Remarks	
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)			
1		50.90	11.20	502.00	603.20	1/3/02	1/9/02	7	12.76	12.76	49.96	49.96	2,107.76	Using	
2		50.00	10.10	502.00	534.38	1/3/02	1/9/02	7	11.83	11.83	57.98	57.98	2,107.92	the	
3		49.60	10.50	502.00	541.36	1/3/02	1/9/02	7	10.38	10.38	47.45	47.45	2,070.67	cross-	
4		49.70	10.65	502.00	560.96	1/3/02	1/9/02	7	10.26	10.46	45.50	46.39	2,111.17	head	
5		49.15	10.55	502.00	557.20	1/3/02	1/9/02	7	13.62	13.62	62.24	62.24	2,140.58	speed =	
6		51.05	10.55	502.00	560.67	1/3/02	1/9/02	7	12.32	12.32	54.21	54.21	2,073.75	3.00	
7		51.10	10.30	502.00	574.98	1/3/02	1/9/02	7	13.68	13.68	63.09	63.09	2,176.16	mm per	
8		49.70	11.10	502.00	549.98	1/3/02	1/9/02	7	17.18	17.18	70.14	70.14	1,985.93	minute	
9		50.90	11.70	502.00	584.95	1/3/02	1/9/02	7	11.76	11.76	42.19	42.19	1,956.64		
Ave.											54.75	54.85			

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf

Stress at LOP =  $P_1L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf

Stress at MOR =  $P_2L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 10/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.3.3. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 3 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Polyester Fibre Reinforced Cement Material (3% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume $\text{kg/m}^3$	Remarks	
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)			
1		50.40	10.80	503.00	552.11	1/3/02	1/9/02	7	14.27	14.27	60.69	60.69	2,016.52	Using	
2		50.80	10.60	503.00	536.89	1/3/02	1/9/02	7	11.46	11.46	50.19	50.19	1,982.20	the	
3		50.65	9.40	503.00	523.01	1/3/02	1/9/02	7	11.28	11.28	63.01	63.01	2,183.91	cross-	
4		49.75	9.90	503.00	505.96	1/3/02	1/9/02	7	8.64	8.64	44.30	44.30	2,042.30	head	
5		50.00	10.15	503.00	510.53	1/3/02	1/9/02	7	10.53	10.53	51.11	51.11	1,999.94	speed =	
6		49.50	10.00	503.00	536.35	1/3/02	1/9/02	7	8.86	8.86	44.75	44.75	2,154.15	3.00	
7		50.75	10.50	503.00	543.04	1/3/02	1/9/02	7	16.42	16.42	73.37	73.37	2,026.00	mm per	
8		51.30	10.10	503.00	561.46	1/3/02	1/9/02	7	12.74	12.74	60.86	60.86	2,154.33	minute	
9		50.25	10.85	503.00	556.71	1/3/02	1/9/02	7	9.47	9.47	40.02	40.02	2,030.00		
Ave.											54.25	54.25			

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf

Stress at LOP =  $P_1L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf

Stress at MOR =  $P_2L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 10/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผญ9 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.3.4. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 4 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Polyester Fibre Reinforced Cement Material (4% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume $\text{kg/m}^3$	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		50.10	11.00	500.00	554.52	1/3/02	1/9/02	7	10.98	12.34	45.28	50.89	2,012.41	Using
2		50.30	11.00	500.00	557.74	1/3/02	1/9/02	7	13.25	14.76	54.43	60.63	2,016.05	the
3		50.15	10.75	500.00	557.98	1/3/02	1/9/02	7	10.10	11.30	43.57	48.75	2,069.99	cross-
4		51.50	10.65	500.00	566.14	1/3/02	1/9/02	7	12.75	13.34	54.57	57.09	2,064.41	head
5		50.25	11.25	500.00	575.34	1/3/02	1/9/02	7	13.07	16.22	51.38	63.76	2,035.48	speed =
6		50.00	11.50	500.00	575.71	1/3/02	1/9/02	7	12.35	15.59	46.69	58.94	2,002.47	3.00
7		49.95	11.00	500.00	575.27	1/3/02	1/9/02	7	11.08	15.05	45.83	62.25	2,093.98	mm per
8		50.70	10.75	500.00	543.50	1/3/02	1/9/02	7	10.54	12.32	44.97	52.57	1,994.40	minute
9		51.00	11.00	500.00	549.00	1/3/02	1/9/02	7	9.90	11.09	40.11	44.93	1,957.22	

Ave. 47.43 55.53

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf

Stress at LOP =  $P_1L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/mm}^2$

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf

Stress at MOR =  $P_2L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/mm}^2$

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 10/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาข้อมูลต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.4.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก

โพลิโพรพิลีนหน้าตัดกลม 1 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD.

วันที่นำส่ง

TEST METHOD BS 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIMEI Black Polypropulene Fibre Reinforced Cement Material (1% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume $\text{kg/m}^3$	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		49.55	9.90	401.00	417.45	1/11/02	1/17/02	7	7.48	7.48	38.52	38.52	2,122.18	Using
2		48.75	10.00	401.00	415.60	1/11/02	1/17/02	7	10.43	10.43	53.49	53.49	2,125.97	the
3		50.00	9.90	401.00	428.45	1/11/02	1/17/02	7	11.74	11.74	59.87	59.87	2,158.49	cross-
4		49.65	10.00	401.00	419.60	1/11/02	1/17/02	7	9.33	9.33	46.96	46.96	2,107.52	head
5		51.50	10.00	401.00	448.90	1/11/02	1/17/02	7	13.46	13.46	65.36	65.36	2,173.69	speed =
6		51.60	11.28	401.00	463.08	1/11/02	1/17/02	7	11.89	11.89	45.28	45.28	1,984.05	3.00
7		50.90	10.80	401.00	479.49	1/11/02	1/17/02	7	12.24	12.24	51.55	51.55	2,175.17	mm per
8		50.00	11.50	401.00	488.93	1/11/02	1/17/02	7	14.13	14.13	53.43	53.43	2,120.48	minute
9		50.00	11.40	401.00	501.66	1/11/02	1/17/02	7	17.62	17.62	67.78	67.78	2,194.78	

Ave. 53.58 53.58

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf

Stress at LOP =  $P_1L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf

Stress at MOR =  $P_2L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 20/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.4.2. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม 2 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326-9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD.

วันที่นำส่ง

TEST METHOD BS 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIMEI Black Polypropulene Fibre Reinforced Cement Material (2% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight Volume kg/m <sup>3</sup>	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		50.60	10.90	400.00	454.27	1/11/02	1/17/02	7	13.31	13.31	55.34	55.34	2,059.10	Using
2		49.62	10.80	400.00	442.43	1/11/02	1/17/02	7	12.38	12.38	53.49	53.49	2,063.97	the
3		49.80	11.34	400.00	476.54	1/11/02	1/17/02	7	12.84	12.84	50.13	50.13	2,109.58	cross-
4		50.50	11.18	400.00	472.77	1/11/02	1/17/02	7	13.45	13.45	53.26	53.26	2,093.42	head
5		50.46	11.40	400.00	479.40	1/11/02	1/17/02	7	15.31	15.31	58.38	58.38	2,083.46	speed =
6		51.56	11.00	400.00	480.79	1/11/02	1/17/02	7	15.15	15.15	60.71	60.71	2,119.29	3.00
7		51.10	11.28	400.00	468.62	1/11/02	1/17/02	7	14.14	14.14	54.37	54.37	2,032.50	mm per
8		50.20	11.58	400.00	468.80	1/11/02	1/17/02	7	14.65	14.65	54.42	54.42	2,016.12	minute
9		50.60	11.40	400.00	464.14	1/11/02	1/17/02	7	12.36	12.36	46.98	46.98	2,011.56	

Ave. 54.12 54.12

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality (P<sub>1</sub>), kgf

Stress at LOP = P<sub>1</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) (P<sub>2</sub>), kgf

Stress at MOR = P<sub>2</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 20/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.4.3. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม 3 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD.

วันที่นำส่ง

TEST METHOD BS 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIMEN: Black Polypropulene Fibre Reinforced Cement Material (3% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		50.50	11.90	400.00	514.97	1/11/02	1/17/02	7	11.59	11.59	40.51	40.51	2,142.32	Using
2		50.90	11.68	400.00	475.81	1/11/02	1/17/02	7	19.18	19.18	69.05	69.05	2,000.84	the
3		50.80	11.40	400.00	463.29	1/11/02	1/17/02	7	17.34	17.34	65.68	65.68	1,999.97	cross-
4		50.96	11.96	400.00	523.21	1/11/02	1/17/02	7	16.81	16.81	57.64	57.64	2,146.13	head
5		49.82	11.70	400.00	495.21	1/11/02	1/17/02	7	14.54	14.54	53.32	53.32	2,123.93	speed =
6		51.36	11.54	400.00	484.60	1/11/02	1/17/02	7	14.00	14.00	51.17	51.17	2,044.06	3.00
7		49.00	11.46	400.00	461.83	1/11/02	1/17/02	7	14.68	14.68	57.05	57.05	2,056.09	mm per
8		50.36	12.28	400.00	528.40	1/11/02	1/17/02	7	13.56	13.56	44.65	44.65	2,136.09	minute
9		50.86	12.44	400.00	538.02	1/11/02	1/17/02	7	13.42	13.42	42.64	42.64	2,125.89	

Ave. 53.52 53.52

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality (P<sub>1</sub>), kgf

Stress at LOP = P<sub>1</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) (P<sub>2</sub>), kgf

Stress at MOR = P<sub>2</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 20/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลอย่างใดถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.4.4. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม 4 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN: Black Polypropulene Fibre Reinforced Cement Material (4% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume kg/m <sup>3</sup>	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		51.30	11.30	400.00	452.38	1/11/02	1/17/02	7	10.95	10.95	41.79	41.79	1,950.96	Using the cross-head speed = 3.00 mm per minute
2		50.38	11.76	400.00	464.33	1/11/02	1/17/02	7	9.80	9.80	35.16	35.16	1,959.30	
3		51.00	12.00	400.00	484.82	1/11/02	1/17/02	7	7.92	7.92	26.95	26.95	1,980.47	
4		51.44	12.00	400.00	493.01	1/11/02	1/17/02	7	8.22	8.22	27.75	27.75	1,996.70	
5		50.00	12.00	400.00	491.83	1/11/02	1/17/02	7	10.18	10.18	35.35	35.35	2,049.29	
6		51.00	13.32	400.00	512.46	1/11/02	1/17/02	7	14.12	14.12	39.02	39.02	1,885.93	
7		51.14	12.46	400.00	515.90	1/11/02	1/17/02	7	11.43	11.43	36.00	36.00	2,024.08	
8		50.30	12.00	400.00	496.33	1/11/02	1/17/02	7	5.97	5.97	20.59	20.59	2,055.71	
9		51.40	12.66	400.00	501.09	1/11/02	1/17/02	7	9.38	9.38	28.47	28.47	1,925.12	

Ave. 32.34 32.34

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality (P<sub>1</sub>), kgf

Stress at LOP = P<sub>1</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) (P<sub>2</sub>), kgf

Stress at MOR = P<sub>2</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 20/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ผข14

ตารางที่ ผ.ข.5.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ 1 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD.

วันที่นำส่ง

TEST METHOD BS 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIMEN Blue Polypropylene Fibre Reinforced Cement Material (1% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume $\text{kg/m}^3$	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		50.66	10.44	400.00	422.93	1/16/02	1/22/02	7	12.81	12.81	58.00	58.00	1,999.14	Using
2		50.00	9.82	400.00	411.20	1/16/02	1/22/02	7	11.04	11.04	57.25	57.25	2,093.69	the
3		49.00	9.52	400.00	405.59	1/16/02	1/22/02	7	9.12	9.12	51.34	51.34	2,173.67	cross-
4		50.00	10.84	400.00	456.15	1/16/02	1/22/02	7	4.01	7.67	17.07	32.65	2,104.01	head
5		49.60	10.80	400.00	420.89	1/16/02	1/22/02	7	12.88	12.93	55.66	55.87	1,964.28	speed =
6		50.44	10.14	400.00	413.06	1/16/02	1/22/02	7	10.17	10.18	49.02	49.05	2,019.02	3.00
7		49.00	9.50	400.00	408.45	1/16/02	1/22/02	7	10.81	11.00	61.11	62.16	2,193.61	mm per
8		49.64	9.46	400.00	411.19	1/16/02	1/22/02	7	0.42	0.87	2.37	4.92	2,189.07	minute
9		49.90	9.00	400.00	403.71	1/16/02	1/22/02	7	1.39	1.39	8.61	8.61	2,247.33	

Ave. 40.05 42.21

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf      Stress at LOP =  $P_1L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf      Stress at MOR =  $P_2L/(bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangoen

Mr.Paramet Leathep

Note:

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Approved By :

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

Date 22/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาหรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.5.2. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ 2 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Blue Polypropylene Fibre Reinforced Cement Material (2% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		49.00	9.84	401.00	386.30	1/16/02	1/22/02	7	9.51	9.66	50.09	50.89	1,997.97	Using
2		48.74	10.28	401.00	380.25	1/16/02	1/22/02	7	3.78	4.07	18.37	19.76	1,892.54	the
3		49.62	10.22	401.00	407.25	1/16/02	1/22/02	7	12.16	12.16	58.64	58.66	2,002.67	cross-
4		50.50	10.00	401.00	379.08	1/16/02	1/22/02	7	1.39	1.39	6.89	6.89	1,871.95	head
5		49.58	9.10	401.00	356.09	1/16/02	1/22/02	7	8.12	8.27	49.42	50.34	1,968.19	speed =
6		49.30	8.94	401.00	349.23	1/16/02	1/22/02	7	7.58	7.61	48.11	48.28	1,975.98	3.00
7		49.10	8.30	401.00	337.97	1/16/02	1/22/02	7	6.21	7.02	45.93	51.90	2,068.11	mm per
8		50.00	9.00	401.00	344.06	1/16/02	1/22/02	7	6.13	6.13	37.85	37.85	1,906.68	minute
9		48.94	9.30	401.00	363.35	1/16/02	1/22/02	7	5.13	5.71	30.29	33.73	1,990.83	

Ave. 38.40 39.81

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality (P<sub>1</sub>), kgf      Stress at LOP = P<sub>1</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) (P<sub>2</sub>), kgf      Stress at MOR = P<sub>2</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 22/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.5.3. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ 3 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD.

วันที่นำส่ง

TEST METHOD BS 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIMEN Blue Polypropylene Fibre Reinforced Cement Material (3% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume kg/m <sup>3</sup>	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		49.22	10.40	402.00	360.95	1/16/02	1/22/02	7	2.95	6.66	13.86	31.29	1,754.07	Using
2		49.84	9.22	402.00	359.73	1/16/02	1/22/02	7	5.41	6.50	31.95	38.38	1,947.34	the
3		49.82	9.16	402.00	368.07	1/16/02	1/22/02	7	6.90	6.90	41.25	41.25	2,006.34	cross-
4		50.50	10.50	402.00	400.24	1/16/02	1/22/02	7	10.87	10.87	48.79	48.81	1,877.65	head
5		49.72	10.96	402.00	397.85	1/16/02	1/22/02	7	6.22	6.28	26.02	26.28	1,816.15	speed =
6		49.30	9.52	402.00	357.21	1/16/02	1/22/02	7	9.11	9.11	50.98	50.98	1,893.27	3.00
7		49.18	10.32	402.00	354.26	1/16/02	1/22/02	7	9.72	11.09	46.41	52.95	1,736.31	mm per
8		49.58	10.40	402.00	376.40	1/16/02	1/22/02	7	8.58	11.36	40.01	52.96	1,815.87	minute
9		50.48	10.88	402.00	394.99	1/16/02	1/22/02	7	9.43	9.43	39.44	39.44	1,789.01	

Ave. 37.63 42.48

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf

Stress at LOP =  $P_1L/(bd^2)$ , kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf

Stress at MOR =  $P_2L/(bd^2)$ , kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 22/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.5.4. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่ 4 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD.

วันที่นำส่ง

TEST METHOD BS 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIMEN Blue Polypropylene Fibre Reinforced Cement Material (4% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume kg/m <sup>3</sup>	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		49.90	11.00	401.00	430.09	1/16/02	1/22/02	7	6.40	10.89	26.49	45.07	1,953.99	Using
2		50.40	11.30	401.00	414.41	1/16/02	1/22/02	7	3.52	12.31	13.66	47.82	1,814.58	the
3		48.84	10.58	401.00	359.58	1/16/02	1/22/02	7	4.54	9.45	20.74	43.23	1,735.36	cross-
4		49.50	11.00	401.00	388.70	1/16/02	1/22/02	7	4.23	9.90	17.65	41.31	1,780.21	head
5		50.00	11.00	401.00	395.17	1/16/02	1/22/02	7	4.17	9.96	17.25	41.14	1,791.75	speed =
6		49.92	10.28	401.00	403.72	1/16/02	1/22/02	7	3.86	8.56	18.31	40.56	1,961.86	3.00
7		51.00	10.94	401.00	407.24	1/16/02	1/22/02	7	8.99	9.30	36.81	38.09	1,820.20	mm per
8		49.48	10.32	401.00	408.78	1/16/02	1/22/02	7	5.28	10.51	25.05	49.85	1,996.35	minute
9		50.92	10.68	401.00	414.14	1/16/02	1/22/02	7	3.73	9.30	16.04	40.03	1,899.08	

Ave. 21.33 43.01

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality (P<sub>1</sub>), kgf

Stress at LOP = P<sub>1</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) (P<sub>2</sub>), kgf

Stress at MOR = P<sub>2</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Approved By : Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 22/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.6.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว 1 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN White Polypropylene Fibre Reinforced Cement Material (1% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume kg/m <sup>3</sup>	Remarks
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)		
1		50.00	9.00	400.00	409.14	1/17/02	1/23/02	7	5.23	6.71	32.29	41.44	2,273.00	Using
2		49.54	9.70	400.00	395.34	1/17/02	1/23/02	7	9.35	9.35	50.17	50.17	2,056.76	the
3		49.22	9.22	400.00	385.35	1/17/02	1/23/02	7	9.77	9.94	58.35	59.39	2,122.87	cross-
4		49.40	10.00	400.00	390.97	1/17/02	1/23/02	7	5.90	6.91	29.87	34.95	1,978.59	head
5		48.70	9.32	400.00	405.55	1/17/02	1/23/02	7	10.61	10.67	62.70	63.06	2,233.78	speed =
6		48.72	9.56	400.00	409.61	1/17/02	1/23/02	7	10.94	11.12	61.42	62.43	2,198.60	3.00
7		49.42	9.50	400.00	413.39	1/17/02	1/23/02	7	11.18	11.55	62.67	64.74	2,201.27	mm per
8		48.68	9.42	400.00	405.96	1/17/02	1/23/02	7	7.63	7.84	44.15	45.39	2,213.21	minute
9		49.34	8.84	400.00	433.01	1/17/02	1/23/02	7	9.40	9.47	60.97	61.39	2,481.91	
Ave.											51.40	53.66		

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf

Stress at LOP =  $P_1L/(bd^2)$ , kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf

Stress at MOR =  $P_2L/(bd^2)$ , kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangiaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 24/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาข้อมูลนี้อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.6.2. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว 2 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD. วันที่นำส่ง  
TEST METHOD BS 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN White Polypropylene Fibre Reinforced Cement Material (2% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume $\text{kg/m}^3$	Remarks	
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)			
1		49.92	9.72	400.00	422.75	1/17/02	1/23/02	7	12.83	14.32	68.01	75.91	2,178.12	Using	
2		50.84	10.90	400.00	449.25	1/17/02	1/23/02	7	10.26	10.92	42.46	45.20	2,026.73	the	
3		51.30	10.40	400.00	461.78	1/17/02	1/23/02	7	10.34	10.53	46.59	47.44	2,163.84	cross-	
4		50.44	11.00	400.00	445.45	1/17/02	1/23/02	7	13.82	13.87	56.61	56.81	2,007.11	head	
5		51.30	11.48	400.00	467.46	1/17/02	1/23/02	7	12.82	12.86	47.41	47.55	1,984.38	speed =	
6		50.56	11.30	400.00	466.01	1/17/02	1/23/02	7	13.40	13.61	51.89	52.70	2,039.15	3.00	
7		50.00	11.30	400.00	443.83	1/17/02	1/23/02	7	10.20	12.39	39.94	48.52	1,963.85	mm per	
8		50.00	11.40	400.00	444.85	1/17/02	1/23/02	7	9.95	10.65	38.29	40.97	1,951.10	minute	
9		49.86	10.38	400.00	446.87	1/17/02	1/23/02	7	9.90	9.97	46.09	46.39	2,158.60		
												Ave.	51.28	2052.54	

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality ( $P_1$ ), kgf

Stress at LOP =  $P_1 L / (bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) ( $P_2$ ), kgf

Stress at MOR =  $P_2 L / (bd^2)$ ,  $\text{kg/cm}^2$

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 24/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา หรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.6.3. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว 3 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD.

วันที่นำส่ง

TEST METHOD BS 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIMEN White Polypropylene Fibre Reinforced Cement Material (3% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume kg/m <sup>3</sup>	Remarks	
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (ksc)			
1		50.96	10.80	402.00	449.52	1/17/02	1/23/02	7	9.75	12.47	41.00	52.45	2,031.75	Using	
2		50.80	9.50	402.00	425.00	1/17/02	1/23/02	7	10.33	10.60	56.33	57.80	2,190.66	the	
3		50.20	9.90	402.00	422.89	1/17/02	1/23/02	7	8.70	10.10	44.19	51.32	2,116.72	cross-	
4		50.00	10.00	402.00	411.50	1/17/02	1/23/02	7	10.82	11.05	54.10	55.25	2,047.26	head	
5		49.38	10.00	402.00	413.12	1/17/02	1/23/02	7	9.11	9.37	46.13	47.45	2,081.13	speed =	
6		49.20	10.18	402.00	416.66	1/17/02	1/23/02	7	10.13	10.27	49.67	50.36	2,069.39	3.00	
7		49.30	9.48	402.00	414.75	1/17/02	1/23/02	7	9.72	9.81	54.84	55.35	2,207.52	mm per	
8		49.88	10.28	402.00	435.19	1/17/02	1/23/02	7	10.06	10.86	47.71	51.51	2,111.22	minute	
9		50.00	11.46	402.00	462.07	1/17/02	1/23/02	7	11.55	15.00	43.97	57.11	2,005.98		
Ave.											48.66	53.18			

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality (P<sub>1</sub>), kgf

Stress at LOP = P<sub>1</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) (P<sub>2</sub>), kgf

Stress at MOR = P<sub>2</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 24/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผ.ข.21 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.6.4. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์ผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดรูปดาว 4 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

FLEXURAL STRENGTH TEST FOR FIBRE REINFORCED CEMENT

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM PCM CONSTRUCTION MATERIAL CO., LTD.

วันที่นำส่ง

TEST METHOD BS 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIME: White Polypropylene Fibre Reinforced Cement Material (4% by fiber weight per cement weight)

Spec. No.	Code	Width (mm)	Thickn (mm)	Length (mm)	Weight (g)	Date of Cast (m/d/y)	Date of Test (m/d/y)	Ages (days)	Load		Stress		Weight per Volume kg/m <sup>3</sup>	Remarks	
									LOP (kgf)	Max (kgf)	LOP (ksc)	MOR (kse)			
1		48.54	9.00	398.00	368.86	1/17/02	1/23/02	7	7.57	10.48	48.13	66.64	2,121.47	Using	
2		48.48	9.60	398.00	353.15	1/17/02	1/23/02	7	9.49	9.58	53.11	53.61	1,906.52	the	
3		48.94	9.10	398.00	345.59	1/17/02	1/23/02	7	6.34	8.26	39.13	50.97	1,949.72	cross-	
4		49.58	9.00	398.00	336.11	1/17/02	1/23/02	7	6.01	8.61	37.41	53.62	1,892.56	head	
5		49.84	8.44	398.00	329.11	1/17/02	1/23/02	7	6.52	7.25	45.93	51.03	1,965.79	speed =	
6		48.70	7.86	398.00	316.20	1/17/02	1/23/02	7	6.36	6.37	52.84	52.89	2,075.52	3.00	
7		49.22	8.30	398.00	328.02	1/17/02	1/23/02	7	7.18	8.04	52.91	59.31	2,017.43	mm per	
8		48.74	9.50	398.00	352.06	1/17/02	1/23/02	7	8.97	9.57	51.00	54.39	1,910.40	minute	
9		50.44	10.34	398.00	404.55	1/17/02	1/23/02	7	9.64	11.91	44.68	55.21	1,948.92		
Ave.											47.24	55.30			

Denote:

LOP : Load at Limit of Proportionality (P<sub>1</sub>), kgf

Stress at LOP = P<sub>1</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

MOR: Modulus of Rupture (Max. Load) (P<sub>2</sub>), kgf

Stress at MOR = P<sub>2</sub>L/(bd<sup>2</sup>), kg/cm<sup>2</sup>

L = The major span, = 250.00 mm.

l = The minor span, = 83.33 mm.

b = The specimen width, mm

d = The specimen thickness, mm

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

Approved By :

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 24/01/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผข22 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.7.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยแก้ว



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
 FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
 LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326-9974

BONDING TEST FOR FIBER REINFORCED CEMENT

PROJECT :

SAMPLE FROM :

TEST METHOD : ASTM E 1512-01

Test Date : 2-Apr-02

TEST SPECIMEN: A Glass Fibre

Speciment No.	Max. Load (kgf.)	Contact Area (cm. <sup>2</sup> )	Bonding Stress (ksc.)	Remark
1	1.14	0.4400	2.60	เส้นใยขาด
2	1.75	0.4400	3.97	ก่อนที่จะหลุด
3	1.24	0.4400	2.83	
4	1.40	0.4400	3.18	จากแท่ง
5	0.67	0.4400	1.53	ซีเมนต์ตัว
6	0.74	0.4400	1.68	
7	0.94	0.4400	2.14	อย่าง
Ave.			1.99	

Denote:

L = Length of fiber 4.00 cm.

A = Contact Area (0.05+0.005)x2. 0.4400 cm<sup>2</sup>

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Approved By :

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 3-Apr-02

ตารางที่ ผ.ข.7.2. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยพลาสติก  
โพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

BONDING TEST FOR FIBER REINFORCED CEMENT

PROJECT :

SAMPLE FROM :

TEST METHOD : ASTM E 1512-01

Test Date : 2-Apr-02

TEST SPECIMEN: Polyester Fibre

Speciment No.	Max. Load (kgf.)	Contact Area (cm. <sup>2</sup> )	Bonding Stress (ksc.)	Remark
1	0.29	0.2512	1.16	
2	0.23	0.2512	0.90	
3	0.17	0.2512	0.66	
4	0.38	0.2512	1.50	
5	0.48	0.2512	1.91	
6	0.28	0.2512	1.11	
7	0.29	0.2512	1.14	
Ave.			0.93	

Denote:

L = Length of fiber 4.00 cm.

A = Contact Area =  $\pi DL = \pi \times 0.02 \times 4.00$  0.2512 cm<sup>2</sup>

Test By : Mr.Ake Gooltangaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 3-Apr-02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.7.3. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลม



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

BONDING TEST FOR FIBER REINFORCED CEMENT

PROJECT :

SAMPLE FROM :

TEST METHOD : ASTM E 1512-01

Test Date : 2-Apr-02

TEST SPECIMEN: Black Polypropylene Fibre

Speciment No.	Max. Load (kgf.)	Contact Area (cm. <sup>2</sup> )	Bonding Stress (ksc.)	Remark
1	0.56	0.2512	2.23	
2	0.22	0.2512	0.88	
3	0.29	0.2512	1.15	
4	0.37	0.2512	1.46	
5	0.39	0.2512	1.56	
6	0.43	0.2512	1.73	
7	0.44	0.2512	1.76	
Ave.			1.20	

Denote:

L = Length of fiber

4.00 cm.

A = Contact Area =  $\pi DL = \pi \times 0.02 \times 4.00$

0.2512 cm<sup>2</sup>

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Approved By :

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 3-Apr-02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.7.4. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านแรงยึดเหนี่ยวระหว่างซีเมนต์กับเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมปลายเป็นปม



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

BONDING TEST FOR FIBER REINFORCED CEMENT

PROJECT :

SAMPLE FROM :

TEST METHOD : ASTM E 1512-01

Test Date : 2-Apr-02

TEST SPECIMEN: Black Polypropylene Fibre (ปม)

Speciment No.	Max. Load (kgf.)	Contact Area (cm. <sup>2</sup> )	Bonding Stress (ksc.)	Remark
1	0.39	0.2512	1.56	
2	0.78	0.2512	3.12	
3	0.82	0.2512	3.28	
4	0.93	0.2512	3.69	
5	0.99	0.2512	3.93	
6	1.11	0.2512	4.43	
7	0.92	0.2512	3.66	
Ave.			2.63	

Denote:

L = Length of fiber

4.00 cm.

A = Contact Area =  $\pi DL = \pi \times 0.02 \times 4.00$

0.2512 cm<sup>2</sup>

Test By : Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

Note:

1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Approved By :

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

Date 3-Apr-02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

## ตารางแสดงผลการทดสอบคอนกรีตเสริมเส้นใย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.1.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM : วันที่นำส่ง  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Flat Polypropulene Fibre Reinforced Concrete (0% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Cross	Height	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Comp.	Weight	Remarks
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)				(days)	
1		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	63,300	281.33	-	
2		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	61,500	273.33	-	
3		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	63,100	280.44	-	
4		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	63,800	283.56	-	
5		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	59,200	263.11	-	
6		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	62,000	275.56	-	
7		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	63,400	281.78	-	
8		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	66,000	293.33	-	
9		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	66,800	296.89	-	

Ave. 281.04

TYPE OF SAMPLE...../\*CUBE

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaoren  
Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavom

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ผศ2

ตารางที่ ผ.ค.1.2. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.25 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM :

วันที่นำส่ง

TEST METHOD ASTM 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIMEN Flat Polypropulene Fibre Reinforced Concrete (0.25% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Cross	Height	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Comp.	Weight	Remarks
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)					
1		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	61,500	273.33	-	
2		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	64,200	285.33	-	
3		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	62,400	277.33	-	
4		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	60,800	270.22	-	
5		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	66,600	296.00	-	
6		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	66,000	293.33	-	
7		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	63,600	282.67	-	
8		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	62,500	277.78	-	
9		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	66,800	296.89	-	

Ave. 283.65

TYPE OF SAMPLE...../\*CUBE

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ผค3

ตารางที่ ผ.ค.1.3. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.50 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM : วันที่นำส่ง  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Flat Polypropulene Fibre Reinforced Concrete (0.5% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Cross	Height	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Comp.	Weight	Remarks
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	Casted	Test				Volume	
						(d/m/y)	(d/m/y)	(days)	(kg)	(ksc)	kg/cu.m.	
1		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	61,800	274.67	-	
2		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	66,500	295.56	-	
3		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	63,000	280.00	-	
4		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	63,200	280.89	-	
5		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	63,100	280.44	-	
6		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	63,100	280.44	-	
7		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	61,100	271.56	-	
8		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	63,000	280.00	-	
9		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	62,000	275.56	-	
Ave.										279.90		

TYPE OF SAMPLE...../\*CUBE

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen  
Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavom

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ผค4

ตารางที่ ผ.ค.1.4. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.00 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT :

SAMPLE FROM :

TEST METHOD ASTM 6432 :1984.

TEST SPECIMEN Flat Polypropulene Fibre Reinforced Concrete (1.0% by fiber weight per cement weight)

เลขที่นำส่ง

วันที่นำส่ง

วันที่รับผล

Spec.	Code	Cross	Height	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Comp.	Weight	Remarks
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)				(days)	
1		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	60,800	270.22	-	
2		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	62,200	276.44	-	
3		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	57,800	256.89	-	
4		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	60,400	268.44	-	
5		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	62,000	275.56	-	
6		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	60,000	266.67	-	
7		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	56,900	252.89	-	
8		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	62,600	278.22	-	
9		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	58,500	260.00	-	

Ave. 267.26

TYPE OF SAMPLE...../\*CUBE

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

ตารางที่ ผ.ค.1.5. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.50 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT :

เลขที่นำส่ง

SAMPLE FROM :

วันที่นำส่ง

TEST METHOD ASTM 6432 :1984.

วันที่รับผล

TEST SPECIMEN Flat Polypropulene Fibre Reinforced Concrete (1.5% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Cross	Height	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Comp.	Weight	Remarks
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)				(days)	
1		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	56,400	250.67	-	
2		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	58,500	260.00	-	
3		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	64,200	285.33	-	
4		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	57,700	256.44	-	
5		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	58,300	259.11	-	
6		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	55,800	248.00	-	
7		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	58,500	260.00	-	
8		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	58,000	257.78	-	
9		225.00	15.00			29/11/44	26/12/44	28	56,000	248.89	-	

Ave. 258.47

TYPE OF SAMPLE...../. \*CUBE

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED..... \*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ผศ6

ตารางที่ ผ.ค.2.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE SPLITTING TEST

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM : วันที่นำส่ง  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Flat Polypropulene Fibre Reinforced Concrete (0% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Diameter	Hieght	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Flexural	Weight	Remarks
		(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	Casted	Test		Load	Strength	Volume	
		(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)	(days)	(kg)	(ksc)	kg/cu.m.	
1		15.00	30.00	12.41		29/11/44	26/12/44	28	23,000	32.54	2,341	
2		15.00	30.00	12.45		29/11/44	26/12/44	28	28,800	40.74	2,348	
3		15.00	30.00	12.40		29/11/44	26/12/44	28	21,700	30.70	2,339	
4		15.00	30.00	12.38		29/11/44	26/12/44	28	29,000	41.03	2,335	
5		15.00	30.00	12.36		29/11/44	26/12/44	28	26,000	36.78	2,331	
6		15.00	30.00	12.48		29/11/44	26/12/44	28	27,000	38.20	2,354	
7		15.00	30.00	12.32		29/11/44	26/12/44	28	29,600	41.88	2,324	
8		15.00	30.00	12.40		29/11/44	26/12/44	28	23,500	33.25	2,339	
9		15.00	30.00	12.34		29/11/44	26/12/44	28	26,070	36.88	2,328	
Ave.										36.89		

TYPE OF SAMPLE...../\*.BEAM

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen  
Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา หรือ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.2.2. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.25 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE SPLITTING TEST

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM : วันที่นำส่ง  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Flat Polypropulene Fibre Reinforced Concrete (0.25% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Diameter	Hieght	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Flexural	Weight	Remarks
		(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)		(days)	Load	Strength	
									(kg)	(ksc)	kg/cu.m.	
1		15.00	30.00	12.51		29/11/44	26/12/44	28	26,400	37.35	2,360	
2		15.00	30.00	12.50		29/11/44	26/12/44	28	22,000	31.12	2,358	
3		15.00	30.00	12.54		29/11/44	26/12/44	28	20,900	29.57	2,365	
4		15.00	30.00	12.43		29/11/44	26/12/44	28	26,500	37.49	2,345	
5		15.00	30.00	12.30		29/11/44	26/12/44	28	27,400	38.76	2,320	
6		15.00	30.00	12.43		29/11/44	26/12/44	28	32,000	45.27	2,345	
7		15.00	30.00	12.50		29/11/44	26/12/44	28	31,500	44.56	2,358	
8		15.00	30.00	12.51		29/11/44	26/12/44	28	27,000	38.20	2,360	
9		15.00	30.00	12.50		29/11/44	26/12/44	28	28,500	40.32	2,358	

Ave. 38.07

TYPE OF SAMPLE...../\*BEAM

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen  
Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavom

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.2.3. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.50 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE SPLITTING TEST

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM : วันที่นำส่ง  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Flat Polypropulene Fibre Reinforced Concrete (0.5% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Diameter	Hieght	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Flexural	Weight	Remarks
		(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	Casted	Test		Load	Strength		
		(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)	(days)	(kg)	(ksc)	kg/cu.m.	
1		15.00	30.00	12.40		29/11/44	26/12/44	28	25,800	36.50	2,339	
2		15.00	30.00	12.53		29/11/44	26/12/44	28	25,200	35.65	2,364	
3		15.00	30.00	12.65		29/11/44	26/12/44	28	27,000	38.20	2,386	
4		15.00	30.00	12.46		29/11/44	26/12/44	28	26,500	37.49	2,350	
5		15.00	30.00	12.46		29/11/44	26/12/44	28	24,000	33.95	2,350	
6		15.00	30.00	12.36		29/11/44	26/12/44	28	25,200	35.65	2,331	
7		15.00	30.00	12.34		29/11/44	26/12/44	28	21,200	29.99	2,328	
8		15.00	30.00	12.42		29/11/44	26/12/44	28	21,400	30.27	2,343	
9		15.00	30.00	12.38		29/11/44	26/12/44	28	21,200	29.99	2,335	

Ave. 34.19

TYPE OF SAMPLE...../\*BEAM

TEST BY Mr.Ake Gooltangaroen

Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.2.4. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.00 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE SPLITTING TEST

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
วันที่นำส่ง  
SAMPLE FROM : วันที่รับผล  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984.  
TEST SPECIMEN Flat Polypropulene Fibre Reinforced Concrete (1.0% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Diameter	Hieght	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Flexural	Weight	Remarks
		(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	Casted	Test		(days)	Load	Strength	
		(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)	(days)	(kg)	(ksc)	kg/cu.m.	
1		15.00	30.00	12.41		29/11/44	26/12/44	28	26,500	37.49	2,341	
2		15.00	30.00	11.98		29/11/44	26/12/44	28	23,000	32.54	2,260	
3		15.00	30.00	12.37		29/11/44	26/12/44	28	24,600	34.80	2,333	
4		15.00	30.00	12.52		29/11/44	26/12/44	28	25,600	36.22	2,362	
5		15.00	30.00	12.38		29/11/44	26/12/44	28	27,000	38.20	2,335	
6		15.00	30.00	12.31		29/11/44	26/12/44	28	24,200	34.24	2,322	
7		15.00	30.00	12.37		29/11/44	26/12/44	28	23,500	33.25	2,333	
8		15.00	30.00	12.32		29/11/44	26/12/44	28	20,500	29.00	2,324	
9		15.00	30.00	12.31		29/11/44	26/12/44	28	23,400	33.10	2,322	

Ave. 34.31

TYPE OF SAMPLE...../\*.BEAM

TEST BY Mr.Ake Gooltangiaroen  
Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาหนังสือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.2.5. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.50 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE SPLITTING TEST

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM : วันที่นำส่ง  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Flat Polypropulene Fibre Reinforced Concrete (1.5% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Diameter	Hieght	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Flexural	Weight	Remarks
		(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)		(days)	Load	Strength	
		(cm)	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)	(days)	(kg)	(ksc)	kg/cu.m.	
1		15.00	30.00	12.23		29/11/44	26/12/44	28	26,700	37.77	2,307	
2		15.00	30.00	12.50		29/11/44	26/12/44	28	22,000	31.12	2,358	
3		15.00	30.00	12.46		29/11/44	26/12/44	28	24,000	33.95	2,350	
4		15.00	30.00	12.36		29/11/44	26/12/44	28	23,800	33.67	2,331	
5		15.00	30.00	12.38		29/11/44	26/12/44	28	24,000	33.95	2,335	
6		15.00	30.00	12.43		29/11/44	26/12/44	28	23,800	33.67	2,345	
7		15.00	30.00	12.20		29/11/44	26/12/44	28	24,000	33.95	2,301	
8		15.00	30.00	12.31		29/11/44	26/12/44	28	27,000	38.20	2,322	
9		15.00	30.00	12.11		29/11/44	26/12/44	28	23,500	33.25	2,284	
Ave.										34.39		

TYPE OF SAMPLE...../\*.BEAM

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen  
Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavom

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.3.1. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326-9974

CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM : วันที่นำส่ง  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Flat Polypropylene Fibre Reinforced Concrete (0% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Cross	Lenght	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Flexural	Weight	Remarks
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)		(days)	Load	Strength	
									(kg)	(ksc)	kg/cu.m.	
1		225.00	60.00	32.60		29/11/44	26/12/44	28	2,823	37.64	2,414.81	
2		225.00	60.00	31.90		29/11/44	26/12/44	28	2,842	37.89	2,362.96	
3		225.00	60.00	31.50		29/11/44	26/12/44	28	3,097	41.29	2,333.33	
4		225.00	60.00	31.90		29/11/44	26/12/44	28	2,764	36.85	2,362.96	
5		225.00	60.00	32.80		29/11/44	26/12/44	28	2,855	38.07	2,429.63	
6		225.00	60.00	32.20		29/11/44	26/12/44	28	2,646	35.28	2,385.19	
7		225.00	60.00	32.30		29/11/44	26/12/44	28	3,325	44.33	2,392.59	
8		225.00	60.00	32.80		29/11/44	26/12/44	28	3,023	40.31	2,429.63	
9		225.00	60.00	32.40		29/11/44	26/12/44	28	2,373	31.64	2,400.00	

Ave. 38.15

TYPE OF SAMPLE...../\*BEAM

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen  
Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ผศ12 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.3.2. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงค้ดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.25 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM : วันที่นำส่ง  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Fibre Reinforced Cement Material (0.25% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Cross	Lenght	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Flexural	Weight	Remarks
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	Casted	Test					
1		225.00	60.00	32.50		29/11/44	26/12/44	28	3,183	42.44	2,407.41	
2		225.00	60.00	33.10		29/11/44	26/12/44	28	2,945	39.27	2,451.85	
3		225.00	60.00	32.70		29/11/44	26/12/44	28	3,045	40.60	2,422.22	
4		225.00	60.00	32.90		29/11/44	26/12/44	28	2,878	38.37	2,437.04	
5		225.00	60.00	32.80		29/11/44	26/12/44	28	3,052	40.69	2,429.63	
6		225.00	60.00	32.70		29/11/44	26/12/44	28	2,576	34.35	2,422.22	
7		225.00	60.00	32.60		29/11/44	26/12/44	28	2,686	35.81	2,414.81	
8		225.00	60.00	32.60		29/11/44	26/12/44	28	2,759	36.79	2,414.81	
9		225.00	60.00	31.90		29/11/44	26/12/44	28	2,476	33.01	2,362.96	

Ave. 37.93

TYPE OF SAMPLE...../\*BEAM

TEST BY Mr.Ake Gooltangoen  
Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผคิ3 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.3.3. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 0.50 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST

PROJECT : เลขที่นำส่ง  
SAMPLE FROM : วันที่นำส่ง  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984. วันที่รับผล  
TEST SPECIMEN Fibre Reinforced Cement Material (0.5% by fiber weight per cement weight)

Spec.	Code	Cross	Lenght	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Flexural	Weight	Remarks	
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)		Casted	Test		Load	Strength	Volume		
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)	(days)	(kg)	(ksc)	kg/cu.m.		
1		225.00	60.00	32.30		29/11/44	26/12/44	28	2,579	34.39	2,392.59		
2		225.00	60.00	32.20		29/11/44	26/12/44	28	2,339	31.19	2,385.19		
3		225.00	60.00	32.40		29/11/44	26/12/44	28	2,907	38.76	2,400.00		
4		225.00	60.00	32.00		29/11/44	26/12/44	28	2,594	34.59	2,370.37		
5		225.00	60.00	32.30		29/11/44	26/12/44	28	2,843	37.91	2,392.59		
6		225.00	60.00	32.00		29/11/44	26/12/44	28	2,561	34.15	2,370.37		
7		225.00	60.00	31.60		29/11/44	26/12/44	28	2,610	34.80	2,340.74		
8		225.00	60.00	32.40		29/11/44	26/12/44	28	2,593	34.57	2,400.00		
9		225.00	60.00	32.30		29/11/44	26/12/44	28	2,705	36.07	2,392.59		

Ave. 35.16

TYPE OF SAMPLE...../\*.BEAM

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen  
Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED..... \*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laemthong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ผศ14 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.3.4. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงค้ดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.00 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST

PROJECT :

SAMPLE FROM :

TEST METHOD ASTM 6432 :1984.

TEST SPECIMEN Fibre Reinforced Cement Material (1.0% by fiber weight per cement weight)

เลขที่นำส่ง

วันที่นำส่ง

วันที่รับผล

Spec.	Code	Cross	Lenght	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Flexural	Weight	Remarks
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	(d/m/y)	(d/m/y)	(days)	Load	Strength	Volume	
1		225.00	60.00	32.70		29/11/44	26/12/44	28	3,249	43.32	2,422.22	
2		225.00	60.00	32.20		29/11/44	26/12/44	28	2,469	32.92	2,385.19	
3		225.00	60.00	32.40		29/11/44	26/12/44	28	2,193	29.24	2,400.00	
4		225.00	60.00	31.90		29/11/44	26/12/44	28	2,728	36.37	2,362.96	
5		225.00	60.00	31.70		29/11/44	26/12/44	28	2,374	31.65	2,348.15	
6		225.00	60.00	32.40		29/11/44	26/12/44	28	2,806	37.41	2,400.00	
7		225.00	60.00	32.00		29/11/44	26/12/44	28	2,810	37.47	2,370.37	
8		225.00	60.00	32.60		29/11/44	26/12/44	28	2,718	36.24	2,414.81	
9		225.00	60.00	32.90		29/11/44	26/12/44	28	3,096	41.28	2,437.04	

Ave. 36.21

TYPE OF SAMPLE...../\*.BEAM

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen

Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED.....\*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laenithong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผลลัพธ์อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.3.5. แสดงผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก  
โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน 1.50 %



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 326 - 9974

CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST

PROJECT :  
SAMPLE FROM :  
TEST METHOD ASTM 6432 :1984.  
TEST SPECIMEN Fibre Reinforced Cement Material (1.5% by fiber weight per cement weight)

เลขที่นำส่ง  
วันที่นำส่ง  
วันที่รับผล

Spec.	Code	Cross	Lenght	Weight	Slump	Date	Date	Ages	Ultimate	Flexural	Weight	Remarks
		(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(kg)	(cm)	Casted	Test		Load	Strength	Volume	
						(d/m/y)	(d/m/y)	(days)	(kg)	(ksc)	kg/cu.m.	
1		225.00	60.00	31.90		29/11/44	26/12/44	28	2,855	38.07	2,362.96	
2		225.00	60.00	32.90		29/11/44	26/12/44	28	2,860	38.13	2,437.04	
3		225.00	60.00	32.00		29/11/44	26/12/44	28	2,403	32.04	2,370.37	
4		225.00	60.00	32.10		29/11/44	26/12/44	28	2,572	34.29	2,377.78	
5		225.00	60.00	32.20		29/11/44	26/12/44	28	2,891	38.55	2,385.19	
6		225.00	60.00	31.60		29/11/44	26/12/44	28	2,600	34.67	2,340.74	
7		225.00	60.00	31.50		29/11/44	26/12/44	28	2,710	36.13	2,333.33	
8		225.00	60.00	31.90		29/11/44	26/12/44	28	2,709	36.12	2,362.96	
9		225.00	60.00	32.40		29/11/44	26/12/44	28	2,728	36.37	2,400.00	
Ave.										36.04		

TYPE OF SAMPLE...../\*.BEAM

TEST BY Mr.Ake Gooltangjaroen  
Mr.Paramet Leathep

METHOD OF CASTED..... \*MANUAL

APPROVED BY

Mr. Laenithong Laokhongthavorn

Note : 1) CERTIFICATION APPLIES TO TEST SAMPLES ONLY.

Date 05/01/45

2) NO ERASURE OR ALTERATIONS.

3) THERE ARE 9 TESTED SAMPLES FOR THIS DATA SHEET.

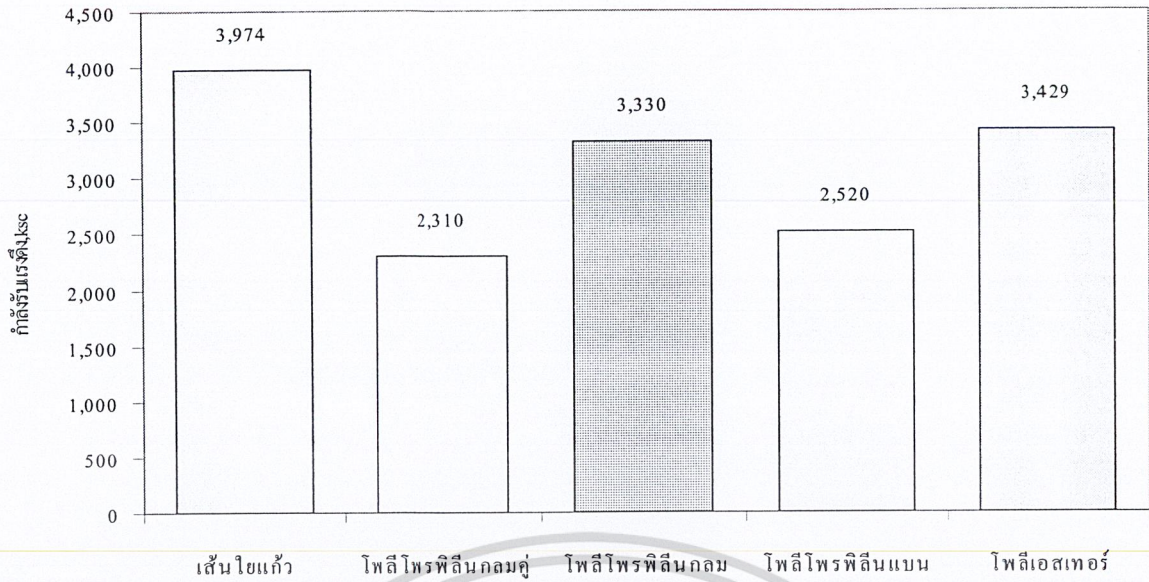
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

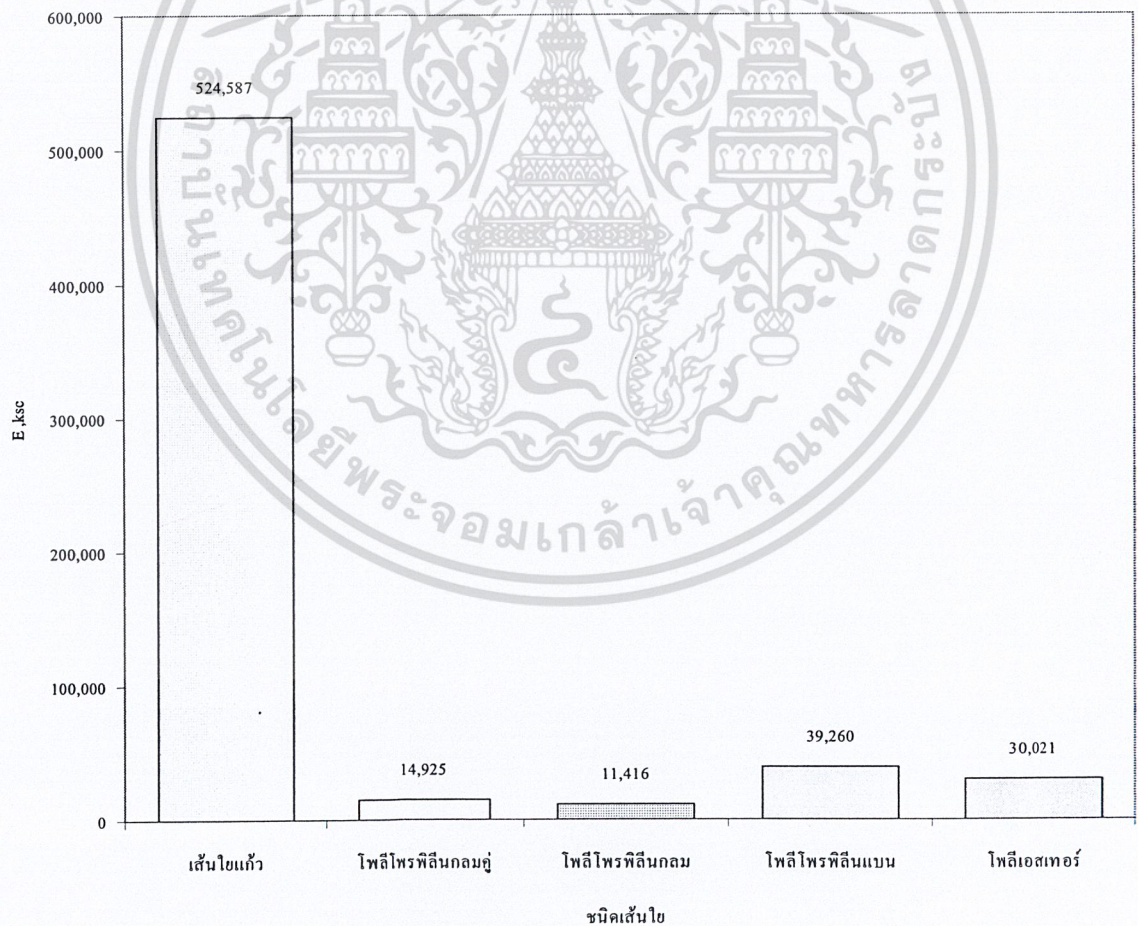
## แผนภูมิและกราฟวิเคราะห์ผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

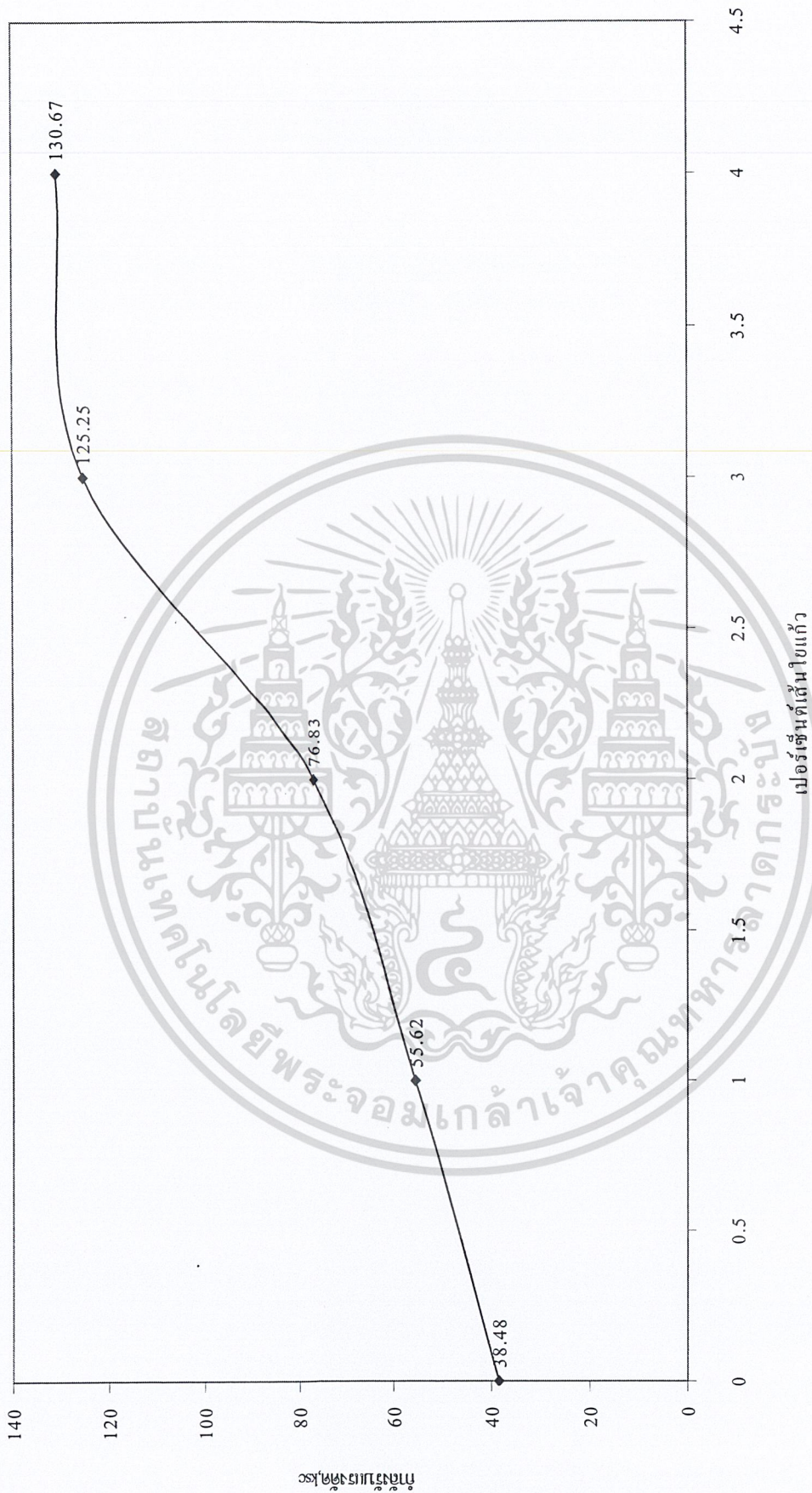


ชนิดเส้นใย  
รูปที่ ผ.ง.1. แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงดึงของเส้นใยชนิดต่าง ๆ



รูปที่ ผ.ง.2. แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่า Elastic Modulus ของเส้นใยชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



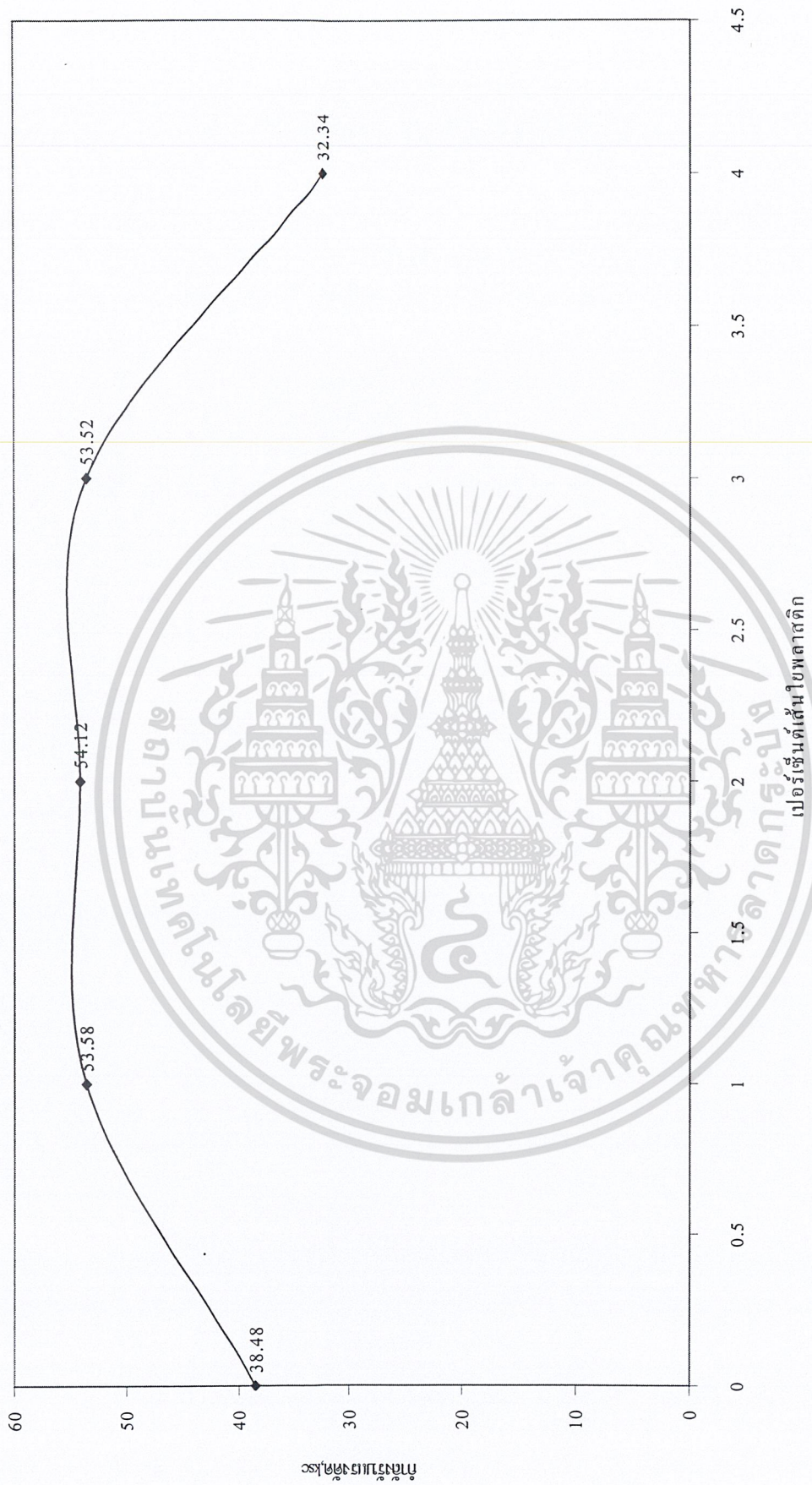
รูปที่ ผ.ง.3. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพัฒนาเดินไขแกวกับกำลังรับแรงตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



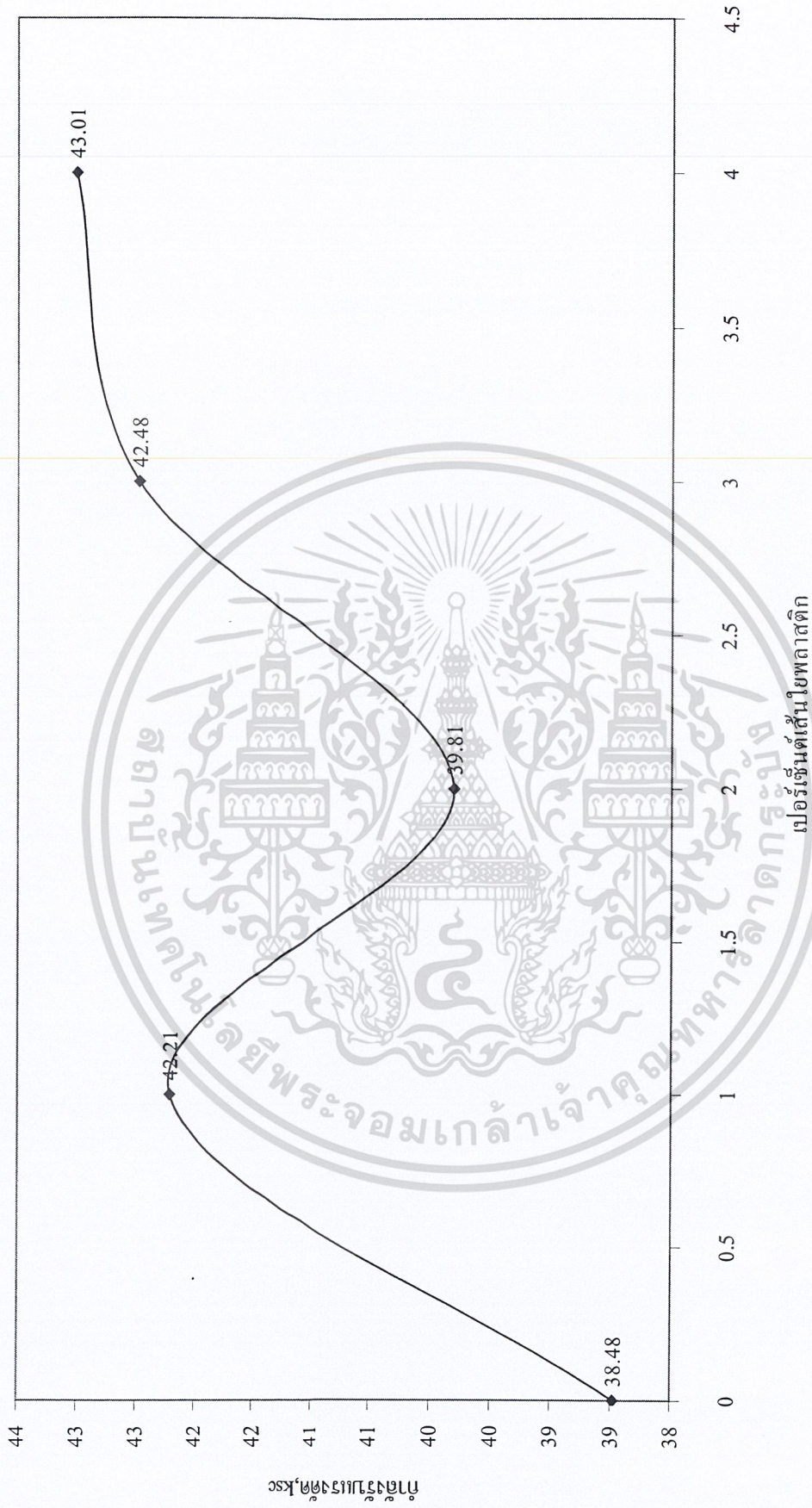
รูปที่ ผ.ง.4. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่ผสมเส้นใยพลาตติกโพลีเอสเตอร์ที่นำตัดกลมกับกำลังรับแรงตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ง.5. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างซึ่งมีต้นผสมเส้นใยโพลีพรพิลีนหน้าตัดกลมกับกำลังรับแรงตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



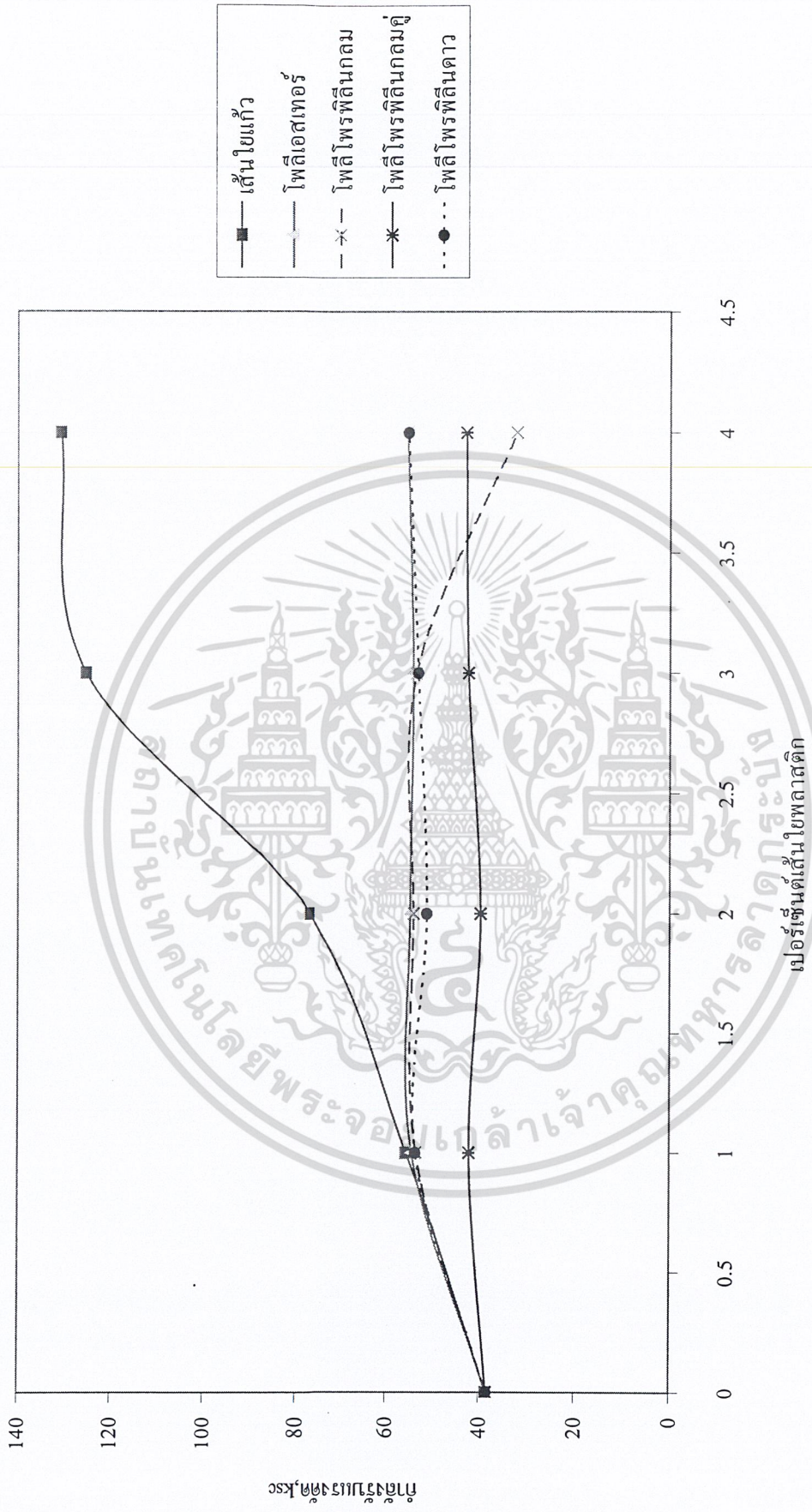
รูปที่ ผ.ง.6. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างซีเมนต์ผสมเส้นใยโพลีโพรพิลีนหน้าตัดกลมคู่กับกำลังรับแรงดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ผง6 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



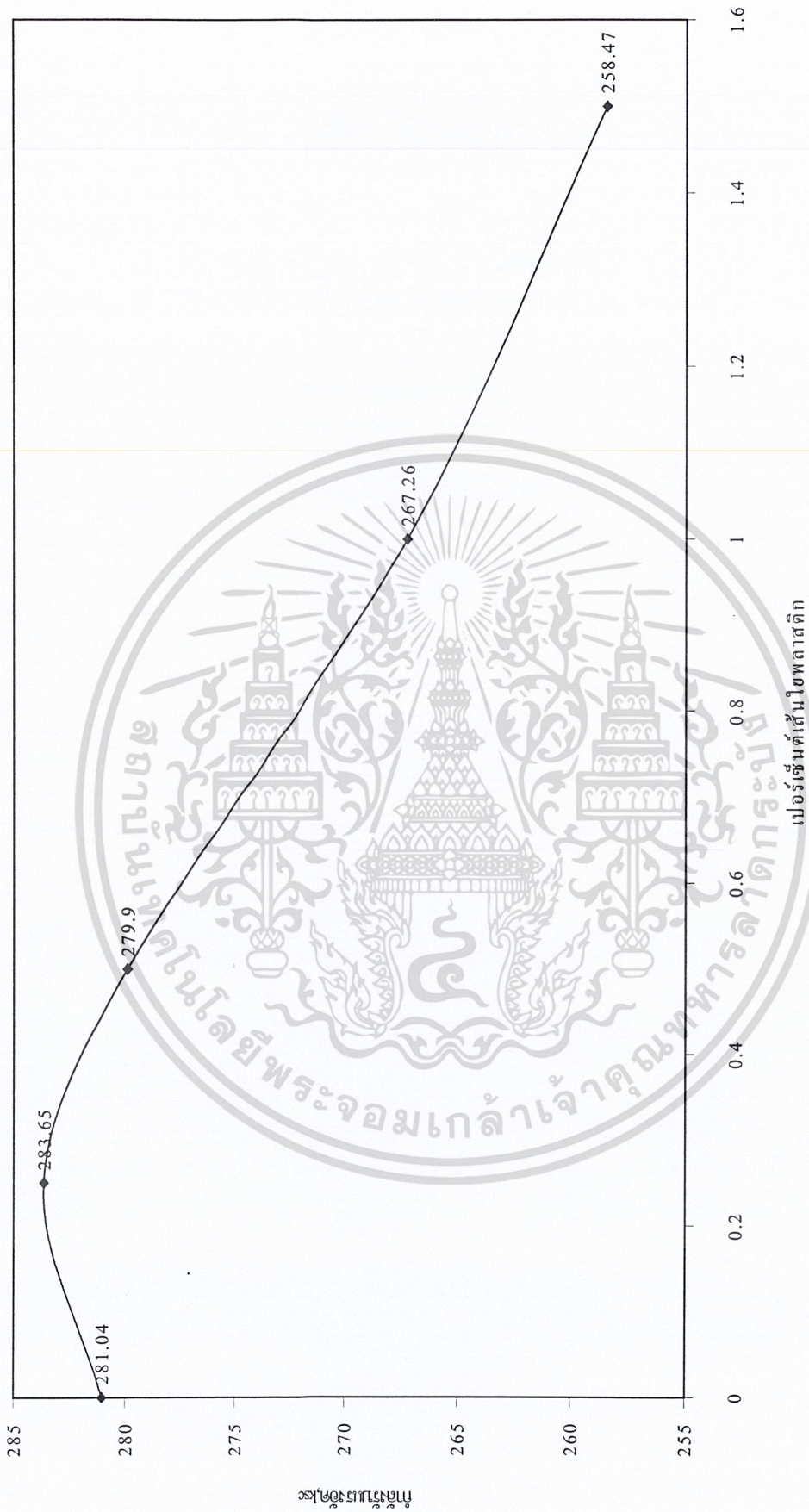
รูปที่ ผ.ง.7. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ตอบกับจำนวนคำตอบที่ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา **ผง7** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



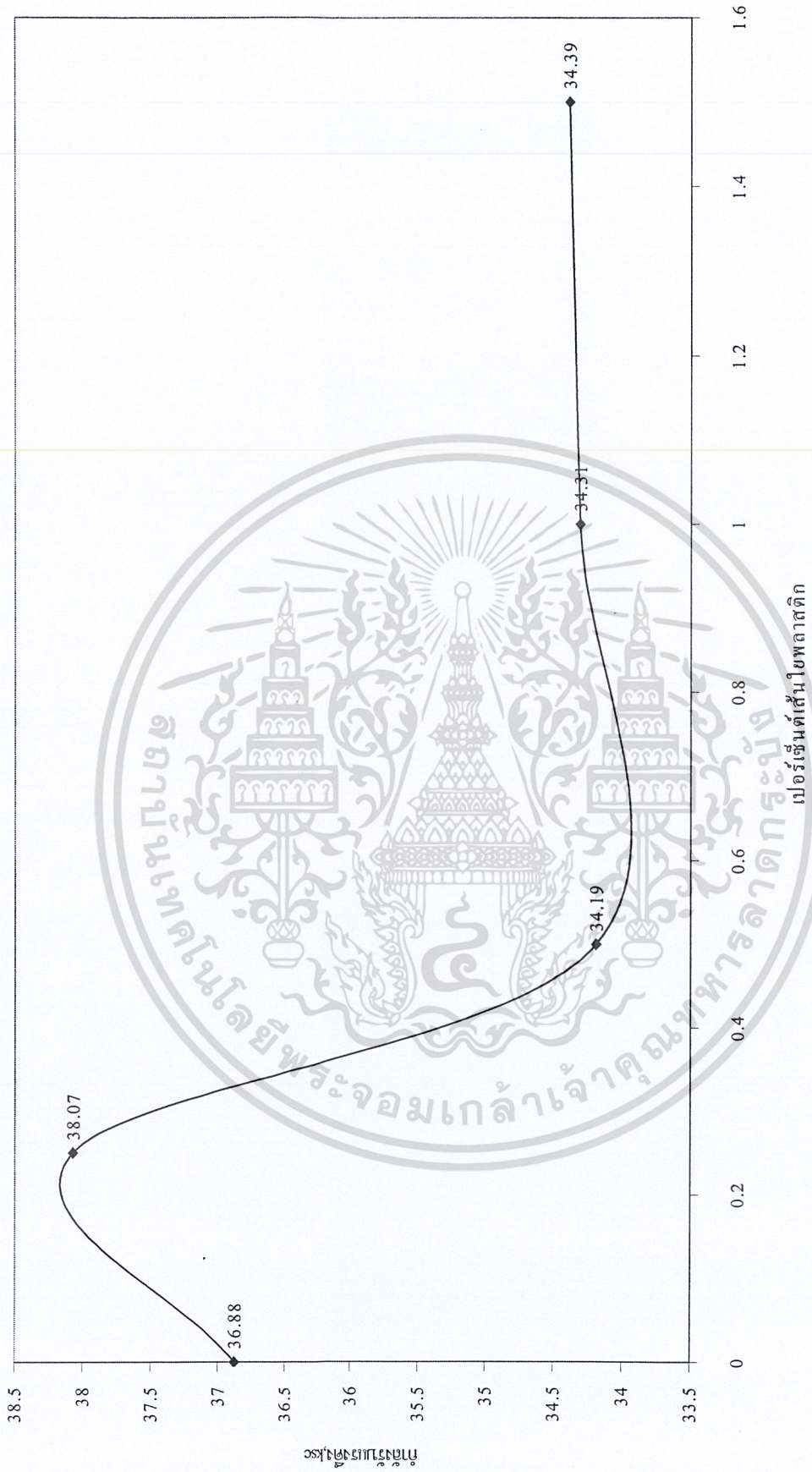
รูปที่ ผ.ง.8. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างชนิดผสมเส้นใยชนิดต่าง ๆ กับกำลังรับแรงดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



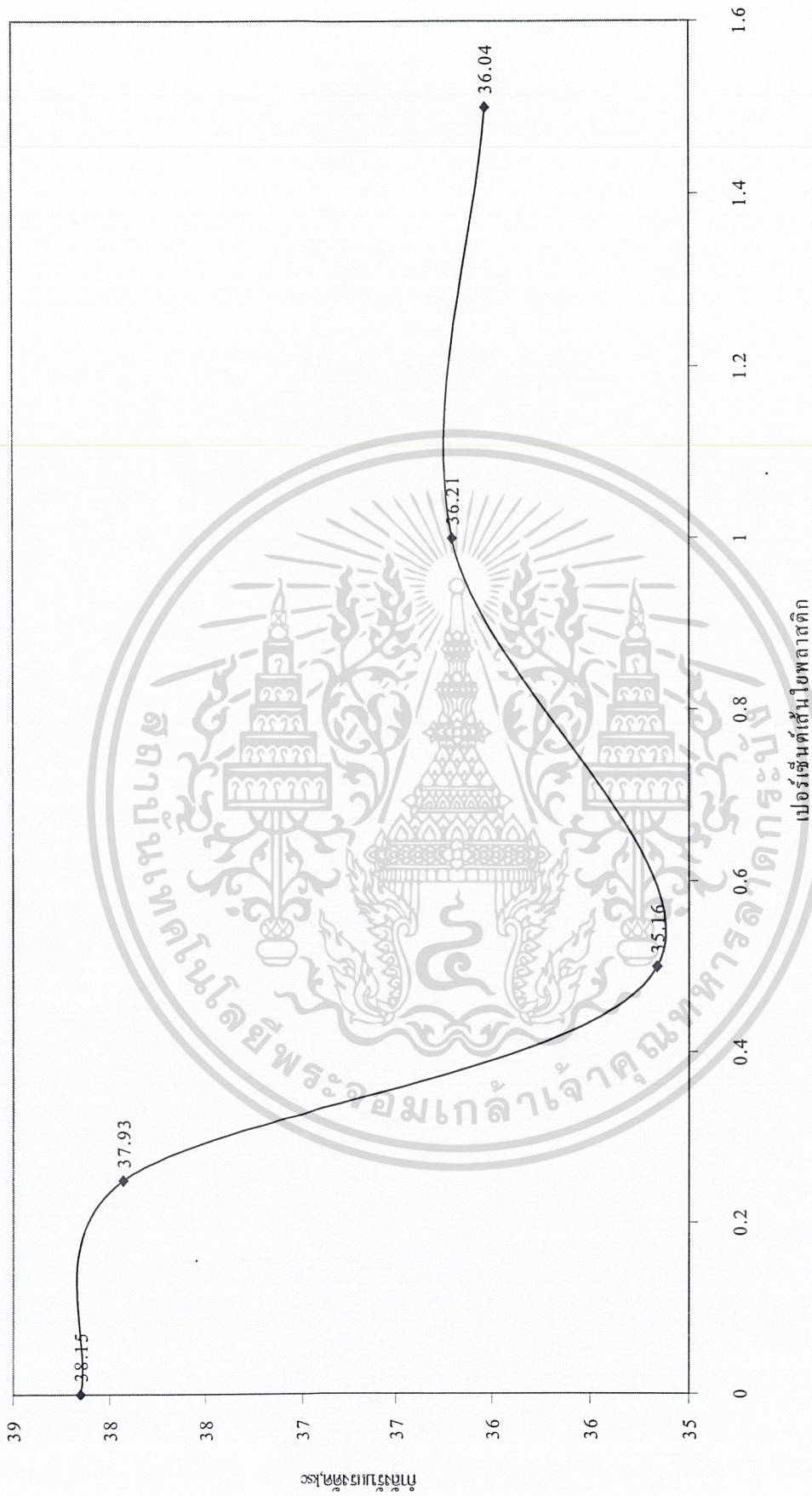
รูปที่ ผ.ง.9. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสดิก โพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนกับกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ง.10. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก โพลีพรพิลีนหน้าตัดแบนกับกำลังรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ง.11. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคอนกรีตผสมเส้นใยพลาตติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบนกับกำลังรับแรงดัด

เปอร์เซ็นต์เส้นใยพลาตติก

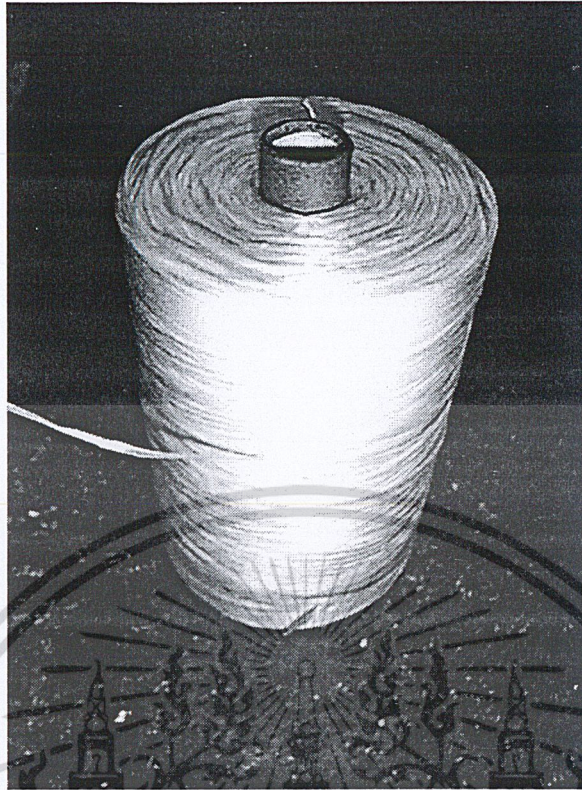
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก จ

## รูปแสดงการทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

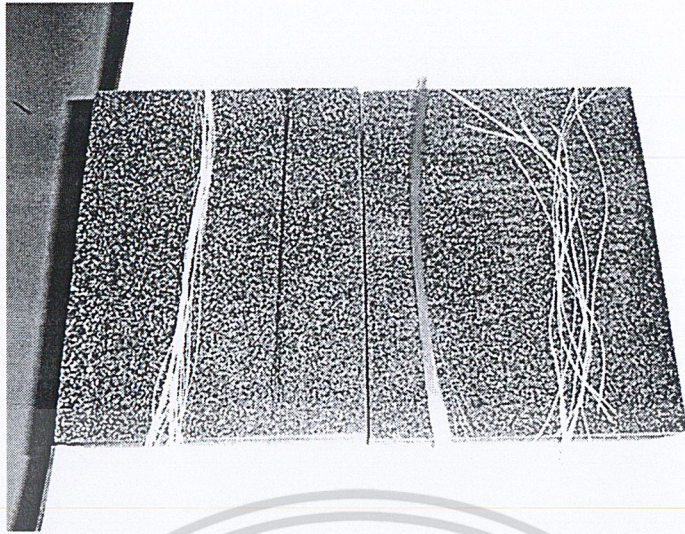


รูปที่ ผ.จ.1. แสดงเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน

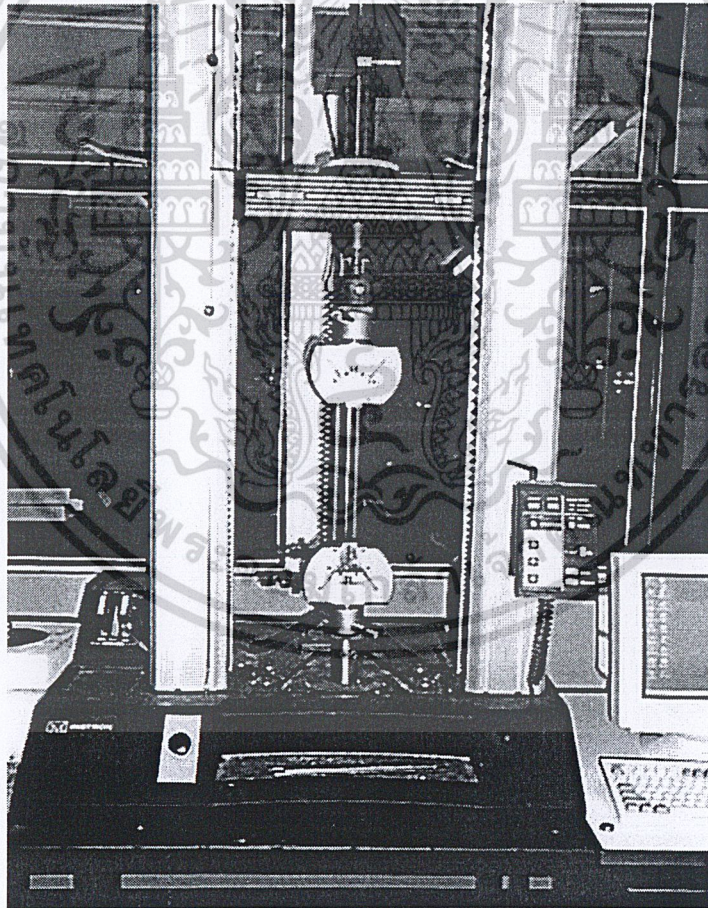


รูปที่ ผ.จ.2. แสดงเส้นใยแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา ผจ2 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

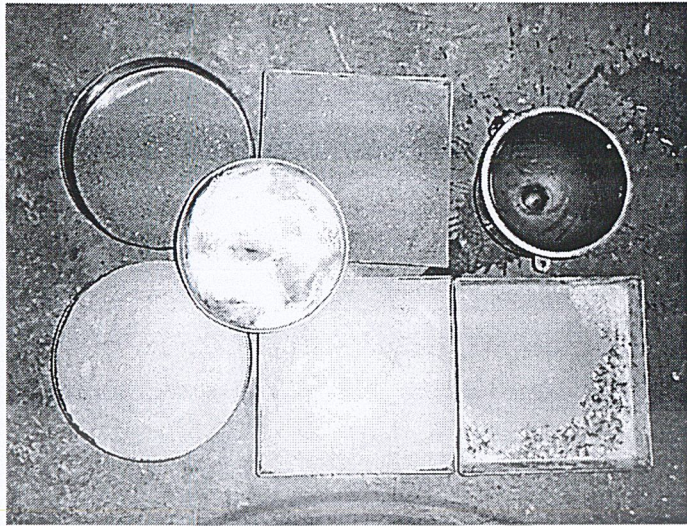


รูปที่ ผ.จ.3. แสดงตัวอย่างเส้นใยชนิดต่าง ๆ ที่นำมาทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง



รูปที่ ผ.จ.4. แสดงการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงเส้นใยชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ผจ3ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

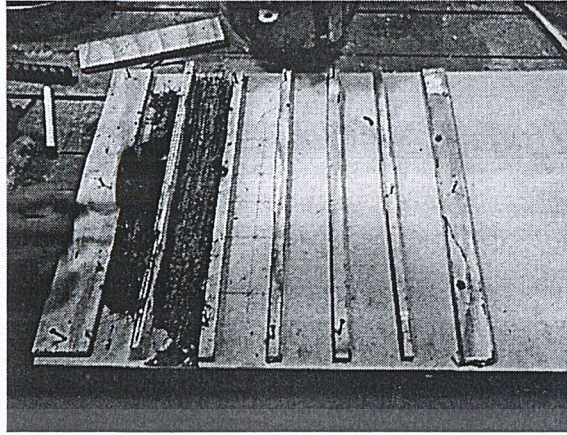


รูปที่ ผ.จ.5. แสดงส่วนผสมในการทำตัวอย่างซีเมนต์ผสมเส้นใย



รูปที่ ผ.จ.6. แสดงเครื่องผสมมอร์ต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ผจ4 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.7. แสดงแบบหล่อในการทำแท่งตัวอย่างซีเมนต์ผสมเส้นใย

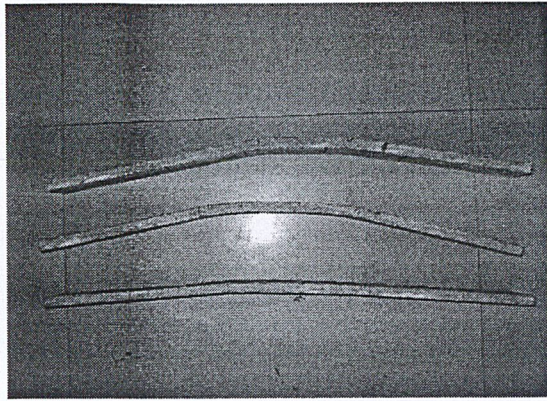


รูปที่ ผ.จ.8. แสดงแท่งตัวอย่างซีเมนต์ผสมเส้นใยสำหรับ Flexural Test

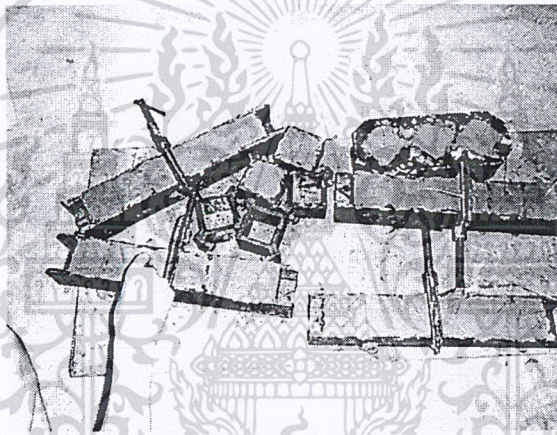


รูปที่ ผ.จ.9. แสดงเครื่องทดสอบ Flexural Test สำหรับแท่งซีเมนต์ผสมเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผจ5ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.10. แสดงแท่งตัวอย่างซีเมนต์ผสมเส้นใยหลังการทดสอบ Flexural Test

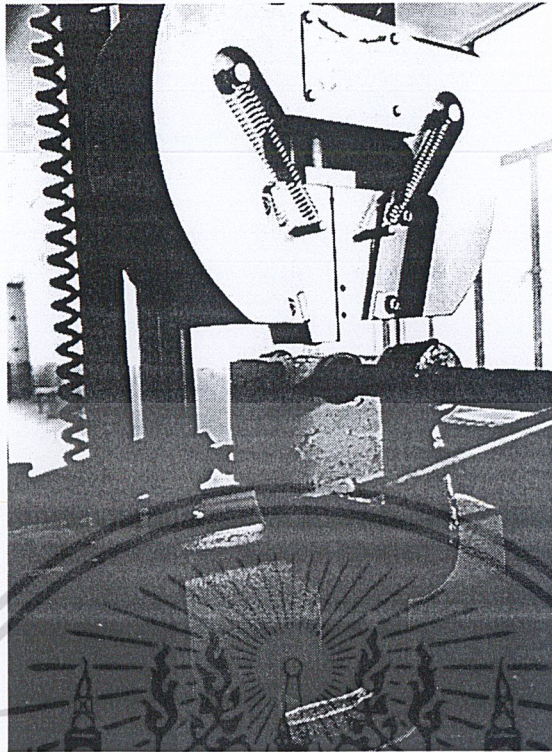


รูปที่ ผ.จ.11. แสดงการหล่อตัวอย่างทดสอบ Bonding Test

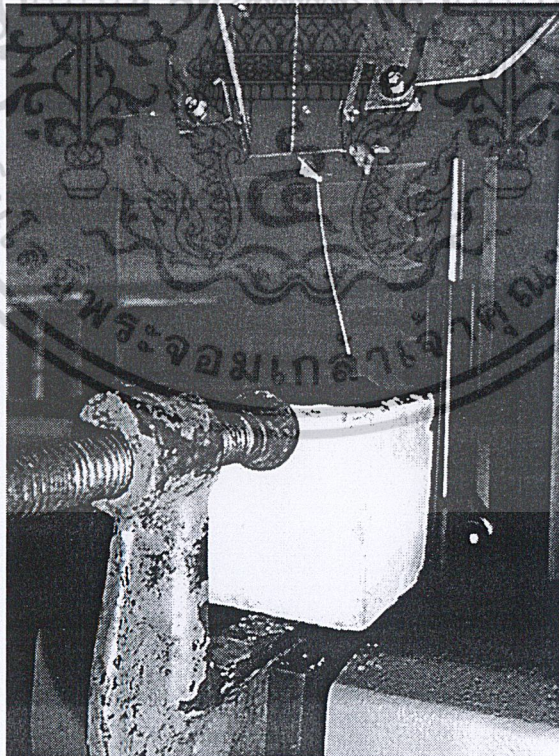


รูปที่ ผ.จ.12. แสดงตัวอย่างสำหรับ Bonding Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ผจ6 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

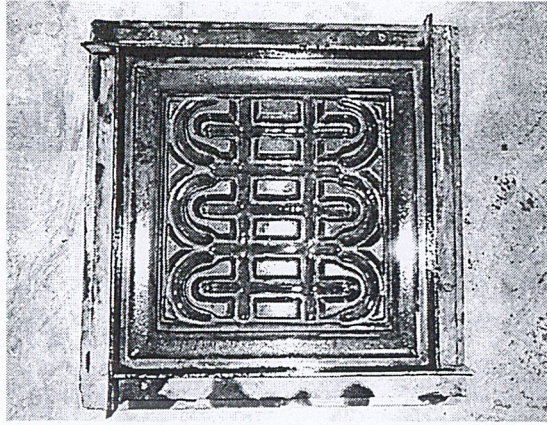


รูปที่ ผ.จ.13. แสดงการทดสอบ Bonding Test

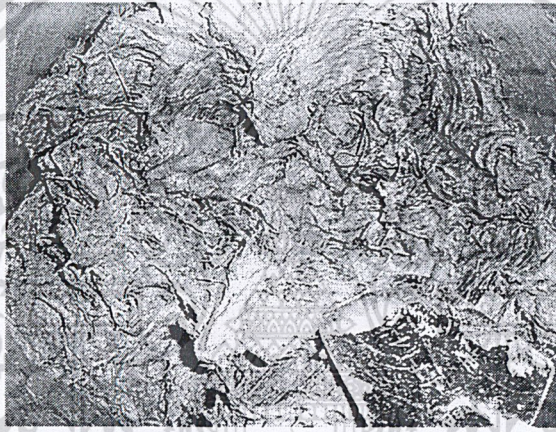


รูปที่ ผ.จ.14. แสดงตัวอย่างหลังการทดสอบ Bonding Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ผจ7 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.15. แสดงแบบหล่อสำหรับทำชิ้นงานช่องระบายอากาศ

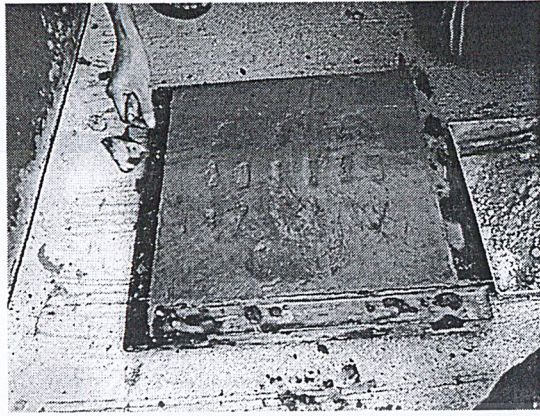


รูปที่ ผ.จ.16. แสดงซีเมนต์ผสมเส้นใยสำหรับหล่อชิ้นงานช่องระบายอากาศ

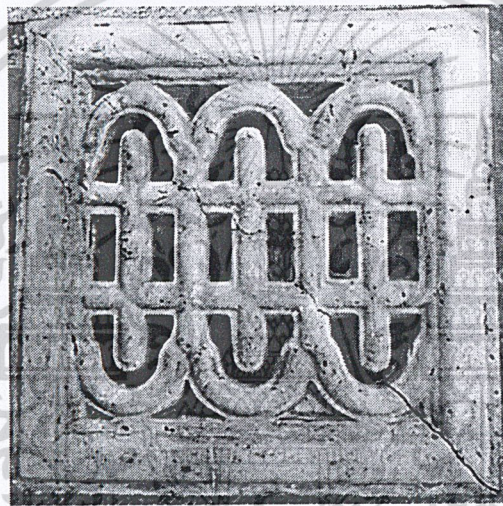


รูปที่ ผ.จ.17. แสดงการหล่อชิ้นงานช่องระบายอากาศ

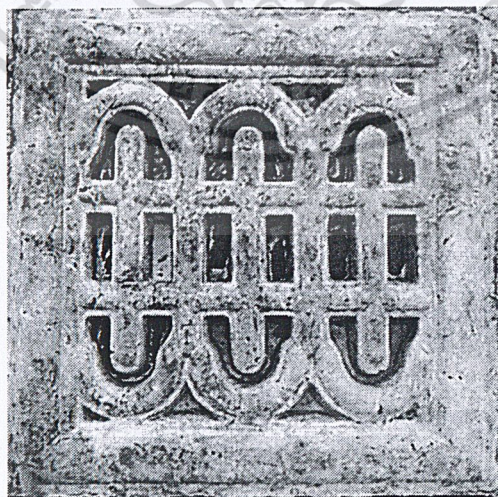
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ผจ8 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.18. แสดงชิ้นงานช่องระบายอากาศเมื่อหล่อเสร็จ

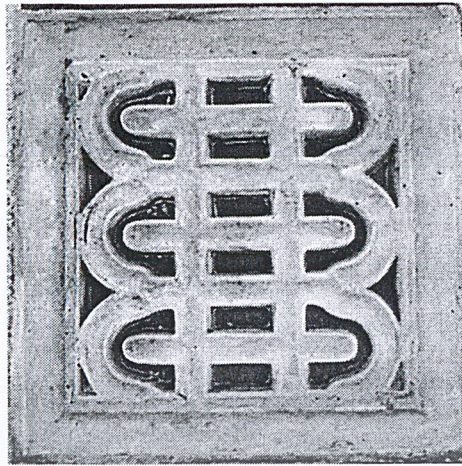


รูปที่ ผ.จ.19. แสดงชิ้นงานช่องระบายอากาศที่ผลิตจากซีเมนต์มอร์ต้าล้วน



รูปที่ ผ.จ.20. แสดงชิ้นงานช่องระบายอากาศที่ผลิตจากซีเมนต์มอร์ต้าผสมเส้นใยแก้ว 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผจ9 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.21. แสดงชิ้นงานช่องระบายอากาศที่ผลิตจากซีเมนต์มอร์ต้าผสมเส้นใยพลาสติกโพลีเอสเตอร์หน้าตัดกลม 1%



รูปที่ ผ.จ.22. แสดงคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโพลีโพรพิลีนหน้าตัดแบน

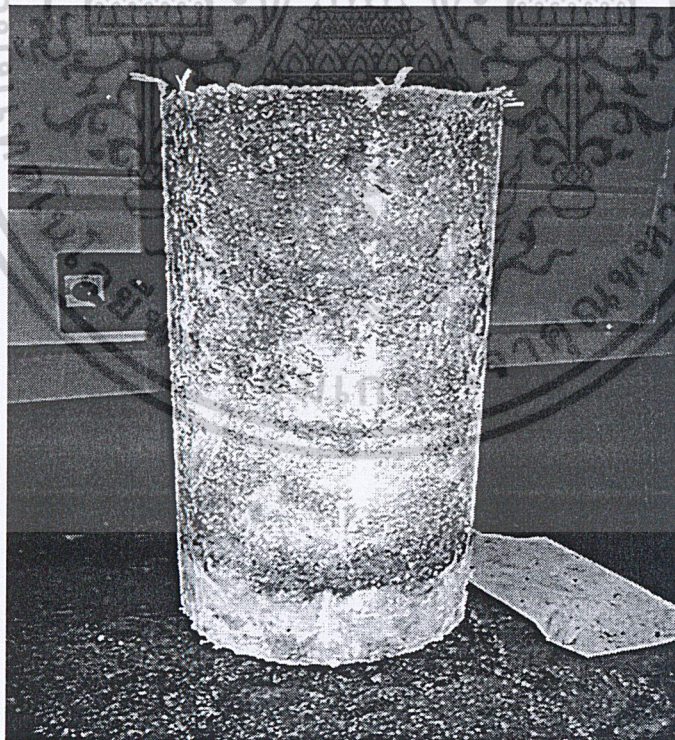


รูปที่ ผ.จ.23. แสดงการหล่อตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกสำหรับ Splitting Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผจ10 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

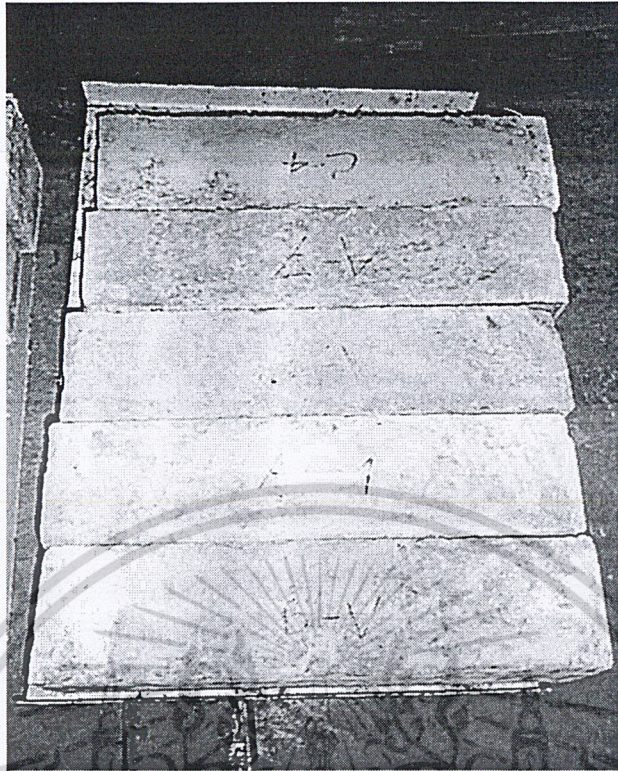


รูปที่ ผ.จ.24. แสดงการหล่อตัวอย่างคอนกรีตสำหรับ Flexural Test

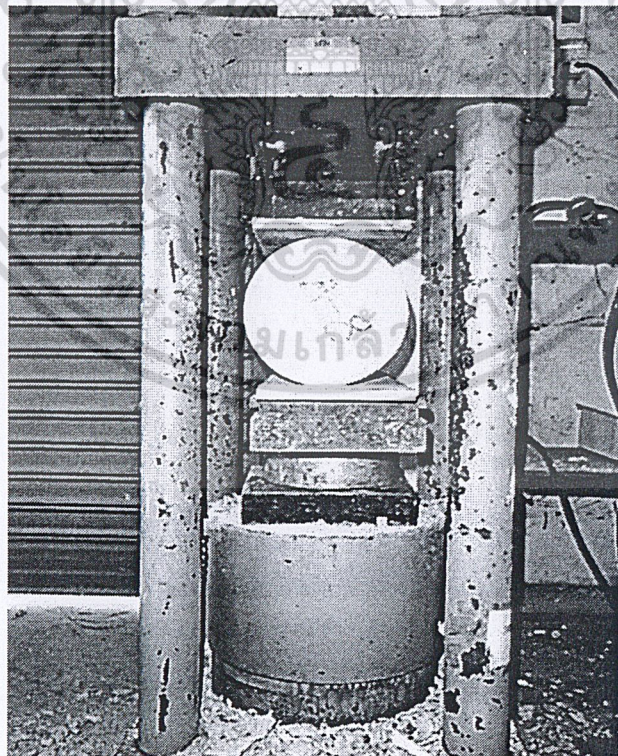


รูปที่ ผ.จ.25. แสดงตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกสำหรับ Splitting Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ผจ11 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.26. แสดงตัวอย่างคานคอนกรีตสำหรับ Flexural Test

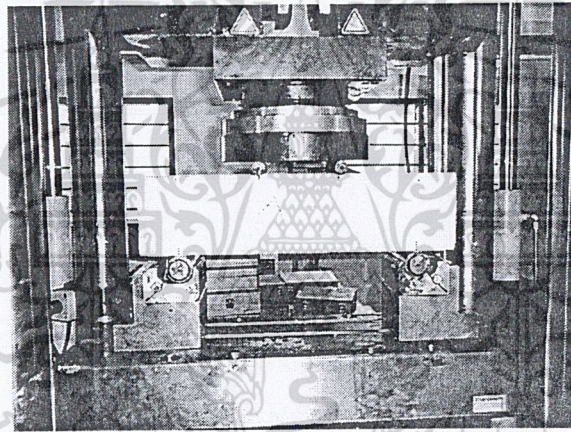


รูปที่ ผ.จ.27. แสดงการทดสอบ Splitting Test

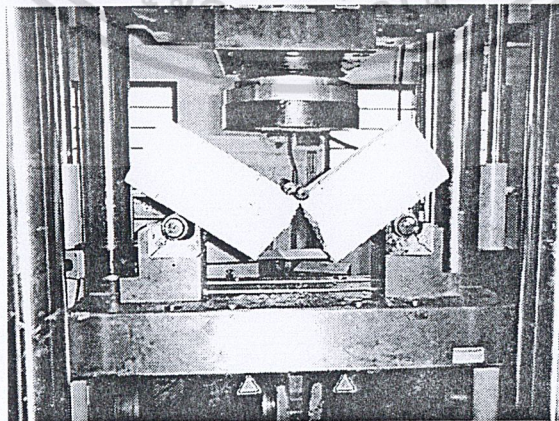
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผจ12 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.28. แสดงตัวอย่างคอนกรีตหลังการทดสอบ Splitting Test



รูปที่ ผ.จ.29. แสดงการทดสอบ Flexural Test ตัวอย่างคานคอนกรีต



รูปที่ ผ.จ.30. แสดงตัวอย่างคานคอนกรีตหลังการทดสอบ Flexural Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้