สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติก

PLASTIC FIBER-REINFORCED CONCRETE SLAB

T042402

โดย

นายประกิตศาสน์ ประสงค์จรรยา

นายสิทธิชัย บังใบ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42402
วัน, เดือน, ปี 9 พ.ค. 2545

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLASTIC FIBER-REINFORCED CONCRETE SLAB

MR.PRAKITSASN PRASONGCHANYA

MR.SITTHICHAI BUNGBAI

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติก		
นักศึกษา	นายประกิตศาสน์ ประสงค์จรรยา	รหัสประจำตัว	40010427
	นายสิทธิชัย บังใบ	รหัสประจำตัว	40010847
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมการก่อสร้าง		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล		
	อาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวร		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อาจารย์ทรงกลด แซ่อึ้ง	
อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล	
อาจารย์อุบะ ศิริแก้ว	
อาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวร	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 2 เดือน เมษายน พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติก
	PLASTIC FIBER-REINFORCED CONCRETE SLAB
นักศึกษา	นายประกิตศาสน์ ประสงค์จรรยา
	นายสิทธิชัย บังใบ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุพจน์ ศรีนิล
	อ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

งานศึกษานี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักสองประการ ประการแรกคือศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เส้นใยพลาสติกผสมคอนกรีต อีกประการหนึ่งคือศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แผ่นเส้นใยพลาสติกแทนเหล็กเสริมในแผ่นพื้น โดยมุ่งที่การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐาน ASTM แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับวัสดุเดิม

จากการทดสอบ กำลังต้านทานแรงดึงเฉลี่ยของเส้นใยพลาสติกเท่ากับ 3,245 กก./ซม.^{2} เมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกจะได้ค่ากำลังต้านทานแรงอัด,ค่ากำลังต้านทานแรงดึง และค่ากำลังต้านทานแรงดัดสูงกว่าคอนกรีตธรรมดาคิดเป็นเปอร์เซนต์ได้เท่ากับ 19.89%, 12.83% และ7.2% ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบค่ากำลังรับแรงดัดของแผ่นพื้นที่ใช้แผ่นเส้นใยพลาสติกเสริมแทนเหล็กจะได้ค่ากำลังรับแรงดัดสูงกว่าคอนกรีตล้วน คิดเป็นเปอร์เซนต์เท่ากับ 40.42% ซึ่งมีผลใกล้เคียงกับคอนกรีตที่เสริมเหล็กคือมีค่ากำลังต้านทานแรงดัดสูงกว่าคอนกรีตล้วนเท่ากับ 54.29% จากผลทดสอบแสดงว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้แผ่นพื้นเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติกในงานก่อสร้างจริง แต่ต้องออกแบบแผ่นเส้นใยให้เหมาะสมกับลักษณะงานคือมีความหนากว่าแผ่นพลาสติกที่ใช้ศึกษา และต้องมีช่องว่างที่กว้างเพื่อให้คอนกรีตสามารถไหลผ่านระหว่างแผ่นเส้นใยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	PLASTIC FIBER-REINFORCED CONCRETE SLAB
Name	:	MR.PRAKITSASN PRASONGCHANYA
		MR.SITTICHAI BUNGBAI
Field	:	CONSTRUCTION ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	MR.SUPOGE SRINIL
		MR.LAEMTHONG LAOKHONGTHAVORN

ABSTRACT

The objectives of this special project consist of first, studying the mechanical properties of plastic fiber reinforced concrete and second applying the plastic-fiber plate as a steel reinforcement. There are 132 specimens including 72 cylindrical concrete samples, 36 beams (15x15x60) and 24 slabs(30x10x90). The testing methods are based on the American Standard for Material Testing i.e. the compression test, splitting test, flexural test and direct tensile strength test. The 28 days compressive strength of the conventional concrete was 240 ksc.

The result of testing reveals that the average value of the tensile strength of plastic-fiber is 3,245 ksc. The average value of the compressive strength, tensile strength and flexural strength of the plastic fiber reinforced concrete are higher than the value from the conventional concrete samples for 19.89%, 12.84% and 7.2% respectively. The flexural strength of plastic-fiber plate concrete slabs is 40.42 % of the value of the conventional concrete slab. But those values are less than the flexural strength of the steel reinforced concrete about 13 %. There is possibility to apply the plastic fiber concrete slab in construction. The detail study should be carried out in term of environments, limitation of its application and cost.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ไม่มีคำกล่าวใดที่สามารถใช้บ่งบอกถึงความกรุณาและความอนุเคราะห์ของท่านอาจารย์สุพจน์ ศรีนิล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ได้ ตลอดระยะเวลาของการศึกษานี้ท่านได้ให้คำแนะนำอันมีค่าที่ไม่สามารถหาได้ในตำราเล่มใดในโลกรวมถึงให้ความดูแลทางด้านค่าใช้จ่ายในการศึกษาในหลาย ๆ ด้านเป็นการส่วนตัว นอกจากนี้ผู้จัดทำโครงงานถือเป็นเกียรติ และความโชคดีอย่างสูงสุดสำหรับผู้จัดทำโครงงานที่มีอาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวรเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษร่วมอีกท่านหนึ่ง เนื่องจากท่านเป็นผู้ให้คำปรึกษาที่มิอาจหาผู้ให้คำปรึกษาอื่นใดมาเทียบเท่า ตลอดระยะเวลาของการศึกษา ท่านได้สละเวลาอันมีค่ายิ่งของท่านทั้งในและนอกเวลาราชการ เพื่อให้ความดูแลแก่ผู้จัดทำโครงงานอย่างใกล้ชิดแทบทุกย่างก้าวของการศึกษาตั้งแต่เริ่มต้นการศึกษา ออกแบบขั้นตอนการศึกษา ช่วยเหลือในช่วงการทดสอบ การวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ รวมถึงดูแลความเรียบร้อยของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณอย่างซาบซึ้ง สำหรับอาจารย์อุบะ ศิริแก้ว หนึ่งในคณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษด้วยคำชี้แนะและคำสั่งสอนที่มีประโยชน์อย่างมากมายหาอย่างที่เปรียบมิได้ในทุกๆ เรื่องทั้งในส่วนของการศึกษาโครงงานและนอกเหนือจากขอบข่ายทางวิศวกรรมศาสตร์

ขอขอบคุณนายราม วัฒนาวีรวงศ์, นายชัยรัตน์ วงศ์จารุพรรณ, นายณรงฤทธิ์ ว่องไว, นายสามัคคี ญาณวัฒนา, นายภาคภูมิ สรรพศรี,นายนันทวิทย์ พานิชพงษ์,นายยุทธพงษ์ เลี้ยวสุวรรณ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ทั้งให้คำปรึกษาและช่วยในด้านแรงงานในช่วงของการทดสอบด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้จะขาดเสียมิได้สำหรับคำขอบพระคุณแด่บุพการีของผู้จัดทำโครงงาน ตั้งแต่การสอนสั่ง อบรมเลี้ยงดู ทำให้มีทุกวันนี้ได้ จนถึงความช่วยเหลือที่ท่านมีในระหว่างทำโครงงานทั้งเป็นกำลังใจและกำลังทุนทรัพย์ รวมทั้งความรักที่มีให้แก่บุตรเสมอมา

นายประกิตศาสน์ ประสงค์จรรยา
นายสิทธิชัย บังใบ
ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฎ
	สารบัญภาพ	ฎ
1	**บทนำ**	1
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.4. สมมุติฐาน	2
	1.5. ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา	2
	1.6. ขั้นตอนการศึกษา	3
2	**วรรณกรรมปริทัศน์**	5
	2.1. กล่าวนำ	5
	2.2. นิยามและคำจำกัดความ	5
	2.3. กำลังรับแรงดึงของคอนกรีต	9
	2.4. การใช้เหล็กเส้นตะแกรงสำหรับงานคอนกรีต	9
	2.5. การประยุกต์ใช้เส้นใย(Fiber)ในงานคอนกรีต	10
	2.6. การประยุกต์ใช้เส้นใยพลาสติกในงานคอนกรีต	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
3	**การศึกษาด้านคุณสมบัติเชิงกล**	11
	3.1. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต	11
	3.1.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต	11
	3.1.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต	13
	3.1.2.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต โดยวิธี Splitting Test	14
	3.1.2.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต โดยวิธี Flexural Strength	15
	3.2. คุณสมบัติเชิงกลของเส้นใยพลาสติก	18
	3.3. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	19
	3.3.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	19
	3.3.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก	20
	3.3.2.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโดยวิธี Splitting Test	20
	3.3.2.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโดยวิธี Flexural Strength	21
	3.4. คุณสมบัติเชิงกลของแผ่นพื้นเสริมเส้นใย	22
	3.5. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	25
	3.6. การออกแบบแผ่นพื้นสำหรับการทดสอบ	27
4	**การศึกษาคุณสมบัติด้านอื่น**	30
	4.1. การใช้งาน	30
	4.2. การผลิต	30
	4.3. ราคา	31
	4.4. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
5	**ผลการศึกษา**	32
	5.1. กำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใย	32
	5.2. กำลังรับแรงอัดคอนกรีต	34
	5.3. กำลังต้านทานแรงดึงคอนกรีต	35
	5.4. กำลังต้านทานแรงดัดคอนกรีต	36
	5.5. กำลังต้านทานแรงดัดพื้น	37
	5.5.1.พื้นคอนกรีตล้วน	37
	5.5.2.พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	38
	5.5.3.พื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติก	39
6.	**การวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา**	40
	6.1. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใย	40
	6.2. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดคอนกรีต	40
	6.3. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงคอนกรีต	41
	6.4. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดคอนกรีต	41
	6.5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดพื้น	42
	บรรณานุกรม	44
	ภาคผนวก ก.	ผก1
	ภาคผนวก ข.	ผข1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1.	ลวดตะแกรงเหล็ก (WWF)	8
5.1.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเส้นใยพลาสติก	32
5.2.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยวิธี Compressive Strength Test	34
5.3.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงโดยวิธี Splitting Test	35
5.4.	ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดโดยวิธี Flexural Strength Test	36
5.5.	ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดพื้นคอนกรีต	37
5.6.	ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	38
5.7.	ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดพื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติก	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1.	แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน	4
2.1.	แผ่นเส้นใยพลาสติกก่อนตัด	6
2.2.	เส้นใยพลาสติกที่ตัดแล้ว	6
2.3.	Wire mesh ชนิดต่าง ๆ	8
2.4.	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Wire Mesh ในงานFerrocement	9
2.5.	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Wire Mesh หุ้มองค์อาคารเหล็ก	10
3.1.	ก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่capหัวและไม่capหัว	13
3.2.	การทดสอบด้วยวิธีSplitting Test	15
3.3.	การทดสอบด้วยวิธี Flexural Strength	17
3.4.	แสดงลักษณะตัวอย่างพื้นคสล.	27
3.5.	แสดงลักษณะแรงกระทำตัวอย่างพื้นคสล.	28
ผ.ข.1.	การกดแท่งตัวอย่างทดสอบโดยวิธี Compressive Strength Test	ผข2
ผ.ข.2.	ตัวอย่างทดสอบหลังจากกดโดยวิธี Compressive Strength Test	ผข3
ผ.ข.3.	การกดตัวอย่างทดสอบโดยวิธี Splitting Test	ผข4
ผ.ข.4.	ตัวอย่างทดสอบหลังจากกดโดยวิธี Splitting Test	ผข5
ผ.ข.5.	ตัวอย่างทดสอบหลังจากกดโดยวิธี Splitting Test (มองจากด้านบน)	ผข6
ผ.ข.6.	ตัวอย่างทดสอบที่ถูกแยกออกจากกันหลังจากการกดทดสอบ โดยวิธี Splitting Test	ผข7
ผ.ข.7.	การกดตัวอย่างทดสอบรูปคานโดยวิธี Flexural Strength Test	ผข8
ผ.ข.8.	การพังทลายของตัวอย่างทดสอบคอนกรีตล้วนหลังจากกด โดยวิธี Flexural Strength Test	ผข9
ผ.ข.9.	การพังทลายของตัวอย่างทดสอบคอนกรีตผสมเส้นใยหลังจากกดโดยวิธี Flexural Strength Test	ผข10
ผ.ข.10.	ตัวอย่างทดสอบที่ถูกแยกออกจากกันหลังจากกดทดสอบ โดยวิธี Flexural Strength Test	ผข11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ข.11.	แบบหล่อตัวอย่างทดสอบรูปแผ่นพื้น	ผข12
ผ.ข.12.	การกดตัวอย่างทดสอบรูปพื้นโดยวิธี Flexural Strength test	ผข13
ผ.ข.13.	การพังทลายของแผ่นพื้นคอนกรีตล้วนหลังกด	ผข14
ผ.ข.14.	การพังทลายของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหลังกด	ผข15
ผ.ข.15.	พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่แยกออกหลังจากการพังทลาย	ผข16
ผ.ข.16.	การพังทลายของพื้นเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติกหลังกด	ผข17
ผ.ข.17.	แสดงให้เห็นบริเวณรอยแตกแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติก	ผข18
ผ.ข.18.	ตัวอย่างพื้นคอนกรีตเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติกที่ไม่ได้มาตรฐาน	ผข19
ผ.ข.19.	หน้าตัดของตัวอย่างพื้นคอนกรีตเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติกที่วางเส้นใยไม่ได้มาตรฐาน	ผข20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. กล่าวนำ

ในปัจจุบันมีสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย ซึ่งวัสดุที่ใช้ในสิ่งก่อสร้างเหล่านี้มีหลายประเภทด้วยกัน แต่วัสดุที่เป็นที่นิยมที่สุดในปัจจุบันก็คือ คอนกรีต โดยใช้รูปแบบการก่อสร้างที่เรียกว่า คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete) ซึ่งเป็นรูปแบบการก่อสร้างที่มีข้อได้เปรียบกว่ารูปแบบอื่น ๆ ในหลาย ๆ ด้าน โดยมีหลักการใหญ่ ๆ คือ การรับกำลังอัดด้วยคอนกรีต และการรับกำลังดึงด้วยเหล็กเสริมหลัก นอกจากนี้ยังมีการเสริมเหล็กเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ อีก เช่น การเสริมเหล็กตามแนวยาวของระบบพื้นทางเดียวเพื่อป้องกันการแตกร้าวที่เกิดจากอุณหภูมิ (Temperature Cracking) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การก่อสร้างแบบคอนกรีตเสริมเหล็กยังคงมีข้อด้อยอยู่บ้างบางประการ จึงมีการพัฒนาปรับปรุงเทคโนโลยีในการก่อสร้างแบบคอนกรีตเสริมเหล็กเรื่อยมา ทั้งการปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตเองเช่น การใส่สารผสมเพิ่มในคอนกรีต หรือการพัฒนาวิธีการก่อสร้างเช่น วิธีคอนกรีตอัดแรง ด้วยเหตุนี้เทคโนโลยีในการก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในปัจจุบันจึงมีทันสมัยและเหมาะสมกับการใช้งานในสภาพต่าง ๆ มากขึ้น

1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีกำลังรับแรงดึงต่ำกว่ากำลังรับแรงอัดมาก จึงจัดได้ว่าคอนกรีตเป็นวัสดุประเภทที่เปราะ จากปัญหาของคอนกรีตในข้อนี้เองทำให้มีเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึงด้วยการเสริมเหล็กเข้าไปในโครงสร้าง จึงเกิดเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce Concrete) ขึ้น อย่างไรก็ตาม การที่เนื้อคอนกรีตเองมีความสามารถในการรับแรงดึงที่ต่ำมาก เมื่อเกิดหน่วยแรงดึงขึ้นในโครงสร้าง อาจทำให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นบนผิวของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้อันเป็นสาเหตุให้ความแข็งแรงของโครงสร้างลดลง ในปัจจุบันจึงมีการใช้เหล็กตะแกรง (Wire Mesh) เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึงที่ผิวของโครงสร้างเพื่อลดรอยแตกร้าวเหล่านี้ ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนในการก่อสร้างทั้งในส่วนของราคาค่าวัสดุและในส่วนของค่าแรงในการก่อสร้าง การเพิ่มความสามารถในการรับกำลังดึงของคอนกรีตโดยตรงด้วยการผสมเส้นใยพลาสติกลงในเนื้อคอนกรีต จึงเป็นเรื่องที่น่าศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง เนื่องจากจะเป็นการลดต้นทุนในส่วนของการใช้เหล็กตะแกรงลดรอยแตกร้าวในคอนกรีตลงได้ทั้งยังลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการก่อสร้างทำให้ก่อสร้างได้เร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ เส้นใยพลาสติกดัวกล่าวเมื่อนำมาถักทอเป็นแผ่นจะเป็นวัสดุที่รับกำลังดึงได้ค่อนข้างสูง การใช้แผ่นพลาสติกถักทอนี้แทนเหล็กเสริมหลักในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อลดต้นทุนในการก่อสร้างเนื่องจากเหล็กเสริมเป็นวัสดุที่มีราคาสูง จึงเป็นอีกกรณีหนึ่งที่น่าศึกษาความเป็นไปได้เช่นกัน

1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) ความเป็นไปได้ในการใช้เส้นใยพลาสติกผสมลงในเนื้อคอนกรีต เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับกำลังดึงของเนื้อคอนกรีต ลดรอยแตกร้าวที่เกิดจากหน่วยแรงดึงในโครงสร้าง แทนการเสริมเหล็กตะแกรง (Wire Mesh)

2) ศึกษาการใช้แผ่นเส้นใยพลาสติกถักทอ รับแรงดึงในแผ่นพื้น แทนการใช้เหล็กเสริม เพื่อลดต้นทุนค่าก่อสร้าง

1.4. สมมติฐาน

1) การผสมเส้นใยพลาสติกลงในเนื้อคอนกรีต สามารถเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึงของเนื้อคอนกรีต ลดการแตกร้าวที่เกิดในโครงสร้าง แทนการเสริมเหล็กตะแกรง (Wire Mesh) ที่ผิวของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้

2) การใช้แผ่นเส้นใยพลาสติกถัก รับแรงดึงในแผ่นพื้นแทนการใช้เหล็กเสริม จะช่วยลดต้นทุนและขั้นตอนในการก่อสร้างลงได้

1.5. ขอบเขตของการศึกษา

เพื่อให้การศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์สองประการข้างต้น จึงได้วางขอบเขตการศึกษาสำหรับวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ไว้ดังนี้

1.5.1. สำหรับวัตถุประสงค์ข้อที่ 1.

สำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกในการศึกษานี้มุ่งเน้นที่การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติกเปรียบเทียบกับคุณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติเชิงกลของคอนกรีตล้วนว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร สำหรับคุณสมบัติเชิงกลที่ทำการศึกษาได้แก่ การศึกษากำลังต้านทานแรงอัด กำลังต้านทานแรงดึง และกำลังต้านทานแรงดัด

1.5.2. สำหรับวัตถุประสงค์ข้อที่ 2.

สำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แผ่นเส้นใยพลาสติกแทนเหล็กเสริมในแผ่นพื้นในการศึกษานี้มุ่งเน้นที่การศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังต้านทานแรงดัดของแผ่นพื้นเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติกเปรียบเทียบกับในแผ่นพื้นคอนกรีตล้วนและแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

1.6. วิธีการศึกษา

1.6.1. วิธีการทดสอบ

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้ ก็คือการเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมเส้นใยพลาสติก (Plastic Fiber Reinforced Concrete) กับคอนกรีตล้วนว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร ซึ่งคุณสมบัติที่ใช้เปรียบเทียบจะได้จากการทดสอบดังต่อไปนี้

1.) การทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength) ของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก(Cylinder) ตามมาตรฐานของ ASTM : C 39-72; ASTM Cylinder Test for Compressive Strength

2.) การทดสอบหากำลังต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก(Cylinder) ตามมาตรฐานของ ASTM : C496-71; ASTM Cylinder Test for Tensile Strength หรือ Splitting Test

3.) การทดสอบหากำลังต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) -ของคานคอนกรีตตามมาตรฐานของ ASTM : C78-75; Flexural Strength Test

4.) การทดสอบหากำลังต้านทานแรงดัดในแผ่นพื้น

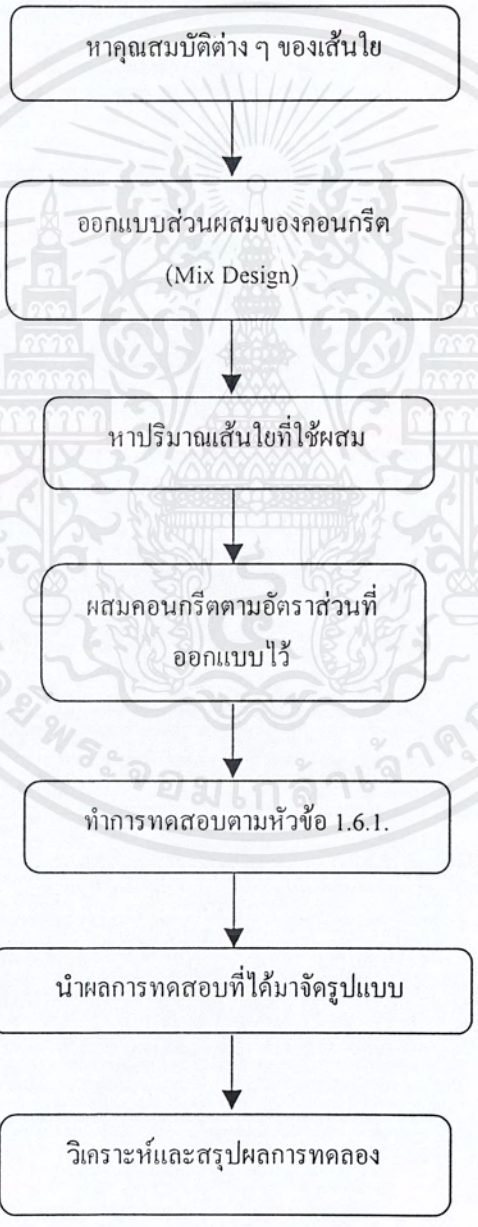
การทดสอบในสามแบบแรกจะต้องมีการเตรียมตัวอย่างทดสอบตามแบบมาตรฐานของแต่ละการทดสอบ โดยในแต่ละการทดสอบจะมีตัวอย่างทดสอบทั้งแบบคอนกรีตล้วน และแบบผสมเส้นใย ส่วนการทดสอบแบบที่สี่ต้องมีการเตรียมตัวอย่างทดสอบเป็นแผ่นพื้นโดยมีตัวอย่างทดสอบสามชนิดคือ คอนกรีตล้วน คอนกรีตเสริมคอนกรีตเสริมเหล็ก และคอนกรีตเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติกถัก ซึ่งตัวอย่างทดสอบทุกแบบจะต้องควบคุมให้ส่วนผสมพื้นฐานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีต (Mix) อันได้แก่ ปูนซีเมนต์, ทราย และน้ำ มีสัดส่วนที่เท่ากันในแต่ละการทดสอบเพื่อให้ข้อเปรียบเทียบที่ได้เป็นผลมาจากวัสดุผสมที่แตกต่างกันเท่านั้น

1.6.2. ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษาสามารถแสดงเป็นแผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน (Flow Chart) ได้ดังรูปที่ 1.1. ซึ่งแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนใหญ่ ๆ ส่วนรายระเอียดของแต่ละขั้นตอนสามารถศึกษาได้จากบทต่อ ๆ ไปในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้



รูปที่ 1.1. แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงคำนิยามและคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำการศึกษา มีการรวบรวมประเด็น แนวคิด ทฤษฎี หรือเอกสารสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ที่ผ่านมา เพื่อให้ผู้ศึกษาได้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.2. นิยามและคำจำกัดความ

คอนกรีตผสมเส้นใย (Fiber-Reinforced Concrete) คือคอนกรีตที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพโดยการใส่เส้นใย (Fiber) ชนิดต่าง ๆ แล้วแต่คุณสมบัติที่ต้องการ ผสมลงในเนื้อคอนกรีต ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตให้มีค่าสูงขึ้น วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นเส้นใยมีอยู่หลายประเภทด้วยกัน เช่น เหล็ก, แก้ว, โพลีเมอร์, เซรามิก, ใยหิน (Asbestos) และเส้นใยจากธรรมชาติเป็นต้น

เส้นใยพลาสติก (Plastic Fibers) คือเส้นใยที่ใช้พลาสติกเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ในงานก่อสร้างคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกยังเป็นรูปแบบที่ยังมีใช้กันน้อยอยู่ เมื่อเทียบกับเส้นใยประเภทอื่น ๆ สำหรับในการศึกษานี้ได้ใช้เส้นใยพลาสติกที่ตัดจากตาข่ายพลาสติกกันแดด 70% ที่มีขายอยู่ทั่วไปในท้องตลาด ดังแสดงในรูปที่ 2.1. และ 2.2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1. แผ่นเส้นใยพลาสติกก่อนตัด

รูปที่ 2.2. เส้นใยพลาสติกที่ตัดแล้ว

Wire Mesh ในงานวิศวกรรมโยธามักหมายความถึง ตะแกรงเหล็ก (Steel wire) หรือตะแกรงเหล็กชุบดีบุกหรือสังกะสี (Galvalnized steel wiremesh) ซึ่งอาจเป็นเหล็กเส้นเล็กๆ ที่นำถักประสานกันให้มี ช่องเปิดเป็น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือหกเหลี่ยม (Woven Mesh of Squared or Hexagonal Opening) หรืออาจหมายถึง เหล็กเส้นเล็กๆ ที่ทำให้เกิดช่องเปิดโดยวิธีการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสาน (Welded Wiremesh) และตะแกรงที่เกิดจากการกรีดเหล็กแผ่นให้เป็นรอยขาดเล็กๆ เยื้องกัน แล้วดึงหรือยืด (Expansion Steel) แผ่นเหล็กนั้นจนปรากฏเป็นตะแกรงเหล็กที่มีช่องเปิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนหรือหกเหลี่ยม (Tortoise Shaped)

Mesh จำนวนของช่องเปิด (Opening) ต่อความยาว 1 นิ้ว โดยวัดระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเส้นเหล็กหรือโลหะ

Wire Diameter ความหนาของเส้นเหล็กหรือ โลหะ นิ้ว (มิลลิเมตร)

Opening ขนาดช่องเปิด ระยะห่างระหว่างเหล็กแต่ละเส้น

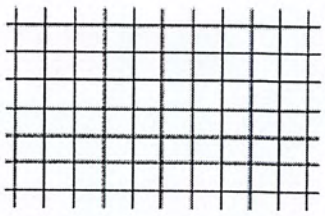
Open Area Percent สัดส่วน (ร้อยละ) ของพื้นที่ช่องเปิด

Warp Wire Diameter (WWD) or Long Wire Diameter (LWD) คือ ระยะห่างระหว่างเส้นเหล็กหรือโลหะตามแนวยาวของแผ่นหรือม้วนตะแกรง

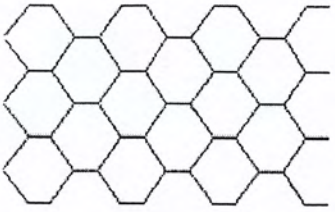
Shute Wire Diameter or Short Wire Diameter (SWD) คือ ระยะห่างระหว่างเหล็กหรือลวดตามขวางของแผ่นหรือม้วนตะแกรง

Welded Wire Fabric; WWF คือ ลวดตะแกรงเหล็กได้จาก Cold Drawn Steel Wire ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง หรือ พื้นที่ภาคตัดขวางต่างๆ วาง ประสานกันเชื่อมยึดให้ติดกัน ณ รอยสัมผัส โดยมีช่องเปิด (Opening) ต่างๆ กัน ตามขนาดระบุด้วยนำมาใช้สำหรับเสริมคอนกรีตเพื่อป้องกันการหดตัว (Temperature Steel) หรือ ป้องกันแตกร้าวในงานคอนกรีต อาทิเช่น งานผิวทาง ค.ส.ล. ,หุ้มองค์อาคารเหล็ก เพื่อเป็นฉนวนความร้อน และ ป้องกันอัคคีภัย อาจกล่าวได้ว่า Weleded Wire Fabric มีความหมายกว้างกว่า และ ครอบคลุม คำว่า Wire Mesh (ACI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

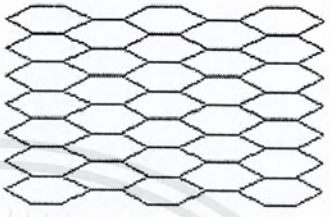


Squared Opening



Hexagonal Wire

Tortoise-shaped (Parallelogram)



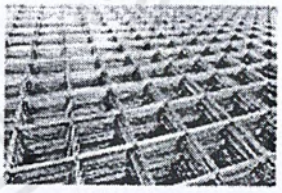
Tortoise-shaped (Hexagonal)

รูปที่ 2.3. Wire mesh ชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 2.1. ลวดตะแกรงเหล็ก (WWF)

COLD-DRAWN STEEL WIRE WELDED STEEL WIRE FABRIC

(Wire Mesh)



SPECIFICATION OF WELED STEEL WIRE FABRIC (WIRE MESH)			COLD-DRAWN
Describtion	SIW 's Standard	International Standard	International Standard
DIAMETER	3-10 mm.	plain TIS 373-2531	TIS 747-2531
SPACING	10-50 mm.	ASTM A185-1997	ASTM A82-1994
WIDTH	1.0-3.6 mm.	ribbed TIS 926-2533	TIS 943-2533
LENGTH	max 50 m.	ASTM A497-1979	ASTM A496-1955a
YIELD STRENGTH	5,500 kgf/cm2	Both Sheet and Roll	
TENSILE STRENGTH	6,000 kgf/cm2		

ที่มา : www.thaiengineering.com

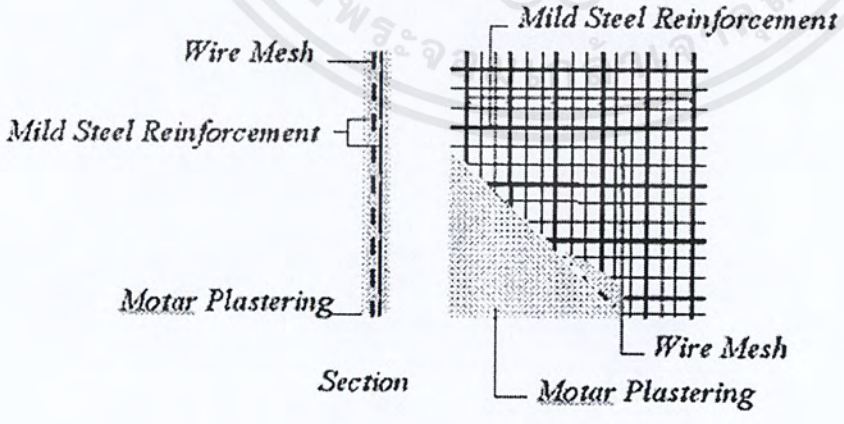
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. กำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

ความต้านทานในด้านรับแรงดึงของคอนกรีตมีค่าต่ำมาก คือ ประมาณ 10% ของกำลังอัดประลัย ถึงแม้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตจะไม่ได้รับแรงดึงโดยตรงก็ตาม แต่การทราบค่ากำลังดึงนี้จะช่วยในการควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตจากผลกระทบต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ การหดตัว และมีประโยชน์อย่างมากในงานคอนกรีตอัดแรง งานสิ่งก่อสร้างเก็บของเหลว สำหรับวิธีการวัดค่าแรงดึงในคอนกรีต ทำได้ 3 วิธี คือ Direct Tension Test , Flexure Strength Test , Splitting Test

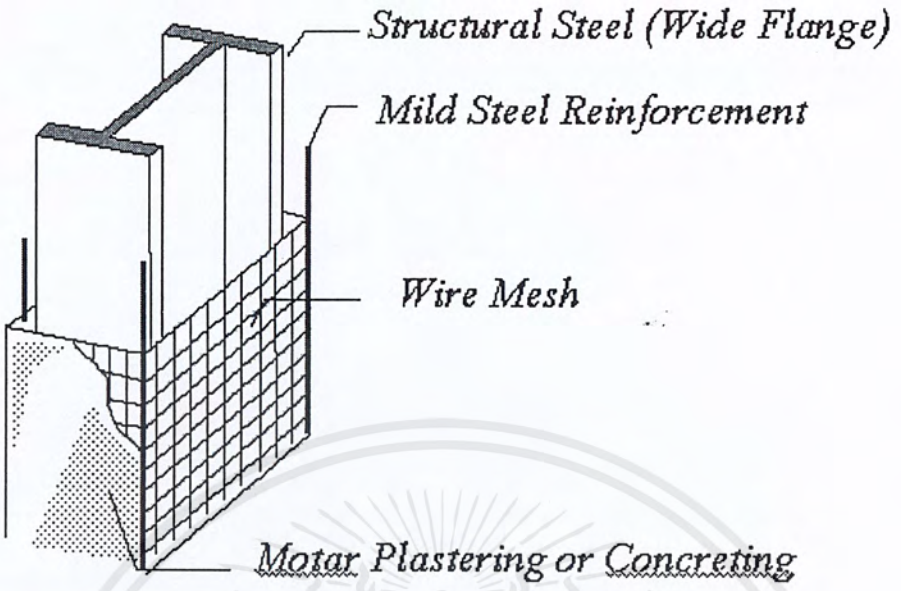
2.4. การใช้เหล็กเส้นตะแกรงสำหรับงานคอนกรีต

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการรับแรงดึงที่ต่ำมาก และแม้ว่าในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะใช้เหล็กเสริมหลักในการรับแรงดึงที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง ที่บริเวณผิวของโครงสร้างก็อาจเกิดรอยแตกร้าวขึ้นได้ อันจะทำในความแข็งแรงคงทนของโครงสร้างลดลง ดังนั้น จึงมีความพยายามที่จะลดรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นที่ผิวของโครงสร้างเหล่านี้ขึ้นโดยการใช้วัสดุที่มีความสามารถในการรับแรงดึงสูง ปูที่บริเวณผิวของโครงสร้างเพื่อรับแรงดึงที่เกิดขึ้นในบริเวณนี้ วัสดุที่เป็นที่นิยมใช้มากชนิดหนึ่งก็คือ เหล็กเส้นตะแกรง(Wire Mesh) ซึ่งสามารถลดรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นในโครงสร้างได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพในแทบทุกโครงสร้าง ตัวอย่างของเหล็กเส้นตะแกรงในโครงสร้างต่าง ๆ เป็นดังแสดงในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.4. ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Wire Mesh ในงานFerrocement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5. ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Wire Mesh หุ้มองค์อาคารเหล็ก

2.5. การประยุกต์ใช้เส้นใย (Fiber) ในงานคอนกรีต

ถึงแม้ว่าจะมีการแก้ปัญหาการแตกร้าวในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยการใช้เหล็กเส้นตะแกรงหรือ Wire Mesh แล้วก็ตามแต่ก็มิได้เป็นการเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึงของคอนกรีตแต่อย่างใด ทำให้ไม่สามารถควบคุมการแตกร้าวในคอนกรีตได้ทั้งหมด นอกจากนี้การใช้เหล็กเส้นตะแกรงยังเป็นการเพิ่มขั้นตอนในการก่อสร้างขึ้นอีก ทำให้ใช้เวลาในการก่อสร้างมากขึ้นและเพิ่มต้นทุนในการก่อสร้างในส่วนของค่าแรงและค่าวัสดุด้วย จึงมีการพัฒนาเทคนิคการใช้เส้นใย หรือ Fiber เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึงของคอนกรีตโดยตรงขึ้น เส้นใยที่ใช้มีอยู่หลายประเภท

2.6. การประยุกต์ใช้เส้นใยพลาสติกในงานคอนกรีต

เส้นใยพลาสติกเป็นวัสดุอีกประเภทหนึ่งที่มีกำลังรับแรงดึงที่สูง และยังเป็นวัสดุที่มีอยู่ค่อนข้างมาก มีราคาค่อนข้างถูกเมื่อเทียบกับเส้นใยประเภทอื่น ๆ ที่มีใช้กันอยู่ ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมอย่างมากที่จะนำมาใช้เป็นเส้นใยที่ใช้ผสมในคอนกรีตเพื่อเพิ่มความสามารถกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการใช้เส้นใยพลาสติกในงานคอนกรีตมากนัก ส่วนใหญ่จะยังอยู่ในช่วงของการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การศึกษาด้านคุณสมบัติเชิงกล

คุณสมบัติเชิงกลเป็นคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุซึ่งมีความแตกต่างกันไปในวัสดุแต่ละชนิดเราต้องศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุเพื่อสามารถนำวัสดุไปใช้งานให้ประโยชน์สูงสุด ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีต, เส้นใยพลาสติก, คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก, แผ่นพื้นเสริมเส้นใยพลาสติก โดยทำการทดสอบตามมาตราฐาน ASTM

3.1. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต

กำลังของคอนกรีต (Strength) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ซึ่งจะแสดงความสามารถในการรับแรงของคอนกรีต การทดสอบที่สำคัญคือการทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัดและการทดสอบหากำลังต้านทานแรงดึง

3.1.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต (Compressive Strength Test)

กำลังต้านทานแรงอัดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีตเนื่องจากพบว่ากำลังต้านทานหรือรับแรงแบบอื่นของคอนกรีตเช่นกำลังต้านทานแรงดึง, กำลังต้านทานแรงดัด, กำลังต้านทานแรงเฉือนและกำลังยึดเหนี่ยวล้วนเป็นสัดส่วนกับกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตและด้วยเหตุที่กำลังต้านทานแรงอัดมีค่ามากกว่ากำลังต้านทานแรงดึงหลายเท่า ดังนั้นในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจึงออกแบบโดยพิจารณาให้คอนกรีตรับแรงอัดเพียงอย่างเดียวส่วนแรงดึงที่เกิดขึ้นให้เหล็กเสริมซึ่งหล่ออยู่ในคอนกรีตทำหน้าที่ต้านทาน

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องUTM(Universal Testing Machine)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. โม่ผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องหล่อหมวก(capped)
5. Mold มาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.
6. เกรียงเหล็ก
7. พลั่ว
8. ช้อนตัก
9. เหล็กตำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม.ปลายกลมมน
10. ถัง
11. ปูน, ทราย, หิน, น้ำ

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

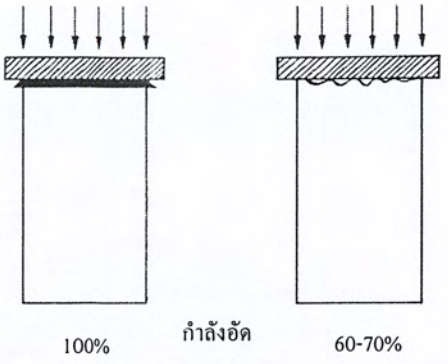
ใช้มาตรฐาน ASTM C 192 (Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory)

1. เตรียม Mold มาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
2. ชั่งปูน, ทราย, หินและน้ำตามที่ได้คำนวณไว้ซึ่งอยู่ในหัวข้อการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตในที่นี้เราออกแบบกำลังอัดคอนกรีตไว้ 240 กก./ซม.^{2}
3. ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยโม่ผสมคอนกรีตประมาณ1นาที
4. ตักคอนกรีตลงแบบหล่อจำนวน 18 ตัวอย่างเพื่อใช้สำหรับทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ 7 วันจำนวน 9 ตัวอย่างและสำหรับทดสอบกำลังอัดที่ 28 วันอีก 9 ตัวอย่าง การตักคอนกรีตจะแบ่งเป็นสามชั้นแต่ละชั้นให้ตำด้วยเหล็กตำ 25 ครั้งเมื่อตำชั้นสุดท้ายเสร็จปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
5. นำตัวอย่างไปบ่มในบ่อบ่มตามเวลาที่กำหนด

<u>การทดสอบ</u>

การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดใช้มาตรฐาน ASTM C 39 (Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1. ก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่capหัวและไม่capหัว

1. capผิวด้านบนของตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบด้วยกำมะถัน
2. นำตัวอย่างวางบนกึ่งกลางแท่นทดสอบโดยให้แกนอยู่ในแนวศูนย์กลางของแท่งกด
3. เปิดเครื่องทดสอบโดยควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสม่ำเสมอประมาณ 1.43-3.47 กก./ตร.ซม./วินาที
4. กดก้อนตัวอย่างจนพัง บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้ นำค่าน้ำหนักและพื้นที่หน้าตัดมาหากำลังอัดประลัย

$$\text{กำลังอัดประลัย} = \frac{\text{น้ำหนักกดประลัย}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของก้อนตัวอย่าง}} \qquad (3.1.)$$

หน่วยที่ใช้โดยทั่วไปคือ

1. กก./ตร.ซม. (ksc)
2. นิวตัน/ตร.มม. (N/mm^2)

3.1.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต (Tensile Strength Test)

กำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตมีค่าต่ำมากคือประมาณ 10% ของกำลังอัดประลัย และยังมีคุณสมบัติที่เปราะด้วย ถึงแม้ว่าในการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะสมมุติให้คอนกรีตไม่ได้รับแรงดึงเลย แต่การทราบค่ากำลังรับแรงจะช่วยในการควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตจากผลกระทบต่างๆ เช่น อุณหภูมิ, การหดตัวและมีประโยชน์อย่างมากในงานคอนกรีตอัดแรง, งานสิ่งก่อสร้างเก็บของเหลว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตทำได้ 3วิธีคือ Direct Tensile Test, Splitting Test และ Flexural Test แต่ในการทดสอบนี้จะทดสอบเพียงวิธี Splitting Test และ Flexural Test

3.1.2.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธี Splitting Test

การทดสอบความต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยตรงนั้นไม่สะดวกเหมือนการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต เนื่องจากเครื่องมือทดสอบอาจทำให้เกิดหน่วยแรงอื่นที่ไม่ต้องการขึ้นมาได้ทำให้ผลการทดสอบผิดพลาด โดยทั่วไปการทดสอบหาความต้านทานแรงดึงของคอนกรีตทำโดยการอัดแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม.สูง 30 ซม. ซึ่งวางให้แกนตามยาวอยู่ในแนวนอนดังรูปที่ 3.2.จนกระทั่งแตกออกจากกันในแนวทางดิ่งวิธีนี้เรียกว่า Splitting Test

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

การเตรียมวัสดุอุปกรณ์เหมือนกับการเตรียมอุปกรณ์สำหรับการหล่อแบบทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัดในหัวข้อ3.1.1.

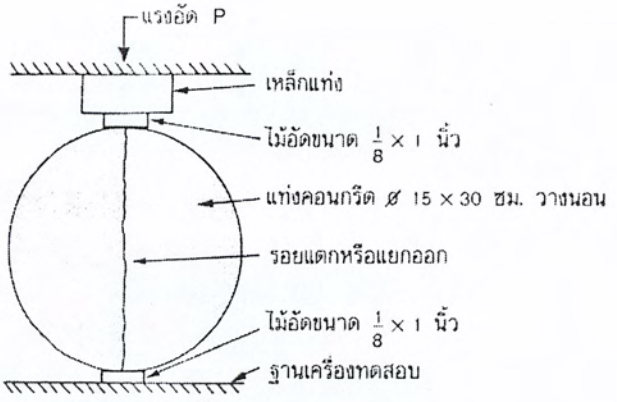
<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

การเตรียมตัวอย่างทดสอบใช้มาตรฐาน ASTM C 192 (Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory) เหมือนกับการเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัดในหัวข้อ3.1.1. โดยเตรียมจำนวนตัวอย่างทดสอบทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ 7 วันจำนวน 9 ตัวอย่างและสำหรับทดสอบกำลังอัดที่ 28 วันอีก 9 ตัวอย่าง

<u>การทดสอบ</u>

การทดสอบหากำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธี Splitting Test ใช้มาตรฐาน ASTM C 496(Standard Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens) มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2. การทดสอบด้วยวิธีSplitting Test

1. นำตัวอย่างวางบนกึ่งกลางแท่นทดสอบในแนวนอนใต้หัวกดโดยรองด้านบนและด้านล่างตัวอย่างด้วยแท่งไม้ดังรูปที่ 3.1.
2. เปิดเครื่องทดสอบโดยควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสม่ำเสมอประมาณ 0.12-0.23 กก./ตร.ซม./วินาที
3. กดก้อนตัวอย่างจนพัง บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้
4. คำนวณหากำลังต้านทานแรงดึงจาก

$$f_s = \frac{2P}{\pi dL} \qquad (3.2.)$$

f_s = Splitting Strength

P = น้ำหนักกดสูงสุด (กก.)

L = ความยาวของตัวอย่างทรงกระบอก (ซม.)

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่าง

3.1.2.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธี Flexural Strength

เนื่องจากการหากำลังดึงโดยตรงของคอนกรีตโดยตรงทำได้ยากจึงมีความนิยมในการหากำลังดึงของคอนกรีตจากการทดสอบคานคอนกรีตภายใต้แรงดัดแทน โดยค่าหน่วยแรงดึงจะเกิดสูงสุดที่บริเวณท้องคานที่เรียกว่าโมดัสการแตกร้าว (Modulus of Rupture)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังดึงของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบสอบด้วยวิธีนี้จะมีค่ามากกวากำลังดึงโดยตรงของคอนกรีต 50-100% จากผลกระทบของ Strain Gradient เนื่องจากหน่วยการยืดหดตัวในคอนกรีตที่เกิดขึ้นอยู่ในลักษณะส่วนโค้งมิใช่การยืดหดในลักษณะเส้นตรงอย่างที่สมมุติ ซึ่งทำให้โมดูลัสของการแตกร้าวมีค่าแตกต่างกันไปตามขนาดความลึกของคานทดสอบ นอกจากนั้นในกรณีทดสอบกำลังดึงโดยตรงปริมาตรทั้งหมดของคอนกรีตจะได้รับหน่วยแรงดึงที่กระทำ แต่การทดสอบการดัดนั้นปริมาตรของคอนกรีตส่วนน้อยบริเวณท้องคานเท่านั้นที่ได้รับหน่วยแรงดึง แต่อย่างไรก็ตามค่ากำลังดัดก็มีประโยชน์สำหรับงานควบคุมคุณภาพคอนกรีตในงานถนนและพื้นสนามบินเพราะคอนกรีตดังกล่าวต้องรับน้ำหนักในลักษณะของแรงดัด

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องUTM(Universal Testing Machine)
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. โม่ผสมคอนกรีต
4. แบบหล่อมาตรฐานขนาด 15x15x60 ซม.
5. เกรียงเหล็ก
6. พลั่ว
7. ช้อนตัก
8. เหล็กตำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม.ปลายกลมมน
9. ถัง
10. ปูน, ทราย, หิน, น้ำ

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

การเตรียมตัวอย่างคานใช้มาตรฐาน ASTM C 192 (Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory) มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดังนี้

1. เตรียมแบบหล่อมาตรฐานขนาด 15x15x60 ซม.ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
2. ชั่งปูน, ทราย, หินและน้ำตามที่ได้คำนวณไว้ซึ่งอยู่ในหัวข้อการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตในที่นี้เราออกแบบกำลังอัดคอนกรีตไว้ 240 กก./ซม.^{2}
3. ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยโม่ผสมคอนกรีตประมาณ1นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

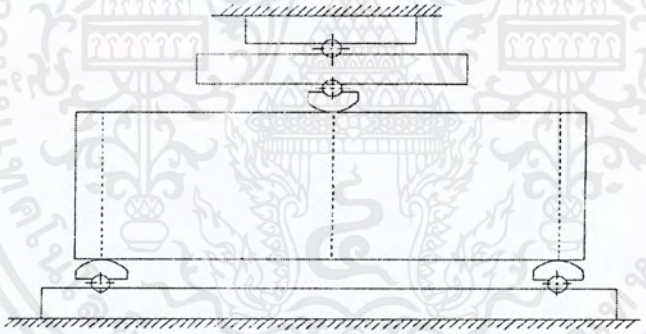
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

4. ตักคอนกรีตลงแบบหล่อจำนวน 18 ตัวอย่างเพื่อใช้สำหรับทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ 7 วันจำนวน 9 ตัวอย่างและสำหรับทดสอบกำลังอัดที่ 28 วันอีก 9 ตัวอย่าง การตักคอนกรีตจะแบ่งเป็นสามชั้นแต่ละชั้นให้ตำด้วยเหล็กตำ 112 ครั้งเมื่อตำชั้นสุดท้ายเสร็จปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
5. นำตัวอย่างไปบ่มในบ่อบ่มตามเวลาที่กำหนด

การทดสอบ

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธี Flexural Strength ใช้มาตรฐาน ASTM C78 (Standard Test for Flexural Strength of concrete)มีขั้นตอนดังนี้

1. นำแท่นทดสอบตัวอย่างคานติดเข้ากับเครื่องทดสอบ
2. แบ่งตัวอย่างตามยาวโดยเหลือบริเวณปลายไว้สองส่วนส่วนละ 7.5 ซม. ส่วนภายในที่เหลือแบ่งเป็นสองส่วนเท่าๆกันส่วนละ 22.5 ซม.



รูปที่ 3.3. การทดสอบด้วยวิธี Flexural Strength

3. วางตัวอย่างบนแท่นโดยให้รอยขีดอยู่ตรงกับฐานของแท่น
4. ปรับแท่นกดด้านบนมาวางบนตัวอย่างโดยให้ตรงรอยขีดเช่นกัน
5. เปิดเครื่องทดสอบโดยควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสม่ำเสมอประมาณ 0.14-0.20 กก./ตร.ซม./วินาที
6. กดก้อนตัวอย่างจนพัง บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้ เพื่อไปคำนวณหากำลังดัด
7. คำนวณหากำลังต้านทานแรงดัดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42402

$$f_t = \frac{3\,PL}{2\,bd^2} \qquad (3.3.)$$

f_t = Modulus of Rupture

P = น้ำหนักกดสูงสุด (กก.)

L = ความยาวของตัวอย่างคาน (ซม.)

b = ความกว้างคาน (ซม.)

d = ความลึกคาน (ซม.)

3.2. คุณสมบัติเชิงกลของเส้นใยพลาสติก

คุณสมบัติเชิงกลของเส้นใยพลาสติกที่สำคัญคือคุณสมบัติการรับแรงดึง เราต้องทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดึงของเส้นใยพลาสติกเพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการออกการเสริมเส้นใยพลาสติกในแผ่นพื้น

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

1. เครื่องทดสอบกำลังดึง
2. กรรไกร
3. ไม้บรรทัด
4. เส้นใยพลาสติก
5. เวอร์เนียร์

<u>การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ</u>

การทดสอบความสามารถรับแรงดึงของเส้นใยพลาสติกมีการทดสอบสองลักษณะคือ การทดสอบความสามารถรับแรงดึงของเส้นพลาสติกเพียงหนึ่งเส้นและการทดสอบโดยใช้แถบพลาสติกซึ่งมีเส้นใยพลาสติก10เส้น การเตรียมตัวอย่างเส้นใยพลาสติกสำหรับการทดสอบรับแรงดึงมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตัดเส้นพลาสติกเป็นเส้นเดียวยาว 10 ซม.จำนวน18เส้นและตัดเป็นแถบแต่ละแถบซึ่งมีเส้นพลาสติก 10เส้นจำนวน18เส้น
2. วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยพลาสติกโดยใช้เวอร์เนียร์
3. นำไปทดสอบรับแรงดึงด้วยเครื่องรับแรงดึง
4. บันทึกค่าแรงดึงประลัยของเส้นใยพลาสติก

$$\text{กำลังดึงประลัย} = \frac{\text{แรงดึงประลัย}}{\text{พื้นที่หน้าตัดเส้นใยพลาสติก}} \qquad (3.4.)$$

3.3. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก

การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกทำเช่นเดียวกันกับการทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตธรรมดา แต่เมื่อมีการเพิ่มวัสดุเข้าไปในส่วนประกอบคอนกรีตย่อมทำให้คุณสมบัติเชิงกลเปลี่ยนไป การทดสอบนี้จะทำให้ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคอนกรีตเมื่อผสมเส้นใยพลาสติกเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการนำเส้นใยพลาสติกไปประยุกต์ใช้ในงานคอนกรีต

3.3.1. การทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก (Compressive Strength Test)

การทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีการทดสอบตัวอย่างเหมือนกับการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตล้วนเพียงแต่ต่างกันที่การเตรียมตัวอย่างทดสอบจะมีการผสมเส้นใยพลาสติกลงไปในคอนกรีตด้วย

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

ใช้วัสดุอุปกรณ์เหมือนกับการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตล้วนดังหัวข้อ3.1.1.แต่เพิ่มเส้นใยพลาสติกขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมตัวอย่าง

ใช้มาตรฐาน ASTM C 192 (Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory)

1. ตัดเส้นใยพลาสติกเป็นเส้นแต่ละเส้นยาวประมาณ 5 ซม.
2. เตรียม Mold มาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
3. ชั่งปูน, ทราย, หินและน้ำตามที่ได้คำนวณไว้ซึ่งอยู่ในหัวข้อการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตในที่นี้เราออกแบบกำลังอัดคอนกรีตไว้ 240 กก./ซม.^{2}
4. ผสมปูนทรายและหินให้เข้ากันด้วยโม่ผสมคอนกรีต
5. ค่อยๆเติมเส้นใยพลาสติกในคอนกรีตขณะที่กำลังโม่ให้เส้นใยพลาสติกกระจายในคอนกรีตอย่างทั่วถึงโดยใช้อัตราส่วนผสมเส้นใยพลาสติกต่อคอนกรีต 0.013%โดยน้ำหนัก
6. ตักคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกลงแบบหล่อจำนวน 18 ตัวอย่างเพื่อใช้สำหรับทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ 7 วันจำนวน 9 ตัวอย่างและสำหรับทดสอบกำลังอัดที่ 28 วันอีก 9 ตัวอย่าง การตักคอนกรีตจะแบ่งเป็นสามชั้นแต่ละชั้นให้ตำด้วยเหล็กตำ 25 ครั้งเมื่อตำชั้นสุดท้ายเสร็จปาดผิวหน้าให้เรียบด้วยเกรียง
7. นำตัวอย่างไปบ่มในบ่อบ่มตามเวลาที่กำหนด

การทดสอบ

การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดใช้มาตรฐาน ASTM C 39 (Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens)เหมือนหัวข้อ3.1.1.และนำค่าแรงอัดประลัยที่ได้ไปคำนวณตามสมการ(3.1.)

3.3.2. ก ารทดสอบหากำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก (Tensile Strength Test)

เนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติต้านทานแรงดึงต่ำ ในปัจจุบันจึงมีการนำวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติในการรับแรงดึงที่ดีกว่าเข้ามาช่วยในการรับแรงดึง ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางคือการใช้เหล็กเส้นมาเสริมในอาคารคอนกรีต นอกจากนั้นยังมีการนำไฟเบอร์มาผสมในคอนกรีตเพื่อช่วยในการรับแรงดึง ในการทดสอบนี้จะใช้เส้นใยพลาสติกมาช่วยในการรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.1. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโดยวิธี Splitting Test

เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 496(Standard Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens) เช่นเดียวกับการทดสอบคอนกรีตล้วน มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

ใช้วัสดุอุปกรณ์เหมือนกับการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตล้วนดังหัวข้อ3.3.1.

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

ใช้มาตรฐาน ASTM C 192 (Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory)เหมือนกับการเตรียมตัวอย่างทดสอบในหัวข้อ3.3.1.โดยเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ 7 วันจำนวน 9 ตัวอย่างและสำหรับทดสอบกำลังอัดที่ 28 วันอีก 9 ตัวอย่าง

<u>การทดสอบ</u>

การทดสอบหากำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตโดยวิธี Splitting Test ใช้มาตรฐาน ASTM C 496(Standard Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens) เหมือนการทดสอบในหัวข้อ3.1.2.1.แล้วนำค่าแรงดึงประลัยไปคำนวณหากำลังต้านทานแรงดึงตามสมการ(3.2.)

3.3.2.2. การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโดยวิธี Flexural Strength

เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C78 (Standard Test for Flexural Strength of concrete)เช่นเดียวกับการทดสอบคอนกรีตธรรมดา มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

ใช้วัสดุอุปกรณ์เหมือนกับการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตในหัวข้อ3.1.2.1.แต่เพิ่มเส้นใยพลาสติก

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

การเตรียมตัวอย่างคานเหมือนกับการเตรียมตัวอย่างคานในหัวข้อ3.1.2.1.แต่มีการผสมเส้นใยพลาสติกด้วยโดยตัดเส้นใยพลาสติกเป็นเส้นแต่ละเส้นยาวประมาณ 5 ซม.และค่อยๆเติมเส้นใยพลาสติกในคอนกรีตขณะที่กำลังโม่ให้เส้นใยพลาสติกกระจายในคอนกรีตอย่างทั่วถึงโดยใช้อัตราส่วนผสมเส้นใยพลาสติกต่อคอนกรีต 0.013%โดยน้ำหนัก ทำการเตรียมตัวอย่างทดสอบจำนวน 18 ตัวอย่าง เพื่อใช้สำหรับทดสอบกำลังรับแรงอัดที่ 7 วันจำนวน 9 ตัวอย่างและสำหรับทดสอบกำลังอัดที่ 28 วันอีก 9 ตัวอย่าง

<u>การทดสอบ</u>

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโดยวิธี Flexural Strength ใช้มาตรฐานASTM C78 (Standard Test for Flexural Strength of concrete)มีขั้นตอนเหมือนการทดสอบคานในหัวข้อ3.1.2.2.แล้วนำค่าแรงดึงประลัยไปคำนวณหากำลังต้านทานแรงดัดตามสมการ (3.3.)

3.4. คุณสมบัติเชิงกลของแผ่นพื้นเสริมเส้นใยพลาสติก

แผ่นพื้นในปัจจุบันมักเสริมด้วยเหล็กเส้นซึ่งการใช้เหล็กเส้นยังมีข้อด้อยอยู่หลายประการเช่นการจัดเก็บเหล็กเส้นต้องใช้พื้นที่มาก, มีอากาศถ่ายเท, เหล็กที่ใช้ต้องไม่เป็นสนิม, น้ำหนักมาก, ก ารขนย้ายลำบาก เป็นต้น ถ้าสามารถนำวัสดุมุงบังแสงที่เรียกว่า"ซาแลน"ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นพลาสติกถักเรียงกันเป็นแถบมีความสามารถรับแรงดึงได้ดี, ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ, น้ำ หนักเบา, สามารถม้วนหรือพับเก็บได้ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ มาใช้แทนเหล็กเส้นได้จะเกิดความสะดวกในการทำงานยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแผ่นพื้นมักจะต้องรับโมเมนต์ที่เกิดจากแรงกระทำภายนอกและแรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักของแผ่นพื้นดังนั้นการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นพื้นจะทดสอบความสามารถต้านทานแรงดัดเป็นสำคัญ

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบกำลังดัด
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. โม่ผสมคอนกรีต
4. แบบหล่อพื้นขนาด 1.00x0.30x0.10 ม.
5. เกรียงเหล็ก
6. พลั่ว
7. เหล็กตำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม.ปลายกลมมน
8. ถัง
9. ปูน, ทราย, หิน, น้ำ
10. เส้นใยพลาสติก
11. เหล็ก RB6

การเตรียมตัวอย่าง

การทดสอบพื้นแบ่งลักษณะตัวอย่างที่จะทดสอบเป็น 3 กรณีคือพื้นคอนกรีตล้วน, พื้นคอนกรีตเสริมและพื้นคอนกรีตเสริมแถบเส้นใยพลาสติก การเตรียมตัวอย่างแผ่นพื้นมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดังนี้

กรณี1 การเตรียมตัวอย่างพื้นคอนกรีตล้วน

1. เตรียมแบบหล่อพื้นขนาด 1.00x0.30x0.10 ม.ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
2. ชั่งปูน, ทราย, หินและน้ำตามที่ได้คำนวณไว้ซึ่งอยู่ในหัวข้อการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตในที่นี้เราออกแบบกำลังอัดคอนกรีตไว้ 240 กก./ซม.^{2} ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยโม่ผสมคอนกรีต
3. เทคอนกรีตลงในแบบโดยแบ่งการเทเป็นสองชั้นๆละ5 ซม.แต่ละชั้นต้องตำด้วยเหล็กตำให้ทั่ว
4. ปาดหน้าแผ่นพื้นให้เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หล่อพื้นคอนกรีตล้วนจำนวน 8 ตัวอย่างบ่มโดยการคลุมด้วยกระสอบและรดน้ำเป็นเวลา 28 วัน

กรณี2 การเตรียมตัวอย่างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. ตัดเหล็กยาว1 ม. งอ 180 องศาระยะ 10 ซม.ที่ปลายทั้งสองข้าง
2. เตรียมแบบหล่อพื้นขนาด 1.00x0.30x0.10 ม.ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
3. ชั่งปูน, ทราย, หินและน้ำตามที่ได้คำนวณไว้ซึ่งอยู่ในหัวข้อการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตในที่นี้เราออกแบบกำลังอัดคอนกรีตไว้ 240 กก./ซม.^{2} ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยโม่ผสมคอนกรีต
4. เทคอนกรีตลงในแบบหล่อหนาประมาณ 3 ซม. วางเหล็ก2เส้นตามแนวยาวโดยเหล็กเส้นอยู่ห่างจากขอบ คอนกรีต5 ซม.
5. เทคอนกรีตทับจนเต็มแบบ ปาดหน้าแผ่นพื้นให้เรียบ
6. หล่อพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวน 8 ตัวอย่างบ่มโดยการคลุมด้วยกระสอบและรดน้ำเป็นเวลา 28 วัน

กรณี3 การเตรียมตัวอย่างพื้นคอนกรีตเสริมแถบเส้นใยพลาสติก

1. ตัดเส้นใยพลาสติกเป็นแถบขนาด1.00x0.30 ม.
2. เตรียมแบบหล่อพื้นขนาด 1.00x0.30x0.10 ม.ทำความสะอาดและทาน้ำมัน
3. ชั่งปูน, ทราย, หินและน้ำตามที่ได้คำนวณไว้ซึ่งอยู่ในหัวข้อการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตในที่นี้เราออกแบบกำลังอัดคอนกรีตไว้ 240 กก./ซม.^{2}
4. ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยโม่ผสมคอนกรีต
5. ตักคอนกรีตใส่แบบหล่อพื้นชั้นแรกหนาประมาณ 1 ซม.ปูทับด้วยแถบเส้นใยพลาสติกที่เตรียมไว้
6. ตักคอนกรีตชั้นที่สองใส่ลงในแบบหล่อหนาประมาณ 1 ซม.และปูทับด้วยแถบพลาสติกทำเช่นนี้จนกระทั่งปูเส้นใยพลาสติกครบ 3 ชั้นจากนั้นเทคอนกรีตชั้นสุดท้ายและปาดหน้าให้เรียบ
7. หล่อพื้นโดยเสริมแถบเส้นใยพลาสติกจำนวน 8 ตัวอย่างบ่มโดยการคลุมด้วยกระสอบและรดน้ำเป็นเวลา 28 วัน

<u>การทดสอบ</u>

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกโดยวิธี Flexural Strength ใช้มาตรฐานASTM C78 (Standard Test for Flexural Strength of concrete)มีขั้นตอนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบเหมือนกับการทดสอบตัวอย่างคานในหัวข้อ3.1.2.2.แล้วนำค่าแรงดัดที่ได้ไปคำนวณหากำลังต้านทานแรงดัดตามสมการ(3.3.)

3.5. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ในการออกแบบโครงสร้างผู้ออกแบบจะใช้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตค่าหนึ่งในการออกแบบและใช้ค่านี้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีตเรียกว่ากำลังต่ำสุด(Minimum Strength) โดยจะออกแบบให้คอนกรีตมีกำลังเท่ากับกำลังต่ำสุดเลยไม่ได้ เพราะในการผลิตคอนกรีตนั้นค่ากำลังจะไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับการควบคุมคุณสมบัติและสัดส่วนของวัสดุตลอดจนการผลิต ดังนั้นการออกแบบ ส่วนผสมจะมุ่งไปที่กำลังเฉลี่ย(Mean Strength) ซึ่งสูงกว่ากำลังต่ำสุด โดยจะเผื่อค่าความแปรผันดังกล่าวไว้ ซึ่งถ้าการควบคุมการผลิตคอนกรีตไม่ดีจะทำให้ค่ากำลังแปรผันมากทำให้ต้องออกแบบให้กำลังเฉลี่ยของคอนกรีตมีค่าสูงซึ่งจะทำให้คอนกรีตมีราคาแพง

ในการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตเราจะต้องทราบค่าความแปรผันนี้จากข้อมูลเดิมของผู้ที่ทำการผลิตถ้าข้อมูลมีมากจะทำให้การออกแบบส่วนผสมมีความแม่นยำมากขึ้นซึ่งโดยทั่วๆไปมักจะกำหนดเอา ค่ากำลังเฉลี่ยของแท่งทดสอบต่ำกว่ากำลังต่ำสุดเป็นจำนวนร้อยละห้าและร้อยละหนึ่ง

การผสมปูนซีเมนต์ ทราย หิน และน้ำ ตามอัตราส่วนที่กำหนด เพื่อให้เป็นคอนกรีตที่มีคุณภาพได้นั้นต้องทำการผสมให้ถูกต้องจะได้มีความสามารถรับกำลังตามที่ต้องการได้แม้ว่าจะออกแบบอัตราส่วนผสมคุณภาพของวัสดุที่ใช้จะดีอย่างไรก็ตามถ้าการผสมทำได้ไม่ถูกต้องก็มีผลทำให้คอนกรีตเสียกำลังไปได้และการตวงส่วนผสมให้ถูกต้องมีคุณภาพควรตวงแบบน้ำหนักมากกว่าการตวงแบบปริมาตรเพราะตวงแบบปริมาตรมีการผิดพลาดของปริมาณวัสดุมากกว่า

การทดลองนี้ต้องการคอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยเฉลี่ยของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วันเท่ากับ 240 กก./ซม.^{2} โดยกำหนดให้

- โอกาสที่ก้อนตัวอย่างที่มีกำลังต่ำกว่าที่ออกแบบไว้มีจำนวนไม่เกิน 5% (k=1.645)
- ค่า s = 30 กก./ซม.^{2}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่งมีความถ่วงจำเพาะ 3.15
- มวลรวมหยาบขนาดโตสุด 20 มม.มีความถ่วงจำเพาะ 2.70 ค่าการดูดซึม 0.5%และมีหน่วยน้ำหนัก (แห้งและอัดแน่น)เป็น 1600 กก./ม^3
- มวลรวมละเอียดมีความถ่วงจำเพาะ 2.60 ค่าการดูดซึม 2.7% และมีโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.80

<u>ขั้นตอนการออกแบบ</u>

1. กำลังที่ต้องการ $= f_c' + k_s$

   $= 240+(1.645x30) = 290$ กก./ซม.^{2}
2. ใช้ขนาดมวลรวมหยาบโตสุด 20 มม. ค่ายุบตัว 8-10 ซม. ไม่ใช้สารกักกระจายฟองอากาศจะได้ปริมาณน้ำเท่ากับ 200 ลิตร/ม^3 ของคอนกรีต
3. กำลังคอนกรีต 290 กก./ซม.^{2}ได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักเท่ากับ 0.56
4. ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ $= \frac{200}{0.56} = 357$ กก.
5. ปริมาณมวลรวมหยาบ

   เมื่อค่าโมดูลัสความละเอียดของมวลรวมละเอียด $= 2.8$

   และขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ $= 20$ มม.

   $\therefore$ ปริมาตรของมวลรวมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่น $= 0.62$ ม.^{3}/ม.^{3}ของคอนกรีต

   หน่วยน้ำหนักของหิน $= 1600$ กก./ม.^{3}

   $\therefore$ น้ำหนักมวลรวมหยาบที่ใช้ $= 0.62x1600 = 992$ กก./ม.^{3}ของคอนกรีต
6. ปริมาณมวลรวมละเอียด

   ปริมาตรน้ำ $= \frac{200}{1.3} = 0.2$ ม.^{3}

   ปริมาตรซีเมนต์ $= \frac{357}{3.15 \times 10^3} = 0.113$ ม.^{3}

   ปริมาตรมวลรวมหยาบ $= \frac{992}{2.7 \times 10^3} = 0.367$ ม.^{3}

   ฟองอากาศ $= 0.02 \times 1 = 0.02$ ม.^{3}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

∴ ปริมาตรส่วนผสมทั้งหมด(ยกเว้นทราย) = 0.7 ม.^{3}

ปริมาตรทรายที่ต้องใช้ = 1-0.7 = 0.3 ม.^{3}

ปริมาตรทรายแห้ง = $0.3 \times 2.6 \times 10^3$ = 780 กก.

7. ดังนั้นคอนกรีต 1 ลบ.ม.ต้องใช้

- ซีเมนต์ 357 กก.
- น้ำ 200 กก.
- หิน 992 กก.
- ทราย 780 กก.

∴ น้ำหนักรวมทั้งหมด 2329 กก.

3.6. การออกแบบแผ่นพื้นสำหรับการทดสอบ

กำหนดเป็นพื้นคอนกรีตขนาด 0.30 x 1.00 x 0.10 ม. เสริมเหล็ก RB6 จำนวน 2 เส้น

รูปที่ 3.4. แสดงลักษณะตัวอย่างพื้นคสล.

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{0.28 \times 2}{30 \times 7} = 0.0027$$

$$n = \frac{2040000}{15210\sqrt{f_c'}} = 8.66$$

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} \qquad np = 0.205$$

$$j = 0.9317$$

$$R = \frac{1}{2} f_c kj = 0.5 \times 240 \times 0.2 \times 0.9317 = 22.92$$

$$M_c = Rbd^2$$

$$= 22.92 \times 30 \times 7^2$$

$$= 33692.4 \quad \text{กก.ซม.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 337 กก.ม.

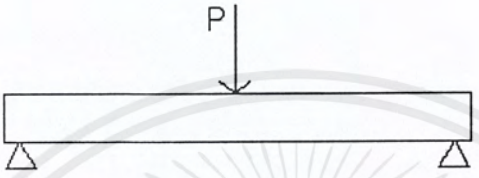
$M_s = A_s f_s jd$

= 0.28 x 2 x 2400 x 0.9317 x 7

= 8765.43 กก.ซม.

= 87.65 กก.ม.

∴ โมเมนต์ปลอดภัยเท่ากับ 87.65 กก.ม.



รูปที่ 3.5. แสดงลักษณะแรงกระทำตัวอย่างพื้นคสล.

$$M = \frac{wl^2}{8} + \frac{Pl}{4}$$

w = 0.3 x 0.1 x 2400 = 72 กก./ม.

$$87.65 = \frac{72 \times 0.9^2}{8} + \frac{P \times 0.9}{4}$$

P = 357.155 กก.

∴ พื้นออกแบบให้รับแรงปลอดภัยได้เท่ากับ 357.155 กก.

การเสริมเหล็กเส้นถูกออกแบบให้ใช้เหล็กRB6เพียง 2 เส้นเนื่องจากต้องการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับพื้นเสริมเส้นใยพลาสติกโดยให้มีความสามารถรับแรงดึงใกล้เคียงกันมากที่สุด

- เหล็กRB6สองเส้นรับแรงดึงได้ = 0.28x2400x2 = 1344 กก.
- เส้นใยพลาสติกที่เสริมในพื้นชั้นละ 110 เส้นจำนวน3ชั้นรับแรงดึงได้ = 1.95x110x3 = 643.50 กก.

(จากผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเส้นใยพลาสติกได้ค่าความสามารถรับแรงดึงของเส้นใยพลาสติก 1.95 กก./เส้น)

การทดสอบไม่ใช้เหล็กเพียงหนึ่งเส้นเพราะต้องการให้เหล็กรับแรงดึงกระจายบนพื้นที่หน้าตัดพื้นการใช้เหล็กเพียงหนึ่งเส้นจะทำให้ลักษณะการรับแรงดึงเป็นจุดเพียงจุดเดียวไม่กระจายทั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่หน้าตัดและการไม่ใช้เหล็กมากกว่าสองเส้นเนื่องจากความสามารถรับแรงดึงของเหล็กมีค่าสูงกว่าเส้นใยพลาสติกมากการใช้เหล็กหลายเส้นทำให้ต้องเพิ่มจำนวนเส้นใยพลาสติกซึ่งในการทดลองไม่สามารถวางเส้นใยพลาสติกหลายๆชั้นได้เพราะจะทำให้ชั้นของเส้นใยพลาสติกเขาใกล้แกนสะเทินของพื้นทำให้ความสามารถในการช่วยรับแรงดึงลดลง ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้การทดลองนี้เลือกใช้พื้นเสริมเหล็กเพียงสองเส้นและเสริมเส้นใยพลาสติกสามชั้น(เส้นใยพลาสติก110เส้น/ชั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การศึกษาด้านคุณสมบัติด้านอื่น

นอกเหนือจากคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุดังที่กล่าวมาในบทที่สามแล้วยังต้องพิจารณาคุณสมบัติอื่นๆด้วยว่าเส้นใยพลาสติกมีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ หรือเหมาะกับงานประเภทใดเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุ

4.1. การใช้งาน

เส้นใยพลาสติกมีน้ำหนักเบาดังนั้นจึงสะดวกในการขนย้ายและใช้คนงานน้อยกว่าการขนย้ายเหล็กเส้น การจัดเก็บสามารถทำได้ง่ายเนื่องจากพลาสติกสามารถพับหรือม้วนได้จึงประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและเนื่องจากเส้นใยพลาสติกมีความทนแดดทนฝนและไม่เป็นสนิมดังนั้นจึงหาที่เก็บวัสดุได้ง่ายกว่าเหล็กเส้น

การใช้เส้นใยพลาสติกหลายๆชั้นเสริมในพื้นมีการควบคุมระยะห่างจากผิวคอนกรีตลำบากดังนั้นในการทำงานจริงควรปรับปรุงเส้นใยพลาสติกให้เป็นชั้นเดียวแต่มีความสามารถรับแรงดึงเท่ากับหลายชั้นเพื่อความสะดวกนอกจากนี้ช่องระหว่างเส้นใยพลาสติกควรห่างพอสมควรเพื่อให้คอนกรีตไหลผ่านลงชั้นล่างได้สะดวก ขณะเทคอนกรีตอาจควบคุมระดับเส้นใยโดยใช้วิธีขึงเส้นใยพลาสติกไว้กับหลักรอบๆแบบหล่อ

4.2. การผลิต

เส้นใยพลาสติกที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับบังแดดซึ่งมีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมในประเทศอยู่แล้วจึงสามารถหาซื้อวัสดุได้ง่าย แต่หากจะมีการผลิตสำหรับงานคอนกรีตโดยเฉพาะจะต้องมีการปรับเปลี่ยนบางประการเช่น

- เพิ่มความหนาของเส้นใยพลาสติกเพื่อให้มีความสามารถในการรับแรงดึงเพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนชั้นเส้นใยพลาสติกในองค์อาคารลดลงซึ่งจะช่วยลดเวลาในการทำงานลงด้วย อาจมีการผลิตเส้นใยพลาสติกที่มีความหนาหลายๆขนาดสำหรับงานที่มีการรับแรงต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความห่างของเส้นใยพลาสติกแต่ละเส้นต้องห่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพื่อให้คอนกรีตสามารถหุ้มเส้นใยได้ง่ายเป็นการป้องกันการแยกตัวเป็นชั้นขององค์อาคารเสริมเส้นใยพลาสติก
- การผลิตควรมีขนาดมาตรฐานสำหรับการขายเท่ากับความกว้างของพื้นสำเร็จรูปทั่วไปเพื่อให้สะดวกในการทำงานซึ่งอาจมีขนาดมาตรฐานหลายๆขนาดสำหรับงานลักษณะต่างๆกัน
- ซาแลนมีการถักเส้นใยพลาสติกในทิศทางเดียวดังนั้นจึงสามารถใช้กับงานพื้นทางเดียวเท่านั้นหากต้องใช้ในงานผนังหรือพื้นสองทางต้องถักเส้นใยพลาสติกสองทิศทางคล้ายกับการทอผ้า

4.3. ราคา

การใช้เส้นใยพลาสติกแทนเหล็กเส้นจะช่วยลดค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

- ลดขั้นตอนในการผูกเหล็กทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการจ้างคนงานผูกเหล็ก
- การตัดพลาสติกง่ายกว่าการตัดเหล็กและไม่ต้องมีการงอขอเหมือนเหล็กเส้นทำให้ช่วยประหยัดค่าจ้างในการตัดและงอเหล็ก
- น้ำหนักเบาช่วยให้ลดจำนวนคนงานที่ใช้ในการขนย้ายทำให้ค่าจ้างคนงานลดลง
- สามารถม้วนเก็บได้ทำให้สามารถขนย้ายได้คราวละมากๆช่วยให้ประหยัดค่าขนย้าย
- ไม่เป็นสนิมและจัดเก็บง่ายกว่าเหล็กเส้นทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทำที่เก็บวัสดุ

4.4. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ซาแลนเป็นวัสดุที่ผลิตจากพลาสติกที่ใช้แล้วดังนั้นการนำวัสดุนี้มาใช้จึงเป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมโดยการใช้วัสดุรีไซเคิล เมื่ออาคารที่ใช้เส้นใยพลาสติกเสริมคอนกรีตเกิดไฟไหม้อาจเป็นผลให้พลาสติกถูกเผาจนก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศซึ่งประเด็นนี้ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดไฟไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการศึกษา

5.1. กำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใย (Direct Tensile Test)

ตาราง 5.1. ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเส้นใยพลาสติก

no.	เส้นใยพลาสติก1เส้น		แถบเส้นใยพลาสติก	
	ultimated load (kg)	ultimated tensile stress (ksc)	ultimated load (kg)	ultimated tensile stress (ksc)
1	1.954	3256.67	15.94	2656.67
2	1.846	3076.67	17.87	2978.33
3	1.991	3318.33	16.18	2696.67
4	1.663	2771.67	16.79	2798.33
5	1.903	3171.67	17.84	2973.33
6	1.689	2815.00	16.80	2800.00
7	2.206	3676.67	15.12	2520.00
8	1.762	2936.67	19.67	3278.33
9	1.879	3131.67	19.55	3258.33
10	1.971	3285.00	15.92	2653.33
11	1.954	3256.67	17.90	2983.33
12	2.082	3470.00	18.45	3075.00
13	2.009	3348.33	16.38	2730.00
14	2.020	3366.67	17.76	2960.00
15	2.278	3796.67	18.35	3058.33
16	1.975	3291.67	19.73	3288.33
17	1.880	3133.33	18.49	3081.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

no.	เส้นใยพลาสติก1เส้น		แถบเส้นใยพลาสติก	
	ultimated load (kg)	ultimated tensile stress (ksc)	ultimated load (kg)	Ultimated Tensile stress (ksc)
18	1.994	3323.33	17.84	2973.33
เฉลี่ย	1.95	3245.93	17.59	2931.30

หมายเหตุ

1. พื้นที่เฉลี่ยเส้นใยพลาสติก1เส้นเท่ากับ 0.0006 ตร.ซม.
2. แถบเส้นใยพลาสติก1แถบมีเส้นใยพลาสติก10เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2. กำลังรับแรงอัดคอนกรีต (Compressive Strength Test)

ตาราง 5.2. ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยวิธี Compressive Strength Test

specimen no.	age (วัน)	คอนกรีตล้วน				คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก			
		diameter (cm.)	height (cm.)	ultimated load (kg.)	ultimated compressive strength (ksc.)	diameter (cm.)	height (cm.)	ultimated load (kg.)	ultimated compressive strength (ksc.)
1	7	15.0	30.1	13900	78.63	15.0	30.0	15000	84.85
2	7	15.0	30.0	13500	76.36	15.0	30.2	16000	90.51
3	7	15.1	30.2	13500	76.36	15.0	30.1	13200	74.67
4	7	15.0	30.0	13600	76.93	15.0	30.0	20000	113.13
5	7	15.0	30.2	14100	79.76	15.0	30.0	18000	101.82
6	7	15.0	30.0	13900	78.63	15.0	30.1	16500	93.33
7	7	15.0	30.1	14100	79.76	15.1	30.1	17500	98.99
8	7	15.1	30.3	13900	78.63	15.0	30.2	16500	93.33
9	7	15.0	30.0	13700	77.49	15.0	30.0	15200	85.98
เฉลี่ย					**78.06**				**92.96**
10	28	15.0	30.1	45800	259.07	15.1	30.0	49000	277.17
11	28	15.0	30.1	47000	265.86	15.0	30.0	57000	322.42
12	28	15.1	30.1	47000	265.86	15.0	30.1	63000	356.36
13	28	15.0	30	47400	268.12	15.0	30.1	62500	353.54
14	28	15.0	30.2	47500	268.69	15.0	30.2	60000	339.39
15	28	15.0	30.1	48000	271.52	15.1	30.1	57000	322.42
16	28	15.0	30.2	48500	274.34	15.0	30.2	53000	299.80
17	28	15.1	30.2	49000	277.17	15.0	30.2	55600	314.51
18	28	15.0	30	49000	277.17	15.0	30.0	57500	325.25
เฉลี่ย					**269.76**				**323.43**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3. กำลังต้านทานแรงดึงคอนกรีต(Splitting Test)

ตาราง 5.3. ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงโดยวิธี Splitting Test

specimen no.	age (วัน)	คอนกรีตล้วน				คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก			
		diameter (cm.)	height (cm.)	ultimated load (kg.)	ultimated tensile strength (ksc.)	diameter (cm.)	height (cm.)	ultimated load (kg.)	ultimated tensile strength (ksc.)
1	7	15.0	30.0	12400	17.54	15.0	30.0	12360	17.48
2	7	15.0	30.0	13800	19.52	15.0	30.0	16800	23.76
3	7	15.0	30.1	10000	14.14	15.0	30.0	12960	18.33
4	7	15.0	30.1	12500	17.68	15.0	30.1	12240	17.31
5	7	15.1	30.1	11000	15.56	15.0	30.0	14160	20.02
6	7	15.0	30.1	11500	16.26	15.0	30.0	12960	18.33
7	7	15.0	30.2	10000	14.14	15.0	30.1	13200	18.67
8	7	15.0	30.1	13000	18.38	15.0	30.1	14400	20.36
9	7	15.1	30.1	10000	14.14	15.0	30.1	13800	19.52
เฉลี่ย					16.37				19.31
10	28	15.0	30.1	18500	26.16	15.0	30.10	23500	33.23
11	28	15.0	30.0	19700	27.86	15.0	30.10	21000	29.70
12	28	15.1	30.0	22000	31.11	15.0	30.00	20500	28.99
13	28	15.0	30.1	22000	31.11	15.0	30.10	23500	33.23
14	28	15.0	30.0	21500	30.40	15.0	30.00	25000	35.35
15	28	15.0	30.0	26000	36.77	15.0	30.10	25000	35.35
16	28	15.0	30.0	20700	29.27	15.0	30.00	28500	40.30
17	28	15.0	30.0	20500	28.99	15.0	30.10	29500	41.72
18	28	15.0	30.0	21000	29.70	15.0	30.10	20000	28.28
เฉลี่ย					30.15				34.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4. กำลังต้านทานแรงดัดคอนกรีต(Flexural Strength Test)

ตาราง 5.4. ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัด โดยวิธี Flexural Strength Test

specimen no.	age (วัน)	คอนกรีตล้วน				คอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก			
		cross- section area (cmxcm)	length (cm.)	ultimated load (kg.)	ultimated modulus of repture (ksc.)	cross- section area (cmxcm)	length (cm.)	ultimated load (kg.)	ultimated modulus of repture (ksc.)
1	7	15x15	60	1188	23.76	15x15	60	1238.0	24.76
2	7	15x15	60	1260	25.20	15x15	60	1135.0	22.70
3	7	15x15	60	826.8	16.54	15x15	60	1170.0	23.40
4	7	15x15	60	1017.6	20.35	15x15	60	1181.0	23.62
5	7	15x15	60	1122.4	22.45	15x15	60	1159.4	23.19
6	7	15x15	60	1082.4	21.65	15x15	60	1336.2	26.72
7	7	15x15	60	920.21	18.40	15x15	60	1124.6	22.49
8	7	15x15	60	-	-	15x15	60	1323.5	26.47
9	7	15x15	60	-	-	15x15	60	1092.3	21.85
เฉลี่ย					**21.19**				**23.91**
10	28	15x15	60	1994	39.88	15x15	60	2124.9	42.498
11	28	15x15	60	2145	42.9	15x15	60	1853.55	37.071
12	28	15x15	60	1830	36.6	15x15	60	2033.1	40.662
13	28	15x15	60	2410	48.2	15x15	60	2269.35	45.387
14	28	15x15	60	1993	39.86	15x15	60	2290.95	45.819
15	28	15x15	60	1587	31.74	15x15	60	2255.85	45.117
16	28	15x15	60	2042	40.84	15x15	60	2367.9	47.358
17	28	15x15	60	2198	43.96	15x15	60	-	-
18	28	15x15	60	-	-	15x15	60	-	-
เฉลี่ย					**40.50**				**43.42**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 กำลังต้านทานแรงดัดพื้น (Flexural Strength Test)

5.5.1. พื้นคอนกรีตล้วน

ตาราง 5.5. ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดพื้นคอนกรีต

specimen no.	cross- section area (cm.x cm.)	Length (cm.)	span (cm.)	age (วัน)	ultimated load (kg.)	ultimated modulus of repture (ksc.)
1	30x13	100	90	28	959.70	25.55
2	30x13	105	90	28	914.00	24.34
3	30x12	100	90	28	922.50	28.83
4	30x13	105	90	28	984.10	26.20
5	30x10	103	90	28	842.70	37.92
6	30x11	100	90	28	765.40	28.47
7*	30x11	100	90	28	-	-
8*	30x12	103	90	28	-	-
เฉลี่ย						**28.55**

หมายเหตุ * คือตัวอย่างที่ผิดพลาดซึ่งจะไม่นำผลการทดสอบมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.2. พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตาราง 5.6. ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

specimen no.	cross- section area (cm.x cm.)	length (cm.)	span (cm.)	age (วัน)	ultimated load (kg.)	ultimated modulus of repture (ksc.)
1*	30x10	100	90	28	767.6	34.54
2*	30x12	105	90	28	999.4	31.23
3*	30x11	103	90	28	942	35.03
4*	30x13	100	90	28	1220	32.49
5	30x11	100	90	28	1503	55.90
6	30x10.5	105	90	28	1072	43.76
7	30x10	105	90	28	974	43.83
8*	30x12	100	90	28	-	-
เฉลี่ย						**44.05**

หมายเหตุ * คือตัวอย่างที่ผิดพลาดซึ่งจะไม่นำผลการทดสอบมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.3. พื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติก

ตาราง 5.7. ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดพื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติก

specimen no.	cross- section area (cm.x cm.)	length (cm.)	span (cm.)	age (วัน)	ultimated load (kg.)	ultimated modulus of repture (ksc.)
1	30x13	100	90	28	1716	45.69
2	30x11	100	90	28	1325	49.28
3	30x10.5	102	90	28	921	37.59
4	30x11	105	90	28	841	31.28
5*	30x12	105	90	28	686	21.44
6*	30x12	100	90	28	738	23.06
7	30x11	100	90	28	1002	37.26
8	30x10	103	90	28	828	37.26
เฉลี่ย						**40.0**

หมายเหตุ * คือตัวอย่างที่ผิดพลาดซึ่งจะไม่นำผลการทดสอบมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

6.1. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใย

จากการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของเส้นใยพลาสติกหนึ่งเส้นพบว่าสามารถรับแรงดึงประลัยเฉลี่ยได้เท่ากับ1.99 กก.คิดเป็นกำลังรับแรงดึงประลัยเฉลี่ยเท่ากับ 3245.93 กก./ตร.ซม. ส่วนการดึงเส้นใยพลาสติกแบบเป็นแถบได้ค่าแรงดึงประลัยเฉลี่ยเท่ากับ17.59 กก.คิดเป็นกำลังรับแรงดึงประลัยเฉลี่ยเท่ากับ 2391.3 กก./ตร.ซม. ซึ่งน้อยกว่ากำลังรับแรงดึงประลัยเฉลี่ยของเส้นใยพลาสติกหนึ่งเส้นเนื่องจากการดึงแถบเส้นใยพลาสติกขณะที่เส้นใยพลาสติกเริ่มขาดกำลังรับแรงดึงของแถบเส้นใยพลาสติกจะตกลงโดยที่เส้นใยพลาสติกยังขาดไม่ครบทุกเส้น และมีบางครั้งที่กิ๊บหนีบเส้นใยพลาสติกไม่แน่นทำให้เส้นใยพลาสติกบางเส้นไม่ได้ช่วยในการรับแรงดึง

6.2. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดคอนกรีต

จากการทดสอบพบว่าตัวอย่างคอนกรีตที่ 7วันค่ากำลังรับแรงอัดประลัยเฉลี่ยของคอนกรีตล้วนมีค่าเท่ากับ 78.06 กก./ตร.ซม.ส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยเฉลี่ยเท่ากับ 92.96กก./ตร.ซม.ซึ่งมีค่ามากกว่าคอนกรีตล้วน 19.09% สำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่ 28วันค่ากำลังรับแรงอัดประลัยเฉลี่ยของคอนกรีตล้วนมีค่าเท่ากับ 269.76 กก./ตร.ซม.ส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่ากำลังรับแรงอัดประลัยเฉลี่ยเท่ากับ 323.43 กก./ตร.ซม.มีค่ามากกว่าคอนกรีตล้วน 19.89% เนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติเปราะเมื่อรับแรงอัดจนเกิดรอยแตกเนื้อคอนกรีตจะแยกออกจากกันทันทีเป็นการพังทลายแบบฉับพลันการผสมเส้นใยพลาสติกเข้าไปในเนื้อคอนกรีตทำให้เส้นใยพลาสติกยึดเนื้อคอนกรีตไว้ ขณะที่คอนกรีตเริ่มแตกร้าวเนื้อคอนกรีตจะไม่แยกจากกันโดยทันทีทำให้กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น

สรุปว่าการผสมเส้นใยพลาสติกในส่วนผสมคอนกรีตทำให้คอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงอัดเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงคอนกรีต

จากการทดสอบพบว่าตัวอย่างคอนกรีตที่ 7วันค่ากำลังรับแรงดึงประลัยเฉลี่ยของคอนกรีตล้วนมีค่าเท่ากับ 16.37 กก./ตร.ซม.ส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่ากำลังรับแรงดึงประลัยเฉลี่ยเท่ากับ 19.31กก./ตร.ซม.ซึ่งมีค่ามากกว่าคอนกรีตล้วน 17.95% สำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่ 28วันค่ากำลังรับแรงดึงประลัยเฉลี่ยของคอนกรีตล้วนมีค่าเท่ากับ 30.15 กก./ตร.ซม.ส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่ากำลังรับแรงดึงประลัยเฉลี่ยเท่ากับ 34.02 กก./ตร.ซม.มีค่ามากกว่าคอนกรีตล้วน 12.83% เมื่อเปรียบเทียบกำลังรับแรงดึงกับกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28วันพบว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตกรีตล้วนมีค่า 11.18%ของกำลังรับแรงอัดส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีกำลังรับแรงดึง 10.52% ของกำลังรับแรงอัด

เนื่องจากเส้นใยพลาสติกมีคุณสมบัติรับแรงดึงได้ดีกว่าคอนกรีตดังนั้นเส้นใยพลาสติกในเนื้อคอนกรีตจะช่วยในการรับแรงดึงทำให้คอนกรีตรับแรงดึงได้เพิ่มขึ้นแต่จากผลการทดลองค่ากำลังรับแรงดึงเพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อยสาเหตุเป็นเพราะเส้นใยพลาสติกที่ใช้ผสมในคอนกรีตมีความยาวมากเกินไปและอัตราส่วนผสมเส้นใยพลาสติกที่ใช้ไม่ใช่อัตราส่วนที่ดีที่สุดซึ่งสามารถทำให้กำลังรับแรงดึงสูงสุดดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องอัตราส่วนผสมเส้นใยพลาสติกที่ทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงดึงสูงสุด

การผสมเส้นใยพลาสติกในส่วนผสมคอนกรีตทำให้คอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงดึงเพิ่มขึ้น

6.4. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดคอนกรีต

จากการทดสอบพบว่าตัวอย่างคานคอนกรีตที่ 7วันค่ากำลังรับแรงดัดประลัยเฉลี่ยของคอนกรีตล้วนมีค่าเท่ากับ 21.19 กก./ตร.ซม.ส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่ากำลังรับแรงดัดประลัยเฉลี่ยเท่ากับ 23.91กก./ตร.ซม.ซึ่งมีค่ามากกว่าคอนกรีตล้วน 12.84% สำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่ 28วันค่ากำลังรับแรงอัดประลัยเฉลี่ยของคอนกรีตล้วนมีค่าเท่ากับ 40.5 กก./ตร.ซม.ส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีค่ากำลังรับแรงดัดประลัยเฉลี่ยเท่ากับ 43.42 กก./ตร.ซม.มีค่ามากกว่าคอนกรีตล้วน 7.21% เมื่อเปรียบเทียบกำลังรับแรงดัดกับกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28วันพบว่ากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตกรีตล้วนมีค่า 11.18%ของกำลังรับแรงอัดส่วนคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติกมีกำลังรับแรงดัด 10.52% ของกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบพบว่าการเพิ่มเส้นใยพลาสติกในคอนกรีตมีส่วนช่วยในการเพิ่มความสามารถในการรับกำลังดัดของคอนกรีตน้อยมากเนื่องจากการพังทลายของตัวอย่างคานจะเริ่มพังที่ผิวล่างของคานดังนั้นการจะเสริมเส้นใยพลาสติกเพื่อเพิ่มกำลังรับแรงดัดต้องเสริมอย่างหนาแน่นที่บริเวณผิวล่างของคานไม่ใช่การผสมแบบคลุกเคล้าทั่วทั้งคอนกรีตซึ่งทำให้เส้นใยที่ช่วยในการรับแรงดึงบริเวณผิวล่างของคานมีน้อย

6.5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดพื้น

จากการทดสอบพบว่ากำลังต้านทานแรงดัดประลัยเฉลี่ยของพื้นคอนกรีตเท่ากับ 28.55 กก./ตร.ซม. ตั วอย่างที่7และ8ไม่มีค่าผลการทดสอบเนื่องจากความผิดพลาดขณะทดสอบทำให้ตัวอย่างพื้นพังก่อนที่เครื่องUTMจะทำการทดสอบ

กำลังต้านทานแรงดัดประลัยเฉลี่ยของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเท่ากับ 44.05 กก./ตร.ซม.ซึ่งค่าที่นำมาคิดค่าเฉลี่ยเป็นค่าที่ได้จากตัวอย่างที่ 5, 6และ7ส่วนตัวอย่างที่1ถึง4มีค่ามี่ต่ำกว่าตัวอย่างที่5ถึง7อย่างเห็นได้ชัดอาจเป็นเพราะตัวอย่างที่1ถึง4มีตำแหน่งการวางเหล็กอยู่ใกล้แนวแกนสะเทินมากกว่าทำให้ค่าการรับแรงดัดลดลงดังนั้นจึงถือว่าเป็นค่าที่ผิดพลาดและไม่นำมาพิจารณาในการหาค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงดัดส่วนตัวอย่างที่8ไม่มีค่าผลการทดสอบเนื่องจากความผิดพลาดขณะทดสอบทำให้ตัวอย่างพื้นพังก่อนที่เครื่องUTMจะทำการทดสอบ

กำลังต้านทานแรงดัดประลัยเฉลี่ยของพื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติกเท่ากับ 40.09 กก./ตร.ซม. ซึ่ งไม่นำตัวอย่างที่5และ6มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเนื่องจากมีค่าต่ำกว่าข้อมูลอื่นๆอย่างเห็นได้ชัดสาเหตุเนื่องจากการวางเส้นใยพลาสติกอยู่ใกล้แนวแกนสะเทินมากบางและบางชั้นอยู่เลยแนวแกนสะเทินขึ้นมา

จากข้อมูลพบพื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติกมีค่ากำลังรับแรงดัดมากกว่าพื้นคอนกรีตล้วน40.42%ส่วนพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กมีค่ากำลังรับแรงดัดมากกว่าพื้นคอนกรีตล้วน54.29% แสดงว่าการเสริมเส้นใยพลาสติกและเหล็กต่างก็ทำให้กำลังรับแรงดัดของพื้นสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นคอนครีตเสริมเหล็กและพื้นคอนกรีตเสริมเส้นใยพลาสติกพบว่าการเสริมเหล็กทำให้กำลังรับแรงดัดมากกว่าการเสริมเส้นใยพลาสติก9.87%แต่เหล็กRB6สองเส้นรับแรงดึงได้1344กก.ส่วนเส้นใยพลาสติก3ชั้นๆละ110เส้นรับแรงดึงได้เพียง643.5กก.ซึ่งน้อยกว่าเหล็กเส้นประมาณ50%ดังนั้นถ้าเพิ่มเส้นใยพลาสติกให้มีการรับแรงดึงเท่ากับเหล็กคาดว่าค่ากำลังรับแรงดัดของพื้นจะเพิ่มขึ้นอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองสรุปว่าสามารถนำเส้นใยพลาสติกมาใช้ในงานคอนกรีตได้สองกรณีคือ กรณีแรกใช้ผสมในคอนกรีตเพื่อช่วยเพิ่มรับกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดึงซึ่งต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปริมาณและขนาดเส้นใยที่เหมาะสม กรณีที่สองคือการนำแถบเส้นใยพลาสติกมาเสริมแทนเหล็กตะแกรงในงานพื้นซึ่งต้องมีการปรับปรุงลักษณะของเส้นใยเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานดังที่กล่าวในบทที่4มาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

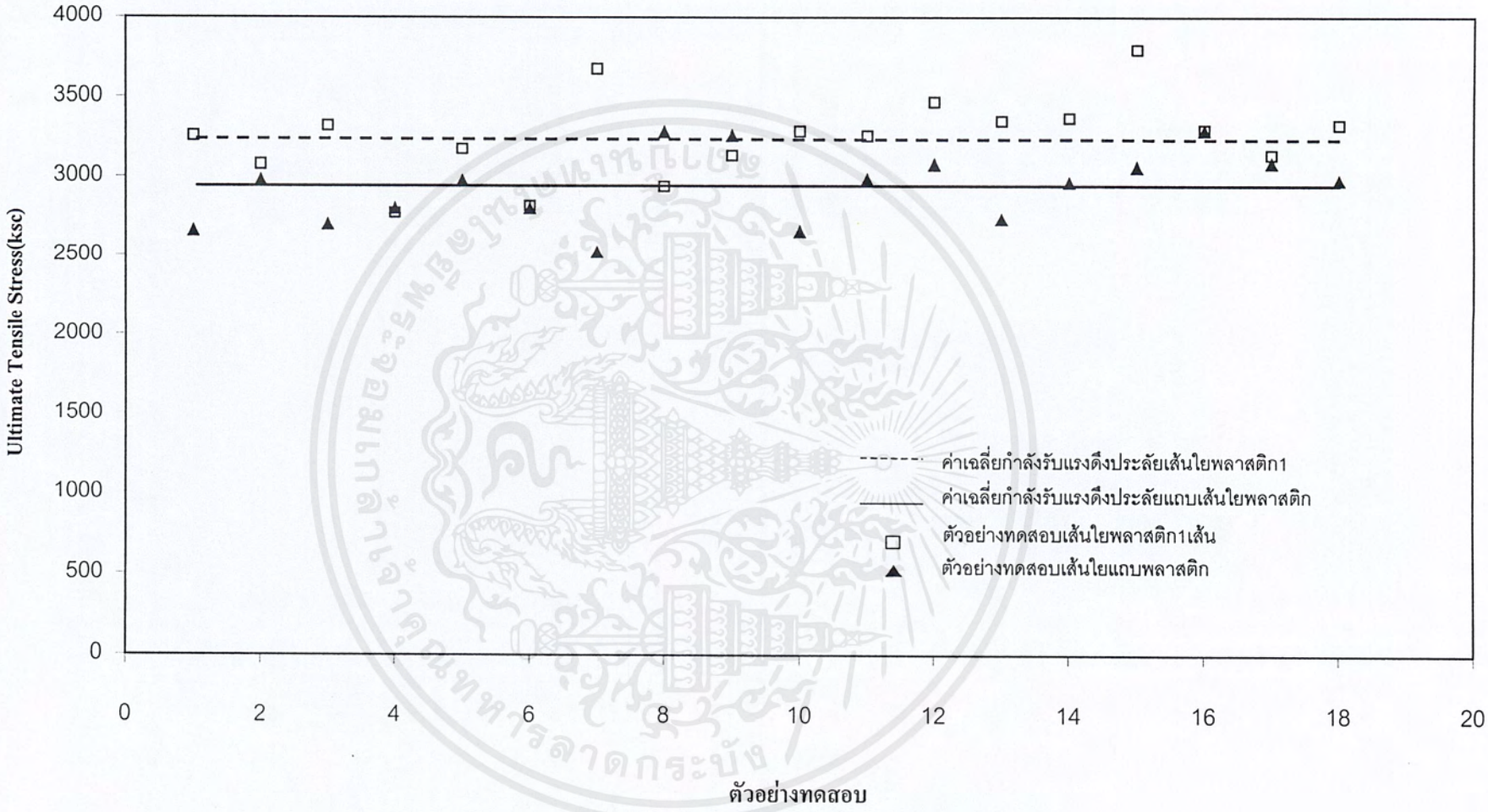
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2540. พิมพ์ครั้งที่5. คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างจำกัด.
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2543. พิมพ์ครั้งที่3. คู่มือการทดสอบหิน ทรายและคอนกรีต. กรุงเทพฯ : บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างจำกัด.
- วินิต ช่อวิเชียร, 2539. พิมพ์ครั้งที่8. คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : วินิต ช่อวิเชียร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

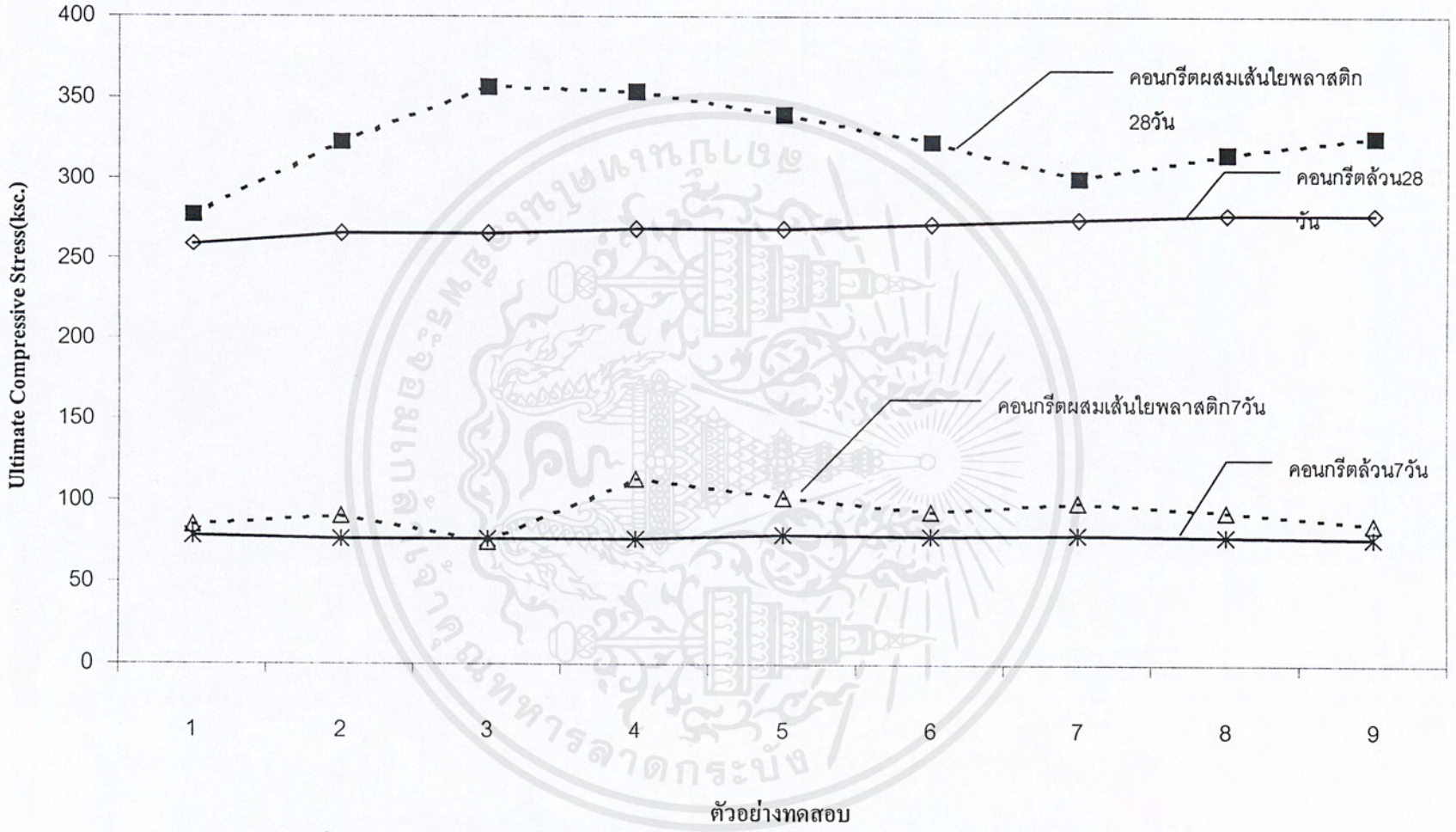
ภาคผนวก ก

แผนภูมิแสดงผลการทดสอบ

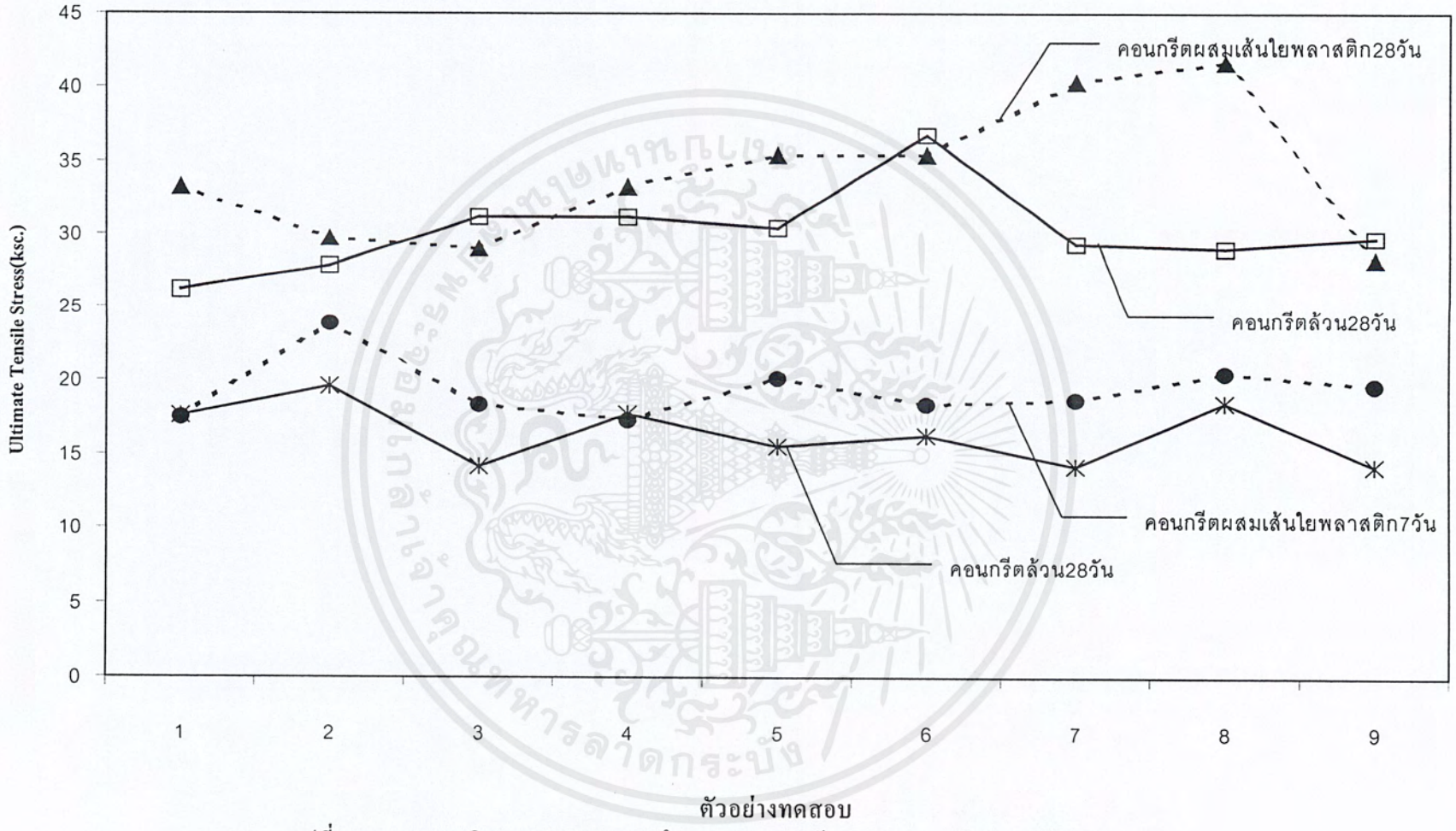
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



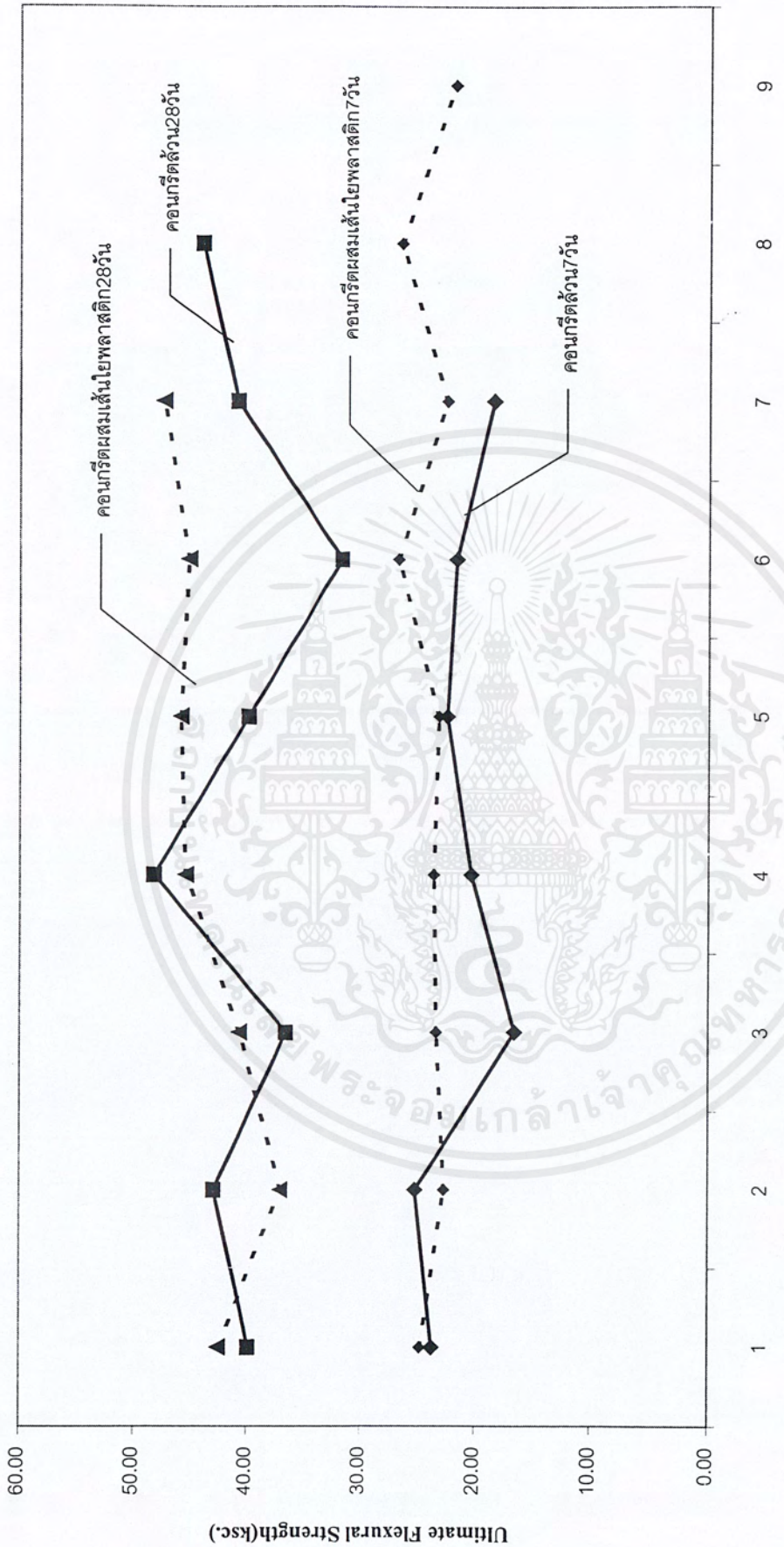
รูปที่ ผ.ก. 1 แผนภูมิแสดงกำลังรับแรงดึงประลัยของเส้นใยพลาสติก



รูปที่ ผ.ก. 2 แผนภูมิแสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตล้วนและคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก



รูปที่ ผ.ก. 3 แผนภูมิแสดงกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตล้วนและคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก



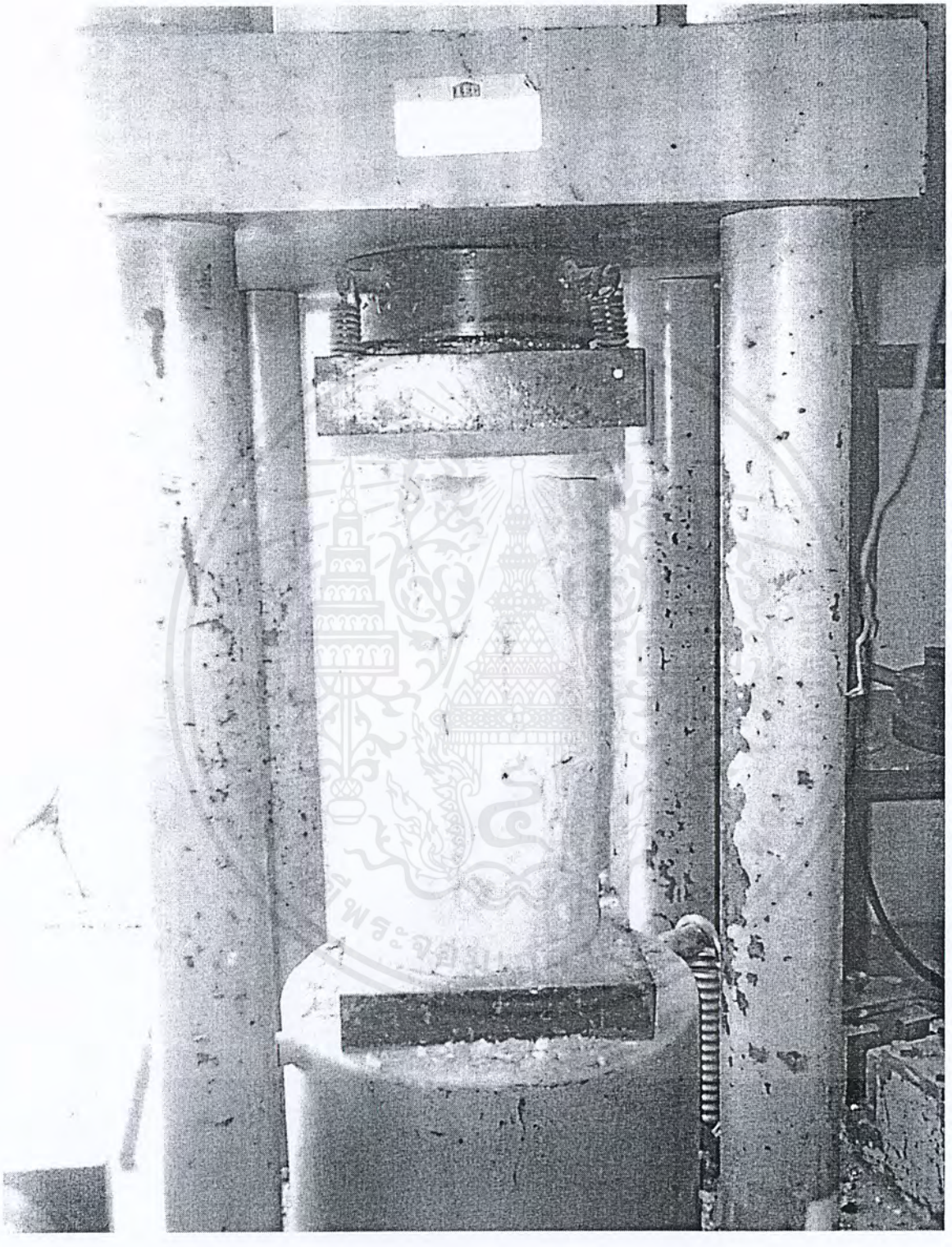
รูปที่ ผ.ก. 4 แผนภูมิแสดงกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตล้วนและคอนกรีตผสมเส้นใยพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รูปแสดงการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

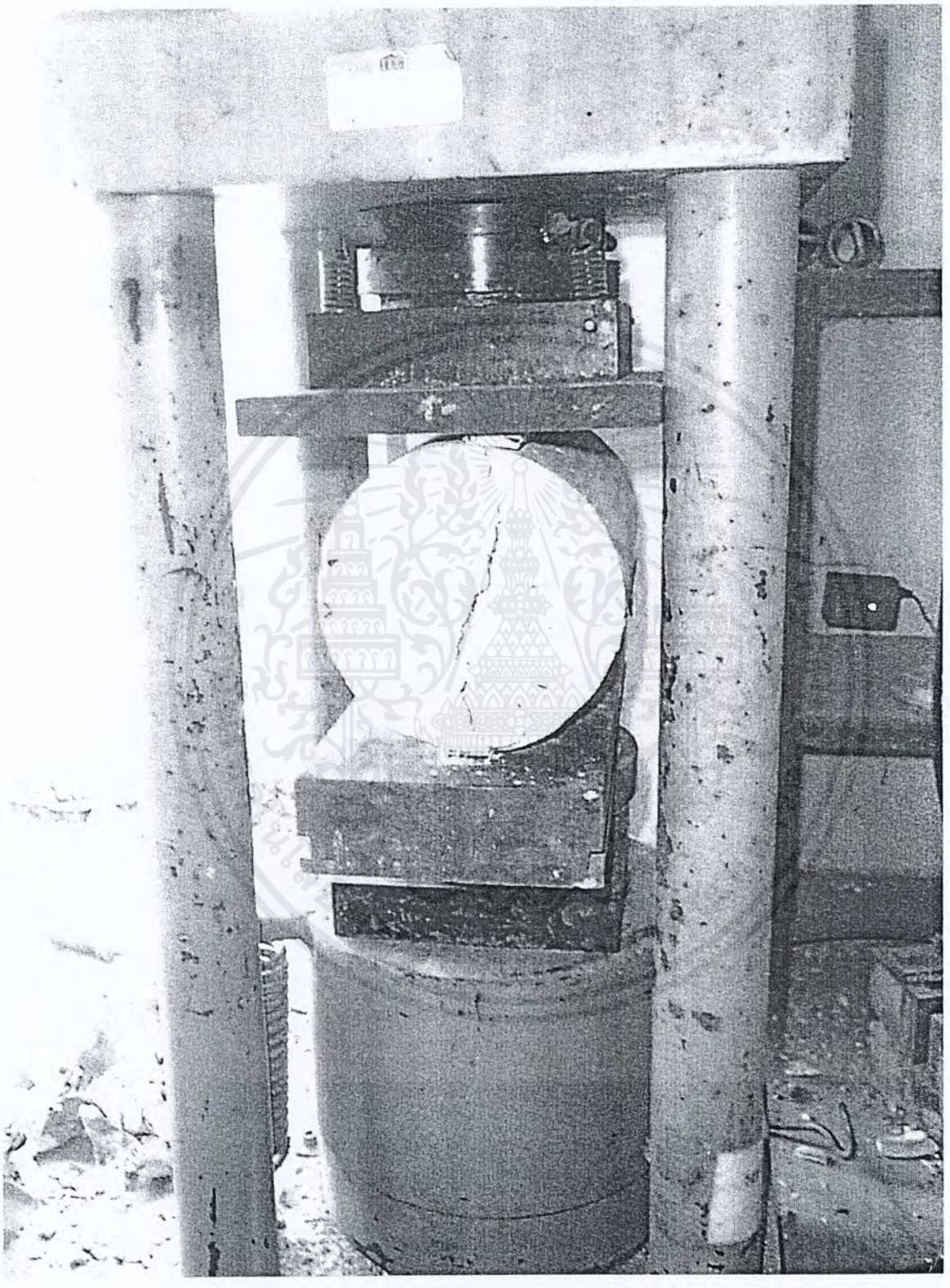


รูปที่ ผข.1. การกดแท่งตัวอย่างทดสอบโดยวิธี Compressive Strength Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

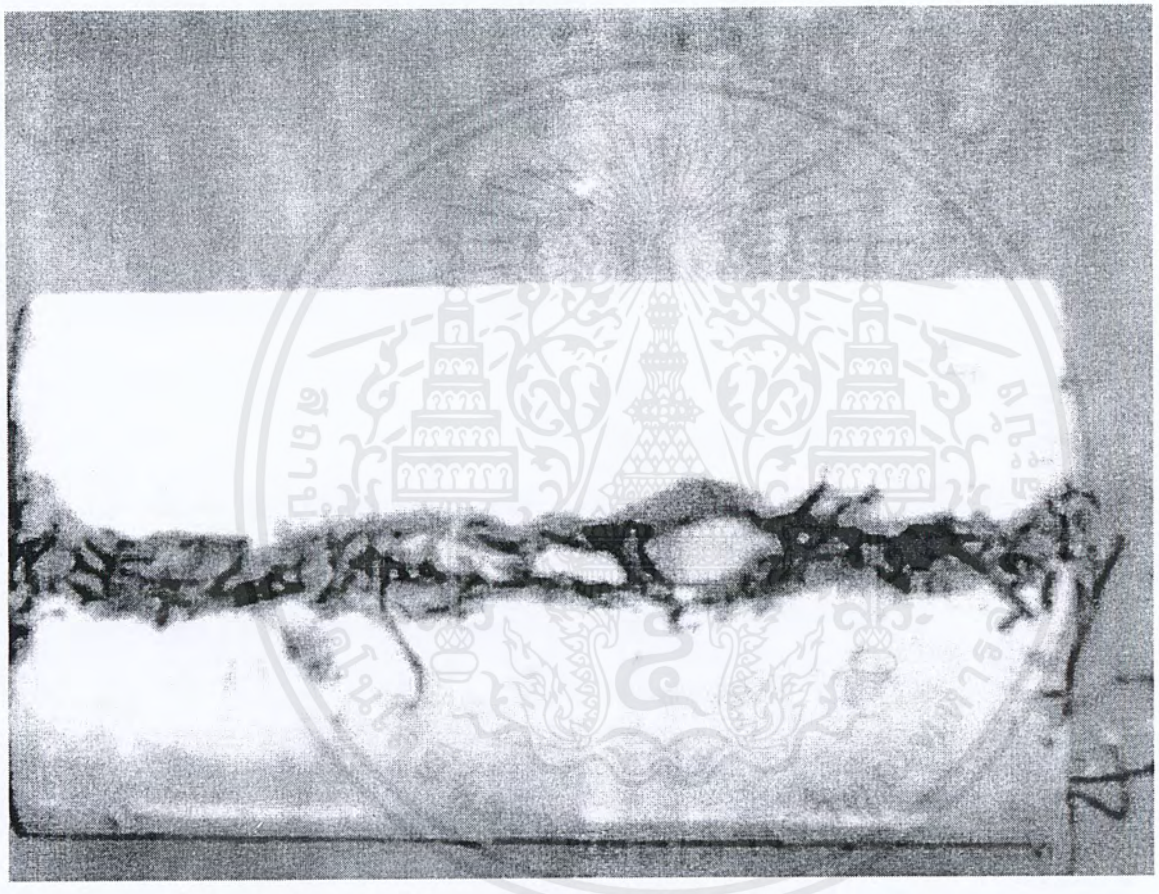
รูปที่ ผข.2. ตัวอย่างทดสอบหลังจากกดโดยวิธี Compressive Strength Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



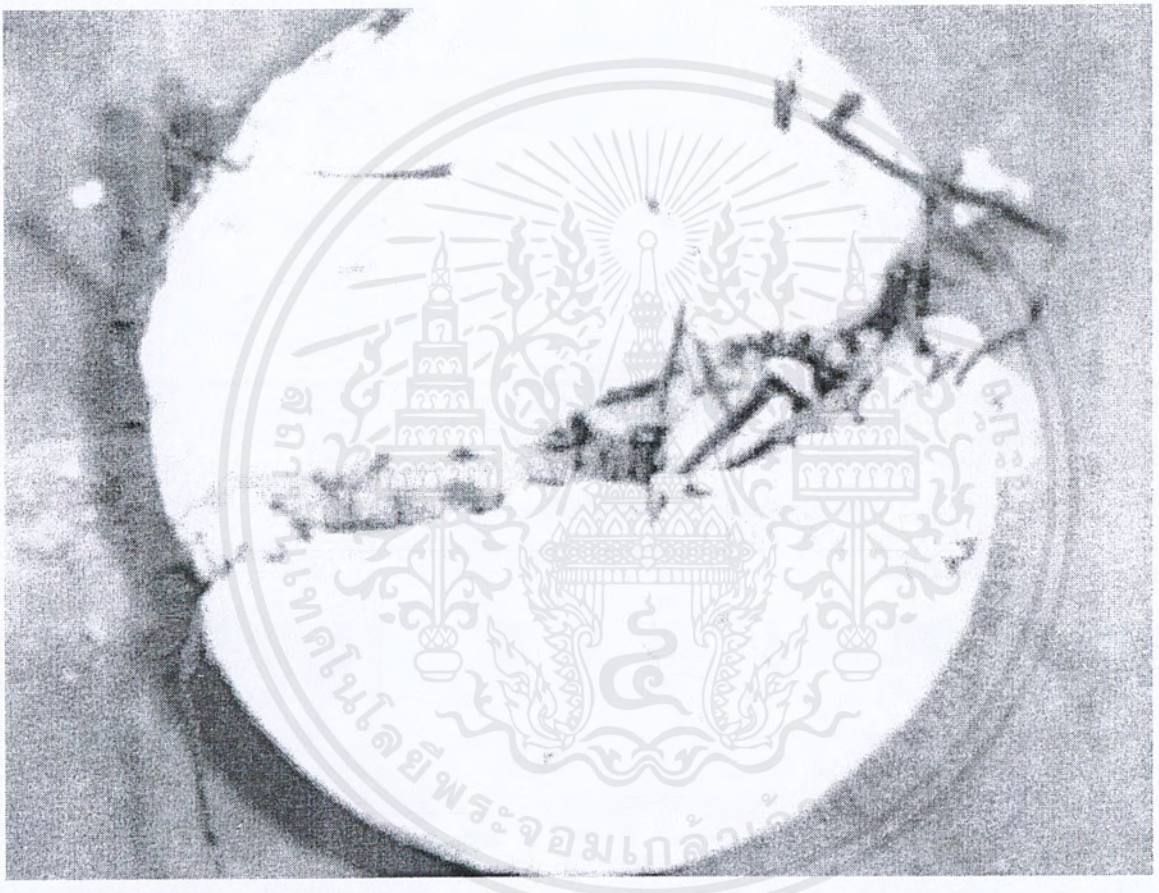
รูปที่ ผข.3. การกดตัวอย่างทดสอบโดยวิธี Splitting Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผข.4. ตัวอย่างทดสอบหลังจากกดโดยวิธี Splitting Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

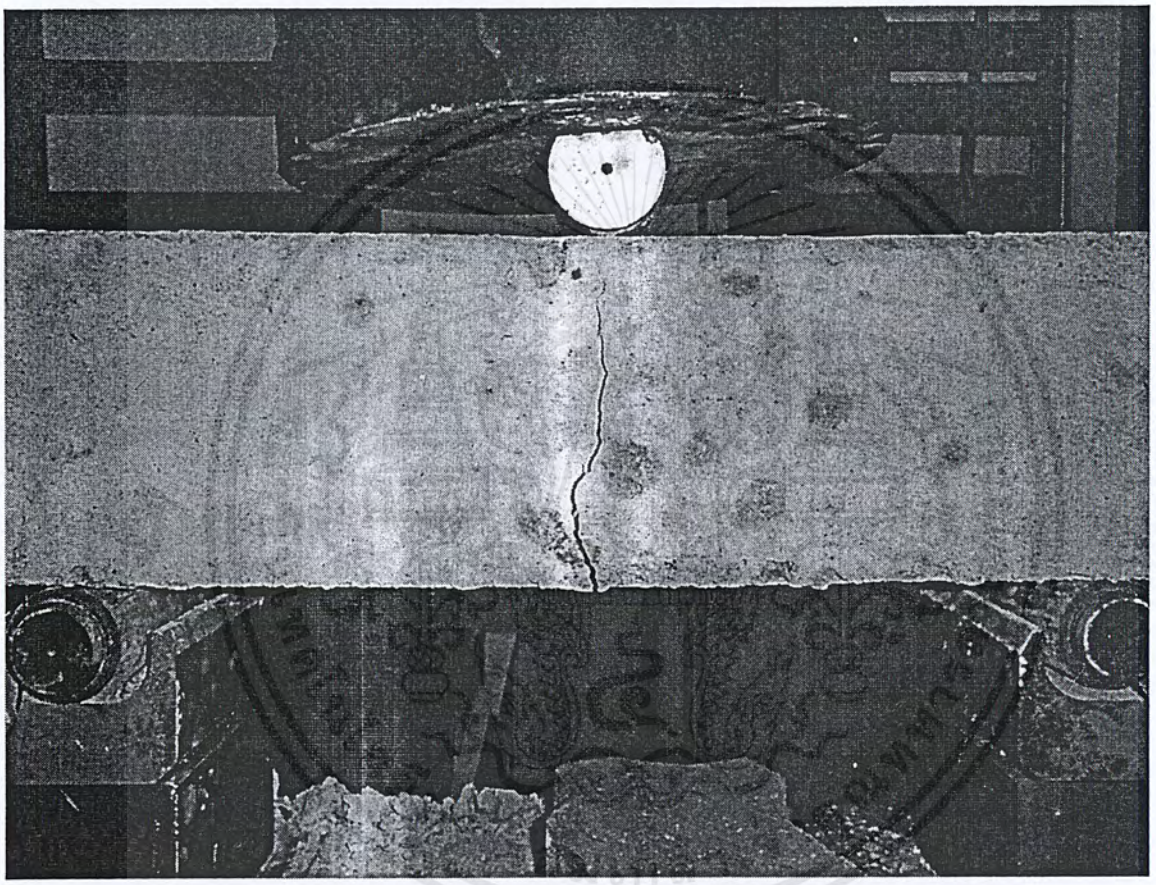


รูปที่ ผข.5. ตัวอย่างทดสอบหลังจากกดโดยวิธี Splitting Test (มองจากด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

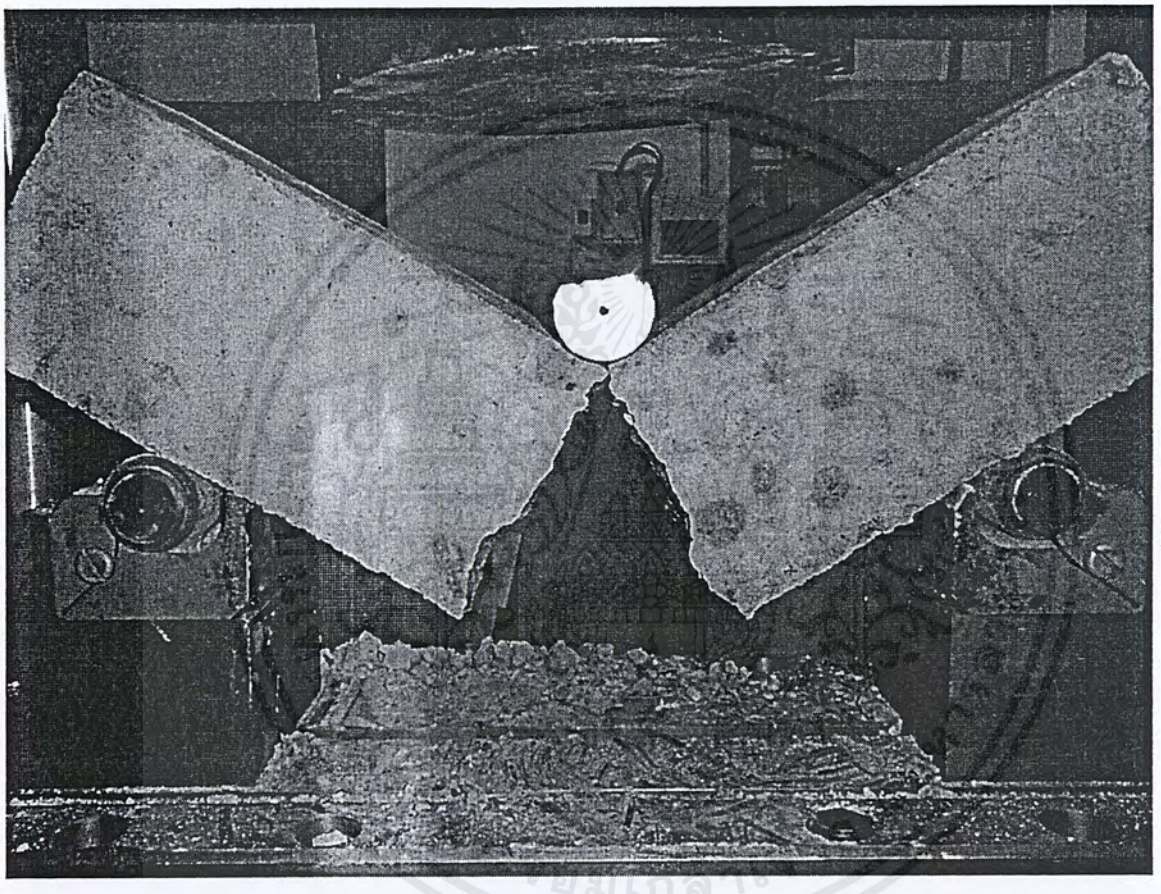
รูปที่ ผข.6. ตัวอย่างทดสอบที่ถูกแยกออกจากกันหลังจากการกดทดสอบโดยวิธี Splitting Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



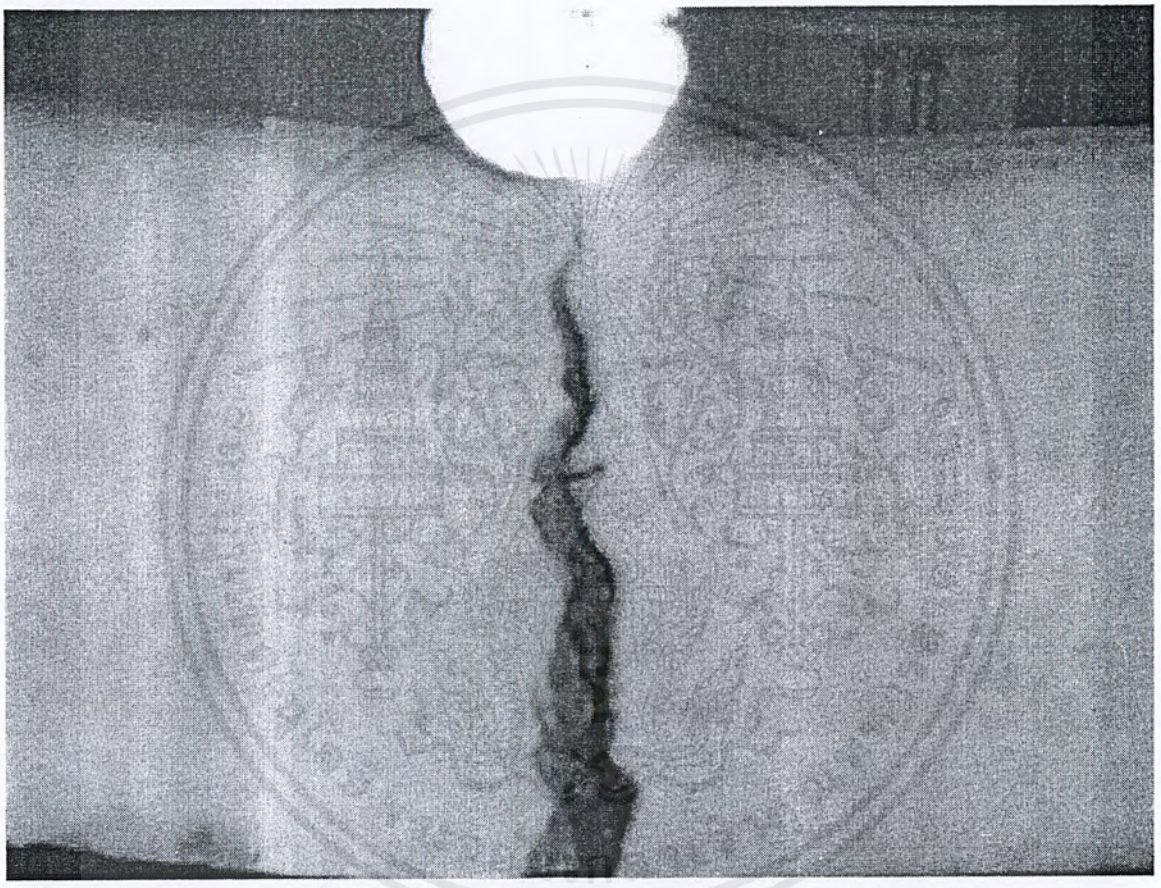
รูปที่ ผข.7. การกดตัวอย่างทดสอบรูปคานโดยวิธี Flexural Strength Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



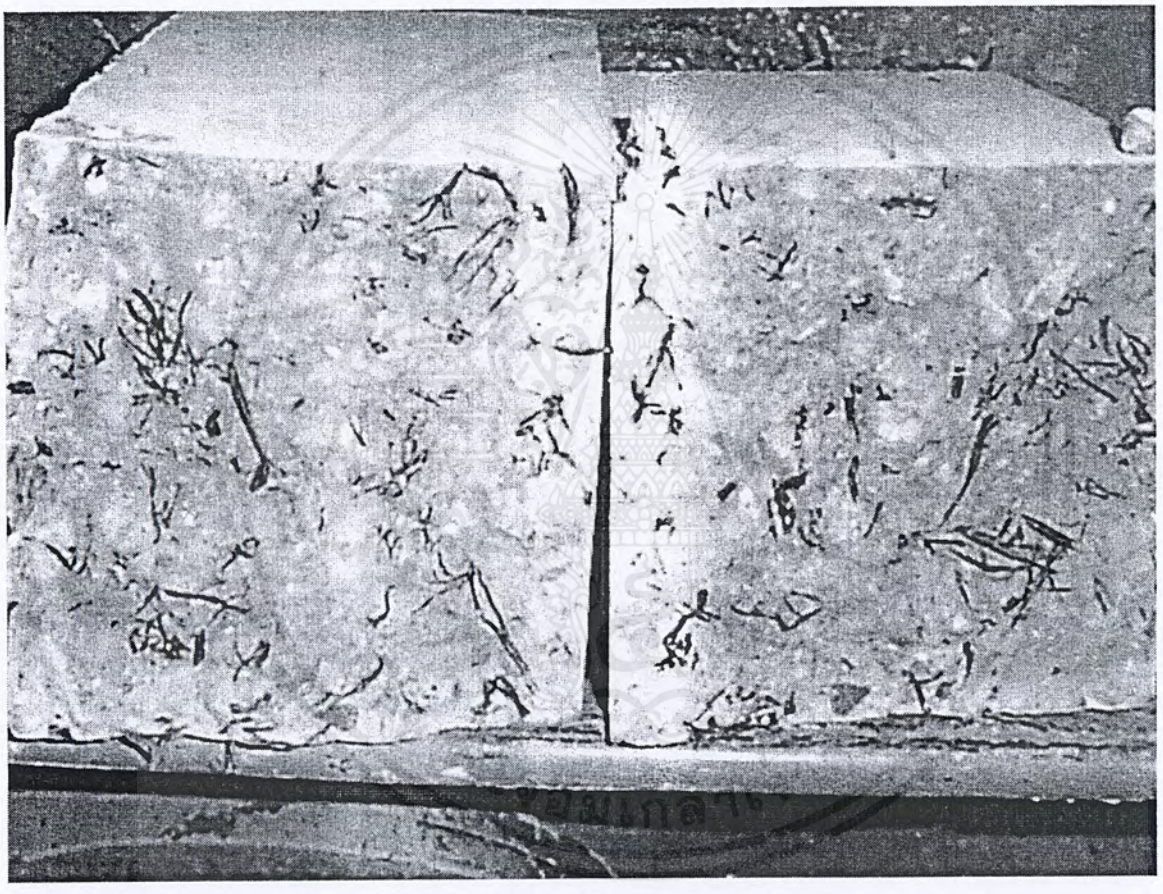
รูปที่ ผข.8. การพังทลายของตัวอย่างทดสอบคอนกรีตล้วนหลังจากกด โดยวิธี Flexural Strength Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



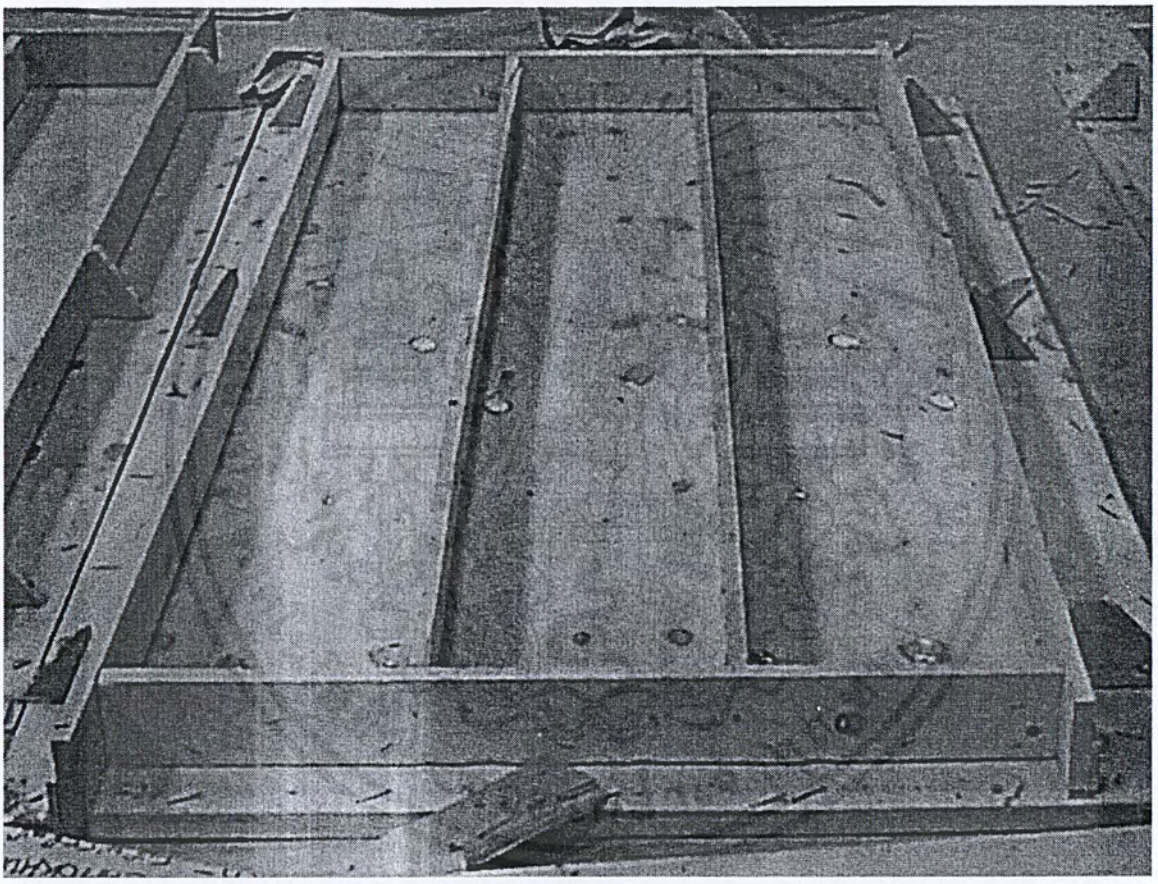
รูปที่ ผข.9. การพังทลายของตัวอย่างทดสอบคอนกรีตผสมเส้นใยหลังจากกดโดยวิธี Flexural Strength Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



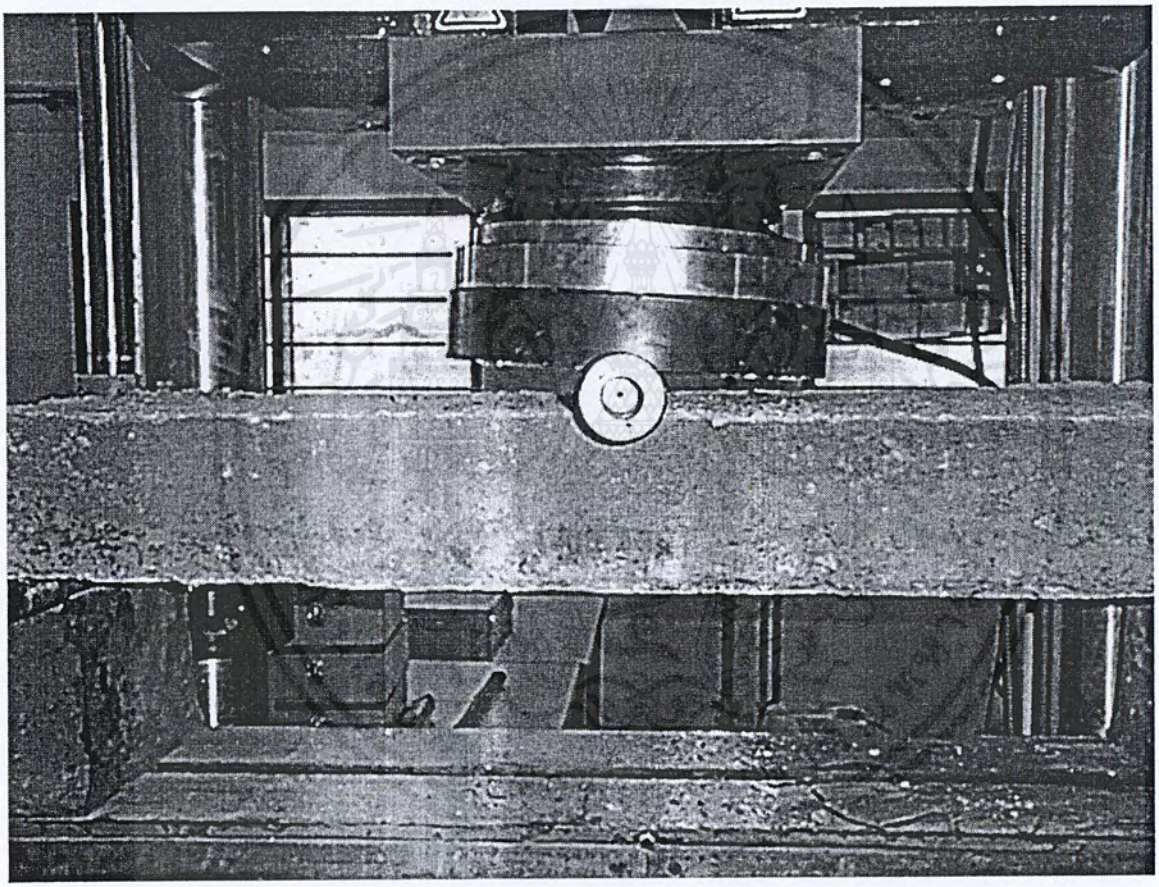
รูปที่ ผข.10. ตัวอย่างทดสอบที่ถูกแยกออกจากกันหลังจากกดทดสอบโดยวิธี Flexural Strength Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



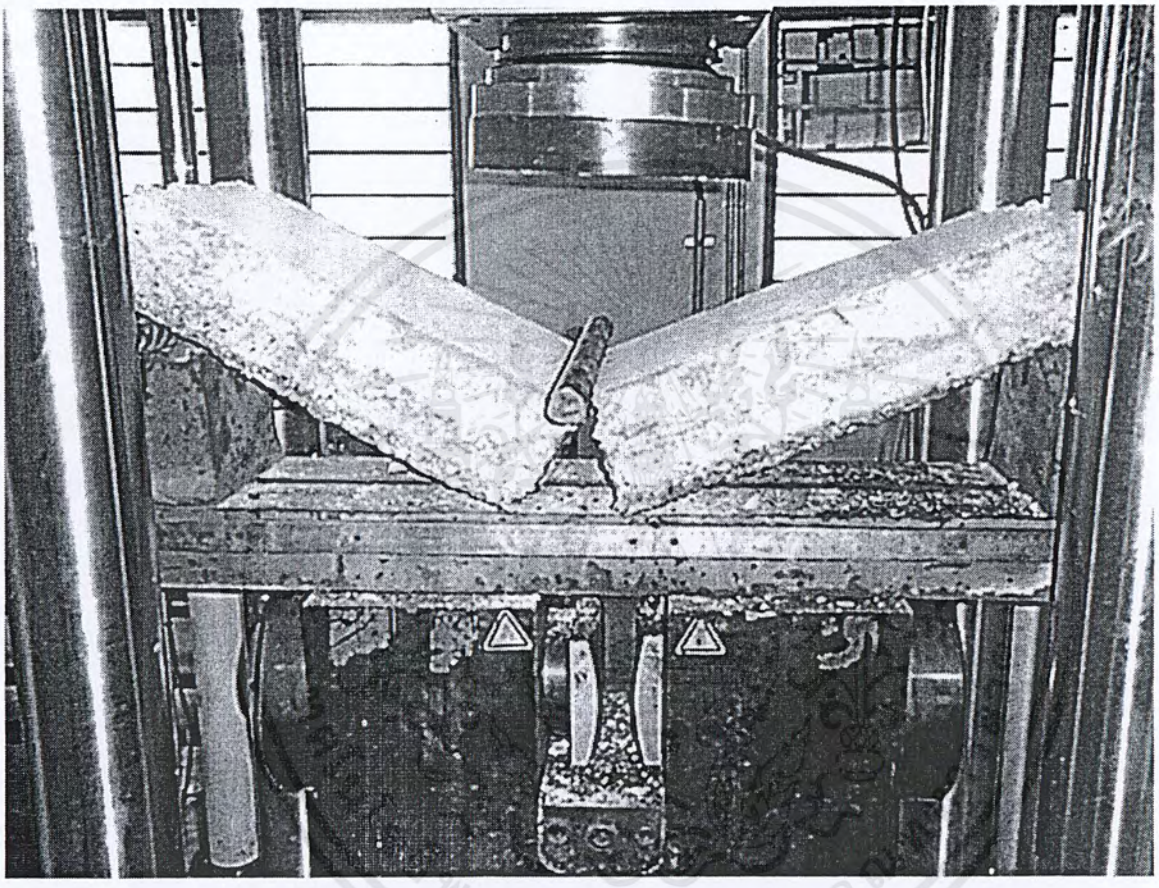
รูปที่ ผข.11. แบบหล่อตัวอย่างทดสอบรูปแผ่นพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



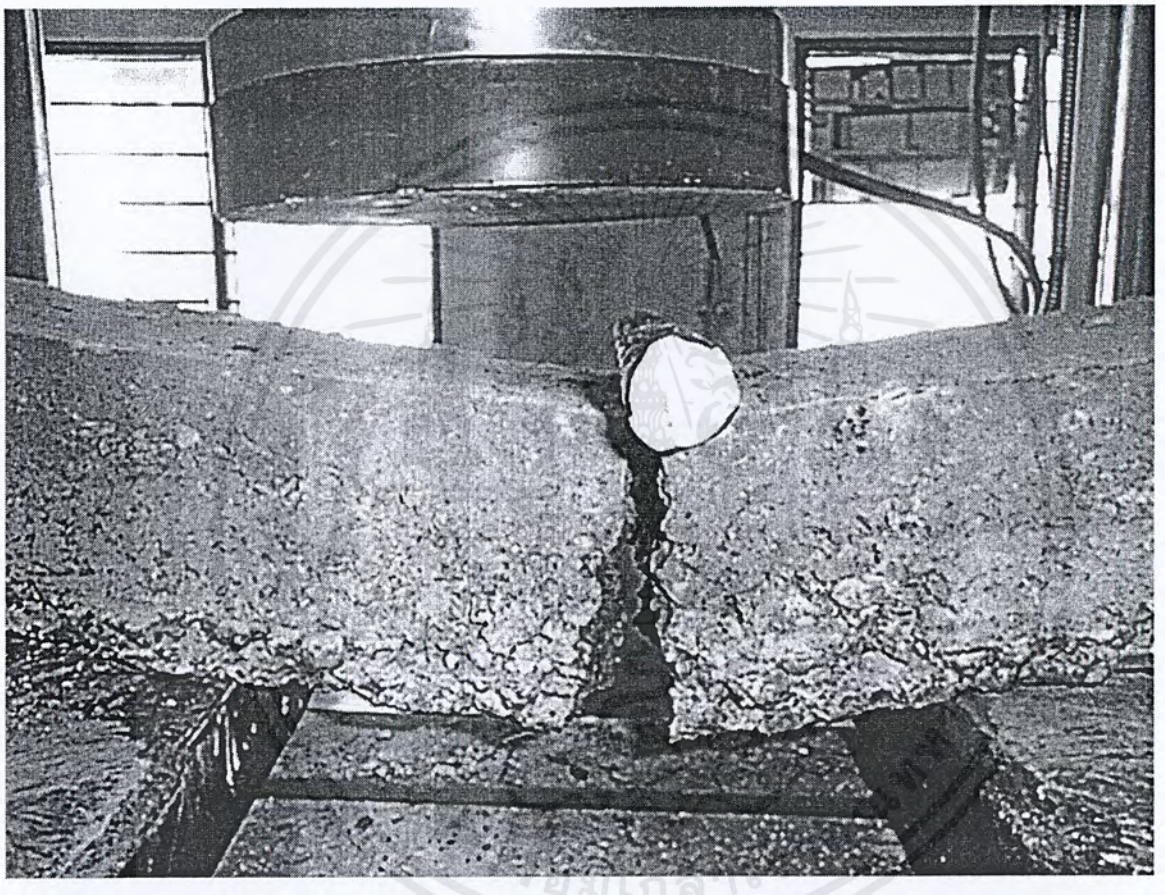
รูปที่ ผข.12. การกดตัวอย่างทดสอบรูปพื้น โดยวิธี Flexural Strength test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



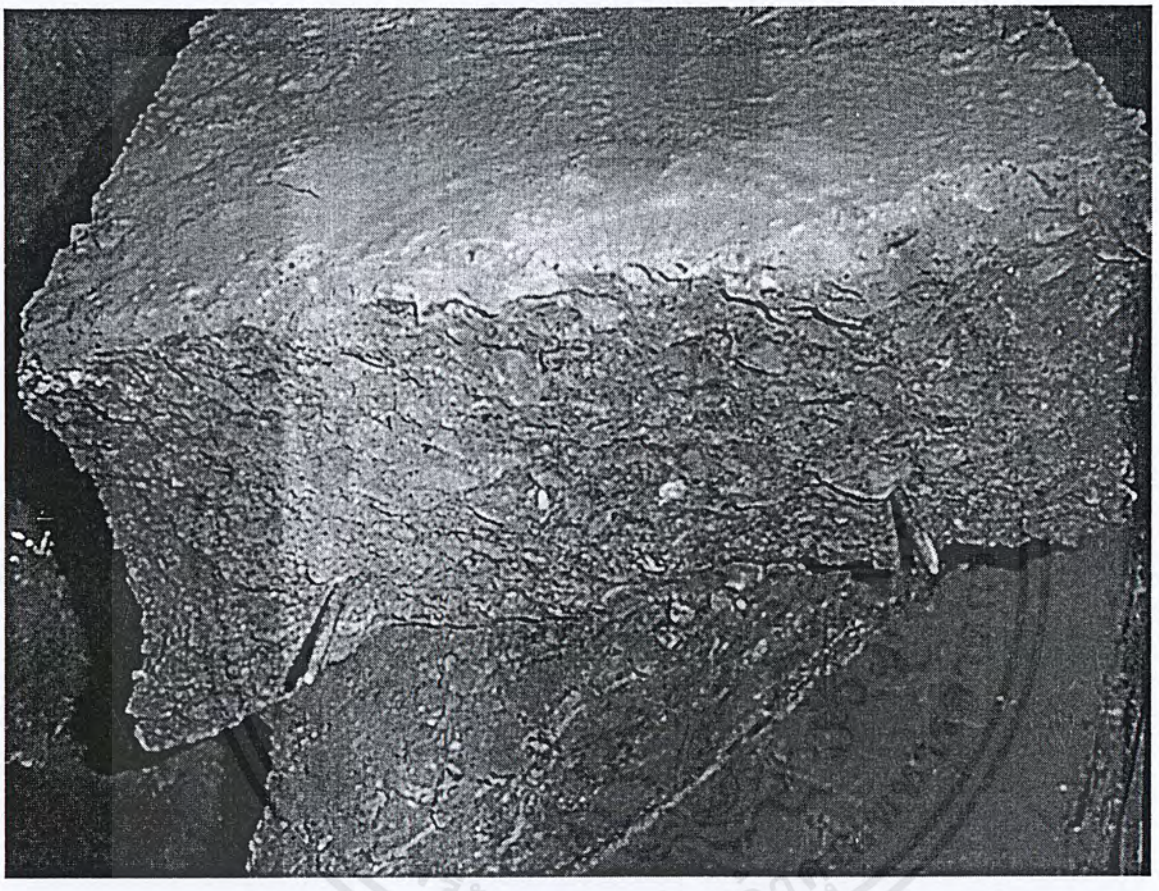
รูปที่ ผข. 13. การพังทลายของแผ่นพื้นคอนกรีตล้วนหลังกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



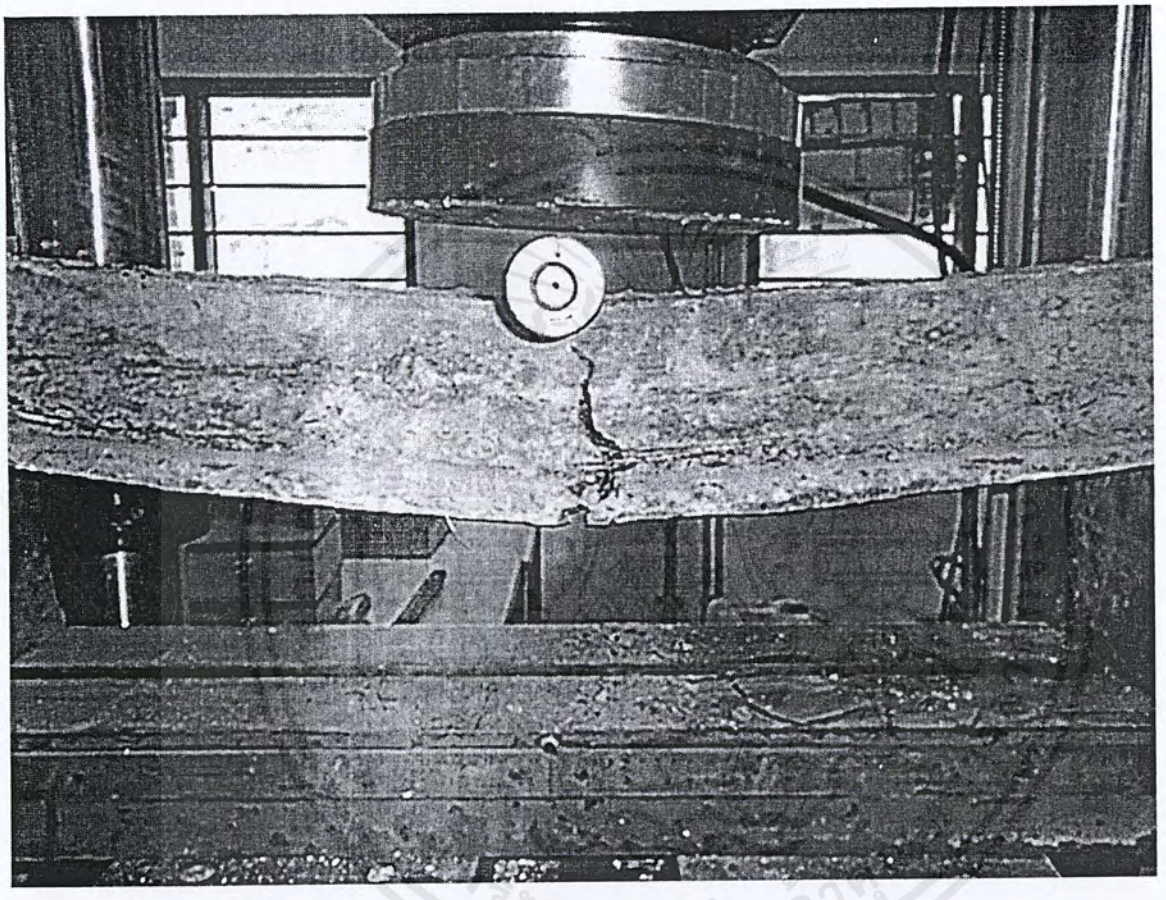
รูปที่ ผข.14. การพังทลายของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหลังกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



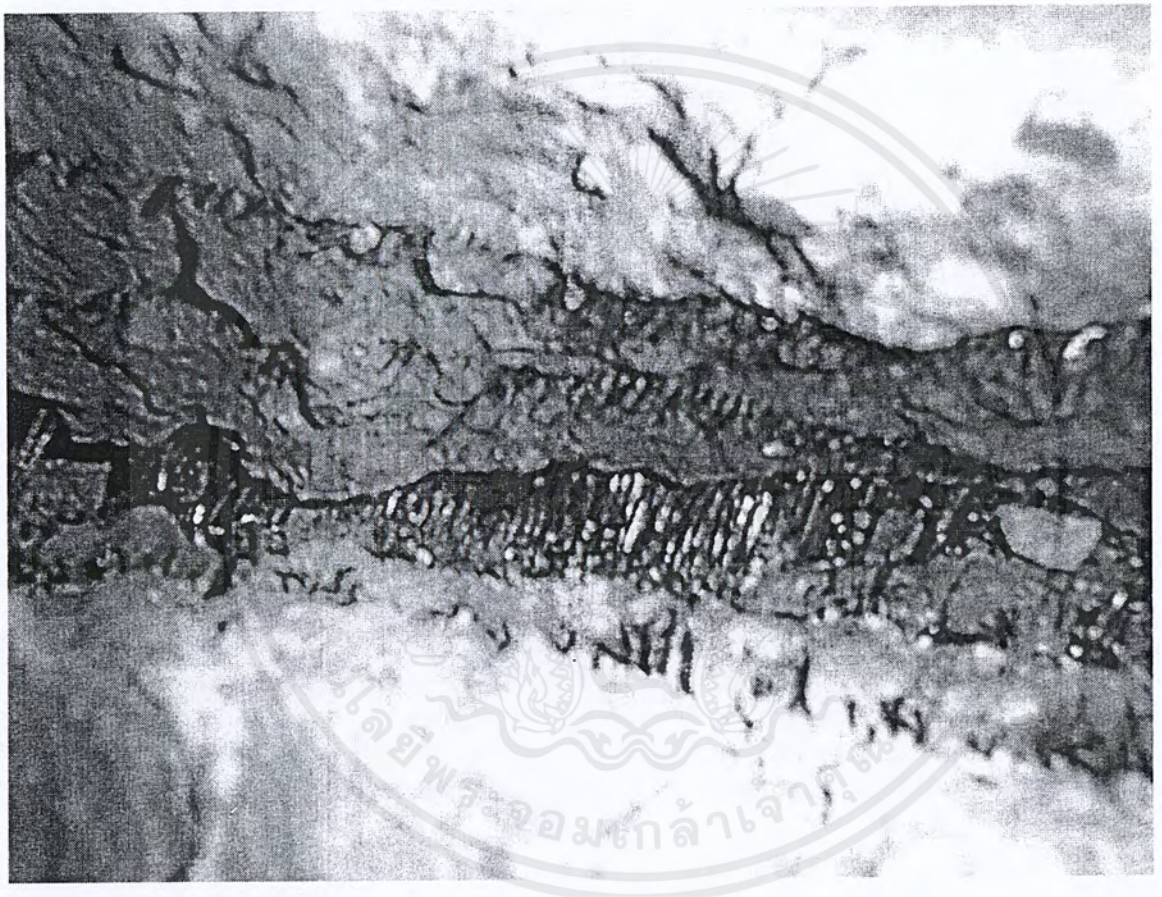
รูปที่ ผข.15. พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่แยกออกหลังจากการพังทลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



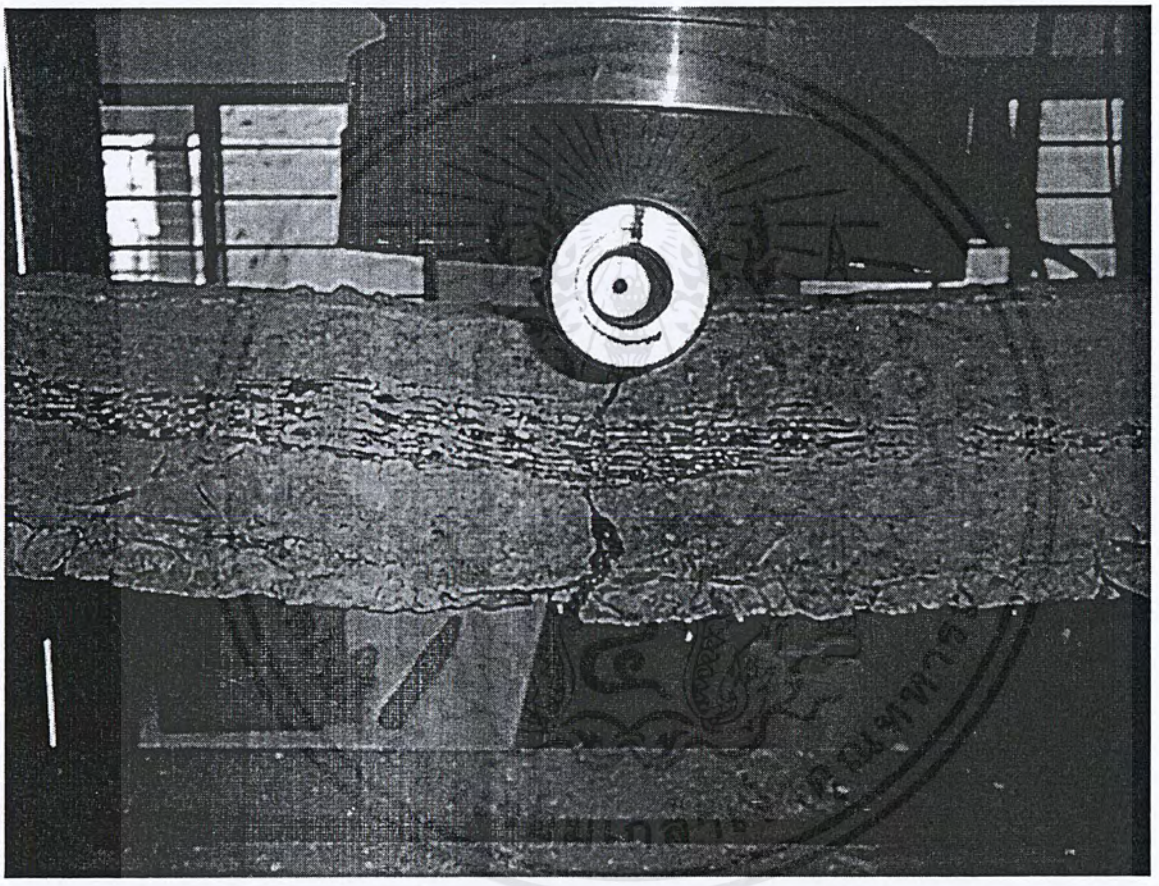
รูปที่ ผข. 16. การพังทลายของพื้นเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติกหลังกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผข. 17. แสดงให้เห็นบริเวณรอยแตกแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผข.18. ตัวอย่างพื้นคอนกรีตเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติกที่ไม่ได้มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผข.19. หน้าตัดของตัวอย่างพื้นคอนกรีตเสริมแผ่นเส้นใยพลาสติกที่วางเส้นใยไม่ได้มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้