SPECIAL PROJECT

เรื่อง คอนกรีตเสริมเส้นใย

(FIBER-REINFORCED CONCRETE)

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ

โดย

นายมงคล ทิยะอินทรศักดิ์

รหัส 29.1916

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

หลักสูตรวิศวกรรมการก่อสร้าง ปีการศึกษา 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าอนุมัติ

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง อนุมัติให้นับรายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

.....

(อ.ชุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

กรรมการวัทยฐ

.....

(อ.ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ)

.....

(ผศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ)

.....

(อ.ชำนวย พานิชกุลพงศ์)

.....

(อ.ศิลป์ชัย จาเสุวรรณ)

.....

(อ.สุพจน์ ศรีนิล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมการวัดผล 8/5/33

(ผ.วิบูรย์ วุฒิญาณ)

.....

(ผ.เกษม อมันตกุล)

.....

(ผ.ศักดิ์ชัย ฉลาบุตรงษ์)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายของภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้างที่ได้ให้ความร่วมมือช่วยอำนวยความสะดวกในการศึกษาโครงงานพิเศษครั้งนี้มาเป็นอย่างดีตลอดจนเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือร่วมแรงร่วมใจกันทำให้การทดสอบตัวอย่างคอนกรีตสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณสำหรับการศึกษาโครงงานพิเศษในครั้งนี้ก็คงจะไม่สามารถสำเร็จลงได้ถ้าปราศจากคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้จัดทำ ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกๆ ท่านในภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่ง อ.ดร.ศรีกรัง หิรัญมาศ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนการตรวจแก้ไขรายงานฉบับนี้ด้วยดีตลอดมา และท้ายนี้ผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งต่อ บิดา มารดา ที่ได้เป็นกำลังใจให้ผู้จัดทำสามารถศึกษา, ทดสอบ, รวบรวมข้อมูล และเรียบเรียงจัดทำรายงานฉบับนี้จนแล้วเสร็จสมบูรณ์เป็นรูปร่างขึ้นมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

หัวเรื่อง : คอนกรีตเสริมเส้นใย (Fiber-Reinforced Concrete)

ผู้ทำการศึกษา : นายมงคล ศิริอินทรศักดิ์ 29.1916

วัตถุประสงค์ :-

ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติพื้นฐานของคอนกรีตเสริมเส้นใยกับคอนกรีตล้วนเมื่อแข็งตัวแล้ว ซึ่งได้แก่การทดสอบกำลังรับแรงอัด, กำลังรับแรงดึง, กำลังดัด และความต้านทานต่อการแตกร่อนของเนื้อคอนกรีต เพื่อหาข้อได้เปรียบต่างๆ ของคอนกรีตเสริมเส้นใยที่มีต่อคอนกรีตล้วนทั้งนี้เส้นใยที่นำมาใช้เสริมคอนกรีตนั้นจะมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ

1. เส้นใยโพลีเมอร์ (Polymeric fibers) ชนิด Polypropylene ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า "Forta Fiber CR" เป็นเส้นใยสังเคราะห์จากโพลีเมอร์ที่มนุษย์เป็นผู้ประดิษฐ์ขึ้น โดยมีความยาวต่อเส้น $\frac{3}{4}$ นิ้ว
2. เส้นใยกาบมะพร้าวเป็นเส้นใยจากพืชในธรรมชาติที่ได้จากการนำกาบมะพร้าวแห้งมาเข้าเครื่องปั่นออกมาเป็นเส้นใย

โดยที่การนำเส้นใยกาบมะพร้าวมาใช้นั้นเป็นเพียงการทดลองนำเส้นใยจากพืชในธรรมชาติซึ่งถือว่าเป็นของเหลือใช้มาเสริมคอนกรีตแล้วตรวจสอบคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวว่าเป็นอย่างไรบ้างเมื่อเทียบกับคอนกรีตเสริมเส้นใยสังเคราะห์ที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น โดยใช้ส่วนผสมคอนกรีต 2 แบบด้วยกัน คือ 1 : 2 : 2 และ 1 : 2 : 3 (อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน โดยน้ำหนัก) เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของส่วนผสมคอนกรีตที่จะมีผลกระทบต่อคอนกรีตเสริมเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของการศึกษาโครงงานพิเศษ (Special Project) ตามหลักสูตรวิศวกรรมการก่อสร้างของภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเอกสารอ้างอิงประกอบการศึกษาโครงงานพิเศษในหัวเรื่อง คอนกรีตเสริมเส้นใย (Fiber-Reinforced Concrete) ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตเสริมเส้นใยเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดาในเรื่องของกำลังรับแรงอัด, แรงดึง, โมดูลัสแตกร้าว และความต้านทานต่อการแตกร่อนของเนื้อคอนกรีตตามมาตรฐานของ ASTM และยังได้มีการทดลองนำเส้นใยกาบมะพร้าวมาผสมคอนกรีตแทนเส้นใยสังเคราะห์เพื่อดูความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานต่อไปในอนาคต รวมทั้งบทสรุปและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ นอกจากนี้ยังมีภาคผนวกของการทดสอบแท่งคอนกรีตตัวอย่างประกอบเป็นส่วนหนึ่งของรายงานฉบับนี้อีกด้วย ดังนั้นผู้จัดทำจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้คงจะได้ทำประโยชน์ให้กับผู้ที่ได้อ่านบ้างไม่มากก็น้อย และหากพบข้อผิดพลาดประการใดภายในรายงานฉบับนี้ทางผู้จัดทำขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว ส่วนคุณงามความดีใดๆ ก็ขอมอบไว้แด่ผู้มีพระคุณต่อผู้จัดทำทุกๆ ท่าน

ผู้จัดทำ

นายมงคล ศิยะอินทรศักดิ์, รหัส 291916
นักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง
หลักสูตรวิศวกรรมการก่อสร้าง
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 : บทนำ	2
บทที่ 2 : วิธีการศึกษา	6
- การหาค่าความถ่วงจำเพาะของเส้นใยกาบมะพร้าว	7
- การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต	8
- การหาปริมาณเส้นใยที่จะใช้ผสมคอนกรีต	10
- การผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่ออกแบบไว้	10
- การทดสอบคอนกรีตตามหัวข้อที่กำหนดไว้	12
บทที่ 3 : การนำเสนอผลการทดสอบ	18
บทที่ 4 : บทสรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบ	39
บทที่ 5 : ปัญหาและอุปสรรคในการทดสอบ	50
บทที่ 6 : ภาพถ่ายประกอบการทดสอบ	53
บรรณานุกรม	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

"บทนำ"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

เนื่องจากคุณสมบัติกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตต่ำกว่ากำลังรับแรงอัดมากดังนั้น จึงจัดให้คอนกรีตอยู่ในวัสดุประเภทเปราะ ทำให้การออกแบบคอนกรีตโครงสร้างไม่ค่อยจะคำนึงถึงความสามารถในการรับแรงดึงของคอนกรีตมากนัก ซึ่งก็ไม่มีข้อกระทบต่อคอนกรีตเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นจริงในขณะที่ใช้งานมากเท่าไร ทั้งนี้ก็เพราะว่าการออกแบบมักจะให้เหล็กเสริมคอนกรีตเป็นส่วนรับแรงดึงทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง แต่อย่างไรก็ตามหน่วยแรงดึงส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในคอนกรีตมักจะทำให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นบนผิวของคอนกรีตซึ่งจะเป็นสาเหตุให้ความคงทนถาวรของคอนกรีตนั้นลดลง และจากเหตุผลต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นถ้าหากเราสามารถค้นหาเทคนิควิธีการที่จะทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงดึงได้สูงขึ้นแล้วย่อมหมายถึงคุณค่าของคอนกรีตที่จะได้รับเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งหนึ่งในวิธีการต่างๆ ที่ได้มีการค้นคว้าดังกล่าวนั้นก็คือ การนำเส้นใย(Fibers) มาเสริมคอนกรีตเรียกว่า "คอนกรีตเสริมเส้นใย(Fiber-Reinforced Concrete;FRC)" เส้นใยที่นำมาเสริมคอนกรีตนั้นก็เพื่อช่วยรับแรงดึงที่เกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีตและช่วยประสานเนื้อคอนกรีตไม่ให้เกิดการแตกร้าวขึ้น

ชนิดของเส้นใย(Types of fibers)

เส้นใย(Fibers) ที่จะนำมาเสริมในคอนกรีตนั้นมีด้วยกันหลายชนิดแตกต่างกันไปตามแต่วัสดุที่นำมาผลิตเส้นใยนั้นเช่น เหล็ก, แก้ว(Glass), โพลีเมอร์, เซรามิก, ใยหิน.(Asbestos) และเส้นใยจากพืชในธรรมชาติ ทั้งนี้การนำเส้นใย(Fibers) เหล่านี้มาใช้งานจะต้องพิจารณาถึงราคาและประสิทธิภาพที่จะได้รับด้วย ซึ่งจะได้กล่าวถึงคุณสมบัติโดยทั่วๆ ไปของเส้นใย(Fibers) ชนิดต่างๆ โดยย่อดังต่อไปนี้ คือ

1. <u>เส้นใยเหล็ก</u>(Steel fibers)

เส้นใยชนิดนี้อาจจะผลิตขึ้นมาโดยการนำลวดเหล็กขนาดเล็กมาตัดออกเป็นท่อนๆ, นำแผ่นเหล็กมาตีกดออกเป็นเส้นๆ หรือโดยการหลอมละลายแล้วรีดออกมาเป็นเส้นๆ โดยที่ผิวของเส้นใยนั้นอาจจะเรียบหรือขึ้นรูปเป็นลักษณะต่างๆ เพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวด้วยก็ได้ เส้นใยเหล็กนี้จะมีความคงทนถาวรเป็นอย่างมากเมื่ออยู่ในเนื้อคอนกรีตแต่ถ้าอยู่บริเวณผิวของคอนกรีตก็จะเกิดสนิมขึ้นได้ง่ายทำให้ความคงทนลดลงและผิวคอนกรีตดูไม่สวยงามนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เส้นใยแก้ว(Glass fibers)

เส้นใยชนิดนี้มักจะถูกตัดออกเป็นท่อนๆ และในแต่ละท่อนก็จะประกอบด้วยเส้นใยประมาณ 100-400 เส้น เส้นใยแก้วที่ใช้กันทั่วไปไม่เหมาะสมที่จะนำมาเสริมในคอนกรีตได้ เพราะว่าสภาพปฏิกิริยา Alkaline ที่มีอยู่สูงในคอนกรีตจะทำให้กำลังรับแรงของเส้นใยลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งถ้าหากจะนำเส้นใยแก้วมาเสริมคอนกรีตแล้วเส้นใยนั้นจะต้องมี ZrO_2 เป็นส่วนผสมอยู่ด้วย เพื่อต้านทานต่อสภาวะ Highly alkaline ซึ่งจะทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น แต่เส้นใยแก้วประเภทนี้ก็ยังจะต้องพัฒนาต่อไปเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น

3. เส้นใยหิน(Asbestos fibers)

เส้นใยชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมวัสดุก่อและส่วนประกอบอื่นๆ ของอาคารเป็นเวลานานแล้ว เพราะด้วยคุณสมบัติที่สามารถทนต่อการกัดกร่อนหรือขูดขีดได้สูง แต่อย่างไรก็ตามเส้นใยชนิดนี้ก็ยังมีข้อเสียคือ เป็นอันตรายต่อสุขภาพในขณะที่ผลิต, ติดตั้ง และใช้งาน

4. เส้นใยโพลีเมอร์(Polymeric fibers)

เส้นใยชนิดนี้มักจะทำมาจากไนล่อน(Nylon) หรือโพลีพลอพไพลีน(Polypropylene) ซึ่งมีค่าอีลาสติก (Plastic)ต่ำกว่าของคอนกรีต ดังนั้นเส้นใยชนิดนี้จึงไม่สามารถเพิ่มกำลังรับแรงให้กับคอนกรีตได้สักเท่าไร แต่อย่างไรก็ตามเส้นใยชนิดนี้ก็ยังมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความต้านทานต่อแรงกระแทกและป้องกันการแตกร่อนของเนื้อคอนกรีตได้และยังมีความสามารถต้านทานต่อการกัดกร่อนได้อีกด้วย

5. เส้นใยจากพืชธรรมชาติ (Natural organic fibers)

เส้นใยชนิดนี้มีมากมาย เช่น เส้นใยจากกาบมะพร้าว หรือเส้นใยจากปอ ซึ่งมาจากเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose)ของพืชนั่นเอง เส้นใยชนิดนี้มีค่าอีลาสติก(Elastic) ต่ำกว่าของคอนกรีตและถ้าหากอยู่ในสภาวะที่เปียกชื้นก็จะเสื่อมสภาพลงได้

ดังนั้นจากคุณสมบัติโดยย่อที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นจึงเลือกใช้เส้นใยโพลีเมอร์ (Polymeric fibers)และเส้นใยจากพืชธรรมชาติ(Natural organic fibers) คือ เส้นใยจากกาบมะพร้าว ทั้งนี้ก็ด้วยเหตุผลที่ว่าเส้นใยโพลีเมอร์ (Polymeric fiber)เป็นเส้นใยชนิดใหม่ที่ยังไม่เคยมีการใช้ในประเทศไทยมาก่อนและในปัจจุบันได้มีผู้นำเข้ามาจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้างแล้ว ส่วนเส้นใยของกาบมะพร้าวนั้นก็เป็นเส้นใยราคาถูกที่สามารถจัดหามาได้ง่ายและในบางครั้งก็จัดเป็นวัสดุเหลือใช้เสียด้วยซ้ำไป เพียงแค่นำกาบมะพร้าวแห้งมาเข้าเครื่องปั่นออกมาเป็นเส้นใยก็จะได้เส้นใยสำหรับที่จะนำไปใช้งานได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

"วิธีการศึกษา"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการศึกษาที่เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตที่เสริมเส้นใยกับคอนกรีตล้วนว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร แต่เนื่องจากอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีอยู่อย่างจำกัดจึงทำการทดสอบคอนกรีตเฉพาะในเรื่องต่อไปนี้ คือ

1. การทดสอบหากำลังรับแรงอัด (Compressive strength) ของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก (Cylinder) ตามมาตรฐานของ ASTM: C 39-72; ASTM Cylinder test for compressive strength

2. การทดสอบหากำลังรับแรงดึง (Tensile strength) ของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก (Cylinder) ตามมาตรฐานของ ASTM: C 496-71; ASTM Cylinder test for tensile strength

3. ทดสอบหากำลังรับแรงดึงจากการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีตซึ่งมีแรงกระทำที่ 1 ใน 3 ของช่วงคาน (Span length) รวม 2 จุด (Third-point loading) ตามมาตรฐานของ ASTM: C 78-75; Flexural test

4. ทดสอบหาคุณสมบัติความต้านทานต่อการแตกร่อนของเนื้อคอนกรีตจากการทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันมาจากเบ้าในอาคารสูง โดยมีอัตราส่วนความสูงต่อด้านแคบของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง (H/T ratio) เท่ากับ 3.5:1

ในแต่ละหัวข้อที่จะทำการทดสอบนั้นจะต้องจัดให้มีตัวอย่างคอนกรีต 3 ชนิด คือ 1 ชุด ที่จะใช้ในการทดสอบตามหัวข้อต่างๆ ที่กำหนดไว้ ซึ่งจะประกอบด้วย

1. คอนกรีตล้วน

2. คอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์

3. คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว

ทั้งนี้คอนกรีตใน 1 ชุด นั้นจะต้องมีส่วนผสมของคอนกรีต (MIX) ซึ่งได้แก่อัตราส่วนของ ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c ratio) ที่เท่ากัน กล่าวคือคอนกรีตส่วนผสมหนึ่งๆ จะต้องแบ่งออกเป็น 3 ส่วน สำหรับคอนกรีตตัวอย่าง 3 ชนิด ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับวิธีการศึกษานี้สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนใหญ่ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 ขั้นตอน ดังนี้

1. หาค่าความถ่วงจำเพาะของเส้นใยกาบมะพร้าว
2. สกัดแยกส่วนผสมของคอนกรีต
3. หาปริมาณเส้นใยที่จะใช้ผสม
4. ทำการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่ออกแบบไว้
5. ทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีตตามหัวข้อที่กำหนดไว้ในตอนต้น
6. นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์รูปแบบการแตกร้าวให้เป็นระบบ

และจากขั้นตอนต่างๆ ข้างต้นสามารถที่จะนำมากล่าวโดยละเอียดได้ดังนี้

1. <u>หาค่าความถ่วงจำเพาะของเส้นใยกาบมะพร้าว</u>

เนื่องจากการกำหนดส่วนผสมของเส้นใยนั้นจะกำหนดเป็นร้อยละโดยปริมาตรของเส้นใยต่อคอนกรีต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาค่าความถ่วงจำเพาะของเส้นใยกาบมะพร้าวเสียก่อน โดยมีวิธีการดังนี้

1.1 นำเส้นใยกาบมะพร้าวที่ตากแห้งสนิทดีแล้วมาตัดแยกออกเป็นท่อนๆ ให้มีความยาวสูงสุดได้ไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการเทใส่ลงในขวดแก้วสำหรับหาความถ่วงจำเพาะและยังช่วยให้ค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

1.2 นำเส้นใยกาบมะพร้าวที่ตัดแยกเสร็จแล้วมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ และจดบันทึกค่าไว้

1.3 นำเส้นใยกาบมะพร้าวที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาแช่ในน้ำมันก๊าดและทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมงหรือกว่านั้น เพื่อให้เส้นใยกาบมะพร้าวทั้งหมดจมตัวลงสู่ก้นถ้วยตวง

1.4 นำน้ำมันก๊าดจากข้อ 1.3 มากรองเอาเส้นใยกาบมะพร้าวออกด้วยผ้ากรอง หลังจากนั้นก็ให้นำเส้นใยกาบมะพร้าวที่กรองได้มาเกลี่ยบนผ้าหรือกระดาษให้กระจายอย่างทั่วถึง เพื่อดูดซับน้ำมันก๊าดที่เกาะติดอยู่บนผิวของเส้นใยกาบมะพร้าวออกให้หมดก่อนที่จะนำไปเทลงในขวดแก้วหาความถ่วงจำเพาะต่อไป

1.5 เช็ดขวดแก้วสำหรับหาความถ่วงจำเพาะให้สะอาดแล้วเติมน้ำมันก๊าดลงไปในขวดแก้วโดยให้มีปริมาตรอยู่ต่ำกว่าปริมาตรสูงสุดของขวดแก้วประมาณ 10 มิลลิลิตร โดยจะต้องอ่านระดับของน้ำมันก๊าดที่แท้จริงและจดบันทึกค่าเอาไว้เป็น m1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 นำเส้นใยกาบมะพร้าวจากข้อ 1.4 มาค่อยๆ เติมลงในขวดแก้วและเมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วก็ให้ปิดฝาและเขย่าขวดแก้ว เพื่อให้เส้นใยกาบมะพร้าวจมตัวลงสู่ก้นขวดแก้วทั้งหมด หลังจากนั้นก็ทิ้งขวดแก้วทิ้งไว้สักครู่

1.7 เมื่อเส้นใยกาบมะพร้าวจมตัวลงสู่ก้นขวดแก้วทั้งหมดแล้วก็ให้อ่านระดับของน้ำมันก๊าดและจดบันทึกไว้เป็นค่า n2

1.8 ค่าความถ่วงจำเพาะของเส้นใยกาบมะพร้าวจะได้จากค่าเฉลี่ยของการทำ 3 ครั้งด้วยกัน โดยที่ค่าความถ่วงจำเพาะนั้นจะหาได้จากสมการต่อไปนี้คือ

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ(Specific Gravity)} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นใยกาบมะพร้าวที่ใส่ลงในขวดแก้ว}}{\text{ปริมาตรส่วนที่เพิ่มขึ้นของน้ำมันก๊าด}(n2-n1)}$$

ซึ่งผลที่ได้จะมีดังนี้

ครั้งที่ 1: น้ำหนักของเส้นใยกาบมะพร้าว = 2.5 กรัม, n1 = 430 ml., n2 = 433.3 ml.
จะได้ความถ่วงจำเพาะ = 2.5/(433.3-430) = 0.76

ครั้งที่ 2: น้ำหนักของเส้นใยกาบมะพร้าว = 2.5 กรัม, n1 = 430 ml., n2 = 433.5 ml.
จะได้ความถ่วงจำเพาะ = 2.5/(433.5-430) = 0.71

ครั้งที่ 3: น้ำหนักของเส้นใยกาบมะพร้าว = 2.5 กรัม, n1 = 430 ml., n2 = 432.8 ml.
จะได้ความถ่วงจำเพาะ = 2.5/(432.8-430) = 0.89

ค่าเฉลี่ยจาก 3 ครั้งได้ = (0.76+0.71+0.89)/3 = 0.79

สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะของเส้นใยโพลีเมอร์ชนิด Polypropylene ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า"Forta CR(Concrete Reinforcement)" นั้น ทางผู้ผลิตได้หามาแล้วซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.91

2. <u>การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต</u>

จะต้องมีการนำเอาสิ่งต่อไปนี้ควบคู่ไปด้วยกันคือ ขนาดโตสุดของมวลรวม, ส่วนผสมของมวลรวม, ค่าความยุบตัว (Slump), กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยที่ต้องการ และหลักทฤษฎีของคอนกรีตเสริมเส้นใย(FRC) ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Proportions for Normal-Weight Fiber-reinforced Concrete

Cement	325–560 kg/m³ (550–950 lb/yd³)[a]
w/c Ratio	0.4–0.6
Fine-aggregate/total aggregate	0.5–1.0
Maximum aggregate size	10 mm (⅜ in.)
Air content	6–9%
Fiber content	0.5–2.5% by volume[b]

[a]Pozzolan is often used to replace some of the cement when high cement contents are needed.

[b]Steel fiber: 1% = 78 kg/m³ (132 lb/yd³); glass fiber: 1% = 25 kg/m³ (42 lb/yd³).

ที่มา : Sidney Mindess and J.Francis Young,"Modern Developments," Concrete. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981, pp. 633-634

จากตารางข้างบนสามารถที่จะกำหนดค่าต่างๆ ได้ดังนี้

- ขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบใช้เท่ากับ 10 มิลลิเมตร หรือ 1 เซนติเมตร ซึ่งหมายถึงใช้หินเกล็ดเป็นมวลรวมหยาบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับคอนกรีตเสริมเส้นใย
- จากสัดส่วนของมวลรวมละเอียดต่อมวลรวมทั้งหมด ซึ่งเท่ากับ 0.5 - 1.0 นั้น หมายถึงสัดส่วนมวลรวมละเอียดต่อมวลรวมหยาบจะต้องเท่ากับ 1 : 1 เป็นอย่างน้อย
- ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์(w/c ratio) ต้องอยู่ในช่วงระหว่าง 0.4 ถึง 0.6
- ค่าอัตราส่วนปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องใช้คือ 325 - 560 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปส่วนผสมต่างๆ ของคอนกรีตเพื่อให้เป็นไปตามหลักวิชาการทางวิศวกรรมของคอนกรีตเสริมเส้นใย (FRC) ได้ดังนี้ (โดยกำหนดให้เป็นส่วนผสม MIX A)

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของ ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน

= 1 : 2 : 2

โดยใช้ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 370 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ใช้ทรายและหิน เท่ากับ 740 "

และใช้น้ำในปริมาณ 150 " (w/c ratio = 0.4)

สำหรับส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้กันในงานคอนกรีตโครงสร้างทั่วๆ ไป ซึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027094

กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยประมาณ 350 KSC. ก็จะมีรายละเอียดของส่วนผสมดังนี้ (โดยปริมาตร ให้เป็นส่วนผสม MIX B)

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของ ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน

= 1 : 2 : 3

โดยใช้ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 370 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ใช้ทราย เท่ากับ 740 "

ใช้หิน เท่ากับ 1110 "

และใช้น้ำในปริมาณ 180 " (w/c ratio = 0.5)

3. หาปริมาณเส้นใยที่จะใช้ผสมคอนกรีต

เนื่องจากข้อมูลทางเทคนิคของผู้ผลิตเส้นใยโพลีเมอร์ (Polymeric fibers) ชนิด Polypropylene ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า "Forta CR" ได้กำหนดให้ใช้เส้นใยโพลีเมอร์ในอัตราส่วน 0.1 % โดยปริมาตร ดังนั้นจึงกำหนดให้ใช้เส้นใยกาบมะพร้าวในอัตราส่วน 0.1 % โดยปริมาตรด้วย และจากอัตราส่วนของเส้นใยผสมคอนกรีตโดยปริมาตรนี้ก็สามารถหาปริมาณของเส้นใยที่ต้องใช้ผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตรได้ โดยการนำค่าความถ่วงจำเพาะของเส้นใยแต่ละชนิดมาคูณกับอัตราส่วนที่กำหนดไว้แล้วคูณด้วย 10 ก็จะได้น้ำหนักของเส้นใยที่จะต้องใช้ผสมคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตรดังนี้คือ

- ใช้เส้นใยโพลีเมอร์;Forta CR เท่ากับ 0.91 * 0.1 * 10

= 0.91 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

- ใช้เส้นใยกาบมะพร้าว เท่ากับ 0.79 * 0.1 * 10

= 0.79 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

4. ทำการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่คิดออกแบบไว้

เนื่องจากโม่ผสมคอนกรีตมีขนาดไม่เพียงพอสำหรับการผสมคอนกรีตที่จะใช้หล่อลูกบาศก์ทั้งหมดในคราวเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องแบ่งการผสมออกเป็นส่วนๆ ตามความเหมาะสมดังนี้

4.1 แบ่งเป็น 2 ส่วน ตามส่วนผสมที่กำหนดไว้คือ MIX A และ MIX B โดยที่ในแต่ละส่วนนั้นยังต้องแบ่งออกเป็นส่วนๆ อีก 3 ส่วน ตามข้อ 4.2

4.2 แบ่งเป็น 3 ส่วน ตามชนิดของตัวอย่าง 3 ชนิดคือ คอนกรีตล้วน, คอน-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์ และคอนกรีตเสริมเส้นใยกายมะลวง โดยที่ในแต่ละส่วนนั้นจะต้องใช้มีปริมาณเพียงพอสำหรับหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่างทั้งหมดที่จะต้องใช้ตลอดในชุดหัวข้อที่กำหนดไว้สำหรับคอนกรีตชนิดนั้นๆ ซึ่งจะมีจำนวนแท่งคอนกรีตตัวอย่างดังนี้ คือ

1. แท่งทรงกระบอกตัวอย่างรูปทรงกระบอก

ใช้ 18 ตัวอย่าง ต่อ 1 MIX รวมทั้งสิ้น 36 ตัวอย่าง

2. ตามขนาด 15 * 15 * 50 เซนติเมตร

ใช้ 9 ตัวอย่าง ต่อ 1 MIX รวมทั้งสิ้น 18 ตัวอย่าง

3. ตามขนาด 15 * 15 * 52.5 เซนติเมตร

ใช้ 9 ตัวอย่าง ต่อ 1 MIX รวมทั้งสิ้น 18 ตัวอย่าง

สำหรับขั้นตอนวิธีการผสมในส่วนย่อยแต่ละส่วนก็สามารถกล่าวได้ดังนี้ คือ

- ชั่งน้ำหนักส่วนผสมต่างๆ ให้ได้อัตราส่วนตามที่ได้ออกแบบเอาไว้แล้วในข้อ 2.
- ชั่งน้ำหนักเส้นใยที่จะใช้ผสมให้ได้ปริมาณตามที่ได้หาเอาไว้แล้วในข้อ 3.
- ร่อนหินเพื่อเอาเศษไม้ออกให้หมดและทำการล้างหินให้สะอาดปราศจากฝุ่นผง
- ร่อนทรายเพื่อเอาเศษไม้และสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ออกให้หมด
- ค่อยๆ นำเอาส่วนผสมต่างๆ ที่เตรียมไว้แล้วใส่ลงในโม่ผสมคอนกรีตสลับกันไปในขณะที่โม่กำลังเดินเครื่องอยู่
- เมื่อผสมคอนกรีตจนได้ที่แล้วก็ให้นำไปเทลงในแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่างได้เลย ในกรณีที่เป็นคอนกรีตล้วน แต่ถ้าหากเป็นคอนกรีตเสริมเส้นใยก็ให้นำเส้นใยที่เตรียมไว้มาเทลงในโม่และผสมต่อไปอีก 6 - 7 นาที แล้วจึงนำไปเทลงในแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่างต่อไป
- ก่อนที่จะเทคอนกรีตลงในแบบหล่อนั้นจะต้องหาค่าความยุบตัว (Slump) ของคอนกรีตโม่นั้นๆ เสียก่อนแล้วจึงนำคอนกรีตไปเทลงในแบบหล่อได้ โดยจะต้องแบ่งเทเป็นชั้นๆ และใช้เหล็กกระทุ้งให้แน่นในกรณีที่เป็นคอนกรีตล้วน แต่ถ้าหากเป็นคอนกรีตเสริมเส้นใยแล้วการทำให้แน่นจะต้องเขย่าจากภายนอกแบบหล่อแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้นห้ามใช้เหล็กกระทุ้งโดยเด็ดขาด ทั้งนี้แบบหล่อจะต้องสะอาดและมีความแข็งแรงอย่างเพียงพอด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อแกะแบบหล่อออกแล้วให้นำแท่งคอนกรีตตัวอย่างไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 28 วัน ก่อนที่จะนำไปทดสอบต่อไป

5. <u>ลำดับการทดสอบตามหัวข้อที่กำหนดไว้</u>

จากหัวข้อต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้สามารถที่จะแยกกล่าวตามวิธีการทดสอบได้ดังนี้

5.1 การทดสอบหากำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก (Cylinder) ตามมาตรฐานของ ASTM: C 39-72; ASTM Cylinder Test for Compressive Strength มีรายละเอียดต่อไปนี้

- จะต้องใช้แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก 3 ตัวอย่าง ในการทดสอบคอนกรีต 1 ชนิด ต่อส่วนผสมคอนกรีต 1 อัตราส่วน(MIX) กล่าวคือ จะต้องใช้แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกรวมทั้งหมดเท่ากับ 18 ตัวอย่าง สำหรับการทดสอบหากำลังรับแรงอัด โดยสามารถแยกได้ดังนี้คือ

	คอนกรีตล้วน	คอนกรีตเสริมเส้นใยไฟเบอร์	คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว
<u>MIX A</u>	3 ตัวอย่าง	3 ตัวอย่าง	3 ตัวอย่าง
<u>MIX B</u>	3 "	3 "	3 "

- นำแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่บ่มจนมีอายุครบ 28 วัน แล้วมา Cap หัวทั้งสองด้านก่อนนำไปทดสอบด้วยเครื่อง Universal Testing Machine
- นำแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ cap หัวแล้วมาทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยให้ load เริ่มขึ้นในอัตรา 2.5± 1.0 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร/วินาที จนกระทั่งแท่งคอนกรีตตัวอย่างแตกพังลง แล้วอ่านค่าน้ำหนักประลัย(Ultimate load) เอาไว้เพื่อหากำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างจากสูตรข้างล่างนี้ต่อไป

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

เมื่อ σ_c= กำลังรับแรงอัด (Compressive strength); KSC.

P = น้ำหนักประลัย (Ultimate load); Kg.

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง; cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดสอบหากำลังรับแรงดึงของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก (Cylinder) ตามมาตรฐานของ ASTM: C 496-71; ASTM Cylinder Test for Tensile Strength ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- จำนวนและการจำแนกแท่งคอนกรีตตัวอย่างไว้ทำเช่นเดียวกับการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในหัวข้อ 5.1
- นำแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่บ่มจนมีอายุครบ 28 วันแล้วมาทดสอบกำลังรับแรงดึง โดยการอัดแท่งคอนกรีตตัวอย่างในแนวนอน(Splitting Tension Test) ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine จนกระทั่งแท่งคอนกรีตตัวอย่างแตกแยกออกเป็น 2 ส่วน แล้วจดค่าน้ำหนักประลัย(Ultimate load) เอาไว้เพื่อหากำลังรับแรงดึง (Tensile strength) ของแท่งคอนกรีตตัวอย่างจากสูตรข้างล่างนี้ คือ

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

เมื่อ σ_T = กำลังรับแรงดึง(Tensile strength); KSC.

P = น้ำหนักประลัย(Ultimate load); Kg.

L = ความสูงของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก; cm.

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก;cm.

5.3 การทดสอบหากำลังรับแรงดึงจากการทดสอบกำลังดัดของคานคอนกรีต ซึ่งมีแรงกระทำที่ 1 ใน 3 ของช่วงคานรวม 2 จุด ตามมาตรฐานของ ASTM: C 78-75; Flexural Test ดังรายละเอียดต่อไปนี้

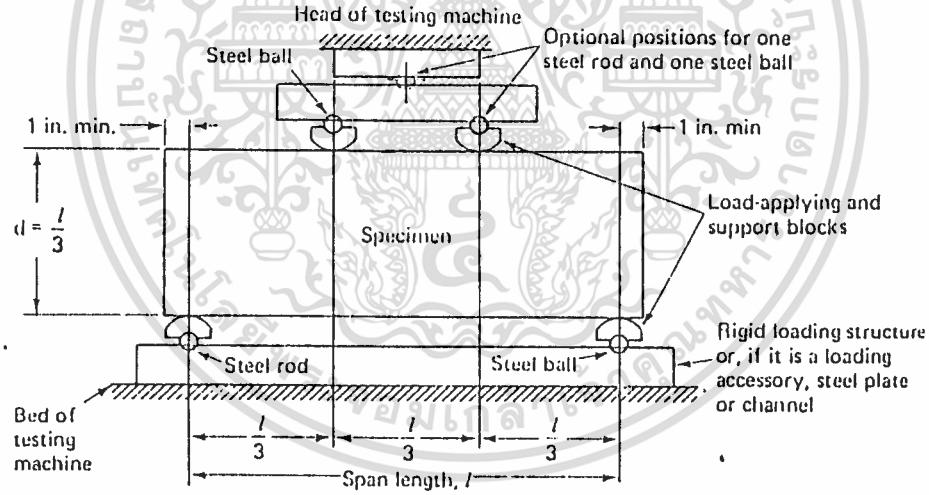
- คานคอนกรีตตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจะมีขนาด 15.0 * 15.0 * 53.0 เซนติเมตร
- จำนวนและการจำแนกแท่งคอนกรีตตัวอย่างสามารถแยกได้ดังนี้

	คอนกรีตล้วน	คอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์	คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว
MIX A	3 ตัวอย่าง	3 ตัวอย่าง	3 ตัวอย่าง
MIX B	3 "	3 "	3 "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำทดสอบกำลังตัวอย่างที่บ่มชื้นมีอายุครบ 28 วันแล้วมาทดสอบกำลังดัดด้วยเครื่อง Universal Testing Machine โดยมีแรงกระทำที่ระยะ 1 ใน 3 ของช่วง span ระหว่างที่รองรับ(Support) สองตำแหน่ง รวม 2 จุด (Third-point loading) ซึ่งมีการจัดอุปกรณ์การทดสอบและแต่งหน้าคอนกรีตตัวอย่างดังรูปข้างล่างนี้ จนกระทั่งคานคอนกรีตแตกหัก แล้วจดค่าน้ำหนักประลัย (Ultimate load) เอาไว้เพื่อหาค่าโมดูลัสแตกร้าว(Modulus of rupture) ซึ่งก็คือค่าที่บ่งบอกถึงกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตแบบหนึ่งต่อไป

Diagrammatic view of a suitable apparatus for flexure test of concrete by third-point-loading method. This apparatus may be used inverted. If the testing machine applies force through a spherically seated head, the center pivot may be omitted , provided that one load-applying block pivots on a rod and the other on a ball.



ที่มา : Sidney Mindess and J.Francis Young,"Testing of Hardened Concrete," Concrete. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981, pp. 427-430

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณหาค่าโมดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture) ของคอนกรีตจากสูตรต่อไปนี้ เมื่อรอยแตกร้าวของคานอยู่ในช่วง 1 ใน 3 ของกึ่งกลางช่วง span (Middle third)

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

เมื่อ R = โมดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture); KSC.

P = น้ำหนักประลัย (Ultimate load); Kg.

L = ระยะระหว่างที่รองรับ; cm.

b = ความกว้างของคานคอนกรีตตัวอย่าง; cm.

d = ความลึกของคานคอนกรีตตัวอย่าง; cm.

และถ้าหากรอยแตกร้าวของคานอยู่นอกช่วง 1 ใน 3 ของกึ่งกลางช่วง span (Middle third) ไม่เกินกว่า 5 % ของความยาวช่วง span ระหว่างที่รองรับจึงใช้สูตรต่อไปนี้คำนวณหาค่าโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีต

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

เมื่อ R = โมดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture); KSC.

P = น้ำหนักประลัย (Ultimate load); Kg.

a = ระยะเฉลี่ยระหว่างรอยแตกร้าวกับที่รองรับซึ่งอยู่ใกล้ที่สุด; cm.

b = ความกว้างของคานคอนกรีตตัวอย่าง; cm.

d = ความลึกของคานคอนกรีตตัวอย่าง; cm.

แต่ถ้าหากรอยแตกร้าวของคานอยู่นอกช่วง 1 ใน 3 ของกึ่งกลางช่วง span (Middle third) เกินกว่า 5 % ของความยาวช่วง span ระหว่างที่รองรับก็จะไม่นำผลการทดสอบแห่งคอนกรีตตัวอย่างนั้นมาพิจารณา

5.4 การทดสอบหาจุดเริ่มมีความต้านทานต่อการแตกร้าวของเนื้อคอนกรีตจากการทดสอบกำลังยึดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างที่มีขนาดต่างๆ กันจากเอกสารต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เสาคอนกรีตตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจะมีขนาด 15.0 * 15.0 * 52.5 เซนติเมตร ซึ่งจะให้อัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของด้านหน้าตัดของเสาคอนกรีตตัวอย่าง (H/D ratio) = 3.5 : 1 เพื่อเป็นการจำลองเสาคอนกรีตตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบให้มีรูปแบบเหมือนกับเสาในอาคารสูง
- จำนวนและการจำแนกแท่งคอนกรีตตัวอย่างสามารถแยกได้ดังนี้

	คอนกรีตล้วน	คอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์	คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว
MIX A	3 ตัวอย่าง	3 ตัวอย่าง	3 ตัวอย่าง
MIX B	3 "	3 "	3 "

- นำแท่งคอนกรีตตัวอย่างที่บ่มจนมีอายุครบ 28 วันแล้วมาทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่อง Universal Testing Machine จนกระทั่งแท่งคอนกรีตตัวอย่างแตกหักลง ทั้งนี้ในขณะที่แท่งคอนกรีตตัวอย่างเริ่มมีรอยแตกร้าวนั้นจะต้องหยุดบันทึก load ณ. ขณะนั้น (load at first crack)และน้ำหนักประลัย (Ultimate load) เอาไว้ด้วยทุกตัวอย่างเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน

สำหรับรายละเอียดต่างๆ ของขั้นตอนที่ 6 ซึ่งเป็นการนำผลการทดสอบมาจัดรูปแบบการแสดงผลให้เป็นระบบนั้นจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไปในบทของการนำเสนอผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

"การนำเสนอผลการทดสอบ"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง MIX A และ MIX B

6. แผนภูมิการ์ดแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของความสามารถในการรับแรงอัด, แรงดึง และค่าโมดูลัสแตกร้าวของแท่งตัวอย่างที่ผสมน้ำยาบ่มระหว่าง MIX A และ MIX B

7. แผนภูมิการ์ดแท่งแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่า Load at first crack ของเส้นใยแก้วทำของ MIX A และ MIX B

8. แผนภูมิการ์ดแท่งแสดงการเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักประลัยของเส้นใยแก้วทำของ MIX A และ MIX B

9. แผนภูมิการ์ดแท่งแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่า Load at first crack กับน้ำหนักประลัยของเส้นใยแก้วทำของ MIX A

10. แผนภูมิการ์ดแท่งแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่า Load at first crack กับน้ำหนักประลัยของเส้นใยแก้วทำของ MIX B

การนำข้อมูลที่ได้มาแสดงบนแผนภูมิการ์ดนี้ก็เพื่อจะได้เห็นความแตกต่างของผลการทดลองแต่ละชนิดได้อย่างเด่นชัด และสามารถอ้างอิงได้อย่างสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น ตัวอย่างและกราฟแสดงผลการทดลองที่ได้นำมาแสดงไว้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1: COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE MIX.A

SPECIMEN NO.		DIMENSIONS (CM.) CR-SECTION	HEIGHT	AREA (SQ.CM.)	WT. (KG)	AGES (DAYS)	SLUMP (CM)	ULTIMATE LOAD (kg)	COMPRESSIVE STRECTH (ksc.)	AVERAGE COMP. STRENGTH (ksc.)
A1	#1	15.00	30.00	176.63	12.49	28.00	6.50	54000.00	305.73	
	#2	15.00	29.90	176.63	12.72	28.00	6.50	53640.00	303.69	303.17
	#3	15.00	29.90	176.63	13.35	28.00	6.50	53000.00	300.07	
A2	#1	15.00	30.00	176.63	12.50	28.00	6.30	56100.00	317.62	
	#2	15.00	29.90	176.63	12.49	28.00	6.30	56520.00	320.00	320.49
	#3	15.00	30.00	176.63	12.67	28.00	6.30	57200.00	323.85	
A3	#1	15.00	30.00	176.63	12.51	28.00	6.20	55400.00	313.66	
	#2	15.00	30.00	176.63	12.61	28.00	6.20	56500.00	319.89	317.66
	#3	15.00	30.10	176.63	12.53	28.00	6.20	56420.00	319.43	

NOTE: MIX PROPORTION,A = 1:2:2
w/c RATIO = 0.4
FIBERS CONTENT = 0.1 %
A1 = PLAIN CONCRETE
A2 = POLYPROPYLENE FIBERS REINFORCED CONCRETE
A3 = COIR FIBERS REINFORCED CONCRETE

TABLE 2: COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE MIX.B

SPECIMEN NO.		DIMENSIONS (CM.) CR-SECTION	DIMENSIONS (CM.) HEIGHT	AREA (SQ.CM.)	WT. (KG)	AGES (DAYS)	SLUMP (CM)	ULTIMATE LOAD (kg)	COMPRESSIVE STREGTH (ksc.)	AVERAGE COMP.STRENGTH (ksc.)
B1	#1	15.00	30.00	176.63	12.59	28.00	7.20	66600.00	377.07	
	#2	15.00	29.90	176.63	12.53	28.00	7.20	63120.00	357.37	368.39
	#3	15.00	29.80	176.63	12.53	28.00	7.20	65480.00	370.73	
B2	#1	15.00	30.00	176.63	12.43	28.00	7.00	67880.00	384.32	
	#2	15.00	30.00	176.63	12.45	28.00	7.00	68460.00	387.60	384.28
	#3	15.00	30.00	176.63	12.53	28.00	7.00	67280.00	380.92	
B3	#1	15.00	30.00	176.63	12.66	28.00	7.00	66920.00	378.88	
	#2	15.00	29.90	176.63	12.68	28.00	7.00	67740.00	383.52	382.28
	#3	15.00	30.00	176.63	12.57	28.00	7.00	67900.00	384.43	

NOTE: MIX PROPORTION,B = 1:2:3
w/c RATIO = 0.5
FIBERS CONTENT = 0.1 %
B1 = PLAIN CONCRETE
B2 = POLYPROPYLENE FIBERS REINFORCED CONCRETE
B3 = COIR FIBERS REINFORCED CONCRETE

TABLE 3: TENSILE STRENGTH OF CONCRETE MIX.A

SPECIMEN NO.		DIMENSIONS (CM.) CR-SECTION	DIMENSIONS (CM.) HEIGHT	WT. (KG)	AGES (DAYS)	SLUMP (CM)	ULTIMATE LOAD (kg)	TENSILE STREGTH (ksc.)	AVERAGE TENS.STRENGTH (ksc.)
A1	#1	15.00	30.00	12.49	28.00	6.50	25500.00	36.09	
	#2	15.00	30.10	12.55	28.00	6.50	24880.00	35.10	35.09
	#3	15.00	29.90	12.50	28.00	6.50	24000.00	34.08	
A2	#1	15.00	30.00	12.68	28.00	6.30	27560.00	39.01	
	#2	15.00	30.00	12.62	28.00	6.30	25580.00	36.21	37.73
	#3	15.00	30.00	12.59	28.00	6.30	26820.00	37.96	
A3	#1	15.00	30.20	12.52	28.00	6.20	25780.00	36.25	
	#2	15.00	30.00	12.50	28.00	6.20	26700.00	37.79	36.76
	#3	15.00	30.00	12.70	28.00	6.20	25600.00	36.23	

NOTE: MIX PROPORTION,A = 1:2:2
w/c RATIO = 0.4
FIBERS CONTENT = 0.1 %
A1 = PLAIN CONCRETE
A2 = POLYPROPYLENE FIBERS REINFORCED CONCRETE
A3 = COIR FIBERS REINFORCED CONCRETE

TABLE 4: TENSILE STRENGTH OF CONCRETE MIX.B

SPECIMEN NO.		DIMENSIONS (CM.) CR-SECTION	DIMENSIONS (CM.) HEIGHT	WT. (KG)	AGES (DAYS)	SLUMP (CM)	ULTIMATE LOAD (kg)	TENSILE STRECTH (ksc.)	AVERAGE TENS.STRENGTH (ksc.)
B1	#1	15.00	30.10	12.78	28.00	7.20	30220.00	42.63	
	#2	15.00	29.90	12.62	28.00	7.20	28780.00	40.87	42.46
	#3	15.00	30.00	12.68	28.00	7.20	31000.00	43.88	
B2	#1	15.00	30.00	12.46	28.00	7.00	30860.00	43.68	
	#2	15.00	29.90	12.37	28.00	7.00	31700.00	45.02	44.35
	#3	15.00	30.00	12.51	28.00	7.00	31340.00	44.36	
B3	#1	15.00	30.00	12.75	28.00	7.00	31520.00	44.61	
	#2	15.00	30.00	13.00	28.00	7.00	30580.00	43.28	43.99
	#3	15.00	30.00	12.82	28.00	7.00	31140.00	44.08	

NOTE: MIX PROPORTION,B = 1:2:3
w/c RATIO = 0.5
FIBERS CONTENT = 0.1 %
B1 = PLAIN CONCRETE
B2 = POLYPROPYLENE FIBERS REINFORCED CONCRETE
B3 = COIR FIBERS REINFORCED CONCRETE

TABLE 5: MODULUS OF RUPTURE OF CONCRETE MIX.A

SPECIMEN NO.		DIMENSIONS (CM.) WIDTH	DEPTH	LENGTH	WT. (KG)	AGES (DAYS)	SLUMP (CM)	ULTIMATE LOAD (kg)	MODULUS OF RUPTURE (ksc.)	AVERAGE MO. OF RUPTURE (ksc.)
A1	#1	15.00	15.10	50.00	26.70	28.00	6.50	3570.00	46.97	
	#2	15.00	15.10	50.10	27.00	28.00	6.50	3480.00	45.79	46.34
	#3	15.10	15.10	50.00	26.80	28.00	6.50	3540.00	46.27	
A2	#1	15.20	15.00	50.00	27.00	28.00	6.30	3700.00	48.68	
	#2	15.00	15.10	50.20	27.40	28.00	6.30	3660.00	48.16	48.64
	#3	15.00	15.00	50.10	26.90	28.00	6.30	3680.00	49.07	
A3	#1	15.00	15.10	50.00	26.50	28.00	6.20	3600.00	47.37	
	#2	15.10	15.10	50.10	26.70	28.00	6.20	3700.00	48.36	48.33
	#3	15.10	15.00	50.00	26.80	28.00	6.20	3720.00	49.27	

NOTE: MIX PROPORTION,A = 1:2:2
w/c RATIO = 0.4
FIBERS CONTENT = 0.1 %
A1 = PLAIN CONCRETE
A2 = POLYPROPYLENE FIBERS REINFORCED CONCRETE
A3 = COIR FIBERS REINFORCED CONCRETE

TABLE 6: MODULUS OF RUPTURE OF CONCRETE MIX.B

SPECIMEN NO.		DIMENSIONS (CM.) WIDTH	DEPTH	LENGTH	WT. (KG)	AGES (DAYS)	SLUMP (CM)	ULTIMATE LOAD (kg)	MODULUS OF RUPTURE (ksc.)	AVERAGE MO.OF RUPTURE (ksc.)
B1	#1	15.10	15.00	50.00	27.20	28.00	7.20	4280.00	56.69	
	#2	15.20	15.00	50.00	27.50	28.00	7.20	4160.00	54.74	55.56
	#3	15.00	15.10	50.00	27.00	28.00	7.20	4200.00	55.26	
B2	#1	15.10	15.10	50.20	27.30	28.00	7.00	4520.00	59.08	
	#2	15.00	15.10	50.10	27.10	28.00	7.00	4300.00	56.58	58.46
	#3	15.00	15.00	50.00	26.90	28.00	7.00	4480.00	59.73	
B3	#1	15.10	15.00	50.00	27.00	28.00	7.00	4260.00	56.42	
	#2	15.00	15.10	50.00	26.70	28.00	7.00	4500.00	59.21	57.83
	#3	15.00	15.00	50.10	26.80	28.00	7.00	4340.00	57.87	

NOTE: MIX PROPORTION,B = 1:2:3
w/c RATIO = 0.5
FIBERS CONTENT = 0.1 %
B1 = PLAIN CONCRETE
B2 = POLYPROPYLENE FIBERS REINFORCED CONCRETE
B3 = COIR FIBERS REINFORCED CONCRETE

TABLE 7: ULTIMATE LOADS OF THE SIMULATIVE COLUMN SPECIMEN (as H/T ratio = 3.5:1)

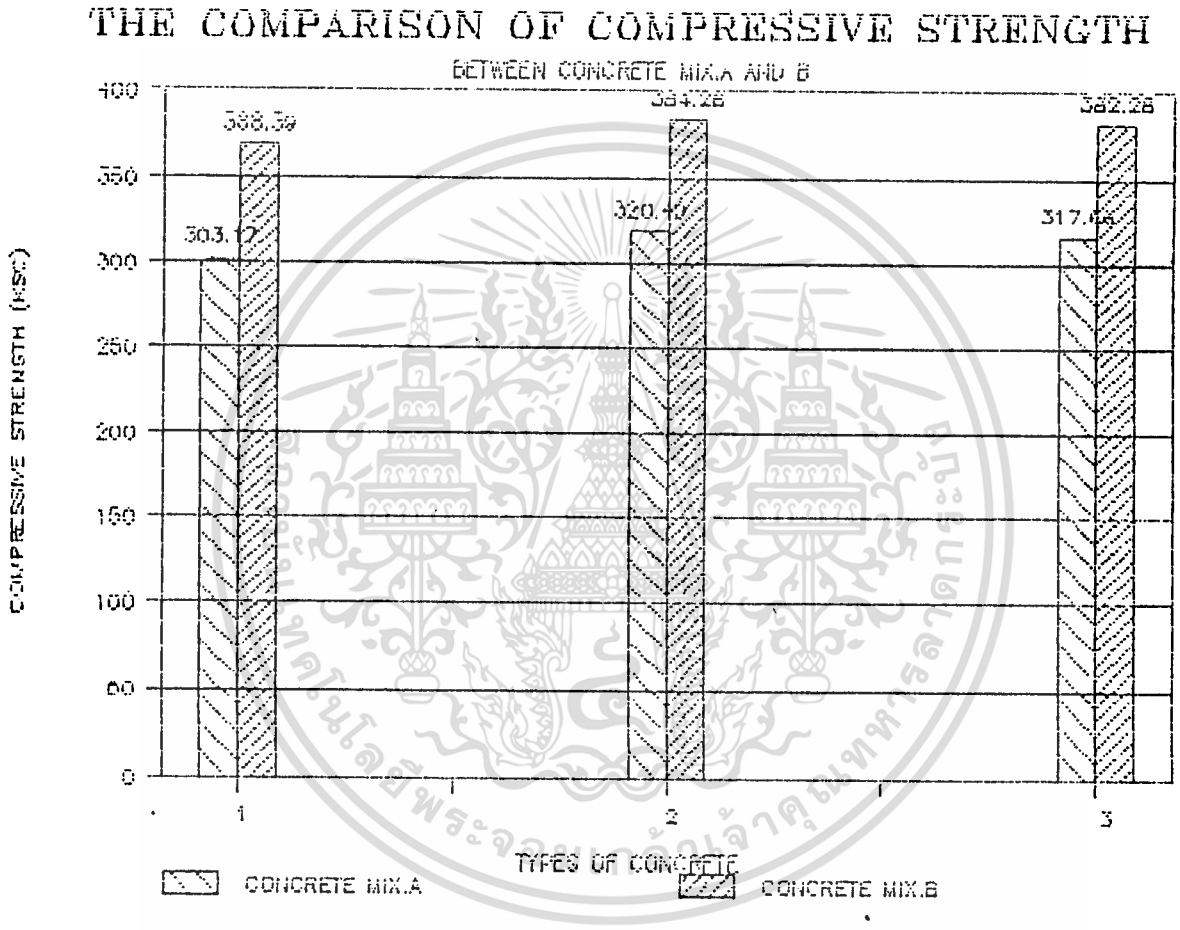
SPECIMEN NO.		DIMENSIONS (CM.) WIDTH	DEPTH	HEIGHT	CR.SECTION AREA (SQ.CM.)	WT. (KG)	AGES (DAYS)	SLUMP (CM)	LOAD AT FIRST CRACK (kg)	AVERAGE LOAD AT FIRST CRACK (kg)	ULTIMATE LOAD (kg)	AVERAGE ULTIMATE LOAD (kg)
A1	#1	15.00	15.10	50.00	226.50	26.70	28.00	6.50	54500.00		65000.00	
	#2	15.00	15.10	50.10	226.50	27.00	28.00	6.50	53980.00	54533.33	64960.00	65153.33
	#3	15.10	15.10	50.00	228.01	26.80	28.00	6.50	55120.00		65500.00	
A2	#1	15.20	15.00	50.00	228.00	27.00	28.00	6.30	60120.00		72660.00	
	#2	15.00	15.10	50.20	226.50	27.40	28.00	6.30	60200.00	60023.33	72400.00	72703.33
	#3	15.00	15.00	50.10	225.00	26.90	28.00	6.30	59750.00		73050.00	
A3	#1	15.00	15.10	50.00	226.50	26.50	28.00	6.20	58320.00		70770.00	
	#2	15.10	15.10	50.10	228.01	26.70	28.00	6.20	57990.00	58506.67	70490.00	70926.67
	#3	15.10	15.00	50.00	226.50	26.80	28.00	6.20	59210.00		71520.00	

NOTE: MIX PROPORTION,A = 1:2:2
w/c RATIO = 0.4
FIBERS CONTENT = 0.1 %
A1 = PLAIN CONCRETE
A2 = POLYPROPYLENE FIBERS REINFORCED CONCRETE
A3 = COIR FIBERS REINFORCED CONCRETE

TABLE 8: ULTIMATE LOADS OF THE SIMULATIVE COLUMN SPECIMEN (as h/T ratio = 3.5:1)

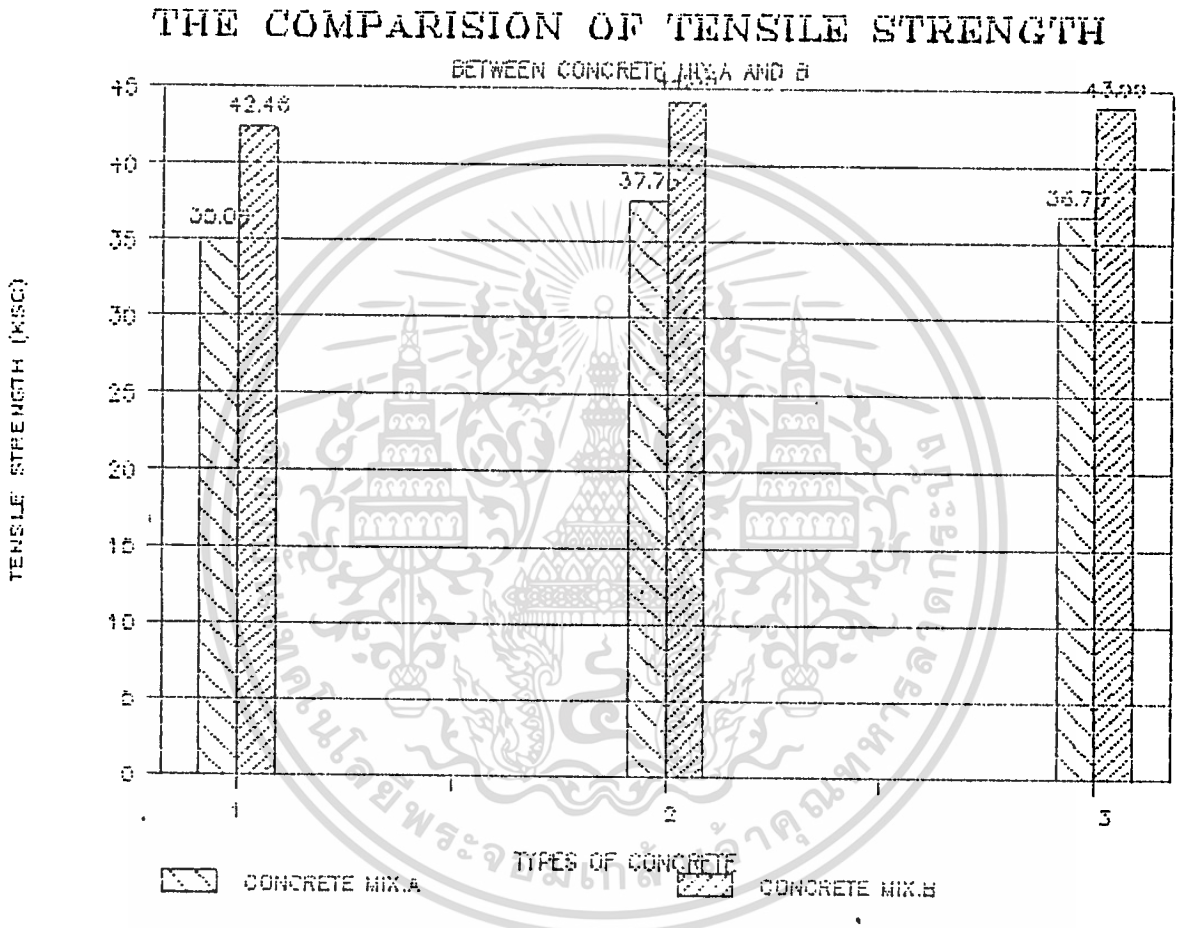
SPECIMEN NO.		DIMENSIONS (cm.) WIDTH	DEPTH	HEIGHT	CR.SECTION AREA (SQ.CM.)	WT. (Kg)	AGES (DAYS)	SLUMP (cm)	LOAD AT FIRST CRACK (Kg)	AVERAGE LOAD AT FIRST CRACK (Kg)	ULTIMATE LOAD (Kg)	AVERAGE ULTIMATE LOAD (Kg)
B1	#1	15.10	15.00	50.00	226.50	26.80	28.00	7.20	64240.00		72770.00	
	#2	15.00	15.10	50.10	226.50	27.00	28.00	7.20	62370.00	63490.00	74670.00	73983.33
	#3	15.10	15.00	50.10	226.50	26.60	28.00	7.20	63860.00		74510.00	
B2	#1	15.10	15.10	50.20	228.01	27.00	28.00	7.00	68610.00		80907.00	
	#2	15.10	15.10	50.10	228.01	27.50	28.00	7.00	67980.00	68196.67	80840.00	80842.33
	#3	15.20	15.00	50.00	228.00	26.90	28.00	7.00	68000.00		80780.00	
B3	#1	15.10	15.00	50.00	226.50	26.40	28.00	7.00	68100.00		80380.00	
	#2	15.10	15.00	50.00	226.50	26.50	28.00	7.00	66730.00	67013.33	78600.00	79270.00
	#3	15.20	15.10	50.10	229.52	26.00	28.00	7.00	66210.00		78830.00	

NOTE: MIX PROPORTION,B = 1:2:3
w/c RATIO = 0.5
FIBERS CONTENT = 0.1 %
B1 = PLAIN CONCRETE
B2 = POLYPROPYLENE FIBERS REINFORCED CONCRETE
B3 = COIR FIBERS REINFORCED CONCRETE



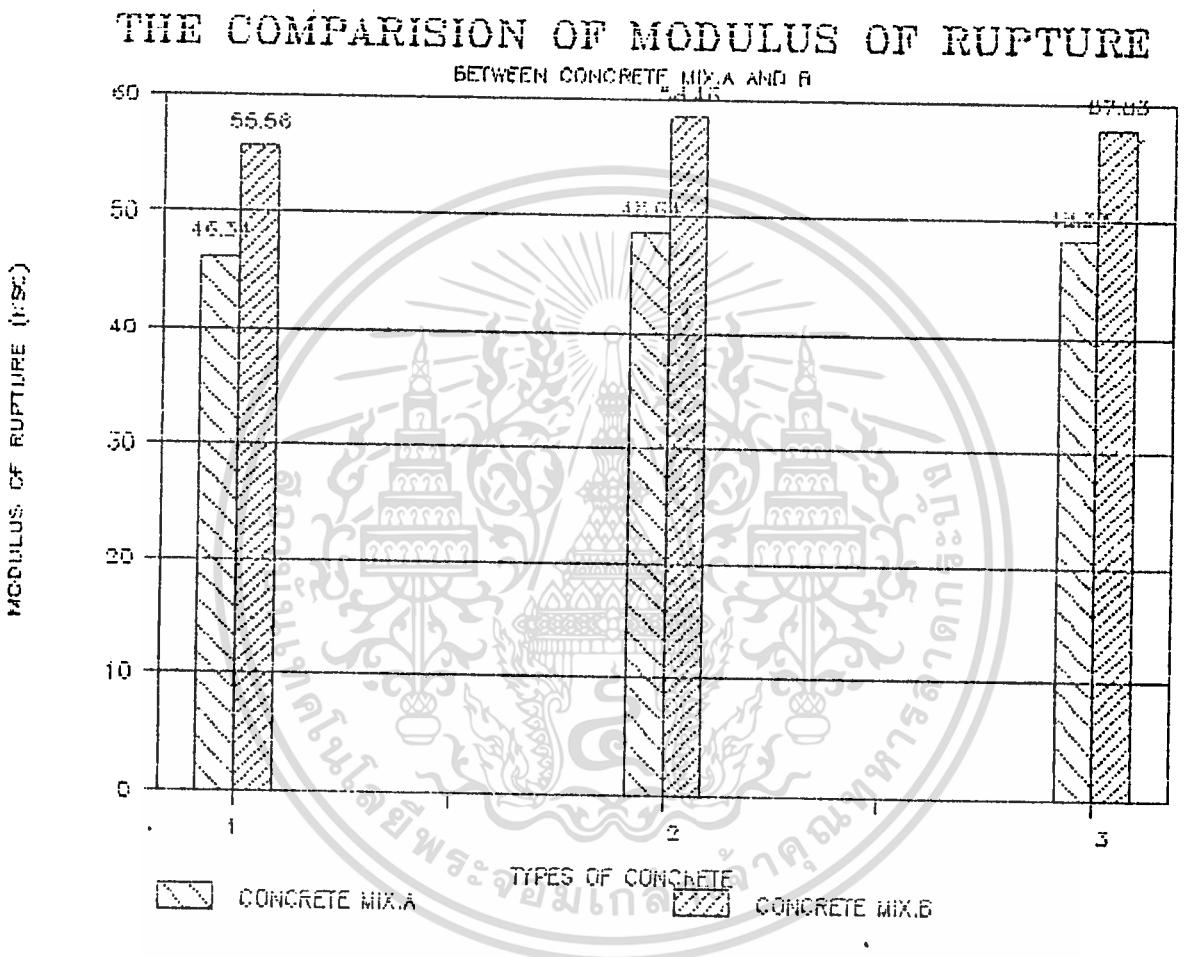
รูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



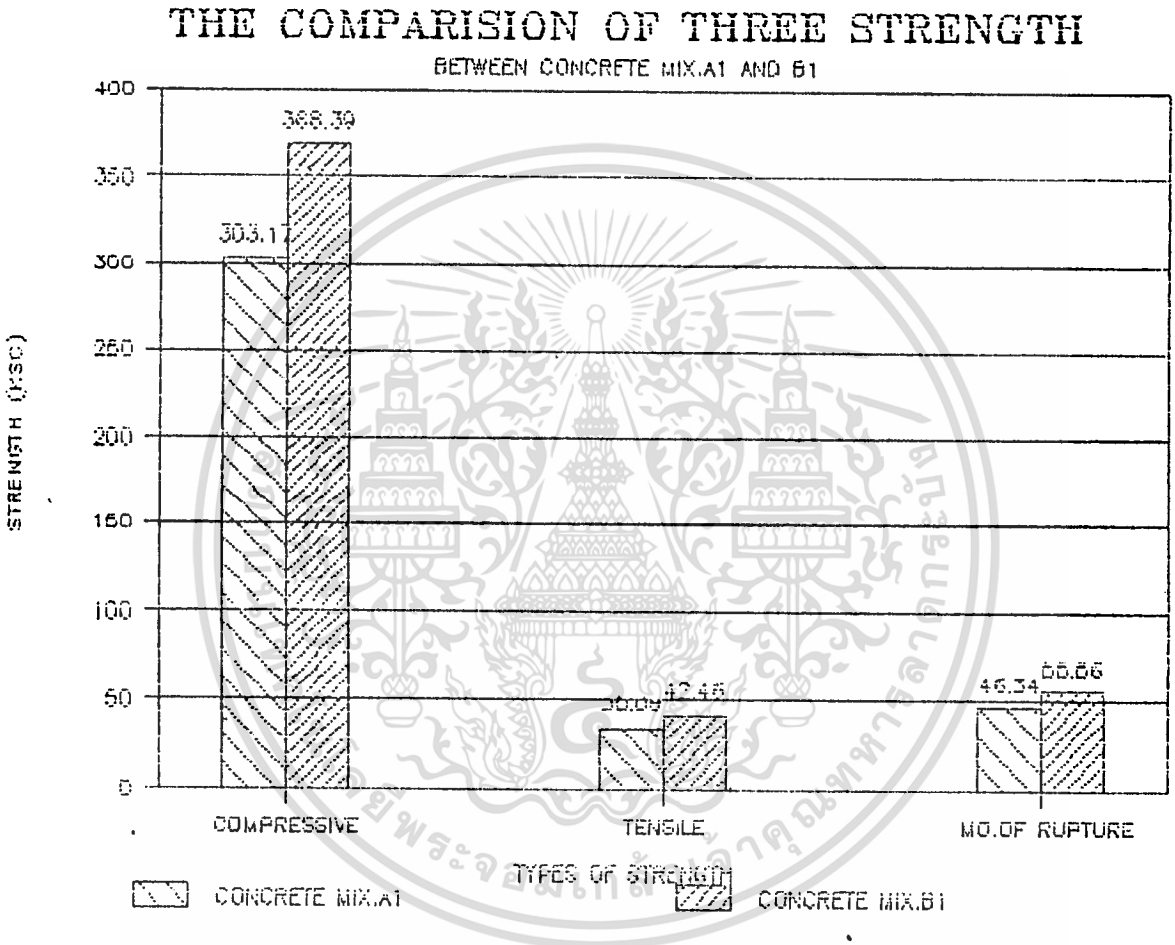
รูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



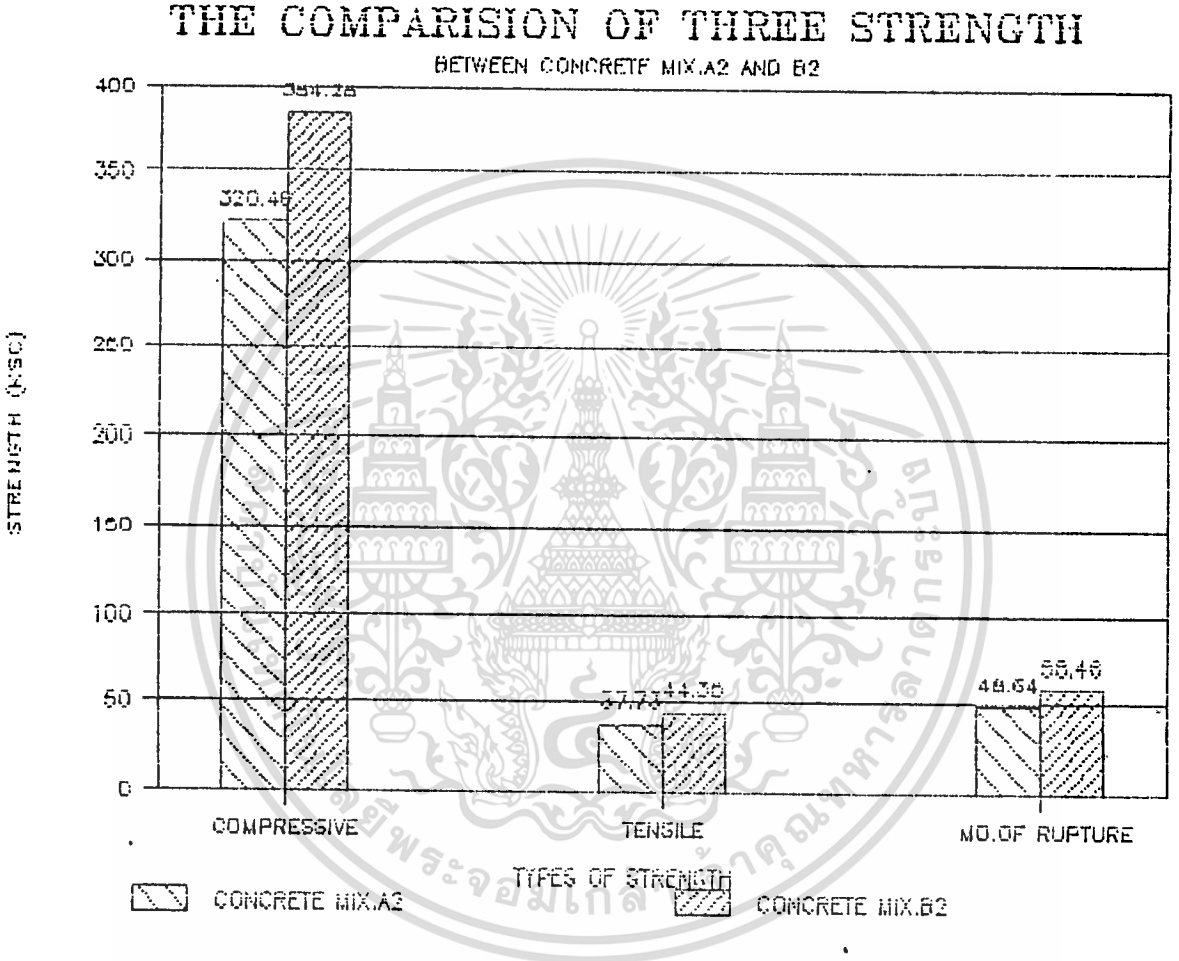
รูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



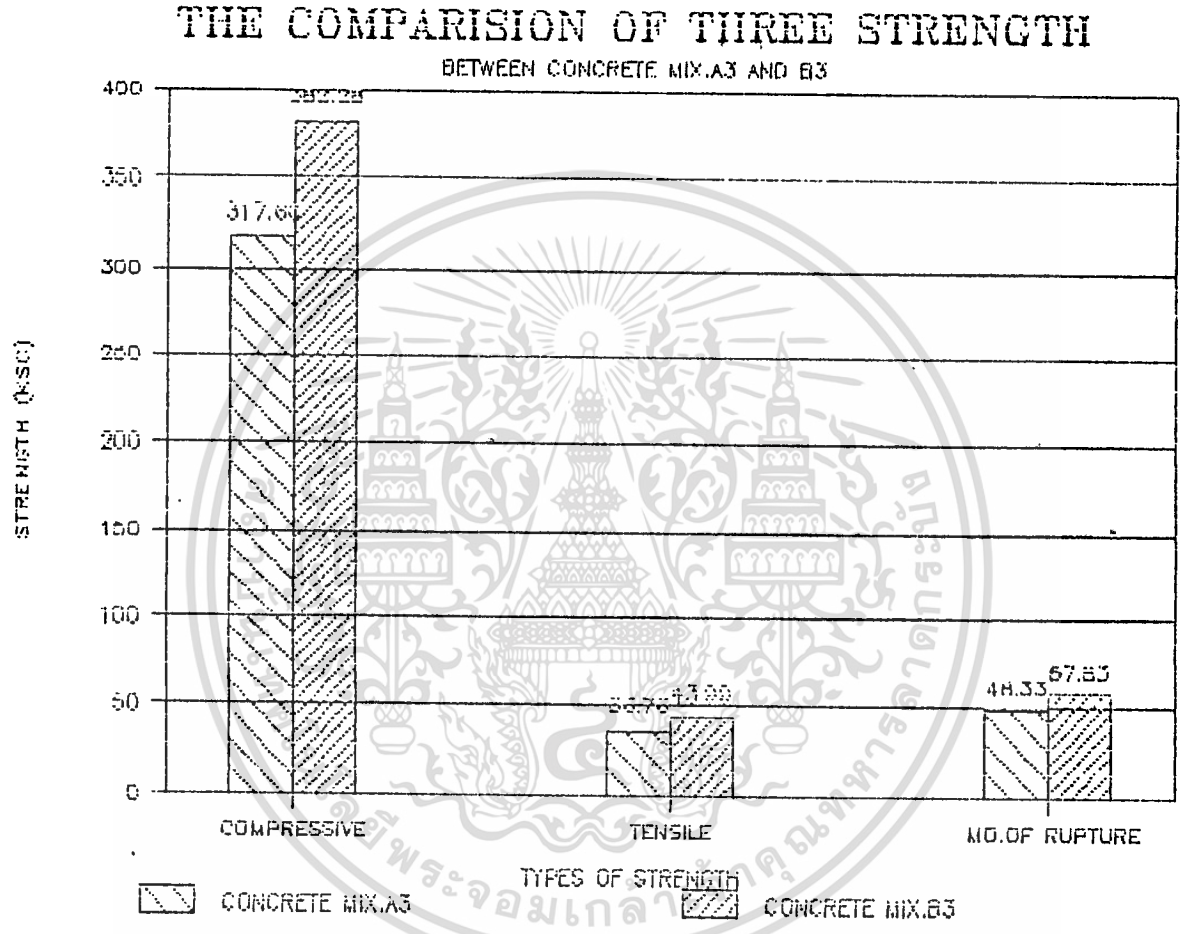
รูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



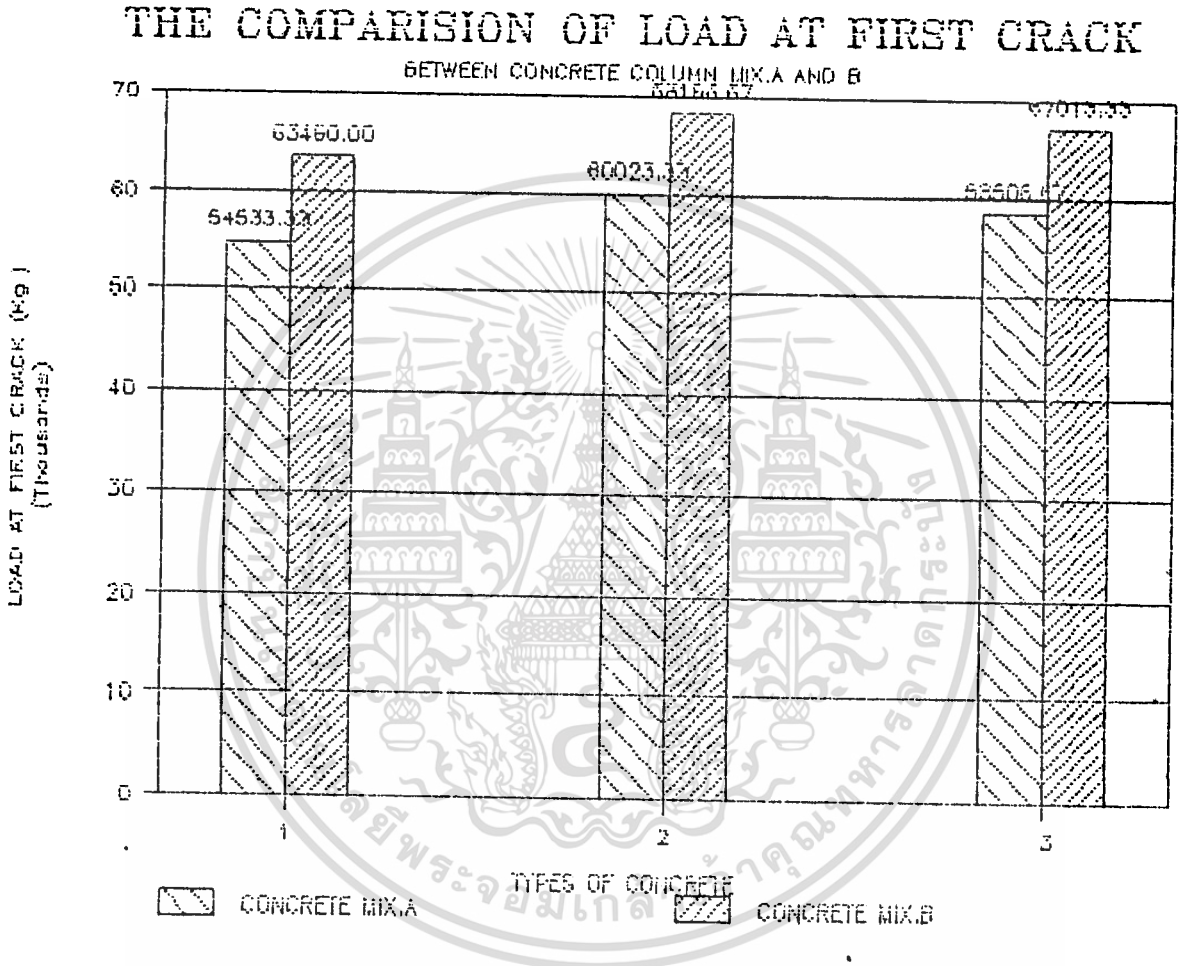
รูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



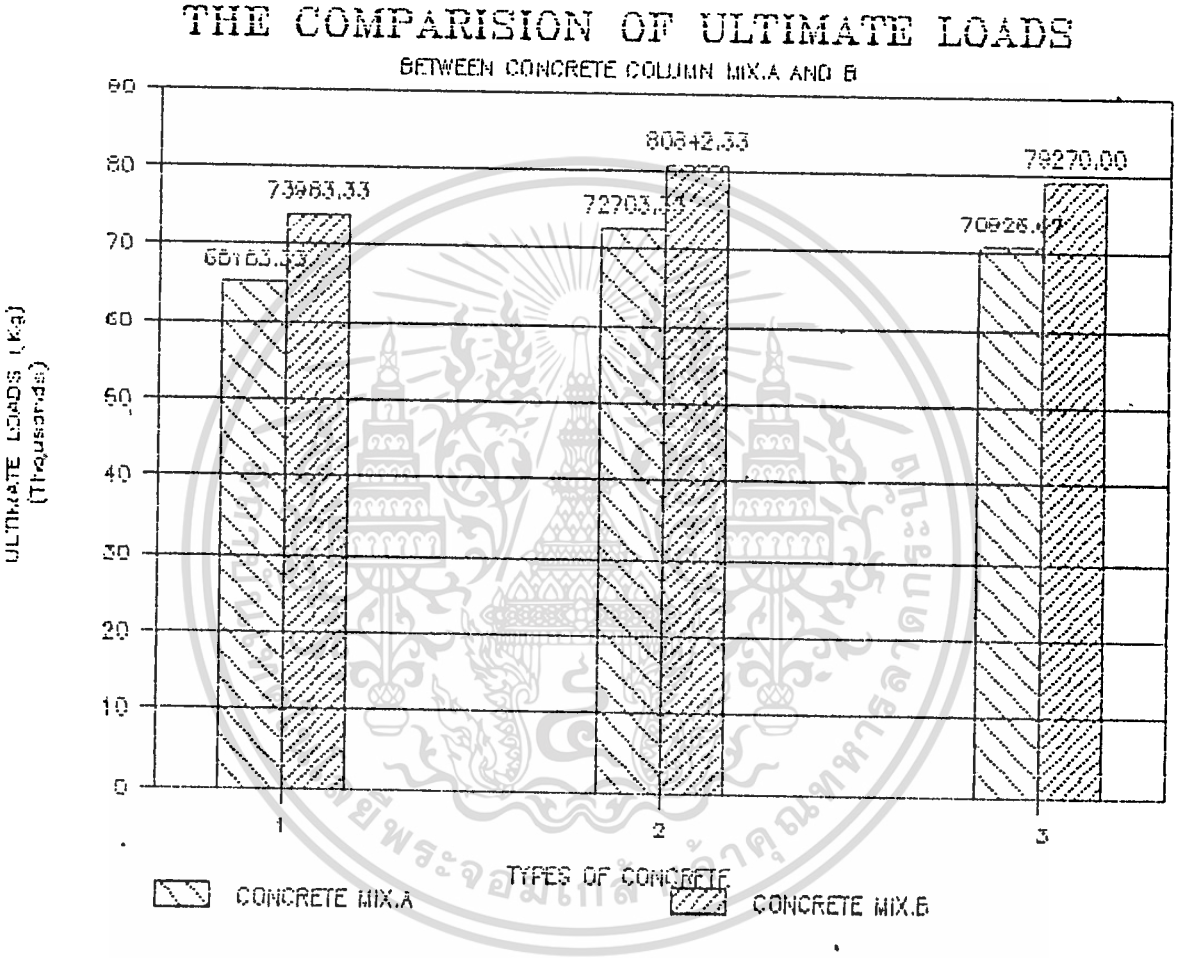
รูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



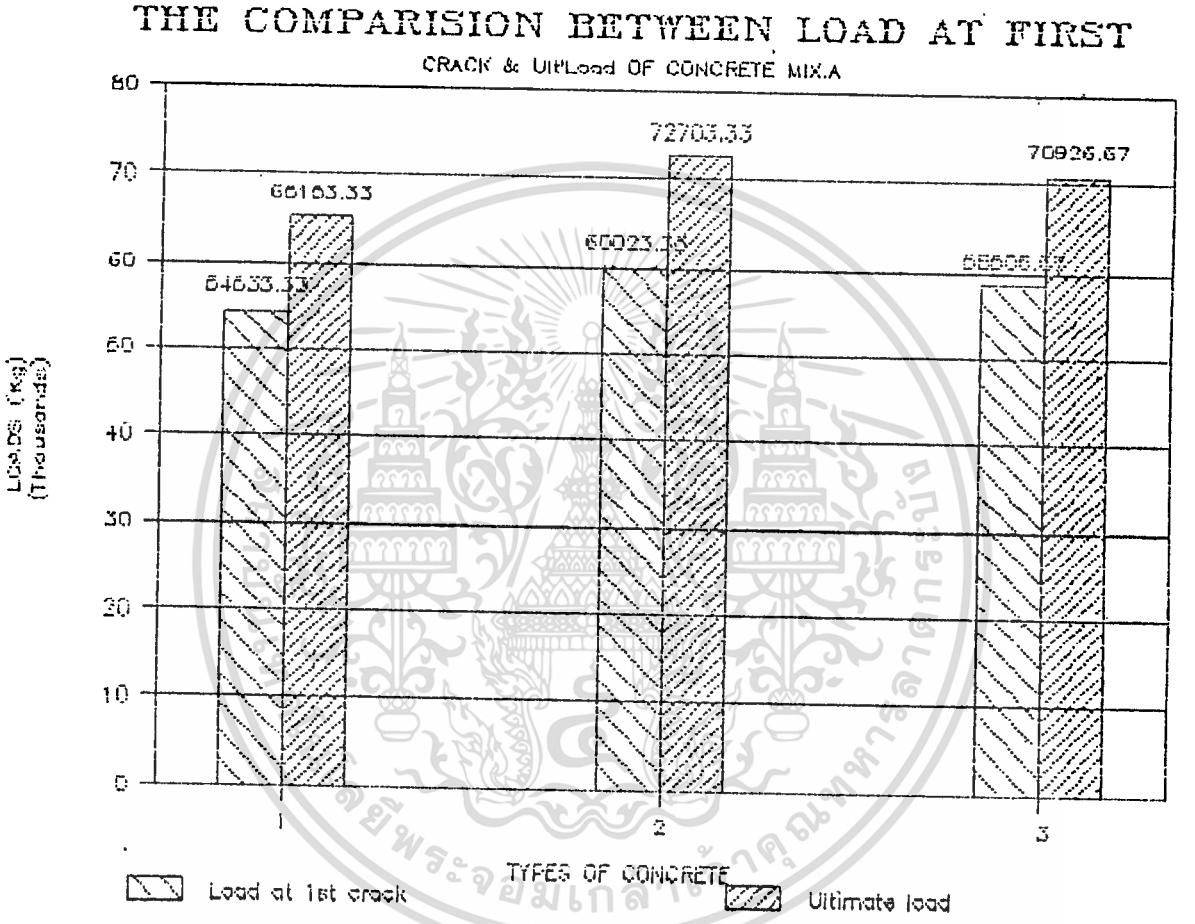
รูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



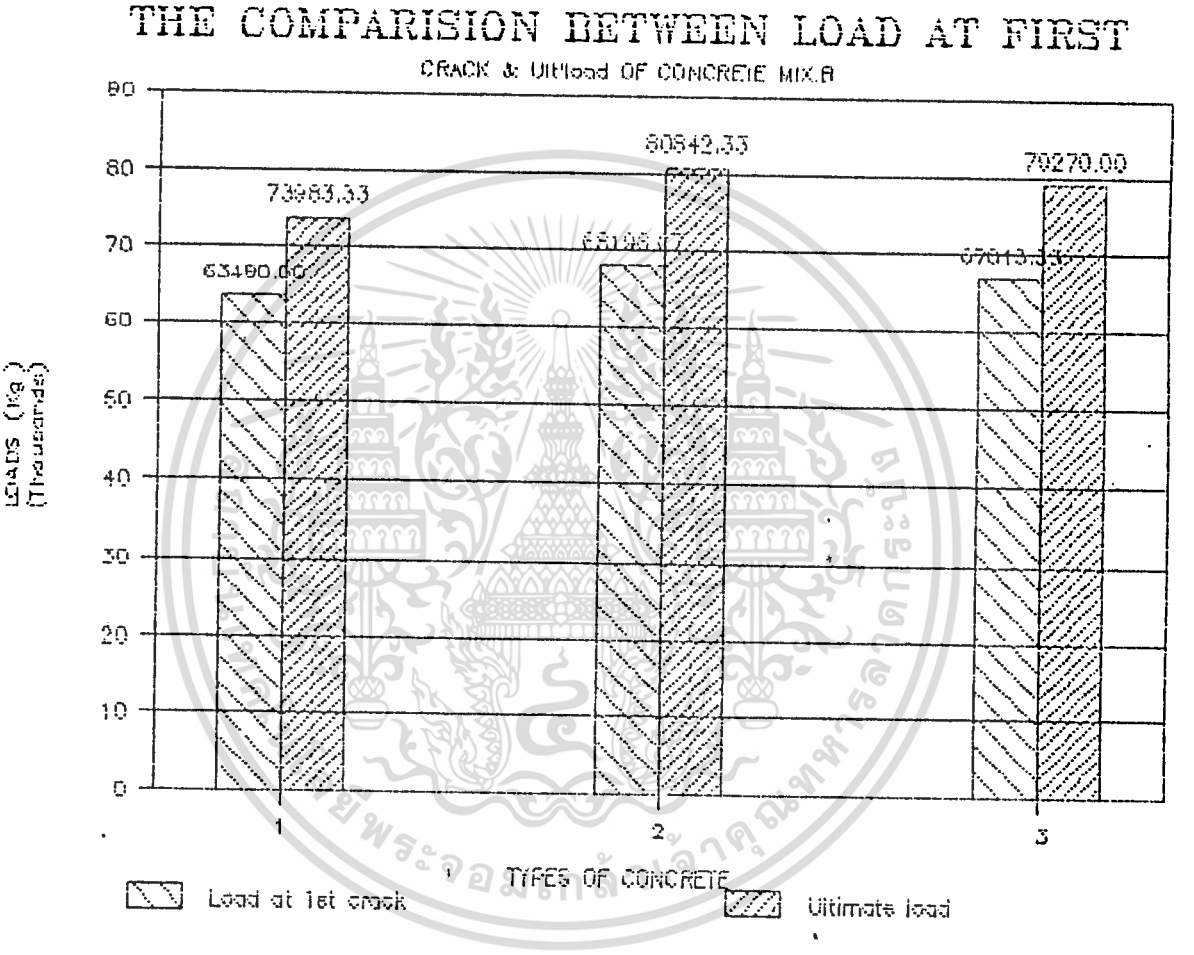
รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

"บทสรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้มาสามารถที่จะแยกสรุปตามหัวข้อการทดลองได้ดังนี้

1. กำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง(Compressive strength)

- กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตล้วน MIX A มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 303.17 KSC. ในขณะที่คอนกรีตล้วน MIX B มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 368.39 KSC. ทั้งนี้ก็เพราะอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน ของคอนกรีต MIX A และ B แตกต่างกัน โดยที่คอนกรีต MIX B นั้นจะมีอัตราส่วนของหินมากกว่าคอนกรีต MIX A จึงทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต MIX B สูงกว่าคอนกรีต MIX A ถึง 65.22 KSC. หรือเพิ่มขึ้นเท่ากับ 21.51 % ของคอนกรีต MIX A

- กำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง MIX A ที่ผสมเส้นใยจะสูงกว่าคอนกรีตล้วน โดยมีค่าความแตกต่างดังนี้ (ดูรูปที่ 1 ประกอบ)

A2 (คอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์) - A1 (คอนกรีตล้วน) = 320.49 - 303.17

= 17.32 KSC. หรือ 5.71 %

A3 (คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว) - A1 = 317.66 - 303.17

= 14.49 KSC. หรือ 4.76 %

A2 - A3 = 320.49 - 317.66 = 2.83 KSC. หรือ 0.89 %

จึงสามารถกล่าวได้ว่าการผสมเส้นใยทั้งสองชนิดลงในคอนกรีตจะทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 4 ถึง 5 % โดยที่ชนิดของเส้นใยจะมีผลกระทบต่อกำลังรับแรงอัดค่อนข้างเล็กน้อยคือ เส้นใยโพลีเมอร์จะทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าเส้นใยกาบมะพร้าวประมาณ 0.39 % ซึ่งจัดว่าใกล้เคียงกันมาก

- คอนกรีต MIX B ที่เสริมเส้นใยจะมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตล้วนดังนี้ (ดูรูปที่ 1 ประกอบ)

B2 (คอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์) - B1 (คอนกรีตล้วน) = 384.28 - 368.39

= 15.89 KSC. หรือ 4.31 %

B3 (คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว) - B1 = 382.28 - 368.39

= 13.89 KSC. หรือ 3.77 %

B2 - B3 = 384.28 - 382.28 = 2 KSC. หรือ 0.52 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความแตกต่างข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การผสมเส้นใยทั้ง 2 ชนิด ลงในคอนกรีตจะทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นประมาณ 3 ถึง 4 % ซึ่งจะต่ำกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของคอนกรีต MIX A อาจเป็นเพราะคอนกรีต MIX A มีอัตราส่วน ทรายต่อหิน เท่ากับ 1:1 ในขณะที่คอนกรีต MIX B มีอัตราส่วน ทรายต่อหิน เท่ากับ 2:3 และจากอัตราส่วนทราย : หิน ของคอนกรีต MIX A ที่มากกว่านี้จึงทำให้ปริมาณมอร์ต้า(Mortar) ที่ห่อหุ้มเส้นใยมีเพิ่มมากขึ้นด้วย จะเป็นผลให้เส้นใยสามารถสร้างพันธะยึดเกาะได้ดีขึ้นประสิทธิภาพมากขึ้น และจากความแตกต่างของคอนกรีตที่เสริมเส้นใยโพลีเมอร์กับเส้นใยกาบมะพร้าวที่ค่าประมาณ 0.52 % จึงสามารถกล่าวได้ว่าเส้นใยทั้งสองชนิดสามารถที่จะใช้ทดแทนกันได้ดีพอสมควร

2. กำลังรับแรงดึงของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง(Tensile strength) จากการทดสอบ Splitting tension test:ดูรูปที่ 2 ประกอบ

- กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตล้วน:MIX B ซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.46 KSC. จะสูงกว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตล้วน MIX A เท่ากับ 42.46 - 35.09 = 7.37 KSC. หรือเพิ่มขึ้นเท่ากับ 21.00 % ของคอนกรีต MIX A ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดที่ได้กล่าวมาข้างต้น

- กำลังรับแรงดึงของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง MIX A ที่ผสมเส้นใยจะสูงกว่าคอนกรีตล้วน โดยมีความแตกต่างกันดังนี้

A2 - A1 = 37.73 - 35.09 = 2.64 KSC. หรือ 7.52 %

A3 - A1 = 36.76 - 35.09 = 1.67 KSC. หรือ 4.76 %

A2 - A3 = 37.73 - 36.76 = 0.97 KSC. หรือ 2.64 %

จึงสามารถสรุปได้ว่า การผสมเส้นใยโพลีเมอร์ลงในคอนกรีตนั้นจะทำให้กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตเพิ่มขึ้นประมาณ 6 ถึง 8 % ของคอนกรีตล้วน ในขณะเดียวกันกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์ก็คิดเป็น 12 ถึง 13 % ของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตล้วนอีกด้วย ส่วนกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากคอนกรีตล้วนประมาณ 4 ถึง 5 % ซึ่งคิดเป็น 12 % ของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตล้วน แต่เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างคอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์กับคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวซึ่งมีความแตกต่างกันประมาณ 2.64 % นั้น อาจจะกล่าวได้ว่าการนำเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กากมะเร็งมาใช้แทนเส้นใยโพลีเมอร์มีความเป็นไปได้บางส่วนแต่เส้นใยกากมะเร็งจะให้ค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตต่ำกว่าเล็กน้อย

- ค่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต MIX B ชนิดต่างๆ มีดังนี้

B1 = 42.46 KSC.

B2 = 44.35 KSC.

B3 = 43.99 KSC.

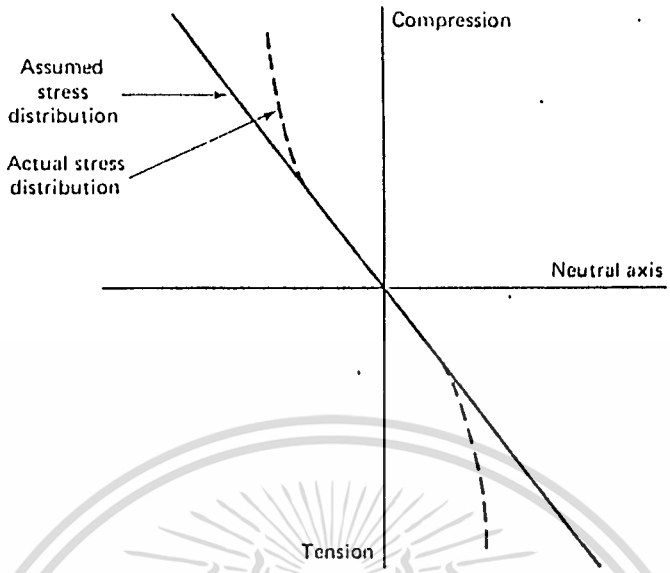
จึงสามารถสรุปได้ดังนี้คือ เมื่อใส่เส้นใยโพลีเมอร์ลงในคอนกรีตแล้วจะทำให้กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.89 KSC. หรือ 4.45 % ในขณะที่การใส่เส้นใยกากมะเร็งลงในคอนกรีตแล้วจะทำให้กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.53 KSC. หรือ 3.60 % ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต MIX B อาจจะต่ำกว่าคอนกรีต MIX A เพราะปริมาณมอร์ต้าที่ห่อหุ้มเส้นใยของคอนกรีต MIX A มีมากกว่าคอนกรีต MIX B จึงทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเส้นใยดีขึ้น ส่วนความแตกต่างระหว่างกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตเสริมเส้นใยทั้ง 2 ชนิด มีค่าเท่ากับ 0.36 KSC. หรือเมื่อเทียบเป็นร้อยละจะได้เท่ากับ 0.82 % ซึ่งถือว่าน้อยมาก

3. <u>กำลังรับแรงดึง แบบแผ่ขยายของตัวอย่างจากการทดสอบกำลังดัดโค้งของคอนกรีต</u> (Flexural test): ดูรูปที่ 3 ประกอบ

- ค่าโมดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture) ซึ่งกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต MIX A และ B ซึ่งเสริมเส้นใยจะมีค่าสูงกว่าคอนกรีตธรรมดาประมาณ 4 ถึง 5 % ในขณะที่เส้นใยกากมะเร็งและเส้นใยโพลีเมอร์จะทำให้คอนกรีตมีค่าโมดูลัสแตกร้าวใกล้เคียงกันมาก แต่ค่าโมดูลัสแตกร้าวหรือกำลังรับแรงดึงที่ได้จากการทดสอบด้วย Flexural test ทั้งหมดจะสูงกว่าค่ากำลังรับแรงดึงที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธี Splitting tension test ทั้งนี้ก็เนื่องมาจาก Stress-strain curve ของคอนกรีตไม่ได้เป็นเส้นตรงดังที่สมมุติไว้ โดยเฉพาะเมื่อคอนกรีตใกล้จะถึงจุดแตกหักจะลงการแผ่กระจายของแรงดึงจะทำได้ยากขึ้นส่วนที่ยิ่งมีลักษณะเป็นเส้นโค้งมากยิ่งขึ้น ดังที่แสดงไว้ในรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stress distribution across the depth of a concrete specimen in flexure.



ที่มา : Sidney Mindess and J.Francis Young,"Testing of Hardened Concrete," Concrete. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981, pp. 427-430

แต่อย่างไรก็ตามการทดสอบด้วยวิธีนี้ก็ยังต่ำกว่าวิธีแรกเพราะว่าแรงดึงที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนคอนกรีตนั้นมักจะเป็นแรงดึงอันเนื่องมาจากการดัดแต่ที่จะเป็นแรงดึงตามแนวแกน ดังนั้นการทดสอบด้วยวิธีนี้จึงสามารถให้ค่ากำลังรับแรงดึงได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงเมื่อใช้งานมากกว่าแบบแรก และการนำคอนกรีตเสริมเหล็กไปใช้งานนั้นมักจะเป็นส่วนโครงสร้างพื้น (Slab) มากที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงควรนำค่าจากการทดสอบด้วย Flexural test มาใช้ในการพิจารณากัน

4. <u>ความต้านทานต่อการแตกร้าวของเนื้อคอนกรีต</u> (Shatter Resistance of Concrete) : ดูรูปที่ 7 - 10 ประกอบ

จากรูปที่ 7 ซึ่งแสดงถึงค่าน้ำหนักที่ทำให้คอนกรีตมีรอยแตกร้าวขึ้นเป็นรอยแรก (Load at first crack) เราจะพบว่าคอนกรีตที่เสริมเหล็กใยนั้นจะมีค่าLoad at first crack สูงกว่าคอนกรีตล้วนดังนี้

A2 - A1 = 60,023.33 - 54,533.33 = 5,490.00KSC. หรือ 10.07 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A3 - A1 = 56,506.67 - 54,533.33 = 3,973.34 KSC. หรือ 7.29 %

B2 - B1 = 68,196.67 - 63,490.00 = 4,706.67 KSC. หรือ 7.41 %

B3 - B1 = 67,013.33 - 63,490.00 = 3,523.33 KSC. หรือ 5.55 %

ทั้งนี้ก็เพราะว่าเส้นใยที่ผสมอยู่จะเป็นตัวช่วยยึดรอยแตกร้าวที่จะเกิดขึ้นเอาไว้ ชั่วขณะหนึ่งจึงทำให้ค่า Load at first crack สูงขึ้น แต่ในคอนกรีต MIX B จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของ Load at first crack นี้ต่ำกว่าคอนกรีต MIX A ก็อาจเป็นด้วยสาเหตุเดียวกันที่ได้กล่าวมาแล้วคือ ในคอนกรีต MIX A จะมีปริมาณมอร์ต้าที่ห่อหุ้มเส้นใยมากกว่าในคอนกรีต MIX B จึงทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเส้นใยเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลให้ Load at first crack เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จากรูปที่ 8 ซึ่งแสดงถึงค่าน้ำหนักประลัย(Ultimate load) ของเสาคอนกรีต จากของเราจะเห็นว่าคอนกรีตที่เสริมเส้นใยนั้นจะมีค่าน้ำหนักประลัยสูงกว่าคอนกรีตล้วนดังนี้

A2 - A1 = 72,703.33 - 65,153.33 = 7,550.00 KSC. หรือ 11.59 %

A3 - A1 = 70,926.67 - 65,153.33 = 5,773.34 KSC. หรือ 8.86 %

B2 - B1 = 80,842.33 - 73,983.33 = 6,859.00 KSC. หรือ 9.27 %

B3 - B1 = 79,270.00 - 73,983.33 = 5,286.67 KSC. หรือ 7.15 %

ซึ่งจะสังเกตุได้ว่าค่าน้ำหนักประลัยของคอนกรีตที่เสริมเส้นใยจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่า Load at first crack และจากอัตราการเพิ่มขึ้นที่สูงกว่านี้ย่อมหมายถึงผลต่างระหว่างน้ำหนักประลัยกับ Load at first crack ที่สูงขึ้นตามไปด้วย ดังจะดูได้จากรูปที่ 9 และ 10 ซึ่งเป็นกราฟแท่งแสดงความแตกต่างระหว่าง Load at first crack กับน้ำหนักประลัยของคอนกรีต MIX A และ B ตามลำดับ โดยที่สามารถจะแจงรายละเอียดได้ดังนี้

- คอนกรีต MIX A:

ไม่ได้เสริมเส้นใย = 65,153.33 - 54,533.33 = 10,620.00 KSC. หรือ 19.47 %

เสริมเส้นใยโพลีเมอร์ = 72,703.33 - 60,023.33 = 12,680.00 KSC.

หรือ 21.13 %

เสริมเส้นใยกาบมะพร้าว = 70,926.67 - 58,506.67 = 12,420.00 KSC.

หรือ 21.23 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คอนกรีต MIX B:

ไม่ได้เสริมเส้นใย = 73,983.33 - 63,490.00 = 10,493.33 KSC. หรือ 16.53 %

เสริมเส้นใยโพลีเมอร์ = 80,842.33 - 68,196.67 = 12,645.66 KSC.

หรือ 18.54 %

เสริมเส้นใยกาบมะพร้าว = 79,270.00 - 67,013.33 = 12,256.67 KSC.

หรือ 18.29 %

จากข้อมูลข้างต้นย่อมหมายความว่าคอนกรีตที่เสริมเส้นใยจะสามารถรับน้ำหนักที่มากระทำต่อชิ้นส่วนได้สูงกว่าคอนกรีตล้วน โดยที่เนื้อคอนกรีตจะไม่มีการแตกร่อนออกจากกันในขณะที่คอนกรีตล้วนนั้นเนื้อคอนกรีตจะแตกร่อนออกเป็นชิ้นๆ จึงที่แสดงไว้ในส่วนของภาคผนวกท้ายรายงาน และจากค่าน้ำหนักประลัยและ load at first crack ที่สูงกว่าเมื่อย่อมจะมีผลทำให้ระยะเวลาตั้งแต่มีน้ำหนักมากระทำต่อชิ้นส่วนจนกระทั่งชิ้นส่วนนั้นพังลงยาวนานขึ้นอีกด้วย แต่ถ้าหากจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเส้นใยทั้ง 2 ชนิดแล้วก็จะเห็นได้ว่า เส้นใยโพลีเมอร์นั้นจะทำให้คอนกรีตมีค่า load at first crack สูงกว่าเส้นใยกาบมะพร้าว ในขณะที่เส้นใยกาบมะพร้าวนั้นจะทำให้น้ำหนักประลัยของคอนกรีตมีอัตราการเพิ่มขึ้นมากกว่าเส้นใยโพลีเมอร์ดังจะเห็นได้จากเปอร์เซนต์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักประลัยจาก load at first crack ของคอนกรีต MIX A ซึ่งเท่ากับ 21.23 % ในส่วนของเส้นใยกาบมะพร้าว และเท่ากับ 21.13 % ในส่วนของเส้นใยโพลีเมอร์ สำหรับคอนกรีต MIX B แล้วเส้นใยทั้งสองชนิดจะทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักประลัยจาก load at first crack ใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ยังสามารถที่จะแยกสรุปความชนิดของแต่ละคอนกรีตตัวอย่างได้ดังนี้

1. <u>คอนกรีตล้วน</u> (Plain concrete) ดูรูปที่ 4 ประกอบ

เราจะสังเกตว่ากำลังรับแรงดึง (Tensile strength) นั้นจะมีค่าเป็น 11.5 % ของกำลังรับแรงอัด (Compressive strength) โดยประมาณทั้ง 2 MIX และมีโมดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture) เป็น 15 " ของกำลังรับแรงอัดโดยประมาณทั้ง 2 MIX เช่นกัน

2. <u>คอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์</u> (Polypropylene Fibers Reinforced Concrete); ดูรูปที่ 5 ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะพบว่ากำลังรับแรงดึงนั้นจะมีค่าเป็น 11.5 ถึง 11.7 % ของกำลังรับแรงอัดโดยประมาณทั้ง 2 MIX และมีค่าโมดูลัสแตกร้าวเป็น 15.1 ถึง 15.2 % ของกำลังรับแรงอัดโดยประมาณทั้ง 2 MIX เช่นกัน

3. <u>คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว</u> (Coir Fibers Reinforced Concrete); ดูรูปที่ 6 ประกอบ

เราจะพบว่ากำลังรับแรงดึงนั้นจะมีค่าเป็น 11.5 % ของกำลังรับแรงอัดโดยประมาณทั้ง 2 MIX และมีค่าโมดูลัสแตกร้าวเป็น 15.1 ถึง 15.2 % ของกำลังรับแรงอัดโดยประมาณทั้ง 2 MIX เช่นกัน

โดยที่คอนกรีต MIX A ทั้งหมดจะมีอัตราส่วนกำลังรับแรงดึงหรือค่าโมดูลัสแตกร้าวซึ่งเทียบกับกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีต MIX B เล็กน้อย แต่ทั้งนี้ก็มีข้อสังเกตุได้ว่าคอนกรีตทั้ง MIX A และ B ไม่ว่าจะเสริมเส้นใยหรือไม่ก็ตามจะมีอัตราส่วนระหว่างกำลังรับแรงดึงหรือค่าโมดูลัสแตกร้าวต่อกำลังรับแรงอัดที่เท่ากันคือ 11 และ 15 % โดยประมาณตามลำดับ ซึ่งก็หมายถึงการเพิ่มขึ้นของกำลังวัสดุของคอนกรีตที่เสริมเส้นใยจะเท่ากันทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นกำลังรับแรงอัด, แรงดึง หรือค่าโมดูลัสแตกร้าว เมื่อมีการผสมเส้นใยลงในคอนกรีตด้วยอัตราส่วน 0.1 % โดยปริมาตร

ข้อสรุปต่างๆ ทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถที่จะนำมาวิเคราะห์ได้ดังนี้

ในหัวข้อแรกคือ กำลังรับแรงอัดจะพบว่าการผสมเส้นใยลงผสมคอนกรีตนั้นจะช่วยทำให้คอนกรีตที่เสริมเส้นใยสามารถรับน้ำหนักได้เพิ่มมากขึ้นเป็นผลให้กำลังรับแรงอัดเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 4 ถึง 5 % จากคอนกรีตล้วน เพราะว่าเส้นใยที่ผสมอยู่ในคอนกรีตจะเป็นตัวช่วยยึดประสานรอยแตกร้าวภายในเนื่องมาจากน้ำหนักที่กดลงบนแท่งคอนกรีตตัวอย่างไว้ได้ระยะหนึ่งจึงทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเสริมเส้นใยเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย

สำหรับหัวข้อต่อไปคือ กำลังรับแรงดึง(Tensile strength) ซึ่งได้จากการทดสอบ 2 ลักษณะคือ Splitting tension test และ Flexural test เราจะเห็นว่าคอนกรีตที่เสริมเส้นใยจะมีกำลังรับแรงดึงจากการทดสอบ Splitting tension test ที่สูงกว่าประมาณ 5 ถึง 6 % เมื่อเทียบกับคอนกรีตล้วน ทั้งนี้ก็เป็นด้วยสาเหตุที่เส้นใยซึ่งเสริมอยู่ในคอนกรีตนั้นจะช่วยรับแรงดึงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตได้บางส่วนและเมื่อคอนกรีตเริ่มแตกร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยก็ยังสามารถรับแรงดึงเพื่อช่วยยึดประสานรอยแตกร้าวต่อไปได้อีกระยะหนึ่งด้วย จึงทำให้กำลังรับแรงดึงจากการทดสอบด้วยวิธี Splitting tension test สูงขึ้นเล็กน้อย ส่วนกำลังรับแรงดึงจากการทดสอบ Flexural test นั้นจะสังเกตุได้ว่าคอนกรีตที่เสริมเส้นใยนั้นจะมีค่าโมดูลัสแตกร้าว(Modulus of rupture) ซึ่งก็คือค่าที่บ่งบอกถึงกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตแบบหนึ่งสูงกว่าคอนกรีตล้วนประมาณ 4 ถึง 5 % ซึ่งก็เป็นด้วยเหตุเดียวกับการทดสอบด้วยวิธี Splitting tension test แต่มีข้อน่าสังเกตุอย่างหนึ่งคือ แรงดึงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตโครงสร้างส่วนใหญ่นั้นมักจะเป็นแรงมาจากการดัด(Bending) ดังนั้นเราจึงควรจะใช้ค่าโมดูลัสแตกร้าวเป็นหลักในการพิจารณากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

สำหรับคุณสมบัติความต้านทานต่อการแตกร่อนของเนื้อคอนกรีตสามารถที่จะวิเคราะห์ได้จากการทดสอบกำลังอัดของเสาคอนกรีตรูปทรงของอาคารสูง (H/T ratio = 3.5:1) ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้คือ คอนกรีตที่เสริมเส้นใยจะสามารถรับน้ำหนักได้สูงกว่าคอนกรีตล้วนไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักประลัยหรือน้ำหนักที่จะทำให้คอนกรีตเริ่มแตกร้าว load at first crack โดยที่เนื้อคอนกรีตซึ่งเสริมเส้นใยจะไม่มีการแตกร่อนแยกตัวออกจากกันเป็นชิ้นๆ แม้ว่าน้ำหนักที่มากระทำจะเป็นน้ำหนักประลัยสูงสุดแล้วก็ตาม ในขณะที่คอนกรีตล้วนจะแตกร่อนแยกออกจากกันเป็นชิ้นๆ ในระยะเวลาอันสั้นเมื่อได้ Load ต่อไปภายหลังจากที่คอนกรีตเริ่มแตกร้าว และจากคุณสมบัติความต้านทานต่อการแตกร่อนของเนื้อคอนกรีตที่เสริมเส้นใยนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำเส้นใยมาเสริมในคอนกรีตโครงสร้างที่ต้องคำนึงถึงแรงกระแทกหรือการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งจะมีผลกระทบต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินได้

จากคุณสมบัติทั้ง 3 หัวข้อข้างต้นประกอบกัน เราจะพบว่าถึงกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตเสริมเส้นใยที่สูงขึ้นเพียงเล็กน้อยนั้นไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้รับแรงอัดหรือแรงดึงหลัก (Primary reinforcement) ที่เกิดขึ้นในคอนกรีตโครงสร้างได้ การนำเส้นใยมาเสริมคอนกรีตจึงเป็นเพียงการป้องกันการแตกร้าว (Secondary reinforcement) โดยเส้นใยจะทำหน้าที่ช่วยยึดประสานรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นไม่ให้แยกออกจากกัน และด้วยลักษณะการแผ่กระจายของเส้นใยเล็กๆ ตลอดทั่วทั้งมวลของคอนกรีตจึงทำให้การป้องกันการแตกร้าวมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการนำเส้นใยมาเสริมคอนกรีตจึงมีความเหมาะสมมากกว่าการนำเหล็กตะแกรง (Wire mesh) มาเสริมคอนกรีตเพื่อป้องกันการแตกร้าวเพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาในการทำงานจะสั้นกว่าและเสียค่าแรงงานต่ำกว่าไม่ต้องจ้างคนงานมาผูกและวางเหล็ก ทั้งยังได้ความปลอดภัยกับชีวิตและทรัพย์สินซึ่งมีความเสี่ยงกับโครงสร้างที่จะต้องรับแรงกระแทกหรืออยู่ในเขตที่มักจะเกิดการแผ่นดินไหวขึ้นได้

สำหรับอัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่มีความเหมาะสมต่อคอนกรีตเสริมเส้นใยก็คือส่วนผสม A ซึ่งมีอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน เท่ากับ 1:2:2 เนื่องที่จะได้มีปริมาณมอร์ต้าที่จะห่อหุ้มเส้นใยได้อย่างเพียงพอและยังต้องมีปริมาณปูนซีเมนต์ที่มากเพียงพอด้วย ซึ่งในการทดสอบครั้งนี้เลือกใช้ปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ 370 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทั้งหมดนี้ก็เพื่อให้เส้นใยที่ผสมอยู่ในคอนกรีตสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังจะเห็นได้จากอัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงต่างๆ หรือน้ำหนักประลัยของคอนกรีต MIX A ที่มีค่าสูงกว่าคอนกรีต MIX B สำหรับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c ratio) ที่ใช้กับคอนกรีต MIX A ในการทดสอบครั้งนี้ก็คือ 0.4 ซึ่งให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน ประมาณ 300 KSC. แต่หากค่าความยุบตัว (Slump) ของคอนกรีตเสริมเส้นใยที่อยู่ในช่วง 6.2 ถึง 6.3 เซนติเมตรนั้นค่อนข้างจะต่ำไปทำให้การเทคอนกรีตลงแบบหล่อไม่ค่อยจะสะดวกนักดังจะเห็นได้จากรอยพรุนบนผิวของคอนกรีตตัวอย่างที่ใช้ทดสอบในส่วนของการถ่ายน้ำหนักงาน เพราะการทำคอนกรีตให้แน่นนั้นจะต้องเป็นการเขย่าจากภายนอกแบบหล่อเท่านั้นห้ามใช้เหล็กกระทุ้งโดยเด็ดขาด ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มความสามารถในการเทใช้ได้กับคอนกรีตเสริมเส้นใยจึงควรเพิ่มปริมาณน้ำที่ใช้ให้มากขึ้นกว่าเดิมซึ่งก็จะส่งผลให้ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องใช้ผสมเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ดังนี้เพื่อรักษาระดับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เอาไว้ที่ 0.4

สำหรับเส้นใยกาบมะพร้าวที่นำมาทดลองผสมเพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานว่าสามารถเพิ่มกำลังรับแรงต่างๆ ให้กับคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวได้หรือสมควรหรือแม้แต่เพิ่มความต้านทานต่อการแตกร่อนให้กับคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวได้อีกด้วย แต่คุณค่าที่ได้รับนั้นอาจจะต่ำกว่าที่ได้จากเส้นใยโพลีเมอร์เล็กน้อย ทั้งนี้ก็อาจเป็นเพราะการแผ่กระจายของเส้นใยกาบมะพร้าวไม่ทั่วถึงตลอดทั้งมวลของคอนกรีต แต่เนื่องจากเส้นใยกาบมะพร้าวมีผิวที่ขรุขระและมีความยาวของเส้นใยแต่ละท่อนมากกว่าเส้นใยโพลีเมอร์จึงช่วยทำให้กำลังรับแรงต่างๆ ของคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวไม่ต่ำกว่าคอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์มากจนเกินไป แต่อย่างไรก็ตามเส้นใยกาบมะพร้าวก็ยังมีข้อเสียอยู่คือ เป็นเส้นใยเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสิ่งในธรรมชาติซึ่งจะเกิดการผุพังเมื่อมาอยู่ในสภาวะที่เปียกชื้นและสัมผัสถูกอากาศ ซึ่งจะต้องใช้ระยะเวลานานเป็นเดือนหรือในการทดลองนี้เส้นใยกาบมะพร้าวจึงจะสลายตัว ฉะนั้นจึงยังไม่ได้ทำการทดลองในครั้งนี้ และด้วยเหตุผลดังที่มีอยู่ในขณะนี้จึงสรุปได้ว่าการนำเส้นใยกาบมะพร้าวมาเสริมคอนกรีตเพื่อป้องกันการแตกร้าวโดยจัดให้เป็น Secondary reinforcement นั้น สามารถที่จะใช้ได้โดยที่คอนกรีตโครงสร้างนั้นจะต้องไม่อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เปียกชื้นและต้องสัมผัสกับอากาศด้วย เช่น ระบบพื้นประกอบ (Composite floor system) ในอาคารสูงซึ่งจะใช้คอนกรีตเทหน้างลงบนแผ่นโลหะขึ้นรูป โดยมีเหล็กและแกรงกันแตกร้าวเสริมคอนกรีตอยู่ด้วยซึ่งเราสามารถจะใช้เส้นใยกาบมะพร้าวแทนในส่วนนี้ได้ เพราะแผ่นพื้นในอาคารสูงมีโอกาสสัมผัสกับสภาวะที่เปียกชื้นน้อยมาก นอกจากนั้นยังมีวัสดุตกแต่งผิวปกคลุมผิวหน้าคอนกรีตอยู่อีกชั้นหนึ่งด้วย

ท้ายนี้ถ้าหากมีผู้สนใจที่จะทำการศึกษาวิจัยต่อในเรื่องคอนกรีตเสริมเส้นใยทางผู้เขียนใคร่ขอแนะนำแนวทางในการศึกษาต่อเพื่อที่จะให้ทราบถึงคุณสมบัติข้อได้เปรียบของคอนกรีตเสริมเส้นใยเพิ่มมากขึ้น ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนผสมเส้นใยที่แปรเปลี่ยนไปว่าจะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเสริมเส้นใยมากน้อยเพียงไร

2. ศึกษาคุณสมบัติความต้านทานต่อการขูดขีด (Abrasion resistance) ของคอนกรีตเสริมเส้นใย

3. ศึกษาคุณสมบัติการซึมน้ำ (Permeability) ของคอนกรีตเสริมเส้นใย

4. ทดสอบพฤติกรรมและคุณสมบัติของคอนกรีตเสริมเส้นใยเมื่ออยู่ในสภาวะใช้งานจริงกับแผ่นพื้นสำเร็จรูปด้วยการใช้คอนกรีตเสริมเส้นใยเท Topping โดยไม่ใช่เหล็กกันการแตกร้าว (Wire mesh)

5. ศึกษาคุณสมบัติกำลังรับแรงต่างๆ ของคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันเช่น มีความชื้นสัมพัทธ์สูง, ต้องแช่อยู่ใต้น้ำตลอดเวลา หรือต้องอยู่กลางแจ้งสัมผัสกับแสงแดดและฝนโดยตรง ทั้งนี้จะต้องให้คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวได้อยู่ในสภาวะนั้นๆ นานพอสมควร เพื่อให้การศึกษาถึงผลกระทบของสภาวะแวดล้อมที่จะมีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

"ปัญหาและอุปสรรคในการทดสอบ"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาและอุปสรรคในการทดลอง

เนื่องจากปัจจัยตัวแปรที่จะมีผลกระทบต่อการทดลองในครั้งนี้มีด้วยกันหลายสาเหตุ ซึ่งอาจมารวมจะสรุปสาเหตุที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนไปได้มาเป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้

1. ดินและทรายที่ใช้ผสมคอนกรีตไม่ได้มีการเก็บตัวอย่างที่ถูกต้อง โดยการเทกองวัตถุเอาไว้กลางแจ้งให้ฝนไม้ตกใส่มีเศษกิ่งไม้, ใบไม้ และอื่นๆ ปะปนอยู่กับวัตถุ ซึ่งถึงแม้จะมีการร่อนเอาเศษสิ่งสกปรกเหล่านี้ออกแล้วก็คงไม่สามารถที่จะเอาออกได้หมด และจากสาเหตุนี้เองก็จะมีผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีต โดยเฉพาะกำลังรับแรงต่างๆ ของคอนกรีตซึ่งอาจจะลดลงไปได้

2. ผู้จัดทำเป็นผู้กำหนดวิธีการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเส้นใยกาบมะพร้าวขึ้นเองจากการลังเลทดลองนำเส้นใยกาบมะพร้าวมาแช่ในของเหลวหลายๆ ชนิด จนกระทั่งได้ข้อสรุปเป็นน้ำมันก๊าดซึ่งจะต้องแช่ทิ้งไว้ประมาณ 1 วันหรือกว่านั้นแล้วจึงนำมาหาค่าความถ่วงจำเพาะต่อไป ซึ่งอาจจะคลาดเคลื่อนได้ในกรณีที่ไม่สามารถกำจัดคราบน้ำมันที่เกาะอยู่บนผิวของเส้นใยให้หมดไปได้หรือทำให้เส้นใยที่คราบน้ำมันหลุดหายไประหว่างทำจัดคราบน้ำมัน

3. ปริมาณความชื้นของโม่ผสมคอนกรีตไม่เพียงพอจึงทำให้ต้องแบ่งการผสมคอนกรีตออกเป็นหลายส่วนด้วยกันตามจำนวนชนิดของคอนกรีตถึงแม้จะมีส่วนผสม (MIX) เดียวกันก็ตาม จึงนอกจากแก้การควบคุมเสียให้คอนกรีตซึ่งผสมคนละโม่แต่มีส่วนผสมเดียวกันให้กำลังรับแรงต่างๆ ที่เท่ากัน จากสาเหตุนี้เองก็จะมีผลกระทบต่อการเปรียบเทียบกำลังรับแรงต่างๆ ระหว่างคอนกรีตคนละชนิดที่มีส่วนผสมเดียวกัน ซึ่งจะให้ค่ากำลังรับแรงต่างๆ คลาดเคลื่อนไปบ้างเล็กน้อยถึงแม้จะมีการขยอกแบบส่วนผสมมาอย่างดีและทำการผสมคอนกรีตอย่างรัดกุมแล้วก็ตาม

4. ในกรณีที่เป็นคอนกรีตเสริมเส้นใยจะมีปัญหาในการทำคอนกรีตให้แน่นสิ้น ไม่สามารถใช้เหล็กกระทุ้งเสียทำให้คอนกรีตแน่นหัวไม่เพราะจะต้องเขย่าคอนกรีตจากภายนอกแบบหล่อแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น จึงมีผลกระทบต่อความแน่นหัวของคอนกรีตทำให้เกิดรอยพรุนขึ้นบนผิวของแท่งคอนกรีตตัวอย่างอันจะส่งผลต่อไปยังการทดสอบกำลังรับแรงต่างๆ ของคอนกรีตได้

5. การหล่อ cap หัวแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกเพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดไม่ดีพอเช่น เกิดโครงขึ้นในแต่ละที่ cap หัวหรือการหล่อ cap หัวของด้านไม่ขนานกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะมีผลทำให้กำลังรับแรงอัดที่ได้ผิดพลาดไป

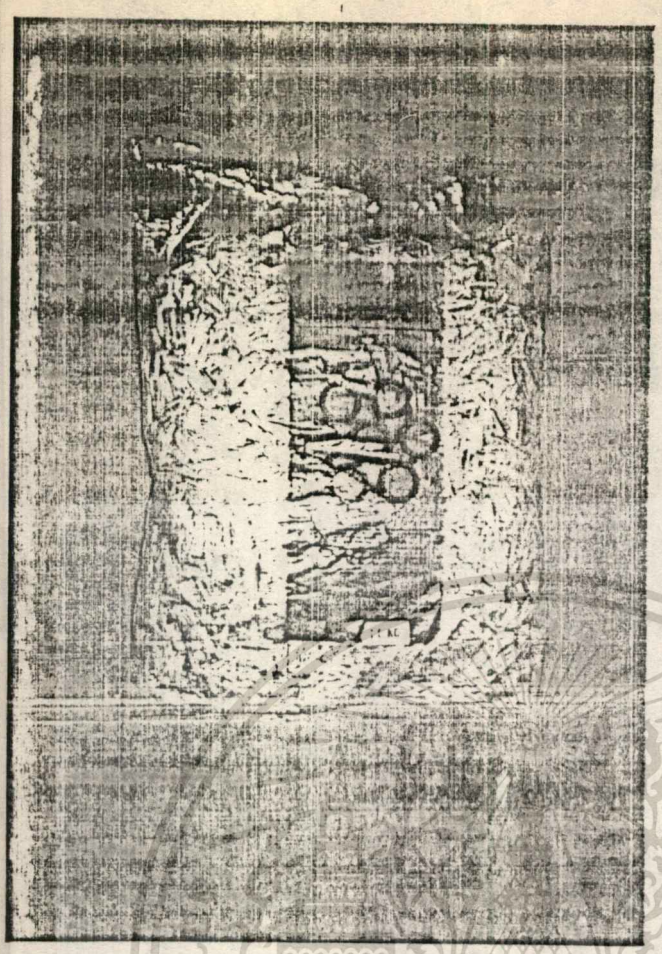
6. เนื่องจากแบบหล่อคานและเสาคอนกรีตที่ใช้ทางผู้วิจัยทำจะต้องทำและประกอบขึ้นเองจากไม้อัด ทำให้ไม่สามารถควบคุมขนาดของเสาหรือคานคอนกรีตด้วยอย่างที่จะใช้หล่อให้ได้มาตรฐานเท่ากันทุกตัวได้และในบางตัวก็จะเกิดปัญหาการโก่งตัวหรือการไม่ขนานกันของระนาบด้านตรงข้ามของคานหรือเสาคอนกรีตด้วยอย่างยิ่งด้วย และด้วยเหตุนี้ก็จะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กำลังรับแรงต่างๆ ที่คลาดเคลื่อนได้ผิดพลาดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

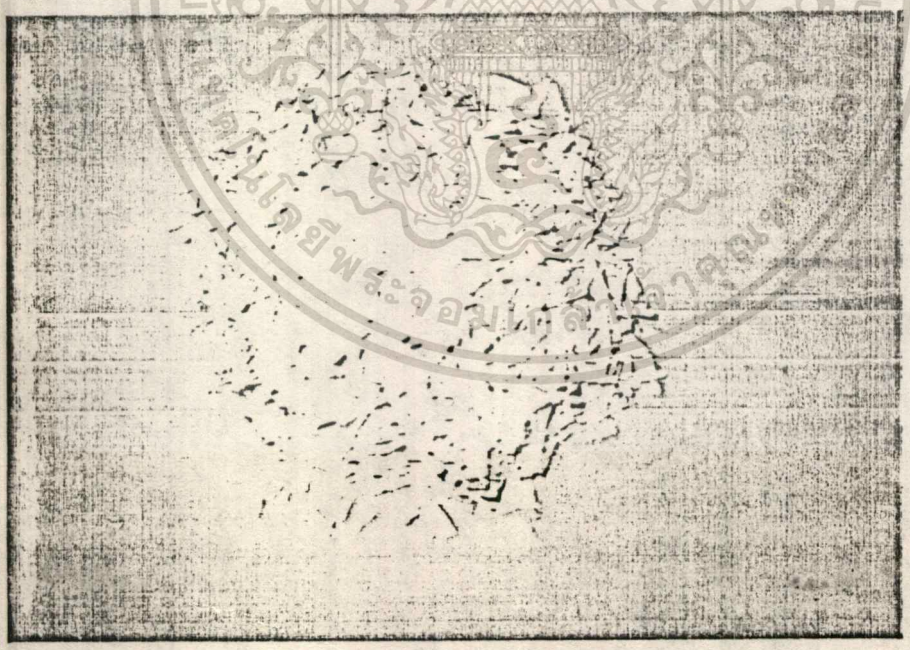
บทที่ 6

"ภาพถ่ายประกอบการทดสอบ"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

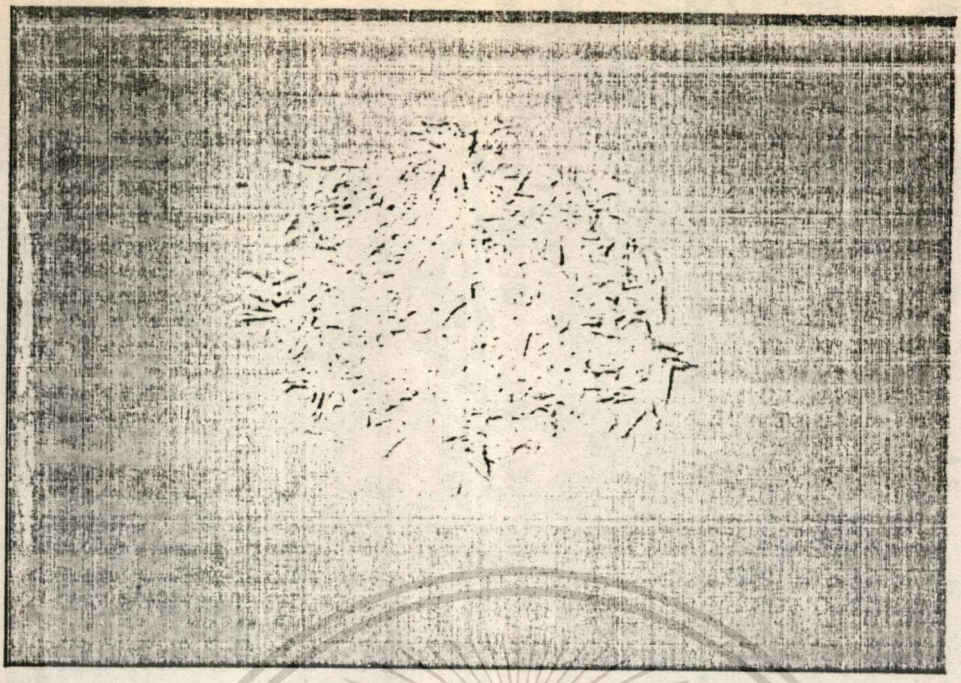


เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานจึงบรรจุเส้นใยโพลีเมอร์ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า "Forta fiber CR" เป็นถุงๆ ละ 1 Kg.

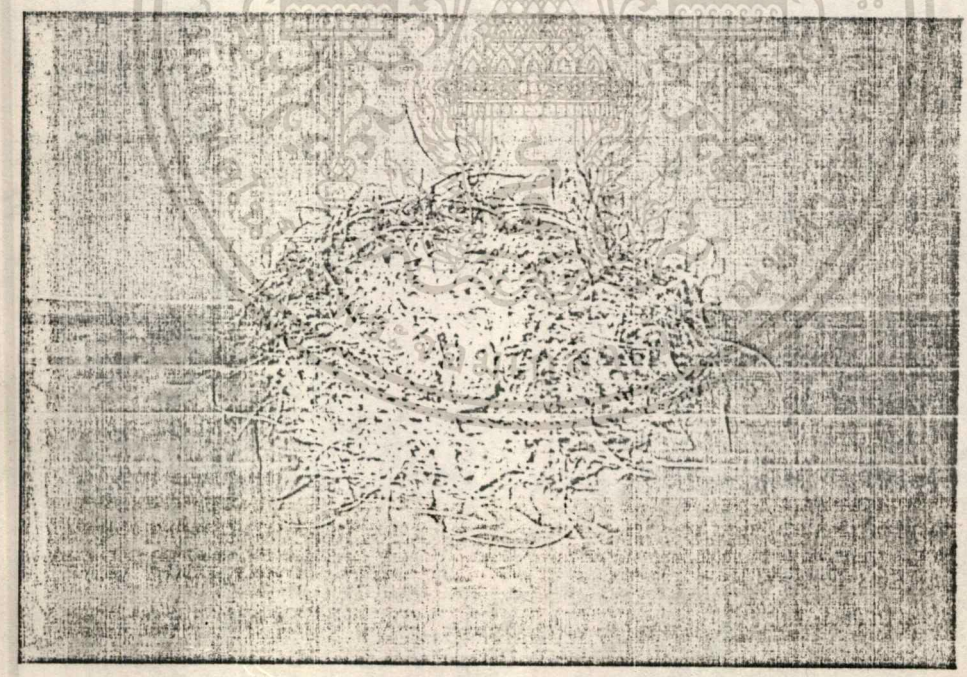


ลักษณะของเส้นใย Forta fiber CR เมื่อนำออกจากถุงใหม่ๆ จะประกอบด้วยท่อนของกลุ่มเส้นใยขนาดเล็กมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ .

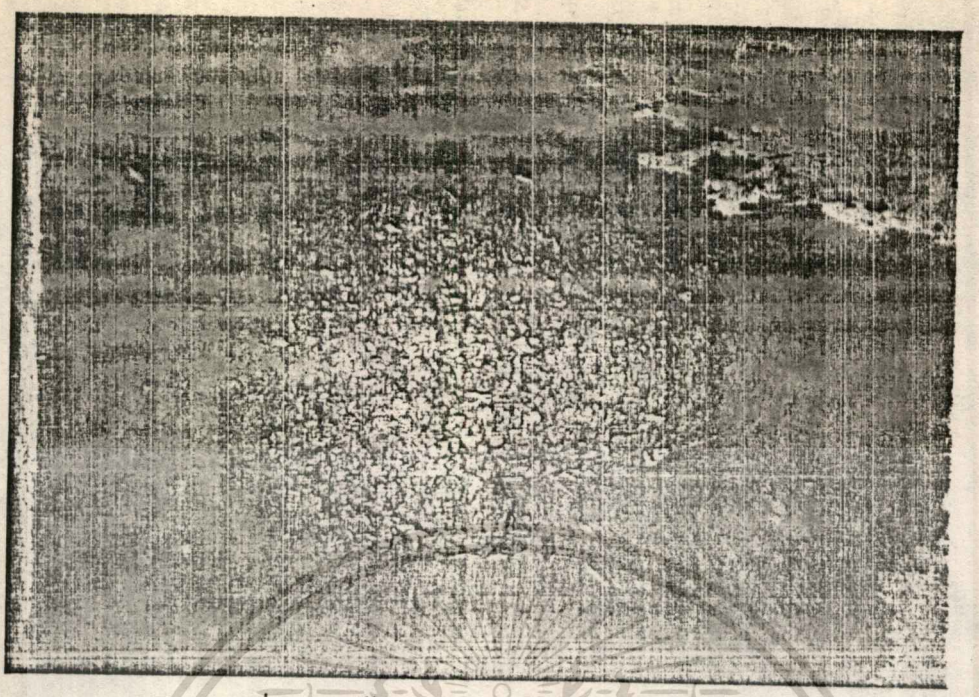


ลักษณะของเส้นใย Forta fiber CR เมื่อผสมอยู่ในคอนกรีตนั้น ก้อนของกลุ่มเส้นใยจะแยกกระจายออกเป็นเส้นใยอิสระขนาดเล็กๆ ดังรูป



ลักษณะของเส้นใยกาบมะพร้าวที่ระนำมาผสมคอนกรีต

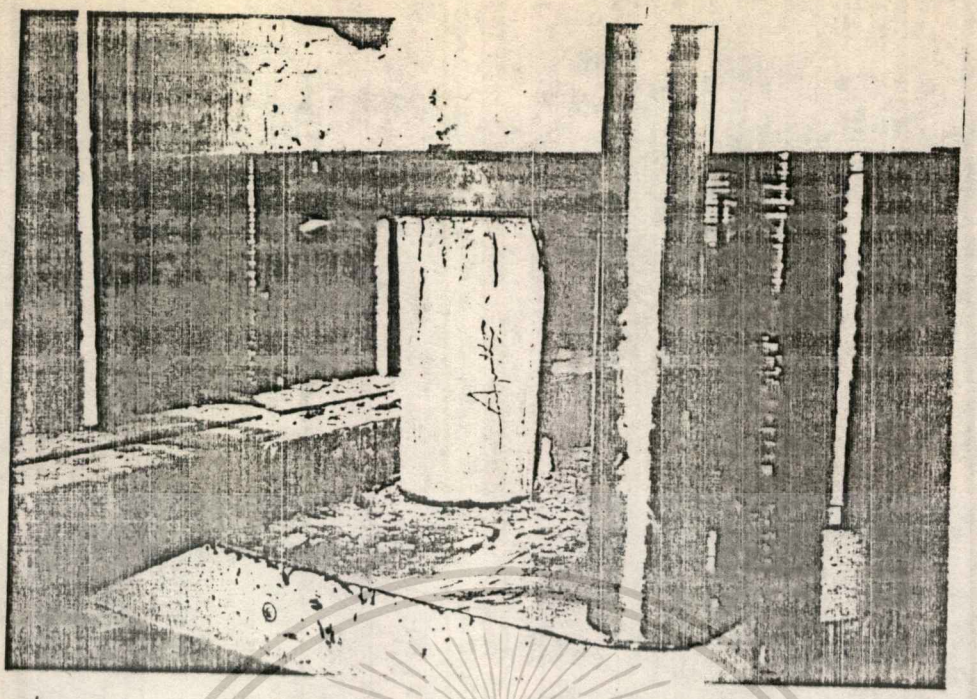
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



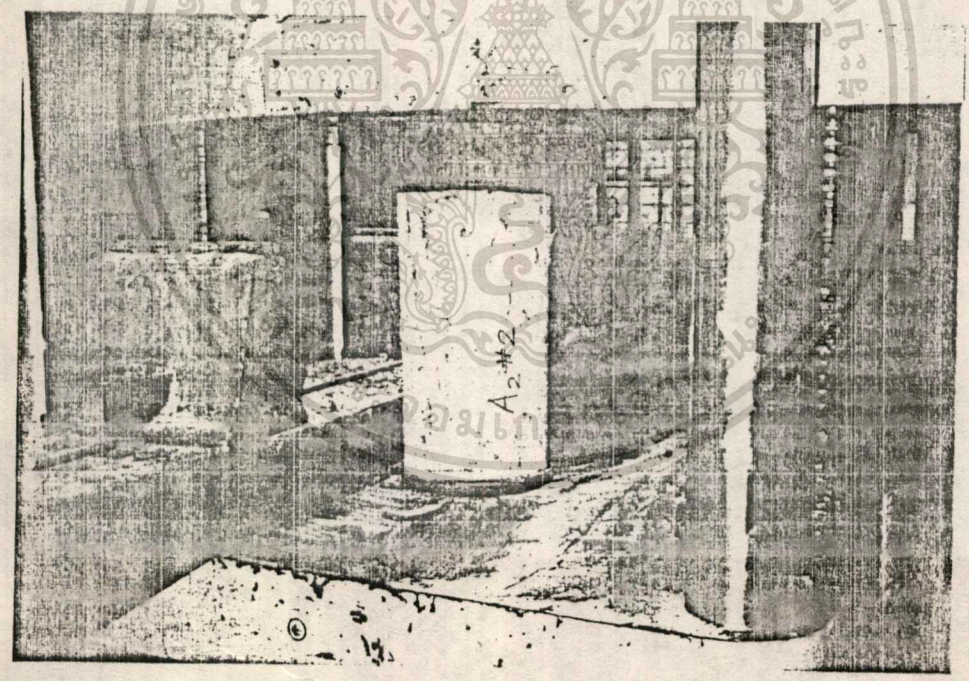
ลักษณะของคอนกรีตผสมเมื่อผสมเส้นใยโพลีเมอร์

ลักษณะของคอนกรีตผสมเมื่อผสมเส้นใยกาบมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

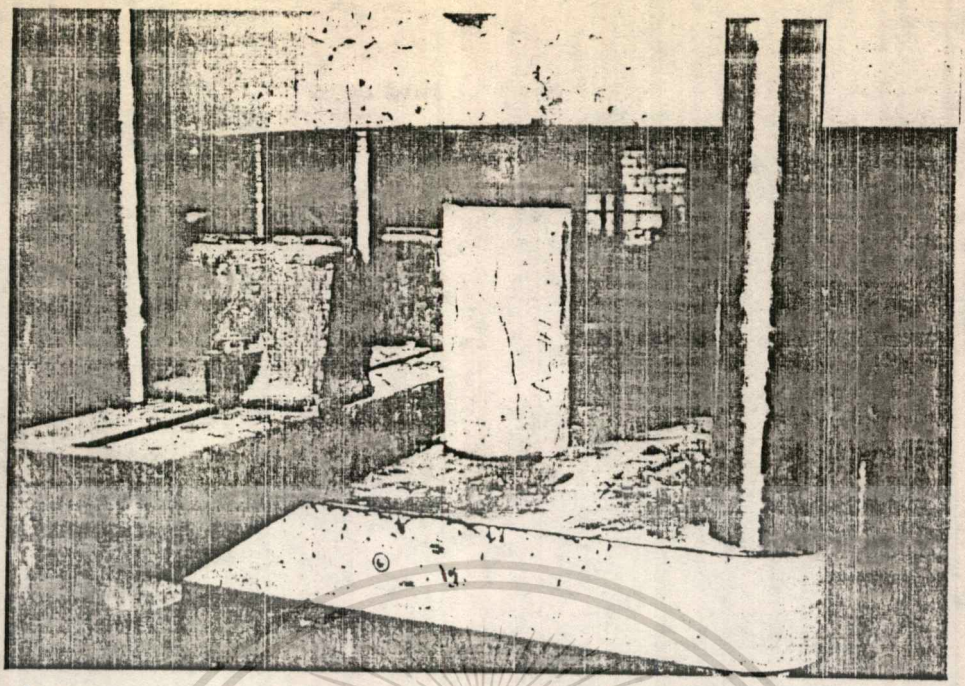


ตัวอย่างลักษณะรอยแตกร้าวของคอนกรีตผสม MIX A เมื่อแห่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกผ่านการทดสอบกำลังยัดจนกระทั่งแตกพังลง



ตัวอย่างลักษณะรอยแตกร้าวของคอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์ MIX A เมื่อแห่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกผ่านการทดสอบกำลังยัดจนกระทั่งแตกพังลง

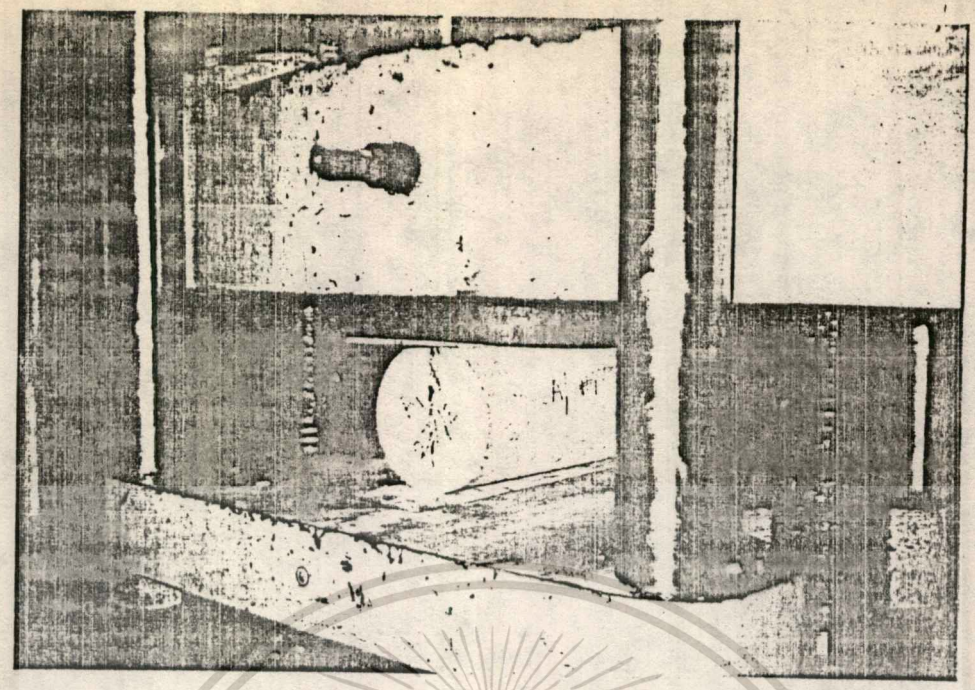
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



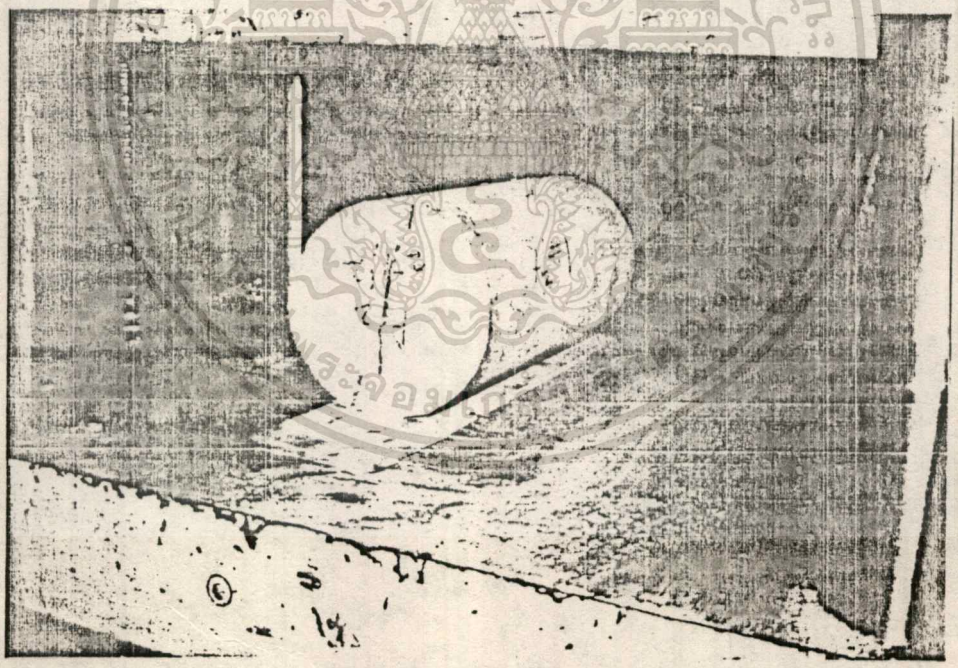
ตัวอย่างลักษณะรอยแตกร้าวของคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวMIX A เมื่อแห่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกผ่านการทดสอบกำลังอัดจนกระทั่งแตกพังลง

ตัวอย่างลักษณะรอยแตกร้าวของคอนกรีต MIX B เมื่อแห่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกผ่านการทดสอบกำลังอัดจนกระทั่งแตกพังลง (ซ้าย) คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว (กลาง) คอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์ และ(ขวา) คอนกรีตล้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

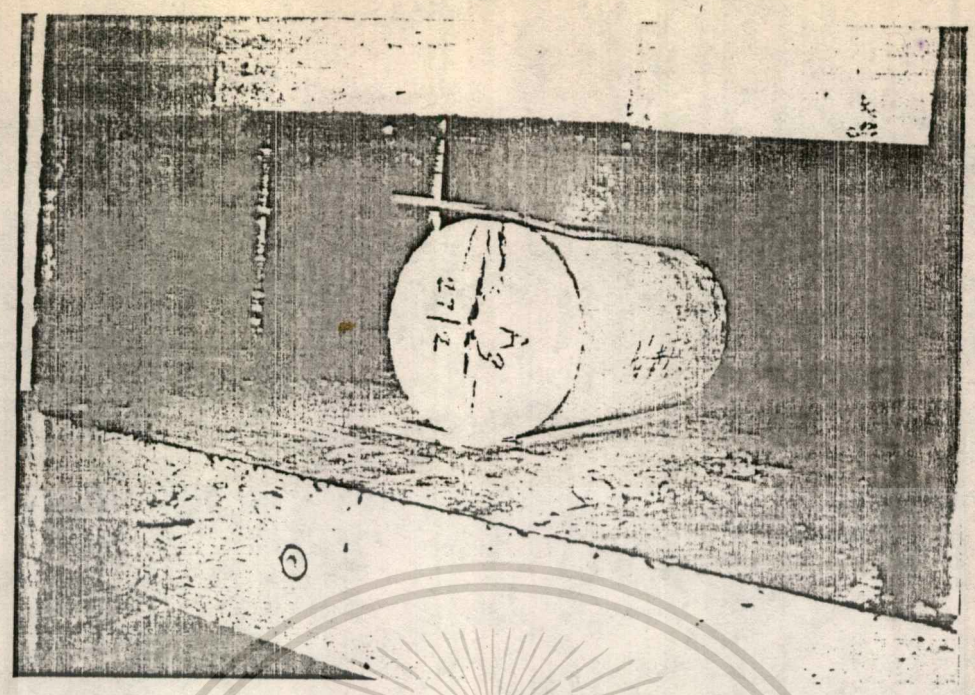


ตัวอย่างลักษณะการแตกพังของคอนกรีตล้วน MIX A เมื่อทดสอบกำลังดึงของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก

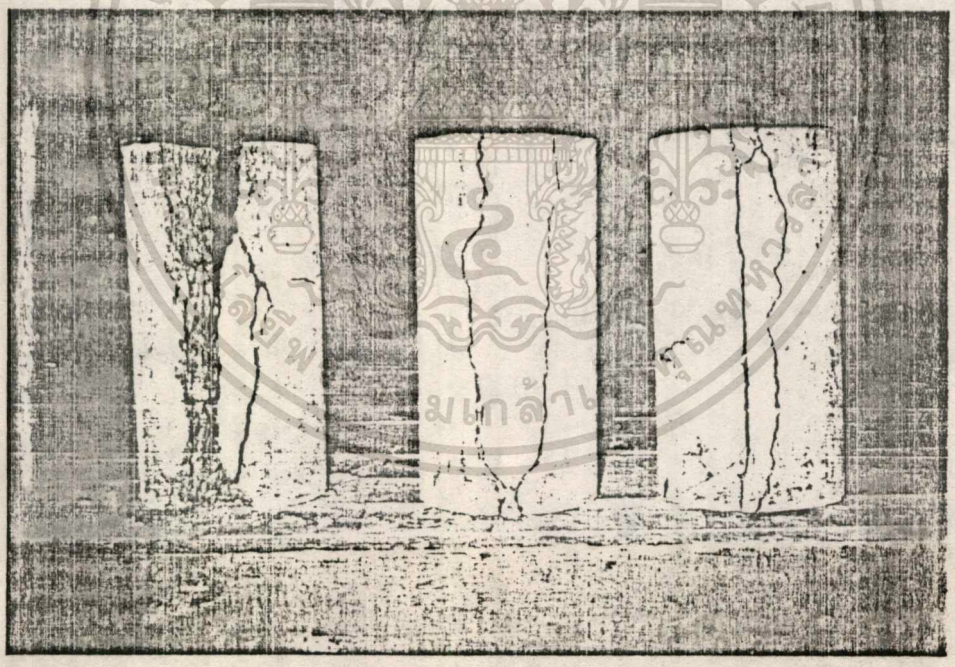


ตัวอย่างลักษณะการแตกพังของคอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์ MIX A เมื่อทดสอบกำลังดึงของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

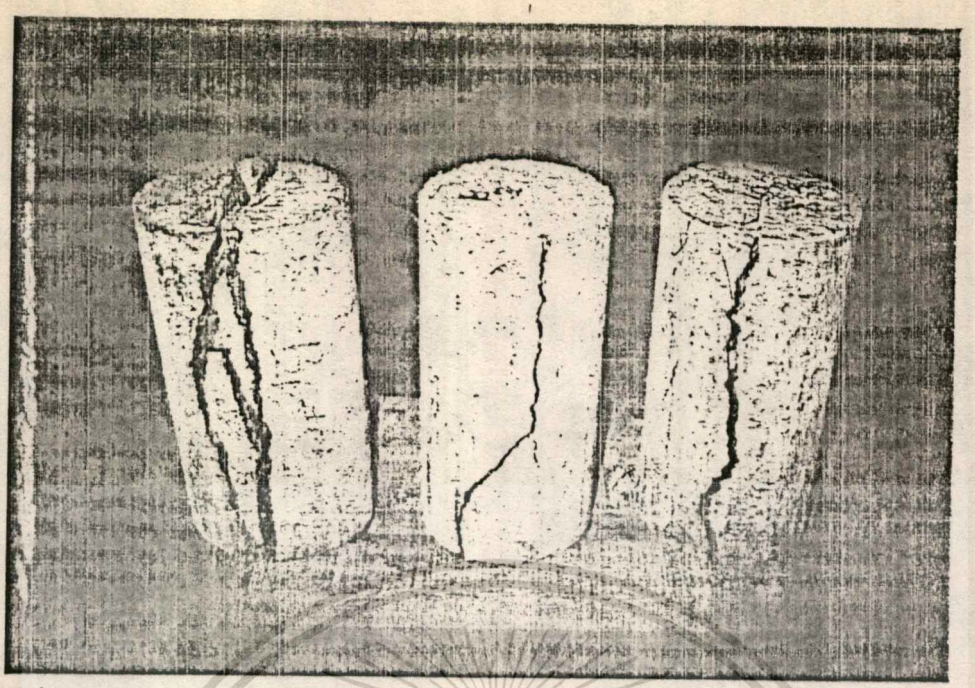


ตัวอย่างลักษณะการแตกพังของคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว MIX A เมื่อทดสอบกำลังดึงของแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอก

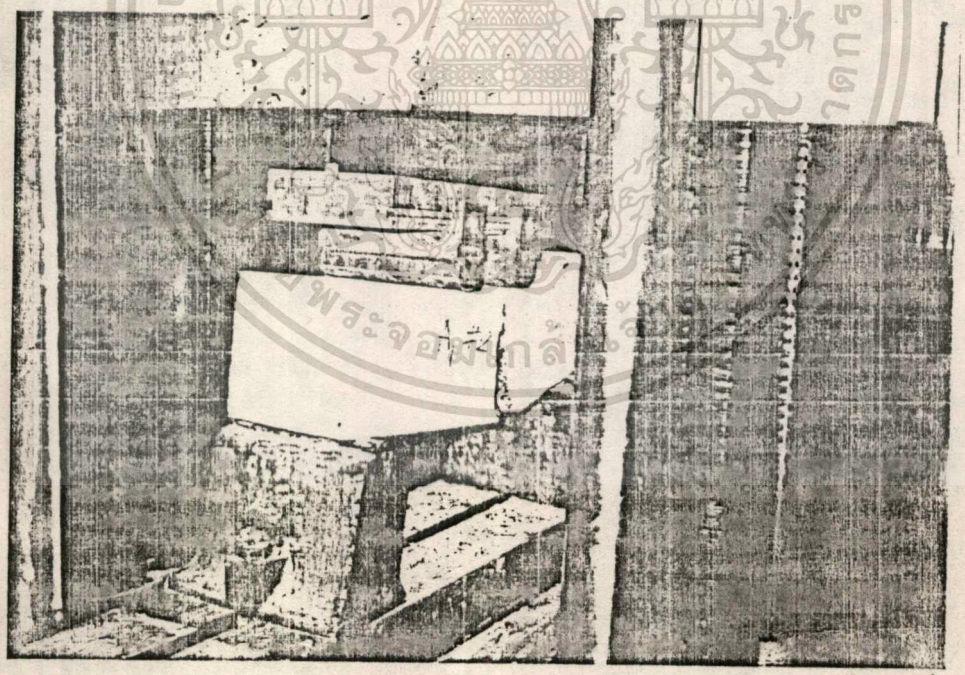


ตัวอย่างลักษณะรอยแตกร้าวของคอนกรีต MIX A เมื่อแท่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกผ่านการทดสอบกำลังดึงจนกระทั่งแตกพังลง (ซ้าย) คอนกรีตล้วน (กลาง) คอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์ และ(ขวา) คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

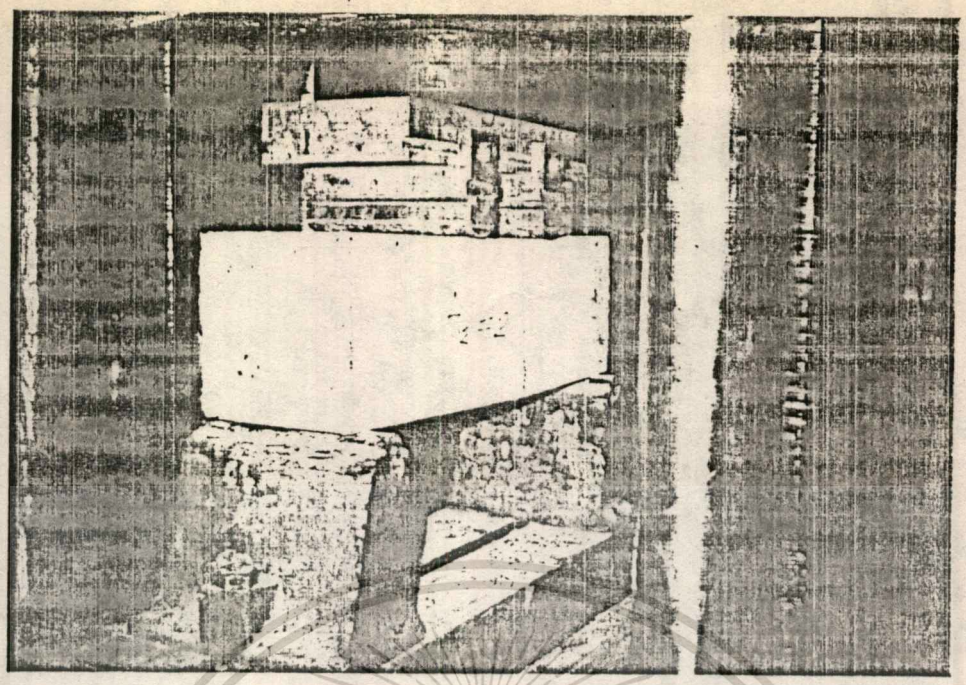


ตัวอย่างลักษณะรอยแตกร้าวของคอนกรีต MIX B เมื่อแห่งคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงกระบอกผ่านการทดสอบกำลังดึงจนกระทั่งแตกหักลง (ซ้าย) คอนกรีตล้วน (กลาง) คอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์ และ(ขวา) คอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว

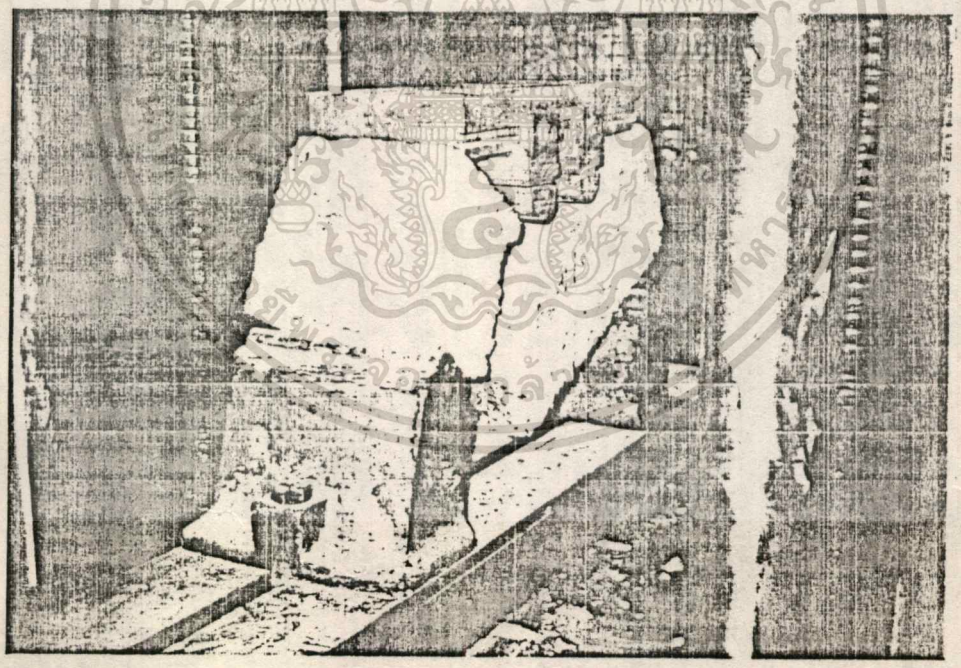


ตัวอย่างลักษณะการแตกหักของคานคอนกรีตล้วนเมื่อผ่านการทดสอบกำลังดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

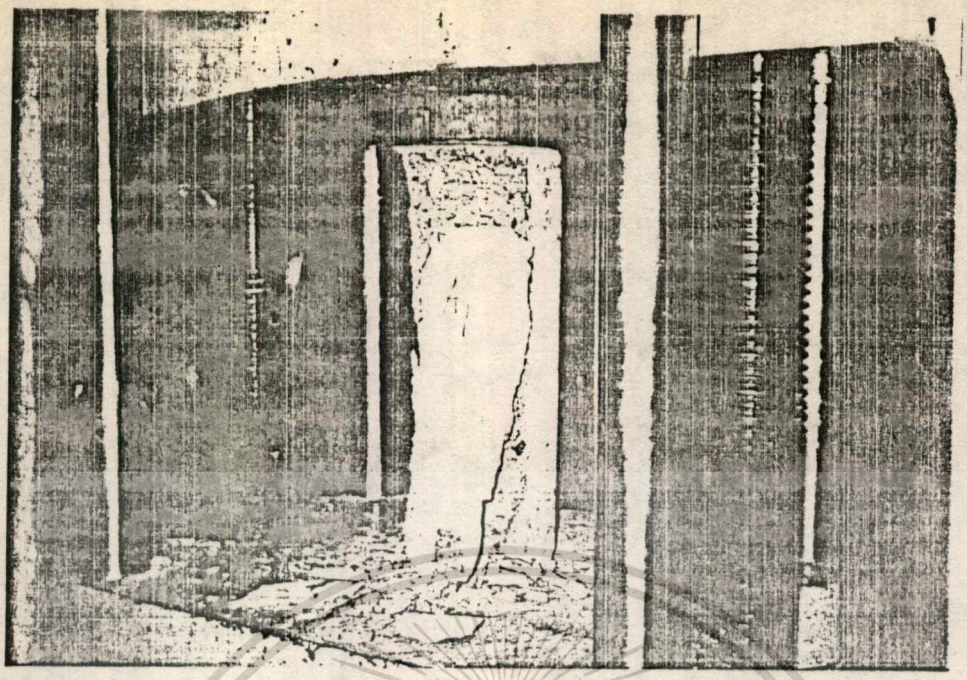


ตัวอย่างลักษณะการแตกหักของคานคอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์เมื่อผ่านการทดสอบกำลังดัด

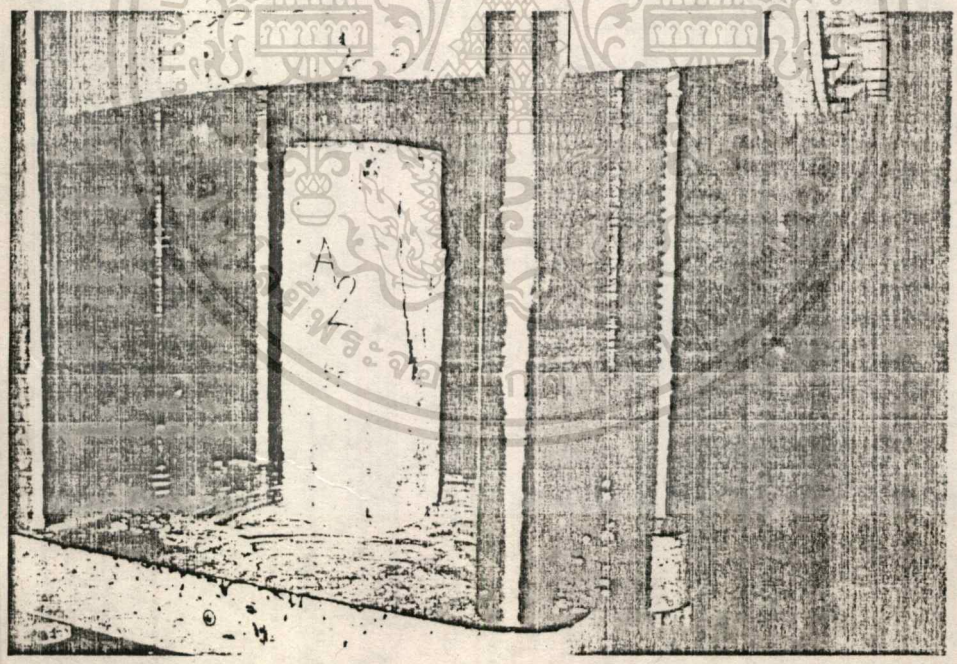


ตัวอย่างลักษณะการแตกหักของคานคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าวเมื่อผ่านการทดสอบกำลังดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

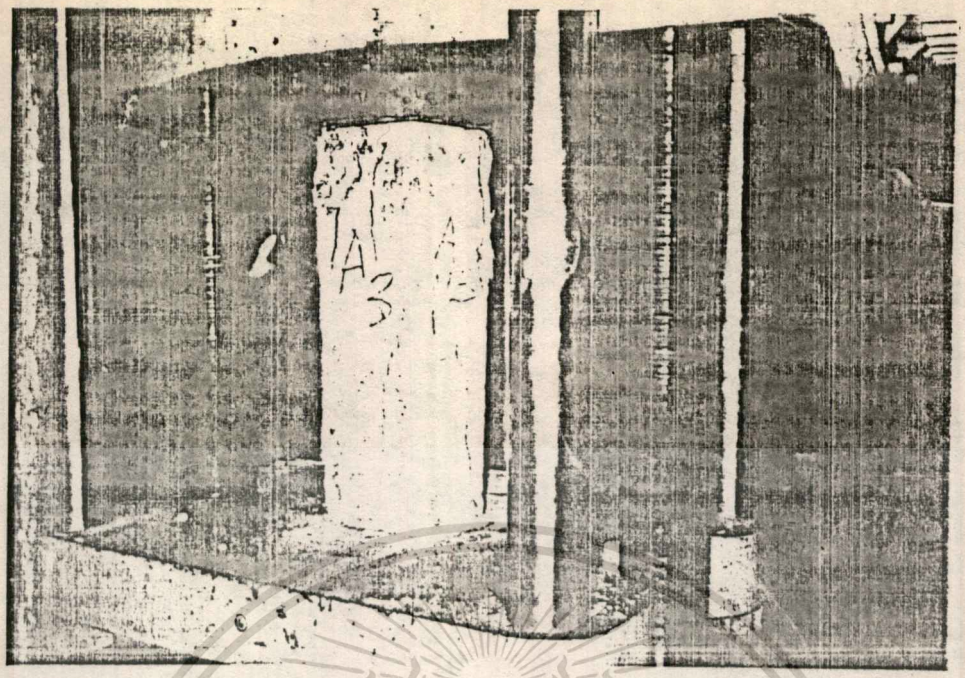


ตัวอย่างลักษณะการแตกหักของเสาคอนกรีตส่วน MIX A เมื่อรับแรงอัด

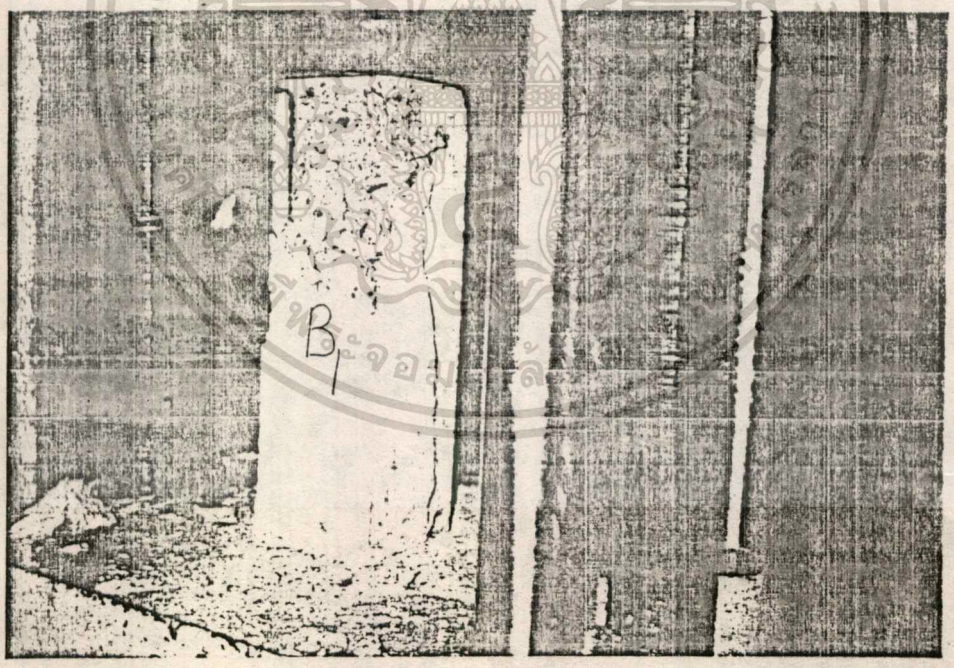


ตัวอย่างลักษณะการแตกหักของเสาคอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์ MIX A เมื่อรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

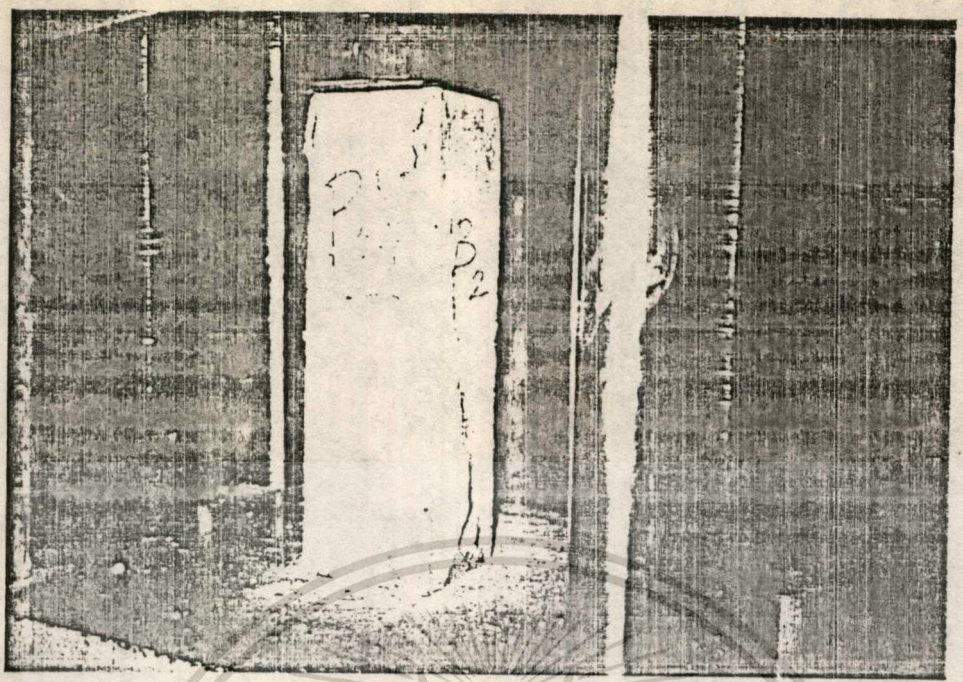


ตัวอย่างลักษณะการแตกพังของเสาคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว MIX A เมื่อรับแรงอัด

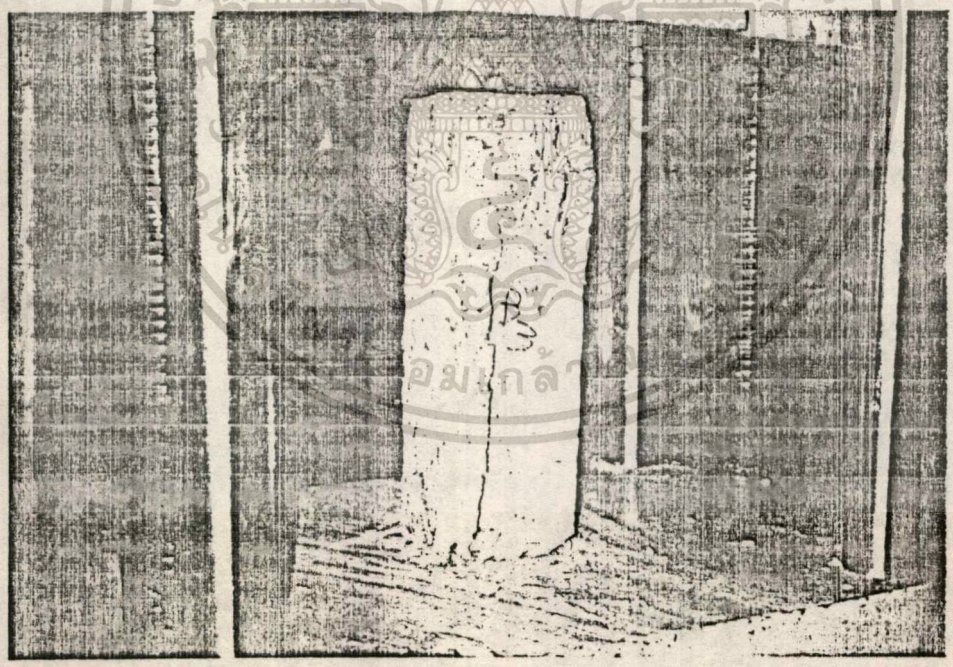


ตัวอย่างลักษณะการแตกพังของเสาคอนกรีตล้วน MIX B เมื่อรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตัวอย่างลักษณะการแตกหักของเสาคอนกรีตเสริมเส้นใยโพลีเมอร์ MIX B
เมื่อรับแรงอัด



ตัวอย่างลักษณะการแตกหักของเสาคอนกรีตเสริมเส้นใยกาบมะพร้าว MIX B
เมื่อรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Sidney Mindess and J.Francis Young, Concrete. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981.
2. A.M.Neville and J.J.Brooks, Concrete Technology. Longman Scientific & Technical, UK, 1987.
3. ศ.ดร.อรุณ ชัยเสรี ผู้แปล, คู่มือการตรวจสอบคอนกรีต ของสมาคมคอนกรีตอเมริกัน. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, บริษัท เอ.กรุ๊ป แอดเวอร์ไทซิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ, 2530.
4. ศ.ดร.วินิต ช่อวิเชียร, คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ ป. สัมพันธ์พาณิช, กรุงเทพฯ, 2529.
5. เอกสารกำกับสินค้า "Collated Fibrillated Polypropylene Fibrous Reinforcement, Forta CR" ของบริษัท Forta Corporation จำกัด, Grove City, P.A., 1985.
6. เอกสารกำกับสินค้า "Fibermesh" ของบริษัท Fibermesh จำกัด, Chattanooga, T.N., 1987.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้