หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของคอนกรีตเสริมใยแก้ว

เนื่องจากปัจจุบันมีวิวัฒนาการและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในวงการก่อสร้างเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการค้นคว้าหาแนวทางใหม่ ๆ ที่จะพัฒนาวัสดุก่อสร้างที่ทนทานแข็งแรงและมีราคาถูกพอที่จะนำมาใช้เป็นประโยชน์ได้แพร่หลาย ดังที่ทราบกันอยู่แล้วว่าคอนกรีตนั้นมีคุณสมบัติในการรับแรงอัดได้สูง แต่คุณสมบัติในการรับแรงดึงนั้นเป็นจุดอ่อนของคอนกรีต จึงได้มีการคิดค้นหาวิธีการที่จะเพิ่มกำลังของคอนกรีตในด้านรับแรงดึง โดยหาวัสดุที่สามารถรับแรงดึงได้สูงมาเพิ่มเข้าไป ได้แก่ พวกเหล็กเส้น ไม้ไผ่ เส้นลวด ลวดตาข่าย และวัสดุประเภทเส้นใยต่าง ๆ เช่น ใยปอ ใยหินและใยแก้ว

สำหรับวัสดุประเภทพวกใยเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของใยแก้วกับใยประเภทอื่น ๆ ใยแก้วมีข้อได้เปรียบที่มีความเหนียว มีเส้นใยที่ยาวและขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อนำมาเสริมในคอนกรีตเพื่อรับแรงดึง จึงได้ชิ้นงานที่บางเบาแต่มีความสามารถในการรับแรงดึงได้สูงและเรียกวัสดุนี้ว่า คอนกรีตเสริมใยแก้ว หรือ G.R.C (GLASS FIBRE REINFORCED CONCRETE)

1.2 งานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในยุคแรกทั่วโลกรู้จักใยแก้วในฐานะของวัสดุที่ทนต่อแรงดึงสูง เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยอื่น ๆ เมื่อประมาณกว่าสามสิบปีที่แล้วมาใยแก้วได้พิสูจน์คุณสมบัติดังกล่าว เมื่อนำไปใช้เสริมแรงกับสารพลาสติกจำพวกโพลีเอสเตอร์เรซิน (Polyester Resin) และพวกอีพอกซีเรซิน (Epoxy Resin) ซึ่งเป็นวัสดุที่คงทน แข็งแรง ที่เรียกว่า F.R.P. (Fibre Glass Reinforced Plastic) ด้วยเหตุนี้เองจึงมีการทดลองค้นคว้าสืบเนื่องในการเอาใยแก้ว ซึ่งมีคุณสมบัติในการรับแรงดึงมาประสานเข้ากับคุณสมบัติในการรับแรงอัดของคอนกรีต ในตอนต้น ๆ ของการพัฒนาคอนกรีตเสริมใยแก้วประสบความล้มเหลวเพราะการสลายตัวของ

ใยแก้วในเนื้อคอนกรีต เนื่องจากฤทธิ์ด่างของซีเมนต์ซึ่งจะแสดงผลในระหว่าง 1-2 ปีให้หลัง แต่ต่อมาปัญหานี้ก็ถูกแก้ไขจนหมดไปและมีการพัฒนาให้ดีขึ้นตามลำดับดังนี้

ในปี 1960 Dr. A.J. Majumdar [4] ทำงานให้กับสถาบัน British Research Establishment ของรัฐบาลอังกฤษ ได้ประสบความสำเร็จในการศึกษาวิธีการนำใยแก้วมาเสริมในซีเมนต์ เพราะเดิมเส้นใยแก้วทำจากสารที่มีปฏิกริยากับฤทธิ์ด่างในซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ Dr. A.J. Mahumdar ได้พบวิธีทำใยแก้วที่ใช้ให้ไม่เกิดปฏิกริยากับฤทธิ์ด่างในซีเมนต์ โดยการผสมเซอโคเนียมออกไซด์ (ZrO_2 - Zerconium Oxide) ลงไปในใยแก้ว ผลงานนี้ได้รับการจดทะเบียนลิขสิทธิ์โดย National Research Development Corperation ซึ่งต่อมาได้ติดต่อให้บริษัทผู้ผลิตใยแก้วรายใหญ่ที่สุดของยุโรป คือ Pilkington Brothers Ltd. ทำการผลิตใยแก้วชนิดนี้ออกจำหน่ายในปี 1971

สำหรับคุณสมบัติต่าง ๆ ของซีเมนต์เสริมใยแก้วนั้น ในปี 1975 Ali Et Al [4] ได้ทำการทดลองความสามารถในการรับแรงดึงของซีเมนต์เสริมใยแก้ว โดยใช้ใยแก้วขนาดยาว 1-4 ซม. จำนวน 2 % - 8 % โดยปริมาตร พบว่าการยึดเกาะกันระหว่างผิวใยแก้วกับซีเมนต์ขึ้นอยู่กับความยาวและปริมาณของใยแก้ว ซึ่งถ้าใยแก้วสั้นหรือปริมาณมากเกินไปจะทำให้ความสามารถในการรับแรงดึงต่ำลง และ Allen [4] ได้ทำการศึกษาความสามารถในการรับแรงดึงของซีเมนต์เสริมใยแก้ว โดยจัดให้ใยแก้วเรียงตัวในลักษณะที่ความยาวของใยแก้วอยู่ใน 2 ทิศทาง พบว่าที่จุดประลัยของการรับแรงดัด แนวแกนสะเทินจะอยู่ที่ระยะ 0.2 เท่าของความลึกของหน้าตัด โดยวัดจากผิวด้านที่รับแรงอัด และ Biryokovich [4] ได้ศึกษาความสามารถในการรับแรงดึงของซีเมนต์เสริมใยแก้วโดยจัดให้ใยแก้วเรียงตัวในลักษณะที่ความยาวของใยแก้วอยู่ในทิศทางเดียวกัน พบว่าเมื่อใช้ปริมาณใยแก้ว 9 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ค่ากำลังประลัยได้จากการรับแรงดัดจะสูงกว่าของการรับแรงดึงโดยตรง และยังพบอีกว่าเมื่อใช้ปริมาณใยแก้ว 3 % - 6 % โดยน้ำหนัก การพิบัติที่เกิดจากการรับแรงดัดจะเกิดในส่วนที่รับแรงดึงก่อนส่วนที่รับแรงอัด แต่เมื่อใช้ปริมาณใยแก้ว 9 % โดยน้ำหนัก การวิบัติในส่วนที่รับแรงอัดและแรงดึงจะเกิดขึ้นพร้อมกัน และเมื่อใช้ปริมาณใยแก้ว 12 % โดยน้ำหนัก การวิบัติจะเกิดในส่วนที่รับแรงอัดก่อนส่วนที่รับแรงดึง ต่อมา Cox [4] และ Krenchel [4] ได้ศึกษาถึงความแตกต่างในการรับแรงดึงเมื่อการเรียงตัวของใยแก้วอยู่ในทิศทางที่ต่างกัน โดยหาความ

สัมพันธ์ในการรับแรงดึงให้อยู่ในรูปของปริมาณใยแก้ว [ผ] นั้นคือ

$$\sigma = \eta_1\eta_2\sigma_f V_f + \sigma_m(1-V_f) \quad \ldots\ldots\ldots (1.1)$$

โดยที่ Cox และ Krenchel ได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ η_1 เพื่อใช้คูณกับปริมาณใยแก้วที่ใช้ได้ดังนี้

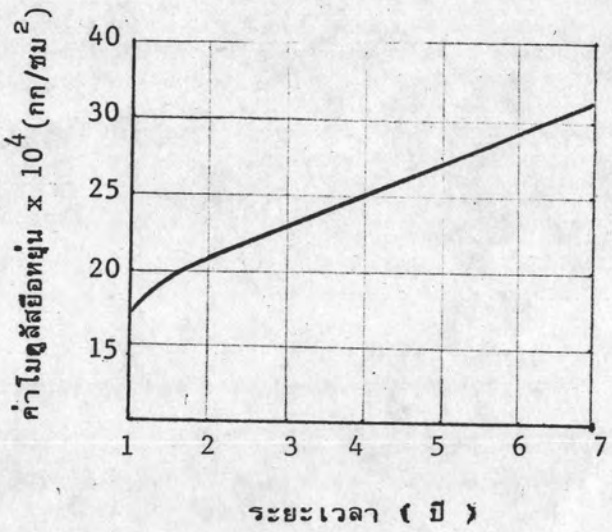
การเรียงตัวของใยแก้ว	ค่าสัมประสิทธิ์	
	Cox	Krenchel
ในทิศทางเดียว	1	1
ใน 2 ทิศทาง (Spray Process)	1/3	3/8
ใน 3 ทิศทาง (Mix Process)	1/6	1/5

สำหรับค่า η_2 นั้นเป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวกับความยาวของใยแก้ว ซึ่ง Allen[4] ได้กำหนดค่าไว้ดังนี้

$$\ell < \ell_c \qquad \eta_2 = \frac{\ell}{2\ell_c} \quad \ldots\ldots\ldots (1.2)$$

ถ้า $$\ell > \ell_c \qquad \eta_2 = 1 - \frac{\ell_c}{2\ell} \quad \ldots\ldots\ldots (1.3)$$

สำหรับคุณสมบัติความสามารถในการรับแรงนั้น บริษัท Asahi Glass [5] ได้ทำการทดลองและสรุปผลว่าในการผลิตคอนกรีตเสริมใยแก้วโดยวิธีการพ่นเมื่อใช้อัตราส่วนผสมของทราย:ซีเมนต์ = 2:3 น้ำ:ซีเมนต์ 0.30-0.35 และปริมาณใยแก้ว 45 % - 55 % โดยมีความยาว 3-3.7 ซม. พบว่าค่าแรงดึงประลัยมีค่าประมาณ 125 กก/ซม^2 และค่าแรงดัดประลัยมีค่าประมาณ 300 กก/ซม^2 ส่วนค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลามากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน

Pilkington Brothers Ltd.[6] ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ และสรุปผลว่าในการผลิตคอนกรีตเสริมใยแก้วโดยวิธีการพ่นเมื่อใช้อัตราส่วนผสมของ ทราย:ซีเมนต์ 1:3 น้ำ:ซีเมนต์ 0.25-0.35 และปริมาณใยแก้ว 5 % โดยน้ำหนัก พบว่าค่าแรงอัดประลัยมีค่า 600-10,000 กก/ซม^2 แรงดึงประลัยมีค่า 140-170 กก/ซม^2 ค่าแรงตัดประลัยมีค่า 350-460 กก/ซม^2 และค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 20-32x10^4 กก/ซม^2

สำหรับในเมืองไทยในปี 2521 ได้มีการทำวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับคอนกรีตเสริมใยแก้ว[3] โดยใช้วิธีการผสม (Premix Process) ซึ่งใช้อัตราส่วน ทราย:ซีเมนต์ = 1:3 แล้วทำการเปลี่ยนอัตราส่วน น้ำ:ซีเมนต์ และปริมาณใยแก้วโดยความยาวของใยแก้วที่ใช้ยาวประมาณ 2 ซม. พบว่าช่วงที่เหมาะสมคือควรใช้ปริมาณใยแก้ว 2-5 % และอัตราส่วนผสม น้ำ:ซีเมนต์ ประมาณ 0.35-0.45 โดยจะได้ค่าแรงอัดประลัยเฉลี่ยประมาณ 470 กก/ซม^2 ค่าแรงดึงประลัยเฉลี่ยประมาณ 60 กก/ซม^2 และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยประมาณ 27x10^4 กก/ซม^2

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติ ความสามารถในการรับแรงดึงและแรงอัดของคอนกรีตเสริมใยแก้ว

1.3.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแผ่นหลังคาอาร์ชบางรูปทรงกระบอกคอนกรีตเสริมใยแก้วใช้ช่วงเวลาสั้น

1.3.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบดูความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมที่ปรากฏจริงกับพฤติกรรมเชิงทฤษฎี

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาและเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1.4.2 ทดลองหาคุณสมบัติของวัสดุดังนี้

1.4.2.1 ทดลองหาหน่วยแรงอัด โมดูลัสยืดหยุ่นและลักษณะการวิบัติของคอนกรีตเสริมใยแก้ว

1.4.2.2 ทดลองหาหน่วยแรงดึง โมดูลัสยืดหยุ่นและลักษณะการวิบัติของคอนกรีตเสริมใยแก้ว

1.4.3 นำค่าหน่วยแรงอัด หน่วยแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นมาประมาณการคำนวณออกแบบโครงหลังคาอาร์ชบางรูปทรงกระบอกทำด้วยคอนกรีตเสริมใยแก้ว

1.4.4 ทดลองหาพฤติกรรมของโครงหลังคาอาร์ชบางรูปทรงกระบอก โดยศึกษาการรับน้ำหนักบรรทุก การเกิดความเครียดที่ผิวบนและผิวล่างและระยะโก่งตัวของโครงสร้างแผ่นหลังคาที่จุดต่าง ๆ

1.4.5 วิเคราะห์ผลที่เกิดจากการทดลองตามข้อ 1.4.4

1.4.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ทำให้รู้คุณสมบัติในการรับแรงดึง แรงอัด แรงดัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตเสริมใยแก้ว

1.5.2 ทำให้รู้พฤติกรรมของแผ่นหลังคาอาร์ชบางรูปทรงกระบอกทำด้วยคอนกรีตเสริมใยแก้ว

1.5.3 สามารถนำเอาผลการวิจัยนี้มาใช้ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมใยแก้ว