บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ทฤษฎีเกี่ยวกับคุณสมบัติที่ต้องการทดสอบได้แก่การทดสอบการรับกำลังดัดของวัสดุแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมเส้นใยแก้วชนิด A และชนิด B สารผสมเพิ่มได้แก่ สารลดปริมาณน้ำอย่างมาก (Superplasticizer) เส้นใยที่ใช้ได้แก่ เส้นใยแก้ว

2.1.1 การโก่งตัวและความเค้นดัด

ค่าการโก่งตัวและความเค้นดัดได้จากการทดสอบวัสดุแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมเส้นใยแก้วชนิด A และชนิด B จากการทดสอบการดัดแบบ 4 จุดดังแสดงในรูปที่ 2.1 ตามมาตรฐานการทดสอบ BS EN 1170-5:1998 Precast concrete products Test method for glass-fibre reinforced cement Part 5. Measuring bending strength, 'Complete bending test'method [17] โดยค่าการโก่งตัวและกำลังดัดขึ้นอยู่กับรูปทรงทางเลขาคณิตของตัวอย่าง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าการโก่งตัวและความเค้นที่เกิดขึ้น และยังส่งผลต่อเส้นใยบริเวณผิวล่างของชิ้นตัวอย่างอีกด้วย ซึ่งสามารถหาค่าความเค้นได้จากสมการที่ 2.1 และ2.2 ส่วนหน่วยการยืดตัวที่เกิดขึ้นจากกำลังดัดสามารถหาได้จากสมการที่ 2.3 และ2.4 ทั้งนี้จะทำการคำนวณหาค่าจากหน้าตัดโดยไม่พิจารณาถึงการแตกร้าวที่เกิดขึ้น (Uncracked Section)

$$\sigma_{MOR} = \frac{F_{MOR} \times L}{b \times d^2} \qquad (2.1)$$

$$\sigma_{LOP} = \frac{F_{LOP} \times L}{b \times d^2} \qquad (2.2)$$

$$\varepsilon_{MOP} = \frac{108}{23} \times \frac{\Delta_{MOP} \times d}{L^2} \qquad (2.3)$$

$$\varepsilon_{LOP} = \frac{108}{23} \times \frac{\Delta_{LOP} \times d}{L^2} \qquad (2.4)$$

เมื่อ σ_{MOR} คือ ความเค้นดัดที่จุดวิบัติ(MPa)

σ_{LOP} คือ ความเค้นดัดที่ขีดจำกัดสัดส่วนวิบัติ (MPa)

ε_{MOR} คือ หน่วยการยืดตัวที่จุดวิบัติ

ε_{LOP} คือ หน่วยการยืดตัวที่ขีดจำกัดสัดส่วนวิบัติ

F_{MOR} คือ แรงที่จุดวิบัติ (N)

F_{LOP} คือ แรงที่ขีดจำกัดสัดส่วนวิบัติ (N)

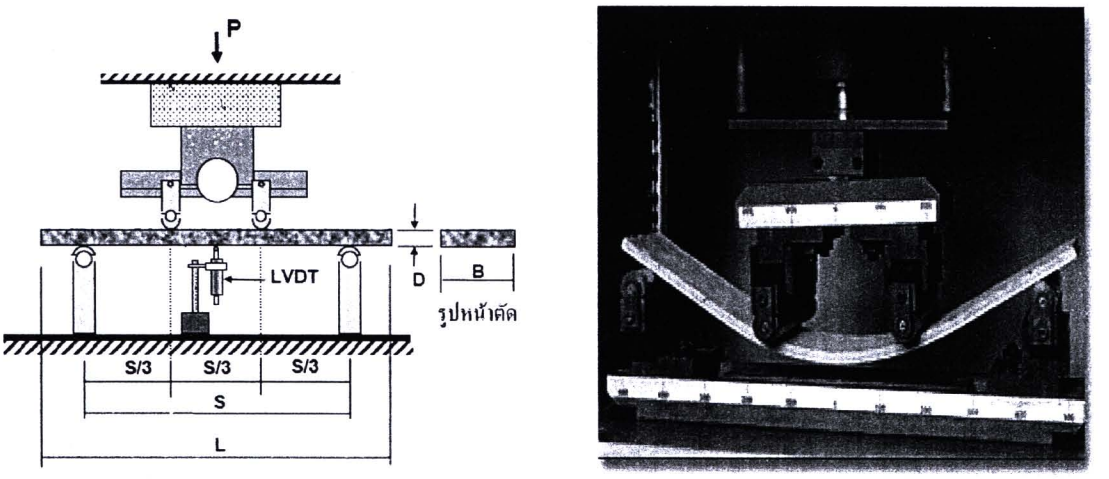
L คือ ความยาวของแผ่นตัวอย่าง (mm)

b คือ ความกว้างของแผ่นตัวอย่าง (mm)

d คือ ความหนาของแผ่นตัวอย่าง (mm)

Δ_{LOP} คือ ค่าการโก่งตัวที่จุดขีดจำกัดสัดส่วนการวิบัติ (mm)

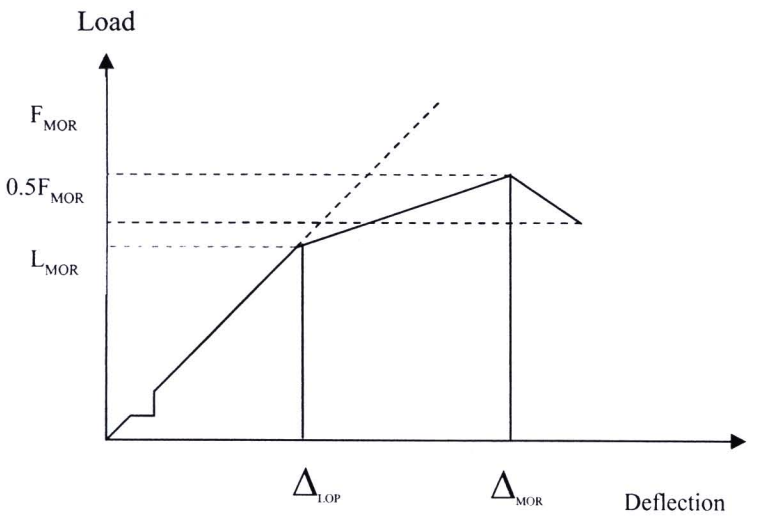
Δ_{MOR} คือ ค่าการโก่งตัวที่จุดวิบัติ (mm)



รูปที่ 2.1 การทดสอบการดัดแบบสี่จุด (Four – Points Bending Test)

2.1.2 พฤติกรรมการดัดของแผ่นคอนกรีตเสริมใยแก้ว

ค่ากำลังที่ได้จากการทดสอบการดัดแบบ 4 จุดจะได้ค่าที่เป็นแรง (N) และค่าการโก่งตัว (mm) ของวัสดุทดสอบโดยค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวอย่างทดสอบและวัสดุที่ใช้ในการทำตัวอย่างทดสอบ ซึ่งตำแหน่งของกำลังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่2.2 แสดงตำแหน่งของแรงที่เกิดขึ้นบนเส้นโค้งที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการโก่งตัวตามมาตรฐาน BS EN 1170-5:1998

2.1.3 ค่าการดูดซึมน้ำ

การคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ของตัวอย่างทดสอบโดยการเปรียบเทียบน้ำหนักจากวัสดุของตัวอย่างที่แช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงกับน้ำหนักของตัวอย่างที่อบในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยสามารถหาค่าการดูดซึมน้ำได้จากสมการที่ 2.5

$$W = \frac{mw - md}{md} \times 100 \qquad (2.5)$$

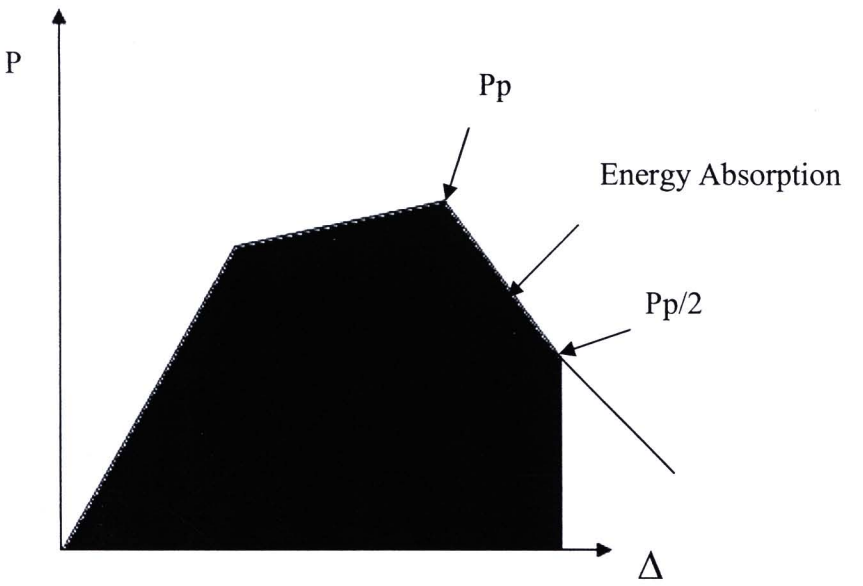
เมื่อ W คือ ค่าการดูดซึมน้ำ (%)

mw คือ มวลของตัวอย่างทดสอบเปียก (g)

md คือ มวลของตัวอย่างทดสอบหลังอบแห้ง (g)

2.1.4 พลังงานสะสม (Energy Absorption)

ค่าพลังงานสะสมจะหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟของความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำ (Load, P) กับระยะการโก่งตัว (Deflection, Δ) ของแผ่นตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ค่าพลังงานสะสมใช้บอกความเหนียวของวัสดุ ค่าพลังงานสะสมสูงแสดงว่ามีความเหนียว (Ductility) มาก ในการวิจัยได้คำนวณค่าพลังงานสะสมที่ $0.50F_{MOR}$



รูปที่ 2.3 พื้นที่ใต้กราฟของความสัมพันธ์ระหว่างค่านำหนักกด(P) กับระยะการโก่งตัว (Δ)

2.1.5 ปริมาณเส้นใย

การตรวจสอบหารปริมาณเส้นใยแก้วหลังพ่นชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว เพื่อตรวจสอบความสม่ำเสมอในการการกระจายของเส้นใยแก้วในแต่ละส่วนของแบบหล่อหลังพ่นเสร็จ โดยหาค่าปริมาณเส้นใยแก้วได้จากสมการที่ 2.6 ตามมาตรฐานการทดสอบ BS EN 1170-5:1998, APPENDIX F Test Procedures)

$$\text{Glass Content} = \frac{W_3 - W_1}{W2 - W1} \times 100 \qquad (2.6)$$

W1 = Weight 0f basket (g)

W2 = Weight of basket plus specimen (g)

W3 = Weight of basket plus glass (g)

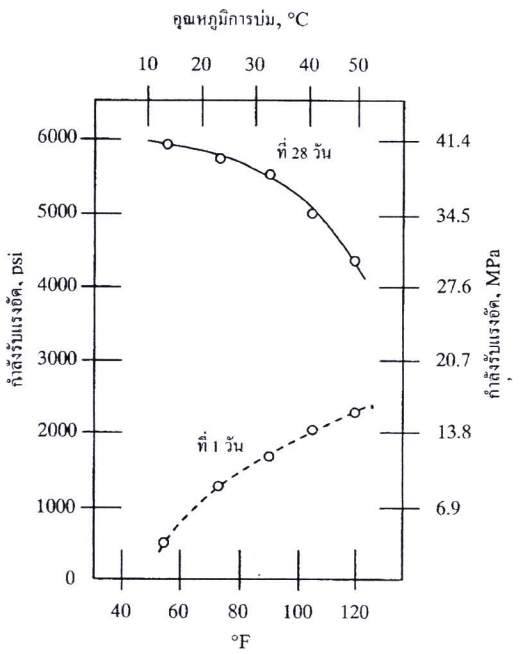
2.1.6 คอนกรีตเสริมใยแก้ว

คอนกรีตเสริมใยแก้ว (Glass Fiber Reinforced Concrete, GRC) เป็นส่วนผสมระหว่างซีเมนต์ ทรายละเอียด น้ำ สารเพิ่มประสิทธิภาพ และใยแก้วชนิดพิเศษ มีวิธีการผลิตหลายแบบ เช่น ระบบพ่น หรือระบบเทหล่อกับที่ หล่อเปียก หล่อแห้ง ระบบหล่อสำเร็จจากโรงงาน ผลิตภัณฑ์คอนกรีตเสริมใยแก้วสามารถผลิตหรือขึ้นรูปให้มีขนาดที่บางและเล็กได้ถึง 6 mm หรือ 0.25 inch จึงทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีน้ำหนักเบามากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำจากคอนกรีตแบบเดิม คอนกรีตเสริมใยแก้ว เป็นเทคโนโลยี

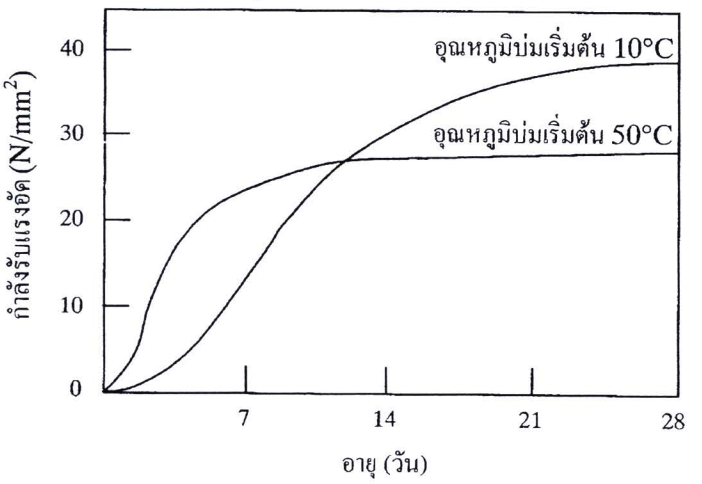
การก่อสร้างที่ได้รับความนิยมอย่างสูงในปัจจุบัน เป็นหนึ่งในวัสดุก่อสร้างที่มีความอเนกประสงค์มากที่สุด เหมาะกับการใช้ในงานด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม

2.1.7 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่มคอนกรีต

การเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์จะแปรผันตามอุณหภูมิ โดยเกิดขึ้นช้ามากที่อุณหภูมิต่ำลงถึง -10^0C และเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่าแต่ไม่เกิน 100^0C อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่า 10^0C ไม่เหมาะสำหรับการพัฒนากำลังในระยะต้น อุณหภูมิต่ำกว่า 5^0C จะหน่วงการพัฒนากำลังในระยะต้นเป็นอย่างมาก และ 0^0C กำลังจะพัฒนาเพียงเล็กน้อย การบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงในเวลาสั้นจะมีกำลังในระยะปลายที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่บ่มด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่าในระยะเวลานานกว่า รูปที่ 2.4 อุณหภูมิสูงจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชั่นและเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตในช่วง 2-3 วันแรกของการแข็งตัว กำลังอัดประลัยในระยะยาวของคอนกรีตที่บ่มด้วยอุณหภูมิสูงจะต่ำกว่าคอนกรีตที่บ่มด้วยอุณหภูมิต่ำในช่วงเริ่มต้น รูปที่ 2.5[9]



รูปที่ 2.4 กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 1 วันเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอุณหภูมิการบ่มที่สูงขึ้นแต่ที่อายุ 28 วัน กำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงเมื่ออุณหภูมิการบ่มคอนกรีตสูงขึ้น



รูปที่ 2.5 อุณห์ภูมิคอนกรีตระหว่างการผสมและการบ่มใน 24 ชั่วโมงยิ่งสูงขึ้น การพัฒนากำลังอัดในช่วงต้นจะยิ่งมากแต่กำลังอัดระยะยาวจะต่ำ

2.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภทที่ 1 ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Type I Ordinary Portland Cement) เหมาะสำหรับงานก่อสร้าง ทำคอนกรีต หรือทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษ เช่น อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก พื้นอาคาร ถนน สะพาน ถังเก็บน้ำ อ่างเก็บน้ำ ท่อน้ำ และผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูป [5]

2.3 ทรายแก้ว

ทรายแก้ว (Glass sand) หรือทรายขาว ลักษณะทางธรณีวิทยาของทรายแก้วคือทรายบริสุทธิ์ที่มีซิลิกา (SiO_2) มากกว่า 95 % มีเหล็ก (Fe_2O_3) และสารอื่น ๆ เจือปนเล็กน้อย แหล่งแร่ทรายแก้วได้จากการผุพังของหินทรายในยุคโบราณ แล้วถูกกระแสน้ำพัดพามาสะสมตัวอยู่ในแหล่งที่เกิด ซึ่งพบมากบริเวณเกาะเสม็ดของจังหวัดระยองและในเนื้อที่ใกล้ทะเลโดยทั่วไปของจังหวัดระยอง ทรายแก้วมีความลึกเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร ดินชั้นล่างเป็นดินสีดำปนทราย ลักษณะของทรายมีสีเทาอมชมพู เม็ดทรายมีขนาดเล็กเป็นเหลี่ยมและเหลี่ยมมน [2]

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมี ของทรายแก้ว

(ที่มา:kanchanapisek.or.th/kp8/ray/ray709.html พ.ศ. 2554)

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2)	99.41
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	0.21
ไอออนออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.07
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.07
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.68
ออกไซด์อื่นๆ	-

2.4 เส้นใยแก้ว

เส้นใยแก้วถูกนำไปใช้เป็นวัสดุช่วยเสริมแรงให้กับพลาสติกเรซิ่น และขึ้นรูป เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น หลังคารถกระบะ อ่างอาบน้ำ เรือ ชิ้นส่วนเครื่องบินเล็ก ถังน้ำขนาดใหญ่ ชิ้นส่วนรถแข่ง ผลิตภัณฑ์คอนกรีตเสริมใยแก้ว (Glass fiber Reinforced Concrete, GRC) เป็นต้น นอกจากสมบัติความแข็งแรงทนแรงดึงได้สูงมากแล้ว เส้นใยแก้วยังมีสมบัติด้านการเป็นฉนวนความร้อน ถูกใช้เป็นฉนวนในเตาตู้เย็น หรือวัสดุก่อสร้าง นอกจากนั้น เส้นใยแก้วสามารถทอเป็นผืนผ้า เย็บเป็นชิ้น และด้วยโครงสร้างที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทำจาก เส้นใยแก้วมีช่องว่างภายใน ที่ถูกดักเก็บไว้ทำให้มีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดี เหมาะที่จะทำผ้าหนุนด้านใน เพื่อเป็นฉนวนที่ดีเช่นเดียวกับที่ใช้กับตู้เย็นหรือเสื้อกันหนาว ผ้าจากเส้นใยแก้วไม่มีการดูดซึมน้ำ ใช้เป็นผ้ากันน้ำ ไม่เกิดการหดตัวและไม่เกิดผลเสียจากน้ำ เส้นใยแก้วมีขนาดและความยาวหลากหลายขนาด เส้นใยอาจยาวเหมือนเส้นด้าย ยาวมากไปจนถึงเส้นใยที่สั้นมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เส้นใยแก้วผลิตจากส่วนประกอบ ของทรายแก้ว หินปูน หินฟันม้า เติมกรดบอริกและสารเติมแต่งอื่นๆ ถูกหลอมเหลวภายใน เตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงมากถึง 1,370 องศาเซลเซียส ซึ่งหากมีการควบคุมคุณภาพส่วนผสม เป็นอย่างดี ให้มีความบริสุทธิ์ ก็ไม่จำเป็นต้องทำให้เป็นลูกแก้ว เพื่อคัดเลือกลูกแก้วที่ดีมาหลอมเป็นน้ำแก้วใหม่อีกครั้ง หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการรีดเป็นเส้นใยยาว โดยเส้นใยถูกดึงออกจากหัวรีด และถูกม้วนเก็บด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วของใยแก้ว ที่ถูกอัดออกจากหัวรีด ซึ่งเท่ากับเป็นการยืดดึงในขณะที่เส้นใยยังอ่อนตัว ได้เส้นใยขนาด เล็กลงก่อนการแข็งตัว เส้นใยยาวนี้มักนิยมใช้ทำผ้าม่าน หากต้องการทำเป็นเส้นใยสั้นก็จะถูกตัดด้วยแรงลมให้มีความยาวแตกต่างกันออกไป ซึ่งนิยมนำไปทำผลิตภัณฑ์เทปหรือผ้า ในงานอุตสาหกรรม เพื่อป้องกันเสียง อุณหภูมิและไฟ [24]

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยแก้ว (ที่มา: www.northfiberglass.com)

Properties	Value 1,800 gsm	Method
Tensile Strength(MPa)	80	ASTM D 5083
Impact Strength (KJ/m^2)	54	ASTM D 256
Modulus of Elasticity (MPa)	6481	ASTM D 5083
Flexural Strength (MPa)	294	ASTM D 790
Specific Gravity at 23 ^0C	1.08	ASTM D 792
Thermal Conductivity (watt/mK)	0.029	ASTM C 177
Water Absorption in 24 hrs. / 23 ^0C (%)	0.17	ASTM D 570

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติความต้านทานทางเคมีของเส้นใยแก้ว (ที่มา: www.northfiberglass.com)

Properties	Result	Method
Acid Base Testing		
- Sulfuric Acid 30%	ไม่เปลี่ยนแปลง / 24 hrs.	
- Nitric Acid 10%	ไม่เปลี่ยนแปลง / 24 hrs.	ASTM D 1308
- Hydrochloric Acid 10%	ไม่เปลี่ยนแปลง / 24 hrs.	
- Sodium Hydroxide 10%	ไม่เปลี่ยนแปลง / 24 hrs.	

2.5 สารผสมเพิ่มหรือน้ำยาผสมคอนกรีต

สารผสมเพิ่มหรือน้ำยาผสมคอนกรีต (Concrete Admixture) หมายถึงสารใดๆ นอกเหนือไปจาก น้ำ ปูนซีเมนต์ หิน และทราย ที่ใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีต ไม่ว่าจะก่อนหรือหลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือ เพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตมาตรฐาน ASTM แบ่งประเภทของสารผสมเพิ่มออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ สารกระจายกักฟองอากาศ (Air Entraining Agent) ใช้เพื่อเพิ่มความทนทาน กรณีที่คอนกรีตต้องสัมผัสกับสถานที่เย็นจัด เช่น ในพื้นที่ห้องเย็น หรือในบริเวณที่มีหิมะปกคลุม บางช่วงเวลา และสารผสมเพิ่มนี้ ยังปรับปรุงความสามารถในการใช้งานของคอนกรีตที่อยู่ในสภาพเหลว สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture) แบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่วัสดุเฉื่อย (Inert Material) วัสดุซีเมนต์ (Cementitious Material) และ วัสดุปอซโซลาน (Pozzolanic Material) สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixture) เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำที่เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีต

เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีตแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ ประเภท A สารลดน้ำ (Water-Reducing Admixtures) ประเภท B สารหน่วงการก่อตัว (Retarding Admixtures) ประเภท C สารเร่งการก่อตัว (Accelerating Admixtures) ประเภท D สารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว (Water-Reduction and Retarding Admixtures) ประเภท E สารลดน้ำและเร่งการก่อตัว (Water-Reducing and Accelerating Admixtures) ประเภท F สารลดน้ำพิเศษ (Water-Reducing high Range Admixtures) และ ประเภท G สารลดน้ำพิเศษและหน่วงการก่อตัว (Water-Reduction high Range and Retarding Admixture) สารผสมเพิ่มชนิดอื่นๆ (Miscellaneous Admixtures) คือ สารผสมเพิ่มอื่นๆ ที่ไม่อยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งผลิตขึ้นมาใช้งานเฉพาะด้านบางอย่างเท่านั้น [5]

2.6 น้ำ

น้ำสำหรับผสมคอนกรีตมีหน้าที่หลักคือ ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพื่อให้เกิดกับการจับตัวแน่นกับวัสดุผสม ทำให้เกิดการเกาะตัวเป็นก้อนวัสดุที่แข็ง ช่วยเคลือบผิววัสดุผสมให้เปียกเพื่อการยึดจับกับซีเมนต์เพสได้ดี และยังทำให้ส่วนผสมมีความลื่น มีความข้นเหลวพอดีสามารถทำงานได้อย่างสะดวก และหล่อเข้าแบบได้ตามต้องการ ดังนั้นคุณภาพและปริมาณน้ำจึงมีผลสำคัญต่อค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต น้ำที่นำมาผสมคอนกรีตจึงต้องเป็นน้ำสะอาด ไม่มีน้ำมัน กรด ด่าง สารอินทรีย์ และต้องมีความขุ่นไม่เกิน 2,000 ส่วนในล้านส่วน ที่จะส่งผลต่อคุณภาพของคอนกรีตที่ผลิตได้ เช่น ระยะเวลาในการแข็งตัว ค่ากำลังรับแรงอัด หรือทำให้คอนกรีตมีสีผิวที่ไม่สม่ำเสมอ คอนกรีตคุณภาพดีไม่เพียงจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องของอัตราส่วนผสมแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ที่ปริมาณของน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตที่ถูกกำหนดเป็นอัตราส่วนระหว่าง น้ำต่อวัสดุผสมซีเมนต์ ก็จัดเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นกัน กล่าวได้ว่าคอนกรีตที่มีส่วนผสมระหว่างน้ำต่อวัสดุผสมซีเมนต์น้อยจะแข็งแรงกว่าระหว่างคอนกรีตที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์มาก แต่อย่างไรก็ตามส่วนผสมของคอนกรีตก็ควรจะมีความข้นเหลวพอดี เพื่อให้สะดวกต่อการเทคอนกรีตลงแบบ แต่การใส่น้ำปริมาณมากเกินไปอาจทำให้คอนกรีตมีสภาพเหลว ซึ่งอาจมีความสะดวกต่อการเทแต่ค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้จะมีค่าต่ำลง น้ำสำหรับการบ่ม เป็นน้ำที่คอนกรีตต้องการในขณะที่แข็งตัวและต้องเป็นน้ำสะอาดเพื่อป้องกันผลกระทบต่อกำลังของคอนกรีต สีผิวคอนกรีตที่ไม่พึงประสงค์ และรอยเปื้อนที่ผิวอันเกิดจากการใช้น้ำสกปรกบ่มคอนกรีต ส่วนน้ำสำหรับการใช้ล้างวัสดุนั้นไม่จำเป็นต้องสะอาดเหมือนกับน้ำสำหรับส่วนผสมและบ่ม แต่ก็ควรเป็นน้ำที่สะอาดพอควร ไม่มีฝุ่น เกลือ หรือมีสารอินทรีย์ปนอยู่ เพราะอาจเคลือบผิววัสดุผสมและทำให้คอนกรีตที่ได้กำลังอัดลดลงหรือแข็งตัวช้า [3]

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 26 มิ.ย. 2555
เลขทะเบียน 247092
เลขเรียกหนังสือ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการศึกษาอิทธิพลของการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิต่างกัน ต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเสริมใยแก้วมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เจษฎาพร มานิล [1] ศึกษาอิทธิพลของวัสดุเถ้าลอยที่มีผลต่อกำลังดัดและพฤติกรรมในการรับโมเมนต์ดัดของแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้ว วัสดุปอซโซลานที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด คือเถ้าลอยที่บดและเถ้าลอยไม่บด เส้นใยแก้วที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเส้นใยแก้ว ชนิด AR โดยใส่ในปริมาณเส้นใยร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่ออัตราส่วนซีเมนต์ เถ้าลอยบด 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนซีเมนต์เถ้าลอยไม่บด 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 โดยน้ำหนัก ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการรับโมเมนต์ดัด ทดสอบโดยใช้การทดสอบแบบ 4 จุด ตามมาตรฐาน BS EN 1170-5:1998 ที่อายุ 7 28 56 และ 180 วัน จากผลการศึกษาพบว่าการนำวัสดุเถ้าลอยมาแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่อัตราส่วนร้อยละต่างๆ จะส่งผลต่อพฤติกรรมการดัด โดยอัตราส่วนการแทนที่ที่ดีอยู่ระหว่างร้อยละ 10 % ถึง 20 % นอกจากนี้ยังพบว่าเถ้าลอยที่บดจะให้กำลังและพฤติกรรมการดัดดีกว่าเถ้าลอยที่ไม่บด และกำลังจะพัฒนาสูงขึ้นเมื่ออายุของการบ่มมากขึ้น โดยสามารถสังเกตได้จากค่า LOP และ MOR มีแนวโน้มที่มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่า MOR มีแนวโน้มที่คงที่หลังจากอายุที่ 56 วัน

ชูชัย สุจิวรกุล และคณะ [ ] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของเถ้าแกลบที่มีต่อคุณสมบัติการดัดแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้ว พบว่าคอนกรีตเสริมใยแก้วที่ใช้มอตาร์แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบขาวและเถ้าแกลบดำร้อยละ 10 ถึง 20 จะให้กำลังดัดสูงกว่าคอนกรีตเสริมใยแก้วที่ใช้มอตาร์ควบคุม และการใช้เถ้าแกลบในปริมาณมาก เช่น ในอัตราแทนที่ร้อยละ 40 จะส่งผลให้กำลังดัดต่ำกว่าคอนกรีตเสริมใยแก้วที่ใช้มอตาร์ควบคุม

ทวี มูลแก้ว [4] ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตและซีเมนต์มอร์ตาร์เสริมเส้นใยซึ่งประกอบด้วยศึกษาเกี่ยวกับกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์เสริมเส้นใยในช่วงปริมาตรร้อยละ 0.10-2.00 และศึกษาเกี่ยวกับกำลังดัดของซีเมนต์มอร์ตาร์เสริมเส้นใยในช่วงปริมาตรร้อยละ 2.00 จากผลการทดลองกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์ที่ใส่เส้นใยไม่มีผลต่อค่ากำลังดัดที่รอยแตกร้าวแรก ในขณะที่ค่าพลังงานความเครียดจนกระทั่งวิบัติเพิ่มขึ้นร้อยละ 11 เมื่อใช้เส้นใยขนสัตว์ และเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 11 เมื่อใช้เส้นใยสังเคราะห์จากโพลีโพรพีลีน

ระวี พรมเรียน [6] ศึกษาอิทธิพลของเถ้าแกลบต่อกำลังและพฤติกรรมในการรับโมเมนต์ดัดของแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้ว โดยใช้เถ้าแกลบ นำไปบดประมาณ 6 ชั่วโมงขึ้นไปด้วยเครื่อง

Los Angeles Machine ซึ่งมีอนุภาคค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ไม่เกินร้อยละ 10 เป็นส่วนผสมในปูนซีเมนต์ปอรต์แลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วน ร้อยละ 10,20,30และ40 โดยน้ำหนัก การศึกษาประกอบด้วยคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลได้แก่ค่ากำลังดัดเทียบเท่า ที่อายุ 7, 28 และ 56 วัน ส่วนกำลังดัดเทียบเท่าของแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้วตามมาตรฐาน BS EN 1170-5:1998 จากผลการทดสอบพบว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบบดละเอียดมีกำลังและพฤติกรรมในการรับโมเมนต์ดัดต่ำกว่าคอนกรีตควบคุมช่วงอายุ 7 ถึง 28 วันแต่เมื่ออายุ 56 วันพบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบบดละเอียดร้อยละ 20 มีกำลังและพฤติกรรมในการรับโมเมนต์ดัดสูงกว่าคอนกรีตควบคุม ถ้ามีการใช้เถ้าแกลบบดละเอียดที่มีปริมาณมากกว่านี้จะทำให้กำลังและพฤติกรรมในการรับโมเมนต์ดัดลดต่ำลง

ศราวิน ปัญจะผลินกุล [7] ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตและซีเมนต์มอร์ตาร์เสริม เส้นใยซึ่งประกอบด้วย ศึกษาเกี่ยวกับกำลังอัดของคอนกรีตเสริมเส้นใยในช่วงปริมาตรร้อยละ 0.05-0.25 ศึกษาเกี่ยวกับกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์เสริมเส้นใยในช่วงปริมาตรร้อยละ 2.00 และศึกษาเกี่ยวกับกำลังดัดของซีเมนต์มอร์ตาร์เสริมเส้นใยในช่วงปริมาตรร้อยละ 2.00 พบว่าลดลงในช่วง ร้อยละ 4-5 ผลการทดลองกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์ที่ใส่เส้นใยในปริมาตรร้อยละ 2.00 พบว่าลดลงในช่วงร้อยละ 40 ส่วนการทดสอบกำลังดัด พบว่าการใช้เส้นใยมีผลต่อค่ากำลังดัดที่รอยแตกร้าว ในขณะที่ค่าพลังงานความเครียดที่คำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟนั้นเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เส้นใยพืช และเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้เส้นใยสังเคราะห์จากโพลีโพรพีลีน

สุทธิศักดิ์ คงมาก และคณะ [10] ได้วิจัยศึกษาคุณสมบัติการรับแรงอัด แรงดึง แรงดัด ความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมใยแก้ว จากอัตราส่วนผสมร้อย 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ที่อายุการบ่ม 1, 7, 14, 28 และ 56 วัน นำมาเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดา ผลการวิจัยพบว่าคอนกรีตผสมใยแก้วมีค่ากำลังอัดลดลงเมื่อผสมปริมาณใยแก้วในปริมาณมากขึ้น กำลังดึงเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 10 ของน้ำหนักของปูนซีเมนต์ กำลังดัดเพิ่มขึ้นเมื่อผสมใยแก้วมากขึ้น และความหนาแน่นลดลงเมื่อผสมใยแก้วเพิ่มขึ้นโดยเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดาดังนั้นจึงมีศักยภาพในการนำไปใช้งานคอนกรีตที่ต้องการให้รับแรงดึง แรงดัด และให้น้ำหนักเบาแต่รับแรงอัดได้น้อยลง

สุวิทย์ เหล่ายัง [11] ศึกษาถึงอิทธิพลของเถ้าใยปาล์มน้ำมันและเถ้าแกลบที่มีต่อกำลังและพฤติกรรมการรับโมเมนต์ดัดของแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้ว โดยนำเถ้าใยปาล์มน้ำมันและเถ้าแกลบมาอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่อง Los Angeles Machine เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จนอนุภาคค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ร้อยละ 2.52 และ 3.72 ตามลำดับ เถ้าใยปาล์มน้ำมันและเถ้าแกลบถูกนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ในอัตราส่วนร้อยละ

0 10 20 30 และ 40 โดยน้ำหนัก ทำการศึกษาคุณสมบัติ ค่ากำลังดัดเทียบเท่า ทำการทดสอบที่อายุ 7 28 56 และ 180 วัน กำลังดัดเทียบเท่าของแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้วทดสอบตามมาตรฐาน BS EN 1170-5:1998 จากผลการศึกษาพบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าใยปาล์มน้ำมันและเถ้าแกลบ มีผลกระทบต่อกำลังและพฤติกรรมการรับโมเมนต์ดัดของแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้ว โดยเถ้าแกลบให้กำลังและพฤติกรรมดีกว่าเถ้าใยปาล์มน้ำมันและดีกว่าตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่า อายุการบ่มในน้ำมีผลต่อกำลังและพฤติกรรมการรับโมเมนต์ดัดของแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้วที่แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าใยปาล์มน้ำมันและเถ้าแกลบ โดยสามารถสังเกตเห็นได้ว่า ค่า LOP และค่า MOR สูงขึ้น เมื่ออายุการบ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่า MOR ของตัวอย่างควบคุมมีแนวโน้มคงที่หลังอายุ 28 วัน สำหรับการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าใยปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมพบว่าอยู่ที่ร้อยละ 10 และการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าแกลบที่เหมาะสมพบว่า อยู่ที่ร้อยละ 10-30

อนุชา บุญเกิด [12]ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับแรงดัดของวัสดุแผ่นบางเสริมเส้นใยป่านศรนารายณ์และเส้นใยโพลีเอทีลีนจากผลการศึกษาพบว่าซีเมนต์มอร์ตาร์เสริมเส้นใยโพลีเอทีลีนนั้นให้ค่ากำลัง และพฤติกรรมการรับโมเมนต์ดัดได้ดีกว่าซีเมนต์มอร์ตาร์เสริมเส้นใยป่านศรนารายณ์ การเพิ่มปริมาณการใช้เส้นใยโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เส้นใยป่านศรนารายณ์มีแนวโน้มต่อการเพิ่มค่ากำลัง และการรับโมเมนต์ดัด นอกจากนี้พบว่าค่ากำลังอัดของมอร์ตาร์ที่เสริมด้วยเส้นใยชนิดต่างๆ มีค่าลดลงเมื่อปริมาณการใช้เส้นใยมากขึ้น และซีเมนต์มอร์ตาร์ที่เสริมเส้นใย โพลีเอทีลีนจะให้ค่ากำลังอัดสูงกว่ามอร์ตาร์เสริมด้วยเส้นใยป่านศรนารายณ์

อรรคพล เถาว์ทิพย์ [13] ศึกษาอิทธิพลของดินขาวและซิลิกาฟูมที่มีผลต่อกำลังและพฤติกรรมการรับโมเมนต์ดัดของแผ่นบางที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้ว โดยใช้ดินขาวซึ่งมีขนาดอนุภาคค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ไม่เกินร้อยละ 1 และซิลิกาฟูมชนิดควบแน่น เป็นส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วนร้อยละ 5 10 15 และ 20 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ทำการทดสอบกำลังดัดที่อายุบ่ม 7 28 56 และ 180 วันและทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์ที่อายุการบ่ม 7 14 28 และ 56 วัน ผลการวิจัยพบว่าที่อายุการบ่มเดียวกันวัสดุทุกตัวอย่างที่ผสมดินขาวและซิลิกาฟูมมีกำลังดัดและกำลังอัดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยแปรผันตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ ส่วนค่าการดูดซึมน้ำและค่าการโก่งตัวมีค่าลดลง เมื่ออัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์และอายุการบ่มมากขึ้น ผลการทดสอบแสดงถึงการซึมผ่านน้ำของคอนกรีตลดลง และเนื้อของคอนกรีตมีความทึบแน่นขึ้น

A.C. Manaloและคณะ [14] ศึกษาพฤติกรรม การดัดของคานประกอบแบบประกบผสมแบบใหม่ทำขึ้นของผิวพอลิเมอร์เสริมใยแก้วและ ปรับปรุงวัสดุแกนฟีนอลเป็นการตรวจสอบคานประกอบแบบประกบเป็นกรณีการทดสอบการดัดคงที่แบบ 4 จุด เพื่อกำหนดแรงและกลไกความล้มเหลวในด้านราบ และตำแหน่งด้านข้าง ผลการตรวจสอบทดลองพบว่าคานประกอบแบบประกบ ทดสอบในตำแหน่งด้านข้างล้มเหลวในการให้น้ำหนักสูงขึ้นด้วยการโก่งน้อยลงเมื่อเทียบกับชิ้นทดสอบในตำแหน่งแนวราบ ภายใต้การให้น้ำหนักการโก่งตัว คานประกอบแบบประกบในตำแหน่งด้านข้างล้มเหลวเนื่องจากความล้มเหลวตามลำดับของผิวหน้าในขณะที่ความล้มเหลวในตำแหน่งด้านราบอยู่ในลักษณะเปราะเนื่องจากความล้มเหลวทั้งเฉือนของแกนหรือความล้มเหลวอัด ของผิวหน้าตามการยึดเกาะระหว่าง ผิวและแกน ผลการคาดการณ์การวิเคราะห์และการจำลองเชิงตัวเลขที่สอดคล้องกับผลการทดลอง

A.Peled , J.Jans and S.P.Shah [15] ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงวัสดุเกี่ยวความทนทานของใยแก้วเสริมคอนกรีต ความทนทานของใยแก้วเสริมคอนกรีตในภาวะที่เป็นด่าง โดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมตะกรันเตาถลุงเหล็ก โดยทดสอบแรงดัดและแรงดึงพิจารณาการแตกร้าว ตัวอย่างผสมตะกรันเตาและไม่ผสมแล้วบ่มในภาวะปกติ 28 วันแล้วแช่ในน้ำร้อน 50^{0}C เป็นเวลา 84 วัน พบว่าคอนกรีตเสริมใยแก้วที่ภาวะอิ่มตัวมีความแข็งและเหนียวน้อยกว่าคอนกรีตเสริมใยแก้วที่ไม่ผสมตะกรันเตา

G. Belingardiและคณะ [18] ศึกษาลักษณะวัสดุที่อธิบายในงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโครงสร้างของแผ่นหน้าสำหรับรถไฟความเร็วสูงทำจากวัสดุผสม.โครง สร้างประกบได้พิจารณาทำจากแผ่นผิวหน้าอีพ๊อกซี่ผสมใยแก้วกับแกนโฟมโพลิเมอร์ ขั้นแรกคุณสมบัติของวัสดุและอัตราความไวของผิวและวัสดุแกน หลักจากการตรวจสอบผ่านชุดการทดสอบคงที่และกึ่งคงที่ การทดสอบแบบคงที่และการทดสอบผลกระทบแบบไดนามิกได้ใช้แล้วในโครงสร้างประกบ สำหรับ วัสดุทดสอบทั้งหมด ไม่มีลักษณะผลอัตราความเครียดที่สำคัญพบได้ในช่วงทดสอบการสำรวจเงื่อนไขในการศึกษา ผลลัพธ์แสดงว่าผลการตอบรับ โครงสร้างประกบขึ้นอยู่กับหลักในคุณสมบัติความแข็งแรงของวัสดุแกนโฟม การทนต่อแรงกระแทกของโครงสร้างประกบได้แล้วดีขึ้นมากโดยเพิ่มสุทธิของผนังเรซิ่นภายในโฟม

Guilherme Chagas Cordeiro และคณะ[19] ศึกษาการใช้เถ้าแกลบที่มีคาร์บอนสูงเป็นวัสดุปอซโซลานผสมคอนกรีตเพื่อเพิ่มประสิทธิ์ภาพ เถ้าแกลบได้จากโรงสีข้าวซึ่งมีปริมาณมาก และเถ้าแกลบ จะมีซิลิก้าสูงจึงใช้แทนปูนซีเมนต์ การศึกษาเพื่อปรับปรุงคอนกรีตประสิทธิภาพสูงจากการผสม เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ 0% 10% 15% 20%โดยมวล และทดสอบการไหลและความทนทานของคอนกรีต

พบว่าการแทนที่ที่ 20% จะมีประสิทธิ์สูง แต้ถ้าผสมมากกว่าจะทำให้ประสิทธิภาพของคอนกรีตลดลง

Jae Hoon Kim และคณะ [20] ศึกษาลักษณะคงที่และความล้าของแกนโฟมโพลียูริเธนของโครงสร้างวัสดุประกบมีการสำรวจ 3 ชนิดของชิ้นตัวอย่างประกอบด้วยผิวหน้าตาข่ายใยแก้วและแกนโฟมโพลียูริเธน แบบไม่เย็บ เย็บและชิ้นส่วนประกบแบบเย็บ กำลังแรงดัดของชิ้นทดสอบที่มีการเย็บมีกำลังดีขึ้น50%จากชิ้นทดสอบที่ไม่เย็บและชิ้นตัวอย่างมากกว่า10ตัวอย่างแข็งแรงกว่าชิ้นตัวอย่างที่ไม่มีการเย็บหลังจาก ให้โหลดซ้ำที่ 106 รอบ กำลังดัดสถิตของทุกตัวอย่างลดลงเปรียบเทียบกับการทดสอบแบบคงที่ เพื่อตรวจสอบผลที่มีต่ออายุของโฟมโพลียูริเธน อุปกรณ์อุลตร้าโวนิคซีสแกนใช้ในการตรวจสอบความเสียหายของผิวลามิเนตอย่างเดียวหลังการทดสอบความล้าของชิ้นทดสอบไม่เย็บ จากรูปผลการทดสอบอุลตร้าโวนิคซีสแกน ไม่พบความเสียหายที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบความล้า ผลทดสอบระบุว่าการลดลงของความแข็งแรงของการดัดโครงสร้างประกบแกนโฟมเกิดจากการย่อยสลายของความฝืดเนื่องจากอายุของแกนโฟมโพลียูริเธนในระหว่างรอบล้า เพื่อศึกษาผลของระยะทางและขนาดของด้ายเย็บ สี่รูปแบบของชิ้นทดสอบการเย็บถูกใช้ความแข็งแรงของชิ้นงานเย็บดีขึ้นโดยการเพิ่มขนาดด้ายเย็บและลดระยะทางด้ายเย็บ แต่ลักษณะความเหนื่อยล้าไม่ได้รับส่วนใหญ่โดยรูปแบบของด้ายเย็บขนาดและระยะทาง

Shashida Marikute และคณะ [21] ศึกษาความทนทานของคอนกรีตเสริมใยแก้ว ปูนซีเมนต์มีอัคาไลน์สูงแม้จะใช้ใยแก้ชนิดต้านอัลคาไลน์และวัสดุปอซโซลาน แต่ความกังวลเรื่องความทนทานยังคงอยู่ การทดลองนี้เกี่ยวกับใยแก้วผสมคอนกรีตที่บ่มในน้ำร้อน ความทนทานของคอนกรีตผสมใยแก้วต้านอัลคาไลน์ เปรียบเทียบกับการทำงานโดยใช้ปูนซีเมนต์ล้วนและปูนซีเมนต์ผสมเมทตาเกาลีน 25% และปูนซีเมนต์ผสมเมทตาเกาลีน 25% ผสมซิลิก้า 25% แล้วบ่มในภาวะปกติแล้วแช่ในน้ำร้อน 50^{0}C นาน 84 วันและทดสอบแรงดัดและความเครียด ผลปรากฏว่าปูนซิเมนต์ผสมเมทตาเกาลีนช่วยเพิ่มความทนทานของคอนกรีตเสริมใยแก้ว

X.Qian และคณะ[22] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพความต้านทานการเสื่อมสภาพของคอนกรีตเสริมใยแก้ว การทดสอบแรงดึงของคอนกรีตเสริมใยแก้วในภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ ใช้คอนกรีตผสมโพลีไวนิลเสริมใยแก้ว บ่มโดยใช้ไอน้ำแรงดันต่ำโดยทดสอบความเครียดของแผ่นคอนกรีตเสริมใยแก้ว พบว่าเมื่อผสมโพลีไวนิลจะทำให้แผ่นคอนกรีตเสริมใยแก้วเปราะ จากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์และสแกลด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนและการX-Ray พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซต์จับใยแก้วเป็นฟิลม์บนผิวใยแก้ว ถ้าป้องกันได้จะทำให้เส้นใยเหนียวขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพในการรับแรงดึง