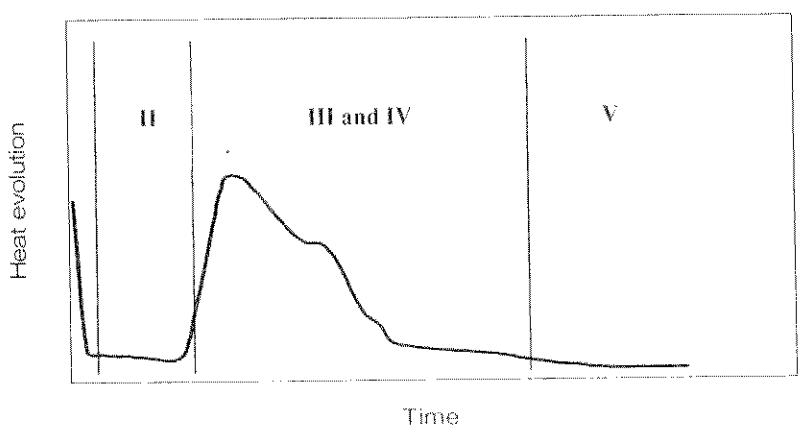
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Heat of Hydration)

ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นคือปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำทำให้เกิดความร้อน เกิดการก่อตัว และการแข็งตัวของซีเมนต์เพสต์ ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเป็นปฏิกิริยาทางเคมีจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา กล่าวคือถ้ามีการทำปฏิกิริยามากจะมีการคายความร้อนมาก ดังนั้นปริมาณความร้อนที่เกิดจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ โดยไตรแคลเซียมอลูมิเนต (C_3A) และไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) จะเป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดความร้อน ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและเกิดขึ้นมากในช่วงสามวันแรก โดยจุดสูงสุดเกิดขึ้นภายในเวลา 24 ชั่วโมง ในการก่อสร้างคอนกรีตโครงสร้างทั่วไป เช่น แผ่นพื้น คาน หรือเสาขนาดเล็กความร้อนที่เกิดขึ้นมักจะไม่เป็นปัญหาที่ต้องคำนึงถึง แต่ในโครงสร้างขนาดใหญ่หรือมีความหนามากกว่าหนึ่งเมตรปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากอุณหภูมิในคอนกรีตที่เพิ่มมากขึ้นอาจทำให้เกิดความเค้นดึงในคอนกรีตส่งผลให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้

การเกิดความร้อนจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำแสดงในภาพที่ 1 โดยแบ่งการพัฒนาการออกเป็น 5 ช่วง ช่วงที่ 1 เป็นช่วงเริ่มต้นเกิดจากการที่ปูนซีเมนต์สัมผัสกับน้ำ ช่วงที่ 2 เรียกว่าระยะสงบ (Dormant period) ช่วงนี้ปูนซีเมนต์อยู่ในสภาพพลาสติกทำให้สามารถเทหรือหล่อคอนกรีตเข้าแบบได้ ช่วงที่ 3 เป็นช่วงเร่งปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ไฮเดรชั่น ซึ่งบอกถึงอัตราการแข็งตัวและการก่อตัวสุดท้าย ช่วงที่ 4 เป็นช่วงที่ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นลดลงและเป็นช่วงที่แสดงกำลังอัดระยะแรกของปูนซีเมนต์ และช่วงที่ 5 เป็นช่วงที่ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดขึ้นช้าลงและคงที่ซึ่งเป็นช่วงการเพิ่มกำลังอัดระยะปลายของปูนซีเมนต์



ภาพที่ 1 การเกิดความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

2. วัสดุปอซโซลานและประเภทของปอซโซลาน

วัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยออกไซด์ของซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินา เป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้ววัสดุปอซโซลานอาจจะมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสาน หรือไม่มีก็ได้แต่เมื่อมีความละเอียดที่เหมาะสมและมีความชื้นที่เพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยากับด่างหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสานได้ วัสดุปอซโซลานมีทั้งชนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและแบบดัดแปลง วัสดุปอซโซลานที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่ เศษเถ้าภูเขาไฟ (Tuff) ขี้เถ้าภูเขาไฟ (Volamic ash) พูมิไซท์ (Pumicite) หินแข็งสีเหลือง (Opaline charts) ดินเหนียวบางชนิด (Clays) และหินดินดาน (Shales) เป็นต้น วัสดุปอซโซลานที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาตินี้จะต้องนำมาบดให้ละเอียดก่อนนำมาใช้ ในส่วนของวัสดุปอซโซลานแบบดัดแปลงซึ่งได้จากการเผาเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น เถ้าลอย (Fly ash) ตะกรันเหล็ก (Shag) และผงซิลิกา (Silica fume) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ASTM C 618 ได้จำแนกประเภทของวัสดุปอซโซลานเป็น 3 ประเภท คือ ประเภท N ประเภท F และ ประเภท C โดยปริมาณส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพวัสดุปอซโซลาน ASTM C 618

ส่วนประกอบทางเคมี	วัสดุปอซโซลานประเภท		
	N	F	C
ซิลิกอนไดออกไซด์+อลูมิเนียมออกไซด์+ไอออนออกไซด์ ต่ำสุดร้อยละ	70.0	70.0	50.0
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) สูงสุดร้อยละ	4.0	5.0	5.0
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา สูงสุดร้อยละ	10.0	6.0	6.0
คุณสมบัติทางกายภาพ	วัสดุปอซโซลานประเภท		
	N	F	C
ความละเอียด:ปริมาณค้างตะแกรงเบอร์ 325 สูงสุดร้อยละ	34	34	34
ความต้องการปริมาณน้ำ สูงสุดร้อยละ	115	105	105
ดัชนีกำลัง (Strength activity index)			
ผสมร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่อายุ 7 วัน ต่ำสุดร้อยละ	75	75	75
ผสมร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่อายุ 28 วัน ต่ำสุดร้อยละ	75	75	75

(ที่มา: ASTM Volume 04.02, 1995)

ปัจจุบันวัสดุปอซโซลานนิยมนำมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการทำวัสดุก่อสร้าง เช่น คอนกรีต เป็นต้น เนื่องจากวัสดุปอซโซลานจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งในสภาพสดและที่แข็งตัวแล้ว เช่น ลดการแยกตัว พัฒนากำลังอัดของคอนกรีต และสามารถต้านทานต่อสารเคมีจำพวกกรดหรือซัลเฟตได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตคอนกรีตได้ อย่างไรก็ตามวัสดุปอซโซลานแต่ละประเภทอาจมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะอนุภาค และความละเอียดของวัสดุปอซโซลานอันเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อปฏิกิริยาปอซโซลาน

3. ปฏิกิริยาปอซโซลาน

วัสดุปอซโซลานเป็นวัสดุที่มีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และ/หรืออลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) เป็นส่วนประกอบหลักทางเคมี ทั้งนี้วัสดุปอซโซลานอาจจะมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานหรือไม่มีก็ได้ แต่จะต้องทำปฏิกิริยาทางเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) เกิดเป็นแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ($C_3S_2H_3$) กล่าวคือเมื่อผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับวัสดุปอซโซลาน แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทออกไซด์กลุ่มหลักในปูนซีเมนต์จะทำปฏิกิริยากับน้ำ ก่อให้เกิดแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) และแคลเซียมไฮดรอไซด์ ($Ca(OH)_2$) นี้เองที่จะทำปฏิกิริยากับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เกิดสารประกอบที่เรียกว่าแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ($C_3S_2H_3$) ซึ่งมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสาน ปฏิกิริยาทั้งสองนี้รวมเรียกว่าปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) ดังสรุปเป็นสมการทางเคมีได้ ดังนี้ คือ

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

และ $$3Ca(OH)_2 + 2SiO_2 \longrightarrow C_3S_2H_3 \ (C\text{-}S\text{-}H)$$

ในกรณีที่วัสดุปอซโซลานมีส่วนประกอบหลักทางเคมีเป็นอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ปฏิกิริยาปอซโซลานิค สามารถเขียนเป็นสมการทางเคมีได้ ดังนี้ คือ

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

และ $$3Ca(OH)_2 + 2Al_2O_3 \longrightarrow C_3S_2H_3 \ (C\text{-}S\text{-}H)$$

4. เถ้าชีวมวล

4.1 เถ้าแกลบ เป็นเถ้าชีวมวลที่เกิดจากการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อนำความร้อนมาผลิตไอน้ำในกระบวนการอบข้าว รวมไปถึงการใช้แกลบในการเผาอิฐ เถ้าแกลบส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นต้องนำไปทิ้งในพื้นที่ว่างเปล่ามีเพียงส่วนน้อยที่นำไปใช้เป็นปุ๋ยในงานเกษตรกรรมและบางส่วนสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดสารซิลิกาหรือทำฉนวนกันความร้อนซึ่งก็เป็นส่วนน้อยมาก ในประเทศไทยมีการประมาณการว่ามีปริมาณแกลบจากการสีข้าวประมาณ 5 ล้านตันต่อปี และเมื่อนำมาเผาจะเหลือเถ้าแกลบประมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก หรือประมาณ 1 ล้านตันต่อปี การเผาแกลบที่อุณหภูมิในช่วง 600 ถึง 800 องศาเซลเซียส จะทำให้ SiO_2 ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของเถ้าแกลบอยู่ในรูปไม่เป็นผลึกซึ่งมีความไวต่อการทำปฏิกิริยาปอซโซลาน ถ้าเผาแกลบที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้มีสารอินทรีย์เหลืออยู่ และไม่เหมาะสมกับการนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ แต่ถ้าเผาแกลบที่อุณหภูมิสูงเกินไป SiO_2 จะอยู่ในรูปผลึกซึ่งจะเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาปอซโซลาน และไม่เหมาะกับการนำมาผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อทำคอนกรีตเช่นกัน อย่างไรก็ตามเถ้าแกลบที่ได้จากโรงสีซึ่งอุณหภูมิเผาสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการเผาค่อนข้างเร็วคือไม่เกิน 10 นาที ทำให้เถ้าแกลบมีสีดำและยังอยู่ในรูปไม่เป็นผลึกเป็นส่วนใหญ่จึงสามารถใช้ผสมแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนได้ การนำเถ้าแกลบมาใช้จะต้องนำไปบดละเอียดเพื่อเพิ่มความไวต่อการทำปฏิกิริยา

ผลกระทบของการใช้เถ้าแกลบต่อคอนกรีตสดคือคอนกรีตมีความต้องการน้ำในส่วนผสมเพิ่มขึ้น เนื่องจากเถ้าแกลบมีรูพรุนสูงมากและมีรูปร่างไม่แน่นอน จึงส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าต่ำลง เพื่อแก้ปัญหานี้จึงนำเถ้าแกลบมาบดละเอียดขึ้นซึ่งจะทำลายรูพรุนของเถ้าแกลบได้ และใช้สารลดน้ำช่วยให้คอนกรีตยังคงมีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่าเดิม และมีความสามารถเทได้ตามที่ต้องการ การก่อตัวระยะต้นและระยะปลายของเพสต์ที่ใช้เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนจะเพิ่มขึ้น แต่สามารถใช้เถ้าแกลบผสมร่วมกับวัสดุปอซโซลานอื่นได้ เช่น เถ้าถ่านหิน เป็นต้น ซึ่งทำให้วัสดุประสานมีคุณสมบัติดีขึ้น ส่วนผลกระทบของเถ้าแกลบต่อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว คอนกรีตผสมเถ้าแกลบที่ช่วงอายุต้น (3 ถึง 7 วัน) มีกำลังอัดต่ำกว่าคอนกรีตควบคุมที่ไม่ผสมเถ้าแกลบ แต่เมื่ออายุมากขึ้นกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบมีค่าสูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่ไม่ผสมเถ้าแกลบ ตัวอย่างเช่น กรณีเถ้าแกลบที่มีความละเอียดสูงมีอนุภาคค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ไม่เกินร้อยละ 1 แทนที่ปูนซีเมนต์เพื่อทำคอนกรีตคุณภาพสูง และใช้สารลดน้ำพิเศษเพื่อปรับความสามารถเทได้ พบว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบบดละเอียดมีกำลังในช่วงต้นต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม แต่ที่อายุ 28 และ 56 วัน พบว่าคอนกรีตที่ใช้เถ้าแกลบบดละเอียดร้อยละ 30 มีกำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตควบคุม ดังนั้นการใช้เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่เหมาะสมจะส่งผลดีต่อ

กำลังอัดของคอนกรีต นอกจากนี้การผสมเถ้าแกลบจะทำให้การหดตัวแบบแห้งของคอนกรีตเพิ่มขึ้น แต่ความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟูริคและกรดไฮดรอคลอริคดีกว่าคอนกรีตควบคุมที่ไม่ผสมเถ้าแกลบ เพราะปฏิกิริยาปอซโซลานจากเถ้าแกลบสามารถลดปริมาณสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในซีเมนต์เพสต์ได้

4.2 เถ้าชานอ้อย เป็นวัสดุพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาลซึ่งใช้กากชานอ้อยเผาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในกระบวนการผลิตน้ำตาล และไฟฟ้าส่วนที่เหลือสามารถขายให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ เพื่อจ่ายไปยังผู้บริโภคต่อไป ประเทศไทยมีปริมาณอ้อยประมาณ 60 ถึง 70 ล้านตันต่อปี และหลังกระบวนการผลิตน้ำตาลมีกากชานอ้อยประมาณ 21 ล้านตัน และหลังจากใช้กากชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงแล้วจะเหลือเถ้าชานอ้อยประมาณ 0.8 ล้านตันต่อปี เถ้าชานอ้อยส่วนใหญ่ต้องนำไปทิ้งมีเพียงส่วนน้อยที่นำไปใช้เป็นปุ๋ยในงานเกษตรกรรมเช่นเดียวกับเถ้าแกลบ เถ้าชานอ้อยมีสีดำ มี SiO_2 ซึ่งเป็นสารประกอบหลักทางเคมี และมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลาน ก่อนนำเถ้าชานอ้อยไปใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ต้องผ่านการบดละเอียดเพื่อเพิ่มความความไวต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมี และการใช้เถ้าชานอ้อยมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วในลักษณะเดียวกับเถ้าแกลบ

5. เถ้าลอย

เถ้าลอยหรือเถ้าถ่านหิน (Fly Ash หรือ Pulverized Fuel Ash) เกิดจากการเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เถ้าถ่านหินจะถูกพัดออกมาตามลมร้อนผ่านออกไปสู่ปล่องควัน จากนั้นตัวดักจับจะรวบรวมเถ้าถ่านหินเพื่อเก็บไว้ในไซโลต่อไป ในกรณีที่เถ้าถ่านหินหลอมเหลวและบางส่วนจับกันเป็นก้อนหรือเป็นเม็ดใหญ่ขึ้นทำให้มีน้ำหนักมากและตกลงสู่ก้นเตา จึงเรียกส่วนนี้ว่าเถ้าก้นเตาหรือเถ้าหนัก (Bottom Ash) การผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง กากที่เหลือจากการเผาถ่านหินประกอบด้วยเถ้าถ่านหินประมาณร้อยละ 80 และเถ้าก้นเตาอีกประมาณร้อยละ 20 โดยประมาณกันว่ามีเถ้าถ่านลิกไนต์ที่ได้จากการเผาถ่านหินเฉพาะที่แม่เมาะถึงปีละ 3 ล้านตันในปี พ.ศ. 2536 ประเทศไทยในช่วงก่อนปี พ.ศ. 2536 มีการนำเถ้าถ่านหินไปใช้ในงานต่างๆ ทั่วประเทศค่อนข้างน้อยประมาณ 100 ถึง 500 ตันต่อปี แต่ในปี พ.ศ. 2541 มีการใช้เถ้าถ่านหินจากอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เป็นปริมาณสูงถึง 300,000 ตัน และเพิ่มเป็น 600,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2542 และประมาณ 880,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2543 โดยเถ้าถ่านหินส่วนใหญ่นำไปใช้ในงานคอนกรีตผสมเสร็จของโครงการต่างๆ เช่น โรงไฟฟ้าราชบุรี และโครงการรถไฟฟ้ามหานคร และโครงการก่อสร้างเชื่อนคลองท่าด่านที่จังหวัดนครนายกซึ่งคาดว่าจะใช้เถ้าถ่านหินถึง 700,00 ตัน

เถ้าลอยหรือเถ้าถ่านหินนิยมนำไปใช้ในงานคอนกรีตมากกว่างานชนิดอื่น ด้วยเหตุผลสองประการ คือ ประการแรกพบว่าเถ้าถ่านหินมีออกไซด์ของธาตุซิลิกา อลูมินา และเหล็ก ซึ่งออกไซด์ของธาตุเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้ดี และเพิ่มกำลังอัดคอนกรีตให้สูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อใช้เถ้าถ่านหินที่มีคุณภาพดีและใช้ในปริมาณที่เหมาะสม ประการที่สองเนื่องจากเถ้าถ่านหินมีอนุภาคที่ค่อนข้างเล็ก และส่วนใหญ่เป็นเม็ดกลมเมื่อผสมในคอนกรีตเถ้าถ่านหินจะเข้าไปอุดช่องว่างเล็กๆ ระหว่างปูนซีเมนต์และหินหรือทราย ทำให้คอนกรีตแน่นขึ้น และลักษณะทรงกลมของเถ้าถ่านหินจะช่วยให้คอนกรีตลื่นไหลได้ดีทำให้การสูบส่งคอนกรีตหรือเทคอนกรีตลงในแบบทำได้สะดวกและง่ายขึ้น การใช้เถ้าถ่านหินในงานคอนกรีตยังมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ เพิ่มความสามารถในการเทได้ เพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน ลดผลกระทบจากการแยกตัว ลดความร้อนที่เกิดขึ้นในคอนกรีต ลดการหดตัว ลดอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต และที่สำคัญคือเพิ่มกำลังอัดและกำลังดึงประลัยของคอนกรีตเมื่อคอนกรีตมีอายุมากขึ้น แต่ทั้งนี้การใช้เถ้าถ่านหินก็มีข้อเสียด้วย คือทำให้อัตราการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตต่ำลงในช่วงอายุต้น ลดความต้านทานต่อสภาวะการแข็งตัวและการละลายของน้ำสลับกันไป และทำให้ต้องใช้สารเพิ่มฟองอากาศมากขึ้นเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีปริมาณฟองอากาศตามต้องการในระดับเดียวกับคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าถ่านหินผสมอยู่

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานศึกษาวิจัยการใช้ประโยชน์จากเถ้าแกลบที่ผ่านในอดีต

งานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาคุณสมบัติของเถ้าแกลบเพื่อนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุก่อสร้างทั้งในรูปของคอนกรีต โดยใช้เถ้าแกลบผสมร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และ/หรือในรูปของมอร์ตาร์ที่ใช้สำหรับงานปูนก่อปูนฉาบด้วยการผสมเถ้าแกลบร่วมกับปูนขาว ดังนี้

Columna (1974) ศึกษาผลกระทบของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบต่อคุณสมบัติเชิงกล พบว่ากำลังอัดและกำลังดึงของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบจะลดลงตามปริมาณเถ้าแกลบที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์เพิ่มมากขึ้น ต่อมา Damer (1976) ศึกษาอิทธิพลของเถ้าแกลบที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติทั้งในมอร์ตาร์และคอนกรีต พบว่าเถ้าแกลบสามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ได้ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ทั้งในมอร์ตาร์และคอนกรีตโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของวัสดุ แต่คอนกรีตผสมเถ้าแกลบมีความต้องการน้ำมากกว่าคอนกรีตปกติ ในปีเดียวกัน Cady and Groney (1976) ศึกษาปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่ทำจากเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาแกลบแบบกองรวมกันเป็นรูปทรงกรวย พบว่าปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบมีกำลังอัดเทียบได้กับปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อกิจและงานปูนฉาบจึงมีความเป็นไปได้ที่จะผลิตปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

ผสมเถ้าแกลบ และ Paul (1976) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าแกลบมาใช้ในงานก่อสร้างโดยทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนขาวผสมเถ้าแกลบและอิฐบล็อกที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ร่วมกับปูนขาวและเถ้าแกลบ โดยใช้สาร โซเดียมอลูมิเนตผสมเพิ่มเพื่อช่วยเร่งการพัฒนากำลังรับน้ำหนัก พบว่าอัตราส่วนปูนขาวต่อเถ้าแกลบที่ 1:2 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่ทำปฏิกิริยาดีที่สุดในรูปของการพัฒนากำลังร่วมกับสาร โซเดียมอลูมิเนต สามารถนำเถ้าแกลบไปใช้เป็นส่วนประกอบร่วมกับปูนขาว และปูนซีเมนต์ในการทำอิฐบล็อกได้ซึ่งจะทำให้มีราคาถูกลงร้อยละ 13 ถึงร้อยละ 34 เมื่อเทียบกับอิฐบล็อกปกติทั่วไปที่ปริมาตรเท่ากัน งานวิจัยของ Mehta (1977) ศึกษาคุณสมบัติปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบ สรุปว่าเถ้าแกลบสามารถผสมร่วมกับปูนขาว และ/หรือผสมร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยปูนซีเมนต์ที่ทำจากปูนขาวผสมเถ้าแกลบมีกำลังรับน้ำหนักต่ำแต่มีกำลังเพียงพอที่ใช้ในงานก่ออิฐหรือปูนฉาบ ส่วนปูนซีเมนต์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบมีกำลังรับน้ำหนักได้ดีเทียบเท่ากับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาและมีความต้านทานต่อกรดได้ดีซึ่งถือเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของปูนซีเมนต์ที่มีเถ้าแกลบเป็นส่วนผสม

Justin (1980) ศึกษาปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบโดยเปรียบเทียบเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาแบบเปิดโล่งด้วยการกองรวมกัน กับเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาแบบควบคุมอุณหภูมิในเตาเผา พบว่าการเผาแบบเปิดโล่งด้วยการกองรวมกันสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีเหมาะกับประเทศที่กำลังพัฒนาเพราะทำได้ง่าย แต่ต้องใช้เวลาในการบดมากกว่าเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาแบบควบคุมอุณหภูมิในเตาเผา ส่วนเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาในเตาควบคุมอุณหภูมิมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานได้ดีแม้ต้องการน้ำในส่วนผสมเพิ่มมากขึ้น และงานวิจัยของ We (1981) รายงานว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบมีกำลังรับน้ำหนักได้ดีและทนต่อสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดได้ดีกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าแกลบจึงสามารถนำไปใช้ในงานคอนกรีตฐานรากได้

การเพิ่มความละเอียดให้กับเถ้าแกลบด้วยการบดช่วยลดความต้องการน้ำในส่วนผสมลงได้ กำลังของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของเถ้าแกลบและปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม คุณสมบัติที่ดีของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบคือทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดไฮดรอคลอริคดีกว่าคอนกรีตปกติ แต่มีข้อด้อยคือการหดตัวแห้งของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบสูงกว่าคอนกรีตปกติ (ปริญญา จินดาประเสริฐ และคณะ, 2547) โดยจะเห็นได้จากงานวิจัยของบุรฉัตร ฉัตรวีระ และคณะ (2545) ทดสอบการหดตัวแห้งของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบดำจากโรงสีข้าวพบว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบหดตัวสูงกว่าคอนกรีตปกติ และงานวิจัยของ Jun Xie (1996) ศึกษาการหดตัวแห้งของมอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบ สรุปว่าการหดตัวแห้งของคอนกรีตและมอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบจะสูงขึ้นตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นทำให้คอนกรีตและมอร์ตาร์มีความต้องการน้ำในส่วนผสม

เพิ่มขึ้น และความละเอียดที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การหดตัวแห้งของมอร์ตาร์สูงขึ้นด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Zhang and Malhotra (1996) ศึกษาการใช้เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก และใช้สารผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำผสมร่วมในงานคอนกรีตกำลังสูง พบว่าการหดตัวแห้งของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบต่ำกว่าคอนกรีตปกติตลอดช่วงอายุทดสอบ

สาโรจน์ ดำรงศีล และคณะ (2552) ศึกษาผลกระทบของการใช้เถ้าแกลบผสมเถ้าลอยต่อกำลังอัดและการหดตัวแห้งของมอร์ตาร์ โดยมีปริมาณเถ้าแกลบผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20, 30 และร้อยละ 40 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน และเถ้าแกลบผสมเถ้าลอยในอัตราส่วนเท่ากันร้อยละ 50:50 โดยน้ำหนัก เป็นตัวแปรในการทดสอบ เปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบและมอร์ตาร์ควบคุมที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วน ผลการวิจัยพบว่ากำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบและ/หรือเถ้าแกลบผสมเถ้าลอยต่ำกว่ามอร์ตาร์ควบคุมในช่วงแรกที่อายุ 7 วัน แต่กำลังอัดของมอร์ตาร์พัฒนาเพิ่มขึ้นโดยมอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบร้อยละ 20 และ/หรือมอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบร่วมกับเถ้าลอยที่ร้อยละ 20 และร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน มีกำลังอัดที่อายุ 28 วันใกล้เคียงกับมอร์ตาร์ควบคุม มอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบและเถ้าลอยทั้งหมดมีแนวโน้มพัฒนากำลังอัดสูงกว่ามอร์ตาร์ควบคุมที่อายุ 60 วัน ส่วนการหดตัวแห้งของมอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบสูงกว่ามอร์ตาร์ควบคุมและการหดตัวแห้งของมอร์ตาร์จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเถ้าแกลบที่เพิ่มมากขึ้น แต่มอร์ตาร์ผสมเถ้าแกลบร่วมกับเถ้าลอยมีค่าการหดตัวแห้งใกล้เคียงกับมอร์ตาร์ควบคุม และการหดตัวแห้งของมอร์ตาร์มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณของเถ้าแกลบผสมเถ้าลอยที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์เพิ่มมากขึ้น

6.2 งานศึกษาวิจัยการใช้ประโยชน์จากเถ้าชานอ้อยที่ผ่านในอดีต

เถ้าชานอ้อยเป็นผลพลอยได้จากการใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตน้ำตาล และ/หรือจากโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้า งานวิจัยเบื้องต้นเป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเถ้าชานอ้อยมาใช้ประโยชน์ ซึ่งงานวิจัยของ Srinivasan (1986) รายงานศักยภาพความเป็นสารปอซโซลานของเถ้าชานอ้อย ระบุว่าเถ้าชานอ้อยมีซิลิกาเป็นส่วนประกอบหลักทางเคมีประมาณร้อยละ 60 ถึงร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก เมื่อนำเถ้าชานอ้อยมาบดละเอียดแล้วผสมกับปูนซีเมนต์มีผลให้กำลังอัดของมอร์ตาร์สูงขึ้นได้ ต่อมางานวิจัยของ Shahriar (1987) ศึกษาการใช้เถ้าชานอ้อยเป็นสารปอซโซลาน โดยใช้ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลมาเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส แล้วนำมาบดละเอียด ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยร้อยละ 0, 35 และร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่าเถ้าชานอ้อยมีคุณสมบัติเป็นสารปอซโซลานประเภท N ตามมาตรฐาน ASTM สามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนได้ โดย

กำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยจะมีกำลังอัดต่ำกว่ามอร์ตาร์ควบคุมในช่วงแรกที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน แต่ที่อายุ 60 วัน กำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยจะมีกำลังอัดสูงกว่ามอร์ตาร์ควบคุม และปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าชานอ้อยร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก เป็นปริมาณที่เหมาะสมด้านกำลังอัด

Martirena Hernandez และคณะ (1998) ศึกษาความเป็นสารปอซโซลานของเถ้าชานอ้อยโดยทดสอบเถ้าชานอ้อยที่เหลือจากการใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตน้ำตาลเปรียบเทียบเถ้าชานอ้อยที่ได้จากการนำชานอ้อยมาเผาแบบเปิดโล่ง ผสมกับปูนขาวที่อัตราส่วนเถ้าชานอ้อยต่อปูนขาวเท่ากับ 70 ต่อ 30 โดยน้ำหนัก ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างปูนขาวกับเถ้าชานอ้อยด้วยวิธี X–Ray Diffraction (XRD) และวิธี Themogravimetric Analysis (TGA) นอกจากนี้ยังสังเกตผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาจากภาพถ่ายขยายขนาด Scanning Electron Microscope (SEM) ผลจากการศึกษาสรุปว่าเถ้าชานอ้อยที่เหลือจากการใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในโรงงานน้ำตาลเป็นสารปอซโซลานที่ไม่ไวตัวต่อปฏิกิริยาทางเคมี เนื่องจากมีคาร์บอนและเศษชานอ้อยที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปนอยู่ ในขณะที่เถ้าชานอ้อยที่ได้จากการนำชานอ้อยมาเผาแบบเปิดโล่งเป็นสารปอซโซลานที่มีความไวตัวต่อปฏิกิริยาทางเคมีได้ดีเทียบเท่ากับเถ้าแกลบ

Singh และคณะ (2000) แสดงผลการศึกษาปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับเถ้าชานอ้อยที่ได้จากโรงงานน้ำตาล โดยใช้ปริมาณเถ้าชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10, 20, และร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก พบว่าเถ้าชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลทำปฏิกิริยาเช่นเดียวกับสารปอซโซลาน เนื่องจากสามารถลด Lime อิสระได้ และปฏิกิริยาปอซโซลานสูงขึ้นตามปริมาณเถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น โดยปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ให้กำลังอัดสูงกว่าปูนซีเมนต์ล้วนตลอดอายุทดสอบ ผลกระทบของการใช้เถ้าชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์คือเวลาก่อตัวเพิ่มขึ้น

ประเทศไทยงานวิจัยเพื่อนำเถ้าชานอ้อยซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาลมาใช้ประโยชน์ สุวิมล สัจจวาณิชย์ (2546) ศึกษาผลกระทบของเถ้าชานอ้อยในลักษณะวัสดุประสานโดยใช้เถ้าชานอ้อยบดละเอียดแล้วนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 0, 20, 30, และร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก ทำการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ ผลการทดสอบพบว่ากำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลงเมื่อใช้เถ้าชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์เพิ่มมากขึ้น มอร์ตาร์ที่มีเถ้าชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก มีแนวโน้มให้ผลดีที่สุดซึ่งกำลังอัดที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน มีค่าใกล้เคียงกับมอร์ตาร์ปกติ และความละเอียดของเถ้าชานอ้อยมีผลต่อการพัฒนากำลังอัด โดยเถ้าชานอ้อยที่มีความละเอียดค้างตะแกรงเบอร์ 325 ระหว่างร้อยละ 2–12 โดยน้ำหนัก ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก มี

ค่าดัชนีกำลังที่อายุ 7 วัน เท่ากับร้อยละ 98- 104 และที่อายุ 28 วัน มีค่าดัชนีกำลังเท่ากับร้อยละ 102–108 เมื่อเทียบกับกำลังอัดของมอร์ตาร์ควบคุมที่ทำจากปูนซีเมนต์ล้วน เถ้าชานอ้อยจึงมีศักยภาพที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุประสานได้ (สุวิมล สัจจวาณิชย์ และคณะ, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชีรา กุลชนะประสิทธิ์ และคณะ (2548) ศึกษาถึงผลกระทบของเถ้าชานอ้อยต่อคุณสมบัติของมอร์ตาร์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ระบุว่ากำลังอัดของมอร์ตาร์มีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ของเถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้นและต่ำกว่ามอร์ตาร์ควบคุมในช่วงแรกที่อายุการบ่ม 3 วัน และ 7 วัน แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปที่อายุทดสอบ 28 วัน และ 90 วัน กำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยมีแนวโน้มสูงกว่ามอร์ตาร์ควบคุม นอกจากนี้ระยะเวลาก่อตัว การขยายตัว และการหดตัวแห้งของมอร์ตาร์มีค่าสูงขึ้นตามปริมาณการแทนที่ของเถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น

สักกนาท คงรุญ และคณะ (2548) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อย โดยใช้เถ้าชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20, 30, และร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน พบว่าค่ายุบตัว หน่วยน้ำหนัก และกำลังอัดของคอนกรีตมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ของเถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น และคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยร้อยละ 20, 30, และร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับร้อยละ 97, 95, และร้อยละ 87 ตามลำดับเมื่อเทียบกับคอนกรีตควบคุม ผลกระทบของการใช้เถ้าชานอ้อยในงานคอนกรีตทำให้ระยะเวลาก่อตัวเพิ่มขึ้น แต่จะช่วยลดความร้อนหรือช่วยให้อุณหภูมิในคอนกรีตมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ของเถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น (คาวี มนทการติวงศ์ และคณะ, 2549)

สาโรจน์ ดำรงศีล และคณะ (2549) พัฒนาวัสดุประสานจากปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยโดยใช้เถ้าลอยผสมร่วมในลักษณะสารผสมเพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุประสานให้ดีขึ้น โดยศึกษาผลกระทบของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยต่อกำลังอัดของมอร์ตาร์ โดยใช้เถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 และร้อยละ 40 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน และมีอัตราส่วนผสมเถ้าชานอ้อยต่อเถ้าลอยเท่ากับ 80:20 และ 60:40 โดยน้ำหนัก เป็นตัวแปรหลักในการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่าปริมาณเถ้าชานอ้อยในส่วนผสมที่เพิ่มขึ้นมีผลกระทบต่อกำลังอัดของมอร์ตาร์ในช่วงแรกทำให้กำลังอัดลดลง แต่กำลังอัดจะสูงขึ้นในระยะยาวเทียบได้กับกำลังอัดของมอร์ตาร์ควบคุม นอกจากนี้วิธีการผสมเถ้าชานอ้อยกับเถ้าลอยด้วยวิธีบดร่วมมีผลกระทบต่อกำลังอัดของมอร์ตาร์ในช่วงแรกทำให้กำลังอัดของมอร์ตาร์สูงขึ้นแต่จะไม่มีผลในระยะยาว ดังนั้นการผสมเถ้าชานอ้อยกับเถ้าลอยด้วยวิธีการบดร่วมจึงมีประสิทธิภาพต่อกำลังของมอร์ตาร์ได้ดีกว่าการผสมด้วยวิธีคลุกเคล้า และมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยร่วมกับเถ้าลอยมีค่าการหดตัวแห้งน้อยกว่ามอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยเพียงอย่างเดียวอีกด้วย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สาโรจน์ ดำรงศีล และคณะ (2550) ศึกษาผลกระทบทบของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยในลักษณะเดร่วมต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของคอนกรีต โดยมีปริมาณเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20, 30 และร้อยละ 40 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน และเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยในอัตราส่วน 60:40 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ พบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยเพิ่มมากขึ้นทำให้ค่ายุบตัวและหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับคอนกรีตควบคุม และค่ากำลังอัดกับกำลังดัดของคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยจะลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น โดยค่ากำลังอัดที่อายุ 3 และ 7 วัน ต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม แต่ที่อายุ 28 วัน กำลังอัดและกำลังดัดของคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยร้อยละ 20 และร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน มีค่าสูงกว่าและใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุมตามลำดับ จากการศึกษานี้สรุปว่าการใช้เถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยในอัตราส่วน 60:40 โดยน้ำหนัก อาจใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ได้ถึงร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ซึ่งคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยยังคงมีคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลเทียบเท่ากับคอนกรีตควบคุมที่ทำจากปูนซีเมนต์ล้วน

สาโรจน์ ดำรงศีล และคณะ (2551) ศึกษากำลังและความคงทนของคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย โดยใช้เถ้าแกลบผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน และใช้เถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยในอัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วน ผลการทดสอบพบว่าคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยสามารถพัฒนากำลังที่อายุ 28 วัน เทียบเท่ากับคอนกรีตควบคุม และมีแนวโน้มสูงกว่ากำลังของคอนกรีตควบคุมที่อายุ 90 วัน ในด้านความคงทนคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยมีค่าการหดตัวแห้งใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุม นอกจากนี้คอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยมีค่าการขยายตัวเนื่องจากซัลเฟต และการสูญเสียน้ำหนักจากการต้านทานการกัดกร่อนของกรดซัลฟูริกต่ำกว่าคอนกรีตควบคุมอีกด้วย

สาโรจน์ ดำรงศีล และคณะ (2552) ศึกษากำลังอัดและกำลังดึงของคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย โดยใช้เถ้าแกลบผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน และใช้เถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยในอัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วน ผลจากการทดสอบพบว่าคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยมีกำลังอัดในช่วงแรกที่อายุ 7 วัน ต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม แต่สามารถพัฒนากำลังสูงขึ้นในระยะยาวโดยมีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เทียบเท่ากับคอนกรีตควบคุม และมีแนวโน้มสูงกว่ากำลังอัดของคอนกรีตควบคุมที่อายุ 90 วัน นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและกำลังดึงที่อายุ 28 วันของคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยสูงกว่าคอนกรีตควบคุมอีกด้วย

รณกร เทพวงษ์ และคณะ (2552) ผลกระทบของการใช้เถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยต่อการแตกร้าวของมอร์ตาร์ ด้วยวิธียึดรั้งรอบวงแหวนตัวอย่างทดสอบ โดยมีปริมาณเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน และเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยในอัตราส่วนเท่ากับร้อยละ 50:50 โดยน้ำหนัก เป็นตัวแปรในการทดสอบเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน และมอร์ตาร์ควบคุมที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วน ผลการทดสอบพบว่ามอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยแตกร้าวเร็วสุดที่อายุเฉลี่ย 64.3 ชั่วโมง โดยมีค่าการหดตัวแห้ง 355×10^{-6} มม./มม. มอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยแตกร้าวที่อายุเฉลี่ย 105 ชั่วโมง ที่ค่าการหดตัวแห้ง 371×10^{-6} มม./มม. และมอร์ตาร์ควบคุมแตกร้าวที่อายุเฉลี่ย 128.6 ชั่วโมง ที่ค่าการหดตัวแห้ง 412×10^{-6} มม./มม. การใช้เถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยส่งผลให้การแตกร้าวของมอร์ตาร์เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมเนื่องจากการหดตัวแห้งของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยสูงกว่ามอร์ตาร์ควบคุมในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้นการพัฒนาเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยเป็นวัสดุประสานสำหรับงานปูนฉาบควรใช้สารผสมเพิ่มช่วยลดการหดตัวแห้งเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้านการแตกร้าวของมอร์ตาร์