บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วัสดุปอซโซลานแทนที่ในปูนซีเมนต์

Damer (1976) ศึกษาอิทธิพลของเถ้าแกลบที่ควบคุมอุณหภูมิการเผาที่ 450 องศาเซลเซียส ได้เถ้าแกลบที่สามารถแทนที่ปูนซีเมนต์สูงถึงร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ทั้งในซีเมนต์มอร์ต้าร์และคอนกรีต โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของวัสดุ แต่ความต้องการน้ำของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบจะสูงกว่าคอนกรีตธรรมดา

WE (1981) ได้ศึกษาวิธีการผลิตเถ้าแกลบที่เหมาะสมกับประเทศที่กำลังพัฒนาและศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบในงานคอนกรีต โดยการเปรียบเทียบการเผาแกลบแบบกองรวมกับการเผาแกลบในเตาเผาเฟอร์โรซีเมนต์ และทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล พบว่าความต้องการน้ำในส่วนผสมเพิ่มขึ้น และในมอร์ต้าร์สามารถใช้เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์ได้สูงถึงร้อยละ 35 โดยน้ำหนักวัสดุผง นอกจากนี้คอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบยังมีคุณสมบัติในการต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดได้

Mehta P. K. (1987) แสดงให้เห็นว่าการเติมเถ้าแกลบหรือเถ้าลอยที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าอนุภาคของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะทำให้รูพรุนมีขนาดเล็กลงและเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์ซึ่งเป็นการเร่งปฏิกิริยา และทำให้ผลึกแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นมีขนาดที่เล็กลง

Mehta P. K., Aitcin P. C. (1990) กล่าวว่าวัสดุปอซโซลานที่มีอนุภาคขนาดเล็กระดับไมโครเมตร ปริมาณของการเกิดปฏิกิริยายังน้อยกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และเมื่อซีเมนต์เพสต์กระจายตัวหลังจากผสม จะเกิดผลิตภัณฑ์จากไฮเดรชั่นจำนวนมากอย่างรวดร็ว กลไกนี้ทำให้เพสต์เป็นเนื้อเดียวกันและแน่นมากขึ้น นอกจากนี้ผลจากทางกายภาพของวัสดุปอซโซลานที่มีขนาดอนุภาคเล็กเมื่อทำปฏิกิริยาปอซโซลานิคยังทำให้ซีเมนต์เพสต์แน่นมากขึ้นและลดการเกิด Wall effect ใน Transition zone ระหว่างซีเมนต์เพสต์กับมวลรวมซึ่งบริเวณที่ไม่แข็งแรงนี้สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้เมื่อมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวทั้งสองส่วนสูงขึ้น และปฏิกิริยาปอซโซลานิคยังขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของวัสดุอัดแทรกในส่วนผสมด้วย

Roy D. M. (1992) พบว่าการแทนที่วัสดุปอซโซลานลงในซีเมนต์จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานมากกว่าซีเมนต์ล้วนเนื่องจากมีการประสานของเนื้อซีเมนต์มากขึ้น

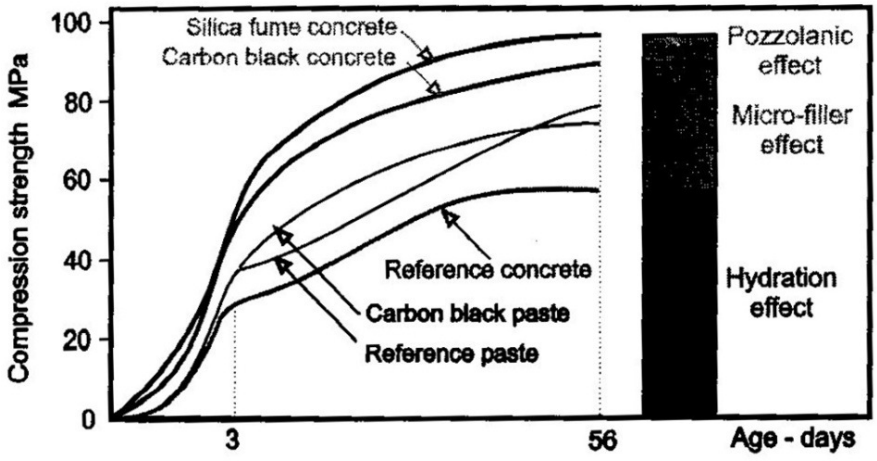
Godman A., Bentur A. (1993) ได้นำผงคาร์บอนที่ไม่ใช่วัสดุปอซโซลานเพื่อหาค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น และศึกษาเปรียบเทียบกับผลของการเติมซิลิกาฟูมที่มีต่อคอนกรีตใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผงเท่ากับ 0.64 สรุปได้ว่า

1) คอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมมีค่ากำลังอัดที่สูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมซิลิกาฟูม

2) ผงคาร์บอน และซิลิกาฟูมช่วยเพิ่มกำลังอัดให้กับคอนกรีต

3) กำลังที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจากลักษณะทางกายภาพของวัสดุอัดแทรกที่มีขนาดอนุภาคเล็กระดับไมโครเมตรของซิลิกาฟูม

สิ่งที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้ว่า Transition zone ที่หนาแน่นขึ้นทำให้มวลรวมรวมตัวกันได้ดีมากยิ่งขึ้นซึ่งส่งผลให้ค่ากำลังเพิ่มมากขึ้น ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1
กำลังอัดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์ปกติ วัสดุอัดแทรก และจากปฏิกิริยาปอซโซลานิค

Berry (1994) พบว่าเถ้าแกลบที่เกิดปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์จะเติมเต็มช่องว่างและทำให้ซีเมนต์เพสต์แน่นมากขึ้น

สาโรจน์ ดำรงศีล (1998) ศึกษาคอนกรีตผสมเถ้าแกลบที่ได้จากโรงเผาอิฐมอญ พบว่า กำลังอัดและกำลังดึงของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ปริมาณเถ้าแกลบแทนที่จนถึงจุดเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีการผสมแบบบดร่วม (Intergrinding) การแทนที่เถ้าแกลบ ร้อยละ 20 ทำให้คอนกรีตรับกำลังได้สูงสุด และค่าการยุบตัวและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบจะต่ำกว่าคอนกรีตปกติ

บุรฉัตร ฉัตรวีระ, วินัย อวยพรประเสริฐ และ อนุวรรตน์ โค้ววารินทร์ (2000) พบว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 และร้อยละ 40 มีอุณหภูมิของการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน

วัชรากร วงศ์คำจันทร์ (2001) ได้ศึกษาแนวทางในการปรับปรุงความสามารถเทได้ของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบด้วยการเพิ่มความละเอียดของเถ้าแกลบพบว่า เมื่อคอนกรีตผสมเถ้าแกลบที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้น สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการเทได้ นอกจากนี้การแทนที่ของเถ้าแกลบในปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ทำให้กำลังอัดที่อายุ 28 วันขึ้นไป สูงกว่าคอนกรีตธรรมดา

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ผงหินปูนแทนที่ในปูนซีเมนต์

Livesey P. (1990) ศึกษาถึงคุณสมบัติปูนซีเมนต์ผสมวัสดุฟิลเลอร์ที่เป็นผงหินปูน โดยกล่าวว่าผงหินปูนที่นำมาเป็นวัสดุผสมปูนซีเมนต์ควรมี แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) มากกว่าร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก อีกทั้งควรมีปริมาณของดินเหนียว (Clay Content) ไม่เกิน 1.20 ก./100 ก. และมีปริมาณสารอินทรีย์ (Organic Material Content) โดยไม่เกินร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก แต่ถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.2 ถึงร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก จะต้องมีการทดสอบและผ่านการพิสูจน์ว่าสามารถใช้ได้จริงอย่างแน่ชัด การทดลองมอร์ต้าร์แบบลูกบาศก์ ตามมาตรฐาน BS 8110 (1995) โดยการแทนที่ผงหินปูนเป็นปริมาณร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 28 โดยน้ำหนักของวัสดุผง สรุปได้ว่ากำลังอัดของมอร์ต้าร์ผสมผงหินปูนอยู่ชั้นของกำลัง (Strength Class) 32.5R, 42.5R และ 52.5 ซึ่งชั้นกำลังอัดขององค์กรปูนซีเมนต์แห่งยุโรป (Euro cements) มีข้อกำหนดดังตารางที่ 2.1 (PRENV 197:1990)

ตารางที่ 2.1

ข้อกำหนดกำลังอัดของมอร์ต้าร์โดยองค์กรปูนซีเมนต์แห่งยุโรป (Euro cements)

ชั้นกำลัง	กำลังช่วงต้น (N/mm^2)		กำลังช่วงมาตรฐาน (N/mm^2)	
	2 days minimum	7 days minimum	28 days minimum	28 days maximum
32.5	-	16	32.5	52.5
32.5R	10	-	32.5	52.5
42.5	10	-	42.5	62.5
42.5R	20	-	42.5	62.5
52.5	20	-	52.5	72.5

Mathews J. D. (1994) ศึกษาถึงพฤติกรรมการทำฟิลเลอร์ (Filler) ที่เกิดจากผงหินปูนและศึกษาผลกระทบทางด้านต่างๆ เช่น กำลังอัด (Compressive Strength) ความทนทานต่อคาร์บอเนชั่น (Carbonation Resistance) การซึมผ่านของคลอไรด์ (Chloride Penetration) และการกัดกร่อนของเหล็กเสริม (Rebar Corrosion) โดยใช้ผงหินปูนร้อยละ 5 และร้อยละ 25 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ สรุปงานวิจัยได้ดังนี้

1) เมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี คอนกรีตที่ผสมผงหินปูนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์จะมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ผสมฝุ่นหินปูนร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก และคอนกรีตที่บ่มในอากาศจะมีกำลังรับแรงอัดที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่บ่มในน้ำ

2) ค่าการซึมผ่านของออกซิเจน (Oxygen Permeability) มีค่าลดลงเมื่อปริมาณผงหินปูนมีค่ามากขึ้น

3) การผสมผงหินปูนในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของคอนกรีตไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณสมบัติของคอนกรีต แต่ไม่ควรผสมผงหินปูนเกินร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของคอนกรีต

Moir G. (1994) ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมทางกายภาพของคอนกรีตผสมผงหินปูนโดยใช้ มาตรฐานของประเทศอังกฤษ (British Cement) โดยผสมผงหินปูนร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

ขนาดของผงหินปูนอยู่ในช่วงระหว่าง 5 ถึง 20 ไมครอน พบว่า กำลังรับแรงอัดจะต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม อัตราการเยิ้มมีค่าลดลง เมื่อพื้นที่ผิวมีค่าเพิ่มขึ้น

Krstulovic P., Kamenic N. and Popovic K. (1994) ศึกษากำลังอัดของมอร์ต้าร์และคอนกรีตผสมผงหินปูน โดยแบบจำลองปริมาตรความจุ (Bulk Model) การทดสอบคอนกรีตใช้ปูนซีเมนต์ 450 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผงหินปูนที่ใช้ในการทดสอบได้ผ่านขบวนการบดเพื่อทำให้อนุภาคผงหินปูนเล็กกว่าอนุภาคของปูนซีเมนต์ ทดสอบมอร์ต้าร์ใช้มาตรฐาน DIN 1164 พบว่า กำลังอัดมีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้นและแปรผกผันกับปริมาตรของวัสดุประสานที่เป็นผงหินปูน และกำลังอัดของคอนกรีตไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุซีเมนต์เพียงอย่างเดียว ยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมวลรวมด้วย

Kamazawa K., Yamada K. and Sogo S. (1995) ได้ศึกษาผลกระทบของผงหินปูนเมื่อผสมลงในคอนกรีตร้อยละ 5 และร้อยละ 10 พบว่า อัตราการเยิ้ม (Bleeding) ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงหินปูน และอัตราการเยิ้ม (Bleeding) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความละเอียดแบบเบลนมีค่าลดลง ส่วนค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (Yong's Modulus) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ ผงหินปูน

Moncef Nehdi, Sidney Mindess, Pierre and Claude Aitcin. (1996) ได้ศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลของมอร์ต้าร์ตามมาตรฐาน ASTM C 305-94 ผสมผงหินปูนที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าปูนซีเมนต์ แทนที่ผงหินปูนในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ร้อยละ 0, 5, 15, 20 และ 25 โดยปริมาตร ใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผง เท่ากับ 0.3, 0.325, 0.350, 0.375 และ 0.4 ตามลำดับ นอกจากนั้นยังได้ผสมซิลิกาฟูมร้อยละ 10 โดยปริมาตร แล้วทำการแปรค่าของปริมาณผงหินปูนและอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผงเช่นเดียวกันกับกรณีของมอร์ต้าร์ผสมผงหินปูนอย่างเดียว พบว่า การแทนที่ผงหินปูนในปูนซีเมนต์จะไม่มีผลกระทบต่อกำลังอัดในช่วงต้นของมอร์ต้าร์และจะสูงขึ้นเมื่อปริมาณผงหินปูนอยู่ในช่วงร้อยละ 10 ถึง 15 โดยปริมาตร ถ้าเพิ่มปริมาณผงหินปูนเกินกว่าปริมาณร้อยละ 15 กำลังอัดจะลดลง การผสมซิลิกาฟูมและผงหินปูนทำให้กำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่อายุ 28 วัน มากกว่ามอร์ต้าร์ผสมซิลิกาฟูมที่ไม่ผสมผงหินปูน

Aye Monn Monn Sheinn (1998) ศึกษาถึงพฤติกรรมทางด้านกายภาพของผงหินปูน โดยมุ่งเน้นในการผลิตคอนกรีตกำลังสูง ใช้ค่าโมดูลัสของความละเอียด (F.M) คือ 2.50, 2.75 และ 3.0 ตามลำดับ อีกทั้งใช้ซิลิกาฟูมร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก พร้อมทั้งใส่สารลดน้ำร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก มวลรวมหยาบขนาด 10 มม. และ 20 มม. โดยใช้อัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนัก สรุปก็คือ การผลิตคอนกรีตกำลังสูงสามารถใช้ผงหินปูนในการผลิตได้และโดยเฉลี่ยแล้วกำลังอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน มีค่าประมาณ 76 MPa ซึ่งอาจจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของทราย

ตามธรรมชาติที่นำมาใช้งาน ทั้งยังทราบถึงความสามารถในการทำงานของคอนกรีตที่มีผลกระทบโดยตรงกับค่าโมดูลัสของความละเอียด (F.M) และชนิดของมวลรวม ถ้าค่าโมดูลัสความละเอียดมีค่าสูงมีผลทำให้ความสามารถในการทำงานต่ำลง

นายบุญเลิศ พัดฉวี (2000) ศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้าร์ผสมผงหินปูนด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0, 20 และ 40 โดยน้ำหนัก ทดสอบหาค่าความข้นเหลวปกติ ระยะเวลาก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้าย ร้อยละของการไหลแผ่ กำลังอัด และสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ทำนายกำลังอัดของมอร์ต้าร์ที่อายุ 28 วัน โดยที่ผงหินปูนมีความละเอียดแบบเบลนเท่ากับ 2,250 ซม^2/ก. ปริมาตรเพสต์ต่อปริมาตรช่องว่างของทราย (γ) เท่ากับ 1.2, 1.4 และ 1.6 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผง (w/b) เท่ากับ 0.4, 0.5 และ 0.6 สรุปได้ดังนี้

1) ค่าความเข้นเหลวปกติของซีเมนต์เพสต์ธรรมดาเท่ากับร้อยละ 26.48 และ ค่าความเข้มเหลวปกติของซีเมนต์เพสต์ผสมผงหินปูนลดลงเมื่อทดแทนผงหินปูนเพิ่มขึ้น

2) ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของซีเมนต์เพสต์ผสมผงหินปูนเร็วขึ้น เมื่อผงหินปูนละเอียดมากขึ้น ระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายของซีเมนต์เพสต์ผสมผงหินปูนเร็วขึ้นเมื่อผงหินปูนละเอียดมากขึ้นและอัตราการทดแทนฝุ่นหินปูนเพิ่มขึ้น

3) ร้อยละการไหลแผ่ของมอร์ต้าร์ผสมผงหินปูนอยู่ระหว่าง 105 ถึง 108

4) กำลังอัดของมอร์ต้าร์ควบคุม มีค่าสูงกว่ามอร์ต้าร์ผสมผงหินปูน LS0, LS2 และ LS4 โดยกำลังอัดของมอร์ต้าร์ผสมผงหินปูนที่อายุ 28 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 12.5 - 45.4 MPa

5) ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ทำนายกำลังอัดที่ 28 วัน ของมอร์ต้าร์ผสมผงหินปูนมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน $\pm$14.67

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วัสดุแทนที่ปูนซีเมนต์ในด้านความทนทาน

Muzlim และ Uyam (1992) ศึกษากำลังของซีเมนต์มอร์ต้าร์ผสมเถ้าแกลบและบ่มด้วยสารละลายโซเดียมซัลเฟต พบว่า เถ้าแกลบเป็นวัสดุปอซโซลาน และสามารถใช้ได้ในสภาพแวดล้อมที่มีซัลเฟตได้อย่างดี

Omar Saeed Baghabra Al – Moudi (1995) ศึกษาการขยายตัวและการสูญเสียกำลังของมอร์ต้าร์แช่ในโซเดียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟต โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ประเภทที่ 2 และประเภทที่ 5 ผสมเถ้าลอย ซิลิก้าฟูม และตะกรันเตาถลุง พบว่าการใช้

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผสมซิลิก้าฟูมให้ผลเป็นที่น่าพอใจที่สุดในสารละลายโซเดียมซัลเฟตแต่ไม่แนะนำให้ใช้ในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต

อาภา สธนเสาวภาคย์ (2001) ศึกษาความต้านทานต่อการกัดกร่อนของซัลเฟตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอย และเถ้าแกลบบดละเอียด ทดสอบกำลังอัด การขยายตัว และการสูญเสียน้ำหนัก แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก พบว่าการเพิ่มขึ้นของร้อยละการแทนที่เถ้าลอยจะช่วยให้การขยายตัวน้อยลงมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเล็กน้อย และการเพิ่มร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบจะทำให้เกิดการหดตัวเล็กน้อย

Shannag M. J. and Shaia H.A. (2003) ศึกษาคอนกรีตแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยวัสดุปอซโซลานธรรมชาติ (เถ้าลอย) กับซิลิก้าฟูมตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 15 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์บ่มในสารละลายโซเดียมซัลเฟต สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตและน้ำทะเลจากทะเลแดง จากการศึกษาพบว่า การสูญเสียกำลังอัดในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตมีความรุนแรงมากกว่าสารละลายโซเดียมซัลเฟตและน้ำทะเลแดง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตเป็นแมกนีเซียมซิลิเกรตไฮเดรต ซึ่งไม่มีความสามารถเป็นวัสดุเชื่อมประสาน การใช้ปูนซีเมนต์ผสมซิลิก้าฟูมร้อยละ 15 และผสมวัสดุปอซโซลานธรรมชาติร้อยละ 15 โดยน้ำหนักสามารถทนต่อสภาวะซัลเฟตได้ดีที่สุด

Rodriguez-Camacho (2002) ศึกษาความไวต่อการกัดกร่อนจากสารละลายซัลเฟตของมอร์ต้าร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ผสมวัสดุปอซโซลานธรรมชาติ (เถ้าลอย) เปรียบเทียบกับมอร์ต้าร์จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, 2 และ 5 พบว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, 2 และ 5 ผสมเถ้าลอยที่มีความไวต่อการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิค สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนของซัลเฟตได้ดีกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 ดังนั้นการใช้ปูนซีเมนต์ผสมวัสดุปอซโซลานที่ไวต่อการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิค และมีอะลูมินาต่ำสามารถเพิ่มความทนทานต่อซัลเฟตได้

Lorenzo M. P. et al. (2003) ศึกษาความทนทานของซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าลอยต่อสภาพน้ำทะเลจำลอง โดยใช้โซเดียมซัลเฟตในการจำลองสภาพน้ำทะเล จากการศึกษาพบว่าซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าลอยสามารถต้านทานสภาพน้ำทะเลได้ดีกว่าซีเมนต์เพสต์ควบคุม โดยเฉพาะที่ร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์เท่ากับ 35

ปริญญา จินดาประเสริฐ และ อุกฤษฏ์ โข่ศรี (2003) ศึกษากำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยและเถ้าแกลบ โดยใช้เถ้าแกลบและเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ตั้งแต่ร้อยละ 40-80 พบว่า กำลังของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบและเถ้าลอยจะมีกำลังต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดาที่อายุ 28

วัน แต่จะเพิ่มสูงขึ้นที่อายุ 90 วัน โดยเฉพาะในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเถ้าแกลบต่อเถ้าลอยเท่ากับ 60:20:20 ซึ่งมีกำลังอัดมากกว่าคอนกรีตธรรมดา

Lee S. T. et al. (2005) ศึกษาศักยภาพของซิลิก้าฟูมในการควบคุมการกัดกร่อนเนื่องจากซัลเฟต ทดสอบการสูญเสียกำลังอัด การสูญเสียน้ำหนักในสารละลายซัลเฟต ศึกษาโครงสร้างภายในโดยใช้วิธี X-Ray Diffraction ใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก พบว่า การใช้ซิลิก้าฟูมที่อัตราส่วนการแทนที่เท่ากับร้อยละ 5-10 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45 สามารถทนต่อการกัดกร่อนเนื่องจากโซเดียมซัลเฟตได้ดี ให้ค่าการสูญเสียกำลังอัดเท่ากับร้อยละ 15-20 ในขณะที่การสูญเสียน้ำหนักในสารละลายซัลเฟตมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนการแทนที่ซิลิก้าฟูมเพิ่มขึ้น การศึกษาโครงสร้างภายในโดยใช้วิธี X-Ray Diffraction พบว่ามอร์ต้าร์ผสมซิลิก้าฟูมมีปริมาณยิปซั่มและเอ็ททริงไกท์ที่ผิวของมอร์ต้าร์น้อยกว่ามอร์ต้าร์ปูนซีเมนต์ล้วนเป็นเหตุผลหนึ่งที่บอกได้ว่าการแทนที่ซิลิก้าฟูมสามารถลดการเกิดยิปซั่มและเอ็ททริงไกท์ซึ่งทำให้การสูญเสียกำลังอัดในสารละลายโซเดียมซัลเฟตมีค่าลดลง

Dehwah H. A. F. (2007) ศึกษาถึงผลกระทบของคอนกรีตที่ผสมซิลิก้าฟูม เถ้าลอย และตะกรันถลุง ที่แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ผสมร่วมกับโซเดียมซัลเฟต จากการทดสอบพบว่า คอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยจะถูกกัดกร่อนมากกว่าคอนกรีตที่ผสมซิลิก้าฟูมและตะกรันเตาถลุง ที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ผสมร่วมกับโซเดียมซัลเฟต ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งจะถูกกัดกร่อนน้อยลงในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

Chindaprasirt P. et al. (2007) ศึกษาความต้านทานซัลเฟตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผสมเถ้าลอย และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผสมเถ้าแกลบ ทดสอบการขยายตัวของมอร์ต้าร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก จากผลการทดสอบพบว่า ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยและปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบในอัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก มีความสามารถในการต้านทานต่อซัลเฟตได้ดี

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และคณะ (2007) ศึกษาถึงผลกระทบของน้ำทะเลต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้เถ้าลอย 2 แหล่ง แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 ในอัตราส่วนร้อยละ 15, 25, 35 และ 50 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน และกำหนดให้ปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.65 หล่อคอนกรีตทรงกระบอกขนาด 100 × 200 มม. เพื่อใช้ทดสอบกำลังอัด ผลการทดสอบ

พบว่า กำลังอัดของคอนกรีตที่แช่น้ำทะเลครบ 12 เดือนมีค่ากำลังอัดต่ำกว่าคอนกรีตที่บ่มในน้ำประปาที่อายุเดียวกันเล็กน้อย

Xiaojian Gao, Baogui Ma, Yingzi Yang, and Anshuang Su. (2008) ได้ศึกษาการใช้ผงหินปูนแทนที่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วนร้อยละ 30 ต่อการทนซัลเฟตเป็นเวลา 1 ปี ผลการทดสอบ มีดังนี้

1) สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตมีความรุนแรงมากกว่าสารละลายโซเดียมซัลเฟตในการกัดกร่อน

2) การเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายซัลเฟตจะเร่งให้ซัลเฟตกัดกร่อนอนุภาคของผงหินปูนในมอร์ต้าร์และทำให้เกิดสารที่เป็นอันตราย ได้แก่ gypsum, ettringite และ brucite

3) การแช่มอร์ต้าร์ในสารละลายซัลเฟตที่อุณหภมิ 5 และ 20 องศาเซลเซียสพบว่าการกัดกร่อนจาก Thaumasite ของซัลเฟตไม่ได้ถูกจำกัดแค่ในสภาวะอุณหภูมิต่ำ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วัสดุปอซโซลานและผงหินปูนแทนที่ในปูนซีเมนต์

ปิติ เสรเมธากุล (2001) ได้ศึกษาแนวทางการนำผงหินปูนจากแหล่งที่มาต่างกัน เพื่อใช้ทดแทนในปูนซีเมนต์และเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุปอซโซลาน (เถ้าลอย) แทนที่ร้อยละ 20 ถึง 60 กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผง 0.485 ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้าร์โดยมีส่วนผสมของผงหินปูนและเถ้าลอย ผลการทดสอบความสามารถในการรับกำลังของซีเมนต์เพสต์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

(ก) อัตราส่วนการแทนที่ ร้อยละ 20 ของเถ้าลอยผสมผงหินปูนโดโลมิติกและเถ้าลอยผสมผงหินปูนโดโลไมท์ แทนที่ในปูนซีเมนต์ พบว่าที่อายุ 133 วัน ให้กำลังอัดสูงกว่าชุดควบคุมทุกชุดทดสอบ ค่ากำลังอัดของชุดที่สูงที่สุด คือร้อยละ 141.6 (CP-C80-DL20) และร้อยละ140.5 (CP-C80-D40) ตามลำดับ

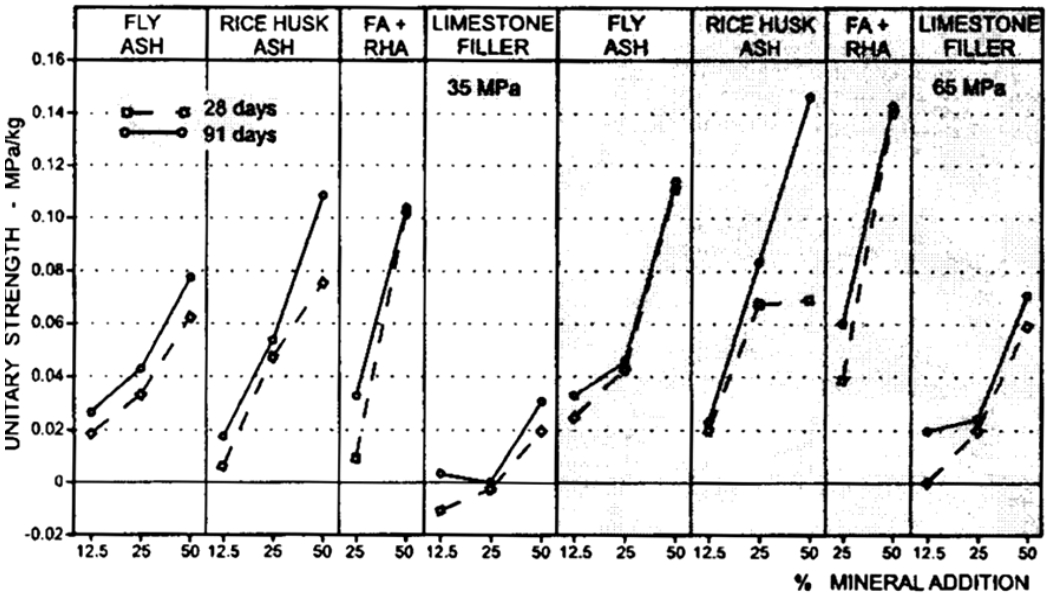
(ข) อัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 40 พบว่า การแทนที่ระหว่างเถ้าลอยและผงหินปูนโดโลมิติก และ เถ้าลอยผสมผงหินปูนโดโลไมท์จะให้กำลังที่สูงกว่าชุดควบคุม ที่อายุ 133 วัน กำลังอัดสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 122.2 (CP-C60-DL20) และ ร้อยละ140.5 (CP-C60-D20) ตามลำดับ การแทนที่ของผงหินปูนในเถ้าลอยปริมาณที่น้อยๆมีผลให้แนวโน้มการพัฒนากำลังอัดดีกว่าใช้ผงหินปูนแทนที่เถ้าลอยในปริมาณมาก

(ค) ที่อัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 60 พบว่าการใช้เถ้าลอยร่วมกับผงหินปูนโดโลมิติกแทนที่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ให้การพัฒนากำลังอัดสูงกว่าการแทนที่ด้วยผงหินปูนโดโลมิติก

เพียงอย่างเดียวเช่นเดียวกับการแทนที่ด้วยเถ้าลอยและผงหินปูนโดโลไมท์ให้กำลังอัดสูงกว่าการแทนที่ด้วยผงหินปูนโดโลไมท์เพียงอย่างเดียว แต่ทุกชุดทดสอบให้ค่ากำลังอัดต่ำกว่าชุดควบคุมทุกชุดทดสอบ ที่อายุ 133 วัน ค่ากำลังอัดสูงที่สุดคือร้อยละ 95.9 (CP-C40-DL20) และร้อยละ 98.2 (CP-C40-D20)

ส่วนการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ให้ผลการทดสอบที่สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบซีเมนต์เพสต์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการใช้ผงหินปูนทั้งโดโลมิติกหรือโดโลไมท์อย่างใดอย่างหนึ่งในการแทนที่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในปริมาณที่มากจะส่งผลให้ความสามารถในการรับกำลังลดลงอย่างมาก ในขณะที่ถ้าใช้เถ้าลอยเพียงอย่างเดียวในการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์การรับกำลังอัดในระยะยาวลดลงไม่มากเท่ากับที่ใช้ผงหินปูนแทนที่ในปูนซีเมนต์เพียงอย่างเดียว

Isaia G.C., Gastaldini A.L.G., Moraer R. (2003) ได้ศึกษาผลของลักษณะทางกายภาพจากผงหินปูนและผลจากปฏิกิริยาปอซโซลานิคของเถ้าลอยและเถ้าแกลบที่ใช้แทนที่ในปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 เปรียบเทียบในด้านกำลังของคอนกรีต โดยกำหนดชั้นกำลังไว้ที่ 35 MPa และ 65 MPa พบว่ากำลังที่เพิ่มสูงขึ้นและรูพรุนที่ลดลงขึ้นอยู่กับน้ำไม่มากนัก แสดงว่าค่าของกำลังขึ้นอยู่กับผลจากลักษณะทางกายภาพและ/หรือผลจากปฏิกิริยาปอซโซลานิค นั่นคือระยะห่างระหว่างอนุภาคมีความสำคัญมากกว่าปริมาณการสร้างไฮเดรต โดยปริมาณน้ำที่พอเหมาะที่สามารถทำให้อนุภาคของซีเมนต์กระจายตัวได้ดี ทำให้การเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นทำได้ดีขึ้น ซึ่งมีผลต่อกำลังของคอนกรีต กลไกที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่าการที่จะได้กำลังตามที่ต้องการจะต้องแทนที่วัสดุผงในซีเมนต์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ปฏิกิริยาปอซโซลานิค (การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์) และลักษณะทางกายภาพที่ลดขนาดของรูพรุน ผลทั้งสามส่วนนี้จะส่งเสริมกัน ซึ่งมีความสำคัญต่อกำลังของคอนกรีต ภาพที่ 2.1แสดงค่ากำลังอัดเมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ล้วนของวัสดุปอซโซลาน และผงหินปูน



ภาพที่ 2.1
กำลังอัดเมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ล้วนทั้งจากวัสดุปอซโซลานและผงหินปูน