

บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา คอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก ผสมเถ้า แกลบเสริมยางพารา นั้น สามารถสรุปได้ ดังนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การใช้เถ้าขยะชีวะมวลในการพัฒนานวัตกรรมผนังคอนกรีตมวลเบาเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคาร [4]

เกียรติชัย ทองแก้วจันทร์ และคณะ ได้ศึกษาการใช้เถ้าขยะชีวะมวลในการพัฒนานวัตกรรมผนังคอนกรีตมวลเบาเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคารได้ใช้ส่วนผสมของวัสดุต่างๆในการทดสอบดังนี้ เถ้าแกลบ, เถ้าอ้อย, ทราย, น้ำ และ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยทำการทดสอบด้านต่างๆ ดังนี้ การทดสอบการรับกำลัง, การทดสอบค่าการนำความร้อน (k), การทดสอบอุณหภูมิภายในห้องจำลอง, เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ, การทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว จากการศึกษา พบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดของก้อนตัวอย่างจากเถ้าแกลบและเถ้าชานอ้อยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ โดยผ่านมาตรฐานของการทดสอบต่าง ๆ คือ 30:15:35 (ปูนซีเมนต์: ทราย: เถ้าแกลบ) และ 20:15:65 (ปูนซีเมนต์: ทราย: เถ้าชานอ้อย) จากการทำการทดสอบ เปรียบเทียบระหว่าง คอนกรีตบล็อกจากเถ้าแกลบ และ คอนกรีตบล็อกจากเถ้าชานอ้อย พบกว่า คอนกรีตบล็อกจากเถ้าชานอ้อยรับกำลังรับแรงอัด ได้ดีกว่า คอนกรีตบล็อกจากเถ้าแกลบ และ เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกจากเถ้าอ้อยมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกจากเถ้าแกลบ, การทดสอบค่าการนำความร้อนจากกรมวิทยาศาสตร์ พบว่า แผ่นตัวอย่างของเถ้าแกลบมีค่าน้อยกว่า แผ่นตัวอย่างจากเถ้าชานอ้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เถ้าแกลบเป็นฉนวนที่ดีในการป้องกันความร้อนดีกว่า เถ้าชานอ้อย

2.1.2 การพัฒนาคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากฟางข้าว [5]

ปิติ พานิชายุนนท์ และคณะ ได้ศึกษาและพัฒนาคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากฟางข้าวที่เหลือใช้ในชุมชนจังหวัดพัทลุง ในการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบอัตราส่วนผสมแตกต่างกันหลายส่วนผสม และทำการผลิตส่วนผสมละ 5 ก้อนการทดสอบตัวอย่างจะทำการทดสอบน้ำหนัก ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ และค่าแรงอัด จากผลการทดสอบพบว่า การเพิ่มฟางข้าวเป็นส่วนผสมสามารถลดน้ำหนักและความหนาแน่นของตัวอย่างได้ ซึ่งอัตราส่วนโดยปริมาตรของ ดิน: ทราย: ซีเมนต์: ฟาง ที่ให้สมบัติของบล็อกที่ดีที่สุด คือ 10:5:8:8 มีความหนาแน่น 1591 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าแรงกด 37.56 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ 19.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีฟางข้าว พบว่าน้ำหนักและความหนาแน่นลดลงอย่างเห็นได้ชัด คือ 29.38 เปอร์เซ็นต์ และ 47.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.1.3 การใช้น้ำยาฟาร่าปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ [6]

ประชุม คำพุ่ม ได้ศึกษาการนำน้ำยาฟาร่า (ยางฟาร่า) มาใช้เป็นสารผสมเพิ่มในการปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ ทำการทดลอง โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์:ทรายบดละเอียด เท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนัก ปริมาณผงอะลูมิเนียมเท่ากับร้อยละ 0.3 ของส่วนผสมทั้งหมด อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.50 โดยน้ำหนัก (ไม่รวมน้ำหนักของน้ำในน้ำยาฟาร่า) ปริมาณปูนขาวเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และปริมาณอีพ็อกซ์เท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ในการเตรียมน้ำยาฟาร่าใช้สารแอมโมเนียเหลวเข้มข้นร้อยละ 15 ในสัดส่วนร้อยละ 3 ของน้ำหนักน้ำยาฟาร่า คอนกรีตต้องผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ใช้อัตราส่วนน้ำยาฟาร่าต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0, 0.10, 0.15 และ 0.20 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ ตามลำดับ ทำการผสมและอบไอน้ำตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 นำมาทดสอบค่าความหนาแน่น ค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัด ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ค่าการดูดกลืนน้ำที่อายุ 7 และ 28 วัน ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ผลการวิจัยพบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาจะแปรผกผันกับอัตราส่วนของน้ำยาฟาร่าต่อปูนซีเมนต์ ในขณะที่ค่ากำลังดัดของคอนกรีตจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนของน้ำยาฟาร่าต่อปูนซีเมนต์ โดยที่เมื่อผสมน้ำยาฟาร่ามากขึ้น ค่ากำลังอัดจะลดลงแต่ค่ากำลังดัดจะเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับอัตราส่วนน้ำยาฟาร่าต่อปูนซีเมนต์ ค่าการดูดกลืนน้ำจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนน้ำยาฟาร่าต่อปูนซีเมนต์ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว (ร้อยละการหดตัว) มีค่าไม่แน่นอนในแต่ละอัตราส่วนน้ำยาฟาร่าต่อปูนซีเมนต์ และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมากกว่าคอนกรีตมวลเบาแบบปกติอยู่เล็กน้อย โดยปริมาณน้ำยาฟาร่าที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้คือ การใช้อัตราส่วนน้ำยาฟาร่าต่อปูนซีเมนต์ 0.10 เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว น้ำยาฟาร่าสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบปานกลางที่สามารถรับกำลังได้สูงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี

2.1.4 การใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนางานคอนกรีต [7]

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ ได้ศึกษาการนำน้ำยาธรรมชาติสดมาใช้เพื่อพัฒนางานคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยาในคอนกรีตอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาถึงความสามารถเทได้และกำลังรับแรงของคอนกรีตผสมน้ำยาสดในสัดส่วน P/C = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนผสมคอนกรีตใช้ ซีเมนต์: ทราย: หิน เป็น 1:2:4 โดยน้ำหนัก แล้วหาค่าความสามารถเทได้ (Workability) จากนั้นจึงหล่อเข้าแบบมาตรฐานรูปลูกบาศก์ 15×15×15 ซม. และรูปคาน 15×15×75 ซม. เพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) และกำลังรับแรงดัด (Flexural Strength) ตามลำดับโดยบ่มขึ้น 7 วัน ตามด้วยบ่มแห้งในอากาศที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับผลการวิจัย พบว่า น้ำยาผสมกับคอนกรีตได้ ด้วยการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Nonionic Surfactants) สัดส่วน 4 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ โดยเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ Lutensol XL 80 (C10 –Guerbet Alcohol Alkoxylate) ทั้งนี้ สารแอมโมเนียเหลว (NH₃) ที่ผสมในน้ำยา ไม่ทำให้กำลังคอนกรีตลดลง ด้านความสามารถเทได้ พบว่า คอนกรีตผสมน้ำยา จะยุบตัวแบบหุบ (Collapse Slump) ทั้งหมดขณะที่คอนกรีตปกติ จะมีค่าการยุบตัวที่ 7 ซม. ในด้านกำลัง พบว่า

คอนกรีตผสมน้ำยาง จะมีกำลังรับแรงอัดลดลงประมาณ 60 % และกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต มีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณน้ำยางเพิ่ม ขึ้น โดยลักษณะการวิบัติของคอนกรีตที่มีปริมาณน้ำยางสูง จะมีเส้นใยขนาดเล็ก (Micro Fibers) สีขาวยืดยาว สำหรับกำลังรับแรงตัด พบว่า ลดลงประมาณ 10 % ในแต่ละค่า P/C ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาการบ่มแห้งในอากาศเพิ่มเป็น 14 และ 28 วัน ที่ P/C = 0.15 และ 0.20 กำลังรับแรงตัดของคอนกรีตจะสูงขึ้นมากกว่าคอนกรีตปกติ เนื่องจากอนุภาคเนื้อยางเกาะตัวกันเป็นชั้นฟิล์ม (Film) ที่แข็งแรงขึ้น สรุปลักษณะผสมคอนกรีตกับน้ำยางสด เสนอแนะให้เลือกใช้ที่ W/C = 0.4 และ P/C = 0.15 ซึ่งจะได้กำลังรับแรงอัด > 45 ksc และกำลังรับแรงตัด > 30 ksc ที่อายุบ่มแห้ง 14 วัน ขึ้นไป ตัวอย่างส่วนผสมคอนกรีตปริมาตร 1 ลบ.ม. ประกอบด้วย ซีเมนต์: หิน: หิน: น้ำ: สารลดแรงตึงผิว: น้ำยางสด (%TSC 40) = 343: 686:1,371:60:14:129 โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตาม การใช้งานคอนกรีตผสมน้ำยาง ยังไม่เหมาะกับงานโครงสร้างที่ต้องรับแรงอัดมาก แต่อาจเหมาะกับงานซ่อมแซม เนื่องจากการยึดเหนี่ยวของน้ำยาง จะมีประโยชน์ในการเป็นตัวประสานกับคอนกรีตเดิม หรือเหมาะกับงานคอนกรีตบล็อกสำหรับก่อผนังที่ไม่รับแรงอัดมาก อย่างไรก็ตาม การขจัดฟองอากาศและการก่อตัวซ้ำในคอนกรีต ยังเป็นปัญหาสำคัญที่ควรศึกษาเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาให้คอนกรีตมีกำลังอัดและการก่อตัวใกล้เคียงคอนกรีตปกติ จึงสามารถนำมาใช้ในงานโครงสร้างอื่นได้ต่อไป

2.2 น้ำยางธรรมชาติ (Natural Rubber Latex) [8]

เมื่อกรีตน้ำยางด้วยมีดชนิดพิเศษ ให้เอียงจากซ้ายไปขวาประมาณ 20-30 องศา กับแนวนอน จะมีของเหลวไหลออกมา (น้ำยาง) สีขาวขุ่นข้นคล้ายน้ำมัน หรือสีครีมซีมออกมา มีกลิ่นหอมเล็กน้อย และมีความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัม / มิลลิลิตร มี pH ประมาณ 6.5-7.0 ความหนืดหรือส่วนประกอบน้ำยางอาจเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุต้นยางอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆเช่นพันธุ์ยางอายุต้นยางฤดูกรีตยางเป็นต้นเมื่อนำน้ำยางที่กรีตได้ไปตรวจสอบจะพบว่า มีอนุภาคขนาดต่าง ๆ แขนวลอยหรือกระจาย (Disperse) อยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว (Dispersion Medium) อนุภาคเหล่านี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 5 ไมครอนและมีประจุเป็นลบซึ่งผลกักันตลอดเวลาจึงทำให้อนุภาคเหล่านี้เกิดการเปลี่ยนแปลงและสารตัวนี้โดยทั่วไปเรียกว่า “เซรัม” (Serum)

น้ำยาง จัดเป็นสารละลายคอลลอยด์ (Colloidal Solution) ชนิดไฮโดรโซล (Hydrosol: สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย) แต่มีลักษณะพิเศษกว่า ไฮโดรโซลทั่วไป คือ น้ำยางมีลักษณะกึ่งชอบน้ำ (Hydrophilic: เป็นสารละลายได้ง่ายเมื่อน้ำเป็นตัวทำละลาย) และไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic: เป็นสารละลายได้ยากเมื่อน้ำเป็นตัวทำละลาย) แต่ลักษณะไม่ชอบน้ำจะเด่นกว่านอกจากนี้ น้ำยางยังประกอบด้วยสารที่ไม่ใช่ยาง เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และอนุมูลของโลหะ เป็นต้น

ส่วนประกอบของน้ำยาง แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| 1) เนื้อยาง | ร้อยละ 35 |
| 2) ส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยาง | ร้อยละ 65 |
| 2.1) น้ำ | ร้อยละ 55 |
| 2.2) ลูทอยด์ (Lutoid) และสารอื่น ๆ | ร้อยละ 10 |

ปริมาณนี้ภายในน้ำยางธรรมชาติอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงร้อยละ 25-45 ขึ้นกับชนิดของพันธุ์ยาง อายุต้นยาง และฤดูกาล สำหรับสารพวกโปรตีน ประมาณครึ่งหนึ่งละลายอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำ อีกหนึ่งในสี่ถูกภาคยางและที่เหลือปะปนอยู่ในลูทอยด์

2.2.1 เนื้อยาง

เป็นอนุภาคของสารละลายไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากหน่วยของไอโซพรีนเชื่อมต่อกัน (ยาง 1 โมเลกุล ประกอบด้วยไอโซพรีน 2000-5000 หน่วย) แขนงลอยอยู่ในเซรุ่มน้ำยางที่ได้มีความหนาแน่นประมาณ 0.92 กรัม/มิลลิลิตร อนุภาคของยางมีรูปร่างทรงกลมและทรงรีคล้ายลูกแพรมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.02-0.03 ไมครอน โมเลกุลมีขนาดใหญ่ละลายน้ำ และเมื่ออยู่ในสภาพน้ำยางสดผิวรอบอนุภาคจะถูกห่อหุ้มด้วยชั้นของสารพวกไขมันและโปรตีน นอกจากนี้ยังมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โปรแตสเซียม และทองแดง ปนอยู่ในส่วนของยางประมาณ 0.05%

2.2.2 ส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยาง

1) วัฏภาคน้ำ (Aqueous Phase) หรือที่เรียกว่า “เซรุ่ม” มีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัม/มิลลิลิตร ประกอบด้วยสารต่าง ๆ ดังนี้

ก. คาร์โบไฮเดรต

ได้แก่แป้งและน้ำตาลซึ่งจะถูกแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์เปลี่ยนเป็นกรดไขมัน เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซีติก และกรดไพรูวอิก ทำให้น้ำยางเสียความคงตัวและจับตัวเป็นก้อน

ข. โปรตีน และกรดอะมิโน

ที่สำคัญ ได้แก่ แอลฟาไกลูบูลิน และฮีวินซึ่งแอลฟาไกลูบูลินจะเป็นส่วนที่พบมากในน้ำยางสด มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายของเกลือ กรด และด่าง ส่วนฮีวินมีน้ำหนัก โมเลกุลต่ำเพียงประมาณ 10,000 และสามารถละลายในน้ำได้

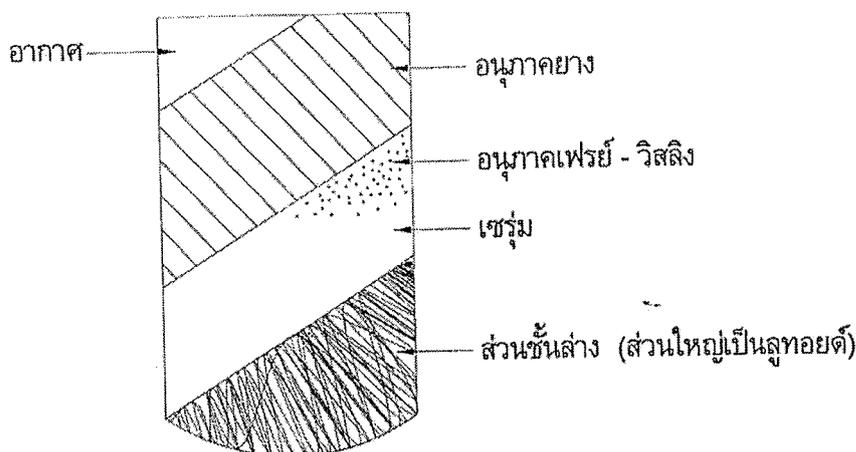
ค. ลูทอยด์

หรือที่เรียกว่า “วิสคอยด์” (Viscoid) เป็นส่วนประกอบของน้ำยางสดซึ่งถูกรายงานเป็นครั้งแรกโดยโฮแมน และแวนกิลส์ (Homan and VanGils) ในปี ค.ศ. 1948 จากการหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) น้ำยางสดจะพบว่าน้ำยางจะแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งมีสีขาว ประกอบด้วยอนุภาคของยางเป็นส่วนมาก อีกส่วนมีสีเหลืองแยกอยู่ชั้นล่าง ซึ่งมีประมาณร้อยละ 20-30 ของปริมาณทั้งหมด จากการศึกษาพบว่าส่วนชั้นล่างเป็นอนุภาคที่ไม่เกาะกันแน่นเรียกว่า “ลูทอยด์” เพราะเข้าใจว่าเป็นตัวทำให้เกิดสีเหลือง (มาจาก Lureous ที่แปลว่าสีเหลืองเข้ม) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-5 ไมครอน (ใหญ่กว่าอนุภาคยาง) ปริมาณลูทอยด์ในน้ำยางจะมีผลต่อความหนืดและเสถียรภาพของน้ำยางสด ลูทอยด์ มีสมบัติการเกิดปฏิกิริยาออสโมติกได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงไปในน้ำยางมีผลทำให้ลูทอยด์เกิดการบวมตัวแล้วแตกออก ของเหลวที่อยู่ในลูทอยด์จะออกมาอยู่ในส่วนของเซรุ่มทำให้น้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้นในการทำยางแท่งและยางแผ่นรมควันจะมีขั้นตอนที่ต้องเติมน้ำลงไปด้วยเพื่อทำให้น้ำยางเจือจางก่อนที่จะใส่กรดเข้าไป ทำยางจับตัวเป็นก้อน ดังนั้นจะมีส่วนของลูทอยด์ที่แตกออกเข้าไปอยู่ในก้อนยางซึ่งมีผลต่อสมบัติของน้ำยางเนื่องจากในลูทอยด์มีสารโลหะละลายอยู่ด้วย

นอกจากนี้ในการกรีดยาง ถ้าลูทอยด์เกิดแตกออกจะมีผลให้ยางจับตัวอุดท่อน้ำยางทำให้น้ำยางหยุดไหลได้เช่นกัน ผลของลูทอยด์อีกประการหนึ่งคือ เมื่อทำการแปรรูปน้ำยางสดให้เป็นน้ำยางชั้นด้วยการหมุนเหวี่ยงนั้นจะต้องมีการเติมแอมโมเนียลงไปเพื่อรักษาสภาพน้ำยาง ซึ่งแอมโมเนีย

จะรวมตัวกับลูทอยด์และแมกนีเซียมฟอสเฟตตกตะกอนเป็นนมสีน้ำตาลและสีขาวแยกออกจากเนื้อมันและเกาะรวมอยู่ด้านล่างสุดของเครื่องหมุนเหวี่ยง ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหมุนเหวี่ยงลดลงต้องคอยถอดล้างนมเหล่านี้ออก นอกจากสารพวกลูทอยด์และยังมีอนุภาคอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า “เฟรย์-วิสลิง” (Frey Wyssling) ซึ่งมีลักษณะกลมสีเหลืองเข้มและมีขนาดใหญ่กว่าอนุภาคที่มีความหนาแน่นมากกว่าเล็กน้อยประกอบด้วยสาร คาโรทีนอยด์ (Carotinoid) ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดสีเหลืองเข้มมากหรือน้อย (ขึ้นกับปริมาณสารคาโรทีนอยด์) น้ำยาชั้นที่ได้จากการหมุนเหวี่ยงโดยการเติมแอมโมเนียจะไม่พบอนุภาค เฟรย์-วิสลิง อยู่ด้วยอาจเป็นอนุภาคเหล่านี้ถูกแยกออกจากนมและสารละลายอยู่ในส่วนของเซรัม

การใช้เครื่องอัลตราเซนติฟิวจ์ (Ultracentrifuge) หมุนเหวี่ยงน้ำนมสดจะสามารถแยกน้ำนมออกเป็น 4 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ชั้นของน้ำนมเมื่อถูกหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องอัลตราเซนติฟิวจ์ [8]

2.2.3 การรักษาสภาพน้ำนม

น้ำนมที่ได้จากต้นยางพาราเมื่อถูกทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งส่วนที่เป็นน้ำจะค่อย ๆ ระเหยไป ทำให้น้ำนมข้นขึ้น หรือถ้าน้ำนมถูกรบกวนจนทำให้สารที่ห่อหุ้มเม็ดยางแตกออก เม็ดยางจะจับกันเป็นก้อนเล็ก ๆ และถ้าสารที่ห่อหุ้มแตกออกมากก็จะเป็นก้อนใหญ่ยิ่งถ้าใส่กรดลงไปจะช่วยให้น้ำนมจับตัวเป็นก้อนเร็วขึ้น ดังนั้นถ้าไม่เติมสารเคมีเพื่อป้องกันการจับตัวของยางแล้วน้ำนมจะคงสภาพอยู่ได้ไม่เกิน 3 ชั่วโมง แล้วจะจับตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ เรียกว่า “เม็ดพริก” และจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้นเมื่อสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนไปปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นในน้ำนม อุณหภูมิและสมบัติความคงตัวของน้ำนมและพันธุ์

เมื่อน้ำนมเสียเสถียรภาพไปน้ำนมจะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นเนื้อมันและส่วนที่เป็นเซรัม ซึ่งภายหลังจะเกิดการบูดเน่าและมีกลิ่นเหม็นเนื่องจากการให้อาหารของจุลินทรีย์ในน้ำนม ดังนั้นการกรีดน้ำนมต้องรีบเติมสารรักษาสภาพน้ำนมลงไป 2-3 ชั่วโมงเพื่อควบคุมการเกิดกรดไขมันซึ่งจะช่วยรักษาน้ำนมให้สดและเป็นของเหลวอยู่เสมอสารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำนมมีอยู่

หลายชนิด ได้แก่ แอมโมเนีย ฟอสเฟต คอสติกโซดา โซเดียม ไบซัลไฟต์ พอร์มัลดีไฮด์ บอเรต และ ออกซาเลต (Oxalate) เป็นต้น แต่ในทางการค้ายิยมใช้แอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.1, 0.2, 0.25, 0.3 และ 0.4 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) การใช้แอมโมเนียข้อดี คือ สามารถเติมน้ำอย่างได้ง่าย และไล่ออกจากน้ำ ง่ายได้ง่ายเช่นกัน

การรักษาสภาพน้ำยางมีจุดมุ่งหมาย 2 ประการคือ

1) เพื่อเก็บรักษาระยะสั้น (Short-term Preservation) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษา สภาพน้ำยางให้คงเป็นของเหลวในช่วง 2-3 วัน ก่อนนำไปทางแห้ง เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และ ยางเคิร์ฟ เป็นต้น หรือก่อนทำเป็นยางชั้น สารที่ใช้เรียกว่า สารป้องกันน้ำยางจับตัว (Anticoagulant)

2) เพื่อเก็บรักษาระยะยาว (Long-term Preservation) มีวัตถุประสงค์เพื่อคงสภาพน้ำ ยางชั้นไว้ในช่วงที่เก็บอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปหรือรอการส่งน้ำยางชั้นไป จำหน่ายต่างประเทศซึ่งควรเก็บไว้อย่างน้อย 1 เดือน สารที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางชั้นให้เป็นของเหลว อยู่ได้นาน ๆ เรียกว่า สารรักษาสภาพน้ำยาง (Preservatives)

สารที่ใช้รักษาสภาพน้ำยางควรมีสมบัติดังนี้

1) เป็นตัวทำลายและขัดขวางการเพิ่มปริมาณยางแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ในน้ำยาง เพื่อไม่ให้มีโอกาสใช้อาหารในน้ำยางได้เต็มที่

2) ส่งเสริมสภาวะการเป็นสารคอลลอยด์ของน้ำยาง โดยเพิ่มประจุที่ผิวของอนุภาคยาง ขณะที่น้ำยางออกจากต้นยางชั้นของโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคยางจะมีประจุเป็นลบ และมีสภาพเป็นต่าง ดังนั้นสารรักษาสภาพน้ำยางควรเป็นต่างเพื่อเข้าไปเพิ่ม pH ให้กับน้ำยาง

3) เป็นสารที่ทำให้อนุมูลของโลหะหนักต่าง ๆ ไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิดขวาง ปฏิกิริยาหรือทำให้ตกตะกอนออกมาเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำ เนื่องจากอนุมูลโลหะหนักเป็นตัวการ สำคัญในการเจริญอยู่ได้ของจุลินทรีย์ และเป็นสาเหตุทำให้ยางจับตัวโดยเฉพาอนุมูลของแมกนีเซียม

4) สารที่ใช้ต้องไม่เป็นพิษกับทั้งคน และคุณภาพเนื้อยางไม่ควรทำให้สีของน้ำยางและ เนื้อยางเปลี่ยนไป ไม่ควรมีกลิ่นรุนแรง ไม่ควรทำให้เกิดความยุ่งยากในการแปรรูปน้ำยาง ควรมีราคา ถูก สามารถบรรจุภาชนะที่ให้ความปลอดภัย สะดวกต่อการเก็บรักษา และขนส่ง

2.2.4 สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ

เนื้อยางแห้ง ประกอบด้วยส่วนที่เป็นน้ำยางประมาณร้อยละ 92 และสารที่ไม่ใช่น้ำ ยางประมาณร้อยละ 8 ซึ่งได้แก่ โปรตีน (Protein) กลูโคไซด์ (Glucosides) ลิพิด (Lipids) เกลือแร่ (Mineral Salts) และเอนไซม์ (Enzymes) สารที่ไม่ใช่น้ำยางเหล่านี้ แม้มีเพียงเล็กน้อยแต่จะมีผลต่อ การวัลคาไนซ์ยาง และสมบัติของยางเป็นอย่างมาก นอกจากนี้น้ำยางที่ได้จากต้นยางจะเปลี่ยนแปลง ไปตามฤดูกาลสภาพดินฟ้าอากาศ ชนิดของดิน สภาพแวดล้อมของแปลงปลูกยาง พันธุ์ยาง การกรีด ความยาวของการกรีด อายุต้นยาง ความถี่ของการกรีด ช่วงเวลาของการกรีดยาง การใช้สารเคมีเร่งน้ำ ยาง และปัจจัยอื่น ๆ (เช่น การทำความสะอาดถังใส่ยาง การกรีดยางในฤดูฝน ซึ่งจะมีน้ำฝนหลงเหลือ ในถ้วยยาง เป็นต้น)

เนื่องจากโมเลกุลของยางไม่อิ่มตัว และมีพันธะคู่ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาซึ่งมีทั้งข้อดีและ ข้อเสีย ข้อดี คือ พันธะคู่ และหมู่แอลฟาเมทิลีน (α Merhylene Group) ในโพลีไอโซพรีนจะว่องไว ต่อการวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถัน ส่วนข้อเสีย คือ จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนและโอโซน

โดยมีโลหะ (เช่น Mn Fe Cu และ Co เป็นต้น) ความร้อน แสง และความเครียดที่มีในเนื้อยาง (เช่น การหักงออย่างไปมา) เป็นตัวเร่งให้ยางเสื่อมสภาพเร็วขึ้นเมื่อตั้งทิ้งไว้หรือขณะใช้งาน ดังนั้น จึงต้องใส่ สารแอนติออกซิเดแคนท์ (Antioxidant) และ สารแอนติโอโซนแนนท์ (Antiozonant) เข้าไปในยาง เพื่อยืดอายุการใช้งานหรือการเก็บรักษา

ยางธรรมชาติเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว จึงสามารถทำปฏิกิริยากับตัวออกซิไดส์ (Oxidizing Agents) เช่น เปอร์ออกไซด์ กรดเปอร์ออกซี (Peroxy Acid) โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต (Potassium Permanganate) โอโซน คลอรีน และ อื่น ๆ

นอกจากนี้ ยางธรรมชาติยังสามารถเกิดปฏิกิริยากับ “ไฮโดรเจน” ได้เป็นยางไฮโดรจิเนเตด (Hydrogenated Rubber) กับ “คลอรีน” ได้เป็นยางคลอรีเนเตด (Chlorinated Rubber) กับ “ไฮโดรเจนคลอไรด์” ได้เป็นยางไฮโดรคลอรีเนเตด (Hydrogenated Rubber) และอาจเกิด “ปฏิกิริยาไซโคลเซชัน” (Cyclization Reaction) ได้เป็นยางไซโคลซ์ (Cyclized Rubber)

สมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ของยางธรรมชาติ อาจเปลี่ยนแปลงไปบ้างเล็กน้อยจากการมีสารที่ไม่ใช่ยางปะปนอยู่และจากระดับของการเกิดผลึก (Degree of Crystallinity) ซึ่งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ยางธรรมชาติสามารถเกิดผลึกได้ และมีผลทำให้ความหนาแน่นเปลี่ยนจาก 0.92 เป็นประมาณ 0.95 กรัม/มิลลิลิตร

2.3 ทฤษฎีของวัสดุที่ใช้นำมาทดสอบ

2.3.1 ปูนซีเมนต์ (Cement)

ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทย

ในการก่อสร้างอาคาร ถนน ลานบิน สะพาน เขื่อน และอื่น ๆ ที่กำลังสร้างอยู่ในปัจจุบัน เกิดขึ้นจากการใช้ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทยทั้งสิ้น เว้นแต่บางปีการผลิตปูนซีเมนต์ไม่ทันกับการใช้ จึงต้องสั่งปูนซีเมนต์จากต่างประเทศเข้ามาใช้ เช่น ปัจจุบันก็มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด 1 ได้ส่งเข้ามาสมทบกับปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทยใช้ตราดอกจิก ซึ่งสั่งจากไต้หวันโดยสามบริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์ร่วมกัน แต่ละบริษัทได้กำหนดปูนซีเมนต์ไว้ดังนี้

1) บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด เป็นบริษัทแรกที่ผลิตเมื่อ 14 มิถุนายน 2456 (68 ปี มาแล้ว) ปัจจุบันมีผลผลิตอยู่ 4 ตราดังนี้

- ปูนซีเมนต์ตราเสือ บางทีเรียก ซิลิกาซีเมนต์ เป็นการนำทรายบดเข้าผสม กับ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ตราช้าง) ด้วยอัตราร้อยละ 30 เพื่อช่วยลดการหดตัว ทำให้ผิวไม่แตกร้าวและลดราคาก่อสร้างลง ทั้งให้กำลังต่ำ เหมาะสมกับงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก เช่น หล่อกระเบื้องปูพื้น การผสมทำปูนก่อ – ฉาบ การหล่อคอนกรีตทางเดินภายในอาคาร เป็นต้น

- ปูนซีเมนต์ตราช้าง เป็นปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติเทียบได้กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามมาตรฐาน ASTM C 150 -58 ของอเมริกา หรือ BS 12 ของอังกฤษ เป็นปูนซีเมนต์เนื้อแท้ ที่ใช้ทำงานก่อสร้างทั่วไป มีความแข็งแรงเต็มที่ เวลาการแข็งตัวก็เป็นไปอย่างปกติ เหมาะที่ใช้กับการรับกำลังในโครงสร้าง เช่น หล่อคอนกรีตของฐานราก คาน เสา และโครงหลังคา เป็นต้น [9]

5) ชนิด 5 Sulfate-resistant Portland cement เป็นการจงใจที่ให้ต้านทานซัลเฟต เช่น การสร้างในบริเวณใกล้ทะเล หรือมีฉนวนกันน้ำอยู่ในดินเค็ม เทียบปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ได้กับตราปลาฉลามของบริษัทปูนซีเมนต์เอเชีย

ตารางที่ 2.1 สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทหนึ่งถึงห้า

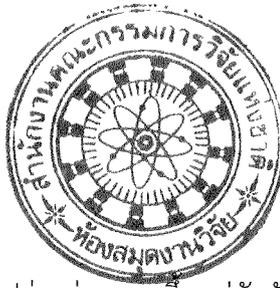
ข้อกำหนดทางเคมีเพิ่มเติม	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท				
	1	2	3	4	5
C ₃ S	49	46	56	25	43
C ₂ S	25	29	15	50	36
C ₃ A	12	6	12	5	5
C ₄ AF	8	12	8	12	13
ความละเอียด (เบลน, ตร.ชม/กรัม)	3,000	3,000	4,500	3,000	3,000
กำลังอัด (3 วัน, กก/ชม)	180	150	310	80	120
ความร้อนปฏิกิริยา (28 วัน, จูล/กรัม)	400	330	430	270	310

หมายเหตุ กำลังอัดวัดจากลูกบาศก์มอร์ตาร์ขนาด 50 มม.

ส่วนปูนซีเมนต์ตราเสือ ตรางูเห่า และตรานกอินทรี เป็นพวกซิลิกาซีเมนต์ โดยนำทรายหรือหินบดให้ละเอียด ผสมเข้าไปในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด ประมาณร้อยละ 25 – 30 เพื่อให้มีคุณสมบัติง่ายต่อการใช้งาน [9] ลดการหดตัวเมื่อเกิดการก่อตัวของปูนซีเมนต์ ซึ่งทำให้ไม่เกิดการแตกร้าว ราคาถูก เหมาะสำหรับอาคารเล็กและงานก่ออิฐฉาบปูน เพราะไม่รับกำลังมากนัก

องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วยออกไซด์หลัก (Major Oxides) และออกไซด์รอง (Minor Oxides) ออกไซด์หลักได้แก่แคลเซียมออกไซด์ (CaO), ซิลิกา (SiO₂), อลูมินา (Al₂O₃) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe₂O₃) รวมกันได้กว่าร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์รอง (Minor Oxide) ได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ออกไซด์ของอัลคาไล (Na₂O) และ (K₂O) ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO₃) และยังมีส่วนประกอบของออกไซด์อื่นผสมอยู่บ้าง เช่น ไทเทเนียมออกไซด์ (TiO₂) และฟอสฟอรัสเพนทอะออกไซด์ (P₂O₅) นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่ไม่ละลายและส่วนประกอบอื่นซึ่งจะจัดรวมอยู่ในการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition) และกากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง (Insoluble residue) ออกไซด์เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากัน และรวมตัวกันอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่าง ๆ



ขึ้นอยู่กับรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การเผาและการเย็นลงของปูนเม็ด ขนาดและรูปร่างของสารประกอบสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาส่องดู ได้สารประกอบที่สำคัญมีอยู่ 4 ชนิด

- 1) ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium Silicate) $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2(\text{C}_3\text{S})$
- 2) ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate) $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2(\text{C}_2\text{S})$
- 3) ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium Aluminate) $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3(\text{C}_3\text{A})$
- 4) เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ (Tetracalcium Aluminoferrite) $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{C}_4\text{AF})$

คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตามข้อกำหนดเพื่อการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ให้มีคุณสมบัติเทียบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ดังนี้

1) ความละเอียด (Fineness) ASTM C 115 หรือ C 204 เป็นคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ (Hydration) ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดมากจะทำให้เกิดกำลังได้เร็ว เพียง 7 วัน ก็สามารถรับกำลังได้เต็มที่ [10]

2) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ASTM C 188, C 204 การทดลองซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พบว่าอยู่ในค่าเฉลี่ยประมาณ 3.12 ถึง 3.16 แต่ปูนซีเมนต์ตราเสือ 2.90 ตราเอราวัณ และตราช้าง 3.05 ค่าเหล่านี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Mixed Design)

3) ความอยู่ตัว (Soundness) ASTM C 151 เป็นการทดสอบทางกายภาพ โดยหาความสามารถในการแข็งตัวของซีเมนต์เพสต์ (Hardened Cement Paste) ที่คงอยู่ในสภาพปริมาตรภายหลังจากก่อตัวแล้ว

4) เวลาของการก่อตัว (Time of Setting) ASTM C 226 หรือ C 191 การก่อตัวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของปูนซีเมนต์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา เป็นความจำเป็น ที่จะต้องให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวหนานพอที่จะทำการเท แต่งผิว ในช่วงเวลาดังกล่าว จึงต้องกระทำงานให้เสร็จก่อน

การทดลองการก่อตัวได้แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ การก่อตัวครั้งแรก (Initial set) การทดสอบไวแคท (Vicat) ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 45 นาที แต่การทดสอบแบบกิลล์มอร์ (Gilmore) ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 60 นาที ส่วนการก่อตัวครั้งสุดท้าย (Final Set) เกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 10 ชม. แต่ปูนซีเมนต์ตราช้างหรือตราเสือ มีเวลาก่อตัวครั้งแรก 90 นาที นับว่าให้ประโยชน์ที่จะลำเลียงคอนกรีตหรือปูนก่อแม้กระทั่งการตกแต่งได้นานขึ้น

5) กำลัง (Strength) ASTM C 109 หมายถึง ความสามารถในการรับกำลังอัด (Compressive strength) ปูนซีเมนต์ในลักษณะที่เป็นคอนกรีตประการหนึ่ง กับการทดสอบกำลังอัดด้วยก้อนลูกบาศก์ของมอร์ตาร์ (Mortar) ตามมาตรฐาน ASTM 109 โดยนำก้อนตัวอย่างทดลองไปกดตามอายุ 7 และ 28 วัน ผลลัพธ์จะเป็นการรับกำลังต่อหน่วยพื้นที่ เช่น กก./ตร.ซม. เป็นต้น

ส่วนการทดสอบการรับแรงดึง (Tensile Strength) หล่อมอร์ตาร์รูปรีเคท (Briquettes) เป็นรูปโค้งหัวมน 2 ช้าง เพื่อการจับยึด ตอนกลางมีพื้นที่ 1 ตร.นิ้ว มีการทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM C 190 และ BS 12 กำลังต่อหน่วยพื้นที่เช่นเดียวกัน

6) ความร้อนที่เกิดเนื่องจากปฏิกิริยากับน้ำ (Heat of Hydration) เป็นความร้อนที่เกิดจากควาวิจัยแห่งชาติ ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ในปูนซีเมนต์ธรรมดา (Normal) ชนิด 1 มีค่าความร้อน 85 วัตต์

วันที่..... 21 ก.พ. 2555
เลขทะเบียน..... 244209
เลขรหัสหนังสือ.....

100 แคลอรีต่อกรัม ส่วนปูนซีเมนต์ (Low – Heat) ชนิด IV เกิดความร้อนขึ้นประมาณ 60 – 70 แคลอรีต่อกรัม เมื่อเกิดความร้อนสะสมมากขึ้นเป็นอันตรายต่อคอนกรีต จึงได้มีการควบคุมความร้อนโดยใช้น้ำแข็งทำให้มวลรวมเย็นลง แต่ในการหล่อคอนกรีต เชื้อนใหญ่ ๆ ใช้ท่อน้ำเย็น (Cooling Pipe) วิ่งผ่าน นอกจากนี้อาจต้องปรับจำนวนไตรแคลเซียมซิลิเกต และไตรแคลเซียมอลูมิเนตด้วย เป็นต้น

7) การทดสอบความชื้นเหลว (Consistency test) โดยการทดลองใส่ น้ำล้อยละเอียด 25 โดยน้ำหนักในปูนซีเมนต์จำนวน 500 กรัม แล้วนำเครื่องทดลองโวลแคตด้านที่เรียก Plunger มาปล่อยในซีเมนต์เพสท์ให้จมในเวลา 30 วินาที อ่านค่าทรุดตัว (Penetration) เป็น มม. จากนั้นเพิ่มน้ำขึ้น 1-2 ลบ.ซม. จนกระทั่งน้ำรวมทั้งสิ้นที่ทดลองผสมประมาณร้อยละ 30 นำค่า มาเขียนกราฟเส้นนอน เป็นระยะการทรุดตัวของ Plunger ด้านตั้งเป็นจำนวนน้ำ ลบ.ซม. (CC) ให้ลากเส้น จากส่วนการทรุดตัวที่ 10 มม. ไปสัมผัสกับเส้นโค้งในกราฟ แล้วขีดเส้นฉากไปทางเส้นตั้งที่แสดง จำนวนน้ำที่ใส่คิดเป็นร้อยละ จากนั้นก็เอาจำนวนน้ำ ตั้ง แล้วหารด้วยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (ตราเดียวกัน) คูณด้วย 100 ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นจำนวน ร้อยละของน้ำที่พอดี สำหรับความชื้นเหลวที่พอเหมาะ เพื่อความแข็งแรงมากที่สุด

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการกัดกร่อนด้วยคลอไรด์

1) ชนิดของปูนซีเมนต์และคุณภาพของคอนกรีตคลอไรด์บางส่วนถูกกัดกร่อน หรือดูดกลืน โดยผลิตผลจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน C_3A แต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นการดูดกลืนที่ผิวหรือไม่ แต่คลอไรด์จะเข้ามารวมกับสารผลิตภัณฑ์ของเกือบทั้งหมด กลายเป็นเกลือฟรีเดิล (Friedels Salt) $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O$ หรือสารละลายมีความเข้มข้นสูง จะเกิดแคลเซียมออกไซด์คลอไรด์ด้วยความสามารถในการกักเก็บปริมาณคลอไรด์ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะขึ้นอยู่กับ C_3A ยิ่งมากก็ยิ่งดี ดังนั้นถ้าปูนซีเมนต์มีความสามารถกักเก็บมากเท่าไรก็ย่อมจะทำให้การซึมผ่านของคลอไรด์เข้าไปในคอนกรีตได้ ช้าลงไปเท่านั้น และจะทำให้ช่วงเริ่มต้น (Initial period) ของการกัดกร่อนช้าออกไปแสดงผลเนื่องจากปริมาณของ C_3A ต่อช่วงเริ่มต้นได้และในที่นี้สามารถสรุปต่อไปได้อีกว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาที่มี C_3A สูงกว่าย่อมดีกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตส่วนประกอบของคอนกรีตและอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม มีความสำคัญกับโครงสร้างของโพรง เมื่อเพิ่มระดับของปฏิกิริยาไฮเดรชัน ความสามารถซึมผ่านได้ลดลง ซึ่งจะเป็นจริงเมื่อคอนกรีตไม่มีการสูญเสียน้ำเท่านั้น หากมีการสูญเสียระดับปฏิกิริยาไฮเดรชันจะเปลี่ยนไปตามระยะของผิว เนื่องจากการลดลงของความชื้นทำให้ความสามารถในการซึมได้เพิ่มมากขึ้น หากบ่มคอนกรีตไว้นานการซึมผ่านคลอไรด์ก็จะลดลง นอกจากนี้การทำให้คอนกรีตแน่นไม่เพียงพอ การแพร่ของคลอไรด์ก็จะเพิ่มขึ้น

2) อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ และประเภทของปูนซีเมนต์จะเป็นตัวบอกคุณภาพด้านความซึมผ่านได้ต่ำของคอนกรีต คุณภาพดังกล่าวขึ้นอยู่กับทำให้คอนกรีตแน่นและเงื่อนไขการบ่มความซึมผ่านได้สำหรับคลอไรด์ของ คอนกรีตผสมสารปอซโซลานิกที่บ่มอย่างดีจะมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมสารปอซโซลานิกที่มีส่วนผสมเหมือนกัน และพบว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตซึ่งมี C_3A ต่ำ ทำให้ค่าต่อการต้านทานการแพร่ของคลอไรด์ต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ถ้าหากเราสามารถช่วยลดการซึมผ่านของคลอไรด์ได้ดี และการเพิ่มปริมาณของเกลือช่วยลดการซึมผ่านได้ โดยผลกระทบจากปริมาณการแทนด้วยถ้าหากอ้อยระหว่างร้อยละ 15-35 โดยน้ำหนัก มีความสำคัญต่อการลดการซึมผ่านได้มากกว่า ผลจากการลดอัตราส่วน w/b

2.3.2 วัสดุปอซโซลาน (Pozzolan material)

ปอซโซลานเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างมาตั้งแต่สมัยโบราณกว่า 2000 ปีแล้ว และในปัจจุบันก็ยังเป็นที่นิยมกันอยู่ ในสมัยโบราณได้นำเอาวัสดุพวกปอซโซลาน เช่น ถ้ำจากภูเขาไฟมาผสมกับปูนขาวเพื่อผลิตเป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (hydraulic cement) มีรายงานว่าได้มีการใช้ส่วนผสมของปอซโซลาน 2 ส่วน ต่อปูนขาว 1 ส่วนมาใช้ในการก่อสร้าง โดยมีไขมัน นมและเลือดจากสัตว์เป็นวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้งาน และสิ่งก่อสร้างที่ทำจากปอซโซลานนั้นก็ยังคงมีความคงทนมาจนถึงทุกวันนี้

ปอซโซลานเป็นวัสดุที่มีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็น ซิลิกา หรือซิลิกา และอะลูมินา มีสมบัติในการยึดประสานเล็กน้อย หรือไม่มีเลย แต่เมื่อบดจนเป็นผงละเอียดจะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ หรือปูนขาว ที่อุณหภูมิปกติและเมื่อมีความชื้นแล้วเกิดเป็นสารประกอบซึ่งมีสมบัติในการยึดประสาน

วัสดุจำพวกปอซโซลานที่นำมาใช้ประโยชน์มีที่มาจาก 2 แหล่งได้แก่

1) ปอซโซลานจากธรรมชาติ (Natural Pozzolan) และปอซโซลานที่ได้จากขบวนการผลิต (Artificial Pozzolan)

2) ปอซโซลานที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ ไตอะตอมมาเซียสเอิร์ธ (Diatomaceous Earth) ถ้ำภูเขาไฟ เปลือกหอย หินภูเขาไฟ

วัสดุเหล่านี้เมื่อจะนำไปใช้งานจะต้องนำไปผ่านขบวนการต่าง ๆ ก่อนจึงจะนำไปใช้งานได้ เช่น การเผา การบด และการทำให้แห้ง เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการนำเอาปอซโซลานจากธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ในการสร้างเขื่อน และสะพาน เพื่อช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์กับน้ำ และช่วยเพิ่มความสามารถในการทนต่อการกัดกร่อนอันเนื่องมาจากซัลเฟตและช่วยในการควบคุมปฏิกิริยาระหว่างต่างกับซิลิกา นอกจากนี้ยังมีผลพลอยได้ในการลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอีกทางหนึ่งด้วย

ปอซโซลานที่ได้จากขบวนการผลิต ได้แก่ ถ้ำลอยที่เป็นผลพลอยได้จากการเผาไหม้ถ่านและข่านอ้อยในการผลิตกระแสไฟฟ้า ถ้ำลอยประกอบด้วยอนุภาคทรงกลมของซิลิกาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญประมาณ 66 – 68 % ถ้ำลอยบางชนิดสามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็วกับปูนขาวและต่าง เกิดเป็นสารประกอบที่มีแรงยึดประสาน แต่ถ้ำลอยบางชนิดก็สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำและแข็งตัวได้เช่นเดียวกันตาม ASTM C 618 ได้จำแนกปอซโซลานออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ได้แก่

1) ชั้นคุณภาพ N เป็นปอซโซลานจากธรรมชาติหรือปอซโซลานจากธรรมชาติที่ผ่านขบวนการเผาแล้วเพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ

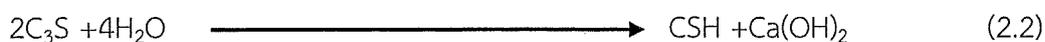
2) ชั้นคุณภาพ F เป็นถ้ำลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินแอนทราไซต์ (Anthracite) หรือบิทูมินัส (Bituminous) ถ้ำลอยในชั้นคุณภาพนี้มีคุณสมบัติเป็นปอซโซลาน

3) ชั้นคุณภาพ C เป็นถ้ำลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินลิกไนต์ (Lignite) หรือซับบิทูมินัส (Sub bituminous) ถ้ำลอยในชั้นคุณภาพนี้นอกจากจะมีคุณสมบัติเป็นปอซโซลานแล้วยังมีคุณสมบัติเหมือนกับปูนซีเมนต์อีกด้วยคือสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วเกิดแรงยึดประสานได้เลย ถ้ำลอยในชั้นคุณภาพนี้อาจมีปูนขาวปนอยู่มากกว่า 10 %

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของปอซโซลานทั้ง 3 ชั้นคุณภาพ

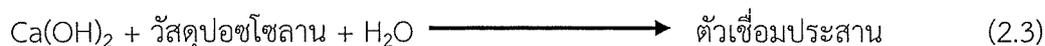
เกณฑ์กำหนดองค์ประกอบทางเคมีของปอซโซลานทั้ง 3 ชั้นคุณภาพ เป็นไปตามตารางต่อไปนี้			
ชั้นคุณภาพ			
ผลรวมของซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO ₂) อลูมิเนียมออกไซด์ (Al ₂ O ₃)	N	F	C
ไอร์ออนออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	7.0	7.0	5.0
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃) ร้อยละ ไม่เกิน	4.0	5.0	5.0
ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	3.0	3.0	3.0
การสูญเสียเนื่องจากการเผา ร้อยละ ไม่เกิน	6.0	6.0	6.0

จะเห็นได้ว่าวัสดุปอซโซลานแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังนั้นในการนำไปใช้งานจึงควรมีการตรวจสอบคุณภาพให้แน่ใจเสียก่อนเพื่อจะได้นำไปใช้งานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำเกิดเป็น Ca(OH)₂ โดย Ca(OH)₂ เกิดจากปฏิกิริยาของไตรแคลเซียมซิลิเกต (C₃S) และไดแคลเซียมซิลิเกต (C₂S) ที่เป็นสารประกอบหลักของปูนซีเมนต์ ส่วนปฏิกิริยาของไตรแคลเซียมอะลูมิเนต (C₃A) และเตตราแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์ (C₄AF) จะไม่ก่อให้เกิด Ca(OH)₂ ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2



โดย C₃S = 3CaO·SiO₂ และ C₂S = 2CaO·SiO₂

CSH คือแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต มีคุณสมบัติเป็นตัวประสานที่มีส่วนประกอบทางเคมี คือ 3CaO·2SiO₂·3H₂O และ เมื่อมี Ca(OH)₂ ปฏิกิริยาปอซโซลานก็จะเกิดขึ้นดังสมการที่ 2.3



ปฏิกิริยาปอซโซลานมีความแตกต่างจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ คือ

(1) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดช้ากว่า (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดหรือพื้นที่ผิวของวัสดุปอซโซลาน) ทำให้ปริมาณความร้อนที่เกิดต่ำ และการพัฒนากำลังช้ากว่า

(2) เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ Ca(OH)₂ ส่วนปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์เป็นปฏิกิริยาที่ผลิต Ca(OH)₂ ดังนั้นปฏิกิริยาที่เกิดส่วนมากต้องรอให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์เกิดขึ้นก่อน

(3) ทำให้มีตัวเชื่อมประสานมากขึ้นซึ่งจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตให้ดีขึ้น เช่น คุณสมบัติด้านกำลังอัด ความคงทน การต้านความซึมผ่านของน้ำและการเป็นฉนวนกันความร้อน [11]

วัสดุปอซโซลานชนิดอื่น

นอกจากวัสดุปอซโซลานดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีการพัฒนาวัสดุปอซโซลานใหม่ขึ้นมาใช้ แต่วัสดุปอซโซลานที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ยังขาดข้อมูลการวิจัยเชิงลึกเพื่อนำไปใช้งานจริง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งโดยหลักการแล้ววัสดุปอซโซลานเหล่านี้จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติด้านการรับกำลังและความคงทนของคอนกรีตเป็นหลัก ซึ่งวัสดุปอซโซลานที่จะกล่าวถึงในที่นี้ประกอบด้วย เมทาเคสอิน เถ้าซีลี้อยไม้ เถ้าภูเขาไฟ และเถ้าขยะ [11]

2.3.3 เถ้าชีวมวล

ตามมาตรฐาน ASTM C 618-80 เถ้าชีวมวลเป็นของแข็งเม็ดกลมมีความละเอียด ซึ่งลอยขึ้นมาพร้อมกับอากาศที่ร้อน ที่เกิดจากการเผาไหม้ของแกลบและชานอ้อยรวมทั้งวัสดุชนิดอื่น ๆ ที่บดละเอียด (Pulverized Coal) ในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า และจะถูกจับด้วยเครื่องดักจับ (Precipitator) หลังจากนั้นจะถูกส่งต่อไปยังถังเก็บ ซึ่งแกลบและชานอ้อยใช้เป็นเชื้อเพลิง เมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิสูงในเตาเผา คุณสมบัติของสารประกอบต่าง ๆ ในชีเถ้าจะเปลี่ยนไป ทั้งทางด้านกายภาพและด้านเคมี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในเตาเผา รวมทั้งวิธีการที่ทำให้เย็นตัว

ปฏิกิริยาของเถ้าชีวมวล

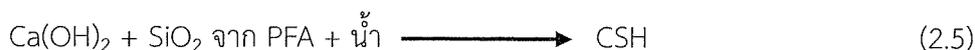
1) CSH จะทำหน้าที่เป็นกาวเชื่อมประสานในส่วนผสมของคอนกรีตจับตัวกันส่วน CH ที่เกิดขึ้นนี้ประมาณ 25 % โดยปริมาตร ซึ่งไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อันใด เช่นเกิดเป็นฟิล์มบนผิวของคอนกรีตทำให้การจับยึดกันระหว่างมวลรวมและมอร์ต้าไม่ดีนัก ปูนซีเมนต์เมื่อผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันได้สารประกอบ 2 ชนิด คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH)



2) CSH จะทำหน้าที่เป็นกาวเชื่อมประสานในส่วนผสมของคอนกรีตจับตัวกันส่วน CH ที่เกิดขึ้นนี้ประมาณ 25 % โดยปริมาตร ซึ่งไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อันใด เช่นเกิดเป็นฟิล์มบนผิวของคอนกรีตทำให้การจับยึดกันระหว่างมวลรวมและมอร์ต้าไม่ดีนัก

ลักษณะการทำงานของเถ้าชีวมวล

1) เมื่อใส่เถ้าชีวมวลผสมเข้าไป SiO_2 ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในเถ้าชีวมวล จะทำปฏิกิริยากับ CH และก่อให้เกิด CSH เพิ่มขึ้น



2) CSH ซึ่งมีหน้าที่เป็นกาวที่เพิ่มขึ้น จะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตให้ดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติด้านกำลังอัด, ความทนทาน และการต้านการซึมผ่านของน้ำ เป็นต้น

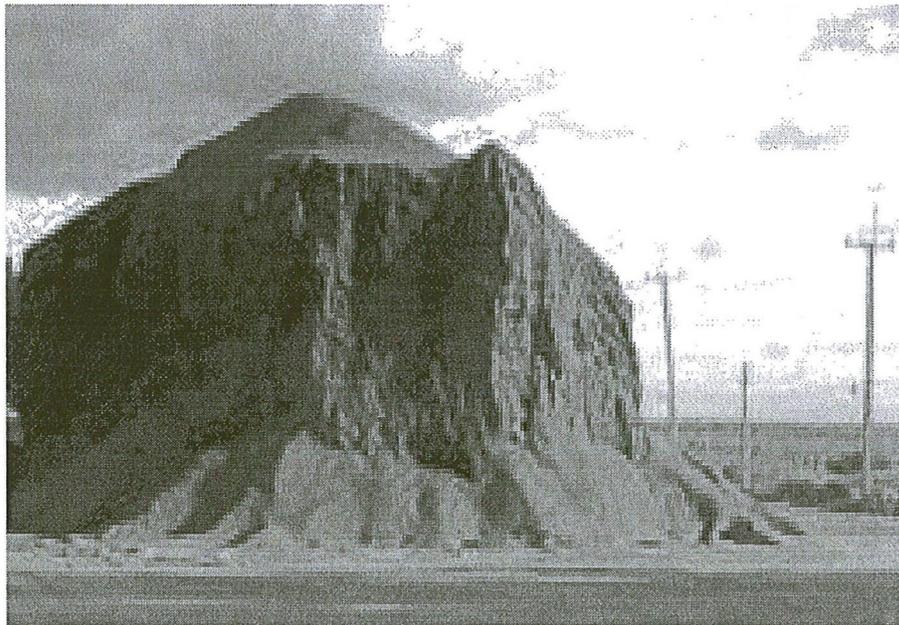
ประโยชน์และการใช้งานของเถ้าชีวมวล

- 1) ลดการเยิ้ม (Bleeding) และแนวโน้มการแยกตัวของอิฐบล็อก
- 2) อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันช้า ดังนั้นความร้อนจากปฏิกิริยาจะลดลง
- 3) เพิ่มความทนทานของอิฐบล็อก ด้วยเหตุผล 2 ประการคือ
 - 3.1) ปริมาณน้ำที่ใช้จะลดลงเมื่อต้องการความสามารถก่ออิฐได้ที่เท่ากัน
 - 3.2) ปฏิกิริยาระหว่างเถ้าชีวมวลกับ Ca(OH)_2 ทำให้ช่องว่างในเนื้ออิฐบล็อกลดลง

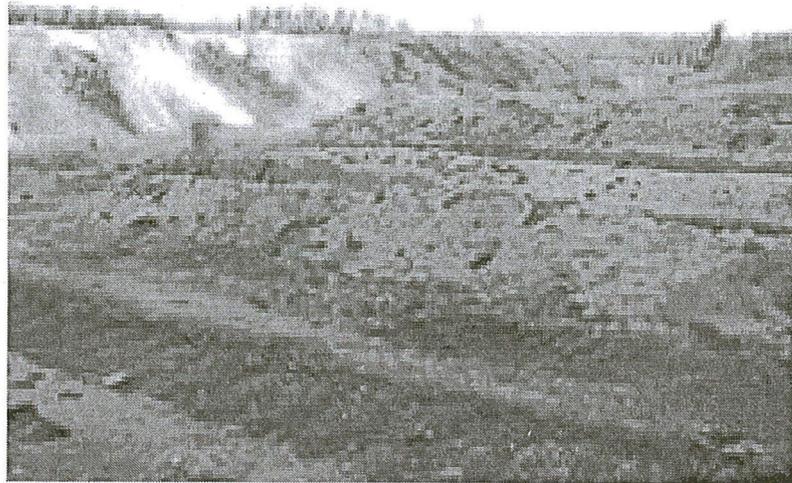
ซึ่งวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้ในเถ้าชีวมวล มี 2 ชนิด ดังนี้

- 1) เถ้าแกลบ (Chaff Fuel Ash)
- 2) เถ้าชานอ้อย (Sugar Cane Fuel Ash)

ข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญมาก ในปีหนึ่งจะมีการเก็บเกี่ยวข้าวได้ทั่วโลกประมาณ 600 ล้านตันซึ่ง ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกข้าวมากที่สุด มีกำลังการผลิตข้าวปีละประมาณ 25 ล้านตัน ในปีหนึ่ง ๆ ในกระบวนการสีข้าวเปลือกสะอาด 100% จะได้แกลบ 20–30% รำ 8–11% ทำให้ประเทศไทยได้แกลบจากการสีข้าวประมาณ 5 ล้านตัน ในแต่ละตัน (1000 กิโลกรัม) ของข้าวเปลือกเมื่อสีแล้วจะมีแกลบอยู่ประมาณ 200 กิโลกรัม และเมื่อนำแกลบไปเผาจะได้เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash) ประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักของแกลบหรือประมาณ 40 กิโลกรัม เนื่องจากเถ้าแกลบมีปริมาณซิลิกา (Silica) สูง จึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่เหมาะสมสำหรับการนำมาพัฒนาทำเป็นวัสดุปอซโซลาน



รูปที่ 2.2 กองแกลบก่อนเผา



รูปที่ 2.3 กองแกลบหลังเผา

1.1) องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบแสดงในตารางที่ 2.3 ซึ่งพบว่าเถ้าแกลบมี SiO_2 สูงมากถึงประมาณร้อยละ 90 ทำนองเดียวกัน พบว่าเถ้าแกลบที่เผาในประเทศไทยมี SiO_2 อยู่ร้อยละ 92.28 และ 91.84 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์ของโซเดียม โพรแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ และค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss On Ignition หรือ LOI) ซึ่งตามปกติมี LOI อยู่ประมาณร้อยละ 2-5 อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแกลบมีผลต่อค่า LOI เพราะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เถ้าแกลบมี LOI สูงขึ้น LOI ที่อยู่ในเถ้าแกลบส่วนใหญ่จะเป็นธาตุถ่านคุดน้ำสูง และถ้ามีจำนวนมากจะทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงได้ [11]

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบ

สารประกอบ	เถ้าแกลบ	เถ้าแกลบขาว	เถ้าแกลบดำโรงสี
SiO_2	86.9-97.3	88.33	89.95
K_2O	0.6-2.5	2.76	1.49
Na_2O	0-1.5	0.15	0.07
CaO	0.2-1.5	0.56	0.50
MgO	0.12-1.96	0.28	0.23
Fe_2O_3	0-0.6	3.37	1.89
P_2O_5	0.2-2.9	NA	NA
SO_3	0.1-1.1	0.12	0.02
Cl	0-0.4	NA	NA
Al_2O_3	NA	0.48	0.54
LOI	NA	3.71	4.70

1.2) การเผาและชนิดของแกลบ

แกลบเมื่อได้รับความร้อนจะสูญเสียความชื้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เกิดการเผาไหม้และถ้ามีอากาศพอจะกลายเป็นเถ้าสีขาว การเผาแกลบในที่ที่มีอากาศไม่เพียงพอและที่อุณหภูมิต่ำจะได้แกลบที่มีสีดำและการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (LOI) สูง นอกจากนี้ต้องลดให้ละเอียดอย่างมากจึงจะสามารถนำมาใช้ผสมปูนซีเมนต์ได้ การเผาในที่ที่มีอากาศไม่เพียงพอหรือระยะเวลาในการเผาสั้น ถึงแม้มีอุณหภูมิสูงก็ตาม แกลบดำที่ได้ก็ยังคงมี LOI สูง แกลบที่ผ่านการเผาที่สมบูรณ์มี LOI ต่ำ และมีซิลิกาสูง

เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบมีองค์ประกอบที่มีซิลิกาชนิดอะมอร์ฟัส (Amorphous Silica) เป็นผลพลอยได้สามารถนำมาเพิ่มมูลค่าของเถ้าแกลบโดยการนำมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้เช่นนำไปทำชั้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เซมิคอนดักเตอร์ เป็นต้นส่วนที่เกิดจากการเผาไหม้แกลบอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 800-900 องศาเซลเซียสมี 2 ประเภท คือเถ้าลอย (Fly ash) ซึ่งมีลักษณะเล็กและเบา กับเถ้าหนัก (Bottom Ash) ในอัตราส่วน 9 : 1 โดยเถ้าที่ได้มีคุณสมบัติเป็นฉนวน (Fine Grain) หรือที่นิยมเรียกว่าซีเถ้าแกลบ Type B (มีปริมาณคาร์บอนเจือปนต่ำ 2-7 %) ซึ่งลักษณะโครงสร้างดังกล่าวเป็นที่ต้องการสำหรับการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กกล้า นอกจากนี้เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาในอัตรา 9 ส่วน ใน 10 ส่วน-ของเถ้าทั้งหมด

1.3) วิธีการเผาแกลบ

การเผาแกลบทำได้หลายวิธีแต่ละวิธีจะได้อุณหภูมิของการเผาแกลบและเถ้าแกลบแตกต่างกันได้แก่การเผาแกลบโดยกองแกลบบนแผ่นเหล็กที่มีรูพรุน ซึ่งอยู่สูงกว่าพื้นเล็กน้อยในที่กลางแจ้ง ขนาดของกองแกลบจะมีผลต่อทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาของการเผาแกลบ พบว่ากองแกลบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 ม. สูง 40-45 ซม. ปริมาณแกลบ 18-20 กก. จะมีอุณหภูมิสูงสุด 600 องศาเซลเซียส จะได้เถ้าแกลบสีเทาขาวและการเผาแกลบในเตาเผา การเผาแกลบในเตาเผา 3 ชนิด คือ

ก) เตาเผา ขนาด 105 x 105 ซม. ทำจากแผ่นเหล็กที่มีรูพรุน พบว่าเมื่อใช้แกลบ 50 กก. และ 100 กก. จะมีอุณหภูมิการเผาแกลบสูงสุด 100 และ 800 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะได้เถ้าแกลบสีเทาขาว

ข) เตาเผาถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร แบบของ PCSIR (Pakistan Council of Scientific and Industrial Research) พบว่า อุณหภูมิสูงสุดของการเผาแกลบเท่ากับ 750 องศาเซลเซียส จะได้เถ้าแกลบสีเทาขาวปนดำ

ค) เตาเผาอิฐแบบของ PCSIR (Pakistan Council of Scientific and Industrial Research) พบว่า อุณหภูมิในการเผาแกลบเท่ากับ 650 องศาเซลเซียส จะได้เถ้าแกลบสีเทาขาวปนดำและการเผาแกลบเป็นเชื้อเพลิงในโรงสีข้าว โดยใช้แกลบที่ได้จากการสีข้าวของโรงสีข้าวนำมาเผาเป็นเชื้อเพลิงให้กับ Boiler ที่ใช้ในโรงสีซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ ไม่มีอากาศถ่ายเท เถ้าแกลบที่ได้จะมีสีดำ ซึ่งจากการทดสอบพบว่า เถ้าแกลบดำเป็นเชื้อเพลิงในโรงสีสามารถนำมาใช้ผสมปูนซีเมนต์ได้ โดยคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ผสมใกล้เคียงกับเมื่อใช้เถ้าแกลบดำขาว

อิทธิพลของอุณหภูมิเผาแกลบที่มีต่อคุณสมบัติของเถ้าแกลบ เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาไหม้ธรรมดา จะได้ซิลิกาอยู่ในรูปของผลึกซึ่งเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี ไม่เหมาะที่จะนำมาทำปูนซีเมนต์ การเผาแกลบโดยไม่ได้ออกซิเจนระหว่างการเผาไหม้จะเป็นการทำลายโครงสร้างของเซลล์ โดยการเปลี่ยน

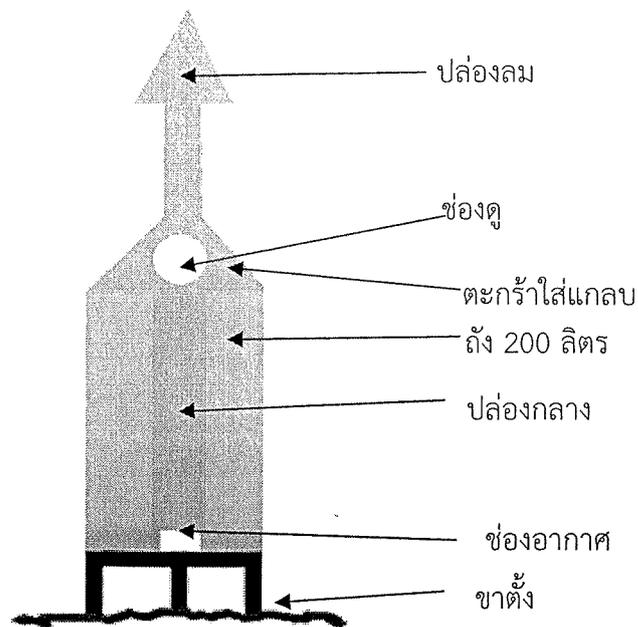
โครงสร้างที่อยู่ในรูปอสัณฐาน เป็นโครงสร้างที่อยู่ในรูปของผลึก จะเห็นได้ว่าเป็นการสูญเสียประโยชน์ที่จะนำซิลิกาที่เร็วต่อปฏิกิริยาเคมีไปผลิตปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบที่อยู่ในรูปอสัณฐานได้จากการเผาไหม้โดยการควบคุมขบวนการเผาไหม้ (Controlled Burning) ซึ่งแกลบเผาที่อยู่ในรูปอสัณฐาน เป็นตัวประกอบสำคัญในการผลิตปูนซีเมนต์การนำแกลบไปเผาจะได้เถ้าแกลบเหลืออยู่ประมาณ 20% ของน้ำหนักเดิม จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าถ้าเถ้าแกลบมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบสูงเกือบ 90% คุณสมบัติของเถ้าแกลบจะแตกต่างกันตามอุณหภูมิและระยะการเผา เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิต่ำจะมีสารอินทรีย์ที่ยังเผาไหม้ไม่หมดเหลืออยู่มาก แต่ถ้าเผาที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะได้ซิลิกาในรูปของผลึก (Crystal) ซึ่งบดละเอียดได้ยากและเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยา การเผาแกลบในอุณหภูมิช่วง 600-800 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิพอเหมาะจะทำให้เถ้าแกลบที่ได้เป็นเถ้าแกลบที่มีซิลิกาอยู่ในรูปอสัณฐาน ซึ่งมีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา

นอกจากนี้ความว่องไวในการทำปฏิกิริยาของเถ้าแกลบยังขึ้นอยู่กับความละเอียดของเถ้าแกลบ เถ้าแกลบที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 600-800 องศาเซลเซียส จะเป็นสีเทาขาวและเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิต่ำและไม่มีอากาศถ่ายเทจะมีสีดำ และยังพบว่าเถ้าแกลบเทาขาวและเถ้าแกลบดำมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน ส่วนประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบเทาขาวและเถ้าแกลบดำ แต่เถ้าแกลบดำจะมีปริมาณคาร์บอนสูง ซึ่งจะมีผลต่อปฏิกิริยาไฮเดรชันโดยถ้ามีมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้กำลังของปูนซีเมนต์ลดลง การที่นำเอาเถ้าแกลบมาผสมคอนกรีตจะสามารถลดราคาของปูนซีเมนต์ลงได้โดยที่กำลังยังมีค่าคงเดิมหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่เราก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อ ขนส่งและทำการเผาแกลบอยู่บ้างแต่เมื่อเทียบกับราคาของปูนซีเมนต์ที่ลดลงแล้วก็ยังถือว่าคุ้มค่า ความละเอียดของแกลบเผา ความละเอียดของแกลบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่กำหนดคุณสมบัติของเถ้าแกลบ เถ้าแกลบที่มีความละเอียดสูงกว่าย่อมมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาได้ดีกว่า โดยทั่วไปความละเอียดสามารถกำหนดได้จากพื้นที่ผิวจำเพาะที่หาได้จากการทดสอบด้วยแอร์เพอร์มิอิมิตี (Air Permeability Test) หรือ เทอร์ปิโดมิเตอร์

อิทธิพลของคาร์บอนในแกลบเผา การเผาไหม้แกลบที่อุณหภูมิต่ำกว่า 600 องศาเซลเซียส คาร์บอนที่เกิดขึ้นในแกลบเผาจะไปรบกวนปฏิกิริยาไฮเดรชัน การเผาแกลบที่อุณหภูมิ 600-650 องศาเซลเซียสจะได้คาร์บอน 6-14 % ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถนำไปใช้งานได้ การเผาแกลบในอุณหภูมิต่ำจะมีคาร์บอนในเถ้าแกลบสูง ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาไฮเดรชันในปูนซีเมนต์ถ้ามีส่วนผสมของคาร์บอนมากกว่าร้อยละ 20 จะทำให้กำลังของปูนซีเมนต์ลดลง

1.4) การบดและลักษณะของแกลบเผาบดละเอียด

แกลบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิที่ไม่สูงเกินไปจะยังคงรักษาความพรุนและโครงสร้างเซลล์ไว้ได้ โครงสร้างของเซลล์ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนของแกลบเผาแล้วมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ในการนำไปใช้เป็นวัสดุปอซโซลานจึงต้องบดเถ้าแกลบให้ละเอียดให้มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของผงปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นความละเอียดที่นำมาใช้งานได้ดี การบดละเอียดเถ้าแกลบนิยมใช้การบดแห้งเพราะบดได้ง่ายและเร็ว แต่ทั้งนี้การบดเปียกสามารถให้เถ้าแกลบที่มีอนุภาคที่ละเอียดมาก แต่วิธีการยุ่งยากกว่า



รูปที่ 2.4 เตาเผาแบบถังน้ำมัน PCSIR

1.5) คุณสมบัติของแกลบ

ความถ่วงจำเพาะของแกลบขึ้นอยู่กับวิธีการเผา แกลบที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะมีสิ่งที่ไม่ไหม้ไม่หมดและคาร์บอนปนอยู่มากและจะมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ ความถ่วงจำเพาะแกลบที่เผาไหม้ค่อนข้างสมบูรณ์มีค่าระหว่าง 1.9-2.3 และยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการเผาดังแสดงในรูปที่ 2.4 แกลบเผาที่อุณหภูมิ 500°C มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.06 และความถ่วงจำเพาะจะเพิ่มเป็น 2.20 และ 2.30 ที่อุณหภูมิการเผา 800°C และ 1,000°C ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของความถ่วงจำเพาะเนื่องมาจากปริมาณคาร์บอนลดน้อยลง

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของแกลบ

สี	เหลือง/ทอง
ความยาว (มม.)	5-10
ความกว้าง (มม.)	2.5-5
ความแกร่ง (Mohr' s scale)	5.5-6.5
ความหนาแน่นรวม (กก./ม ³ .)	96-160
มุมเอียงเวลากอง (Angle of repose)	35

1.6) ความละเอียดของเก้าแกลบ

การวัดขนาดอนุภาคของเก้าแกลบนิยมใช้พื้นที่ผิวจำเพาะ ความละเอียดของเก้าแกลบ นอกจากขึ้นอยู่กับเวลาและวิธีในการลดแล้ง ยังขึ้นอยู่กับวิธีการเผาแกลบ เช่น ที่อุณหภูมิเผาแกลบ 500°C ใช้เก้าแกลบที่มีพื้นที่ผิวสูงสุด ที่อุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ผิวจะลดลงอย่างมาก จากการเป็นผลึกและการทำลายโครงสร้างเซลล์ที่มีรูพรุน เก้าแกลบเทาขาวที่เผาที่อุณหภูมิพอเหมาะบดละเอียดง่ายกว่าเก้าแกลบดำโรงสี ในการบด 1 ชั่วโมง เท่ากัน พบว่าเก้าแกลบเทาขาวมีความละเอียด $14,300 \text{ ซม}^2/\text{ก}$ (เมื่อวัดโดยวิธีของ Blaine) ส่วนเก้าแกลบดำโรงสีมีความละเอียดของเก้าแกลบวัดโดยวิธีของเบลนอยู่ระหว่าง $7,000 - 14,000 \text{ ซม}^2/\text{ก}$ และระหว่าง $20 - 150 \text{ ม}^2/\text{ก}$ เมื่อวัดโดยวิธีของ BET ดังนั้นการวัดความละเอียดโดยพื้นที่ผิวจำเพาะของเก้าแกลบ จึงต้องระบุวิธีการวัดให้ชัดเจน

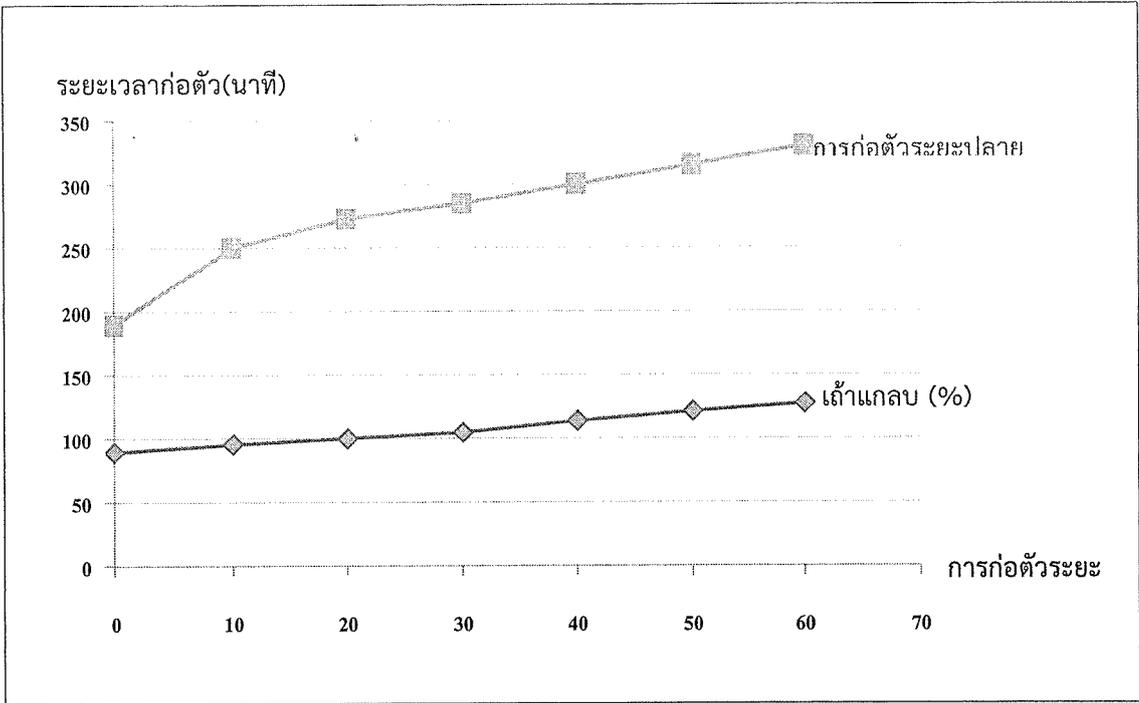
เก้าแกลบส่วนใหญ่ที่ใช้กันมีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคอยู่ในช่วงประมาณ 5 – 20 ไมครอน แต่ทั้งนี้ขนาดเฉลี่ยที่ใหญ่ประมาณ 25 ไมครอน และขนาดเฉลี่ยที่เล็กประมาณ 1 ไมครอน ก็มีการใช้กันอยู่

1.7) ความเป็นวัสดุปอซโซลานของเก้าแกลบ

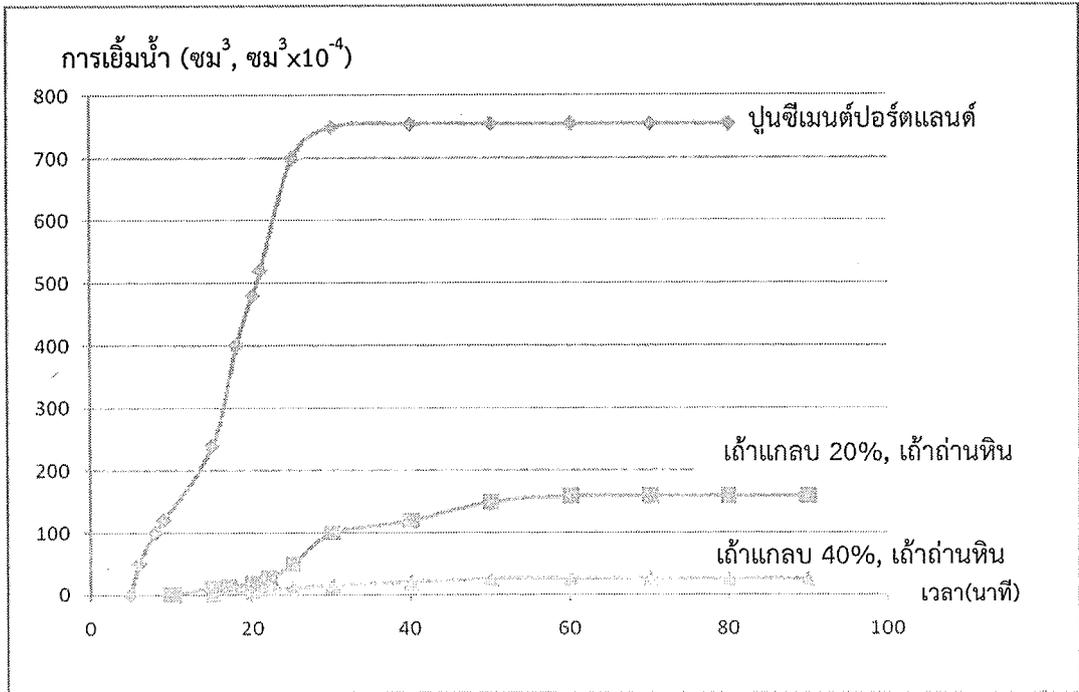
ความเป็นวัสดุปอซโซลานของเก้าแกลบสามารถวัดได้โดยการทดสอบค่าดัชนีกำลังตามมาตรฐาน ASTM C311 โดยใช้การทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7, 14 และ 28 วันของมอร์ต้าที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์หรือที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเก้าแกลบร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ค่าดัชนีกำลัง คือ ค่ากำลังที่ทดสอบได้เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังของมอร์ต้าที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน หากค่าดัชนีกำลังมีค่าสูงแสดงถึงความเป็นวัสดุปอซโซลานที่ดีของเก้าแกลบ [11]

1.8) คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ มอร์ต้าร์ และคอนกรีตสด

การที่เก้าแกลบมีรูพรุนสูงมากและรูปร่างที่ไม่แน่นอนทำให้คอนกรีตที่มีส่วนผสมของเก้าแกลบต้องการน้ำในส่วนผสมเพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าต่ำลง เพื่อแก้ไขปัญหานี้จึงนำเก้าแกลบมาบดให้ละเอียดขึ้นซึ่งจะทำลายรูพรุนของเก้าแกลบได้และใช้สารลดน้ำเข้าช่วยเพื่อให้คอนกรีตยังมีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่าเดิมและมีความสามารถในการเทตามต้องการ เวลาการก่อตัวระยะต้นและระยะปลายของเพสต์ที่ใช้เก้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนจะนานกว่าซีเมนต์เพสต์ระยะเวลาการก่อตัวต้นจะเพิ่มขึ้นไม่มากนัก แต่ระยะเวลาการก่อตัวปลายเพิ่มขึ้นค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เก้าแกลบทำให้การเยิ้ม น้ำของคอนกรีตลดลงดังแสดงในรูปที่ 2.6 เนื่องจากเก้าแกลบมีพื้นที่ผิวสูง นอกจากนี้ยังสามารถใช้เก้าแกลบผสมร่วมกับวัสดุปอซโซลาน เช่น เก้าถ่านหิน ซึ่งทำให้วัสดุประสานมีคุณสมบัติดีขึ้น [11]



รูปที่ 2.5 ระยะเวลาการก่อตัวปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมถ้าแก่ลบ [13]



รูปที่ 2.6 การเข้มน้ำของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมถ้าแก่ลบและถ่านหิน [11]

จากรูปที่ 2.5 ระยะเวลาการก่อดำของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบ สรุปได้ว่าระยะเวลาการก่อดำระยะต้นของมอร์ต้าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบ ที่มีเปอร์เซ็นต์เถ้าแกลบยิ่งเยอะ ระยะเวลาการก่อดำก็ยิ่งมาก ดังเช่นในแผนภูมิกราฟเวลาการก่อดำของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบ จะเริ่มก่อดำจากนาที่ที่ 90 ที่มีเปอร์เซ็นต์การผสมเถ้าแกลบเป็น 0 ส่วน ที่มีการเพิ่มส่วนของเถ้าแกลบ ทุก ๆ 10 % ระยะเวลาการก่อดำของเถ้าแกลบจะเพิ่มขึ้นประมาณ 5 นาที

ส่วนระยะเวลาการก่อดำระยะปลาย จากแผนภูมิกราฟเวลาการก่อดำของมอร์ต้าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบ จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการก่อดำระยะปลายของมอร์ต้าจะมีระยะเวลาการก่อดำจากนาที่ที่ 190 ที่มีเปอร์เซ็นต์การผสมของเถ้าแกลบเป็น 0 และเมื่อมีการผสมเถ้าแกลบทุก ๆ 10 % จะใช้ระยะเวลา การก่อดำระยะปลายของมอร์ต้า เพิ่มขึ้นประมาณ 20 นาที

จากรูปที่ 2.6 การเอี่ยมน้ำของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบและถ่านหินสรุปได้ว่า ระยะเวลาการเอี่ยมน้ำของเถ้าแกลบ 40 % ถ่านหิน 40% จะเริ่มเอี่ยมน้ำน้อยที่สุด จากนาที่ที่ 15 เป็นต้นไป มีปริมาณการเอี่ยมน้ำ 0 ซม^3 , $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$ และเอี่ยมน้ำเพิ่มขึ้นจากนาที่ที่ 20 ปริมาณการเอี่ยมน้ำ 5 ซม^3 , $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$ และจากกราฟจะเห็นว่าเถ้าแกลบ 40 % ถ่านหิน 40 % จะหยุดการเอี่ยมน้ำ จากนาที่ที่ 40 ที่มีปริมาณการเอี่ยมน้ำที่ 20 ซม^3 , $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$

เถ้าแกลบ 20 %, ถ่านหิน 40 % จะเอี่ยมน้ำแต่ก็มากกว่า เถ้าแกลบ 40 % ถ่านหิน 40 % จะเริ่มเอี่ยมจากนาที่ที่ 10 มีเปอร์เซ็นต์การเอี่ยมน้ำ 0 ซม^3 , $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$ นาที่ที่ 15 มีปริมาณการเอี่ยมน้ำ 15 ซม^3 , $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$ และ จากนาที่ที่ 100 มีการเอี่ยมน้ำเพิ่มขึ้น 20 ซม^3 , $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$ ส่วนตั้งแต่ นาที่ที่ 50 จะเริ่มหยุดการเอี่ยมน้ำ ที่มีปริมาณเอี่ยมน้ำที่ ประมาณ 150 ซม^3 , $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$

ส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีการเอี่ยมน้ำดีที่สุด จะเริ่มเอี่ยมน้ำจากนาที่ที่ 5 ปริมาณการเอี่ยมน้ำ $0-50 \text{ ซม}^3$, $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$ นาที่ที่ 10 ปริมาณการเอี่ยมน้ำ 100 ซม^3 , $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$ และปริมาณการเอี่ยมน้ำสูงขึ้นมากภายในเวลา 30 นาทีที่ปริมาณการเอี่ยมน้ำ 750 ซม^3 , $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$ จากนาที่ที่ 30-80 การเอี่ยมน้ำคงที่อยู่ที่ 750 ซม^3 , $\text{ซม}^3 \times 10^{-4}$ ไปจนถึงนาที่ที่ 80 ก็หยุดการเอี่ยมน้ำ

1.9) กำลังรับแรงอัด

กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบที่อายุต้นขึ้นอยู่กับความละเอียดของเถ้าแกลบ เถ้าแกลบที่มีความละเอียดสูงจะให้กำลังในระยะต้นสูง เนื่องจากความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาส่วนเถ้าแกลบซึ่งได้จากการเผาเถ้าโดยตรงจะทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดต่ำเพราะมีขนาดใหญ่และดูดน้ำมาก เถ้าแกลบเป็นวัสดุพอซโซลานดังนั้น จึงต้องใช้ต่างที่ได้จากปฏิกิริยา ไฮเดรชันของปูนซีเมนต์มาทำปฏิกิริยา จึงทำให้กำลังในช่วงอายุต้นต่ำ แต่เมื่ออายุมากขึ้นกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบ สามารถมีค่าสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าแกลบได้โดยเฉพาะกรณีที่เถ้าแกลบมีความละเอียดสูง เช่น การใช้เถ้าแกลบบดละเอียดซึ่งมีอนุภาคข้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ไม่เกินร้อยละ 1 แทนที่ปูนซีเมนต์ เพื่อทำคอนกรีตคุณภาพสูงโดยมีสารลดน้ำพิเศษเพื่อปรับความสามารถในการเท พบว่าในช่วงอายุต้น (3-7 วัน) คอนกรีตผสมเถ้าแกลบบดละเอียดมีกำลังต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม แต่เมื่ออายุ 28 วัน พบว่าคอนกรีตที่ใช้เถ้าแกลบบดละเอียดร้อยละ 30 มีกำลังอัดที่สูงกว่าคอนกรีตควบคุม แต่การแทนที่เถ้าแกลบบดละเอียดในปริมาณที่สูงกว่านี้จะให้กำลังอัดต่ำทั้งอายุต้นและอายุปลาย

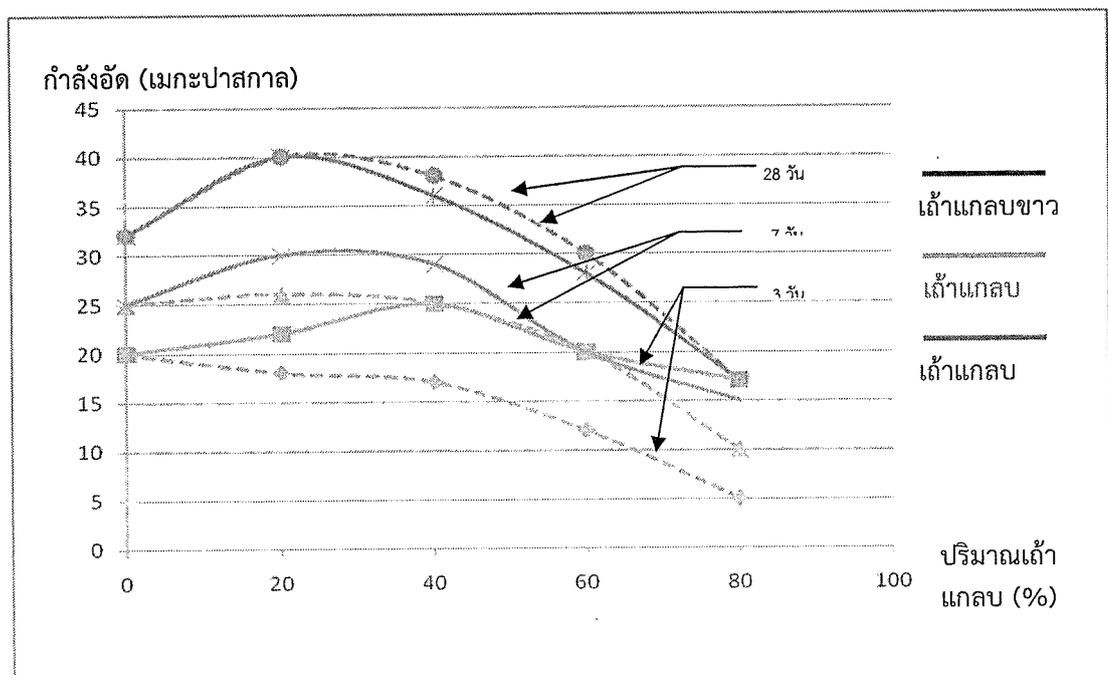
การใช้เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่เหมาะสมจะส่งผลดีต่อกำลังอัด ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งแสดงกำลังอัดของมอร์ต้าที่ผสมเถ้าแกลบที่มีความละเอียดสูง ส่วนผสมที่ใช้เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์

ร้อยละ 20 ถึง 40 โดยน้ำหนักให้กำลังอัดค่อนข้างสูง แต่การใช้เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์มากเกินไปทำให้กำลังอัดของคอนกรีตต่ำกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าแกลบ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เถ้าแกลบร่วมกับเถ้าถ่านหินทำให้ส่วนผสมมีความชื้นไหลและกำลังดีขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2.5 เนื่องมาจากการเกื้อกูลกัน (Synergic Effect) ระหว่างเถ้าแกลบและเถ้าถ่านหิน

นอกจากการผสมปูนซีเมนต์แล้ว ยังสามารถผสมเถ้าแกลบกับปูนขาว ซึ่งมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานเช่นกัน แต่กำลังรับแรงจะต่ำเนื่องจากกำลังรับแรงพื้นฐานของปูนขาวต่ำ และเถ้าแกลบมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ กำลังรับแรงจะลดลงตามปริมาณของ LOI ที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.7

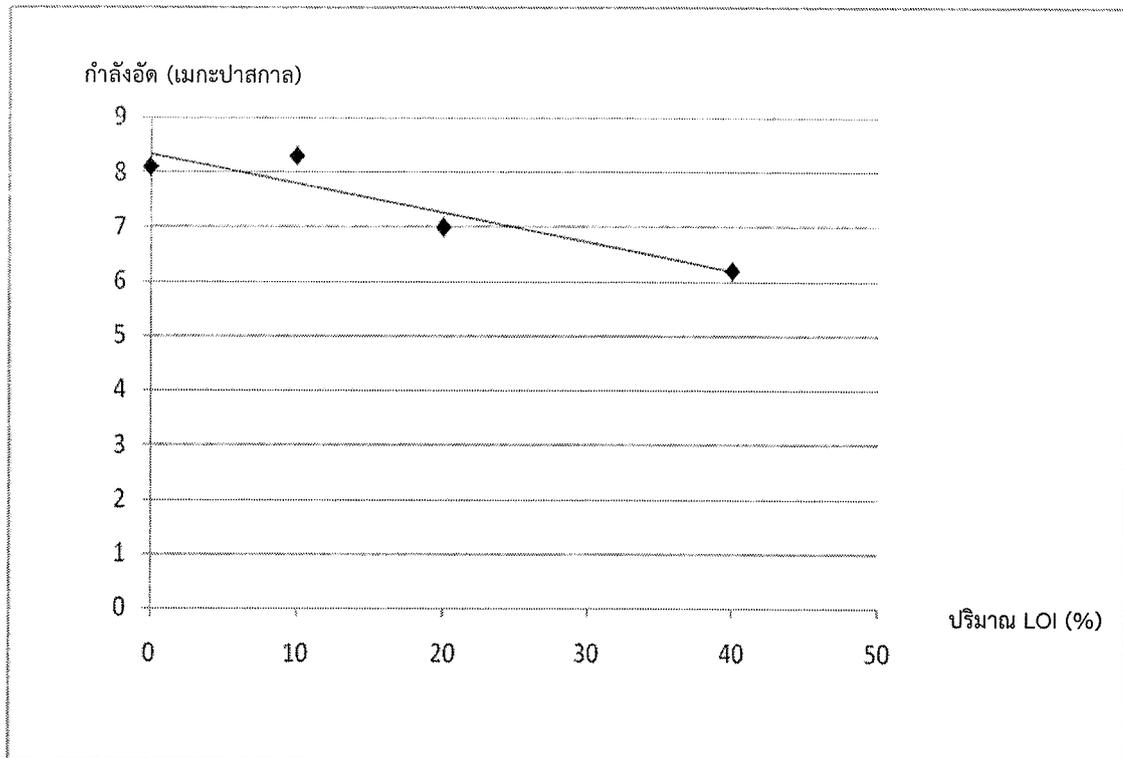
ตารางที่ 2.5 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าถ่านหินและเถ้าแกลบที่ อัตราส่วนต่อปูนซีเมนต์ต่างกัน

ส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : เถ้าถ่านหิน : เถ้าแกลบ	W/C	กำลังอัด (เมกะปาสกาล)			
		3วัน	7วัน	28วัน	90วัน
การยู่บตัว 30-60 มม.					
100:0:0	0.245	54.0	60.0	81.0	81.5
80:10:10	0.245	58.5	61.0	74.0	75.0
60:20:20	0.260	47.0	65.0	76.0	77.5
40:30:30	0.350	29.5	50.0	63.0	69.5



รูปที่ 2.7 กำลังอัดมอร์ต้าที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบบดละเอียด [13]

จากรูปที่ 2.7 กำลังอัดมอร์ต้าที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบบดละเอียด ที่มีกำลังอัดที่สูงที่สุด คือ 40 เมกะปาสกาล และผสมเถ้าแกลบน้อยที่สุด อยู่ที่ มอร์ต้าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ผสมเถ้าแกลบดำและเทาขาว อายุมอร์ต้าอยู่ที่ 28 วัน ส่วนกำลังอัดมอร์ต้าที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบบดละเอียด ที่มีกำลังอัดที่ต่ำที่สุด คือ 5 เมกะปาสกาล มอร์ต้าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบดำ 80 % และมีอายุมอร์ต้าอยู่ที่ 3 วัน



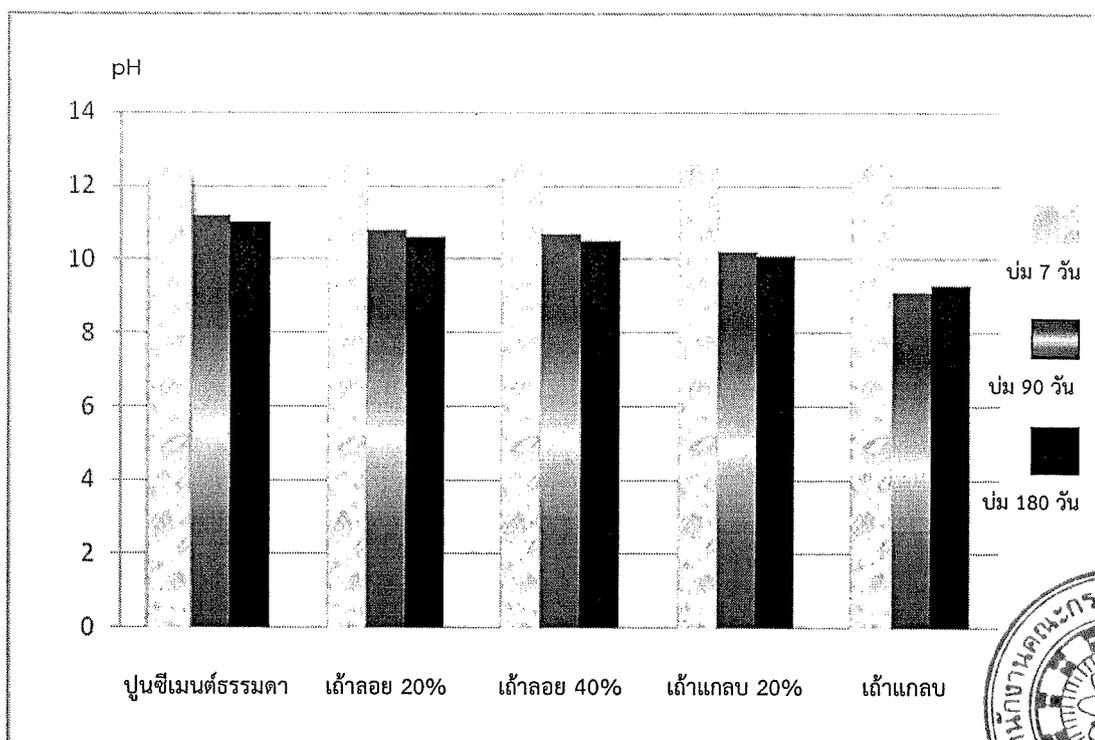
รูปที่ 2.8 กำลังอัดของมอร์ต้าปูนขาวผสมเถ้าแกลบ [13]

จากรูปที่ 2.8 กำลังอัดมอร์ต้าที่ทำจากปูนขาวผสมเถ้าแกลบบดละเอียด ที่มีกำลังอัดที่สูงที่สุด คือ 8.5 เมกะปาสกาล มีปริมาณ LOI ประมาณ 10 % ส่วนมอร์ต้าปูนขาวที่ผสมเถ้าแกลบดำและเทาขาวที่มีปริมาณ LOI ผสม 40 % พบว่า จะมีค่ากำลังอัดประมาณ 6.2 เมกะปาสกาล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้ามีปริมาณของ LOI ผสมอยู่มากเท่าไรก็จะส่งผลให้มอร์ต้ามีค่ากำลังอัดต่ำลงเรื่อย ๆ

1.10) ความทนทาน

ความคงทนต่อการทำลายของสารละลายซัลเฟต เถ้าแกลบมีความคงทนต่อสารละลายซัลเฟตได้ดีกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบดำ และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบดำที่นินดั่งแสดงในรูป 2.9 ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบบดละเอียดขยายตัวต่ำที่สุด ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบดำที่นินขยายตัวรองลงมา ในขณะที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาขยายตัวสูงที่สุด เถ้าแกลบเพิ่มความทนทานต่อการทำลายของสารละลายซัลเฟต เนื่องจากสามารถลดปริมาตรแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้มาก ค่าความเป็น

กรดหรือ ด่างของสารละลายซัลเฟตที่แช่ด้วยมอร์ต้าปูนซีเมนต์ผสมเถ้าแกลบดละเอียดมีค่าต่ำที่สุด มอร์ต้าปูนซีเมนต์ผสมเถ้าถ่านหินมีค่ารองลงมา และมอร์ต้าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา)



รูปที่ 2.9 ค่าความเป็นกรดหรือด่างของสารละลายโซเดียมซัลเฟตที่แช่ด้วยมอร์ต้าทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C1012 [14]

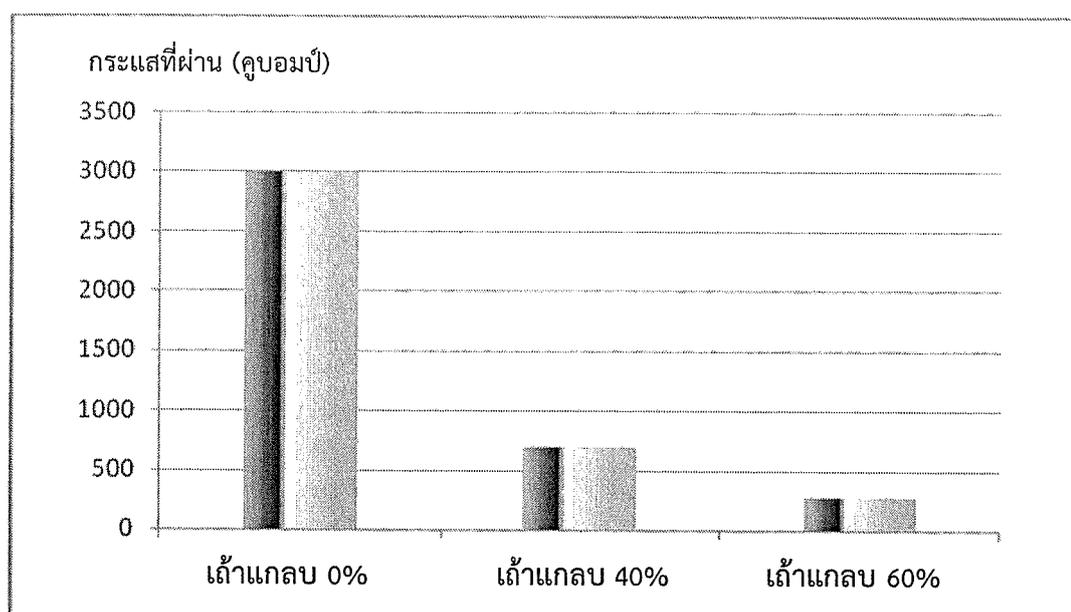
จากรูปที่ 2.9 ค่าความเป็นกรดหรือด่างของสารละลายโซเดียมซัลเฟตที่แช่ด้วยมอร์ต้าทดสอบตามมาตรฐานซึ่งเป็นการทดสอบหาค่า pH ซึ่งมีมอร์ต้าที่มีแต่ปูนซีเมนต์อย่างเดียว, ผสมเถ้าลอย 20 % ผสมเถ้าลอย 40 % , ผสมเถ้าแกลบ 20 % และ ผสมเถ้าแกลบ 40 % ซึ่งเป็นการทดสอบหลังจากการบ่มที่อายุ 7 วัน, 90 วัน และ 180 วันซึ่งจะเห็นได้ว่าการบ่มที่อายุ 7 วันจะมีค่า pH ใกล้เคียงกันทั้งหมด ส่วนการบ่มที่อายุ 90 วันมอร์ต้าที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์เพียงอย่างเดียวจะมีค่า pH มากที่สุดจะมีค่าประมาณอยู่ที่ 12.5 และการบ่มที่อายุ 180 วัน พบว่ามอร์ต้าที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ 40 % พบว่ามีค่า pH ต่ำสุดประมาณ 9 ซึ่งพอสรุปได้ว่าถ้ายิ่งบ่มมอร์ต้านานเท่าไรก็ยิ่งทำให้ค่า pH ต่ำลงมาเรื่อย ๆ [14]

1.11) การทำลายโดยกรด

คอนกรีตและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดได้ไม่ดีนัก เพราะมีความเป็นด่างสูงและสามารถถูกทำลายโดยกรดได้ง่าย การกัดกร่อนของกรดเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในซีเมนต์เพสต์ และส่วนใหญ่จะทำให้เกิดสารประกอบของแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ การเพิ่มปริมาณเถ้าแกลบสามารถลดการทำลายของกรดได้ โดยเถ้าแกลบจะลดปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ให้ต่ำลง

1.12) การต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์

การทำปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำทำให้ส่วนผสมมีความเป็นด่างสูง และสามารถป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริม โดยการเกิดฟิล์มบาง ๆ เคลือบผิวเหล็กเสริมไว้ อย่างไรก็ตาม อีออนของคลอไรด์ สามารถทำลายฟิล์มนี้ได้เมื่อซึมผ่านผิวคอนกรีตเข้าไปจนถึงเหล็กเสริม การใช้เถ้าแก้วสามารถลดปริมาณคลอไรด์ที่ซึมผ่านเข้าไปในคอนกรีตได้ เมื่อทดสอบโดยวิธีการวัดการไหลผ่านของกระแสตามมาตรฐาน ASTM C1202 ดังแสดงในรูป 2.10



รูปที่ 2.10 การต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ของคอนกรีต [13]

จากรูปที่ 2.10 การต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ของคอนกรีต สรุปได้ว่า การต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ของคอนกรีต ดีที่สุดเมื่อผสมเถ้าแก้ว 0 % จะสามารถต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ของคอนกรีต ได้ถึง 3,000 คูลอมป์ ต่างจากเมื่อมีส่วนผสมของเถ้าแก้ว 40 % และ 60 % ความสามารถที่จะต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ของคอนกรีต ได้เพียงเล็กน้อยคือ 750 และ 250 คูลอมป์ ตามลำดับ

1.13) การเกิดคาร์บอนเนชัน

การเพิ่มเถ้าแก้วในส่วนผสมของคอนกรีต หรือมอร์ต้าสามารถลดปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์เช่นเดียวกับการใช้วัสดุปอซโซลานอื่น ในการใช้วัสดุปอซโซลานอื่นซึ่งรวมถึงเถ้าแก้วด้วย เลือกที่ส่วนผสมมีเนื้อแน่น (Dense) เพราะทำให้การเกิดคาร์บอนเนชันน้อยหรือเกิดในระดับที่ไม่เป็นอันตราย นอกจากนี้คาร์บอนเนชันเกิดเฉพาะตอนที่คอนกรีตแห้งพอประมาณและไม่เกิดกับคอนกรีตที่เปียกชื้นหรือแห้งตลอดเวลา ดังนั้นคอนกรีตประเภทนี้จึงไม่ต้องคำนึงถึงการเกิดคาร์บอนเนชัน

2.2.4 คอนกรีต

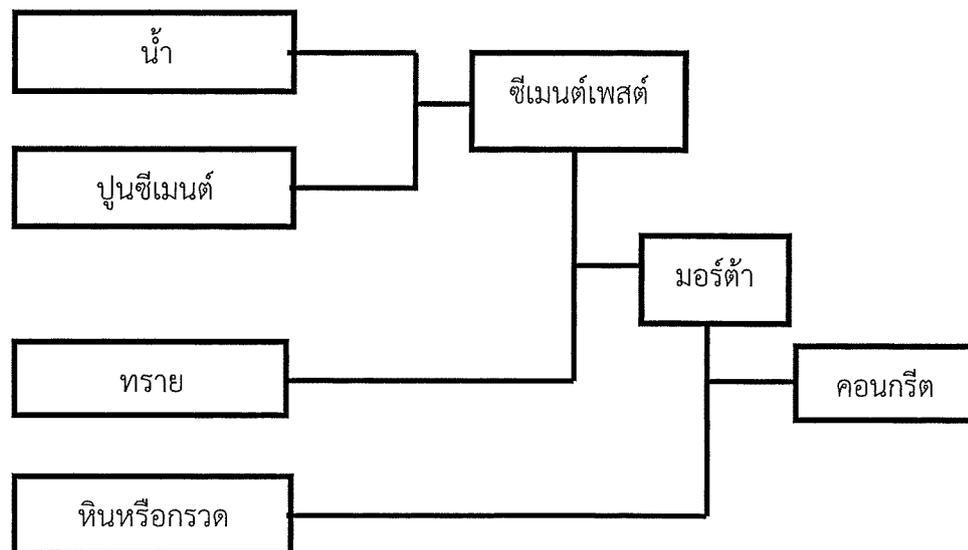
องค์ประกอบของคอนกรีต

1) ความหมายของคอนกรีต คอนกรีต คือวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน เพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่างๆ คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน อันได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ ผสมกับวัสดุผสมอันได้แก่ ทราย หิน หรือกรวดเมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่งพอที่จะไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็งมีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่มากขึ้น

2) องค์ประกอบของคอนกรีต คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ โดยเมื่อนำส่วนผสมต่าง ๆ เหล่านี้ มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้

- ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)
- ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้า (Mortar)
- มอร์ต้า ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete)

ซึ่งสามารถเขียนแผนภูมิได้ดังนี้



รูปที่ 2.11 องค์ประกอบของคอนกรีต

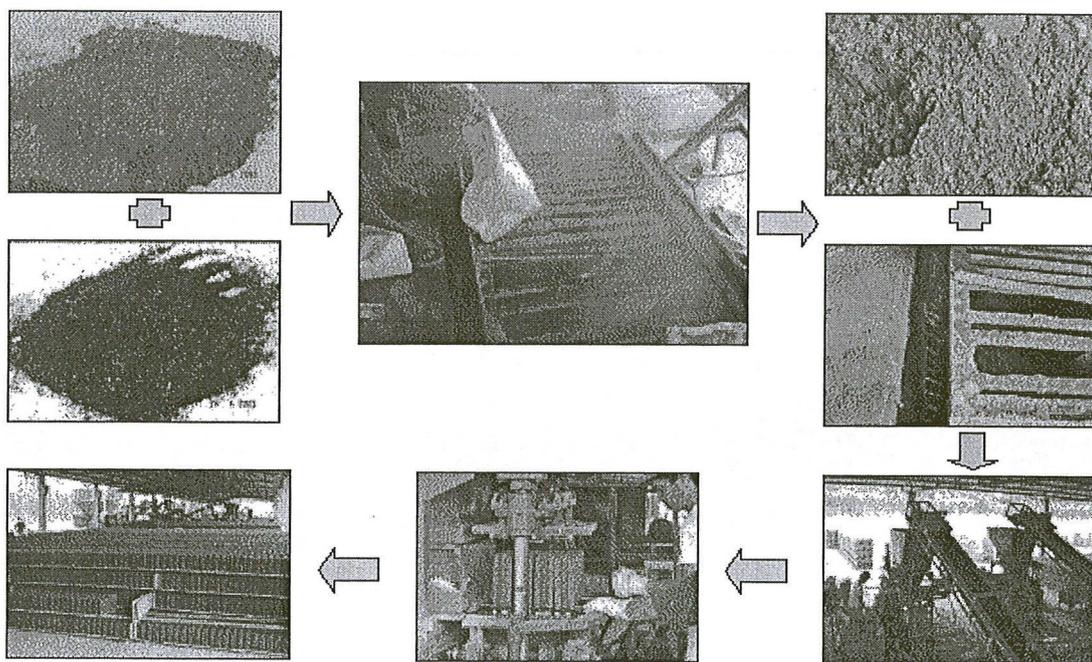
3) หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

3.1) ซีเมนต์เพสต์ ทำหน้าที่เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเท ให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

3.2) มวลรวม ทำหน้าที่เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ที่ซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

3.3) น้ำ ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่าง ๆ ใช้ผสมทำคอนกรีต ใช้บ่มทำคอนกรีต ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันกับปูนซีเมนต์ ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้ เคลือบ หิน ทราายให้เปียก เพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยตรง

3.4) การก่อตัวและการแข็งตัว ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ ก่อให้เกิดซีเมนต์เพสต์ที่อยู่ในสภาพเหลวช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นเพสต์จะเริ่มแข็งตัว ถึงแม้มันจะยังไม่สามารถสั่นไหลเข้าแบบได้แล้วจุดนี้เราเรียกว่า จุดแข็งตัวเริ่มต้น (Initial Set) เวลาตั้งแต่ซีเมนต์ผสมกับน้ำจนถึงจุดอิมตัวเริ่มต้น เรียกว่า เวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) การก่อตัวของเพสต์จะยังคงดำเนินต่อไปจนถึงสภาพที่เป็นของแข็งหรือจุดแข็งตัวสุดท้าย (Final Setting Time) เพสต์ยังคงแข็งตัวต่อไป และสามารถรับน้ำหนักได้ ขบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การแข็งตัว (Hardening) [10]



รูปที่ 2. 12 กระบวนการผลิตก้อนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบและอ้อย [10]

ผลิตภัณฑ์บล็อกผนังคอนกรีต

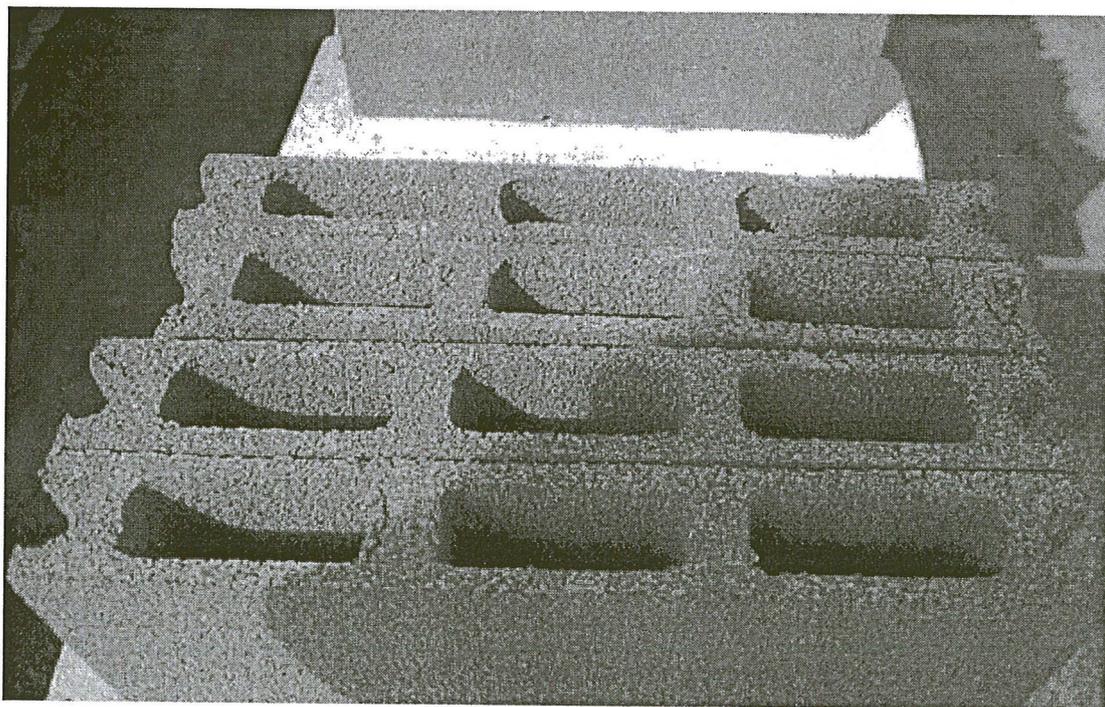
1) งานผนัง จัดได้ว่า เป็นส่วนประกอบหลักที่มีความสำคัญต่องานอาคาร ซึ่งสามารถที่จะทำการจำแนกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ งานผนังภายนอกอาคาร ได้แก่ งานรั้วบ้าน และงานรั้วแบ่งแปลง เป็นต้น งานผนังภายในอาคาร สามารถที่จะทำการจำแนกออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ งานผนังสำหรับรับน้ำหนัก และงานผนังชนิดที่ไม่รับน้ำหนัก เป็นต้น งานผนังโดยทั่วไป นิยมที่จะใช้วัสดุจำพวกของอิฐมาใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบไปมากมาย และมีอยู่หลายประเภท ทั้งที่ผลิตจากดินเป็นหลัก เช่น อิฐมอญ หรืออิฐก่อสร้างสามัญ หรืออิฐมาตรฐาน หรือใช้ปูนซีเมนต์ในการเป็นวัสดุดิบ เช่น อิฐบล็อก หรือคอนกรีตบล็อก, คอนกรีตมวลเบา หรืออิฐมวลเบา หรือใช้ทั้งอย่าง เช่น อิฐ

ประสาน หรืออิฐดินซีเมนต์ ซึ่งวัสดุในการก่อแต่ละชนิดจะมีกระบวนการในการผลิต, การขึ้นรูป, คุณสมบัติ และการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้สินค้าจึงต้องศึกษาและเลือกใช้ให้เหมาะสม

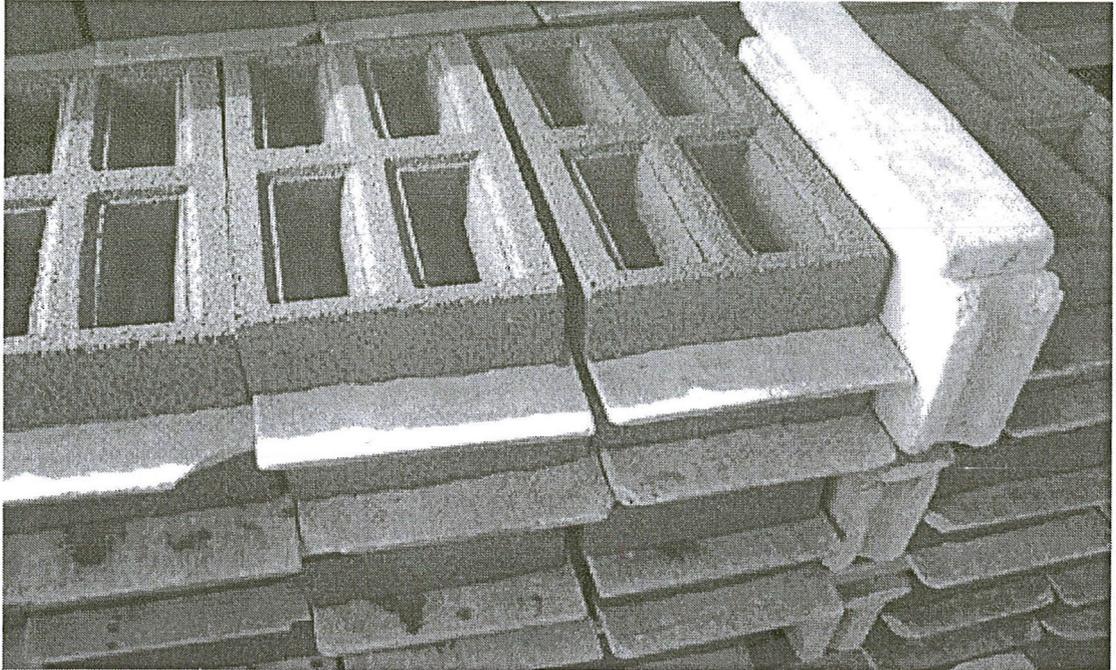
2) นิยามและความหมายของสินค้า

คอนกรีตบล็อก หรือ อิฐบล็อก (Concrete Block) เป็นวัสดุก่ออีกประเภทหนึ่งที่มีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศ โดยมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมขนาดโดยประมาณ 20 x 40 ซม. หนาระหว่าง 7-20 ซม. ซึ่งลักษณะของการใช้งานก่ออิฐจะก่อเหมือนงานอิฐมอญ แต่จะมีข้อดีกว่า คือสามารถที่จะก่อได้เร็วกว่า และมีขนาดที่มาตรฐานกว่า ทำให้สามารถที่จะทำการประมาณการจำนวนของวัสดุได้ง่ายกว่า และเมื่อรวมค่าแรงในงานก่อสร้างแล้วจะถูกกว่าการก่ออิฐมอญ

คอนกรีตบล็อกที่ทำการผลิตนั้นสามารถที่จะเลือกใช้ได้ทั้ง 2 ประเภท คือ คอนกรีตบล็อกชนิดที่รับน้ำหนัก และไม่รับน้ำหนัก ซึ่งคอนกรีตบล็อกแบบชนิดรับน้ำหนักจะมีลักษณะเป็นแท่งผิวเรียบ มีรูตรงกลางในแนวตั้ง ส่วนแบบที่ไม่รับน้ำหนัก หรือที่เรียกว่า Screen Block จะเป็นบล็อกที่มีลักษณะเป็นลวดลาย เมื่อทำการก่อแล้วสามารถที่จะเกิดเป็นลวดลายหรือให้แตกลมผ่านได้ นิยมเรียกเป็นภาษาชาวบ้านทั่วไปว่า “บล็อกช่องลม”



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างของบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างของบล็อกชนิด Screen Block



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างของบล็อกชนิด Screen Block ประเภทต่าง ๆ

นอกจากสินค้าในกลุ่มของอิฐบล็อก หรือคอนกรีตบล็อกแล้ว ยังมีอิฐชนิดอื่นที่สามารถที่จะนำไปใช้ในงานผนัง ซึ่งประกอบไปด้วย

1) อิฐมอญ หรืออิฐก่อสร้างสามัญ เป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันแพร่หลายมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อิฐมอญทำจาก ดินเหนียว น้ำ และวัสดุที่ไม่มีความเหนียว อาทิ ถั่วแกลบ ทราย ผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม นวดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใส่แบบพิมพ์อัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมตามขนาดที่ต้องการ ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นจึงนำไปเผาจนสุก อิฐมอญเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช) รองรับ โดยเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไปต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว แต่อาจจะบิ่นได้เล็กน้อย มีความคลาดเคลื่อนของความกว้าง ความยาว และความหนา ไม่เกิน ± 5 มิลลิเมตร มีความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 7 เมกะพาสคัล และการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 25 การเลือกดินเหนียวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐมอญนั้น มีข้อที่ควรคำนึงถึงคือ ความเหนียวของดินเพื่อให้ขึ้นรูปได้ง่าย อุณหภูมิที่เผาให้สุกตัวควรอยู่ในช่วง 950-1100°C เพื่อให้อิฐมีความแข็งแรง โดยไม่มีการหดตัวหรือผิกรูปมากเกินไป นอกจากนั้นควรมีปริมาณดินเหนียวสำรองที่เพียงพอ เพื่อมีวัตถุดิบใช้ในระยะเวลายาว ในธรรมชาติดินเหนียวที่มีสมบัติตามต้องการนั้นจะมีอยู่อย่างจำกัด ถึงแม้ว่าดินเหนียวหลายแหล่งสามารถจะนำมาใช้ในการผลิตอิฐมอญได้แต่การที่คิดว่าดินเหนียวทุกชนิดสามารถใช้ผลิตอิฐมอญได้นั้นเป็นการเข้าใจผิด ดังนั้นการศึกษาสมบัติของดินเหนียวที่ใช้ในการผลิตอิฐมอญจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการควบคุมสมบัติของอิฐมอญให้เป็นไปตามมาตรฐาน

2) คอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบา เป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้ในงานก่อสร้าง เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของวัสดุที่จะใช้งานได้ดีในสภาวะสภาพอากาศที่รุนแรง มีน้ำหนักเบาทำให้สามารถประหยัดขนาดของโครงสร้าง และมีคุณสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี โดยผลิตมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, ทราย, ยิปซัม ผสมกับน้ำ และผงอลูมิเนียม [11] การผลิตอิฐมวลเบาของไทย มีวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตดังนี้คือ ทราย (สัดส่วน 50 %) ยิปซัม (สัดส่วน 9 %) ปูนขาว (สัดส่วน 9 %) ซีเมนต์ (สัดส่วน 30 %) และผงอลูมิเนียม (สัดส่วน 2 %) ส่วนการลงทุนในเครื่องจักรสำหรับการผลิตอิฐมวลเบามีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง คือมีค่าใช้จ่ายประมาณ 100-500 ล้านบาท โดยเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ระบบสายพานลำเลียง เครื่องโม่/บด/หั่น/ตัด เครื่องกวน/ผสม เครื่องตัด/เลื่อย เครื่องอบแห้ง เครื่องกำเนิดไอน้ำ เครื่องบรรจุกล่อง/ลัง เครื่องทำโครงตาข่าย เครื่องบดทรายเครื่องกวน/ผสม แม่พิมพ์ เครื่องตัด/เลื่อย และเครื่องอบไอน้ำ ขนาดทั่วไปของอิฐมวลเบาที่ผลิตจะมีขนาดความหนา 7.5, 8, 9, 20-30 ซม. สูง 20,30 ซม. และยาว 60 ซม. สามารถเลื่อยตัดได้เหมือนไม้ ทนแรงกดได้ 30-80 กก. สำหรับขั้นตอนการผลิตอิฐมวลเบา มีขั้นตอนการผลิตดังนี้ 1) นำวัตถุดิบหลักคือทรายมาบดด้วยเครื่องบด CRUSHING TRINNING MACHINES (M102) บดผสมกับน้ำ 2) นำวัตถุดิบที่ใช้ในกรรมวิธีทำอิฐมวลรวมเบา (ปูนขาว, ผงอลูมิเนียม, ทราย, ซีเมนต์, ยิปซัม) ผสมเข้ากันตามอัตราส่วน โดยส่วนผสมหลักคือทราย และซีเมนต์ตามลำดับ ด้วยเครื่องผสม MIXING MACHINES (M101) การผสม (Mixing) โดยนำทรายและยิปซัมาผสมกันก่อนในขณะเดียวกันปูนขาวผสมกับซีเมนต์ จากนั้นจึงนำทั้งหมดมาผสมกัน และจึงผสมกับอลูมิเนียม 3) เทเข้าแม่พิมพ์ 4) นำเข้าห้องบ่มเพื่อให้เกิดปฏิกิริยา เป็นฟองอากาศและฟูขึ้นมา 5) นำเข้าเครื่องตัด CUTTING MACHINES (M203) และเครื่องทำโครงตาข่าย 6) นำผ่านเข้าเครื่องอบ

Over Dryer (M 114) โดยสายพานลำเลียง CONVEYOR SYSTEM (M122) 7) ตรวจสอบ QC และ 8) บรรจุ Packing โดยทุกขั้นตอนการผลิตมีการใช้คอมพิวเตอร์ทั้งกระบวนการผลิต

ตลาดอิฐมวลเบาของไทยส่วนใหญ่เป็นการจำหน่ายภายในประเทศเกือบทั้งหมด โดยผ่านช่องทางจำหน่ายขายตรงให้กับลูกค้าที่ซื้อสินค้าไปใช้ในงานโครงการของตนเอง และผ่านตัวแทนจำหน่าย ได้แก่ ร้านวัสดุก่อสร้าง และโมเดิร์นเทรด ซึ่งเป็นผู้ประกอบการธุรกิจการค้าส่งและค้าปลีก อุปกรณ์ก่อสร้าง โดยผู้ผลิตอิฐมวลเบาที่คนไทยรู้จักกันดีคือ คิวคอน (Q-CON) และ Superblock ซึ่ง Q-CON นั้นถือได้ว่าเป็นผู้ผลิตอิฐมวลเบารายแรกของไทย และเป็นผู้พยายามที่จะสร้างนวัตกรรมอิฐมวลเบาให้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายทั่วทั้งประเทศให้ได้ ส่วนด้านตลาดส่งออกอิฐมวลเบาของไทยมีการส่งออกค่อนข้างน้อยประมาณไม่เกิน 10% ของกำลังการผลิตทั้งหมด โดยส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน เช่น พม่า ลาว และเขมร เป็นต้น ซึ่งในอนาคตอาจจะมีการขยายการส่งออกมากขึ้น

แนวโน้มในภาพรวมของตลาดอิฐมวลเบาในปี 2548 จะมีแนวโน้มการเติบโตที่ดีขึ้น เนื่องจากกำลังการผลิตอิฐมวลเบาของไทยไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดที่มีมากกว่า 10 ล้านตารางเมตร ประกอบกับยังมีความต้องการจากโครงการอาคารสูง และงานปรับปรุงซ่อมแซมอาคารที่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นโอกาสสำหรับผู้ผลิตที่อยู่ในอุตสาหกรรมอิฐมวลเบาที่จะขยายการผลิตและขยายฐานลูกค้าออกไปได้กว้างขวางขึ้น ให้รองรับกับความต้องการที่มีมากขึ้น ตลอดจนมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างเพื่อสร้างจุดขายให้มากขึ้น เช่น สามารถเก็บเสียงได้ หรือประหยัดพลังงานได้มากขึ้น ดูดกลิ่นหรือสะท้อนความร้อนได้ดี เป็นต้น

3) อิฐประสาน หรืออิฐดินซีเมนต์ อิฐประสานเป็นอิฐที่มีชื่อเรียกอีกหลายชื่อ อิฐ วท. บล็อกประสาน, อิฐดินซีเมนต์, อิฐคองทง และอิฐดินแดง เป็นต้น เนื่องจากมีผู้ผลิตสินค้าประเภทดังกล่าวอยู่หลายราย และอยู่ในระหว่างการพัฒนาในเรื่องของรูปแบบ และคุณสมบัติ จึงมีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งรูปแบบจะมีลักษณะคล้ายกับอิฐก่อทั่วไป แต่จะมีขนาดใหญ่กว่ามาก เนื่องจากใช้เป็นระบบผนังในการรับน้ำหนัก (Bearing Wall) ซึ่งมีลักษณะแตกต่างต่างกับอิฐก่อโดยทั่วไป โดยวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์, หินปูน, หวาย และดินลูกรัง

มาตรฐานของสินค้าบล็อกผนัง และแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบมาตรฐานของสินค้าบล็อกผนัง

มาตรฐานที่ใช้ในกาออกแบบงานบล็อกผนัง สามารถที่จะทำแยกออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ เรื่องของงานบล็อกผนังชนิดที่รับน้ำหนัก และชนิดที่ไม่รับน้ำหนัก ซึ่งสามารถแยกรายละเอียดออกได้ดังนี้ คือ

นิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานบล็อกผนัง

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

1) คอนกรีตบล็อก (Hollow concrete block or hollow concrete masonry unit) หมายถึง ก้อนคอนกรีตที่ทำมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่างๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับการก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวหน้าน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวม ที่ระนาบเดียวกัน

2) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (Hollow non-load-bearing concrete masonry unit) หมายถึงคอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบให้ไม่รับน้ำหนักใดๆนอกจากตัวมันเอง

3) เปลือก (Face-shell) หมายถึง ผนังด้านนอกของคอนกรีตบล็อก

ประเภทและชั้นคุณภาพ

ประเภท

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งทำขึ้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทควบคุมความชื้น และประเภทไม่ควบคุมความชื้น

ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

1) ความหนาของเปลือกต้องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร

2) ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักให้มีขนาด ดังแสดงในตารางที่ 2.6 โดยจะมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.6 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มิติพิกัด (หนา x สูง x ยาว)	ขนาดที่ทำ (หนา x สูง x ยาว) มิลลิเมตร x มิลลิเมตร x มิลลิเมตร
1 x 2 x 11/2	90 x 190 x 140
11/2 x 2 x 11/2	140 x 190 x 140
2 x 2 x 11/2	190 x 190 x 140
1 x 2 x 2	90 x 190 x 190
11/2 x 2 x 2	140 x 190 x 190
2 x 2 x 2	190 x 190 x 190
1 x 2 x 3	90 x 190 x 290
11/2 x 2 x 3	140 x 190 x 290
2 x 2 x 3	190 x 190 x 290
1 x 2 x 4	90 x 190 x 390
11/2 x 2 x 4	140 x 190 x 390
2 x 2 x 4	90 x 190 x 390

หมายเหตุ ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามระบบการประสานทางพิกัด ในการก่อสร้างอาคารซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมาตรฐาน [พ] ให้เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐาน เท่ากับ 10 มิลลิเมตร

วัสดุ

1) ปูนซีเมนต์ ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1 ปูนซีเมนต์ผสมควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก.80

2) มวลผสมคอนกรีตควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

3) ส่วนผสมอื่น ๆ ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ ควรเป็นสารที่เหมาะสม สำหรับใช้กับคอนกรีตและควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียนใดอันเป็นอุปสรรตต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้ สิ่งก่อสร้างเสียวก้างหรือความคงทนถาวรรอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือ รอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา จะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการไม่ ยอมรับ

2) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่ การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดี

3) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผย จะต้องไม่มีรอยป็น รอยร้าว หรือตำหนิอื่น ๆ

4) ความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักเมื่อส่งถึงที่ก่อสร้าง ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.7 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.109

3) ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น) เมื่อส่งถึง ที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.7 ความต้านแรงอัด

ความต้านทานแรงอัด ต่ำสุด เมกกะพาสกาล (เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน
2.0	2.0

ตารางที่ 2.8 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)

การหดตัวทางยาว (ร้อยละ) (1)	ความชื้นสูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย (ร้อยละ) (2)		
	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และ น้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	20	30	35

หมายเหตุ

1) ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C 426) และทดสอบก่อนกำหนดจำหน่ายไม่เกิน 12 เดือน

2) อาศัยสถิติตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด

เครื่องหมายและฉลาก

2.1) ที่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทุกก้อนอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

2.1.1) ประเภท

2.1.2) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำหรือเครื่องหมายการค้าในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

1) รุ่นในที่นี้ หมายถึง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักประเภทชั้นคุณภาพและขนาดเดียวกันที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

2) การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบให้กระทำ ณ สถานที่ผลิตและต้องใช้เวลาอย่างน้อย 10 วันเพื่อทดสอบให้เสร็จ

3) การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนั้นหรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

การชักตัวอย่าง ให้เป็นไปตาม มอก.109

เกณฑ์ตัดสิน ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่าน อาจคัดบางส่วนออกแล้วชักตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือเพื่อทดสอบใหม่ถ้าตัวอย่างจากชุดที่สองนี้ทดสอบแล้วไม่ผ่านอีกให้ถือว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทั้งรุ่นไม่เป็นไปตามมาตรฐานนี้