บทที่ 2

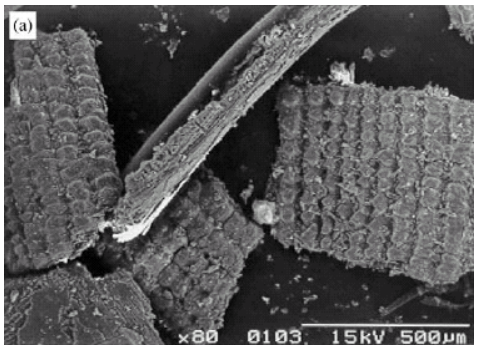
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แกลบ (Rice husk)

2.1.1 ลักษณะของแกลบ

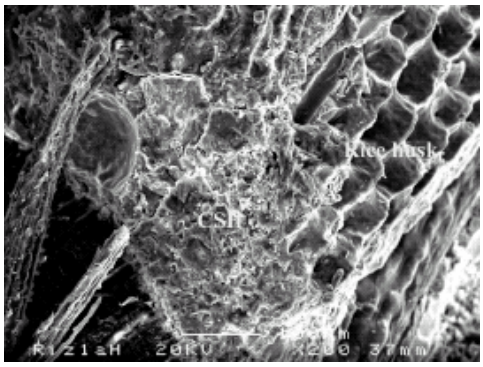
แกลบทำหน้าที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวอยู่ภายนอก ได้จากการสีข้าว แสดงดังรูปที่ 2.1 เป็นสารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน และซิลิคอนไดออกไซด์หรือซิลิก้า เมื่อพิจารณาแกลบให้ชัดขึ้น โดยนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะมีลักษณะผิวเป็นร่องเรียงกัน แสดงดังรูปที่ 2 .2 และผิวแกลบมีความพรุนมาก แสดงดังรูปที่ 2 .3

รูปที่ 2.1 ลักษณะของแกลบ กำลังขยาย 1×1 เท่า



รูปที่ 2.2 พื้นผิวของแกลบที่มีลักษณะเป็นร่องเรียงกัน
กำลังขยาย 80 เท่า (Park et. al, 2003)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 2.3 พื้นผิวของแกลบที่มีความพรุนมาก
กำลังขยาย 200 เท่า (Jauberthie et. al, 2003)

2.1.2 องค์ประกอบของแกลบ

แกลบมีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ แสดงดังตารางที่ 2.1 และส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารประกอบออกไซด์ โดยมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งมีขนาดเล็กระดับนาโนเมตร มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าและไม่นำความร้อน แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ที่พบในแกลบ (Patel et. al, 2003)

สารอินทรีย์	น้ำหนัก (Wt%)
Cellulose	43.30
Lignin	22.00
D - Xylose	17.52
L - Arabinose	6.53
Methyl glucoronic acid	6.53
D - galactose	2.37

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบที่เป็นสารอนินทรีย์ (โลหะออกไซด์) ที่พบในแกลบ (Patel et. al, 2003)

สารอนินทรีย์	น้ำหนัก (Wt%)
SiO_2	21 - 25
Al_2O_3	1.23
Fe_2O_3	1.23
CaO	1.24
MgO	0.21
MnO_2	0.07

2.1.3 ประโยชน์ของแกลบ

แกลบเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่ได้จากกระบวนการสีข้าว ในปีหนึ่งๆ มีปริมาณแกลบสูงถึงประมาณ 5,878.14 พันตัน จากการสำรวจ โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปี 2540 นั้นคือ ถ้ามีการสีข้าว 1 ตัน จะมีแกลบออกมาประมาณ 220 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 22 สำหรับประเทศไทยมีการประเมินได้ว่าแต่ละปีจะมีแกลบประมาณ 4.4 ถึง 4.6 ล้านตัน (สมศักดิ์, 25545) ของเหลือทิ้งเหล่านี้บางส่วน ถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ย วัสดุปูรองนอน ในโรงเรือนเลี้ยงเป็ด เลี้ยงไก่ และในยุคที่ประเทศ มีความต้องการพลังงานสูง แกลบถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนพลังงานจากน้ำมันดิบ จากสถิติการใช้พลังงานในประเทศไทย ในรายงานพลังงานของประเทศไทย ปี 2545 โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พบว่า ทดแทนพลังงานได้เทียบเท่าน้ำมันดิบ 0.89 ล้านตัน นอกจากนี้ขี้เถ้า ที่ได้จากการเผาไหม้ของแกลบ ยังสามารถส่งออกขายต่างประเทศได้อีกในราคากิโลกรัมละ 3-4 บาท ซึ่งนับว่าเป็นผลพลอยได้ นอกเหนือจากการใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน

ในอนาคตอันใกล้ ด้วยเหตุผลด้านวิกฤตพลังงาน ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านคุณภาพชีวิตชาวนา หรือด้านความสามารถ ในการแข่งขัน ตลอดจนการเกิดตลาดใหม่ที่มีผลตอบแทนคุ้มค่า อาจทำให้มีความต้องการแกลบสูงมาก โดยสรุปแล้วการใช้ประโยชน์จากแกลบ มีหลากหลายประการได้แก่ ใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงาน ใช้เป็นวัสดุการเกษตร ใช้สกัดสารซิลิกา ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ใช้เป็นสารสำหรับใช้ในการกรอง และอื่นๆ

2.2 คอนกรีต

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ วัสดุผสมต่างๆ ได้แก่ ทรายละเอียด ทรายหยาบ หรือหินคลุกและน้ำ โดยอาจจะมีสารเคมีอื่นๆ เพิ่มเข้าไปเพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการ โดยทั่วไปเมื่อผสม เสร็จคอนกรีตจะแข็งตัวอย่างช้าๆ ปูนซีเมนต์และน้ำจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกัน เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) โดยซีเมนต์จะเริ่มจับตัวกับวัสดุอื่นและแข็งตัว ซึ่งนิยมเรียกว่า คอนกรีต ความแข็งแรงของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังจากที่ผสม และมีการพัฒนาความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น โดยประมาณแล้วหลังจาก 28 วัน ความแข็งแรงจะเริ่มคงที่ คอนกรีตจะนิยมใช้ในงานก่อสร้างหลายชนิด เช่น อาคาร ถนน เขื่อน สะพาน โดยเมื่อนำมาอัดบล็อก จะเรียกว่าอิฐบล็อกหรือคอนกรีตบล็อก ซึ่งนิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้างต่างๆ ทั่วไป เนื่องจากมีราคาถูกและก่อสร้างได้สะดวกและรวดเร็ว

การกำหนดอัตราส่วนผสมมีทั้งการกำหนดโดยน้ำหนักและปริมาตร โดยคอนกรีตที่ดีจะเป็นผลมาจากการที่วัสดุผสมทุกๆ อนุภาคถูกห่อหุ้มไว้ด้วยซีเมนต์เพสต์ (Cement paste) ซึ่งประกอบ ด้วยปูนซีเมนต์และน้ำที่ทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน ระหว่างกันจนทำให้มีสมบัติจับเกาะแน่นกับวัสดุผสมต่างๆ อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อปูนซีเมนต์ (Water-Cement ratio) ยังเป็นปัจัยสำคัญ ซึ่งพบว่าคอนกรีตที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อปูนซีเมนต์น้อย จะมีความแข็งแรงมากกว่าคอนกรีตที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อปูนซีเมนต์มาก โดยปฏิกิริยาไฮเดรชันในคอนกรีตนี้จะอยู่ในรูปโครงสร้างของผลึกตามปฏิกิริยาของ Tricalcium silicate แสดงดังสมการที่ 2.1

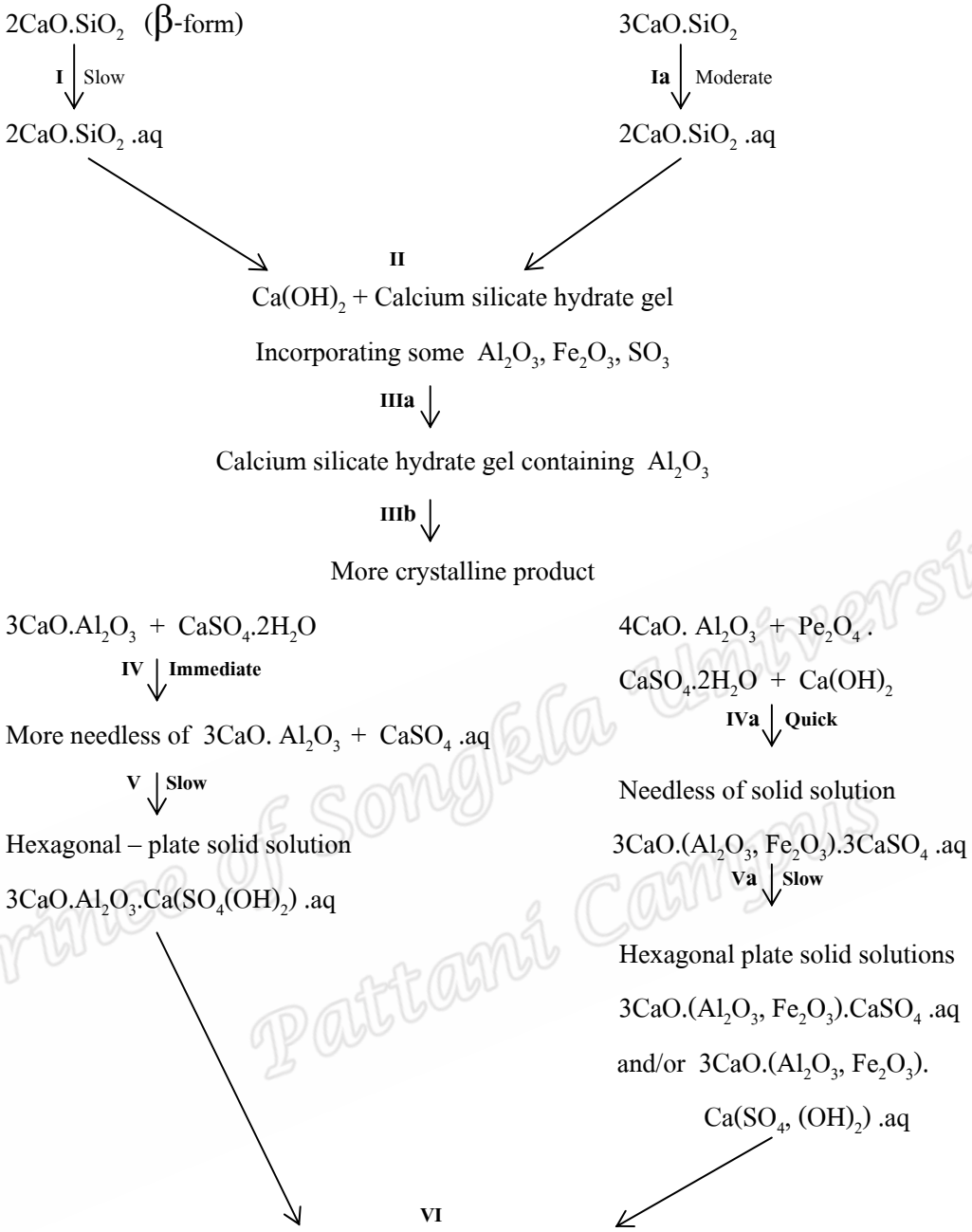
$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_3.3H_2O + 3Ca(OH)_2 \qquad (2.1)$$

และปฏิกิริยาของ Dicalcium silicate แสดงดังสมการที่ 2.2

$$2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2 \qquad (2.2)$$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผลทำให้เกิดเจล (Gel) ซึ่งมีสมบัติเป็นตัวประสาน มีความเหนียวคล้ายกาว เกิดการแข็งตัวและยึดเกาะกับวัสดุผสม (วินิต ก่อวิเชียร, 2539) ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งสอดคล้องกับปฏิกิริยาการบ่มคอนกรีต ดังแสดงตามสมการของ Keats, 1994

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการบ่มของคอนกรีต (Keats, 1994)

และปฏิกิริยาของ Tricalcium aluminate ที่เกิดขึ้นทันทีทันใดในปูนซีเมนต์เป็นดังสมการ

$$3CaO.Al_2O_3 + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.2Al_2O_3.6H_2O + heat \quad \text{(Keats, 1994)}$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

ปูนซีเมนต์ที่จะใช้ในส่วนผสมของคอนกรีต สามารถแบ่งตามมาตรฐานของสมาคมทดสอบวัสดุของอเมริกา (ASTM) ซึ่งได้แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

Type 1 Ordinary Portland cement

Type 2 Moderate heat and sulphate resisting Portland cement

Type 3 High early strength Portland cement

Type 4 Low heat Portland cement

Type 5 Sulphate resisting Portland cement

ส่วนประกอบสำคัญที่มีอยู่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แสดงดังตารางที่ 2.1 ในงานก่อสร้างโดยทั่วไป มักจะนิยมใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ซึ่งจะมีส่วนประกอบทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 2.4 โดยเมื่อผสมปูนซีเมนต์กับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ผลผลิตเป็น Calcium silicate hydrates ซึ่งจะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น (วรชัยและอนุภาค, 2529)

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (วินิต, 2544)

ชื่อส่วนประกอบ	สูตรเคมี	ชื่อย่อ
Tricalcium silicate	$3CaO.SiO_2$	C_3S
Dicalcium silicate	$2CaO.SiO_2$	C_2S
Tricalcium aluminate	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A
Tetracalcium aluminoferrite	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

ส่วนประกอบ	% โดยน้ำหนัก
SiO_2	20.67
Al_2O_3	5.96
Fe_2O_3	2.35
CaO	63.62
SO_2	2.13
MgO	2.53
Na_2O	0.12
K_2O	0.94
Free CaO	1.43
Loss on ignition	1.37
Insoluble residue	0.26

2.3 คอนกรีตมวลเบา (Lightweight concrete)

คอนกรีตมวลเบา คือ คอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นน้อยกว่าคอนกรีตที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ซึ่งสามารถนำมาใช้แทนได้ในกรณีงานก่อสร้างที่ไม่ต้องการรับน้ำหนักหรือรับความต้านการอัดมาก ซึ่งจะทำให้สามารถลดขนาดของงานโครงสร้างได้ มีผลทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและแรงงานได้ด้วย อีกทั้งยังมีสมบัติ เป็นฉนวนกันความร้อนและเก็บเสียงได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา โดยทั่วไปแล้วส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมน้ำหนักเบาเป็นส่วนผสม (Light weight aggregate concrete) นั้นมักจะประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ วัสดุผสมชนิดต่างๆ ได้แก่ ทรายละเอียด ทรายหยาบ หรือหินคลุกและน้ำ โดยจะใส่วัสดุผสมอื่นๆ ที่มีน้ำหนักเบาเข้าไปแทนที่ทรายละเอียด ทรายหยาบ หรือหินคลุก ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับรูปร่างและลักษณะของวัสดุ ซึ่งวัสดุส่วนใหญ่ที่นำมาใช้มักได้มาจากการผลิตขึ้นโดยตรงจากอุตสาหกรรมหรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น เถ้าของถ่านหินจากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ตะกรันจากเตาเผาโรงงานถลุงเหล็ก เถ้าเชื้อเพลิงผง หรือได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้ได้ เช่น แกลบสด ขี้เถ้าแกลบ กากจากผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะนำวัสดุเหลือใช้ต่างๆ เหล่านี้นำกลับมาใช้อีกให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.3.1 ชนิดของคอนกรีตมวลเบา

2.3.1.1 จำแนกตามลักษณะการนำไปใช้งาน

สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การจำแนกประเภทของคอนกรีตมวลเบาตามลักษณะการนำไปใช้งาน

ประเภท	ความต้านการอัด (kg/cm^2)	หน่วยน้ำหนัก (kg/m^3)
1) คอนกรีตมวลเบาสำหรับงานโครงสร้าง (Structural Lightweight Concrete)	180 – 480	1,400 – 1,800
2) คอนกรีตมวลเบาสำหรับงานก่อ (Masonry Lightweight Concrete)	100 – 180	500 – 800
3) คอนกรีตมวลเบาสำหรับงานฉนวนความร้อน (Insulating Lightweight Concrete)	10 – 100	น้อยกว่า 800

* แบ่งตาม ACI. DESIGNATION : 213R-87

2.3.1.2 จำแนกตามเทคนิคหรือกระบวนการผลิต

สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) คอนกรีตมวลเบาที่ได้จากวัสดุผสมน้ำหนักเบา (Lightweight Aggregate Concrete)

คอนกรีตที่ใช้วัสดุผสมน้ำหนักเบา แทนที่วัสดุผสมปกติ ซึ่งวัสดุผสมน้ำหนักเบา (Lightweight Aggregate) มีหน่วยมวลระหว่าง 60 ถึง 1,000 กก./ลบ.ม. เทียบกับ 1,100 ถึง 1,750 กก./ลบ.ม. ของวัสดุผสมปกติ มวลรวมสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ชนิด คือ

1.1) วัสดุผสมน้ำหนักเบา ที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ Vermiculite, Perlite, Pumice และ Scoria ซึ่งเป็นลาวาที่พองตัวโดยธรรมชาติเวลาที่ ภูเขาไฟระเบิด วัสดุผสมเหล่านี้นำมาใช้ผสมทำคอนกรีตที่ไม่ต้องการกำลังสูงมากนักและวัสดุผสมเหล่านี้จะมีการดูดซึมน้ำมาก

1.2) วัสดุผสมน้ำหนักเบาที่ได้จากขบวนการผลิต เป็นคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ผลิตคอนกรีตมากที่สุดสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ ได้แก่

1.2.1) Expanded Clay Aggregate ได้จากการนำดินเหนียวมาผสมกับสารที่ก่อให้เกิดฟองอากาศ และนำไปเผาในเตาเผา (Rotary Kiln) ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

Prince of Songkla University Pattani Campus

ซึ่งอุณหภูมิ นี้จะมีการขยายตัว เนื่องจากการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ เกิดเป็นฟองอากาศอยู่ ในเนื้อหิน ลักษณะของหินพวกนี้มีรูปร่างกลมแข็ง ผิวเรียบแน่น แต่เนื้อภายในเป็นโพรงอากาศ

1.2.2) Expanded Shale Aggregate ได้จากการนำดินดาน (Shale) มาผสมกับ ถ่านที่บดละเอียดแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส วัตถุดิบจะถูกหลอมรวมกันและจะมีฟองอากาศถูกกักไว้ภายในเนื้อหินลักษณะจะเป็นหินที่ มีความแข็งมาก หลังจากที่เผาวัสดุผสมทั้ง 2 นี้ได้ที่แล้ว จะนำมวลเบาที่ได้ไปย่อยให้ได้ขนาดที่ต้องการ วัสดุผสมน้ำหนักเบาชนิดนี้จะมีความแข็งแรงค่อนข้างดี จึงเป็นที่นิยมใช้ผลิตคอนกรีตมวลเบา

1.2.3) Sintered Fly Ash ได้จากการนำเอา Fly Ash หรือ SFA ที่ได้จากการเผาไหม้ของถ่านหินไปทำให้เป็นเม็ดก่อน แล้วจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิ ประมาณ 1,400 องศาเซลเซียส อุณหภูมินี้อนุภาคของ Ash จะเกาะกัน โดยผิวของวัสดุผสมน้ำหนักเบาชนิดนี้ค่อนข้างเรียบ

1.3) วัสดุผสมน้ำหนักเบาที่ได้จากสารอินทรีย์ได้แก่ แกลบ ขี้เถ้าแกลบ ขี้เลื่อย เป็นต้น นำมาผสมเข้าไปในคอนกรีต

1.4) วัสดุผสมน้ำหนักเบาที่ได้จากของเหลือของขบวนการผลิต ได้แก่ เถ้าที่หนัก (Furnace Bottom Ash) ที่ได้จากโรงงานไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง และ Slag ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมหลอมเหล็ก เป็นการพ่นน้ำลงไปบน Slag ที่หลอมเหลวอันจะก่อให้ เกิดฟองอากาศจำนวนมากในเนื้อ Slag ที่แข็งตัว หลังจากนั้นนำไปย่อยให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ ส่วนใหญ่จะได้จากการล้างเตาหลอมเหล็ก

2) คอนกรีตมวลเบาที่ได้จากการกักฟองอากาศ (Cellular or Aerated Concrete)

คอนกรีตมวลเบาที่ผลิตโดยวิธีกักฟองอากาศ แตกต่างจากคอนกรีตมวลเบาที่ผลิตโดยใช้วัสดุผสมน้ำหนักเบา โดยในกระบวนการผลิตจะเป็นการใส่ฟองอากาศปริมาณสูงเข้าไปแทนที่ซีเมนต์จากนั้นปล่อยให้คอนกรีตที่ได้แข็งตัว จะได้คอนกรีตที่มีปริมาณฟองอากาศปริมาณสูงกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งคอนกรีตทีได้จะมีมวลเบาตามต้องการ กระบวนการผลิตสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทหลักคือ

2.1) การผลิตโดยใช้อลูมินัมออกไซด์ กระบวนการผลิตนี้ถูกคิดค้นครั้งแรกในปี คศ. 1914 โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีของผงอลูมินัมกับซีเมนต์ดังสมการที่ 2.3 ซึ่งอลูมินัมจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นในเนื้อคอนกรีต ทำให้เกิดการขยายตัวและมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เมื่อคอนกรีตแข็งตัวก็จะได้คอนกรีตที่มีรูพรุนสูงและน้ำหนักเบา

$$2Al + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.Al_2O_3.6H_2O + 3H_2 \qquad (2.3)$$

วิธีนี้ถึงแม้ว่าจะเป็นเทคโนโลยีเก่า แต่ยังมีการใช้อยู่ทั่วไป ข้อเสียของวิธีนี้ คือกระบวนการผลิตที่ยุ่งยากและใช้พลังงานสูง เพราะกระบวนการเกิดแก๊สไฮโดรเจนนั้น เป็นปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ใช่ปฏิกิริยา

Prince of Songkla University Pattani Campus

หลัก (Primary) แต่เป็นปฏิกิริยารองที่เรียกว่า Secondary โดยมีความจำเป็นต้องรอการเกิดของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จากปฏิกิริยาไฮเดรชันก่อน จากนั้นเมื่อแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นมีปริมาณเพียงพอที่จะทำปฏิกิริยากับผงอลูมินัม กระบวนการเกิดฟองแก๊สไฮโดรเจนจึงเริ่มขึ้น ดังนั้นเราจึงพบว่าโดยทั่วไป ถ้าไม่มีการเร่งปฏิกิริยากระบวนการเกิดแก๊สจะเริ่มประมาณ 30 นาที หลังจากการผลิต การที่ปฏิกิริยาการเกิดแก๊สเป็นปฏิกิริยารองนั่นเอง ซึ่งเป็นที่มาของปัญหาใหญ่ในกระบวนการผลิตในช่วงต้นที่คอนกรีตยังมีสภาพเป็นของเหลวมีความยืดหยุ่นสูง การขยายตัวของเนื้อคอนกรีตเนื่องมาจากแก๊สไฮโดรเจนนั้นไม่ได้ก่อให้เกิดปัญหาแต่อย่างใดๆ เมื่อคอนกรีตเริ่มก่อตัว (Setting) ที่ประมาณ 2 ถึง 3 ชั่วโมง หลังจากการผสม คอนกรีตที่เริ่มแข็งตัว จะมีความยืดหยุ่นลดลง เมื่อกระบวนการเกิดแก๊สและการขยายตัวของเนื้อคอนกรีตดำเนินต่อไป จะเกิดปัญหาความไม่สัมพันธ์กันระหว่างระยะเวลาการเกิดแก๊สและการแข็งตัวคอนกรีต ส่งผลให้คอนกรีตที่ได้มักจะมีรอยร้าวขนาดใหญ่ กำลังอัดต่ำ แตกหักง่าย ดังนั้นในกระบวนการผลิตจึงต้องมีการใช้ความร้อนและความดันเข้ามาช่วย และจะต้องให้ความร้อนเพื่อเป็นการเร่งปฏิกิริยาการเกิดแก๊ส ให้สัมพันธ์กับการก่อตัว เพื่อไม่ให้คอนกรีตเกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ และได้คอนกรีตที่มีสมบัติและรูปร่างตามต้องการ

2.2) การผลิตโดยการทำฟองหรือการทำโฟมก่อน วิธีนี้ถูกคิดค้นในปี ค.ศ. 1950 แนวคิดของกระบวนการผลิตด้วยวิธีนี้ คือ การทำฟองอากาศปริมาณสูงขึ้นมา ก่อนที่จะผสมลงไปพร้อมกับคอนกรีต ในช่วงแรกของการคิดค้นสารสร้างฟองอากาศ มักจะใช้ผงซักฟอกหรือน้ำยาซักผ้า ซึ่งมีข้อเสียคือ ฟองอากาศที่ได้มักจะไม่เสถียรและแตกหักง่าย แต่ในกระบวนการผลิตปัจจุบัน จะใช้สารกักฟองอากาศ ที่มีส่วนผสมทางเคมี คือ Polyoxy ethylene alkyl ether โดยฟองอากาศที่ได้โดยวิธีนี้จะมีความเสถียรและคงรูปมากกว่าฟองอากาศที่ได้จากผงซักฟอก กระบวนการผลิตจะเริ่มต้นที่การใส่สารกักฟองอากาศปริมาณสูงลงปั่นในเครื่องผลิตฟอง จากนั้นฉีดพ่นเข้าไปในโม่ผสมคอน กรีตเพื่อให้ฟองอากาศเข้าไปแทรกตัวตามเนื้อคอนกรีต เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วเนื้อคอนกรีตที่ได้จะมีรูพรุนสูงและมีน้ำหนักเบา กระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบา ด้วยวิธีนี้ค่อนข้างง่ายกว่าวิธีแรก เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนและความดันเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ต้นทุนด้านพลังงานต่ำ

นอกจากนี้ยังมีคอนกรีตมวลเบาปานกลาง (Moderate lightweight concrete) เป็นคอนกรีตมวลเบาที่เกิดจากการแทนที่มวลเบาประเภท กากโลหะ (Scoria) หินภูเขาไฟ (Pumice) มีหน่วยมวลต่อปริมาตรแห้งตั้งแต่ 800 ถึง 1400 kg/m^3 และค่ากำลังอัดตั้งแต่ 1,000 ถึง 2,500 ปอนด์/ตารางนิ้ว (6.89 ถึง 17.24 เมกกะปาสคาล)

2.3.2 สมบัติของคอนกรีตมวลเบา

2.3.2.1 สมบัติทั่วไป

1) น้ำหนักเบา มีมวลต่อปริมาตรแห้ง ตั้งแต่ 500 ถึง 650 kg/m^3

2) ค่าความต้านการอัด (Compressive strength) ที่อายุการบ่ม 28 วัน ของคอนกรีตมวลเบาจะมีค่าขึ้นอยู่กับประเภทของการผลิต โดยมีค่าตั้งแต่ 10 ถึง 240 kg/cm^2

3) ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหัก (Modulus of rupture) คอนกรีตมวลเบา จะมีค่าสัมประสิทธิ์การแตกหักสูงกว่าคอนกรีตปกติทั่วไปที่มีกำลังอัดเท่ากัน

4) ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) คอนกรีตมวลเบาจะค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ต่ำกว่าคอนกรีตทั่วไป โดยค่า E ของวัสดุผสมของคอนกรีตมวลเบา จะอยู่ระหว่าง 1/3 ถึง 2/3 ของคอนกรีตทั่วไป และค่า Poisson's ratio ของคอนกรีตเบาจะมีค่าเท่ากับคอนกรีตทั่วไป ซึ่งคอนกรีตมวลเบาโดยทั่วไปไม่สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี จึงไม่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีสารซัลเฟตสูงปนอยู่หรือดินชื้นและการกระทบกระแทกจากแรงภายนอก เนื่องจากคอนกรีตเบานั้นมีความพรุนมาก

5) สัมประสิทธิ์การขยายตัว คอนกรีตมวลเบาจะมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว มีค่าอยู่ระหว่าง 7×10^{-6} ถึง 14×10^{-6} ต่อองศาเซนติเกรด ดังนั้นการหดตัวเมื่อแห้งและการเปลี่ยนแปลงความชื้นในคอนกรีตเบา ในบางกรณีอาจมีค่าสูง

6) การหดตัวเมื่อแห้ง โดยปกติแล้วคอนกรีตมวลเบาจะมีการหดตัวมากกว่าคอนกรีตทั่วไป และมีค่าการหดตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 5 ถึง 40

7) การคืบตัวหรือการหล้า คอนกรีตมวลเบาโดยทั่วไปแล้ว จะมีการคืบตัวและยืดตัวจากความชื้นมากกว่าคอนกรีตทั่วไป ถ้าหากเกิดการคืบตัวมาก ๆ จะสามารถช่วยลดความเค้นดึงเนื่องจากการหดตัว อีกทั้งยังช่วยลดการแตกร้าวได้

2.3.2.2 สมบัติที่เกี่ยวกับความร้อนของคอนกรีต (Thermal properties of concrete)

สมบัติที่เกี่ยวกับความร้อนของคอนกรีตเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับอุณหภูมิจะทำให้เกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน การดัดงอ และยังทำให้เกิดรอยแตกร้าวอย่างรวดเร็วในคอนกรีต และสมบัติในด้านนี้ มีส่วนช่วยในการป้องกันมิให้ไฟฟ้ารั่วโดยตรงกับการใช้งานคอนกรีต นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ยังสามารถบอกถึงความเป็นฉนวนกันความร้อน (Thermal insulation) ที่ดีได้อีกด้วย

Prince of Songkla University Pattani Campus

1) ฉนวนกันความร้อน (Thermal insulation) หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง โดยที่อุณหภูมิทั้งสองด้านจะต้องแตกต่างกัน

2) การป้องกันไฟ คอนกรีตมวลเบาบางชนิด มีความต้านทานต่อการติดไฟได้ดีกว่าคอนกรีตทั่วไป เนื่องจากคอนกรีตมวลเบาเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี โดยความต้านทานต่อไฟนั้น จะขึ้น อยู่กับความหนาของคอนกรีตมวลเบา

2.4 คอนกรีตมวลเบาผสมแกลบ

การวิจัยครั้งนี้ได้นำแกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อกมวลเบา โดยจะแทนที่วัสดุผสมต่างๆ ได้แก่ ทรายละเอียด ทรายหยาบ หรือหินคลุกด้วยแกลบ ซึ่งจะทำให้ได้คอนกรีตมวลเบาผสมแกลบที่มีลักษณะสมบัติแตกต่างออกไปจากคอนกรีตทั่วๆ ไป

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Colomna, VB. (1974) ได้ศึกษาผลของเถ้าแกลบในปูนซีเมนต์ และส่วนผสมคอนกรีต พบว่าความต้านการอัดและกำลังแรงดึงผ่าซีก (Splitting tensile strength) ของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบลดลง หากเพิ่มปริมาณเถ้าแกลบในส่วนผสม และจะมีความต้านการอัดเพิ่มขึ้นหากเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผง (w/b ratio) จนถึงระดับพอดี

Mehta, PK. (1975) ได้ศึกษาคุณภาพของซีเมนต์เถ้าแกลบ และความต้านทานต่อกรด พบว่าการผสมเถ้าแกลบในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทำให้ได้วัสดุซีเมนต์ที่มีกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า และคอนกรีตที่อายุ 28 วัน มากกว่า 800 psi

Mujib, F. (1987) ได้ศึกษาทางเลือกใหม่ในการออกแบบส่วนผสมสำหรับคอนกรีตผสมเถ้าแกลบ พบว่าเมื่ออัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบเพิ่มขึ้น การพัฒนาความต้านการอัดจากอายุ 14 วัน ถึง 28 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมาก

Rahman, MA. (1987) ได้ศึกษาการผลิตคอนกรีตบล็อกโดยใช้ขี้เถ้าแกลบ พบว่าขี้เถ้าแกลบสามารถแทนที่ปูนซีเมนต์ได้ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงในการรับแรงกดซึ่งสามารถที่จะประยุกต์ใช้เป็นอิฐบล็อกที่ไม่รับน้ำหนักและรับน้ำหนักได้

We, AB. (1981) ได้ศึกษาการผลิตเถ้าแกลบ และการประยุกต์ใช้ในมอร์ต้าและคอนกรีต พบว่าที่อัตราการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบไม่เกินร้อยละ 35 ความต้านการอัดที่อายุ 28 วัน ของมอร์ต้า มีค่าใกล้เคียงกับมอร์ต้าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ส่วนในกรณีของคอนกรีต พบว่าที่อายุและสัดส่วนปูนซีเมนต์แตกต่างกันสำหรับคอนกรีตผสมเถ้าแกลบ การผสมเถ้าแกลบไม่มีผลทำให้ความต้านการอัดของคอนกรีตลดลง

Prince of Songkla University Pattani Campus

Zhang, MH. และ Malhotra VM. (1996) ได้ศึกษาคอนกรีตสมรรถนะสูง (High performance concrete) เมื่อผสมเถ้าแกลบเป็นวัสดุเสริมซีเมนต์ พบว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบที่การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบร้อยละ 15 มีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ควบคุม โดยที่กำลังของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อลดอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผสม (w/(c+RHA))

ธวัชชัย (2531) ได้ศึกษาการผลิตคอนกรีตแนวใหม่ โดยการประยุกต์ใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นวัสดุผสมเช่น ฟางข้าว ใยปาล์ม ขี้เถ้าแกลบ โดยนำไปใช้ในการก่อสร้างเป็นผนังภายนอกและภายในบ้านพักเช่นเดียวกับแผ่นเรียบ จากการศึกษาสมบัติทางกลและฟิสิกส์ พบว่าให้สมบัติที่ใกล้เคียงกับแผ่นซีเมนต์ผสมใยไม้ ที่มีใช้ทั่วไป นับเป็นอีกแนวทางหนึ่งทีจะนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทดแทนวัสดุก่อสร้างราคาแพงได้ โดยให้สมบัติต่างๆ ที่ใกล้เคียงกัน

บุรฉัตรและพิชัย (2537) ได้ศึกษาคอนกรีตผสมขี้เถ้าแกลบ โดยการใช้ขี้เถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์ในส่วนผสมสำหรับการหล่อคอนกรีต พบว่าการเพิ่มขึ้นของค่าความละเอียดของขี้เถ้าแกลบจะทำให้ได้ค่าความต้านการอัดเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ความสามารถในการเทลดลง ตลอดจนศึกษาความต้านทานต่อสภาพความเป็นกรด พบว่าขี้เถ้าแกลบมีความสำคัญในการปรับปรุงความต้านทานดังกล่าวเป็นอย่างมาก

บุรฉัตรและพิชัย (2538) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ขี้เถ้าแกลบ เพื่อผลิตคอนกรีตกำลังสูง โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพและกลศาสตร์ของคอนกรีตผสมขี้เถ้าแกลบ โดยมีตัวแปรหลักคือ ปริมาณขี้เถ้าแกลบและอายุของขี้เถ้าแกลบที่ใช้ พบว่าสามารถใช้ขี้เถ้าแกลบแทนปูนซีเมนต์ได้สูงสุดถึง 60 % และอายุของขี้เถ้าแกลบไม่มีผลต่อการพัฒนาความต้านการอัด และความคงทนต่อสภาพกรด ด่างของคอนกรีตกำลังสูง

บุรฉัตรและพิชัย (2538) ได้ศึกษาการผลิตขี้เถ้าแกลบที่ไวต่อการทำปฏิกิริยา และการประยุกต์ใช้ในบล็อกซีเมนต์ผสมดินแบบอัดแน่นเพื่อหาตัวแปรที่จำเป็นต่อการทำปฏิกิริยา พบว่า ความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาขึ้นกับสภาพอากาศระหว่างการเผาและอัตราการปล่อยให้เย็นตัวลงรวมทั้งเวลาการเผา การบด และอุณหภูมิการเผา

บุรฉัตรและพิชัย (2538) ได้ศึกษาคอนกรีตผสมขี้เถ้าแกลบเสริมใยปาล์ม พบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์คือ อัตราส่วนเส้นใยต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.300 โดยน้ำหนัก และมีหน่วยมวลต่อปริมาตร เท่ากับ 750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งให้สมบัติทางด้านความต้านการอัดและกำลังดัดมากที่สุด และมีความทนทานของผลิตภัณฑ์มากขึ้น เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เสริมเส้นใยไม้ที่มีขายตามท้องตลาด

ฉัตรชัย (2542) ได้ศึกษาคอนกรีตผสมขี้เถ้าแกลบ พบว่าขี้เถ้าแกลบผสมทรายในสัดส่วน 60 ต่อ 40 เป็นสัดส่วนที่มีความเหมาะสมที่สุด เมื่อนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ในช่วง 3 ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ และ

Prince of Songkla University Pattani Campus

พบว่าการผสมขี้เถ้าแกลบและทรายในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่ลดลง โดยความแข็งแรงของขี้เถ้าแกลบผสมปูนซีเมนต์หรือคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม

ฌานิกาและมนตรี (2543) ได้ศึกษาอัตราส่วนของแกลบในการผลิตอิฐมวลเบา จากการศึกษาสมบัติต่างๆ พบว่าสามารถใช้แกลบแทนทรายได้มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าคอนกรีตที่ได้จะมีค่าความต้านทานต่อแรงอัดต่ำกว่ามาตรฐาน แต่มีน้ำหนักลดลงมากกว่าคอนกรีตธรรมดามาก จึงน่าจะนำไปใช้ในการก่อสร้างที่ไม่ต้องการการรับแรงอัดสูงได้

ชุมพล (2549) ได้ศึกษาสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมขี้เถ้าแกลบและขี้เถ้าลอย จากการทดลอง พบว่าส่วนผสมที่มีขี้เถ้าแกลบมากจะมีความต้านการอัดสูงในช่วงแรก เพราะขี้เถ้าแกลบมีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา แต่ส่วนผสมของคอนกรีตจะมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีพื้นที่ผิวมาก

อนุชิต (2522) ได้ศึกษาการทำปูนซีเมนต์จากเถ้าแกลบ พบว่ามอร์ต้าและคอนกรีตที่การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบเท่ากับร้อยละ 30 มีความต้านการอัดที่อายุ 28 วัน ใกล้เคียงกับคอนกรีตผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยที่กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบขาว มีความต้านการอัดสูงกว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบดำ

Prince of Songkla University Pattani Campus