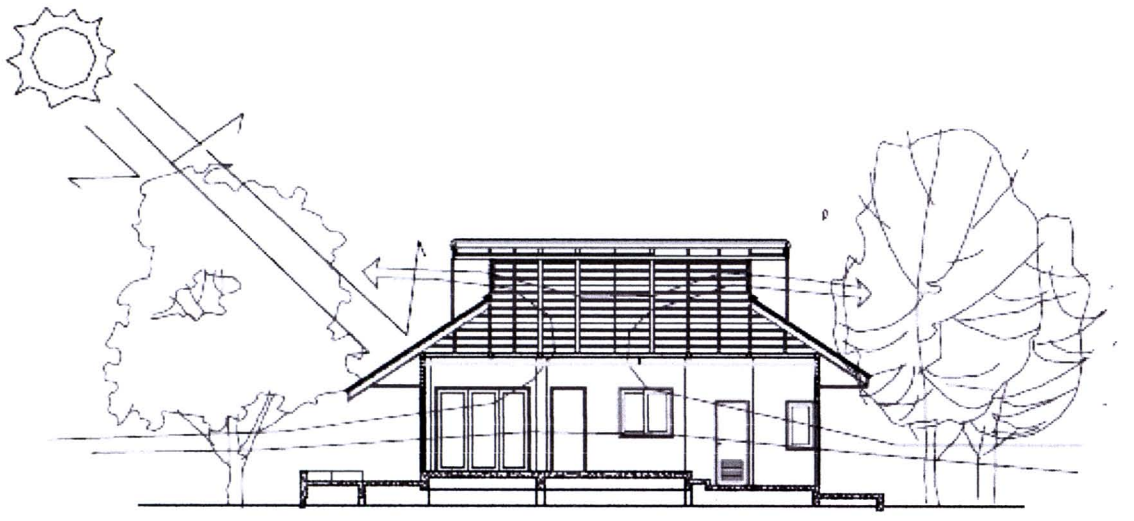
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัย การใช้ดินขาวผสม กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพด และเส้นใยจากเปลือกทุเรียนเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในผนังคอนกรีตบล็อก สามารถใช้งานจริงในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสม โดยมีรายละเอียดทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดในด้านการอนุรักษ์พลังงาน คุณสมบัติทางกายภายและเชิงกล ความแข็งแรงมาตรฐาน ของวัสดุและผลิตภัณฑ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การใช้วัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

เนื่องจากเมืองไทยเป็นประเทศที่อยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น แนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศก็คือ การป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร สำหรับบ้านพักอาศัยนั้น ก็มีหลายแนวทาง อาทิ

- การสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม
- การป้องกันความร้อนให้กับเปลือกอาคาร
- การเลือกใช้การระบายอากาศภายในอาคารอย่างเหมาะสม



รูปที่ 2.1 การป้องกันและลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

สาเหตุของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารมาจากภายนอกมากกว่าที่เกิดขึ้นภายในอาคาร การที่จะลดความร้อนรวมลงได้ก็จะต้องมาจากการมีการป้องกันความร้อนที่ดีจากกรอบอาคาร ซึ่งส่วนหนึ่ง

สามารถทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละพื้นที่ ก็จะสามารถช่วยลดความร้อนได้ ดังนั้นระบบของวัสดุกรอบอาคารมีส่วนสำคัญในการป้องกันความร้อน ระบบของวัสดุกรอบอาคารที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แบ่งตามวัสดุผนังและหลังคา ในที่ได้ศึกษาในด้านวัสดุผนัง ที่เป็นมวลสาร (Mass Wall) หมายถึง ผนังที่มีมวลสารยึดติดกันทั่วทั้งผนัง โดยการก่อหรือการหล่อเข้าด้วยกัน เช่น ผนังก่ออิฐมอญ ผนังก่อคอนกรีตบล็อก ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา และผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น [1]

2.2 ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อก

ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อก จะถูกผลิตในลักษณะอุตสาหกรรมมากกว่าอิฐมอญ โดย มีทั้งชนิดรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก ที่ผลิตขึ้นในประเทศ และใช้กันทั่วไปคือ คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ขนาด 70 X 190 X 390 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลวง (Hollow Concrete Block) และเป็นที่นิยมใช้มากเนื่องจากมีราคาถูก และสามารถหาซื้อได้ง่าย [11] ไม่มีปัญหาในขั้นตอนการก่อสร้าง เนื่องจากช่างมีความเคยชินในการทำงานอยู่แล้ว อีกทั้งยังสามารถทำงานได้เร็วเพราะมีขนาดก้อนใหญ่กว่าอิฐมอญ และจากลักษณะที่มีรูกลวงตรงกลางทำให้ช่องอากาศภายในนั้นเป็นฉนวนในการกันความร้อนที่ดี แต่ข้อเสียคือจะเปราะและแตกง่าย การตอกตะปูยึดพุกต้องทำที่ปูนก่อเสาเอ็นหรือคานเอ็น ซึ่งถ้าเป็นผนังฉาบปูนจะหาตำแหน่งยาก ส่วนผนังเซาะร่องหาจุดเจาะพุกไม่ยากเท่าไรหากเกิดน้ำรั่วเข้าผนัง น้ำจะซึมได้ดีกว่าอิฐมอญ และบล็อกที่ขายกันทั่วไปคุณภาพต่ำ บางกว่าที่กำหนด เช่น ขนาดความหนา 7 ซม. จะเหลือ 6-6.5 ซม. ทำให้มือทุบแตก และหล่นก็แตก เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของคอนกรีตบล็อก

ลักษณะ	หน่วย
ราคาต่อหน่วย (บาท)	4.50
ราคารวมต่อตารางเมตร (บาท)	200
ค่าวัสดุ+ค่าแรงต่อตารางเมตร (บาท)	390
ขนาด (cm^3)	7x19x39
ความหนาแน่น (kg/m^3)	765
จำนวนก้อนต่อตารางเมตร (ก้อน, แผ่น)	14
น้ำหนักต่อตารางเมตร (kg/m^2)	90
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อตารางเมตร (kg/m^2)	130
ค่าการนำความร้อน"K" (Conductivity – K value)(W/m.K)	0.529

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของคอนกรีตบล็อก (ต่อ)

ลักษณะ	หน่วย
ค่าการต้านทานความร้อน"R" (Resistivity – R value) (m2K/W)	0.149
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (Thermal Expansion /°C)	4.5 x 10-6
การหดตัวเมื่อแห้ง	0.8
การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
อัตราการซึมน้ำ (%)	30%
การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	- 0.8
จำนวนผู้ผลิต	มาก
ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการ	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย
การบำรุงรักษา	ง่าย
อายุใช้งาน	มากกว่า50 ปี

ตารางที่ 2.2 ข้อดี – ข้อเสียของคอนกรีตบล็อก

ข้อดี	ข้อเสีย
1) ราคาถูก 2) แข็งแรง 3) มีช่องอากาศที่ช่วยกันความร้อนได้	1) อายุการใช้งานยังไม่มีการยืนยัน 2) ต้องใช้ปูนฉาบ

ในการประยุกต์การใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุคอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติคล้ายอิฐมอญ แต่มีลักษณะเป็นรูกลวงตรงกลางและมีขนาดใหญ่กว่ามาก การที่จะแก้ปัญหาในการป้องกันความร้อนโดยการทำเป็นผนัง 2 ชั้น อาจจะไม่เหมาะสม เนื่องจากขนาดที่มีความหนาของวัสดุ ทำให้ต้องเสียพื้นที่ไปเป็นผนังมากเกินไป ฉะนั้นควรที่จะใช้วัสดุประกอบอื่นแทน เช่น การเพิ่มฉนวนภายในหรือใช้วัสดุมวลสารน้อยปิดทับภายนอก เป็นต้น แต่ทั้งนี้การที่จะติดตั้งหรือประกอบวัสดุใดๆเข้ากับคอนกรีตบล็อก จะต้องคำนึงถึงข้อเสียของวัสดุชนิดนี้ คือ เป็นวัสดุที่น้ำสามารถซึมผ่านและกระจายตัวได้ง่าย ดังนั้นจะต้องมีการฉาบทับหรือปิดด้วยวัสดุที่สามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำ ก่อนที่จะติดตั้งฉนวนภายใน เพราะฉนวนเกือบทุกชนิดจะเสื่อมสภาพเมื่อมีน้ำหรือความชื้นเข้ามาสะสมภายในฉนวน ข้อเสียอีกประการของวัสดุชนิดนี้ คือ ความเปราะและแตกหักง่าย ซึ่งผู้อาศัยมักพบปัญหาการเจาะ ตอก หรือแขวนสิ่งของต่างๆไม่ค่อยได้ สาเหตุเนื่องจากรูกลวงที่อยู่ตรงกลางของบล็อก ซึ่งปัญหานี้อาจแก้ไขได้

โดยการเทปูนลงในช่องว่างเหล่านั้น เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุ แต่ผลกระทบก็คือ น้ำหนักโดยรวมของอาคารก็จะมากขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งช่องอากาศที่เป็นฉนวนกันความร้อนก็จะหมดตามไปด้วย จึงควรพัฒนาปรับปรุงาผนังคอนกรีตบล็อกให้มีความเหมาะสมและตอบสนองต่อความต้องการอันแท้จริงของผู้อยู่อาศัยมากยิ่งขึ้น

2.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

คุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำ หนัก(มอก. 58 - 2533) มีลักษณะทั่วไปคือ คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักทุกก้อน ต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อเสียกำลังหรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดาจะต้องไม่เป็นสาเหตุอ้างในการย่อมรับ คอนกรีตไม่รับน้ำหนัก ซึ่งต้องการฉาบปูนหรือแต่งปูนต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูน คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยจะต้องไม่มีรอยบิ่นรอยร้าวหรือตำหนิอื่นๆ ถ้าในการสั่งคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยบิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตร เป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับความต้านทานแรงอัดค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล ค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 2.0 เมกะพาสคัล คาดว่าคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย เส้นใยมะพร้าว ฟางข้าวและแกลบจะมีคุณสมบัติเทียบเคียงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 –2533 ด้านทางด้านคุณลักษณะทั่วไปด้านความต้านทานแรงอัด ค่าการดูดซึม และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน [11]

ตารางที่ 2.3 ความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น) [11]

การหดตัวทางยาวร้อยละ	**ความชื้น สูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)**		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย ร้อยละ		
	น้อยกว่า 50	**50 ถึง 75**	**มากกว่า 75**
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35

2.4 สมบัติทางเคมีของดินขาวจากแหล่งต่างๆ

ดินขาวปราจีน (CPB-CM) เป็นดินขาวที่ประกอบด้วย แร่เคโอลิไนต์และควอทซ์ เป็นดินขาวละเอียดปนทรายที่ถูกพัดพามาสะสมตัวเป็นชั้นในแอ่งที่ราบ มีความเหนียวพอประมาณแต่มีความทนไฟสูง เหมาะที่จะใช้เป็นส่วนผสม [3]

ตารางที่ 2.4 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวปราจีน

Chemical Composition	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	MgO %	CaO %	Na_2O %	K_2O %	TiO_2 %	MnO_2 %	LOI %
CPB-CM	74.60	16.70	0.81	0.09	0.10	0.09	0.17	0.66	0.01	6.70

ดินขาวล้างระนอง (WRN-CMS) เป็นดินขาวล้างเนื้อละเอียด เกรดสุขภัณฑ์ ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เคโอลิไนต์ และอาลลอยไซต์ สีของเนื้อดินหลังการเผาจะให้สีขาว มีความทนไฟสูง เหมาะสำหรับเป็นส่วนผสมในเนื้อวัสดุทนไฟและในเครื่องดินเผาที่ต้องการความขาว, ส่วนผสมน้ำสลิปสำหรับงานหล่อแบบโดยเฉพาะในพวกสุขภัณฑ์ต่างๆ และใช้ในน้ำเคลือบ

ตารางที่ 2.5 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวล้างระนอง

Chemical Composition	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	MgO %	CaO %	Na2O %	K2O %	LOI %
WRN-CMS	44.90	38.70	0.70	0.10	0.20	0.60	2.10	12.70

ดินขาวล้างวังเหนือ (WLP-WN) ดินขาวเนื้อละเอียด ส่วนประกอบสำคัญ คือ แร่เคโอลิไนต์และอิลไลต์ มีสีหลังเผาสีขาวออกเหลืองเล็กน้อย มีความทนไฟปานกลาง และมีค่า Costing Rate ดี

ตารางที่ 2.6 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวล้างวังเหนือ

Chemical Composition	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	MgO %	CaO %	Na2O %	K2O %	TiO2 %	MnO2 %	LOI %
CPB-CM	61.40	12.50	1.00	0.47	0.26	2.65	3.35	0.05	0.06	6.70

จากข้อมูลสมบัติทางเคมีของดินขาวจะเห็นว่ามีแร่ธาตุต่างๆ ที่สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตโดยการนำมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน [4 – 6] หรือเป็นวัสดุผสมเพิ่มในคอนกรีตได้ ดังนั้นแนวความคิดในการนำดินขาวมาผสมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักจึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่ง และ

สมควรนำมาทำการศึกษาวิจัยอย่างเป็นจริงจัง เพื่อที่จะได้มีวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีและมีราคาถูกกว่าวัสดุฉนวนชนิดอื่น ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดต่อไป

2.5 โครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยจากสัตว์หรือเส้นใยโปรตีน เส้นใยแร่ โลหะ เส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)x$ โครงสร้างและการยึดเกาะของโมเลกุลแสดงในภาพประกอบ โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของเส้นใย กล่าวคือในโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดจากหน่วยโมเลกุลซ้ำ (Repeat units) ยึดจับกันเป็นสายยาว หน่วยโมเลกุลซ้ำคือ เซลโลไบโอส (Cellobiose) เกิดจากบีต้า กลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ (Crystalline) ค่อนข้างมากคือ 85 – 95 % และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) เป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง จากข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ จะเห็นว่าสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตได้ ดังนั้นแนวความคิดในการนำเส้นใยธรรมชาติมาผสมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักจึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่ง และสมควรนำมาทำการศึกษาวิจัยอย่างเป็นจริงจัง เพื่อที่จะได้มีวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีและมีราคาถูกกว่าวัสดุฉนวนชนิดอื่น ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดต่อไป

จากข้อมูลการใช้วัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ลักษณะ/ข้อดี/ข้อเสียของคอนกรีตบล็อก มาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก คุณสมบัติทางเคมีของดินขาว และโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ ดังนั้นแนวความคิดในการนำดินขาวผสมกากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพดและเส้นใยจากเปลือกทุเรียนเพิ่มประสิทธิ์ภาพการป้องกันความร้อนในผนังคอนกรีตบล็อกที่ จึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่ง และสมควรนำมาทำการศึกษาวิจัยอย่างเป็นจริงจัง เพื่อที่จะได้มีวัสดุก่อสร้างชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี มีความแข็งแรง ลดการแตกร้าว และมีราคาถูกกว่าวัสดุฉนวนชนิดอื่น ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดต่อไป

2.6 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

1) ดินขาว (China clay or Kaolin) หรือดินเกาเหลียง คือแร่ที่มีลักษณะเป็นดินสีขาวซึ่งประกอบด้วยสารประกอบผลึกเล็ก ๆ ของแร่ Kaolinite

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 01 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247342
เลขเรียกหนังสือ

- สูตรเคมี	$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$		
- ส่วนประกอบทางเคมี	ซิลิกา (SiO_2)	46	เปอร์เซ็นต์
	อะลูมินา (Al_2O_3)	40	เปอร์เซ็นต์
	น้ำ (H_2O)	14	เปอร์เซ็นต์
- คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	2.0-2.5	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.6	
	จุดหลอมประมาณ	1,785°C	

เกรดในทางการค้าของดินขาวที่บริสุทธิ์ที่สุดมีส่วนประกอบเกือบใกล้เคียงกัน

1.1) คุณลักษณะของแร่ดินขาวตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing Materials)

1.1.1) สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสี: ASTM D 603-91

ตารางที่ 2.7 คุณลักษณะของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสี ตามมาตรฐาน ASTM

คุณลักษณะ	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2)	43-47
อะลูมินา(Al_2O_3)	37-40
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	10-15
ความชื้นและสารที่ระเหิดได้ (Moisture and other volatile matter) สูงสุด	1.0
สารที่ค้างบนตะแกรงมีขนาด 325 เมช สูงสุด	2.0

1.1.2) สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสีขาว (White pigment) : ASTM D 603-91

ตารางที่ 2.8 คุณลักษณะของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสีขาว ตามมาตรฐาน ASTM

คุณลักษณะ	Ideal (เปอร์เซ็นต์)	Typical (เปอร์เซ็นต์)	Range (เปอร์เซ็นต์)	Maximum (เปอร์เซ็นต์)
อะลูมินา(Al_2O_3)	39.5	38.80	37-42 [A]	-
ซิลิกา (SiO_2)	46.54	45.40	43-48 [B]	-
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	-	0.3	-	0.50
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	-	1.50	-	2.00

ตารางที่ 2.8 คุณลักษณะของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสีขาว ตามมาตรฐาน ASTM (ต่อ)

คุณลักษณะ	Ideal (เปอร์เซ็นต์)	Typical (เปอร์เซ็นต์)	Range (เปอร์เซ็นต์)	Maximum (เปอร์เซ็นต์)
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	-	0.10	-	0.20
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	-	0.10	-	0.30
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	-	0.10	-	0.20
ออกไซด์อื่นๆ (Other oxides)	-	trace	-	0.10
ความชื้น ที่ 105°C	-	-	-	1.0
การสูญเสียน้ำหนักที่ 1,000°C	13.96	13.8	-	15.0

หมายเหตุ A: ยอมให้อะลูมินา (Al_2O_3) มีได้สูงกว่าขีดต่ำสุด 5% สำหรับ Allophane

B: ยอมให้ซิลิกา (SiO_2) มีได้สูงกว่าขีดต่ำสุด 5% สำหรับ Quartz

1.2) คุณลักษณะของแร่ดินขาวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย

1.2.1) แร่ดินขาวใช้ผสมทำกระดาษ (มอก. 74-2529)

ตารางที่ 2.9 คุณลักษณะของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมผสมทำกระดาษ ตามมาตรฐาน มอก.

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความขาวสว่าง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	80
2	กากที่ค้างบนแร่ง 45 ไมโครเมตร ร้อยละ ไม่เกิน	0.2
3	ความหยาบละเอียดของดินขาว	
	- ขนาดใหญ่กว่า 5 ไมโครเมตร ร้อยละ ไม่เกิน	30
	- ขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร ร้อยละไม่เกิน	50
4	ความคมโดยวิธีแวลเลย์ มิลลิกรัม ไม่เกิน	40
5	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	3
6	ความเป็นกรด-ด่าง ไม่เกิน	5.5

1.2.2) แร่ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา (มอก. 485-2526)

ตารางที่ 2.10 คุณลักษณะของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา ตามมาตรฐาน มอก.

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด		
	คุณภาพที่ 1	คุณภาพที่ 2	คุณภาพที่ 3
1. กากที่ค้างบนแร่งขนาด 45 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่เกิน	1.0	2.0	5.0
2. การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผามีปริมาณร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่น้อยกว่า	12.0	10.5	10.5
3. อะลูมินา (Al_2O_3) โดยร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่น้อยกว่า	36.0	30.0	30.0
4. ซิลิกา (SiO_2) โดยร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่น้อยกว่า	45.0	50.0	50.0
5. เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) โดยร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่เกิน	1.0	1.5	2.0
6. ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) โดยร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่เกิน	0.7	1.5	1.5
7. เหล็กออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์รวมกันโดยร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่เกิน	1.5	2.75	3.0
8. การหดตัวเชิงเส้น (Linear shrinkage) ร้อยละไม่เกิน			
8.1 หลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 110°C	7.5	7.5	7.5
8.2 หลังผาที่อุณหภูมิ 1,200 °C	12.0	12.0	12.0
8.3 หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,350 °C	15.5	15.5	15.5

หมายเหตุ การทดสอบการหดตัวหลังเผาอาจเลือกทดสอบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิ 1,350 องศาเซลเซียส หรือที่ทั้งสองอุณหภูมิก็ได้

1.2.3) แร่ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมสี (มอก. 1058-2534)

ตารางที่ 2.11 คุณลักษณะของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมสี ตามมาตรฐาน มอก.

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด		
		ชั้นคุณภาพที่ 1	ชั้นคุณภาพที่ 2	ชั้นคุณภาพที่ 3
1	ความหยาบละเอียด ร้อยละไม่น้อยกว่า - ขนาดเล็กกว่า 20 ไมโครเมตร - ขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร - ขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร	 99.5 88 65	 95 80 35	 90 70 15
2	กากที่ค้างบนแร่ง 45 ไมโครเมตร (32 เมช) ร้อยละไม่เกิน	0.05	0.1	0.5
3	ความชื้น ร้อยละไม่เกิน	2		
4	น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง	10 ถึง 14		
5	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก	4.5 ถึง 9.5		
6	ความขาวสว่าง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	80	75	
7	การดูดซึมน้ำหนัก กรัมต่อดินขาว 100 กรัม	45 ถึง 55	40 ถึง 50	30 ถึง 45
8	สารที่ละลายในน้ำ ร้อยละ ไม่เกิน	0.5		

1.2.4) แร่ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมยาง (มอก.1059-2534)

ตารางที่ 2.12 คุณลักษณะของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมยาง ตามมาตรฐาน มอก.

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด			
		ชั้นคุณภาพ ก 1	ชั้นคุณภาพ ก 2	ชั้นคุณภาพ ก 3	ชั้นคุณภาพ ก 4
1	ความหยาบละเอียดร้อยละ ไม่น้อยกว่า - ขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร	95		75	
2	ซิลิกาต่ออะลูมินา	ไม่เกิน 1.50/1.00	เกิน 1.50/1.00	ไม่เกิน 1.50/1.00	เกิน 1.50/1.00
3	กากที่ค้างบนแร่ง ร้อยละ ไม่เกิน แร่ง 125 ไมโครเมตร แร่ง 45 ไมโครเมตร	0.01 0.1			
4	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	2			
5	น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียสร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง	10 ถึง 14	6 ถึง 14	10 ถึง 14	6 ถึง 14
6	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก	4.5 ถึง 9.5			
7	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่ 27/27 องศาเซลเซียส	2.4 ถึง 2.8			
8	เหล็ก (คำนวณเป็น Fe_2O_3) ร้อยละไม่เกิน	2			
9	ทองแดง มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	50			
10	แมงกานีส มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	100			

1.2.5) แร่ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมยาปราบศัตรูพืช (มอก. 1060-2534)

ตารางที่ 2.13 คุณลักษณะของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมยาปราบศัตรูพืช ตามมาตรฐาน มอก.

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	กากที่ค้างบนแร่ง 45 ไมโครเมตร (325 เมช) ร้อยละ ไม่เกิน	0.5
2	ความชื้น ร้อยละไม่เกิน	3.0
3	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก	5.5 ถึง 7.5
4	ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (bulk bensity) กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	0.3 ถึง 0.4
5	สารหนู (คำนวณเป็น AS_2O_3) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	10

1.2.6) แร่ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมปุ๋ย

ตารางที่ 2.14 คุณลักษณะของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมปุ๋ย

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ซิลิกา ร้อยละ ไม่เกิน	60
2	กากที่ค้างบนแร่ง 600 ไมโครเมตร (30เมช) ร้อยละ ไม่เกิน	0.5
3	ความชื้นร้อยละไม่เกิน	3
4	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก	5.5 ถึง 7.5
5	สารหนู (คำนวณเป็น AS_2O_3) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	10

1.2.7) แร่ดินขาวสำหรับใช้เคลือบกระดาษ (มอก. 1064-2534)

ตารางที่ 2.15 คุณลักษณะของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมปุ๋ย ตามมาตรฐาน มอก.

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความหยาบละเอียด	
	ขนาดใหญ่กว่า 5 ไมโครเมตร ร้อยละ ไม่เกิน	5
	ขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	80
2	ซิลิกาต่ออะลูมินา ไม่เกิน	1.20 - 1.00
3	กากที่ค้างบนแร่ง 45 ไมโครเมตร (325เมช) ร้อยละ ไม่เกิน	0.01
4	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	3
5	น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง	10 ถึง 14
6	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก	4.0 ถึง 7.5
7	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่ 27/27 องศาเซลเซียส	2.5 ถึง 2.9
8	ความขาวสว่าง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	85
9	ความคม โดยวิธีแวลเลย์ มิลลิกรัม ไม่เกิน	20
10	สารที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก ร้อยละ ไม่เกิน	2.5
11	เหล็ก (คำนวณเป็น Fe_2O_3) ร้อยละ ไม่เกิน	0.7

1.3) คุณลักษณะของแร่ดินขาวที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ของโรงงานกระดาษกระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย

1.3.1) คุณลักษณะทางฟิสิกส์

- ความขาวสว่าง (Brightness) ต่ำสุด 80.0 เปอร์เซ็นต์
- ความละเอียดของเม็ดดิน (Fineness) ขนาด 325 เมช สูงสุด 0.2 เปอร์เซ็นต์
- ความชื้น (Moisture) สูงสุด 1.0 เปอร์เซ็นต์
- ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4-6 เปอร์เซ็นต์
- ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) 2.5-2.6
- ดัชนีหักเหของแสง (Refractive index) 1.5-1.6

1.3.2) คุณลักษณะทางเคมี

ตารางที่ 2.16 คุณลักษณะทางเคมีของดินขาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ตามมาตรฐาน โรงงานกระดาษกระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย

คุณลักษณะทางเคมี	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2)	50.0
อะลูมินา(Al_2O_3)	34.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.8
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.5
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.0
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.2

1.4) แร่ดินขาวล้างที่ผลิตได้ของประเทศไทย

1.4.1) คุณลักษณะของแร่ดินขาวล้างที่ผลิตได้ของประเทศไทย

ตารางที่ 2.17 คุณลักษณะของแร่ดินขาวล้างที่ผลิตได้ของประเทศไทย

คุณลักษณะ	อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย (เปอร์เซ็นต์)	จ.ระนอง (เปอร์เซ็นต์)
ซิลิกา (SiO_2)	44.5	48.6
อะลูมินา(Al_2O_3)	38.2	36.4
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.8	0.94
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.2	0.02
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.1	0.08
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.8	2.0
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	-	0.19
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ที่(Loss on ignition)	14.2	11.73

1.4.2) สมบัติทางกายภาพของแร่ดินขาวล้างที่ผลิตได้ของประเทศไทย

- ดินขาวล้างเวียงป่าเป้า

ค่าความคม (Abrasive value)	47.4	มิลลิกรัม
ความขาวสว่าง (Brightness)	80.0	เปอร์เซ็นต์
ขนาด (size) : -325 เมช	99.4	เปอร์เซ็นต์

- ดินขาวระนอง

ขนาด (size) : -325 เมช	100	เปอร์เซ็นต์
การหดตัว (Volume drying shrinkage)	21	เปอร์เซ็นต์

1.5) คุณลักษณะของแร่ดินขาวที่ผลิตได้อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง

ตารางที่ 2.18 คุณลักษณะของแร่ดินขาวล้างที่ผลิตได้ของประเทศไทย

คุณลักษณะ	**แหล่งที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)**		**แหล่งที่ 2 (เปอร์เซ็นต์)**		
	ขนาด		**ขนาด**		
	200 mesh	**325 mesh**	**200 mesh**	**250 mesh**	**325 mesh**
ซิลิกา (SiO_2)	65.29	62.40	61.7	53.9	52.0
อะลูมินา(Al_2O_3)	19.80	21.46	25.8	29.9	32.1
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	1.36	1.34	1.5	1.3	1.5
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	7.31	8.09	4.38	5.49	5.73
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.97	1.27	0.83	1.27	1.16
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	*สูงสุด 0.001*	*สูงสุด 0.001*	0.73	0.62	0.95
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.16	0.20	0.64	0.72	0.36
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.04	0.03	-	-	-
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	5.04	5.02	4.31	6.25	6.56

2) กากมะพร้าว (Coconut meal) เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันมะพร้าว ของโรงงานผลิตน้ำมันพืช คุณสมบัติ มีโปรตีนประมาณ 18-21 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าเป็นกากมะพร้าวจากการคั้นกะทิจะมีโปรตีนต่ำมาก

ตารางที่ 2.19 ส่วนประกอบทางเคมีของกากมะพร้าว

ส่วนประกอบ (%)	
ความชื้น	10
โปรตีน	21
ไขมัน	6
เยื่อใย	12
เถ้า	7
แคลเซียม	0.2
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	0.2
ไกลซีน	0.88

3) คอนกรีตเบา คือ คอนกรีตที่มีความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตทั่วไป คอนกรีตเบาประเภทที่ใช้มวลรวมเบา คอนกรีตประเภทนี้เป็นคอนกรีตที่ใช้มวลรวมน้ำหนักเบาเป็นวัสดุผสมแทนมวลรวมธรรมดาสมารถแบ่งชนิดของมวลรวมได้เป็น 4 ชนิด คือ

3.1) มวลรวมเบาที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ หิน Vermiculite, Perlite, Pumice และ Scoria ซึ่งเป็นลาวาที่พองตัวโดยธรรมชาติ เกิดขึ้นเมื่อมีภู เขาไฟระเบิด มวลรวมชนิดนี้ใช้สำหรับผสมคอนกรีตที่ไม่ต้องการกำลังสูงมาก และมวลรวมก็มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำสูง

3.2) มวลรวมเบาที่ได้จากขบวนการผลิต ได้แก่ ดินเหนียวผสมสารที่ก่อให้เกิดฟองอากาศ(Expanded Clay Aggregate) และดินดานผสมถ่านที่บดละเอียดแล้ว (Expanded Shale Aggregate) ดินเหนียวผสมสารที่ก่อให้เกิดฟองอากาศ (Expanded Clay Aggregate) เป็นการนำเอาดินเหนียวมาผสมกับสารก่อฟองอากาศแล้วนำไปเผาในหม้อดินที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ณ อุณหภูมินี้ จะมีการขยายตัวของของดินเหนียว เนื่องจากการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ภายในและเกิดเป็นฟองอากาศอยู่ภายในเนื้อดิน เมื่อผ่านการเผาแล้ว ดินจะมีความแข็ง ผิวเรียบแน่น แต่มีเนื้อภายในเป็นโพรงอากาศ สำหรับดินดานผสมถ่านที่บดละเอียดแล้ว (Expanded Shale Aggregate) เป็นการนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส วัตถุดิบจะถูกหลอมรวมกัน และจะมีฟองอากาศถูกกักเก็บไว้ภายในเนื้อดิน ลักษณะของดินที่ได้จะมีความแข็งมากหลังจากการเผาก็จะนำไปย่อยให้ได้ขนาดตามต้องการ มวลรวมเบาทั้งสองชนิดนี้จะมีความแข็งแกร่งค่อนข้างดี และเป็นมวลรวมที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีตเบามากที่สุด

3.3) มวลรวมเบาที่ได้จากสารอินทรีย์ ได้แก่ การใช้ไม่บางชนิดใส่ผสมเข้ากับเนื้อคอนกรีต

3.4) มวลรวมเบาที่ได้จากของเหลือจากขบวนการผลิต ได้แก่ ขี้เถ่าหนัก (Fuymace Bottom Ash) ที่ได้จากโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ดินขาว กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพดและเส้นใยจากเปลือกทุเรียนผสมในคอนกรีต สามารถรวบรวมมาได้พอสังเขป ดังนี้

1) Sayamipuk, S. (2000) [4] ได้ศึกษาดินขาวจากแหล่งระนองในประเทศไทย โดยนำดินขาวดิบมาเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่งโมง จากการทดลองมอร์ต้าผสมดินขาวแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 20. 30. และ 40 โดยน้ำหนัก ที่อายุการบ่ม 7. 28. และ 90 วันพบว่าการแทนที่ซีเมนต์โดยดินขาวในอัตราส่วนร้อยละ 30 จะให้กำลังอัดสูงสุดทั้งนี้นอกจากปฏิกิริยาปอซโซลานิกที่เกิดขึ้น อนุภาคของดินขาวยังมีส่วนช่วยในการพัฒนากำลังอัดของมอร์ต้าเนื่องจากผลของ Microfiller Effect เนื่องจากอนุภาคของดินขาวจะเข้าไปแทรกในช่องว่างในเนื้อมอร์ต้าและช่วยปรับปรุงในส่วนของ Interfacial Zone

2) Badogiannis, E., Papadakis, V.G., Chaniotakis, E. and Tsivilis, S. (2003) [5] ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมที่ตอบสนองต่อกำลังของคอนกรีตโดยเมื่อ ดินขาวแทนที่ทรายจะทำให้กำลังสูงกว่าคอนกรีตธรรมดาที่ 90 วัน แต่ถ้าแทนที่ซีเมนต์จะเริ่มมีปฏิกิริยาด้านกำลังหลังจาก 2 วัน

3) Xiaoqian, Q., and Zongjin, L. (2001) [6] ทำการศึกษาการเติมดินขาวลงในคอนกรีตจะทำให้กำลังรับแรงอัดเพิ่มมากขึ้นในเวลาอันสั้นและในระยะยาวกำลังก็จะสูงกว่าเดิมด้วย จะเห็นว่าดินขาวมีผลทำให้กำลังสูงขึ้นอย่างมาก ส่วนความสามารถในการทำงานได้ของคอนกรีตจะได้รับผลกระทบน้อยมากเมื่อใส่ดินขาว 5%

4) ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง (2007) [7] ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุสำหรับคอนกรีตบล็อก ชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว มีอัตราส่วนที่จะใช้ในการทดสอบคือการนำเส้นใยมะพร้าวมาผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และทรายเพื่อมาผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3 ของน้ำหนักทราย มีสูตรในการทดลองจำนวน 12 สูตร แต่และสูตรจะทำการผลิตคอนกรีตบล็อกขนาด 70 x 190x 390 มิลลิเมตร จำนวนสูตรละ 25 ก้อน รวม 300 ก้อน แล้วนำไปเทียบเคียงคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน ผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนที่ดีที่สุดได้แก่ สูตรที่ 8 คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 ของมวลรวม ทรายร้อยละ 52.50 ของมวลรวม เส้นใยมะพร้าวร้อยละ 22.50 ของมวลรวม และใช้น้ำร้อยละ 15 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านคุณลักษณะทั่วไปด้านความหนาของเปลือก ขนาด โดยอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร ด้านความแข็งแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐานปราศจาก

รอยแตกร้าว หรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อก ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจ ด้านความต้านทานแรงอัด เมื่ออายุก้อนคอนกรีตบล็อกครบ 28 วัน ต้องมีความต้านทานแรงอัดมีเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุดแต่ละก้อน 2.0 เมกะพาสคัล และเฉลี่ยจากก้อนคอนกรีตบล็อกจำนวน 5 ก้อน 2.5 เมกะพาสคัล สูตร8 มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด คือ ความต้านทานแรงอัดก้อนที่ 1 – 5 มีค่า 2.86, 2.91, 2.88, 2.89, 2.90 เมกะพาสคัล ตามลำดับ และค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน มีค่า 2.65 เมกะพาสคัล และร้อยละการดูดซึมอยู่ที่ร้อยละ 14 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือต้องน้อยกว่าร้อยละ 25 และค่าความเป็นฉนวนความร้อนยังมีค่าการนำความร้อนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

5) อัศวิน น้อยสุวรรณ (2006) [12] ได้ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมวัสดุธรรมชาติได้แก่ แกลบ ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของคอนกรีตธรรมดา ในด้าน กำลังต้านทานแรงอัด หน่วยน้ำหนัก และปริมาณการดูดซึมน้ำ โดยออกแบบกำลังอัดประลัยที่ 150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และใช้ปริมาณแกลบที่ผสมในคอนกรีตมีอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20, 50 และ 100 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ผลการศึกษาแสดงให้ทราบว่า หน่วยน้ำหนักและกำลังต้านทานแรงอัด มีค่าลงลงเมื่อปริมาณแกลบเพิ่มขึ้น แต่ ปริมาณการดูดซึมน้ำ มีค่ามากขึ้น

6) ภาพพจน์ แก้วสีขาว (2006) [12] ได้ศึกษากำลังอัดของมอร์ต้าร์ซีเมนต์ผสมดินขาวเผา โดยใช้ดินขาวเผาแทนที่ซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 20, 30, 40 อัตราส่วนผสมของทรายต่อสารซีเมนต์เท่ากับ 2.75 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมทำให้ความข้นเหลวของมอร์ต้าร์เกิดการไหลแผ่ร้อยละ 110±5 จากการศึกษาพบว่า กำลังอัดของมอร์ต้าร์ซีเมนต์ผสมดินขาวเผา จากผลการเปรียบเทียบค่าของ Strength Activity Index ของมอร์ต้าร์ในอัตราส่วนร้อยละ 20, 30 , 40 ที่อายุ 7 วัน มีค่ากำลังอัดร้อยละ 67.5, 55.0, 31.7 ของมอร์ต้าร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ตามลำดับ และที่อายุ 28 วัน มีค่ากำลังอัดร้อยละ 95.4, 82.5, 68.2 ของมอร์ต้าร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า กำลังอัดของมอร์ต้าร์ซีเมนต์ผสมดินขาวเผา จากผลการเปรียบเทียบค่าของ Strength Activity Index ของมอร์ต้าร์ในอัตราส่วนร้อยละ 20, 30, 40 ที่อายุ 7 วัน มีค่ากำลังอัดร้อยละ 67.5, 55.0, 31.7 ของมอร์ต้าร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ตามลำดับ และที่อายุ 28 วัน มีค่ากำลังอัดร้อยละ 95.4, 82.5, 68.2 ของมอร์ต้าร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ตามลำดับ

7) ณุกร พยัคฆพงษ์ (2006) [13] ได้ศึกษากำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์มาตรฐานขนาด 10 x 10 x 10 ซม^3. โดยใช้ปริมาณน้ำที่ทำให้ค่ายุบตัวระหว่าง 5 – 8 ซม. ในการผสมได้แทนที่ปริมาณซีเมนต์ด้วยดินขาวเผาและ/หรือเถ้าแกลบในอัตราส่วนต่างๆดังนี้ OPC MK20 MK40 RHA20 RHA40 MRA3010 MRA2020 MRA1030 RKL40 RKL100 และLMK40 ทำการบ่มโดยแช่ในน้ำเก็บไว้ภายใต้อุณหภูมิห้อง เมื่อก้อนตัวอย่างมีอายุครบ 1, 3, 7, 28, และ 90 วัน นำมาเช็ดให้แห้ง วัดขนาด ชั่งน้ำหนัก และทำการทดสอบกำลังอัด จากการทดสอบพบว่า ก้อนตัวอย่างที่ผสมดินขาวเผาจะให้กำลังอัดสูงกว่าตัวอย่างที่ผสมเถ้าแกลบที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน แต่ทั้งนี้กำลังอัดที่ได้จะแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์ของ

สารปอซโซลานที่เพิ่มขึ้น พบว่า MK20 RHA20 และMK40 มีค่า Strength Activity Index มากกว่า 75% ของกำลังอัดคอนกรีตปกติที่อายุ 7 และ28 วัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่จะสามารถนำไปใช้ในการศึกษาต่อได

8) เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ (2006) [14] ได้ศึกษาการนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วและชานอ้อยที่ผ่านการดูดซับสีแล้วมาใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตคอนกรีตบล็อกปูผนัง โดยทำการทดลองศึกษาสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างที่กำหนดตามมาตรฐานคอนกรีตบล็อกปูผนัง เช่น ค่ากำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และความซึมน้ำ ทดลองโดยใช้อัตราส่วนของซิลิกา-อะลูมินาต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.25 และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 อัตราส่วนผสมของซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเกร็ดเท่ากับ 1:2:3 โดยแปรค่าอัตราส่วนของชานอ้อยที่ผ่านการดูดซับสีต่อวัสดุประสานที่ 0.5 0.10 0.15และ 0.20 และระยะเวลาบ่มเป็น 7 14 21 และ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนของชานอ้อยที่ผ่านการดูดซับสีต่อวัสดุประสานที่ 0.15 และระยะเวลาการบ่มเป็น 21 วัน มีความเหมาะสมในการนำไปทำคอนกรีตบล็อกปูผนังให้ค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 7.19 เมกะปาสคาล ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่กำหนด โดยมีความหนาแน่น 1.98 ก./ลบ.ซม. และมีความซึมน้ำ 12.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นว่าการใช้ดินขาว ที่ผ่านกระบวนเผาเป็นส่วนผสมแทนที่ของปูนซีเมนต์ ให้คอนกรีตที่ได้มีราคาต้นทุนที่ลดลงและมีความแข็งแรงสำหรับโครงสร้างรับน้ำหนักสูง การใช้วัสดุการเกษตรเหลือใช้จากอุตสาหกรรมและ เส้นใยธรรมชาติผสมในคอนกรีต แทนที่ของ มอร์ตาและเป็นส่วนผสมเพิ่มคอนกรีตในผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างที่ได้มีราคาต้นทุนที่ลดลง มีคุณสมบัติป้องกันความร้อน น้ำหนักเบา แต่มีความแข็งแรงลดลง ซึ่งได้แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตและผลิตภัณฑ์คอนกรีต แนวทางการศึกษาวิจัย และระเบียบวิธีเพียงพอที่จะนำมาประยุกต์ใช้วัสดุผสมสำหรับทำคอนกรีตสำหรับใช้เป็นคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยใช้ดินขาว กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพดและเส้นใยจากเปลือกทุเรียน โดยมีกรรมวิธีที่อนุรักษ์พลังงานและลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม และเหมาะสมที่ส่งเสริมชุมชนบริษัทขนาดเล็กสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง ในการผลิตและก่อสร้างบ้านพักอาศัยได้อย่างมีประสิทธิภาพและราคาถูก