บทที่ 3

ผล

จากการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 58 - 2530 แล้วทดสอบมาตรฐานของก้อนคอนกรีตไม่รับน้ำหนัก ตามเกณฑ์ค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 109 - 2517 อันได้แก่ การทดสอบกำลังรับแรงอัด การทดสอบการดูดกลืนน้ำ รวมถึงการทดสอบสารที่ถูกชะล้างได้ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) และการประเมินต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์ที่ได้รับของการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ได้ผลการทดสอบดังนี้

ลักษณะก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ผลิตได้มีขนาด 70 × 190 × 390 มม. ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก. 58 – 2530 อ้างจาก ASTM C129 – 80 Standard Specification for Hollow Non – Load – Bearing Concrete Masonry Units ดังภาพประกอบ 9

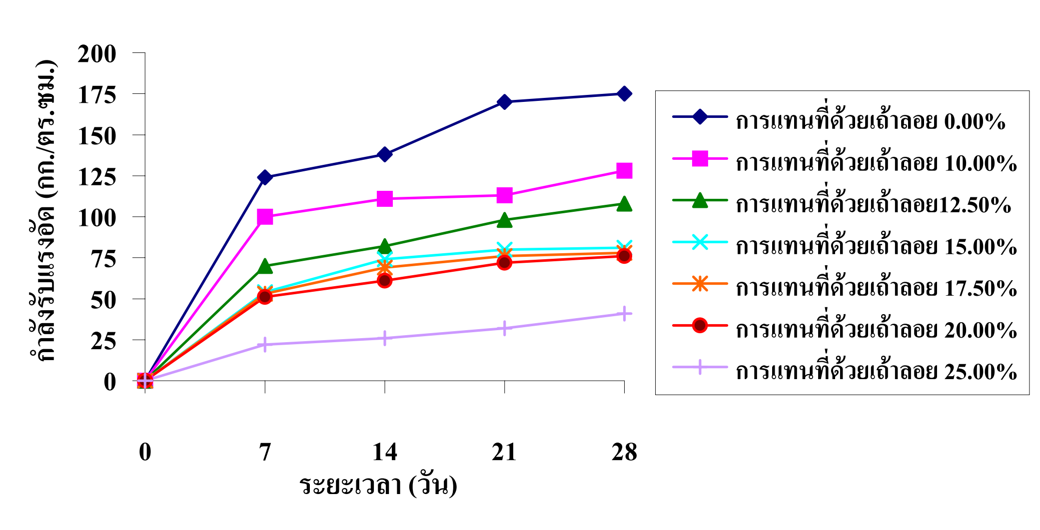
(ก) (ข) (ค)

ภาพประกอบ 9 ลักษณะก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก
(ก) ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักมุมด้านบน
(ข) ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักมุมด้านข้าง
(ค) ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทั้งหมดที่ผลิตได้

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด

ในการทดลองนี้ได้ใช้เถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ 0.00%, 10.00%, 12.50%, 15.00%, 17.50%, 20.00%, และ 25.00% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (ปูนซีเมนต์ + เถ้าลอย) ในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยมีอัตราส่วนของปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.60 (กำหนดให้เป็นชุดที่ 1) ดังแสดงไว้ในตาราง 7

หลังจากนั้นทำการบ่มก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน แล้วทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 109 – 2517 อ้างจาก ASTM C140 – 70 Standard Methods of Sampling and Testing Concrete Masonry Units



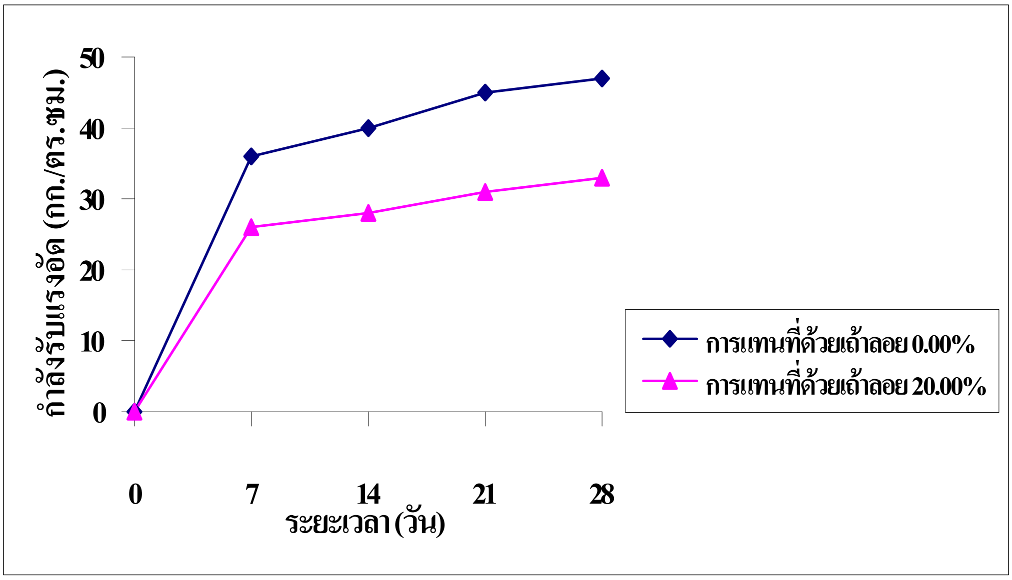
ภาพประกอบ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) กับ ระยะเวลา (วัน) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ชุดที่ 1)

จากภาพประกอบ 10 แสดงกำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย จะเห็นได้ว่าก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีเถ้าลอยผสมอยู่มีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ผสมเถ้าลอย ที่อายุการบ่มเดียวกัน และกำลังรับแรงอัดจะลดลงเมื่อปริมาณเถ้าลอยเพิ่มมากขึ้น โดยที่เปอร์เซนต์สูงสุดในการแทนที่ด้วยเถ้าลอยในส่วนผสมจะให้กำลังรับแรงอัดต่ำที่สุด

ในขณะเดียวกันกำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้น ที่การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย 0.00% ที่อายุการบ่ม 7 วัน เทียบกับ อายุการบ่ม 28 วัน กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น 71.00% ส่วนการแทนที่ด้วยเถ้าลอย 25.00% ที่อายุการบ่ม7 วัน เทียบกับ อายุการบ่ม 28 วัน กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น 54.00%

เนื่องจากมาตรฐานก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักต้องการกำลังรับแรงอัดที่ผ่านค่ามาตรฐานที่ 25 กก./ตร.ซม. ดังนั้นจึงเลือกชุดการทดลองที่ให้กำลังรับแรงอัดตั้งแต่ 25 กก./ตร.ซม. ขึ้นไป ที่อายุการบ่ม 7 วัน และมีปริมาณการใช้เถ้าลอยในปริมาณมาก ดังนั้นการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย 20.00 % จึงมีความเหมาะสม เพราะ ให้กำลังรับแรงอัด 51 กก./ตร.ซม. ที่อายุการบ่ม 7 วัน คิดเป็น 41.00% และ 76 กก./ตร.ซม. คิดเป็น 43.00% ที่อายุการบ่ม 28 วัน การพัฒนากำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 7 วัน เทียบกับ อายุการบ่มที่ 28 วัน คิดเป็น 67.00%

เมื่อได้เลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมแล้ว คือ ชุดการทดลองที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย 20.00 % จากนั้นนำไปใช้เป็นส่วนผสมจริงในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักของการทำของผู้ประกอบการ โดยในการทดลองนี้ได้ใช้เถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต แทนที่ปูนซีเมนต์ที่ 0.00%, 20.00% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (ปูนซีเมนต์ + เถ้าลอย) ในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มีอัตราส่วนปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.47 (กำหนดให้เป็นชุดที่ 2) สัดส่วนผสมซึ่งแสดงไว้ในตาราง 8



ภาพประกอบ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) กับ ระยะเวลา (วัน) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ชุดที่ 2)

จากภาพประกอบ 11 แสดงกำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยที่ 20.00% จะเห็นได้ว่ามีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ผสมเถ้าลอย ที่อายุการบ่มเดียวกัน แต่ให้กำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่มที่ 7 วัน อยู่ที่ 26 กก./ตร.ซม. คิดเป็น 72.00% และ 33 กก./ตร.ซม. คิดเป็น 70.00% ที่อายุการบ่ม 28 วัน ในส่วนของการพัฒนากำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 7 วัน เทียบกับ อายุการบ่มที่ 28 วัน คิดเป็น 79.00% ซึ่งถือว่าผ่านค่ามาตรฐานของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

เพราะฉะนั้นจากการทดสอบทั้ง 2 ชุดการทดสอบ พบว่า กำลังรับแรงอัดจะลดลงเมื่อปริมาณเถ้าลอยเพิ่มมากขึ้นเนื่องจาก เถ้าลอยชนิดนี้ไม่มีคุณสมบัติของสารปอซโซลาน เพราะมีผลรวมของซิลิกาออกไซด์ เฟอร์ริกออกไซด์ และ อลูมินาออกไซด์ ใน Class F และ Class C น้อยกว่าร้อยละ 70 และ 50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และไม่มีคุณสมบัติซีเมนต์ แม้จะมีลักษณะเป็นผงคล้ายปูนซีเมนต์ อีกทั้งยังมีร้อยละของปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) เกินร้อยละ 5.00 ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการรับกำลังอัดและเวลาในการก่อตัว รวมถึงการที่มีร้อยละของปริมาณอัลคาไลน์ (Alkali) ในรูปของโซเดียมออกไซด์ (Na_2O) สูงเกินร้อยละ 1.50 (ดูรายละเอียดจากตาราง 3) ซึ่งการที่มีปริมาณ Alkali (Na_2O และ K_2O) สูงนั้นทำให้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยา Alkali – Aggregate (Mangialardi, *et al.*, 1998) ส่งผลให้คอนกรีตสูญเสียกำลังรับแรงอัดได้ (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536) และจากการศึกษาสารประกอบในเถ้าลอยเพิ่มเติมอีกครั้งด้วยเทคนิค X – Ray Fluorescence Spectromety (XRF) พบว่า มีปริมาณของ SO_3, Na_2O และ CaO สูงกว่าค่ามาตรฐาน ดังแสดงไว้ในตาราง 9

นอกจากนี้ในส่วนประกอบทางแร่วิทยา ก็เช่นเดียวกัน เนื่องจากเถ้าลอยมีส่วนประกอบทางแร่พวก $CaCO_3$ (Calcite) และ $CaSO_4$ (Anhydrite) ซึ่งจากการศึกษาสารประกอบในเถ้าลอยเพิ่มเติมอีกครั้งด้วยเทคนิค X – Ray Diffractometer (XRD) พบสารดังกล่าว ดังแสดงในตาราง 10 และภาพประกอบ 12 และภาพประกอบ 13 โดยที่สารดังกล่าวนี้เป็นสารที่เฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยา อันจัดได้ว่าเถ้าลอยชนิดนี้เป็นสารผสมเพิ่ม (Admixture) ประเภทสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture) ในงานคอนกรีต (ภควัฒน์ แสนเจริญ, 2546) ซึ่งอยู่ในกลุ่มวัสดุเฉื่อย (Inert) (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 253 และ วินิต ช่อวิเชียร, 2544) และรวมทั้งลักษณะทางกายภาพ คือ ลักษณะรูปร่างของเถ้าลอยมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าปูนซีเมนต์ มีพื้นที่ผิวอนุภาคขรุขระ หยาบ และเป็นเหลี่ยมบิดเบี้ยวมีรูพรุน ทำให้ดูดซึมน้ำได้ดี ส่งผลให้มีความต้องการปริมาณน้ำในส่วนผสมมากขึ้น
(ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, สุรเชษฐ์ จึงเกษมโชค และ วราภรณ์ คุณาวนากิจ, 2542)

ตาราง 9 สารประกอบที่พบในเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต

ที่	สารประกอบ	ความเข้มข้น (%)
1*	**Na_2O**	**5.74**
2	MgO	1.60
3**	**Al_2O_3**	**0.77**
4**	**SiO_2**	**1.57**
5	P_2O_5	0.76
6***	**SO_3**	**5.19**
7	Cl	18.12
8	K_2O	9.72
9	CaO	54.26
10	TiO_2	0.60
11**	**Fe_2O_3**	**1.44**
12	CuO	0.13
13	SrO	0.03
14	PbO	0.07

ธาตุปริมาณต่ำที่พบ : Cr Mn Ni Zn Br Rb Sn

หมายเหตุ : ดูรายละเอียดข้อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM C618 กับเถ้าลอยเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตได้จากตาราง 3

* คือ อัลคาไลน์ในรูปของโซเดียมไดออกไซด์ Na_2O (%) ตามข้อกำหนดทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM C618 - 98

** คือ ปริมาณ Al_2O_3 (%), SiO_2 (%), Fe_2O_3 (%) ในองค์ประกอบของสารปอซโซลานในข้อกำหนดทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM C618 - 98

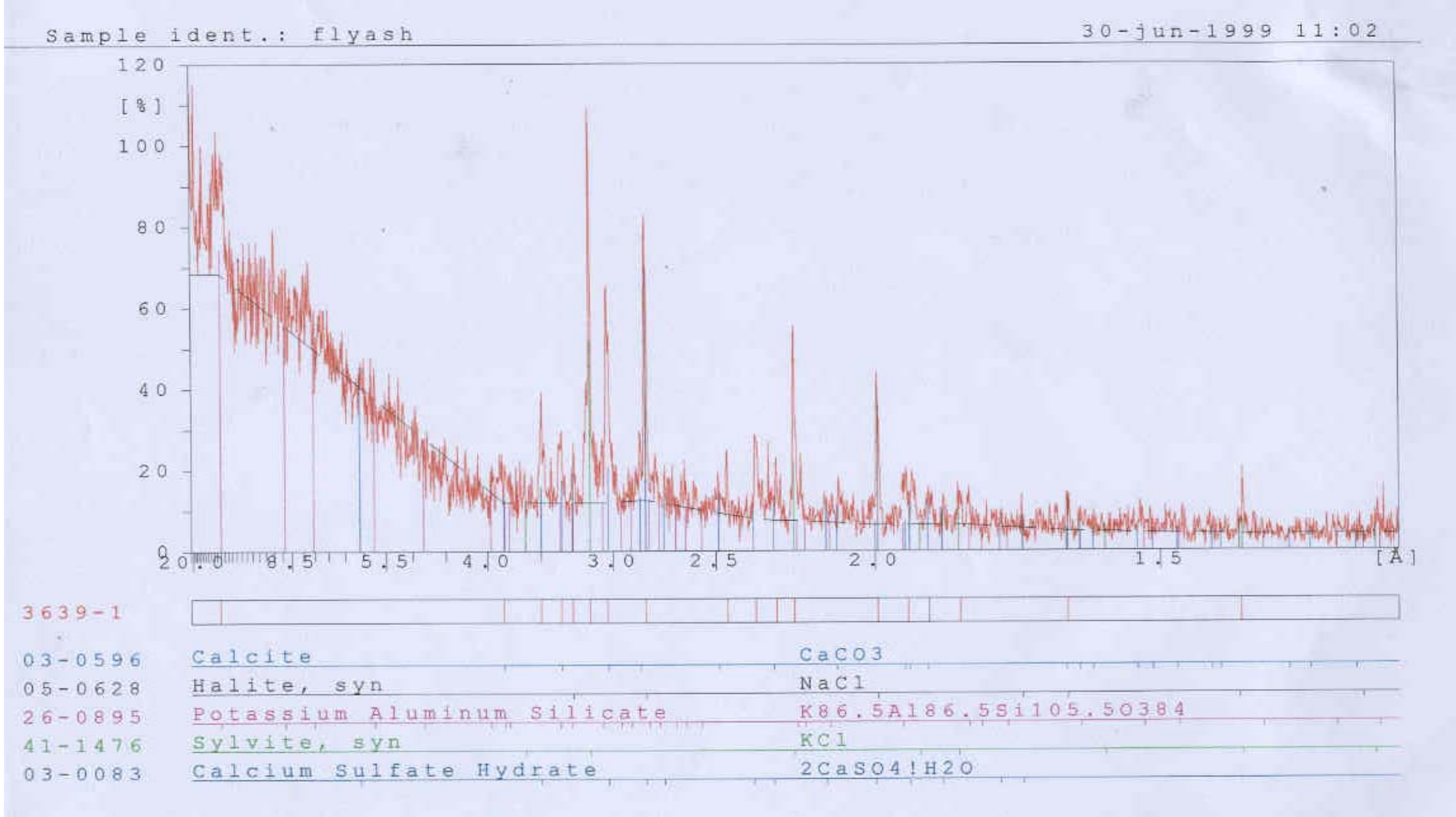
*** คือ ปริมาณ SO_3 (%) ตามข้อกำหนดทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM C618 - 98

ตาราง 10 องค์ประกอบทางแร่วิทยาของเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต

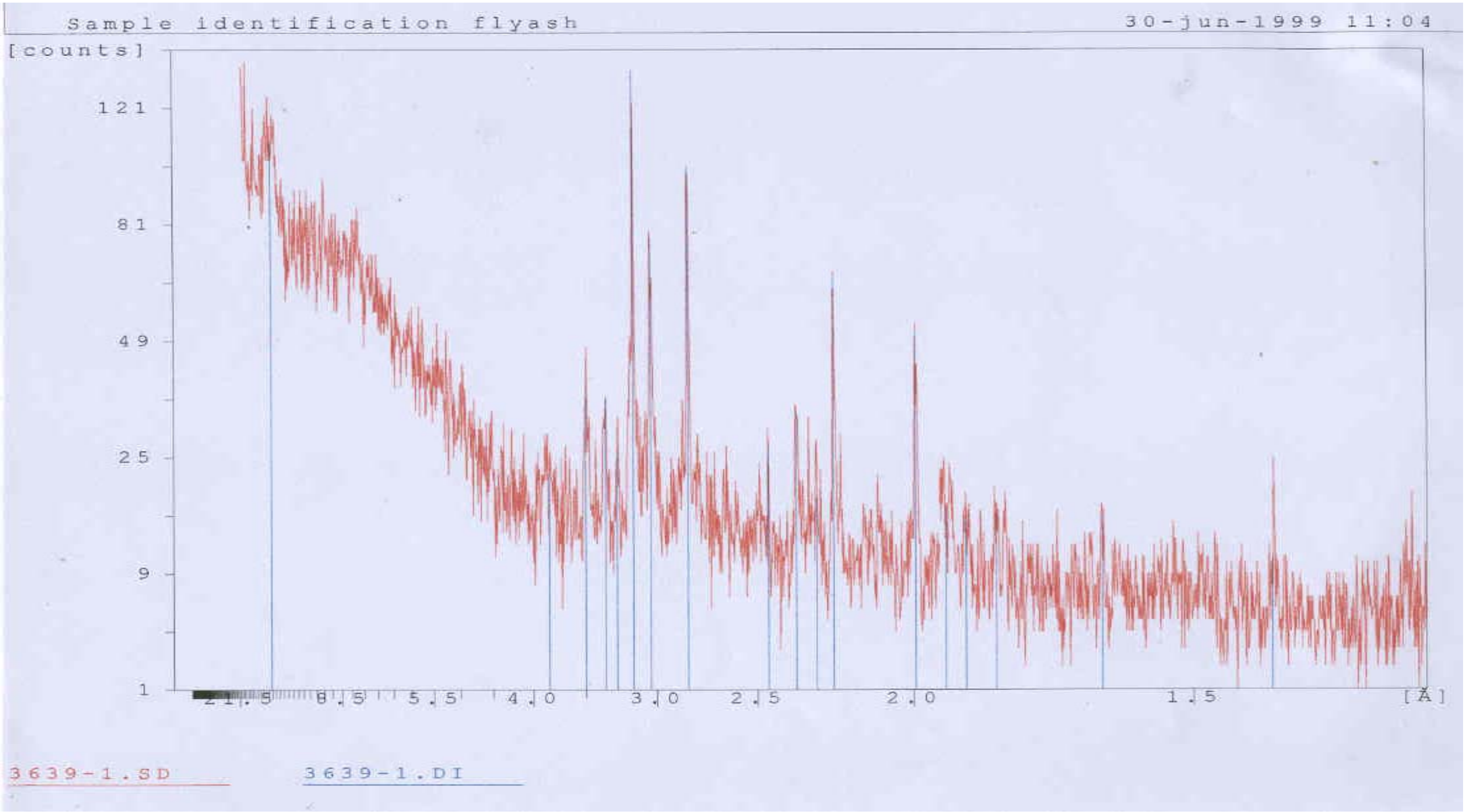
Chemical Name	Chemical Formula
Calcite*	**$CaCO_3$**
Halite, syn	NaCl
Potassium Aluminum Silicate	$K_{86.5}Al_{86.5}Si_{105.5}O_{384}$
Sylvite, syn	KCl
Calcium Sulfate Hydrate	$CaSO_4 2H_2O$

หมายเหตุ : ดูรายละเอียดองค์ประกอบทางแร่วิทยาได้จากบทที่ 1

* เป็นองค์ประกอบทางแร่วิทยาชนิดหนึ่งที่เฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งพบในเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต



ภาพประกอบ 12 ผลการวิเคราะห์สารประกอบในเถ้าลอยด้วย X – Ray Diffraction (XRD)

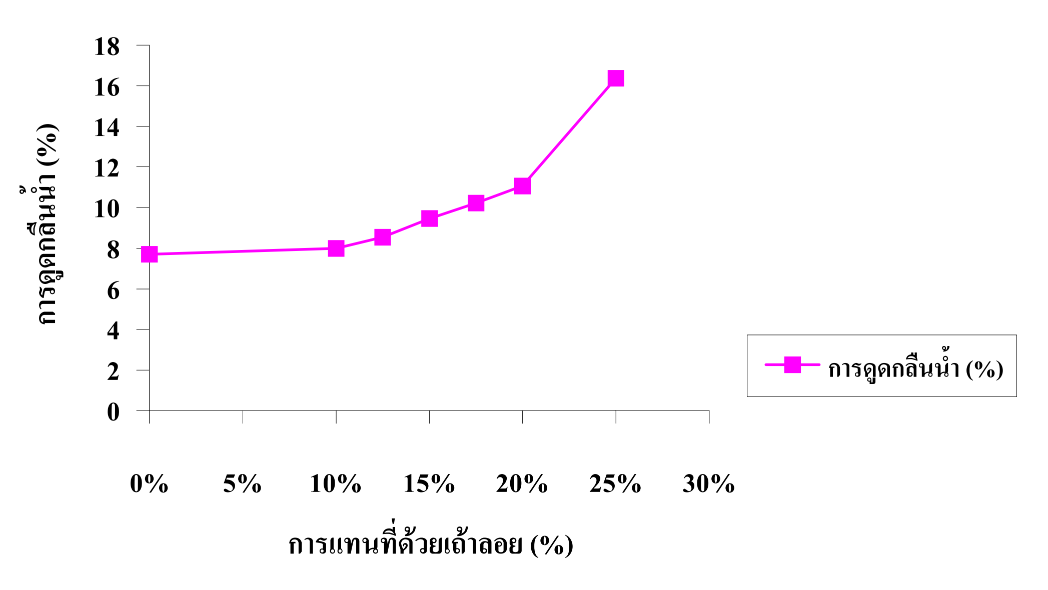


ภาพประกอบ 13 ผลการวิเคราะห์สารประกอบในเถ้าลอยด้วย X – Ray Diffraction (XRD)

แม้ว่ากำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ได้จะลดลง แต่ยังสามารถนำไปใช้งานได้ และด้วยลักษณะเฉพาะของก้อนคอนกรีตบล็อกชนิดนี้ คือ ก้อนเป็นคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้สำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง ซึ่งต้องการกำลังรับแรงอัดมาตรฐานที่ 25 กก./ตร.ซม. ฉะนั้นจึงสามารถนำก้อนคอนกรีตบล็อกไปใช้งานในรูปแบบที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานได้ คือ การนำไปเป็นทำกำแพง ผนังอาคาร

ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำ

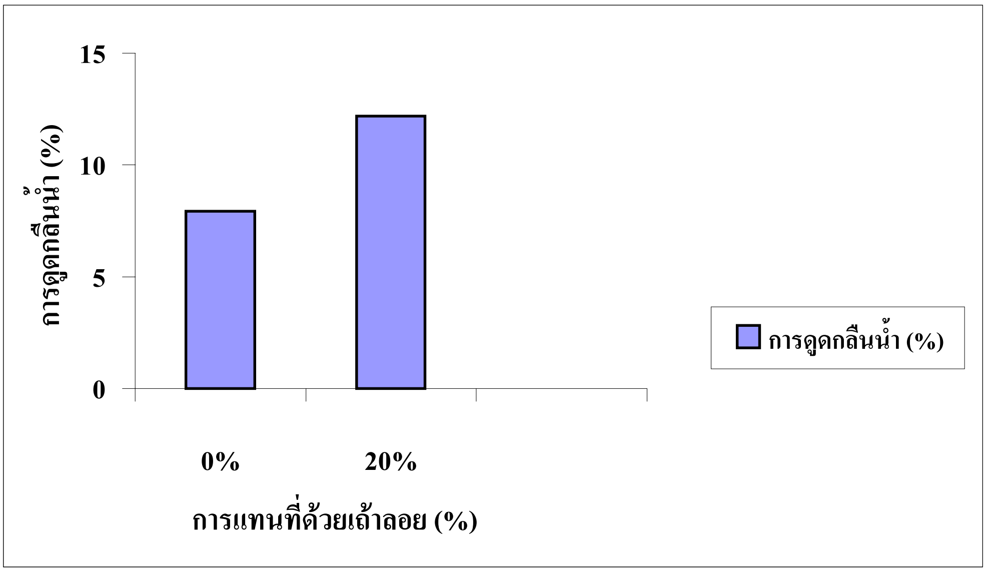
นำก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ชุดการทดลองต่าง ๆ ทั้งชุดที่ 1 และ 2 มาทดสอบการดูดกลืนน้ำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก.109 – 2517 อ้างจาก ASTM C140 – 70 Standard Methods of Sampling and Testing Concrete Masonry Units



ภาพประกอบ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (%) กับ การดูดกลืนน้ำ (%) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ชุดที่ 1)

จากภาพประกอบ 14 แสดงการดูดกลืนน้ำ (%) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยของชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีเถ้าลอยผสมอยู่ มีอัตราการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น โดยที่เปอร์เซนต์สูงสุดในการแทนที่ด้วยเถ้าลอย คือ ที่ 25.00% ในส่วนผสมจะมีอัตราการดูดกลืนน้ำอยู่ 16.00% ส่วนของการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่ 0.00% มีอัตราการดูดกลืนน้ำ

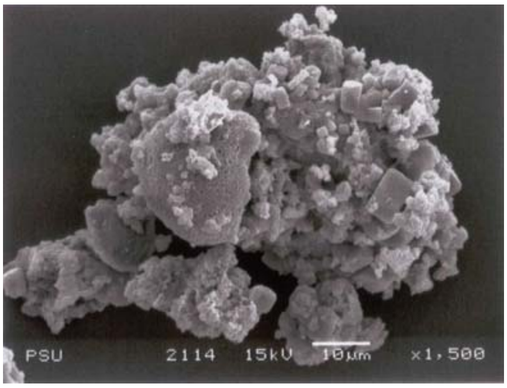
8.00% และการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่ 20.00% มีอัตราการดูดกลืนน้ำ 11.00% ในส่วนของการทดลองชุดที่ 2 ได้ผลดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (%) กับ การดูดกลืนน้ำ (%) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ชุดที่ 2)

จากภาพประกอบ 15 แสดงการดูดกลืนน้ำ (%) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยของชุดที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อเลือกการใช้เถ้าลอยที่ 20.00% มาใช้ผสมแล้ว พบว่า ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักมีอัตราการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น คือ มีอัตราการดูดกลืนน้ำ 12.00% ส่วนของการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่ 0.00% มีอัตราการดูดกลืนน้ำ 8.00% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ 1

เหตุที่ทำให้ก้อนคอนกรีตบล็อกมีอัตราการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากลักษณะอนุภาคของเถ้าลอยที่มีพื้นที่ผิวขรุขระ เป็นเหลี่ยมบิดเบี้ยวและมีรูพรุน ส่งผลให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำมากขึ้นตามมาด้วย ซึ่งลักษณะอนุภาคของเถ้าลอยที่ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) แสดงดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 ภาพถ่ายอนุภาคเถ้าลอยจากกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM)
(ก) ลักษณะอนุภาคที่เป็นเหลี่ยม พื้นที่ผิวขรุขระ
(ข) ลักษณะอนุภาคที่มีรูพรุน

ผลการทดสอบสารที่ชะล้างได้

เถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต จัดได้เป็นของเสียอันตราย เนื่องจากพบการปนเปื้อนของโลหะหนัก ซึ่งในการทดลองนี้จะทำลายฤทธิ์เถ้าลอยด้วยวิธีการปรับเสถียร (Stabilization) และการทำให้เป็นก้อนแข็ง (Solidification) ด้วยปูนซีเมนต์ ซึ่งอยู่ในรูปแบบของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทั้ง 2 ชุดการทดลอง จากนั้นนำไปทดสอบหาความเข้มข้นของสารอันตรายในน้ำสกัด (Leachant หรือ extraction fluid) โดยให้เป็นไปตามเกณฑ์ในการสกัดสาร (Leachate extraction procedure) เพื่อทดสอบว่าของเสียดังกล่าวได้ผ่านการทำลายฤทธิ์และปรับเสถียรอย่างสมบูรณ์แล้ว ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) กำหนด โดยเลือกวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วเพียง 1 ชนิด จาก 8 ชนิด ที่มีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักจากเถ้าลอยชนิดนี้ ดังแสดงในตาราง 2 ด้วยวิธีสกัดสาร (Leachate extraction procedure) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) โดยใช้วิธีมาตรฐาน U.S. EPA SW – 846 Method 1311(TCLP) และ Method 3005A ซึ่งให้ผลการทดลองดังตาราง 11

ตาราง 11 ปริมาณความเข้มข้นของสารที่ถูกชะล้างได้จากเถ้าลอยเตาเผามูลฝอยชุมชนและจากก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต

ตัวอย่างที่	ตัวอย่าง	ค่ามาตรฐานของตะกั่ว (มก./ล)	ความเข้มข้นของตะกั่ว (มก./ล)	
			ชุดที่ 1	ชุดที่ 2
1	เถ้าลอย	5.0	2.17	N/A
2	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 0.00%	5.0	0.06	0.24
3	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 10.00%	5.0	<LOQ	N/A
4	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 12.50%	5.0	<LOQ	N/A
5	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 15.00%	5.0	<LOQ	N/A
6	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 17.50%	5.0	<LOQ	N/A
7	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 20.00%	5.0	0.05	0.05
8	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 25.00%	5.0	<LOQ	N/A

หมายเหตุ : ค่า LOQ (Limit of Quantitative) คือ ขีดต่ำสุดในการตรวจวัด ของตะกั่ว เท่ากับ 0.03 มก./ล

N/A (Not Available) คือ ไม่ได้ทำการทดสอบ

จากตาราง 11 แสดงปริมาณความเข้มข้นของสารที่ถูกชะล้างได้จากเถ้าลอยเตาเผามูลฝอยชุมชนและจากก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต ที่ผ่านการทำลายฤทธิ์ด้วยวิธีการปรับเสถียร (Stabilization) และการทำให้เป็นก้อนแข็ง (Solidification) ด้วยปูนซีเมนต์แล้ว และเมื่อนำมาสกัดหาสารที่ถูกชะล้างได้ โดยเฉพาะปริมาณตะกั่ว

พบว่า ตะกั่วในเถ้าลอยมีค่า 2.17 มก./ล ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 0.00% มีตะกั่วอยู่ 0.06 – 0.24 มก./ล ส่วนก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 10.00% - 17.50 % และ 25.00% มีตะกั่วอยู่ในช่วงต่ำกว่าค่า LOQ และก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยที่ 20.00% มีตะกั่วอยู่ 0.05 มก./ล ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดต่ำกว่าค่ามาตรฐานของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540)

จากการที่ปริมาณของตะกั่วลดลง ผลมาจากการปรับเสถียรและการทำให้เป็นก้อนแข็ง ซึ่งวิธีการนี้เป็นกระบวนการทางกายภาพเคมี (Physicochemical Process) อันที่จะใช้กำจัดของเสียอันตราย ในที่นี้ คือ ตะกั่ว ให้หมดสิ้นหรือลดปริมาณลง ด้วยการใช้ปูนซีเมนต์เป็นตัวปรับเสถียร

เพื่อไม่ให้สารอันตรายกระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม และลดระดับความเป็นพิษ ส่วนการทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นก้อนนั้น จะเป็นการทำให้ของเสียถูกเปลี่ยนสภาพทางกาย เกิดความแข็งแรง รับแรงกดได้มากขึ้น ช่วยลดความสามารถของน้ำซึมผ่านได้ ปูนซีเมนต์นี้จะทำงานได้ดีกับของเสียอนินทรีย์ โดยเฉพาะพวกโลหะหนัก (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2546)

ถึงแม้ว่าเถ้าลอยจะมีสารอันตรายปนเปื้อนอยู่ คือ ตะกั่ว แต่ก็มีในปริมาณที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งยอมรับได้ จึงสามารถนำเถ้าลอยมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน ในการใช้เป็นส่วนผสมหนึ่งในงานคอนกรีตได้

การประเมินต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์ที่ได้รับของการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

การประเมินต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์ที่ได้รับของการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการคาดประมาณต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับเมื่อนำเถ้าลอยมาใช้เป็นส่วนผสมหนึ่งในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักเท่านั้น ทั้งนี้จะไม่พิจารณาต้นทุนในด้านอื่น ๆ ที่จะทำให้เถ้าลอยเกิดมูลค่าในทางเศรษฐศาสตร์

โดยในงานวิจัยจะคำนึงถึงค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนในการผลิตก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยจะพิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิต ได้แก่ ค่าวัสดุ ค่าแรงงาน ค่าสึกหรอ และค่าไฟฟ้า ซึ่งจะอ้างอิงข้อมูลจากร้านท่าแพเจริญกิจ โดยคุณมุกดา โต๊ะปลัด เจ้าของกิจการในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งในครั้งนี้จะไม่คิดมูลค่าของเถ้าลอยโดยถือว่าเถ้าลอยเป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิต และไม่รวมค่าใช้จ่ายในการขนส่งเถ้าลอย เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าลอยมาใช้ประโยชน์ แม้ว่าจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ก็ตาม และในการที่ผลิตนั้น ควรผลิตในพื้นที่ที่อยู่โดยรอบเตาเผาหรือในจังหวัดภูเก็ต

การประเมินต้นทุนในการผลิตและผลประโยชน์ที่ได้รับได้แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ในตาราง 12 – 16

ตาราง 12 ต้นทุนการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก 1 ครั้งของผู้ประกอบการที่สั่งซื้อวัสดุมาใช้

ต้นทุน	ปริมาณ	ราคา/หน่วย (บาท)	รวมเป็นเงิน (บาท)	รวมน้ำหนักวัสดุ (กก.)
1. ค่าวัสดุ				
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตราช้าง	4 ถุง	135*	540	200
- ทรายหยาบ	4 ลบ.ม	215*	860	6,000
- หินคลุก	4 ลบ.ม	265*	1,060	6,400
2. ค่าแรงงาน		0.70 บาท/ก้อน**		
3. ค่าสึกหรอ		0.12 บาท/ก้อน**		
4. ค่าไฟฟ้า		0.03 บาท/ก้อน**		
รวม			2,460	12,600

หมายเหตุ : *, ** ราคาต่อหน่วยของวัสดุที่ได้เป็นราคาเฉลี่ยของตลาด ณ ช่วงเวลาผลิต (พ.ค. - ต.ค. 2546) ซึ่งราคาต่อหน่วยนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งนี้ขึ้นกับกลไกของราคาวัสดุในท้องตลาด อายุการใช้งานของเครื่องจักร ค่าแรงขั้นต่ำและค่าไฟฟ้า ณ ช่วงเวลานั้น ๆ

ในการผลิต 1 ครั้งของผู้ประกอบการที่สั่งซื้อวัตถุดิบ สามารถผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักได้จำนวน 800 ก้อน ซึ่งต้องผสมส่วนผสม (ข้อมูลจากตาราง 8) ทั้งหมด 16 ครั้งย่อย หรือ 16 โม่ผสมปูน (โดย 1 โม่ผลิตได้ประมาณ 50 ก้อน) ซึ่งใช้สัดส่วนผสม 2 : 3 : 20 โดยปริมาตร ของปูนซีเมนต์ : ทรายหยาบ : หินคลุก (มุกดา โต๊ะปลัด) ในการคำนวณอัตราส่วนผสมจำเป็นต้องปรับสัดส่วนจากหน่วยโดยปริมาตรเป็นหน่วยโดยน้ำหนัก แล้วปรับสัดส่วนผสมให้เป็น 1 ลบ.ม.ของคอนกรีต เพื่อสะดวกในการคำนวณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยและการคำนวณของสัดส่วนที่จะใช้ผสม 1 ครั้งย่อย (1 โม่ผสม) ดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 เปรียบเทียบปริมาณวัสดุที่ใช้โดยประมาณจากการคำนวณเป็น 1 ลบ.ม. คอนกรีตของอัตราส่วนของผู้ประกอบการ (ชุดที่ 2) และจากการคำนวณปริมาณวัสดุที่ใช้ 1 โม่ผสมกับปริมาณวัสดุที่สั่งซื้อมาผลิต 1 ครั้งของผู้ประกอบการ

วัสดุที่ใช้	อัตราส่วนผสม (กก.)		
	1 ลบ.ม.คอนกรีต[1]	1 โม่ผสม[2]	1 ครั้งการผลิต[3]
ปูนซีเมนต์	123	17	200
ทรายหยาบ	311	50	1,500[4]
หินคลุก	2,119	290	6,400
น้ำ	58	8	128
รวม	2,611	365	8,228

หมายเหตุ : [1] คือ อัตราส่วนทั้งหมดที่ใช้ ซึ่งคำนวณเป็น 1 ลบ.ม.คอนกรีตของอัตราส่วนของผู้ประกอบการ (ชุดที่ 2)

[2] คือ อัตราส่วนทั้งหมดที่ใช้ในการผสม 1 โม่ผสม ซึ่งเป็น 1 ใน 3 ของการ คำนวณจาก 1 ลบ.ม.คอนกรีต ของอัตราส่วนของผู้ประกอบการ (ชุดที่ 2)

[3] คือ อัตราส่วนทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตหลังจากการสั่งซื้อวัสดุมาผลิต 1 ครั้ง (มุกดา โต๊ะปลัด)

[4] อัตราส่วนของทรายหยาบที่ใช้จริงอาจไม่ถึง 1,500 กก. เนื่องจากผู้ประกอบการใช้ทรายหยาบในปริมาณที่น้อยกว่าหินคลุก ส่วนทรายหยาบที่เหลือจากการสั่งซื้อจะนำไปใช้ในครั้งต่อไป

การผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักโดยใช้ปูนซีเมนต์เป็นเกณฑ์มาตรฐาน

ปูนซีเมนต์ 1 ถุง หนัก 50 กก. ซึ่งแบ่งผสมได้ 3 โม่ (1โม่ ใช้ปูนซีเมนต์เฉลี่ยประมาณ 12.50 – 17.00 กก.) ได้คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักจาก 1 โม่ ประมาณ 50 ก้อน เพราะฉะนั้น ในการผสมด้วยการใช้ปูนซีเมนต์ 1 ถุง หนัก 50 กก. จะได้ก้อนคอนกรีต 150 ก้อน และ เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ในการผลิต 4 ถุง หนัก 200 กก. ผสมได้ 16 โม่ จะก้อนคอนกรีต 800 ก้อน สามารถคิดต้นทุนการผลิตดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 ต้นทุนของราคาวัสดุแต่ละชนิดต่อก้อน (บาท) ในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก 1 ครั้ง (แบ่งผสม 16 โม่ โดยใช้ปูนซีเมนต์ 200 กก. และไม่ใช้เถ้าลอยในส่วนผสม)

ต้นทุนของราคาวัสดุแต่ละชนิด	จำนวนที่ผลิตได้	รวมเป็นเงิน (บาท)	ราคาวัสดุ/ก้อน (บาท)
ปูนซีเมนต์	800	540	0.67
ทรายหยาบ	800	215	0.26
หินคลุก	800	1,060	1.32
ค่าแรงงาน			0.70
ค่าสึกหรอ			0.12
ค่าไฟฟ้า			0.03
รวม		1,815	**3.10**

เมื่อมีการนำเถ้าลอยมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักโดยคิดจากการใช้สัดส่วนปูนซีเมนต์เป็นเกณฑ์มาตรฐาน (ดูรายละเอียดจากตาราง 8 ในบทที่ 2) จะได้ว่า

ปูนซีเมนต์ 1 ถุง หนัก 50 กก. ซึ่งแบ่งผสมได้ 3 โม่ นั้น เมื่อมีการใช้เถ้าลอยมาแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ 20.00% (ใช้เถ้าลอยประมาณ 3 กก. และใช้ปูนซีเมนต์ประมาณ 14 กก. ใน 1 โม่ผสม) ซึ่งจะใช้ปูนซีเมนต์เพียง 42 กก. ประหยัดปูนซีเมนต์ได้ 8 กก. ต่อ 1 ถุง ซึ่งจะเหลือปูนซีเมนต์อีก 32 กก. คิดเป็น 16% จากปูนซีเมนต์ 200 กก. จากสัดส่วนปูนซีเมนต์ที่ใช้ 4 ถุง เมื่อนำเถ้าลอยมาแทนที่ปูนซีเมนต์ ทำให้ใช้ปูนซีเมนต์ ประมาณ 3 ถุง ทำให้ประหยัดเงิน 86.40 บาท (ปูนซีเมนต์ 1 กก. ราคาประมาณ 2.70 บาท)

นอกจากนี้คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ผลิตได้จาก 1 โม่ มีประมาณ 56 ก้อน เพราะฉะนั้น ในการผสมด้วยการใช้ปูนซีเมนต์ 42 กก. (3 โม่) จะได้ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก 168 ก้อน และ เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ 3 ถุง หนัก 168 กก. ผสม 16 โม่ จะได้ก้อนคอนกรีตบล็อก 896 ก้อน สามารถสามารถคิดต้นทุนการผลิตได้ดังแสดงในตาราง 15

ตาราง 15 ต้นทุนของราคาวัสดุแต่ละชนิดต่อก้อน (บาท) ในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก 1 ครั้ง (แบ่งผสม 16 โม่ โดยใช้ปูนซีเมนต์ 168 กก. และใช้เถ้าลอยในส่วนผสม)

ต้นทุนของราคาวัสดุแต่ละชนิด	จำนวนที่ผลิตได้	รวมเป็นเงิน (บาท)	ราคาวัสดุ/ก้อน (บาท)
ปูนซีเมนต์	896	405	0.45
ทรายหยาบ	896	215	0.23
หินคลุก	896	1,060	1.18
ค่าแรงงาน			0.70
ค่าสึกหรอ			0.12
ค่าไฟฟ้า			0.03
รวม		1,680	**2.71**

จากการผลิตในแบบที่ไม่ใช้เถ้าลอยและใช้เถ้าลอยสามารถสรุปต้นทุนการผลิตได้ดังแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตระหว่างการไม่ใช้เถ้าลอยกับการใช้เถ้าลอยในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

<table>
<tr><td colspan="6">การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตต่อก้อน (ไม่รวมค่าขนส่งเถ้าลอย)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ราคาวัตถุดิบก่อน
ผสมเถ้าลอย</td><td colspan="2">ต้นทุนการผลิต
ไม่ผสมเถ้าลอยต่อ 1 ก้อน</td><td colspan="2">ต้นทุนการผลิต
ผสมเถ้าลอยต่อ 1 ก้อน</td></tr>
<tr><td>ปูนซีเมนต์ 1 ถุง</td><td>135 บาท</td><td>ปูนซีเมนต์</td><td>0.67 บาท</td><td>ปูนซีเมนต์</td><td>0.45 บาท</td></tr>
<tr><td>ทรายหยาบ ลบ.ม. ละ</td><td>215 บาท</td><td>ทรายหยาบ</td><td>0.26 บาท</td><td>ทรายหยาบ</td><td>0.23 บาท</td></tr>
<tr><td>หินคลุก ลบ.ม. ละ</td><td>265 บาท</td><td>หินคลุก</td><td>1.32 บาท</td><td>หินคลุก</td><td>1.18 บาท</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>ค่าแรง/ไฟฟ้า/สึกหรอ</td><td>0.85 บาท</td><td>ค่าแรง/ไฟฟ้า/สึกหรอ</td><td>0.85 บาท</td></tr>
<tr><td colspan="2">รวมต้นทุน</td><td colspan="2">3.10 บาท</td><td colspan="2">2.71 บาท</td></tr>
<tr><td colspan="6">ราคาขายก้อนละ 4.00 บาท</td></tr>
<tr><td colspan="6">จำนวนก้อนที่ผลิตได้ต่อการใช้ปูนซีเมนต์ 1 ถุง</td></tr>
<tr><td colspan="3">ประมาณ 150 ก้อน (ไม่ผสมเถ้าลอย)</td><td colspan="3">ประมาณ 168 ก้อน (ผสมเถ้าลอย)</td></tr>
</table>

จากการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยใช้สัดส่วนของผู้ประกอบการสามารถผลิตได้ประมาณ 800 ก้อน ใช้ต้นทุนการผลิต ก้อนละ 3.10 บาท ขายก้อนละ 4.00 บาท ขายได้ประมาณ 3,200 บาท เมื่อใช้เถ้าลอยเป็นส่วนผสมหนึ่งในการผลิตที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ 20.00% พบว่า สามารถผลิตได้ประมาณ 900 ก้อน ใช้ต้นทุนการผลิต ก้อนละ 2.71 บาท ขายก้อนละ 4.00 บาท ขายได้ประมาณ 3,600บาท โดยที่ปริมาณของก้อนคอนกรีตบล็อกที่เพิ่มขึ้นนั้น ส่งผลให้ราคาต้นทุนการผลิตของทรายหยาบและหินคลุกต่อก้อนมีราคาลดลง ฉะนั้นจะได้กำไรเพิ่มจากเดิมคิดเป็น 12.50% จากราคาขายที่เพิ่มขึ้น