เทคโนโลยีการผลิตคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์จากหินฝุ่น

Production Technology for Modified Concrete Block from Dust Rock

วัชรานนท์ จุฑาจันทร์[1*], ปิ่นชัย พิษณุวงษ์[2], ชูชาติ พยอม[3] และนิคม ลนขุนทด[4]

[1]นักศึกษาดุษฎีบัณฑิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

[2]โรงโม่หินสุรินทร์สินชัย140 หมู่ 2 ต.สวาย อ.เมือง จ.สุรินทร์

[3]รองศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

[4]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

*Corresponding author, E-mail : watcharanon_j@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมที่มีส่วนผสมของหินฝุ่น เพื่อนำมาผลิตคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์และเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกที่ผลิตขึ้นกับมาตรฐานอุตสาหกรรม และศึกษาข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ของราคาคอนกรีตบล็อกโดยคิดต้นทุนการผลิตต่อหน่วย ผลการศึกษาลักษณะการกระจายตัวของหินฝุ่นในจังหวัดสุรินทร์พบว่าหินฝุ่นทั้งหมดมีลักษณะการกระจายตัวคล้ายกันจึงกำหนดอัตราส่วนของหินฝุ่นคือ หินขนาด 9.53-4.75 มิลลิเมตร ใช้ 1 เปอร์เซ็นต์ หินขนาด 4.75-2.36 มิลลิเมตร ใช้ 25 เปอร์เซ็นต์ หินขนาด 2.36-1.19 มิลลิเมตร ใช้ 29 เปอร์เซ็นต์ หินขนาดน้อยกว่า 1.19 มิลลิเมตร ใช้ 45 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ฝุ่นหิน : อัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์ (w/c) โดยปูนซีเมนต์ ใช้สัดส่วน 0.8, 1.0 และ 1.2 หินฝุ่น ใช้สัดส่วน 6, 8 และ 10 และอัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์ ใช้สัดส่วน 0.4, 0.6 และ 0.8 พบว่าอัตราส่วนที่สามารถรับความเค้นอัดประลัยมากที่สุดคืออัตราส่วน 1 : 6 : 0.8

ผลการศึกษาจากการนำอัตราส่วน 1 : 6 : 0.8 มาขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์รูปแบบ คือ ชนิดที่ไม่รับน้ำหนัก ขนาด 100x200x 400 มิลลิเมตร โดยวิธีการหล่อกับที่ทดสอบสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์ พบว่ามีค่าความเค้นอัดประลัย 6.951 เมกะพาสคัล มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 8.281 และมีค่าความหนาแน่น 2,080 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าที่ได้มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมผลการศึกษาต้นทุนการผลิตต่อหน่วย พบว่าราคาต้นทุนการผลิตต่อก้อน 4.97 บาท

คำสำคัญ : คอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์, หินฝุ่น, ความเค้นอัดประลัย, ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย

Abstract

The research purposes are to study suitable proportions of dust rocks mixture materials for producing modified concrete blocks, in order to meet industry standards and to study economic comparison of concrete block costs by calculating from the cost of production per unit. Results of the study of the distribution of rock dust in Surin. That stone dust dispersed all look similar. The proportion of dust rocks in this research is mixed from four sizes of rocks as 1% of 9.53-4.75 mm size, 25% of 4.75-2.36 mm size, 29% of 2.36-1.19 mm size and 45% of less than 1.19 mm size. The study of general information of the quarry industry is found that there are seven quarries in Surin. All of the dust rock samples are similarly distributed textures by classifying from percentage of rock sizes which remained on sieves. The proportion of dust rocks in this research is mixed from four sizes of rocks as 1% of 9.53-4.75 mm, 25% of 4.75-2.36 mm, 29% of 2.36-1.19 mm and 45% of less than 1.19 mm.

The result from studying the proportion of 1 : 6 : 0.8 (concretes: dust rocks: w/c) used form the concrete blocks–the kind of Hollow Non-Load-Bearing Concrete Masonry Unit is 100x200x400 mm size by casting. The physical properties tests of the concrete blocks have the ultimate strength at 6.951 Mp, water absorption value is 8.281 % and density of blocks is 2,080 kg/m^3. The result showed that concrete block quality is higher than industry standards. The result from the economic comparison of concrete block costs by calculating from the cost of production per unit showed that, the cost of production per unit is 4.97 baths.

Keyword *:* modified concrete blocks, dust rocks, ultimate strength, cost of production per unit

1.บทนำ

คอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้จากการนำปูนซีเมนต์ และน้ำผสมเข้ากับวัสดุผสมละเอียด เช่น หินฝุ่นและทราย ในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ และถูกผลิตให้มีขนาดและรูปร่างที่ต้องการโดยใช้เครื่องอัดคอนกรีต บล็อกคอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากคอนกรีตบล็อกมีราคาถูก ก่อสร้างง่าย ค่าบำรุงรักษาต่ำ หาซื้อได้ง่าย อีกทั้งโครงสร้างที่ทำด้วยคอนกรีตบล็อกเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงคงทน ทึบเสียงรักษาอุณหภูมิภายในโครงสร้างได้ดี มีความสวยงาม ในประเทศไทยคอนกรีตบล็อกที่ถูกผลิตขึ้นโดยส่วนใหญ่จะมีความหนา 70 มิลลิเมตร เท่านั้น ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้คอนกรีตบล็อกดังกล่าวเป็นผนังรับแรง (Load-Bearing Wall) ได้โดยตรง เนื่องจากมาตรฐานการออกแบบวัสดุก่อของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย กำหนดให้อัตราส่วนความชะลูด (Slenderness Ratio) ของผนังจะมีค่าได้ไม่เกิน 20 ดังนั้นคอนกรีตบล็อกขนาดความหนาดังกล่าวจึงถูกนำไปใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างโครงสร้างรอง (Secondary Structure) เช่น ผนังไม่รับน้ำหนัก (Nonload-Bearing Wall) เป็นต้น เท่านั้น ซึ่งทำให้ศักยภาพในการใช้งานของคอนกรีตบล็อกดังกล่าวลดลงอย่างมาก ข้อด้อยที่สำคัญอีกข้อหนึ่งของคอนกรีตบล็อกคือคุณภาพของคอนกรีตบล็อกที่ผลิตโดยโรงงานในเขตพื้นที่ต่างจังหวัดมีความแตกต่างกันค่อนข้างสูง เนื่องจากอัตราส่วนผสม มาตรฐานการผลิตและการบ่มมีความแตกต่างกัน (สิทธิชัย แสงอาทิตย์, 2556)

หินก่อสร้าง กรวด และทราย เป็นวัสดุผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีต ทั้งนี้ ในส่วนของหินก่อสร้างนั้นจะเป็นผลผลิตที่ได้จากโรงโม่หิน ซึ่งจะผลิตหินก่อสร้างชนิดต่าง ๆ ได้แก่ หิน 1 นิ้ว หิน ¾นิ้ว หินเกล็ด (หรือหิน 3/8 นิ้ว) และหินฝุ่น (หรือ หิน 3/16 นิ้ว) อย่างไรก็ตาม หินฝุ่นมักจะเป็นผลผลิตของโรงโม่ที่มียอดจำหน่ายน้อย (ส่วนใหญ่ใช้เฉพาะเป็นวัสดุผสมในอิฐบล็อก) เทียบกับปริมาณผลผลิตที่เกิดขึ้น หลายครั้งเป็นภาระแก่ผู้ประกอบการ ในการหาพื้นที่เก็บกอง สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนย้าย (สุรชัย โกเมนธรรมโสภณ, 2556) แต่ในกรรมวิธีการผลิตหินจะมีฝุ่นละอองเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากและฝุ่นละอองเหล่านี้ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษของอากาศที่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานในโรงงานโม่หินและประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงกับโรงโม่หินตามปกติแล้วอากาศในโรงโม่หินและบริเวณใกล้เคียงจะมีฝุ่นละอองจากโรงโม่หินปนเปื้อนอยู่เป็นจำนวนมาก ผู้ประกอบการในหลายพื้นที่จึงถือว่า หินฝุ่นเป็นวัสดุเหลือใช้ที่สร้างภาระและค่าใช้จ่าย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของหินฝุ่นในการผลิตคอนกรีตบล็อกซึ่งจะเป็นแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับทั้งตัวหินฝุ่นและตัวผลิตภัณฑ์คอนกรีต การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในการใช้

ประโยชน์อย่างคุ้มค่า การลดผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมโรงงานโม่หินและเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยด้านวัสดุที่เหมาะสมในงานก่อสร้างต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของซีเมนต์ : หินฝุ่น : อัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์ (w/c)

2) เพื่อประยุกต์รูปแบบ และเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกที่ผลิตขึ้นกับมาตรฐานคอนกรีตบล็อก

3) เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์จากหินฝุ่น

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานของโครงการวิจัยมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

3.1 การเก็บตัวอย่างหินฝุ่น

ตัวอย่างหินฝุ่นเก็บจากอุตสาหกรรมโม่หินในเขตจังหวัดสุรินทร์เพื่อหาขนาดมวลคละของหินฝุ่น

1) เก็บตัวอย่างหินฝุ่นจากโรงโม่หินทั้งหมดในจังหวัดสุรินทร์ โดยวิธีการสุ่มการแบ่งตัวอย่างแบบมีมาตรฐาน โดยการแบ่งให้เป็นสี่ส่วน (Quartering) เพื่อ ให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนจากกองวัสดุ

2) การทดลองหาขนาดมวลคละของหินฝุ่นโดยวิธี Sieve Analysis มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D-422 Standard Test Method of Particle Size Analysis of Soils

3) กำหนดสัดส่วนขนาดหินที่เป็นตัวแทนของหินฝุ่น

3.2 การศึกษาอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ ฝุ่นหิน และอัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์ (w/c) ที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อก

1) ศึกษาอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ หินฝุ่นและอัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์ (w/c) โดยมวลทดสอบคุณสมบัติในการรับความเค้นอัดประลัย สุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างตัวแปรโดยใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่า ดังแสดงในภาพที่ 1 ดังนี้

- ปูนซีเมนต์ใช้สัดส่วน 0.8, 1.0 และ 1.2
- หินฝุ่นใช้สัดส่วน 6, 8 และ 10
- อัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์ (w/c) ใช้สัดส่วน 0.8, 1.2 และ 1.6

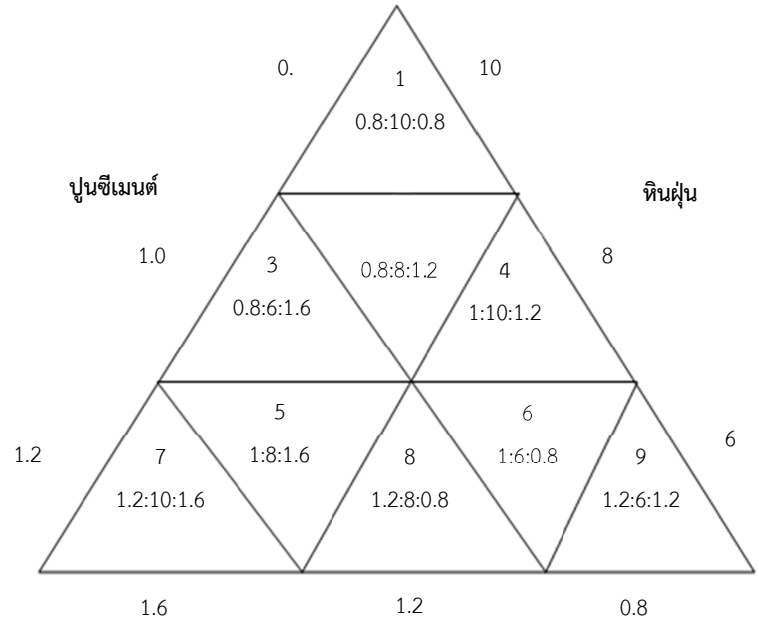
2) ผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนในแบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร

3) บ่มคอนกรีตทรงลูกบาศก์28 วัน

4) ทดสอบคุณสมบัติในการรับความเค้นอัดประลัยด้วยเครื่อง Universal Testing Machine

5) เปรียบเทียบศึกษาค่าความเค้นอัดประลัยโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ One-

way ANOVA และการทดสอบเปรียบ เทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test)

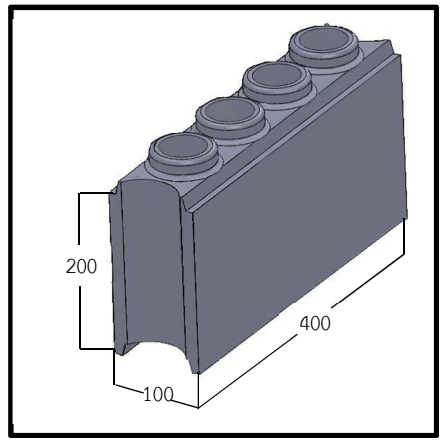


ภาพที่ 1 ทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่าของตัวแปรต้น

3.3 ประยุกต์รูปแบบ และผลิตคอนกรีตบล็อก

1) ประยุกต์รูปแบบคอนกรีตบล็อก ขนาด 100x200x400 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2

2) เลือกอัตราส่วนคอนกรีตที่ถูกทดสอบคุณสมบัติในการรับความเค้นอัดประลัยที่ดีที่สุด เพื่อเป็นอัตราส่วนในการผลิตคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์



ภาพที่ 2 คอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์

3.4 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์

โดยการทดสอบความเค้นอัดประลัย ความหนาแน่น และร้อยละของการดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต และ มอก. 58-2533 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

3.5 ศึกษาต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของคอนกรีต บล็อกรูปแบบประยุกต์ที่มีส่วนผสมของหินฝุ่น

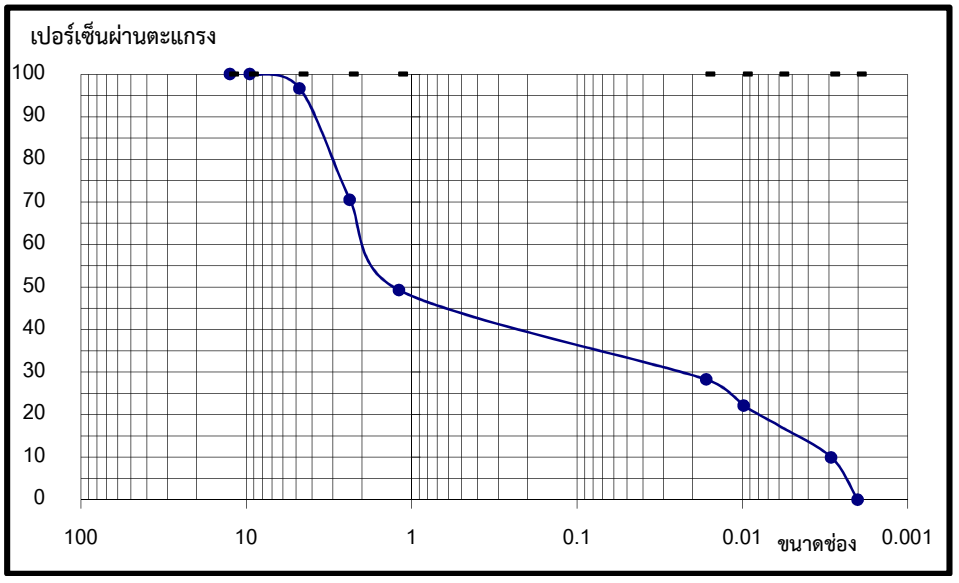
ราคาต้นทุนจะคิดจากน้ำหนักวัสดุที่นำมาผลิตและค่าแรงการผลิต จำนวน 1 ก้อน (สุวัฒชัย ปลื้มฤทัย, 2555) ดังสมการ

ราคาต้นทุนการผลิต = (น้ำหนักปูนซีเมนต์ต่อก้อน x ราคาปูนซีเมนต์ต่อกิโลกรัม) + (น้ำหนักหินฝุ่นคละต่อก้อน x ราคาหินฝุ่นคละต่อกิโลกรัม) + ค่าแรงต่อก้อน

4. ผลการวิจัย

4.1 ทดลองหาค่าขนาดมวลคละของหินฝุ่น

หินฝุ่นในจังหวัดสุรินทร์ที่แสดงส่วนขนาดคละมีลักษณะคล้ายกันโดยแยกตามขนาดของเปอร์เซ็นต์ผ่านตระแกรงกราฟมีลักษณะเป็น S-curve ดังแสดงในภาพที่ 3 การกระจายของหินฝุ่นขนาดต่างๆซึ่งเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ มีผลแสดงเป็นช่วงต่ำสุด–สูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 3 แสดงส่วนขนาดคละของหินฝุ่น

ตารางที่ 1

ช่วงต่ำสุด–สูงสุด เปอร์เซ็นต์ค้างตระแกรงของหินฝุ่นแยกตามเบอร์ตระแกรง

ตะแกรงเบอร์	ขนาดของหิน (มิลลิเมตร)	ช่วงต่ำสุด – สูงสุด เปอร์เซ็นต์ค้างตะแกรงของหินฝุ่น
เบอร์ 4	4.75-9.50	0.02-3.37
เบอร์ 8	2.36-4.75	12.58-34.15
เบอร์ 16	1.19-2.36	16.31-33.51
เบอร์ 40	0.0165-1.19	13.80-31.80
เบอร์ 60	0.00980-0.0165	2.91-10.73
เบอร์ 100	0.006-0.00980	2.28-10.53
เบอร์ 200	0.003-0.006	3.51-12.94
ถาดรอง	0.000-0.003	0.57-9.94

หินฝุ่นจากการทดสอบการหาสัดส่วนมวลคละกำหนดอัตราส่วนของหินฝุ่นพบว่า

1) หินขนาด 9.53-4.75 มม. (ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/8 ค้างตะแกรงขนาดเบอร์ 4) ใช้ 1 เปอร์เซ็นต์

2) หินขนาด 4.75-2.36 มม. (ค้างตะแกรงเบอร์ 8) ใช้ 25 เปอร์เซ็นต์

3) หินขนาด 2.36-1.19 มม. (ค้างตะแกรงเบอร์ 16) ใช้ 29 เปอร์เซ็นต์

4) หินขนาดน้อยกว่า 1.19 มม. (ผ่านตะแกรงเบอร์ 16 ค้างถาดรอง) ใช้ 45 เปอร์เซ็นต์

4.2 ผลการทดสอบความเค้นอัดประลัยของตัวอย่างทดสอบที่มีส่วนผสมของหินฝุ่นในอัตราส่วนต่าง ๆ

จากการกำหนดส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ฝุ่นหิน : อัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์(w/c) ที่เป็นตัวแปรต้นโดยใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่านั้น ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 9 ตัวอย่าง และได้ผลการทดสอบความเค้นอัดประลัยดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2
ผลการทดสอบความเค้นอัดประลัยของตัวอย่างทดสอบที่มีส่วนผสมของฝุ่นหินในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน

อัตราส่วนผสม (ปูนซีเมนต์ : หิน : อัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์(w/c))	ความเค้นอัดประลัย (เมกะพาสคัล)
0.8 : 10 : 0.8	2.085±0.148a
0.8 : 8 : 1.2	7.429±0.951c
0.8 : 6 : 1.6	3.645±0.599b
1 : 10 : 1.2	4.329±0.812b
1 : 8 : 1.6	2.296±0.334a
1 : 6 : 0.8	13.652±1.372e
1.2 : 10 : 1.6	6.481±0.504c
1.2 : 8 : 0.8	6.402±0.732c
1.2 : 6 : 1.2	11.134±1.419d

หมายเหตุ–มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 คอนกรีตบล็อกจะต้องสามารถรับแรงอัดประลัยเฉลี่ยได้ไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล a b c d e ตัวเลขที่มีอักษรกำกับความแตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

อัตราส่วนที่มีความเค้นอัดประลัยที่มากที่สุด คือ อัตราส่วน 1 : 6 : 0.8 ที่มีความเค้นอัดประลัยเท่ากับ 13.652±1.372 เมกะพาสคัล จากอัตราส่วนดังกล่าวพบว่าปริมาณ ปูน : หิน มาก และปริมาณน้ำน้อย มีผลทำให้ความเค้นอัดประลัยเนื่องจาก ปูน : หิน มีค่ามากตามไปด้วย ส่วนอัตราส่วนทีมีความเค้นอัดประลัยน้อยที่สุด คือ 0.8 : 10 : 0.8 ที่มีความเค้นอัดประลัยเท่ากับ 2.085±0.148 เมกะพาสคัล จากอัตราส่วนดังกล่าวพบว่าปริมาณ ปูน : หิน น้อยมีผลทำให้ความเค้นอัดประลัยลดลงไปด้วย

4.3 สมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์

จากการทดสอบความเค้นอัดประลัยของตัวอย่างทดสอบที่มีส่วนผสมของฝุ่นหิน ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วันพบว่า อัตราส่วนที่สามารถรับความเค้นอัดประลัยที่มีค่ามากที่สุดคือ อัตราส่วน 1 : 6 : 0.8 จึงนำอัตราส่วนดังกล่าวมาขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์โดยวิธีการหล่อกับที่ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์พบว่าค่าความเค้นอัดประลัย 6.951 เมกะพาสคัลมากว่า 2.5 เมกะพาสคัลตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์ในอัตราส่วนทดสอบมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 8.281 ที่ต่ำกว่าร้อยละ 25 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของมาตรฐาน มอก. 58-2533 ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์ อัตราส่วน คอนกรีต : หินฝุ่น : อัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์(w/c) ที่ 1 : 6 : 0.8 มีคุณ สมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.58-2533 และมีค่าความหนาแน่น 2,080 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 3

สมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์

สมบัติทางกายภาพ	ตัวอย่างที่					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
ความเค้นอัดประลัย (เมกะพาสคัล)	6.842	7.073	6.705	7.186	6.948	6.951±0.189
ร้อยละการดูดซึมน้ำ	8.923	7.541	8.863	7.904	8.172	8.281±0.603
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	2,143	1,982	2,040	2,109	2,125	2,080 ± 67.15

4.4 ศึกษาต้นทุนการผลิตต่อหน่วยของคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์

การคำนวณหาต้นทุนการผลิตคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์โดยมีส่วนผสมของหินฝุ่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1, หินฝุ่น และน้ำโดยคิดราคาต้นทุนการผลิตจากอัตราส่วนผสมที่ทำการศึกษา 1 : 6 : 0.8 ราคาต้นทุนจะคิดจากมวลวัสดุที่นำมาผลิตก้อนคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์ขนาดกว้างxยาวxสูง คือ 100x400x200 มิลลิเมตรจำนวน 1 ก้อนสามารถคำนวณหาต้นทุนการผลิตคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์ต่อ1ก้อนดังแสดงรายการในตารางที่ 4

ตารางที่ 4

การคำนวณหาต้นทุนการผลิตคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์ต่อ1ก้อน

รายการ	จำนวน (กิโลกรัม)	ราคาวัสดุ (บาท)	ราคาต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)	มวลที่ใช้ต่อหน่วย (กิโลกรัม)	ราคา (บาท)
ปูนซีเมนต์	50.00	120.00	2.40	1.22	2.92
หินฝุ่น	1,000.00	120.00	0.12	7.35	0.88
น้ำ	1,000.00	15.00	0.015	0.98	0.015
			รวมราคาวัสดุ		3.82
			คิดค่าดำเนินการ + ค่าแรง+ กำไร30 เปอร์เซ็นต์		1.15
			รวมราคาต้นทุนต่อก้อน		4.97

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ลักษณะการกระจายตัวของหินฝุ่นในจังหวัดสุรินทร์ มีลักษณะคล้ายกันโดยแยกตามขนาดของเปอร์เซ็นต์ค้างตระแกรง แบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 อยู่ระหว่างเบอร์ 4 เบอร์ 8 ช่วงที่ 2 อยู่ระหว่างเบอร์ 16 ช่วงที่ 3 อยู่ระหว่างเบอร์ 40 เบอร์ 60 เบอร์ 80 เบอร์ 100 เบอร์ 200 และถาดรองซึ่งเปอร์เซ็นต์ค้างตระแกรงมากที่สุดอยู่ในขนาดช่องผ่านตระแกรง เบอร์ 16

2) อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : หินฝุ่น : อัตราส่วนน้ำ-ซีเมนต์ (w/c) อัตราส่วนที่สามารถรับความเค้นอัดได้สูงสุดคืออัตราส่วน 1 : 6 : 0.8 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากอัตราส่วนดังกล่าวพบว่าปริมาณปูนซีเมนต์ : หินมาก และปริมาณน้ำน้อย มีผลทำให้ความเค้นอัดประลัยมีค่ามากตามไปด้วย

3) เมื่อนำอัตราส่วน 1 : 6 : 0.8 มาขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์รูปแบบ คือ ชนิดที่ไม่รับน้ำหนัก การทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านความเค้นอัดประลัยได้ 6.951 เมกะพาสคัลมากกว่า 2.5 เมกะพาสคัลและการทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านการดูดซึมน้ำร้อยละ 8.281 มีค่าน้อยกว่า ร้อยละ25 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่ยอมให้จึงกล่าวได้ว่าคอนกรีตบล็อกรูปแบบประยุกต์ที่อัตราส่วน 1 : 6 : 0.8 มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.58-2533 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

4) จากการศึกษาต้นทุนการผลิตได้ราคาต่อก้อน 4.97 บาท จะเห็นว่ามีราคาถูกกว่าราคาขายคอนกรีตบล็อกที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 58-2533 จากท้องตลาดทั่วไป เนื่องจากราคาของวัตถุดิบที่เป็นหินฝุ่นถูกมาก เพราะหินฝุ่นจากโรงโม่หินในจังหวัดสุรินทร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่เหลือใช้ จึงทำให้ราคาถูกส่งผลต่อต้นทุนการผลิตให้ถูก

เอกสารอ้างอิง

กฤษดา เสือเอี่ยมและณัฏฐ์ มากุล. (2555). อิทธิพลของฝุ่นหินปูนต่อสมบัติของซีเมนต์เพสต์ชนิดไหลตัวได้ผสมเถ้าแกลบ. *วิศว กรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 23 ฉ.3* :65–73.

ชัชวาล เศรษฐบุตร. (2542). *คอนกรีตเทคโนโลยี.* พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: บริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด.

โชคทวี ธรรมศร. (2549). *การพัฒนาอิฐดินซีเมนต์ (ดินจอมปลวก) ที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1: กรณีศึกษาด้านกำลังอัด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธีระ เทพพรหม. (2552). “การศึกษากำลังอัดคอนกรีตโดยใช้หินฝุ่นเป็นส่วนผสมแทนทรายหยาบกรณีศึกษา หินฝุ่นโรงโม่หินนราธิวาสโรงโม่หิน”. *Princess of Naradhiwas University Journal, 1*(2): 28–41.

นิพนธ์ สุวรรณสุขโรจน์ และคณะ. (2541). กำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นแทนทราย. *วิศวกรรมสาร ม.ข. ปีที่ 25 ฉ. 2*

วินัย ชัยเพชร.(2552). *การศึกษาคุณสมบัติของอิฐดินซีเมนต์ที่ใช้ดินตะกอนประปาผสมดินเหนียว.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมเกียรติ ฉิมสร. (2553). *การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำอิฐบล็อกประสานจากเศษทรายดำ.*สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุวัฒนชัย ปลื้มฤทัย. (2555). *การพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากผักตบชวา.* วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อรรถพล มาลัย. (2553).*การใช้หินฝุ่นแทนทรายในงานคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อย.* รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

Kumar, Arvind and Walia, Singh Baljit. “Compressive Strength of Fiber Reinforced Highly Compressible Clay” *Construction and Building Materials*. 20(2006): 1063-1068.

Mostafa, N.Y. (2004). Influence of air-cooled slag on physicochemical properties of autoclaved aerated concrete. Egypt: *Cement and Concrete Research, 35(7),* 1349-1357.

Peter Walker and Trevor Stace. (1997). Properties of Some Cement Stabilised Compressed Earth Blocks And Mortar. *Material and Structure, 30 (November 1997):* 545-551.