

การใช้เถ้าแกลบไม่บดในการผลิตคอนกรีตบล็อก

บุรฉัตร ฉัตรวีระ¹ ณรงค์ศักดิ์ มากุล² และ บัณฑิต รักษาดี³
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต คลองหลวง ปทุมธานี 12121

รับเมื่อ 25 มีนาคม 2547 ตอบรับเมื่อ 26 กรกฎาคม 2547

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเถ้าแกลบไม่บดมาประยุกต์ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักบรรทุกคุณสมบัติที่ทำการทดสอบประกอบด้วย หน่วยน้ำหนัก การดูดซึมน้ำ กำลังอัด การหดตัวแบบแห้ง ความคงทนต่อสภาพเปียกสลับแห้ง และการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากกรด โดยใช้เถ้าแกลบจาก 2 แหล่งคือ เถ้าแกลบดำจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง และเถ้าแกลบดำจากโรงสีข้าวมาแทนที่ในมวลรวม (หินฝุ่น) ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก และควบคุมอัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ในช่วงร้อยละ 0.53 ถึง 0.64 โดยน้ำหนัก โดยใช้การขึ้นรูปได้ของคอนกรีตบล็อกเป็นเกณฑ์ และการสูญเสียน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกเนื่องจากกัดกร่อนของกรดซัลฟูริก อะซิติก ไนตริก และไฮโดรคลอริก ซึ่งมีความเข้มข้นของสารละลายกรดในรูปของค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 1.0

จากการทดสอบ พบว่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการแทนที่ของเถ้าแกลบในหินฝุ่นที่เพิ่มขึ้น และมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 ในขณะที่หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบมีค่าลดลง นอกจากนั้นเมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบในหินฝุ่นมากขึ้น ทำให้ความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรด ค่าการดูดซึมน้ำ และการหดตัวแบบแห้ง มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

² ผู้ช่วยวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

³ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Use of Unground Rice Husk Ash in Concrete Block Production

Burachat Chatveera¹, Narongsak Makul², and Bundit Ruksadee³

Thammasat University, Rangsit Campus, Klong Luang, Pathum Thani 12121

Received 25 March 2004 ; accepted 26 July 2004

Abstract

This research was aimed to utilize unground rice husk ash for producing hollow non-load bearing concrete block. The tested properties included unit weight, water absorption, compressive strength, drying shrinkage, durability on wetting and drying process, and weight loss due to acid attack. Two types of rice husk ash, black rice husk ash from an electrical generating power plant using rice husk as a fuel and black rice husk ash from a rice mill, were used. The replacement percentages of rice husk ash in aggregate (crushed limestone) by weight were 0%, 10%, 15%, and 20%. Water to cement ratio (w/c) was controlled in the range of 0.53% to 0.64% by weight, depending on the formation of concrete block. Sulfuric, acetic, nitric, and hydrochloric acids with a concentration in pH value equal to 1.0 were used to study acid attack concrete blocks.

The tested results showed that the compressive strength of rice husk ash concrete block increased when the replacement percentages of rice husk ash in aggregate increased and was also higher than the minimum specified value from TIS 58-2530 standards whereas the unit weight of rice husk ash concrete block decreased. Furthermore, when the replacement percentage of rice husk ash increased, the resistance against acid attack, water absorption value, and drying shrinkage also increased.

¹ Associate Professor, Department of Civil Engineering.

² Research Assistant, Department of Civil Engineering.

³ Graduate Student, Department of Civil Engineering.

1. บทนำ

ปัจจุบันผนังของอาคารทั่วไปมีส่วนสำคัญช่วยส่งเสริมความแข็งแรงและความสวยงาม ในด้านวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม โดยในส่วนของผนังที่ใช้งานร่วมกับตัวอาคารจะมีวัสดุให้เลือกใช้งานได้หลายชนิดต่างๆ มากมาย เช่น ไม้ อิฐ กระจก และกระเบื้อง เป็นต้น คอนกรีตบล็อกก็เป็นทางเลือกทางหนึ่งที่มีความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีราคาค่อนข้างถูก ความคงทนสูง แข็งแรง สวยงาม ง่ายต่อการก่อสร้างในรูปแบบต่างๆ เป็นฉนวนกันความร้อนและความเย็น โดยในปัจจุบันคอนกรีตบล็อกมีให้เลือกใช้งานมากมายหลายชนิดหลายรูปแบบตามแต่ลักษณะของการใช้งานนั้นๆ คอนกรีตบล็อกคือ ก้อนคอนกรีตชนิดหนึ่งที่เกิดจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุมวลรวม (aggregates) หนึ่งชนิดหรือหลายชนิดขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกโดยใช้กลไกแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

ถ้าแกลบเป็นวัสดุที่เกิดจากการนำแกลบมาเป็นวัตถุดิบ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ ในโรงสีข้าวหรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าโดยส่วนใหญ่แกลบจะถูกนำไปทิ้งเป็นวัสดุเหลือใช้ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ การศึกษาโดยการนำแกลบมาผสมแทนที่มวลรวมในการผลิตคอนกรีตบล็อก อาจจะทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก ดีขึ้นในแง่กำลังรับแรงอัด ความคงทนต่อการกัดกร่อนของกรด และเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้ใช้ได้มากขึ้น เนื่องจากง่ายต่อการใช้งานและน้ำหนักเบา นอกจากนี้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกอัตราส่วนผสมที่มวลรวมอย่างเหมาะสม ให้ใช้งานได้อย่างปลอดภัยเหมาะสมกับประเภทงานก่อสร้างทั้งภายในและภายนอก

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อพัฒนาคอนกรีตบล็อก โดยใช้แกลบดำไม่บดเป็นวัสดุผสมทดแทนมวลรวม
- 2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อก โดยใช้แกลบดำไม่บดเป็นตัวแปรในการแทนที่มวลรวม
- 2.3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแกลบดำชนิดไม่บดมาใช้งานจริงในการผลิตคอนกรีตบล็อกได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสมกับงาน

3. การทดสอบ

3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาประกอบไปด้วย

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. มวลรวมละเอียด เป็นหินฝุ่นจากโรงโม่หิน ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี และมีขนาดละเอียด เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 566-2528 [1]

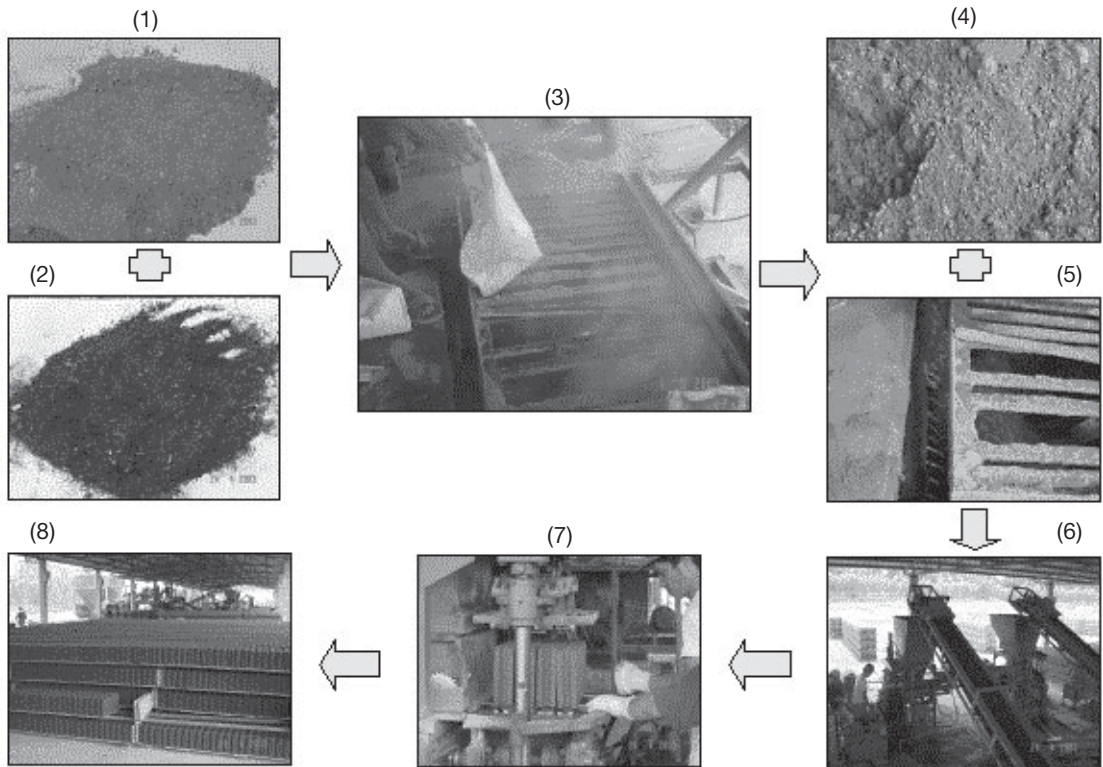
3. แก้วเกลบดำไม่บดจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าบริษัท ปทุมโรซ์มีล แอนด์ แกนารี จำกัด (มหาชน) มีลักษณะรูปร่างหยาบ เป็นแท่งยาวขนาดไม่แน่นอน สีดำ
4. แก้วเกลบดำไม่บดจากโรงสีข้าว อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีลักษณะรูปร่างหยาบขนาดไม่แน่นอน บางส่วนสามารถฟุ้งกระจายในอากาศได้และมีสีดำเข้ม
5. น้ำประปา

3.2 วิธีการเตรียมวัสดุ การผสม และการทำตัวอย่างทดสอบ

แก้วเกลบที่ใช้ในการศึกษาจะสุ่มเก็บตัวอย่างกระจายครอบคลุมทั่วพื้นที่จากแหล่งโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าและโรงสีข้าว นำมาตากแดดให้แห้งโดยธรรมชาติ โดยมีกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 1 โดยจะเริ่มจากการนำหินฝุ่นและแก้วเกลบ มาชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนการแทนที่มวลรวม (หินฝุ่น) ร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ลงผสมในเครื่องกวน แล้วจึงเติมปูนซีเมนต์และน้ำปล่อยให้เครื่องกวนคลุกส่วนผสมให้ได้ที่แล้วลำเลียงเข้าเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก เพื่อทำการขึ้นรูปตามบล็อกพิมพ์กลวง (Hollow Block) ที่นิยมใช้งานกันทั่วไปคือ ขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) ในช่วง 0.53 ถึง 0.64 ซึ่งขึ้นอยู่กับ การขึ้นรูปได้ของคอนกรีตบล็อกเป็นเกณฑ์ ภายหลังจากขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกต้องมีขนาดและความสมบูรณ์ตามเกณฑ์มาตรฐาน สัดส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกผสมแก้วเกลบไม่บด

วัสดุ (กก./ม. ³)	อัตราส่วนการแทนที่แก้วเกลบในหินฝุ่น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	0	10	15	20
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	327	327	327	327
น้ำ	173	191	197	209
หินฝุ่น	1,722	1,550	1,464	1,378
แก้วเกลบ	0	172	258	344



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกלב

3.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าแกלב

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าแกלבดำไม่บด โดยการทดสอบหารูปร่างของอนุภาคด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) และการทดสอบหาความละเอียดของเถ้าแกלבด้วยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 325 (45 ไมโครเมตร) ตามมาตรฐาน ASTM C 430 [2] และการทดสอบทางเคมีประกอบทางเคมีและกายภาพของเถ้าแกלב

3.3.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสมรวม

การศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของหินปูนและเถ้าแกלבดำชนิดไม่บด โดยทำการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินปูนและเถ้าแกלבตามมาตรฐาน ASTM C 128 [3] การทดสอบขนาดคละของหินปูนและเถ้าแกלבตามมาตรฐาน มอก. 566-2528 [1]

3.3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกלב

การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าแกלב เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน โดยทำการทดสอบหาหน่วยน้ำหนักคอนกรีตบล็อกตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 [4] การทดสอบกำลังรับแรงอัดของ

คอนกรีตบล็อกที่อายุ 1, 7, 14, 28, 60 และ 90 วัน ตามมาตรฐาน มอก.109-2517 [4] การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 [4] และการทดสอบค่าการหดตัวแบบแห้งของคอนกรีตบล็อกตามมาตรฐาน มอก. 110-2517 [5] ใช้จำนวนก้อนทดสอบ 5 ก้อนต่อหนึ่งรายการทดสอบ

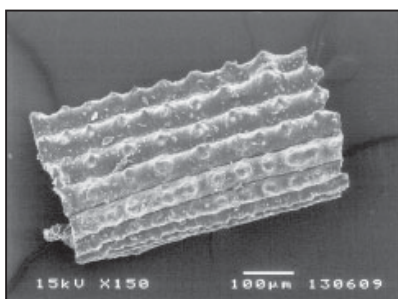
3.3.4 การทดสอบคุณสมบัติความคงทนของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าแกลบ

การศึกษาคุณสมบัติความคงทนของคอนกรีตบล็อกต่อสภาวะการกัดกร่อนของกรดและสภาพเปียกสลับแห้งโดยทำการทดสอบความคงทนต่อการกัดกร่อนของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดไนตริก (HNO₃) กรดอะซิติก (CH₃COOH) และกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) ที่มีความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 1.0 ที่อายุการแช่กรดที่ 3, 7, 28, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ ในรูปของการสูญเสียน้ำหนัก โดยเริ่มทำการแช่ในสารละลายกรดหลังจากทำการบ่มในน้ำเป็นเวลา 28 วัน และการทดสอบความคงทนต่อสภาพเปียกสลับแห้งตามมาตรฐาน ASTM D 559 [6] ใช้จำนวนก้อนทดสอบ 3 ก้อนต่อหนึ่งรายการทดสอบ

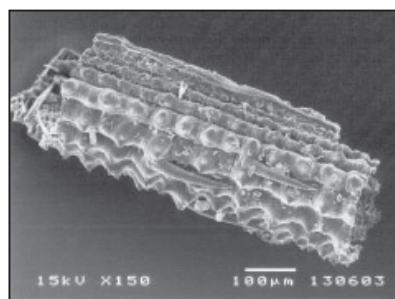
4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

4.1 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าแกลบ

ผลการทดสอบความละเอียดของเถ้าแกลบดำไม่บดโดยร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ของเถ้าแกลบดำจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าและโรงสีข้าวตามลำดับ มีส่วนค้ำบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 72.96 และ 81.59 ตามลำดับ พบว่าเถ้าแกลบดำชนิดไม่บดมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าปูนซีเมนต์ จึงไม่เหมาะสมในการใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยค่าดัชนีพัฒนางำลัง (Strength Activity Index) ซึ่งมีค่าเพียงร้อยละ 30 ถึง 43 เท่านั้น และผลการทดลองดังกล่าวเป็นไปในแนวทางเดียวกับผลที่ได้จากการทดลองของ ชัย, จักรพันธ์ และสุรพันธ์ [7] ที่ใช้เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ก่อนบดในงานคอนกรีตคือ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ก่อนบดเป็นวัสดุปอชโซลานที่ไม่ดี เพราะมีขนาดใหญ่ ส่วนการตรวจสอบขนาดและรูปร่างของอนุภาค พบว่ามีขนาดไม่แน่นอน เป็นเหลี่ยมมุม มีผิวขรุขระ และมีความพรุนสูง ดังแสดงในรูปที่ 2 และผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพที่สำคัญของเถ้าแกลบ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2



(ก) เถ้าแกลบที่ได้จากโรงสีข้าว



(ข) เถ้าแกลบที่ได้จากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 2 ภาพถ่ายเถ้าแกลบที่กำลังขยาย 150 เท่าของอนุภาค

(ก) เถ้าแกลบดำไม่บด (RM) มีสัดส่วนการค้ำบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 81.59

(ข) เถ้าแกลบดำไม่บด (PO) มีสัดส่วนค้ำบนตะแกรงเบอร์ 325 เท่ากับร้อยละ 72.96

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเถ้าแกลบดำชนิดไม่บด

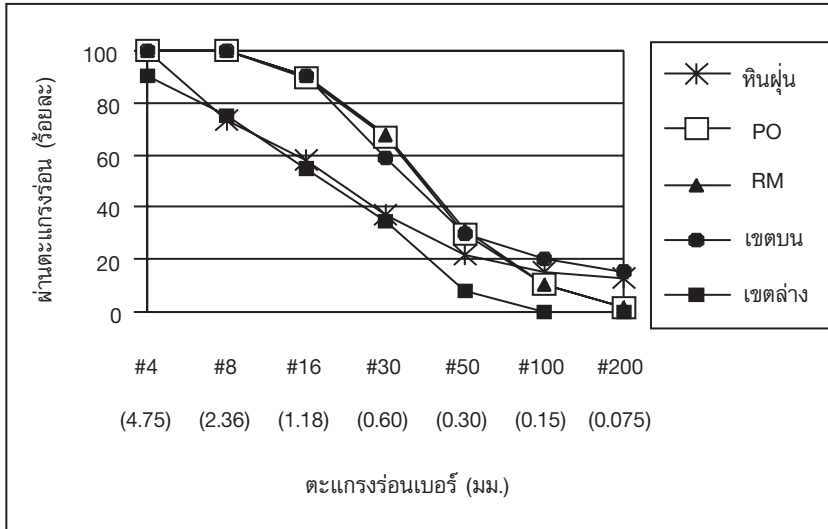
องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	เถ้าแกลบ (PO)	เถ้าแกลบ (RM)	คุณสมบัติทางกายภาพ (ร้อยละ)	เถ้าแกลบ (PO)	เถ้าแกลบ (RM)
SiO ₂	88.42	94.66	Loss on Ignition	1.87	0.89
Al ₂ O ₃	1.55	1.78	Moisture Content	1.13	32.65
Fe ₂ O ₃	1.56	2.37	Retained on Sieve No. 325	72.96	81.59
CaO	7.43	1.55			
MgO	0.83	0.51	Strength Activity Index 7 Days 28 Days	30 34	38 43
K ₂ O	2.29	3.04			
Na ₂ O	0.00	0.00			
SO ₃	0.05	0.01			

หมายเหตุ PO คือ เถ้าแกลบที่ได้จากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนกับระบบ

RM คือ เถ้าแกลบที่ได้จากโรงสีข้าวซึ่งใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

4.2 คุณสมบัติทางกายภาพของมวลรวม

ผลการทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะของหินฝุ่น และเถ้าแกลบดำไม่บด PO และ RM มีค่าเท่ากับ 2.63, 2.00 และ 2.05 ตามลำดับ และรูปที่ 3 พบว่าขนาดคละของหินฝุ่นมีลักษณะของกระจายขนาดได้สัดส่วนเหมาะสมอยู่ภายใต้ขอบเขตบนถึงขอบเขตล่างตามมาตรฐาน มอก. 566-2528 [1] เป็นขนาดคละที่มีความหยาบ สำหรับขนาดคละของเถ้าแกลบดำจะมีขนาดใหญ่กับขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ เป็นขนาดคละที่มีความละเอียดมาก ดังนั้นเมื่อการแทนที่มวลรวมด้วยเถ้าแกลบดำเพิ่มมากขึ้นเปรียบเสมือนมวลรวมมีขนาดคละละเอียดเพิ่มขึ้นมาก จะทำให้ขนาดคละของมวลรวมเป็นขนาดคละขาดตอน และทำให้เกิดการแยกตัว (segregation) ได้ง่าย ส่งผลกระทบในด้านความสามารถของการขึ้นรูปได้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกแบบกลวง

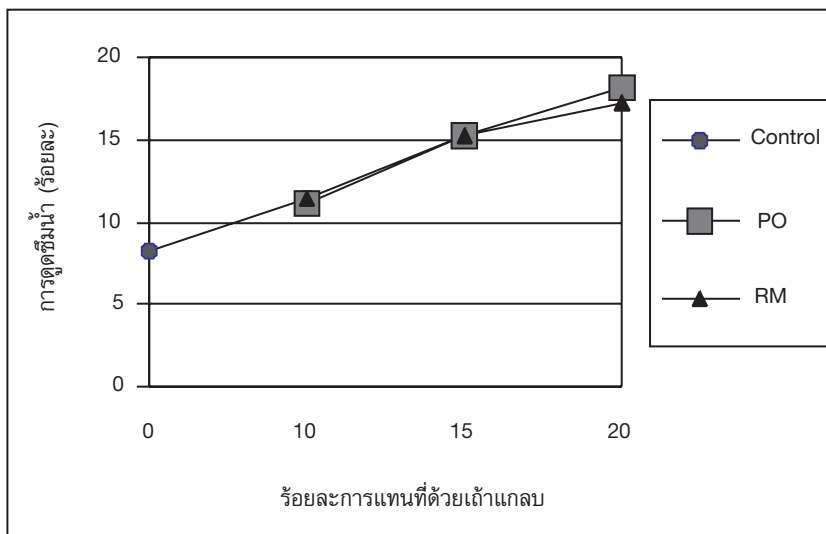


รูปที่ 3 ขนาดคละของหินฝุ่นและเถ้าแกลบดำชนิดไม่บด

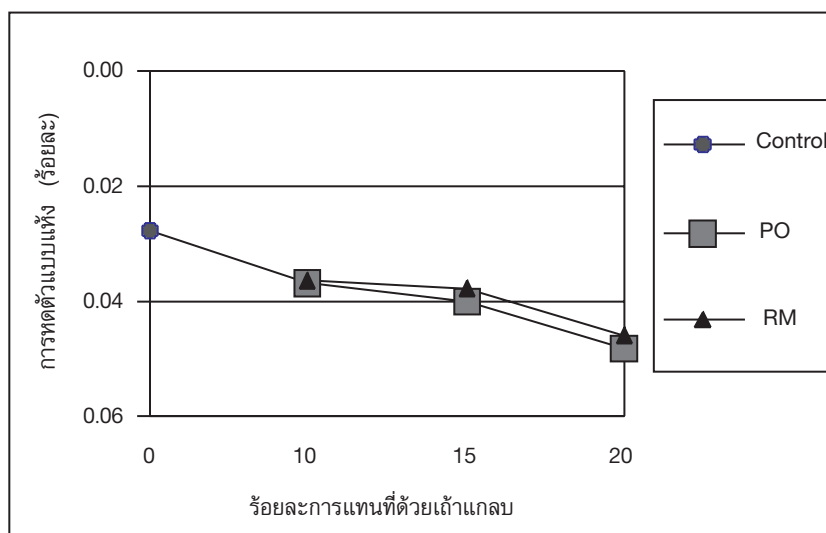
4.3 คุณสมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าแกลบ

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแทนที่มวลรวมด้วยเถ้าแกลบกับร้อยละการดูดซึมน้ำ พบว่าคอนกรีตบล็อกที่มีร้อยละการแทนที่มวลรวมด้วยเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นจะมีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มสูงขึ้นตามด้วย เนื่องจากเถ้าแกลบดำมีความพรุนสูงและมีความต้องการน้ำมากกว่าหินฝุ่น ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผลที่ได้จากการทดลองของ ชัย, จักรพันธ์ และสุรพันธ์ [7] ในการพัฒนาเถ้าแกลบ-เปลือกไม้เพื่อใช้ในงานคอนกรีตคือการเพิ่มร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ ทำให้มอร์ตาร์มีความต้องการน้ำเพิ่มมากขึ้น หากทำให้เถ้าแกลบละเอียดขึ้นจะลดความพรุนของเถ้าแกลบและลดความต้องการน้ำของส่วนผสมลงได้มาก

ผลการทดสอบการหดตัวแบบแห้งที่อายุ 60 วัน ของคอนกรีตบล็อกมาตรฐานกับคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าแกลบ 2 แหล่ง แสดงในรูปที่ 5 พบว่าร้อยละการแทนที่มวลรวมด้วยเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นทำให้การหดตัวแบบแห้งมีค่าสูงขึ้นตาม อันเป็นผลเนื่องมาจากค่าการดูดซึมน้ำมากของเถ้าแกลบดำไม่บด



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการแทนที่ด้วย น้ำประปาและร้อยละของการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการแทนที่ด้วย น้ำประปาและการดูดน้ำแบบแห้งที่อายุ 60 วัน

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมน้ำประปาไม่บดเทียบกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน แสดงในตารางที่ 3 พบว่าการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมน้ำประปาไม่บด ตามสัดส่วนการแทนที่มีค่าใกล้เคียงกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกมาตรฐานและผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2530 [8] แสดงว่าการแทนที่มวลรวมด้วยน้ำประปาไม่บดไม่มีผลทำให้กำลังอัดลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นร้อยละการแทนที่มวลรวมด้วยน้ำประปาไม่บดจะส่งผลทำให้มีความต้องการน้ำเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นค่ากำลังอัดควร

จะลดลง แต่กระบวนการผลิตการขึ้นรูปของคอนกรีตบล็อกจะอาศัยกลไกแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลในการบีบอัดมวลรวมให้มีความแน่นมากขึ้น ทำให้มีการบีบน้ำส่วนเกินออกมาตามผิวคอนกรีตบล็อกส่งผลให้การพัฒนากำลังอัดมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้การแทนที่มวลรวมด้วยเถ้าแกลบดำไม่บดการเพิ่มมากขึ้นทำให้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกมีค่าลดลงตามลำดับ โดยเหตุผลจากค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าแกลบดำไม่บดมีค่าน้อยกว่าหินปูน

ตารางที่ 3 การทดสอบกำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก

สัญลักษณ์	กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อก (กก./ซม. ²)						หน่วยน้ำหนัก (กก./ม. ³)
	1 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน	60 วัน	90 วัน	
Control	11	18	28	31	40	46	2,087
PO 10	10	10	26	29	39	44	1,922
PO 15	9	15	26	30	39	44	1,801
PO 20	9	20	26	30	40	44	1,738
RM 10	12	13	25	29	40	43	1,929
RM 15	10	15	25	30	40	44	1,821
RM 20	10	20	25	30	40	44	1,798

หมายเหตุ Control หมายถึง คอนกรีตบล็อกมาตรฐาน

PO หมายถึง คอนกรีตบล็อกมีส่วนผสมเถ้าแกลบดำชนิดไม่บดจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า

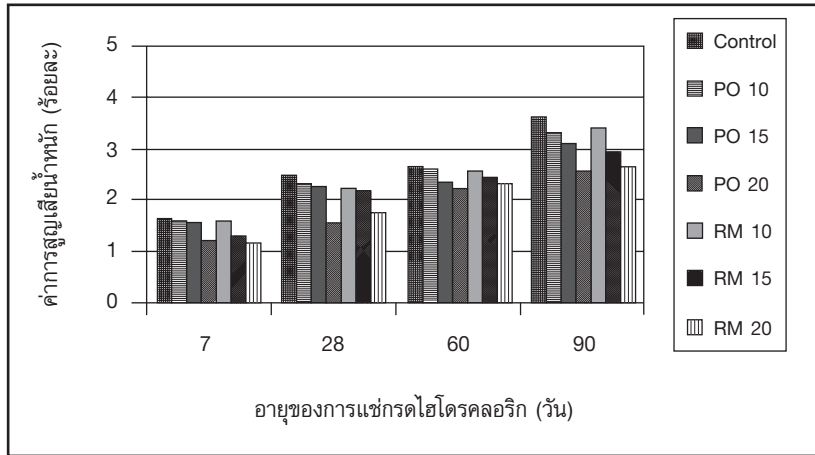
RM หมายถึง คอนกรีตบล็อกมีส่วนผสมเถ้าแกลบดำชนิดไม่บดจากโรงสีข้าว

ตัวเลข 10, 15 และ 20 หมายถึง การแทนมวลรวมด้วยเถ้าแกลบดำชนิดไม่บด

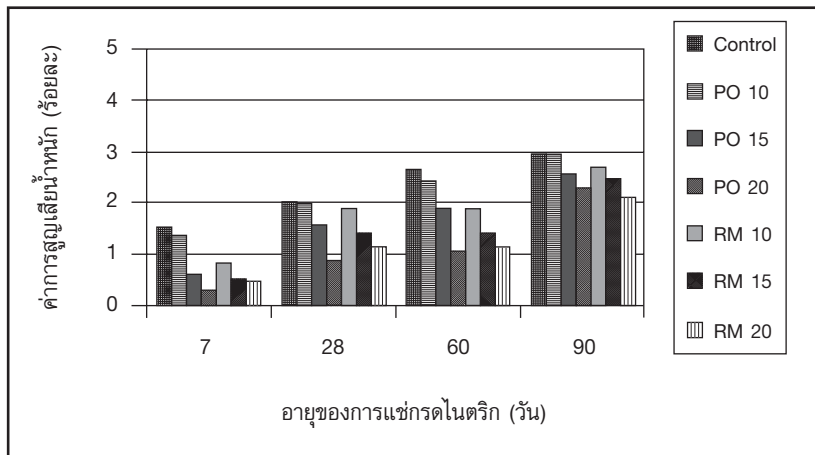
ร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก

4.4 คุณสมบัติความคงทนของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าแกลบ

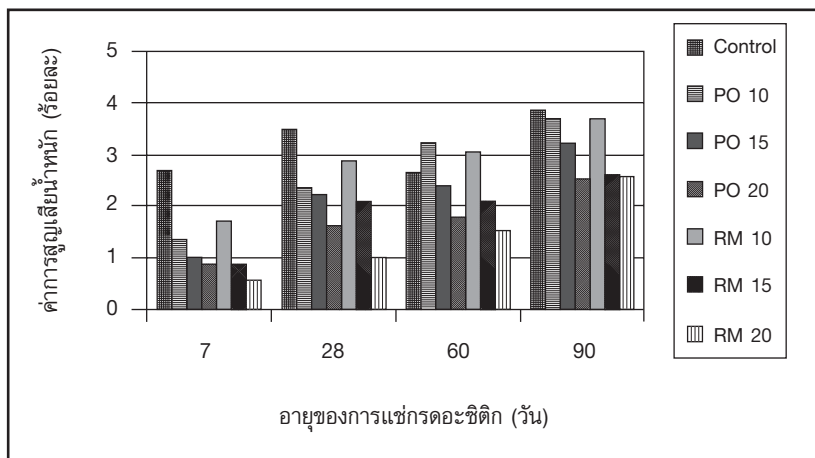
ผลการทดสอบการกัดกร่อนของคอนกรีตบล็อกที่แช่ในสารกรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดไนตริก (HNO₃) กรดอะซิติก (CH₃COOH) และกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) แสดงในรูปที่ 6, 7, 8 และ 9 ตามลำดับ ในรูปของการสูญเสียน้ำหนัก โดยกรดมีค่า pH เท่ากับ 1.0 พบว่าการแทนที่มวลรวมด้วยเถ้าแกลบดำไม่บดเพิ่มมากขึ้นทำให้ความคงทนต่อการกัดกร่อนของกรดเพิ่มสูงขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบดำไม่บดซึ่งมีปริมาณซิลิโคนไดออกไซด์ (SiO₂) สูง จะช่วยลดปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)₂) ในคอนกรีตบล็อกให้ลดลง เนื่องจากกระบวนการกัดกร่อนโดยกรดเป็นการเปลี่ยนแปลงสารประกอบแคลเซียมทุกประเภทให้กลายเป็นเกลือแคลเซียมเมื่อกรดเข้าทำปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบยิ่งสูงขึ้นจะมีผลต่อปฏิกิริยาไฮเดรชันและปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ลดลงมากทำให้สารละลายกรดทำปฏิกิริยาได้ลดลง



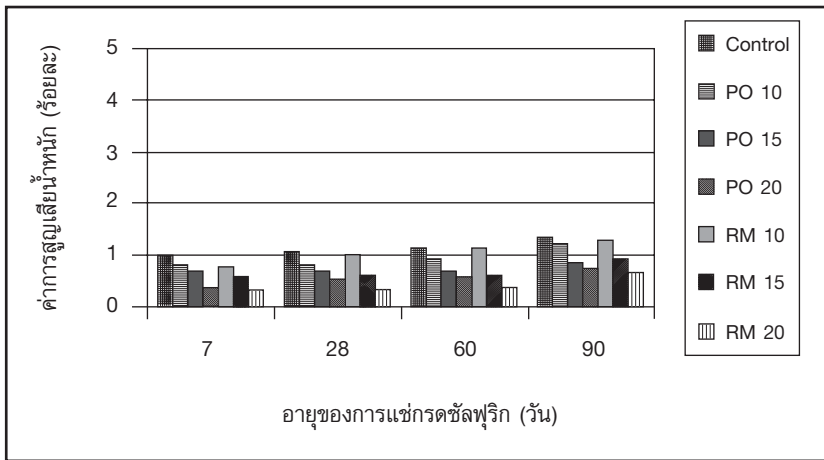
รูปที่ 6 การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการกักกร่อนของกรดไฮโดรคลอริก (HCl)



รูปที่ 7 การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการกักกร่อนของกรดไนตริก (HNO₃)

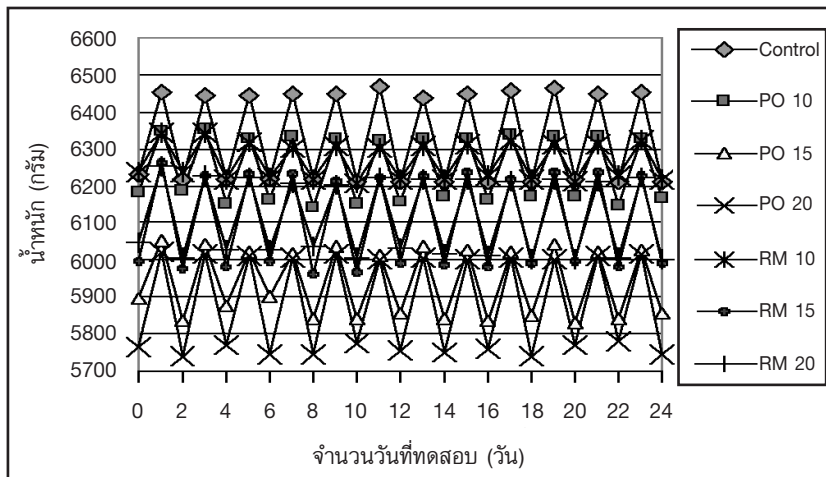


รูปที่ 8 การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการกักกร่อนของกรดอะซิติก (CH₃COOH)



รูปที่ 9 การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการกักกร่อนของกรดซัลฟูริก (H₂SO₄)

รูปที่ 10 แสดงการทดสอบความคงทนต่อสภาพเปียกสลับแห้งในรูปของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก พบว่าคอนกรีตบล็อกที่ผสมมวลรวมด้วยเถ้าแกลบไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักภายใต้สภาพเปียกสลับแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของวีระ [9] ที่ศึกษาอิทธิพลของเถ้าแกลบที่มีต่อคุณสมบัติทางกลของอิฐ พบว่าอิฐมีความคงทนต่อสภาพเปียกสลับแห้งไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก



รูปที่ 10 น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกในสภาวะเปียกสลับแห้ง

5. บทสรุป

จากการศึกษาคุณสมบัติของเก้าแกลบดำไม่บดและคอนกรีตบล็อกที่ผสมเก้าแกลบดำ โดยการแทนที่เก้าแกลบดำในมวลรวม (หินปูน) ที่ร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก สรุปได้ดังนี้

1. การเพิ่มร้อยละการแทนที่มวลรวมด้วยเก้าแกลบดำไม่บด ไม่ส่งผลกระทบต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

2. ร้อยละการแทนที่มวลรวมด้วยเก้าแกลบดำไม่บดทำให้คอนกรีตบล็อกมีความต้องการน้ำ การดูดซึมน้ำ และการหดตัวแบบแห้งสูงขึ้น โดยร้อยละการแทนที่เก้าแกลบเท่ากับ 20 ในมวลรวม พบว่าน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลดลงประมาณร้อยละ 8 ถึง 15 เมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน

3. การแทนที่ของเก้าแกลบดำไม่บดเพิ่มขึ้นทำให้ความคงทนต่อการกัดกร่อนของกรดเพิ่มขึ้น โดยกรดที่มีการกัดกร่อนรุนแรงคือ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) และกรดอะซิติก (CH_3COOH) ส่วนกรดที่มีการกัดกร่อนน้อยที่สุดคือ กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)

4. เก้าแกลบดำชนิดไม่บดจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า (PO) สามารถใช้เป็นวัสดุแทนที่มวลรวม (หินปูน) ในการผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักได้ตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 ทั้งประเภทควบคุมความชื้นและไม่ควบคุมความชื้น โดยเมื่ออัตราส่วนการแทนที่ของแกลบในปูนหินเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงร้อยละ 20 พบว่าคอนกรีตบล็อกมีค่าของกำลังอัดเฉลี่ยที่ 28 วัน เท่ากับ 30 กก./ซม.² ซึ่งใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกปกติ ในขณะที่ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 18.16 และการหดตัวแบบแห้งเท่ากับร้อยละ 0.048

5. สำหรับเก้าแกลบดำชนิดไม่บดจากโรงสีข้าว (RM) สามารถใช้เป็นวัสดุแทนที่หินปูนในการผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักได้ โดยเมื่ออัตราส่วนการแทนที่ของแกลบในปูนหินเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 20 พบว่าคอนกรีตบล็อกมีค่าของกำลังอัดเฉลี่ยที่ 28 วัน เท่ากับ 30 กก./ซม.² ในขณะที่ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 17.30 และการหดตัวแบบแห้งเท่ากับร้อยละ 0.046

6. คอนกรีตบล็อกผสมเก้าแกลบดำไม่บดเหมาะสมกับงานก่อผนังกำแพงที่ออกแบบไว้สำหรับไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณบริษัท ปทุมไรซ์มิล แอนด์ แกนารี จำกัด (มหาชน) โรงงานผลิตคอนกรีตบล็อก วี. อาร์. ต่าบลสนับทึบ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และบริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์เก้าแกลบดำ การผลิตคอนกรีตบล็อก และการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ ตามลำดับ

7. เอกสารอ้างอิง

1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลรวมผสมคอนกรีต มอก. 566-2528, พิมพ์ครั้งที่ 3, 2541, กรุงเทพฯ.
2. American Society for Testing and Materials, 2002, "ASTM C 430: Standard Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45- μ m (No. 325) Sieve", *Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.02*, Philadelphia, PA, USA.
3. American Society for Testing and Materials, 2002, "ASTM C128-01: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate", *Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.02*, Philadelphia, PA, USA.
4. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มอก. 109-2517, พิมพ์ครั้งที่ 3, 2541, กรุงเทพฯ.
5. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก มอก. 110-2517, กรุงเทพฯ.
6. American Society for Testing and Materials, 2002, "ASTM D 559: Standard Test Methods for Wetting and Drying Compacted Soil-Cement Mixtures", *Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.02*, Philadelphia, PA, USA.
7. ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, จักรพันธ์ วงษ์พา และ สุรพันธ์ สุคันธปรีย์, "การพัฒนาเถ้าแกลบ-เปลือกไม้เพื่อใช้ในงานคอนกรีต", *เอกสารการประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8*, หน้า 163 - 172.
8. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก. 58-2530, พิมพ์ครั้งที่ 6, 2543, กรุงเทพฯ.
9. วีระ อำนวยพร, "อิทธิพลของเถ้าแกลบที่มีต่อคุณสมบัติทางกลของอิฐ", 2543, *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี.*