

การผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน จังหวัดนครราชสีมา

A Production of Interlocking Block Made of Sludge from Brine Purification of a Rock Salt Factory in Nakhonratchasima Province

นางสาวรัชณี คงเมือง* อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (1) รองศาสตราจารย์สุดาว เลิศวิสุทธิไพฑูรย์**

(2) รองศาสตราจารย์ ดร.ศรัทธา สุนทรไชย*** (3) รองศาสตราจารย์ ดร.มัลลิกา ปัญญาตะโป****

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) คุณสมบัติของกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานที่ผลิตจากกากตะกอนที่อายุการบ่ม 28 วัน (2) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนในมวลรวมกับกำลังรับแรงอัด และร้อยละการดูดกลืนน้ำ (3) ชนิดและสมบัติที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์จากบล็อกประสานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ และ (4) เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบล็อกประสานที่ได้กับบล็อกทั่วไปตามท้องตลาด กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือ บล็อกประสานที่ผลิตจากกากตะกอนแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 ตามลำดับ ขนาด 12.5 X 25 X 10 เซนติเมตร บ่มที่ 28 วัน ทดสอบกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำตามมอก.109 และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสหสัมพันธ์เพียร์สัน จากผลการศึกษาพบว่าบล็อกประสานในอัตราการแทนที่ร้อยละ 0 - 40 ให้กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยสูงกว่า 2.5 เมกะพาสคัล ร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 8.40 - 12.63 ผ่านมอก.2538 และ มพข.602 ชนิดไม่รับน้ำหนัก เหมาะสำหรับก่อผนัง กำแพง กันห้อง ที่ไม่ต้องรองรับน้ำหนักโครงสร้าง และ พบว่าปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นมีผลให้กำลังรับแรงอัดลดลง แต่ร้อยละการดูดกลืนน้ำไม่แตกต่างกัน เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตกับบล็อกทั่วไปพบว่าอัตราการผลิตที่สูงสุด ร้อยละ 40 สามารถลดต้นทุนลงได้ถึงร้อยละ 17.48

Abstract

This study is an experimental research of this study are to (1) find the compressive strength and water absorption of interlocking block with curing age of in 28 days (2) find the relation between mass sludge quantity with compressive strength and water absorption percentage of the interlocking block;(3) identify type and appropriate property in use of the interlocking block according to the block standard ; and (4) compare production cost between the interlocking block and general interlocking blocks in the market. This that employs in appropriate weight proportion of 0,5,10,15,20,40 and 60 % , repectively, to produce interlocking block in size 12.5 X 25 X 10 cm,cured for 28 days and test of compressive strength and water absorption based on TIS.109 .Data were analysis by percentage, mean, standard deviation, and Pearson correlation.The result of this study were to the proportion of 0 - 40 % had average compressive resistance more than 2.5 Mpa., water absorption percentage were between 8.40 -12.63; were complied with the standard of TPCS.602/2547 and TIS.58-2533, which was used for construct wall in the building without supporting structural weight or wall, and various parts without any loading weight apart from their own weight. Increasing the proportion of sludge to result decreasing of compressive resistance but the water absorption not different. And the best proportion that suitable for construction was 40%. It could reduce the production cost compared with general interlocking block up to 17.48 %.

Keywords: Sludge, Brine purification for rock salt process, Interlocking block

* มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาศิลปกรรม ศึกษานิเทศศาสตร์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช e-mail address ratcha_nee999@hotmail.com

** รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช e-mail address sudawlerl@yahoo.com

*** รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช e-mail address hsasosar@hotmail.com

**** รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร e-mail address mpanyakapo@yahoo.com

บทนำ

ความเจริญทางเศรษฐกิจมักมาพร้อมกับการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดตัวหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าสถานะเศรษฐกิจและสังคมของชุมชนนั้นดีขึ้น แต่ในความเจริญด้านเศรษฐกิจและสังคมนั้น ก็แฝงไปด้วยความเสื่อมโทรมในด้านอื่น ๆ ที่ตามมาเช่นกัน อาทิ ปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาสุขภาพอนามัยของชุมชน และโดยเฉพาะปัญหาการจัดการกากของเสียหรือสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ ที่เกิดจากกิจกรรมของโรงงานอุตสาหกรรมนั้น ๆ หากขาดการบริหารจัดการที่ดีพอ แล้วแต่ส่งผลกระทบต่อชุมชนในพื้นที่ทั้งทางตรงและทางอ้อมทั้งสิ้น ดังจะเห็นได้จากสถิติการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะอุตสาหกรรมประเภทอันตราย มีปริมาณ 3.5 ล้านตัน/ปี และขยะอุตสาหกรรมประเภทไม่อันตรายมีปริมาณ 23.5 ล้านตัน/ปี ซึ่งเป็นสถิติที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยถึงปีละ 5 % (หนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ 2553) นับว่าเป็นสถิติที่ค่อนข้างสูง และจากปัญหาดังกล่าวจะเห็นว่าเป็นปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมที่ยากจะหาทางแก้ไข หากเราสามารถบริหารจัดการกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรมเหล่านั้นให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งก็จะเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในภาคอุตสาหกรรมที่กำลังประสบปัญหาอยู่ได้ไม่น้อย ไม่ว่าจะเป็นการนำหลักการเทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) การใช้หลัก 3 R การลดปริมาณการใช้ (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) และการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ประกอบกับหลาย ๆ หน่วยงานในภาคอุตสาหกรรมให้ความสำคัญในการนำระบบมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001) มาประยุกต์ใช้ในองค์กรเพื่อควบคุมและลดปัญหาสิ่งแวดล้อมดังกล่าว อันจะส่งผลดีต่อระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนต่อไป

บริษัท เกลือพิมาย จำกัด เป็นโรงงานอุตสาหกรรมเหมืองแร่เกลือหิน ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งผลิตเกลือออกสู่ตลาด ทั้งประเภทเกลืออุตสาหกรรมและเกลือบริโภค และมีกำลังการผลิตเฉลี่ยสูงถึง 1.5 ล้านตัน/ปี และเป็นโรงงานผลิตเกลือเพียงแห่งเดียวในประเทศไทยที่มีการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการทำเหมืองละลาย (Solution mining for salt) และ การใช้เครื่องระเหย (Evaporator) ซึ่งในขั้นตอนการสูบน้ำจืดลงไปละลายชั้นเกลือหินใต้ดิน ที่ระดับความลึกประมาณ 200 เมตร จะได้น้ำเกลือเข้มข้นก่อนถูกสูบขึ้นมา เพื่อเข้าสู่กระบวนการทำให้น้ำเกลือบริสุทธิ์ (Purified Brine) และในขั้นตอนการทำน้ำเกลือบริสุทธิ์นั้นทำให้เกิดกากตะกอนจากกระบวนการนี้เป็นจำนวนมาก ซึ่งในแต่ละปีนั้นพบว่ามีปริมาณเฉลี่ยสูงถึงปีละ 10,000 – 12,000 ตันต่อปี (บริษัทเกลือพิมาย จำกัด 2553) และพบว่า ณ ปัจจุบันนี้ยังไม่ได้มีการนำกากตะกอนเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ ซึ่งกากตะกอนเหล่านี้มีส่วนผสมหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และแคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักที่สำคัญในปูนซีเมนต์ และใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น การผลิตยิปซัมบอร์ด การผลิตปูนซีเมนต์ การผลิตปูนปาสเตอร์ เป็นต้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่า หากมีการนำเอาตะกอนดังกล่าว ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือธาตุแคลเซียม ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตปูนซีเมนต์ และเมื่อนำมาผสมกับดินหรือทรายซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุอะลูมิเนียม เหล็ก และซิลิกอนแล้วนั้น จะมีคุณสมบัติที่คล้ายปูนซีเมนต์ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบแคลเซียมซิลิเกต แคลเซียมอะลูมิเนตและแคลเซียมอะลูมิโน เฟอไรต์ และหากสามารถนำมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกประสานได้จริงก็จะส่งผลดีต่อระบบการบริหารจัดการกากอุตสาหกรรมของโรงงาน และยังเป็นการลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานที่ผลิตจากกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกากตะกอนในมวลรวมกับกำลังรับแรงอัด และร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์

3. เพื่อศึกษาชนิดและคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ จากบล็อกประสานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์
4. เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนเป็นส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์กับบล็อกประสานทั่วไปตามท้องตลาด

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยใช้กากตะกอน ในสัดส่วนที่ต่างกันเพื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และทำการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด และร้อยละการดูดกลืนน้ำ เปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ เพื่อจำแนกคุณสมบัติการใช้งาน และเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตกับบล็อกประสานทั่วไป

ประชากร/กลุ่มตัวอย่าง บล็อกประสานที่ผลิตจากกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ขนาด 12.5 X 25 X 10 เซนติเมตร โดยใช้กากตะกอนแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในอัตราทดแทนที่ร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 ตามลำดับ จำนวน 5 ก้อนต่อสูตรการทดลองใช้วิธีการชักตัวอย่างตาม มพข.602 ทำการบ่ม 28 วัน

เครื่องมือการวิจัย การวิจัยนี้ใช้วิธีทดสอบกำลังรับแรงอัดด้วยเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด และทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำ ตามมาตรฐานมอก.109

การวิเคราะห์ข้อมูล การวิจัยนี้นำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์แบบพรรณนา โดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำเสนอในรูปแบบตารางและกราฟ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนมวลรวมกับกำลังรับแรงอัด และร้อยละการดูดกลืนน้ำโดยใช้สถิติสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson product moment Correlation)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. คุณสมบัติกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำ

จากการศึกษาคุณสมบัติของกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานในอัตราทดแทนที่ของกากตะกอนร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 พบว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

1.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) พบว่าบล็อกประสานที่ได้มีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.51 – 5.12 เมกะพาสคัล และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.33 -1.39 ซึ่งผลการทดลองเป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานในอัตราทดแทนที่ของกากตะกอนร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60

สูตรผสม	ค่ากำลังรับแรงอัด (เมกะพาสคัล)					เฉลี่ย (เมกะพาสคัล)	SD.
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4	ก้อนที่ 5		
A (0%)	4.37	4.73	4.79	5.95	5.79	5.12	0.70
B (5%)	2.95	3.21	3.68	3.93	4.00	3.55	0.45
C (10%)	5.59	5.19	5.29	4.69	2.16	4.58	1.39
D (15%)	3.24	4.66	4.78	3.56	5.14	4.27	0.82
E (20%)	3.89	3.57	4.32	4.00	4.69	4.09	0.43
F (40%)	3.57	4.47	2.71	4.50	4.68	3.98	0.83
G (60%)	1.83	1.84	1.37	1.07	1.45	1.51	0.33

1.2 ผลการทดสอบร้อยละการดูดกลืนน้ำ (Percentage of Absorption) พบว่าบล็อกลูกประดานที่ได้มีค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.40 – 1.63 เมกะพาสคัล และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.55 -1.78 ซึ่งผลการทดลองเป็นดังตารางที่ 2

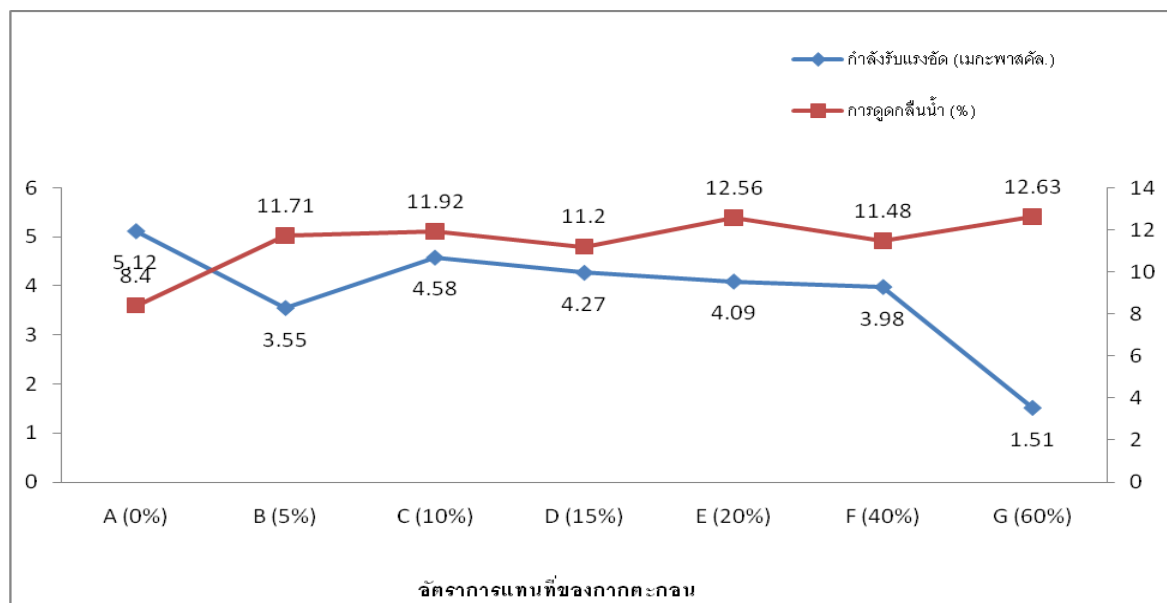
ตารางที่ 2 ร้อยละการดูดกลืนน้ำบล็อกลูกประดานในอัตราการแทนที่ของกากตะกอนร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60

สูตรผสม	ร้อยละการดูดกลืนน้ำ					ค่าเฉลี่ย	S.D.
	ก้อนที่ 1	ก้อนที่ 2	ก้อนที่ 3	ก้อนที่ 4	ก้อนที่ 5	(%)	
A (0%)	9.13	8.96	8.74	7.21	7.95	8.40	0.80
B (5%)	12.14	12.31	11.25	11.79	11.04	11.71	0.55
C (10%)	10.73	11.69	11.98	12.22	13.00	11.92	0.82
D (15%)	9.39	12.36	12.10	9.18	12.97	11.20	1.78
E (20%)	13.34	12.88	11.08	13.38	12.10	12.56	0.97
F (40%)	11.84	12.45	8.58	12.11	12.40	11.48	1.63
G (60%)	12.36	13.62	12.26	12.17	12.75	12.63	0.59

2. ความสัมพันธ์ระหว่างมวลรวมกับกำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำ

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลรวมกับกำลังรับแรงอัด พบว่าจากการศึกษาโดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment Correlation) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดในอัตราการแทนที่ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลื่อให้บริสุทธิ์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน ในสัดส่วนต่างกัน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสองทางเท่ากับ -0.823 ค่า P-value เท่ากับ 0.023 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลื่อให้บริสุทธิ์มีผลทำให้ค่าความสามารถในการรับกำลังแรงอัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 แสดงดังภาพที่ 1

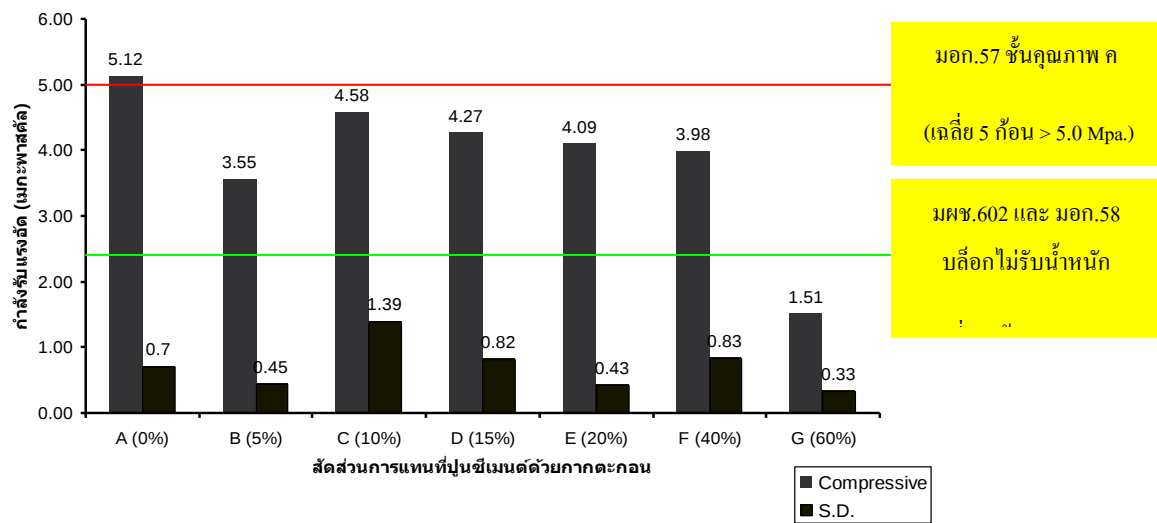
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลรวมกับร้อยละการดูดกลืนน้ำ พบว่าจากการศึกษาโดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment Correlation) เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการดูดกลืนน้ำกับปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลื่อให้บริสุทธิ์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสองทางเท่ากับ 0.556 ค่า P-value เท่ากับ 0.195 ซึ่งมากกว่า 0.05 สรุปว่าปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลื่อให้บริสุทธิ์กับค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกากตะกอน กำลังรับแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสาน

3. ศึกษาชนิดและคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษาพบว่าบล็อกประสานที่ผลิตจากกากตะกอนจากระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์นั้นมีค่ารับกำลังแรงอัดอยู่ระหว่าง 1.51 – 4.58 เมกะพาสคัล ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานแล้วนั้น พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก จึงไม่ต้องนำผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำมาประกอบการพิจารณาจำแนกการใช้ประโยชน์ ดังนั้นการทดลองนี้สรุปได้ว่าในอัตราการแทนปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนร้อยละ 5 10 15 20 และ 40 นั้น เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มพข. 602/2547) ชนิดไม่รับน้ำหนัก และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก 57-2533) คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งเหมาะสำหรับก่อผนังกั้นห้อง ก่อส่วนอื่นๆ ภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรองรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร หรือก่อกำแพงที่ไม่ต้องรองรับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง ส่วนบล็อกประสานในอัตราการแทนที่ร้อยละ 60 นั้น ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จึงไม่เหมาะนำมาใช้ในงานก่อสร้าง แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 จำแนกการใช้ประโยชน์ของบล็อกประสานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์

4. ต้นทุนการผลิตบล็อกประสาน

จากการศึกษาพบว่าต้นทุนการผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราการแทนที่ร้อยละ 0 5 10 15 20 40 และ 60 นั้น เมื่อเปรียบเทียบราคาค่าต้นทุนการผลิตระหว่างสูตรปกติ (อัตราการแทนที่ร้อยละ 0) และอัตราการแทนที่สูงสุดที่ผ่านมาตรฐานสามารถใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างได้ ในอัตราการแทนที่ร้อยละ 40 เปรียบเทียบกับเครื่องอัดบล็อกประสานแบบใช้แรงคน พบว่าต้นทุนการผลิตต่อก้อนลดลงถึงร้อยละ 17.48 ดังแสดงในตารางที่ 3 และหากเปรียบเทียบกับต้นทุนการผลิตแบบใช้เครื่องอัดบล็อกประสานแบบไฮดรอลิก พบว่าราคาค่าต้นทุนการผลิตต่อก้อนลดลงถึงร้อยละ 18.79 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ราคาต้นทุนการผลิตบล็อกประสานต่อก้อน แบบใช้แรงคนในการอัดขึ้นรูป

ร้อยละของ กากตะกอน	ปูน (บาท)	กาก ตะกอน (บาท)	ดิน* (บาท)	ราคาน้ำ* (บาท)	ราคา ไฟฟ้า* (บาท)	ค่าแรง* (บาท)	ต้นทุน คงที่* (บาท)	รวม ต้นทุน/ ก้อน (บาท)
0 %	1.88*	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	4.29*
5 %	1.79	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	4.20
10 %	1.69	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	4.10
15 %	1.60	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	4.01
20 %	1.50	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	3.91
40 %	1.13	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	3.54
60 %	0.75	0	0.42	0.05	0.10	1.50	0.34	3.16

ตารางที่ 4 ราคาต้นทุนการผลิตบล็อกประสานต่อก้อน แบบใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกในการอัดขึ้นรูป

ร้อยละของ กากตะกอน	ปูน (บาท)	กาก ตะกอน (บาท)	ดิน* (บาท)	ราคาน้ำ* (บาท)	ราคา ไฟฟ้า* (บาท)	ค่าแรง* (บาท)	ต้นทุน คงที่* (บาท)	รวม ต้นทุน/ ก้อน (บาท)
0 %	1.88*	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.99*
5 %	1.79	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.90
10 %	1.69	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.80
15 %	1.60	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.71
20 %	1.50	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.61
40 %	1.13	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	3.24
60 %	0.75	0	0.42	0.02	0.08	0.90	0.69	2.86

* ที่มา : ต้นทุนการผลิตบล็อกประสาน อรพิน ขวัญศรี (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน้า 51-56

สรุปผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการศึกษาบล็อกประสานที่ได้จากการใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ของโรงงานเหมืองแร่เกลือหิน แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในสัดส่วนต่างกัน พบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ นัฐวุฒิ ทิพย์โยธา ศรีณย์ โดไทยะ ชวิน ยิ่งไพฑูรย์ และคณะ เหมืองทอง (2549) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตในคอนกรีตมวลเบา ซึ่งใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น และพบว่าอัตราส่วนผสมของปริมาณปูนซีเมนต์ : แคลเซียมคาร์บอเนต : โซเดียมไฮดรอกไซด์ : สารลดน้ำพิเศษ เท่ากับร้อยละ 35 : 40 : 25

: 2 ตามลำดับ ซึ่งสามารถรับกำลังแรงอัดได้สูงสุดเท่ากับ 47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 4.6 เมกะพาส ซึ่งกำลังรับแรงอัดที่ได้ไม่แตกต่างกัน จากผลการทดลองในครั้งนี้ จะเห็นได้ว่ายังมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนเพิ่มขึ้น จะทำให้บล็อกประสานที่ได้มีค่ากำลังรับแรงอัดลดลง ส่งผลให้บล็อกประสานที่ได้มีความแข็งแรงลดลง เนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะทำให้เกิดกระบวนการไฮเดรชัน (Hydration) ได้โครงสร้าง Calcium aluminosilicate เรียกว่า คอนกรีต ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้คอนกรีตที่มีความแข็งแรงและยังใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่สูงขึ้นก็จะทำให้คอนกรีตที่มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ส่วนกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ถึงแม้จะมีธาตุแคลเซียม ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของปูนซีเมนต์ ก็ตามหากขาดปฏิกิริยาเคมีเพื่อให้ได้ สารไตรแคลเซียม ซิลิเกต ($3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$) ไดแคลเซียม ซิลิเกต ($2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$) ไตรแคลเซียม อะลูมิเนต ($3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) และเตตราแคลเซียม อะลูมิโน เฟอไรต์ ($4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แล้ว ก็ทำให้บล็อกประสานที่ได้จากการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์นั้น มีค่ากำลังรับแรงอัดลดลง และพบว่าการเพิ่มปริมาณกากตะกอนในอัตราส่วนการทดลอง ไม่มีผลต่อร้อยละการดูดกลืนน้ำ และในการจำแนกการใช้ประโยชน์ตามมาตรฐาน นั้น ถึงแม้ว่าบล็อกประสานที่ผลิตได้จะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ แต่ในการนำไปใช้ประโยชน์จริงต้องคำนึงถึงปัจจัยแวดล้อมและลักษณะการนำไปใช้งานด้วย เพราะอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของบล็อกประสานได้เช่นกัน และจากผลการทดลองนี้หากเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียระหว่างบล็อกประสานที่ผลิตได้จากกากตะกอนของกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์และบล็อกประสานทั่วไปแล้วนั้นพบว่า

ข้อดี

- สามารถลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ในการผลิตลง ทำให้ราคาค่าต้นทุนการผลิตต่อก้อนลดลง
- ขนาดน้ำหนักที่ได้จากกากตะกอนไม่แตกต่างจากบล็อกประสานทั่วไป จึงไม่ปัญหาในเรื่องการขนส่ง หรือการเคลื่อนย้าย

- บล็อกประสานที่ได้มีค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำไม่แตกต่างจากบล็อกประสานทั่วไป เพราะฉะนั้นร้อยละการดูดกลืนน้ำจึงไม่ใช่ปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเนื้อมวลบล็อกประสาน อันเนื่องจากการดูดซึมของน้ำเข้าสู่เนื้อมวลทำให้เกิดความเปื่อย ยุ่ย ส่งผลต่อประสิทธิภาพความแข็งแรง

ข้อเสีย

กำลังรับแรงอัดที่ได้จากบล็อกประสานที่ใช้กากตะกอนแทนที่ปูนซีเมนต์ในสัดส่วนเดียวกันกับการใช้ปูนซีเมนต์ทั้งหมดจะให้กำลังรับแรงอัดที่ต่ำกว่า จึงส่งผลให้มีความแข็งแรงน้อยกว่า

หากเปรียบเทียบต้นทุนในการก่อสร้างโดยเปรียบเทียบกับขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตรนั้น พบว่าจำเป็นต้องใช้บล็อกประสานจำนวน 32 ก้อน ถ้าคำนวณจากต้นทุนที่ผลิตทั้ง 2 แบบนั้น สามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างลงได้ 24 บาท/ตารางเมตร

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

1.1 บล็อกประสานที่ผลิตได้ยังมีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์หลงเหลืออยู่ แนะนำว่าหากนำมาใช้งานควรหลีกเลี่ยงในการใช้เป็นวัสดุก่อหรือโครงสร้างที่ต้องมีการสัมผัสกับเหล็กหรือโลหะโดยตรงเพราะอาจทำให้เกิดสนิมได้ง่าย มีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างได้

1.2 บล็อกประสานที่ผลิตจากการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกากตะกอนจากระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ เนื่องจากมีปริมาณปูนซีเมนต์ค่อนข้างน้อยจึงไม่เหมาะในการนำมาใช้ก่อผนังภายนอกที่มีการสัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอกโดยตรง และไม่เหมาะในการนำมาใช้กับงานก่อสร้างประเภทที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างใด ๆ ยกเว้นรับน้ำหนักตัวเอง

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการบ่มบล็อกประสาน แนะนำให้ใช้วิธีการบ่มแบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อให้ได้บล็อกประสานที่มีคุณภาพและมีความแข็งแรงยิ่งขึ้น ซึ่งหากนำมาใช้ในงานก่อสร้างจะทำให้อายุการใช้งานนานกว่าการบ่มแบบวิธีอื่น

2.2 การวิจัยในครั้งนี้ใช้ดินลูกรังจากตำบลนิคมพัฒนา อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งในการนำดินแต่ละท้องที่มาเป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกประสานนั้นอาจทำให้ประสิทธิภาพของบล็อกประสานที่ได้มีความแตกต่างกัน ดังนั้นควรมีการทดสอบคุณภาพของดินแต่ละแหล่งเพื่อหาปริมาณซิลิกอนและอลูมิเนียม เพื่อคำนวณสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกประสานให้ได้มาตรฐาน และหากเป็นไปได้แนะนำให้ใช้ดินทรายซึ่งจะให้กำลังอัดที่สูงกว่าดินประเภทอื่น เนื่องจากมีปริมาณซิลิกอนและอลูมิเนียมสูง ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์ ดิน และน้ำได้ดี

2.3 การวิจัยนี้ใช้เครื่องผลิตบล็อกประสานแบบโยกใช้แรงงานคน ซึ่งในระหว่างอัดขึ้นรูป อาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้า จึงทำให้กำลังอัดที่ได้ต่ำและไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปแนะนำให้ใช้เครื่องอัดขึ้นรูปบล็อกประสานแบบไฮดรอลิก ซึ่งจะให้กำลังรับแรงอัดที่สม่ำเสมอและสูงกว่าแบบใช้แรงงานคน

2.4 การวิจัยนี้ทำการทดสอบตัวอย่างเพียงชุดเดียว และเพื่อให้ผลการศึกษาที่ได้จากการทดลองมีข้อมูลในการเปรียบเทียบ ในการวิจัยครั้งต่อไปแนะนำให้ทำการทดสอบจำนวนตัวอย่างต่อสูตรการทดลองอย่างน้อย 2 ตัวอย่างขึ้นไป

2.5 การวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณกากตะกอนที่เกิดจากระบวนการทั้งหมด ดังนั้นเสนอแนะให้ทำการศึกษาคุณสมบัติอื่น ๆ ของกากตะกอนเพิ่มเติมเพื่อศึกษาแนวทางที่หลากหลายในการนำไปใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า

บรรณานุกรม

- กลุ่มประสานงาน 3 กองประสานการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม “ การผลิตเกลือโดยวิธีทำเหมือง ” ค้นวันที่ 8 มกราคม 2554 จาก www.onep.go.th/naturalresource/soil/salt/salt01b.htm
- กิตติพงษ์ เกียรติวณิช เกียรติศักดิ์ ห้วยน้ำ วันชัย ใจวัชรเสริฐ และสมิตร ส่งพิริยะกิจ (2547) คอนกรีตบล็อกมวลเบา จากกากอุตสาหกรรม เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตแห่งชาติครั้งที่ 2 ตุลาคม 2547 เชียงใหม่
- ชัยทัต สมิตินนท์ (2546) *เหมืองละลายแร่และการทุดตัว* กรมทรัพยากรธรณี, ม.ป.ป. : กรุงเทพฯ
- นิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุล มณฑล วังเวียง และภัทรา เพ็ชรธรรมกิตติ (2550) “ การผลิตวัสดุก่อสร้างจากวัสดุเหลือทิ้ง ” ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- นัฐวุฒิ ทิพย์โยธา ศรีณย์ โตไทยะ ชวินยิ่งไพบูลย์และคณะ เหมืองทอง (2549) “ ศึกษาผงแคลเซียมคาร์บอเนตในการผลิตคอนกรีตมวลเบา ” วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- บริษัทเกลือพิมาย จำกัด (2553) *รายงานประกอบการสมัครคัดเลือกอุตสาหกรรมดีเด่น ประจำปี 2553 ประเภทการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม* บริษัทเทสโก้ จำกัด
- _____. (2549) รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการเหมืองแร่เกลือหิน “ คำขอประทานบัตรที่ 8/2545 หมายเลขหลักเขตเหมืองแร่ที่ 28793 ” บริษัท เกลือพิมาย จำกัด
- “ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 15 (พ.ศ.2514) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1” (2514, 23 ธันวาคม) *ราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ* เล่ม 88 ตอนที่ 145 หน้า 4-15
- “ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1618 (พ.ศ.2533) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (แก้ไขครั้งที่ 1) ” (2533, 10 กรกฎาคม) *ราชกิจจานุเบกษา* เล่ม 107 ตอนที่ 119 หน้า 5390-5395
- “ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1619 (พ.ศ.2533) ออกตามความในพระราชบัญญัติ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (แก้ไขครั้งที่ 1) ” (2533, 10 กรกฎาคม) *ราชกิจจานุเบกษา* เล่ม 107 ตอนที่ 119 หน้า 5396-5400
- “ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลที่ไม่ใช่แล้ว พ.ศ. 2548 ปูนซีเมนต์ ค้นคืนวันที่ 4 พฤษภาคม 2554 จาก <http://www.industrial.cmru.ac.th/Civil/wechsawan/materials/ch10/ch10.htm>
- โครงการบัณฑิตศึกษา (2552) แผนธุรกิจบล็อกประสาน สาขา MBA คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- พันธ์ศักดิ์ ดาวเรือง (2549) “ การศึกษาสัดส่วนผสมมวลรวมในการผลิตบล็อกประสาน ” รายงานการวิจัยแหล่งทุนสนับสนุนนักวิจัยรุ่นใหม่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- พัชรินทร์ สังเจริญ (2549) “คอนกรีตบล็อกผสมเมลามีน” คุรุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

มยุรี ปลายวงศ์ (2552) *ประโยชน์ของยิปซัม* สำนักบริหารยุทธศาสตร์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กลุ่มงานเผยแพร่และอำนวยความสะดวกสำนักบริหารกลาง กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม

มัลลิกา ปัญญาละโป (2551) การจัดการของเสียอันตราย พิมพ์ครั้งที่ 2 จรัสสินทวงศ์การพิมพ์ กรุงเทพมหานคร
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอูฐบดลอกประสาน มผช.602/2547

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 109-2517 วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุซึ่งทำด้วยคอนกรีต

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(2545) เกลือบรีโกลบรีสุทธิ์ มอก.2086-2544 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 119 ตอนพิเศษ 98ง วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2545 หน้า 12-13

รักติพงษ์ สหมิตรมงคล และสมนึก ตั้งเต็มสิริก (2551) บทความพิเศษ “ แนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุก่อสร้างเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศไทยอย่างยั่งยืน ” วารสารเพื่อความก้าวหน้าในวงการอสังหาริมทรัพย์ คั่นคืนวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2554 จาก

http://www.constructionandproperty.net/article.php?m_id=10

วุฒินัย กกก้าแห่งและวิทยา วุฒิจำนงค์ (2550) “การประยุกต์ใช้ยิปซัมในการผลิตบดลอกประสาน”

การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12 โรงแรมอมรินทร์ลาดูน วันที่ 2-4 พฤษภาคม 2550 จังหวัดพิษณุโลก

วินิต ช่อวิเชียร (2539) คอนกรีตเทคโนโลยี : กรุงเทพฯ

วุฒินัย กกก้าแห่ง และพิชิต เจนบรรจง(2551) เอกสารประกอบการอบรมการผลิตบดลอกประสาน วว. การผลิตบดลอกประสานให้ได้คุณภาพ ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) หน้า 1-8

ศรัณย์ กำจัดโรคและเสรี กำจัดโรค (2551) “ การผลิตบดลอกประสาน จากกากอุตสาหกรรมหินแกรนิต ” โครงการวิจัยทุนสนับสนุนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก

ศรัณย์ อนุกุลพันธ์ (2548) “ การศึกษาการรับแรงอัดของคอนกรีตบดลอกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน ” ปัญหาพิเศษ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สมบูรณ์ คงสมศักดิ์ศรีและอดิสรณ์ พงษ์สุวรรณ (2551) บดลอกประสานปูพื้นผสมตะกอนดินจากน้ำประปา ประชุมวิชาการครั้งที่ 1 พ.ศ. 2551 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

หนังสือพิมพ์ประชาชาติ (2553) "ดัชนียะ กรมโรงงานฯ ใช้ 3 R รับมือกากอุตสาหกรรม" *ธุรกิจ* ปีที่ 34 ฉบับที่ 4245 หน้า 6 คั่นคืนวันที่ 16 กันยายน 2554 จาก

http://www.prachachat.net/view_news.php?newsid=02inv02160953§ionid=0203&day=2010-09-16

อรพิน ขวัญศรี (2549) ต้นทุนการผลิตบดลอกประสาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วารสารการวิจัยและพัฒนา ฉบับที่ 21 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย หน้า 51-56

Home Builder Focus (2551) "รับสร้างบ้านไตรมาสแรกสอบผ่าน โพลสำรวจชี้ดีมานด์มีสูง "ข่าวเศรษฐกิจ/วงการก่อสร้าง คั่นคืนวันที่ 8 มกราคม 2554 จากhttp://www.freesplans.com/FP_cons_news/cons_news_view.asp?id=2636

International Expert Group Meeting on Appropriate Technologies for Sustainable Building in Developing Countries

(2005) Bangalore ,India Building Materials & Technology Promotion Council paper no 10-15

Md. Safiuddin, Mohd Zamin jumaat ,M.A.Salam ,M.S.Islam and R. Hashim (2010) “Utilization of solid waste in construction materials ” International Journal of the Physical Science Vol.5(13) , 1952-1963