



การใช้ตะกอนน้ำประปาเพื่อเป็นส่วนผสมในบล็อกประสาน

USE OF WATER SUPPLY SLUDGE AS A MIXTURE IN SOIL CEMENT BLOCK

นพพล เสี่ยมศักดิ์ (Noppadol Sangiumsak)¹

เรืองรุชดี ชีระโรจน์ (Raungrut Cheerarot)²

¹อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม g_noppadol@hotmail.com

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม Raungrut@hotmail.com

บทคัดย่อ : โรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน กรุงเทพมหานคร เป็นโรงงานผลิตน้ำประปาที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ในแต่ละวันจะมีตะกอนน้ำประปาเกิดขึ้นในปริมาณที่สูงถึง 320 ตัน ในขณะที่การนำตะกอนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ยังมีน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณที่มีอยู่ ทำให้พื้นที่รองรับของโรงงานผลิตน้ำประปามีไม่เพียงพอ จึงต้องขนย้ายตะกอนออกไปทิ้งข้างนอกซึ่งต้องผ่านกระบวนการที่ยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายสูง

เพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาที่เกิดขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการนำตะกอนน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขนมาใช้เป็นส่วนผสมในบล็อกประสาน โดยมีส่วนผสมระหว่าง ปูนซีเมนต์ : ตะกอน : ดินแดง ที่แตกต่างกันทั้งหมด 18 ส่วนผสม ซึ่งใช้ปริมาณน้ำที่พอดีสำหรับการอัดขึ้นรูป จากการศึกษาพบว่าเมื่อปริมาณของตะกอนเพิ่มขึ้น กำลังอัดของบล็อกประสานมีค่าลดลง และส่วนผสมที่มีอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ตะกอน : ดินแดง เท่ากับ 1:3:1 จะเป็นส่วนผสมที่มีตะกอนน้ำประปาเพียงส่วนผสมเดียวเท่านั้นที่มีกำลังผ่านตามมาตรฐานบล็อกประสาน วว. (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย)

ABSTRACT : Bang Khen water treatment plant, in Bangkok, produces 320 tons of sludge from the process each day. Disposal of the large amount of sludge is problematic and lead to an adverse effect on the environment. Therefore, this study proposes the possibility to use the sludge from Bang Khen water treatment plant as a mixture in soil cement blocks. Eighteen proportions of Portland cement are evaluated to obtain an optimum compressive strength of a soil cement block. The results show that an increased amount of sludge reduces the compressive strength. The best ratio of soil cement block containing water supply sludge is 1:3:1 which pass the requirement for the soil cement block in accordance with TISTR (Thailand Institute of Scientific and Technological Research).

KEYWORDS : Soil cement block, Water supply sludge

1. บทนำ

ตะกอนน้ำประปา เป็นตะกอนที่เกิดจากกระบวนการผลิต

น้ำประปา โดยการทำให้ตะกอนดินที่ปนมากับน้ำดิบเกิดการตกตะกอน ซึ่งมีลักษณะคล้ายดินเหนียว คือ มีขนาดอนุภาคละเอียด

เมื่อผสมน้ำจะมีความเหนียว สามารถปั้นขึ้นรูปได้ และเมื่อน้ำระเหยออกจนตะกอนเริ่มแห้ง ก็จะเกิดรอยแตกร้าว โรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน กรุงเทพมหานคร เป็นโรงงานผลิตน้ำประปาที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ในแต่ละวันจะมีตะกอนน้ำประปาเกิดขึ้นในปริมาณที่สูงถึง 320 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งพื้นที่ของโรงงานผลิตน้ำมีไม่เพียงพอที่จะรองรับตะกอนเหล่านี้ได้ ดังนั้น จึงต้องมีการขนตะกอนไปทิ้งข้างนอก โดยก่อนที่จะขนตะกอน จะต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอนเพื่อให้ตะกอนที่อยู่ในสภาพเหลวแห้งเสียก่อน ซึ่งใช้ระยะเวลาจนถึง 1 ปี และมีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้ ตะกอนที่ถูกขนออกไปนอกโรงงาน ก็ยังไม่มีหรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า

ในอดีตที่ผ่านมา มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำตะกอนมาใช้ประโยชน์ทางด้านวิศวกรรมเป็นจำนวนมาก โดยแบ่งได้เป็นสองแนวทางหลัก แนวทางแรกเป็นการนำตะกอนจากแหล่งต่างๆ มาผสมในคอนกรีต แล้วศึกษาคุณสมบัติในด้านต่างๆ เช่น กำลังและความทนทาน [1, 2] เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาการใช้ตะกอนทำเป็นวัสดุก่อสร้างอื่นๆ เช่น ใช้ทำอิฐมอญ [3, 4, 5, 6] กระเบื้องมุงหลังคา [7] เป็นต้น ซึ่งผลที่ได้พบว่า การใช้ตะกอนเป็นส่วนผสมในคอนกรีต จะทำให้คอนกรีตมีกำลังและความทนทานลดลง จึงไม่เหมาะที่จะนำไปทำเป็นโครงสร้างรับแรง นอกจากนี้ การนำตะกอนไปทำเป็นวัสดุก่อสร้าง ก็ได้ผลยังไม่เป็นที่น่าพอใจเท่าใดนัก

บล็อกประสาน เป็นอิฐชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับงานก่อซึ่งกำลังเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีข้อดีหลายๆ อย่าง เช่น ใช้ก่อเป็นผนังรับแรงได้ มีขั้นตอนการก่อสร้างที่สะดวก รวดเร็ว ราคาถูก และมีความสวยงาม เป็นต้น ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานผลิตบล็อกประสานเป็นจำนวนมากกระจายอยู่ทั่วประเทศทุกภูมิภาคของประเทศและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

จากการที่ตะกอนน้ำประปามีลักษณะคล้ายกับดินเหนียว งานวิจัยนี้ จึงมีแนวคิดที่จะนำตะกอนน้ำประปามาเป็นส่วนผสมในบล็อกประสาน เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับตะกอน และลดปัญหาในการกำจัดตะกอนที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษากำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานที่ทำจากตะกอนน้ำประปา

3. การทดสอบ

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ดินลูกรังหรือดินแดงจากโรงงานผลิตบล็อกประสานในบริเวณใกล้เคียงนำมาอบให้แห้งแล้วร่อนเอาเศษหิน และเศษวัสดุอื่นๆ ที่ปะปนมาออกไป ตะกอนน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน กรุงเทพมหานคร นำมาตากแดดจนเริ่มหมาดแล้วนำไปอบให้แห้ง จากนั้นทำการบดจนกระทั่งอนุภาคที่จับกันเป็นก้อนแยกตัวออกจากกันแล้วจึงนำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4

การกระจายขนาดอนุภาคของดินแดงและตะกอนน้ำประปาแสดงดังตารางที่ 1 และองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนน้ำประปาแสดงตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าตะกอนน้ำประปามีความละเอียดมากกว่าดินแดง และประกอบด้วยออกไซด์ของซิลิกาและอลูมินาเป็นส่วนใหญ่

ตารางที่ 1 การกระจายขนาดอนุภาคของดินแดงและตะกอนน้ำประปา

เบอร์ตะแกรง (ขนาดช่องลอด)	ร้อยละของน้ำหนักที่ค้างตะแกรง	
	ดินแดง	ตะกอนน้ำประปา
4 (4.75 มม.)	0	0
10 (2 มม.)	0.03	0.02
40 (0.425 มม.)	21.50	23.30
100 (0.15 มม.)	44.38	29.73
200 (0.075 มม.)	19.96	23.87
ถาด	14.13	23.08

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีในรูปออกไซด์ของตะกอนน้ำประปา [7]

สารประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
SiO ₂	52.65
Al ₂ O ₃	22.82
Fe ₂ O ₃	6.94
TiO ₂	0.74
CaO	0.81
MgO	1.27
K ₂ O	2.12
Na ₂ O	0.33
LOI	11.42

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก) ของบล็อกประสาน

ส่วนผสม	อัตราส่วนของวัสดุ			หมายเหตุ
	ปูน	ดินแดง	ตะกอน	
C4-S0	1	4	0	ปูน : (ดินแดง+ ตะกอน) 1 : 4
C3-S1	1	3	1	
C2-S2	1	2	2	
C1-S3	1	1	3	
C0-S4	1	0	4	
C5-S0	1	5	0	ปูน : (ดินแดง+ ตะกอน) 1 : 5
C4-S1	1	4	1	
C3-S2	1	3	2	
C2-S3	1	2	3	
C1-S4	1	1	4	
C0-S5	1	0	5	ปูน : (ดินแดง+ ตะกอน) 1 : 6
C6-S0	1	6	0	
C5-S1	1	5	1	
C4-S2	1	4	2	
C3-S3	1	3	3	
C2-S4	1	2	4	
C1-S5	1	1	5	
C0-S6	1	0	6	

3.2 อัตราส่วนผสม

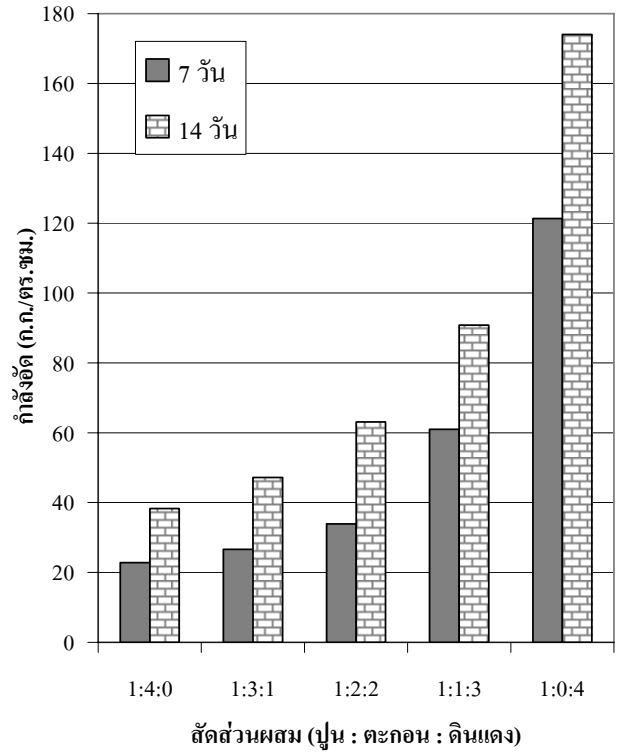
โดยทั่วไปวัสดุผสมในบล็อกประสานจะประกอบไปด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ดินแดง น้ำ และอาจมีสารผสมเพิ่มเช่น สารกันซึม โดยอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินแดงส่วนใหญ่จะมีค่าประมาณ 1:5, 1:6 และ 1:7 ในงานวิจัยนี้จะกำหนดส่วนผสมของบล็อกประสานให้มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:4, 1:5 และ 1:6 ซึ่งดินในที่นี้จะประกอบด้วยดินแดงและตะกอนน้ำประปาในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ส่วนผสมทั้งหมดสรุปได้ดังตารางที่ 3

3.3 วิธีการทดสอบ

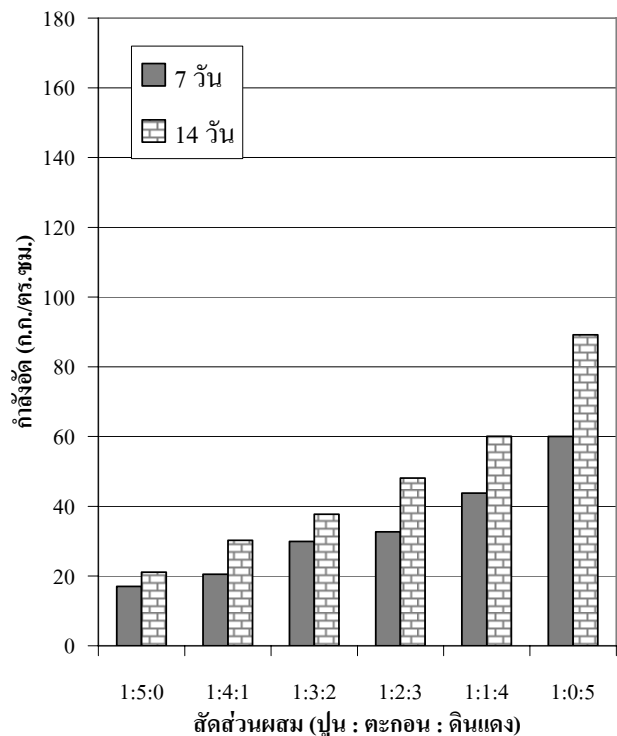
ในการทดสอบกำลังรับแรงอัด จะเติมน้ำลงในส่วนผสมเพื่อให้ส่วนผสมสามารถปั้นขึ้นรูปได้พอดี จากนั้น ใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกอัดส่วนผสมลงในแบบขนาด 10 x 10 x 10 ซม.³ โดยควบคุมแรงที่ใช้ในการอัดอิฐแต่ละก้อนให้มีค่าใกล้เคียงกัน นำส่วนผสมที่อัดแล้วไปบ่มด้วยความชื้น โดยนำไปแช่น้ำประมาณ 30 นาที จากนั้น นำขึ้นจากน้ำแล้วคลุมด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ แล้วจึงทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุ 7 วัน และ 14 วัน

3.4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

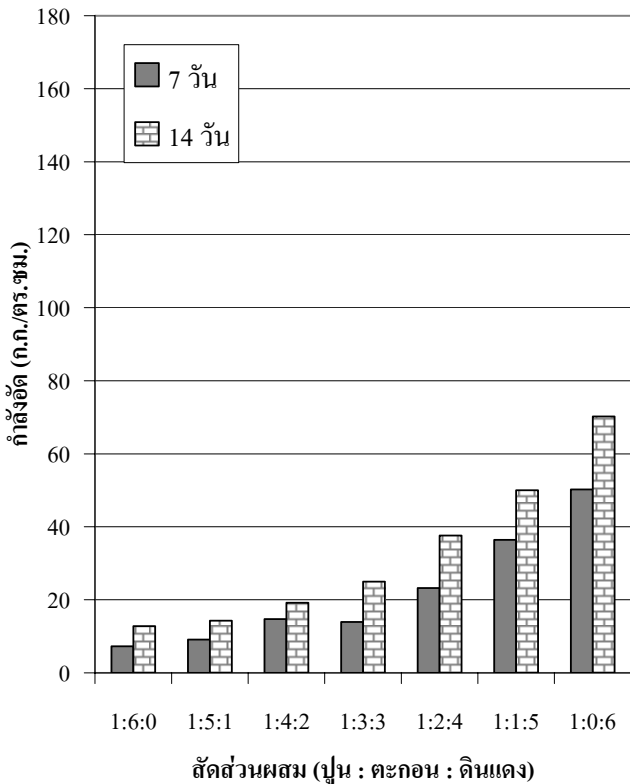
ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุ 7 วัน และ 14 วัน ของส่วนผสมทั้งหมดแสดงได้ดังรูปที่ 1, 2 และ 3



รูปที่ 1 กำลังอัดของอิฐที่ใช้อัตราส่วนปูนต่อดินเท่ากับ 1:4



รูปที่ 2 กำลังอัดของอิฐที่ใช้อัตราส่วนปูนต่อดินเท่ากับ 1:5



รูปที่ 3 กำลังอัดของอิฐที่ใช้อัตราส่วนปูนต่อดินเท่ากับ 1:6

จากกราฟแสดงกำลังรับแรงอัดดังรูปที่ 1, 2 และ 3 พบว่าเมื่อปริมาณของตะกอนสูงขึ้น กำลังรับแรงอัดของอิฐจะมีค่าลดลง ทั้งนี้ เนื่องจากตะกอนมีขนาดอนุภาคที่ละเอียดมาก และมีการจับตัวกันเป็นก้อนเมื่อผสมกับน้ำ ดังนั้น จึงไปกีดขวางการกระจายตัวของอนุภาคปูนซีเมนต์ ทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง และเมื่ออัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินลดลง กำลังอัดจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากำลังของบล็อกประสานเกิดจากปูนซีเมนต์เป็นสำคัญ โดยปูนซีเมนต์จะช่วยยึดเหนี่ยวอนุภาคของดินเข้าด้วยกัน ทำให้บล็อกประสานสามารถต้านทานต่อแรงที่มากกว่าได้ นอกจากนี้ กำลังของบล็อกประสานจะเพิ่มขึ้นตามอายุ ซึ่งเกิดจากการพัฒนากำลังของปูนซีเมนต์

ตามมาตรฐานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (มาตรฐาน วว.) กำหนดให้บล็อกประสานจะต้องมีกำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 70 กก./ตร.ชม. ซึ่งหากพิจารณากำลังรับแรงอัดของส่วนผสมทั้งหมดแล้ว พบว่า มีเพียงสี่ส่วนผสมที่มีกำลังผ่านตามมาตรฐาน วว. นั่นคือ ส่วนผสมที่มีสัดส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ : ตะกอน : ดินแดง เท่ากับ 1:1:3, 1:0:4, 1:0:5 และ 1:0:6 โดยมีเพียงหนึ่งส่วนผสมเท่านั้นที่มีตะกอนผสมอยู่ นั่นคือ 1:1:3 ซึ่งมีปริมาณปูนซีเมนต์ค่อนข้างสูง

สรุปได้ว่า การใช้ตะกอนน้ำประปาเป็นส่วนผสมในบล็อกประสาน จะทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง ซึ่งหากต้องการให้บล็อกประสานมีกำลังรับแรงอัดผ่านตามมาตรฐาน วว. ก็จะต้องใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่สูง ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย อย่างไรก็ตาม แนวทางการเพิ่มกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานอาจทำได้โดย ทำให้ส่วนผสมมีปริมาณของดินเม็ดหยาบเพิ่มขึ้น เช่น ผสมทรายลงไป เพื่อลดการจับตัวกันเป็นก้อนของตะกอน อันเป็นการขัดขวางการกระจายตัวของปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ อาจเพิ่มแรงที่ใช้ในการอัดก้อนอิฐ เพราะแรงที่ใช้ในการอัดจะมีผลอย่างมากต่อกำลังรับแรงอัดของอิฐ โดยเมื่อใช้แรงอัดเพิ่มขึ้น กำลังรับแรงของอิฐก็จะสูงขึ้น แต่การใช้แรงอัดที่สูงเกินไปก็จะเกิดผลเสียเช่นกัน คือ เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน และทำให้เครื่องอัดเกิดการสึกหรอได้เร็วขึ้น ดังนั้น การปรับปรุงส่วนผสมโดยการผสมดินเม็ดหยาบลงไปจึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดี ซึ่งจะได้ศึกษาในโอกาสต่อไป

4 สรุป

จากการนำตะกอนน้ำประปามาใช้เป็นส่วนผสมของบล็อกประสานทั้งหมด 18 ส่วนผสม แล้วทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดพบว่า เมื่อปริมาณของตะกอนเพิ่มขึ้นและเมื่อสัดส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินลดลง จะทำให้กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานลดลง โดยมีเพียงสี่ส่วนผสมที่มีกำลังรับแรงอัดผ่านตามมาตรฐานบล็อกประสาน วว. คือ มีกำลังอัดไม่ต่ำกว่า 70 กก./ตร.ชม. ได้แก่ ส่วนผสมที่มีปูนซีเมนต์ : ตะกอน : ดินแดง เท่ากับ 1:1:3, 1:0:4, 1:0:5 และ 1:0:6 โดยที่สัดส่วน 1:1:3 เป็นส่วนผสมเดียวเท่านั้นที่มีตะกอนผสมอยู่

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย และให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Valls, A. Yague, E. Vazquez, C. Mariscal, 2004. Physical and mechanical properties of concrete with added dry sludge from a sewage treatment plant. *Cement and concrete research*, Vol. 34 : pp. 2203 - 2208.

- [2] A. Yague, S. Valls, E. Vazquez, F. Albareda, 2005. Durability of concrete with addition of dry sludge from waste water treatment plants. Cement and concrete research, Vol. 35 : pp. 1064 - 1073.
- [3] Chih-Huang Weng, Deng-Fong Lin and Pen-Chi Chiang, 2003. Utilization of sludge as brick materials. Advances in environmental research, Vol.7 : pp. 679 - 685.
- [4] กฤษดา นุ่มนวล, การใช้ตะกอนจากระบบบำบัดแทนดินเหนียวในการผลิตอิฐมอญ. ปรินญาณิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- [5] สมเกียรติ รอดคดียิ่ง, การพัฒนาคุณภาพอิฐมอญที่ผลิตจากตะกอนน้ำประปา. ปรินญาณิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- [6] ชัยพร เบ้าแก้ว, ณัฐพงษ์ คำภักดี และทิวดี พลอาสา, การนำตะกอนที่ได้จากระบบประปามาทำเป็นอิฐสามัญ. ปรินญาณิพนธ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [7] ชัชชัย พูนสวัสดิ์ และกฤติยา เลิศโกยะสมบัติ, การศึกษาคุณสมบัติตะกอนสลัดจ์จากโรงผลิตน้ำประปาสำหรับเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระเบื้องดินเผาungหลังคา