คุณสมบัติบล็อกประสานที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และกากตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสีน้ำ*

Cement Block Properties Produced from Portland Cement and Wastewater Sludge from Water-based paint Processing

พลวัต คงสรรค์เสถียร (Pollawat Kongsansathian)**
นิพนธ์ ตันไพบูลย์กุล (Nipon Tanpaiboonkul)***
อภิพงษ์ พุฒคำ (Apipong Putkham)****

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตสีน้ำไปใช้ประโยชน์ใหม่ โดยนำมาทำเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์บล็อกประสานเป็นวัสดุแทนที่ทรายก่อนนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับมาตรฐาน มผช.602/2547 จากการศึกษาพบว่า เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกากตะกอนพบองค์ประกอบของอลูมิเนียมมากที่สุดร้อยละ 18.99 พบปริมาณแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 25.63 และยังพบออกไซด์ของธาตุอื่นๆ ได้แก่ไทเทเนียมไดออกไซด์, ซิลิกอนไดออกไซด์, อะลูมิเนียมออกไซด์ และซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ร้อยละ 9.46, 9.16, 6.81, 1.22 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ขนาดมวลรวมละเอียดพบว่าขนาดของเม็ดตะกอนมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.6 มม. ถึง 1.18 มม. จากนั้นเมื่อทดสอบสมบัติของบล็อกตัวอย่างพบว่า ค่ากำลังอัดของบล็อกประสานผ่านค่ามาตรฐานทุกอัตราส่วน ส่วนการดูดกลืนน้ำพบอัตราส่วน G, H และ I ที่มี ซีเมนต์:ทราย:กากตะกอนน้ำเสีย:หินฝุ่น เท่ากับ 0.50:1.50, 0.25:1.75 และ 0.00:2.00 (H) อายุการบ่ม 14 วันและ 56 วัน มีค่าการดูดกลืนน้ำไม่ผ่านมาตรฐาน เมื่อเพิ่มปริมาณกากตะกอนน้ำเสียมากขึ้นทำให้ค่าความหนาแน่นของบล็อกประสานลดลง ส่วนการทดสอบความเป็นอันตรายจากก้อน

---

* เผยแพร่เพื่อสำเร็จการศึกษา

** นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม email: pollawat_875@hotmail.com

(Student Master of Science Environmental Technology, Faculty of Environmental and Resource Studies, Mahasarakham University)

*** อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ.ดร.นิพนธ์ ตันไพบูลย์กุล คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม email: nipontan2000@yahoo.com

(Advisors: Asst. Prof. Dr. Nipon Tanpaiboonkul, Ph.D., Faculty of Environmental and Resource Studies, Mahasarakham University)

**** อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.อภิพงษ์ พุฒคำ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม email: apipong.p@msu.ac.th

(Co-advisors: Asst. Prof. Dr. Apipong putkham, Ph.D., Faculty of Environmental and Resource Studies, Mahasarakham University)

Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University
Volume 3 Number 4 July – August 2016 (ISSN 2408 – 1248)

ตัวอย่างด้วยวิธีตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมด้วยวิธี WET และตามข้อกำหนดของประเทศสหรัฐอเมริกาด้วยวิธี TCLP พบว่ามีปริมาณโลหะหนัก Pb, Cu, Cd, Zn และFe ไม่เกินตามมาตรฐานที่กำหนด

คำสำคัญ : บล็อกประสาน; กากตะกอนน้ำเสีย; วัสดุมวลรวม

Abstract

The objective of this study was to investigate the feasibility of using sewage sludge from the waste water treatment process of paint factory by using them as ingredients of the interlocking blocks products instead of sand before comparing properties with TCPS 602/2547. The study found that chemical properties of sludge composed of aluminum 18.99%, calcium oxide 25.63%. And also the oxides of other elements such as titanium dioxide 9.46%, silicon dioxide 9.16%, aluminum oxide 6.8% and sulfur trioxide 1.22% respectively. The analysis of size of fine aggregate found that the total mass of the grains had a size between 0.6 mm. to 1.18 mm. Then, the testing of the sample block found that the compressive strength of the interlocking blocks passed the standard of every ratio. The water absorption test found the ratio of G, H and I, which the ratio of cement: sand: sewage sludge: stone dust was 0.50: 1.50, 0.25: 1.75 and 0.00: 2.00 (H) curing 14 days and 56 days to water absorption does not pass standards. When adding more the amount of sewage sludge, it reduced the density of interlocking blocks. The test of hazard from sample block based on the provisions of the notification of the Ministry of industry with WET method and the provisions of the United States with TCLP method, found that the quantity of heavy metals Pb, Cu, Cd, Zn and Fe did not exceed those standards.

Key Words : interlocking block; sewage sludge; aggregate

บทนำ

อุตสาหกรรมสีเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเกี่ยวเนื่องกับอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมการก่อสร้าง อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ และอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ เป็นต้น โดยในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน ความต้องการในการใช้สีในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่องต่างๆได้ขยายตัวเพิ่มขึ้น ตามภาวะเศรษฐกิจที่ขยายตัว จึงทำให้อุตสาหกรรมการผลิตสีของไทยมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยการผลิตเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศและส่งออกจำนวนหนึ่งเพื่อเป็นการลดการนำเข้าสีจากต่างประเทศ จึงทำให้อุตสาหกรรมผลิตสีมีการพัฒนาและเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องในประเทศไทย

ในกระบวนการผลิตสีน้ำเกิดน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนขึ้นจากกระบวนการผลิตสีและกระบวนการล้างอุปกรณ์ต่างๆ จึงเป็นผลทำให้น้ำเสียของโรงงานผลิตสีน้ำต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ผ่านค่ามาตรฐานก่อน

ระบายสู่สิ่งแวดล้อมหรือท่อน้ำสาธารณะต่อไป โดยผลที่ได้จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียคือกากตะกอนน้ำเสีย ซึ่งเป็นกากของเสียของโรงงานที่ต้องนำไปกำจัดต่อไปอย่างเหมาะสม เช่น การนำไปปรับเสถียรแล้วฝังกลบ ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากในการจัดการและอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศต่อไป การใช้เทคโนโลยีของคอนกรีตมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอีกวิธีการที่จะช่วยในการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้น้อยลง ดังนั้นการนำกากของเสียที่มีคุณสมบัติบางอย่างที่คล้ายซีเมนต์จึงสามารถนำมาทดแทนกันได้ มีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่มีการนำกากของเสียมาใช้ทดแทนซีเมนต์และพบว่าคุณสมบัติของชิ้นงานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้เช่น การใช้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน(Chatveera, B, and Nimityongsakul, P., Seehabut, P., 1994) สมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมผงยางรถยนต์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน (ธรพร บุศย์น้ำเพชร และนิพนธ์ ตันไพบูย์กุล, 2559) และการใช้เทคโนโลยีคอนกรีตในการลดความเป็นพิษและตรึงโลหะหนักภายก้อนหล่อแข็งก่อนนำไปฝังกลบ (Li, X.D., Zhang, Y.M., et al, 2001 , Palomo, A., and Lopez de la Fuente, J.I., 2003) และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการใช้เทคโนโลยีคอนกรีตเพื่อบำบัดของเสียและนำไปฝังกลบนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานต่อได้จะช่วยให้การจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากงานวิจัยหลายๆงานวิจัยมีการนำกากของเสียมาใช้ร่วมกับซีเมนต์ในการทำบล็อกประสาน เช่น อิฐบล็อกประสานทีมีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา (อาบาดิน และคณะ, 2558) อิฐบล๊อกประสานทีมีสวนผสมเถ้าและกะลาปาล์มน้ำมัน (จรูญ เจริญเนตรสกุล, 2557)และการทำอิฐมอญที่ผลิตจากดินเหนียวผสมตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กุลธิดา บรรจงศิริ และจิรัฐิติ์ บรรจงศิริ, 2548)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตสีน้ำนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการจัดการกากของเสียและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยนำมาเป็นส่วนประกอบในการผลิตภัณฑ์ประเภทบล็อกประสาน ในการวิจัยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่สำคัญในการผลิต และในการนำไปใช้ เปรียบเทียบคุณสมบัติของบล็อกประสานที่ผลิตได้กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602/2547 หรือ มอก. อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นการพัฒนาในการนำไปใช้ในงานก่อสร้างและยังเป็นการช่วยลดกากของเสีย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

วัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกประสานประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ทราย หินฝุ่น นำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 4 ส่วนกากตะกอนตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสีน้ำที่นำมาจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบตกตะกอนทางเคมี ในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ โดยกากตะกอนไม่มีการปรับเสถียรมาก่อน นำมาผึ่งแดดให้แห้งจนมีลักษณะแข็งเป็นก้อนจากนั้นนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 4 ส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของตะกอนด้วยเทคนิค EDX รุ่น JSM-6460LV และด้วเทคนิควิธี XRF รุ่น Philips model PW2400 วิเคราะห์ขนาดมวลรวมละเอียดโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรง จากนั้นนำกากตะกอนมาผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 โดยใช้อัตราส่วนของน้ำในการผสมคือ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยใช้เครื่องกวนผสมให้เข้ากัน และเทใส่แบบ ก่อนขึ้นรูปด้วยเครื่องมือแบบอัดแห้งด้วยแรงคน ถอดแบบออกแบบจากนั้นนำไปพึ่งแห้ง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องโดยพรมน้ำแล้วใช้พลาสติกคลุม

บ่มก้อนตัวอย่างที่ระยะเวลา 7, 14, 28 และ 56 วัน ตามลำดับ เมื่อครบกำหนดอายุการบ่มนำบล็อกประสานมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลได้แก่ การทดสอบกำลังอัด, การทดสอบการดูดกลืนน้ำ, การทดสอบความหนาแน่น และการทดสอบการรั่วไหลของโลหะหนักด้วยวิธี WET และวิธี TCLP โดยการวัดค่าโลหะหนักด้วยเครื่อง AAS รุ่น Agilent Technologies model 280 FS เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของบล็อกประสานที่ผลิตได้กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602/2547 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ควบคุมคุณภาพของบล็อกประสาน โดยใช้บล็อกประสาน 5 ซ้ำทุกอัตราส่วนต่อ 1 ชุดการทดลอง

ตารางที่ 1 การออกแบบอัตราส่วนการทดลอง

อัตราส่วน ซีเมนต์:ทราย:กากตะกอนน้ำเสีย:หินฝุ่น	ซีเมนต์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)	ทราย (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)	กากตะกอนน้ำเสีย (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)	หินฝุ่น (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)	ปริมาณน้ำ
(A) 1:2.00:0.00:4	1.0	2.0	0.00	4	
(B) 1:1.75:0.25:4	1.0	1.75	0.25	4	
(C) 1:1.50:0.50:4	1.0	1.50	0.50	4	5
(D) 1:1.25:0.75:4	1.0	1.25	0.75	4	เปอร์เซนต์
(E) 1:1.00:1.00:4	1.0	1.00	1.00	4	โดยน้ำหนัก
(F) 1:0.75:1.25:4	1.0	0.75	1.25	4	
(G) 1:0.50:1.50:4	1.0	0.50	1.50	4	
(H) 1:0.25:1.75:4	1.0	0.25	1.75	4	
(I) 1:0.00:2.00:4	1.0	0.00	2.00	4	

ผลการศึกษาและการวิจารณ์ผล

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของกากตะกอนน้ำเสียด้วยเทคนิค EDX และเทคนิควิธี XRF

องค์ประกอบธาตุของกากตะกอนน้ำเสียของกระบวนการผลิตสีน้ำที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDX จากตารางที่ 2 พบว่าองค์ประกอบของกากตะกอนของกระบวนการผลิตสีน้ำมีองค์ประกอบของอลูมิเนียมมากที่สุดถึง 18.99 เปอร์เซนต์ เนื่องมาจากในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของกระบวนการผลิตสีน้ำของบริษัทผลิตสีน้ำในเขตพื้นที่ จ.สมุทรปราการ มีการใช้สารส้มเป็นตัวช่วยในการตกตะกอนปริมาณมาก จึงพบองค์ประกอบของ ซิลิกา, แคลเซียม มาจากการใช้ปูนขาวในการตกตะกอน (ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุล และคณะ, 2555) ซึ่งธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นทำให้เกิดโครงสร้างของซีเมนต์แข็งแรงเพิ่มมากขึ้น (จิตติมา ประสาระเอ, 2547) แต่พบในปริมาณที่น้อยที่จะสามารถพัฒนาเป็นปอซโซลานที่ดีได้ และยังพบว่ามีไททาเนียมเป็นองค์ประกอบร้อยละ 6.39 ซึ่งไททาเนียมที่พบเกิดจากขั้นตอนการผลิตสีน้ำของบริษัทผลิตสีน้ำในเขตพื้นที่ จ.สมุทรปราการ มีการใช้ไททาเนียมเป็นส่วนผสม นอกจากนั้นยังพบการปนเปื้อนของโลหะหนักคือ เหล็ก, ทองแดง, สังกะสี และตะกั่ว มีปริมาณร้อยละ 1.17, 1.72, 0.87 และ 0.24 ตามลำดับ

องค์ประกอบธาตุของกากตะกอนน้ำเสียของกระบวนการผลิตสีน้ำที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRF จากตารางเดียวกัน พบว่าออกไซด์ของสารประกอบต่างๆ ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์, ไทเทเนียมออกไซด์,

ซิลิกอนไดออกไซด์, อะลูมิเนียมออกไซด์ และซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และโซเดียมออกไซด์ มีปริมาณร้อยละ 25.63, 9.46, 9.16, 6.81, 1.22 ตามลำดับ โดยองค์ประกอบที่กล่าวมาข้างต้นเนื่องมาจากในขั้นตอนการกวนผสมและการตกตะกอนทางเคมีของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงงานผลิตสีน้ำในเขตพื้นที่ จ.สมุทรปราการ มีการเติมปูนขาว, สารส้ม, พอลิเมอร์ และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้ในขั้นตอนผลิตสีน้ำจะมีการเติมธาตุต่างๆเป็นส่วนประกอบ เช่น ในสีขาวจะมีการใช้ไททาเนียมเป็นวัตถุดิบ เป็นต้นธาตุออกไซด์ ที่พบจำนวนมาก 4 ชนิดได้แก่ ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์, ไทเทเนียมออกไซด์, ซิลิกอนไดออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ เป็นออกไซด์หลักที่พบในองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์(วินิต ช่อวิเชียร, 2539) ซึ่งจะสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น เป็นโครงสร้างซีเมนต์ที่มีความแข็งแรง แต่พบในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับวัสดุที่มีสามารถเป็นปอซโซลาน จึงสรุปได้ว่ากากตะกอนน้ำเสียไม่มีคุณสมบัติเป็นปอซโซลานที่ดี ส่วนค่า LOI (Loss on ignition) มีค่าสูงถึงร้อยละ 43.50 เนื่องมาจากในขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีได้มีการเติมพอลิเมอร์ในถังตกตะกอนเพื่อช่วยในการตกตะกอน นอกจากนั้นยังมีสารอินทรีย์ที่มาจากส่วนผสมของสีได้แก่ พอลิเมอร์ และเรซิ่นชนิดต่างๆ

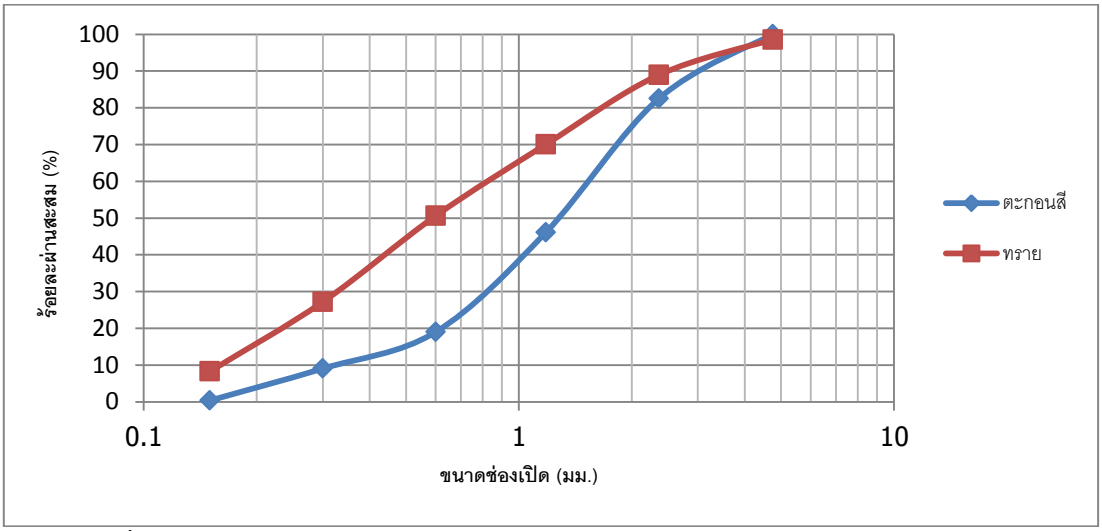
ตารางที่ 2 คุณสมบัติกากตะกอนน้ำเสียของกระบวนการผลิตสีน้ำที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิคEDX และเทคนิคXRF

เทคนิคในการวิเคราะห์			
เทคนิค EDX		เทคนิค XRF	
ธาตุ	ปริมาณธาตุ (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	ธาตุ	ปริมาณธาตุ (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)
Na	ไม่พบ	Na_2O	0.16
Mg	ไม่พบ	MgO	0.38
Al	18.99	Al_2O_3	6.81
Si	4.44	SiO_2	9.16
P	ไม่พบ	P_2O_5	0.11
S	0.35	SO_3	1.22
Cl	ไม่พบ	Cl	0.06
K	0.35	K_2O	0.53
Ca	14.30	CaO	25.63
Ti	6.39	TiO_2	9.46
Mn	0.43	MnO_2	0.02
Fe	1.17	Fe_2O_3	1.77
Cu	1.72	CuO	0.02
Zn	0.87	ZnO	0.01
Sr	ไม่พบ	SrO	0.01
Zr	ไม่พบ	ZrO_2	0.01
Ba	ไม่พบ	BaO	1.09
Cr	ไม่พบ	Cr_2O_3	<0.01
Cd	0.16	Nio	<0.01
Pb	0.24	ค่า	43.50
O	52.69	LOI	
C	23.22		

Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University
Volume 3 Number 4 July – August 2016 (ISSN 2408 – 1248)

การวิเคราะห์ขนาดมวลรวมละเอียดของกากตะกอนน้ำเสียโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรง

ร้อยละสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4, 8, 16, 30 และ 50 มีค่าร้อยละ 99.99, 82.49, 46.11, 19, 9.04, 0.34 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากค่าร้อยละค้างสะสมพบว่าปริมาณเม็ดตะกอนค้างสะสมอยู่ที่ตะแกรงเบอร์ 16 และตะแกรงเบอร์ 30 เป็นจำนวนมาก แสดงให้เห็นขนาดของเม็ดตะกอนจะมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.60–1.18 มม. ในส่วนของค่าโมดูลัสความละเอียดของตะกอนน้ำเสีย มีค่าเท่ากับ 3.34 เมื่อเทียบกับค่าโมดูลัสมาตรฐานของทรายละเอียดที่ใช้ในงานก่อสร้าง มผย. 1101-52 ที่กำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 2.15-3.45 เห็นได้ว่าค่าโมดูลัสความละเอียดของตะกอนอยู่ในช่วงมาตรฐานแต่มีค่าสูงอยู่ในช่วงปลายจึงสรุปได้ว่า ขนาดตะกอนน้ำเสียมีขนาดค่อนข้างใหญ่มีความละเอียดน้อย กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละผ่านสะสมกับขนาดของตะกอนน้ำเสียเปรียบเทียบกับทราย ดังรูปที่ 1 พบว่าขนาดของเม็ดตะกอนสีค้างสะสมอยู่ในช่วงขนาดช่องเปิด 1.18 มม. และขนาดช่องเปิดขนาด 0.60 มม. เป็นจำนวนมาก ประกอบกับการพิจารณาจากเส้นกราฟ และความโค้งงอของเส้นกราฟสามารถสรุปได้ว่า การกระจายตัวของขนาดเม็ดตะกอนมีการกระจายตัวค่อนข้างน้อยไม่มีความหลากหลายของขนาดคละ เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดคละของทรายที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้พบว่า ทรายมีการกระจายตัวของขนาดคละที่มีความหลากหลายมากกว่าตะกอนสี



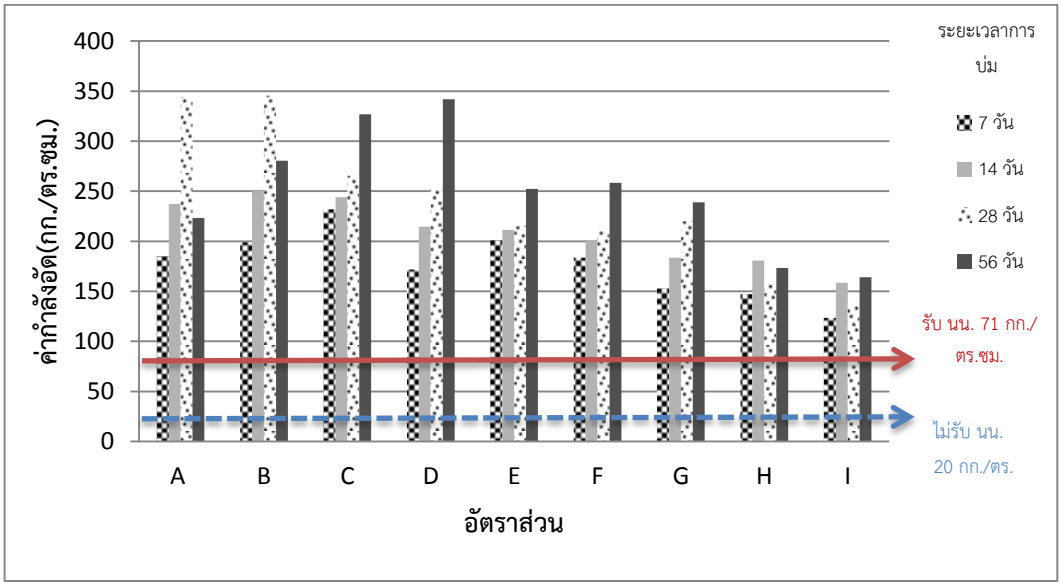
รูปที่ 1. ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละผ่านสะสมกับขนาดของตะกอนสีเปรียบเทียบกับทราย

การศึกษาคุณสมบัติของบล็อกประสาน

การทดสอบค่ากำลังอัด

จากรูปที่ 2 พบว่าค่ากำลังอัดของบล็อกประสาน ที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14, 28 และ 56 วัน แทนที่ด้วยกากตะกอนน้ำเสียที่ 25 เปอร์เซนต์ มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยเท่ากับ 232.0, 244.0, 265.4, และ327.0 กก./ตร.ซม. แทนที่ด้วยกากตะกอนน้ำเสีย 50 เปอร์เซนต์ มีค่า 201.0, 211.4, 215.6, และ 252.3 กก./ตร.ซม. และแทนที่ด้วยกากตะกอนน้ำเสีย 100 เปอร์เซนต์ มีค่า 123.3, 158.7, 136.3, และ164.0 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่ากำลังอัดของบล็อกประสานแล้วพบว่าผ่านค่ามาตรฐานทุกอัตราส่วน และทุกอายุการบ่ม ตามมาตรฐาน มผช.602/2547 ทั้ง 2 ชนิดคือ แบบรับน้ำหนักคือ บล็อกประสานที่สามารถก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้เช่น ก่อเสา ก่อผนัง ไม่ต่ำกว่า 7.0 เมกะพาสคัล (71.38 กก/ซม^2) และแบบไม่รับน้ำหนักคือ

บล็อกประสานที่ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล (20.39 กก/ซม^2) แต่พบว่าเมื่อมีการนำกากตะกอนน้ำเสียมาแทนที่ทรายในส่วนผสมมากขึ้น ค่ากำลังอัดที่มีส่วนผสมของกากตะกอนน้ำเสียมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณของตะกอนน้ำเสียที่เข้ามาแทนที่ปริมาณของทราย (จรูญ เจริญเนตรสกุล, 2557) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากกากตะกอนน้ำเสียมีลักษณะกายภาพที่มีขนาดใหญ่ มีความหยาบกว่า และองค์ประกอบของตะกอนและทรายแตกต่างกัน จึงทำให้โครงสร้างของบล็อกประสานเกิดเป็นช่องว่างเป็นโพรงมากขึ้น (จิตติมา ประสาระเอ, 2547) แตกต่างจากทรายที่มีลักษณะทางกายภาพที่เล็ก และมีความละเอียดกว่าจึงทำให้โครงสร้างของบล็อกประสานเกิดเป็นช่องว่างที่น้อยกว่า และอาจเกิดจากกากตะกอนน้ำเสียมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนน้ำสูงจึงทำให้การเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดได้ไม่สมบูรณ์เนื่องมาจากมีปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยา และน้ำยังมีผลต่อการเคลือบหิน และทรายให้เปียกเพื่อให้ปูนซีเมนต์เข้าเกาะโดยรอบและแข็งตัวเกาะกันแน่น (ประณต บุญประเสริฐ, 2548) นอกจากนี้ยังพบว่าค่ากำลังอัดของบล็อกประสานทุกอัตราส่วนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มมากขึ้น อันเป็นผลเนื่องมาจากเมื่อระยะเวลาการบ่มที่ยาวนานขึ้นทำให้การเกิดเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์เกิดอย่างต่อเนื่องเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต เกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง (วินิต ช่อวิเชียร, 2539)



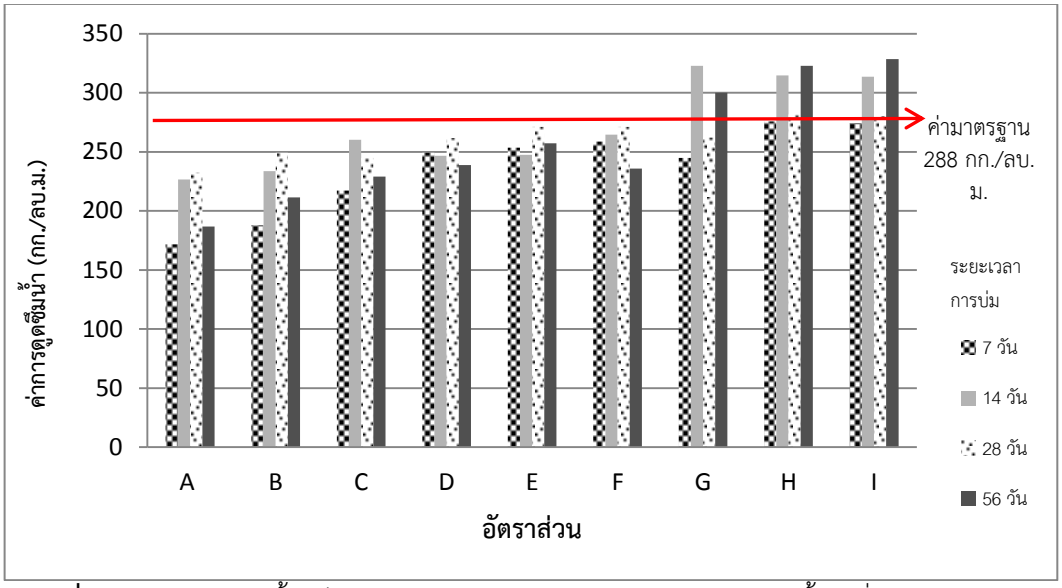
รูปที่ 2. ค่าการรับกำลังอัดของบล็อกประสานผลิตจากกากตะกอนโรงงานผลิตสีน้ำในที่อัตราส่วนต่างๆ

การทดสอบการดูดกลืนน้ำ

การทดสอบอัตราการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสาน ที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14, 28 และ 56 วัน เมื่อแทนที่ด้วยกากตะกอนน้ำเสีย 25 เปอร์เซนต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 217.08, 260.13, 244.75, และ229.03 กก./ลบ.ม. แทนที่ 50 เปอร์เซนต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 253.42, 247.38, 271.12 และ 257.14 กก./ลบ.ม. และแทนที่ 100 เปอร์เซนต์ มีค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 274.30, 313.58, 279.85 และ328.57 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าค่าอัตราการดูดกลืนน้ำ ในอัตราส่วนแรกๆที่เริ่มมีการแทนที่ทรายด้วยตะกอนน้ำเสียใน

Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University
Volume 3 Number 4 July – August 2016 (ISSN 2408 – 1248)

ปริมาณน้อย ทุกอายุการบ่มมีค่าผ่านมาตรฐาน มผช.602/2547 ตามที่กำหนดไว้คือ ไม่เกิน 288 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีเพียงอัตราส่วน G ที่มีซีเมนต์:ทราย:กากตะกอนน้ำเสีย:หินฝุ่น เท่ากับ (1:0.5:1.5:4) อัตราส่วน H (1:0.25:1.75:4) และอัตราส่วน I (1:0:2:4) อายุการบ่ม 14 วันและ56 วัน ไม่ผ่านค่าเกณฑ์มาตรฐาน อาจเป็นเพราะอัตราส่วนที่ไม่ผ่านมีการแทนที่ทรายด้วยตะกอนน้ำเสียเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ลักษณะโครงสร้างของบล็อกประสานเกิดความพรุนเพิ่มขึ้นตาม จากการศึกษาพบว่าค่าอัตราการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วน A ที่ไม่มีตะกอนน้ำเสียในส่วนผสมพบว่า ค่าการดูดซึมน้ำ มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการนำตะกอนน้ำเสียเข้ามาแทนที่ทรายในอัตราส่วนการผสม อันเป็นผลเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของเม็ดตะกอนน้ำเสียมีลักษณะพื้นผิวพรุน ประกอบกับขนาดคละที่น้อยกว่าทราย มีความละเอียดที่น้อยกว่าทราย จึงทำให้โครงสร้างของบล็อกประสานมีความพรุนมากกว่า เกิดพื้นที่ในการกักเก็บน้ำเพิ่มขึ้น จึงทำให้บล็อกประสานที่มีส่วนผสมของตะกอนน้ำเสียดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น (ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2553)

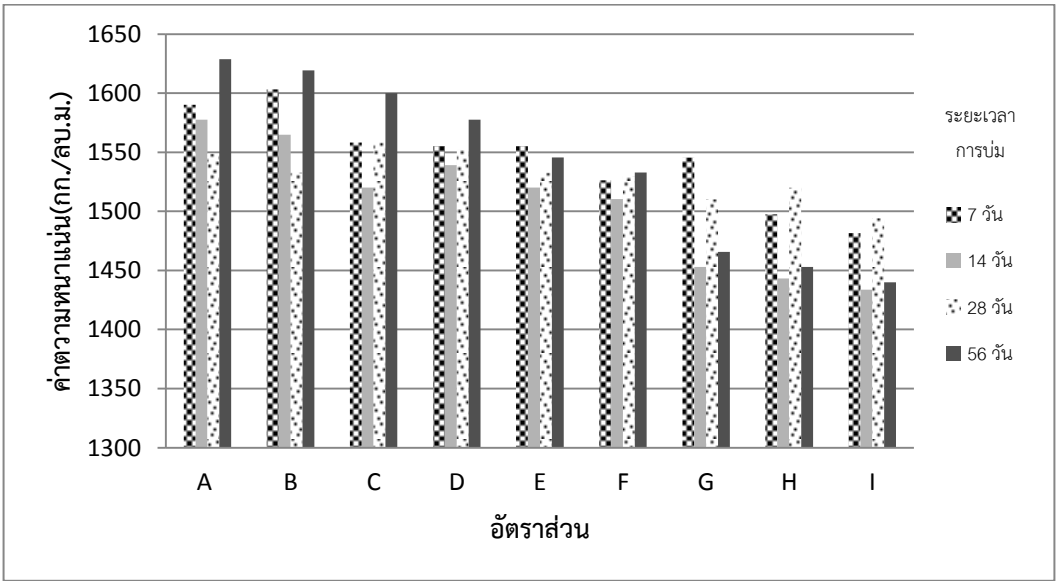


รูปที่ 3. ค่าการดูดกลืนน้ำบล็อกประสานผลิตจากกากตะกอนโรงงานผลิตสีน้ำในที่อัตราส่วนต่างๆ

การทดสอบความหนาแน่น

การทดสอบความหนาแน่น เพื่อศึกษาความอัดแน่น และความแข็งแรงของโครงสร้างบล็อกประสานที่ผลิตขึ้น ที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14, 28 และ 56 วัน เมื่อแทนที่ด้วยตะกอนน้ำเสียที่ 25 เปอร์เซนต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1558.4, 1520, 1558.4, และ1600 กก./ลบ.ม. แทนที่ 50เปอร์เซนต์ มีค่าเท่ากับ 1555.2, 1520, 1532.8 และ1545.6 กก./ลบ.ม. และแทนที่ 100เปอร์เซนต์ มีค่าความหนาแน่นน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1481.6, 1433.6, 1494.4, และ1440 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ผลการทดสอบความหนาแน่นแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนน้ำเสีย จะทำให้ค่าความหนาแน่นของบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของตะกอนน้ำเสีย เมื่อเทียบกับอัตราส่วน A ที่ไม่มีกากตะกอนแล้วพบว่าค่าความหนาแน่นมีค่าต่ำกว่าบล็อกประสานในอัตราส่วน A โดยค่าความหนาแน่นของบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของกากตะกอน มีค่าลดลงเรื่อย ๆ จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณตะกอนน้ำเสีย ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากกตะกอนน้ำเสีย มีน้ำหนักที่เบากว่าทราย มีขนาดคละน้อยกว่าทราย

และมีค่าโมดูลัสความละเอียดที่น้อยกว่าทราย จึงทำให้โครงสร้างของบล็อกประสานที่ทำจากตะกอนน้ำเสียเกิดช่องว่างมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของบล็อกประสานลดลง (อาบาดิน และคณะ, 2558)



รูปที่ 4. ค่าความหนาแน่นบล็อกประสานผลิตจากกากตะกอนโรงงานผลิตสีน้ำในที่อัตราส่วนต่างๆ

การทดสอบการรั่วไหลของโลหะหนักด้วยวิธี WET และวิธี TCLP

จากตารางที่ 3 แสดงค่าการรั่วไหลของโลหะหนักของก้อนตัวอย่าง ด้วยวิธีทดสอบ Waste Extraction Test (WET) ได้แก่ Pb (ตะกั่ว), Cu (ทองแดง), Cd (แคดเมียม), Zn (สังกะสี), และFe (เหล็ก) โดยค่ามาตรฐานได้กำหนดไม่เกิน 5.0, 25, 1.0, 250 มก/ล. ส่วน เหล็ก ไม่กำหนดในมาตรฐาน จากการศึกษาพบว่าปริมาณการรั่วไหลของโลหะหนักมีค่าที่น้อยมากและไม่พบโลหะหนักชนิดใดมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด ส่วนการทดสอบด้วยวิธีทดสอบ Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) ของโลหะ Pb (ตะกั่ว), Cu (ทองแดง), Cd (แคดเมียม), Zn (สังกะสี), และFe (เหล็ก) นั้น กำหนดค่ามาตรฐานของตะกั่วและแคดเมียมไว้ไม่เกิน 50 และ 10 มก/ล. ตามสำดับส่วนโลหะชนิดอื่นไม่ได้กำหนด พบว่าไม่มีโลหะหนักชนิดใดรั่วไหลเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แต่เมื่อนำบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของกากตะกอนน้ำเสียไปใช้งานควรระวังเรื่องการรั่วไหลของโลหะหนัก สามารถป้องกันได้โดยการฉาบผิวปิดด้วยคอนกรีตเพิ่มอีกชั้น เพื่อป้องกันบล็อกประสานสัมผัสกับน้ำ และสภาวะภูมิอากาศภายนอกโดยตรง

Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University
Volume 3 Number 4 July – August 2016 (ISSN 2408 – 1248)

ตารางที่ 3 ค่าการรั่วไหลของโลหะหนักด้วยวิธีทดสอบ Waste Extraction Test (WET) และวิธีทดสอบ Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)

อัตราส่วน	วิธี WET ปริมาณที่วัดได้ (mg/l)					วิธี TCLP ปริมาณที่วัดได้ (mg/l)				
	Pb มาตรฐาน 5.0	Cu มาตรฐาน 25	Cd มาตรฐาน 1.0	Zn มาตรฐาน 250	Fe b	Pb มาตรฐาน 50	Cu b	Cd มาตรฐาน 10	Zn b	Fe b
A	0.0014	0.0301	0.0020	0.0196	0.1889	0.0008	0.0014	0.0001	0.0078	0.0048
B	0.0014	0.0596	0.0033	0.0988	0.1476	0.0004	0.0013	0.0007	0.0019	0.0016
C	0.0003	0.0457	0.0032	0.1370	0.2611	0.0007	0.0015	0.0011	0.0030	0.0029
D	0.0006	0.0543	0.0018	0.0161	0.3664	0.0005	0.0019	0.0014	0.0190	0.0051
E	0.0004	0.0639	0.0012	0.0389	0.6507	0.0005	0.0013	0.0012	0.0033	0.0016
F	0.0006	0.0679	0.0011	0.0111	0.3237	0.0006	0.0024	0.0012	0.0025	0.0017
G	0.0003	0.0442	0.0007	0.0072	0.2545	0.0003	0.0021	0.0017	0.0142	0.0040
H	0.0002	0.0404	0.0009	0.0181	0.0630	0.0006	0.0022	0.0014	0.0026	0.0014
I	0.0004	0.0607	0.0006	0.0135	0.2050	0.0006	0.0024	0.0015	0.0029	0.0013

b : ไม่กำหนดในมาตรฐาน

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการนำตะกอนน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดของโรงงานผลิตสีน้ำ มาเป็นส่วนผสมในการทำบล็อกประสานนั้นมีความเป็นไปได้ และสามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDX กากตะกอนน้ำเสียของโรงงานผลิตสีน้ำมีองค์ประกอบของอลูมิเนียมมากที่สุดที่ร้อยละ 18.99 นอกจากนี้พบปริมาณโลหะหนักเหล็ก ทองแดง สังกะสี และตะกั่ว มีปริมาณร้อยละ 1.17, 1.72, 0.87, 0.24 ตามลำดับ

2. จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRF กากตะกอนน้ำเสียของโรงงานผลิตสีน้ำมีแคลเซียมออกไซด์มากที่สุดร้อยละ 25.63 และพบซิลิกอนไดออกไซด์ร้อยละ 9.16 และพบออกไซด์ของโลหะชนิดอื่นๆอีกเล็กน้อย ส่วนค่า Loss On Ignition ของตะกอนน้ำเสียมีค่าร้อยละ 43.50

3. ขนาดตะกอนน้ำเสีย มีค่าร้อยละสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4, 8, 16, 30 และเบอร์ 50 ร้อยละ 99.99, 82.49, 46.11, 19, 9.04, 0.34 ตามลำดับ มีขนาดขนาดของเม็ดตะกอนอยู่ระหว่าง 0.60 – 1.18 มม. และค่าโมดูลัสความของตะกอนมีค่าเท่ากับ 3.34

4. ค่ากำลังอัดของบล็อกประสานที่ทำจากตะกอนน้ำเสีย ทุกอายุบ่มและทุกอัตราส่วนการแทนที่มีค่าเกินฑ์เกณฑ์มาตรฐาน มผช.602/2547 บล็อกประสานทั้ง 2 ชนิด คือ แบบรับและไม่รับน้ำหนัก ที่ 7.0 และ 2.5 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

5. ค่าการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานที่ทำจากตะกอนน้ำเสีย ทุกอายุบ่มและทุกอัตราส่วนการแทนที่ มีค่าไม่เกินฑ์เกณฑ์มาตรฐาน มผช.602/2547 กำหนดไว้คือ ไม่เกิน 288 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ยกเว้นอัตราส่วน G ที่มีซีเมนต์: ทราย: กากตะกอนน้ำเสีย: หินฝุ่น เท่ากับ (1:0.5:1.5:4) อัตราส่วน (H 1:0.25:1.75:4) และอัตราส่วน I (1:0:2:4) อายุการบ่ม 14 วันและ56 วัน ไม่ผ่านค่าเกณฑ์มาตรฐาน

6. ค่าความหนาแน่นของบล็อกประสาน ทุกอายุบ่มและทุกอัตราส่วนการแทนที่ มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการแทนที่ด้วยตะกอนน้ำเสียมากขึ้น

7. การทดสอบการรั่วไหลของโลหะหนักของบล๊อกประสานที่มีส่วนผสมของกากตะกอนน้ำเสียด้วยวิธี Waste Extraction Test (WET) และวิธี Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) ไม่พบโลหะหนักที่มีอยู่ในตะกอนน้ำเสียมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

8. ในการนำกากตะกอนน้ำเสียโรงงานผลิตสีน้ำหากนำมาใช้งานจริง ผู้วิจัยแนะนำใช้อัตราส่วน F ที่มีซีเมนต์:ทราย:กากตะกอนน้ำเสีย:หินฝุ่น เท่ากับ 1:0.75:1.25:4 เนื่องมาจากสามารถแทนปริมาณตะกอนได้สูงสุดและมีค่าผ่านมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง และควรระวังเรื่องการรั่วไหลของโลหะหนัก สามารถป้องกันได้โดยการฉาบผิวปิดด้วยคอนกรีตเพิ่มอีกชั้น เพื่อป้องกันบล็อกประสานสัมผัสกับน้ำ และสภาวะภูมิอากาศภายนอกโดยตรง

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กุลธิดา บรรจงศิริ และจิรัฐติ์ บรรจงศิริ. (2548). “การนำตะกอนที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาผลิตเป็นอิฐมอญ”. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8. ขอนแก่น.

จรูญ เจริญเนตรสกุล. (2557). “อิฐบล๊อกประสานที่มีสวนผสมเถ้าและกะลาปาล์มน้ำมัน. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต”. 2(1): 103-112.

จิตติมา ประสาระเอ. (2547). “การศึกษาการใช้เถ้าแกลบผสมปูนขาวในการทำบล็อกปูพื้นถนน”. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ธรพร บุศย์น้ำเพชร และนิพนธ์ ตันไพบูลย์กุล. (2559). “สมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมผงยางรถยนต์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน”. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal Silpakorn University 3, 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม) : 62-75

ประชุม คำพุฒ, ว่าที่ร้อยตรีกิตติพงษ์ สุวีโร. (2553). “การศึกษาคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางธรรมชาติ”. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. ปทุมธานี.

ประณต บุญประเสริฐ. (2548).“เทคนิคงานปูนคอนกรีต”. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

วินิต ช่อวิเชียร. (2539). “คอนกรีตเทคโนโลยี”. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

อาบาดิน ดะแซสะเมาะ, โพซี วาจิ, พารีด๊ะสาแล และนูรีฮัน แนแซ. (2558). “อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา”. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. ปีที่10 ฉบับที่1 มกราคม-มิถุนายน 2558. หน้า77-86.

ภาษาต่างประเทศ

Chatveera, B, and Nimityongsakul, P., Seehabut, P. (1994). “Rice Husk Ash Concrete”. Journal of STREC. 1994; Vol. 4, No. 1 June: 43-49.

Li, X.D., Zhang, Y.M., Poon, C.S., and Lo, I.M.C. (2001). “Study of zinc in cementitious material stabilized/solidified wastes by sequential chemical extraction and microstructural analysis”. Chemical Speciation and Bioavailability. Vol. 13: 1-7.

Palomo, A., and Lopez de la Fuente, J.I. (2003). “Alkali-activated cementitious material: Alternative matrices for the immobilization of hazardous wastes Part I”. Stabilization of Boron. Cement & Concrete Research. Vol. 33: 281-288.