

ปูนซีเมนต์ธรรมชาติจากขยะเปลือกบริโภคและวัสดุเหลือใช้ กรณีศึกษาชุมชนตำบลคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม

Natural cement from residual waste and materials consumed using.
A case study of a community, klongkhone, samut songkhram province.

สรุชา ไวรวิกิจ¹

¹ สาขาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม / คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ / มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39 หมู่1 รังสิต ปทุมธานี 12110 0815821886 E-mail jinukun@yahoo.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ศึกษาการแปรรูปขยะเปลือกบริโภคเป็นวัสดุผสมในการนำกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์และประหยัดตามอัตราส่วนของวัสดุผสมสำหรับการรองรับการใช้งานได้โดยการดำเนินการสู่ชุมชนในการเผยแพร่ความรู้กระบวนการแปรรูปขยะภายในชุมชน ส่วนวิธีดำเนินงาน มีการรวบรวมข้อมูลและศึกษาวัสดุผสมโดยสุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนวัสดุด้วยเครื่องมือและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม โดยวางแผนงานร่วมกับคนในชุมชน จัดการอบรมเชิงปฏิบัติการสู่คนในชุมชน กลุ่มตัวอย่างเป็นชาวบ้านในหมู่5 และหมู่7 ส่วนเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลใช้การสำรวจ, สัมภาษณ์, สังเกต และบันทึกข้อมูลภาพเสียง พร้อมแบบสอบถามความคิดเห็น

ผลของการศึกษา พบว่า เปลือกหอยแครงเป็นขยะเปลือกบริโภคที่เกิดจากการตายธรรมชาติ ในหมู่บ้าน 5 และ 7 มีน้ำหนักขยะ 10,000 ตัน(หนึ่งหมื่นตัน)ของทุกปี ซึ่งเป็นขยะไร้ค่าจำนวนมากและส่งกลิ่นเหม็นภายในชุมชน เมื่อนำเปลือกหอยแครงแปรรูปโดยการเผาไหม้ 5 นาทีขึ้นไปได้เถ้าเปลือกหอยสามารถยึดเกาะอนุภาคจึงนำมาใช้เป็นวัสดุ วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นเป็นดินและมะพร้าวนำมาแปรรูปเป็นผงดินช่วยในการขึ้นรูปทรง และผงขุยมะพร้าวช่วยลดน้ำหนักจึงประสานรอยต่อระหว่างอนุภาคของวัสดุธรรมชาติ ซึ่งเถ้าเปลือกหอย, ผงดิน และขุยมะพร้าวเป็นวัสดุที่มีภายในท้องถิ่น และสามารถทำปูนธรรมชาติได้ ในสัดส่วนเถ้าเปลือกหอย ต่อ ผงดิน ต่อผงขุยมะพร้าว ต่อปูนเทา ในความปลอดภัยจึงทดสอบผลิตภัณฑ์ตามหลักทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม จึงได้ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่า และลดปริมาณขยะในครัวเรือน การดำเนินการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนใช้กระบวนการมีส่วนร่วมในการกำจัดขยะชุมชนเกิดรูปแบบผลงานสร้างสรรค์มีผลประโยชน์คืน 280 บาทในเชิงพาณิชย์ เมื่อเทียบกับ

ค่าใช้จ่ายปูนซีเมนต์ทั่วไป จึงเป็นวัสดุทางเลือกและวัสดุทดแทนที่ชุมชนสามารถผลิตใช้เอง

คำสำคัญ: ปูนซีเมนต์ธรรมชาติ, เถ้าเปลือกหอย, ผงดิน, ขุยมะพร้าว, ปูนเทา

Abstract

Objectives: the study of garbage processing consumption as raw material for recycled to reduce benefits based on the ratio of raw materials in order to support the implementation. By completing the knowledge dissemination to communities through the garbage processing within the community. Best how to conduct research. Gathering information related to waste and material studies by proportional sampling of raw materials with the tools and processes of scientific and engineering. By planning together with the people in the community. Management workshop to people in the communities. The samples are villagers in the village of 5 and 7. The tools to collect data using surveys, interviews, observations, recording data and queries, comments.

Results of the study showed that a cockle shell waste that originates from a natural death. In the village 5 and 7 Weight 10000 tons (one thousand tons) of garbage every year, which is a large amount and smell within the community. When the cockle shell processing by burning 5 minutes up to be ash shell can adopt a particle adhesion as raw material. Residual materials used in local soil and coconut bring clay powder processing :help in forming shapes and powder coconut :reduce weight, thus solder joints between the particles of natural raw materials. The ash shell, clay powder and powder coconut as raw material that are local can be made natural cement. In proportion of ash shells per clay powder per coconut powder Per cement gray. In the safety testing of products according to the principles of scientific and engineering. Therefore, products

that add value and reduce the amount of household waste. Actions to convey knowledge to the community participation process in birth community incinerator a creative portfolio is 280 baht night commercial benefits. Compared with the expense of cement is a common choice of materials and materials substitution that the community can be used.

Keywords: Natural cement, Ash shells, Clay powder, Coconut powder, Cement gray

1. บทนำ

ปัญหาขยะ เป็นปัญหาที่กระจายตัวในประเทศไทย และในปัจจุบันวัตถุดิบทางการก่อสร้างปรับตัวมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงมีการนำขยะมาใช้ประโยชน์ และนำมาแปรรูปในภาคอุตสาหกรรม การผลิตที่หลากหลาย สำหรับปูนซีเมนต์ เป็น วัตถุดิบหลักที่ใช้ในงานก่อสร้างที่สำคัญ ซึ่งกระแสโลกในขณะนี้มีการเลือกใช้วัสดุทดแทนจากขยะนำมาแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และในงานออกแบบวัสดุทดแทน มีผลิตภัณฑ์แปรรูปจากขยะ ซึ่งโครงการผ่านพ้นทางเข้าจากขยะเหลือบริโภค และวัสดุเหลือใช้เป็นโครงการจากผลของการเรียน และการสอนของผู้วิจัยกับนักศึกษาในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยใช้วัสดุฝึกในรายวิชา และเครื่องมืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในโครงการ ตั้งแต่ปี 2541จากรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับงานภูมิทัศน์และการสอนงานออกแบบที่ให้นักศึกษาได้ปฏิบัติงานจริง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเสริมอาชีพการจัดภูมิทัศน์ ประเด็นวิจัย ดังนี้

1. วัตถุดิบหลัก ได้แก่ เปลือกหอยแครง เป็นขยะเหลือบริโภคที่เกิดจากการตายตามธรรมชาติ ในตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม
2. อัตราส่วนของวัตถุดิบ เพื่อรองรับการใช้งานได้ มีความแข็งแรง ประกอบด้วย การทนแรงกระแทกโดยตรง และน้ำหนักที่กระแทก รวมทั้งทดสอบด้านความคงทนตามกำหนด
3. กลุ่มประชากรในการศึกษา เป็น ชาวบ้าน และครอบครัวที่มีปัญหาขยะเปลือกหอยในครัวเรือน

ผลที่ได้รับจากการวิจัย สามารถแปรรูปขยะเหลือบริโภคเป็นวัตถุดิบผสมในการนำกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์และประหยัดในอัตราส่วนของวัตถุดิบผสมสำหรับการรองรับการใช้งานได้โดยดำเนินการสู่ชุมชนในการเผยแพร่ความรู้กระบวนการแปรรูปขยะภายในชุมชน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาการแปรรูปขยะเหลือบริโภคเป็นวัตถุดิบผสมในการนำกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์และประหยัด

2.2 เพื่อศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบผสมสำหรับการรองรับการใช้งานได้

2.3 เพื่อการดำเนินการสู่ชุมชนในการเผยแพร่ความรู้กระบวนการแปรรูปขยะภายในชุมชน

3. ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัยและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาข้อมูลคุณสมบัติของวัตถุดิบ ประกอบด้วย ถั่วเปลือกหอย, ขุยมะพร้าว และผงดิน พบว่า วัตถุดิบมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการทำปูนซีเมนต์ธรรมชาติ ส่วนประกอบ “ถั่วเปลือกหอย” มีคุณสมบัติเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูน เมื่อนำแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกหอยมาเผาจนได้แคลเซียมออกไซด์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นมีคุณสมบัติเป็นเบส[1] ส่วนวัตถุดิบในท้องถิ่น “มะพร้าว” พบว่าขุยมะพร้าวอบแห้ง และบดละเอียด มีคุณสมบัติหลังจากการอบแห้ง และบดละเอียด โดยส่วนประกอบมีเส้นใยเป็น “เซลลูโลส” จึงนำคุณลักษณะ[2] และประโยชน์เฉพาะใช้เป็นส่วนประกอบตามสัดส่วนในปูนซีเมนต์ธรรมชาติ ส่วน “ดิน” แปรรูปเป็นผงดินอบและบดละเอียด มีคุณสมบัติหลังจากการอบแห้งและบดละเอียดเป็นผงดินคุณสมบัติทางกายภาพ มีซิลิกอนไดออกไซด์ และอลูมิเนียมออกไซด์[3] ดังนั้นการนำวัตถุดิบถั่วเปลือกหอย, ขุยมะพร้าว และผงดินผสมโดยใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมและทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพตามคุณลักษณะของปูนซีเมนต์เพื่อใช้เป็นปูนซีเมนต์ธรรมชาติ และพัฒนารูปแบบต่อไป

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปูนซีเมนต์ และคอนกรีต เรื่องของคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบว่า ถั่วเปลือกหอย, ผงดิน และขุยมะพร้าวมีคุณสมบัติของสารหลักและสารประกอบใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ พบว่าปูนซีเมนต์มีอัตราธาตุปูนเป็นออกไซด์ของธาตุแคลเซียม ได้แก่ หินปูน และหินชอล์ก และมีวัสดุจากซิลิกาเซียส เป็นออกไซด์ของธาตุซิลิกอน และอลูมิเนียม[4] ดังนั้นส่วนประกอบของวัตถุดิบจึงมีถั่วเปลือกหอย, ผงดินและขุยมะพร้าว เป็น

วัตถุดิบในการผลิตปูนซีเมนต์ธรรมชาติ สอดคล้องกับการศึกษาวัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกันผสมกันเกิดปฏิกิริยาที่สอดคล้องประสานกันและต้องมีวัตถุดิบหลัก รวมทั้งพิจารณาถึงความต้องการต่างๆ ได้แก่ ธาตุหรือสารประกอบที่จำเป็นต้องมีอยู่ครบ ซึ่งสารประกอบ และองค์ประกอบทางเคมีของออกไซด์ในปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ มีออกไซด์หลัก ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์, ซิลิกา, อลูมินา และ เฟอร์ริกออกไซด์ ซึ่งออกไซด์ทั้ง 4 นี้รวมกันร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์รอง ได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์, ออกไซด์ของอัลคาไล และซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และส่วนประกอบของออกไซด์ ได้แก่ โทเทเนียมออกไซด์ และฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ นอกจากนี้สิ่งแปลกปลอม และส่วนประกอบอื่น ซึ่งจัดรวมอยู่ในรูปของการสูญเสีย เนื่องจากขบวนการแปรรูปวัตถุดิบจากการเผา และกากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง ออกไซด์เหล่านี้ทำปฏิกิริยากันและรวมตัวกันอยู่ในรูปของสารประกอบที่สำคัญมี 4 อย่างคือ ไตรแคลเซียมซิลิเกต, ไดแคลเซียมซิลิเกต, ไตรแคลเซียมอลูมินาและเตตระแคลเซียมอลูมินาเฟอไรต์[5] ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการทำปูนซีเมนต์ธรรมชาติ เพื่อใช้งานทดแทนปูนซีเมนต์ทั่วไป และเพื่อเป็นตัวอย่างประสานวัตถุดิบสองชนิดหรือหลายชนิดให้ติดแน่น ทั้งการนำมาใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างและวัตถุดิบในการผลิตปูนซีเมนต์ จึงจำเป็นต้องมีวัตถุดิบที่มีสารประกอบจากแร่ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือปูนขาว ซิลิกา, อะลูมินา และเหล็กออกไซด์ เป็นสำคัญ

ส่วนกรณีศึกษา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีผลการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเปลือกหอยแครงเหลือทิ้งทำเป็น “วัสดุทดแทนกระดูกมนุษย์” ซึ่งใช้วัตถุดิบ หรือสารประกอบหลักของเปลือกหอย คือ แร่แคลเซียมคาร์บอเนต เมื่อนำมาทำให้บริสุทธิ์ตามกระบวนการเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถนำมาใช้โดยดัดแปลงผลิต และสร้างวัสดุทดแทนกระดูกมนุษย์ได้ ส่วนขุยมะพร้าว เป็นส่วนผสมหนึ่งของก้อนอิฐดินดิบ การเพิ่มอัตราส่วนเพื่อแทนที่ดินเหนียวนั้น ขุยมะพร้าวสามารถใช้เป็นส่วนผสมได้โดยให้ค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบมีค่ากำลังเพิ่มขึ้น ส่วนก้อนอิฐแทนที่ทั้งดินเหนียว และขุยมะพร้าวนั้น มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าก้อนอิฐส่วนผสมอื่น ๆ



ภาพที่1 เปลือกหอยแครง, หอยกระปุก และหอยตะกาน

4. วิธีดำเนินงาน

- 4.1 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับขยะในตำบลคลองโคน
- 4.2 ศึกษาข้อมูลวัตถุดิบจากขยะในชุมชนเป็นวัตถุดิบผสม
- 4.3 กำหนดประเด็นและเป้าหมายในการประเมินวัตถุดิบเพื่อค้นหาข้อดี ข้อด้อยในด้านต่างๆ
- 4.4 การออกแบบสัดส่วนวัตถุดิบ โดยสร้างแบบการประเมินและการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดลอง
- 4.5 การทดลองสัดส่วนวัตถุดิบ โดยใช้เครื่องมือและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม
- 4.6 วางแผนงานร่วมกับผู้นำชุมชน และตัวแทนของกลุ่มคนในชุมชน เพื่อผลผลิตจากการแปรรูปขยะเหลือบริโภคและวัสดุเหลือใช้ในชุมชน

สถานที่ทดลอง และเก็บข้อมูลวัตถุดิบขยะเหลือบริโภค

และวัสดุเหลือใช้จาก หมู่ 5 บ้านคลองช่อง และหมู่ 7 บ้านคลองช่องน้อย ตำบลคลองโคน อำเภอเมืองจังหวัดสมุทรสงคราม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

- 1.ชั้นสร้างทางเลือกในสัดส่วนผสม[6] ได้แก่

1.1 ความละเอียด[7]มีผลต่อการทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน

เริ่มจากผิวหน้าปูนซีเมนต์การวิเคราะห์ความละเอียดปูนซีเมนต์โดยใช้แรงเบอร์ 325 ซึ่งมีขนาดช่องเปิดเล็กมาก จึงใช้การร่อนเปียกเพื่อจัดปัญหาการอุดตันของช่องเปิด การระบุความละเอียดของปูนซีเมนต์ใช้จำนวนร้อยละของปูนที่ผ่านแรง วิธีการ วัดความละเอียดของปูนซีเมนต์ที่นิยมกันได้แก่การร่อนด้วยตะแกรงและการทดสอบตัวอย่าง

1.2 ความถ่วงจำเพาะ[8]มีผลต่อการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตและเป็นค่าที่ใช้ประกอบควบคุมคุณภาพวิธีการแทนที่น้ำมันก๊าดด้วยปูนซีเมนต์จำนวนหนึ่งที่รู้น้ำหนักแน่นนอนขวดแก้วสำหรับบรรจุน้ำมันก๊าดเป็นขนาดแก้วเลอซาเตอเลียอร์ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์มีค่าประมาณ 3.15 ตามมาตรฐาน ซึ่งปูนซีเมนต์ผสมจะมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า เนื่องจากมีวัสดุที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ

1.3 ความอยู่ตัว[9][10]เป็นการทดสอบคุณสมบัติซีเมนต์เพสต์ เวลาก่อตัวและการคงตัว โดยใช้ซีเมนต์ เพสต์มาตรฐานที่ความชื้นเหลวปกติเทียบอัตราส่วน โดยน้ำหนักระหว่างปริมาณน้ำต่อปูนซีเมนต์สำหรับ ความชื้นเหลวปกติ 0.24ถึง0.33 วิธีการ การทดสอบเวลาก่อตัวสามารถวัดได้โดยเวลาก่อตัวเริ่มต้นคือ เวลา (นับเวลาดังต้นจากการที่ปูนซีเมนต์ผสมสัมผัสกับน้ำ) ลบ เวลาการก่อตัวสุดท้าย โดยซีเมนต์เพสต์ที่มีความชื้นเหลวปกติเป็นระยะ 25 มม. ภายในเวลา 30 วินาที ซึ่งส่วนระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายจะต้องไม่เกิน 375 นาที หรือไม่เกิน 10 ชั่วโมง สำหรับปูนซีเมนต์โดยทั่วไปแล้วจะมีระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 90 ถึง 150 นาที และระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายระหว่าง 3 ถึง 5 ชั่วโมง

1.4 กำลังวัสดุ[11]พิจารณาการทดสอบกำลังของ มอร์ตาร์เป็นหลัก นิยมใช้มากที่สุดคือ กำลังอัด วิธีการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์จะทำที่อายุเท่ากับ 1, 3, 7 หรือ 28 วัน ใช้ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ขนาด 25 x25x 2.5 เซนติเมตร โดยหล่อแล้วทิ้งไว้ในอากาศชื้น 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงถอดแบบออกและตากแห้ง จนถึงเวลาทดสอบ การทดสอบให้ใช้อัตราที่จะได้แรงกดสูงสุดในเวลา 20 ถึง 80 วินาที

2.ขั้นประเมินผลในทางเลือกสัดส่วนผสม การออกแบบปฏิภาคส่วนผสมในโครงการเป็นการประยุกต์จากวิธีของสถาบันคอนกรีตอเมริกัน(ACI)ในการออกแบบปฏิภาคส่วนผสมต้องศึกษาถึงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ผสม ได้แก่ ความละเอียดของมวลรวมหยาบและความถ่วงจำเพาะ ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ทดลองเป็นทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง5ซม.และขนาด20x20x 2.5 ซม. มีขั้นตอนการออกแบบ สามารถทำได้ดังนี้

2.1 เลือกค่ายุบตัวของคอนกรีตที่ต้องการขึ้นอยู่กับประเภทของงาน วิธีการขนส่ง การเทลงแบบและการอัดแน่น

กำหนดประเภทของงานแผ่พื้น มีค่ายุบตัว เท่ากับ 20-80 มม. วิธีการหาค่ายุบตัวใช้การอัดแน่นโดยใช้เครื่องเขย่า

2.2 ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ ACI กำหนดใช้มวลรวมหยาบที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เพื่อลดปริมาณปูนซีเมนต์ สำหรับแผ่พื้น ไม่ควรเกิน 1/3 ของความหนาของแผ่พื้น วิธีการหาขนาดใหญ่สุดมวลรวมหยาบโดยใช้เครื่องวัดขนาดวัสดุ

2.3. ประมาณปริมาณน้ำและฟองอากาศเป็นความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตขึ้นอยู่กับปริมาณซีเมนต์เพสต์ ฟองอากาศในคอนกรีตขนาดรูปร่าง และการกระจายขนาดของมวลรวม ใช้สำหรับประมาณปริมาณน้ำฟองอากาศ และขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ ACI กำหนดประเภทของงานแผ่พื้น มีค่ายุบตัว เท่ากับ 20-80 มิลลิเมตร วิธีการหาค่ายุบตัวใช้การอัดแน่นโดยใช้เครื่องเขย่า ซึ่งค่าการยุบตัวสูงสุดอาจเพิ่มขึ้นอีก 20 มิลลิเมตรถ้าใช้การกระทุ้งแน่นด้วยมือ

2.4. อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์กำลังและความคงทนขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ วิธีการ โดยเทียบ ตาม ACI กำหนด

2.5. คำนวณปริมาณปูนซีเมนต์จากปริมาณน้ำและอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์สามารถคำนวณหาปริมาณปูนซีเมนต์ วิธีการ โดยเทียบตาม ACIกำหนด

2.6. ปริมาณมวลรวมหยาบเป็นอัตราส่วนปริมาตรของมวลรวมหยาบในคอนกรีตที่มีความสามารถเทพได้ปานกลางต่อปริมาณของมวลรวมหยาบในสภาพแห้งและกระทุ้งแน่น วิธีการ หาปริมาตรของมวลรวมหยาบ ขึ้นอยู่กับ ค่าความละเอียดของขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ คูณกับ หน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบในสภาพแห้งและกระทุ้งแน่น โดยเทียบตาม ACIกำหนด

2.7.คำนวณปริมาตรปฏิภาคส่วนผสมส่วนผสมประกอบอื่นๆ สามารถหาน้ำหนักของส่วนผสมคอนกรีตได้ หากคำนวณโดยใช้การประมาณส่วนผสมจากน้ำหนักของคอนกรีต วิธีการ จาก ปริมาตรของคอนกรีต ลบด้วย ปริมาตรของส่วนผสมอื่นทั้งหมดโดยเทียบตามACIกำหนด

ในกรณีการปรับส่วนผสมหลังจากการทดลองผสม ถ้าได้คอนกรีตที่มีความสามารถทำงานได้ไม่ตรงตามที่ต้องการให้ทำการปรับปริมาณน้ำอย่างง่ายโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่ายุบตัว

กับปริมาณน้ำ ซึ่งการปรับปริมาณส่วนผสมที่ใช้กันในทางปฏิบัตินั้น ใช้หลักของความสามารถทำงานได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของน้ำต่อวัสดุแห้งทั้งหมด ถ้าส่วนผสมต้องการน้ำน้อยกว่าที่คำนวณไว้แสดงว่ามีน้ำเหลือและสามารถเพิ่มปริมาณวัสดุแห้งได้ตามสัดส่วน ถ้าส่วนผสมต้องการน้ำมากกว่าที่คำนวณไว้ให้ปรับลดปริมาณวัสดุแห้งตามสัดส่วน ทั้งนี้การรักษาสัดส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์หรือวัสดุประสานเดิมไว้ให้คงที่ กรณีที่ไม่ต้องการปรับกำลังวิธีการปรับส่วนผสม ดังตาราง

ตาราง 1 เปรียบเทียบสัดส่วนผสมทั้ง 4 สัดส่วน

ทางเลือก	เถ้าเปลือกหอย	ดิน	ขุยมะพร้าว	ปูนเทา	น้ำ
สัดส่วนที่ 1	2	2	1	1	2.5
สัดส่วนที่ 2	2	1	1	1	2
สัดส่วนที่ 3	2	1	1	2	2
สัดส่วนที่ 4	2	1	1	0.5	2

สถิติที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นสถิติพรรณนา และนำเสนอข้อมูลเป็น บทความ, ตาราง



ภาพที่ 2 การตรวจสอบความแข็งแรงต่อแรงกระทำโดยตรง

5. ผลการศึกษา

การแปรรูปขยะเหลือบริโภคเป็นวัสดุดิบในการนำกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์และประหยัดนั้น ในตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม มีเปลือกหอยแครง เป็นขยะที่เกิดจากการตายตามธรรมชาติ ในหมู่บ้านที่ 5 และ 7 ซึ่งปริมาณขยะเปลือกหอยในรอกเก็บหอย 12 เดือนของพื้นที่ในการเลี้ยงหอย พบว่ามีจำนวนขยะเปลือกหอยเฉลี่ยประมาณ 300,000,000 ตัว (สามร้อยล้านตัว) คัดน้ำหนักเฉลี่ยขยะสุทธิ เท่ากับ 10,000 ตัน (หนึ่งหมื่นตัน) ของทุกปี ในการแปรรูปขยะ ประกอบด้วย เปลือกหอย, ดิน และขุยมะพร้าวเป็นวัสดุดิบในปูนธรรมชาติ พบว่าการนำเปลือกหอยเผา 5 นาทีขึ้นไปและบดละเอียด มีผลต่อการยึดเกาะระหว่างอนุภาค ส่วนผงดินช่วยในการขึ้นรูปทรง และการยึดเกาะระหว่างอนุภาค และผงขุยมะพร้าว ช่วยลดน้ำหนักภายในของ

วัตถุ และประสานรอยต่อระหว่างอนุภาคของวัตถุดิบทางธรรมชาติได้ดี โดยสัดส่วนวัตถุดิบผสมควรมีผงดินและผงขุยมะพร้าว ร่วมกับวัตถุดิบอื่นในปริมาณไม่เกินร้อยละ 20

ผลการศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบสำหรับรองรับ การใช้งานได้ การทำปูนธรรมชาติมีวัตถุดิบ คือ เถ้าเปลือกหอย ต่อ ผงดิน ต่อ ผงขุยมะพร้าว ต่อ ผงปูนเทา ใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบผสม 2 ต่อ 1 ต่อ 1 ต่อ 1 เป็นสัดส่วนผลิตที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ธรรมชาติที่ตอบสนองการใช้งานจากมนุษย์ ด้านความแข็งแรง และความทนทาน ทั้งทนแรงกระทำโดยตรง และน้ำหนักที่กระทำ รวมทั้งด้านความคงทนต่อการด่าง และความทนทานต่อกระแสน้ำ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ทั่วไป พบว่าผลิตภัณฑ์ปูนธรรมชาติสัดส่วน 2 ต่อ 1 ต่อ 1 ต่อ 1 นั้น มีระยะเวลาการแข็งตัว, มวลเฉลี่ย, ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัด, ความทนทานตามกำหนด ใกล้เคียงกับ ผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์มาตรฐาน

ในเรื่องสัดส่วนของปูนทดลองผสมที่เหมาะสมกับ วัตถุดิบขยะเหลือบริโภค และวัสดุเหลือใช้ในพื้นที่ศึกษา โดยมี สัดส่วนของวัตถุดิบประกอบ คือ เถ้าเปลือกหอย ต่อ ผงดิน ต่อ ผงขุยมะพร้าว ต่อ ผงปูนเทา พบว่า

เถ้าเปลือกหอยมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจากสัดส่วนเดิม เนื่องจากเปลี่ยนวัตถุดิบจากแกลบเป็นขุยมะพร้าว ผลการศึกษาใน สัดส่วนของปูนทดลองผสม ทั้ง 4 สัดส่วน กำหนดให้มีสัดส่วนของ เถ้าเปลือกหอย เท่ากับ 2 ส่วน หรือมากกว่า 2 เท่าของทุกส่วนผสม เพื่อทดแทนวัตถุดิบจากแกลบ[12]

สภาพดินในพื้นที่ของชุมชนตำบลคลองโคนมีผล

การศึกษาความเป็นกรดปานกลางสามารถใช้เป็นวัตถุดิบผสมได้ โดยเทียบลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของดินในการแปรรูปเพื่อทำปูนทดลองผสม

จากดินที่นำมาใช้ในการทดลองทำปูนทดลองผสมมี 2 ลักษณะซึ่งมีแหล่งที่มาต่างกัน ได้แก่ ดินที่ระดับความลึก 2 เมตรลงไป คือ ดินท่าจีน หรือดินสมุทรปราการ[13]เป็นดินเดิมในพื้นที่ ส่วนดินที่ชาวบ้านนำมาทดลองผสม เป็นดินจากท้องถิ่นอื่นๆ ซึ่งดินในชุมชนตำบลคลองโคนสามารถทำแผ่นพื้นทางเท้าได้

วัตถุดิบท้องถิ่น ชุมชนตำบลคลองโคน มีขุยมะพร้าว จึงนำมาใช้เป็นวัตถุดิบประกอบในปูนทดลองผสม การนำขุยมะพร้าวเป็นส่วนประกอบแทนเถ้าแกลบในสัดส่วนผสม 1 สัดส่วนซึ่งการนำดินเหนียวร่วมกับขุยมะพร้าว ทำให้สามารถขึ้นรูปง่าย และรูปทรงได้

เพราะมีความพรุนน้อยและมีน้ำหนักมาก ผสมกับขุยมะพร้าวที่มีความพรุนสูง และน้ำหนักเบาเมื่อแห้งสนิทจึงเกิดการถ่ายเทน้ำและอากาศส่งผลต่อความหนาแน่นรวมต่ำ และน้ำหนักมวลรวมเบา[14]

ในสัดส่วนปูนทดลองผสมสัดส่วน(2:1:1:0.5)ลดปริมาตรปูนเทาจากสัดส่วนปูนเสื่อ 1 ส่วน มีผลต่อน้ำหนักมวลรวม ซึ่งผลการศึกษา น้ำหนักมวลรวมโดยเฉลี่ยลดลง 1 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับผลมวลรวมเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์มาตรฐาน และมีค่าความต้านทานเฉลี่ยเท่ากับ 8,266 กิโลกรัม ซึ่งสามารถรับการใช้งานจากมนุษย์ได้ รวมทั้งทนทานต่อแรงกระแทกโดยน้ำหนัก 0.25 กิโลกรัมได้

การศึกษาตามโครงการฯ ได้ทำการศึกษาค้นคว้าตามสัดส่วนผสมที่กำหนดสัดส่วน เถ้าเปลือกหอย ต่อ ผงดินต่อขุยมะพร้าว ต่อ ปูนเทาโดยประเมินสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำแผ่นพื้นทางเท้าจากขยะเหลือบริโภค และวัสดุเหลือใช้ จาก 2 รูปแบบของผลิตภัณฑ์ คือ ขนาดทดลอง ทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร จำนวน 3 ก้อน และขนาดใช้งานจริงขนาด 20 x 20x 2.5 เซนติเมตร จำนวน 3 แผ่น ผลการศึกษา พบว่า

เมื่อนำผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์มาตรฐาน เทียบกับปูนทดลองผสมทั้ง 4 สัดส่วน มีน้ำหนักมากกว่า 1 กิโลกรัมโดยเฉลี่ยจากผลิตภัณฑ์ปูนทดลองผสมในทุกสัดส่วน และเมื่อเทียบน้ำหนักผลิตภัณฑ์จากปูนทดลองผสม(2:2:1:1) มีมวลผงดิน 2 สัดส่วน และปูนทดลองผสม(2:1:1:2) มีมวลปูนเทา 2 สัดส่วน พบว่า มีน้ำหนักลดลง 0.7 ถึง 0.9 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับน้ำหนักผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์มาตรฐาน ในปูนทดลองผสม(2:1:1:1)มีมวลของส่วนผสม 1 สัดส่วน และปูนทดลองผสม(2:1:1:0.5) มีมวลปูนเทา 0.5 สัดส่วน ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ลดผงดิน และผงปูนเทา พบว่า มีน้ำหนักลดลงถึง 1 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับน้ำหนักผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์มาตรฐาน ซึ่งมีระยะเวลาการแข็งตัวที่เร็วที่สุด เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์จากปูนทดลองผสมทุกสัดส่วน ซึ่งปูนทดลองผสมที่มีสัดส่วนของผงดินมากกว่า 1 สัดส่วน มีการแข็งตัวที่ช้าที่สุด โดยช้ากว่า 1 เท่าของระยะเวลาการแข็งตัวที่เร็วที่สุด แสดงว่า การใช้สัดส่วนผสมที่มีดินมากกว่า 1 สัดส่วน มีผลต่อการแข็งตัว และมีค่ามวลเฉลี่ยมากใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์มาตรฐาน แต่กลับมีค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัดได้น้อยกว่าค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัดในปูนทดลองผสมที่มีผงปูนซีเมนต์มาตรฐานเพียงครึ่ง(1/2)สัดส่วน แสดงว่าค่าเฉลี่ยความต้านทานรับแรงอัด มีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของผงปูนซีเมนต์มาตรฐาน จึงมีผลต่อเนื่องถึงค่ามวลเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนวัสดุผสมเป็นสำคัญ

ในกรณีทดสอบผลิตภัณฑ์ด้านความทนทานต่อกรดและด่าง พบการเปลี่ยนแปลงมีฟองอากาศพื้นผิวหน้า และผิวโดยรอบของผลิตภัณฑ์เมื่อแช่ในกรดทั้งผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์มาตรฐาน และปูนทดลองผสมทั้ง 4 สัดส่วน แต่ไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนในต่างกับผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์มาตรฐาน และปูนทดลองผสมทั้ง 4 สัดส่วน เพราะวัตถุดิบ จากผงดิน และขุยมะพร้าวมีความละเอียดและเป็นวัตถุดิบธรรมชาติมีสภาพเป็นกลาง และผสมผสานระหว่างอนุภาคได้ดี จึงทนทานต่อกระแสกรดได้ แต่ผลิตภัณฑ์ปูนทดลองผสมที่มีสัดส่วนผงดินมากกว่าผงขุยมะพร้าว 1 สัดส่วน มีค่าเฉลี่ยมวลที่หายไปมากที่สุด ซึ่งความคุ้มค่าทางประโยชน์ และความประหยัดนั้น พบว่า การใช้มวลปูนซีเมนต์ ส่งผลต่อต้นทุน เมื่อเทียบสัดส่วนการลดปริมาณมวลปูนซีเมนต์ และคงความแข็งแรงได้ตามกระบวนการทดสอบทางวิศวกรรม เพื่อการนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และประหยัด ตามมูลค่าการผลิตในรูปแบบการนำไปใช้งานได้

ผลการศึกษาการดำเนินการสู่ชุมชนในการเผยแพร่ความรู้กระบวนการแปรรูปขยะภายในชุมชน มีการวางแผนงานร่วมกับกลุ่มประชากรในการดำเนินการสู่ชุมชน จากกระบวนการมีส่วนร่วมกำจัดขยะภายในชุมชน ทั้งเทคนิคและวิธีการกำจัดขยะด้วยการแปรรูปขยะเปลือกหอยภายในครัวเรือนและชุมชน เพื่อลดปริมาณขยะในชุมชน และเพิ่มมูลค่าให้แก่ครัวเรือน



ภาพที่ 3 สัดส่วนของวัตถุดิบปูนซีเมนต์ธรรมชาติ

6. สรุปและการอภิปรายผล

จากผลการศึกษาการแปรรูปขยะเหลือบริโภคเป็นวัตถุดิบในการนำกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์และประหยัด และ ผลการศึกษาผลิตภัณฑ์ในอัตราส่วนของวัตถุดิบผสมสำหรับ การรองรับการใช้งานได้ พบว่า วัตถุดิบจากขยะ ประกอบด้วย ผงเถ้าเปลือกหอย, ผงขุยมะพร้าว และผงดินเป็น วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการทำปูนซีเมนต์ธรรมชาติ ตามสัดส่วนผสม ส่วนขยะในตำบลคลองโคน ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักได้แก่ เปลือกหอยแครง เป็นขยะเหลือบริโภคที่เกิดจากการตายตามธรรมชาติ ในหมู่บ้านที่ 5 และ 7 มีปริมาณขยะเปลือกหอยรวมเฉลี่ยทั้ง 2 หมู่บ้านในรอบการเก็บหอย 12 เดือนของพื้นที่ใน การเลี้ยงหอย ทั้งขนาดบ่อ , ฟาร์ม และวัง พบว่า จำนวนขยะเปลือกหอยเฉลี่ยประมาณ 300,000,000 ตัว(สามร้อยล้านตัว) คิดน้ำหนักเฉลี่ยขยะสุทธิ

เท่ากับ 10,000 ตัน(หนึ่งหมื่นตัน) ของทุกปีที่เกิดขึ้นในตำบลคลองโคน ส่วนวัสดุเหลือใช้ได้แก่ ดินเป็นวัตถุดิบสำคัญในการขึ้นก้อนวัตถุเพราะดินมีแรงเชื่อมแน่นและมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 0.074 มิลลิเมตร จึงมีความสามารถในการรับกำลัง และขุยมะพร้าวเป็นขยะที่เหลือจากการใช้งานในรูปใยมะพร้าว ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุทางธรรมชาติ การนำดินเหนียวรวมกับขุยมะพร้าว ทำให้สามารถขึ้นรูปได้ และสามารถรับกำลังรับแรงอัด เนื่องจากเนื้อดินค่อนข้างละเอียด มีความพรุนน้อย และมีน้ำหนักมาก การผสมกับขุยมะพร้าวที่มีน้ำหนักเบา มีความพรุนสูง อุ่มน้ำได้ดี ทำให้เกิดการถ่ายเทน้ำ และอากาศได้ดีส่งผลต่อความหนาแน่นรวมต่ำ จึงมีน้ำหนักมวลรวมเบา เมื่อแห้งสนิท

ผลการศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบสำหรับรองรับการใช้งานได้ การทำปูนธรรมชาติมีวัตถุดิบ คือ ฝักเปลือกหอย ต่อ ผงดินต่อผงขุยมะพร้าว ต่อผงปูนเทา ใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบผสม ฝักเปลือกหอย 2 เท่าของอัตราส่วน เป็นสัดส่วนผลิตภัณฑ์เหมาะสม และมีระยะเวลาการแข็งตัว, มวลเฉลี่ย, ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัด, ความทนทานตามกำหนด ใกล้เคียงกับ ผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์มาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ฐานกับผลิตภัณฑ์จากปูนธรรมชาติ มีระยะเวลาการแข็งตัวที่ช้ากว่า 1/2 เท่าของระยะเวลาแข็งตัวที่เร็วที่สุด แต่มีค่ามวลเฉลี่ยน้อยกว่าผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์มาตรฐานถึง 1 กิโลกรัม และมีค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัดมากถึง 8,900 กิโลกรัมจากสัดส่วนผงปูนเทาเพียง 1 สัดส่วนเท่านั้นซึ่งใกล้เคียงกับสัดส่วนผงปูนเทา 2 สัดส่วน มีค่าต้านทานแรงอัด 9,500 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าต้านทานแรงอัดต่างกัน 600 กิโลกรัมและใช้ ผงปูนเทามากกว่า 1 เท่า เมื่อพิจารณาส่วนต้นทุนการผลิตจากน้ำหนักปูนซีเมนต์ 50 กิโลกรัม ผลิตแผ่นขนาด 20 x 20 x 2.5 เซนติเมตรตามสัดส่วน ฝักเปลือกหอย ต่อผงดินต่อผงขุยมะพร้าว ต่อผงปูนเทา ใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบผสมฝักเปลือกหอย 2 ส่วนโดยมีต้นทุนการผลิต 180 บาท พบว่าสามารถผลิตจากปูนธรรมชาติ มีจำนวนของผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 16 แผ่น มากกว่า ผลิตจากปูนซีเมนต์มาตรฐานถึง 9 แผ่น ภายใต้ต้นทุนคงที่ และคืนผลประโยชน์ที่ต่างกันถึง 1 เท่า รวมทั้งมีมวลรวมที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์มาตรฐาน จึงง่าย และสะดวกในการขนส่งจำหน่ายจำนวนมาก หรือใช้งานเองในครัวเรือน อีกทั้งมีความคงทนตามการใช้งานสนองต่อความต้องการของมนุษย์

จากผลการศึกษาดำเนินการสู่ชุมชนในการเผยแพร่ความรู้กระบวนการแปรรูปขยะภายในชุมชน และผลการประเมินความรู้การแปรรูปขยะชุมชนนั้น มีการวางแผนงานร่วมกับกลุ่มประชากรผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมกำจัดขยะภายในชุมชน ทั้งเทคนิคและวิธีกำจัดขยะเปลือกหอยภายในครัวเรือนและชุมชน จึงช่วยลดปริมาณขยะในชุมชน และ เพิ่มมูลค่าให้แก่ครัวเรือน การศึกษากลุ่มเป้าหมายที่ไม่มีกลุ่ม โดยนำเสนอโครงการฯ ขั้นตอนจากการแปรรูปขยะเปลือกหอย เพื่อลดปริมาณขยะภายใน

ครัวเรือน ตามโครงการฯ และเสนอวิธีการและรูปแบบผลงานที่สามารถทำได้ด้วยตนเอง ทั้งภายในครัวเรือน และชุมชนหรือเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งเพิ่มมูลค่าให้แก่ครัวเรือน และชุมชน อีกทั้งเสนอแนวทางเลือกในการเตรียมตัวลงทุน และความพร้อมในปัจจุบันเบื้องต้น, กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย, ลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์ และจุดแข็ง จุดอ่อนของผลิตภัณฑ์ มีผลการศึกษามาจากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ในกลุ่มประชากรที่มีความสนใจเข้าร่วมกระบวนการความรู้การแปรรูปขยะภายในชุมชน ร้อยละ 98 พบว่า การแปรรูปที่ได้อบรมตามโครงการฯครั้งนี้

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในขั้นตอนการมีส่วนร่วมในการกำจัดขยะเปลือกหอยภายในชุมชน ได้นำมาบูรณาการร่วมกับข้อมูลของพื้นที่ศึกษา เพื่อเสนอแนะการดำเนินการ และเสนอผลที่ได้จากการศึกษาสู่กระบวนการและรูปแบบการมีส่วนร่วมโดย “องค์กรชุมชนตำบลคลองโคน”ต่อไป

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป การเพิ่มมูลค่าในปูนซีเมนต์ธรรมชาติ สู่ผลิตภัณฑ์ที่ระลึกจากการท่องเที่ยว ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานวิจัยแห่งชาติ ผู้สนับสนุนทุน และรองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจจากุลผู้ทรงคุณวุฒิ และที่ปรึกษา รวมถึงผู้นำชุมชน และชาวบ้านตำบลคลองโคนทุกคนที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการวิจัยครั้งนี้.

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] สิทธิพร บัญญัติ , “ชีววัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์ ผลิตจากเปลือกหอยแครง”, ใน: รายงานการวิจัย, สำนักงานวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, 2553.
- [2], [14] เมธาวิ เจริญจิตร ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ ลพ ภาณุตานนท์ อรุณศิริ กำลัง และ จันทร์จรรย์ วีรสาร, “การศึกษาขนาดของอนุภาค สมบัติทางเคมีและกายภาพของขุยมะพร้าว”, ใน: กำหนดการประชุมและบทคัดย่อ,การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่6, 7-10 พฤศจิกายน 2549, ณ โรงแรมโลตัสสภาคณาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 2549
- [3] วุฒินัย กกกล้าแหง, บทความทางวิศวกรรม “ดินเหนียว” จดหมายข่าวเทคโนโลยีบล็อกประสาน วว.,ปีที่ 2 ฉบับที่ 4 ประจำวันที่ 5 ธันวาคม ถึง 4 เมษายน 2553, หน้า 6.

- [4],[5]ปริญญา จินดาประเสริฐ และประชัย จาตุรพิทักษ์กุล, “ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต” จัดพิมพ์โดยสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย(สคท.), พิมพ์ครั้งที่5, กรุงเทพฯ, 2533.
- [6], [12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์, “ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต” จัดพิมพ์โดยสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย(สคท.), พิมพ์ครั้งที่5, กรุงเทพฯ, 2533
- [7] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก. 15-2519: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, เล่ม 4 วิธีทดสอบความละเอียดของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกโดยใช้แรงขนาด 45ไมโครเมตร, พิมพ์เพิ่มเติมครั้งที่ 2, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2534
- [8] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก. 15-2521: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, เล่ม 2 การทดสอบความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก, พิมพ์เพิ่มเติมครั้งที่ 1, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2537
- [9] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก. 15-2514: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, เล่ม 8 ข้อกำหนดวิธีทดสอบจำนวนน้ำที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความชื้นเหลือปกติของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก, , กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2514
- [10] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก. 15-2518: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, เล่ม 9 การหาระยะเวลาก่อตัวของปูนซีเมนต์ ไฮดรอลิกโดยใช้เข็มแบบไวแคต, , กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2518
- [11] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก. 15-2532: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก, พิมพ์เพิ่มเติมครั้งที่ 2, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2540
- [13] กรมส่งเสริมการเกษตร, “คู่มือการใช้งานระบบบริการตรวจสอบข้อมูลชุดดิน”, เอกสารเผยแพร่, ศูนย์สารสนเทศ, กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, 2545