

ซีเมนต์กระดาษสำหรับงานหล่อกระถางต้นไม้ Paper Cement for Plant Pot Casting

เลิศชาย สถิตย์พนาวงศ์^{1*} กิตติ มณีพราว² และภูษิต ตรีสง่า²

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

² นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

*E-mail : ta95559@yahoo.com

บทคัดย่อ

ซีเมนต์กระดาษสำหรับงานหล่อกระถางต้นไม้ประกอบด้วยซีเมนต์ หวาย และเศษกระดาษเหลือทิ้ง จัดเป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีวัสดุเหลือทิ้งเป็นองค์ประกอบ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการหาสูตรของซีเมนต์กระดาษที่เหมาะสมสำหรับนำไปขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมในการสุ่มตัวอย่าง การทดลอง กำหนดช่วงปริมาณของส่วนประกอบต่างๆ ของซีเมนต์กระดาษ โดยกำหนดช่วงซีเมนต์ที่ 20-80%, หวาย 10-70% และ เศษกระดาษเหลือทิ้ง 10-70% และได้เลือกสูตรซีเมนต์กระดาษจำนวน 10 สูตร แบ่งการทดลองเป็นสองชุดการทดลองโดยแบ่งตามระยะเวลาการบ่มในอากาศ ที่ 7 วัน และ 28 วัน ผลการทดลองของสองชุดการทดลอง พบว่าการทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 13.36-45.91 และร้อยละ 16.42-109.86 คุณสมบัติการทนต่อแรงบีบอัดมีค่า 12.27-94.99 และ 3.14-95.45 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยคะแนนของการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพมีค่าเท่ากันที่ 3.75-4.50 คะแนน ดังนั้นในการทดลองนี้พบว่าซีเมนต์กระดาษจำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1, 2 และ 3 เป็นสูตรที่สามารถนำมาหล่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้ได้

คำสำคัญ : ซีเมนต์กระดาษ เศษกระดาษเหลือทิ้ง งานหล่อกระถางต้นไม้

Abstract

Paper cement in plant pot casting, an integral component of cement sand and wastepaper, has been considered as an environmentally friendly material due to the presence of the waste content. In this study, the appropriate paper cement formula for plant pot construction was randomly designed throughout the triangular table methodology. In brief, the amount of the paper cement composition was specified according to the limiting interval of 20 - 80% cement, 10 - 70% sand and another 10 - 70% of wastepaper. The derived ten cement paper formulas were then subsequently subjected two treatments with different conditions, 7 and 28 days air-exposure incubation. The results revealed that the value of water adsorption was 13.36-45.91% and 16.42-109.86%, the scores of compression tests were at 12.27-94.99 and 3.14-95.45 kg/cm², respectively, whereas the physical property average score was at 3.75-4.50 points. Therefore, the three paper cement formulas : no. 1, 2 and 3 were proved to yield suitable materials for paper cement plant pot construction.

Keywords : Paper Cement; Paper Waste; Plant Pot Casting

1. บทนำ

การปลูกพันธุ์ไม้ในปัจจุบันมีวิธีการปลูกที่นิยมกันหลากหลายรูปแบบมาก ภาชนะหรือกระถางที่ผลิตขึ้นมาใช้ส่วนใหญ่จะมีวัตถุประสงค์ [1] ในการใช้ที่แตกต่างกันไปดังนี้

1. เพื่อใช้เลี้ยงต้นไม้อ่อน ต้นกล้าหรือต้นไม้ที่ยังไม่แข็งแรงพอ เป็นการปลูกลงในกระถางเพียงชั่วระยะหนึ่งที่จะรอการเจริญเติบโตจนแข็งแรงดีแล้วจึงนำลงปลูกในพื้นที่ดินต่อไป

2. เพื่อใช้เลี้ยงพันธุ์ไม้เฉพาะบางชนิด ที่เรียกว่ากระถางไม้ดิน กับกระถางกล้วยไม้ กระถางไม้ดินจะทึบมีรูระบายน้ำจำกัด ส่วนกระถางกล้วยไม้นั้นมีตั้งแต่โปร่งมีรูระบายน้ำมากจนถึงทึบ

3. เพื่อใช้ประดับตกแต่งความสวยงามโดยใช้ไม้กระถาง ควรมีลักษณะคือมีรูปทรงสี่เหลี่ยม ลวดลายสวยงาม ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่สถานที่ โดยเฉพาะรอยแตกร้าวของกระถางซึ่งจะทำให้หน้าหรือดินปลูกในกระถางรั่วไหลหรือซีมออกมาจนกระถางเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม

ปัจจัยที่สำคัญที่คำนึงถึงของกระถางต้นไม้อีกหนึ่งข้อหนึ่งคือความสะดวกในการเคลื่อนย้ายกระถาง การขนส่งจัดว่าเป็นต้นทุนการผลิตอย่างหนึ่งที่สำคัญไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ค่าขนส่งที่มีราคาสูงเป็นปัญหาอย่างมากในการจัดส่งสินค้าทำให้ราคาสินค้าเพิ่มขึ้น ค่าขนส่งมีการคิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าหลายรูปแบบ เช่น ตามน้ำหนักของสินค้า คิดเป็นชิ้นเหมาะจ่าย หรือคิดตามระยะทางในการจัดส่ง ผู้ประกอบการจึงมีวิธีการลดต้นทุนของสินค้าหลายวิธีการเช่น การหาวัตถุดิบที่มีราคาต่ำเข้ามาทดแทน ใช้เครื่องจักรที่ทันสมัยแทนแรงงานคน การลดค่าขนส่ง ลดการทำการตลาด ฯลฯ ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมาก เมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าของสินค้าที่มีค่าใช้จ่ายเรื่องการขนส่งสูงทำให้ต้นทุนสูงตามไปด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทซีเมนต์ จึงมีปัญหาอุปสรรคในเรื่องน้ำหนักของตัวผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดปัญหาเรื่องการขนส่งและการเคลื่อนย้ายเป็นอย่างมาก

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในท้องตลาดมีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตาม มอก.15 เล่มที่ 1-2547 [2] มาตรฐานของอเมริกา (ASTM. C150-07)

[3] มาตรฐานของอังกฤษ (BS.12-1958) BS 12-1958 Specification for Portland Cement มาตรฐานของเยอรมัน (DIN) มาตรฐานของญี่ปุ่น (JIS) สามารถแบ่งประเภทของปูนซีเมนต์ชนิดปอร์ตแลนด์ตามมาตรฐานที่กำหนดประเภทของปูนซีเมนต์ไว้ได้ 5 ประเภทดังนี้

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดาเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดธรรมดาส่วนมากนิยมนำมาใช้งานคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมธรรมดา ที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษ ใช้ได้ดีสำหรับโครงสร้างอาคารโดยทั่วไป

2. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตได้ปานกลาง เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดดัดแปลง ใช้ในการทำคอนกรีตหรืออุตสาหกรรมที่เกิดความร้อน สามารถต้านทานซัลเฟตได้ระดับปานกลาง

3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดให้กำลังสูงในเวลาอันสั้น เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดก่อตัวและแข็งตัวเร็ว เนื้อผงปูนจะมีความละเอียดมากกว่าประเภทหนึ่ง เหมาะสำหรับใช้เทคอนกรีตที่ต้องการรับกำลังได้รวดเร็ว หรือต้องการถอดแบบหล่อได้รวดเร็ว

4. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดความร้อนต่ำขณะก่อตัว เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเกิดความร้อนต่ำสุด ใช้ในงานคอนกรีตหลายชนิด

5. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดต้านทานต่อปฏิกิริยาของพวกเกลือซัลเฟต มีคุณสมบัติในการต้านทานซัลเฟตสูง ใช้สำหรับงานคอนกรีตโครงสร้างในสภาพพื้นที่ที่มีอันตรายจากซัลเฟตที่รุนแรง

การใช้และการนำกลับมาใช้ใหม่ของกระดาด [4] ในประเทศ ในปี พ.ศ. 2544 มีเพียงร้อยละ 20.44 ซึ่งถือว่าน้อยมาก กระบวนการผลิตกระดาด 1 ตัน จะต้องใช้ต้นไม้ 17 ตัน กระแสไฟฟ้า 1,000 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง น้ำมันเตา 300 ลิตร น้ำสะอาด 100 ตัน และคลอรีน 5 กิโลกรัม องค์ประกอบของกระดาด [5] แบ่งออกเป็น 2 จำพวก คือ

1. องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย กระดาดสามารถยึดตัวเป็นแผ่นได้เกิดจากเส้นใยเป็นจำนวนมากสานกันอย่างไม่เป็นระเบียบ เส้นใยดังกล่าวโดยทั่วไปจะใช้เส้นใยจากธรรมชาติจากพืช อาจมีการใช้เส้นใยจากสัตว์หรือจากแร่ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้เส้นใยสังเคราะห์

เช่นพอลิเอไมด์ (Polyamide) มาช่วยทดแทนการใช้เส้นใยจากธรรมชาติ และเพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรได้คุ้มค่าประกอบกับการลดต้นทุนของกระดาษ ได้มีการนำกระดาษใช้แล้วมาใช้ในการผลิตกระดาษอีกครั้งหนึ่งเยื่อที่ได้จากกระดาษที่ใช้แล้วจะมีความขาวและความแข็งแรงต่ำลงเนื่องจากต้องผ่านขบวนการจัดสิ่งที่เป็นป้อนมาด้วย

เส้นใยจากพืชที่เป็นตัวหลักของกระดาษ ทำมาจากไม้เนื้ออ่อน เช่น ต้นสน ต้นยูคาลิปตัส มีเส้นใยยาวสามารถช่วยให้กระดาษมีความแข็งแรงและเหนียว และมีการนำไม้เนื้อแข็งจำพวก ต้นโอ๊ก ต้น เมเปิลมาใช้ทำเส้นใยซึ่งจะได้เส้นใยที่สั้นกว่าแต่ช่วยทำให้ผิวกระดาษเรียบและทึบแสงมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำพืชล้มลุก เช่น ต้นกก ปอกระเจา อ้อย ฝ้าย มาใช้ทำเยื่อกระดาษด้วย เส้นใยจะประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสมาเรียงต่อกันกับเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างโมเลกุลของกลูโคสและน้ำตาลอื่น ๆ เช่น แมนโนส (Mannose) ฟูโคส (Fucose) ไกโคส (Xylose) มาต่อกัน เส้นใยยังมีส่วนที่เป็นลิกนิน (Lignin) ทำหน้าที่เชื่อมเส้นใยให้อยู่ด้วยกันในขบวนการผลิตกระดาษ ลิกนินจะถูกขจัดออกจากเยื่อกระดาษ หากมีลิกนินหลงเหลืออยู่ในกระดาษจะทำให้กระดาษเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อได้รับแสง

2. องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใย องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใยจะเป็นสารเติมแต่งหรือแอดดิทีฟ (Additives) ที่เติมเข้าไประหว่างการผลิตกระดาษเพื่อช่วยให้กระดาษที่ได้ออกมามีคุณสมบัติเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น สารเติมแต่งมีมากมายแล้วแต่กรรมวิธีการผลิตของแต่ละโรงงาน แต่ที่ใช้กันมากมีดังนี้

- 2.1 ฟิวเลอร์ (Filler)
- 2.2 สารยึดติด (Adhesive)
- 2.3 สารกันซึม (Sizing Agent)
- 2.4 สารเพิ่มความแข็งแรงของผิว (Surface Sizing)

เศษกระดาษที่ใช้แล้วปัจจุบันมีการนำมารีไซเคิลเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย ทั้งนำมาใช้ซ้ำเป็นกระดาษใหม่ แปรสภาพเป็นชิ้นงานต่าง ๆ ทั้งใน

รูปแบบงานประดิษฐ์ งานตกแต่ง เส้นใยกระดาษมีคุณสมบัติในด้านความเหนียว มีน้ำหนักเบา สามารถนำมาใช้ในส่วนผสมของคอนกรีต หากเป็นวัสดุผสมรวมจะช่วยลดต้นทุน ลดน้ำหนักของชิ้นงานได้

ทราย [6] สามารถแบ่งออกตามการกำเนิดได้ 2 ประเภทคือ

1.แหล่งทรายบก คือแหล่งทรายที่มีต้นกำเนิดบนแผ่นดิน ส่วนมากจะถูกพัดพามาสะสมตัวอยู่ตามลำน้ำ ลำคลอง ลำห้วยต่างๆ โดยทางน้ำบนบกในรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.1 ทรายแม่น้ำ (Stream Channel Deposits หรือ Fluvial Sand) ทรายที่ถูกพัดพามาสะสมตัวตามลำน้ำ ลำคลอง ลำห้วยต่างๆ โดยรวมในลำน้ำทั้งในอดีตและปัจจุบัน ทรายที่สะสมตัวในลักษณะนี้หากอยู่ในที่ราบจะแผ่เป็นบริเวณกว้างเนื่องจากการเคลื่อนตัวของทางน้ำ จากลำน้ำกว้างใหญ่และตรงกลายมาเป็นลำน้ำคดโค้งและแคบ มีการสะสมตัวของตะกอนทรายและกรวด ทรายที่สะสมตัวโดยทางน้ำมักเกิดขึ้นบริเวณริมตลิ่งและตะพักลำน้ำ ส่วนโค้งของลำน้ำที่งอกยื่นออกไป สันดอนกลางน้ำ และบริเวณที่ราบน้ำท่วม ขนาดของทรายที่เกิดจากน้ำท่วมมักมีขนาดเล็ก ส่วนทรายที่สะสมตัวในลำน้ำมักมีขนาดใหญ่กว่าและมีกรวดปนอยู่ด้วยเนื่องจากถูกละทิ้งไว้เป็นตะกอนท้องน้ำ แม่น้ำที่มีการไหลของน้ำอย่างสม่ำเสมอจะมีตะกอนทรายพอกพูนตลอดเวลา ส่วนทรายที่เกิดจากทางน้ำเก่าจะพบชั้นทรายแข็ง ดินเหนียว และซากไม้ปิดทับบริเวณตอนบน ทรายแม่น้ำเป็นทรายที่มีคุณภาพดี เนื่องจากในขณะที่ถูกพัดพาจะมีการขัดถูกันเองระหว่างเม็ดทราย ทำให้ส่วนที่เปราะบางหลุดสลายไป เหลือเพียงเม็ดทรายที่มีความแข็งแรงและคงทน ทรายแม่น้ำมักจะมีรูปร่างกลมถึงค่อนข้างกลม เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต

1.2 ทรายตะกอนน้ำพารูปพัด (Alluvial Fan) เป็นทรายและกรวดที่ถูกพัดพามาโดยลำน้ำ ตามความลาดชันของภูเขาที่ไหลลงสู่ที่ราบหรือหุบเขาซึ่งมีพื้นที่กว้างและมีระดับต่ำกว่า การเปลี่ยนแปลงระดับของพื้นที่ทำให้ความเร็วของน้ำลดลง เกิดจากการสะสมตัวของกรวดทรายบริเวณปากลำน้ำหรือต้นน้ำแผ่กว้างมีรูปร่างคล้ายพัดที่กางออก จึงเรียกว่าตะกอนน้ำ

พารูปตัด ตะกอนทรายหยาบและกรวดจะสะสมตัวในบริเวณต้นน้ำ ส่วนตะกอนเม็ดเล็กจะถูกพัดพาไปได้ไกลกว่า จึงสะสมตัวอยู่ตามขอบนอกของแหล่งสะสมตัวที่เกิดขึ้นในอดีตและเกิดซ้ำกันหลายครั้งตามฤดูกาลที่เปลี่ยนไป จะทำให้เกิดชั้นทรายและกรวดทับถมกันหนาแน่น มีชั้นดินปกคลุมอยู่ตอนบน การนำทรายไปใช้ประโยชน์จึงต้องเปิดหน้าดินบนออก

1.3 ทรายที่เกิดสะสมตัวในทางน้ำเก่า มี 2 ลักษณะ คือ ทรายที่เกิดจากการสะสมตัวของทางน้ำเดิม ปัจจุบันไม่ได้ไหลผ่านเนื่องจากลำน้ำเปลี่ยนเส้นทางใหม่ เกิดเป็นภูมิประเทศชนิดทะเลสาบรูปแอก ต่อมาถูกปิดทับด้วยชั้นบนจนกลายเป็นที่ราบนอกทางน้ำในปัจจุบัน ส่วนในอีกลักษณะหนึ่งเรียกว่า รอยทางน้ำโค้งตัว ซึ่งมีลักษณะเป็นทะเลสาบรูปแอกหลายๆ อันต่อกัน

2. แหล่งทรายในทะเล เป็นทรายที่เกิดจากการสะสมตัวโดยกระบวนการของน้ำทะเล พบอยู่ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลและท้องทะเล ซึ่งทรายชายฝั่งจะพบในบริเวณหาดทราย สันดอนทราย เป็นต้น

ทรายเป็นวัสดุประกอบที่มีประโยชน์ในงานก่อสร้างหลายๆ ด้านได้แก่ งานคอนกรีต งานปูนก่อ งานปูนฉาบ เป็นต้น ทรายที่มีความเหมาะสมเพื่อการก่อสร้างต้องเป็นทรายที่สะอาด มีเม็ดทรายที่แข็งทนทานต่อการสึกกร่อนและผุพัง มีมลทินหรือสารประกอบอย่างอื่นอยู่น้อยมาก โดยทั่วไปทรายที่ใช้เพื่อการก่อสร้างจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น เช่น รูปร่างของเม็ดทราย ขนาดของเม็ดทราย ลักษณะของเนื้อทรายโดยรวม การเกาะกลุ่มและการเชื่อมประสานกันของเม็ดทราย สีของทรายและการปนเปื้อนของแร่อื่นๆ เป็นต้น

งานหล่อกระถางต้นไม้จากงานคอนกรีตยังมีปัญหาในเรื่องของน้ำหนักชิ้นงานที่ผลิตขึ้นมาใช้ การหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการหล่อชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจในการทำทดลองเพื่อหาส่วนผสมระหว่างซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา [7] เศษกระดาหเหลือทิ้ง และทรายเพื่อทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่าง และทดสอบการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ซีเมนต์กระดาหที่ใช้สำหรับขึ้นรูปกระถางต้นไม้เพื่อให้ได้

ส่วนผสมที่เหมาะสมในการพัฒนาใช้งานได้จริงในอนาคต

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบในการทดลองคือซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เศษกระดาหที่ทิ้ง และทราย โดยการเตรียมกระดาหจากการนำเศษกระดาหเหลือทิ้งมาแช่น้ำป่นเป็นเยื่อกระดาหเพื่อใช้เป็นส่วนผสม จากนั้นหาส่วนผสมของกลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มด้วยตารางสามเหลี่ยมได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 สูตรและขึ้นรูปแท่งทดสอบ ตัวอย่างเปรียบเทียบกับส่วนผสมที่กำหนดไว้ในฉลากของซีเมนต์ที่ขายในท้องตลาด ชิ้นงานทดสอบใช้มาตรฐานของ มอก. 15 ในการกำหนดอายุการบ่มแท่งทดสอบ บ่มด้วยอากาศเป็นระยะเวลา 7 วัน และ 28 วัน แล้วจึงนำมาทดสอบคุณสมบัติของแท่งทดสอบและศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์กระดาหโดยการทดสอบคุณสมบัติดังนี้

1. คุณสมบัติการดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่าง โดยการนำชิ้นตัวอย่างมาอบให้แห้งก่อน ชั่งน้ำหนักก่อนแช่น้ำ และนำชิ้นงานทดสอบแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาหาค่าดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน

2. ค่าความแข็งแรงของชิ้นงานตัวอย่างทดสอบทดสอบด้วยวิธีการใช้เครื่องทดสอบแรงบีบอัดรุ่น MODEL U-3D

3. ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานตัวอย่างใช้การกำหนดเกณฑ์คะแนนจากลักษณะทางกายภาพและให้คะแนนจากการสังเกตลักษณะทางกายภาพเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานตัวอย่าง

4. น้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่าง หาได้โดยการชั่งด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าแบบดิจิทัล

เมื่อทดสอบคุณสมบัติของแท่งทดสอบและศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์กระดาหจากกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดแล้ว นำข้อมูลมาศึกษาเปรียบเทียบกับชิ้นงานทดลองตัวอย่างจากสูตรมาตรฐานของการผสมซีเมนต์สูตรที่ A1 เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบคุณสมบัติของแท่งทดสอบที่เหมาะสม

การสุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาวัตถุดิบในการทดลองจำนวน 3 ชนิด โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาส่วนผสมที่นำมาใช้ในการศึกษาโดยใช้ตารางสามเหลี่ยมในการกำหนดส่วนผสมเพื่อนำมาขึ้นรูป

ชิ้นงานทดสอบดัง Figure 1 วิธีการกำหนดปริมาณ ส่วนผสม ได้จากการอ่านตามลูกศรของแต่ละวัตถุดิบ ชนิดนั้น เช่น ส่วนผสมที่ 1 มีส่วนผสมของซีเมนต์ ร้อยละ 80 หยาบร้อยละ 10 เศษกระดาชเหลือทิ้ง ร้อยละ 10

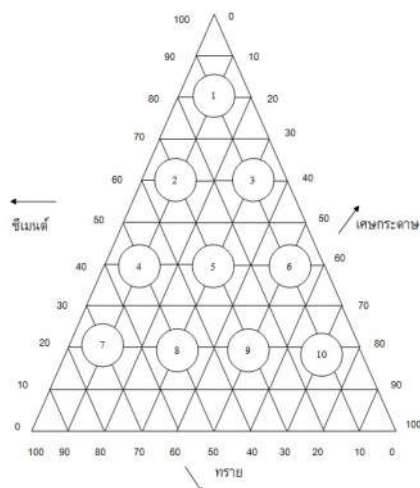


Figure 1 ตารางสามเหลี่ยมสำหรับการ สุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองได้จากการ สุ่มจากตารางสามเหลี่ยม โดยเลือกกลุ่มตัวอย่าง 10 จุด ได้ส่วนผสมแต่ละจุดดัง Table 1 (อัตราส่วนผสมได้จาก ร้อยละโดยน้ำหนักของวัตถุดิบทั้งหมด) สำหรับนำมา ขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบจำนวน 2 ชุด สำหรับใช้ในการ การศึกษาและทดสอบ ในการผสมวัสดุดิบใช้น้ำผสม ร้อยละ 15 ของน้ำหนักวัตถุดิบรวมทุกส่วนผสม

Table 1 ส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษา

สูตรที่	ซีเมนต์ (ร้อยละ)	หยาบ (ร้อยละ)	กระดาช (ร้อยละ)
1	80	10	10
2	60	30	10
3	60	10	30
4	40	50	10
5	40	30	30
6	40	10	50
7	20	70	10
8	20	40	40
9	20	10	70
10	20	70	10
A1	30	70	-

กลุ่มตัวอย่างใช้การขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง 2 ชุด ชุดละ 10 ส่วนผสมๆ ละ 5 ชิ้น ด้วยแม่พิมพ์โลหะ ดัง Figure 2 แล้ว นำชิ้นงานตัวอย่างชุดที่ 1 ไปบ่ม ด้วยอากาศในระยะเวลา 7 วัน ชิ้นงานตัวอย่างชุดที่ 2 ไปบ่มด้วยอากาศในระยะเวลา 28 วัน แล้วจึงนำ ชิ้นงานแต่ละชุดทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำโดย การอบไล่ความชื้นก่อนชั่งน้ำหนักที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ดัง Figure 3 และชั่งน้ำหนักหลังการ ดูดซึมน้ำ คำนวณหาค่าดูดซึมน้ำตามสมการที่ 1 ทดสอบคุณสมบัติการทนต่อแรงบีบอัดดัง Figure 4 และ ศึกษาลักษณะทางกายภาพโดยการให้คะแนน ชิ้นงานทดสอบดัง Figure 5

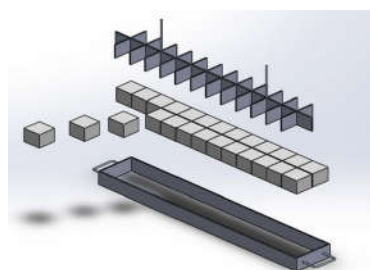


Figure 2 แม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ

คุณสมบัติการดูดซึมน้ำ สามารถทำได้โดยการนำ ชิ้นตัวอย่างมาอบให้แห้งและชั่งน้ำหนักน้ำหนักชิ้นงาน แล้วนำชิ้นงานไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง คำนวณการ ดูดซึมน้ำได้จากสมการที่ 1

$$A = \frac{W - D}{D} \times 100 \dots\dots\dots 1$$

เมื่อ A = ร้อยละของการดูดซึมน้ำ
 W = ค่าน้ำหนักในการดูดซึมน้ำ
 D = ค่าน้ำหนักในการอบชิ้นงานตัวอย่าง

ในการอบชิ้นงานใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบไฟฟ้า ดัง Figure 3



Figure 3 การอบชิ้นงานตัวอย่างทดสอบด้วยตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

คุณสมบัติการต้านทานแรงบีบอัด (Compressive Strength) นำชิ้นทดสอบไปทดสอบหา กำลังสูงสุด ในการรับแรงอัดจำนวน 5 ชิ้น แล้วหาค่าเฉลี่ยค่าการต้านทานแรงอัดจากสมการที่ 2 [4,8,9]

$$f' C = P / A \dots\dots\dots 2$$

เมื่อ $f' C$ = กำลังอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ หน่วยกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Kg/cm^2)

P = แรงกดที่ชิ้นตัวอย่างทดสอบได้ หน่วยกิโลกรัม (Kg)

A = พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงกดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ หน่วยตารางเซนติเมตร (cm^2)

ในการศึกษาใช้เครื่องทดสอบแรงบีบอัด ดัง

Figure 4



Figure 4 การทดสอบการทนต่อแรงบีบอัดด้วยเครื่องทดสอบแรงบีบอัด

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของชิ้นตัวอย่างทดสอบได้ศึกษาจากช่องว่างในชิ้นตัวอย่างทดสอบ โดยกำหนดเกณฑ์เพื่อให้คะแนนดัง Figure 5

ชิ้นงานทดสอบ	เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
	ฟองอากาศมากกว่า ร้อยละ 80	1 คะแนน
	ฟองอากาศอยู่ระหว่าง ร้อยละ 50 – 80	2 คะแนน
	ฟองอากาศอยู่ระหว่าง ร้อยละ 30 – 50	3 คะแนน
	ฟองอากาศมากกว่า ร้อยละ 10 – 30	4 คะแนน
	ฟองอากาศน้อยกว่า ร้อยละ 10	5 คะแนน

Figure 5 เกณฑ์การให้คะแนนลักษณะทางกายภาพของชิ้นทดสอบ

3. ผลการวิจัย

หลังจากขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบเสร็จแล้ว แบ่งชิ้นงานทดสอบเป็น 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ไปบ่มด้วยอากาศ ในระยะ 7 วัน กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 2 บ่มด้วยอากาศใน ระยะ 28 วัน ตามมาตรฐาน มอก.15 [2] หลังจากครบ ระยะเวลากการบ่มของแต่ละชุด นำชิ้นงานตัวอย่างมา ทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ ใช้การนำชิ้นงาน ทดสอบมาชั่งน้ำหนักก่อนอบชิ้นงาน และนำชิ้นงาน ทดสอบอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ตาม มาตรฐาน มอก.15 ทดสอบคุณสมบัติการทนต่อแรงบีบ อัด และประเมินลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน จากการหล่อโดยการให้คะแนนมีผลการทดสอบดัง Table 2 และ Table 3 ตามลำดับ

Table 2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแท่งทดลองตัวอย่างชุดที่ 1

ผลการทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง โดยการบ่มด้วยอากาศ 7 วัน					
สูตร	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) น้ำหนักก่อนอบ ชิ้นงาน (g)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) น้ำหนักหลังอบ ชิ้นงาน (g)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) การทดสอบ แรงบีบอัด (kg/cm ²)	ค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) การทดสอบทางกายภาพ (คะแนน)
1	184.75	182.25	15.66	94.99	4.00
2	189.00	185.00	15.14	93.37	4.50
3	144.25	139.00	26.80	56.54	3.75
4	196.50	161.50	13.36	74.04	3.75
5	149.00	144.00	27.78	30.71	3.50
6	113.00	104.00	45.91	วัดค่าไม่ได้	3.50
7	176.00	171.00	23.10	18.74	4.50
8	155.25	148.25	26.31	วัดค่าไม่ได้	3.50
9	127.50	120.50	25.73	วัดค่าไม่ได้	3.50
10	105.25	99.25	35.01	12.27	5.00
A1	239.00	235.00	8.94	63.73	4.50

หมายเหตุ สูตร A1 เป็นส่วนผสมที่ได้ขออนุญาตจากฉลากผลิตภัณฑ์ ไม่มีส่วนผสมของกระดาษ ใช้เปรียบเทียบกับสูตรที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตารางสามเหลี่ยม

Table 3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแท่งทดลองตัวอย่างชุดที่ 2

ผลการทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง โดยการบ่มด้วยอากาศ 28 วัน					
สูตร	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) น้ำหนักก่อนอบ ชิ้นงาน (g)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) น้ำหนักหลังอบ ชิ้นงาน (g)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) การทดสอบ แรงบีบอัด (kg/cm ²)	ค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) การทดสอบทางกายภาพ (คะแนน)
1	195.25	191.25	17.78	95.45	4.00
2	204.75	200.25	16.48	95.28	4.50
3	149.00	146.25	27.18	74.90	3.75
4	204.50	201.00	16.42	92.21	3.75
5	155.25	134.75	35.62	37.55	3.50
6	99.75	95.00	66.05	วัดค่าไม่ได้	3.50
7	196.25	190.50	22.05	23.70	4.50
8	114.25	108.75	57.24	3.41	3.50
9	68.75	65.75	109.86	วัดค่าไม่ได้	3.50
10	183.50	176.25	25.25	18.12	5.00
A1	225.25	220.00	15.79	81.38	4.50

หมายเหตุ สูตร A1 เป็นส่วนผสมที่ได้ขออนุญาตจากฉลากผลิตภัณฑ์ ไม่มีส่วนผสมของกระดาษ ใช้เปรียบเทียบกับสูตรที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตารางสามเหลี่ยม

Table 2 และ Table 3 สรุปได้ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 1 ชิ้นงานตัวอย่างมีน้ำหนักหลังอบมีค่าเฉลี่ยในช่วง 99.25 ถึง 196.50 กรัม และชิ้นงานตัวอย่างมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 13.36 ถึง 45.91 คุณสมบัติการทนต่อแรงบีบอัดค่าเฉลี่ย 12.27 ถึง 94.99 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ลักษณะทางกายภาพเมื่อให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วมีค่าเฉลี่ย 3.00 ถึง 5.00 คะแนน ตัวอย่าง A1 พบว่ามีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำได้ร้อยละ 8.94 คุณสมบัติทนแรงบีบอัดได้ค่าเฉลี่ย 63.73 กิโลกรัม คะแนนลักษณะทางกายภาพได้ค่าเฉลี่ย 4.50 คะแนน กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 2 มีผลการทดสอบการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 16.42 ถึง 109.86 คุณสมบัติการทนแรงบีบอัดมีค่าเฉลี่ย 3.14 ถึง 95.45 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ลักษณะทางกายภาพเมื่อให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วมีค่าเฉลี่ย 3.00 ถึง 5.00 คะแนน ชิ้นงานทดสอบตัวอย่าง A1 มีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำร้อยละ 15.79 ค่าคุณสมบัติทนต่อแรงบีบอัดเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 81.38 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร คะแนนลักษณะทางกายภาพได้ค่าเฉลี่ย 4.50 คะแนน ชิ้นงานตัวอย่างแต่ละส่วนผสมผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มแสดงดัง Figure 6 และผลเปรียบเทียบคุณสมบัติการทนต่อแรงบีบอัดจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม แสดงดัง Figure 7 การหล่อชิ้นงานกระถางต้นไม้แสดงดัง Figure 8

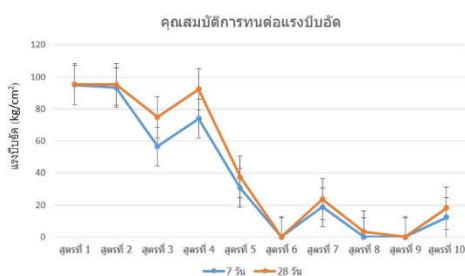


Figure 6 เปรียบเทียบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ จากการบ่มชิ้นงานทดสอบด้วยอากาศ ที่ระยะเวลา 7 วัน กับ 28 วัน



Figure 7 เปรียบเทียบการทนต่อแรงบีบอัด จากการบ่มชิ้นงานทดสอบด้วยอากาศ ที่ระยะเวลา 7 วัน กับ 28 วัน



Figure 8 การหล่อชิ้นงานกระถางต้นไม้

การศึกษาลักษณะการจับยึดอนุภาคซีเมนต์ในชิ้นงานหล่อกระถาง ได้นำชิ้นงานทดสอบของส่วนผสมที่สามารถหล่อขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้ คือสูตรที่ 1, 2 และสูตรที่ 3 มาศึกษาเปรียบเทียบกับสูตรที่ A1 โดยนำมาถ่ายภาพศึกษาด้วยเครื่องสแกนนิ่ง อิเล็กโตรน ไมโครสโคป (Scanning Electron Microscope) หรือ SEM[7] เพื่อศึกษาการจับตัวของซีเมนต์กับเส้นใยกระดาษ ผลการศึกษาพบว่าอนุภาคของซีเมนต์จับตัวกับเส้นใยกระดาษและในความพรุนตัวของเนื้อชิ้นงานในแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณกระดาษที่ใช้ในผสม ความพรุนเป็นผลดีต่อกระถางต้นไม้ เนื่องจากความพรุนในเนื้อส่วนผสมสามารถเก็บน้ำ อุ่นน้ำได้ดี แต่ในทางกลับกันส่วนผสมที่มีปริมาณกระดาษที่มากเกินไปจะทำให้การหล่อขึ้นรูปทำได้ยาก ตัวอย่าง A1 มีการจับตัวกันแน่น โดยต่างกันอย่างชัดเจนกับชิ้นตัวอย่างที่สูตรที่ 1 – 3, A1 ดัง Figure 9 Figure 10 Figure 11 และ Figure 12 ตามลำดับ

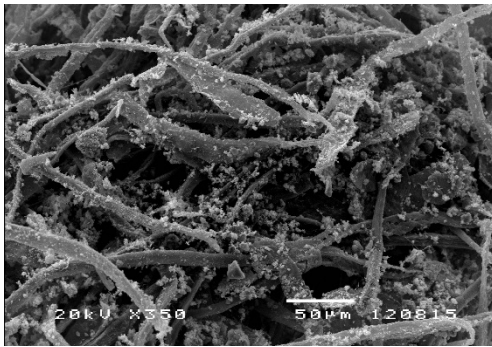


Figure 9 ส่วนผสมที่ 1 กำลังขยาย x 350

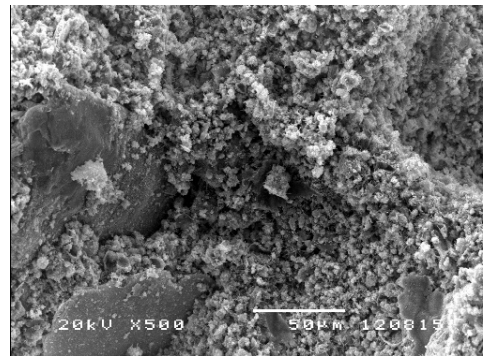


Figure 12 ส่วนผสมที่ A1 กำลังขยาย x 500

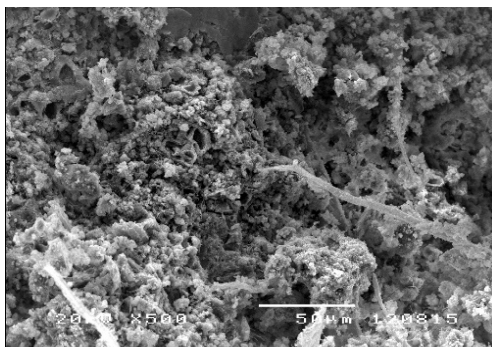


Figure 10 ส่วนผสมที่ 2 กำลังขยาย x 500

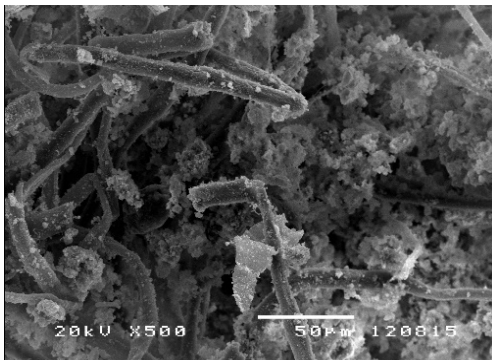


Figure 11 ส่วนผสมที่ 3 กำลังขยาย x 500

4.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 1 มีคุณสมบัติของชิ้นงานตัวอย่างในด้านต่างๆ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เช่น การทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำยังมีค่าน้อยอยู่เนื่องจากเนื้อของชิ้นงานทดสอบยังมีความชื้นสูงอยู่และมีความชื้นในเนื้อกระดาษในส่วนผสมที่มีปริมาณกระดาษผสมอย่างมากจะมีความชื้นที่สูงกว่าส่วนผสมที่มีปริมาณของกระดาษน้อย การทดสอบคุณสมบัติทดสอบแรงบีบอัดของชิ้นงานตัวอย่างยังมีค่าที่ต่ำอยู่เนื่องจากอายุการรับแรงของซีเมนต์ยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่และส่วนผสมที่มีเศษกระดาษมากจะมีการรับแรงบีบอัดที่ต่ำกว่าในส่วนผสมที่มีเศษกระดาษในปริมาณที่น้อย ค่าการรับแรงจะแปรผันตรงตามปริมาณกระดาษที่ผสมอยู่ในส่วนผสม

กลุ่มตัวอย่างชุดที่ 2 มีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่างสูงขึ้นเนื่องจากชิ้นตัวอย่างทดสอบมีระยะเวลาที่น้ำในเนื้อชิ้นทดสอบระเหยได้นานขึ้น แห้งมากกว่าชิ้นทดสอบที่บ่มด้วยอากาศที่ระยะเวลา 7 วัน คุณสมบัติทนต่อแรงบีบอัดของชิ้นงานตัวอย่างมีค่าที่สูงขึ้นและมีการรับแรงในแต่ละสูตรต่างกันขึ้นอยู่กับส่วนผสมในแต่ละสูตร สูตรที่มีกระดาษน้อยจะแข็งแรงกว่าสูตรที่มีส่วนผสมที่มีกระดาษในปริมาณที่มาก และส่วนผสมในแต่ละสูตรจะมีความสัมพันธ์กัน เช่น กระดาษที่มีปริมาณร้อยละ 40 ทราฟที่มีปริมาณมากกว่าร้อยละ 50 ทำให้ชิ้นงานตัวอย่างมีความแข็งแรงน้อย และส่วนผสมที่มีปริมาณกระดาษมากเกินไปจะคุดน้ำไว้

มากและเป็นอุปสรรคในการถอดแบบพิมพ์ ทำให้ถอดแบบแม่พิมพ์ได้ยาก และส่วนผสมที่มีโพรงช่องว่างในเนื้องานหลอมมากเกินไปเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการซึมผ่านของน้ำและการแทรกซึมของน้ำ [10] การเลือกส่วนผสมที่นำมาทดลองการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ใช้การเปรียบเทียบกับคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ กับสูตร A1 จากคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของชิ้นงาน ค่าความแข็งแรงของชิ้นงาน ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน ทั้งยังคำนึงถึงการขึ้นรูปด้วยการหล่อและการถอดแบบจากการทดลองใช้การขึ้นรูปกระถางต้นไม้ทรงสูงที่มีขนาดฐานกว้าง 20 เซนติเมตรปากกระถางกว้าง 30 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ซึ่งส่วนผสมที่ 1, 2 และ 3 สามารถขึ้นรูปได้ ในการศึกษาและพัฒนาส่วนผสมของซีเมนต์กระดาสำหรับงานหล่อกระถางต้นไม้ในครั้งนี้นี้อาจเป็นแนวทางในการพัฒนาและการผลิตดังนี้

1. ปริมาณกระดาที่ใช้ในส่วนผสมเป็นวัสดุมวลสามารถใช้ได้ในปริมาณร้อยละ 10-30 มีผลทำให้ชิ้นงานกระถางต้นไม้มีน้ำหนักที่ลดลงมากสามารถขนย้ายได้ง่ายขึ้น

2. ปริมาณทรายที่ใช้ในส่วนผสมควรใช้ในปริมาณร้อยละ 10-30 หากใช้ในปริมาณที่มากจะมีผลในด้านการทนต่อแรงบีบอัดที่ลดลง

3. ในส่วนผสมที่มีปริมาณกระดาเยอะจะมีผลต่อการอุ้มน้ำ ดูดซึมน้ำได้ดี สามารถช่วยในเรื่องความชื้นของวัสดุปลูกของต้นไม้ได้



Figure 13 กระถางต้นไม้ที่ได้จากการหล่อแบบ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ไทยเกษตรศาสตร์. 2559. **ประเภทของภาชนะปลูกพันธุ์ไม้กระถาง**. [สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2559.] <http://www.thaikasetsart.com>.
- [2] Thai Industrial standard. **PortlandCement Part1Specification TIS.15.V.12547**. URL;http://www2.rid.go.th/research/vijais/moa/fulltext/TIS15_1-2547.pdf [12November2015.]
- [3] ASTM International. “ASTM C150 – 07 : “Standard Specification for Portland Cement””. URL; http://www.maxxon.com/ASTM/ASTM_C150.pdf [13November2015.]
- [4] V. Sangrutsamee. 2012. “Decorative Products and Furniture from Newly Developed Recycled Paper Pulp”. **Journal of Architectural/Planning Research and Studies**. Vol. 9, no. 2, pp. 95-104.
- [5] สุพริ้มพรินทร์ .2560. **องค์ประกอบของกระดา**. [สืบค้นเมื่อ 26 พฤษภาคม 2560.] URL; <http://www.supremeprint.net/index.php>
- [6] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2560. **กำเนิดของแหล่งทราย** [สืบค้นเมื่อ 27 พฤษภาคม 2560.] URL; <http://www.onep.go.th/nrem/index.php/sand-management-analysis/sand-management-analysis-01>
- [7] B. Chatveera and W. Homsriprasert . 2011. “Behavior of Cement Paste Blended Pozzolanic Material in the Application of Microwave Energy”. **KMUTT Research and Development Journal**. vol.34, no.3, pp. 299-315.

- [8] W. Kroehong , T. Sinsiri , C Jaturapitakkul and P. Chindapasirt. 2011. “ A Study Microstructure of Blended Cement Paste Containing Palm Oil Fuel Ash”. **KMUTT Research and Development Journal**, vol.35, no. 2, pp. 187-200 .
- [9] B. Israngkura Na Aydhya , P. Chantawong and Y. Ungkoon. 2012. “Study of Mechanical Properties of Autoclaved Aerated Concrete Mixed with Water Hyacinth Fiber”. **Ladkrabang Engineering Journal**. Vol. 29, No. 1, pp.43 - 48 .
- [10] P.Halamickova , R.J. Detwiler , D.P.Bentz and E.J. Garboczi, 1995. “Water permeability and chloride ion diffusion in portland cement mortars: Relationship to sand content and critical pore diameter”. **Cement and Concrete Research**. Vol. 25, No. 4, pp. 790-802.