การประยุกต์ใช้เศษพลาสติกชนิด UPVC ในวัสดุมอร์ตาร์งานก่อฉาบ

UTILIZATION OF UNPLASTICIZED POLYVINYL CHLORIDE (UPVC) WASTE IN MASONRY MORTAR

อภิภูมิ ไชยพร[1] และ แสงสุรีย์ พังแดง[1,*]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนครพนม, จังหวัดนครพนม, ประเทศไทย
[*]Corresponding author address: saengsuree@npu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ทำการศึกษาการนำเศษพลาสติกชนิด Unplasticized Polyvinyl Chloride (UPVC) ที่เกิดจากกระบวนการตัดประตูหรือหน้าต่างที่ผลิตด้วย UPVC มาใช้งานในวัสดุมอร์ตาร์สำหรับงานก่อฉาบเพื่อลดเศษเหลือทิ้งสู่ธรรมชาติ เศษผง UPVC ถูกนำไปแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ0 5 10 15 และ 20 โดยน้ำหนัก เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเพื่อควบคุมค่าการไหลที่ร้อยละ 115±5 ผลการศึกษาพบว่ามอร์ตาร์ที่มีเศษ UPVC มีหน่วยน้ำหนักลดลงตามลำดับจาก 2150 กก/ม^3 ถึง 1820 กก/ม^3 มีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีปริมาณโพรงที่เพิ่มมากขึ้น และมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงจาก 468 กก/ซม^2 เป็น 410 341 254 และ 180 กก/ซม^2 พบว่าค่ากำลังอัดของมอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของเศษ UPVC สูงกว่าเกณฑ์ใช้งานที่กำหนดโดยมาตรฐานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เศษ UPVC ในอัตราส่วนร้อยละ 5 และ 10 สามารถลดการหดตัวแห้งของมอร์ตาร์ได้ จะเห็นได้ว่าสามารถใช้เศษผง UPVC ในวัสดุมอร์ตาร์สำหรับงานก่อและฉาบได้ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก โดยยังคงคุณสมบัติของวัสดุให้เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม การใช้เศษ UPVC ในวัสดุก่อสร้างถือเป็นการลดการเหลือทิ้งเศษวัสดุพลาสติกสู่ธรรมชาติและเพิ่มคุณค่าของวัสดุเหลือทิ้งและวัสดุมอร์ตาร์ให้มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: *มอร์ตาร์, เศษพลาสติก, ยูพีวีซี, งานก่อฉาบ, คอนกรีตเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม*

Abstract

This article presents the using of wasted unplasticized polyvinyl chloride (UPVC) plastic from cutting process of doors and windows made from UPVC in masonry work mortar to reduce the plastic disposal to environmental. Wasted fine crushed UPVC was replaced to sand in percentage of 0, 5, 10, 15 and 20 %wt. Flow of mortar was controlled at 115±5% by using water adjustment. The result showing the mortar in addition of used percentage UPVC having the reduction of density from 2150 kg/m^3 to 1820 kg/m^3, increasing of water absorption due to higher porosity, and decreasing of compressive strength from 468 to 410, 341, 254 and 180 kg/cm^2. The compressive strength of UPVC-mortar presented higher value from Thai industrial standard. Moreover, the using of 5-10% of UPVC in mortar can reduce the drying shrinkage. It can be note that the masonry mortar can compose wasted fine crushed UPVC in quantity of 10%wt. with maintain acceptable mechanical property related to Thai industrial standard. And using of UPVC in construction material is reduce the wasted disposal to environmental and promote value of industrial waste and mortar work to green construction material.

Keywords: *mortar, plastic waste, UPVC, masonry, green concrete*

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมการก่อสร้างมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาก้าวหน้าอย่างมาก ทั้งในด้านของเทคนิค วิธีการก่อสร้าง รวมไปถึงประเภทและชนิดของวัสดุ นอกจากนี้อุตสาหกรรมการก่อสร้างยังมีการเติบโตที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ความต้องการวัสดุการก่อสร้างมีเพิ่มมากขึ้นตามมาด้วย รวมถึงวัสดุก่อสร้างในกลุ่มมอร์ต้าร์ ที่ถือว่าเป็นวัสดุที่มีความสำคัญและมีความต้องการเพื่อใช้ในงานก่อฉาบตกแต่งผิวโครงสร้างและงานผนังอาคาร โดยในมอร์ต้านั้นประกอบไปด้วยส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ ทรายและน้ำ ซึ่งทรายเป็นทรัพยากรณ์ทางธรรมชาติที่เมื่อมีการนำมาใช้มากขึ้นจะทำให้จำนวนลดลงตามกาลเวลา ไม่สามารถผลิตสร้างขึ้นมาทดแทนได้ทันที อีกทั้งกระบวนการผลิตทรายมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การทรุดตัวของผิวดินในระยะยาว ทำให้ในปัจจุบันมีการค้นคว้าวิเคราะห์ วิจัย เพื่อหาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆมาใช้ทดแทนวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ เพื่อรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมที่ใช้เพิ่มมากขึ้นดังที่กล่าวมา

Unplasticized Polyvinyl Chloride (UPVC) เป็นวัสดุหนึ่งที่เป็นที่นิยมในกระบวนการผลิตประตูและหน้าต่าง ซึ่งในกระบวนการผลิตประตูหรือหน้าต่างด้วย UPVC นั้น จะทำให้เกิดเศษชิ้นส่วนสั้นๆจากกระบวนการตัด รวมถึงเศษของขี้เลื่อยละเอียดจำนวนมากที่ไม่สามารถนำใช้งานอื่นๆได้ เศษวัสดุเหล่านี้สามารถรีไซเคิลผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่ได้ แต่การรวบรวมเศษวัสดุจากหลายแห่งหลายโรงงานเพื่อให้ได้ปริมาณเพียงพอให้คุ้มค่าต่อการขนส่งไปขึ้น

รูปใหม่นั้นยังเป็นไปได้ยาก ดังนั้นพลาสติกประเภทนี้ยังมีการกำจัดโดยวิธีการฝังกลบ (landfill) ซึ่งวิธีนี้มีผลต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากอัตราการย่อยสลายช้า อีกทั้งขยะพลาสติกอาจขัดขวางการไหลของน้ำ ทำให้อัตราการแทรกซึมของน้ำฝนลดลง ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเสื่อมสภาพลง และยังสามารถขัดขวางการเคลื่อนที่ของรากต้นไม้ นอกจากนี้ขยะพลาสติกยังมีองค์ประกอบที่เป็นพิษต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคดเมียมและตะกั่ว ซึ่งสามารถผสมกับน้ำฝนและก่อให้เกิดมลพิษในดินและน้ำได้ ซึ่งหากเราสามารถนำขยะพลาสติกนี้กลับมาใช้ใหม่ได้ เราจะสามารถลดมลพิษที่เกิดจากการฝังกลบขยะพลาสติก รวมทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายที่ใช้ไปในกระบวนการฝังกลบได้อีกด้วย

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงนำมาสู่แนวความคิดในการศึกษาการประยุกต์ใช้เศษพลาสติกชนิด UPVC ที่ย่อยสลายได้ยาก ไม่ทำปฏิกิริยา มาผสมในมอร์ตาร์ใช้แทนที่ทรายในวัสดุมอร์ตาร์งานก่อฉาบ เพื่อลดการใช้วัสดุทรัพยากรณ์ธรรมชาติ และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์อีกด้วย

2. การเตียมตัวอย่างและการทดสอบ

2.1. วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

2.1.1. ปูนซีเมนต์

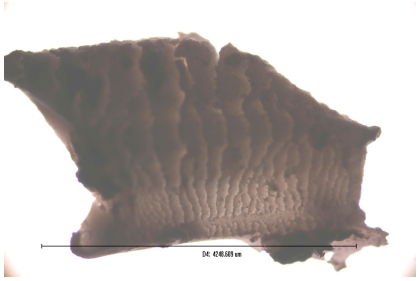
ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

2.1.2. ทราย

ทรายอยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (SSD) มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.27

2.1.3. เศษ UPVC

เศษขยะพลาสติกชนิด Unplasticized Polyvinyl Chloride (UPVC) สภาพแห้งในอากาศ ซึ่งนำมาจากโรงงานของ หจก. ที.โอ.พี.กลาส ตำบลบ้านแพง อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม มีค่าหน่วยน้ำหนักกระทุ้งแน่นเท่ากับ 128.6 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.646 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของเศษ UPVC

2.2. การเตรียมตัวอย่าง

ทำการเตียมวัสดุตามสัดส่วนผสมดังตารางที่ 1

2.2.1. นำปูนและน้ำในแต่ละมิกซ์ดีไซด์ลงไปผสมให้เข้ากัน

2.2.2. นำเศษพลาสติกและทรายมาผสมกันให้เข้ากันตามมิกซ์ดีไซน์ก่อนแล้วจึงเทลงไปในเครื่องผสม

2.2.3. นำมอร์ต้าร์ที่ผสมเสร็จแล้วนำใส่เครื่องทดสอบเพื่อหาการไหลแผ่ กระทุ้งมอร์ต้าร์ให้แน่นพอดี

2.2.4. วัดค่าการไหลแผ่จากขอบไปจนถึงขอบที่ตรงกันข้ามกันทุกมิกส์ที่ผสม

2.2.5. นำมอร์ต้าที่ผสมเสร็จแล้วไปใส่ในแบบ ทำการกระทุ้งมอร์ต้าร์ 16 ครั้งต่อ 1 ชั้น โดยตัวอย่างแต่ล่ะตัวอย่างกระทุ้ง 2 ชั้นเพื่อการกระจายตัวของมอร์ต้าร์ลงไปทั่วในแบบได้เท่ากัน

2.2.6. นำแบบมาวางบนเครื่องสั่นปล่อยไว้ 10 วินาที

2.2.7. นำแบบมาหุ้มด้วยพลาสติกปล่อยไว้ 24 ชั่วโมง แล้วมาถอดแบบเพื่อจะได้นำไปบ่มในน้ำ

2.2.8. นำไปบ่มน้ำจนถึงอายุทดสอบ

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร

ร้อยละการแทนที่ด้วย UPVC	น้ำ (กก.)	ปูนซีเมนต์ (กก.)	ทราย (กก.)	UPVC (กก.)
0	266.8	550.0	1512.5	0.0
5	266.8	550.0	1436.9	18.9
10	266.8	550.0	1361.3	37.8
15	266.8	550.0	1285.6	56.7
20	266.8	550.0	1210.0	75.6

2.3. วิธีการทดสอบ

2.3.1. การทดสอบการไหลแผ่

การทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ตาร์เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C1437

2.3.2. การทดสอบกำลังรับแรงอัด และโมดูลัสแตกร้าว

ทำการทดสอบที่อายุ 7 และ 28 วัน โดยใช้ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยสามตัวอย่าง โดยการทดสอบกำลังอัดเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C109 จะใช้ตัวอย่างเป็นมอร์ตาร์ขนาด 50 × 50 × 50 มม. และการทดสอบโมดูลัสแตกร้าวเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C293M-16 ใช้ตัวอย่างเป็นมอร์ตาร์ทรงกระบอกขนาด 50 × 100 มม.

2.3.3. การทดสอบโพรงและการดูดซับน้ำ

การทดสอบปริมาณโพรงและการดูดซับน้ำของมอร์ตาร์เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C642 ใช้ตัวอย่างมอร์ตาร์ขนาด 50 x 50 x 50 มม. ที่อายุ 28 วัน

2.3.4. การทดสอบการหดตัว

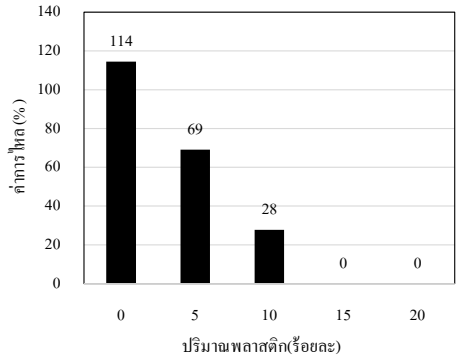
การทดสอบการหดตัวของมอร์ตาร์ ตาม

มาตรฐาน ASTM C490 โดยใช้เครื่องมือวัดการยืดหดตัว ของแท่งมอร์ตาร์โดยใช้แบบหล่อ 25 x 25 x 285 มม. โดยทำการหล่อมอร์ตาร์ได้เวลา 1 วัน แล้วมาถอดแบบและวัดค่าการหดตัวตั้งแต่ 1 3 7 14 และ28 วัน

3. ผลการทดสอบ

3.1. การไหลแผ่

จากการทดสอบพบว่าค่าการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ที่มีการแทนที่ทรายด้วย UPVC ที่ร้อยละ 0 5 และ 10 มีค่าลดลงอย่างชัดเจนจากร้อละ 114 เป็น 69 และ 28 ตามลำดับ เมื่อปริมาณการแทนที่เท่ากับร้อยละ 15 และ 20 วัสดุไม่มีค่าการไหลแผ่ดังแสดงในรูปที่ 1

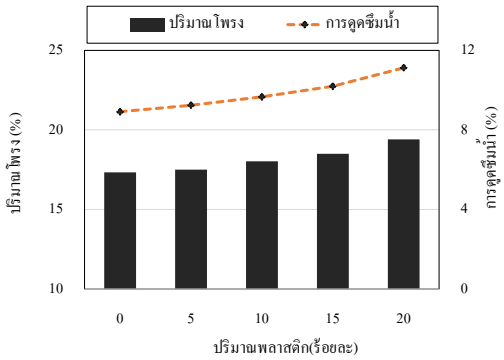


รูปที่ 2 ค่าการไหลของมอร์ตาร์ที่ผสมเศษ UPVC

การลดลงของค่าการไหลแผ่อาจเกิดจากรูปร่างเหลี่ยมของ UPVC ดังแสดงในรูปที่ 1 ที่แตกต่างการรูปทรงกลมของทราย จึงทำให้เกิดการขัดกันของเนื้อวัสดุได้มากขึ้น จึงทำให้ความสามารถในการไหลแผ่ลดลง นอกจากนี้ผิวของเศษพลาสติกที่อยู่ในสภาพแห้งและมีผิวขรุขระอาจเกิดการดูดน้ำจากส่วนผสมบางส่วน ทำให้สัดส่วนของน้ำลดลง ส่งผลต่อค่าการไหลแผ่ที่ลดลงด้วย

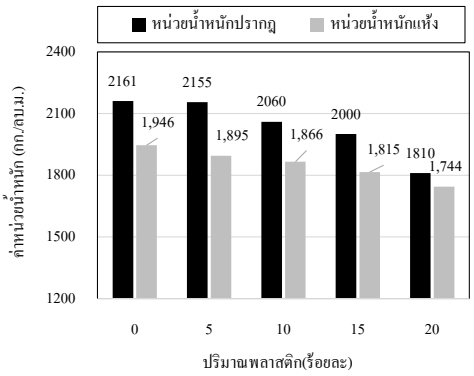
3.2. โพรง การดูดซึม และน้ำหน่วยน้ำหนัก

วัสดุที่มีการแทนที่ทรายด้วย UPVC พบว่ามีปริมาณโพรงและการดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3 เมื่อการแทนที่ด้วย UPVC เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0 5 10 15 และ 20 ทำให้โพรงเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 17.3 17.5 18.0 18.5 และ 19.4 ตามลำดับ และค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับปริมาณโพรง



รูปที่ 3 โพรงและการดูดซึมน้ำของมอร์ตาร์ที่ผสมเศษ UPVC

การแทนที่ทรายด้วย UPVC ยังพบว่าทำให้หน่วยน้ำหนักของมอร์ตาร์ลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยหน่วยน้ำหนักแห้งลดลงจาก 1946 เป็น 1895 1866 1815 และ 1744 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ

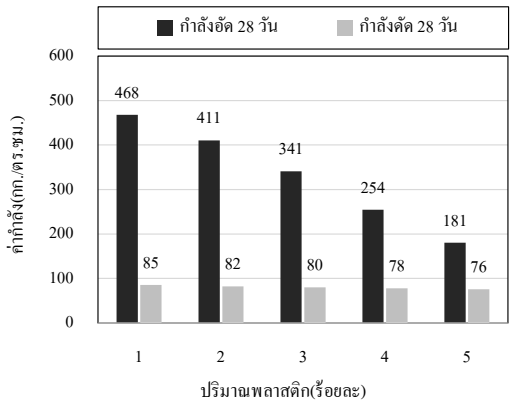


รูปที่ 4 หน่วยน้ำหนักของมอร์ตาร์ที่ผสมเศษ UPVC

การแทนที่ทรายด้วย UPVC ที่มีน้ำหนักเบากว่าส่งผลต่อการลดลงของหน่วยน้ำหนัก นอกจากนี้ความสามารถการทำงานได้ที่ลดลงของมอร์ตาร์ที่ผสม UPVC ที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมแบนและขรุขระส่งผลให้การอัดแน่นของเนื้อวัสดุลดลง ทำให้หน่วยน้ำหนักลดลง และเพิ่มช่องว่างในเนื้อมอร์ตาร์ โดยเฉพาะบริเวณรอยต่อที่ผิว UPVC กับซีเมนต์เพสต์ (ITZ Zone) จึงส่งผลให้มีปริมาณโพรงและการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

3.3. กำลังรับแรงอัดและโมดูลัสแตกร้าว

การแทนที่ทรายด้วย UPVC ส่งผลให้มอร์ตาร์มีกำลังลดลงอย่างชัดเจน ที่อายุ 7 และ 28 วันมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณ UPVC ที่เพิ่มขึ้น โดยที่อายุ 28 วัน ค่ากำลังรับแรงอัดลดลงจาก 468 เป็น 181 กก./ตร.ซม. ส่วนค่าโมดูลัสแตกร้าว (กำลังดัด) มีค่าลดลงไม่มากจาก 85 เป็น76 กก./ตร.ซม.เมื่อใช้ UPVC แทนที่ทราย 20 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 5

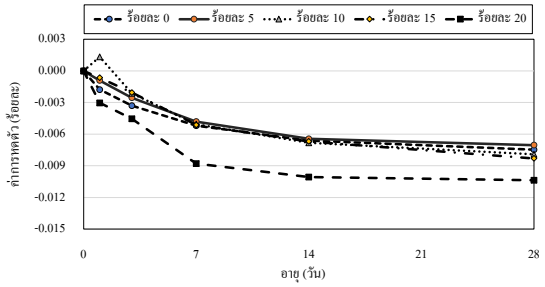


รูปที่ 5 กำลังของมอร์ตาร์ที่ผสมเศษ UPVC

เศษ UPVC มีความแข็งแรงน้อยกว่าทราย และยังทำให้มอร์มีปริมาณโพรงเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้กำลังรับแรงอัดลดลงอย่างชัดเจน แต่ค่ากำลังรับแรงอัดที่ UPVC ร้อยละ 20 เท่ากับ 181 กก./ตร.ซม. นั้น ยังสามารถนำไปใช้งานงานฉาบได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมไทย (มอก. 1776-2542) เมื่อพิจารณากำลังดัดพบว่ามีค่าลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อเทียบอัตราส่วนของกำลังดัดต่อกำลังอัดกลับพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณ UPVC ที่ร้อยละ 18 20 23 31 และ 42 เมื่อผสม UPVC ที่ร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ตามลำดับ การคงความสามารถในการรับแรงดัดของมอร์ตาร์อาจเกิดจากเศษ UPVC ที่มีลักษณะกายภาพที่มีผิวขรุขระและเรียวยาว จึงทำหน้าที่คล้ายเส้นใยในเนื้อวัสดุ ส่งผลให้สามารถรับแรงดึงได้ถึงแม้กำลังรับแรงอัดของเนื้อมอร์ตาร์จะลดลง

3.4. การหดตัวแห้ง

การหดตัวแห้งของมอร์ตาร์ที่มีการแทนที่ทรายด้วย UPVC ที่อายุ 1, 3, 7, 14 และ 28 แสดงในรูปที่ 6 โดยพบว่าการผสม UPVC ร้อยละ 5 10 และ 15 มีการหดตัวแห้งในช่วง 14 วัน น้อยกว่าไม่ผสม UPVC แต่ที่อายุ 21 และ 28 วัน กลับมีค่ามากกว่าเล็กน้อยในส่วนการผสม UPVC ร้อยละ 20 พบว่าส่งผลให้การหดตัวแห้งเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน



รูปที่ 6 การหดตัวแห้งของมอร์ตาร์ที่ผสมเศษ UPVC

ถึงแม้การผสม UPVC จะทำให้กำลังอัดลดลงและปริมาณโพรงเพิ่มขึ้น แต่กลับพบว่าที่การผสมไม่เกินร้อยละ15 ในช่วง 14 วัน และร้อยละ 5 ในช่วง 28 วันกลับช่วงลดการหดตัวแห้งของมอร์ตาร์ได้ ซึ่งอาจเกิดจากพฤติกรรมแบบเส้นใยของ UPVC ที่ช่วงต้านทานแรงดึงจากการหดตัวจึงทำให้การหดตัวแห้งลดลง โดยจะเห็นจากค่าอัตราส่วนแรงดัดต่อแรงอัดที่เพิ่มขึ้นเมื่อผสม UPVC ในมอร์ตาร์ตา

4. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

เศษ UPVC ที่เหลือทิ้งจากการตัดไส สามารถที่จะนำมาใช้ในวัสดุก่อสร้างได้ โดยเฉพาะวัสดุสำหรับงานก่อและฉาบ พบว่าการผสม UPVC ไม่เกินร้อยละ 20 ทำให้ได้วัสดุมอร์ตาร์สำหรับงานฉาบได้ และการผสม UPVC ไม่เกินร้อยละ 10 ทำให้ได้วัสดุมอร์ตาร์สำหรับงานก่อและฉาบได้ โดยมีกำลังรับแรงอัดและการดูดซึมน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ และยังสามารถลดการหดตัวแห้งที่เป็นสาเหตุของการแตกร้าวในงานฉาบได้ การนำเศษวัสดุก่อสร้างกลับมาใช้ใหม่เป็นการสร้างคุณค่าของเศษเหลือทิ้งและเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้ดี

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความกรุณาอย่างสูงจากภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม ที่อนุเคราะห์ให้ใช้วัสดุอุปกรณ์และสถานที่ในการทดสอบวิจัย

6. การอ้างอิง

[1] ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2556). *ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต*. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 7.

[2] ASTM C33/C33M-13 (2013). Standard Specification for Concrete Aggregates. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia.

[3] Choi, Y.W., Moon, D.J., Chung, J.S., and Cho, S.K. (2005). Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete. *Cement and Concrete Research*, vol.35(4): April; pp.776-781.

[4] Choi, Y.W., Moon, D.J., Kim, Y.J., and Lachemi, M. (2009). Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles. *Construction and Building Materials*, vol.23(8); August; pp.2829-2835.

[5] Ismail, Z.Z., and Al-Hashmi, E.A. (2008). Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement.

Waste Management, vol.28(11): November; pp.2041-2047.

[6] Laukaitis, A., Zuraushas, R., and Kerien, J. (2005). The effect of foam polystyrene granules on cement composite properties. *Cement & Concrete Composites*, vol.27(1): January; pp.41-47.

[7] Yazoghli-Marzouk, O., Dheilly, R.M., and Queneudec, M. (2007). Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites. *Waste Management*, vol.27(2); pp.310-318.