การศึกษาส่วนผสมของวัสดุเหลือใช้สำหรับงานผนังอาคาร

Study of wasted material mix in building panels

เลิศลักษณ์ รองปาน [1)], อุทัย เพชรรอด [1)], จรูญศักดิ์ ทิยา [1)], จเร รัตนพันธุ์ [1)]
กวีวุฒิ ขจรเกียรติพัฒนา [2)] และ ไพจิตร ผาวัน [2)*]
ชื่อผู้วิจัย [1)]
ชื่อที่ปรึกษาร่วม [2)] และ ชื่อหัวหน้าโครงการ [2)*]
1) นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
2) อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
2)* อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
Email : PAIJITP@YAHOO.COM
WANG_CIVIL@YAHOO.COM

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำโฟม(PVC)ที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลให้มีขนาดคละกันเท่ากับขนาดของเม็ดทรายหยาบ และผงอิฐที่ผ่านการรีไซเคิลจนเป็นผงละเอียด มาเป็นวัสดุทดแทนทรายหยาบในการผสม ในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในงานผนังอาคาร โดยศึกษาเฉพาะขนาด 7.5 x 20 x 60 เซนติเมตร เพื่อต้องการให้ได้ก้อนคอนกรีตมวลเบา (LIGHT WEIGHT CONCRETE BLOCK) ที่มีคุณสมบัติเบาและเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมให้ได้คุณสมบัติตามต้องการนั้นคือ 1 : 3 :1 (ซีเมนต์ : โฟมย่อย : ผงอิฐแดง) โดยปริมาตร มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 34.46 ksc.และค่ากำลังรับแรงดึงเท่ากับ 10.02 ksc.ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวมีคุณสมบัติเพียงพอสำหรับการสร้างผนังอาคาร

คำสำคัญ: โฟม, วัสดุเหลือใช้, รีไซเคิล, ก้อนคอนกรีตมวลเบา, ผนังอาคาร

Keywords: FOAM, WASTED MATERIAL, RECYCLE, LIGHT WEIGHT CONCRETE BLOCK, BUILDING PANELS

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันอุตสาหกรรมโฟมในประเทศไทยได้รับการพัฒนาไปอย่างมาก โดยไม่ใช้สาร CFC (CHLORO FLUORO CARBON) เป็นสารประกอบที่เป็นอันตรายต่อชั้นบรรยากาศ โฟม (FOAM) จึงเป็นวัสดุสังเคราะห์แทนวัสดุธรรมชาติได้เป็นอย่างดี และสามารถใช้ประโยชน์ได้มากเนื่องจากมีน้ำหนักเบา มีความทนทานอยู่ได้เป็นเวลานาน[1]

จากคุณสมบัติพิเศษของโฟม (FOAM) และความสามารถในการใช้ประโยชน์ต่าง ๆมากมาย จึงเป็นปัญหาทำให้เกิดปริมาณขยะหรือวัสดุเหลือใช้ (WASTED MATERIAL) ที่มากขึ้นทุกวัน และเนื่องจากโฟมเป็นวัสดุที่ย่อยสลายยาก ถ้านำมาเผาก็จะเกิดมลภาวะทางอากาศ จึงควรนำไปแปรรูปของใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่หรือกระบวนการที่เรียกว่า “ รีไซเคิล (RECYCLE) ” และการรีไซเคิลนี้เป็นวิธีหนึ่งในการลดปริมาณวัสดุ

เหลือใช้ ลดมลพิษให้กับสภาพแวดล้อม ลดการใช้พลังงาน และลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของโลกไม่ให้ถูกนำมาใช้สิ้นเปลืองมากเกินไป จากการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พบว่าศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้จากขยะมูลฝอย ที่เก็บขนได้ในกรุงเทพฯและจังหวัดต่างๆทั่วประเทศมีประมาณร้อยละ 16 – 34 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บได้ แต่มีเพียงร้อยละ 7 หรือประมาณ 2,360 ตันต่อวันเท่านั้น ที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ [2]

เมื่อโฟมเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความทนทานเหนียวและติดไฟยาก ถ้านำมาย่อยและทำให้มีขนาดเล็กลงประมาณเม็ดทราย สามารถนำมาผสมทำก้อนคอนกรีตมวลเบา (LIGHT WEIGHT CONCRETE BLOCK) เพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างทำให้น้ำหนักของผนังอาคาร (BUILDING PANELS) เบาและเป็นฉนวนกันความร้อนได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาหาคุณสมบัติของผนังอาคารผสมโฟมเป็นอย่างยิ่ง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อต้องการนำวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม มาใช้ประโยชน์ในงานด้านวิศวกรรม ซึ่งเป็นการลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม และพัฒนาการศึกษาในงานด้านวิศวกรรม

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนผสมของวัสดุเหลือใช้เพื่อนำมาใช้กับงานก่อสร้าง

1.2.3 เพื่อศึกษาหาสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างผนังอาคารโดยโฟมย่อย และผงอิฐแดงเป็นส่วนผสม

1.2.4 เพื่อต้องการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัสดุเหลือใช้จากโรงงานกับผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากวัสดุที่ใช้เป็นมาตรฐาน

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.3.1 ลดปริมาณวัสดุเหลือใช้และมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการผลิตในอนาคตได้

1.3.2 นำวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ในเชิงพาณิชย์ได้

1.3.3 สามารถทราบถึงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของวัสดุเหลือใช้

1.3.4 สามารถทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมทางด้านวิศวกรรม สำหรับใช้ในงานก่อสร้างผนังอาคาร

2. วัสดุและอุปกรณ์

2.1 เครื่องชั่ง(Balance)สามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

2.2 แบบหล่อก้อนทดสอบ(Cube Mold)ทรงลูกบาศก์ขนาด 50 ม.ม.(2 นิ้ว)

2.3 เหล็กกระทุ้ง(Tamper)ทำด้วยยางขนาด0.5x1 นิ้ว

2.4 กระบอกตวง(Glass Graduate)

2.5 เครื่องผสมมาตรฐาน(Mixer)

2.6 โต๊ะการไหล(Flow table)

2.7 เกรียงเหล็ก(Trowel)

2.8 ตะแกรง(Sieve)ตามมาตรฐาน ASTM

2.9 เครื่องทดสอบกำลังอัด (Compression Testing Machine)

2.10 แบบหล่อบริแคท(Briquet Molds)

2.11 หัวจับก้อนตัวอย่าง(Clips)

2.12 เครื่องทดสอบกำลังดึง(Tensile Strength Testing Maching)

2.13 ตู้อบ

2.14 ปูนซีเมนต์ตราช้าง

2.15 โฟมย่อย

2.16 ผงอิฐแดงบดละเอียด

รูปที่1 วัสดุที่ใช้ทดสอบ

3. วิธีการทดสอบ

3.1 การทดสอบการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ตา

ตั้งอุณหภูมิตู้อบประมาณ 90-100 C° เปิดเครื่องทิ้งไว้ทุกการทดสอบประมาณครึ่งชั่วโมง ชั่งน้ำหนักซีเมนต์มอร์ตา 7 ก้อน เขียนหมายเลขชิ้นงานบนแต่ละก้อน นำทั้ง 7 ก้อน ไปชั่งน้ำหนักจากนั้นนำไปอบแห้งเป็นเวลา 24ชั่วโมง ทุกระยะเวลาการแช่น้ำซีเมนต์มอร์ตาขึ้นมาจากน้ำใช้ผ้าแห้งเช็ดผิวก้อนทดสอบให้แห้ง นำไปชั่งและบันทึกน้ำหนักทันที [3] [4]

3.2 การทดสอบกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตา

3.2.1 ทดสอบกำลังอัดของก้อนทดสอบทันทีที่นำออกจากถังน้ำบ่ม

3.2.2 เช็ดผิวของก้อนทดสอบให้อยู่ในสภาพแห้ง ปัดเอาเม็ดโฟมหรือสะเก็ดที่ติดผิวหน้าออก ถ้าผิวหน้าไม่เรียบให้ฝนให้เรียบ และผิวบน-ล่างต้องขนานกัน

3.2.3 วัดขนาดความกว้างของก้อนทดสอบ และชั่งน้ำหนักก้อนทดสอบ

3.2.4 นำก้อนทดสอบเข้าเครื่องทดสอบกำลัง วางก้อนทดสอบให้อยู่ในแนวศูนย์กลาง และสัมผัสกับแป้นกดเดินเครื่องด้วยอัตราที่สม่ำเสมอจนกระทั่งก้อนทดสอบแตก ใช้เวลาการทดสอบประมาณ 20-80 วินาทีต่อก้อนตัวอย่าง [3] [4]

3.3 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์มอร์ตา

3.3.1 ทดสอบกำลังดึงของก้อนทดสอบทันทีที่นำออกจากห้องบ่มชื้น

3.3.2 เช็ดผิวของก้อนทดสอบให้อยู่ในสภาพแห้ง ปัดเอาเม็ดโฟมหรือสะเก็ดที่ติดผิวหน้าออก ถ้าผิวหน้าไม่เรียบให้ฝนให้เรียบ และผิวบน-ล่างต้องขนานกัน

3.3.3 วัดขนาดความกว้างของก้อนทดสอบ และชั่งน้ำหนักก้อนทดสอบ

3.3.4 นำก้อนทดสอบเข้าเครื่องทดสอบกำลัง สอดก้อนทดสอบเข้าไปในหัวจับก้อนตัวอย่างแล้วปรับให้ได้ศูนย์และสมดุลเดินเครื่องด้วยอัตราสม่ำเสมอ และบันทึกค่าแรงดึงสูงสุด

3.4 การทดสอบการรับกำลังยึดแขวนวัสดุ

3.4.1 นำก้อนทดสอบมาทำการกำหนดตำแหน่งของพุกแล้วทำการยึดพุกในตำแหน่งที่ต้องการ

3.4.2 ทำการรองแผ่นเหล็กแล้วยึดติดเข้ากับพุกให้แน่น

3.4.3 ปล่อยน้ำหนักลงบนแผ่นเหล็กที่ยึดติดกับพุก จนกว่าพุกจะหลุดออก

3.4.4 จดบันทึกและคำนวณน้ำหนัก ที่ตัวผลิตภัณฑ์สามารถรับได้

4. ผลการทดสอบ

4.1 อัตราการดูดซึมน้ำของซีเมนต์มอร์ตา

ซีเมนต์บล๊อกเป็นวัสดุหนึ่งที่สามารถดูดซับความชื้นได้ดี เนื่องจากมีความพรุนจึงเหมาะจะนำมาทดสอบและศึกษา ในที่นี้ความชื้นในเนื้อซีเมนต์มอร์ตามีผลต่อกำลังรับน้ำหนัก ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคลดลง

ตารางที่1 Water Content Tensile Strenght

อัตราส่วนผสม	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	กำลังรับแรงดึง (g)	ปริมาณความชื้น (%)
1:1:1	109.99	96.01	35.10	14.51
1:1.5:1	114.38	98.69	39.96	15.90
1:2:1	99.18	83.75	26.74	19.85
1:3:1	83.79	63.71	15.38	31.52
เฉลี่ย	99.86	83.35	28.66	20.10

ตารางที่2 Werter Content Compressive Strenght

อัตราส่วนผสม	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	กำลังรับแรงอัด (g)	ปริมาณความชื้น (%)
1:1:1	232.72	206.95	196.88	12.44
1:1.5:1	196.38	159.99	113.64	22.75
1:2:1	195.85	165.89	117.65	18.06
1:3:1	169.77	120.63	32.36	40.74
เฉลี่ย	202.97	170.66	119.10	20.16

4.2 กำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ตา

กำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตามีความสำคัญมากต่อกำลังอัดของคอนกรีต โดยกำลังของมอร์ตาขึ้นอยู่กับความพรุนภายในเนื้อมอร์ตา อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ระดับความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาไฮโดรเจนและการบ่ม เป็นต้น นอกจากนี้คุณสมบัติกำลังอัดของซีเมนต์มอร์ตาต้องคำนึงถึงอย่างมาก ในกรณีที่เรานำมอร์ตาไปใช้เป็นส่วนหนึ่งขององค์อาคาร

รูปที่2 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ตา

ตารางที่3 แสดงปริมาณวัสดุที่ใช้ในการหล่อก้อนวัสดุ

อัตราส่วน / วัสดุ(cm^3)	1:1:1	1:1.5:1	1:2:1	1:3:1
ปูนซีเมนต์	402	402	402	402
โฟมย่อย	402	603	804	1206
ผงอิฐแดง	402	402	402	402
น้ำ	250	300	350	450

ตารางที่4 แสดงกำลังรับแรงอัดที่อายุ 7 วัน

อัตราส่วน	พื้นที่ (cm^2)	น้ำหนัก (g)	แรงกระทำ (kg)	กำลัง (ksc)
1:1:1	26.33	238.03	5007	190.51
1:1.5:1	26.10	218.01	3683	141.33
1:2:1	26.58	200.87	1800	67.81
1:3:1	25.94	164.97	810	31.23

ตารางที่5 แสดงกำลังรับแรงอัดที่อายุ 14 วัน

อัตราส่วน	พื้นที่ (cm^2)	น้ำหนัก (g)	แรงกระทำ (kg)	กำลัง (ksc)
1:1:1	25.58	226.11	4950	193.52
1:1.5:1	25.84	222.79	4033	156.06
1:2:1	26.38	198.74	1957	74.13
1:3:1	25.63	160.68	883	34.46

ตารางที่6 แสดงกำลังรับแรงอัดที่อายุ 21 วัน

อัตราส่วน	พื้นที่ (cm^2)	น้ำหนัก (g)	แรงกระทำ (kg)	กำลัง (ksc)
1:1:1	26.08	224.27	4500	160.78
1:1.5:1	25.94	199.90	4383	197.17
1:2:1	25.76	184.99	2483	86.00
1:3:1	25.82	147.03	750	27.40

4.3 กำลังต้านทานแรงดึงของซีเมนต์มอร์ตา

แม้กำลังของซีเมนต์มอร์ตาไม่ใช่คุณสมบัติเด่นก็ตาม แต่กำลังดึงก็มีความสำคัญในกรณีที่โครงสร้างต้องรับแรงดึงหรือต้องยืดหดตัวเนื่องจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นต้น ถ้าซีเมนต์มีกำลังดึงที่สูงจะช่วยลดปัญหาการแตกร้าวของคอนกรีตหรือปูนฉาบได้

รูปที่3 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของซีเมนต์มอร์ตา

ตารางที่7 แสดงกำลังรับแรงดึงที่อายุ 7วัน

อัตราส่วน	พื้นที่ (cm^2)	น้ำหนัก (g)	แรงกระทำ (kg)	กำลัง (ksc)
1:1:1	6.38	105.18	140.33	22.00
1:1.5:1	6.35	102.46	149.17	23.47
1:2:1	6.54	95.25	102.28	15.62
1:3:1	6.54	81.28	65.58	10.02

ตารางที่8 แสดงกำลังรับแรงดึงที่อายุ 14 วัน

อัตราส่วน	พื้นที่ (cm^2)	น้ำหนัก (g)	แรงกระทำ (kg)	กำลัง (ksc)
1:1:1	6.15	105.75	90.67	15.13
1:1.5:1	6.36	109.38	97.00	15.53
1:2:1	6.41	94.86	87.33	13.90
1:3:1	6.49	77.17	60.67	9.53

ตารางที่9 แสดงกำลังรับแรงดึงที่อายุ 21 วัน

อัตราส่วน	พื้นที่ (cm^2)	น้ำหนัก (g)	แรงกระทำ (kg)	กำลัง (ksc)
1:1:1	6.56	103.17	163.33	20.39
1:1.5:1	6.42	104.21	150.00	15.47
1:2:1	6.53	91.67	113.33	13.29
1:3:1	6.60	74.02	76.67	10.08

4.4 กำลังที่ผลิตภัณฑ์สามารถรับการแขวนวัสดุ

ผนังขององค์อาคารที่ก่อด้วยผลิตภัณฑ์ตัวนี้ มีคุณสมบัติสามารถจะรับน้ำหนักที่ยึดแขวนวัสดุต่าง ๆได้เป็นอย่างดี โดยใช้พุกเหล็กหรือพุกพลาสติก โดยการใช้สว่านนำหรือใช้การตอกพุกลงไปก็ได้

รูปที่4 การทดสอบแรงแขวนวัสดุ

ตารางที่10 แสดงกำลังรับแรงแขวนวัสดุ

ก้อนที่	จำนวนพุก (ตัว)	น้ำหนักที่รับได้ (kg)
1	1	120
2	1	117
3	2	350
4	2	330
5	3	460
6	3	482

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาข้อมูลและทำการทดสอบคุณสมบัติของซีเมนต์มอร์ตาโดยใช้ส่วนผสม ระหว่างปูนซีเมนต์ โฟม และผงอิฐแดง ในอัตราส่วนต่าง ๆสามารถสรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่11 คุณสมบัติต่าง ๆที่ดีที่สุด

อัตราส่วน / (ksc)	1:1:1	1:1.5:1	1:2:1	1:3:1
กำลังอัด	190.50	141.33	67.81	34.46
กำลังดึง	22.00	23.47	15.62	10.02
การดูดซึม	18.20	15.23	12.15	31.41

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่ากำลังของมอร์ตาจะลดลงเมื่อปริมาณโฟมในส่วนผสมเพิ่มขึ้น และอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับงานผนังอาคารคือ1:3:1 (ซีเมนต์:โฟม:ผงอิฐแดง)มีค่ากำลังรับอัดเท่ากับ 34.46 ksc. ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวมีคุณสมบัติเพียงพอสำหรับการสร้างผนังอาคาร และอัตราส่วนยังมีน้ำหนักเบาที่สุดอีกด้วย

คุณสมบัติของกำลังรับแรงดึงของมอร์ตา จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณโฟมเพิ่มขึ้นค่ากำลังรับแรงดึงจะลดลง

คุณสมบัติการดูดซึมน้ำของมอร์ตา จะเห็นได้ว่าอัตราส่วน 1:3:1 จะมีปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 31.52% เป็นเพราะว่ามีความพรุนในเนื้อมอร์ตามากและปริมาณโฟมที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย

ดังนั้นจากคุณสมบัติต่างๆของซีเมนต์มอร์ตาที่อัตราส่วน 1:3:1 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปผลิตเป็นอิฐบล็อกเพื่อใช้ในงานผนังอาคารต่อไป

6. ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

วัสดุโฟมย่อยในการทดสอบมีเศษไม้และเศษถุงพลาสติกปะปนอยู่ในเม็ดโฟม ซึ่งอาจทำให้มีผลต่อกำลัง แนวทางแก้ไขควรร่อนหรือเลือกเศษวัสดุที่ปะปนอยู่ ออกในการผสม

ในการผสมแต่ละอัตราส่วนใช้อัตราการไหล 95-105% จะเห็นว่ามีความเหลวมากทำให้โฟมลอยตัวขึ้นอยู่ที่ผิวด้านบน และซีเมนต์อยู่ด้านล่าง ซึ่งทำให้เนื้อมอร์ตาไม่สม่ำเสมอ อาจมีผลต่อกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดึง แนวทางแก้ไขควรใช้อัตราการไหลที่ต่ำกว่า 95 % เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของเม็ดโฟมในเนื้อมอร์ตา

7. กิตติกรรมประกาศ

ผลสำเร็จของโครงการครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยการให้ความร่วมมือจากหลายฝ่าย ได้แก่ คุณสุรสิทธิ์ เลิศล้วนพาณิชย์ ผู้ประสานงานของร้านเชิญแก้ว จ. พระนครศรีอยุธยา อาจารย์ไพจิตร ผาวัน และอาจารย์ กวีวุฒิ ขจรเกียรติพัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการ โครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรีประจำปี 2546 ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการทำโครงงานระดับปริญญาตรีในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] วิเทียน นิลดำ,โฟมบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม,นายกสมาคมการบรรจุภัณฑ์ไทย,2546

[2] กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

[3] ประดับ พุ่มสุวรรณ์,คอนกรีตเทคโนโลยีภาคการทดลอง,2540

[4] อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์,ปฏิบัติงานทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี,2537