สมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานอาคาร

โดย

นายภัทรภณ บูรณากาญจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25605916030017LWM

สมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานอาคาร

โดย

นายภัทรภณ บูรณากาญจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25605916030017LWM

PROPERTIES OF CONCRETE BLOCK CONTAINING PET PLASTIC BOTTLES FOR BUILDING APPLICATIONS

BY

MR. PATTHAPON BURANAKARN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE

ARCHITECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2017

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

Ref. code: 25605916030017LWM

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นายภัทรภณ บูรณากาญจน์

เรื่อง

สมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ
สำหรับการประยุกต์ใช้ในงานอาคาร

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2561

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____

(อาจารย์ ดร. ดารณี จารีมิตร)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____

(รองศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฏฐ์ มากุล)

คณบดี _____

(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

Ref. code: 25605916030017LWM

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ สำหรับการประยุกต์ใช้ในงานอาคาร
ชื่อผู้เขียน	นายภัทรภณ บูรณากาญจน์
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีขยะขวดพลาสติกเป็นจำนวนมาก ซึ่งยากต่อการย่อยสลาย และต้องใช้เวลาในการย่อยสลายมากกว่าขยะชนิดอื่น งานวิจัยนี้จึงต้องการลดขยะขวดพลาสติก โดยการนำขวดพลาสติก PET มาจัดเรียงภายในคอนกรีตบล็อก เพื่อประยุกต์ใช้กับผนังภายนอกในงานสถาปัตยกรรม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อ ความหนาแน่นแห้ง การดูดซึมน้ำ กำลังรับแรงอัด โมดูลัสยืดหยุ่น และการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ โดยผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยขวดพลาสติก PETแบบที่ 1 ที่มีขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร และขวดพลาสติก PETแบบที่ 2 ที่มีขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ปริมาตร 335 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร โดยคอนกรีตบล็อกมีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร และคอนกรีตบล็อกมีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ในงานในอาคารกับคอนกรีตบล็อกควบคุม อิฐมอญ และคอนกรีตมวลเบาในท้องตลาด

ผลจากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกควบคุม พบว่า คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ มีผลทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง คอนกรีตบล็อกควบคุมมีค่าความหนาแน่นแห้งมากกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETมีค่าการดูดซึมน้ำที่ 30 นาที และ 24 ชม. เพิ่มสูงขึ้น ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติกPETแบบที่ 2 มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด ผลของค่าการนำความร้อน พบว่า

Ref. code: 25605916030017LWM

ขวดพลาสติก PET มีผลต่อค่านำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET ในแต่ละรูปแบบ โดยสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET อยู่ในช่วงที่สามารถใช้ในงานก่อสร้างผนังภายนอกได้ตามมาตรฐาน มอก. 1501-2541 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบแบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด มีความหนาแน่นแห้ง 1285.71 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การดูดซึมน้ำที่ 30 นาที ร้อยละ 14.81 การดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง ร้อยละ 17.59 กำลังรับแรงอัด 2.913 นิวตันต่อตารางเมตร โมดูลัสยืดหยุ่น 8997.66 x10^{6} นิวตันต่อตารางเมตร และการนำความร้อน 0.279 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน จากผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด เป็นคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการก่อผนังภายนอกของอาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกประเภทอื่น เนื่องจากมีความหนาแน่นแห้ง กำลังรับแรงอัด โมดูลัสยืดหยุ่นที่มีค่าสูง และการดูดซึมน้ำ การนำความร้อนที่มีค่าต่ำที่สุด ผลการวิจัยนี้สามารถนำมาเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ขวดพลาสติก PETในการก่อสร้างผนังภายนอกของอาคารในงานสถาปัตยกรรม

คำสำคัญ: คอนกรีตบล็อก, ขวดพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate), กำลังรับแรงอัด, ความหนาแน่นแห้ง, การดูดซึมน้ำ

Ref. code: 25605916030017LWM

Thesis Title	PROPERTIES OF CONCRETE BLOCK CONTAINING PET PLASTIC BOTTLES FOR BUILDING APPLICATIONS
Author	Mr. Patthapon Buranakarn
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Pusit Lertwattanaruk, Ph.D.
Academic Years	2017

ABSTRACT

Nowadays, there are so many waste plastic bottles in Thailand. This type of waste is difficult to dispose and takes many years for degradation than other wastes . This research is focused on the reduction of plastic bottle waste by an alternative use of PET plastic bottles in concrete blocks for exterior walls in architectural applications. This research is to study the factor effecting the dry density, water absorption, compressive strength and thermal conductivity of concrete block containing PET plastic bottles. The products use PET plastic bottles (Type 1) with dimensions: 5 cm diameter, 19.5 cm length, 0.3 mm thickness with volume of 322 mm^3 and PET plastic bottles (Type 2) with dimensions: 5 cm. diameter, 18.5 cm. length, 0.3 mm. thickness with volume of 335 mm^3 in the dimensions of concrete block : 20 cm. width, 30 cm. length and 7 cm. thickness. Comparing the test results of properties with control concrete block, clay brick and lightweight concrete block in the market.

Test results when compared to the control concrete block show that the compressive strength of concrete block containing PET plastic bottles decrease. Dry density of concrete block containing PET plastic bottles decease, water absorption at 30 minutes and 24 hours of concrete block containing PET plastic

Ref. code: 25605916030017LWM

bottles increase, the elasticity of modulus of concrete block containing Type 1 PET plastic bottles is the highest and the modulus of elasticity of concrete block containing Type 2 PET plastic bottles is the lowest. The PET plastic bottles affect the thermal conductivity of concrete blocks depending on the arrangement of PET bottles, in which their performances conform to the TIS 1501-2541 standard for construction in architectural applications. Concrete block containing PET plastic bottles Type 1 with three-bottle arrangement yielded the results that the dry density is 1285.71 kg/m^3, water absorption at 30 minutes is 14.81 %, water absorption at 24 hours is 17.59 %, the compressive strength is 2.913 N/mm^2, modulus of elasticity is 8997.66 x10^6 N/m^2 and thermal conductivity is 0.279 W/m.K. By comparing the test results of properties with the other concrete block containing PET plastic bottles, the concrete block containing Type 1 PET plastic bottles with three bottle arrangement is the most proper concrete block for exterior wall applications with high dry density and compressive strength, low absorption and thermal conductivity. The results of this research can be used as a guideline for using PET plastic bottles in exterior wall construction for architectural works.

Keywords: Concrete Block, PET Plastic bottles (Polyethylene terephthalate), Compressive strength, Dry density, Water absorption

Ref. code: 25605916030017LWM

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจากรศ.ดร.ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ที่ให้คำปรึกษาทั้งด้านวิชาการและด้านวิธีการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. ณัฏฐ์ มากุล ที่ให้คำปรึกษาทั้งหลักการ ทฤษฎี และวิธีการผลิตวัสดุ

ขอขอบพระคุณ อ. ดร. ดารณี จารีมิตร ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในด้านวิธีการประยุกต์ใช้วัสดุในงานสถาปัตยกรรม

ขอขอบพระคุณคุณนภดล มังกรทองที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนเครื่องมือในการทดสอบสมบัติของวัสดุ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2561 ภายใต้ “ทุนวิจัยทั่วไป” ตามสัญญาเลขที่ ทน 9/2561

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์เนื่องจากครอบครัวที่คอยให้ความสนับสนุน และเป็นกำลังใจสำคัญของผู้วิจัยและผู้วิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อวิชาชีพสถาปัตยกรรม

นายภัทรภณ บูรณากาญจน์

Ref. code: 25605916030017LWM

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.6 สมมติฐานของการวิจัย	7
1.7 นิยามศัพท์	7
1.8 กรอบแนวความคิด	9
บทที่ 2 วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
2.1 กรรมวิธีการผลิตคอนกรีตมวลเบา ตามมาตรฐานมอก. 1505-2541	11
2.2 การศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบา ตามมาตรฐานมอก. 1505-2541	12

Ref. code: 25605916030017LWM

2.3 สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 12
2.4 สมบัติพลาสติก 13
2.5 วิธีการทดสอบคอนกรีตมวลเบา ตามมาตรฐานมอก. 1505-2541 14
2.6 รูปทรงของขวดพลาสติก 15
2.7 ยี่ห้อของขวดพลาสติก 15
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 48

3.1 การกำหนดตัวแปร 48
3.2 วิธีการจัดเรียงขวดพลาสติก PET ภายในคอนกรีตบล็อก 50
3.3 การจำลองวิธีการผลิตคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 56
3.4 ขั้นตอนการผลิต และการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 58
3.5 สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 59
3.6 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 62
3.7 วิธีการทดลอง 64
3.8 วิธีการทดสอบตามาตรฐาน มอก. 1505–2541 66
3.9 สมการการทดสอบตามาตรฐาน มอก. 1505–2541 67

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล 70

4.1 สมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 70
4.2 สมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 78
4.3 สมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 84

Ref. code: 25605916030017LWM

4.4 สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อน ของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลำสติก PET เป็นส่วนประกอบ เปรียบเทียบกับอิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบาที่มีจำหน่าย ในท้องตลาด 86

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 91

5.1. ข้อสรุปจากการวิจัย 92
5.2. การประยุกต์ใช้งานคอนกรีตบล็อกในงานสถาปัตยกรรม 94
5.3. ข้อเสนอแนะในงานวิจัย 95

รายการอ้างอิง 97

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สัดส่วนผสมที่ใช้ในผลิตคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 100
ภาคผนวก ข สมบัติทางกายภาพคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 102
ภาคผนวก ค สมบัติเชิงกลคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 107

ประวัติผู้เขียน 109

Ref. code: 25605916030017LWM

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	องค์ประกอบมูลฝอยแยกตามประเภทการใช้ประโยชน์ในปีงบประมาณ 2553-2557	1
2.1	ส่วนผสมคอนกรีตบล็อกเพื่อศึกษาอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) มวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียดที่เหมาะสม	23
2.2	ส่วนผสมคอนกรีตบล็อกเพื่อศึกษาอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่เหมาะสม	25
2.3	ส่วนผสมคอนกรีตบล็อกเหมาะสมระหว่างซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ตะกรันเหล็ก และร้อยละของอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)	27
2.4	การเปรียบเทียบส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมระหว่างคอนกรีตเบา และคอนกรีตเบาที่มีพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ	29
2.5	การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัด และปริมาตรต่อน้ำหนักของคอนกรีต	33
2.6	การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัด และปริมาตรต่อน้ำหนักของขวดพลาสติก ที่มีอากาศอยู่ภายในที่มีรูพรุน และไม่มีรูพรุน	34
2.7	สมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสม	37
2.8	การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีการก่อผนัง	38
2.9	ส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาที่เหมาะสมระหว่างเถ้าลอย และผงอะลูมิเนียม	39
2.10	ส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาผสมพลาสติกเมลามีน	41
2.11	คอนกรีตมวลเบาตามมาตรฐาน TIS 1505 -1998	43
2.12	การเปรียบเทียบคอนกรีตมวลเบาผสมพลาสติก และมาตรฐานคอนกรีตมวลเบา	44
2.13	ส่วนผสมการจัดเรียงขวดพลาสติกภายในคอนกรีตบล็อก	46
3.1	สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ	59
3.2	คอนกรีตมวลเบาตามมาตรฐาน มอก. 1505 –2541	60
3.3	สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร 1 ก้อน	61
4.1	ลักษณะทางกายภาพของคอนกรีตบล็อก และคอนกรีตบล็อกที่มี การใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ	70
4.2	ลักษณะทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มี การใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบทั้ง 4 รูปแบบ	74

Ref. code: 25605916030017LWM

4.3 ลักษณะเชิงกลของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มี การใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 78

4.4 ลักษณะเชิงกลของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มี การใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ทั้ง 4 รูปแบบ 81

4.5 การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มี การใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ทั้ง 4 รูปแบบ 84

4.6 สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อน ของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลำสติก PET เป็นส่วนประกอบ เปรียบเทียบกับอิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบาที่มีจำหน่าย ในท้องตลาด 86

4.7 ราคาของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เปรียบเทียบ กับอิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบาที่มีจาหน่ายในท้องตลาด 89

Ref. code: 25605916030017LWM

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แผนภูมิวงกลมแสดงองค์ประกอบมูลฝอยของกรุงเทพมหานครประจำปีงบประมาณ 2557	3
1.2	กรอบแนวความคิด	9
2.1	ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 1 ทั้ง 4 รูปแบบ	15
2.2	ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 1 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร	16
2.3	ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 2 ทั้ง 4 รูปแบบ	16
2.4	ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 2 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร	17
2.5	ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 3 ทั้ง 4 รูปแบบ	18
2.6	ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 3 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร	19
2.7	ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 ทั้ง 5 รูปแบบ	19
2.8	ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 ขนาด 322 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร	20
2.9	ขวดพลาสติก PET แบบที่ 2 ทั้ง 3 รูปแบบ	21
2.10	ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 ขนาด 335 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร	22
2.11	การจัดเรียงขวดพลาสติกภายในผนังดินสาหรับบ้านดิน	31
2.12	การจัดเรียงขวดพลาสติกภายในผนังดินแต่ละประเภท	32
2.13	กราฟเปรียบเทียบค่าความต้านทานอุณหภูมิทั้ง 4 แบบ	34
2.14	กราฟเปรียบเทียบความจุต่อน้ำหนักทั้ง 4 แบบ	35
2.15	การจัดเรียงขวดพลาสติกในคอนกรีตบล็อก	36
3.1	การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จานวน 6 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร	51

Ref. code: 25605916030017LWM

3.2 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 เป็นแนวตั้ง จำนวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร 52
3.3 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 เป็นแนวตั้งเรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร 53
3.4 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 เป็นแนวตั้ง จำนวน 5 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร 54
3.5 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 เป็นแนวตั้ง จานวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ปริมาตร 335 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร 55
3.6 วิธีการวางขวดพลาสติก PET ภายในแบบหล่อไม้อัด ความหนา 1 เซนติเมตร 56
3.7 การเทส่วนผสมภายในแบบหล่อไม้ 56
3.8 การบ่มคอนกรีตบล็อกเป็นเวลา 15 วัน 57
3.9 ขั้นตอนการผลิต และการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 58
3.10 เครื่องชั่งดิจิตอล แบบวางพื้น ซึ่งชั่งน้าหนักได้ละเอียดถึง 10 กรัม 62
3.11 เตาอบไฟฟ้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 105-110℃ 63
3.12 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด 690 เมกะพาสคาล 63
3.13 เครื่องทดสอบกาลังรับแรงอัด 200 ตัน 63
3.14 เครื่องเก็บข้อมูล Data logger รุ่น TDS-530 64
3.15 สเตรนเกจ ขนาด 90 มิลลิเมตร 64
3.16 การผสมอัตราส่วนคอนกรีตบล็อก 64
3.17 แบบหล่อไม้อัดหนา 1 เซนติเมตร 65
3.18 การวางขวดพลาสติก PET ตามระยะที่กำหนด 65

Ref. code: 25605916030017LWM

3.19 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 65
3.20 การทดสอบกาลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 66
3.21 การทดสอบความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 66
3.22 การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 67
3.23 การทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 67
4.1 กราฟความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกควบคุมและคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) 72
4.2 กราฟการดูดซึมน้ำเวลา 30 นาทีของคอนกรีตบล็อกควบคุมและคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ (เปอร์เซ็นต์) 72
4.3 กราฟการดูดซึมน้ำเวลา 24 ชั่วโมงของคอนกรีตบล็อกควบคุมและคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ (เปอร์เซ็นต์) 73
4.4 กราฟความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกควบคุมและคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบทั้ง 4 รูปแบบ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) 75
4.5 กราฟการดูดซึมน้ำเวลา 30 นาทีของคอนกรีตบล็อกควบคุมและคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบทั้ง 4 รูปแบบ (เปอร์เซ็นต์) 76
4.6 กราฟการดูดซึมน้ำเวลา 24 ชั่วโมงของคอนกรีตบล็อกควบคุมและคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบทั้ง 4 รูปแบบ (เปอร์เซ็นต์) 77
4.7 กราฟกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกควบคุมและคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร) 79
4.8 กราฟโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกควบคุมและคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ($x10^6$ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร) 80
4.9 กราฟกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก เป็นส่วนประกอบ ทั้ง 4 รูปแบบ (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร) 82
4.10 กราฟโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ทั้ง 4 รูปแบบ ($x10^6$ นิวตันต่อตารางเมตร) 83

Ref. code: 25605916030017LWM

4.11 กราฟการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ทั้ง 4 รูปแบบ (วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน) 85
5.1 วิธีการก่อผนังคอนกรีตบล็อก และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 94
5.2 วิธีการฉาบผนังคอนกรีตบล็อก และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 94

Ref. code: 25605916030017LWM

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันในประเทศไทยมีขยะขวดพลาสติกเป็นจำนวนมาก ทำให้ยากต่อการย่อยสลาย และต้องใช้เวลาในการย่อยสลายมากกว่าขยะชนิดอื่น การวิจัยนี้จึงต้องการลดขยะขวดพลาสติก โดยการนำขวดพลาสติก PET มาจัดเรียงภายในคอนกรีตบล็อก เนื่องจากขยะมูลฝอยในประเทศไทยจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนของประชากร ทำให้เกิดปัญหาที่เกิดจากขยะมูลฝอย ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม

ตารางที่ 1.1

องค์ประกอบมูลฝอยแยกตามประเภทการใช้ประโยชน์ในปีงบประมาณ 2553-2557

ประเภทการใช้ประโยชน์/Utilization Type	2553/2010	2554/2011	2555/2012	2556/2013	2557/2014	เฉลี่ย/Average
ประเภทหมักทำปุ๋ย Compost	**54.87**	**50.07**	**48.70**	**49.78**	**48.28**	**50.34**
เศษอาหาร Food waste	48.41	44.67	42.72	43.34	42.10	44.25
ไม้และใบไม้ Branches and leaves	6.46	5.26	5.98	6.44	6.18	6.06
อื่น ๆ Others	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.03
ประเภทเข้าสู่ขบวนการผลิตใหม่ New Production Process	**10.65**	**10.98**	**11.85**	**11.29**	**14.27**	**11.81**
กระดาษ (Recycle) Paper (Recycle)	1.42	1.80	2.76	1.88	2.58	2.09
พลาสติก (Recycle) Plastics (Recycle)	3.40	3.44	3.66	3.56	5.08	3.83
โฟม Foams	1.55	1.43	1.58	1.57	1.63	1.55
แก้ว Glasses	2.56	2.77	2.70	3.08	3.41	2.91
โลหะ Metals	1.72	1.54	1.15	1.20	1.57	1.43

หมายเหตุ. จาก *รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร 2556 – 2557,* (91-92), กลุ่มงานวิจัย กองจัดการขยะ ของเสียอันตรายและปฏิกูลสำนักสิ่งแวดล้อม, (2557), โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

องค์ประกอบมูลฝอยแยกตามประเภทการใช้ประโยชน์ในปีงบประมาณ 2553-2557

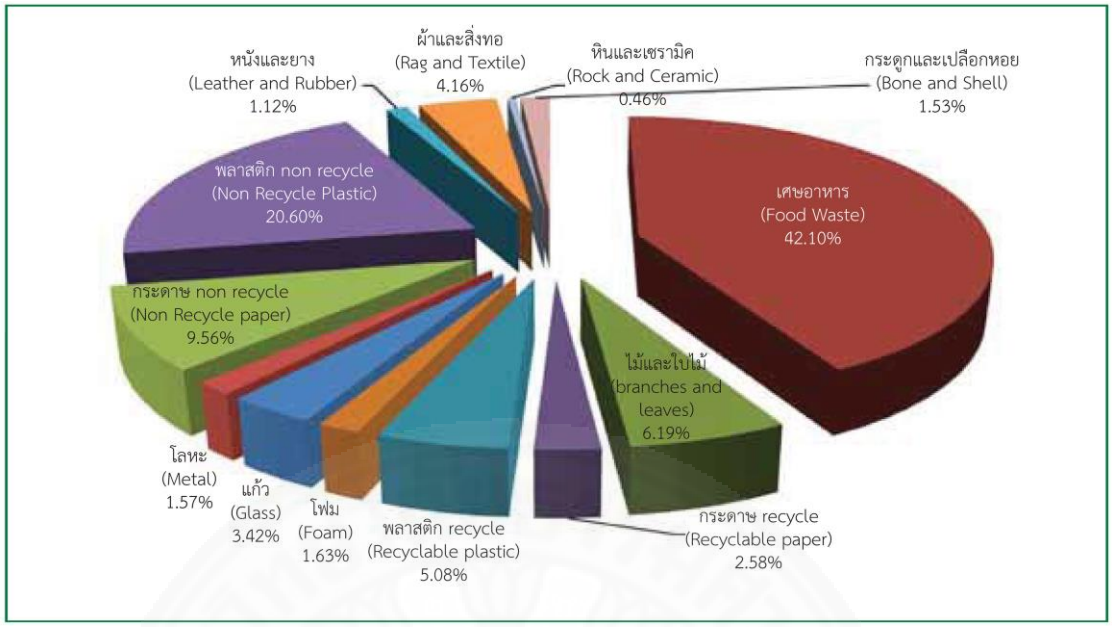
ประเภทฝังกลบ **Landfill**	**34.48**	**38.95**	**39.45**	**38.93**	**37.43**	**37.85**
กระดาษ (Non-recycle) Papers (Non-recycle)	6.25	10.25	12.43	9.67	9.56	9.63
พลาสติก (Non-recycle) Plastics (Non-recycle)	21.43	20.56	21.35	21.54	20.60	21.10
หนังและยาง Leathers and rubber	1.40	1.50	0.83	1.45	1.12	1.26
ผ้าและสิ่งทอ Rags and textiles	3.99	4.17	2.83	3.92	4.16	3.81
หินและเซรามิค Rock and Ceramics	0.65	0.59	0.53	0.73	0.46	0.59
กระดูกและเปลือกหอย Bones and shells	0.76	1.88	1.48	1.62	1.53	1.46
รวม Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

หมายเหตุ. จาก *รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร 2556 – 2557,* (91-92), กลุ่มงานวิจัย กองจัดการขยะ ของเสียอันตรายและปฏิกูลสำนักสิ่งแวดล้อม, (2557), โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

จากตารางที่ 1.1 ทำให้เห็นว่าปริมาณขยะพลาสติกแบบ non–recycle มีปริมาณ ร้อยละ 21.10 ซึ่งมากกว่าขยะชนิดอื่นในปริมาณขยะฝังกลบทั้งหมดร้อยละ 37.85

คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อก ได้แก่ ความเบาของคอนกรีตบล็อก และการต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อก ซึ่งเป็นการใช้ขยะขวดพลาสติกที่ยากต่อการย่อยสลายให้เกิดประโยชน์สูงสุด

Ref. code: 25605916030017LWM



ภาพที่ 1.1 แผนภูมิวงกลมแสดงองค์ประกอบมูลฝอยของกรุงเทพมหานครประจำปีงบประมาณ 2557. จาก *กลุ่มงานวิจัย กองจัดการขยะ ของเสียอันตรายและปฏิกูลสำนักสิ่งแวดล้อม*, (91-92), (2557), โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

จากภาพที่ 1.1 ปริมาณพลาสติกแบบ non–recycle มีปริมาณร้อยละ 20.60 ซึ่งมีปริมาณเป็นอันดับที่สองรองจากปริมาณเศษอาหารแสดงให้เห็นว่าปริมาณขยะพลาสติกมีปริมาณที่มีจำนวนมากและยากต่อการย่อยสลาย เมื่อเปรียบเทียบกับขยะชนิดอื่น

Ref. code: 25605916030017LWM

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อก และสมบัติทางกายภาพของขวดพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate) และสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่ใช้สำหรับผนังภายนอกอาคาร

1.2.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำตามมาตรฐานมอก. 1505–2541 สมบัติเชิงกลชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำ ตามมาตรฐานมอก.1505–2541และสมบัติทางความร้อนชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

1.2.3 ศึกษา และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบกับอิฐมอญ คอนกรีตมวลเบา และคอนกรีตบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

1.2.4 เสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ และการประยุกต์ใช้ขวดพลาสติก PET ภายในคอนกรีตบล็อก เพื่อใช้ในผนังภายนอกอาคารสำหรับงานสถาปัตยกรรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขวดพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate) แบบที่ 1 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

1.3.2 ขวดพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate) แบบที่ 2 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ปริมาตร 335 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

1.3.3 แบบหล่อขนาดของคอนกรีตบล็อกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร ที่ใช้ทั่วไปในกระบวนการก่อสร้างผนังอาคาร

1.3.4 แบบหล่อขนาดของคอนกรีตบล็อกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร ที่ใช้ทั่วไปในกระบวนการก่อสร้างผนังอาคาร

Ref. code: 25605916030017LWM

1.4 **ระเบียบวิธีการวิจัย**

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยทำการวิเคราะห์และประเมินผลเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการต้านทานความร้อนของผนังภายนอกอาคาร ผลการศึกษานี้จะนำไปสู่การพัฒนาผนังภายนอกอาคารให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1.4.1 การศึกษาเบื้องต้น

1.4.1.1 ศึกษาสมบัติของคอนกรีตบล็อก

1.4.1.2 ศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก

1.4.1.3 ศึกษาสมบัติของขวดพลาสติก PET

1.4.1.4 ศึกษาการจัดเรียงของขวดพลาสติก PET

1.4.1.5 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2. การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1.4.2.1 เตรียมแบบหล่อคอนกรีตบล็อกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร

1.4.2.2 เตรียมแบบหล่อคอนกรีตบล็อกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

1.4.2.3 เครื่องมือทดสอบสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานการทดสอบ มอก. 1505 – 2541

1.4.2.4 เครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานการทดสอบ มอก. 1505 – 2541

1.4.2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติความเป็นฉนวน ได้แก่ เครื่องวัดนำความร้อน แบบ Heat Flow Meter ตามมาตรฐาน ASTM C 518

1.4.2.6 การทดสอบความน่าเชื่อถือ และความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้

1.4.3. การจัดเรียงขวดพลาสติกภายในคอนกรีตบล็อก

1.4.3.1 ทำความสะอาดขวดพลาสติกPET (Polyethylene terephthalate) แบบที่ 1 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

Ref. code: 25605916030017LWM

1.4.3.2 ทำความสะอาดขวดพลาสติก PET(Polyethylene terephthalate) แบบที่ 2 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ปริมาตร 335 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

1.4.3.3 วางขวดพลาสติก โดยใช้เอ็นรัดบริเวณคอ และส่วนเว้าของขวดพลาสติกภายในคอนกรีตบล็อกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร

1.4.3.4 วางขวดพลาสติก โดยใช้เอ็นรัดบริเวณคอ และส่วนเว้าของขวดพลาสติกภายในคอนกรีตบล็อกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

1.4.3.5 ผสมคอนกรีตบล็อกตามสัดส่วน และเทใส่แบบหล่อ

1.4.3.6 ถอดแบบหล่อที่ 15 วัน

1.4.4. การทดสอบ

1.4.4.1 ทดสอบสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำ ตามมาตราฐาน มอก. 1505 – 2541

1.4.4.2 ทดสอบสมบัติเชิงกลของของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำ ตามมาตราฐาน มอก. 1505 – 2541

1.4.4.3 ทดสอบการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำ ตามมาตราฐาน มอก. 1505 – 2541

1.4.5. วิเคราะห์ และสรุปผล

วิเคราะห์ และเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ และคอนกรีตบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่ใช้สำหรับผนังภายนอกอาคาร

Ref. code: 25605916030017LWM

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เป็นแนวทางในการลดปริมาณขยะขวดพลาสติกรูปแบบหนึ่ง

1.5.2 ลดปริมาณการใช้ของส่วนผสมในคอนกรีตบล็อก

1.5.3 เกิดองค์ความรู้ใหม่จากการนำขวดพลาสติกPETเหลือใช้มาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตบล็อก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อก เช่น ความต้านทานความร้อน ความหนาแน่นแห้ง การดูดซึมน้ำ และน้ำหนักที่ลดลงของคอนกรีตบล็อก

1.6 สมมติฐานการวิจัย

1.6.1 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบผ่านมาตราฐาน มอก. 1505 – 2541 แบบชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำ

1.6.2 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้คอนกรีตบล็อก มีน้ำหนักลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่ใช้สำหรับผนังภายนอกอาคาร

1.6.3 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบมีผลทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกลดลง

1.6.4 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติกPETเป็นส่วนประกอบในอัตราส่วนที่เหมาะสม มีผลทำให้สมบัติการนำความร้อนความร้อนของคอนกรีตบล็อกลดลง

1.7 นิยามศัพท์

คอนกรีตบล็อก (Concrete Block) เป็นผลิตภัณฑ์ใช้สำหรับก่อผนัง ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และน้ำ

ขวดพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate) คือ ขวดพลาสติกที่มีน้ำหนักเบา (Light Weight) มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซต่ำ (Low Gas Permeability) และมีความต้านทานแรงกระแทกที่ดี (Good Impact Strength)

ปูนซีเมนต์ (Cement) หมายถึง วัสดุผสานสำหรับผลิตคอนกรีต มีส่วนผสมหลักคือ หินปูน ดินเหนียวและมีส่วนผสมอื่นเช่น ซิลิก้า อลูมิน่า สินแร่เหล็ก ยิปซั่ม และสารเพิ่มพิเศษ

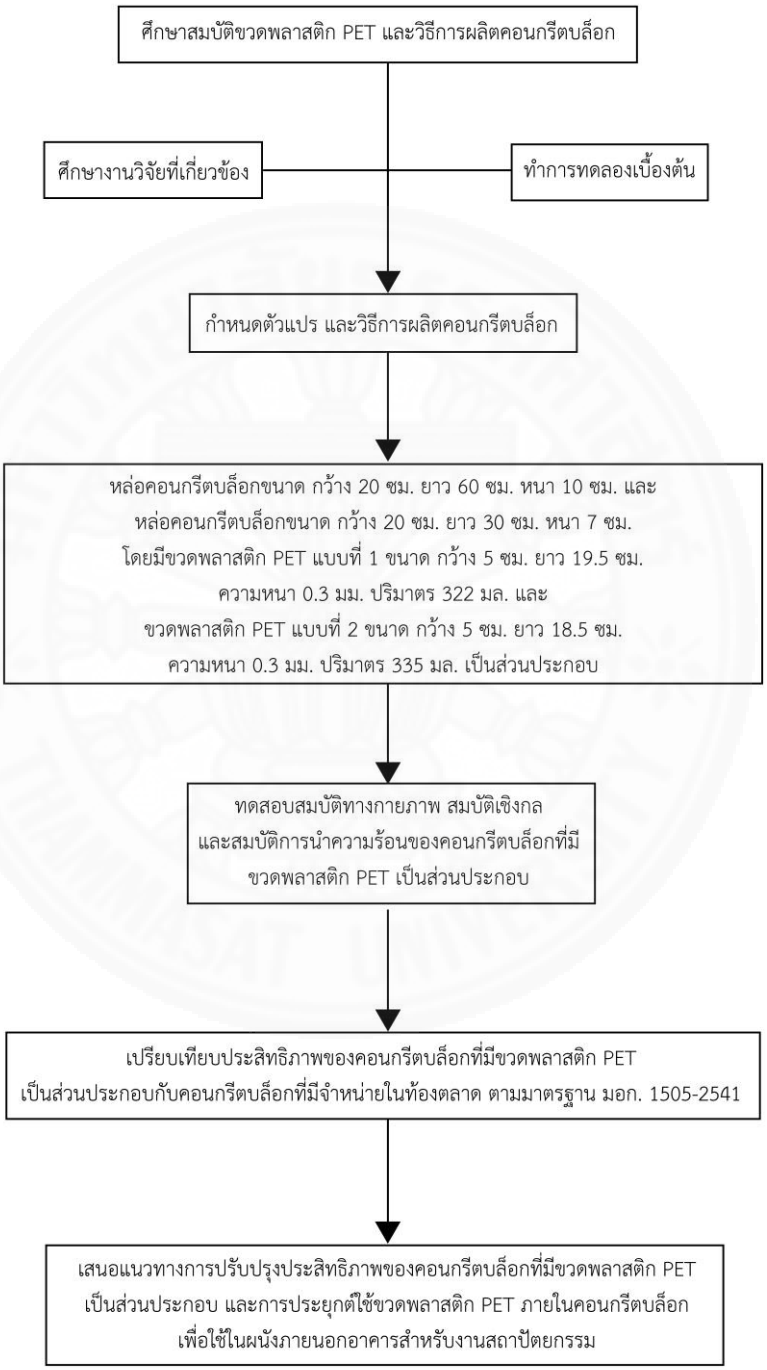
Ref. code: 25605916030017LWM

กำลังอัด (Compressive strength) คือ ความสามารถของวัสดุที่สามารถต้านทานแรงกด โดยตรงตามแนวแกน

การนำความร้อน (Thermal conductivity) คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่

Ref. code: 25605916030017LWM

1.8 กรอบแนวความคิด



ภาพที่ 1.2 กรอบแนวความคิด

Ref. code: 25605916030017LWM

จากภาพที่ 1.2 การศึกษาสมบัติของขวดพลาสติก PET และวิธีการผลิตคอนกรีตบล็อก จะทำให้ทราบถึงความสำคัญของการลดขยะพลาสติก เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการก่อสร้างผนังอาคารด้วยคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ผนังของอาคาร เช่น ฉนวนกันความร้อน เนื่องจากในประเทศไทยมีอุณหภูมิภายนอกที่สูง ทำให้เครื่องปรับอากาศภายในอาคาร ต้องใช้พลังงานปริมาณมากในการลดอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะสบายของมนุษย์ โดยจะต้องมีการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาวิธีการจัดเรียงขวดพลาสติกภายในคอนกรีตบล็อก ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก และการใช้ขวดพลาสติก PET ในผนังอาคารในรูปแบบอื่น ที่สามารถต้านทานอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างภายนอก และภายในของอาคาร โดยมีการทดสอบวัสดุคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบตามมาตราฐาน มอก. 1505 – 2541 แบบชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำ โดยมีแนวความคิดที่จะปรับปรุงสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

Ref. code: 25605916030017LWM

บทที่ 2
วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คอนกรีตมวลเบา และคอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อผนังทั่วไปในกระบวนการก่อสร้างอาคาร จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับวิธีการผลิตคอนกรีตมวลเบา และคอนกรีตบล็อกให้มีส่วนผสมที่เหมาะสม และการนำขวดพลาสติก PET มาใช้เป็นส่วนประกอบ เพื่อลดปริมาณขยะพลาสติกที่มีปริมาณมากในปัจจุบัน งานวิจัยนี้มีหัวข้อการศึกษาทั้งหมด 7 หัวข้อดังนี้

2.1 กรรมวิธีการผลิตคอนกรีตมวลเบา ตามมาตรฐานมอก. 1505 - 2541
2.2 การศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบา ตามมาตรฐานมอก. 1505 – 2541
2.3 สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ
2.4 สมบัติพลาสติก
2.5 วิธีการทดสอบคอนกรีตมวลเบา ตามมาตรฐานมอก. 1505 - 2541
2.6 รูปทรงของขวดพลาสติก
2.7 ยี่ห้อของขวดพลาสติก
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรรมวิธีการผลิตคอนกรีตมวลเบา ตามมาตรฐานมอก. 1505 – 2541

2.1.1 ระบบไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Non - Autoclaved System) แบ่งตามกระบวนการผลิตได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

2.1.1.1 ประเภทที่1 ใช้วัสดุธรรมชาติที่มีน้ำหนักเบาเป็นส่วนผสมเพิ่มของคอนกรีต เช่น ขี้เลื่อย ขี้เถ้า ชานอ้อย และเม็ดโฟม ซึ่งจะทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักที่เบา และเพิ่มกำลังรับแรงอัดให้คอนกรีต

2.1.1.2 ประเภทที่2 ใช้สารเคมี (Circular Lightweight Concrete) เพื่อเพิ่มฟองอากาศให้แก่คอนกรีต และทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบา

2.1.2 ระบบผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Autoclaved System) แบ่งตามกระบวนการผลิตได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

2.1.2.1 ประเภทที่ 1 ใช้ปูนขาว เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตทำให้ควบคุมคุณภาพของคอนกรีตยาก และมีการดูดซึมน้ำมากกว่า

Ref. code: 25605916030017LWM

2.1.2.2 ประเภทที่ 2 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เป็นระบบที่จะทำให้คอนกรีตมีคุณภาพได้มาตรฐาน และทำให้ให้เกิดการตกผลึก (Calcium Silicate) ในคอนกรีต ซึ่งทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงกว่าการผลิตคอนกรีตมวลเบาในประเภทที่ 1 (อิฐมวลเบา : ข้อดีข้อเสียของวิธีการผลิตอิฐมวลเบาแบบ ACC และCLC, 2557)

ผู้วิจัยผลิตคอนกรีตบล็อกด้วยวิธีการไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถหาเครื่องอบไอน้ำในการผลิตคอนกรีตบล็อก จึงทำให้ผู้วิจัยผลิตคอนกรีตบล็อกด้วยวิธีการไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง

2.2 การศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบา ตามมาตรฐานมอก. 1505 - 2541

2.2.1 ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement) ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ ใช้ทั่วไปในงานคอนกรีตประมาณร้อยละ 90ของปูนซีเมนต์ทุกประเภท สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษและใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป เช่น เสา คาน ฐานรากของอาคาร ถนน เป็นต้น ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ ให้กำลังสูงในระยะเวลาที่รวดเร็ว และให้ความร้อนปานกลาง

2.2.2 มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) มีขนาดเม็ดเล็กกว่า 4.75 มม. แต่มีขนาดใหญ่กว่า 0.074 มม. ได้แก่ ทรายแม่น้ำ ทรายบก หรือทรายเหมืองที่ผ่านการทำความสะอาด

2.3 สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

2.3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน มอก. 15 เล่ม 1 - 2555 ปริมาณ 9160 กรัม

2.3.2 ทรายละเอียดตามมาตรฐาน มอก. 1776 - 2542 ปริมาณ 10500 กรัม

2.3.3 น้ำสะอาด ปริมาณ 4580 กรัม

Ref. code: 25605916030017LWM

2.4 สมบัติพลาสติก

พลาสติก คือ สารประกอบอินทรีย์ที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้แทนวัสดุธรรมชาติ เป็นเซลลูโลส (Cellulos) ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ เช่น น้ำมันดิบ ยางไม้ เซลลูโลส ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และ คลอรีน นำมาสังเคราะห์โดยขบวนการ " โพลิเมอร์ไรเซชั่น " จึงได้พลาสติก

เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นพลาสติกที่เมื่อได้รับความร้อนแล้วจะอ่อนตัวลง และเมื่อเจอกับความเย็นพลาสติกจะแข็งตัว สามารถเปลี่ยนรูปได้ และสามารถนำมาหลอมใหม่ด้วยความร้อน มีโครงสร้างเป็นโมเลกุลของสายโซ่โพลิเมอร์เป็นแบบเส้นตรง หรือแบบกิ่งสั้นๆ ละลายได้ดีในสารละลายบางชนิด สามารถขึ้นรูปโดยการฉีดในขณะที่พลาสติกกำลังอ่อนตัว และไหลไปด้วยความร้อนและความดันเข้าไปในแม่พิมพ์ที่มีช่องว่างเป็นรูปร่างตามที่ต้องการ หลังจากที่พลาสติกไหลเข้าไปจนเต็มแม่พิมพ์จะถูกทำให้เย็นลงและถอดออกจากแม่พิมพ์ พลาสติกชนิดนี้สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ โดยการบด และหลอมละลายด้วยความร้อนเพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate : PET) เป็นพลาสติกที่ใช้สำหรับการบรรจุอาหารและเครื่องดื่มสำหรับการบริโภค เป็นส่วนประกอบของโพลิเมอร์ (Polymers) มีลักษณะโปร่งใส่ และใส่สีให้กับวัสดุ จุดเดือด 265 องศา (538เคลวิน)แรงดึง 1700 MPa (เมกะพาสคาล)เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากโมโนเมอร์ (monomer)หลายตัว ซึ่งได้จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (esterification) ระหว่าง terephthalic acid (TPA) กับethylene glycol (EG หรือ ethanediol)โดยมีน้ำเกิดขึ้นในปฏิกิริยา หรือเกิดจากโมโนเมอร์ จากปฏิกิริยาระหว่าง dimethyl terephthalate กับ ethylene glycol โดยมีเมทานอลเกิดขึ้นในปฏิกิริยา ซึ่งสารตั้งต้นที่ใช้ในการผลิต PET ได้จากอุตสาหกรรมน้ำมัน

PET เป็นโพลิเมอร์ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์โพลิเมอร์แบบควบแน่น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเกิดจากปฏิกิริยาการเตรียมเอสเทอร์(Esterification)โดยใช้กรดเทเรฟทาลิก (Terepthalic acid) และ เอทธิลีนไกคอล (Ethylene glycol) เป็นสารตั้งต้น หรือใช้ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนหมู่เอสเทอร์(Transesterification)โดยใช้ไดเมทิลเทเรฟทาเลท(Dimethyl terephthalate) เอทธิลีนไกคอล ที่อุณหภูมิ 275–285 °C ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารไดเอสเทอร์ (Di-ester) เมื่อผ่านเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์โพลิเมอร์ จะได้โพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลไม่สูง โครงสร้างเป็นอสัญฐาน และมีค่าความหนืด IV (Intrinsic viscosity) ประมาณ 0.58-0.67 dl/g ซึ่งในกระบวนการผลิตขวดหรือเส้นใยคุณภาพสูงมีความจำเป็นต้องใช้ PET ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และมีค่าความหนืด IV > 0.7 dl/g จึงต้องเพิ่มกระบวนการสังเคราะห์โพลิเมอร์ในสถานะของแข็ง (solid

Ref. code: 25605916030017LWM

stating polymerisation, SSP) โดยเริ่มจากการทำให้เม็ดโพลิเมอร์ที่ผลิตได้จากขั้นตอนแรก ซึ่งไม่มีโครงสร้างเป็นผลึก ให้มีปริมาณผลึกเพิ่มขึ้นก่อน (recrystallization) ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกใช้เครื่อง pre-crystallizer ซึ่งในขั้นตอนนี้ PET จะถูกทำให้มีปริมาณผลึกเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ ประมาณ 170°C เป็นเวลา 30 นาที การกวนอย่างต่อเนื่อง และรุนแรงจะป้องกันไม่ให้เม็ด PET ติดกัน ภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการนี้ เม็ด PET จะมีปริมาณผลึกประมาณ 25% ขั้นตอนที่ 2 ของการเพิ่มปริมาณผลึกในเม็ด PET ทำได้โดยการกวนด้วยเครื่องกวนที่อุณหภูมิ 190 °C เป็นเวลา 30 นาที เม็ด PET ที่ผ่านขั้นตอนนี้จะมีปริมาณผลึกประมาณ 30% จากนั้นจึงผ่านเข้าสู่ขั้นตอน SSP โดยเก็บโพลิเมอร์ไว้ในบรรยากาศที่ไม่มีออกซิเจน และความชื้น แล้วให้ความร้อนแก่โพลิเมอร์ที่อุณหภูมิ 200-220°C ซึ่งต่ำกว่าจุดหลอมเหลวเล็กน้อยกระบวนการ SSPนี้ กระบวนการที่ต้องใช้เวลานานพอที่จะเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์โพลิเมอร์ควบแน่นเพิ่มขึ้น เม็ด PET จะมีปริมาณผลึกเป็น 40% และค่าความหนืด IV สูงขึ้น เป็น 0.75-0.85 ในขั้นตอนนี้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊ส และสารที่กลายเป็นไอ เช่น อะซิตาลดีไฮด์ (acetaldehyde)จะถูกกำจัดออกไป PET ที่มีปริมาณผลึกสูงจะมีสมบัติทางกายภาพที่ดี แข็งแรง และไม่เปราะ

2.5 วิธีการทดสอบคอนกรีตมวลเบา ตามมาตรฐานมอก. 1505 – 2541

โดยทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่างในสมบัติแต่ละประเภท มีทั้งหมด 4 ประเภทดังนี้

2.5.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องไม่แตกร้าว ไม่บิดเบี้ยว ไม่แอ่นตัว และไม่มีตำหนิใดๆ ที่เป็นผลเสียหายต่อการใช้งาน

2.5.2 ความหนาแน่นแห้ง

คอนกรีตมวลเบาต้องมีความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย 0.31–1.00 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยคอนกรีตมวลเบาแต่ละก้อนจะมีค่าแตกต่างจากที่กำหนดได้ไม่มากกว่า 0.05 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.5.3 กำลังรับแรงอัด

คอนกรีตมวลเบาต้องมีกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย 2.00-10.00 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

2.5.4 การดูดซึมน้ำ

คอนกรีตมวลเบาต้องมีการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในการวิจัยนี้ทำการทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่างในสมบัติในแต่ละประเภท

Ref. code: 25605916030017LWM

2.6 รูปทรงของขวดพลาสติก

จากการศึกษาขวดพลาสติก PET เป็นขวดพลาสติกที่ใช้กันทั่วไปในท้องตลาด เนื่องจากมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของอากาศ และน้ำ ขนาดของขวดพลาสติก PET ในแต่ละรูปแบบมีผลต่อการจัดเรียงขวดพลาสติกPETภายในคอนกรีตบล็อก เนื่องจากขนาดของขวดพลาสติก PET จะต้องมีความสูงไม่เกินขนาดความกว้างของคอนกรีตบล็อก มีลักษณะขวดพลาสติก 3 รูปแบบดังนี้

2.6.1 รูปทรงขวดพลาสติกที่มีส่วนเว้า

2.6.2 รูปทรงขวดพลาสติกเป็นแนวตรงทรงกระบอก

2.6.3 ลักษณะ และความหนาของก้นขวดพลาสติก

2.7 ยี่ห้อของขวดพลาสติก

ขวดพลาสติก PET ที่บรรจุน้ำดื่ม น้ำอัดลม และน้ำผลไม้ที่ใช้กันแพร่หลายในท้องตลาดมีทั้งหมด 5 ยี่ห้อดังนี้

2.7.1 การศึกษาลักษณะของขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 1 ทั้ง 4 รูปแบบดังนี้

ภาพที่ 2.1 ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 1 ทั้ง 4 รูปแบบ จาก *“ คริสตัล ” ประกาศชัยน้ำดื่มรอบ 20 ปี ขึ้นแท่นผู้นำตลาดสอย “ สิงห์ ” ร่วง*, (2560), สืบค้นจาก https://www.brandbuffet.in.th /2017/07/crystal-turns-to-number-one-in-drinking-water/

จากภาพที่ 2.1 ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 1 มี 4 รูปแบบดังนี้

2.7.1.1 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงน้อยกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

Ref. code: 25605916030017LWM

2.7.1.2 ขนาด 600 มิลลิลิตร กว้าง 6 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.1.3 ขนาด 1000 มิลลิลิตร กว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 27 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.1.4 ขนาด 1500 มิลลิลิตร กว้าง 8 เซนติเมตร ยาว 31 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 1 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร มีความยาวของขวดพลาสติกไม่มากกว่าขนาดความกว้างของคอนกรีตบล็อกเมื่อเปรียบเทียบกับขวดพลาสติกรูปแบบอื่นในภาพที่ 2.1 และลักษณะขวดเป็นแนวตั้งฉากกับกำลังรับแรงอัด โดยขวดเป็นแนวตรงทรงกระบอก ไม่มีส่วนเว้าบริเวณกลางขวด แสดงดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 1 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร จาก *ผลิตภัณฑ์น้ำดื่มคริสตัล*, (2558), สืบค้นจาก http://www.sermsukplc.com /th/product/detail/crystal

2.7.2 การศึกษาลักษณะของขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 2 ทั้ง 4 รูปแบบดังนี้

ภาพที่ 2.3 ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 2 ทั้ง 4 รูปแบบ จาก *บริษัท เอ็นพี ดริ้งกิ้ง วอเตอร์ คอร์เปอร์เรชั่น จำกัด*, (2560), สืบค้นจาก http://watershop.yellowpages.co.th/

Ref. code: 25605916030017LWM

จากภาพที่ 2.3 ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 2 มีทั้งหมด 4 รูปแบบดังนี้

2.7.2.1 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงน้อยกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.2.2 ขนาด 600 มิลลิลิตร กว้าง 6 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.2.3 ขนาด 1000 มิลลิลิตร กว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 27 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.2.4 ขนาด 1500 มิลลิลิตร กว้าง 8 เซนติเมตร ยาว 31 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

ขวดพลาสติก PETยี่ห้อที่ 2 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตรที่มีความยาวของขวดพลาสติกไม่สูงกว่าขนาดความกว้างของคอนกรีตบล็อก เมื่อเปรียบเทียบกับขวดพลาสติกรูปแบบอื่นในภาพที่ 2.3 และลักษณะขวดเป็นแนวตั้งฉากกับกำลังรับแรงอัด โดยขวดเป็นแนวตรงทรงกระบอก ไม่มีส่วนเว้าบริเวณกลางขวด แสดงดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4 ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 2 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร จาก *น้ำช้างทุ่มสุดตัว ประกาศ! ขายน้ำดื่ม กว่าล้านขวด 9 – 17 พ.ย.นี้*, (2554), สืบค้นจาก https://news.mthai.com/general-news/139434.html

Ref. code: 25605916030017LWM

2.7.3 การศึกษาลักษณะของขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 3 ทั้ง 4 รูปแบบดังนี้

ภาพที่ 2.5 ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 3 ทั้ง 4 รูปแบบ จาก *เนสท์เล่ เพียวไลฟ์*, (2560), สืบค้นจาก https://www.nestle.co.th/th/brands/bottled_water/purelife

จากภาพที่ 2.5 ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 3 มีทั้งหมด 4 รูปแบบดังนี้

2.7.3.1 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงน้อยกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.3.2 ขนาด 600 มิลลิลิตร กว้าง 6 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.3.3 ขนาด 1000 มิลลิลิตร กว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 27 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

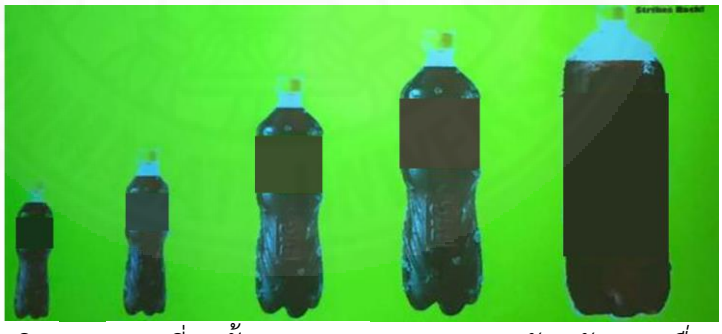
2.7.3.4 ขนาด 1500 มิลลิลิตร กว้าง 8 เซนติเมตร ยาว 31 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

Ref. code: 25605916030017LWM

ขวดพลาสติกPET ยี่ห้อที่ 3 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตรมีความยาวของขวดพลาสติกไม่สูงกว่าขนาดความกว้างของคอนกรีตบล็อก เมื่อเปรียบเทียบกับขวดพลาสติกรูปแบบอื่นในภาพที่ 2.5 และลักษณะขวดเป็นแนวตั้งฉากกับกำลังรับแรงอัด โดยมีส่วนเว้าบริเวณปากขวด และกลางขวด แสดงดังภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.6 ขวดพลาสติก PET ยี่ห้อที่ 3 ขนาด 350 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร จาก *น้ำดื่ม 0.33 ลิตร (แพ็ค12ขวด) เนสท์เล่ Pure Life*, (2560), สืบค้นจาก https://www.goodchoiz.com

2.7.4 การศึกษาลักษณะของขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 ทั้ง 5 รูปแบบดังนี้



ภาพที่ 2.7 ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 ทั้ง 5 รูปแบบจาก *“อาเจ” จัดหนัก ยกเครื่อง “บิ๊ก โคล่า” สู้ศึกน้ำดำรับซัมเมอร์*, (2559), สืบค้นจาก https://positioningmag.com/62736

จากภาพที่ 2.7. ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 ทั้ง 5 รูปแบบดังนี้

2.7.4.1 ขนาด 322 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงน้อยกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.4.2 ขนาด 505 มิลลิลิตร กว้าง 6 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

Ref. code: 25605916030017LWM

2.7.4.3 ขนาด 1300 มิลลิลิตร กว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 27 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.4.4 ขนาด 1800 มิลลิลิตร กว้าง 8 เซนติเมตร ยาว 31 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.4.5 ขนาด 3100 มิลลิลิตร กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 35 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 ขนาด 322 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร เป็นขวดพลาสติกที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบของคอนกรีตบล็อก เนื่องจากเป็นขวดพลาสติกที่มีขนาด 322 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ที่มีความยาวของขวดพลาสติกไม่สูงกว่าขนาดความกว้างของคอนกรีตบล็อกแสดงดังภาพ และมีความแข็งแรงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับขวดพลาสติกยี่ห้ออื่น เนื่องจากเป็นขวดพลาสติกที่บรรจุน้ำอัดลม จึงมีเนื้อพลาสติกที่หนากว่า จึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าขวดพลาสติกที่บรรจุน้ำดื่ม

ภาพที่ 2.8 ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 ขนาด 322 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร, จาก ภาพถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 มกราคม 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

2.7.5 การศึกษาลักษณะของขวดพลาสติก PET แบบที่ 2 ทั้ง 3 รูปแบบดังนี้

ภาพที่ 2.9 ขวดพลาสติก PET แบบที่ 2 ทั้ง 3 รูปแบบ สืบค้นจาก http://www.bigc.co.th/fresh/minute-maid-pulpy-orange-juice-800-ml.html และ http://www.posttoday.com/social/PR/528999 เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

จากภาพที่ 2.9 ขวดพลาสติก PET แบบที่ 2 มี 3 รูปแบบดังนี้

2.7.5.1. ขนาด 290 มิลลิลิตร กว้าง 4.5 เซนติเมตร ยาว 17 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงน้อยกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.5.2 ขนาด 335 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงน้อยกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

2.7.5.3 ขนาด 800 มิลลิลิตร กว้าง 6.5 เซนติเมตร ยาว 22 เซนติเมตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีความสูงมากกว่าความกว้างของคอนกรีตบล็อก

Ref. code: 25605916030017LWM

ขวดพลาสติก PET แบบที่ 2 ขนาด 335 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร เป็นขวดพลาสติกที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบของคอนกรีตบล็อก เนื่องจากเป็นขวดพลาสติกที่มีขนาด 335 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ที่มีความยาวของขวดพลาสติกไม่สูงกว่าขนาดความกว้างของคอนกรีตบล็อก แสดงดังภาพที่ 2.10 และมีความแข็งแรงมากเมื่อเปรียบเทียบกับขวดพลาสติกยี่ห้ออื่น เนื่องจากขวดพลาสติกที่บรรจุน้ำผลไม้ จะมีเนื้อพลาสติกที่หนากว่า จึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าขวดพลาสติกที่บรรจุน้ำดื่ม และเป็นขนาดที่ใช้บริโภคมากกว่าขนาดอื่นๆ

ภาพที่ 2.10 ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 ขนาด 335 มิลลิลิตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร, จาก ภาพถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

จากการศึกษาพลาสติก PET เป็นพลาสติกที่ใช้อย่างแพร่หลายในการบรรจุเครื่องดื่มสำหรับบริโภค เนื่องจากมีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของอากาศ และน้ำ แข็งแรง ทนทาน และไม่เปราะแตกง่าย งานวิจัยนี้จึงเลือกขวดพลาสติก PETที่บรรจุน้ำอัดลม และน้ำผลไม้ มาใช้เป็นส่วนประกอบในคอนกรีตบล็อก เนื่องจากมีความแข็งแรงมากกว่าขวดพลาสติกที่บรรจุน้ำดื่ม โดยพิจารณาจากลักษณะกายภาพภายนอก และเลือกรูปแบบขวดพลาสติก PET ที่มีความยาวขวดไม่สูงกว่าขนาดความกว้างของคอนกรีตบล็อก ส่วนรูปทรงของขวดพลาสติก PET ต้องทำการศึกษาต่อไป เนื่องจากการวิจัยนี้เน้นที่ขนาดของความสูง และความแข็งแรงของลักษณะกายภาพภายนอกของขวดพลาสติกPET

Ref. code: 25605916030017LWM

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้เป็นการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคอนกรีต เพื่อให้ทราบถึงสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ สำหรับประยุกต์ใช้ในงานอาคาร

จากงานวิจัยที่ศึกษาเป็นการศึกษาปริมาณร้อยละของอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่เหมาะสม สำหรับส่วนผสมคอนคอนกรีต เพื่อทดสอบว่าปริมาณร้อยละของอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) มีผลต่อกำลังรับแรงอัด และการนำความร้อนของคอนกรีตดังนี้

ตารางที่ 2.1

ส่วนผสมคอนกรีตบล็อกเพื่อศึกษาอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) มวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียดที่เหมาะสม

ส่วนผสมคอนกรีต	อัตราส่วน (ร้อยละ)	มวลรวมธรรมชาติ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)		
	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)	ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	น้ำ	มวลรวมหยาบ
M0	0.00	500.00	250.00	575.00
M1	30.00	500.00	250.00	402.00
M2	40.00	500.00	250.00	345.00
M3	50.00	500.00	250.00	288.00
M4	60.00	500.00	250.00	230.00

หมายเหตุ. จาก *“Thermal conductivity, compressive strength and ultrasonic wave velocity of cementitious composite containing waste PET lightweight aggregate (WPLA),”* โดย Semiha Akcaozoğlu, Kubilay Akcaozoğlu, Cengiz Duran Atis, 13 September 2012 , Elsevier Publishing company, 721-726.

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ส่วนผสมคอนกรีตบล็อกเพื่อศึกษาอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) มวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียดที่เหมาะสม

ส่วนผสมคอนกรีต	มวลรวมธรรมชาติ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)			ความสูง (เซนติเมตร)
	มวลรวมละเอียด	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)	พอลีคาร์โบไซริกเอเทอร์ (SP)	ความสามารถในการเท
M0	877.00	0.00	0.00	16.00
M1	615.00	218.00	2.00	15.00
M2	526.00	292.00	5.00	14.00
M3	438.00	365.00	6.00	14.00
M4	350.00	437.00	7.50	12.00

หมายเหตุ. จาก *“Thermal conductivity, compressive strength and ultrasonic wave velocity of cementitious composite containing waste PET lightweight aggregate (WPLA),”* โดย Semiha Akcaozog˘lu, Kubilay Akcaozog˘lu, Cengiz Duran Atis, 13 September 2012 , Elsevier Publishing company, 721-726.

จากตารางที่ 2.1 จากการศึกษาการหล่อคอนกรีตขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัด และหล่อคอนกรีตขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบการนำความร้อน พบว่า ปริมาณซีเมนต์ และน้ำคงที่ ปริมาณของหินหยาบ และทรายละเอียด มีปริมาณลดลงตามลำดับซึ่งแปรผกผันกับปริมาณพลาสติกตามอัตราส่วนร้อยละ 0 30 40 50 และ60 ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนี้ M0 มีปริมาณพลาสติกน้อยที่สุด M1 M2 M3 มีปริมาณพลาสติกเพิ่มขึ้นตามลำดับ และM4 มีปริมาณพลาสติกมากที่สุด ซึ่งการเพิ่มปริมาณพลาสติกทดแทนหินหยาบ และทรายละเอียด จะทำให้คอนกรีตมีกำลังแรงอัด ค่าการนำความร้อน และน้ำหนักของคอนกรีตลดลงตามลำดับ (Semiha Akcaozog˘lu, Kubilay Akcaozog˘lu, Cengiz Duran Atis, 2013)

Ref. code: 25605916030017LWM

จากงานวิจัยที่ศึกษาเป็นการศึกษาปริมาณร้อยละของอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่เหมาะสม สำหรับส่วนผสมคอนกรีต เพื่อทดสอบว่าปริมาณร้อยละของอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต(PET) มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของคอนกรีตดังนี้

ตารางที่ 2.2

ส่วนผสมคอนกรีตบล็อกเพื่อศึกษาอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่เหมาะสม

ส่วนผสมคอนกรีต	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) = 0.42			
	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 0	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 5	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 10	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 15
ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	488.10	488.10	488.10	488.10
น้ำ	209.90	209.90	209.90	209.90
มวลรวมหยาบ	976.10	976.10	976.10	976.10
มวลรวมละเอียด	654.90	622.00	589.40	556.60
พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)	0.00	8.80	17.60	26.40

หมายเหตุ. จาก “On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles,” โดย E. Rahmani, M. Dehestani, M.H.A. Beygi, H. Allahyari, I.M. Nikbin, 12 July 2013, Elsevier Publishing company, 1302-1308.

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ส่วนผสมคอนกรีตบล็อกเพื่อศึกษาอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่เหมาะสม

ส่วนผสมคอนกรีต	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) = 0.54			
	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 0	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 5	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 10	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 15
ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	379.60	379.60	379.60	379.60
น้ำ	210.20	210.20	210.20	210.20
มวลรวมหยาบ	976.10	976.10	976.10	976.10
มวลรวมละเอียด	745.90	706.60	671.30	634.00
พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)	0.00	10.00	20.00	30.00

หมายเหตุ. จาก *“On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles,”* โดย E. Rahmani, M. Dehestani, M.H.A. Beygi, H. Allahyari, I.M. Nikbin, 12 July 2013, Elsevier Publishing company, 1302-1308.

จากตารางที่ 2.2 จากการศึกษามีการหล่อคอนกรีตทรงกระบอกขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัด หล่อคอนกรีตขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่น และหล่อคอนกรีตขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบการแผ่รังสี เมื่อมีการเพิ่มปริมาณพลาสติก PET และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการเท กำลังรับแรงอัด โมดูลัสยืดหยุ่น แรงดึง และความเปราะบางลดลง (E. Rahmani, M. Dehestani, M.H.A. Beygi, H. Allahyari, I.M. Nikbin, 2013)

Ref. code: 25605916030017LWM

จากงานวิจัยที่ศึกษาเป็นการศึกษาปริมาณส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมระหว่างซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ตะกรันเหล็ก และร้อยละของอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ที่เหมาะสม เพื่อทดสอบอัตราส่วนผสมของคอนกรีตมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของคอนกรีตดังนี้

ตารางที่ 2.3

ส่วนผสมคอนกรีตบล็อกระหว่างซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ตะกรันเหล็ก และร้อยละของอัตราส่วนพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)

ส่วนผสมคอนกรีต	ตัวประสาน (ร้อยละต่อน้ำหนัก)		มวลรวม (ร้อยละต่อน้ำหนัก)
	ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	ตะกรันเหล็ก	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)
M1	51.28	0.00	25.64
M2	25.64	25.64	25.64
M3	33.90	0.00	16.95
M4	16.95	16.95	16.95
ส่วนผสมคอนกรีต	มวลรวม		
	ทราย	น้ำ	รวม
M1	0.00	23.08	100.00
M2	0.00	23.08	100.00
M3	33.90	15.25	100.00
M4	33.90	15.25	100.00

หมายเหตุ. จาก *"An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete,"* โดย Semiha Akcaozoglu, Cengiz Duran Atis, Kubilay Akcaozoglu, 22 October 2009, Elsevier Publishing company, 285–290.

จากตารางที่ 2.3 จากการศึกษาการหล่อคอนกรีตขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร สูง 16 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัด โมดูลัสยืดหยุ่น การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่นแห้ง

Ref. code: 25605916030017LWM

และหล่อคอนกรีตขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 2.5 เซนติเมตร สูง 28.5 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบการแตกร้าวของคอนกรีต

โดยมีปูนฉาบทั้งหมด 4 แบบดังนี้

M1 คือ การผสมพลาสติก PET และการไม่มีส่วนผสมของทราย จะทำให้ความแข็งแรงปูนฉาบลดลง เนื่องจากไม่มีทรายเป็นตัวประสาน

M2 คือ การที่ผสม GBFS หรือตะกรันของเหล็ก จะทำให้เพิ่มความแข็งแรงของปูนฉาบ

M3 คือ การผสมทรายจะทำให้เพิ่มความแข็งแรงของปูนฉาบ เนื่องจากทรายเป็นตัวประสาน

M4 คือ การผสม GBFS หรือตะกรันของเหล็ก และทราย จะทำให้ปูนฉาบมีความแข็งแรงมากที่สุด

เนื่องจากปริมาณของตะกรันของเหล็ก และทราย จะทำให้ปูนฉาบมีความแข็งแรง และกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น และการลดปริมาณของพลาสติก PET จะทำให้น้ำหนักต่อปริมาตรลดลง

สรุป กำลังรับแรงอัดของปูนฉาบเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้
M4 มีกำลังรับแรงอัดมากที่สุด M3 M2 มีกำลังรับแรงอัดลดลงตามลำดับ และM1 มีกำลังรับแรงอัดน้อยที่สุด การผสม GBFS หรือตะกรันของเหล็ก และทราย จะทำให้ปูนฉาบมีความแข็งแรง และกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น และการผสมพลาสติก PET มีผลทำให้ความแข็งแรงของปูนฉาบลดลง (Semiha Akcaozoglu, Cengiz Duran Atis, Kubilay Akcaozoglu, 2010)

Ref. code: 25605916030017LWM

จากงานวิจัยที่ศึกษาเป็นการศึกษาปริมาณส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมระหว่างคอนกรีตเบา และคอนกรีตเบาที่มีพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ เพื่อทดสอบอัตราส่วนผสมของคอนกรีตมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของคอนกรีตดังนี้

ตารางที่ 2.4

การเปรียบเทียบส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมระหว่างคอนกรีตเบา และคอนกรีตเบาที่มีพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

ส่วนผสมคอนกรีต	ส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) / อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ = 0.54			
	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 0		พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 5	
	ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	คอนกรีตเบา	ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ผสมพลาสติก	คอนกรีตเบาผสมพลาสติก
ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	379.63	427.10	379.63	427.10
น้ำ	210.15	210.00	210.15	210.00
มวลรวมหยาบ	976.05	342.00	976.05	342.00
มวลรวมละเอียด	745.88	706.10	708.59	670.80
มวลรวมดิน	0.00	203.00	0.00	203.00
พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)	0.00	0.00	10.03	14.25
พอลีคาร์โบไซริกเอเทอร์ (SP)	0.00	0.815	0.00	0.815

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

การเปรียบเทียบส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมระหว่างคอนกรีตเบา และคอนกรีตเบาที่มีพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

ส่วนผสมคอนกรีต	ส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) / อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ = 0.54			
	พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 10		พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ร้อยละ 15	
	ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ผสมพลาสติก	คอนกรีตเบาผสมพลาสติก	ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ผสมพลาสติก	คอนกรีตเบาผสมพลาสติก
ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	379.63	427.10	379.63	427.10
น้ำ	210.15	210.00	210.15	210.00
มวลรวมหยาบ	976.05	342.00	976.05	342.00
มวลรวมละเอียด	671.29	635.50	634.00	600.20
มวลรวมดิน	0.00	203.00	0.00	203.00
พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET)	20.06	28.50	30.10	42.75
พอลีคาร์โบไซริกเอเทอร์ (SP)	0.00	0.815	0.00	0.815

หมายเหตุ. จาก *“Feasibility study of waste Poly Ethylene Terephthalate (PET) particles as aggregate replacement for acid erosion of sustainable structural normal and lightweight concrete,”* โดย Iman M. Nikbin, Saman Rahimi R, Hamed Allahyari, Farhad Fallah, 11 March 2016, Elsevier Publishing company, 108-177.

Ref. code: 25605916030017LWM

จากตารางที่ 2.4 มีการหล่อคอนกรีตขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร
NC คือ Normal Concrete หรือ คอนกรีตทั่วไป
LWC คือ Lightweight Concrete หรือ คอนกรีตมวลเบา
NPC คือ Normal Plastic Concrete หรือ คอนกรีตทั่วไปผสมพลาสติก
LWPC คือ Lightweight Plastic Concrete หรือ คอนกรีตเบาผสมพลาสติก

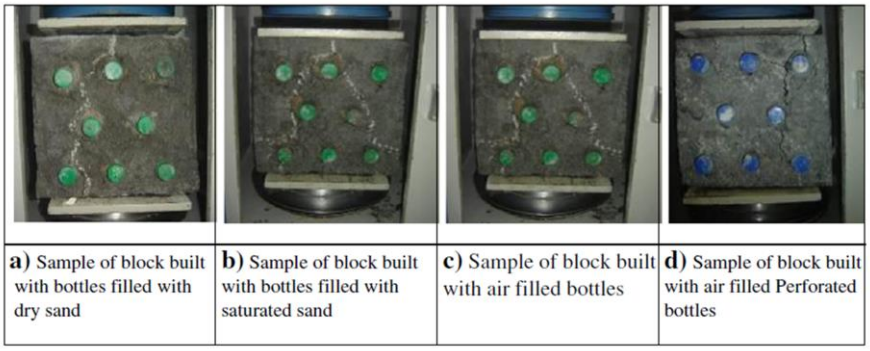
การเพิ่มปริมาณของพลาสติก PET ร้อยละ 5 10 และ15 ทำให้กำลังรับแรงอัดลดลงตามลำดับ และคลื่นความถี่ของเสียงมีปริมาณลดลงตามลำดับแต่ความต้านทานกรดซัลฟิวริกมีปริมาณเพิ่มขึ้น (Iman M. Nikbin, Saman Rahimi R, Hamed Allahyari, Farhad Fallah, 2016)

จากงานวิจัยที่ศึกษาเป็นการศึกษาการจัดเรียงขวดพลาสติกภายในผนังดินสำหรับบ้านดิน เพื่อทดสอบผนังดินที่มีขวดพลาสติกเป็นส่วนประกอบมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนดังนี้

ภาพที่ 2.11 การจัดเรียงขวดพลาสติกภายในผนังดินสำหรับบ้านดิน. จาก *Reusing waste plastic bottles as an alternative sustainable building material*, โดย Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 27 December 2014, 79-85, Elsevier Publishing company.

จากภาพที่ 2.11 การจัดเรียงขวดพลาสติกภายในผนังดิน เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในบ้าน เนื่องจากประเทศที่อยู่ในบริเวณตะวันออกกลาง จะมีความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมาก ทำให้ต้องมีผนังดินที่มีความหนา สำหรับการป้องกันอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างภายนอก และภายในของบ้าน(Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 2015) โดยผู้วิจัยดังกล่าวออกแบบห้อง ขนาดกว้าง 2.5 เมตร ยาว 2.5 เมตร สูง 3 เมตร ผนังหนา 30 เซนติเมตร หลังคาคอนกรีตหนา 15 เซนติเมตร หน้าต่างกระจก ขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร และประตู กว้าง 1 เมตร สูง 2.2 เมตร ด้านผนังทิศเหนือ

Ref. code: 25605916030017LWM



a) Sample of block built with bottles filled with dry sand	**b)** Sample of block built with bottles filled with saturated sand	**c)** Sample of block built with air filled bottles	**d)** Sample of block built with air filled Perforated bottles

ภาพที่ 2.12 การจัดเรียงขวดพลาสติกภายในผนังดินแต่ละประเภท. จาก *Reusing waste plastic bottles as an alternative sustainable building material*, โดย Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 27 December 2014, 79-85, Elsevier Publishing company.

จากภาพที่ 2.12 จากการศึกษามีการหล่อคอนกรีตขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ใส่ขวดพลาสติก 1500 มิลลิลิตร ขนาดกว้าง 9 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร เพื่อศึกษาความต้านทานอุณหภูมิ ความจุ และกำลังรับแรงอัด โดยมีลักษณะขวดพลาสติกทั้งหมด 4 แบบดังนี้

1. ขวดพลาสติกที่บรรจุทรายแห้ง
2. ขวดพลาสติกที่บรรจุทรายเปียก
3. ขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายใน
4. ขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายใน และเจาะขวดพลาสติกให้เกิดรูพรุน

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 2.5

การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัด และปริมาตรต่อน้ำหนักของคอนกรีต

ประเภทคอนกรีต	กำลังรับแรงอัด (กิโลนิวตันต่อตารางเมตร)	ปริมาตรต่อน้ำหนัก (กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร)
ขวดพลาสติกที่มีทรายแห้งอยู่ภายใน	623.00	17.67
ขวดพลาสติกที่มีทรายเปียกอยู่ภายใน	609.00	19.59
ขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายใน	670.00	11.02

หมายเหตุ. จาก *Reusing waste plastic bottles as an alternative sustainable building material,* โดย Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 27 December 2014, 79-85, Elsevier Publishing company.

จากตารางที่ 2.5 จากการศึกษาพบว่า ขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายในมีกำลังรับแรงอัดมากที่สุด ขวดพลาสติกที่บรรจุทรายแห้งมีกำลังรับแรงอัดปานกลาง และขวดพลาสติกที่บรรจุทรายเปียกมีกำลังรับแรงอัดน้อยที่สุด เนื่องจากอากาศภายในขวดพลาสติก ทำให้เกิดแรงตึงผิวของขวดพลาสติก จึงทำให้ขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายในมีกำลังรับแรงอัดมากที่สุด (Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 2015)

Ref. code: 25605916030017LWM

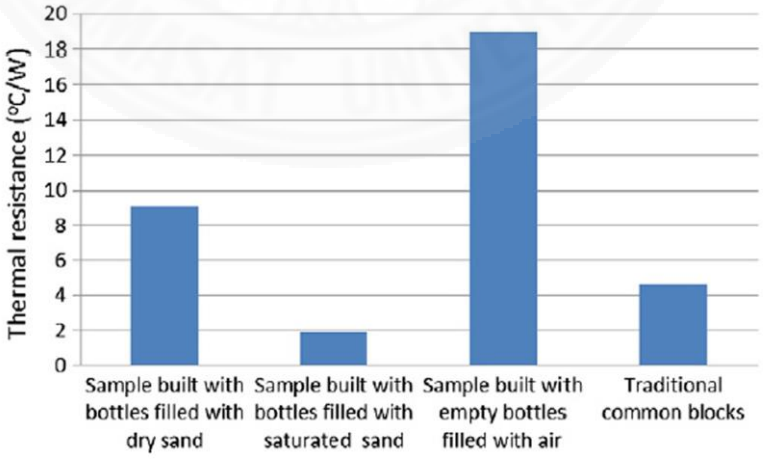
ตารางที่ 2.6

การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัด และปริมาตรต่อน้ำหนักของขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายในที่มีรูพรุน และไม่มีรูพรุน

ประเภทคอนกรีต	กำลังรับแรงอัด (กิโลนิวตันต่อตารางเมตร)	ปริมาตรต่อน้ำหนัก (กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร)
ขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายใน	670.00	11.02
ขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายในและมีรูพรุน	560.00	11.02

หมายเหตุ. จาก *Reusing waste plastic bottles as an alternative sustainable building material,* โดย Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 27 December 2014, 79-85, Elsevier Publishing company.

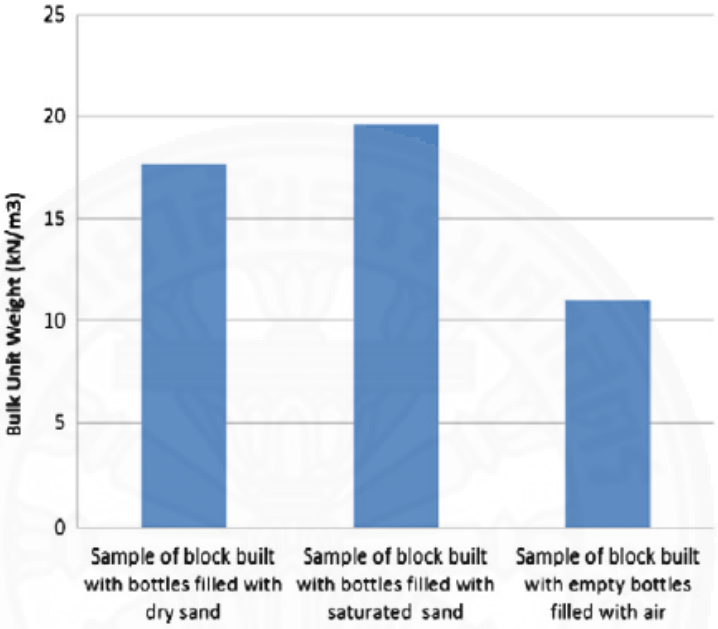
จากตารางที่ 2.6 ขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายในจะมีกำลังรับแรงอัดมากที่สุด และขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายใน และเจาะขวดพลาสติกให้เกิดรูพรุนจะมีกำลังรับแรงอัดน้อยที่สุด เนื่องจากขวดพลาสติกที่มีรูพรุนทำให้สูญเสียความแข็งแรงของขวดพลาสติก และขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายในและมีรูพรุนมีกำลังรับแรงอัดลดลง (Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 2015)



ภาพที่ 2.13 กราฟเปรียบเทียบค่าความต้านทานอุณหภูมิทั้ง 4 แบบ. จาก *Reusing waste plastic bottles as an alternative sustainable building material*, โดย Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 27 December 2014, 79-85, Elsevier Publishing company.

Ref. code: 25605916030017LWM

จากภาพที่ 2.13 จากการศึกษากราฟเรื่องการต้านทานความร้อนพบว่า ขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายใน จะสามารถต้านทานอุณหภูมิได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับขวดพลาสติกประเภทอื่น เนื่องจากอากาศภายในขวดพลาสติกสามารถต้านทานอุณหภูมิจากภายนอก (Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 2015)

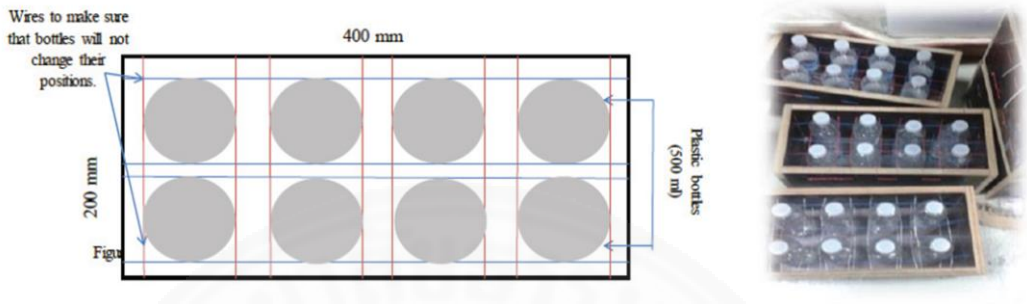


ภาพที่ 2.14 กราฟเปรียบเทียบความจุต่อน้ำหนักทั้ง 4 แบบ. จาก *Reusing waste plastic bottles as an alternative sustainable building material*, โดย Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 27 December 2014, 79-85, Elsevier Publishing company.

จากภาพที่ 2.14 จากกราฟแสดงว่าขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายใน จะมีความจุโดยน้ำหนักน้อยสุด เมื่อเปรียบเทียบกับขวดพลาสติกประเภทอื่นเนื่องจากขวดพลาสติกมีอากาศภายในไม่มีทรายแห้งและทรายเปียกอยู่ภายในขวดพลาสติก (Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 2015)

Ref. code: 25605916030017LWM

งานวิจัยที่ศึกษาเป็นการศึกษาการจัดเรียงขวดพลาสติกภายในคอนกรีตบล็อก เพื่อทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติกเป็นส่วนประกอบว่ามีผลต่อสมบัติกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต



ภาพที่ 2.15 การจัดเรียงขวดพลาสติกในคอนกรีตบล็อก. จาก *Use of recycled plastic water bottles in concrete blocks*, โดย Sina Safinia, Amani Alkalbani, 25-28 June 2016, 214-221, Elsevier Publishing company.

จากภาพที่ 2.15 จากการศึกษามีการทำแบบหล่อไม้ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร ความสูง 20 เซนติเมตร และใช้ขวดพลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 8 ขวด ขึงด้วยเอ็นเพื่อไม่ให้ตำแหน่งของขวดพลาสติกสามารถเคลื่อนที่ ขณะเทส่วนผสมคอนกรีต (Sina Safinia, Amani Alkalbani, 2016)

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 2.7

สมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสม

ส่วนผสมคอนกรีต	หน่วย
กำลังรับแรงอัด	20 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร
ปูนซีเมนต์	ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1
ความเสียหาย	ร้อยละ 5
ความสามารถในการเท	50 มิลลิเมตร
มวลรวมละเอียด	0-5 มิลลิเมตร
มวลรวมหยาบ	5-10 มิลลิเมตร
อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	0.65

หมายเหตุ. จาก *Use of recycled plastic water bottles in concrete blocks*, โดย Sina Safinia, Amani Alkalbani, 25-28 June 2016, 214-221, Elsevier Publishing company.

จากตารางที่ 2.7สมบัติของส่วนผสมคอนกรีต มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.65 และความเข้มข้นของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ปริมาณสูง จึงทำให้มีกำลังรับแรงอัดมีค่ามาก

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 2.8

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีการก่อผนัง

ตัวอย่างทั้งหมด	พื้นที่ทั้งหมด (มิลลิเมตร)	กำลังรับแรงอัดสูงสุด (กิโลนิวตัน)	กำลังรับแรงอัดทั้งหมด (เมกะพาสคาล)
ตัวอย่างที่ 1 อายุ 7 วัน	76000	458736	6.036
ตัวอย่างที่ 2 อายุ 7 วัน	76000	552520	7.270
ตัวอย่างที่ 3 อายุ 7 วัน	76000	584744	7.694
ตัวอย่างที่ 1 อายุ 14 วัน	76000	688138	9.054
ตัวอย่างที่ 2 อายุ 14 วัน	76000	748976	9.855
ตัวอย่างที่ 1 อายุ 28 วัน	76000	752400	9.900
ตัวอย่างที่ 2 อายุ 28 วัน	76000	760000	10.000
ตัวอย่างที่ 3 อายุ 28 วัน	76000	775200	10.200

หมายเหตุ. จาก *Use of recycled plastic water bottles in concrete blocks*, โดย Sina Safinia, Amani Alkalbani, 25-28 June 2016, 214-221, Elsevier Publishing company.

จากตารางที่ 2.8 จากการศึกษาจะทำการหล่ออิฐทั้งหมด 3 ระยะเวลา คือ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ โดยผู้วิจัยดังกล่าวได้ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐ ซึ่งจำนวนวันของการบ่มคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังรับแรงอัดของอิฐเพิ่มขึ้นตามลำดับ และต้องการที่จะศึกษาความแข็งแรงของก้อนอิฐคอนกรีตที่สามารถทดแทนการก่อสร้างผนังดินรับน้ำหนักแบบเดิมของบ้านพื้นถิ่นในอดีต และต้องการลดปริมาณขวดขยะพลาสติกในประเทศ โดยไม่ได้ทำการศึกษาถึงฉนวนกันความ

Ref. code: 25605916030017LWM

ร้อน ค่าการนำความร้อนของผนังคอนกรีต และอากาศภายในขวดพลาสติก (Sina Safinia, Amani Alkalbani, 2016)

งานวิจัยที่ศึกษาเป็นการศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาที่เหมาะสมระหว่างเถ้าลอยและผงอะลูมิเนียมว่ามีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของคอนกรีตดังนี้

ตารางที่ 2.9

ส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาที่เหมาะสมระหว่างเถ้าลอย และผงอะลูมิเนียม

ส่วนผสม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	อัตราส่วนผสม = ตัวประสาน : ทราย : ปูนขาว = 55 : 40 : 5 โดยน้ำหนัก				
	R1	PC	BA1	BA2	BA3
ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	853.00	853.00	768.00	862.00	597.00
เถ้าลอย	0.00	0.00	85.00	171.00	256.00
ทราย	620.00	620.00	620.00	620.00	620.00
ปูนขาว	78.00	78.00	78.00	78.00	78.00
ผงอะลูมิเนียม	0.00	3.08	3.08	3.08	3.08
น้ำ	449.00	449.00	449.00	449.00	449.00
อัตราส่วนแคลเซียมต่อซิลิกา	3.36	3.36	2.78	2.32	1.70

หมายเหตุ. จาก *Compressive strength, flexural strength and thermal conductivity of autoclaved concrete block made using bottom ash as cement replacement materials,* โดย Watcharapong Wongkeo, Pailyn Thongsanitgarn, Kedsarin Pimraksa, Arnon Chaipanich, 12 September 2011, 434-439, Elsevier Publishing company.

จากตารางที่ 2.9

R1 คือ ส่วนผสมที่ไม่มีผงอะลูมิเนียม ทำให้ไม่เกิดฟองอากาศ ไม่มีส่วนผสมของเถ้าลอย

PC คือ ส่วนผสมที่มีผงอะลูมิเนียม ทำให้เกิดฟองอากาศ ไม่มีส่วนผสมของเถ้าลอย

BA1 คือ ส่วนผสมที่มีผงอะลูมิเนียม ทำให้เกิดฟองอากาศ และเถ้าลอยร้อยละ 10

BA2 คือ ส่วนผสมที่มีผงอะลูมิเนียม ทำให้เกิดฟองอากาศ และเถ้าลอยร้อยละ 20

BA3 คือ ส่วนผสมที่มีผงอะลูมิเนียม ทำให้เกิดฟองอากาศ และเถ้าลอยร้อยละ 30

Ref. code: 25605916030017LWM

สรุป

R1 หรือ ส่วนผสมที่ไม่มีผงอะลูมิเนียม จะมีความหนาแน่น ค่านำความร้อน กำลังรับแรงอัด และความเปราะบางมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมประเภทอื่น เนื่องจากไม่มีผงอะลูมิเนียมที่ทำให้เกิดฟองอากาศ ความหนาแน่น ค่านำความร้อน กำลังรับแรงอัด และความเปราะบาง เรียงจากน้อยไปมากดังนี้ PCหรือ ส่วนผสมที่มีผงอะลูมิเนียม และไม่มีส่วนผสมของเถ้าลอย จะมีความหนาแน่น ค่านำความร้อน กำลังรับแรงอัด และความเปราะบางน้อยที่สุด BA1 หรือ ส่วนผสมที่มีผงอะลูมิเนียม และเถ้าลอยร้อยละ 10 และBA2 หรือ ส่วนผสมที่มีผงอะลูมิเนียม และเถ้าลอยร้อยละ 20 จะมีความหนาแน่น ค่านำความร้อน กำลังรับแรงอัด และความเปราะบางเพิ่มขึ้นตามลำดับ และBA3 หรือ ส่วนผสมที่มีผงอะลูมิเนียม และเถ้าลอยร้อยละ 30 จะมีความหนาแน่น ค่านำความร้อน กำลังรับแรงอัด และความเปราะบางมากที่สุด เนื่องจากผงอะลูมิเนียมสามารถทำให้ส่วนผสมเกิดฟองอากาศ ทำให้ความหนาแน่น ค่านำความร้อน กำลังรับแรงอัด และความเปราะบางมากที่สุด การเพิ่มผงอะลูมิเนียมจะทำให้ความหนาแน่น และความเปราะบางเพิ่มขึ้น และค่าการนำความร้อนลดลง และการเพิ่มเถ้าลอยจะทำให้ค่าการนำความร้อน และกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามลำดับ(Watcharapong Wongkeo, Pailyn Thongsanitgarn, Kedsarin Pimraksa, Arnon Chaipanich, 2012)

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 2.10

ส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาผสมพลาสติกเมลามีน

ส่วนผสม	อัตราส่วนต่อน้ำหนัก					
	ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	ทราย	น้ำ	เถ้าลอย	ผงอะลูมิเนียม	พลาสติกเมลามีน
ศึกษาอัตราส่วนพลาสติกเมลามีน	1.000	0.500	0.750	0.000	0.004	1.0-4.0
	1.000	1.000	0.750	0.000	0.004	1.0-4.0
ศึกษาอัตราส่วนทราย	1.000	0.4-1.0	0.750	0.000	0.004	1.000
ศึกษาอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	1.000	0.700	0.6-0.85	0.000	0.004	1.000
ศึกษาอัตราส่วนน้ำต่อเถ้าลอย	1.000	0.700	0.750	0.1-0.5	0.004	1.000
	1.000	0.800	0.750	0.1-0.5	0.004	1.000
ศึกษาอัตราส่วนผงอะลูมิเนียม	1.000	0.800	0.750	0.300	0.0025-0.0040	1.000
ศึกษาอัตราส่วนพลาสติกเมลามีน	1.000	0.800	0.750	0.300	0.004	0.5-0.9

หมายเหตุ. จาก *Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete*, โดย Phaiboon Panyakapo, Mallika Panyakapo, 1 October 2007, 1581-1588, Elsevier Publishing company.

จากตารางที่ 2.10 จากการศึกษามีอัตราส่วนคอนกรีตมวลเบาดังต่อไปนี้

1.อัตราส่วนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 น้ำ และผงอะลูมิเนียมคงที่ โดยมีทรายอัตราส่วน 0.5 และ 1.0 ตามลำดับ โดยมีการเพิ่มปริมาณของพลาสติกเมลามีนตั้งแต่ 1.0 – 4.0 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ทำให้ความแข็งแรงต่อพลาสติกเมลามีนเหมาะสมที่สุด คือ 1.0

Ref. code: 25605916030017LWM

2. อัตราส่วนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 น้ำ ผงอะลูมิเนียม และพลาสติกเมลามีนคงที่ โดยมีการเพิ่มปริมาณของทรายตามอัตราส่วนตั้งแต่ 0.4-1.0 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ทำให้ความแข็งแรงต่อทรายที่เหมาะสมที่สุด คือ 0.7-0.8

3. อัตราส่วนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราย ผงอะลูมิเนียม และพลาสติกเมลามีนคงที่ โดยมีการเพิ่มปริมาณของน้ำตามอัตราส่วนตั้งแต่ 0.60–0.85 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ทำให้ความแข็งแรงต่อน้ำเหมาะสมที่สุด คือ 0.75

4. อัตราส่วนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 น้ำ ผงอะลูมิเนียม และพลาสติกเมลามีนคงที่ โดยมีทรายอัตราส่วน 0.7 และ 0.8 ตามลำดับ โดยมีการเพิ่มปริมาณของขี้เถ้าตามอัตราส่วนตั้งแต่ 0.10 – 0.50 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ทำให้ความแข็งแรงต่อเถ้าลอยเหมาะสมที่สุด คือ 0.3

5. อัตราส่วนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราย น้ำ เถ้าลอย และพลาสติกเมลามีนคงที่ โดยมีการเพิ่มปริมาณของผงอะลูมิเนียมตามอัตราส่วนตั้งแต่0.0025–0.0040 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ทำให้ความแข็งแรงต่อผงอะลูมิเนียมที่เหมาะสมสุด คือ 0.0035

6. อัตราส่วนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราย น้ำ เถ้าลอย และผงอะลูมิเนียมคงที่ โดยมีการเพิ่มปริมาณของพลาสติกเมลามีนตามอัตราส่วนตั้งแต่ 0.5 – 0.9 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ทำให้ความแข็งแรงต่อพลาสติกเมลามีนเหมาะสมที่สุด คือ 0.9(Phaiboon Panyakapo, Mallika Panyakapo, 2010)

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 2.11

คอนกรีตมวลเบาตามมาตรฐาน TIS 1505 -1998

ระดับ	กำลังรับแรงอัด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)		รูปแบบ	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	เฉลี่ย	ต่ำสุด		
2	2.500	2.000	0.400	310-400
			0.500	410-500
4	5.000	4.000	0.600	510-600
			0.700	610-700
			0.800	710-800
6	7.500	6.000	0.700	610-700
			0.800	710-800
8	10.000	8.000	0.800	710-800
			0.900	810-900
			1.000	910-1000

หมายเหตุ. จาก *Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete,* โดย Phaiboon Panyakapo, Mallika Panyakapo, 1 October 2007, 1581-1588, Elsevier Publishing company.

จากตารางที่ 2.11 มาตรฐานการใช้ผนังเบาภายในอาคารต้องมีกำลังรับแรงอัดขั้นต่ำ 4.0 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ตามมาตรฐาน TIS 1505 -1998 (Phaiboon Panyakapo, Mallika Panyakapo, 2010)

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 2.12

การเปรียบเทียบคอนกรีตมวลเบาผสมพลาสติก และมาตรฐานคอนกรีตมวลเบา

ระดับ	กำลังรับแรงอัด (นิวตันต่อตารางเมตร)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
คอนกรีตเบาผสมพลาสติก (ซีเมนต์ : ทราย : เถ้าลอย : เมลามีน) = 1.0 : 0.8 : 0.3 : 0.9	4.14	1395.00
มาตรฐานอิฐมวลเบา ระดับ 2 ตามมาตรฐาน TIS 1505-1998	2.50	300-500
คอนกรีตเบาผสมพลาสติกตามมาตรฐานการก่อสร้าง 2544	3.0-8.0	500-700
อิฐที่ผลิตจากดิน	2.0-3.0	1800.00

หมายเหตุ. จาก *Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete,* โดย Phaiboon Panyakapo, Mallika Panyakapo, 1 October 2007, 1581-1588, Elsevier Publishing company.

จากตารางที่ 2.12 อัตราส่วนผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 :ทราย :น้ำ :เถ้าลอย :ผงอะลูมิเนียม :เมลามีน ที่เหมาะสมที่สุด คือ 1.0:0.8:0.75:0.3:0.0035:0.9 ตามลำดับ เนื่องจากมีค่ากำลังรับแรงอัด 4.14 ซึ่งมีค่าสูงกว่ากำลังรับแรงอัดขั้นต่ำ 4.0 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ตามมาตรฐาน TIS 1505 - 1998 (Phaiboon Panyakapo, Mallika Panyakapo, 2010)

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า งานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น มีการศึกษาเกี่ยวกับการผสมพลาสติกที่ผ่านกระบวนการบดละเอียดผสมกับคอนกรีต เพื่อทดแทนทราย เนื่องจากทรายเป็นตัวประสานในคอนกรีต และการลดปริมาณทรายจะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลงตามลำดับ (Semiha Akcaozoğlu, Kubilay Akcaozoğlu, Cengiz Duran Atis, 2013) เมื่อมีการเพิ่มปริมาณพลาสติก PET และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการเท กำลังรับแรงอัด โมดูลัสยืดหยุ่น แรงดึง และความเปราะบางลดลง (E. Rahmani, M. Dehestani, M.H.A. Beygi, H. Allahyari, I.M. Nikbin, 2013) การผสม GBFS หรือตะกรันของเหล็ก และทราย จะทำให้ปูนฉาบมีความแข็งแรง และกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น ซึ่งการผสมพลาสติก PET มีผลทำให้ความแข็งแรง

Ref. code: 25605916030017LWM

ของปูนฉาบลดลง (Semiha Akcaozoglu, Cengiz Duran Atis, Kubilay Akcaozoglu, 2010) การเพิ่มปริมาณของพลาสติก PET ร้อยละ 5 10 และ15 ทำให้กำลังรับแรงอัด และคลื่นความถี่ของเสียงมีปริมาณลดลงตามลำดับ ในขณะที่ความต้านทานกรดซัลฟิวริกมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Iman M. Nikbin, Saman Rahimi R, Hamed Allahyari, Farhad Fallah, 2016) การจัดเรียงขวดพลาสติกในแนวนอน โดยเพิ่มความหนาของผนังภายนอกของบ้านดินในพื้นที่ตะวันออกกลางจะเป็นฉนวนป้องกันอุณหภูมิระหว่างภายใน และภายนอกของบ้าน เพื่อรักษาอุณหภูมิที่เหมาะสมให้แก่ผู้อยู่อาศัย (Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 2015) ความแข็งแรงของก้ออิฐคอนกรีตที่สามารถทดแทนการก่อสร้างผนังดินรับน้ำหนักแบบเดิมของบ้านพื้นถิ่นในอดีตเพื่อต้องการลดปริมาณขวดขยะพลาสติกในประเทศ โดยไม่ได้ทำการศึกษาฉนวนกันความร้อน ค่าการนำความร้อนของผนังคอนกรีต และอากาศภายในขวดพลาสติก (Sina Safinia, Amani Alkalbani, 2016) การเพิ่มผงอะลูมิเนียมจะทำให้ความหนาแน่น และความเปราะบางเพิ่มขึ้น และค่าการนำความร้อนลดลง และการเพิ่มเถ้าลอยจะทำให้ค่าการนำความร้อน และกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Watcharapong Wongkeo, Pailyn Thongsanitgarn, Kedsarin Pimraksa, Arnon Chaipanich,2012) และมีการศึกษาเกี่ยวกับส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบา โดยมีการผสมอัตราส่วนผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 :ทราย :น้ำ :เถ้าลอย :ผงอะลูมิเนียม :เมลามีน คือ 1.0:0.8:0.75:0.3:0.0035:0.9 ตามลำดับ เนื่องจากมีค่ากำลังรับแรงอัด 4.14 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีค่าสูงกว่ากำลังรับแรงอัดขั้นต่ำ 4.0 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรตามมาตรฐาน TIS 1505 -1998 (Phaiboon Panyakapo, Mallika Panyakapo, 2010) ซึ่งการศึกษาทั้งหมดที่ได้กล่าวมาไม่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการนำขวดพลาสติกที่มีอากาศภายในมาจัดเรียงภายในคอนกรีตมวลเบา ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเพื่อให้ทราบถึงประโยชน์ของการจัดเรียงขวดพลาสติก PETภายในคอนกรีตบล็อก เช่น น้ำหนักคอนกรีตบล็อกที่ลดลง การต้านทานความร้อน และกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อก การจัดเรียงขวดพลาสติก PETเป็นแนวตั้งเป็นการจัดเรียงที่แข็งแรงที่สุด เนื่องจากขวดพลาสติกตั้งฉากกับกำลังรับแรงอัดของผนัง และการใส่ขวดพลาสติก แบบที่ 1 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร จำนวน 6 ขวด เป็นปริมาณขวดพลาสติกที่สามารถใส่ในคอนกรีตบล็อกขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร ได้จำนวนเหมาะสมที่สุด และการใส่ขวดพลาสติก แบบที่ 1 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร จำนวน 3 ขวด และ5 ขวด และแบบที่ 2 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ปริมาตร 335 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร จำนวน 3 ขวด เป็นปริมาณขวดพลาสติกที่สามารถใส่ในคอนกรีตบล็อก ขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร ได้จำนวนเหมาะสมที่สุด

Ref. code: 25605916030017LWM

และเป็นขนาดมาตรฐานที่ใช้ทั่วไป ทั้งผนังภายใน และผนังภายนอกในงานสถาปัตยกรรม โดยมีอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกดังนี้

ตารางที่ 2.13

ส่วนผสมการจัดเรียงขวดพลาสติกภายในคอนกรีตบล็อก

ส่วนประกอบ	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) = 0.50				
	ร้อยละ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	จำนวน (ขวด)
ส่วนประกอบทั้งหมด	100.00	24.24	24240		
ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	37.79	9.16	9160		
ทราย	43.32	10.50	10500		
น้ำ	18.89	4.58	4580		
ขวดพลาสติก PET				322	6

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2561

จากตารางที่ 2.13 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ร้อยละ 37.79(ปริมาณ 9160 กรัม) ทราย ร้อยละ 43.32 (ปริมาณ 10500 กรัม) และน้ำสะอาด ร้อยละ 18.89 (ปริมาณ 4580 กรัม) เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด

การที่ผู้วิจัยไม่ได้ผสมเถ้าลอย เนื่องจากคอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุที่ใช้สำหรับก่อผนังไม่ต้องมีส่วนผสมของเถ้าลอยในการเพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อก การไม่มีส่วนผสมของผงอะลูมิเนียม เนื่องจากผงอะลูมิเนียมมีราคาสูง ทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกจะเพิ่มสูงขึ้น ผู้วิจัยใช้การจัดเรียงขวดพลาสติก PETภายในคอนกรีตบล็อกแทนพลาสติกที่ผ่านกระบวนการบดละเอียด เนื่องจากพลาสติกที่ผ่านกระบวนการบดละเอียด จะทำให้ควบคุมทิศทางของการลอยตัวของพลาสติกในส่วนผสมคอนกรีตได้ยาก เพราะพลาสติกที่บดละเอียดมีน้ำหนักเบา การจัดเรียงขวดพลาสติกโดยไม่ผ่านกระบวนการบดละเอียด จะทำให้ขวดพลาสติกที่มีอากาศอยู่ภายในสามารถเป็นฉนวนป้องกันความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคาร ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีต

Ref. code: 25605916030017LWM

บล็อก งานวิจัยนี้เลือกขวดพลาสติก PETที่บรรจุน้ำอัดลม และน้ำผลไม้ เนื่องจากมีความแข็งแรงมากกว่าขวดพลาสติกที่บรรจุน้ำดื่มโดยพิจารณาจากลักษณะกายภาพภายนอก และเลือกขวดพลาสติก PETที่มีความยาวขวดไม่สูงกว่าขนาดความกว้างของคอนกรีตบล็อก ส่วนรูปทรงของขวดพลาสติก PETต้องทำการศึกษาต่อไป เนื่องจากการวิจัยนี้เน้นที่ขนาดของความสูง และความแข็งแรงของลักษณะกายภาพภายนอกเป็นหลัก โดยมีวิธีการจัดเรียงขวดภายในคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 6 รูปแบบดังนี้

1. คอนกรีตบล็อกควบคุม

2. คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด เป็นจำนวนขวดพลาสติก PETที่เหมาะสมที่สุดในการจัดเรียงภายในคอนกรีตบล็อกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นการลดปริมาณส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก และเพิ่มปริมาณอากาศภายในขวดพลาสติก PETให้เป็นฉนวนกันความร้อนได้มากที่สุด

3. PET แบบที่ 1 3 ขวด คือคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด จัดเรียงให้ตั้งฉากกับกำลังรับแรงอัด และทำให้เกิดความแข็งของคอนกรีตบล็อก

4. PETแบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ คือคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวดเพื่อทดสอบสมบัติกายภาพ สมบัติเชิงกลและการนำความร้อน ในการเปรียบเทียบกับการจัดเรียงขวดพลาสติก PETแบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด แนวตั้ง

5. PETแบบที่ 1 5 ขวด คือคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด เป็นจำนวนขวดพลาสติก PET ที่สูงสุดในการจัดเรียงภายในคอนกรีตบล็อกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

6. PETแบบที่ 2 3 ขวด คือคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด เพื่อทดสอบสมบัติกายภาพ สมบัติเชิงกลและการนำความร้อน ในการเปรียบเทียบกับการจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด แนวตั้ง

Ref. code: 25605916030017LWM

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณที่เป็นการศึกษาเชิงทดลอง และเปรียบเทียบจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากเอกสาร บทความ งานวิจัย หนังสือ และข้อมูลจากสื่ออินเตอร์เน็ตที่มีความเกี่ยวข้อง เพื่อทดลองและพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกให้ดีขึ้นสำหรับก่อผนังภายนอกอาคารเพื่อลดภาระการรับน้ำหนักของโครงสร้างหลัก และศึกษาวิธีการจัดเรียงขวดพลาสติกPETที่เหมาะสมภายในคอนกรีตบล็อก เพื่อให้เกิดความแข็งแรง ความเบา และความต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อกสำหรับใช้ในงานก่อสร้างในอนาคต มีการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อก สมบัติทางกายภาพของขวดพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate) และสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดที่ใช้สำหรับผนังภายนอกอาคาร

2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ–อบไอน้ำตามมาตรฐาน มอก.1505–2541 สมบัติเชิงกลชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ–อบไอน้ำตามมาตรฐาน มอก.1505–2541 และสมบัติทางความร้อนชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

3. ศึกษา และทดสอบความหนาแน่นแห้ง การดูดซึมน้ำ และกำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541และโมดูลัสยืดหยุ่น การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบกับอิฐมอญ คอนกรีตมวลเบา และคอนกรีตบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

3.1 การกำหนดตัวแปร

ตัวแปรต้นที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

(1) รูปแบบของขวดพลาสติก PET 2 แบบ ได้แก่

1. ขวดพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate)แบบที่ 1 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

2. ขวดพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate)แบบที่ 2 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ปริมาตร 335 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

Ref. code: 25605916030017LWM

(2) การจัดเรียงขวดพลาสติก PET ที่แตกต่างกัน ได้แก่

1. คอนกรีตบล็อกควบคุม

2. คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด

3. PETแบบที่ 1 3 ขวดคือคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด

4. PETแบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับคือคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด

5. PETแบบที่ 1 5 ขวดคือคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด

6. PETแบบที่ 2 3 ขวดคือคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด

(3) จำนวนขวดพลาสติก PET ที่แตกต่างกัน ได้แก่

1. ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

2. ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

3. ขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

4. ขวดพลาสติก PET แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ปริมาตร 335 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

ตัวแปรตาม (ของคอนกรีตบล็อก) ที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

(1) ความหนาแน่นแห้ง

(2) ค่ากำลังรับแรงอัด

(3) ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น

(4) ค่าการดูดซึมน้ำ

(5) ค่าการนำความร้อน

Ref. code: 25605916030017LWM

ตัวแปรควบคุมที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

(1) อัตราส่วนผสมได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ปริมาณ 9160 กรัม, ทรายละเอียด ปริมาณ 10500 กรัม และน้ำสะอาด 4580 กรัม

(2) ขนาดของคอนกรีตบล็อก กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร

(3) ขนาดของคอนกรีตบล็อก กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

(4) ขวดพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate) แบบที่ 1 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

(5) ขวดพลาสติก PET (Polyethylene terephthalate) แบบที่ 2 ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ปริมาตร 335 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร

(6) ถอดแบบหล่อที่ 15 วัน

3.2 วิธีการจัดเรียงขวดพลาสติก PET ภายในคอนกรีตบล็อก

โดยมีคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ 5 รูปแบบ เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนดังนี้

3.2.1 การจัดเรียงขวดพลาสติก PETแบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร

3.2.2 การจัดเรียงขวดพลาสติก PETแบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

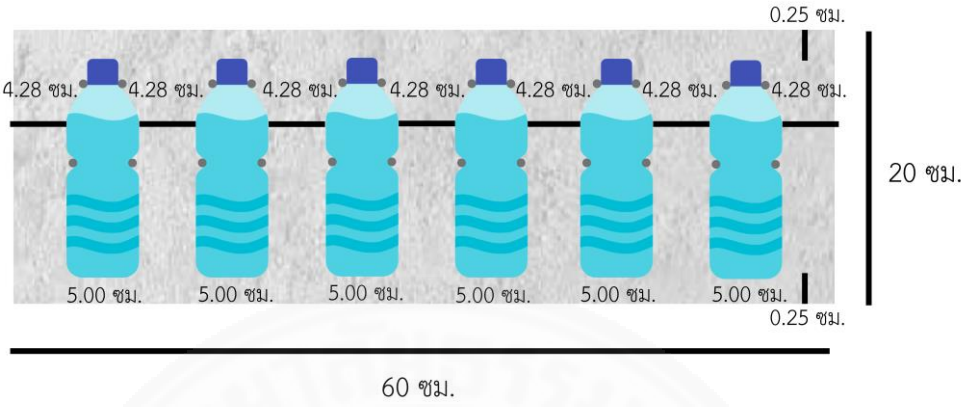
3.2.3 การจัดเรียงขวดพลาสติก PETแบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวดจำนวน 3 ขวด เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

3.2.4 การจัดเรียงขวดพลาสติก PETแบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

3.2.5 การจัดเรียงขวดพลาสติก PETแบบที่ 2 จำนวน 3 ขวดเป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

Ref. code: 25605916030017LWM

3.2.1 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร



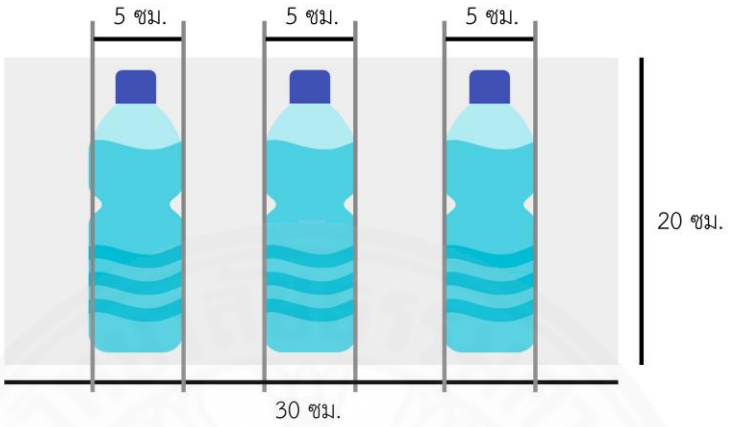
Section

ภาพที่ 3.1 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร, จาก จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

จากภาพที่ 3.1 การจัดเรียงขวดพลาสติก PETแบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตรความหนา 0.3 มิลลิเมตร ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร เป็นจำนวนขวดพลาสติก PET ที่เหมาะสมที่สุดในการจัดเรียงภายในคอนกรีตบล็อกขนาดดังกล่าว ซึ่งเป็นการลดปริมาณส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก และเพิ่มปริมาณอากาศภายในขวดพลาสติก PETให้เป็นฉนวนกันความร้อนได้มากที่สุด

Ref. code: 25605916030017LWM

3.2.2 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

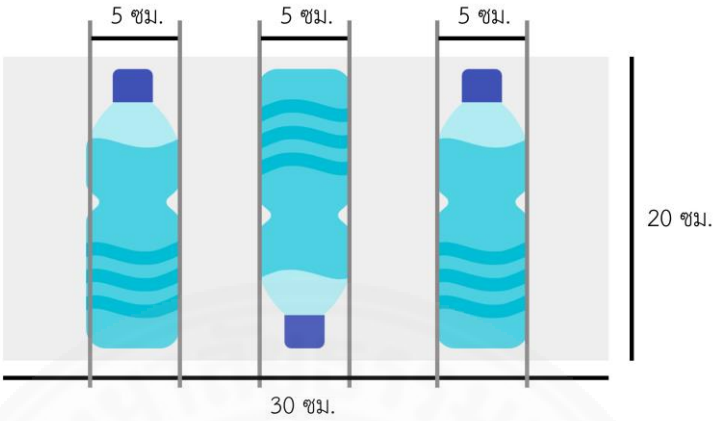


ภาพที่ 3.2 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร, จาก จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

จากภาพที่ 3.2 การจัดเรียงขวดพลาสติก PETแบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร เป็นแนวตั้งภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร เพื่อให้ตั้งฉากกับกำลังรับแรงอัด และทำให้เกิดความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อก

Ref. code: 25605916030017LWM

3.2.3 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวดจำนวน 3 ขวด เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

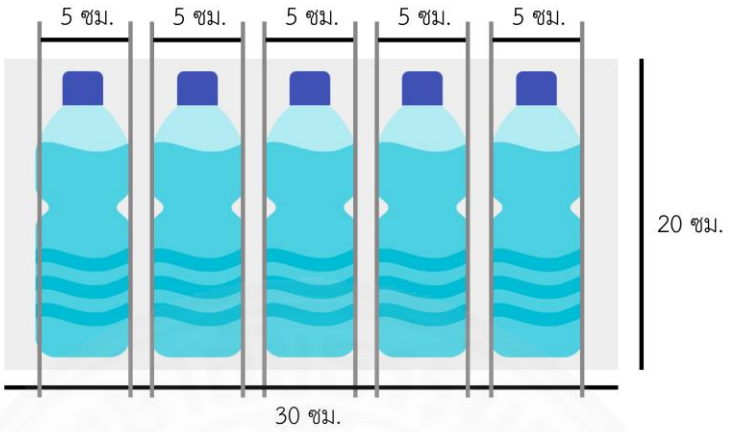


ภาพที่ 3.3 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร, จาก จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

จากภาพที่ 3.3 การจัดเรียงขวดพลาสติก PETแบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร เพื่อทดสอบการจัดเรียงขวดแบบเรียงสลับขวดว่าจะมีผลทำให้สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการนำความร้อนเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีขวดแบบพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด เป็นแนวตั้ง

Ref. code: 25605916030017LWM

3.2.4 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

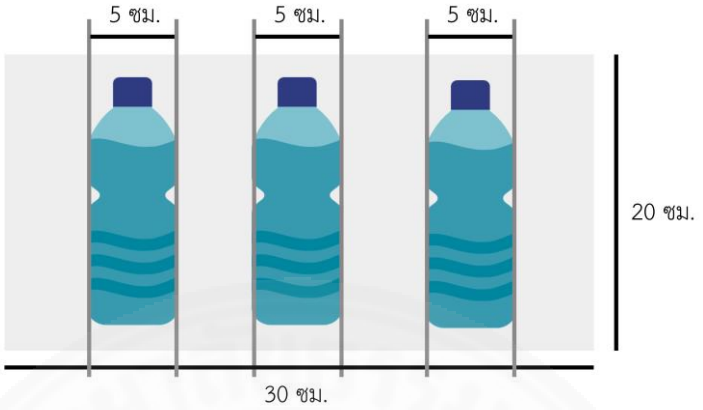


ภาพที่ 3.4 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร, จาก จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

จากภาพที่ 3.4 การจัดเรียงขวดพลาสติก PETแบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร เป็นจำนวนขวดพลาสติก PETที่สูงสุดในการจัดเรียงภายในคอนกรีตบล็อก

Ref. code: 25605916030017LWM

3.2.5 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวดเป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.5 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ปริมาตร 335 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตร เป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร, จาก จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

จากภาพที่ 3.5 การจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 18.5 เซนติเมตร ปริมาตร 335 มิลลิลิตร ความหนา 0.3 มิลลิเมตรเป็นแนวตั้ง ภายในคอนกรีตบล็อก ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนในการเปรียบเทียบกับการจัดเรียงขวดพลาสติก PET แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด เป็นแนวตั้ง

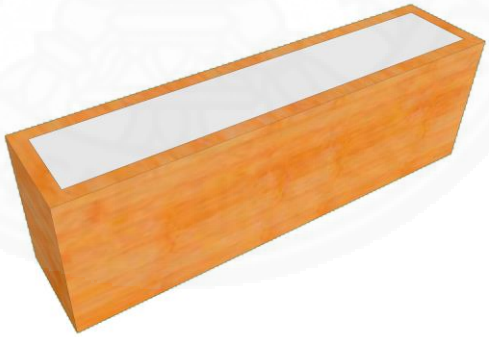
Ref. code: 25605916030017LWM

3.3 การจำลองวิธีการผลิตคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

3.3.1 การจัดเรียงขวดพลาสติกPETตามแนวตั้งของขวดในระหว่างช่องที่ขึงเอ็นไว้ แสดงดังภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.6 วิธีการวางขวดพลาสติก PET ภายในแบบหล่อไม้อัด ความหนา 1 เซนติเมตร, จาก จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

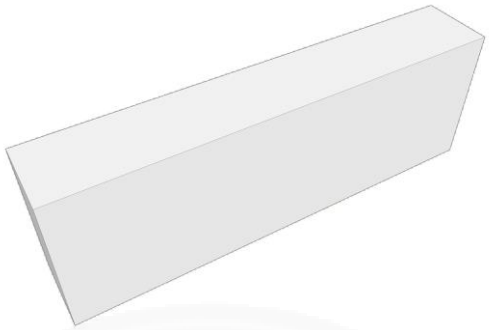
3.3.2 การผสมคอนกรีตบล็อกตามสัดส่วน และเทใส่แบบหล่อ แสดงดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 การเทส่วนผสมภายในแบบหล่อไม้, จาก จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

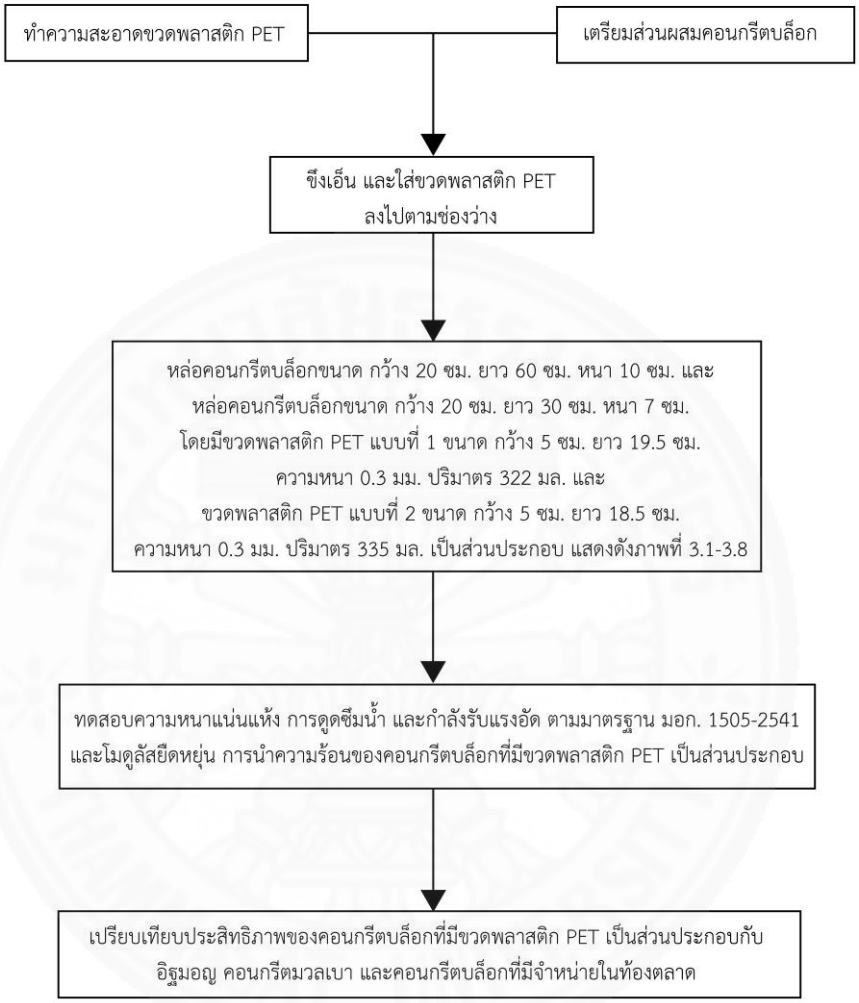
3.3.3 ทำการบ่มคอนกรีตบล็อกเป็นระยะเวลา 15 วัน และถอดแบบหล่อ แสดงดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 การบ่มคอนกรีตบล็อกเป็นเวลา 15 วัน, จาก จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

3.4 ขั้นตอนการผลิต และการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ



ภาพที่ 3.9 ขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

จากภาพที่ 3.9 ขั้นตอนการผลิตโดยการจัดเรียงขวดพลาสติก PETตามแนวตั้งของขวดในระหว่างช่องที่ขึงเอ็นไว้ และผสมคอนกรีตบล็อกตามสัดส่วน และเทใส่แบบหล่อ ทำการบ่มคอนกรีตบล็อกเป็นระยะเวลา 15 วัน และถอดแบบหล่อแสดงดังภาพที่ 3.1-3.8 วิธีการทดสอบทดสอบความหนาแน่นแห้ง การดูดซึมน้ำ และกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 และโมดูลัสยืดหยุ่น การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ และนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับ อิฐมอญ คอนกรีตมวลเบา และคอนกรีตบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

Ref. code: 25605916030017LWM

3.5 สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

การที่ไม่มีส่วนผสมของปูนขาว เนื่องจากปูนขาวไม่ทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเพิ่มขึ้น เพราะปูนขาวมีประสิทธิภาพในการเพิ่มฟองอากาศให้แก่คอนกรีตบล็อก เพื่อลดน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก และเพิ่มประสิทธิภาพความต้านทานความร้อน

ตารางที่ 3.1

สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร 1 ก้อน

ส่วนประกอบ	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) = 0.50				
	ร้อยละ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	จำนวน (ขวด)
ส่วนประกอบทั้งหมด	100.00	24.24	24240		
ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	37.79	9.16	9160		
ทราย	43.32	10.50	10500		
น้ำ	18.89	4.58	4580		
ขวดพลาสติก PET				322	6

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2561

จากตารางที่ 3.1 เป็นการทดสอบส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก โดยไม่มีการผสมปูนขาว เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ จำนวน 6 ขวด ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 19.5 เซนติเมตร ปริมาตร 322 มิลลิลิตรความหนา 0.3 มิลลิเมตร ภายในคอนกรีตบล็อกขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 3.2

คอนกรีตมวลเบาตามมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541

ระดับ	กำลังรับแรงอัด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)		รูปแบบ	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	เฉลี่ย	ต่ำสุด		
2	2.500	2.000	0.400	310-400
			0.500	410-500
4	5.000	4.000	0.600	510-600
			0.700	610-700
			0.800	710-800
6	7.500	6.000	0.700	610-700
			0.800	710-800
8	10.000	8.000	0.800	710-800
			0.900	810-900
			1.000	910-1000

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2561

จากตารางที่ 3.2 คอนกรีตมวลเบาตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 กำลังรับแรงอัดต่ำสุด คือ 2.0 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และความหนาแน่น 310-400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากผลการทดสอบหากมีกำลังรับแรงอัดสูง และความหนาแน่นสูง จะทำให้ระดับคุณภาพคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบสูงขึ้น

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 3.3

สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร 1 ก้อน

ชนิดของคอนกรีตบล็อก	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) = 0.50			
	น้ำหนักเฉลี่ยซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยทราย (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยน้ำ (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยอุณหภูมิปกติ (กรัม)
คอนกรีตบล็อกควบคุม	3329.33	3817.00	1664.67	8033.33
PET แบบที่ 1 3 ขวด	2411.00	2763.33	1205.33	5816.17
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	2452.67	2811.00	1226.33	5916.67
PET แบบที่ 1 5 ขวด	1941.33	2225.00	970.33	4683.33
PET แบบที่ 2 3 ขวด	2362.67	2708.00	1181.33	5700.00

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2561

จากตารางที่ 3.3 คอนกรีตบล็อกมี 5 รูปแบบดังนี้

คอนกรีตบล็อกควบคุม

PET แบบที่ 1 3 ขวด = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด

PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด

PET แบบที่ 1 5 ขวด = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด

PET แบบที่ 2 3 ขวด = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด

Ref. code: 25605916030017LWM

3.6 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.6.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

3.6.1.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

3.6.1.2 ไม้อัดขนาด หนา 1 เซนติเมตร

3.6.1.3 เลื่อย

3.6.1.4 สว่าน

3.6.1.5 ตะปู

3.6.1.6 ค้อน

3.6.1.7 เส้นเอ็น

3.6.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกล

การทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541 มีเครื่องมือ และอุปกรณ์ดังนี้

3.6.2.1 เครื่องชั่งดิจิตอล แบบวางพื้นชั่งน้ำหนักได้ละเอียดถึง 10 กรัม แสดงดังภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.10 เครื่องชั่งดิจิตอล แบบวางพื้น ชั่งน้ำหนักได้ละเอียดถึง 10 กรัม, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

3.6.2.2 เตาอบไฟฟ้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 105-110℃ แสดงดังภาพที่ 3.11

ภาพที่ 3.11 เตาอบไฟฟ้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ 105-110℃, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

3.6.2.3 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด 690 เมกะพาสคาลแสดงดังภาพที่ 3.12

ภาพที่ 3.12 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด 690 เมกะพาสคาล, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

3.6.2.4 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด 200 ตัน แสดงดังภาพที่ 3.13

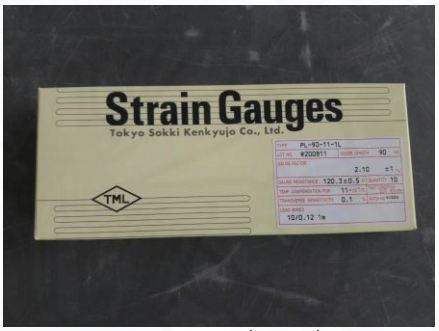
ภาพที่ 3.13 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด 200 ตัน, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

3.6.2.5 เครื่องเก็บข้อมูล Data logger รุ่น TDS-530 แสดงดังภาพที่ 3.14

ภาพที่ 3.14 เครื่องเก็บข้อมูล Data logger รุ่น TDS-530, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

3.6.2.6 สเตรนเกจ ขนาด 90 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 สเตรนเกจ ขนาด 90 มิลลิเมตร, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

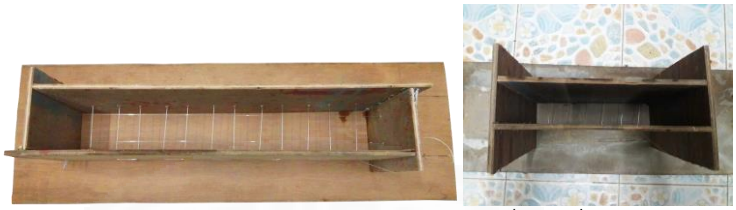
3.7 วิธีการทดลอง

3.7.1 ผสมอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายละเอียด และน้ำสะอาด แสดงดังภาพที่ 3.16

ภาพที่ 3.16 การผสมอัตราส่วนคอนกรีตบล็อก, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

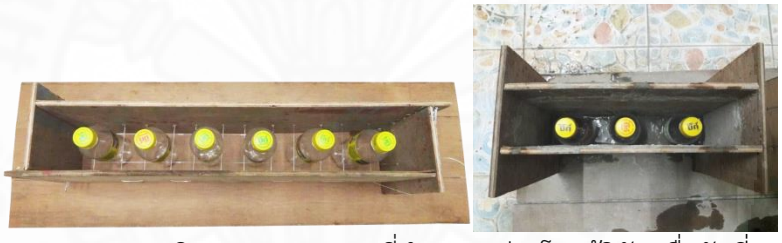
Ref. code: 25605916030017LWM

3.7.2 ทำแบบหล่อไม้ ใช้ไม้อัดหนา 1 เซนติเมตร ทำแบบหล่อขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร และขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร และขึงด้วยเอ็นตามระยะขวดพลาสติก PET ที่กำหนด แสดงดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 แบบหล่อไม้อัดหนา 1 เซนติเมตร, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

3.7.3 จัดวางขวดพลาสติก PET ตามระยะที่กำหนด แสดงดังภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 การวางขวดพลาสติก PET ตามระยะที่กำหนด, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

3.7.4 ปล่อยให้แห้งเป็นระยะเวลา 15 วัน และถอดแบบหล่อแสดงดังภาพที่ 3.19

ภาพที่ 3.19 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

3.8 *วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.* 1505 –2541

3.8.1 ทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยวางเหล็กหนา 3 เซนติเมตรเพื่อให้แรงอัดกระจายทั่วทั้งหน้าตัด แสดงดังภาพที่ 3.20

ภาพที่ 3.20 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

3.8.2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อหาความหนาแน่นแห้ง แสดงดังภาพที่ 3.21

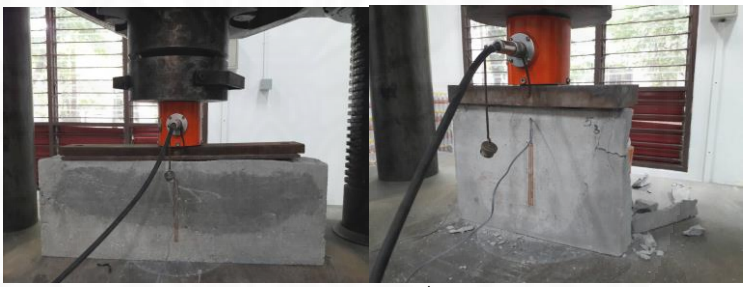
ภาพที่ 3.21 การทดสอบหาความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

3.8.3 นำไปแช่น้ำเป็นเวลา 30 นาที และ 24 ชม. ตามลำดับ เพื่อทดสอบการดูดซึมน้ำ แสดงดังภาพที่ 3.22

ภาพที่ 3.22 การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

3.8.4 การทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่นด้วยการติดเสตรเกจตามแนวตั้ง ทั้งสองข้างของคอนกรีตบล็อก แสดงดังภาพที่ 3.23



ภาพที่ 3.23 การทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ, ถ่ายโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

3.9 สมการการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 1505 –2541

3.9.1 สมการความหนาแน่นแห้ง

$$D = M / V$$

D = ความหนาแน่นแห้งของชิ้นตัวอย่างทดสอบ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

M = น้ำหนักอบแห้งของชิ้นตัวอย่างทดสอบ (กิโลกรัม)

V = ปริมาตรของชิ้นตัวอย่างทดสอบ (ลูกบาศก์เมตร)

Ref. code: 25605916030017LWM

จากสมการความหนาแน่นแห้ง การทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ถ้ามีค่าความหนาแน่นแห้งมาก จะทำให้ประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบสูงขึ้น

3.9.2 สมการการดูดซึมน้ำของอิฐ

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของอิฐ (%) = $(W_W - W_S / W_S) \times 100$

W_W = น้ำหนักของอิฐหลังการแช่น้ำ (กรัม)

W_S = น้ำหนักของอิฐที่อบแห้ง (กรัม)

จากสมการการดูดซึมน้ำการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ถ้ามีค่าการดูดซึมน้ำที่สูง จะทำให้ประสิทธิภาพคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบมากขึ้น

3.9.3 สมการกำลังรับแรงอัด

$$P = F / A$$

P = ความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)

F = น้ำหนักกดสูงสุดที่ชิ้นตัวอย่างทดสอบรับได้ (นิวตัน)

A = พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ (ตารางมิลลิเมตร)

จากสมการกำลังรับแรงอัด การทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ถ้ามีค่ากำลังรับแรงอัดที่สูง จะทำให้ประสิทธิภาพในการรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบมากขึ้น

3.9.4 สมการโมดูลัสยืดหยุ่น

$$E = (F/A) / (\Delta L / L)$$

E = โมดูลัสของยัง ($x10^6$ นิวตันต่อตารางเมตร)

Ref. code: 25605916030017LWM

$$\sigma = F / A$$

σ = ความเค้นตามยาว

F = แรง (นิวตัน)

A = พื้นที่หน้าตัดรับแรง (ตารางเมตร)

$$\varepsilon = \Delta L / L$$

ε = ความเครียดตามยาว

ΔL = ส่วนที่ยืดออกของวัสดุ (เมตร)

L = ความยาวปกติของวัสดุ (เมตร)

จากสมการโมดูลัสยืดหยุ่น การทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ถ้ามีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่สูง จะทำให้ประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบมากขึ้น

3.9.5 สมการการนำความร้อนดังนี้

$$q = kA(t_1-t_2) / L$$

โดยที่ q = การถ่ายเทความร้อน (วัตต์)

L = ความหนา (เมตร)

A = พื้นที่ (ตารางเมตร)

t_1 = อุณหภูมิผิวด้านหนึ่ง อุณหภูมิสูง (องศาเซลเซียส)

t_2 = อุณหภูมิผิวด้านหนึ่ง อุณหภูมิต่ำ (องศาเซลเซียส)

k = ค่าการนำความร้อนของวัสดุ (วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน)

จากสมการการนำความร้อน การทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ถ้ามีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ จะทำให้ประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบมากขึ้น

Ref. code: 25605916030017LWM

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาเกี่ยวกับสมบัติเชิงกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนโดยพิจารณาจากจำนวนขวดพลาสติก PET ที่เพิ่มขึ้น การจัดเรียงขวด และรูปแบบของขวด สำหรับการก่อผนังเบาภายในอาคาร เพื่อลดภาระการรับน้ำหนักของโครงสร้างหลัก เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์และเปรียบเทียบสมบัติกับอิฐที่มีอยู่ในท้องตลาด ซึ่งมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 สมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

ค่าความหนาแน่นแห้ง และการดูดซึมน้ำ

ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นแห้ง และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ตามมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541 โดยใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร หาความหนาแน่นโดยการชั่งน้ำหนักเมื่ออบที่อุณหภูมิ 110 องศา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และหาการดูดซึมน้ำที่เวลา 30 นาที และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1

ลักษณะทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

ลักษณะทางกายภาพ	คอนกรีตมวลเบา	คอนกรีตมวลเบาที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	21.85	21.93
ขนาด (เซนติเมตร)	กว้าง 15 ยาว 60 หนา 10	กว้าง 20 ยาว 60 หนา 10
ความหนาแน่นแห้ง (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	2205.56	1687.50

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

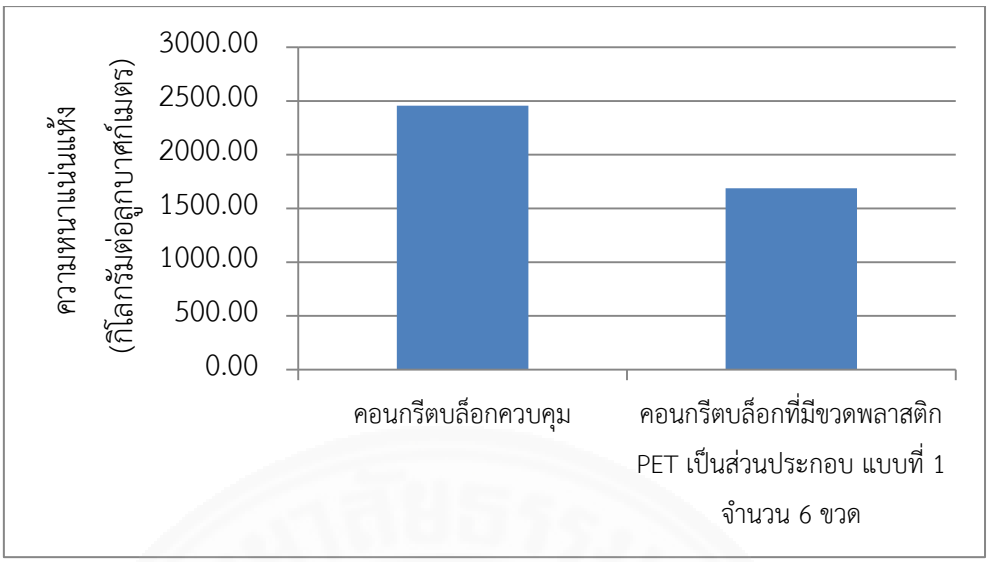
ลักษณะทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

การดูดซึมน้ำเวลา 30 นาที (เปอร์เซ็นต์)	9.97	11.11
การดูดซึมน้ำเวลา 24 ชั่วโมง (เปอร์เซ็นต์)	13.96	14.57

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

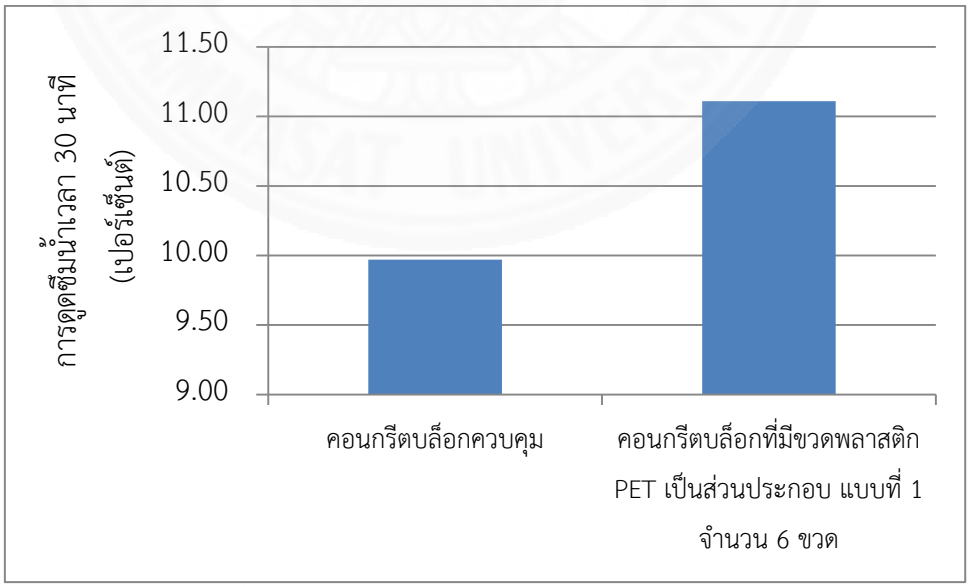
จากตารางที่ 4.1คอนกรีตบล็อกควบคุมมีน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด ประมาณ 0.08 กิโลกรัม ขนาดความกว้างของคอนกรีตบล็อกควบคุมลดลง เนื่องจากไม่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แสดงให้เห็นว่าขวดพลาสติก PETสามารถทดแทนปริมาณของคอนกรีตของคอนกรีตบล็อกควบคุมด้านกว้างประมาณ 5 เซนติเมตร หรือปริมาตร 0.003 ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ขนาดความยาว และความหนามีขนาดเท่ากัน ความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกควบคุมมีค่ามากกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่1 จำนวน 6 ขวด ประมาณ 518.06 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และการดูดซึมน้ำที่ 30นาทีและ24ชม.ของคอนกรีตบล็อกควบคุมมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่1 จำนวน 6 ขวด ร้อยละ 1.14 และ0.61 ตามลำดับ

Ref. code: 25605916030017LWM



ภาพที่ 4.1 กราฟความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

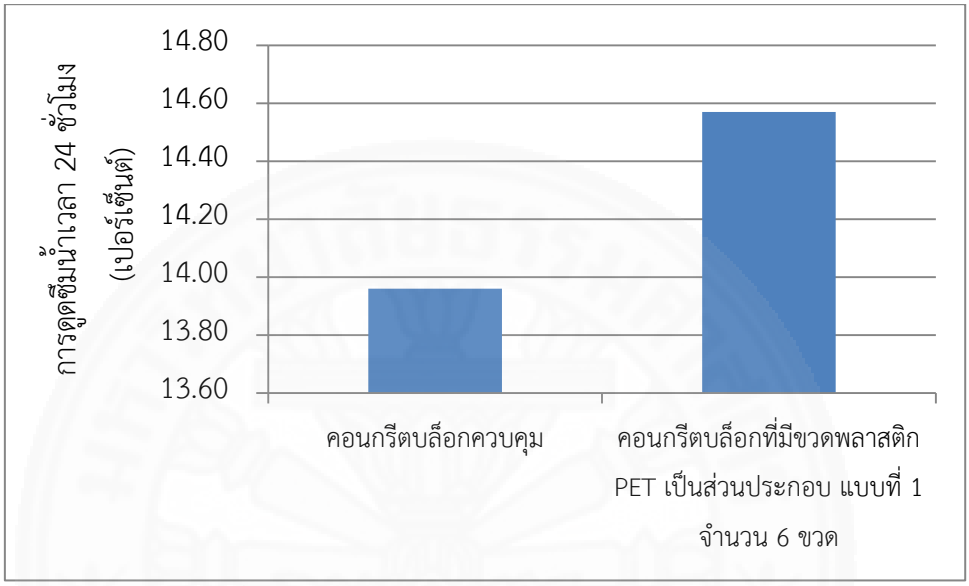
จากภาพที่ 4.1ความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกควบคุมมีค่ามากกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบแบบที่1 จำนวน 6 ขวด ประมาณ 518.06 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากน้ำหนักอบแห้งของคอนกรีตบล็อกควบคุมมากกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบแบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด



ภาพที่ 4.2 กราฟการดูดซึมน้ำที่เวลา 30 นาทีของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ (เปอร์เซ็นต์)

Ref. code: 25605916030017LWM

จากภาพที่ 4.2 การดูดซึมน้ำที่เวลา 30 นาทีของคอนกรีตบล็อกควบคุมมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด ร้อยละ 1.14 เนื่องจากผิวระหว่างขวดพลาสติก PET และคอนกรีตมีช่องว่างทำให้น้ำไม่สามารถระเหยออกจากคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด



ภาพที่ 4.3 กราฟการดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมงของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ (เปอร์เซ็นต์)

จากภาพที่ 4.3 การดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมงของคอนกรีตบล็อกควบคุมมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด ร้อยละ 0.61 เนื่องจากผิวระหว่างขวดพลาสติก PET และคอนกรีตมีช่องว่างทำให้น้ำไม่สามารถระเหยออกจากคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด

ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นแห้ง และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ตามมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541 โดยใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร หาความหนาแน่นโดยการชั่งน้ำหนักเมื่ออบที่อุณหภูมิ 110 องศา เป็นเวลา 24ชั่วโมง และการดูดซึมน้ำที่เวลา30นาทีและ24ชั่วโมง ทั้ง 5 รูปแบบ ตามลำดับ

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 4.2

ลักษณะทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบทั้ง 4 รูปแบบ

ชนิดของคอนกรีตบล็อก	ความหนาแน่นแห้ง (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การดูดซึมน้ำที่ 30 นาที (เปอร์เซ็นต์)	การดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง (เปอร์เซ็นต์)
คอนกรีตบล็อกควบคุม	1746.03	10.00	12.96
PET แบบที่ 1 3 ขวด	1265.87	13.48	18.18
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	1285.71	14.81	17.59
PET แบบที่ 1 5 ขวด	1027.78	17.00	21.24
PET แบบที่ 2 3 ขวด	1214.29	16.34	19.28

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2561

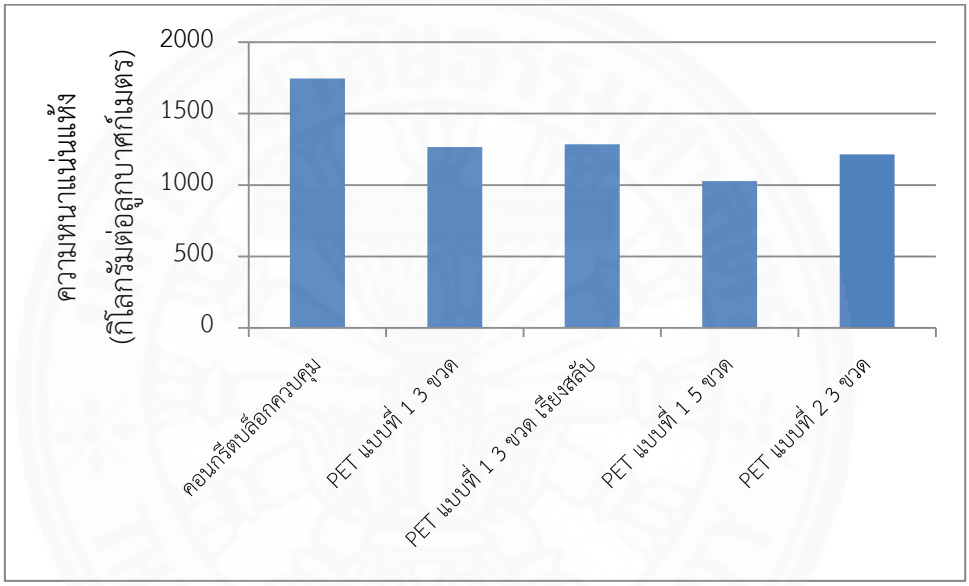
คอนกรีตบล็อกทั้ง 5 รูปแบบ ตามลำดับดังนี้

คอนกรีตบล็อกควบคุม
PET แบบที่ 1 3 ขวด = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด
PET แบบที่ 1 5 ขวด = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด
PET แบบที่ 2 3 ขวด = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด

จากตารางที่ 4.2คอนกรีตบล็อกควบคุมมีน้ำหนักมากกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เนื่องจากไม่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบและแสดงให้เห็นว่าขวดพลาสติก PETสามารถทดแทนปริมาณของคอนกรีตในคอนกรีตบล็อก ความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อก

Ref. code: 25605916030017LWM

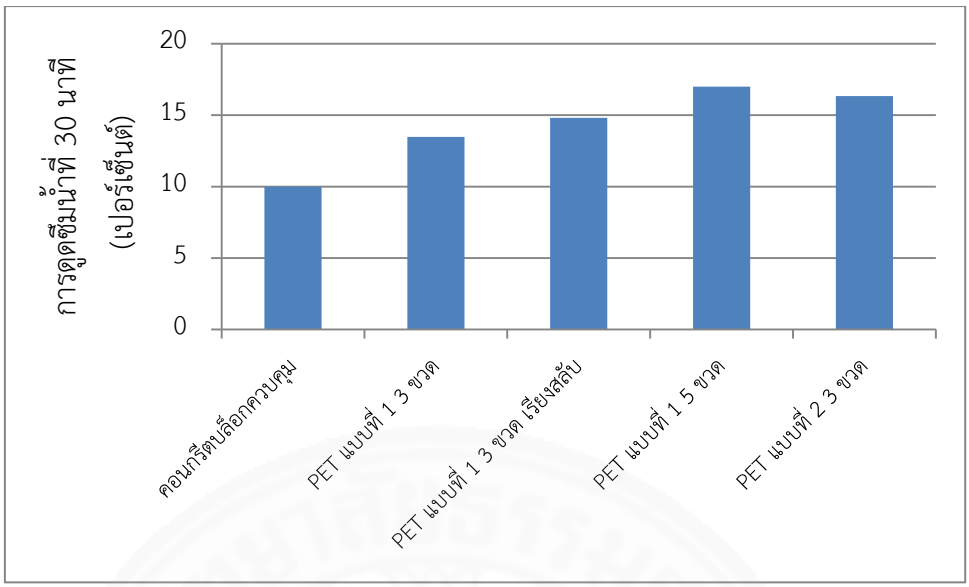
ควบคุมมีค่ามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ และอัตราการดูดซึมน้ำที่ 30 นาที และ24 ชั่วโมง ของคอนกรีตบล็อกควบคุมมีค่าน้อยสุด เมื่อเปรียบเทียบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ ความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด มีค่าน้อยสุด เนื่องจากมีปริมาตรของ ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบคอนกรีตบล็อกรูปแบบอื่นและการดูดซึมน้ำที่ 30นาทีและ24ชั่วโมง ของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบแบบที่2 3ขวด มีค่ามากที่สุด



ภาพที่ 4.4 กราฟความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบทั้ง 4 รูปแบบ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

จากภาพที่ 4.4 คอนกรีตบล็อกควบคุม มีค่าความหนาแน่นแห้ง 1746.03 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นค่าความหนาแน่นแห้งมากที่สุด คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด มีค่าความหนาแน่นแห้ง 1265.87 1285.71 และ1214.29 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าความหนาแน่นแห้งปานกลาง และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบแบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด มีค่าความหนาแน่นแห้ง 1027.78 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นค่าความหนาแน่นแห้งน้อยที่สุด

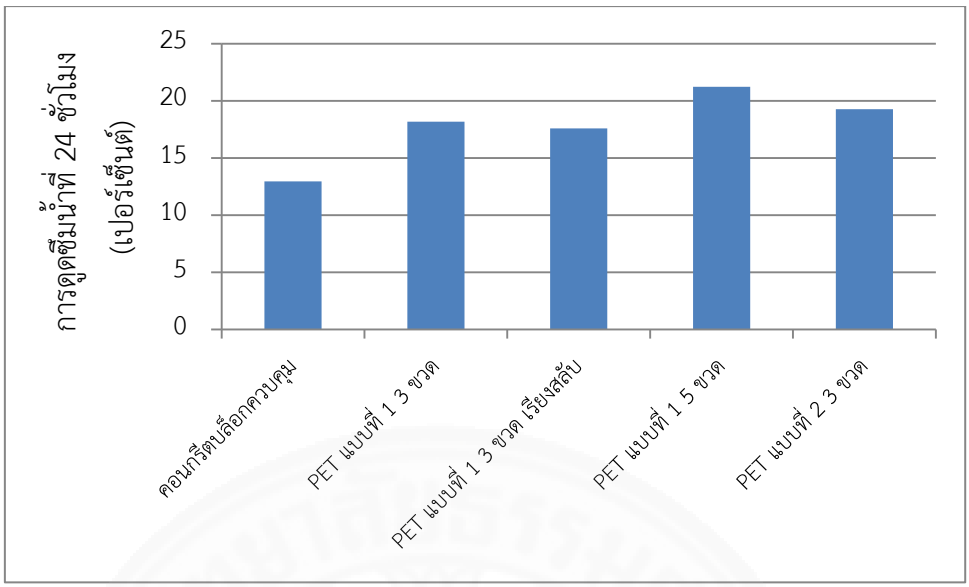
Ref. code: 25605916030017LWM



ภาพที่ 4.5 กราฟการดูดซึมน้ำที่เวลา 30 นาทีของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบทั้ง 4 รูปแบบ (เปอร์เซ็นต์)

จากภาพที่ 4.5 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด มีค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 30 นาที 17.00เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 30 นาทีมากที่สุด คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวดและคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด มีค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 30 นาที 13.48 14.81 และ16.34 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 30 นาทีปานกลาง และคอนกรีตบล็อกควบคุม มีค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 30 นาที 10.00เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 30 นาทีน้อยที่สุด

Ref. code: 25605916030017LWM



ภาพที่ 4.6 กราฟการดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมงของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบทั้ง 4 รูปแบบ (เปอร์เซ็นต์)

จากภาพที่ 4.6 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด มีค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง 21.24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมงมากที่สุด คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด มีค่าการดูดซึมน้ำเวลา 24 ชั่วโมง 17.59 18.18 และ19.28 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมงปานกลาง และคอนกรีตบล็อกควบคุม มีค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง 12.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าการดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมงน้อยที่สุด

Ref. code: 25605916030017LWM

4.2 สมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

ค่ากำลังรับแรงอัด และโมดูลัสยืดหยุ่น

ผลการศึกษาค่ากำลังรับแรงอัด และโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ตามมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541 โดยใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.3

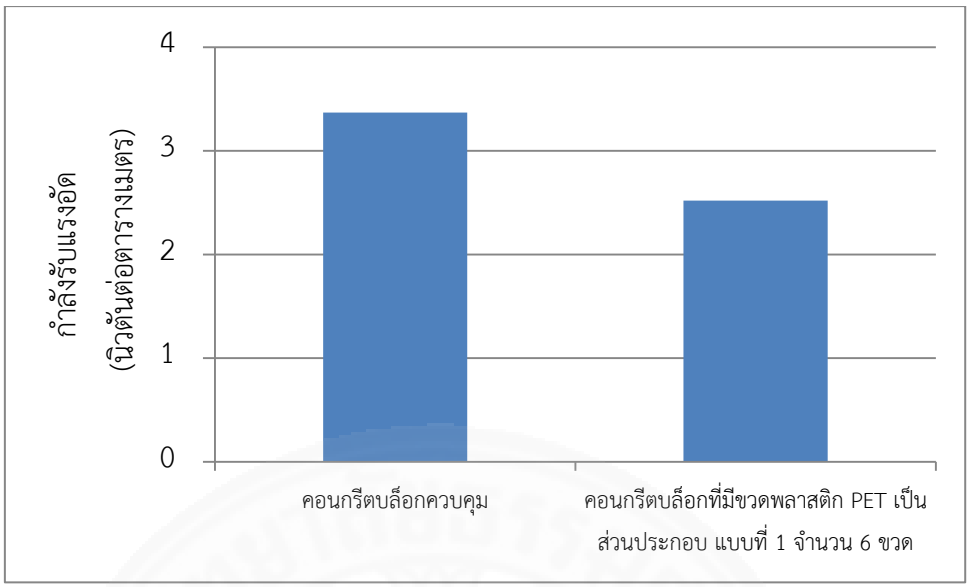
ลักษณะเชิงกลของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

ลักษณะเชิงกล	คอนกรีตบล็อกควบคุม	คอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 6 ขวด
กำลังรับแรงอัด (นิวตันต่อตารางเมตร)	3.37	2.52
โมดูลัสยืดหยุ่น ($x10^6$ นิวตันต่อตารางเมตร)	10327.97	18891.51

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

จากตารางที่ 4.3 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกควบคุมมีค่ามากกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบประมาณ 0.85นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร เนื่องจากการมีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกลดลง และโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกควบคุมน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบประมาณ 8563.54 $x10^6$ นิวตันต่อตารางเมตร

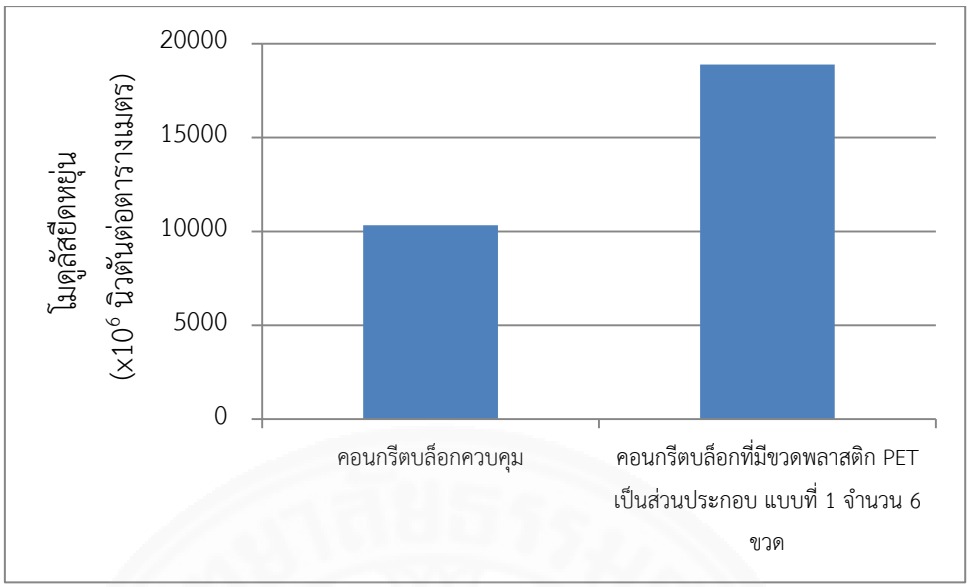
Ref. code: 25605916030017LWM



ภาพที่ 4.7 กราฟกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

จากภาพที่ 4.7 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกควบคุมมีค่ามากกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบประมาณ 0.85นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร เนื่องจากการมีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ จึงทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกลดลง

Ref. code: 25605916030017LWM



ภาพที่ 4.8 กราฟโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ($x10^6$ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

จากภาพที่ 4.8 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกควบคุมน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบประมาณ 8563.54 $x10^6$ นิวตันต่อตารางเมตร

Ref. code: 25605916030017LWM

ผลการศึกษาค่ากำลังรับแรงอัดและโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ตามมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541 โดยใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.4

ลักษณะเชิงกลของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ทั้ง 4 รูปแบบ

ชนิดของคอนกรีตบล็อก	กำลังรับแรงอัด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)	โมดูลัสยืดหยุ่น ($x10^6$ นิวตันต่อตารางเมตร)
คอนกรีตบล็อกควบคุม	5.317	8356.86
PET แบบที่ 1 3 ขวด	2.540	15499.52
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	2.913	8997.66
PET แบบที่ 1 5 ขวด	2.507	5181.68
PET แบบที่ 2 3 ขวด	2.887	9677.70

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2561

จากตารางที่ 4.4 คอนกรีตบล็อกทั้ง 5 รูปแบบตามลำดับดังนี้

คอนกรีตบล็อกควบคุม

PET แบบที่ 1 3 ขวด = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด

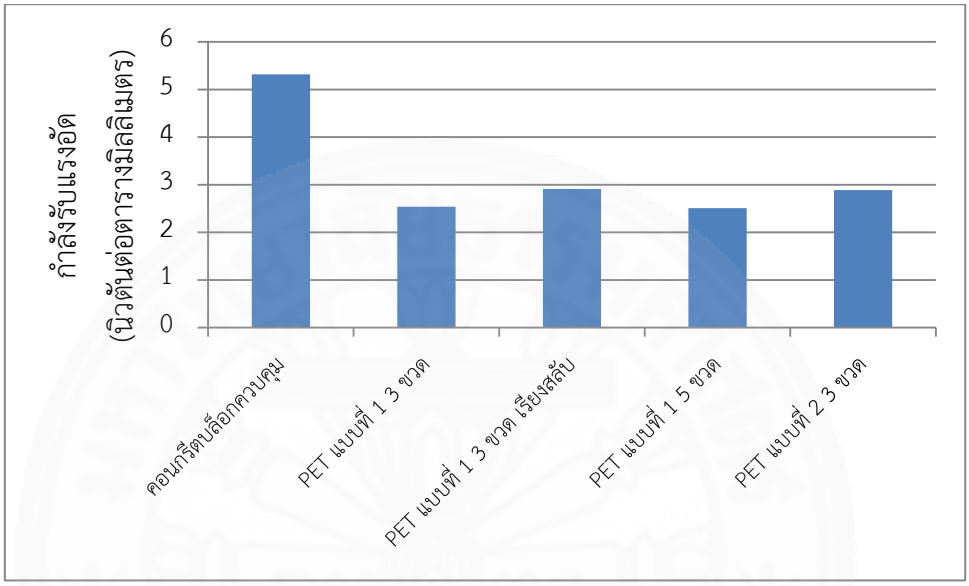
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด

PET แบบที่ 1 5 ขวด = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด

PET แบบที่ 2 3 ขวด = คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด

Ref. code: 25605916030017LWM

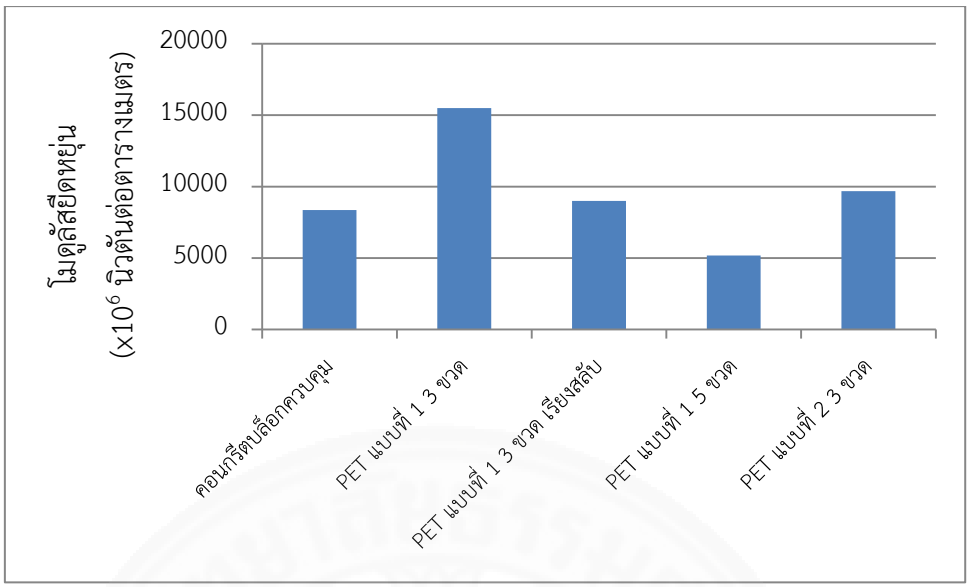
จากตารางที่ 4.4 คอนกรีตบล็อกควบคุมมีค่ากำลังรับแรงอัดมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เนื่องจากขวดพลาสติก PET มีผลทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกลดลง คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบคอนกรีตบล็อกรูปแบบอื่น



ภาพที่ 4.9 กราฟกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ทั้ง 4 รูปแบบ (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

จากภาพที่ 4.9 คอนกรีตบล็อกควบคุม มีค่ากำลังรับแรงอัด 5.317 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่ากำลังรับแรงอัดมากที่สุด คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด มีค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกันคือ 2.913 และ2.887 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่ากำลังรับแรงอัดปานกลาง และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด ค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกันคือ 2.540 และ2.507 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่ากำลังรับแรงอัดน้อยที่สุด

Ref. code: 25605916030017LWM



ภาพที่ 4.10 กราฟโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ทั้ง 4 รูปแบบ ($x10^6$ นิวตันต่อตารางเมตร)

จากภาพที่ 4.10 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 15499.52 $x10^6$นิวตันต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นค่าโมดูลัสยืดหยุ่นมากที่สุด คอนกรีตบล็อกควบคุม คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกันคือ 8356.86 $x10^6$ 8997.66 $x10^6$และ9677.70 $x10^6$นิวตันต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นค่าโมดูลัสยืดหยุ่นปานกลาง คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 5181.68 $x10^6$นิวตันต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นค่าโมดูลัสยืดหยุ่นน้อยที่สุด

Ref. code: 25605916030017LWM

4.3 สมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

ผลการศึกษาค่าการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบ Heat Flow Meter ตามมาตรฐาน ASTM C518 โดยใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร และใช้หลักการของการถ่ายเทความร้อนคือพลังงานความร้อนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

ตารางที่ 4.5

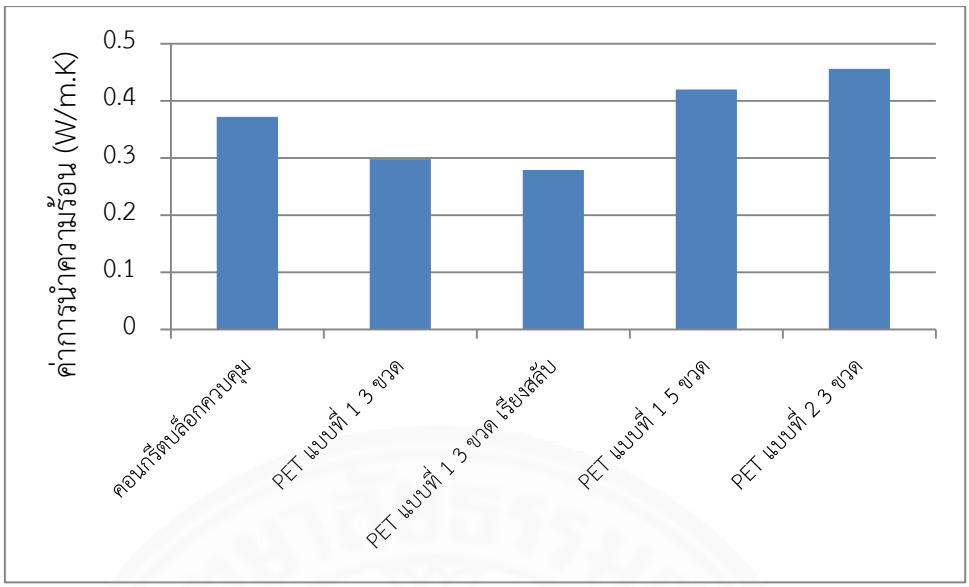
การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ทั้ง 4 รูปแบบ

ชนิดของคอนกรีตบล็อก	ค่าการนำความร้อน (W/m.K)
คอนกรีตบล็อกควบคุม	0.372
PET แบบที่ 1 3 ขวด	0.298
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	0.279
PET แบบที่ 1 5 ขวด	0.420
PET แบบที่ 2 3 ขวด	0.456

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2561

จากตารางที่ 4.5คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด มีค่าการนำความร้อนมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบรูปแบบอื่น เนื่องจากขวดพลาสติก PETมีผลทำให้ค่าการนำความร้อนลดลง เนื่องจากอากาศภายในขวดพลาสติก PETสามารถเป็นฉนวนป้องกันความร้อนให้แก่วัสดุคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติกPETเป็นส่วนประกอบแบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด มีค่าการนำความร้อนน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบคอนกรีตบล็อกรูปแบบอื่น

Ref. code: 25605916030017LWM



ภาพที่ 4.11 กราฟการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกควบคุม และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ทั้ง 4 รูปแบบ (วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน)

จากภาพที่ 4.11 คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด มีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกันคือ 0.420 และ0.456 วัตต์ต่อเมตร-เคลวินตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าการนำความร้อนมากที่สุด คอนกรีตบล็อกควบคุม มีค่าการนำความร้อนที่ 0.372 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ซึ่งเป็นค่าการนำความร้อนปานกลางและ คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด มีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกันคือ 0.289 และ0.279 วัตต์ต่อเมตร-เคลวินตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าการนำความร้อนน้อยที่สุด

Ref. code: 25605916030017LWM

4.4 สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เปรียบเทียบกับอิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ตารางที่ 4.6

สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เปรียบเทียบกับอิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ชนิดของคอนกรีตบล็อก	ความหนาแน่นแห้ง (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การดูดซึมน้ำที่ 30 นาที (เปอร์เซ็นต์)	การดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง (เปอร์เซ็นต์)	กำลังรับแรงอัด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)	โมดูลัสยืดหยุ่น (นิวตันต่อตารางเมตร)	ค่าการนำความร้อน (W/m.K)	น้ำหนักต่อก้อน (กิโลกรัม)
คอนกรีตบล็อกควบคุม	1746.03	10.00	12.96	5.317	584.98	0.372	8.03
PET แบบที่ 1 3 ขวด	1265.87	13.48	18.18	2.540	1081.5	0.298	5.82
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	1285.71	14.81	17.59	2.913	629.84	0.279	5.92

Ref. code: 256059160300017LWM

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เปรียบเทียบกับอิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

PET แบบที่ 1 5 ขวด	1027.78	17.00	21.24	2.507	362.72	0.420	4.68
PET แบบที่ 2 3 ขวด	1214.29	20.91	24.18	2.887	677.44	0.456	5.70
อิฐมอญ	1615-1650	30.00	40.00	3.432	394.25	0.473	0.38
อิฐบล็อก	1500-1800	25.00	29.00	1.47-2.45	428.56	0.327	6.00
อิฐมวลเบา	500-700	35.00	38.00	2.94-4.41	1716.2	0.124-0.178	5.44

หมายเหตุ. จาก https://ienergyguru.com/2015/09/concrete-masonry-unit/, *คอนกรีตบล็อก (Concrete masonry unit),* ienergyguru, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.

จาก https://ienergyguru.com/2015/09/brick-properties/, *คุณสมบัติของอิฐมอญ (Brick properties),* ienergyguru, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.

จาก https://qcon.co.th/knowledge/, *ความรู้เกี่ยวกับอิฐมวลเบา, Q-CON*, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.

จาก https://sites.google.com/site/smartblockandconstruction/kickrrm-laea-sux-tang, *ข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับอิฐบล็อกประสาน*, SMART-CON, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.

จาก http://www.smartblock.in.th/view_product.php?product=A004&mcat=&cat_id=137&lang=th&page=1, *สมาร์ท ซี บล็อค (Smart C Block),* Smart C Block, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.

Ref. code: 25605916030017LWM

จาก http://www.kalksand.com/table.html, *ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติ,* KS Brick, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.

จากตารางที่ 4.6 จากผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด เป็นคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการก่อผนังภายนอกของอาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกรูปแบบอื่น เนื่องจากมีความหนาแน่นแห้ง การดูดซึมน้ำที่ 30 นาที การดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง กำลังรับแรงอัด โมดูลัสยืดหยุ่นที่มีค่าสูง และการนำความร้อนที่มีค่าต่ำที่สุด

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ 4.7

ราคาของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เปรียบเทียบกับอิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบาที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ชนิดของคอนกรีตบล็อก	ราคาต่อก้อน (บาท)	จำนวนอิฐที่ใช้ต่อตารางเมตร (ก้อน)	ราคาอิฐที่ใช้ต่อตารางเมตร (บาท)
คอนกรีตบล็อกควบคุม	11.47	8.33	95.55
PET แบบที่ 1 3 ขวด	8.31	8.33	69.22
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	8.45	8.33	70.38
PET แบบที่ 1 5 ขวด	6.69	8.33	55.73
PET แบบที่ 2 3 ขวด	8.14	8.33	67.81
อิฐมอญ	3.00	45.00	135.00
อิฐบล็อก	12.00	40.00	480.00
อิฐมวลเบา	22.00	8.33	184.00

หมายเหตุ. จาก https://ienergyguru.com/2015/09/concrete-masonry-unit/, *คอนกรีตบล็อก (Concrete masonry unit),* ienergyguru, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.

จาก https://ienergyguru.com/2015/09/brick-properties/, *คุณสมบัติของอิฐมอญ (Brick properties),* ienergyguru, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.

จาก https://qcon.co.th/knowledge/, *ความรู้เกี่ยวกับอิฐมวลเบา, Q-CON*, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.

จาก https://sites.google.com/site/smartblockandconstruction/kickrrm-laea-sux-tang, *ข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับอิฐบล็อกประสาน*, SMART-CON, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.

Ref. code: 25605916030017LWM

จาก http://www.smartblock.in.th/view_product.php?product=A004&mcat=&cat_id=137&lang=th&page=1, *สมาร์ท ซี บล็อค (Smart C Block),* Smart C Block, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561.
จาก http://www.kalksand.com/table.html, *ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติ*, KS Brick, สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2561

จากตารางที่ 4.7 ราคาอิฐที่ต้องใช้ต่อตารางเมตรของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ มีราคาต่ำกว่าอิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบา ประมาณ 65.79 บาท การใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เนื่องจากราคาของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ มีราคาอิฐที่ต้องใช้ต่อตารางเมตรต่ำกว่าอิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบา และจำนวนอิฐที่ใช้ต่อตารางเมตรในการก่อผนังอาคารต่ำกว่า

Ref. code: 25605916030017LWM

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการทำทดสอบเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนของวัสดุคอนกรีตบล็อกที่ทำวิจัย เพื่อทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการนำความร้อนของวัสดุคอนกรีตบล็อกตามมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541 โดยมีการจัดเรียงขวดพลาสติก PETที่มีขนาด ลักษณะ และจำนวนที่แตกต่างสำหรับการผลิตคอนกรีตบล็อก ผลการวิจัยจะนำไปเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกในท้องตลาดให้เหมาะสมกับการใช้งานของผนังภายนอกในงานสถาปัตยกรรม ซึ่งมีการวิเคราะห์ และสรุปผลการทดสอบดังนี้

5.1. ข้อสรุปจากการวิจัย

- 5.1.1 สมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อก
- 5.1.2 สมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อก
- 5.1.3 สมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อก

5.2. การประยุกต์ใช้งานคอนกรีตบล็อกในงานสถาปัตยกรรม

- 5.2.1 การก่อผนังภายนอกด้วยคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ
- 5.2.2 การประยุกต์ใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบสำหรับการก่อผนังภายนอกของอาคาร

5.3. ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

- 5.3.1 ข้อจำกัดในงานวิจัย
- 5.3.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

Ref. code: 25605916030017LWM

5.1 ข้อสรุปจากการวิจัย

5.1.1 สมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อก

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบในแต่ละรูปแบบ สามารถวิเคราะห์ และสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

ความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบในแต่ละรูปแบบมีความหนาแน่นแห้งลดลง เพราะการมีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบจะทำให้น้ำหนักคอนกรีตบล็อกลดลง เนื่องจากมีอากาศอยู่ภายในขวดพลาสติก PET พบว่าความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกควบคุมจะมีความหนาแน่นแห้งมากที่สุด และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด จะมีความหนาแน่นแห้งน้อยที่สุด ความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ มีค่าประมาณ 1198.41 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบา มีค่าความหนาแน่นแห้งต่ำกว่าอิฐมอญ และอิฐบล็อก แต่มีค่าสูงกว่าอิฐมวลเบา แสดงให้เห็นว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบเหมาะสมแก่การก่อสร้างอาคารดังตารางที่ 4.6 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบในแต่ละรูปแบบจะเพิ่มขึ้นตามลักษณะของขวดพลาสติก PET เนื่องจากผิวสัมผัสของขวดพลาสติก PETและคอนกรีตมีพื้นที่ทำให้น้ำเข้าไปอยู่ระหว่างช่องว่างของขวดพลาสติก PETและคอนกรีต พบว่า คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด มีการดูดซึมน้ำมากที่สุด และคอนกรีตบล็อกควบคุมมีการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวดที่ 30 นาที มีค่าประมาณร้อยละ 16.55 และการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง มีค่าประมาณร้อยละ 20.30 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบาดังตารางที่ 4.6

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพคอนกรีตบล็อกควบคุมจะมีความหนาแน่นแห้งมากที่สุด และคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวด มีการดูดซึมน้ำมากที่สุด

5.1.2 สมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อก

จากการศึกษาสมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบในแต่ละรูปแบบ สามารถวิเคราะห์ และสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบในแต่ละรูปแบบจะลดลง เนื่องจากขวดพลาสติก PETทำให้ลดส่วนผสมของคอนกรีต และทำให้คอนกรีตมีกำลังรับ

Ref. code: 25605916030017LWM

แรงอัดลดลง โดยคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 5 ขวด จะมีกำลังรับแรงอัดต่ำที่สุด เนื่องจากมีปริมาณขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบในแต่ละรูปแบบ และคอนกรีตบล็อกควบคุม คอนกรีตบล็อกควบคุมจะมีกำลังรับแรงอัดสูงที่สุด เนื่องจากไม่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบมีค่าประมาณ 2.71 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร โดยมีค่าอยู่ในระดับที่ 2 ของมาตราฐาน มอก. 1505 – 2541แบบชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำ ซึ่งเหมาะแก่การทำผนังภายใน และภายนอกของอาคาร เนื่องจากผนังไม่ได้ถูกออกแบบสำหรับการรับน้ำหนักของโครงสร้างดังตารางที่ 4.6 โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด มีโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบคอนกรีตบล็อกรูปแบบอื่น โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ มีค่าประมาณ 1965.32 x 10^6 นิวตันต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าอิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบาซึ่งแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ มีความแข็งแรงสูงกว่าอิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบาดังตารางที่ 4.6

จากการทดสอบสมบัติเชิงกลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกควบคุมจะมีกำลังรับแรงอัดสูงที่สุด และโมดูลัสยืดหยุ่นคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 จำนวน 3 ขวด จะมีโมดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด

5.1.3 สมบัติการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อก

การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ แบบที่ 2 จำนวน 3 ขวดมีค่าการนำความร้อนสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบรูปแบบอื่น เนื่องจากขวดพลาสติก PETมีผลทำให้ค่าการนำความร้อนลดลง เนื่องจากอากาศภายในขวดพลาสติก PETสามารถเป็นฉนวนป้องกันความร้อนให้แก่วัสดุคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PETเป็นส่วนประกอบ คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบแบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกรูปแบบอื่นซึ่งไม่ตรงตามทฤษฎีที่ว่าการมีอากาศภายในขวดพลาสติกมาก จะทำให้ต้านทานความร้อนได้มาก อาจเกิดจากความผิดพลาดของการทดสอบการนำความร้อน (Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 2015)การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ มีค่าประมาณ 0.363 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอิฐมอญ ใกล้เคียงอิฐบล็อก และมีค่าสูงกว่าอิฐมวลเบาดังตารางที่ 4.6

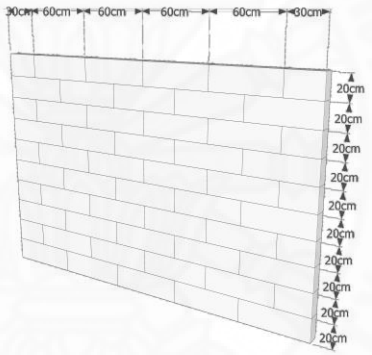
Ref. code: 25605916030017LWM

5.2. การประยุกต์ใช้งานคอนกรีตบล็อกในงานสถาปัตยกรรม

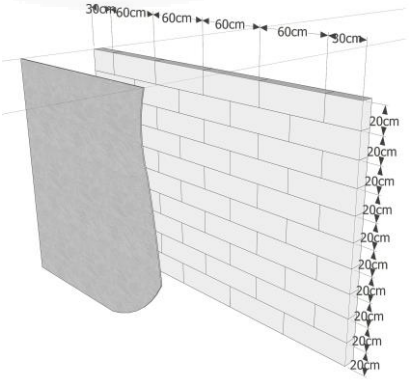
การเลือกใช้วัสดุสำหรับก่อผนังภายนอก จะต้องคำนึงถึงการใช้งานของอาคาร ลักษณะอาคาร ราคาค่าก่อสร้าง วิธีการก่อผนังภายนอก และประสิทธิภาพของอาคาร โดยงานวิจัยนี้ได้นำสมบัติคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เพื่อเป็นฉนวนป้องกันความร้อนให้แก่อาคารดังนี้

5.2.1 การก่อผนังภายนอกด้วยคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

การนำคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบมาก่อผนัง จะต้องก่อผนังด้วยวิธีการสลับ และฉาบปูน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความแข็งแรง และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนให้แก่อาคาร



ภาพที่ 5.1 วิธีการก่อผนังคอนกรีตบล็อก และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ, จาก จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม 2561



ภาพที่ 5.2 วิธีการฉาบผนังคอนกรีตบล็อก และคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ, จาก จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

5.2.2 การประยุกต์ใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบสำหรับการก่อผนังภายนอกของอาคาร

การประยุกต์ใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบในการออกแบบอาคาร เนื่องจากคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ มีค่าการนำความร้อนต่ำ ซึ่งจะเป็นการลดอุณหภูมิภายในอาคาร รูปแบบของอาคารที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน คือ บ้านพักตากอากาศหรือรีสอร์ท เพราะจะทำให้สามารถลดงบประมาณในการใช้เครื่องปรับอากาศ (Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali, 2015) ราคาอิฐที่ต้องใช้ต่อตารางเมตรของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ มีราคาต่ำกว่าอิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบาประมาณ 65.79 บาท การใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เหมาะสำหรับการก่อผนังภายนอกอาคาร เพราะการมีอากาศภายในขวดพลาสติก PET จะทำให้เป็นฉนวนกันความร้อนให้แก่อาคาร เนื่องจากราคาของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบมีราคาอิฐที่ต้องใช้ต่อตารางเมตรต่ำกว่าอิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบา และจำนวนอิฐที่ใช้ต่อตารางเมตรในการก่อผนังอาคารต่ำกว่า จากผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ แบบที่ 1 เรียงแบบสลับขวด จำนวน 3 ขวด เป็นคอนกรีตบล็อกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการก่อผนังภายนอกของอาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกรูปแบบอื่น เนื่องจากมีความหนาแน่นแห้ง การดูดซึมน้ำที่ 30 นาที การดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง กำลังรับแรงอัด โมดูลัสยืดหยุ่นที่มีค่าสูง และการนำความร้อนที่มีค่าต่ำที่สุด ความสูงของกำแพงสามารถที่จะก่อตามความต้องการของผู้ใช้งานอาคาร แต่ความสูงทุก 1.5 –2.5 เมตร จะมีเหล็กเส้นตามแนวขนานภายในผนัง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงดังตารางที่ 4.7

5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

5.3.1 ข้อจำกัดในงานวิจัย

5.3.1.1 ในการจัดเรียงขวดพลาสติก PETจะต้องมีการขึงด้วยเส้นเอ็น เนื่องจากขวดพลาสติก PET มีน้ำหนักเบา และสามารถเคลื่อนได้ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

5.3.1.2 ในการทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่น ต้องติดสเตรนเกจไม่ให้สายไฟเกิดการโค้งงอ โดยการใช้เทปติดสายไฟให้ราบกับผิววัสดุ มิฉะนั้นอาจสร้างความเสียหายให้แก่สเตรนเกจ

Ref. code: 25605916030017LWM

5.3.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

5.3.2.1 ผู้วิจัยใช้คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ เนื่องจากขวดพลาสติก PETเป็นขวดพลาสติกที่ใช้แพร่หลายในการบรรจุเพื่อการบริโภคเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลาสติกประเภทอื่น หากในอนาคตมีการใช้พลาสติกประเภทอื่นแพร่หลายจะนำมาศึกษาเปรียบเทียบต่อไปเพื่อให้ทราบถึงสมบัติของพลาสติกประเภทอื่นที่มีผลต่อคอนกรีตบล็อก

5.3.2.2 สัดส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ ไม่มีการผสมสารผสมเพิ่ม จึงทำให้คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ มีน้ำหนักมาก และมีกำลังรับแรงอัดลดลง หากมีการปรับเปลี่ยนส่วนผสมจะทำให้คอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

Ref. code: 25605916030017LWM

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

กลุ่มงานวิจัย กองจัดการขยะ ของเสียอันตรายและปฏิกูลสำนักสิ่งแวดล้อม. (2557). *รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร 2556 – 2557.* (91-92). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2541). *มอก. 1505-2541 ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ.*

บทความวารสาร

กรองทิพย์ เติมเกาะ. (2560). การทดสอบสภาพการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนคอมโพสิท, 9-11, *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*, ปีที่ 60 ฉบับที่ 190.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

คุณสมบัติต่างๆของขวดพลาสติก. (19 มีนาคม 2556). สืบค้นจาก http://www.uniontoy.com/articles/42072148/

“ คริสตัล ” ประกาศชัยน้ำดื่มรอบ 20 ปี ขึ้นแท่นผู้นำตลาดสอย “ สิงห์ ” ร่วง. (24 กรกฎาคม 2560). สืบค้นจาก https://www.brandbuffet.in.th/2017/07/crystal-turns-to-number-one-in-drinking-water/

เคล็ดลับทำงานผนังปูนให้แข็งแรง ไม่แตกร้าว. (15 สิงหาคม 2558). สืบค้นจาก https://www.iurban.in.th/living/how-to-do-good-concrete-work/

น้ำช้างทุ่มสุดตัว ประกาศ! ขายน้ำดื่ม กว่าล้านขวด 9 – 17 พ.ย.นี้. (5 พฤศจิกายน 2554). สืบค้นจาก https://news.mthai.com/general-news/139434.html

เนสท์เล่ เพียวไลฟ์. (2560). สืบค้นจาก https://www.nestle.co.th/th/brands/bottled_water/purelife

Ref. code: 25605916030017LWM

น้ำดื่ม 0.33 ลิตร (แพ็ค12ขวด) เนสท์เล่ Pure Life. (2560). สืบค้นจาก https://www.goodchoiz.com

มินิทเมด พัลพิ น้ำส้ม 800 มิลลิลิตร. (4 เมษายน 2561). สืบค้นจาก http://www.bigc.co.th/fresh/minute-maid-pulpy-orange-juice-800-ml.html

ใหม่ \“มินิทเมด พัลพิ รสส้มแมนดาริน\” น้ำส้มผสมเนื้อส้มแมนดารินแท้ๆ อร่อยสดชื่น เต็มน้ำเต็มเนื้อ. (4 เมษายน 2561). สืบค้นจาก http://www.posttoday.com/social/PR/528999

บริษัท เอ็นพี ดริ้งกิ้ง วอเตอร์ คอร์เปอร์เรชั่น จำกัด. (2560). สืบค้นจาก http://watershop.yellowpages.co.th/

ผลิตภัณฑ์น้ำดื่มคริสตัล. (2558). สืบค้นจาก http://www.sermsukplc.com/th/product/detail/crystal

\“อาเจ\” จัดหนัก ยกเครื่อง \“บิ๊ก โคล่า\” สู้ศึกน้ำดำรับซัมเมอร์. (11 มีนาคม 2559). สืบค้นจาก https://positioningmag.com/62736

อิฐมวลเบา : ข้อดีข้อเสียของวิธีการผลิตอิฐมวลเบาแบบ ACC และCLC. (5 ธันวาคม 2557). สืบค้นจาก http://www.nucifer.com/2014/12/05/%e0%b8%ad%e0%b8%b4%e0%b8%90%e0%b8%a1%e0%b8%a7%e0%b8%a5%e0%b9%80%e0%b8%9a%e0%b8%b2_aac_clc/

Books

ASTM. (2017). *ASTM C518 Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus*. Philadelphia: American Society of Testing and Material (ASTM).

Articles

Ashraf Mansour Habib Mansour, Subhi A. Ali. (27 December 2014). *Reusing waste plastic bottles as an alternative sustainable building material,* 79-85, Elsevier Publishing company.

E. Rahmani, M. Dehestani, M.H.A. Beygi, H. Allahyari, I.M. Nikbin. (12 July 2013). *On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles,* 1302-1308, Elsevier Publishing company.

Ref. code: 25605916030017LWM

Iman M. Nikbin, Saman Rahimi R, Hamed Allahyari, Farhad Fallah. (11 March 2016). *Feasibility study of waste Poly Ethylene Terephthalate (PET) particles as aggregate replacement for acid erosion of sustainable structural normal and lightweight concrete,* 108-177, Elsevier Publishing company.

Semiha Akcaozoglu, Cengiz Duran Atis, Kubilay Akcaozoglu. (22 October 2009). *An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete,* 285–290, Elsevier Publishing company.

Semiha Akcaozog˘lu, Kubilay Akcaozog˘lu, Cengiz Duran Atis. (13 September 2012). *Thermal conductivity, compressive strength and ultrasonic wave velocity of cementitious composite containing waste PET lightweight aggregate (WPLA),* 721-726, Elsevier Publishing company.

Sina Safinia, Amani Alkalbani. (25-28 June 2016). *Use of recycled plastic water bottles in concrete blocks,* 214-221, Elsevier Publishing company.

Phaiboon Panyakapo, Mallika Panyakapo. (1 October 2007). *Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete,* 1581-1588, Elsevier Publishing company.

Watcharapong Wongkeo, Pailyn Thongsanitgarn, Kedsarin Pimraksa, Arnon Chaipanich. (12 September 2011). *Compressive strength, flexural strength and thermal conductivity of autoclaved concrete block made using bottom ash as cement replacement materials,* 434-439, Elsevier Publishing company.

Ref. code: 25605916030017LWM

ภาคผนวก

Ref. code: 25605916030017LWM

ภาคผนวก ก

สัดส่วนผสมที่ใช้ในผลิตคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

ตารางที่ ก.1

สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร แต่ละประเภท (กรัม)

ชนิดของคอนกรีตบล็อก		น้ำหนักซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (กรัม)	น้ำหนักทราย (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)
คอนกรีตบล็อกควบคุม	ชิ้นที่ 1	3357	3849	1679
	ชิ้นที่ 2	3295	3777	1647
	ชิ้นที่ 3	3336	3825	1668
PET แบบที่ 1 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	2425	2779	1212
	ชิ้นที่ 2	2425	2779	1212
	ชิ้นที่ 3	2383	2732	1192
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	ชิ้นที่ 1	2446	2803	1223
	ชิ้นที่ 2	2466	2827	1233
	ชิ้นที่ 3	2446	2803	1223
PET แบบที่ 1 5 ขวด	ชิ้นที่ 1	1907	2185	953
	ชิ้นที่ 2	1948	2233	974
	ชิ้นที่ 3	1969	2257	984
PET แบบที่ 2 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	2383	2732	1192
	ชิ้นที่ 2	2342	2684	1171
	ชิ้นที่ 3	2363	2708	1181

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ ก.2

สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกเฉลี่ยแต่ละประเภท ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร (กรัม)

ชนิดของคอนกรีตบล็อก		น้ำหนักเฉลี่ยซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยทราย (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยน้ำ (กรัม)
คอนกรีตบล็อกควบคุม	ชิ้นที่ 1	3239.33	3817	1664.67
	ชิ้นที่ 2			
	ชิ้นที่ 3			
PET แบบที่ 1 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	2411	2763.33	1205.33
	ชิ้นที่ 2			
	ชิ้นที่ 3			
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	ชิ้นที่ 1	2452.67	2811	1226.33
	ชิ้นที่ 2			
	ชิ้นที่ 3			
PET แบบที่ 1 5 ขวด	ชิ้นที่ 1	1941.33	2225	970.33
	ชิ้นที่ 2			
	ชิ้นที่ 3			
PET แบบที่ 2 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	2362.67	2708.00	1181.33
	ชิ้นที่ 2			
	ชิ้นที่ 3			

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

ภาคผนวก ข

สมบัติทางกายภาพคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

ตารางที่ ข.1

น้ำหนักคอนกรีตบล็อกแต่ละประเภท ณ อุณหภูมิปกติ และอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร (กรัม)

ชนิดของคอนกรีตบล็อก		น้ำหนักอุณหภูมิปกติ (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยอุณหภูมิปกติ (กรัม)	น้ำหนักอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส (กรัม)
คอนกรีตบล็อกควบคุม	ชิ้นที่ 1	8100	8033.33	7400	7333.33
	ชิ้นที่ 2	7950		7250	
	ชิ้นที่ 3	8050		7350	
PET แบบที่ 1 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	5850	5816.17	5350	5316.67
	ชิ้นที่ 2	5850		5350	
	ชิ้นที่ 3	5750		5250	
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	ชิ้นที่ 1	5900	5916.67	5400	5400
	ชิ้นที่ 2	5950		5400	
	ชิ้นที่ 3	5900		5400	
PET แบบที่ 1 5 ขวด	ชิ้นที่ 1	4600	4683.33	4250	4316.67
	ชิ้นที่ 2	4700		4300	
	ชิ้นที่ 3	4750		4400	
PET แบบที่ 2 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	5750	5700.00	5150	5100
	ชิ้นที่ 2	5650		5050	
	ชิ้นที่ 3	5700		5100	

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ ข.2

น้ำหนักคอนกรีตบล็อกแต่ละประเภท หลังแช่น้ำ 30 นาที และหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร (กรัม)

ชนิดของคอนกรีตบล็อก		น้ำหนักหลังแช่น้ำที่ 30 นาที (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยหลังแช่น้ำที่ 30 นาที (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยหลังแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง (กรัม)
คอนกรีตบล็อกควบคุม	ชิ้นที่ 1	8100	8066.67	8350	8283.33
	ชิ้นที่ 2	8000		8200	
	ชิ้นที่ 3	8100		8300	
PET แบบที่ 1 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	6100	6033.33	6350	6283.33
	ชิ้นที่ 2	6050		6300	
	ชิ้นที่ 3	5950		6200	
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	ชิ้นที่ 1	6200	6200	6350	6350
	ชิ้นที่ 2	6250		6400	
	ชิ้นที่ 3	6150		6300	
PET แบบที่ 1 5 ขวด	ชิ้นที่ 1	5050	5050	5150	5233.33
	ชิ้นที่ 2	5000		5250	
	ชิ้นที่ 3	5100		5300	
PET แบบที่ 2 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	6000	5933.33	6150	6083.33
	ชิ้นที่ 2	5850		6000	
	ชิ้นที่ 3	5950		6100	

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ ข.3

ความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบล็อกแต่ละประเภท ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ชนิดของคอนกรีตบล็อก		ความหนาแน่นแห้ง (กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร)	เฉลี่ย
คอนกรีตบล็อกควบคุม	ชิ้นที่ 1	1761.90	1746.03
	ชิ้นที่ 2	1726.19	
	ชิ้นที่ 3	1750.00	
PET แบบที่ 1 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	1273.81	1265.87
	ชิ้นที่ 2	1273.81	
	ชิ้นที่ 3	1250.00	
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	ชิ้นที่ 1	1285.71	1285.71
	ชิ้นที่ 2	1285.71	
	ชิ้นที่ 3	1285.71	
PET แบบที่ 1 5 ขวด	ชิ้นที่ 1	1011.90	1027.78
	ชิ้นที่ 2	1023.81	
	ชิ้นที่ 3	1047.62	
PET แบบที่ 2 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	1226.19	1214.29
	ชิ้นที่ 2	1202.38	
	ชิ้นที่ 3	1214.29	

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ ข.4

การดูดซึมน้ำที่ 30 นาทีของคอนกรีตบล็อกแต่ละประเภท ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร (เปอร์เซ็นต์)

ชนิดของคอนกรีตบล็อก		การดูดซึมน้ำที่ 30 นาที (เปอร์เซ็นต์)	เฉลี่ย
คอนกรีตบล็อกควบคุม	ชิ้นที่ 1	9.46	10.00
	ชิ้นที่ 2	10.34	
	ชิ้นที่ 3	10.20	
PET แบบที่ 1 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	14.02	13.48
	ชิ้นที่ 2	13.08	
	ชิ้นที่ 3	13.33	
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	ชิ้นที่ 1	14.81	14.81
	ชิ้นที่ 2	15.74	
	ชิ้นที่ 3	13.89	
PET แบบที่ 1 5 ขวด	ชิ้นที่ 1	18.82	17.00
	ชิ้นที่ 2	16.28	
	ชิ้นที่ 3	15.91	
PET แบบที่ 2 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	16.50	16.34
	ชิ้นที่ 2	15.84	
	ชิ้นที่ 3	16.67	

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ ข.5

การดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมงของคอนกรีตบล็อกแต่ละประเภท ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร (เปอร์เซ็นต์)

ชนิดของคอนกรีตบล็อก		การดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง (เปอร์เซ็นต์)	เฉลี่ย
คอนกรีตบล็อกควบคุม	ชิ้นที่ 1	12.84	12.96
	ชิ้นที่ 2	13.10	
	ชิ้นที่ 3	12.93	
PET แบบที่ 1 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	18.69	18.18
	ชิ้นที่ 2	17.76	
	ชิ้นที่ 3	18.10	
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	ชิ้นที่ 1	17.59	17.59
	ชิ้นที่ 2	18.52	
	ชิ้นที่ 3	16.67	
PET แบบที่ 1 5 ขวด	ชิ้นที่ 1	21.18	21.24
	ชิ้นที่ 2	22.09	
	ชิ้นที่ 3	20.45	
PET แบบที่ 2 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	19.42	19.28
	ชิ้นที่ 2	18.81	
	ชิ้นที่ 3	19.60	

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

ภาคผนวก ค

สมบัติเชิงกลคอนกรีตบล็อกที่มีขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ

ตารางที่ ค.1

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละประเภท ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

ชนิดของคอนกรีตบล็อก		กำลังรับแรงอัด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)	เฉลี่ย
คอนกรีตบล็อกควบคุม	ชิ้นที่ 1	5.32	5.317
	ชิ้นที่ 2	5.33	
	ชิ้นที่ 3	5.30	
PET แบบที่ 1 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	2.53	2.540
	ชิ้นที่ 2	2.58	
	ชิ้นที่ 3	2.51	
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	ชิ้นที่ 1	2.90	2.913
	ชิ้นที่ 2	2.95	
	ชิ้นที่ 3	2.89	
PET แบบที่ 1 5 ขวด	ชิ้นที่ 1	2.52	2.507
	ชิ้นที่ 2	2.47	
	ชิ้นที่ 3	2.53	
PET แบบที่ 2 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	2.89	2.887
	ชิ้นที่ 2	2.90	
	ชิ้นที่ 3	2.87	

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

ตารางที่ ค.2

โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตบล็อกแต่ละประเภท ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร หนา 7 เซนติเมตร (x10^6 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)

ชนิดของคอนกรีตบล็อก		โมดูลัสยืดหยุ่น (x10^6 นิวตันต่อตารางเมตร)	เฉลี่ย
คอนกรีตบล็อกควบคุม	ชิ้นที่ 1	1672.08	1671.37
	ชิ้นที่ 2	1671.52	
	ชิ้นที่ 3	1670.51	
PET แบบที่ 1 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	3078.72	3089.90
	ชิ้นที่ 2	3093.01	
	ชิ้นที่ 3	3097.97	
PET แบบที่ 1 3 ขวด เรียงสลับ	ชิ้นที่ 1	1811.39	1799.53
	ชิ้นที่ 2	1796.95	
	ชิ้นที่ 3	1790.26	
PET แบบที่ 1 5 ขวด	ชิ้นที่ 1	1038.36	1036.34
	ชิ้นที่ 2	1038.11	
	ชิ้นที่ 3	1032.54	
PET แบบที่ 2 3 ขวด	ชิ้นที่ 1	1935.73	1935.54
	ชิ้นที่ 2	1934.84	
	ชิ้นที่ 3	1936.05	

หมายเหตุ. จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2561

Ref. code: 25605916030017LWM

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายภัทรภณ บูรณากาญจน์
วันเดือนปีเกิด	23 กุมภาพันธ์ 2537
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2558 วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ทุนการศึกษา	ปีงบประมาณ 2561: ทุนสนับสนุนงานวิจัย ประเภททุนวิจัยทั่วไป สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา กองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

ภัทรภณ บูรณากาญจน์. (มิถุนายน 2561). *สมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก PET เป็นส่วนประกอบ สำหรับการประยุกต์ใช้ในงานอาคาร*.งานการประชุมวิชาการ Built Environment Research Associates Conference ครั้งที่ 9 ประจำปี 2559 (BEREC 9, 2018), คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

Ref. code: 25605916030017LWM