การพัฒนาเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่

โดย

อาทร ชูพลสัตย์

ณิชาภา มินาบูลย์

สนับสนุนงบประมาณโดย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2561

Developed to enhance the properties of the paving block at produced from pavement recycling

By

Arthron Chuphonsat

Nichapha Minaboon

Granted by

Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Fiscal year 2018

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก งบประมาณสนับสนุนโครงการวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2561 ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่วัสดุอุปกรณ์ต่างๆสำหรับทำวิจัย

อาทร ชูพลสัตย์และคณะ

พฤษภาคม 2562

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : A37/2561

ชื่อโครงการ : การพัฒนาเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่

ชื่อนักวิจัย : นายอาทร ชูพลสัตย์ และ นางสาวณิชาภา มินาบูลย์

จากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคุณสมบัติ ทางกายภาพและทางกลของ บล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ในส่วนของ ลักษณะทั่วไปและมิติ การดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง การนำความร้อน และความต้านทานแรงอัด โดยได้จัดทำบล็อกในรูปแบบ คดกริช (รูปตัวหนอน) ขนาด 22 x 11 x 6 cm

จากผลของการศึกษาวิจัยจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีคุณสมบัติทางกายภาพในส่วนของ ลักษณะทั่วไปและมิติ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน การดูดกลืนน้ำและการนำความร้อนมีค่าที่เหมาะสมไม่มากจนเกินไป และมีค่าคุณสมบัติทางกลในส่วนของ ความต้านทานแรงอัดที่มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการนำวัสดุหินฝุ่นมาช่วยผสมร่วมกับวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ทำให้บล็อกปูพื้นมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดีขึ้นกว่าการใช้วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ : บล็อกปูพื้น, หินฝุ่น,ความต้านทานแรงอัด

E-mail Address : arthorn.chu@rmutr.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : ตุลาคม 2560 - กันยายน 2561

Abstract

Code of project : A37/2561

Project name : Developed to enhance the properties of the paving block at produced from pavement recycling

Researcher name : Mr.Arthorn Chuponsat and Mis.Nichaph Minaboon

The purpose of this research to study the physical and mechanical properties. Block flooring made from the material deterioration on the part of the general characteristics and dimensions. Water absorption and Dry density Heat conduction Compressive Strength. By creating a Block paving in the format Uni pave size 22 x 11 x 6 cm.

The results of the study can be seen that. Sample block flooring made from the same material deterioration dust stone ratio 1: 1 mixed Portland cement type 1 at cement volume 5 percent. In terms of physical properties general characteristics and dimensions standard. The absorption of Water absorption and Heat conduction appropriate not much too and the mechanical properties of the part Compressive strength at the most. Suggests that dust Stone can be mixed with the original material deterioration. Thus paving blocks with good mechanical properties and more using the same materials combined with obsolescence Portland cement type 1.

Keywords: Paving block, Dust stone, Compressive strength

E-mail Address : arthorn.chu@rmutr.ac.th

Period of project : ตุลาคม 2560 - กันยายน 2561

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ	
3.1 การเตรียมวัสดุ	36
3.2 การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุต่างๆของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ หินฝุ่น และ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 สำหรับใช้ในการทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น	36
3.3 การทำตัวอย่างทดสอบ และการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม	39
3.4 การเปรียบเทียบผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของตัวอย่างทดสอบ	42
บทที่ 4 การทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการผลิตตัวอย่าง	43
สารบัญ (ต่อ) ทดสอบบล็อกปูพื้น	
4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางทางกายภาพและทางกล	44

ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น
4.3 ผลการเปรียบเทียบผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น 56

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลของโครงการ
5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย 57
5.2 ข้อเสนอแนะ 59

บรรณานุกรม 60

ภาคผนวก 61
ก แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการผลิตตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น 62
ข ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น 104
ค ขั้นตอนการดำเนินงาน 139
ง รูปแบบบทความวิจัย 147

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2-1 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของบล็อก ตามมาตรฐาน มอก. 827-2531 19

2-2 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด ตามมาตรฐาน มอก. 827-2531 21

2-3 ตัวประกอบปรับค่าความต้านทานแรงอัด ตามมาตรฐาน มอก. 827-253 24

2-4 ความหนาของเปลือกและผนังกันโพรง ตามมาตรฐาน มอก. 57-2533 25

2-5 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ตามมาตรฐาน มอก. 57-2533 26

2-6 ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ตามมาตรฐาน มอก. 57-2533 27

2-7 ความชื้น ตามมาตรฐาน มอก. 57-2533 28

2-8 วัตถุประสงค์ในการใช้คอนกรีตบล็อกชั้นคุณภาพต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก. 57-2533 28

3-1 แสดงประเภทการทดสอบทางกายภาพและทางกลและจำนวนตัวอย่างของตัวอย่างทดสอบ 42

4-1 ผลการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมเฉลี่ยของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5 44

4-2 ผลการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมเฉลี่ยของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน (1:1) ผสมปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5 44

4-3 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติเฉลี่ยของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5 46

4-4 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน (1:1) ผสมปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5 47

4-5 ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5 48

4-6 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน (1:1) ผสมปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5 48

4-7 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนเฉลี่ยเฉลี่ยของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5 51
4-8 ผลการทดสอบการนำความร้อนเฉลี่ยของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน (1:1) ผสมปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5 52
4-9 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5 54

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

4-10 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน (1:1) ผสมปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 55

ก-1 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ 63

ก-2 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของวัสดุหินฝุ่น 63

ก-3 ผลการทดสอบหาค่า Sive Analysis testing ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 1 64

ก-4 ผลการทดสอบหาค่า Sive Analysis testing ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 2 65

ก-5 ผลการทดสอบหาค่า Sive Analysis testing ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 3 66

ก-6 ผลการทดสอบหาค่า Sive Analysis testing ของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 1 67

ก-7 ผลการทดสอบหาค่า Sive Analysis testing ของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 2 68

ก-8 ผลการทดสอบหาค่า Sive Analysis testing ของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 3 69

ก-9 ผลการทดสอบหาค่า ความถ่วงจำเพาะของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 1 70

ก-10 ผลการทดสอบหาค่า ความถ่วงจำเพาะของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 2 70

ก-11 ผลการทดสอบหาค่า ความถ่วงจำเพาะของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 3 71

ก-12 ผลการทดสอบหาค่า ความถ่วงจำเพาะของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 1 72

ก-13 ผลการทดสอบหาค่า ความถ่วงจำเพาะของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 2 72

ก-14 ผลการทดสอบหาค่า ความถ่วงจำเพาะของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 3 73

ก-15 ผลการทดสอบหาค่า ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 73

ก-16 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 (ตัวอย่าง 1) 74

ก-17 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธี 75

บดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 (ตัวอย่าง 2)
ก-18 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 (ตัวอย่าง 3) 76

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ก-19 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 (ตัวอย่าง 1) 77

ก-20 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 (ตัวอย่าง 2) 78

ก-21 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 (ตัวอย่าง 3) 79

ก-22 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 (ตัวอย่าง 1) 80

ก-23 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 (ตัวอย่าง 2) 81

ก-24 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 (ตัวอย่าง 3) 82

ก-25 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 (ตัวอย่าง 1) 83

ก-26 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 (ตัวอย่าง 2) 84

ก-27 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธี 85

บดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 (ตัวอย่าง 3)
ก-28 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 (ตัวอย่าง 1) 86

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ก-29 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 (ตัวอย่าง 2) 87

ก-30 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 (ตัวอย่าง 3) 88

ก-31 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 (ตัวอย่าง 1) 89

ก-32 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 (ตัวอย่าง 2) 90

ก-33 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 (ตัวอย่าง 3) 91

ก-34 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 (ตัวอย่าง 1) 92

ก-35 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 (ตัวอย่าง 2) 93

ก-36 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 (ตัวอย่าง 3) 94

ก-37 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหิน 95

ฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 (ตัวอย่าง 1)
ก-38 ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 (ตัวอย่าง 2) 96

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก-39	ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 (ตัวอย่าง 3)	97
ก-40	ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 (ตัวอย่าง 1)	98
ก-41	ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 (ตัวอย่าง 2)	99
ก-42	ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 (ตัวอย่าง 3)	100
ก-43	ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 (ตัวอย่าง 1)	101
ก-44	ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 (ตัวอย่าง 2)	102
ก-45	ผลการทดสอบหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 (ตัวอย่าง 3)	103
ข-1	ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1	105
ข-2	ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจาก	105

วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2
ข-3 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 105

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ข-4 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 106

ข-5 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 106

ข-6 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 106

ข-7 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 107

ข-8 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 107

ข-9 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 107

ข-10 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 108

ข-11 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 108

ข-12 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจาก 109

วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

ข-13 ผลการทดสอบหาค่าค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 109

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ข-14 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 110

ข-15 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 110

ข-16 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 111

ข-17 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 111

ข-18 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 112

ข-19 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 112

ข-20 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 113

ข-21 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 113

ข-22 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิต 114

จากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2
ข-23 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 114

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ข-24 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 115

ข-25 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 115

ข-26 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 116

ข-27 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 116

ข-28 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 117

ข-29 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 117

ข-30 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 118

ข-31 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 118

ข-32 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิต 119

จากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2
ข-33 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 119

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ข-34 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 120

ข-35 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 120

ข-36 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 121

ข-37 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 121

ข-38 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 122

ข-39 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 122

ข-40 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 123

ข-41 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 124

ข-42 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่าง 125

ทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2
ข-43 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 126

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ข-44 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 127

ข-45 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 128

ข-46 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 129

ข-47 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 130

ข-48 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 131

ข-49 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 132

ข-50 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 133

ข-51 ผลการทดสอบการนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 134

ข-52 ผลการทดสอบการนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้น 134

ทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2
ข-53 ผลการทดสอบการนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 135

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ข-54 ผลการทดสอบการนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 135

ข-55 ผลการทดสอบการนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 136

ข-56 ผลการทดสอบการนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 136

ข-57 ผลการทดสอบการนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2 137

ข-58 ผลการทดสอบการนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3 137

ข-59 ผลการทดสอบการนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4 138

ข-60 ผลการทดสอบการนำความร้อน ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 138

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ลักษณะหินฝุ่นที่ใช้ในงานก่อสร้าง	11
2-2	บล็อกปูพื้นถนนซีแพค รูปคดกริช	12
2-3	บล็อกปูพื้นถนนซีแพค รูปตัว I	12
2-4	บล็อกปูพื้นถนนซีแพค รูปรวงผึ้ง	12
2-5	กระเบื้องซีเมนต์ฝังหินกรวด	13
2-6	แผนซีเมนต์ลูกฟูก	13
2-7	ตัวอย่างการใช้ลายซีแพคแผ่นซีเมนต์บล็อก	13
2-8	ตัวอย่างการใช้ลายซีแพคแผ่นซีเมนต์บล็อก	14
2-9	โครงสร้างบล็อกปูพื้น	16
2-10	รูปแบบบล็อกปูพื้น	16
2-11	การระบายน้ำของงานพื้นบล็อกปูพื้น	17
2-12	โครงสร้างพื้นบล็อกปูพื้นที่มีวัสดุเสริมแรงดัน	18
2-13	การลบมุม	19
2-14	ตัวอย่างแผ่นกด วัสดุช่วยกดและแผ่นรองกด และตำแหน่งทดสอบ	23
3-1	ลักษณะของชั้นทางเดิมเสื่มคุณภาพ	37
3-2	ลักษณะของชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพที่ใช้เป็นวัสดุผสมในการทำตัวอย่างทดสอบ	37
3-3	ลักษณะของหินฝุ่นที่ใช้ เป็นวัสดุผสมทำตัวอย่างทดสอบ	38
3-4	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ใช้ เป็นวัสดุผสมทำตัวอย่างทดสอบ	38
3-5	เครื่องผสมวัสดุสำหรับใช้ทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น	40
3-6	เครื่องอัดบล็อกปูพื้นที่ใช้ทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น	40
3-7	เครื่องทดสอบการนำความร้อน	41
3-8	เครื่องทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างทดสอบล็อกปูพื้น	41
4-1	ลักษณะตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจาก วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5	45
4-2	ลักษณะตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น	46

ที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

4-3 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 49

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่

4-4	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5	49
4-5	กราฟแสดงค่าความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5	50
4-6	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5	50
4-7	กราฟแสดงค่าการนำความร้อนเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5	52
4-8	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการนำความร้อนเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5	53
4-9	กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5	54
4-10	กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5	55
ค-1	การเตรียมวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ จากสำนักงานบำรุงทางธนบุรี	140
ค-2	การร่อนวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ	140
ค-3	การร่อนวัสดุหินฝุ่น	141
ค-4	ชั่งน้ำหนักวัสดุ สำหรับผลิตตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น	141

ค-5 การผสมวัสดุให้เข้ากัน หลังจากการผสมด้วยเครื่องผสม 142
ค-6 การชั่งตวงวัสดุผสมที่ใช้อัดขึ้นรูป สำหรับทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น 142
ค-7 เทวัสดุผสมที่ผ่านการชั่งตวงแล้ว ใส่ในช่องอัดขึ้นรูปบล็อกปูพื้น 143
ค-8 การอัดตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ด้วยเครื่องอัดแบบมือโยก 143
ค-9 การนำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ออกจากเครื่องอัดแบบมือโยก 144
ค-10 การบ่มตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น 144

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ค-11	การตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติของ ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น	145
ค-12	การทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้งของ บล็อกปูพื้น ที่อายุการบ่ม 28 วัน	145
ค-13	ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบเพื่อหาค่าการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ของบล็อกปูพื้นที่อายุการบ่ม 28 วัน	146
ค-14	การทดสอบหาค่าการนำความร้อนของ ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่อายุการบ่ม 28 วัน	146
ค-15	การทดสอบหาค่าความต้านทานกำลังอัดของ ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่อายุการบ่ม 7, 14, 28 วัน	147
ค-16	ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น	147

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กรมทางหลวงได้ประยุกต์ใช้ปูนซีเมนต์ในการซ่อมแซมถนนที่ชำรุด โดยการทำขุดรื้อผิวทางเดิมที่ชำรุดขึ้นมาผสมกับปูนซีเมนต์ และบดอัดด้วยรถบดจนได้ความหนาแน่นตามมาตรฐาน วิธีนี้เรียกว่า “การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling) ตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.-ม213/2543 ข้อดีของวิธีการนี้คือประหยัดและรวดเร็วเมื่อเทียบกับการปรับปรุงและซ่อมแซมถนนโดยวิธีอื่น หากมีการนำวัสดุจากโครงสร้างชั้นทางเดิมกลับมาใช้งานใหม่ จะช่วยให้ปริมาณงานและค่าปรับปรุงถนนเดิมลดลง ประหยัด งบประมาณ อีกทั้งประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัสดุใหม่มาใช้งานลดการทำลายถนนในเส้นทางการขนส่งจากแหล่งวัสดุใหม่มายังหน้างาน รวมทั้งยังเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

การปรับปรุงวัสดุพื้นทางเดิมโดยการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่ สามารถแบ่งได้เป็นสองรูปแบบคือ 1) วัสดุชั้นทางเดิมจะถูกขุดไสกัดขึ้นมาแล้วแยกเป็นกองไว้ เป็นกองหินคลุกซีเมนต์และกองผิวทางแอสฟัลต์เพื่อนำไปผสมกับน้ำและปูนซีเมนต์ก่อนจะนำไปบดอัด และ 2) ผิวทางและพื้นทางเดิมจะถูกกัดโดยเครื่องจักรพร้อมๆกับผสมน้ำ และปูนซีเมนต์พร้อมกับการบดอัด โดยรูปแบบที่หนึ่งนิยมใช้เมื่อผิวทางมีความหนาพอสมควร ในขณะที่รูปแบบที่สองจะนิยมใช้เมื่อผิวทางมีความหนาไม่มากนัก

จากวัสดุชั้นทางเดิมที่ถูกขุดไสกัดขึ้นมา พบว่าเมื่อนำไปใช้ในการบดอัดเป็นชั้นทางของถนนแล้ว ยังมีส่วนที่เหลือใช้เป็นขยะเหลือทิ้งจำนวนมากในแต่ละแขวงการทาง และสำนักบำรุงทางต่างๆของกรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพซึ่งประกอบด้วยชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต และชั้นพื้นทางหินคลุกเสื่อมคุณภาพมาใช้เป็นวัสดุในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง ประเภทวัสดุปูพื้น เนื่องจากเห็นว่าขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ที่เป็นขยะเหลือทิ้งจากกระบวนการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่ (Pavement Recycling) ที่มีปริมาณมากในแต่ละแขวงการทาง และสำนักงานบำรุงทางต่างๆของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบท ตลอดจนกลายเป็นขยะเหลือทิ้งอยู่ในสภาพแวดล้อมตามพื้นที่ต่างๆโดยทั่วไป ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง ตลอดจนสิ้นเปลืองงบประมาณในการจัดการพื้นที่ในการจัดเก็บเป็นอย่างมาก

ดังนั้นจากปัญหาและเหตุผลดังกล่าว ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ “การพัฒนาเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่” โดยเป็นการนำขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในอีกรูปแบบหนึ่ง โดยนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุปูพื้น ซึ่งการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ใช้ขยะวัสดุชั้นทางเดิมที่ประกอบด้วยผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต และชั้นพื้นทางหินคลุกเสื่อมคุณภาพมาผสมปูนซีเมนต์ประเภท1 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพมาผสมร่วมกับวัสดุหินฝุ่นกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ที่อัตราส่วนผสมต่างๆอัดขึ้นรูป เป็นบล็อกปูพื้นรูปแบบคดกริช (ตัวหนอน) และทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล ของตัวอย่างทดสอบว่ารูปแบบอัตราส่วนผสมใดจะมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการผลิตเป็นวัสดุปูพื้น และสามารถนำไปใช้ได้จริงในงานก่อสร้าง ตลอดจนเป็นการใช้วัสดุเหลือทิ้งในการก่อสร้างทางหลวง ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติและหาอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสม สำหรับการผลิตบล็อกปูพื้นที่ผลิตขึ้นจากขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ เป็นวัสดุหลัก

1.2.2 เพื่อเป็นการลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม และเป็นการนำขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านวิศวกรรม ในอีกรูปแบบหนึ่ง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ทำการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆ ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ หินฝุ่น และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ใช้ในการผลิตเป็นตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น จากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยทำการหาปริมาณความชื้น การหาขนาดคละ และหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ และวัสดุหินฝุ่น การหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม สำหรับการทำตัวอย่างทดสอบ

1.3.2 ผลิตตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น โดยใช้รูปแบบอัตราส่วนผสม 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม คือ วัสดุผิวชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

1.3.3 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล ของตัวอย่างบล็อกปูพื้น ที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ ในส่วนของการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ การดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง การนำความร้อน และความต้านทานแรงอัด

1.3.4 ทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นทั้งสองอัตราส่วนผสม ที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ ว่าอัตราส่วนผสมใด จะให้คุณสมบัติที่เหมาะสม และสามารถนำไปใช้งานในการผลิตได้จริง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถทราบถึงคุณสมบัติ และอัตราส่วนผสม ที่มีความเหมาะสม ในการนำไปใช้ในการผลิต เป็นบล็อกปูพื้นที่ผลิตขึ้นจากขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ เป็นวัสดุหลัก

1.4.2 ฐานข้อมูลการวิจัย เกี่ยวกับวัสดุปูพื้นมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ และใช้ในการก่อสร้างได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.3 สามารถนำขยะเหลือทิ้ง ประเภท ขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ มาหมุนเวียน ใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านวิศวกรรม ในส่วนของงานก่อสร้าง เป็นการลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม และใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า

1.4.4 สามารถนำผลงานวิจัยเผยแพร่บทความทางวิชาการ เพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการต่างๆ

1.4.5 งานวิจัยนี้เป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจชุมชน เนื่องจากเป็นการใช้วัสดุเหลือทิ้งในงานก่อสร้าง ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเนื่องที่ตามมา อาทิเช่น การจ้างงาน และส่งเสริมระบบเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

1.4.6 เป็นการส่งเสริมนักวิจัยให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้น เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านการศึกษาวิจัย และการถ่ายทอดเทคโนโลยี ตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ

1.4.7 งานวิจัยนี้ มุ่งศึกษาวิจัยถึงการจัดการขยะของชุมชน และของกระบวนการการก่อสร้าง ให้เกิดผลสำเร็จ และเกิดประโยชน์สูงสุด ทำให้สภาพแวดล้อมของชุมชนเกิดความเหมาะสมกับการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพ ตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง / ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling) ตามมาตรฐานกรมทางหลวง ทล.-ม. 213/2543

การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ หมายถึง การนำวัสดุจากชั้นทางเดิมมาปรับปรุงคุณภาพแล้วนำไปใช้งานใหม่ โดยให้มีคุณภาพตามรูปแบบและข้อกำหนด ในการนี้อาจจะเพิ่มเติมวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงขนาดคละ และเพิ่มปริมาณ เช่น หิน ทราย Soil Aggregate ฯลฯ และวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพ (Stabilizing Agents) เช่น ปูนซีเมนต์ ปูนขาว แอสฟัลต์ และสารผสมเพิ่ม (Admixture) อื่นใด ทั้งนี้ในการปรับปรุงอาจจะกระทำได้ทั้งในที่ (In – Place) หรือที่โรงงาน (Central Plant) หรือทั้งในที่และที่โรงงานด้วย ขึ้นอยู่กับการกำหนดไว้ในรูปแบบ โดยจะต้องก่อสร้างให้ถูกต้องตามขั้นตอน และปิดทับด้วยผิวทางใหม่ การปรับปรุงชั้นทางอาจจะทางการปรับปรุงเพียงชั้นเดียวหรือหลายชั้นก็ได้ การใช้งานใช้ในงานปรับปรุงหรือก่อสร้างชั้นทางใด ๆ โดยให้เป็นไปตามรูปแบบและข้อกำหนด วัสดุชั้นทางเดิมรวมกับวัสดุที่ผสมเพิ่มจะต้องมีคุณภาพตามรูปแบบและข้อกำหนด ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติของวัสดุไว้เป็นอย่างอื่น วัสดุที่ใช้งานจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

2.1.1.1 การคัดเลือกวัสดุ

วัสดุชั้นทางเดิม หมายถึง วัสดุที่ได้จากการขุดรื้อ ขูดไสจากชั้นทางเดิมแล้วทำให้ร่วน ในกรณีที่วัสดุชั้นทางเดิมหลังจากขุดรื้อ ขูดไสและทำให้ร่วนแล้วมีขนาดคละ หรือคุณสมบัติอื่น ๆ ไม่เป็นไปตามรูปแบบและข้อกำหนด ให้แก้ไขปรับปรุงหรือนำวัสดุผสมเพิ่มมาผสมเพื่อให้ได้ตามรูปแบบและข้อกำหนด วัสดุที่นำมาผสมเพิ่มจะต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสม เข้ากันได้ดีกับวัสดุชั้นทางเดิมหรือวัสดุผสมเพิ่มชนิดอื่นที่นามาใช้ เพื่อทำให้คุณสมบัติทางวิศวกรรมของส่วนผสมมีความแข็งแรงเป็นไปตามข้อกำหนดในรูปแบบที่ผู้ออกแบบระบุไว้ วัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงขนาดคละ และเพิ่มปริมาณ หมายถึง วัสดุจากที่อื่นที่นามาผสมเพิ่มกับวัสดุชั้นทางเดิม เพื่อปรับปรุงขนาดคละและเพิ่มปริมาณตามที่กำหนดไว้ในรูปแบบและข้อกำหนด เช่น หิน ทราย Soil Aggregate วัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพ หมายถึง วัสดุจากที่อื่นที่นำมาผสมเพิ่มกับวัสดุชั้นทางเดิม เพื่อปรับปรุงคุณภาพต้องเป็นชนิด

ที่กรมทางหลวงกำหนดต่อไปนี้ หากเป็นชนิดนอกเหนือจากที่กำหนดไว้ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากสานักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง ก่อนนำไปใช้งานเป็นแต่ละกรณี

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มอก. 15 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นปูนใหม่ บรรจุอยู่ในไซโลหรือเป็นแบบบรรจุถุงก็ได้ ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำสถานที่เก็บให้เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้หินปูน ซีเมนต์ชื้นหรือเสื่อมคุณภาพ ผู้รับจ้างต้องระบุตราปูนซีเมนต์ที่ใช้ ซึ่งควรเป็นตราเดียวกันตลอดงาน หากในระหว่าง การก่อสร้างผู้รับจ้างต้องการเปลี่ยนไปใช้ปูนซีเมนต์ตราอื่น นอกเหนือจากที่แจ้งไว้เดิม ให้ผู้รับจ้างเสนอรายละเอียดการออกแบบส่วนผสมใหม่ต่อนายช่างผู้ควบคุมงานเพื่อพิจารณาในกรณีที่ปูนซีเมนต์ที่ใช้งานนั้นเก็บไว้นานเป็นระยะเวลาเกินกว่า 3 เดือน หรือในกรณีนายช่างผู้ควบคุมงานพิจารณาแล้วเห็นว่า วิธีการเก็บรักษาไว้ไม่เหมาะสมอาจทำให้หินปูนซีเมนต์เสื่อมคุณภาพได้ ให้นายช่างผู้ควบคุมงานระงับการใช้งานทั้งหมดหรือบางส่วนไว้หากประสงค์จะนามาใช้งาน ให้นำปูนซีเมนต์นั้นไปตรวจสอบคุณภาพใหม่หรือให้ออกแบบส่วนผสมใหม่ก็ได้ ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้รับจ้าง

ปูนขาวที่ใช้ หมายถึง ไฮเดรดเต็ดไลม์ [Hydrated Lime: Ca (OH)] หรือ ควิกไลม์ [Quick Lime: CaO] ที่มีคุณสมบัติดังนี้ ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ [Calcium Oxide: CaO] และแมกนีเซียมออกไซด์ [Magnesium Oxide: MgO] รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ขนาดของเม็ดปูนขาวต้องผ่านตะแกรงขนาด 0.425 mm (เบอร์ 40) ร้อยละ 100 ปูนขาวที่ใช้ต้องเป็นปูนใหม่ และจะต้องจัดทำสถานที่เก็บรักษาให้เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้ปูนขาวชื้นหรือเสื่อมคุณภาพ ผู้รับจ้างต้องระบุแหล่งปูนขาวที่นำมาใช้ตลอดระยะเวลาการก่อสร้างด้วย หากในระหว่างเวลาการก่อสร้าง ผู้รับจ้างต้องการเปลี่ยนไปใช้ปูนขาวจากแหล่งอื่นนอกเหนือจากที่แจ้งไว้เดิม ให้ผู้รับจ้างเสนอนายช่างผู้ควบคุมงานพิจารณาว่าจะให้ใช้งานตามที่ออกแบบไว้เดิมต่อไป หรือต้องออกแบบส่วนผสมใหม่ในกรณีที่ปูนขาวที่ใช้งานนั้นเก็บไว้นานหรือนายช่างผู้ควบคุมงานพิจารณาแล้วเห็นว่าผู้รับจ้างเก็บรักษาไว้ไม่เหมาะสมอาจทำให้ปูนขาวเสื่อมคุณภาพได้ ค่าใช้จ่ายในการนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้รับจ้าง

เถ้าลอยที่นำมาใช้จะต้องมีคุณสมบัติสม่ำเสมอ ขนาดของเม็ดเถ้าลอยต้องผ่านตะแกรงขนาด 0.600 mm (เบอร์ 30) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 และต้องผ่านตะแกรงขนาด 0.075 mm (เบอร์ 200) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 แหล่งเถ้าลอยต้องมีปริมาณมากพอที่จะสามารถนำมาใช้ได้อย่างต่อเนื่อง โดยได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวง หากในระหว่างการก่อสร้างเถ้าลอยที่ใช้มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป ผู้รับจ้างจะต้องเสนอต่อนายช่างผู้ควบคุมงานพิจารณาว่าจะให้ใช้งานตามที่ออกแบบ

ไว้เดิม หรือต้องออกแบบส่วนผสมใหม่ในกรณีที่ผู้รับจ้างต้องการเปลี่ยนแหล่งเถ้าลอย จะต้องทำการออกแบบส่วนผสมใหม่ ค่าใช้จ่ายในการนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้รับจ้าง

แอสฟัลต์ที่นำมาใช้งาน อาจเป็นแอสฟัลต์ชนิดใด ๆ ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเฉพาะงาน ผู้รับจ้างต้องระบุแหล่งผลิตแอสฟัลต์และชนิดแอสฟัลต์ที่ใช้ตลอดระยะเวลาการก่อสร้างไว้ด้วย หากผู้รับจ้างต้องการเปลี่ยนแปลงแหล่งหรือชนิดแอสฟัลต์ จะต้องทำการออกแบบส่วนผสมใหม่ โดยได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวง หรือหากในระหว่างการก่อสร้างเกิดการเปลี่ยนแปลงของวัสดุชั้นทางเดิมหรือแอสฟัลต์ที่ใช้ หรือเหตุอื่นที่มีผลทำให้คุณภาพของส่วนผสมเปลี่ยนแปลงไป นายช่างผู้ควบคุมงานอาจจะให้ออกแบบส่วนผสมใหม่ก็ได้ ค่าใช้จ่ายในการนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้รับจ้าง

วัสดุผสมเพิ่มรวม (Blended Stabilizing Agents) วัสดุผสมเพิ่ม อาจนำมาใช้ร่วมกันได้โดยต้องเลือกใช้และทดสอบออกแบบส่วนผสมกับชนิดวัสดุชั้นทางเดิมที่ต้องปรับปรุงและให้มีคุณภาพตามแบบและข้อกำหนด ทั้งที่ต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงเป็นแต่ละกรณี

สารผสมเพิ่ม สารผสมเพิ่มชนิดใดๆที่นำมาใช้งาน ผู้รับจ้างจะต้องเสนอชนิดของสารผสมเพิ่มโดยต้องทดสอบและออกแบบส่วนผสมกับวัสดุชั้นทางเดิมที่ต้องปรับปรุง และส่วนผสมต้องมีคุณภาพตามข้อกำหนดในรูปแบบที่ผู้ออกแบบได้ระบุไว้ พร้อมเสนอเอกสาร ข้อมูล และรายละเอียดอื่นๆให้ครบถ้วนต่อกรมทางหลวง เพื่อพิจารณาเห็นชอบทั้งในด้านวิศวกรรมและด้านสิ่งแวดล้อมเป็นแต่ละกรณีที่นำมาใช้งานต้องสะอาดปราศจากสารไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ เช่น เกลือ น้ำตาล น้ำมัน กรด ด่าง และอินทรียวัตถุหรือสารเคมีที่อาจกระทบต่อคุณภาพวัสดุที่ผสม โดยต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งาน

2.1.1.2 การออกแบบปรับปรุงชั้นทางเดิม

การออกแบบทั่วไป หมายถึง ข้อแนะนำต่างๆที่ให้ไว้แก่ผู้ออกแบบเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาออกแบบโดยมีหัวข้อแนะนำต่างๆ ดังต่อไปนี้

ในงานใดๆอาจออกแบบให้ปรับปรุงชั้นทางเดิม โดยวิธีการปรับปรุงในที่หรือปรับปรุงที่โรงงานหรือทั้งสองวิธีก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม การปรับปรุงชั้นทางเดิมเป็นชั้นทางใหม่ อาจนำวัสดุชั้นทางเดิมใด ๆ ที่เหมาะสมมารวมกันเพื่อปรับปรุงให้เป็นชั้นทางใหม่ก็ได้ ชั้นผิวทางเดิมที่เป็นแอสฟัลต์คอนกรีต ที่มีค่าเพนเนเตรชั่นของแอสฟัลต์ 30 ขึ้นไป ควรพิจารณานำมาหมุนเวียนใช้ในงานผิวทางหรืองานซ่อมบำรุงผิวทางให้เหมาะสม ทั้งนี้ไม่ควรนำมารวมกับวัสดุชั้นพื้นทางหรือชั้นรองพื้นทาง ชั้นผิวทางเดิมที่เป็นผิวทางแอสฟัลต์อื่นและที่ไม่ใช่ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต อาจนำไปปรับปรุงรวมกับชั้นทางอื่นก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม สำหรับการปรับปรุงชั้นทางเดิมในที่ ถ้าชั้นผิวทาง

แอสฟัลต์เดิมมีความหนามากเกินกว่าขีดความสามารถของเครื่องจักรขุดผสมที่จะดำเนินการได้ผลดี ให้ขุดผิวทางส่วนที่มีความหนาเกินนั้นออก หากไม่สามารถขูดผิวทางออกบางส่วนได้ ให้ขุดรื้อผิวทางแอสฟัลต์นั้นออก แล้วทดแทนด้วยวัสดุใหม่ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดของชั้นทางที่จะปรับปรุงนั้น

2.1.1.3 เครื่องจักรเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

งาน Pavement Recycling จะต้องใช้เครื่องจักรและเครื่องมือหลากหลายประเภทซึ่งมีข้อกำหนดดังนี้

1) ข้อกำหนดทั่วไป

ชุดเครื่องจักรเครื่องมือที่นำมาใช้ในการก่อสร้างนั้น ผู้รับจ้างจะต้องจัดให้เหมาะสมกับลักษณะงาน วิธีการก่อสร้าง ทั้งชนิด ขนาด จำนวนและมีขีดความสามารถเพียงพอที่จะดำเนินการก่อสร้างให้งานแล้วเสร็จในแต่ละวัน โดยถูกต้องตามแบบและข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมชุดเครื่องจักรเครื่องมือไว้ให้พร้อมที่สถานที่ก่อสร้าง และต้องได้รับการตรวจสอบรับรองจากนายช่างผู้ควบคุมงาน เครื่องจักรเครื่องมือชิ้นใดที่ไม่ผ่านการตรวจสอบ ผู้รับจ้างจะต้องแก้ไขหรือจัดหาเครื่องจักรเครื่องมือที่มีสภาพดีมาเปลี่ยนหรือเพิ่ม ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

2) ข้อกำหนดสำหรับโรงงานผสมประจำที่

โรงงานผสมประจำที่อาจเป็นแบบติดตั้งกับที่ (Stationary) หรือแบบเคลื่อนย้ายได้(Portable) ก็ได้ โดยให้มีขีดความสามารถในการผสมวัสดุให้ได้ปริมาณพอเพียงและสม่ำเสมอสำหรับการก่อสร้างในแต่ละวัน โดยได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงโรงงานผสมอาจเป็นแบบชุด (Batch Type) หรือแบบต่อเนื่อง (Continuous Type) จะต้องประกอบด้วย ยุ้ง หรือถังบรรจุวัสดุที่นำมาใช้ วัสดุที่นำมาใช้งานทุกชนิดจะต้องแยกยุ้งหรือถังบรรจุ และต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ชั่งวัสดุหรืออุปกรณ์ควบคุมปริมาณการป้อนวัสดุได้ถูกต้องตามที่กำหนด รวมทั้งมีระบบควบคุมสัดส่วนการผสมวัสดุอัตโนมัติที่สามารถผสมวัสดุได้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจ

3) ข้อกำหนดสำหรับชุดเครื่องจักรผสมวัสดุในที่

เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง อาจจะเป็นเครื่องจักรแบบทำงานเที่ยวเดียว หรือแบบทำงานหลายเที่ยวก็ได้ตามที่กำหนดในแบบหรือตามความเหมาะสม โดยได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวง เครื่องจักรอาจเป็นชนิดที่แยกทำงานเฉพาะอย่าง เช่นเครื่องจักรขุดตัดผสม (Reclaimer/Stabilizer) เครื่องจักรขูดไส (Milling Machine) และเป็นชนิดสำเร็จรูปทำงานเสร็จใน

ตัว เช่น เครื่องจักรขุดตัดผสมพร้อมปูวัสดุผสมในตัว (Cold Recycler) หรือเครื่องจักรอื่นใดที่มีลักษณะการทำงานพิเศษเหมาะสมกับงานที่ได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวง เครื่องจักรที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง จะต้องสามารถขุดตัด ขุดตัดผสม หรือขูดไสผสมกับชั้นทางเดิมได้ความลึกตามที่กำหนด หรือผสมวัสดุชั้นทางเดิมพร้อมวัสดุใหม่ได้โดยสม่ำเสมอและถูกต้องตามแบบ และข้อกำหนด ชุดอุปกรณ์ขุดตัดชั้นทางเดิมจะต้องมีขนาดเหมาะสม สามารถทำงานขุดตัดผสมวัสดุจนได้เต็มความกว้างช่องจราจรมาตรฐานโดยใช้การทำงานไม่เกิน 2 เที่ยว ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อตามยาวสำหรับการขุดตัดผสม ในช่องทางที่มีความกว้างน้อยกว่าความกว้างช่องจราจรมาตรฐานเช่น ไหล่ทาง อนุญาตให้ใช้เครื่องจักรที่มีขนาดเหมาะสมกับงานได้ เครื่องจักรดังกล่าวจะต้องมีระบบหรือประกอบด้วยระบบที่ทำให้การควบคุมเป็นแบบอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ความลึกของระดับการขุดตัด ขูดไส และอื่นๆ ตามรูปแบบและข้อกำหนด และ มีระบบหรือคุณลักษณะการทำงานพิเศษอื่นๆ เพิ่มเติมตามความจำเป็น ตามลักษณะงานที่กรมทางหลวงกำหนด

4) ข้อกำหนดสำหรับชุดเครื่องจักรประกอบการก่อสร้าง

เครื่องจักรประกอบการก่อสร้างใดๆที่จะนำมาใช้ในงานจะต้องเป็นตามข้อกำหนดดังนี้เครื่องจักรอุปกรณ์เกี่ยวกับวัสดุผสมเพิ่ม และน้ำประกอบด้วยรถบรรทุกที่ติดตั้งถังหรือยุ้งบรรจุวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพแต่ละชนิดน้ำ หรืออาจเป็นรถบรรทุกที่ติดตั้งถังหรือยุ้งบรรจุแยกวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพแต่ละชนิดและน้ำรวมในรถบรรทุกคันเดียวกันก็ได้ โดยรถบรรทุกดังกล่าวจะต้องมีถังหรือยุ้งขนาดบรรจุเหมาะสมกับงาน มีอุปกรณ์วัดคุมปริมาณการจ่ายวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพแต่ละชนิดหรือน้ำ ที่เที่ยงตรง สม่ำเสมอ ตามที่กำหนด ถังบรรจุแอสฟัลต์แบบเคลื่อนที่ต้องเป็นถังบรรจุชนิดที่ติดตั้งบนรถบรรทุก มีขนาดความจุมากพอที่จะป้อนแอสฟัลต์ได้อย่างต่อเนื่องขณะก่อสร้าง ถังบรรจุต้องมีสภาพดี ไม่รั่วซึม และต้องมีอุปกรณ์ที่จำเป็นดังต่อไปนี้มีฉนวนกันความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิของแอสฟัลต์ มีช่องสำหรับถ่ายแอสฟัลต์เข้า ออกจากถังบรรจุและมีวาล์วควบคุม มีไม้วัดหรือเข็มวัดปริมาณแอสฟัลต์ในถังบรรจุ ที่สามารถปริมาณได้ละเอียดเหมาะสมกับงานมีระบบให้ความร้อนแอสฟัลต์ในถังบรรจุที่มีประสิทธิภาพดี สามารถเพิ่มอุณหภูมิแอสฟัลต์ได้ในอัตราที่เหมาะสมได้อย่างทั่วถึง หรือตามที่กำหนดมีอุปกรณ์วัดและแสดงอุณหภูมิแอสฟัลต์ติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมหรือที่ระยะความสูง 1 ใน 3 จากก้นถังบรรจุ

เครื่องจักรเกลี่ยปรับระดับ เครื่องจักรเกลี่ยปรับระดับจะต้องเป็นชนิดที่ขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง มีขนาดและกำลังมากพอที่จะเกลี่ยวัสดุ และปรับระดับได้อย่างถูกต้องตามรูปแบบ

รถบรรทุกวัสดุ รถบรรทุกวัสดุที่นำมาใช้ จะต้องเป็นชนิดที่เหมาะสมกับงาน มีจำนวนเพียงพอกับกำลังผลิตของโรงงานผสมวัสดุประจำที่หรือในที่ เพื่ออำนวยให้การก่อสร้างดำเนินการไปได้โดยไม่ติดขัด หรือหยุดชะงัก

เครื่องปูวัสดุ เครื่องปูวัสดุ จะต้องเป็นแบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง มีกำลังมากพอและสามารถควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ได้อย่างสม่ำเสมอ เครื่องจักรปูจะต้องสามารถปรับความเร็วการปูได้และปูวัสดุได้ระดับความลาดเอียงได้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนด มีลักษณะผิวเรียบสม่ำเสมอ โดยจะต้องมีระบบหรือประกอบอุปกรณ์ควบคุมระดับและความลาดเอียงการปูโดยอัตโนมัติ

เครื่องจักรบดทับเครื่องจักรบดทับทุกชนิดจะต้องเป็นแบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง โดยมีขนาด ชนิด น้ำหนักและจำนวนเหมาะสมกับการก่อสร้าง ชั้นทาง ชนิดวัสดุ ฯลฯ และสามารถอำนวยให้การก่อสร้างดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ติดขัดหรือหยุดชะงัก การกำหนดรายละเอียดเครื่องจักรบดทับ ให้พิจารณาจากการก่อสร้างแปลงทดสอบในสนามเป็นหลักโดยจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์อื่นๆเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์อื่นใดนอกเหนือจากที่ได้กำหนดไว้แล้วข้างต้นก่อนจะนำมาใช้งานต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวง

เครื่องมือ อุปกรณ์การทดสอบและห้องปฏิบัติการทดสอบผู้รับจ้างต้องจัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์การทดสอบที่ได้มาตรฐาน และมีสภาพดี เพื่อใช้ในการทดสอบตรวจสอบคุณภาพวัสดุ ในระหว่างการก่อสร้างจนกว่างานจะแล้วเสร็จ

ผู้รับจ้างต้องจัดหา หรือจัดสร้างห้องปฏิบัติการทดสอบให้อยู่ในพื้นที่ซึ่งสะดวกแก่การควบคุมงาน หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ห้องปฏิบัติการทดสอบต้องมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 40 ตารางเมตร หรือตามแบบที่กรมทางหลวงเห็นชอบพร้อมติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่จำเป็นตามที่กำหนดเพื่อให้ผู้ควบคุมงานใช้เป็นสถานที่ปฏิบัติงานในระหว่างการก่อสร้าง จนกว่างานจะแล้วเสร็จ

2.1.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ (Cement) เป็นวัสดุหลักในผลิตคอนกรีต โดยการนำปูนซีเมนต์ไปผสมกับ หิน ทราย และ น้ำ ตามอัตราส่วนที่เหมาะสม ถูกคิดค้นขึ้นโดยชาวอังกฤษ และตั้งชื่อว่าปูนซีเมนต์ที่คิดค้นขึ้นว่า ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ตามสีของหินที่เกาะปอร์ตแลนด์ ประเทศอังกฤษ

2.1.2.1 กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แบ่งออกได้ 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

- กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก (Wet Process) วัตถุดิบที่ผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประกอบด้วย ดินขาวหรือดินสอพอง (Marl) ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีคือ แคลเซียมคาร์บอเนต และ ดินดำหรือดินเหนียว (Clay) ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีคือ ซิลิคอนไดออกไซด์ อะลูมินั่มออกไซด์ และเฟอร์ริกออกไซด์แร่เหล็กหรือศิลาแลง (Iron Ore or Laterite) ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมี คือ เฟอร์ริกออกไซด์ นำวัตถุดิบดังกล่าวลำเลียงเข้าสู่บ่อตีดินด้วยสัดส่วนที่กำหนด แล้วกวนกับน้ำให้เข้ากันเป็นน้ำดิน (slurry) จากนั้นส่งน้ำดินไปยังหม้อบดดินเพื่อบดให้ละเอียด ส่งน้ำดินที่บดละเอียดแล้วไปผ่านเครื่องกรองหยาบและเครื่องกรองละเอียดเพื่อแยกดินที่ยังหยาบอยู่กลับไปบดใหม่ น้ำดินที่ผ่านเครื่องกรองละเอียดมาแล้วนำไปเก็บไว้ในยุ้งเก็บน้ำดิน (slurry silo) และมีลมเป่ากวนน้ำตลอดเวลา จากนั้นทำการปรับอัตราส่วนผสมให้ถูกต้องแล้วสูบไปสู่บ่อกวนดิน (agitator basin) และเข้าสู่หม้อเผาแบบหมุน (rotary kiln) ที่อุณหภูมิประมาณ 1400–1500 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแห้งได้เป็นปูนเม็ด (clinker) ออกมา ทิ้งไว้จนเย็น จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดพร้อมทั้งเพิ่มแร่ยิปซัมอีกประมาณ 5% เพื่อให้ปูนซีเมนต์มีคุณสมบัติไม่แข็งตัวเร็วเกินไป

- กรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง (Dry Process) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตประกอบด้วย หินปูน (lime stone) ดินดาน (shale) แร่เหล็กหรือศิลาแลง และทราย กรรมวิธีการผลิตแบบแห้งนี้เริ่มจากคัดแยกวัสดุให้ได้สัดส่วนตามที่ต้องการ ลำเลียงเข้าสู่เครื่องย่อยเพื่อย่อยให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ จากนั้นลำเลียงเข้าไปเก็บในยุ้ง (silo) เมื่อต้องการผลิตก็ลำเลียงเข้าสู่หม้อบดละเอียด เมื่อผ่านการบดละเอียดแล้วก็ลำเลียงไปผ่านเครื่องร่อนขนาด ส่วนที่ละเอียดได้ตามกำหนดแล้วให้นำเข้าไปเก็บไว้ในยุ้งเตรียมผสม (blending silo) ส่วนที่ยังหยาบอยู่ก็นำกลับไปบดใหม่ สำหรับวัตถุดิบที่ละเอียดแล้วและเก็บไว้ในยุ้งนั้นจะมีลมเป่าเพื่อให้ส่วนผสมสม่ำเสมอตลอดเวลา จากนั้นก็ลำเลียงเข้าสู่หม้อเผาเช่นเดียวกับกรรมวิธีแบบเปียก

2.1.2.2 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตามมาตรฐานของสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (American Society for Testing Materials ; ASTM) ได้แบ่งประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ไว้ 4 ประเภท คือ

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ รหัส C-150 ประเภทที่ 1 ถึง 5
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักอากาศ รหัส C-175
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เตาถลุง รหัส C-205

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน รหัส C-340

ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ถึง 5 เท่านั้น

ประเภทที่ 1 : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ถือว่าเป็นมาตรฐานทั่วไปที่ใช้ในงานก่อสร้างคอนกรีตทั่ว ๆ ไป เช่น อาคารพักอาศัยทั่วไป ถนน ทางเท้า กำแพง ฯลฯ และอยู่สภาพภูมิอากาศปกติ เช่น ไม่ใช่อยู่ใกล้น้ำทะเล ไม่ใช่อยู่ในทะเลทรายหรือหิมะ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตขายกัน เช่น ตราช้าง ตราเพชรเม็ดเดียว ตราพญานาคเขียวเศียรเดียว ตราทีพีไอแดง และตราภูเขา

ประเภทที่ 2 : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ดัดแปลงให้มีความต้านทานต่อซัลเฟตได้ปานกลาง เกิดความร้อนในระหว่างปฏิกิริยาไฮเดรชันต่ำกว่าประเภทแรก จึงเหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่และอยู่ใกล้น้ำเค็ม เช่น ตอม่อของท่าเทียบเรือ เขื่อนริมชายฝั่ง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตขายกัน เช่น ตราพญานาคเจ็ดเศียร แต่ปัจจุบันได้เลิกผลิตไปแล้ว โดยเอาปูนซีเมนต์ประเภทที่ 5 มาใช้แทน

ประเภทที่ 3 : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ให้กำลังอัดเร็ว (High-early Strength Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีเนื้อปูนบดละเอียดมากกว่าประเภทแรก จึงมีคุณสมบัติในการทำให้แข็งตัวเร็วและรับกำลังได้สูง เหมาะสำหรับงานที่ต้องการให้เปิดใช้งานโดยเร็ว เช่น งานถนน หรืองานที่ต้องเร่งรัดเวลาให้เสร็จโดยเร็วเพื่อการหมุนเวียนไม้แบบหรืองานที่อยู่ในสภาพภูมิอากาศหนาวเย็น เพื่อป้องกันน้ำในคอนกรีตแข็งตัวเสียก่อน ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตขายกัน เช่น ตราเอราวัณ ตราเพชรสามเม็ด ตราพญานาคแดงเศียรเดียว และตราทีพีไอดำ

ประเภทที่ 4 : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เกิดความร้อนต่ำ (Low-heat Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่เหมาะสำหรับงานคอนกรีตหลา เช่น งานเขื่อน ซึ่งต้องใช้ปริมาณคอนกรีตอย่างมากและเกิดความร้อนภายในสูง ทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวแตกร้าวได้ การใช้ปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะช่วยควบคุมอัตราความร้อน ทำให้คอนกรีตค่อย ๆ แข็งตัวอย่างสม่ำเสมอ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ยังไม่มีการผลิตขายกันในประเทศไทย แต่มีการประยุกต์โดยใช้ปูนซีเมนต์ประเภทแรกแทนโดยผสมกับวัสดุผสมเพิ่ม เช่น Pulverlized Fuel Ash และ Ground Granular Blast Furnace Slag

ประเภทที่ 5 : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟสสูง (Sulfate Resistance Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่มีความต้านทานต่อซัลเฟสได้สูง จึงเหมาะสำหรับงานก่อสร้างที่อยู่ในบริเวณที่ถูกซัลเฟสกระทำ หรือบริเวณที่พื้นดินมีความเป็นด่างสูง เช่น อาคารทุกประเภทที่ปลูกสร้าง

อยู่ใกล้ทะเล หรือในทะเล หรือบริเวณป่าชายเลน ปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะแข็งตัวช้ากว่าและเกิดความร้อนต่ำกว่าประเภทอื่น ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตขายกัน เช่น ตราปลาฉลาม ตราช้างฟ้า และตราทีพีไอฟ้า และในบางกรณีอาจใช้ปูนซีเมนต์ปอซโซลาน ทดแทนได้

โดยสรุปเราจะพบว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์นั้น เป็นปูนซีเมนต์ที่ใช้กับงานโครงสร้างหลักโดยเฉพาะ และที่มีผลิตจำหน่ายกันมีอยู่เพียง 3 ประเภท คือ ประเภทที่ 1, ประเภทที่ 3 และประเภทที่ 5 นอกจากนี้ยังมีปูนซีเมนต์พิเศษที่ผลิตออกมาจำหน่ายอีกหลายประเภท เช่น

- ปูนซีเมนต์ขาว (Write Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วควบคุมปริมาณเหล็กออกไซด์ (Fe2O3) ในวัตถุดิบไม่ให้มีเกิน 1% เป็นผลให้ปูนซีเมนต์มีสีขาว ปัจจุบันนี้ที่มีผลิตจำหน่าย เช่น ตราช้างเผือกใช้กับงานตบแต่งที่ค่อนข้างรับกำลัง ตราเสือเผือก ใช้กับงานตบแต่งทั่วไป ตรากิเลน เป็นยี่ห้อแรกที่นำเข้ามาจำหน่ายใช้กับงานตบแต่งทั่วไป

- ปูนซีเมนต์ซิลิก้า (Silica Cement) หรือปูนซีเมนต์ผสม (Mixed Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง แต่มีการบดผสมยิปซัมเพิ่มมากขึ้นอีกประมาณ 4% และเพิ่มวัสดุเฉื่อยเพิ่มเติมอีก เช่น หินปูน ทราย หรือ ดินดานอีกประมาณ 25–30% เพื่อให้ปูนซีเมนต์ชนิดนี้มีคุณสมบัติในการแข็งตัวช้าลง ยืดหดตัวน้อยลง ลดการแตกร้าวที่ผิว แต่การรับกำลังก็ลดลงด้วย ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับงานก่ออิฐ งานฉาบผนัง งานปูนปั้น งานตบแต่งต่าง ๆ ปัจจุบันนี้ที่มีผลิตจำหน่าย เช่น ตราเสือ ตราเสือสามตัว ตรางูเห่า ตรานกอินทรีย์ ตราดอกบัว และตราทีพีไอเขียว

- ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป (Ready-mixed Cement) เป็นที่ทราบกันว่า เมื่อนำปูนซีเมนต์ไปใช้จะต้องผสมกับวัสดุคละทำให้เกิดการผลิตปูนซีเมนต์สำเร็จรูปขึ้นเพื่อสนองตอบต่อความรวดเร็วในการใช้งาน เพื่อลดพื้นที่ในการกองเก็บวัสดุ เพื่อลดปัญหาความสิ้นเปลือง ฯลฯ ซึ่งปัจจุบันนี้ปูนซีเมนต์สำเร็จที่ผลิตออกมาจำหน่ายเพื่องานก่อ เพื่องานฉาบ เพื่องานเทปรับพื้น มีมากหลายยี่ห้อ เช่น ตราเสือคู่ ตราม้า ตราทีพีไอเขียว ตราหมี ตราแรด ฯลฯ

2.1.3 หินฝุ่น

หินฝุ่น คือ หินปูนบดหยาบๆ เป็นผลพลอยได้จากการโม่หินปูน มีองค์ประกอบหลากหลายขึ้นอยู่กับแหล่งของหินว่ามีสิ่งเจือปนมากน้อยเท่าใด ในการศึกษาตัวอย่างหินฝุ่นจากโรงโม่หิน พบว่ามีองค์ประกอบสำคัญ คือ แคลเซียมประมาณ 30–35% แมกนีเซียมประมาณ 3–5% และธาตุอื่นๆ ปะปนในปริมาณเล็กน้อย คือ ฟอสฟอรัส กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส ทองแดงสังกะสี หินฝุ่นสามารถละลายในน้ำได้อย่างช้าๆ แต่ในดินที่เป็นกรดสามารถละลายในน้ำได้เร็วขึ้น และในดินที่มีความเป็นกรดค่อนข้างจัด ที่พีเอช (pH) ต่ำกว่า 5 มักจะละลายหมดภายใน 4–6 เดือน จากการทดสอบใน

ห้องปฏิบัติการสามารถละลายน้ำได้ 90.6% มีกากเหลือที่ไม่ละลายน้ำเพียง 9.4% หินฝุ่นสามารถละลายได้ในดินด่าง เมื่ออยู่ใกล้รากพืชจึงสามารถเป็นประโยชน์ต่อมันสำปะหลังได้ในดินด่างเล็กน้อย (pHอยู่ระหว่าง 7–7.5) หรือดินเค็มเล็กน้อย (ค่า EC อยู่ระหว่าง 0.5–1.5 ds/m) โดยมีลักษณะของหินฝุ่นที่ใช้ในงานก่อสร้างดังภาพที่ 2-1

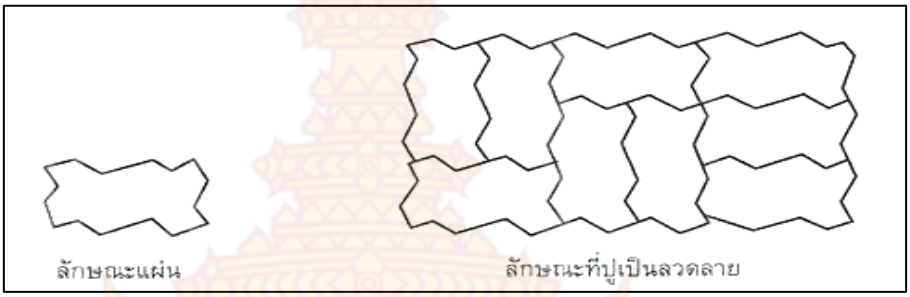
ภาพที่ 2-1 ลักษณะหินฝุ่นที่ใช้ในงานก่อสร้าง

2.1.4 บล็อกปูพื้นซีเมนต์

บล็อกปูพื้นซีเมนต์ผลิตจากซีเมนต์ผสมกับทราย ซึ่งมีลักษณะผิวและขนาดต่างๆกันแล้วแต่จะออกแบบให้เหมาะกับการใช้ เช่น กระเบื้องซีเมนต์ที่ผลิตออกมาในขนาด 40 x 40 cmหนาประมาณ 3 cm ผิวเรียบ ใช้สำหรับปูทางเดินภายนอกอาคารขนาด 40 x 40 cm หนา 3 cm มีทั้งสีแดง สีซีเมนต์ สำหรับปูพื้นดินอัดแน่นแล้วอัดทรายทับหน้าเช่นที่นิยมใช้ปูตามชานชาลาสถานีรถไฟทั่วๆไป หรืออาจผลิตเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20, 30 และ 40 cm ผิวหน้าฝังกรวดก้อนโตๆความหนาของแผ่นประมาณ 3-5 cm เพื่อปูทางเดินในสวนก็ มี หรืออาจทำเป็นรูปลักษณะตัว I หรือรูปคดกริช รูปรวงผึ้ง ฯลฯ ซึ้งเป็นของบริษัทปูนซีเมนต์ไทยจำกัด โดยมีความหนาต่างๆ กัน เช่น อย่างบางสำหรับปูทางเดินเท้า อย่างหนาสำหรับปูที่จอดรถหรือปูถนน ลักษณะของกระเบื้องดังกล่าวมีดังนี้

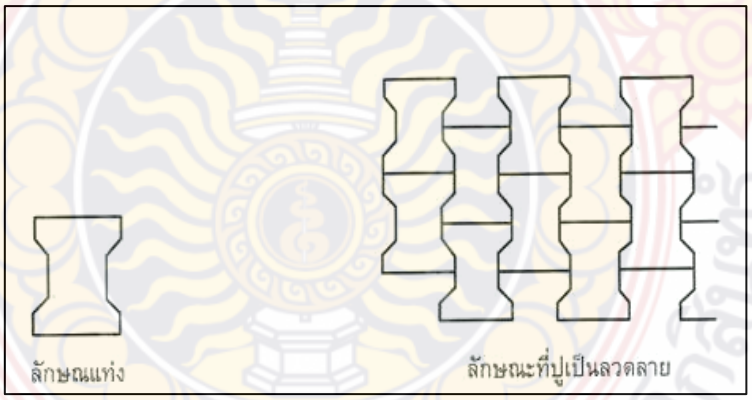
- รูปคดกริช มีขนาดยาว 22.5 cm กว้าง 12.5 cm หนา 6 และ 10 cm ชนิดหนา 6 เซนติเมตรใช้สำหรับปูทางเท้า ที่จอดรถ ทำถนนภายในบ้าน ส่วนชนิดหนา 10 cm ใช้สำหรับพื้นที่รับ

น้ำหนักสูง เช่นถนนสาธารณะ ลานจอดรถ มีทั้งสีแดง เทาเหลือง ดำ โดยพื้นที่ 1 ตารางเมตรใช้ 40 ก้อน มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 บล็อกปูพื้นถนนซีแพค รูปคดกริช

- รูปตัว I มีขนาดกว้าง 16.3 cm ยาว19.8 cm หนา 6 cm หนัก 3.8 kg มีสีแดง เทา และสีอิฐ พื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้ 35 ก้อน มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 บล็อกปูพื้นถนนซีแพค รูปตัว I

- รูปรวงผึ้ง มีขนาดกว้าง 18.8 cm ยาว 23.4 cm หนา 6 cm หนัก 4 kg มีสีแดงและสีเทา พื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้ 33 ก้อน มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 2-4

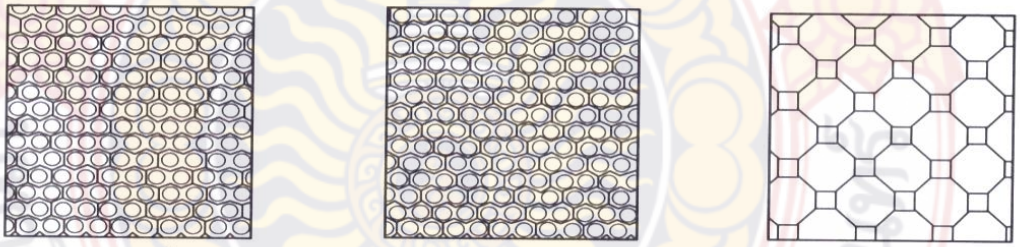
ภาพที่ 2-4 บล็อกปูพื้นถนนซีแพค รูปรวงผึ้ง

- การปูกระเบื้องทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวจะต้องเตรียมพื้นให้แน่นแล้วใช้ทรายปูเกลี่ยหนาประมาณ 5 เซนติเมตรแล้วอัด หลังจากนั้นปูกระเบื้องลงไปโดยให้รอยต่อชิดกันหรือห่างกันประมาณ 2 เซนติเมตร ใช้ค้อนยางเพื่อจัดระยะและแนว และใช้ค้อนยางตบให้แน่นโรยกรวดทรายลงร่องระหว่างกระเบื้องให้แน่น ทรายที่เหลือกวาดออก กระเบื้องซีเมนต์อื่นๆ อาจทำใช้ได้เองหรืออาจใช้แผ่นศิลาแลงปูก็ได้

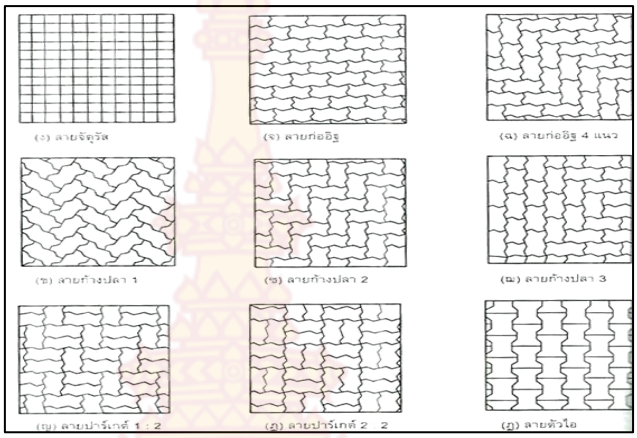
ในภาพที่ 2-5 แสดงการปูกระเบื้องซีเมนต์ฝังหินกรวด ใช้ปูทางเดินในสวน ขนาดที่ใช้อาจเป็น 20, 25, 30 หรือ 40 cm และภาพที่ 6 แสดงการปูพื้นด้วยแผ่นซีเมนต์ลูกฟูกขนาด 40 x 40 cm หนา 3 cm

ภาพที่ 2-5 กระเบื้องซีเมนต์ฝังหินกรวด

ภาพที่ 2-6 แผ่นซีเมนต์ลูกฟูก



ภาพที่ 2-7 ตัวอย่างการใช้ลายซีแพคแผ่นซีเมนต์บล็อก



ภาพที่ 2-8 ตัวอย่างการใช้ลายซีแพคแผ่นซีเมนต์บล็อก

2.1.4.1 กระบวนการผลิตบล็อกปูพื้น

ตรวจสอบแผนผลิต เพื่อเตรียมแบบผลิตสินค้าและวัตถุดิบให้พร้อมสำหรับการผลิตสิ้นค้า วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้าประกอบด้วย ปูนซีเมนต์เทา ปูนซีเมนต์ขาว ขี้เถ้าลอย หิน–ทราย น้ำ สี และสารเคมีอื่นๆ โดยจะมีการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนนำมาใช้ทุกครั้ง และอาจเตรียมวัตถุดิบให้เพียงพอสำหรับการใช้งานในแต่ละวัน

การผสมคอนกรีตสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

1) ผสมคอนกรีตชั้นตัวก้อน เมื่อตรวจสอบสูตรการผลิตเรียบร้อยแล้ว จะเริ่มการผสมคอนกรีตชั้นตัวก่อน ซึ้งประกอบด้วย ปูนซีเมนต์เทา ปูนซีเมนต์ขาว ขี้เถ้าลอย หิน–ทราย น้ำ ฯลฯ

2) ผสมคอนกรีตชั้นผิวหน้า เมื่อตรวจสอบสูตรการผลิตเรียบร้อยแล้วจะเริ่มการผสมคอนกรีตชั้นผิวหน้า ซึ้งประกอบด้วย ปูนซีเมนต์เทา ปูนซีเมนต์ขาว ขี้เถ้าลอย หิน–ทราย น้ำ ฯลฯ

ผลิตสินค้า หลังจากที่ผสมคอนกรีตชั้นตัวก้อนและชั้นผิวหน้าได้ตามที่ต้องการแล้วเครื่องจักรจะลำเลียงคอนกรีต ไปที่ชุดสะสมคอนกรีตชั้นตัวก้อนและชั้นผิวหน้าที่ผลิตบล็อกปูพื้น เพื่อใช้ในการผลิตโดยมีลำดับการทำงานดังนี้

- ป้อนคอนกรีตตัวก้อนลงในแบบผลิต จากนั้นกดคอนกรีตลงในแบบผลิตให้ต่ำกว่าขอบของแบบผลิตลงมาเล็กน้อย โดยระยะที่กดลงในแบบผลิตจะแปรผันไปตามชนิดสินค้าที่ผลิต

- ป้อนคอนกรีตผิวหน้าลงในแบบผลิต จากนั้นจึงกดอัดคอนกรีตเพื่อให้ได้รูปเป็นก้อน สินค้าลำเลียงคอนกรีตที่ขึ้นรูปแล้วไปยังห้องบ่มสินค้าโดยคัดเสียออกก่อน เพื่อสินค้ามีคุณสมบัติมาตรฐาน

- สินค้าทดสอบสินค้าที่ผลิตในแต่ละล็อต (Lot) ทางโรงงานจะทำการสุ่มส่งทดสอบตามมาตรฐาน มอก. ที่ห้องทดสอบของบริษัท ผลทดสอบผ่านทำการส่งสินค้าเข้ากองเก็บสต็อก ถ้าผลทดสอบไม่ผ่านทำการคัดแยกออกจากสต็อกแล้วติดป้ายห้ามจ่าย

- ลำเลียงสินค้าออกจากห้องบ่มสินค้า คัดแยกสินค้าเสียออก และลำเลียงสินค้าออกจากโรงงานไปเก็บไว้ที่ลานเก็บสินค้า

2.1.4.2 ข้อดีของบล็อกปูพื้น

- คุณภาพของบล็อกปูพื้น เนื่องจากบล็อกปูพื้นผลิตจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพและสามารถควบคุมมาตราฐานการผลิตจากเครื่องจักร อีกทั้งยังมีการทดสอบคุณภาพก่อนนำไปใช้งาน ดังนั้นบล็อกปูพื้นจึงมีขนาด ความแข็งแรงในการรับน้ำหนัก และความทนทานตามมาตรฐานกำหนด

- ความสวยงาม พื้นบล็อกปูพื้นสามารถทำให้เกิดลวดลายต่างๆ เพื่อความสวยงามตามที่ต้องการได้ โดยอาศัยสีสันและรูปทรงที่หลากหลายของบล็อก นอกจากนั้นยังใช้ความแตกต่างของสีเป็นตัวช่วยในการกำหนดขอบเขต หรือแบ่งพื้นที่ในแต่ละส่วน และใช้เป็นสัญลักษณ์ต่างๆในการควบคุมการจราจรได้

- ราคา เมื่อเทียบราคาพื้นบล็อกปูพื้นกับบล็อกประเภทอื่น ตลอดอายุการใช้งานแล้วจะพบว่าพื้นบล็อกปูพื้นมีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด พิจารณาราคาก่อสร้างเริ่มแรกจะพบว่าราคาพื้นบล็อกปูพื้นจะอยู่ในช่วงที่เหมาะสมไม่สูงจนเกินไป แต่เมื่อคิดผลตอบแทนระยะยาวไม่ว่าจะเป็นค่าบำรุงรักษาที่ต่ำ การนำบล็อกปูพื้นที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่และเมื่อเทียบราคา ตลอดอายุการใช้งานจะเห็นได้ว่าบล็อกปูพื้นคุ้มค่าในการลงทุนที่สุด

- การก่อสร้างและการบำรุงรักษา พื้นบล็อกปูพื้นก่อสร้างง่ายใช้เพียงแรงงานและอุปกรณ์ทั่วๆไป เมื่อก่อสร้างเสร็จสามารถเปิดใช้งานได้ทันที นอกจากนั้นยังสะดวกในการบำรุงรักษาเพราะซ่อมแซมได้ง่าย สามารถเลือกซ่อมได้เฉพาะบริเวณที่เกิดความเสียหายและบล็อกปูพื้นที่มีการขุดรื้อสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

2.1.4.3 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของบล็อกปูพื้น อาจแบ่งได้ดังนี้

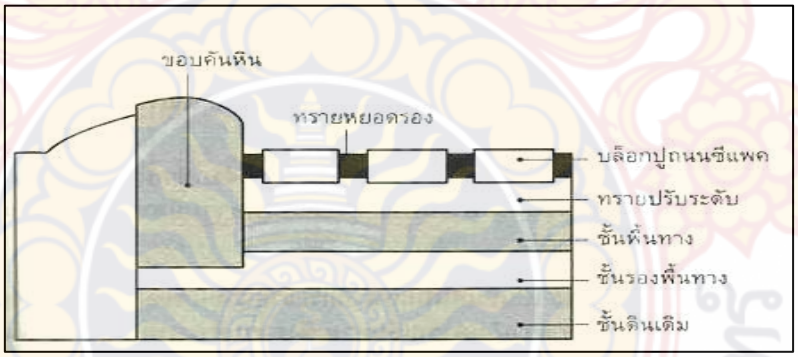
- สิ่งแวดล้อม พื้นที่ทั่วไปทุกประเภทมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติซึ้งอาจจะมีอิทธิพลมาจากสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิเป็นตัวการสำคัญในที่นี้ กล่าวคือ อุณหภูมิจะเป็นสาเหตุหลักของการ

ขยายตัว หดตัวและโก่งตัวในแผ่นพื้นคอนกรีต การป้องกันผลการกระทบเหล่านี้ต้องอาศัยการเสริมกำลังและรอยต่อที่เหมาะสมในกรณีพื้นแอสฟัลต์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ความแข็งแรงของพื้นลดลง ข้อได้เปรียบของบล็อกปูพื้นคือไม่มีผลกระทบจากอุณหภูมิ เพราะการขยายตัวของพื้นบล็อกน้อยกว่าแอสฟัลต์ และพื้นที่ 1.5%-2.5% ของพื้นบล็อกปูพื้นจะประกอบด้วยรอยต่อซึ่งมากเพียงพอสำหรับการขยายตัว

- การแอ่นตัวของพื้น ในพื้นคอนกรีตและพื้นแอสฟัลต์ต้องจำกัดการแอ่นตัวที่พื้นผิวโดยทั่วไปกำหนดไว้ที่ 0.5 mm เพื่อหลีกเลี่ยงการแตกร้าวของผิว เนื่องจากพื้นบล็อกปูพื้นมีรอยต่อระหว่างก้อนจึงไม่มีผลกระทบเกี่ยวกับการแตกร้าวเนื่องจากการแอ่นตัวเหมือนพื้นประเภทอื่น

2.1.4.4 โครงสร้างของบล็อกปูพื้น

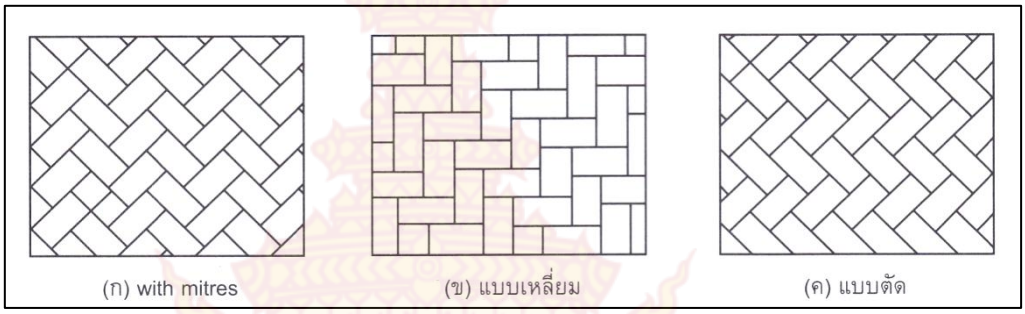
โครงสร้างทั่วไปของบล็อกปูพื้น ลักษณะและการก่อสร้างคล้ายคลึงกับบล็อกประเภทอื่นโดยเฉพาะพื้นแอสฟัลต์จะมีข้อแตกต่างเรื่องความหนาของโครงสร้างแต่ละชั้นขึ้นอยู่กับการรับน้ำหนักลักษณะการใช้งานของพื้น



ภาพที่ 2-9 โครงสร้างของบล็อกปูพื้น

- บล็อกปูพื้น ที่ใช้เป็นผิวพื้นต้องมีความแข็งแรงและทนต่อการขัดสี (Abrasion) ตามมาตราฐานอุตสาหกรรม สำหรับพื้นในงานที่มีการจราจรสูงหรือต้องรับน้ำหนักมากๆเช่นถนนที่จอดรถบรรทุก ท่าเรือ ลานกองเก็บสินค้า ฯลฯ ควรใช้บล็อกปูพื้นที่มีความหนา 10 cm (สำหรับงาน

ตกแต่งหรือพื้นรับน้ำหนักมาก อาจใช้บล็อกปูพื้นหนาเพียง 6 cm) เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักควรเลือกรูปแบบรวดลายในการปูมีลักษณะการขัดประสานที่ดี คือบล็อกคดกริช (UNI) และรูปแบบลายก้างปลา (Herringbone)



ภาพที่ 2-10 รูปแบบของบล็อกปูพื้น

- ขอบคันหิน (Curb Stone) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องใช้ควบคู่กับการปูบล็อก เพราะช่วยบังคับให้บล็อกปูพื้นแต่ละก้อนยึดเกาะกันได้ดี ไม่เคลื่อนออกจากกันเมื่อต้องรับน้ำหนัก และยังช่วยกันทรายปรับระดับที่รองรับอยู่ใต้บล็อกไม่ให้ไหลหนีออกจากด้านข้าง ทำให้การถ่ายน้ำหนักระหว่างบล็อกสมบรูณ์ขึ้น

- ทรายปรับละดับและทรายหยอดร่อง มีโครงสร้างลักษณะการใช้งานดังนี้

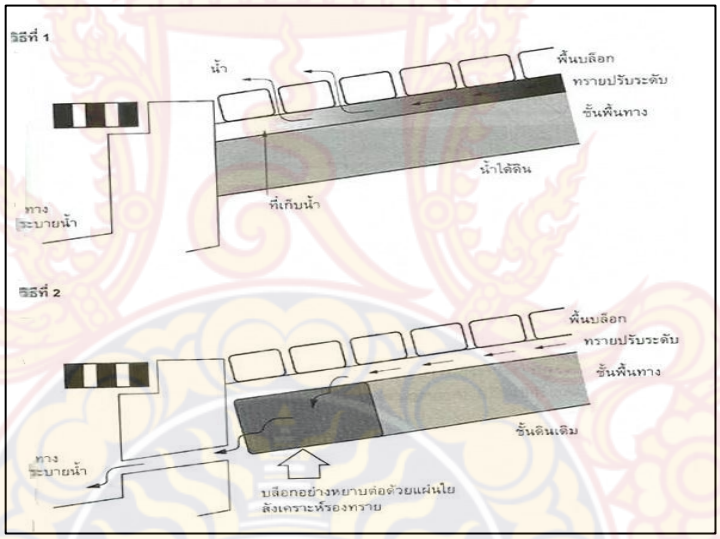
1) ทรายรับระดับ ใช้เพื่อปรับระดับในการปูบล็อกมีความเรียบสม่ำเสมอ และช่วยป้องกันการแตกร้าวของบล็อกปูพื้นเมื่อมีการรับน้ำหนัก นอกจากนั้นถ้าทรายมีขนาดคละที่เหมาะสมจะช่วยในการระบายน้ำใต้ผิวบล็อกได้ดี

2) ทรายหยอดร่อง เป็นทรายที่มีขนาดละเอียดกว่าทรายปรับระดับ ช่วยให้การขัดและสานระหว่างก้อนบล็อกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มความยืดหยุ่นให้แก่บล็อกปูพื้น

- ชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทาง เป็นชั้นดินที่มีหน้าที่กระจายน้ำหนักของยวดยานจากผิวพื้นลงสู่ดินเดิม โดยไม่ทำให้ชั้นดินเดิมดังกล่าวเกิดความเสียหาย ซึ่งความสามารถที่กล่าวมานั้นขึ้นอยู่กับความหนา

- ชั้นดินเดิม เป็นดินเดิมในบริเวณก่อสร้างและเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการรับน้ำหนักของพื้นบล็อกปูพื้น คุณสมบัติชั้นดินเดิมที่สำคัญคือ ความสามารถในการระบายน้ำและความแข็งแรง (ค่า CBR (%)) ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับประเภทของดินในการก่อสร้างควรเตรียมชั้นพื้นดินเดิมให้เหมาะสมโดยมีการปรับระดับและบดอัดให้แน่นเรียบ ตามมาตรฐานการบดอัด

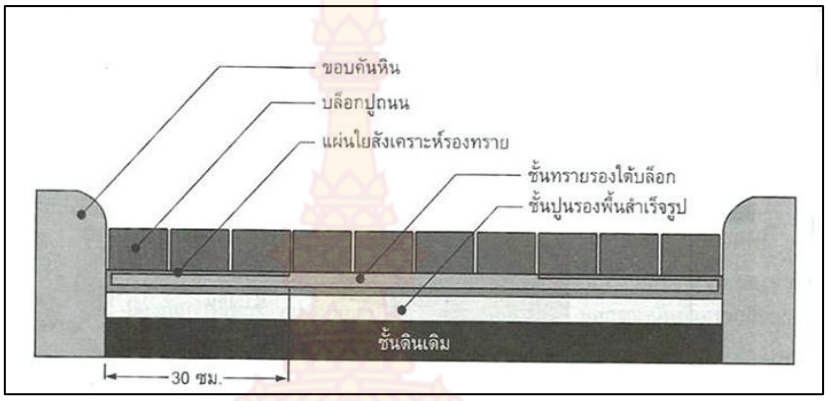
- การระบายน้ำ ในช่วงแรกของการใช้งานพื้นบล็อกปูพื้น บริเวณรอยต่อระหว่างก้อนบล็อกนั้นน้ำสามารถระบายน้ำลงไปได้ น้ำที่ซึมลงไปจะไปทำลายความแข็งแรงของโครงสร้างพื้น ดังนั้น ระบบพื้นควรมีการระบายน้ำที่ดี ซึ่งอาจอาศัยคุณสมบัติของทรายในการระบายน้ำ เนื่องจากทรายมีคุณสมบัติในการซึมผ่านได้ดี วิธีง่ายๆ ที่จะช่วยระบายน้ำ มีวิธีการดังแสดงในภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 การระบายน้ำของงานพื้นบล็อกปูพื้น

- วัสดุเสริมแรงดิน คือวัสดุที่นำมาเสริมในโครงสร้างพื้นบล็อกปูพื้นเพิ่มกำลังรับน้ำหนักและประสิทธิภาพการใช้งานของพื้นซึ่งวัสดุที่กล่าวถึงประกอบด้วย

- ปูรองพื้นสำเร็จรูป
- ตาข่ายเสริมแรงดิน
- แผ่นใยสังเคราะห์ของทราย



ภาพที่ 2-12 โครงสร้างพื้นบล็อกปูพื้นที่มีวัสดุเสริมแรงดัน

สำหรับแผ่นใยสังเคราะห์ของทรายเรียกว่า Geotextile น้ำผลิตมาจากเส้นใยโพลีโพรพีลีน (Polypropylene) หรือโพลีแอสเตอร์ (Polyester) มีลักษณะโครงสร้าง 3 มิติ ทนต่อน้ำมันความร้อน และความเป็นกรด ด่าง ปัจจุบันมีการใช้แผ่นใยสังเคราะห์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะกับถนนที่ไม่ได้ลาดยางซึ่งแผ่นใยสังเคราะห์จะถูกไว้ระหว่างชั้นรองพื้นทางกับชั้นดินเดิม โดยวัสดุรองพื้นทางจะเป็นวัสดุพวกส่วนผสมคอนกรีต (Aggregate) เป็นส่วนใหญ่ โดยประโยชน์ของใยสังเคราะห์มีอยู่หลายประการ ดังนี้

- ช่วยในการแบ่งแยกวัสดุระหว่างชั้นรองพื้นทางกับชั้นดินเดิม
- ด้วยลักษณะที่เป็นเส้นใยช่วยในการกรองวัสดุที่มีอนุภาคเล็กๆได้
- ช่วยในการระบายน้ำ
- ช่วยปรับปรุงคุณลักษณะถนนให้ดีขึ้น

2.1.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก.827-2531 กระทรวงอุตสาหกรรม [1]

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ส่วนประกอบและการทำ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

2.1.5.1 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ซึ่งต่อไปมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “บล็อก” หมายถึง ก้อนคอนกรีตตันที่สามารถนำมาวางเรียงประสานได้อย่างต่อเนื่อง มีสีตามธรรมชาติ หรืออาจมีผงเจือปนอยู่ทั้งบล็อกหรือเฉพาะที่ชั้นผิวหน้าและจะมีรูปร่างแบบใดก็ได้ เหมาะสำหรับใช้ปูพื้น เช่น ถนน ทางเท้า ลานจอดรถ และลานกองเก็บวัสดุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบโครงสร้างชั้นพื้นและชั้นรองพื้น ให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งาน

- ชั้นผิวหน้า หมายถึง ชั้นผิวของบล็อกส่วนที่รับการเสียดสี และอาจมีการหลบมุมด้วยก็ได้

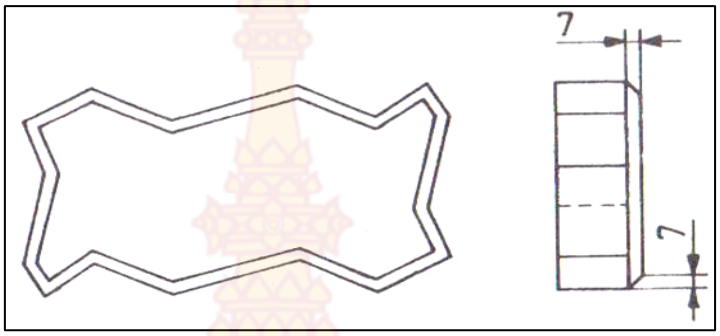
- ความได้ฉาก (squareness) หมายถึง ความได้ฉากของด้านข้างโดยรอบกับพื้นผิวล่างของบล็อก และการขนานกันของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่าง

2.1.5.2 ขนาดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

- มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของบล็อก ให้เป็นไปตามตารางที่ 2-1
- การลบมุม (ถ้ามี)ต้องไม่เกิน 7 mm.

ตารางที่ 2-1 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของบล็อก หน่วยเป็น mm.

มิติ	**เกณฑ์ที่กำหนด**	**เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน**
ความกว้างและความยาว	ไม่เกิน 295	± 2
ความหนา	60	± 2
	80	
	100	± 3
	120	
ความหนาของชั้นผิวหน้า (เฉพาะชั้นผิวหน้าที่ทำเป็นสี)	ต่ำสุด 3	



ภาพที่ 2-13 การลบมุม

2.1.5.3 ส่วนประกอบและการทำ

- ส่วนประกอบ

- ปูนซีเมนต์ให้ใช้ปูนซีเมนต์อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

ให้ใช้ปูนซีเมนต์ ที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1

ปูนซีเมนต์ผสม ที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก.80

- มวลผสม

- ผงสี (ถ้ามี)ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผงสี (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม BS 1014)

- สีซีเมนต์ (ถ้ามี)ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สีซีเมนต์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 469

- น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำสะอาด

- ส่วนผสมอื่นๆ (ถ้ามี) ต้องไม่มีผลเสียหายต่อการใช้งานของบล็อก

- การทำใช้เครื่องอัดหรือเขย่าส่วนประกอบต่างๆ ให้เป็นแผ่น ถ้าชั้นผิวหน้าทำเป็นสีน้ำหนักของผงสีที่ผสมต้องไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ที่ใช้ในส่วนผสมของชั้นผิวหน้านั้น ในกระบวนการผลิต ต้องทำให้ชั้นผิวหน้าติดกับตัวก้อนในเวลาที่ต่อเนื่อง เมื่อนำบล็อกออกจากแม่พิมพ์แล้ว ให้นำไปบ่มด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสม

2.1.5.4 คุณลักษณะที่ต้องการ

- ลักษณะทั่วไปบล็อกต้องมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว และสีของชั้นผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

- ความได้ฉาก

- บล็อกที่มีเกณฑ์ที่กำหนดความหนาไม่เกิน 80 mm. จะมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากได้ไม่เกิน 2 mm.

- บล็อกที่มีเกณฑ์กำหนดของความหนาไม่เกิน 3 mm. จะมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากได้ไม่เกิน 3 mm.

- ความต้านแรงอัดความต้านแรงอัดของบล็อกแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 35 MPa และค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 40 MPa

2.1.5.5 เครื่องหมายและฉลาก

- ให้ทำเครื่องหมายและฉลากดังต่อไปนี้

- ที่บล็อกทุกก้อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือทำเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็น ได้ได้ง่าย ชัดเจน

- ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

- ที่แถบวัสดุที่ใช้ผูกมัดบล็อกเข้าด้วยกันเป็นหน่วยทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีตัวเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

- ความกว้าง x ความยาว x ความหนา เป็น mm.

- จำนวน

- ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

หมายเหตุ การผูกบล็อกเข้าด้วยกันเป็นหน่วยแต่ละหน่วยต้องขนย้ายได้ทั้งหน่วยโดยไม่แยกจากกัน กำหนดไว้ข้างต้น

- ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรมแล้ว

2.1.5.6 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- รุ่นในที่นี้ หมายถึง บล็อกที่มีขนาด รูปร่าง และสีเดียวกันทำขึ้นโดนกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือ ส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

- การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

- การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด (ยกเว้นความหมายของชั้นผิวหน้า)ลักษณะทั่วและความได้ฉาก

- ใช้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 2-2

- จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (ยกเว้นความหนาชั้นผิวหน้า) ในแต่ละรายการต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดใน ตารางที่ 2 จึงจะถือว่าบล็อกรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหน

- การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบขนาด (เฉพาะความหนาของชั้นผิวหน้า) และความต้านทานแรงอัด

- ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากตัวอย่างที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาด (ยกเว้นความหนาของชั้นผิวหน้า) ลักษณะทั่วไป และความได้ฉากแล้ว จำนวน 5 ก้อน แล้วนำไปทดสอบความต้านทานแรงอัด และขนาด (เฉพาะความหนาของชั้นผิวหน้า) ตามลำดับ

- ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อกำหนด (เฉพาะความหนาของชั้นผิวหน้า) จึงจะถือว่าบล็อกรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 2-2 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด (ยกเว้นความหนาของชั้นผิวหน้า)

ขนาดรุ่น (ก้อน)	**ขนาดตัวอย่าง (ก้อน)**	**เลขประจำตัวที่ยอมรับ**
ไม่เกิน 10,000	5	0
10,001 ถึง 35,000	20	1
35,001 ถึง 150,000	32	2
ตั้งแต่ 150,001 ขึ้นไป	50	3

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

2.1.5.7 การทดสอบ

บล็อกที่นำมาทดสอบต้องมีอายุไม่น้อยกว่า 7 วัน

- มิติ ความกว้างและความยาวใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 mm วัดความกว้างและความยาวของบล็อกตัวอย่างบริเวณที่กว้างและยาวมากที่สุด

- ความหนา

ความหนาของบล็อกใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 mm วัดความกว้างและความยาวของบล็อกตัวอย่าง (รวมชั้นผิวหน้า) 4 แห่ง แล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

ความหนาของชั้นผิวหน้าหักบล็อกตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบความต้านแรงอัดแล้วเป็น 2 ชิ้น แล้ววัดความหนาของชั้นผิวหน้าของชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 mm โดยวัดอย่างน้อย 4 แห่ง

หมายเหตุ ชิ้นตัวอย่างที่นำมาวัดความหนาของชั้นผิวหน้า อย่างน้อยต้องมีพื้นที่ 1 ใน 4 ของชิ้นตัวอย่างเต็มก้อน และตำแหน่งที่วัดแต่ละตำแหน่งควรเป็นบริเวณที่มีตำแหน่งควรเป็นบริเวณที่มีความหนาของชั้นผิวหน้าสม่ำเสมอ และไม่เป็นบริเวณที่มีการลบมุม

- การลบมุม (ถ้ามี)ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง1.0 mm

- ความได้ฉาก ความได้ฉากของด้านข้าง โดยราบกับพื้นผิวล่างของบล็อก เครื่องมือและอุปกรณ์ พื้นเรียบสม่ำเสมอและได้ระดับ เครื่องวัดแบบสอด เหล็กฉาก วิธีวัดวัดความเบี่ยงเบนของความได้ฉากของด้านข้างกับพื้น ผิวล่างของบล็อกตัวอย่างทุกๆด้าน ด้านละ 1 แห่ง

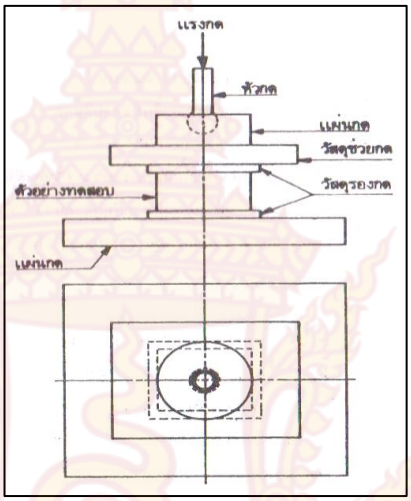
- เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างบล็อกต้องเป็นไปตามข้อ ก) ทุกข้อ จึงจะถือว่าบล็อกรุ่นนั้นเป็นไปตาม

- ความได้ฉากของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่างของบล็อก เครื่องมือและอุปกรณ์ พื้นเรียบสม่ำเสมอและได้ระดับ เครื่องวัดแบบมีหน้าปัด และขาตั้ง วิธีวัดวางบล็อกตัวอย่างด้านที่เรียบและสม่ำเสมอบนพื้นเรียบสม่ำเสมอและได้ระดับ และใช้เครื่องวัดแบบมีหน้าปัด วัดความเบี่ยงเบนของความได้ฉากของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่าง

- ความต้านแรงอัด

เครื่องมือ เครื่องทดสอบแรงกดที่ให้แรงกดได้ไม่น้อยกว่า 1,000 kN และสามารถปรับความเร็วในการเพิ่มแรงกดได้ แผ่นกด (ภาพที่ 2-14) แผ่นกดแต่ละแผ่นต้องหนาไม่น้อยกว่า12 mm ทำด้วยวัสดุที่มีความแข็งไม่น้อยกว่า 60 HRC สำหรับแผ่นกดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้องกว่า 150 mm วัสดุช่วยกด (ภาพที่ 2-14) ในกรณีที่พื้นที่ของแผ่นกดแผ่นบน ไม่ครอบคลุมพื้นที่ของบล็อกตัวอย่างได้

ทั้งหมด และใช้วัสดุช่วยกดที่หนาไม่น้อยกว่า 12 mm และมีความแข็งไม่น้อยกว่า 60 HRC ช่วยกด วัสดุรองกด (ภาพที่ 2-14) วัสดุรองกดที่ใช้ต้องเป็นกระดาษแข็งหรือไม้อัด หรือไม้เนื้ออ่อน หรือแผ่นยาง หนาไม่น้อยกว่า 4 mm และต้องมีพื้นที่ครอบคลุมพื้นที่ของบล็อกตัวอย่าง



ภาพที่ 2-14 ตัวอย่างแผ่นกด วัสดุช่วยกดและวัสดุรองกด และตำแหน่งทดสอบ

- วิธีการทดสอบ

จัดแนวศูนย์กลางของบล็อกตัวอย่าง (ในกรณีที่มีรูปทรงอสมการ ศูนย์กลางของบล็อกตัวอย่าง คือจุดรวมมวล) หัวกด แผ่นกด และวัสดุช่วยกด (ถ้ามี) ให้อยู่ในแนวเดียวกัน (ภาพที่ 2-14) กดบล็อกตัวอย่าง โดยเพิ่มแรงกดสูงสุดที่คาดว่าบล็อกตัวอย่างจะรับได้ ภายในเวลา 1 ถึง 2 นาที บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่บล็อกตัวอย่างจะรับได้

- วิธีคำนวณ

คำนวณค่าความต้านทานแรงอัดของบล็อกเป็นเมกะพาสคัลจากสูตร

$$P = \frac{(FxC)}{\mathrm{A}} \qquad (2\text{-}1)$$

เมื่อ

P คือ ความต้านทานแรงอัด เป็น MPa

F คือ แรงกดสูงสุดที่บล็อกตัวอย่างรับได้เป็น N

C คือ ตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัด

A คือ พื้นที่ผิวหน้าที่รับแรงกดของบล็อกตัวอย่าง เป็น m^2

หมายเหตุ ในกรณีที่คำนวณพื้นที่ผิวหน้าที่รับแรงกดของบล็อกตัวอย่างได้ยาก อาจใช้วิธีการหาพื้นที่ดังนี้ วางแผ่นพลาสติกใส ทาบบนผิวหน้าบล็อกตัวอย่าง ใช้ปากกาเขียนพลาสติกขีดตามเส้นรอบรูปของผิวหน้า แล้วนำแผ่นพลาสติกใสไปลอกลงบนกระดาษการ์ดขนาด กว้าง 100 mm ยาว 200 mm ด้วยกระดาษคาร์บอน หลังจากนั้นใช้กรรไกรตัดตามเส้นที่ยึดไว้อย่าประณีต แล้วนำแผ่นกระดาษการ์ดที่ได้ไปชั่ง และอ่านค่าให้ละเอียดถึง 0.01 g.

คำนวณหาพื้นที่ จากสูตร

$$A = 20{,}000\frac{\mathbf{M}}{\mathbf{M1}} \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อ

A คือ พื้นที่ผิวหน้าที่รับแรงกด ของบล็อกตัวอย่าง เป็น m^2

M คือ มวลของกระดาษการ์ดที่แสดงพื้นที่ผิวหน้าแบบเดียวกับบล็อกตัวอย่างเป็น g

M1 คือ มวลของกระดาษการ์ด รูปสี่เหรี่ยมผืนผ้า เป็น g

ตารางที่ 2-3 ตัวประกอบปรับค่าความต้านทางแรงอัด

ความหนาบล็อก (mm.)	**ตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัด**	
	ไม่มีการลบมุม	**มีการลบมุม**
60	1.00	1.03
80	1.12	1.18
100	1.18	1.24
120	1.21	1.27

2.1.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มอก.57-2533 กระทรวงอุตสาหกรรม [2]

2.1.6.1 ขอบข่าย

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและชั้นคุณภาพ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุคุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

2.1.6.2 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- คอนกรีตบล็อก (hollow concrete or hollow concrete masonry unit) หมายถึง ก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่างๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดบริสุทธิที่ระนาบขนาดกับผิวคานน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน

- คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก(hollow load-bearihn concrete masonry unit) หมายถึง คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง

- เปลือก (face-shell) หมายถึง ผนังด้านนอกของคอนกรีตบล็อก

- ผนังกั้นโพรง (web) หมายถึง ผนังภายในซึ่งแบ่งโพรงในคอนกรีตบล็อก

2.1.6.3 ประเภทและชั้นคุณภาพ

- ประเภทคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งทำขึ้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) ประเภทควบคุมความชื้น

2) ประเภทไม่ควบคุมความชื้น

- ชั้นคุณภาพคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักแต่ละประเภท แบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ

1) ชั้นคุณภาพ ก ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยไม่มีการป้องกันผิวแต่อย่างใด เช่น ใช้ในกรณีซึ่งการรั่วซึมจากน้ำใต้ดินหรือฝน ไม่ทำความเสียหายต่องานนั้น

2) ชั้นคุณภาพ ข ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน แต่มีการป้องกันผิว

3) ชั้นคุณภาพ ค ใช้ทั่วไปสำหรับกำแพงภายใน และกำแพงภายนอกเหนือระดับที่มีการป้องกันความเสียหายเนื่องจากดินฟ้าอากาศ

2.1.6.4 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

1) ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรงต้องเป็นไปตามตารางที่ 2-4

หมายเหตุ คอนกรีตบล็อกที่รับน้ำหนักที่ออกแบบพิเศษให้มีโลหะทนต่อการกัดกร่อนเพื่อยึดระหว่างเปลือกของก้อนอาจอนุญาตให้ทำได้ ในเมื่อการทดสอบแสดงว่าโลหะยึดนั้นมีสภาพโครงสร้างเทียบเท่าผนังกั้นโพรงคอนกรีตในทางความยึดตัวแข็งกำลังและการยึดกับผนังกั้นโพรง

2) ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ให้มีขนาดดังตารางที่ 2-5 โดยจะมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 mm

ตารางที่ 2-4 ความหนาของเปลือกและผนังกั้นโพรง

ความหนาระบุของก้อน	**ความหนาของเปลือกต่ำสุด**	**ความหนาของผนังกั้นโพรง**	
		ผนังกั้นโพรงต่ำสุด	**ความหนาของผนังกั้นโพลงเทียบเท่าต่ำสุดต่อความยาว 1 m**
90	19	19	135
140	25	25	185
190	31	25	185

หมายเหตุ เฉลี่ยการวัด 5 ก้อนโดยวัดจากส่วนที่บางที่สุดเมื่อวัดตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐานมอก.109 ผลรวมการวัดความหนาของผนังกั้นโพรงทั้งหมดในก้อนคูณด้วย 1000 หารด้วยความยาวคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักเป็นมิลลิเมตร

ตารางที่ 2-5 ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

มิติพิกัด **หนา x สูง x ยาว**	**ขนาดที่ทำ** **หนา x สูง x ยาว** **(mm x mm x mm)**
1 x 2 x 1 ½	90 x 190 x 140
1 ½ x 2 x 1 ½	140 x 190 x 140
2 x 2 x 1 ½	190 x 190 x 140
1 x 2 x 2	90 x 190 x 190
1 ½ x 2 x 2	140 x 190 x 190
2 x 2 x 2	190 x 190 x 190
1 x 2 x 3	90 x 190 x 290
1 ½ x 2 x 3	140 x 190 x 290
2 x 2 x 3	190 x 190 x 290
1 x 2 x 4	90 x 190 x 390
1 ½ x 2 x 4	140 x 190 x 390
2 x 2 x 4	190 x 190 x 390

หมายเหตุ ขนาดของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักที่กำหนดนี้ เป็นขนาดที่ออกแบบให้เป็นไปตามระบบการประสานงานที่พิกัด ในการก่อสร้างอาคาร ซึ่งได้กำหนดหน่วยพิกัดมูลฐาน ให้เท่ากับ 100 mm และกำหนดความหนาของปูนก่อในรอยต่อมาตรฐานเท่ากับ 10 mm

2.1.6.5 วัสดุ

ปูนซีเมนต์ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ควรเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่น 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1

2) ปูนซีเมนต์ผสม ควรเป็นไปตามปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ควรเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก. 80

3) มวลผสมคอนกรีต ควรเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มวลผสมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต

4) ส่วนผสมอื่นๆ ตัวทำฟองอากาศ สี สารกันน้ำ ฯลฯ ที่นำมาใช้ควรเป็นสารที่เหมาะสำหรับใช้กับก้อนคอนกรีตละควรเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1.6.6 คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป

- คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อนต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรค ต่อการก่อคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักอย่างถูกต้องหรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลัง หรือความคงทนถาวร รอยร้าวเล็กน้อยมักเกิดขึ้นในกรรมวิธีการผลิตตามปกติ หรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจาก วิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดาจะต้องไม่เป็นเหตุอ้างในการยอมรับ

- คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักซึ่งต้องการฉาบปูน หรือแต่งปูน ต้องมีผิวหน้าหยาบพอควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้อย่างดี

- คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก ซึ่งต้องการก่อแบบผิวเผย ด้านผิวเผยต้องไม่มีรอยปิ่น ร้อยร้าว หรือตำหนิอื่นๆถ้าในการสั่งคราวหนึ่งมีก้อนซึ่งมีรอยปิ่นเล็กน้อยที่ยาวมากกว่า 25 มิลลิเมตรเป็นจำนวนไม่มากกว่าร้อยละ 5 จะต้องไม่ถือเป็นสาเหตุในการไม่ยอมรับการทดสอบให้ทำโดยตรวจพินิจ

- ความต้านทานแรงอัดและ การดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2-6 การทดสอบให้ผลิตตาม มอก.109

- ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทความคุมความชื้น)เมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-6 ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ

ชั้นคุณภาพ	ความต้านทานแรงอัด ต่ำสุด (MPa)				การดูดกลืนน้ำ สูงสุด เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก5 ก้อน (kg/m^3)					
	เฉลี่ยจากพื้นที่รวม		เฉลี่ยจากพื้นที่สุทธิ		น้ำหนักคอนกรีตเมื่ออบแห้ง (kg/m^3)					
	เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก5ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน	เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก5ก้อน	คอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน	1,680 และน้อยกว่า	1,681 ถึง 1,760	1,761 ถึง 1,840	1,841 ถึง 1,920	1,921 ถึง 2,000	มากกว่า 2,000
ก	7	5.5	14	11	240	224	208	192	176	160
ข	7	5.5	-	-	288	272	256	240	224	208
ค	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ดูวัตถุประสงค์ในการใช้คอนกรีตบล็อกชั้นคุณภาพต่างๆ ตามตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-7 ความชื้น(เฉพาะคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภทความคุมความชื้น)

การหดตัวทางยาว	**ความชื้นสูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5ก้อน**		
ร้อยละ	**ความชื้นสัมพัทธ์รายปี ร้อยละ**		
	น้อยกว่า 50	**50 ถึง 75**	**มากว่า 75**
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	20	30	35

หมายเหตุ ทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมวิธีการทดสอบ การหดแห้งของคอนกรีตบล็อก(กรณีที่ยังมิได้ประกาศกำหนดมาตราดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C 426)

ตารางที่ 2-8 วัตถุประสงค์ในการใช้คอนกรีตบล็อกชั้นคุณภาพต่างๆ

ลักษณะของกำแพง	**ป้องกันผิว**	**ไม่ป้องกันผิว**
กำแพงฐานราก และ	ชั้นคุณภาพ ก และ ชั้น	ชั้นคุณภาพ ก
กำแพงชั้นฐาน	คุณภาพ ข	ชั้นคุณภาพ ก
กำแพงภายใน	ทุกชั้นคุณภาพ	ทุกชั้นคุณภาพ

หมายเหตุ ควรทาผิวด้านนอกของกำแพงด้วยน้ำยากันซึม

2.1.6.7 เครื่องหมายและฉลาก

ที่คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักทุกก้อนอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

1) ประเภท

2) ชั้นคุณภาพ

3) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

4) ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นตามมาตรฐานนี้จะแสดงเครื่องหมายกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

2.1.6.8 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

1) รุ่นในที่นี้ หมายถึง คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท ชั้นคุณภาพและขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่ง2.มอบ หรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

2) การชักตัวอย่างเพื่อทดสอบ ให้กระทำ ณ สถานที่ผลิต และต้องให้เวลาอย่างน้อย 10 วันเพื่อทดสอบให้เสร็จ

3) การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากับทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คัมภีร์ สอนเจริญทรัพย์ [3] ได้ทำการศึกษา การผลิตคอนกรีตบล็อกจากกากอุตสาหกรรมหินแกรนิต โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำผลแกรนิต ซึ่งเป็นกากของเสียที่เกิดจากอุสาหกรรมแปรรูปหินแกรนิตมาใช้ประโยชน์ โดยนำมาแทนที่หินฝุ่นในการผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก และศึกษาผลของผลแกรนิต ต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของคอนกรีตบล็อก พร้อมทั้งหาปริมาณผลของแกรนิตที่เหมาะสำหรับแทนที่หินฝุ่น โดยใช้มาตรฐาน มอก.58-2533 เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ โครงการนี้แบ่งส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีหินเกล็ด และกลุ่มที่ไม่มีหินเกล็ดเป็นส่วนผสม ตามส่วนผสมที่ใช้จริงในปัจจุบัน และกำหนดปริมาณปูนซีเมนต์ที่ 6% โดยน้ำหนัก ร้อยละของการแทนที่หินฝุ่นด้วยผลแกรนิตคือ 0, 20, 40, 60, 80 และ100 จากผลการทดลองพบว่าผลแกรนิตสามารถใช้แทนหินฝุ่นได้ถึง 100% โดยมีกำลังแรงอัดเฉลี่ย 33.81 kg/cm^2 การดูดกลืนน้ำ 8.44 % ซึ่งคอนกรีตบล็อกไม่ผ่านมาตรฐานร้อยละของการแทนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการออกแบบคอนกรีตบล็อกที่มีหินเกล็ด และไม่มีหินเกล็ดเป็นส่วนผสม คือ 60% และ 80% ตามลำดับ การแทนที่หินฝุ่นด้วยผลแกรนิตในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความแน่นและดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก คอนกรีตบล็อกที่หินเกล็ดเป็นส่วนผสมจะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีหินเกล็ดเป็นส่วนผสม โดยมีกำลังรับแรงอัด และความหนาแน่นสูงกว่า ในขณะที่ร้อยละของการดูดกลืนน้ำต่ำกว่า

คมกริช น่วมจิตร [4] ได้ทำการศึกษา และพัฒนาอิฐบล็อกจากกากตะกอนน้ำตาลปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติเชิงกายภาพ และเชิงกลของอิฐบล็อกธรรมดาทั่วไปและอิฐบล็อก เมื่อปูนซีเมนต์ถูกแทนที่ด้วยกากตะกอนน้ำตา ซึ่งได้ทำการศึกษาจากการนำกากตะกอน(Mud)เป็นของเหลือใช้ที่ได้จากกระบวนการล้างหม้อกรองน้ำเชื่อมแรงดันสูง (Rotary Pressure Filter) หรือหม้อ RPF ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตน้ำตาลรีไฟน์ และน้ำตาลทรายขาวจากการผลิตน้ำตาลของโรงงานน้ำตาลมิตรผล โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้ 1.ตัวอย่างการทดสอบที่ 1กากตะกอนน้ำตาลทีผ่านกระบวนการเผา 2.ตัวอย่างการทดสอบที่ 2กากตะกอนน้ำตาลทีไม่ผ่านกระบวนการเผา โดยเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ ต่อ กากตะกอนน้ำตาล 2 ตัวอย่าง ต่อ ทราย ต่อ หิน โดยหน่วยน้ำหนักมีอัตราส่วนดังนี้ (0.80: 0.2): 2: 4, (0.60: 0.40): 2: 4 และ (0.20: 080): 2: 4 ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 779/2548 บล็อกก็ไม่รับน้ำหนักที่ อายุ 28 วัน จากผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ (0.8:0.20):2:4 มีค่าการดูดซึมน้ำที่ 1440 นาที เท่ากับ 5.63%และ 6.948% มากกว่าอิฐบล็อกธรรมดาทั่วไปที่มีการดูดซึมน้ำ

เท่ากับ 4.858% ซึ่งตามมาตรฐาน มอก. 58-2533 ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าไม่น้อยกว่า 25 ksc และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 779/2548 ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 20.39 ksc อิฐบล็อกเมื่อปูนซีเมนต์ ถูกแทนที่ด้วยกากตะกอนน้ำตาลทั้ง 2 ตัวอย่างสมารถรับกำลังอัด เท่ากับ 37.646 ksc และ35.416 ksc ตามลำดับ ซึ่งมีค่าการรับกำลังอัดสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด

ไชยยันต์ ชัยจักร [5] ได้ทำการศึกษาการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบา จากกากอุตสาหกรรม รีไซเคิลเหล็ก บทความนี้แสดงถึงความเป็นไปได้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาโดยการใช้ตะกรันอุตสาหกรรมรีไซเคิลเหล็ก เป็นมวลรวมหยาบเพื่อทดแทนการใช้หินโดยมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์และเถ้าถ่านหินเป็นวัสดุประสาน ในการทดลองวัสดุประสานจะประกอบด้วยปูนซีเมนต์ และเถ้าถ่านหินในอัตราส่วน 60: 40 และ 40: 60 และมีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45 นอกจากนี้ยังกำหนดให้วัสดุประสานมีปริมาตรร้อยละ 40,55 และ70 ของช่องว่างมวลรวม การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาเป็นไปตาม มอก.58-2530 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการใช้วัสดุประสานที่มีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าถ่านหิน 40: 60 แทนที่ช่องว่างระว่างมวลรวมในอัตราร้อยละ 70 สามารถให้ค่ากำลังอัดได้เท่ากับ 44.80 และ 68.73 kg/cm^3 ที่อายุ3 และ 28 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีค่าสัมประสิทธ์การนำความร้อนที่ต่ำเพียง 0.089 วัตต์/เมตร/องศาเซลเซียส โดยมีความหนาแน่นเท่ากับ 1380 kg/cm^3

ชรินทร์ เสนาวงษ์ [6] ได้ทำการศึกษา การทำคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก จากเถ้าก้นเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบด งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการทำคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก จากเถ้าก้นเตาโดยใช้เถ้าก้นเตาเผาถ่านหินแบบฟลูอิดไดซ์เบด มาแทนที่มวลรวมในส่วนผสมคอนกรีตบล็อกและทำการอัดคอนกรีตบล็อกโดยใช้เครื่องอัดชนิดซินวา-แรม (Cinva-ram) หลังจากนั้นบ่มคอนกรีตบล็อกในอากาศ และทดสอบกำลังอัดคอนกรีตบล็อกที่อายุ 7, 28 และ 60 วัน ตลอดจนทดสอบความหนาแน่นและเปอร์เซ็นการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่อายุทดสอบ 28 วัน จากผลการศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณของเถ้าก้นเตาที่มากขึ้น และเมื่อใช้เถ้าก้นเตาในส่วนผสมคอนกรีตบล็อกมากขึ้น ส่งผลให้กำลังอัด และความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกมีค่าลดลงอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกทุกส่วนผสม ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าสูงกว่ามาตรฐานของคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก (มอก.57-2533) ที่กำหนดให้ไม่ต่ำกว่า 110 kg/cm^2 และค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำน้อยกว่าค่ามาตรฐาน โดยกำหนดไว้ไม่ให้เกินร้อยละ 30 ซึ่งถือว่าคอนกรีตบล็อกมีกำลังอัดที่ดีเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยจัดเป็นคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักประเภท ก ได้

วรรณพงศ์ คล่องแคล่ว [7] ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของ กำลังรับแรงอัดกับอายุวัสดุที่ใช้ในการบูรณะทางผิวทางแอสฟัลต์ โดยวิธี PAVEMENT IN-PLACE RECYCLE โดยศึกษาความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดกับอายุบ่มของวัสดุทางเดิมที่ใช้ในงานบูรณะทางผิวทางแอสฟัลต์ โดยวัสดุทางเดิมประกอบด้วยผิวทาง Asphalt concrete และพื้นทางหินคลุกผสมรวมกันแล้วนำวัสดุทางเดิมผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ให้ได้อัตราส่วนที่สามารถทำให้ปรับปรุงคุณภาพวัสดุพื้นทางเดิมให้มีกำลังรับแรงอัดได้ไม่น้อยกว่า 24.5 kg/cm^2 ในอายุบ่มที่ 7 วันตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้วัสดุทางเดิมจาก 4 สายทาง ในการศึกษาหาความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดกับอายุบ่มที่ 24, 72, 120, 168 และ 216 ชั่วโมงในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามอายุบ่มของแผนการทดลองมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์กับข้อกำหนดตาม มาตรฐานการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมกลับมาใช้งานใหม่

จักรกฤช กะรัตน์ ,สุทธิรักษ์ ,พรมทะนา ,อรสิทธิ์ ศรีทะจินต์ [8] ได้ทำศึกษาวิจัย คุณสมบัติด้านวิศวกรรมของวัสดุปูพื้นบล็อกปูทางเท้าคอนกรีตพรุนรูปแบบต่างๆ ในส่วนของ ลักษณะทั่วไปและมิติ กำลังอัด การดูดซึมน้ำ สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำ ความสามารถในการระบายน้ำ โดยได้จัดทำบล็อกในรูปแบบต่าง ๆ คือ ขนาดตัวอย่างการทดสอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 20 x 40 x 5 cm รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดกว้าง 25 x 25 x 5 cm รูปตัวหนอนขนาด 22.5 x 11.25 x 5 cm รูปตัวไอขนาด 16.3 x 16.3 x 5 cm รูปแปดเหลี่ยมขนาด 19.8 x 19.8 x 5 cm โดยจะทำการเปรียบเทียบกับวัสดุปูพื้นชนิดอื่น คือ บล็อกปูทางเท้าที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป พื้นผิวคอนกรีต และพื้นผิวแอสฟัสต์ จากผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างวัสดุปูพื้นบล็อกปูทางเท้าคอนกรีตพรุนรูปแบบต่าง ๆ สามารถรับกำลังอัดได้ดีพอสมควร และมีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำและการระบายน้ำได้ดีที่สุด และจากตัวอย่างวัสดุปูพื้นบล็อกปูทางเท้าคอนกรีตพรุนทั้ง 5 รูปแบบ พบว่าวัสดุปูพื้นบล็อกปูทางเท้าคอนกรีตพรุนเป็นรูปแบบที่สามารถ รับกำลังอัดได้ค่อนข้างสูง ตลอดจนให้คุณสมบัติทางด้านการระบายน้ำ อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้าง และมีความเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปูผิวพื้นภายนอกอาคารได้

ธีรยุทธ อุดมสินประเสริฐ ,วัชรินทร์ วิทยกุล ,ธันวิน สวัสดิศานต์ [9] ได้ทำการวิจัยเรื่องการนำวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 40-50 มาใช้งานในสายทางรถบรรทุกหนัก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรม ของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ (ยาง) เกรด 40-50 (AC 40-50) โดยตัวอย่างที่ใช้ศึกษาทั้งหมดประกอบด้วย ตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต (Loose Mix) จากโรงผสม และตัวอย่างที่เจาะจากงานก่อสร้าง ซึ่งเก็บมาระหว่างการ

ก่อสร้างแปลงทดสอบทางหลวงหมายเลข 352 ที่เป็นโครงการบูรณะทางโดยนำวัสดุผิวทางเดิมกลับมาใช้ใหม่โดยใช้ยาง Polymer Modified Asphalt (PMA) ในชั้นผิวทาง (Wearing Course) และใช้ยาง AC40-50 และ AC 60-70 ในชั้นรองผิวทาง (BinderCourse) การทดสอบกระทำในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการทดสอบโมดูลัสคืนตัว การทดสอบการแตกร้าวเนื่องจากความล้าแบบให้แรงดึงทางอ้อมและการทดสอบการยุบตัวแบบไดนามิค นอกจากนี้ยังมีการติดตามพฤติกรรมและสภาพผิวทางในสนาม ตามระยะเวลาที่กำหนดโดยใช้เครื่อง Falling Weight Deflectometer (FWD)และสำรวจสภาพผิวทางโดยการประเมินด้วยสายตา คุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC 40-50 ในงานวิจัยนี้พบว่ามีค่าสอดคล้องกับผลงานวิจัยอื่นที่ทดสอบโดยกรมทางหลวง และจากผลการติดตามพฤติกรรมในสนามด้วยเครื่อง FWD กับการสำรวจสภาพผิวทางด้วยวิธีประเมินด้วยสายตา ทำให้ทราบว่าช่วงของแปลงทดสอบที่ชั้น Binder Course เป็นวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC 40-50 มีค่าการแอ่นตัวต่ำกว่า และเกิดความเสียหายน้อยกว่าช่วงอื่นในแปลงทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการของกรมทางหลวงที่วัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยาง AC 40-50 มีค่าโมดูลัสที่สูงกว่า และมีสมรรถภาพที่ดีกว่า AC60-70 นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างด้วยวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ยางทั้งสองชนิดยังใกล้เคียงกัน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความเห็นสอดคล้องกับข้อสรุปจากงานวิจัยของ กรมทางหลวงที่แนะนำให้ถนนที่มีปริมาณการจราจรระดับปานกลางถึงสูง ควรมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของยางที่ใช้จาก AC 60-70 มาเป็น AC 40-5

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 การเตรียมวัสดุ

วัสดุที่ใช้ทำตัวอย่างทดสอบในการดำเนินการศึกษาวิจัยมีวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

3.1.1 วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ เป็นวัสดุเหลือทิ้งประกอบด้วยผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตและพื้นทางหินคลุกเดิม ที่ถูกขุดไสกัดขึ้นมา ก่อนนำมาใช้ทำตัวอย่างทดสอบ ทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 mm) และค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 (0.08 mm)

3.1.2 หินฝุ่น โดยหินฝุ่น ก่อนนำมาใช้ทำตัวอย่างทดสอบ ทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (ขนาด 4.75mm) และค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 (ขนาด 0.080 mm)

3.1.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 สำหรับใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป เช่น ใช้ทำคอนกรีตโครงสร้าง ถนน สะพาน วัสดุก่อสร้างต่างๆ

3.1.4 น้ำ ใช้น้ำประปาสะอาด มาใช้เป็นส่วนผสม ในการทำตัวอย่างทดสอบ

3.2 การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุต่างๆ ของ วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ หินฝุ่น และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 สำหรับใช้ในการทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น

3.2.1 การหาปริมาณความชื้น ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ และหินฝุ่น (Water Content Testing) ตามมาตรฐาน ASTM D2216-9

3.2.2 การหาขนาดคละ ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ และหินฝุ่น (Grain Sizean alysis Testing) โดยทำการทดสอบโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis Testing) ตามมาตรฐาน ASTM D-248

3.2.3 การหาค่าความถ่วงจำเพาะ ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ และหินฝุ่น (Specific of Gravity Coarse aggregate Testing) ตามมาตรฐาน ASTM C128-93

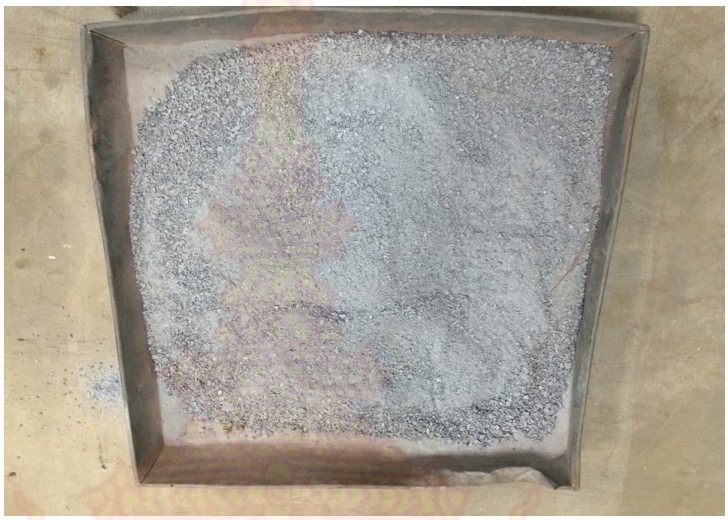
3.2.4 การหาค่าความถ่วงจำเพาะ ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (Specific Gravity Hydraulic Cement Testing) ตามมาตรฐาน ASTM C128-93

3.2.5 การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม สำหรับตัวอย่างทดสอบ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Compaction test) ตามมาตรฐาน ASTM D 1557-70

ภาพที่ 3-1 ลักษณะของชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ

(ก.) ก่อนการร่อนผ่านตะแกรง **(ข.)** หลังการร่อนผ่านตะแกรง

ภาพที่ 3-2 ลักษณะของชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพที่ใช้เป็นวัสดุผสม
ในการทำตัวอย่างทดสอบ



ภาพที่ 3-3 ลักษณะของหินฝุ่นที่ใช้ เป็นวัสดุผสมทำตัวอย่างทดสอบ

ภาพที่ 3-4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ใช้ เป็นวัสดุผสมทำตัวอย่างทดสอบ

3.3 การทำตัวอย่างทดสอบ และการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม (วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5)

3.3.1 การตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบ ที่อัตราส่วนผสม ต่างๆ

3.3.2 การทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

3.3.3 การทดสอบการนำความร้อนที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 ถึง 5 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นในอัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 ถึง 5 โดยมีวิธีการทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อนโดยมีวิธีการทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อนด้วยวิธี Steady State (ASTM C-177) โดยเตรียมเครื่องมือที่จะใช้ทดสอบ ได้แก่ เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ แท่นยึด เครื่อง Hot Plate นาฬิกาจับเวลา โดยมีลักษณะของเครื่องทดสอบดังภาพที่ 3-7 โดยทำการทดสอบในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตลอดเวลา จากกนั้นนำตัวอย่างทดสอบทั้ง 2 อัตราส่วนผสม อัตราส่วนผสมละ 25 ก้อน ไปทดสอบ โดยเริ่มจากการทำเครื่องหมายไว้ตรงกลางชิ้นทดสอบ โดยการขีดเส้นทำทแยงจากมุมของชิ้นทดสอบ จากนั้นเปิดเครื่อง Hot Plate ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 230 องศาเซลเซียส นำเครื่องวัดอุณหภูมิไปยึดติดกับแท่นอุปกรณ์ให้สูงจากผิวของบล็อกปูพื้นประมาณ 20 เซนติเมตร และปรับหน่วยการวัดอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสและเมื่ออุณหภูมิของแผ่น Hot Plate อยู่ที่ 240 องศาเซลเซียส ให้นำชิ้นทดสอบวางบนแผ่น Hot Plate โดยให้ลำแสงตกลงบนจุดที่ต้องการทดสอบ แล้ววัดค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากผิวของอิฐมอญ และวัดค่าอุณหภูมิผิวหน้า Hot Plate โดยเริ่มบันทึกค่าโดยการจับเวลาเริ่มต้นที่อุณหภูมิห้องซึ่งวัดไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งอ่านค่าทุกๆ 5 นาที แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิจากการเพิ่มเวลาจนครบ 30 นาที แล้วทำการทดสอบก้อนต่อไปจนครบทุกก้อนและทุกอัตราส่วนผสมแล้วนำไปคำนวณในสมการดังนี้

$$k=\frac{QL}{A(t_1-t_2)} \quad (3\text{-}1)$$

เมื่อ

K = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน K(W/m.K)

Q = ปริมาณพลังงานความร้อน (Watt)

A = พื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนไหลผ่าน (m^2)

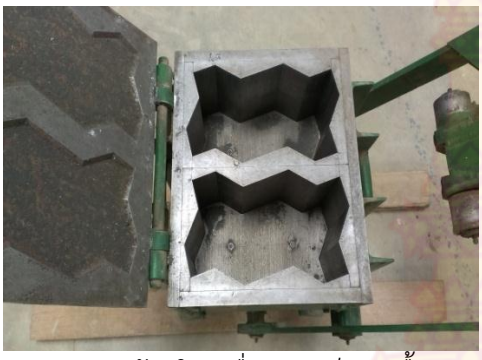
t_1 = อุณหภูมิผิวแผ่นให้ความร้อน (K)

t_2 = อุณหภูมิผิวบนชิ้นทดสอบ (K)

L = ความหนาของชิ้นทกสอบ (m.)

3.3.4 การทดสอบความต้านทานกำลังอัดที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่อัตราส่วนผสมต่างๆโดยมีลักษณะของเครื่องทดสอบดังภาพที่ 3-8

ภาพที่ 3-5 เครื่องผสมวัสดุสำหรับใช้ทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น



(ก) แสดงด้านในเครื่องอัดบล็อกปูพื้น

(ข) ลักษณะเครื่องอัดบล็อกปูพื้น

ภาพที่ 3-6 เครื่องอัดบล็อกปูพื้นที่ใช้ทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น

ภาพที่ 3-7 เครื่องทดสอบการนำความร้อน

ภาพที่ 3-8 เครื่องทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างทดสอบล็อกปูพื้น

ตารางที่ 3-1 แสดงประเภทการทดสอบทางกายภาพและทางกลและจำนวนตัวอย่างของตัวอย่างทดสอบ

ประเภทการทดสอบ	รูปแบบของอัตราส่วนผสม									
	วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ					วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น				
	ปริมาณปูนซีเมนต์					ปริมาณปูนซีเมนต์				
	1%	2%	3%	4%	5%	1%	2%	3%	4%	5%
ลักษณะทั่วไปและมิติ (28วัน)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
การดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง (28วัน)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
การนำความร้อน (28วัน)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ความต้านทานกำลังอัด										
- ที่อายุ 7 วัน	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
- ที่อายุ 14 วัน	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
- ที่อายุ 28 วัน	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
รวม	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

3.4 การเปรียบเทียบผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของตัวอย่างทดสอบ

การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านต่างๆ ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม (วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5) โดยทำการพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดสอบในส่วนของการตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติ การดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง การนำความร้อนและความต้านทานกำลังอัด ว่ารูปแบบที่อัตราส่วนผสมใด มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลดีที่สุด มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการผลิตและใช้ในการก่อสร้างได้จริง โดยอ้างอิงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก.827-2531 กระทรวงอุตสาหกรรม และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกผนังรับน้ำหนัก มอก.57-2533 กระทรวงอุตสาหกรรม

บทที่ 4
วิเคราะห์ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการผลิตตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น

จากการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น มีผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆ ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ หินฝุ่นและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ดังนี้

4.1.1 ผลการทดสอบหาปริมาณความชื้น ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.34 % และผลการทดสอบความชื้นของหินฝุ่น ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.82 % (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก-1 และ ก-2)

4.1.2 ผลการทดสอบการหาขนาดคละ ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis Testing) ได้ค่า Cc เท่ากับ 1.60 และค่า Cu เท่ากับ 2.85 และจากการจำแนกด้วยระบบ Unified พบว่าชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ที่นำมาทดสอบอยู่ในกลุ่ม วัสดุที่มีขนาดคละกันไม่ดี คือมีขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก-3 ถึง ก-5)

4.1.3 ผลการทดสอบการหาขนาดคละ ของหินฝุ่น โดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis Testing) ได้ค่า C_c เท่ากับ 11.88 และค่า C_u เท่ากับ 30.52 และจากการจำแนกด้วยระบบ Unified พบว่าหินฝุ่นที่นำมาทดสอบอยู่ในกลุ่มวัสดุที่มีขนาดคละกันไม่ดี มีขนาดเม็ดใหญ่กับเม็ดเล็กแต่ขาดขนาดปานกลางไป (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก-6 และ ก-7)

4.1.4 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะ ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ได้ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 2.156 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก-9 ถึง ก-11)

4.1.5 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะ ของหินฝุ่นได้ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 2.562 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก-12 ถึง ก-14)

4.1.6 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะ ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 พบว่าได้ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 3.15 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก-15)

4.1.7 ผลการทดสอบหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน (Standard Compaction Test) ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมเพิ่มมากขึ้นทำให้ความต้องการน้ำของส่วนผสมเพิ่มมากขึ้นไปด้วย โดยมีรายละเอียดปริมาณน้ำที่เหมาะสมเฉลี่ย(ภาคผนวก ก ตารางที่ 4-1 และ 4-2)และมีรายละเอียดผลการทดสอบแสดง(ภาคผนวก ก ตารางที่ ก-16 ถึง ก-45)

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ปริมาณปูนซีเมนต์	ความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3)	ปริมาณน้ำเฉลี่ย (%)
ร้อยละ 1	1.69	11.80
ร้อยละ 2	1.57	12.83
ร้อยละ 3	1.54	15.07
ร้อยละ 4	1.49	16.00
ร้อยละ 5	1.49	17.07

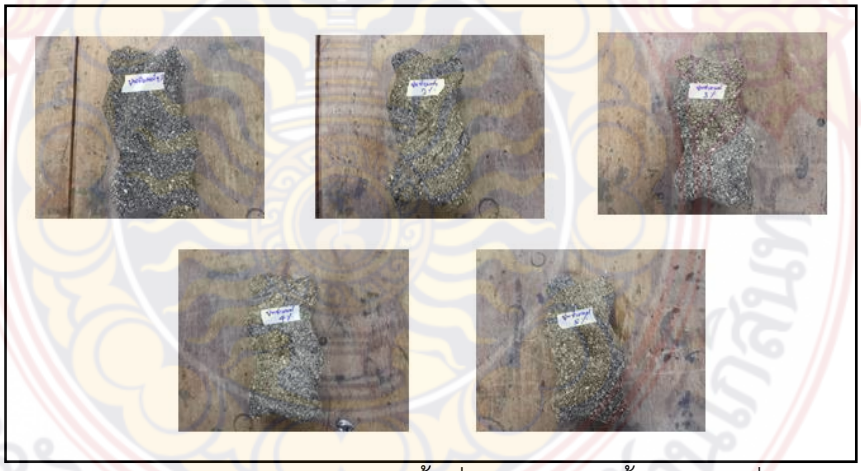
ตารางที่ 4-2 ผลการทดสอบหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมเฉลี่ยของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ที่อัตราส่วน (1: 1) ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ปริมาณปูนซีเมนต์	ความหนาแน่นแห้ง (g/cm^3)	ปริมาณน้ำเฉลี่ย (%)
ร้อยละ 1	1.82	12.67
ร้อยละ 2	1.80	13.33
ร้อยละ 3	1.76	15.30
ร้อยละ 4	1.64	16.57
ร้อยละ 5	1.51	16.83

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางทางกายภาพและทางกลของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของ ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นทั้ง2รูปแบบอัตราส่วนผสมคือ วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 มีผลการทดสอบ ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม ดังนี้

4.2.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ จากผลการทดสอบพบว่า ที่ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ทีอัตราส่วนผสมต่างๆ มีลักษณะทั่วไปและมิติ ไม่ผ่านเกณฑ์ ด้านมิติความหนาตามมาตรฐานอุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก.827-2531 กระทรวงอุตสาหกรรม ที่กำหนดไว้ว่าที่ความหนาของบล็อกปูพื้น 60 mm ต้องมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 mm และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อก้อนมากที่สุด 2.769 kg ส่วนตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5 มีลักษณะทั่วไปและมิติผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 387-2531 กระทรวงอุตสาหกรรม และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อก้อนมากที่สุด 3.218 kg โดยมีลักษณะและมีติทั่วไปได้มาตรฐาน ไม่มีรอยแตกร้าว บิ่น และหลุดร่อน โดยมีลักษณะของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสมที่อัตราส่วนผสมต่างๆ แสดงดังภาพที่ 4-1 และ 4-2 มีผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4-3 และ 4-4 และรายละเอียดดังตารางที่ ข-9 และ ข-10 ในภาคผนวก ข.



ภาพที่ 4-1 ลักษณะตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจาก วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ภาพที่ 4-2 ลักษณะตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติโดยเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจาก วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ปริมาณปูนซีเมนต์	ความกว้างเฉลี่ย (cm)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	ความหนาเฉลี่ย (cm)	น้ำหนักเฉลี่ย (kg)
ร้อยละ 1	11.1	22.06	6.64	2.486
ร้อยละ 2	11.1	22.18	6.1	2.571
ร้อยละ 3	11.1	22.2	6.58	2.597
ร้อยละ 4	11.1	22.08	6.64	2.657
ร้อยละ 5	11.02	22.04	6.78	2.769

ตารางที่ 4-4 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติโดยเฉลี่ยของ บล็อกปูพื้นจากวัสดุชั้น ทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ปริมาณปูนซีเมนต์	ความกว้างเฉลี่ย (cm)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	ความหนาเฉลี่ย (cm)	น้ำหนักเฉลี่ย (kg)
ร้อยละ 1	11.1	22.06	6.14	2.854
ร้อยละ 2	11.1	22.18	6.10	2.917
ร้อยละ 3	11.1	22.2	6.02	2.973
ร้อยละ 4	11.1	22.08	6.10	3.196
ร้อยละ 5	11.02	22.04	6.12	3.218

4.2.2 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม พบว่าตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุดเท่ากับ 175.294 kg/m^3 และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าการดูดดูดกลืนน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 106.471 kg/m^3 ส่วนตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุดเท่ากับ 245.882 kg/m^3 และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าการดูดดูดกลืนน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 186.000 kg/m^3 โดยมีผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4-5, 4-6 ภาพที่ 4-5, 4-6 และมีรายละเอียดดังตารางที่ ข-41 ถึง ข-50 ในภาคผนวก ข.

ผลการทดสอบความหนาแน่นแห้งทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม พบว่าตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,613.529 kg/m^3 และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีความหนาแน่นแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 1,437.206 kg/m^3 ส่วน

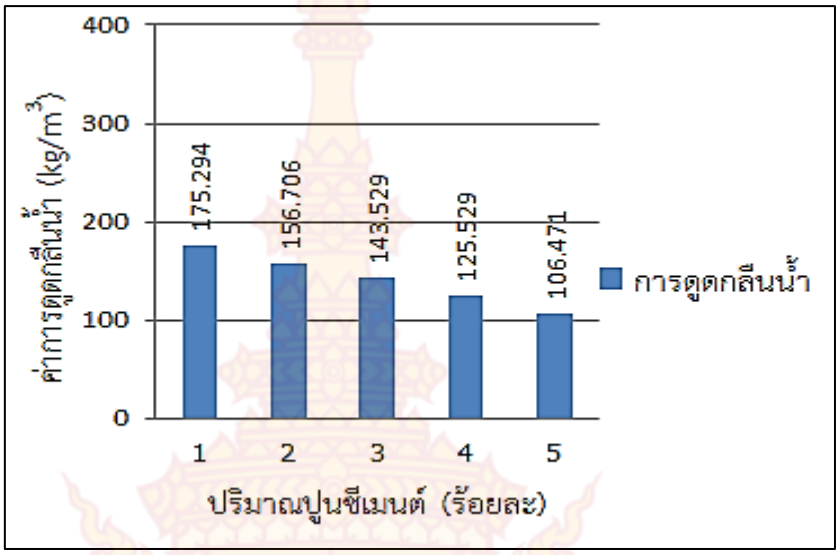
ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,843.059 kg/m^3 และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าความหนาแน่นแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 1,663.059 kg/m^3 โดยมีผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4-5, 4-6 ภาพที่ 4-5, 4-6 และมีรายละเอียดดังตารางที่ ข-41 ถึง ข-50 ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 4-5 ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

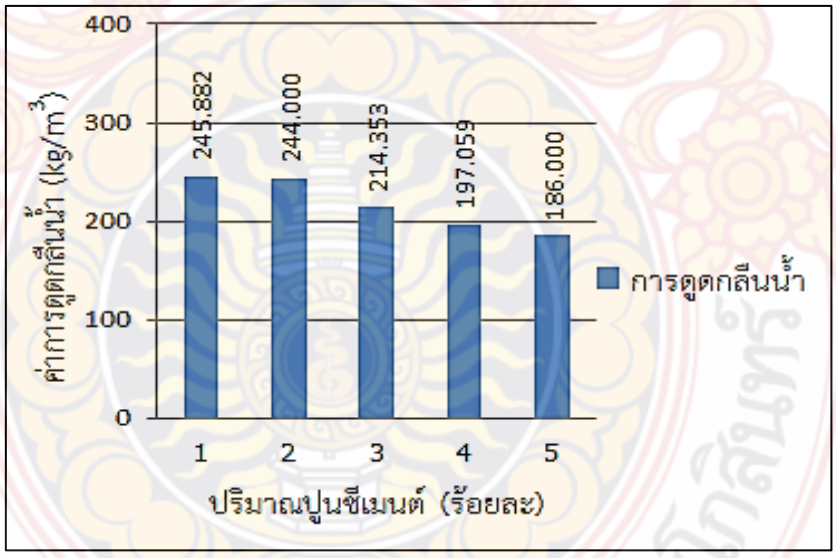
ปริมาณปูนซีเมนต์	ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย (kg/m^3)	ค่าการดูดกลืนน้ำ (kg/m^3)
ร้อยละ 1	1,437.206	175.294
ร้อยละ 2	1,495.765	156.706
ร้อยละ 3	1,506.824	143.529
ร้อยละ 4	1,599.882	125.529
ร้อยละ 5	1,613.529	106.471

ตารางที่ 4-6 ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

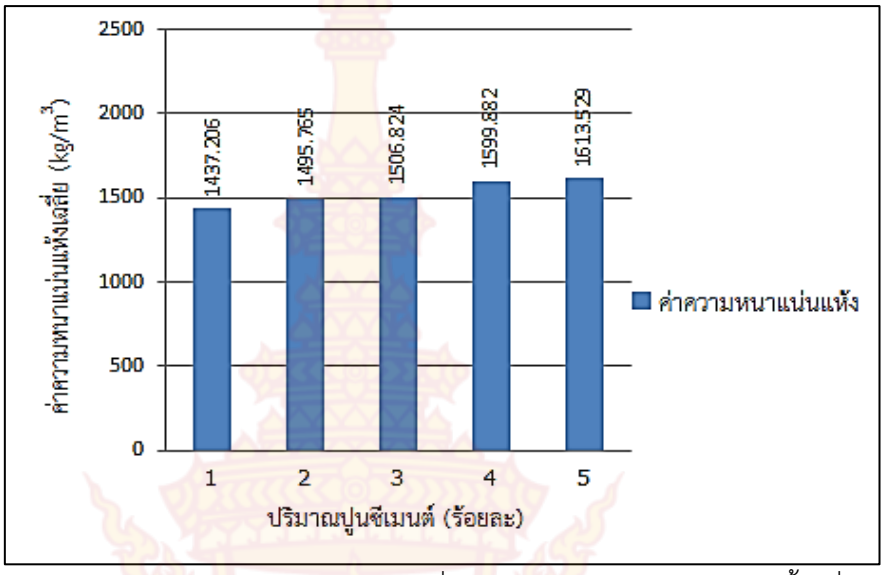
ปริมาณปูนซีเมนต์	ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย (kg/m^3)	ค่าการดูดกลืนน้ำ (kg/m^3)
ร้อยละ 1	1,663.059	245.882
ร้อยละ 2	1,726.118	244.000
ร้อยละ 3	1,771.059	214.353
ร้อยละ 4	1,824.706	197.059
ร้อยละ 5	1,843.059	186.000



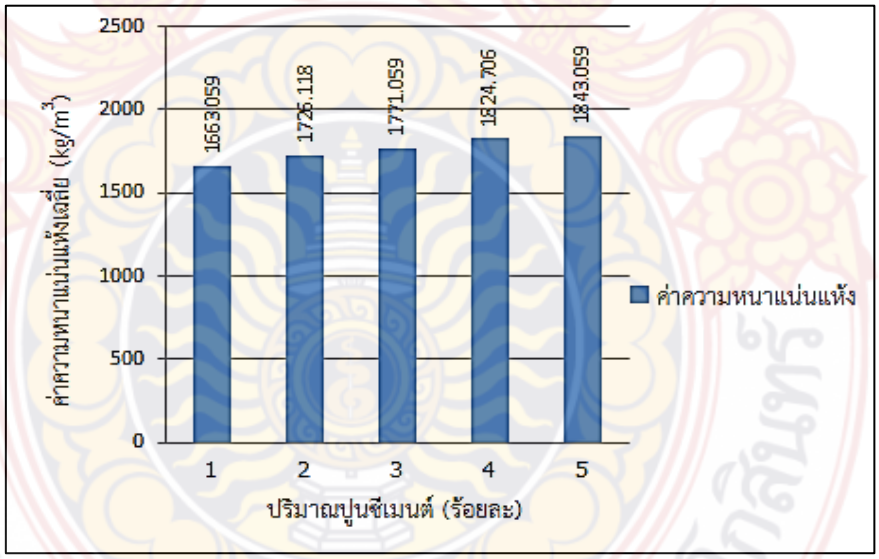
ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5



ภาพที่ 4-4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5



ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5

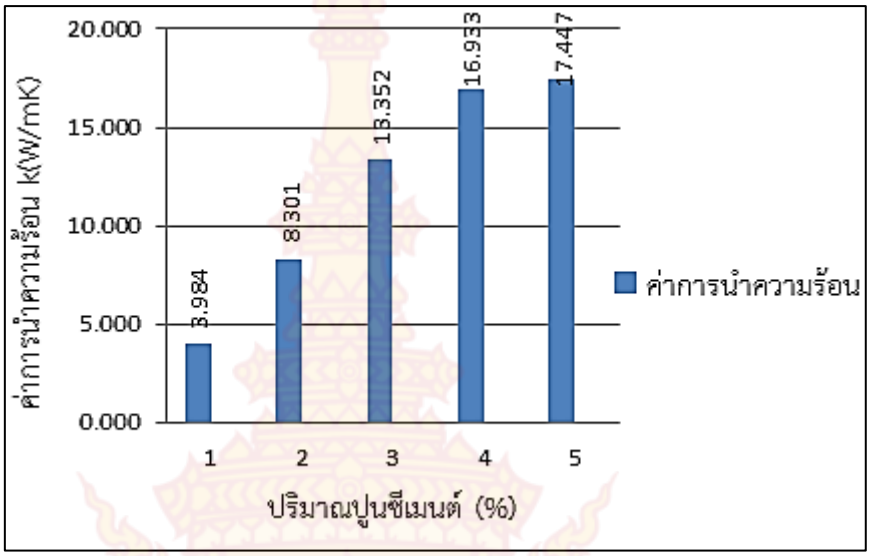


ภาพที่ 4-6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5

4.2.3 ผลการทดสอบการนำความร้อน ทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม พบว่าตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าเฉลี่ยการนำความร้อนน้อยที่สุดเท่ากับ 3.984 k (W/mK) และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 5 มีค่าเฉลี่ยการนำความร้อนมากที่สุดเท่ากับ 17.447 k (W/mK) ส่วนตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าเฉลี่ยการนำความร้อนน้อยที่สุดเท่ากับ 4.453 k (W/mK) และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 5 มีค่าเฉลี่ยการนำความร้อนมากที่สุดเท่ากับ 12.173 k (W/mK) โดยมีผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4-5, 4-6 ภาพที่ 4-5, 4-6 และมีรายละเอียดดังตารางที่ ข-51 ถึง ข-60 ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 4-7 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

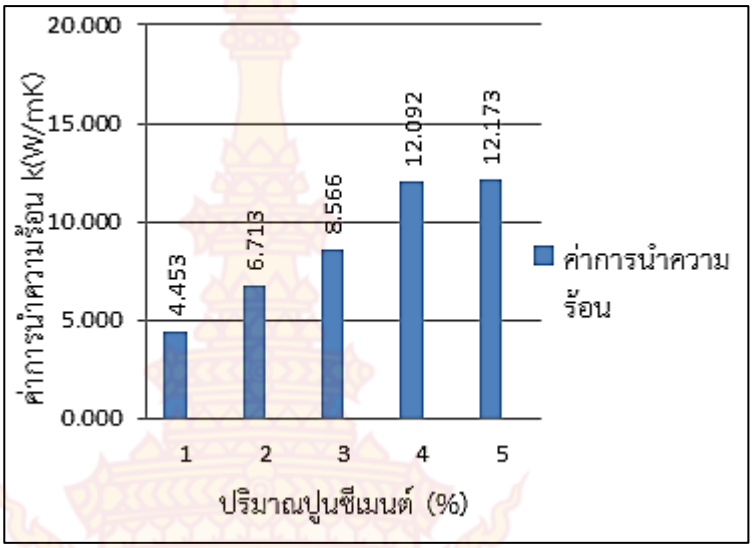
ปริมาณปูนซีเมนต์	**ค่าการนำความร้อน k (W/mK)**
ร้อยละ 1	3.984
ร้อยละ 2	8.301
ร้อยละ 3	13.352
ร้อยละ 4	16.933
ร้อยละ 5	17.447



ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงค่าการนำความร้อนเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 1-5

ตารางที่ 4-8 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ปริมาณปูนซีเมนต์	**ค่าการนำความร้อน k (W/mK)**
ร้อยละ 1	4.453
ร้อยละ 2	6.713
ร้อยละ 3	8.566
ร้อยละ 4	12.092
ร้อยละ 5	12.173



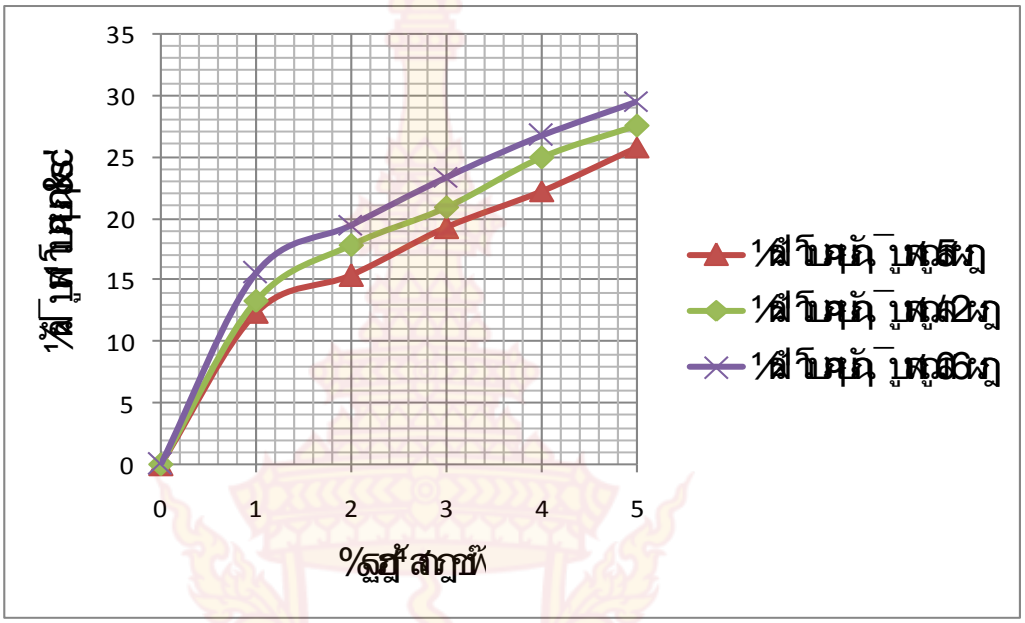
รูปที่ 4-8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการนำความร้อนเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

4.2.4 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัด ทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม พบว่าตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัดน้อยที่สุดที่อายุการบ่มที่ 7 วัน มีค่าเท่ากับ 12.395 ksc ที่อายุการบ่ม 14 วันมีค่าเท่ากับ 13.282 ksc และที่อายุการบ่ม 28 วันมีเท่ากับ 15.574 ksc โดยที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 ค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัดมากที่สุด ที่อายุการบ่มที่ 7 วัน มีค่าเท่ากับ 25.850 ksc ที่อายุการบ่ม 14 วันมีค่าเท่ากับ 27.580 ksc และที่อายุการบ่ม 28 วันมีเท่ากับ 29.580 ksc ส่วนตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าเฉลี่ยการต้านทานแรงอัดน้อยที่สุดที่อายุการบ่มที่ 7 วัน มีค่าเท่ากับ 18.057 ksc ที่อายุการบ่ม 14 วัน มีค่าเท่ากับ 18.852 ksc และที่อายุการบ่ม 28 วัน มีค่าเท่ากับ 22.002 ksc โดยที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 ค่าเฉลี่ยการต้านทาน

แรงอัดมากที่สุด ที่อายุการบ่มที่ 7 วัน มีค่าเท่ากับ 55.444 ksc ที่อายุการบ่ม 14 วันมีค่าเท่ากับ 62.100 ksc และที่อายุการบ่ม 28 วันมีเท่ากับ 76.920 ksc โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4-9, 4-10 และภาพที่ 4-6, 4-7 รายละเอียดดังตารางที่ ข-11 ถึง ข-40 ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 4-9 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

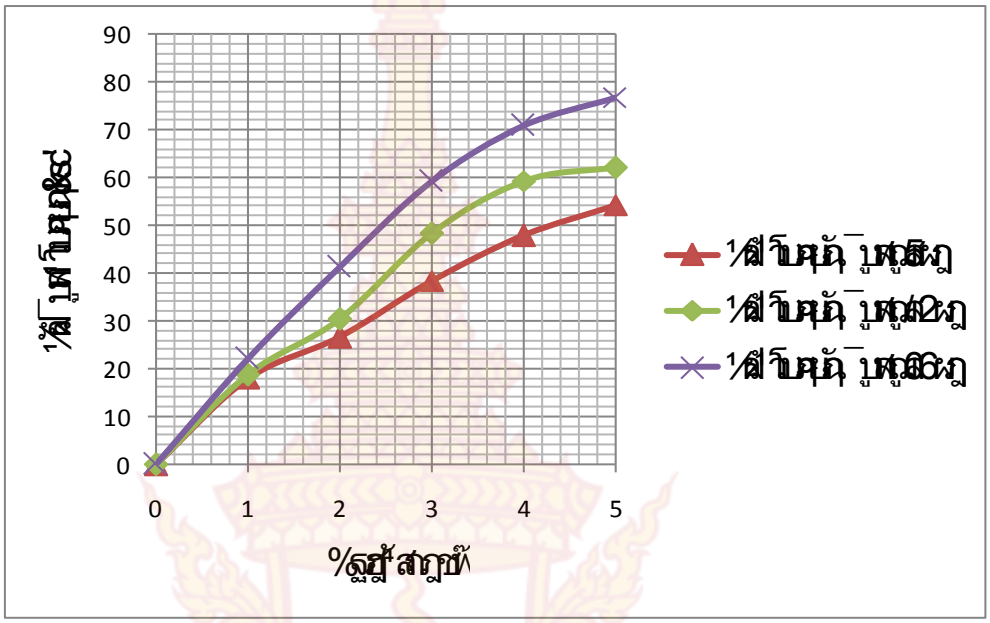
ปริมาณปูนซีเมนต์	อายุการบ่มที่ 7 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)	อายุการบ่มที่ 14 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)	อายุการบ่มที่ 28 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)
ร้อยละ 1	12.395	13.282	15.574
ร้อยละ 2	15.400	17.879	19.549
ร้อยละ 3	19.335	20.885	23.450
ร้อยละ 4	22.300	25.000	26.771
ร้อยละ 5	25.850	27.580	29.580



ภาพที่ 4-9 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ตารางที่ 4-10 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ปริมาณปูนซีเมนต์	อายุการบ่มที่ 7 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)	อายุการบ่มที่ 14 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)	อายุการบ่มที่ 28 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)
ร้อยละ 1	18.057	18.852	22.002
ร้อยละ 2	26.791	30.306	41.319
ร้อยละ 3	33.100	48.330	59.073
ร้อยละ 4	45.921	59.404	70.783
ร้อยละ 5	55.444	62.100	76.920



ภาพที่ 4-10 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น

ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลด้านต่างๆ ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม (วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณร้อยละ 1-5 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณร้อยละ 1-5) โดยทำการพิจารณาเปรียบเทียบ จากผลการทดสอบในส่วนของการตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติ การดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง การนำความร้อน และความต้านทานแรงอัด โดยอ้างอิงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก.827-2531กระทรวงอุตสาหกรรม และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกผนังรับน้ำหนัก มอก.57-2533 กระทรวงอุตสาหกรรม โดยมีผลการเปรียบเทียบผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล (ตารางที่ 4-11)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติของบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพและวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการศึกษา และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม คือตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจาก วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 และตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการทดสอบคุณลักษณะทั่วไปและมิติ ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ทีอัตราส่วนผสมต่างๆ มีลักษณะทั่วไปและมิติผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 387-2531 กระทรวงอุตสาหกรรม ที่กำหนดไว้ว่า ที่ความหนา 60 mm ความกว้าง และความยาวต้องมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 2 mm ส่วนตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ทีอัตราส่วนผสมต่างๆ มีลักษณะทั่วไปและมิติ ไม่ผ่านเกณฑ์ ด้านมิติความหนาตามมาตรฐานอุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก.827-2531 กระทรวงอุตสาหกรรม ที่กำหนดไว้ว่าต้องมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 mm ซึ่งแสดงให้แสดงให้เห็นว่า วัสดุหินฝุ่นมีส่วนช่วยให้ช่องว่างของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพลดลง มีความแน่นขึ้น เมื่อผสมเข้ากับปูนซีเมนต์แล้ว อัดขึ้นรูปเป็นบล็อกปูพื้นจึงไม่เกิด รอยแตกร้าว บิ่น และหลุดร่อน

5.1.2 สรุปผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำ ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5 และตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจาก วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5 ทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุด และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าการดูด

ดูดกลืนน้ำน้อยที่สุด ซึ่งพบว่า ค่าการดูดกลืนน้ำ มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณปูนซีเมนต์ที่เพิ่มมากขึ้น โดยการใช้วัสดุหินฝุ่นผสมกับวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ทำให้ขนาดคละของวัสดุมวลรวมดีขึ้น ความหนาแน่นต่อก้อนสูงขึ้น ทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำลดลง

5.1.3 สรุปผลการทดสอบค่าความหนาแน่นแห้ง ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5และตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจาก วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5 ทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าความหนาแน่นแห้งน้อยที่สุด และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าความหนาแน่นแห้งมากที่สุด ซึ่งพบว่า ค่าความหนาแน่นแห้งมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณปูนซีเมนต์ที่เพิ่มมากขึ้น และการใช้วัสดุหินฝุ่นผสมกับวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ทำให้ขนาดคละของวัสดุมวลรวมดีขึ้น ความหนาแน่นและน้ำหนักของบล็อกปูพื้นมีค่าเพิ่มมากขึ้น

5.1.4 สรุปผลการทดสอบการนำความร้อน ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจาก วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 และตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าการนำความร้อนน้อยที่สุด และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าการนำความร้อนความมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนผสมมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าการนำความร้อนเพิ่มสูงขึ้น และการใช้วัสดุหินฝุ่นผสมกับวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพทำให้ค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มที่ลดลง ดีกว่าการใช้วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพเพียงอย่างเดียวในการทำบล็อกปูพื้น

5.1.5 สรุปผลการทดสอบความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่มตัวอย่างทดสอบ ที่อายุ 7, 14 และ 28วัน ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 มีค่ากำลังต้านทานแรงอัดในทุกอัตราส่วนผสมต่ำกว่า ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจาก วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 โดยเมื่อนำค่ากำลังต้านทานแรงอัดของทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531 กระทรวงอุตสาหกรรม พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ว่า ต้องค่าความต้านทาน

แรงอัด ของบล็อกแต่ละก้อนต้องไม่น้อยกว่า 356.77 ksc (30 MPa) และต้องมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 407.74 ksc (40 MPa) แต่ในส่วนของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าความต้านทานแรงอัดผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกผนังรับน้ำหนัก มอก.57-2533 กระทรวงอุตสาหกรรม ชั้นคุณภาพ ก. ซึ่งกำหนดไว้ว่าต้องมีค่าความต้านทานแรงอัดอัด 71.36 ksc. (7 Mpa)

จากผลของการศึกษาวิจัยจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีคุณสมบัติทางกายภาพในส่วนของลักษณะทั่วไปและมิติ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน การดูดกลืนน้ำและการนำความร้อนมีค่าที่เหมาะสมไม่มากจนเกินไป และมีค่าคุณสมบัติทางกลในส่วนของ ความต้านทานแรงอัดที่มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการนำวัสดุหินฝุ่นมาช่วยผสมร่วมกับวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ทำให้บล็อกปูพื้นมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดีขึ้นกว่าการใช้วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เพียงอย่างเดียว

แต่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ในส่วนของคุณสมบัติทางกลในส่วนของความต้านทานแรงอัดของบล็อกปูพื้นที่ได้ ยังมีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531 กระทรวงอุตสาหกรรม ในการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป จึงควรให้ความสำคัญในการพัฒนากำลังอัดให้มีกำลังอัดที่สูงขึ้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาเพื่อพัฒนากำลังอัดของบล็อกปูพื้นให้สามารถรับกำลังอัดที่สูงขึ้น โดยให้ความสำคัญในส่วนของการปรับปรุงขนาดคละของวัสดุ ให้มีขนาดคละที่ดีและเหมาะสม และพิจารณาเกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสม เป็นต้น

5.2.2 ควรศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนผสมอย่างละเอียด เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้อย่างแท้จริง

5.2.3 ควรศึกษาเกี่ยวกับ ปริมาณของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีอยู่ในวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพว่ามีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล มากน้อยเพียงใด

5.2.4 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นเพียงการทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่านั้น จึงควรมีการนำไปประยุกต์ใช้จริง ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุปูพื้น และการนำไปใช้ในงานก่อสร้าง ตลอดจนศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งาน เป็นต้น

บทสรุปการดำเนินงานและผลงานวิจัย

การพัฒนาเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่

Developed to enhance the properties of the paving block at produced from pavement recycling

อาทร ชูพลสัตย์[1] และ ณิชาภา มินาบูลย์

บทคัดย่อ : จากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคุณสมบัติ ทากายภาพและทางกลของ บล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ในส่วนของ ลักษณะทั่วไปและมิติ การดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง การนำความร้อน และความต้านทานแรงอัด โดยได้จัดทำบล็อกในรูปแบบ คดกริช (รูปตัวหนอน) ขนาด 22 x 11 x 6 cm

จากผลของการศึกษาวิจัยจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีคุณสมบัติทางกายภาพในส่วนของ ลักษณะทั่วไปและมิติ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน การดูดกลืนน้ำและการนำความร้อนมีค่าที่เหมาะสมไม่มากจนเกินไป และมีค่าคุณสมบัติทางกลในส่วนของ ความต้านทานแรงอัดที่มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการนำวัสดุหินฝุ่นมาช่วยผสมร่วมกับวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ทำให้บล็อกปูพื้นมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดีขึ้นกว่าการใช้วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ : บล็อกปูพื้น, หินฝุ่น,ความต้านทานแรงอัด

ABSTRACT: The purpose of this research to study the physical and mechanical properties. Block flooring made from the material deterioration on the part of the general characteristics and dimensions. Water absorption and Dry density Heat conduction Compressive Strength. By creating a Block paving in the format Uni pave size 22 x 11 x 6 cm.

The results of the study can be seen that. Sample block flooring made from the same material deterioration dust stone ratio 1: 1 mixed Portland cement type 1 at cement volume 5 percent. In terms of physical properties general characteristics and dimensions standard. The absorption of Water absorption and Heat conduction appropriate not much too and the mechanical properties of the part Compressive strength at the most. Suggests that dust Stone can be mixed with the original material deterioration. Thus paving blocks with good mechanical properties and more using the same materials combined with obsolescence Portland cement type 1.

KEYWORDS : Paving block, Dust stone, Compressive strength

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กรมทางหลวงได้ประยุกต์ใช้ปูนซีเมนต์ในการซ่อมแซมถนนที่ชำรุด โดยการทำขุดรื้อผิวทางเดิมที่ชำรุดขึ้นมาผสมกับปูนซีเมนต์ และบดอัดด้วยรถบดจนได้ความหนาแน่นตามมาตรฐาน วิธีนี้เรียกว่า “การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling)ตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.-ม213/2543 ข้อดีของวิธีการนี้คือประหยัดและรวดเร็วเมื่อเทียบกับการปรับปรุงและซ่อมแซมถนนโดยวิธีอื่น หากมีการนำวัสดุจากโครงสร้างชั้นทางเดิมกลับมาใช้งานใหม่ จะช่วยให้ปริมาณงานและค่าปรับปรุงถนนเดิมลดลง ประหยัด งบประมาณ อีกทั้งประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัสดุใหม่มาใช้งานลดการทำลายถนนในเส้นทางการขนส่งจากแหล่งวัสดุใหม่มายังหน้างาน รวมทั้งยังเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

การปรับปรุงวัสดุพื้นทางเดิมโดยการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่ สามารถแบ่งได้เป็นสองรูปแบบ คือ 1) วัสดุชั้นทางเดิมจะถูกขุดไสกัดขึ้นมาแล้วแยกเป็นกองไว้ เป็นกองหินคลุกซีเมนต์และกองผิวทางแอสฟัลต์เพื่อนำไปผสมกับน้ำและปูนซีเมนต์ก่อนจะนำไปบดอัด และ 2) ผิวทางและพื้นทางเดิมจะถูกกัดโดยเครื่องจักรพร้อมๆกับผสมน้ำ และปูนซีเมนต์พร้อมกับการบดอัด โดยรูปแบบที่หนึ่งนิยมใช้เมื่อผิวทางมีความหนาพอสมควร ในขณะที่รูปแบบที่สองจะนิยมใช้เมื่อผิวทางมีความหนาไม่มากนัก

จากวัสดุชั้นทางเดิมที่ถูกขุดไสกัดขึ้นมา พบว่าเมื่อนำไปใช้ในการบดอัดเป็นชั้นทางของถนนแล้ว ยังมีส่วนที่เหลือใช้เป็นขยะเหลือทิ้งจำนวนมากในแต่ละแขวงการทาง และสำนักบำรุงทางต่างๆ ของกรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพซึ่งประกอบด้วยชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต และชั้นพื้นทางหินคลุกเสื่อมคุณภาพมาใช้เป็นวัสดุในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง ประเภทวัสดุปูพื้น เนื่องจากเห็นว่าขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ที่เป็นขยะเหลือทิ้งจากกระบวนการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้ใหม่ (Pavement Recycling) ที่มีปริมาณมากในแต่ละแขวงการทาง และสำนักงานบำรุงทางต่างๆ ของกรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท ตลอดจนกลายเป็นขยะเหลือทิ้งอยู่ในสภาพแวดล้อมตามพื้นที่ต่างๆ โดยทั่วไป ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง ตลอดจนสิ้นเปลืองงบประมาณในการจัดการพื้นที่ในการจัดเก็บเป็นอย่างมาก

ดังนั้นจากปัญหาและเหตุผลดังกล่าว ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ “การพัฒนาเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่” โดยเป็นการนำขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในอีกรูปแบบหนึ่ง โดยนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุปูพื้น ซึ่งการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้ขยะวัสดุชั้นทางเดิมที่ประกอบด้วยผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต และชั้นพื้นทางหินคลุกเสื่อมคุณภาพมาผสมปูนซีเมนต์ประเภท1 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพมาผสมร่วมกับวัสดุหินฝุ่นกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 ที่อัตราส่วนผสมต่างๆอัดขึ้นรูป เป็นบล็อกปูพื้นรูปแบบคดกริช (ตัวหนอน) และทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล ของตัวอย่างทดสอบว่ารูปแบบอัตราส่วนผสมใดจะมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการผลิตเป็นวัสดุปูพื้น และสามารถนำไปใช้ได้จริงในงานก่อสร้าง ตลอดจนเป็นการใช้วัสดุเหลือทิ้งในการก่อสร้างทางหลวง ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติและหาอัตราส่วนผสมที่มีความเหมาะสม สำหรับการผลิตบล็อกปูพื้นที่ผลิตขึ้นจากขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ เป็นวัสดุหลัก

1.2.2 เพื่อเป็นการลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม และเป็นการนำขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านวิศวกรรม ในอีกรูปแบบหนึ่ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ทำการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆ ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ หินฝุ่น และ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ใช้ในการผลิตเป็นตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น จากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยทำการหาปริมาณความชื้น การหาขนาดคละ และหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ และวัสดุหินฝุ่น การหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม สำหรับการทำตัวอย่างทดสอบ

1.3.2 ผลิตตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น โดยใช้รูปแบบอัตราส่วนผสม 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม คือ วัสดุผิวชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถทราบถึงคุณสมบัติ และอัตราส่วนผสม ที่มีความเหมาะสม ในการนำไปใช้ในการผลิต เป็นบล็อกปูพื้นที่ผลิตขึ้นจากขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพเป็นวัสดุหลัก

1.4.2 ฐานข้อมูลการวิจัย เกี่ยวกับวัสดุปูพื้นมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ และใช้ในการก่อสร้างได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.3 สามารถนำขยะเหลือทิ้ง ประเภท ขยะวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ มาหมุนเวียน ใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านวิศวกรรม ในส่วนของงานก่อสร้าง เป็นการลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม และใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า

1.4.4 สามารถนำผลงานวิจัยเผยแพร่บทความทางวิชาการ เพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการต่างๆ

1.4.5 งานวิจัยนี้เป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจชุมชน เนื่องจากเป็นการใช้วัสดุเหลือทิ้งในงานก่อสร้าง ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเนื่องที่ตามมา อาทิเช่น การจ้างงาน และส่งเสริมระบบเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

1.4.6 เป็นการส่งเสริมนักวิจัยให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้น เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านการศึกษาวิจัย และการถ่ายทอดเทคโนโลยี ตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ

1.4.7 งานวิจัยนี้ มุ่งศึกษาวิจัยถึงการจัดการขยะของชุมชน และของกระบวนการการก่อสร้าง ให้เกิดผลสำเร็จ และเกิดประโยชน์สูงสุด ทำให้สภาพแวดล้อมของชุมชุนเกิดความเหมาะสม กับการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ

2. การดำเนินการศึกษาวิจัย

2.1 การเตรียมตัวอย่างวัสดุ

วัสดุที่ใช้ทำตัวอย่างทดสอบในการดำเนินการศึกษาวิจัยมีวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

2.1.1 วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ เป็นวัสดุเหลือทิ้งประกอบด้วยผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตและพื้นทางหินคลุกเดิม ที่ถูกขุดไสกัดขึ้นมา ก่อนนำมาใช้ทำตัวอย่างทดสอบ ทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 mm) และค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 (0.08 mm)

2.1.2 หินฝุ่น โดยหินฝุ่น ก่อนนำมาใช้ทำตัวอย่างทดสอบ ทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (ขนาด 4.75mm) และค้างบนตะแกรงเบอร์ 200 (ขนาด 0.080 mm)

2.1.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 สำหรับใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป เช่น ใช้ทำคอนกรีตโครงสร้าง ถนน สะพาน วัสดุก่อสร้างต่างๆ

2.1.4 น้ำ ใช้น้ำประปาสะอาด มาใช้เป็นส่วนผสมในการทำตัวอย่างทดสอบ

ปริมาณปูนซีเมนต์	ความกว้างเฉลี่ย (cm)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	ความหนาเฉลี่ย (cm)	น้ำหนักเฉลี่ย (kg)
ร้อยละ 1	11.1	22.06	6.64	2.486
ร้อยละ 2	11.1	22.18	6.1	2.571
ร้อยละ 3	11.1	22.2	6.58	2.597
ร้อยละ 4	11.1	22.08	6.64	2.657
ร้อยละ 5	11.02	22.04	6.78	2.769

2.2 การผลิตตัวอย่างทดสอบ

ทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผลิตตัวอย่างทดสอบในลักษณะรูปคดกริช (ตัวหนอน) มีขนาดยาว 22 cm กว้าง 12.5 cm หนา 6 cm จำนวน 2 รูปแบบอัตราส่วนผสมคือ วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 ถึง 5 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นในอัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 ถึง 5 จำนวนละ 150 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 300 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องผสมวัสดุในการผสมวัสดุทำตัวอย่างทดสอบ โดยมีลักษณะของเครื่องดังรูป 3.5 และใช้เครื่องอัดบล็อกปูพื้นแบบมือโยก (Cinva Ram) ในการอัดตัวอย่างทดสอบโดยมีลักษณะของเครื่องดังรูปที่ 3.6 สำหรับทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น หลังจากนั้นดำเนินการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลต่างๆ

ปริมาณปูนซีเมนต์	ความกว้างเฉลี่ย (cm)	ความยาวเฉลี่ย (cm)	ความหนาเฉลี่ย (cm)	น้ำหนักเฉลี่ย (kg)
ร้อยละ 1	11.1	22.06	6.14	2.854
ร้อยละ 2	11.1	22.18	6.10	2.917
ร้อยละ 3	11.1	22.2	6.02	2.973
ร้อยละ 4	11.1	22.08	6.10	3.196
ร้อยละ 5	11.02	22.04	6.12	3.218

ประเภทการทดสอบ	รูปแบบของอัตราส่วนผสม									
	วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ					วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น				
	ปริมาณปูนซีเมนต์					ปริมาณปูนซีเมนต์				
	1%	2%	3%	4%	5%	1%	2%	3%	4%	5%
ลักษณะทั่วไปและมิติ (28วัน)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
การดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง (28วัน)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
การนำความร้อน (28วัน)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ความต้านทานกำลังอัด										
- ที่อายุ 7 วัน	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
- ที่อายุ 14 วัน	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
- ที่อายุ 28 วัน	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
รวม	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

ตารางที่ 1 แสดงประเภทการทดสอบทางกายภาพและทางกลและจำนวนตัวอย่างของตัวอย่าง ทดสอบ

3. ผลการทดสอบ

3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล

ภาพที่ 1 ลักษณะตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ภาพที่ 2 ลักษณะตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติโดยเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ ผลิตจาก วัสดุชั้นทาง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติโดยเฉลี่ยของบล็อกปู

พื้นจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม พบว่าตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุดเท่ากับ 175.294 kg/m^3 และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าการดูดดูดกลืนน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 106.471 kg/m^3 ส่วนตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าการดูดกลืนน้ำสูงสุดเท่ากับ 245.882 kg/m^3 และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าการดูดดูดกลืนน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 186.000 kg/m^3 โดยมีผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4-5, 4-6 ภาพที่ 4-5, 4-6 และมีรายละเอียดดังตารางที่ ข-41 ถึง ข.50 ในภาคผนวก ข.

ผลการทดสอบความหนาแน่นแห้งทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม พบว่าตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,613.529 kg/m^3 และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีความหนาแน่นแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 1,437.206 kg/m^3

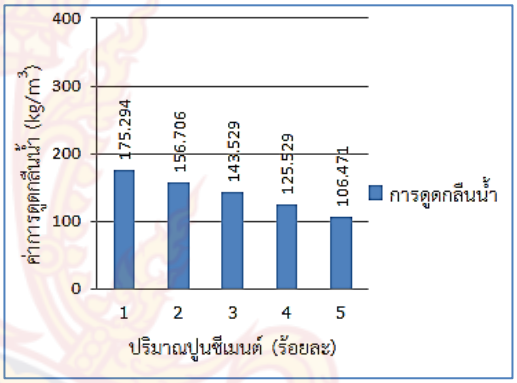
ส่วนตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเท่ากับ 1,843.059 kg/m^3 และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าความหนาแน่นแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 1,663.059 kg/m^3 โดยมีผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4-5, 4-6 ภาพที่ 4-5, 4-6 และมีรายละเอียดดังตารางที่ ข-41 ถึง ข-50 ในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

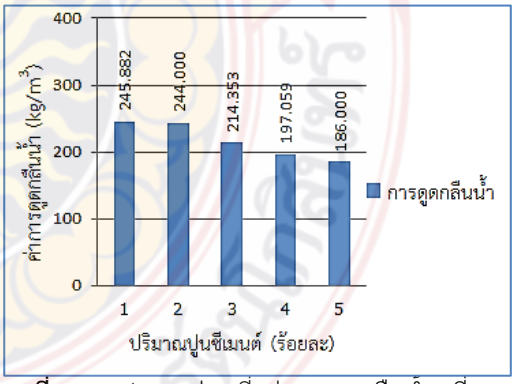
ปริมาณปูนซีเมนต์	ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย (kg/m^3)	ค่าการดูดกลืนน้ำ (kg/m^3)
ร้อยละ 1	1,437.206	175.294
ร้อยละ 2	1,495.765	156.706
ร้อยละ 3	1,506.824	143.529
ร้อยละ 4	1,599.882	125.529
ร้อยละ 5	1,613.529	106.471

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ปริมาณปูนซีเมนต์	ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย (kg/m^3)	ค่าการดูดกลืนน้ำ (kg/m^3)
ร้อยละ 1	1,663.059	245.882
ร้อยละ 2	1,726.118	244.000
ร้อยละ 3	1,771.059	214.353
ร้อยละ 4	1,824.706	197.059
ร้อยละ 5	1,843.059	186.000

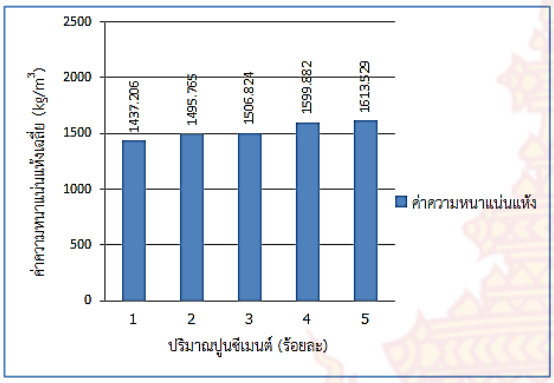


ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 – 5

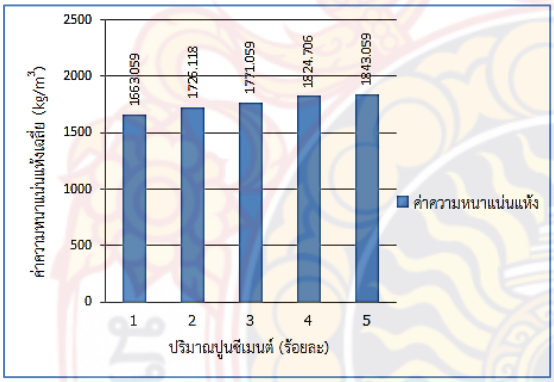


ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิม

เสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 - 5

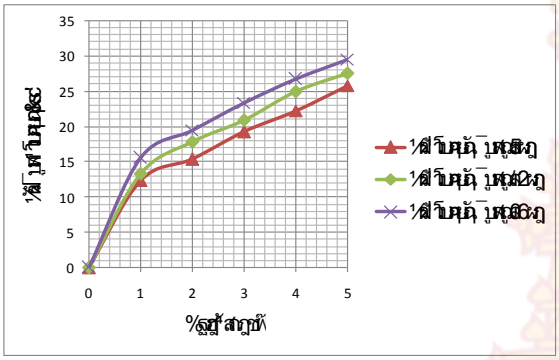


ภาพที่ 6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1–5

ผลการทดสอบการนำความร้อน ทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม พบว่าตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าเฉลี่ยการนำความร้อนน้อยที่สุดเท่ากับ 3.98 k(W/mK) และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 5 มีค่าเฉลี่ยการนำความร้อนมากที่สุดเท่ากับ 17.447 k(W/mK) ส่วนตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1 มีค่าเฉลี่ยการนำความร้อนน้อยที่สุดเท่ากับ 4.453 k(W/mK) และที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ 5 มีค่าเฉลี่ยการนำความร้อนมากที่สุดเท่ากับ 12.173 k(W/mK) โดยมีผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4-5, 4-6 ภาพที่ 4-5, 4-6 และมีรายละเอียดดังตารางที่ ข-51 ถึง ข-60ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

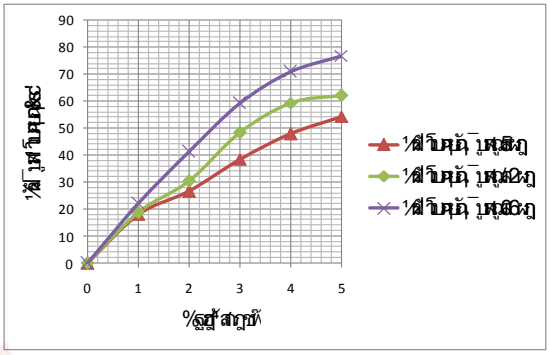
ปริมาณปูนซีเมนต์	อายุการบ่มที่ 7 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)	อายุการบ่มที่ 14 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)	อายุการบ่มที่ 28 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)
ร้อยละ 1	12.395	13.282	15.574
ร้อยละ 2	15.400	17.879	19.549
ร้อยละ 3	19.335	20.885	23.450
ร้อยละ 4	22.300	25.000	26.771
ร้อยละ 5	25.850	27.580	29.580



ภาพที่ 7 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

ปริมาณปูนซีเมนต์	อายุการบ่มที่ 7 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)	อายุการบ่มที่ 14 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)	อายุการบ่มที่ 28 วัน ค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย (ksc)
ร้อยละ 1	18.057	18.852	22.002
ร้อยละ 2	26.791	30.306	41.319
ร้อยละ 3	33.100	48.330	59.073
ร้อยละ 4	45.921	59.404	70.783
ร้อยละ 5	55.444	62.100	76.920



ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ย ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5

3.2 ผลการเปรียบเทียบผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น

ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลด้านต่างๆ ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม (วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณร้อยละ 1-5 และวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น ที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณร้อยละ 1-5) โดยทำการพิจารณาเปรียบเทียบ จากผลการทดสอบในส่วนของการตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติ การดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้ง การนำความร้อน และความต้านทานแรงอัด โดยอ้างอิงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก.827-2531กระทรวงอุตสาหกรรม และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกผนังรับน้ำหนัก มอก.57-2533 กระทรวงอุตสาหกรรม โดยมีผลการ

เปรียบเทียบผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล (ตารางที่ 4-11)

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแสนะ

สรุปผลการทดสอบความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่มตัวอย่างทดสอบ ที่อายุ 7, 14 และ 28วัน ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 มีค่ากำลังต้านทานแรงอัดในทุกอัตราส่วนผสมต่ำกว่า ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจาก วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1-5 โดยเมื่อนำค่ากำลังต้านทานแรงอัดของทั้ง 2 รูปแบบอัตราส่วนผสม มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531 กระทรวงอุตสาหกรรม พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ว่า ต้องค่าความต้านทานแรงอัด ของบล็อกแต่ละก้อนต้องไม่น้อยกว่า 356.77 ksc (30 MPa) และต้องมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 407.74 ksc (40 MPa) แต่ในส่วนของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีค่าความต้านทานแรงอัดผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกผนังรับน้ำหนัก มอก.57-2533 กระทรวงอุตสาหกรรม ชั้นคุณภาพ ก. ซึ่งกำหนดไว้ว่าต้องมีค่าความต้านทานแรงอัดอัด 71.36 ksc. (7 Mpa)

จากผลของการศึกษาวิจัยจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่นที่อัตราส่วน1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 มีคุณสมบัติทางกายภาพในส่วนของลักษณะทั่วไปและมิติ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน การดูดกลืนน้ำและการนำความร้อนมีค่าที่เหมาะสมไม่มากจนเกินไป และมีค่าคุณสมบัติทางกลในส่วนของ ความต้านทานแรงอัดที่มากที่สุด แสดงให้เห็นว่าการนำวัสดุหินฝุ่นมาช่วยผสมร่วมกับวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ทำให้บล็อกปูพื้นมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลที่ดีขึ้นกว่าการใช้วัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เพียงอย่างเดียว

แต่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ในส่วนของคุณสมบัติทางกลในส่วนของความต้านทานแรงอัดของบล็อกปูพื้นที่ได้ ยังมีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531 กระทรวงอุตสาหกรรม ในการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป จึงควรให้ความสำคัญในการพัฒนากำลังอัดให้มีกำลังอัดที่สูงขึ้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531

4.1 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ควรศึกษาเพื่อพัฒนากำลังอัดของบล็อกปูพื้นให้สามารถรับกำลังอัดที่สูงขึ้น โดยให้ความสำคัญในส่วนของการปรับปรุงขนาดคละของวัสดุ ให้มีขนาดคละที่ดีและเหมาะสม และพิจารณาเกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสม เป็นต้น

4.2.2 ควรศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนผสมอย่างละเอียด เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้อย่างแท้จริง

4.2.3 ควรศึกษาเกี่ยวกับ ปริมาณของยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีอยู่ในวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพว่ามีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล มากน้อยเพียงใด

4.2.4 การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นเพียงการทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่านั้น จึงควรมีการนำไปประยุกต์ใช้จริง ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุปูพื้น และการนำไปใช้ในงานก่อสร้าง ตลอดจนศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งาน เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

บรรณานุกรม

[1] มาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

[2] มาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกผนังประเภทรับน้ำหนัก มอก.57-2533, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

[3] คัมภีร์ สอนเจริญทรัพย์. การผลิตคอนกรีตบล็อกจากกากอุตสาหกรรมหินแกรนิต. โครงการภาควิชาเทคโนโลยีโยธา. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตตาก, 2547.

[4] คัมภีร์ สอนเจริญทรัพย์. การผลิตคอนกรีตบล็อกจากกากอุตสาหกรรมหินแกรนิต. โครงการภาควิชาเทคโนโลยีโยธา. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตตาก, 2547.

[5] คมกริช น่วมจิตร. การศึกษา และพัฒนาอิฐบล็อกจากกากตะกอนน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิศูนย์สุพรรณบุรี, 2548.

[6] ไชยยันต์ ชัยจักร, สมิตร ส่งพิริยะกิจ และกุลพัฒน์ วัฒนกูล. การผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากกากอุตสาหกรรมรีไซเคิลเหล็ก. โครงการภาควิชาเทคโนโลยีโยธา. วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[7] ชรินทร์ เสนาวงษ์. การทำคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนักจากเถ้าก้นเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบด.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2552.

[8] วรรณพงศ์ คล่องแคล่ว. การศึกษาความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดกับอายุวัสดุที่ใช้ในการบูรณะทางผิวทางแอสฟัลต์ โดยวิธี PAVEMENT IN-PLACE RECYCLE . วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สานักวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2553.

[9] จักรกฤช กะรัตน์ ,สุทธิรักษ์,พรมทะนา,อรสิทธิ์ ศรีทะจินต์.ศึกษาวิจัยคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของวัสดุปูพื้นบล็อกปูทางเท้าคอนกรีตพรุนรูปแบบต่างๆ. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 2556.

[10] ธีรยุทธ อุดมสินประเสริฐ ,วัชรินทร์ วิทยกุล ,ธันวิน สวัสดิศานต์. การวิจัยเรื่องการนำวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 40-50 มาใช้งานในสายทางรถบรรทุกหนัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, 2556.

เอกสารอ้างอิง

1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก.827-2531, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกผนังประเภทรับน้ำหนัก มอก.57-2533, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

3. คัมภีร์ สอนเจริญทรัพย์. การผลิตคอนกรีตบล็อกจากกากอุตสาหกรรมหินแกรนิต. โครงการภาควิชาเทคโนโลยีโยธา. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตตาก, 2547.

4. คัมภีร์ สอนเจริญทรัพย์. การผลิตคอนกรีตบล็อกจากกากอุตสาหกรรมหินแกรนิต. โครงการภาควิชาเทคโนโลยีโยธา. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตตาก, 2547.

5. คมกริช น่วมจิตร. การศึกษา และพัฒนาอิฐบล็อกจากกากตะกอนน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิศูนย์สุพรรณบุรี, 2548.

6. ไชยยันต์ ชัยจักร, สมิตร ส่งพิริยะกิจ และกุลพัฒน์ วัฒนกูล. การผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากกากอุตสาหกรรมรีไซเคิลเหล็ก. โครงการภาควิชาเทคโนโลยีโยธา. วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

7. ชรินทร์ เสนาวงษ์. การทำคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนักจากเถ้าก้นเตาระบบฟลูอิดไดซ์เบด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2552.

8. วรรณพงศ์ คล่องแคล่ว. การศึกษาความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดกับอายุวัสดุที่ใช้ในการบูรณะทางผิวทางแอสฟัลต์ โดยวิธี PAVEMENT IN-PLACE RECYCLE .วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สานักวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2553.

9. จักรกฤช กะรัตน์ ,สุทธิรักษ์,พรมทะนา,อรสิทธิ์ ศรีทะจินต์.ศึกษาวิจัยคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของวัสดุปูพื้นบล็อกปูทางเท้าคอนกรีตพรุนรูปแบบต่างๆ. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 2556.

10. ธีรยุทธ อุดมสินประเสริฐ ,วัชรินทร์ วิทยกุล ,ธันวิน สวัสดิศานต์. การวิจัยเรื่องการนำวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 40-50 มาใช้งานในสายทางรถบรรทุกหนัก. วิทยานิพนธ์

ปริญญาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, 2556.

ประวัตินักวิจัย

1.ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)	นายอาทร ชูพลสัตย์
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Mr. Arthorn Chuponsat
เลขบัตรประจำตัวประชาชน	3 1201 00655 99 1
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
เงินเดือน (บาท)	29,310
เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์)	20 ชั่วโมง : สัปดาห์

หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตศาลายา

96 หมู่ 3 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

โทรศัพท์ 02-8894585-7 ต่อ 2651

E-mail arthorn.chu@rmutr.ac.th

5. ประวัติการศึกษา
   - ปวช.ช่างก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต นนทบุรี
   - ปวส.ช่างก่อสร้าง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต นนทบุรี
   - ปริญญาตรี วิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
   - ปริญญาโท วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยรังสิต
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ
   - วิศวกรรมการทาง
   - วิศวกรรมขนส่ง
   - วิศวกรรมวัสดุ

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

7.1 งานวิจัยที่ดำเนินการ และแหล่งทุนงบประมาณที่ได้รับ

ชื่อทุนวิจัย	**แหล่งทุนงบประมาณ**	**ประจำปีงบประมาณ**	**ตำแหน่ง**
การศึกษาคุณสมบัติของดินชั้นทางลูกรังบดอัดผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และขี้เถ้าแกลบเปลือกไม้ยูคาลิปตัส	บริษัทอภิสิทธิ์แทรฟฟิค	พ.ศ. 2550	หัวหน้าโครงการ
การศึกษาการศึกษาวิธีการสำรวจและการทดสอบวัสดุก่อสร้างทาง (ดินลูกรัง) สำหรับใช้ในงานถนน	ผลประโยชน์	พ.ศ. 2551	หัวหน้าโครงการ
ขยะพลาสติกผสมดินบดอัด	ผลประโยชน์	พ.ศ. 2554	หัวหน้าโครงการ
การผลิตบล็อกประสานเพื่อชุมชนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	แผ่นดิน	พ.ศ.2555	หัวหน้าโครงการ

7.1 งานวิจัยที่ดำเนินการ และแหล่งทุนงบประมาณที่ได้รับ (ต่อ)

ชื่อทุนวิจัย	**แหล่งทุนงบประมาณ**	**ประจำปีงบประมาณ**	**ตำแหน่ง**
บล็อกประสานจากขยะคอนกรีต	แผ่นดิน	พ.ศ.2556	หัวหน้าโครงการ
บล็อกประสานจากอุตสาหกรรมหินแกรนิต	แผ่นดิน	พ.ศ.2557	หัวหน้าโครงการ
การศึกษาเปรียบเทียบแอสฟัลท์ติกคอนกรีตธรรมดากับแอสฟัลติกคอนกรีต ผสมยางสังเคราะห์ลู่วิ่งใช้แล้ว	แผ่นดิน	พ.ศ.2557	ผู้ร่วมวิจัย
การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในการผลิตบล็อกประสานหินฝุ่น	แผ่นดิน	พ.ศ.2557	ผู้ร่วมวิจัย
การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ในการบ่มบล็อกประสาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับแรงอัด	แผ่นดิน	พ.ศ.2557	ผู้ร่วมวิจัย
การพัฒนาความสามารถในการระบายน้ำและอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน	แผ่นดิน	พ.ศ.2558	หัวหน้าโครงการ
การศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต โดยแทนวัสดุมวลรวมด้วยคอนกรีตเก่า	แผ่นดิน	พ.ศ.2558	หัวหน้าโครงการ

7.2 ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ออกเผยแพร่ และการประชุมวิชาการ

อาทร ชูพลสัตย์, ประพัฒน์ สีใส, อภิเสฏฐ์ สุวรรณสะอาด, 2555, บล็อกประสานเพื่อชุมชน ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง, ประชุมวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 3 “การยกระดับคุณภาพชีวิตและภูมิปัญญาท้องถิ่นอาเซียน”, เชียงใหม่, 8-10 สิงหาคม 2555.

อาทร ชูพลสัตย์, 2556, การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของบล็อกประสานจากขยะคอนกรีต, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 “การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืน”, กรุงเทพฯ, 15-16 กรกฎาคม 2556.

อาทร ชูพลสัตย์, 2557, บล็อกประสานจากขยะคอนกรีต, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 “วิศวกรรมโยธากับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน”, ขอนแก่น, 14-16 พฤษภาคม 2557.

อาทร ชูพลสัตย์, 2557, บล็อกประสานจากอุตสาหกรรมหินแกรนิต, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 “วิศวกรรมโยธากับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน”, ขอนแก่น, 14-16 พฤษภาคม 2557.

อาทร ชูพลสัตย์, ณิชาภา มินาบูลย์, 2557, คุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของบล็อกประสานหินฝุ่นผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภททที่ 1. และเถ้าชานอ้อย, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 10 , เชียงราย, 20-22 ตุลาคม 2557.

2.ประวัติผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวณิชาภา มินาบูลย์

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss.Nichapha Minaboon

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 7303 00125 59 1

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

เงินเดือน (บาท) 22,750 บาท

เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 20 ชั่วโมง : สัปดาห์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ เลขที่ 96 หมู่ที่ 3 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

ประวัติการศึกษา

- ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ประเภทช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม
- ปริญญาตรีบริหารธุรกิจ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์
- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการด้านการนำวัสดุเหลือใช้มาพัฒนาทางวิศวกรรม
- ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
- ขยะพลาสติกผสมดินบดอัด งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2554 มทร.รัตนโกสินทร์ ดำเนินการเสร็จแล้ว : ผู้ร่วมวิจัย
- ถ่านอัดแท่งจากฟางข้าวผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร แหล่งทุนงบประมาณผลประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555 ดำเนินการเสร็จแล้ว : ผู้ร่วมวิจัย

- การผลิตถ่านชีวมวลจากวัสดุเหลือใช้ในการเกษตรกรรม เพื่อชุมชน ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง แหล่งทุนงบประมาณ โครงการส่งเสริมวิจัยในอุดมศึกษา (สกอ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555 ดำเนินการเสร็จแล้ว : ผู้ร่วมวิจัย
- การผลิตกระเบื้องมุงหลังคาจากขุยมะพร้าวผสมเศษกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วทิ้ง แหล่งทุนงบประมาณ ผลประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2556 ดำเนินการเสร็จแล้ว : หัวหน้าโครงการวิจัย
- การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ในการบ่มบล็อกประสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับแรงอัด แหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 ดำเนินการเสร็จแล้ว : หัวหน้าโครงการวิจัย
- การประยุกต์ใช้เส้นใยทะลายปาล์มเปล่าเสริมกำลังของแผ่นหลังคาชิงเกิ้ลทดแทนเส้นใยแก้ว แหล่งทุนงบประมาณจากภายนอก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 กำลังดำเนินการ : ผู้ร่วมโครงการวิจัย
- เชื้อเพลิงอัดเม็ดจากทะลายปาล์มเปล่าเพื่อเป็นพลังงานเขียว แหล่งทุนงบประมาณจากภายนอก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557 กำลังดำเนินการ : ผู้ร่วมโครงการวิจัย
- ชั้นผิวทางแอสฟัลต์ผสมเศษยางรถยนต์ที่หมดสภาพเพื่อลดมลภาวะสิ่งแวดล้อม แหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558 ดำเนินการเสร็จแล้ว : หัวหน้าโครงการวิจัย
- การพัฒนาวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเศษวัสดุเหลือใช้ในไร่มันสำปะหลัง ฝ่ายบริหารคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย (CPM) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558 กำลังดำเนินการ : ผู้ร่วมโครงการวิจัย
- การประยุกต์ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้วแทนที่ทรายเพื่อลดการแตกร้าวจากการหดตัวของปูนฉาบ แหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559 รอทำสัญญา : หัวหน้าโครงการวิจัย
- การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตถนนยางพาราแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559 รอทำสัญญา : หัวหน้าโครงการวิจัย

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ
ที่ใช้ในการผลิตตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น

ตารางที่ ก-1 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ

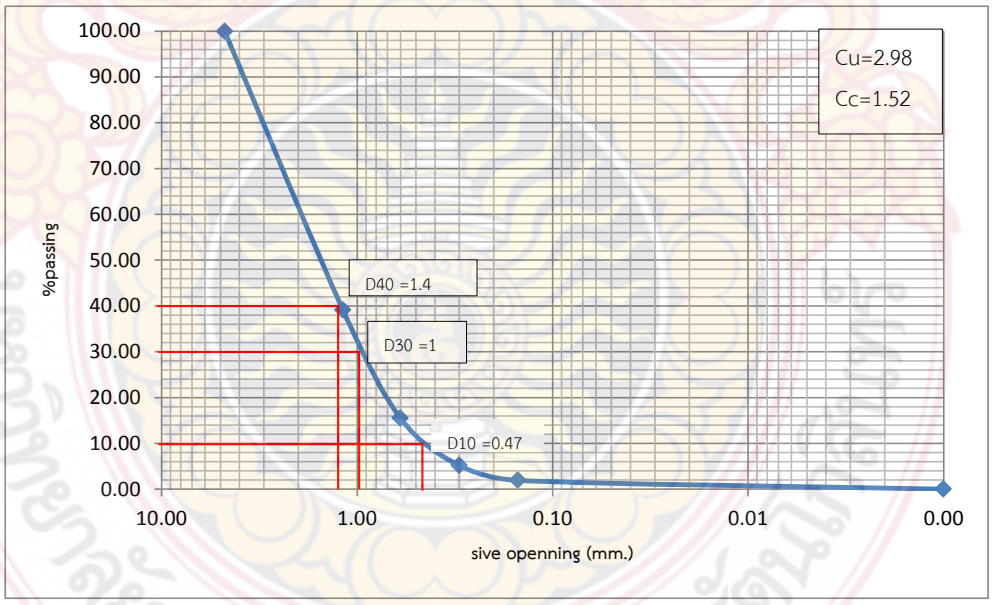
Can No	1	2	3	4	5
Wt. of Can + Wet Soil ; g.	190.8	190	205.1	229.5	220.4
Wt. of Can + Dry Soil ; g	188.4	187.9	203	227.2	218.3
Wt. of Can ; g.	47	35.9	34.8	28.8	46.7
Wt. of Dry Soil ; g.	141.4	152	168.2	198.4	171.6
Wt. water ; g.	2.4	2.1	2.1	2.3	2.1
Water content;%	1.70	1.38	1.25	1.16	1.22
Average Water content;%	1.34				

ตารางที่ ก-2 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของวัสดุหินฝุ่น

Can No	1	2	3	4	5
Wt. of Can + Wet Soil ; g.	187.8	190	215.1	237.5	210.4
Wt. of Can + Dry Soil ; g	185.2	187	212.4	234	207.1
Wt. of Can ; g.	43.8	35	44.2	35.6	35.5
Wt. of Dry Soil ; g.	141.4	152	168.2	198.4	171.6
Wt. water ; g.	2.6	3	2.7	3.5	3.3
Water content;%	1.84	1.97	1.61	1.76	1.92
Average Water content;%	1.82				

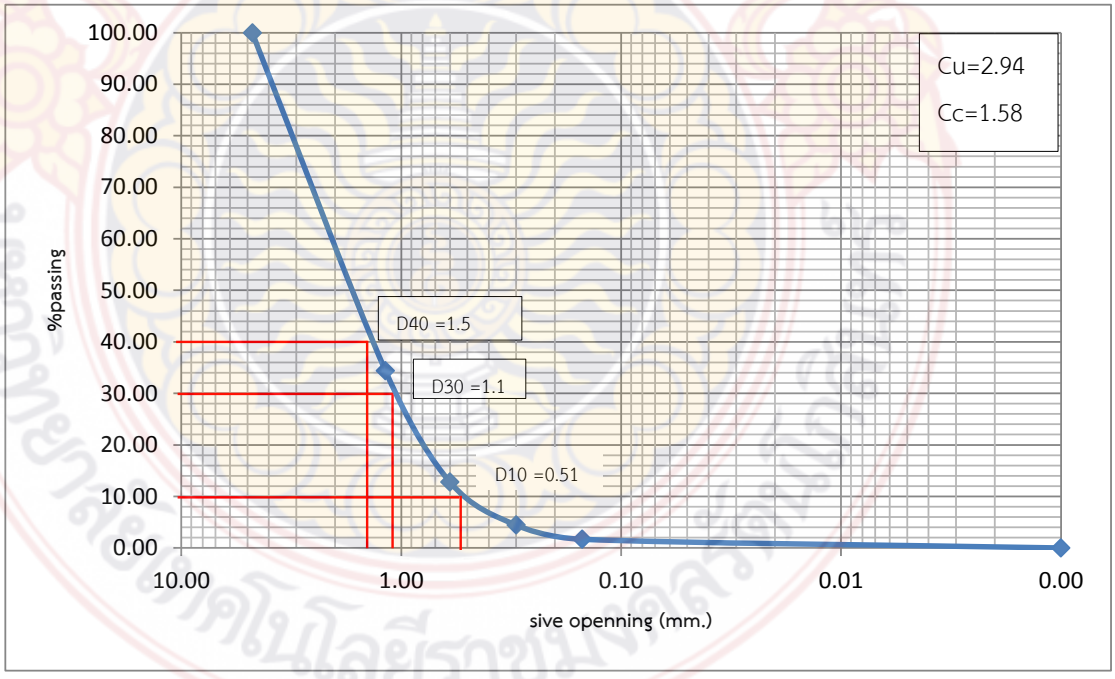
ตารางที่ ก-3 ผลการทดสอบหาค่า Sieve Analysis testing ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 1

SIVE NO.	SIVE OPENING (mm.)	WT.SIVE (gm)	WT.SIVE + WT.SIMPLE (gm)	WT.SIMPLE RETAINED (gm)	PERCENT RETAINED	COMULATIVE PERCENT RETAINED	PERCENT FINE OR PASSING
4	4.75	707.40	710.00	2.60	0.13	0.13	99.87
16	1.18	380.50	1594.40	1213.90	60.82	60.95	39.05
30	0.60	578.70	1049.00	470.30	23.56	84.51	15.49
50	0.30	553.60	759.60	206.00	10.32	94.83	5.17
100	0.15	286.60	351.50	64.90	3.25	98.09	1.91
PAN	0.00	497.40	535.60	38.20	1.91	100.00	0.00
				1995.90	100.00	438.51	



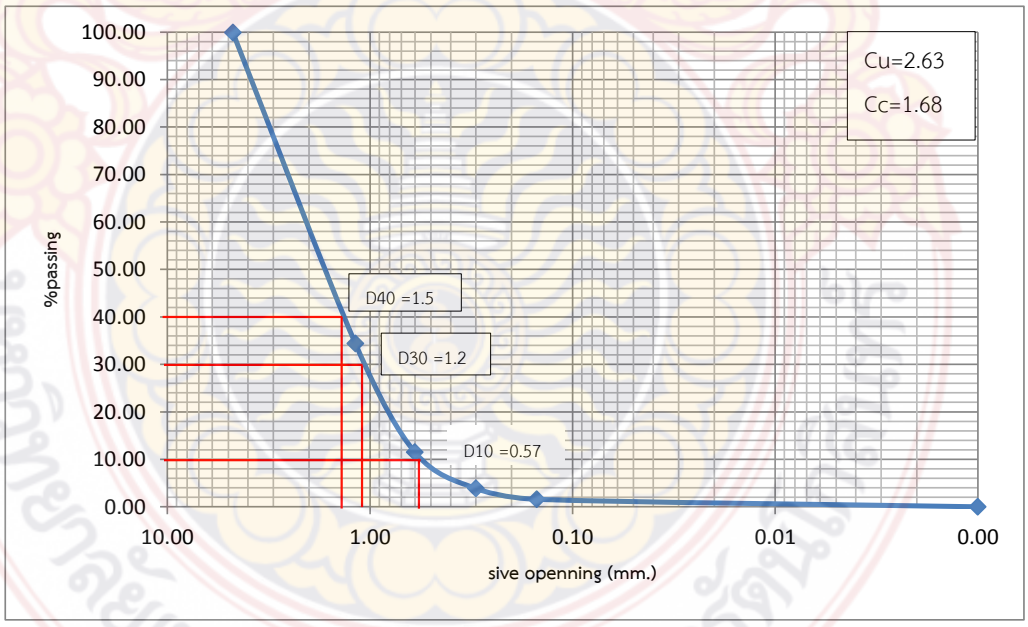
ตารางที่ ก-4 ผลการทดสอบหาค่า Sieve Analysis testing ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 2

SIVE NO.	SIVE OPENING (mm.)	WT.SIVE (gm)	WT.SIVE + WT.SIMPLE (gm)	WT.SIMPLE RETAINED (gm)	PERCENT RETAINED	COMULATIVE PERCENT RETAINED	PERCENT FINE OR PASSING
4	4.75	707.40	709.10	1.70	0.09	0.09	99.91
16	1.18	380.50	1690.30	1309.80	65.52	65.60	34.40
30	0.60	578.70	1011.00	432.30	21.629+	87.23	12.77
50	0.30	553.60	720.40	166.80	8.34	95.57	4.43
100	0.15	286.60	341.60	55.00	2.75	98.32	1.68
PAN	0.00	497.40	530.90	33.50	1.68	100.00	0.00
				1999.10	100.00	446.82	



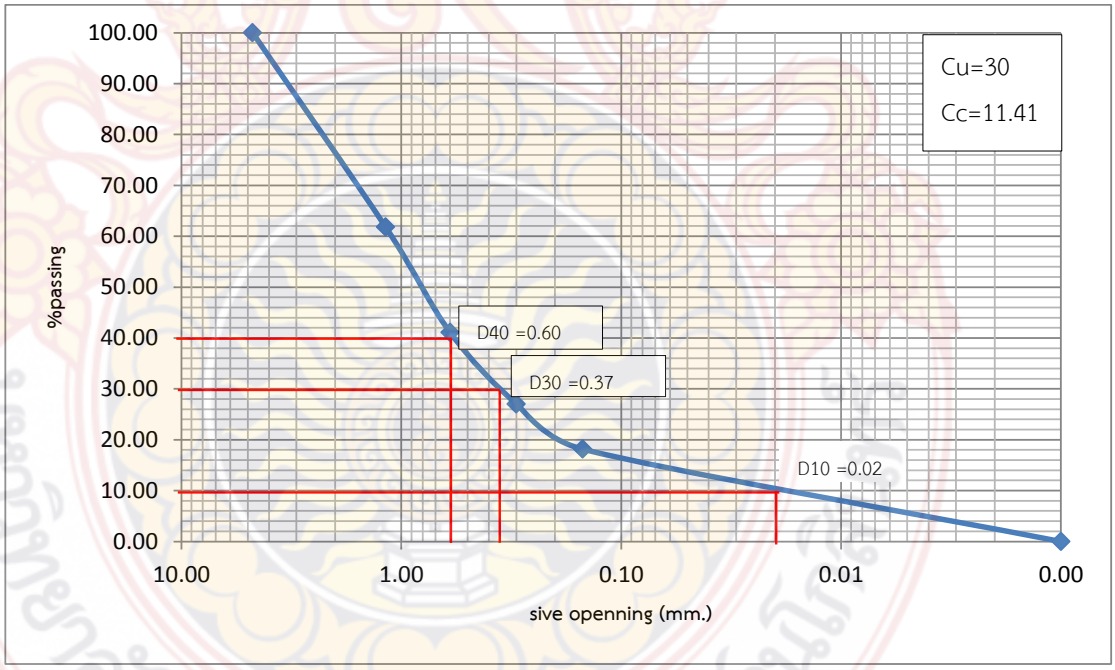
ตารางที่ ก-5 ผลการทดสอบหาค่า Sieve Analysis testing ของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 3

SIVE NO.	SIVE OPENING (mm.)	WT.SIVE (gm)	WT.SIVE + WT.SIMPLE (gm)	WT.SIMPLE RETAINED (gm)	PERCENT RETAINED	COMULATIVE PERCENT RETAINED	PERCENT FINE OR PASSING
4	4.75	707.40	709.30	1.90	0.10	0.10	99.90
16	1.18	380.50	1690.10	1309.60	65.53	65.62	34.38
30	0.60	578.70	1036.10	457.40	22.89	88.51	11.49
50	0.30	553.60	706.30	152.70	7.64	96.15	3.85
100	0.15	286.60	332.00	45.40	2.27	98.42	1.58
PAN	0.00	497.40	528.90	31.50	1.58	100.00	0.00
				1998.50	100.00	448.81	



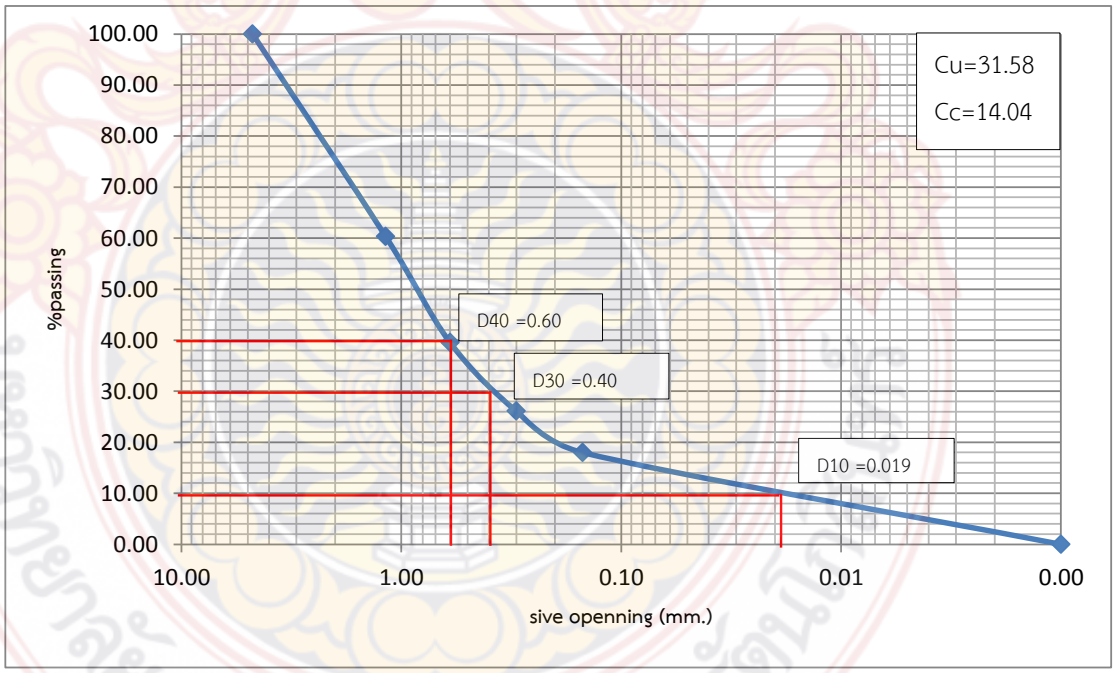
ตารางที่ ก-6 ผลการทดสอบหาค่า Sieve Analysis testing ของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 1

SIVE NO.	SIVE OPENING (mm.)	WT.SIVE (gm)	WT.SIVE + WT.SIMPLE (gm)	WT.SIMPLE RETAINED (gm)	PERCENT RETAINED	COMULATIVE PERCENT RETAINED	PERCENT FINE OR PASSING
4	4.75	707.40	707.40	0.00	0.00	0.00	100.00
16	1.18	380.50	1142.40	761.90	38.16	38.16	61.84
30	0.60	578.70	992.70	414.00	20.74	58.90	41.10
50	0.30	553.60	834.10	280.50	14.05	72.95	27.05
100	0.15	286.60	464.00	177.40	8.89	81.84	18.16
PAN	0.00	497.40	860.00	362.60	18.16	100.00	0.00
				1996.40	100.00	351.85	



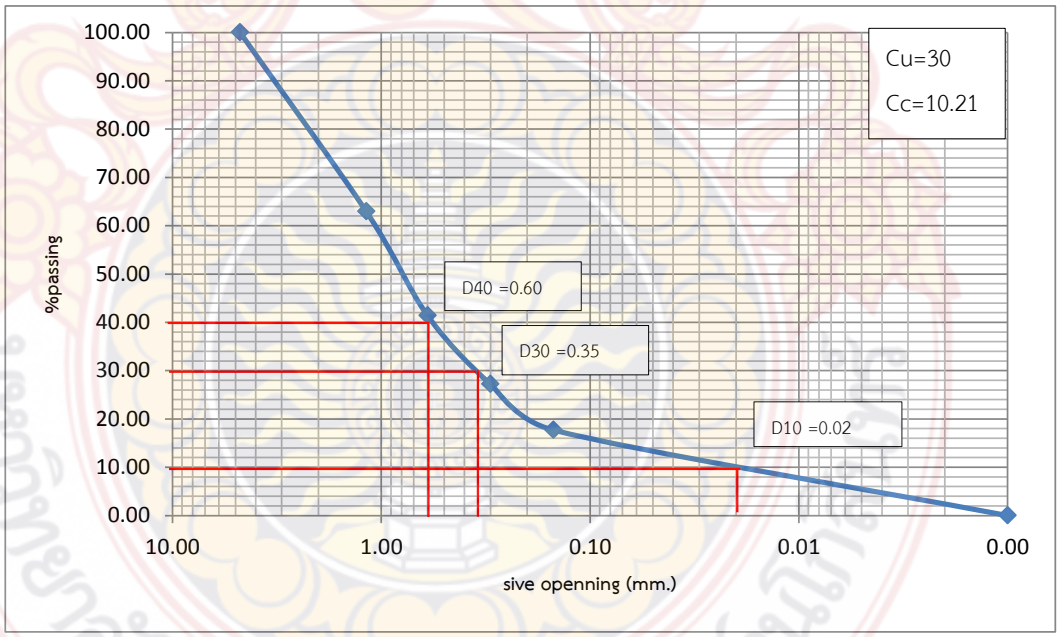
ตารางที่ ก-7 ผลการทดสอบหาค่า Sieve Analysis testing ของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 2

SIVE NO.	SIVE OPENING (mm.)	WT.SIVE (gm)	WT.SIVE + WT.SIMPLE (gm)	WT.SIMPLE RETAINED (gm)	PERCENT RETAINED	COMULATIVE PERCENT RETAINED	PERCENT FINE OR PASSING
4	4.75	707.40	707.40	0.00	0.00	0.00	100.00
16	1.18	380.50	1172.30	791.80	39.65	39.65	60.35
30	0.60	578.70	994.50	415.80	20.82	60.47	39.53
50	0.30	553.60	821.70	268.10	13.42	73.89	26.11
100	0.15	286.60	448.80	162.20	8.12	82.01	17.99
PAN	0.00	497.40	856.60	359.20	17.99	100.00	0.00
				1997.10	100.00	356.02	



ตารางที่ ก-8 ผลการทดสอบหาค่า Sieve Analysis testing ของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 3

SIVE NO.	SIVE OPENING (mm.)	WT.SIVE (gm)	WT.SIVE + WT.SIMPLE (gm)	WT.SIMPLE RETAINED (gm)	PERCENT RETAINED	COMULATIVE PERCENT RETAINED	PERCENT FINE OR PASSING
4	4.75	707.40	707.40	0.00	0.00	0.00	100.00
16	1.18	380.50	1120.90	740.40	37.08	37.08	62.92
30	0.60	578.70	1009.10	430.40	21.55	58.63	41.37
50	0.30	553.60	836.80	283.20	14.18	72.81	27.19
100	0.15	286.60	476.10	189.50	9.49	82.30	17.70
PAN	0.00	497.40	850.90	353.50	17.70	100.00	0.00
				1997.00	100.00	350.81	



ตารางที่ ก-9 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่าง ที่ 1

Determination No.	1	2	3
Temperature (t.) ℃	50	40	30
Density of water (dt). g/ml	0.988	0.992	0.996
Mass Pycnometer + Water + Sample $(W)_1$ g	919.000	924.600	929.000
Mass Pycnometer + Water $(W)_2$ g	650.500	653.600	655.000
Apperent Specific Gravity GA (t℃) = $\frac{B \times dt}{(B + W_2 - V}$	2.102	2.133	2.168
GA (30℃) = $\frac{GA \times dt}{0.9957}$	2.086	2.126	2.168

ตารางที่ ก-10 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 2

Determination No.	1	2	3
Temperature (t.) $^{\circ}C$	50	40	30
Density of water (dt). g/ml	0.988	0.992	0.996
Mass Pycnometer + Water + Sample $(W)_1$ g	927.200	930.700	932.500
Mass Pycnometer + Water $(W)_2$ g	647.500	650.700	651.500
Apperent Specific Gravity GA (t$^{\circ}C$) = $\frac{B \times dt}{(B + W_2 - V}$	2.215	2.227	2.245
GA (30$^{\circ}C$) = $\frac{GA \times dt}{0.9957}$	2.198	2.220	2.245

ตารางที่ ก-11 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ ตัวอย่างที่ 3

Determination No.	1	2	3
Temperature (t.) $^{\circ}C$	50	40	30
Density of water (dt). g/ml	0.988	0.992	0.996
Mass Pycnometer + Water + Sample$(W)_1$ g	922.900	926.200	929.700
Mass Pycnometer + Water $(W)_2$ g	651.300	654.100	655.900
Apperent Specific Gravity GA (t$^{\circ}C$) = $\frac{B \times dt}{(B + W_2 - W}$	2.123	2.137	2.160
GA (30$^{\circ}C$) = $\frac{GA \times dt}{0.9957}$	2.107	2.129	2.160

ตารางที่ ก-12 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 1

Determination No.	1	2	3
Temperature (t.) $^{\circ}C$	50	40	30
Density of water (dt). g/ml	0.988	0.992	0.996
Mass Pycnometer + Water + Sample $(W)_1$ g	958.000	962.300	964.000
Mass Pycnometer + Water $(W)_2$ g	649.500	653.600	655.000
Apperent Specific Gravity GA ($t^{\circ}C$) = $\frac{B \times dt}{(B + W_2 - W_1}$	2.581	2.594	2.607
GA ($30^{\circ}C$) = $\frac{GA \times dt}{0.9957}$	2.561	2.585	2.607

ตารางที่ ก-13 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 2

Determination No.	1	2	3
Temperature (t.) $^{\circ}C$	50	40	30
Density of water (dt). g/ml	0.988	0.992	0.996
Mass Pycnometer + Water + Sample $(W)_1$ g	953.000	955.300	956.900
Mass Pycnometer + Water $(W)_2$ g	643.500	645.600	646.800
Apperent Specific Gravity GA (t$^{\circ}C$) = $\frac{B \times dt}{(B + W_2 - V}$	2.590	2.604	2.618
GA (30$^{\circ}C$) = $\frac{GA \times dt}{0.9957}$	2.570	2.594	2.618

ตารางที่ ก-14 ผลการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุหินฝุ่น ตัวอย่างที่ 3

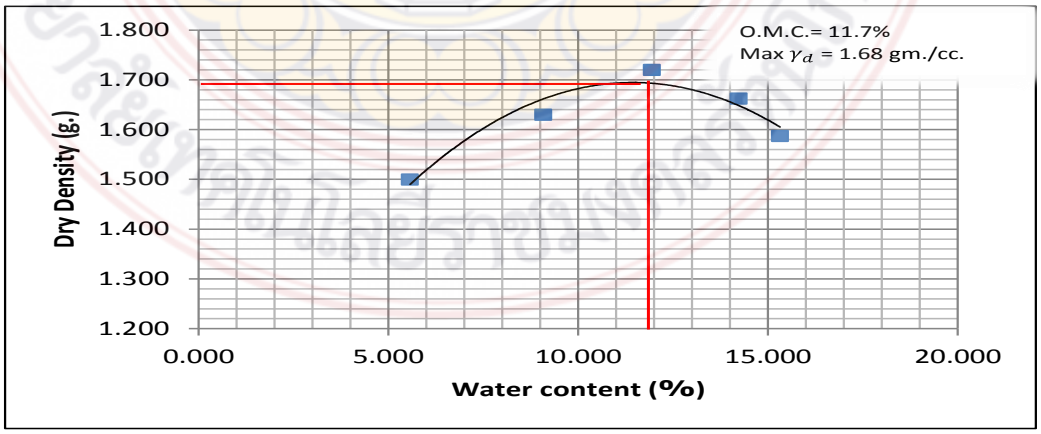
Determination No.	1	2	3
Temperature (t.) $^{\circ}C$	50	40	30
Density of water (dt). g/ml	0.988	0.992	0.996
Mass Pycnometer + Water + Sample $(W)_1$ g	955.000	958.100	960.000
Mass Pycnometer + Water $(W)_2$ g	652.100	653.600	655.000
Apperent Specific Gravity GA ($t^{\circ}C$) = $\frac{B \times dt}{(B + W_2 - V}$	2.499	2.530	2.545
GA ($30^{\circ}C$) = $\frac{GA \times dt}{0.9957}$	2.480	2.521	2.545

ตารางที่ ก-15 ผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

Symbol	Sample No.	Weight (g)	Volume (cm3)	Specific Gravity Of Cement	Average Specific Gravity
Porland Cement Type 1	1	64	20.3	3.153	3.15
	2	64	20.5	3.148	
	3	64	20.4	3.15	

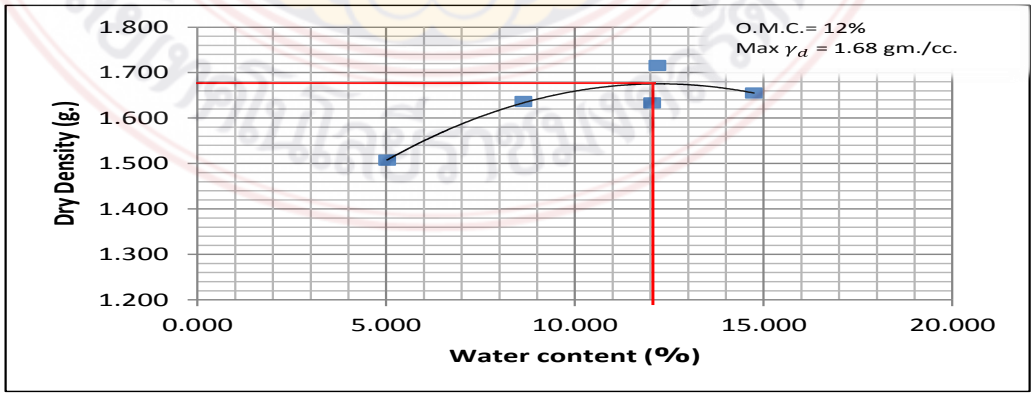
ตารางที่ ก-16 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดย วิธีการบดอัดแบบ มาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ1 (ตัวอย่างที่1)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					950.707
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	54.96	62.3	61.167	41.5	50.43
DRY SOIL + CAN ; g	52.9	58.33	56.633	38.2	45.733
WT. OF CAN ; g	15.9	14.6	16.167	15	15.06
WT. OF WATER ; g	2.06	3.97	4.534	3.3	4.697
WT. OF DRY SOIL ; g	37	43.73	40.466	23.2	30.673
% WATER CONTENT	5.568	9.078	11.204	14.224	15.313
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,515	5,695	5,840	5,915	5,750
WT. OF MOLD ; g	4,010	4,010	4,010	4,010	4,010
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,505	1,685	1,830	1,805	1,740
WET DENSITY ; g	1.583	1.772	1.925	1.899	1.830
DRY DENSITY; g	1.500	1.625	1.731	1.662	1.587



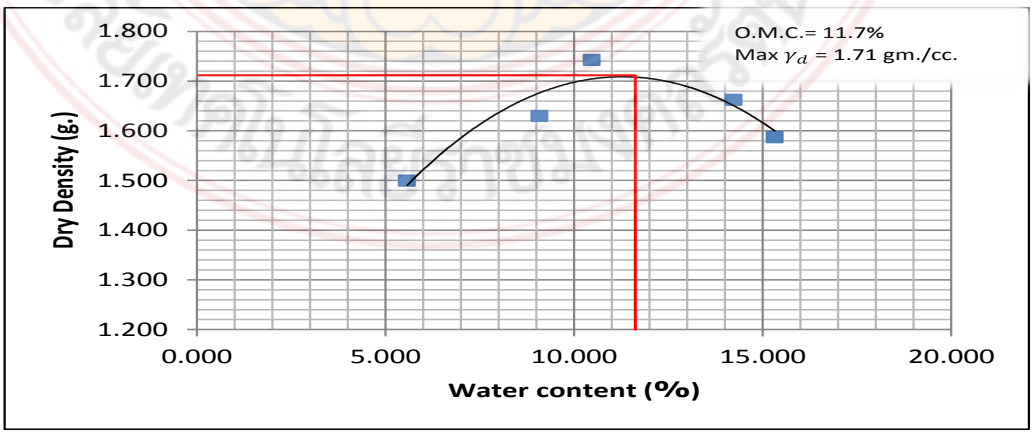
ตารางที่ ก-17 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพโดยวิธีการบดอัดแบบ มาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ1 (ตัวอย่างที่2)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					952.071
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	54.76	62.11	61.567	41.62	49.43
DRY SOIL + CAN ; g	52.9	58.33	56.633	38.2	45.733
WT. OF CAN ; g	15.9	14.6	16.167	15	15.06
WT. OF WATER ; g	1.86	3.78	4.934	3.42	3.697
WT. OF DRY SOIL ; g	37	43.73	40.466	23.2	30.673
% WATER CONTENT	5.027	8.644	12.193	14.741	12.053
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; kg	5,515	5,702	5,800	5,855	5,751
WT. OF MOLD ; g	4,012	4,012	4,012	4,012	4,012
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,505	1,690	1,830	1,805	1,740
WET DENSITY ; g.	1.583	1.778	1.925	1.899	1.830
DRY DENSITY; g.	1.507	1.636	1.716	1.655	1.633



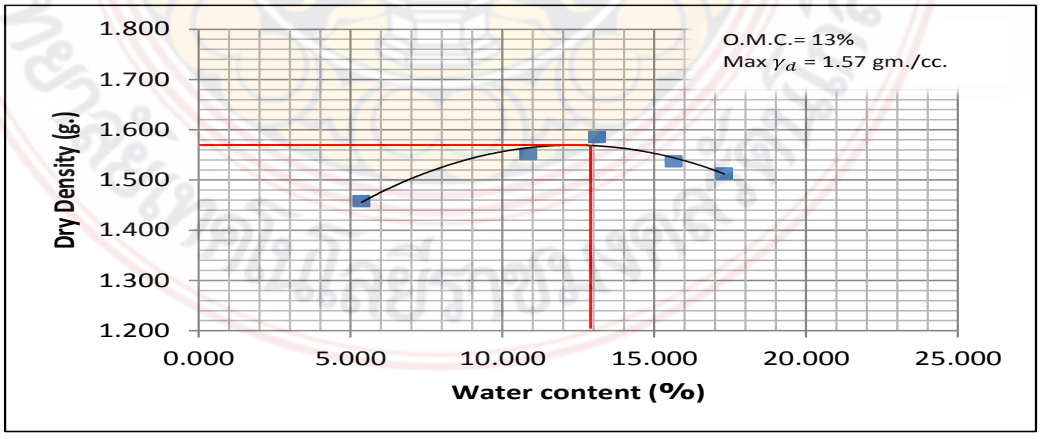
ตารางที่ ก-18 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบ มาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ1 (ตัวอย่างที่3)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					950.127
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	54.96	62.3	60.867	41.5	50.43
DRY SOIL + CAN ; g	52.9	58.33	56.633	38.2	45.733
WT. OF CAN ; g	15.9	14.6	16.167	15	15.06
WT. OF WATER ; g	2.06	3.97	4.234	3.3	4.697
WT. OF DRY SOIL ; g	37	43.73	40.466	23.2	30.673
% WATER CONTENT	5.568	9.078	10.463	14.224	15.313
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,515	5,722	5,784	5,815	5,753
WT. OF MOLD ; g	4,014	4,014	4,014	4,014	4,014
WT. OF SOIL IN MOLD ; g.	1,505	1,690	1,830	1,805	1,740
WET DENSITY ; g	1.583	1.778	1.925	1.899	1.830
DRY DENSITY; g	1.500	1.630	1.743	1.662	1.587



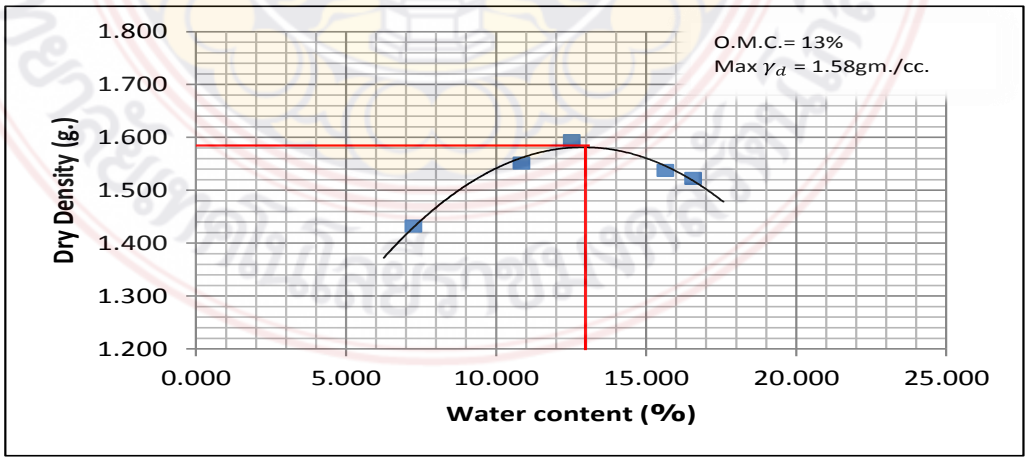
ตารางที่ ก-19 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบ มาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ2 (ตัวอย่างที่1)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					953.107
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	48.96	49.53	53.66	44.6	55.9
DRY SOIL + CAN ; g	47.26	46.43	49.2	40.6	49.96
WT. OF CAN ; g	15.56	17.86	15.2	15.03	15.63
WT. OF WATER ; g	1.7	3.1	4.46	4	5.94
WT. OF DRY SOIL ; g	31.7	28.57	34	25.57	34.33
% WATER CONTENT	5.363	10.851	13.118	15.643	17.303
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,472	5,645	5,715	5,782	5,697
WT. OF MOLD ; g	4,112	4,112	4,112	4,112	4,112
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,460	1,635	1,705	1,690	1,687
WET DENSITY ; g	1.536	1.720	1.793	1.778	1.774
DRY DENSITY; g	1.458	1.551	1.585	1.537	1.513



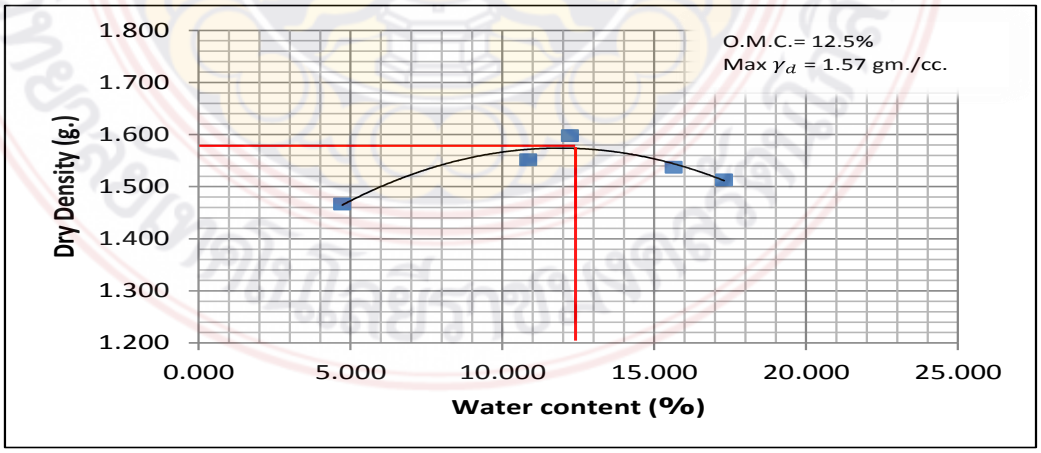
ตารางที่ ก-20 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ2 (ตัวอย่างที่2)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					946.237
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	49.56	49.53	53.46	44.6	55.65
DRY SOIL + CAN ; g	47.26	46.43	49.2	40.6	49.96
WT. OF CAN ; g	15.56	17.86	15.2	15.03	15.63
WT. OF WATER ; g	2.3	3.1	4.26	4	5.69
WT. OF DRY SOIL ; g	31.7	28.57	34	25.57	34.33
% WATER CONTENT	7.256	10.851	12.529	15.643	16.574
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,470	5,645	5,715	5,732	5,697
WT. OF MOLD ; g	4,012	4,012	4,012	4,012	4,012
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,460	1,635	1,705	1,690	1,687
WET DENSITY ; g	1.536	1.720	1.793	1.778	1.774
DRY DENSITY; g	1.432	1.551	1.594	1.537	1.522



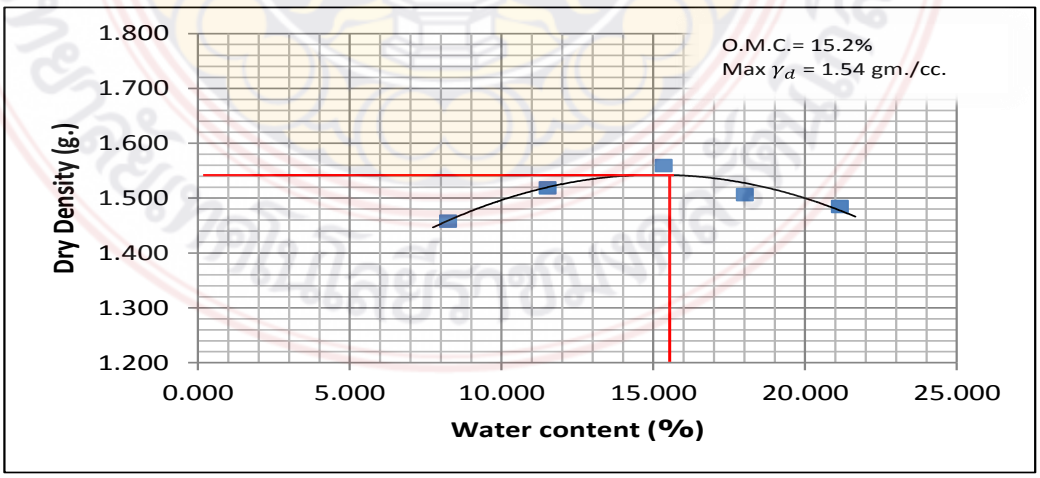
ตารางที่ ก-21 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ2 (ตัวอย่างที่3)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm					950.707
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	48.76	49.53	53.36	44.6	55.9
DRY SOIL + CAN ; g	47.26	46.43	49.2	40.6	49.96
WT. OF CAN ; g	15.56	17.86	15.2	15.03	15.63
WT. OF WATER ; g	1.5	3.1	4.16	4	5.94
WT. OF DRY SOIL ; g	31.7	28.57	34	25.57	34.33
% WATER CONTENT	4.732	10.851	12.235	15.643	17.303
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,471	5,645	5,715	5,752	5,697
WT. OF MOLD ; g	4,003	4,003	4,003	4,003	4,003
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,460	1,635	1,705	1,690	1,687
WET DENSITY ; g	1.536	1.720	1.793	1.778	1.774
DRY DENSITY; g	1.466	1.551	1.598	1.537	1.513



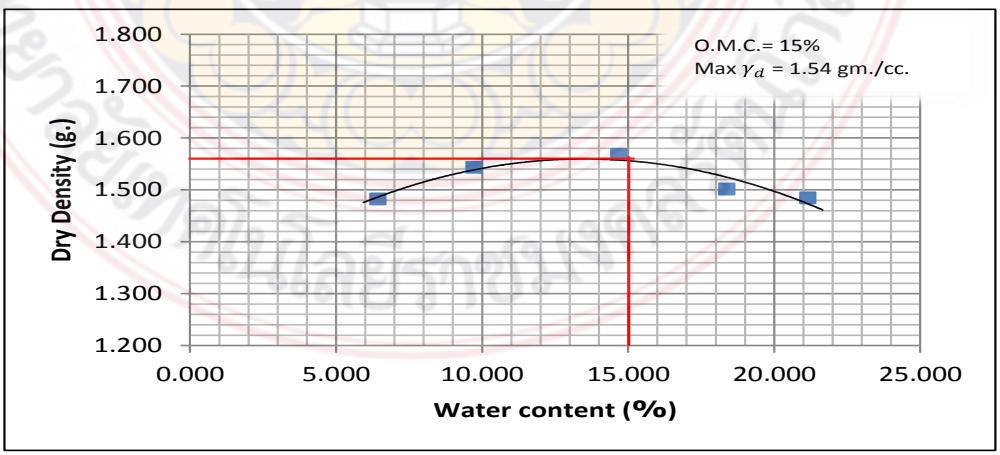
ตารางที่ ก-22 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ3 (ตัวอย่างที่1)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					959.707
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	38.93	46.51	52.86	45.3	62.55
DRY SOIL + CAN ; g	37.1	43.3	48.3	40.8	54.3
WT. OF CAN ; g	14.9	15.43	18.6	15.833	15.3
WT. OF WATER ; g	1.83	3.21	4.56	4.5	8.25
WT. OF DRY SOIL ; g	22.2	27.87	29.7	24.967	39
% WATER CONTENT	8.243	11.518	15.354	18.024	21.154
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,510	5,623	5,728	5,822	5,721
WT. OF MOLD ; g	4.011	4.011	4.011	4.011	4.011
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,500	1,610	1,710	1,690	1,710
WET DENSITY ; g	1.578	1.693	1.799	1.778	1.799
DRY DENSITY; g	1.458	1.519	1.559	1.506	1.485



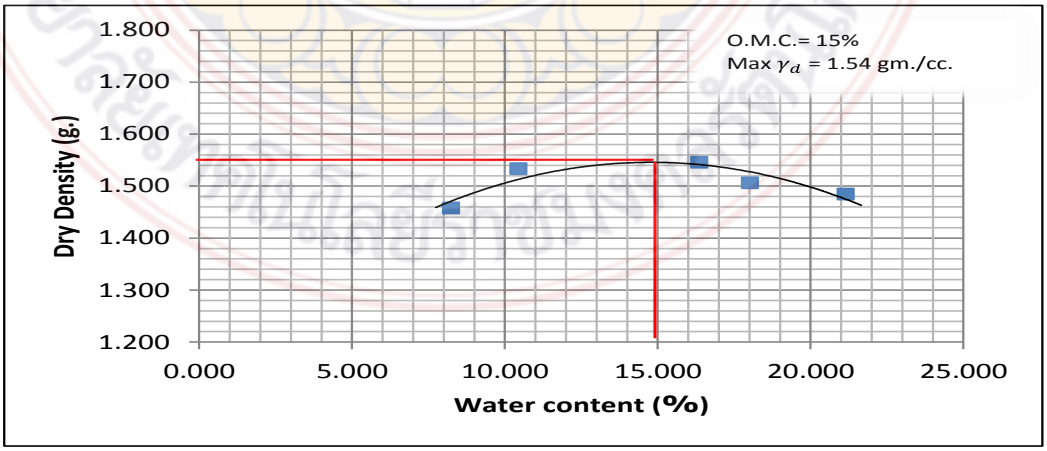
ตารางที่ ก-23 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ3 (ตัวอย่างที่2)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					960.534
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	38.53	46.01	52.66	45.39	62.55
DRY SOIL + CAN ; g	37.1	43.3	48.3	40.8	54.3
WT. OF CAN ; g	14.9	15.43	18.6	15.833	15.3
WT. OF WATER ; g	1.43	2.71	4.36	4.59	8.25
WT. OF DRY SOIL ; g	22.2	27.87	29.7	24.967	39
% WATER CONTENT	6.441	9.724	14.680	18.384	21.154
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ;g	5,514	5,627	5,723	5,797	5,723
WT. OF MOLD ; g	4,013	4,013	4,013	4,013	4,013
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,500	1,610	1,710	1,690	1,710
WET DENSITY ; g	1.578	1.693	1.799	1.778	1.799
DRY DENSITY; g	1.482	1.543	1.568	1.502	1.485



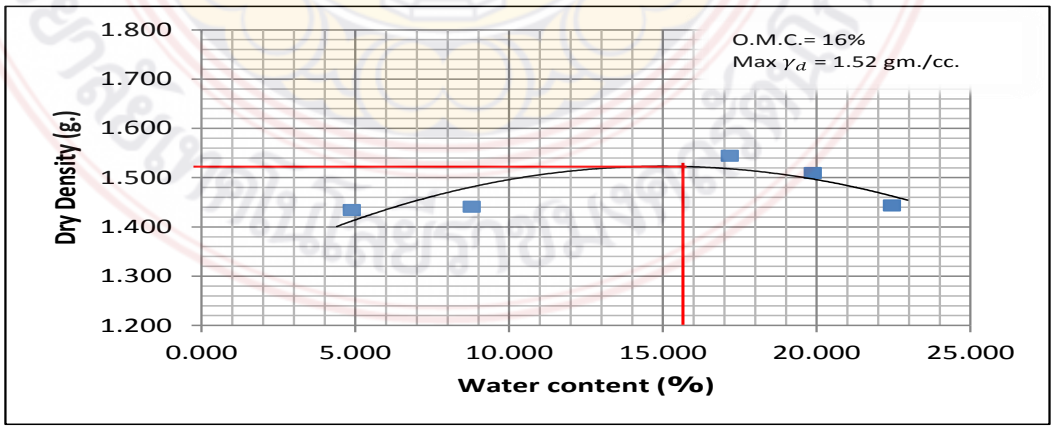
ตารางที่ ก-24 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ (ตัวอย่างที่3)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					955.707
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	38.93	46.21	53.16	45.3	62.55
DRY SOIL + CAN ; g	37.1	43.3	48.3	40.8	54.3
WT. OF CAN ; g	14.9	15.43	18.6	15.833	15.3
WT. OF WATER ; g	1.83	2.91	4.86	4.5	8.25
WT. OF DRY SOIL ; g	22.2	27.87	29.7	24.967	39
% WATER CONTENT	8.243	10.441	16.364	18.024	21.154
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,531	5,342	5,722	5,771	5,723
WT. OF MOLD ; g	4,043	4,043	4,043	4,043	4,043
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,500	1,610	1,710	1,690	1,710
WET DENSITY ; g	1.578	1.693	1.799	1.778	1.799
DRY DENSITY; g.	1.458	1.533	1.546	1.506	1.485



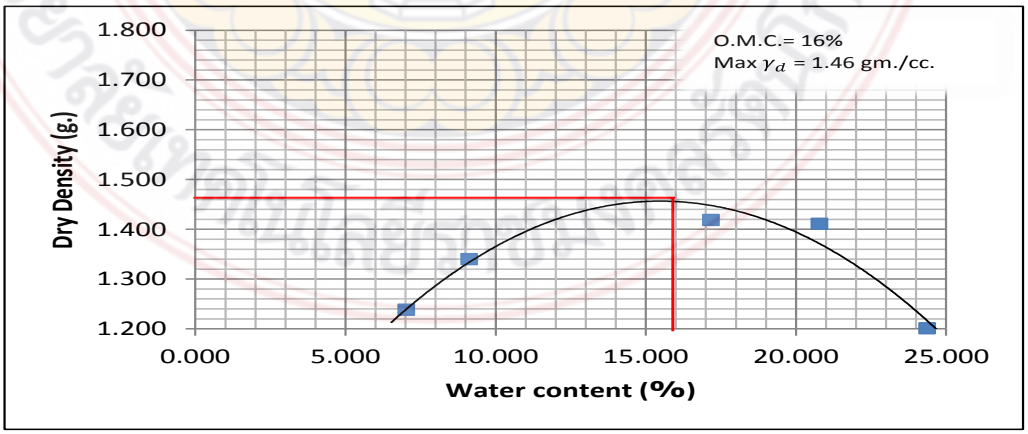
ตารางที่ ก-25 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ4 (ตัวอย่างที่1)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					945.737
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	45.5	30.7	35.54	45.75	51.71
DRY SOIL + CAN ; g	44.1	29.4	32.5	40.7	45.2
WT. OF CAN ; g	15.5	14.6	14.8	15.3	16.2
WT. OF WATER ; g	1.4	1.3	3.04	5.05	6.51
WT. OF DRY SOIL ; g	28.6	14.8	17.7	25.4	29
% WATER CONTENT	4.895	8.784	17.175	19.882	22.448
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,442	5,532	5,721	5,731	5,692
WT. OF MOLD ; g	4,441	4,441	4,441	4,441	4,441
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,430	1,490	1,720	1,720	1,680
WET DENSITY ; g	1.504	1.567	1.809	1.809	1.767
DRY DENSITY; g	1.434	1.441	1.544	1.509	1.443



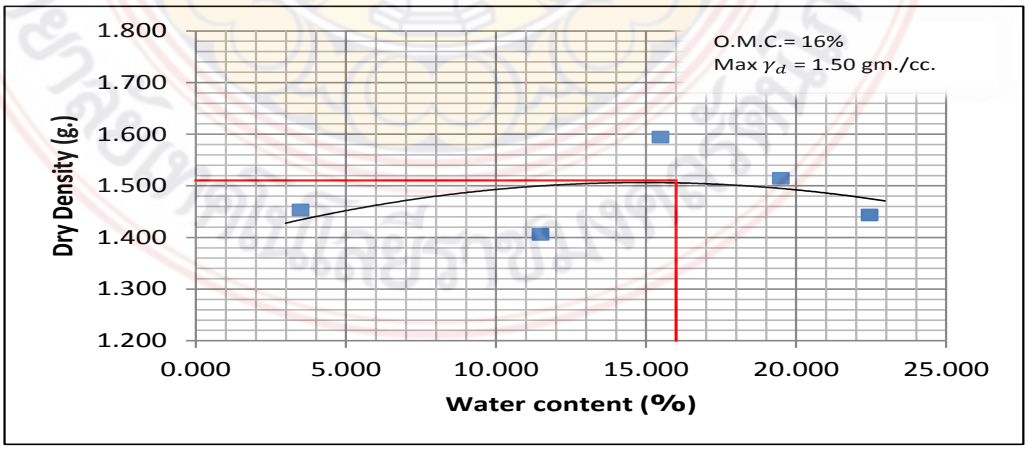
ตารางที่ ก-26 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ4 (ตัวอย่างที่2)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					964.207
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	46.11	30.75	35.54	45.98	52.27
DRY SOIL + CAN ; g	44.1	29.4	32.5	40.7	45.2
WT. OF CAN ; g	15.5	14.6	14.8	15.3	16.2
WT. OF WATER ; g	2.01	1.35	3.04	5.28	7.07
WT. OF DRY SOIL ; g	28.6	14.8	17.7	25.4	29
% WATER CONTENT	7.028	9.122	17.175	20.787	24.379
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,272	5,423	5,591	5,634	5,432
WT. OF MOLD ; g	4,022	4,022	4,022	4,022	4,022
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,260	1,390	1,580	1,620	1,420
WET DENSITY ; g	1.325	1.462	1.662	1.704	1.494
DRY DENSITY; g	1.238	1.340	1.418	1.411	1.201



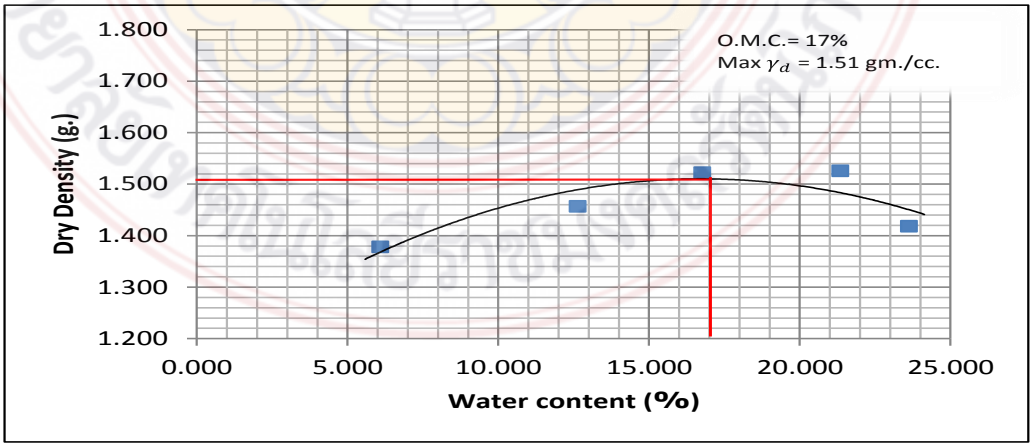
ตารางที่ ก-27 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ4 (ตัวอย่างที่3)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					964.368
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	45.1	31.1	35.24	45.65	51.71
DRY SOIL + CAN ; g	44.1	29.4	32.5	40.7	45.2
WT. OF CAN ; g	15.5	14.6	14.8	15.3	16.2
WT. OF WATER ; g	1	1.7	2.74	4.95	6.51
WT. OF DRY SOIL ; g	28.6	14.8	17.7	25.4	29
% WATER CONTENT	3.497	11.486	15.480	19.488	22.448
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,441	5,521	5,711	5,732	5,691
WT. OF MOLD ; g	4,052	4,052	4,052	4,052	4,052
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,430	1,490	1,750	1,720	1,680
WET DENSITY ; g	1.504	1.567	1.841	1.809	1.767
DRY DENSITY; g	1.453	1.406	1.594	1.514	1.443



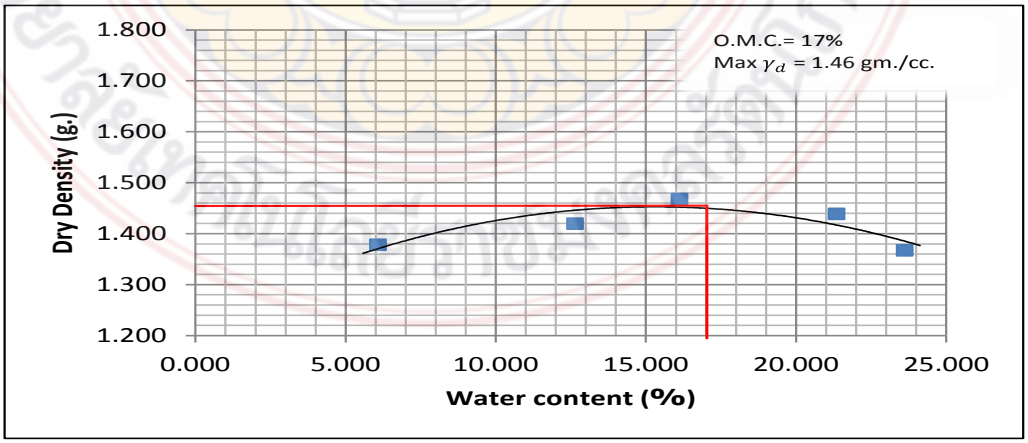
ตารางที่ ก-28 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ5 (ตัวอย่างที่1)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					956.117
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	39.8	54.42	53.5	73.5	62.7
DRY SOIL + CAN ; g	38.4	50.4	48.4	63.7	54.1
WT. OF CAN ; g	15.4	18.6	18	17.8	17.7
WT. OF WATER ; g	1.4	4.02	5.1	9.8	8.6
WT. OF DRY SOIL ; g	23	31.8	30.4	45.9	36.4
% WATER CONTENT	6.087	12.642	16.776	21.351	23.626
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,412	5,571	5,732	5,771	5,677
WT. OF MOLD ; g	4,013	4,013	4,013	4,013	4,013
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,390	1,560	1,690	1,760	1,667
WET DENSITY ; g	1.462	1.641	1.778	1.851	1.753
DRY DENSITY; g.	1.378	1.457	1.522	1.526	1.418



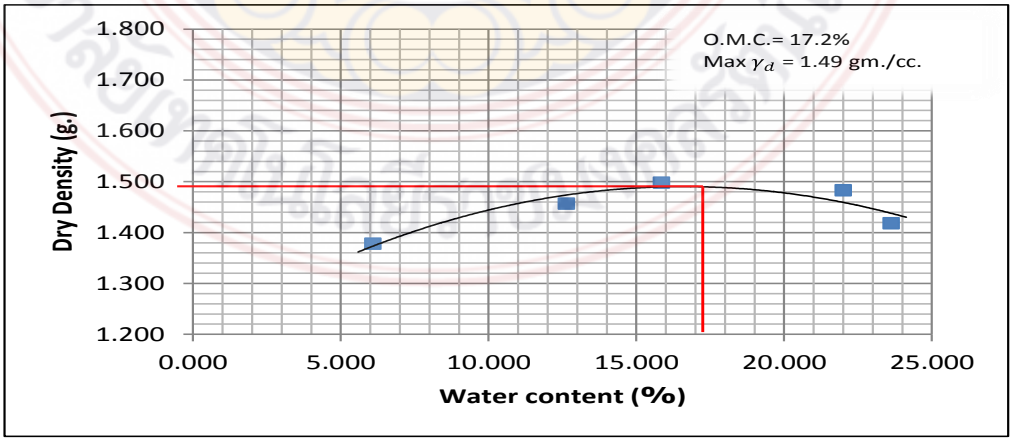
ตารางที่ ก-29 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ5 (ตัวอย่างที่2)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					943.057
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	39.8	54.42	53.3	73.5	62.7
DRY SOIL + CAN ; g	38.4	50.4	48.4	63.7	54.1
WT. OF CAN ; g	15.4	18.6	18	17.8	17.7
WT. OF WATER ; g	1.4	4.02	4.9	9.8	8.6
WT. OF DRY SOIL ; g	23	31.8	30.4	45.9	36.4
% WATER CONTENT	6.087	12.642	16.118	21.351	23.626
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,451	5,532	5,633	5,673	5,617
WT. OF MOLD ; g	4,031	4,031	4,031	4,031	4,031
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,390	1,520	1,620	1,660	1,607
WET DENSITY ; g	1.462	1.599	1.704	1.746	1.690
DRY DENSITY; g	1.378	1.419	1.467	1.439	1.367



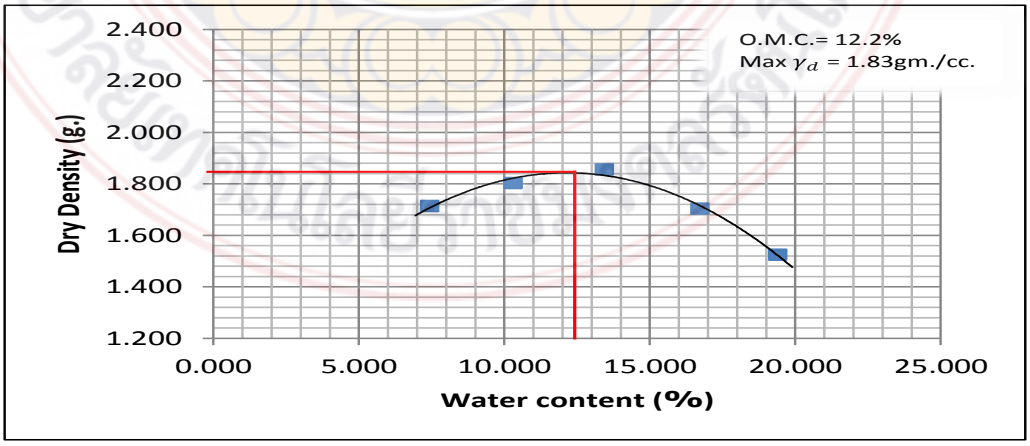
ตารางที่ ก-30 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ5 (ตัวอย่างที่3)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					957.753
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	39.8	54.42	53.22	73.8	62.7
DRY SOIL + CAN ; g	38.4	50.4	48.4	63.7	54.1
WT. OF CAN ; g	15.4	18.6	18	17.8	17.7
WT. OF WATER ; g	1.4	4.02	4.82	10.1	8.6
WT. OF DRY SOIL ; g	23	31.8	30.4	45.9	36.4
% WATER CONTENT;g	6.087	12.642	15.855	22.004	23.626
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; kg.	5,412	5,573	5,662	5,733	5,677
WT. OF MOLD ; g	4,021	4,021	4,021	4,021	4,021
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,390	1,560	1,650	1,720	1,667
WET DENSITY ; g	1.462	1.641	1.736	1.809	1.753
DRY DENSITY; g	1.378	1.457	1.498	1.483	1.418



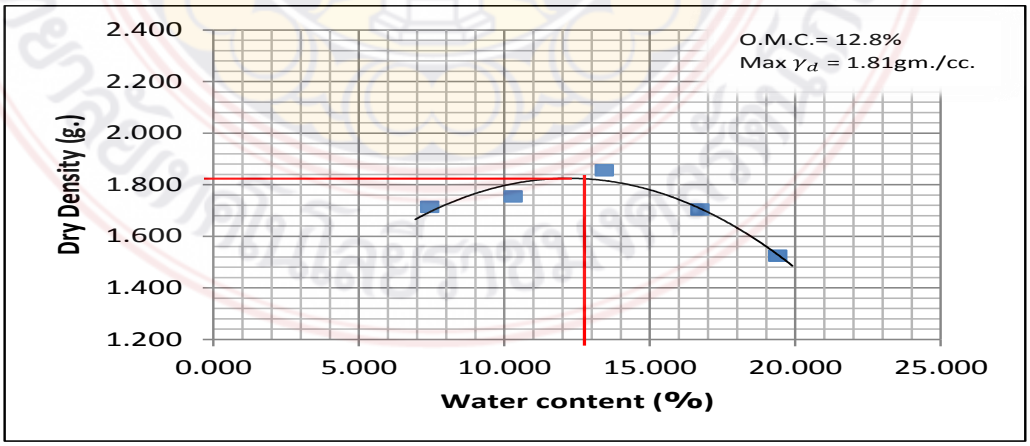
ตารางที่ ก-31 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ1 (ตัวอย่างที่1)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					952.707
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	55.4	47.3	48	49.3	65.9
DRY SOIL + CAN ; g	52.7	44.3	44.1	44.6	58.1
WT. OF CAN ; g	16.4	15.2	15.1	16.5	17.9
WT. OF WATER ; g	2.7	3	3.9	4.7	7.8
WT. OF DRY SOIL ; g	36.3	29.1	29	28.1	40.2
% WATER CONTENT	7.438	10.309	13.448	16.726	19.403
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5.761	5.902	6.011	6.912	5.740
WT. OF MOLD ; g	4,012	4,012	4,012	4,012	4,012
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,750	1,890	2,001	1,890	1,730
WET DENSITY ; g	1.841	1.988	2.105	1.988	1.820
DRY DENSITY; g	1.713	1.802	1.855	1.703	1.524



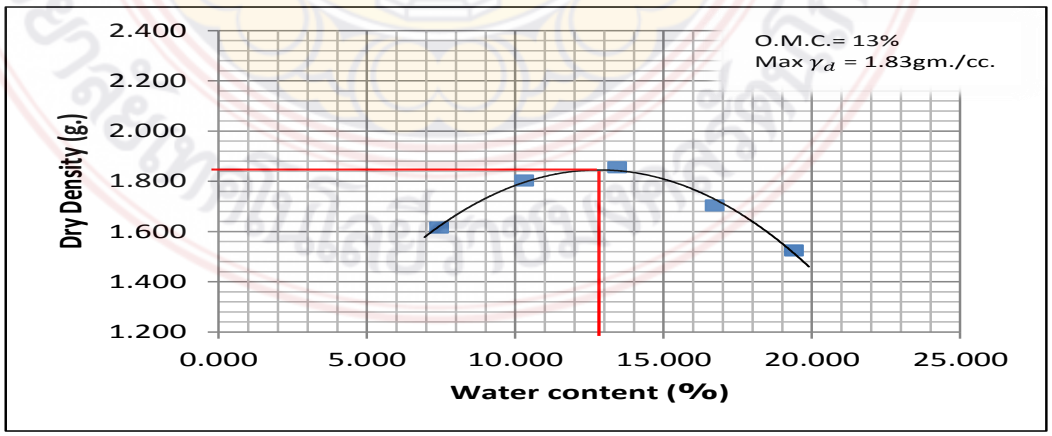
ตารางที่ ก-32 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ1 (ตัวอย่างที่2)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					960.767
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	55.4	47.3	48	49.3	65.9
DRY SOIL + CAN ; g	52.7	44.3	44.1	44.6	58.1
WT. OF CAN ; g	16.4	15.2	15.1	16.5	17.9
WT. OF WATER ; g	2.7	3	3.9	4.7	7.8
WT. OF DRY SOIL ; g	36.3	29.1	29	28.1	40.2
% WATER CONTENT	7.438	10.309	13.448	16.726	19.403
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,760	5,852	6,011	5,932	5,743
WT. OF MOLD ; g	4,213	4,213	4,213	4,213	4,213
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1750	1840	2001	1890	1730
WET DENSITY ; g	1.841	1.935	2.105	1.988	1.820
DRY DENSITY; g	1.713	1.755	1.855	1.703	1.524



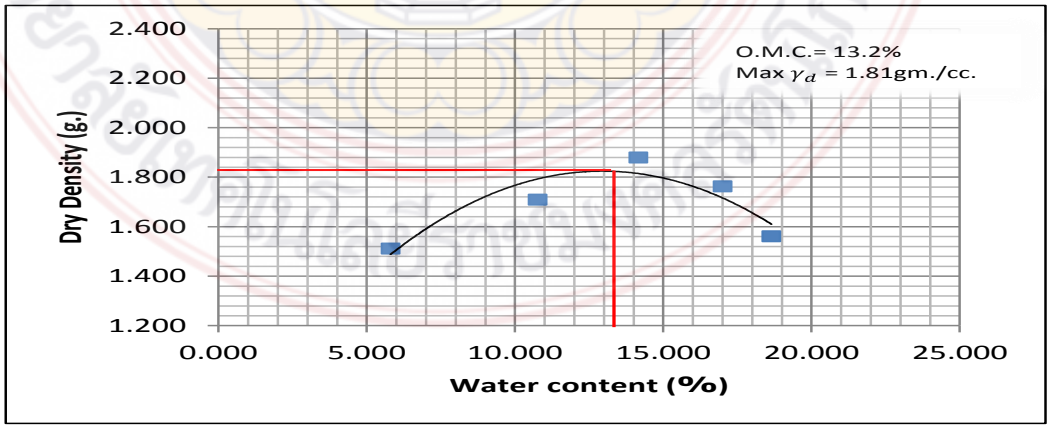
ตารางที่ ก-33 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ1 (ตัวอย่างที่3)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					954.921
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	55.4	47.3	48	49.3	65.9
DRY SOIL + CAN ; g	52.7	44.3	44.1	44.6	58.1
WT. OF CAN ; g	16.4	15.2	15.1	16.5	17.9
WT. OF WATER ; g	2.7	3	3.9	4.7	7.8
WT. OF DRY SOIL ; g	36.3	29.1	29	28.1	40.2
% WATER CONTENT	7.438	10.309	13.448	16.726	19.403
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; kg.	5,660	5,900	6,011	5,901	5,740
WT. OF MOLD ; g	4,043	4,043	4,043	4,043	4,043
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,650	1,890	2,001	1,890	1,730
WET DENSITY ; g	1.736	1.988	2.105	1.988	1.820
DRY DENSITY; g	1.615	1.802	1.855	1.703	1.524



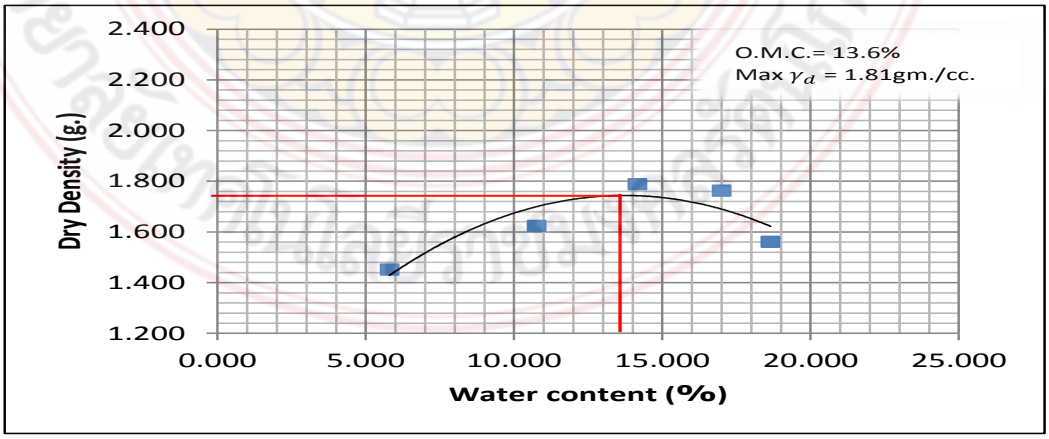
ตารางที่ ก-34 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ2 (ตัวอย่างที่1)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm.					955.134
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	44	51.56	49	52.22	55.93
DRY SOIL + CAN ; g	42.4	48.06	44.93	46.83	49.66
WT. OF CAN ; g	14.83	15.56	16.2	15.13	16.03
WT. OF WATER ; g	1.6	3.5	4.07	5.39	6.27
WT. OF DRY SOIL ; g	27.57	32.5	28.73	31.7	33.63
% WATER CONTENT	5.803	10.769	14.166	17.003	18.644
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,530	5,810	6,050	5,970	5,770
WT. OF MOLD ; g	4,101	4,101	4,101	4,101	4,101
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,520	1,800	2,040	1,960	1,760
WET DENSITY ; g	1.599	1.893	2.146	2.062	1.851
DRY DENSITY; g	1.511	1.709	1.880	1.762	1.560



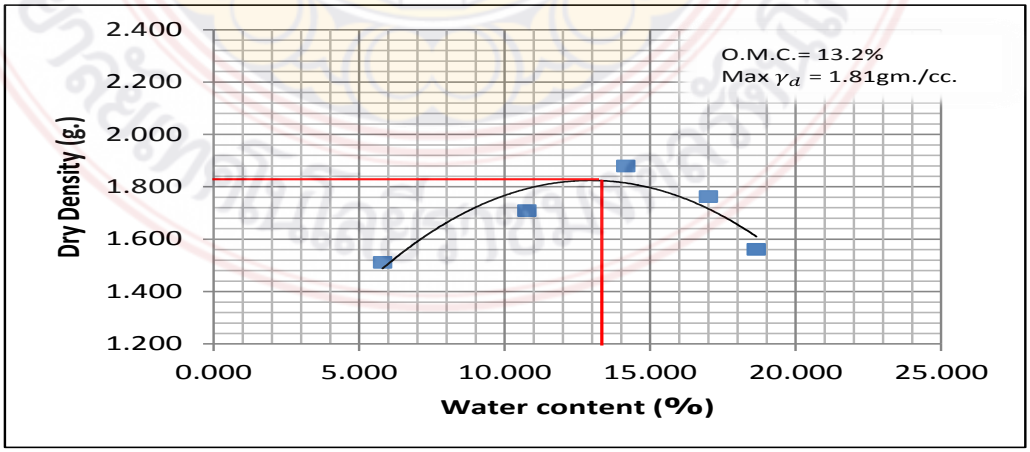
ตารางที่ ก-35 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ2 (ตัวอย่างที่2)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					960.134
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	44	51.56	49	52.22	55.93
DRY SOIL + CAN ; g	42.4	48.06	44.93	46.83	49.66
WT. OF CAN ; g	14.83	15.56	16.2	15.13	16.03
WT. OF WATER ; g	1.6	3.5	4.07	5.39	6.27
WT. OF DRY SOIL ; g	27.57	32.5	28.73	31.7	33.63
% WATER CONTENT	5.803	10.769	14.166	17.003	18.644
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,470	5,720	5,950	5,970	5,770
WT. OF MOLD ; g	4,032	4,032	4,032	4,032	4,032
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,460	1,710	1,940	1,960	1,760
WET DENSITY ; g	1.536	1.799	2.041	2.062	1.851
DRY DENSITY; g	1.451	1.624	1.787	1.762	1.560



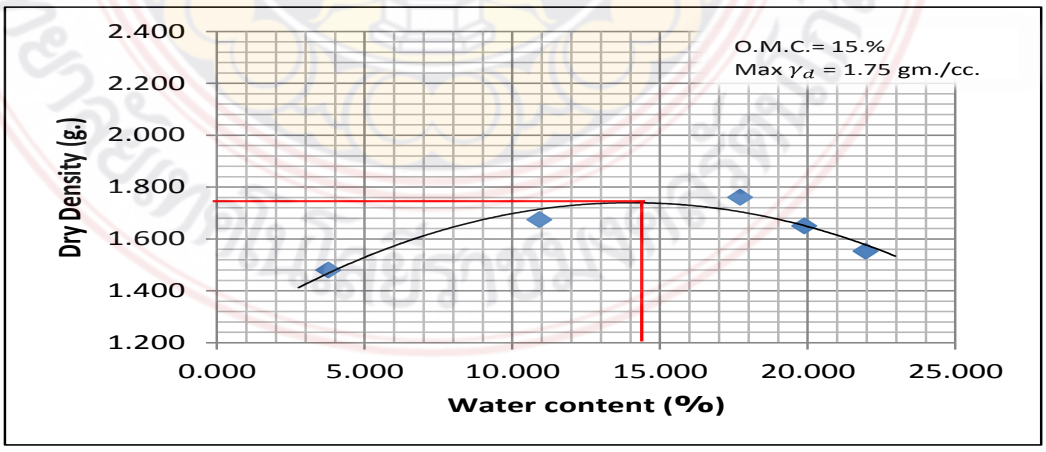
ตารางที่ ก-36 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ2 (ตัวอย่างที่3)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					950.430
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g.	44	51.56	49	52.22	55.93
DRY SOIL + CAN ; g.	42.4	48.06	44.93	46.83	49.66
WT. OF CAN ; g.	14.83	15.56	16.2	15.13	16.03
WT. OF WATER ; g.	1.6	3.5	4.07	5.39	6.27
WT. OF DRY SOIL ; g.	27.57	32.5	28.73	31.7	33.63
% WATER CONTENT	5.803	10.769	14.166	17.003	18.644
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,530	5,810	6,050	5,970	5,770
WT. OF MOLD ; g	4,032	4,032	4,032	4,032	4,032
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,520	1,800	2,040	1,960	1,760
WET DENSITY ; g	1.599	1.893	2.146	2.062	1.851
DRY DENSITY; g	1.511	1.709	1.880	1.762	1.560



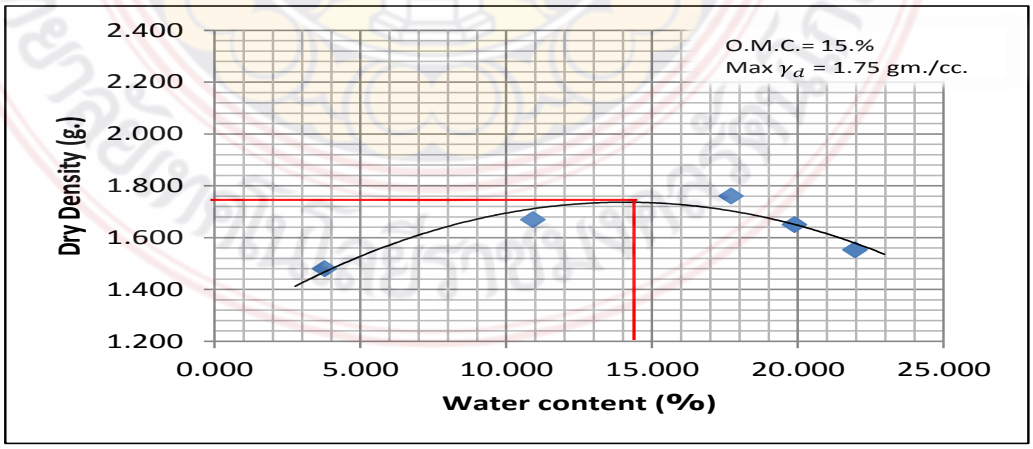
ตารางที่ ก-37 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ3 (ตัวอย่างที่1)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					954.807
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	36	53	60.33	79.56	71.9
DRY SOIL + CAN ; g	35.26	49.73	54.36	69.8	62.133
WT. OF CAN ; g	15.63	19.8	20.66	20.73	17.66
WT. OF WATER ; g	0.74	3.27	5.97	9.76	9.767
WT. OF DRY SOIL ; g	19.63	29.93	33.7	49.07	44.473
% WATER CONTENT	3.770	10.925	17.715	19.890	21.962
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,470	5,775	5,980	5,890	5,810
WT. OF MOLD ; g	4,016	4,016	4,016	4,016	4,016
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,460	1,765	1,970	1,880	1,800
WET DENSITY ; g	1.536	1.857	2.072	1.977	1.893
DRY DENSITY; g.	1.480	1.674	1.760	1.649	1.552



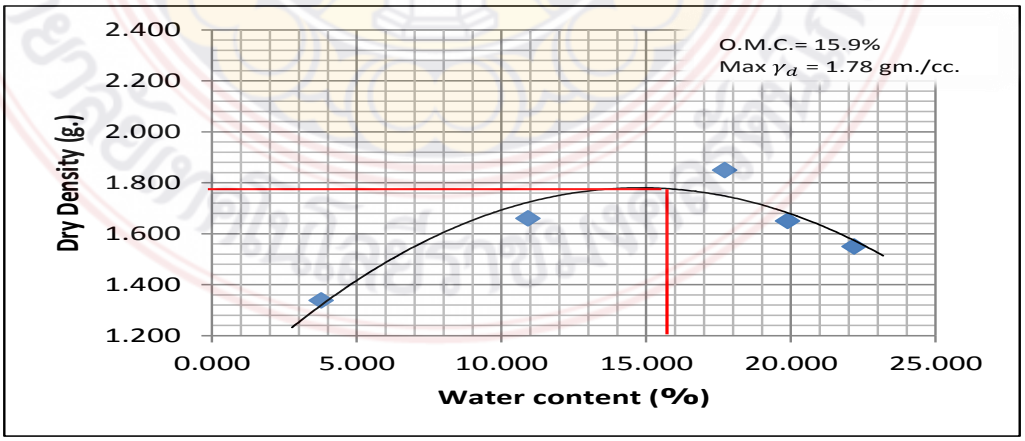
ตารางที่ ก-38 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ3 (ตัวอย่างที่2)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					940.787
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	36	53	60.33	79.56	71.9
DRY SOIL + CAN ; g	35.26	49.73	54.36	69.8	62.133
WT. OF CAN ; g	15.63	19.8	20.66	20.73	17.66
WT. OF WATER ; g	0.74	3.27	5.97	9.76	9.767
WT. OF DRY SOIL ; g	19.63	29.93	33.7	49.07	44.473
% WATER CONTENT	3.770	10.925	17.715	19.890	21.962
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5.470	5.770	5.980	5.890	5.810
WT. OF MOLD ; g	4,015	4,015	4,015	4,015	4,015
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,460	1,760	1,970	1,880	1,800
WET DENSITY ; g	1.536	1.851	2.072	1.977	1.893
DRY DENSITY; g	1.480	1.669	1.760	1.649	1.552



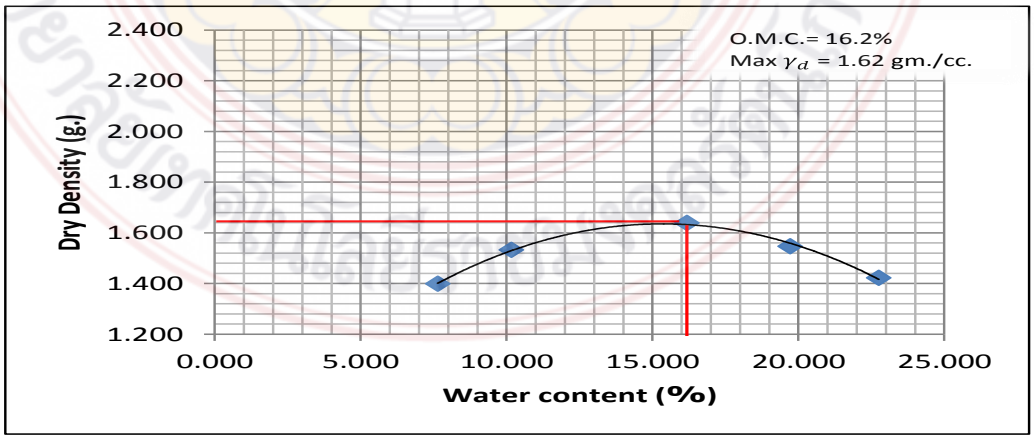
ตารางที่ ก-39 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ3 (ตัวอย่างที่3)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					962.502
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	36	53	60.33	79.56	72
DRY SOIL + CAN ; g	35.26	49.73	54.36	69.8	62.133
WT. OF CAN ; g	15.63	19.8	20.66	20.73	17.66
WT. OF WATER ; g	0.74	3.27	5.97	9.76	9.867
WT. OF DRY SOIL ; g	19.63	29.93	33.7	49.07	44.473
% WATER CONTENT	3.770	10.925	17.715	19.890	22.186
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; kg.	5.330	5.760	6.080	5.890	5.810
WT. OF MOLD ; g	4,061	4,061	4,061	4,061	4,061
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,320	1,750	2,070	1,880	1,800
WET DENSITY ; g	1.388	1.841	2.177	1.977	1.893
DRY DENSITY; g	1.338	1.659	1.850	1.649	1.550



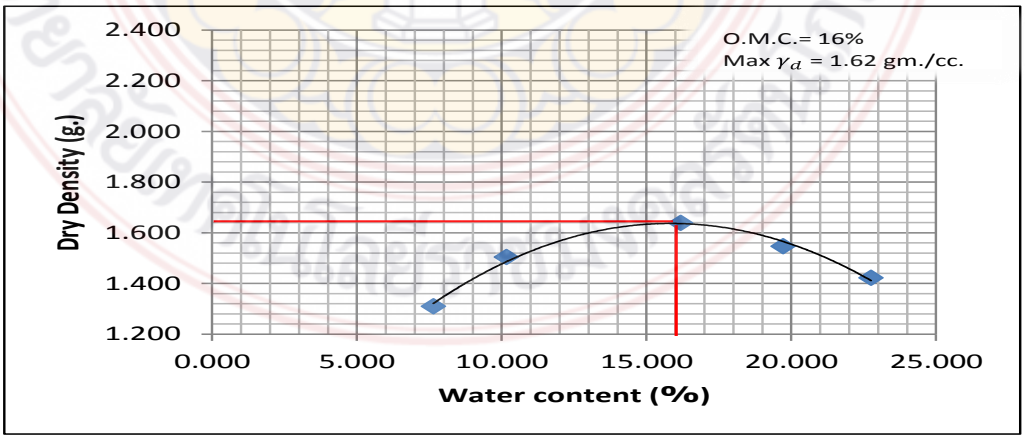
ตารางที่ ก-40 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ4 (ตัวอย่างที่1)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					948.232
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	50.4	43.3	69.4	80.3	86.2
DRY SOIL + CAN ; g	48.1	40.9	62.2	70.2	73.46
WT. OF CAN ; g	18	17.3	17.7	19	17.47
WT. OF WATER ; g	2.3	2.4	7.2	10.1	12.74
WT. OF DRY SOIL ; g	30.1	23.6	44.5	51.2	55.99
% WATER CONTENT	7.641	10.169	16.180	19.727	22.754
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,441	5,615	5,820	5,770	5,670
WT. OF MOLD ; g	4,016	4,016	4,016	4,016	4,016
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,431	1,605	1,810	1,760	1,660
WET DENSITY ; g	1.505	1.688	1.904	1.851	1.746
DRY DENSITY; g	1.398	1.532	1.639	1.546	1.422



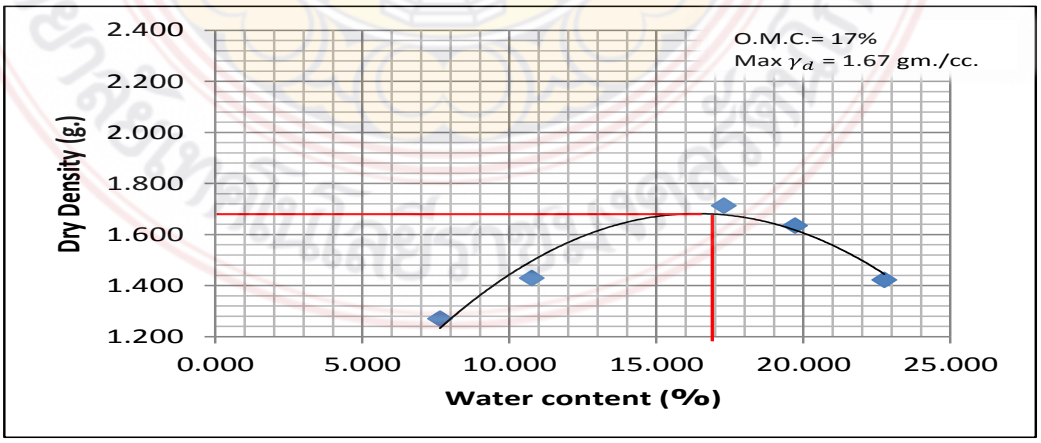
ตารางที่ ก-41 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ4 (ตัวอย่างที่2)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					952.637
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	50.4	43.3	69.4	80.3	86.2
DRY SOIL + CAN ; g	48.1	40.9	62.2	70.2	73.46
WT. OF CAN ; g	18	17.3	17.7	19	17.47
WT. OF WATER ; g	2.3	2.4	7.2	10.1	12.74
WT. OF DRY SOIL ; g	30.1	23.6	44.5	51.2	55.99
% WATER CONTENT	7.641	10.169	16.180	19.727	22.754
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5.350	5.585	5.820	5.770	5.670
WT. OF MOLD ; g	4,032	4,032	4,032	4,032	4,032
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,340	1,575	1,810	1,760	1,660
WET DENSITY ; g	1.409	1.657	1.904	1.851	1.746
DRY DENSITY; g	1.309	1.504	1.639	1.546	1.422



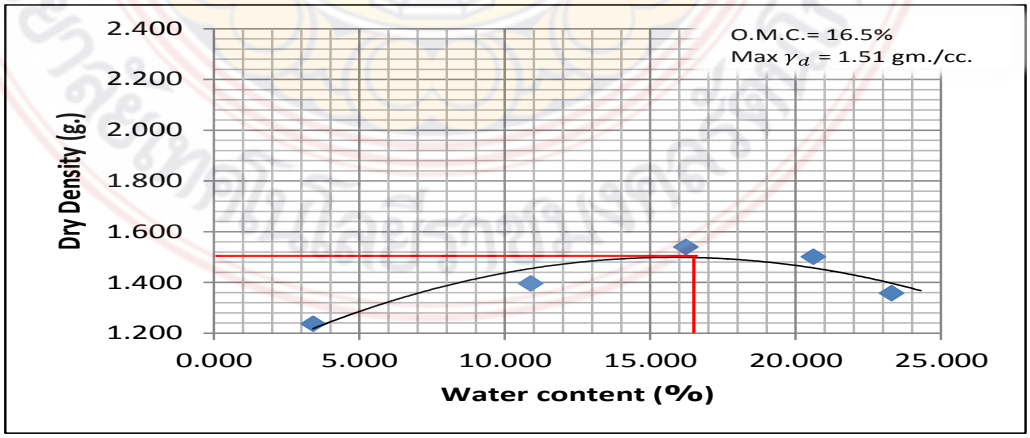
ตารางที่ ก-42 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ4 (ตัวอย่างที่3)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					963.303
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	50.4	43.44	69.9	80.3	86.2
DRY SOIL + CAN ; g	48.1	40.9	62.2	70.2	73.46
WT. OF CAN ; g	18	17.3	17.7	19	17.47
WT. OF WATER ; g	2.3	2.54	7.7	10.1	12.74
WT. OF DRY SOIL ; g	30.1	23.6	44.5	51.2	55.99
% WATER CONTENT	7.641	10.763	17.303	19.727	22.754
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,310	5,515	5,920	5,870	5,670
WT. OF MOLD ; g	4,031	4,031	4,031	4,031	4,031
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,300	1,505	1,910	1,860	1,660
WET DENSITY ; g	1.367	1.583	2.009	1.956	1.746
DRY DENSITY; g	1.270	1.429	1.713	1.634	1.422



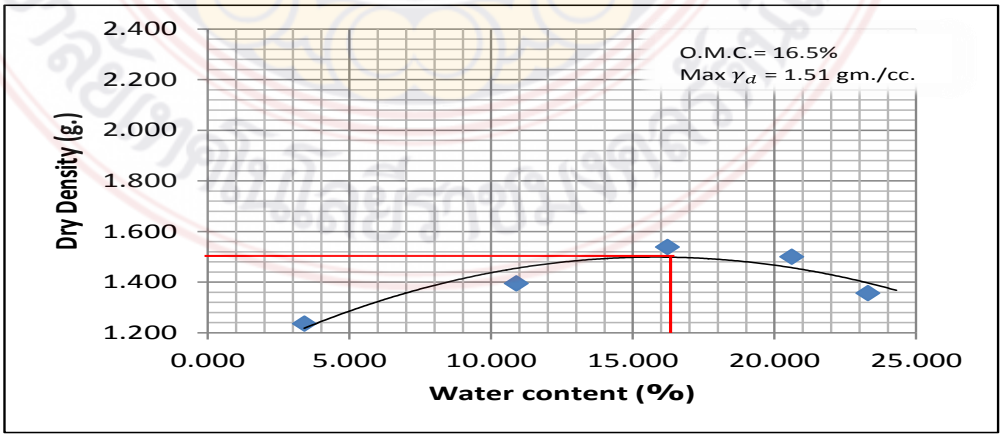
ตารางที่ ก-43 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ5 (ตัวอย่างที่1)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					953.532
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	47.9	41.2	62.2	69.1	52.9
DRY SOIL + CAN ; g	46.9	39	56	60.4	46.4
WT. OF CAN ; g	17.6	18.8	17.8	18.2	18.5
WT. OF WATER ; g	1	2.2	6.2	8.7	6.5
WT. OF DRY SOIL ; g	29.3	20.2	38.2	42.2	27.9
% WATER CONTENT	3.413	10.891	16.230	20.616	23.297
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,225	5,480	5,710	5,730	5,601
WT. OF MOLD ; g	4,032	4,032	4,032	4,032	4,032
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,215	1,470	1,700	1,720	1,590
WET DENSITY ; g	1.278	1.546	1.788	1.809	1.672
DRY DENSITY; g	1.236	1.394	1.538	1.500	1.356



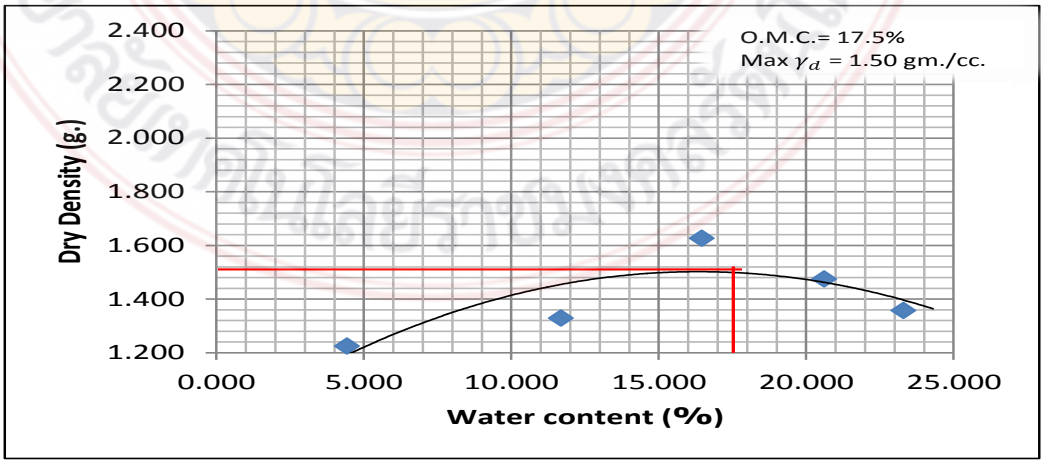
ตารางที่ ก-44 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ5 (ตัวอย่างที่2)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					957.335
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	47.9	41.2	62.2	69.1	52.9
DRY SOIL + CAN ; g	46.9	39	56	60.4	46.4
WT. OF CAN ; g	17.6	18.8	17.8	18.2	18.5
WT. OF WATER ; g	1	2.2	6.2	8.7	6.5
WT. OF DRY SOIL ; g	29.3	20.2	38.2	42.2	27.9
% WATER CONTENT	3.413	10.891	16.230	20.616	23.297
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,225	5,480	5,710	5,732	5,602
WT. OF MOLD ; g	4,017	4,017	4,017	4,017	4,017
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,215	1,470	1,700	1,720	1,590
WET DENSITY ; g	1.278	1.546	1.788	1.809	1.672
DRY DENSITY; g	1.236	1.394	1.538	1.500	1.356



ตารางที่ ก-45 ผลการทดสอบการหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น โดยวิธีการบดอัดแบบมาตรฐาน ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ ปริมาณปูนซีเมนต์ ร้อยละ5 (ตัวอย่างที่3)

TYPE OF COMPACTION STANDARD PROCTOR VOLUME OF MOLD ; cm^3					952.347
WATER CONTENT DETERMINATION					
TRIAL NO.	1	2	3	4	5
WET SOIL + CAN ; g	48.2	41.36	62.29	69.1	52.9
DRY SOIL + CAN ; g	46.9	39	56	60.4	46.4
WT. OF CAN ; g	17.6	18.8	17.8	18.2	18.5
WT. OF WATER ; g	1.3	2.36	6.29	8.7	6.5
WT. OF DRY SOIL ; g	29.3	20.2	38.2	42.2	27.9
% WATER CONTENT	4.437	11.683	16.466	20.616	23.297
DENSITY DETERMINATION					
WT. OF SOIL + MOLD ; g	5,225	5,421	5,810	5,700	5,600
WT. OF MOLD ; g	4,021	4,021	4,021	4,021	4,021
WT. OF SOIL IN MOLD ; g	1,215	1,410	1,800	1,690	1,590
WET DENSITY ; g	1.278	1.483	1.893	1.778	1.672
DRY DENSITY; g	1.224	1.328	1.626	1.474	1.356



ภาคผนวก ข.
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล
ของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น

ตารางที่ ข-1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1

ลักษณะทั่วไปและมิติ	ตัวอย่างการทดสอบ					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนัก ; kg	2.440	2.450	2.450	2.610	2.480	2.486
กว้าง ; cm	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10
ยาว ; cm	22.10	22.00	22.10	22.10	22.00	22.06
ลึก ; cm	6.70	6.50	6.80	6.50	6.70	6.64

ตารางที่ ข-2 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

ลักษณะทั่วไปและมิติ	ตัวอย่างการทดสอบ					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนัก ; kg	2.614	2.501	2.501	2.747	2.620	2.597
กว้าง ; cm	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10
ยาว ; cm	22.00	22.20	22.20	22.20	22.30	22.18
ลึก ; cm	6.50	6.50	6.60	6.40	6.50	6.50

ตารางที่ ข-3 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3

ลักษณะทั่วไปและมิติ	ตัวอย่างการทดสอบ					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนัก ; kg	2.517	2.541	2.514	2.619	2.665	2.571
กว้าง ; cm	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10
ยาว ; cm	22.30	22.20	22.20	22.20	22.10	22.20
ลึก ; cm	6.40	6.50	6.60	6.70	6.70	6.58

ตารางที่ ข-4 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4

ลักษณะทั่วไปและมิติ	ตัวอย่างการทดสอบ					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนัก ; kg	2.725	2.695	2.615	2.601	2.648	2.657
กว้าง ; cm	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10
ยาว ; cm	22.10	22.10	22.10	22.00	22.10	22.08
ลึก ; cm	6.60	6.70	6.60	6.60	6.70	6.64

ตารางที่ ข-5 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5

ลักษณะทั่วไปและมิติ	ตัวอย่างการทดสอบ					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนัก ; kg	2.715	2.871	2.756	2.791	2.714	2.769
กว้าง ; cm	11.00	11.10	11.00	11.00	11.00	11.02
ยาว ; cm	22.00	22.10	22.10	22.00	22.00	22.04
ลึก ; cm	6.70	6.80	6.70	6.90	6.80	6.78

ตารางที่ ข-6 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1:1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1

ลักษณะทั่วไปและมิติ	ตัวอย่างการทดสอบ					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนัก ; kg	2.715	2.871	2.756	2.791	2.714	2.769
กว้าง ; cm	11.00	11.10	11.00	11.00	11.00	11.02
ยาว ; cm	22.00	22.10	22.10	22.00	22.00	22.04
ลึก ; cm	6.70	6.80	6.70	6.90	6.80	6.78

ตารางที่ ข-7 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

ลักษณะทั่วไป และมิติ	ตัวอย่างการทดสอบ					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนัก ; kg	2.836	2.927	2.897	2.796	2.813	2.854
กว้าง ; cm	11.20	11.00	11.00	11.00	11.10	11.06
ยาว ; cm	22.20	22.00	22.00	22.00	22.10	22.06
ลึก ; cm	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50

ตารางที่ ข-8 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3

ลักษณะทั่วไป และมิติ	ตัวอย่างการทดสอบ					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนัก ; kg	2.984	3.004	2.915	3.014	2.947	2.973
กว้าง ; cm	11.10	11.00	11.10	11.00	11.10	11.06
ยาว ; cm	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10	22.10
ลึก ; cm	6.60	6.70	6.70	6.80	6.70	6.70

ตารางที่ ข-9 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4

ลักษณะทั่วไป และมิติ	ตัวอย่างการทดสอบ					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนัก ; kg	3.193	3.300	3.177	3.215	3.205	3.218
กว้าง ; cm	11.10	11.10	11.10	11.10	11.00	11.08
ยาว ; cm	22.10	22.00	22.10	22.10	22.10	22.08
ลึก ; cm	7.20	7.10	7.00	7.20	7.00	7.10

ตารางที่ ข-10 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5

ลักษณะทั่วไป และมิติ	ตัวอย่างการทดสอบ					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนัก ; kg	3.144	3.189	3.238	3.200	3.208	3.196
กว้าง ; cm	11.10	11.10	11.10	11.10	11.00	11.08
ยาว ; cm	22.00	22.10	22.10	22.10	22.00	22.06
ลึก ; cm	7.20	7.10	7.00	7.10	7.30	7.14

ตารางที่ ข-11 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ1

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11	22.3	6.3	2.525	245.30	22.3	9.267
2	11	22.4	6.5	2.615	246..40	27.7	11.460
3	11.3	22.3	6.5	2.46	251.99	20.7	8.374
4	11.2	22.4	6.5	2.595	250.88	28	11.377
5	11.2	22.4	6.4	2.400	250.88	22.4	9.101
						เฉลี่ย	12.395

ตารางที่ ข-12 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ2

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc.)
1	11.2	22.2	6.6	2.805	248.64	44	18.039
2	11	22.4	6.5	2.735	246.4	34.5	14.273
3	11	22.3	6.5	2.785	245.3	30.4	12.633
4	11	22.3	6.4	2.67	245.3	41	17.038
5	11.2	22.5	6.6	2.565	252	33	13.349
						เฉลี่ย	15.066

ตารางที่ ข-13 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วันของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ3

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.2	22	6.3	2.58	246.4	48.2	19.941
2	11	22.1	6.2	2.55	243.1	38.1	15.976
3	11.3	22	6.5	2.69	248.6	55.4	22.716
4	11.3	22.1	6.4	2.59	249.73	51.3	20.940
5	11.3	22.2	6.3	2.635	250.86	42.1	17.107
						เฉลี่ย	19.336

ตารางที่ ข-14 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ4

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11	22.2	6.4	2.545	244.2	52.5	21.915
2	11	22.1	6.6	2.56	243.1	52.7	22.098
3	11.1	22	6.5	2.615	244.2	55.7	23.251
4	11.2	21.9	6.4	2.59	245.28	56.3	23.398
5	11.2	22.1	6.6	2.675	247.52	50.6	20.839
						เฉลี่ย	22.300

ตารางที่ ข-15 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ5

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.2	22.2	6.4	2.76	248.64	69	28.288
2	11.2	22	6.7	2.865	246.4	63.6	26.312
3	11.3	22.3	6.4	2.53	251.99	71	28.721
4	11.1	22	6.6	2.585	244.2	68.8	28.719
5	11.3	22	6.6	2.825	248.6	74	30.343
						เฉลี่ย	28.477

ตารางที่ ข-16 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.5	22	6.5	2.93	253	46.3	18.655
2	11.5	22	6.7	2.92	253	45.7	18.413
3	11.3	22	6.8	2.98	248.6	41.3	16.935
4	11.3	22	6.8	2.87	248.6	44.6	18.288
5	11.3	22	6.8	2.99	248.6	44.1	18.083
						เฉลี่ย	18.075

ตารางที่ ข-17 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11	22	7	2.89	242	66.9	28.180
2	11	22	7	2.9	242	61.2	25.779
3	11.1	22.2	6.9	2.93	246.42	62	25.648
4	11.1	22	6.8	2.99	244.2	67.2	28.051
5	11	22.2	7	2.93	244.2	63	26.298
						เฉลี่ย	26.791

ตารางที่ ข-18 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.5	22	6.6	3.08	253	89.1	35.899
2	11	22	7	3.16	242	98.2	41.364
3	11.3	22.2	6.8	2.95	250.86	70.2	28.526
4	11.3	22.1	6.9	3	249.73	74.7	30.492
5	11	22.2	6.8	2.99	244.2	70	29.220
						เฉลี่ย	33.100

ตารางที่ ข-19 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4

ตัวอย่างทดสอบ	**กว้าง (cm)**	ยาว (cm)	**หนา (cm)**	**น้ำหนัก (kg)**	**พื้นที่หน้าตัด** (cm^2)	**แรงอัด (kN)**	**ความต้านทานแรงอัด (ksc)**
1	11.1	22	6.8	3.045	244.2	86.3	36.024
2	11.1	22.1	7	3.32	245.31	110	45.710
3	11.1	22	7	3.225	244.2	116.7	48.714
4	11.1	22.1	7	3.21	245.31	114.8	47.704
5	11	22.1	7	3.26	243.1	122.7	51.451
						เฉลี่ย	45.921

ตารางที่ ข-20 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.1	22.2	6.2	2.455	231.08	32	14.116
2	11.2	22	6.4	2.52	242	29.5	12.426
3	11.2	22	6.4	2.59	244.2	28.7	11.980
4	11	22	6.1	2.585	242	31.2	13.142
5	11.2	22.2	6.1	2.59	242	35	14.743
						เฉลี่ย	13.282

ตารางที่ ข-21 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ1

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	10.9	21.2	6.5	2.48	231.08	32	14.116
2	11	22	6.4	2.60	242	29.5	12.426
3	11.1	22	6.4	2.4	244.2	28.7	11.980
4	11	22	6.3	2.47	242	31.2	13.142
5	11	22	6.4	2.4	242	35	14.743
						เฉลี่ย	13.282

ตารางที่ ข-22 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

ตัวอย่าทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11	22	6.2	2.455	242	41.3	17.397
2	11.1	22	6.4	2.52	244.2	44.5	18.576
3	11.2	22.1	6.4	2.59	247.52	43	17.709
4	11.1	22	6.1	2.585	244.2	46.2	19.285
5	11	22	6.1	2.59	242	39	16.428
						เฉลี่ย	17.879

ตารางที่ ข-23 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ3

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11	22.3	6.7	2.61	245.3	51	21.194
2	11.2	21.9	6.8	2.58	245.28	53	22.026
3	11.1	22.3	6.8	2.6	247.53	39.1	16.102
4	11	22.2	6.8	2.62	244.2	53.3	22.249
5	11	22.3	6.7	2.63	245.3	55	22.856
						เฉลี่ย	20.885

ตารางที่ ข-24 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ4

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11	22.2	6.7	2.68	244.2	61.8	25.797
2	11	22	6.7	2.75	242	59.1	24.894
3	11	22.2	6.7	2.57	244.2	60.5	25.255
4	11.1	22.1	6.7	2.73	245.31	58.5	24.309
5	11.1	22.2	6.6	2.66	246.42	59.8	24.738
						เฉลี่ย	25.000

ตารางที่ ข-25 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ5

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.2	22.1	6.8	2.91	247.52	66.8	27.510
2	11.3	22.3	6.8	2.75	251.99	68.7	27.791
3	11.2	22.1	6.8	2.86	247.52	66.5	27.387
4	11	22.2	6.8	2.78	244.2	66.4	27.717
5	11	22.1	6.9	2.84	243.1	65.6	27.507
						เฉลี่ย	27.583

ตารางที่ ข-26 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.1	22	7	3.055	244.2	50	20.872
2	11	22	6.9	2.95	242	42.9	18.071
3	11.2	22	7.1	2.96	246.4	40.3	16.672
4	11.1	22.1	6.9	3	245.31	48.1	19.988
5	11.2	22.1	7	3.02	247.52	45.3	18.656
						เฉลี่ย	18.852

ตารางที่ ข-27 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.1	22	6.9	2.9	244.2	72.4	30.222
2	11	22.1	6.9	2.9	243.1	71.3	29.898
3	11.1	22.2	7	2.83	246.42	72.5	29.991
4	11.1	22	6.8	2.88	244.2	74.7	31.186
5	11.1	22	7	2.9	244.2	72.4	30.235
						เฉลี่ย	30.306

ตารางที่ ข-28 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.2	22	6.9	2.975	246.4	115.6	47.824
2	11.1	22.1	7	2.965	245.31	118.5	49.242
3	11.1	22	7	3	244.2	115.7	48.297
4	11.2	22	6.9	3	246.4	119.5	49.438
5	11.2	22.1	6.9	2.9	247.52	113.8	46.867
						เฉลี่ย	48.333

ตารางที่ ข-29 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.1	22	7.2	3.165	244.2	140.8	58.774
2	11.2	22.1	7.3	3.186	247.52	143.3	59.016
3	11.1	22.1	7.3	3.224	245.31	144.7	60.129
4	11.1	22.1	7.2	3.111	245.31	145.8	60.586
5	11.2	22.1	7.1	3.142	247.52	142.1	58.521
						เฉลี่ย	59.405

ตารางที่ ข-30 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.1	22.1	7.2	3.187	245.31	148	61.500
2	11.1	22.1	7.2	3.103	245.31	151.2	62.830
3	11.1	22.1	7.1	3.181	245.31	150.3	62.456
4	11.1	22.1	7	3.196	245.31	148.5	61.708
5	11.1	22.1	7.3	3.179	245.31	149.2	62.000
						เฉลี่ย	62.100

ตารางที่ ข-31 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ1

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.2	22.1	6.8	2.240	247.52	41	16.885
2	11.3	22.1	6.8	2.375	249.73	36.7	14.981
3	11.1	22.1	6.7	2.445	245.31	38	15.791
4	11.1	22	6.9	2.585	244.2	37.7	15.737
5	11.1	22.2	6.9	2.525	246.42	35	14.478
						เฉลี่ย	15.574

ตารางที่ ข-32 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.1	22.1	6.9	2.555	245.31	45	18.699
2	11.2	22.2	6.8	2.585	248.64	49.3	20.212
3	11.1	22.2	6.8	2.555	246.42	51	21.097
4	11.1	22.1	6.8	2.565	245.31	47.2	19.614
5	11.2	22.1	6.8	2.582	247.52	44	18.121
						เฉลี่ย	19.549

ตารางที่ ข-33 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ3

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11	22	6.9	2.59	242	54.8	23.083
2	11.1	22.1	6.8	2.575	245.31	56.8	23.603
3	11	22.1	6.8	2.62	243.1	55.6	23.314
4	11	22	6.8	2.74	242	57.4	24.178
5	11.1	22	6.8	2.72	244.2	55.3	23.084
						เฉลี่ย	23.453

ตารางที่ ข-34 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ4

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.1	22	7	2.7	244.2	62	25.881
2	11.1	22	6.8	2.705	244.2	64.5	26.924
3	11	22	6.8	2.625	242	62.8	26.453
4	11.1	22.1	7	2.74	245.31	66	27.426
5	11	22	6.8	2.55	242	64.5	27.169
						เฉลี่ย	26.771

ตารางที่ ข-35 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ5

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.1	22	6.8	2.63	244.2	71.6	29.888
2	11	22	6.9	2.905	242	69.2	29.149
3	11.1	22.1	6.9	2.83	245.31	70.4	29.254
4	11	22.1	6.8	2.68	243.1	71.3	29.898
5	11	22	6.9	2.69	242	70.2	29.562
						เฉลี่ย	29.550

ตารางที่ ข-36 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11	22.1	6.8	2.77	243.1	52.3	21.930
2	11.1	22	7	2.845	244.2	53.4	22.291
3	11.2	22	6.6	2.915	246.4	53.5	22.133
4	11	21.9	6.6	2.695	240.9	52.4	22.173
5	11.1	22	6.8	2.88	244.2	51.5	21.498
						เฉลี่ย	22.002

ตารางที่ ข-37 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.1	22	7	3.105	244.2	98.2	40.992
2	11	22	6.8	2.99	242	99.3	41.828
3	11.1	21.9	7	3	243.09	97.5	40.885
4	11	21.9	6.9	3.055	240.9	99.4	42.051
5	11	22.1	6.8	3.035	243.1	97.4	40.842
						เฉลี่ย	41.319

ตารางที่ ข-38 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11	21.9	6.9	3.055	240.9	141.4	59.833
2	11	22.1	6.8	3.035	243.1	145.8	61.137
3	11.1	22.1	6.8	2.935	245.31	139.6	58.010
4	11.1	22	7.1	3.28	244.2	140.2	58.524
5	11.1	22.1	7	3.09	245.31	139.2	57.844
						เฉลี่ย	59.073

ตารางที่ ข-39 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.1	22.1	6.8	2.9	245.31	171	71.058
2	11.1	22.1	6.9	3.01	245.31	166.3	69.105
3	11	22.1	7	3.07	243.1	172.3	72.249
4	11.1	22.1	7	3.14	245.31	166.8	69.296
5	11	22.1	7.1	2.86	243.1	172.2	72.207
						เฉลี่ย	70.783

ตารางที่ ข-40 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5

ตัวอย่างทดสอบ	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	หนา (cm)	น้ำหนัก (kg)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงอัด (kN)	ความต้านทานแรงอัด (ksc)
1	11.2	22.1	7	3.14	247.52	189.2	77.919
2	11.1	22.1	7.1	3.2	245.31	191	79.369
3	11.1	22.1	7.2	3.13	245.31	186	77.291
4	11.1	22.1	7.1	3.256	245.31	182.1	75.670
5	11.1	22.1	7	3.16	245.31	179	74.382
						เฉลี่ย	76.926

ตารางที่ ข-41 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและค่าความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1

รายละเอียด	**ตัวอย่างทดสอบ**				
วัสดุชั้นทางเดิม+ปูนซีเมนต์	1	2	3	4	5
ขนาด : m x m x m	0.119x0.229x0.065				
ปริมาตร (V) : m^3	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
น้ำหนัก (W1): kg	2.552	2.409	2.431	2.500	2.542
น้ำหนักเฉลี่ย : kg	2.506				
น้ำหนักอบแห้ง : kg	2.38	2.368	2.379	2.492	2.522
น้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย : kg	2.443				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr : kg	2.56	2.59	2.612	2.725	2.761
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr เฉลี่ย : kg	2.665				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr . : kg	2.666	2.721	2.730	2.755	2.814
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr เฉลี่ย : kg	2.741				
การดูดกลืนน้ำ :kg / m^3	168.235	165.622	206.471	154.706	171.765
การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย : kg / m^3	175.294				
ความหนาแน่นแห้ง :kg/ m^3	1400	1411.25	1399.41	1465.88	1483.529
ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย : kg/ m^3	1437.206				
เปอร์เซ็นต์ความชื้น : %	7.227	4.220	2.186	0.321	0.793
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย : %	2.632				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม ½ hr : %	7.563	8.456	9.794	9.350	9.477
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย ½ hr : %	9.046				

เปอร์เซ็นต์การดูดซึม 24 hr : %	12.017	13.875	14.754	10.554	11.578
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย 24 hr : %	12.226				

ตารางที่ ข-42 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและค่าความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

รายละเอียด	**ตัวอย่างทดสอบ**				
วัสดุชั้นทางเดิม+ปูนซีเมนต์	1	2	3	4	5
ขนาด : m x m x m	0.119x0.229x0.065				
ปริมาตร (V) : m^3	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
น้ำหนัก (W1): kg	2.527	2.567	2.603	2.535	2.664
น้ำหนักเฉลี่ย : kg	2.579				
น้ำหนักอบแห้ง : kg	2.512	2.554	2.586	2.510	2.646
น้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย : kg	2.562				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr : kg	2.762	2.790	2.835	2.772	2.880
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr เฉลี่ย : kg	2.808				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr : kg	2.774	2.828	2.852	2.786	2.900
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr เฉลี่ย : kg	2.828				
การดูดกลืนน้ำ :kg / m^3	154.118	161.176	156.471	162.353	149.412
การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย : kg/ m^3	156.706				
ความหนาแน่นแห้ง :kg/ m^3	1477.647	1502.35	1521.17	1476.47	1556.47
ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย : kg/ m^3	1506.824				
เปอร์เซ็นต์ความชื้น : %	0.597	0.509	0.657	0.996	0.680
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย : %	0.688				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม ½ hr : %	9.952	9.240	9.629	10.438	8.844
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย ½ hr : %	9.621				

เปอร์เซ็นต์การดูดซึม 24 hr : %	10.430	10.728	10.286	10.996	9.599
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย 24 hr : %	10.408				

ตารางที่ ข-43 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและค่าความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3

รายละเอียด	**ตัวอย่างทดสอบ**				
วัสดุชั้นทางเดิม+ปูนซีเมนต์	1	2	3	4	5
ขนาด : m x m x m	0.119x0.229x0.065				
ปริมาตร (V) : m^3	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
น้ำหนัก (W1): kg	2.578	2.371	2.608	2.604	2.647
น้ำหนักเฉลี่ย : kg	2.562				
น้ำหนักอบแห้ง : kg	2.560	2.355	2.590	2.583	2.626
น้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย : kg	2.543				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr : kg	2.74	2.552	2.698	2.708	2.855
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr เฉลี่ย : kg	2.711				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr : kg	2.782	2.594	2.783	2.766	2.856
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 ชม.เฉลี่ย : kg	2.756				
การดูดกลืนน้ำ :kg / m^3	130.588	140.588	113.529	107.647	135.294
การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย : kg/ m^3	125.529				
ความหนาแน่นแห้ง :kg/ m^3	1505.88	1385.2	1523.52	1519.41	1544.70
ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย : kg/ m^3	1495.765				
เปอร์เซ็นต์ความชื้น : %	0.703	0.679	0.695	0.813	0.800
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย : %	0.738				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม ½ hr : %	7.031	8.365	4.170	4.839	8.720
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย½ hr:%	6.625				

เปอร์เซ็นต์การดูดซึม 24 hr : %	8.672	10.149	7.452	7.085	8.759
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย24 hr :%	8.423				

ตารางที่ ข-44 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและค่าความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4

รายละเอียด	**ตัวอย่างทดสอบ**				
วัสดุชั้นทางเดิม+ปูนซีเมนต์	1	2	3	4	5
ขนาด : m x m x m	0.119x0.229x0.065				
ปริมาตร (V) : m^3	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
น้ำหนัก (W1): kg	2.764	2.735	2.764	2.659	2.786
น้ำหนักเฉลี่ย : kg	2.742				
น้ำหนักอบแห้ง : kg	2.743	2.713	2.738	2.640	2.765
น้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย : kg	2.720				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr : kg	2.873	2.845	2.858	2.767	2.875
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr เฉลี่ย : kg	2.844				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr : kg	2.918	2.906	2.908	2.868	2.904
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr เฉลี่ย : kg	2.901				
การดูดกลืนน้ำ :kg / m^3	102.941	113.529	100.000	134.118	81.765
การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย : kg/ m^3	106.471				
ความหนาแน่นแห้ง :kg/ m^3	1613.529	1595.88	1610.58	1552.94	1626.47
ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย : kg/ m^3	1599.882				
เปอร์เซ็นต์ความชื้น : %	0.766	0.811	0.950	0.720	0.759
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย : %	0.801				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม ½ hr. : %	4.739	4.865	4.383	4.811	3.978
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย½ hr.:%	4.555				

เปอร์เซ็นต์การดูดซึม 24 hr. : %	6.380	7.114	6.209	8.636	5.027
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย24 hr :%	6.673				

ตารางที่ ข-45 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและค่าความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5

รายละเอียด	**ตัวอย่างทดสอบ**				
วัสดุชั้นทางเดิม+ปูนซีเมนต์	1	2	3	4	5
ขนาด : m x m x m	0.119x0.229x0.065				
ปริมาตร (V) : m^3	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
น้ำหนัก (W1): kg	2.882	2.714	2.791	2.733	2.762
น้ำหนักเฉลี่ย : kg	2.776				
น้ำหนักอบแห้ง : kg	2.797	2.698	2.767	2.708	2.745
น้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย : kg	2.743				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr : kg	2.965	2.853	2.902	2.852	2.923
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr เฉลี่ย : kg	2.899				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr : kg	3.037	2.925	3.012	2.957	3.004
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr เฉลี่ย : kg	2.987				
การดูดกลืนน้ำ :kg / m^3	141.176	133.529	144.118	146.471	152.353
การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย : kg / m^3	143.529				
ความหนาแน่นแห้ง :kg / m^3	1645.294	1587.05	1627.64	1592.94	1614.70
ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย : kg / m^3	1613.53				
เปอร์เซ็นต์ความชื้น : %	0.393	0.593	0.867	0.923	0.619
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย : %	1.208				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม ½ hr : %	6.006	5.745	4.897	5.318	6.485
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย½ hr :%	5.686				

เปอร์เซ็นต์การดูดซึม 24 hr : %	8.581	8.414	8.854	9.195	9.435
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย24 hr :%	8.896				

ตารางที่ ข-46 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและค่าความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1

รายละเอียด	**ตัวอย่างทดสอบ**				
วัสดุชั้นทางเดิม+หินฝุ่น+ปูนซีเมนต์	1	2	3	4	5
ขนาด : m x m x m	0.119x0.229x0.065				
ปริมาตร (V) : m^3	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
น้ำหนัก (W1): kg	2.817	2.933	2.892	2.793	2.783
น้ำหนักเฉลี่ย : kg	2.844				
น้ำหนักอบแห้ง : kg	2.798	2.921	2.871	2.775	2.771
น้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย : kg	2.827				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr : kg	3.197	3.288	3.283	3.171	3.107
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr เฉลี่ย : kg	3.209				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr : kg	3.218	3.298	3.295	3.186	3.229
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr เฉลี่ย : kg.	3.245				
การดูดกลืนน้ำ :kg / m^3	247.059	221.765	249.412	241.765	269.41
การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย : kg / m^3	245.882				
ความหนาแน่นแห้ง :kg / m^3	1645.88	1718.23	1688.82	1632.35	1630
ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย : kg / m^3	1663.059				
เปอร์เซ็นต์ความชื้น : %	0.679	0.411	0.731	0.649	0.433
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย : %	0.581				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม ½ hr : %	14.260	12.564	14.350	14.270	12.126
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย½ hr :%	13.514				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม 24 hr : %	15.011	12.907	14.768	14.811	16.528
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย24hr :%	14.805				

ตารางที่ ข-47 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและค่าความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

รายละเอียด	**ตัวอย่างทดสอบ**				
วัสดุชั้นทางเดิม+หินฝุ่น+ปูนซีเมนต์	1	2	3	4	5
ขนาด : m x m x m	0.119x0.229x0.065				
ปริมาตร (V) : m^3	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
น้ำหนัก (W1): kg	2.960	2.942	3.047	2.911	2.922
น้ำหนักเฉลี่ย : kg	2.956				
น้ำหนักอบแห้ง : kg	2.934	2.907	3.035	2.894	2.902
น้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย : kg	2.934				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr : kg	3.397	3.288	3.429	3.281	3.207
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr เฉลี่ย : kg	3.320				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr : kg	3.424	3.314	3.455	3.320	3.233
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr เฉลี่ย : kg	3.349				
การดูดกลืนน้ำ :kg / m^3	288.235	239.41	247.059	250.588	194.706
การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย : kg / m^3	244.000				
ความหนาแน่นแห้ง :kg / m^3	1725.88	1710	1785.2	1702.3	1707.05
ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย : kg / m^3	1726.118				
เปอร์เซ็นต์ความชื้น : %	0.886	1.204	0.395	0.587	0.689
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย : %	0.752				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม ½ hr : %	15.781	13.106	12.982	13.372	10.510
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย½ hr :%	13.150				

เปอร์เซ็นต์การดูดซึม 24 hr : %	16.701	14.001	13.839	14.720	11.406
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย24 hr :%	14.133				

ตารางที่ ข-48 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและค่าความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3

รายละเอียด	**ตัวอย่างทดสอบ**				
วัสดุชั้นทางเดิม+หินฝุ่น+ปูนซีเมนต์	1	2	3	4	5
ขนาด : m x m x m	0.119x0.229x0.065				
ปริมาตร (V) : m^3	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
น้ำหนัก (W1): kg	2.993	2.900	3.184	3.004	3.079
น้ำหนักเฉลี่ย : kg	3.032				
น้ำหนักอบแห้ง : kg	2.971	2.879	3.162	2.984	3.058
น้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย : kg	3.011				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr : kg	3.312	3.256	3.454	3.323	3.388
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr เฉลี่ย : kg	3.347				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr : kg	3.341	3.279	3.482	3.356	3.418
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr เฉลี่ย : kg	3.375				
การดูดกลืนน้ำ :kg / m^3	217.647	235.29	188.23	218.82	211.765
การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย : kg / m^3	214.353				
ความหนาแน่นแห้ง :kg / m^3	1747.64	1693.5	1860	1755.2	1798.82
ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย : kg / m^3	1771.05				
เปอร์เซ็นต์ความชื้น : %	0.740	0.729	0.696	0.670	0.687
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย : %	0.705				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม ½ hr : %	11.478	13.095	9.235	11.361	10.791
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย½ hr :%	11.192				

เปอร์เซ็นต์การดูดซึม 24 hr : %	12.454	13.894	10.120	12.466	11.772
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย 24 hr :%	12.141				

ตารางที่ ข-49 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและค่าความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4

รายละเอียด	**ตัวอย่างทดสอบ**				
วัสดุชั้นทางเดิม+หินฝุ่น+ปูนซีเมนต์	1	2	3	4	5
ขนาด : m x m x m	0.119x0.229x0.065				
ปริมาตร (V) : m^3	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
น้ำหนัก (W1): kg	3.149	3.135	3.182	3.246	3.109
น้ำหนักเฉลี่ย : kg	3.164				
น้ำหนักอบแห้ง : kg	3.118	3.103	3.149	3.216	3.080
น้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย : kg	3.133				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr : kg	3.383	3.363	3.416	3.468	3.382
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr เฉลี่ย : kg	3.402				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr : kg	3.431	3.411	3.467	3.517	3.421
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr เฉลี่ย : kg	3.449				
การดูดกลืนน้ำ :kg / m^3	184.118	181.176	187.059	177.059	200.588
การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย : kg / m^3	186.000				
ความหนาแน่นแห้ง :kg / m^3	1834.118	1825.29	1852.35	1891.76	1811.76
ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย : kg / m^3	1843.059				
เปอร์เซ็นต์ความชื้น : %	0.994	1.031	1.048	0.933	0.942
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย : %	0.990				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม ½ hr : %	8.499	8.379	8.479	7.836	9.805
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย½ hr :%	8.600				

เปอร์เซ็นต์การดูดซึม 24 hr : %	10.038	9.926	10.098	9.359	11.071
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย 24 hr :%	10.099				

ตารางที่ ข-50 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำและค่าความหนาแน่นแห้ง ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5

รายละเอียด	**ตัวอย่างทดสอบ**				
วัสดุชั้นทางเดิม+หินฝุ่น+ปูนซีเมนต์	1	2	3	4	5
ขนาด : m x m x m	0.119x0.229x0.065				
ปริมาตร (V) : m^3	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
น้ำหนัก (W1): kg	3.126	3.193	3.146	3.110	3.106
น้ำหนักเฉลี่ย : kg	3.136				
น้ำหนักอบแห้ง : kg	3.098	3.157	3.112	3.074	3.069
น้ำหนักอบแห้งเฉลี่ย : kg	3.102				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr : kg	3.381	3.422	3.393	3.341	3.352
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ ½ hr เฉลี่ย : kg	3.378				
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr : kg	3.436	3.473	3.449	3.411	3.416
น้ำหนัก. แช่น้ำที่ 24 hr เฉลี่ย : kg.	3.437				
การดูดกลืนน้ำ :kg / m^3	198.824	185.882	198.23	198.23	204.11
การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย : kg / m^3	197.059				
ความหนาแน่นแห้ง :kg / m^3	1822.35	1857.05	1830.5	1808.25	1805.2
ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ย : kg / m^3	1824.706				
เปอร์เซ็นต์ความชื้น : %	0.904	1.140	1.093	1.171	1.206
เปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ย : %	1.103				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม ½ hr : %	9.135	8.394	9.030	8.686	9.221

เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย½ hr :%	8.893				
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม 24 hr : %	10.910	10.010	10.829	10.963	11.307
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมเฉลี่ย 24 hr:%	10.804				

ตารางที่ ข-51 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ1

ตัวอย่างทดสอบ	อุณหภูมิที่เวลา ℃						อุณหภูมิเฉลี่ย (℃)	อุณหภูมิเฉลี่ย (℉)	ค่าการนำความร้อน $k = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)}$ k(w/m.k)
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที			
1	29	29	33	38	45	51	45	498.15	4.55
2	28	29	32	38	44	49	44	493.15	3.33
3	27	29	34	37	47	50	44.8	497.15	4.33
4	28	29	33	37	45	51	44.6	496.15	3.90
5	28	29	32	38	45	50	44.4	495.15	3.81
	ค่าเฉลี่ย						44.56	495.95	3.98

ตารางที่ ข-52 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ2

ตัวอย่างทดสอบ	อุณหภูมิที่เวลา ℃						อุณหภูมิเฉลี่ย (℃)	อุณหภูมิเฉลี่ย (℉)	ค่าการนำความร้อน $k = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)}$ k(w/m.k)
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที			
1	30	31	33	38	46	53	38.56	504.15	7.39
2	30	31	33	39	45	55	38.81	506.15	9.42
3	30	31	32	39	45	55	38.65	505.15	8.37
4	30	31	33	39	45	54	38.66	505.15	8.12
5	29	30	33	38	46	56	40.1	505.15	8.21
	ค่าเฉลี่ย						38.95	505.15	8.30

ตารางที่ ข-53 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ3

ตัวอย่างทดสอบ	อุณหภูมิที่เวลา °C						อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°F)	ค่าการนำความร้อน $k = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)}$ k(w/m.k)
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที			
1	29	30	34	41	47	54	39.16	508.15	12.93
2	28	31	34	42	46	54	39.16	508.15	13.19
3	28	30	34	42	46	55	39.16	508.15	13.39
4	28	30	33	43	46	55	39.16	508.15	13.59
5	28	31	33	42	47	54	39.16	508.15	13.66
	ค่าเฉลี่ย						39.16	508.15	11.13

ตารางที่ ข-54 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ4

ตัวอย่างทดสอบ	อุณหภูมิที่เวลา °C						อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°F)	ค่าการนำความร้อน $k = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)}$ k(w/m.k)
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที			
1	29	31	34	40	47	55	39.33	509.15	16.82
2	28	30	35	41	46	56	39.33	509.15	17.07
3	29	30	34	41	46	56	39.33	509.15	16.82
4	29	30	34	42	46	55	39.33	509.15	16.89
5	28	30	35	40	47	56	39.33	509.15	17.07
	ค่าเฉลี่ย						39.33	509.15	16.93

ตารางที่ ข-55 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ5

ตัวอย่างทดสอบ	อุณหภูมิที่เวลา °C						อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°F)	ค่าการนำความร้อน $k = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)}$ k(w/m.k)
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที			
1	28	31	33	40	47	57	39.33	509.15	17.30
2	29	31	33	41	46	56	39.33	509.15	17.33
3	29	30	33	41	47	56	39.33	509.15	17.23
4	28	30	34	42	47	55	39.33	509.15	17.82
5	28	30	34	42	45	57	39.33	509.15	17.56
	ค่าเฉลี่ย						39.33	509.15	17.45

ตารางที่ ข-56 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 1

ตัวอย่างทดสอบ	อุณหภูมิที่เวลา °C						อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°F)	ค่าการนำความร้อน $k = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)}$ k(w/m.k)
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที			
1	28	29	32	36	45	51	36.83	494.15	3.70
2	28	30	32	37	45	52	37.33	497.15	4.52
3	28	30	33	38	44	51	37.33	497.15	4.39
4	28	29	33	39	46	50	37.50	498.15	4.68
5	28	30	34	38	46	50	37.66	499.15	4.97
	ค่าเฉลี่ย						37.31	497.15	4.45

ตารางที่ ข-57 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 2

ตัวอย่างทดสอบ	อุณหภูมิที่เวลา °C						อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°F)	ค่าการนำความร้อน $k = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)}$ k(w/m.k)
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที			
1	30	32	35	39	44	51	38.5	504.15	7.26
2	30	31	36	39	43	50	38.16	502.15	6.10
3	31	32	35	38	44	50	38.33	503.15	6.71
4	31	32	36	38	43	51	38.5	504.15	7.46
5	30	32	35	37	45	50	38.16	502.15	6.02
	ค่าเฉลี่ย						38.33	503.15	6.69

ตารางที่ ข-58 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 3

ตัวอย่างทดสอบ	อุณหภูมิที่เวลา °C						อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°F)	ค่าการนำความร้อน $k = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)}$ k(w/m.k)
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที			
1	30	32	36	38	44	52	38.67	505.15	8.41
2	30	32	35	38	44	53	38.67	505.15	8.61
3	30	32	37	39	43	51	38.67	505.15	8.54
4	30	32	36	39	42	53	38.67	505.15	8.74
5	30	31	36	38	43	54	38.67	505.15	8.54
	ค่าเฉลี่ย						38.67	505.15	8.56

ตารางที่ ข-59 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 4

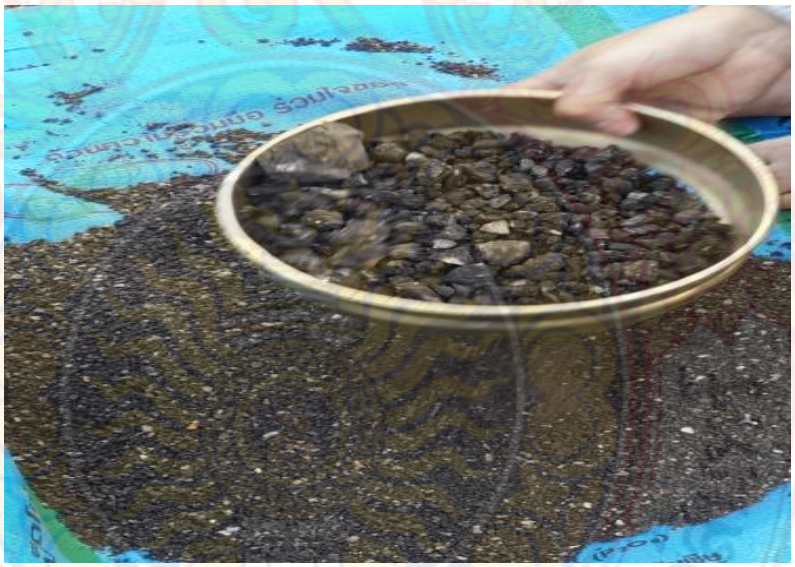
ตัวอย่างทดสอบ	อุณหภูมิที่เวลา °C						อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°F)	ค่าการนำความร้อน $k = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)}$ k(w/m.k)
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที			
1	30	31	35	39	44	55	39.00	507.15	12.23
2	30	31	35	40	44	54	39.00	507.15	12.11
3	30	32	36	39	43	54	39.00	507.15	11.89
4	30	31	36	39	43	55	39.00	507.15	12.23
5	30	32	36	38	43	55	39.00	507.15	12.00
	ค่าเฉลี่ย						39.00	507.15	12.09

ตารางที่ ข-60 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ที่อายุ 28วัน ของตัวอย่างทดสอบที่ผลิตจากวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพผสมหินฝุ่น 1: 1 ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 5

ตัวอย่างทดสอบ	อุณหภูมิที่เวลา °C						อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°F)	ค่าการนำความร้อน $k = \frac{QL}{A(t_1 - t_2)}$ k(w/m.k)
	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที			
1	28	30	35	41	45	55	39.00	507.15	12.29
2	28	30	35	40	46	55	39.00	507.15	12.06
3	28	30	35	41	46	54	39.00	507.15	11.89
4	28	29	36	41	46	54	39.00	507.15	12.06
5	29	30	35	40	45	55	39.00	507.15	12.57
	ค่าเฉลี่ย						39.00	507.15	12.17

ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ภาพที่ ค-1 การเตรียมวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ จากสำนักงานบำรุงทางธนบุรี



ภาพที่ ค-2 การร่อนวัสดุชั้นทางเดิมเสื่อมคุณภาพ

ภาพที่ ค-3 การร่อนวัสดุหินฝุ่น

รูปที่ ค-4 ชั่งน้ำหนักวัสดุ สำหรับผลิตตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น

ภาพที่ ค-5 การผสมวัสดุให้เข้ากัน หลังจากการผสมด้วยเครื่องผสม

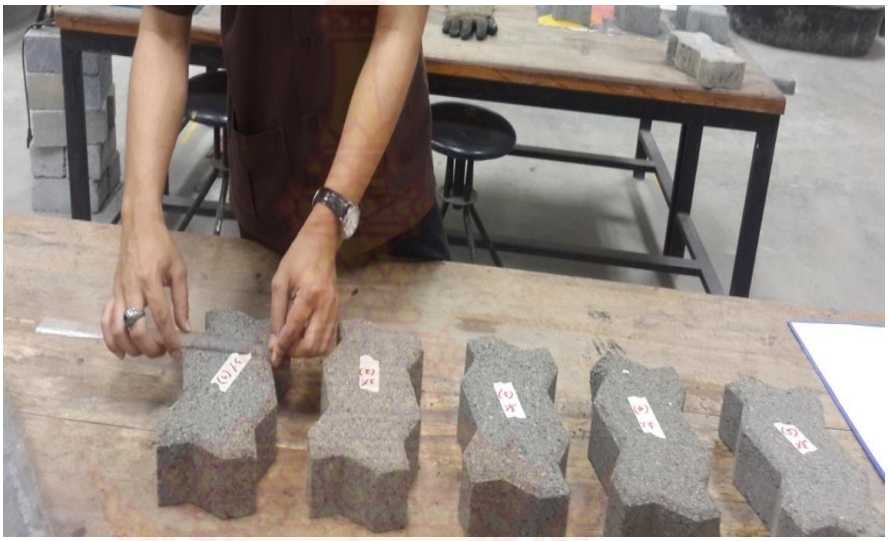
รูปที่ ค-6 การชั่งตวงวัสดุผสมที่ใช้อัดขึ้นรูป สำหรับทำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น

ภาพที่ ค-7 เทวัสดุผสมที่ผ่านการชั่งตวงแล้ว ใส่ในช่องอัดขึ้นรูปบล็อกปูพื้น

ภาพที่ ค-8 การอัดตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ด้วยเครื่องอัดแบบมือโยก

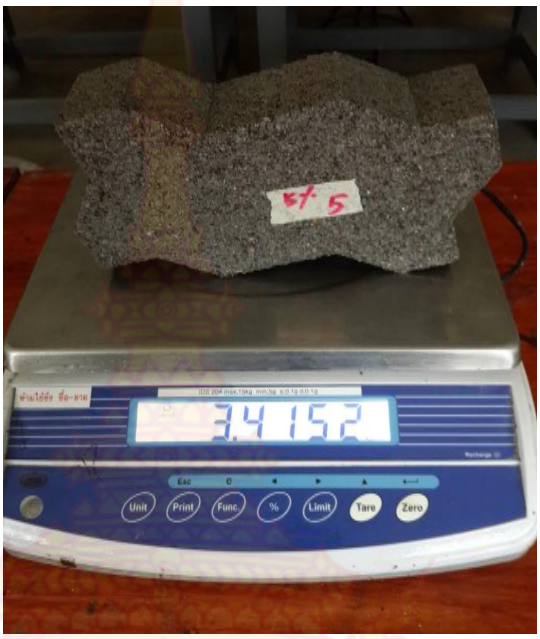
ภาพที่ ค-9 การนำตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ออกจากเครื่องอัดแบบมือโยก

ภาพที่ ค-10 การบ่มตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น



ภาพที่ ค-11 การตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่อายุการบ่ม 28 วัน

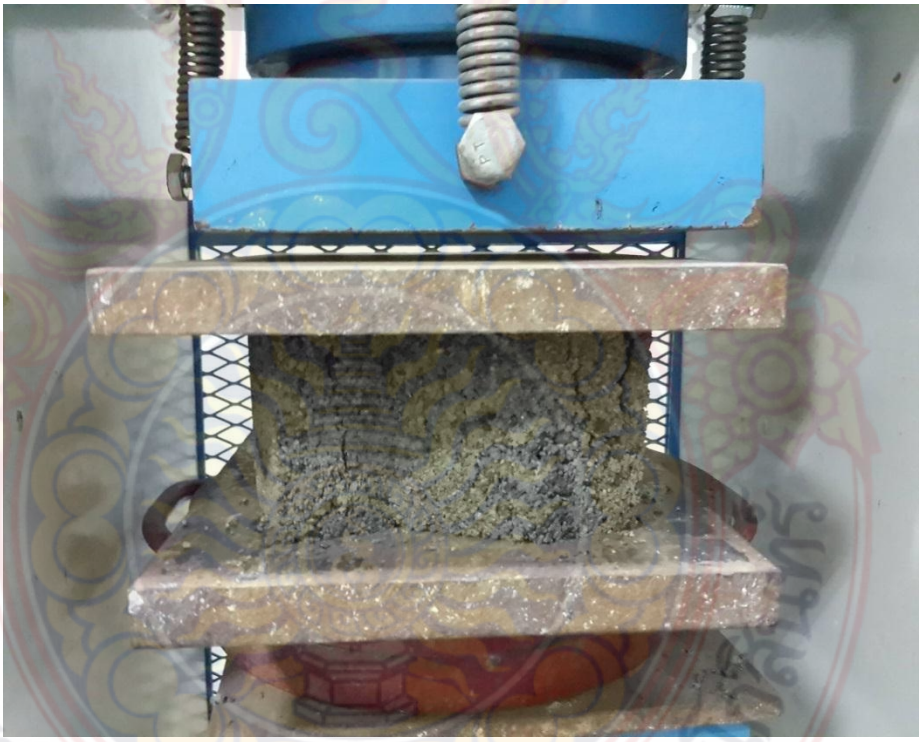
ภาพที่ ค-12 การทดสอบการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้งของบล็อกปูพื้น ที่อายุการบ่ม 28 วัน



ภาพที่ ค-13 ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบเพื่อหาค่าการดูดกลืนน้ำและความหนาแน่นแห้งของบล็อกปูพื้นที่อายุการบ่ม 28 วัน

ภาพที่ ค-14 การทดสอบหาค่าการนำความร้อนของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่อายุการบ่ม 28 วัน

ภาพที่ ค-15 ทำการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น ที่อายุการบ่ม 7, 14, 28 วัน



ภาพที่ ค-16 ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้น