

## บล็อกปูพื้นลานตากผลผลิตทางการเกษตรที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวม ใช้เถ้าขานอ้อยแบบ หยาบแทนที่หินฝุ่นบางส่วน และใช้เถ้าขานอ้อยแบบละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน

ประชุม คำพุ่ม<sup>1\*</sup> และเกียรติสุดา สมณา<sup>2</sup>

prachoom\_k@rmutt.ac.th<sup>1\*</sup> and kiatsuda.so@rmuti.ac.th<sup>2</sup>

<sup>1</sup> หน่วยงานวิจัยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

Received: May 23, 2024 Revised: June 12, 2024 Accepted: June 17, 2024

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันหินฝุ่นและเถ้าขานอ้อยเป็นวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีจำนวนมากซึ่งต้องการนำไปเพิ่มมูลค่า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำหินฝุ่นทดแทนทรายทั้งหมดในการผลิตคอนกรีต โดยใช้เถ้าขานอ้อยแบบหยาบแทนที่หินฝุ่นบางส่วน และใช้เถ้าขานอ้อยแบบละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน กำหนดส่วนผสมปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก: เถ้าขานอ้อยแบบละเอียด (ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 325): เถ้าขานอ้อยแบบหยาบ (ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ค้างตะแกรงเบอร์ 325): หินฝุ่น เท่ากับ 1: 0: 0: 5, 0.85: 0.15: 0.05: 4.95, 0.85: 0.15: 0.10: 4.90, 0.85: 0.15: 0.15: 4.85, 0.85: 0.15: 0.20: 4.80, และ 0.85: 0.15: 0.25: 4.75 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ กำหนดอัตราส่วนน้ำ: ปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.4 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดบล็อกปูพื้นเป็น 2 แบบ คือ บล็อกปูพื้นขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น และบล็อกปูพื้นรูปคคกริขนาด 11.5 x 22.5 x 6 เซนติเมตร ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.827-2565 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ผลการทดสอบพบว่าการใช้เถ้าขานอ้อยแบบหยาบแทนที่หินฝุ่นในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ความต้านแรงอัด ความต้านแรงดัด และความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลง ส่วนการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น กระเบื้องคอนกรีตปูพื้นผสมเถ้าขานอ้อยอัตราส่วน 0.85: 0.15: 0.25: 4.75 และคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าขานอ้อยอัตราส่วน 0.85: 0.15: 0.20: 4.80 สามารถผสมปริมาณเถ้าขานอ้อยได้มากที่สุด ที่บล็อกปูพื้นยังมีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด เมื่อนำไปใช้ทำลานตากผลผลิตทางการเกษตร จึงควรใช้เถ้าขานอ้อยแบบละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเท่านั้น

**คำสำคัญ:** คอนกรีตผสมเสร็จ เถ้าขานอ้อย เถ้าชีวมวล ความต้านแรงอัด การดูดซึมน้ำ

## Flooring Blocks for Drying Agricultural Products by using Quarry Rock as Aggregate with Coarse Bagasse Ash Partially Replace Quarry Rock and Fine Bagasse Ash Partially Replace Cement

Prachoom Khamput<sup>1\*</sup> and Kiatsuda Somna<sup>2</sup>

prachoom\_k@rmutt.ac.th<sup>1\*</sup> and kiatsuda.so@rmuti.ac.th<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

<sup>2</sup> Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Isan

Received: May 23, 2024 Revised: June 12, 2024 Accepted: June 17, 2024

### Abstract

Currently, quarry rock and bagasse ash are waste materials in many industrial factories that need to be added to add value. The objective of this research is to study the use of quarry rock as a replacement for all sand in concrete production. The coarse bagasse ash partially replaced some of the quarry rock, and fine bagasse ash partially replaced cement. The ratio of hydraulic cement ingredients: fine bagasse ash (size passes through sieve number 325): coarse bagasse ash (size through sieve number 8 and remaining through sieve number 325): quarry rock equal to 1: 0: 0: 5, 0.85: 0.15: 0.05: 4.95, 0.85: 0.15: 0.10: 4.90, 0.85: 0.15: 0.15: 4.85, 0.85: 0.15: 0.20: 4.80, and 0.85: 0.15: 0.25: 4.75 by weight, respectively. The water: cement ratio (w/c) was kept at 0.4 by weight. There are two types of floor block compactor: 30 x 30 x 5 centimeters, properties tested according to TIS 378-2531 standards regarding concrete floor tiles and a crooked dagger-shaped floor paving block, size 11.5 x 22.5 x 6 centimeters, properties tested according to TIS 827-2565 standards regarding interlocking concrete floor paving blocks. The results showed that the compressive strength increased when coarse bagasse ash was used instead of quarry rock while bending strength and density tended to decrease. For water absorption, there is a tendency to increase. Concrete floor tiles mixed with bagasse ash at a ratio of 0.85: 0.15: 0.25: 4.75 and interlocking concrete blocks for floors mixed with bagasse ash with a ratio of 0.85: 0.15: 0.20: 4.80 provided the highest amount of bagasse ash. The flooring blocks still meet the required standard criteria. When used to dry agricultural products, fine bagasse ash should be used to replace only part of the cement.

**Keywords:** Ready mixed concrete, Bagasse ash, Biomass ash, Compressive strength, Water absorption

## 1. บทนำ

ปัญหาขยะของเสียเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบันเป็นปัญหาใหญ่ที่ต้องเร่งแก้ไข เนื่องจากเป็นสาเหตุของปัญหาต่าง ๆ อาทิ ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ปัญหาโลกร้อน ปัญหาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นต้น ซึ่งของเสียอุตสาหกรรมจัดได้ว่าเป็นมลพิษชนิดหนึ่งที่เกิดจากโรงงาน ของเสียอุตสาหกรรมมีทั้งชนิดที่เป็นของเสียไม่อันตรายและเป็นของเสียอันตรายขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรมจากการที่มีโรงงานเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ปริมาณของเสียอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันการจัดการของเสียอุตสาหกรรมมีทางเลือกมากกว่าในอดีต เนื่องจากมีการพัฒนาเทคโนโลยีในการกำจัด ซึ่งของเสียที่ไม่อันตรายจะนิยมนำไปเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อสอดคล้องกับแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับผู้ประกอบการและชุมชนบริเวณพื้นที่โดยรอบของโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย

หินฝุ่นจากเหมืองหินเป็นของเหลือทิ้งที่มีมูลค่าต่ำ ซึ่งเหลือจากกระบวนการบดย่อยและแยกขนาดหิน ซึ่งเป็นหินขนาดเล็กไม่สามารถนำไปใช้ในงานโครงสร้างคอนกรีต เนื่องจากมีฝุ่นผงหินขนาดเล็กอยู่เป็นจำนวนมาก หินฝุ่นมีปริมาณมากถึงร้อยละ 20-40 ของจำนวนหินก่อสร้างทั้งหมด ขึ้นอยู่กับเครื่องจักรในการผลิตของแต่ละเหมืองหิน ปัจจุบันหินฝุ่นนำไปจำหน่ายในราคาถูกประมาณตันละ 70 บาท หินฝุ่นใช้เป็นวัสดุถมที่ดินหรือใช้เป็นมวลรวมในการผลิตอิฐบล็อก และยังมีหินฝุ่นเหลือทิ้งในเหมืองหินที่ไม่สามารถจำหน่ายได้อยู่เป็นจำนวนมากที่รอดำเนินการ

ส่วนเถ้าขานอ้อยนั้นได้มาจากขานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุจากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล โดยใช้ขานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในโรงงานและจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ทำให้มีปริมาณเถ้าขานอ้อยจำนวนมากที่ได้จากการเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจึงเกิดเป็นของเสียที่เป็นภาระของ โรงไฟฟ้าต้องนำไปกำจัด ซึ่งหากไม่มีการจัดการกำจัดที่ดีก็จะเกิดเป็นมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อม เป็นมลพิษทางอากาศ

งานวิจัยที่ผ่านมามีการนำหินฝุ่นมาใช้ประโยชน์เป็นมวลรวมทดแทนทรายบางส่วนในงานคอนกรีตซึ่งการใช้หินฝุ่นในปริมาณที่เหมาะสมช่วยให้คอนกรีตมีความต้านแรงอัดได้มากขึ้นกว่าคอนกรีตที่ผสมทรายปกติ [1-5] และมีงานที่สามารถใช้หินฝุ่นแทนทรายได้ทั้งหมดอีกด้วย ส่วนเถ้าขานอ้อยที่นำไปบดให้ละเอียดเท่ากับปูนซีเมนต์ก็สามารถใช้เป็นวัสดุป่อโซลารแทนที่ปูนซีเมนต์ได้บางส่วน [6-10]

ในงานวิจัยนี้ มีความสนใจที่จะนำทั้งหินฝุ่นและเถ้าขานอ้อยมาเป็นส่วนผสมเข้าด้วยกันในคอนกรีตสำหรับผู้ประกอบการทำเป็นลานตากผลิตผลทางการเกษตรให้กับชุมชนที่ขาดแคลนลานตาก โดยทำเป็นลักษณะของบล็อกปูพื้นที่สามารถปูพื้นใช้งานและรื้อเก็บได้หลังจากเลิกใช้งานแล้ว

## 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 การเตรียมวัสดุและเครื่องมือ

วัสดุที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย

1) ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ตามมาตรฐาน มอก. 2594-2556 [11] ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นปูนซีเมนต์ที่ใหม่ ไม่เสื่อมคุณภาพหรือเปียกชื้น มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.94

2) หินฝุ่น จากโรงโม่หินปราจีนบุรี จังหวัดสระแก้ว มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.72 การดูดซึมน้ำ 1.17 ค่าโมดูลัสความละเอียด 3.40 โดยน้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละสะสมของหินฝุ่นแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งพบว่าหินฝุ่นจะอยู่นอกขอบเขตของมาตรฐานมวลรวมละเอียด (ASTM C33) ไปทางมวลหยาบกว่าทรายเล็กน้อย และลักษณะขยายหินฝุ่นแสดงดังรูปที่ 2

3) เถ้าขานอ้อย จากโรงงาน บริษัท น้ำตาลสระบุรี จำกัด จังหวัดลพบุรี การเก็บตัวอย่างดังรูปที่ 3 ลักษณะขยายเถ้าขานอ้อยดังรูปที่ 4 เถ้าขานอ้อยมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.17 การเตรียมเถ้าขานอ้อยแบบละเอียดทำการบดด้วยเครื่องและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 325 ด้วยวิธีการร่อนผ่านน้ำแล้วนำไปตากให้แห้ง ส่วนการเตรียมเถ้าขานอ้อยแบบหยาบทำการบดด้วยเครื่องผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ค้างตะแกรงเบอร์ 325

## 4) น้ำประปา

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน

วิจัย ประกอบด้วย

1) เครื่องบดย่อยวัสดุเข้าชานอ้อย

2) เครื่องผสมคอนกรีต

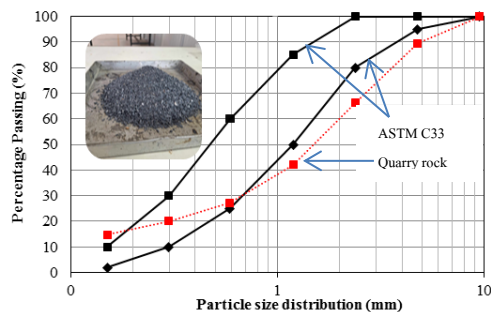
3) เครื่องอัดบล็อกปูพื้นติดตั้งแบบอิฐตัว

หนอนและแบบกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

4) เครื่องทดสอบการรับแรงอัดและแรงดัด

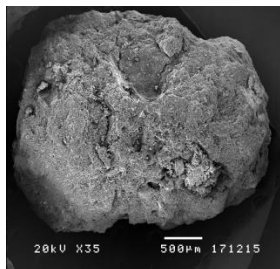
5) อุปกรณ์ทดสอบสมบัติด้านความหนาแน่น

การดูดซึมน้ำ



รูปที่ 1 น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละผสมของ

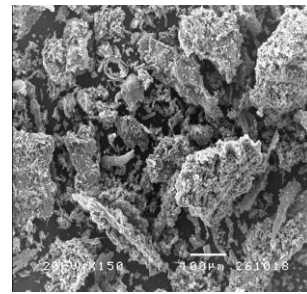
หินฝุ่น จาก บริษัท ปราจีนบุรี เหมือนหิน จำกัด



รูปที่ 2 ลักษณะของหินฝุ่นขนาดขยาย 35 เท่า



รูปที่ 3 การเก็บตัวอย่างเข้าชานอ้อย



รูปที่ 4 เข้าชานอ้อยก่อนบดย่อยขนาดขยาย 150 เท่า

## 2.2 การกำหนดอัตราส่วนผสม

กำหนดส่วนผสมปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก:

เข้าชานอ้อยแบบละเอียด: เข้าชานอ้อยแบบหยาบ:  
 หินฝุ่น เท่ากับ 1: 0: 0: 5, 0.85: 0.15: 0.05: 4.95,  
 0.85: 0.15: 0.10: 4.90, 0.85: 0.15: 0.15: 4.85,  
 0.85: 0.15: 0.20: 4.80, และ 0.85: 0.15: 0.25: 4.75  
 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ กำหนดอัตราส่วนน้ำ:  
 ปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.4 โดยน้ำหนัก รายละเอียด  
 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของคอนกรีต (โดยน้ำหนัก)

| สัญลักษณ์ | ปูนซีเมนต์ | เข้าชานอ้อย (ละเอียด) | เข้าชานอ้อย (หยาบ) | หินฝุ่น | น้ำ |
|-----------|------------|-----------------------|--------------------|---------|-----|
| Control   | 1          | 0                     | 0                  | 5       | 0.4 |
| B/C 0.05  | 0.85       | 0.15                  | 0.05               | 4.95    | 0.4 |
| B/C 0.10  | 0.85       | 0.15                  | 0.10               | 4.90    | 0.4 |
| B/C 0.15  | 0.85       | 0.15                  | 0.15               | 4.85    | 0.4 |
| B/C 0.20  | 0.85       | 0.15                  | 0.20               | 4.80    | 0.4 |
| B/C 0.25  | 0.85       | 0.15                  | 0.25               | 4.75    | 0.4 |

หมายเหตุ B คือ กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (ทดสอบการรับแรงดัด)

C คือ คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ทดสอบการรับแรงอัด)

## 2.3 การขึ้นรูปตัวอย่างบล็อกปูพื้น

ผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนในตารางที่ 1  
 ในเครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ โดยชั่งน้ำหนักวัสดุ  
 แล้วเทลงในเครื่องผสมจากนั้นทยอยเติมน้ำที่ใส่น้อย  
 กวนให้ส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน นำส่วนผสมไปขึ้น  
 รูปตัวอย่างบล็อกปูพื้นด้วยเครื่องอัดบล็อกปูพื้นแบ่ง  
 ออกเป็น 2 ขนาดด้วยกัน คือ (1) บล็อกปูพื้นขนาด 30  
 x 30 x 5 เซนติเมตร เรียกว่า กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

ดังรูปที่ 5 และ (2) บล็อกปูพื้นรูปคดกริช (อิฐตัวหนอน) ขนาด 11.5 x 22.5 x 6 เซนติเมตร เรียกว่าคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ดังรูปที่ 6 โดยขึ้นรูปอัตราส่วนละ 30 ตัวอย่าง นำก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกปูพื้นออกจากแบบ จากนั้นนำไปบ่มในที่ร่มสภาพอากาศปกติตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อทำการทดสอบสมบัติตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 5 บล็อกปูพื้นขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร



รูปที่ 6 บล็อกปูพื้นรูปคดกริช (อิฐตัวหนอน)  
ขนาด 11.5 x 22.5 x 6 เซนติเมตร

#### 2.4 การทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก. และการทดสอบใช้งานจริง

การทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก. มีข้อกำหนดการเลือกผลการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละอัตราส่วนผสม ได้เลือกผลการทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ไม่เกิน 0.50 มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

ทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก. โดยบล็อกปูพื้นขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น [12] และบล็อกปูพื้นรูปคดกริช (อิฐตัวหนอน) ขนาด 11.5 x 22.5 x 6 เซนติเมตร ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.827-2565 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น [13]

โดยความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ ทดสอบที่อายุการบ่ม 28 วัน ส่วนความต้านแรงดัด (รูปที่ 7) และความต้านแรงอัด (รูปที่ 8) ทดสอบที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน การคำนวณค่าความต้านแรงดัดแสดงดังสมการที่ 1 และความต้านแรงอัดแสดงดังสมการที่ 2



รูปที่ 7 ทดสอบความต้านแรงดัด

การคำนวณความต้านแรงดัด

$$F = \frac{3Pl}{2bt^2} \quad (1)$$

เมื่อ  $F$  = ความต้านแรงดัดตามขวาง (เมกะพาสคัล)  
 $P$  = แรงกดที่กระทำกระเบื้องแตกหัก (นิวตัน)  
 $l$  = ระยะห่างระหว่างฐานรองรับ มีค่าเท่ากับ  $\frac{2}{3}$  ของความยาว (มิลลิเมตร)  
 $b$  = ความกว้างของกระเบื้องตัวอย่าง (มิลลิเมตร)  
 $t$  = ความหนาของกระเบื้องตัวอย่าง (มิลลิเมตร)



รูปที่ 8 ทดสอบความต้านแรงอัด

การคำนวณความต้านแรงอัด

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

เมื่อ  $\sigma$  = ความต้านแรงอัด (เมกะพาสคัล)  
 $P$  = แรงกดที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดการวิบัติ (นิวตัน)  
 $A$  = พื้นที่รับแรงอัด (ตารางมิลลิเมตร)

การทดสอบใช้งานจริง ทำการทดสอบการปูพื้นด้วยบล็อกปูพื้นทั้งสองแบบ เพื่อตรวจสอบการใช้งานว่าสามารถทำการปูพื้นได้เหมือนกับบล็อกปูพื้นที่จำหน่ายตามท้องตลาดหรือไม่ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การทดสอบปูพื้นในพื้นที่จริง

จากนั้นวัดอุณหภูมิที่ผิวหน้าของบล็อกปูพื้นหลังจากปูพื้นในสถานที่จริงแล้ว มาเปรียบเทียบกับบล็อกปูพื้นปกติตามท้องตลาด เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาข้อดีของการตากผลผลิตทางการเกษตรเนื่องจากบล็อกปูพื้นที่มีอุณหภูมิผิวหน้าสูงกว่าส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น

เกณฑ์ข้อกำหนดตามมาตรฐาน มอก. ของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นและคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดตามมาตรฐาน มอก. ของบล็อกปูพื้น

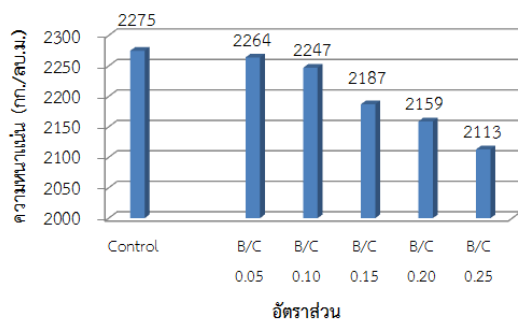
| คุณสมบัติตามมอก.          | กระเบื้องคอนกรีตปูพื้นมอก.378-2531                                               | คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมอก.827-2565                                         |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| ลักษณะทั่วไป              | คอนกรีตเนื้อแน่น ไม่แตกร้าว ไม่บิ่น สีของผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ                     | คอนกรีตเนื้อแน่น ไม่แตกร้าว ไม่บิ่น สีของผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ                 |
| ความกว้าง x ความยาว (มม.) | ความกว้างหรือความยาว ค่าความคลาดเคลื่อน +3/-0                                    | ไม่เกิน 295 ± 2                                                              |
| ความหนา (มม.)             | 1/10 x ความยาวของกระเบื้อง แต่ต้อง > หรือ = 20 ค่าความคลาดเคลื่อน +3             | 60 – 100 ± 3<br>> 100 ± 4                                                    |
| ความหนาชั้นผิวหน้า (มม.)  | -                                                                                | > หรือ = 5 มม.                                                               |
| ความต้านแรงดัด            | แต่ละก้อนต้อง > หรือ = 2.5 เมกะพาสคัล<br>- ค่าเฉลี่ยต้อง > หรือ = 3.0 เมกะพาสคัล |                                                                              |
| ความต้านแรงอัด            | -                                                                                | แต่ละก้อนต้อง > หรือ = 35 เมกะพาสคัล<br>ค่าเฉลี่ยต้อง > หรือ = 40 เมกะพาสคัล |
| การดูดซึมน้ำ              | ไม่เกิน 10%                                                                      | ไม่เกิน 5%                                                                   |

### 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 3.1 ลักษณะทั่วไปของบล็อกปูพื้น

บล็อกปูพื้นทั้งสองแบบมีลักษณะทั่วไปที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. ทุกอัตราส่วน คือ เมื่อตรวจพินิจแล้วพบว่า คอนกรีตบล็อกปูพื้นมีเนื้อแน่น ไม่แตกร้าว ไม่บิ่น มีความเรียบ ขอบได้ฉาก สีของผิวหน้าสม่ำเสมอ

#### 3.2 ความหนาแน่นของบล็อกปูพื้น



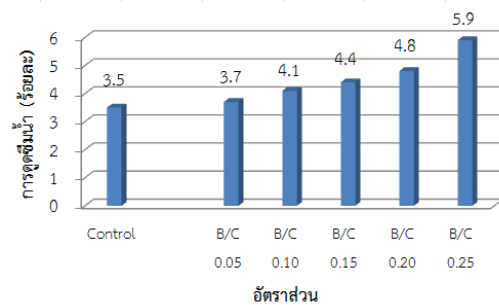
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน

รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน พบว่าความหนาแน่นของคอนกรีตควบคุมมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2,275 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อมีสัดส่วนของเถ้าขาน้อยแบบหยาบเพิ่มมากขึ้นและหินฝุ่นลดลง ความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นมีค่าลดลงตามลำดับจนกระทั่งตัวอย่าง B/C 0.25 ให้ค่าความหนาแน่นต่ำที่สุดเท่ากับ 2,113 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากเถ้าขาน้อยแบบหยาบมีความหนาแน่นน้อยกว่าหินฝุ่น เมื่อผสมในปริมาณมากขึ้นจึงส่งผลให้บล็อกปูพื้นมีความหนาแน่นลดลง

#### 3.3 การดูดซึมน้ำของบล็อกปูพื้น

การดูดซึมน้ำของบล็อกปูพื้น แสดงดังรูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมน้ำและอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน พบว่า คอนกรีตควบคุมมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด มีค่าร้อยละ 3.5 และเมื่อผสมเถ้าขาน้อยแบบหยาบในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้การดูดซึมน้ำมากขึ้นตามลำดับ และมีค่าดูดซึมน้ำสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ

5.9 ที่ตัวอย่าง B/C 0.25 เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.378-2531 ที่กำหนดค่าการดูดซึมน้ำต้องไม่เกินร้อยละ 10 พบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แต่เมื่อนำไปเทียบกับมาตรฐาน มอก.827-2565 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ที่กำหนดค่าการดูดซึมน้ำต้องไม่เกินร้อยละ 5 พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์คือ ตัวอย่าง B/C 0.20 ทั้งนี้การดูดซึมน้ำที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณเถ้าขาน้อยมากขึ้น เนื่องจากเถ้าขาน้อยแบบหยาบมีอนุภาคที่เป็นรูหลายเหลี่ยมไม่แน่นอนประกอบกับมีพื้นที่ผิวขรุขระและมีรูพรุนสูง [14] ดังแสดงในรูปที่ 4 ทำให้เมื่ออนุภาคของเถ้าขาน้อยแทรกตัวเข้าในระหว่างอนุภาคของคอนกรีตมีผลให้น้ำคอนกรีตเกิดช่องว่างขึ้นภายใน จึงส่งผลให้มีการดูดซึมน้ำได้มากขึ้น

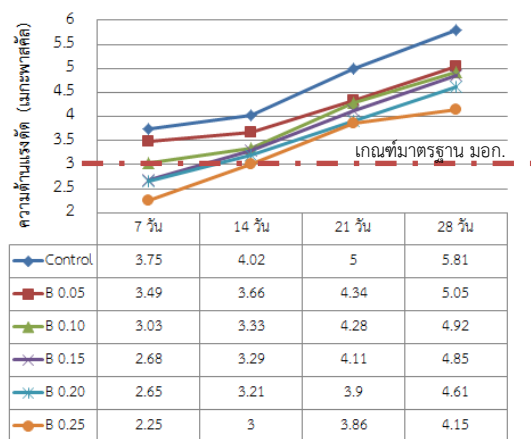


รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมน้ำและอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน

#### 3.4 ความต้านแรงดัดของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

ความต้านแรงดัดของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ทำการทดสอบที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน ได้ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 12 พบว่า เมื่อระยะเวลาการบ่มนานมากขึ้น ความต้านแรงดัดของกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นที่เป็นคอนกรีตควบคุมให้ค่าความต้านแรงดัดสูงที่สุดเท่ากับ 5.81 เมกะพาสคัล ที่อายุ 28 วัน เมื่อมีการใช้เถ้าขาน้อยแบบหยาบและหินฝุ่นแทนที่มวลรวมในปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้ความต้านทานแรงดัดมีแนวโน้มลดลงซึ่งแปรผันตรงกับความหนาแน่นที่วัดได้ค่าความ

หนาแน่นต่ำจะมีความแข็งแรงน้อยลง เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.378-2531 ที่กำหนดให้ความต้านแรงดัดแต่ละแผ่นต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และมีค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 3 เมกะพาสคัล พบว่าความต้านแรงดัดมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ทุกอัตราส่วนที่อายุ 28 วัน และ ตัวอย่าง B0.05 และ B0.10 สามารถใช้งานได้ตั้งแต่อายุ 7 วัน แสดงให้เห็นว่าเถ้าขานอ้อยแบบหยาบร่วมกับหินฝุ่นในปริมาณที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้แทนที่มวลรวมปกติในการผลิตกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นได้

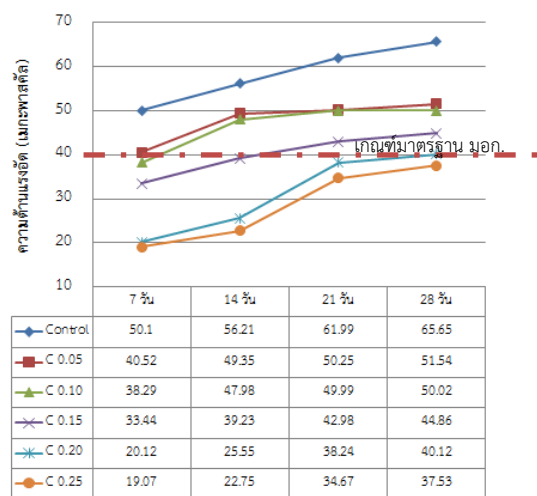


รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงดัดและอายุการบ่มที่อัตราส่วนต่าง ๆ

### 3.5 ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทำการทดสอบที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน ได้ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 13 พบว่าเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้นความต้านแรงอัดมีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับ [15] โดยคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตัวอย่างควบคุมให้ค่าความต้านแรงอัดสูงที่สุดเท่ากับ 50.10 และ 65.65 เมกะพาสคัล ที่อายุ 7 และ 28 วัน ตามลำดับ เมื่อใช้เถ้าขานอ้อยแบบหยาบร่วมกับหินฝุ่น พบว่าความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีแนวโน้มลดลง โดยความต้านแรงอัดบางส่วนของตัวอย่างคอนกรีตเกิดจากการทำปฏิกิริยาปอซโซลานระหว่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นผลผลิตจาก

ปฏิกิริยาไฮเดรชันร่วมกับซิลิกาที่เป็นองค์ประกอบเคมีของเถ้าขานอ้อย [16] แม้กระนั้นก็ตาม ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทุกส่วนผสม (ยกเว้น C0.25) มีค่าความต้านแรงอัดมีค่าเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.827-2565 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ที่กำหนดให้ความต้านแรงอัดแต่ละก้อนต้องไม่น้อยกว่า 35 เมกะพาสคัล และมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 40 เมกะพาสคัล

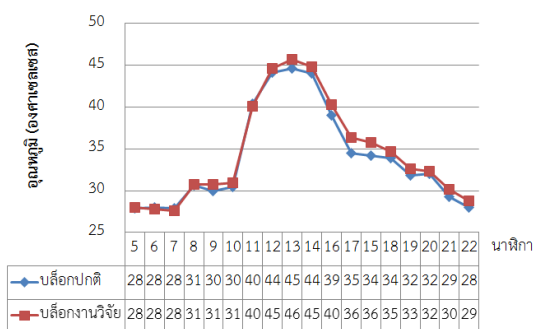


รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงอัดและอายุการบ่มที่อัตราส่วนต่าง ๆ

### 3.6 ผลทดสอบการใช้งานจริง

ผลการทดสอบการปูพื้นในสถานที่จริง พบว่าสามารถปูพื้นได้เช่นเดียวกับบล็อกปูพื้นปกติทั่วไป มีความแข็งแรงทนทาน ไม่บิ่น แตกหักเสียหายระหว่างการปูพื้น ใช้อุปกรณ์การติดตั้งบล็อกปูพื้นได้แบบปกติ และผลการทดสอบอุณหภูมิที่ผิวหน้าแสดงดังรูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาการในการวัดอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้น ระหว่างเวลา 5.00-22.00 นาฬิกา โดยการวัดค่าเฉลี่ย 3 จุด ทุก 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องเทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด ผลการดำเนินงานพบว่า อุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นมีค่าสูงขึ้นตามเวลาที่แสงแดดส่องและเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าสูงสุดช่วง 12.00-14.00 น. โดยมีค่าสูงถึง 45 องศาเซลเซียส

ทั้ง 2 ประเภทบล็อกปูพื้น หลังจากนั้นก็จะลดลงตามลำดับ และพบว่าบล็อกปูพื้นจากงานวิจัยมีอุณหภูมิที่ผิวหน้าสูงกว่าบล็อกปูพื้นปกติประมาณ 1 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากการใช้หินฝุ่นเป็นส่วนผสมคอนกรีตแทนทรายและการใช้เถ้าขานอ้อยเป็นส่วนผสมแทนปูนซีเมนต์บางส่วน ทำให้เนื้อบล็อกปูพื้นแน่น ผิวหน้าของบล็อกปูพื้นเรียบเนียนและมีสีที่เข้มกว่าบล็อกปูพื้นปกติ จึงส่งผลให้ผิวหน้าบล็อกปูพื้นจากงานวิจัยดูดซับความร้อนดีขึ้น เป็นไปตามทฤษฎีและงานวิจัยที่ผ่านมา วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง มีผิวเรียบ และมีสีเข้ม จะดูดซับความร้อนที่ตึกกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ และมีสีอ่อนกว่า [17] ดังนั้นอุณหภูมิผิวหน้าบล็อกปูพื้นจากงานวิจัยจึงสูงกว่าบล็อกปูพื้นปกติ ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้น 1 องศาเซลเซียสนี้ เป็นผลดีในการนำไปใช้งานกับลานตากผลผลิตทางเกษตร โดยช่วยให้ผลผลิตทางการเกษตรที่ตากมีความแห้งเร็วขึ้นได้



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาการในการวัดอุณหภูมิผิวหน้าบล็อกปูพื้นในเวลาต่าง ๆ

#### 4. สรุปและข้อเสนอแนะ

บล็อกปูพื้นลานตากผลผลิตทางการเกษตรที่ใช้หินฝุ่นเป็นมวลรวม ใช้เถ้าขานอ้อยแบบหยาบแทนที่หินฝุ่นบางส่วน และใช้เถ้าขานอ้อยแบบละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน สามารถสรุปผลการทดลอง ได้ ดังนี้

4.1 การใช้เถ้าขานอ้อยแบบหยาบร่วมกับหินฝุ่นเป็นมวลรวมในการผสมคอนกรีตบล็อกปูพื้นในงานวิจัยนี้ อัตราส่วนที่เหมาะสมพิจารณาจากการใช้เถ้าขานอ้อยมากที่สุดเพื่อทำให้อุณหภูมิผิวหน้าบล็อกปูพื้น

สูงสุด โดยมีคุณสมบัติด้านการรับแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐานนั้น คืออัตราส่วน ปูนซีเมนต์:ไฮดรอลิก: เถ้าขานอ้อยแบบละเอียด (ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 325): เถ้าขานอ้อยแบบหยาบ (ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ค้างตะแกรงเบอร์ 325): หินฝุ่น เท่ากับ 0.85: 0.15: 0.25: 4.75 มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (อายุ 14 วัน) และ อัตราส่วน 0.85: 0.15: 0.20: 4.80 มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.827-2565 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (อายุ 28 วัน)

4.2 เมื่อแทนที่หินฝุ่นด้วยเถ้าขานอ้อยแบบหยาบในปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความต้านแรงอัดและความต้านแรงดัดมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ในทางกลับกันค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเถ้าขานอ้อยแบบหยาบมีขนาดใหญ่ มีรูพรุนสูง มีความสามารถในการดูดน้ำได้มาก เกิดช่องว่างในเนื้อของคอนกรีตเพิ่มมากขึ้น ทำให้ส่งผลต่อความต้านแรงอัดและความต้านแรงดัดของผลิตภัณฑ์ได้

4.3 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ทำลานตากผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ขนาดใหญ่ แบบถาวรที่ไม่ต้องการรื้อถอน ควรออกแบบส่วนผสมโดยใช้มวลรวมหยาบที่เป็นหินก่อสร้างเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงมากขึ้น อีกทั้งปรับวิธีการผลิตเป็นแบบคอนกรีตผสมเสร็จสำหรับนำไปเทที่หน้างานแทนวิธีการทำบล็อกปูพื้น เพื่อความสะดวกรวดเร็วและลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ เรื่อง “การใช้หินฝุ่นและเถ้าขานอ้อยที่เป็นของเสียเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเป็นคอนกรีตผสมเสร็จเพื่อทดแทนการใช้ทรายธรรมชาติและปูนซีเมนต์ สำหรับใช้ในงานลานคอนกรีตสำหรับตากผลผลิตทางการเกษตร” ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Khamput P, Compressive strength of mortars mixing with fly ash and crushed dust. International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST 2007), 2007 November 21-23; The Swissôtel Le Concorde, Bangkok; 2007. p.452-5.
- [2] Menadi B, Kenai S, Khatib J, Ait-Mokhtar A. Strength and durability of concrete incorporating crushed limestone sand. Construction and Building Materials. 2009;23(2):625-33.
- [3] Rajput S. P. An experimental study on crushed stone dust as fine aggregate in cement concrete. Materials Today: Proceedings. 2018;5(9):17540-47.
- [4] Chaikaew Ch, Wongprachum W. The compaction of concrete using dust stone substitute sand. The Journal of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University. 2018;6(2):63-71. (in Thai).
- [5] Choosakul Ch, Yongsata K. Compressive strength of mortar using the mineral dust partial replacement in sand. Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal. 2018;10(2):324-32. (in Thai).
- [6] Ganesan K, Rajagopal K, Thangavel K. Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material. Journal of Cement and Concrete Composites. 2007;29:515.
- [7] Srinivasan R, Sathiya K. Experimental study on bagasse ash in concrete. International Journal of Service Learning in Engineering. 2010;5(2):60.
- [8] Singh N. B., Singh V. D., Rai S. Hydration of bagasse ash-blended Portland cement. Journal of Cement and Concrete Research. 2000;30:1485.
- [9] Rukzon S, Chindaprasirt P. Utilization of bagasse ash in high strength concrete. Journal of Materials and Design. 2012;34:45
- [10] Aigbodion V.S., Hassan S.B., Ause T, Nyior G.B. Potential utilization of solid waste (bagasse ash). Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering. 2010;9:67-77.
- [11] Thai Industrial Standards Institute. TIS.2594-2556. Standard for hydraulic cement. Ministry of industry. Bangkok; 2013. (in Thai).
- [12] Thai Industrial Standards Institute. TIS.378-2531. Standard for concrete floor tile. Ministry of industry. Bangkok; 1988. (in Thai).
- [13] Thai Industrial Standards Institute. TIS. 827-2565. Standard for Interlocking concrete paving blocks. Ministry of industry. Bangkok; 2022. (in Thai).
- [14] Chatveera B, Promsawat P. Effect of bagasse ash replacement in fine aggregate on mechanical properties of plastering cement. Research and Development Journal. 2009;20(1):59-68.
- [15] Chindaprasirt P, Jaturapitakkul C. Cement Pozzolanic and concrete. 7<sup>th</sup>ed. Bangkok: Thailand Concrete Association; 2012. (in Thai).
- [16] Modania P O, Vyawahare M.R. Utilization of Bagasse Ash as a Partial replacement of fine aggregate in concrete. Procedia Engineering. 2013;51:25–9.
- [17] Khamput P, Tantavoranart S, Suweero K. Improving the thermal insulation properties of the concrete block with EVA plastic scrap. KKU-IENC2014, 2014 March 27-29; Pullman KhonKaen Raja Orchid Hotel; 2014. p.12.