การศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการระบายน้ำของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน

(A Study for the improve drainage of the Porous concrete flooring stone wash)

อาทร ชูพลสัตย์[1]*, ณรงค์ กุหลาบ[2], ณิชาภา มินาบูลย์[3]

[1, 2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

[3] คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170

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

บทคัดย่อ

จากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนรูปแบบต่างๆ ในส่วนของ ลักษณะทั่วไปและมิติ กำลังอัด กำลังดัด การดูดซึมน้ำ ความสามารถในการระบายน้ำ และอุณหภูมิที่ผิวหน้า โดยได้จัดทำขนาดตัวอย่างการทดสอบ ขนาดกว้าง 20 cm ยาว 20 cm หนา 4 cm โดยมีรูปแบบของวัสดุปูพื้น 4 รูปแบบ คือ ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ, ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุน, ผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตทึบ และผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตพรุน จากผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ สามารถรับกำลังอัดได้สูงสุด และผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุน มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด และวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตพรุน มีการระบายน้ำได้ดีที่สุด และวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวหน้าต่ำที่สุด และจากตัวอย่างวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนทั้ง 4 รูปแบบ พบว่าวัสดุปูพื้นผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุน เป็นรูปแบบที่สามารถรับกำลังอัดได้ค่อนข้างสูง ตลอดจนให้คุณสมบัติทางด้านการระบายน้ำ และอุณหภูมิที่ผิวหน้า อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้าง และมีความเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปูผิวพื้นภายนอกอาคารได้

คำสำคัญ: คอนกรีตพรุน, การระบายน้ำ และอุณหภูมิ

Abstract

The purpose of this research was to study the engineering properties of concrete flooring, stone wash porosity variations in the nature and magnitude of the flexural strength, water absorption. The temperature at the surface by a small test sample size of 20 cm. Lengths 20 cm. Thickness 4 cm. Was a form of floor covering four types of surface stone washed white solid concrete base solid surface. rock face wash white solid concrete base porosity, pore surface white washed stone base concrete and stone washed white surface porosity porous concrete base.The results showed that the porous concrete flooring, stone wash. Surface stone washed white solid concrete base to get maximum strength. Solid surface and stone washed white porous concrete base. Most water is absorbed. And porous concrete flooring, stone wash, stone wash white surface porosity porous concrete base. Absorption drainage are best. And porous concrete flooring, stone wash, stone wash skin white solid concrete base with the lowest average temperature at the surface. And the material of the porous concrete paving stone washed four models covering the surface of porous stone washed white solid concrete base that can form. Has relatively high compressive strength. As well as the properties of water and the temperature at the surface. Criteria that can be used in the construction. And is suitable for use as building materials, exterior surface.

Keywords: porous concrete, drainage and temperature

1. ที่มาและความสำคัญ

ในสภาวะปัจจุบัน จากปัญหาน้ำท่วมขัง และการระบายน้ำไม่ทันของพื้นที่กลางแจ้งโดยทั่วไป เช่น ทางเท้า ลานจอดรถยนต์ และลานกลางแจ้ง เป็นสิ่งที่พบเห็นได้โดยทั่วไป ส่งผลต่อการเดินทางสัญจร และอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุลื่นล้มได้ ทั้งยังเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ ของพาหะนำโรคต่างๆ นอกจากนี้ยังพบว่า ในพื้นที่กลางแจ้งภายนอกอาคาร มีปัญหาอุณหภูมิที่พื้นผิวมีความร้อนสูง ส่งผลให้มนุษย์ทำกิจกรรม หรือใช้ประโยชน์จากพื้นที่กลางแจ้งน้อยลง ซึ่งจากทั้งสองปัญหาดังกล่าว มีสาเหตุ มาจากพื้นผิวหน้าของพื้นที่กลางแจ้งโดยทั่วไป นิยมใช้ผิวหน้าเป็นพื้นผิวคอนกรีตหรือแอสฟัลท์คอนกรีต [1] ซึ่งวัสดุดังกล่าวมีความทึบน้ำสูง และมีความหนาแน่นมาก ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำลงสู่ชั้นดินได้ดี ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง ตลอดจนมีอุณหภูมิที่ผิวหน้าสูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิต และทำกิจกรรมของมนุษย์

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับ บล็อกปูทางเท้าคอนกรีตพรุนพบว่า จะมีอุณหภูมิต่ำและยังช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้นได้ดีกว่าวัสดุปูพื้นชนิดอื่นๆ เป็นอย่างมาก และยังสามารถระบายน้ำได้ที่พื้นผิวได้อย่างรวดเร็ว [2] และจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ คุณสมบัติอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้นกรวดล้าง สำหรับงานพื้นผิวภายนอกอาคาร จากการทดสอบคุณสมบัติด้านอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้นกรวดล้าง และวัสดุปูพื้นทั่วไป พบว่าลักษณะของวัสดุปูพื้นในรูปแบบผิวหน้า ที่เป็นปูนซีเมนต์ขาวปอร์ตแลนด์ผสมกรวดสีขาว มีอุณหภูมิที่ผิวหน้าต่ำกว่าวัสดุปูพื้นชนิดอื่นๆ และพบว่าหินที่มีความเข้มของสีมาก จะมีการเก็บสะสมความร้อน หรือดึงดูดอุณหภูมิมากกว่าหินที่มีสีอ่อน [3]

จากปัญหาและผลการวิจัยที่ผ่านมาดังกล่าว ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงมีความสนใจ ที่จะทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ "การศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการระบายน้ำของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน" โดยใช้หินปูนซึ่งมีขายทั่วไปตามท้องตลาด มาผลิตเป็นตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน ในรูปแบบต่างๆ แล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติ การรับกำลัง การดูดซึมน้ำ การระบายน้ำ และอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้น เป็นต้น แล้วพิจารณาว่าแผ่นปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนในลักษณะรูปแบบใด มีประสิทธิภาพ และความเหมาะสม ในการการระบายน้ำ ช่วยลดอุณหภูมิ ได้ดีที่สุด และมีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้งานจริง

2. วัตถุประสงค์

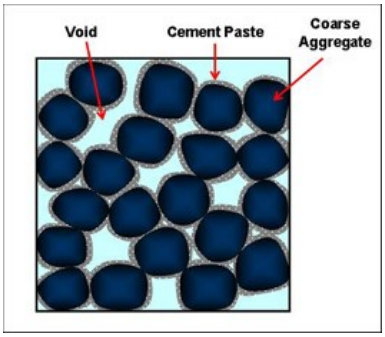
1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนรูปแบบต่างๆ
2. เพื่อศึกษาว่าลักษณะรูปแบบของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน รูปแบบใด ที่มีความสามารถ ในการระบายน้ำที่พื้นผิวได้ดี และมีอุณหภูมิที่ผิวหน้าต่ำ
3. เพื่อพัฒนาคุณสมบัติและคุณภาพ ของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน ให้มีความสามารถ ในการระบายน้ำที่พื้นผิวได้ดี และมีอุณหภูมิที่ผิวหน้าต่ำ

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1. คอนกรีตพรุน

คอนกรีตพรุน คือคอนกรีตที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ต่อเนื่องกัน ซึ่งยังคงมีความสามารถในการยึดเกาะกัน ของมวลรวมในคอนกรีตในทุกๆ ผิวสัมผัส โดยสามารถที่จะออกแบบคุณสมบัติได้อย่างหลากหลาย แตกต่างกันขึ้นกับวัตถุประสงค์การใช้งาน ทั้งในด้านความแข็งแรง ความสามารถในการระบายน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถด้านอื่นๆ ทั้งนี้คอนกรีตพรุนได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในวงการวิศวกรรม และสถาปัตยกรรมทั่วโลก คอนกรีตพรุนเป็นคอนกรีตที่ไม่มีมวลละเอียด ในส่วนผสมเพื่อต้องการให้มีโพรงที่ต่อเนื่องอยู่ภายใน ซึ่งน้ำหรือของเหลวซึมผ่านได้

โครงสร้างหลักของ คอนกรีตพรุนนั้นประกอบไปด้วย เฟสของซีเมนต์เพสท์ (Cement paste) มวลรวม และช่องว่างที่ต่อเนื่องกันภายใน (Interconnection void) โดยเฟสของ Cement paste จะทำหน้าที่เป็นเหมือนกาวเชื่อมประสาน ให้มวลรวมยึดติดเข้าด้วยกัน และเป็นตัวที่รับกำลังเป็นหลัก โดยมวลรวมที่ยึดติดกันนั้น เป็นมวลรวมที่มีขนาดคละขาดช่วง (Gap grade) ทำให้โครงสร้างของคอนกรีตพรุน มีปริมาณช่องว่างอากาศภายในที่ต่อเนื่องกัน มากกว่าคอนกรีตปกติทั่วไป จึงส่งผลให้คอนกรีตพรุน มีความสามารถยอมให้น้ำซึมผ่าน ได้มากกว่าคอนกรีตปกติ โดยมีลักษณะของโครงสร้างคอนกรีตพรุนดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 : โครงสร้างของ คอนกรีตพรุน

3.2. หินล้าง-หินขัด

การทำหินล้าง หินขัด เป็นงานส่วนหนึ่งของงานปูน เป็นงานที่ทำขึ้นเพื่อตกแต่งผิวพื้นหน้าคอนกรีต หรือผิวพื้นปูนให้มีผิวมันลวดลายและมีสีสันต่าง ๆ กัน นอกเหนือไปจากสีปูนซีเมนต์ธรรมดา และยังเป็นความนิยมในทางสถาปัตยกรรม เกี่ยวกับการตกแต่งภายในอาคาร และการตกแต่งภายนอกอาคาร ให้เกิดความสวยงาม หินล้าง เป็นงานที่นิยมทำกันมาก เพราะมีความทนทาน เหมาะสมกับงานที่อยู่ภายนอก ต้องตากแดด ตากฝน เช่น ผิวหนังอาคาร เสากำแพง อนุสาวรีย์ สะพานคอนกรีต ส่วนหินขัด มีความเหมาะสมกับงานทั่ว ๆ ไป เช่น พื้นห้องรับแขก พื้นห้องน้ำ บันได เสา ผนัง พื้นโต๊ะ เก้าอี้ ใช้ทำได้ทั้งงานภายนอกและภายใน เพราะมีผิวหน้าเรียบ ทนทานต่อการถูไถ ไม่สึกหรอง่าย น้ำไม่ซึมผ่าน ทำความสะอาดได้ แต่ค่าแรงสูงกว่างานหินล้างและงานหินอ่อนเทียม โดยใช้มีวัสดุหลักที่ใช้ในการทำ คือ ปูนซีเมนต์ขาวหรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ฝุ่นสีชนิดต่าง ๆ หินเกล็ดขนาดและสีต่าง ๆ และเปลือกหอยมุก เป็นต้น

3.3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยะไชย โคกแก้ว และคณะ [2] ได้การศึกษาคุณสมบัติบล็อกปูถนนคอนกรีตพรุนสำหรับงานทางเท้า โดยได้ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมทั้งหมด 4 อัตราส่วน โดยมีอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ และหินปูนโดยมวลรวมของคอนรีตพรุน จะใช้หินปูนเบอร์ 2 หินปูนเบอร์ 4 หินปูนเบอร์ 8 ในอัตราส่วนที่ต่างกันออกไป โดยแยกอัตราส่วนดังนี้คือ ใช้หินเบอร์ 2:4:8 , 2:4 , 4:8 และ 2:8 เพื่อหาอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติดีที่สุด ทั้งในด้านวิศวกรรมและคุณสมบัติพื้นฐาน มาเปรียบเทียบกับวัสดุปูทางเท้าในท้องตลาด จากการศึกษาวิจัย พบว่าบล็อกปูทางเท้าคอนกรีตพรุน มีความสามารถในระบายน้ำได้เร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปูพื้นชนิดอื่นๆ ที่ได้ทำการทดสอบ มีความสามารถช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวหน้า ได้สูงกว่ากว่าวัสดุปูพื้นประเภทต่างๆ ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป ประมาณ 5 ℃ แต่จะมีข้อด้อย ในเรื่องของการรับกำลังเนื่องจากอัตราส่วนช่องว่างมาก ทำให้การรับกำลังไม่ดี จึงเหมาะกับการใช้งานในพื้นที่ไม่ต้องรับน้ำหนักมาก

ฉัตรชัย จันทนา และคณะ [3] ได้ทำการศึกษา คุณสมบัติอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้นกรวดล้าง สำหรับงานพื้นผิวภายนอกอาคาร โดยได้ดำเนินการผลิตวัสดุปูพื้นกรวดล้าง โดยการใช้กรวดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มี 3 สี ด้วยกัน คือ สีเทาดำ, สีเหลืองทอง และสีขาว แล้วทำการศึกษาในส่วนของคุณสมบัติ ของตัวอย่างวัสดุปูพื้นกรวดล้าง และนำไปสร้างเป็นแปลงทดสอบ เพื่อศึกษาค่า

อุณหภูมิที่ผิวหน้า เปรียบเทียบกับวัสดุปูพื้นกลางแจ้งที่ใช้กันทั่วไป คือ พื้นผิวคอนกรีต และพื้นผิวลาดยาง จากการศึกษาวิจัยพบว่าการทดสอบคุณสมบัติด้านอุณหภูมิที่ผิวหน้า ของวัสดุปูพื้นกรวดล้างและวัสดุปูพื้นทั่วไป จะเห็นได้ว่า ลักษณะของวัสดุปูพื้นในรูปแบบของผิวหน้าเป็นปูนซีเมนต์ขาวปอร์ตแลนด์ผสมกรวดสีขาว มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของอุณหภูมิที่ผิวหน้า ดีกว่าวัสดุปูพื้นในรูปแบบอื่นๆ เนื่องจากปูนซีเมนต์ขาวปอร์ตแลนด์ มีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำที่ดีกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จึงทำให้สามารถรับการส่งผ่านความชื้นจากวัสดุชั้นล่าง ขึ้นไปบนผิวหน้าได้ดีตามไปด้วย ส่วนในลักษณะของสีหิน หินที่มีความเข้มของสีมาก จะสะสมความร้อนได้มากกว่าหินที่มีความเข้มของสีน้อย จึงส่งผลให้วัสดุปูพื้นในรูปแบบของปูนซีเมนต์ขาวปอร์ตแลนด์ผสมกรวดสีขาว มีค่าอุณหภูมิที่ผิวหน้าต่ำที่สุด

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1. การเตรียมวัสดุ

4.1.1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

4.1.2. ปูนซีเมนต์ขาวปอร์ตแลนด์ ใช้ปูนซีเมนต์ขาวปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

4.1.3. หินปูนสีขาวเบอร์ 4 ใช้หินปูนสีขาวเบอร์ 4 (หินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/8 นิ้ว และค้างตะแกรงเบอร์ 4) ใช้ในการผสมทำผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบ

4.1.4. หินปูนสีขาวเบอร์ 8 ใช้หินปูนสีขาวเบอร์ 8 (หินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 นิ้ว และค้างตะแกรงเบอร์ 8) ใช้ในการผสมทำผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบ

4.1.5. หินปูนเบอร์ 4 ใช้หินปูนเบอร์ 4 (หินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/8 นิ้ว และค้างตะแกรงเบอร์ 4) ใช้ในการผสมทำฐานของตัวอย่างทดสอบ

4.1.6. หินปูนเบอร์ 8 ใช้หินปูนเบอร์ 8 (คือหินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 นิ้วและค้างตะแกรงเบอร์ 8) ใช้ในการผสมทำฐานของตัวอย่างทดสอบ

4.1.7. ทรายหยาบ โดยใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และหินปูน สำหรับทำฐานด้านล่างของตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน

4.1.8. น้ำสะอาด ใช้น้ำประปาสะอาดในการผสม และใช้ในการบ่ม ตัวอย่างทดสอบ

4.1.9. กรดเกลือ ใช้ในงานล้างหน้าของตัวอย่างทดสอบ

4.1.10. แบบหล่อตัวอย่างทดสอบ เป็นแบบหล่อไม้ ขนาด กว้าง20 cm ยาว 20 cm หนา 4 cm

4.2. การศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมต่างๆ ของตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน

4.2.1. การทำตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน

ทำการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆ ทั่วไป ของวัสดุที่ใช้ในการทำตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน แล้วจัดทำตัวอย่างการทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน ขนาดกว้าง 20 cm ยาว 20 cm หนา 4 cm โดยมีรูปแบบของวัสดุปูพื้น 4 รูปแบบ คือ ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ, ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุน, ผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตทึบ และผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตพรุน โดยผิวหน้ามีความหนา 1.5 cm และฐานด้านล่างหนา 2.5 cm โดยมีขั้นตอนการทำตัวอย่างทดสอบ ดังต่อไปนี้

1) ฐานของตัวอย่างการทดสอบ มี 2 แบบ คือ ฐานคอนกรีตที่ผสมในอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 : ทรายหยาบ : หินปูน (1:2:4) เพื่อหล่อเป็นฐานของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน แล้วเทลงในแบบหล่อขนาด กว้าง 20 cm ยาว 20 cm หนา 4 cm โดยเทคอนกรีตที่ความหนา 2.5 cm แล้วทิ้งไว้ไม่เกิน 15 ชั่วโมง เพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว ส่วนอีกแบบหนึ่งทำการผสมคอนกรีตพรุนในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ที่ 18% โดยน้ำหนักหินปูน และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C)

เท่ากับ 0.35 เพื่อหล่อเป็นฐานของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน แล้วเทลงในแบบหล่อขนาด กว้าง 20 cm ยาว 20 cm หนา 4 cm โดยเทคอนกรีตที่ความหนา 2.5 cm แล้วทิ้งไว้ไม่เกิน 15 ชั่วโมง เพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว

2) ผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบ มี 2 แบบ คือ ผิวหน้าหินล้างทึบ ผสมปูนซีเมนต์ขาวปอร์ตแลนด์ กับหินปูนสีขาว ในอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ขาวปอร์ตแลนด์ : หินปูน (40:60) โดยน้ำหนัก ทำการผสมเทลงแบบที่ได้เตรียมฐานไว้ 2 แบบข้างต้น หนา 1.5 cm ส่วนอีก 1 แบบ ผิวหน้าปูนซีเมนต์ขาวปอร์ตแลนด์ผสมหินปูน ทำการผสมปูนซีเมนต์ขาวปอร์ตแลนด์กับหินปูนสีขาว ในอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 18 % โดยน้ำหนักหินปูน และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.35 ทำการผสมเทลงแบบที่ได้เตรียมฐานไว้ 2 แบบข้างต้น

3) เมื่อตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนแข็งตัวแล้ว (ใช้เวลาประมาณ 1 วัน) ทำการถอดแบบออก แล้วนำตัวอย่างทดสอบแต่ละรูปแบบ ไปบ่มชื้นด้วยน้ำเป็นเวลา 7 วัน และ 14 วัน

4.2.2. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล ของตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน

1) การตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ที่อายุ 14 วัน

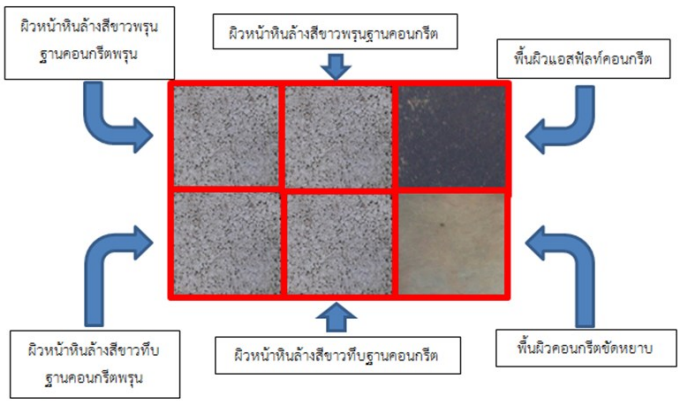
2) การหาค่ากำลังต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 7 วัน และ 14 วัน

3) การหาค่ากำลังต้านทานแรงดัด ที่อายุการบ่ม 7 วัน และ 14 วัน

4) การทดสอบการดูดซึมน้ำ ที่อายุการบ่ม 14 วัน

4.3. การศึกษาความสามารถในการระบายน้ำ และอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน

ในการศึกษาวิจัยได้ทำเป็นแปลงทดสอบขนาด 1.00 m × 1.00 m เป็นสภาพของแปลงทดสอบในสนาม โดยด้านล่างของแปลงทดสอบ ก่อนการปูวัสดุพื้นผิว ทำการโรยทรายหยาบหนา 10 cm แล้วปรับระดับให้เรียบ แปลงพื้นผิววัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน ประกอบด้วยวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน 4 รูปแบบ คือ ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ, ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุน, ผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตทึบ และผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตพรุน ความหนา 4 cm ที่อายุตัวอย่าง 14 วัน โดยใช้จำนวนของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนแต่ละรูปแบบ จำนวน 25 แผ่นต่อ 1 แปลง พื้นผิวคอนกรีตขัดหยาบ ความหนา 4 cm จำนวน 1 แปลง และพื้นผิวลาดยางแอสฟัลท์คอนกรีต ความหนา 4 cm จำนวน 1 แปลง โดยมีลักษณะของผังแปลงทดสอบในสนาม ความสามารถในการระบายน้ำ และอุณหภูมิที่ผิวหน้า ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 : ลักษณะของผังแปลงทดสอบในสนาม ความสามารถในการระบายน้ำและอุณหภูมิที่ผิวหน้า

5. ผลและการวิจารณ์

5.1. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล ของตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน

ลักษณะของตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนที่ได้จัดทำตัวอย่างทดสอบขึ้น มีลักษณะดังรูปที่ 3

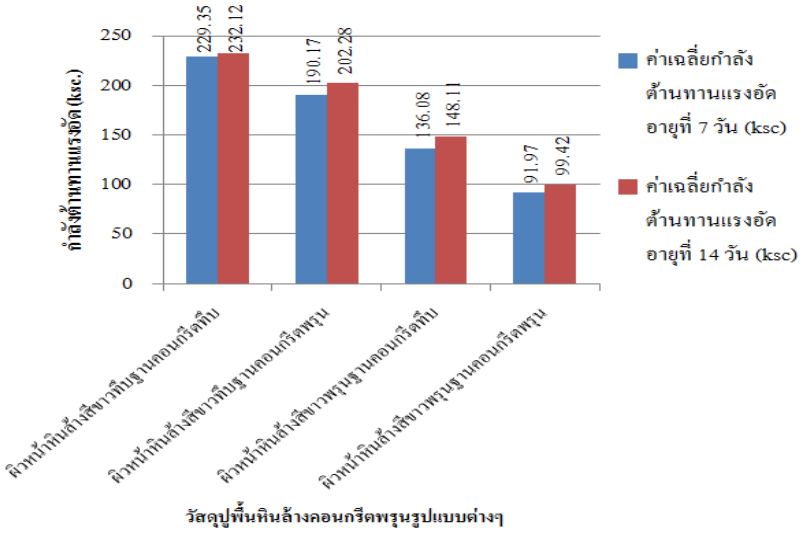
(ก) ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ (ข) ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุน

(ค) ผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตทึบ (ง) ผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตพรุน

รูปที่ 3 : ลักษณะของตัวอย่างทดสอบ วัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนรูปแบบต่างๆ

5.1.1. ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปและมิติ ของตัวอย่างทดสอบวัสดุพื้นปูหินล้างคอนกรีตพรุน ลักษณะรูปแบบต่างๆ ที่อายุ 14วัน พบว่าวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนทุกรูปแบบที่จัดทำตัวอย่างขึ้น มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดแบบหล่อมาตรฐาน คือ ขนาดกว้าง 20 cm. ยาว 20 cm. และหนา 4 cm.

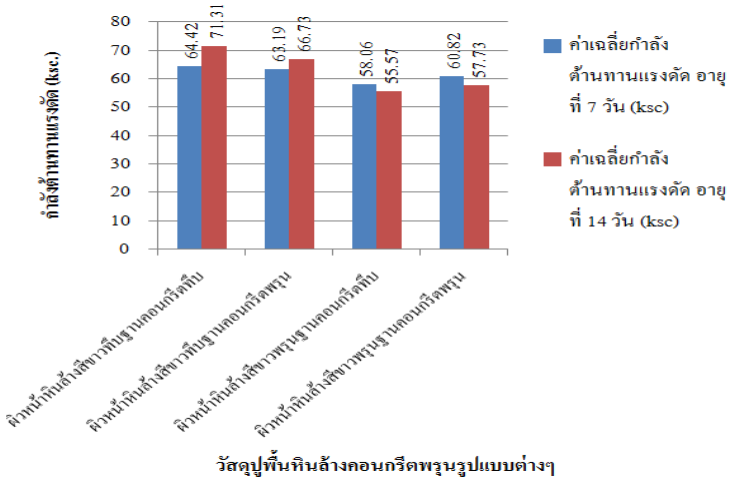
5.1.2. ผลการทดสอบการหาค่ากำลังต้านทานแรงอัด ของตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน ลักษณะผิวหน้ารูปแบบต่าง ๆ ที่อายุการบ่ม 7 วัน และ 14 วัน พบว่า ตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ มีค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงอัดมากที่สุด ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุน มีค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงอัดเป็นอันดับที่ 2 ผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตทึบค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงอัดเป็นอันดับที่ 3 ผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตพรุนค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงอัดน้อยที่สุด ซึ่งตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนรูปแบบต่างๆ มีค่าสูงกว่ามาตรฐานคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก.57-2533 ชั้นคุณภาพ ก. ซึ่งมีค่ากำลังอัด 71.36 ksc (7 MPa) [4] โดยมีผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังต้านทานแรงอัดที่อายุการบ่ม 7 วันและ 14 วัน

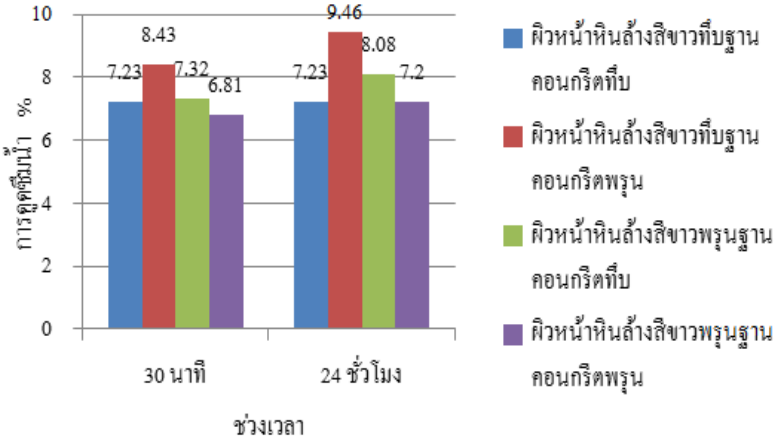
5.1.3. ผลการการหาค่ากำลังต้านทานแรงดัด ของตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน ลักษณะผิวหน้ารูปแบบต่าง ๆ ที่อายุการบ่ม 7 วัน และ 14 วัน พบว่าตัวอย่างวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนลักษณะผิวหน้ารูปแบบต่าง ๆ มีค่ากำลังต้านทานแรงดัดที่ใกล้เคียงกัน ในทุก ๆ รูปแบบลักษณะผิวหน้า โดยมีค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงดัดที่อายุ 7 วัน เท่ากับ 61.63 ksc และ ที่อายุ 14 วัน เท่ากับ 62.84 ksc โดยมีผล

การทดสอบแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังต้านทานแรงดัดที่อายุการบ่ม 7 วันและ 14 วัน

5.1.4. ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ ของตัวอย่างทดสอบวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน ลักษณะผิวหน้ารูปแบบต่าง ๆ ที่เวลา 30 นาที และที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ผิวหน้าของหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุน มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด ผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตทึบ มีค่าการดูดซึมน้ำเป็นลำดับที่ 2 ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ มีค่าการดูดซึมน้ำเป็นลำดับที่ 3 และผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตพรุน มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด โดยมีผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 : ความสัมพันธ์การดูดซึมน้ำของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนที่ลักษณะรูปแบบต่าง ๆ

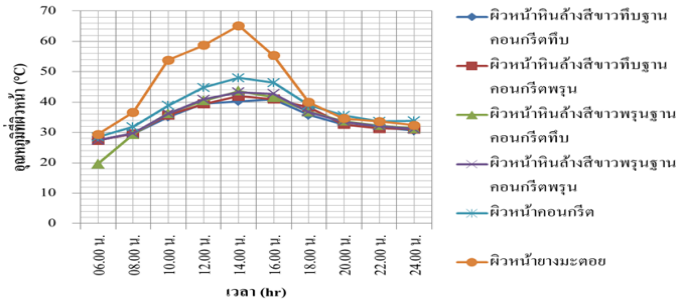
5.2 ผลการศึกษาความสามารถในการระบายน้ำและอุณหภูมิที่ผิวหน้า ของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนลักษณะรูปแบบต่างๆ และเปรียบเทียบกับวัสดุปูพื้นผิวชนิดอื่น ๆ ในสนาม

จากการศึกษาวิจัยได้ทำเป็นแปลงทดสอบขนาด 1.00 ×1.00 m โดยยอมให้น้ำสามารถซึมผ่านได้ในแนวดิ่ง ซึมผ่านทรายและชั้นดินที่อยู่ด้านล่างเท่านั้น โดยจะมีการปูด้วยพลาสติกที่ผนังด้านข้างของแปลงทดสอบทั้ง 4 ด้าน เพื่อป้องกันการน้ำผ่านด้านข้าง ทำการเทน้ำในปริมาณที่เท่ากันคือ 0.15 m^3 (150 kg) ลงบนพื้นผิววัสดุปูพื้นแต่ละชนิด แล้วจับเวลาที่ใช้ในการระบายน้ำ และหาค่าความสามารถในการระบายน้ำเฉลี่ยของวัสดุปูพื้นแต่ละชนิด โดยมีผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความสามารถ การระบายน้ำในสนาม

วัสดุแต่ละประเภท	เวลา (min)
ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ	80.29
ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุน	29.81
ผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตทึบ	24.13
ผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตพรุน	13.20
ผิวหน้ายางมะตอย	32.53
ผิวหน้าคอนกรีต	ไม่สามารถอ่านค่าได้ใน 24 hr

ผลการทดสอบหาค่าอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุแต่ละประเภท โดยทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้น โดยใช้เครื่องอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ รุ่น FLUCK 62 โดยใช้ระยะห่างในการอ่านค่าอุณหภูมิห่างจากผิวหน้าวัสดุ 1.00 ft และทำการอ่านค่าอุณหภูมิ 5 จุด ต่อหนึ่งแปลงทดสอบ นำค่าที่ได้มาเฉลี่ย ซึ่งทำการวัดค่าอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุแต่ละชนิด อย่างต่อเนื่อง 2 ชั่วโมงต่อ 1 ครั้ง ในช่วงเวลา 06:00 น. จนถึงเวลา 24:00 น .ติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน (ระหว่าง วันที่ 20 เมษายน 2559 ถึง 22 เมษายน 2559) โดยมีผลการทดสอบค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวหน้าของวัสดุแต่ละชนิด แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 : ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ผิวหน้า กับ ช่วงเวลาของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนรูปแบบต่างๆ

6. สรุปผล

จากผลการหาค่าการรับกำลังอัดพบว่าตัวอย่างวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ มีค่าเฉลี่ยกำลังต้านทานแรงอัดมากที่สุด เท่ากับ 232.12 ksc เนื่องจากเนื้อวัสดุมีความหนาแน่นสูง ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก.57-2533 ชั้นคุณภาพ ก. [4]

จากผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน พบว่าผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุน มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด เท่ากับ 9.46% เนื่องจากวัสดุมีความหนาแน่นมาก จึงทำให้มีการดูดซึมน้ำน้อย และผลการทดสอบความสามารถใน

การระบายน้ำของตัวอย่างวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน พบว่าผิวหน้าหินล้างสีขาวพรุนฐานคอนกรีตพรุน มีค่าการระบายน้ำในสนามได้ดีที่สุด เนื่องจากวัสดุปูพื้นมีความพรุนมาก

จากผลการศึกษาอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุน พบว่าอุณหภูมิที่ผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ แสดงว่าวัสดุปูพื้นผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตทึบ มีคุณสมบัติช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวหน้าได้มากกว่าวัสดุปูพื้นประเภทอื่น เนื่องจากผิวหน้าของวัสดุปูพื้นนั้นมีส่วนประกอบของ ปูนขาวและหินล้างสีขาว ซึ่งมีความเข้มของสีอ่อนจึงมีการเก็บสะสมความร้อนและดึงดูดความร้อนของอุณหภูมิต่ำ จึงช่วยให้อุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุนั้นต่ำ และถ้าความชื้นในดินสูงก็จะมีผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้นนั้น มีอุณหภูมิต่ำลง

จากผลการศึกษาต่างๆ ของตัวอย่างวัสดุปูพื้นหินล้างคอนกรีตพรุนทั้ง 4 รูปแบบ พบว่าวัสดุปูพื้นผิวหน้าหินล้างสีขาวทึบฐานคอนกรีตพรุนเป็นรูปแบบที่สามารถ รับกำลังอัดได้ค่อนข้างสูง ตลอดจนให้คุณสมบัติทางด้านการระบายน้ำและอุณหภูมิที่ผิวหน้าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้าง และมีความเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปูผิวพื้นภายนอกอาคารได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ และสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณโครงการการศึกษาวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2558 และขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ สำหรับการศึกษาวิจัย ตลอดจนนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ที่มีส่วนช่วยในการดำเนินงานการศึกษาวิจัย และสุดท้ายขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ในการศึกษาวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] ณรงค์ กุหลาบ, 2556, วิศวกรรมการทาง, บริษัท เอส อาร์ พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.

[2] ฉัตรชัย จันทนา และคณะ, 2554, “การศึกษาคุณสมบัติอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัสดุปูพื้นกรวดล้าง สำหรับงานพื้นผิวภายนอกอาคาร”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

[3] ปิยะไชย โคกแก้ว และคณะ, 2554, “การศึกษาคุณสมบัติบล็อกปูถนนคอนกรีตพรุนสำหรับงานทางเท้า”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

[4] ราชกิจจานุเบกษา, 2533, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มอก.57-2533 กระทรวงอุตสาหกรรม, เล่มที่ 107, ตอนที่ 119 : หน้า 5390 -5395.