แผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเล
Stamped cement mortar flooring tile mixed with sea-sand

ถาวร เกื้อสกูล[1,*] และ จรูญ เจริญเนตรกุล[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา
** Corresponding author address: tavorn.k@rmutsv.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการนำทรายทะเลมาใช้ในงานซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ต่อทรายทะเลเท่ากับ 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 และ 70:30 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.40 โดยทดสอบสมบัติทางกลด้วยการหาค่าการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์ ที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่า อัตราส่วน 70:30 สามารถรับกำลังอัดได้สูงสุดเท่ากับ 49.35 เมกะปาสคาล รองลงมาคือ 60:40 รับกำลังอัดได้เท่ากับ 47.32 เมกะปาสคาล อัตราส่วนที่รับกำลังอัดได้น้อยที่สุดคือ 30:70 รับกำลังอัดได้เท่ากับ 28.45 เมกะปาสคาล จากการตรวจพินิจคุณภาพตัวอย่างพบว่าลักษณะของพื้นผิวแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเลที่อัตราส่วน 60:40 มีความสวยงามของผิวมากที่สุด รองลงมาคือ 50:50 และ 30:70 ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำและทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดตามขวางของอัตราส่วนผสมซีเมนต์มอร์ตาร์ พบว่ามีเพียงที่อัตราส่วนผสม 50:50 มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ มอก.826-2531 จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะนำมาใช้เป็นอัตราส่วนผสมของมอร์ตาร์สำหรับทำแผ่นพื้นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย

คำสำคัญ: ซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย, ทรายทะเล, อัตราส่วนผสมมอร์ตาร์

Abstract

This research aims to study the use of sea sand for stamped cement mortar. The mixture ratios of cement by sea sand were 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, and 70:30 by weight and water-cement ratios (w/c) is 0.40. The mechanical properties were tested under compressive strength at the curing age of 28 days. The test results showed that the mixture 70:30 presented the highest compressive strength with 49.35 MPa followed by the mixture 60:40 with the value of 47.32 MPa. The mixture 30:70 was obtained with the lowest compressive strength of 28.45 MPa. The quality inspection exposed that the best beautiful surface of cement mortar flooring tile mixed with sea sand is the mixture 60:40 followed by 50:50 and 30:70, respectively. Further, the tested results of water absorption and flexural bending strength of cement mortar mixtures found that there is only a mixture 50:50 having values over the benchmark of TIS 826-2531. This mixture is the best suitable mixture for use in stamped cement mortar flooring tile.

Keywords: Stamped Cement Mortar, Sea sand, Mortar Mix ratio

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการก่อสร้างโครงการอสังหาริมทรัพย์ต่างๆ เพิ่มมากขึ้นและมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะการก่อสร้างอาคารทั้งที่เป็นอาคารที่พักอาศัย อาคารเพื่อการพาณิชย์ อาคารโรงแรม รีสอร์ท เป็นต้น ซึ่งอาคารเหล่านี้เมื่อสร้างเสร็จแล้ว มีความต้องการเพิ่มความโดดเด่นความสวยงามให้กับพื้นที่ในอาคารและพื้นที่รอบๆ อาคารก่อสร้างนั้น ๆ โดยเฉพาะพื้นที่โล่ง ลานกว้าง หรือสวนจะมีการตกแต่งพื้นด้วยวัสดุประเภทต่าง ๆ ให้มีความสวยงามที่แตกต่างกัน เช่น พื้นกระเบื้องเซรามิค พื้นทรายล้าง พื้นหินขัด เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในงานตกแต่งให้มีความสวยงามและแข็งแกร่งมากขึ้น โดยใช้แผ่นซีเมนต์พิมพ์ลายดังรูปที่ 1 ทำขึ้นเพื่อให้พื้นผิวมีสีสันที่สวยงามคล้ายธรรมชาติ มีความแข็งแกร่งทนทาน ไม่มีปัญหาการทรุดตัวและแตกร้าวของพื้น การดูแลรักษาทำความสะอาดทำได้ง่าย และดูแตกต่างจากพื้นแบบอื่น ๆ ไม่ดูดซับน้ำจึงไม่มีปัญหาเรื่องการเกิดเชื้อราและตะไคร่น้ำ



รูปที่ 1 แผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย [1]

จึงเหมาะกับพื้นที่ที่มีฝนตกชุกในภาคใต้ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากการที่ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์ได้จัดเก็บข้อมูลความเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นกับการลงทุนพัฒนาโครงการที่อยู่อาศัยในช่วงครึ่งหลังของปี 2564 ด้วยการสำรวจภาคสนาม ในพื้นที่ภาคใต้ ประกอบด้วย ภูเก็ต สงขลา นครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี พบว่าหากเทียบหน่วยเปิดขายใหม่ในพื้นที่ภาคใต้ พบว่าจังหวัดสงขลาเป็นจังหวัดที่มีจำนวนหน่วยที่อยู่อาศัยใหม่เข้าสู่ตลาดมากที่สุด รองลงมาเป็นจังหวัดภูเก็ต จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดนครศรีธรรมราช ตามลำดับ [2] แต่ในปัจจุบันจังหวัดสงขลาเกิดปัญหาวัสดุก่อสร้างไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยเฉพาะทรายแม่น้ำที่มีการต่อต้านการทำเหมืองทรายที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน ทำให้ต้องนำเข้ามาจากจังหวัดใกล้เคียงเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการทำให้ราคาปรับสูงขึ้นจากค่าขนส่ง แม้ว่าแหล่งทรายบกในจังหวัดสงขลาจะมีมาก แต่ส่วนใหญ่พื้นที่ดังกล่าวเป็นหาดทรายติดชายทะเลตั้งแต่ อำเภอระโนด สทิงพระ สิงหนคร เมือง จะนะ และ เทพา ดังรูปที่ 2 จึงมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดนำมาใช้เฉพาะสำหรับงานผสมปูนฉาบ และพบว่าคนในพื้นที่จะนิยมนำมาผสมคอนกรีตใช้เองในการสร้างบ้านเรือนเพื่อทดแทนการใช้ทรายหยาบหรือทรายแม่น้ำที่มีราคาสูงและทำให้ค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น และ

จากงานวิจัยของ Kumar พบว่าการแทนที่ทรายทะเลในงานคอนกรีตช่วยเพิ่มกำลังรับแรงอัดและแรงดัด โดยการแทนที่ทรายทะเลร้อยละ 40 จะทำให้กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.4 และกำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.46 [3]

รูปที่ 2 แผนที่แสดงชายหาดจังหวัดสงขลา [4]

งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของมอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ทรายทะเล และน้ำ เพื่อเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเล โดยศึกษาผลกระทบต่อกำลังอัด และระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ตาร์ จากนั้นคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อหล่อตัวอย่างแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย พร้อมทั้งทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นตัวอย่าง โดยหาอัตราส่วนเหมาะสมระหว่างทรายทะเลและปูนซีเมนต์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับชุมชน หน่วยงาน และเผยแพร่ให้กับชาวบ้านทั่วไป

2. การดำเนินการศึกษา

2.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุหลักที่ใช้สำหรับการศึกษาคือทรายทะเล หมายถึงทรายบริเวณชายฝั่งทะเลที่ผ่านการทับถมเป็นระยะเวลานานซึ่งห่างจากริมทะเลออกมาอย่างน้อย 50 เมตร ในพื้นที่ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ดังรูปที่ 3 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ตามมาตรฐาน มอก.2594 2556 [5] และน้ำสะอาด

รูปที่ 3 ทรายทะเล พื้นที่ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

2.2 ตัวอย่างในการทดสอบ

2.2.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของทรายทะเลจำนวน 2 รายการ โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ดังนี้ 1. ทดสอบหาขนาดคละของมวลรวมตามวิธีของ ASTM C 136 [6] 2. ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมน้ำของมวลรวมละเอียด ตามวิธีของ ASTM C 128 [7]

2.2.2 ออกแบบส่วนผสมของมอร์ตาร์

โดยกำหนดอัตราส่วนผสมมอร์ตาร์ 5 ชุดการทดลอง แต่ละชุดสัดส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทรายทะเล จะแสดงดังตารางที่ 1 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.40 หล่อมอร์ตาร์อัตราส่วนผสมละ 9 ตัวอย่าง

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของมอร์ตาร์

ตัวอย่าง	สัดส่วนการแทนที่ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		อัตราส่วนผสม (กรัม)		
	ปูนซีเมนต์	ทรายทะเล	ปูนซีเมนต์	ทรายทะเล	น้ำสะอาด
CS3070	30	70	833	1,942	333
CS4060	40	60	1,110	1,665	444
CS5050	50	50	1,388	1,387	555
CS6040	60	40	1,665	1,110	666
CS7030	70	30	1,942	833	777

2.2.3 การทดสอบคุณสมบัติของมอร์ตาร์

การทดสอบคุณสมบัติของมอร์ตาร์ทำการทดสอบ 2 รายการ คือ

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ ใช้ตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 50x50x50 ลูกบาศก์มิลลิเมตร และทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดดังรูปที่ 4 โดยมีอัตราการให้แรงประมาณ 1,200 นิวตันต่อนาที ตามมาตรฐาน ASTM C109 [8] และ ตามมาตรฐาน มอก.15 เล่ม 2 [9] โดยแบ่งทดสอบออกเป็น 3 ช่วงอายุ ได้แก่ 7 14 และ 28 วัน โดยผลการทดสอบจะใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ จำนวน 3 ตัวอย่าง

รูปที่ 4 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์

2) การทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ตาร์ โดยนำตัวอย่างส่วนผสมมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และเทลงโมลทรงลูกบาศก์สี่เหลี่ยมขนาด 150 mm แล้วนำไป



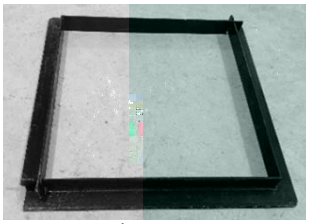
รูปที่ 5 เครื่องทดสอบเครื่องหาระยะเวลาก่อตัวของคอนกรีต

2.2.4 การขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเล

การขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเลจะอธิบายโดยแบ่งรายละเอียดออกเป็น 2 ส่วน คือ การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ กับการขึ้นรูปตัวอย่าง ดังนี้

1) การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ มีรายละเอียดดังนี้

- แบบหล่อขนาดมิติ กว้าง x ยาว x หนา ขนาด 40 x 40 x 5 cm โดยใช้เหล็กฉากขนาด 50 x 50 x 4 mm ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แบบหล่อ

- แผ่นแม่พิมพ์ลาย ขนาด 40 x 40 cm มีลวดลาย ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผ่นแม่พิมพ์ลาย

- น้ำยาเคลือบเงาใสกันซึม ยี่ห้อ TOA รุ่น TOA-100 ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 น้ำยาเคลือบเงาใสกันซึม

- ผงสีซีเมนต์สำเร็จรูปเพิ่มความแข็งแรง (Color Hardener) ยี่ห้อ COLOR SEASON ดังรูปที่ 9 โดยใช้สีหมายเลข SW-12 และ SW-25



รูปที่ 9 ผงสีซีเมนต์สำเร็จรูป

- ผงลอกแบบ (Releaser Powder) ยี่ห้อ RELEASE ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ผงลอกแบบ (Releaser Powder)

- กระบะผสมปูน และถังปูน
- พลั่ว และจอบ
- เกรียงใบโพธิ์ และเกรียงขัดมัน
- แปรงหรือพู่กันทาสี

2) การขึ้นรูปและการพิมพ์ลายบนแผ่นตัวอย่างมีวิธีการ ดังนี้

- นำมอร์ตาร์ที่ได้จากการผสมคลุกเคล้าเรียบร้อยแล้ว เทใส่ลงในแบบใช้ค้อนยางเคาะบริเวณด้านข้างของแบบเบา ๆ เพื่อไล่ฟองอากาศที่ยังค้างอยู่ในเนื้อมอร์ตาร์ออกแล้วปรับเกลี่ยผิวให้เรียบ
- ทิ้งไว้ให้มอร์ตาร์ได้ระยะเวลาโดยให้ผิวเริ่มหมาดก็จะทำการโรยผงสีเคลือบความแข็งแรง (Color Hardener) ปริมาณ 250 กรัมต่อตัวอย่าง โรยให้ทั่วและจึงใช้เกรียงขัดมันปาดให้เรียบเพื่อให้ผงสีซีมลงในเนื้อมอร์ตาร์
- โรยผงสีที่เหลือบริเวณที่เห็นว่ายังไม่สม่ำเสมอของเฉดสีและใช้เกรียงขัดมันปาดให้เรียบอีกครั้ง
- ใช้แปรงทาสีจุ่มผงลอกแบบและทาให้ทั่วแม่พิมพ์แค่ครั้งเดียว และใช้แปรงทาสีจุ่มผงลอกแบบและโรยบางๆ ให้ทั่วผิวมอร์ตาร์ที่ขัดลงสีเคลือบแล้ว ดังรูปที่ 11

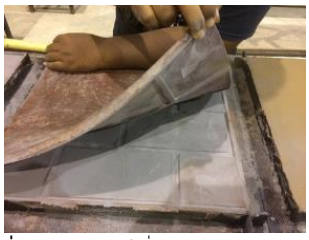


รูปที่ 11 โรยผงลอกแบบ

- ใช้แม่พิมพ์กดลายลงบนผิวมอร์ตาร์โดยใช้ค้อนยางเคาะเบาๆ จนทั่วเพื่อให้พื้นมีลวดลายตามแบบที่ต้องการ ดังรูปที่ 12 และทำการยกแม่พิมพ์ดูก่อนทีละมุมเพื่อดูว่าลวดลายชัดหรือไม่ ดังรูปที่ 13 หากยังให้เคาะซ้ำแล้วยกแม่พิมพ์ออก



รูปที่ 12 เคาะแม่พิมพ์จนทั่ว



รูปที่ 13 ยกแม่พิมพ์เพื่อดูว่าลวดลายชัดหรือไม่

- ทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง (1 วัน) เมื่อผิวแข็งตัวแล้วจึงล้างโดยใช้ฟองน้ำทำความสะอาดขัดเอาเศษผงออกให้หมดและทิ้งไว้ให้แห้ง
- ทำการทาน้ำยาน้ำยาเคลือบเงาใสกันซึม ยี่ห้อ TOA รุ่น TOA-100 บนพื้นผิวมอร์ตาร์ จำนวน 2 ชั้น เพื่อให้พื้นผิวเกิดความเงางาม และป้องกันการดูดซึมน้ำ ซึ่งในการทาน้ำยาเคลือบผิวให้มีประสิทธิภาพในการยึดเกาะได้ดีนั้น ควรทาน้ำยาเคลือบในขณะที่มอร์ตาร์อยู่ในสภาพแข็งตัวแล้ว และพื้นผิวของมอร์ตาร์แห้งสนิทแล้วเท่านั้น



รูปที่ 14 ทาน้ำยาน้ำยาเคลือบเงาใสกันซึม

2.3 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย

การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเลจะยึดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก.826-2531 [11] กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น โดยพิจารณาคุณลักษณะของตัวอย่างแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย ดังนี้

2.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

การพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพของของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายจำนวน 2 รายการ ดังนี้

1. คุณลักษณะทั่วไป ไม่ร้าว สีของผิวสม่ำเสมอ และไม่มีลายน้ำ โดยการตรวจพินิจด้วยสายตา

2. ทดสอบการดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก.378-2531 [12] โดยการแช่ตัวอย่างในน้ำ 24±0.5 ชั่วโมง นำขึ้นจากน้ำแล้วใช้ผ้าเช็ดให้ผิวภายนอกแห้ง แล้วนำไปบันทึกค่า M_2 จากนั้นทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่ง บันทึกค่า M_1 คำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำเป็นร้อยละให้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 1 โดยใช้สมการที่ (1)

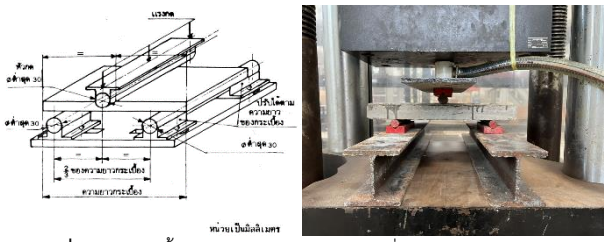
$$\text{การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

2.3.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกล

การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดตามขวางของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย ตามมาตรฐาน มอก.378-2531 [12] แบ่งการทดสอบเป็น 2 สภาวะ คือ ในสภาพเปียก ทำการแช่น้ำวิธีเดียวกับการทดสอบการดูดซึมน้ำโดยไม่ต้องอบแห้ง และในสภาพแห้ง ทำการทดสอบโดยวางตัวอย่างเครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 15 และเพิ่มแรงกดบนตัวอย่างด้วยอัตราเร็วที่สม่ำเสมอ ไม่เกิน 1960 นิวตันต่อความกว้าง 1 เมตร (วัดตามความยาวของฐานรองรับ) ต่อนาที จนกระทั่งแตกหักบันทึกแรงกดสูงสุด และคำนวณโดยใช้สมการที่ (2)

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

f คือ กำลังต้านทานแรงดัดตามขวาง (เมกะปาสคาล)
P คือ แรงกดที่ทำให้ตัวอย่างแตกหัก (นิวตัน)
l คือ ระยะห่างระหว่างฐานรองรับ $\frac{2}{3}$ของความยาวตัวอย่าง ดังรูปที่ 14 (มิลลิเมตร)
b คือ ความกว้างของตัวอย่าง (มิลลิเมตร)
t คือ ความหนาของตัวอย่าง (มิลลิเมตร)



รูปที่ 15 การติดตั้งตัวอย่างบนฐานรองรับในเครื่องทดสอบแรงกด [12]

3. ผลการทดสอบและอภิปราย

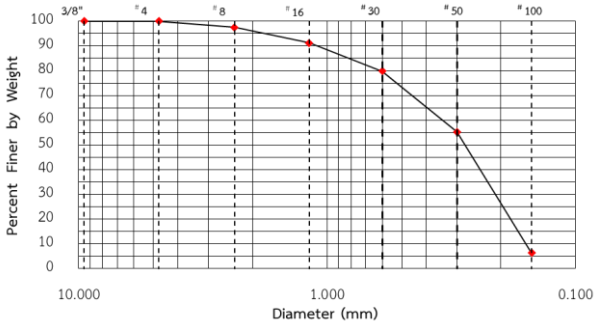
3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน

3.1.1 ผลการวิเคราะห์หาขนาดส่วนคละของทรายทะเล

การทดสอบหาขนาดส่วนคละของทรายทะเลได้ค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.) เท่ากับ 1.70 ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 16 แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางกายภาพของทรายที่นำมาเป็นวัสดุมวลรวมนั้นมีขนาดเม็ดที่ละเอียดมาก

ตารางที่ 2 ผลทดสอบหาขนาดคละของทรายทะเล

Sieve No. (ASTM)	Weight Sample	Cumulative Weight Retained		Percent Finer
	(gm)	(gm)	(%)	(%)
3/8"	0	0	0	100.00
No. 4	0	0	0	100.00
No. 8	24.43	24.43	2.44	97.56
No. 16	63.17	87.6	8.75	91.25
No. 30	114.02	201.62	20.14	79.86
No. 50	246.26	447.88	44.74	55.26
No. 100	489.22	937.1	93.61	6.39
Summation of Cum. Weight Ret. (%) =			**169.68**	



รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของมวลรวมที่ค้างตะแกรงกับขนาดของตะแกรง

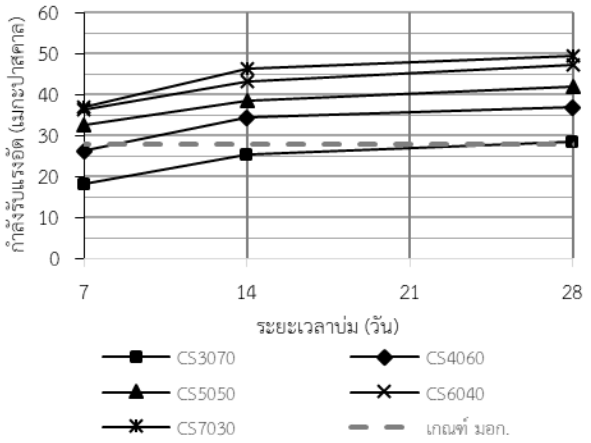
จากรูปที่ 16 จะสังเกตได้ว่าเส้นกราฟปรากฏขนาดมวลรวมแต่ละขนาดมีการกระจายคละกันอย่างสม่ำเสมอ ไม่ขาดตอนซึ่งเป็นคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมที่ดี

3.1.2 ผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของทรายทะเล

การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวมละเอียดได้ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.72 และอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 1.70 จากผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะสามารถบ่งชี้ว่าทรายมีคุณลักษณะทางกายภาพและมีคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมที่ดี สอดคล้องกับทฤษฎีที่กำหนดว่าความถ่วงจำเพาะของทรายที่ดีโดยทั่วไป มีค่าอยู่ระหว่าง 2.40 ถึง 2.90 [13] ส่วนค่าอัตราการดูดซึมน้ำได้เท่ากับร้อยละ 1.70 สามารถอธิบายได้ว่า ทรายมีความต้องการความชื้นเท่ากับร้อยละ 1.70 ดังนั้น เมื่อนำทรายที่ทดสอบมาเป็นวัสดุมวลรวมในส่วนผสมมอร์ตาร์แล้ว ควรจะคำนึงถึงปริมาณน้ำที่จะเติมลงไปให้เหมาะสมและสอดคล้องกับค่าอัตราการดูดซึมของมวลรวม ซึ่งถ้าไม่ควบคุมปริมาณน้ำโดยการเติมน้ำในปริมาณมากไป หรือน้อยไปอาจจะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของซีเมนต์หรือมอร์ตาร์เปลี่ยนแปลงไปด้วย

3.1.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่อายุ 7 14 และ 28 วัน พบว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์เพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม และสามารถเพิ่มสูงสุดเท่ากับ 49.35 เมกะปาสคาล ที่ตัวอย่าง CS7030 อายุ 28 วัน และมีต่ำสุดที่ตัวอย่าง CS3070 อายุ 7 วัน เท่ากับ 18.20 เมกะปาสคาล ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับระยะเวลาบ่มของมอร์ตาร์

จากรูปที่ 17 พบว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ตัวอย่าง CS6040 และ CS7030 มีการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดน้อยลง เมื่อเทียบกับตัวอย่าง CS3070 CS4060 และ CS5050 กล่าวคือเมื่อสัดส่วนปูนซีเมนต์ที่มากกว่าร้อยละ 60 ทำให้สัดส่วนของทรายทะเลน้อยลง กอปรกับทรายทะเลมีขนาดเม็ดเล็กทำให้กำลังรับแรงอัดเกิดจากซีเมนต์เพสเป็นหลัก โดยได้เปรียบเทียบค่าความต่างของกำลังรับแรงอัดสูงสุดเฉลี่ย ดังตารางที่ 3

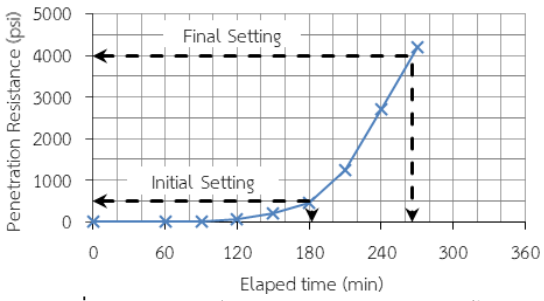
ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ตาร์กับเกณฑ์มาตรฐาน มอก.

ตัวอย่าง	อายุ (วัน)	กำลังรับแรงอัดสูงสุดเฉลี่ย (เมกะปาสคาล)	ค่าความต่างของกำลังรับแรงอัดสูงสุดเฉลี่ย (ร้อยละ)
CS3070	28	28.45	+1.61
CS4060	28	36.91	+31.80
CS5050	28	41.89	+49.59
CS6040	28	47.32	+68.99
CS7030	28	49.35	+76.24

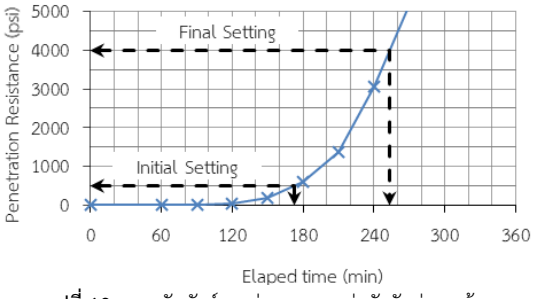
จากตารางที่ 3 การเปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ตาร์กับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดให้กำลังอัดเฉลี่ยสูงสุดต้องไม่น้อยกว่า 28 เมกะปาสคาล ที่อายุการบ่ม 28 วัน พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าสูงกว่ามาตรฐานโดยมีค่าความต่างสูงสุดร้อยละ +76.24 ที่ตัวอย่าง CS7030 และค่าความต่างน้อยสุดร้อยละ +1.61 ตัวอย่าง CS3070 ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวมีปัจจัยโดยตรงจากปริมาณปูนซีเมนต์ โดยพบว่าตัวอย่างที่มีปริมาณปูนซีเมนต์ที่มากจะมีค่ากำลังอัดสูงกว่าตัวอย่างที่มีปริมาณปูนซีเมนต์น้อย และค่าความต่างเทียบเกณฑ์มาตรฐาน มอก.2594-2556 [5] เช่นกันจะมีค่าสูงเมื่อตัวอย่างมีปริมาณปูนซีเมนต์ที่มากและลดลงเมื่อปริมาณปูนซีเมนต์น้อยลงตามลำดับ

3.1.4 ผลการทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ตาร์

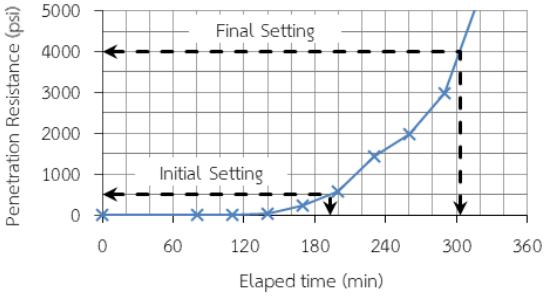
ผลการทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัว ตามมาตรฐาน ASTM C403 [10] ของมอร์ตาร์ ดังรูปที่ 18 ถึง 22 โดยแสดงผลการการก่อตัวระยะต้น (Initial setting) และการก่อตัวระยะปลาย (Final setting)



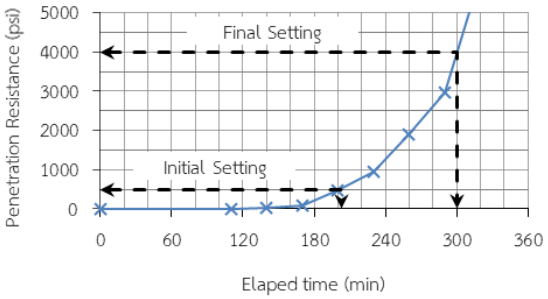
รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการก่อตัวกับค่าแรงต้านทานของตัวอย่าง CS3070



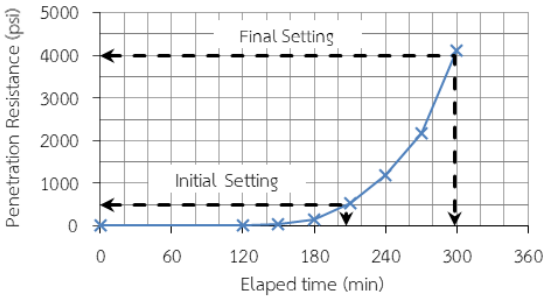
รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการก่อตัวกับค่าแรงต้านทานของตัวอย่าง CS4060



รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการก่อตัวกับค่าแรงต้านทานของตัวอย่าง CS5050



รูปที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการก่อตัวกับค่าแรงต้านทานของตัวอย่าง CS6040



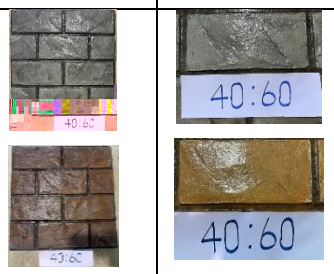
รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการก่อตัวกับค่าแรงต้านทานของตัวอย่าง CS7030

จากรูปที่ 18 ถึง 22 พบว่าการก่อตัวของมอร์ต้าร์มีปัจจัยสำคัญจากปริมาณน้ำที่ใช้ เนื่องจากการออกแบบส่วนผสมใช้ปริมาณน้ำอยู่ที่ร้อยละ 40 ของน้ำหนักซีเมนต์ โดยไม่พิจารณาการดูดซึมน้ำของทรายทะเล จึงพบว่าตัวอย่างที่มีปริมาณทรายมากกว่าปูนซีเมนต์มีน้ำปริมาณน้อยทำให้มอร์ตาร์มีระยะเวลาก่อตัวเร็วกว่าตัวอย่างที่มีปริมาณทรายน้อยกว่าปูนซีเมนต์ เนื่องจากน้ำถูกดูดไปโดยทรายทะเลทำให้ตัวอย่างแห้งเร็วขึ้นกว่าตัวอย่างอื่น

3.1.5 ผลทดสอบคุณลักษณะทั่วไปของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเล

ลักษณะทางกายภาพของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย จากการทดลองใช้มอร์ตาร์ที่มีทรายทะเลเป็นส่วนผสม โดยออกแบบอัตราส่วนผสมไว้ 5 อัตราส่วน คือ 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 และ 70:30 โดยน้ำหนักและและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.40 ซึ่งพบว่าตัวอย่างแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายมีความสวยงามและมีผิวมันวาวแตกต่างกันเรียงลำดับดังนี้ ตัวอย่าง CS7030 มีผิวเรียบและมันวาวมากที่สุด และลดลงตามลำดับ โดยตัวอย่าง CS3070 มีผิวหยาบที่สุด ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเล

ตัวอย่าง	ลักษณะทางกายภาพ	ผลการทดลอง
CS3070		- มีผิวหยาบ - มีลายน้ำ - ไม่มีความมันวาว
CS4060		- มีผิวหยาบ - มีลายน้ำ - มีความมันวาวน้อย
CS5050		- ไม่มีลายน้ำ - มีความมันวาว
CS6040		- ไม่มีลายน้ำ - มีความมันวาว
CS6040		- ไม่มีลายน้ำ - มีความมันวาวมาก

3.1.6 ผลการทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย

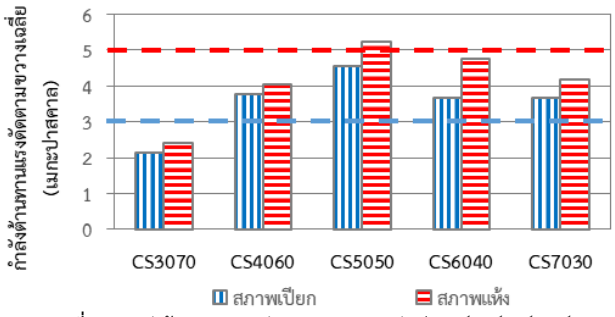
จากผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเล พบว่าค่าการดูซึมน้ำเฉลี่ยของตัวอย่าง CS5050 มีค่าร้อยละ 3.0 ซึ่งน้อยที่สุด และเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ลดลง โดยที่ตัวอย่าง CS3070 มีค่าการดูซึมน้ำเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 5.8 ดังแสดงในตารางที่ 5 แต่มีค่าน้อยกว่าค่าการดูดค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน มอก.826-2531 [11] ที่กำหนดการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 10

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย

ตัวอย่าง	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	
	ค่าการดูดซึมน้ำ	ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ย
CS3070	5.7	**5.8**
	6.0	
	5.7	
CS4060	4.8	**4.6**
	4.8	
	4.3	
CS5050	3.2	**3.0**
	2.9	
	3.1	
CS6040	3.1	**3.2**
	3.0	
	3.5	
CS7030	3.2	**3.2**
	3.0	
	3.3	

3.1.7 ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดตามขวางของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเล

จากผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดตามขวางของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย พบว่าตัวอย่าง CS5050 มีค่ามากที่สุด และที่ตัวอย่าง CS3070 มีค่าน้อยที่สุด โดยสอดคล้องทั้งการทดสอบในสภาพเปียก และทดสอบในสภาพแห้ง และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.826-2531 [11] ที่กำหนดค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางในสภาพเปียกไม่น้อยกว่า 3 เมกะปาสคาล และในสภาพแห้งไม่น้อยกว่า 5 เมกะปาสคาล พบว่าค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. ทั้งสภาพเปียกและแห้ง มีเพียงตัวอย่าง CS5050 เท่านั้น ดังแสดงการเปรียบเทียบในรูปที่ 23



รูปที่ 23 กำลังต้านทานแรงดัดตามขวางของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายผสมทรายทะเล

4. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าผลการทดสอบหาคุณสมบัติของมอร์ตาร์นั้น ทุกอัตราส่วนสามารถรับกำลังอัดประลัยได้มากกว่า 28 เมกะปาสคาล ที่อายุการบ่ม 28 วัน ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐาน มอก.2594-2556 [5] และเป็นข้อแนะนำจากผู้ประกอบการงานพื้นพิมพ์ลายที่กำหนดค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตไม่ควรน้อยกว่า 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร [13] การหาระยะเวลาการก่อตัว พบว่าการก่อตัวระยะต้น (Initial setting) มากกว่า 170 นาที และการก่อตัวระยะปลาย (Final setting) มากกว่า 250 นาที ซึ่งเพียงพอสำหรับระยะเวลาการพิมพ์ลายลงบนพื้นผิวมอร์ตาร์ ในส่วนของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลาย พบว่าคุณลักษณะทั่วไปของตัวอย่าง CS3070 และ CS4060 มีผิวหยาบ มีลายน้ำ ไม่มีความมันวาว แตกต่างจากตัวอย่าง CS5050 CS6040 และ CS7030 มีความเรียบไม่ร้าว สีของผิวสม่ำเสมอ และไม่มีลายน้ำ แต่สำหรับตัวอย่าง CS7030 มีสีที่คล้ำมาก แม้ผิวจะมันวาว แต่ก็มีโอกาสลื่นสูงเมื่อสถานที่เปียกชื้น เช่น ฝนตก ลานล้างรถ เป็นต้น ร้อยละการดูดซึมน้ำของแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายทุกตัวอย่างมีค่าร้อยละ 3.0 ถึง 5.8 น้อยกว่าร้อยละ 10 ของเกณฑ์มาตรฐาน มอก.826-2531 [11] นอกจากนั้นยังพบว่าผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดตามขวางมีเพียงตัวอย่าง CS5050 ที่สูงกว่าค่ามาตรฐานของมอก.826-2531 [11] สามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์กับทรายทะเล 50:50 ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.40 คุณสมบัติที่ดีที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราส่วน 30:70, 40:60, 60:40 และ70:30 จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นอัตราส่วนผสมของมอร์ตาร์สำหรับแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์พิมพ์ลายทรายทะเล

5. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเสริมเหล็กเส้น 6 มิลลิเมตร หรือตะแกรงเหล็ก เพื่อเสริมความแข็งแรง เพิ่มอายุการใช้งานให้นานขึ้น

2. ปรับปรุงรูปแบบแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์เป็นแบบหล่อให้มีหลายรูปแบบ เช่น 6 หรือ 8 เหลี่ยม และรูปทรงแบบสมัยนิยมที่มีความสวยงามตามความต้องการของตลาด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่สนับสนุนการทำวิจัย และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนงบประมาณรายได้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิศวกรรมโยธา ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินงาน ขอขอบคุณ คุณนายนภดล คงเพชร วิศวกรโยธา ประจำห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมโยธา และคุณนายนิรวัช บุญราศรี นักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย ที่ได้ช่วยในการเตรียมและทำการทดสอบตัวอย่างของงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) (2020). ผลิตภัณฑ์สำหรับงานตกแต่งภูมิทัศน์ และระบบรั้วสำเร็จรูป [โบรชัวร์] สืบค้นจาก www.scgbuildingmaterials.com/media/default/2020/download/catalog/floor-fence-wall-garden-catalog.pdf

[2] ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์ (2565). สถานการณ์ตลาดที่อยู่อาศัยภาคใต้ ภูเก็ตมีหน่วยเหลือขายมูลค่ากว่า 4 หมื่นล้านภาพรวมฟื้นตัวครึ่งหลังปี 2565. กรุงเทพฯ: ศูนย์ข้อมูลอสังหาริมทรัพย์, 24 มีนาคม 2565, หน้า 1-2.

[3] Kumar, B. N. N., Kumar, P. K., Babu, E. R., Gopal, M., Reddy, D. S., Sreekanth, K., & Yellppa, U. (2016). An experimental study on sea sand by partial replacement of sea Sand in Concrete. IJSRST 2(2): 181-184.

[4] สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดสงขลา (2564). แผนปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในระดับจังหวัดสงขลา ระยะ 5 ปี (พ.ศ.2565-พ.ศ.2569) . ตุลาคม 2564, หน้า 32.

[5] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2565). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (มอก. 2594-2556), สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

[6] American Society for Testing Materials (2001). ASTM C 136-96a : Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, Philadelphia, 78-82.

[7] American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C 128-97: Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregates, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, Philadelphia, 69-73.

[8] American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C 109/C 109M-99 : Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or [50 mm] Cube Specimens), Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.01, Philadelphia, 83-88.

[9] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2543). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, เล่ม 12 วิธีการทดสอบความต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (มอก. 15-2532), สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

[10] American Society for Testing and Materials (2001). ASTM C 403/C 403M-99: Standard Test Method for Time of Setting Concrete Mixtures by Penetration Resistance, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, Philadelphia, 222-227.

[11] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2531). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องกระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น (มอก. 826-2531), สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

[12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2531). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (มอก. 378-2531), สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

[13] บริษัท สโตนบิลด์ จำกัด (2020). ที่สุดแห่งพื้นพิมพ์ลาย [โบรชัวร์] สืบค้นจาก www.stonebuild.net/about/