

เครื่องผสมยางมะตอยกับน้ำยางพารา เพื่อใช้ในห้วงปฏิบัติการวิศวกรรมการทาง

สมศักดิ์ เอื้ออักษณาสัย¹ และอังคณา พันธุ์หล่อ^{2*}
somsak.a@rsu.ac.th¹, ankana.p@rsu.ac.th^{2*}

^{1, 2*} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

Received : 04-Sep-2019
Revised : 17-Jul-2020
Accepted : 30-Jul-2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องผสมวัสดุขนาดเล็กเพื่อใช้ในห้วงปฏิบัติการวิศวกรรมการทาง ซึ่งสามารถผสมน้ำยางมะตอยชนิดอิมัลชันกับน้ำยางพาราได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเริ่มจากการออกแบบเชิงความคิดในรูปแบบที่แตกต่างกัน 3 แบบ แล้วนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความเหมาะสมในการจัดสร้าง โดยประเมินผลเป็นคะแนน เพื่อคัดเลือกรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นจึงดำเนินการสร้างเครื่องผสม ซึ่งประกอบด้วยส่วนหลักคือ ถังใส่ส่วนผสม เครื่องผสม ใบพัดกวนส่วนผสมและขาตั้ง จากนั้นจึงทดสอบหาแบบการผสมที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ตัวชี้วัดคือคุณสมบัติของวัสดุผสมในรูปของค่าความหนืดเชย์โบลต์ ค่าความยืดดึง และค่าระยะการจมตัวของเข็มมาตรฐาน พบว่าควรผสมวัสดุโดยใช้ความเร็วรอบของการผสมเท่ากับ 218 รอบต่อนาที ใช้ใบกวนแบบตะขอ และใช้เวลาในการผสมนาน 7 นาที ทั้งนี้วัสดุผสมที่ได้มีค่าความหนืดเชย์โบลต์เฉลี่ยเท่ากับ 20.40 วินาที ค่าความยืดดึงเท่ากับ 150 ซม. และค่าระยะการจมตัวของเข็มมาตรฐานเท่ากับ 55.92 หน่วย ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวง (ทล.-ก.405/2538) นอกจากนี้ยังทดสอบวัสดุผสมโดยการผสมแบบปกติที่ไม่ใช้เครื่องผสม แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับวัสดุผสมที่ได้จากเครื่องผสม พบว่าการผสมโดยใช้เครื่องผสมให้วัสดุผสมที่มีความแข็งแรงมากกว่า จากผลการวิจัยสรุปว่าเครื่องผสมมีประสิทธิภาพที่ดีเพราะสามารถลดเวลาในการผสมได้ถึง 41 % เมื่อเทียบกับการผสมโดยไม่ใช้เครื่องผสม ช่วยประหยัดวัสดุที่ใช้ในการผสม สร้างสะดวกสบายในการใช้งานและมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

คำสำคัญ: เครื่องผสมขนาดเล็ก ยางมะตอยชนิดอิมัลชัน น้ำยางพารา ประสิทธิภาพของเครื่องผสม

Asphalt and Concentrated Rubber Latex Mixing Machine for Highway Engineering Laboratory Testing

Somsak Aueatchaisai¹ and Ankana Punlor^{2*}
somsak@rsu.ac.th¹, ankana.p@rsu.ac.th^{2*}

^{1, 2*} Department of Civil Engineering, College of Engineering, Rangsit University

Received	: 04-Sep-2019
Revised	: 17-Jul-2020
Accepted	: 30-Jul-2020

Abstract

The objective of this research is to design and build the mixing machine for asphalt emulsion and concentrated rubber latex which can be used in the laboratory efficiently and safely. Firstly, the conceptual design of 3 types of mixing machine was created, to compare and find out the most suitable mixer construction type. After that, the mixing machine is built. The main components of the mixing machine are a mixer, material tank, stirrer, and support. After that, the most suitable mixing condition has to be found by using the laboratory testing results from Saybolt Furol viscosity, ductility, and penetration. It is found that 218 rpm mixing speed by using the hook stirrer and 7 minutes mixing time was the most suitable mixing condition because the mixture had a Saybolt Furol viscosity = 20.40 seconds, the ductility = 150 cm and the depth of penetration = 55.92 units which met the standard specification of the Department of Highway (DH-SP.405/2538). Moreover, manual mixing was also conducted. The results were then compared with the results of the mixing machine. It is found that the product from the mixing machine was stronger than from the manual mixing. From the overall results, it can be concluded that the mixing machine has good efficiency, because the mixing machine can decrease mixing time about 41% in comparison with manual mixing, reduce also material using and make working more comfortable and safe.

Keywords: Mixing machine, Asphalt emulsion, Concentrated rubber latex, Efficiency of mixing machine

1. บทนำ

ในแต่ละปี ประเทศไทยใช้ยางมะตอย (Asphalt Cement) ในงานก่อสร้างและซ่อมบำรุงถนนทั่วประเทศจำนวนมาก ต่อมาได้มีการนำน้ำยางพารามาผสมกับยางมะตอย เพราะยางพาราสามารถเพิ่มคุณภาพและอายุการใช้งานของถนน [1] รวมทั้งช่วยเพิ่มรายได้ในการขายยางพาราให้กับเกษตรกรชาวสวนยาง โดยในส่วนของการผสมยางนั้นกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง สำนักงานวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้สร้างเครื่องผสมยางมะตอยกับน้ำยางพารา และยางมะตอยกับยางพาราชนิดแผ่นแห้ง ซึ่งเป็นเครื่องผสมที่มีขนาดใหญ่และเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในงานก่อสร้างถนน [2, 3] แต่ยางชนิดเครื่องผสมขนาดเล็กที่สามารถนำไปใช้ในท้องปฏิบัติการ จากเหตุผลข้างต้นจึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องผสมยางมะตอยชนิดอิมัลชันกับน้ำยางพารา เพื่อใช้ในการงานวิจัยในห้องปฏิบัติการ โดยทำให้เกิดความสะดวกและปลอดภัยในการผสม เพราะระหว่างการผลิตจะใช้อุณหภูมิที่สูงถึง 120 °C ซึ่งทำให้น้ำที่อยู่ในยางมะตอยชนิดอิมัลชันและน้ำยางพาราเดือดเป็นฟอง และเกิดการปะทุได้ รวมทั้งมีไอระเหยที่เป็นพิษ ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ผสม

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อสร้างเครื่องผสมขนาดเล็กต้นแบบที่ใช้ในการผสมยางมะตอยชนิดอิมัลชันและน้ำยางพารา ซึ่งสามารถให้ผลิตภัณฑ์หรือวัสดุผสมในปริมาณ 1-3 ลิตรต่อการผสมหนึ่งครั้ง ซึ่งเพียงพอต่อการทดสอบที่กำหนดไว้เบื้องต้น

2.2 เครื่องผสมขนาดเล็กต้นแบบนี้จะต้องเหมาะสมต่อการใช้งานในห้องปฏิบัติการ

2.3 วัสดุผสมที่ได้จากการผสมโดยใช้เครื่องผสมขนาดเล็กต้นแบบนี้ จะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

2.4 เครื่องผสมขนาดเล็กต้นแบบนี้จะต้องมีประสิทธิภาพ และความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน รวมทั้งช่วยประหยัดวัสดุและลดรอบเวลาในการเตรียมส่วนผสม

2.5 ความรู้ที่ได้จากการสร้างเครื่องผสมขนาดเล็กต้นแบบนี้ สามารถเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อสร้างเครื่องผสมขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานก่อสร้างถนนต่อไปในอนาคต

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบเชิงความคิด ในขั้นต้นจะทำการออกแบบเครื่องผสมยางมะตอยชนิดอิมัลชันกับน้ำยางพาราขนาดเล็กในเชิงความคิด โดยมีข้อกำหนดเบื้องต้นดังนี้ 1) ส่วนประกอบของเครื่องผสมจะต้องหาซื้อได้ง่ายและมีราคาไม่แพง เพื่อให้สามารถซ่อมแซมหรือซื้อส่วนประกอบทดแทนได้ง่าย 2) งบประมาณในการสร้างเครื่องผสมต้องไม่เกิน 35,000 บาท 3) เครื่องผสมจะต้องทำงานแบบอัตโนมัติ โดยผู้ใช้งานสามารถเปิดและปิดเครื่องผสมด้วยสวิตช์คอนโทรล และ 4) เครื่องผสมควรผลิตวัสดุผสมได้ไม่ต่ำกว่า 1-3 ลิตรต่อการผสมหนึ่งครั้ง เพื่อให้มีปริมาณวัสดุผสมที่เพียงพอต่อการทดสอบที่กำหนดไว้

จากข้อกำหนดเบื้องต้นคณะนักวิจัยได้กำหนดแนวคิดการออกแบบเครื่องผสมที่แตกต่างกันจำนวน 3 รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 1-3 แล้วนำมาเปรียบเทียบและประเมินความเหมาะสมในการจัดสร้าง โดยใช้เกณฑ์การประเมิน 5 ด้าน ประกอบไปด้วย 1) ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย 2) ความคงทนและความมั่นคงของอุปกรณ์ 3) การทำความสะอาด 4) ความสามารถในการผลิตต่อการครั้งของการผสม และ 5) งบประมาณในการประดิษฐ์ แล้วนำมาคะแนนรวมมาใช้คัดเลือกรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด

3.2 การสร้างเครื่องผสมและพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมเครื่องผสม จัดหาอุปกรณ์และสร้างเครื่องผสมต้นแบบ และพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมเครื่องผสมโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ซึ่งใช้ภาษาซีในการเขียนโค้ดคำสั่งผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ก

3.3 การหารูปแบบการผสมที่เหมาะสมที่สุด โดยปรับเปลี่ยนรูปแบบการผสมรวม 8 รูปแบบ ซึ่งมีข้อแตกต่างกันใน 3 ส่วนหลักๆ คือ 1) ความเร็วรอบในการผสม 2) ลักษณะของใบกวนส่วนผสม และ 3) เวลา

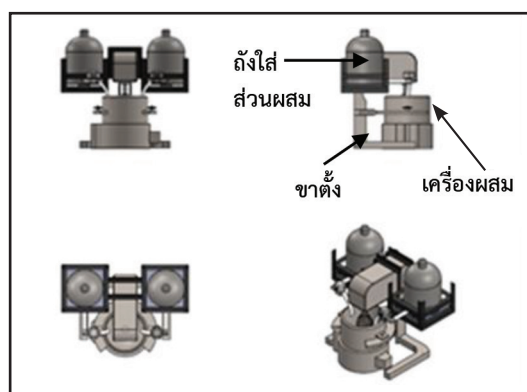
ที่ใช้ในการกวนส่วนผสม โดยผสมรูปแบบละ 10 ตัวอย่าง แล้วนำวัสดุผสมที่ได้ไปทดสอบหาคุณสมบัติเบื้องต้น ได้แก่ ค่าความหนืด ค่าระยะจมตัวของเข็มมาตรฐาน และค่าความยืดดึง โดยรูปแบบการผสมที่เหมาะสมที่สุด ก็คือรูปแบบที่ทำให้วัสดุผสมมีคุณสมบัติดีที่สุด นอกจากนี้ยังทดลองผสมวัสดุแบบปกติซึ่งไม่ใช่เครื่องผสม (ทำได้โดยการนำยางมะตอยชนิดอิมัลชัน ผสมกับน้ำยางพารา และกวนส่วนผสมให้เข้ากัน) จำนวน 10 ตัวอย่าง แล้วนำไปทดสอบหาคุณสมบัติเบื้องต้น เหมือนกับวัสดุผสมที่ใช้เครื่องผสม และนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกัน เพื่อยืนยันว่าการผสมโดยใช้เครื่องผสมให้วัสดุผสมที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าการผสมแบบปกติที่ไม่ใช่เครื่องผสม

3.4 การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องผสมยางมะตอยชนิดอิมัลชันกับน้ำยางพารา โดยใช้เกณฑ์การประเมิน 3 ด้าน คือ 1) เวลาที่ใช้ในการผสม 2) ปริมาณการใช้ส่วนผสม และ 3) ความสะดวกสบายและความปลอดภัย

4. ผลการวิจัย

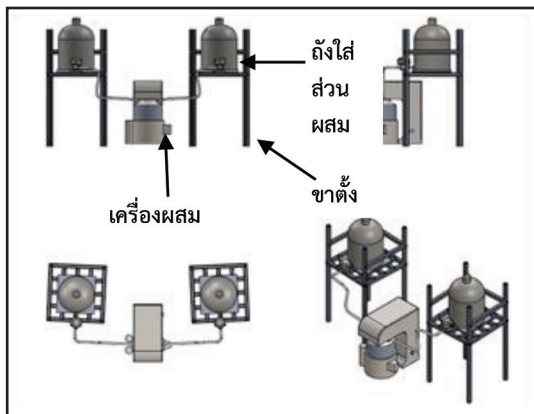
4.1 ผลการคัดเลือกรูปแบบของเครื่องผสม ส่วนประกอบหลักของเครื่องผสมคือ โถผสมสแตนเลส ซึ่งมีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดและมีขนาดเหมาะแก่การใช้งานคือ ขนาดความจุ 4.2 และ 5 ลิตร โดยใบพัดกวนส่วนผสมที่มาพร้อมเครื่องผสมมี 3 แบบคือ แบบตะกร้อ แบบตะขอ และแบบใบไม้ ส่วนถังบรรจุยางพาราเลือกใช้ถังพลาสติกขนาด 5 ลิตร และ 6.5 ลิตร ส่วนเครื่องให้ความร้อนที่คัดเลือกมามี 2 แบบคือ แบบขดลวดยาแก๊นยุง และแบบขดลวดทองแดงรัดท่อ ซึ่งทั้งสองแบบสามารถให้ความร้อนสูงถึง 120°C จากนั้นจึงนำมาพิจารณาออกแบบเครื่องผสมในเชิงความคิดเป็น 3 รูปแบบประกอบไปด้วย

รูปแบบที่ 1 (รูปที่ 1) เป็นเครื่องผสมที่มีความกว้าง 60 ซม. ความยาว 80 ซม. ความสูง 100 ซม. และมีน้ำหนัก 87 กิโลกรัม สามารถให้ผลิตภัณฑ์ได้ 2-3 ลิตร ต่อการผสม 1 ครั้ง ประกอบด้วยเครื่องผสมที่ทำด้วยเหล็ก พร้อมกับใบพัดกวน 3 แบบ ได้แก่ แบบตะกร้อ แบบตะขอ และแบบใบไม้ โถผสมสแตนเลสมีความจุ 5 ลิตร ถังพลาสติกที่บรรจุน้ำยางพาราขนาด 5 ลิตร และถังบรรจุยางมะตอยชนิดอิมัลชันขนาด 5 ลิตร เครื่องให้ความร้อนแบบขดลวดยาแก๊นยุง โซลีนอยต์วาล์วสำหรับเปิดปิดอัตโนมัติ ท่อประปาพีวีซีที่ใช้ส่งส่วนผสม และโครงเหล็กฉากสำหรับวางถังบรรจุส่วนผสมขนาด 40 x 40 x 4 มม.



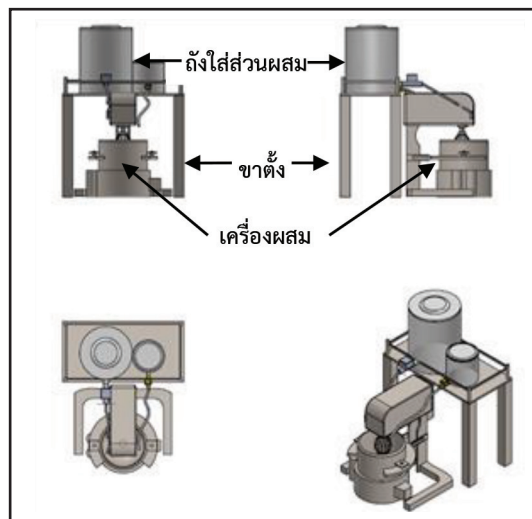
รูปที่ 1 เครื่องผสมรูปแบบที่ 1

รูปแบบที่ 2 (รูปที่ 2) เป็นเครื่องผสมที่มีความกว้าง 40 ซม. ความยาว 120 ซม. ความสูง 90 ซม. และมีน้ำหนัก 22 กิโลกรัม สามารถให้ผลิตภัณฑ์ได้ 1-2 ลิตร โดยประกอบไปด้วยเครื่องผสมที่เป็นพลาสติก พร้อมใบพัดกวน 2 แบบได้แก่ แบบตะกร้อ และแบบตะขอ โถผสมสแตนเลสขนาดความจุ 4.2 ลิตร ถังพลาสติกบรรจุน้ำยางพาราขนาด 5 ลิตร และถังบรรจุยางมะตอยชนิดอิมัลชันขนาด 5 ลิตร เครื่องให้ความร้อนแบบขดลวดทองแดงรัดท่อ โซลีนอยต์วาล์วเปิดปิดอัตโนมัติ และท่อประปาพีวีซีส่งส่วนผสม



รูปที่ 2 เครื่องผสมรูปแบบที่ 2

รูปแบบที่ 3 (รูปที่ 3) เครื่องผสมมีความกว้าง 50 ซม. ความยาว 70 ซม. ความสูง 80 ซม. และมีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม สามารถให้ผลิตภัณฑ์ได้ถึง 2-3 ลิตร ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องผสมที่มีวัสดุเป็นเหล็กพร้อมกับใบพัดกวน 2 แบบ ได้แก่ แบบตะกร้อ และแบบตะขอ โถผสมสแตนเลสขนาดความจุ 5 ลิตร ถังพลาสติกที่บรรจุน้ำยาฟารานา 6.5 ลิตร และยางมะตอยชนิดอิมัลชันขนาด 9.5 ลิตร เครื่องให้ความร้อนแบบขดลวดยากันยูเรธาถึง โซลีนอยด์วาล์วเปิดปิดอัตโนมัติ และท่อสายน้ำดีที่ใช้ส่งผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3 เครื่องผสมรูปแบบที่ 3

คณะนักวิจัยจำนวน 5 คน ได้ประเมินรูปแบบเครื่องผสมทั้ง 3 รูปแบบ โดยใช้เกณฑ์ประเมินดังแสดงในตารางที่ 1 และพบว่า รูปแบบที่ 3 ได้คะแนนรวมมากที่สุดคือ 23 คะแนน แสดงว่ามีความเหมาะสมต่อการสร้างมากที่สุด เพราะมีจุดเด่นด้านความสะดวกในการเคลื่อนย้ายโดยเครื่องผสมมีองค์ประกอบ 2 ส่วนหลักคือ เครื่องผสมและถังใส่ส่วนผสมที่เป็นอะคริลิก ทำให้เคลื่อนย้ายง่าย และอุปกรณ์มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ และมีกำลังการผลิตต่อครั้งประมาณ 2-3 ลิตร

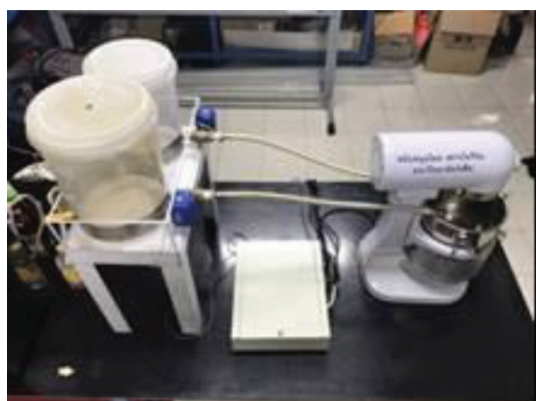
ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนประเมินเครื่องผสม

ด้าน	คะแนนและเกณฑ์การให้คะแนน
1. ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4 คะแนน : เครื่องต้นแบบมีองค์ประกอบของอุปกรณ์น้อย และมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 0-50 kg 3 คะแนน : เครื่องต้นแบบมีองค์ประกอบของอุปกรณ์น้อย และมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 50-100 kg 2 คะแนน : เครื่องต้นแบบมีองค์ประกอบของอุปกรณ์มาก และมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 0-50 kg 1 คะแนน : เครื่องต้นแบบมีองค์ประกอบของอุปกรณ์มาก และมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 50-100 kg

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนประเมินเครื่องผสม (ต่อ)

ด้าน	คะแนนและเกณฑ์การให้คะแนน
2. ความคงทนและความมั่นคงของอุปกรณ์	4 คะแนน : เป็นวัสดุที่มีความคงทน ฐานมีเสถียรภาพสูง 3 คะแนน : เป็นวัสดุที่มีความคงทน ฐานไม่มีเสถียรภาพ 2 คะแนน : เป็นวัสดุที่ไม่มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม ฐานมีเสถียรภาพ 1 คะแนน : เป็นวัสดุที่ไม่มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม ฐานไม่มีเสถียรภาพ
3. การทำความสะอาด	4 คะแนน : สามารถถอดทุกชิ้นส่วนออกมาทำความสะอาดได้ 3 คะแนน : สามารถถอดบางชิ้นส่วนออกมาทำความสะอาดได้ 2 คะแนน : ไม่สามารถถอดชิ้นส่วนออกมาทำความสะอาดได้ แต่สามารถทำความสะอาดในเครื่องได้เล็กน้อย 1 คะแนน : ไม่สามารถถอดชิ้นส่วนออกมาทำความสะอาด และไม่สามารถทำความสะอาดในเครื่อง
4. ความสามารถในการผลิตต่อครั้งการผสม	4 คะแนน : 3 ลิตรขึ้นไป 3 คะแนน : 2-3 ลิตร 2 คะแนน : 1-2 ลิตร 1 คะแนน : ต่ำกว่า 1 ลิตร
5. งบประมาณในการประดิษฐ์	4 คะแนน : ต่ำกว่า 15,000 บาท 3 คะแนน : 15,000-25,000 บาท 2 คะแนน : 25,000-35,000 บาท 1 คะแนน : 35,000 บาทขึ้นไป

4.2 การสร้างเครื่องผสมและการพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมเครื่องผสม ดำเนินการสร้างเครื่องผสมอย่างละเอียดจนติดมัลชันกับน้ำยาฟาราตามรูปแบบที่ 3 โดยมีลักษณะและส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5



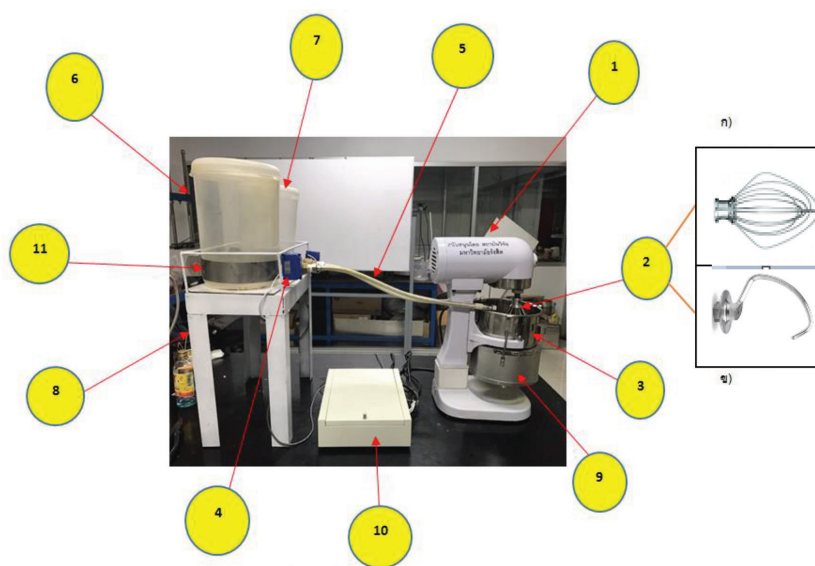
รูปที่ 4 ต้นแบบเครื่องผสมอย่างละเอียดกับน้ำยาฟารา

ในส่วนของการพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมเครื่องผสม เพื่อให้การทำงานของเครื่องผสมเป็นไปด้วยความสะดวกรวดเร็ว ถูกต้องและทำงานโดยอัตโนมัติ จึงใช้โปรแกรม Arduino IDE ซึ่งใช้ภาษาซีในการเขียนโค้ดคำสั่ง ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊กที่เป็นระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์ (Microsoft) แล้วนำโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาป้อนลงไปในแผงควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านสายยูเอสบี (USB) ส่วนการแก้ไขซอฟต์แวร์ควบคุมนั้นสามารถแก้ไขในโปรแกรม Arduino IDE แล้วป้อนคำสั่งใหม่ลงไปในแผงควบคุม ในการเขียนโปรแกรมนั้นได้กำหนดหลักการทำงานของเครื่องผสมไว้ดังนี้คือ เมื่อทำการเปิดสวิตช์ของระบบและทำการป้อนข้อมูลที่เป็นเวลาการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 2 ตัว (ซึ่งได้จากหลักการวิเคราะห์อัตราการใช้) และเวลาในการทำงานของเครื่องปั่นกับตัวให้ความร้อนตามที่ต้องการ แล้วทำการกดปุ่มเริ่มการทำงานของเครื่องผสม วงจรควบคุมจะทำการสั่งเปิดโซลินอยด์วาล์ว 2 ตัวพร้อมกัน ซึ่งจะทำงานตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ เมื่อโซลินอยด์วาล์วตัวสุดท้ายปิดลง ระบบจะเริ่มทำการสั่งงานในส่วนอื่น

ต่อไป ซึ่งจะเป็นส่วนการทำงานของเครื่องปั่นกับตัวให้ความร้อน ซึ่งจะเปิดการทำงานพร้อมกันและจะทำงานจนครบเวลาที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นระบบก็จะหยุดการทำงาน ทั้งนี้ในขณะที่ระบบทำงานอยู่นั้นจะมีการวัดอุณหภูมิอยู่ตลอดเวลาโดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และจะแสดงค่าบนจอแสดงผล

หลังจากประกอบเครื่องผสมแล้ว ได้ทำการทดสอบความถูกต้องของการใส่ส่วนผสมของเครื่องผสม

ซึ่งใช้หลักการวิเคราะห์อัตราการใช้ส่วนผสมของน้ำยางพาราและน้ำยางมะตอย (นำมาใช้แทนการใช้เครื่องซึ่งน้ำหนักอัตโนมัติซึ่งมีราคาแพงเกินงบประมาณที่ตั้งไว้) โดยการทดสอบซึ่งน้ำหนักของวัสดุทั้งสองอย่างที่ใช้ผ่านท่อลำเลียงในเวลาที่กำหนดจำนวนหลายครั้ง จนมั่นใจว่าเครื่องผสมสามารถใส่ส่วนผสมได้ในปริมาณที่แม่นยำตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดไว้จึงเริ่มใช้งานเครื่องผสม



- | | |
|-----------------------|---|
| 1. เครื่องผสม | 2. ใบกวน ซึ่งมีสองแบบ คือ ก) แบบตะกร้อ และ ข) แบบตะขอ |
| 3. ถังผสม | 4. โซลินอยด์วาล์ว |
| 5. ท่อลำเลียงส่วนผสม | 6. ถังเก็บยางมะตอย |
| 7. ถังเก็บน้ำยางพารา | 8. ฐานรองถังบรรจุส่วนผสม |
| 9. เครื่องให้ความร้อน | 10. วงจรควบคุม |
| 11. สแตนเลสสตีลถังผสม | |

รูปที่ 5 รายละเอียดอุปกรณ์ในเครื่องผสมยางมะตอยกับยางพารา [4]

4.3 การหารูปแบบการผสมที่เหมาะสม และการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้เครื่องผสม เมื่อจัดสร้างเครื่องผสมต้นแบบสำเร็จแล้ว ได้ทดลองผสมยางมะตอยอิมัลชันแบบ CSS-1h กับน้ำยางพาราชนิดดัดแปลงโมโนเมอสูง [5, 6] ใช้อัตราส่วนของน้ำยางพาราร้อยละ 5.5 โดยน้ำหนักของส่วนผสมเพื่อหารูปแบบของการผสมซึ่งเหมาะสมที่สุด โดยเปลี่ยนความเร็วรอบของการผสม (รอบต่อนาที) ตามความสามารถของเครื่องผสมคือ 218 และ 418 รอบต่อนาที และเปลี่ยนรูปแบบของใบพัดที่ใช้กวนส่วนผสม และ

เวลาในการกวนส่วนผสมในหลายรูปแบบ จนได้รูปแบบซึ่งสามารถผสมวัสดุให้เข้ากันได้ดี และใช้เวลาในการผสมส่วนผสมไม่เกิน 7 นาที (เพื่อให้สามารถทำการผสมได้หลายครั้งอย่างรวดเร็ว) ซึ่งมีทั้งหมด 8 รูปแบบการผสม จากนั้นจึงนำวัสดุผสมที่ได้จากการผสมในแต่ละรูปแบบ จำนวน 10 ตัวอย่างต่อหนึ่งรูปแบบการผสม ไปทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ค่าการยึดติด ค่าการจมน้ำของซีเมนต์มาตรฐานและค่าความหนืดเชย์โบลต์ โดยใช้เครื่องทดสอบและวิธีทดสอบตามมาตรฐานของกรมทางหลวงโดยค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รูปแบบการผสมและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้เครื่องผสม

รูปแบบการผสม	ความเร็วรอบในการผสม (รอบ/นาที)	ลักษณะใบกวน	เวลาในการกวนส่วนผสม (นาที)	ค่าความหนืดเฉลี่ย (วินาที)	ค่าระยะจมน้ำเฉลี่ยของเข็มมาตรฐาน (หน่วย)	ค่าความยืดดึงเฉลี่ย (ช.ม.)
1	218	ตะกร้อ	5	22.16	56.11	150
2	218	ตะกร้อ	7	24.32	65.28	150
3	218	ตะขอ	5	20.48	71.06	150
4	218	ตะขอ	7	20.40	55.92	150
5	418	ตะกร้อ	5	50.42	56.25	150
6	418	ตะกร้อ	7	49.52	58.22	150
7	418	ตะขอ	5	24.52	58.25	150
8	418	ตะขอ	7	23.94	57.50	150

หมายเหตุ : * ค่าตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

- 1) ค่าความหนืดเฉลี่ย 20-100 วินาที
- 2) ค่าระยะจมน้ำของเข็มมาตรฐาน 40-100 หน่วย
- 3) ค่าความยืดดึงต่ำสุด 40 ช.ม.

5. การอภิปรายผล

5.1 เมื่อนำผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสมจากทุกรูปแบบในตารางที่ 2 ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกรมทางหลวง พบว่า ค่าความหนืดเฉลี่ย ค่าระยะการจมน้ำของเข็มมาตรฐาน และค่าความยืดดึงเฉลี่ยของวัสดุผสมในทุกรูปแบบนั้นเป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวง (ทล.-ก. 405/2538 สำหรับ Elastomeric Modified Asphalt Emulsion แบบ CSS-1h ซึ่งกำหนดค่าความหนืดต่ำที่สุดไว้เท่ากับ 20 วินาที ค่าความยืดดึงเท่ากับ 40 ช.ม. และค่าการจมน้ำของเข็มมาตรฐานเท่ากับ 40 หน่วย [7] แต่ทั้งนี้รูปแบบการผสมที่ 1 และ 4 มีผลการทดสอบที่ให้ค่าความหนืดเฉลี่ย และค่าระยะการจมน้ำของเข็มมาตรฐานที่ดีที่สุดและใกล้เคียงกัน โดยค่าความหนืดเฉลี่ยของรูปแบบที่ 1 เท่ากับ 22.16 วินาที ส่วนรูปแบบที่ 4 มีค่าความหนืดเฉลี่ยเท่ากับ 20.40 วินาที จึงทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความหนืดเฉลี่ยระหว่างรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 4

และพบว่า ค่าความหนืดเฉลี่ยของทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกัน โดยที่ค่าความหนืดในรูปแบบที่ 4 มีความหนืดน้อยกว่ารูปแบบที่ 1 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นรูปแบบที่ 4 จึงเป็นรูปแบบการผสมที่ดีที่สุด คือใช้ความเร็วรอบ 218 รอบต่อนาที ใบกวนแบบตะขอ และเวลาในการกวนส่วนผสม 7 นาที และวัสดุผสมที่ได้มีค่าความหนืดเฉลี่ย 20.40 วินาที ซึ่งเป็นค่าความหนืดที่น้อยที่สุดของตัวอย่างทั้งหมด ส่วนค่าความยืดดึงมีค่าเท่ากับ 150 ช.ม. และค่าการจมน้ำของเข็มมาตรฐานเท่ากับ 55.92 หน่วย ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดเช่นกัน ซึ่งแสดงว่าวัสดุผสมนี้มีความแข็งแรงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบอื่นๆ

ทั้งนี้ยังมีการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสมที่ได้รับการผสมแบบปกติที่ไม่ใช้เครื่องผสม โดยใช้อัตราส่วนผสมเนื้อยางพาราร้อยละ 5.5 โดยน้ำหนักของส่วนผสมจำนวน 10 ตัวอย่าง เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบวัสดุผสมที่ใช้เครื่องผสมตามรูปแบบที่ 4 ซึ่งถือว่าเป็นรูปแบบการผสมที่ดีที่สุด พบว่าค่าความหนืดของวัสดุที่ได้จากการผสมแบบปกติเท่ากับ 21.68 วินาที ซึ่งมากกว่าค่าที่ได้จากการใช้เครื่องผสม (20.40 วินาที) ส่วนค่าการจมน้ำของเข็มมาตรฐานที่ได้จากการผสมแบบปกติเท่ากับ 67.48 หน่วย ซึ่งมากกว่าค่าที่ได้จากการใช้เครื่องผสม (55.92 หน่วย) แสดงให้เห็นว่า

การผสมโดยใช้เครื่องผสมให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง และทนต่อแรงกระทำได้ดีกว่า ส่วนค่าการยึดติดระหว่าง การผสมทั้งสองแบบนี้ไม่มีความแตกต่างกัน คือได้ค่า เท่ากับ 150 ซม.ทั้งคู่

5.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องผสม ยางมะตอยชนิดอิมัลชันกับน้ำยางพารา

1) ด้านเวลาที่ใช้ในการผสม : ในการผสม โดยใช้เครื่องผสมจะเริ่มจากการใส่ส่วนผสมโดยใช้ อัตราส่วนของน้ำยางพาราร้อยละ 5.5 โดยน้ำหนักของ ส่วนผสม ซึ่งเครื่องผสมจะใช้เวลาในการใส่ส่วนผสม ทั้งหมด 2 นาที หลังจากนั้นเครื่องจะทำการกวนส่วนผสม ให้เข้ากันอีกนาน 7 นาที รวมเวลาที่เครื่องใช้ในการผสม ทั้งหมด 9 นาที คิดเป็น 100 % ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การผสมแบบปกติที่ไม่ใช้เครื่องผสมในอัตราส่วนผสม เดียวกัน ที่ขั้นตอนแรกจะต้องคำนวณปริมาณส่วนผสม ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นจึงทำการชั่งตวง ส่วนผสมให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณไว้อีกประมาณ 10 นาที แล้วจึงกวนส่วนผสมคือ ยางมะตอยกับ น้ำยางพาราให้เป็นเนื้อเดียวกันอีก 7 นาที รวมเวลาที่ใช้ ในการผสมทั้งหมด 22 นาที ดังนั้นการผสมโดยใช้ เครื่องผสมสามารถลดเวลาในการผสมได้ถึง 41 %

2) ด้านปริมาณการใช้ส่วนผสม : การผสม โดยใช้เครื่องผสมจะใช้ส่วนผสมในปริมาณที่น้อยกว่าการ ผสมแบบปกติที่ไม่ใช้เครื่องผสม เพราะการใส่ส่วนผสม โดยเครื่องจะทำการส่งวัสดุผ่านท่อลำเลียงที่มีพื้นที่ผิว สัมผัสน้อยกว่า จึงทำให้มีส่วนผสมเกาะติดค้างอยู่น้อยกว่า การใช้ภาชนะชั่งตวงส่วนผสมในการผสมแบบปกติ ซึ่ง ทำให้เกิดการสูญเสียส่วนผสมและไม่ได้ปริมาณตาม ที่ต้องการ รวมทั้งทำให้ต้องเทส่วนผสมหลายๆ ครั้ง

3) ด้านความสะดวกสบายและความ ปลอดภัย : การใช้เครื่องผสมนั้นไม่จำเป็นต้องชั่งตวง ส่วนผสม หรือกวนส่วนผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ ไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียมส่วนผสมเพื่อใส่ในถังผสม นอกจากนี้ในแง่ของความปลอดภัยในการทำงาน เมื่อ ตั้งเวลาในการทำงานและกดปุ่มเริ่มการทำงาน สามารถ ปล่อยให้เครื่องผสมทำงานเองโดยอัตโนมัติในห้อง ปฏิบัติการ ซึ่งจะลดความเสี่ยงจากการกระเด็นของวัสดุ ระหว่างการกวนส่วนผสม และลดความเสี่ยงจากการ สูดดมมลพิษทางอากาศอันก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ

6. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้สร้างเครื่องผสมขนาดเล็กต้นแบบ ที่ใช้ในการผสมยางมะตอยชนิดอิมัลชันและน้ำยางพารา ซึ่งเหมาะสมต่อการใช้งานในห้องปฏิบัติการ โดยส่วน ผสมที่ได้นั้นมีคุณสมบัติตามมาตรฐานของกรมทางหลวง และเครื่องผสมต้นแบบก็มีประสิทธิภาพที่ดีทั้งในด้าน ความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการใช้งาน การประหยัดวัสดุ และสามารถลดเวลาในการผสมได้ ถึง 41 % ทั้งนี้ในอนาคตควรมีการวิจัยเพิ่มเติม ทั้งใน ส่วนของคุณสมบัติของวัสดุผสมต่างๆ ที่ผสมโดยใช้เครื่อง ผสมต้นแบบ และวิจัยต่อยอดในแง่ของการเพิ่มขนาด และประสิทธิภาพของเครื่องผสม เพื่อให้สามารถนำไป ประยุกต์และจัดสร้างเป็นเครื่องขนาดใหญ่ที่สามารถนำ ใช้ในงานก่อสร้างหรือซ่อมแซมถนนต่อไปในอนาคต

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยรังสิต ปีงบประมาณ 2559 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ นอกจากนี้อขอขอบคุณ ผู้ช่วยวิจัย และอาจารย์ประจำห้องปฏิบัติการภาค วิชาวิศวกรรมโยธา ที่ช่วยดำเนินงานต่างๆ จนประสบ ผลสำเร็จ ปัจจุบันเครื่องผสมที่จัดสร้างขึ้นมานี้ได้ถูกนำมา ใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมการทาง ภาควิชา วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยรังสิต ซึ่งเกิดประโยชน์ต่อ การเรียนรู้ของนักศึกษา คณาจารย์ และผู้วิจัย รวมทั้ง สามารถสร้างองค์ความรู้เพิ่มเติมในด้านวัสดุวิศวกรรม การทาง

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Azahar M. et al. An Overview on natural rubber application for asphalt modification. International Journal of Agriculture Forestry and Plantation. 2016; 2:212-17.
- [2] Opanukul V. Research and development of asphalt and rubber mixer. Department of Agriculture. 2005. (in Thai)

- [3] Vichitcholchai N. Prototype mobile asphalt and concentrated rubber mixer. Para Rubber Electronic Bulletin. 2008; 31: 45-29. (in Thai)
- [4] Ankana Punlor and Somsak Aueatchasai. A Study for Properties of Mixture of Rapid Setting Asphalt Emulsion (CRS-2) and Concentrated Latex sphalt emulsion technology (Research report). The RSU research conference. 251-258 ; 2019. (in Thai)
- [5] Salomon D. Asphalt emulsion technology (Research report). Washinton: Transportation research board; 2006.
- [6] Suaryana et al. Performance evaluation of hot mixture asphalt using concentrated rubber latex. Rubber Compound and Synthetic Polymer as Modifier. 2019; 21:36-42.
- [7] Bureau of Standards and Evaluation. Department of Highway. DH-SP.405/1995; 1995. (in Thai)