การศึกษาระยะเวลาก่อตัว ความสามารถในการเทได้ และกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราในการซ่อมผิวทาง

โชคชัย ไตรยสุทธิ์*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาการก่อตัว ค่าความสามารถในการเทได้ และกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา เปรียบเทียบกับคอนกรีตปกติ เพื่อใช้ในการซ่อมผิวทาง กำหนดส่วนผสมคอนกรีตที่ 1:2:4 อัตราส่วนปริมาณน้ำยางต่อปูนซีเมนต์ ร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) ที่ 0.6 ทำการวิจัยในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ASTMC39 C143 และ C403 แล้วนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในภาคสนาม ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตผสมน้ำยางพารามีค่าเท่ากับ 7, 8, และ 10 ซม. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การใช้งานทั่วไปในทุกอัตราส่วนผสม กำลังอัดของคอนกรีตที่ระยะการบ่มด้วยน้ำ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 220 ksc 205 ksc และ 176 ksc ลดลงร้อยละ 25 เมื่อปริมาณน้ำยางพาราเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 30 การก่อตัวของตัวอย่างทดสอบที่ทำการผสมน้ำยางพาราร้อยละ 20 เป็นระยะเวลาก่อตัวที่เร็วที่สุด ได้ระยะเวลาการก่อตัวต้น 150 นาที ระยะเวลาการก่อตัวปลาย 250 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตแบบปกติ ระยะเวลาการก่อตัวต้นห่างกันอยู่ที่ 90 นาที และระยะเวลาการก่อตัวปลายห่างกันอยู่ที่ 100 นาที การนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดศรีสะเกษ เบื้องต้นพบว่า คอนกรีตผสมน้ำยางพาราร้อยละ 20 สามารถซ่อมผิวทางที่ชำรุดและเปิดผิวการจราจรได้เร็วกว่าคอนกรีตปกติ

คำสำคัญ: น้ำยางพารา; การซ่อมผิวทาง; การก่อตัวของคอนกรีต; กำลังอัดของคอนกรีต

รับพิจารณา: 1 มีนาคม 2564
แก้ไข: 20 พฤษภาคม 2564
ตอบรับ: 31 พฤษภาคม 2564

* อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธาและสถาปัตยกรรม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
โทร. +668 6720 4089 อีเมล: ts.chokchai@gmail.com

A Study Setting Time, Workability and Compressive Strength of Concrete Mixed by Natural Rubber for Pavement Repairs

Chokchai Traiyasut*

Abstract

This research aimed to study setting time, workability and compressive strength of concrete mixed by natural rubber compare with normal concrete for pavement repairs. The mixed were used 1:2:4 with normal concrete. The natural rubber latex solution to cement ratio varied at 10 20 and 30 % by weight, water cement ratio (w/c) at 0.6 and test were instead regarding to standard of American society for testing and materials (ASTM C39 C143 and C403). The results showed that the concrete mixed by natural rubber workability was 7, 8, and 10 cm. there was in standard of used range. The compressive strength at 28 days curing by water was 220 ksc 205 ksc and 176 ksc there was decreased 25% when natural rubber was increased at 30%. The result indicated that the value of 20% natural rubber was the best setting time of the performance. The initial setting was 150 minutes, final setting time was 250 minutes, when compared with normal concrete difference of initial setting time was 90 minutes final setting time was 100 minutes. Considering the satisfactory performance of the sub district administrative organization in Sisaket province showed that the concrete mixed with natural rubber can used in pavement repairs.

Keywords: Natural rubber; Pavement repairs; Setting time of concrete; Compressive strength of concrete

Received: March 1, 2021
Revised: May 20, 2021
Accepted: May 31, 2021

---

* Lecturer, Civil Technology and Architecture, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University
Tel. +668 6720 4089 e-mail: ts.chokchai@gmail.com

1. บทนำ

การพัฒนางานวิจัยเกี่ยวกับยางพาราในประเทศไทยเริ่มได้รับความสำคัญจากการที่ยางพารามีราคาตกต่ำทำให้รัฐบาลให้การส่งเสริมและสนับสนุนทั้งด้านการวิจัยให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในกิจกรรมต่าง ๆ มากมาย ทั้งพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิต สุขภาพ นวัตกรรม วัสดุทดแทน ในส่วนอุตสาหกรรมก่อสร้างได้นำมาใช้ในการก่อสร้างถนน ลานออกกำลังกาย ลู่วิ่ง ฯ ล้วนเกิดจากการวิจัยและพัฒนาจากนักวิจัยภายในประเทศที่พยายามนำยางพารามาประยุกต์ใช้ผ่านการวิจัยให้มีคุณค่ามากที่สุด โดยที่นักวิจัยได้คิดค้นเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านวัสดุงานก่อสร้าง เช่น งานวิจัยของ สิทธิชัย ศิริพันธุ์ [1] ทำการศึกษากำลังอัด กำลังดัดด้วยวิธีการผสมน้ำยางพารากับคอนกรีต พบว่ากำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงเมื่อปริมาณน้ำยางพาราเพิ่มมากขึ้น ส่วนกำลังดัดจะมีค่าสูงกว่าคอนกรีตปกติ ซึ่งยังไม่เหมาะกับการนำมาใช้ในงานโครงสร้างที่ต้องรับแรงกดมาก แต่จะเหมาะสำหรับงานซ่อมแซม หรืองานคอนกรีตบล๊อก จากนั้น ประชุม คำพุฒ [2] และ [3] ได้พัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล๊อก หลังจากนั้นทำการปรับปรุงสมบัติด้านการรับแรงและความเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศอบไอน้ำ ผลการวิจัยทำให้ทราบสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปริมาณน้ำยางพาราต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักอยู่ที่ร้อยละ 10 จะทำให้คอนกรีตมวลเบาให้ค่าการดูดซึมน้ำต่ำมาก และพบว่า น้ำยางพาราสามารถพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลได้ดี แนะนำให้ใช้น้ำยางพาราเป็นวัสดุผสมเพิ่ม มีคุณสมบัติการเป็นฉนวนด้วยคุณสมบัติการทึบน้ำและความเป็นฉนวน รวมทั้งเหมาะต่อการนำมาใช้ประโยชน์ด้านการซ่อมแซมโดยการนำน้ำยางพาราผสมกับมอร์ต้าร์สำหรับใช้เป็นตัวเชื่อมประสานรอยร้าวในคลองส่งน้ำชลประทาน ซึ่งพบว่าพารามอร์ต้าร์ที่ทำการวิจัยสามารถใช้ซ่อมแซมรอยร้าวในคลองชลประทานเพื่อลดอัตราการรั่วซึมและดูดซึมน้ำตามผนังคลองชลประทาน [4]พร้อมทั้งพัฒนาเป็นคลองชลประทานและสระน้ำต้านภัยแล้ง [5] การประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในการบำรุงรักษาคลองชลประทาน [6] พัฒนามอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราสำหรับซ่อมแซมและบำรุงรักษาคลองชลประทาน [7] และพัฒนาคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา [8]

การพัฒนาน้ำยางธรรมชาติของนักวิจัยได้พัฒนาเข้าสู่วัสดุที่เป็นจีโอโพลีเมอร์ เพื่อต้องการพัฒนาด้านกำลังรับน้ำหนักให้มากขึ้น โดยเน้นเรื่องความแข็งแรง ทนทาน น้ำหนักเบา พร้อมทั้งสังเคราะห์ซีเมนต์ชนิดใหม่เพื่อนำมาใช้งานร่วมกับน้ำยางพาราและเป็นวัสดุชนิดใหมในการทำถนน และมีคุณสมบัติไม่แตกต่างจากคอนกรีตทั่วไป แต่ใช้เวลาในการก่อตัวไม่มาก ขณะที่ต้นทุนการผลิตไม่ต่างจากคอนกรีตทั่วไป จากผลการวิจัยในส่วนข้อเสนอแนะการนำไปใช้จะเห็นว่าน้ำยางพารานั้นเหมาะกับงานซ่อมแซมด้วยคุณสมบัติที่ความข้นเหนียวเป็นสารที่สามารถกักน้ำ และคุณสมบัติเป็นวัสดุประสานจึงมีการประยุกต์เพื่อนำมาใช้ในการซ่อมแซมผิวทางมากขึ้นทั้งในต่างประเทศ และในประเทศไทย ดังเช่นงานวิจัยของณัฐสม สงวนวงษ์ [9] ทำการวิจัยมอร์ต้าร์ดัดแปรด้วยน้ำยางพารา เพื่อนำมาใช้ในการซ่อมผิวทางคอนกรีตที่เสียหายจากการจราจร เปรียบเทียบกับมอร์ต้าร์ธรรมดาในคุณสมบัติด้านวิศวกรรม พบว่า เมื่อบ่มมอร์ต้าร์ดัดแปรด้วยน้ำยางพาราจนครบ 28 วัน กำลังรับแรงดึงและแรงดัดของมอร์ตาร์ดัดแปรด้วยน้ำยางมีค่าสูงกว่ามอร์ต้าร์ปกติ และกำลังรับแรงอัดต่ำกว่ามอร์ต้าร์ธรรมดา

การพัฒนาวัสดุที่ใช้ในการปรับปรุงซ่อมแซมผิวทางในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวัสดุที่หลากหลายเพื่อเป็นทางเลือกในการใช้ซ่อมแซมผิวทาง เนื่องจากการชำรุดเสียหายของผิวทางจะพบเห็นได้บ่อย และมีโอกาสสูงในการเกิดอุบัติเหตุต่อการสัญจรของพาหนะ การซ่อมแซมผิวการจราจรที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพจะช่วยลดอุบัติเหตุได้ดังเช่นงานวิจัยของ อาบีเด็ง ฮาวา [10] ได้กล่าวว่าปัจจุบันได้มีการพัฒนาคุณภาพของผิวการจราจรทั้งเป็นแบบแอสฟัลต์คอนกรีต และคอนกรีตให้ดียิ่งขึ้น เพื่อการ

ใช้งานที่เหมาะสมและมีอายุการใช้งานได้มากกว่าผิวทางที่ใช้งานอยู่เดิม ทั้งนี้ก็เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา จึงทำให้นักวิจัยจำนวนมากได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวัสดุผิวทางทั้งในและต่างประเทศ ส่วนในประเทศไทยมีการศึกษาวิจัยคอนกรีตถึงระดับนาโนเพื่อเป็นการปรับปรุงพัฒนาสมบัติทางวิศวกรรมให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานและสภาพภูมิประเทศ ในการซ่อมบำรุงผิวทางคอนกรีตจำเป็นอย่างมากที่วัสดุประสานที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติความสามารถในการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว อันจะมีผลต่อการเปิดช่องการจราจรได้เร็วขึ้นกว่าปกติทั่วไป ไม่ทำให้รถติดและเกิดอุบัติเหตุ

ดังนั้นหากจะพิจารณาถึงวัสดุที่ทำให้คอนกรีตแข็งตัวได้เร็วในสภาวะปกติจึงเป็นสิ่งที่นักวิจัยต้องศึกษาเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติแข็งตัวได้เร็วหรือการก่อตัวที่ใช้เวลาไม่มาก ด้วยคุณสมบัติของน้ำยางพาราที่เหมาะกับงานซ่อมแซม พร้อมทั้งยังเป็นการใช้วัสดุจากธรรมชาติเป็นส่วนร่วมอีกทาง ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการทดสอบคอนกรีตผสมกับน้ำยางพาราที่อัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อหาระยะเวลาการก่อตัว ความสามารถในการเทได้ และกำลังอัดที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุในการซ่อมแซมผิวทางและสามารถเปิดผิวการจราจรได้อย่างรวดเร็วและใช้ประโยชน์จากวัสดุธรรมชาติ คือน้ำยางพาราร่วมเป็นส่วนผสม

2. วัสดุและวิธีการดำเนินการ

2.1 วัสดุ

2.1.1 ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานการผลิต และตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.15) เป็นปูนใหม่ไม่เสื่อมคุณภาพไม่จับตัวเป็นก้อน และไม่เปียกชื้น

2.1.2 มวลรวมละเอียด เป็นทรายแม่น้ำที่ใช้ในการก่อสร้างและมีขายในท้องตลาดทั่วไป ที่มีขนาดคละได้มาตรฐาน ASTM C33 [11] ค่าความถ่วงจำเพาะที่สภาพอิ่มตัวผิวแห้งเท่ากับ 2.53 และค่าดูดซึมน้ำร้อยละ 1.95 โดยน้ำหนัก

2.1.3 มวลรวมหยาบ เป็นหินสำหรับใช้ในการก่อสร้าง และมีขายตามท้องตลาดทั่วไปขนาดใหญ่สุด 25 มม. ขนาดคละได้มาตรฐาน ASTM C33 [11] มีความถ่วงจำเพาะที่สภาพอิ่มตัวผิวแห้งเท่ากับ 2.72 และค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.92 โดยน้ำหนัก

2.1.4 น้ำ ใช้น้ำประปาที่ผลิตจากการประปาส่วนภูมิภาค มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7

2.1.5 น้ำยางพารา เป็นน้ำยางพาราชนิดพรีคัลวาไนซ์เป็นน้ำยางข้นที่ผ่านกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลของยางเกิดพันธะเคมีเชื่อมโยง หรือที่เรียกว่า การวัลคาไนซ์ด้วยวิธีการให้ความร้อนและสารเคมีที่เหมาะสม ทำให้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ยังคงสภาวะเป็นของไหล ดังนั้น น้ำยางพรีวัลคาไนซ์จึงเป็นน้ำยางกึ่งสำเร็จรูปที่ขึ้นรูปเป็นยางวัลคาไนซ์ได้โดยไม่ต้องให้ความร้อนอีก

2.2 อัตราส่วนผสมคอนกรีตและน้ำยางพารา

การกำหนดสัดส่วนการผสมสมระหว่าง ปูนซีเมนต์ ทราย หิน (1:2:4) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนักเทียบกับปริมาณปูนซีเมนต์ กำหนดปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.6 ดังนั้น ในคอนกรีตปกติจะใช้ปูนซีเมนต์ 50 กก. ทราย 100 กก. หิน 200 กก. และน้ำ 30 กก. ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้เทียบอัตราส่วนการผสมคอนกรีตด้วยปูนซีเมนต์ 1 กก. ในส่วนของการกำหนดอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ด้วยการเทียบปริมาณโดยน้ำหนัก เมื่อน้ำยางพีคัลวาไนซ์มีค่า D.R.C. (Dry Rubber Content % by Weight) ที่ร้อยละ 60 ดังนั้นในน้ำยางพารา 1 กก. จะมีเนื้อยางอยู่ 0.6 กก. และน้ำ 0.4 กก. ดังนั้นปริมาณน้ำยางที่จะใช้ผสมคอนกรีตสำหรับปูนซีเมนต์ 50 กก. จะใช้น้ำยางพรีคัลวไนซ์เท่ากับ 8.33 กก. [7-8] หากเทียบกับปูนซีเมนต์ 1 กก. จะได้น้ำยาง พรีคัลวาไนซ์เท่ากับ 0.0166 กก. เนื้อยางเท่ากับ 0.1 กก. และน้ำที่ใช้ผสมคงที่ในแต่ละอัตราส่วนผสมที่ w/c เท่ากับ 0.6 สัดส่วนการผสมระหว่างปูนซีเมนต์น้ำยาง และน้ำแสดงดังตารางที่ 1

โดยร้อยละในการผสมแต่ละสูตรเป็น RLC (Rubber Latex Cement)

ตารางที่ 1 กำหนดสัดส่วนการผสม

ตัวอย่าง	RLC %	ซีเมนต์ (กก.)	หิน (กก.)	ทราย (กก.)	น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (กก.)	เนื้อยาง	น้ำ (กก.)
RLC1	0	1	2	4	0	0	0.6
RLC2	10	1	2	4	0.0166	0.1	0.6
RLC3	20	1	2	4	0.0322	0.2	0.6
RLC4	30	1	2	4	0.0500	0.3	0.6
RLC5	40	1	2	4	0.0664	0.4	0.6

2.3 การทดสอบความสามารถในการเทได้ระยะเวลาการก่อตัว และกำลังอัด

2.3.1 การทดสอบความข้นเหลวปกติ หรือความสามารถในการเทได้ (Workability) ของคอนกรีตโดยทั่วไปแล้วจะทำการทดสอบการยุบตัว (Slump test) ตามมาตรฐาน ASTM C143 [12] เพื่อหาค่าความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ซึ่งโดยปกติค่าการยุบตัวของคอนกรีตมาตรฐานการใช้งานทั่วไปอยู่ในช่วง 7.5 – 12.5 ซม. (± 2.5 ซม.) ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ทำการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตปกติและคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนผสมที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 1

2.3.2 การทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (Setting time) การทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C403 [13] ข้อกำหนดทั่วไปในการทดสอบ การก่อตัว (Setting) และการแข็งตัว (Hardening) ถือเป็นลักษณะทางกายภาพที่แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ ซึ่งการก่อตัวของคอนกรีตคือกระบวนการเริ่มแข็งตัวของคอนกรีตสดโดยระยะเวลาที่สำคัญมีอยู่ 2 ช่วง คือ

1) ระยะเวลาก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) เป็นระยะเวลาที่บอกให้ทราบว่าภายในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นคอนกรีตยังสามารถที่จะผสม เท อัดแน่น และ แต่งผิวได้ (Limit of Handing)

2) ระยะเวลาการก่อตัวสุดท้าย (Final Setting Time) เป็นระยะเวลาที่คอนกรีตเริ่มเข้าสู่สภาพการแข็งตัวและเริ่มพัฒนากำลังอัด (Beginning of Mechanical Strength) ค่าทั้งสองค่านี้เป็นค่าที่ถูกตั้งขึ้นโดยการทดสอบหาความต้านทางแรงกด (Penetration Resistance) ของมอร์ต้าร์ ที่ได้จากการร่อนของคอนกรีตผ่านตระแกรงมาตรฐานซึ่งการทดสอบทำโดย การเทมอร์ต้าร์ลงในภาชนะมาตรฐานทรงลูกบาศก์ แล้ววัดแรงที่ใช้ในการกดเนื้อมอร์ต้าร์ต่อพื้นที่กับระยะเวลาหลังผสม ซึ่งระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น และระยะเวลาการก่อตัวสุดท้าย คือระยะเวลาที่แรงต้านต่อพื้นที่เท่ากับ 35 ksc และ 276 ksc ตามลำดับ [14]

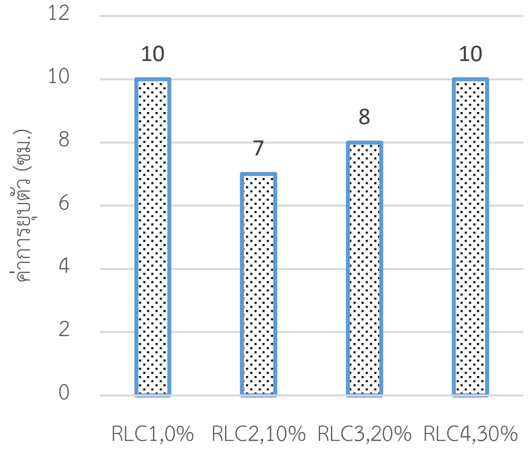
2.3.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C39 [15] โดยทำการหล่อตัวอย่างแท่งลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ซม. จำนวนสูตรผสมละ 5 ตัวอย่างทดสอบ รวม 20 ตัวอย่าง ทำการบ่มด้วยการแช่น้ำที่ 28 วัน หลังจากนั้นนำมาทดสอบกำลังรับแรงกดสูงสุด การเตรียมตัวอย่างทดสอบ ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 การเตรียมตัวอย่าง และการทดสอบ

3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

3.1 ความสามารถในการเทได้

ผลการทดสอบความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา จากค่าการยุบตัว พบว่า การผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 0 – 30 ค่าการยุบตัวจะอยู่ในช่วงมาตรฐานการใช้งานทั่วไปมีค่าเท่ากับ 10, 7, 8, และ 10 ซม. ที่อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, และ 30 ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ค่าการยุบตัว

ความสามารถในการเทได้วัดโดยค่าการยุบตัวของคอนกรีตจะมีค่าความข้นเหลวเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณน้ำยางพาราที่ผสมเข้าไป โดยเมื่อผสมน้ำยางพาราที่ร้อยละ 30 พบว่า ค่าการยุบตัวของคอนกรีตจะมีค่าเท่ากับคอนกรีตปกติที่ 10 ซม. อาจเนื่องมาจากปริมาณของเหลวที่อยู่ในน้ำยางพาราที่มีปริมาณมากขึ้นตามส่วนผสมในตารางที่ 1 ทำให้ค่าการยุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพารามีค่ามากขึ้นตามไปด้วย แต่ค่าดังกล่าวยังอยู่ในช่วงมาตรฐานการใช้งานทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจักรพันธุ์ วงษ์พา และคณะ [16] ทำการศึกษาความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตวัดจากค่าการยุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสูงสุดที่ร้อยละ 2 โดยน้ำหนักเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตค่าการยุบตัวที่ได้ยังอยู่ในช่วงของการใช้งานทั่วไปเช่นกัน การทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 การทดสอบการยุบตัว

อนึ่ง ในการทดลองเมื่อผสมน้ำยางพาราที่ร้อยละ 40 ตัวอย่างทดสอบ RLC5 จะพบว่า คอนกรีตมีลักษณะเป็นเจลนุ่มคล้ายเยลลี่ จับตัวกันเป็นก้อน และมีความหนืดสูง ดังรูปที่ 4 ดังนั้นการทดลองในการวิจัยในครั้งนี้จึงทำการทดลองผสมน้ำยางพารากับคอนกรีต RLC1-4 เท่านั้น

รูปที่ 4 การจับตัวเป็นก้อนของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ในปริมาณเกินร้อยละ 30

3.2 ระยะเวลาก่อตัว

ผลการทดสอบค่าระยะเวลาก่อตัวของคอนกรีตปกติและคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ผลการทดสอบ พบว่าระยะเวลาการก่อตัวต้นและการก่อตัวปลายจะลดลงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของน้ำยางพารา หรือ ค่าระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตจะแปรผกผันกับปริมาณน้ำยางพารา ค่าการก่อตัวต้นและก่อตัวปลายแสดงดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ระยะเวลาก่อตัวต้นและก่อตัวปลาย

ตัวอย่างทดสอบ	**RLC %**	**ระยะเวลาก่อตัวต้น (นาที)**	**ระยะเวลาก่อตัวปลาย (นาที)**
RLC1	0	240	350
RLC2	10	180	290
RLC3	20	150	250
RLC4	30	170	280

เมื่อพิจารณาผลของการก่อตัวของคอนกรีต พบว่าคอนกรีตที่ใช้อัตราส่วนของการผสมแบบปกติ RLC1 ระยะเวลาการก่อตัวต้น 240 นาที ระยะเวลาการก่อตัวปลาย 350 นาที ตัวอย่างทดสอบ RLC2 ระยะเวลาการก่อตัวต้น 180 นาที ระยะเวลาการก่อตัวปลาย 290 นาที ตัวอย่างทดสอบ RLC3 ระยะเวลาการก่อตัวต้น 150 นาที ระยะเวลาการก่อตัวปลาย 250 นาที ตัวอย่างทดสอบ RLC4 ระยะเวลาการก่อตัวต้น 170 นาที ระยะเวลาการก่อตัวปลาย 280 นาที ตามลำดับ

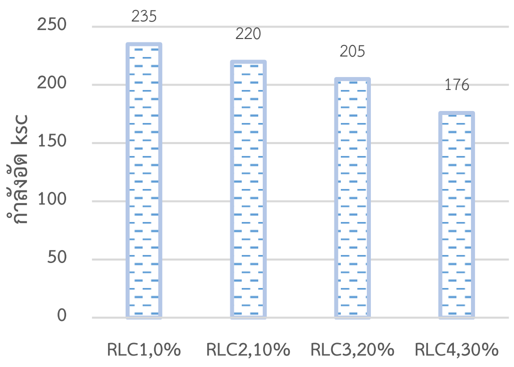
เมื่อทำการเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อตัวต้น และการก่อตัวปลายของตัวอย่างทดสอบจะเห็นได้ว่าระยะเวลาการก่อตัวของตัวอย่างทดสอบ RLC3 ทำการผสมน้ำยางพาราที่ร้อยละ 20 ระยะเวลาการก่อตัวต้น 150 นาที ระยะเวลาการก่อตัวปลาย 250 นาที เป็นเวลาที่ก่อตัวเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับคอนกรีตที่ผสมแบบปกติ โดยที่ระยะเวลาการก่อตัวต้นห่างกันอยู่ที่ 90 นาที และระยะเวลาการก่อตัวปลายห่างกันอยู่ที่ 100 นาที ในการทดสอบเป็นอัตราส่วนผสมที่ทำให้คอนกรีตก่อตัวเร็วที่สุด การก่อตัวของคอนกรีตจากผลการทดลองคอนกรีตผสมน้ำยางพารามีแนวโน้มการใช้เวลาในการก่อตัวลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางพารา แต่เมื่อผสมไปที่ปริมาณร้อยละ 30 กลับพบว่า การก่อตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งการก่อตัวต้นและก่อตัวปลาย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณของเหลวที่อยู่ในน้ำยางพีคัลวาไนซ์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อรวมเข้าไปกับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตตามตารางที่ 1 จึงเป็นเหตุให้อัตราการก่อตัวมากตามไปด้วย ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยางพาราจะอยู่ที่ร้อยละ 20

สำหรับในประเทศไทยแล้วการซ่อมแซมผิวการจราจรยังไม่มีมาตรฐานใดรองรับและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องยังไม่กำหนดมาตรฐานขึ้นเพื่อใช้ในการซ่อมแซมผิวการจราจร แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการซ่อมแซมผิวทางในต่างประเทศแล้ว พบว่า รัฐนิวเซาท์เวลประเทศออสเตรเลียได้กำหนดมาตรฐานวัสดุซ่อมผิวทางคอนกรีตโดยหน่วยงานทางถนนและการจราจรของรัฐนิวเซาท์เวลส์ Roads & Traffic Authority (RTA) [17] ได้กำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำของกำลังอัดวัสดุที่นำมาใช้ในการซ่อมผิวการจราจรที่คอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง (360 นาที) ไว้ที่ 50 ksc จากการทดลองเมื่อพิจารณาแนวโน้มการก่อตัวของคอนกรีตจะพบว่าแนวโน้มเวลาการก่อตัวจะลดลง พร้อมกับแนวโน้มการก่อตัวต้น และการก่อตัวปลายเป็นไปในลักษณะคู่ขนานกัน แสดงว่าปริมาณน้ำยางพารามีผลต่อการก่อตัวของคอนกรีต หากเราพิจารณาเพิ่มเติมถึงโครงสร้างทางเคมีและผลกระทบของปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่เกิดขึ้นระหว่างซีเมนต์กับน้ำ พร้อมทั้งน้ำยางพาราซึ่งในอัตราส่วนที่ตัวอย่างการทดสอบ RLC2 กับ RLC4 ซึ่งมีเวลาการก่อตัวต้นและก่อตัวปลายที่ใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือห่างกัน 10 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่น้อยมากหากในทางปฏิบัติแล้วการซ่อมผิวทางในระยะเวลาเพียง 10 นาที นี้สาเหตุดังกล่าวอาจจะเป็นสาเหตุจากปัจจัยภายนอก อาทิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ซึ่งในงานซ่อมผิวทางแล้วเวลาดังกล่าวถือว่าแทบจะไม่มีผลกระทบต่อการซ่อมแซมผิวการจราจรเนื่องจากเป็นเวลาที่น้อยมาก จากข้อมูลที่ได้จะแสดงให้เห็นว่า ไม่ว่าจะอัตราส่วนผสมใดเมื่อนำน้ำยางพาราผสมเข้าไปในคอนกรีตแล้วคุณสมบัติของน้ำยางพาราจะไปช่วยเร่งให้คอนกรีตเกิดการก่อตัวได้เร็วขึ้น

3.3 กำลังอัด

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อัตราส่วนการผสมปกติและคอนกรีตผสมน้ำยางพารา พบว่า คอนกรีตปกติ

RLC1 มีค่ากำลังอัดที่ 235 ksc ในส่วนของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา RLC2-4 ที่ร้อยละ 10, 20 และ 30 ตามลำดับ พบว่า กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 220 ksc 205 ksc และ 176 ksc ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นร้อยละการลดลงของของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราเมื่อเทียบกำลังอัดของคอนกรีต พบว่า ลดลงร้อยละ 3.7, 12.8 และ 25.1 ตามลำดับ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กำลังอัดของคอนกรีต

จากค่ากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางพาราร้อยละ 0 - 30 ส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลง และมีแนวโน้มลดลงหากเพิ่มปริมาณน้ำยางพาราซึ่งสอดคล้องกับ [1-4] และ [7-8] การทดสอบกำลังอัดแสดงดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

4. การนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

4.1 การคัดเลือกอัตราส่วนผสม

ผลการทดสอบสมบัติความสามารถในกาเทได้ระยะเวลาการก่อตัว และกำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราจากห้องปฏิบัติการทำการคัดเลือกอัตราส่วนที่ให้ระยะเวลาก่อตัวที่เร็วที่สุด ถึงแม้จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ การก่อตัวจะมีระยะเวลาการก่อตัวที่ไม่ห่างกันมากนักจากตารางที่ 2 ทำการคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่ RCL3 มีส่วนผสมของน้ำยางพาราที่ร้อยละ 20 มีค่าอัตราการก่อตัวต้นและก่อตัวปลายเร็วที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราการก่อตัวของคอนกรีตปกติ

4.2 ความร่วมมือขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและการสำรวจสภาพผิวการจราจรเพื่อซ่อมแซม

ผู้วิจัยทำการประสานกับหน่วยงานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นโดยการทำหนังสือทางราชการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษขออนุญาตนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่อยู่ในจังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 3 แห่ง ประกอบด้วย องค์การบริหารส่วนตำบลศรีแก้ว องค์การบริหารส่วนตำบลหนองแก้ว และองค์การบริหารส่วนตำบลขะยูง หลังจากได้รับอนุญาตให้ดำเนินการแล้วผู้วิจัยได้ประสานกับผู้อำนวยการกองช่างโยธาประจำแต่ละตำบลเพื่อเข้าพบและอธิบายกระบวนการการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ พร้อมทั้งสำรวจสภาพผิวการจราจรที่จะทำการซ่อมแซมและคัดเลือกมาสาธิตกระบวนการซ่อมผิวการจราจรด้วยคอนกรีตผสมน้ำยางพารา การสำรวจและคัดเลือกผิวการจราจรที่จะใช้สาธิตการซ่อมแซม ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 ผิวการจราจรที่จะทำการซ่อมแซม

จากรูปที่ 7 หลุมที่ 1 กำหนดอัตราส่วนผสมคอนกรีตสำหรับการซ่อมแซมผิวทางเป็นคอนกรีตปกติ RCL1 และหลุมที่ 2 กำหนดเป็น RCL3 ดังแสดงในตารางที่ 1 หลังจากนั้นทำตามขั้นตอนการซ่อมแซมผิวทางต่อไป

4.3 การซ่อมผิวทาง

ผู้วิจัยได้ทำการซ่อมผิวทางโดยการกำหนดผิวทางที่จะทำการซ่อมแซมด้วยคอนกรีตโดยการคัดเลือกผิวการจราจรในครั้งนี้ทำการคัดเลือกที่เป็นผิวคอนกรีต (Rigid pavement) เนื่องจากผิวการจราจรโดยทั่วไปขององค์การบริหารส่วนตำบลส่วนใหญ่จะเป็นผิวคอนกรีต แต่ในส่วนที่เป็นผิวแบบ Asphaltic concrete (Flexible pavement) มีไม่มากนัก หลังจากนั้นทำการเตรียมวัสดุและอุปกรณ์พร้อมทั้งนำผู้ช่วยช่างโยธา หรือช่างโยธา ประจำแต่ละตำบลเข้าร่วมชมวิธีการสาธิตการซ่อมผิวการจราจรด้วยคอนกรีตผสมน้ำยางพาราเพื่อเป็นการแนะนำพร้อมทั้งอธิบายสัดส่วนและวิธีการผสมให้กับช่างโยธาผู้ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการซ่อมผิวการจราจรของแต่ละตำบลเป็นหลัก การเตรียมผิวการจราจรที่ชำรุดจำเป็นจะต้องได้รับการซ่อมแซมเมื่อประเมินแล้วทำการวัดขนาดหลุมเพื่อหาปริมาตรคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่จะใช้ซ่อมแซม เมื่อได้ปริมาตรแล้วทำความสะอาดหลุมให้ปราศจากเศษวัชพืช ทำความสะอาดปากหลุมด้วยน้ำสะอาดรอให้แห้งแล้วจัดเตรียมวัสดุโดยเตรียมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราตามปริมาตรหลุมที่วัดได้แล้วทำการตักคอนกรีตเทลงในหลุมหลังจากนั้นปาดแต่งผิวหน้าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราให้เรียบ รอให้คอนกรีตก่อตัวแล้วเปิดผิวการจราจรใช้งานตามปกติ การซ่อมแซมผิวการจราจรแสดงดังรูปที่ 8

ผิวการจราจรที่ได้รับการซ่อมแซมด้วยคอนกรีตผสมน้ำยางพาราดังรูปที่ 8 และทำการเปรียบเทียบกับคอนกรีตปกติโดยการจับเวลาการก่อตัวเทียบกับการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน พร้อมทั้งหลุมที่ 2 ใช้อัตราส่วน RCL3 มีการก่อตัวที่เร็วกว่า RCL1 สามารถเปิดใช้งานผิวการจราจรให้รถยนต์ผ่านได้ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเมื่อเทียบกับซีเมนต์ สามารถใช้เป็นคอนกรีตซ่อมผิวทางและก่อตัวได้เร็วกว่าคอนกรีตปกติ

รูปที่ 8 ผิวการจราจรที่ทำการซ่อมแซม

5. สรุป

การศึกษาคอนกรีตผสมน้ำยางพาราเพื่อใช้ซ่อมผิวทางจากผลการศึกษาสมบัติของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราเปรียบเทียบกับคอนกรีตปกติ ด้านความสามารถในการเทได้ ระยะเวลาก่อตัว และกำลังอัด หลังจากนั้นนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ภาคสนาม สรุปได้ดังนี้

5.1 สมบัติการเทได้ของคอนกรีตผสมน้ำยางพารามีค่าเท่ากับ 10, 7, 8, และ 10 ซม. ที่อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 0, 10, 20, และ 30 ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการใช้งานทั่วไป

5.2 สมบัติการก่อตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตปกติ คอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ จะให้เวลาการก่อตัวต้น และก่อตัวปลายเร็วกว่าคอนกรีตปกติ

5.3 สมบัติด้านกำลังอัดของคอนกรีตเมื่อผสมน้ำยางพาราที่ร้อยละ 0 – 30 กำลังอัดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตปกติ

5.4 การนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมและให้ระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่เร็วที่สุดคือ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณซีเมนต์ การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถใช้ซ่อมผิวการจราจรที่ชำรุดและได้รับการร่วมมือจากหน่วยงานสำนักช่างโยธาขององค์การบริหารส่วนตำบล สามารถขยายผลไปยังองค์การบริหารส่วนตำบลใกล้เคียง และที่สนใจนำผลการวิจัยในครั้งนี้ไปใช้ในการซ่อมผิวทางต่อไป

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 จากการทดลองหากใส่น้ำยางพาราเกินกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนักเมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์เนื้อคอนกรีตจะมีลักษณะเป็นเจลมีความหนืดสูง และหากผสมน้ำยางพารามากว่านั้นแล้วความหนืดจะยิ่งสูงและจะไม่สามารถผสมคอนกรีตได้ ดังนั้นหากต้องการทดลองใช้ปริมาณน้ำยางพารามากขึ้นจึงควรหาสารผสมเพิ่มชนิดลดแรงตึงผิวของน้ำยางพารา เช่น สารผสมเพิ่มประเภทกรด เป็นต้น

6.2 ถึงแม้ว่าการซ่อมแซมผิวทางในประเทศไทยจะยังไม่มีหน่วยงานหรือมาตรฐานใดกำหนด หากทำการทดลองเพิ่มและเปรียบเทียบกับมาตรฐานการซ่อมผิวทางของ RTA แล้วนำมากำหนดเป็นมาตรฐานการซ่อมผิวทางของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องภายในประเทศไทย

6.3 เมื่อ RTA ได้กำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำของกำลังอัดวัสดุที่นำมาใช้ในการซ่อมผิวการจราจรที่เป็นวัสดุคอนกรีตอายุ 6 ชั่วโมง (360 นาที) ไว้ที่ 50 ksc ในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐานของ RTA หรืออาจจะทำการออกแบบส่วนผสมให้สามารถรับกำลังอัดได้ไม่น้อยกว่า 50 ksc และมีเวลาการก่อตัวที่เร็วขึ้นกว่าการวิจัยในครั้งนี้

6.4 ควรทดสอบความคงทน ความหนาแน่น ความทึบน้ำ และกำลังอัด โดยใช้เครื่องมือที่ทันสมัยในการใช้งานทดสอบภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมหลังจากที่ใช้งานซ่อมผิวทางในภาคสนามเพิ่มเติมในการวิจัยครั้งต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทดสอบและความร่วมมือต่าง ๆ ของหน่วยงานองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่นำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ และสาขาวิชาเทคโนโลยีโยธาและสถาปัตยกรรมที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ในการทดสอบ

8. เอกสารอ้างอิง

[1] S. Siripan, "Natural Rubber for Concrete Development," Nationnal Council Research of Thailand, Bangkok, 2005. (In Thai)

[2] P. Kampoot, "Natural Rubber for Improvement Physical and Mechanical Property of Concrete Block," Nationnal Council Research of Thailand, Bangkok, 2007. (In Thai)

[3] P. Kampoot, "A Study of Natural Rubber for Compressive and Insulator Improvement of Ligthweigt Concrete Air buble-Steam Concrete," *Research and Development King Mongkut's University of Technology Thonburi,* vol. 2, no. 30, pp. 49-61, 2007. (In Thai)

[4] P. Planguean, "The Development of Mortar Mixed with Latex for joint Irrigation Canal Crack," Department of Civil Siam UNiversity, Bangkok, 2007. (In Thai)

[5] P. Planguean, "Application of Natural Rubber and Soil Cement Develop for Drought Pool," Nationnal Council Research of Thailand , Bangkok, 2015. (In Thai)

[6] P. Planguean, C. Chantawan, S. Phiboon and T. Janejiwatanakul, "Technology Transfer Using Rubber Latex Application in Irrigation System Maintanance," *CRMA Journal,* vol. 14, no. 1, pp. 117-129, 2016. (In Thai)

[7] P. Planguean, S. Chinvikkai and C. Chuntavan, "The Development of Mortar Mixed with Rubber Latex for Irrigation Canal Maintenance," *Research and Development King Mongkut's University of Technology Thonburi,* vol. 41, no. 2, pp. 221-223, 2018. (In Thai)

[8] P. Planeuean and C. Chuntavan, "Research and Development of Concrete Ditch Mixed with Rubber Latex for Farm Irrigation System," *CRMA Journal,* vol. 17, no. 1, pp. 100-114, 2019. (In Thai)

[9] N. Sanguanwong, "The Analysis and Research of Compressive Strength of Mortar and Concrete Mixed by Polymer Latex," Department of Highway, Bangkok, 2003. (In Thai)

[10] A. Hawa, "Development of Geopolymer from Agro-Industrial Wastes for Use in Pavement Repair," Prince of Songkla University, Songkla, 2014. (In Thai)

[11] American Society for Testing and Materials, ASTM C33 - 08 Standard Specification for Concrete Aggregates, PA: USA, 2008.

[12] American Society for Testing and Materials, "ASTM C143 Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete," in *Annual Book of ASTM Standard*, Pennsylvania, ASTM, 2009, p. Section 4.

[13] American Society for Testing and Materials, "Standard test method for time of setting of hydrualic cement," in *Annual Book of ASTM Standard*, Philadelphia, ASTM, 2009, p. VOl.04.02.

[14] CPAC, Concrete Technology, Bangkok: CPAC, 2000. (In Thai)

[15] American Society for Testing and Materials, "ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cyclendical Concrete Specimens," in *Annual Book of ASTM Standard* , Philadelphia, ASTM, 2009, p. Section 4 Construction.

[16] J. Wongpa, S. Koslanant, W. Chalee and P. Thongsanitgarn, "Effects of Para Rubber Latex on Workability, Compressive Strength and Water Permeability of Normal Strength Concrete," *Mahasarakham International Journal of Engineering Technology,* vol. 1, no. 7, pp. 61-66, 2021.

[17] Cement Concrete and Aggregate Australia, "Concrete pavement maintanance/repair," RTA, New south wales, 2009.