Technical Education Journal : King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Vol. 11 No. 3 September – December, 2020

การศึกษาประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรคอนกรีต

พฤกษ์ จันทร์วงค์[1*] และ กิตติชัย ธนทรัพย์สิน[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยภายใน คือ ปริมาณลูกแก้ว ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรคอนกรีต 2) ปัจจัยภายนอก ได้แก่ ปริมาณจราจรสะสม ระยะเวลา และสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรคอนกรีต โดยดำเนินการเก็บข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงจากเครื่องมือวัดค่าสะท้อนแสงแบบพกพาและวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ของปัจจัยที่กล่าวมากับประสิทธิภาพการสะท้อนแสง ซึ่งผลที่ได้พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรคอนกรีต ได้แก่ ปริมาณจราจรสะสม ปริมาณลูกแก้ว ปริมาณน้ำฝน และอายุการใช้งาน

คำสำคัญ: การสะท้อนแสง, สีโคลด์พลาสติก

รับพิจารณา: 31 สิงหาคม 2560
แก้ไข: 21 ตุลาคม 2563
ตอบรับ: 5 พฤศจิกายน 2563

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. +668 2955 3338 อีเมล: chunwong.jr@gmail.com

_21-0060(001-172).indd 64 29/1/2564 BE 13:07

A Study of Reflective Efficiency of Cold Plastic Pavement Marking on Concrete Pavement

Pruck Chunwong[1*] and Kittichai Thanasupsin[2]

Abstract

This research aims to study 1) Internal factor which is volume of glass affecting the reflective performance of the cold plastic pavement marking on concrete 2) External factor including traffic volume, lifetime, weather condition etc. affecting the reflective performance of the cold plastic pavement marking on concrete. Coefficient reflective data was collected by Retroreflectometer handheld. Statistical analysis of internal and external factors affecting reflective performance was conducted. The results show that factors affecting the reflective performance of the cold plastic concrete pavement marking are traffic volume, volume of glass, rain volume and lifetime.

Keywords: Retroreflective, Cold Plastic

Received: August 31, 2017
Revised: October 21, 2020
Accepted: November 5, 2020

[1] Master Degree Student, School of Transportation Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[2] Associate Professor, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

* Corresponding Author Tel. +668 2955 3338 e-mail: chunwong.jr@gmail.com

_21-0060(001-172).indd 65 29/1/2564 BE 13:07

1. บทนำ

ปัจจุบันการคมนาคมและขนส่งมีความสำคัญและความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับระบบเศรษฐกิจ การเมือง สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยสามารถแบ่งรูปแบบการคมนาคมขนส่งในประเทศไทย คือ การคมนาคมขนส่งทางบก การคมนาคมขนส่งทางน้ำ และการคมนาคมขนส่งทางอากาศ ซึ่งรูปแบบการคมนาคมขนส่งที่มีความนิยมสูงที่สุด เพราะสามารถตอบสนองต่อความต้องการทั้งด้านความรวดเร็ว ความสะดวกสบาย และสามารถยืดหยุ่นได้ตามวัตถุประสงค์ของการเดินทางได้เป็นอย่างดี โดยประเทศไทยมีการก่อสร้างถนนเป็นจำนวนมากเพื่อรองรับและตอบสนองต่อความต้องการในการเดินทาง โดยทั่วไปในการออกแบบและการก่อสร้างถนนจะเน้นไปที่ความคงทนแข็งแรง ตามมาตรฐานและข้อกำหนดอย่างครบถ้วน ส่วนในเรื่องของความปลอดภัยจะเป็นประเด็นรองลงมา ซึ่งยังรวมถึงมาตรฐานการทดสอบคุณภาพงานหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ หรือช่วงเปิดใช้บริการที่ไม่ดีพอ จึงก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นบ่อยครั้ง แต่ก็มีจำนวนอุบัติเหตุไม่น้อยที่มาจากสาเหตุของเครื่องหมายจราจร หรืออุปกรณ์อำนวยความปลอดภัย เช่น ป้ายจราจรหลักกันโค้ง งานเส้นจราจร เป็นต้น ที่ไม่อยู่ในสภาพที่ให้ บริการได้อย่างปลอดภัย โดยงานเครื่องหมายจราจรบนพื้นนั้นมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่างานเครื่องหมายจราจร หรืออุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยอื่น ๆ

งานเครื่องหมายจราจรบนพื้นในประเทศไทยประกอบด้วยวัสดุที่ใช้ คือ สีทาหรือพ่น วัสดุเทอร์โมพลาสติกแผ่นเทปสำเร็จรูป ปุ่มติดผิวจราจร และวัสดุฝังในผิวจราจร สำหรับแบ่งช่องการจราจรและทิศทางการจราจรนั้นนิยมใช้คือ วัสดุสีเทอร์โมพลาสติก แต่ยังมีข้อด้อยในเรื่องระยะเวลาการทำงาน โดยขั้นตอนทำสีเทอร์โมพลาสติกบนผิวถนนที่เปิดใช้อยู่อาจจะต้องมีการปิดการ จราจร ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้บริการได้ ซึ่งปัจจุบันจึงมีทางเลือกเพิ่มเติมคือ สีโคลด์พลาสติก (Cold Plastic) ที่สามารถดำเนินการได้รวดเร็วและสามารถใช้งานได้ในระยะเวลาที่สั้นกว่าสีเทอร์โมพลาสติก ส่วนด้านคุณภาพและประสิทธิภาพของสีตีเส้นจราจรที่สามารถสะท้อนแสงแบบย้อนกลับจากไฟรถยนต์ในเวลาค่ำคืน (Retro Reflectivity) ซึ่งพบว่ายังไม่สามารถคงระดับของการให้บริการ (Service Ability) ได้ตลอดระยะเวลาและแปรผันตามระดับคุณภาพของสีแต่ละชนิด รวมถึงระดับทางด้านความปลอดภัยได้อย่างสอดคล้องกับมาตรฐานระดับสากล โดยมีสาเหตุมาจากปัจจัยภายใน เช่น ขนาดของลูกแก้ว ปริมาณของลูกแก้ว (กรัม/ตารางเมตร) เป็นต้น และปัจจัยภายนอก เช่น เวลา ปริมาณจราจร ความกว้างของช่องจราจร น้ำหนักบรรทุก เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงเป็นการ ศึกษาประสิทธิภาพการสะท้อนแสงแบบย้อนกลับของสีตีเส้นโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรแบบคอนกรีต เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้นจราจรชนิดโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรแบบคอนกรีตกับปัจจัยต่าง ๆ [1] และ [2]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยภายใน คือ ปริมาณลูกแก้วต่อประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรแบบคอนกรีต

2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยภายนอก ซึ่งได้แก่ ระยะเวลา สภาพภูมิอากาศ และปริมาณจราจรสะสม เป็นต้น ต่อประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรแบบคอนกรีต

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาถึงประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของงานสีตีเส้นจราจร วัสดุโคลด์พลาสติก ผู้ศึกษาพิจารณาแล้วเห็นว่าจะใช้ถนนของกรมทางหลวงเป็นแหล่งทดสอบ โดยเลือกใช้ถนนทางเข้า-ออกด่านชั่งน้ำหนักของสำนักงานด่านชั่งน้ำหนักกรมทางหลวง คือ สถานีด่านชั่งน้ำหนักไทรน้อย นนทบุรี ดังแสดงในรูปที่ 1 แสดงแผนที่ตั้งโครงการ โดยผู้ศึกษาได้ประสานงานในขั้นต้นกับผู้มีอำนาจรับผิดชอบและพิจารณาโครงการศึกษานี้แล้ว

รูปที่ 1 แผนที่ตั้งโครงการ ถนนหมายเลข 346 สถานีตรวจสอบน้ำหนักไทรน้อย นนทบุรี (ขาเข้า)

3.2 สมมติฐานและข้อกำหนด

จากการทบทวนงานวิจัยของกรมทางหลวง [1] พบว่ามีหลายปัจจัยด้วยกันที่ทำให้สีตีเส้นจราจรเสื่อมสภาพลง ทั้งประเภทของวัสดุที่ใช้ตีเส้นจราจร ประเภทผิวจราจร ปริมาณจราจรสะสม ปริมาณรถบรรทุกหนักสะสมระยะเวลา ตำแหน่งของสีตีเส้นจราจร และมีปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของสีตีเส้นจราจรมากนั่นก็คือ ปริมาณลูกแก้วในเนื้อสีและที่ใช้โรยทับหน้า รวมถึงลักษณะขนาดและการจมตัวของลูกแก้ว โดยในการศึกษานี้ผู้ศึกษาจะทำการศึกษาโดยมีสมมุติฐานที่ว่า ปริมาณลูกแก้วที่โรยบนสีตีเส้นจราจรที่ต่างกัน จะก่อ ให้เกิดประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของสีตีเส้นจราจรที่แตกต่างกันอย่างไร ทั้งในระยะเริ่มต้นและระยะเปิดใช้บริการ โดยมีข้อกำหนดในการศึกษาดังนี้

3.2.1 ทำการศึกษาประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของสีตีเส้นจราจรประเภทวัสดุโคลด์พลาสติกที่ตีบนผิวจราจรคอนกรีต ตั้งแต่เริ่มเปิดบริการจนถึงอายุการใช้งาน 4 เดือน เท่านั้น

3.2.2 วัสดุโคลด์พลาสติกที่ใช้มีคุณสมบัติเป็นไปตาม มอก. 2611-2556 เท่านั้น [3]

3.2.3 เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านงบประมาณผู้ศึกษาจึงใช้ลูกแก้วประเภทที่ 2 เท่านั้น เพราะเป็นที่นิยมใช้สำหรับโรยผิวหน้าวัสดุทำเครื่องหมายบนผิวทางมากที่สุด โดยมีคุณสมบัติเป็นไปตาม มอก. 543-2550 เท่านั้น [4]

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้การเก็บข้อมูลภาคสนาม และเก็บข้อมูลตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อประสิทธิภาพสะท้อนแสง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์หาความ สัมพันธ์ค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้นจราจรของแต่ละพื้นที่ได้ ซึ่งการทดลองบนแปลงทดสอบจะใช้พื้นที่ลดลง เหมาะสมกับงบประมาณและเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่เนื่องจากโครงการศึกษามีความประสงค์ต้องการหาอัตราการเสื่อมสภาพภายในระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งน้อยกว่าอายุการใช้งานจริงของสีตีเส้นจราจรที่ทำจากวัสดุโคลด์พลาสติกซึ่งมีอายุรับประกัน 12 เดือน ดังนั้นการทดลองที่แปลงทดสอบ จึงต้องออกแบบให้มีลักษณะเชิงเร่ง กล่าวคือ เร่งการเสื่อมสภาพของสีตีเส้นจราจรให้เห็นผลภายในเวลา 4 เดือน ซึ่งสามารถทำได้โดยออกแบบแปลงทดสอบให้มีเส้นจราจรที่ขวางแนวการเดินรถ ซึ่งจะทำให้รถทุกคันวิ่งทับเส้นจราจรดังกล่าว ซึ่งข้อมูลที่เก็บได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ค่าการสะท้อนแสงต่อไป

3.4 แปลงทดสอบ

ในการดำเนินการตีเส้นจราจรที่แปลงทดสอบ มีขั้นตอนวิธีการ และปัจจัยหลาย ๆ อย่างที่ต้องทำการควบคุมและปฏิบัติให้เป็นไปตามรายละเอียด และข้อกำหนดการจัดทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทางอย่างถูกต้อง โดยในการออกแบบการทดลองที่แปลงทดสอบได้คำนึงถึง 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ประสิทธิภาพและข้อจำกัดประสิทธิภาพ คือ การเลือกศึกษาเฉพาะตัวแปรที่งานวิจัยผ่าน ๆ มาสนับสนุนว่ามีผลต่อการเสื่อมสภาพมากที่สุด และ ข้อจำกัดของหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้อง เช่น การทำการทดลองบนถนนสาธารณะจะต้องไม่รบกวนระบบคมนาคมขนส่งของพื้นที่ และต้องไม่ทำการทดลองซึ่งคาดว่าจะส่งผลต่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้รถใช้ถนน ซึ่งสามารถสรุปจำนวนตัวแปรที่เหมาะสมในการศึกษาที่แปลงทดสอบได้ดังนี้

3.4.1 1 สถานี คือ สถานีตรวจสอบน้ำหนักไทรน้อย (ขาเข้า) จ.นนทบุรี

3.4.2 1 รูปแบบ (แบบเส้นทึบตามขวาง แบบ rumble strips)

3.4.3 1 ประเภทผิวทาง (คอนกรีต)

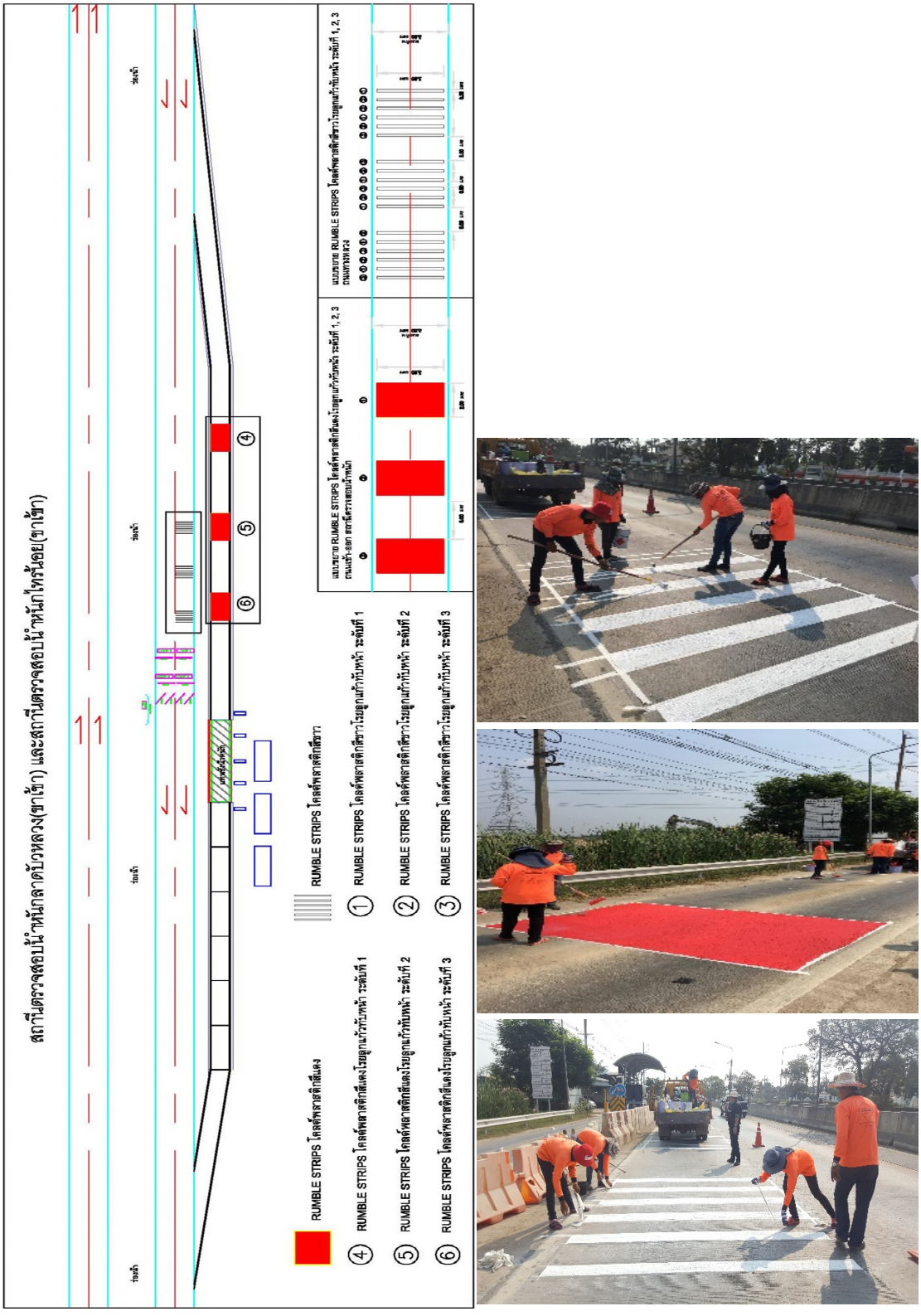
3.4.4 1 ประเภทสี (วัสดุโคลด์พลาสติก)

3.4.5 2 สี (ขาวและแดง)

3.4.6 3 ปริมาณลูกแก้ว (ระดับ 1 ระดับ 2 และระดับ 3 (กรัม/ตารางเมตร))

3.4.7 2 ตำแหน่ง (ถนนหลักและถนนหลักสถานี)

3.4.8 8 ระดับอายุการใช้งาน โดยทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลาประมาณ 4 เดือน



รูปที่ 2 รูปแบบแสดงตำแหน่งของตัวอย่างการทดสอบวัสดุโคลด์พลาสติก

ในการออกแบบแปลงทดสอบนั้น ผู้ศึกษาได้ทำการปรับปรุงรูปแบบแปลงทดสอบ มาประยุกต์ใช้โดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเสื่อมประสิทธิภาพ การสะท้อนแสงของสีตีเส้นจราจร ได้แปลงทดสอบดังแสดงในรูปที่ 2 และข้อกำหนดขั้นต้น โดยผู้ศึกษาได้กำหนดให้ค่าการสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ (Retro Reflectivity, R_{L30}) เริ่มต้นไม่น้อยกว่า 200 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ เป็นตัวแทนของค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ จะได้จำนวนตัวอย่างที่ต้องทำการทดสอบไม่น้อยกว่า 14 และ 15 ตัวอย่าง ที่ความเชื่อมั่น 90% และ 95% ตามลำดับ จึงจะเป็นไปตามหลักการทางสถิติ สำหรับการศึกษานี้จะกำหนดตัวอย่างของแต่ละกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 18 ตัวอย่าง เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution)

3.5 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการตีเส้นจราจร

วัสดุหลักที่ใช้ในการตีเส้นจราจร ประกอบด้วย วัสดุโคลด์พลาสติก ลูกแก้ว วัสดุรองพื้นและวัสดุอื่น ๆ ที่จะใช้สำหรับงานวิจัยนี้จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงและ/หรือผู้ผลิต โดยจะต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานของวัสดุนั้น ๆ

3.5.1 การเตรียมผิวที่จะทำการตีเส้นหรือเครื่องหมายจราจรต้องสะอาดและแห้ง ต้องไม่ทำบนผิวที่สกปรก มีฝุ่นจับหรือสิ่งแปลกปลอมอื่นใด และต้องไม่ลงทับไปบนวัสดุจราจรเดิมที่ชำรุด วัสดุรองพื้นดังกล่าวต้องสอดคล้องกับวัสดุโคลด์พลาสติกและผิวจราจรที่จะทำงาน รวมทั้งปริมาณที่จะต้องใช้ต้องเหมาะสม

3.5.2 ขนาด ลักษณะของเครื่องหมายจราจรบนผิวทางให้เป็นไปตามมาตรฐานเครื่องหมายจราจรบนผิวทางตามที่กรมทางหลวงกำหนด [1]

3.5.3 การทำงานต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามลักษณะของวัสดุที่ใช้ทำงานตามข้อกำหนดคุณสมบัติวัสดุ ปริมาณของวัสดุต้องอยู่ในกรอบขอบข่ายที่ผู้ผลิตได้กำหนดไว้ [3]

3.5.4 วัสดุโคลด์พลาสติกเมื่อลงบนผิวทางแล้วให้โรยลูกแก้ว (Glass Beads) ทับหน้าบนผิววัสดุโคลด์พลาสติกในขณะที่ยังไม่แข็งตัว โดยต่อเนื่อง หรือโรยลูกแก้วบนผิวสีจราจรในขณะที่ยังไม่แห้งตัวจากเครื่องโรยลูกแก้วโดยต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถสะท้อนแสงได้ทันทีในอัตราการโรยลูกแก้ว [4]

3.5.5 การวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง สำหรับการศึกษานี้ จะให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงชนบท โดยทำการวัดค่าการสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ (Retroreflectivity, R_{L30}) ซึ่งเป็นการจำลองสภาพการมองเห็นในเวลากลางคืน และทำการวัดค่าการสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทาง (Diffusion, Q_{d30}) ซึ่งเป็นการจำลองสภาพการมองเห็นในเวลากลางวัน โดยทำการวัดทั้งค่าเริ่มต้น และที่อายุการใช้งานทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 เดือน เพื่อศึกษาถึงการสะท้อนแสงของเส้นจราจรที่ตำแหน่งต่าง ๆ ว่ามีความแนวโน้มเป็นอย่างไร

3.5.6 การสำรวจปริมาณจราจร สำหรับการศึกษานี้ จะใช้กล้องวีดีโอ (VDO) บันทึกสภาพการจราจร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปหาปริมาณจราจรต่อวัน (ADT.) พฤติกรรมการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา และปริมาณรถบรรทุกหนักที่คาดว่าจะเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการเสื่อมสภาพของเส้นจราจร

3.6 แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษานี้ผู้ศึกษาจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในสนาม เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง และตัวแปรอิสระ ได้แก่ ปริมาณลูกแก้ว ปริมาณจราจรสะสม ตำแหน่งการเก็บข้อมูล ปริมาณน้ำฝน และอายุการใช้งาน เป็นต้น ซึ่งต้องใช้ความรู้ทางด้านสถิติต่าง ๆ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลศึกษาปัจจัยภายในต่อประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรแบบคอนกรีต

จากการเก็บข้อมูลค่าการสะท้อนแสงเริ่มต้นของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรคอนกรีตที่อัตราการโรยลูกแก้วต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าการสะท้อนแสงเริ่มต้นของเส้นสีโคลด์พลาสติก

ลำดับ	สี	อัตราโรยลูกแก้ว (ก./ตร.ม.)	ค่าเฉลี่ยการการสะท้อนแสงเริ่มต้น (mcd./m.2/lx.)	
			Q_{D30}	R_{L30}
1	สีขาว	353	197	254
2		400	204	273
3		457	211	282
4	สีขาว	353	189	248
5		400	201	269
6		457	206	271
7	สีขาว	353	189	251
8		400	195	259
9		457	201	277
เฉลี่ย		403	199	265
10	สีแดง	353	108	214
11		400	110	227
12		457	118	231
เฉลี่ย		403	112	224

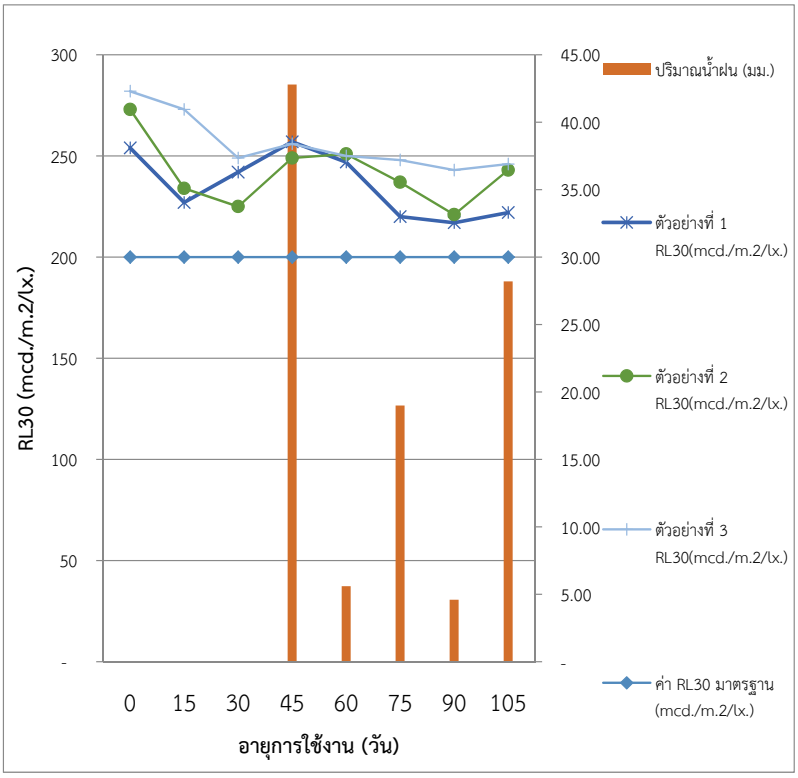
ตารางที่ 2 สรุปค่าการสะท้อนแสงเริ่มต้นของเส้นสีโคลด์พลาสติกที่อัตราการโรยลูกแก้วต่าง ๆ

สี	อัตราการโรยลูกแก้ว (ก./ตร.ม)	ค่าเริ่มต้นเฉลี่ยสูงสุด (mcd./m.2/lx.)		อัตราการโรยลูกแก้วที่ให้ค่าเริ่มต้นเฉลี่ยสูงสุด (ก./ตร.ม)			
				สูงสุด		ผ่านเกณฑ์	
		R_{L30}	Q_{D30}	R_{L30}	Q_{D30}	R_{L30}	Q_{D30}
สีขาว	353-457	265	199	457	457	353	353
สีแดง	353-457	224	112	457	457	457	-

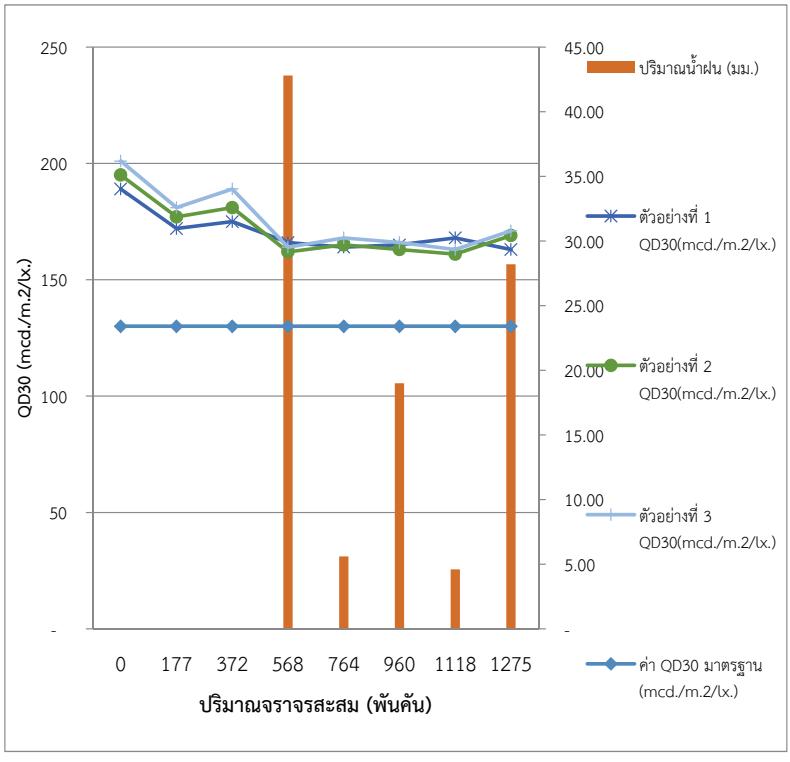
จากค่าการสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ (R_{L30}) ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 250-300 mcd./m.2/lx. ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ตรวจรับงานของกรมทางหลวงที่กำหนดไว้เป็น 200 mcd./m.2/lx. โดยค่าที่แตกต่างอาจจะเกิดจากการเรียงตัว หรือการจมตัวของลูกแก้วที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เส้นจราจรที่มีอัตราการโรยลูกแก้วทับหน้าที่น้อยกว่า แต่ลูกแก้วมีการกระจายตัวและมีการจมตัวที่เหมาะสม ก็อาจจะทำให้ค่าการสะท้อนแสงเริ่มต้นมีค่าที่สูงได้ ในทางกลับกันเส้นจราจรที่มีอัตราการโรยลูกแก้วทับมาก แต่ลูกแก้วไม่ได้มีการกระจายตัวและจมตัวที่เหมาะสมก็อาจจะทำให้ค่าการสะท้อนแสงเริ่มต้นมีค่าที่ต่ำได้เช่นกัน ทั้งนี้การกระจายตัวของลูกแก้วอาจมีปัจจัยอื่น มาเกี่ยวข้องนอกเหนือจากอัตราการโรยลูกแก้ว เช่น กระแสลม ความสูงของการโรยลูกแก้ว อุณหภูมิของสีโคลด์พลาสติกขณะตีเส้นจราจร เป็นต้น เพราะฉะนั้นการปฏิบัติงานในสนามควรมีเครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงไว้คอยตรวจสอบคุณภาพของเส้นจราจรอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะการเริ่มงานใหม่ในแต่ละวันต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของงานก่อนการเริ่มงานเสมอ

4.2 ผลการศึกษาปัจจัยต่อประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรแบบคอนกรีต

จากการเก็บข้อมูลในสนาม ผู้ศึกษาได้นำค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ (R_{L30}) และค่าการสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทาง (Diffusion, Q_{d30}) ปริมาณจราจร (คัน/วัน) อายุการใช้งาน (วัน) ของเส้นจราจรจราจรตามขวาง (Rumble Strips) ปริมาณน้ำฝน (มม.) จากการเก็บข้อมูลในสนาม หลังจากนั้นก็นำไปเขียนเป็นแผนภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ค่าการสะท้อนแสงกับอายุการใช้งานของเส้นจราจรตามขวาง



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ค่าการสะท้อนแสงกับกับปริมาณจราจรสะสมของเส้นจราจรตามขวาง

จากการเก็บข้อมูลค่าการสะท้อนแสงเริ่มต้นของ เส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรแบบคอนกรีตที่อัตราการโรยลูกแก้วต่าง ๆ ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมีลักษณะการเสื่อมสภาพที่คล้ายคลึงกัน โดยมีค่าเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกันมาก แต่หลังจากเปิดใช้บริการจะเห็นได้ว่าค่าการสะท้อนแสงลดลงเนื่องจากเส้นจราจรบริเวณนี้มีการขัดสีของล้อรถจนเกิดการสูญเสียลูกแก้ว

จากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี Linear Regression ตารางที่ 3 ถึงตารางที่ 5 พบว่าปัจจัยที่ส่งต่อผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของสีโคลด์พลาสติกเส้นจราจรบนผิวจราจรคอนกรีต คือ ปริมาณลูกแก้ว อายุการใช้งาน ตำแหน่งการเก็บข้อมูล ปริมาณจราจรสะสม และปริมาณน้ำฝน [5]

ตารางที่ 3 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

	ปัจจัย	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง			
		สีขาว		สีแดง	
		R_{L30}	Q_{D30}	R_{L30}	Q_{D30}
ค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์	ปริมาณลูกแก้ว	0.439	0.218	0.333	0.299
	อายุการใช้งาน (DAYS)	-0.487	-0.662	-0.674	-0.46
	ตำแหน่งการเก็บข้อมูล	0.016	0.032	0.022	0.069
	ปริมาณจราจรสะสม(ADT)	-0.487	-0.668	-0.691	-0.467
	ปริมาณน้ำฝน(RAIN)	-0.022	-0.463	-0.253	-0.019
ค่าความน่าจะเป็น	อายุการใช้งาน (DAYS)	0	0.001	0	0
	ตำแหน่งการเก็บข้อมูล	0	0	0	0
	ปริมาณจราจรสะสม(ADT)	0.405	0.318	0.372	0.158
	ปริมาณน้ำฝน(RAIN)	0	0	0	0
จำนวนข้อมูล	ปริมาณลูกแก้ว	0.373	0	0	0.392
	อายุการใช้งาน (DAYS)	216	216	216	216
	ตำแหน่งการเก็บข้อมูล	216	216	216	216
	ปริมาณจราจรสะสม(ADT)	216	216	216	216
	ปริมาณน้ำฝน(RAIN)	216	216	216	216

ตารางที่ 4 ค่าการพยากรณ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

ค่าการพยากรณ์	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง			
	สีขาว		สีแดง	
	R_{L30}	Q_{D30}	R_{L30}	Q_{D30}
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R)	0.487[a]	0.237	0.234	16.36242
ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)	0.668[a]	0.446	0.443	9.30927
ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแก้ (R^2 Adjust)	0.691[a]	0.477	0.475	16.53843
ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	0.467[a]	0.218	0.215	7.78734

a : ปริมาณจราจรสะสม (ADT)

ตารางที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของปัจจัยที่ส่งต่อ

สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		สัมประสิทธิ์ การถดถอย (B)	ความคลาดเคลื่อน มาตรฐาน (Std. Error)	สัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนน มาตรฐาน (Beta)		
สีขาว RL30	ค่าคงที่	258.254	2.027		127.431	.000
	ปริมาณจราจร	-0.021	0.003	2.027	-8.161	.000
สีขาว QD30	ค่าคงที่	184.492	1.153		160.006	.000
	ปริมาณจราจร	-0.019	0.001	-0.668	-13.114	.000
สีแดง RL30	ค่าคงที่	202.806	2.084		97.315	.000
	ปริมาณจราจร	-0.343	0.025	-0.691	-13.970	.000
สีแดง QD30	ค่าคงที่	105.465	0.981		107.477	.000
	ปริมาณจราจร	-0.089	0.012	-0.467	-7.733	.000

5. สรุปและอภิปรายผลวิจัย

5.1 สรุปผลศึกษาปัจจัยภายในต่อประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรแบบคอนกรีต

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าอัตราการโรยลูกแก้วมีผลในเชิงบวกต่อค่าการสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ (Retroreflectivity, R_{L30}) และค่าการสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทาง (Diffusion, Q_{d30}) นั่นคือเมื่อมีปริมาณการโรยลูกแก้วเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่าการสะท้อนแสงเริ่มต้นสูงขึ้น

5.2 สรุปการศึกษาปัจจัยภายนอกต่อประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของเส้นสีโคลด์พลาสติกบนผิวจราจรแบบคอนกรีต

จะพบว่าจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 5 มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเมื่อศึกษาจากค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ตัวอย่างพบว่าปริมาณจราจร (ADT) มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด และสัมพันธ์ในเชิงลบ คือ ปริมาณจราจรยิ่งมากขึ้น จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงแบบย้อนกลับ (R_{L30}) และค่าการสะท้อนจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทาง (Q_{D30}) ของเส้นสีโคลด์พลาสติกมีค่าลดลง ส่วนปัจจัยในด้านปริมาณลูกแก้ว (GLASSBEADS) อายุการใช้งาน (DAYS) ตำแหน่งการเก็บข้อมูล (POSITION) และปริมาณน้ำฝน (RAIN) นั้นส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงแต่มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณจราจร (ADT)

6. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าความสกปรกเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออายุเส้นจราจรมากที่สุด และยังพบอีกว่าการบำรุงรักษา การทำความสะอาด เส้นจราจรอย่างสม่ำเสมอจะสามารถช่วยยืด อายุการใช้งานของเส้นจราจรออกไปได้ ผู้ศึกษาจึงขอเสนอแนะให้ผู้ที่สนใจได้ทำการศึกษาในประเด็นของดังกล่าวว่าสามารถกระทำได้ด้วยวิธีการใดบ้าง ควรจะกระทำทุก ๆ กี่เดือน และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ เป็นต้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Highwas, Specification for Road Marking, Bangkok: Ministry of Transport, 2008. (in Thai)

[2] Texas Departmemt of Transpotation, Pavement Marking Handbook, Texas: Texas Department of Transportation, 2004.

[3] Thai Industrial Standards, Cold Plastic Road Marking Standard TIS 2611-2556, Bangkok: Ministy of Industry, 2013. (in Thai)

[4] Thai Industrial Standards, Glass Bead for Road Marking Standard TIS 543-2550, Bangkok: Ministry of Industry, 2007. (in Thai)

[5] K. Vanichbuncha, "SPSS for Windows Data Analysis," Chulalongkorn University, Bangkok, 2003. (in Thai)