การติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติทางพิเศษฉลองรัช

THE INSTALLATION OF AUTOMATIC LANE CONTROL SYSTEM ON CHALONG RAT EXPRESSWAY

ฐิติพงศ์ สุขเสริม[1,*], นันทวรรณ พิทักษ์พานิช[2] และ เทพฤทธิ์ รัตนปัญญากร[3]
[1] วิศวกร กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
[2] หัวหน้าแผนกทดสอบ ควบคุมคุณภาพ และพัฒนามาตรฐาน กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
[3] ผู้อำนวยการ กองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
[*]Corresponding author address: thitipong.so28@gmail.com

บทคัดย่อ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ได้วิเคราะห์หาแนวทางในการบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดบนทางพิเศษฉลองรัชที่เกิดจากการติดขัดสะสมจากถนนประดิษฐ์มนูธรรม (ทางลงเกษตร - นวมินทร์) พบว่าการจัดช่องจราจรด้วยเส้นทึบบริเวณทางลงสามารถบรรเทาปัญหาได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับมาตรการอื่น ๆ กทพ. จึงได้นำมาตรการดังกล่าวไปดำเนินการและทำการประเมินผลก่อนและหลังดำเนินมาตรการ (Before & After Analysis) พบว่ามาตรการการบรรเทาปัญหาด้วยเส้นทึบทำให้การจราจรบริเวณดังกล่าวคล่องตัวขึ้น อย่างไรก็ตาม การแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดบนทางพิเศษฉลองรัชในระยะแรกโดยการจัดช่องจราจรด้วยเส้นทึบนั้น ยังมีผู้ใช้ทางบางกลุ่มฝ่าฝืนเครื่องหมายบังคับใช้จราจร (เส้นทึบ) ทำให้ประสิทธิภาพในการบรรเทาปัญหาลดลงจากที่คาดการณ์ไว้ ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างยั่งยืน มีประสิทธิภาพ และมีการบังคับใช้กฎหมายเกิดขึ้น จึงได้มีแนวคิดในการดำเนินโครงการติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System) เพื่อให้ตำแหน่งดังกล่าวทำงานโดยอัตโนมัติและเป็นต้นแบบของการแก้ปัญหาจราจรโดยใช้เทคโนโลยีช่วยจัดการการจราจร โดยพบว่าภายหลังทดลองเปิดใช้ระบบดังกล่าวปริมาณจราจรช่องไหล่ทางลดลงร้อยละ 14 ณ บริเวณ กม.12+500 A และลดลงร้อยละ 6 ณ บริเวณ กม.14+150 A อีกทั้งช่วงระยะเวลาของการใช้ช่องไหล่ทางมีช่วงเวลาที่ลดลงในช่วงเร่งด่วนเย็น และความเร็วเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 19 ณ บริเวณ กม.12+500 A และมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 19 ณ บริเวณ กม.14+150 A แสดงให้เห็นถึงการยอมรับการเปิดใช้งานป้ายจราจร (Traffic Sign) ผ่านป้ายแสดงข้อความแบบปรับเปลี่ยนได้ (Variable Message Sign : VMS) และป้ายเตือนช่องทาง (Matrix Sign : MS) ซึ่งสามารถช่วยแก้ปัญหาผู้ฝ่าฝืนใช้ช่องไหล่ทางและช่วยเพิ่มความคล่องตัวของการจราจรบริเวณดังกล่าวได้

คำสำคัญ: *ระบบบริหารจัดการช่องจราจรแบบอัตโนมัติ, ตรวจจับแผ่นป้ายทะเบียน, ฝ่าฝืนเส้นทึบ, ควบคุมช่องจราจร*

Abstract

Expressway Authority of Thailand (EXAT) has analyzed the traffic congestion on Chalong Rat Expressway caused by accumulated congestion from Pradit Manudharm Road (Kaset - Nawamin Exit Ramp) and the best solution is using solid lines on the exit ramp area. Therefore, EXAT has implemented the solution on Chalong Rat Expressway and has evaluated the result between before and after the implementation, indicating that the traffic on Chalong Rat Expressway is more flowing after the implementation. However, there are some solid line violations, because the solution might be less effective than expected. To create more sustainable solution, including efficiency and enforcement, It was found that from pilot test of the system, the shoulder traffic volume decreased by 14% at STA.12+500 A and decreased by 6% at STA.14+150 A. Also, the period of shoulder lane usage has reduced during the evening peak time, the average speed increase by 19% at STA.12+500 and increase by 19% at STA.14+150 A. It was demonstrated that the success of compliance from traffic sign via variable message sign and matrix sign. The system solves the problem of shoulder violation and improves traffic flow in the area.

Keywords: *Automatic Lane Control System, License Plate Recognition, Lane Change Violation, Lane Control*

1. บทนำ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ได้วิเคราะห์หาแนวทางในการบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดบนทางพิเศษฉลองรัชที่เกิดจากการติดขัดสะสมจากพื้นราบ พบว่าปัญหาการจราจรติดขัดในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นบนทางพิเศษฉลองรัชที่บริเวณทางลง ถ.เกษตร-นวมินทร์ จากรถที่ติดขัดสะสมจากพื้นราบทำให้รถไม่สามารถระบายออกจากทางพิเศษได้ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 สภาพจราจรทางพิเศษฉลองรัช บริเวณทางลงถนนเกษตร – นวมินทร์ ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น

กทพ. จึงได้นำมาตรการบรรเทาปัญหาการติดขัดบริเวณทางลงด้วยเส้นทึบไปดำเนินการและทำการประเมินผลก่อนและหลังดำเนินมาตรการ (Before & After Analysis) พบว่ามาตรการการบรรเทาปัญหาด้วยเส้นทึบทำให้การจราจรบริเวณดังกล่าวคล่องตัวขึ้น อย่างไรก็ตามการแก้ไขปัญหาการจราจรติดขัดทางพิเศษฉลองรัชในระยะแรก โดยการจัดช่องจราจรด้วยเส้นทึบนั้น ยังมีผู้ใช้ทางบางกลุ่มฝ่าฝืนเครื่องหมายบังคับใช้จราจรอยู่ (เส้นทึบ) ทำให้ประสิทธิภาพในการบรรเทาปัญหาลดลงจากที่คาดการณ์ไว้ ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างยั่งยืน อัตโนมัติ มีประสิทธิภาพและมีการบังคับใช้กฎหมายเกิดขึ้นจึงได้มีแนวคิดในการดำเนินโครงการติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System) เพื่อใช้ป้ายแสดงข้อความแบบปรับเปลี่ยนได้ (Variable Message Sign : VMS) และป้ายเตือนช่องทาง (Matrix Sign : MS) ในการบริหารจัดการช่องจราจรและทำงานแบบอัตโนมัติ เพื่อเป็นต้นแบบของการแก้ไขปัญหาจราจรโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยจัดการ ซึ่งจะช่วยให้ลดการทำงานของเจ้าหน้าที่จัดการจราจรที่คอยอำนวยความสะดวกบริเวณนี้ โดยระบบสามารถทำงานอัตโนมัติตลอด 24 ชั่วโมง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. การจัดการช่องจราจร

2.1.1. ระบบจัดการช่องจราจร (Lane Management System)

[1] ระบบจัดการช่องจราจรใช้เพื่อการควบคุมลักษณะและการใช้งานช่องจราจร เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการจัดการจราจร โดยทั่วไปการจัดการช่องจราจรจะทำการควบคุม ดังนี้

- ทิศทางการเดินรถของช่องจราจร
- การอนุญาตให้เคลื่อนที่ภายในช่องจราจรหรือจากช่องจราจรสู่ช่องจราจร
- ประเภทของยานพาหนะที่อนุญาตหรือห้ามให้ใช้ช่องจราจร
- การหยุดหรือจอดรถริมถนน

วัตถุประสงค์ของระบบจัดการช่องจราจรมีลักษณะคล้ายคลึงกับการจราจรโดยทั่วไป คือ เพื่อให้การจราจรเกิดความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

ปัญหาและสถานการณ์ที่ต้องใช้ระบบจัดการจราจรประกอบด้วย

- การอำนวยการจราจรของถนนที่มีชนิดของยานพาหนะความเร็ว ขนาด และระดับของเสี่ยงที่แตกต่างกัน
- เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณจราจรอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละทิศทางในแต่ละช่วงเวลาของวัน
- เมื่อมีเหตุจำเป็นต้องแยกทิศทางการจราจรออกจากทางแยกขนาดเล็ก
- การขัดแย้งของการจราจรที่กำลังเคลื่อนที่กับยานพาหนะที่จอดหยุดนิ่ง
- การให้ความสำคัญกับระบบขนส่งสาธารณะหรือกลุ่มผู้ใช้ถนนอื่นๆ

ระบบการจัดการช่องจราจรเป็นวิธีการควบคุมการเคลื่อนตัวของยวดยานทั้งการเคลื่อนตัวในช่องจราจรและการเปลี่ยนช่องจราจร การจัดการสามารถดำเนินการได้ทั้งการอนุญาตในการให้ใช้/หรือไม่ให้ใช้ช่องจราจร รวมถึงการกำหนดช่องทางจราจรเฉพาะยวดยานบางประเภทขึ้นกับนโยบายในการจัดการจราจร เช่น (1) การกำหนดช่องจราจรโดยการเก็บค่าผ่านทาง (Road Pricing) ซึ่งได้แก่ ช่องจราจรที่ยวดยานสามารถใช้ได้เมื่อต้องจ่ายค่าผ่านทาง (2) การจัดช่องจราจรตามประเภทของยวดยาน (Vehicle Eligibility) เช่น ช่องจราจรสำหรับรถบัส หรือห้ามรถบรรทุกเข้าใช้งาน หรือช่องจราจรสำหรับยวดยานที่มีคนนั่งหลายคน เป็นต้น และ (3) การควบคุมการเข้าใช้งาน (Access Control) เช่น ช่องทางด่วน ช่องสลับทิศทางการจราจร ซึ่งการจัดการระบบช่องจราจรนี้ สามารถทำงานร่วมกับการจัดการจราจรรูปแบบอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่น การใช้ระบบการจัดการช่องจราจรร่วมกับเขตกำหนดความเร็ว การใช้สัญญาณไฟจราจรที่ทางเข้าทางด่วนหรือที่เรียกว่า Ramp Metering การเปลี่ยนแปลงการจำกัดความเร็ว (Variable Speed Limit) เพื่อให้การจัดการจราจรของทั้งระบบโครงข่ายเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดการระบบช่องจราจรประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ อยู่ 2 ส่วน คือ

- ป้ายควบคุมช่องจราจร (Lane Control Signs) เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้ในการสื่อสารกับผู้ขับขี่เพื่อให้สามารถขับขี่ได้อย่างถูกต้องตามที่วิศวกรผู้ควบคุมระบบจัดการช่องจราจรกำหนด
- ระบบการจัดการช่องจราจร (Lane Use Management Control System)

2.1.2. โครงการบริหารจัดการจราจร เพื่อควบคุมการใช้ช่องทาง บนทางหลวงหมายเลข 2 ช่วง สระบุรี - นครราชสีมา

[2] สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ได้ดำเนินโครงการบริหารจัดการจราจร เพื่อควบคุมการใช้ช่องทาง บนทางหลวง

หมายเลข 2 ช่วง สระบุรี - นครราชสีมา

ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการนำเทคโนโลยีทางด้าน Intelligent Transportation Systems มาใช้ในการจัดการควบคุมการใช้ช่องทาง ส่งเสริมมาตรการการบังคับใช้ทางด้านกฎหมาย โดยทำการแสดงผลความเร็วและแจ้งเตือนผู้ขับขี่โดยแสดงภาพถ่ายแบบอัตโนมัติบนป้ายเตือน เพื่อควบคุมยานพาหนะที่ใช้ความเร็วเกินกำหนดและควบคุมยานพาหนะที่ใช้ช่องจราจรไม่เหมาะสมในตำแหน่งที่ถูกคัดเลือกเป็นโครงการนำร่อง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเดินทางบนโครงข่ายในช่วงเวลาปกติและช่วงเทศกาล

รูปแบบการทำงานทั้งส่วนของการเก็บข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และแสดงผล ในส่วนของการเก็บข้อมูลจะถูกเก็บรวบรวมด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรแบบอัตโนมัติและกล้องวงจรปิด (CCTV) ที่ถูกติดตั้งในตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรจะถูกนำเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการประมวลผล เช่น การเปรียบเทียบค่าความเร็วของยานพาหนะนั้นกับค่าเงื่อนไขความเร็วกำหนดไว้ หากมีความเร็วเกินกำหนด ระบบจะสั่งการให้กล้องวงจรปิด (CCTV) เก็บรูปของยานพาหนะนั้น การเปรียบเทียบประเภทยานพาหนะในแต่ละช่องจราจร หากตรวจพบรถบรรทุกในช่องทางที่ไม่ถูกกำหนดไว้ ระบบจะสั่งการให้กล้องวงจรปิด (CCTV) เก็บรูปรถบรรทุกดังกล่าว แล้วนำไปแสดงผลขึ้นบนป้าย LED

การพัฒนาระบบบริหารจัดการจราจรเพื่อควบคุมการใช้ช่องทางบนทางหลวง

- ระบบควบคุมยานพาหนะแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System)

ควบคุมการใช้ช่องจราจรของรถบรรทุก รถโดยสาร และรถยนต์ 4 ล้อเล็ก โดยแสดงสัญลักษณ์ของรถประเภทต่างๆ บนป้ายเหนือช่องจราจร และสามารถใช้ร่วมกับการจัดการรถสวนทาง (Reversible Lane) ได้โดยการให้ข้อมูลแนะนำบนป้ายให้ไปใช้ในช่องจราจรพิเศษ

- ระบบแสดงผลความเร็วแบบอัตโนมัติ (Automatic Speed and Warning Display System)

แสดงผลการจำกัดความเร็วแบบอัตโนมัติบนป้ายเหนือช่องจราจรให้เหมาะสมกับประเภทยานพาหนะต่างๆ เพื่อแนะนำให้ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วที่เหมาะสม ถ้าหากผู้ขับขี่ใช้ความเร็วเกินกำหนด ระบบจะทำการตรวจจับความเร็วยานพาหนะที่ใช้ความเร็วเกินกำหนด และบันทึกภาพยานพาหนะที่ผิดเงื่อนไขการใช้ความเร็วเกินกว่าที่กำหนด แล้วนำภาพที่ได้นี้ ไปแสดงผลบนป้ายเพื่อแจ้งเตือนให้ผู้ขับขี่ให้ใช้ความเร็วลดลง นอกจากนี้ ระบบยังสามารถรองรับระบบใบสั่ง ร่วมกับระบบค่าปรับและใช้ในการปรับผู้กระทำผิดที่ใช้ความเร็วเกินกำหนดได้ในอนาคต

- ระบบการแจ้งเตือนอุบัติการณ์ (Automatic Incident Detection Systems)

อุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรที่ติดตั้งข้างหน้าจะทำการตรวจจับรถจอด (Stopped Vehicle) หรืออุบัติการณ์ที่ทำให้รถหยุด และตรวจจับฝนตกได้ เมื่อตรวจจับอุบัติการณ์ได้ ระบบจะทำการแจ้งเตือนผู้ขับขี่ให้ระวังอุบัติการณ์บนป้าย LED ในตำแหน่งที่ติดตั้งข้างหน้า ซึ่งในการแจ้งเตือนจะต้องได้รับการอนุมัติจากเจ้าหน้าที่ก่อน

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการช่องจราจรในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบพบว่า สถิติของผู้ที่ใช้ความเร็วรถเกินกำหนดและรถบรรทุกขับผิดช่องจราจรมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดหลังจากที่มีการเปิดใช้ระบบบริหารจัดการช่องจราจรได้ 16 วัน ซึ่งจากการวิเคราะห์ร้อยละการใช้ความเร็วเกินกำหนดลดลงถึงร้อยละ 17.75 และการขับผิดช่องจราจรของรถบรรทุกลดลงถึงร้อยละ 24.44 ซึ่งผลจากการติดตั้งและทดสอบระบบนี้สามารถช่วยแก้ปัญหาการใช้ความเร็วเกินกำหนดและรถบรรทุกที่ไม่ชิดซ้ายบนเส้นทางหลวงได้

2.1.3. การตีเส้นทึบบริเวณทางลงฉลองรัช

[3] โดยปี 2559 (เดือน ม.ค. - ก.ค. 2559) ทางพิเศษฉลองรัชมีปริมาณจราจร 211,111 เที่ยว/วัน โดยมี V/C Ratio เท่ากับ 0.78 และมีปริมาณรถหนาแน่นในชั่วโมงเร่งด่วนเช้าในทิศทางขาเข้าเมือง และหนาแน่นในชั่วโมงเร่งด่วนเย็นในทิศทางขาออกเมือง ซึ่งจากข้อมูลแผนที่เส้นสีแสดงความติดขัดพบว่ามีแถวคอยเริ่มจากทางลง ถ. เกษตร-นวมินทร์ ยาว 5.5 กม. ตั้งแต่เวลา 17.00 น. และเริ่มคลายตัวที่เวลา 20.00 น. ข้อมูลจากกล้อง CCTV พบว่าบริเวณทางลง ถ.เกษตร-นวมินทร์ มีปัญหาการจราจรติด โดยช่องไหล่ทางและช่องซ้ายมีรถติดขัดสะสมจากพื้นราบทำให้รถไม่สามารถระบายออกจากทางพิเศษได้และส่งผลกระทบขึ้นมาบนทางพิเศษและรถในช่องกลางและช่องขวาสุดไม่สามารถระบายรถได้ดีเท่าที่ควร เนื่องจากรถในช่องกลางส่วนใหญ่จะมีพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อลงบริเวณทางลง ถ. เกษตร-นวมินทร์ (ปาดหัวเกาะ) ทำให้รถช่องกลางที่ไม่ต้องการลง ถ. เกษตร-นวมินทร์ เบี่ยงออกไปยังช่องขวาสุดเพื่อหลีกเลี่ยงรถดังกล่าว ทำให้ส่งผลกระทบถึงช่องขวาสุดอีกด้วย

โดยผลจากแบบจำลองสภาพจราจรระดับจุลภาคพบว่า หากมีการบังคับใช้เส้นทึบบริเวณทางลง ถ.เกษตร-นวมินทร์ จะสามารถบรรเทาปัญหาการจราจรได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับมาตรการต่าง ๆ โดยผลจากแบบจำลองพบว่าค่าความเร็วเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 21 กม./ชม. คิดเป็นร้อยละ 62 และมีค่าความล่าช้าเฉลี่ยลดลงเหลือ 80 วินาที/กม. คิดเป็นร้อยละ 56 ซึ่งมีสาเหตุจากพฤติกรรมการเปลี่ยนช่องจราจรบริเวณก่อนถึงทางลงทางพิเศษลดลง และจากการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังดำเนินมาตรการ (Before & After Analysis) พบว่าความเร็วเฉลี่ยคล่องตัวขึ้นร้อยละ 30 และผู้ใช้ทางฝ่าฝืนเปลี่ยนช่องจราจรในพื้นที่ห้ามเปลี่ยน (เส้นทึบ) ลดลงร้อยละ 24 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการดำเนินมาตรการการตีเส้นทึบ

พารามิเตอร์	ก่อนดำเนินมาตรการ คัน/ชม.	หลังดำเนินมาตรการ คัน/ชม.	ร้อยละความแตกต่าง
การใช้ช่องไหล่ทางหลังพื้นที่ติดขัด (คัน/ชม.)	420 (ร้อยละ 8)	94 (ร้อยละ 2)	6%
ความเร็วเฉลี่ยบริเวณที่มีการจัดช่องจราจรด้วยเส้นทึบ (กม./ชม.)	22.92	29.75	30%
จำนวนการเปลี่ยนช่องจราจรที่มีการจัดช่องจราจรด้วยเส้นทึบ (คัน/ชม.)	373	287	24%

2.2. การจำกัดความเร็วแบบปรับเปลี่ยนได้ (variable Speed Limit : VSL)

[4-5] การจำกัดความเร็วแบบปรับเปลี่ยนได้ (Variable Speed Limit : VSL) ถูกนำมาใช้ในสหราชอาณาจักรตั้งแต่ปี 1960 จุดประสงค์เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ต่อมาในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาอัลกอริทึมของ VSL บางส่วนได้รับการพัฒนาผ่านการทำแบบจำลอง โดยมีการจุดประสงค์เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและเพิ่มความคล่องตัวของการจราจร และในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา VSL ได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในทวีปยุโรป โดยเฉพาะประเทศเยอรมนี เนเธอร์แลด์ ฝรั่งเศส และสวีเดน ในช่วงปีที่ผ่านหลายรัฐในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ดำเนินการทดสอบอัลกอริทึมของ VSL อย่างง่าย โดยเริ่มจากหน่วยงานทางหลวงของกรุงวอชิงตัน ดีซี ในปี 2009 ซึ่งมีวัตถุประสงค์คือเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและความคล่องตัวของการจราจร โดยเน้นที่ความปลอดภัยเป็นสำคัญ

VSL อาจใช้บังคับหรือแนะนำในเขตทางท้องถิ่น โครงข่ายทางพิเศษ โซนการทำงาน หรือช่วงที่การจราจรเกิดคอขวดซ้ำๆ (Recurrent Bottleneck)

VSL ที่แสดงผลบนป้ายข้อความแบบปรับเปลี่ยนได้ (Variable Message Sign : VMS) บริเวณข้างทางได้ถูกใช้เป็นมาตรการการควบคุมการจราจรบนถนนชนิดมอเตอร์เวย์ซึ่งแพร่หลายในหลายประเทศ ซึ่งนำไปสู่ผลประโยชน์ทางด้านความปลอดภัยจราจรที่สำคัญ

จากการศึกษาการนำ VSL ไปใช้ในหลาย ประเทศ และหลายสถานการณ์ พบว่าในช่วงที่การจราจรคอขวดแบบเกิดซ้ำๆ (Recurrent Bottleneck) หลังจากติดตั้งระบบ VSL ความเร็วเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้น ระยะเวลาในการเดินทางลดลง และมีความลื่นไหลของการเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงความเร็ว Free-Flow Speed และ Stop-and-go Traffic และในบางพื้นที่พบว่าค่าความเร็วเฉลี่ยและค่าการครอบครองผิวจราจรเพิ่มสูงขึ้น

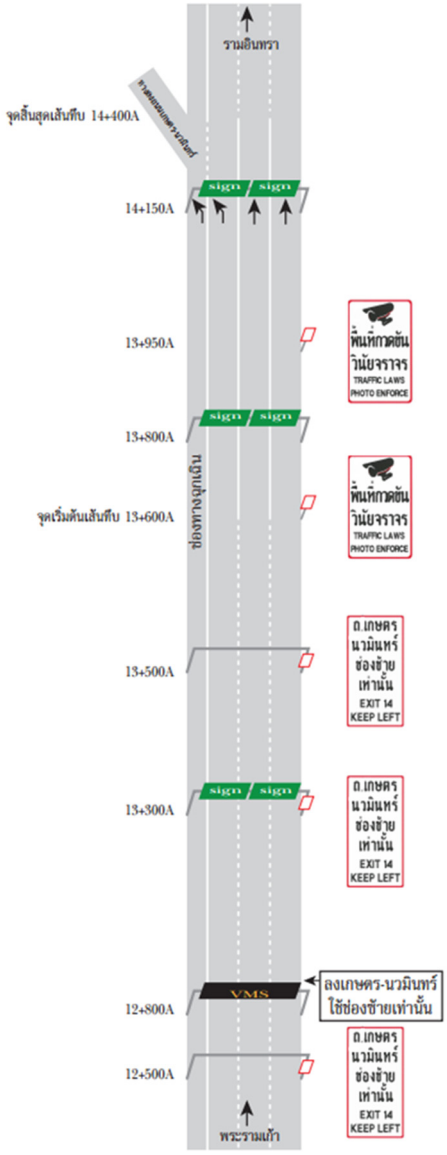
อย่างไรก็ตามการใช้ระบบ VSL จะมีประสิทธิภาพหรือสามารถเพิ่มความปลอดภัยของถนนได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับอัตราการเคารพและปฏิบัติตามป้าย VSL ดังกล่าวด้วย

3. ผลการศึกษา

3.1. การติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System)

อย่างไรก็ตามการใช้เส้นทึบพร้อมป้ายแนะนำก็ยังมีผู้ใช้ทางบางส่วนฝ่าฝืนเครื่องหมายจราจร (ประมาณ 300 คัน/ชม.) กทพ. จึงได้มีแนวคิดการนำการบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติมาใช้บริเวณพื้นที่เส้นทึบ เพื่อให้ตำแหน่งดังกล่าวทำงานได้อย่างสมบูรณ์และทำงานโดยอัตโนมัติ และเป็นต้นแบบของการแก้ปัญหาจราจรโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยจัดการ ซึ่งจะช่วยให้ลดการทำงานของเจ้าหน้าที่จัดการจราจรที่จะต้องคอยมาอำนวยการจราจรบริเวณนี้ โดยระบบจะทำงานอัตโนมัติตลอด 24 ชั่วโมง

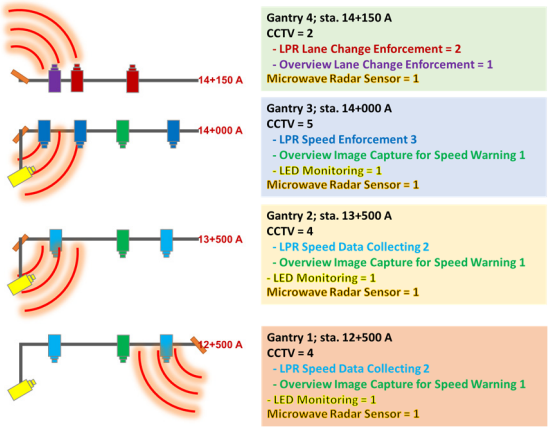
บริเวณที่ดำเนินการติดตั้งระบบดังกล่าวติดตั้งบนทางพิเศษฉลองรัช กม.12+500 A (หน้าห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลพลาซ่า อีสท์วิลล์) ถึง กม.14+150 A (ทางลงถนนเกษตร – นวมินทร์) โดยมีลักษณะทางกายภาพเป็นทางพิเศษขนาด 6 ช่องจราจร (2 ทิศทาง) โดยแต่ละช่องจราจรมีขนาดกว้าง 3.5 เมตร และมีช่องไหล่ทางกว้าง 2 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของบริเวณที่ติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System)

3.2. อุปกรณ์และการทำงานของระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (AUTOMATIC LANE CONTROL SYSTEM)

อุปกรณ์หลักของระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System) ประกอบด้วย กล้องวงจรปิด, กล้องตรวจจับแผ่นป้ายทะเบียน, อุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจร และเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผล โดยติดตั้งอยู่บนโครงเหล็กคร่อมช่องจราจร (Gantry) ตำแหน่ง กม.12+500 A, กม.13+500 A, กม.14+000 A และ กม.14+150 A ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับและบันทึกภาพของระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System)

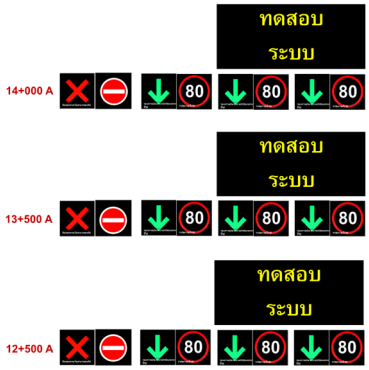
รูปที่ 4 การแสดงผลของระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System)

การทำงานของระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System) ทางพิเศษฉลองรัช ประกอบด้วยระบบ 3 ระบบ ดังนี้

1. ระบบการควบคุมยานพาหนะแบบอัตโนมัติ
   - แสดงสถานการณ์ใช้งานของช่องจราจรรายช่องว่ามีการอนุญาตให้ใช้งานหรือไม่
   - แสดงความเร็วที่เหมาะสมตามสภาพจราจรโดยอัตโนมัติ
   - แสดงความเร็วที่เหมาะสมหากเกิดอุบัติการณ์โดยอัตโนมัติ
2. ระบบตรวจจับความเร็ว เพื่อแสดงให้ผู้ใช้ทางทราบว่ามีการขับขี่เร็วกว่าที่กำหนดผ่านป้าย VMS
3. ระบบตรวจจับการเปลี่ยนช่องจราจรในพื้นที่ห้ามเปลี่ยน (เส้นทึบ) พร้อมอ่านป้ายทะเบียน

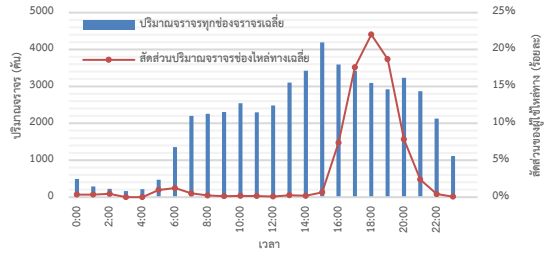
3.3. สภาพจราจรก่อนการดำเนินงานติดตั้ง

การติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System) ทางพิเศษฉลองรัช ได้เริ่มดำเนินการตั้งแต่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2563 และได้ติดตั้งป้ายแสดงข้อความแบบปรับเปลี่ยนได้ (Variable Message Sign : VMS) จำนวน 3 ป้าย และป้ายเตือนช่องทาง (Matrix Sign : MS) จำนวน 24 ป้าย แล้วเสร็จและเปิดทดลองใช้ในช่วงเดือนมกราคม 2564 โดยทดลองเปิดป้ายแสดงผล ดังแสดงในรูปที่ 5



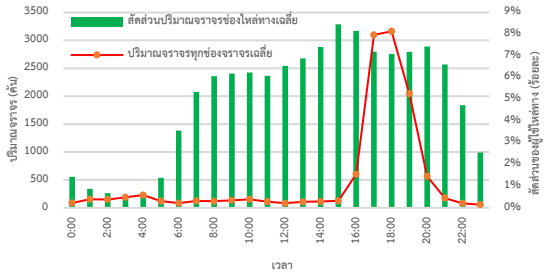
รูปที่ 5 การแสดงผลของป้ายแสดงข้อความแบบปรับเปลี่ยนได้ (Variable Message Sign : VMS) และป้ายเตือนช่องทาง (Matrix Sign : MS) ขณะดำเนินการทดสอบ

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลสภาพจราจรของเดือนกุมภาพันธ์ 2563 ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนการติดตั้งและเปิดใช้ป้ายแสดงข้อความแบบปรับเปลี่ยนได้และป้ายเตือนช่องทางของการติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System) ผ่านอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรเดิมของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ตำแหน่ง กม.12+500 A และ กม.14+150 A โดยได้เปรียบเทียบร้อยละของปริมาณจราจรช่องจราจรไหล่ทางกับจำนวนปริมาณจราจรทั้งหมดในวันทำการ (วันจันทร์ถึงวันศุกร์) ดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7



รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางและปริมาณจราจรทั้งหมด ตำแหน่ง กม.12+500 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2563

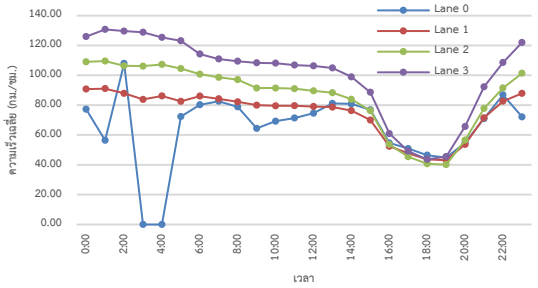
จากรูปที่ 6 พบว่าเริ่มมีการใช้ช่องไหล่ทางบริเวณ กม.12+500 A ตั้งแต่เวลา 15.00 น. ถึงเวลา 21.00 น. โดยมีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางเทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าวต่ำสุดที่ร้อยละ 1 และสูงสุดที่ร้อยละ 22 โดยช่วงเวลาที่มีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางสูงสุดคือเวลา 18.00 น.



รูปที่ 7 แผนภูมิแสดงสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางและปริมาณจราจรทั้งหมด ตำแหน่ง กม.14+150 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2563

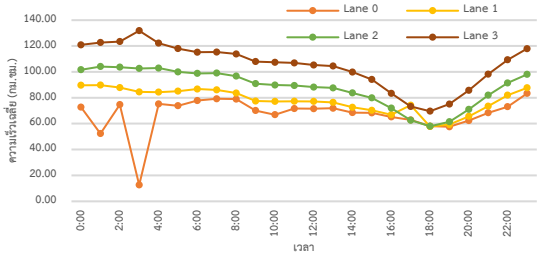
จากรูปที่ 7 พบว่าเริ่มมีการใช้ช่องไหล่ทางบริเวณ กม.14+150 A ตั้งแต่เวลา 16.00 น. ถึงเวลา 20.00 น. โดยมีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางเทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าวต่ำสุดที่ร้อยละ 1 และสูงสุดที่ร้อยละ 8 โดยช่วงเวลาที่มีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางสูงสุดคือเวลา 18.00 น.

และได้เก็บข้อมูลค่าความเร็วเฉลี่ยรายช่องจราจรในวันทำการ (วันจันทร์ถึงวันศุกร์) ดังแสดงในรูป 8 และ 9



รูปที่ 8 แผนภูมิแสดงความเร็วเฉลี่ยรายช่องจราจรตำแหน่ง กม.12+500 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2563

จากรูปที่ 8 พบว่าบริเวณ กม.12+500 A ความเร็วเฉลี่ยเริ่มลดลงในเวลา 15.00 น. จนถึงเวลา 19.00 น. จากนั้นความเร็วเฉลี่ยจึงเริ่มเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00 น. ถึงเวลา 19.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีความเร็วเฉลี่ยต่ำที่สุด ประมาณ 47 กม./ชม.

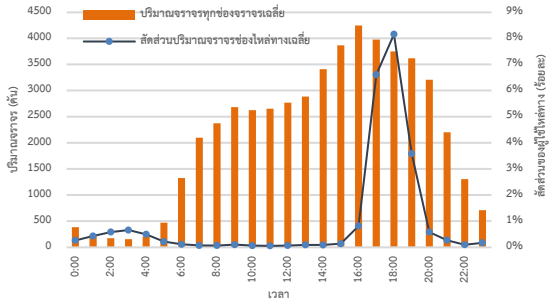


รูปที่ 9 แผนภูมิแสดงความเร็วเฉลี่ยรายช่องจราจรตำแหน่ง กม.14+150 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2563

จากรูปที่ 9 พบว่าบริเวณ กม.14+150 A ความเร็วเฉลี่ยเริ่มลดลงในเวลา 15.00 น. จนถึงเวลา 19.00 น. จากนั้นความเร็วเฉลี่ยจึงเริ่มเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาตั้งแต่ 16.00 น. ถึงเวลา 19.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีความเร็วเฉลี่ยต่ำที่สุด ประมาณ 67 กม./ชม.

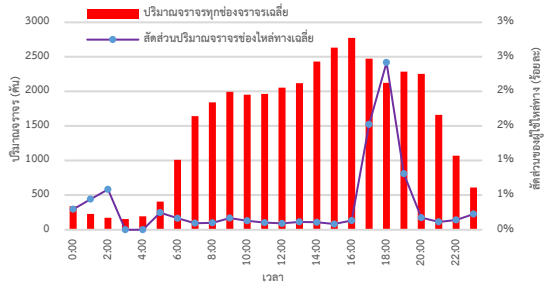
3.4. สภาพจราจรหลังการดำเนินงานติดตั้ง

ต่อมาผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลสภาพจราจรของเดือนกุมภาพันธ์ 2564 ซึ่งเป็นช่วงเวลาหลังการติดตั้งและเปิดใช้ป้ายแสดงข้อความแบบปรับเปลี่ยนได้และป้ายเตือนช่องทางของการติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System) ผ่านอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพจราจรเดิมของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย ตำแหน่ง กม.12+500 A และ กม.14+150 A โดยได้เปรียบเทียบร้อยละของปริมาณจราจรช่องจราจรไหล่ทางกับจำนวนปริมาณจราจรทั้งหมดในวันทำการ (วันจันทร์ถึงวันศุกร์) ดังแสดงในรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางและปริมาณจราจรทั้งหมด ตำแหน่ง กม.12+500 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2564

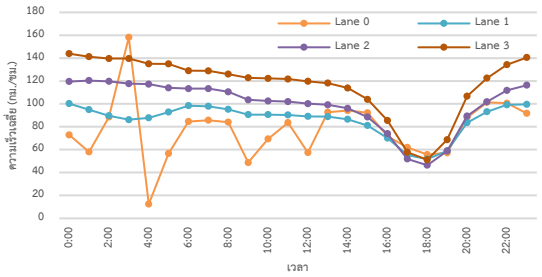
จากรูปที่ 10 พบว่าเริ่มมีการใช้ช่องไหล่ทางบริเวณ กม.12+500 A ตั้งแต่เวลา 16.00 น. ถึงเวลา 21.00 น. โดยมีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางเทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าว ต่ำสุดที่ร้อยละ 1 และสูงสุดที่ร้อยละ 8 โดยช่วงเวลาที่มีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางสูงสุดคือเวลา 18.00 น.



รูปที่ 11 แผนภูมิแสดงสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางและปริมาณจราจรทั้งหมด ตำแหน่ง กม.14+150 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2564

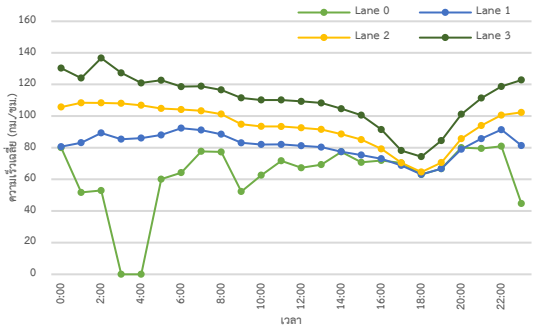
จากรูปที่ 11 พบว่าเริ่มมีการใช้ช่องไหล่ทางบริเวณ กม.14+150 A ตั้งแต่เวลา 17.00 น. ถึงเวลา 20.00 น. โดยมีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางเทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าว ต่ำสุดที่ร้อยละ 1 และสูงสุดที่ร้อยละ 2 โดยช่วงเวลาที่มีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางสูงสุดคือเวลา 18.00 น.

และได้เก็บข้อมูลค่าความเร็วเฉลี่ยรายช่องจราจรในวันทำการ (วันจันทร์ถึงวันศุกร์) ดังแสดงในรูป 12 และ 13



รูปที่ 12 แผนภูมิแสดงความเร็วเฉลี่ยรายช่องจราจร ตำแหน่ง กม.12+500 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2564

จากรูปที่ 12 พบว่าบริเวณ กม.12+500 A ความเร็วเฉลี่ยเริ่มลดลงในเวลา 15.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น. จากนั้นความเร็วเฉลี่ยจึงเริ่มเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาตั้งแต่ 17.00 น. ถึงเวลา 19.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีความเร็วเฉลี่ยต่ำที่สุด ประมาณ 56 กม./ชม.



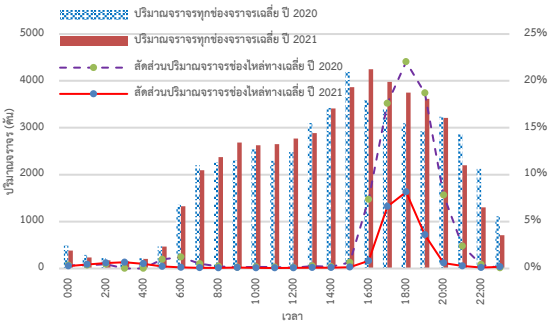
รูปที่ 13 แผนภูมิแสดงความเร็วเฉลี่ยรายช่องจราจร ตำแหน่ง กม.14+150 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2564

จากรูปที่ 13 พบว่าบริเวณ กม.14+150 A ความเร็วเฉลี่ยเริ่มลดลงในเวลา 15.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น. จากนั้นความเร็วเฉลี่ยจึงเริ่มเพิ่มขึ้น โดยเวลา 17.00 น. ที่มีความเร็วเฉลี่ยต่ำที่สุด ประมาณ 72 กม./ชม.

4. วิเคราะห์ผลการศึกษา

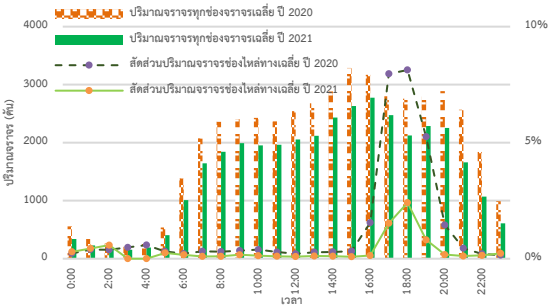
4.1. สัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทาง

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางก่อนและหลังการติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System) ดังแสดงในรูปที่ 14 และ 15



รูปที่ 14 แผนภูมิแสดงสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางและปริมาณจราจรทั้งหมด ตำแหน่ง กม.12+500 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2563 เปรียบเทียบ ปี 2564

จากรูปที่ 14 พบว่าการใช้ช่องไหล่ทางบริเวณ กม.12+500 A โดยมีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางเทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าวลดลงจากปี 2563 จากเดิมมีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางเทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมดสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 22 เป็นสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 8 ในปี 2564 ลดลงถึงร้อยละ 14

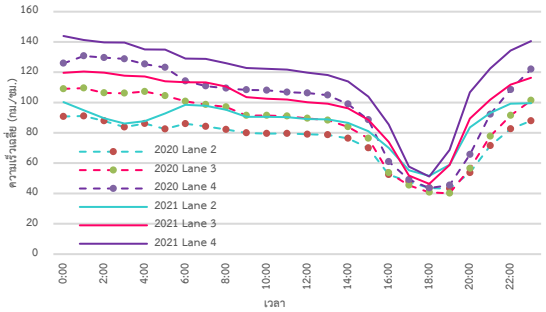


รูปที่ 15 แผนภูมิแสดงสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางและปริมาณจราจรทั้งหมด ตำแหน่ง กม.14+150 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2563 เปรียบเทียบ ปี 2564

จากรูปที่ 15 พบว่าการใช้ช่องไหล่ทางบริเวณ กม.14+150 A โดยมีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางเทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าวลดลงจากปี 2563 จากเดิมมีสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางเทียบกับปริมาณจราจรทั้งหมดสูงสุดอยู่ที่ 8 เป็นสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 2 ในปี 2564 ลดลงสูงสุดถึงร้อยละ 6

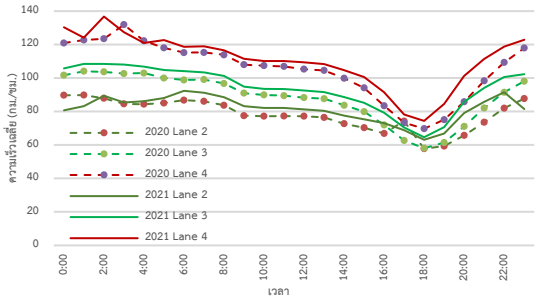
4.2. ความเร็วเฉลี่ย

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยทุกช่องจราจรยกเว้นช่องไหล่ทางเนื่องจากมีค่าความไม่แน่นอนของข้อมูลค่อนข้างสูงก่อนและหลังการติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System) ดังแสดงในรูปที่ 16 และ 17



รูปที่ 16 แผนภูมิแสดงความเร็วเฉลี่ยรายช่องจราจร ตำแหน่ง กม.12+500 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2563 เปรียบเทียบกับ ปี 2564

จากรูปที่ 16 พบว่าความเร็วเฉลี่ยบริเวณ กม.12+500 A ในช่วงระยะเวลาเร่งด่วนเย็นของปี 2564 มีค่าเพิ่มจากปี 2563 จากเดิมมีความเร็วเฉลี่ย 47 กม./ชม. เพิ่มขึ้นเป็น 56 กม./ชม. คิดเป็นร้อยละ 19



รูปที่ 17 แผนภูมิแสดงความเร็วเฉลี่ยรายช่องจราจร ตำแหน่ง กม.14+150 A เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2563 เปรียบเทียบกับ ปี 2564

จากรูปที่ 17 พบว่าความเร็วเฉลี่ยบริเวณ กม.14+150 A ในช่วงระยะเวลาเร่งด่วนเย็นของปี 2564 มีค่าเพิ่มจากปี 2563 จากเดิมมีความเร็วเฉลี่ย 67 กม./ชม. เพิ่มขึ้นเป็น 72 กม./ชม. คิดเป็นร้อยละ 7

5. สรุป

จากการดำเนินการทดลองเปิดใช้งานระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control System) ทางพิเศษฉลองรัช พบว่าสัดส่วนปริมาณจราจรช่องไหล่ทางมีปริมาณที่ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการบังคับใช้เครื่องหมายจราจรที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากเดิมที่ดำเนินการติดตั้งไว้บนพื้นทางเพียงอย่างเดียวโดยผ่านป้ายข้อความแบบปรับเปลี่ยนได้ (Variable Message Sign : VMS) และป้ายเตือนช่องทาง (Matrix Sign : MS) อีกทั้งช่วงเวลาของการใช้ช่องจราจรไหล่ทางมีระยะเวลาที่สั้นลง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบดังกล่าวสามารถช่วยระบายการจราจรได้ดีขึ้น ประกอบกับค่าความเร็วเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาเร่งด่วนเพิ่มขึ้นจากเดิม

แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการบังคับใช้เครื่องหมายจราจรและความเร็วผ่านระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control) แต่เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) อาจส่งผลให้ปริมาณจราจรไม่สะท้อนสภาพการจราจรแบบปกติ โดยผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบเมื่อสภาพการจราจรกลับเป็นปกติอีกครั้ง

โดยเมื่อระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control) เสร็จสมบูรณ์จะสามารถปรับเปลี่ยนเครื่องหมายจราจรและความเร็วตามสภาพจราจรและอุบัติการณ์ ณ ขณะนั้น และสามารถตรวจจับยานพาหนะใช้ความเร็วเกินกำหนดและยานพาหนะเปลี่ยนช่องจราจรในพื้นที่ห้ามเปลี่ยนเพื่อใช้สำหรับเป็นฐานข้อมูลในการออกใบสั่งได้ในอนาคต และเมื่อประเมินผลก่อนและหลังการติดตั้งระบบบริหารจัดการช่องจราจรบนทางพิเศษแบบอัตโนมัติ (Automatic Lane Control) แล้วเสร็จ กทพ. จะดำเนินการติดตั้งระบบดังกล่าวตลอดทั้งสายทางของทางพิเศษฉลองรัช และสายทางอื่นๆ ในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพนักงานกองวิจัยและพัฒนา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษาและเสียสละเวลาอันมีค่าให้การช่วยเหลือ เพื่อให้การศึกษาวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

7. การอ้างอิง

[1] Austroads. (2017). Lane Management. *Guide to Traffic Management Part 5: Road Management, 3rd edition*. Sydney, NSW, Australia, 48-57.

[2] สำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง. *รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการบริหารจัดการจราจรเพื่อควบคุมการใช้ช่องทางบนทางหลวงหมายเลข 2 ช่วงสระบุรี – นครราชสีมา*. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย.

[3] กองวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมระบบทางพิเศษ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. *การประเมินผลก่อนและหลังดำเนินมาตรการบรรเทาปัญหาจราจรทางพิเศษฉลองรัช*. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย.

[4] Lu X.Y., Shladover S.E., (2014). Review of Variable Speed Limits/Advisories – Theory, Algorithms and Practice. *For presentation and publication at 93rd TRB Annual Meeting*, January 12-16, Washington, D.C., USA.

[5] Gregurić M., Ivanjko E., Korent N., Kušić K. (2016). Short Review of Approaches for Variable Speed Limit Control. *Proceedings of the International Scientific Conference on Science and Transport Development (ZIRP 2016)*, April 12, Zagreb, Croatia.