การศึกษาพฤติกรรมและความเร็วของยานพาหนะเมื่อขับขี่ผ่านสันชะลอความเร็ว

INVESTIGATING OF THE BEHAVIOR AND SPEED OF VEHICLES ACROSS SPEED HUMPS AND BUMPS

พรเทพ พวงประโคน[1 *], อัครวัฒน์ เพียงตา[1], อนุรัตน์ ธรรมะ[1] และ สันติสุข ดวงพันตรี[1]
[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย
*Corresponding author address: puangprakhon@gmail.com

บทคัดย่อ

การใช้สันชะลอความเร็วเป็นหนึ่งในมาตรการสยบการจราจรเพื่อเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนนโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีปริมาณจราจรไม่คับคั่งมากนัก วัตถุประสงค์หลักของการใช้สันชะลอความเร็ว คือ เพื่อชะลอความเร็วของยานพาหนะและช่วยลดปริมาณการจราจรในบริเวณพื้นที่ติดตั้ง การใช้สันชะลอความเร็วอย่างเหมาะสมจะช่วยลดอุบัติเหตุและความรุนแรงของอุบัติเหตุได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามสันชะลอความเร็วจัดเป็นอุปสรรคที่ติดตั้งอยู่บนผิวจราจร การใช้งานสันชะลอความเร็วอย่างไม่เหมาะสมอาจเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจราจรได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้ความเร็วในช่วงก่อนและหลังสันชะลอความเร็วของยานพาหนะประเภทต่างๆ โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยการบันทึกวีดีโอสภาพจราจรบริเวณที่มีการติดตั้งสันชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร จากนั้นนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะประเภทต่างๆ ก่อนและหลังตำแหน่งที่ติดตั้งสันชะลอความเร็ว รวมทั้งใช้สถิติเพื่อทดสอบระดับนัยสำคัญ ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้และติดตั้งสันชะลอความเร็วอย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดต่อผู้ใช้ถนนต่อไป

คำสำคัญ: *สันชะลอความเร็ว, เนินชะลอความเร็ว, ลูกระนาด, ความปลอดภัย, การสยบการจราจร*

Abstract

Using of the speed hump and speed bump is one of the most common traffic calming measures in the local areas or roadways with low traffic volume. The main purposes of using them are to decrease the vehicle speed and lessen the traffic volume around the area of installation to create the safer traffic environment. Previous studies pointed out that the properly deployment of these calming devices can significantly reduce the number and severity of the road traffic accident. However, speed hump and speed bump could be considered as obstacles installed on the road surface, the inappropriate usages of these devices could generate more traffic accidents. This research aims to investigate the driving behaviors and speed profiles of various types of vehicle before, during and after crossing speed humps and bumps. The real traffic activities at 4 study sites in the outskirts area of Bangkok were collected by using VDO recording, and then analyzed to find the speed profiles and driving behaviors of various types of vehicle when crossing speed humps and bumps. The statistical methods were also applied to test the degree of significance of the outcomes. Finally, the driving behaviors of various vehicles within traffic calming zone from the results can be used as a basis for decision-making in the selection and installation of the appropriate speed hump and bump to ensure the maximum safety for road users in the future.

Keywords: *Speed hump, Speed bump, Safety, Traffic Calming*

1. บทนำ

การสยบการจราจร (traffic calming) เป็นหนึ่งในแนวทางการเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนนให้แก่ผู้ขับขี่และผู้ใช้ทางอื่นๆ การสยบการจราจรสามารถกระทำได้โดยการผสมผสานระหว่างการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ เพื่อลดความเร็วและอันตรายจากการขับขี่ยานพาหนะให้น้อยลง ร่วมกับการโน้มน้าวให้ผู้ขับขี่ขับรถอย่างระมัดระวังเพื่อยกระดับความปลอดภัยบนถนนให้สูงขึ้น [1, 2] จากการทบทวนผลศึกษาที่ผ่านมาในหลายๆ ประเทศ [3, 4] พบว่าการใช้สันชะลอความเร็วเพื่อสยบการจราจรอย่างเหมาะสมสามารถช่วยชะลอความเร็วและลดมลพิษทางเสียงที่เกิดจากยานพาหนะได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้เมื่อทำการวิเคราะห์สถิติอุบัติเหตุและผู้บาดเจ็บ [5] พบว่าการติดตั้งสันชะลอความเร็วช่วยลดจำนวนอุบัติเหตุรุนแรงและผู้บาดเจ็บได้ถึงกว่าร้อยละ 60 นับเป็นวิธีการสยบการจราจรที่ประหยัดงบประมาณในการลงทุนแต่ให้ประสิทธิภาพสูง

จากข้อดีของสันชะลอความเร็วทำให้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายโดยทั่วไปทั้งในและต่างประเทศ โดยสำหรับประเทศที่พัฒนาแล้วสันชะลอความเร็วจะได้รับการออกแบบและติดตั้งให้

เป็นไปตามมาตรฐานที่ผ่านการศึกษาวิจัยและทดสอบอย่างเข้มข้น [6] อย่างไรก็ตามการใช้งานสันชะลอความเร็วในประเทศที่กำลังพัฒนามักจะไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจน [7-8] ถึงแม้ในบางประเทศจะมีมาตรฐานเฉพาะสำหรับสันชะลอความเร็ว แต่ยังสามารถพบเห็นการติดตั้งสันชะลอความเร็วที่มีรูปแบบ ความกว้าง และความสูงต่างๆ ที่ไม่สอดคล้องกับมาตรฐานได้ทั่วไป นอกจากนี้สันชะลอความเร็วยังจัดเป็นอุปสรรคสำหรับการจราจรประเภทหนึ่ง การติดตั้งและเลือกใช้งานที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์ได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบและเข้าใจพฤติกรรมการชะลอความเร็วของยานพาหนะเมื่อผ่านสันชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ เพื่อให้สามารถเลือกใช้สันชะลอความเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยสูงสุด

บทความนี้ทำการศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้ความเร็วในช่วงก่อนและหลังสันชะลอความเร็วของยานพาหนะประเภทต่างๆ โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยการบันทึกวีดีโอสภาพจราจรบริเวณที่มีการติดตั้งสันชะลอความเร็วที่มีขนาดแตกต่างกัน 4 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร และทำการนำเสนอผลการวิเคราะห์ในประเด็นต่างๆ โดยเนื้อหาในส่วนถัดไปของบทความประกอบด้วย มาตรฐานเกี่ยวกับสันชะลอความเร็วและการศึกษาพฤติกรรมยานพาหนะเมื่อผ่านสันชะลอความเร็วในประเทศไทย วิธีการศึกษา ผลและการวิเคราะห์ผลการศึกษา และการสรุปผลการศึกษารวมทั้งข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต

2. มาตรฐานและการศึกษาพฤติกรรมยานพาหนะเมื่อผ่านสันชะลอความเร็วในประเทศไทย

2.1. มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว

กระทรวงมหาดไทย โดยกรมโยธาธิการและผังเมือง [9] ได้กำหนด มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว มยผ. 2301-56 โดยเนื้อหาในมาตรฐานครอบคลุมสันชะลอความเร็วที่มีใช้อยู่ในประเทศไทย ได้แก่ ลูกระนาด (speed bump) และเนินชะลอความเร็ว (speed hump) และมีการให้รายละเอียดการใช้สันชะลอความเร็วเพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่และการจราจร ดังต่อไปนี้

2.1.1 ลูกระนาด

ลูกระนาด มีลักษณะเป็นส่วนยกที่ก่อสร้างเพิ่มเติมจากพื้นถนน โดยมีระยะฐานกว้างตั้งแต่ 30 ถึง 90 เซนติเมตร ความสูงไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับยานพาหนะที่สัญจรผ่าน ลูกระนาดโดยส่วนใหญ่ถูกก่อสร้างในบริเวณพื้นที่จอดรถหรือบนถนนส่วนบุคคล ความเร็วของยานพาหนะ ณ จุดที่สัญจรผ่านลูกระนาดอยู่ที่ประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือน้อยกว่า

2.1.2 เนินชะลอความเร็ว

เนินชะลอความเร็ว มีลักษณะเป็นส่วนยกที่ก่อสร้างเพิ่มเติมจากพื้นถนนโดยมีระยะฐานกว้างมากกว่า 90 เซนติเมตร ทั้งนี้เนินชะลอความเร็วมีได้หลายรูปแบบ ส่วนใหญ่ถูกก่อสร้างในบริเวณพื้นที่ชุมชนและเขตที่พักอาศัย ความเร็วของยานพาหนะ ณ จุดที่สัญจรผ่านเนินชะลอความเร็วอยู่ที่ประมาณ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือน้อยกว่า ในมาตรฐาน มยผ.2301-56 กำหนดเนินชะลอความเร็วไว้ 2 รูปแบบ ตามมาตรฐานสากล ได้แก่

(1) เนินชะลอความเร็วแบบโค้งพาราโบล่า (parabolic speed hump) ซึ่งมีลักษณะเป็นเสี้ยวโค้งพาราโบล่ามีฐานกว้าง 3.7 เมตร โดยประมาณ และมีความสูง 7.6 เซนติเมตร โดยประมาณ

(2) เนินชะลอความเร็วแบบผิวบนแบนราบ (flat-topped speed hump) มีความสูงไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร และมีทางลาดขึ้นและลาดลงที่มีความชันตั้งแต่ 1:12 ถึง 1:15 โดยความยาวของผิวราบด้านบนในทิศทางที่ยานพาหนะสัญจรผ่านมีระยะไม่น้อยกว่า 2 เมตร และสามารถใช้เป็นทางคนเดินข้ามได้

2.2. การศึกษาพฤติกรรมยานพาหนะเมื่อผ่านสันชะลอความเร็วในประเทศไทย

ในประเทศไทยมีผู้ให้ความสนใจและทำการศึกษาพฤติกรรมของยานพาหนะเมื่อผ่านสันชะลอความเร็วในประเด็นต่างๆ หลายประเด็น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ชุลกีฟลี [10] ทำการศึกษาเนินชะลอความเร็วที่ติดตั้งบนถนนสายประธานและรองประธาน ในเขตเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 3 แห่ง ซึ่งมีความกว้างตั้งแต่ 4-6 เมตร สูง 10 เซนติเมตร พบว่าความเร็วเฉลี่ยที่ตำแหน่งเนินชะลอความเร็ว มีค่าระหว่าง 13-16 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์อยู่ระหว่าง 17-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยหากพิจารณาแยกตามประเภทรถ พบว่ากลุ่มรถจักรยานยนต์จะมีความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ สูงกว่ากลุ่มรถประเภทอื่นๆ โดยมีค่าระหว่าง 21-23 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่รถยนต์นั่ง 4 ล้อ มีค่าระหว่าง 15-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ทัศวรรณ และคณะ [11] ทำการศึกษาความเร็วของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเมื่อขับขี่ผ่านเนินชะลอความเร็ว ในเขตมหาวิทยาลัย โดยแบ่งเป็นเนินบนถนนสายหลัก 1 แห่ง มีความกว้าง 10.5 เมตร สูง 7.5 เซนติเมตร และเนินบนถนนสายรอง 2 แห่ง กว้าง 0.8 เมตร สูง 5 เซนติเมตร และ กว้าง 1.5 เมตร สูง 7.5 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ส่วนบุคคลขณะผ่านเนินขนาดใหญ่บนถนนสายหลักมีค่าเท่ากับ 26.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ เท่ากับ 35.47 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สูงกว่าความเร็วเฉลี่ยบนเนินขนาดเล็กกว่าที่อยู่บนถนนสายรอง (ระหว่าง 10.81-14.06 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ (ระหว่าง 18.04-19.51 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) อย่างมีนัยสำคัญ

Satiennam *et al.* [6] ทำการศึกษาอิทธิพลของลูกระนาดและเนินชะลอความเร็วที่มีต่อรถจักรยานยนต์ โดยทำการศึกษาลูกระนาดจำนวน 3 แห่ง ความกว้างระหว่าง 0.35-1.5 เมตร สูง 5-7 เซนติเมตร และเนินชะลอความเร็วจำนวน 3 แห่ง ความกว้างระหว่าง 5.3-10.3 เมตร สูง 13-18 เซนติเมตร โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตมหาวิทยาลัย ผลการศึกษาพบว่าความเร็วรถจักรยานยนต์ที่ตำแหน่งลูกระนาดมีค่าระหว่าง 15-18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ลดลงจากความเร็วช่วงก่อนถึงลูกระนาดร้อยละ 43-47 ในขณะที่ความเร็วรถจักรยานยนต์ที่เนินชะลอความเร็วมีค่าระหว่าง 29-31 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ลดลงจากความเร็วช่วงก่อนถึงเนินชะลอความเร็วร้อยละ 13-39

พรศิริ และคณะ [12] ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมความเร็วของรถจักรยานยนต์ด้วยเนินชะลอความเร็ว โดยแบ่งกลุ่มเนินที่ศึกษาเป็น 3 กลุ่ม คือ ลูกระนาด เนินชะลอความเร็วขนาดกว้างน้อยกว่า 1 เมตร และขนาดกว้างกว่า 1 เมตร พื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตมหาวิทยาลัย รวม 20 ตำแหน่ง ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มยางชะลอความเร็ว พบว่าผู้ขับขี่สามารถสัญจรผ่านยางชะลอความเร็ว ด้วยความเร็วเฉลี่ย 11-16 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ เท่ากับ 15-22 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในกลุ่มเนินที่มีขนาดของความกว้างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 เมตร พบว่าผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์สามารถสัญจรผ่านเนินกระแทกด้วยความเร็วเฉลี่ย 12-15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ เท่ากับ 14-19 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในกลุ่มเนินที่ขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 1 เมตรพบว่า ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ข้ามเนินด้วยความเร็วเฉลี่ย 12-34 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ เท่ากับ 13-41 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นอกจากนี้ยังได้นำเสนอสมการสำหรับทำนายความเร็วเฉลี่ยและความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของรถจักรยานยนต์ขณะผ่านสันชะลอความเร็ว

จากรายละเอียดการศึกษาเกี่ยวกับสันชะลอความเร็วในประเทศไทยดังข้างต้น เห็นได้ว่าสันชะลอความเร็วที่มีการใช้งานภายในประเทศมีขนาดไม่คงที่ มีความแตกต่างกันทั้งในด้านความกว้างและความสูงของสัน อีกทั้งบางแห่งมีการติดตั้งบนถนนสายประธานซึ่งอาจขัดแย้งกับข้อแนะนำตามมาตรฐานการใช้งาน [9] ที่แนะนำให้ใช้ในบริเวณเขตชุมชน พื้นที่พักอาศัย หรือพื้นที่เฉพาะ นอกจากนี้พื้นที่ศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่ยังจำกัดอยู่ในเขตมหาวิทยาลัย ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยประเด็นด้านความปลอดภัย หรือข้อจำกัดในการเก็บข้อมูล อีกทั้งพื้นที่ศึกษาทั้งหมดดังข้างต้น อยู่นอกเขตกรุงเทพมหานคร ดังนั้นในการศึกษานี้ผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกพื้นที่ศึกษาให้กระจายอยู่ในพื้นที่ที่หลากหลาย เพื่อให้มีผลการศึกษาและข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ที่ยังไม่มีรายงานผลการศึกษาในอดีต ตั้งแต่พื้นที่ที่อยู่ภายในหมู่บ้าน ภายในมหาวิทยาลัย ภายในนิคมอุตสาหกรรม และภายในซอยซึ่งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้ความเร็วของยานพาหนะเมื่อผ่านสันชะลอความเร็วแบบต่างๆ

3. วิธีการศึกษา

การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่และการชะลอความเร็วของยานพาหนะประเภทต่างๆ เมื่อขับขี่ผ่านสันชะลอความเร็ว ใช้การบันทึกวีดีโอสภาพจราจรในพื้นที่จริงที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ชะลอความเร็ว โดยแบ่งประเภทสันชะลอความเร็วออกเป็น 2 ชนิด ตามมาตรฐาน มยผ.2301-56 [9] ได้แก่ ลูกระนาดชะลอความเร็ว (speed bump) และเนินชะลอความเร็ว (speed hump) โดยมีรายละเอียดของพื้นที่ศึกษา วิธีการเก็บข้อมูล และสภาพจราจรของพื้นที่ศึกษาดังต่อไปนี้

3.1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นที่ราบมีความชันของถนนต่ำ จำนวน 4 พื้นที่ ประกอบด้วยพื้นที่ที่มีการติดตั้งลูกระนาดจำนวน 1 แห่ง และเนินชะลอความเร็วแบบสันโค้งพาราโบลา จำนวน 3 แห่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) ถนนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เป็นถนนผิวคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 2 ช่องจราจร ถนนมีความกว้าง 8.12 เมตร ความชันเท่ากับร้อยละ 0.050 มีการติดตั้งลูกระนาด ขนาดกว้าง 0.35 เมตร สูง 5.0 ซม.

(2) ถนนภายในหมู่บ้าน เคซี กรีนวิว ซอยมิตรไมตรี 10/1 เขตหนองจอก เป็นถนนผิวคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 2 ช่องจราจร ถนนมีความกว้าง 11.95 เมตร ความชันเท่ากับร้อยละ 0.112 มีการติดตั้งเนินชะลอความเร็วสันโค้งแบบพาราโบล่า ขนาดกว้าง 1.10 เมตร สูง 5.00 ซม.

(3) บริเวณภายในซอยรามอินทรา 23 เป็นถนนที่มีผิวแอสฟัลท์ติกคอนกรีตขนาด 2 ช่องจราจร ถนนมีความกว้าง 6.00 เมตร ความชันเท่ากับร้อยละ 0.058 มีการติดตั้งเนินชะลอความเร็วสันโค้งแบบพาราโบล่า ขนาดกว้าง 2.90 เมตร สูง 11.30 ซม.

(4) ถนนภายในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง เป็นถนนผิวแอสฟัลท์ติกคอนกรีตขนาด 2 ช่องจราจร ถนนมีความกว้าง 8.80 เมตร ความชันเท่ากับร้อยละ 0.022 มีการติดตั้งเนินชะลอความเร็วสันโค้งแบบพาราโบล่า ขนาดกว้าง 3.10 เมตร สูง 15.70 ซม.

พิจารณาเก็บข้อมูลจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่งในวันทำงาน (จันทร์-ศุกร์) นอกช่วงเวลาเร่งด่วนเพื่อให้รถที่สัญจรสามารถขับขี่ได้ด้วยความเร็วอิสระ โดยเก็บข้อมูลการจราจรทั้งสองทิศทางเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สภาพของพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่งแสดงดังรูปที่ 1-4 รายละเอียดของพื้นที่ศึกษาแสดงดังตารางที่ 1

รูปที่ 1 ลูกระนาดภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

รูปที่ 2 เนินชะลอความเร็วภายในหมู่บ้าน เคซี กรีนวิว

รูปที่ 3 เนินชะลอความเร็วภายในซอยรามอินทรา 23

รูปที่ 4 เนินชะลอความเร็วภายในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

ตารางที่ 1 รายละเอียดของพื้นที่ศึกษาและขนาดสันชะลอความเร็ว

พื้นที่ศึกษา*	(1)	(2)	(3)	(4)
ประเภทผิวทาง	ค.ส.ล.	ค. ส.ล.	แอสฟัลท์ติก คอนกรีต	แอสฟัลท์ติก คอนกรีต
ความกว้างถนน (ม.)	8.12	11.95	6.00	8.80
ความยาวสัน (ม.)	7.08	11.80	5.92	8.70
ความกว้างสัน (ม.)	0.35	1.10	2.90	3.10
ความสูงสัน (ซม.)	5.00	5.00	11.30	15.70
ความชันถนน (%)	0.050	0.122	0.058	0.022

* พื้นที่ศึกษา (1) ม.เทคโนโลยีมหานคร, (2) หมู่บ้านเคซี กรีนวิว, (3) ซอยรามอินทรา 23, และ (4) นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

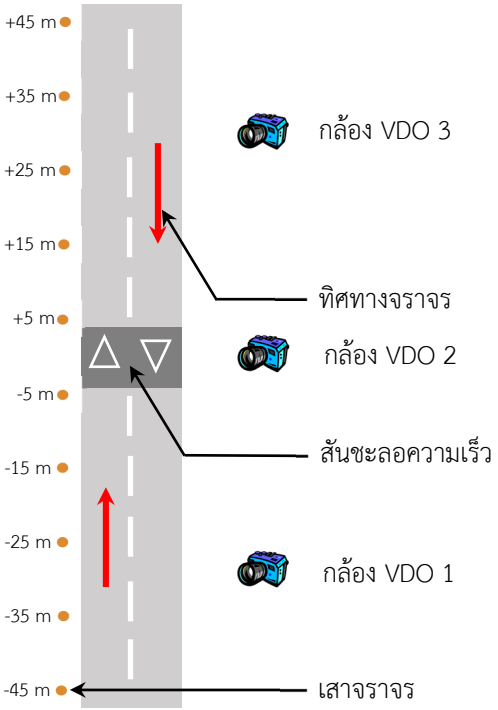
3.2. วิธีการเก็บและถอดข้อมูล

การเก็บข้อมูลพฤติกรรมการชะลอความเร็วและความเร็วของยานพาหนะเมื่อขับขี่ผ่านสันชะลอความเร็ว ใช้การบันทึกวีดีโอในสถานที่จริง โดยในพื้นที่ศึกษาได้ทำการติดตั้งเสาจราจรที่ตำแหน่งระยะทาง 45 35 25 15 และ 5 เมตร ก่อนและหลังสันชะลอความเร็ว เพื่อใช้ในการแสดงตำแหน่งและสะดวกในการถอดข้อมูลพฤติกรรมจราจรจากวีดีโอ

การบันทึกวีดีโอ ใช้กล้องวีดีโอจำนวน 3 เครื่อง โดยเครื่องแรกใช้บันทึกพฤติกรรมในช่วง 45-15 เมตร ก่อนถึงเนินชะลอความเร็ว เครื่องที่ 2 ใช้บันทึกพฤติกรรมในช่วง 15 เมตร ก่อนและหลังสันชะลอความเร็ว ส่วนเครื่องที่ 3 ใช้สำหรับบันทึกพฤติกรรมในช่วง 15 ถึง 45 เมตร หลังสันชะลอความเร็ว โดยรายละเอียดของการเตรียมพื้นที่ศึกษาและการติดตั้งวีดีโอแสดงดังรูปที่ 5

ในการคำนวณความเร็วของยานพาหนะจะพิจารณาจากระยะทางส่วนด้วยความแตกต่างของเวลา เช่น ความเร็วของยานพาหนะที่ระยะทาง 40 เมตรก่อนถึงสันชะลอความเร็วสามารถคำนวณได้จาก ระยะทางระหว่างเสาจราจรที่ 45 และ 35 เมตร ก่อนถึงสันชะลอความเร็ว (ระยะทาง 10 เมตร) หารด้วยความแตกต่างของเวลาที่บันทึกได้ ณ เสาจราจรดังกล่าว

ในกระบวนการถอดข้อมูลจะพิจารณาใช้เฉพาะข้อมูลจราจรของยานพาหนะที่ขับขี่ด้วยความเร็วอิสระเท่านั้น ไม่พิจารณาการขับขี่ที่ถูกรบกวนโดยปัจจัยภายนอก เช่น การขับตามรถคันอื่นๆ การมีคนเดินเท้าข้ามถนนตัดหน้า เป็นต้น



รูปที่ 5 ตำแหน่งติดตั้งเสาจราจรและการบันทึกวีดีโอ

3.3. ข้อมูลจราจรเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลปริมาณจราจรรายชั่วโมงที่สำรวจได้นอกช่วงเวลาเร่งด่วนในพื้นที่แต่ละแห่ง แสดงดังตารางที่ 2 โดยในการศึกษานี้จำแนกประเภทยานพาหนะออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล รถบรรทุกขนาดเล็ก (6 ล้อ) รถบรรทุกขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 10 ล้อเป็นต้นไป) และรถจักรยานยนต์ โดยตัวเลขในตารางแสดงจำนวนรถที่ขับขี่ผ่านสันชะลอความเร็วภายในเวลา 1 ชั่วโมง ที่ทำการสำรวจส่วนตัวเลขที่อยู่ในเครื่องหมายวงเล็บแสดงจำนวนรถที่วิ่งด้วยความเร็วอิสระไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกอื่นๆ และสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการขับขี่ได้ต่อไป

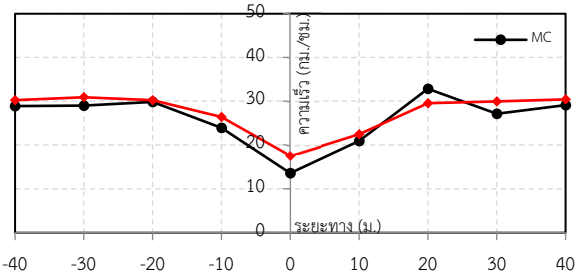
ตารางที่ 2 ปริมาณจราจรรายชั่วโมงนอกช่วงเวลาเร่งด่วนที่สำรวจได้ในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่*	รถยนต์ส่วนบุคคล	บรรทุก 6 ล้อ	บรรทุก 10 ล้อขึ้นไป	จักรยานยนต์	รวม
(1)	95(78)	-	-	68(24)	163(102)
(2)	88(60)	-	-	67(45)	155(105)
(3)	170(66)			119(39)	289(105)
(4)	70(42)	60(45)	24(15)	70(34)	224(136)
รวม	423(246)	60(45)	24(15)	324(142)	831(448)

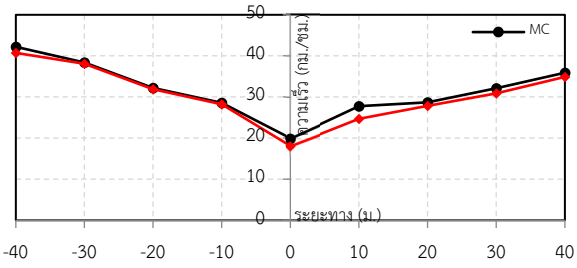
* พื้นที่ศึกษา, (1) ม.เทคโนโลยีมหานคร, (2) หมู่บ้านเคซี กรีนวิว, (3) ซอยรามอินทรา 23, และ (4) นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

4. ผลการและการวิเคราะห์ผลการศึกษา

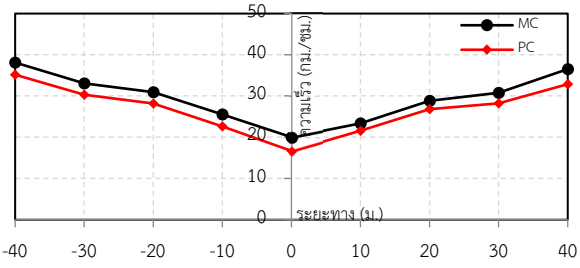
การกระจายความเร็วของยานพาหนะประเภทต่างๆ ที่ตำแหน่ง 40 เมตร ก่อนถึงจนกระทั่งผ่านสันชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 6 ความเร็วเฉลี่ย ความเร็วสูงสุด ต่ำสุด และที่ 85 เปอร์เซนต์ไทล์ แสดงดังตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะประเภทต่างๆ ที่ตำแหน่งสันชะลอความเร็วที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงดังตารางที่ 4



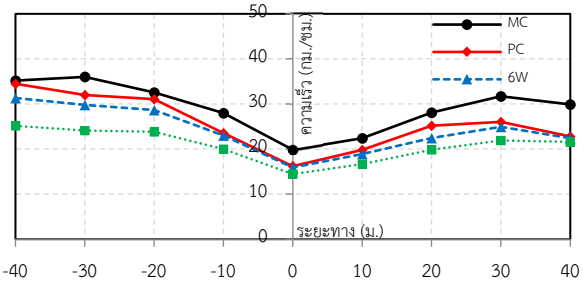
ก) ลูกระนาดกว้าง 0.35 เมตร สูง 5.0 เซนติเมตร



ข) เนินชะลอความเร็ว กว้าง 1.10 เมตร สูง 5.0 เซนติเมตร



ค) เนินชะลอความเร็ว กว้าง 2.90 เมตร สูง 11.3 เซนติเมตร



ง) เนินชะลอความเร็ว กว้าง 3.10 เมตร สูง 15.7 เซนติเมตร

รูปที่ 6 ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะเมื่อผ่านสันชะลอความเร็ว

ตารางที่ 3 ความเร็วรถประเภทต่างๆ ที่ผ่านสันชะลอความเร็ว

พื้นที่*	รถ**	ระยะจากสัน (เมตร)	ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง) ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	85 เปอร์เซ็นต์ไทล์
1	PC	-40	8.37	54.00	30.24	37.44
		0	5.12	49.09	17.54	23.64
		Δ (%)	38.86	9.09	42.01	36.86
	MC	-40	13.50	45.00	28.89	36.00
		0	7.50	30.00	13.57	19.13
		Δ (%)	44.44	33.33	53.01	46.88
2	PC	-40	20.00	60.00	40.72	49.09
		0	6.75	30.00	18.13	25.12
		Δ (%)	66.25	50.00	55.48	48.84
	MC	-40	25.12	83.08	42.19	56.84
		0	9.73	45.00	21.86	31.86
		Δ (%)	61.26	45.83	48.20	43.95
3	PC	-40	20.00	51.43	35.14	43.20
		0	11.25	25.71	16.67	20.73
		Δ (%)	43.75	50.00	52.56	52.01
	MC	-40	22.50	51.43	38.09	49.09
		0	12.00	30.00	20.01	25.71
		Δ (%)	46.67	41.67	47.46	47.62
4	PC	-40	22.50	54.00	34.47	43.10
		0	9.31	32.73	16.19	20.33
		Δ (%)	58.62	39.39	53.03	52.84
	MC	-40	20.00	55.70	35.15	45.00
		0	12.27	30.00	19.85	25.71
		Δ (%)	38.64	46.14	43.55	42.86
	6W	-40	14.21	63.53	31.31	42.30
		0	11.13	30.00	15.91	18.98
		Δ (%)	21.65	52.78	49.18	55.13
	10+W	-40	15.43	34.84	25.14	31.49
		0	9.31	18.00	14.45	16.77
		Δ (%)	39.66	48.33	42.52	46.73

* พื้นที่ศึกษา, (1) ม.เทคโนโลยีมหานคร, (2) หมู่บ้านเคซี กรีนวิว, (3) ซอยรามอินทรา 23, และ (4) นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

** PC หมายถึงรถยนต์ส่วนบุคคล, MC หมายถึงรถจักรยานยนต์, 6W หมายถึงรถ 6 ล้อ, 10+W หมายถึงรถที่มีตั้งแต่ 10 ล้อ เป็นต้นไป

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความเร็วของยานพาหนะประเภทต่างๆ ณ สันชะลอความเร็ว ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

พื้นที่	รถ	n	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	t	sig
1	MC	24	13.573	-2.883	0.006**
	PC	78	17.535		
2	MC	45	21.858	2.659	0.009**
	PC	60	18.129		
3	MC	39	20.013	4.047	0.000**
	PC	66	16.672		
4	MC	34	19.846	3.325	0.001**
	PC	43	16.194		

4.1. การใช้ความเร็วเมื่อผ่านลูกระนาด

รูปที่ 6.ก) แสดงความเร็วของรถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลเมื่อผ่านลูกระนาด พบว่าที่ระยะ 40 เมตร ก่อนถึงลูกระนาด รถจักรยานยนต์และรถยนต์มีความเร็วเฉลี่ย 28.89 กม./ชม. และ 30.24 กม./ชม. ตามลำดับ ใกล้เคียงกับการศึกษา [6] ที่พบความเร็วของรถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลที่ตำแหน่ง 40 เมตร ก่อนถึงลูกระนาดมีค่าประมาณ 30 กม./ชม.

ที่ตำแหน่งลูกระนาด รถจักรยานยนต์และรถยนต์มีความเร็วเฉลี่ย 13.57 กม./ชม. และ 17.54 กม./ชม. ตามลำดับ ลดลงจากช่วงก่อนถึงลูกระนาด ร้อยละ 42.01 และ 53.01 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมาโดย [12] ซึ่งได้ค่าความเร็วของจักรยานยนต์ที่ลูกระนาด เท่ากับ 12-16 กม./ชม. พบว่าค่าความเร็วที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบกับผลการศึกษาโดย [6] พบว่าความเร็วที่ตำแหน่งลูกระนาดมีค่าสูงกว่าผลการศึกษานี้ครั้งเล็กน้อย โดยพบว่าความเร็วของจักรยานยนต์เท่ากับ 16-18 กม./ชม. ในขณะที่รถยนต์ส่วนบุคคลมีความเร็ว 19 กม./ชม. และพบว่าต่างจากที่ระบุไว้ตาม มยผ.2301-56 [9] ที่ระบุว่าความของยานพาหนะ ณ ตำแหน่งลูกระนาดอยู่ที่ประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือน้อยกว่า

ข้อสังเกตที่น่าสนใจ 2 ประการ ของการใช้ลูกระนาดในพื้นที่นี้ คือ ประการแรก ระยะทางที่ได้รับผลจากลูกระนาด ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากระยะทางที่รถมีการปรับลดความเร็วลงจากความเร็วอิสระ มีระยะทางประมาณ 20 เมตร ก่อนและหลังลูกระนาด อย่างไรก็ตามจะสามารถสังเกตได้ว่าความเร็วอิสระของรถในพื้นที่นี้มีค่าค่อนข้างน้อยกว่าพื้นที่อื่นๆ ที่ทำการศึกษา คือมีค่าอยู่ที่ประมาณ 30 กม./ชม. ประการที่สอง คือ ที่ตำแหน่งลูกระนาด รถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่ารถยนต์ส่วนบุคคลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งแตกต่างจากการใช้เนินชะลอความเร็ว ที่รถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วสูงกว่ารถยนต์ส่วนบุคคล ดังจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

4.2. การใช้ความเร็วเมื่อผ่านเนินชะลอความเร็ว

รูปที่ 6.ข)-6.ง) แสดงความเร็วของรถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลเมื่อผ่านเนินชะลอความเร็ว พบว่าที่ระยะ 40 เมตร ก่อนถึงเนินชะลอความเร็วจักรยานยนต์และรถยนต์มีความเร็วเฉลี่ย 35.15-42.19 กม./ชม. และ 34.47-40.72 กม./ชม. ตามลำดับ ใกล้เคียงกับผลการศึกษาโดย [6] ที่พบความเร็วของรถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลที่ตำแหน่ง 40 เมตร ก่อนถึงเนินชะลอความเร็วมีค่าประมาณ 27-40 กม./ชม. และ 30-42 กม./ชม. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากเนินชะลอความเร็วจากระยะทางที่รถมีการปรับลดความเร็วลงจากความเร็วอิสระพบว่า

เนินชะลอความเร็วทั้ง 3 แห่ง มีระยะทางที่ได้รับอิทธิพลมากกว่าการใช้ลูกระนาดและอาจมากกว่า 40 เมตร ซึ่งเป็นขอบเขตของการศึกษานี้

ที่ตำแหน่งเนินชะลอความเร็ว พบว่ารถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วสูงกว่ารถยนต์ส่วนบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4 โดยรถจักรยานยนต์ใช้ความเร็วเฉลี่ย 19.85-21.86 กม./ชม. รถยนต์ใช้ความเร็วเฉลี่ย 16.19-18.13 กม./ชม. และสามารถสังเกตได้ว่าเนินชะลอความเร็วทำให้รถยนต์ส่วนบุคคลชะลอความเร็วในอัตราที่สูงกว่ารถจักรยานยนต์ โดยเมื่อเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร็วจากช่วงก่อนถึงเนินกับที่ตำแหน่งเนินชะลอความเร็วพบว่าการลดความเร็วของรถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 43.55-48.20 และ 52.56-55.48 ตามลำดับ

นอกจากรถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลแล้วการศึกษานี้ยังพบรถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุกที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ล้อขึ้นไปในพื้นที่ศึกษานิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง โดยผลการศึกษาพบว่าที่ระยะ 40 เมตร ก่อนถึงเนินชะลอความเร็ว รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุกที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ล้อขึ้นไป มีการใช้ความเร็วเท่ากับ 31.31 และ 25.14 กม./ชม. ตามลำดับ ส่วนที่ตำแหน่งเนินชะลอความเร็วรถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุกที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ล้อขึ้นไป มีการใช้ความเร็วเท่ากับ 15.91 และ 14.45 กม./ชม. คิดเป็นความเร็วที่ลดลงร้อยละ 49.18 และ 42.52 ตามลำดับ โดยความเร็วที่ของรถบรรทุกสำรวจพบมีค่าต่ำกว่ารถจักรยานยนต์และรถยนต์ส่วนบุคคลที่สำรวจได้ในพื้นที่เดียวกันทั้งในบริเวณก่อนถึงและที่เนินชะลอความเร็ว

4.3. การใช้ความเร็วของรถจักรยานยนต์ที่ขับขี่คนเดียวกับมีผู้ซ้อนท้าย

เนื่องจากราคาที่ไม่สูงมากนักและความคล่องตัวในการเดินทางทำให้มีการใช้งานรถจักรยานยนต์อย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยสามารถพบเห็นการใช้จักรยานยนต์ได้ทั้งแบบมีผู้โดยสารเพียงคนเดียวและมีผู้ซ้อนท้าย โดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีการให้บริการรถจักรยานยนต์รับจ้างทั้งในรูปแบบของการขนส่งผู้โดยสารและขนส่งสินค้าต่างๆ ดังนั้นส่วนนี้จึงทำการเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยของจักรยานยนต์ที่ขับขี่คนเดียวและกรณีที่มีผู้ซ้อนท้าย เมื่อขับขี่ผ่านสันชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ โดยทำการทดสอบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5

จากตารางที่ 5 พบว่าเมื่อใช้ลูกระนาดเป็นอุปกรณ์สยบการจราจร รถจักรยานยนต์ที่ขับขี่คนเดียวมีการใช้ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 14.39 กม./ชม. ในขณะที่รถจักรยานยนต์ที่มีผู้ซ้อนท้ายมีความเร็วเฉลี่ย 10.48 กม./ชม. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนการใช้เนินชะลอความเร็วทั้ง 3 แห่ง พบว่ารถจักรยานยนต์ที่ขับขี่คนเดียวมีการใช้ความเร็วเฉลี่ยระหว่าง 19.79-22.88 กม./ชม. ในขณะที่รถจักรยานยนต์ที่มีผู้ซ้อนท้ายมีความเร็วเฉลี่ย 18.32-20.06 กม./ชม. ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากผลสรุปเบื้องต้นนี้เห็นได้ว่าการใช้ลูกระนาดสามารถลดความเร็วของรถจักรยานยนต์ได้มากกว่าการใช้เนินชะลอความเร็ว อีกทั้งการใช้ลูกระนาดจะยิ่งมีผลในการลดความเร็วหากรถที่สัญจรผ่านเป็นจักรยานยนต์ที่มีผู้ซ้อนท้าย ดังนั้นจึงสามารถใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการประยุกต์ใช้เพื่อสยบการจราจรให้เหมาะสมกับพื้นที่แต่ละแห่งได้ต่อไป

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความเร็วจักรยานยนต์ที่ขับขี่คนเดียวกับมีผู้ซ้อนท้าย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

พื้นที่	รถ*	n	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	t	sig
1	MC1	19	14.39	2.320	0.033**
	MC2+	5	10.48		
2	MC1	33	22.88	2.004	0.052
	MC2+	12	19.04		
3	MC1	29	20.48	1.508	0.146
	MC2+	11	18.32		
4	MC1	27	19.79	-0.106	0.918
	MC2+	7	20.06		

MC1 หมายถึง รถจักรยานยนต์ที่ขับขี่คนเดียว, MC2+ หมายถึง รถจักรยานยนต์ที่มีผู้ซ้อนท้าย

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการศึกษา

บทความนี้ทำการศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้ความเร็วในช่วงก่อนและหลังสันชะลอความเร็วของยานพาหนะประเภทต่างๆ โดยประกอบด้วยพื้นที่ศึกษา 4 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

การใช้ลูกระนาดขนาดกว้าง 0.35 เมตร สูง 5.0 เซนติเมตร สยบการจราจร สามารถควบคุมให้รถจักรยานยนต์และรถยนต์มีความเร็วเฉลี่ย 13.57 กม./ชม. และ 17.54 กม./ชม. ลดลงจากช่วงก่อนถึงลูกระนาด ร้อยละ 42.01 และ 53.01 ตามลำดับ โดยระยะทางที่ได้รับอิทธิพลจากลูกระนาดทำให้เริ่มเกิดการชะลอความเร็ว มีระยะทางประมาณ 20 เมตร ก่อนและหลังลูกระนาด

ที่ตำแหน่งลูกระนาด รถจักรยานยนต์มีการใช้ความเร็วเฉลี่ยต่ำกว่ารถยนต์ส่วนบุคคลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้พบว่าที่ตำแหน่งลูกระนาดรถจักรยานยนต์ที่ขับขี่คนเดียวมีการใช้ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 14.39 กม./ชม. ในขณะที่รถจักรยานยนต์ที่มีผู้ซ้อนท้ายมีความเร็วเฉลี่ย 10.48 กม./ชม. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การใช้เนินชะลอความเร็วที่มีขนาดความกว้างตั้งแต่ 1.10-3.10 เมตร สูง 5.0-15.1 เซนติเมตร เพื่อสยบการจราจร สามารถควบคุมให้ รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็วเฉลี่ย 19.85-21.86 กม./ชม. สูงกว่าความเร็วรถยนต์ซึ่งใช้ความเร็วเฉลี่ย 16.19-18.13 กม./ชม.

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ดับความเชื่อมั่น 95%

ความเร็วเฉลี่ยของรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ และขนาดใหญ่กว่า 10 ล้อ เมื่อผ่านเนินชะลอความเร็วขนาดกว้าง 3.1 เมตร สูง 15.7 เซนติเมตร เท่ากับ 15.91 และ 14.45 กม./ชม. คิดเป็นความเร็วที่ลดลงจากช่วงก่อนถึงเนินร้อยละ 49.18 และ 42.52 ตามลำดับ

นอกจากความเร็วเฉลี่ยที่บริเวณก่อนถึงสันชะลอความเร็ว และที่ตำแหน่งสันชะลอความเร็วแล้ว การศึกษานี้ยังได้ให้ค่าความเร็วสูงสุด ต่ำสุด และที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์ รวมทั้งมีการแสดงภาพการกระจายความเร็วของยานพาหนะประเภทต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการศึกษาเพื่อการสยบการจราจรต่อไป

5.2. ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้เกิดข้อมูลและความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้สันชะลอความเร็วเพื่อสยบการจราจรมากยิ่งขึ้น ข้อแนะนำสำหรับการศึกษาต่อไปในอนาคต คือ ควรมีการศึกษาให้ครอบคลุมขนาดของสันจราจรต่างๆ ให้มากยิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสันและความเร็วเฉลี่ยที่ใช้งาน ครอบคลุมพื้นที่ต่างๆ ให้มากขึ้น ทั้งในแง่ของความชัน ความกว้างของถนน จำนวนช่องจราจร พื้นผิวถนนแบบต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ควรมีการพิจารณาสภาพการใช้งานในกรณีที่ทัศนวิสัยไม่ปกติ เช่น ในที่มืดหรือสภาวะถนนเปียก เพื่อให้สามารถสะท้อนพฤติกรรมต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น อันจะส่งผลให้สามารถใช้สันชะลอความเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Lockwood I.M. (1997). ITE traffic calming definition. *ITE Journal (Institute of Transportation Engineers)*, *67*(7), 22–24.

[2] Gulden J., De La Garza J. (2016). Traffic calming. In *Traffic Engineering Handbook,* 501–540.

[3] Bachok K.S.R., Hamsa A.A.K., Mohamed M.Z., Ibrahim M. (2017). A theoretical overview of road hump effects on traffic noise in improving residential well-being, *Transportation Research Procedia*, **25**, 3383-3397.

[4] Mustafa N.A., Hamsa K., Azeez A. (2018). A review of literature on the effects of road hump on traffic speed and traffic noise in institutional area. *Proceedings of 13th Malaysian Universities Transport Research Forum Conference*, October 3-4, Universiti Malaya, Malaysia.

[5] Jateikiene, L., Andriejauskas, T., Lingyte, I., Jasiniene, V. (2016). Impact assessment of speed calming measures on road safety. *Transportation Research Procedia*, **14**, 4228–4236.

[6] Satiennam, W., Satiennam, T., Urapa, P., Phacharoen, T. (2014). Effects of speed bumps and humps on motorcycle speed profiles. *Advanced Materials Research*, **931–932**, 536–540.

[7] Bachok K. S. R., Hamsa, A. A. K., Mohamed, M. Z., Ibrahim, M. (2016). A theoretical overview of road hump effects on traffic speed in residential environments. *Planning Malaysia*, **4**(Special Issue 4), 343–352.

[8] Gedik A., Bilgin E., Lav A.H., Artan R. (2019) An investigation into the effect of parabolic speed hump profiles on ride comfort and driving safety under variable vehicle speeds: A campus experience. *Sustainable Cities and Society*. **45**, 413-421.

[9] มยผ. 2301 - 56 (2562). *มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว*. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย

[10] ชุลกีฟลี มามะ (2551). *การประเมินประสิทธิผลของเนินราบชะลอความเร็วในเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[11] Phacharoen T., Steinem T., Steinem W. (2012). The Study of Passenger Car Speed when Passing the Speed Bump and Speed Hump. *Proceedings of 5th ATRANS symposium student chapter session*, August 24-25, Bangkok, Thailand.

[12] พรศิริ อุระภา, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์, สหลาภ หอมวุฒิวงศ์, วิชุดา เสถียรนาม (2014). ประสิทธิภาพในการควบคุมความเร็วของรถจักรยานยนต์ด้วยเนินชะลอความเร็ว. *KKU ENGINEERING JOURNAL*, **41**(3), 313-320.