

ผลกระทบของแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ ต่อการตื่นรู้ของผู้ขับขี่ สำหรับประยุกต์ใช้บริเวณจุดตัดทางรถไฟ

THE EFFECT OF DIFFERENT RUMBLE STRIP CONFIGURATIONS ON DRIVER AWARENESS FOR APPLICATION AT RAILWAY CROSSINGS

อาทิตยา นิมอนงค์¹ และ พรณรงค์ เลื่อนเพชร²

¹อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ตะวันออก วิทยาเขตอุเทนถวาย, 225 ถ.พญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กทม. 10330,
atittaya_ni@rmutto.ac.th

²อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร,
1381 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800, pornnarong.l@rmutp.ac.th

Atittaya Nimanong¹ and Pornnarong Lueanpech²

¹Lecturer, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology
Tawan-ok, Uthenthawai Campus, 225 Phayathai Rd., Pathumwan, Bangkok, 10330, Thailand,
atittaya_ni@rmutto.ac.th

²Lecturer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,
1381 Pracharat 1 Rd., Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand,
pornnarong.l@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความดังของเสียงและความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารของยานพาหนะจากการเคลื่อนที่ผ่านแถบเส้นชะลอความเร็วที่ออกแบบ โดยเลือกใช้รถจักรยานยนต์ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถกระบะและรถบรรทุก เป็นยานพาหนะทดสอบ สำหรับการประเมินผลกระทบที่มีต่อการตื่นรู้ของผู้ขับขี่จะพิจารณาจากความต่างระดับเสียงและความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารก่อนและหลังเคลื่อนที่ผ่านแถบเส้นชะลอความเร็ว ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าระดับความดังของเสียงภายในห้องโดยสารขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านแถบชะลอความเร็วจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วของรถ ในทางกลับกันความสั่นสะเทือนของยานพาหนะภายในห้องโดยสารขณะเคลื่อนที่ผ่านแถบชะลอความเร็วนั้นจะลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น สำหรับรูปแบบแถบเส้นชะลอความเร็วที่เหมาะสม ผลการศึกษาสรุปลงได้ว่า รูปแบบแถบเส้นชะลอความเร็วที่เหมาะสมแตกต่างกันออกไปตามยานพาหนะทดสอบแต่ละประเภทและแต่ละช่วงความเร็ว โดย

ผลจากการพิจารณาความเร็ว 85 เปอร์เซ็นต์ที่โวลต์ที่ระยะ 350 เมตรก่อนเข้าสู่บริเวณจุดตัดทางรถไฟ พบว่า รูปแบบของแถบเส้นชะลอความเร็วที่เหมาะสมสำหรับรถจักรยานยนต์ รูปแบบที่มีขนาด กว้าง 10 ซม.หนา 0.3 ซม. ระยะห่างระหว่างแถบ 25 ซม. รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รูปแบบที่มีขนาด กว้าง 10 ซม.หนา 0.6 ซม. ระยะห่างระหว่างแถบ 25 ซม. รถกระบะ รูปแบบที่มีขนาด กว้าง 10 ซม.หนา 0.6 ซม. ระยะห่างระหว่างแถบ 50 ซม. และ รถบรรทุก รูปแบบที่มีขนาด กว้าง 20 ซม.หนา 0.6 ซม. ระยะห่างระหว่างแถบ 50 ซม. ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่จะได้จากการศึกษานี้ช่วยเพิ่มความก้าวหน้าของความรู้ เพื่อปรับปรุงข้อกำหนดการออกแบบ เพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยในการข้ามทางรถไฟ ลดความน่าจะเป็นในการเกิดอุบัติเหตุ และเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของระบบรถไฟ

คำสำคัญ: แถบเส้นชะลอความเร็ว, ระดับเสียง, ความสั่นสะเทือน, รูปแบบที่เหมาะสม

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the noise and vibration level in the vehicle cockpit, while moving through the designed rumble strip. The motorcycle, passenger car, pick-up truck and heavy truck are selected as test vehicles. In order to assess the impact of driver awareness, it is considered the difference in noise and vibrations level within the cockpit while moving through the rumble strip. The results concluded that the noise level inside a cockpit, while the vehicle is moving through a rumble strip, increases according to the speed of the vehicle. On the other hand, the vibration level inside a cockpit tends to decrease, corresponding to the movement velocity. Taking into account the appropriate design for the rumble strip, each vehicle type is inconsistent. We found that the most appropriate rumble strip design for motorcycles is 10 cm wide and 0.3 cm thick, with 25 cm spacing between the stripes. Passenger cars are also 10 cm wide but 0.6 cm thick, and the spacing between the stripes remains 25 cm. The appropriate rumble strip design for pick-up trucks is the same as for passenger cars, but the spacing between the stripes is 50 cm. In the case of heavy trucks, the design is higher than others, with a width of 20 cm, a thickness of 0.6 cm, and a spacing of 50 cm between the stripes. The outcome enhances the advancement of knowledge in order to improve design requirements for ensuring safety at railway crossings, mitigating the likelihood of accidents, and optimizing the efficiency of the railway system.

KEYWORDS: Rumble Strip, Noise Level, Vibration Level, Appropriate Design

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงข่ายทางรถไฟในประเทศไทยมีระยะทางรวม 4,043 กิโลเมตร ประกอบด้วย เส้นทางสายหลักหรือสายประธาน 5 เส้นทาง กระจายไปตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศครอบคลุมพื้นที่บริการ 47 จังหวัด โดยส่วนใหญ่ประเภทของทางรถไฟมีลักษณะเป็นรถไฟทางเดี่ยว ระยะทาง 3,763 กิโลเมตร รถไฟฟ้าทางคู่ระยะทาง 173 กิโลเมตร และรถไฟทางสาม ระยะทาง 107 กิโลเมตร เนื่องจากทางรถไฟทางคู่และทางสาม มีระยะทางค่อนข้างน้อย ทำให้เกิดความล่าช้าโดยเฉพาะในช่วงที่มีการรอสับหลัก อีกทั้งโครงข่ายทางรถไฟส่วนใหญ่มีสภาพทรุดโทรมตามอายุการใช้งาน ขาดการซ่อมบำรุง นอกจากนี้ เส้นทางรถไฟบางส่วนยังพาดผ่านชุมชนและที่อยู่อาศัย ก่อให้เกิดจุดตัดระหว่างถนนกับทางรถไฟทั่วประเทศ จำนวน 2,460 จุด โดยที่ทางผ่านระดับถนนที่รถไฟจะต้องหยุดหรือชะลอความเร็ว ซึ่งเป็นจุดที่เกิดอุบัติเหตุได้บ่อยครั้ง มีจำนวนมากถึง 2,200 จุด [1]

ในแต่ละปีมีอุบัติเหตุขบวนรถไฟชนยานพาหนะบริเวณจุดตัดระหว่างทางถนนและทางรถไฟจำนวนมาก อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนอกจากส่งผลกระทบต่อโดยตรงให้เกิดความสูญเสียชีวิตและ มีผู้บาดเจ็บรวมถึงทรัพย์สินเสียหาย ยังส่งผลกระทบต่อการให้บริการเดินรถไฟที่ต้องเสียเวลาในการบริหารจัดการเหตุการณ์จากอุบัติเหตุดังกล่าวด้วย จากสถิติที่ผ่านมาระหว่างปี พ.ศ. 2558-2564 พบว่า มีอุบัติเหตุขบวนรถไฟชนกับยานพาหนะเกิดขึ้น จำนวน 437 ครั้ง มีผู้เสียชีวิต 163 รายและผู้บาดเจ็บ 401 ราย [2] โดยอุบัติเหตุส่วนมากเกิดขึ้นบริเวณจุดตัดที่มีลักษณะเป็นทางลักผ่านมากถึงร้อยละ 44 ซึ่งไม่มีเครื่องกั้น และ อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย รวมถึงไม่ใช้ทางข้ามที่ถูกกฎหมาย นอกจากนี้ ยังพบว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ไม่สามารถดำเนินการปิดกั้นหรือติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันได้ เนื่องจากมีการต่อต้านจากประชาชนที่อยู่ในชุมชนใกล้เคียงบริเวณทางลักผ่านนั้น

ผลจากการสำรวจจุดตัดทางถนนและทางรถไฟทั่วประเทศ เมื่อปี พ.ศ. 2564 พบว่า มีจุดตัดทางถนนและทางรถไฟทั่วประเทศ 2,975 จุด แบ่งเป็น จุดตัดต่างระดับ (สะพานข้ามทางรถไฟ ทางลอดใต้ทางรถไฟ) จำนวน 621 แห่ง จุดตัดระดับเดียวกัน (จุดตัดทางถนนและทางรถไฟ) จำนวน 2,136 แห่ง ประกอบด้วย จุดตัดที่มีเครื่องกั้น 1,358 จุด (ใช้คนกั้น 413 แห่ง และเครื่องกั้นอัตโนมัติ 945 แห่ง) และจุดตัดประเภทป้ายจราจร 152 จุด โดยการสำรวจพบจุดตัดที่มีลักษณะเป็นทางลักผ่าน (จุดข้ามทางรถไฟที่สร้างขึ้นในเขตทางรถไฟโดยไม่ได้รับอนุญาต) จำนวน 626 แห่ง

กรมการขนส่งทางราง (ขร.) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่กำกับดูแลงานด้านระบบขนส่งทางรางของประเทศ ได้ดำเนินการโครงการศึกษาเพื่อลดอุบัติเหตุจุดตัดทางถนนและทางรถไฟ ร่วมกับ กองทุนเพื่อความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนน (กปถ.) พบว่า สาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุ ประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพของจุดตัดไม่เหมาะสม ไม่มีอุปกรณ์เครื่องกั้น หรือ มีสิ่งบดบังทัศนวิสัย การก่อสร้างจุดตัดทางลักผ่านโดยไม่ได้รับอนุญาต และ วินัยการขับขี่ [3] โดยได้จัดทำแผนแม่บทการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดเพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขให้หน่วยงาน

ที่รับผิดชอบปรับปรุงจุดตัดทางถนนและทางรถไฟให้มีมาตรฐานและเหมาะสมกับพื้นที่การจราจรแต่ละพื้นที่

การศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แถบเส้นชะลอความเร็วในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การประเมินประสิทธิผลจากการประยุกต์ใช้งาน Vadeby and Anund [4] ตรวจสอบประสิทธิภาพความปลอดภัยและความคิดเห็นของผู้ขับขี่ ผลการศึกษาบ่งชี้ว่า การติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็วช่วยให้การบาดเจ็บสาหัสทุกประเภทลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ผู้ขับขี่ส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการประยุกต์ใช้แถบเส้นชะลอความเร็ว โดยเฉพาะผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hossain et al [5] ซึ่งใช้การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาแบบ Intervention ในการประเมินความปลอดภัยของแถบเส้นชะลอความเร็ว โดยสามารถสรุปได้ว่าการติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็ว สามารถลดการสถิติการชนของยานพาหนะในพื้นที่โดยรวมลงได้ สำหรับการประยุกต์ใช้แถบเส้นชะลอความเร็วในประเทศไทย Satthayamalee [6] ซึ่งได้ทำการศึกษาเพื่อกำหนดมาตรฐานในการใช้งานแถบชะลอความเร็ว โดยทดสอบแถบชะลอความเร็ว 3 รูปแบบ ประกอบด้วยแบบ Mille in แบบ Transverse Raised และ แบบ Thermoplastic Profiled Marking ผลการศึกษาพบว่า ระดับเสียงภายในห้องโดยสารมีความแตกต่างกับกรณีไม่ขับผ่านแถบชะลอความเร็วมากกว่า 2 dB(A) ซึ่งผู้ขับขี่สามารถรู้สึกถึงความแตกต่างได้

การออกแบบแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ มีผลต่อการระดับเสียง การสั่นสะเทือน และการรับรู้ของผู้ขับขี่ หลายการศึกษาได้มีการพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยในด้านต่าง ๆ ทั้งทางด้านการออกแบบรูปแบบของแถบเส้นชะลอความเร็ว และ สภาพของยานพาหนะ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Walton and Meyer [7] ศึกษาเกี่ยวกับระดับเสียงและการสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารจากรถทดสอบ 3 ประเภท ได้แก่ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถบรรทุกขนาดเล็กและรถบรรทุกขนาดใหญ่ พบว่า รถยนต์นั่งส่วนบุคคลมีระดับเสียงภายในห้องโดยสารเพิ่มขึ้น 10 dB(A) จากระดับเสียงปกติ (Ambient Condition) สำหรับรถบรรทุกขนาดใหญ่มีระดับเสียงภายในห้องโดยสารเพิ่มขึ้น 4 dB(A) ถ้ามีการเพิ่มความหนาของแถบชะลอความเร็ว ระดับเสียงก็จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยระยะห่างระหว่างแถบชะลอความเร็วที่เหมาะสมควรมีระยะห่าง 24 นิ้ว รูปแบบของเส้นชะลอความเร็วที่มีผลต่อพฤติกรรมของผู้ขับขี่ การศึกษาของ Montella et al [8] ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้ความเร็วของผู้ขับขี่และการตื่นรู้ที่เกิดจากรูปแบบการควบคุมความเร็วที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ได้แก่ การทำเครื่องหมายพื้นมังกร (การทำให้เกิดมุมมองว่าถนนแคบลง) การลงสีบริเวณทางแยก (หลักการการสร้างจุดสังเกต) และ การยกเกาะกลางขึ้น (การลดขนาดถนนทางกายภาพ) โดยพฤติกรรมการใช้ความเร็วลดลงอย่างเห็นได้ชัดที่ระยะทาง 250 ม. ก่อนถึงจุดตัดทางแยก

ภาพรวมของการประยุกต์ใช้ในระดับประเทศ การศึกษาของ Karkle et al [9] ศึกษาการประยุกต์ใช้แถบเส้นชะลอความเร็วในสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาพบว่า การประยุกต์ใช้แถบ

เส้นชะลอความเร็วสามารถลดโอกาสการเสียหลักของยานพาหนะหลุดออกจากถนนเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ถนนในพื้นที่ นอกจากนี้ยังสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบที่เหมาะสมของแถบเส้นชะลอความเร็ว มีขนาดอยู่ที่ ความยาว 16 นิ้ว ความกว้าง 7 นิ้ว ความหนา 0.5 นิ้ว โดยมีระยะห่าง 12 นิ้ว ต่อเนื่อง ซึ่งสามารถก่อให้เกิดระดับเสียงที่เหมาะสมสำหรับแจ้งเตือนผู้ขับขี่ ทั้งนี้ การติดตั้งบนผิวทางแอสฟัลต์นั้นให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยไม่เหมาะสำหรับการติดตั้งบนทางหลวงที่มีขนาดช่องจราจรแคบหรือไม่มีไหล่ทาง

อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แถบเส้นชะลอความเร็วซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของแถบเส้นชะลอความเร็วที่สามารถการแปลงพลังงานจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะไปเป็นเสียงที่สามารถกระตุ้นการรับรู้ของผู้ขับขี่ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงการตอบสนองทั้งต่อเสียงและการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในห้องโดยสาร การศึกษาของ Miles et al [10] ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของแถบเส้นชะลอความเร็ว พบว่าปัจจัยมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงเสียงประกอบด้วย ความกว้าง ความยาว และ ขนาดช่องว่างของแถบเส้นชะลอความเร็ว โดยระดับเสียงจะเพิ่มขึ้นเมื่อความกว้างและความยาวของแถบเพิ่มขึ้น รวมถึงเสียงจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาของแถบเส้นชะลอความเร็วเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ยังพบว่าการใช้แถบชะลอความเร็วแบบชุดผิวทาง และการสร้างปุ่มโพรไฟล์รูปร่างต่างๆ สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเสียงที่เพียงพอสำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะ โดยที่แถบชะลอความเร็วแบบชุดผิวทางเป็นเพียงรูปแบบเดียวที่สามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเสียงที่เพียงพอสำหรับรถบรรทุก ทั้งนี้ ความขรุขระของผิวทาง และความเร็วของยานพาหนะที่เพิ่มขึ้น ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณเสียงรบกวนในสภาพแวดล้อม

สำหรับการตอบสนองของมนุษย์ต่อแหล่งกำเนิดเสียงที่ระดับต่าง ๆ จะเริ่มมีความรู้สึกและรับรู้ถึงแรงสั่นสะเทือน (Vibration Decibels) เมื่อมีความสั่นสะเทือนอยู่ที่ 65 VdB โดยที่ระดับการสั่นสะเทือนในช่วงระหว่าง 70-75 VdB จะเป็นระดับการสั่นสะเทือนที่อยู่ในเกณฑ์ที่มนุษย์ยอมรับได้ไม่ก่อความเดือดร้อนรำคาญ สำหรับระดับการสั่นสะเทือนที่จะเริ่มส่งผลต่อการตื่นรู้ของมนุษย์อยู่ในช่วงระหว่าง 80-85 VdB [11] การศึกษาของ Houix et al [12] ซึ่งศึกษาอิทธิพลการรับรู้ของมนุษย์โดยการวัดเวลาการตอบสนองเมื่อขับขี่ยานพาหนะผ่านแถบเส้นชะลอความเร็วผ่านอุปกรณ์ Driving Simulator ผลการศึกษาพบว่า การสั่นสะเทือนบริเวณพวงมาลัยไม่มีอิทธิพลต่อเวลาการตอบสนองของผู้ขับขี่ โดยที่เวลาการตอบสนองของผู้ขับขี่จะลดลงเมื่อเวลาที่ยานพาหนะไต่อยู่บนแถบเส้นชะลอความเร็วลดลง กรณีการตอบสนองต่อระดับเสียง การศึกษาของ Pimentel et al [13] โดยการเปรียบเทียบความดังของเสียงที่เกิดจากยานพาหนะระหว่างถนนที่มีการติดตั้งและไม่มีติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็วในพื้นที่ทดสอบ ผลการเปรียบเทียบพบว่าระดับเสียงที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็ว อยู่ระหว่าง 6 -7 dB(A) อย่างไรก็ตาม การใช้แถบชะลอความเร็วยังก่อให้เกิดเสียงรบกวนที่เพิ่มขึ้นในสภาพแวดล้อมอีกเช่นกัน การศึกษาของ Kasess et al [14] ระบุว่าเสียงรบกวนภายในและภายนอกห้องโดยสารมีความสัมพันธ์กัน

ค่อนข้างสูง ระดับเสียงที่ดังเป็นตัวชี้วัดที่ดีที่สุดของสถานการณ์อันตราย สำหรับรูปแบบของแถบเส้นชะลอความเร็วที่เหมาะสมสรุปได้ว่า ช่องว่างระหว่างแถบเส้นชะลอความเร็วที่ไม่สม่ำเสมอส่งผลให้ระดับเสียงลดลง ในขณะที่แถบเส้นชะลอความเร็วทั่วไปส่งผลกระทบต่อทางเสียงที่เพียงพอ โดยเฉพาะในรถยนต์โดยสารส่วนบุคคล แต่จะมีการตอบสนองด้วยเสียงและการสั่นสะเทือนที่ต่ำกว่าในรถบรรทุก

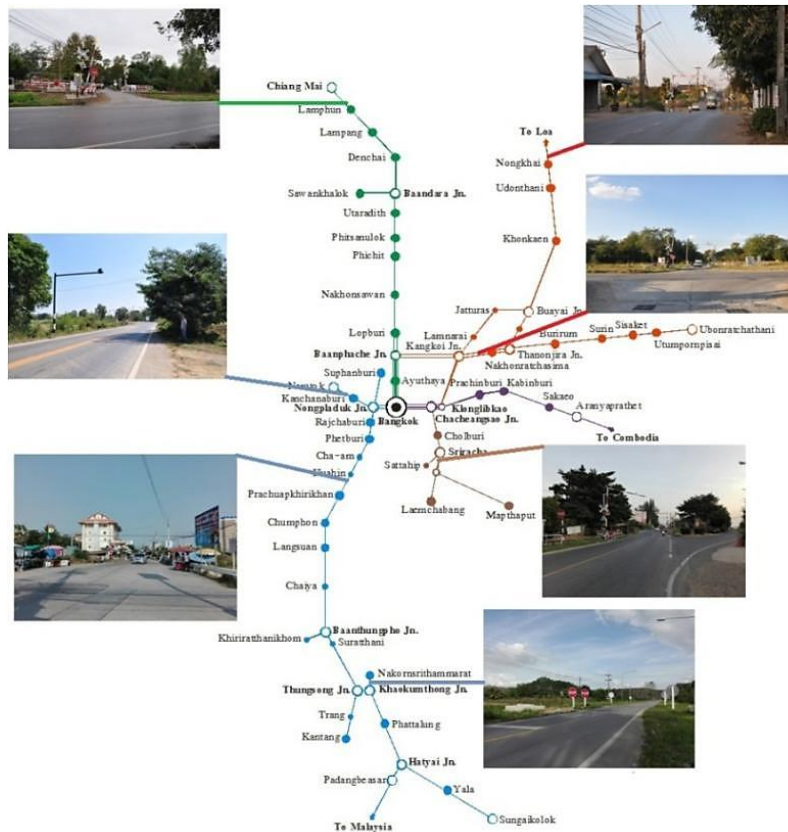
เมื่อพิจารณาผลการศึกษาทบทวนสามารถสรุปได้ว่าระดับเสียงและการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการขับผ่านแถบเส้นชะลอความเร็วสามารถแจ้งเตือนและสร้างการตื่นรู้ให้แก่ผู้ขับขี่ยานพาหนะได้ แต่ผลการศึกษาทบทวนส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาเฉพาะการติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็วบนช่วงถนนและในตำแหน่งที่ต้องการแจ้งเตือนผู้ขับขี่ การเกิดอุบัติเหตุบริเวณจุดตัดทางรถไฟในประเทศไทยยังเกิดขึ้นอยู่เสมอ ยังความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ความไม่คุ้นเคยเส้นทางของผู้ใช้ถนนไม่ทราบว่ามีจุดตัดทางรถไฟ อีกทั้งลักษณะทางกายภาพของจุดตัดทางรถไฟที่ไม่เหมาะสม มุมมองที่ไม่ชัดเจน ล้วนเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้ทั้งสิ้น การจัดทำแถบเส้นชะลอความเร็วที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุได้

การศึกษานี้จึงมีแนวคิดในการประเมินเปรียบเทียบผลกระทบของแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ ที่มีต่อการตื่นรู้ของผู้ขับขี่ สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแจ้งเตือนผู้ขับขี่เมื่อเข้าสู่บริเวณจุดตัดทางรถไฟ โดยคัดเลือกจุดตัดทางรถไฟในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยมาเป็นพื้นที่ศึกษา และทำการประเมินผลกระทบของแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ ในพื้นที่ทดสอบ ผลการศึกษาสามารถพัฒนาองค์ความรู้ไปสู่การปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบเพื่อบริหารจัดการความปลอดภัยบริเวณจุดตัดทางรถไฟ ลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ และเพิ่มประสิทธิภาพการเดินทางด้วยระบบรถไฟ

2. วิธีการศึกษา

2.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้พิจารณาเลือกพื้นที่บริเวณจุดตัดทางรถไฟ จำนวน 7 จุด ครอบคลุมทั้ง 4 ภูมิภาคของประเทศไทยเป็นพื้นที่ศึกษา โดยการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาพิจารณาจากข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบริเวณจุดตัดทางรถไฟระหว่างปี พ.ศ. 2556-2565 ที่ได้รับการบันทึกภายในฐานข้อมูลของการรถไฟแห่งประเทศไทย จุดตัดทางรถไฟที่ใช้เป็นพื้นที่ศึกษา แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งจุดตัดทางรถไฟพื้นที่ศึกษา

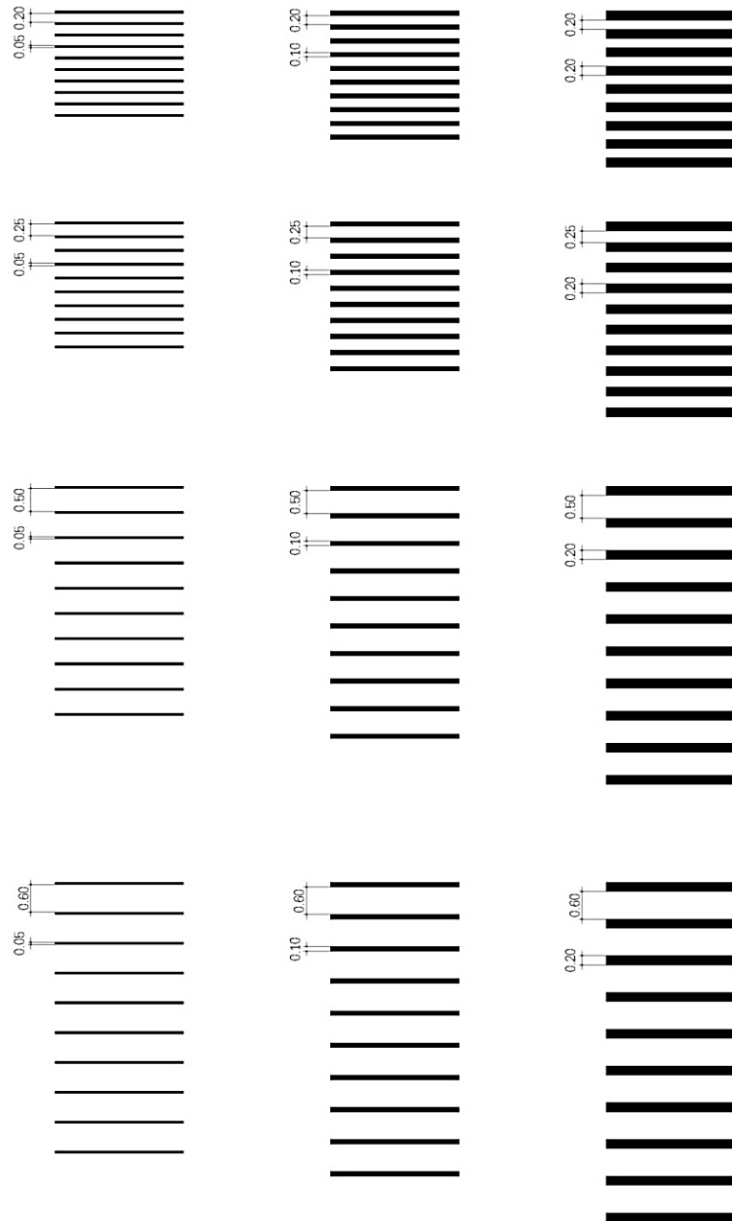
2.2 รูปแบบแถบเส้นชะลอความเร็ว

การศึกษานี้ดำเนินการพิจารณากำหนดรูปแบบแถบเส้นชะลอความเร็วที่ใช้ในการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ จำนวน 24 รูปแบบ ประกอบด้วย

- 1) แถบชะลอความเร็วกว้าง 5 เซนติเมตร จำนวน 10 แถบ ระยะห่างแต่ละแถบ 20, 25, 50 และ 60 เซนติเมตร ความหนา 3 และ 6 มิลลิเมตร รวม 8 รูปแบบ
- 2) แถบชะลอความเร็วกว้าง 10 เซนติเมตร จำนวน 10 แถบ ระยะห่างแต่ละแถบ 20, 25, 50 และ 60 เซนติเมตร ความหนา 3 และ 6 มิลลิเมตร รวม 8 รูปแบบ
- 3) แถบชะลอความเร็วกว้าง 20 เซนติเมตร จำนวน 10 แถบ ระยะห่างแต่ละแถบ 20, 25, 50 และ 60 เซนติเมตร ความหนา 3 และ 6 มิลลิเมตร รวม 8 รูปแบบ

สำหรับการกำหนดจำนวนชุดของแถบเส้นชะลอความเร็วพิจารณาโดยกำหนดให้ยานพาหนะใช้เวลาอยู่บนชุดแถบชะลอความเร็วเป็นเวลา 6 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่มากกว่าค่า PIEV ตามที่มาตรฐานการออกแบบของ AASHTO โดยกำหนดให้เท่ากับ 2-2.5 วินาที ในสภาพร่างกายปกติ [15]

และ เพิ่มเป็น 4 วินาที เมื่อสภาพร่างกายเหนื่อยล้าจากการเดินทางไกล หรือ พบปัญหาที่ยากต่อการตัดสินใจ โดยดำเนินการติดตั้ง จำนวน 3 ชุด ระยะห่างระหว่างชุด 40 เมตร สำหรับกรณีของแถบเส้นชะลอความเร็วที่ความหนา 6 มิลลิเมตร การศึกษานี้พิจารณาดำเนินการภายหลังการประเมินประสิทธิภาพของเส้นหนา 3 มิลลิเมตร แล้วเสร็จ โดยดำเนินการเพิ่มความหนาของแถบเส้นชะลอความเร็วเดิมอีก 3 มิลลิเมตร รูปแบบแถบเส้นชะลอความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปแบบของแถบเส้นชะลอความเร็วที่ใช้ในการศึกษา

2.3 การติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็วในพื้นที่ทดสอบ

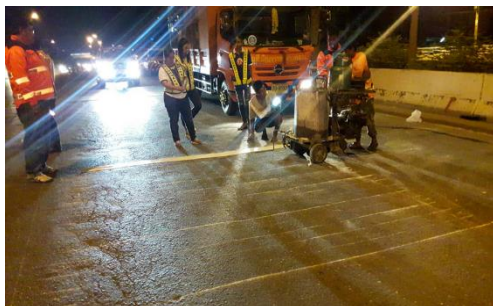
การดำเนินงานติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ เพื่อประเมินประสิทธิภาพพิจารณา คัดเลือกพื้นที่บริเวณถนนพระราม 2 เป็นพื้นที่ทดสอบ เนื่องจากเป็นเส้นทางที่มีองค์ประกอบ การจราจรจากยานพาหนะหลายประเภทครอบคลุมประเภทของยานพาหนะที่มีการใช้งานใน บริเวณจุดตัดทางรถไฟในพื้นที่ศึกษา และ เป็นพื้นที่ซึ่งยานพาหนะทดสอบสามารถใช้ความเร็วได้ อย่างอิสระ รวมถึงสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องภายหลังการทดสอบแล้วเสร็จ สำหรับการติดตั้ง แถบเส้นชะลอความเร็วพิจารณาใช้วัสดุเทอร์โมพลาสติกที่หลอมตัวด้วยความร้อน โดยทำ การละลายส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมเทอร์โมพลาสติก สำหรับการตีแถบเส้นชะลอ ความเร็วดำเนินการด้วยอุปกรณ์เครื่องตีเส้นแบบพ่น โดยดำเนินการวัดความหนาของเส้นให้ เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ การดำเนินงานติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ ในพื้นที่ ทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3



ก. การเตรียมการก่อนตีแถบเส้นชะลอความเร็ว



ข. การกำหนดขนาดความกว้างและระยะห่างของแถบเส้นชะลอความเร็ว



ค. การตีเส้นแถบชะลอความเร็วด้วย สีเทอร์โมพลาสติก



ง. การวัดความหนาของแถบเส้นชะลอความเร็ว

รูปที่ 3 การดำเนินงานติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็วในพื้นที่ทดสอบ

2.4 การเก็บข้อมูลภายในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ทดสอบ

2.4.1 การเก็บข้อมูลระดับเสียงภายในห้องโดยสาร

อุปกรณ์เครื่องวัดเสียง (Sound Meter) ที่มีความละเอียดระดับ 0.1 dB ได้มีการติดตั้งบนยานพาหนะทดสอบแต่ละประเภท เพื่อตรวจสอบค่าเฉลี่ยความเข้มของเสียงภายในห้องโดยสารบริเวณที่นั่งคนขับ สำหรับย่านความถี่ของเสียงที่อุปกรณ์สามารถบันทึกได้จะอยู่ในช่วง 31.5 Hz–8 KHz โดยมีระดับในการวัดความเข้มของเสียงอยู่ที่ 30-130 dB

2.4.2 การเก็บข้อมูลระดับการสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสาร

อุปกรณ์เครื่องวัดการสั่นสะเทือน (Vibration Meter) ที่สามารถบันทึกค่าการสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารได้ทั้ง 3 แกน ได้มีการติดตั้งยึดแน่นกับตัวยานพาหนะ โดยการศึกษานี้พิจารณาติดตั้งบริเวณคอลโซลหน้ารถใกล้กับพวงมาลัย เนื่องจากเป็นบริเวณที่ผู้ขับขี่สามารถรับรู้การสั่นสะเทือนได้มากที่สุด โดยวัดค่าความเร็วการสั่น (Velocity Vibration) แล้วรายงานค่าการสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารในหน่วย VdB (Vibration Decibels) แสดงดังรูปที่ 4



ก. การติดตั้งอุปกรณ์บนรถจักรยานยนต์



ข. การติดตั้งอุปกรณ์บนรถยนต์ส่วนบุคคล



ค. การติดตั้งอุปกรณ์บนรถกระบะ



ง. การติดตั้งอุปกรณ์บนรถบรรทุก 6 ล้อ



รูปที่ 4 การติดตั้งอุปกรณ์วัดเสียงและสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสาร

2.5 การประเมินผลรูปแบบแถบเส้นชะลอความเร็ว

สำหรับการประเมินผลรูปแบบแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ การศึกษานี้พิจารณาเปรียบเทียบความต่างของระดับเสียงเฉลี่ยในห้องโดยสารระหว่างกรณีถนนพื้นที่ทดสอบที่มี

การติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็ว และ กรณีถนนบริเวณจุดตัดทางรถไฟต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา สำหรับการเปรียบเทียบความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารจะพิจารณาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามผลการศึกษาของ Wilson Ihrig & Associates, Inc. [11] เพื่อประเมินการตื่นรู้ของผู้ขับขี่ที่มีต่อแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ

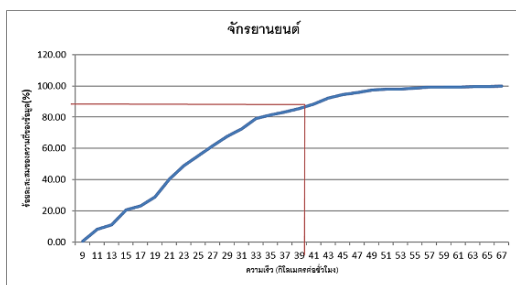
แถบเส้นชะลอความเร็วที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้บริเวณจุดตัดทางรถไฟ โดยพิจารณาดังนี้

- 1) ระดับเสียงภายในห้องโดยสารมีความแตกต่างกับ กรณีไม่ขับผ่านแถบชะลอความเร็วเกินกว่า 4 dB(A) ระยะเวลาเกิด เสียงมากกว่า 0.35 วินาที [16]
- 2) สามารถสร้างการสั่นสะเทือนได้ 70-79 VdB ซึ่งเป็นระดับที่ยังไม่รบกวนจนยอมรับไม่ได้ [17]

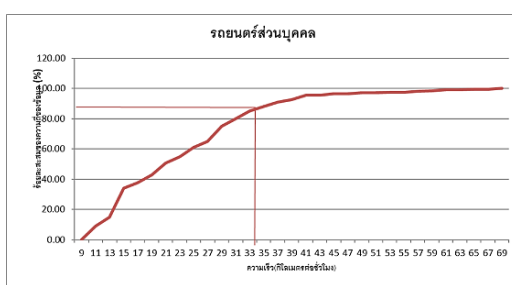
3. การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิจัย

3.1 การใช้ความเร็วของยานพาหนะบริเวณจุดตัดทางรถไฟ

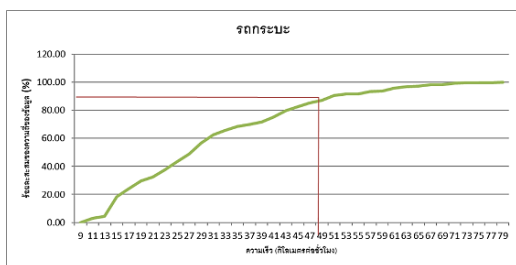
การเก็บข้อมูลความเร็วของยานพาหนะบริเวณ 350 เมตร ก่อนถึงจุดตัดทางรถไฟต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจากการสำรวจพื้นที่ศึกษาพบว่าระยะ 350 เมตรก่อนถึงจุดตัดทางรถไฟ เป็นระยะที่เริ่มติดตั้งป้ายเตือนทางรถไฟป้ายแรก สามารถสรุปพฤติกรรมการใช้ความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภทได้ว่า ยานพาหนะประเภทรถกระบะ ใช้ความเร็วมากที่สุด จากการเก็บข้อมูลความเร็วยานพาหนะในพื้นที่ศึกษาจำนวน 698 คัน เป็นรถจักรยานยนต์ 235 คัน รถยนต์นั่งส่วนบุคคล 200 คัน รถกระบะ 240 คัน และรถบรรทุก 6 ล้อ 23 คัน โดยพิจารณาค่าความเร็วที่ 85th เปอร์เซนต์ไทล์ ซึ่งเป็นความเร็วที่ยานพาหนะร้อยละ 85 ในกระแสจราจรใช้ พบว่ายานพาหนะประเภทรถกระบะมีค่าความเร็วที่ 85th เปอร์เซนต์ไทล์สูงสุดอยู่ที่ 48.1 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากสมรรถนะของรถ และปัจจัยจากผู้ขับขี่ เนื่องจากส่วนหนึ่งเป็นรถที่ใช้บรรทุกสินค้าจึงต้องทำความเร็วมากกว่ารถชนิดอื่นๆ รองลงมาได้แก่ ยานพาหนะประเภทรถบรรทุก 6 ล้อ ความเร็วที่ 85th เปอร์เซนต์ไทล์ มีค่าอยู่ที่ 45.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง และ ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ ความเร็วที่ 85th เปอร์เซนต์ไทล์ มีค่าอยู่ที่ 39.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยที่ยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล ใช้ความเร็วต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นรถยนต์ที่ใช้ในครอบครัว ผู้ขับขี่มักจะมีคามระมัดระวังมากกว่ารถชนิดอื่นๆ โดยความเร็วที่ 85th เปอร์เซนต์ไทล์ มีค่าอยู่ที่ 33.5 กิโลเมตร/ชั่วโมง รายละเอียดพฤติกรรมการใช้ความเร็วของยานพาหนะประเภทต่างๆ บริเวณจุดตัดทางรถไฟพื้นที่ศึกษาแสดงดังรูปที่ 5 ค่าความเร็วที่ 85th เปอร์เซนต์ไทล์ของยานพาหนะแต่ละประเภทถูกนำไปใช้ในการวิเคราะหาค่าระดับเสียงและค่าความสั่นสะเทือนเมื่อยานพาหนะวิ่งผ่านแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ



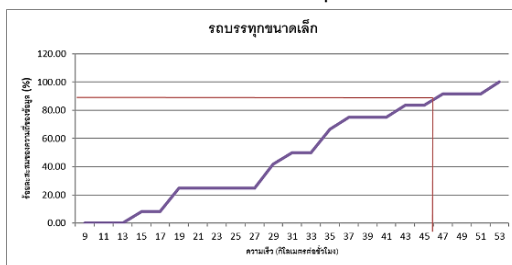
ก. รถจักรยานยนต์



ข. รถยนต์ส่วนบุคคล



ค. รถกระบะ



ง. รถบรรทุก 6 ล้อ

รูปที่ 5 ความเร็วที่ 85th เปอร์เซนต์ไทล์ ของยานพาหนะบริเวณจุดตัดทางรถไฟ

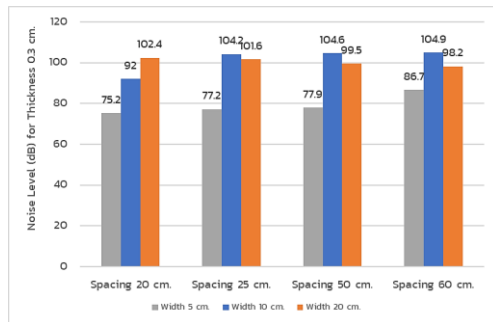
3.2 ผลกระทบของแถบเส้นชะลอความเร็วแต่ละรูปแบบ

จากแถบตัวอย่างทดสอบจำนวน 24 รูปแบบ ได้เก็บข้อมูลระดับเสียงและความสั่นสะเทือนในห้องโดยสารในสภาพอากาศปกติสภาพถนนแห้งสภาพการมองเห็นชัดเจน ทำการเก็บข้อมูล 5 ค่าต่อความเร็วทดสอบ

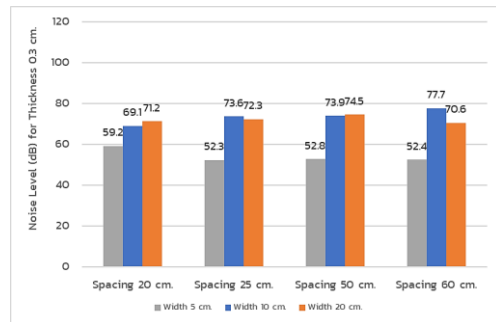
3.2.1 ระดับเสียงภายในห้องโดยสาร

ระดับเสียงภายในห้องโดยสารของยานพาหนะแต่ละประเภท แสดงดังรูปที่ 6 และ 7 สามารถสรุปได้ว่า ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ มีค่าเฉลี่ยของเสียงสูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ที่ 93.7 dB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 3 มม. และ 98.17 dB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 6 มม. รองลงมาได้แก่ ยานพาหนะประเภทรถบรรทุก 6 ล้อ มีค่าอยู่ที่ 75.54 dB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 3 มม. และ 73.52 dB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 6 มม. ส่วนยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล และ รถกระบะ มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ในช่วง 62-66 dB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 3 มม. และ 65-67 dB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 6 มม. โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดค่าระดับเสียงภายในห้องโดยสารพบว่า ที่ความหนาและระยะห่างแถบเท่ากันเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นระดับเสียงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 6 มม. จะก่อให้เกิดเสียงมากกว่าที่ระยะห่างระหว่างแถบ

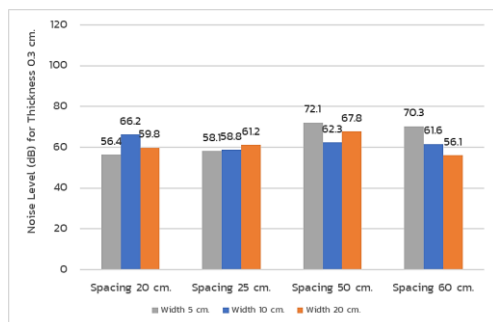
เท่ากันและความเร็วเท่ากัน ซึ่งทำให้สามารถสรุปได้ว่าผลต่างของความดังเสียงจะผกผันตามความเร็วและความหนาของแถบ ส่วนระยะห่างระหว่างแถบที่มากขึ้นจะมีผลให้ค่าความดังของเสียงลดลง



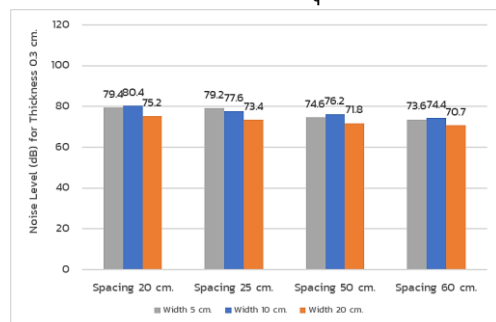
ก. รถจักรยานยนต์



ข. รถยนต์ส่วนบุคคล

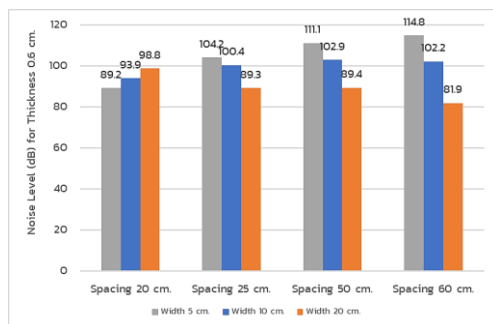


ค. รถกระบะ

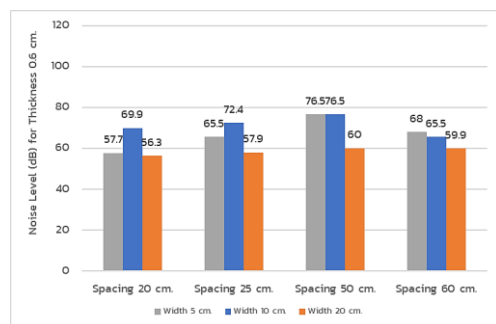


ง. รถบรรทุก 6 ล้อ

รูปที่ 6 ระดับเสียงภายในห้องโดยสารที่ความหนา 0.3 ซม.

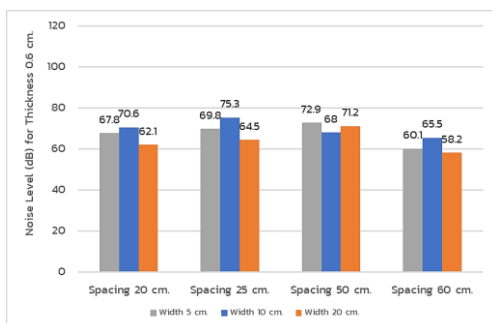


ก. รถจักรยานยนต์

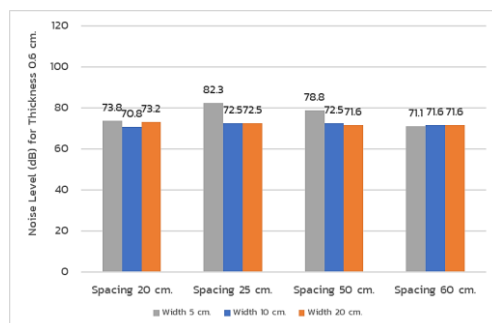


ข. รถยนต์ส่วนบุคคล

รูปที่ 7 ระดับเสียงภายในห้องโดยสารที่ความหนา 0.6 ซม.



ค. รถกระบะ

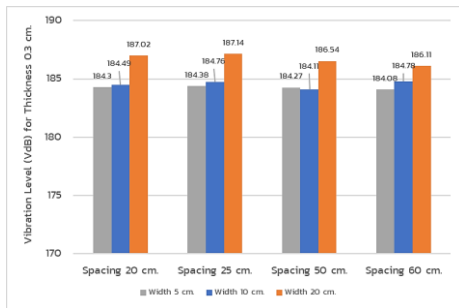


ง. รถบรรทุก 6 ล้อ

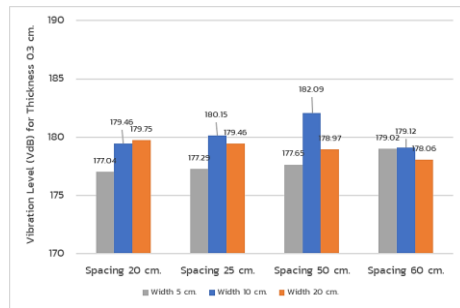
รูปที่ 7 ระดับเสียงภายในห้องโดยสารที่ความหนา 0.6 ซม. (ต่อ)

3.2.2 ระดับการสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสาร

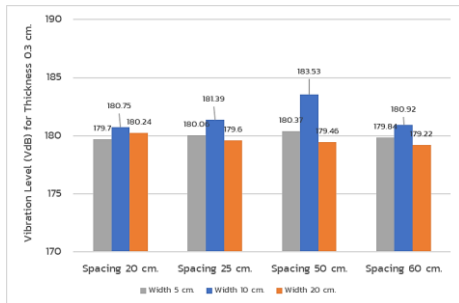
ระดับการสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารของยานพาหนะแต่ละประเภท แสดงดังรูปที่ 8 และ 9 สามารถสรุปได้ว่า ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ มีค่าเฉลี่ยของเสียงสูงที่สุด โดยมีค่าอยู่ที่ 185.16 VdB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 3 มม. และ 185.19 VdB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 6 มม. รองลงมาได้แก่ ยานพาหนะประเภทรถบรรทุก 6 ล้อ มีค่าอยู่ที่ 184.11 VdB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 3 มม. และ 184.51 VdB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 6 มม. ส่วนยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล และ รถกระบะ มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ในช่วง 179-180 VdB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 3 มม. และ 181-182 VdB สำหรับแถบชะลอความเร็วที่มีความหนา 6 มม. โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดค่าระดับการสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารพบว่า ค่าความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารที่ได้จากการเก็บข้อมูลในพื้นที่ทดสอบมีค่าค่อนข้างสูง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 177-188 VdB ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น ความสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์ สำหรับผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดค่าระดับความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารสามารถสรุปได้ว่า เมื่อความเร็วเพิ่มมากขึ้นระดับความสั่นสะเทือนจะลดลง และ แถบชะลอความเร็วที่มีระยะห่างมากกว่าจะเกิดความสั่นสะเทือนสูงขึ้น โดยที่ความหนาของแถบชะลอความเร็วจะไม่มีผลต่อระดับความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในยานพาหนะแต่ละประเภท



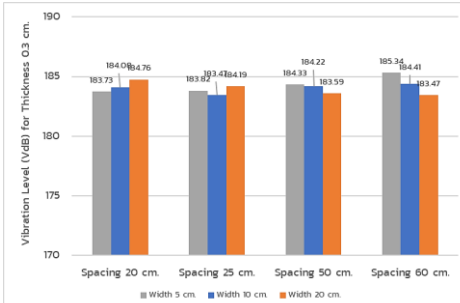
ก. รถจักรยานยนต์



ข. รถยนต์ส่วนบุคคล

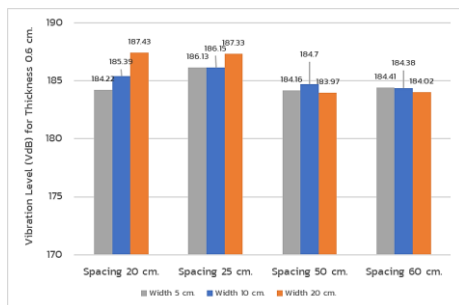


ค. รถกระบะ

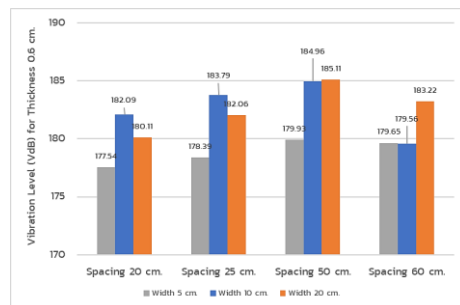


ง. รถบรรทุก 6 ล้อ

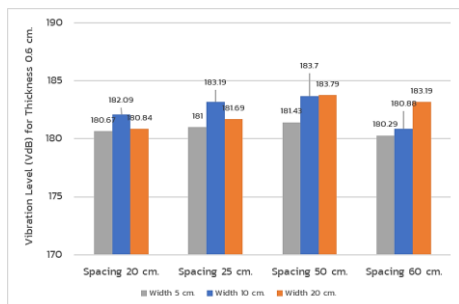
รูปที่ 8 ระดับการสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารที่ความหนา 0.3 ซม.



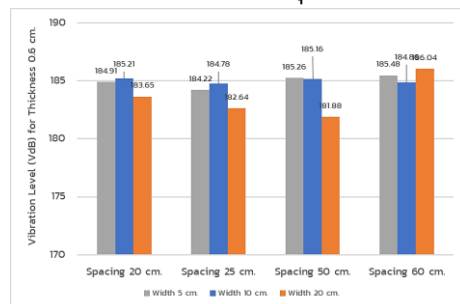
ก. รถจักรยานยนต์



ข. รถยนต์ส่วนบุคคล



ค. รถกระบะ



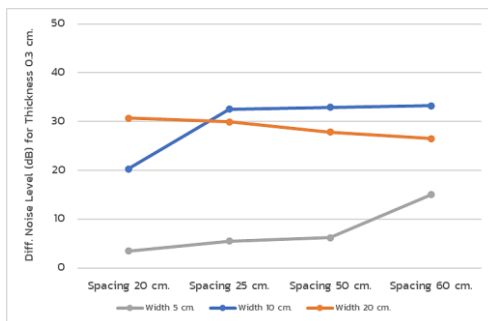
ง. รถบรรทุก 6 ล้อ

รูปที่ 9 ระดับเสียงภายในห้องโดยสารที่ความหนา 0.6 ซม.

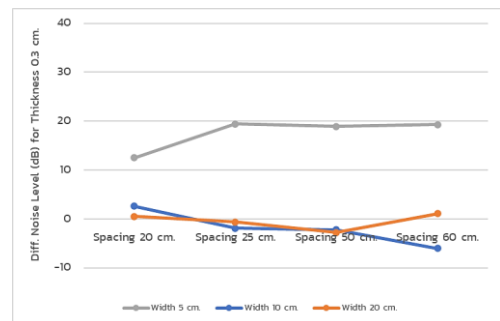
3.3 การรับรู้ของผู้ขับขีที่เกิดจากแถบเส้นชะลอความเร็วแต่ละรูปแบบ

3.3.1 การเปรียบเทียบความต่างของระดับเสียงในห้องโดยสาร

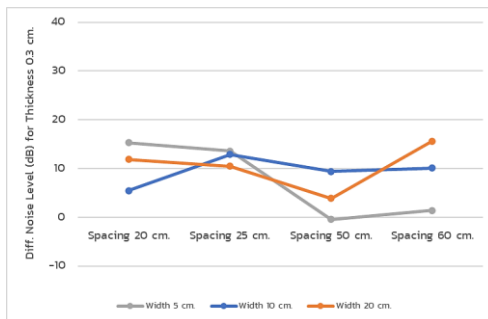
การเปรียบเทียบความต่างของระดับเสียงเฉลี่ยในห้องโดยสารระหว่างกรณีถนนพื้นที่ทดสอบที่มีการติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็ว และ กรณีถนนบริเวณจุดตัดทางรถไฟต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาของยานพาหนะแต่ละประเภท แสดงดังรูปที่ 10 และ 11 สามารถสรุปได้ว่า ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ มีค่าความต่างของระดับเสียงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล, รถกระบะ และ รถบรรทุก 6 ล้อ มีค่าความต่างของระดับเสียงน้อยที่สุด โดยแถบชะลอความเร็วที่ความหนา 6 มม. จะมีค่าความต่างของระดับเสียงในห้องโดยสารมากกว่า ในขณะที่ระยะห่างระหว่างแถบชะลอความเร็วที่มากขึ้นจะมีผลให้ค่าความต่างของเสียงลดลง



ก. รถจักรยานยนต์



ข. รถยนต์ส่วนบุคคล

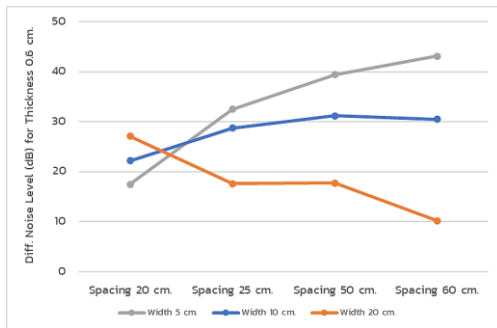


ค. รถกระบะ

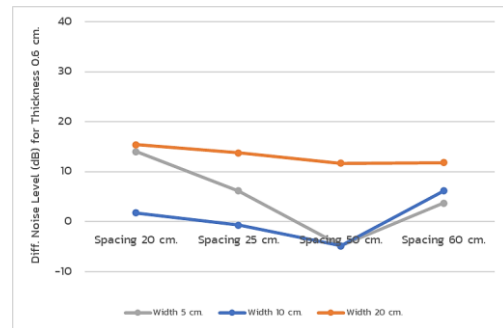


ง. รถบรรทุก 6 ล้อ

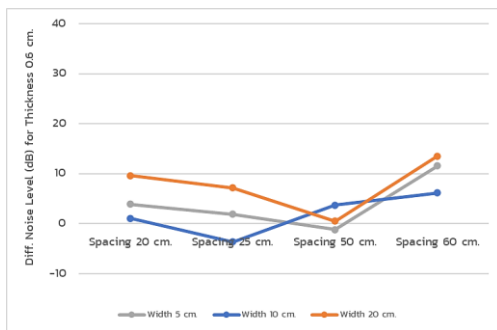
รูปที่ 10 ความต่างของระดับเสียงภายในห้องโดยสารที่ความหนา 0.3 ซม.



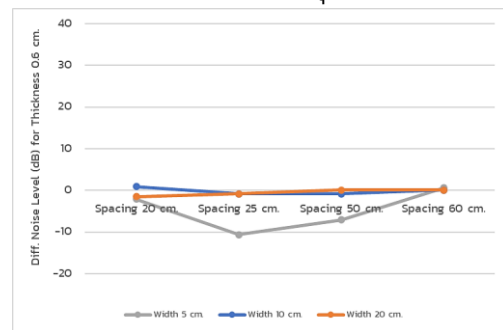
ก. รถจักรยานยนต์



ข. รถยนต์ส่วนบุคคล



ค. รถกระบะ



ง. รถบรรทุก 6 ล้อ

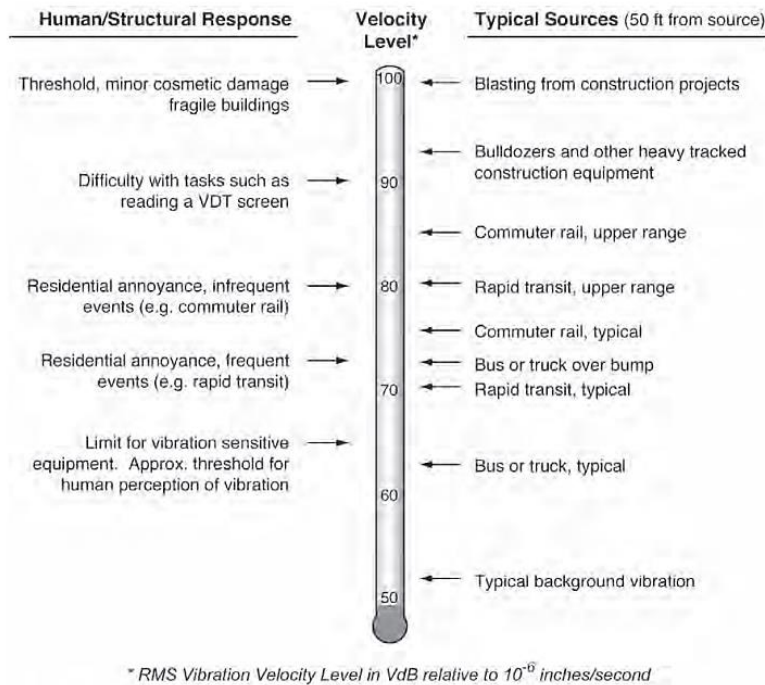
รูปที่ 11 ความต่างของระดับเสียงภายในห้องโดยสารที่ความหนา 0.6 ซม.

การวิเคราะห์ทางสถิติจากข้อมูลของระดับเสียงในห้องโดยสาร ก่อนและหลังรถทดสอบวิ่งผ่านแถบเส้นชะลอความเร็ว โดยการทดสอบ Paired t-Test โดยตั้งสมมุติฐานระดับเสียงหลังรถทดสอบวิ่งผ่านแถบเส้นชะลอความเร็วมีค่ามากกว่าระดับเสียงก่อนรถทดสอบวิ่งผ่านแถบเส้นชะลอความเร็วด้วยความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่า P-Value ของแถบชะลอความเร็วทุกรูปแบบมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าระดับเสียงในห้องโดยสารมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ เมื่อรถทดสอบวิ่งผ่านแถบเส้นชะลอความเร็ว

3.3.2 การเปรียบเทียบความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสาร

การเปรียบเทียบความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารของยานพาหนะแต่ละประเภทบนถนนพื้นที่ทดสอบที่มีการติดตั้งแถบเส้นชะลอความเร็ว โดยการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามผลการศึกษาของ Wilson Ihrig & Associates, Inc. [11] เพื่อประเมินการตื่นรู้ของผู้ขับขี่ที่มีต่อแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 12 ผลการศึกษาพบว่า ค่าความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารของยานพาหนะทุกประเภทมีค่ามากกว่าค่ามาตรฐาน (มากกว่า 100 VdB) โดยที่ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ มีค่าความสั่นสะเทือนในห้องโดยสารสูงที่สุด รองลงมาได้แก่

ยานพาหนะประเภทรถบรรทุก 6 ล้อ โดยที่ รถยนต์ส่วนบุคคลและรถกระบะ มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเส้นแถบชะลอความเร็วที่ออกแบบสามารถสะท้อนให้ผู้ขับขี่เกิดความตื่นตัวรับรู้ก่อนถึงจุดตัดทางรถไฟในระยะเวลาที่สามารถชะลอเพื่อหยุดได้อย่างปลอดภัย



รูปที่ 12 การตอบสนองของมนุษย์และแหล่งกำเนิดความสั่นสะเทือนที่ระดับต่าง ๆ [11]

การวิเคราะห์ทางสถิติจากข้อมูลค่าความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสาร ก่อนและหลังรถทดสอบวิ่งผ่านแถบเส้นชะลอความเร็ว โดยการทดสอบ Paired t-Test โดยตั้งสมมุติฐานว่าความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารหลังรถทดสอบวิ่งผ่านแถบเส้นชะลอความเร็วมีค่ามากกว่าค่าความสั่นสะเทือนก่อนรถทดสอบวิ่งผ่านแถบเส้นชะลอความเร็วด้วยความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่า P-Value ของแถบชะลอความเร็วทุกรูปแบบมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าความสั่นสะเทือนภายในห้องโดยสารมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ เมื่อรถทดสอบวิ่งผ่านแถบเส้นชะลอความเร็ว

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษามีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินรูปแบบของแถบเส้นชะลอความเร็วที่เหมาะสม สามารถสะท้อนให้ผู้ขับขี่เกิดความตื่นตัวรับรู้ก่อนถึงจุดตัดทางรถไฟในระยะเวลาที่สามารถชะลอความเร็วได้อย่างปลอดภัย สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแจ้งเตือนผู้ขับขี่เมื่อเข้าสู่บริเวณจุดตัดทางรถไฟ

โดยคัดเลือกจุดตัดทางรถไฟในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยมาเป็นพื้นที่ศึกษา และทำการประเมินผลกระทบของแถบเส้นชะลอความเร็วรูปแบบต่าง ๆ ในพื้นที่ทดสอบ โดยการประเมินค่าความต่างของเสียงก่อนและหลังผ่านแถบเส้นชะลอความเร็ว ทั้ง 24 รูปแบบ และการวัดค่าความสั่นสะเทือนในห้องโดยสาร สามารถสรุปได้ว่า ที่ความหนาและระยะห่างของแถบชะลอความเร็วเท่ากัน เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นระดับเสียงก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยที่ความหนาของแถบชะลอความเร็วที่ 6 มม. จะให้เสียงที่มากกว่าความหนาแถบ 3 มม. ส่วนระยะห่างระหว่างแถบที่มากขึ้นจะมีผลให้ค่าความต่างของเสียงลดลง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าความสั่นสะเทือนซึ่งพบว่า ในทุก ๆ รูปแบบ มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานการรับรู้ได้ของมนุษย์อยู่แล้ว โดยมีค่าประมาณ 177-188 VdB ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเส้นแถบชะลอความเร็วที่ออกแบบสามารถสะท้อนให้ผู้ขับขี่เกิดความตื่นตัวรับรู้ก่อนถึงจุดตัดทางรถไฟในระยะที่สามารถชะลอเพื่อหยุดได้อย่างปลอดภัย

ข้อสังเกตจากการทดสอบระดับเสียง พบว่า ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ มีค่าเฉลี่ยของเสียงสูงที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากการถูกรบกวนจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมมากกว่ารถชนิดอื่น ๆ เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์อยู่ภายนอกไม่มีห้องโดยสาร หากมีการทดสอบค่าระดับเสียง ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ควรหาเครื่องมือที่มีขนาดเล็กลง สามารถติดตั้งภายในหมวกนิรภัยได้ และควรใช้หมวกนิรภัยชนิดเต็มใบเพื่อป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกให้ได้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม การวัดค่าเสียงและความสั่นสะเทือนในห้องโดยสารของยานพาหนะภายในพื้นที่ทดสอบ อาจจะมีผลกระทบมาจากประเภทผิวจราจรเดิม และ สภาพแวดล้อมโดยรอบพื้นที่ ซึ่งควรมีการประเมินเปรียบเทียบเพิ่มเติม รวมถึงควรมีการนำรูปแบบแถบเส้นชะลอความเร็วที่เหมาะสมกับจุดตัดทางรถไฟจุดต่าง ๆ ไปติดตั้งบนพื้นที่จริง เพื่อประเมินผลด้านความปลอดภัยบริเวณจุดตัดทางรถไฟ โดยปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วยสถิติการเกิดอุบัติเหตุภายหลังการติดตั้ง รวมถึงความเร็วของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ บริเวณก่อนถึงทางแยกจุดตัดทางรถไฟ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกที่ให้การส่งเสริมการดำเนินการวิจัยให้ลุล่วงเป็นอย่างดี และ ขอขอบคุณคุณสมประสงค์ อรรถาธิต ผู้อำนวยการสำนักงานบำรุงทางธนบุรีที่ช่วยสนับสนุนการดำเนินงานทดสอบบนผิวจราจร

References

- [1] Roywiratana S. Teaching documents for the seminar on the railway network of Thailand and the region. Bangkok, Thailand: Infrastructure engineering and management, Kasetsart university; 2017. (In Thai)
- [2] Operation control division, State railway of Thailand. Statistics on train accidents for fiscal years 2011-2021. Bangkok, Thailand: State railway of Thailand; 2022. (In Thai)
- [3] Department of rail transport. Master plan for improving future railway intersections. Study project to reduce accidents at road and railway intersections. Bangkok, Thailand: Department of rail transport; 2022. (In Thai)
- [4] Vadeby A, Anund A. Effectiveness and acceptability of milled rumble strips on rural two-lane roads in Sweden. European transport research review 2017;9;29. doi: 10.1007/s12544-017-0244-x.
- [5] Hossain A, Sun X, Rahman A, Khanal S. Safety evaluation of centerline rumble strips on rural two-lane undivided highways: Application of intervention time series analysis. IATSS Research 2023;47(2):286-98. doi: 10.1016/j.iatssr.2023.05.001.
- [6] Sattayamalee S. Research to determine the standard for using rumble strips to reduce traffic speed. Nakhon Ratchasima, Thailand: Suranaree university of technology; 2010. (In Thai)
- [7] Walton S, Meyer E. The effect of rumble strip configuration on sound and vibration levels. ITE Journal 2002;72(12):28-32.
- [8] Montella A, Aria M, D'Ambrosio A, Galante F, Mauriello F, Perneti M. Simulator evaluation of drivers' speed, deceleration and lateral position at rural intersections in relation to different perceptual cues. Accident Analysis & Prevention 2011;43(6):2072-84. doi: 10.1016/j.aap. 2011.05.030.
- [9] Karkle DE, Rys MJ, Russell ER. Centerline rumble strips usage in the united states. Journal of the Transportation Research Forum 2011;50(1): 101-17. doi: 10.5399/osu/jtrf.50.1.2676.
- [10] Miles JD, Finley MD. Factors that influence the effectiveness of rumble strip design. Transportation Research Record 2007;2030(1):1-9. doi: 10.3141/2030-01.
- [11] Wilson Ihrig & Associates, Inc. Central area guideway ground borne noise and vibration report and northern area Berryessa extension. VTA Capital expressway light rail project; 2008.

- [12] Houix O, Bonnot S, Vienne F, Vericel B, Pardo LF, Misdariis N, Susini P. Perceptual influence of the vibratory component on the audio component of alarms produced by rumble strips, by measuring reaction times. Proceedings of the Acoustics 2012 Nantes Conference; 2012 Apr 23-27; Nantes, France. p.1083-8.
- [13] Pimentel RL, de Melo RA, Rolim IA. Estimation of increases in noise levels due to installation of transverse rumble strips on urban roads. Applied Acoustics. 2014;76:453-61. doi: 10.1016/j.apacoust.2013.09.014.
- [14] Kasess CH, Maly T, Majdak P, Waubke H. Effects of rumble strip parameters on acoustics, vibration, and perception. Acta Acustica 2021;5:54. doi: 10.1051/aacus/2021047.
- [15] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). A policy on geometric design of highways and streets. 7th ed. Washington, D.C., USA: AASHTO; 2018.
- [16] Spring GS. Rumble strips in Missouri. Rolla, USA: Department of Civil Engineering, University of Missouri-Rolla; 2003.
- [17] ATS Consulting. Noise and vibration study: AC transit. Oakland, California, USA: ATS Consulting; 2005.

ประวัติผู้เขียนบทความ



อาจารย์อาทิตยา นิ่มมอนด์ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งประธานหลักสูตรวิศวกรรมโยธา ระดับปริญญาตรี อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก พื้นที่อุเทนถวาย เลขที่ 225 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กทม. 10330 Email: atittaya_ni@rmutto.ac.th สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม

งานวิจัยที่สนใจ ได้แก่ วิศวกรรมขนส่งและจราจร วิศวกรรมการทาง และความปลอดภัยทางถนน



อาจารย์ ดร.พรณรงค์ เลื่อนเพชร สังกัดสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เลขที่ 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800 Email: pornnarong.l@rmutp.ac.th สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งานวิจัยที่สนใจ ได้แก่ วิศวกรรมขนส่งและจราจร วิศวกรรมการทาง การประเมินความปลอดภัยทางถนน และ การพัฒนาระบบจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transportation System)

Article History:

Received: September 1, 2024

Revised: December 19, 2024

Accepted: December 20, 2024